

# 目 录

<b>第1章 电工常识</b> .....1-1	一、自耦变压器 .....2-68
1-1 常用计算公式 .....1-1	二、整流变压器 .....2-75
1-2 常用表格 .....1-5	三、电抗器的计算 .....2-82
1-3 常用电工设备图形 符号.....1-15	四、盐浴炉变压器 .....2-87
1-4 常用缩略语表.....1-27	五、电流互感器 .....2-92
<b>第2章 变压器</b> .....2-1	六、电压互感器 .....2-96
2-1 变压器的基本知识 .....2-1	七、磁放大器 .....2-97
一、变压器的基本原理与额 定数据.....2-1	八、电磁式稳压器.....2-104
二、变压器的分类和结构.....2-4	九、控制用变压器.....2-106
三、变压器的连接组别.....2-8	十、音频输送变压器.....2-125
四、三相变压器组别极性的 测量 .....2-14	十一、音频输出变压器.....2-180
2-2 电力变压器的技术 数据.....2-17	<b>第3章 三相异步电动机及     其修理</b> .....3-1
2-3 小型单相变压器的 设计和绕制.....2-23	3-1 电机的产品型号 .....3-1
一、小型单相变压器的设计 ...2-23	3-2 三相异步电动机的 技术数据 .....3-8
二、小型变压器的绕制 .....2-39	一、Y系列小型三相异步电 动机技术数据.....3-8
2-4 单相和三相干式变 压器的计算.....2-48	二、J、JO、J2、JO2、JO3 系列三相异步电动机技 术数据 .....3-26
一、计算程序 .....2-48	3-3 三相异步电动机的 维护.....3-62
二、单相干式变压器计算实 例 .....2-54	一、电动机起动前的准备及 检查 .....3-62
三、三相干式变压器计算实 例 .....2-58	二、电动机在运行中的维护 ...3-64
四、绕组绕制的方法 .....2-62	3-4 三相异步电动机的 常见故障及处理方 法.....3-64
五、绕组的浸漆与烘干 .....2-68	3-5 三相异步电动机的
2-5 特殊用途变压器.....2-68	

定子绕组故障的检修.....3-68	维护.....4-1
一、绕组断路故障的检修.....3-68	一、直流电机的分类与用途.....4-1
二、绕组通地故障的检修.....3-69	二、直流电机运行时的接线图.....4-2
三、绕组短路故障的检修.....3-70	三、直流电机的起动与停车.....4-5
四、绕组接错与嵌反时的检修.....3-71	四、直流电机火花等级的鉴别.....4-6
3-6 三相异步电动机定子绕组的重绕.....3-73	五、直流电机的维护保养.....4-7
一、定子绕组的构造和种类.....3-73	六、直流电机的常见故障及处理方法.....4-8
二、定子绕组的拆除.....3-85	七、直流电机的可逆应用.....4-12
三、绕组的绕制.....3-85	4-2 直流电机电枢绕组故障的检修.....4-12
四、嵌线.....3-89	一、电枢绕组的构造及种类.....4-12
五、接线.....3-90	二、电枢绕组常见故障的检修.....4-13
六、绕组试验.....3-97	三、电枢绕组的重绕.....4-21
七、浸漆与烘干.....3-98	4-3 定子磁极绕组的检修.....4-23
3-7 三相异步电动机的拆装和试验.....3-101	一、并励绕组的重绕.....4-29
一、电动机的拆装.....3-101	二、串励绕组的重绕.....4-31
二、电动机修复后的试验.....3-103	三、换向极绕组的重绕.....4-33
3-8 三相异步电动机的空壳重绕计算.....3-104	四、直流电机接线图(Z2系列).....4-35
一、电动机空壳重绕计算程序.....3-104	4-4 换向器的修理.....4-36
二、电动机空壳重绕的简易计算.....3-125	一、换向器的结构.....4-36
3-9 三相异步电动机的改极和改压.....3-128	二、换向器的故障.....4-37
一、改极计算.....3-128	三、换向器的修理.....4-38
二、改压计算.....3-131	四、换向器修复后的一般检查.....4-39
三、铝线电动机改成铜线电动机.....3-134	4-5 直流电机的拆装和试验.....4-40
第4章 直流电机.....4-1	一、直流电机的拆装.....4-40
4-1 直流电机的使用与	二、直流电机修复后试验.....4-40

- 4-6 直流电机改压计算……4-43
- 一、电枢绕组计算 ……4-43
  - 二、换向极绕组计算 ……4-44
  - 三、并励绕组计算 ……4-45
- 4-7 直流电机的技术数据……4-45
- 一、Z2系列直流电机的技术数据 ……4-45
  - 二、Z3系列直流电机的技术性能数据 ……4-89
  - 三、Z4系列直流电机的技术数据……4-107
- 第5章 微电机、专用电机和小型发电机**……5-1
- 5-1 微电机 ……5-1
- 一、微型异步电动机……5-1
  - 二、微型同步电动机 ……5-26
  - 三、微型直流电动机 ……5-35
  - 四、微型交流换向器电动机 ……5-57
  - 五、自整角机 ……5-72
  - 六、旋转变压器 ……5-89
  - 七、伺服电动机……5-102
  - 八、测速发电机……5-107
  - 九、伺服-测速电机 ……5-107
  - 十、步进电动机……5-109
- 5-2 专用电机 ……5-111
- 一、电钻……5-111
  - 二、电扇电动机……5-120
  - 三、QY型浅水排灌电泵……5-155
  - 四、JZS2三相异步换向器变速电动机……5-160
  - 五、电磁调速异步电动机(滑差电动机)……5-161
  - 六、力矩异步电动机……5-180
  - 七、多速异步电动机……5-183
- 5-3 小型发电机 ……5-237
- 5-4 弧焊电源 ……5-268
- 5-5 部分家用电器用电动机 ……5-304
- 一、电冰箱压缩机组的电动机……5-304
  - 二、空调器用的电动机……5-314
  - 三、洗衣机用的电动机……5-319
  - 四、吸尘器用的电动机……5-326
  - 五、电吹风用的电动机……5-328
- 第6章 电器**……6-1
- 6-1 低压电器产品型号 ……6-1
- 6-2 常用低压电器 ……6-3
- 一、刀开关和转换开关……6-3
  - 二、熔断器 ……6-13
  - 三、断路器 ……6-19
  - 四、控制器 ……6-29
  - 五、接触器 ……6-33
  - 六、起动机 ……6-37
  - 七、继电器 ……6-45
  - 八、主令电器 ……6-58
  - 九、电阻器 ……6-69
  - 十、变阻器 ……6-72
  - 十一、电磁铁 ……6-81
  - 十二、其他低压电器 ……6-87
- 6-3 电器常见故障及修理……6-92
- 一、触头的修理 ……6-92
  - 二、电磁系统的修理 ……6-93
  - 三、灭弧系统的故障及修理 ……6-94
  - 四、起动装置常见故障及修理 ……6-99
  - 五、常用低压电器的线圈 ……6-99
- 第7章 常用机械电气控制**

- 线路.....7-1
- 7-1 电气控制线路中常用环节.....7-1
- 一、单向点动控制线路.....7-1
- 二、单向起动控制线路.....7-1
- 三、可逆起动控制线路.....7-2
- 四、可逆点动、起动的混合控制线路.....7-3
- 五、以行程开关作自动停止的可逆起动控制线路.....7-3
- 六、自动往返的控制线路.....7-4
- 七、带有点动的自动往返控制线路.....7-6
- 八、Y- $\Delta$  起动控制线路.....7-6
- 九、串联电阻或电抗器起动控制线路.....7-7
- 十、自耦变压器起动控制线路.....7-8
- 十一、延边三角形起动控制线路.....7-8
- 十二、频敏变阻器起动.....7-11
- 十三、直流电动机起动控制线路.....7-12
- 十四、异步电动机的反接制动控制线路.....7-12
- 十五、异步电动机的能耗制动控制线路.....7-15
- 十六、异步电动机的机械制动控制线路.....7-17
- 十七、异步电动机的发电制动(再生制动).....7-17
- 十八、直流电动机的能耗制动控制线路.....7-17
- 十九、带有热继电器的保护控制线路.....7-19
- 二十、过电流继电器保护控制线路.....7-20
- 二十一、双速异步电动机的起动及自动加速控制线路.....7-21
- 二十二、三速异步电动机的起动和自动加速控制线路.....7-22
- 二十三、夹紧装置.....7-22
- 二十四、换向器变速电动机起动和速度调节控制线路.....7-26
- 7-2 常用机械控制线路.....7-26
- 一、C 620-1 普通车床控制线路.....7-26
- 二、Y315C 滚齿机控制线路.....7-26
- 三、M 7130 卧轴矩台平面磨床控制线路.....7-29
- 四、Y7131 齿轮磨床控制线路.....7-30
- 五、Z 37 摇臂钻床控制线路.....7-32
- 六、X 53 T 立式铣床控制线路.....7-34
- 七、X 62 W 万能铣床控制线路.....7-39
- 八、T 68 卧式镗床控制线路.....7-46
- 九、B 2012 A 龙门刨床.....7-49
- 十、CE 7120 半自动液压仿形车床.....7-70
- 十一、15/3 吨重级交流桥式起重机控制线路.....7-84
- 十二、轿厢手柄开关控制自平自开门电梯.....7-91
- 十三、蓄电池搬运车控制线路.....7-93

- 十四、ZD1—吨蓄电池铲车控制线路 .....7-93
- 十五、D6140 A 高频脉冲电蚀加工机床 .....7-101
- 第8章 电子电路及其应用** .....8-1
- 8-1 半导体二极管和整流电路 .....8-1
- 一、单相整流电路 .....8-1
- 二、多相整流电路 .....8-7
- 三、常用二极管的型号和主要参数 .....8-7
- 四、小功率单相整流电路计算 .....8-16
- 8-2 晶体管放大器和继电器 .....8-19
- 一、晶体管的工作状态 .....8-19
- 二、晶体管低频放大器 .....8-19
- 三、晶体管差动放大电路 .....8-31
- 四、晶体管电子继电器 .....8-31
- 五、晶体管的选用 .....8-46
- 8-3 模拟集成电路 .....8-46
- 一、模拟集成电路的基本单元电路 .....8-47
- 二、模拟集成电路外接电路 .....8-48
- 三、应用电路 .....8-55
- 四、模拟集成电路系列 .....8-61
- 8-4 直流稳压电源 .....8-68
- 一、直流稳压电源的技术指标 .....8-68
- 二、直流稳压电源的分类 .....8-69
- 三、并联式直流稳压电源 .....8-69
- 四、串联式直流稳压电源 .....8-71
- 五、开关调整型稳压电源 .....8-85
- 六、集成稳压器 .....8-87
- 七、功率管的热设计 .....8-93
- 八、晶体管稳压电源典型电路 .....8-96
- 九、部分集成稳压器产品 .....8-101
- 8-5 数字电路 .....8-106
- 一、数字电路的基本单元 .....8-106
- 二、数字集成电路 .....8-111
- 三、双极型集成电路 .....8-113
- 四、MOS 集成电路 .....8-125
- 8-6 常用电子元件 .....8-160
- 一、电阻器(电位器) .....8-160
- 二、电容器 .....8-168
- 第9章 晶闸管及其应用** .....9-1
- 9-1 晶闸管的型号和参数 .....9-1
- 一、晶闸管型号 .....9-1
- 二、晶闸管参数的意义 .....9-2
- 三、常用晶闸管技术数据 .....9-4
- 9-2 晶闸管主电路 .....9-16
- 一、可控整流电路 .....9-16
- 二、带续流二极管的可控整流电路 .....9-17
- 三、逆变电路 .....9-24
- 9-3 主回路的设计 .....9-27
- 一、主电路设计 .....9-27
- 二、滤波电抗器电感的估算 .....9-29
- 三、保护电路的设计 .....9-32
- 四、整流元件串并联及其保护的选择 .....9-40
- 9-4 晶闸管触发电路 .....9-42
- 一、简单的触发电路 .....9-42
- 二、阻容移相触发电路 .....9-44
- 三、场效应管触发电路 .....9-48
- 四、利用电容充放电进行移

- 相的晶体管触发电路 .....9-59
- 五、调节相位电平进行移相的晶体管触发电路 .....9-60
- 六、小容量晶闸管组成的大功率脉冲触发电路 .....9-69
- 七、三相并联逆变器(串联电感式)的控制电路 .....9-73
- 八、触发电路的输出环节 .....9-80
- 9-3 晶闸管应用实例 .....9-82
- 一、ZLK-1型手操作电磁调速异步电动机 .....9-82
- 二、单相晶闸管直流电机调速 .....9-85
- 三、单相可逆调速——泡沫塑料切片机 .....9-87
- 四、晶闸管直流电机调速系统——长网造纸机分部传动同步调速 .....9-88
- 五、晶闸管无触点开关 .....9-98
- 六、4千瓦双向晶闸管单相交流调压器 .....9-100
- 七、1500安/7伏晶闸管电镀电源 .....9-103
- 第10章 变配电及低压电路安装** .....10-1
- 10-1 变配电 .....10-1
- 一、供电的选择 .....10-1
- 二、变配电所 .....10-1
- 三、用电负荷等级和供电要求 .....10-1
- 四、高压供电示意图 .....10-1
- 10-2 变压器安全运行装置 .....10-3
- 一、变压器测量装置 .....10-3
- 二、变压器允许运行方式 .....10-4
- 三、变配电间设备选配 .....10-6
- 10-3 开关设备和低压母线的安装方式 .....10-9
- 一、隔离开关的操作、安装和维修 .....10-9
- 二、负荷开关的安装、操作和维修 .....10-12
- 三、低压母线的安装方式 .....10-15
- 10-4 低压供电装置 .....10-19
- 10-5 继电保护 .....10-19
- 一、继电保护的功能和基本要求 .....10-19
- 二、继电保护的基本原理 .....10-20
- 三、常用继电保护的连接方式 .....10-24
- 10-6 电气测量仪表的连接 .....10-26
- 10-7 变配电设备常用控制电路 .....10-32
- 一、DW 10系列手柄杠杆传动 .....10-32
- 二、DW 10系列电动合闸 .....10-33
- 三、DW 10系列电磁铁合闸 .....10-33
- 四、电容器组的控制开关 .....10-35
- 10-8 低压线路 .....10-35
- 一、各种导线的连接 .....10-36
- 二、电杆及其附件的安装 .....10-42
- 三、线路安装 .....10-50
- 10-9 根据电动机容量选配电器与导线 .....10-64
- 第11章 照明** .....11-1

- 11-1 照明灯具 .....11-1
- 一、电光源 .....11-1
  - 二、灯具 .....11-3
  - 三、灯头 .....11-5
  - 四、白炽灯、灯座和照明附件 .....11-6
  - 五、工厂灯具 .....11-11
  - 六、荧光灯灯具 .....11-32
- 11-2 普通电灯的安装 .....11-34
- 一、白炽灯的安装 .....11-34
  - 二、荧光灯的安装 .....11-36
  - 三、单相电度表的安装 .....11-39
- 11-3 管形氙灯及常用其他灯具 .....11-40
- 一、自然冷却管形氙灯 .....11-40
  - 二、高压水银灯泡 .....11-45
  - 三、TG 14 探照灯 .....11-47
  - 四、红外线灯泡 .....11-47
  - 五、照明用碘钨灯 .....11-48
  - 六、紫外线杀菌灯 .....11-49
  - 七、反射型高压水银荧光灯泡 .....11-50
  - 八、自镇流高压水银荧光灯泡 .....11-51
  - 九、反射型黑光高压水银灯泡 .....11-51
  - 十、普通反射型灯泡 .....11-52
  - 十一、黑光灯 .....11-53
- 11-4 普通照明灯具的修理 .....11-53
- 一、白炽灯的故障及其处理方法 .....11-53
  - 二、荧光灯的故障及其处理方法 .....11-54
- 第12章 电加热元件及设备** .....12-1
- 12-1 常用电热材料的性能、规格及电参数 .....12-1
- 12-2 电热元件的选用 .....12-18
- 一、电热元件的选用估算 .....12-18
  - 二、电热元件选用举例 .....12-20
- 12-3 管状电热元件 .....12-33
- 12-4 电热器的特性及其焊接方法 .....12-40
- 一、管状电热器 .....12-40
  - 二、板状电热器 .....12-42
  - 三、电热元件的焊接方法 .....12-43
- 12-5 电热元件连接方式(供电电压)的选择 .....12-45
- 12-6 应用 GCr25A15 电热元件的电炉、电热设备参数 .....12-48
- 12-7 热电偶 .....12-58
- 一、热电偶的种类和主要特性 .....12-58
  - 二、冷端温度变化对测温准确度的影响及校正法 .....12-61
- 12-8 电热炉的温度指示和温度调节 .....12-64
- 一、XCZ 型与 XOT 型仪表 .....12-65
  - 二、DWT-702 型仪表 .....12-68
- 12-9 红外探测器 .....12-69
- 一、红外探测器的种类 .....12-69
  - 二、红外探测器元件技术参数 .....12-75
  - 三、红外探测器的应用实例 .....12-77
- 12-10 远红外辐射(加热)

- 元件 .....12-85
- 第13章 安全用电与节约用电** .....13-1
- 13-1 触电及其预防 .....13-1
- 13-2 触电的急救 .....13-5
- 13-3 保护接地和保护接零 .....13-6
- 一、接地和接零的保护作用 .....13-6
- 二、接地装置的安装范围 .....13-8
- 三、接地装置的安装要求 .....13-8
- 13-4 防雷保护 .....13-12
- 一、避雷针装置 .....13-12
- 二、羊角间隙避雷器 .....13-13
- 三、阀型避雷器 .....13-13
- 四、防护雷电的其他措施 .....13-14
- 13-5 节约用电的几种方法 .....13-15
- 一、采用移相电容器提高功率因数 .....13-15
- 二、采用无功功率自动补偿控制器 .....13-21
- 三、机床空载自动停车装置 .....13-22
- 四、电焊机自动开关 .....13-23
- 五、逆变式电焊机 .....13-26
- 第14章 常用电工材料** .....14-1
- 14-1 电线与电缆 .....14-1
- 一、裸电线 .....14-1
- 二、电磁线 .....14-23
- 三、500伏以下配电、动力与照明用绝缘电线 .....14-69
- 四、低压绝缘电缆 .....14-76
- 五、常用电线电缆及裸线的安全载流量 .....14-82
- 14-2 电阻合金材料及熔体材料 .....14-89
- 一、电阻合金材料 .....14-89
- 二、熔体材料 .....14-99
- 14-3 电刷 .....14-102
- 14-4 磁性材料 .....14-112
- 一、电工硅钢板 .....14-112
- 二、电工纯铁 .....14-121
- 三、软磁锰锌铁氧体 .....14-121
- 四、永磁材料 .....14-126
- 14-5 常用绝缘材料 .....14-139
- 一、绝缘材料的分类和性能指标 .....14-139
- 二、常用绝缘材料的规格与性能 .....14-139
- 三、绝缘漆、绝缘油和绝缘子 .....14-166
- 14-6 其他材料 .....14-177
- 一、润滑脂 .....14-177
- 二、滚动轴承及其选用 .....14-179
- 第15章 常用电工仪器仪表** .....15-1
- 15-1 测量仪表常识 .....15-1
- 15-2 电流和电压的测量 .....15-8
- 一、电流的测量 .....15-8
- 二、电压的测量 .....15-9
- 三、常用电流、电压表的型号及规格 .....15-10
- 15-3 电阻的测量 .....15-12
- 一、1欧~100千欧电阻的测量 .....15-12
- 二、低电阻的测量 .....15-15
- 三、绝缘电阻的测量 .....15-17
- 15-4 功率的测量 .....15-20

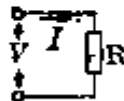
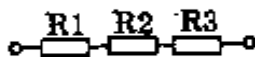
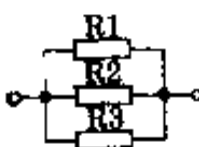
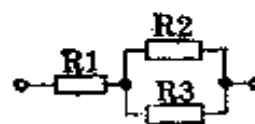


一、直流电路功率的测量.....15-20	四、用秒表法校验单相有功 电能表.....15-28
二、单相交流电路功率的 测量.....15-21	15-6 常用电工仪器仪表...15-29
三、三相交流电路功率的 测量.....15-23	一、万用电表.....15-29
15-5 电能的测量.....15-25	二、毫伏表.....15-33
一、直流电能的测量.....15-25	三、示波器.....15-40
二、交流有功电能的测量.....15-25	四、信号发生器.....15-49
三、交流无功电能的测量.....15-27	五、晶体管特性图示仪.....15-52
	参考书目.....15-62


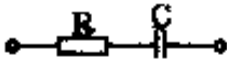

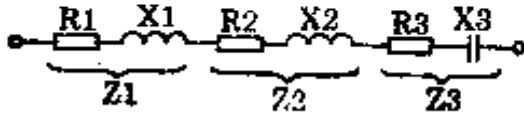
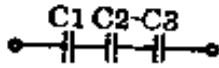
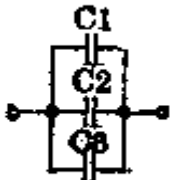
# 第 1 章

## 电 工 常 识

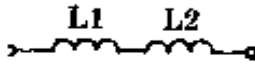





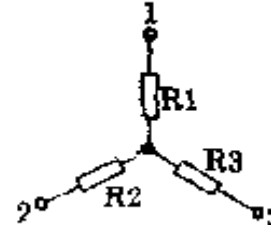
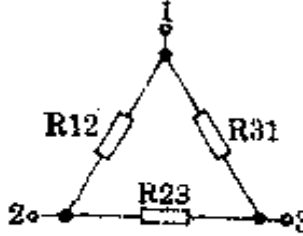
### 1-1 常用计算公式

项 目	公 式
直流电路中电压、 电流、电阻之间的关 系(欧姆定律)	 $I = \frac{V}{R}$
直流电路功率	$P = VI = I^2R = \frac{V^2}{R}$
电阻与导体长度、 横截面及材料性质的 关系	$R = \rho \frac{l}{S}$
电阻与温度关系	$R_t = R_{20} [1 + \alpha(t - 20)]$
电阻串联的总值	 $R = R_1 + R_2 + R_3$
电阻并联的总值	 $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$
电阻复联的总值	 $R = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$

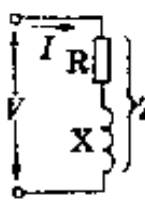
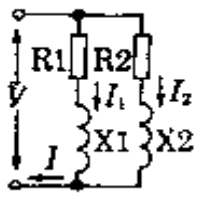
(续表)

项 目	公 式	
电阻、电感串联的 阻抗值	 $z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$ 其中 $X_L = 2\pi fL$	式中: $z$ ——阻抗(欧) $R$ ——电阻(欧) $X_L$ ——感抗(欧) $X_C$ ——容抗(欧) $X$ ——电抗(欧) $L$ ——电感(亨) $C$ ——电容(法) $f$ ——频率(赫)
电阻、电容串联的 阻抗值	 $z = \sqrt{R^2 + X_C^2}, X_C = \frac{1}{2\pi fC}$	
电阻、电感、电容串 联的总阻抗值	 $z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ $= \sqrt{R^2 + X^2}$ 其中 $X = X_L - X_C$	
阻抗串联的总值	 $z = \sqrt{(R_1 + R_2 + R_3)^2 + (X_1 + X_2 - X_3)^2}$ $= \sqrt{R^2 + X^2}$ $R = R_1 + R_2 + R_3, X = X_1 + X_2 - X_3$ 注意: $z \neq z_1 + z_2 + z_3$	
电容串联的总值	 $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$	
电容并联的总值	 $C = C_1 + C_2 + C_3$	

(续表)

项 目	公 式	式 中
电感串联的总值	 $L = L_1 + L_2$	
电感并联的总值	 $L = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}$	
具有互感的电感串联的总值	 $L = L_1 + L_2 + 2M$  $L = L_1 + L_2 - 2M$	式中: $L$ ——电感(亨) $M$ ——互感(亨)
具有互感的电感并联的总值	 $L = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 - 2M}$  $L = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 + 2M}$	
电阻星形三角形连接互换	星形化为三角形 	$R_{12} = R_1 + R_2 + \frac{R_1 R_2}{R_3}$ $R_{23} = R_2 + R_3 + \frac{R_2 R_3}{R_1}$ $R_{31} = R_3 + R_1 + \frac{R_3 R_1}{R_2}$
	三角形化为星形 	$R_1 = \frac{R_{12} R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$ $R_2 = \frac{R_{23} R_{12}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$ $R_3 = \frac{R_{31} R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$

(续表)

项 目	公 式
交流电路中电压、 电流、阻抗三者之间 关系(欧姆定律)	 $I = \frac{V}{Z}$ $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$
交流电路功率	$P = VI \cos \varphi = I^2 R$ $Q = VI \sin \varphi = I^2 X$ $S = VI = I^2 Z$ $\cos \varphi = \frac{R}{Z}, \sin \varphi = \frac{X}{Z}$ <p>式中:  <math>P</math>——有功功率(瓦)  <math>Q</math>——无功功率(瓦)  <math>S</math>——视在功率(瓦)  <math>\cos \varphi</math>——功率因数</p>
交流并联电路的总 电流	 $I = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + 2I_1 I_2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2)}$ $\varphi = \text{tg}^{-1} \frac{I_1 \sin \varphi_1 + I_2 \sin \varphi_2}{I_1 \cos \varphi_1 + I_2 \cos \varphi_2}$ $\varphi_1 = \text{tg}^{-1} \frac{X_1}{R_1}, \varphi_2 = \text{tg}^{-1} \frac{X_2}{R_2}$ <p>式中: <math>\varphi</math>——总电流 <math>I</math> 与电压 <math>V</math> 之间的相角  <math>\varphi_1</math>——第一支路电流 <math>I_1</math> 与电压 <math>V</math> 之间的相角  <math>\varphi_2</math>——第二支路电流 <math>I_2</math> 与电压 <math>V</math> 之间的相角</p>
三相交流电路中 线电压与相电压以及 线电流与相电流的 关系	<p>负载三角形(<math>\Delta</math>)接法:  <math>V_L = V_{LN}</math>  <math>I_L = \sqrt{3} I_{LN}</math> (负载对称时此式才成立)</p> <p>负载星形(<math>Y</math>)接法  <math>V_L = \sqrt{3} V_{LN}</math> (有中线时此式才成立,与负载是否对称无关)  <math>I_L = I_{LN}</math></p> <p>式中: <math>V_L, I_L</math>——线电压与线电流  <math>V_{LN}, I_{LN}</math>——相电压与相电流</p>
对称三相交流电路 功率	$P = \sqrt{3} V I \cos \varphi$ $Q = \sqrt{3} V I \sin \varphi$ $S = \sqrt{3} V I$ <p>式中: <math>V</math>——线电压(伏)  <math>I</math>——线电流(安)  <math>\varphi</math>——相电压与相电流之间的相角</p>
直流电磁铁吸引力	$F = 4L^2 S \times 10^3$ <p>式中: <math>F</math>——吸引力(牛)  <math>B</math>——磁感应强度(特)  <math>S</math>——磁路的截面积(米<sup>2</sup>)</p>
电动机额定转矩	$M = 97.5 \frac{P}{n}$ <p>式中: <math>M</math>——电动机额定转矩(牛·米)  <math>P</math>——电动机额定容量(千瓦)  <math>n</math>——电动机每分钟转数</p>

## 1-2 常用表格

表 1-1 公制长度单位及换算

单 位	旧 名 称	符 号	换 算
公里(千米)		km	1 公里=1000 米
米	公 尺	m	
分 米	公 寸	dm	1 分米=10 厘米=0.1 米
厘 米	公 分	cm	1 厘米=10 毫米=0.01 米
毫 米	公 厘	mm	1 毫米=0.001 米
微 米	公 忽	$\mu\text{m}$	1 微米=0.001 毫米=0.000001 米

表 1-2 长度单位换算表

单位	米	厘 米	毫 米	码	英 尺	英 寸	英 分
米	1	100	1000	1.09361	3.281	39.37	315
厘米	0.01	1	10	0.0109361	0.03281	0.3937	3.15
毫米	0.001	0.1	1	0.0010936	0.00328	0.0394	0.315
码	0.9144	91.44	914.4	1	3	36	288
英尺	0.3048	30.48	304.8	0.33333	1	12	96
英寸	0.0254	2.54	25.4	0.027778	0.08333	1	8
英分	0.00317	0.31743	3.1746	0.003472	0.01042	0.125	1

表 1-3 面积单位换算表

单 位	米 <sup>2</sup>	公 亩	亩	英寸 <sup>2</sup>	英尺 <sup>2</sup>	码 <sup>2</sup>	英 亩
米 <sup>2</sup>	1	0.01	$1.5 \times 10^{-3}$	1550	10.76	1.196	$2.471 \times 10^{-4}$
公 亩	100	1	0.15	$15.5 \times 10^4$	1076	119.6	$2.471 \times 10^{-2}$
亩	666.7	6.667	1	$1.03 \times 10^5$	$7.173 \times 10^2$	797.3	$16.47 \times 10^{-2}$
英寸 <sup>2</sup>	$6.452 \times 10^{-4}$	$6.452 \times 10^{-6}$	$9.709 \times 10^{-7}$	1	$6.944 \times 10^{-3}$	$7.716 \times 10^{-4}$	$1.594 \times 10^{-7}$
英尺 <sup>2</sup>	$9.29 \times 10^{-2}$	$9.29 \times 10^{-4}$	$1.394 \times 10^{-4}$	144	1	0.1111	$2.296 \times 10^{-5}$
码 <sup>2</sup>	0.8361	$8.361 \times 10^{-3}$	$1.254 \times 10^{-3}$	1293	9	1	$2.066 \times 10^{-4}$
英 亩	$4.047 \times 10^3$	40.47	6.702	$6.273 \times 10^6$	$4.856 \times 10^4$	4840	1

表 1-4 体积单位换算表

单位	米 <sup>3</sup>	分米 <sup>3</sup> (升)	英寸 <sup>3</sup>	英尺 <sup>3</sup>	英加仑	美加仑
米 <sup>3</sup>	1	1000	$6.102 \times 10^4$	35.31	220.0	264.2
分米 <sup>3</sup> (升)	0.001	1	61.02	$3.531 \times 10^{-2}$	0.220	0.2642
英寸 <sup>3</sup>	$1.639 \times 10^{-6}$	$1.639 \times 10^{-3}$	1	$5.787 \times 10^{-4}$	$3.605 \times 10^{-3}$	$4.329 \times 10^{-3}$
英尺 <sup>3</sup>	$2.832 \times 10^{-2}$	28.32	1728	1	6.229	7.481
英加仑	$4.546 \times 10^{-3}$	4.546	277.4	0.1605	1	1.201
美加仑	$3.785 \times 10^{-3}$	3.785	231	0.1987	0.8327	1

表 1-5 重量单位换算表

单 位	千 克	克	磅	盎 司
千克(kg)	1	1000	2.205	35.27
克(g)	0.001	1	$2.205 \times 10^{-3}$	$3.527 \times 10^{-2}$
磅(lb)	0.454	454	1	16
盎司(oz)	$2.835 \times 10^{-2}$	28.35	$5.25 \times 10^{-2}$	1

注：① 金衡制中，1磅=12盎司。

② 1克拉(钻石的重量单位)=0.2克。

表 1-6 角度单位换算表

单 位	度	分	秒	弧度	圆 周
度	1	60	3600	$1.745 \times 10^{-2}$	$2.778 \times 10^{-3}$
分	$1.667 \times 10^{-2}$	1	60	$2.909 \times 10^{-4}$	$4.630 \times 10^{-5}$
秒	$2.778 \times 10^{-4}$	$1.667 \times 10^{-2}$	1	$4.848 \times 10^{-6}$	$7.716 \times 10^{-7}$
弧度	57.30	3438	$2.063 \times 10^5$	1	0.1592
圆周	360	$2.16 \times 10^4$	$1.296 \times 10^6$	6.283	1

表 1-7 力单位及换算

单 位	符 号	牛 顿	千 克 力	磅 (力)	达 因
牛 顿	N	1	$1.02 \times 10^{-1}$	$2.25 \times 10^{-1}$	$10^5$
千克力	kgf	9.81	1	2.21	$9.81 \times 10^5$
磅(力)	lbf	4.45	0.454	1	$4.45 \times 10^5$
达 因	dyn	$10^{-5}$	$1.02 \times 10^{-6}$	$2.25 \times 10^{-8}$	1

表 1-8 功率单位及换算

单 位	千克力米每秒	公制马力	英制马力	千 瓦	尔格每秒
千克力米每秒	1	$1.383 \times 10^{-2}$	$1.315 \times 10^{-2}$	$0.981 \times 10^{-2}$	$9.81 \times 10^7$
公制马力	75	1	0.986	0.736	$7.36 \times 10^9$
英制马力	76.4	1.014	1	0.746	$7.46 \times 10^9$
千 瓦	102.0	1.36	1.34	1	$10^{10}$
尔格每秒	$1.02 \times 10^{-8}$	$1.36 \times 10^{-10}$	$1.34 \times 10^{-10}$	$10^{-10}$	1

表 1-9 功、能单位及换算

单 位	千克力米	公制马力小时	千瓦·时	焦(瓦·秒)	尔 格
千克力米	1	$0.37 \times 10^{-5}$	$2.72 \times 10^{-5}$	9.81	$9.81 \times 10^7$
公制马力小时	$27 \times 10^4$	1	0.736	$2.65 \times 10^5$	$2.65 \times 10^{12}$
千瓦·时	$36.7 \times 10^4$	1.36	1	$3.60 \times 10^6$	$3.60 \times 10^{13}$
焦(瓦·秒)	$1.02 \times 10^{-1}$	$0.38 \times 10^{-6}$	$2.77 \times 10^{-7}$	1	$10^7$
尔 格	$1.02 \times 10^{-8}$	$0.38 \times 10^{-13}$	$2.77 \times 10^{-13}$	$10^{-7}$	1



表 1-10 电磁量的法定计量单位与克厘米秒制(GCS)换算

量	符号	法定计量单位	量纲	法定计量单位换算到GCS时的系数	
				GCSM	GCSF
电量	$Q$	库仑(C)	安 $\times$ 秒	$10^{-1}$	$3 \times 10^9$
电流	$I$	安培(A)	安	$10^{-1}$	$3 \times 10^9$
电压	$V$	伏特(V)	焦/库 = $\frac{\text{千克} \times \text{米}^2}{\text{安} \times \text{秒}^2}$	$10^8$	$\frac{1}{300}$
电场强度	$E$	伏特/米(V/m)	$\frac{\text{千克} \times \text{米}}{\text{安} \times \text{秒}^2}$	$10^6$	$\frac{1}{3} \times 10^{-4}$
电阻	$R$	欧姆( $\Omega$ )	伏/安 = $\frac{\text{千克} \times \text{米}^2}{\text{安}^2 \times \text{秒}^3}$	$10^9$	$\frac{1}{9} \times 10^{-11}$
电容	$C$	法拉(F)	秒/欧 = $\frac{\text{安} \times \text{秒}}{\text{伏}} = \frac{\text{安}^2 \times \text{秒}^4}{\text{千克} \times \text{米}^2}$	$10^{-9}$	$9 \times 10^{11}$
电感	$L$	亨利(H)	$\frac{\text{伏} \times \text{秒}}{\text{安}} = \text{欧} \times \text{秒} = \frac{\text{千克} \times \text{米}^2}{\text{安}^2 \times \text{秒}^2}$	$10^9$	$\frac{1}{9} \times 10^{-11}$
磁通	$\Phi$	韦伯(Wb)	伏 $\times$ 秒 = $\frac{\text{千克} \times \text{米}^2}{\text{安} \times \text{秒}^2}$	$10^8$ (麦克斯韦)	$\frac{1}{300}$
磁感应强度 磁通密度	$B$	特斯拉(T)	$\frac{\text{伏} \times \text{秒}}{\text{米}^2} = \frac{\text{千克}}{\text{安} \times \text{秒}^2}$	$10^4$ (高斯)	$\frac{1}{3} \times 10^{-6}$
磁场强度	$H$	安培/米(A/m)	安/米	$4\pi \times 10^{-3}$ (奥斯特)	$12\pi \times 10^7$
磁通势	$F$	安培(A)	安	$4\pi \times 10^{-1}$ (吉伯)	$12\pi \times 10^9$
磁阻	$R_m$	1/亨利(1/H)	$\frac{1}{\text{欧} \times \text{秒}} = \frac{\text{安}^2 \times \text{秒}^2}{\text{千克} \times \text{米}^2}$	$4\pi \times 10^{-9}$	$36\pi \times 10^{11}$
力	$F$	牛顿(N)	$\frac{\text{千克} \times \text{米}}{\text{秒}^2}$	$10^6$ (达因)	$10^5$ (达因)
功 能	$A$	焦耳(J)	牛 $\times$ 米 = $\frac{\text{千克} \times \text{米}^2}{\text{秒}^2}$	$10^7$ (尔格)	$10^7$ (尔格)
功 率	$P$	瓦特(W)	焦/秒 = $\frac{\text{千克} \times \text{米}^2}{\text{秒}^3}$	$10^7$ (尔格/秒)	$10^7$ (尔格/秒)
真空介电常数	$\epsilon_0$	法拉/米(F/m)	$\frac{\text{安}^2 \times \text{秒}^4}{\text{千克} \times \text{米}^3}$	$4\pi \times 10^{-11}$	$36\pi \times 10^9$
真空导磁率	$\mu_0$	亨利/米(H/m)	$\frac{\text{千克} \times \text{米}}{\text{安}^2 \times \text{秒}^2}$	$\frac{1}{4\pi} \times 10^7$	$\frac{1}{36\pi} \times 10^{-12}$

注：法定计量单位中

$$\epsilon_0 = \frac{1}{36\pi \times 10^9} = 8.85 \times 10^{-12} \text{ 法/米}; \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} = 1.26 \times 10^{-6} \text{ 亨/米}.$$

表 1-11 磁场强度单位换算表

单 位	安匝/厘米	安 匝/米	奥 斯 特
安匝/厘米	1	100	1.257
安匝/米	0.01	1	$1.257 \times 10^{-2}$
奥斯特	0.7958	79.58	1

表 1-12 光照度单位换算表

单 位	勒 克 司	辐 透	英尺-烛光
勒克司(流明/米 <sup>2</sup> )	1	$10^{-4}$	$9.29 \times 10^{-2}$
辐透(流明/厘米 <sup>2</sup> )	$10^4$	1	929
英尺-烛光(流明/英尺 <sup>2</sup> )	10.76	$10.76 \times 10^{-4}$	1

表 1-13 常用词头与因数对照表

因 数	英文译名	国际符号	词头名称	中国古数词
$10^{24}$	exa	E	艾	穰( $10^{10}$ )
$10^{21}$	peta	P	拍	秭( $10^9$ )
$10^{12}$	tera	T	太	垓( $10^8$ )
$10^9$	giga	G	吉	京( $10^7$ )
$10^6$	mega	M	兆	兆( $10^6$ )
$10^3$	kilo	k	千	千( $10^3$ )
$10^2$	hecto	h	百	百( $10^2$ )
$10^1$	deca	da	十	十( $10$ )
$10^{-1}$	deci	d	分	分( $10^{-1}$ )
$10^{-2}$	centi	c	厘	厘( $10^{-2}$ )
$10^{-3}$	milli	m	毫	毫( $10^{-3}$ )
$10^{-6}$	micro	$\mu$	微	微( $10^{-6}$ )
$10^{-9}$	nano	n	纳	纤( $10^{-7}$ )
$10^{-12}$	pico	p	皮	沙( $10^{-8}$ )
$10^{-15}$	femto	f	飞	尘( $10^{-9}$ )
$10^{-18}$	atto	a	阿	渺( $10^{-11}$ )

表 1-14 公英制线规对照表

SWG 规号	毫米	SWG 规号	毫米	SWG 规号	毫米
1	7.620	18	1.219	35	0.218
2	7.010	19	1.016	36	0.198
3	6.401	20	0.914	37	0.178
4	5.893	21	0.813	38	0.152
5	5.385	22	0.711	39	0.132
6	4.877	23	0.610	40	0.122
7	4.470	24	0.559	41	0.112
8	4.064	25	0.508	42	0.102
9	3.658	26	0.457	43	0.091
10	3.251	27	0.417	44	0.081
11	2.946	28	0.376	45	0.071
12	2.642	29	0.345	46	0.061
13	2.337	30	0.315	47	0.051
14	2.032	31	0.295	48	0.041
15	1.829	32	0.274	49	0.031
16	1.626	33	0.254	50	0.025
17	1.422	34	0.234		

表 1-15 电工常用符号

符 号		名 称	符 号		名 称	符 号	名 称
单独 时用	组合时 使用		单独 时用	组合时 使用			
R	R	电 阻 器	K	KM	接 触 器	PA	电 流 表
L	L	电 感 器	K	KS	起 动 器	A	安 培 表
C	C	电 容 器	Q	QC	控 制 器	mA	毫 安 表
L	L	电 抗 器	A	AR	调 节 器	$\mu$ A	微 安 表
R	RP	电 位 器	V	VT	晶 体 管	kA	千 安 表
G	G	发 电 机	V	VE	电 子 管	PV	电 压 表
M	M	电 动 机	U	UR	整 流 器	V	伏 特 表
M	MG	励 磁 机	B	BM	传 声 器	mV	毫 伏 表
A	A	放 大 器	B	BS	扬 声 器	kV	千 伏 表
L	LC	绕 组 或 线 圈	S	SS	选 择 器	PJ	电 度 表
T	T	变 压 器	K	KT	中 继 器	W	瓦 特 表
T	TA	电 流 互 感 器	Z	ZF	滤 波 器	kW	千 瓦 表
T	TV	电 压 互 感 器	H	HL	灯	Var	乏 表
P	PM	测 量 仪 表	G	GB	电 池	Wh	瓦 时 表
RA	RA	分 流 器	F	FA	避 雷 器	Ah	安 时 表
RV	RV	分 压 器	W	WB	母 线	Varh	乏 时 表
A	AB	电 桥		PE	保 护 接 地	Hz	频 率 表
S		开 关		PEN	保 护 接 地 与 中 性 线 共 用	cos $\phi$	功 率 因 数 表
S	SK	电 键				$\Omega$	欧 姆 表
S	SB	接 钮				M $\Omega$	兆 欧 表
Q	QF	断 路 器				$\phi$	相 位 表
F	FU	熔 断 器				n	转 速 表
K	KA	继 电 器				T	温 度 表

表 1-16 电工常用辅助符号

辅助符号			名称	辅助符号			名称
并列		角注		并列		角注	
单组合	多组合			单组合	多组合		
H	High			<i>h</i>	高		
L	Low	<i>l</i>	低	A	A	<i>i</i>	电 流
	Up	<i>u</i>	升	T	T	<i>t</i>	时 间
D	Down	<i>d</i>	降	C	CL	<i>c</i>	闭 合
M	Main	<i>m</i>	主	O	OP	<i>o</i>	断 开
S	Sec	<i>s</i>	副	S	SP	<i>sp</i>	备 用
M	Medium	<i>m</i>	中	A	AD	<i>ad</i>	附 加
FW	Dir	<i>d</i>	正		Asyn	<i>a</i>	异 步
O	OPP	<i>o</i>	反		SYN	<i>s</i>	同 步
E	End	<i>e</i>	终	D	Dis	<i>d</i>	放 电
RD	RD	<i>r</i>	红	L	Ch	<i>c</i>	联 锁
GN	GN	<i>g</i>	绿	A	Aut	<i>a</i>	自 动
YE	YE	<i>y</i>	黄	M	MAN	<i>m</i>	手 动
WH	WH	<i>w</i>	白		ST	<i>s</i>	起 动
BL	BL	<i>b</i>	蓝		STP	<i>s</i>	停 止
BK	BK		黑		Op	<i>o</i>	工 作
DC	DC	<i>dc</i>	直流	C	Con	<i>c</i>	控 制
AC	AC	<i>ac</i>	交流	S	Sig	<i>s</i>	信 号

表 1-17 专用文字符号

文字符号	名称	文字符号	名称	文字符号	名称
RR	变阻器	MDC	直流电动机	TC	控制变压器
RST	起动电阻	MAC	交流电动机	TM	电力变压器
RB	制动电阻	MSY	同步电动机	TSU	升压变压器
BVV	调速电阻	MAS	异步电动机	TSD	降压变压器
RME	励磁电阻	MI	感应电动机	TIS	隔离变压器
RDS	放电电阻	MSC	鼠笼电动机	TSA	饱和变压器
BAD	附加电阻	MSR	滑环电动机	TL	照明变压器
ROS	光敏电阻	MC	换向器电动机	TR	整流变压器
RT	热敏电阻	MMS	多速电动机	TVV	调压器
CP	电力电容	MVV	调速电动机	TVP	调相器(移相器)
CDS	放电电容	LME	励磁绕组	TA	电流互感器
LST	起动电抗器	LPC	并联绕组	TV	电压互感器
LCT	限流电抗器	LSC	串联绕组	QN	刀开关
LTS	饱和电抗器	LS	起动绕组	QS	隔离开关
GVM	调速发电机	LAR	电枢绕组	QA	自动开关 (自动电气开关)
MS	伺服电动机	LSR	定子绕组	QLD	负荷开关
GFC	变频器	LRR	转子绕组	QT	转换开关 (组合开关)
MC	整流子电动机	LCM	换向绕组	QAP	万能转换开关
GSG	自同步发送机	LCL	补偿绕组	QC	控制开关
GSR	自同步接收机	LC	控制绕组	QTS	脚踏开关
GOC	变流机	LG	给定绕组	QPS	水银开关
MA	电机放大机	LFB	反馈绕组	QLS	限位开关
GDC	直流发电机	LDF	差动绕组	QS	换接器(连接器)
GAC	交流发电机	LSD	稳定绕组	QHV	高压断路器
GSY	同步发电机	TST	起动变压器	KCR	控制继电器
GI	感应发电机	TSD	稳定变压器	KM	中间继电器
GS	汽轮发电机	TSC	自耦变压器		
GW	水轮发电机	TRT	旋转变压器		

(续表)

文字符号	名称	文字符号	名称	文字符号	名称
KA	电流继电器	LCC	扼流线圈	ZD	表 减 器
KTH	热继电器	L	电 感 器	ZM	匹 配 器
KV	电压继电器	LDC	鼓形控制器	UR	检 波 器
KT	时间继电器	LMC	主令控制器	GB	蓄 电 池
KTM	温度继电器	LSC	屏形控制器	EF	电 炉
KAR	加速继电器	LUC	凸轮控制器	YA	电 磁 铁
KDF	差动继电器	LPC	程序控制器	TAW	电 焊 机
KSG	信号继电器	AM	磁 放 大 器	FA	电 避 雷 器
KF	频率继电器	MA	电机放大器 (机)	ECS	稳 流 器
KP	极化继电器			EVS	稳 压 器
KPR	压力继电器	AE	电子放大器	EH	电 热 器
KVC	速度继电器	ATS	半导体放大器	FSG	火花放电器
KG	瓦斯继电器	AP	功率放大器 (机)	YAD	直流电磁铁
KL	线路接触器			YAA	交流电磁铁
KDR	正转接触器	APS	脉冲放大器	YAT	三相交流电 磁铁
KRR	逆转接触器	HBL	电 铃	YC	电磁离合器
KST	起动接触器	HMS	电 笛	WP	动力母线
KB	制动接触器	HER	蜂 鸣 器	WL	照明母线
KSE	强励接触器	HIL	指 示 器	WC	控制母线
KAC	加速接触器	HSL	信 号 灯	WB	制动母线
KCC	联锁接触器	BTE	热电变换器	WE	接地母线
YSD	减速起动器	PCO	示 波 器	ZCS	控制站
YSY	综合起动器	BLS	扬 声 器	ZOB	控制板
YM	磁力起动器	SPB	电 键 (按 键)	ZSC	控制屏
YDS	星三角起动器	BT	电 话 机	ZCP	控制台
YSC	自耦变压起动 器	ZF	电 滤 波 器	ZCC	控制箱
LIC	感应线圈	A	增 幅 器	BRC	电 阻
		CT	中 继 器		

### 1-3 常用电工设备图形符号

图形符号	说 明	图形符号	说 明
	直流		导线的多线连接
	交流		端子 注: 必要时圆旁可画成圆黑点
	交直流		可拆卸端子
	正极		导线的不连接
	负极		导线的交叉连接
	一般接地符号		导线或电缆的合并和分支
	接机壳或底板		电阻符号
	故障 (用以表示假定故障位置)		可调电阻变阻器
	线间绝缘击穿		滑线式变阻器
	导线对机壳绝缘击穿		滑动触点电位器
	导线对地绝缘击穿		压敏电阻器
	三根导线		热敏电阻器
	柔软导线		电容器一般符号
	屏蔽导线		极性电容器
	导线的连接		
	导线, 母线, 线路		



(续表)

图形符号	说 明	图形符号	说 明
	可变电容器 可调电容器		半导体二极管一般符 号
	双联可调可变电容器 注:可增加同调联数		发光二极管一般符号
	微调电容器		利用温度效应的二极 管 注:θ可以用 $\theta$ 代替
	热敏极性电容器		用作电容性器件的二 极管(变容二极管)
	压敏极性电容器		隧道二极管
	电感器,线圈绕组,抗 流圈		单向击穿二极管 电压调整二极管 江崎二极管
	带铁芯的电感器		双向击穿二极管
	磁芯有间隙的电感器		反向二极管 (单隧道二极管)
	带磁芯连续可调的电 感器		双向二极管 交流开关二极管
	有两个抽头的电感器 注:①可增加或减少 抽头数目 ②抽头可在外侧 两半圆交点处引出		反向阻断二极晶体闸 流管
	可变电感器		反向导通二极晶体闸 流管
	铁氧体磁芯		双向二极晶体闸流管
	一个绕组的铁氧体磁 芯		反向阻断三极晶体闸 流管,N型控制极(阳极 侧受控)
	斜线可以被认为是在反 射器,显示出电流与磁 通方向的关系,如下图 所示:		反向阻断三极晶体闸 流管,P型控制极(阴极 侧受控)
			可关断三极晶体闸流 管,N型控制极(阳极侧 受控)
			可关断三极晶体闸流 管,P型控制极(阴极侧 受控)




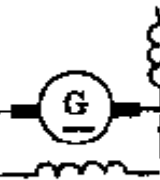

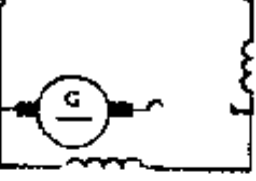

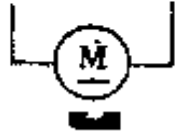

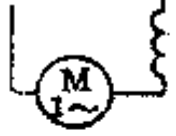






(续表)

图形符号	说 明	图形符号	说 明
	反向阻断四极晶体闸流管		光电二极管 具有非对称导电性的光电器件
	双向三极晶体闸流管 三端双向晶体闸流管		光电池
	反向导通三极晶体闸流管, N型控制极(阳极侧受控)		光电半导体管 (示出NPN型)
	反向导通三极晶体闸流管, P型控制极(阴极侧受控)		半导体激光器
	光控晶体闸流管		发光数码管
	PNP型半导体管		有四个欧姆接触的霍尔发生器
	NPN型半导体管, 集电极接管亮		磁敏电阻器 (示出线性型)
	NPN型雪崩半导体管		磁敏二极管
	具有P型基极单结型半导体管		NPN型磁敏半导体管
	具有N型基极单结型半导体管		光电二极管型光耦合器
	有横向偏压基极的NPN型半导体管		达林顿型光耦合器
	N型沟道结型场效应半导体管 注: 栅极与源极的引线应绘在一直线上		光电三极管型光耦合器
	P型沟道结型场效应半导体管		光耦合器 光隔离器 (示出发光二极管和光电半导体管)
	光敏电阻 具有对称导电性的光电器件		一个绕组 注: ① 独立绕组的个数应用短线的数目或在符号上加数字表示出来




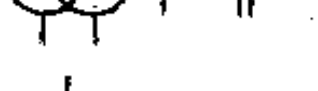

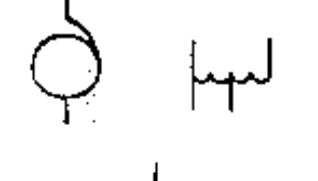

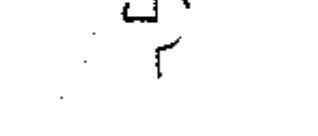
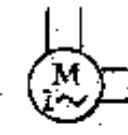
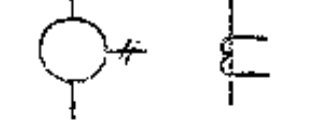

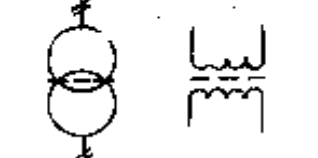

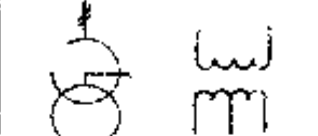


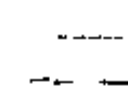
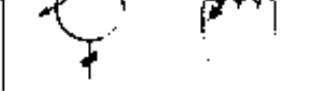

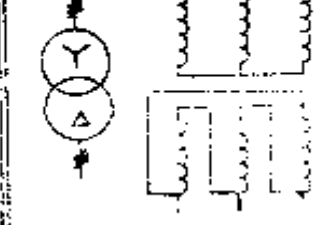
(续表)

图形符号	说 明	图形符号	说 明
	示例: 三个独立绕组 六个独立绕组		直流发电机
	① 本符号也可用于表示各种外部连接的绕组		直流电动机
	示例: 互不连接的三相绕组		交流发电机
	m个互不连接的m相绕组		交流电动机
	两相四端绕组		交直流变流机
	两相绕组		交流伺服电动机
	中性点引出的四相绕组		直流伺服电动机
	T形连接的三相绕组		交流测速发电机
	三角形连接的三相绕组		直流测速发电机
	星形连接的三相绕组		交流力矩电动机
	注: 本符号用加注数码以表示相数, 可用于代表多边形连接的多相绕组		直流力矩电动机
	星形连接的三相绕组		圆感应同步器
	注: 本符号用加注数码以表示相数, 可用于代表星形连接的多相绕组		直线感应同步器
	中性点引出的星形连接的三相绕组		直线电动机一般符号
	星形连接的六相绕组		步进电动机
	换向绕组或补偿绕组		手摇发电机
	串励绕组		
	并励或他励绕组		
	集电环或换向器上的电刷		

(续表)

图形符号	说 明	图形符号	说 明
	<p>自整角机 注: 对于特定的自整角机其型号必须用适当的字母代替, 根据自整角机的功能使用下列字母:</p> <p>第一位字母 功能 C 控制式 T 力矩式 R 旋转变压器 (解算器)</p> <p>第二位字母 功能 D 差动 R 接收机 T 变压器 X 发送机</p>	  	<p>并励直流电动机</p> <p>他励直流电动机</p> <p>短分路复励直流发电机示出接线端子和电刷</p>
	<p>永磁式直流力矩电动机</p>		<p>短分路复励直流发电机示出换向绕组和补偿绕组, 以及接线端子和电刷</p>
	<p>交流力矩电动机</p>		<p>永磁直流电动机</p>
	<p>单相同步电动机</p>		<p>单相交流串励电动机</p>
	<p>单相永磁同步电动机</p>		<p>两相伺服电动机</p>
	<p>单相推斥电动机</p>		<p>电磁式直流伺服电动机</p>
	<p>串励直流电动机</p>		<p>永磁式直流伺服电动机</p>

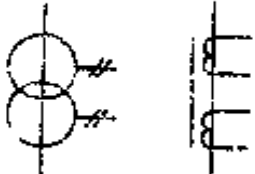




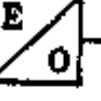

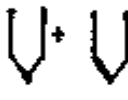

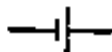

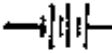

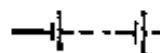

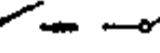

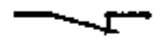



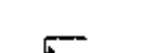


(续表)

图形符号	说明	图形符号	说明
	交流测速发电机		三绕组变压器
	电磁式直流测速发电机		自耦变压器
	永磁式直流测速发电机		电抗器、扼流圈
	三相鼠笼式异步电动机		电流互感器 脉冲变压器
	单相鼠笼式有分相端子的异步电动机		绕组间有屏蔽的 双绕组单相变压器
	三相线绕转子异步电动机		在一个绕组上有 中心点抽头的变 压器
	永磁步进电动机		耦合可变的变 压器
	三相步进电动机 注：对多相步进电动机用多根出线表示，如四相则用四根线表示，以此类推		耦合可变的变 压器
	铁芯		耦合可变的变 压器
	带间隙的铁芯  双绕组变压器 注：黑点表示为 异端		三相变压器 星形-三角形连 接



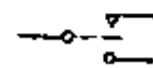
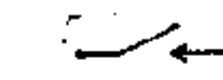
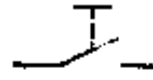





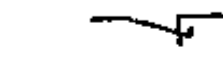

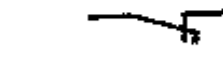

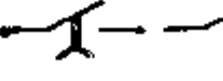

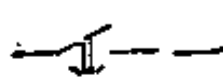




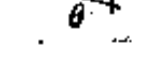
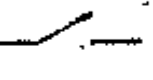

(续表)

图形符号	说明	图形符号	说明
	<p>具有四个抽头 (不包括主抽头)的 三相变压器 星形-星形连接</p>		<p>单相自耦变压器</p>
	<p>单相变压器组成 的三相变压器 星形-三角形连接</p>		<p>三相自耦变压器 星形连接</p>
	<p>具有有载分接开 关的三相变压器 星形-三角形连 接</p>		<p>可调压的单相自 耦变压器</p>
	<p>具有有载分接开 关的三相变压器 星形-三角形连 接</p>		<p>单相感应调压器</p>
	<p>三相变压器 星形-曲折形连 接</p>		<p>三相感应调压器</p>
	<p>三相变压器 星形-星形-三角 形连接</p>		<p>三相移相器</p>
	<p>具有有载分接开 关的三相三绕组变 压器, 有中性点引 出线的星形-有 中性点引出线的星 形-三角形连接</p>		<p>电流互感器 脉冲变压器</p>
	<p>具有两个铁芯和 两个次级绕组的电 流互感器</p>		<p>具有两个铁芯和 两个次级绕组的电 流互感器</p>

(续表)

图形符号	说明	图形符号	说明
	<p>在一个铁芯上具有两个次级绕组的电流互感器</p>		<p>频-幅变换器</p>
	<p>次级绕组有三个抽头(包括主抽头)的电流互感器</p>		<p>光电转换器</p>
	<p>频敏变阻器</p>		<p>电光转换器</p>
	<p>分裂电抗器</p>		<p>热电偶 (示出极性符号) 带直接指示极性的热电偶, 负极用粗线表示</p>
	<p>理想电流源</p>		<p>原电池或蓄电池 注: 长线代表阳极, 短线代表阴极, 为了强调短线可画粗些</p>
	<p>理想电压源</p>		<p>蓄电池组或原电池组</p>
	<p>直流变流器</p>		<p>动合(常开)触点 注: 本符号也可用作开关一般符号</p>
	<p>整流器</p>		<p>动断(常闭)触点</p>
	<p>桥式全波整流器</p>		<p>先断后合的转换触点</p>
	<p>逆变器</p>		<p>中间断开的双向触点</p>
	<p>幅-频变换器</p>		<p>先合后断的转换触点(桥接)</p>
			<p>双动合触点</p>
			<p>双动断触点</p>

(续表)

图形符号	说明	图形符号	说明
	当操作器件被吸合时，暂时闭合的过渡动合触点		有弹性返回的动断触点
	当操作器件被释放时，暂时闭合的过渡动合触点		上边弹性返回，下边无弹性返回的中间断开的双向触点
	当操作器件被吸合或释放时，暂时闭合的过渡动合触点		手动开关的一般符号
	多触点组中比其他触点提前吸合的动合触点		按钮开关 (不闭锁)
	多触点组中比其他触点滞后吸合的动合触点		拉拔开关 (不闭锁)
	多触点组中比其他触点滞后释放的动断触点		旋钮开关、旋转开关 (闭锁)
	多触点组中比其他触点提前释放的动断触点		位置开关，动合触点
	当操作器件被吸合时延时闭合的动合触点		限位开关，动合触点
	当操作器件被释放时延时断开的动合触点		位置开关，动断触点
	当操作器件被释放时延时闭合的动断触点		限位开关，动断触点
	当操作器件被吸合时延时断开的动断触点		对两个独立电路作双向机械操作的位置或限位开关
	吸合时延时闭合和释放时延时断开的动合触点		热敏开关，动合触点 注： $\theta$ 可用动作温度代替
	有弹性返回的动合触点		热敏开关，动断触点 注： $\theta$ 可用动作温度代替
	无弹性返回的动合触点		单极开关
			多极开关



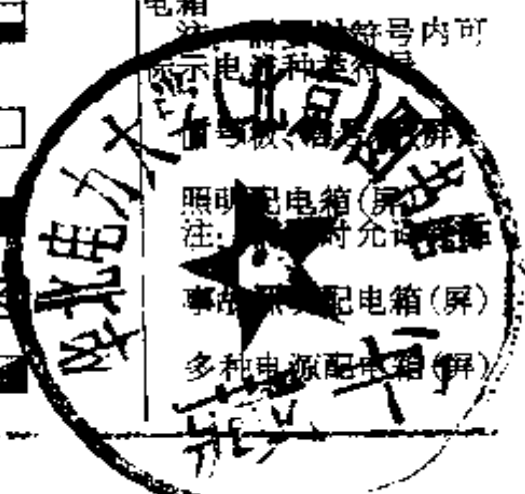
(续表)

图形符号	说 明	图形符号	说 明
	接触器 (在非动作位置触点断开)		缓慢吸合(缓吸)继电器的线圈
	具有自动释放的接触器		缓吸和缓放继电器的线圈
	接触器 (在非动作位置触点闭合)		快速继电器 (快吸和快放)的线圈
	断路器		对交流不敏感继电器的线圈
	隔离开关		交流继电器的线圈
	具有中间断开位置的双向隔离开关		机械谐振继电器的线圈
	负荷开关		机械保持继电器的线圈
	具有自动释放的负荷开关		极化继电器的线圈
	步进起动器 注: 起动步数可以示出		剩磁继电器的线圈
	调节-起动器		热继电器的驱动器件
	带自动释放的起动器		电压表
	星-三角起动器		无功电流表
	自耦变压器式起动器		无功功率表
	带可控整流器的调节-起动器		功率因数表
	操作器件一般符号		相位表
	缓慢释放(缓放)继电器的线圈		频率表

153949

(续表)

图形符号	说 明	图形符号	说 明
	同步表(同步指示器)		电阻加热装置
	转速表		电弧炉
	示波器		感应加热炉
	差动电压表		电解槽或电镀槽
	检流计		直流电焊机
	电度表(瓦特小时计)		交流电焊机
	无功电度表		探伤设备一般符号 注:星号“*”必须用不同的字母代替,以表示不同的探伤设备 X——X射线探伤 γ——γ射线探伤 S——超声波探伤 M——磁力探伤
	灯一般符号		热水器(示出引线)
	信号灯一般符号		风扇一般符号(示出引线) 注:若不引起混淆,方框可省略不画
	电警笛 报警器		屏、台、箱、柜一般符号
	蜂鸣器		动力或动力-照明配电箱 注:需时符号内可示电源种类和运行
	电铃		配电箱 注:需时符号内可示电源种类和运行
	电喇叭		配电箱 注:需时符号内可示电源种类和运行
	熔断器一般符号		配电箱 注:需时符号内可示电源种类和运行
	避雷器符号		配电箱 注:需时符号内可示电源种类和运行
	跌开式熔断器		配电箱 注:需时符号内可示电源种类和运行
	熔断器式开关		配电箱 注:需时符号内可示电源种类和运行
	熔断器式隔离开关		配电箱 注:需时符号内可示电源种类和运行
	熔断器式负荷开关		配电箱 注:需时符号内可示电源种类和运行



(续表)

图形符号	说 明	图形符号	说 明
	直流配电盘(屏)		球形灯
	交流配电盘(屏)		局部照明灯
	带熔断器的插座		矿山灯
	开关一般符号		安全灯
	单极开关		隔爆灯
	暗装		天棚灯
	密闭(防水)		花灯
	防爆		弯灯
	双极开关		壁灯
	暗装		深照型灯
	密闭(防水)		广照型灯(配照型灯)
	防爆		防水防尘灯
	三极开关		投光灯一般符号
	暗装		聚光灯
	密闭(防水)		泛光灯
	防爆		荧光灯一般符号
	单极拉线开关		三管荧光灯
	单极双控拉线开关		五管荧光灯
			防爆荧光灯
			在专用电路上的事故照明灯

## 1-4 常用缩略语表

## A

A	anode	阳极
AC	alternating current	交流电
A-D	analog to digital	模拟-数字(转换)
ADD		附加
ADJ	adjustability	可调
AFC	automatic fidelity control	自动保真度控制
	automatic following control	自动跟踪控制
	automatic frequency control	自动频率控制
	automatic gain control	自动增益控制
AGC		报警
ALARM		自动电平控制
ALC	automatic level control	自动亮度调节
	automatic light control	调幅
AM	amplitude modulation	自动-手动
A/M	auto/manual	天线
ANT	antenna	自动停带机构
ASM	automatic stop mechanism	音频
AUDIO		自动
AUTO	automation	自动音量控制
AVC	automatic volume control	自动音量扩展
AVE	automatic volume expansion	

## B

B	battery	电池
BALANCE		均衡
BAND		波段

BASS  
BLACK  
BLUE  
BW

backward  
bandwidth

低音  
黑  
蓝  
向后  
带宽

## C

C  
CAD  
CALIBRATION  
CASSETTE

cathode  
control  
computer aided design

阴极  
控制  
计算机辅助设计  
校正  
盒式磁带、卡式录  
音机

CGSS

centimeter-gram-second system

厘米-克-秒(单位)  
制

CGSE

centimeter-gram-second electro-  
static system

厘米-克-秒静电制

CGSM

centimeter-gram-second electro-  
magnetic system

厘米-克-秒静磁制

CH

channel

频道

CHK

check

校验

CLR

clear

清除

CMD

command

命令

CO

company

公司

C/O

care of

转交

CONST

constant

常量

COUNTER

计数器

CP

clock-pulse

时钟脉冲

CPU

central processing unit

中央处理机

CR

carriage return

回车

CRT

cathode-ray tube

阴极射线管(显示器)

CWG	chinese wire gauge	中国线规
<b>D</b>		
D	delay	延迟
	diameter	直径
	down	向下
D-A (D/A)	digital to analog	数字-模拟(转换)
DC	direct current	直流电
DEC	decrease	减
DECK		走带机构
DEL	deletion	清除
DEPTH		深度
DISC	discriminator	鉴频器
DISP	dispatcher	分配器
DOUBLE		双
DOWN		向下
DUBBING		复制
dz	dozen	一打(十二个)
<b>E</b>		
EDIT		编辑
EJECT		推出
EM	emergency	紧急
END		终止, 结束
EPROM	erasable programmable read-only memory	可擦可编程序只读存储器
EQUALIZER		均衡器
ERASE		擦除
ERR	error	错误
EXT	external	外部的
<b>F</b>		
F	fast	快

FB	feedback	反馈
FET	field-effect transistor	场效应晶体管
F, FWD	fast forward	快进
Fig	figure	图
f/lg	focal length	焦距
FM	frequency modulation	调频
FM/AM	frequency modulation/amplitude modulation	调频/调幅
FREQUENCY		频率
FSEL	function select	功能选择
FUNCTION		功能
FW	full wave	全波
FWD	forward	向前
<b>G</b>		
G	ground	接地
GND	ground	接地
<b>H</b>		
HB	highband	高频带
HF	high frequency	高频
Hi-Fi	high fidelity	高保真度
HIGH		高
HOLDING		保持
<b>I</b>		
IN	input	输入, 入口
INC	increase	增加
IND	induction	感应
INDEX		指示
INDICATOR		指示器
INT	interrupt	中断

I/O	input/output	输入输出
<b>K</b>		
KC	Kilocycle	千周
<b>L</b>		
L	left	左
	limiting	限制
LD	load	负载
LED	light-emitting diode	发光二极管
LEVEL		电平
LF	low frequency	低频
LINE		线
LIQ(Liq)	liquid	液体
LOUDNESS		音量
<b>M</b>		
M	main	主
	medium	中
M(MAN)	manual	手动
MAX	maximum	最大值
M/C	manual control	手控
MIC	microphone	话筒
MIN(min)	minimum	最小值
MODE		模式
MUTING		噪声抑制
MW	medium wave	中波
<b>N</b>		
N	north	北
	neutral	中线
NIR	near-infrared	近红外线



NORMAL		正常的
NTSC	national television system committee	(美国)国家电视制式委员会(缩写指该机构规定的彩色电视标准)

## O

OFF		断开
ON		闭合

## P

PAL	phase alternation line by line	正交平衡调幅制 (中国电视制式)
PAM	pulse amplitude modulation	脉冲幅度调制
PAUSE		暂停
PC	personal computer	个人计算机
PE	programmable controller	可编程序控制器
PLAY	protective earthing	保护接地
PLC	programmable logic controller	可编程序逻辑控制器
PM	pulse modulation	脉冲调制
POWER		电源
PP	peak-to-peak	峰峰值
PROM	programmable read-only memory	可编程序只读存储器
PU	pull up	上拉
PWM	pulse width modulation	脉冲宽度调制

## R

R	right	右
RAM	random access memory	随机存取存储器

RANDOM		随机的
RD	read	读
	red	红
RE	repeat	重复
REC	record(ing)	录音
RECEIVER		接收机
REPLAY		重放
REMOTE		遥控
RES	reset	复位
	reservation	預置
RESRUN	reset run	复位运行
REV	reverse	倒转
REVERBERATION		混响
REWIND		倒带
RF	radio frequency	射頻
r/m	revolutions per minute	转/分
ROM	read-only memory	只读存储器
RUN		运行

## S

S	south	南
	save	存储
	spare	备用
SCAN		搜索
SCR	silicon controlled rectifier	晶闸管
SEL	select	选择
SELECTOR		选择器
SET		置位
SH	shift	移位
SPEAKER		话筒
ST(START)		起动
STAND BY		待机(打开)

STE	stepping	步进
STEREO		立体声
STP(STOP)		停止
SURROUND		外界
SW(S-W S/W)	short wave	短波
SWG	standard wire gauge	(英国)标准线规
SYN	synchronizing	同步
<b>T</b>		
<b>T</b>	temperature	温度
	time	时间
TABLE		表格
TAPE		磁带
TP	time pulse	时钟脉冲
TREBLE		高音
TTL	transistor-transistor logic	晶体管-晶体管逻辑
		辑
TUN	tuning	调谐
TV	television	电视
<b>U</b>		
UHF	ultra-high-frequency	超高频
UHV	ultra-high-voltage	超高压
ULF	ultra-low-frequency	超低频
UPS	uninterruptible power supply	不间断供电电源
USW	ultrashort waves	超短波
UV	ultraviolet	紫外线
<b>V</b>		
<b>V</b>	velocity	速度
	voltage	电压
	volume	音量, 容积

VC	volume control	音量控制
VF	voice frequency	声频
VHF	very high frequency	甚高频
VLF	very low frequency	甚低频
VU	volume unit	音量单位

## W

W. G	wire gauge	线规
WH	white	白
WL	wavelength	波长
WR	write	写

## Y

YE	yellow	黄
Yd	yard	码

## 变 压 器

变压器是将某一种电压、电流、相数的交流电能转变成另一种电压、电流、相数的交流电能的电器。本章介绍一些中、小型变压器的技术资料及其计算方法,供修理或制造时参考。

## 2-1 变压器的基本知识

## 一、变压器的基本原理与额定数据

图 2-1 为双圈式单相变压器的原理图。在闭合的铁芯上绕有两组绕组,其中接受电能的一侧叫做一次侧绕组,输出电能的一侧叫做二次侧绕组。变压器的基本工作原理是电磁感应原理。

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1}{W_2}$$

式中:  $E_1$ ——一次侧绕组感应电动势;  
 $E_2$ ——二次侧绕组感应电动势;  
 $W_1$ ——一次侧绕组的匝数;  
 $W_2$ ——二次侧绕组的匝数。

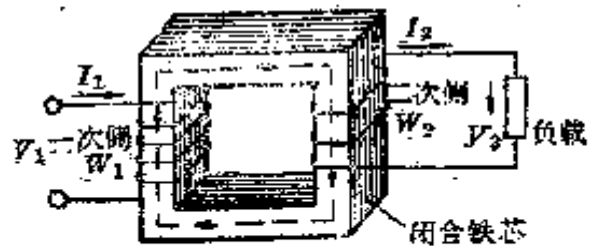


图 2-1 单相变压器的原理图

如果忽略绕组本身压降,则可认为  $V_1 \approx E_1$ ,  $V_2 \approx E_2$ , 于是

$$\frac{V_1}{V_2} \approx \frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1}{W_2}$$

这个关系说明了一、二次侧电压之比近似等于一、二次侧绕组匝数之比。这个比值称为变压器的变压比。

变压器通过电磁耦合关系将一次侧的电能量输送到二次侧,假如两侧绕组没有漏磁,功率输送过程中又没有任何损失(无损耗)的话,那末,由能量守恒原理可知输出的功率应该等于输入功率,即

\* 漏磁是没有经过铁芯而闭合的那部分磁通。

$$V_2 I_2 = V_1 I_1$$

或

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{V_2}{V_1} \approx \frac{W_2}{W_1}$$

即变压器的一、二次侧电流之比等于一、二次侧绕组匝数的反比。

以上是变压器计算的基本关系式。

总之，一台变压器如果工作电压设计得越高，绕组匝数就要绕得越多，通过绕组内的电流却越小，导线截面可选用得越细。反之，工作电压设计得越低，绕组匝数就越少，通过绕组的电流则越大，导线截面就要选得越粗。

变压器外壳上附有铭牌数据，它表示其额定工作状态下的性能。一般常用的额定数据如下：

**额定容量：**表示在额定使用条件下变压器的输出能力，以视在功率千瓦来表示。对三相变压器而言，额定容量是三相容量之和。

**额定电压：**表示变压器各绕组在空载时额定电压值，以伏或千伏表示。在三相变压器中，如没有特殊说明，额定电压都是指线电压。

**额定电流：**变压器各绕组在额定负载情况下的电流值，以安表示。在三相变压器中，如没有特殊说明，都是指线电流。

**连接组标号：**代表变压器各个相绕组的连接法和相角关系的符号。如 Y/Y<sub>0</sub>-12、Y/Δ-11 标号中 Y 表示星形连接，Δ 表示三角形连接，Y<sub>0</sub> 表示有中性点引线的星形连接。各符号中由左至右代表一、二次侧绕组连接方式，数字代表二次侧与一次侧电压的相角位移。

**阻抗压降比：**表示变压器通入额定电流时的阻抗压降对额定电压之比。

**温升：**变压器指定部位的温度和变压器周围空气温度之差。

对变压器油面温升的限值，仅系为保证油的长期使用而不迅速老化变质所规定的数值，不可直接作为运行中变压器负载能力的依据。

电力变压器的标准容量等级及高低压的电压等级：

(1) 变压器的容量等级：5、10、20、30、50、75、100、125、180、240、320、420、560、750、1000、…(千瓦)。

10、20、30、40、50、63、80、100、125、160、200、250、315、400、500、630、800、1000、1250、1600、…(千瓦)。

(2) 变压器的高低压的电压等级：低压侧的电压一般采用 400/230 伏，即线电压为 400 伏、相电压为 230 伏；高压侧的电压有 3000、3150、3300、6000、6300、6600、10000、13200、35000、60000、110000、220000…(伏)。

表 2-1 变压器的型号及意义

电力变压器		调压变压器		自耦变压器	
D	单相	T	调压新	O	自耦
J	油浸	O	自耦	注: O 在前为降压	
G	干式	Y	移圈	O 在后为升压	
S	三相	A	感应	S、D、J、	同电力
F	风冷	C	接触	F、FP、Z	
S	三绕组	P	油循环	干式变压器	
FP	强油风冷	X	绕组	G	干式
Z	有载	Z	中点	Q	加强的
SP	强油水冷	G	串联	H	防火
T	成套			D、S	同电力
D	移动式	矿用变压器		低电压变压器	
L	铝线	K	矿用变压器	D	低电压
整流变压器		D、G、S	同电力	S	水冷
Z	整流变压器	船用变压器		D、J	同电力
K	电抗器	S	防水	串联变压器	
J	电力机车用	D、G	同电力	C	串联
S、D、J、	同电力	电阻炉用变压器		S、D、J、	同电力
F、FP		ZU	电阻炉用	SP	
起动变压器		S、D、J、	同电力	消弧线圈	
Q	起动	电炉用变压器		XJ	消弧
S、J	同电力	H	电炉	D、J	同电力
试验变压器		K	附电抗器	滤波	
Y	试验	S、J、FP、	同电力	F	放大器
D、J、G、S	同电力	SP		C	磁放大器
中频淬火用变压器		封闭电弧炉用变压器		T	调幅
R	中频	BH	封闭电弧炉	TN	电压调整器
G	同电力	S、J	同电力	TX	移相器

注: 在变压器型号后面的数字部分: 斜线的左面表示额定容量(千瓦); 斜线的右面表示一次侧的额定电压(千伏)。例如有台电力变压器 SJL-560/10, 由电力变压器项中查得为三相油浸自冷式铝线 560 千瓦; 高压侧电压 10 千伏。

变压器的型号及其含义如表 2-1 所示。

## 二、变压器的分类和结构

1. 变压器的分类 变压器分类的方法很多,按相数可分为单相和三相两种,前者多为小容量的变压器,后者大多是较大容量的以及电力变压器等。按绕组数目分为单圈式(自耦变压器)、双圈式(一般中小型电力变压器)以及多圈式(电源变压器)。按耦合的介质可分为空芯变压器与铁芯变压器两种,目前大多为铁芯变压器。按铁芯结构分成芯式与壳式(如图 2-2)。壳式变压器的铁轭包在绕组外面,导热性能较好,但制造工艺复杂,除了很小的电源变压器外,目前已很少使用。芯式变压器绕组包在铁芯外面,制造工艺也较简单。按冷却介质不同又分为油浸变压器、干式变压器(空气冷却式)以及水冷变压器。干式变压器多用在低电压、小容量、或用在防火防爆的场合,电压较高、容量较大的变压器多用油浸式或水冷式。电力变压器大多采用油浸式(见第 10 章)。

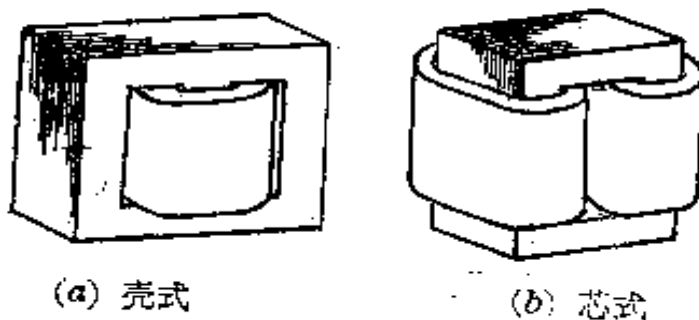


图 2-2 单相变压器铁芯结构图

2. 铁芯结构 铁芯由铁柱和铁轭两部分组成。绕组套装在铁柱上,而铁轭则用来使整个磁路闭合。为了减少铁芯磁滞及涡流损耗起见,一般都采用 D41、D42、D43-0.35~0.5 热轧硅钢片及 D310、D320、D330 等冷轧硅钢片叠成,冷轧硅钢片在导磁性能与减少损耗方面都比热轧硅钢片好得多。

变压器铁芯一般采用交叠方式进行叠装,应使上层和下层叠片的接缝互相错开(如图 2-3、2-4)。

在微型变压器中,为了简化工艺,常采用如图 2-5 所示的叠片形状。互感器和单相小变压器(<500 瓦)还有采用长条冷轧硅钢片卷成的卷片式铁芯,如图 2-6。渐开线铁芯结构(图 2-7)是由三个铁柱和二个铁轭对接装成,制造和检修较方便,材料节省,体积也将大大缩小。





(a) 第一层 (b) 第二层

图 2-3 单相变压器铁芯叠装图



(a) 第一层 (b) 第二层

图 2-4 三相变压器铁芯叠装图



(a) 山字形(或称E字形) (b) 日字形 (c) F字形

图 2-5 微型变压器的叠片

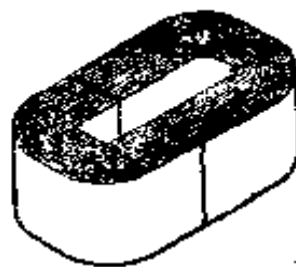


图 2-6 卷片式铁芯

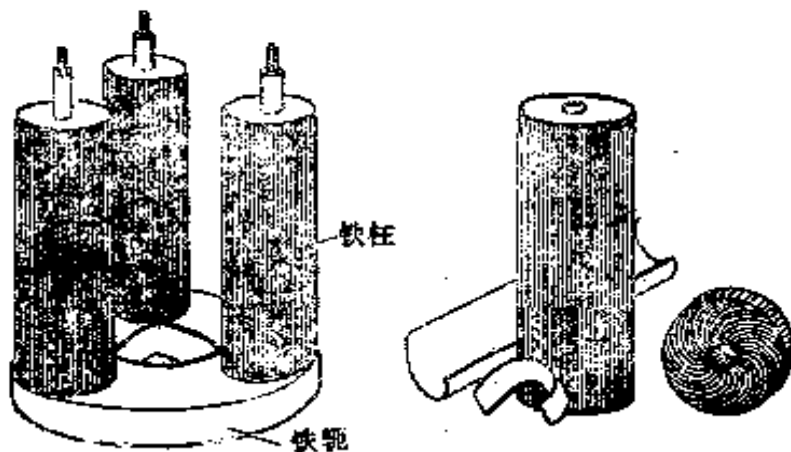


图 2-7 渐开线铁芯

铁柱的断面形状必须从简化工艺和提高利用率两方面考虑。小型变压器可以采用正方的或长方形的铁柱的断面。较大容量的变压器,为了充分利用绕组内圆的空间,铁柱断面常采用多级阶梯形,如图 2-8 所示。当铁柱直径大于 350 毫米时,为了改善铁芯冷却,铁柱中放置油道。

铁轭的断面一般约比铁柱大 5%~10% 左右,以便减少励磁安匝和铁损耗。断面形状有正方形、十字形、T 字形和倒 T 字形、多级阶梯形和同级阶梯形等,如图 2-9 所示。

3. 绕组结构 有同心式和交叠式两种,如图 2-10 所示。

多数电力变压器(1800 千瓦以下)都采用同心式绕组,即一次侧与二次

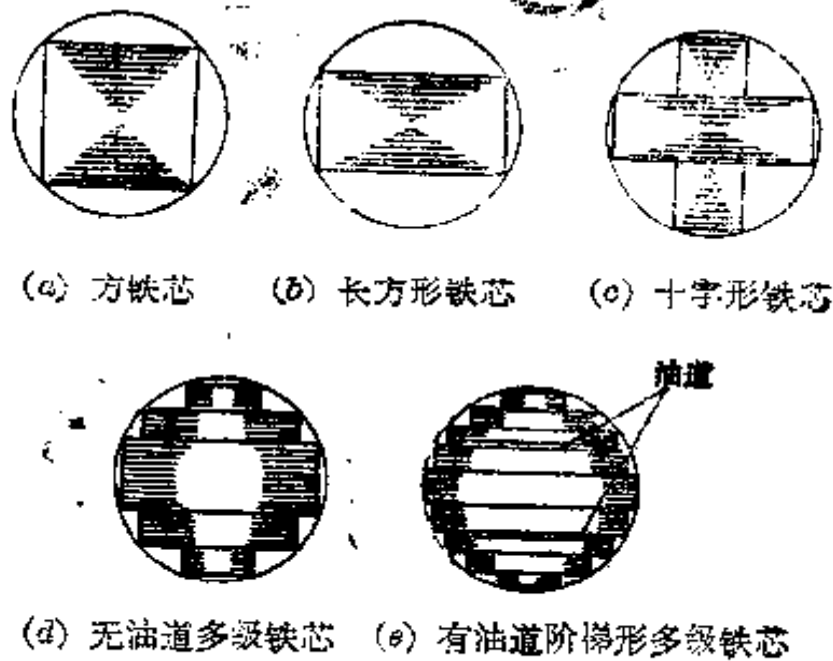


图 2-8 各种形状的铁柱断面

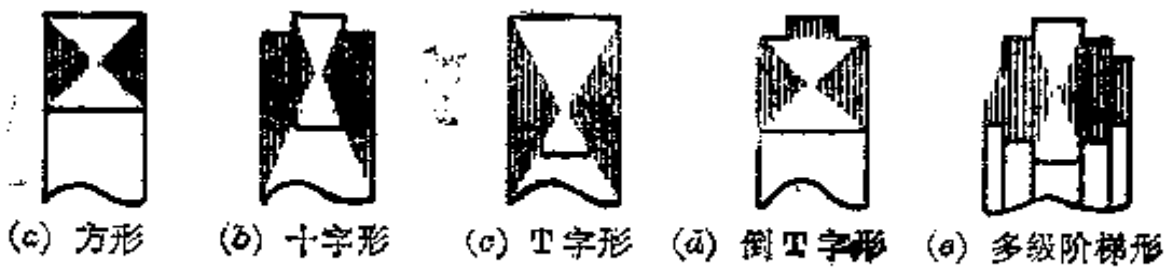


图 2-9 各种形状的铁轭断面

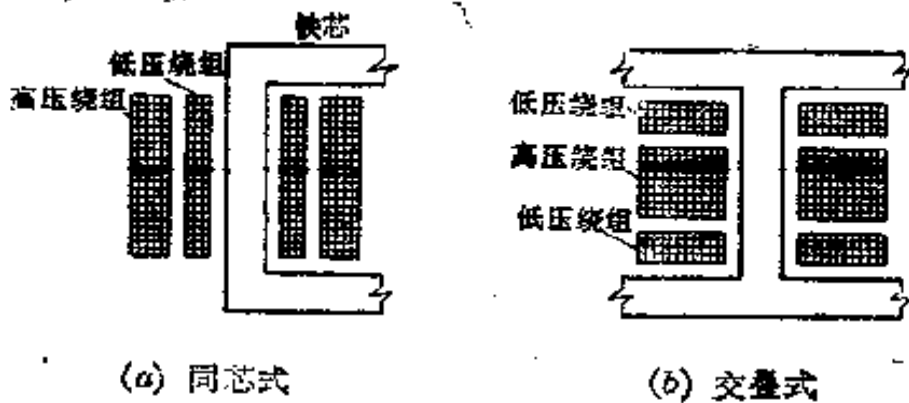


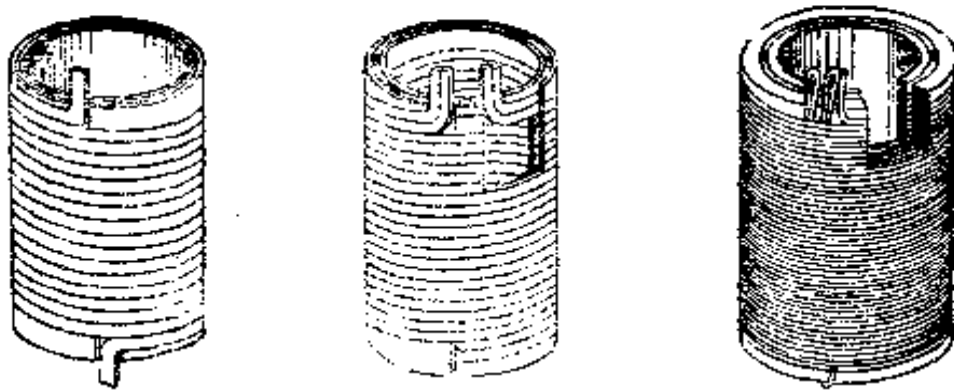
图 2-10 变压器绕组的结构

侧绕组套装在同一个铁柱上。为便于绝缘起见，一般低压侧的绕组放在里面，高压侧的绕组套在外面。但容量较大而电流也很大的变压器，由于低压绕组引出线的工艺困难，亦往往把低压侧放在高压侧的外面。交叠式绕组的高、低绕组是互相交叠放置的，为便于绝缘，一般最上和最下的二组绕组都是低压

绕组。交叠式的主要优点是漏抗小,机械强度好,引线方便。大于400千瓦的电炉变压器绕组就是采用这样的布置。

同心式绕组的结构简单,制造方便。按其绕组的绕制方式不同,同心式绕组又分成圆筒式、螺旋式、分段式和连续式四种。不同的结构具有不同的电气、机械及热的特性。

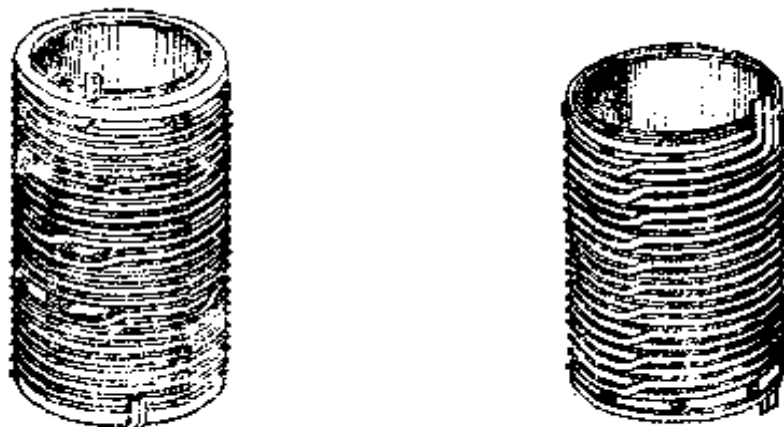
图2-11(a)、(b)都是圆筒式绕组,线匝沿高度(轴向)绕制,如螺旋形状。它制造工艺简单,但机械强度、轴向承受短路能力都较差,所以大多用在电压低于500伏、容量为10~750千瓦的变压器中。图2-11(c)为多层圆筒式绕组,用在容量为10~560千瓦,电压为10千伏及以下的变压器中。



(a) 单层筒式 (b) 扁线绕的双层筒式 (c) 圆线绕的多层筒式

图 2-11 圆筒式绕组

图2-12是螺旋式绕组,它由若干并联导线沿径向平绕,轴向线匝间有油道,并具有较强的支撑面和冷却面,所以可应用在较大电流(300安以上)的低压绕组中。为使并联导体电流均匀分配,在绕制过程中需进行换位。螺旋式绕



(a) 单螺旋

(b) 双螺旋

图 2-12 螺旋式绕组

组一般用在大于 1000 千瓦, 而不宜采用双层圆筒式绕组的变压器中。

图 2-13 是由若干单独线段串成的分段式绕组。每个线段与圆筒式绕组相同, 但比圆筒式机械强度好。因制造工艺复杂, 一般用在每柱容量为 360 千瓦变压器的高压绕组中。

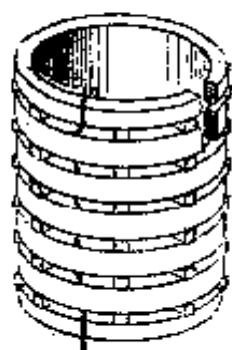


图 2-13 分段式绕组



图 2-14 连续式绕组

图 2-14 是连续式绕组。连续式绕组绕制中无焊接接头, 端部支撑面大, 冷却油道径、横通畅, 所以机械强度较好, 只是制造工艺较复杂。一般宜用在容量为 750 千瓦、电压为 6 千伏以上的大、中型变压器中。

### 三、变压器的连接组别

对称的三相连接, 通常有  $Y$ 、 $\Delta$ 、 $Z$  三种接法, 其中常用的是现行国家标准所规定的  $Y/Y_0-12$ 、 $Y/\Delta-11$ 、 $Y_0/\Delta-11$  等三种。

变压器绕组连接的标记如图 2-15 所示, 其中  $A$ 、 $B$ 、 $C$  代表变压器一次侧绕组的首端,  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  代表一次侧绕组的尾端,  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $x$ 、 $y$ 、 $z$  分别代表二次侧绕组的首端和尾端,  $\odot$  为同名端标记。

1. 变压器连接组的时钟表示法 各种连接组的一次侧电压与二次侧电压间的相角差, 有的为  $0^\circ$ , 有的为  $30^\circ$  的倍数。在时钟的表面上, 每两相邻数字间有  $30^\circ$  的角差, 因此采用时钟表示连接组标号较为方便。

把变压器一次侧的线电压矢量  $AB$  作为时钟的长针(分针), 它固定地指向钟面数字 12 上。把二次侧相应的线电压矢量  $ab$  作为时钟的短针(时针)。如果短针也指向 12, 则表示矢量  $AB$  与  $ab$  同相, 按照钟表读数为 12 点钟。这种连接方法便记为 12。例如我们经常遇到  $Y/Y-12$ , 它表示一次侧绕组用星形连接, 二次侧绕组也用星形连接, 如图 2-16(a) 所示。图(b)为矢量图, 其一次侧线电压与相应的二次侧线电压间的相角差为  $0^\circ$ 。

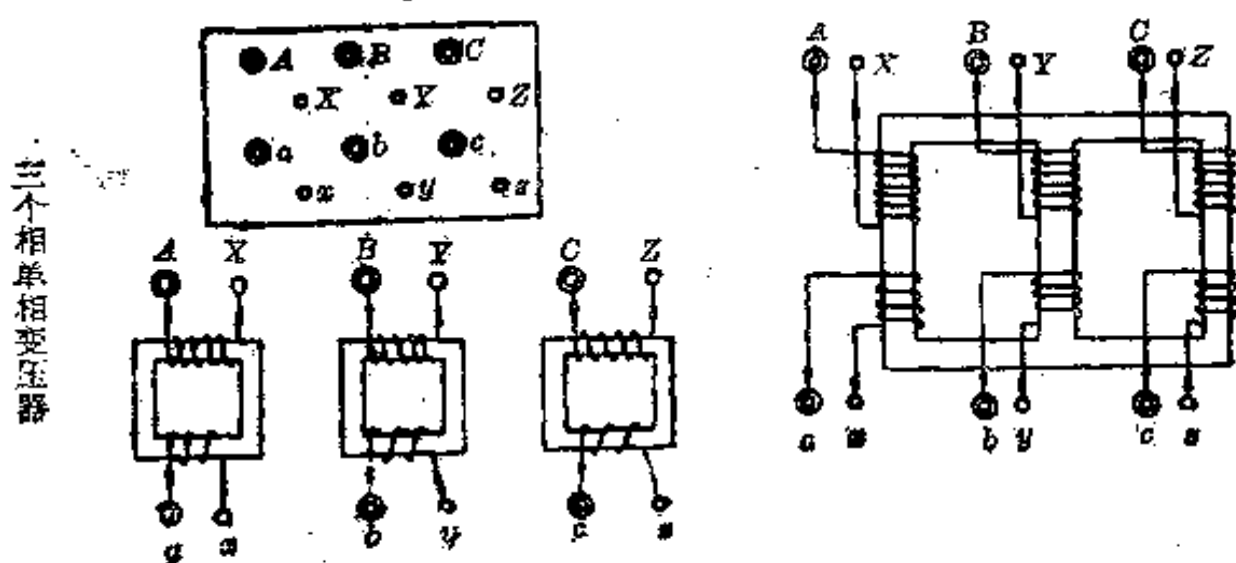
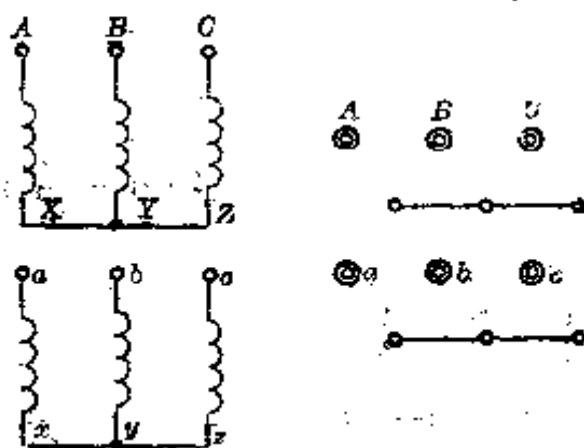
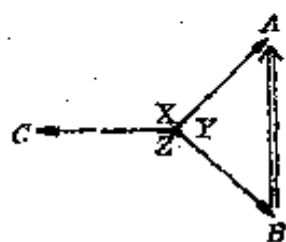


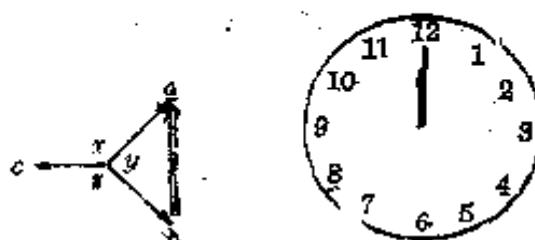
图 2-15 变压器绕组连接标记



(a) Y/Y-12 接线图



(b) 矢量图



(c) 时钟表示

图 2-16 Y/Y-12 连接的变压器

假如把 Y/Y-12 的二次侧头尾互换(如图 2-17(a)), 那末二次侧线电压矢量  $ab$  便将与一次侧线电压  $AB$  矢量反相, 用时钟表示时, 短针将指向钟面数字 6, 这样的连接组便记为 Y/Y-6。

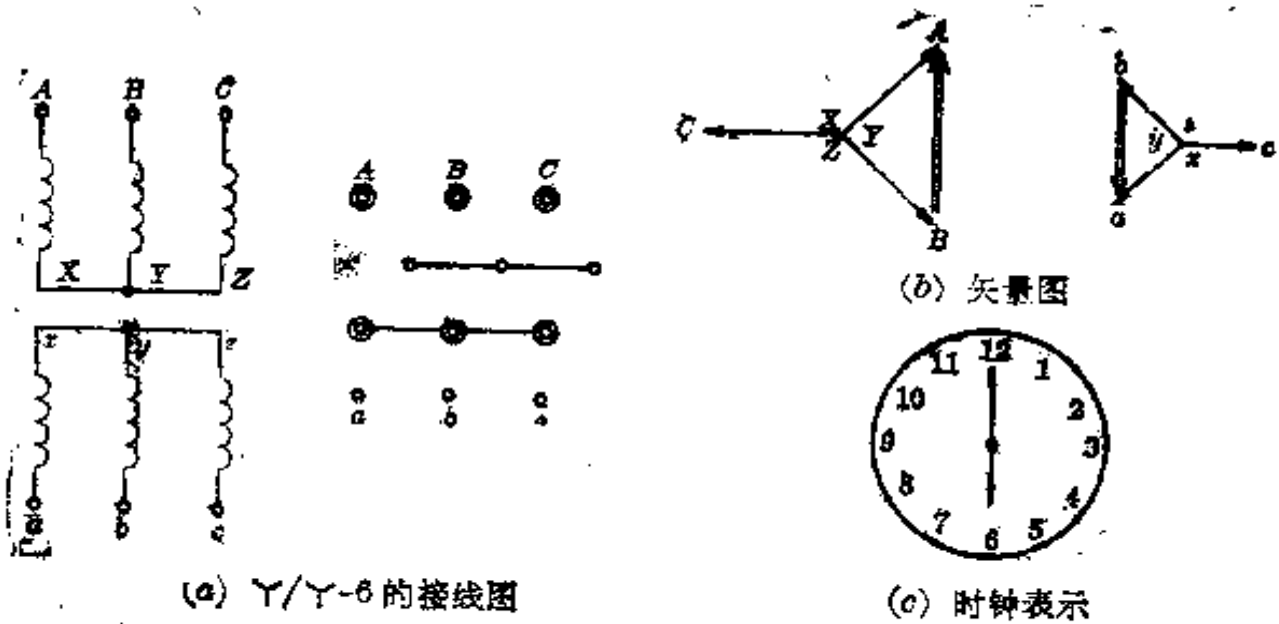


图 2-17 Y/Y-6 连接的变压器

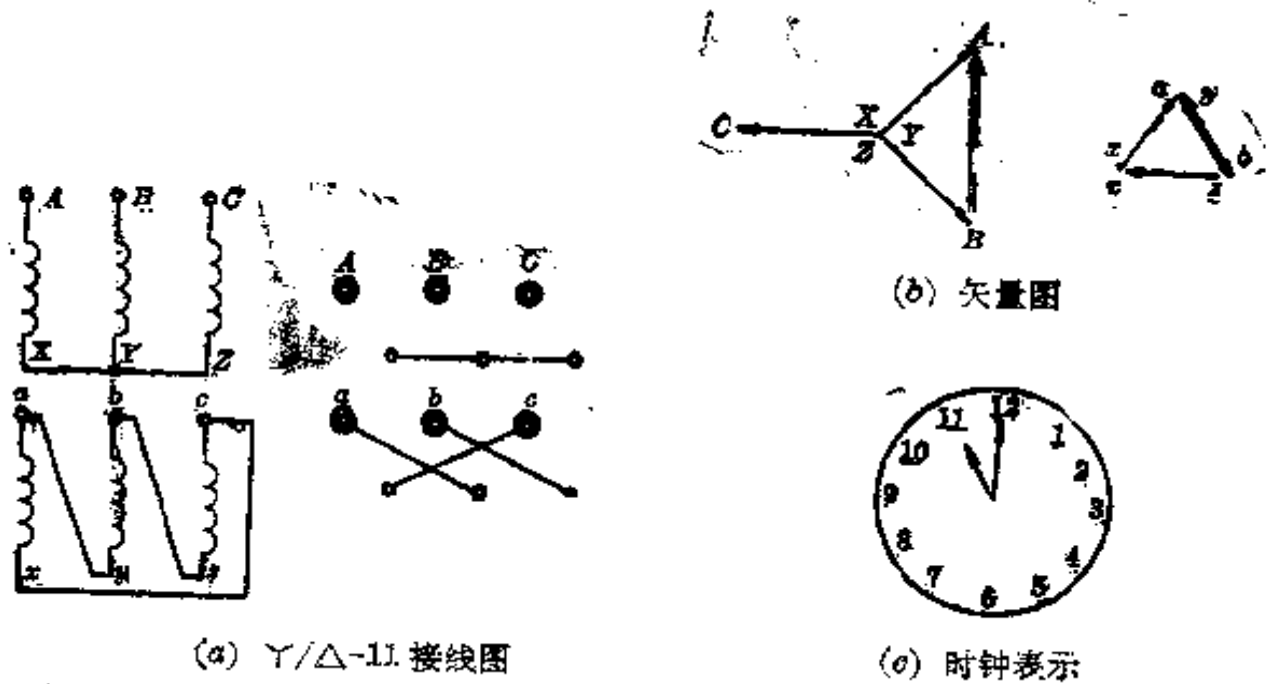


图 2-18 Y/Δ-11 连接的变压器

如果把一次侧绕组接成星形；二次侧绕组接成三角形(图 2-18(a))，那末一次侧与二次侧电压矢量  $AB$  与  $ab$  间将有  $30^\circ$  的相角差。从矢量图中可以看到二次侧线电压矢量  $ab$  将较一次侧线电压矢量  $AB$  超前  $30^\circ$ 。用时钟表示时，短针便将指向钟面数字 11，这种连接组记为 Y/Δ-11。

假如把 Y/Δ-11 连接的变压器二次侧各绕组的头尾互换(图 2-19(a))，

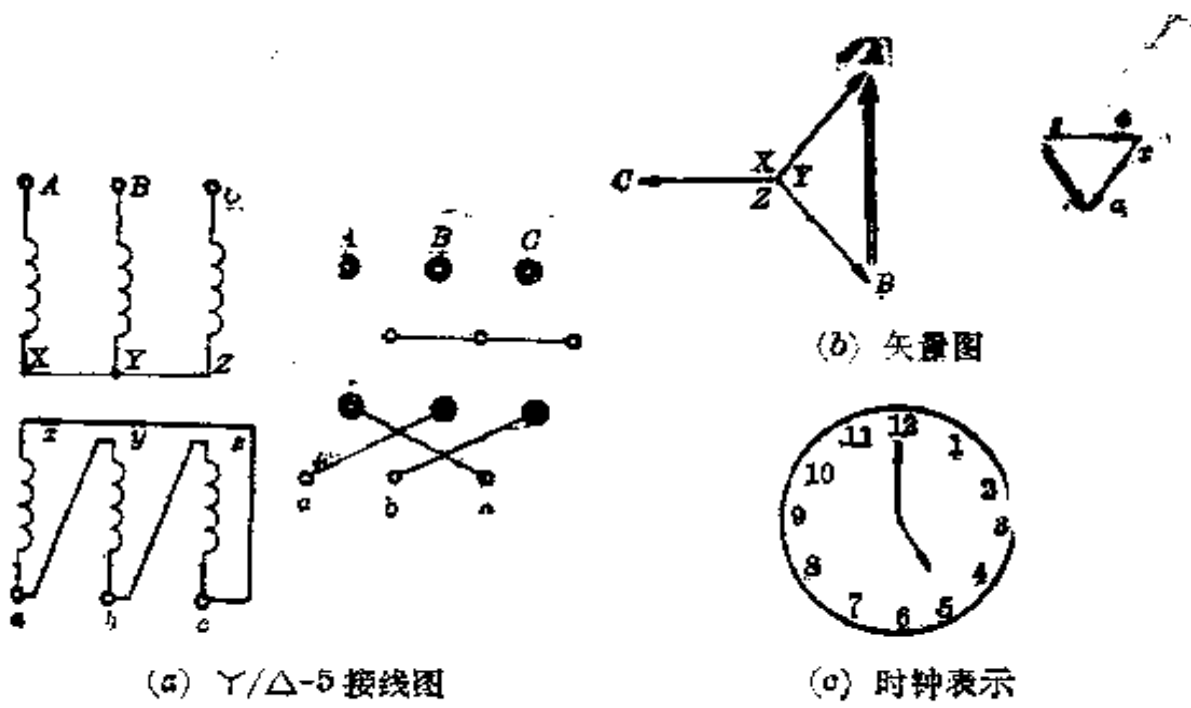


图 2-19 Y/Δ-5 连接的变压器

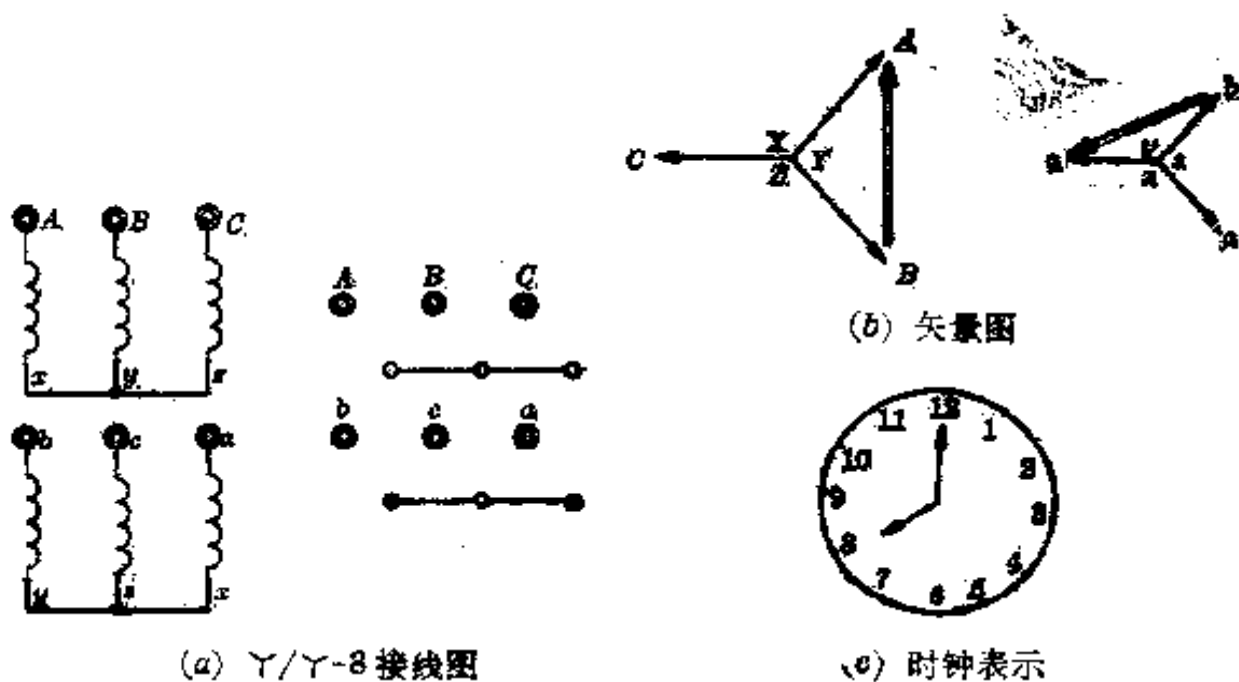


图 2-20 Y/Y-8 连接的变压器

这时二次侧线电压矢量  $ab$  便相应地改变了位置，短针  $ab$  将指向钟面数字 5，这种连接组便记为 Y/Δ-5。

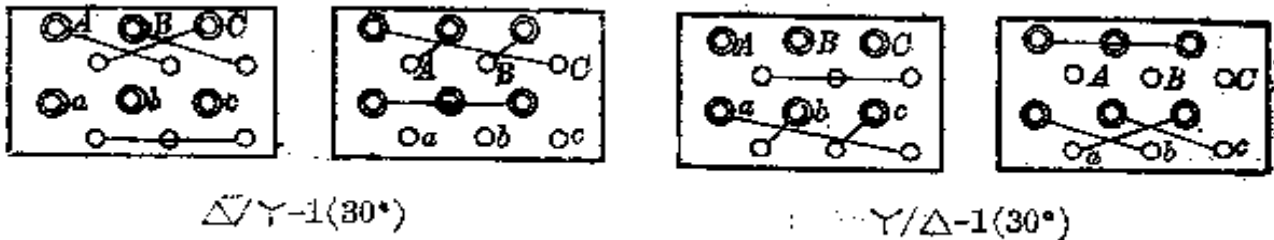
又如在 Y/Y-12 连接组中，将二次侧绕组的端点  $a$  改标为  $b$ ， $b$  改标为  $c$ ， $c$  改标为  $a$  使用，则可得 Y/Y-8 连接组(图 2-20)。

从以上的例子中可以看出,三相变压器由于一、二次侧绕组的端点标志互换,以及它们接成三角形或星形等连接方式不同,可得到12组48种以上的各种不同接法。

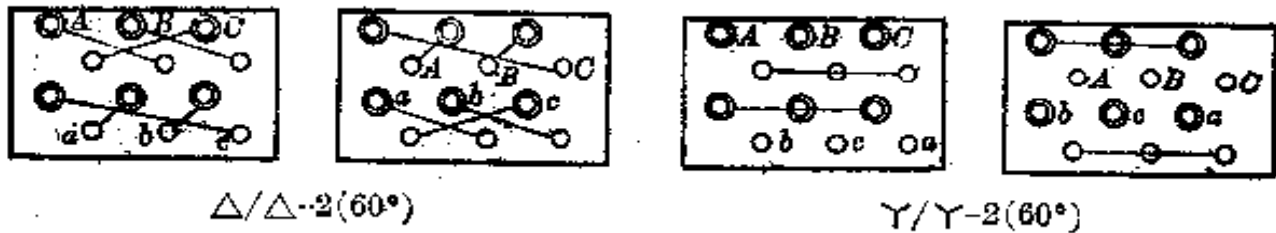
对于单相变压器,如果一次侧电压矢量  $A$ 、 $X$  与二次侧电压矢量  $a$ 、 $x$  为同相时,应记为  $I/I-12$ ,反相时,应记为  $I/I-6$ 。

2. 变压器各种组别的接线方法

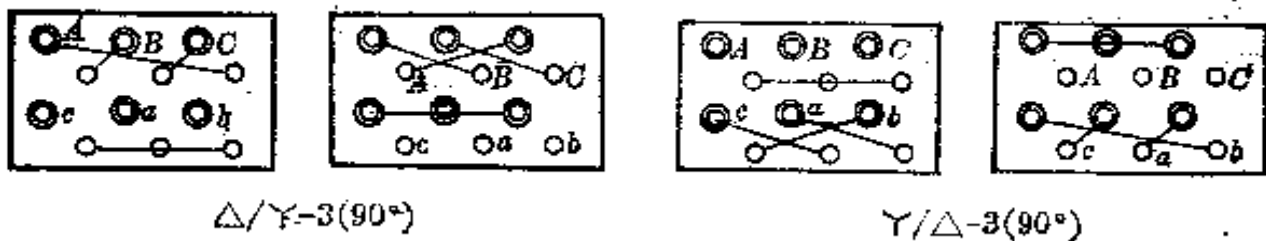
第一组



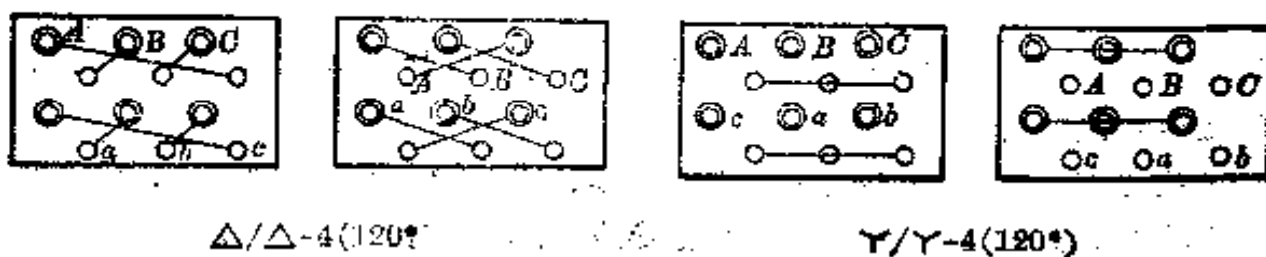
第二组



第三组

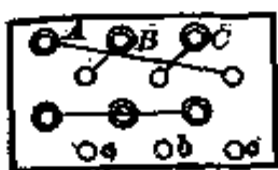


第四组





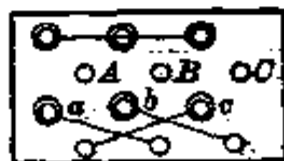
第五组



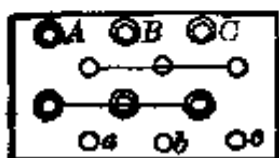
$\Delta/Y-5(150^\circ)$



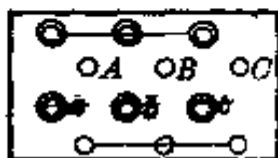
$Y/\Delta-5(150^\circ)$



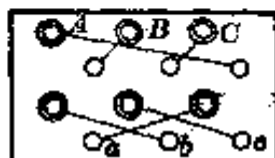
第六组



$Y/Y-6(180^\circ)$



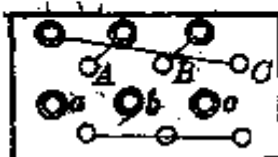
$\Delta/\Delta-6(180^\circ)$



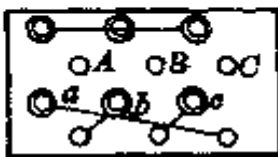
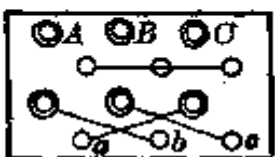
第七组



$\Delta/Y-7(210^\circ)$



$Y/\Delta-7(210^\circ)$



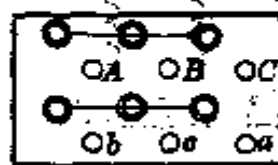
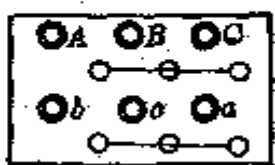
第八组



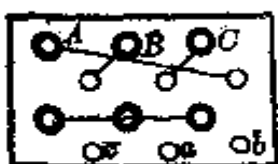
$\Delta/\Delta-8(240^\circ)$



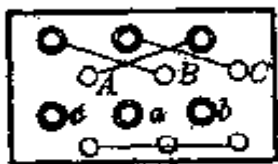
$Y/Y-8(240^\circ)$



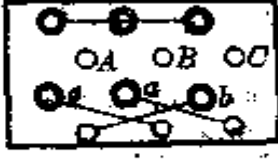
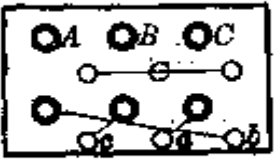
第九组



$\Delta/Y-9(270^\circ)$



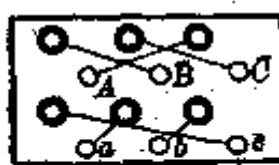
$Y/\Delta-9(270^\circ)$



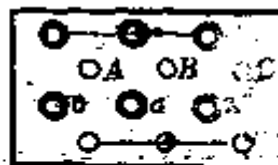
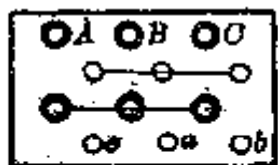
第十组



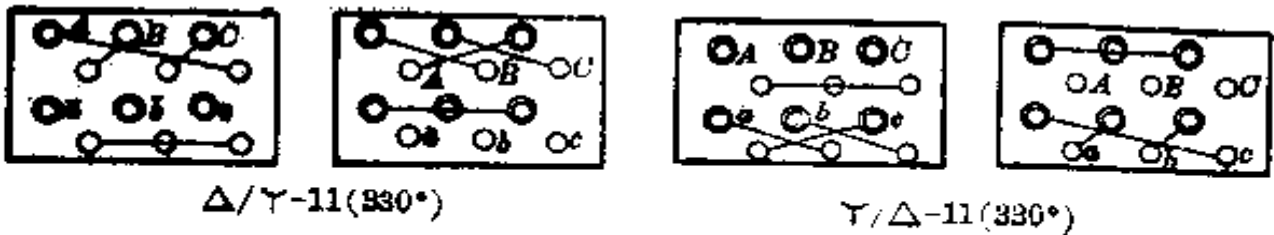
$\Delta/\Delta-10(300^\circ)$



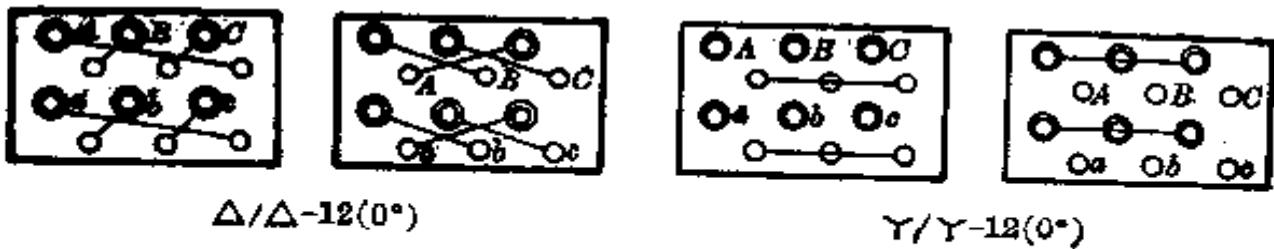
$Y/Y-10(300^\circ)$



## 第十一组



## 第十二组



## 四、三相变压器组别极性的测量

各种接法变压器的三相极性有它一定的规律，因此根据三相的极性可以判断变压器的组别。

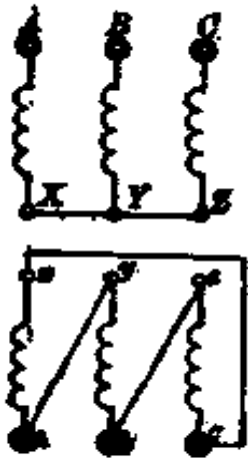


图 2-21  $Y/\Delta-11$  变压器的接线图

图 2-21 为一次侧接成星形，二次侧接成三角形的三相变压器，在 12 个接线头中， $A, B, C$  和  $a, b, c$  是同极性， $X, Y, Z$  和  $x, y, z$  也是同极性。如果把一次侧作为电源侧来看，那么这个变压器的接法是属于第五组的  $Y/\Delta-11$  接法。下面以这种接法的变压器为例，测量其三相的极性。

先在一次侧  $A, B$  间接上一直流电源（电池）和开关  $SA$ ， $A$  接电池正极， $B$  接负极。再用一直流毫安表或直流毫伏表分别测量二次侧  $a, b, c$  三相的极性，也可用万用电表的直流毫安档或直流毫伏档来测量。直流电表一定要按照图 2-22(a) 的正负极性进行连接，不可接错。按规定如果电流是从表“+”流进去的，电表的指示记为“+”；如果电流是从表“-”流进去的，电表的指示记为“-”。

按图 2-22(a) 电路接线以后，将开关  $SA$  合上，于是在一次侧绕组  $AX, YB$  中就有电流通过。在刚合上开关的瞬间，由于一、二次侧绕组的相互感应作用，二次侧绕组  $ax, by$  中也将感应出电流，电流的方向和一次侧绕组相反（即

相差  $180^\circ$ ), 如图中箭头所示。在  $a, b$  间的电表, 它跨接在  $b$  相绕组上, 电流的方向是  $b \rightarrow y \rightarrow a \rightarrow b$ , 通过电表时从表“+”流进, 根据规定电表的指示应记为“+”, 即  $a, b$  测量的结果为“+”。

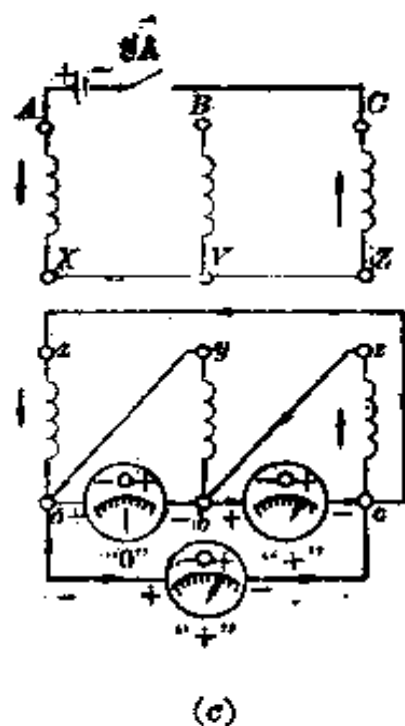
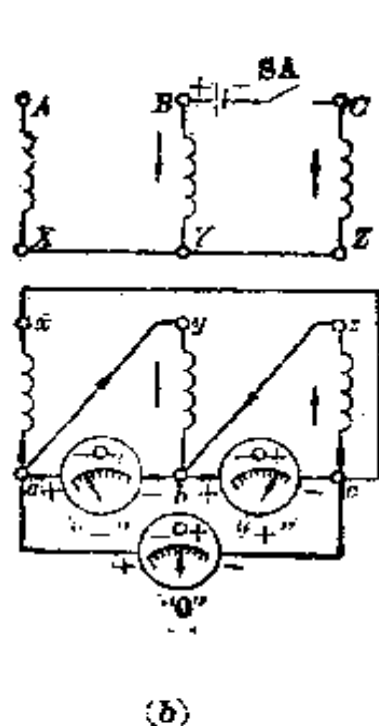
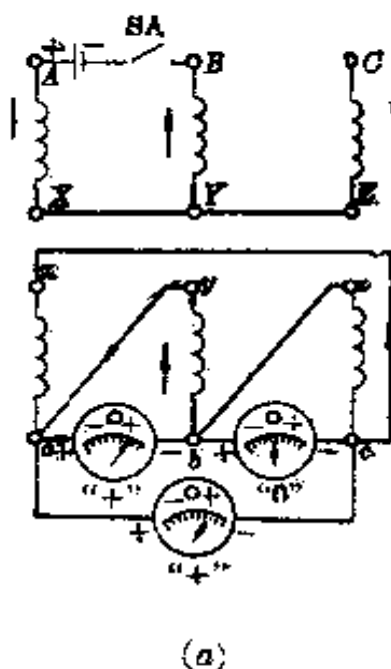


图 2-22 Y/Δ-11 变压器的极性测试接线图

表 2-2 Y/ $\Delta$ -11 接法变压器极性规律

进 电		测 量 (电 表 指 示)					
+	-	a <sup>+</sup>	b <sup>-</sup>	b <sup>+</sup>	c <sup>-</sup>	a <sup>+</sup>	c <sup>-</sup>
A	B	+		0		+	
B	C	-		+		0	
A	C	0		+		+	

表 2-3 三相变压器组别极性的规律

组别及 接 法	进 电 (一次侧)		测 量 (二次侧)			组别及 接 法	进 电 (一次侧)		测 量 (二次侧)		
	+	-	a <sup>+</sup> b <sup>-</sup>	b <sup>+</sup> c <sup>-</sup>	a <sup>+</sup> c <sup>-</sup>		+	-	a <sup>+</sup> b <sup>-</sup>	b <sup>+</sup> c <sup>-</sup>	a <sup>+</sup> c <sup>-</sup>
第 1 组 (30°)	A	B	+	-	0	第 7 组 (210°)	A	B	-	+	0
	B	C	0	+	+		B	C	0	-	-
	A	C	+	0	+		A	C	-	0	-
第 2 组 (60°)	A	B	+	-*	-	第 8 组 (240°)	A	B	-	+	+
	B	C	+	+	+		B	C	-	-	-*
	A	C	+	-	+		A	C	-*	+	-
第 3 组 (90°)	A	B	0	-	-	第 9 组 (270°)	A	B	0	+	+
	B	C	+	0	+		B	C	-	0	-
	A	C	+	-	0		A	C	-	+	0
第 4 组 (120°)	A	B	-	-	-*	第 10 组 (300°)	A	B	+	+	+
	B	C	+	-	+		B	C	-*	+	-
	A	C	+	-*	-		A	C	-	+	+
第 5 组 (150°)	A	B	-	0	-	第 11 组 (330°)	A	B	+	0	+
	B	C	+	-	0		B	C	-	+	0
	A	C	0	-	-		A	C	0	+	+
第 6 组 (180°)	A	B	-*	+	-	第 12 组 (360°)	A	B	+	-	+
	B	C	+	-*	-		B	C	-	+	+
	A	C	-	-	-*		A	C	+	+	+

注: 有 \* 的表示电表的偏转角较大。

接着看接在  $b$ 、 $c$  间的电表。这一电表跨接在  $c$  相上, 由图中可以看到,  $c$  相绕组一次侧没有电流, 二次侧当然也不会有电流流过, 因而电表的指针应该不动, 指示为“零”, 即  $b$ 、 $c$  测量结果为“0”。

最后看接在  $a$ 、 $c$  二点间的电表。这一电表二端跨接在  $a$  相绕组上, 电流的方向为  $x \rightarrow a \rightarrow c \rightarrow x$ , 电流从表“+”流进, 于是电表应指示“+”, 即  $a$ 、 $c$  测量结果为“+”。将上述结果列于表 2-2 中。

同样, 也可按图 2-22(b) 及 (c) 分别进行测量, 并将测量结果列于表 2-3 中。

表 2-2 是  $Y/\Delta-11$  接法变压器的极性规律。实验证明无论是  $Y/\Delta-11$  还是  $\Delta/Y-11$ , 凡是第十一组的变压器就符合表 2-2 的极性规律。如果事先不知道某一变压器的组别, 而测得极性规律的结果正符合表 2-2, 那么这一变压器的连接组别一定是  $Y/\Delta-11$ 。

用同样方法, 可以找出另外十一种组别的变压器极性规律, 如表 2-3。

极性测量时应注意以下几点:

(1) 应在开关  $SA$  合上的一瞬间观察电表的指向。为使测量正确, 应重复几次进行观察。同时记下偏转的读数, 若不是使用检流计, 要得到明显的负指向, 须将电表进行反接来观察。但这时电表的指示仍应记为“—”。

(2) 直流电源电压一般在 6 伏以下, 不宜太高, 通常采用干电池。

(3) 一般电表指针不动或微动作为“0”, 另外当三个偏转读数都有时, 如果其中一个偏转读数比其他二个数中的最大一个偏转读数的一半还小, 那么这个偏转读数, 亦应作为“0”。

## 2-2 电力变压器的技术数据

SJL 系列电力变压器采用铝导线绕组和 0.35 毫米 D43 热轧硅钢片, 高压侧带无励磁调压开关, 调压  $\pm 5\%$ , 温升标准: 绕组  $65^{\circ}\text{C}$ , 油顶层  $55^{\circ}\text{C}$ 。技术数据如表 2-4。SCL 型环氧树脂浇注干式变压器是空气自冷式, 绕组由铝导线和铝箔绕制后, 用环氧树脂浇注或浸渍而固化密封形成一体, 具有良好的电性能和机械性能承受冲击电压、局部放电和低温等试验。铁芯采用冷轧全斜接缝叠装式, 能降低电耗, 绕组与铁芯及压紧装置采用弹性固定装置防止共振, 降低噪音。其技术数据见表 2-5。S7 型、SL7 型低损耗电力变压器的技术数据见表 2-6~表 2-8。

表 2-4 SJL 系列

容量(千瓦)		20			30		
额定电压 (千伏)	高 压	10	6.3	6.0	10	6.3	6.0
	低 压	0.4			0.4		
连 接 组		Y/Y <sub>0</sub> -12			Y/Y <sub>0</sub> -12		
阻抗压降(%)		4.5			4.5		
损耗 (瓦)	空 载	174.4	159.2		228.5	204	
	短 路	597	585	600	832	828	850
每匝电压 (伏/匝)		1.833	1.75		2.221	2.1	
重量 (千克)	总 重	235			315		
	油 重	76			96		
	器身重	133			170		
铁 芯	直 径 (毫米)	95			105		
	铁柱截面 (厘米 <sup>2</sup> )	58.32			71.46		
	铁 柱 中心距 (毫米)	215			225		
	窗 高 (毫米)	275			300		
	硅钢片重 (千克)	90.52			115.7		
高 压	规 格 (毫米)	φ1.04	φ1.35	φ1.35	φ1.2	φ1.56	φ1.56
	型 号	QZL			QZL		
绕 组	总匝数	3308	2177	2078	2730	1816	1733
	并绕根数	1			1		
	导线净重 (千克)	12.7	13.93	13.3	14.98	16.3	16.05
低 压	规 格 (毫米)	2.44 ×6.4	2.63×6.4		2.63 ×9.2	3.05×8.6	
	型 号	ZLB0.45			ZLB0.45		
绕 组	总匝数	126	132		104	110	
	并绕根数	1			1		
导线净重 (千克)		5.77	6.59		8.3	9.52	
油箱内部尺寸 及外形尺寸 (毫米)		690×270×657			730×280×687		
		950×410×1060			920×460×1090		
散热面积 (米 <sup>2</sup> )		1.297			2.2401		

## 变压器的技术数据

50			100			180				
10	6.3	6.0	10	6.3	6.0	35	10	6.3	6.0	35
0.4			0.4			0.4	0.4			
Y/Y <sub>0</sub> -12			Y/Y <sub>0</sub> -12			Y/Y <sub>0</sub> -12	Y/Y <sub>0</sub> -12			
4.5			4.5			6.5	4.5			6.5
395	305		546	527			830			
1311	1190	1214	2272	2220	2270		3586	3488	3577	
2.75	2.625		3.787	3.725			5.0217			
433			692				1068			
108			157				234			
287			371				572			
115			135				155			
85.95			119.34				158.13			
250			285				315			
360			425				510			
160.62			249.8				386			
φ1.45	φ2.02	φ2.02	φ2.02	φ2.63	φ2.63		φ2.83	1.95	1.95	
							×5.5	×5.5		
QZL	ZL		ZL				ZL	ZLB0.45		
2205	1452	1386	1601	1022	976		1207	758	724	
1			1				1			
19.85	24.7	23.3	31.45	34.1	32.2		51.3	58.6	51.1	
3.28	9.28×13.5		7.0×11.6				6.5×9.3			
×13.5			ZLB0.45				ZLB0.45			
84	88		61	62			46			
1			1				2			
13.82	14.1		20.95	21.4			26.3			
800×300×767			900×330×852				1010×380×987			
1050×560×1170			1150×790×1870				1450×840×1630			
3.667			5.909				8.923			

容量(千瓦)		320				560			
额定电压 (千伏)	高压	10	6.3	6.0	30	10	6.3	6.0	30
	低压	0.4				0.4			
连接组		Y/Y <sub>0</sub> -12				Y/Y <sub>0</sub> -12			
阻抗压降(%)		4.5     6.5				4.5     6.5			
损耗 (瓦)	空载	1212				1878			
	负载	5702	5476	5595		9000	8615	8840	
每匝电压 (伏/匝)		6.4166				8.555			
重量 (千克)	总重	1590				2330			
	油重	318				453			
	器身重	826				1198			
铁芯	直径 (毫米)	175				200			
	铁柱截面 (厘米 <sup>2</sup> )	202.32				265.14			
	铁柱 中心距 (毫米)	335				370			
	窗高 (毫米)	610				705			
	硅钢片重 (千克)	555.4				819			
高压	规格 (毫米)	2.44 ×4.7	3.28×5.9			2.26 ×7.4	3.05×9.3		
	型号	ZLB0.45				ZLB0.45			
绕组	总匝数	945	594	567		709	445	425	
	并绕根数	1				1			
	导线净重 (千克)	76.5	82.5	78.6		94.6	102.2	97.6	
低压	规格 (毫米)	3.8×13.5				4.4×14.5			
	型号	ZLB0.45				ZLB0.45			
绕组	总匝数	36				27			
	并绕根数	2×2				2×3			
	导线净重 (千克)	39.5				63.2			
油箱内部尺寸 及外形尺寸 (毫米)		1080×410×1127  1550×1020×1780				1190×450×1237  1940×1200×2000			
散热面积 (米 <sup>2</sup> )		14.882				24.17			



(续表)

750					1000		
10	6.3	6.0	35		10	6.3	6.0
0.4			10.0	6.3	3.15	0.4	
Y/Y <sub>0</sub> -12			Y/Δ-11			Y/Y <sub>0</sub> -12	
4.0			6.0			4.0	
3200			3660			4100	
11500	10810	11030	11470	11300	11420	11440	13890   13450   13260
11			11.111			12.833	
3620		4810		4760			4800
870		1000		1020			1030
1750		1980		1960			2120
230					245		
345.33					395.37		
430		490		500			450
815		910		870			895
1240.7		1334.7		1363.7			1505
1.68 ×11.6	3.05×11.6		1.25 ×5.1	1.16×5.5			2.1 ×12.5   3.53 ×12.5   3.53 ×13.5
ZLB0.45			ZLB0.45, 1.35			ZLB0.45	
551	346	331	1929	1908			472   297   284
1			1			1	
103	117	111	126.5	130			123.5   131.5   130
4.1×11.6		3.8 ×12.5		1.35 ×8.6	2.1×9.3		3.8×14.5
ZLB0.45			ZLB0.45			ZLB0.45	
21		21		945	567	283	13
2×6		2×6		1	1	2	2×7
90		91.5		81	81	81	112
1350×600×1550		1680 ×700 ×1965		1680×700×1925			1400×630×1715
2155×1350×2755		2300 ×1380 ×3100		1300×1380×3150			2215×1510×2920
30.85		31		30.9			36.8

(续表)

容量 (千瓦)		1000						
额定电压 (千伏)	高 压	10		6.0	35			
	低 压	6.3	9.15	3.15	0.4	10.5	6.3	9.15
连 接 组		Y/Δ-11			Y/Y <sub>0</sub> -12	Y/Δ-11		
阻抗电压(%)		5.5			6.5			
损耗 (瓦)	空 载	3840			4520	4400		
	短 路	13620	13600	13540	13500	14190	13310	13730
每 匝 电 压 (伏/匝)		12.753			12.833	12.758	12.753	
重量 (千克)	总 重	4180			5630	5570		
	油 重	980			1790	1700		
	器 身 重	2040			2380	2320		
铁 芯	直 径 (毫米)	245						
	铁柱截面 (厘米 <sup>2</sup> )	395.37						
	铁 柱 中心距 (毫米)	475			510	520		
	窗 高 (毫米)	770			975	935		
	硅钢片重 (千克)	1427			1654	1630		
高 压 绕 组	规 格 (毫米)	2.44×11.6		3.8 ×12.5	1.45×5.9	1.25×6.9		
	型 号	ZLB0.45			ZLB0.45, 1.35			
	总匝数	475	285	1654	1664			
绕 组	并绕根数	1						
	导线净重 (千克)	140		141.5	154.5	159		
低 压 绕 组	规 格 (毫米)	2.1 ×12.5	1.95 ×13.5	1.95 ×13.5	3.28 ×15.6	1.68 ×8.6	2.83 ×10	2.83 ×9.3
	型 号	ZLB0.45						
	总匝数	494	247	247	8	823	494	247
绕 组	并绕根数	1	2		2	1		2
	导线净重 (千克)	101	102.5	102.5	122	98	110	101.5
油箱内部尺寸 及外形尺寸 (毫米)		1480×650×1490			1680 ×740 ×2050	1700×740×2010		
		2385×1530×2695			2340 ×1550 ×3275	2360×1550×3235		
散 热 面 积 (米 <sup>2</sup> )		37.25			37.24	37.2		

## 2-3 小型单相变压器的设计和绕制

### 一、小型单相变压器的设计

低频范围工作的灯丝变压器、电源变压器、控制用变压器及行灯变压器等小型单相变压器的设计,常用的有计算法和图算法两种,现分别介绍如下:

1. 计算法 小型单相变压器的计算大致有六个内容:求变压器的输出总视在功率  $P_s$ ; 输入视在功率  $P_{s1}$  及输入电流  $I_1$ ; 确定铁芯截面积  $S$  及选用铁片尺寸; 计算每个绕组的匝数  $W$ ; 计算每个绕组的导线直径  $d$  和选择导线; 计算绕组总尺寸,核算铁芯窗口面积是否合适。

(1) 根据用电的实际需要求出变压器的输出总视在功率  $P_s$ ; 若二次侧为多绕组时,则输出总视在功率为二次侧各绕组输出视在功率的总和,

$$P_s = V_2 I_2 + V_3 I_3 + \dots (\text{瓦})$$

式中:  $V_2, V_3, \dots$ ——二次侧各绕组电压有效值(伏);  $I_2, I_3, \dots$ ——二次侧各绕组电流有效值(安)。

(2) 输入视在功率  $P_{s1}$  及输入电流  $I_1$  的计算: 变压器负载时,由于绕组电阻发热损耗和铁芯损耗,输入功率中有一部分损耗掉,因此变压器输入功率与输出功率之间的关系是:

$$P_{s1} = P_s / \eta (\text{瓦})$$

式中:  $\eta$ ——变压器的效率。  $\eta$  总是小于 1, 对于功率为 1 千瓦以下的变压器  $\eta = 0.8 \sim 0.9$ 。

知道变压器输入视在功率  $P_{s1}$  后,就可以求出输入电流  $I_1$

$$I_1 = \frac{P_{s1}}{V_1} \times (1.1 \sim 1.2) (\text{安})$$

式中:  $V_1$ ——一次侧的电压有效值(伏),一般就是外加电源电压; 1.1~1.2——考虑到变压器空载励磁电流大小的经验系数。

(3) 确定铁芯截面积  $S$ : 小型单相变压器常用的 E 型铁芯尺寸如图 2-23 所示。它的中柱截面  $S$  的大小与变压器总输出视在功率有关,即

$$S = K_0 \sqrt{P_s} (\text{厘米}^2)$$

式中:  $P_s$ ——变压器总输出功率(瓦);  $K_0$ ——经验系数,大小与  $P_s$  的关系可参考表 2-6 来选用。

表 2-5 SCL 环氧浇注

容量(千瓦)		30	50	80	100	125	160	200
额定电压 (千伏)	高压	6, 6.3, 10	6, 6.3, 10	6, 6.3, 10	6, 6.3, 10	6, 6.3, 10	6, 6.3, 10	6, 6.3, 10
	低压	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
连接组		Y, Yno	Y, Yno	Y, Yno	Y, Yno	Y, Yno	Y, Yno	Y, Yno
阻抗压降 (%)		4	4	4	4	4	4	4
重 量 (千克)	油	—	—	—	—	—	—	—
	器身	—	—	—	—	—	—	—
	总重	305	410	—	700	—	870	1090
损 耗 (瓦)	空载	0.27	0.395	0.51	0.62	0.73	0.86	0.97
	负载	0.62	0.89	1.16	1.45	1.70	1.95	2.35
空载电流 (%)		3.5	3.5	3.5	3	3	3	2.5
外形尺寸 (毫米)	a	890	990	—	1120	—	1210	1270
	b	550	65	—	650	—	650	650
	c	550	550	—	550	—	550	550
	h	780	895	—	1910	—	1185	1250
	φd	—	—	—	—	—	100	100
	g	—	—	—	—	—	35	35
	k	—	—	—	—	—	30	30

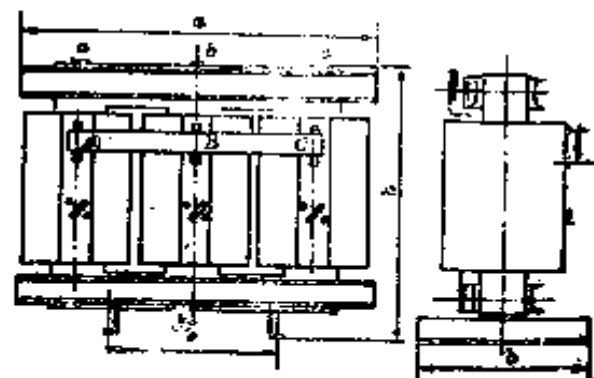
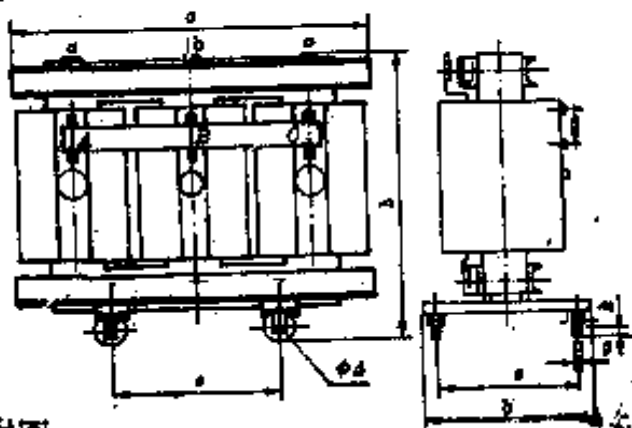


表 2-5

干式电力变压器技术数据

250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600
6, 6.3, 10	6, 6.3, 10	6, 6.3, 10	6, 6.3, 10	6, 6.3, 10	6, 6.3, 10	6, 6.3, 10	6, 6.3, 10	6, 6.3, 10
0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Y, Yno	Y, Yno	Y, Yno	Y, Yno	Y, Yno	Y, Yno	Y, Yno	Y, Yno	Y, Yno
4	4	4	4	4	6	6	6	6
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
1240	1530	1850	7100	2400	2600	3150	3900	4900
1.15	1.33	1.6	1.85	2.10	2.40	2.80	3.35	3.95
2.75	3.25	3.9	4.85	5.65	7.50	9.70	11	13.3
2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2	2	2	2
1270	1400	1460	1500	1560	1640	1720	1820	2060
650	760	760	780	780	780	940	940	1190
550	660	660	660	660	660	820	820	1070
1305	1410	1495	1595	1680	1665	1775	1965	2040
100	100	100	120	120	120	120	120	120
35	35	35	50	50	50	50	50	50
30	30	30	35	35	35	35	35	35



附图

表 2-6 S7-30~1600/10 系列

额定容量 (千瓦)	连接组	电 压 (千伏)		损 耗 (瓦)	
		高 压	低 压	空 载	负 载
30	Y, Yno	6, 6.3, 10	0.4	150	800
50	Y, Yno	6, 6.3, 10	0.4	190	1150
63				220	1400
80	Y, Yno	6, 6.3, 10	0.4	270	1650
100	Y, Yno	6, 6.3, 10	0.4	320	2000
125	Y, Yno	6, 6.3, 10	0.4	370	2450
160	Y, Yno	6, 6.3, 10	0.4	460	2850
200	Y, Yno	6, 6.3, 10	0.4	540	3400
250	Y, Yno	6, 6.3, 10	0.4	640	4000
315	Y, Yno	6, 6.3, 10	0.4	760	4800
400	Y, Yno	6, 6.3, 10	0.4	920	5800
500	Y, Yno	6, 6.3, 10	0.4	1080	6900
630	Y, Yno	6, 6.3, 10	0.4	1300	8100
800	Y, Yno	6, 6.3, 10	0.4	1540	9900
1000	Y, Yno	6, 6.3, 10	0.4	1800	11600
1250					
1600	Y, Yno Y, dl1	6, 6.3, 10	0.4	2650	16500

三相铜线低损耗电力变压器技术数据

阻抗 压降 (%)	空载 电流 (%)	重 量 (千克)			外 形 尺 寸			轨距 (毫米)
		油	器身	总重	长	宽	高	
4	2.8		160	310	945	575	1035	400
4	2.6	101	225	415	1150	635	1100	550
4	2.5							
4	2.4	134	310	560	1095	785	1140	550
4	2.3	135	330	600	1170	790	1170	550
4	2.2	175	410	740	1300	820	1270	550
4	2.1	192	465	840	1360	820	1340	550
4	2.1	211	535	945	1410	840	1410	550
4	2.0	260	655	1175	1300	1010	1410	550
4	2.0	282	730	1280	1470	970	1450	550
4	1.9	333	856	1565	1680	1030	1520	660
4	1.9	386	1025	1860	1720	1050	1600	660
4.5	1.8	547	1490	2570	1830	1090	1840	820
4.5	1.5	630	1676	2920	2180	1125	2290	820
4.5	1.2	795	2025	3545	2245	1340	2440	820
4.5	1.1	1095	2940	5185	2450	1510	2595	820

表 2-7 SL7-30~6300/10 系列

额定容量 (千瓦)	连 接 组	电 压 (千伏)		损 耗 (瓦)	
		高 压	低 压	空 载	负 载
30	Y, Yno	6, 6.3, 10	0.4	150	800
50	Y, Yno	6, 6.3, 10	0.4	190	1150
63	Y, Yno	6, 6.3, 10	0.4	220	1400
80	Y, Yno	6, 6.3, 10	0.4	270	1650
100	Y, Yno	6, 6.3, 10	0.4	320	2000
125	Y, Yno	6, 6.3, 10	0.4	370	2450
160	Y, Yno	6, 6.3, 10	0.4	460	2850
200	Y, Yno	6, 6.3, 10	0.4	540	3400
250	Y, Yno	6, 6.3, 10	0.4	640	4900
315	Y, Yno	6, 6.3, 10	0.4	760	4800
400	Y, Yno	6, 6.3, 10	0.4	920	5800
500	Y, Yno	6, 6.3, 10	0.4	1080	6900
630	Y, Yno	6, 6.3, 10	0.4	1300	8100
800	Y, Yno Y, dll	6, 6.3, 10	0.4/3.15, 6.3	1540	9900
1000	Y, Yno Y, dll	6, 6.3, 10	0.4/3.15, 6.3	1800	11600
1250	Y, Yno Y, dll	6, 6.3, 10	0.4	2200	13800
1600	Y, Yno Y, dll	6, 6.3, 10	0.4/3.15, 6.3	2650	16500
2000	Y, dll	6, 6.3, 10	6.3	3100	19800
2500	Y, dll	6, 6.3, 10	3.15, 6.3	3650	23000
3150	Y, dll	6, 6.3, 10	3.15, 6.3	4400	27000
4000	Y, dll	6, 6.3, 10	3.15, 6.3	5300	32000
5000	Y, dll	6, 6.3, 10	3.15, 6.3	6400	36700
6300	Y, dll	6, 6.3, 10	3.15, 6.3	7500	41000



三相铝线低损耗电力变压器技术数据

阻抗 压降 (%)	空载 电流 (%)	重 量			外形尺寸(毫米)			轨距 (毫米)
		油	器身	总重	长	宽	高	
4	2.8	88	185	310	930	690	1050	400
4	2.6	118	275	460	1030	760	1170	400
4	2.5	132	300	500	1080	730	1190	550
4	2.4	135	335	570	1230	760	1220	550
4	2.3	170	390	690	1130	800	1390	550
4	2.2	190	420	750	1180	800	1460	550
4	2.1	217	520	920	1210	808	1530	550
4	2.1	270	595	1070	1270	880	1560	550
4	2.0	300	690	1220	1490	890	1630	550
4	2.0	354	830	1410	1520	970	1730	550
4	1.9							
4	1.9							
4.5	1.8	755	1415	2720	1620	1520	2160	820
4.5/5.5	1.5	847	1700	3200	1920	1770	2650	820
4.5/5.5	1.2	1048	2100	3980	2130	1560	2900	820
4.5/5.5	1.2	1160	2435	4670	2100	1740	2990	820
4.5/5.5	1.1	1332	3120	5020	2390	1760	2700	820
5.5	1.0	1265	2730	5440	2540	1580	2670	
5.5	1.0							
5.5	0.9							
5.5	0.8							
5.5	0.8							
5.5	0.7							

表 2-8 SL7-50~3150/35 系

额定容量 (千瓦)	连接组	电 压 (千伏)		损 耗 (瓦)	
		高 压	低 压	空 载	负 载
50	Y, Yno	35	0.4	285	1850
100	Y, Yno	35	0.4	370	2250
200	Y, Yno	35	0.4	550	3700
250	Y, Yno	38.5	0.4	640	4400
315	Y, Yno	35	0.4	760	5300
400	Y, Yno	35	0.4	920	6400
500	Y, Yno	35	0.4	1080	7700
630	Y, Yno	35	0.4	1300	9200
800	Y, Yno	35	0.4	1540	11000
1000	Y, Yno	35	0.4	1800	13500
1250	Y, Yno	35	0.4	2200	16500
1600	Y, Yno	35	0.4	2650	19500
2000	Y, Yno	35	0.4	3400	19800
800	Y, dl1	35	6.3, 10.5	1540	11000
1000	Y, dl1	35	6.3, 10.5	1800	13500
1600	Y, dl1	35	6.3, 10.5	2650	19500
2000	Y, dl1	35	6.3, 10.5	3400	19800

列三相铝线低损耗变压器技术数据

阻抗 压降 (%)	空载 电流 (%)	重 量 (千克)			外形尺寸(毫米)			轨距 (毫米)
		油	器身	总重	长	宽	高	
6.5	2.8	331	285	800	1160	970	1670	660
6.5	2.6	380	425	1090	1200	930	1750	660
6.5	2.2	633	670	1700	1325	1000	2090	660
6.5	2.0	630	880	1850	1500	1165	1930	
6.5	2.0	745	808	2030	1400	1180	2170	660
6.5	1.9	852	1085	2500	1470	1120	2325	820
6.5	1.9							
6.5	1.8	1038	1475	3155	1515	1355	2525	820
6.5	1.5	1275	1950	4075	2290	1225	2795	820
6.5	1.4	1435	2095	4595	2310	1745	2915	820
6.5	1.2	1630	2440	5120	2385	1360	3030	1070
6.5	1.1							
6.5	1.1	1700	3255	6470	2300	1580	2968	1070
6.5	1.5	1423	1925	4325	2330	1330	2785	820
6.5	1.4	1490	2110	4730	2350	1595	2915	820
6.5	1.1	1820	2760	6120	2495	1800	2930	1070
6.5	1.1	1638	3065	6320	2560	1930	2935	1070

表 2-9 系数  $K_0$  参考值

$P_s$ (瓦)	0~10	10~50	50~500	500~1000	1000 以上
$K_0$	2	2~1.75	1.5~1.4	1.4~1.2	1

根据计算所得的  $S$  值, 还要结合实际情况来确定铁芯尺寸  $a$  与  $b$  的大小, 由图 2-23 得

$$S = a \cdot b \text{ (厘米}^2\text{)}$$

式中:  $a$ ——铁芯中柱宽(厘米);  $b$ ——铁芯净叠厚(厘米)。

又由于铁芯用涂绝缘漆的硅钢片叠成, 考虑到漆膜与钢片间隙的厚度, 因此实际的铁芯厚度  $b'$  应将  $b$  除以 0.9 使其为更大些, 即  $b' \approx 1.1b$  厘米。

表 2-10 列出目前通用的小型硅钢片规格, 其中

各尺寸符号见图 2-24(a), 它们之间关系大致如下:

$$c = 0.5a, h = 1.5a \text{ (当 } a > 6 \text{ 时, } h = 2.5a)$$

$$A = 3a, H = 2.5a, b \leq 2a$$

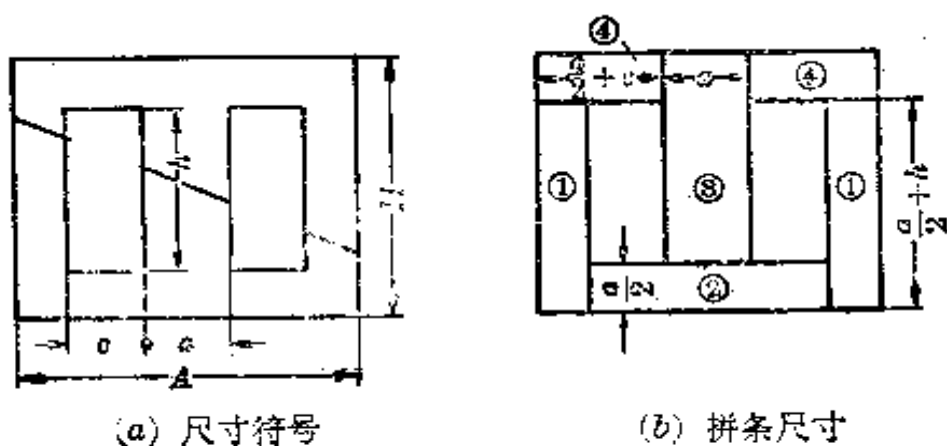


图 2-24 小型变压器硅钢片

如果所需要的尺寸不符合表 2-10 时, 推荐采用条式拼片。拼片尺寸共有四种, 如图 2-24(b) 所示。

(4) 计算每个绕组的匝数: 绕组感应电动势有效值

$$E = 4.44 f W B_m S \times 10^{-8} \text{ (伏)}$$

设  $W_0$  表示变压器每感应 1 伏电动势所需绕的匝数, 即

$$W_0 = \frac{W}{E} = \frac{10^8}{4.44 f B_m S} \text{ (匝/伏)}$$

表 2-10 小型变压器通用的硅钢片尺寸 (毫米)

<i>a</i>	13	16	19	22	25	28	32	38	44	50	56	64
<i>c</i>	7.5	9	10.5	11	12.5	14	16	19.0	22	25	28	32
<i>b</i>	22	24	30	33	37.5	42	48	57	66	75	84	96
<i>A</i>	40	50	60	66	75	84	96	114	132	150	168	192
<i>H</i>	34	40	50	55	62.5	70	80	95	110	125	140	160

不同的硅钢片, 所允许的  $B_m$  值也不同:

冷轧硅钢片 D310 取 1.2~1.4 特;

热轧硅钢片 D41、D42 取 1~1.2 特,

D43 取 1.1~1.2 特;

一般电机用热轧硅钢片 D21~D22 取 0.5~0.7 特。

如果不知道硅钢片的牌号, 按经验可以将硅钢片扭一扭, 如硅钢片薄而脆的则磁性能较好(俗称高硅),  $B_m$  可取得大些; 若硅钢片厚而软的, 则磁性能较差(俗称低硅),  $B_m$  可取得小些。一般  $B_m$  互取在 0.7~1 特之间。

由于一般工频  $f=50$  赫, 于是上式可以改为

$$W_0 = \frac{4.5 \times 10^5}{B_m S} \text{ (匝/伏)}$$

根据计算所得  $W_0$  值乘以每个绕组的电压, 就可以算得每个绕组的匝数  $W$ , 即

$$W_1 = V_1 W_0; \quad W_2 = V_2 W_0; \quad W_3 = V_3 W_0; \dots$$

其中二次侧的绕组应都增加 5% 的匝数以便补偿负载时的电压降。

(5) 计算绕组的导线直径  $d$ : 先选取电流密度  $j$ , 求出各导线的截面积

$$S_i = \frac{I}{j} \text{ (毫米}^2\text{)}$$

然后查表 14-5 选得相近截面积时导线的线径  $d_0$ , 再由表 14-33 查得 Q 型漆包线带漆膜后的线径  $d'$ 。

上式中电流密度一般选用  $j=2\sim3$  安/毫米<sup>2</sup>, 变压器短时工作时可以取  $j=4\sim5$  安/毫米<sup>2</sup>。如果取  $j=2.5$  安/毫米<sup>2</sup> 时, 则

$$d = 0.715 \sqrt{I} \text{ (毫米)}$$

(6) 核算：根据已知绕组的匝数、线径、绝缘厚度等来核算变压器绕组所占铁芯窗口的面积，它应小于铁芯实际窗口(图 2-24(a))面积( $h \cdot c$ )，否则绕组有放不下的可能。

根据选定的窗高  $h$  计算绕组每层可绕的匝数  $n_1$

$$n_1 = \frac{0.9[h - (2 \sim 4 \text{ 毫米})]}{d'}$$

式中： $d'$ ——包括绝缘厚的导线外径(毫米)；0.9——考虑绕组框架两端各约空出 5% 地位不绕线。

因此每组绕组需绕的层数  $m_1$  为

$$m_1 = \frac{W}{n_1} \text{ (层)}$$

图 2-25 表示变压器一次侧绕组的绕制情况。变压器铁芯中柱外面套上

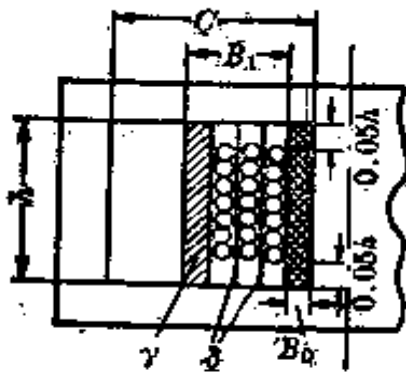


图 2-25 变压器绕组  
层间绝缘方法

由青壳纸做的绕组框架或弹性纸框架，包上二层电缆纸与二层黄蜡布，厚度为  $B_0$ 。在框架外面每绕一层绕组后就得上层绝缘，其厚度为  $\delta$ 。对于较细的导线，如 0.2 毫米以下的导线一般采用一层厚度为 0.02~0.04 毫米的透明纸(白玻璃纸)；对于较粗的导线如 0.2 毫米以上的导线，则采用厚度为 0.05~0.07 毫米的电缆纸(或牛皮纸)；对再粗的导线则可用厚度为 0.12 毫米的青壳纸(或牛皮纸)。当整个一次侧绕组绕完后，还

需在它的最外面裹上厚度为  $\gamma$  的绕组之间的绝缘纸。当电压不超过 500 伏时，可用厚度为 0.12 毫米的青壳纸或 2~3 层电缆纸夹 2 层黄蜡布等。因此一次侧绕组厚度  $B_1$  为

$$B_1 = m_1(d' + \delta) + \gamma \text{ (毫米)}$$

式中： $d'$ ——绝缘导线的外径(毫米)； $\delta$ ——绕组层间绝缘的厚度(毫米)； $\gamma$ ——绕组间绝缘的厚度(毫米)。

同样可求出套在一次侧绕组外面的各个二次侧绕组厚度  $B_2, B_3, B_4, \dots$ ，所有绕组的总厚度  $B$  为

$$B = (B_0 + B_1 + B_2 + B_3 + \dots) \times (1.1 \sim 1.2) \text{ (毫米)}$$

式中： $B_0$ ——绕组框架的厚度(毫米)；1.1~1.2——尺寸裕量。

显然，如果计算得到的绕组厚度  $B$  小于铁芯窗口宽度  $C$  的话，这个设计

是可行的。在设计时,经常遇到  $B > C$  的情况。这时有两种办法,一是加大铁芯叠厚,使绕组匝数减少。一般叠厚  $b' = (1 \sim 2)\alpha$  比较合适,但不能任意加厚。另一种办法就是重选硅钢片的尺寸,按原法计算和核算直到合适为止。

[例1] 试设计一单相电源变压器,规格要求如图 2-26 所示。

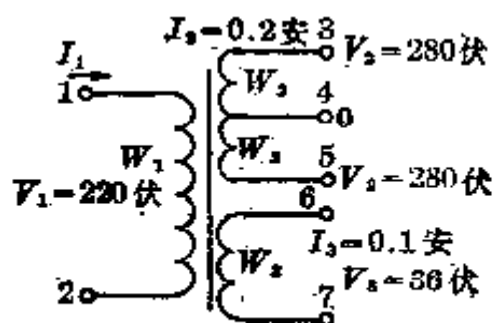


图 2-26 变压器电路图

解 (1) 计算  $P_s$ : 图中  $W_2$  绕组供全波整流用,且用  $\alpha$  型滤波器,因此实际输出功率应为绕组视在功率的  $0.7 \sim 0.8$ ,通常取  $k_B = 0.77$ ,即

$$P_{s2} = k_B(2V_2I_2) = 0.77 \times 560 \times 0.2 = 86.2(\text{瓦})$$

$$P_{s3} = V_3I_3 = 36 \times 0.1 = 3.6(\text{瓦})$$

$$P_s = P_{s2} + P_{s3} \approx 90(\text{瓦})$$

(2) 求  $P_{s1}$  和  $I_1$ : 取效率  $\eta = 0.9$ ,

$$P_{s1} = \frac{P_s}{\eta} = \frac{90}{0.9} = 100(\text{瓦})$$

$$I_1 = 1.1 \frac{P_{s1}}{V_1} = 1.1 \times \frac{100}{220} = 0.5(\text{安})$$

(3) 铁芯截面  $S$ :

$$S = K_0 \sqrt{P_s} = 1.4 \times \sqrt{90} = 1.4 \times 9.5 = 13.3(\text{厘米}^2)$$

式中:  $K_0$  按表 2-9 中取为 1.4。

选用  $\alpha = 32$  毫米的硅钢片(表 2-10),则可算得铁芯叠片厚  $b' = 1.1 \frac{S}{\alpha} = 1.1 \times 41.5 = 45.6$ ,取  $b' = 45$ 。

校验  $\frac{b'}{\alpha} = \frac{45}{32} = 1.4$  这个比值在  $1 \sim 2$  之间,所以是合适的。

(4) 每个绕组应绕的匝数: 因为

$$W_0 = \frac{4.5 \times 10^5}{B_m S} = \frac{4.5 \times 10^5}{9600 \times 13.3} \approx 3.5(\text{匝/伏})$$

式中: 取  $B_m = 9.6$  特。因此

$$W_1 = V_1 \cdot W_0 = 220 \times 3.5 = 770(\text{匝})$$

$$W_2 = 1.05 V_2 \cdot W_0 = 1.05 \times 280 \times 3.5 \approx 1030(\text{匝})$$

$$W_3 = 1.05 V_3 \cdot W_0 = 1.05 \times 36 \times 3.5 = 132(\text{匝})$$

式中: 1.05 是考虑增加 5% 匝数补偿负载压降。

(5) 导线直径计算: 选取电流密度  $j=3.0$  安/毫米<sup>2</sup>, 求出各绕组所用导线截面积。

$$W_1 \text{ 绕组: } S_{11} = \frac{I_1}{j} = \frac{0.5}{3.0} = 0.167 \text{ (毫米}^2\text{)}$$

查表 14-5 选得相近截面积时导线的线径  $d_1=0.47$  毫米, 再由表 14-38 查得 Q 型漆包线带漆膜后线径  $d'_1=0.52$  毫米。

$$W_2 \text{ 绕组: } S_{12} = \frac{I_2}{j} = \frac{0.2}{3.0} = 0.067 \text{ (毫米}^2\text{)}$$

查表 14-5 选得相应截面的导线的直径  $d_2=0.29$  毫米, 再由表 14-38 查得 Q 型漆包线包括漆膜后外径  $d'_2=0.33$  毫米。

$$W_3 \text{ 绕组: } S_{13} = \frac{I_3}{j} = \frac{0.1}{3.0} = 0.0333 \text{ (毫米}^2\text{)}$$

查表 14-5 选得相应导线截面的线径  $d_3=0.21$  毫米, 再由表 14-38 查得 Q 型漆包线包括漆膜的外径  $d'_3=0.24$  毫米。

复核电流密度

$$j_3 = \frac{I_3}{S_{13}} = \frac{0.1}{0.0333} = 2.88 \text{ (安/毫米}^2\text{)}$$

(6) 根据绕组尺寸核算窗口面积:

由图 2-27, 已知铁芯窗高  $h=48$  毫米, 可求得各绕组每层绕制匝数

$$n_1 = \frac{0.9[h - (2 \sim 4)]}{d'_1} = \frac{0.9(48 - 3)}{0.52} = 79 \text{ (匝)}$$

$$n_2 = \frac{0.9(48 - 3)}{0.33} = 123 \text{ (匝)}$$

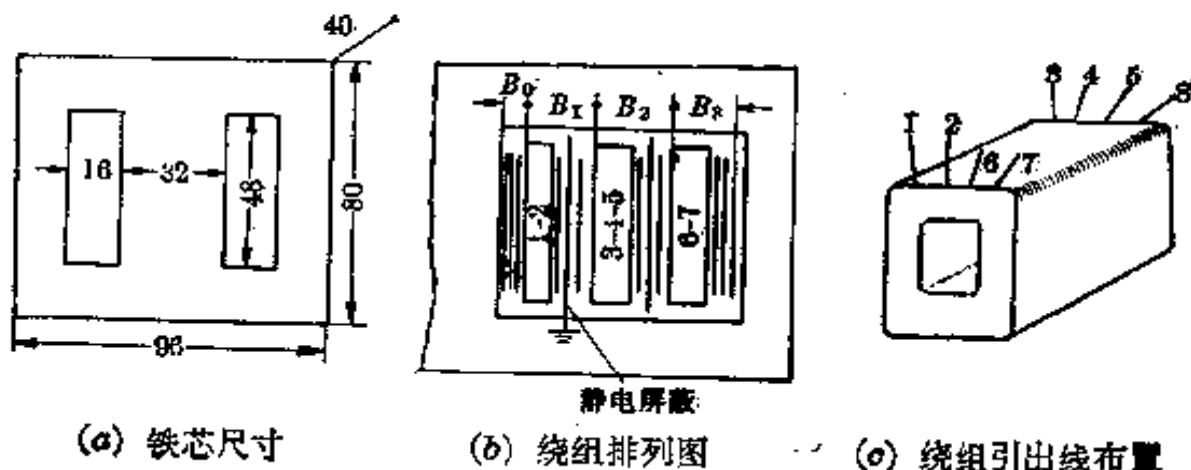


图 2-27 变压器绕组排列



$$n_2 = \frac{0.9 \times 45}{0.24} = 169 (\text{匝})$$

各绕组所绕的层数如下:

$$m_1 = \frac{W_1}{n_1} = \frac{770}{79} = 9.75 \approx 10 (\text{层})$$

$$m_2 = \frac{2W_2}{n_2} = \frac{1030 \times 2}{123} = 16.75 \approx 17 (\text{层})$$

$$m_3 = \frac{W_3}{n_3} = \frac{132}{169} = 0.78 \approx 1 (\text{层})$$

各绕组排布如图 2-27(b), 其中绝缘衬垫选用如下:

对地(铁芯)绝缘: 用二层电缆纸(0.07 毫米)夹一层黄蜡布(0.14 毫米)厚度  $\gamma = 2 \times 0.07 + 0.14 = 0.28$  毫米。

绕组间绝缘: 与对地(铁芯)绝缘相同。

绕组层间绝缘: 一次侧绕组较细用白玻璃纸一层  $\delta_1 = 0.04$  毫米

二次侧绕组较粗用电缆纸一层  $\delta_2 = \delta_3 = 0.07$  毫米

绕组框架用弹性纸 1 毫米厚, 外包对地绝缘共厚  $B_0 = 1 + 0.28 = 1.28$  毫米, 因此总的厚度  $B$  由下式可求得:

$$\begin{aligned} B &= (B_0 + B_1 + B_2 + B_3) \times (1.1 \sim 1.2) \\ &= \{B_0 + [m_1(d'_1 + \delta_1) + \gamma] + [m_2(d'_2 + \delta_2) + \gamma] + [m_3(d'_3 + \delta_3) + \gamma]\} \times 1.1 \\ &= \{1.28 + 3 \times 0.28 + 10 \times 0.55 + 17 \times 0.36 + 0.31\} \times 1.1 \\ &\approx 16 (\text{毫米}) \end{aligned}$$

此绕组厚度正好等于窗宽, 此方案可行, 但必须紧绕。绕组的引出线布置如图 2-27(c)。

2. 图算法 图算法是常用的简化方法, 它可以代替繁复的计算。对于 50 周、1 千伏安以下的小型变压器比较适用。

在图 2-28 中,  $P_s$  表示变压器的容量(瓦);  $S$  表示铁芯截面(厘米<sup>2</sup>);  $W/V$  表示每伏所需要绕的匝数(匝/伏);  $B$  表示磁通密度(特)。这四根标尺中,  $P_s$  和  $S$  在同一根直线上。如果已知变压器的输出容量  $P_s$ , 则在  $S$  标尺上即能得出所需的铁芯净截面积为多少厘米<sup>2</sup>; 根据所选择的钢片质量高低, 确定磁通密度  $B$  的数值(一般  $B$  选在 0.8~1.0 特左右), 将所确定的  $S$  点和  $B$  点连成一直线, 便得与  $W/V$  标尺的交点, 此交点便是该变压器每伏所需要绕的匝数  $W/V$ (匝/伏)。

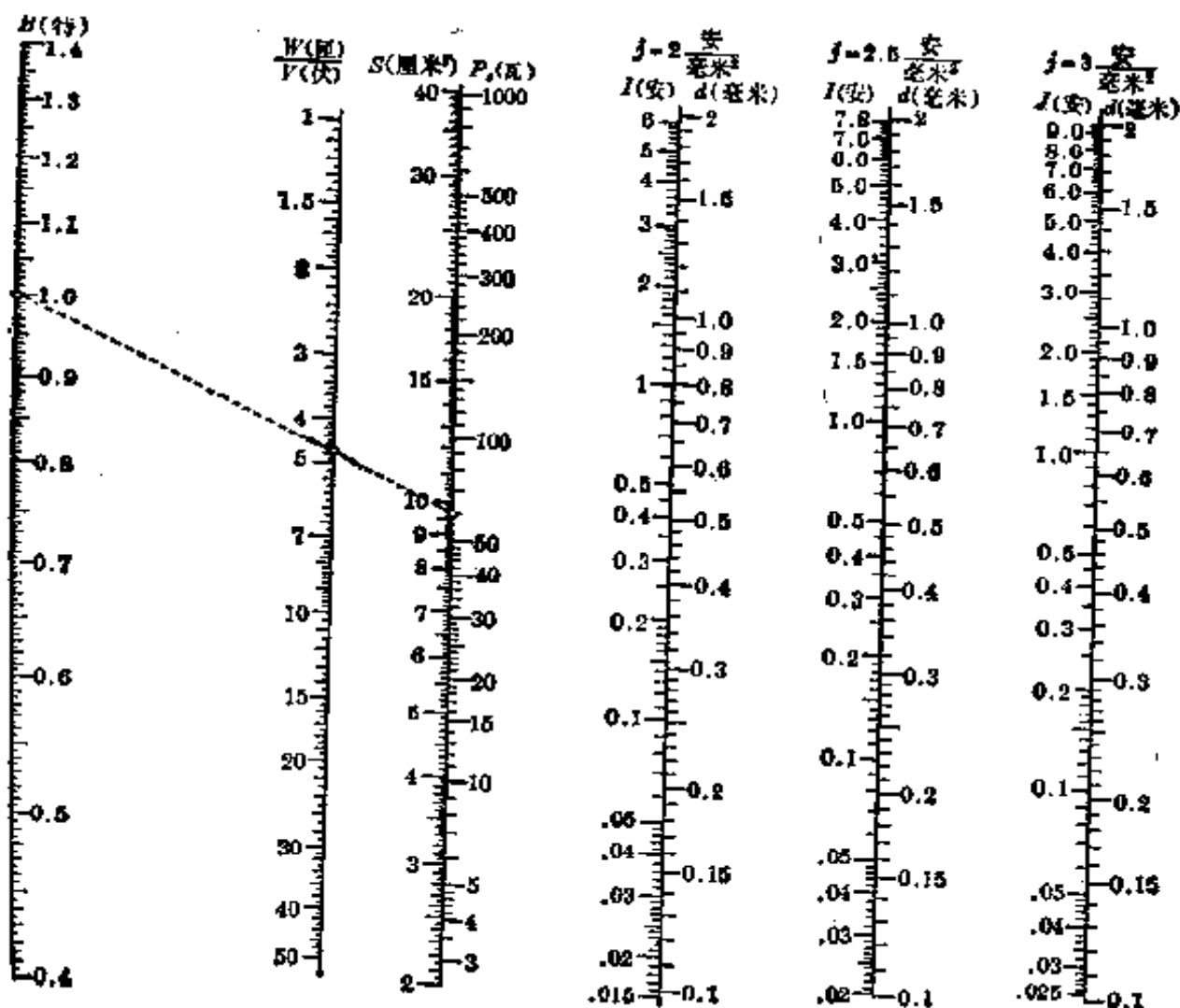


图 2-28 1 千瓦以下小型变压器图算法

注：图 2-28 的关系近似地符合下列公式：

$$(1) S=1.25\sqrt{P_s}; \quad (2) \frac{W}{V} = \frac{3.6 \times 10^5}{B\sqrt{P_s}};$$

$$(3) P_s=I_2 \cdot V; \quad (4) d=1.13\sqrt{\frac{I_2}{j}}.$$

图 2-28 中右侧的另外三根标尺表示在确定的电流下，取不同电流密度  $j$  时所需的导线直径的大小。使用在精密仪表和仪器设备装置中，取  $j=2$  安/毫米<sup>2</sup>；使用在一般仪器设备中，取  $j=2.5$  安/毫米<sup>2</sup>；在其他设备中，取  $j=3$  安/毫米<sup>2</sup>。使用时注意：

(1) 变压器容量是由二次侧绕组的电压与电流的乘积来决定的。当有一个以上的二次侧绕组时，它的输出总容量是全部二次侧绕组输出容量之和。

(2) 对于小变压器来说,由于电阻压降较大,所以一般用增加二次侧绕组匝数来补偿(增加二次侧绕组匝数5~10%左右);若要求得精确一些,必须先计算绕组的电阻 $R$ ,然后计算补偿满载时电阻压降 $IR$ 所需要的匝数,即补偿匝数 $W = IR/W_0$ 。

[例2] 若已知变压器容量 $P_s=40$ 瓦,磁通密度 $B_m=1$ 特, $V_1=220$ 伏, $V_2=36$ 伏, $I_1=0.182$ 安, $I_2=1.11$ 安。试用图算法设计此变压器。

解 如果取 $j=2.5$ 安/毫米<sup>2</sup>,则从图2-28中可得

$$S=7.8 \text{ 厘米}^2, \quad \frac{W}{V}=5.9 \text{ 匝/伏}$$

$$d_1=0.3 \text{ 毫米}, \quad d_2=0.75 \text{ 毫米}$$

于是  $W_1=1208$ 匝,  $W_2=213$ 匝

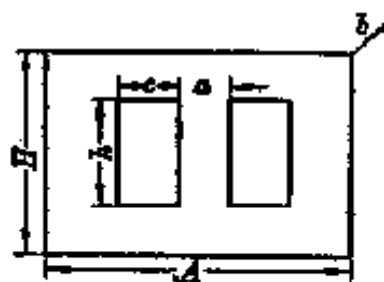


表2-11附图

表2-11列出了1千瓦以下部分容量的变压器铁芯及每伏匝数等的技术数据,可以直接查得,不需计算。

## 二、小型变压器的绕制

### 1. 绕线前的准备工作

(1) 选择导线和绝缘材料: 根据计算的匝数和导线截面, 选用相应规格的各种漆包线。经验表明, 对小型低压(500伏以下)变压器, 当一、二次侧绕组裸线截面乘以相应匝数, 所得总面积占窗口面积的30%左右时, 一般是能够绕得下, 也是比较适当的。如经核算后, 超过以上数值的范围时, 则可考虑把匝数多的、总截面大的那组绕组改用小一号的导线, 或者改用性能较好的绝缘材料, 这样线包(绕好绕组的简称)不致于因装不进铁芯而返工。

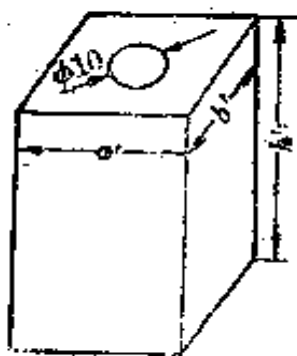


图2-29 小型变压器的纸芯无框骨架

绕组的绝缘材料须考虑耐压要求和允许厚度, 表2-12列出常用绝缘材料的性能和用途。层间绝缘厚度应按二倍层间电压的绝缘强度选用。对于1000伏以内要求不高的变压器也有用电压峰值, 即1.414倍层间电压为选用标准。对铁芯绝缘及绕组间绝缘, 按对地电压的二倍来选用。

(2) 制作木芯: 木芯是套在绕线机转轴上支撑绕组骨架的, 以进行绕线。

表 2-11 1 千瓦级

容量 (瓦)	一次侧电压 $V_1=220$ 伏			铁芯截 面积 $S$ (厘米 <sup>2</sup> )	
	电 流 (安)	裸 导 线 直 径 (毫米)			
		$j=2$ 安/毫米 <sup>2</sup>	$j=2.5$ 安/毫米 <sup>2</sup>		$j=3$ 安/毫米 <sup>2</sup>
3	0.0186	0.09	0.08	0.08	2.18
4	0.0182	0.11	0.09	0.09	2.47
5	0.0227	0.12	0.11	0.10	2.8
6	0.0273	0.13	0.12	0.108	3.05
8	0.0363	0.15	0.136	0.125	3.55
10	0.0454	0.17	0.15	0.14	3.95
12	0.0546	0.19	0.17	0.15	4.35
15	0.0682	0.21	0.18	0.17	4.85
16	0.0728	0.21	0.19	0.18	5
20	0.0919	0.24	0.21	0.2	5.6
22	0.10	0.25	0.23	0.21	5.85
25	0.1135	0.27	0.24	0.22	6.15
30	0.1365	0.29	0.26	0.24	6.85
33	0.15	0.31	0.27	0.25	7.15
36	0.1725	0.33	0.30	0.27	7.65
40	0.181	0.34	0.30	0.28	7.8
42	0.191	0.35	0.31	0.28	8
45	0.204	0.36	0.32	0.29	8.3
50	0.227	0.38	0.34	0.31	8.8
55	0.25	0.40	0.36	0.33	9.25
60	0.273	0.41	0.38	0.35	9.65
70	0.318	0.45	0.40	0.36	10.3
76	0.345	0.47	0.42	0.38	10.8
90	0.409	0.51	0.46	0.41	11.8
100	0.454	0.53	0.48	0.44	12.4
120	0.546	0.59	0.53	0.48	13.6
140	0.636	0.63	0.57	0.52	14.7
160	0.728	0.68	0.61	0.56	15.5
185	0.841	0.73	0.66	0.60	16.7
200	0.91	0.76	0.68	0.62	17.7
230	1.045	0.83	0.73	0.67	19
250	1.135	0.86	0.77	0.69	19.7
280	1.273	0.90	0.8	0.73	20.8
320	1.454	0.96	0.86	0.8	22.3
380	1.725	1.04	0.94	0.86	24.5
420	1.91	1.10	0.98	0.90	25.5
450	2.055	1.14	1.02	0.93	26.5
518	2.35	1.23	1.10	1.00	28.5
575	2.61	1.29	1.16	1.04	29.8
600	2.72	1.33	1.18	1.08	30.5
700	3.18	1.43	1.30	1.16	32.8
781	3.55	1.50	1.35	1.22	34.5

注: 铁芯尺寸符号见附图。

下列变压器的数据

每伏需绕匝数 (匝/伏)				铁 芯 尺 寸 (毫米)			
0.7 特	0.85 特	1 特	a·b (毫米)	A	H	c	h
31	25	22	12×21	44	38	8	22
27	22	19	12×24	44	38	8	22
24	20	17	14×22	50	43	9	25
22	19	16	16×22	56	48	10	28
18.5	15.5	13	16×24	56	48	10	28
17	14	12	16×28	56	48	10	28
15	12.7	11	19×26	56	48	10	28
14	11.5	9.6	19×35	67	57.5	12	33.5
13	11	9.4	19×30	67	57.5	12	33.5
12	10	8.4	19×34	67	57.5	12	33.5
11.3	9.3	8	22×30	78	67	14	39
10.5	8.7	7.4	19×37	67	57.5	12	33.5
9.5	8	6.8	22×36	78	67	14	39
9.2	7.6	6.0	19×43	67	57.5	12	33.5
8.6	7	6.5	22×40	78	67	14	39
8.4	6.9	5.9	22×41	78	67	14	39
8.2	6.7	5.7	26×37	94	81	17	47
7.8	6.5	5.5	22×43	78	67	14	39
7.4	6.2	5.2	22×46	78	67	14	39
7	5.9	5	22×41	94	81	17	47
6.7	5.6	4.7	26×43	94	81	17	47
6.3	5.2	4.4	30×39	106	91	19	53
6	5	4.2	26×45	94	81	17	47
5.5	4.5	3.8	30×46	106	91	19	53
5.3	4.4	3.7	30×43	106	91	19	53
4.8	3.9	3.4	30×50	106	91	19	53
4.5	3.7	3.1	35×48	123	105.5	22	61.5
4.1	3.4	2.9	35×50	123	105.5	22	61.5
3.8	3.2	2.7	35×55	123	105.5	22	61.5
3.7	3.1	2.6	35×58	123	105.5	22	61.5
3.4	2.9	2.4	30×55	144	124	26	72
3.3	2.75	2.3	40×57	144	124	26	72
3.1	2.6	2.2	40×60	144	124	26	72
2.9	2.4	2.1	40×64	144	124	26	72
2.7	2.2	1.9	45×63	161	138.5	29	80.5
2.6	2.1	1.8	40×73	144	124	26	72
2.5	2.05	1.75	45×68	161	138.5	29	80.5
2.30	1.91	1.6	45×73	161	138.5	29	80.5
2.2	1.8	1.55	45×76	161	138.5	29	80.5
2.15	1.75	1.5	50×70	178	153	32	89
2.0	1.63	1.4	50×75	178	153	32	89
1.85	1.55	1.3	50×79	178	153	32	89

表 2-12 变压器常用绝缘材料

品 名	颜 色	常用规格		特 点	用 途	备 注
		厚度 (毫米)	耐压 (伏)			
电话纸	白 色	0.04 0.05	400	坚 实、 不易破裂	线径小于 0.4 毫米 的漆包线的层间绝缘 垫纸	代用品: 相 应厚度的打字 纸、描图纸或 胶版纸
电缆纸	土黄色	0.08 0.12	300 ~400 800	柔 韧、 耐拉力强	线径大于 0.5 毫米 的漆包线的层间绝缘 垫纸, 低压绕组间的 绝缘(2~3层)	代用品: 牛 皮纸
青壳纸	青褐色	0.25	1500	坚 实、 耐磨	线包外层绝缘(2~ 3层)	
电 容 纸	白 色 黄 色	0.03	475	薄、密 度高	线径小于 0.4 毫米 的漆包线层间绝缘	
聚 酯 膜	透 明	0.04 0.05 0.10	3000 4000 9000	耐温 140°C	层间绝缘	
玻 璃 布	黄 色	0.15 0.17	3000 ~3000	耐温好	绕组间绝缘	
聚四氟 乙 烯 膜	透 明	0.030	6000	耐温 280°C、耐 酸碱	层间绝缘	
压制板	土黄色	1.0 1.50		坚 实、 易弯曲	线包骨架	又称弹性纸
黄蜡布	糖浆色	0.14 0.17	2500	光 滑、 耐压高	高压绕组间绝缘	系凡立水浸 渍的棉制品
黄蜡绸	糖浆色	0.08	4000	细 薄、 少针孔	高压绕组的层间绝 缘, 高压绕组间绝缘 (2~3层)	系凡立水浸 渍的丝织品
高频漆				粘料	粘合绝缘纸、压制 板、黄蜡布、黄蜡绸 等	系无水酒精 和酚醛树脂溶 合泡制, 代用 品: 洋干漆
青喷漆	透 明			粘料	粘合绝缘纸、压制 板、黄蜡布、黄蜡绸 等	又名翠光 漆, 蜡克

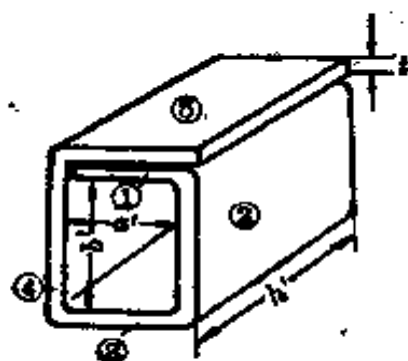
通常用杨木或杉木按铁芯尺寸( $a' \times b'$ )做成,如图2-29。木芯的截面稍比铁芯中心柱截面( $a \times b$ )大一些,以便于镶插硅钢片。木芯的长度 $h'$ 应比铁芯窗口高度 $h$ 大一些, $h' \approx (1+1/3)h$ ,木芯的中心孔直径为10毫米,必须钻得正直,木芯四周亦须互相垂直,否则绕线时将会发生晃动、绕组不易平齐等缺点。木芯的边角需用砂纸略磨成圆角,以便于套进骨架,绕好后抽取也容易。

(3) 制作骨架(绕组架): 绕组骨架除起支撑绕组作用外,还起对地绝缘的作用。因此要求它既具有一定机械强度,还应具有一定的绝缘强度。对容量为1千瓦以下的变压器,多采用纸芯无框骨架,如图2-30。所用弹性纸的厚度 $t$ 见表2-13。

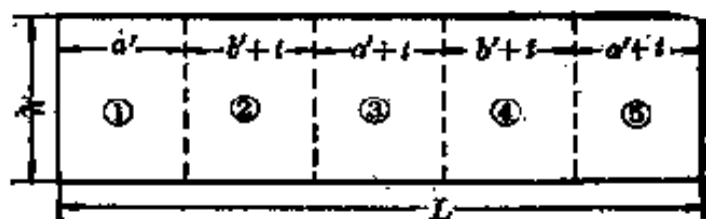
无框骨架的长度 $h'$ 应比铁芯窗高 $h$ 稍短些(通常短2毫米左右),骨架的边沿也必须平整垂直,可利用旧锯条磨成的裁纸刀来切割。弹性纸的长度取为:

$$L = 2(b' + t) + a' + 2(a' + t) = 2b' + 3a' + 4t$$

按照图2-30(b)中虚线用裁纸刀划出浅沟,以便弯折。沟的深度以不划穿纸厚为原则。沿沟痕把弹性纸折成四方形,第⑤面与第①面重叠,用胶水粘合。



(a) 粘叠后骨架



(b) 弹性纸尺寸

图 2-30 纸质无框骨架

表 2-13 制作骨架的弹性纸厚度  $t$ 

变压器容量 $P_s$ (瓦)	30	50	300 以下	300~1000
弹性纸厚度 $t$ (毫米)	0.5	0.8	1.0	1.0~1.5

对容量较大(1~5千瓦)或高压等绝缘性能要求较高的变压器,可以采用有框骨架。框架可用钢纸(或称反白)以及玻璃纤维板等材料做成。图2-31为活络的框架结构,框架上下两块边框板,四侧采用两种形状的夹板以及六块夹板拼合而成一只完整的框架。

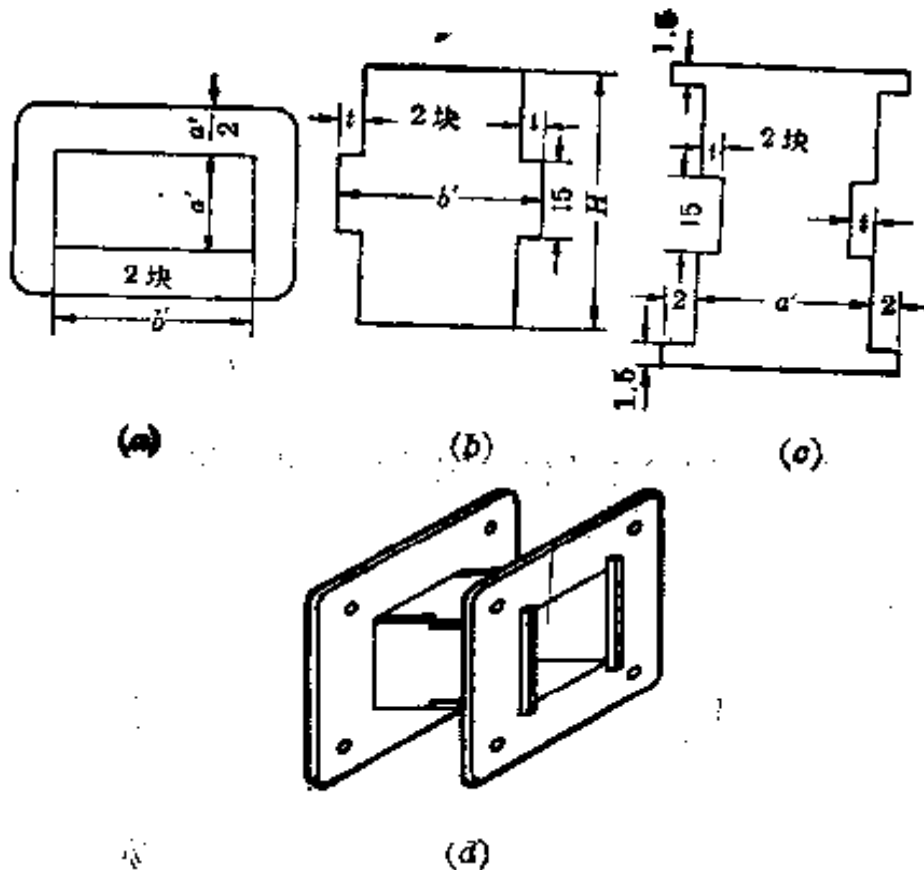


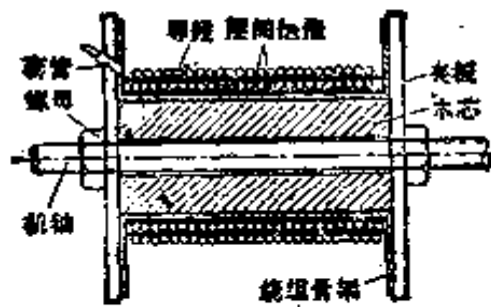
图 2-31 活络框架的结构

$t$ —夹板厚度; 图中尺寸均以毫米计

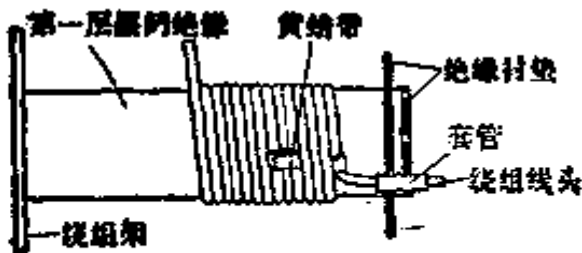
2. 绕线 首先裁剪好各种绝缘纸(布), 它们的宽度应等于骨架的长度, 而长度应稍大于骨架的周长, 但需计入绕组逐渐绕大后所需的裕量。一般电压在 500 伏以下的变压器, 层间绝缘按导线直径粗细而有所不同, 例如线径大于 0.2 毫米的多采用电缆纸或牛皮纸; 线径小于 0.2 毫米的多采用透明纸。对铁芯绝缘(对地绝缘)则采用二层电缆纸和二层黄蜡布。绕组间绝缘与对铁芯绝缘相同。

开始绕线前, 先在套好木芯的骨架上衬垫好对铁芯的绝缘, 用胶水粘牢。然后将木芯中心孔穿入绕线机轴固紧, 如图 2-32(a)所示。起绕时, 在导线引线头(或结束时在线尾)压入一条黄蜡布的折条(1 厘米宽)以便抽紧起始线头(或线尾), 如图 2-32(b)所示。导线不可过于靠近骨架边沿, 大约须留出 2~3

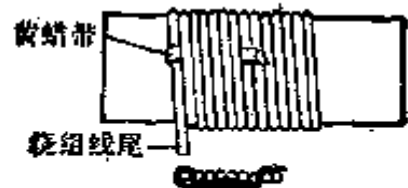




(a) 绕组框架在绕线机上的安装



(b) 绕组线头的固紧



(c) 绕组线尾的固紧

图 2-32 绕组绕制时的安装与固紧的方法

毫米的空间,以免绕线时漆包线滑出(或称崩线),插片时碰伤导线绝缘。导线要求绕得紧密而整齐,不允许有叠线现象。注意掌握好如下要领:绕时要将导线稍微拉向绕组前进的相反方向(约 $5^\circ$ 左右,如图2-33)。拉线的手顺绕组前进方向而移动。拉力大小随导线粗细而变化,这样导线就容易排齐。

绕组层次按照一次侧、静电屏蔽、二次侧高压绕组和二次侧低压绕组(如灯丝绕组)依次叠绕。当二次侧绕组数较多时,每绕好一组后,应用万用表测量是否通路。最后将整个绕组包好对铁芯绝缘,用胶水粘牢。

一般电子设备中的电源变压器,需在一、二次侧绕组间放置静电屏蔽,屏蔽层用薄铜箔(厚0.1毫米左右),其宽度比骨架长度 $L$ 稍短1~3毫米,而长度比一次侧绕组的周长短10毫米左右,将铜箔夹在一、二次侧绕组的绝缘垫层间,注意不能碰触导线或自行短路,如图2-34所示。铜箔上焊接一条多股软线引出接地。如果缺乏铜箔,也可用铝箔或锡箔代替,或者密绕一层0.12~0.15毫米的漆包线,一端埋在绝缘层内,一端引出接地。

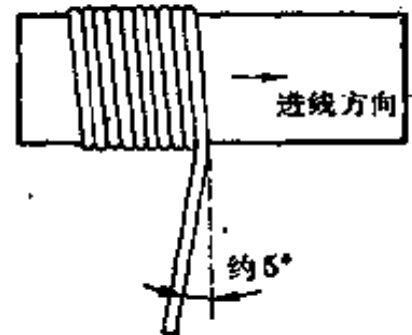


图 2-33 绕制过程持线的方法

当线径大于0.2毫米时,绕组的引出线可利用原线,绞合后引出即可(图2-35)。当线径小于0.2毫米时,应采用多股软线焊接后引出,以防弯断或拉断。引出线的绝缘套管应按耐压等级选用。两导线接头处漆皮一定要刮清,然后用松香焊剂焊牢,不宜用焊膏,并要防止假焊。

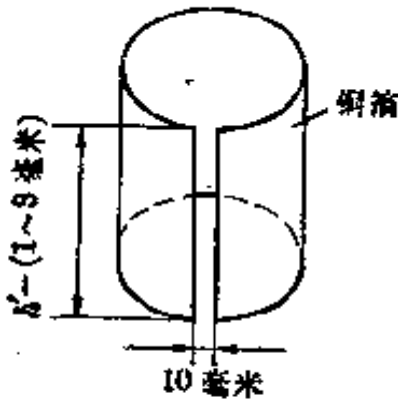


图 2-34 屏蔽层的形状

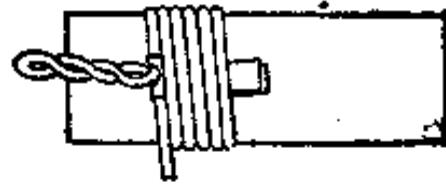


图 2-35 利用原线作引出线

3. 绝缘处理的简易方法 为防潮和增加绝缘强度,绕组绕好后,一般应作绝缘处理。在实验室条件下可用“涂刷法”处理,即在绕线过程中,每绕完一层,就涂刷一层薄凡立水,然后垫上绝缘,继续绕线。这样也有助于粘牢导线。

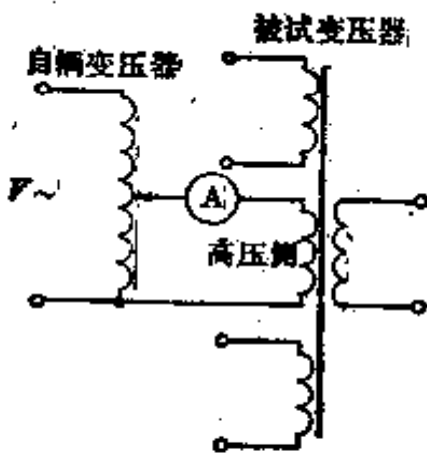


图 2-36 通电烘干法

绕组绕好后,通电烘干。其方法是用一个500瓦的自耦变压器及交流电流表(10倍于高压侧的电流额定值)与被测变压器高压侧绕组串联(低压侧短路),如图2-36所示,逐渐增大自耦变压器的输出电压,使电流达到高压侧规定电流的2~3倍为止。线包温度将慢慢上升,半小时后如线包不烫手,可再适当增大电流,直到烫手为止(此时温度约70~80°C)。线包通电12小时左右,即可烘干绕制时涂刷的多余凡立水。

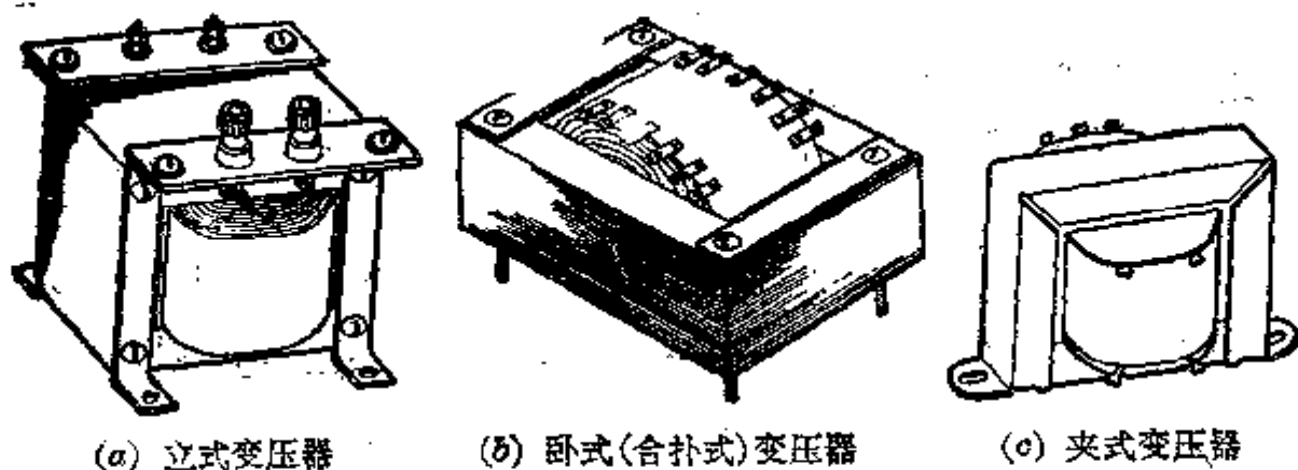
如果条件许可,则采用“浸泡法”处理,即将绕好的线包放在烘箱(电烘箱或300瓦的红外线灯泡烘箱)内预热,加温到70~80°C,3~5小时取出后立即浸入凡立水中约半小时左右,取出后放在通风处滴干,然后再进烘箱加温到80°C烘12小时左右,进行烘干处理。

如果没有绝缘漆,也可用“浸蜡法”处理,即把白蜡熔化在容器内,放入已预烘过的绕组浸15~30分钟,取出自然干燥凝固即可,不用烘烤。此法只能达到防潮的目的。

4. 铁芯镶片 铁芯镶片要求紧而牢,否则铁芯截面达不到计算要求,将造成磁通密度增大而发热,使硅钢片产生振动噪音。

镶片时,在线包两边,一片一次地交叉对镶,而在线包中部则应两片一次地交叉对镶。因为当线包中镶满钢片时,余下大约  $1/6$  的钢片往往比较难镶,俗称紧片。这部分紧片需用旋凿撬开每两片一组的钢片夹缝才能插入。并用木锤慢慢敲入。在插条形片时,切忌直向插片,以免擦伤线包。当骨架嫌小或线包体积嫌大时,切不可硬行将钢片插入,以免损伤骨架或线包。这时可将铁芯间中心柱或两边柱锉小些,亦可将线包套在木芯上,用两块木板夹住线包两侧,在台钳上缓缓压扁一些。

镶片完毕后,应把变压器放在平板上,两头用木锤敲打平整,尤其对E形,两柄片间不能留有空隙。最后用螺钉或夹板固紧钢芯,并把引出线焊到焊片上。安装好的变压器引出线布置,如图 2-37 所示。



(a) 立式变压器

(b) 卧式(合扑式)变压器

(c) 夹式变压器

图 2-37 变压器的引出线布置

### 5. 成品测试

(1) 绝缘电阻测试: 用兆欧表测试各组绕组之间和它们对铁芯(地)的绝缘电阻,其值应不低于 500 兆欧。

(2) 空载电压测试: 当一次侧电压加到额定值时,各相绕组的空载电压允许误差为: 二次侧高压绕组  $\leq \pm 5\%$ , 二次侧低压绕组  $\leq \pm 5\%$ , 中心抽头电压  $\leq \pm 2\%$ 。

(3) 空载电流测试: 铁芯镶片后的电源变压器,应先用电耦变压器供电,当一次侧输入电压为额定值时,其空载电流约为  $5\sim 8\%$  的额定电流值,而不应大于满载电流的  $10\sim 20\%$ , 否则表明绕组有短路现象。如空载电流大于额定电流的  $10\%$  时使用,损耗就较大; 当空载电流超过额定电流的  $20\%$  时,就不能使用,因为它的温升将超过允许的数值。

## 2-4 单相和三相干式变压器的计算

### 一、计算程序

这里介绍电压低于500伏(试验电压为5千伏以下)、容量10~100千瓦的干式变压器的计算。

计算前应已知额定容量 $P_s$ (千瓦)、相数、频率 $f$ (赫)、额定电压 $V$ (伏)(对于三相变压器是指线电压。当变压器一次侧加上额定电压 $V_1$ 后,空载时测得的二次侧电压 $V_2$ 就是二次侧的额定电压值)、连接方式和绝缘等级。

#### 1. 计算一次侧与二次侧的电压和电流

单相变压器: 一次侧电流  $I_1 = \frac{P_s}{V_1}$  (安)

二次侧电流  $I_2 = \frac{P_s}{V_2}$  (安)

三相变压器: 一或二次侧的线电压 $V_{\text{线}}$ 、相电压 $V$ 、线电流 $I_{\text{线}}$ 、相电流 $I$ , 电压和电流变换公式如下:

接 法	电 压 变 换	电 流 变 换
三 相 $\gamma$ 接	$V_{\text{线}} = V/\sqrt{3}$	$I_{\text{线}} = P_s/\sqrt{3} V$
三 相 $\Delta$ 接	$V_{\text{线}} = V$	$I = P_s/3V$

#### 2 计算铁芯截面 铁柱的净面积 $S_t$ 可根据经验公式决定:

三相  $S_t = 32\sqrt{\frac{P_s}{3}}$  (厘米<sup>2</sup>)

单相壳式  $S_t = 32\sqrt{P_s}$  (厘米<sup>2</sup>)

铁芯结构如图 2-2(a)

单相芯式  $S_t = 32\sqrt{\frac{P_s}{2}}$  (厘米<sup>2</sup>)

式中:  $P_s$ ——变压器额定容量,以千瓦为单位。铁芯结构如图 2-2(b)时,须注意一、二次侧绕组应平分绕在二只铁柱上。

铁柱毛面积  $S'_t = \frac{S_t}{K_D}$

式中:  $K_D$ ——叠片系数,它与工艺和材料有关。对于厚度为0.35的冷轧硅

钢片不涂漆取  $K_D=0.94$ ，热轧硅钢片涂漆取  $K_D=0.91$ ；对厚度为 0.5 毫米的硅钢片，不涂漆取  $K_D=0.96$ ，涂漆取  $K_D=0.93$ 。

多级阶梯形钢柱的外接圆直径、视在面积、净面积及各级尺寸如表 2-14。铁柱面积确定后，接着计算铁轭截面  $S_y$ 。为了降低空载电流，在一般情况下：

$$\text{单相壳式} \quad S_y \geq 0.5S_t (\text{厘米}^2)$$

$$\text{单相芯式} \quad S_y = S_t (\text{厘米}^2)$$

当采用多级铁芯柱截面时，则

$$S_y = (1.05 \sim 1.10)S_t (\text{厘米}^2)$$

$$\text{三相三柱式} \quad S_y = (1.05 \sim 1.10)S_t (\text{厘米}^2)$$

$$\text{铁轭高} \quad h_y = \frac{S_y}{K_D T} (\text{厘米})$$

式中： $K_D$ ——叠片系数； $T$ ——叠片厚(厘米)。

铁芯柱窗高  $h_c$  为绕组高加二倍主绝缘距离(绕组到铁轭的距离)，这个距离不仅要考虑电气强度，而且还要考虑绕组通风散热及使内绕组的引出线能顺利地引出等因素。试验电压 5 千伏以下的主绝缘最小距离(不分绝缘级别)如图 2-33 所示。对圆筒式绕组，此距离应包括端部绝缘(镶头)的高度。

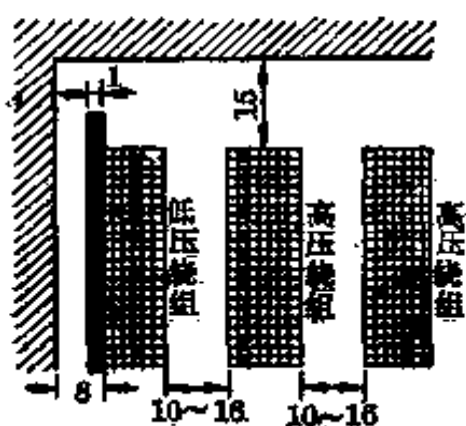


图 2-33 变压器的绝缘距离(毫米)

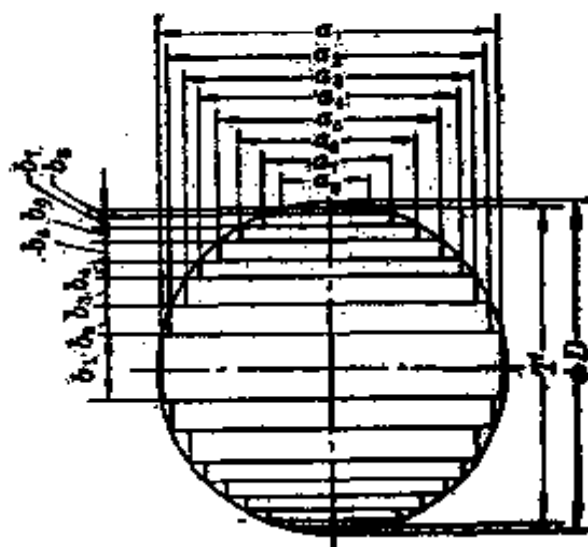


表 2-14 附图

### 3. 确定每匝电压

$$e_t = 4.44 f B_m S_t \times 10^{-8} (\text{伏/匝})$$

式中： $B_m$ ——铁芯柱内磁通密度(特)。对冷轧钢片  $B_m$  取 1.3~1.5 特，热轧钢片  $B_m$  取 1.0~1.3 特，容量小的  $B_m$  取小值，容量大的  $B_m$  取大值。

表 2-14 多 级 阶 梯

外径 $D$ (毫米)	视在面积 $S'_i$ (厘米 <sup>2</sup> )	净 面 积 $S_i$ (厘米 <sup>2</sup> )			铁 柱 宽			
		$0.91S'_i$	$0.92S'_i$	$0.95S'_i$	$c_1$	$c_2$	$c_3$	$c_4$
70	34.30	31.21	31.56	32.95	65	60	50	35
75	39.90	36.31	36.71	37.94	70	65	55	40
80	45.30	41.22	41.68	43.04	75	65	55	40
85	51.00	46.41	46.92	48.45	80	70	60	45
90	57.75	52.55	53.13	54.86	85	75	65	50
95	64.30	58.52	59.16	61.09	90	80	65	50
100	70.95	64.57	65.27	67.40	95	85	70	55
105	79.50	72.35	73.14	75.53	100	90	80	65
110	87.15	79.31	80.18	82.79	105	95	85	70
115	95.00	86.45	87.40	90.25	110	100	90	75
120	104.10	94.73	95.77	98.90	115	105	90	75
125	112.80	102.65	103.78	107.16	120	110	95	80
130	122.55	111.52	112.75	116.42	125	115	100	85
135	132.00	120.12	121.44	125.40	130	115	105	85
140	141.95	129.18	130.59	134.85	135	120	110	90
145	152.20	138.50	140.03	144.59	140	125	110	95
150	163.00	150.15	151.80	156.75	145	135	120	105
155	175.80	159.99	161.74	167.01	148	140	125	110
160	188.30	171.35	173.24	178.89	155	145	130	115
165	199.46	181.51	183.50	189.49	160	148	135	115
170	211.55	192.51	194.63	200.97	165	155	140	120
175	224.39	204.11	206.36	213.09	170	160	140	125
180	237.30	215.94	218.32	225.44	175	160	145	125
185	250.44	227.90	230.40	237.92	180	165	148	130
190	263.65	239.92	242.56	250.47	185	170	155	135
195	278.50	253.44	256.22	264.58	185	175	160	140
200	292.50	266.18	269.10	277.83	195	180	160	140

形铁柱规格尺寸表

度 (毫 米)				铁 柱 厚 度 (毫米)								
$a_6$	$a_6$	$a_7$	$a_8$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_5$	$b_6$	$b_7$	$b_8$	$T$
20				26	5	6	6	3				66
25				27	5	7	6	4				71
25				28	9	6	5	4				76
25				28	10	6	6	4				80
30				29	10	7	6	5				85
30				30	11	9	5	5				90
30				31	11	9	6	6				95
50	30			32	11	7	7	5	4			100
55	30			33	11	7	8	5	5			105
55	30			34	11	8	7	7	5			110
60	35			34	12	11	7	5	5			114
60	35			35	12	11	8	6	5			119
65	35			35	13	11	8	7	6			125
65	40			37	17	7	10	7	5			129
70	40			37	18	7	10	7	7			135
70	40			38	18	10	8	8	7			140
90	65	40		38	14	12	9	6	8	6		144
90	70	40		45	17	12	9	9	6	5		149
95	70	40		40	14	13	9	8	8	6		156
95	70	35		41	16	11	12	8	7	6		161
100	75	45		41	11	14	12	8	8	5		169
100	75	45		41	15	17	9	10	8	5		169
105	80	45		42	20	12	12	8	8	6		174
110	80	45		43	20	14	10	9	9	6		179
110	85	50		43	21	12	12	11	7	7		183
115	85	50		62	12	13	12	11	9	6		188
115	85	50		44	21	17	11	11	8	7		194

## 4. 计算绕组匝数

$$W = \frac{V}{e_1}$$

式中:  $W$ ——一次侧或二次侧绕组匝数,  $V$ ——一次侧或二次侧的空载额定相电压(伏)。

一般为了计算正确,先算出低压侧绕组的匝数,然后再按比例求出高压侧的绕组匝数。例如先求

$$W_2 = \frac{V_2}{e_2} \text{ (取 } W_2 \text{ 为整数)}$$

再求

$$W_1 = \frac{V_1}{V_2} W_2$$

## 5. 计算绕组导线截面

$$S = \frac{I}{j} \text{ (毫米}^2\text{)}$$

式中:  $I$ ——一次侧或二次侧相电流(安);  $j$ ——电流密度(安/毫米<sup>2</sup>)。一般对内绕组  $j=1.6\sim 1.9$  安/毫米<sup>2</sup>, 外绕组  $j=2.4\sim 2.8$  安/毫米<sup>2</sup>, 铝线电流密度相应降低30%左右。 $j$ 与绕组结构、容量也有关,若平行绕制的应取小值;通风散热条件好的可取大值;容量小的取小值,容量大的取大值。

根据计算所得的导线截面  $S$  和线径  $d$  由漆包线规格表(表14-38可查得所需牌号的导线规格)。总之导线截面的最后确定应保证温升、损耗不超过允许值。

## 6. 绕组的排列与布置

(1) 绕组的排列: 应在漏磁电抗(简称漏抗)允许的范围内,使结构最合理而用料最省,散热条件良好。对于干式变压器来说,绕组的外形结构应考虑到它的机械强度和简化装配。一般采用单层和多层圆筒式,但外层绕组则尽可能不用单层圆筒式,因为它的机械强度不够,导线容易松动。绕组排列时,绕组的每层匝数应力求一样,一次侧和二次侧绕组的高度也应力求一样,另外,绕组的层数应为双数,以使引出线在同一端。

(2) 确定绕组外形尺寸: 绕组高度由绕组每匝的高度(包括绝缘)乘以每层的匝数加上两端领圈(即端部绝缘)的高度来决定。绕组的最大径向尺寸等于铁芯外径与绕组各层导线总厚,加上各层间绝缘的厚度,再加上层间通风道厚度,以上总和再加5%的余量。

绕组层间安放的撑条数视绕组直径的大小选定。一般采用双数,同时内



外撑条应放置同一位置,才能保持应有的机械强度。若外层绕组根据机械强度要求,需要增加撑条数时,外撑条数应是内撑条数的倍数。撑条排列如图 2-39 所示。

绕组排布好后,由绕组最大径向尺寸,再加上绕组间绝缘距离(约 20 毫米)即可决定中心距尺寸  $M_0$  (如图 2-40)。  $M_0$  一般为 5 的倍数。

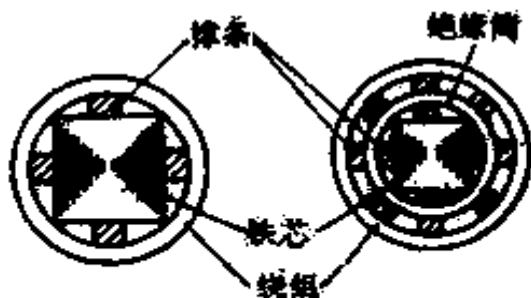


图 2-39 撑条排列方法

对于单相变压器,铁芯的外形尺寸即宽与高之比,约为 0.75~0.85;对三相变压器,其比值约为 1.30~1.45。如果需要改变铁芯外形,可以改变绕组层数或导线直径(截面不变的情况下)来调整。

#### 7. 计算绕组铜重

$$G_{Cu} = 8.9 LSW \times 10^{-3} (\text{千克})$$

式中:  $L$ ——绕组平均匝长(厘米),  $L = \pi d$  ( $d$  是绕组平均直径);  $S$ ——绕组导线截面积(厘米<sup>2</sup>);  $W$ ——绕组匝数。

由于未考虑引出线及导线绝缘的重量,所以在实际使用导线时一般还要适当增加 5%~10% 的重量。

#### 8. 计算铁重 各种不同铁芯结构的尺寸如图 2-40 所示。

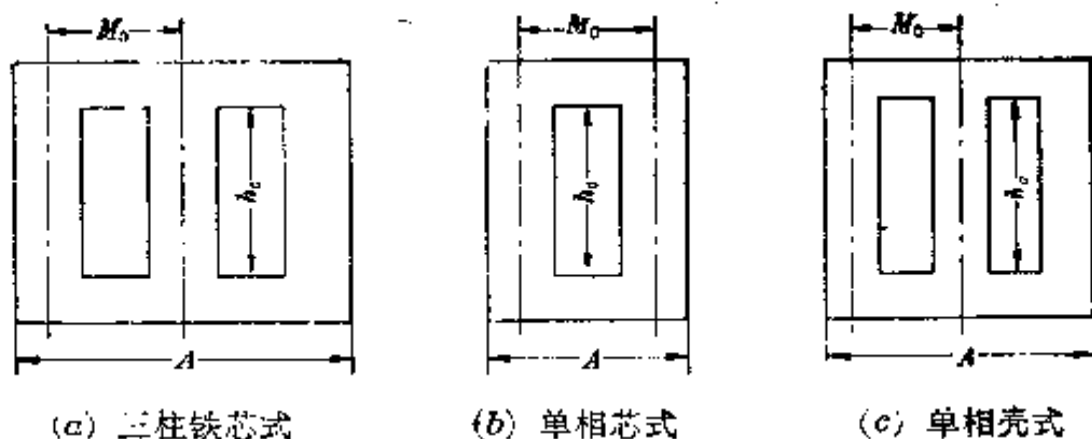


图 2-40 不同铁芯结构的尺寸

#### 三柱铁芯式

$$G_{Fe} = 3 \times 7.6 \times h_0 \times S_1 \times 10^{-3} + 2 \times 7.6 \times A \times S_2 \times 10^{-3} (\text{千克})$$

#### 单相芯式

$$G_{Fe} = 2 \times 7.6 \times h_0 \times S_1 \times 10^{-3} + 2 \times 7.6 \times A \times S_2 \times 10^{-3} (\text{千克})$$

单相壳式(轭的截面是中心柱截面的一半)

$$G_{Fe} = 7.6(2h_0 + A)S_c \times 10^{-3} \text{ (千克)}$$

在裁剪硅钢片时,应力求使磁通方向与硅钢片的轧辗方向相同,特别是对冷轧硅钢片更应注意这一点。

以上是铁芯的净重,在实际使用时应加放裕量。

## 二、单相干式变压器计算实例

**[例 8]** 已知单相变压器的额定容量  $P_s = 25$  千瓦,  $f = 50$  赫;一次侧输入电压  $V_1 = 220$  伏,二次侧输出电压  $V_2 = 16 \pm 2$  伏,接线型式为 I/I-12,绝缘等级为 E 级,冷却型式为空气自冷。

解 (1) 计算电流:

$$I_1 = \frac{P_s}{V_1} = \frac{25000}{220} = 113.6 \text{ (安)}$$

$$I_2 = \frac{P_s}{V_2} = \frac{25000}{16} = 1563 \text{ (安)}$$

(以 16 伏作为额定输出电压,于是每级的输出容量在 18 伏和 16 伏时为 25 千伏安,在 14 伏时为 23 千伏安。)

(2) 计算铁芯截面:采用单相芯式铁芯结构。铁芯截面采用多级阶梯形铁芯,即

$$S_c = 32 \sqrt{\frac{P_s}{2}} = 32 \sqrt{12.5} = 113 \text{ (厘米}^2\text{)}$$

选用 D43-0.35 涂漆硅钢片,叠片系数  $K_D = 0.91$ 。由表 2-14 选用接近的  $S_c = 111.52$  厘米<sup>2</sup> 的铁芯,并查得  $D = 130$  毫米及各级尺寸(如图 2-41),叠厚  $T = 125$  毫米。

铁轭截面  $S_y = 1.1 \times S_c = 1.1 \times 111.52 = 122.5 \text{ (厘米}^2\text{)}$

铁轭高  $h_y = \frac{S_y}{K_D T} = \frac{122.50}{0.91 \times 12.5} = 108 \text{ (毫米)}$

(3) 确定每匝电压  $e_s$ :对选用的 D43 热轧硅钢片,取  $B_m = 1.2$  特,则

$$e_s = 4.44 f B_m S_c \times 10^{-8} = 4.44 \times 50 \times 1.28 \times 111.52 \times 10^{-6} \\ = 3.17 \text{ (伏/匝)}, \text{ 取 } e_s = 3.2 \text{ 伏/匝}$$

(4) 确定绕组匝数:采用一次侧调压方式,二次侧(低压)绕组匝数

$$W_2 = \frac{V_2}{e_s} = \frac{18}{3.2} = 5.63 \text{ (匝)}, \text{ 选用 } 6 \text{ 匝}$$

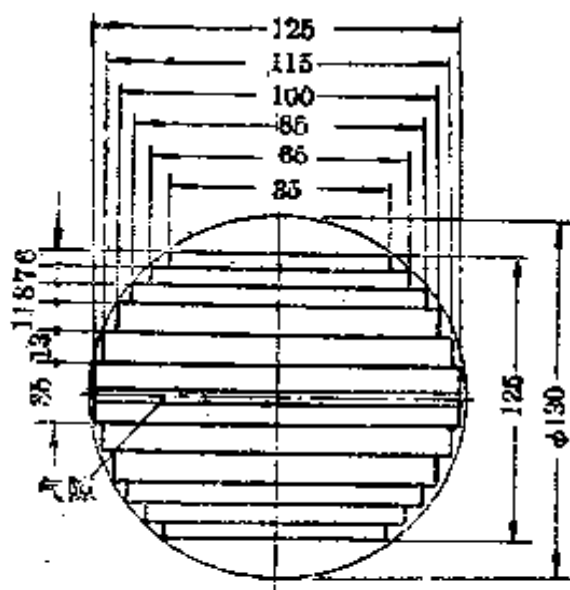


图 2-41 铁芯各级尺寸

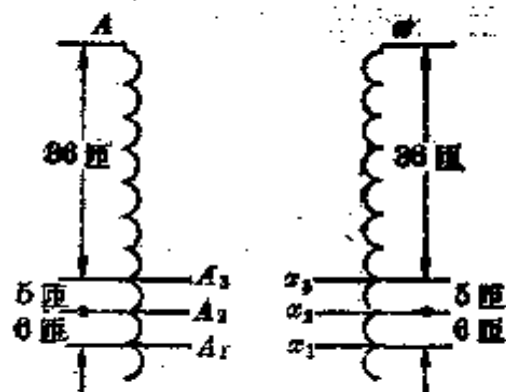


图 2-42 一次侧绕组抽头方法

一次侧(高压)绕组匝数

$$W_1 = \frac{V_1}{V_2} \times W_2$$

当  $V_2$  为 18 伏时

$$W_{1(18)} = \frac{220}{18} \times 6 = 73.3 (\text{匝}), \text{ 选用 } 72 \text{ 匝}$$

当  $V_2$  为 16 伏时

$$W_{1(16)} = \frac{220}{16} \times 6 = 82.5 (\text{匝}), \text{ 选用 } 82 \text{ 匝}$$

当  $V_2$  为 14 伏时

$$W_{1(14)} = \frac{220}{14} \times 6 = 94.2 (\text{匝}), \text{ 选用 } 94 \text{ 匝}$$

一次侧绕组分绕在二柱上,其抽头方法如图 2-42 所示。

(2) 确定导线截面: 高压(一次侧)绕组为内绕组,考虑有风道,所以取  $j_1 = 1.9$  安/毫米<sup>2</sup>。

$$S_1 = \frac{I_1}{j_1} = \frac{113.6}{1.9} = 59.7 (\text{毫米}^2), \text{ 取 } 60 \text{ 毫米}^2$$

低压(二次侧)绕组为外绕组,考虑采用裸铜板绕制,所以散热条件较好。 $j_2$  可比前所定范围取得更高些,根据此例实际情况,取  $j_2 = 3.2$  安/毫米<sup>2</sup>,即

$$S_2 = \frac{I_2}{j_2} = \frac{1563}{3.2} = 488 (\text{毫米}^2), \text{取 } 490 \text{ 毫米}^2$$

(6) 绕组型式与排列: 内绕组采用双层圆筒式, 内外绕组的排列如图 2-43 所示。内绕组(一次侧绕组)在最内层绕调节绕组 11 匝, 其外绕主绕组 36 匝, 分绕三层每层 12 匝。

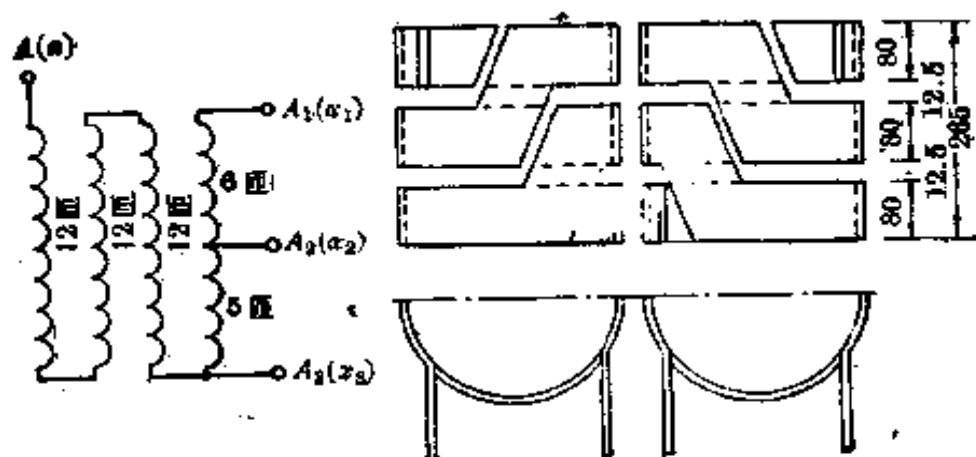


图 2-43 内外绕组排列图

绕组绕向: 内绕组(高压)绕向相同, 外绕组为一左一右, 其目的是为了绕组有紧固的机械强度。

为使每层高度相同, 主绕组采用线规为  $\frac{3.53 \times 9.3}{3.83 \times 9.6}$  的 SBECB (玻璃丝包) 扁导线两根并绕(线规分子表示导线净尺寸, 分母表示带绝缘后的导线尺寸)。其截面积  $S_{1z} = 32.3 \times 2 = 64.6 \text{ 毫米}^2$ , 所以主绕组的高度

$$h'_{1z} = (9.6 \times 2) \times (12 + 1) \times 1.03 = 257 (\text{毫米})$$

其中匝数加 1 是考虑到实际绕线中, 12 匝导线要占相当于 13 匝导线的地位; 乘 1.03 是考虑绕制系数, 再加上绕组两端的端部绝缘高 5 毫米, 所以主绕组的实际高度

$$h_{1z} = h'_{1z} + 2 \times 5 = 257 + 10 = 267 (\text{毫米})$$

调节绕组采用  $3.05 \times 10$  扁铜线两根并绕, 其截面积  $S_{1r} = 30 \times 2 = 60 (\text{毫米}^2)$ , 选用 SBEGB (玻璃丝包), 其带绝缘的尺寸为  $3.35 \times 10.3$  毫米(绝缘厚为 0.3 毫米)。所以调节绕组的高度

$$h'_{1r} = (10.3 \times 2) \times (11 + 1) \times 1.03 = 255 (\text{毫米})$$

再加上绕组两端的端部绝缘高 5 毫米, 所以调节绕组的实际高度

$$h_{1r} = h'_{1r} + 2 \times 5 = 255 + 10 = 265 (\text{毫米})$$

内绕组线模尺寸:  $\phi 150 \times 257$  毫米。

外绕组(二次侧绕组)选用  $6 \times 80$  毫米裸铜排(其截面积  $S_2 = 480$  毫米<sup>2</sup>)弯卷而成。共 6 匝分绕于两柱上,每柱上绕 3 匝,匝与匝间垫以 12.5 毫米厚的垫块,这样,外绕组的实际高度为  $h_2 = 80 \times 3 + 12.5 \times 2 = 235$  毫米。

$h_1 = h_2$ , 满足一、二次侧绕组每层的高度都是一样。

在铁芯与调节绕组间留有 10 毫米风道。内绕组第 1~2 和 3~4 层的层间绝缘用玻璃布 2 层,每层厚 0.15 毫米。在内绕组的第 2 层与第 3 层间留有宽 12 毫米的风道,并安放撑条 8 根沿圆周均匀分布。调压绕组引出线加绝缘后由一、二次侧绕组间的风道中引向上侧,以便与调压引线相连接。一、二次侧绕组间的风道宽度为 15 毫米,计及到各个厚度,于是便可求得绕组的最大径向尺寸  $D_0$ ,如图 2-44。

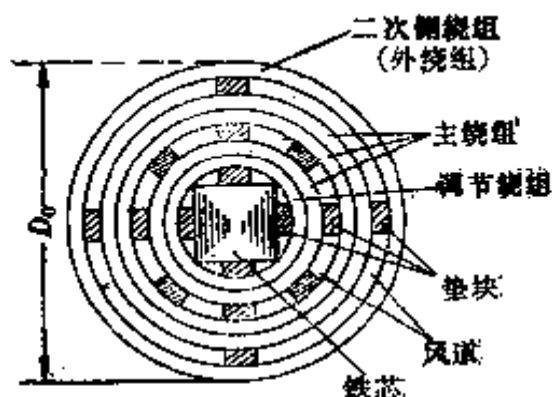


图 2-44 径向尺寸

$$D_0 = [130 + 2(10 + 3.35 + 2 \times 0.15 + 3.83 + 12 + 2 \times 3.83 + 2 \times 0.15 + 15 + 6)] \times 1.05 = 259 \text{ (毫米)}$$

乘 1.05 是考虑绕制系数。

取两柱间绕组的间隔宽  $b = 16$  毫米,则柱中心距

$$M_0 = D_0 + b = 259 + 16 = 275 \text{ (毫米)}$$

(7) 计算绕组铜重: 内绕组(一次侧绕组), 第一层绕组的平均直径

$$d_1 = 130 + 2 \times 10 + 3.35 = 153.35 \text{ (毫米)}$$

平均匝长  $L_1 = \pi d_1 = 3.14 \times 153.35 = 482 \text{ (毫米)}$

二柱匝数共 22 匝,  $S_{d1} = 60$  毫米<sup>2</sup>。于是第一层(调节)绕组的铜重

$$G_{Cu_1} = 8.9 L_1 S_{d1} W \times 10^{-3} = 8.9 \times 48.2 \times 0.6 \times 22 \times 10^{-3} = 5.66 \text{ (千克)}$$

第二层绕组的平均直径

$$d_2 = 130 + 2 \times 10 + 2 \times 3.35 + 4 \times 0.15 + 3.83 = 161.1 \text{ (毫米)}$$

平均匝长  $L_2 = \pi d_2 = 3.14 \times 161.1 = 506 \text{ (毫米)}$

二柱匝数共 24 匝,  $S_{d2} = 64.6$  毫米<sup>2</sup>。于是第二层绕组的铜重

$$G_{Cu_2} = 8.9 L_2 S_{d2} W \times 10^{-3} = 8.9 \times 50.6 \times 0.646 \times 24 \times 10^{-3} = 7.0 \text{ (千克)}$$

第三、四层绕组的平均直径

$$\begin{aligned}
 d_2 &= 130 + 2 \times 10 + 2 \times 3.35 + 4 \times 0.15 \\
 &\quad + 2 \times 3.83 + 2 \times 12 + 2 \times 3.83 + 2 \times 0.15 \\
 &= 197 \text{ (毫米)}
 \end{aligned}$$

平均匝长  $L_2 = \pi d_2 = 3.14 \times 197 = 619 \text{ (毫米)}$

二柱匝数为 48 匝,  $S_{22} = 64.6 \text{ 毫米}^2$ 。于是第三、四层绕组的铜重

$$\begin{aligned}
 G_{Cu_3} &= 8.9 L_2 S_{22} W \times 10^{-3} \\
 &= 8.9 \times 61.9 \times 0.046 \times 48 \times 10^{-3} \\
 &= 17.1 \text{ (千克)}
 \end{aligned}$$

外绕组(二次侧绕组)的平均直径

$$d_5 = D_0 - 6 = 259 - 6 = 253 \text{ (毫米)}$$

平均匝长

$$L_5 = \pi d_5 = 3.14 \times 253 = 794 \text{ (毫米)}$$

匝数为 6 匝,  $S_{55} = 480 \text{ 毫米}^2$ 。于是外绕组的铜重

$$\begin{aligned}
 G_{Cu_5} &= 8.9 L_5 S_{55} W \times 10^{-3} \\
 &= 8.9 \times 79.4 \times 4.8 \times 6 \times 10^{-3} = 20.4 \text{ (千克)}
 \end{aligned}$$

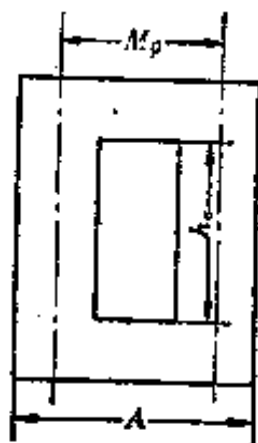


图 2-45 铁芯尺寸

所以调节绕组铜重 5.66 千克, 主绕组铜重 24.1 千克, 二次侧绕组铜重 20.4 千克。

以上是计算重量, 实际用量应加 5~10% 的裕量。

(8) 确定铁重: 铁芯尺寸如图 2-45。绕组与铁轭的绝缘距离取为 20 毫米, 于是铁芯柱高

$$h_c = h_2 + 2 \times 20 = 235 + 40 = 275 \text{ (毫米)}$$

铁轭长  $A = M_0 + D = 275 + 130 = 405 \text{ (毫米)}$

铁重

$$\begin{aligned}
 G_{Fe} &= 2 \times 7.6 \times h_c \times S_c \times 10^{-3} + 2 \times 7.6 \times A \times S_y \times 10^{-3} \\
 &= 2 \times 7.6 \times 275 \times 111.52 \times 10^{-3} + 2 \times 7.6 \times 405 \times 122.5 \times 10^{-3} \\
 &= 51.7 + 75.4 = 127.1 \text{ (千克)}
 \end{aligned}$$

### 三、三相干式变压器计算实例

【例 4】已知: 三相变压器的额定容量  $P_N = 50$  千伏安,  $f = 50$  赫, 输入线电压  $V_N = V_1 = 380$  伏, 输出线电压  $V_N = V_2 = 190$  伏; 接线型式  $\Delta/Y-11$ ; 绝缘等级 E 级; 冷却型式为空气自冷。

解 (1) 计算电流: 一次侧绕组的相电流

$$I_1 = \frac{P_s}{3V_1} = \frac{50 \times 10^3}{3 \times 380} = 43.8 \text{ (安)}$$

二次侧绕组的相电流

$$I_2 = \frac{P_s}{\sqrt{3}V_2} = \frac{50 \times 10^3}{1.73 \times 190} = 152 \text{ (安)}$$

(2) 计算铁芯截面:

$$S_t = 32 \sqrt{\frac{P_s}{3}} = 32 \sqrt{\frac{50}{3}} = 130 \text{ (厘米}^2\text{)}$$

选用 D42-0.35 涂漆硅钢片, 叠片系数  $K_D = 0.91$ 。查表 2-14 选用接近的  $S_t = 129.18$  厘米<sup>2</sup> 的铁芯, 并查得  $D = 140$  毫米, 六级铁芯。叠厚  $T = 135$  毫米。

铁轭截面  $S_y = 1.1 S_t = 1.1 \times 129.18 = 142 \text{ (厘米}^2\text{)}$

铁轭高

$$h_y = \frac{S_y}{K_D T} = \frac{14200}{0.91 \times 135} = 115.5 \text{ (毫米)}, \text{ 取 } h_y = 115 \text{ 毫米}$$

(3) 确定每匝电压  $e_1$ : 取  $B_m = 1.2$  特,

$$e_1 = 4.44 f B_m S_t \times 10^{-8} = 4.44 \times 50 \times 1.2 \times 129.18 \times 10^{-8} \\ = 3.44 \text{ (伏/匝)}$$

(4) 确定绕组匝数: 二次侧绕组的相电压

$$V_2 = \frac{V_m}{\sqrt{3}} = \frac{190}{1.73} = 110 \text{ (伏)}$$

二次侧绕组的匝数

$$W_2 = \frac{V_2}{e_1} = \frac{110}{3.44} = 32 \text{ (匝)}$$

一次侧绕组的匝数

$$W_1 = \frac{V_1}{e_1} = \frac{380}{3.44} = 110.5 \text{ (匝)}, \text{ 取 } 110 \text{ 匝}$$

(5) 确定绕组导线截面: 高压绕组为外绕组, 取  $j_1 = 2.7$  安/毫米<sup>2</sup>,

$$S_1 = \frac{I_1}{j_1} = \frac{43.8}{2.7} = 16.2 \text{ (毫米}^2\text{)}$$

低压绕组为内绕组, 取  $j_2 = 2$  安/毫米<sup>2</sup>,

$$S_2 = \frac{I_2}{j_2} = \frac{152}{2} = 76 \text{ (毫米}^2\text{)}$$

(6) 绕组型式与排列: 内绕组采用双层圆筒式, 外绕组采用多层圆筒式,

内外绕组都不采用绝缘筒,图 2-46 为绕组布置。

内绕组导线选用线规为  $\frac{2.83 \times 6.9}{3.13 \times 7.2}$  双玻璃丝包线 2 并 2 叠 ( $S_2=19 \times 4=76$  毫米<sup>2</sup>) 绕双层圆筒式,在每层绕组中间换位一次,每层匝数为 16 匝。

绕组高  $h'_2 = [(16+1) \times (2 \times 7.2) + 7.2] \times 1.03 = 260$  (毫米)

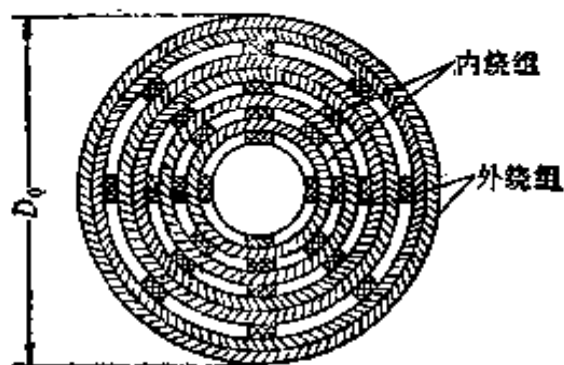
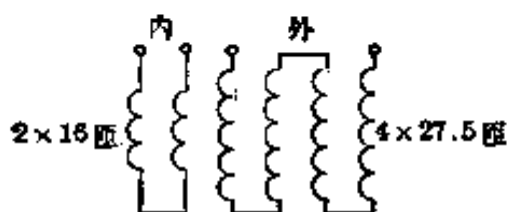


图 2-46 绕组布置

取每端端部绝缘为 7.5 毫米,所以内绕组总高

$$h_2 = h'_2 + 2 \times 7.5 = 275 \text{ (毫米)}$$

外绕组导线选用线规  $\frac{2.1 \times 8}{2.4 \times 8.3}$  双玻璃丝包,每层绕 27.5 匝,共绕 4 层。

绕组高

$$\begin{aligned} h'_1 &= (27.5 + 1) \times 8.3 \times 1.03 \\ &= 244 \text{ (毫米)} \end{aligned}$$

取每端端部绝缘为 15.5 毫米,所以外绕组总高

$$h_1 = h'_1 + 2 \times 15.5 = 275 \text{ (毫米)}$$

内、外绕组高度相同。

在铁芯与内绕组间留有厚度为 10 毫米的风道(绝缘距离)撑条 4 根,宽度为 15 毫米。所以绕线模尺寸:  $\phi 160 \times 275$  毫米,高低压绕组可用一只线模,先绕内绕组,后绕外绕组。

在内绕组的二层中间留有风道 10 毫米,内外绕组之间留有风道 12 毫米,外绕组的第 2、3 层之间留有风道 10 毫米,撑条按圆周均匀安放 8 根,其宽度为 15 毫米,长 273 毫米。厚度为各自的风道厚。

绕组的最大径向尺寸为

$$\begin{aligned} D_0 &= [140 + 2(10 + 3.13 + 10 + 3.13 + 12 \\ &\quad + 2 \times 2.4 + 10 + 2 \times 2.4)] \times 1.05 \\ &= 268 \text{ (毫米)} \end{aligned}$$

取柱间绕组的间隔宽  $b = 22$  毫米,则柱中心距

$$M_0 = D_0 + 22 = 268 + 22 = 290 \text{ (毫米)}$$

(7) 计算绕组铜重: 内绕组第一层的平均直径

$$d_1 = 140 + 2 \times 10 + 3.13 = 163.13 \text{ (毫米)}$$



平均匝长  $L_1 = \pi d_1 = 3.14 \times 163.13 = 512$  (毫米)

三柱匝数共 48 匝,  $S_2 = 76$  毫米<sup>2</sup>。于是第一层绕组的铜重

$$G_{Cu_1} = 8.9 L_1 S_2 W_1 \times 10^{-3} = 8.9 \times 51.2 \times 0.76 \times 48 \times 10^{-3} = 16.63 \text{ (千克)}$$

内绕组第二层的平均直径

$$d_2 = 140 + 2 \times 10 + 2 \times 3.13 + 2 \times 10 + 3.13 = 189.39 \text{ (毫米)}$$

$$L_2 = \pi d_2 = 3.14 \times 189.39 = 595 \text{ (毫米)}$$

三柱匝数共 48 匝,  $S_2 = 76$  毫米<sup>2</sup>。于是第二层绕组的铜重

$$G_{Cu_2} = 8.9 L_2 S_2 W_2 \times 10^{-3} = 8.9 \times 59.5 \times 0.76 \times 48 \times 10^{-3} = 19.3 \text{ (千克)}$$

外绕组第一、二层的平均直径

$$\begin{aligned} d_3 &= 140 + 2 \times 10 + 2 \times 3.13 + 2 \times 10 + 2 \times 3.13 + 2 \times 12 + 2 \times 2.4 \\ &= 221.32 \text{ (毫米)} \end{aligned}$$

$$L_3 = \pi d_3 = 3.14 \times 221.32 = 694 \text{ (毫米)}$$

三柱匝数共  $3 \times 55 = 165$  匝,  $S_1 = 16.2$  毫米<sup>2</sup>。

$$G_{Cu_3} = 8.9 L_3 S_1 W_3 \times 10^{-3} = 8.9 \times 69.4 \times 0.162 \times 165 \times 10^{-3} = 16.5 \text{ (千克)}$$

外绕组第三、四层的平均直径

$$\begin{aligned} d_4 &= 140 + 2 \times 10 + 2 \times 3.13 + 2 \times 10 + 2 \times 3.13 \\ &\quad + 2 \times 12 + 4 \times 2.4 + 2 \times 10 + 2 \times 2.4 \\ &= 250.92 \text{ (毫米)} \end{aligned}$$

$$L_4 = \pi d_4 = 3.14 \times 250.92 = 788 \text{ (毫米)}$$

三柱匝数共  $3 \times 55 = 165$  匝,  $S_1 = 16.2$  毫米<sup>2</sup>。

$$\begin{aligned} G_{Cu_4} &= 8.9 L_4 S_1 W_4 \times 10^{-3} = 8.9 \times 78.8 \times 0.162 \times 165 \times 10^{-3} \\ &= 18.7 \text{ (千克)} \end{aligned}$$

所以内绕组铜重 36 千克, 外绕组铜重 35.2 千克。

以上是计算值, 实际应用时应加 5~10% 的余量。

(8) 计算铁重: 铁芯外形尺寸如图 2-47, 绕组与铁轭的绝缘距离取为 15 毫米, 于是铁芯高

$$h_c = h + 2 \times 15 = 275 + 30 = 305 \text{ (毫米)}$$

铁轭长  $A = 2M_0 + D = 2 \times 250 + 140$

$$= 720 \text{ (毫米)}$$

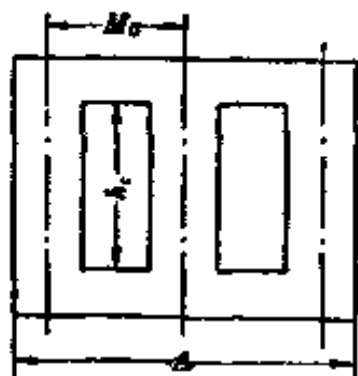


图 2-47 铁芯外形尺寸

$$G_{Fe} = 5 \times 7.6 \times h_c \times S_y \times 10^{-3} + 2 \times 7.6 \times A \times S_y \times 10^{-3}$$

$$= 5 \times 7.6 \times 30.5 \times 129.18 \times 10^{-3} + 2 \times 7.6 \times 72 \times 142 \times 10^{-3}$$

$$= 90 + 155 = 245 \text{ (千克)}$$

(9) 三相变压器铁芯施工：三相变压器铁芯外接圆直径为140毫米，选用D42-0.35硅钢片，螺孔直径为24毫米。铁芯硅钢片的排列与用料如图2-48所示。

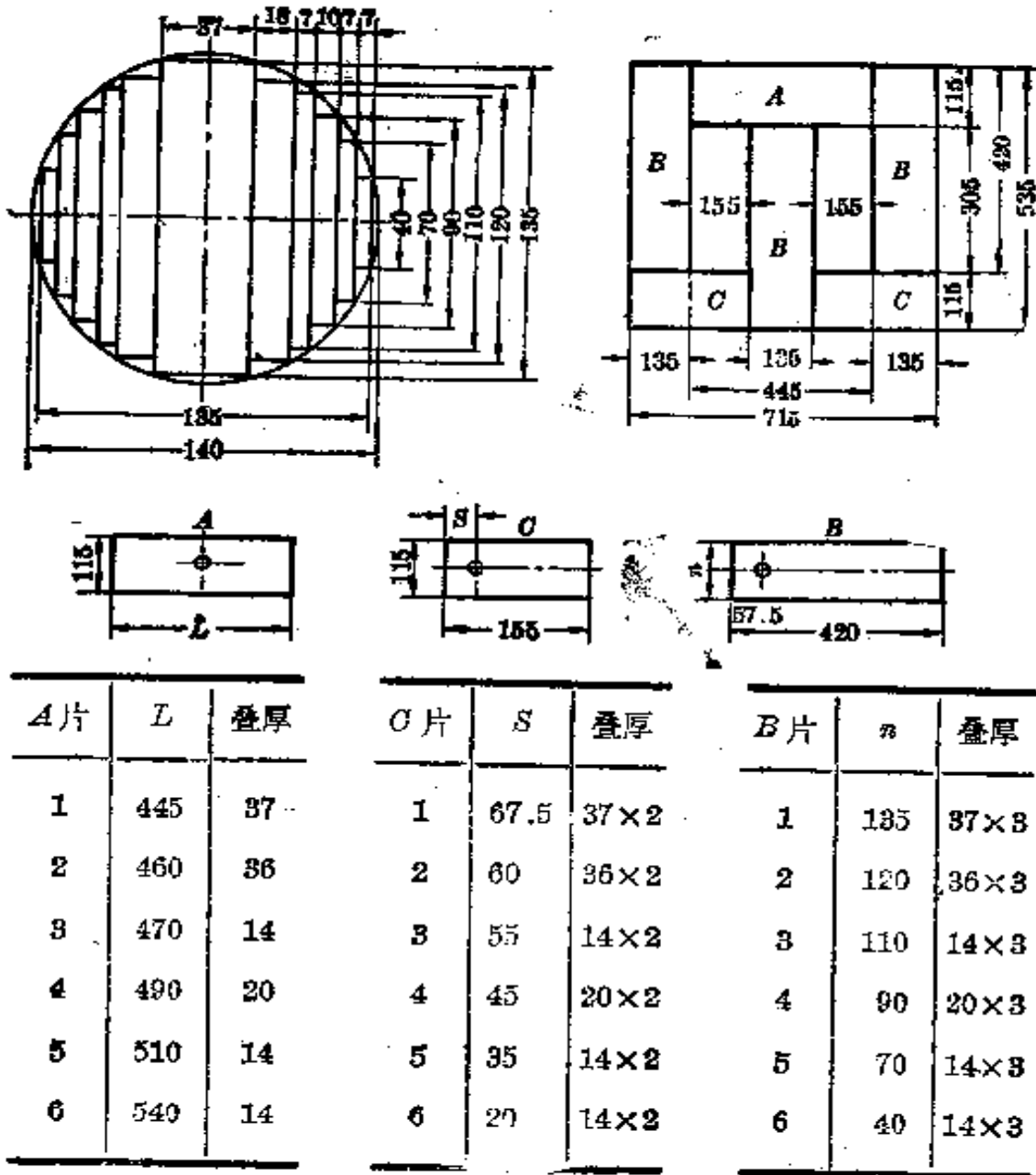


图2-48 三相变压器铁芯施工图

#### 四、绕组绕制的方法

1. 绕组的绕向 绕组分左绕和右绕两种绕制方向，如图2-49所示。从绕组首端看过去，如果导线是逆时针方向缠绕者为左绕向；反之，导线是顺时针方向缠绕者为右绕向。

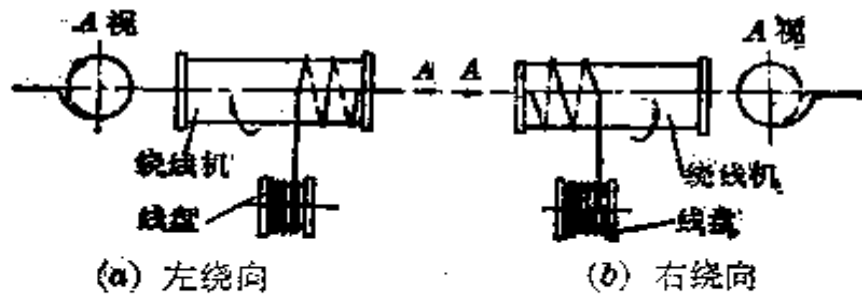


图 2-49 绕组的绕向

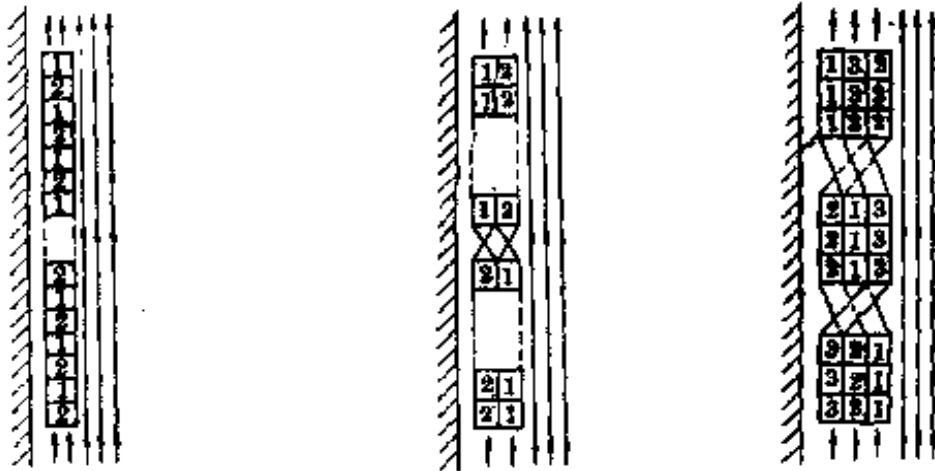
2. 绕组的换位 在多根导线并绕的绕组中,为了使导线之间不产生环流和由此而引起的附加损耗,并联的各导线应具有相等的电阻与电抗(漏磁电抗)。也就是说,要求并联导线的长度相等以及它们与漏磁通(径向的)交链数相等。因此并联导线必须进行换位。换位的形式通常有完全换位、分组换位和均布换位三种。不同型式的绕组根据具体情况分别选择一种或同时选择其中几种来换位。

(1) 圆筒式绕组的换位:当单层或双层圆筒式绕组采用两根导线并绕时,如果并联导线沿轴向排列,如图 2-50(a),则 1、2 导线对于漏磁场来说占有相同的位置,就不需要换位。如果并联导线沿径向叠绕排列,如图 2-50(b),则必须使径向并列的 1、2 导线进行翻叠换位,导线 1 经过  $ABFD$  支路,如图 2-50(d)所示,导线 2 经过  $ACED$  支路,这两路中漏抗电动势大小相等,互相抵消,就不产生环流。这种换位形式称为完全换位。

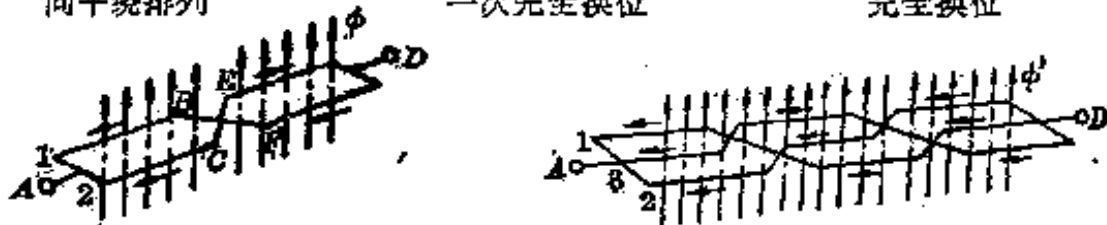
两根叠绕绕组,每层绕到匝数  $1/2$  处需换位一次,如图 2-50(b)所示。三根叠绕绕组,每层绕到匝数  $1/3$  和  $2/3$  处各换位一次,也就是说需要两次换位才满足完全换位的目的,如图 2-50(c)和(e)所示。绕组内外层换位的位置要在圆周上错开,以免绕组的径向厚度增大。换位导线弯曲处应包扎加强绝缘。

(2) 螺旋式绕组的换位:在单螺旋式绕组中,当并绕导线为四根时,一次完全换位不能完全补偿导线之间的漏抗电动势,如图 2-51(a)中,导线 1、2、3、4 各条支路中对应的漏磁通不等,感应的漏抗电动势大小不同,将产生环流。因此,应在绕组匝数  $1/4$  和  $3/4$  处各增加一次分组换位,在匝数  $1/2$  处进行一次完全换位,如图 2-51(b)所示。在换位处导线空缺部位应用绝缘板垫平。换位导线弯曲处需适当加强绝缘。

当并绕导线根数大于 4 时,三次换位基本上补偿了漏磁电动势之差别,但还不能完全补偿,因而仍有一定的附加损耗。



(a) 两导线沿轴向平绕排列 (b) 两导线沿径向叠绕排列, 一次完全换位 (c) 三叠绕二次完全换位



(d) 两叠绕导线回路漏抗电动势 (e) 三叠绕导线回路漏抗电动势

图 2-50 圆筒式绕组的完全换位

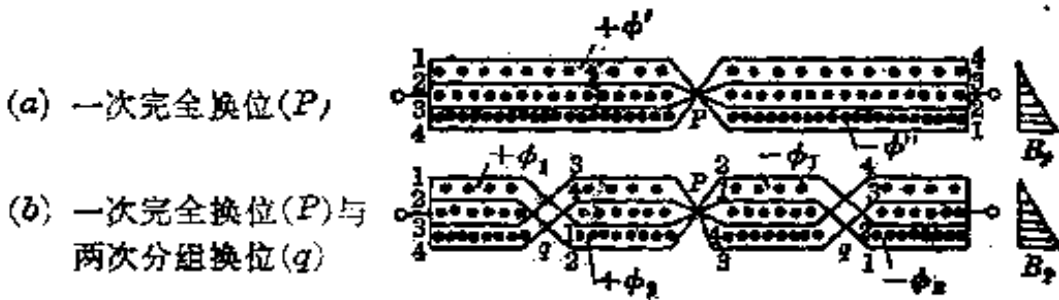


图 2-51 四根导线并联的螺旋式绕组换位法

$B_p$ —漏磁通密度;  $\phi$ —与两根并联导线回路相交链的漏磁通(黑点数量表示磁通的相对数量, 数字表示并联导线的号数)

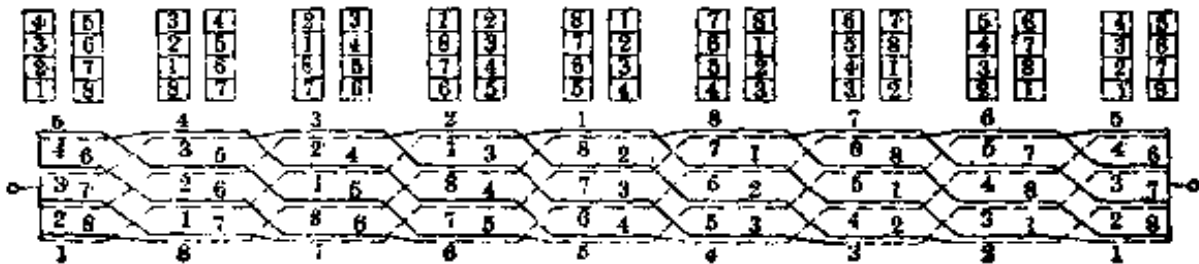


图 2-52 双螺旋式绕组均布换位展开图

虚线表示第一分支回路; 实线表示第二分支回路

在双螺旋及四螺旋绕组中,则采用均布换位(如图 2-52),可以完全补偿大数量并联导线之间漏磁电动势之差。

(3) 连续式绕组的换位: 连续式绕组并联导线根数 1~2 根, 很少大于 3~4 根。在每绕完一个线段(亦称为线饼)之后将换位一次, 各并联导线换位的部位在相邻线段间不同的垫块之间分别过渡的, 如图 2-53 所示。

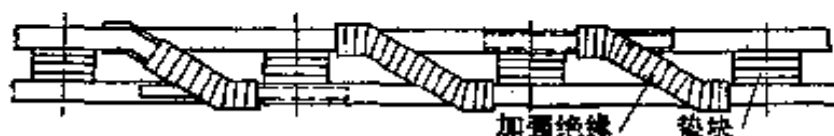


图 2-53 连续式绕组二根导线换位

### 3. 绕组衬垫绝缘零件与材料

(1) 垫块: 垫块是用弹性纸, 纸质或玻璃层压板冲成, 厚度为 1~2 毫米(如图 2-54), 用作螺旋式或连续式绕组构成段间径向通风道。一方面便于绕组散热, 同时也增加绕组的机械强度与电气强度。

(2) 撑条: 用作连接垫块(在圆筒式绕组中则起增加通风散热作用), 并构成绝缘筒与绕组、绕组与绕组中间的轴向风道。撑条厚度等于风道的宽度。撑条等分地均布在绕组圆周上, 撑条的档数视绕组直径的大小来决定。

(3) 绝缘筒: 绝缘筒是放置在绕组与绕组、绕组与铁芯柱之间, 具有较高的电气强度和机械强度。绕组可以直接绕在绝缘筒上, 也可以在绝缘筒与绕组之间安放撑条。

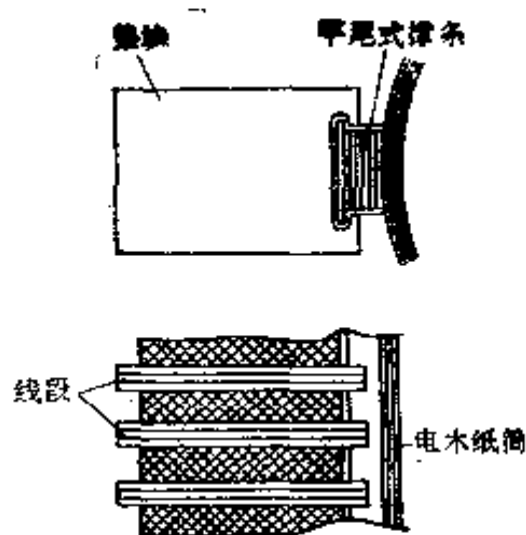


图 2-54 连续式(或螺旋式)绕组的衬垫绝缘

(4) 端部绝缘: 端部绝缘俗称端圈、领圈或镶头(如图 2-55)。用弹性纸、纸质层压板或玻璃层压板做成。放置在圆筒式绕组的两端用以垫平绕组端部, 并增加机械强度。端部绝缘厚度应略小于绕组径向厚度。

(5) 层间绝缘: 对于圆筒式绕组(如图 2-56), 每层匝数较多, 层间电压较高, 所以在两层之间需放置绝缘。层间绝缘材料决定于两层间工作电压, 应按变压器绝缘等级而定。绝缘厚度如表 2-15 所示。对于螺旋式或连续式绕组, 因层间电压就是匝间电压, 一般情况下不需衬垫层间绝缘。



图 2-55 用绝缘端圈垫平端部



图 2-56 圆筒式绕组层间绝缘及端匝固定

表 2-15 圆筒式绕组层间绝缘(油浸式变压器)

两层间最大工作电压 (伏)	≤1000	1001~1500	1501~2000	2001~2500
层间绝缘0.12毫米 电缆纸张数	2	3	4	5
两层间最大工作电压 (伏)	2501~3000	3001~3500	3501~4000	4001~5000
层间绝缘0.12毫米 电缆纸张数	6	7	8	9

#### 4. 绕制步骤

(1) 双层圆筒式绕组的绕制: 双层圆筒式绕组一般采用扁导线绕制(很少用圆导线), 它是直接绕在绕线模上的。在绕线开始前, 应留出一定长度的导线作为端接线。端接线的出线头弯成  $90^\circ$ , 在弯折处应包扎加强绝缘, 以防止与第一匝间因绝缘破损造成短路。

在绕第一匝时, 在斜形绝缘端圈开口处的两端及沿圆周 4~5 处等分地放好拉紧绝缘带, 在绕线过程中要间隔地拉紧绝缘带, 把它压在导线下面使出线头牢固。线匝之间必须紧靠不得留有隙缝, 以免绕组高度超过要求尺寸, 所以在每绕 2~3 匝后, 需用木锤敲紧线匝, 而且要求导线排列平整。绕到第一层匝数的一半处, 对于多根并绕导线必须进行换位, 换位导线应加强绝缘。在每层开始的第一匝与结束的最后一匝, 都需将绝缘端圈固定在上面, 垫平绕组端部, 使高度保持相等。若层与层之间设有通风道, 需把要求的撑条数均匀分布在圆周上。为了在绕制过程中不使绕组变形, 在撑条之间还要加设临时撑条(厚度略小些), 在绕线结束后抽去。第二层拉紧绝缘带应安放在撑条部位上, 否则导线压不住就不起拉紧作用。当第二层绕完后, 在规定的部位(一般在开

始匝端处)把绕组末端出线头弯好,留出适当的长度,最后用绝缘带拉紧末匝出线头,并用绝缘带沿绕组表面紧紧地半叠包一层。

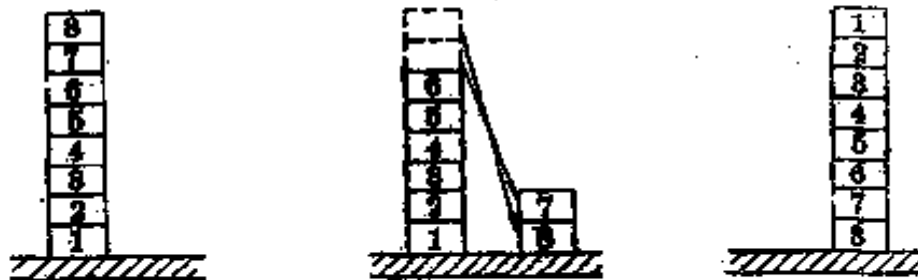
(2) 多层圆筒式绕组的绕制: 多层圆筒式绕组绕制方法基本上和双层圆筒式相同。不同之处是多层圆筒式由于层数较多,层间电压较高,层间需衬垫绝缘。有很多直接绕在绝缘筒上。多层圆筒式绕组主要采用单根扁线或圆线,很少采用并联导线和尺寸截面较大的导线。多层圆筒式调节绕组大多设在高压绕组侧,调节绕组抽头应适当加固和包扎绝缘。

(3) 连续式绕组的绕制: 连续式绕组可绕在绝缘筒上或直接绕在开好安放撑条槽的绕线模上,绕线模和撑条的长度比绕组尺寸长出 60~100 毫米,以便套装绝缘端圈和夹紧件。所谓连续式是用扁导线连续绕成很多的线段,每一线段绕有几匝到几十匝,线段之间用垫块隔开。垫块按要求尺寸配好厚度,其长度比绕组径向厚度长出 4~6 毫米,把垫块串在撑条上,每绕完一个线段后,将垫块移到线段旁,使其紧靠导线一侧,然后边绕边移置垫块。为了使导线顺利地连续绕制,因此每遇到奇数线段,必须进行翻叠,如为多根并联导线,则同时在撑条之间进行换位。

翻叠操作过程如图 2-57 所示,其步骤如下:

首先绕成一个翻叠前的临时线段,如图 2-57(a)所示,然后把线段的顶匝(8号线匝)移到底部的撑条上,尽量使其紧靠前一线段,继续依次翻叠过渡后面的几匝。

翻叠完毕后,翻叠的线段占了下一线段的位置,因此需将线段向前轻轻推移,使紧靠前一线段。最后拉紧最上面的一匝导线,给以适当的冲力,使各线匝间气隙尽量缩小。段间的换位处(S弯)应用白纱带半叠包一层,以加强绝缘。如遇有分接头引出线时,可提前或落后一个撑条间隔进行换位。如因某些线段的匝数不足而造成径向尺寸较小时,应用 1 毫米纸板填补,使绕组外径一致。



(a) 翻叠前(临时)线段 (b) 线段的过渡 (c) 翻叠后的线段

图 2-57 连续式绕组线段的翻叠过程

绕组绕完后，在其两端及分接头处用绝缘带或蜡线紧固地绑扎2~4处，以防松动。

### 五、绕组的浸漆与烘干

绕组绕制完毕后，应检查绕组内外径尺寸及计量匝数和检查绕组外表有无损伤，最后浸漆与烘干，其步骤如下：

(1) 绕组预烘：绕组浸漆前，预先在烘箱中烘干，其温度在95~110°C之间，时间约为7~9小时。

(2) 浸漆：绕组预烘结束后，即进行绕组整形，按要求压缩其轴向尺寸（圆筒式不需要），然后浸漆。

漆的粘度要恰当，粘度过厚会使漆不易浸透，过稀会影响绝缘强度。

应在绕组热状态下(50~70°C)浸漆，绕组浸入漆中后，待漆面不再发现有气泡为止，但不应少于15分钟。如果绕组尺寸较大，漆的容量不够浸没绕组时，可将绕组平放入漆槽中，但漆面应盖没绕组外径的40%以上，同时在漆槽内滚动绕组，并不停地用勺子在绕组上部浇漆，约须20分钟。

绕组浸漆完毕以后应在浸缸(槽)外滴净余漆，不能有漆瘤。约经8小时使绕组余漆滴净和晾干。

(3) 烘干：浸漆滴干后的绕组，再次送入烘箱内干燥。圆筒式绕组烘干时间约20小时；螺旋式、连续式绕组的烘干时间约14小时，但应以烘到漆膜完全干燥不粘手为止。

## 2-5 特殊用途变压器

### 一、自耦变压器

自耦变压器是一种单圈式变压器，一、二次侧共用一个绕组，其变压比有固定的和可调的两种。降压起动器中的自耦变压器的变压比是固定的，而接触式调压器的变压比是可变的。自耦变压器与同容量的一般变压器相比较，具有结构简单、用料省、体积小等优点。尤其在变压比接近于1的场合显得特别经济，所以在电压相近的大功率输电变压器中用得较多，此外在10千瓦以上异步电动机降压起动器中得到广泛使用。但是，由于一、二次侧共用一个绕组，有电的联系，因此在某些场合不宜使用，特别是不能用作行灯变压器。



1. 自耦变压器的电路 图2-58是单相自耦变压器的电路, 在忽略变压器的励磁电流和损耗的情况下, 近似有以下一些关系:

电流  $I_2 = I_1 + I$  (降压)

$I_2 = I_1 - I$  (升压)

容量  $P_{s1} = V_1 I_1$

$P_{s2} = V_2 I_2$

式中:  $I_1, I_2$ ——自耦变压器一、二次侧电流(安);  $V_1, V_2$ ——一、二次侧电压(伏);  $P_{s1}, P_{s2}$ ——一、二次侧视在功率(瓦)。

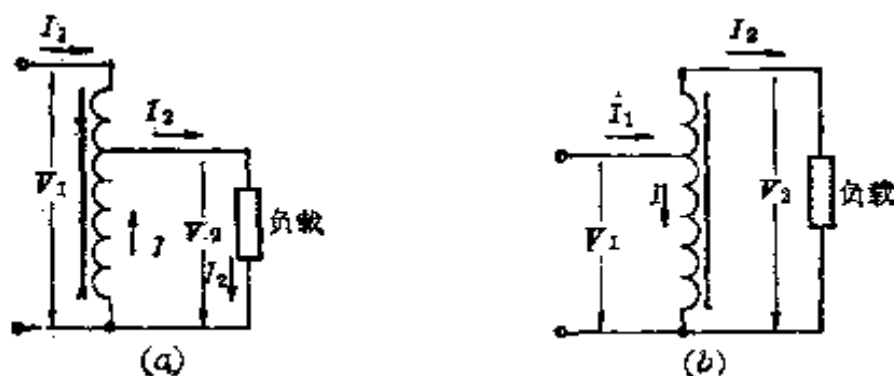


图2-58 单相自耦变压器的电路

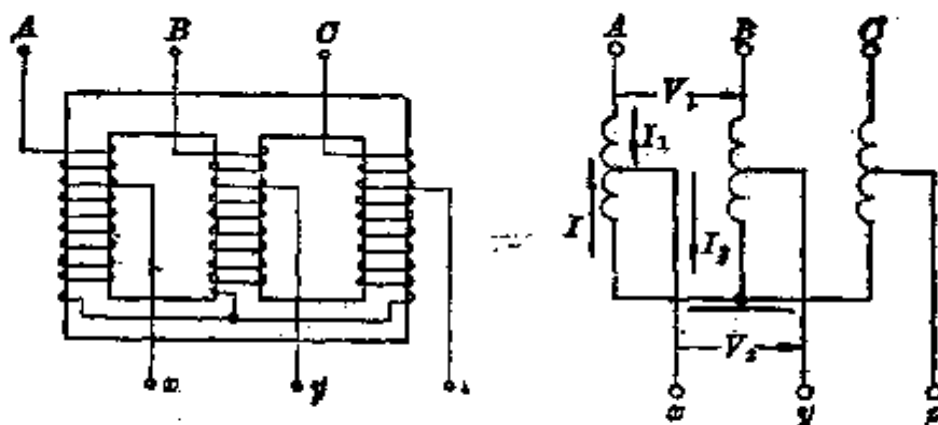


图2-59 三相降压自耦变压器的电路

(1) 三相自耦变压器用作降压起动器中的变压器的电路如图2-59所示。在忽略变压器的励磁电流和损耗的情况下, 近似有以下一些关系:

电流  $I_2 = I_1 + I$

容量  $P_{s1} = \sqrt{3} V_1 I_1$

$P_{s2} = \sqrt{3} V_2 I_2$

式中:  $I_1, I_2$ ——一、二次侧线电流(安);  $V_1, V_2$ ——一、二次侧线电压(伏);  $P_{s1}, P_{s2}$ ——一、二次侧视在功率(瓦)。

(2) 接触式调压器是一种可调的自耦变压器，导线均匀地绕在环形卷铁芯的四周，凭借转轴及刷架的作用使电刷沿绕组径向裸露的表面上下往复滑动，以此来改变电刷的接触位置从而改变二次侧绕组的匝数。由于电压与匝数成正比，因此接触式调压器二次侧电压可以改变，它既可升压又可降压。

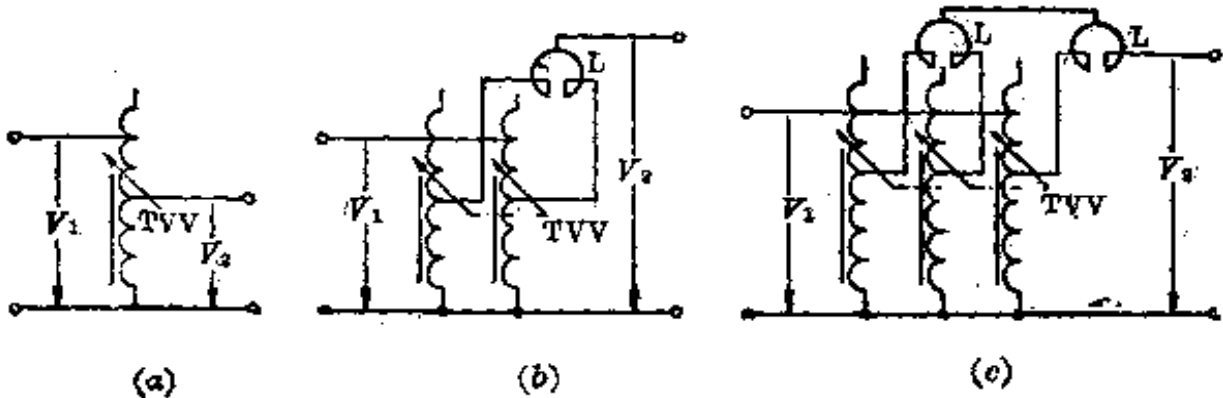


图 2-60 单相接触式调压器的电路图

$V_1$ —输入电压； $V_2$ —输出电压； $K$ —电刷； $L$ —电抗器

单相接触式调压器的电路如图 2-60 所示。由于目前生产的单相调压器的最大容量为 5 千瓦，当需要容量大于 5 千瓦时，可将几只单相调压器并联运行。

并联运行时除了必须使它们在调节时同步以外，还必须在输出端串接电抗器以使电流均匀分配。图 2-60(b)、(c) 分别是二只和三只单相调压器并联运行的电路图。

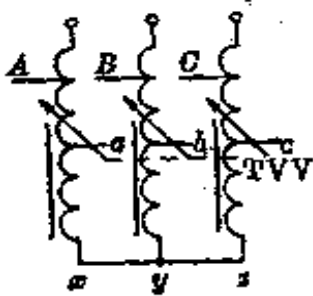


图 2-61 三相调压器电路

三相调压器是由三个单相调压器组成的。刷架装在同一轴上，绕组连成星形(Y形)接法，电路如图 2-61 所示。

由于调压器的使用是受二次侧的额定电流限制的，因此二次侧电压愈大，输出容量愈大，利用率愈高；反之，二次侧电压愈低，输出容量愈低，利用率也愈低。在低压时使用应注意，不可使二次侧电流超过铭牌规定的额定电流值。另外，调压器不宜长期当作固定的自耦变压器来使用。

2. 自耦变压器的简单计算 自耦变压器的计算容量  $P_s$  是自耦变压器的额定容量  $P_n$  的  $K$  倍，即

$$P_s = KP_n$$

当一次侧电压  $V_1$  大于二次侧电压  $V_2$  (降压变压器) 时

$$K = \frac{V_1 - V_2}{V_1}$$

当二次侧电压  $V_2$  大于一次侧电压  $V_1$  (升压变压器) 时

$$K = \frac{V_2 - V_1}{V_2}$$

[例 5] 计算单相 50 赫 5 千瓦自耦变压器。已知一次侧进线电压  $V_1 = 190$  伏, 二次侧出线负载电压  $V_2 = 220$  伏。

解 
$$K = \frac{V_2 - V_1}{V_2} = \frac{220 - 190}{220} \approx 0.136$$

自耦变压器的计算容量

$$P_j = KP_s = 0.136 \times 5000 = 680 \text{ (瓦)}$$

由此可以看出, 这里 5 千瓦的自耦变压器的计算容量只相当于一般变压器 680 瓦的容量。

用图算法求取铁芯截面  $S$ , 及每伏匝数  $\left(\frac{W}{V}\right)$ 。

在图 2-28 中的  $S$ 、 $P_s$  尺上的 680 瓦一点找得铁芯截面  $S_s = 35.4$  厘米<sup>2</sup>, 取  $S_s = 36$  厘米。取磁通密度  $B_m = 1$  特, 连接  $B_m = 1$  特和  $S_s = 36$  厘米<sup>2</sup> 二点, 在  $\left(\frac{W}{V}\right)$  尺上交点得每伏匝数  $\left(\frac{W}{V}\right) = 1.26$  匝/伏。

查表 2-11, 取宽度  $A = 50$  毫米的钢片。叠片系数一般是  $0.85 \sim 0.90$ , 这里取  $K_D = 0.87$ , 铁芯叠厚

$$b = \frac{S_s}{K_D A} = \frac{36}{0.87 \times 5} = 8.28 \text{ (厘米)}$$

二次侧绕组匝数

$$W_2 = V_2 \times \left(\frac{W}{V}\right) = 220 \times 1.26 = 277.2 \text{ (匝)}$$

一次侧绕组匝数

$$W_1 = V_1 \times \left(\frac{W}{V}\right) = 190 \times 1.26 = 239.4 \text{ (匝)}$$

实取  $W_2 = 278$  匝,  $W_1 = 240$  匝。

在图 2-62 的电路图中, 再算出各部分电流

$$I_1 = \frac{P_s}{V_1} = \frac{5000}{190} = 26.33 \text{ (安)}$$

$$I_2 = \frac{P_s}{V_2} = \frac{5000}{220} = 22.72 \text{ (安)}$$

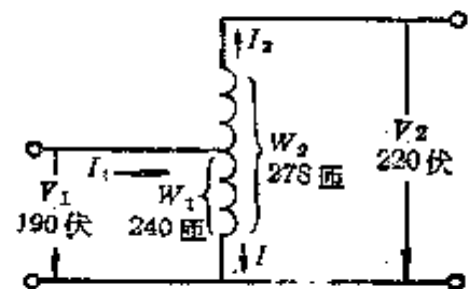


图 2-62 电路图

$$I = I_1 - I_2 = 26.33 - 22.72 = 3.61(\text{安})$$

取导线电流密度  $j = 2$  安/毫米<sup>2</sup>。

由零(起绕点)到 240 匝导线截面

$$S_1 = \frac{I}{j} = \frac{3.61}{2} = 1.805(\text{毫米}^2)$$

由表 14-5 查得相近导线直径  $\phi 1.53$ 。

由 240 匝到 278 匝导线截面

$$S_2 = \frac{I_2}{j} = \frac{22.72}{2} = 11.36(\text{毫米}^2)$$

由表 14-5 取导线直径  $\phi 3.8$ 。

其他计算和一般变压器相同。

[例 6] 计算三相 50 赫 20 千瓦星形连接自耦变压器。已知一次侧进线电压  $V_1 = 380$  伏, 二次侧输出线电压  $V_2 = 220$  伏。

解 
$$K = \frac{V_1 - V_2}{V_1} = \frac{380 - 220}{380} = 0.421$$

自耦变压器的计算容量

$$P_j = KP_s = 0.421 \times 20 = 8.42(\text{千瓦})$$

铁芯截面

$$S_t = 32 \sqrt{\frac{P_j}{3}} = 32 \times \sqrt{\frac{8.42}{3}} = 53.6(\text{厘米}^2)$$

取  $S_t = 54$  厘米<sup>2</sup>。

为了加工方便, 采用长方形铁芯, 取硅钢片宽度  $L_0 = 50$  毫米, 用 0.5 毫米厚的涂漆硅钢片, 叠片系数  $K_D = 0.93$ 。

$$\text{叠片厚度 } b = \frac{S_t}{K_D L_0} = \frac{54}{0.93 \times 5} = 11.6(\text{厘米})$$

取磁通密度  $B_m = 1$  特

每匝伏数

$$e_1 = 4.44 f B_m S_t \times 10^{-4} = 4.44 \times 50 \times 1 \times 54 \times 10^{-4} = 1.1988(\text{伏/匝})$$

取  $e_1 = 1.2$  伏/匝。

图 2-63 为该变压器的电路图。

由星形连接点到输出端抽头公用绕组部分匝数

$$W_2 = \frac{V_2}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{e_1} = \frac{220}{1.732} \times \frac{1}{1.2} = 105.8(\text{匝}) \quad \text{取 } 106 \text{ 匝}$$

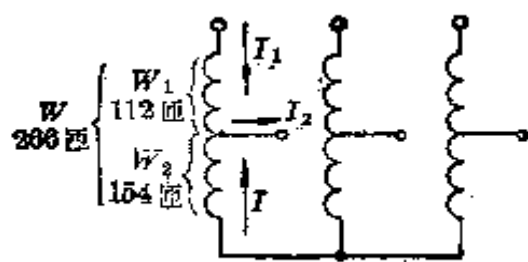


图 2-63 电路

由输出端抽头到输入端抽头串联绕组部分的匝数

$$W_1 = \frac{V_1 - V_2}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{e_1} = \frac{380 - 220}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{1.2} = 76.8 (\text{匝}) \quad \text{取 } 77 \text{ 匝}$$

计算电流  $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I$

$$\text{每相容量} \quad P_{\text{相}} = \frac{P_s}{3} = \frac{20}{3} = 6.67 (\text{千瓦})$$

$$\text{相电压} \quad V_1 = \frac{V_{1\text{线}}}{\sqrt{3}} = 220 (\text{伏})$$

$$V_2 = \frac{V_{2\text{线}}}{\sqrt{3}} = 127 (\text{伏})$$

所以输入相电流

$$I_1 = \frac{P_{\text{相}}}{V_1} = \frac{6670}{220} = 30.3 (\text{安})$$

输出相电流

$$I_2 = \frac{P_{\text{相}}}{V_2} = \frac{6670}{127} = 52.5 (\text{安})$$

$$I = I_2 - I_1 = 52.5 - 30.3 = 22.2 (\text{安})$$

取导线电流密度  $j = 2$  安/毫米<sup>2</sup>。

由星形连接点到输出端公用部分绕组的 106 匝导线的截面

$$S_1 = \frac{I}{j} = \frac{22.2}{2} = 11.1 (\text{毫米}^2), \quad \text{查表 14-5 取 } \phi 3.8$$

由输出端到输入端串联部分绕组的 77 匝导线的截面

$$S_2 = \frac{I_1}{j} = \frac{30.3}{2} = 15.15 (\text{毫米}^2), \quad \text{查表 14-5 取 } \phi 4.5$$

绕制方法、铁芯长短、铁轭大小等和一般变压器计算相同。

由此例可以看出变压比  $220/380 \approx 0.6$  的 20 千瓦三相自耦变压器所取铁芯截面只需要用一般三相变压器 8.5 千瓦的铁芯截面。此变压器是长期使用的，如果把这只铁芯用来做降压起动器中的变压器铁芯，可以制成起动 75 千瓦电动机的降压起动器中的变压器。

降压起动器只有在电动机起动开始时的短时间内工作。一小时内连续起动时间不超过 120 秒。

由于短时工作，所以变压器的铁芯磁通密度和导线电流密度都可以取得比一

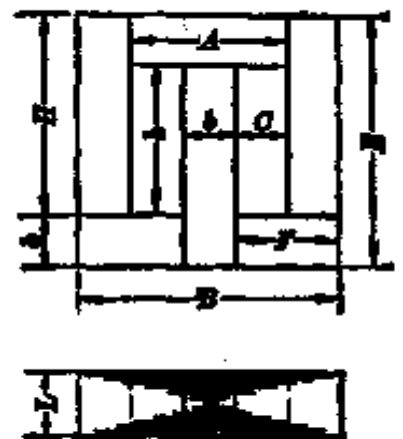


表 2-16 附图

表 2-16 GTZ 系列低压起动补偿器的自耦变压器铁芯数据

容 量 (千瓦)	铁 芯 尺 寸 (毫米)								
	A	B	b	F	C	K	H	h	L
14	156	268	56	106	50	262	205	150	47±1
20	156	268	56	106	50	262	205	150	47±1
28	156	268	56	106	50	262	205	150	52±1
40	176	308	66	121	55	297	231	165	56±1
55	196	328	66	131	65	297	231	165	56±1
75	192	334	72	131	59	344	272	200	70±1
115	200	320	60	130	70	320	260	200	97±1
135	205	335	65	135	70	355	290	225	102±1

注：铁芯尺寸符号见附图。

表 2-17 GTZ 系列补偿器的自耦变压器的绕组数据

容 量 (千瓦)	绕 组 抽 头								木 模 (毫米) 宽×厚 ×高
	(0~40)%		(0~60)%		(60~80)%		(80~100)%		
	匝数	线径 (毫米)	匝数	线径 (毫米)	匝数	线径 (毫米)	匝数	线径 (毫米)	
14			138	φ1.81	184	φ2.26	230	φ2.83	62×62 ×143
20			138	φ2.1	184	φ2.63	230	φ3.28	
28	38.5	φ0.406	124	φ2.44	165	φ2.83	200	2.1×5.9	74×74 ×155
40			99.5	φ2.83	132.5	φ3.06	165	2.26×7.4	74×74 ×155
55			96.5	φ3.53	128.5	2.83×5.1	160	2.5×10	74×74 ×155
75			72	1.95×6.9	96	2.63×6.9	120	2/2.26×6.9	80×80 ×190
115			60	1.81×8.6	80	2.63×8.6	100	2/3.05×8.6	68×111 ×190
135			54	1.68×10.8	72	2.44×10.8	90	2/2.83×10.8	73×116 ×215

注：每档匝数都是由星形连接点算起的，木模圆角尺一律等于5毫米。

般变压器高些。降压起动器中变压器的铁芯磁通密度  $B_m$  一般取  $1.6 \sim 1.7$  特, 导线电流密度  $j$  一般取  $10 \sim 13.5$  安/毫米<sup>2</sup>。常用的降压起动器(补偿器)中自耦变压器铁芯及绕组数据如表 2-16 与表 2-17 所示。

由表 2-17 可以看出, 上面例子中的铁芯截面比 75 千瓦降压起动器中自耦变压器的铁芯截面还大。

根据经验, 计算降压起动器中的自耦变压器应注意: ① 铁芯截面可按经验公式  $S_c = 5.84\sqrt{P}$  求取。  $P$  为电机功率, 单位千瓦。② 各部分绕组计算电流可近似用图 2-64 中数值代入, 图中  $I$  是电机的额定电流。

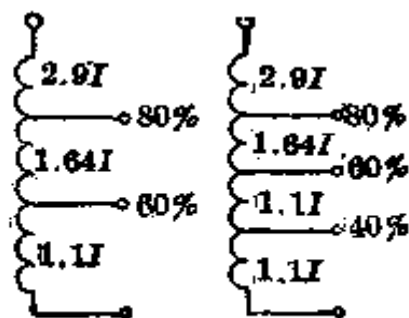


图 2-64 变压器各部分绕组的计算电流

## 二、整流变压器

整流变压器是整流设备中重要的组成部分, 用它来将交流电网的电压变换成一定大小和相数的电压后再进行整流。同时为了使整流后的直流更为平直, 整流变压器的二次侧通常不少于三相, 有的是六相或十二相。

1. 整流变压器的特点 整流变压器设计的基本原则与普通电力变压器相同, 但是, 它与普通电力变压器相比又有不同的特点:

(1) 普通电力变压器的负载一般都是恒定的阻抗, 因此输出电流与电源电压的波形一样, 都是正弦波, 而且一次侧和二次侧的视在功率相等。

由于整流器的整流作用, 整流变压器的各相整流元件只在一周期内的部分时间轮流导电, 所以它的二次侧电流是非正弦波形, 于是二次侧电流便含有直流分量, 而一次侧电流不含直流分量。整流变压器视在功率比直流输出功率要大, 而且二次侧视在功率比一次侧的视在功率也大(桥式电路除外)。这是因为一、二次侧通电时间不同所造成。

(2) 当整流器发生逆弧(如汞弧整流器)或击穿(如半导体整流器)时, 变压器中就流过很大的短路电流, 于是会产生比普通电力变压器大  $1.4 \sim 1.8$  倍的电动力。为此, 要求变压器阻抗设计得大些以限制短路电流。因而整流变压器的外形较为矮胖, 其绕组和铁芯等结构的机械强度也需要加强。

(3) 整流变压器由于非正弦电流引起较大的漏抗压降, 因此它的直流电压输出外特性较软。在设计时要选择适当的接法和补偿方法。

(4) 整流变压器二次侧可能产生异常的过电压, 因此要加强绝缘。

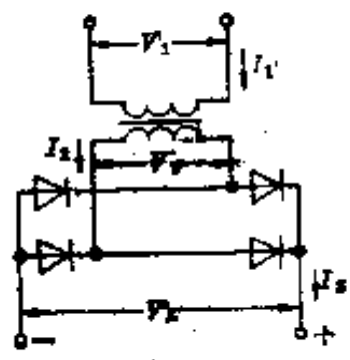
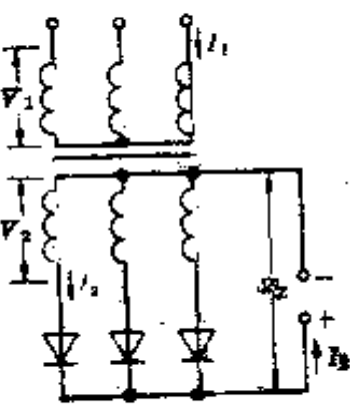
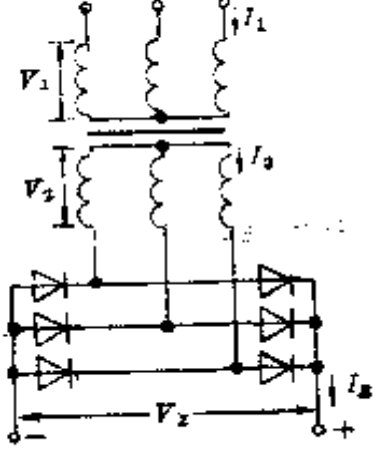
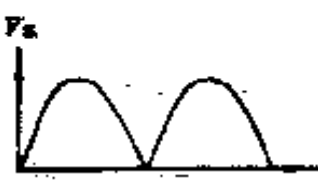
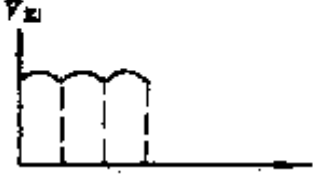
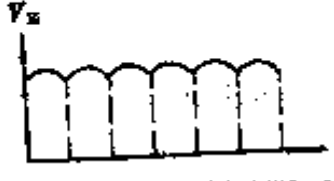
表 2-18 各种整

电 路 名 称	单 相 半 波	单 相 全 波
整 流 电 路 图		
变 压 器 绕 组 接 法 (一 次 侧 / 二 次 侧)	1/1	1/1
输 出 电 压 波 形		
一 次 侧 相 电 流 $I_1$	$1.21 KI_2$	$1.11 KI_2$
二 次 侧 相 电 压 (有 效 值) $V_2$	$2.22 V_2 + Ne$	$1.11 V_2 + Ne$
二 次 侧 相 电 流 (有 效 值) $I_2$	$1.57 I_2$	$0.785 I_2$
一 次 侧 容 量 $P_{s1}$	$2.69 V_1 I_2$	$1.23 V_1 I_2$
二 次 侧 容 量 $P_{s2}$	$3.49 V_2 I_2$	$1.74 V_2 I_2$
平 均 计 算 容 量 $P_{ps}$	$3.09 V_2 I_2$	$1.48 V_2 I_2$

注:  $e$ —硅元件正向压降;  $N$ —硅元件的串联只数;  $K = \frac{V_2}{V_1}$



流电路的参数表

单相桥式(全波)	三相半波(星形零点)	三相星形桥式
		
<p>1/1</p>	<p>Y 或 Δ / Y</p>	<p>Y 或 Δ / Y</p>
		
<p><math>1.11 K I_2</math></p>	<p><math>0.47 K I_2</math></p>	<p><math>0.816 K I_2</math></p>
<p><math>1.11 V_2 + 2 N e</math></p>	<p><math>0.855 V_2 + N e</math></p>	<p><math>0.427 V_2 + 2 N e</math></p>
<p><math>1.11 I_2</math></p>	<p><math>0.577 I_2</math></p>	<p><math>0.816 I_2</math></p>
<p><math>1.29 V_1 I_2</math></p>	<p><math>1.21 V_1 I_2</math></p>	<p><math>1.05 V_1 I_2</math></p>
<p><math>1.29 V_2 I_2</math></p>	<p><math>1.49 V_2 I_2</math></p>	<p><math>1.05 V_2 I_2</math></p>
<p><math>1.29 V_2 I_2</math></p>	<p><math>1.95 V_2 I_2</math></p>	<p><math>1.05 V_2 I_2</math></p>

(续表)

电路名称	六相双反星形	六相星形半波
整流电路图		
变压器绕组接法 (一次侧/二次侧)	Y 或 Δ / Y 或 Δ	Y 或 Δ / *
输出电压波形		
一次侧相电流 $I_{a1}$	$0.407 KI_2$	$0.576 KI_2$
二次侧相电压 (有效值) $V_2$	$0.855 V_{2e} + Ne$	$0.744 V_{2e} + Ne$
二次侧相电流 (有效值) $I_{a2}$	$0.289 I_2$	$0.407 I_2$
一次侧容量 $P_{s1}$	$1.05 V_1 I_1$	$1.28 V_1 I_1$
二次侧容量 $P_{s2}$	$1.48 V_2 I_2$	$1.81 V_2 I_2$
平均计算容量 $P_{ps}$	$1.26 V_2 I_2$	$1.49 V_2 I_2$

2. 整流变压器的计算 整流变压器的铁芯和绕组数据可按下述步骤简便地确定, 计算参数值如表 2-18 所示。

(1) 已知的基本条件: 整流器型号及特性, 汞弧整流器或硅整流器, 可控或不可控等; 直流输出电压  $V_d$  和电流  $I_d$ ; 直流电压调整率; 交流电源输入电压  $V_1$ 、电流  $I_1$  及频率; 相数  $m_1$  与  $m_2$  (这里的  $m_2$  不一定与变压器二次侧相数相同, 它主要由整流电路来确定); 变压器的冷却方式。

(2) 确定变压器的接法: 变压器的接法对于整流器的外特性与变压器的利用率都具有直接的影响。目前除少数小容量整流变压器  $Y/Y$  接法以外, 大多数整流变压器都采用  $Y/\Delta$  (较小功率) 或  $\Delta/Y$  (较大功率) 的接法, 或者在铁芯上附有闭合的第三绕组, 用以产生平衡电流, 抵消铁芯上剩余磁动势。近来大功率的变压器还有用双反  $Y$  带平衡电抗器的接法。

(3) 确定二次侧相电压  $V_2$ : 根据直流输出电压  $V_d$  及整流电路型式, 查表 2-18 可得初选的二次侧相电压  $V_2$ , 然后考虑到变压器阻抗压降较大、整流元件压降以及电源电压的波动等因素, 一般  $V_2$  应增加 5~10%。此外, 从整流电路的实际情况出发, 对某些低电压、大电流的负载 (例如电镀电源) 还得考虑到连接导线及连接处的接触电阻所引起的压降, 这时二次侧电压应增加得更多些, 有的甚至达 30%。

(4) 根据直流输出电流  $I_d$  和整流电路型式, 可由表 2-18 查得二次侧相电流  $I_2$ 。

(5) 计算或查表 2-18 得一、二次侧的视在容量  $P_{s1}$  和  $P_{s2}$ , 最后求得整流变压器的标称 (平均) 容量  $P_{s0}$ , 其计算公式如下:

$$P_{s1} = m_1 V_1 I_1 \times 10^{-3} \text{ (千瓦)}$$

$$P_{s2} = m_2 V_2 I_2 \times 10^{-3} \text{ (千瓦)}$$

$$P_{s0} = \frac{P_{s1} + P_{s2}}{2} \text{ (千瓦)}$$

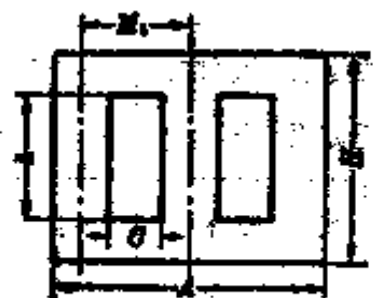


表 2-19 附图

(6) 铁芯和绕组的设计计算步骤和普通电力变压器相同 (见 2-3 和 2-4 两节)。有些参数可根据经验选择。

① 整流变压器磁通密度取低于电力变压器。

油浸式变压器:

热轧 D43(0.35)

$$B_m = 1.3 \sim 1.4 \text{ 特}$$

冷轧

$$B_m = 1.6 \sim 1.65 \text{ 特}$$

表 2-19 部分三相干式

容量(千瓦)		2.5	10	15	25
整流电路型式		三相全桥	三相全桥	三相全桥	三相全桥
接线方式		Y/Δ	Y/Δ	Y/Δ	Y/Δ
直流电压(伏)		36	70	70	110
直流电流(安)		30	100	200	200
一 次 侧 (相)	电压(伏)	245	375	375	375
	匝数	375	284	294	183
	电流(安)	3.5	9.55	14.6	22.7
	线规	φ1.85	φ1.95	φ2.83	φ3.53
二 次 侧 (特)	电压(伏)	30	58.4	58.4	90.4
	匝数	45	44	36	44
	电流(安)	28.5	61.3	94.1	94.1
	线规	φ3.53	2×(1.63×6.4)	2×(2.44×8)	2×(2.83×6.9)
每匝电压(伏/匝)		0.65	1.33	1.6	2.05
磁通密度(特)		1.1	1.1	1.1	1.13
铁 芯 尺 寸	截面(厘米 <sup>2</sup> )	97	51.2	66.4	80.4
	直径D(毫米)	φ64	φ92	φ102	φ112
	M(毫米)	142	230	254	275
	H(毫米)	261	380	399	430
	A(毫米)	342	545	600	652
	b(毫米)	155	214	215	230
	C(毫米)	84	147	162	173

整流变压器技术数据

30	40	45	50	60	100
双反星形	三相全桥	双反星形	三相全桥	三相全桥	三相全桥中线
$\Delta$ Y- $\Delta$	Y/ $\Delta$	$\Delta$ Y- $\Delta$	Y/ $\Delta$	Y/ $\Delta$	Y/ $\Delta$
12	170	12	170	275	240
500	700	2500	250	200	400
450	280	480	376	220	220
106	117	160	130	70	38
18.7	45.2	27	43.5	100	165
$\phi 4.1$	$2 \times (1.56 \times 6.9)$	$2.1 \times 5.3$	$2 \times (1.35 \times 6.9)$	$3.05 \times 14.5$	$2 \times (2.63 \times 13.5)$
13.75	138.2	12.5	138.2	230	110
6	56	4	48	72	11
434	$\phi 4.1$	72.5	11.8	94	328
$4.7 \times 8$ 并式三 片并联	$2 \times (2.83 \times 7.4)$	铜排 $8 \times 24$	$2 \times (2.83 \times 9.3)$	$3.05 \times 14.5$	$2 \times (2.63 \times 10)$ 并式三并并联
2.29	2.45	3	2.89	3.2	5.8
1.14	1.13	1.14	1.1	1.13	1.22
90.85	99.7		118.5	142	214
$\phi 120$	$\phi 125$	$\phi 130$	$\phi 135$	$\phi 146$	$\phi 185$
234	288	250	312	319	385
450	494	470	542	598	644
580	692	622	752	778	946
250	286	260	308	334	350
122	172	128	184	179	209

干式变压器: 参看 2-4 节。

② 油面温升取低于电力变压器  $5^{\circ}\text{C}$ 。

③ 导线电流密度适当取低, 使绕组的温升和短路损耗不超过预定值。

部分整流变压器的技术数据(绕组及铁芯)如表 2-19 所示。

### 三、电抗器的计算

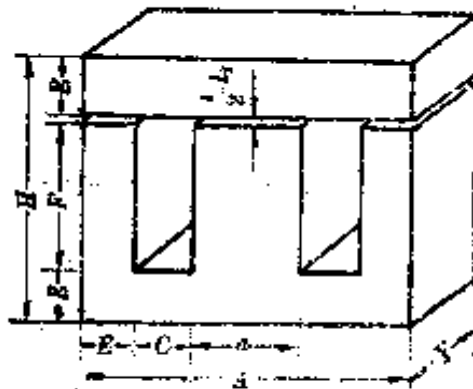
1. 滤波电抗器的结构计算 在整流电路中, 往往要串联一个电抗器和并联滤波电容器, 以减小电流的脉动。在设计计算电抗器的具体结构时, 电抗器的电感  $L$  与额定负载电流  $I_L$  一般都是已知的。如果电抗器的电感未知, 那末可以按 9-3 节中滤波电抗器电感估算法先行计算出额定负载电流时的电感  $L_{ma}$ (即  $L$ ), 然后确定铁芯尺寸、算出绕组匝数  $W$ 、选出导线直径等等, 其具体步骤与方法如下:

(1) 铁芯尺寸的确定: 电抗器常用的铁芯形状有 E 形铁芯(图 2-65)、口形铁芯(图 2-66)和截面为十字形的口形铁芯(图 2-67)等三种。

铁芯的大小和形状由额定负载电流下的电感  $L$  和额定负载电流  $I_L$  平方的乘积  $LI_L^2$  来确定。一般  $1 < LI_L^2 < 2$  的小型电抗器可选用 E 形铁芯;  $LI_L^2 > 2$  的中型电抗器可选用口形铁芯;  $LI_L^2 > 30$  的大型电抗器可选用十字形截面的口形铁芯。 $L$  和  $I_L$  的单位分别是亨和安。

E 形、口形和十字形三种铁芯各部分尺寸中  $S_{\square}$  是铁芯窗孔面积(厘米<sup>2</sup>),

E 形铁芯:



$$\begin{aligned}
 F &= 3E, \\
 \alpha &= 2E, \\
 C &= E, \\
 Y &= 1.5E, \\
 A &= 6E, \\
 H &= 5E + \frac{1}{2}l_0, \\
 S_{\square} &= 3E^2, \\
 S_c &= 2.6E^2, \\
 l_0 &= 11.1E, \\
 S_{l_0} &= 30E^2
 \end{aligned}$$

图 2-65 E 形铁芯

口形铁芯:

$$E = 2.7 E,$$

$$C = 1.1 E,$$

$$Y = 1.5 E,$$

$$A = 3.1 E,$$

$$H = 2.7 E + \frac{1}{2} l_0,$$

$$S_{\square} = 3 E^2,$$

$$S_1 = 1.95 E^2,$$

$$l_1 = 10.7 E,$$

$$S_1 l_1 = 14.5 E^3$$

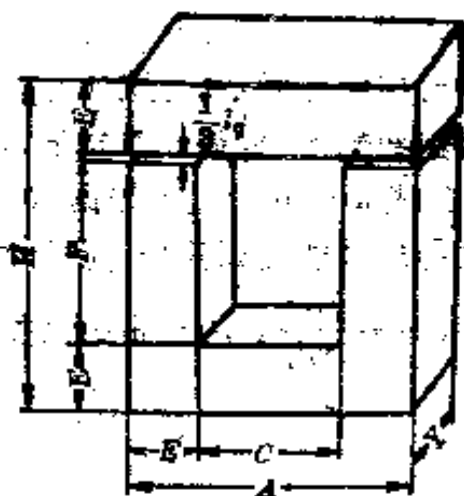


图 2-66 口形铁芯

十字形截面的口形铁芯:

$$E = 2 E,$$

$$a = 0.6 E,$$

$$D = 1.10 E,$$

$$C = 0.8 E,$$

$$Y = E,$$

$$b = 0.64 E,$$

$$A = 2.8 E,$$

$$G = 1.8 E,$$

$$H = 3.68 E + \frac{1}{2} l_0,$$

$$S_{\square} = 1.6 E^2,$$

$$S_1 = 0.76 E^2,$$

$$l_1 = 8.7 E,$$

$$S_1 l_1 = 6.6 E^3$$

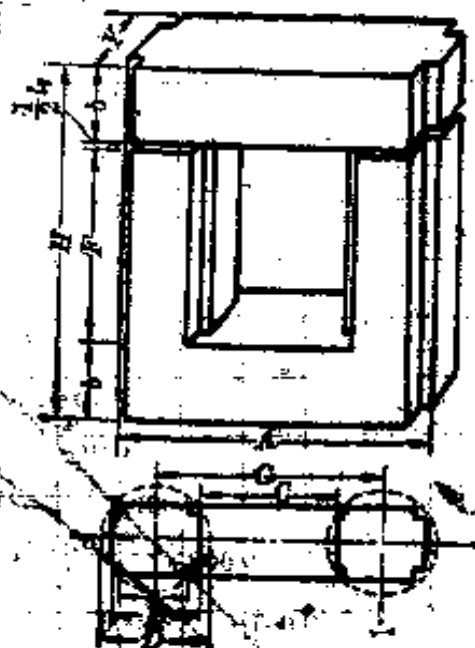


图 2-67 十字形截面的口形铁芯

$S_1$  为铁芯截面积(厘米<sup>2</sup>),  $l_1$  为铁芯磁路长(厘米),  $l_0$  为气隙长(厘米)。

铁芯尺寸可按下列公式来选取

E 形铁芯:  $E \approx (2.4 \sim 2.7) \sqrt[3]{LI_1^2}$  (厘米)

口形铁芯:  $E \approx (2.6 \sim 2.9) \sqrt[3]{LI_1^2}$  (厘米)

十字形截面口形铁芯:

$$E \approx (3.3 \sim 3.7) \sqrt[3]{LI_1^2} \text{ (厘米)}$$

硅钢片的宽度  $B$  确定之后, 计算出铁芯其余各部分的尺寸。口形铁芯的尺寸也可参考表 2-20 来选取。硅钢片的填充系数都取 0.9。

采用冷轧硅钢片时, 铁芯尺寸可在上述范围内取得偏小些。

(2) 绕组匝数  $W$  和最佳空气隙  $l_0$  的确定: 可以利用图 2-68 中的曲线来计算, 图中曲线  $a$  和  $b$  分别是根据常用材料 D43 的热轧硅钢片和 D310 的冷轧硅钢片的导磁性能经试验和计算所绘成的, 纵横坐标数值皆表示辅助值

$Q = \frac{WI_0}{l_0}$  和  $M = \frac{LI_0^2}{S_0^2}$ 。两条曲线上各点的数值是计算最佳空气隙的辅助值

$$Z = \frac{l_0}{l_1}$$

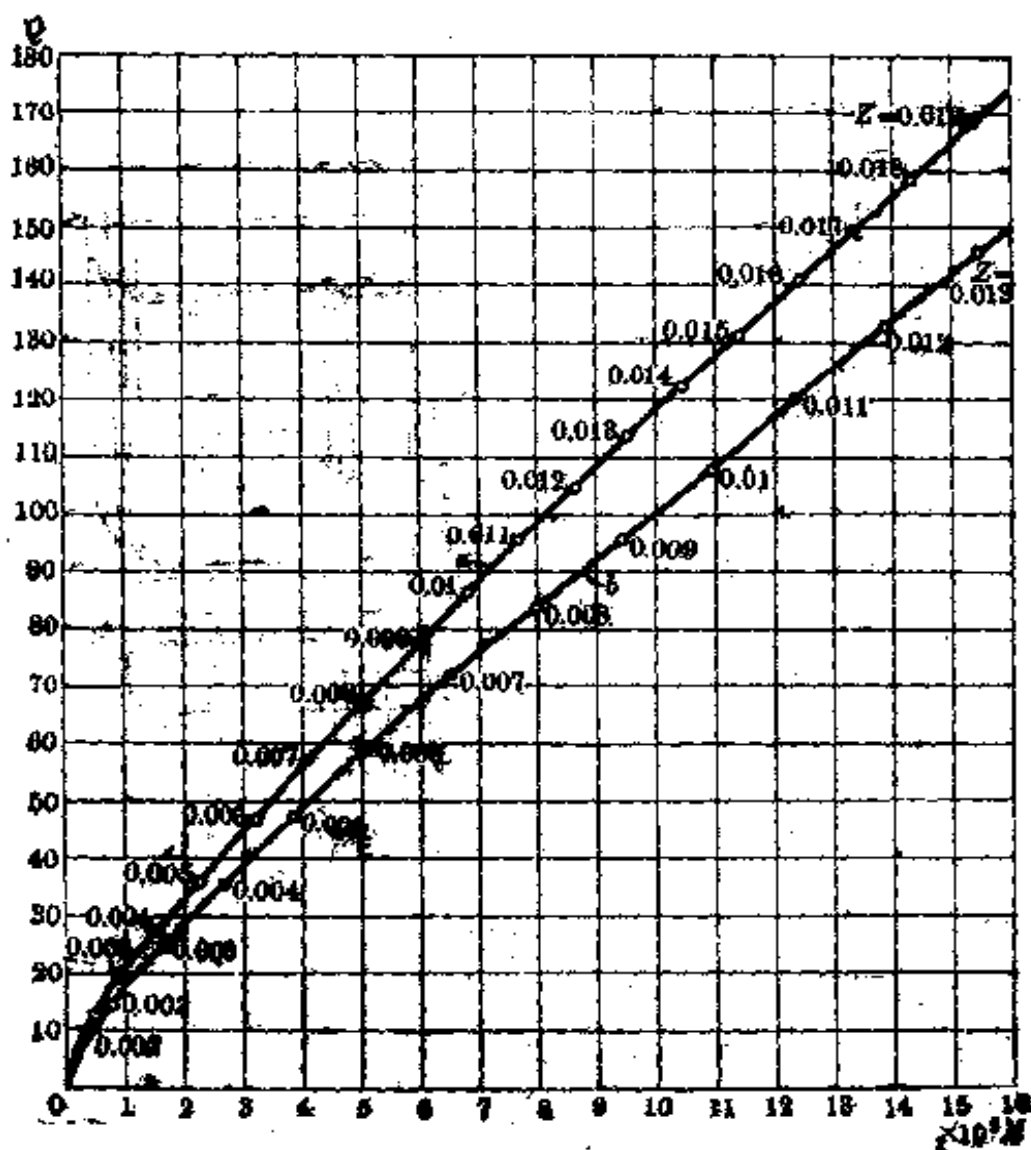


图 2-68 计算电抗器的绕组匝数与最佳气隙的曲线



表 2-20 口形铁芯尺寸

$B$ (毫米)	$F$ (毫米)	$C$ (毫米)	$Y$ (毫米)	$A$ (毫米)	$H$ (毫米)	$S$ (厘米 <sup>2</sup> )	$S_1$ (厘米 <sup>2</sup> )	$l_1$ (厘米)	$S_2$ (厘米 <sup>3</sup> )
20	54	22	30	62	94	12	6	21	116
25	68	28	38	78	117	18.2	9	27	226
30	81	33	45	93	141	27	12	32	392
35	95	39	53	108	164	37	16	38	625
40	108	44	60	124	188	48	22	43	930
45	121	50	68	139	210	60	27	48	1310
50	135	55	75	155	240	75	34	54	1810
55	148	61	83	170	269	90	41	59	2420
60	162	66	90	185	281	108	49	64	3140
65	175	72	98	200	305	126	55	70	3990
70	188	77	105	217	328	147	66	75	4950

在计算绕组匝数  $W$  以前,先算出辅助值  $M$ ,然后在曲线上查出相对应的  $Q$  值,于是可以算出匝数  $W$

$$W = \frac{Q l_1}{I_1}$$

在曲线上可以查出  $Z$  值,于是可以算出最佳空气隙  $l_2$

$$l_2 = Z l_1$$

(3) 导线直径的确定: 从容许通过的额定电流  $I_1$ , 可以按以下公式来计算导线的直径。

扁导线的截面积

$$S_b = \frac{I_1}{j} \text{ (毫米}^2\text{)}$$

圆导线的直径

$$d = 1.13 \sqrt{\frac{I_1}{j}} \text{ (毫米)}$$

一般所允许的电流密度  $j$  取  $1.8 \sim 2.4$  安/毫米<sup>2</sup>。

(4) 核算绕组所占铁芯窗孔的面积, 核算与调整的方法和单相干式变压器相似。

(5) 电抗器的电感核算与调整: 设计好的电抗器可以核算一下它的电感是否符合要求。一般在最小负载电流时的磁通密度很小, 可以认为 D43 等热

轧硅钢片的相对有效导磁率  $\mu_{rd} \approx 1000$ , D310 等冷轧硅钢片的  $\mu_{rd} \approx 1200$ 。以此代入下式算出电感, 然后再按 9-3 节中方法算出  $L_{cr}$  (所要求的数值) 进行比较。

$$L = \frac{12.6 W^2 B_s}{l_g + \frac{l_s}{\mu_{rd}}} \times 10^{-9} \text{ (亨)}$$

如果  $L > L_{cr}$ , 那末所设计的电抗器就能够满足电流连续的要求。因为在实际电路中, 最小负载电流时使电流尚能连续的临界电感, 通常它总是大于额定负载电流时的电感的。

如果  $L < L_{cr}$ , 可以适当减小磁路空气隙以增大最小负载电流时的电感, 来满足电流连续的要求。

2. 均流电抗器的计算 在可控或不可控半导体整流装置中, 会碰到并联整流元件的均流问题, 这是由于并联元件的特性不一、管压降不同而引起并联元件电流的分配不均。

严格挑选特性相同的管子, 在管子前串以电阻或电抗器都可以起到均流的作用, 但在大、中功率整流装置中, 以电抗器均流效果最好, 损耗也小, 并起着限制电流上升率的作用。

均流电抗器的作用原理如图 2-69 所示, 两电抗器绕组在铁芯上绕向相反。当由于并联整流元件 VD1、VD2 管压降不同而引起  $I_1$  和  $I_2$  不等时, 使铁芯磁化。根据电磁感应定律, 在两绕组中将产生感应电动势, 此感应电动势的存在将使流过两并联元件的电流趋于均匀。

均流电抗器的计算主要就是确定铁芯的截面和绕组的匝数。

均流电抗器的匝数  $W$ , 根据经验, 以不超过 4 匝为宜。

均流电抗器的截面  $S$  可由下式计算:

$$S = \frac{\Delta V}{2fWB} \times 10^3 \text{ (厘米}^2\text{)}$$

式中:  $S$ ——铁芯截面;  $f$ ——频率;  $W$ ——匝数;  $B$ ——铁芯磁通密度, 根据经验可按表 2-21 选取;  $\Delta V$ ——并联元件的管压降差, 此数据可查表 8-7 及表 9-5。当多个管子并联时, 应选用两个管压降相差最大的管子的管压降来计算。

当采用三个元件 VD1、VD2、VD3 并联时, 可采用三柱铁芯均流电抗器, 其绕法如图 2-70 所示。铁芯截面计算公式同上, 但铁芯磁密  $B$  值要相应取得小一些。

表 2-21 均流电抗器磁密选用表

元件额定电流 (安)	铁 芯 磁 密 ( $\times 10^{-4}$ 特)			
	匝 数			
	1	2	3	4
50	4500	5500	6000	6500
100	5000	6000	6500	7000
200	5500	6500	7000	7500

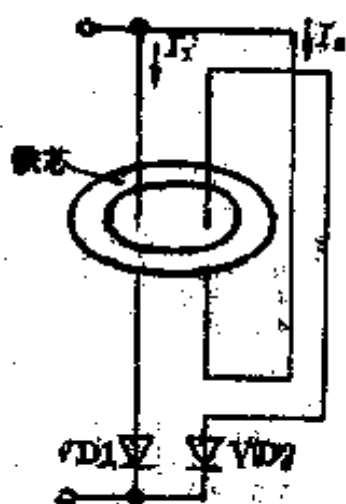


图 2-69 均流电抗器的接线

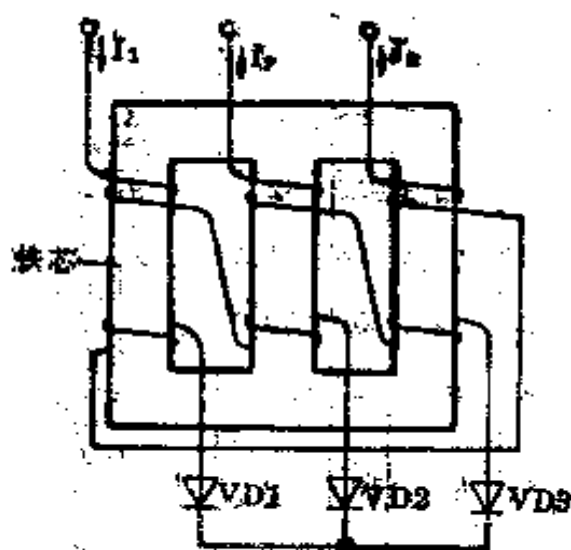


图 2-70 三柱铁芯的均流电抗器

无论采用什么结构的铁芯，无论绕组为几匝，都应力求使磁路长度短些为好。

#### 四、盐浴炉变压器

盐浴炉变压器是用于盐浴炉中，作为机械零件热处理(淬火)等的电源设备。这种变压器输出低电压、大电流，为了安全防火起见，一般采用干式自冷(也有水冷)结构型式，二次侧绕组采用裸铜排绕制，匝数较少，甚至只有1~3匝。绕组型式采用同心式，为使引出线及并联支路的连接方便，将低压绕组放在高压绕组的外面。盐浴炉变压器常要求二次侧电压有较宽的电压调节范围，一般可以通过改变一次侧绕组的匝数来改变输出电压，所以它的绕组连接比普通变压器复杂得多。随着电子工业的发展，盐浴炉变压器的调压方式将逐渐从有触点调压过渡到无触点的调压方式。

表 2-22 ZUDG2 系列单

型号	开关位置	视在容量 (千瓦)	一次侧		接法	绕组连接与线规
			匝数	电流 (安)		
253	2	15.9	180	41.8	$\Delta_2-X_2$ (串联)	
	3	21	136	55.4	$\Delta_2-X_3$ (串联)	
	5	25	114	65.7	$A-X_1$ (并联)	
	*6	31.8	90	83.6	$A-X_2$ (并联)	
	*7	41.7	68	110	$X-A_3$ (并联)	
353	1	19.8	180	42	$\Delta_2-X_1$ (串联)	
	2	19.8	184	51.5	$\Delta_2-X_2$ (串联)	
	3	22.7	158	59.7	$\Delta_2-X_3$ (串联)	
	4	40	192	105	$A-X_1$ (并联)	
	5	50	105	132	$A-X_2$ (并联)	
1003	1	57.5	101	87.4	$X_1-Y_1-Z_1$	
	2	70.8	85	107.6	$A-Z_1$	
	3	89.5	65	136.4	$B-A$	
	4	100	101	152	$C-1$	
	*5	118.5	85	180	$A-O$	
	*6	140	65	218.7	$B-A$	
					$C-B$	

注: 开关位置有“\*”者允许在每 8 小时内使用不超过 1.5 小时。

相益浴炉变压器的技术数据

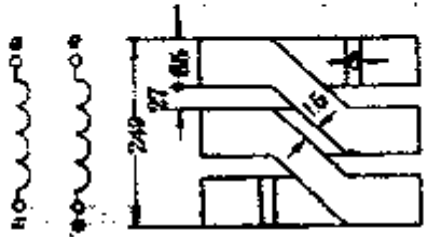
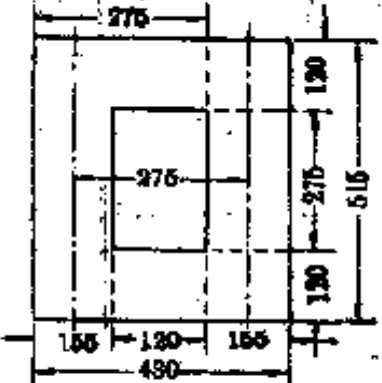
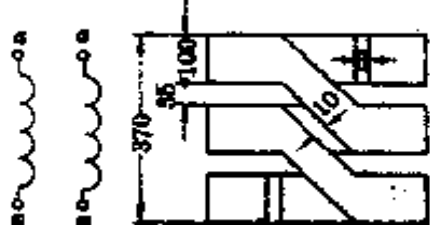
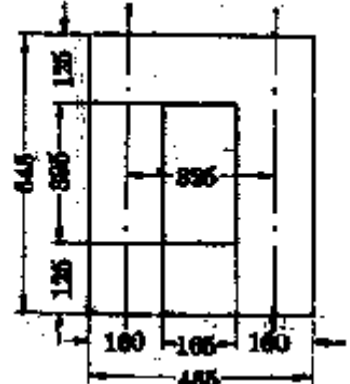
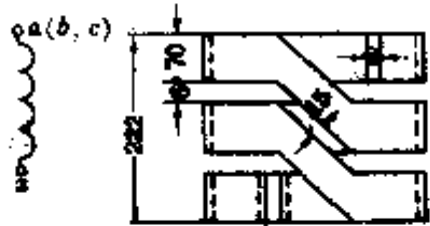
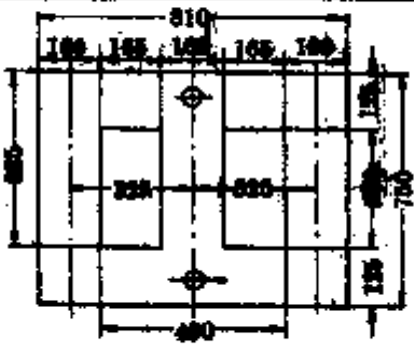
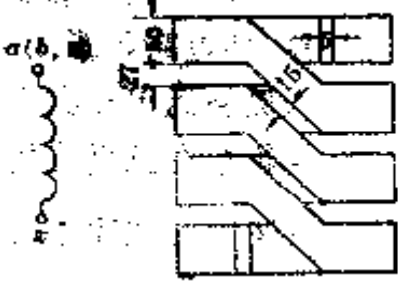
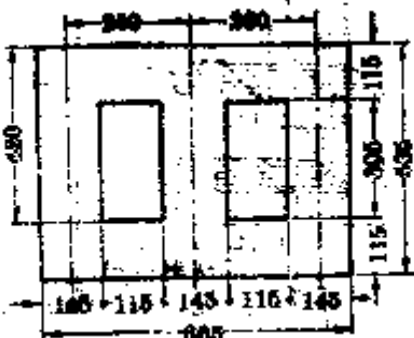
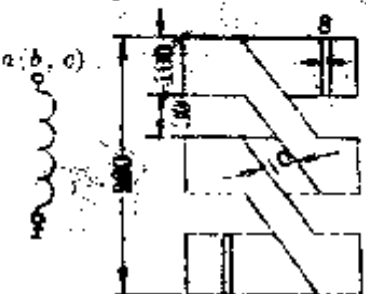
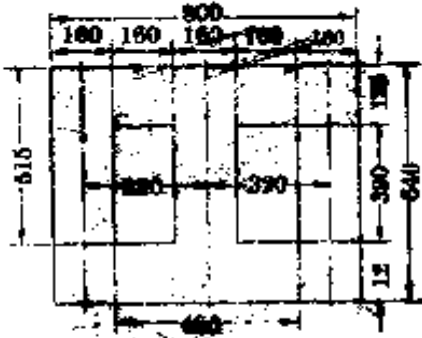
二次侧 (3匝)		绕组连接	磁通密度 (特)	铁芯尺寸(毫米)
电压 (伏)	电流 (安)			
6.35	2500	 <p>连接组别 I/I-12</p>	0.535	 <p>φ160 D43-0.35 硅钢片</p>
8.41			0.735	
10			0.875	
12.7			1.11	
16.7			1.405	
5.4	2250	 <p>连接组别 I/I-12</p>	0.445	 <p>φ165 D43-0.35 硅钢片</p>
6.2	3150		0.512	
7.2	3150		0.594	
8.65	4630		0.713	
10.8	4630		0.89	
12.4	4630		1.021	
14.4	4630		1.19	
17.3	4630	1.426		
6.5	5110	 <p>连接组别 Δ-Y/Δ-12-11</p>	5.38	 <p>φ165 D 43-0.35 硅钢片</p>
8	5110		6.55	
10.1	5110		8.55	
11.3	5110		9.3	
13.7	4990		11.37	
17.6	4600		14.42	

表 2-23 ZUSG2 系列

型号	开关位置	容量 (千VA)	一次侧 (380 伏)			绕组连接与线规
			匝数	电流 (安)	接法	
Y53	1	16.2	181	24.6	$X_1-Y_1-Z_1$	
	2	20.2	105	30.8	$\gamma X_2-Y_2-Z_2$	
	3	25.3	84	38.5	$X_3-Y_3-Z_3$	
	5	28	181	42.7	$A-Y_1$ $B-Z_1$ $C-X_1$	
	6	35	105	53.3	$\Delta B-Y_2$ $C-X_2$	
	*7	43.8	84	66.7	$A-Y_3$ $B-Z_3$ $C-X_3$	
	Y53	1	43.3	100	65.8	
2		52.8	82	80.2	$\gamma X'_1-Y'_1-Z'_1$	
3		66.7	65	101	$A'-B'-C'$	
4		75	100	114	$A-Z'_2$ $B-X'_1$ $C-Y'_2$	
5		90	82	137	$\Delta B-Z'_2$ $C-X'_1$	
*6		105	65	159	$A-C'$ $B-A'$ $C-B'$	

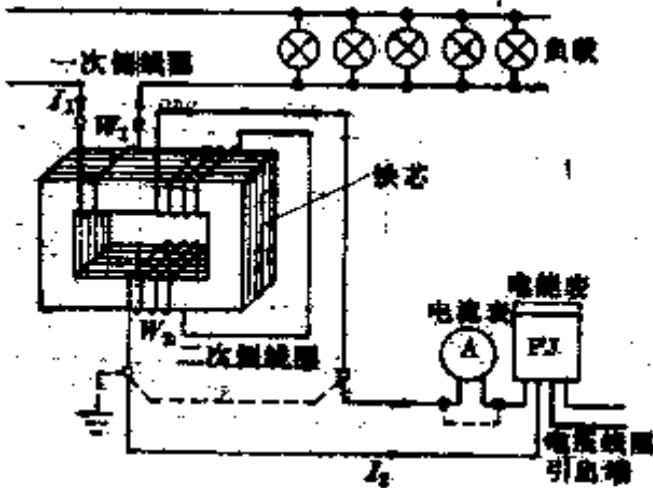
三相降压变压器技术数据

二次侧 (4匝)		绕组连接图	磁通密度 (特)	铁芯尺寸(毫米)
电压 (伏)	电流 (安)			
0.59	1400		0.504	
8.85			0.627	
10.45			0.784	
11.6			0.878	
14.48			1.088	
18.1			1.360	
0.57	3800		0.543	
8.85			0.662	
10.45			0.837	
11.6			0.946	
14.48			1.142	
17.8			1.450	
0.57	3445	<p>连接组别 Y-Δ/Δ-11-12</p>	0.543	<p>φ150 D43-0.35 硅钢片</p>
8.85			0.662	
10.45			0.837	
11.6			0.946	
14.48			1.142	
17.8			1.450	
0.57	3800	<p>连接组别 Y-Δ/Δ-11-12</p>	0.543	<p>φ165 D43-0.35</p>
8.85			0.662	
10.45			0.837	
11.6			0.946	
14.48			1.142	
17.8			1.450	

单相盐浴炉变压器 ZUDG2 系列三种规格和三相盐浴炉 ZUSG2 系列二种规格的技术数据如表 2-22 和 2-23 所示。它们的铁芯截面和各级尺寸可以根据铁芯直径  $D$  从表 2-14 中查得。

### 五、电 流 互 感 器

在大电流的交流电路中，常用电流互感器将大电流转换为一定比例的小电流（一般为 5 安），以供测量和继电保护之用。



电流互感器是一种专用的变压器，其电路如图 2-71 所示。它的一次侧绕组串接在主电路中，二次侧绕组接在测量或控制电路中，如前所述，一、二次侧电流之比  $\frac{I_1}{I_2} \approx \frac{W_2}{W_1}$ 。为使二次侧获得很小电流，所以一次侧绕组的匝数很少（一匝或几匝），二次侧绕组的匝数较多，因此

电流互感器相当于一只升压变压器。在使用时，其二次侧绕组不允许开路，否

图 2-71 电流互感器原理电路图

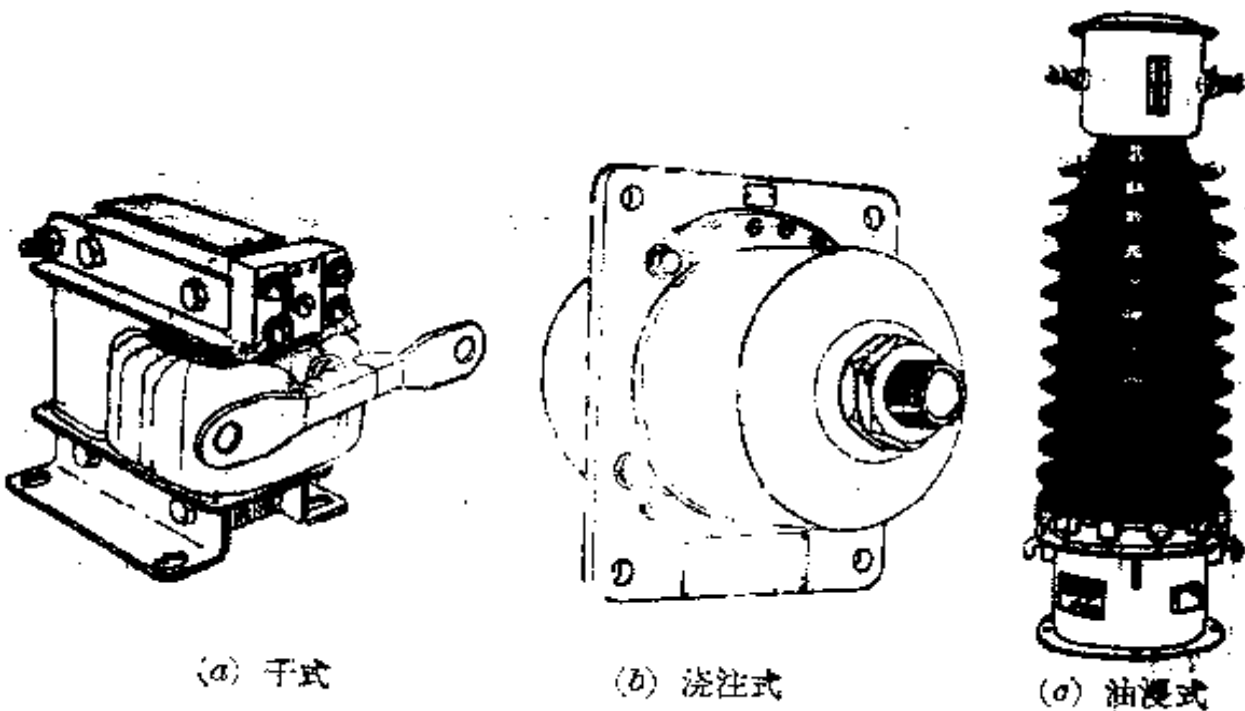


图 2-72 电流互感器的外形结构



侧将引起高电压,对人身及设备带来危险,同时二次侧绕组还必须接地。所以在带负载情况下拆卸仪表时,必须先把电流互感器的二次侧绕组短路后才能将仪表的连接线拆断。

电流互感器的连接电路见10-6节。但应注意,二次侧电路中的仪表必须串联连接,并且串联的表数不宜过多(一般不超过三只),连接导线也不宜过细(一般不小于 $\phi 1.3$ 毫米),以免影响测量精确度。电流互感器的外形结构如图2-72所示。

电流互感器的型号表示:

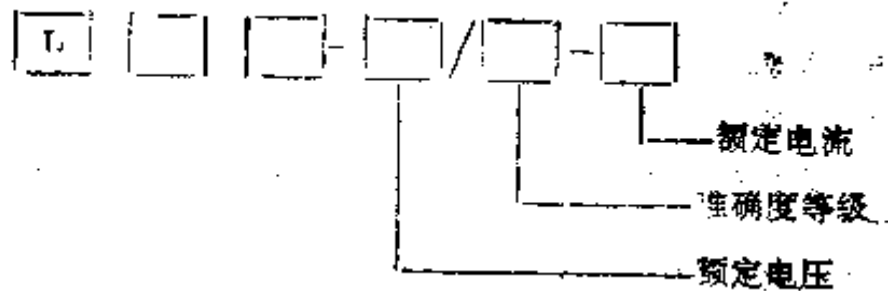


表 2-24 电流互感器的字母含义

第一个字母	第 二 个 字 母							
L	D	F	M	R	Q	C	Z	Y
电 流 互 感 器	贯穿式 单 匝	贯穿式 复 匝	贯穿式 母线型	接入式	线圈式	瓷箱式	支持式	低压型
第 三 个 字 母			第 四 个 字 母					
Z	C	W	D	B	J	S	G	Q
浇注 绝缘	瓷绝缘	外置 瓷套	带 保护	过 流 保 护	接地保 护或加 大容量	饱和	改进型	加强型

例如: LFC-10/0.5-300 表示 10 千伏的贯穿复匝(即多匝)式的瓷绝缘的电流互感器,其额定电流为 300 安,准确度等级为 0.5 级。

常用的电流互感器的型号与技术数据列于表 2-25。

表 2-25 常用电流互感器技术数据

名 称	型 号	主 要 规 格 和 技 术 数 据			
		额定电压 (千伏)	准确级别	额定容量 (伏安)	一次额定电流 二次额定电流 (安/安)
绕线式电流互感器	LQ-0.5	0.5	0.5	5	5~800/5
绕线式电流互感器	LQG-0.5	0.5	0.5~1	10~15	5~800/5
绕线式电流互感器	LQG2-0.5	0.5	1		10~800/5
母线式电流互感器	LYM-0.5	0.5	1		750~5000/5
速饱和电流互感器	LQS-1	0.5			4~5/3.5
穿心汇流排式电流 互感器	LM-0.5	0.5	0.5~1	20	1000~5000/5
穿心汇流排式电流 互感器	LM-0.5	0.5	3	20	800~1000/5
贯穿式电流互感器	LDG-10	10	0.5~1~3		600~1500/5
贯穿式电流互感器 (加强式)	LDCQ-10	10	0.5~1~3		400~1000/5
贯穿式电流互感器 (差动保护)	LDCD-10	10	D~0.5~1~3		600~1500/5
贯穿式电流互感器 (加强式有差动保护)	LDCQD-10	10	D~0.5~1~3		600~1000/5
贯穿式电流互感器	LFC-10	10	0.5~1~3		5~400/5
贯穿式电流互感器 (加强式)	LFCQ-10	10	0.5~1~3		5~800/5
贯穿式电流互感器 (差动保护)	LFCD-10	10	D~0.5~1~3		75~400/5
贯穿式电流互感器 (加强式有差动保护)	LFCQD-10	10	D~0.5~1~3		75~300/5
穿心汇流排式电流 互感器	LMT1-0.5	0.5	D~1.2	1.5~1.2	7500/5
母线式电流互感器	LYM1-0.5	0.5	1	0.8	2000/5
线圈式电流互感器	LQG1-0.5TH	0.5	0.5	0.2	200, 300/1

(续表)

名 称	型 号	主 要 规 格 和 技 术 数 据			
		额定电压 (千伏)	准确级别	额定容量 (伏安)	一次侧电流 二次侧电流 (安/安)
环氧树脂浇注电流互感器	LMZ-0.5	0.5	1	0.2	75~400/5
环氧树脂浇注电流互感器	LMJ-10	10	0.5~1~3	10/15	600~1500/5
环氧树脂浇注电流互感器	LMJC-10	10	1/C	10/15	600~1500/5
环氧树脂浇注电流互感器	LMJ-10A	10	0.5/B	15/80	600~1500/5
环氧树脂浇注电流互感器	LMJC-10A	10	0.5/C	15/30	600~1500/5
环氧树脂浇注电流互感器	LQJ-10	10	0.5~1~3	10/15	5~400/5
环氧树脂浇注电流互感器	LQJ-10	10	B/B	10/10	1/5
环氧树脂浇注电流互感器	LQJ-10A	10	0.5~1~3	15/80	5~400/5
环氧树脂浇注电流互感器	LQJC-10A	10	0.5/C, 1/C	15/80	75~400/5
环氧树脂浇注电流互感器	LQJ-15	15	0.5/B	10/15	5~400/5
零序电流互感器	W-φ75	0.5			
35千伏电流互感器	W-35	35	0.5~3		15~1000/5

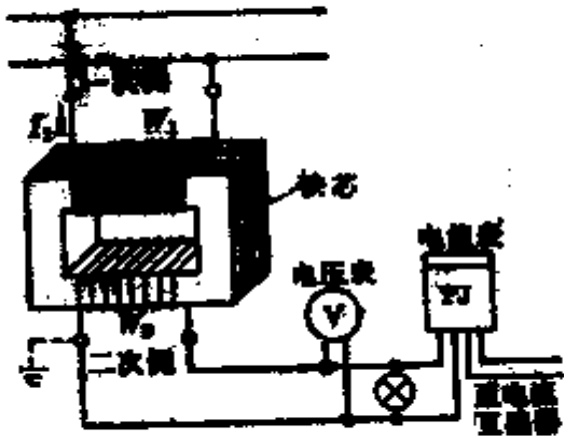
注：额定容量1000/5系指10/5、20/5、80/5、40/5、50/5、75/5、100/5、150/5、200/5、400/5、600/5、750/5、1000/5。

额定一次侧电流一般分为5、7.5、10、15、20、30、40、50、75、100、150、200、300、400、600、750、(800)、1000、1500、2000、3000、4000、5000、7500、10000、15000、25000安。

额定二次侧电流绝大多数为5安。

### 六、电压互感器

在高电压的交流电路中，利用电压互感器将高压转变为一定数值的电压（通常为100伏），以供给测量和继电保护及控制之用。电压互感器也是一种专用的变压器，其电路如图2-73所示。



电压互感器的一次侧绕组并接在高压电路中，测量仪表、控制电路与指示电路都与二次侧绕组并接。如前所说，一、二次侧的电压之比约为一、二次侧绕组匝数之比，即  $\frac{V_1}{V_2} \approx \frac{W_1}{W_2}$ 。

图 2-73 电压互感器的原理电路图

电压互感器的一次侧绕组的匝数是由高压电路电压的高低而定的，二次侧绕组一般固定以100伏计算。必须注意，在运行中，二次侧绕组绝对不允许短路，否则将会烧坏互感器。还须注意，不应使二次侧负载电流的总和超过二次侧电流的额定值。

电压互感器的连接电路图见10-6节。图2-74为电压互感器的外形结构。

电压互感器的型号表示：

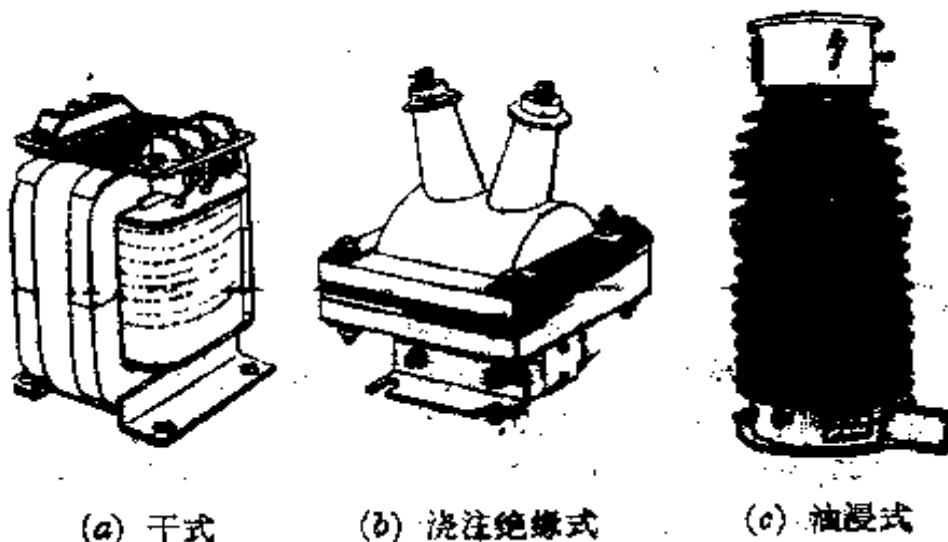
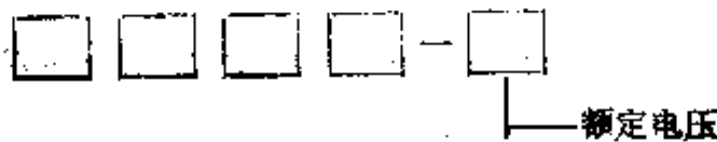


图 2-74 电压互感器的外形结构

表 2-26 电压互感器型号字母的含义

第一个字母		第二个字母			第三个字母			
J	HJ	D	S	C	J	G	C	Z
电压互感器	仪用电压互感器	单相	三相	串联结构	油浸式	干式	瓷箱式	浇注绝缘
第 四 个 字 母		第 四 个 字 母		第 四 个 字 母		第 四 个 字 母		
F		J		W		B		
胶封型		接地保护		五柱三绕组		三柱带补偿绕组		

例如 JDJJ-35 表示 35 千伏的单相油浸式具有接地保护的电压互感器。常用的电压互感器的型号与技术数据列于表 2-27。

## 七、磁放大器

磁放大器是利用直流小功率的信号来控制较大的交流功率的一种电器。由于它没有转动部分，并具有工作可靠、维护简单、耐震动、使用年限长以及可由较多信号同时输入等优点，因此在工业自动调节、电力推动和自动控制等方面得到广泛的应用。

磁放大器(又称饱和电抗器)是一种可变的电感。图 2-75 为最简单的磁放大器原理电路，它由绕在闭合铁芯上的两个绕组组成。工作绕组  $W$  通有交流电与负载  $Z$  连接，控制绕组  $W_c$  通有直流(或低频交流)电。铁芯上同时加有交流和直流二种励磁电流，由于铁磁材料的磁化曲线具有非线性特点，改变直流励磁电流的大小可以改变铁芯的导磁率，从而使工作绕组的阻抗发生变化，使负载电流得到调节。

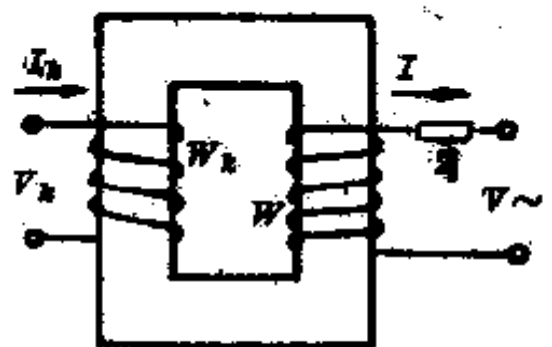


图 2-75 简单的磁放大器原理电路

表 2-27 常用电压互感器技术数据

名称	型号	装置类别	额定电压 (伏)			额定容量 (瓦)			最大容量 (瓦)	绝缘型式
			原线圈	副线圈	辅助线圈	0.5级	1级	3级		
单相双绕组式	JDG-0.5	户内	220	100		25	40	100	干式降低绝缘	
单相双绕组式	JDG-0.5	户内	380	100		25	40	100	干式降低绝缘	
单相双绕组式	JDG-0.5	户内	500	100		25	40	100	干式降低绝缘	
船用	JDG2-0.5H	户内	380	127		40	40	100	干式降低绝缘	
船用	JDE3-0.5	户内	380	100		15	15	60	干式降低绝缘	
单相叠接式	JDJ-6	户内	3000	100		30	50	120	油浸式	
单相叠接式	JDJ-6	户内	6000	100		50	80	200	油浸式	
单相叠接式	JDJ-10	户内	10000	100		80	150	320	油浸式	
三相双绕组式	JSJB-6	户内	3000	100		50	80	200	油浸式带补偿绕组	
三相双绕组式	JSJB-6	户内	6000	100		80	150	320	油浸式带补偿绕组	
三相双绕组式	JSJB-10	户内	10000	100		120	200	480	油浸式带补偿绕组	
三相三绕组式	JSJW-6	户内	3000	100	100/3	50	80	200	油浸式五柱三绕组	
三相三绕组式	JSJW-6	户内	6000	100	100/3	80	150	220	油浸式五柱三绕组	
三相三绕组式	JSJW-10	户内	10000	100	100/3	120	200	480	油浸式五柱三绕组	
三相三绕组式	JSJW-15	户内	13800	100	100/3	120	200	480	油浸式五柱三绕组	
三相三绕组式	JSGW-0.5	户内	380	100	100/3	50	80	200	干式	
单相浇注式	JDZ-6	户内	3000	100	100/3	30	50	120	环氧树脂浇注	
单相浇注式	JDZ-6	户内	6000	100	100/3	30	50	120	环氧树脂浇注	
单相浇注式	JDZ-6	户内	6000	100	100/3	50	80	200	环氧树脂浇注	
单相浇注式	JDZ-6	户内	6000	100	100/3	50	80	200	环氧树脂浇注	
单相浇注式	JDZ-10	户内	10000	100	100/3	50	80	200	环氧树脂浇注	
单相浇注式	JDZ-10	户内	10000	100	100/3	50	80	200	环氧树脂浇注	
单相浇注式	JDZ-10	户内	15000	100	100/3	80	80	200	环氧树脂浇注	

表 2-28 O 型与 II 型磁放大器技术数据  
O 型磁放大器性能数据

型号	额定交流电源电压 $U$ (伏)	通电率 (%)	额定输出功率 $P$ (瓦)	额定输出电压 $U_0$ (伏)	额定输出电流 $I_0$ (安)	最小输出电流 $I_{min}$ (毫安)	电流变化比 $K_i$	控制绕组数	额定控制电流 $I_{cp}$ (毫安)	功率放大倍数 $K_p$	重量 $G$ (千克)
O-1-1.5	36	100	1.5	9.6	0.15	7.5	30	4	5.5	800	1.25
O-2-3.5	36	100	3.5	12	0.30	15	20	6	7.7	1000	1.5
O-3-9	36	100	9	15	0.60	30	20	6	7.55	1500	3
O-4-18	127	100	18	60	0.30	15	20	6	10.6	2000	3.5
O-5-36	127	100	36	65	0.55	27.5	20	6	17.5	3000	3
O-6-65	220	100	65	120	0.50	25	20	6	18.0	4000	4.5
O-7-90	127	100	90	75	1.20	60	20	6	18.0	5000	5
O-8-125	220	100	125	125	1.60	50	20	6	14.7	6000	7

注：出厂试验均以 2H2K 作控制绕组为准。

(续表)

0 型磁放大器绕组数据

型号	项 目	工 作 绕 组			控 制 绕 组				备 注		
		$A_1X_1$	$A_2X_2$	$B_1Y_1$	$B_2Y_2$	1H1K	2H2K	3H3K		4H4K	5H5K
O-1-1.5	线径(毫米)	0.2	0.315	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	匝数	2200	1800	2200	1000	1300	1300	1300	1500	1500	500
	电阻(欧)	<50	<25	<50	<56	<66	<74	<78	<100	<35	<35
O-2-3.5	线径(毫米)	0.315	0.315	0.315	0.315	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	匝数	1800	1800	1800	1000	1000	1000	1000	1500	1500	500
	电阻(欧)	<25	<25	<25	<56	<60	<115	<120	<200	<65	<65
O-3-9	线径(毫米)	0.315	0.315	0.315	0.315	0.18	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	匝数	1150	1150	1150	1200	1200	1200	1200	1500	1500	250
	电阻(欧)	<18	<21	<18	<107	<110	<160	<165	<208	<53	<53
O-4-18	线径(毫米)	0.345	0.345	0.345	0.345	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	匝数	2700	2700	2700	1200	1200	1200	1200	1200	1200	450
	电阻(欧)	<42	<42	<42	<84	<86	<130	<138	<143	<74	<74
O-5-36	线径(毫米)	0.44	0.44	0.44	0.44	0.27	0.18	0.18	0.18	0.18	0.17
	匝数	1400	1400	1400	875	875	875	875	1400	1400	400
	电阻(欧)	<17	<17	<17	<44	<46	<100	<110	<168	<70	<70
O-6-65	线径(毫米)	0.44	0.44	0.44	0.44	0.27	0.2	0.2	0.2	0.2	0.17
	匝数	1450	1450	1450	900	900	900	900	1500	1500	500
	电阻(欧)	<22	<22	<22	<54	<56	<100	<115	<188	<82	<82
O-7-90	线径(毫米)	0.47	0.47	0.47	0.47	0.27	0.2	0.2	0.2	0.2	0.18
	匝数	680	680	680	900	900	900	900	1400	1400	400
	电阻(欧)	<10	<11	<10	<50	<58	<100	<105	<180	<65	<65
O-8-125	线径(毫米)	0.44	0.44	0.44	0.44	0.27	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	匝数	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1200	1200	500
	电阻(欧)	<20	<22	<20	<76	<78	<148	<150	<180	<78	<78

绕组电阻以20°C时为标准



(续表)

Π型磁放大器性能数据

型号	额定交流 电源电压 $V$ (伏)	通电率 (%)	额定输出 功率 $P$ (瓦)	额定输出 电压 $V$ (伏)	额定输出 电流 $I$ (安)	最小输出 电流 $I_{min}$ (安)	电 流 变 化 比 $K_i$	控 制 绕 组 数	额定控 制电流 $I_k$ (毫安)	功率放 大倍数 $K_p$	重 量 $G$ (千克)
Π-15-67.2	220	100	67.2	100	0.672	0.0567	11.8	6	80	500	6
Π-15-92.8	220	100	92.8	100	0.928	0.08	11.6	6	88.5	500	7
Π-15-120	220	100	120	100	1.2	0.08	15	6	64	500	7
Π-25-156	220	100	156	110	1.43	0.10	14.3	4	115.5	1000	11
Π-20-200	220	100	200	110	1.82	0.121	15	6	125	500	14
Π-20-261	220	100	261	110	2.37	0.158	15	6	101	1000	15
Π-20-300	220	100	300	110	2.73	0.182	15	6	79.5	1000	15
Π-20-375	220	100	375	110	3.41	0.227	15	6	82.5	1000	17
Π-25-465	220	100	465	110	4.23	0.35	12	4	155	1200	19
Π-25-655	220	100	655	110	6.95	0.53	11.5	4	124.5	2000	27
Π-25-880	220	100	880	110	8.00	0.53	15	4	195.5	1000	27

注：出厂试验均以2H2K作控制绕组为准。

(续表)

II型磁放大器绕组数据

型号	项目	工作绕组			控制绕组	绕组						备注											
		A <sub>1</sub> X <sub>1</sub>	B <sub>1</sub> Y <sub>1</sub>	B <sub>2</sub> Y <sub>2</sub>		1H101	1011K	2H2K	3H3K	4H4K	5H5K		6H6K										
II-15-67.2	线径(毫米) 匝数 电阻(欧)	0.47 1400 <23	0.47 1400 <23	0.47 1400 <23	0.47×2 25 40 <0.8	1H101 <td>1011K</td> <td>2H2K</td> <td>3H3K</td> <td>4H4K</td> <td>5H5K</td> <td>6H6K</td> <td>0.295 500 &lt;31</td> <td>0.295 500 &lt;29</td> <td>0.295 500 &lt;27</td> <td>0.31 500 &lt;24</td> <td>0.31 500 &lt;26</td> <td>0.21 570 &lt;64</td> <td>0.31 500 &lt;32</td> <td>0.345 520 &lt;30</td> <td>0.27 600 &lt;56</td> <td>0.27 600 &lt;57</td> <td rowspan="6">1. 绕组电 阻以 20°C 时为标准 2. 控制中 绕组中 1H101K, 其中 101 为抽头</td>	1011K	2H2K	3H3K	4H4K	5H5K	6H6K	0.295 500 <31	0.295 500 <29	0.295 500 <27	0.31 500 <24	0.31 500 <26	0.21 570 <64	0.31 500 <32	0.345 520 <30	0.27 600 <56	0.27 600 <57	1. 绕组电 阻以 20°C 时为标准 2. 控制中 绕组中 1H101K, 其中 101 为抽头
II-15-92.S	线径(毫米) 匝数 电阻(欧)	0.55 942 <16	0.55 942 <16	0.55 942 <16	0.55×2 17 25 <0.5	1H101 <td>1011K</td> <td>2H2K</td> <td>3H3K</td> <td>4H4K</td> <td>5H5K</td> <td>6H6K</td> <td>0.31 500 &lt;22</td> <td>0.31 500 &lt;24</td> <td>0.31 500 &lt;25</td> <td>0.31 500 &lt;27</td> <td>0.31 500 &lt;28</td> <td>0.21 570 &lt;60</td> <td>0.31 500 &lt;30</td> <td>0.345 520 &lt;28</td> <td>0.27 600 &lt;52</td> <td>0.27 600 &lt;53</td>	1011K	2H2K	3H3K	4H4K	5H5K	6H6K	0.31 500 <22	0.31 500 <24	0.31 500 <25	0.31 500 <27	0.31 500 <28	0.21 570 <60	0.31 500 <30	0.345 520 <28	0.27 600 <52	0.27 600 <53	
II-15-120	线径(毫米) 匝数 电阻(欧)	0.61 890 <13	0.61 890 <13	0.61 890 <13	0.61×2 17 25 <0.4	1H101 <td>1011K</td> <td>2H2K</td> <td>3H3K</td> <td>4H4K</td> <td>5H5K</td> <td>6H6K</td> <td>0.31 500 &lt;22</td> <td>0.31 500 &lt;24</td> <td>0.31 500 &lt;25</td> <td>0.31 500 &lt;27</td> <td>0.31 500 &lt;28</td> <td>0.21 570 &lt;60</td> <td>0.31 500 &lt;30</td> <td>0.345 520 &lt;28</td> <td>0.27 600 &lt;52</td> <td>0.27 600 &lt;53</td>	1011K	2H2K	3H3K	4H4K	5H5K	6H6K	0.31 500 <22	0.31 500 <24	0.31 500 <25	0.31 500 <27	0.31 500 <28	0.21 570 <60	0.31 500 <30	0.345 520 <28	0.27 600 <52	0.27 600 <53	
II-20-200	线径(毫米) 匝数 电阻(欧)	0.81 700 <5	0.81 700 <5	0.81 700 <5	0.81×2 9 16 <0.15	1H101 <td>1011K</td> <td>2H2K</td> <td>3H3K</td> <td>4H4K</td> <td>5H5K</td> <td>6H6K</td> <td>0.31 500 &lt;22</td> <td>0.31 500 &lt;24</td> <td>0.31 500 &lt;25</td> <td>0.31 500 &lt;27</td> <td>0.31 500 &lt;28</td> <td>0.21 570 &lt;60</td> <td>0.31 500 &lt;30</td> <td>0.345 520 &lt;28</td> <td>0.27 600 &lt;52</td> <td>0.27 600 &lt;53</td>	1011K	2H2K	3H3K	4H4K	5H5K	6H6K	0.31 500 <22	0.31 500 <24	0.31 500 <25	0.31 500 <27	0.31 500 <28	0.21 570 <60	0.31 500 <30	0.345 520 <28	0.27 600 <52	0.27 600 <53	
II-20-261	线径(毫米) 匝数 电阻(欧)	0.9 550 <4.5	0.9 550 <4.5	0.9 550 <4.5	0.9×2 8 16 <0.18	1H101 <td>1011K</td> <td>2H2K</td> <td>3H3K</td> <td>4H4K</td> <td>5H5K</td> <td>6H6K</td> <td>0.31 500 &lt;22</td> <td>0.31 500 &lt;24</td> <td>0.31 500 &lt;25</td> <td>0.31 500 &lt;27</td> <td>0.31 500 &lt;28</td> <td>0.21 570 &lt;60</td> <td>0.31 500 &lt;30</td> <td>0.345 520 &lt;28</td> <td>0.27 600 &lt;52</td> <td>0.27 600 &lt;53</td>	1011K	2H2K	3H3K	4H4K	5H5K	6H6K	0.31 500 <22	0.31 500 <24	0.31 500 <25	0.31 500 <27	0.31 500 <28	0.21 570 <60	0.31 500 <30	0.345 520 <28	0.27 600 <52	0.27 600 <53	
II-20-300	线径(毫米) 匝数 电阻(欧)	1.0 520 <3	1.0 520 <3	1.0 520 <3	1.0×2 8 16 <0.15	1H101 <td>1011K</td> <td>2H2K</td> <td>3H3K</td> <td>4H4K</td> <td>5H5K</td> <td>6H6K</td> <td>0.31 500 &lt;22</td> <td>0.31 500 &lt;24</td> <td>0.31 500 &lt;25</td> <td>0.31 500 &lt;27</td> <td>0.31 500 &lt;28</td> <td>0.21 570 &lt;60</td> <td>0.31 500 &lt;30</td> <td>0.345 520 &lt;28</td> <td>0.27 600 &lt;52</td> <td>0.27 600 &lt;53</td>	1011K	2H2K	3H3K	4H4K	5H5K	6H6K	0.31 500 <22	0.31 500 <24	0.31 500 <25	0.31 500 <27	0.31 500 <28	0.21 570 <60	0.31 500 <30	0.345 520 <28	0.27 600 <52	0.27 600 <53	

(续表)

II型磁放大器绕组数据

型号	项 目	工 作 绕 组			控 制 绕 组				备 注		
		$A_1X_1$	$A_2X_2$	$B_1Y_1, B_2Y_2$	$1H10, 1011K$	$2H2K$	$3H3K$	$4H4K$		$5H5K$	$6H6K$
II-20-375	线径(毫米)	1.22		1.22	$1.22 \times 2$	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	同上
	匝数	430		430	8   16	600	600	600	600	600	
	电阻(欧)	<2.5		<2.5	<0.12	<59	<61	<62	<63	<64	
II-25-156	线径(毫米)	0.72		0.72	$0.72 \times 2$	0.49	0.49	0.49			
	匝数	1150		1150	20   35	650	650	650			
	电阻(欧)	<9.5		<9.5	<0.5	<11	<12	<13			
II-25-465	线径(毫米)	1.22		1.22	$1.22 \times 2$	0.44	0.44	0.44			
	匝数	470		470	7   11	520	520	520			
	电阻(欧)	<2		<2	<0.1	<18	<19	<20			
II-25-655	线径(毫米)	1.4		1.4	$1.4 \times 2$	0.44	0.44	0.44			
	匝数	290		290	2   5	520	520	520			
	电阻(欧)	<1.5		<1.5	<0.08	<23	<24	<25			
II-25-880	线径(毫米)	1.8		1.8	$1.8 \times 2$	0.31	0.31	0.31			
	匝数	298		298	3   5	600	600	600			
	电阻(欧)	<0.8		<0.8	<0.05	<50	<51	<53			

磁放大器的结构和变压器相似,铁芯由带状硅钢片卷成,绕组直接绕在环形铁芯上的称为O型磁放大器,铁芯采用II型硅钢片叠成的称为II型磁放大器。

O型与II型磁放大器基本原理图如图2-76。他们的技术数据列于表2-28。

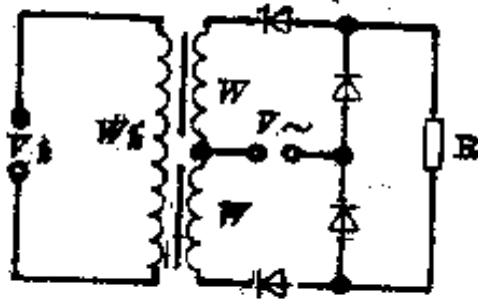


图2-76 O型与II型磁放大器基本原理图

$W_k$ —控制绕组;  $W$ —工作绕组;

$R$ —额定负载电阻

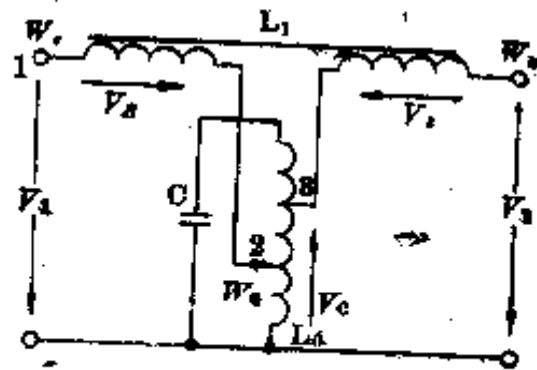


图2-77 W1系列电磁稳压器原理图

## 八、电磁式稳压器

电磁式稳压器是一种交流稳压电源,用在要求电压稳定性较高的设备中,具有工作可靠(无转动部分)、使用简单、过载能力强,功率因数高等优点。

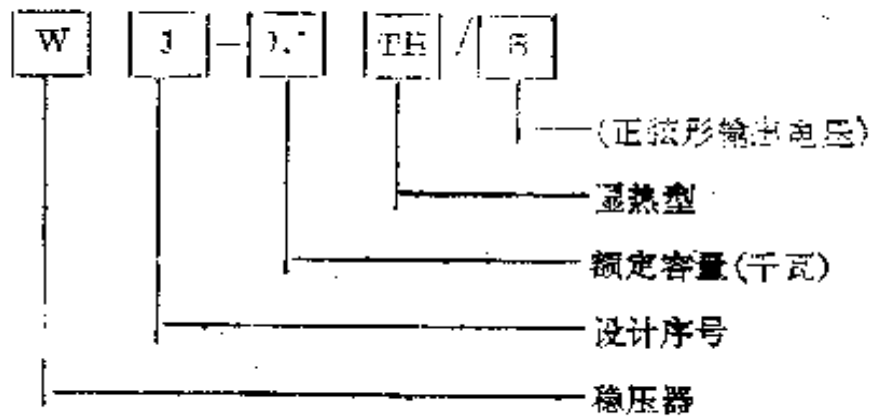
图2-77为W1系列电磁稳压器的原理图,其中一次侧绕组 $W_1$ (绕在非饱和电抗器 $L_1$ 铁芯上)和二次侧绕组 $W_0$ (绕在饱和电抗器 $L_2$ 铁芯上)之间采取自耦变压器形式电路连接。当一次侧接到电源电压 $V_1$ 以后,由二次侧引出来的就是经过稳定的交流电压。

电磁稳压器的工作原理是饱和电抗器的非线性磁化作用。为了减少无功损耗,并改善稳压效果,因而采用电容与饱和电抗器并联的谐振电路,使稳压器在接近谐振的状态下工作。电容器可接在饱和电抗器的任何一只抽头上,但最好接在升压抽头上,使电容量减少。在一定的无功功率下,电容量容量与电压平方成反比。

当电源电压变化时,应使输出电压尽量变化得少,所以在饱和电抗器与负载之间加串一个补偿绕组 $W_c$ ,补偿绕组绕在非饱和电抗器 $L_1$ 的铁芯上,与二次侧绕组 $W_0$ 反向串联,它的电压 $V_c$ 的方向始终与二次侧电压 $V_0$ 的方向相反,因此稳压器输出电压 $V_2 = V_0 - V_c$ 。当电压 $V_0$ 增大时,调整 $L_1$ 磁路的空气隙,使电压 $V_c$ 亦随之增大(因电压 $V_c$ 与一次侧 $V_1$ 同一磁路,故成比例变

化), 所以输出电压  $V_2$  可以保持不变。电磁稳压器最大的缺点是输出电压随电源频率的变化而反应极为灵敏, 另外电压波形失真, 会出现高次谐波, 所以在其输出端常加上一个辅助滤波器, 如图 2-78 中  $L_3$  和  $L_5$ 。

电磁稳压器的型号表示法:



各种型号的电磁稳压器的技术数据如表 2-29。若网络电压的工作范围界限为 160~250 伏时, 稳压器仍能起稳定作用, 仅个别技术指标略有降低。

图 2-78 为 W1-0.05~2.5(TH)/S 型电磁稳压器的原理线路。在图中, 电容  $C$  分成  $C_3$  及  $C_5$ , 分别与  $L_3$ 、 $L_5$  串联, 组成三次、五次谐波滤波器, 使在额定工作状态时, 输出电压波形为正弦形, 其输出电压与输入电压波形失真度之差小于 5%。输出端的可调抽头位置出厂时已调整到最佳位置, 不必自行变动。其中  $L_0$  与  $L_1$  的铁芯、绕组的结构如图 2-79 所示。

表 2-29 稳压器的技术数据

稳压器型号	额定容量 (瓦)	输入电压 (伏)	电网电压工作范围 (伏)	纯电阻负载时输出电压 (伏)	额定负载电流 (安)	当纯电阻负载不变时, 电压的允许波动	电容器 (微法)	电抗 (欧)
W1-0.05(TH)/(S)	50	50 赫	180 ~ 240	220 ± 3% 110 ± 3%	0.23/0.46	± 1%	10	319
W1-0.1(TH)/(S)	100				0.46/0.92		5	792
W1-0.25(TH)/S	250				1.14/2.2		10	318
W1-0.5(TH)/(S)	500				2.3/4.6		10	320
W1-1(TH)/(S)	1000				4.6/9.2		1) (2开 2串)	319
W1-2.5(TH)/(S)	2500				11.4			

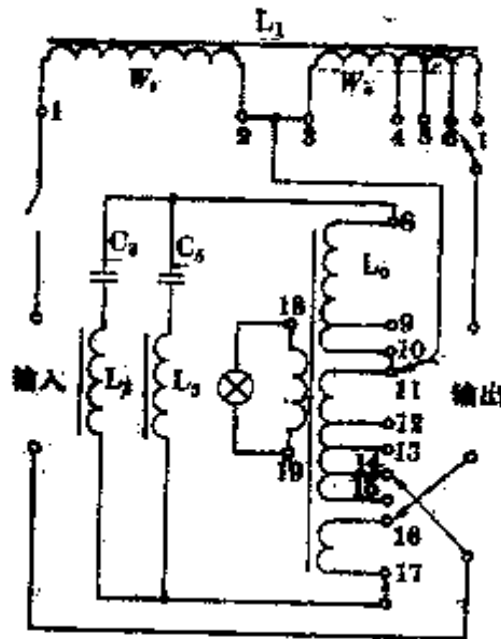
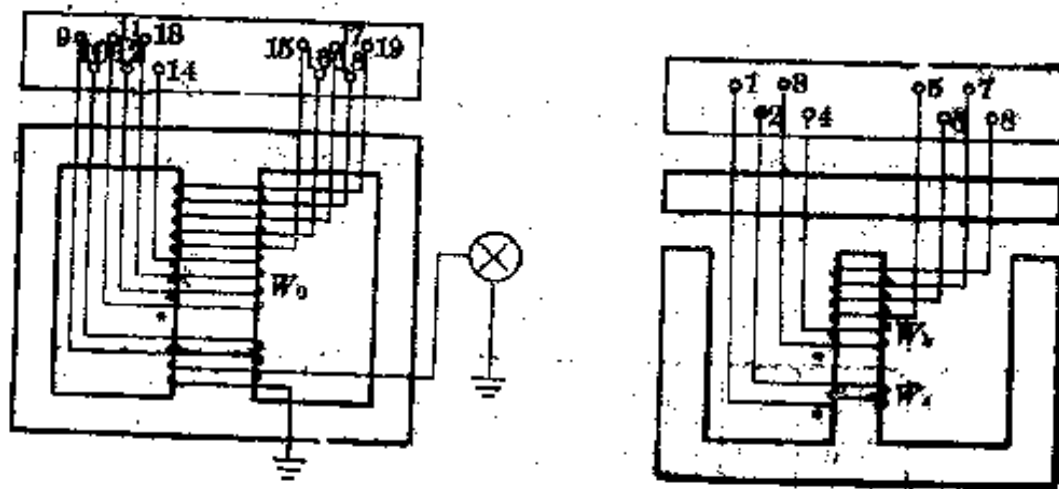


图 2-78 W1-0.05~2.5(TH)/S 稳压器电路图



(a)  $L_0$  饱和电抗器结构

(b)  $L_1$  非饱和电抗器结构

图 2-79 W1-0.05~2.5(TH)/S 稳压器铁芯绕组结构

### 九、控制用变压器

控制用变压器是一种小型的干式变压器。它在工矿企业中用作局部照明电源，在电气设备中作为控制电路的电源，以及用作信号灯及指示灯的电源。BK 系列、BK1 系列的单相控制变压器的技术数据，以及 BK 系列单相控制变压器的铁芯尺寸分别如表 2-30、2-31 与图 2-80。

表 2-30 BK系列单相控制变压器的技术数据

总容量 (瓦)	规格	电压 (伏)	匝数	导线直径 (毫米)	导线重 (千克)
35	380/220-127-110- 36-24-12-6.3	380 220	2265 1363	0.18 0.21	
		127 110	789 688	0.27 0.29	
		36 24	224 150	0.51 0.62	
		12 6.3	75 39	0.90 1.2	
	250/220-127-110- 36-24-12-6.3	250 220	1375 1868	0.23 0.21	
		127 110	789 688	0.27 0.29	
		36 24	224 150	0.51 0.62	
		12 6.3	75 39	0.9 1.2	
	220/220-127-110- 36-24-12-6.3	220 220	1315 1363	0.21 0.21	
		127 110	789 688	0.27 0.29	
		36 24	224 150	0.51 0.62	
		12 6.3	75 39	0.90 1.2	
110/220-127-110- 36-24-12-6.3	110 220	657 1363	0.29 0.21		
	127 110	789 688	0.27 0.29		
	36 24	224 150	0.51 0.62		
	12 6.3	75 39	0.90 1.2		
50	127/36	127 36	472 147	0.51 0.90	0.18 0.15
	220/12	220 12	818 49	0.35 1.00×2	0.16 0.17
	380/36-6.3	380 36-6.3	1410 147	0.29 0.90	0.18 0.15
	380/24	380 24	1410 98	0.29 1.20	0.18 0.17
	380/12	380 12	1410 49	0.29 1.00×2	0.18 0.17
	220/36	220 36	818 147	0.35 0.90	0.16 0.15
	380/127	380 127	1410 490	0.29 0.47	0.18 0.15
	127/6.3	127 6.3	472 25	0.51 1.40×2	0.18 0.12
	220/6.3	220 6.3	818 25	0.35 1.40×2	0.16 0.12
	380/127-36	380 127-36	1410 496	0.29 0.47	0.28

(续表)

总容量 (瓦)	规 格	电 压 (伏)	总匝数	导线直径 (毫米)	导线重 (千克)
50	220/12-6.3	220 12-6.3	818 49	0.35 1.00×2	0.16 0.17
	220/127-12	220 127-12	818 496	0.35 0.47	0.23
	440/36	440 36	1630 147	0.27 0.90	0.20 0.15
	220/24	220 24	818 98	0.35 1.20	0.16 0.17
	380/32-28	380 32-28	1410 125	0.29 1.00	0.18 0.16
	380/54	380 54	1410 210	0.29 0.72	0.18 0.15
	110/6.3	110 6.3	408 25	0.51 1.40×2	0.16 0.12
	420/36	420 36	1562 147	0.27 0.90	0.20 0.15
	137/80-70-65-60	127 80	472	0.72	0.40
		70 65 60			
	380/127-6.3	380 127-6.3	1410 480	0.29 0.47	0.18 0.15
	380/12-6.3	380 12-6.3	1410 49	0.29 1.00×2	0.18 0.17
	400/36	400 36	1486 147	0.27 0.90	0.20 0.15
	250-280/7	250-280 7	930 27	0.35 1.40×2	0.21 0.13
100	380/36-6.3	380 36-6.3	1010 103	0.41 1.20	0.29 0.23
	380/220-36	380 220	1010 615	0.41 0.95	0.29 0.18
		36	103	0.90	0.15
	380/127-12	380 127	1010 344	0.41 0.47	0.29 0.12
		12	35	1.40	0.12
	500/127	500 127	1380 344	0.35 0.62	0.28 0.22
380/24	380 24	1010 69	0.41 1.62	0.29 0.23	
220/127	220 127	584 344	0.51 0.62	0.25 0.22	



(续表)

总容量 (瓦)	规格	电压 (伏)	总匝数	导线直径 (毫米)	导线重 (千克)
100	380/36-12	380 36-12	1010 103	0.41 1.20	0.23 0.25
	220/36	220 36	584 103	0.51 1.20	0.25 0.25
	380/12	380 12	1010 35	0.41 1.62×2	0.29 0.28
	220/12	220 12	584 35	0.51 1.62×2	0.25 0.28
	380/127-36	380 127	1010 344	0.41 0.47	0.29 0.12
		36	103	0.90	0.15
	380/127-6.3	380 127-6.3	1010 344	0.41 0.62	0.29 0.22
	420/127	420 127	1117 344	0.41 0.62	0.32 0.22
	420/127-36	420 127	1117 344	0.41 0.47	0.32 0.12
		36	103	0.90	0.15
	380/110-36	380 110	1010 304	0.41 0.51	0.29 0.18
		36	103	0.90	0.15
	220/24	220 24	584 69	0.51 1.62	0.25 0.28
	380/30	380 30	1010 84	0.41 1.20	0.29 0.24
	380/36-36	380 36	1010 100	0.41 0.80	0.29 0.16
		36	103	0.80	0.13
	220/36-36	220 36	584 100	0.51 0.80	0.25 0.16
		36	103	0.80	0.13
	220/6.3	220 6.3	584 18	0.51 2.02×2	0.25 0.25
	110/220	110 220	293 615	0.72 0.51	0.25 0.25
500-980/127-110	500-980	1330	0.41	0.38	
	127-110	344	0.72	0.22	
380/36-24	380 36-24	1010 103	0.41 1.62	0.29 0.25	

(续表)

总容量 (瓦)	规 格	电 压 (伏)	总匝数	导线直径 (毫米)	导线重 (千克)
100	380/36-12	380 36 12	1010 103 35	0.41 0.90 1.40	0.29 0.16 0.12
	380/12-6.3	380 12-6.3	1010 35	0.41 1.62×2	0.29 0.28
	220/36-6.3	220 36-6.3	584 103	0.51 1.20	0.25 0.25
	220/36-12	220 36 12	584 103 35	0.51 0.90 1.40	0.25 0.16 0.12
	380/50-36	380 50-36	1010 140	0.41 1.20	0.29 0.34
	380/36-34	380 36-34	1010 103	0.41 1.20	0.29 0.23
	380/18-12	380 18-12	1010 52	0.41 1.62×2	0.29 0.40
	127/12	127 12	338 35	0.72 1.62×2	0.29 0.28
	440/127-12	440 127 12	980 295 29	0.35 0.47 1.40	0.28 0.15 0.49
	380/127-6.3-25	380 127-6.3 36	1010 344 103	0.41 0.47 0.90	0.29 0.12 0.15
	420/127-6.3-26	420 127-6.3 36	1117 344 103	0.41 0.47 0.90	0.32 0.12 0.15
	380/220	380 220	1010 615	0.41 0.51	0.29 0.25
	220/127-12	220 127 12	584 344 35	0.51 0.47 1.40	
	380-220/36	380-220 36	1010 103	0.41 1.20	
	150	380/36	380 36	802 80	0.51 1.2×2
380/220-110		380 220-110	802 240	0.51 0.82	0.38 0.45
380/127-6.3		380 127-6.3	802 274	0.51 0.80	0.38 0.40
380/127-12-6		380 127-12-6	802 274	0.51 0.80	0.38 0.40

(续表)

总容量 (瓦)	规格	电压 (伏)	总匝数	导线直径 (毫米)	导线重 (千克)
150	220/36	220 36	465 80	0.72 1.20×2	0.40 0.45
	380/127-6.3-36	380 127-6.3 36	802 274 80	0.51 0.62 0.90	0.38 0.30 0.15
	220/12	220 12	465 27	0.72 1.81×2	0.40 0.35
	380/220-36	380 220 36	802 480 80	0.51 0.51 0.90	0.38 0.39 0.15
	380/36-12	380 36-12	802 79	0.51 1.20×2	0.38 0.46
	380/127-6.3-12	380 127-6.3 12	802 274 27	0.51 0.62 1.40	0.38 0.30 0.15
	220/380	220 380	465 820	0.72 0.51	0.40 0.40
	380/140-120-110	380 140-120-110	802	0.51	0.38
			310	0.90	0.38
	380/110-100-90	380 110-100-90	802	0.51	0.38
			244	1.00	0.38
	420/36	420 36	888 80	0.51 1.20×2	0.40 0.45
	420/220	420 220	888 480	0.51 0.62	0.40 0.45
	380/12	380 12	802 27	0.51 1.81×2	0.38 0.35
	220/6.3	220 6.3	465 16	0.72 2×0.5	0.40 0.35
	380/240-220-200	380 240-220-200	802	0.51	0.38
			310	0.90	0.52
	220-220/220-110	220-220 220-110	485	0.72	0.45
			240	0.62	0.40
	220-110/440-220	220-110 440-220	232	0.72	0.40
480			0.41	0.40	

(续表)

总容量 (瓦)	规 格	电 压 (伏)	总匝数	导线直径 (毫米)	导线重 (千克)
150	420/127-36	420 127 36	888 274 80	0.51 0.62 0.90	0.40 0.30 0.15
	380-220/36-6.3	380-220 36-6.3	802 80	0.72 1.20×2	0.69 0.45
	380/54-48-36	380 54-48-36	802 118	0.51 1.20×2	0.38 0.68
	380-220/127-36	380-220 127 36	802 274 80	0.51 0.62 0.90	0.69 0.30 0.15
	127/36	127 36	268 80	0.80 1.20×2	0.40 0.45
	220/36-24	220 36-24	465 80	0.72 1.40×2	0.40 0.62
	220/127-24	220 127 24	465 274 53	0.72 0.62 1.00	0.40 0.30 0.15
300	380/127-36	380 127 36	760 258 78	0.72 1.00 0.90	0.78 0.70 0.16
	380/127-32	380 127 32	760 258 70	0.72 1.00 0.90	0.78 0.70 0.15
	380/127-24	380 127 24	760 258 53	0.72 1.00 1.00	0.78 0.70 0.12
	380/127-6.3	380 127-6.3	760 258	0.72 1.20	0.78 0.75
	380/36-6.3	380 36-6.3	760 78	0.72 1.62×2	0.78 0.76
	380/12	380 12	760 26	0.72 1.81×4	0.78 0.78
	380/24	380 24	760 50	0.72 1.81×2	0.78 0.78
	220/12	220 12	440 26	0.90 1.81×4	0.78 0.78
	220/127	220 127	440 258	0.90 1.20	0.78 0.75
	220/36	220 36	440 78	0.90 1.62×2	0.78 0.76

(续表)

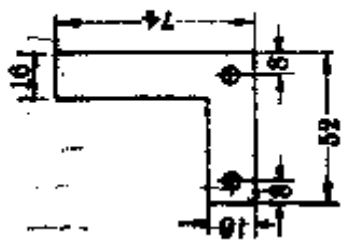
总容量 (瓦)	规格	电压 (伏)	总匝数	导线直径 (毫米)	导线重 (千克)
300	380-220/36	380-220 36	760 78	0.90 1.62×2	1.20 0.76
	380/127-6.3-36	380 127-6.3	760 258	0.72 1.00	0.78 0.70
		36	78	0.90	0.16
	380/127-110	380 127-110	760 258	0.72 1.20	0.78 0.75
	380-220/12	380-220 12	760 26	0.90 1.81×4	1.2 0.78
	220/24	220 24	440 50	0.90 1.81×2	0.78 0.78
	420/220	420 220	840 454	0.72 0.90	0.86 0.75
	380/220	380 220	760 454	0.72 0.90	0.78 0.75
	220/110	220 110	440 232	0.90 1.20	0.78 0.74
	220/150	220 150	440 314	0.90 1.00	0.78 0.78
	220/127-36	220 127	440 260	0.90 1.00	0.8 0.73
		36	78	0.90	0.73
220/127-24	220 127	440 260	0.90 1.00	0.8 0.73	
	24	53	1.00	0.65	
400	380/127-6.3-36	380 127-6.3	524 177	0.80 1.20	1.06 0.90
		36	54	0.90	0.15
	220/36	220 36	304 54	1.20 1.81×2	1.06 1.0
	380/127	380 127	524 177	0.80 1.40	1.06 1.1
	380/36-6.3	380 36-6.3	524 54	0.80 1.81×2	1.06 1.0
	380/127-12	380 127	524 177	0.80 1.20	1.06 0.90
12		13	1.40	0.12	
380/12	380	524	0.80	1.06	
	12	17	2×3.15 扁线	1.0	

(续表)

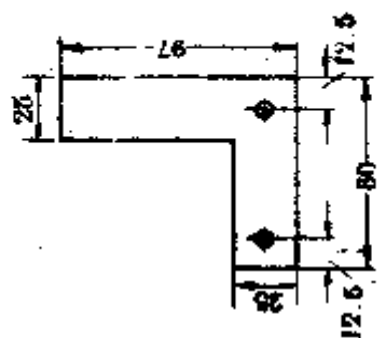
总容量 (瓦)	规 格	电 压 (伏)	总匝数	导线直径 (毫米)	导线重 (千克)
400	380/127-24	380 127 24	524 177 36	0.80 1.20 1.00	1.06 0.90 0.12
	380/144	380 144	524 205	0.80 1.40	1.06 1.3
	380/220-6.3-36	380 220-6.3 36	524 313 54	0.80 1.00 0.90	1.06 1.1 0.16
	380/127-6.3	380 127-6.3	524 177	0.8 1.40	1.06 1.1
	220/127-36	220 127 36	304 177 54	1.20 1.20 0.90	1.06 0.9 0.16
500	380/127-6.3	380 127-6.3	432 146	0.90 1.62	1.2 1.3
	380/36-6.3	380 36-6.3	432 43	0.90 1.40×4	1.2 1.2
	380/127-36	380 127 36	432 146 43	0.90 1.40 0.90	1.2 1.0 0.16
	220/127-6.3	220 127-6.3	252 146	1.20 1.62	1.2 1.3
	380/110	380 110	432 130	0.90 1.62	1.2 1.2
	380/127-6.3-36	380 127-6.3 36	432 146 43	0.90 1.40 0.90	1.2 1.0 0.16
	220/12	220 12	252 15	1.20 1.0×2	1.2 1.0
	220/127-36	220 127 36	252 146 43	1.20 1.40 0.90	1.2 1.0 0.16
	380-220/36	380-220 36	432 43	1.20 2.02×4	2.0 1.0
	380/12	380 12	432 15	0.90 1.0×2	1.2 1.0
	380/220	380 220	432 264	0.90 1.00	1.2 1.0
	220/220	220 220	252 264	1.20 1.00	1.2 1.0

(续表)

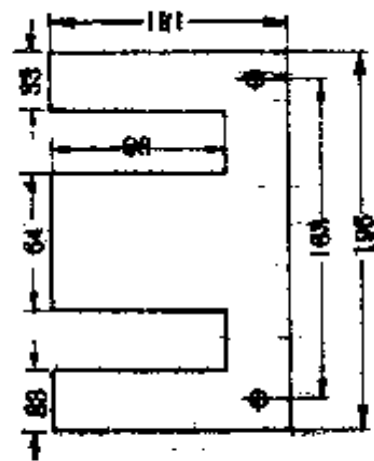
总容量 (瓦)	规格	电压 (伏)	总匝数	导线直径 (毫米)	导线重 (千克)
500	380-220/127-36	380-220 127 36	432 146 43	1.20 1.40 0.90	2.0 1.0 0.16
	220/36	220 36	252 43	1.20 2.02×2	1.2 1.0
	220/110	220 110	252 130	1.20 1.62	1.2 1.2
	220/36-24	220 36-24	252 43	1.20 1.62×2	1.2 1.5
	380/85-75-65	380 85-75-65	432 99	0.90 2.02	1.2 1.2
	380/127-12	380 127 12	432 146 15	0.90 1.40 1.60	0.85 1.00
1000	380/127	380 127	284 97	1.20 1.40×2	1.8 2.0
	380/220-36	380 220 36	284 170 28	1.20 1.62 0.90	1.38 1.25
	220/36	220 36	165 28	1.81 2.02×4	1.23 1.48
	380/36-6.3	380 36-6.3	284 28	1.20 2.02×4	1.58 2.4
	380/127-6.3-36	380 127-6.3 36	284 97 28	1.20 1.40×2 0.90	1.8 2.0 0.10
	380/127-50-60	380 127 50-60	284 97 46	1.20 0.80 2.02×2	1.8 2.0 1.2
	220/24	220 24	165 20	1.81 10毫米 <sup>2</sup> 扁线	1.75 2.40
	220/127	220 127	165 97	1.81 1.40×2	1.75 2.0
	380/260-240-220	380 260-240-220	284 203	1.20 1.62	1.8 2.4
	380/280-260-240	380 280-260-240	284 215	1.20 1.40	1.8 2.4
	220/320	220 320	184 275	1.81 1.40	2.0 2.75
	380/60-6.3	380 60-6.3	316 52	1.20 2×5扁线	2.1 3.2
	380-220/36	380-220 36	316 36	1.20 1.81×4	2.5 2.3
	220/110	220 110	165 87	1.81 1.62×2	1.75 1.75
	220/127-6.3-36	220 127-6.3 36	165 97 29	1.81 1.4×2 0.9	1.75 0.9 0.16
	380/220	380 220	284 168	1.20 1.62	1.8 2.00
380/220-12	380 220 12	284 168 10	1.20 1.62 1.40	1.8 2.00 0.15	
1500	440/220-127-36	440 220 127 36	260 137 79 22	1.4 1.95 1.88×2 1.88×6	
	380/220-127-36	380 220 127 36	292 137 79 22	1.68 1.95 1.88×2 1.88×4	
	220/220-127-36	220 220 127 36	134 137 79 22	1.95 1.95 1.88×2 1.88×6	



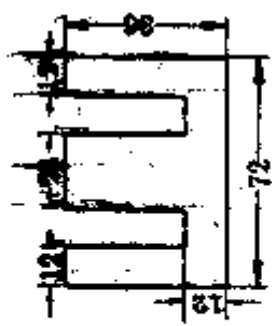
BK-150, 铁芯  
82 × 61



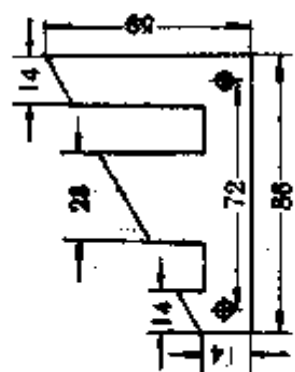
BK-300, 铁芯  
50 × 52  
400, 50 × 62  
500, 50 × 82  
1000, 50 × 122



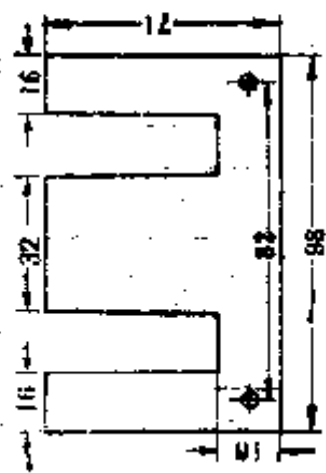
BK-1500, 铁芯  
64 × 106  
2000, 64 × 160



BK-25, 铁芯  
24 × 26



BK-50, 铁芯  
28 × 36



BK-100, 铁芯  
32 × 48

图 2-80 BK 系列单相控制变压器的铁芯尺寸



表 2-31 BK1 系列单相控制变压器的技术数据

总容量 (瓦)	规格	电压 (伏)	容量 分配 (瓦)	匝数	导线直径 (毫米)	导线重 (千克)
25	220/36	220	25	1460	0.25	0.092
		36		263	0.55	0.087
	220/18	220	25	1460	0.25	0.092
		18		128	0.77	0.0815
	220/6.3	220	25	1460	0.25	0.092
		6.3		44	1.35	0.0845
380/36	380	25	2470	0.19	0.094	
	36		263	0.55	0.084	
	18		2470	0.19	0.094	
380/18	380	25	128	0.77	0.077	
	18		2470	0.19	0.094	
	6.3		44	1.35	0.095	
380/6.3	380	25	2470	0.19	0.094	
	6.3		44	1.35	0.095	
	380-220/36-6.3		380	45	1580	0.25
220/36-6.3	220	912	0.33		0.109	
	36	161	0.72		0.118	
380/36-6.3	380	45	26	0.59	0.0123	
	36		912	0.33	0.109	
	6.3		161	0.72	0.115	
380/36-6.3	380	45	26	0.59	0.0123	
	36		1580	0.25	0.15	
	6.3		161	0.72	0.114	
380/36-6.3	380	45	26	0.59	0.0121	
	36		1580	0.25	0.0542	
	6.3		912	0.33	0.109	
380-220/127	380	50	568	0.41	0.138	
	220		912	0.33	0.109	
	127		568	0.41	0.138	
220/127	220	50	912	0.33	0.109	
	127		568	0.41	0.135	
	380/127		380	50	1580	0.25
127	568	0.41	0.138			
220/110	220	50	912		0.33	0.109
110	487		0.44	0.137		
220/60	220		50	912	0.33	0.109
60	265	0.59		0.131		
220/18	220	50		912	0.33	0.109
18	80		1.08	0.191		
380/110	380		50	1580	0.25	0.15
110	487	0.44		0.134		
380/60	380	50		1580	0.25	0.15
60	265		0.59	0.126		

(续表)

总容量 (瓦)	规 格	电压 (伏)	容量 分配 (瓦)	匝数	导线直径 (毫米)	导线重 (千克)
50	380/18	380	50	1580	0.25	0.15
		18		265	1.08	0.126
100	380-220/127/36-6.3	380	50	1185	0.35	0.098
		220		687	0.49	0.216
		127	418	0.41	0.114	
		36	119	0.72	0.107	
		6.3	19	0.59	0.0126	
	220/127/36-6.3	220	50	687	0.49	0.216
		127		418	0.41	0.113
		36	119	0.72	0.107	
		6.3	19	0.59	0.0124	
	380/127/36-6.3	380	50	1185	0.35	0.196
		127		418	0.41	0.11
		36	119	0.72	0.105	
		6.3	19	0.59	0.011	
	380-220/36-6.3	380	90	1185	0.35	0.098
		220		687	0.49	0.216
		36	10	119	1.04	0.209
220/36-6.3	36	90	19	0.83	0.021	
	6.3		10	687	0.49	0.216
	36	10	119	1.04	0.208	
380/36-6.3	36	90	19	0.83	0.021	
	6.3		10	1186	0.35	0.196
	36	10	119	1.04	0.204	
380-220/127	380	100	19	0.83	0.020	
	220		1185	0.35	0.098	
	127	687	0.49	0.216		
220/127	127	100	418	0.59	0.238	
	220		687	0.49	0.216	
380/127	127	100	418	0.59	0.238	
	380		1185	0.35	0.196	
220/110	110	100	418	0.59	0.234	
	220		687	0.49	0.216	
220/60	60	100	362	0.62	0.23	
	220		687	0.49	0.216	
220/18	18	100	198	0.86	0.237	
	220		687	0.49	0.216	
380/260	18	100	60	1.56	0.234	
	380		1185	0.35	0.196	
	260	100	859	0.41	0.245	

(续表)

总容量 (瓦)	规格	电压 (伏)	容量 分配 (瓦)	匝数	导线直径 (毫米)	导线重 (千克)
100	380/220	380	100	1185	0.35	0.196
		220		726	0.47	0.234
	380/110	330	100	1185	0.35	0.196
		110		363	0.62	0.224
380/60	380	100	1185	0.35	0.196	
	60		198	0.86	0.23	
380/18	380	100	1185	0.35	0.196	
	18		60	1.56	0.23	
150	380-220/127/36-6.3	380	100	820	0.44	0.116
		220		474	0.59	0.242
		127		285	0.62	0.20
		36		81	0.77	0.096
		6.3		13	0.62	0.010
	220/127/36-6.3	220	100	474	0.59	0.242
		127		285	0.62	0.198
		36		81	0.77	0.096
	380/127/36-6.3	380	100	820	0.44	0.244
		127		285	0.62	0.197
	380/127/36-6.3	36	45	81	0.77	0.093
		6.3		5	13	0.62
150	380-220/127	380	150	820	0.44	0.116
		220		474	0.59	0.242
		127		285	0.74	0.294
	220/127	220	150	474	0.59	0.242
		127		285	0.74	0.292
	380/127	380	150	820	0.44	0.244
		127		285	0.74	0.278
	220/110	220	150	474	0.59	0.242
		110		247	0.80	0.298
	220/60	220	150	474	0.59	0.242
60		135		1.08	0.292	
220/18	220	150	474	0.59	0.242	
	18		40	2.02	0.296	
380/260	380	150	820	0.44	0.268	
	260		583	0.53	0.272	
380/220	380	150	820	0.44	0.268	
	220		494	0.57	0.280	
380/110	380	150	820	0.44	0.268	
	110		247	0.80	0.272	

(续表)

总容量 (瓦)	规 格	电压 (伏)	容量 分配 (瓦)	匝数	导线直径 (毫米)	导线重 (千克)
150	380/60	380	150	820	0.44	0.268
		60		150	1.08	0.262
	380/18	380	150	820	0.44	0.268
		18		40	2.02	0.272
300	380-220/127/36-6.3	380	250	635	0.69	0.251
		220		366	0.93	0.527
		127		220	1.04	0.546
		36		63	0.80	0.096
		6.3		10	0.62	0.0093
	220/127/36-6.3	220	250	366	0.93	0.527
		127		220	1.04	0.542
		36		63	0.80	0.096
	380/127/36-6.3	220	250	635	0.69	0.532
		127		220	1.04	0.525
		36		63	0.80	0.103
		6.3		10	0.62	0.0091
380-220/127/36-6.3	380	200	635	0.69	0.251	
	220		366	0.93	0.527	
	127		220	0.93	0.425	
	36		63	1.12	0.192	
220/127/36-6.3	220	200	635	0.69	0.251	
	127		366	0.93	0.422	
	36		220	0.93	0.191	
	6.3		63	1.12	0.191	
			10	0.90	0.020	
380/127/36-6.3	380	200	635	0.69	0.533	
	127		220	0.93	0.40	
	36		63	1.12	0.182	
	6.3		10	0.90	0.020	
380-220/127	380	300	635	0.69	0.251	
	220		366	0.93	0.527	
	127		220	1.12	0.642	
220/127	220	300	366	0.93	0.527	
	127		220	1.12	0.63	
380/127	380	300	635	0.69	0.532	
	127		220	1.12	0.64	
220/110	220	300	366	0.93	0.527	
	110		232	1.20	0.61	
380/260	380	300	635	0.69	0.533	
	260		459	0.80	0.642	

(续表)

总容量 (瓦)	规格	电压 (伏)	容量 分配 (瓦)	匝数	导线直径 (毫米)	导线重 (千克)
300	380/220	380 220	500	695 388	0.69 0.86	0.582 0.626
	280/110	380 110	500	695 192	0.69 1.20	0.582 0.61
500	380-220/127/36-6.3	380	450	435	0.90	0.336
		220		251	1.20	0.758
		127		151	1.40	0.742
		36		43	0.80	0.0768
		6.3		7	0.62	0.0075
	220/127/36-6.3	220	450	251	1.20	0.758
		127		151	1.40	0.74
		36		43	0.80	0.0757
		6.3		7	0.62	0.0075
	380/127/36-6.3	380	450	435	0.90	0.755
		127		151	1.40	0.738
		36		43	0.80	0.0752
		6.3		7	0.62	0.00745
380-220/127/36-6.3	380	400	435	0.9	0.336	
	220		251	1.2	0.757	
	127		151	1.35	0.692	
	36		43	1.2	0.17	
	6.3		7	0.9	0.0155	
220/127/36-6.3	220	400	251	1.2	0.758	
	127		151	1.35	0.688	
	36		43	1.2	0.168	
	6.3		7	0.9	0.0153	
380/127/36-6.3	380	400	435	0.9	0.736	
	127		151	1.35	0.668	
	36		43	1.2	0.168	
	6.3		7	0.9	0.0152	
380-220/127	380	500	435	0.9	0.336	
	220		251	1.2	0.758	
	127		151	1.5	0.852	
220/127	220	500	251	1.2	0.752	
	127		151	1.5	0.847	
380/127	380	500	435	0.9	0.736	
	127		151	1.5	0.844	
280/110	220	500	251	1.2	0.758	
	110		130	1.56	0.54	
380/260	380	500	435	0.9	0.736	
	260		308	1.04	0.84	

(续表)

总容量 (瓦)	规格	电压 (伏)	容量 分配 (瓦)	匝数	导线直径 (毫米)	导线重 (千克)
500	380/110	380	500	495	0.9	0.736
		110		130	1.56	0.525
700	380-220/127/36-6.3	380	650	422	1.12	0.548
		220		244	1.5	1.141
		127		145	1.74	1.21
		36		41	0.8	0.0795
		6.3		7	0.8	0.0137
	220/127/36-6.3	220	650	244	1.5	1.141
		127		145	1.74	1.20
		36		41	0.8	0.0785
	380/127/36-6.3	380	650	422	1.12	1.16
		127		145	1.74	1.19
		36		41	0.8	0.0775
	380-220/127/36-6.3	380	600	422	1.12	0.548
		220		244	1.5	1.141
		127		145	1.68	1.11
220/127/36-6.3	220	300	244	1.5	1.141	
	127		145	1.68	1.10	
	36		41	1.2	0.188	
380/127/36-6.3	380	600	422	1.12	1.16	
	127		145	1.68	1.08	
	36		41	1.2	0.177	
380-220/127	380	700	422	1.12	0.548	
	220		244	1.5	1.141	
	127		145	1.74	1.21	
220/127	220	700	244	1.5	1.141	
	127		145	1.74	1.23	
	36		41	0.8	0.0775	
380/127	380	700	422	1.12	1.16	
	127		145	1.74	1.19	
	36		41	0.8	0.0775	
1000	380-220/127/36-6.3	380	950	305	1.35	0.615
		220		177	1.74	1.22
		127		104	1.56×2	1.54
		36		20	0.8	0.068
		6.3		5	0.8	0.0116

(续表)

总容量 (瓦)	规格	电压 (伏)	容量 分配 (瓦)	匝数	导线直径 (毫米)	导线重 (千克)
1000	220/127/36-6.3	220	950	177	1.74	1.22
		127		104	1.56×2	1.578
		36		30	0.8	0.059
		6.3		5	0.8	0.011
	380/127/36-6.3	380	950	305	1.35	1.33
		127		104	1.56×2	1.52
		36		30	0.8	0.062
		6.3		5	0.8	0.0123
	380-220/127/36-6.3	380	900	305	1.35	0.615
		220		177	1.74	1.22
		127		104	2.1	1.45
		36		30	1.2	0.151
220/127/36-6.3	220	900	177	1.74	1.22	
	127		104	2.1	1.39	
	36		30	1.2	0.15	
	6.3		10	1.2	0.035	
380/127/36-6.3	380	900	305	1.35	1.33	
	127		104	2.1	1.52	
	36		30	1.2	0.154	
	6.3		10	1.2	0.0396	
380-220/127	380	1000	305	1.35	0.615	
	220		177	1.74	1.22	
	127		104	1.56×2	1.60	
220/127	220	1000	177	1.74	1.22	
	127		104	1.56×2	1.578	
380/127	380	1000	305	1.35	1.33	
	127		104	1.56×2	1.52	

(续表)

总容量 (瓦)	格 规	电压 (伏)	容量 分配 (瓦)	匝数	导线直径 (毫米)	导线重 (千克)
1500	380-220/127/36-6.3	380	1400	232	1.68	0.832
		220		134	1.62×2	1.992
		127		79	1.95×2	2.04
		36		22	1.2	0.115
		6.3		4	0.9	0.0105
	220/127/36-6.3	220	1400	134	1.62×2	1.992
		127		79	1.95×2	2.04
		36		22	1.2	0.104
		6.3		4	0.9	0.0105
	380/127/36-6.3	380	1400	232	1.68	1.81
		127		79	1.95×2	2.05
		36		22	1.2	0.104
		6.3		4	0.9	0.0105
	380-220/127/36-6.3	380	1350	232	1.68	0.832
220		134		1.62×2	1.992	
127		79		1.95×2	2.04	
36		22		1.2	0.115	
6.3		4		0.9	0.0105	
220/127/36-6.3	220	1350	134	1.62×2	1.992	
	127		79	1.95×2	2.04	
	36		22	1.2	0.104	
	6.3		4	0.9	0.0105	
380/127/36-6.3	380	1350	232	1.68	1.81	
	127		79	1.95×2	2.05	
	36		22	1.2	0.104	
	6.3		4	0.9	0.0105	
220/127	220	1500	134	1.62×2	1.992	
	127		79	1.95×2	2.04	
380/127	380	1500	232	1.68	1.81	
	127		79	1.95×2	2.05	



## 十、音频输送变压器

1. 工作原理 音频输送变压器又名数线变压器、线间变压器或用户变压器,用于有线广播中匹配扬声器音圈阻抗,亦适用于远距离输送音频信号。

图 2-81 为扩音机与扬声器之间加接输送变压器的电路。输送变压器的作用是变换扬声器音圈阻抗值,以配合扩音机所需的负载阻抗大小,使它们之间达到最好的功率匹配。当扬声器音圈接到输送变压器的二次侧后,对扩音机来说,负载不再是扬声器阻抗  $Z_2$ ,而是图中虚线方框内的等效阻抗  $Z'_2$ ,至于  $Z'_2$  与  $Z_2$  的关系可按照变压器特性求得:

$$Z'_2 = \frac{V_1}{I_1} = K^2 \frac{V_2}{I_2} = K^2 Z_2$$

式中:  $K$ ——输送变压器的变压比。譬如选用  $K=5$  的输送变压器,则

$$Z'_2 = K^2 Z_2 = (5)^2 \times 4.5 = 112.5 (\text{欧})$$

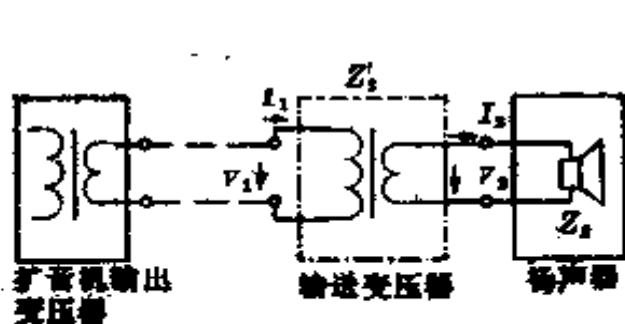


图 2-81 扩音机与扬声器之间的接线示意图

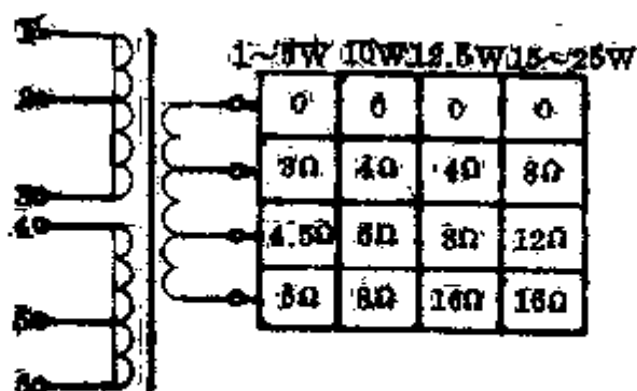


图 2-82 定阻抗式输送变压器电路图

由此可见,具有阻抗为 4.5 欧的扬声器经过输送变压器的变换以后,从变压器一次侧看去等效于一个阻抗为 112.5 欧的负载。因为这时 112.5 欧与扩音机输出阻抗 125 欧相接近,扬声器分配的功率将与扩音机输出功率接近相等。

输送变压器有定阻式、定压式和自耦式三种类型,它们的性能数据、技术规格分别列于表 2-33~表 2-35 中,在小型广播站中 150 瓦以下的扩音机大多采用定阻式。它有多档抽头,例如常见的一次侧抽头阻抗有 500、1000、2000、3000、6000 欧等,二次侧抽头的阻抗值大多根据扬声器音圈阻抗值决定的。图 2-82 为定阻抗输送变压器的电路图,变压器二次侧抽头端子标志有各个阻抗值,图中附有不同功率的二次侧阻抗值。变压器的一次侧抽头接线按表 2-32 中方法可以换接,由此得到不同的阻抗值。

表 2-32 定阻式输出变压器的变换接法

1~2W			3~5W			10~25W		
一次侧 阻 抗 (欧)	接线端 (接扩音机)	串并连 接 法 (连接)	一次侧 阻 抗 (欧)	接线端 (接扩音机)	串并连 接 法 (连接)	一次侧 阻 抗 (欧)	接线端 (接扩音机)	串并连 接 法 (连接)
250	1, 6	1与5 2与6	500	1, 6	1与5 2与6	250	1, 6	1与5 2与6
1000	1, 6	2与5	1000	2, 5	2与4 3与5	500	2, 5	2与4 3与5
4000	2, 5	2与4 3与5	2000	1, 6	2与5	1000	1, 6	2与5
6250	1, 6	1与4 3与6	3000	1, 6	1与4 3与6	1500	1, 6	1与4 3与6
9000	1, 6	2与4 3与5	4000	2, 5	3与4	2000	2, 5	3与4
16000	2, 5	3与4	6000	1, 6	2与4	3000	1, 6	3与5
20000	1, 5	3与4	7500	1, 5	3与4	3500	1, 5	3与4
25000	1, 6	3与4	12000	1, 6	3与4	6000	1, 6	3与4

注：表列数值如有改变，应以产品说明书为准

表 2-33 定阻式音频输送变压器技术数据

型 号	主 要 规 格						外形及安装尺寸 (毫米)				
	标称 功率 (瓦)	一次侧阻抗 (千欧)	二次侧 阻 抗 (欧)	耐压 (千伏)	引出 端 形式	结构 形式	L	B	H	A	E
ZB-2-1	2	0.25~1~4~6.25 ~9~16~20~25	3~4 5~6	1.5	焊片	夹式	76	32	40	64	4
ZB-3-5	3~6	0.5~1~2~3~4 ~6~7.5~12	3~4.5~6	1.5	焊片	夹式	76	32	40	64	4
ZB-5-1	5	0.5~1~2~3~4 ~6~7.5~12	3~4.5~6	1.5	焊片	夹式	90	40	50	76	4
ZB-10-1	10	0.25~1.5~1~1.5 ~2~3~3.5~6	4~6~8	1.5	焊片	夹式	94	44	54	80	4
ZB-12.5-1	12.5	0.25~1.5~1~1.5 ~2~3~3.5~6	3~12~16	1.5	焊片	夹式	94	44	54	80	4
ZB-15-1	15	0.25~1.5~1~1.5 ~2~3~3.5~6	3~12~16	1.5	焊片	夹式	94	44	54	80	4
ZB-25-1	25	0.25~1.5~1~1.5 ~2~3~3.5~6	3~12~16	1.5	螺钉	封闭	23	81	82		
ZB-3-1	3	2.5~5		1.5	焊片	夹式	77	28	35	64	

表 2-34 定压式音频输送变压器技术数据

型 号	主 要 规 格						外形及安装尺寸 (毫米)				
	标称 功率 (瓦)	一次侧电压 (伏)	二次侧电压 (伏)	耐压 (千伏)	引出 端 形式	结构 形式	L	B	F	A	E
EB-5-1	5	0~90~120	0~20~30 ~45	1.5	焊片	夹式	90	40	50	76	4
EB-10-3	10	0~90~120	0~20~30 ~45	1.5	焊片	夹式	94	44	54	80	4
EB-15-1	15	0~90~120	0~20~30 ~45	1.5	焊片	夹式	94	44	54	80	4
EB-20-1	20	0~90~120	0~20~30 ~60	1.5	螺钉	封闭	125	81	82		
EB-25-1	25	0~90~120	0~30~45 ~60	1.5	螺钉	封闭	125	81	82		
EB-30-1	30	0~90~120	0~20~30 ~60	1.5	螺钉	封闭	125	81	82		
EB-60-1	60	0~90~120	0~60~90 ×2	1.5	螺钉	L	100	80	110		

表 2-35 自耦式音频输送变压器技术数据

型 号	主 要 规 格					外形及安装尺寸 (毫米)					
	标称 功率 (瓦)	电 压 (伏)		耐压 (千伏)	引出 端 形式	结构 形式	L	B	H	A	E
EB-10-4	10	0~30~60~90~120~180 ~240~300~360~420		1.5	螺钉	KE	94	44	55	70	4
EB-15-3	15	0~30~60~90~120~180 ~240~300~360~420		1.5	螺钉	KE	94	44	55	70	4
EB-25-4	25	0~30~60~90~120~180 ~240~300~360~420		1.5	螺钉	KB	109	80	62	72	4

## 2. 扬声器配接输送变压器的方法

(1) 定阻抗式输送变压器的配接计算主要是确定变压器的容量和一次侧阻抗。输送变压器的功率应等于(或大于)它所接的扬声器功率,二次侧阻抗应等于所接扬声器的阻抗,而输送变压器的一次侧阻抗

$$Z_1 = \frac{P_0 Z_0}{P}$$

式中:  $P_0$ ——扩音机额定输出功率(瓦);  $Z_0$ ——扩音机输出变压器的最高或较大输出阻抗(欧);  $P$ ——分配给每只扬声器的功率(瓦)。

[例7] 一台30瓦扩音机,最高输出阻抗为250欧,需接15瓦、10瓦、5瓦的扬声器各一只,求各输送变压器的一次侧阻抗值。

解 按公式可以求得各输送变压器的一次侧阻抗值

$$Z_1 = \frac{P_0 Z_0}{P_1} = \frac{30 \times 250}{15} = 500(\text{欧})$$

选用15瓦输送变压器一次侧阻抗为500欧的抽头。

$$Z_2 = \frac{P_0 Z_0}{P_2} = \frac{30 \times 250}{10} = 750(\text{欧})$$

选用10瓦输送变压器一次侧阻抗为750欧的抽头。

$$Z_3 = \frac{P_0 Z_0}{P_3} = \frac{30 \times 250}{5} = 1500(\text{欧})$$

选用5瓦输送变压器一次侧阻抗为1500欧的抽头。

如果计算结果与实际抽头阻抗有差别时,通常选用相近而较小于计算值的抽头,如果计算值大于或小于实际抽头阻抗一倍时,可以相应地将二次侧接到大于或小于原值一倍的抽头上。例如例7中10瓦的扬声器计算出变压器一次侧阻抗为750欧,而扬声器音圈阻抗为8欧,现查得输送变压器实际抽头阻抗为500、1500、3000几种,因此可将750欧加大一倍接在1500欧处,但其二次侧则相应也增大一倍接到16欧处(读者可自行计算,其结果是变压比不变,等效阻抗不变)。

当扬声器总功率小于扩音机总功率时,为了保障扩音机的输出变压器及功率放大管的安全使用,同时使扬声器不致过负载而损坏,就需加接假负载来吸收剩余的功率。假负载采用线绕电阻较好,但有时为应急需要,也可采用一只220伏40瓦(或100瓦)的灯泡作假负载。假负载的阻值

$$R = \frac{P_0 Z_0}{P}$$

式中:  $P_0$ ——扩音机额定输出功率(瓦);  $Z_0$ ——扩音机最高输出阻抗(欧);  
 $P$ ——假负载应吸收的功率(瓦)。

为了防止过载烧毁,假负载选取的功率要大于应吸收功率的一倍左右。

[例 8] 40 瓦扩音机输出阻抗为 500 欧,配用功率 25 瓦及 5 瓦的扬声器各一只,求输送变压器的一次侧阻抗为多大,还需加接多大的假负载。

解 
$$Z_1 = \frac{P_0 Z_0}{P_1} = \frac{40 \times 500}{25} = 800 \text{ (欧)}$$

由表 2-33 可知选用 25 瓦变压器一次侧阻抗为 1000 欧的抽头。

$$Z_2 = \frac{P_0 Z_0}{P_2} = \frac{40 \times 500}{5} = 4000 \text{ (欧)}$$

由表 2-33 可知选用 5 瓦变压器一次侧阻抗为 4000 欧的抽头。还需加接假负载以吸收多余的功率

$$P_3 = P_0 - (P_1 + P_2) = 40 - (25 + 5) = 10 \text{ (瓦)}$$

因此

$$Z_3 = \frac{P_0 Z_0}{P_3} = \frac{40 \times 500}{10} = 2000 \text{ (欧)}$$

拟选用 2000 欧, 20 瓦的线绕电阻。

假负载除作上述用途以外,在具有多路扬声器的电路中,如果需将其中一路扬声器关掉,可用假负载代其工作,而不使整个电路功率分配受到影响。

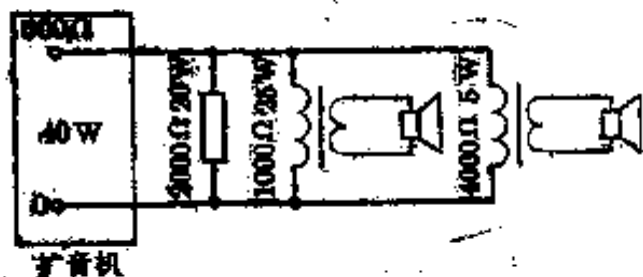


图 2-83 接线图

(2) 定压式输送变压器的配接计算也是求取变压器的一次侧阻抗

$$Z_1 = \frac{V_0^2}{P}$$

式中:  $V_0$ ——扩音机(大型)的输出电压(伏);  $P$ ——分配给每只扬声器的功率(瓦)。

[例 9] 500 瓦的扩音机,输出电压 240 伏,如要接 20 只 25 瓦、8 欧的扬声器,输送变压器一次侧应接多大阻抗抽头?

解 输送变压器一次侧阻抗

$$Z_1 = \frac{V_0^2}{P} = \frac{(240)^2}{25} = 2304 \text{ (欧)}$$

由表 2-33 查得相近的变压器阻抗抽头为 2000 欧,这也是每只扬声器折算到扩音机输出端的阻抗为 2000 欧,现共 20 只扬声器,所以总阻抗为

$$\Sigma Z_1 = \frac{2000}{20} = 100(\text{欧})$$

校验 500 瓦扩音机在 240 伏输出档的输出阻抗为:

$$Z_0 = \frac{V_0^2}{P_0} = \frac{(240)^2}{500} = 115.2(\text{欧})$$

所以尚可使用。

### 十一、音频输出变压器

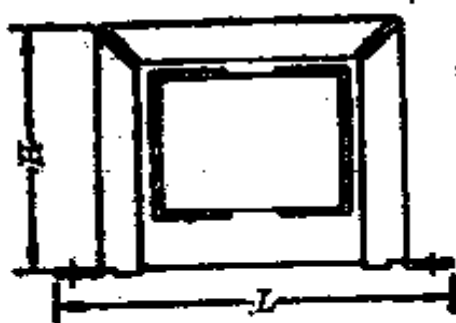
音频输出变压器供收音机或扩音机的最末级与扬声器阻抗匹配之用。如图 2-81 中, 音频输出变压器与输送变压器的使用和效能是根本不同的, 输出变压器是扩音机、收音机内部的主要零件, 而输送变压器是扩音机外部的一个配件。表 2-36 列出常用的音频输出变压器的技术数据, 其结构形式如图 2-84 所示。

表 2-36 音频输出变压器技术数据(夹式、合扑式)

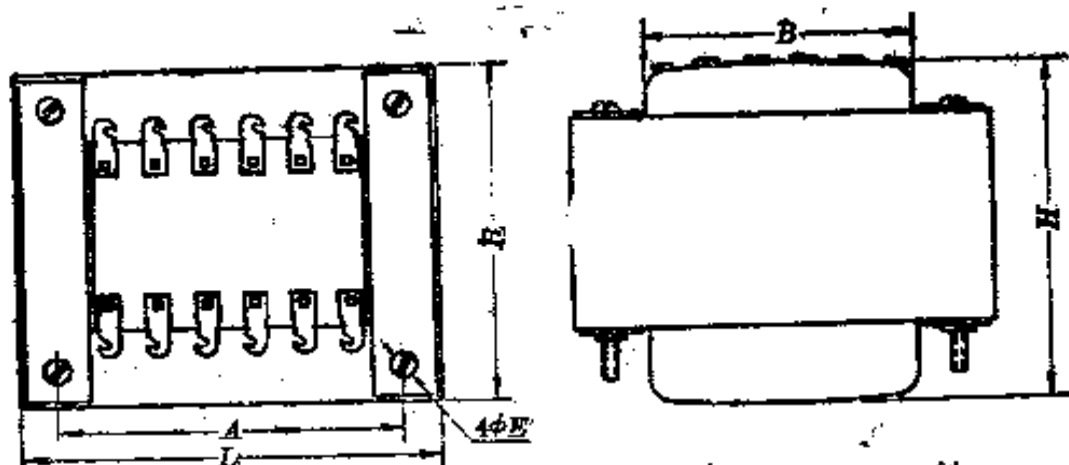
型号	主要规格				外形安装尺寸 (毫米)				
	输出功率 (伏安)	一次侧阻抗 (千欧)	二次侧阻抗 (欧)	结构式	L	b	H	A	E
CB-1-3	1	5	3.5	夹式	77	28	32	64	4
CB-1-4	1	5.5	3.5	夹式	77	28	32	64	4
CB-1-5	1	8	3.5	夹式	77	28	35	64	4
CB-2-4	2	5	3.5	夹式	76	32	40	64	4
CB-2-5	2	5.5	3.5	夹式	76	32	40	64	4
CB-6-1	6	5~7	4~6~8	夹式	90	40	50	76	4
CB-10-9	10	10	4~8~16~250	合扑式	66	52	44	44	4
CB-12-10	12	8	4~6~8~10~15	合扑式	66	55	44	44	4
CB-15-1	15	8	4~8~16~250	合扑式	75	62	50	62	4
CB-25-1	25	9	4~8~16~250	合扑式	75	62	50	62	4
CB-40-1	40	4.5	4~8~16~250	合扑式	84	70	68	70	4
CB-30-1	30	6	4~8~16~250	合扑式	84	70	56	70	4
CB-10-1	10	10	9~8~16	合扑式	84	70	62	70	

注: CB-10-1 为高传真输出变压器。

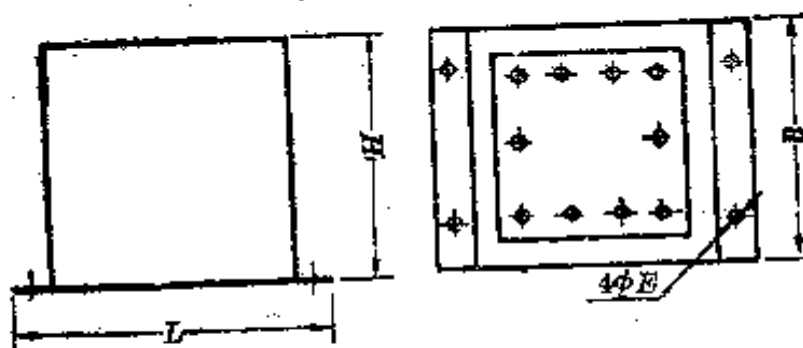
夹式(K型)



合扑式(T型)



封闭式



KB型(胶木板接线柱变压器)

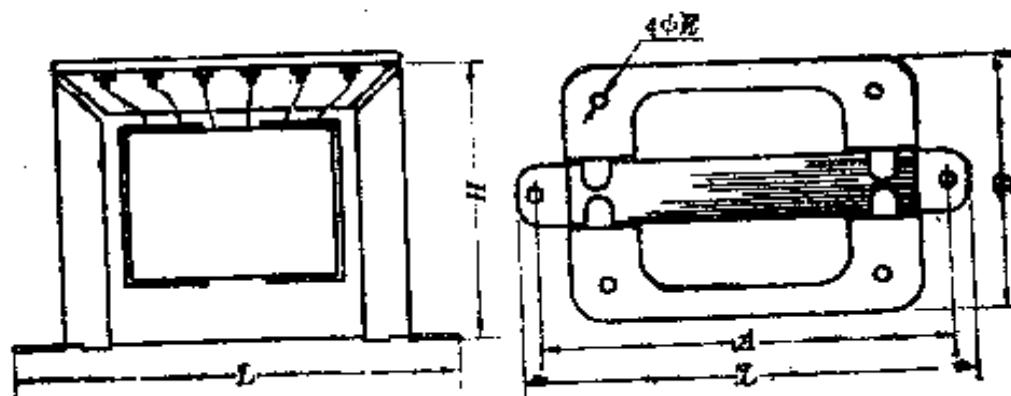


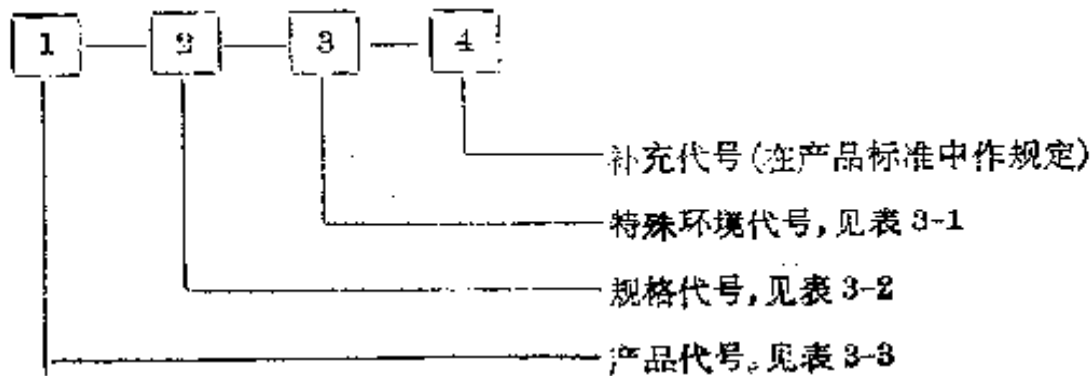
图 2-84 音频输出变压器结构形式

## 三相异步电动机及其修理

### 3-1 电机的产品型号

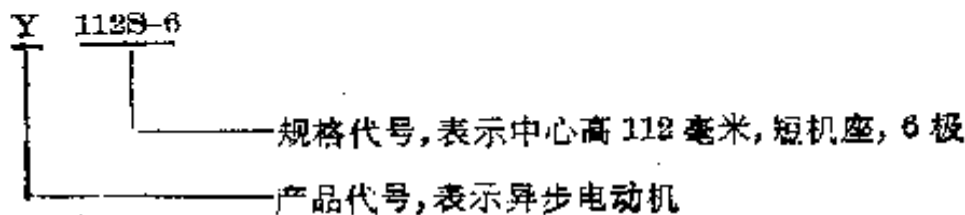
为了区别每一产品性能、用途和结构特征，一般情况下，可用产品型号加以区别。

我国电机产品型号的编制方法是采用国家标准 GB4831-84《电机产品型号编制方法》。按该标准规定，电机产品型号采用汉语拼音字母，以及国际通用符号和阿拉伯数字组成。产品型号的构成部分及其内容的规定，按下列顺序排列：

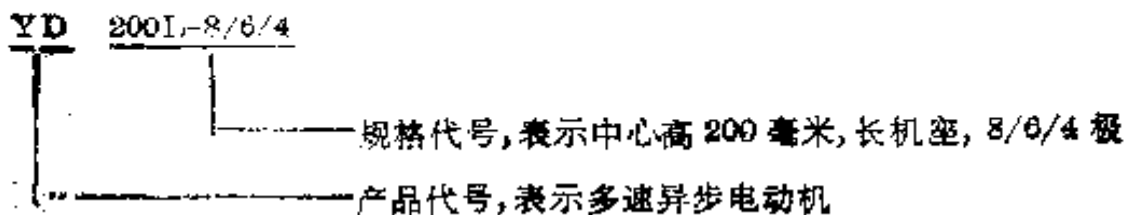


主要产品型号举例：

#### (1) 小型异步电动机



#### (2) 多速异步电动机





## (3) 户外化工防腐用异步电动机

Y 132S2-4 WF1

——特殊环境代号, W 表示户外用, F 表示化工防腐用, 1 表示中等防腐

——规格代号, 表示中心高 132 毫米, 短机座, 第二铁芯长度, 4 极

——产品代号, 表示异步电动机

表 3-1 特殊环境代号

汉字意义	“热”带用	“湿热”带用	“干热”带用	“高”原用	“船”(海)用	化工防“腐”用	户“外”用
汉语拼音代号	T	TH	TA	G	H	F	W

表 3-2 规格代号

产品名称	产品型号构成部分及其内容
小型异步电动机	中心高(毫米)-机座长度(字母代号)-铁芯长度(数字代号)-极数
大、中型异步电动机	中心高(毫米)-铁芯长度(数字代号)-极数
小同步电机	中心高(毫米)-机座长度(字母代号)-铁芯长度(数字代号)-极数
大、中型同步电机	中心高(毫米)-铁芯长度(数字代号)-极数
小型直流电机	中心高(毫米)-机座长度(数字代号)
中型直流电机	中心高(毫米)或机座号(数字代号)-铁芯长度(数字代号)-电流等级(数字代号)
大型直流电机	电枢铁芯外径(毫米)-铁芯长度(毫米)
分马力电动机(小功率电动机)	中心高(毫米)或外壳外径(毫米)(或/)机座长度(字母代号)-铁芯长度、电压、转速(均用数字代号)
交流换向器电机	中心高或机壳外径(毫米)-(或/)铁芯长度、转速(均用数字代号)

表 3-3 产品(类型)代号

产品名称	异步电动机	同电动机	同电动机	同电动机	直流电动机	直流电动机	汽轮机	水轮机	测功机	交流换向器电动机	水泵电动机	纺织用电动机
产品代号	Y	Y	TF	Z	ZP	QF	SW	C	H	Q	F	

表 3-4 三相异步电动机的型号、结构特征及用途

产品名称	产品代号		代号汉字意义	产品结构型式及特征	用途
	新	老			
小型三相异步电动机	Y	J、J2、J3、J-L、J2-L	异	防护式, 铸铁外壳, 铸铝转子, 防护等级为 IP23	用于一般机器与设备上, 如: 动水泵、鼓风机机床等
小型三相异步电动机	Y	JO、JO2、JO3、JO4、JO-L、JO2-L	异	封闭式, 铸铁外壳, 壳上有散热筋, 外风扇吹冷, 铸铝转子, 防护等级为 IP44	用途同上, 多用于灰尘较多的场合
三相异步电动机	Y	JS、JS2、JSL2、JSL、JK、JK2、JSQ	异	中心高 H 在 355 毫米以上, 基本型式为防护式、卧式, 机座带底脚, 电机为径向通风, 电压等级有 380 伏、3000 伏和 6000 伏	用于驱动各种机械, 如通风机、压缩机、水泵、破碎机、机床、运输机械等。可供厂矿作原动机用
小型三相异步电动机	YB	JB、JB2	异	防护式, 铸铁外壳, 绕线转子, 防护等级为 IP23	用于电源容量不足以启动鼠笼型电动机及要求启动电流小、启动转矩高等场合

(续表)

产品名称	产品代号		代号汉字意义	产品结构型式及特征	用途
	新	老			
小型三相绕线转子异步电动机	YR	JRO、JRO2	异绕	自冷式绕线转子，铸铁外壳，壳上有散热筋，防护等级为IP44	用途同上，多用于灰尘较多的场合
三相绕线转子异步电动机	YR	JR、JR2、JRL2、RQ、JBL、JRAI	异绕	中心高H355毫米以上。基本型为防护式，绕线转子，防护等级为IP23。根据用户要求可制成管道通风式，电压为3000伏、6000伏	用于电源容量不足以起动鼠笼型电动机及要求起动电流小起动转矩高等场合
高滑差率(滑差)异步电动机	YH	JH、JHO2	异滑	结构同Y(IP44)型电动机，转子用合金铝浇铸	用于驱动较大飞轮惯量而不均匀冲击负载的金属加工机械，如锤击机、剪切机、冲床、铰车等
变级多速异步电动机	YD	JD、JDO2	异多	电机转速可逐级调节，有双速、三速、四速三种，定子一套绕组，通过改变接线方法，达到变速，电机引出线为9~12根，结构同Y(IP44)	同Y型，用于2~4种转速的机械
三相异步电动机	YX		异效	在Y(IP44)上派生，采用较好的材料，增加有效材料的用量，改进设计，功率等级与安装尺寸同Y系列(IP44)	同Y型，适用于长期运行节能场合

制动三相异步电动机(旁磁式)	YBP	JZD	异(制)旁	转子非轴伸端装有分磁块及制动装置,与电动机组成一体。 功率等级与安装尺寸同Y(IP44)	用于电动葫芦、行车等需要迅速制动的机械设备上
锥形转子制动异步电动机		JZZ ZD ZDY	异锥形	封闭式,定子内圆和转子外圆呈锥形	用途同上。使用在要求制动速度更快的机械设备上
冶金及起重用异步电动机	YZ YZL	JZ JZR	异 异	防护等级IP44、IP54二种,转子有鼠笼转子和绕线转子二种	用于短时或断续运行、频繁启动和制动、有过负荷及有显著振动和冲击的设备上,如起重机械、冶金辅助机械等
内轮减速三相异步电动机	YLU	JTC	异(齿)减	同封闭式电动机和减速器组成	用于要求低速、大转矩的机械,如运输机械、矿山机械、原钢机械、造纸机械及其他要求低速的机械
三相异步电动机(低振动、低噪声)	YLP	JLQ、JJQ2	异振噪	结构同Y(IP44)电动机	同Y型,适用于要求低噪声、低振动的场合,如各种高精度的精密机床等机械设备
立式深井泵用三相异步电动机	YLB	JLB2、DM、JTP	异立式	H132毫米在Y(IP44)上派生,其余机座号均在Y(IP23)上派生,机座不带底脚,安装型式为V6(立式),下端盖上有凸缘(配泵体),无轴伸	与深井泵配套,供农业深井排灌和工业深井提水用

(续表)

产品名称	产品代号		代号汉字意义	产品结构型式及特征	用途
	新	老			
Y 安装型三相异步电动机	YA	JAO2	异 安	功率等级与安装尺寸对应关系, 在大功率部分比 Y (IP44) 有所降低, 定子温升限值比 Y (IP44) 低 10K (电阻法不超过 70K)。也规定了转子堵转温升限值, 定子绕组配有保护装置	适用于 Q-2、Q-3 级爆炸危险场合
隔爆型三相异步电动机	VB	BJO2、BJO3	异 爆	功率等级和安装尺寸对应关系同 Y (IP44), 仅结构特征和外形尺寸略有差异, 接线盒为 IP54, 位于顶部	隔爆结构制成 KB、B2d、B3d 三级, 分别适用于煤矿及工厂有 I、2 或 3 级 a、b、c 和 d 组可燃性气体与空气形成的爆炸性混合物场合
户外防腐型三相异步防腐型电动机	Y-W Y-F Y-WF	JO2-W JO2-F JO2-WF	异(外) 异(腐) 异(外腐)	在 Y (IP44) 上采用加强结构密封和材料工艺防腐措施派生的	分别适用于户外环境, 或户外、户内环境中存在腐蚀性气体或腐蚀性粉尘的场合
木工用三相异步电动机	YM	JM、JM2、JM3	异 木	封闭自扇冷式, 鼠笼型转子, 均为 3 极电动机	木工机专用
电梯用三相异步电动机	YTD	JTD	异 梯 电	YTD 为 2 速, YTD2 为 3 速	适用于交流落客、货电梯及其他各类升降机械驱动用

电动机用三相异步电动机	YDF YDF-WF		异电闸 异电闸 (户外防腐型)	结构同Y(IP44),转子采用高铝合金,没出线盒,有三根引出线从电动机前端盖引出	用于启动转矩大,最大转矩高的场合,如电动阀门
双值电容单相异步电动机	YL		异(双)	在Y(IP44)上派生的一种单相电动机	
船用三相异步电动机	Y-H	JO2-H	异(船)	在Y(IP44)上派生,工艺上对电机表面作过特殊处理,定子线圈进行三次浸漆,能适应盐、油雾和霉菌环境要求	适用于船舶机械
掘进用三相异步电动机	YG	JG2	异 掘	JG2外表面有环形散热筋,尚未更新	适用于冶金工业的轧钢机械 传送轨道和工作辊道的驱动
力矩三相异步电动机	YLJ	JLJ	异力矩	强通风式,铸铁外壳,转子导条采用高电阻材料	适用于纺织、印染、造纸、电缆、橡胶等部门作为卷绕、开卷、堵转和调速等设备上
三相异步电动机(高启动转矩)	YQ	JQ、JQO2	异 起	结构同Y型,仅改变转子的某些参数	适用于启动静止负荷或惯性负荷较大的机械,如压缩机、粉碎机、抽油机等
电磁调速异步电动机	YCT	JCT	异磁调	由Y系列电动机和电磁滑差离合器组成	用于纺织、印染、化工、造纸、船舶及要求变速的机械上
换向器式(整流子)调速异步电动机		JZS	异整调	防护式,铸铁外壳,手动及电动遥控调速二种,换向器转子嵌有主绕组和调节绕组	用途同上,但效率与功率因数比YCT高

## 3-2 三相异步电动机的技术数据

## 一、Y系列小型三相异步电动机技术数据

表 3-5 Y系列(IP44)小型三相异

型 号	额定 功率 (千瓦)	满 载 时				堵转 电流  额定 电流	堵转 转矩  额定 转矩	最大 转矩  额定 转矩	铁芯 长度 (毫米)
		定子 电流 (安)	转速 (转/分)	效率 (%)	功率 因数				
Y801-2	0.75	1.8	2830	75	0.84	7			65
Y802-2	1.1	2.5		77	0.86				80
Y801-4	0.55	1.5	1390	73	0.76	6.5			65
Y802-4	0.75	2.0		74.5	0.76				80
Y90S-2	1.5	3.4	2840	78	0.85	7	2.2	2.2	85
Y90L-2	2.2	4.7		82	0.86				110
Y90S-4	1.1	2.8	1400	78	0.78	6.5			90
Y90L-4	1.5	3.7		79	0.79				120
Y90S-6	0.75	2.3	910	72.5	0.70	6	2.0	2.0	100
Y90L-6	1.1	3.2		73.5	0.72				125
Y100L-2	3.0	6.4	2870	82	0.87				100
Y100L1-4	2.2	5.0	1430	81	0.82	7	2.2	2.2	105
Y100L2-4	3.0	6.8		82.5	0.81				135
Y100L-6	1.5	4.0	940	77.5	0.74	6	2.0	2.0	100
Y112M-2	4.0	8.2	2890	85.5	0.87	7	2.2	2.2	105
Y112M-4	4.0	8.8	1440	84.5	0.82				135
Y112M-6	2.2	5.6	940	80.5	0.74	6	2.0	2.0	110

步电动机技术数据(380伏、50赫)

气隙长度 (毫米)	定子 外径 (毫米)	定子 内径 (毫米)	定子线规 (根-毫米)	每槽 线数	并联 路数	绕组型式	节 距	槽数 ( $z_1/z_2$ )
0.3	120	67	1-0.68	111	1	单层交叉	1~9 2~10 18~11	18/16
			1-0.71	90				
0.25	120	75	1-0.56	128		单层链式	1~6	24/22
			1-0.63	103				
0.35	130	72	1-0.8	74		单层交叉	1~9 2~10 18~11	18/16
			1-0.95	58				
0.25	130	80	1-0.71	81		单层链式	1~6	24/22
			1-0.8	63				
			1-0.67	77				
0.4	130	86	1-0.75	60		单层同心	1~12 2~11	24/20
			1-1.18	40				
0.3	155	98	2-0.71	41		单层交叉	1~9 2~10 18~11	36/32
			1-1.18	31				
0.25	155	109	1-0.85	53		单层链式	1~6	36/33
0.45			98	1-1.06	48	单层同心	1~10, 2~15, 3~14, 1~14, 2~13	30/26
0.3	175	110		1-1.06	46	单层交叉	1~9, 2~10, 18~11	36/32
			120	1-1.06	44	单层链式	1~6	36/33



型 号	额定 功率 (千瓦)	满 载 时				堵转 电流 额定 电流	堵转 转矩 额定 转矩	最大 转矩 额定 转矩	铁芯 长度 (毫米)
		定子 电流 (安)	转速 (转/分)	效率 (%)	功率 因数				
Y132S1-2	5.5	11	2900	86.5	0.88	7	2.0	2.2	105
Y132S2-2	7.5	15		86.2	0.88				125
Y132S-4	5.5	12	1440	85.5	0.84	7	2.2	2.2	115
Y132M-4	7.5	15		87	0.85				160
Y132S-6	3.0	7.2	960	83	0.76	6.5	2.0	2.0	110
Y132M1-6	4.0	9.4		84	0.77				140
Y132M2-6	5.5	13	710	85.3	0.78	5.5	2.0	2.0	180
Y132S-8	2.2	5.8		81	0.71				110
Y132M-8	3.0	7.7	82	0.72	140				
Y160M1-2	11	22	2950	87.2	0.88	7	2.2	2.2	125
Y160M2-2	15	29		88.2	0.88				155
Y160L-2	18.5	36	1460	89	0.89	7	2.2	2.2	195
Y160M-4	11	23		88	0.84				155
Y160L-4	15	30	970	88.5	0.85	6.5	2.0	2.0	195
Y160M-6	7.5	17		86	0.78				145
Y160L-6	11	25	720	87	0.78	6	2.0	2.0	195
Y160M1-8	4.0	9.9		84	0.73				110
Y160M2-8	5.5	13	85	0.74	145				

(续表)

气隙长度 (毫米)	定子 外径 (毫米)	定子 内径 (毫米)	定子线规 (根-毫米)	每槽 线数	并联 支路 数	绕组型式	节 距	槽数 ( $Z_1/Z_2$ )	
0.55	210	116	1—0.9	44	1	单层同心	1~16	30/26	
			1—0.95	37			2~15		
0.4		136	1—1.0	47		单层交叉	1~9	36/32	
			1—0.95	35			2~10		
0.85		143	1—0.85	1—0.9		38	单层链式	1~6	36/33
				1—1.06		52			
			1—1.25	42		48/44			
			1—1.12	38					
			1—1.30	30					
			2—1.18	28					
0.65		150	2—1.12	1—1.25		23	单层同心	1~16 2~15 3~14 1~14 2~13	30/26
				2—1.18		19			
	3—1.12			56					
	2—1.18			22					
0.5	170	1—1.30	2—1.25	56	2	单层交叉	1~9 2~10 18~11	36/26	
			1—1.18	22					
0.4	180	2—1.12	4—0.95	38	1	单层链式	1~6	36/33	
			1—1.25	23					
			2—1.0	49					
			1—1.12	39					
			1—1.12	39					

型 号	额定 功率 (千瓦)	满 载 时				堵转 电流 额定 电流	堵转 转矩 额定 转矩	最大 转矩 额定 转矩	铁芯 长度 (毫米)
		定子 电流 (安)	转速 转/分	效率 (%)	功率 因数				
Y160L-8	7.5	18	720	86	0.75	5.5	2.0	195	
Y180M-2	22	42	2940	89	0.89	7	2.0	175	
Y180M-4	18.5	36	1470	91	0.86			190	
Y180L-4	22	43		91.5	0.86			220	
Y180L-6	15	31	970	89.5	0.81	6.5	1.8	200	
Y180L-8	11	25	730	86.5	0.77	6	1.7	200	
Y200L1-2	30	57	2950	90	0.89	7	2.0	180	
Y200L2-2	37	70		90.5	0.89			210	
Y200L-4	30	57	1470	92.2	0.87			230	
Y200L1-6	18.5	38	970	89.8	0.83	6.5	1.8	195	
Y200L2-6	22	45		90.2	0.83			220	
Y200L-8	15	34	730	88	0.76	6		195	
Y225M-2	45	84	2970	91.5	0.89		2.0	210	
Y225S-4	37	70	1480	91.8	0.87	7	1.9	200	
Y225M-4	45	84		92.3	0.88			235	
Y225M-6	30	60	980	90.2	0.85	6.5	1.7	210	
Y225S-8	18.5	41	730	89.5	0.76	6		2.0	170
Y225M-8	22	48	740	90	0.78		1.8		210

(续表)

气隙长度 (毫米)	定子 外径 (毫米)	定子 内径 (毫米)	定子线规 (根·毫米)	每槽 线数	并联 支路 数	绕组型式	节 距	槽数 ( $2p_1/2p_2$ )	
0.4	260	180	1—1.18	30	1	单层链式	1~6	48/44	
0.8	290	160	2—1.3 2—1.4	16			1~14	36/28	
0.55		187	2—1.18	32	1~11	18/44			
			2—1.3	28					
0.45		205	1—1.5	34	2	1~9	54/44		
	2—0.9		46	1~7		54/58			
1.0	327	182	2—1.12 2—1.18	23	4	双层叠式	1~14	36/28	
			1—1.4 2—1.5	24					
			1—1.06 1—1.12	48					1~11
0.5		230	1—1.12 1—1.18	32			2	1~9	54/44
			2—1.25	28				1~7	54/58
			1—1.06 1—1.12	38					
1.1	368	210	3—1.4 1—1.5	22	4	1~14	36/28		
0.7		245	2—1.25	46				1~12	48/44
			1—1.30 1—1.40	40					
0.5		260	260	2—1.40 1—1.30				26	2
	2—1.40			38					
	2—1.50			32	1~7	54/58			

型 号	额定 功率 (千瓦)	满 载 时				堵转 电流  额定 电流	堵转 转矩  额定 转矩	最大 转矩  额定 转矩	铁芯 长度 (毫米)
		定子 电流 (安)	转速 (转/分)	效率 (%)	功率 因数				
Y250M-2	55	103	2970	91.5	0.89	7	2.0	2.2	195
Y250M-4	55	103	1480	92.6	0.88				240
Y250M-6	37	72	980	90.8	0.86	6.5	1.8	2.0	235
Y250M-8	30	63	740	90.5	0.80	6			225
Y280S-2	75	140	2970	91.5	0.89	7	2.0	2.2	225
Y280M-2	90	167		92	0.89				260
Y280S-4	75	140	1480	92.7	0.88	7	1.9	2.2	240
Y280M-4	90	164		93.6	0.89				325
Y280S-6	45	85	980	92	0.87	6.5	2.0	2.0	215
Y280M-6	55	104		92	0.87				260
Y280S-8	37	78	740	91	0.79	6	2.0	2.0	215
Y280M-8	45	93		91.7	0.80				260
Y315S-2	110	200	2980	93	0.90	7	1.8	2.3	290
Y315M1-2	132	237		94	0.90				340
Y315M2-2	160	286	1480	94.5	0.90	7	2.3	2.3	380
Y315S-4	110	201		93.5	0.89				300
Y315M1-4	132	241	1490	93.5	0.89	7	2.3	2.3	350
Y315M2-4	160	291		94	0.89				400

(续表)

气隙长度 (毫米)	定子 外径 (毫米)	定子 内径 (毫米)	定子线规 (根-毫米)	每槽 线数	并联 支路 数	绕组型式	节 距	槽数 ( $z_1/z_2$ )
1.2	400	225	6—1.40	20	2	双层叠式	1~14	36/28
0.8		260	3—1.30	36	4		1~12	48/44
0.55		285	1—1.12 2—1.18	28	3		1~9	72/58
			3—1.30	22				
1.5	445	255	7—1.50	14	2		1~16	42/34
0.9			300	8—1.50	12		4	1~14
		2—1.25 2—1.30		26				
		5—1.30		20				
		0.65		325	2—1.30 1—1.40			
1—1.40 2—1.50			22		4			
1.3	520	300	1—1.50 1—1.40	34			2	1~18
			10—1.50 4—1.60	9				
			5—1.40 12—1.50	8				
1.1	350		17—1.60	7	4	1~17	72/64	
			3—1.30 4—1.40	16				
			3—1.30 4—1.50	14				
			2—1.40 2—1.50	12				

型 号	额定 功率 (千瓦)	满 载 时				堵转 电流	堵转 转矩	最大 转矩	铁芯 长度 (毫米)		
		定子 电流 (安)	转 速 (转/分)	效 率 (%)	功 率 因 数	额 定 电 流	额 定 转 矩	额 定 转 矩			
Y315S-6	75	141	990	93	0.87	6.5	1.6		300		
Y315M1-6	90	168		93.5	0.87				350		
Y315M2-6	110	204		94	0.87				400		
Y315M3-6	132	245		94	0.87				455		
Y315S-8	55	111	740	92	0.82		6.5	2.0		300	
Y315M1-8	75	150		92.5	0.82					350	
Y315M2-8	90	179		93	0.82					400	
Y315M3-8	110	219		93	0.82					455	
Y315S-10	45	99	590	91	0.76			6.5	1.4		300
Y315M1-10	55	120		91.5	0.76						400
Y315M3-10	75	161		92	0.77	455					

表 3-6 Y 系列(IP23)小型三相异步

型 号	额定 功率 (千瓦)	满 载 时				堵转 电流	堵转 转矩	最大 转矩
		定子 电流 (安)	转 速 (转/分)	效 率 (%)	功 率 因 数	额 定 电 流	额 定 转 矩	额 定 转 矩
Y160M-2	15	29	2910	88	0.88	7.0	1.7	2.2
Y160L1-2	18.5	36		89	0.89		1.8	
Y160L2-2	22	42		89.5	0.89		2.0	

(续表)

气隙长度 (毫米)	定子外径 (毫米)	定子内径 (毫米)	定子线规 (根-毫米)	每槽 线数	并联 支路 数	绕组型式	节距	槽数 (Z <sub>1</sub> /Z <sub>2</sub> )	
0.8	520	375	1-1.40	34	6	双层叠式	1~11	72/58	
			2-1.50	30					
			1-1.50	25					
			2-1.60	22					
			1-1.40	14					2
			3-1.50	46					8
		390	1-1.50	20	4		8	1~9	90/72
			1-1.60	34	10				
			4-1.30	66	5				
			2-1.40	52					
			1-1.40	22					
			2-1.50						

电动机技术数据(380伏、50赫)

铁芯长度	气隙长度	定子外径	定子内径	定子线规 (根-毫米)	每槽 线数	并联 支路 数	绕组 型式	节距	槽数 (Z <sub>1</sub> /Z <sub>2</sub> )
100	0.8	290	160	2-1.06	24	1	双层叠式	1~14	36/28
125				1-1.12	20				
135				1-1.4	18				



型 号	额定 功率 (千瓦)	满 载 时				堵转 电流  额定 电流	堵转 转矩  额定 转矩	最大 转矩  额定 转矩	
		定子 电流 (安)	转 速 (转/分)	效 率 (%)	功 率 因 数				
Y160M-4	11	23	1460	87.5	0.85	7.0	1.9	2.2	
Y160L1-4	15	30		88	0.86		6.5		2.0
Y160L2-4	18.5	37		89	0.86				
Y160M-6	7.5	17	960	85	0.79	6.5	2.0	2.0	
Y160L-6	11	25		86.5	0.78				
Y160M-8	5.5	14	720	83.5	0.73	6.0	2.0	2.0	
Y160L-8	7.5	18		85	0.73				
Y180M-2	30	57	2940	89.5	0.89	7.0	1.7	2.2	
Y180L-2	37	70		90.5	0.89				
Y180M-4	22	43	1460	89.5	0.86	6.5	1.9	2.0	
Y180L-4	30	58		90.5	0.87				
Y180M-6	15	32	970	88	0.81	6.5	1.8	2.0	
Y180L-6	18.5	38		88.5	0.83				
Y180M-8	11	26	720	86.5	0.74	6.0	2.0	2.0	
Y180L-8	15	34		87.5	0.76				
Y200M-2	45	84	2940	91	0.89	7.0	1.9	2.2	
Y200L-2	55	103	2950	91.5	0.89				
Y200M-4	37	71	1470	90.5	0.87	6.5	2.0	2.0	
Y200L-4	45	86		91.5	0.87				
Y200M-6	22	44	970	89	0.85	6.5	1.7	2.0	
Y200L-6	30	59	980	89.5	0.87				

(续表)

铁芯长度	气隙长度	定子外径	定子内径	定子线规 (根·毫米)	每槽 线数	并联 支路 数	绕组 型式	节距	槽数 ( $z_1/z_2$ )
(毫米)									
100	0.55	290	187	1—1.18	54	2	双 层 叠 式	1~11	48/44
130				1—1.3	42	1			
150				1—1.4 1—1.5	18				
95	1—1.4	32	1	1~9	54/44				
125	0.4	205				2—1.18		24	
95						1—1.3 1—1.0		42	1
125			1—1.06	32					
135	1.0	182	2—1.3	32	1	1~14		36/28	
160			2—1.4	27					
135			0.65	210					2—1.12
175	2—1.3	32			1	1~11		48/44	
125	1—1.4	44							
155	0.50	230	2—1.06	36					2
125			2—0.9	56					
155			2—1.0	44					
155	1.1	210	2—1.25 1—1.3	24	1	1~14		36/28	
185			3—1.4	21					
155			0.7	245					1—1.12 2—1.18
185	3—1.3	22							
135	2—1.18	36							
165	0.50	260	1—1.3 1—1.4	50	1	1~9	54/44		

型 号	额定 功率 (千瓦)	满 载 时				堵转 电流	堵转 转矩	最大 转矩
		定子 电流 (安)	转 速 (转/分)	效 率 (%)	功 率 因 数	额定 电流	额定 转矩	额定 转矩
Y200M-8	18.5	41	730	88.5	0.78	6.0	1.7	2.0
Y200L-8	22	48	740	89	0.78			
Y225M-2	75	140	2960	91.5	0.89	7.0	1.8	2.2
Y225M-4	55	104	1470	91.5	0.88			
Y225M-6	37	71	980	90.5	0.87	6.5	2.0	2.0
Y22M-8	30	63	740	89.5	0.81	6.0		
Y250S-2	90	167	2960	92	0.89	7.0	1.7	2.2
Y250M-2	110	201		92.5	0.90			
Y250S-4	75	141	1470	92	0.88	2.0	2.2	2.2
Y250M-4	90	168		92.5	0.88			
Y250S-6	45	87	980	91	0.86	6.5	1.8	2.0
Y250M-6	55	106		91	0.87			
Y250S-8	37	78	740	90	0.80	6.0	1.6	2.0
Y250M-8	45	94		90.5	0.80			
Y280M-2	132	241	2970	92.5	0.90	7.0	1.7	2.2
Y280S-4	110	205	1480	92.5	0.88			
Y280M-4	132	245		93	0.88	6.5	1.8	2.0
Y280S-6	75	143	980	91.5	0.87			
Y280M-6	90	169		92	0.88			
Y280S-8	55	115	740	91	0.80	6.0	1.8	2.0
Y280M-8	75	154		91.5	0.81			

(续表)

铁芯长度	气隙长度	定子外径	定子内径	定子线规 (根-毫米)	每槽 线数	并联 支路 数	绕组 型式	节距	槽数 ( $S_1/S_2$ )		
(毫米)											
135	0.50	368	260	1-1.6	44	2	双 层 叠 式	1~7	54/50		
165				2-1.25	36			1~14	36/28		
185	1.2	400	225	3-1.6	18	4		1~12	43/44		
185	0.8		260	1-1.25 1-1.3	40			3			
175	0.55		285	1-1.18 1-1.25	30	4		1~9	72/58		
175				1-1.4	50						
170	1.5	445	225	2-1.3 3-1.4 4-1.5	16	2		1~16	42/34		
195					1-1.6 2-1.25			14			
185	0.9	445	300	3-1.3 4-1.25	14	3		1~14	60/50		
215					2-1.3 2-1.4			12			
165	0.65	445	325	4-1.06	23	4		1~12	72/58		
195								1-1.06	24		
165								1-1.12	46	2	1~9
195				1-1.18 1-1.25	38						
200	1.6	492	280	6-1.5	12	4		1~16	42/34		
200	1.0		330	4-1.25	24				1~14	60/50	
240					4-1.4	20		3	1~12		
185	0.70	492	360	3-1.4 3-1.5	22						
240						1-1.3		18			
185								1-1.4	36	4	1~9
240				1-1.5 1-1.6	28						

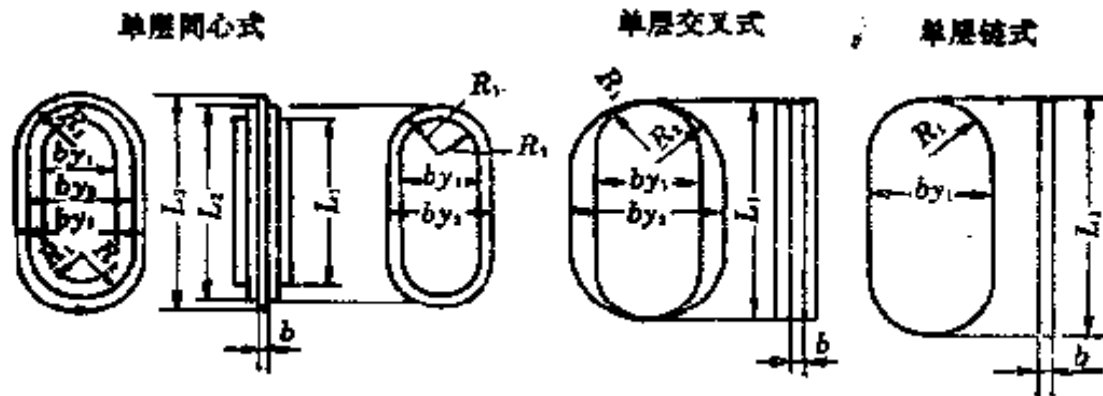


图 3-1 Y80~160(IP44)三相异步电动机绕线模示意图

表 3-7 Y80~160(IP44)三相异步电动机绕线模尺寸

型 号	功率 (千瓦)	绕组 型式	线 模 尺 寸 (毫米)									
			$b_{y1}$	$b_{y2}$	$b_{y3}$	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$b$
Y801-2	0.75	单 层 交 叉	58	71		169			30	36		8
Y802-2	1.1					180						
Y90S-2	1.5		66	79		185						
Y90L-2	2.2	单 层 同 心 式				218			38	40		9
Y100L-2	3.0		87	104		208	230		44	52		10
Y112M-2	4.0		88	104	120	230	244	275	44	52	60	
Y132S1-2	5.5		102	124	146	237	259	300	51	62	73	
Y132S2-2	7.5					257	279	320				
Y160M1-2	11					297	323	349				
Y160M2-2	15		132	158	184	327	353	379	66	79	92	12
Y160L-2	18.5				367	393	419					
Y801-4	0.55	单 层 链 式				119						
Y802-4	0.75					129			31			8
Y90S-4	1.1		50			146			36			9

(续表)

型 号	功率 (千瓦)	绕组 型式	线 模 尺 寸 (毫米)										
			$b_{y1}$	$b_{y2}$	$b_{ys}$	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$b$	
Y90L-4	1.5	单层 链式	50			174				31			9
Y100L1-4	2.2	单 层 交 叉	59	67		180				32	37		10
Y100L2-4	3.0					210				34	40		
Y112M-4	4.0		67	72	210	34	40						
Y132S-4	5.5		84	94	195	53	65	10					
Y132M-4	7.5		245										
Y160M-4	11		253										
Y160L-4	15		104			293			60			12	
Y90S-6	0.75	单 层 链 式	36			146				22			9
Y90L-6	1.1					165				28			
Y100L-6	1.5		43	158	28			10					
Y112M-6	2.2		52	171	30								
Y132S-6	3.0		170										
Y131M1-6	4.0		65	200	43	69		9					
Y132M1-6	5.5		116	240									
Y160M-6	7.5		79	220	47			12					
Y160L-6	11		270										
Y132S-8	2.2		49	165	30			9					
Y132M-8	3.0	195											
Y160M1-8	4.0	178											
Y160M2-8	5.5	60	208	37			12						
Y160L-8	7.5	263											

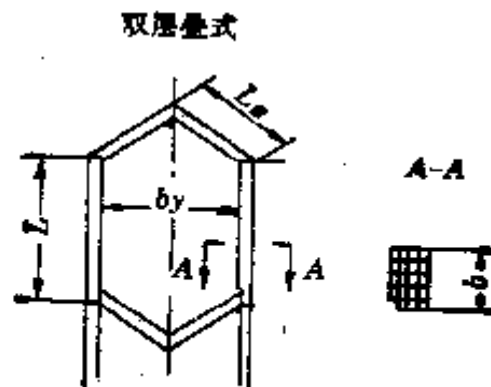


图 3-2 Y180~315(IP44)三相异步电动机绕线模示意图

表 3-8 Y180~315(IP44)三相异步电动机绕线模尺寸

型 号	功率 (千瓦)	线模尺寸(毫米)				型 号	功率 (千瓦)	线模尺寸(毫米)			
		$t_y$	$L$	$L_x$	$b$			$b_y$	$L$	$L_x$	$b$
Y180M-2	22	102	215	26	9	Y200L2-6	22	113	260	65	7
Y180M-4	18.5		230			Y200L-8	15	83	230	50	
Y180L-4	22	132		79	7.5	Y225M-2	45	260	250	159	12
Y180L-6	15	100	235	61	6.5	Y225S-4	37		240		
Y180L-8	11	74	235	45	6.5	Y225M-4	45	190	275	117	10
Y200L1-2	30		225			Y225M-6	30	124	250	76	
Y200L2-2	37	230		140		Y225S-8	18.5		210		6.5
Y200L-4	30	150	275	87		Y225M-8	22	94	250	61	
Y200L1-6	18.5	113	230	65	7	Y250M-2	55	284	259	173	12.5

(续表)

型 号	功率 (千瓦)	线模尺寸(毫米)				型 号	功率 (千瓦)	线模尺寸(毫米)			
		$b_y$	$L$	$L_x$	$b$			$b_y$	$L$	$L_x$	$b$
Y250M-4	55	202	290	119	10	Y315S-4	110	355			
Y250M-6	37	145		92		Y315M1-4	132	264	405	165	
			265		7						
Y250M-8	30	103		67		Y315M2-4	160	455			
Y280S-2	75		275			Y315S-6	75	350			
		312		192	24						
Y280M-2	90		310			Y315M1-2	90	400			
							175		115		
Y280S-4	75		290			Y315M2-6	110	450			
		217		131	12						
Y280M-4	90		375			Y315M3-6	132	505			
										10	
Y280S-6	45		265			Y315S-8	55	350			
		164		100	9						
Y280M-6	55		310			Y315M1-8	75	400			
							141		90		
Y280S-8	37		265			Y315M2-8	90	450			
		117		75	9						
Y280M-8	45		310			Y315M3-8	110	505			
Y315S-2	110		340			Y315S-10	45	350			
Y315M1-2	132	370	390	240	16	Y315M1-10	55	113	400	73	
Y315M-2	160		430			Y315M3-10	75	505			



## 二、J、JO、J2、JO2、JO3系列三相异步电动机技术数据

表 3-9 J、JO 系列电动机性能数据

型号	额定功率 (千瓦)	额定电压 (伏)	满载时				起动电流	起动转矩	最大转矩	总重 (卧式结构) (千克)
			转速 (转/分)	电 流 (安)	效率 (%)	功率 因数 $\cos\phi$	额定 电流	额定 转矩	额定 转矩	
同步转速 3000 转/分 (2 极)										
J31-2	1.0	220/380	2850	3.6/2.06	78.5	0.86	6.0	1.6	2.2	18
J32-2	1.7	220/380	2850	6.3/3.64	81.5	0.87	6.0	1.8	2.4	25
J41-2	2.8	220/380	2870	10/5.8	83.5	0.88	6.0	1.4	2.2	35
J42-2	4.5	220/380	2870	15.8/9.15	85	0.88	7.0	1.6	2.4	44
J51-2	7.0	220/380	2890	24/13.8	86	0.90	7.0	1.2	2.2	80
J52-2	10	220/380	2890	33.6/19.4	87	0.90	7.0	1.3	2.4	99
J61-2	14	220/380	2910	47/27.5	87.5	0.90	5.5	1.2	2.5	130
J62-2	20	220/380	2910	66/38	88.3	0.91	6.0	1.3	2.7	145
J71-2	28	220/380	2920	92/53	89	0.91	5.0	0.95	2.1	210
J72-2	40	220/380	2920	129/74.5	89.5	0.91	5.5	1.1	2.3	235
J81-2	55	220/380	2930	177/102	90.1	0.91	5.0	0.95	2.4	370
J82-2	75	220/380	2930	239/138	90.6	0.91	5.5	1.1	2.6	415
J91-2	100	220/380	2950	315/182	91.5	0.91	6.0	0.95	2.8	605
J92-2	125	220/380	2950	388/224	92	0.92	6.5	1.15	3.0	685
同步转速 1500 转/分 (4 极)										
J31-4	0.6	220/380	1420	2.8/1.6	74	0.76	5.5	1.7	2.0	18
J32-4	1.0	220/380	1420	4.25/2.4	78.5	0.79	5.5	1.8	2.0	25
J41-4	1.7	220/380	1430	6.7/3.9	81.5	0.82	6.0	1.8	2.0	35
J42-4	2.8	220/380	1430	10.5/6.1	83.5	0.84	6.0	1.9	2.0	44
J51-4	4.5	220/380	1440	16.4/9.5	85	0.85	6.5	1.4	2.0	80
J52-4	7.0	220/380	1440	25/14.5	86	0.856	6.5	1.5	2.0	99
J61-4	10	220/380	1450	34.4/19.9	86.8	0.83	5.5	1.3	2.0	125
J62-4	14	220/380	1450	47.8/27.6	87.55	0.83	6.0	1.5	2.0	140

注：现在生产的电动机凡 4.5 千瓦及以上的，都接  $\Delta$  形，电压为 380 伏。

(续表)

型号	额定功率 (千瓦)	额定电压 (伏)	满载时				起动电流 额定电流	起动转矩 额定转矩	最大转矩 额定转矩	总重 (卧式结构) (千克)
			转速 (转/分)	电 流 (安)	效率 (%)	功率 因数 $\cos\varphi$				
同步转速 1500 转/分 (4 极)										
J71-4	20	220/380	1450	67.5/39	88.5	0.88	5.5	1.2	2.0	205
J72-4	28	220/380	1450	93/54	89.5	0.88	6.0	1.4	2.0	230
J81-4	40	220/380	1460	133/77	89.5	0.89	5.5	1.1	2.0	360
J82-4	55	220/380	1460	180/104.4	90.15	0.89	6.5	1.3	2.0	400
J91-4	75	220/380	1460	246/142	90.6	0.89	5.5	1.1	2.0	590
J92-4	100	220/380	1460	320/185	91	0.90	5.5	1.1	2.0	665
同步转速 1000 转/分 (6 极)										
J41-6	1.0	220/380	940	4.93/2.84	76.7	0.72	5.0	1.3	1.8	35
J42-6	1.7	220/380	940	7.65/4.43	79.6	0.75	5.5	1.4	1.8	44
J51-6	2.8	220/380	960	11.6/6.7	82	0.775	5.0	1.3	1.8	80
J52-6	4.5	220/380	960	17.7/10.2	84	0.80	5.5	1.4	1.8	99
J61-6	7	220/380	960	27/15.5	85.5	0.81	4.5	1.1	1.9	125
J62-6	10	220/380	960	37/21.5	86.5	0.82	4.5	1.1	1.9	140
J71-6	14	220/380	970	49.4/28.5	87	0.85	5.0	1.2	1.9	205
J72-6	20	220/380	970	70/40.5	88	0.86	5.0	1.2	1.9	230
J81-6	28	220/380	975	96/55.5	88.5	0.87	5.0	1.3	1.9	360
J82-6	40	220/380	975	135/78	89.5	0.88	5.5	1.4	1.9	400
J91-6	55	220/380	980	182/105	90.5	0.88	5.0	1.0	1.9	590
J92-6	75	220/380	980	242/140	91.5	0.89	5.0	1.1	1.9	665
同步转速 750 转/分 (8 极)										
J61-8	4.5	220/380	730	18.4/10.6	83.5	0.77	4.5	1.2	1.8	125
J62-8	7	220/380	730	28.2/16.3	85	0.779	5.0	1.4	1.8	140
J71-8	10	220/380	730	38.5/22.3	85.5	0.80	4.0	1.0	1.8	205
J72-8	14	220/380	730	52/30	87	0.81	4.0	1.0	1.8	280
J81-8	20	220/380	730	73.5/42.5	88	0.82	4.5	1.2	1.8	360
J82-8	28	220/380	730	101/58.5	88.5	0.829	4.5	1.2	1.8	400
J91-8	40	220/380	730	141/81.5	90	0.839	4.5	1.0	1.8	590
J92-8	55	220/380	730	190/110	90.5	0.845	4.5	1.0	1.8	665

(续表)

型号	额定功率 (千瓦)	额定电压 (伏)	满载时				起动 电流	起动 转矩	最大 转矩	总重 (卧式 结构) (千克)
			转速 (转/分)	电 流 (安)	效率 (%)	功率 因数 $\cos\phi$				
同步转速 3000 转/分 (2 极)										
JO31-2	0.6	220/380	2880	2.45/1.42	76	0.85	7.0	1.3	2.4	29
JO32-2	1.0	220/380	2880	3.88/2.24	79	0.86	7.5	2.0	2.6	27
JO41-2	1.7	220/380	2890	6.34/3.66	81.5	0.87	7.5	1.7	2.4	39
JO42-2	2.8	220/380	2890	10/5.8	83.5	0.89	7.0	1.7	2.5	43
JO51-2	4.5	220/380	2900	15.8/9.1	85	0.885	7.5	1.3	2.4	85
JO52-2	7.0	220/380	2900	24/13.8	86	0.90	7.0	1.3	2.5	106
JO62-2	10	220/380	2920	34/19.5	86.8	0.91	6.0	1.2	2.7	170
JO63-2	14	220/380	2930	46.8/27	87.5	0.91	7.0	1.4	2.9	190
JO72-2	20	220/380	2940	66/38	88.3	0.92	6.0	1.1	2.6	230
JO73-2	28	220/380	2940	90/52	89	0.92	6.5	1.4	2.8	310
JO82-2	40	220/380	2950	128/74	89.6	0.93	6.5	1.2	2.9	500
JO83-2	55	220/380	2950	173/100	90.1	0.93	6.5	1.2	2.9	560
JO93-2	75	220/380	2960	236/136	90.6	0.93	6.5	1.0	3.0	820
JO94-2	100	220/380	2960	310/179	91.5	0.93	6.5	1.1	3.0	905
同步转速 1500 转/分 (4 极)										
JO31-4	0.6	220/380	1420	2.8/1.6	74	0.76	5.5	1.7	2.0	20
JO32-4	1.0	220/380	1420	4.25/2.45	78.5	0.79	5.5	1.8	2.0	27
JO41-4	1.7	220/380	1430	6.7/3.9	81.5	0.82	6.0	1.8	2.0	39
JO42-4	2.8	220/380	1430	10.5/6.1	83.5	0.84	6.0	1.9	2.0	48
JO51-4	4.5	220/380	1440	16.4/9.5	85	0.85	6.5	1.4	2.0	85
JO52-4	7.0	220/380	1440	25.0/14.5	86	0.856	6.5	1.5	2.0	106
JO62-4	10.0	220/380	1460	34.6/20.0	86.80	0.88	6.5	1.5	2.3	165
JO63-4	14.0	220/380	1460	47.5/27.4	87.55	0.89	6.5	1.6	2.3	180
JO72-4	20.0	220/380	1460	67.0/38.7	88.50	0.89	7.0	1.5	2.3	280
JO73-4	28.0	220/380	1460	92.0/53.0	89.50	0.90	7.0	1.5	2.3	310
JO82-4	40.0	220/380	1470	130.0/75.0	90.00	0.90	6.5	1.2	2.3	495
JO83-4	55.0	220/380	1470	178.0/109.0	90.50	0.90	6.5	1.3	2.3	555
JO93-4	75.0	220/380	1470	237.0/137.0	91.00	0.92	6.5	1.2	2.3	805
JO94-4	100.0	220/380	1470	312.0/180.0	91.50	0.92	6.5	1.3	2.3	890

(续表)

型号	额定功率 (千瓦)	额定电压 (伏)	满载时				起动电流	起动转矩	最大转矩	总重 (卧式 结构) (千克)
			转速 (转/分)	电 流 (安)	效率 (%)	功率 因数 $\cos \varphi$	额定 电流	额定 转矩	额定 转矩	

## 同步转速 1000 转/分 (6 极)

JO41-6	1.0	220/380	940	4.93/2.84	76.7	0.72	5.0	1.3	1.8	89
JO42-6	1.7	220/380	940	7.65/4.43	79.6	0.75	5.5	1.4	1.8	48
JO51-6	2.8	220/380	960	11.6/6.7	82	0.775	5.0	1.3	1.8	85
JO52-6	4.5	220/380	960	17.7/10.2	84	0.80	5.5	1.4	1.8	106
JO62-6	7.0	220/380	970	27.0/15.5	86.0	0.809	5.0	1.3	2.3	165
JO63-6	10.0	220/380	970	37.2/21.5	87.0	0.82	5.0	1.4	2.3	180
JO72-6	14.0	220/380	980	49.0/28.3	87.5	0.85	6.0	1.5	2.3	280
JO73-6	20.0	220/380	980	69.5/40.0	88.5	0.86	6.5	1.5	2.3	310
JO82-6	28.0	220/380	980	94.5/54.5	89.0	0.88	6.0	1.5	2.3	495
JO83-6	40.0	220/380	980	132.0/76.0	90.0	0.89	6.0	1.6	2.3	555
JO93-6	55.0	220/380	980	189.0/109.0	91.0	0.89	6.0	1.2	2.3	805
JO94-6	75.0	220/380	980	239.0/138.0	91.5	0.90	6.5	1.3	2.3	890

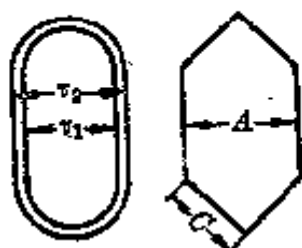
## 同步转速 750 转/分 (8 极)

JO62-8	4.5	220/380	730	18.3/10.5	84.5	0.78	5.0	1.4	2.1	165
JO63-8	7.0	220/380	730	27.7/16.0	85.5	0.78	5.0	1.4	2.1	180
JO72-8	10.0	220/380	730	38.0/22.0	86.5	0.80	4.5	1.2	2.1	280
JO73-8	14.0	220/380	730	52.0/30.0	87.5	0.81	4.5	1.2	2.1	310
JO82-8	20.0	220/380	735	73.5/42.5	88.5	0.82	5.0	1.4	2.1	495
JO83-8	28.0	220/380	735	99.5/57.5	89.0	0.83	4.5	1.2	2.1	555
JO93-8	40.0	220/380	735	139.0/80.0	90.5	0.84	5.0	1.1	2.1	805
JO94-8	55.0	220/380	735	187.0/108.0	91.0	0.845	5.5	1.3	2.1	890

表 3-10 J2 系列电动机

机 座 号	功 率 (千瓦)	满 载 时				堵 转 电 流	堵 转 转 矩	最 大 转 矩	定			
		定 子 电 流 (安)	转 速 (转/分)	效 率 (%)	功 率 因 数				外 径	内 径	铁 芯 长 度	气 隙 长 度
						(毫米)						
61-2	17	33	2910	88.5	0.90	7.0	1.2	2.2	280	155	110	0.8
62-2	22	42	2910	89	0.90	7.0	1.2	2.2	280	155	130	0.8
71-2	30	56	2940	89.5	0.91	7.0	1.1	2.2	327	182	130	0.8
72-2	40	74	2940	90.5	0.91	6.5	1.1	2.2	327	182	155	0.8
81-2	55	100	2950	91	0.92	6.5	1.0	2.2	368	210	180	1.1
82-2	75	135	2950	91.5	0.92	6.5	1.1	2.2	368	210	230	1.1
91-2	100	180	2960	92	0.92	6.5	1.1	2.2	423	245	220	1.25
92-2	125	223	2960	92.5	0.92	6.5	1.0	2.2	423	245	260	1.50
61-4	13	26	1460	88	0.88	7.0	1.1	2.0	280	182	120	0.5
62-4	17	33	1460	89	0.88	7.0	1.1	2.0	280	182	155	0.5
71-4	22	43	1460	89.5	0.88	7.0	1.1	2.0	327	210	145	0.5
72-4	30	58	1460	90	0.88	7.0	1.1	2.0	327	210	175	0.5
81-4	40	75	1470	91	0.89	6.5	1.1	2.0	368	245	180	0.65
82-4	55	103	1470	91.5	0.89	6.5	1.1	2.0	368	245	240	0.65
91-4	75	138	1470	92	0.90	6.5	1.0	2.0	423	280	210	0.85
92-4	100	183	1470	92.5	0.90	6.5	1.0	2.0	423	280	260	0.85

铁芯、绕组技术数据

子				线模尺寸(毫米)				跨距 $1 \sim x$	线重 (千克/台)	定转子槽数	
每槽线数	并联支路数	绕组型式	线规								
			根数	直径(毫米)	$\tau_1$	$\tau_2$	A	C			
32	1	双层叠绕	1	1.40	—	—	158	100	1~13	5.04 4.7	36/22
			1	1.35							
26	1		2	1.60							
20	1		4	1.20							
16	1		4	1.50							
28	2		2	1.50							
22	2		2	1.25							
			3	1.30							
16	2		5	1.45							
14	2		5	1.68							
44	1	双层叠绕	2	1.20	—	—	125	75	1~8	7.1	36/28
54	2		1	1.40							
24	1		3	1.30							
38	2		2	1.35							
54	4		1	1.50							
20	2		3	1.50							
16	2		4	1.50							
26	4		3	1.45							

机座号	功率 (千瓦)	满载时				堵转电流	堵转转矩	最大转矩	定			
		定子电流 (安)	转速 (转/分)	效率 (%)	功率因数				额定电流	额定转矩	额定转矩	外
						径	径	度				度
(毫米)												
61-6	10	21	960	86.5	0.82	6.5	1.2	1.8	280	200	165	0.40
62-6	13	27	960	87	0.83	6.5	1.2	1.8	280	200	205	0.40
71-6	17	35	970	88	0.84	6.5	1.2	1.8	327	230	155	0.45
72-6	22	44	970	88.5	0.85	6.5	1.2	1.8	327	230	200	0.45
81-6	30	59	970	89.5	0.86	6.5	1.2	1.8	368	260	180	0.50
82-6	40	77	970	90.5	0.87	6.5	1.2	1.8	368	260	240	0.50
91-6	55	104	980	91.5	0.88	6.5	1.0	1.8	423	300	255	0.5
92-6	75	139	980	92	0.89	6.5	1.0	1.8	423	300	340	0.6
61-8	7.5	17	720	85.5	0.78	5.5	1.1	2.2	280	200	165	0.40
62-8	10	22	720	86	0.80	5.5	1.1	2.2	280	200	205	0.40
71-8	13	28	720	87	0.81	5.5	1.1	1.8	327	230	155	0.45
72-8	17	36	720	87.5	0.82	5.5	1.1	1.8	327	230	200	0.45
81-8	22	46	730	88.5	0.82	5.5	1.1	1.8	368	260	180	0.50
82-8	30	62	730	89	0.83	5.5	1.1	1.8	368	260	240	0.50
91-8	40	81	730	90	0.84	5.5	1.1	1.8	423	300	255	0.50
92-8	55	109	730	91	0.84	5.5	1.1	1.8	423	300	340	0.50
81-10	17	39	380	87	0.76	5.5	1.1	1.8	368	260	180	0.45
82-10	22	49	380	88	0.77	5.5	1.1	1.8	368	260	240	0.45
91-10	30	65	380	88.5	0.78	5.5	1.0	1.8	423	300	240	0.50
92-10	40	87	380	88.5	0.78	5.5	1.0	1.8	423	300	320	0.50

(续表)

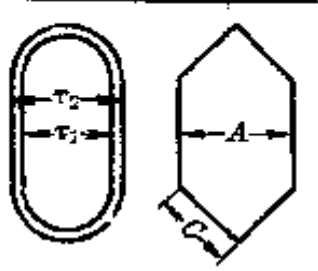
子					线模尺寸(毫米)				跨距 1~x	线重 (千克/台)	定转子槽数
每槽线数	并联支路数	绕组型式	线规								
			根数	直径(毫米)	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	A	C			
28	1	双层叠绕	2	1.12			105	62	1~9	7.9	54/44
22	1		2	1.25			105	62	1~9	10	54/44
40	2		1	1.40	—	—	120	70	1~9	10.1	54/44
52	2		1	1.62	—	—	120	70	1~9	12.3	54/44
24	2		2	1.40	—	—	130	80	1~11	18.9	72/58
28	3		2	1.35	—	—	130	80	1~11	23.7	72/58
46	6		1	1.56	—	—	145	90	1~11	28.1	72/56
34	6		2	1.30	—	—	145	90	1~11	34	72/56
36	1	双层叠绕	1	1.45	—	—	74	46	1~7	8	54/58
54	2		1	1.20	—	—	74	46	1~7	9.5	54/58
50	2		1	1.30	—	—	90	55	1~7	9.88	54/58
20	1		1	1.40	—	—	90	55	1~7	11.72	54/58
			1	1.50	—	—					
30	2		2	1.25	—	—	100	65	1~9	17.6	72/58
46	4		1	1.50	—	—	100	65	1~9	22.5	72/58
36	4		2	1.16	—	—	112	75	1~9	22.8	72/56
28	4	1	1.40	—	—	112	75	1~9	31.9	72/56	
		1	1.45	—	—						
40	2	双层叠绕	1	1.16	—	—	80	50	1~6	16.4	60/64
	1		1.25	—	—						
30	2		2	1.35	—	—	80	50	1~6	18.35	60/64
62	5		1	1.35	—	—	90	55	1~6	19.4	60/64
48	5		2	1.16	—	—	90	55	1~6	26.7	60/64



表3-11 JO2系列三相异步电

型 号	额定功率 (千瓦)	满 载 时				堵转 电流	堵转 转矩	最大 转矩
		定子 电流 (安)	转速 (转/分)	效率 (%)	功率 因数	额定 电流	额定 转矩	额定 转矩
JO2-11-2	0.8	1.8	2810	77.5	0.85	7.0	1.8	2.2
JO2-12-2	1.1	2.4		79.5	0.86			2.0
JO2-11-4	0.6	1.6	1380	74	0.76			2.2
JO2-12-4	0.8	2.1		76.5	0.77			2.0
JO2-21-2	1.5	3.3	2860	81	0.87	6.5	1.8	2.2
JO2-22-2	2.2	4.6		82.5	0.87			2.0
JO2-21-4	1.1	2.7	1410	79	0.79			1.8
JO2-22-4	1.5	3.5		80.5	0.81			1.8
JO2-21-6	0.8	2.3	930	75	0.70	7.0	1.8	2.2
JO2-22-6	1.1	3.0		77	0.72			2.0
JO2-31-2	3.0	6.1	2860	84	0.88			2.0
JO2-32-2	4.0	8.1		85.5	0.88			1.8
JO2-31-4	2.2	4.9	1430	82	0.83	6.5	1.8	2.2
JO2-32-4	3.0	6.5		83.5	0.84			2.0
JO2-31-6	1.5	3.9	940	78.5	0.74			1.8
JO2-32-6	2.2	5.4		80.5	0.76			1.8

电动机技术数据(380伏 50赫)

铁芯长度 (毫米)	气隙长度 (毫米)	定子外径 (毫米)	定子内径 (毫米)	定子线规 (根·毫米)	每槽线数	并联支路数	绕组型式	节距	槽数 ( $s_1/s_2$ )		
65	0.3	120	67	1—0.67	94	1	单层同心	1~12	24/20		
85				1—0.77	72			2~11			
85	0.25	75	1—0.57	115	单层链式		1~6	24/22			
100				1—0.67			96				
75	0.4	82	1—0.82	80	单层交叉		1~9	13/24			
100				1—0.96			60		2~10		
85	0.25	145	90	1—0.72	80		单层链式	1~6	24/22		
115					1—0.83					62	
85					1—0.67					81	36/21
115					1—0.77					61	
95	0.45	91	1—1.16	41	单层同心		1~12	24/21			
125				1—1.0			56		2~11		
95	0.3	107	84	1—0.96	41		单层交叉	1~9	13/20		
135					1—1.12			31		2~10	
95					1—0.93			60		3~11	
135		114	1—1.04	42	单层链式		1~6	36/33			

型 号	额定功率 (千瓦)	满 载 时				堵转 电流	堵转 转矩	最大 转矩
		定子 电流 (安)	转速 (转/分)	效率 (%)	功率 因数	额定 电流	额定 转矩	额定 转矩
JO2-41-2	5.5	11	2920	86.5	0.88	7.0	1.6	2.2
JO2-42-2	7.5	15		87.5	0.88			
JO2-41-4	4.0	8.4	1440	85	0.85			
JO2-42-4	5.5	11		86	0.86			
JO2-41-6	3.0	7.1	960	82.5	0.78	6.5	1.8	1.8
JO2-42-6	4.0	9.1		84	0.79			
JO2-41-8	2.2	6.1	720	80.5	0.68	5.5		
JO2-42-8	3.0	7.6		82.5	0.72			
JO2-51-2	10	20	2920	87.5	0.88	7.0	1.4	2.0
JO2-52-2	13	25		88	0.88			
JO2-51-4	7.5	15	1450	87	0.87			
JO2-52-4	10	20		87.5	0.87			
JO2-51-6	5.5	12	960	85	0.80	6.5		1.8
JO2-52-6	7.5	16		86	0.81			
JO2-51-8	4.0	9.6	720	84	0.75	5.5	1.5	
JO2-52-8	5.5	13		85	0.77			
JO2-61-2	17	32	2940	88.5	0.90	7.0	1.3	2.2

(续表)

铁芯长度 (毫米)	气隙长度 (毫米)	定子外径 (毫米)	定子内径 (毫米)	定子线规 (槽-毫米)	每槽线数	并联支路数	绕组型式	节距	槽数 ( $Z_1/Z_2$ )
110	0.5	210	114	2-1.0	53	1	单层同心	1~12	24/20
135				2-1.12	44			2~11	
100	136		1-1.0	52	单层交叉		1~9	36/26	
125			1-1.2	41			2~10 18~11		
110	0.35		148	1-1.2	40		单层链式	1~6	36/33
140				1-1.04	55				
110				1-1.12	37				
140				1-1.3	31				
120	0.6	136	1-1.35 1-1.4	40	单层同心		1~12	24/20	
160			1-1.16 2-1.25	32					2~11
120	0.4	162	2-1.0	38	单层交叉		1~9 2~10 18~11	36/26	
160			2-1.12	29					
130	0.35	174	1-1.2	47	单层链式		1~6	36/33	
170			1-1.4	37					
130			1-1.12	48					
170			1-1.3	37					
155	0.7	280	155	2-1.04	50	2	双层叠式	1~11	30/28

型 号	额定功率 (千瓦)	满 载 时				堵转 电流 额定 电流	堵转 转矩 额定 转矩	最大 转矩 额定 转矩
		定子 电流 (安)	转速 (转/分)	效率 (%)	功率 因数			
JO2-61-4	13	26	1460	88	0.88	7.0	1.3	2.0
JO2-63-4	17	33		89	0.88			
JO2-61-6	10	21	970	87	0.82	6.5	1.4	
JO2-62-6	13	27		87.5	0.83			
JO2-61-8	7.5	17	720	86	0.78	5.5	1.3	1.8
JO2-62-8	10	22		87	0.80			
JO2-71-2	22	42	2940	88.5	0.90	7.0	1.2	2.3
JO2-72-2	30	56		89.5	0.91			
JO2-71-4	22	43	1470	89.5	0.88	1.1		2.0
JO2-72-4	30	58		90	0.88			
JO2-71-6	17	35	970	88.5	0.84	6.5	1.4	
JO2-72-6	22	44		89	0.85			
JO2-71-8	13	28	720	87.5	0.81	5.5	1.3	1.8
JO2-72-8	17	36		88	0.82			
JO2-82-2	40	74	2960	90	0.91	6.5	1.2	2.3
JO2-82-4	40	75	1470	91	0.89			
JO2-81-6	30	59	980	89.5	0.86	1.4	1.8	

(续表)

铁芯长度 (毫米)	气隙长度 (毫米)	定子外径 (毫米)	定子内径 (毫米)	定子线规 (根-毫米)	每槽 线数	并联支 路数	绕组型 式	节距	槽数 ( $2p_1/2p_2$ )		
155	0.45		182	1—1.35	54	2		1~8	36/28		
190				1—1.45	42						
175	0.4	250	200	1—1.10 1—1.12	22	1	双	1~9	54/44		
220				2—1.9	18						
175			1—1.04	58	9					1~7	54/58
220			1—1.2	46							
155	0.8		182	4—1.35	20	1	层	1~13	36/28		
200				2—1.56 2—1.62	16						
175	0.5	210		2—1.25	42	9	叠	1~9			
235				2—1.5	32						
300	0.45	227		1—1.45 1—1.5	18	1	式	1~9	54/44		
250				2—1.2	28						
200			1—1.35	42	9					1~7	54/58
250			1—1.56	34							
240	1.2		210	1—1.6 2—1.56	26		1~13	36/28			
275	0.65	265	245	3—1.4	22				48/38		
240	0.5		260	2—1.25	32	3		1~11	72/58		

型 号	额定功率 (千瓦)	满 载 时				堵转电流	堵转转矩	最大转矩	
		定子电流 (安)	转速 (转/分)	效率 (%)	功率 因数	额定电流	额定转矩	额定转矩	
JO2-82-6	40	77	980	90.5	0.87	6.5	1.4	1.8	
JO2-81-8	22	46	730	88.5	0.82	5.5	1.3		
JO2-82-8	30	62		89	0.83				
JO2-81-10	17	39	580	87.5	0.76		1.2		
JO2-82-10	22	49		88	0.78				
JO2-91-2	55	100	2960	90	0.92		6.5		1.1
JO2-92-2	75	135		91	0.92				
JO2-93-2	100	180		91.5	0.92				
JO2-91-4	55	103		91.5	0.89				1.2
JO2-92-4	75	138		92	0.90				
JO2-93-4	100	134		92.5	0.90			1.1	2.0
JO2-91-6	55	104		980	91.5	0.88		1.2	
JO2-92-6	75	139			92	0.89			
JO2-91-8	40	81		730	90	0.84		5.5	1.3
JO2-92-8	55	109			91	0.84			
JO2-91-10	30	66	580	88.5	0.78	1.2			
JO2-92-10	40	87		89.5	0.78				

(续表)

铁芯长度 (毫米)	气隙长度 (毫米)	定子外径 (毫米)	定子内径 (毫米)	定子线规 (根-毫米)	每槽线数	并联支路数	绕组型式	节距	槽数 ( $z_1/z_2$ )
310	0.5	368	260	2—1.45	24	3		1~11	72/58
240				2—1.35	24	2		1~9	
310				2—1.62	20	2			
240	0.45			2—1.25	34	2		1~6	60/64
310				2—1.45	26	2			
260				1.6		245		4—1.56	
300	5—1.56	16	2						
365	7—1.56	12	2						
260	0.85		280	2—1.5	34	4	叠 式	1~13	60/50
340				3—1.45	26	5			
330				4—1.4	22	4			
320	0.6	423	300	3—1.4	20	3		1~11	72/58
420				2—1.4	30	6			
320				2—1.3	34	4			
420	0.5			2—1.5	26	4		1~9	60/64
320				1—1.4	52	5			
400				2—1.16	42	5		1~6	



表 3-12 JO2-1~5 三相异步电动机绕组尺寸(图 3-1)

型 号	功率 (千瓦)	绕组型式	线 模 尺 寸 (毫米)									
			$by_1$	$by_2$	$L_1$	$L_2$	$R_1$	$R_2$	$\delta$			
JO2-11-2	0.8	单层同心	69	86	151	170	35	43	8			
JO2-12-2	1.1				171	190						
JO2-21-2	1.5	单层交叉	73	86	196		36.5	43	8.5			
JO2-22-2	2.2				221							
JO2-31-2	3.0	单层同心	95	110	215	240	47	58	10			
JO2-32-2	4.0				245	270						
JO2-41-2	5.5				251	283						
JO2-42-2	7.5				276	308						
JO2-51-2	10				273	312						
JO2-52-2	13	143	175	313	352	72	87	12				
JO2-11-4	0.6	单层链式	50		134		31		8			
JO2-12-4	0.8				149							
JO2-21-4	1.1				141							
JO2-22-4	1.5	60		171		36		9				
JO2-31-4	2.2	单层交叉	65	73	176		34	39	10			
JO2-32-4	3.0				215							
JO2-41-4	4.0				185							
JO2-42-4	5.5				210							
JO2-51-4	7.5				218							
JO2-52-4	10	99	110	258		56	65	11.5				
JO2-21-6	0.8	单层链式	43		132		25		9			
JO2-22-6	1.1				162							
JO2-31-6	1.5				150							
JO2-32-6	2.2				50					190	31	10
JO2-41-6	3.0				170						43	9
JO2-42-6	4.0				220							
JO2-51-6	5.5				199						47	11
JO2-52-6	7.5				239							
JO2-41-8	2.2				165						30	9
JO2-42-8	3.0	195										
JO2-51-8	4.0	138		37	11							
JO2-52-8	5.5	58		223								

表 3-13 JO2-6~9 三相异步电动机绕线模尺寸(图 3-2)

型 号	功率 (千瓦)	线模尺寸(毫米)				型 号	功率 (千瓦)	线模尺寸(毫米)			
		by	L	L <sub>z</sub>	b			by	L	L <sub>z</sub>	b
JO2-61-2	17	158	195	110	11	JO2-82-6	40	124	350	76	
JO2-61-4	13		190			JO2-81-8	22		280		6.5
JO2-62-4	17	125	225	75	9	JO2-82-8	30	94	350	61	
JO2-61-6	10		205			JO2-81-10	17		280		7.5
JO2-62-6	13	105	250	62		JO2-82-10	22	74	250	46	
JO2-61-8	7.5		265		7	JO2-91-2	55		300		
JO2-62-8	10	74	250	46		JO2-92-2	75	234	340	177	12.5
JO2-71-2	22		195			JO2-93-2	100		400		
JO2-72-2	30	182	210	130	11	JO2-91-4	55		300		
JO2-71-4	22		230			JO2-92-4	75	187	380	120	9.5
JO2-72-4	30	162	300	92	10	JO2-93-4	100		420		
JO2-71-6	17		230			JO2-91-6	55		360		
JO2-72-6	22	115	280	67		JO2-92-6	75	138	460	86	
JO2-71-8	13		230		7	JO2-91-8	40		360		8
JO2-72-8	17	85	280	52		JO2-92-8	55	104	460	71	
JO2-82-2	40	202	280	155	13	JO2-91-10	30		360		
JO2-82-4	40	170	311	104	10	JO2-92-10	40	64	440	56	7.5
JO2-81-6	30	124	280	76	6.5						

表 3-14 JO3 系列三相异步电动机技术数据

型号	功率 (千瓦)	电压 (伏)	额定 电流 (安)	定 子				绕 组				跨距 $y$	线重 (千克/ 台)	定子/ 转子 槽数	
				外径	内径	铁芯 长度	气隙 长度	每槽 线数	并联 支路数	绕组 型式	线 根数				线 规 格 直 径 (毫 米)
JO3-801-2	1.1	380 $\sqrt{3}$	2.52	130	70	65		107		单层交叉式	1	0.77	1.57	18/16	
JO3-802-2	1.5		3.40		85	0.3	82						1.75	18/16	
JO3-90S-2	2.2		4.36	145	80	90	52						2.45		
JO3-100S-2	3	380 $\Delta$	6.39	167	24		0.35	42	1		2	0.86	2.95	24/20	
JO3-100L-2	4		8.27		120		55						3.05		
JO3-112S-2	5.5	380 $\Delta$	11.24	188	104	110	0.40	45		单层同心式	1	1.96 1.0	2.66 2.94		
JO3-112L-2	7.5		15.14		145		35					2	0.9	6.20	30/26
JO3-140M-2	11	380 $\Delta$	22	245	136	155	0.50	64				0.96	7.9		
JO3-160S-2	15		30	280	150	160	0.6	55	2			2	1.3	10.8	24/20
JO3-160M-2	18.5		36.5		200		47						1.3	14	

2 极

(续表)

型号	功率 (千瓦)	电压 (伏)	额定 电流 (安)	定 子					跨距 $y$	线重 (千克/ 台)	定子/ 转子 槽数				
				外径	内径	铁芯 长度	气隙 长度	每槽 线数				并联 支路数	绕组 型式	线 根数	规 直径 (毫米)
J03-801-4	0.75		2.03	130	80	75		113		1	0.69	1.67	24/22		
J03-802-4	1.1		2.86			100	0.25	85		1	0.80	1.82	1-6		
J03-90S-4	1.5	380Y	3.86	145	90	100		69			0.86	1.77			
J03-100S-4	2.2		5.19	167	104	85		48	1		0.74	2.84	36/26		
J03-100L-4	3		6.22			115		36		2	0.86	3.2			
J03-112S-4	4		8.72	188	118	110	0.30	54			0.74	3.8			
J03-112L-4	5.5		11.70			140		42			0.86	4.75	2(1-9) 1(1-8)		
J03-140S-4	7.5		15.4	245	162	120		74		1	1.04	6.4	36/26		
J03-140M-4	11	380Δ	22.5			170	0.35	53	2		1.25	7.5			
J03-160S-4	15		30.4	280	180			46		2	1.04	9.7	1-9		
J03-160M-4	18.5		37.2			210	0.45	40		2	1.16	11.7	11		

(续表)

型号	功率 (千瓦)	电压 (伏)	额定 电流 (安)	定子						跨距 $y$	线圈 (千瓦/ 台)	定子/ 转子 槽数			
				外径	内径	铁芯 长度	气隙 长度	每槽 线数	并联 支路数				绕组 型式	线 根数	规 直径 (毫米)
JO3-801-6	0.55	380Y	1.90	130	80	80	0.25	128	1	0.64	1.47	27/24			
					80	100		104							
JO3-802-6	0.75	380Y	2.48	145	94	105	0.25	65	1	0.72	2.12	36/26			
					94	105		62							
JO3-90S-6	1.1	380Y	3.20	167	114	90	0.25	45	2	0.90	2.22	36/26			
					114	125		62							
JO3-100S-6	1.5	380Y	3.97	188	128	110	0.25	41	1	0.77	2.30	36/26			
					128	150		54							
JO3-100L-6	2.2	380Y	5.57	245	174	120	0.35	47	1	0.83	2.95	36/33			
					174	170		70							
JO3-112S-6	3	380Y	7.26	245	174	120	0.35	47	1	0.83	3.70	36/33			
					174	170		70							
JO3-112L-6	4	380Y	9.26	245	174	120	0.35	47	1	0.83	2.30	36/33			
					174	170		70							
JO3-140S-6	5.5	380Y	12.6	245	174	120	0.35	47	1	0.83	5.1	36/33			
					174	170		70							
JO3-140M-6	7.5	380Y	17	245	174	120	0.35	47	1	0.83	6.9	36/33			
					174	170		70							

(续表)

型 号	功率 (千瓦)	电压 (伏)	额定 电流 (安)	定 子						绕 组			跨距 $y$	线重 (千克/ 台)	定子/ 转子 槽数
				外径	内径	铁芯 长度 (毫米)	气隙 长度	每槽 线数	并 联 支 路 数	绕 组 型 式	线 根 数	线 径 (毫米)			
6	JO3-160S-6	380 $\Delta$	24	280	200	180	0.40	63	2	双	1	1-6	8.8	56/33	
						240		46					1.45		9.6
6	JO3-100S-8	380Y	9.56	167	114	105	0.25	72	1	层	2	1-5	2.35	56/33	
						140		54					0.96		3.30
6	JO3-112S-8	380Y	5.95	188	128	115	0.25	40	1	单 层 链 式	2	1-6	3.85	48/44	
						145		31					0.96		4.5
6	JO3-140S-8	380 $\Delta$	10.1	245	174	120	0.35	49	2	单 层 链 式	1	1-6	5.7	48/44	
						170		70					1.20		6.9
6	JO3-160M-8	380 $\Delta$	13.5	280	200	180	0.40	64	2	双 层	1	1-6	8.5	48/44	
						240		48					1.35		10.7
6	JO3-160M-8	380 $\Delta$	17.6	280	200	180	0.40	64	2	双 层	1	1-6	8.5	48/44	
						240		48					1.35		10.7
6	JO3-160M-8	380 $\Delta$	24.7	280	200	180	0.40	64	2	双 层	1	1-6	8.5	48/44	
						240		48					1.35		10.7

表 3-15 YR 系列(IP44)笼线转子三相

型 号	额定 功率 千瓦	满 载 时				转 子		定转子 槽 数 ( $s_1/s_2$ )	定	
		转速 (转/分)	电流 (安)	效率 (%)	功率 因数	电压 (伏)	电流 (安)		每槽 线数	线 规 (槽-毫米)
YR132M1-4	4	1440	9.3	84.5	0.77	230	11.5	36/24	102	1- $\phi$ 0.8
YR132M2-4	5.5		12.6	86		272	13		74	1- $\phi$ 0.95
YR160M-4	7.5	1460	15.7	87.5	0.83	250	19.5	36/24	74	1- $\phi$ 1.12
YR160L-4	11		22.5	89.5		276	25		52	2- $\phi$ 0.95
YR180L-4	15	1465	30	89	0.85	278	34	36/24	32	2- $\phi$ 1.06
YR200L1-4	18.5		36.7			89	247		47.5	64
YR200L2-4	22	1475	43.2	90	0.86	299	47	48/36	54	1- $\phi$ 1.30
YR225M2-4	30		57.6	91		360	51.5		22	3- $\phi$ 1.25
YR250M1-4	37	1480	71.4	91.5	0.86	289	79	48/36	40	2- $\phi$ 1.25
YR250M2-4	45	1480	85.9	91.5	0.87	340	81		34	3- $\phi$ 1.12
YR280S-4	55		93.8			0.88	485	70	26	2- $\phi$ 1.50
YR280M-4	75	1480	140	92.5	0.88	354	128	60/48	18	1- $\phi$ 1.40 2- $\phi$ 1.50
YR132M1-6	3	955	8.2	8.05	0.69	206	9.5	48/36	46	1- $\phi$ 1.0
YR132M2-6	4		10.7	82		230	11		70	1- $\phi$ 0.80
YR160M-6	5.5	970	13.4	84.5	0.74	244	14.5	48/36	66	1- $\phi$ 1.0
YR160L-6	7.5		17.9	86		266	18		50	1- $\phi$ 1.18
YR180L-6	11	975	23.6	87.5	0.81	310	22.5	54/36	38	1- $\phi$ 1.25
YR200L1-6	15		31.8	88.5		198	48		34	1- $\phi$ 1.06 1- $\phi$ 1.12
YR225M1-6	18.5	980	38.3	88.5	0.83	187	62.5	54/36	36	1- $\phi$ 1.18 1- $\phi$ 1.25

异步电动机技术数据 (380 伏、50 赫)

定子绕组				转子绕组						最大 转矩 额定 转矩														
节距	并联 路数	绕组 型式	接法	每槽 线数	线 规 (根-毫米)	节距	并联 路数	绕组 型式	接法															
1~9	2	双 层 叠 式	△	28	3-φ1.06	1~6	1	双 层 叠 式	Y	3.0														
				24	2-φ1.12 1-φ1.18																			
				44	2-φ1.0 1-φ1.06																			
				34	3-φ1.18																			
1~11	4			双 层 叠 式	△	18	3-φ1.30				1~9	2	双 层 叠 式	Y	3.0									
						16	4-φ1.40																	
						8	1-2×5.6																	
						16	4-φ1.40																	
						8	1-2.24×5.6																	
						16	6-φ1.25																	
						8	1-2.5×5.6																	
						12	8-φ1.40																	
1~12	4	双 层 叠 式	△			6	2-2×5.6	1~12	1	双 层 叠 式	Y	3.0												
						12	8-φ1.40																	
						6	2-2×5.6																	
						12	7-φ1.40																	
1~14	4			双 层 叠 式	△	6	2-2×5	1~12	2				双 层 叠 式	Y	3.0									
						12	7-φ1.40																	
						6	2-2×5																	
						12	7-φ1.40																	
1~14	4					双 层 叠 式	△	6	2-2×5							1~12	4	双 层 叠 式	Y	3.0				
								12	7-φ1.40															
								6	2-2×5															
								12	7-φ1.40															
		1~8	1					双 层 叠 式	△	20	3-φ1.0	1~6									2	双 层 叠 式	Y	2.8
										34	2-φ0.95													
										34	2-φ1.06													
										28	2-φ1.18													
28	4-φ1.0																							
16	2-φ1.18 4-φ1.25																							
8	1-2.24×5.6																							
16	8-φ1.25																							
1~9	2	双 层 叠 式	△	8	1-2.8×6.3	1~6	1			双 层 叠 式	Y	2.8												
				16	8-φ1.25																			
				8	1-2.8×6.3																			
				16	8-φ1.25																			



型 号	额定功率 (千瓦)	满 载 时				转 子		定转子 槽 数 ( $Z_1/Z_2$ )	定	
		转速 (转/分)	电流 (安)	效率 (%)	功率 因数	电压 (伏)	电流 (安)		每槽 线数	线 规 (根-毫米)
YR225M2-6	22	980	45	89.5	0.83	224	61	54/36	30	1- $\phi$ 1.30 1- $\phi$ 1.40
YR250M1-6	20		60.3	90	0.84	282	66	72/48	18	3- $\phi$ 1.12 1- $\phi$ 1.18
YR250M2-6	37		73.9	90.5		381	69		16	3- $\phi$ 1.40
YR280S-6	45	985	87.9	91.5	0.85	362	76	72/48	14	3- $\phi$ 1.40 1- $\phi$ 1.50
YR280M-6	55		106.9	92		423	80		13	3- $\phi$ 1.50 1- $\phi$ 1.60
YR160M-8	4	715	10.7	82.5	0.69	216	12	48/36	92	1- $\phi$ 0.90
YR160L-8	5.5	715	14.2	83	0.71	230	15.5	48/36	70	1- $\phi$ 1.0
YR180L-8	7.5	725	18.4	85	0.73	255	19	54/36	28	1- $\phi$ 1.06 1- $\phi$ 1.12
YR200L1-8	11	26.6	86	152		46	44		2- $\phi$ 0.95	
YR225M1-8	15	34.5	88	169		56	40		2- $\phi$ 1.12	
YR225M2-8	18.5	735	42.1	89	0.75	211	54	72/48	32	2- $\phi$ 1.30
YR250M1-8	22		48.7	88	0.78	219	65.5		48	1- $\phi$ 1.40
YR250M2-8	30		68.1	89.5	0.77	270	69		74	1- $\phi$ 1.12
YR280S-8	37		78.2	91	0.79	281	81.5		36	3- $\phi$ 1.0
YR280M-8	45		92.9	92	0.80	359	76		28	2- $\phi$ 1.4

注：转子绕组机座号 132~180 为圆铜线；机座号 200~280 为圆铜线与扁铜线两

(续表)

定子绕组				转子绕组						最大 转矩 额定 转矩				
节距	并联 路数	绕组 型式	接法	每槽 线数	线 规 (根-毫米)	节距	并联 路数	绕组 型式	接法					
1~9		双 层 叠 式	△	16	8-φ1.25	1~6	2	双 层 叠 式	Y	2.8				
1~12	2			8	1-2.8×6.3		1							
				12	7-φ1.40		2							
				6	2-2.24×5		1							
				12	3-φ1.40 5-φ1.30	3								
				6	2-2.24×5	1								
				12	3-φ1.30 6-φ1.40	2								
				6	2-2.5×5.6	1								
				12	9-φ1.40	2								
				6	2-2.5×6.6	1								
				1~6		42	2-φ0.95			1~5	2	Y		
1~7	2			34	2-φ1.06	1~5	2						Y	
				34	1-φ1.25 1-φ1.30									1
				16	2-φ1.18 4-φ1.25									1
				8	1-2.2×5.6									2
				16	8-φ1.25									1
				8	1-2.8×6.3									2
				16	8-φ1.25									1
				8	1-2.8×6.3									2
				1~9	4									12
		6	2-2.24×5					1						
12	7-φ1.40	2												
6	2-2.24×5	1												
12	9-φ1.40	2												
6	2-2.5×5.6	1												
12	3-φ1.30 6-φ1.40	2												
6	2-2.5×5.6	1												

种方案同时并存。

表 3-16 YR 系列(IP23)绕线转子三相

型 号	额定 功率 (千瓦)	满 载 时				转 子		定转子 槽 数 ( $s_1/s_2$ )	定	
		转速 (转/分)	电流 (安)	效率 (%)	功率 因数	电压 (伏)	电流 (安)		每槽 线数	线 规 (根-毫米)
YR160M-4	7.5	1420	16	84	0.84	260	19	48/36	34	1- $\phi$ 1.50
YR160L1-4	11	1435	22.7	86.5	0.85	275	26		50	2- $\phi$ 0.85
YR160L2-4	15	1445	30.8	87		260	37		38	2- $\phi$ 1.0
YR180M-4	18.5	1425	36.7		0.88	197	61		40	2- $\phi$ 1.12
YR180L-4	22	1435	43.2	88		232	61		34	1- $\phi$ 1.18 1- $\phi$ 1.25
YR200M-4	30	1440	58.2	0.89		255	76		62	2- $\phi$ 0.95
YR200L-4	37	1450	71.8		89	316	74		50	2- $\phi$ 1.0
YR225M1-4	45	1440	87.3	0.89	240	120	24		1- $\phi$ 1.12 3- $\phi$ 1.18	
YR225M2-4	55	1450	105.5		90	288	121		40	1- $\phi$ 1.25 1- $\phi$ 1.30
YR250S-4	75		141.5		90.5	449	105		14	2- $\phi$ 1.25 3- $\phi$ 1.30
YR250M-4	90	1460	168.8	91	0.89	524	107	60/48	12	4- $\phi$ 1.25 2- $\phi$ 1.30
YR280S-4	110		205.2	91.5		349	196		24	4- $\phi$ 1.25
YR280M-4	132		243.6	92.5	419	194	20		4- $\phi$ 1.40	
YR160M-6	5.5	950	13.2	82.5	0.77	279	13	54/36	36	2- $\phi$ 0.95
YR160L-6	7.5		17.5	83.5	0.78	260	19		58	1- $\phi$ 1.06
YR180M-6	11	940	25.4	84.5		146	50		46	1- $\phi$ 1.40
YR180L-6	15	950	33.7	85.5	0.79	187	58		36	2- $\phi$ 1.06
YR200M-6	18.5		40.1	86.5	0.81		65		36	2- $\phi$ 1.18

异步电动机技术数据(380伏、50赫)

定子绕组				转子绕组						最大转矩
节距	并联路数	绕组型式	接法	每槽线数	线规 (根-毫米)	节距	并联路数	绕组型式	接法	额定转矩
1-11	1	双 层 叠 式	△	18	3-φ1.12	1-9	1	双 层 叠 式	Y	2.8
	2			14	4-φ1.12					
				10	3-φ1.30 1-φ1.40					
				8	1-1.8×5					
				8	1-1.8×5					
	4			8	1-2×5.6					
8	1-2×5.6									
1~12	2	双 层 叠 式	△	6	2-1.8×4.5	1~12	1	双 层 叠 式	Y	2.5
	4			6	2-1.8×4.5					
1~14	2	双 层 叠 式	△	6	2-1.6×4.5	1~12	1	双 层 叠 式	Y	2.6
				6	2-1.6×4.5					
	4			4	2-2.24×6.3					
				4	2-2.24×6.3					
1~9	1	双 层 叠 式	△	24	1-φ1.18 1-φ1.25	1~6	1	双 层 叠 式	Y	2.5
	2			18	3-φ1.12					
				8	1-1.8×4					
				8	1-1.8×4					
				8	1-1.85×5					

型 号	额定 功率 (千瓦)	满 载 时				转 子		定转子 槽 数 ( $p_1/p_2$ )	定	
		转速 (转/分)	电流 (安)	效率 (%)	功率 因数	电压 (伏)	电流 (安)		每槽 线数	线 规 (根-毫米)
YR200L-6	22	955	46.6	87.5	0.82	224	63	54/36	30	1- $\phi$ 1.30 1- $\phi$ 1.40
YR225M1-6	30		61.3			227	86		38	2- $\phi$ 1.12
YR225M2-6	37	965	74.3	89	0.85	287	82	72/54	30	1- $\phi$ 1.18 1- $\phi$ 1.25
YR250S-6	45		90.4			307	93		28	2- $\phi$ 1.40
YR250M-6	55	970	108.6	89.5	0.86	359	97	72/54	24	4- $\phi$ 1.06
YR280S-6	75		143.1	90.5	0.88	392	121		22	3- $\phi$ 1.40
YR280M-6	90		168.7	91	0.89	481	118		18	3- $\phi$ 1.50
YR160M-8	4		705	10.6	81	0.71	262		11	48/36
YR160L-8	5.5	14.4		81.5	243		15	43	1- $\phi$ 1.40	
YR180M-8	7.5	690	19	82		105	49	48/36	70	2- $\phi$ 0.90
YR180L-8	11	710	27.6	83	0.73	140	52		54	2- $\phi$ 1.0
YR200M-8	15		36.7	85		153	64	50	2- $\phi$ 0.95	
YR200L-8	18.5		41.9	86	0.78	187		43	2- $\phi$ 1.30	
YR225M1-8	22	715	49.2	86	0.79	161	90	72/48	62	1- $\phi$ 1.25
YR225M2-8	30	715	66.3	87		200	97		50	1- $\phi$ 1.40
YR250S-8	37	720	81.3	87.5	0.79	218	110	72/48	46	2- $\phi$ 1.06
YR250M-8	45		97.8	88.5		264	109		38	1- $\phi$ 1.18 1- $\phi$ 1.25
YR280S-8	55	725	114.5	89	0.82	279	125	72/48	36	1- $\phi$ 1.30 1- $\phi$ 1.40
YR280M-8	75		154.4	90		359	131		28	1- $\phi$ 1.50 1- $\phi$ 1.60

(续表)

定子绕组				转子绕组						最大转矩
节距	并联路数	绕组型式	接法	每槽线数	线规 (根-毫米)	节距	并联路数	绕组型式	接法	额定转矩
1~9	2	双 层 叠 式	△	8	1-1.8×5	1~6	1	双 层 叠 式	Y	2.8
1~12	3			6	2-1.6×4.5	1~9				2.2
				6	2-1.6×4.5					
				6	2-1.8×4.5					
				6	2-1.8×4.5					
				6	2-2×5					
				6	2-2×5					
1~6	1			30	1-φ1.06 1-φ1.12	1~5				3.2
	2			22	2-φ1.25					
				8	1-1.8×4					
				8	1-1.8×4					
1~9	4			8	1-1.8×5	1~6				2.0
				8	1-1.8×5					
				6	2-1.6×4.5					
				6	2-1.6×4.5					
				6	2-1.8×4.5					
		6	2-1.8×4.5							
		6	2-2×5		3.2					
		6	2-2×5							

表 3-17 YX 系列高效率

型 号	额定 功率 (千瓦)	额定 电流 (安)	转速 (转/分)	效 率 (%) (输出功率/额定功率)			功率 因数	堵转	堵转	最大
				100	75	50		转矩	电流	转矩
								额定	额定	额定
								转矩	电流	转矩
YX100L-2	3	5.9	2880	86.5	86.8	86.3	0.89	2.0		
YX112M-2	4	7.7	2910	88.3	88.6	88				
YX132S1-2	5.5	10.6	2920	88.6	89	88.2				
YX132S2-2	7.5	14.3		89.7	90.2	89.4				
YX160M1-2	11	20.9	2950	90.8	91.2	90.4	0.88	8.0		2.2
YX160M2-2	15	27.8		92	92.4	91.6	0.89			
YX160L-2	18.5	34.3				91.7				
YX180M-2	22	40.1		92.5	92.5	92.1	0.89			
YX200L1-2	20	54.5	2960	93	93	92.7	0.90	1.8		
YX200L2-2	37	67	2950	93.2	93.4	93				
YX225M-2	45	80.8	2970	94	94	93.5				
YX250M-2	55	99.7	2980	94.2	94.2	93.6	0.89			
YX280S-2	75	135.8	2970		94.4	93.7				

三相异步电动机技术数据

定子铁芯		铁芯长度 (毫米)	气隙长度 (毫米)	定转子槽数 ( $Z_1/Z_2$ )	绕组型式	并联路数	节距	每槽线数	线规 (根-毫米)				
外径	内径												
(毫米)													
155	84	115	0.4	24/20	单层同心式	1	1~12 2~11	38	2- $\phi$ 0.85				
175	98	130	0.45	36/28					37	1- $\phi$ 1.18			
210	116	110	0.55							34	1- $\phi$ 1.0 1- $\phi$ 1.06		
		145								26	2- $\phi$ 1.18		
260	150	150	0.65							20	3- $\phi$ 1.25		
		190								16	2- $\phi$ 1.18 2- $\phi$ 1.25		
		215								14	4- $\phi$ 1.3		
290	160	205	0.8				42/34	2	1~14	28	2- $\phi$ 1.25 1- $\phi$ 1.18		
327	182	200	1.0										3- $\phi$ 1.4
		235											24
368	210	220	1.1								20	5- $\phi$ 1.4	
400	225	240	1.2			1~17					16	5- $\phi$ 1.5 1- $\phi$ 1.6	
445	255	245	1.5			1~16	9- $\phi$ 1.5						



型 号	额定 功率 (千瓦)	额定 电流 (安)	转 速 (转/分)	效 率 (%) (输出功率/额定功率)			功 率 因 数	堵 转	堵 转	最 大	
				100	75	50		转 矩	电 流	转 矩	
								额 定	额 定	额 定	
								转 矩	电 流	转 矩	
YX280M 2	90	162.6	2980	94.5	94.6	94	0.89	1.8	7.5		
YX100L1-4	2.2	4.7	1440	86.3	87	86.5	0.82				
YX100L2-4	3	6.4		86.5	87.2	86.6					
YX112M-4	4	8.3	1460	88.3	89	88.5	0.83	2.0	8.0	2.2	
YX132S-4	5.5	11.2		89.5	90.2	89.5					
YX132M-4	7.5	14.8		90.3	90.7	90.3					
YX160M-4	11	20.9	1470	91.8	92	91.6	0.87				
YX160L-4	15	28.5			92.2	91.7					
YX180M-4	18.5	35.2	1480	93	93.2	92.8	0.85				
YX180L-4	22	41.7			93.2	93.5					93
YX200L-4	30	56			93.5	93.8					93.5
YX225S-4	37	68.9	1490	93.8	94.2	93.7	0.87				
YX225M-4	45	83.5	1480	94.1	94.5	94					

(续表)

定子铁芯		铁芯长度 (毫米)	气隙长度 (毫米)	定转子槽数 ( $Z_1/Z_2$ )	绕组型式	并联路数	节距	每槽线数	线规 (根-毫米)
外径	内径								
(毫米)									
445	255	275	1.5	42/34	双层叠式	2	1-16	12	6- $\phi$ 1.5 4- $\phi$ 1.6
155	98	135	0.3		单层交叉式		2/1~9 1/1~8	35	1- $\phi$ 1.18
		160						29	1- $\phi$ 1.30
175	110	160	0.3	36/32	单层交叉式	1		46	1- $\phi$ 1.25
210	136	145	0.4					40	1- $\phi$ 0.9 2- $\phi$ 0.86
		180						32	2- $\phi$ 1.18
260	170	175	0.5		单层链式			20	2- $\phi$ 1.18 1- $\phi$ 1.25
		215						16	1- $\phi$ 1.12 3- $\phi$ 1.18
290	187	220	0.55	48/44	双层叠式	4	1~11	60	2- $\phi$ 0.95
		250						52	1- $\phi$ 1.06 1- $\phi$ 0.95
327	210		0.65			2		26	3- $\phi$ 1.40
368	245	235	0.7			4	1~12	42	1- $\phi$ 1.30 1- $\phi$ 1.50
		260						38	2- $\phi$ 1.50

型 号	额定 功率 (千瓦)	额定 电流 (安)	转速 (转/分)	效 率 (%) (输出功率/额定功率)			功率 因数	堵转	堵转	最大	
				100	75	50		转矩	电流	转矩	
							额定	额定	额定		
							转矩	电流	转矩		
YX250M-4	55	100.2	1480	94.5	94.8	94.2	0.88	1.8	7.5	2.2	
YX280S-4	75	136.7	1490	94.7	95	94.6					
YX280M-4	90	161.7		95	95.2	94.8					
YX100L-6	1.5	3.8	960	82.4	82.8	82	0.72	2.0	7.0	2.0	
YX112M-6	2.2	5.3	970	85.3	85.8	84.8	0.74				
YX132S-6	3	6.9	980	87.2	87.5	86.8	0.76				
YX132M1-6	4	9	970	88	88.4	87.6	0.77				
YX132M2-6	5.5	12.1		88.5	88.8	88.3	0.78				
YX160M-6	7.5	16	980	90	90.4	89.6	0.79				
YX160L-6	11	23.4		90.4	91	90.2	0.81				
YX180L-6	15	30.7		91.7	92.2	91.5					
YX200L1-6	18.5	36.9		92.1	92.5	91.8					0.83
YX200L2-6	22	43.2					0.84				
YX225M-6	30	57.7	990	93	93.4	92.8	0.85				1.8
YX250M-6	37	70.8		93.4	93.8	93.2					
YX280S-6	45	84		93.6	94	93.4	0.87				
YX280M-6	55	102.4		93.8	94.2	93.6					

(续表)

定子铁芯		铁芯 长度 (毫米)	气隙 长度 (毫米)	定转子 槽数 ( $Z_1/Z_2$ )	绕组 型式	并联 路数	节距	每槽 线数	线 规 (根-毫米)
外径	内径								
(毫米)									
400	260	260	0.8	48/44	双层叠式	4	1~12	34	2- $\phi$ 1.40 1- $\phi$ 1.30
445	300	290	0.9	60/50			1~14	24	4- $\phi$ 1.30 1- $\phi$ 1.40
		345					20	2- $\phi$ 1.40 3- $\phi$ 1.50	
155	106	115	0.25	36/33	单层链式	1	50	1- $\phi$ 0.95	
175	120	130	0.3				41	1- $\phi$ 1.18	
210	148	125	0.35				35	1- $\phi$ 1.0 1- $\phi$ 0.95	
		150					49	2- $\phi$ 0.85	
		195					38	2- $\phi$ 0.95	
260	180	165	0.4				54/44	1~9	24
		220		18	2- $\phi$ 1.18 1- $\phi$ 1.25				
290	205	235	0.45	72/58	双层叠式	3	48	2- $\phi$ 0.95	
327	230	215	0.5			2	24	2- $\phi$ 1.0 1- $\phi$ 1.06	
		225				22	2- $\phi$ 1.0 1- $\phi$ 1.18		
368	260	240	0.5			1~12	28	2- $\phi$ 1.18 1- $\phi$ 1.06	
400	285	235	0.55				30	3- $\phi$ 1.25	
445	325						0.65	24	3- $\phi$ 1.18 1- $\phi$ 1.25
		280	20	2- $\phi$ 1.25 1- $\phi$ 1.60					

### 3-3 三相异步电动机的维护

#### 一、电动机起动前的准备及检查

(1) 新的或停用三个月以上的电动机，使用前应该检查一下电动机绕组间和绕组对地的绝缘电阻。对绕线式转子电动机，除检查定子绝缘外，同时还应检查转子绕组及滑环对地和滑环之间绝缘。绝缘电阻每1千伏工作电压不得小于1兆欧。通常对500伏以下电动机用500伏兆欧表测量，对500~3000伏电动机用1000伏兆欧表测量，对3000伏以上电动机用2500伏兆欧表测量。一般三相380伏电动机的绝缘电阻应大于0.50兆欧方可使用。

(2) 检查铭牌所示电压与电路电压等是否相符，接法是否正确。

(3) 检查电动机内部有无杂物。用干燥的压缩空气(不大于2个大气压)吹净内部，也可使用吹风机或手风箱(皮老虎)等吹。但不能碰坏绕组。

(4) 检查扳动电动机的转轴是否能自由旋转。对于滑动轴瓦，转子的轴向游动量每边约2~3毫米。

(5) 检查电动机接地装置是否可靠。

(6) 绕线式电动机还应检查滑环上的电刷表面是否全部贴紧滑环，导线有否相碰，电刷提升机构是否灵活，电刷的压力是否正常(一般电动机工作面上的压力约为1.5~2.5牛/厘米<sup>2</sup>)。

(7) 对不可逆转的电动机，需检查运转方向是否与该电动机运转指示箭头方向相同。

(8) 对新安装的电动机，还需检查接触螺栓及底脚和轴承螺帽是否拧紧，以及机械方面是否牢固。检查电动机机座与电源线钢管接地情况。

经过上述准备工作及检查后方可起动电动机，电动机起动后应空转一段时间，在这段时间内应注意轴承温升，不得超过表3-18中的规定，而且应该注意是否有不正常噪音、振动、局部发热等现象，如有不正常现象需消除后才能运行。

表 3-18 三相异步电动机的最高容许温度  
(周围环境温度为  $+40^{\circ}\text{C}$ )

绝缘等级	测试项目	测试方法	定子绕组	转子绕组		定子铁芯	滑环	滑动轴承	滚动轴承
				绕线式	鼠笼式				
A	最高容许温度( $^{\circ}\text{C}$ )		95 100	95 100	— —	100 —	100 —	80 —	95 —
	最大容许温升( $^{\circ}\text{C}$ )		55 60	55 60	— —	60 —	60 —	40 —	55 —
E	最高容许温度( $^{\circ}\text{C}$ )		105 115	105 115	— —	115 —	110 —	80 —	95 —
	最大容许温升( $^{\circ}\text{C}$ )	温度计法 电阻法	65 75	65 75	— —	75 —	70 —	40 —	55 —
B	最高容许温度( $^{\circ}\text{C}$ )		110 120	110 120	— —	120 —	120 —	80 —	95 —
	最大容许温升( $^{\circ}\text{C}$ )		70 80	70 80	— —	80 —	80 —	40 —	55 —
F	最高容许温度( $^{\circ}\text{C}$ )		135 140	125 140	— —	140 —	130 —	80 —	95 —
	最大容许温升( $^{\circ}\text{C}$ )		85 100	85 100	— —	100 —	90 —	40 —	55 —
H	最高容许温度( $^{\circ}\text{C}$ )		145 165	145 165	— —	165 —	140 —	80 —	95 —
	最大容许温升( $^{\circ}\text{C}$ )		105 125	105 125	— —	125 —	100 —	40 —	55 —

## 二、电动机在运行中的维护

(1) 应经常保持清洁。不允许有水滴、油污或灰尘落入电动机内部。

(2) 电机通风必须良好,其进风口必须保持畅通。

(3) 经常检查轴承有无发热、漏油现象。定期更换润滑脂。一般高速电动机应采用高速机油,低速电动机应采用机械油注入轴承内,并达到规定的油位。滚珠轴承的润滑脂采用HSY103 硫化铝复合钙基脂(干湿热带电动机用)或钙钠基1号润滑脂(一般电动机用)。

(4) 对较大功率的电机应安装电流表来监视负载电流,其值不能超过额定值。

(5) 电机各部位最高允许温度根据电机绝缘等级而定,如表3-18所示。

(6) 电机运行中应当观察其电源电压、频率的变化。电源电压三相不平衡、或频率过高过低,均会引起电机过热或不正常运行。

(7) 对绕线式转子电动机,应经常检查电刷与集电环的接触、电刷的磨损以及火花情况。若发现火花较大、集电环表面粗糙时,应车光集电环表面,然后用0号砂布磨光,并调整电刷弹簧压力。集电环之间和集电环与转轴之间的绝缘管及绝缘垫圈常被电弧烧焦,会失去绝缘性能。如烧焦面积不大不深,可将烧焦点用砂布磨消,再涂一层环氧胶或醇酸绝缘漆;如烧焦严重,则应予以更换。

(8) 电机运行中有不正常杂声(如摩擦声、尖叫声或其他杂声),应及时停车,消除故障后方可继续运行。

### 3-4 三相异步电动机的常见故障及处理方法

三相异步电动机的故障一般可分为电气和机械两部分。电气方面故障包括各种类型的开关、按钮、熔断器、电刷、定子绕组、转子绕组及起动设备等,机械方面故障包括轴承、风叶、机壳、联轴器、端盖、轴承盖、转轴等。下面主要介绍定子绕组和转子绕组的故障。

当电动机发生故障时,应仔细观察所发生的现象,如转速快慢程度、温度变化、是否有不正常响声和剧烈振动,开关和电动机绕组内是否有串火冒烟及焦臭味等等,根据故障现象分析原因,迅速判断故障所在。具体的故障及处理方法如表3-19所示。

表 3-19 三相异步电动机的常见故障及处理方法

故障现象	可能原因	处 理 方 法
不能起动	1. 电源未接通 2. 定子或转子绕组断路 3. 定子绕组相间短路 4. 定子绕组通地 5. 定子绕组接线错误 6. 熔丝烧断 7. 绕线式转子电动机起 动误操作 8. 过电流继电器调得太 小 9. 老式起动开关油杯缺 油 10. 负载过大或传动机被 轧住 11. 控制设备接线错误	1. 检查开关、熔丝、各对触点及电动机引 出线头, 将故障处查出修理 2. 参阅 3-5 节检查处理 3、4、5 参阅 3-5 节检查处理 6. 查出烧断原因, 排除故障, 然后按电动 机规格配上新熔丝。 7. 检查滑环短路装置及起动变阻器的位 置。起动时应分开短路装置、串接变 阻器 8. 适当调高 9. 加新油至油面线 10. 选择较大容量电动机或减轻负载; 如 传动机被轧住, 应检查机器, 消除障 碍 11. 校正接线
电动机带 负载运行时 转速低于额 定值	1. 电源电压过低 2. 鼠笼转子断条 3. 绕线式转子一相断路 4. 绕线式转子电动机起 动变阻器接触不良 5. 电刷与滑环接触不良 6. 负载过大	1. 用电压表、万用表检查电动机输入端电 源电压 2. 把断条侦察器放在转子铁芯上逐槽检 查, 如转子断条, 则毫伏表读数增大 3. 用校验灯、万用表等检查断路处, 排除 故障 4. 修理变阻器接触点 5. 调整电刷压力及改善电刷与滑环接触 面 6. 选择较大容量电动机或减轻负载



(续表)

故障现象	可能原因	处理方法
电动机空载或负载时电流表指针来回摆动	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 绕线式转子电动机一相电刷接触不良</li> <li>2. 绕线式转子电动机滑环短路装置接触不良</li> <li>3. 鼠笼转子断条</li> <li>4. 绕线式转子一相断路</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 调整电刷压力及改善电刷与滑环接触面</li> <li>2. 修理或更换短路装置</li> <li>3. 把断条侦察器放在转子铁芯上逐槽检查,如转子断条,则毫伏表读数增大</li> <li>4. 用校验灯、万用表等检查断路处,排除故障</li> </ol>
接地失灵,电机外壳带电	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 电源线与接地线搞错</li> <li>2. 电动机绕组受潮、绝缘老化或引出线与接线盒碰壳</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 纠正接线</li> <li>2. 电动机绕组干燥处理,绝缘严重老化者要更换绕组,整理接地线</li> </ol>
电动机运转时声音不正常	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 定子与转子相擦</li> <li>2. 电动机二相运转有嗡嗡声</li> <li>3. 转子风叶碰壳</li> <li>4. 转子擦绝缘纸</li> <li>5. 轴承严重缺油</li> <li>6. 轴承损坏</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 锉去定转子硅钢片突出部分;轴承如有走外圆或走内圆,可采取镶套办法,或更换端盖,或更换转轴</li> <li>2. 检查熔丝及开关接触点,排除故障</li> <li>3. 校正风叶,旋紧螺钉</li> <li>4. 修剪绝缘纸</li> <li>5. 清洗轴承加新油,润滑脂的容量不宜超过轴承内容积的70%;,润滑脂的选用参考表14-135</li> <li>6. 更换轴承</li> </ol>
电动机振动	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 转子不平衡</li> <li>2. 皮带盘不平衡</li> <li>3. 皮带盘轴孔偏心</li> <li>4. 轴头弯曲</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 校动平衡</li> <li>2. 校静平衡</li> <li>3. 车正或镶套</li> <li>4. 校直或更换转轴。弯曲不严重时,可车去1~2毫米,然后配上套筒(热套)</li> </ol>

(续表)

故障现象	可能原因	处理方法
轴承过热	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 轴承损坏</li> <li>2. 轴承与轴配合过松(走内圆)或过紧</li> <li>3. 轴承与端盖配合过松(走外圆)或过紧</li> <li>4. 滑动轴承轴环轧煞或转动缓慢</li> <li>5. 润滑油过多、过少或油质不好</li> <li>6. 皮带过紧或联轴器装得不好</li> <li>7. 电动机两侧端盖或轴承盖未装平</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 更换轴承</li> <li>2. 过松时转轴镶套;过紧时重新加工到标准尺寸</li> <li>3. 过松时端盖镶套,过紧时重新加工到标准尺寸</li> <li>4. 查明轧煞处,修好或更换油环。油质太厚时应掉换较薄的润滑油</li> <li>5. 加油或换油,润滑油的容量不宜超过轴承内容积的70%,润滑油的选用参考表14-135</li> <li>6. 调整皮带张力,校正联轴器传动装置</li> <li>7. 将端盖或轴承盖止口装进装平,旋紧螺钉</li> </ol>
电动机温升过高或冒烟	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 负载过大</li> <li>2. 两相运转</li> <li>3. 电机风道阻塞</li> <li>4. 环境温度增高</li> <li>5. 定子绕组匝间或相间短路</li> <li>6. 定子绕组通地</li> <li>7. 电源电压过低或过高</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 选择较大容量电动机或减轻负载</li> <li>2. 检查熔丝、开关接触点,排除故障</li> <li>3. 清除风道油垢及灰尘</li> <li>4. 采取降温措施</li> <li>5. 参阅3-5节检查处理</li> <li>6. 参阅3-5节检查处理</li> <li>7. 用电压表、万用表检查电动机输入端电源电压</li> </ol>
绕线式转子滑环火花过大	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 电刷牌号及尺寸不合适</li> <li>2. 滑环表面有污垢杂物</li> <li>3. 电刷压力太小</li> <li>4. 电刷在刷握内轧住</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 更换合适电刷</li> <li>2. 用0号砂布磨光滑滑环并擦净污垢,痕重时应车一刀</li> <li>3. 调整电刷压力</li> <li>4. 磨小电刷</li> </ol>

### 3-5 三相异步电动机的定子绕组故障的检修

绕组是电动机的重要组成部分。由于电动机绝缘的老化、受潮、腐蚀性气体浸入，以及机械力和电磁力的冲击等都会造成绕组损伤，此外不正常的运行，如长期过载、欠电压或单相运行等也会引起绕组故障。下面介绍几种常见的绕组故障的检修方法。

#### 一、绕组断路故障的检修

实际经验表明，断路故障多数发生在电动机绕组的端部、各绕组元件的接线头、引出线端等地方附近。由于绕组端部露在电动机铁芯外面，导线易被碰断或接线头因焊接不良，在长期使用中松脱等，因此首先要检查绕组的端部，如发现断线或接头松脱时，应重新连接焊牢，包上绝缘再涂上绝缘漆即可使用。

另外，由于匝间短路、通地等故障而造成绕组烧断，则大多需更换绕组。

检查单相及小型电动机断路时，可用兆欧表或万用表（放在低电阻档）、校验灯等来校验。对于星形接法的电动机，检查时需每相分别测试，如图 3-3 所示。对于三角形接法的电动机，检查时必须把三相绕组的接线头拆开后，再每相分别测试，如图 3-4 所示。

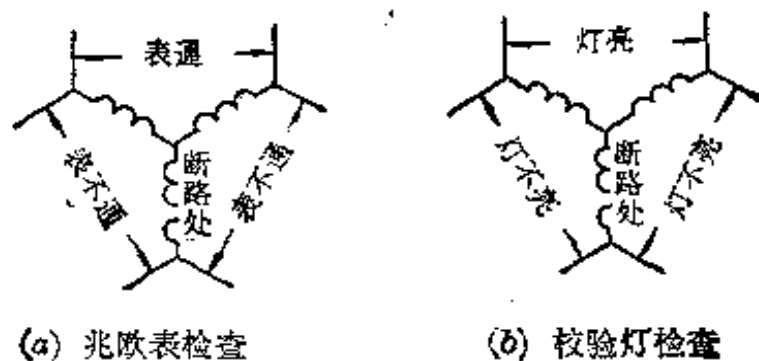


图 3-3 检查绕组断路(Y接法)

中等容量电动机绕组大多是采用多根导线并绕或多支路并联，如断掉若干根或断开一路时，检查就比较复杂。通常采用以下三种检查方法：

(1) 三相电流平衡法：星形接法的电动机三相绕组并联后，通入低电压大电流（一般可用单相交流弧焊机），如果三相电流值相差大于百分之五时，电流小的一相为断路相，如图 3-5 所示。

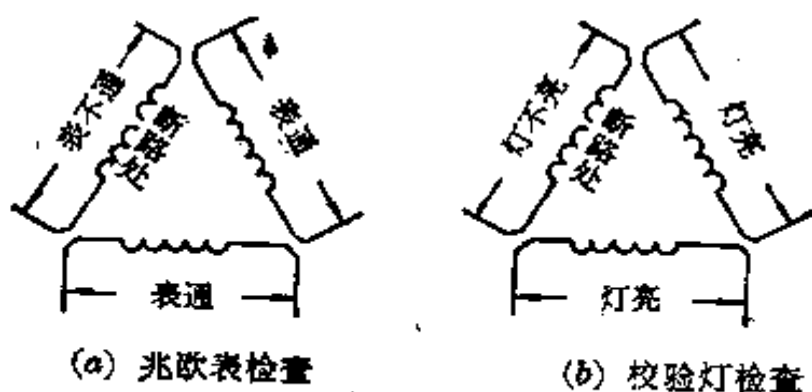


图 3-4 检查绕组断路(Δ接法)

(2) 电阻法：用电桥测量三相绕组的电阻，如三相电阻值相差大于 5% 时，电阻较大的一相即为断路相。

对于三角形接法的电动机，先要把三角形的接头拆开一个，然后再把电流表接在每相绕组的两端，其中电流小的一相为断路相，如图 3-6 所示。

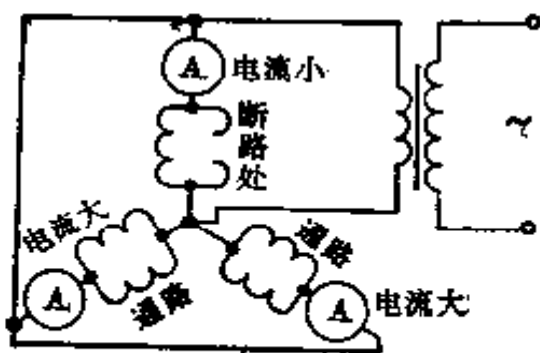


图 3-5 用电流平衡法检查多支路并联星形连接绕组断路

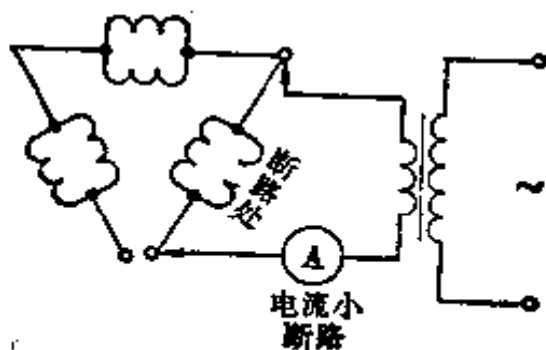


图 3-6 用电流平衡法检查多支路并联三角形连接绕组断路

(3) 兆欧表、校验灯测试法：如图 3-3 所示，表不通或灯不亮的那一相绕组为断路。

## 二、绕组通地故障的检修

电动机绕组通地俗称“碰壳”。电动机绕组受潮、绝缘老化以及大修更换绕组时槽绝缘被损坏或绝缘未垫好，都会造成通地故障。

检查方法：用万用表(低阻档)、校验灯(40瓦以下)按图 3-7 逐相检查。如果电阻较小或校验灯暗红时表示该相绕组严重受潮，应进行烘干处理。烘干后用兆欧表测定其绝缘电阻大于 0.5 兆欧时，即可使用。如果电阻为零或者校验灯发亮的相，即为通地相。然后检查通地相绕组绝缘物，如有破裂及焦痕

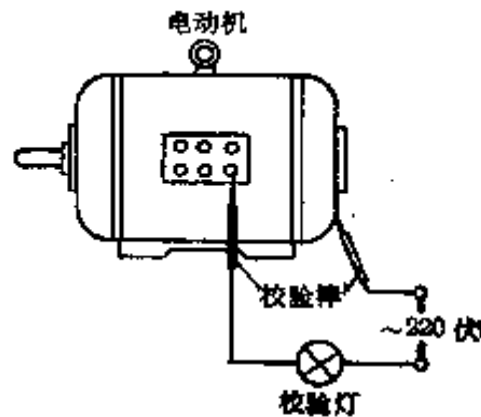


图 3-7 用校验灯检查绕组通地

地方即为通地点。如果很难看到焦痕处，可用校验灯测量该相绕组，如有冒烟，即可发现通地点。

经验表明，电动机通地点一般都发生在绕组伸出槽外的交接处。如该处故障不严重，可用竹片或绝缘纸插入铁芯与绕组之间，然后按上述方法检查，如已不通地了，可将绝缘带包扎好并涂上自干绝缘漆。

如果通地发生在槽内，大多需更换绕组。

### 三、绕组短路故障的检修

绕组短路一般由于过电压、欠电压、过负载或单相运行等原因造成。更换绕组时操作不当也会造成绕组短路。

检查时应了解电动机是否有过载、过电压或单相运行等异常情况，短路处因电流过大而产生高热，使绝缘焦脆，观察绕组有否烧焦痕迹和焦味。

绕组短路的情况有：绕组匝间短路，绕组与绕组间短路，极相组间短路，相间短路。常用的检查方法有下面几种：

(1) 利用兆欧表或万用表检查相间绝缘。检查任何二相绕组间绝缘电阻，如绝缘电阻很低，就说明该二相短路。

(2) 电流平衡法，用图 3-5 及图 3-6 所示的方法分别测量三相绕组电流，电流大的相为短路相。

(3) 用短路侦察器检查绕组匝间短路：短路侦察器是利用变压器原理来检查绕组匝间短路的，其外形如图 3-8(a) 所示。短路侦察器具有一个不闭合的铁芯磁路，上面绕有励磁绕组，相当于变压器一次侧绕组。将已接通交流电源的短路侦察器放在定子铁芯槽口构成闭合磁路，沿着各个槽口逐槽移动。当

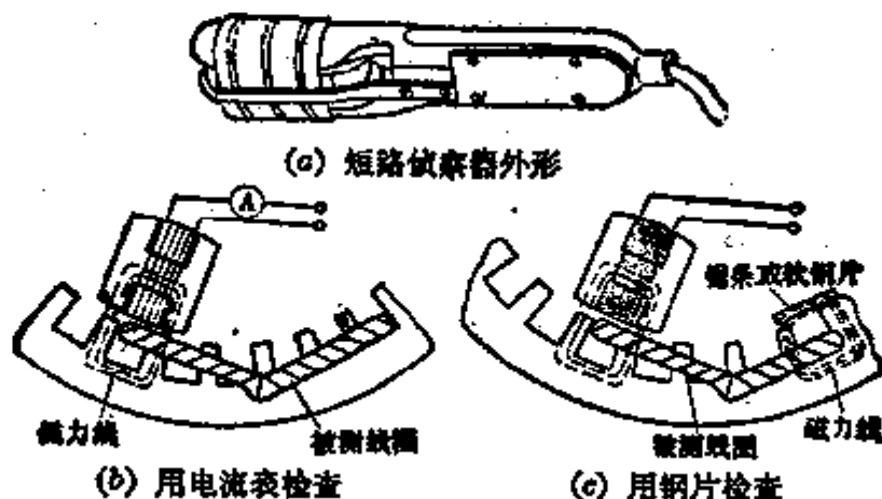


图 3-8 短路侦察器外形与用短路侦察器检查绕组匝间短路

它经过一个短路绕组时，这短路绕组就相当于变压器的二次侧绕组。如果短路侦察器绕组中串联一只电流表，如图 3-8(b) 所示，此时电流表指示出较大电流。不用电流表，也可用一片厚 0.5 毫米钢片或旧锯条安放在被测绕组的另一个绕组边所在槽口上面，如图 3-8(c) 所示。如被测绕组短路，则此钢片就会产生振动。

必须指出，对于多路绕组的电动机，必须把各支路拆开，才能用短路侦察器测试，否则绕组支路上有环流，无法分清那个槽的绕组是短路的。

如果短路点发生在槽内，将该槽绕组稍加热软化后翻出受损绕组，换上新槽绝缘，将导线绝缘损伤的部位用薄的绝缘带包好再按上述方法检查，然后重新嵌入槽内进行绝缘处理。如导线绝缘损坏处较多，包上新绝缘的导线无法嵌进槽内，要拆下重绕。

(4) 电阻法：用电桥测量三相绕组电阻，电阻较小的一组为短路相。

#### 四、绕组接错与嵌反时的检修

绕组接错或嵌反后，电动机起动时，由于绕组中流过电流方向变反，使电动机的磁动势和电抗不平衡，因此引起电动机振动、噪声、三相电流严重不平衡、电动机过热、转速降低，甚至造成电动机不转，熔断丝烧断。

绕组接错与嵌反有两种情况：一种是绕组外部接线错误，另一种是内部个别绕组或极相组接错或嵌反。

##### 1. 三相绕组的头尾接反的检查方法

(1) 绕组串联法：图 3-9 是一相绕组接通 36 伏低电压交流电（对小容量

的电动机可直接用 220 伏电源, 中大型电动机不宜用 220 伏电源), 另外二相绕组串联起来接上灯泡, 如果灯泡发亮, 说明三相绕组头尾连接是正确的, 作用在灯泡上的电压是两相绕组感应电动势之矢量和; 如果灯泡不亮, 说明两相绕组头尾接反, 作用在灯泡上的电压是两相绕组感应电动势之矢量差, 正好抵消。应该对调后重试。

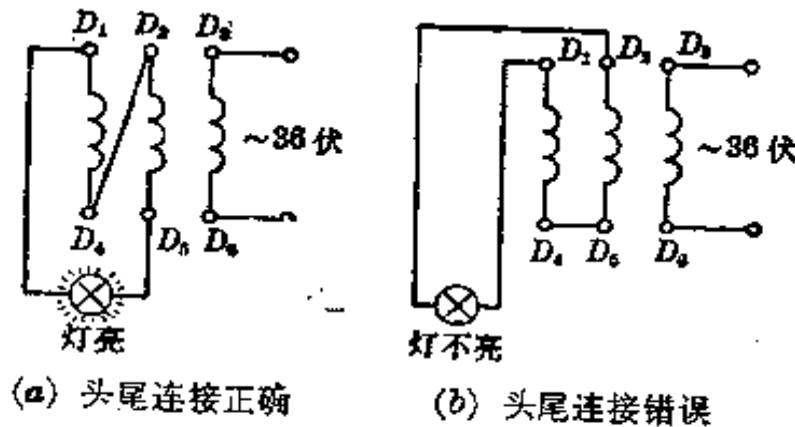


图 3-9 绕组串联法检查三相绕组头尾

(2) 用万用表检查: 如图 3-10 所示的接法, 用万用表(毫安档)进行测试, 此时转动电动机转子, 如万用表指针不动, 则说明绕组头尾连接是正确的; 如万用表指针转动了, 说明绕组头尾连接是错误的, 应该对调后重试。这一方法是利用转子中剩磁在定子三相绕组内感应出电动势的方向来判断绕组头尾。

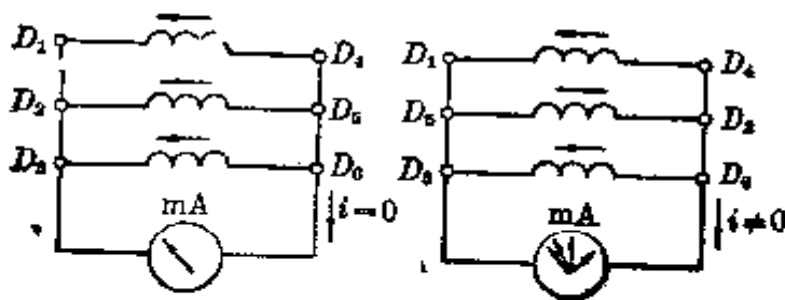


图 3-10 用万用表检查绕组头尾接反方法之一

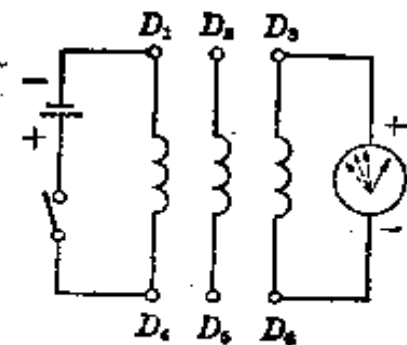


图 3-11 用万用表检查绕组头尾接反方法之二

如图 3-11 所示接法, 当接通开关瞬间, 如万用表(毫安档)指针摆向大于零的一边, 则电池正极所接线头与万用表负端所接线头同为头或尾, 如指针反向摆动, 则电池正极所接线头与万用表正端所接线头同为头或尾。再将电池

于王二一

接到另一相的两个线头试验,就可确定各相的头与尾。

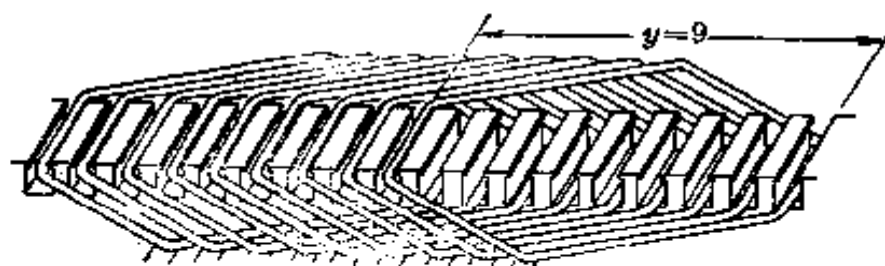
2. 内部个别绕组或极相组接错或嵌反的检查方法 将低压直流电源(一般用蓄电池)通入某相绕组,用指南针沿着定子铁芯槽上逐槽检查,如指南针在每极相组的方向交替变化,表示接线正确;如果邻近的极相组指南针的指向相同,表示极相组接错;如果极相组中个别绕组嵌反,在本极相组中指南针的指向是交替变化的。这时把绕组故障部分的连接线或过桥线加以纠正。如指南针方向都指不清楚,应加大电源电压,再行检查。

### 3-6 三相异步电动机定子绕组的重绕

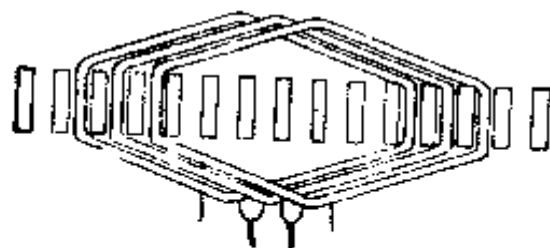
#### 一、定子绕组的构造和种类

定子绕组是异步电动机能量转换的关键部分。分析绕组的构造,一般考虑以下一些问题。

1. 绕组的节距(俗称跨距) 即绕组两边间的距离,以字母  $y$  表示,用槽数计量,通常又用两边槽号表示。为了感应尽量大的电动势,绕组两边应嵌放在接近一个极距的两个槽内,也就是说,绕组的节距  $y$  应接近于或等于极距  $\tau$ ,它等于槽数除以极数,即



(a)  $y=9$  时绕组在槽中的分布



(b)  $q=3$  时绕组的极相组

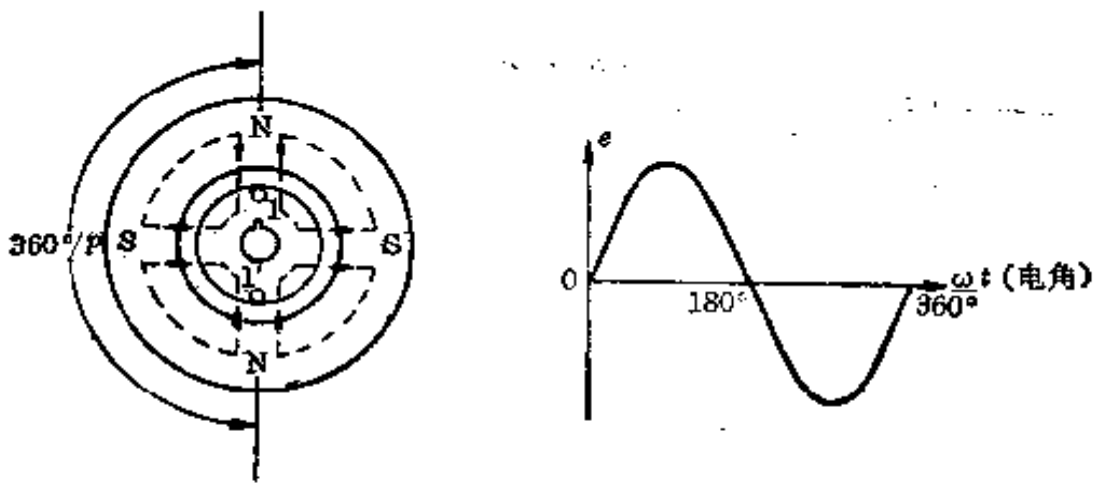
图 3-12 36 槽 4 极电动机定子的平面展开



$$y \approx \tau = s/2p$$

当绕组的节距等于极距时称为整距绕组。例如，定子槽数  $s=36$ ，极数  $2p=4$ ，可求得极距  $\tau = s/2p = 36/4 = 9$  (槽)。如取  $y = \tau = 9$ ，绕组两条边放置 在第 1 槽到第  $1+9=10$  槽中，或表示为  $y=1 \sim 10$ ，如图 3-12(a) 所示。当绕组节距小于极距时称为短距绕组，如上例中取  $y=7 < \tau$ ，这时绕组两边放置 在第 1 槽到第  $1+7=8$  槽中，或表示为  $y=1 \sim 8$ 。双层绕组一般都采用短距  $y \approx 0.8\tau$ ，以使 5 次和 7 次谐波相互抵消，既改善了电动机的电磁性能，又可节省材料。

2. 电角度及三相绕组分布的原则 图 3-13(a) 为一台 4 极电动机定子三相绕组产生的旋转磁场，每对极占定子空间为  $360^\circ/\text{极对数}$  (机械角)。例如转子上导体 1 转过一对极即  $360^\circ/2 = 180^\circ$  机械角时，其中感应电动势变化了一个周期，如图 3-15(b) 所示，即相应变化了  $360^\circ$  (电角)，经过 2 对极时则电磁上相应变化为  $720^\circ \dots$  等。由上可知电角度与机械角度的关系为：电角度 = 极对数  $\times$  机械角度。



(a) 4 极电机磁场示意图

(b) 转子导体 1 的感应电动势波形

图 3-13 4 极电动机机械角与电角的关系

三相绕组的分布原则：三相异步电动机定子嵌有三相绕组，每组绕组的连接及排列都相同，相与相之间在槽内分布间隔  $120^\circ$  电角度，它们的感应电动势大小相等且互差  $120^\circ$ ，符合这条件的绕组为对称的三相绕组。

为了提高绕组的利用率和绕组分布系数，三相绕组通常在槽内按  $60^\circ$  相带分布，也就是每极每相占据  $60^\circ$  电角度的位置。因为每极为  $180^\circ$  电角度，因此可以分成三个相带，并根据三相间隔  $120^\circ$  的原则，可以得到三相在定子

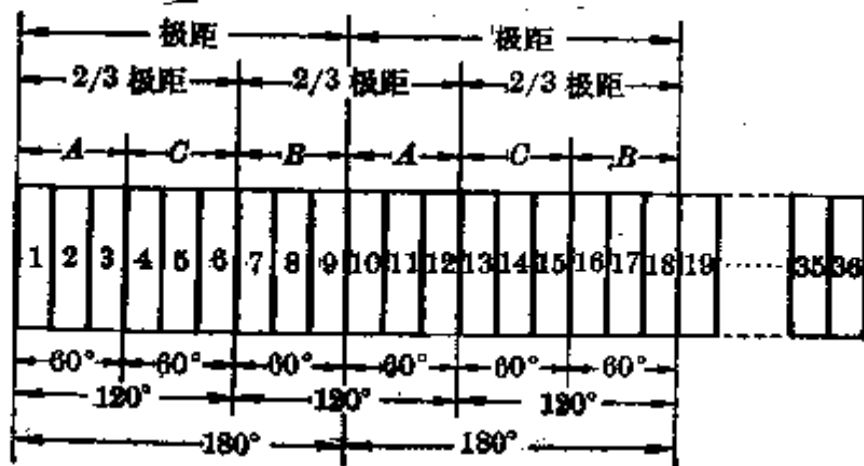


图 3-14 36 槽 4 极定子电角与绕组分布

A-B 相间间隔 120° 电角, B-C 相间间隔 120° 电角, C-A 相间间隔 120° 电角; 每极下 A 相占 60° 相带, B 相占 60° 相带, C 相占 60° 相带

槽内分配次序为 A→C→B→A→C→B… 依次类推。图 3-14 所示为 36 槽 4 极的电动机定子电角与绕组分布关系。

3. 每极每相槽数和极相组 如已知电动机定子槽数  $s$ 、极数  $2p$  和相数  $m$ , 则每极每相的槽数  $q = s/2pm$ ,  $q$  值可为整数或分数。将属于同相同极(即一个相带)中的  $q$  只绕组按照一定方式串联成组叫做极相组, 俗称“联”。以 36 槽 4 极电动机为例, 因每极每相槽数  $q = 36/(3 \times 4) = 3$ , 即可由 3 只线圈串联成一个极相组(一联)如图 3-12(b)。必须指出, 在  $q$  不变的情况下, 双层绕组每相的极相组数(联数)就等于极数, 而单层绕组每相的极相组数(联数)等于极对数。

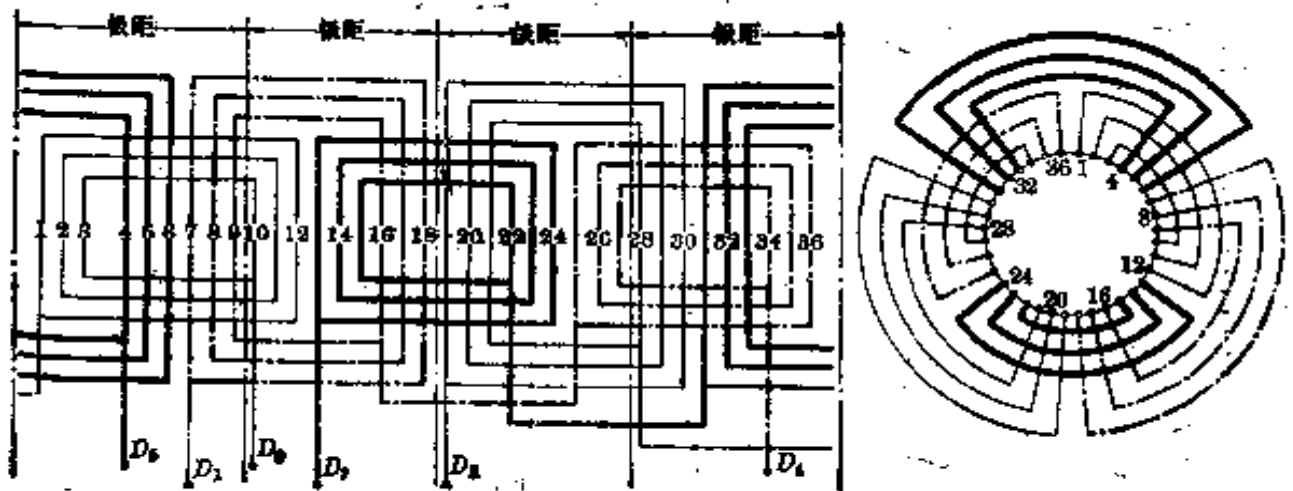


图 3-15 36 槽 4 极两平面同心式绕组展开图

$q=3, a=1, y$  为 1~12, 2~11, 3~10

4. 绕组的种类及其特点 常用的绕组的结构型式有单层绕组、双层绕组等。

(1) 单层绕组：单层绕组没有层间绝缘，不会发生槽内相间击穿故障，绕组嵌线方便。但缺点是短节距绕组的选用受到限制，电磁波形不够理想。所

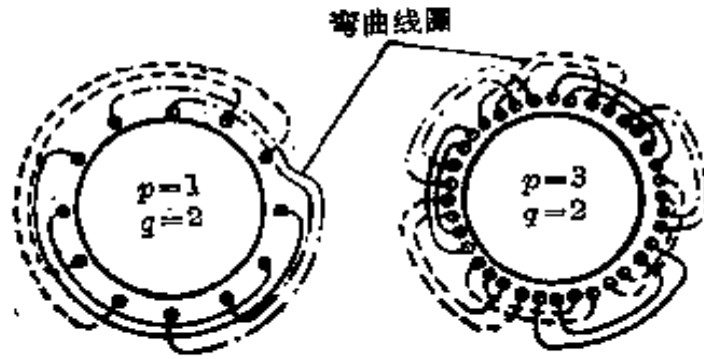


图 3-16 极对数  $p$  为奇数时同心式两平面绕组端部

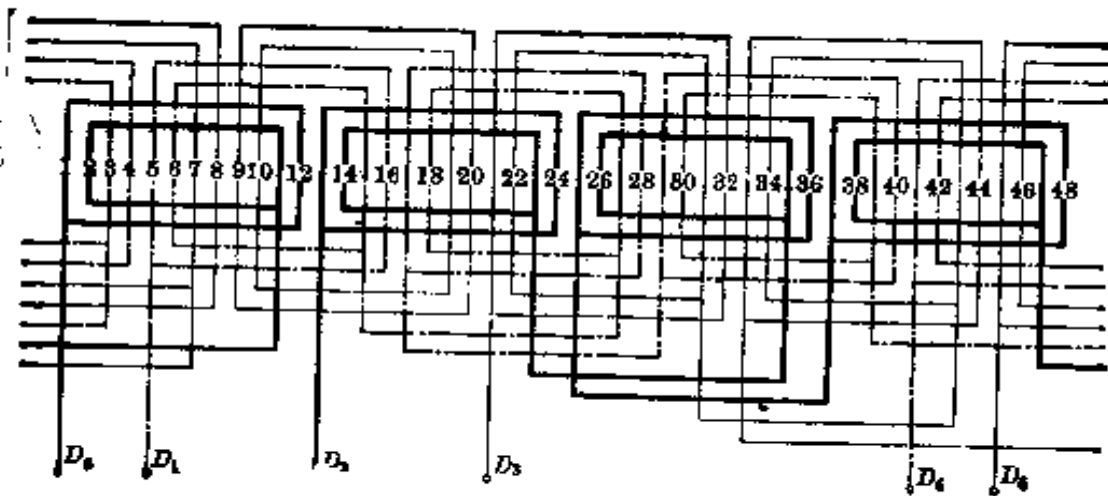
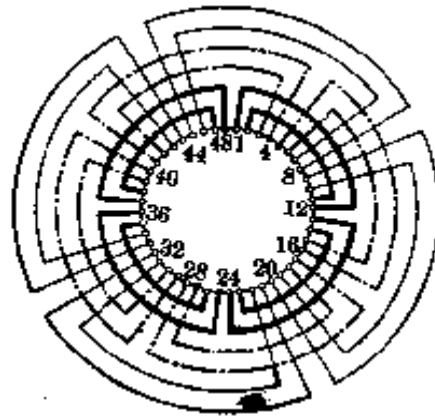


图 3-17 48 槽 4 极三平面同心式绕组展开图

$q=4, a=1, y$  为 1~12, 2~11

以一般应用在小容量电动机中。单层绕组有同心式和链形绕组两大类。

同心式绕组：按绕组端部的安放位置又分成两平面同心式和三平面同心式，图 3-15 为两平面同心式绕组。

图 3-16 是  $s=12$ 、 $p=1$  以及  $s=36$ 、 $p=3$  的两平面同心式绕组端接部分示意图。由于极对数为奇数，极相组数为奇数，所以出现一只跨过端部两平面的弯曲绕组。图 3-17 为三平面同心式绕组。

链形绕组：链形绕组分为同心式链形、等距链形和叉式链形三种。

图 3-18 为同心式链形绕组，其结构特点与同心式绕组相同。

图 3-19 为等距链形绕组，整距绕组的结构，由等节距的线圈所组成，线模是一种尺寸，制造工艺方便。

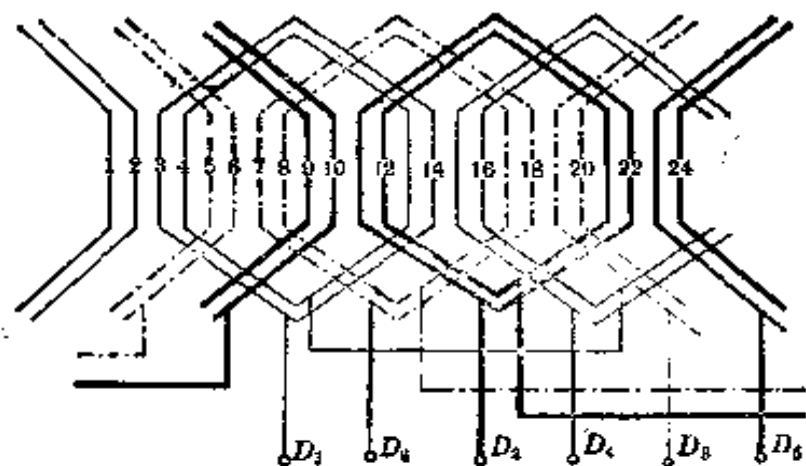


图 3-18 24 槽 2 极同心式链形绕组展开图

$q=4$ ,  $a=1$ ,  $y$  为 1~12, 2~11

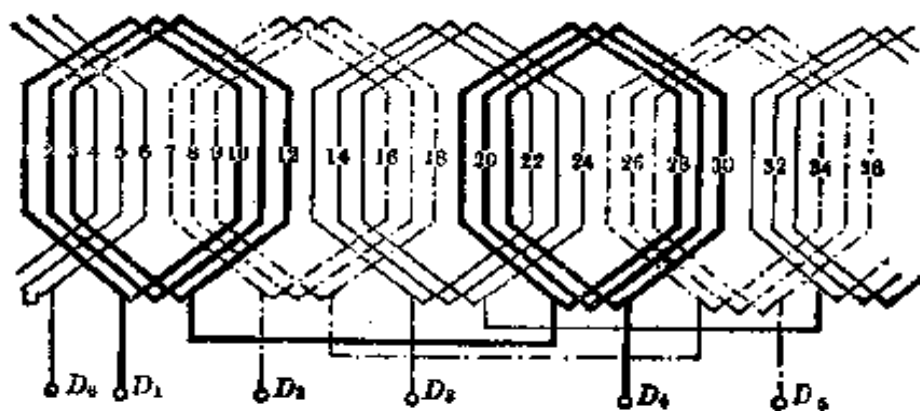


图 3-19 36 槽 4 极等距链形绕组展开图

$q=3$ ,  $a=1$ ,  $y$  为 1~10

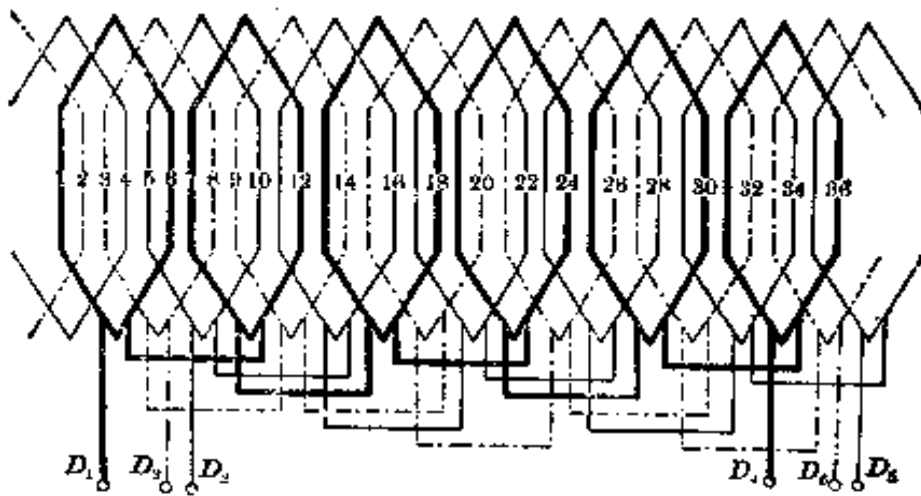


图 3-20 36 槽 6 极等距链形绕组展开图

$q=2, a=1, y$  为 1~6

图 3-20 为短距绕组的结构, 因单层绕组当节距为双数时绕组无法嵌放, 采用了短距后, 不仅端部用铜可以节省, 而且电磁效果与整距相同。

图 3-21 为叉式链形绕组, 每极相组由二组绕组反串而成, 一组为 2 只节距 1~9 的绕组串联, 另一组为一只节距 1~8 的绕组。因采用了适当的短距后, 端部用铜节省, 而且嵌线很方便, 因此近年来广泛地应用于  $q=3, 5, 7$  等 2 极、4 极与 6 极的电动机中。

(2) 双层绕组: 其优点是可任意选用合适的短距绕组, 改善电磁波形, 并且可用分数槽绕组来削弱高次谐波等。因此使用双层绕组后, 电动机的电磁

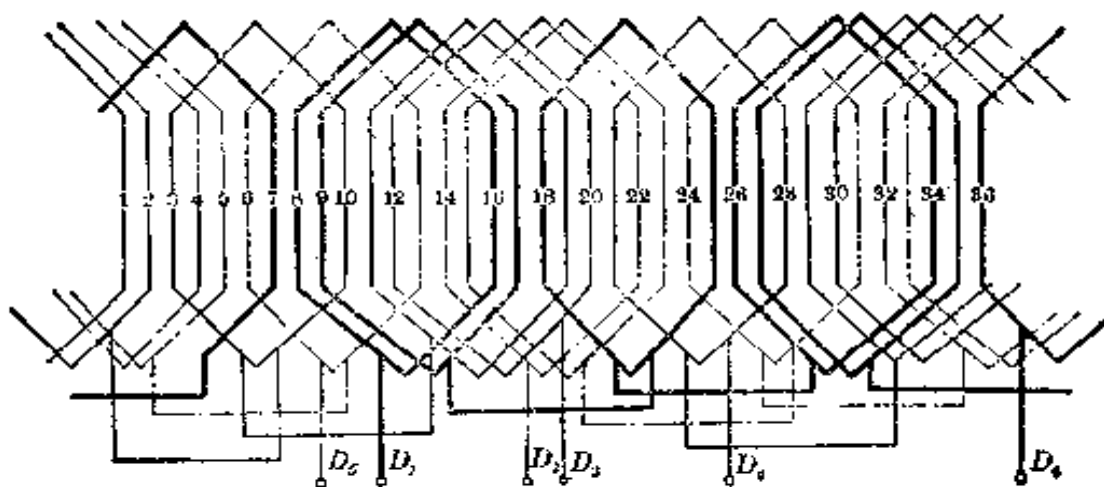


图 3-21 36 槽 4 极叉式链形绕组展开图

$q=3, a=1, y$  为 1~8, 1~9。

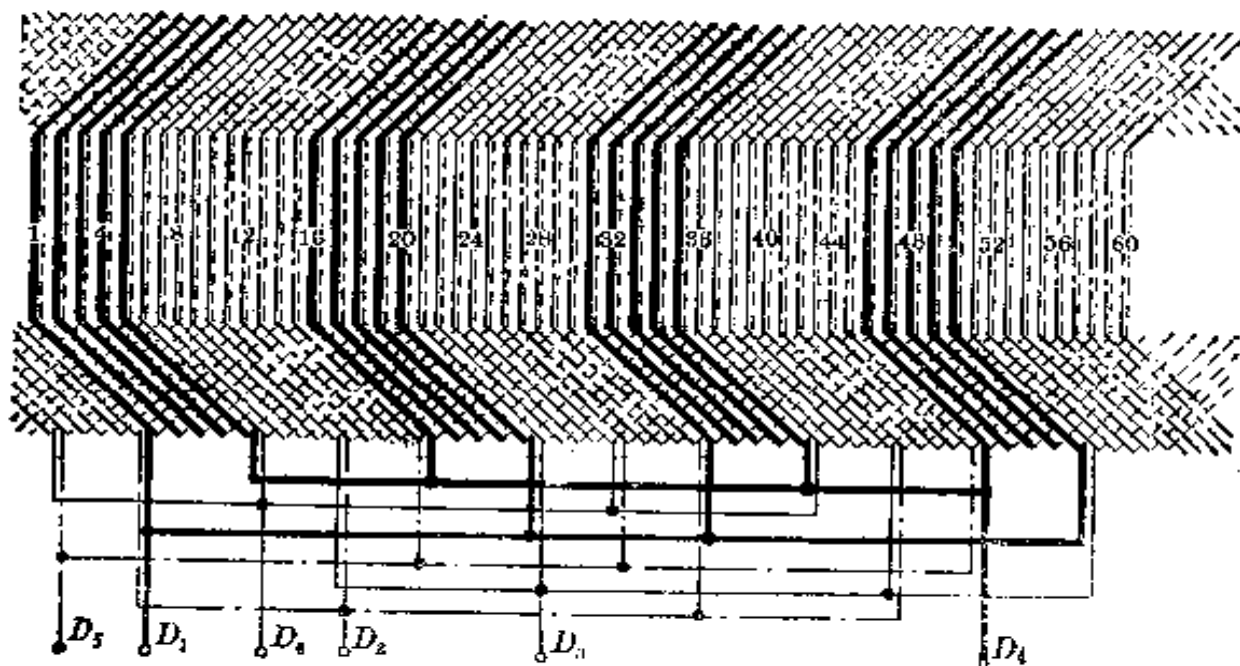


图 3-22 60槽4极双层叠绕组展开图

$$q=5, \alpha=4, y \text{ 为 } 1\sim 14$$

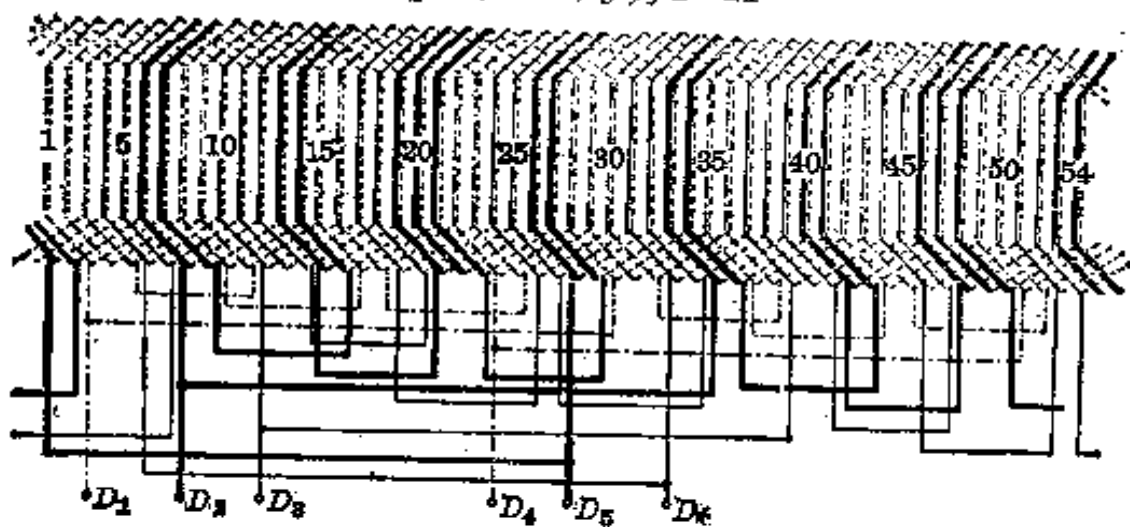


图 3-23 54槽8极双层叠绕组展开图

$$q=2\frac{1}{4}, \alpha=2, y \text{ 为 } 1\sim 7$$

性能、起动性能以及力能指标都比单层绕组要好，且绕组制造方便。较大容量的异步电动机定子绕组大多采用双层叠绕组。

双层叠绕组一般均采用短节距， $y=(0.7\sim 0.9)s/2p$ （取整数）。

绕组展开图如图 3-22 和图 3-23 所示。

(3) 分数槽绕组：双层绕组中，每极每相槽数  $q$  是分数时，称为分数槽绕组。例如多速变极异步电动机常会遇到分数槽的情况，大型同步发电机利用

分数槽绕组来削弱高次谐波和齿谐波,从而改善电磁性能。

分数槽绕组和整数槽绕组一样,也要遵循每相绕组数必须相等、三相在磁场空间分布间隔为 $120^\circ$ 电角度的原则,否则三相绕组不能对称。但是由于 $q$ 是分数,分数槽绕组中极距 $\tau = m/q$ 不是整数,因此在每对极下的槽子位置不完全相同。设: $q = Q'/P' = \text{分数}$ (分子 $Q'$ 与分母 $P'$ 要约净),则每经过 $P'$ 个极后槽子在极下的分布开始重复,所以最大可能的并联支路数 $a = \text{极数}/P'$ 。实际上,绕组的极相组不可能由分数的线圈所组成,而是由不同的线圈数组成,其中线圈多的极相组与线圈少的极相组相差一只线圈,因而平均的 $q$ 值为分数。

当分数槽绕组按每槽具有相同的线数的常规进行排列时,由于不是任何情况下都能够排成对称绕组的,所以首先需校核该绕组是否满足对称条件。

设 $q = Q'/P' = \text{分数}$ (分子与分母必须约净)。可以证得当分母 $P' \neq km$ ( $m$ 为相数, $k$ 为 $1, 2, 3, \dots$ )时,即 $q$ 的分母 $P'$ 不是相数 $m$ 的整数倍时,才能排列出对称的三相绕组。因此 $P' \neq km$ 就称为绕组的对称条件,可用它来判断该绕组能否排列出对称绕组。

下面介绍一种简易的方法来决定绕组数的分配及排列。

[例1] 已知槽数 $z = 27$ 、极数 $2p = 6$ 的双层绕组,求出它的线圈数的分配。因为每极每相槽数

$$q = \frac{z}{2pm} = \frac{27}{6 \times 3} = \frac{3}{2} = 1\frac{1}{2}$$

说明在2个极内要分配3只线圈(占3槽),一个极下至少放置1只线圈(占1槽),而在另一个极下,必然要放置 $3 - 1 = 2$ 只线圈,其余的极下按此规律重复分配为(1-2), (1-2), ...。

[例2] 已知槽数 $z = 126$ ,极数 $2p = 10$ ,求双层绕组中线圈数的分配。因为每极每相槽数

$$q = \frac{z}{2pm} = \frac{126}{10 \times 3} = \frac{21}{5} = 4\frac{1}{5}$$

可知在5个极下要分配21个线圈(占21槽),每个极下至少放置4只绕组,其中有一个极下应放 $4 + 1 = 5$ 只线圈。因此在5个极下线圈数分配为(4-4-4-4-5)。其余按此规律复重分配。

表3-20列出常用的分数槽绕组线圈数的分配情况。

求得线圈数分配后,对于符合对称条件的分数槽绕组,可按表3-21求得各相绕组排列的具体槽号。

表 3-20 常用的分数槽绕组线圈数的分配

每极每相槽数	线圈数的分配	每极每相槽数	线圈数的分配
$1\frac{1}{2}$	(1-2), (1-2), ...	$1\frac{3}{5}$	(1-2-1-2-2), (1-2-1-2-2), ...
$1\frac{1}{4}$	(1-1-1-2), (1-1-1-2), ...	$2\frac{1}{2}$	(2-3), (2-3), ...
$1\frac{3}{4}$	(1-2-2-2), (1-2-2-2), ...	$3\frac{1}{4}$	(3-3-3-4), (3-3-3-4), ...
$1\frac{1}{6}$	(1-1-1-1-2), (1-1-1-1-2), ...	$4\frac{1}{5}$	(4-4-4-4-5), (4-4-4-4-5), ...
$1\frac{2}{6}$	(2-1-2-1-1), (2-1-2-1-1), ...		

表 3-21 求取各相绕组的排列

项 目	极					
	$N_1$			$S_1$		
相(带)	A	C	B	A	C	B
$nq (n=1, 2, 3, \dots)$	$(n_2=1)$ $n_1q$	$(n_2=2)$ $n_2q$	$(n_2=3)$ $n_3q$	$(n_1=4)$ $n_1q$	$(n_1=5)$ $n_1q$	$(n_1=6)$ $n_1q$
$nq$ 进位成整数 $\overline{nq}$	$\overline{n_1q}$	$\overline{n_2q}$	$\overline{n_3q}$	$\overline{n_1q}$	$\overline{n_1q}$	$\overline{n_1q}$
每极每相线圈数	$\overline{n_1q}$	$\overline{n_2q} - \overline{n_1q}$	$\overline{n_3q} - \overline{n_2q}$	$\overline{n_1q} - \overline{n_1q}$	$\overline{n_1q} - \overline{n_1q}$	$\overline{n_1q} - \overline{n_1q}$
槽号						

项 目	极					
	$N_2$			$S_2$		
相(带)	A	C	B	A	C	B
$nq (n=1, 2, 3, \dots)$	$(n_2=7)$ $n_2q$	$(n_2=8)$ $n_2q$	$(n_2=9)$ $n_2q$	$(n_1=10)$ $n_1q$	...	...
$nq$ 进位成整数 $\overline{nq}$	$\overline{n_2q}$	$\overline{n_2q}$	$\overline{n_2q}$	$\overline{n_1q}$	...	...
每极每相线圈数	$\overline{n_2q} - \overline{n_2q}$	...	...	...		
槽号						



根据表 3-21 每极每相线圈数分配可列出“电动机绕组排列汇总表”，如表 3-22 所示。

表 3-22 电动机绕组排列汇总表

相	极							每相总线圈数
	$N_1$	$S_1$	$N_2$	$S_2$	$N_3$	$S_3$	...	
A								
C								
B								
每极总线圈数								

【例 3】 求取 27 槽，6 极的双层绕组排列。

$$\text{因 } q = \frac{s}{2pm} = \frac{27}{6 \times 3} = 1\frac{1}{2} = \frac{3}{2}$$

令  $q = \frac{Q'}{P'} = \frac{3}{2}$ ，式中分母  $P' = 2 \neq 3$ ，符合对称条件，所以可排列出对称的三相绕组。按表 3-21 排出  $P' = 2$  极下的绕组情况，其余类推。

27 槽 6 极电动机绕组的排列

项 目	极					
	$N_1$			$S_1$		
相	A	C	B	A	C	B
$nq$	$(n_1=1)$ $1\frac{1}{2}$	$(n_2=2)$ 3	$(n_3=3)$ $4\frac{1}{2}$	$(n_4=4)$ 6	$(n_5=5)$ $7\frac{1}{2}$	$(n_6=6)$ 9
$nq$ 进为极数	2	3	5	6	8	9
每极每相线圈数	2	1	2	1	2	1
槽号	1, 2	3	4, 5	6	7, 8	9

根据表 3-22 排列出电动机绕组的汇总表如下：

27槽6极电动机绕组分配排列汇总表

相	极						每相总线圈数
	$N_1$	$S_1$	$N_2$	$S_2$	$N_3$	$S_3$	
A	2	1	2	1	2	1	9
C	1	2	1	2	1	2	9
B	2	1	2	1	2	1	9
每极总线圈数	5	4	5	4	5	4	

【例4】排列出126槽10极电动机双层绕组。

$$\text{因 } q = \frac{z}{2pm} = \frac{126}{10 \times 3} = \frac{21}{5} = 4 \frac{1}{5}$$

令  $q = \frac{Q'}{P'} = \frac{21}{5}$ ，校核对称条件：因分母  $P' = 5 \neq 3$ ，符合对称条件可排出对称的三相绕组。按表3-21及表3-22排出  $P' = 5$  极的绕组槽号，其余类推。

126槽10极电动机绕组的排列

项 目	极					
	$N_1$			$S_1$		
相	A	C	B	A	C	B
$nq (n=1, 2, 3, \dots)$	$4^1/5$	$8^2/5$	$12^3/5$	$16^4/5$	21	$25^1/5$
$nq$ 进为整数	5	9	13	17	21	26
每极每相线圈数	5	4	4	4	4	5
槽号	1, 2, 3, 4, 5	6, 7, 8, 9	10, 11, 12, 13	14, 15, 16, 17	18, 19, 20, 21	22, 23, 24, 25, 26

项 目	极								
	$N_2$			$S_2$			$N_3$		
相	A	C	B	A	C	B	A	C	B
$nq (n=1, 2, 3, \dots)$	$29^2/5$	$33^2/5$	$37^3/5$	42	$46^1/5$	$50^2/5$	$54^3/5$	$58^4/5$	63
$nq$ 进为整数	30	34	38	42	47	51	55	59	63
每极每相线圈数	4	4	4	4	5	4	4	4	4
槽号	27, 28 29, 30	31, 32 33, 34	35, 36 37, 38	39, 40 41, 42	43, 44, 45, 46, 47	48, 49 50, 51	52, 53 54, 55	56, 57 58, 59	60, 61 62, 63

126槽10极电动机绕组分配排列汇总表

相	极										每相总线圈数
	$N_1$	$S_1$	$N_2$	$S_2$	$N_3$	$S_3$	$N_4$	$S_4$	$N_5$	$S_5$	
A	5	4	4	4	4	5	4	4	4	4	42
C	4	4	4	5	4	4	4	4	5	4	42
B	4	5	4	4	4	4	5	4	4	4	42
每极总线圈数	13	13	12	13	12	13	13	12	13	12	

[例5] 求出54槽8极的电动机绕组的排列。

$$\text{因 } q = \frac{z}{2pm} = \frac{54}{8 \times 3} = 2\frac{1}{4} = \frac{9}{4}$$

令  $q = Q'/P' = 9/4$ , 校核对称条件: 因分母  $P' = 4 \neq 3$ , 故可排出对称的三相绕组。因为由式  $q = 9/4$ , 可知四个极下要分配9只线圈, 每个极下至少放置2只线圈, 而四极中有一极下应放置  $2+1=3$  只线圈, 按(2-2-2-3)分配, 其余类推。按照表3-21及表3-22求取绕组排列如下:

54槽8极电动机各相绕组的具体排列槽号

项 目	极											
	$N_1$			$S_1$			$N_2$			$S_2$		
相	A	C	B	A	C	B	A	C	B	A	C	B
$nq (n=1, 2, 3, \dots)$	$2^{1/4}$	$4^{1/2}$	$6^{3/4}$	9	$11^{1/4}$	$13^{1/2}$	$15^{3/4}$	18	$20^{1/4}$	$22^{1/2}$	$24^{3/4}$	27
$nq$ 进为整数	3	5	7	9	12	14	16	18	21	23	25	27
每极每相线圈数	3	2	2	2	3	2	2	2	3	2	2	2
槽号	1 2 3	4 5	6 7	8 9	10 11 12	13 14	15 16	17 18	19 20 21	22 23	24 25	26 27

54槽8极电动机绕组分配排列汇总表

相	极								每 总线 匝数	相 数
	$N_1$	$S_1$	$N_2$	$S_2$	$N_3$	$S_3$	$N_4$	$S_4$		
A	3	2	2	2	3	2	2	2	18	
C	2	3	2	2	2	3	2	2	18	
B	2	2	3	2	2	2	3	2	18	
每极总线匝数	7	7	7	6	7	7	7	6	—	

## 二、定子绕组的拆除

常温下绕组较硬,拆除很困难,必须加热使绕组绝缘软化后,乘热迅速拆除。加热拆除方法有以下几种:

(1) 电流加热法。拆开绕组端部各连接线,在一联绕组中通入单相低压大电流加热,当绝缘软化,绕组端部冒烟时,切断电源,打出槽楔,拆除绕组。

(2) 用烘箱等加热拆除,温度可提高到 $200^{\circ}\text{C}$ 左右。

(3) 用煤气、乙炔、喷灯等加热,在加热过程中应特别注意防止烧坏铁芯,使硅钢片性能变坏。

拆除绕组后,应清除槽内绝缘残物,修正槽形。

拆除绕组时应记录以下数据:铭牌数据,槽数,绕组节距,连接的型式,绕组只数,每槽导线数,导线并绕根数,导线直径,绕组的形状、尺寸。

在拆除绕组过程中应保留一只完整线圈,以便制作绕线模时参考。

## 三、绕组的绕制

重绕电动机绕组时,绕组尺寸的大小对嵌线质量、绕组的耗铜量以及电动机重换后的运行特性都有密切关系。因此绕线模的尺寸要做得比较正确。

如果电动机无铭牌,但还有废旧绕组的,可以拆下一只完整绕组,取其中最小的一匝,参考它的形状及周长作为线模尺寸。

如遇到空壳无铭牌的电动机,有经验的同志是用一根漆包线(或铁丝)在选定了绕组跨距的槽子中间,用手捏出一个线模样板。也可按下面的方法计算线模尺寸:

1. 双层叠绕式绕组木模 木模形状如图 3-24 所示,

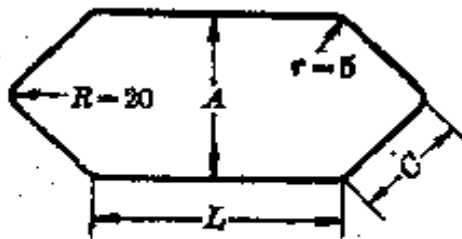


图 3-24 双层叠绕式绕组木模尺寸

线模宽度

$$A = \frac{\pi(\text{定子内径} + \text{槽深})}{\text{槽数}} \times (\text{绕组跨距} - K) \text{ (毫米)}$$

式中:  $K$ ——校正系数, 对 2 极电动机,  $K$  取 1.4~2.0 左右, 功率大者取大值。对 4、6、8、10 极的电动机  $K \approx 0$ , 即不必校正。

线模长度

$$L = \text{铁芯长度} + l \text{ (毫米)}$$

式中:  $l$ ——放长系数, 可由表 3-23 选取。

表 3-23 放长系数  $l$  的选取

极 数	2	4	6	8	10
功率较大电动机	40~50	35~40	30~40		
功率较小电动机	25~35	25~30	25		

注: 功率大的取大值。

如果电动机定子铁芯齿部弹开较严重, 铁芯长度应在槽口处测量, 然后再加上放长系数  $l$ , 才能保证嵌线质量。

端部长度

$$C = \frac{A}{M}$$

式中:  $M$ ——端部系数, 可从表 3-24 选取。

表 3-24 端部系数  $M$  的选取

极 数	2	4	6	8	10
端部系数	1.30~1.58	1.56~1.66	1.60~1.70		

注: 功率大的可取偏小值; 如考虑嵌线方便, 可以取偏小值, 但以绕组端部不碰端盖为准。

2. 单层同心式或链式绕组木模 如图 3-25 所示。

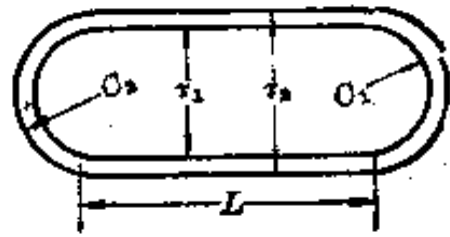


图 3-25 单层同心式或链式线模尺寸

$$\text{线模宽度} = \frac{\pi(\text{定子内径} - \text{槽深})}{\text{槽数}} \times (\text{绕组跨距} - K)$$

式中:  $K$ ——校正系数,可从表 3-25 选取。 $\tau_1, \tau_2$ ——线模宽度。

表 3-25 校正系数  $K$  的选取

极 数	2	4	6	8	10
校正系数	2~3	0.5~0.7	0.5	0	0

$$L = \text{铁芯长度} + l(\text{毫米})$$

式中:  $l$ ——放长系数,一般为 20~30 毫米,功率小的取偏小值。

$$C = \frac{\text{线模宽度}}{2} + (5 \sim 8)(\text{毫米})$$

凡线模制作后,应先绕一联绕组试嵌。

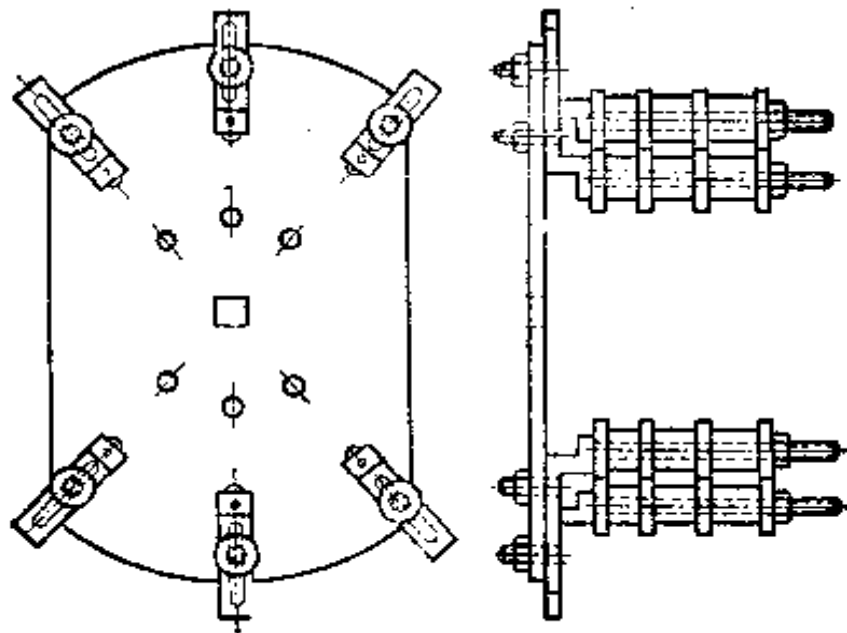
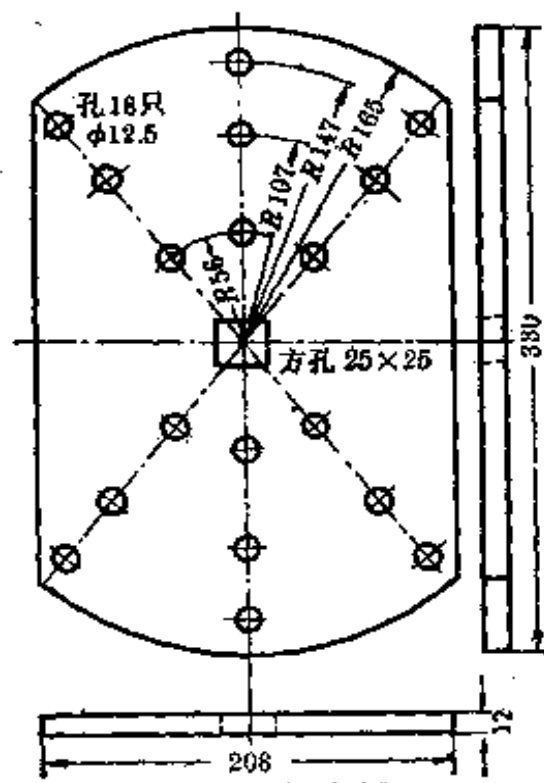


图 3-26 链式绕组线模总装图

名称: 电动机绕线模底板

材料: 胶木或铝板

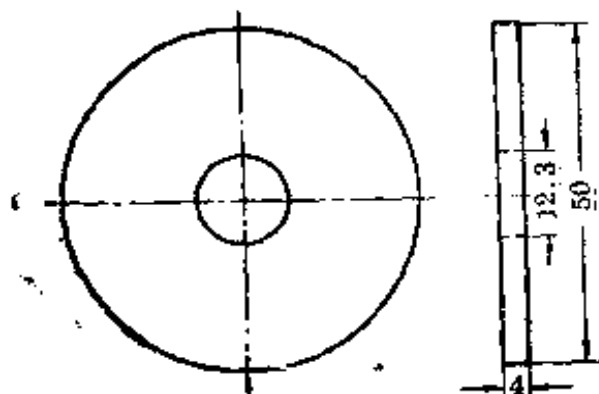
件数: 1 件



名称: 垫圈

材料: 胶木或铝板

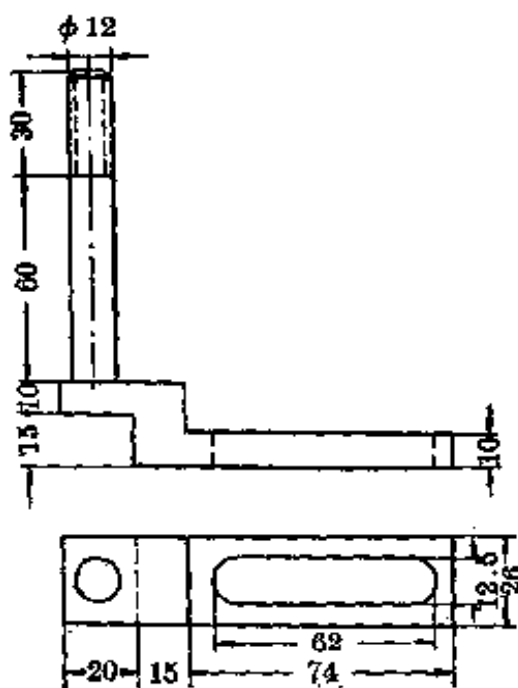
件数: 24 件



名称: 电动机绕线模支架

材料: 中碳钢

件数: 6 件



名称: 垫圈

材料: 胶木或铝板

件数: 18 件

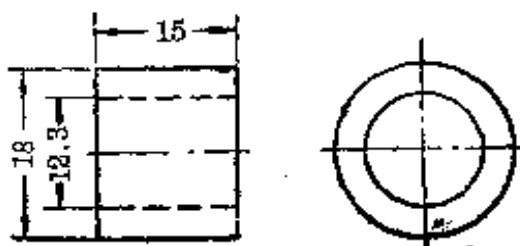


图 3-27 活络绕线模各部件尺寸图

3. 活络绕线模制作方法 活络绕线模如图 3-26 所示。只要根据需要尺寸调节线模上的 6 只螺钉位置, 使用方便。

0.35~40 千瓦左右的电动机绕组, 可将活络框架掉头反撑, 能同样得到调节, 每个极相组几只一联可根据需要任意拆装, 其结构尺寸如图 3-27 所示。

### 四、嵌 线

嵌线工艺的关键是保证绕组的位置和次序正确, 绝缘良好。

首先在铁芯槽内垫放好槽绝缘如图 3-28 所示。槽绝缘的结构与材料参考表 3-26。为保证绕组与铁芯间对地绝缘良好, 放置槽绝缘前, 应锉光槽中毛刺, 用压缩空气吹净残物。为了加强槽口两端绝缘及其机械强度, 将槽绝缘两端伸出部分折叠成双层放置。中小型电动机两端应伸出铁芯 10 毫米左右; 容量大于 50 千瓦的电动机, 应伸出铁芯 15~20 毫米左右, 如图 3-29 所示。嵌线使用的辅助工具如图 3-30 所示。嵌线时要注意不能直接用铁锤敲打绕组, 切不要损伤导线漆膜和绝缘材料, 以免导致绝缘性能下降以至发生短路情况。对双层绕组, 还要放置好层间绝缘, 不同相的极相组的端部之间要放好相间绝缘, 在面线上放好盖槽绝缘或折叠好冒口的槽绝缘作为盖槽绝缘, 如图 3-28 所示, 最后打入槽楔。

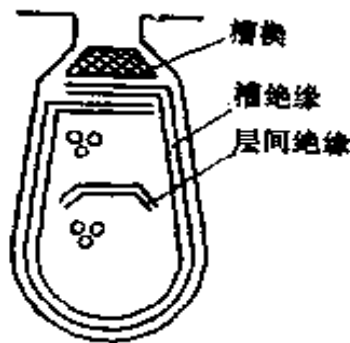


图 3-28 双层绕组槽中的层间绝缘

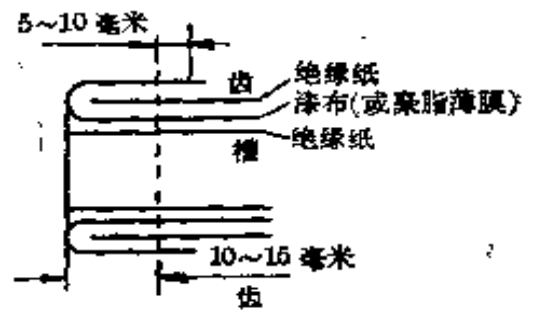


图 3-29 伸出槽外的槽绝缘尺寸 (容量大于 50 千瓦)

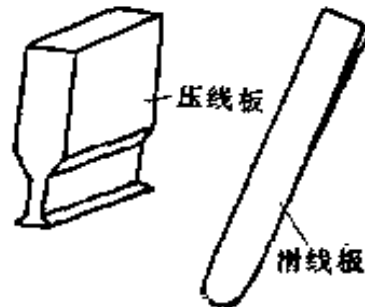


图 3-30 压线板与滑线板



表 3-26 中小型异步电动机槽绝缘的结构

型 号	机座号	槽 绝 缘	绝缘等级
J、JO		两层 0.12~0.14 毫米青壳纸夹一层 0.11~0.17 毫米的油性玻璃漆布	A 级
		两层 0.11~0.15 毫米醇酸玻璃漆布夹一层 0.2 毫米醇酸云母板	B 级
J2、JO2	1~2	0.22 毫米复合聚酯薄膜青壳纸或用一层 0.05 毫米聚酯薄膜一层 0.15 毫米青壳纸	E 级
	3~5	0.27 毫米复合聚酯薄膜青壳纸或用一层 0.05 毫米聚酯薄膜, 一层 0.2 毫米青壳纸	
	6~9	0.27 毫米复合聚酯薄膜青壳纸 (或用一层 0.05 毫米聚酯薄膜, 一层 0.2 毫米青壳纸) 加一层 0.15 毫米玻璃漆布	
Y(IP44)	中心高 80~112	0.25 毫米 DMDM 复合绝缘纸一层	B 级
	132~160	0.30 毫米 DMDM 复合绝缘纸一层	
	180~230	0.35 毫米 DMDM 复合绝缘纸一层	
	315	0.50 毫米 DMDM 复合绝缘纸一层	
Y(IP23)	160~225	0.35 毫米 DMDM 复合绝缘纸一层	B 级
	250~280	0.40 毫米 DMDM 复合绝缘纸一层	

## 五、接 线

绕组嵌好线后, 要进行端部接线, 也就是要把每相的极相组 (或单只绕组) 串联成为一路, 或者并联成为多路。然后把三相的 6 个引出线连接到电动机的出线板上。如接线不当, 电动机就不能正常运转。

在并联支路数确定的条件下, 绕组端部的接线方式是由磁极极性决定的。换句话说, 绕组接线的方向, 必须符合绕组内电流方向, 使磁场都是相加而不能相消。

### 1. 串联 有两种串联接法。

第一种“正串”接法：属于相同极性的极相组连接时采取“正串”接法，因极相组回路内电流方向相同，循电流方向端部采取“头-尾”相接或“尾-头”相接的原则连接。

例如 36 槽 4 极单路单层三相同心式绕组，因  $q=3$ ，三相极相组数  $s/2q=36/(2 \times 3)=6$ ，每相由二个极相组串联而成，如图 3-31 所示。因两极相组极性相同，所以电流方向相同，因此循电流方向，端部采取“尾-头”的接法。

双层绕组中一般不大采用“正串”接法。因端接线长，重叠多，固定难，所以仅在特殊情况下，例如变极、变支路时才使用。

第二种“反串”接法：属于异极性的极相组连接时，采用“反串”接法。因极相组回路内电流方向相反，循电流方向，端部采取“尾-尾”或“头-头”相接的原则连接。

例如 36 槽 4 极单路单层叉式链绕组， $q=3$ ，叉式链形绕组中，每极相组内的 3 只线圈又分叉成二组线圈，其中二只 1~9 线圈为一组，一只 1~8 线圈为一组，每相的两个极相组共有四组线圈。如图 3-32 所示。线圈依次属于异极性，所以循电流方向按“尾-尾”相接和“头-头”相接的原则串联。

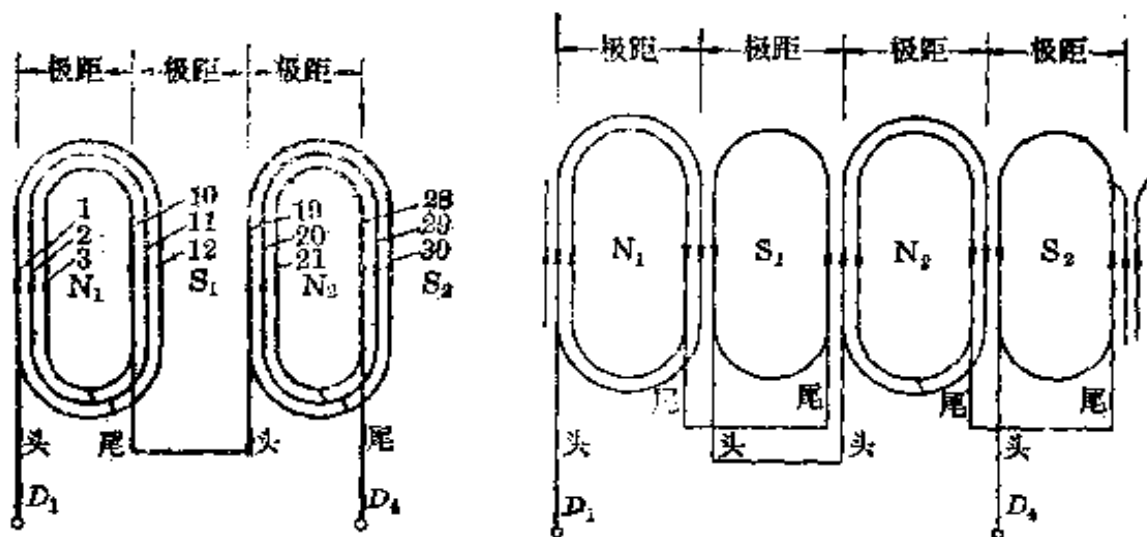


图 3-31  $s=36, 2p=4, \alpha=1$ ,

单层同心式绕组一相“正串”连接图

图 3-32  $s=36, 2p=4, \alpha=1$ , 单层叉

式链形绕组“反串”接线(一极为例)

通常工厂里作出绕组简化的圆形接线图如图 3-33 所示。其步骤如下：

- (1) 将定子圆周分成 12 段圆弧代表总的极相组数。
- (2) 顺序给每个极相组编号如图 3-33(a) 所示，根据  $60^\circ$  相带分配的原

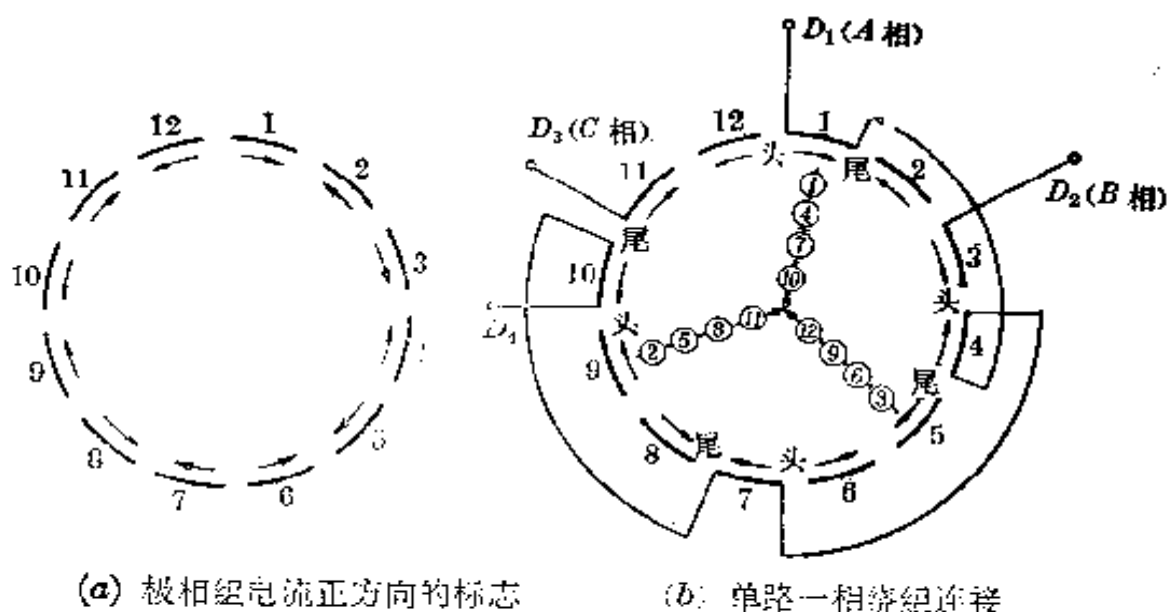


图 3-33 36 槽 4 极单路绕组的圆形接线图

理  $A$  相的极相组为 1, 4, 7, 10;  $B$  相为 3, 6, 9, 12;  $C$  相为 2, 5, 8, 11。

(3) 标出各极相组中电流假定方向。由于交流电的方向是变化的, 假定方向是指某个瞬间三相电流的方向。根据三相电流瞬时值总和为零的原则, 三相电流中, 二相为正向, 一相必为反相。因此图 3-33(a) 中各极相组的电流方向规定为正向与反向间隔地出现。

(4) 连接同相中各极相组。由于  $A$  相 ①~④~⑦~⑩ 极相组极性依次不同的, 所以按“尾-尾”或“头-头”相接原则串联, 如图 3-33(b) 所示。同样可以找出相隔  $120^\circ$  电角的  $B$  相及  $C$  相连接。三相引出线 6 个头尾分别为  $D_1D_4, D_2D_5, D_3D_6$ 。根据需要在外面可接成三角形接法或星形接法。

2. 并联 极相组间并联的条件是绕组感应电动势的大小及相位都要相同。并联支路中线圈及导体数相等。

在整数槽 ( $q = \text{整数}$ ) 绕组中, 每对极下的极相组处于相同的磁场下, 因此一般都可以并联, 最大可能的并联支路数就是极数, 其关系如表 3-27 所示。

表 3-27 三相一行并联支路数与极数关系

极 数	2 极	4 极	6 极	8 极	10 极	12 极
并联支路数	1, 2	1, 2, 4	1, 2, 3, 6	1, 2, 4, 8	1, 2, 5, 10	1, 2, 3, 4, 6, 12

例如 36 槽 4 极双路 ( $a=2$ ) 的双层叠绕组, 每相的四个极相组要组成二条支路, 每路由二个极相组串联而成。并联接法常用的有二种。

第一种“短跳”接法：由相邻的极相组串联成为同一支路。如图 3-34 所示，U 相中把 ①~④ 串成一路；⑦~⑩ 串成另一路，由于相邻极相组处于不同极性下，所以按“尾-尾”相接原则串联，然后二路并联。

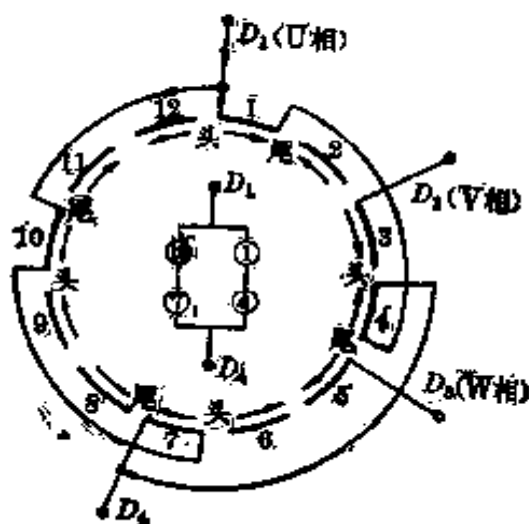


图 3-34  $s=36$ ,  $2p=4$ , 双路,  
短跳接法圆形接线图

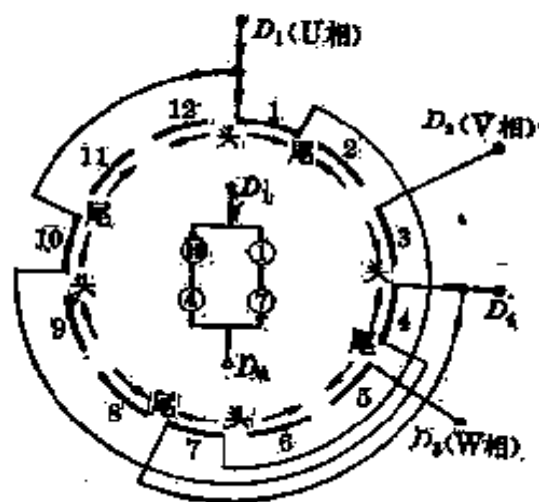


图 3-35  $s=36$ ,  $2p=4$ , 双路,  
长跳接法圆形接线图

第二种“长跳”接法：由非相邻的极相组串联成同一支路。如图 3-35 所示，U 相中把极相组 ①~⑦ 串成一路，④~⑩ 串成另一路，由于非相邻的极相组处于相同极性下，所以按“头-尾”相接原则串联，再二路并联。

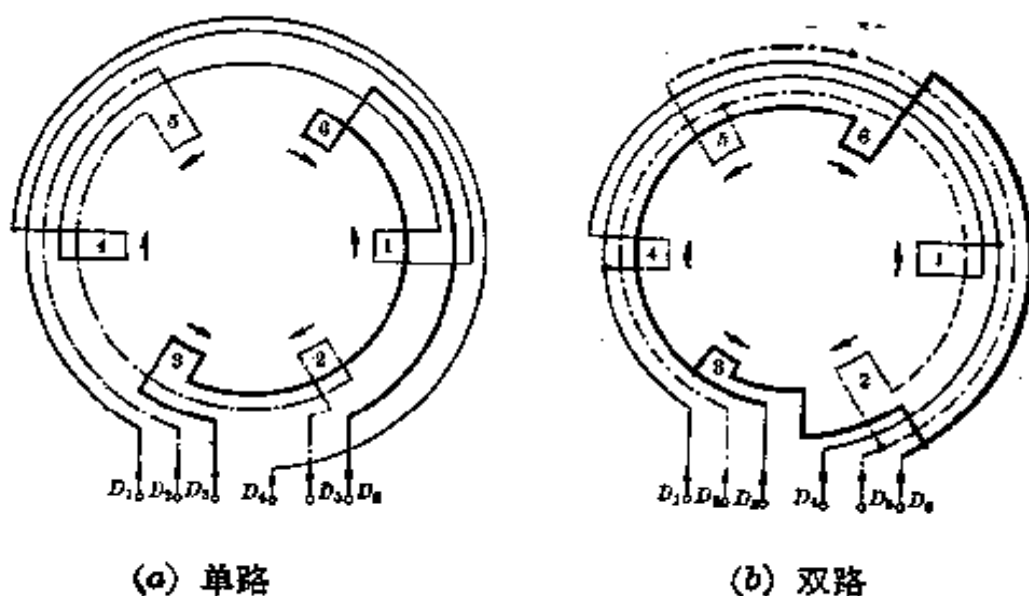


图 3-36 三相二极进火接线图

在一般多路情况下,最好采用短跳接法,因接线短,省料。但是当要改变极数或并联支路时,为了使改接后保持每条支路所处的磁场位置仍为均衡,避免引起支路内电动势不等,就得采用长跳接法。

绕组接线实例如图 3-36~3-47 所示。

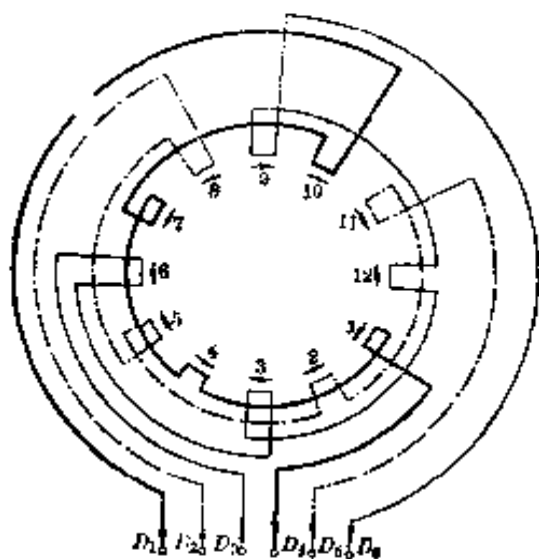
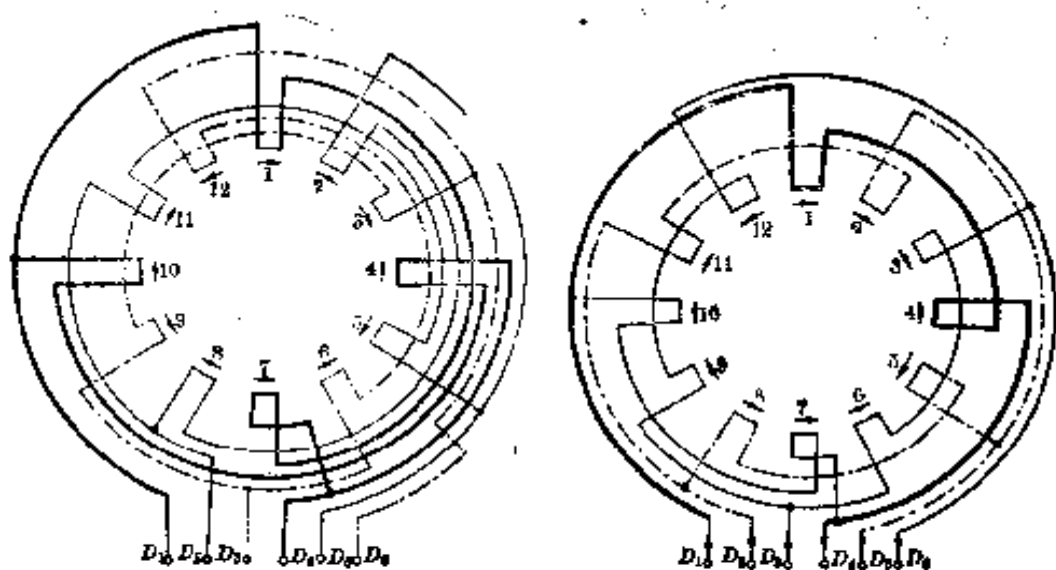


图 3-37 三相四极单路进火接线图



(a) 长跳

(b) 短跳

图 3-38 三相四极双路进火接线图

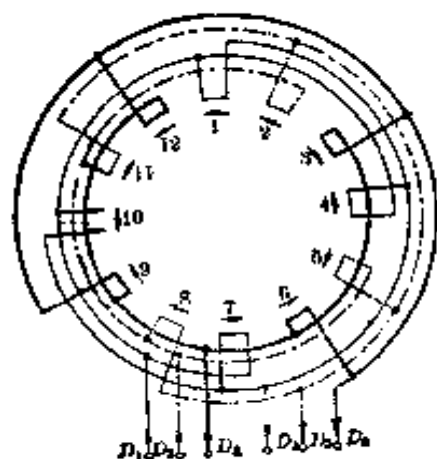


图 3-39 三相四极四路进火接线图

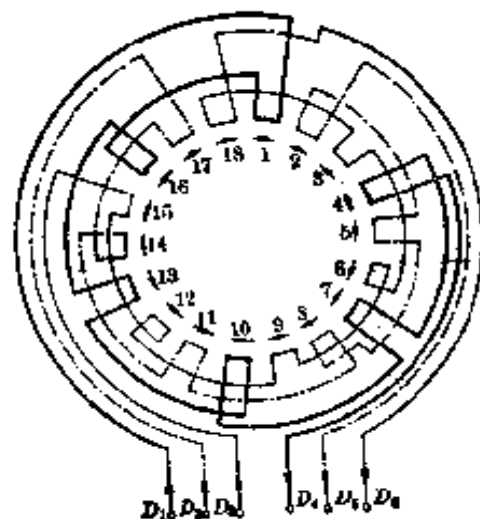
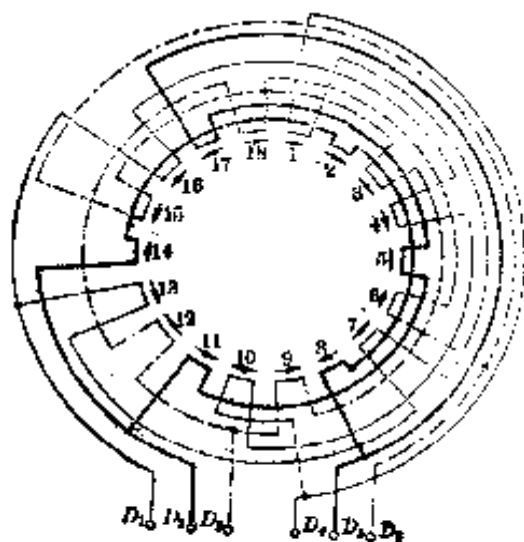
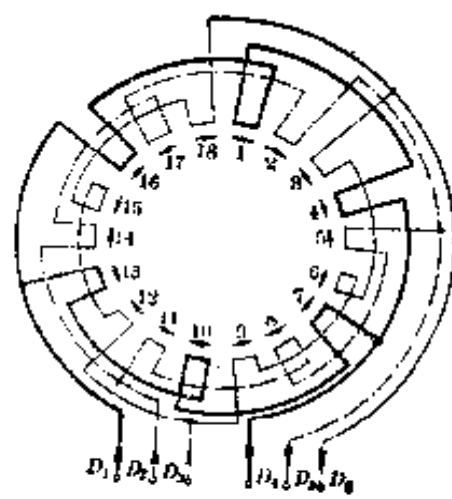


图 3-40 三相六极单路进火接线图

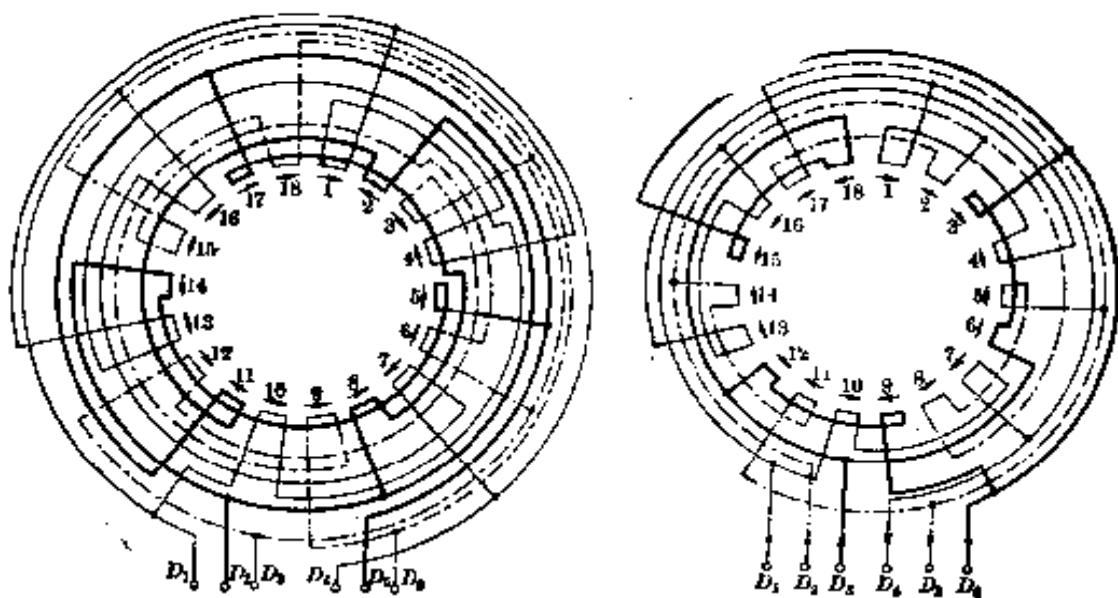


(a) 长跳



(b) 短跳

图 3-41 三相六极双路进火接线图



(a) 长跳

(b) 短跳

图 3-42 三相六极三路进火接线图

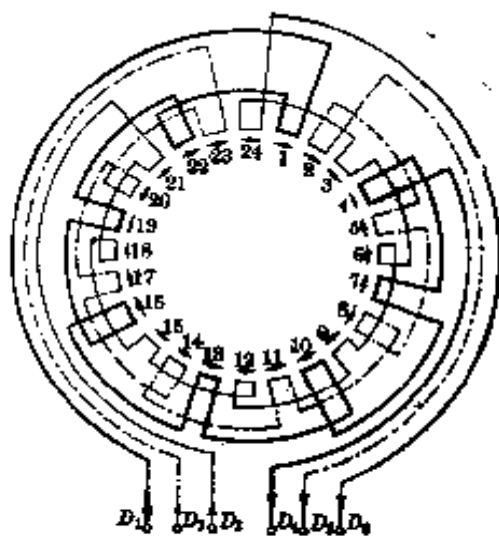
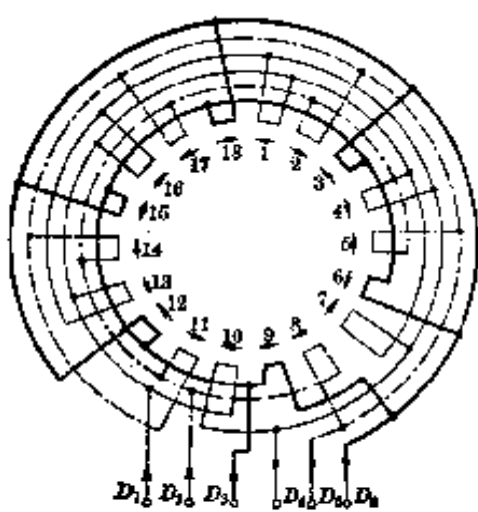


图 3-43 三相六极六路进火接线图

图 3-44 三相八极单路进火接线图

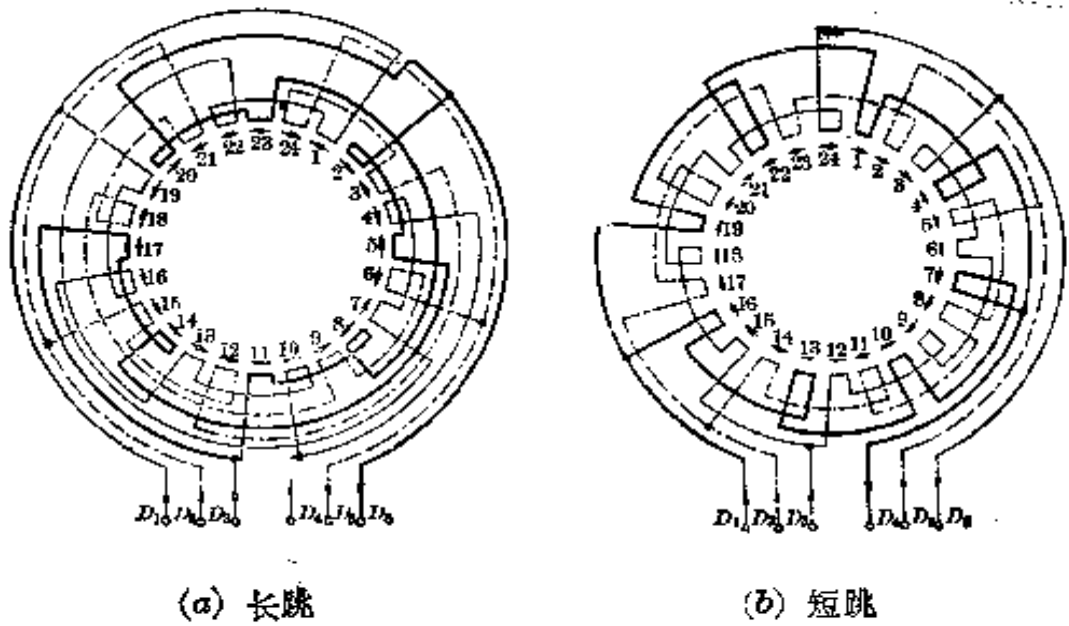


图 3-45 三相八极双路进火接线图

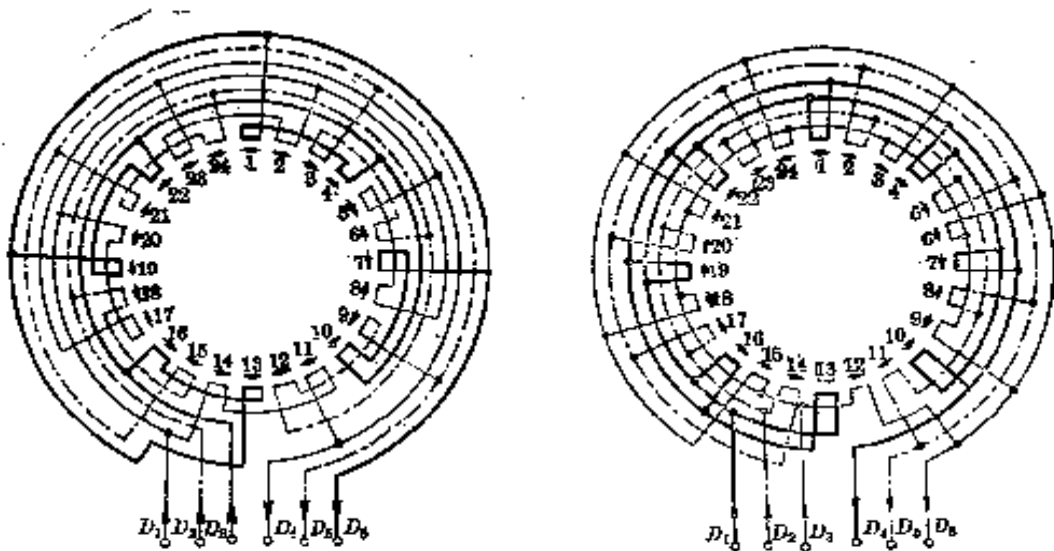


图 3-46 三相八极四路进火接线图

图 3-47 三相八极八路进火接线图

### 六、绕组试验

绕组接线完成后,应检查三相绕组是否接错或嵌反,检查方法见 3-5 节,或在三相绕组内通入 60~100 伏三相交流电,定子内腔放一只小钢球,钢球沿着内腔旋转,表明绕组头尾是接对的;如钢球被吸住不旋转,表明绕组可能接错或有短路、断路等故障。

绕组接线如果是正确的,就可以做三相电流平衡试验,将三相绕组并联通入单相交流电(电压为 24~36 伏),测量三相电流,若平衡表示没有故障。如



果不平衡,可能绕组有短路、断路或三相绕组电阻不平衡等现象。

如果有条件的话,对于全部修复更换过绕组的电动机应进行绕组对机壳及绕组相互间的绝缘强度试验(耐压试验)。绕组应能承受 1 分钟的耐压试验而不发生击穿。对额定电压为 380 伏、额定功率为 1 千瓦及以上的电动机,试验电压为交流 50 赫、有效值为 1760 伏;对额定电压为 380 伏、额定功率小于 1 千瓦的电动机,试验电压为 50 赫、有效值为 1260 伏。

## 七、浸漆与烘干

电动机绕组浸漆的目的是提高绕组的绝缘强度、耐热性、耐潮性以及导热能力,此外也增加了绕组的机械强度和耐腐蚀能力。电动机绕组浸烘质量好坏,直接影响到电机的温升和使用寿命。

对于 E 级和 B 级绝缘电机,一般采用三聚氰胺醇酸漆 1032,稀释剂为二甲苯。

电动机绕组浸漆和干燥的工艺参数见表 3-28。

表 3-28 1032 漆的浸漆干燥工艺参数

序 号	工 序 名 称	温 度 (°C)	时 间
1	预 热	$130^{+10}_{-5}$	3 小时
2	第一次浸漆	50~60	20~30 分
3	滴 干	室 温	>30 分
4	第一次烘干	95±5	2 小时
		$130^{+10}_{-5}$	10 小时
5	第二次浸漆	50~60	8~10 分
6	滴 干	室 温	>30 分
7	第二次烘干	95±5	2 小时
		$130^{+10}_{-5}$	12 小时

浸漆干燥的工艺流程:

(1) 预热: 浸漆前, 工件(绕组白坯)必须预热, 以排除水分, 利于绝缘漆渗透与流动。预热的温度和时间按表 3-28 选择。

(2) 浸漆: 让工件冷却到  $50\sim 60^{\circ}\text{C}$ , 才能浸漆。将工件吊入漆槽内, 漆面应高出工件 200 毫米, 浸漆时间按表 3-28, 直到漆面不冒气泡, 然后滴干, 采用有溶剂漆(如 1032 漆), 一般浸漆 2 次; 无溶剂漆只须浸漆 1 次。

(3) 滴干: 每次浸漆, 必须充分滴干。滴干时间按表 3-28。

(4) 干燥: 工件浸漆滴干后进行干燥, 干燥时间按表 3-28。在干燥过程中, 应每隔 1 小时用兆欧表测量绕组对地绝缘电阻, 开始绝缘电阻下降, 以后逐渐上升, 绝缘电阻应连续稳定 3 小时以上才能出炉, 否则需延长干燥时间, 如图 3-48 所示。

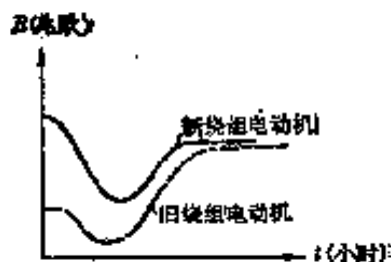


图 3-48 电动机烘干过程中绝缘电阻变化曲线

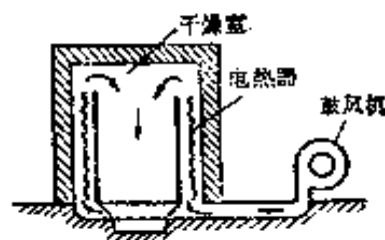


图 3-49 循环热风干燥室

常用烘干设备和烘干方法:

1. 循环热风干燥室 干燥室结构如图 3-49 所示, 一般用耐火砖砌成。最好有内外两层, 中间填隔热材料(如石棉粉, 硅藻土等)以减少热损失。发热器可采用电热丝、煤气、蒸汽等加热。但不能裸露在干燥室内, 因为电动机上的绝缘漆和稀释剂都很容易燃烧。干燥室外装有电动鼓风机, 将电热器产生的热风均匀地吹入干燥室内。如不装鼓风机也可使用, 但温度不易均匀, 干燥时间较长。

2. 灯泡干燥法 用红外线灯泡或一般灯泡使灯光直接照射到电动机绕组上, 改变灯泡数, 可以改变干燥温度。

3. 电流干燥法 接法如图 3-50 所示。电源是单相 220 伏(或低电压)。电流大小控制在电动机额定电流的 60% 左右, 用变阻器(或改变绕组串并联方式)来调节, 也可用盐水变阻器(但要防止触电)。

对于绕线式转子异步电动机, 首先把转子滑环上电刷引线接到盐水变阻器, 堵住转子; 在定子三相绕组通以三相低压交流电(约 0.2 倍电源电压, 如图

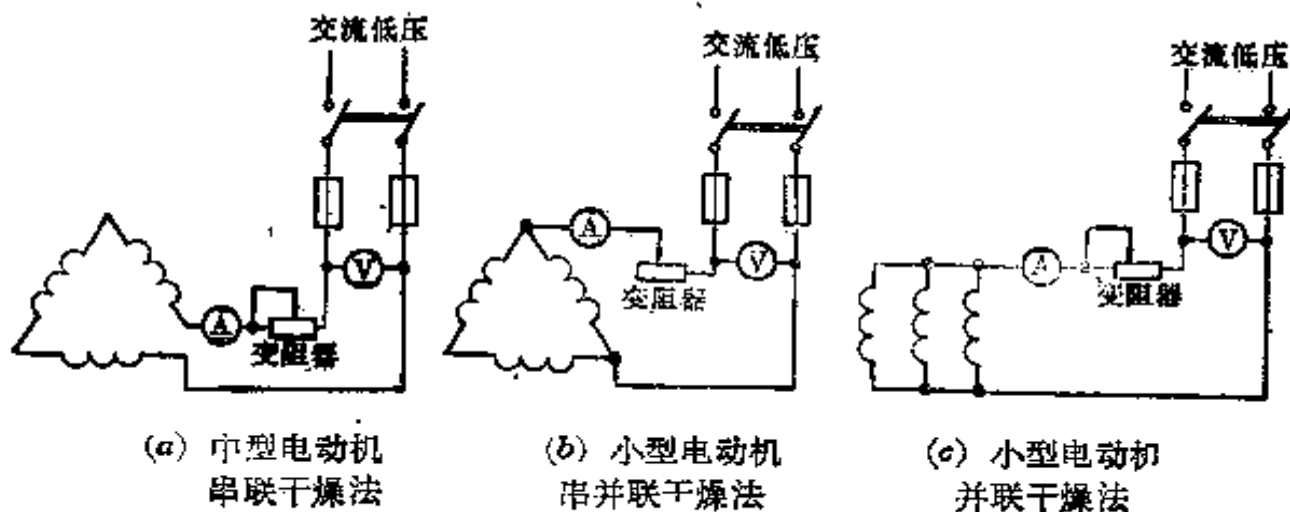


图 3-50 电流加热法干燥电动机

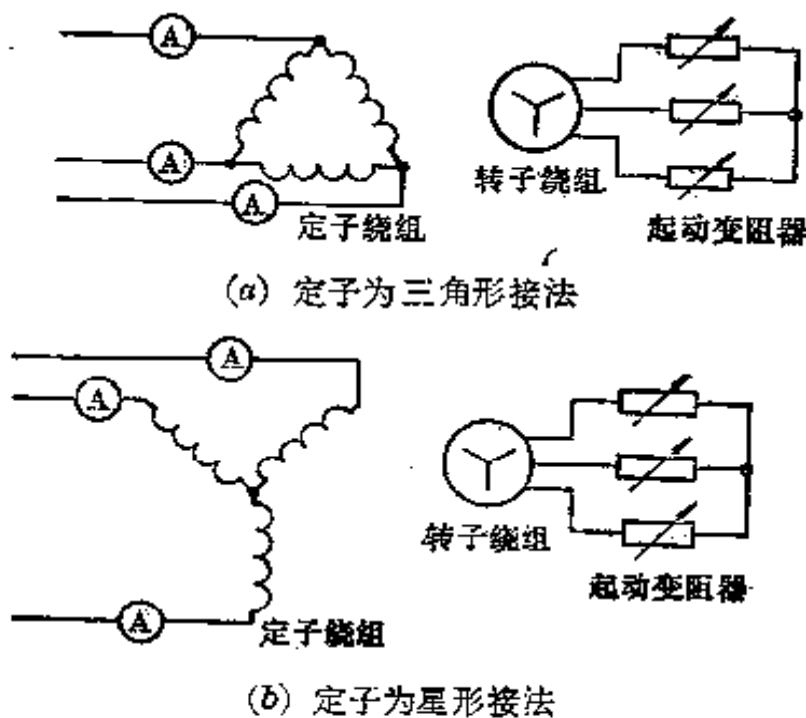


图 3-51 绕线式转子异步电动机干燥法

3-51 所示), 或者三相绕组串联通以单相 220 伏交流电, 电流大小控制在电动机额定电流的 60% 左右。

用电流加热法来干燥, 转子最好不要放在定子内, 以免阻碍潮气排出。如果定子绕组里电流较大, 需要减小时, 也可把转子放在里面, 但是要把转子堵住不使转动。测量绝缘电阻时应切断电源。

被水浸湿的电动机不可用电流加热法来干燥, 最好用灯泡法、热风法等进行干燥。

## 3-7 三相异步电动机的拆装和试验

### 一、电动机的拆装

电动机因发生故障或维护保养等原因经常需要拆装。如果拆装时操作不当,就会损坏机件。下面介绍几个主要部件的拆装。

1. 皮带轮(联轴器)拆卸 先在皮带轮(联轴器)的轴伸端上做好尺寸标记,如图 3-52 所示。然后将销子上的支头(压紧)螺钉松脱,装上如图 3-53 所示的拉具把皮带轮慢慢拉出。如果拉不出,可在支头螺钉孔内注入煤油后再拉。如仍拉不出,可用煤油喷灯或煤气等急火在皮带轮外侧轴套周围加热,但需注意温度不能太高,以防轴变形。

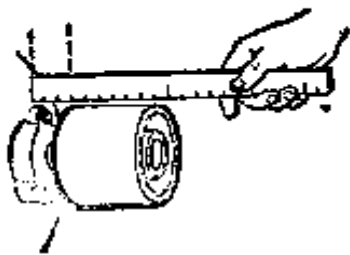


图 3-52 皮带轮的位置标法

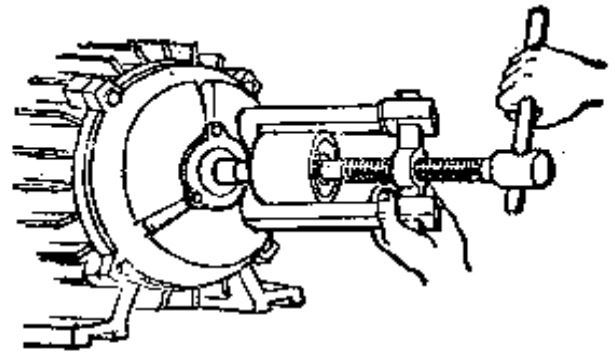


图 3-53 拉具拆卸皮带轮

2. 拆卸端盖,抽出转子 先在端盖与机座的接缝处(止口上)做好标记,以便复位。绕线式电动机应提起或拆除电刷、电刷架和引出线。一般小型电动机应先拆前侧轴承盖、端盖以及后侧的风罩、风叶和端盖螺钉,然后用手将转子带着后侧端盖一起抽出,其步骤如图 3-54 所示。对于大风叶在机座内的电动机,可将转子连同大风叶及风叶侧的端盖一起抽出。

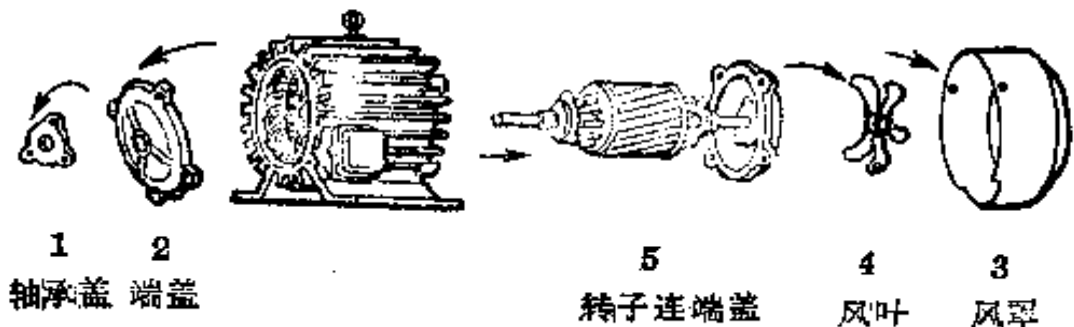


图 3-54 小型电动机拆卸步骤

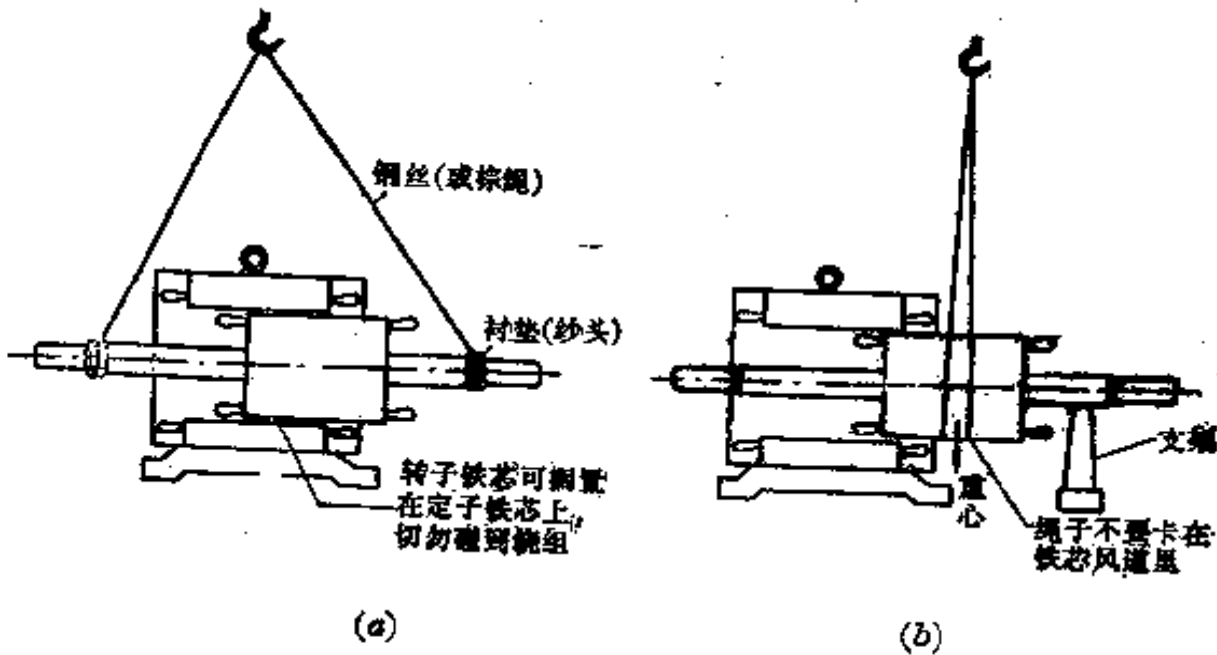


图 3-55 抽出转子的方法

抽转子时要注意不能碰伤绕组。大中型电动机因转子较重, 可按图 3-55 所示步骤用起重设备将转子吊住平移抽出。

3. 轴承的拆卸、清洗与一般检查 轴承拆卸时, 应选用大小适宜的拉具, 用图 3-56 所示的方法夹住轴承, 拉具的脚应尽量紧扣住轴承的内圈, 将轴承

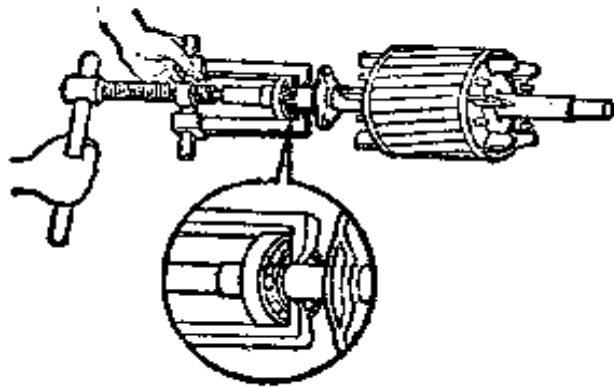


图 3-56 轴承的拆卸步骤

拉出。

清洗轴承时, 先刮去轴承和轴承盖上的废油, 用煤油洗净残存的油污, 然后用清洁布(不能用纱头)擦干。

轴承洗净后, 就可检查它是否损坏。检查时, 用手旋转轴承外圈, 观察其转动是否灵活, 如遇卡住或过松现象, 可用灯光仔细检查, 观察

一下滚道间、保持器及滚珠或滚柱表面有无锈迹、斑痕等, 最后决定轴承是否需要更换。

电动机装配步骤与拆卸步骤相反。装配前, 各配合处要先清理除锈。装配时, 应将各部件按标记复位, 然后检查轴承与轴及端盖的配合是否合适。转子转动是否灵活。

## 二、电动机修复后的试验

为了检定电动机修复后的质量,一般要求作以下检查和试验。

1. 一般检查 试验前应先检查电动机的装配质量,如出线端连接是否正确;装配紧固情况;转子转动是否灵活;轴伸径向偏摆的情况等。对于绕线式电动机还应检查电刷装配情况,电刷与滑环接触情况。

2. 绝缘电阻的测定 绝缘电阻测定分热态测定和冷态测定。在修复试验中,一般只测冷态(常温)绝缘电阻。绕线式电动机还应测量转子绕组的绝缘电阻。多速多绕组的电动机各绕组对机壳的绝缘电阻必须逐个测量,并逐个测量绕组间的绝缘电阻。

测量时,对于500伏以下的电动机用500伏的兆欧表;对于500~2000伏的电动机用1000伏的兆欧表;对于2000伏以上的电动机用2500伏的兆欧表。

对于500伏以下的电动机,其绝缘电阻值一般应不低于0.5兆欧,全部更换绕组修复后的电动机的绝缘电阻一般应不低于5兆欧。

3. 耐压试验 全部更换绕组修复后的电动机,如有条件的话,应进行绕组对机壳及绕组相互间的绝缘强度试验(耐压试验)。绕组应能承受1分钟的耐压试验。试验电压为50赫,对额定电压为380伏、额定功率为1千瓦及以上的电动机,试验电压有效值为1760伏;对额定电压为380伏、额定功率小于1千瓦的电动机,试验电压有效值为1260伏。

4. 空载试验 电动机经过上述检验以后,应在电动机定子绕组上加以三

表 3-29 电动机空载电流与额定电流百分比 (%)

极数	容			量		
	0.125 千瓦	0.5 千瓦以下	2 千瓦以下	10 千瓦以下	50 千瓦以下	100 千瓦以下
2	70~95	45~70	40~55	30~45	23~35	18~30
4		65~85	45~60	35~55	25~40	20~30
6		70~90	50~65	35~65	30~45	22~33
8		75~90	50~70	37~70	35~50	25~35

注:表中空载电流指三相平均值。一般功率大者取小值,功率小者取大值。

相平衡的额定电压空转半小时以上。在运行中测量三相电流是否平衡；空载电流是否太大或太小，电动机空载电流与额定电流的百分比见表3-29，如空载电流太大，表示定子与转子之间的气隙可能超出允许值，或定子绕组匝数太少；如空载电流太低，表示定子绕组匝数太多，或三角形连接误接成星形，二路误接成一路等。根据修理经验，鼠笼式电动机空载电流太大（在各部分磁场电流密度不饱和条件下）或太小，相应调整定子绕组匝数的比例见表3-30。

此外，还应检查铁芯是否过热或发热；轴承的温度是否过高；轴承运转是否有异常声音等。绕线式电动机空转时，应检查电刷有无冒火花、过热等现象。

表 3-30 当空载电流太大或太小时，定子绕组匝数相应要增加或减少比例

空载电流变化( $\pm \Delta I_0$ )	15%~20%	30%	50%
定子绕组匝数变化( $\pm \Delta W$ )	5%	10%	20%

### 3-8 三相异步电动机的空壳重绕计算

旧电动机在修理中，有时因绕组数据记录不全，或铭牌失落，需要进行重绕计算。一般来说早年生产的电动机比较落后，裕量较大；近年生产的电动机比较先进，裕量较小，重绕计算前必须了解这些不同的情况。

由于近年生产的电动机的技术数据一般有资料可以查阅，因此重绕计算的主要对象是早年生产的旧电动机。

电动机重绕计算时，首先通过各部分磁路的简单计算，再根据实际积累的经验反复调整使气隙磁密、齿部磁密及轭部磁密三个数值控制在经验数值范围之内，然后得到比较正确的绕组数据。

#### 一、电动机空壳重绕计算程序

空壳重绕计算的内容有：初步估计极数，验算磁路；初步估计电动机的容量和工作电流；计算定子绕组；确定电动机的额定输出功率；估算空载（励磁）电流。

计算前须测量旧电动机定子铁芯外径  $D_1'$ 、内径  $D_1$ ，定子铁芯长度  $l$ ，定子槽数  $z_1$ ，槽形尺寸（图3-57），气隙  $g$ ，转子外径  $D_2'$ 、内径  $D_2$ ，槽数  $z_2$  等。测量以上铁芯数据时，对气隙和槽形的测量要特别精确。

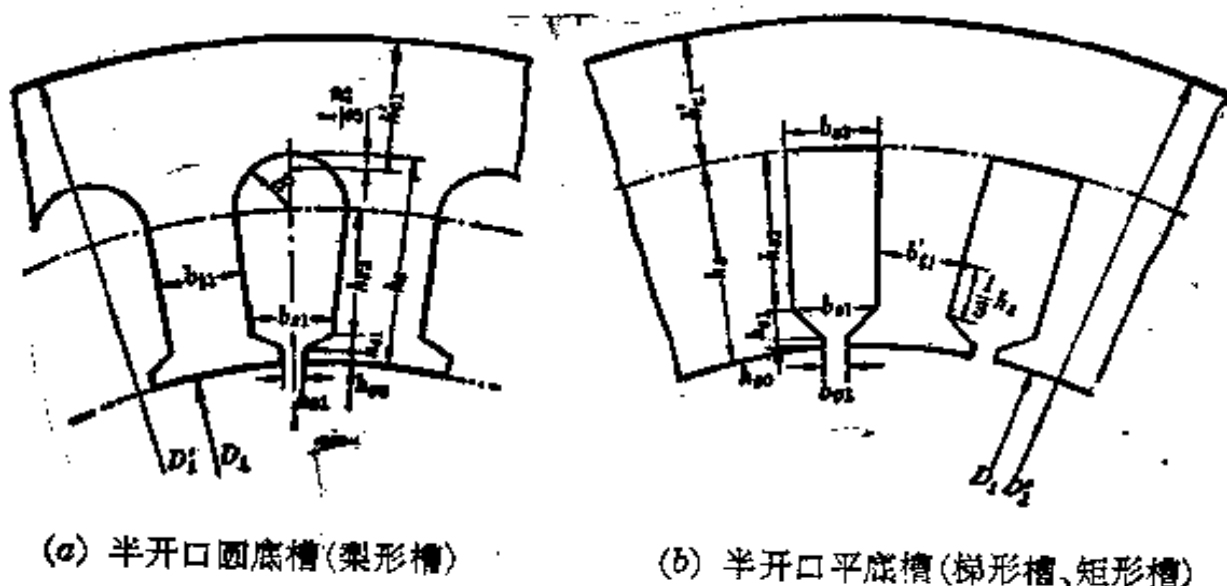


图 3-57 定子槽形尺寸

1. 初步估计极数, 验算磁路各部分的磁通密度 根据定子齿部和轭部磁通密度的分配关系, 电动机的极数可按下面经验公式估算:

$$2p = (0.35 \sim 0.40) \frac{b_{11} b_{c1}}{h'_{c1}}$$

式中:  $2p$ ——极数;  $b_{11}$ ——定子齿宽(毫米);  $h'_{c1}$ ——定子轭高(毫米)。

取相近的双数为极数, 并参考电动机的槽数, 一般槽数少的电动机, 它的极数比较少; 槽数多的电动机, 它的极数就比较多。

电动机极数决定后, 就可以验算磁路各部分的磁密, 其步骤如下:

(1) 每极磁通:

$$\Phi = \alpha_f S_f B_g \times 10^{-8} (\text{韦})$$

式中:  $S_f$ ——空气隙中极弧的面积;

$$S_f = \tau l (\text{厘米}^2)$$

$$\text{极距 } \tau = \pi D_1 / 2p (\text{厘米})$$

$\alpha_f$ ——极弧系数, 它与极数及磁路饱和情况有关, 先由表 3-31 决定电动机饱和系数  $k_s$ , 再根据  $k_s$  查表 3-32 得极弧系数  $\alpha_f$ ;  $B_g$ ——气隙磁通密度, 它可按表 3-33 选取。

表 3-31 饱和系数  $k_s$  的选取

极数 $2p$	2	4	6	8
饱和系数 $k_s$	1.05~1.15	1.15~1.30	1.25~1.40	1.30~1.45



表 3-32 极弧系数  $\alpha_p$  的选取

饱和系数 $k_s$	1.1	1.15	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45	1.50	1.55	1.60	1.65	1.70
极弧系数 $\alpha_p$	0.66	0.67	0.68	0.69	0.7	0.71	0.71	0.725	0.732	0.74	0.74	0.75	0.76

表 3-33 中小型异步电动机气隙磁通密度  $B_g$  (特)

极 数	2	4	6	8
封 闭 式	0.55~0.65	0.67~0.80	0.70~0.80	0.67~0.80
开 启 式	0.65~0.75	0.70~0.85	0.75~0.85	0.70~0.85

注: 凡是防护式(包括防滴式、防溅式)电动机都可查用开启式的数值。

在表 3-33 中, 气隙磁通密度值对于系列产品的电动机比较适用。早年(1956 年以前)生产的和解放前从国外进口的电动机气隙磁通密度往往较低, 一般约在 0.6 特左右, 因此, 早年国产的和日、英、美、法、瑞典等国的电动机一般取小值或更偏低些值来计算; 而德、比、意、苏等国的电动机一般取中间值计算。但是, 必须指出, 表 3-33 中  $B_g$  的数值对于转子外径已经重新车削过的电动机不适用。因为电动机转子车削后气隙增加, 而异步电动机气隙的增大, 将严重影响电动机的输出功率和电磁性能, 所以, 转子车削后就无法从表 3-33 中得出  $B_g$  的合理数值。

### (2) 验算定子轭部磁通密度:

$$B_{c1} = \Phi / (2S_{c1} \times 10^{-4}) \text{ (特)}$$

式中: 定子轭截面积  $S_{c1} = k_{Fe} k'_{c1} l$  (厘米<sup>2</sup>),  $k_{Fe}$  为铁芯压装系数, 铁芯冲片涂漆的  $k_{Fe}$  取 0.92; 铁芯不涂漆的  $k_{Fe}$  取 0.95; 纸绝缘的  $k_{Fe}$  取 0.9。

定子轭的计算高度  $h'_{c1}$  (厘米), 可以直接从定子铁芯测得, 或按下列公式计算(参阅图 3-57):

$$\text{圆底槽} \quad h'_{c1} = \frac{1}{2} (D'_1 - D_1) - h_s + \frac{1}{3} R$$

$$\text{平底槽} \quad h'_{c1} = \frac{1}{2} (D'_1 - D_1) - h_s$$

由公式  $B_{c1} = \Phi / 2S_{c1} \times 10^{-4}$  (特) 计算得到的数值, 应在表 3-34 所规定的范围之内。早年生产的电动机大多数  $B_{c1}$  为小值, 例如 1.25~1.35 特左右。如果计算值与表内控制值相差较大, 就说明极数与气隙磁通密度选得不正确。如果极数由原铭牌或原绕组确定的话, 那么, 首先应重选气隙磁密; 如果极数

表 3-34 中小型电动机轭部磁通密度  $B_{c1}$  (特)

极 数	2	4	6	8
封 闭 式	1.25~1.40	1.35~1.45	1.30~1.40	1.10~1.35
开 启 式	1.40~1.55	1.35~1.50	1.30~1.50	1.10~1.45

由自己确定的话,那么,就得考虑变更极数,直到符合表 3-34 数值为止。

(3) 验算定子齿部磁通密度:

$$B_{t1} = \Phi / (\alpha_j S_{t1} \times 10^{-4}) \text{ (特)}$$

式中: 每极齿部面积

$$S_{t1} = k_{F0} (z_1 / 2p) b_{t1} l \text{ (厘米}^2\text{)}$$

其中  $b_{t1}$  为定子齿部计算宽度,对于平行齿可直接测量得到,对非平行齿则在靠近最狭窄处的 1/3 部位测得。或按下式计算:

平行齿 [例如梨形槽,图 3-57(a)]:

$$b_{t1} = \frac{\pi}{z_1} (D_1 + 2h_{c0} + 2h_{c1}) - b_{c1} \text{ (毫米)}$$

非平行齿 [例如矩形槽,图 3-57(b)]:

$$b_{t1} = \frac{\pi}{z_1} \left( D_1 + \frac{2}{3} h_c \right) - b_{c1} \text{ (毫米)}$$

计算所得的  $B_{t1}$  值应符合表 3-35 所列范围,早年生产的电动机大多数为小值,例如控制在 1.3~1.5 特左右。如计算值过大,则应减少气隙磁密,如计算值过小,则应增加气隙磁密,直到合适为止。

表 3-35 中小型异步电动机齿部磁通密度  $B_{t1}$  (特)

极 数	2	4	6	8
封 闭 式	1.40~1.55	1.45~1.60	1.45~1.55	
开 启 式	1.55~1.70	1.47~1.67	1.50~1.65	

当定子轭部和齿部磁通密度经过验算,都符合表中数值,那么电动机的极数与气隙磁密就可以确定了。所求得的磁通  $\Phi$  即为电动机工作磁通。

## 2. 初步估计电动机容量和工作电流

(1) 电动机容量: 常用比较法进行估计, 在电动机型式、工作条件以及生产的年份等相近的情况下, 与已知容量的同铁芯尺寸的电动机进行比较, 即得参考容量。根据电动机的计算尺寸  $D_1 l$  ( $D_1$  为定子铁芯内径,  $l$  为定子铁芯长度) 和极数, 从图 3-58~3-60 中查得对应的容量的近似值  $P$  (千瓦)。

(2) 初步求取工作电流:

$$I_x = P / (\sqrt{3} V_x \cos \varphi \cdot \eta)$$

式中:  $V_x$ ——三相电源线电压(伏);  $I_x$ ——电动机工作线电流(安);  $\cos \varphi$ ——电动机功率因数;  $\eta$ ——电动机效率。

$\cos \varphi$  与  $\eta$  的数值可以参照表 3-9 中中小型三相异步电动机的技术数据中相近容量电动机的数值。

对于早年生产的(1956年前非系列产品)异步电动机, 可以直接从表 3-36 查得额定电流值, 容量小者取大值。

3. 计算定子绕组 先根据电动机估计的容量和极数选用绕组型式, 通常容量小于 10 千瓦以下的, 多采用单层绕组; 容量大于 10 千瓦以上的, 多采用双层叠绕组。可参考本章 3-2 节有关绕组结构及技术数据。

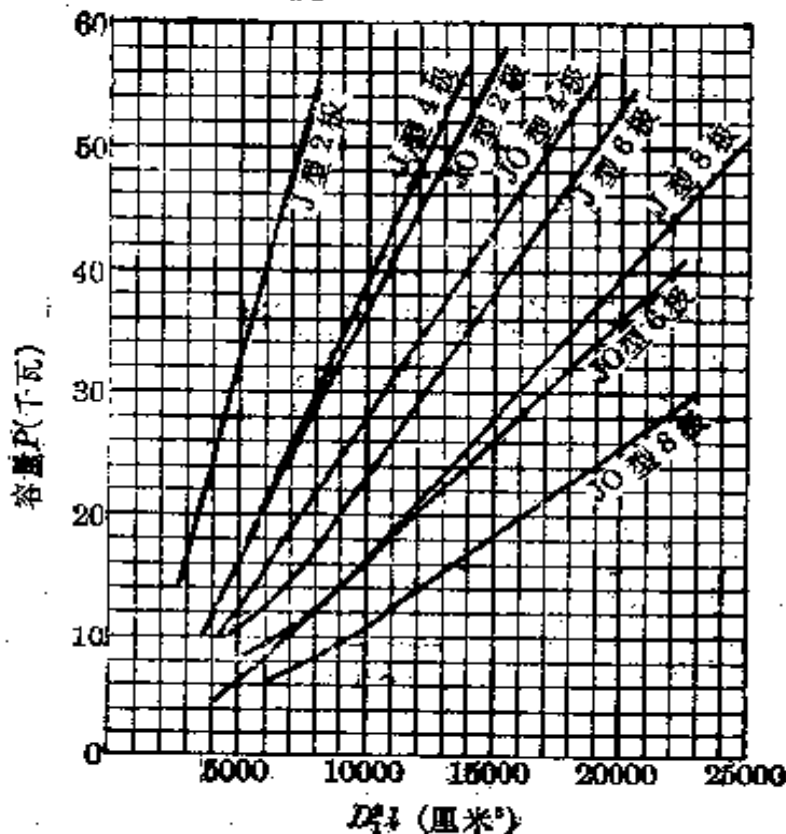
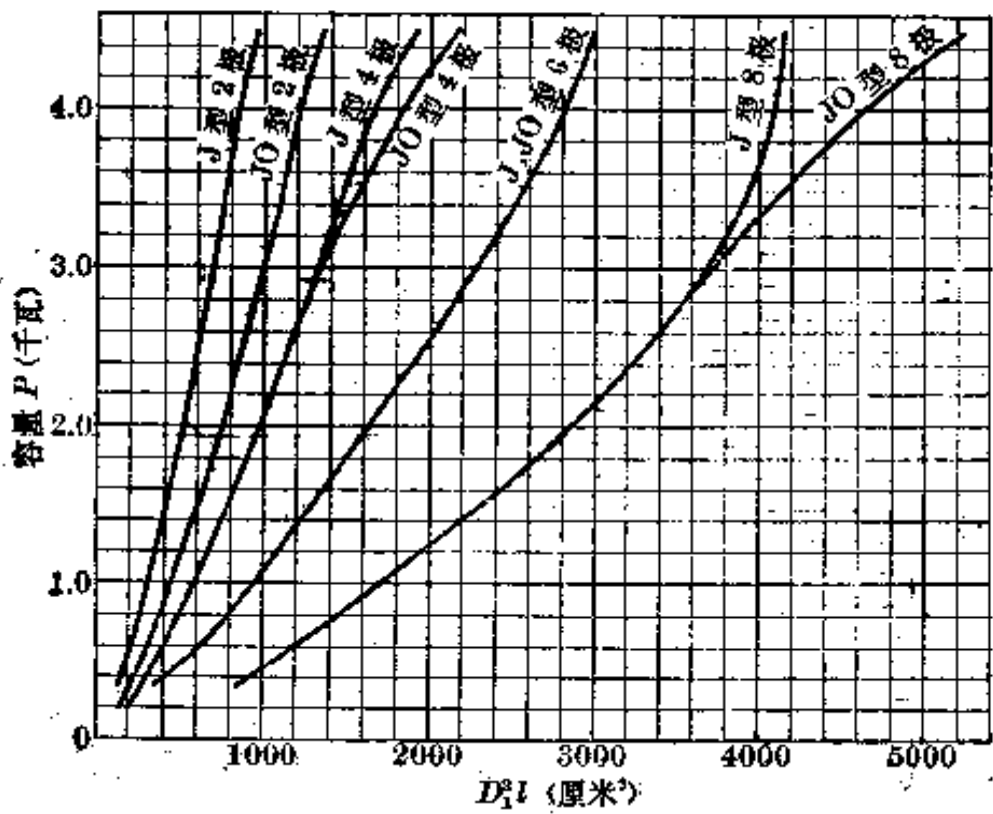
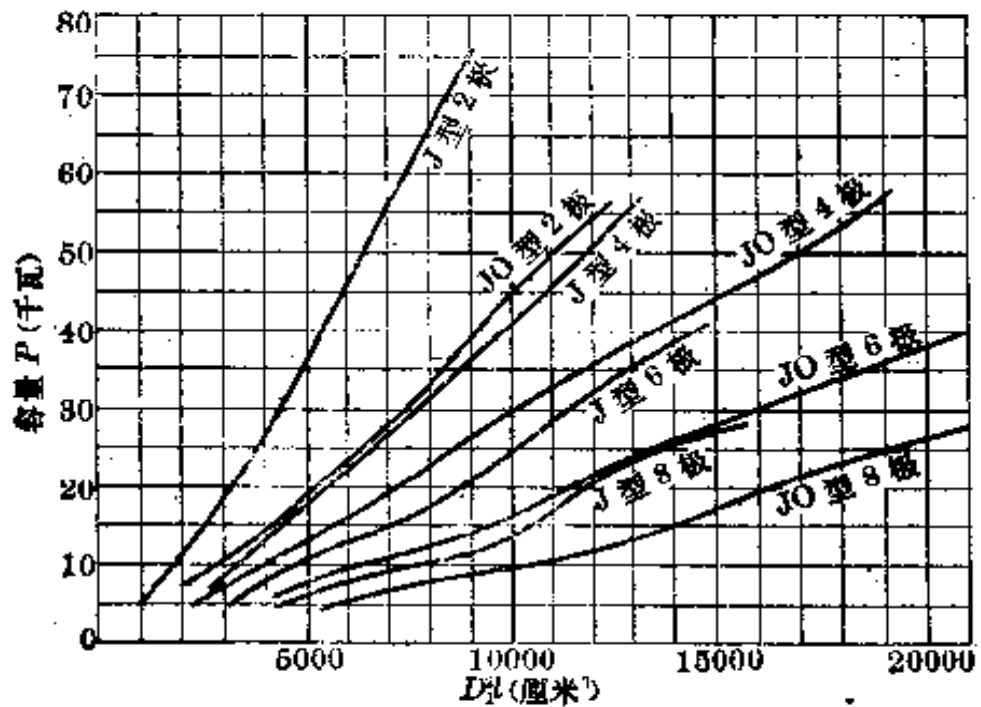


图 3-58 J、JO 系列三相异步电动机  $D_1 l$  与容量的关系曲线

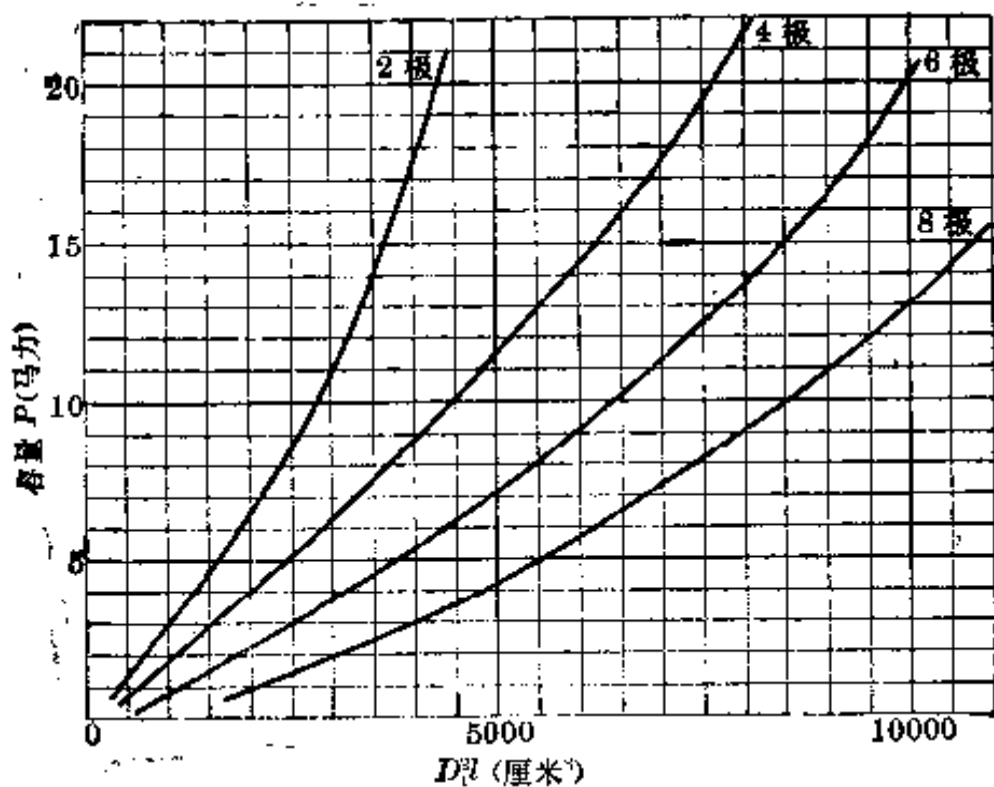


(a)

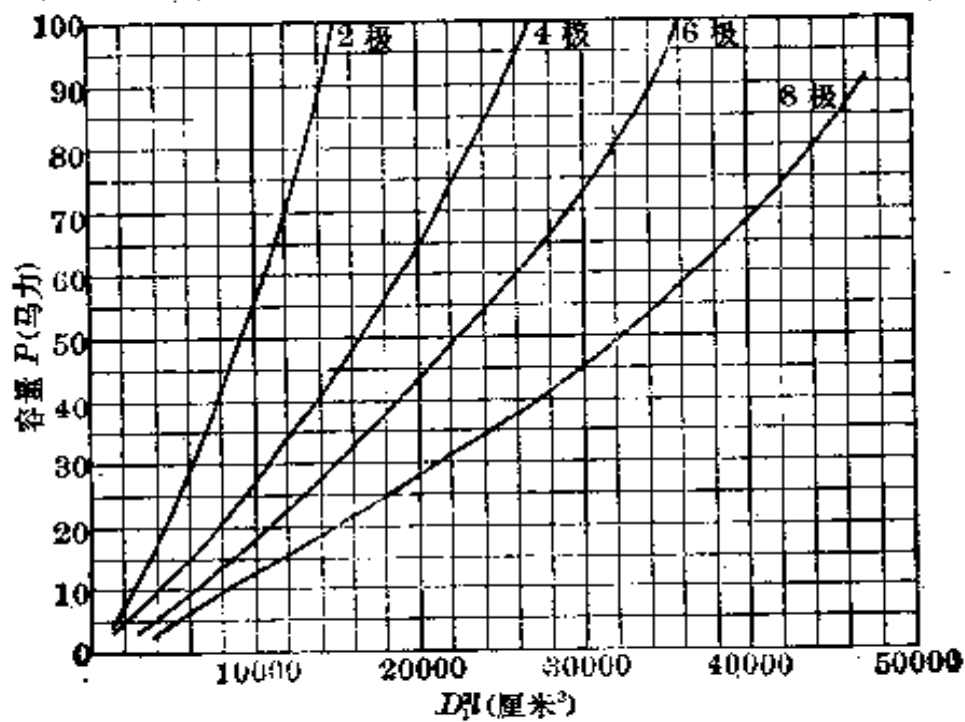


(b)

图 3-59 沪产 J、JO 三相异步电动机  $D^2L$  与容量的关系曲线



(a)



(b)

图 3-60 早年生产的三相异步电动机  $D^2L$  与容量的关系曲线

表 3-36 异步电动机的额定电流与容量关系经验数据表

极 数	容 量 (千瓦)			
	0.368~1.570	1.570~7.35	7.35~29.40	29.40~73.5
2	1.6~1.8	1.5~1.6	1.4	1.35
4	1.8~2	1.5~1.7	1.5	1.4
6	2~2.1	1.7~1.8	1.6	1.5
8	—	2	1.8	1.6

注: 表中原容量单位用马力, 1 马力=0.735 千瓦。

## (1) 绕组节距(跨距):

$$y_1 = \beta \tau = \beta s_1 / 2p \quad (y_1 \text{ 以槽数计})$$

式中:  $\beta$ ——短距率, 对于双层绕组  $\beta = 0.8 \sim 0.9$ , 单层绕组  $\beta = 1$ 。

## (2) 绕组系数:

$$k_{dp} = k_{d1} \cdot k_{p1}$$

式中:  $k_{p1}$ ——短距系数;  $k_{d1}$ ——分布系数。  $k_{p1}$ 、 $k_{d1}$  都可以计算或查表 3-37 ~ 3-39 得到。

## (3) 定子每相串联匝数:

$$w_1 = \frac{V_{\phi\phi} \cdot 10^8}{4.44 f k_{dp} \cdot \Phi} \quad (\text{匝/相})$$

当电源频率  $f = 50$  赫时,

$$w_1 = \frac{V_{\phi\phi} \cdot 10^8}{2.22 k_{dp} \cdot \Phi} \quad (\text{匝/相})$$

式中:  $V_{\phi\phi}$ ——相电压。当绕组  $\Delta$  接法时,  $V_{\phi\phi}$  就等于线电压  $V_{\phi}$ , 即  $V_{\phi\phi} = V_{\phi}$ ; 当绕组  $Y$  接法时, 则  $V_{\phi\phi} = V_{\phi} / \sqrt{3}$ 。

## (4) 计算定子绕组导线截面积:

$$S_1 = \frac{I_{\phi\phi}}{J_1 \cdot a \cdot n} \quad (\text{毫米}^2)$$

式中:  $J_1$ ——定子导线的电流密度(安/毫米<sup>2</sup>), 由绕组导线材料、电动机散热条件、转速、工作条件等因素来决定, 可查表 3-40;  $a$ ——每相绕组的并联支路数, 参考表 3-27 选用;  $n$ ——绕组导线并绕根数;  $I_{\phi\phi}$ ——电动机额定工作时的相电流。

表 3-37 短距系数  $k_{p1} = \sin(\beta \cdot 90^\circ)$ 

跨距 ( $\beta$ )	每 级 槽 数												
	24	18	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
1~25	1.0												
1~24	0.998												
1~23	0.991												
1~22	0.981												
1~21	0.966												
1~20	0.947												
1~19	0.924	1.0											
1~18	0.897	0.996											
1~17	0.866	0.985	1.0										
1~16	0.832	0.966	0.995	1.0									
1~15	0.793	0.940	0.981	0.995	1.0								
1~14	0.752	0.906	0.956	0.978	0.994	1.0							
1~13	0.707	0.866	0.924	0.951	0.975	0.993	1.0						
1~12		0.819	0.882	0.914	0.944	0.971	0.991	1.0					
1~11		0.766	0.831	0.866	0.901	0.935	0.966	0.990	1.0				
1~10		0.707	0.772	0.809	0.847	0.884	0.924	0.960	0.988	1.0			
1~9			0.707	0.743	0.782	0.833	0.866	0.910	0.951	0.985	1.0		
1~8				0.669	0.707	0.749	0.793	0.841	0.891	0.940	0.981	1.0	
1~7						0.669	0.707	0.756	0.809	0.866	0.924	0.975	1.0
1~6								0.655	0.707	0.766	0.832	0.901	0.966
1~5										0.643	0.707	0.782	0.866
1~4												0.624	0.707

表 3-38 三相整数槽绕组分布系数  $k_{d1}^*$ 

$q$	2	3	4	5	6	7 及以上
三相 60° 相带	0.966	0.960	0.958	0.957	0.956	0.956
三相 120° 相带	0.836	0.832	0.830	0.829	0.828	0.828

\*  $k_{d1} = \sin(\alpha q/2) / q \sin(\alpha/2)$ , 其中  $\alpha = \pi/mq$ .

表 3-39 三相分数槽绕组的绕组系数

$q$ (每相极槽数)	$y$ (节距)	$\beta$ (短距率)	$k_{p1}$ (短距系数)	$k_{ap}$ (绕组系数)
$1\frac{1}{2}$	1~5	0.89	0.985	0.94
$1\frac{4}{6}$	1~6	0.926	0.994	0.948
$1\frac{7}{8}$	1~6	0.98	0.985	0.94
$2\frac{1}{10}$	1~7	0.952	0.993	0.953
	1~6	0.794	0.953	0.912
$2\frac{2}{8}$	1~7	0.94	0.992	0.95
	1~6	0.784	0.943	0.90
$2\frac{1}{7}$	1~7	0.933	0.995	0.95
	1~6	0.778	0.94	0.90
$2\frac{1}{5}$	1~7	0.91	0.99	0.945
	1~6	0.76	0.925	0.887
$2\frac{1}{3}$	1~8	0.933	0.995	0.95
	1~7	0.8	0.951	0.907
	1~6	0.667	0.866	0.827
$2\frac{1}{7}$	1~8	0.907	0.987	0.944
	1~7	0.778	0.94	0.90
$2\frac{4}{6}$	1~9	0.952	0.997	0.953
	1~8	0.833	0.966	0.922
	1~7	0.715	0.902	0.862
$2\frac{7}{8}$	1~9	0.927	0.994	0.948
	1~8	0.81	0.956	0.913
$3\frac{1}{5}$	1~10	0.933	0.995	0.95
	1~9	0.833	0.966	0.922
$3\frac{2}{4}$	1~10	0.923	0.993	0.948
	1~9	0.82	0.959	0.916
	1~8	0.718	0.903	0.862
$3\frac{3}{7}$	1~10	0.875	0.981	0.937
	1~9	0.778	0.94	0.902



(续表)

$q$ (每相极槽数)	$y$ (节距)	$\beta$ (短距率)	$k_{pt}$ (短距系数)	$k_{ap}$ (绕组系数)
$3^{1/2}$	1~11	0.952	0.997	0.953
	1~10	0.857	0.974	0.93
	1~9	0.762	0.93	0.884
	1~8	0.667	0.836	0.881
$3^{3/8}$	1~11	0.925	0.99	0.945
	1~10	0.835	0.97	0.923
	1~9	0.743	0.917	0.877
$3^{3/4}$	1~11	0.89	0.985	0.94
	1~10	0.80	0.951	0.907
$3^{4/8}$	1~11	0.88	0.98	0.937
	1~10	0.79	0.945	0.903
$3^{6/7}$	1~11	0.865	0.978	0.934
	1~10	0.773	0.94	0.902
$4^{1/8}$	1~12	0.89	0.98	0.94
	1~11	0.808	0.955	0.911
$4^{1/6}$	1~12	0.872	0.98	0.935
	1~11	0.792	0.948	0.905
$4^{1/4}$	1~12	0.854	0.98	0.933
	1~11	0.785	0.944	0.901
$4^{1/2}$	1~13	0.89	0.985	0.94
	1~12	0.815	0.959	0.916
	1~11	0.74	0.917	0.977
$4^{3/4}$	1~13	0.84	0.97	0.926
	1~12	0.733	0.935	0.894
$4^{5/8}$	1~14	0.902	0.988	0.943
	1~13	0.833	0.966	0.922
$4^{7/8}$	1~14	0.89	0.985	0.94
	1~13	0.82	0.959	0.916
$5^{1/2}$	1~15	0.79	0.944	0.902
	1~14	0.848	0.972	0.928

表 3-40 中小型电动机定子电流密度  $\Delta_1$  (安/毫米<sup>2</sup>)

极 数	2	4	6	8
封 闭 式	4.0~4.5	4.5~5.5		4.0~5.0
开 启 式	5.0~6.0	5.5~6.5		5.0~6.0

当绕组  $\Delta$  接法时

$$I_{aa} = I_a / \sqrt{3}$$

当绕组  $Y$  接法时

$$I_{aa} = I_a$$

其中:  $I_a$ ——额定工作时的线电流。

表 3-40 中数据较适用系列产品, 对早年及非系列产品应酌情减低 10%~15%, 一般功率小者取大值, 功率大者取小值。

导线截面大小的选择, 一方面受到槽口尺寸的限制, 另一方面如果导线太粗, 嵌线将发生困难, 因此, 一般以两根导线能同时通过槽口为限, 并规定线径最大不得超过 1.68 毫米。当估算出的导线截面积过大时, 常采用多根小截面导线并绕, 或多路并联的办法。增加并联支路数  $a$ , 可以相应减少并绕的导线数  $n$ , 但是, 并联支路数增加后, 往往因匝间电压增高, 而容易造成匝间绝缘击穿。因此,  $a$  和  $n$  的选用应全面考虑, 适当灵活掌握。

根据计算的  $S_1$  可查线规表找出导线直径。

(5) 每槽导线数:

$$N = \frac{2m_1 w_1}{\varepsilon_1} a = \frac{6w_1}{\varepsilon_1} a = \text{整数} \quad (\text{其中 } m_1 = 3)$$

对双层绕组来说,  $N$  取双数。

(6) 验算槽满率:

$$F_k = N(nd^2) / S$$

式中:  $d$ ——绝缘导线外径(毫米);  $n$ ——并绕的根数, 由不同外径导线并绕时,  $nd^2$  应换以不同的线径平方和, 即

$$nd^2 = d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + \dots$$

$S$ ——槽有效面积(毫米<sup>2</sup>)。

圆底槽(图 3-61)面积:

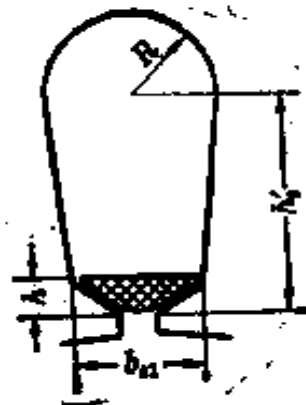


图 3-61 圆底槽尺寸

$$S_A = \frac{2R + b_{s1}}{2} (h'_s - h) + \frac{\pi R^2}{2}$$

其他槽形, 见图 3-62 所列公式计算。

槽绝缘占面积  $S_i$ :

双层绕组

$$S_i = c(2h'_s + \pi R + 2R + B_{s1})$$

单层绕组

$$S_i = c(2h'_s + \pi R + B_{s1})$$

所以槽有效面积

$$S = S_A - S_i$$

其中:  $h$ ——槽楔厚度一般应取 2~4 毫米;  $c$ ——绝缘厚度(毫米), 按不同绝缘等级所选定的槽绝缘实际厚度, 参考表 3-25 所列, 或按下面数值:

A 级绝缘  $c = 0.35 \sim 0.45$

$$E \text{ 级绝缘 } \begin{cases} 1 \sim 2 \text{ 号机座 } c = 0.23 \\ 3 \sim 5 \text{ 号机座 } c = 0.27 \\ 3 \sim 9 \text{ 号机座 } c = 0.42 \end{cases}$$

B 级绝缘  $c = 0.44 \sim 0.50$

$F_k$  值控制在 0.60~0.75 范围内。

(7) 验算线负载:

$$A = \frac{I_{ea} N_{s1}}{\pi D_1 c} \text{ (安/厘米)}$$

计算的  $A$  值应符合图 3-63(a)、(b)、(c) 的曲线的范围。如过大应适当降低电流密度  $A_1$ , 并重新计算  $I_{ea}$  与  $A$ 。

4. 确定电动机的额定输出功率(额定容量)

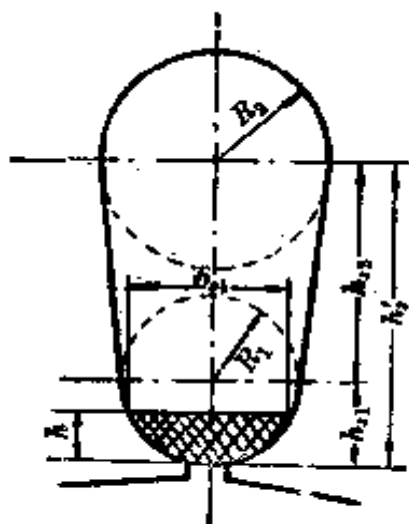
$$P_e = 3V_{ea} I_{ea} \cos \varphi \cdot \eta \cdot 10^{-3} = \sqrt{3} V_e I_e \cos \varphi \cdot \eta \cdot 10^{-3} \text{ (千瓦)}$$

式中:  $V_{ea}$ ——电动机额定相电压(伏);  $I_{ea}$ ——电动机额定相电流(安);  $V_e$ ——电动机额定线电压(伏);  $I_e$ ——电动机额定线电流(安);  $\cos \varphi$ ——电动机额定功率因数;  $\eta$ ——电动机额定工作效率。 $\cos \varphi$  和  $\eta$  的近似值可参照表 3-9 和 3-10 中相近容量电动机的数值。

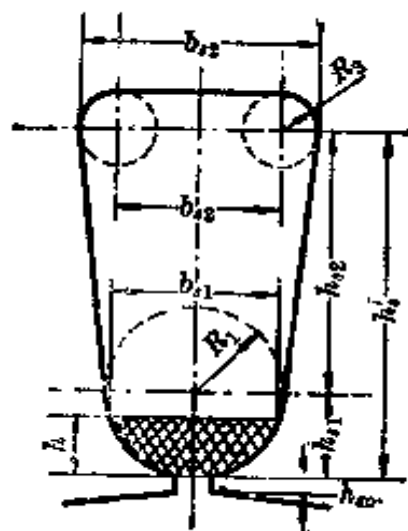
5. 估算空载磁化电流 首先计算定子磁路各部分所需要的安匝数。

(1) 气隙安匝:

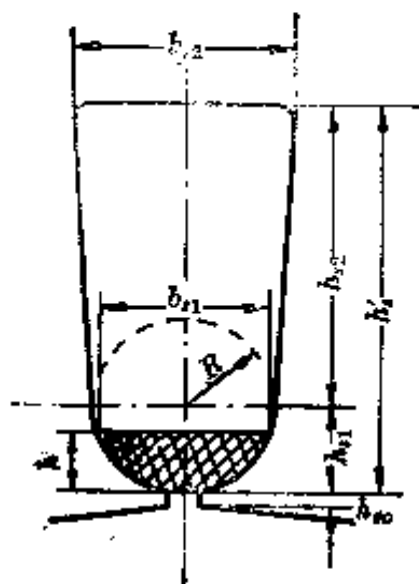
$$AT_g = 1.6 B_g k_{lg} \times l \text{ (安匝)}$$



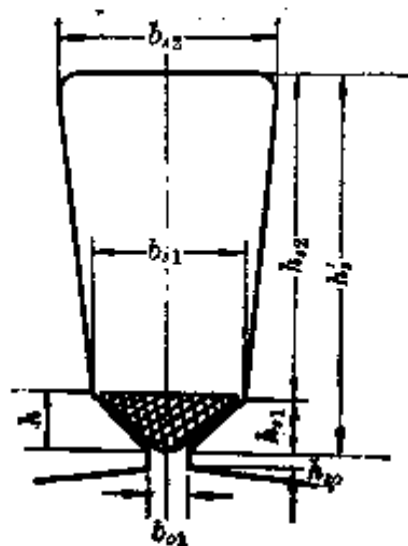
$$S_A = \frac{b_{21} + 2R_2}{2} (h_2 - h) + \frac{\pi}{2} R_1^2 \quad (a)$$



$$\dot{S}_A = \frac{\pi}{2} R_1^2 + \frac{(b_{22} + h_{22})}{2} (h_2' - h) + R_2 b_{22}' \quad (b)$$

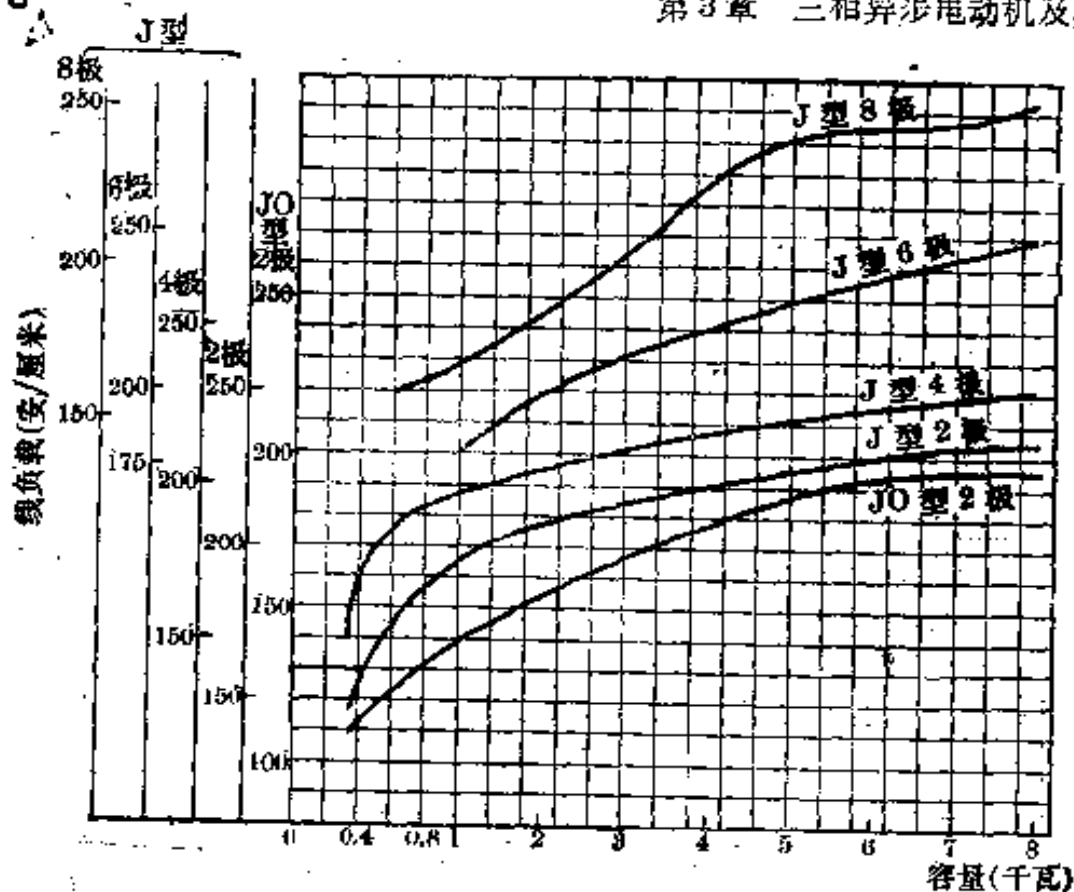


$$S_A = \frac{(b_{21} + b_{22})}{2} (h_2' - h) \quad (c)$$

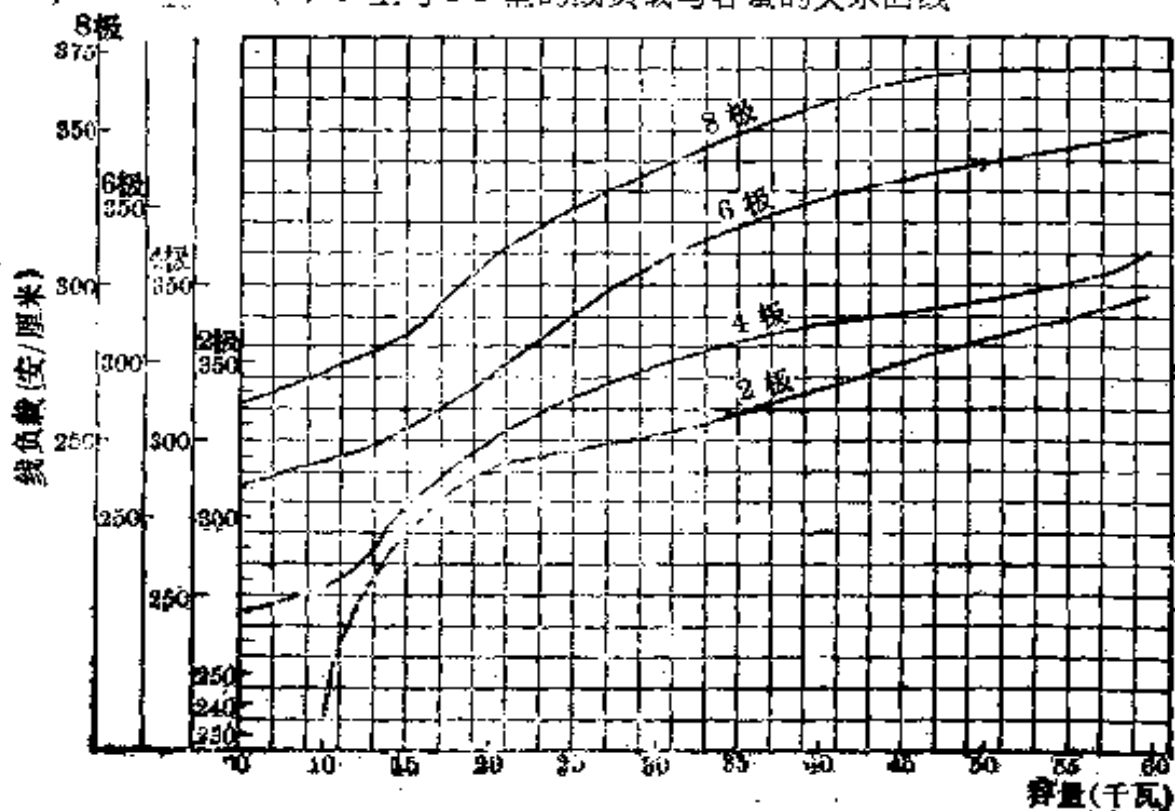


$$S_A = \frac{b_{21} + b_{22}}{2} (h_2' - h) \quad (d)$$

图 3-62 不同槽形截面的计算公式

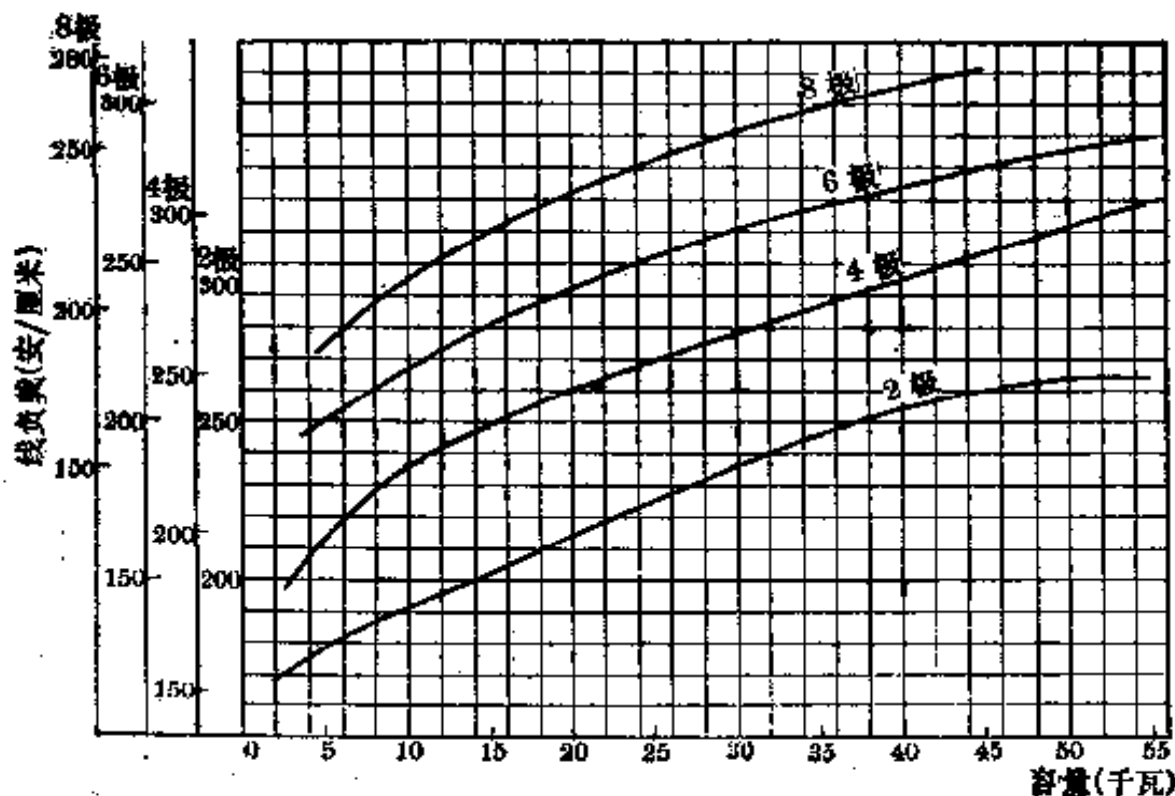


(a) J型与JO型的线负载与容量的关系曲线



(b) J型的线负载与容量关系曲线

图 3-63 J、JO型的线负载与容量的关系曲线(1)



(c) JO型的线负载与容量的关系曲线

图 3-63 J、JO型的线负载与容量的关系曲线(2)

式中:  $g$ ——气隙长度(厘米);  $k_0$ ——气隙系数, 因转子气隙系数接近 1, 所以只计算定子的气隙系数。

定子为半闭口槽和半开口槽时, 根据经验公式

$$k_0 = \frac{t(4.4g + 0.75b_0)}{t(4.4g + 0.75b_0) - l_0^2}$$

定子为开口槽时

$$k_0 = \frac{(5g + b_0)t}{(5g + b_0)t - l_0^2}$$

其中: 齿距  $t = \pi D_1 / z_1$ ,  $b_0$ ——槽口宽。

(2) 定子齿安匝:

$$AT_{\sigma 1} = 2a_{\sigma 1}h'_{\sigma 1}(\text{安匝})$$

式中:  $a_{\sigma 1}$ ——定子齿部的磁场强度(安/厘米), 该值可先由  $B_{\sigma 1} = \Phi / a_{\sigma 1} S_{\sigma 1}$  计算出  $B_{\sigma 1}$  值, 再查表 14-89 或表 14-88 磁化曲线数据得到;  $h'_{\sigma 1}$ ——定子槽计算高度(亦即齿高)(厘米), 如图 3-62 所示:

— 圆底槽:  $h'_{\sigma 1} = h_{\sigma 2} + h_{\sigma 1} + l / 3B$

半开口平底槽:

$$h'_{12} = h_{s2} + h_{s1}$$

开口平底槽:

$$h'_{s1} = h_{s2} + h_{s1} + h_{s0}$$

(3) 定子轭部安匝:

$$AT_{c1} = c_1 \alpha_{c1} l'_{c1} \text{ (安匝)}$$

式中:  $\alpha_{c1}$ ——定子轭部的磁场强度(安/厘米), 由  $B_{c1} = \Phi / 2S_{c1}$  求得  $B_{c1}$  后查表 14-88 得到  $\alpha_{c1}$  值;  $l'_{c1}$ ——定子轭部计算长度  $l'_{c1} = \pi(D'_1 - h'_{c1}) / 2p$  (厘米);  $c_1$ ——考虑轭部磁密的不均匀而乘以小于 1 的轭部磁路长度校正系数, 它可查图 3-64 得到。

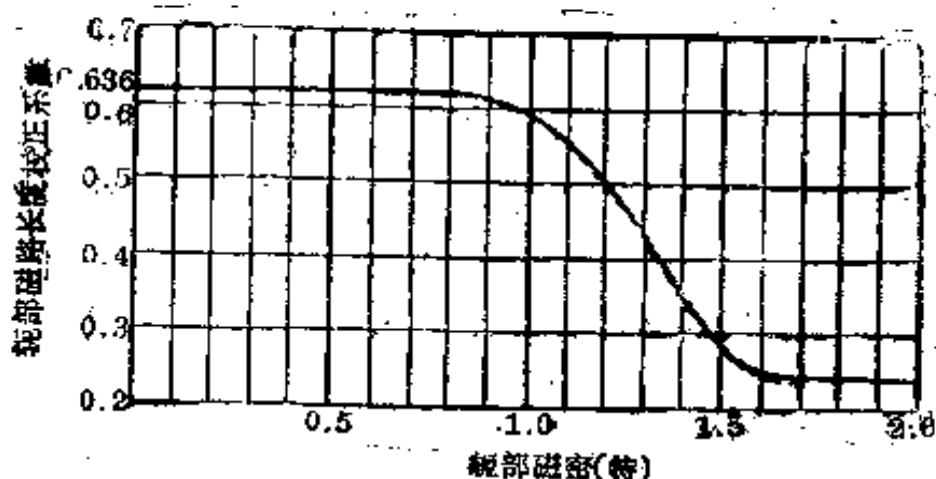


图 3-64 轭部磁路长度校正系数

(4) 每对极的总安匝:

$$AT = AT_g + AT_{c1} + AT_{c1} + AT_{r2} + AT_{c2} = AT_g + f(AT_{r1} + AT_{c1}) \text{ (安匝)}$$

式中:  $AT_{r2}$  及  $AT_{c2}$ ——转子齿部及轭部的安匝, 对绕线转子可直接计算得, 对鼠笼转子用  $f$  值估算:

$$f = \frac{AT_{r1} + AT_{c1} + AT_{r2} + AT_{c2}}{AT_{r1} + AT_{c1}}$$

$f$  值可由表 3-41 查得。功率小者取偏大值, 功率大者取偏小值。

表 3-41 中小型异步电动机的  $f$  值(容量小于 100 千瓦以下)

极数	2	4	6	8
$f$	1.20~1.30	1.40~1.65	1.40~1.75	1.55~1.80

注: 表中  $f$  值由 J, JO 型电动机统计所得, 供早年产品参考用。

## (5) 空载磁化电流:

$$I_0 = \frac{p \cdot AT}{2 \cdot (\omega_1 k_{ap})}$$

[例6] 有一台封闭鼠笼式电动机无铭牌及定子绕组。试重绕计算, 配一适当绕组, 修复使用。

测得铁芯数据如下:

定子铁芯外径  $D'_1 = 430$  毫米

定子铁芯内径  $D_1 = 300$  毫米

定子铁芯有效长度  $l = 170$  毫米

定子槽数  $s_1 = 54$

定子槽形尺寸如图 3-65 所示:

$$b_{c1} = 3.5, b_{a1} = 8, b_{s2} = 11,$$

$$h'_s = 28 + 1.5 = 29.5$$

气隙  $q = 0.6$  毫米

用于电源电压为 380 伏,  $\gamma$  接法。相电压  $V_{\phi} = 220$  伏。

解 重绕计算如下:

## 1. 初步估计极数并验算磁路

(1) 已知:  $s_1 = 54$ , 在靠近最狭处  $1/3$  处测得梯形槽齿宽  $b_{a1} = 9.8$  毫米。计算轭高

$$h'_{c1} = \frac{D'_1 - D_1}{2} - h_s = 34.5 \text{ (毫米)}$$

因此极数

$$2p = (0.35 \sim 0.4) \frac{s_1 b_{a1}}{h_{c1}} = (0.35 \sim 0.4) \frac{54 \times 9.8}{34.5} = 5.36 \sim 6.14$$

取接近双数  $2p = 6$ 。

(2) 气隙中极弧面积:

$$S_p = \tau l = \frac{\pi D_1}{2p} l = 15.7 \times 17 \times 10^{-4} = 0.0267 \text{ (米}^2\text{)}$$

(3) 每极磁通:

$$\Phi = a_p S_p B_g = 0.7 \times 0.0267 \times 0.76 = 0.0142 \text{ (韦)}$$

由表 3-32 得  $a_p = 0.7$ ; 估计此电动机为 50 年代生产, 由表 3-33 选得  $B_g = 0.76$  特。

(4) 定子轭部截面积:

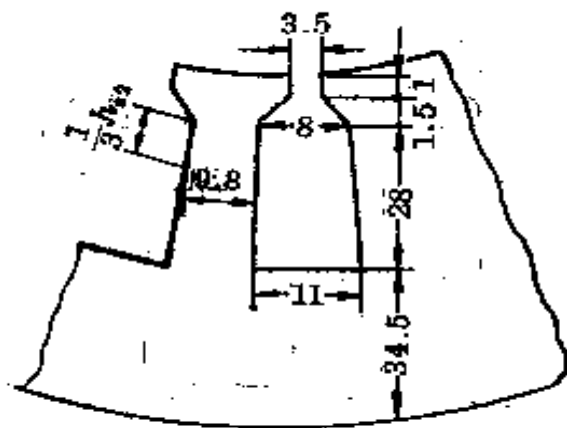


图 3-65 例6中定子槽形尺寸  
(图中尺寸均以毫米计)



$$S_{cl} = k_{Fe} k'_{cl} l = 0.92 \times 3.45 \times 17 = 54 (\text{厘米}^2)$$

(5) 验算定子轭部磁密:

$$B_{cl} = \frac{\Phi}{2S_{cl}} = \frac{0.0142}{2 \times 54 \times 10^{-4}} = 1.3148 (\text{特})$$

此值符合表 3-34 中规定范围。

(6) 每极齿的截面积:

$$S_{t1} = k_{Fe} \cdot \frac{q_1}{2p} \cdot b_{t1} \cdot l = 0.92 \times 9 \times 0.98 \times 17 = 138.0 (\text{厘米}^2)$$

(7) 验算定子齿部磁密:

$$B_{t1} = \frac{\Phi}{q_1 S_{t1}} = \frac{0.0142}{0.7 \times 0.0138} = 1.47 (\text{特})$$

此值符合表 3-35 中规定范围。

由磁路验算可知所选用的极数及气隙磁密都符合要求。1

2. 初步估计电动机输出功率及额定工作电流

(1) 估计电动机容量: 由  $D^2 l = 30^2 \times 17 = 15300 (\text{厘米}^3)$  及  $2p = 6$  查图 3-59(b) 中曲线可得  $P \approx 28$  千瓦。

(2) 初步确定额定工作电流:

$$I_{2n} = I_n = \frac{P}{\sqrt{3} V_n \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{28000}{1.73 \times 380 \times 0.89 \times 0.89} = 54.4 (\text{安})$$

其中,  $\eta$ 、 $\cos \varphi$  值可根据  $P = 28$  千瓦、六极电动机从表 3-9 中查得  $\eta = 0.89$ 、 $\cos \varphi = 0.88$ 。

3. 计算定子绕组

(1) 选用双层叠绕, 绕组节距:

$$w_1 = \beta \frac{z}{2p} = 0.9 \times \frac{54}{6} \approx 8 \text{ 即 } (1 \sim 9) \text{ 槽。}$$

式中: 取  $\beta = 0.9$ ,

(2) 绕组系数:

因  $q = \frac{z}{2pm} = \frac{54}{6 \times 3} = 3$ , 查表 3-38 得  $k_{a1} = 0.96$ , 查表 3-37 得  $k_{p1} = 0.985$ 。

则  $k_{sp} = k_{a1} k_{p1} = 0.96 \times 0.985 = 0.94$

(3) 每相串联匝数:

$$w_1 = \frac{V_n 10^3}{2.22 k_{sp} \Phi} = \frac{220 \times 10^3}{2.22 \times 0.94 \times 1.42 \times 10^{-2}} = 74.3 (\text{匝/相})$$

(4) 计算导线截面积:

$$S_1 = \frac{I_{\text{相}}}{\alpha n \Delta_1} = \frac{54.4}{6 \times 1 \times 5.1} = 1.78 (\text{毫米}^2)$$

式中:  $\alpha=6$ ,  $n=1$ , 由表 3-40 查取  $\Delta_1=5.1$  安/毫米<sup>2</sup>。

根据  $S_1=1.78$  毫米<sup>2</sup> 由表 14-5 找出相近导线直径  $d_1=1.5$  毫米,  $S_1=1.767$  毫米<sup>2</sup>, 再从表 14-38 查得选用单丝漆包线 SQZ 的  $d=1.72$  毫米 (包括绝缘厚度), 校核实际电流密度

$$\Delta_1 = \frac{I_{\text{相}}}{\alpha n S_1} = \frac{54.4}{6 \times 1 \times 1.767} = 5.13 (\text{安/毫米}^2)$$

(5) 每槽导线数:

$$N = \frac{6w_1}{z_1} \cdot \alpha = \frac{6 \times 74.3}{54} \times 6 = 49.5$$

双层绕组取  $N$  为双数,  $N=50$  根/槽。

实际每相串联匝数

$$w'_1 = \frac{N z_1}{\alpha} = 75 (\text{匝/相})$$

(6) 验算槽满率: 平底槽面积

$$S_A = \frac{b_{s1} + b_{s2}}{2} (h'_s - h) = \frac{8 + 11}{2} (29.5 - 3) = 252 (\text{毫米}^2)$$

采用槽绝缘为 A 级,  $c=0.35$  毫米, 槽楔厚  $h=3$  毫米。则槽绝缘占面积

$$S_i = c(2h'_s + b_{s1} + 2b_{s2})^* = 0.35(2 \times 29.5 + 8 + 2 \times 11) = 31.2 (\text{毫米}^2)$$

槽有效面积

$$S = S_A - S_i = 252 - 31.2 = 220.8 (\text{毫米}^2)$$

$$\text{槽满率} \quad F_s = \frac{N d^2}{S} = \frac{50 \times (1.72)^2}{220.8} \approx \frac{150}{220.8} \approx 67.8\%$$

(7) 验算线负载:

$$\text{相电流} \quad I_{\text{相}} = S_1 \alpha \Delta_1 = 1.76 \times 6 \times 5.13 = 54.2 (\text{安})$$

$$\text{线负载} \quad A = \frac{I_{\text{相}} N z_1}{\pi D_1 \alpha} = \frac{54.2 \times 50 \times 54}{\pi 30 \times 6} = 259 (\text{安/厘米})$$

$A$  值小于图 3-63(c) 中曲线所规定的范围。

4. 确定电动机的输出功率

$$I_{\text{相}} = 54.2 \text{ 安} \quad \text{取 } \cos \varphi = 0.88, \eta = 0.89$$

\* 此式为平底槽的绝缘所占面积的计算式, 因为采用双层绕组, 故式中增加  $b_{s2}$  的值作层间绝缘。

$$P_e = 3V_{e0} I_{e0} \cos \varphi \cdot \eta \times 10^{-3} = 3 \times 220 \times 74.2 \times 0.88 \times 0.89 \times 10^{-3} \\ \approx 28 \text{ (千瓦)}$$

5. 估算空载磁化电流

(1) 气隙所需安匝:

$$AT_g = 1.6 B_g h_{g0} \times 10^4 = 1.6 \times 0.76 \times 1.15 \times 0.06 \times 10^4 = 839 \text{ (安匝)}$$

式中:  $B_g = \frac{\Phi}{a_g \delta_g} = \frac{1.42 \times 10^{-2}}{0.7 \times 0.0267} = 0.76 \text{ (特)}$

其中:  $\Phi = 1.42 \times 10^{-2} \text{ (韦)}$

$$k_c = \frac{t(4.4q + 0.75b_0)}{t(4.4q + 0.75b_0) - a_0^2} = \frac{17.45(4.4 \times 0.6 + 0.75 \times 3.5)}{17.45(4.4 \times 0.6 + 0.75 \times 3.5) - 3.5^2} \\ \approx 1.15$$

(2) 定子齿部所需安匝:

$$AT_{s1} = 2a_{s1} \cdot h'_{s1} = 2 \times 15 \times 3.05 = 91.5 \text{ (安匝)}$$

根据  $B_{s1} = 1.47 \text{ (特)}$

由表 14-88 查得  $a_{s1} = 15 \text{ 安/厘米}$ 。

定子齿高

$$h'_{s1} = h_{s2} + h_{s1} + h_{s0} = 28 + 1.5 + 1 = 30.5 \text{ (毫米)}$$

(3) 定子轭部所需安匝:

$$AT_{d1} = c_1 \cdot a_{d1} \cdot l'_{d1} = 0.43 \times 8.14 \times 20.70 = 72.4 \text{ (安匝)}$$

式中:  $B_{d1} = \frac{\Phi}{2S_{d1}} = 1.301 \text{ (特)}$

由表 14-88 可得  $a_{d1} = 8.14 \text{ 安/厘米}$ 。

由图 3-64 查得  $c_1 = 0.43$ ,

$$l'_{d1} = \frac{\pi(D'_1 - h'_{d1})}{2p} = \frac{\pi(43 - 3.45)}{6} = 20.70 \text{ (厘米)}$$

(4) 每对极的总安匝:

$$AT = AT_g + AT_{s1} + AT_{d1} + AT_{c2} + AT_{r2} \\ = AT_g + f(AT_{s1} + AT_{d1}) \\ = 839 + 1.75(91.5 + 72.4) \\ = 839 + 286.8 = 1125.8 \text{ (安匝)}$$

对于 6 极 28 千瓦小型电动机的  $f$  取表 2-41 中大值  $f = 1.75$ 。

(5) 空载磁化电流:

$$I_0 = \frac{AT \cdot \eta}{2.7 \times k_{ap} \cdot \omega_1} = \frac{1125.8 \times 3}{2.7 \times 0.94 \times 75} = 17.7 \text{ (安)}$$

(6) 电动机的饱和系数:

$$k_s = \frac{AT}{AT_q} = \frac{1125.8}{839} = 1.34$$

本电动机修复后实测  $I_0 = 17.5$  安。

## 二、电动机空壳重绕的简易计算

在电动机重绕修理中,常常需要迅速而较准确地决定绕组的每槽导线数和导线规格。但是为了保证重绕后,电动机的输出功率、温升、功率因数及效率等项性能指标达到一定的要求,计算就繁复起来。这里介绍利用经验曲线(统计结果)结合计算者的实践经验,通过简单的计算就能得到比较合理的结果和方法。

1. 根据电动机定子齿部和轭部尺寸确定极数

$$\text{极数} \quad 2p = (0.35 \sim 0.4) \frac{z_1 b_{z1}}{h'_{c1}}$$

式中:  $b_{z1}$ ——定子齿宽(毫米);  $h'_{c1}$ ——定子轭高(毫米)。

2. 根据电动机的铁芯尺寸确定电动机输出功率 查图 3-58~3-60, 根据  $D_{z1}$  及  $2p$  可查得参考的电动机容量  $P$ 。

3. 求取电动机工作电流

$$I_s = \frac{P}{\sqrt{3} V_a \cos \varphi \cdot \eta}$$

式中:  $V_a$ ——电源电压(伏),  $\cos \varphi$ ——电动机功率因数,  $\eta$ ——电动机效率。

$\cos \varphi$  与  $\eta$  可由表 3-9 等查得相近容量电动机的参考值。

4. 绕组计算

(1) 选定绕组型式。

(2) 确定每槽的有效导线数:

$$N_n = \frac{0.45 V_{a\phi} t_1 (2p) \times 10^3}{B_g D_{z1}^2 t} \text{ (根/槽)} \quad (\text{双层绕组取 } N_n \text{ 为双数})$$

式中:  $V_{a\phi}$ ——电动机相电压(伏), 绕组 Y 接法时  $V_{a\phi} = V_a / \sqrt{3}$ , 绕组  $\Delta$  接法时  $V_{a\phi} = V_a$ ;  $t_1$ ——定子槽距  $t_1 = \frac{\pi D_{z1}}{z_1}$  (厘米);  $B_g$ ——气隙磁通密度(特), 参考表 3-33 查取。它的选取必需根据电动机的具体情况, 例如铁芯材

料差、气隙大、极数少等应选小值；此外考虑电动机工作是否间歇、短时，通风冷却条件是否好，也可调整大小。总之，应由计算者结合个人实践经验选出。

(3) 计算导线截面积

$$S_1 = \frac{I_{za}}{A_1 a n} \text{ (毫米}^2\text{)}$$

查表 14-5 求得线径  $d$ ，根据  $d$  由表 14-38 选用绝缘导线。

式中： $I_{za}$ ——电动机相电流(安)，绕组 Y 接法时  $I_{za} = I_z$ ， $\Delta$  接法时  $I_{za} = I_z / \sqrt{3}$ ； $A_1$ ——电流密度(安/毫米<sup>2</sup>)，按表 3-40 选用； $a$ ——并联支路数参考表 3-27； $n$ ——并绕根数。

(4) 每槽实际导线数：

$$N = a N_n$$

(5) 验算槽满率：

$$F_s = \frac{N n d^2}{S}$$

式中： $S$ ——槽有效面积。

[例 7] 若有一台开启式鼠笼异步电动机，铁芯数据如下：

定子铁芯内径  $D_1 = 229$  毫米

定子铁芯外径  $D'_1 = 359$  毫米

定子铁芯长度  $l = 180$  毫米

定子槽数  $z_1 = 48$

定子槽形尺寸如图 3-66 所示，试配一适当绕组。

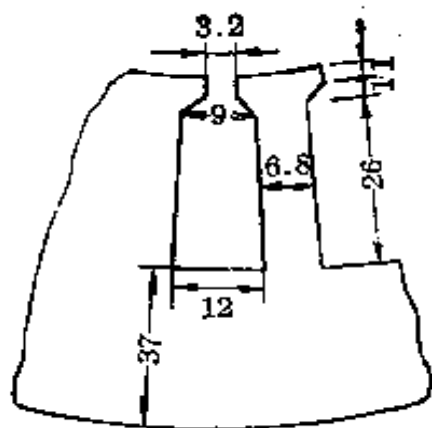


图 3-66 例 7 中定子槽形尺寸  
(图中尺寸以毫米计)

解 1. 确定极数

$$\begin{aligned} 2p &= (0.35 \sim 0.4) \frac{z_1 b_{c1}}{h'_{c1}} = (0.35 \sim 0.4) \frac{48 \times 6.8}{37} \\ &= 3.5 \quad \text{取双数 } 2p = 4 \end{aligned}$$

式中： $b_{c1} = 6.8$  毫米， $h'_{c1} = 37$  毫米。

2. 确定输出功率

因已知  $D_1^3 = 22.9^3 \times 18 = 0.44 \times 10^3$  (厘米<sup>3</sup>)

查图 3-60(b)，取  $P = 25 \times 735$  瓦，即  $P = 18.4$  千瓦。

3. 确定工作电流

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} V_n \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{18400}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.9 \times 0.885} = 35.1 (\text{安})$$

式中:  $\eta = 88.5\%$ ,  $\cos \varphi = 0.90$  是由表 3-10 查得的参考值。

#### 4. 计算绕组

(1) 采用双层叠绕组。

(2) 确定每槽有效导线数: 因电动机是  $\Delta$  接法,

$$V_{pn} = V_n = 380 (\text{伏})$$

$$t_1 = \frac{\pi D_1}{s} = \frac{\pi \times 225}{48} = 1.5 (\text{厘米})$$

$$N_n = \frac{4.45 V_{pn} t_1 (2p)}{B_g \cdot D_1^2 l} = \frac{4.45 \times 380 \times 1.5 \times 4}{0.6 \times 9.44 \times 10^3} = 18.1 (\text{根/槽})$$

因该电动机为早年产品, 由表 3-33 取低值  $B_g = 0.6$  特, 双层取  $N_n = 18$  根/槽。

(3) 导线截面计算:

按表 3-40 取  $\Delta_1 = 4.25$  安/毫米<sup>2</sup>, 并绕根数  $n = 3$ ,  $\alpha = 1$ ,

$$I_{pn} = \frac{I_n}{\sqrt{3}} = \frac{35.1}{\sqrt{3}} = 20.3 (\text{安})$$

$$S_1 = \frac{I_{pn}}{\Delta_1 \alpha n} = \frac{20.3}{4.25 \times 1 \times 3} = 1.592 (\text{毫米}^2)$$

查表 14-5 可得  $d_1 = 1.45$  毫米 ( $S_1 = 1.651$  毫米<sup>2</sup>)。

选取单纱漆包线  $d = 1.68$  毫米。

(4) 验算槽满率: 槽面积

$$S_A = \frac{b_{s1} + b_{s2}}{2} (h'_s - h) = \frac{9 + 12}{2} (27 - 3) = 252 (\text{毫米}^2)$$

绝缘占面积

$$\begin{aligned} S_i &= c(2h'_s + 2b_{s2} + b_{s1}) = 0.35(2 \times 27 + 2 \times 12 + 9.0) \\ &= 0.35 \times 87 = 30.5 (\text{毫米}^2) \end{aligned}$$

采用 A 级绝缘, 绝缘厚度  $c = 0.35$  毫米, 槽楔厚  $h = 3$  毫米,

$$S = S_A - S_i = 252 - 30.5 = 221.5 (\text{毫米}^2)$$

$$F_k = \frac{N \cdot n d^2}{S} = \frac{18 \times 3 \times (1.68)^2}{221.5} = 69\%$$

本电动机绕组采用双层叠绕, 三根并绕, 每只线圈为 9 匝。导线直径  $d = 1.68$  毫米。

### 3-9 三相异步电动机的改极和改压

#### 一、改极计算

三相异步电动机的转速与极数成反比(当电源频率为一定时),可以通过改接绕组的方法,来改变电动机的极数,从而使转速改变。

改极一般较多地用于鼠笼式异步电动机。若需要改变绕线式异步电动机的极数,就必须同时改变转子绕组的极数,这样就比较麻烦。当电网容量满足直接起动的情况下,往往在改变绕线式定子绕组的极数的同时,将转子改制成鼠笼式。

电动机改极计算时必须考虑以下几个方面问题:

(1) 改极后,定、转子槽数  $s_1$  和  $s_2$  配合时,应  $s_1 - s_2 \neq \pm 2p, 1 \pm 2p, \pm 2 \pm 4p$ 。否则电动机可能发生强烈噪音,甚至不能运转。

(2) 改极时必须考虑到电动机容量将与转速近似成正比地变化。

(3) 改变电动机转速时,不宜使改极前后电动机转速相差过大,尤其是对于提高转速的改制。例如不宜将6极电动机改为2极,否则改制后定子轭部磁通密度将显著增加;也不宜将4极电动机改为10极,因改制后电动机出力及定子轭部磁通密度都将显著减小。

此外,提高电动机转速时,还应考虑转子和转轴的机械强度是否容许,轴承是否会过热等,必要时应进行验算。

表3-42中所介绍的是有关修理单位的经验数据。

**[例8]** 现有封闭式鼠笼电动机,其容量  $P_n=28$  千瓦、电压  $V_n=380$  伏、电流  $I_n=54$  安,  $\gamma$  接法、定子槽数  $s_1=54$ 、极数  $2p=6$ (见3-8节中例6),试改为  $2p=4$  极、并保持原来电压,重配一适当的绕组。

1. 计算定子绕组

(1) 改为4极后,

$$q = \frac{s}{2pm} = \frac{54}{4 \times 3} = 4 \frac{1}{2} \quad (\text{按分数槽排列法排列})$$

极相组的绕组数分配为(4~5), (4~5), ...。并联支路数最大为  $a=2$ 。

(2) 绕组节距:

$$y = \beta \frac{s}{2p} = 0.815 \times \frac{54}{4} = 11 \quad (\text{即 } 1 \sim 12 \text{ 槽})$$

表 3-42 电动机改极简单经验数据

	每相串联匝数	导线截面	功率	节距 极距
2 改为 4	$w_4 = (1.4 \sim 1.5)w_2$	$S_4 = (0.75 \sim 0.8)S_2$	$P_4 = (0.55 \sim 0.6)P_2$	0.9
4 改为 2	$w_2 = (0.7 \sim 0.75)w_4$	$S_2 = (1.2 \sim 1.27)S_4$	$P_2 = (1.3 \sim 1.4)P_4$	0.8
4 改为 6	$w_6 = (1.3 \sim 1.4)w_4$	$S_6 = 0.8S_4$	$P_6 = 0.7P_4$	0.85
6 改为 4	$w_4 = (0.75 \sim 0.85)w_6$	$S_4 = (1.15 \sim 1.20)S_6$	$P_4 = (1.25 \sim 1.3)P_6$	0.8
6 改为 8	$w_8 = (1.25 \sim 1.3)w_6$	$S_8 = 0.9S_6$	$P_8 = 0.8P_6$	0.85
8 改为 6	$w_6 = (0.8 \sim 0.95)w_8$	$S_6 = (1.1 \sim 1.15)S_8$	$P_6 = (1.2 \sim 1.25)P_8$	0.8

注: 1. 求每相串联导线数时, 对于早年及解放前从国外进口的电动机应取小值, 对于 J、JO 系列电动机应取大值。

2. 求导线直径时, 对于早年与解放前从国外进口的电动机应取大值, 对于 J、JO 系列电动机应取小值。

式中: 取短距系数  $\beta = 0.815$ 。

(3) 根据

$$q = 4 \frac{1}{2}, y = 1 \sim 12, \beta = 0.815$$

查表 3-38 可得绕组系数为  $k_{ap} = 0.916$ 。

(4) 参考表 3-42 中, 选取每相串联匝数

$$w_{4极} = 0.84w_{6极} = 0.84 \times 75 = 63 (\text{匝/相})$$

(参见 3-8 节例 6,  $w_{6极} = 75$ )。

参考表 3-42 选取参考容量

$$P_{e4极} = 1.25P_{e6极} = 1.25 \times 28 = 35 (\text{千瓦})$$

(5) 4 极时额定工作电流:

$$I_e = \frac{P_e}{\sqrt{3} V_e \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{35 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.89 \times 0.92} = 65 (\text{安})$$

(6) 导线截面积: 取电流密度  $\Delta_1 = 5$  安/毫米<sup>2</sup>,  $a = 2$ ,  $n = 4$  (并绕), 则

$$S_1 = \frac{I}{\Delta_1 a n} = \frac{65}{5 \times 2 \times 4} = 1.625 (\text{毫米}^2)$$

查线规表可得  $d_1 = 1.45$  毫米 ( $S_1 = 1.651$  毫米<sup>2</sup>)。



选用单纱漆包线  $d=1.68$  毫米。

这时 
$$\Delta_1 = \frac{I}{S_1 a n} = \frac{65}{1.65 \times 2 \times 4} = 4.92 \text{ (安/毫米}^2\text{)}$$

(7) 每槽导线数

$$N = \frac{6w_1}{z_1} a = \frac{6 \times 63}{54} \times 2 = 14$$

(8) 验算槽满率:

参看 3-8 节例 6, 槽有效面积

$$A = 220.8 \text{ 毫米}^2$$

所以槽满率 
$$F_k = \frac{Nnd^2}{A} = \frac{14 \times 4 \times (1.68)^2}{220.8} = 71.6\%$$

2. 验算线负载

$$A = \frac{N \cdot z_1 I_{sc}}{\pi D_1 \cdot a} = \frac{14 \times 54 \times 65}{\pi 30 \times 2} = 261 \text{ (安/厘米)}$$

$A$  值与图 3-63(c) 中曲线相比略偏大一些, 因改极情况特殊可用。

3. 验算磁路 工作磁通

$$\Phi = \frac{V_{sc} \times 10^{-2}}{2.22 k_{sp} w_1} = \frac{220 \times 10^{-2}}{2.22 \times 0.916 \times 63} = 1.73 \times 10^{-2} \text{ (韦)}$$

气隙磁密

$$B_g = \frac{\Phi}{\alpha_g S_g} = \frac{1.73 \times 10^{-2}}{0.7 \times 23.6 \times 17 \times 10^{-4}} = 0.616 \text{ (特)}$$

式中:

$$S_g = \tau l, \tau = \frac{\pi D_1}{2p} = \frac{\pi 30}{4} = 23.6 \text{ (厘米)}$$

齿部磁密

$$B_{c1} = \frac{\Phi}{\alpha_c S_{c1}} = \frac{1.73 \times 10^{-2}}{0.7 \times 205 \times 10^{-4}} = 1.21 \text{ (特)}$$

式中:  $S_{c1} = k_{Fe} \cdot \frac{z_1}{2p} b_{c1} \cdot l = 0.92 \times \frac{54}{4} \times 0.974 \times 17 = 205 \text{ (厘米}^2\text{)}$

轭部磁密

$$B_{c2} = \frac{\Phi}{2S_{c2}} = \frac{1.73 \times 10^{-2}}{2 \times 54 \times 10^{-4}} = 1.6 \text{ (特)}$$

见 3-8 节例 6,  $S_{c2} = 54 \text{ 厘米}^2$ 。

4 极与 6 极磁密比较如下:

	$B_g$ (特)	$B_{d1}$ (特)	$B_{c1}$ (特)
4 极	0.615	1.21	1.60
6 极	0.750	1.46	1.90
$\frac{4 \text{ 极}}{6 \text{ 极}}$	0.82	0.82	1.23

由上表可见,转速由慢改快时(6极改4极)轭部磁密  $B_{d1}$  增高,本例中  $B_{d1}=1.6$  特,尚未达到最大饱和值,且由于齿部磁密及气隙磁密的降低,总的磁动势变化得以均衡,所以仍能满足空载电流及起动性能等要求。

#### 4. 空载磁化电流的计算

##### (1) 气隙安匝:

$$AT_g = 1.6 B_g k_{eg} \times 10^4 = 1.6 \times 0.615 \times 1019 \times 0.06 \times 10^4 = 680 \text{ (安匝)}$$

##### (2) 定子齿部安匝:

$$AT_{d1} = 2 \times N_{s1} \times a_{d1} = 2 \times 3.05 \times 6.28 = 38.3 \text{ (安匝)}$$

式中:查表 14-89,  $B_{d1}=1.21$  特时,  $a_{d1}=6.28$  安/厘米。

##### (3) 定子轭部安匝:

$$AT_{c1} = c_1 \times l_{c1} \times a_{c1} = 0.25 \times 31.0 \times 30.7 = 238 \text{ (安匝)}$$

式中:  $a_{c1}$  查表 14-89,  $B_{c1}=1.60$  特时,  $a_{c1}=30.7$

$$l_{c1} = \frac{\pi(D_1' - h_{c1})}{2p} = \frac{\pi(43.0 - 3.45)}{4} = 31 \text{ (厘米)}$$

##### (4) 总安匝:

$$\begin{aligned} AT &= AT_g + f(AT_{d1} + AT_{c1}) = 680 + 1.5 \times (238 + 38.3) \\ &= 680 + 415 = 1095 \text{ (安匝)} \end{aligned}$$

式中:按表 3-41 查得  $f=1.5$ 。

##### (5) 空载磁化电流:

$$I_0 = \frac{AT \cdot p}{2.7 \times 10^4 \omega_1} = \frac{1095 \times 2}{2.7 \times 0.916 \times 100} = 14 \text{ (安)}$$

## 二、改压计算

利用改接绕组引出线的接法,使异步电动机适用于另一工作电压。例如

电动机从三角形接法改为星形接法后，就能从220伏电网改到380伏电网上工作。

图3-67为9个引出线头的电动机，改变引出线的接法可得到220伏、440伏二种电压。

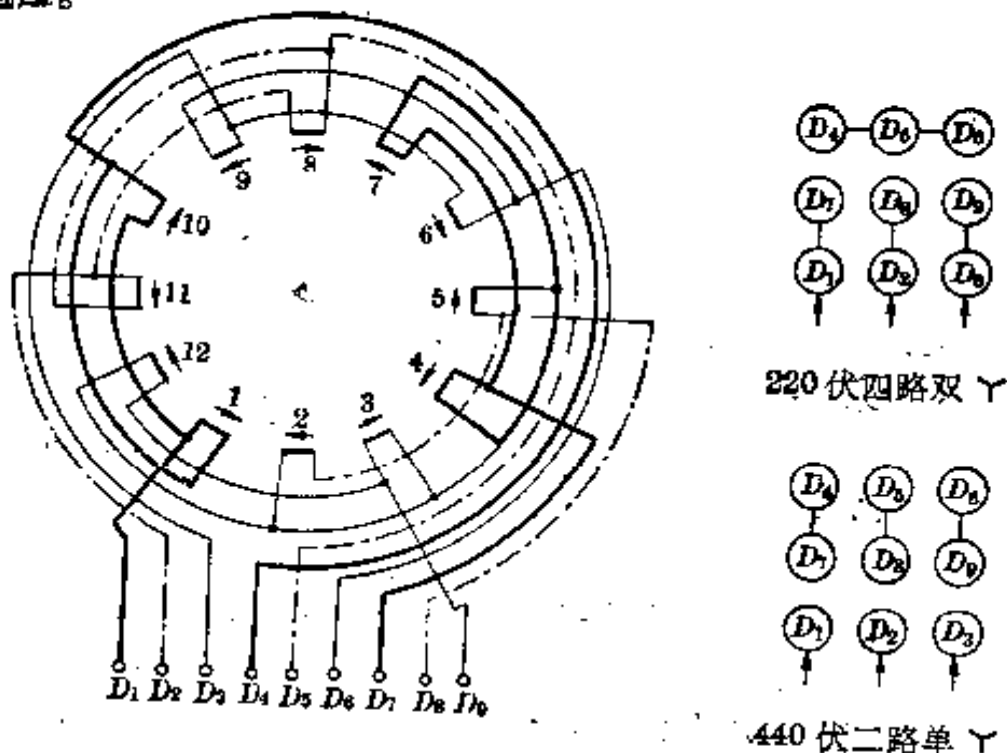


图3-67 三相4极电动机，电压比1:2时接线图

如果改变接法不能满足需要时，那末进而考虑改变绕组内部的接法或匝数，但必须尽量保持原来的电流密度和每匝绕组所承受的电压，这样才能维持电动机温升和各部分磁通密度不变，保证电动机的效率、功率因数、起动电流和起动转矩等符合原来的技术要求。

表3-43为三相绕组改变接线时的电压比。如果已知改接前后的电压比  $u\% = V'_n/V_n$ ，其中  $V_n$  和  $V'_n$  分别为改接前后的绕组线电压(伏)，然后由表3-43中可查得所求的接线方法。

【例9】有一台3000伏8极一路Y接法的异步电动机要使用到380伏电源上，应如何改变绕组连接？

首先求取改接前后电压百分比  $u\% = \frac{380}{3000} = 12.7\%$ 。查表3-43中“绕组原来接线法”一栏，第一行的第七列得“八路并联Y形”项中数字12.5，最为相近。并因8极电动机最大可能并联支路为八路，所以可以决定改接成八路并联Y接法。

表 3-43 三相绕组改接线的线电压百分比(原绕组线电压为 100 伏) (%)

绕组原来接法	绕组改接法															
	一路 Y 形	二路并联 Y 形	三路并联 Y 形	四路并联 Y 形	五路并联 Y 形	六路并联 Y 形	八路并联 Y 形	十路并联 Y 形	一路 Δ 形	二路并联 Δ 形	三路并联 Δ 形	四路并联 Δ 形	五路并联 Δ 形	六路并联 Δ 形	八路并联 Δ 形	十路并联 Δ 形
一路 Y 形	100	50	33	25	20	17	12.5	10	58	29	19	14.4	11.1	9.6	7	5.8
二路并联 Y 形	200	100	67	50	40	33	25	20	116	58	39	29	23	19	14.4	11.5
三路并联 Y 形	300	150	100	75	60	50	38	30	173	87	58	43	35	29	22	17.3
四路并联 Y 形	400	200	133	100	80	67	50	40	231	116	77	58	46	39	29	23
五路并联 Y 形	500	250	167	125	100	83	63	50	289	144	96	72	58	48	36	29
六路并联 Y 形	600	300	200	150	120	100	75	60	346	173	115	87	69	58	43	35
八路并联 Y 形	800	400	267	200	160	133	100	80	462	231	154	116	92	77	58	46
十路并联 Y 形	1000	500	333	250	200	167	125	100	577	289	192	144	115	96	72	58
一路 Δ 形	173	87	58	43	35	29	22	17.3	100	50	33	25	20	17	12.5	10
二路并联 Δ 形	346	173	115	87	69	58	43	35	200	100	67	50	40	33	25	20
三路并联 Δ 形	520	260	173	130	104	87	65	52	300	150	100	75	60	50	38	30
四路并联 Δ 形	693	346	231	173	139	115	87	63	400	200	133	100	80	67	50	40
五路并联 Δ 形	866	433	289	216	173	144	108	87	500	250	167	125	100	80	63	50
六路并联 Δ 形	1039	520	346	260	208	173	130	104	600	300	200	150	120	100	75	60
八路并联 Δ 形	1286	693	462	346	277	231	173	139	800	400	267	200	160	133	100	80
十路并联 Δ 形	1732	866	577	433	346	280	216	173	1000	500	333	250	200	167	125	100

如果无法改变接线时,只得重绕绕组。重绕后,绕组的接线方式( $\Delta/\gamma$ )以及每极每相的槽数等都和原来相同,而重绕后,绕组的匝数 $w_1'$ 和导线的截面 $S_1'$ 由下式求得,即

$$w_1' = \frac{V_e'}{V_e} w_1$$

$$S_1' = \frac{V_e}{V_e'} S_1$$

式中:  $w_1$ ——定子绕组重绕前的每相串联匝数;  $S_1$ ——定子绕组重绕前的导线的截面(毫米<sup>2</sup>)。(如较大时可采用并绕或增加并联支路数)

如果电动机由低压改为高压(500伏以上)时,因受槽形及绝缘的限制,电动机容量必将大大减小,所以一般不宜改压。当电动机由高压改为低压,槽绝缘可以减薄,可采用较大截面积的导线,因此电动机出力可稍增大。

### 三、铝线电动机改成铜线电动机

铝线电动机损坏后,由于铝线焊接困难,铝线规格又不配套,给维修带来较大困难。为此,铝线电机定子绕组损坏后,大多改成铜线绕组。

由于铜的电阻系数是铝的0.627倍,按保持定子绕组每相电阻不变的原则,故改成铜线后,绕组的截面积应减小到原铝线截面积的0.627倍。即:

$$S_{Cu} = 0.627 S_{Al}$$

则铜线直径:  $d_{Cu} = \sqrt{0.627} d_{Al} = 0.792 d_{Al}$

铝线绕组改成铜线绕组后,每槽导体数、并联支路数、绕组型式、节距和接法等均与原铝线绕组一样。

[例10] 一台J02-L-52-4铝线电动机,定子绕组烧坏,需改成铜线。经实测原绕组数据如下:铝线线规1- $\phi$ 1.4, 1- $\phi$ 1.45并绕

解: 原铝线导体截面积

$$S_{Al} = \pi(R_1 + R_2) = \pi\left(\frac{1.4}{2} + \frac{1.45}{2}\right) = 1.539 + 1.651 = 3.19(\text{毫米}^2)$$

改成铜线后的导体截面积

$$S_{Cu} = 0.627 S_{Al} = 0.627 \times 3.19 = 2(\text{毫米}^2)$$

查线规表14-5,找出相近导线直径1- $\phi$ 1.12, 1- $\phi$ 1.16并绕。

绕组型式、节距、每槽导体数、接法等均同原铝线电机绕组。

## 直 流 电 机

## 4-1 直流电机的使用与维护

## 一、直流电机的分类与用途

直流发电机和直流电动机统称为直流电机。普通标准系列的直流电机与适用于不同运行场合的派生和专用系列的直流电机，其分类及用途如表4-1所示。

表 4-1 直流电机分类名称及用途

名 称	用 途	型 号	原用型号
直流电动机	一般用途, 基本系列	Z	Z、ZD、ZO
直流发电机	一般用途, 基本系列	ZF	Z <sub>2</sub> 、Z <sub>3</sub> 、ZO <sub>2</sub>
船用直流电动机	船舶上各种辅助机械用	Z-H	ZH、Z <sub>2</sub> C
船用直流发电机	作船舶上电源用	ZF-H	ZO <sub>2</sub> C
船用起重直流电动机	各种船舶的辅助设备	ZZJ-H	ZZ-H、ZZK-H、ZZY-H
直流牵引电动机	电力传动机车, 工矿用电动机, 蓄电池供电车等	ZQ	ZQ、ZXQ
龙门刨床用直流电动机	龙门刨床用	ZU	ZBD
精密机床用直流电动机	磨床、坐标镗床等精密机床用	ZJ	ZJD
广调速直流电动机	用于调速范围较大的传动机械	ZT	ZT
起重冶金用直流电动机	冶金辅助传动机械等	ZZJ	ZZ、ZZK、ZZY

## 二、直流电机运行时的接线图

(附磁场变阻器)

1. 直流电机出线端标记 如表4-2所示。

表4-2 直流电机出线端的标志

标记号 绕组类别	曾经采用		目前采用		IEC 推荐	
	始端	末端	始端	末端	始端	末端
电枢绕组	$S_1$	$S_2$	$S_1$	$S_2$	$A_1$	$A_2$
换向绕组	$H_1$	$H_2$	$H_1$	$H_2$	$B_1$	$B_2$
串励绕组	$C_1$	$C_2$	$C_1$	$C_2$	$D_1$	$D_2$
并励绕组	$F_1$	$F_2$	$B_1$	$B_2$	$E_1$	$E_2$
他励绕组	$W_1$	$W_2$	$T_1$	$T_2$	$F_1$	$F_2$
补偿绕组	$B_1$	$B_2$	$BC_1$	$IC_2$	$C_1$	$C_2$

2. 直流发电机的接线图 直流并励与复励发电机的接线图如图4-1与图4-2所示。

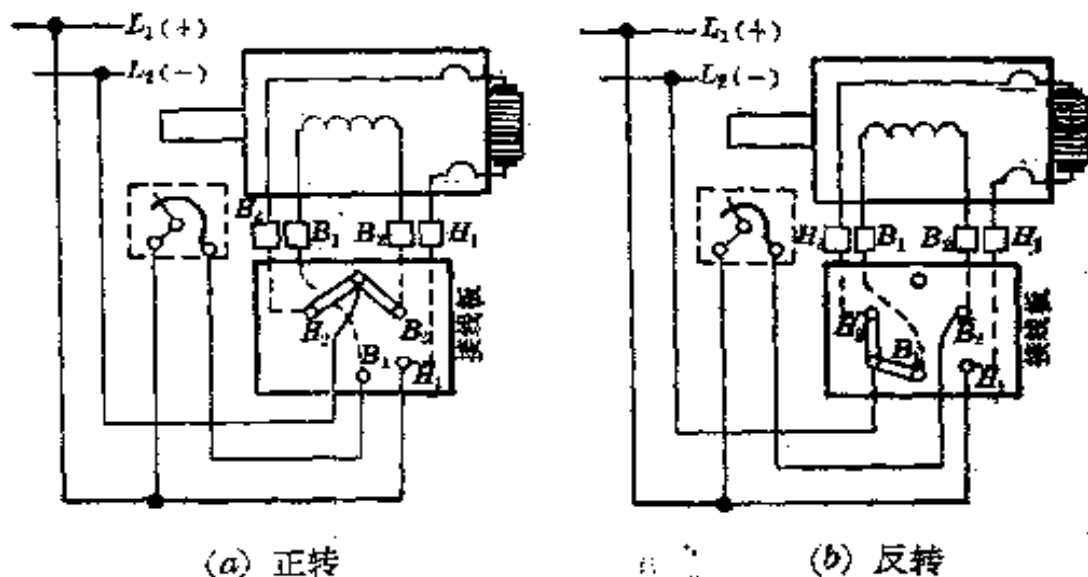


图4-1 并励发电机接线图(附磁场变阻器)

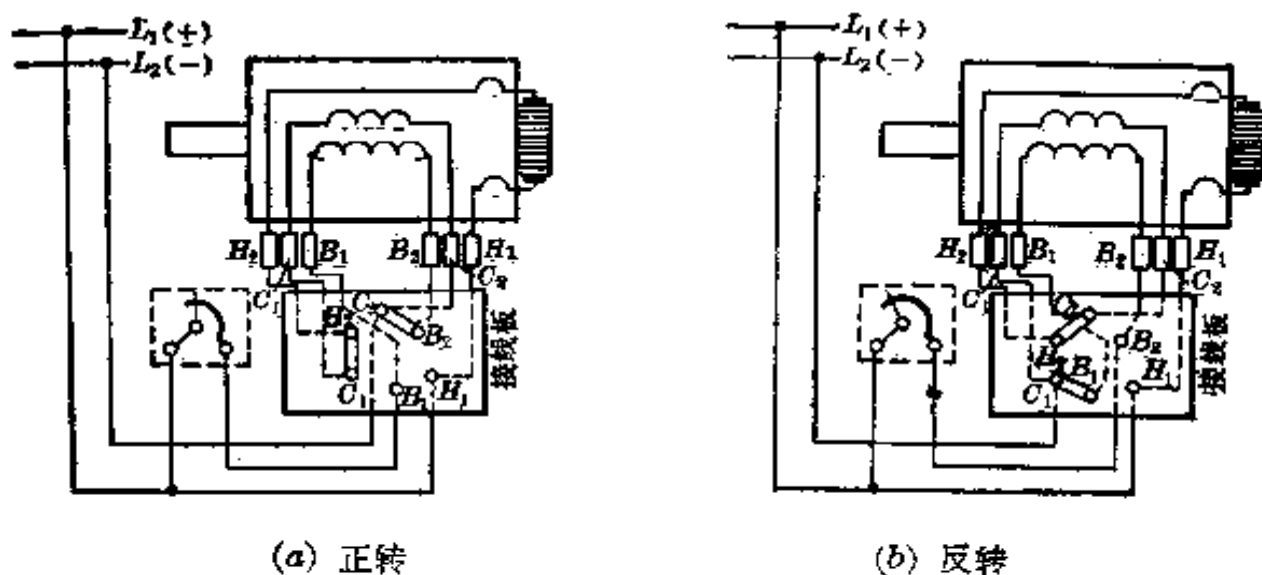


图 4-2 复励发电机接线图(附磁场变阻器)

3. 直流电动机的接线图 直流电动机的接线图与原理图分别如图 4-3~4-7 所示。

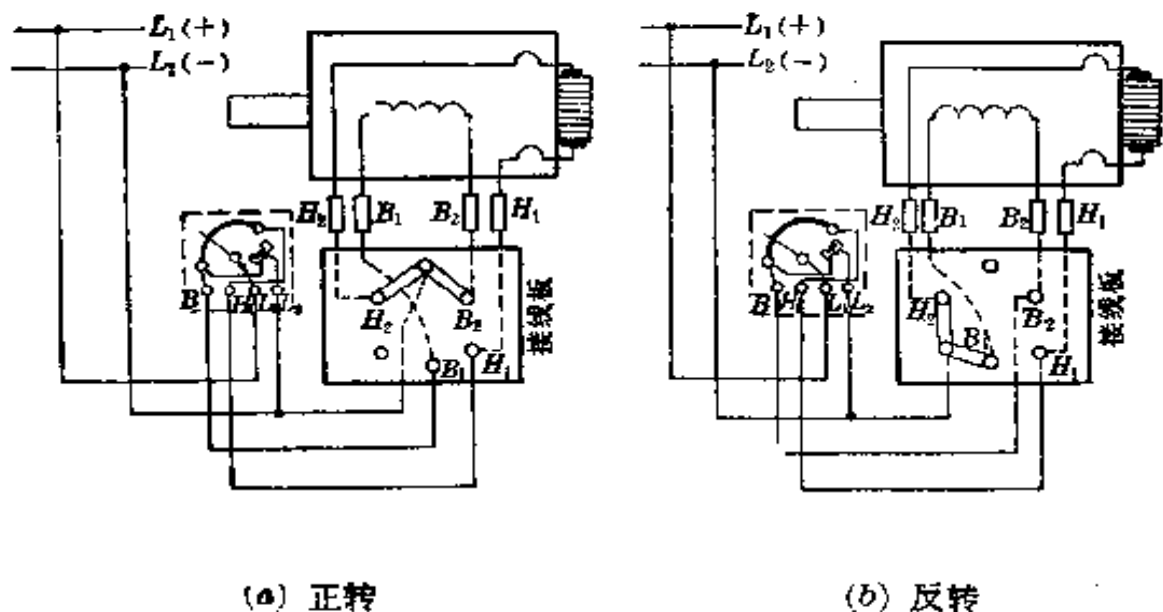


图 4-3 并励电动机接线图(附起动机)

注: 如系他励电动机, 并励磁场由外电源供电, 磁场的出线标记用  $T_1, T_2$  (或  $W_1, W_2$ ) 来表示, 或他励有二种电压, 其二组磁场用  $T_1, T_2$  (或  $W_1, W_2$ ),  $T_3, T_4$  (或  $W_3, W_4$ ) 来表示。



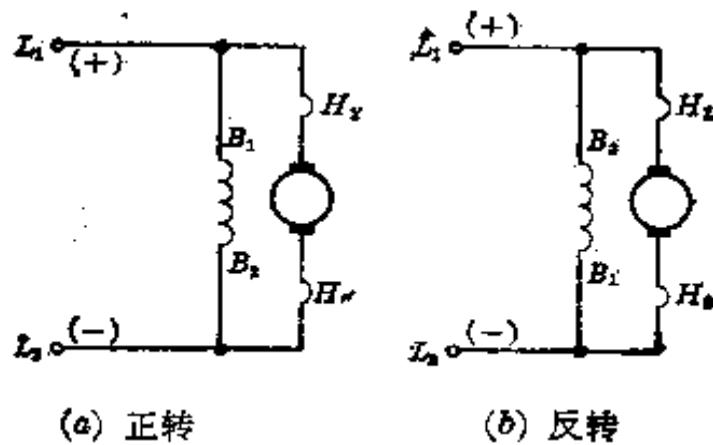


图 4-4 并励电动机原理图

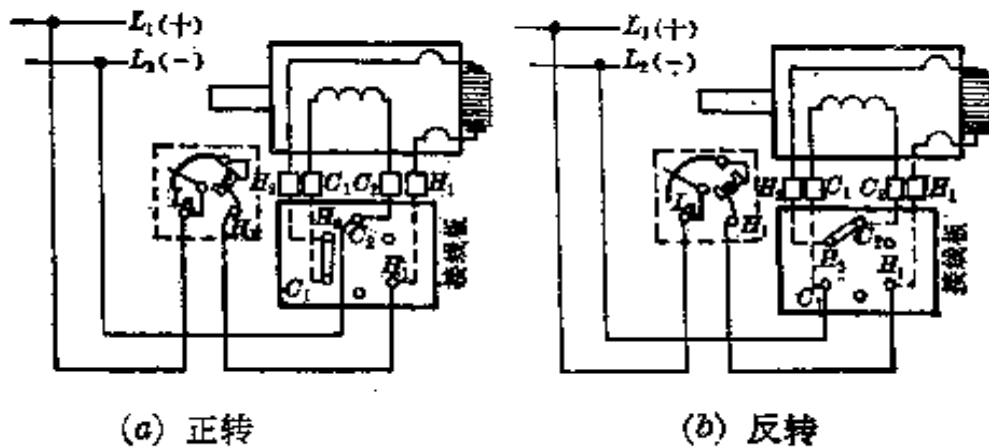


图 4-5 串励电动机接线图(附起动器)

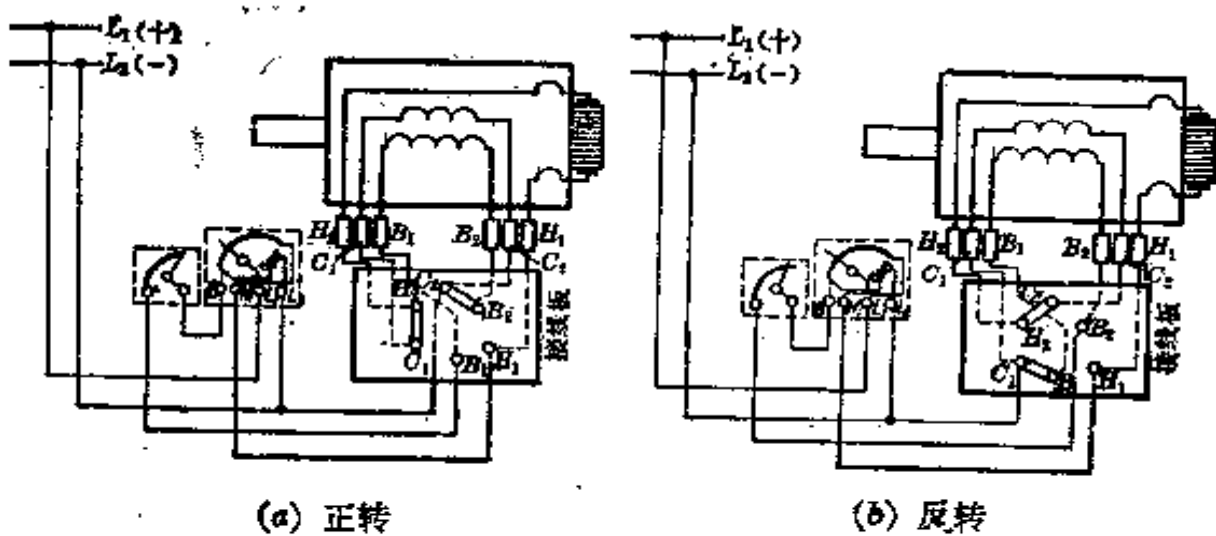


图 4-6 复励变速电动机接线图(附起动器及调速器)

注：如系他复励电机，并励磁场由外电源直接供电，励磁绕组不可与  $H$  及  $C$  并接，其出线标记用  $T_1$ 、 $T_2$  (或  $W_1$ 、 $W_2$ ) 来表示。

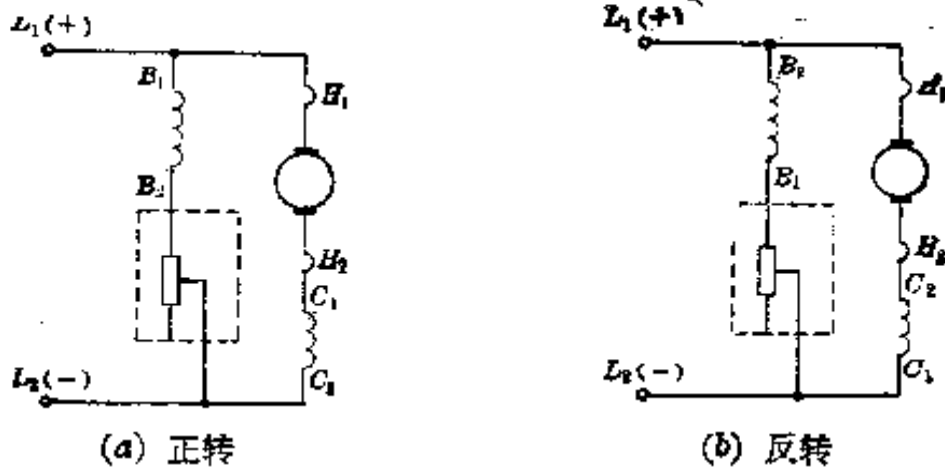


图 4-7 复励变速电动机原理图(附调速器)

### 三、直流电机的起动与停车

#### 1. 发电机的起动与停车

起动:

- (1) 检查线路(接线及测量仪表的连接等), 将磁场变阻器调节到开断位置。
- (2) 启动原动机, 使发电机转动到额定转速。
- (3) 接通磁场回路, 调节磁场变阻器, 使电压升至一定值。
- (4) 合上线路开关, 逐渐增加负载, 或调节磁场变阻器使负载到额定值。
- (5) 调整端电压至额定值。

停车:

- (1) 逐渐切除发电机的负载, 同时调节磁场变阻器到开断位置。
- (2) 切断线路开关。
- (3) 停止原动机。

#### 2. 电动机的起动与停车

起动:

- (1) 检查线路(接线及测量仪表的连接等), 保证磁场回路不得断开或断线; 检查起动器的弹簧是否灵活、转动臂是否在开断位置。
- (2) 如为变速电动机, 则将调速器调节到最低转速位置。
- (3) 合上线路开关, 在电动机负载下, 开动起动器, 在每个触头上停留约 3 秒钟, 直到最后一点, 转动臂被低压释放器吸住为止。
- (4) 如为变速电动机, 可调节调速器, 直到转速达需要的数值。

停车:

- (1) 如为变速电动机, 先将转速降到最低。
- (2) 卸去负载(除串励电机外)。
- (3) 切断线路开关, 此时起动器的转动臂应立即被弹到开断位置。

#### 四、直流电机火花等级的鉴别

电机运转时, 在电刷和换向器之间很难完全避免火花的发生。火花在一定程度内并不影响电机的连续正常工作, 若无法消除可允许其存在。如果所发生的火花大于某一规定限度, 尤其是放电性的红色电弧火花, 则会产生破坏作用, 必须及时加以检查纠正。

电机的火花目前尚无仪器精确鉴别等级, 一般凭经验观察。按表 4-3 鉴别等级, 以确定电机是否能继续工作。观察火花时, 须遮住外来的光线, 对于不易直接看到的电刷, 可用小镜反照观看。

表 4-3 电刷下火花的等级(根据 GB-755-87)

火花等级	电刷下的火花程度	换向器及电刷的状态	允许的运行方式
1	无火花	换向器上没有黑痕及电刷上没有灼痕	允许长期连续运行
1 <sup>1</sup> / <sub>3</sub>	电刷边缘仅小部分的(1/3 至 1/4 刷边长)有断续的几点点状火花		
1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	电刷边缘大部分(大于 1/2 刷边长)有断续的较稀的颗粒状火花	换向器上有黑痕, 但不发展, 用汽油擦其表面即能除去, 同时在电刷上有轻微灼痕	
2	电刷边缘大部分或全部有连续的较密的颗粒状火花, 开始有断续的舌状火花	换向器上有黑痕, 用汽油不能擦除, 同时电刷上有灼痕, 如短时出现这一级火花, 换向器上不出现灼痕, 电刷不烧焦或损坏	仅在短时过载或短时冲击负载时允许出现
	电刷整个边缘有强烈的舌状火花, 伴有爆裂声音	换向器上黑痕相当严重, 用汽油不能擦除, 同时电刷上有灼痕。如在这一火花等级下短时运行, 则换向器上将出现灼痕, 同时电刷将被烧焦或损坏	仅在直接起动或逆转的瞬间允许存在, 但不得损坏换向器及电刷

1、 $1^{1/4}$ 、 $1^{1/2}$ 级火花,对电刷与换向器的连续工作,实际上并无损害。在正常连续工作时,可允许其存在。

## 五、直流电机的维护保养

1. 换向器的保养 换向器表面应很光滑,不得有机械损伤或火花灼痕。如有轻微的灼痕时,可用00号或N320细砂布在旋转着的换向器上细细研磨。如果换向器表面出现严重灼痕或粗糙不平,表面不圆或有局部凹凸现象时,应拆下电枢重车。通常要求换向器表面的粗糙度 $R_a=0.8\sim 1.6$ 微米。越光越好。车削时,速度不大于1.5米/秒,最后一刀切削深度进刀量不大于0.1毫米。车完后,用挖沟工具(图4-8)将片间云母下刻 $K=1\sim 1.5$ 毫米。换向片的边缘应倒角 $0.5\times 45^\circ$ ,如图4-9所示。清除换向器表面的切屑及毛刺等杂物,最后将整个电枢吹净装配。

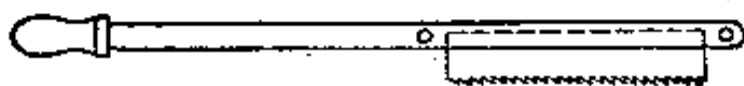


图 4-8 挖沟的工具

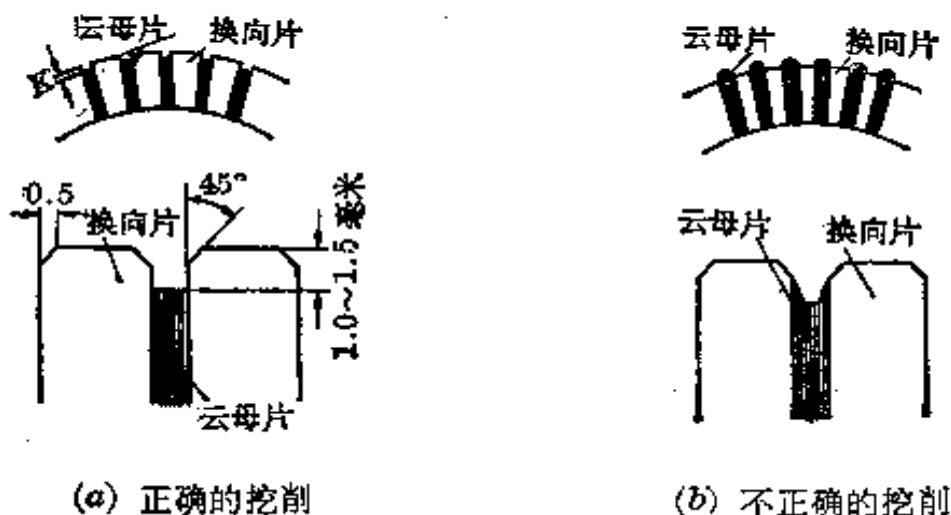


图 4-9 换向器上云母片的挖削

换向器在负载下长期运转后,表面会产生一层坚硬的深褐色的薄膜,这层薄膜能保护换向器不受磨损,因此要保存这层薄膜,不应磨去。

2. 电刷的使用及研磨 电刷与换向器工作面应有良好的接触。正常的电刷压力为 $1.5\sim 2.5$ 牛/厘米<sup>2</sup>( $\pm 10\%$ )(可用弹簧秤测量),电刷与刷握框的配合不宜过紧,而须留有不大于0.15毫米左右的间隙。

电刷磨损或碎裂时,须换以相同规格(牌号及尺寸)的电刷,新电刷装配好后应研磨光滑,以达到与换向器相吻合的接触面。

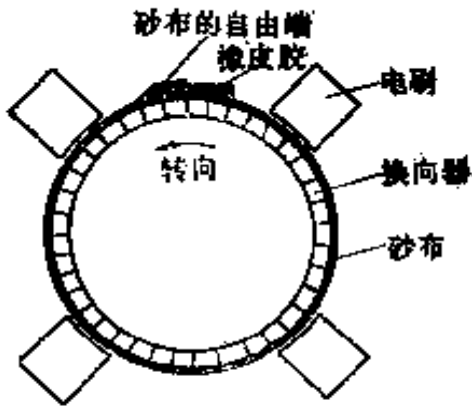


图 4-10 电刷的研磨

研磨电刷的接触面,须用 00 号砂布,砂布的宽度为换向器的长度,砂布的长度为换向器的周长,然后再找一块橡皮胶,一半贴住砂布的一端,另一半按转子旋转方向贴在换向器上,如图 4-10,然后转动转子即行。

用这种方法研磨电刷,一般接触面可达 90% 以上。

### 3. 绕组的干燥处理 电机的绝缘电阻

如果低于 0.5 兆欧时,需要进行干燥处理。直流电机绕组的干燥处理方法有灯泡干燥法、煤炉干燥法、电流干燥法等多种,这里主要介绍电流干燥法,其他方法参看异步电机中有关章节。

用电流干燥法时,首先要打开机盖上各通风窗,然后拆开并励绕组出线头,将电枢、串励、换向极绕组接成串联,再通入直流电。注意,通入的直流电的电流强度不超过铭牌标出的额定电流的 50%~60%,所加的电压约为额定值的 3%~6%,一般加热温度不超过 70°C。

对他励电机如采用这种方法时,应事先用外力阻止轴的转动。因为励磁电源虽已切断,但由于它还具有剩磁,所以容易造成高速运转。

## 六、直流电机的常见故障及处理方法

直流电机发生故障后,应立即停机进行检修。表 4-4 列出常见的故障与处理方法。

表 4-4 直流电机的常见故障与处理方法

故障现象	可能原因	处理方法
电刷下火花过大	1. 电刷与换向器接触不良 2. 刷握松动或装置不正 3. 电刷与刷握配合太紧	1. 研磨电刷接触面,并在轻载下运转 0.5~1 小时 2. 紧固或纠正刷握装置 3. 略微磨小电刷尺寸

故障现象	可能原因	处理方法
电 刷 下 火 花 过 大	4. 电刷压力大小不当或不匀	4. 用弹簧秤校正电刷压力为 1.5~2.5 牛/厘米 <sup>2</sup> (调整刷握弹簧压力或调换刷握)
	5. 换向器表面不光洁,不圆或有污垢	5. 清洁或研磨换向器表面
	6. 换向片间云母凸出	6. 换向器刻槽、倒角、再研磨
	7. 电刷位置不在中性线上	7. 调整刷杆座至原有记号之位置,或按感应法(见 4-5 节)校正中性线位置
	8. 电刷磨损过度,或所用牌号及尺寸不符	8. 更换新电刷
	9. 过载	9. 恢复正常负载
	10. 电机底脚松动,发生震动	10. 紧固底脚螺钉
	11. 换向极绕组短路	11. 检查换向极绕组,修理绝缘损坏处
	12. 电枢绕组与换向器脱焊	12. 用毫伏表检查换向片间电压是否呈周期性出现,如某二片之间电压特别大,说明该处有脱焊现象,须重焊
	13. 检修时将换向极绕组接反	13. 用指南针试验换向极极性,并纠正(换向极与主极极性关系,顺电机旋转方向,发电机为 n-N-s-S,电动机为 n-S-s-N,其中大写字母为主极极性小写字母为换向极极性)
	14. 电刷之间的电流分布不均匀	14. ① 调整刷架等分 ② 按原牌号及尺寸更换新电刷
	15. 电刷分布不等分	15. 校正电刷等分
	16. 转子平衡未校正	16. 重校转子动平衡

(续表)

故障现象	可能原因	处理方法
发电机电压不能建立	1. 剩磁消失 2. 励磁绕组接反 3. 旋转方向错误 4. 励磁绕组断路 5. 电枢短路 6. 电刷接触不良 7. 磁场回路电阻过大	1. 另用直流电通入并励绕组,产生磁场 2. 纠正接线 3. 改变旋转方向(按箭头所示方向) 4. 检查励磁绕组及磁场变阻器之连接[是否松脱或接错,磁场绕组或变阻器内部是否断路 5. 检查换向器表面及接头片是否有短路处,用毫伏表测试电枢绕组是否短路 6. 检查刷握弹簧是否松弛或改善接触面 7. 检查磁场变阻器和励磁绕组电阻大小并检查接触是否良好
发电机电压过低	1. 并励磁场绕组部分短路 2. 转速太低 3. 电刷不在正常位置 4. 换向片之间短路 5. 换向极绕组接反 6. 串励磁场绕组接反 7. 过载	1. 分别测量每一绕组的电阻,修理或调换电阻特别低的绕组 2. 提高原动机转速至额定值 3. 按所刻记号,调整刷杆座位置 4. 云母片拉槽清除导电粉尘 5. 用指南针试验换向极极性,并纠正之 6. 纠正接线 7. 减少负载
电动机不能起动	1. 无电源 2. 过载 3. 起动力矩太小 4. 电刷接触不良 5. 电枢回路断路 6. 起动器与电机连接不正确	1. 检查线路是否完好,起动器连接是否准确,保险丝是否熔断,励磁电压继电器是否动作 2. 减少负载 3. 检查所用起动器是否合适 4. 检查刷握弹簧是否松弛或改善接触面 5. 检查变阻器及电枢绕组是否断路,更换绕组 6. 在电枢与电源接通前,应先接通励磁绕组并使达到额定励磁电压值

(续表)

故障现象	可能原因	处理方法
电动机转速不正常	1. 电动机转速过高,且有剧烈火花 2. 电刷不在正常位置 3. 电枢及磁场绕组短路 4. 串励电动机轻载或空载运转 5. 串励磁场绕组接反 6. 磁场回路电阻过大	1. 检查磁场绕组与起动机(或调速器)连接是否良好,是否接错,磁场绕组或调速器内部是否断路 2. 按所刻记号调整刷杆座位置 3. 检查是否短路(磁场绕组须每极分别测量电阻) 4. 增加负载 5. 纠正接线 6. 检查磁场变阻器和励磁绕组电阻,并检查接触是否良好
电枢冒烟	1. 长时期过载 2. 换向器或电枢短路 3. 发电机负载短路 4. 电动机端电压过低 5. 电动机直接起动或反向运转过于频繁 6. 定子转子铁芯相擦	1. 立即恢复正常负载 2. 用毫伏表检查是否短路,是否有金属屑落入换向器或电枢绕组 3. 检查线路是否有短路 4. 恢复电压至正常值 5. 使用适当的起动机,避免频繁的反复运转 6. 检查电机气隙是否均匀,轴承是否磨损
磁场线圈过热	1. 并励磁场绕组部分短路 2. 发电机转速太低 3. 磁场电压长期超过额定值	1. 分别测量每一绕组电阻,修理或调换电阻特别低的绕组 2. 提高转速至额定值 3. 恢复端电压至额定值
其他	1. 机壳漏电 2. 并励(带有少量串励稳定绕组)电动机起动时反转,起动后又变为正转 3. 轴承漏油	1. ① 电机绝缘电阻过低,用500伏兆欧表测量绕组对地绝缘电阻如低于0.5兆欧,应加以烘干 ② 出线头碰壳 ③ 出线板或绕组某处绝缘损坏需修复 ④ 接地装置不良,加以纠正 2. 串励绕组接反,互换串励绕组二个出线头 3. ① 润滑脂加得太满(正常约为轴承室空间的2/3)或所用润滑脂质地不符合要求,需更正 ② 轴承温度过高(轴承如有不正常杂声应取出清洗检查换油,如钢珠或钢圈有裂纹,应予更换)



## 七、直流电机的可逆应用

根据电机可逆运行的原理,直流电机既可作为发电机使用,也可作为电动机使用。但是对发电机和电动机的额定电压值,国家标准规定是不同的。例如,发电机的额定电压为115伏时,而同等级的电动机则规定为110伏;发电机为230伏时,同等级的电动机则为220伏。此外,发电机和电动机各项技术性能指标出厂时的考核要求也不同。因此一般情况下用户应该按照生产厂规定的运行状态使用,方能达到铭牌上的额定运行数据。在某些场合下,当需要改换其运行状态时就得降低某些指标,同时必须注意以下的问题:

若直流发电机作为电动机使用时,应适当提高电源的电压或稍微减少励磁电流,否则电动机的转速比铭牌值要稍低,而且在相同的电枢电流下,它输出的功率只有原发电机功率的70%~80%。

若直流电动机当作发电机使用时,为了能够使发出的电压达到铭牌数值,就应该适当提高电机的转速,但不能超过额定值的10%;或者增大励磁电流,但要注意不能超过电机允许的温升。

对于具有串励绕组的直流电机在改变用途时,应当将串励绕组的二根引线调换一下,否则在使用时电压不能建立或转速不稳定。

直流电机无论改作发电机或是电动机运行,为保证换向的正常,电刷必须重新按照新运行状态的要求进行调整。

## 4-2 直流电机电枢绕组故障的检修

### 一、电枢绕组的构造及种类

直流电机电枢绕组构造的原则与交流电机的双层绕组基本相同,为能感应最大的元件电动势,绕组元件的两边应等于或接近一个极距,通常都采用整距的元件。绕组可分成叠绕组及波绕组两大类,此外还有一种由叠绕与波绕混合构成的“蛙腿”绕组。这里主要介绍中小型电机常用的叠绕组及波绕组。

1. 叠绕组 图4-11(a)为常用的单叠绕组元件,元件的首端与尾端分别接到相邻的两片换向片上,第一只元件的尾端引线和第二只元件的首端引线接在同一换向片上,其余类推。

叠绕组的槽节距 $y_1$ (以槽数计)

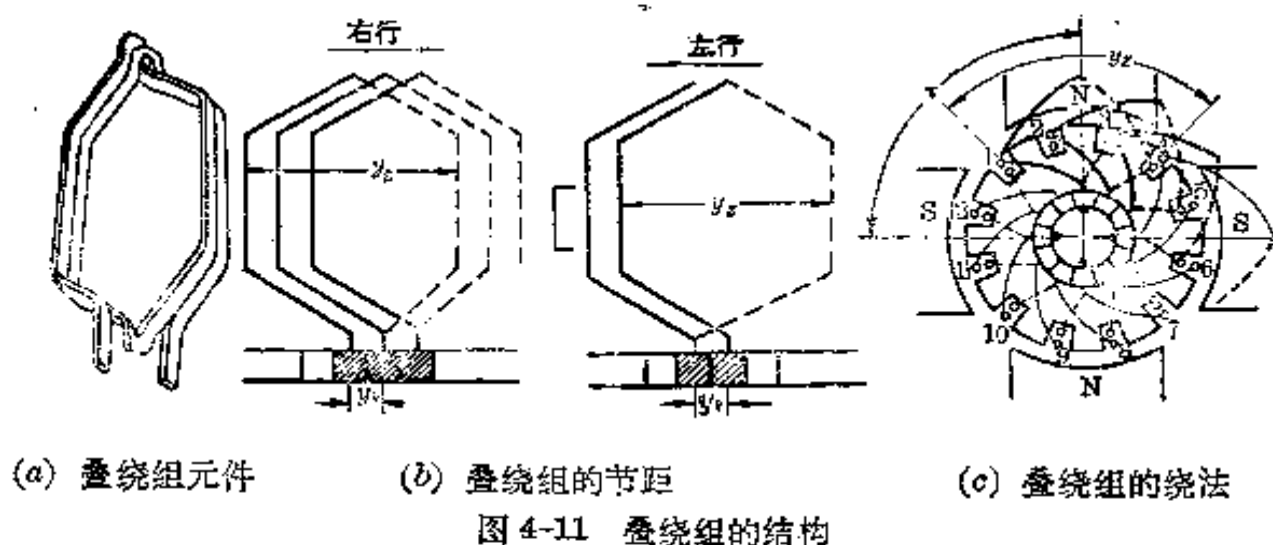


图 4-11 叠绕组的结构

$$y_k = \frac{s}{2p} \pm \epsilon$$

式中： $s$ ——槽数； $2p$ ——极数； $\epsilon$ ——常数，为凑  $y_k$  成正整数， $\epsilon$  取负值时为短距绕组，取正值时为长距绕组。

叠绕组的换向器节距  $y_k$  (以换向片数计)

对单叠绕组  $y_k = \pm 1$

对双叠绕组  $y_k = \pm 2$

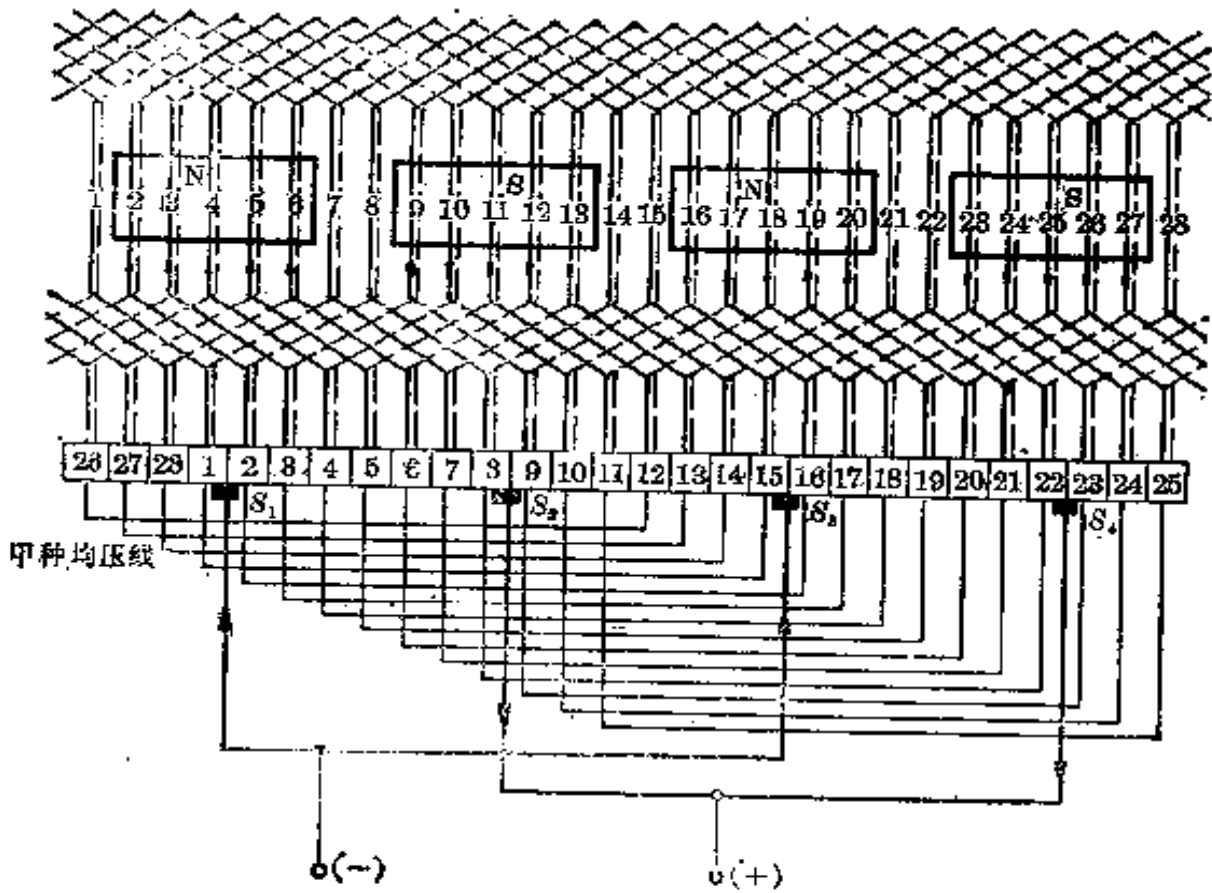
$y_k$  取正值时绕向为右行不交叉，一般都采用这种绕法； $y_k$  取负值时绕向为左行交叉，一般极少采用。

图 4-11(c) 为叠绕组的绕法。第 1 只元件从 N 极出发绕到相邻的 S 极后，再回到原来的 N 极下，接着绕第 2 只元件，……到第 4 只元件为止。把在同一磁极下具有相同方向感应电动势的元件全部串联起来，组成一条支路。因此叠绕组的支路对数  $\alpha$  与磁极对数  $p$  有关。各对磁极下的支路是并联的。

对单叠绕组  $\alpha = p$

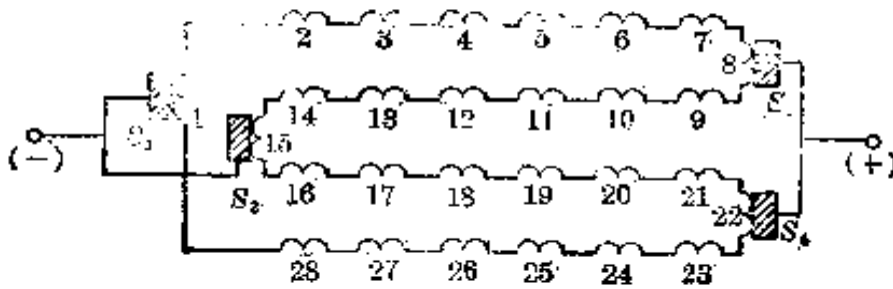
对双叠绕组  $\alpha = 2p$

这种绕组广泛应用于低电压大电流的电机以及小容量的二极电机中。图 4-12(a) 为 28 槽 4 极的电枢单叠绕组。换向器节距  $y_k = +1$ ，绕组槽节距  $y_s = \frac{s}{2p} \pm \epsilon = \frac{28}{4} = 7$  ( $\epsilon = 0$ ，为整距 1~8)；因它是单叠绕组，所以支路数等于极对数，即  $2\alpha = 2p = 4$ 。支路数确定后，就可放置电刷。通常电刷数等于支路数，电刷宽度不能太宽，太宽了被电刷短路的元件太多，不利于换向，但是此时平均电抗电动势小对换向有利。因此，电刷的宽与狭需视具体情况而定。



(a) 绕组展开图

$$\begin{aligned}
 z &= 28, & 2p &= 4, & y_k &= +1 & & 1 \sim 2 \\
 y_s &= \frac{s}{2p} \pm c = 7 \text{ (整距 } s=0); & & & & & & 1 \sim 8 \\
 y_a &= \frac{s}{p} = 14. & & & & & & 1 \sim 14
 \end{aligned}$$



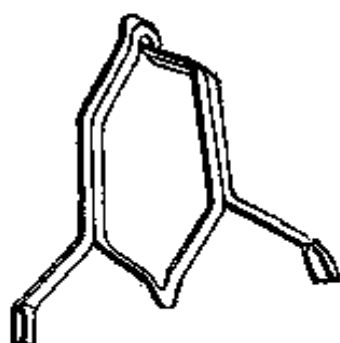
(b) 叠绕组简化的支路元件图

图 4-12 28 槽 4 极电枢叠绕组

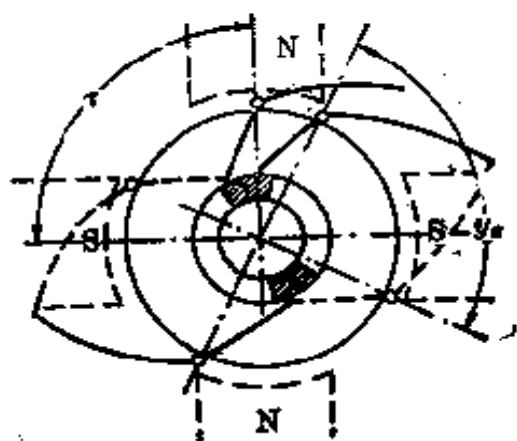
在具体设计时还应考虑电刷的电流密度, 电流密度过大对换向不利, 电流密度一般控制在  $8 \sim 10$  安/厘米<sup>2</sup> 左右, 电刷宽度可选为  $2 \sim 3$  片换向片宽。电刷宽度太狭, 易磨损, 强度也不够。电刷的位置应放在换向器几何中心线上, 被电刷所短路的元件两边如图 4-12(a) 中 1、8 处在磁极的几何中性线上 (当整距时)。该处是两条支路的分界处, 且磁场最弱, 因此被电刷短路的元件具有最小的电动势, 因而有利于换向。这时电刷例如  $S_1$ 、 $S_2$  取得支路元件 1~7 所叠加起来的电动势, 因此支路的电动势为最大值。图 4-12(b) 是它的简化的绕组支路元件图, 从图中可清楚地看出绕组并联支路的构成。

2. 波绕组 图 4-13(a) 为常用的单波绕组元件。元件的首端和尾端接到相距约两个极距的换向片上。波绕组的槽节距  $y_s$  (以槽数计) 与叠绕组相同。

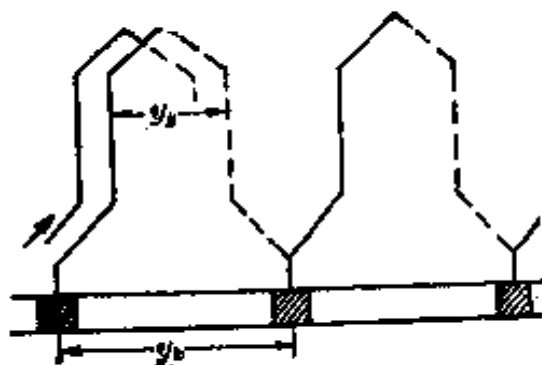
$$y_s = \frac{\pi}{2p} \pm 8$$



(a) 波绕组的元件



(b) 单波绕组的绕法



(c) 波绕组的节距

图 4-13 单波绕组的结构

波绕组的换向器节距  $y_k$  (以换向片数计)

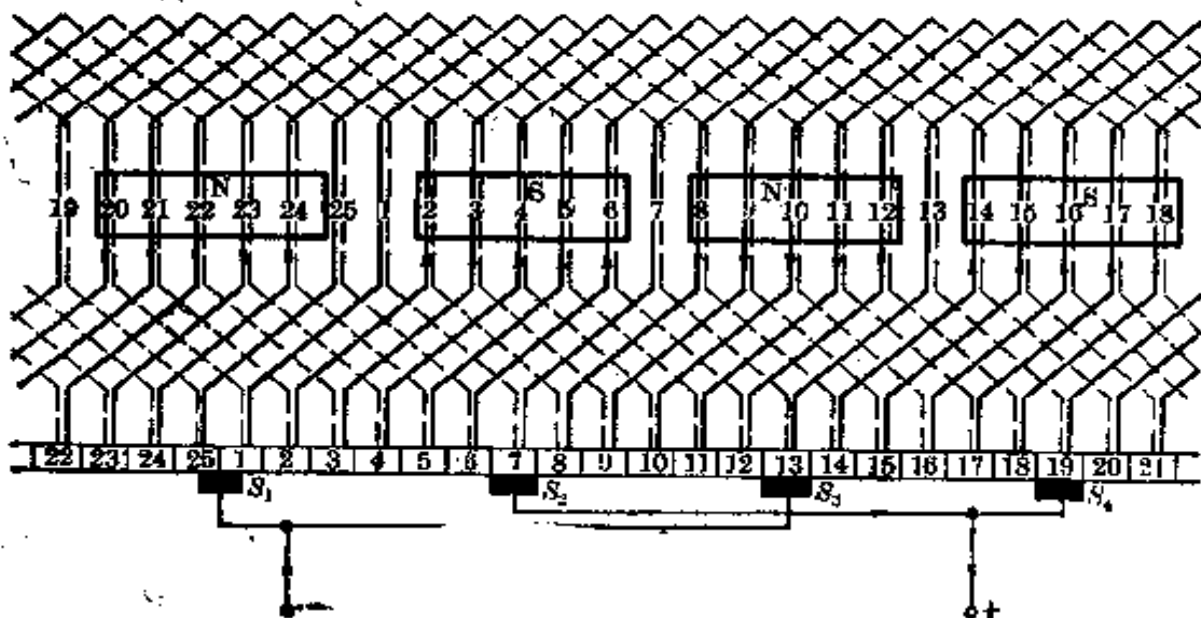
$$\text{对单波} \quad y_k = \frac{k \pm 1}{p}$$

$$\text{对双波} \quad y_k = \frac{k \pm 2}{p}$$

式中:  $k$ ——换向片数;  $p$ ——极对数。

上式中取  $y_k = (k+1)/p$  和  $y_k = (k+2)/p$ , 绕组的绕向为右行交叉式, 这种一般很少采用。而对单波  $y_k = (k-1)/p$ 、双波  $y_k = (k-2)/p$ , 绕组的绕向为左行不交叉式, 一般采用得较多。

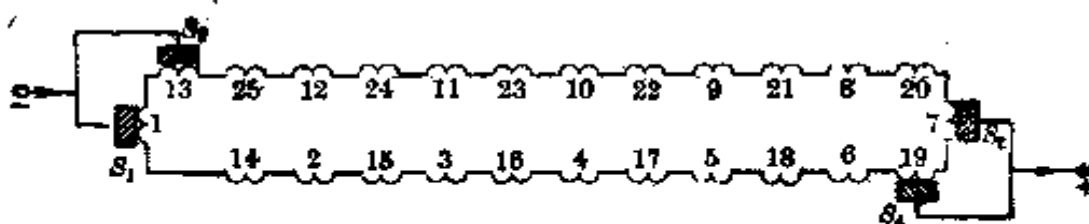
图 4-13(b) 为单波绕组的绕法, 从 N 极出发绕到相邻的 S 极, 又绕到下一



(a) 单波绕组展开图

$$s = 25, \quad 2p = 4, \quad y_k = \frac{k-1}{p} = \frac{25-1}{2} = 12, \quad 1 \sim 13$$

$$y_2 = \frac{s}{2p} - s = \frac{25}{4} - \frac{1}{4} = 6, \quad 1 \sim 7$$



(b) 单波绕组简化的支路元件图

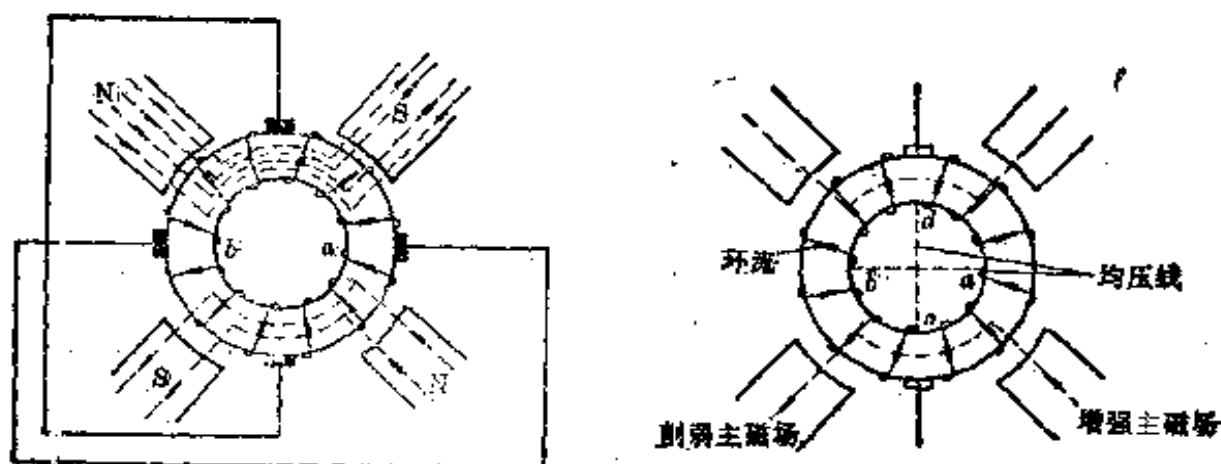
图 4-14 25 槽 4 极的直流电机单波绕组

个N极,……经过所有的磁极以后才兜回到原来的N极。由于波绕组把相同极性的各个磁极下的元件都串联起来后组成一条支路,因此它的支路数与磁极数无关,对单波来说只有一对并联支路,即 $a=1$ ;双波绕组 $a=2$ ,……这种绕组多用在小容量以及高电压的电机中。

图4-14为25槽4极电枢单波绕组的展开图及绕组简化的支路元件图。

3. 直流电机均压线的连接 直流电机电枢绕组常用的均压线有以下两种:

(1) 第一种均压线(或称为甲种均压线): 连接第一种均压线的目的是起均磁的作用。图4-15为第一种均压线的作用原理图。由于电机结构上如机座铸件内有气孔,磁极安装偏心以及轴承磨损后转子下沉等原因造成气隙不均匀,使各磁极下磁通分布不均匀引起电枢绕组内部产生环流,增加发热损耗,并使换向困难。所以除了单波绕组其本身具有消除磁不均匀作用,不必加接均压线以外,二极以上的单叠绕组就得加接第一种均压线。复叠与复波绕组中每个单绕组的回路也应加接第一种均压线(或称甲种均压线)。



(a) 气隙不均时主磁场的分布

(b) 均压环流的磁场分布及作用

图4-15 第一种均压线

第一种均压线的节距 $y_n$ (以换向片数计):  $y_n = k/p$ ( $k$ 为换向片数, $p$ 为磁极对数),图4-12为连接第一种均压线的单叠绕组。已知

$$k=28, \quad 2p=4$$

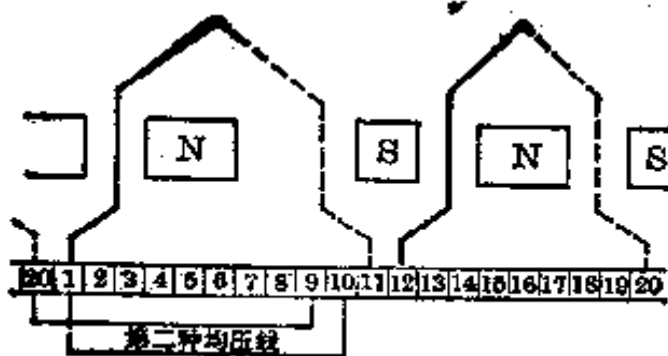
则

$$y_n = \frac{k}{p} = \frac{28}{2} = 14; \quad 1 \sim 15$$

(2) 第二种均压线(或称乙种均压线): 在复波或复叠绕组中,由于电刷与

换向器各片接触电阻不等,引起各单波(或各单叠)绕组支路电流分配不均,造成换向器上电位差火花等问题。连接第二种均压线的目的使换向器电位分布均匀,减少产生电位差火花的可能。

第二种均压线的节距  $y_n = k/a$  ( $k$  为换向片数,  $a$  为支路对数)。图 4-16 为连接第二种均压线的双波绕组。图 4-17 为连接第二种均压线的双叠绕组,由于这均压线穿过电枢内部,工艺结构比较复杂,一般都只在大型电机里使用。



$$k=20, a=2$$

$$\text{换向器节距} \quad y_n = \frac{k}{a} = \frac{20}{2} = 10, 1 \sim 11$$

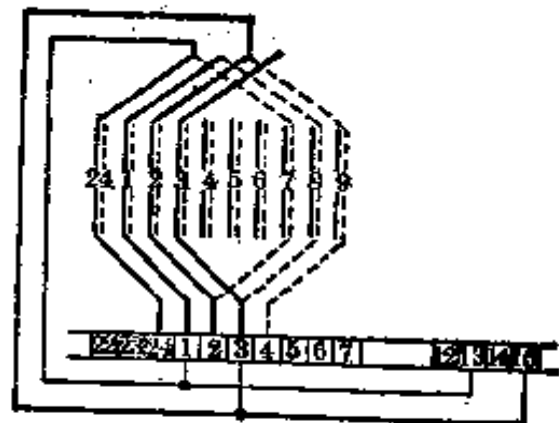


图 4-16 双波绕组中的第二种均压线

图 4-17 双叠绕组的等位点和均压线

## 二、电枢绕组常见故障的检修

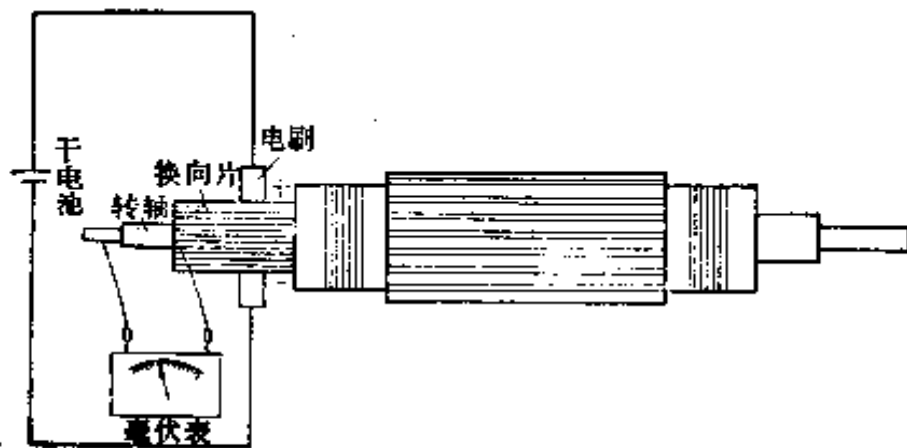
在直流电机的许多故障中,电枢绕组烧毁是最常见的一种。以下介绍电枢绕组的故障及检修方法。

1. 电枢通地故障 电枢通地故障一般是指槽部(槽口或槽底)绕组对地的击穿,换向器对地击穿,或绕组端部对支架击穿等。电枢通地故障可以用以下方法检查。

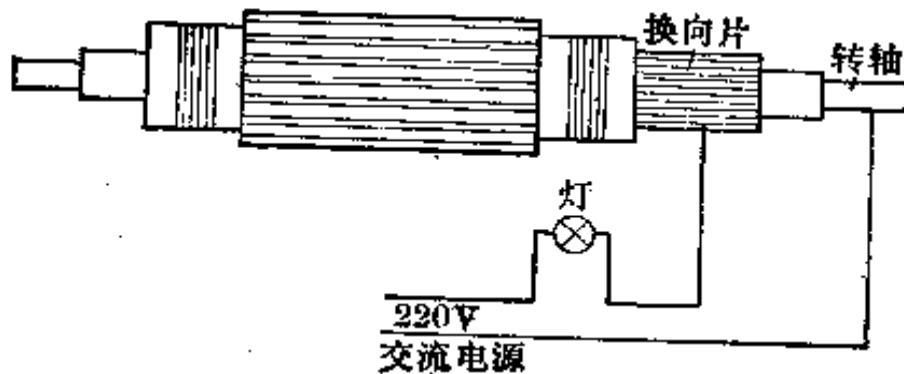
(1) 用毫伏表或校验灯检查: 在图 4-18(a)中,将低电压的直流电源(干电池)接在换向器电刷上。然后把毫伏表的一个引线端接在转轴上,另一端接在换向片上,这时毫伏表上应有读数,如果当接在某一换向片时,毫伏表的读数很小或者甚至没有读数,表明这换向片或所连接的那只绕组可能通地。

同样也可用校验灯进行逐片检查,如图 4-18(b)所示。如果灯泡发亮,则说明电枢绕组或换向器通地。

(2) 用逐步接近法确定通地故障点: 电枢通地可能由于换向器部分通地,



(a) 用毫伏表检查电枢通地



(b) 校验灯检查电枢通地

图 4-18 电枢通地的检查方法

也可能由于绕组部分通地。通常可直接用观察法,即观察其火花(冒烟)、听其声音、嗅其焦味等就能发觉故障所在部位。如果用观察法不能找到故障点时,就必须拆开绕组和换向器间的接头处,分别检查换向器和绕组。

图 4-19 为用逐步接近法确定叠绕组的故障点。将绕组相对二片换向片的引线拆除,用毫伏表或校验灯分别检查绕组的两半部分通地的情况,找出其中通地的一半绕组,再将其中部分引线拆开,又可确定 1/4 部分的绕组通地情况,如此重复进行逐步缩小检查的范围,最后找出发生故障的元件。

(3) 对重绕的绕组进行耐压试验检查电枢通地的方法:重绕的电枢绕组一般都要进行耐压试验。当试验电压增高到某值,电枢被高压击穿,如果以后再重复加压时,逐次的击穿电压渐渐下降,那就是换向器通地所致;如果当电压增高到一定值电枢被击穿,以后重复第二次、第三次的高压再也加不上时,则一般都是绕组通地所致。这是因为换向器绝缘厚,其通地故障大多由于污



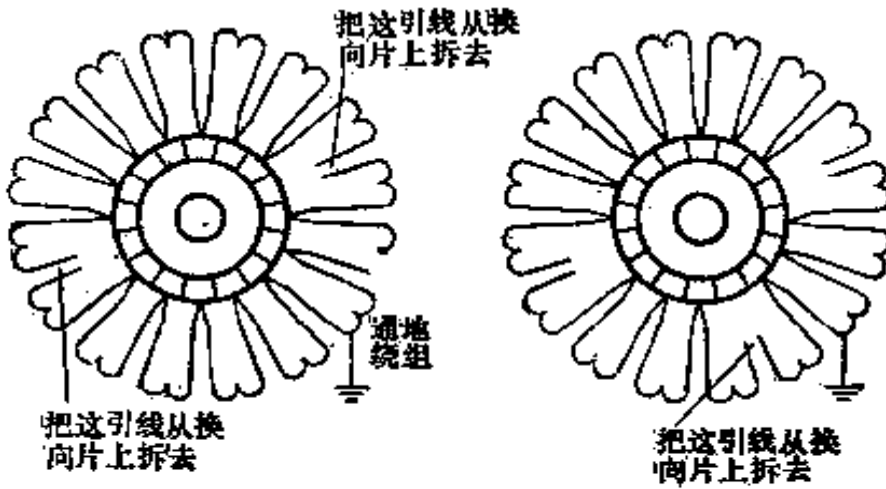


图 4-19 用逐步接近法找出通地的绕组

垢杂物所造成，击穿现象是逐步形成的。而槽部绕组绝缘比较薄弱，绕组一经击穿，就不会恢复，所以只能承受一次高压的冲击。

2. 电枢绕组短路故障 电枢绕组由于短路故障而烧毁时，一般用观察法即可找到故障点，也可使用“短路侦察器”（详见第 3-5 节）检查。此外，修理中常用毫伏表校验片间电压。将换向器两端接到低压直流电源上，毫伏表两端接到相邻两换向片上，依次检查片间电压，如毫伏表读数呈周期性出现，则表示绕组良好。如读数突然变小，则表示该两片间的绕组元件发生短路。如果换向器片间短路，毫伏表读数应为零。有时遇到片间电压突然升高，则可能是由于绕组断路或脱焊所造成的，所以首先应检查焊锡是否牢固，如果没有脱焊情况，则可能就是绕组断路。

对于两极的波绕组，因绕组经过串联的两个元件后才回到相邻的换向片上，如果其中一个元件发生短路，那么接触相邻换向片上的毫伏表所示电压会减低（可能近一半），但并不能分辨出二元件中那一个损坏，因此还需将毫伏表跨接到相当距离一个换向器节距（ $y_2$ ）的两换向片上，才能指示出故障的元件（图 4-20）。

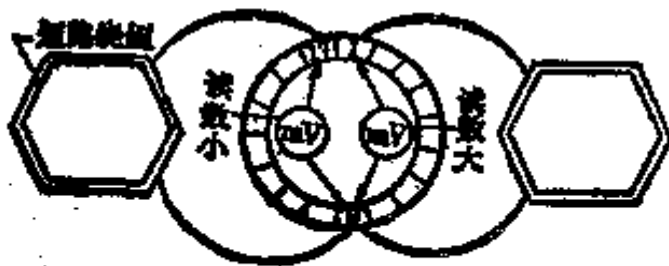


图 4-20 检验短路的波绕组

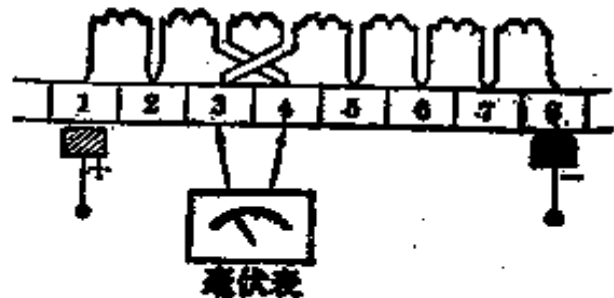


图 4-21 毫伏表检验叠绕组的反接绕组

3. 电枢绕组的接错与嵌反 在单波绕组和双叠绕组嵌线过程中, 特别容易发生引线头子放错, 即元件的换向器节距放错。通常用毫伏表校验片间电压的方法来确定接错的部位, 如图 4-21 所示。绕组元件接错可能有以下两种情况。

(1) 个别元件的换向器节距接错: 用毫伏表测量换向器片间电压有倒读数出现, 该处元件即接反。如图 4-20 中, 在换向片 3、4 之间, 电表的读数反转, 在 2、3 之间以及 4、5 之间电表读数加倍, 其他各处均正常。则表示 3、4 换向片之间元件接反。

另外可用指南针沿通电的绕组依次移动, 如果在移动过程中发现指针方向突然变反, 则表示该处元件为接反。

(2) 换向器节距全部接错: 这时用毫伏表量得的换向器片间电压无规则地变化, 有的全部无电压, 有的片间有时有电压、有时没电压, ……这说明换向器节距都接错。如以指南针测量, 则指针方向变动也不定。

### 三、电枢绕组的重绕

电枢绕组重绕是经常遇到的, 下面介绍绕组重绕的方法。

1. 绕组的加工工艺 以国产 Z2 系列直流电机为例, 其机座号由 1~6 号的电枢绕组采用绝缘的圆导线, 7 号机座以上的一般采用绝缘的扁导线。

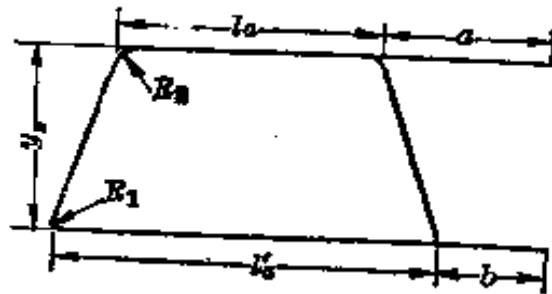
绝缘圆导线的绕组, 其制造工艺与交流定子绕组相同, 这里不重复。表 4-5 列出 Z2 系列小型直流电机绕组元件的常用尺寸规格; 表 4-6 列出该绕组的尺寸。

表 4-5 Z2 系列小型直流电机绕组元件的常用规格

名 称	符号	单位	机 座 号					
			1	2	3	4	5	6
槽 数	$Z$	槽	14	18	18	27	31	31
槽 节 距	$y_2$	槽	1~8	1~10	1~10	1~8	1~9	1~9
换向片节距	$y_c$	片	1	1	1	1~41	1~47	1~47

7 号机座以上较大容量以及低电压、大电流的直流电机, 电枢绕组一般都用绝缘扁线绕制, 这类绕组的故障主要是绝缘损坏或烧毁, 因此利用旧线重包导线外层绝缘, 即可继续使用。绝缘扁线绕组的加工工艺如下:

表 4-6 Z2 系列小型直流电机电枢绕组常用尺寸



(毫米)

机座号 \ 项目	$y_z$	$l_a$	$l_b$	$a$	$b$	$R_2$	$R_1$
11	95	88	100	45	116	10	4
12	95	108	126	45	110	10	4
21	126	88	110	55	135	10	4
22	126	108	136	55	135	10	4
31	134	92	133	65	150	15	5
32	134	126	166	65	150	15	5
41	95	95	115	80	90	15	5
42	95	120	144	80	90	15	5
51	110	108	135	93	110	15	5
52	110	130	175	93	110	15	5
61	135	120	145	100	115	15	5
62	135	150	180	100	115	15	5

(1) 拆除旧绕组时对应保护绕组不使它变形太大。

(2) 把拆下的旧绕组退火。退火时必须保护线头搪锡部分。因搪锡经高热烧结氧化成合金后,就无法去除了。如果使用煤气或喷灯退火时,搪锡部分可以用湿布或回丝包好,不使它过热而老化。如果使用退火炉或煤炉退火时,可将线头部位涂上含有盐酸的黄泥(盐酸和黄泥搅拌成浆糊状),用纸包扎好如图 4-22 所示。绕组在火中加热时,包在外面的纸张烧去,而黄泥则烧结成块保护搪锡不致老化。绕组退火的温度不宜太高,免铜材熔化,一般烧到铜线表面呈暗红色、有水珠反光时,取出绕组立即浸入冷水中即可。

(3) 退火后的绕组需整形,清理线头,然后用工业用盐酸作焊剂将引线头

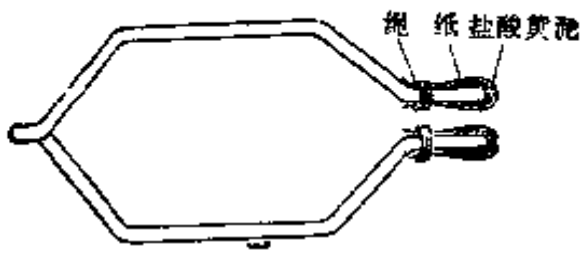


图 4-22 退火时用盐酸黄泥保护搪锡

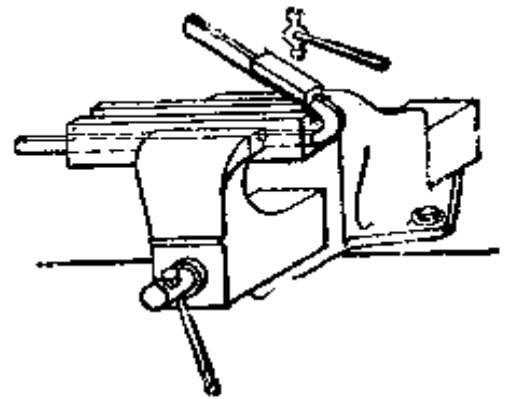


图 4-23 线鼻的加工

重新搪锡。

(4) 绕组包绝缘，一般为半叠包一层，材料有白纱带、绸带或玻璃丝带等视原来绝缘等级而定。绝缘包好后，表面刷一层薄的绝缘漆再阴干。如果因短路故障等把绕组烧断时，则需更换新线，重绕绕组。加工时先落料，落料的导线总长一般要超过实际需要长度 15~20 毫米。接着，将落料后导线弯成 U 字形（俗称线鼻），如图 4-23 所示，但注意不要损坏 U 弯处绝缘。

刮去绕组引线头的外层绝缘进行搪锡，搪锡炉的温度一般保持在 350~420°C 之间，不能过高。焊剂一般采用松香、酒精溶液。搪锡后的线头应无剩余焊锡，然后包扎绕组。在包扎前，把同等级的绝缘材料剪成 U 形衬垫，衬垫在绕组鼻端处，用玻璃丝带把绕组端部半叠包一层。接着按照各部分尺寸将绕组拉成一定的形状，如图 4-24 所示。在绕组的二引线头套上玻璃丝套管。最后在玻璃丝带包扎的部分都涂上一层绝缘漆。

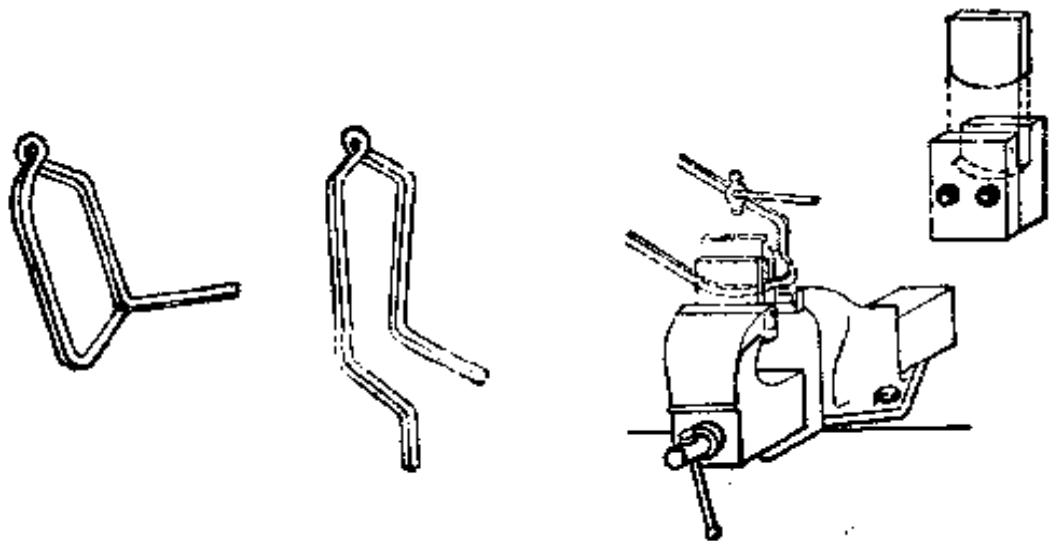


图 4-24 绕组在台虎钳上敲圆弧

2. 绝缘材料的选择 直流电机常用的绝缘材料,包括主绝缘和辅助绝缘两部分。主绝缘材料有聚酯薄膜、聚酯薄膜复合青壳纸、聚酯薄膜复合的玻璃漆布、玻璃丝补强的柔软云母板等。辅助绝缘用来保护和增强主绝缘,常用的材料有抗拉漆布、层压板、绝缘套管、扎带等。辅助绝缘材料应该与主绝缘的材料等级相同,但有时允许低于主绝缘材料一个等级,如B级绝缘结构材料中辅助材料系用聚酯薄膜(属于E级),但二者之差不能大于一个等级。

根据原来电机的绝缘等级选择好电机的槽绝缘,电机其他各部分的绝缘不能低于所确定的槽绝缘级数,然后根据实际情况选用辅助绝缘材料。表4-7列出直流电机电枢常用的槽绝缘材料。

表4-7 常用直流电机绝缘材料

绝缘等级	槽绝缘材料
A 级	2层0.07毫米青壳纸和1层0.2毫米聚酯薄膜复合玻璃漆布
E 级	1层0.17毫米玻璃漆布和一层0.2毫米聚酯薄膜复合青壳纸
B 级	2层0.15毫米醇酸玻璃漆布和1层0.25毫米醇酸柔软云母板或者2层0.05毫米醇酸聚酯薄膜和1层0.17毫米醇酸玻璃漆布以及1层0.25毫米醇酸柔软云母板组成
F 级	2层0.17毫米硅有机玻璃漆布和1层0.2毫米硅有机柔软云母板
H 级	2层0.17毫米硅有机玻璃漆布和1层0.2毫米硅有机柔软云母板

### 3. 电枢嵌线 嵌线前的准备工作:

(1) 拆除旧线时,应记录绕组的数据,如:绕组型式、尺寸(槽节距、端部及引线头长度等)、绕组的组成(每只绕组元件数、每元件的匝数、导线截面积等)、换向器节距(包括绕组与换向器连接的位置、标记等)。

(2) 整理换向器:用喷灯等工具加热换向器升高片或换向片接线槽以便去除残余焊锡和污物,有升高片的则应搪锡一下,再用扁钳将升高片整理好。

嵌线之前在换向器上用220伏校验灯检查片间是否短路;换向器是否通地。具有高压设备的应做 $(1500 + 2V_0)$ 伏对地耐压试验( $V_0$ 为额定电压),无高压设备的可用1000伏兆欧表测试对地绝缘电阻。经检查确无短路和通地后,最后用弹性纸板或布把换向器包扎好。

(3) 整理电枢铁芯: 用废旧的锯条或锉刀将槽内绝缘材料等杂物清除干净, 锉去槽内及槽口的毛刺, 然后用圆毛刷刷清铁屑, 并以吹风机(皮老虎也可以)吹去灰尘。转轴上如有油污等亦应揩清。

(4) 根据电机绝缘等级选用绝缘材料, 并按槽绝缘、端部绝缘及对地绝缘的大小裁好。

嵌线过程:

(1) 在电枢铁芯前后的转轴支架上包扎好绝缘, 然后放置槽绝缘。槽绝缘伸出铁芯两端的总长度一般为:

电枢铁芯长度  $l_0 < 100$  毫米时, 绝缘伸出长  $l_1 = 10$  毫米

$l_0 = 100 \sim 200$  毫米时, 绝缘伸出长  $l_1 = 15$  毫米

$l_0 > 200$  毫米时, 绝缘伸出长  $l_1 = 20$  毫米

(2) 依次先将绕组底线(下层边)嵌入槽内, 用滑线板理齐槽内导线, 放好层间绝缘后, 再用压线板压紧层间绝缘和绕组底线边。

(3) 将绕组底线的引线头放进预定的(作好标记处)换向器接线槽内。如果无标记, 一般情况下引线头位置应连接到离绕组有效边约  $1/2$  槽节距的换向片上。

(4) 当绕组底线连续嵌到一个槽节距时, 即可开始同时放下该绕组的面线(上层边)。绕组两边的距离一定要达到槽节距。

(5) 用滑线板理直槽内导线, 然后剪去铁芯表面多余的绝缘纸, 再用滑线板折叠槽口绝缘, 以压线板压住折叠的槽口绝缘, 用铁锤轻敲导线使之紧密, 最后打入槽楔(槽盖板)。

(6) 用上述方法依次将每个绕组的底、面线嵌好, 逐只翻起面线线头, 用敲板将前端部整理平服, 并衬好线头与端部间的绝缘。用低压校验灯等工具找出属于同一只绕组的底、面线的引线头, 然后按照换向器节距将面线头放进相应的换向器接线槽内。

对单叠绕组换向器节距  $y_k = \pm 1$ , 即底、面线头放入相邻两换向片中, 对单波绕组

$$y_k = \frac{k \pm 1}{p}$$

式中:  $k$ ——换向器片数;  $p$ ——主极对数;  $\pm$ ——表示绕组为左行或是右行之别。

例如, 28 槽 4 极单叠绕组, 槽节距  $y_s = s/2p = 28/4 = 7$ , 即(1~8), 换向器

节距  $y_2 = +1$ 。今选择某个元件作起始, 把它的底线引线头接到距元件有效边向内约  $(1/3)y_2$  处的换向片 1 上, 再按  $y_2(1 \sim 2)$  连接面线的引线头到底线相邻的换向片 2 上, 如图 4-25(a) 所示。其余元件依次类推。

又如 25 槽 4 极单波绕组, 已知槽节距  $y_s = s/2p - s = (25 - 1)/4 = 6$ , 即  $(1 \sim 7)$ , 换向器节距  $y_k = (k - 1)/p = (25 - 1)/2 = 12$ , 即  $(1 \sim 13)$ , 选择某元件为起始, 连接它的底线引线头到距元件边向外约  $(1/2)y_s$  处的换向片 1 上 [因为波绕组引线头换向器节距大于槽节距, 所以应连到向外  $(1/2)y_s$  处], 然后按  $y_k(1 \sim 13)$  将面线的引线头连接到第 13 换向片上, 如图 4-25(b) 所示, 其余元件依次类推。

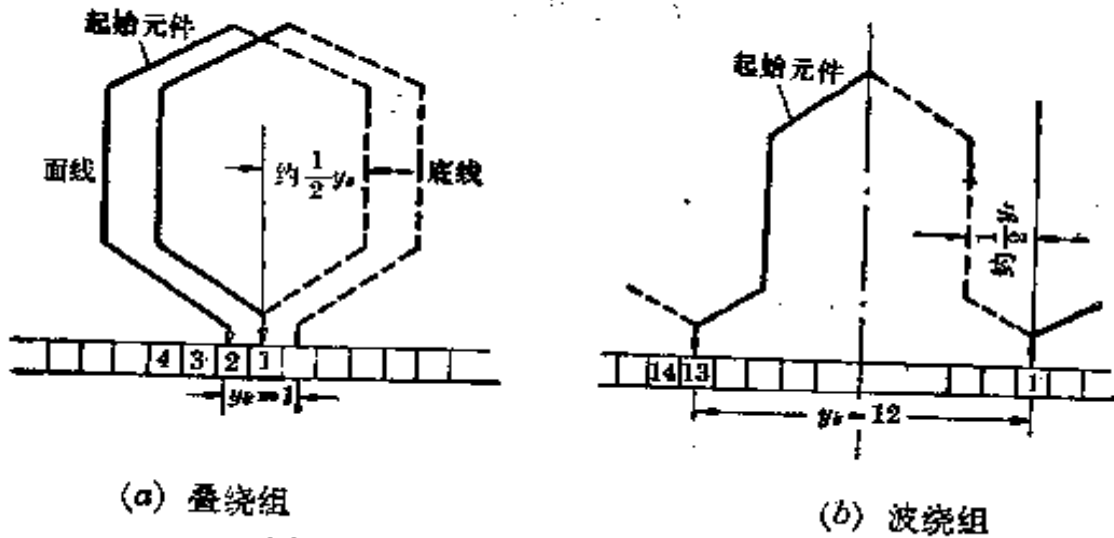


图 4-25 绕组引线头与换向器的连接

有时绕组的出线头距离做成不对称的, 如图 4-26 所示。它的底线引线头伸出长度比起一般的(如图 4-25(b) 中)长得多, 这种绕组多用在四极电机中, 因四个主极在垂直及水平线上, 所以把电刷位置改放在换向极的中心线上, 以便通过菱形的后端盖上的窗孔进行观察。

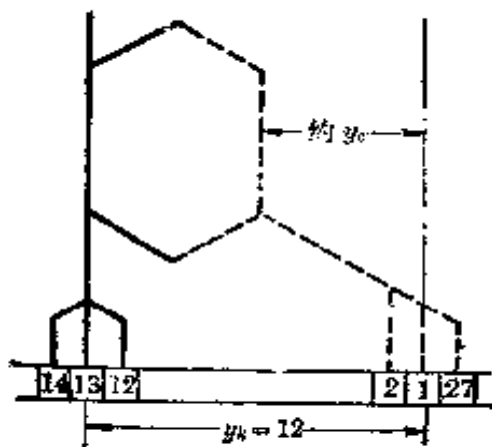


图 4-26 不对称的引出线

的电机可每片都放置均压线(称为全均压线), 或隔片放置均压线(称为半均压

(7) 放置均压线: 原来电机如有均压线的则应先放好均压线, 一般除单波绕组外, 应根据要求不同, 放置第一种或第二种均压线。小容量电机可少放些均压线, 中容量及大容量电机应多放些, 对要求较高的

线)。

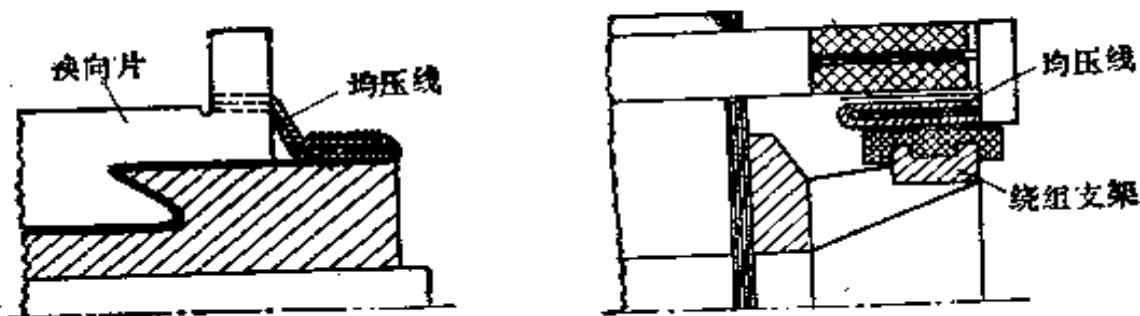
均压线节距

$$y_n = \frac{k}{a}$$

式中:  $k$ ——换向器片数;  $a$ ——绕组并联支路对数。

均压线放置的通俗口诀是: 四极二对过; 六极三角形; 八极四角形……。

均压线放置的部位如图 4-27 所示。均压线的导线截面积为电枢绕组导线截面积的  $1/2 \sim 1/3$ 。均压线端部搪好锡, 包好绝缘。均压线按电枢绕组端部同样的曲线弯曲, 然后单独绑扎或与电枢端部共同绑扎, 假若均压线预先做成特殊零件如图 4-27(a) 就单独绑扎固定。



(a) 均压线放在换向器端

(b) 均压线放在后端接部分

图 4-27 均压线的放置

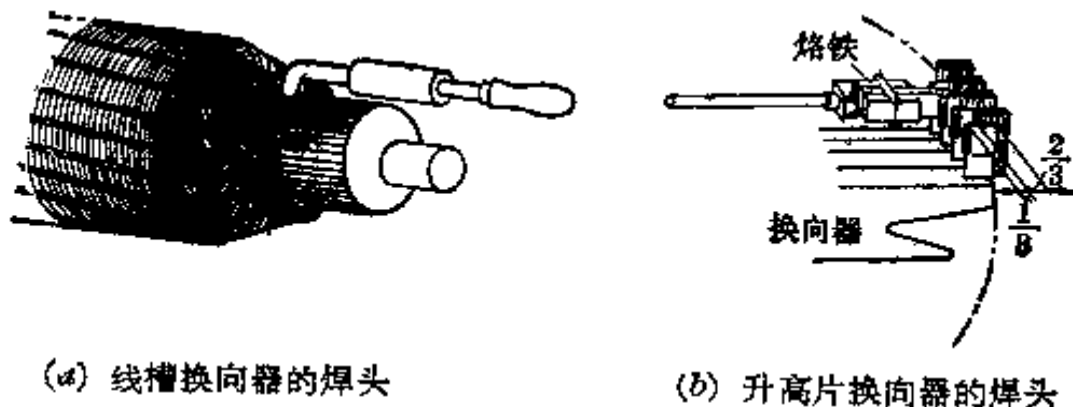
(8) 换向器的焊头: 把长出换向器接线桩或升高片的引线头多余部分割去, 然后进行焊头(把绕组各引线头固定连接在换向器的接线桩内或升高片上)。

焊头材料准备: 根据电机的要求, 准备焊锡或纯锡(一般绝缘等级 A、E、B 级用焊锡, F、H 级用纯锡), 采用中性焊剂即松香或松香酒精溶液(一般 40% 松香、60% 酒精)作焊剂。

焊头工具准备: 烙铁(可以用电烙铁也可以用火烙铁)、扁钳、板钳、螺丝刀等。

焊头工艺准备: 整理电枢接头片之间距离。采用引线桩的换向器, 应使引线桩垂直于换向器, 采用升高片的换向器, 不仅要使升高片垂直于换向器, 并且升高片之间距离应力求均匀。在升高片之间通常要敲入梯形(退拔)木塞头, 木塞在升高片之间一般留以  $1/3$  升高片的宽度气隙, 以便放烙铁的焊头, 如图 4-28(b) 所示。再将换向器升高片的外端面圆周锉平、锉光, 立即涂以松香酒精溶液, 防止铜皮产生氧化膜。焊头时绝不能让电枢绕组引线头高出换向





(a) 线槽换向器的焊头

(b) 升高片换向器的焊头

图 4-28 换向器焊头方法

器的接线桩。

焊头时先将转子稍向换向器端倾斜一些，防止焊锡流入电枢内。对于采用接线桩的换向器，烙铁往往放在接线桩的顶部。如果一只烙铁热量不够，可以用几把烙铁同时加热。然后在烙铁上稍加一些锡，以改善烙铁与接线桩之间的接触面，使传热更快。当接线桩达到一定的温度（但温度太高烙铁头铜材氧化，反而焊不上）之后，可先在接线桩上加上适量的松香粉，然后再加锡，这样容易焊牢，如图 4-28(a) 所示。而对具有升高片的换向器，除了可用上述方法焊头外，还可将烙铁头锉成扁平状（图 4-29），使它能插入相邻两升高片之间。先将烙铁插入相邻两升高片木塞所留下  $\frac{1}{3}$  空隙处，稍加些锡，改善传热面，再加些松香粉，最后再加锡。焊好的接头表面处应有光泽，在接头各部位中应注满锡，不能有气孔。

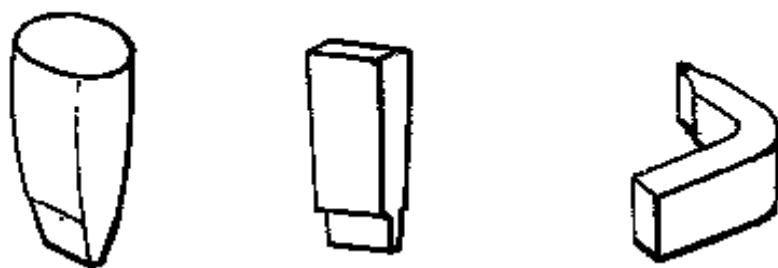


图 4-29 焊头的烙铁头形状

采用升高片的换向器焊头后，可以用小榔头轻轻敲打升高片二片的接缝处，如有裂开现象表明焊接质量不高（即假焊）。在整个焊接过程中，总是采用中性焊剂。

焊头完毕之后将升高片之间木塞敲去。

### 4-3 定子磁极绕组的检修

定子磁极绕组常见的故障是并励绕组短路。根据经验,当并励绕组中只有少数几匝线圈短路时,整只绕组的直流电阻值的变化是很微小的,所以通常采用电压降法来检查(如图4-30)。将电机所有磁极绕组串联起来,外接110伏直流电源,利用直流电压表测量每只绕组两端的电压,如果电压大小不等,找出电压最小的那只绕组就是短路故障的绕组。如果没有直流电源设备,而且当并励绕组只有少数几匝短路时,用直流电测量的结果容易产生差错。用220伏(或110伏)交流电源接于串联的各并励绕组,由于交流电磁感应使故障点严重发热,即使是少数线匝短路,亦能明显地反映出电压的差异来。如果感到交流电压值太高,可以在串联电路中加入电灯泡降压。

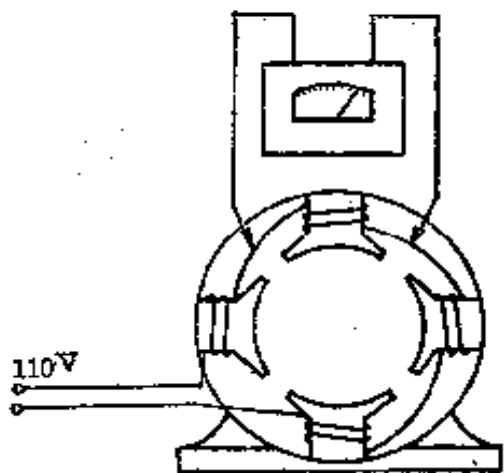


图4-30 用电压降法检查磁极绕组的短路故障

#### 一、并励绕组的重绕

1. 绕线模的制作 线模由模心和挡板二部分组成。活络模心和挡板用螺栓固定,如图4-31所示。绕线模的尺寸可根据原来绕组的尺寸或直接测量磁极的铁芯而定。由于绕组间隙、极身对地绝缘厚度以及绕组浸漆处理后的

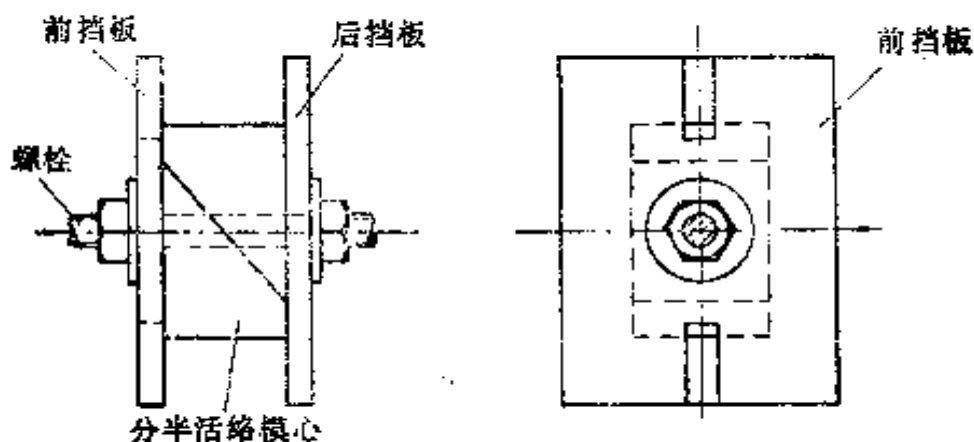


图4-31 磁极绕组的线模

变形等原因,因此安装时将线模长和宽比磁极铁芯要放大些。表4-8为确定线模尺寸的经验数据。

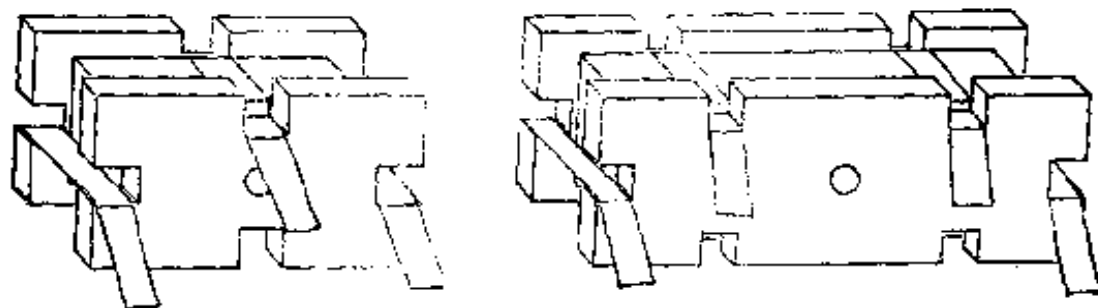
表4-8 线模尺寸 (毫米)

磁极铁芯长	模心比铁芯放宽	模心比铁芯放长
100 以下	6	8
100~200	7	10
200 以上	8	12

2. 绕组绕制 并励绕组一般采用圆漆包线绕制,匝数很多,少则有几百匝,多则几千匝。绕前用分厘卡核实线径与原来绕组的线径是否相同,拆除旧绕组时需记录匝数,或选择一只完整的绕组(未损坏的),测得它的直流电阻值,作为重绕的新绕组校样。或者按照电阻公式  $R = \rho l / S$ , 已知电阻  $R$ 、电阻系数  $\rho$  以及导线截面  $S$ , 则可求得导线长度  $l$ 。

绕线一般使用手动式或自动式的绕线机,注意每次起绕之前,必须将自动记数表拨到零位。当线模安装到绕线机上后,在其上面放置绕组扎带,如图4-32所示。线模宽度上往往只放一根扎带,线模长度上放置的根数则和模长有关,模长80毫米以下者放一根;模长80~200毫米者放二根;模长200毫米以上者放三根。绕组绕到一定层数时,将各边上的扎带回折一次,然后继续再绕。绕过20匝左右停车拉紧各边扎带一次,绕到最后一层时,把扎带弯成扣形,压住最后的那根导线。

绕组的绕法如图4-33所示,图(a)为排绕绕组,适用于导线直径为0.4毫米以下者,绕时一般不用夹线板而用手来拉紧,第一层与第二层……导线排列



(a) 线模各边放扎带一道

(b) 线模宽边扎带一道,长边扎带二道

图4-32 绕组扎带的安放

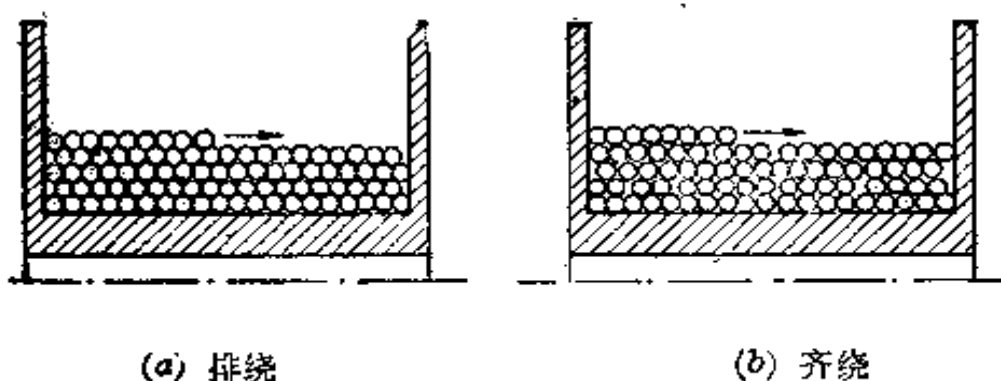


图 4-33 磁极绕组的绕法

可以不很规则,但又不准乱绕。图(b)为齐绕绕组,适用于直径为0.4毫米以上者,导线排列要整齐,调整夹线板压力使第二层导线的拉紧程度比第一层松些;不然,第二层的导线容易嵌进第一层里去。继续再绕第三层、第四层时,导线的拉紧程度和开始时一样。采取那一种绕法,还得根据定子空间地位的实际情况出发,地位紧张的必须齐绕,地位较宽的可以排绕;排绕过松,电阻值和用线量都会增加。

## 二、串励绕组的重绕

中小型直流电机的串励绕组有二种,中小功率的直流电机一般采用绝缘圆导线或扁导线绕制;而大功率的直流电机绝大部分采用大截面的裸铜线绕制。不同材料,不同形状绕组的绕制方法也不同。

1. 绝缘圆导线的串励绕组绕制 串励绕组所用的绝缘圆线线径比并励绕组略大些,匝数少一些,通常在90匝以内。功率越大,匝数越少甚至只有近1匝。绕制方法基本上与并励绕组相同,有些小功率电动机的串励绕组直接绕在并励绕组的表面上。这时要在两种绕组间用绝缘隔开以免引起绕组间短路。

2. 绝缘扁导线的串励绕组绕制 一般可利用并励绕组的绕线模,把绕线模装到绕线机上,并把计数表拨到零位。根据所需匝数预定串励绕组的层数和每层的匝数。为使串励绕组的出线头连接方便,不易发生短路,要求绕组的底、面线都放在绕组外层的表面。为此要进行正反面绕线(如图4-34)。例如串励绕组共28匝分绕4层,每层7匝,绕第一层时先按4匝的导线总长取出来反绕到线模上,扎住线头,然后继续顺绕第一层、第二层、第三层、第四层。

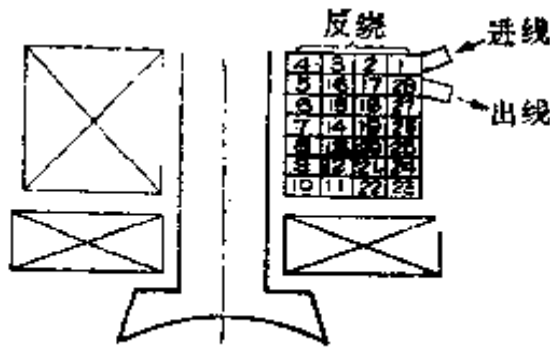


图 4-34 串励绕组正反绕法的次序

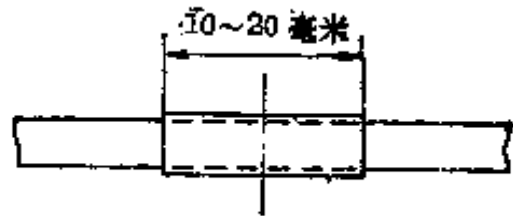
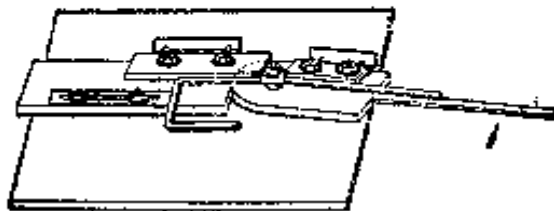


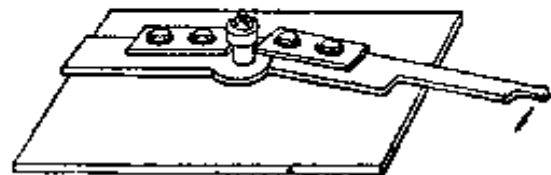
图 4-35 串励绕组的接头

每只绕组基本上只允许有一只接头，连接的引线截面积应接近原来的导线截面积。导线接头处必须用 0.5 毫米厚的搪锡铜片制成的铜管作为导线的补强材料。铜管长约 10~20 毫米。焊锡接头的方法如图 4-35 所示。

3. 裸铜扁线串励绕组的绕制 串励绕组所用的裸铜扁线一般比较宽而薄。多匝的扁铜线又往往需顺扁平方向立绕，因此必须使用立绕的专用工具，图 4-36 为用螺丝及角铁所制作的临时专用工具。具体绕制步骤如下：



(a) 大尺寸专用工具



(b) 小尺寸专用工具

图 4-36 绕制扁线专用工具

- (1) 扁铜线退火处理：将扁铜线加热至  $600^{\circ}\text{C}$ ，经 1~2 小时后投入冷水。
- (2) 在绕线专用工具上，校正扁线的转角尺寸，用螺栓固定铜扁线首端后扳动专用工具手柄，使两手柄成直角。
- (3) 松开螺栓，把扁线沿平面移动至预定尺寸，并固定它，然后再扳成第二只直角及直角边。
- (4) 依此绕完最后一匝，切除多余铜线，取出整只绕组。（对于大截面的绕组一定要进行第二次退火及整形，然后才做第 5 项工作。）
- (5) 弯好绕组二根引线头，在引出线上钻孔、铰孔及搪锡。
- (6) 补垫好匝间绝缘（绝缘厚度不小于 0.4 毫米），并包扎好绕组。

### 三、换向极绕组的重绕

换向极绕组采用的导线有绝缘圆导线、扁导线以及裸铜扁线三种。

绝缘圆导线的换向极绕组绕法基本上和并励绕组相同，所不同的是换向极的绕组匝数较少而线径较粗。绝缘扁线的换向极绕组和绝缘扁线串励绕组的绕法相同，所不同的是换向极绕组的匝数比串励绕组多。下面介绍裸铜扁线绕制换向极绕组的方法。

单独修理几只换向极绕组都是采用手工加工的。由于过热烧坏的绕组，只要调换匝间绝缘，重新浸漆处理即可使用；由于匝间短路或外力严重损坏的绕组亦可使用局部修复的办法。损坏的导线截面不超过  $1/5$  时，可用银焊或铜焊补满损坏部分即可。

绕组某部分损坏面积达到  $1/3$  时，可用铜焊填充或以相当大小的铜块填充以银焊条焊牢，如图 4-37 所示。绕组某部分损坏面积超过  $1/3$  时，则一般都应切除损坏部分，重绕几匝新线，用银焊焊接起来。导线接头应在绕组直线边上，不要连接在圆弧处。接头处应互成  $45^\circ$  左右的斜角（如图 4-38）。

当绕组大面积损坏时，则需更换新绕组。一般采用手工绕制，工具有退火炉、长柄钳、断线钳、煤油或汽油喷灯、铁锤、铁凳及槽形冲块等。手工绕制方

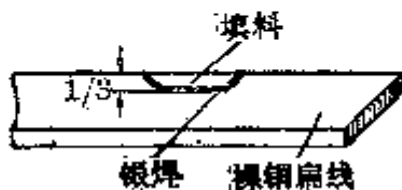


图 4-37 导线部分损坏的修复

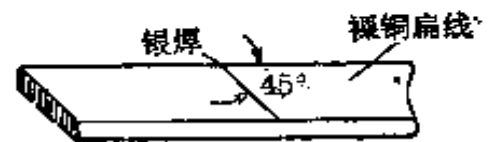


图 4-38 导线头  $45^\circ$  斜对接

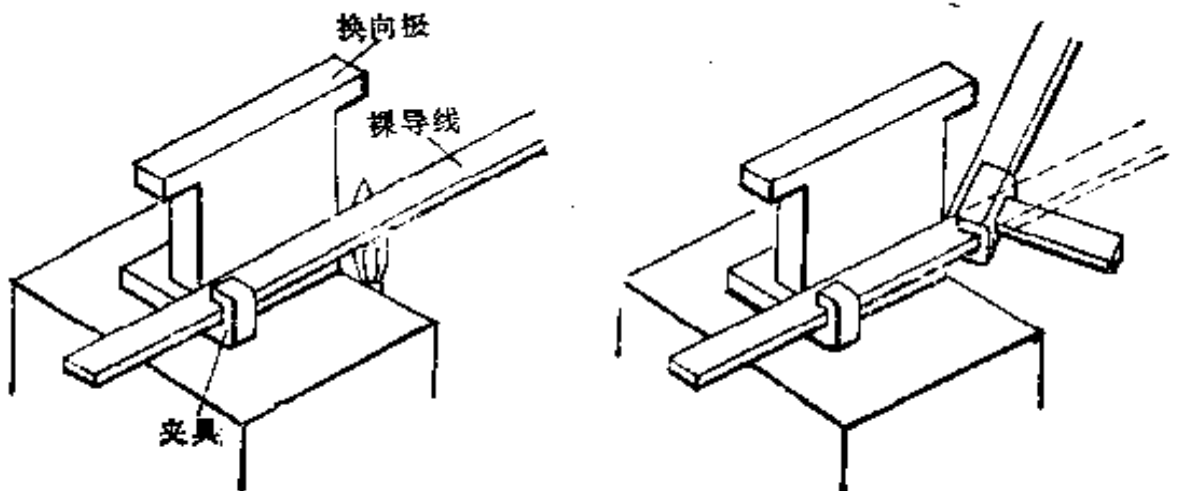
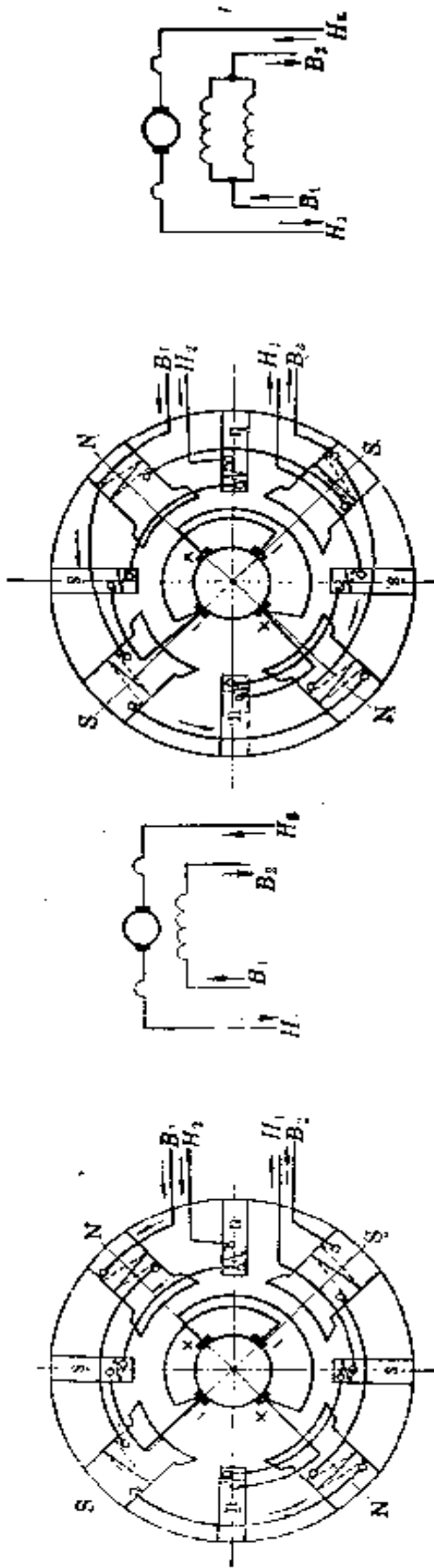
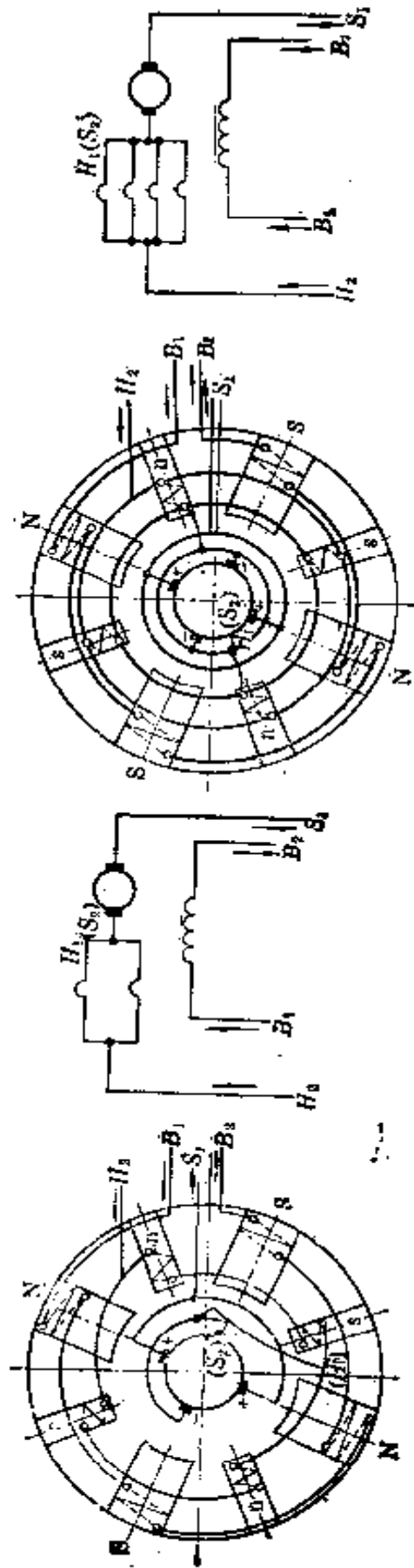


图 4-39 换向极裸铜扁线手工绕制



(a) 单励绕组单路

(b) 并励绕组双路



(c) 换向极绕组双路(双进火)

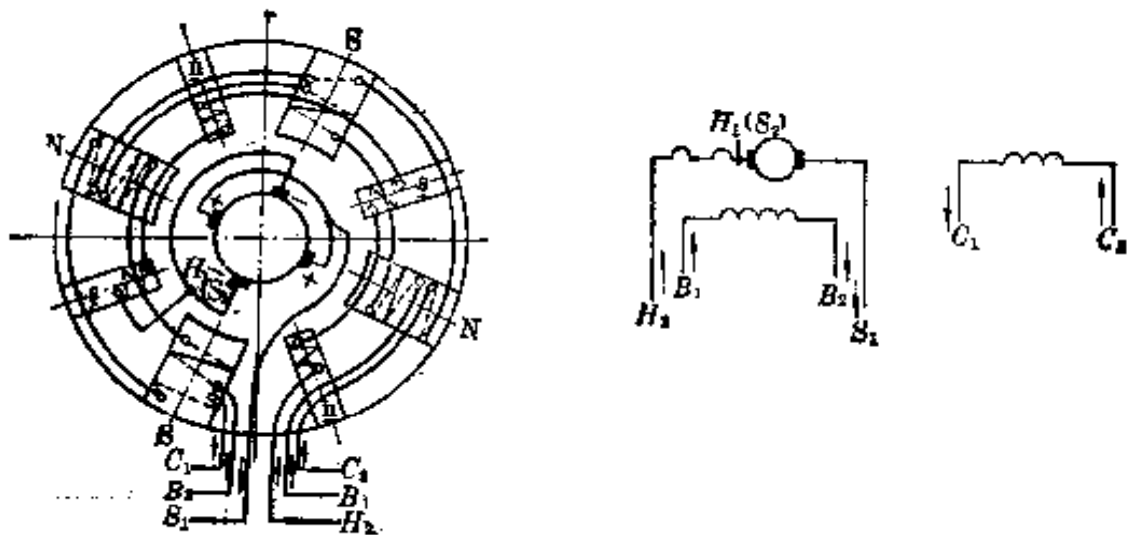
(d) 换向极绕组四路(四进火)

图 4-40 直流并励发电机接线图

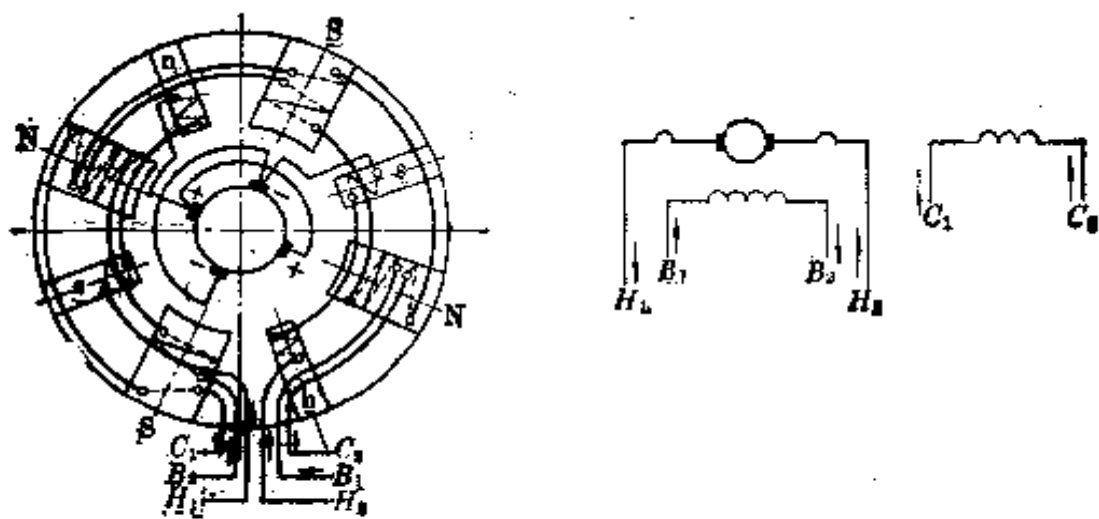
法如图 4-39 所示。把换向极铁芯反向用螺栓固定在铁凳上, 导线首端固定在铁凳上, 用喷灯加热换向极弯角处的导线, 直至紫红色。然后立即放上槽形冲块, 用铁锤敲打冲块的尾部, 并以喷灯继续加热导线, 按裸扁铜线串励绕组的同样绕法, 弯出换向极绕组的第一只直角(弯前衬好绝缘层所需厚度的垫块)。依次绕完最后一圈。把整只绕组进行退火处理, 然后整形去毛刺, 最后在匝间垫上适当绝缘, 用玻璃丝带扎紧。

#### 四、直流电机接线图(Z2 系列)

图 4-40 与 4-41 分别是 Z2 系列直流并励发电机与直流复励发电机接线图。



(a) 换向极绕组全部串联连接



(b) 换向极绕组分为二组

图 4-41 直流复励电机接线图(9、10、11 号三种机座)

九五七六二



## 4-4 换向器的修理

## 一、换向器的结构

换向器主要组成部分是换向片和云母片。它们由套筒和两只 V 形压环套

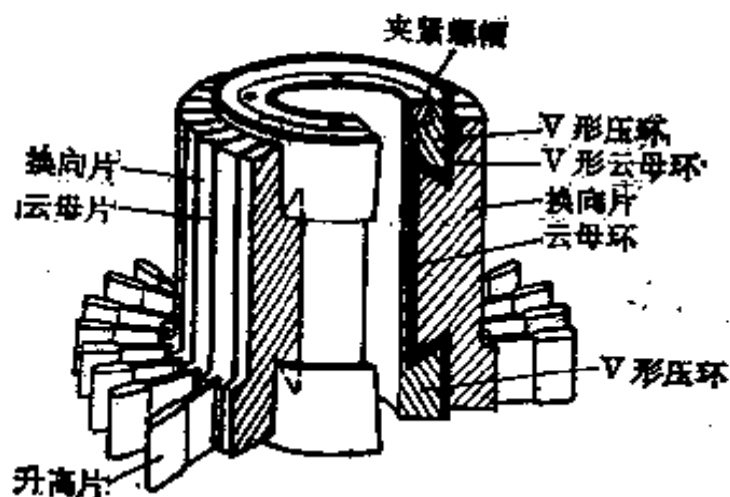


图 4-42 换向器的构造

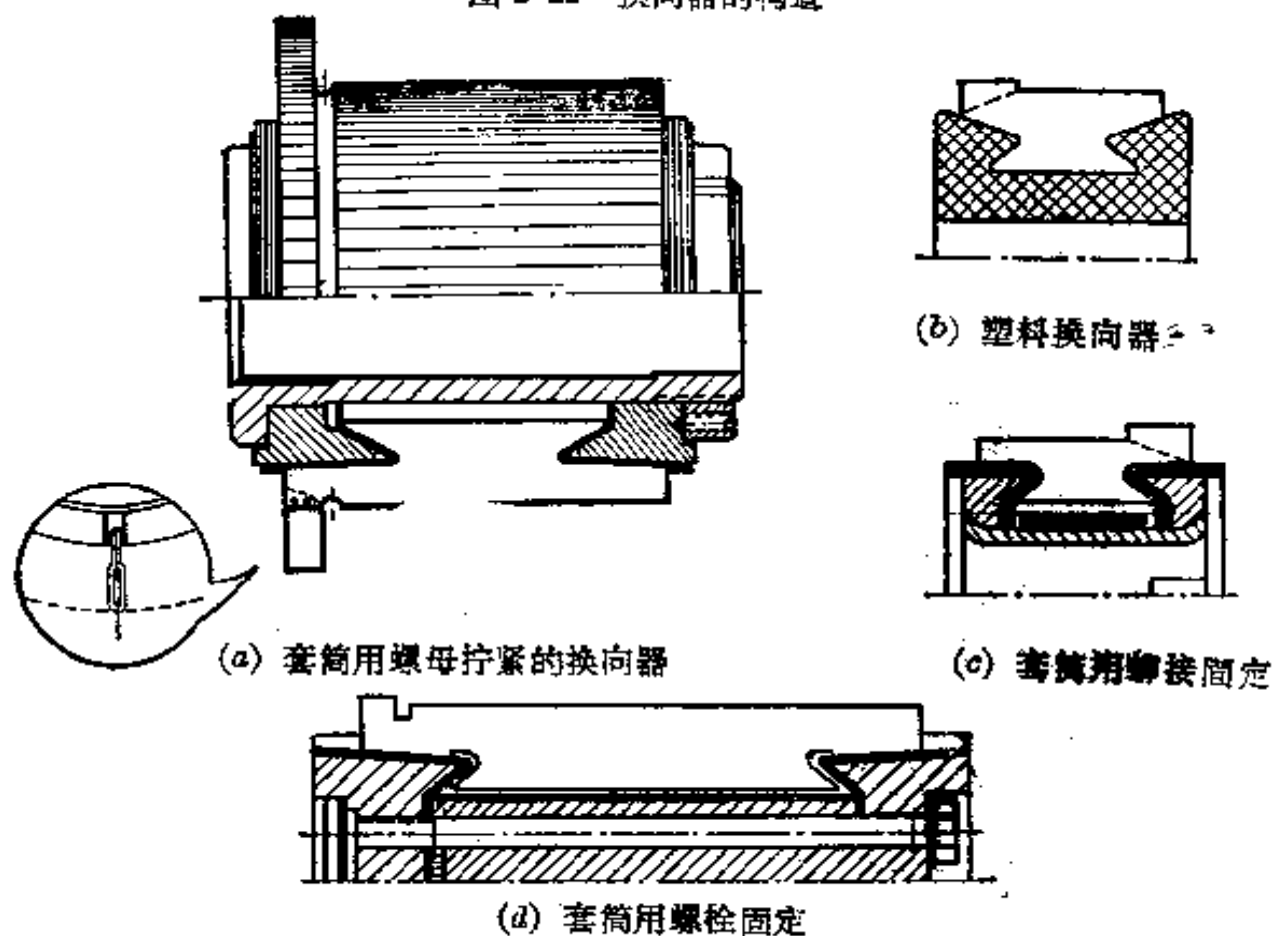


图 4-43 中小型换向器的结构型式

在换向片的 V 形槽口上,把换向片压紧。一般中小型换向器的 V 形压环是用一只螺帽拧紧在套筒上,如图 4-42 所示。大型换向器用螺栓贯穿两环而压紧。有的小型换向器是利用套筒二端铆紧两环,但这种换向器一般修理比较困难。此外,还有塑料换向器,它们的结构型式如图 4-43 所示。

## 二、换向器的故障

1. 换向器片间短路 如果按图 4-18 的方法用毫伏表已找出了电枢的短路处,为了要确定短路故障发生在绕组内还是在换向片之间,应把与换向片相连的绕组线头焊脱开,然后用校验灯检验换向器片间是否短路。如发现片间表面发生短路、火花或烧灼伤痕,一般只要用图 4-44 所示工具刮掉片间短路的金属屑末、电刷粉末、腐蚀性物质及尘污等,直至校验灯检验无短路即可,并用云母粉末或者小块云母加上胶水填补孔洞使其硬化干燥。若上述方法还不能消除片间短路,那末就得拆开换向器,检查其内表面。

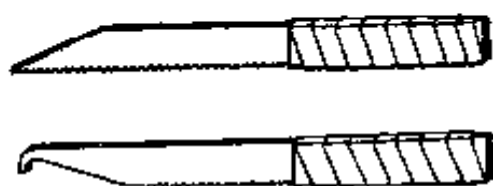


图 4-44 除去损坏云母片的工具

2. 换向器的通地 首先用校验灯或兆欧表检查电枢是否通地,然后确定通地点在何处。用毫伏表法测量换向片电压,电压读数最小的换向片就是电枢通地处。接着把绕组线头拆开,用校验灯分别检验绕组及换向器。若发现换向器的外端面有冒烟、臭味、跳火等通地现象,可用一端磨尖的直径为 1.5~2 毫米的钢丝刮掉尘污等通地物质,然后填补绝缘物,待干燥后用兆欧表测量绝缘电阻。绝缘电阻一般不得小于 10 兆欧。

3. 换向器飞(跳)片与外圆变形 在停车前慢转时(或用手旋转电枢)电刷与换向器接触,观察电刷是否高低跳动。若有跳动说明换向器不圆或有飞片。同时可用千分表测量换向器表面是否有高低不平。如有上述情况,应拆卸电枢,用小榔头轻轻敲换向片,根据发声来检查换向器坚固性。一只坚固的换向器会发出铃声,而松弛的换向器声音发闷如空壳声。然后检查外压环螺帽(栓)是否拧得不够紧,如已拧紧,就应拆卸外压环检查 V 形压环与换向片 V 形槽的角度配合是否准确,机械强度是否可靠,若配合不准,换向器应大修。

4. 升高片的松动和断裂故障 主要是加工时没有用铆钉铆牢或直角处应力强度不够,或因使用年久、过热、或经数次修理根部弯曲损伤以及受外界碰伤所造成的。这种故障一般都可直接仔细观察到,也可用毫伏表法检查。

5. 换向片耐磨检查 为了保持换向片在热态(使用中)外形的稳定性,换向器工作表面的磨损厚度(根据转速及直径大小)一般应留5~10毫米左右的余量。

### 三、换向器的修理

如果换向器需要拆开修理,应先将换向器外圆用一层0.5~1毫米厚弹性纸作衬垫绝缘,再用直径1.2~2毫米钢丝绕一层(间断)箍紧,最好用铁压紧箍。作好压环与换向片间相对位置标记,然后拧松螺帽(如过紧稍加热,约50~70°C后再拧),取出V形压环。如过紧可用小镦头垫层压板均匀地轻敲V形压环的端平面,松动后就可拆下。接着把套筒和另一个V形压环取出。进一步检查换向片间、V形槽表面及V形云母环的故障处,最后根据不同故障分别进行修理。

1. 换向器通地故障的修理 由于V形云母环尖角端在压装时绝缘受损或者金属屑末及污物未清除干净等原因而被击穿通地,一般只要把击穿烧坏处(斑点)、污物等清除干净,然后用虫胶干漆和云母绝缘材料填补烧坏处,再用0.25毫米厚可塑云母板覆贴1~2层,最后加热压入即可。若通地是由于换向片V形角配合不当、压装时绝缘损坏而造成则应重新改制换向片V形角或调换V形压环,或两者都要重新车削、改制或调换。

2. 换向器片间短路故障的修理 由于V形槽车削后,片间金属屑末没清除干净、或受到腐蚀性物质和尘灰等侵入使云母片炭化而使片间短路,修理时,只要把造成短路物质清除干净,待校验灯检验无短路后用云母和绝缘漆填补好小孔,等干燥后就可以装配。

3. 更换1~3片换向片的简易方法 把换向器放在平板上,在发生故障的换向片间作好标记,再用橡胶带把它箍紧,然后拆除钢丝箍或铁箍,用磨成锋口的阔钢锯条的一端插入故障片间,松动后抽出故障换向片,随即插入与该换向片同厚的垫块,然后把好的换向片插入标记的原位。必须注意,需要更换的换向片(升高片、云母片)必须按原来的规格尺寸重新加工成型,并要核对V形槽及其他各部分尺寸是否符合要求,若不符合必须重新修正。换向片换好后,再用铁箍(内垫纸板)将换向片箍紧。把换向器加热到150°C,拧紧螺钉作第一次箍紧,冷却后用校验灯检验片间无短路后,装入套筒和压环,再加热到150°C,拧紧螺帽,最后把铁箍拆除即可。

4. 云母环的简易制造 先将需要调换的云母环稍加热拆除。记录云母厚

度,按照 V 形环的形状剪一个纸样,再按纸样摊平,剪成云母环的缺口云母条,稍加热软化后,覆贴在 V 形环的外斜边,达到原厚度,用一只 0.5~1 毫米厚铁皮箍,将云母板箍牢,再稍加热后,将云母板的缺口部分折入内斜边,将内斜边压模涂上石蜡放入 V 形环内斜面(图 4-45),加热到 80°C 后再用压床压形,待冷却后将内压模取出即可。

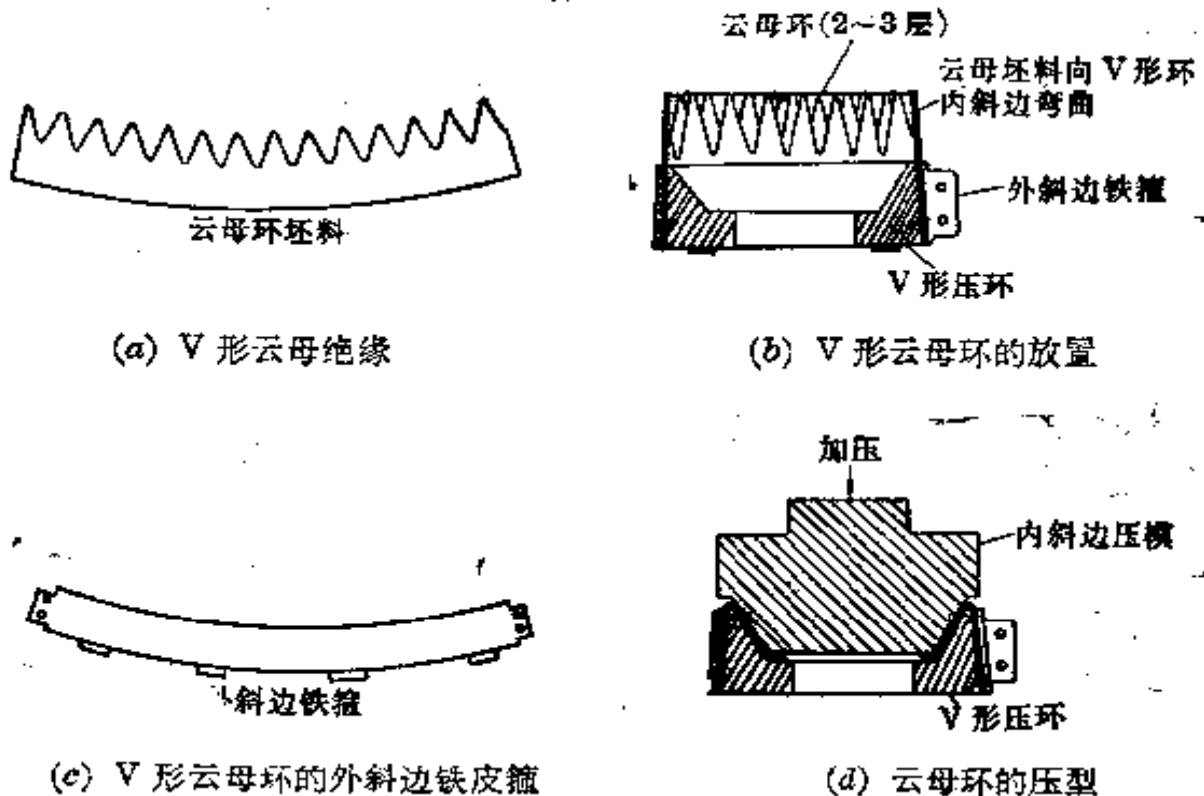


图 4-45 云母环的压型

5. 制造换向片 成批生产的换向片材料是冷拉合金型铜,这种铜硬度高、耐磨性好。如果没有这种材料,一般也可以用冷轧紫铜板代用。加工时,先用刨床把铜块刨成适当尺寸的坯料,再用铣床铣出原倾斜角度和接线槽缝。若只换 1~2 片,原 V 形槽可由钳工按尺寸加工,最后检查是否符合原来的规格尺寸。

#### 四、换向器修复后的一般检查

- (1) 用小锤头轻敲换向片,根据发出声音来判断是否坚固。若发出铃声表明换向器坚固;若发出空壳声,则表明松弛需要重新压紧。
- (2) 用 220 伏校验灯逐片检查片间是否短路。
- (3) 作对地耐压试验,试验电压一般为二倍额定电压再加 1500 伏,时间

为1分钟。

(4) 检查换向片轴线平行度。换向片全长沿轴线偏斜度一般不应超过片间云母片的厚度,否则将影响电机的换向。

## 4-5 直流电机的拆装和试验

### 一、直流电机的拆装

直流电机的拆卸步骤:

- (1) 拆除接于电机的所有接线。
- (2) 拆除换向器端的端盖螺钉、轴承盖螺钉,并取下轴承外盖。
- (3) 打开端盖的通风窗,从刷握中取出电刷,再拆下接到刷杆的连接线。
- (4) 拆卸换向器端的端盖,拆时在端盖边缘垫以木楔,用铁锤沿端盖四周的边缘均匀地敲击,逐渐使端盖止口脱离机座及轴承的外圈,取出刷架。
- (5) 用纸板将换向器包好。
- (6) 拆除轴伸端的端盖螺钉,把连同端盖的电枢从定子内小心地抽出,防止碰毛换向器和碰坏绕组。
- (7) 将连同端盖的电枢放在木架上并包裹好,拆除轴伸端的轴承盖螺钉,取下轴承外盖及端盖。轴承只在损坏情况下方可取下,如无特殊原因,不要拆卸。
- (8) 在拆卸换向极和主极时,注意记录磁极与机座之间的垫片数,修复装配时要把垫片如数垫上,否则将造成气隙的不对称。

注意:一般拆卸时不拆换向器端的高盖,只拆非换向器端的低盖。拆卸时首先把电刷提起,然后把电枢和低盖一起取出。

电机的装配,可按拆卸的相反顺序进行,并按所刻记号校正电刷位置。

### 二、直流电机修复后试验

直流电机经过拆装后,要进行校验,即将电机试运转若干小时,观察电机出力、火花及转速等情况。

1. 装配质量的一般检查 进行试验前,一般先要检查所有紧固螺钉是否拧紧,电机转动是否灵活,换向器光洁与否、是否偏心、是否有高低,电刷牌号是否符合要求,电刷与换向器实际接触面积是否占电刷整个横截面的75%以上,电刷与刷握的间隙是否小于0.15毫米左右,电刷受压力是否均匀适当,电刷能否自由活动等等。最后用万用表检查电机出线端的标记与实际相符否。

2. 确定电刷中性位置 电刷(刷架)中性位置是指,当电机作为空载发电机运转其励磁电流及转速保持不变时,在换向器上测得最大感应电动势时的位置。刷架中性位置的确定直接关系到直流电机的工作特性,这是一项不可缺少的工作。确定刷架中性位置的方法有感应法、正反转发电机法和正反转电动机法三种。

(1) 感应法:这是最常用的一种方法。图4-46中,当电枢静止时,将毫伏表接到相邻两组的电刷上(电刷与换向器接触一定要良好)。励磁绕组通过开关SA接到1.5~3伏的直流电源上。当打开和合上开关时,也就是交替接通和断开励磁绕组的电流,毫伏表指针会左右摆动,这时将刷架顺电机旋转方向或逆电机旋转方向移动,直到毫伏表上指针几乎不动时,这时刷架的位置就是中性位置。

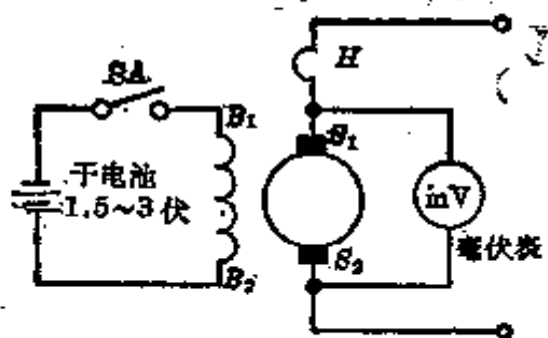


图4-46 感应法确定电刷中性位置

(2) 正反转发电机法:试验时用他励方式。在电机转速、励磁电流及负载都不变的情况下,使电机正转和反转,逐步移动电刷的位置,直到正转与反转电枢端电压都相等时,这时电刷的位置就是中性位置。

(3) 正反转电动机法:对于允许逆转的直流电动机,可用正反转方法测定电刷中性位置。在电动机的外加电压和励磁电流都不变的情况下,空载(或者在负载不变情况下)正、反转,并逐步移动电刷的位置直到正、反转时转速一

致,这时电刷的位置就是中性位置。

3. 绕组绝缘电阻测定 电机额定电压为500伏或500伏以下的,一般可用500伏兆欧表分别测量各绕组对机壳的绝缘,其电阻值不得低于0.5兆欧,对更换过的绕组部分则不应低于5兆欧(指常温时)。其次测量各绕组之间的绝缘情况。如电机出线盒上装有电容则应拆除电容后进行测量。

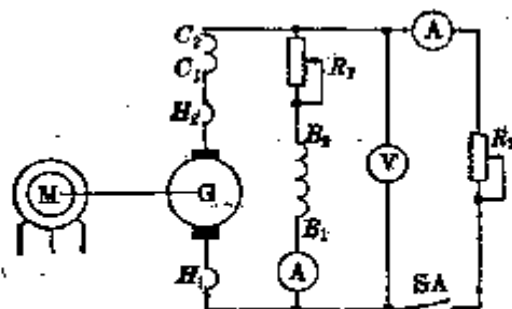
4. 耐压试验 当全部更换绕组修复装配后有条件的话,直流电机往往要做各绕组对机壳及绕组间绝缘强度试验(耐压试验)。耐压值

$$V = 1000 + 2V_n, \text{ 承受1分钟,}$$

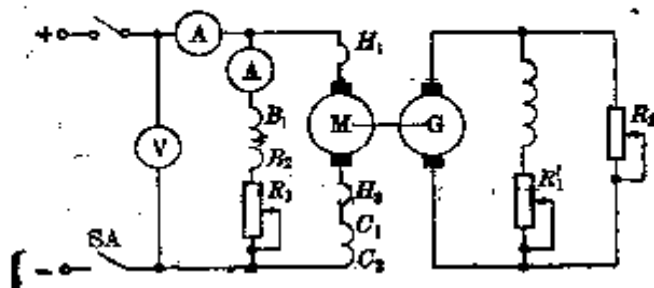
式中:  $V_n$ ——电机额定电压(伏)。

5. 负载试验 修复后的电机一般进行直接负载试验,以便检查电机换向器火花是否在允许范围,转速、输出电压和电流以及温升等是否符合要求。

负载试验的接线方法如图4-47所示。



(a) 发电机直接负载法



(b) 电动机直接负载法

图4-47 负载试验接线方法

试验中如用电阻法测定电机温升,需待电机运转若干小时直到不再有温度变化时(以1小时内绕组及机壳温度升高不到 $0.5^{\circ}\text{C}$ 为标准),停车用电桥

测量铜绕组的试验结束时电阻,按下列公式计算温升值:

$$\Delta t = \frac{R_2 - R_1}{R_1} (2.5 + t_1) + t_1 - t_0$$

式中:  $R_1$ ——冷态时绕组的电阻值(欧);  $R_2$ ——试验结束时的绕组电阻(欧);  
 $t_1$ ——冷态时绕组的温度( $^{\circ}\text{C}$ );  $t_0$ ——试验结束时介质的温度( $^{\circ}\text{C}$ )

如果使用温度计法,所量得的温度是温度计接触点的表面温度,一般其值大小比电阻法约小  $10 \sim 15^{\circ}\text{C}$ (指允许的温升极限值)。

6. 超速试验 超速试验目的是使电机在机械强度方面承受考验。一般在空载状态下,使电机超过额定转速 20% 运转 2 分钟,而机械结构不应有损坏及产生剩余变形。

7. 电枢绕组匝间绝缘强度试验 当电机空载状态下,使电机处于大于额定电压 30% 的过压状态,5 分钟而不击穿(注意允许转速提高,但不得超过额定值 15%)。

如果电机要进行负载(发热)试验,则此项匝间绝缘强度试验应在电机温度接近正常工作温度下进行。

## 4-6 直流电机改压计算

直流电机的额定工作电压一般是一定的,如发电机规定为 115 伏、230 伏等,而电动机规定为 110 伏、220 伏等。由于某种原因直流电机的实际工作电压与电机铭牌上的额定电压不同,在主磁通保持不变的情况下就必须将绕组参数改变一下。例如原为 115 伏的直流发电机在额定转速下,只有改变励磁绕组和电枢绕组才能得到 230 伏的电压。同时为使电机具有良好的换向,因此还要改变换向绕组。由于换向过程的复杂性,在改制过程中应予以特别注意。

绕组的简单重算方法如下:

### 一、电枢绕组计算

#### 1. 电枢绕组总的有效导体根数

$$N_2 = \frac{E_2}{E_1} \cdot \frac{n_2}{n_1} \cdot \frac{a_1}{a_2} \cdot N_1$$

式中:  $N_1$ 、 $N_2$ ——重绕前、后电枢绕组总的有效导体根数;  $E_1$ 、 $E_2$ ——改制



前、后的额定工作电压(伏);  $n_1$ 、 $n_2$ ——改制前、后电机额定转速(转/分);  
 $a_1$ 、 $a_2$ ——改制前、后电枢绕组并联支路对数。

如果保持原来电枢绕组的型式和电机的额定转速, 上式可以简化为

$$N_2 = \frac{E_2}{E_1} \cdot N_1$$

2. 每槽导线根数

$$N_o = \frac{N_2}{z} \quad (\text{应为偶整数})$$

式中:  $z$ ——电枢铁芯的槽数。

3. 每个电枢绕组元件的匝数

$$N_g = \frac{N_o}{2}$$

4. 每槽元件数

$$u = \frac{k}{z}$$

式中:  $k$ ——换向片数。

5. 导线截面

$$S_2 = \frac{P_e}{E_2} \cdot \frac{S_1}{I_{e1}} = \frac{E_1}{E_2} \cdot S_1$$

式中:  $P_e$ ——额定功率(瓦);  $S_1$ ——原来电枢绕组导体截面积(毫米<sup>2</sup>);  
 $I_{e1}$ ——原来电机额定电流(安)。

## 二、换向极绕组计算

换向极在直流电机的计算中是比较复杂的, 往往不能得到很理想的结果, 这个问题在电机改制中也同样会反映出来。如果改制后发现换向不理想, 还可根据具体情况调整换向极的气隙。

1. 换向极绕组匝数

$$W_{H2} = \frac{E_2}{E_1} \cdot \frac{a_{H2}}{a_{H1}} W_{H1}$$

式中:  $a_{H1}$ ——原来换向极绕组并联支路对数;  $a_{H2}$ ——改制后换向极绕组并联支路对数;  $W_{H1}$ ——原来换向极绕组匝数。

2. 如果不知原来换向板绕组匝数,可直接按下式计算

$$W_B = 1.15 \sim 1.3 \frac{N_1}{8ap}$$

式中:  $p$ ——极对数。

3. 绕组导线截面积

$$S_{B2} = \frac{p_0}{E_2} \frac{S_{B1}}{l_{a1}}$$

或

$$S_{B2} = \frac{E_1}{E_2} S_{B1}$$

式中:  $S_{B1}$ ——原来换向极绕组导线截面积。

### 三、并励绕组计算

并励绕组与电枢绕组是并联的,如果电机电压改变,那末并励绕组两端电压也变化,这样,励磁电流的改变将引起主磁通量的变化。为了维持主磁通不变,所以要改绕并励绕组,改变其匝数和截面积。

1. 导线截面积

$$S_{B2} = \frac{E_1}{E_2} \cdot S_{B1}$$

式中:  $S_{B1}$ ——原来并励绕组导线截面积。

2. 绕组匝数

$$W_{B2} = \frac{S_{B1}}{S_{B2}} W_{B1}$$

式中:  $W_{B1}$ ——原来绕组的匝数。

对于他励绕组因由另外电源供电,与改压没有直接关系,所以主磁通量基本不大变化,原来他励绕组仍可使用。

## 4-7 直流电机的技术数据

### 一、Z2 系列直流电机的技术数据

Z2 系列直流电机的主要技术性能数据如表 4-9、表 4-10 所示。

表 4-9 Z2 系列

机座号	序号	功率 (千瓦)	电压 (伏)	电流 (安)	额定转速 (转/分)	励磁方式	电 枢								
							外 径	内 径	长 度	槽 数	槽 形	每元件匝数	总导线数	支路数	槽节距
11	1	0.8	110	9.96	3000	并	83	22	65	14	梨	6	672	2	1~5
	2		220	4.85					70			12	1344		
	3	0.4	110	5.35	1500	并	83	22	65	14	梨	11	1232	2	1~5
	4		220	2.68					90			22	2464		
12	1	1.1	110	12.9	3000	并	83	22	65	14	梨	4 <sup>2</sup> / <sub>4</sub>	504	2	1~5
	2		220	6.41					90			9	1008		
	3	0.6	110	7.68	1500	并	83	22	65	14	梨	8	896	2	1~5
	4		220	3.82					90			16	1792		
21	1	1.5	110	17.5	3000	并	106	30	65	18	梨	3 <sup>2</sup> / <sub>4</sub>	504	2	1~10
	2		220	8.64					7			1008			
	3	0.8	110	9.84	1500	并	106	30	65	18	梨	6 <sup>2</sup> / <sub>4</sub>	900	2	1~10
	4		220	4.92					12 <sup>2</sup> / <sub>4</sub>			1800			
	5	0.4	110	5.51	1000	并	106	30	65	18	梨	9	1296	2	1~10
	6		220	2.755					18			2592			
	7	1.1	115	9.57	2850	复	106	30	65	18	梨	4 <sup>2</sup> / <sub>4</sub>	684	2	1~10
	8		230	4.78					9 <sup>2</sup> / <sub>4</sub>			1368			
	9	1.1	110/160	8.15	2850	并	106	30	65	18	梨	6	864	2	1~10
	10		220/320	4.07					12			1728			
	11	0.6	110/160	4.44	1450	并	106	30	65	18	梨	12	1728	2	1~10
	12		220/320	2.22					24			3456			

直流电机的技术数据

换向器					主极					换向极							
外径 (毫米)	长度 (毫米)	换向片数	换向器节距	每杆电刷数	电刷 D104 $b_1/l_1$	极数	极身宽度 (毫米)	极长 (毫米)	气隙 (毫米)	每极数		并励绕组 额定磁流 (安)	极数	极身长度 (毫米)	极宽 (毫米)	气隙 (毫米)	每极匝数
										串	并						
62	42	56	1~30	2	10/12.5	2	38	65	0.7	12	1650	0.469	1	50	20	1.5	127
								90		24	3450	0.234		258			
62	42	56	1~30	2	10/12.5	2	38	65	0.7	30	2040	0.347	1	50	20	1.5	240
								90		72	3800	0.1825		480			
62	42	56	1~30	2	10/12.5	2	38	65	0.7	10	1350	0.565	1	50	20	1.5	93
								90		20	2750	0.28		192			
62	42	56	1~30	2	10/12.5	2	38	65	0.7	20	1600	0.535	1	50	20	1.5	172
								90		34	3140	0.28		345			
82	45	72	±1	2	10/12.5	2	48	65	0.8	8	1800	0.55	1	50	20	1.5	98
	45									16	3700	0.278					196
82	45	72	±1	2	10/12.5	2	48	65	0.8	18	1940	0.582	1	50	20	1.5	176
	45									40	3700	0.3085					352
82	45	72	±1	2	10/12.5	2	48	65	0.8	32	2050	0.528	1	50	20	1.5	256
	45									64	3850	0.304					505
82	45	72	±1	2	10/12.5	2	48	65	0.8	38	1820	0.385	1	50	20	1.5	132
	45									72	3200	0.217					264
82	45	72	±1	2	10/12.5	2	48	65	0.8		2500	0.344/ 0.515	1	50	20	1.5	166
	45										4500	0.1847/ 0.2765					332
82	45	72	±1	2	10/12.5	2	48	65	0.8		2450	0.461/ 0.713	1	50	20	1.5	332
	45										4750	0.232/ 0.36					665

机座号	序号	功率(千瓦)	电压(伏)	电流(安)	额定转速(转/分)	励磁方式	电 枢								
							外径	内径	长度	槽数	槽形	每元件匝数	总导线数	支路数	槽节距
22	1	2.2	110	24.7	3000	并	106	30	90	18	梨	2 <sup>2</sup> / <sub>4</sub>	360	2	1~10
	2		220	12.35								5	720		
	3	1.1	110	13	1500	并	106	30	90	18	梨	4 <sup>2</sup> / <sub>4</sub>	648	2	1~10
	4		220	6.5								9	1296		
	5	0.6	110	7.68	1000	并	106	30	90	18	梨	6 <sup>2</sup> / <sub>4</sub>	972	2	1~10
	6		220	3.79								13 <sup>2</sup> / <sub>4</sub>	1944		
	7	1.7	115	14.8	2850	复	106	30	90	18	梨	3 <sup>2</sup> / <sub>4</sub>	504	2	1~10
	8		230	7.39								6 <sup>2</sup> / <sub>4</sub>	972		
	9	0.8	115	6.95	1450	复	106	30	90	18	梨	7 <sup>2</sup> / <sub>4</sub>	1044	2	1~10
	10		230	3.48								14 <sup>2</sup> / <sub>4</sub>	2088		
	11	1.5	110/ 160	11.1	2850	并	106	30	90	18	梨	4 <sup>2</sup> / <sub>4</sub>	612	2	1~10
	12		220/ 320	5.56								8 <sup>2</sup> / <sub>4</sub>	1224		
	13	0.8	110/ 160	5.92	1450	并	106	30	90	18	梨	9	1296	2	1~10
	14		220/ 320	2.96								18	2592		
	15	0.8	230	3.48	1450	他	106	30	90	18	梨	14 <sup>2</sup> / <sub>4</sub>	2088	2	1~10
31	1	3	110	33.2	3000	并	120	30	75	18	梨	2 <sup>2</sup> / <sub>4</sub>	360	2	1~10
	2		220	16.52								5	720		
	3	1.5	110	17.6	1500	并	120	30	75	18	梨	4 <sup>2</sup> / <sub>4</sub>	648	2	1~10
	4		220	8.7								9 <sup>2</sup> / <sub>4</sub>	1336		

(续表)

换向器					主极					换向极							
外径 (毫米)	长度 (毫米)	换向片数	换向器节距	每杆电刷数	电刷 D104 $b_b/l_b$	极数	极身宽度(毫米)	极长(毫米)	气隙(毫米)	每极匝数		励磁绕组 额定磁流 (安)	极数	极身长度(毫米)	极宽(毫米)	气隙(毫米)	每极匝数
										串	并						
82	45	72	±1	2	10/12.5	2	48	90	0.8	8	1500	0.70	1	75	20	1.5	64
	20									3000	0.3485	128					
82	45	72	±1	2	10/12.5	2	48	90	0.8	14	1600	0.8	1	75	20	1.5	116
	24									3000	0.458	230					
82	45	72	±1	2	10/12.5	2	48	90	0.8	20	1840	0.58	1	75	20	1.5	174
	40									3600	0.314	348					
82	45	72	±1	2	10/12.5	2	48	90	0.8	22	1400	0.503	1	75	20	1.5	90
	42									2900	0.268	174					
82	45	72	±1	2	10/12.5	2	48	90	0.8	65	1600	0.395	1	75	20	1.5	186
	125									3000	0.209	370					
82	45	72	±1	2	10/12.5	2	48	90	0.8	20	500	0.439/ 0.673	1	75	20	1.5	108
	40									500	0.22/ 0.322	220					
82	45	72	±1	2	10/12.5	2	48	90	0.8	21	500	0.442/ 0.607	1	75	20	1.5	230
	48									800	0.1917/ 0.2665	460					
82	45	72	±1	2	10/12.5	2	48	90	0.8	32	200	0.308	1	75	20	1.5	370
	32									200	0.308	370					
82	45	72	±1	2	10/12.5	2	58	75	1.0	11	1560	0.721	1	55	25	1.5	67
	22									3120	0.376	130					
82	45	72	±1	2	10/12.5	2	58	75	1.0	12	1550	0.931	1	55	25	1.5	120
	30									3160	0.424	240					

机座号	序号	功率(千瓦)	电压(伏)	电流(安)	额定转速(转/分)	励磁方式	电 枢									
							外径	内径	长度	槽数	槽形	每元件匝数	总导线数	支路数	槽节距	
																(毫米)
31	5	0.8	110	10	1000	并	120	30	75	18	梨	6 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	972	2	1~10	
	6		220	4.95								13 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1980			
	7	0.6	110	7.91	750	并	120	30	75	18	梨	8 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1224	2	1~10	
	8		220	3.9								17 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	2484			
	9	2.4	115	20.85	2850	复	120	30	75	18	梨	3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	468	2	1~10	
	10		230	10.42								6 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	936			
	11	1.1	115	9.56	1450	复	120	30	75	18	梨	6 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	972	2	1~10	
	12		230	4.78								13	1872			
	13	2.2	110/160	16.3	2850	并	120	30	75	18	梨	4 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	612	2	1~10	
	14		220/320	8.15								8 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1224			
	15	1.1	110/160	8.15	1450	并	120	30	75	18	梨	8 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1260	2	1~10	
	16		220/320	4.075								17	2448			
	17	1.1	230	4.78	1450	他	120	30	75	18	梨	13	1872	2	1~10	
	32	1	4	110	43.8	3000	并	120	30	105	18	梨	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	252	2	1~10
		2		220	21.65								3 <sup>2</sup> / <sub>4</sub>	504		
		3	2.2	110	25	1500	并	120	30	105	18	梨	3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	468	2	1~10
		4		220	12.35								6 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	972		
5		1.1	110	13.33	1000	并	120	30	105	18	梨	5	720	2	1~10	
6			220	6.58								9 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1404			
7		0.8	110	10	750	并	120	30	105	18	梨	6 <sup>2</sup> / <sub>4</sub>	936	2	1~10	
8			220	4.95								13	1872			

(续表)

换向器					主极					换向极							
外径 (毫米)	长度 (毫米)	换向片数	换向器节距	每杆电刷数	电刷 D172 $b_0/l_0$	极数	极身宽度 (毫米)	极长 (毫米)	气隙 (毫米)	每极数		励磁绕组 并绕额定 励磁电流 (安)	极数	极身长度 (毫米)	极宽 (毫米)	气隙 (毫米)	每极匝数
										串	并						
82	45	72	±1	2	10/12.5	2	58	75	1.0	16	1630	0.794	1	55	25	1.5	175
	36									2160	0.397	360					
82	45	72	±1	2	10/12.5	2	58	75	1.0	20	1740	0.81	1	55	25	1.5	220
	40									3520	0.386	445					
82	45	72	±1	2	10/12.5	2	58	75	1.0	24	1310	0.716	1	55	25	1.5	84
	40									2940	0.334	168					
82	45	72	±1	2	10/12.5	2	58	75	1.0	64	1600	0.54	1	55	25	1.5	175
	118									3100	0.308	336					
82	45	72	±1	2	10/12.5	2	58	75	1.0	2110	0.519/ 0.79	1	55	25	1.5	110	
	4050									0.269/ 0.379	220						
82	45	72	±1	2	10/12.5	2	58	75	1.0	2280	0.52/ 0.711	1	55	25	1.5	227	
	4200									0.204/ 0.428	445						
82	45	72	±1	2	10/12.5	2	58	75	1.0	3480	0.408	1	55	25	1.5	336	
82	62	72	±1	3	10/12.5	2	58	105	1.0	12	1250	0.885	1	85	25	1.5	46
	26									2540	0.427	91					
82	45	72	±1	2	10/12.5	3	58	105	1.0	10	1350	1.185	1	85	25	1.5	84
	24									2940	0.414	174					
82	45	72	±1	2	10/12.5	2	58	105	1.0	14	1680	0.75	1	85	25	1.5	130
	27									3360	0.448	252					
82	45	72	±1	2	10/12.5	2	58	105	1.0	20	1680	0.747	1	85	25	1.5	168
	40									3640	0.367	336					



机座号	序号	功率(千瓦)	电压(伏)	电流(安)	额定转速(转分)	励磁方式	电 枢								
							外径	内径	长度	槽数	槽形	每元件匝数	总导线数	支路数	槽节距
							(毫米)								
32	9	3.2	115	27.8	2850	复	120	30	105	18	梨	2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	324	2	1~10
	10		230	13.9								4 <sup>2</sup> / <sub>4</sub>	648		
	11	1.7	115	14.8	1450	复	120	30	105	18	梨	4 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	684	2	1~10
	12		230	7.4								9 <sup>2</sup> / <sub>4</sub>	1368		
	13	3	110/160	22.2	2850	并	120	30	105	18	梨	3	432	2	1~10
	14		220/320	11.1								6	864		
	15	1.5	110/160	11.1	1450	并	120	30	105	18	梨	6	864	2	1~10
	16		220/320	5.55								12	1728		
	17	1.7	230	7.4	1450	他	120	30	105	18	梨	9 <sup>2</sup> / <sub>4</sub>	1368	2	1~10
	41	1	5.5	110	60.6	3000	并	138	45	85	27	梨	1 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>	270	2
2		220		30.3	3 <sup>1</sup> / <sub>3</sub>								540		
3		3	110	34	1500	并	138	45	85	27	梨	3	486	2	1~8
4			220	17								6	972		
5		1.5	110	17.8	1000	并	138	45	85	27	梨	4 <sup>1</sup> / <sub>3</sub>	702	2	1~8
6			220	8.9								8 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>	1404		
7		1.1	110	13.8	750	并	138	45	85	27	梨	5 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>	918	2	1~8
8			220	6.9								11 <sup>1</sup> / <sub>3</sub>	1836		
9		4.2	115	36.5	2850	复	138	45	85	27	梨	2	324	2	1~8
10			230	18.25								4 <sup>1</sup> / <sub>3</sub>	702		

(续表)

换 向 器						主 极						换 向 极					
外 径 (毫米)	长 度 (毫米)	换 向 片 数	换 向 器 节 距	每 杆 电 刷 数	电 刷 D172 $b_c/l_b$	极 数	极 身 宽 度 (毫米)	极 长 (毫米)	气 隙 (毫米)	每 极 数		并 励 组 定 磁 流 并 励 额 定 电 流 (安)	极 数	极 身 长 度 (毫米)	极 宽 (毫米)	气 隙 (毫米)	每 极 匝 数
										串	并						
82	45	72	±1	2	10/12.5	2	58	105	1.0	14	1050	1.08	1	85	25	1.5	59
	24									2200	0.521	117					
82	45	72	±1	2	10/12.5	2	58	105	1.0	44	1130	0.811	1	85	25	1.5	125
	90									2540	0.353	252					
82	45	72	±1	2	10/12.5	2	58	105	1.0	2000	0.56/ 0.810	1	85	25	1.5	77	
	3700									0.297/ 0.438	158						
82	45	72	±1	2	10/12.5	2	58	105	1.0	1900	0.647/ 0.955	1	85	25	1.5	156	
	3600									0.331/ 0.489	312						
82	45	72	±1	2	10/12.5	2	58	105	1.0	2830	0.505	1	85	25	1.5	252	
100	46	81	1~41	2	10/12.5	4	42	85	1.0	4	935	0.88	4	65	20	1.5	20
	7									1800	0.488	40					
100	46	81	1~41	2	10/12.5	4	42	85	1.0	5	1040	1.051	4	65	20	1.5	37
	12									1790	0.6074	74					
100	32	81	1~41	2	10/12.5	4	42	85	1.0	4	1100	1.114	4	65	20	1.5	54
	7									2120	0.591	105					
100	32	81	1~41	2	10/12.5	4	42	85	1.0	6	1040	1.1	4	65	20	1.5	70
	10									2120	0.555	138					
100	46	81	1~41	2	10/12.5	4	42	85	1.0	7	780	1.215	4	65	20	1.5	25
	12									1460	0.51	54					

机座号	序号	功率(千瓦)	电压(伏)	电流(安)	额定转速(转/分)	励磁方式	电 枢								
							外径	内径	长度	槽数	槽形	每元件匝数	总导线数	支路数	槽节距
							(毫米)								
41	11	2.4	115	20.9	1450	复	138	45	85	27	梨	4 <sup>1</sup> / <sub>3</sub>	702	2	1~8
	12		230	10.45								8 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>	1404		
	13	4	110/160	29.6	2850	并	138	45	85	27	梨	2 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>	432	2	1~8
	14		220/320	14.8								5 <sup>1</sup> / <sub>3</sub>	864		
	15	2.2	110/160	16.3	1450	并	138	45	85	27	梨	5 <sup>1</sup> / <sub>3</sub>	864	2	1~8
	16		220/320	8.15								11	1782		
17	2.4	230	10.45	1450	他	138	45	85	27	梨	8 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>	1404	2	1~8	
42	1	7.5	110	81.6	3000	并	138	45	110	27	梨	1 <sup>1</sup> / <sub>3</sub>	216	2	1~8
	2		220	40.8								2 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>	432		
	3	4	110	44.6	1500	并	138	45	110	27	梨	2 <sup>1</sup> / <sub>3</sub>	378	2	1~8
	4		220	22.3								2 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>	756		
	5	2.2	110	25.32	1000	并	138	45	110	27	梨	3 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>	540	2	1~8
	6		220	12.66								6 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>	1080		
	7	1.5	110	18.2	750	并	138	45	110	27	梨	4 <sup>1</sup> / <sub>3</sub>	702	2	1~8
	8		220	9.16								8 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>	1404		
	9	6	115	52.2	2850	复	138	45	110	27	梨	1 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>	270	2	1~8
	10		230	26.1								3 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>	540		
	11	3.2	115	27.8	1450	复	138	45	110	27	梨	3 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>	540	2	1~8
	12		230	13.9								6 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>	1080		
	13	5.5	110/160	40.75	2850	并	138	45	110	27	梨	2	324	2	1~8
	14		220/320	20.35								4	648		
	15	3	110/160	22.2	1450	并	138	45	110	27	梨	4	648	2	1~8
	16		220/320	11.1								8	1296		

(续表)

换向器					主极					换向极							
外径 (毫米)	长度 (毫米)	换向片数	换向器节距	每杆电刷数	电刷 D172 $b_0/l_0$	极数	极身宽度 (毫米)	极长 (毫米)	气隙 (毫米)	每极数		励磁绕组 额定磁流 (安)	极数	极身长度 (毫米)	极宽 (毫米)	气隙 (毫米)	每极匝数
										串	并						
100	32		1~41	1	10/12.5	4	42	85	1.0	20	695	1.073	4	65	20	1.5	104
	42			1460						0.495	105						
100	46		1~41	2	10/12.5	4	42	85	1.0		1040	1.26	4	65	20	1.5	33
				2180						0.576	65						
100	32		1~41	1	10/12.5	4	42	85	1.0		1100	1.347	4	65	20	1.5	65
				2050						0.636	134						
100	32		1~41	1	10/12.5	4	42	85	1.0		1780	0.624	4	65	20	1.5	105
											105						
100	62	81	1~41	3	10/12.5	4	42	110	1.0	2	790	1.09	4	90	20	1.5	16
	46									3	1460	0.641					33
100	46	81	1~41	2	10/12.5	4	42	110	1.0	3	760	1.528	5	90	20	1.5	29
	32									6	1570	0.77					58
100	32	81	1~41	1	10/12.5	4	42	110	1.0	3	825	1.56	4	90	20	1.5	41
	32									8	1770	0.726					82
100	32	81	1~41	1	10/12.5	4	42	110	1.0	3	825	1.58	4	90	20	1.5	54
	32									5	1640	0.816					106
100	32	81	1~41	2	10/12.5	4	42	110	1.0	5	630	1.273	4	90	20	1.5	21
	32									10	1290	0.583					41
100	46	81	1~41	1	10/12.5	4	42	110	1.0	15	665	1.138	4	90	20	1.5	41
	32									21	1330	0.555					82
100	46	81	1~41	2	10/12.5	4	42	110	1.0		900	1.672	4	90	20	1.5	25
	32										1820	0.765					50
100	32	81	1~41	1	10/12.5	4	42	110	1.0		885	1.837	4	90	20	1.5	50
	32										1700	0.938					96

机座号	序号	功率(千瓦)	电压(伏)	电流(安)	额定转速(转/分)	励磁方式	电			极					
							外径	内径	长度	槽数	槽形	每元件匝数	总导线数	支路数	槽节距
42	17	3.2	230	13.9	1450	他	138	45	110	27	梨	6 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>	1080	2	1~8
	1	10	220	53.8	3000	并	162	55	90	31	梨	2	372	2	1~9
		2	5.5	110	60.5	1500						并	2		
	3	5.5	220	30.3	1500	并	162	55	90	31	梨	4	744	2	1~9
		4	3	110	34.3	1000						并	3		
	5	3	220	17.2	1000	并	162	55	90	31	梨	5 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>	1054	2	1~9
		6	2.2	110	26.3	750						并	3 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>		
	7	2.2	220	13.15	750	并	162	55	90	31	梨	7 <sup>1</sup> / <sub>3</sub>	1364	2	1~9
		8	8.5	115	74	2850						复	1 <sup>1</sup> / <sub>3</sub>		
	9	8.5	230	37	2850	复	162	55	90	31	梨	2 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>	496	2	1~9
		10	4.2	115	36.5	1450						复	2 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>		
	11	4.2	230	18.25	1450	复	162	55	90	31	梨	5 <sup>1</sup> / <sub>3</sub>	992	2	1~9
		12	7.5	110/ 160	55.6/ 49.6	2850						并	1 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>		
	13	7.5	220/ 320	27.8/ 23.4	2850	并	162	55	90	31	梨	3 <sup>1</sup> / <sub>3</sub>	620	2	1~9
		14	4	110/ 160	39.6/ 25	1450						并	3 <sup>1</sup> / <sub>3</sub>		
	15	4	220/ 320	14.8/ 12.5	1450	并	162	55	90	31	梨	6 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>	1240	2	1~9
		16	4.2	230	18.25	1450						他	5 <sup>1</sup> / <sub>3</sub>		
52	1	13	220	68.7	3000	并	162	55	130	31	梨	1 <sup>1</sup> / <sub>3</sub>	248	2	1~9
	2	7.5	110	82.2	1500							1 <sup>1</sup> / <sub>3</sub>	248		
	3	7.5	220	41.1	1500	并	162	55	130	31	梨	2 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>	496	2	1~9
		4	4	110	45.2							1000	2		
	5	4	220	32.6	1000	并	162	55	130	31	梨	4	744	2	1~9
		6	3	110	35							750	2 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>		

(续表)

换向器					主极						换向极						
外径 (毫米)	长度 (毫米)	换向片数	换向器节距	每杆电刷数	电刷 D172 $b_5/b_6$	极数	极身宽度 (毫米)	极长 (毫米)	气隙 (毫米)	每极数		励磁绕组 额定电流 (安)	极数	极身长度 (毫米)	极宽 (毫米)	气隙 (毫米)	每极匝数
										串	并						
100	32	81	1~41	1	10/12.5	4	42	110	1.0		1340	0.821	4	90	20	1.5	82
125	48	93	1~47	2	10/12.5	4	50	90	1.2	5	1460	1.01	4	65	20	1.7	23
	2			4						910	1.4	28					
125	32	93	1~47	1	10/12.5	4	50	90	1.2	8	1780	0.75	4	65	20	1.7	57
	2			6						1060	1.134	43					
125	32	93	1~47	1	10/12.5	4	50	90	1.2	8	2040	0.75	4	65	20	1.7	81
	1			6						1120	1.34	52					
125	32	93	1~47	1	10/12.5	4	50	90	1.2	10	2160	0.734	4	65	20	1.7	104
	3			5						750	1.425	19					
125	48	93	1~47	3	10/12.5	4	50	90	1.2	9	1320	0.83	4	65	20	1.7	38
	2			16						750	1.35	38					
125	32	93	1~47	1	10/12.5	4	50	90	1.2	29	1480	0.683	4	65	20	1.7	76
	2									1000	1.23/ 1.785	24					
125	32	93	1~47	1	10/12.5	4	50	90	1.2		1920	0.625/ 0.917	4	65	20	1.7	47
	2									1080	1.25/ 1.875	47					
125	32	93	1~47	1	10/12.5	4	50	90	1.2		2120	0.618/ 0.892	4	65	20	1.7	94
	1									1430	1.045	76					
125	65	93	1~47	3	10/12.5	4	50	130	1.2	2	1180	1.658	4	105	20	1.7	19
	3			2						720	2.195	19					
125	48	93	1~47	2	10/12.5	4	50	130	1.2	4	1390	1.176	4	105	20	1.7	38
	2			3						720	2.07	28					
125	32	93	1~47	1	10/12.5	4	50	130	1.2	7	1460	1.04	4	105	20	1.7	57
	2			4						880	1.563	38					

机座号	序号	功率(千瓦)	电压(伏)	电流(安)	额定转速(转/分)	励磁方式	电 枢									
							外径	内径	长度	槽数	槽形	每元件匝数	总导线数	支路数	槽节距	
																(毫米)
52	7	3	220	17.5	750	并复	162	55	130	31	梨	5 <sup>1</sup> / <sub>3</sub>	992	3	1~9	
	8	11	230	47.8	2850							2	372			
	9	6	115	52.2	1450	复	162	55	130	31	梨	2	372	3	1~9	
	10	6	230	26.1	1450							4	744			
	11	10	110/160	74/62.5	2850	并	162	55	130	31	梨	1 <sup>1</sup> / <sub>3</sub>	248	3	1~9	
	12	10	220/320	37/31.25	2850							2 <sup>1</sup> / <sub>3</sub>	496			
	13	5.5	110/160	40.7/34.4	1450	并	162	55	130	31	梨	2 <sup>1</sup> / <sub>3</sub>	496	2	1~9	
	14	5.5	220/320	20.4/17.18	1450							4 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>	864			
	15	6	230	26.1	1450	他	162	55	130	31	梨	4	744	2	1~9	
	61	1	17	220	88.9	3000	并	195	55	95	31	梨	1 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>	310	2	1~9
		2	10	110	107.6	1500							1 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>	310		
		3	10	220	53.8	1500	并	195	55	95	31	梨	3	558	2	1~9
		4	5.5	110	60.6	1000							2 <sup>1</sup> / <sub>3</sub>	432		
		5	5.5	220	30.3	1000	并	195	55	95	31	梨	4 <sup>1</sup> / <sub>3</sub>	806	2	1~9
		6	4	110	46.4	750							3	558		
7		4	220	23.2	750	并复	195	55	95	31	梨	6	1116	2	1~9	
8		4	230	61	2850							2	372			
9		8.5	115	74	1450	复	195	55	95	31	梨	2	372	2	1~9	
10		8.5	230	37	1450							4 <sup>1</sup> / <sub>3</sub>	806			
11		13	220/320	48.1/40.6	2850	并	195	55	95	31	梨	2 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>	496	2	1~9	
12		7.5	110/160	55.6/46.9	1450							2 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>	496			
13		7.5	220/320	27.8/23.4	1450	并	195	55	95	31	梨	5 <sup>1</sup> / <sub>3</sub>	992	2	1~9	
14		8.5	230	37	1450							他	4 <sup>1</sup> / <sub>3</sub>			806

(续表)

换向器					主极					换向极							
外径 (毫米)	长度 (毫米)	换向片数	换向器节距	每杆电刷数	电刷 D172 $b_0/b_1$	极数	极身宽度 (毫米)	极长 (毫米)	气隙 (毫米)	每极数		励磁绕组 额定磁流 (安)	极数	极身长度 (毫米)	极宽 (毫米)	气隙 (毫米)	每极匝数
										串	并						
125	32	93	1~47	1	10/12.5	4	50	130	1.2	8	1680	0.80	4	105	20	1.7	76
	4									1100	0.85	28					
125	48	93	1~47	2	10/12.5	4	50	130	1.2	7	610	1.436	4	105	20	1.7	28
	14									1220	0.741	57					
125	65	93	1~47	3	10/12.5	4	50	130	1.2		780	1.166/ 1.565	4	105	20	1.7	19
	1560									0.718/ 1.064	33						
125	48	93	1~47	2	10/12.5	4	50	130	1.2		880	1.42/ 2.07	4	105	20	1.7	33
	1530									0.804/ 1.17	66						
125	32	93	1~47	1	10/12.5	4	50	130	1.2		1100	1.11	4	105	20	1.7	57
125	80	93	1~47	4	10/12.5	4	58	95	1.5	4	1460	1.123	4	70	25	2.5	24
	4									930	1.447	24					
125	48	93	1~47	2	10/12.5	4	58	95	1.5	6	1800	1.178	4	70	25	2.5	44
	5									950	1.718	33					
125	48	93	1~47	2	10/12.5	4	58	95	1.5	10	1800	1.282	4	70	25	2.5	62
	7									1000	1.596	44					
125	48	93	1~47	2	10/12.5	4	58	95	1.5	14	1900	0.862	4	70	25	2.5	88
	8									1240	1.18	29					
125	65	93	1~47	3	10/12.5	4	58	95	1.5	10	820	1.928	4	70	25	2.5	29
	18									1630	0.761	63					
125	48	93	1~47	2	10/12.5	4	58	95	1.5		1700	0.842/ 1.23	4	70	25	2.5	39
										1100	1.454/ 2.165	38					
125	48	93	1~47	2	10/12.5	4	58	95	1.5		2100	0.776/ 1.132	4	70	25	2.5	78
										1600	1.14	63					



机座号	序号	功率(千瓦)	电压(伏)	电流(安)	额定转速(转/分)	励磁方式	电 枢								
							外径	内径	长度	槽数	槽形	每元件匝数	总导线数	支路数	槽节距
							(毫米)								
62	1	22	220	114.2	3000	并	195	55	125	31	梨	1 <sup>1</sup> / <sub>3</sub>	248	2	1~9
	2	13	110	139	1500							1 <sup>1</sup> / <sub>3</sub>	248		
	3	13	220	69.5	1500	并	195	55	125	31	梨	2 <sup>1</sup> / <sub>3</sub>	434	2	1~9
	4	7.5	110	82.6	1000							1 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>	310		
	5	7.5	220	41.3	1000	并	195	55	125	31	梨	3 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>	682	2	1~9
	6	5.5	110	62.2	750							2 <sup>1</sup> / <sub>3</sub>	494		
	7	5.5	220	31.1	750	并复	195	55	125	31	梨	4 <sup>1</sup> / <sub>3</sub>	806	2	1~9
	8	19	230	82.6	2850							1 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>	310		
	9	11	115	95.6	1450	复	195	55	125	31	梨	1 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>	310	2	1~9
	10	11	230	47.8	1450							3 <sup>1</sup> / <sub>3</sub>	620		
	11	17	220/ 320	63/ 53.1	2850	并	195	55	125	31	梨	2	372	2	1~9
	12	10	110/ 160	74/ 62.5	1450							2	372		
	13	10	220/ 320	37/ 31.2	1450	并	195	55	125	31	梨	4	744	2	1~9
	14	11	230	47.8	1450							3 <sup>1</sup> / <sub>3</sub>	620		
71	1	30	220	155	3000	并	210	60	125	35	矩	1	210	2	1~10
	2	17	110	180.6	1500							33	198		
	3	17	220	90	1500	并	210	60	125	33	矩	2	396	2	1~9
	4	10	110	109.6	1000							27	324		
	5	10	220	54.8	1000	并	210	60	125	33	矩	3	594	2	1~9
	6	7.5	110	88.6	750							33	396		
	7	7.5	220	42.1	750	并复	210	60	125	25	矩	3	750	2	1~7
	8	14	115	121.7	1450							27	270		
	9	14	230	61	1450	复	210	60	125	27	矩	2	540	2	1~8
	10	13	110/ 160	96.4/ 81.3	1450							27	324		

(续表)

换向器					主极						换向极					
外径 (毫米)	长度 (毫米)	换向片数	换向器节距	电刷 D172 $b_0/l_0$	极数	极身宽度 (毫米)	极长 (毫米)	气隙 (毫米)	每极数		励磁绕组 额定磁流 (安)	极数	极身长度 (毫米)	极宽 (毫米)	气隙 (毫米)	每极匝数
									串	并						
125	80	93	1~47	10/12.5	4	58	125	1.5	4	1280	1.052	4	100	25	2.5	19
	3								890	1.32	20					
125	65	93	1~47	10/12.5	4	58	125	1.5	8	1530	1.2	4	100	25	2.5	35
	3								790	2.95	24					
125	48	93	1~47	10/12.5	4	58	125	1.5	10	1670	0.878	4	100	25	2.5	54
	6								900	1.785	34					
125	48	93	1~47	10/12.5	4	58	125	1.5	6	1730	1.33	4	100	25	2.5	64
	5								1100	1.049	24					
125	80	93	1~47	10/12.5	4	58	125	1.5	5	720	1.715	4	100	25	2.5	24
	10								1310	0.956	49					
125	65	93	1~47	10/12.5	4	58	125	1.5		1450	0.98/ 1.538	4	100	25	2.5	29
									880	1.854/ 2.785	29					
125	48	93	1~47	10/12.5	4	58	125	1.5		1850	0.86/ 1.32	4	100	25	2.5	59
									1450	1.172	49					
150	130	105	1~53	12.5/25	4	68	125	1.5	3	1080	1.765	4	95	28	3	16
	100								99	1~50	3					520
150	100	99	1~50	12.5/25	4	68	125	1.5	4	1100	2.135	4	95	28	3	30
	100								81	1~41	2					600
150	100	99	1~50	12.5/25	4	68	125	1.5	4	1320	1.639	4	95	28	3	45
	100								99	1~50	2					670
150	100	125	1~63	12.5/25	4	68	125	1.5	3	1320	1.825	4	95	28	3	57
	100								135	1~69	2					510
150	100	135	1~69	12.5/25	4	68	125	1.5	9	1020	1.691	4	95	28	3	40
	100								81	1~41	2					780

机座号	序号	功率(千瓦)	电压(伏)	电流(安)	额定转速(转/分)	励磁方式	电 枢									
							外径	内径	长度	槽数	槽形	每元件匝数	总导线数	支路数	槽节距	
																(毫米)
71	11	13	220/320	48.1/40.6	1450	并	210	60	125	35	矩	3	630	2	1~10	
	12	14	115	121.7	1450	他				27		1			270	1~9
	13	14	230	61	1450	他				27		2			40	2
72	1	40	220	205.6	3000	并	210	60	160	27	矩	1	162	3	1~8	
	2	22	110	232.6	1500	并				27		1			162	1~8
	3	22	220	115.4	1500	并				27		2			324	1~8
	4	13	110	142.3	1000	并	210	60	160	25	矩	1	250	2	1~7	
	5	13	220	70.7	1000	并				25		2			500	1~7
	6	10	110	112.8	750	并				27		2			324	1~8
	7	10	220	55.8	750	并	210	60	160	33	矩	3	594	2	1~9	
	8	19	115	165.1	1450	复				33		1			198	1~9
	9	19	230	82.55	1450	复				33		2			396	1~9
	10	17	110/160	126/106	1450	并	210	60	160	27	矩	1	270	2	1~8	
	11	17	220/320	63/53.1	1450	并				27		2			540	1~8
	12	19	115	165.1	1450	他				33		1			198	1~9
	13	19	230	82.55	1450	他	33	2	396	1~9						
81	1	30	110	315.5	1500	并	245	70	135	27	矩	1	162	2	1~8	
	2	30	220	156.9	1500	并				27		2			324	1~8
	3	17	110	185	1000	并	245	70	135	35	矩	1	210	2	1~10	
	4	17	220	92	1000	并				35		2			420	1~10
	5	13	110	145	750	并	245	70	135	27	矩	1	270	2	1~8	
	6	13	220	72.1	750	并				27		2			540	1~8

(续表)

换向器					主 极					换向极											
外 径 (毫米)	长 度	换向片数	换向器节距	每杆电刷数	电刷 D214 $b_w/l_s$	极 数	极身宽度(毫米)	极长(毫米)	气隙(毫米)	每 极 数		并励绕组额定励磁电流(安)	极 数	极身长度(毫米)	极宽(毫米)	气隙(毫米)	每极匝数				
										串	并										
150	100	100	1~50	1	12.5/25	4	68	125	1.5	1500		1.35/ 2.065	4	95	28	3.0	48				
	100	135	1~60	2						540		4.26					21				
150	100	135	1~60	1	12.5/25	4	68	125	1.5	1040		2.17	4	95	28	3.0	40				
				3						920		2.3					4	130	28	3.0	13
				3						520		3.93									13
150		81	1~40	2	12.5/25	4	68	160	1.5	1050		1.9	4	130	28	3.0	25				
				2						520		3.66					19				
150		125	1~60	2	12.5/25	4	68	160	1.5	1050		1.865	4	130	28	3.0	37				
				2						610		3.52					25				
150		99	1~50	1	12.5/25	4	68	160	1.5	1130		2.39	4	130	28	3.0	45				
				3						470		4.26					16				
				2						850		2.26					30				
150		135	1~60	2	12.5/25	4	68	160	1.5	610		3.13	4	130	28	3.0	21				
				1						1260		1.475					4	130	28	3.0	40
150		95	1~50	3	12.5/25	4	68	160	1.5	420		6.34	4	130	28	3.0					16
				2						830		3.05					30				
180	190	81	1~40	4	12.5/25	4	84	135	2	570		4.83	4	105	32	4	13				
	130	81	1~40	3						1150		2.345					25				
180	160	100	1~50	3	12.5/25	4	84	135	2	700		4.51	4	105	32	4	18				
	100	100	1~50	2						1320		2.465					34				
180	130	135	1~60	3	12.5/25	4	84	135	2	700		4.45	4	105	32	4	23				
	100	135	1~60	2						1320		2.475					43				

机座号	序号	功率 (千瓦)	电压 (伏)	电流 (安)	额定转速 (转分)	励磁 方式	电 枢									
							外 径	内 径	长 度	槽 数	槽 形	每 元 件 匝 数	总 导 线 数	支 路 数	槽 节 距	
																(毫米)
81	7	26	115	226	1450	复	245	70	135	31	矩	1	186	2	1~9	
	8	26	230	113	1450					31		2	372		1~9	
	9	14	115	115	960	复	245	70	135	27	矩	1	270	2	1~8	
	10	14	230	60.9	960					27		2	540		1~8	
	11	22	110/ 160	163/ 137.5	1450	并	245	70	135	27	矩	1	270	2	1~8	
	12	22	220/ 320	81.5/ 68.7	1450					27		2	540		1~8	
	13	26	115	226	1450	他	245	70	135	31	矩	1	186	2	1~9	
	14	26	230	113	1450					31		2	372		1~9	
	15	14	230	60.9	960	他	245	70	135	27	矩	2	540	2	1~8	
	82	1	40	220	208	1500	并	245	70	180	35	矩	1	210	2	1~10
		2	22	110	238	1000					27		1	162		1~8
		3	22	220	118.2	1000	并	245	70	180	27	矩	2	324	2	1~8
		4	17	110	187.2	750					35		1	210		1~10
		5	17	220	93.2	750	并 复	245	70	180	35	矩	2	420	2	1~10
6		35	115	304	1450	27					1		162	1~8		
7		35	230	152	1450	复	245	70	180	27	矩	2	324	2	1~8	
8		19	115	165	960					35		1	210		1~10	
9		19	230	82.5	960	复	245	70	180	35	矩	2	420	2	1~10	
10		30	110/ 160	222/ 187.5	1450					31		1	186		1~9	
11		30	220/ 320	111/ 93.75	1450	并	245	70	180	31	矩	2	372	2	1~9	
12		35	115	304	1450					27		1	162		1~9	
13		35	230	152	1450	他	245	70	180	27	矩	2	324	2	1~9	
14		19	115	165	960					35		1	210		1~10	

(续表)

换向器					主极					换向极							
外径 (毫米)	长度 (毫米)	换向片数	换向器节距	每杆电刷数	电刷 D214 $b_0/b_1$	极数	极身宽度 (毫米)	极长 (毫米)	气隙 (毫米)	每极数		并励绕组 额定磁流 (安)	极数	极身长度 (毫米)	极宽 (毫米)	气隙 (毫米)	每极匝数
										串	并						
180	160	93	1~47	4	12.5/25	4	84	135	3	4	520	4.61	4	105	32	4	15
	180	93	1~47	2						8	1000	2.28					29
180		135	1~63	2	12.5/25	4	84	135	2	9	500	4.83	4	105	32	4	23
		135	1~63	2						18	1000	2.3524					43
180		135	1~63	3	12.5/25	4	84	135	2		700	3.4/ 4.6	4	105	32	4	22
		135	1~63	6							1480	1.58/ 2.12					42
180		93	1~47	4	12.5/25	4	84	135	2		550	5.75	4	105	32	4	15
		93	1~47	2							1150	2.765					29
180		135	1~63	2	12.5/25	4	84	135	2		1150	2.85	4	105	32	4	43
180	160	105	1~63	3	12.5/25	4	84	180	3	2	1000	3.702	4	150	32	4	17
	160	81	1~41	4						1	610	4.6					13
180		160	81	1~41	2	12.5/25	4	84	3	3	1120	2.51	4	150	32	4	26
		100	105	1~53	3					1	600	5.32					17
180		100	105	1~53	2	12.5/25	4	84	2	2	1200	2.695	4	150	32	4	35
		130	81	1~41	4					2	550	3.89					13
180		100	81	1~41	3	12.5/25	4	84	2	4	850	2.435	4	150	32	4	26
			105	1~53	3					5	470	5.37					18
180			105	1~53	2	12.5/25	4	84	2	10	1000	2.434	4	150	32	4	34
			93	1~47	4						650	3.75/ 5.28					15
180		93	1~47	2	12.5/25	4	84	180	2		1380	1.77/ 2.44	4	150	32	4	30
			81	1~41						4		530					5.1
180		81	1~41	3	12.5/25	4	84	180	2		1000	2.67	4	150	32	4	26
			105	1~53						2		490					6.63

机座号	序号	功率(千瓦)	电压(伏)	电流(安)	额定转速(转/分)	励磁方式	电 枢									
							外径	内径	长度	槽数	槽形	每元件匝数	总导线数	支路数	槽节距	
																(毫米)
82	15	19	230	82.5	960	他	245	70	180	35	矩	2	420	2	1~10	
	1	55	220	284	1500	并	294	80	145	37	矩	1	222	2	1~10	
	2	30	110	319	1000					29		1	174	2	1~8	
	3	30	220	158.5	1000	并	294	80	145	29	矩	2	348	2	1~8	
	4	22	110	239.5	750					37		1	222	2	1~10	
	5	22	220	119	750	并	294	80	145	37	矩	2	444	2	1~10	
	6	17	110	193	600					29		1	290	2	1~8	
	7	17	220	95.5	600	并复	294	80	145	29	矩	2	580	2	1~8	
	8	48	115	418	1450					30		1	300	4	1~8	
	91	9	48	230	209	1450	复	294	80	145	29	矩	1	290	2	1~8
		10	26	115	226	960					37		1	222	2	1~10
		11	26	230	115	960	复	294	80	145	37	矩	2	444	2	1~10
		12	40	110/160	296/250	1450					33		1	198	2	1~9
		13	40	220/320	148/125	1450	并	294	80	145	33	矩	2	396	2	1~9
		14	48	115	418	1450					30		1	300	4	1~9
		15	48	230	209	1450	他	294	80	145	29	矩	1	290	2	1~9
		16	26	115	226	960					37		1	222	2	1~10
17		26	230	113	960	他	294	80	145	37	矩	2	444	2	1~10	
92	1	75	220	385	1500	并	294	80	185	29	矩	1	174	2	1~8	
	2	40	110	423	1000					34		1	272	4	1~9	
	3	40	220	210	1000	并	294	80	185	29	矩	1	290	2	1~8	
	4	30	110	223	750					29		1	174	2	1~8	

(续表)

换向器					主 极					换向极							
外 径 (毫米)	长 度 (毫米)	换向片数	换向器节距	每杆电刷数	电刷 D214 $b_0/b_0$	极 数	极身宽度(毫米)	极长(毫米)	气隙(毫米)	每 极 数		励磁绕组 并绕额定磁流 (安)	极 数	极身长度(毫米)	极宽(毫米)	气隙(毫米)	每极匝数
										串	并						
180		105	1~52	2	12.5/25	4	84	180	2		970	3.27	4	150	32	4	34
200	150	111	1~56	4	16/25	4	106	145	2.5	2	920	4.12	4	115	40	5	17
	150	87	1~44	4						1	520	6.15					14
200	120	87	1~44	3	16/25	4	100	145	2.5	2	1000	3.919	4	115	40	5	27
	120	111	1~56	3						1	540	6.5					18
200	90	111	1~56	2	16/25	4	100	145	2.5	2	1080	3.36	4	115	40	5	35
	120	145	1~72	3						1	620	5.3					23
200	90	145	1~72	3	16/25	4	106	145	2.5	2	1000	3.394	4	115	40	5	44
	180	150	±1	5						2	470	5.72					11
200	120	145	1~72	3	16/25	4	106	145	2.5	4	920	2.9	4	115	40	5	23
	150	111	1~56	4						4	460	5.51					18
200	90	111	1~56	2	16/25	4	106	145	2.5	7	920	2.81	4	115	40	5	35
	180	99	1~50	5							670	3.94					16
200	120	99	1~50	3	16/25	4	106	145	2.5		1320	1.99	4	115	40	5	31
	180	150	±1	5							460	7.54					11
200	120	145	1~72	3	16/25	4	106	145	2.5		920	3.77	4	115	40	5	23
	150	111	1~56	4							460	7.46					18
200	90	111	1~56	2	16/25	4	106	145	2.5		920	3.64	4	115	40	5	35
200	180	87	1~44	5	16/25	4	106	185	2.5	2	860	4.46	4	155	40	5	14
	180	136	±1	5						2	520	5.67					11
200	120	145	1~72	3	16/25	4	106	185	2.5	3	900	3.17	4	155	40	5	23
	150	87	1~44	4						2	520	6.3					14



机座号	序号	功率 (千瓦)	电压 (伏)	电流 (安)	额定转速 (转/分)	励磁方式	电 枢									
							外径	内径	长度	槽数	槽形	每元件匝数	总导线数	支路数	槽节距	
																(毫米)
92	5	30	220	160	750	并	294	80	185	29	矩	2	348	2	1~8	
	6	22	110	242.5	600					37		1	222	2	1~10	
	7	22	220	119.7	600					37		2	444	2	1~10	
	8	67	230	291	1450	复	294	80	185	37	矩	1	222	2	1~10	
	9	35	115	304	960					29		1	174	2	1~8	
	10	35	230	152	960	复	294	80	185	29	矩	3	348	2	1~8	
	11	55	110/ 160	407	1450					30		1	300	4	1~8	
	12	55	220/ 320	203.5	1450					29		1	290	2	1~8	
	13	67	230	291	1450	他	294	80	185	37	矩	1	222	2	1~10	
	14	35	115	304	960					29		1	174	2	1~8	
	15	35	230	152	960	他	294	80	185	29	矩	2	348	2	1~8	
	101	1	100	220	511	1500	并	327	95	195	34	矩	1	272	4	1~9
		2	55	220	285.5	1000					37		1	222	2	1~10
		3	40	110	425	750					34		1	272	4	1~9
		4	40	220	212	750	并	327	95	195	34	矩	1	270	2	1~9
5		30	110	324.4	600	31					1		186	2	1~9	
6		30	220	161.5	600	并	327	95	195	31	矩	2	372	2	1~9	
7		90	230	391	1450					31		1	186	2	1~9	
8		48	115	418	960					复		327	95	195	34	矩
9		48	230	209	960	34	1	270	2		1~9					
10		75	220/ 320	278	1450	并	327	95	195	37	矩	1	222	2	1~10	
11		90	230	391	1450	他	327	95	195	31	矩	1	186	2	1~9	
12		48	115	418	960					34		1	272	4	1~9	

(续表)

换 向 器					主 极					换 向 极							
外 径 (毫米)	长 度 (毫米)	换 向 片 数	换 向 器 节 距	每 杆 电 刷 数	电 刷 D214 $b_a/l_a$	极 数	极 身 宽 度 (毫 米)	极 长 (毫 米)	气 隙 (毫 米)	每 极 数		励 磁 组 定 磁 流 电 (安)	极 数	极 身 长 度 (毫 米)	极 宽 (毫 米)	气 隙 (毫 米)	每 极 匝 数
										串	并						
200	90	87	1~44	2	16/25	4	106	185	2.5	4	940	3.74	4	155	40	5	24
	120	111	1~56	3						2	520	6.14					18
200	90	111	1~56	2	16/25	4	106	185	2.5	4	980	3.37	4	155	40	5	95
	150	111	1~56	4						3	940	3.3					18
200	150	87	1~44	4	16/25	4	106	18	2.5	3	520	4.96	4	155	40	5	14
	90	87	1~44	2						5	930	2.73					28
200	180	150	±1	5	16/25	4	106	185	2.5		580	5/6.9	4	155	40	5	12
	120	145	1~73	3						1240	2.36/ 3.29	23					
200	150	111	1~56	4	16/25	4	106	185	2.5		780	4.98	4	155	40	5	18
	150	87	1~44	4						460	7.54	14					
200	90	87	1~44	2	16/25	4	106	185	2.5		800	4.22	4	155	40	5	28
230	185	136	±1	4	20/32	4	128	195	2.5	1.5	760	5.43	4	160	45	5	10
	110	111	1~56	2						2	820	3.60					16
230	145	136	±1	3	20/32	4	128	195	2.5	1	440	8.75	4	160	45	5	10
	110	135	1~68	2						2	880	4.63					20
230	145	93	1~47	3	20/32	4	128	195	2.5	1	480	6.665	4	160	45	5	14
	110	93	1~47	2						2	950	3.42					27
230	145	93	1~47	3	20/32	4	128	195	2.5	2.5	830	3.265	4	160	45	5	14
	145	136	±1	3						2	590	7.23					10
230	110	135	1~68	2	20/30	4	128	195	2.5	3.5	780	3.705	4	160	45	5	20
	110	111	1~56	2						1060	2.895/ 4.05	16					
230	145	93	1~47	3	20/32	4	128	195	2.5		780	4.56	4	160	45	5	14
	145	136	±1	3						400	9.05	10					

机座号	序号	功率 (千瓦)	电压 (伏)	电流 (安)	额定转速 (转/分)	励磁方式	电 枢								
							外径	内径	长度	槽数	槽形	每元件匝数	总导线数	支路数	槽节距
101	13	48	230	209	960	他	327	95	193	34	矩	1	270	3	1~9
102	1	125	220	635	1500	并	327	95	240	34	矩	1	204	4	1~9
	2	75	220	385	1000					31		1	186	3	1~9
	3	55	220	289	750	并	327	95	240	37	矩	1	222	3	1~10
	4	40	110	431	600					34		1	272	4	1~9
	5	40	220	214	600	并复	327	95	240	34	矩	1	270	3	1~9
	6	115	230	500	1450					34		1	272	4	1~9
	7	67	115	582	960	复	327	95	240	34	矩	1	204	4	1~9
	8	67	230	291	960					34		1	202	3	1~9
	9	100	220/ 320	370.5	1450	并	327	95	240	31	矩	1	180	3	1~9
	10	115	230	500	1450	他				34		1	272	4	1~9
	11	67	115	582	960	他	327	95	240	34	矩	1	204	4	1~9
	12	67	230	291	960					34		1	202	3	1~9
111	1	160	220	810	1500	并	368	110	230	50	矩	1	200	4	1~13
	2	100	220	511	1000					50		1	300	4	1~13
	3	75	220	387	750	并	368	110	230	35	矩	1	210	3	1~10
	4	55	220	289	600					43		1	258	3	1~12
	5	145	230	631	1450	复复	368	110	230	42	矩	1	252	4	1~11
	6	90	230	391	960					35		1	210	3	1~10
	7	125	220/ 320	403/ 391	1450	并	368	110	230	42	矩	1	336	4	1~11
	8	155	440	392	1500					50		1	400	4	1~13

(续表)

换向器						主 极					换向极						
外 径 (毫米)	长 度 (毫米)	换向片数	换向器节距	每杆点刷数	电刷 D214 $b_b/l_b$	极 数	极身宽度(毫米)	极长(毫米)	气隙(毫米)	每 匝 极 数		并励绕组额定励磁电流(安)	极 数	极身长度(毫米)	极宽(毫米)	气隙(毫米)	每极匝数
										串	并						
230	110	135	1~68	2	20/32	4	128	195	2.5		820	4.36	4	160	45	5	20
230	185	102	±1	5	20/32	4	128	240	2.5	1	680	7.18	4	205	45	5	8
	145	98	1~47	3						1.5	740	4.31					14
230	110	111	1~56	2	20/32	4	128	240	2.5	1.5	810	4.82	4	205	45	5	16
	145	136	±1	3						1	418	9.04					10
230	110	135	1~65	2	20/32	4	128	240	2.5	2	790	5.28	4	205	45	5	20
	185	136	±1	4						2.5	648	5.05					10
230	185	100	±1	4	20/32	4	128	240	2.5	1.5	360	9.06	4	205	45	5	8
	110	101	1~51	2						2.5	720	4.7					15
230	145	93	1~47	3	20/32	4	128	240	2.5		980	3.245/ 4.5	4	205	45	5	14
	185	136	±1	4						660	6.55	10					
230	185	102	±1	4	20/32	4	128	240	2.5		370	11.06	4	305	45	5	8
	110	101	1~51	2						740	5.53	15					
250	225	100	±1	5	25/32	4	145	230	3	1.5	660	6.72	4	195	55	6	7
	150	150	±1	3						1.5	720	6.43					11
250	115	105	1~53	2	25/32	4	145	230	3	1.5	780	5.58	4	195	55	6	16
	115	129	1~65	2						2	840	5.315					18
250	100	126	±1	4	25/32	4	145	230	3	1.5	600	6.48	4	195	55	6	9
	150	105	1~53	3						2.5	680	4.56					16
250	150	168	±1	3	25/32	4	145	230	3		940	3.83/ 5.42	4	195	55	6	12
	150	200	±1	3						3.5	1400	3.12					14

机座号	序号	功率 (千瓦)	电压 (伏)	电流 (安)	额定转速 (转/分)	励磁方式	电			枢					
							外径	内径	长度	槽数	槽形	每元件匝数	总导线数	支路数	槽节距
							(毫米)								
111	9	100	440	256	1000	并	368	110	280	49	矩	1	294	2	1~13
	10	145	480	315.5	1450	并				43		1	258	2	1~12
	11	145	230	631	1450	他				42		1	252	4	1~11
	12	90	280	391	960					35		1	210	2	1~10
	13	145	460	315.5	1450	他				43		1	258	2	1~12
112	1	200	220	1005	1500	并	368	110	280	42	矩	1	168	4	1~11
	2	125	220	632	1000					42		1	252	4	1~11
	3	180	230	783	1450	复	368	110	280	50	矩	1	200	4	1~13
	4	115	230	500	960					50		1	300	4	1~13
	5	160	220/ 320	593/ 500	1450	并	368	110	280	42	矩	1	252	4	1~11
	6	195	440	490	1500					42		1	336	4	1~11
	7	125	440	316	1000	并	368	110	280	43	矩	1	258	2	1~12
	8	175	460	380.5	1450	复				50		1	400	4	1~13
	9	115	460	250	960	复	368	110	280	49	矩	1	294	2	1~13
	10	180	230	783	1450	他				50		1	200	4	1~13
	11	115	230	500	960	他	368	110	280	50	矩	1	300	4	1~13
	12	175	460	380.5	1450					50		1	400	4	1~13
	13	115	460	250	960	他	368	110	280	49	矩	1	294	2	1~13

注: Z2-11~Z2-82 直流电机, 电刷一般用 D104; Z2-91~Z2-112 直流电机, 电

(续表)

换向器					主 极						换向极						
外 径 (毫米)	长 度	换向片数	换向器节距	每杆电刷数	电刷 D214 $b_0/l_0$	极 数	极身宽度(毫米)	极长(毫米)	气 隙(毫米)	每 极 数		励磁绕组 额定磁流 (安)	极 数	极身长度(毫米)	极宽(毫米)	气 隙(毫米)	每极匝数
										串	并						
250	115	147	1~74	2	25/32	4	145	230	3	3.5	1360	3.47	4	195	55	6	21
	115	129	1~65	2						3.5	1260						
250	190	126	±1	4	25/32	4	145	230	3	660	7.31	7.31	4	195	55	6	9
	150	105	1~53	3						660	6.115						
250	115	129	1~65	2	25/32	4	145	230	3	620	7.6	7.6	4	195	55	6	18
250	225	84	±1	5	25/32	4	145	280	3	1.0	620	7.78	4	245	55	6	6
	190	126	±1	4						1.5	660						
250	225	100	±1	5	25/32	4	145	280	3	1.0	580	7.45	4	245	55	6	7
	150	150	±1	3						2.0	580						
250	190	126	±1	4	25/32	4	145	280	3	860	4.7/ 6.81	4.7/ 6.81	4	245	55	6	9
	150	168	±1	3						2.5	1260						
250	115	129	1~65	2	25/32	4	145	280	3	3.0	1320	3.43	4	245	55	6	18
	150	200	±1	3						2.5	1140						
250	115	147	1~74	2	25/32	4	145	280	3	4.5	1220	3.52	4	245	55	6	21
	225	100	±1	5						600	8.48						
250	150	150	±1	3	25/32	4	145	280	3	600	8.8	8.8	4	245	55	6	11
	150	200	±1	3						600	8.2						
250	115	147	1~74	2	25/32	4	145	280	3	600	9.0	9.0	4	245	55	6	21

刷一般用 D172。

表 4-10 Z2 系列直流电机绕组数据

机座号	序号	主极 QZ (毫米)	电枢 QZ (毫米)	换向极 QZ 或 SBECB (毫米)	绕组用铜重	
					内极 (千克)	并励 (千克)
11	1	0.38/0.44	0.96/1.05	1.16×2.44/1.47×2.75	0.78	0.978
	2	0.27/0.32	0.69/0.77	1.25/1.36	0.807	1.055
	3	0.35/0.41	0.74/0.83	1.35/1.46	0.849	1.045
	4	0.27/0.32	0.53/0.60	0.96/1.05	0.875	1.201
12	1	0.41/0.47	1.16/1.27	1.25×3.05/1.57×3.37	0.971	1.074
	2	0.29/0.34	0.80/0.89	1.45/1.56	0.925	1.11
	3	0.44/0.50	0.90/0.99	1.56/1.68	1.04	1.57
	4	0.31/0.36	0.62/0.69	1.08/1.19	0.986	1.53
21	1	0.41/0.47	1.35/1.46	1.25×4.1/1.57×4.42	1.36	1.24
	2	0.31/0.36	1.0/1.1	1.16×2.44/1.47×2.75	1.485	1.516
	3	0.47/0.53	1.08/1.19	1.0×3.05/1.32×3.37	1.55	1.90
	4	0.33/0.38	0.74/0.83	1.35/1.46	1.455	1.757
	5	0.44/0.50	0.86/0.95	1.35/1.46	1.42	1.71
	6	0.33/0.38	0.62/0.69	1.0/1.1	1.47	1.87
	7	0.38/0.44	1.08/1.19	1.0×3.05/1.32×3.37	1.18	1.09
	8	0.27/0.32	0.74/0.83	1.35/1.46	1.104	0.973
	9	0.41/0.47	2-0.74/2-0.83	1.08×2.44/1.39×2.75	1.40	1.738
	10	0.29/0.34	0.74/0.83	1.25/1.36	1.40	1.55
	11	0.51/0.58	0.74/0.83	1.25/1.36	1.40	2.90
	12	0.35/0.41	0.53/0.60	0.93/1.02	1.435	2.63

(续表)

机座号	序号	主极 QZ (毫米)	电枢 QZ (毫米)	换向极 QZ或SBECB (毫米)	绕组用铜重	
					电枢(千克)	并励(千克)
22	1	0.47/0.53	2-1.16/2-1.27	1.35×4.7/1.69×5.04	1.6	1.655
	2	0.33/0.39	1.16/1.27	1.08×3.28/1.40×3.6	1.6	1.62
	3	0.53/0.60	1.20/1.31	1.16×3.28/1.48×3.6	1.541	2.34
	4	0.41/0.47	0.86/0.95	1.45/1.56	1.581	2.64
	5	0.49/0.55	0.96/1.05	1.0×2.44/1.31×2.75	1.48	2.255
	6	0.35/0.41	0.69/0.77	1.16/1.27	1.53	2.275
	7	0.41/0.47	2-0.96/2-1.05	1.35×3.28/1.67×3.6	1.53	1.29
	8	0.29/0.34	0.96/1.05	1.0×2.44/1.31×2.75	1.48	1.182
	9	0.38/0.44	0.96/1.05	1.0×2.44/1.31×2.75	1.59	1.135
	10	0.27/0.32	0.69/0.77	1.20/1.31	1.64	1.07
	11	0.47/0.53	1.16/1.27	1.0×3.28/1.32×3.6	1.36	2.205
	12	0.31/0.36	0.86/0.95	1.45/1.56	1.50	1.87
	13	0.47/0.53	0.86/0.95	1.56/1.67	1.58	2.335
	14	0.31/0.36	0.62/0.69	1.08/1.19	1.648	2.26
	15	0.33/0.38	0.69/0.77	φ1.20/φ1.31	1.64	1.64
31	1	0.49/0.55	2-1.35/2-1.46	1.81×4.7/2.16×5.04	2.22	1.862
	2	0.35/0.41	1.35/1.46	1.45×2.33/1.80×3.14	2.22	1.85
	3	0.57/0.64	2-1.0/2-1.1	1.45×2.81/1.80×3.14	2.19	2.55
	4	0.38/0.44	1.0/1.1	1.0×2.44/1.27×2.71	2.26	2.27
	5	0.53/0.60	1.16/1.26	1.25×2.44/1.52×2.71	2.215	2.26



(续表)

机座号	序号	主极 QZ (毫米)	电枢 QZ (毫米)	换向极 QZ或SBECE (毫米)	绕组用铜量		
					电枢 (千克)	并励 (千克)	
31	6	0.83/0.44	0.83/0.92	1.35/1.46	2.81	2.27	
	7	0.55/0.62	2-0.74/2-0.83	1.08×2.44/1.35×2.71	2.27	2.68	
	8	0.38/0.44	0.74/0.83	1.20/1.31	2.305	2.565	
	9	0.47/0.54	2-1.2/2-1.31	1.16×4.7/1.43×4.97	2.285	1.392	
	10	0.33/0.39	1.2/1.31	1.25×2.44/1.52×2.71	2.28	1.577	
	11	0.44/0.50	1.2/1.31	1.25×2.44/1.52×2.71	2.37	1.331	
	12	0.33/0.38	0.86/0.95	1.35/1.46	2.35	1.662	
	13	0.49/0.55	1.45/1.56	1.16×4.7/1.43×4.97	2.18	2.41	
	14	0.35/0.41	1.0/1.1	1.08×2.44/1.35×2.71	2.07	2.39	
	15	0.49/0.55	1.04/1.14	1.08×2.44/1.35×2.71	2.305	2.64	
	16	0.38/0.44	0.74/0.83	1.20/1.31	2.27	3.02	
	17	0.38/0.44	0.86/0.95	1.35/1.46	2.35	2.425	
	32	1	0.51/0.58	2-1.56/2-1.67	2.44×4.7/2.79×5.03	2.33	1.83
		2	0.35/0.41	1.56/1.67	1.16×4.7/1.43×4.97	2.33	1.75
3		0.64/0.72	2-1.20/2-1.31	1.45×4.7/1.72×4.97	2.565	3.4	
4		0.41/0.47	1.20/1.31	1.08×3.28/1.40×3.60	2.66	2.95	
5		0.57/0.64	2-0.96/2-1.0	1.08×3.28/1.40×3.60	2.53	3.3	
6		0.44/0.50	0.96/1.05	1.56/1.67	2.46	4.04	
7		0.57/0.64	2-0.86/2-0.95	1.08×3.28/1.40×3.60	2.64	3.3	
8		0.41/0.47	0.86/0.95	1.56/1.67	2.64	3.8	

(续表)

机座号	序号	主 极 QZ (毫米)	电 极 QZ (毫米)	换 向 极 QZ 或 SBEGB (毫米)	绕组用铜重	
					电枢(千克)	并励(千克)
32	9	0.55/0.62	2-1.35/2-1.46	1.56×4.7/1.83×4.97	2.24	1.77
	10	0.38/0.44	1.35/1.46	1.25×3.28/1.57×3.60	2.24	1.8
	11	0.49/0.55	2-1.0/2-1.1	1.25×3.28/1.57×3.60	2.6	1.498
	12	0.35/0.41	1.0/1.1	1.56/1.67	2.6	1.76
	13	0.53/0.59	2-1.20/2-1.31	1.35×4.7/1.62×4.97	2.37	3.19
	14	0.38/0.44	1.20/1.31	1.25×2.44/1.52×2.71	2.37	3.06
	15	0.57/0.64	2-0.86/2-0.95	1.25×2.44/1.52×2.71	2.44	3.58
	16	0.41/0.47	0.86/0.95	1.35/1.46	2.435	3.52
	17	0.41/0.47	1.0/1.1	1.56/1.67	2.6	2.685
41	1	0.53/0.60	2-1.56/2-1.82	2.44×6.4/2.84×6.8	1.876	2.265
	2	0.38/0.44	1.56/1.82	1.45×4.7/1.79×5.04	1.876	2.238
	3	0.62/0.69	2-1.25/2-1.49	1.95×4.7/2.29×5.04	2.168	3.60
	4	0.44/0.50	1.25/1.49	1.0×4.7/1.34×5.04	2.168	3.19
	5	0.67/0.73	1.45/1.69	1.16×4.7/1.50×5.04	2.105	4.61
	6	0.47/0.53	1.0/1.24	1.16×2.44/1.47×2.75	2.105	4.315
	7	0.62/0.69	1.25/1.49	1.0×4.7/1.34×5.04	2.05	3.60
	8	0.47/0.53	0.86/1.1	1.0×2.44/1.31×2.75	1.94	4.36
	9	0.62/0.69	2-1.35/2-1.59	1.95×4.7/2.29×5.04	1.69	2.615
	10	0.38/0.44	1.45/1.69	1.16×4.7/1.50×5.04	2.105	1.812
	11	0.57/0.64	1.45/1.69	1.16×4.7/1.50×5.04	2.105	2.10

(续表)

机座号	序号	主极 QZ (毫米)	电枢 QZ (毫米)	换向极 QZ或SBEGB (毫米)	绕组用铜重	
					电枢(千克)	并励(千克)
41	12	0.38/0.44	1.0/1.24	1.16×2.44/1.47×2.75	2.005	1.85
	13	0.62/0.69	2-1.16/2-1.4	1.45×4.7/1.49×5.04	1.66	3.46
	14	0.41/0.47	1.25/1.49	1.0×4.7/1.34×5.04	1.93	3.17
	15	0.67/0.75	1.25/1.49	1.0×4.7/1.34×5.04	1.93	4.42
	16	0.44/0.50	0.86/1.1	1.0×2.44/1.31×2.75	1.88	3.47
	17	0.47/0.53	1.0/1.24	1.16×2.44/1.47×2.75	2.005	3.42
42	1	0.57/0.64	3-1.56/3-1.82	2.63×6.4/3.03×6.8	2.53	2.56
	2	0.44/0.50	2-1.35/2-1.59	2.1×4.7/2.5×5.1	2.525	2.84
	3	0.69/0.77	2-1.45/2-1.69	2.44×4.7/2.84×5.1	2.545	3.71
	4	0.49/0.54	1.45/2-1.69	1.16×4.7/1.5×5.04	2.547	3.89
	5	0.72/0.80	2-1.16/2-1.4	1.68×4.7/2.02×5.04	2.332	4.48
	6	0.51/0.58	1.16/1.4	1.45×2.44/1.76×2.75	2.332	4.95
	7	0.72/0.80	1.45/1.69	1.16×4.7/1.5×5.04	2.367	4.57
	8	0.53/0.60	1.0/1.24	1.16×2.44/1.47×2.75	2.25	4.90
	9	0.62/0.69	2-1.56/2-1.82	2.1×6.4/2.5×6.8	2.107	2.395
	10	0.41/0.47	2-1.16/2-1.4	1.68×4.7/2.02×5.04	2.332	2.16
	11	0.59/0.66	2-1.16/2-1.4	1.68×4.7/2.02×5.04	2.322	2.38
	12	0.41/0.47	1.16/1.4	1.0×4.7/1.34×5.04	2.33	2.31
	13	0.69/0.77	2-1.35/2-1.59	2.1×4.7/2.5×5.1	1.89	4.34
	14	0.47/0.53	1.45/1.69	1.16×4.7/1.5×5.04	2.19	4.06

(续表)

机座号	序号	主极 QZ (毫米)	电枢 QZ (毫米)	换向极 QZ或SBEGB (毫米)	绕组用铜重	
					电枢(千克)	并励(千克)
42	15	0.72/0.80	1.45/1.69	1.16×4.7/1.5×5.04	2.19	4.69
	16	0.51/0.58	1.0/1.24	1.16×2.44/1.47×2.75	2.075	4.54
	17	0.51/0.58	1.16/1.4	1.0×4.7/1.34×5.04	2.33	3.47
51	1	0.53/0.60	2-1.62/2-1.88	1.68×6.4/2.02×6.74	3.14	3.96
	2	0.69/0.77	2-1.62/2-1.88	1.68×6.4/2.02×6.74	3.14	4.175
	3	0.51/0.58	1.68/1.95	1.25×4.7/1.60×5.04	3.38	4.62
	4	0.67/0.75	2-1.35/2-1.59	1.81×4.7/2.16×5.04	3.27	4.64
	5	0.55/0.62	1.35/1.59	1.35×3.28/1.7×3.6	3.1	6.38
	6	0.77/0.86	1.68/1.95	1.81×4.7/2.16×5.04	3.1	6.86
	7	0.57/0.64	1.16/1.40	1.35×3.28/1.7×3.6	2.95	7.4
	8	0.67/0.75	3-1.56/3-1.82	2.26×6.4/2.66×6.8	2.92	3.2
	9	0.49/0.55	2-1.35/2-1.59	1.68×4.7/2.03×5.04	2.92	2.95
	10	0.67/0.75	2-1.35/2-1.59	1.68×4.7/2.03×5.04	2.92	3.2
	11	0.47/0.53	1.35/1.59	1.35×3.28/1.7×3.6	2.92	3.16
	12	0.74/0.83	2-1.68/2-1.95	1.68×6.4/2.02×6.74	2.82	5.26
	13	0.53/0.60	1.68/1.95	1.25×4.7/1.60×5.04	2.82	5.24
	14	0.80/0.89	1.68/1.95	1.25×4.7/1.60×5.04	2.82	6.92
	15	0.55/0.62	1.25/1.49	1.0×3.28/1.35×3.6	3.11	6.4
	16	0.57/0.64	1.35/1.59	1.35×3.28/1.7×3.6	2.92	4.4
52	1	0.69/0.77	3-1.56/3-1.82	2.44×6.4/2.84×6.8	3.42	6.9

(续表)

机座号	序号	主极 QZ (毫米)	电枢 QZ (毫米)	换向极 QZ或SBEGB (毫米)	绕组用铜重	
					电枢 (千克)	并励 (千克)
52	2	0.86/0.95	3-1.56/3-1.82	2.44×6.4/2.84×6.8	3.42	6.45
	3	0.62/0.69	2-1.35/2-1.59	1.68×4.7/2.03×5.04	3.42	6.48
	4	0.83/0.92	2-1.62/2-1.88	1.68×6.4/2.03×6.74	3.68	6.0
	5	0.59/0.66	1.62/2-1.88	1.16×4.7/1.51×5.04	3.68	6.17
	6	0.80/0.89	2-1.45/2-1.69	1.68×4.7/2.03×5.04	4.24	6.92
	7	0.57/0.64	1.95/1.69	1.35×3.28/1.7×3.6	3.42	6.71
	8	0.49/0.55	2-1.62/2-1.88	1.68×6.4/2.03×6.74	3.68	3.01
	9	0.69/0.77	2-1.62/2-1.88	1.68×6.4/2.03×6.74	3.68	3.40
	10	0.49/0.55	1.62/2-1.88	1.16×4.7/1.51×5.04	3.42	3.37
	11	0.67/0.75	3-1.56/3-1.82	2.44×6.4/2.84×6.8	3.42	4.0
	12	0.55/0.62	2-1.45/2-1.69	1.68×4.7/2.03×5.04	3.44	5.54
	13	0.83/0.92	2-1.45/2-1.69	1.68×4.7/2.03×5.04	3.44	7.28
	14	0.59/0.66	1.45/1.69	1.95×3.28/1.7×3.6	3.44	6.31
	15	0.57/0.64	1.62/1.88	1.16×4.7/1.51×5.04	3.42	4.08
	61	1	0.57/0.64	4-1.62/4-1.88	1.45×12.5	5.98
2		0.72/0.80	4-1.62/4-1.88	1.81×12.5	5.98	4.93
3		0.67/0.75	2-1.56/2-1.82	1.68×6.4/2.07×6.75	5.0	9.07
4		0.83/0.92	3-1.56/3-1.82	1.95×6.4/2.34×6.75	5.84	6.95
5		0.72/0.80	2-1.35/2-1.59	1.35×4.7/1.74×5.05	5.41	10.72
6		0.80/0.89	2-1.56/2-1.82	1.68×6.4/2.07×6.75	5.0	6.77

(续表)

机座号	序号	主极 QZ (毫米)	电枢 QZ (毫米)	换向极 QZ或SBEGB (毫米)	绕组用铜重	
					电枢(千克)	并励(千克)
61	7	0.59/0.66	1.56/1.82	1.16×4.7/1.54×5.05	5.0	7.25
	8	0.59/0.66	3-1.56/3-1.82	2.1×6.4/2.5×6.8	5.0	4.43
	9	0.90/0.99	3-1.35/3-1.59	2.44×6.4/2.84×6.8	5.0	7.21
	10	0.55/0.62	2-1.35/2-1.59	1.25×6.4/1.59×6.74	5.41	5.20
	11	0.59/0.66	3-1.35/3-1.59	1.56×6.4/1.9×6.74	5.0	6.05
	12	0.90/0.99	3-1.35/3-1.59	1.68×6.4/2.02×6.74	5.0	9.50
	13	0.64/0.72	2-1.16/2-1.40	1.16×4.7/1.5×5.04	4.9	9.27
	14	0.67/0.75	2-1.35/2-1.59	1.25×6.4/1.59×6.74	5.41	7.48
62	1	0.55/0.62	5-1.62/5-1.88	1.81×12.5	6.67	4.54
	2	0.69/0.77	5-1.62/5-1.88	2.26×12.5	6.68	4.61
	3	0.69/0.77	3-1.56/3-1.82	2.26×6.4/2.66×6.8	6.5	8.77
	4	1.08/1.19	4-1.62/4-1.88	1.45×12.5	6.67	11.85
	5	0.59/0.66	2-1.45/2-1.69	1.81×4.7/2.16×5.04	5.89	7.11
	6	0.9/0.99	3-1.56/3-1.82	1.95×6.4/2.29×6.74	6.5	9.23
	7	0.77/0.86	2-1.25/2-1.49	1.35×4.7/1.70×5.04	5.16	13.7
	8	0.55/0.62	4-1.62/4-1.88	1.45×12.5	6.67	3.85
	9	0.83/0.92	4-1.62/4-1.88	1.68×12.5	6.67	5.92
	10	0.59/0.66	2-1.62/4-1.88	1.56×6.4/1.9×6.74	6.68	5.47
	11	0.67/0.75	3-1.56/3-1.82	1.95×6.4/2.29×6.8	5.57	7.86
	12	1.0/1.11	3-1.56/3-1.82	2.44×6.4/2.84×6.8	5.57	10.9

(续表)

机座号	序号	主极 QZ (毫米)	电 极 QZ (毫 米)	换 向 极 QZ 或 SBEGB (毫 米)	绕组用铜重	
					电极 (千克)	并励 (千克)
62	13	0.69/0.77	2-1.35/2-1.59	1.68×4.7/2.03×5.04	5.55	10.96
	14	0.67/0.75	2-1.62/2-1.88	1.56×6.4/1.9×6.74	6.68	7.84
71	1	0.72/0.8	2-1.16×4.7/2-1.5×5.04	3.05×12.5	6.81	7.1
	2	1.12/1.23	2-1.45×4.7/2-1.78×5.03	3.05×12.5	8.09	8.44
	3	0.8/0.89	1.45×4.7/1.78×5.03	3.53×6.4/3.82×6.13	8.07	9.36
	4	0.96/1.05	1.95×4.7/2.29×5.03	1.95×12.5	8.96	7.07
	5	0.77/0.86	1.35×3.05/1.68-3.38	1.95×6.4/2.02×6.72	7.17	10.6
	6	1.08/1.18	1.45×4.7/1.78×5.03	3.53×6.4/3.82×6.72	8.09	10.12
	7	0.8/0.89	1.08×3.05/1.41-3.38	1.68×6.4/1.95×6.67	7.14	11.5
	8	1.04/1.15	2-1.08×4.7/2-1.41×5.03	2.26×14.5	8.12	7.2
	9	0.74/0.83	1.08×4.7/1.41×5.03	2.26×6.4/2.59×6.13	8.13	7.32
	10	1.08/1.18	1.81×4.7/2.14×5.03	1.95×12.5	8.3	11.99
	11	0.83/0.92	1.16×3.05/1.5×3.38	1.68×6.4/2.02×6.72	6.49	14
	12	1.16/1.27	2-1.08×4.7/2-1.41×5.03	2.26×12.5	8.12	9.35
	13	0.83/0.92	1.08×4.7/1.41×5.03	2.26×6.4/2.59×6.72	8.13	9.26
72	1	0.80/0.89	2-1.31×4.7/2-2.08×4.97	4.1×12.5	8.75	8.9
	2	1.08/1.19	2-1.31×4.7/2-2.08×4.97	4.1×12.5	9.16	8.9
	3	0.77/0.86	1.81×4.7/2.08×4.97	1.95×12.5	9.16	9.35
	4	1.08/1.19	2-1.16×4.7/2-1.43×4.97	2.63×12.5	8.94	8.94
	5	0.77/0.86	1.16×4.7/1.43×4.97	2.63×6.4/2.96×6.73	8.94	9.41

(续表)

机座号	序号	主极 QZ (毫米)	电 枢 QZ (毫 米)	换 向 极 QZ 或 SBEOB (毫 米)	绕组用铜重	
					电枢 (千克)	并励 (千克)
72	6	1.16/1.27	1.95×4.7/2.22×4.97	1.95×12.5	9.89	12.4
	7	0.9/0.99	1.35×3.05/1.62×3.32	2.26×6.4/2.59×6.73	7.92	13.97
	8	1.2/1.31	2-1.35×4.7/2-1.62×4.97	3.05×12.5	8.78	10.4
	9	0.86/0.95	1.35×4.7/1.62×4.97	3.05×6.4/3.28×6.73	8.27	9.67
	10	1.16/1.27	2-1.08×4.7/2-1.35×4.97	2.26×12.5	8.95	12.35
	11	0.8/0.89	1.08×4.7/1.35×4.97	2.26×6.4/2.59×6.73	9	12.15
	12	1.35/1.46	2-1.35×4.7/2-1.62×4.97	3.05×12.5	8.78	11.4
	13	0.93/1.02	1.35×4.7/1.62×4.97	3.05×6.4/3.38×6.73	8.27	10.67
81	1	1.30/1.41	2-3.83×4.7/2-3.23×5.1	4.4×14.5	14.6	14.05
	2	0.90/0.99	2.83×4.7/3.23×5.1	2.1×14.5	14.6	13.75
	3	1.40/1.51	2-1.56×4.7/2-1.9×5.04	2.83×14.5	10.52	21
	4	1.0/1.11	1.56×4.7/1.9×5.04	3.05×6.4/3.38×6.73	10.52	20.6
	5	1.40/1.51	2-1.16×4.7/2-1.5×5.04	2.26×14.5	9.95	21
	6	1.0/1.11	1.16×4.7/1.5×5.04	2.44×6.4/2.77×6.73	9.95	20.6
	7	1.30/1.41	2-1.95×4.7/2-2.25×5.04	3.28×14.5	11.7	13.08
	8	0.90/0.99	1.95×4.7/2.25×5.04	1.68×14.5	11.65	12.1
	9	1.35/1.46	2-1.08×4.7/2-1.42×5.04	2.26×14.5	9.22	14
	10	0.93/1.02	1.08×4.7/1.42×5.04	2.44×6.4/2.77×6.73	9.25	12.95
	11	1.25/1.36	2-1.56×4.7/2-1.9×5.04	2.44×14.5	13.5	16.05
	12	0.86/0.95	1.56×4.7/1.9×5.04	2.83×6.4/3.16×6.73	13.5	16.3



(续表)

机座号	序号	主极 QZ (毫米)	电 枢 QZ (毫 米)	换 向 极 QZ 或 SBECB (毫 米)	绕组用铜量	
					电枢 (千克)	并励 (千克)
81	13	1.45/1.56	2-1.95×4.7/2-2.25×5.04	3.28×14.5	11.7	17.1
	14	1.08/1.19	1.95×4.7/2.25×5.04	1.68×14.5	11.65	20.45
	15	1.08/1.19	1.08×4.7/1.42×5.04	2.44×6.4/2.77×6.73	9.25	20.45
82	1	1.16/1.27	2-1.68×4.7/2-2.02×5.04	3.05×14.5	12.32	24.47
	2	1.45/1.56	2-2.1×4.7/2-2.5×5.1	3.53×14.5	11.9	23.01
	3	1.0/1.11	2.1×4.7/2.5×5.1	1.81×14.5	11.9	19.9
	4	1.5/1.61	2-1.56×4.7/2-1.90×5.04	3.05×14.5	11.7	24.48
	5	1.08/1.19	1.56×4.7/1.90×5.04	3.28×6.4/3.61×6.73	11.7	25.6
	6	1.35/1.46	2-2.83×4.7/2-3.23×5.1	4.4×14.5	16.21	24.87
	7	0.93/1.02	2.83×4.7/3.23×5.1	2.26×14.5	16.21	22.49
	8	1.45/1.56	2-1.56×4.7/2-1.90×5.04	2.63×14.5	11.7	17.45
	9	1.04/1.15	1.56×4.7/1.9×5.04	2.83×6.4/3.16×6.73	11.7	19.65
	10	1.40/1.51	2-1.95×4.7/2-2.29×5.04	3.53×14.5	13.07	22.39
	11	1.0/1.11	1.95×4.7/2.29×5.04	3.8×6.4/4.13×6.73	13.05	24.6
	12	1.45/1.56	2-2.83×4.7/2-3.23×5.1	4.4×14.5	16.25	19.17
	13	1.04/1.15	2.83×4.7/3.23×5.1	3.26×14.5	16.25	18.75
	14	1.68/1.90	2-1.56×4.7/2-1.9×5.04	2.63×14.5	11.7	24.91
	15	1.16/1.27	1.56×4.7/1.9×5.04	2.83×6.4/3.16×6.73	11.7	23.1
91	1	1.2/1.31	2-1.81×6.4/2-2.08×6.67	4.4×19.5	20.6	22.7
	2	1.56/1.69	2-2.44×6.4/2-2.77×6.73	5.5×19.5	21.4	21.2

(续表)

机座号	序号	主极 QZ (毫米)	电 枢 QZ (毫米)	换 向 极 QZ 或 SBECB (毫米)	绕组用铜重		
					向 枢 (千克)	并 励 (千克)	
91	3	1.16/1.27	2.44×6.4/2.77×6.73	2.63×19.5	21.4	22.8	
	4	1.68/1.92	2-1.81×6.4/2-2.08×6.67	4.4×19.5	20.6	26.3	
	5	1.16/1.27	1.81×6.4/2.08×6.67	2.1×19.5	20.6	24.8	
	6	1.56/1.69	2-1.56×6.4/2-1.83×6.67	3.28×19.5	23.1	26	
	7	1.16/1.27	1.56×6.4/1.83×6.67	1.56×19.5	23.1	22.8	
	8	1.45/1.56	2-1.45×6.4/2-1.72×6.67	6.5×19.5	22.2	16.3	
	9	1.04/1.15	2-1.45×6.4/2-1.72×6.67	3.28×19.5	21.4	16.5	
	10	1.45/1.56	2-1.81×6.4/2-2.08×6.67	4.4×19.5	20.6	16.1	
	11	1.04/1.15	1.81×6.4/2.08×6.67	2.1×19.5	20.6	16.65	
	12	1.4/1.51	2-2.1×6.4/2-2.43×6.73	4.4×19.5	20.8	21.7	
	13	1.0/1.11	2.1×6.4/2.43×6.73	2.26×19.5	20.8	22	
	14	1.68/1.92	2-1.45×6.4/2-1.72×6.67	6.5×19.5	22.2	21.75	
	15	1.20/1.31	2-1.45×6.4/2-1.72×6.67	3.28×19.5	21.4	22.1	
	16	1.68/1.92	2-1.81×6.4/2-2.08×6.67	4.4×19.5	20.6	21.75	
	17	1.20/1.31	1.81×6.4/2.08×6.67	2.1×19.5	20.6	22.1	
	92	1	1.25/1.56	2-2.63×6.4/2-2.96×6.73	5.1×19.5	25.1	25.8
		2	1.56/1.67	2-1.56×6.4/2-1.83×6.67	6.5×19.5	23.5	24.4
3		1.08/1.19	2-1.56×6.4/2-1.83×6.67	3.28×19.5	25.1	19.8	
4		1.68/1.92	2-2.63×6.4/2-2.96×6.73	5.1×19.5	25.1	29.1	
5		1.20/1.31	2.63×6.4/2.96×6.73	2.83×19.5	25.1	26.3	

(续表)

机座号	序号	主极 QZ (毫米)	电 极 QZ (毫米)	换向极 QZ 或 SBECB (毫米)	绕组用铜重	
					串极 (千克)	并励 (千克)
92	6	1.68/1.92	2-1.95×6.4/2-2.22×6.67	3.8×19.5	24.1	29.1
	7	1.16/1.27	1.95×6.4/2.22×6.67	2.1×19.5	24.1	25.45
	8	1.20/1.31	2-1.95×6.4/2-2.22×6.67	4.1×19.5	24.1	26.3
	9	1.56/1.67	2-2.44×6.4/2-2.77×6.73	5.1×19.5	23.2	24.4
	10	1.16/1.27	2.44×6.4/2.77×6.73	2.44×19.5	23.2	25.5
	11	1.56/1.67	2-1.45×6.4/2-1.72×6.67	6.5×19.5	24.1	26.8
	12	1.16/1.27	2-1.45×6.4/2-1.72×6.67	3.28×19.5	22.8	32.6
	13	1.35/1.46	2-1.95×6.4/2-2.22×6.67	4.1×19.5	24.1	27
	14	2-1.25/2-1.36	2-2.44×6.4/2-2.77×6.73	5.1×19.5	23.2	27.4
	15	1.20/1.31	2.44×6.4/2.77×6.73	2.44×19.5	23.2	21.5
101	1	1.40/1.51	2-1.68×6.4/2-2.0×6.72	2-3.28×19.5	27.8	31.65
	2	1.16/1.26	2-1.95×6.4/2-2.28×6.73	3.8×19.5	26.35	22.6
	3	1.35/1.46	2-1.68×6.4/2-2.0×6.72	2-3.05×19.5	27.8	34.2
	4	1.40/1.51	2-1.68×6.4/2-2.0×6.72	3.05×19.5	27.8	36.9
	5	1.68/1.92	2-2.83×6.4/2-3.2×6.77	2-2.63×19.5	31.6	28.4
	6	1.20/1.30	2.83×6.4/3.2×6.77	2.63×19.5	31.6	28.4
	7	1.16/1.26	2-2.83×6.4/2-3.2×6.77	5.1×19.5	31.6	23.15
	8	1.68/1.88	2-1.68×6.4/2-2.0×6.72	2-2.83×19.5	27.8	22.6
	9	1.20/1.30	2-1.68×6.4/2-2.0×6.72	3.05×19.5	27.8	23.2
	10	1.20/1.30	2-1.95×6.4/2-2.28×6.73	3.53×19.5	26.35	32

(续表)

机座号	序号	主极 QZ (毫米)	电 极 QZ (毫 米)	换 向 极 QZ或SBEBE (毫米)	绕组用铜量	
					电 极 (千克)	并 励 (千克)
101	11	1.30/1.41	2-2.83×6.4/2-2.28×6.73	5.1×19.5	31.6	27.1
	12	2-1.35/2-1.46	2-1.68×6.4/2-2.0×6.72	2-2.83×19.5	27.8	30.3
	13	φ1.30/φ1.41	2-1.68×6.4/2-2.0×6.72	3.05×19.5	27.8	28.65
102	1	2-1.16/2-1.26	2-1.95×6.4/2-2.28×6.73	2-3.8×19.5	26.25	44.4
	2	1.30/1.41	2-2.83×6.4/2-3.2×6.67	5.1×19.5	34.25	29.2
	3	1.40/1.51	2-1.95×6.4/2-2.28×6.73	4.1×19.5	28.5	37.6
	4	2-1.45/2-1.56	2-1.68×6.4/2-2.00×6.72	2-3.53×19.5	30.1	41.9
	5	1.45/1.56	2-1.68×6.4/2-2.00×6.72	3.53×19.5	29.9	39.5
	6	1.40/1.51	2-1.68×6.4/2-2.00×6.72	2-3.28×19.5	30.1	30
	7	2-1.35/2-1.46	2-1.95×6.4/2-2.28×6.73	2-4.1×19.5	26.25	30.9
	8	1.40/1.51	2-1.95×6.4/2-2.28×6.73	4.1×19.5	26.25	33.3
	9	1.30/1.41	2-2.83×6.4/2-3.2×6.77	4.7×19.5	34.25	39.05
	10	1.56/1.67	2-1.68×6.4/2-2.00×6.72	2-3.28×19.5	30.1	35.55
	11	2-1.56/2-1.67	2-1.95×6.4/*2-2.28×6.73	2-4.1×19.5	26.25	42.7

(续表)

机座号	序号	主极 QZ (毫米)	电 枢 QZ (毫 米)	换向极 QZ或SBEGB (毫米)	绕组用铜重	
					电枢(千克)	并励(千克)
102	12	1.56/1.67	2-1.95×6.4/*2-2.28×6.73	4.1×19.5	26.25	42.7
	1	1.56/1.68	2-2.63×6.4/2-2.96×6.73	2-5.1×19.5	36	39.8
	2	1.56/1.68	2-1.68×6.4/2-1.95×6.67	2-3.53×19.5	35.1	43.1
	3	1.56/1.68	2-3.05×6.4/2-3.38×6.73	5.5×19.5	44	47.1
	4	1.56/1.68	2-2.26×6.4/2-2.59×6.73	4.7×19.5	39.86	51.6
	5	1.56/1.68	2-2.26×6.4/2-2.59×6.73	2-4.1×19.5	38.9	35.8
111	6	1.35/1.46	2-3.05×6.4/2-3.38×6.73	5.5×19.5	44	29.7
	7	1.40/1.51	2-1.68×6.4/2-1.95×6.73	6×19.5	39.3	44.6
	8	1.08/1.19	2-1.25×6.4/2-1.52×6.67	5.1×19.5	34.4	41.3
	9	1.16/1.27	2-1.68×6.4/2-1.95×6.67	3.53×19.5	34.45	46.1
	10	1.04/1.15	2-2.26×6.4/2-2.59×6.73	4.1×19.5	39.9	32.9
	11	1.68/1.92	2-2.26×6.4/2-2.59×6.73	2-4.1×19.5	38.9	46
	12	1.56/1.68	2-3.05×6.4/2-3.38×6.73	5.5×19.5	44	38.3
	13	1.68/1.92	2-3.26×6.4/2-2.59×6.73	4.1×19.5	39.9	42.8

(续表)

机座号	序号	主极 QZ (毫米)	电枢 QZ (毫米)	换向极 QZ 或 SBECB (毫米)	绕组用铜重	
					电枢 (千克)	并励 (千克)
112	1	1.68/1.92	2-3.53×6.4/2-3.93×6.8	2-6.5×19.5	44.2	48.8
	2	1.68/1.92	2-2.26×6.4/2-2.59×6.73	2-4.4×19.5	42.0	52.5
	3	1.68/1.92	2-2.63×6.4/2-2.96×6.73	2-5.1×19.5	38.85	45.4
	4	2-1.25/2-1.36	2-1.68×6.4/2-1.95×6.73	2-3.53×19.5	38.0	50.8
	5	2-1.16/2-1.27	2-1.95×6.4/2-2.29×6.74	2-3.8×19.5	37	66
	6	1.16/1.27	2-1.68×6.4/2-1.95×6.73	1-6×19.5	42.5	47.2
	7	1.16/1.27	2-2.26×6.4/2-2.59×6.73	4.4×19.5	43.0	49.3
	8	1.16/1.27	2-1.25×6.4/2-1.59×6.73	5.1×19.5	37.1	41.6
	9	1.20/1.31	2-1.68×6.4/2-1.95×6.73	3.53×19.5	37.15	49.4
	10	2-1.30/2-1.41	2-2.63×6.4/2-2.96×6.73	2-5.1×19.5	38.85	55.3
	11	2-1.35/2-1.46	2-1.68×6.4/2-1.95×6.73	2-3.53×19.5	38.0	60.5
	12	2-1.25/2-1.36	2-1.25×6.4/2-1.59×6.73	5.1×19.5	37.1	51.0
	13	2-1.35/2-1.46	2-1.68×6.4/2-1.95×6.73	3.53×19.5	37.15	60.5

注：表中的线规为裸铜线径/绝缘线径；主极是并励线规，串励与换向极相同；有\*的牌号为 QZ 或 SBECB。

## 二、Z3 系列直流电机的技术性能数据

Z3 系列直流电机的主要技术数据如表 4-11 所示，表 4-12 为 Z3 系列主极与换向极绕组数据。

表 4-11 Z3 系列 1~6 号直流电动机

机座号	序号	功率(千瓦)	电压(伏)	额定转速 (转/分)	电流(安)	励磁 方式
11	1	0.55	110	3000	7.14	并
	2		160	3000	4.5	他
	3		220	3000	3.52	并
	4	0.25	110	1500	3.7	并
	5		160	1500	2.3	他
	6		220	1500	1.85	并
12	1	0.75	110	3000	9.2	并
	2		160	3000	5.9	他
	3		220	3000	4.55	并
	4	0.37	110	1500	5.05	并
	5		160	1500	3.2	他
	6		220	1500	2.51	并
21	1	1.1	110	3000	13.2	并
	2		160	3000	8.65	他
	3		220	3000	6.5	并
	4	0.55	110	1500	7.1	并
	5		160	1500	4.5	他
	6		220	1500	3.52	并
22	1	1.5	110	3000	17.7	并
	2		160	3000	11.6	他
	3		220	3000	8.74	并

## 电枢、换向器技术数据

电		枢				换 向 器			
每元件 匝数	总导 体数	支路数	线规牌号 QZ-2直径 (毫米)	槽节距	绕组 铜重 (千克)	长度 (毫米)	换向 片数	换向器 节距	每杆电 刷数
30/4	840	2	0.77	1-8	0.57	32	56	1-2	1
11	1232		0.63		0.64				
15	1680		0.53		0.54				
14	1568		0.56		0.56				
81/4	2268		0.47		0.57				
28	3136		0.40		0.58				
23/4	644	2	0.90	1-8	0.68	32	56	1-2	1
33/4	924		0.71		0.61				
46/4	1288		0.63		0.66				
42/4	1176		0.67		0.69				
16	1792		0.53		0.65				
21	2352		0.47		0.68				
4	576	2	1.12	1-10	0.97	32	72	1-2	1
23/4	828		0.95		0.91				
8	1152		0.8		0.9				
29/4	1044		0.83		0.86				
43/4	1548		0.69		1.1				
58/4	2088		0.56		0.88				
3	432	2	1.3	1-10	1.12	32	72	1-2	1
18/4	648		1.06		1.18				
6	604		0.93		1.14				



机座号	序号	功率(千瓦)	电压(伏)	额定转速 (转/分)	电流(安)	励磁 方式
22	4	0.75	110	1500	9.34	并
	5		160	1500	5.85	他
	6		220	1500	4.64	并
	7	0.37	110	1000	5.17	并
	8		160	1000	3	他
	9		220	1000	2.55	并
31	1	2.2	110	3000	25.3	并
	2		160	3000	16.8	他
	3		220	3000	12.5	并
	4	1.1	110	1500	13.15	并
	5		160	1500	8.6	他
	6		220	1500	6.54	并
	7	0.55	110	1000	7.04	并
	8		160	1000	4.5	他
	9		220	1000	3.5	并
32	1	3	110	3000	34.7	并
	2		160		23	他
	3		220		17.1	并
	4	1.5	110	1500	17.6	并
	5		160		11.6	他
	6		220		8.63	并

(续表)

电 枢						换 向 器						
每元件 匝数	总导 体数	支路数	线规牌号 QZ-2直径 (毫米)	槽节距	绕组 铜重 (千克)	长度 (毫米)	换向 片数	换向器 节距	每杆电 刷数			
22/4	792	2	0.95	1-10	1.2	32	72	1-2	1			
8	1152		0.8		1.58							
11	1584		0.67		1.37							
8	1152		0.77		1.1							
46/4	1656		0.63		1.12							
16	2304		0.53		1.1							
8	432	2	1.56	1-10	1.71	50	72	1-2	2			
18/4	648		1.25		1.65							
6	864		1.12		1.76							
22/4	792		1.18		1.79							
8	1152		0.95		1.7							
46/4	1656		0.8		1.72							
33/4	1188		0.95		1.74							
49/4	1764		0.77		1.7							
66/4	2376	0.67	1.73									
9/4	324	2	2- $\phi$ 1.25	1-10	1.84	70	72	1-2	3			
13/4	468		$\phi$ 1.45		1.79							
18/4	648		$\phi$ 1.25		1.84							
17/4	612		$\phi$ 1.3		1.88				50	72	1-2	2
25/4	900		$\phi$ 1.06		1.84							
35/4	1260		$\phi$ 0.9		1.86							

机座号	序号	功率(千瓦)	电压(伏)	额定转速 (转/分)	电流(安)	励磁 方式
32	7	0.75	110	1000	9.4	并
	8		160		6	他
	9		220		4.64	并
	10	0.55	110	750	7.25	并
	11		160		4.55	他
	12		220		3.57	并
33	1	4	110	3000	45.4	并
	2		160		30.3	他
	3		220		22.4	并
	4	2.2	110	1500	25	并
	5		160		16.5	他
	6		220		12.3	并
	7	1.1	110	1000	13.3	并
	8		160		8.46	他
	9		220		6.6	并
	10	0.75	110	750	9.4	并
	11		160		5.84	他
	12		220		4.64	并
41	1	5.5	110	3000	61.3	并
	2		220		30.5	并
	3	3	110	1500	34.8	并

(续表)

电 枢						换 向 器			
每元件 匝数	总导 体数	支路数	线规牌号 QZ-2直径 (毫米)	槽节距	绕组 铜重 (千克)	长度 (毫米)	换向 片数	换向器 节距	每杆电 刷数
26/4	936	2	$\phi 1.06$	1-10	1.91	50	72	1-2	2
37/4	1332		$\phi 0.9$		1.96				
50/4	1800		$\phi 0.75$		1.84				
8	1152		$\phi 0.95$		1.89				
47/4	1692		$\phi 0.77$		1.82				
65/4	2340		$\phi 0.67$		1.91				
6/4	216	2	2- $\phi 1.45$	1-10	1.9	70	72	1-2	3
9/4	324		2- $\phi 1.25$		2.11				
13/4	468		$\phi 1.45$		2.05				
3	432		$\phi 1.56$		2.2				
18/4	648		$\phi 1.3$		2.3				
25/4	900		$\phi 1.06$		2.11				
18/4	648		$\phi 1.25$		2.11				
26/4	936		$\phi 1.06$		2.2				
37/4	1332		$\phi 0.85$		2.0				
6	864		$\phi 1.12$		2.26				
34/4	1224		$\phi 0.93$		2.21				
12	1728		$\phi 0.77$		2.14				
5/3	250	2	3- $\phi 1.4$	1-7	2.16	70	75	1-38	3
10/3	500		2- $\phi 1.18$		2.05	50			2
9	450		2- $\phi 1.25$		2.06				

机座号	序号	功率(千瓦)	电压(伏)	额定转速 (转/分)	电流(安)	励磁 方式
41	4	3	160	1500	22.4	他
	5		220		17	并
	6	1.5	110	1000	18	并
	7		160		11.5	他
	8		220		8.9	并
	9	1.1	110	750	14.2	并
	10		160		8.9	他
	11		220		7	并
	12	2.2	115	1450	19.2	复
	13		230		9.6	复
42	1	7.5	110	3000	83	并
	2		220		41.3	并
	3	4	110	1500	44.9	并
	4		160		29	他
	5		220		22.3	并
	6	2.2	110	1000	25.8	并
	7		160		16.7	他
	8		220		12.8	并
	9	1.5	110	750	18.8	并
	10		160		11.8	他
	11		220		9.3	并

(续表)

电 枢						换 向 器			
每元件 匝数	总导 体数	支路数	线规牌号 QZ-2直径 (毫米)	槽节距	绕组 铜重 (千克)	长度 (毫米)	换向 片数	换向器 节距	每杆电 刷数
13/3	650	2	$\phi 1.45$	1-7	2.01	32	75	1-38	1
19/3	950		$\phi 1.25$		2.18				
14/3	700		$\phi 1.4$		2.02				
7	1050		$\phi 1.18$		2.05				
28/3	1400		$\phi 1$		1.9				
6	900		$\phi 1.25$		2.07				
26/3	1300		$\phi 1$		1.91				
12	1300		$\phi 0.85$		1.91				
13/3	650		$\phi 1.45$		2.01				
26/3	1300		$\phi 1$		1.91				
4/3	200	2	3- $\phi 1.56$	1-7	2.46	70	75	1-38	3
8/3	400		2- $\phi 1.35$		2.46	50			2
7/3	350		2- $\phi 1.45$		2.48				
10/3	500		2- $\phi 1.18$		2.35	32			1
14/3	700		$\phi 1.45$		2.48				
11/3	550		$\phi 1.6$		2.37				
16/3	800		$\phi 1.35$		2.46				
22/3	1100		$\phi 1.12$		2.46				
14/3	700		$\phi 1.45$		2.48				
30/3	1000		$\phi 1.18$		2.35				
28/3	1400	$\phi 1$	2.36						

机座号	序号	功率(千瓦)	电压(伏)	额定转速 (转/分)	电流(安)	励磁 方式
42	12	3	115	1450	26.1	复
	13		230		13.1	复
51	1	10	220	3000	54.8	并
	2	5.5	110	1500	61	并
	3		220		90.3	并
	4		440		14.4	他
	5		110		34.5	并
	6	3	160	1000	22.4	他
	7		220		17.2	并
	8		110		26.2	并
	9	2.2	160	750	17.2	他
	10		220		13	并
	11	4.2	115	1450	36.5	复
	12		230		18.3	复
52	1	13	220	3000	70.8	并
	2	7.5	110	1500	82.1	并
	3		220		40.8	并
	4		440		19.5	他
	5		110		45.2	并
	6	4	160	1000	29.6	他
	7		220		22.2	并

(续表)

电 枢						换 向 器			
每元件 匝数	总导 体数	支路数	线规牌号 QZ-2直径 (毫米)	槽节距	绕组 铜重 (千克)	长度 (毫米)	换向 片数	换向器 节距	每杆电 刷数
10/3	500	2	2- $\phi$ 1.18	1-7	2.35	32	75	1-38	1
20/3	1000		$\phi$ 1.18		2.35				
7/3	378	2	2- $\phi$ 1.5	1-8	2.75	50	81	1-41	2
7/3	378		2- $\phi$ 1.56		2.97	70	81		3
13/3	702		2- $\phi$ 1.12		2.84	32	81		1
26/3	1404		$\phi$ 1.12		2.84	32	135	1-68	1
10/3	540		2- $\phi$ 1.25		2.73	50	81	1-41	2
5	810		$\phi$ 1.5		2.94	32			
20/3	1080		$\phi$ 1.25		2.73	32			
13/3	702		2- $\phi$ 1.12		2.84	32			
19/3	1026		$\phi$ 1.3		2.8	32			
26/3	1404		$\phi$ 1.12		2.84	32			
3	486		2- $\phi$ 1.3		2.65	50			2
6	972		$\phi$ 1.3		2.65	32			1
2	324	2- $\phi$ 1.7	3.3	70	81	3			
5/3	270	3- $\phi$ 1.5	3.41	70	81	1-41			3
10/3	540	2- $\phi$ 1.3	3.42	50	81	2			
4	1080	$\phi$ 1.3	3.42	32	135	1-68			1
8/3	492	2- $\phi$ 1.45	3.4	50	81	1-41	2		
4	648	2- $\phi$ 1.18	3.4	32			1		
16/3	864	$\phi$ 1.45	3.4	32			1		



机座号	序号	功率(千瓦)	电压(伏)	额定转速 (转/分)	电流(安)	励磁 方式
52	8	3	110	750	35.2	并
	9		160		22.7	他
	10		220		17.4	并
	11	2.2	110	600	26.7	并
	12		160		16.8	他
	13		220		13.3	并
	14	6	115	1450	52.2	复
	15		230		26.1	复
61	1	17	220	3000	92	并
	2	10	110	1500	108.2	并
	3		220		53.8	并
	4		440		26	他
	5	5.5	110	1000	61.4	并
	6		220		30.3	并
	7		440		14.4	他
	8	4	110	750	46.6	并
	9		160		30.9	他
	10		220		23	并
	11	3	110	600	35.9	并
	12		160		26	他
	13		220		17.8	并

(续表)

电 枢						换 向 器			
每元件 匝数	总导 体数	支路数	线规牌号 QZ-2直径 (毫米)	槽节距	绕组 铜重 (千克)	长度 (毫米)	换向 片数	换向器 节距	每杆电 刷数
10/3	540	2	2- $\phi$ 1.3	1-8	3.42	50	81	1-41	2
14/3	756		$\phi$ 1.56		3.44	50			2
20/3	1080		$\phi$ 1.3		3.42	32			1
4	648		2- $\phi$ 1.18		3.4	32			1
17/3	918		$\phi$ 1.4		3.37	32			1
8	1296		$\phi$ 1.18		3.33	32			1
7/3	378		2- $\phi$ 1.56		3.44	50			2
14/3	756		$\phi$ 1.56		3.44	50			2
4/3	248	2	4- $\phi$ 1.45	1-9	4	80	93	1-47	3
4/3	248		4- $\phi$ 1.5		4.26				
8/3	496		2- $\phi$ 1.5		4.26	60	93	2	
16/5	992		2- $\phi$ 1.06		4.26	50	155	1-78	1
2	372		2- $\phi$ 1.7		4.1	60	93	1-47	2
4	744		1- $\phi$ 1.7		4.1	40	93		1
24/5	1488		1- $\phi$ 1.18		3.95	50	155	1-78	1
8/3	496		2- $\phi$ 1.5		4.26	40	93	1-47	1
11/3	682		2- $\phi$ 1.25		4.07				
5	990		1- $\phi$ 1.56		4.82				
8	558		2- $\phi$ 1.4		4.2				
18/3	806		2- $\phi$ 1.12		3.9				
19/8	1178	1- $\phi$ 1.35	4.1						

机座号	序号	功率(千瓦)	电压(伏)	额定转速 (转/分)	电流(安)	励磁 方式
61	14	8.5	115	1450	74	复
	15		230		87	复
62	1	2	220	3000	117.6	并
	2		110		139.8	并
	3		220		69.5	并
	4		440		33.5	他
	5	7.5	110	1000	83	并
	6		220		41.3	并
	7		440		19.8	他
	8	5.5	110	750	88.8	并
	9		220		31.2	并
	10		440		14.7	他
	11	4	110	600	47.5	并
	12		160		30.8	他
	13		220		28.6	并
	14	11	115	1450	95.7	复
	15		230		47.8	复

(续表)

电 枢						换 向 器			
每元件 匝数	总导 体数	支路数	线规牌号 QZ-2直径 (毫米)	槽节距	绕组 铜重 (千克)	长度 (毫米)	换向 片数	换向器 节距	每杆电 刷数
5/3	310	2	4- $\phi$ 1.3	1-9	4	60	93	1-47	2
10/3	620		2- $\phi$ 1.3		4	40			1
1	186	2	4- $\phi$ 1.7	1-9	4.81	80	93	1-47	3
1	186		4- $\phi$ 1.7		4.81	80			3
2	372		2- $\phi$ 1.7		4.81	60			2
12/5	744		2- $\phi$ 1.18		4.81	50	155	1-78	1
4/3	248		4- $\phi$ 1.45		4.67	60	93	1-47	2
3	558		2- $\phi$ 1.4		4.9	40			1
18/5	1116		1- $\phi$ 1.4		4.9	50	155	1-78	1
2	372		3- $\phi$ 1.4		4.9	60	93	1-47	2
11/3	632		1- $\phi$ 1.8		4.95	40			1
22/5	1364		1- $\phi$ 1.25		4.77	50	155	1-78	1
7/3	434		2- $\phi$ 1.56		4.78	40	93	1-47	1
10/3	620		2- $\phi$ 1.3		4.69	40			1
14/3	868		1- $\phi$ 1.56		4.78	40			1
4/3	248		4- $\phi$ 1.5		5	80	5	60	3
8/3	496		2- $\phi$ 1.5		5	60			2

表 4-12 Z3 系列 1~6 号电动机主极、换向极绕组数据

机座号	序号	主 极					换 向 极			
		每极匝数		线规牌号 QZ-2 或 QZB 或 TBR (毫米)		并(他)励绕组额定电流(安)	并(他)励绕组铜重(千克)	每极匝数	线规牌号 QZ-2 或 QZB 或 TBR(毫米)	绕组铜重(千克)
		串	并	串	并					
11	1		2000		$\phi 0.38$	0.50	1.06	152	$\phi 1.30$	0.32
	2		3500		$\phi 0.28$	0.28	1	220	$\phi 1.06$	0.3
	3		4000		$\phi 0.27$	0.25	1.08	294	$\phi 0.93$	0.33
	4		2200		$\phi 0.35$	0.40	0.98	292	$\phi 0.90$	0.29
	5		3100		$\phi 0.27$	0.30	0.8	420	$\phi 0.80$	0.35
	6		4000		$\phi 0.25$	0.23	0.9	554	$\phi 0.63$	0.28
12	1		1800		$\phi 0.38$	0.52	1.08	116	$\phi 1.50$	0.40
	2		2900		$\phi 0.31$	0.34	1.19	164	$\phi 1.25$	0.39
	3		3400		$\phi 0.27$	0.29	1.03	222	$\phi 1.06$	0.38
	4		1800		$\phi 0.38$	0.52	1.08	212	$\phi 1.06$	0.36
	5		3000		$\phi 0.27$	0.27	0.9	315	$\phi 0.90$	0.39
	6		3800		$\phi 0.28$	0.28	1.28	410	$\phi 0.77$	0.37
21	1		2000		$\phi 0.40$	0.525	1.3	100	$\phi 1.8$	0.48
	2		2900		$\phi 0.33$	0.39	1.35	141	$\phi 1.5$	0.49
	3		4000		$\phi 0.29$	0.27	1.2	194	$\phi 1.3$	0.50
	4		2200		$\phi 0.42$	0.5	1.6	183	$\phi 1.3$	0.49
	5		3000		$\phi 0.33$	0.365	1.2	263	$\phi 1.12$	0.50
	6		4000		$\phi 0.29$	0.277	1.4	353	$\phi 0.93$	0.45
22	1		1600		$\phi 0.45$	0.68	1.28	74	$\phi 2.12$	0.57
	2		2700		$\phi 0.39$	0.379	1.43	109	$\phi 1.8$	0.63
	3		3000		$\phi 0.31$	0.365	1.4	144	$\phi 1.45$	0.51
	4		1600		$\phi 0.45$	0.712	1.56	137	$\phi 1.5$	0.54
	5		2700		$\phi 0.38$	0.497	1.56	195	$\phi 1.25$	0.5
	6		3400		$\phi 0.39$	0.344	1.5	264	$\phi 1.06$	0.51
	7		1700		$\phi 0.45$	0.638	1.5	204	$\phi 1.12$	0.6
	8		2700		$\phi 0.35$	0.42	1.55	286	$\phi 0.9$	0.38
	9		3700		$\phi 0.33$	0.301	1.6	389	$\phi 0.8$	0.41
31	1		1600		$\phi 0.47$	0.772	1.72	75	1.12×4.75	0.92
	2		2300		$\phi 0.35$	0.496	1.35	108	$\phi 2.12$	0.89
	3		3200		$\phi 0.35$	0.4	1.97	143	$\phi 1.8$	0.84
	4		2000		$\phi 0.5$	0.655	2.57	130	$\phi 2$	0.97
	5		3100		$\phi 0.4$	0.435	2.6	190	$\phi 1.7$	1.06
	6		4200		$\phi 0.30$	0.281	2.34	270	$\phi 1.45$	1.08
	7		2400		$\phi 0.47$	0.475	2.76	200	$\phi 1.5$	0.82
	8		3700		$\phi 0.35$	0.292	2.33	300	$\phi 1.3$	0.94
	9		4300		$\phi 0.33$	0.271	2.4	490	$\phi 1.06$	0.81

(续表)

机座号	序号	主 极						换 向 极		
		每极匝数		线规牌号 QZ-2 或 QZB 或 TBR (毫米)		并(他)励绕组额定电流(安)	并(他)励绕组铜重(千克)	每极匝数	线规牌号 QZ-2 或 QZB 或 TBR(毫米)	绕组铜重(千克)
		串	并	串	并					
32	1	1500		$\phi 0.5$	0.8	2.1	55	1.25×5.6	1.02	
	2	2400		$\phi 0.4$	0.525	2.2	80	$\phi 2.5$	1.08	
	3	3400		$\phi 0.38$	0.371	2.93	110	$\phi 2.12$	1.06	
	4	1500		$\phi 0.5$	0.8	2.1	105	$\phi 2.24$	1.14	
	5	3000		$\phi 0.4$	0.393	2.85	150	$\phi 1.9$	1.19	
	6	3900		$\phi 0.35$	0.29	2.85	210	$\phi 1.5$	1.0	
	7	2000		$\phi 0.47$	0.515	2.56	160	$\phi 1.7$	0.97	
	8	2300		$\phi 0.38$	0.404	2.34	225	$\phi 1.45$	1.0	
	9	3400		$\phi 0.35$	0.341	2.42	300	$\phi 1.18$	0.87	
	10	2100		$\phi 0.5$	0.548	3.1	200	$\phi 1.56$	1.04	
	11	3000		$\phi 0.38$	0.37	2.53	285	$\phi 1.3$	1.03	
	12	3900		$\phi 0.35$	0.29	2.84	390	$\phi 1.18$	1.18	
32	1	1200		$\phi 0.67$	1.30	3.77	37	1.6×5.6	1.03	
	2	2000		$\phi 0.5$	0.78	3.45	55	1.4×4.75	1.15	
	3	2500		$\phi 0.42$	0.544	3	80	1.25×4	1.25	
	4	1400		$\phi 0.63$	1.05	3.9	73	1.25×4.5	1.31	
	5	2300		$\phi 0.47$	0.596	3.54	108	$\phi 2.24$	1.4	
	6	2900		$\phi 0.42$	0.459	3.56	150	$\phi 1.9$	1.39	
	7	1500		$\phi 0.6$	0.88	3.8	110	$\phi 2.12$	1.24	
	8	2400		$\phi 0.47$	0.567	3.71	160	$\phi 1.7$	1.14	
	9	3000		$\phi 0.4$	0.407	3.34	220	$\phi 1.45$	1.15	
	10	1700		$\phi 0.56$	0.712	3.73	150	$\phi 1.9$	1.39	
	11	2500		$\phi 0.45$	0.528	3.52	210	$\phi 1.5$	1.18	
	12	3100		$\phi 0.4$	0.4	3.47	285	$\phi 1.35$	1.33	
32	1	660		$\phi 0.67$	2	2.72	19	1.7×6.3	1.73	
	2	1350		$\phi 0.47$	1	2.74	37	1.25×4.5	1.76	
	3	800		$\phi 0.75$	1.94	4.33	34	1.6×4.75	1.95	
	4	1200		$\phi 0.6$	1.33	4.12	49	1.12×4	1.84	
	5	1450		$\phi 0.5$	0.95	3.4	70	$\phi 2.12$	2.18	
	6	1000		$\phi 0.67$	1.27	4.34	54	1.12×4	2.01	
	7	1500		$\phi 0.5$	0.79	3.52	79	$\phi 1.8$	1.75	
	8	1800		$\phi 0.5$	0.74	4.31	104	$\phi 1.7$	2.06	
	9	900		$\phi 0.67$	1.45	3.85	69	$\phi 2.12$	2.16	
	10	1500		$\phi 0.53$	0.87	4.04	98	$\phi 1.7$	1.97	
	11	2000		$\phi 0.47$	0.65	4.25	134	$\phi 1.45$	1.98	
	12	20	820	1.12×4	$\phi 0.63$	1.21	8.18	49	1.12×4	1.84
	13	36	1500	$\phi 1.7$	$\phi 0.47$	0.67	3.2	96	$\phi 1.7$	1.93

(续表)

机座号	序号	主 极					换 向 极			
		每极匝数		线规牌号 QZ-2 或 QZB 或 TBR (毫米)		并(他)励绕组额定电流(安)	并(他)励绕组铜重(千克)	每极匝数	线规牌号 QZ-2 或 QZB 或 TBR(毫米)	绕组铜重(千克)
		串	并	串	并					
42	1		600		$\phi 0.69$	2	3.111	13	2.24×6.3	2.2
	2		1160		$\phi 0.5$	1.06	3.163	29	1.18×6.3	2.2
	3		650		$\phi 0.8$	2.35	4.64	26	1.25×6.3	2.15
	4		1010		$\phi 0.67$	1.62	5.15	37	1.32×4.5	2.27
	5		1300		$\phi 0.6$	1.21	5.34	52	0.95×4.5	2.26
	6		780		$\phi 0.71$	1.56	4.4	41	1.92×4.5	2.52
	7		1280		$\phi 0.56$	1	4.335	60	1×4	2.44
	8		1630		$\phi 0.53$	0.77	5.21	81	$\phi 2$	2.77
	9		750		$\phi 0.75$	1.72	4.76	53	1.18×4	2.56
	10		1240		$\phi 0.6$	1.1	5.08	75	$\phi 2$	2.51
	11		1690		$\phi 0.53$	0.81	5.21	103	$\phi 1.7$	2.51
	12	14	670	1.4×4	$\phi 0.69$	1.53	3.63	37	1.4×4	2.14
	13	25	1290	$\phi 1.9$	$\phi 0.5$	0.785	3.63	73	$\phi 1.9$	2.45
51	1		1250		$\phi 0.6$	1.42	4.4	27	1.8×5	2.08
	2		700		$\phi 0.75$	2.2	3.79	28	2.12×5.6	2.91
	3		1520		$\phi 0.6$	1.286	5.45	51	1.18×5	2.62
	4		1200		$\phi 0.67$	1.65	5.33	100	$\phi 1.9$	2.53
	5		950		$\phi 0.77$	1.66	5.65	40	1.6×5	2.3
	6		1500		$\phi 0.6$	1	5.33	59	1.12×5	2.3
	7		1750		$\phi 0.56$	0.917	5.49	78	$\phi 2.12$	2.5
	8		1080		$\phi 0.77$	1.42	6.5	52	1.32×5	3.06
	9		1600		$\phi 0.6$	0.956	5.3	75	1×4.5	2.93
	10		2040		$\phi 0.56$	0.79	6.54	102	$\phi 2$	2.93
	11	14	650	1.5×5.6	$\phi 0.75$	1.95	3.63	36	1.6×5	2.53
	12	23	1250	0.95×4.5	$\phi 0.53$	1	3.52	70	0.95×4.5	2.56
52	1		1000		$\phi 0.53$	1.3	3.34	23	2×5.6	2.92
	2		540		$\phi 0.9$	3.3	5.36	20	2.5×6.3	3.63
	3		1150		$\phi 0.67$	1.61	6.44	39	1.0×5	3.56
	4		940		$\phi 0.71$	1.99	5.87	77	$\phi 2.24$	3.64
	5		760		$\phi 0.8$	1.82	6.03	32	2×5	3.61
	6		1100		$\phi 0.6$	1.21	4.8	47	1.4×5	3.76
	7		1450		$\phi 0.56$	0.975	5.6	62	1.12×4.5	3.51
	8		780		$\phi 0.83$	1.94	6.7	40	1.7×5	3.83
	9		1400		$\phi 0.69$	1.23	8.57	55	1.18×5	3.63
	10		1600		$\phi 0.6$	0.98	7.23	78	0.95×4.5	3.78
	11		820		$\phi 0.85$	1.95	7.43	43	1.4×5	3.84
	12		1450		$\phi 0.71$	1.23	9.43	67	1.12×4.5	3.84
	13		1700		$\phi 0.63$	0.97	8.66	94	$\phi 2.12$	3.96
	14	7	600	2×5.6	$\phi 0.8$	2.03	4.82	27	2×5.6	3.42
	15	14	1350	1.12×5	$\phi 0.56$	0.89	5.36	54	1.12×5	3.41

(续表)

机座号	序号	主 极						换 向 极		
		每极匝数		线规牌号 QZ-2 或 QZB 或 TBR (毫米)		并(他)励绕组额定电流(安)	并(他)励绕组铜重(千克)	每极匝数	线规牌号 QZ-2 或 QZB 或 TBR(毫米)	绕组铜重(千克)
		串	并	串	并					
61	1	1	1000	1.5×12.5	φ0.60	2.12	5.7	19	1.5×12.5	3.89
	2	1	620	1.7×12.5	φ0.9	3.02	6.0	19	1.7×12.5	4.44
	3	2	1320	1.7×6.3	φ0.67	1.48	7.1	37	1.7×6.3	4.56
	4	3	1050	φ2.5	φ0.75	1.94	7.21	72	φ2.5	4.04
	5	2	800	2.5×6.3	φ0.9	2.12	5.78	28	2.5×6.3	5.12
	6	4	1420	1.32×6.3	φ0.63	1.23	6.63	56	1.32×6.3	5.45
	7	5	1230	φ2.24	φ0.71	1.38	6.74	108	φ2.24	4.93
	8		760		φ0.85	2.16	6.08	37	1.8×6.3	4.85
	9		1150		φ0.75	1.74	7.9	50	1.4×5.6	4.92
	10		1450		φ0.71	1.5	9.1	69	1.06×5.6	4.5
	11		900		φ1.06	2.49	12.3	42	1.5×6.3	4.42
	12		1450		φ0.83	1.572	13	60	1.18×5.6	4.84
	13		1600		φ0.67	1.175	8.95	88	φ2.5	5.02
	14	9	600	1.25×12.5	φ0.9	2.62	5.8	23	1.25×12.5	3.93
	15	16	1100	1.4×6.3	φ0.63	1.42	5.35	46	1.4×6.3	4.5
62	1	2	880	1.6×12.5	φ0.71	2.08	6.5	14	1.6×12.5	4.07
	2	1	550	1.9×12.5	φ0.95	3.45	6.6	14	1.9×12.5	4.76
	3	2	1100	2.12×5.6	φ0.71	1.63	8.3	27	1.9×6.3	4.5
	4	5	780	1.25×6.3	φ0.77	2.27	6.8	56	1.25×6.3	6.33
	5	1	640	1.4×12.5	φ1.13	3.78	13.78	18	2.8×6.3	4.4
	6	2	1060	1.4×6.3	φ0.69	1.6	7.5	41	1.4×6.3	5.1
	7	4	940	0.8×5.6	φ0.75	1.79	7.82	82	0.8×5.6	4.96
	8		710		φ0.93	2.24	9.1	28	2.12×6.3	5.33
	9		1170		φ0.77	1.812	10.4	51	1.12×5.6	4.48
	10		940		φ0.85	2.23	10.1	102	φ2.12	5.33
	11		650		φ1.0	2.8	9.7	33	1.9×6.3	5.59
	12		1080		φ0.8	1.8	10.3	46	1.32×6.3	5.46
	13		1350		φ0.71	1.39	10.2	64	1.0×5.6	5
	14	4	620	1.35×6.3	φ0.9	2.19	7.43	18	1.6×12.5	5.12
	15	9	850	1.7×6.3	φ0.63	1.43	4.86	36	1.9×6.3	6.1

注: 电枢绕组线规牌号为 QZ-2, 主极及换向极导线牌号为 QZ-2 或 QZB 或 TBR.

### 三、Z4 系列直流电机的技术数据

Z4 系列小型直流电机广泛用于冶金工业轧机传动, 金属切削机床、造纸、印刷、纺织、印染、水泥、塑料挤出机械等作为驱动源。表 4-13 为 Z4 系列直流电动机技术数据。



表 4-13 Z4 系列直流

型 号	额 定 功 率 (千瓦)	额 定 转 速 (转/分)			弱磁转速 (转/分)	电枢电流 (安)	励磁功率 (瓦)
		160伏	400伏	440伏			
Z4-100-1	2.2	1490			3000	17.9	315
	1.5	955			2000	13.3	
	4	2680			4000	12	
	4	2960			4000	10.7	
	2	1310			3000	6.6	
	2.2	1480			3000	6.5	
	1.4	860			2000	5.1	
	1.5	990			2000	4.77	
Z4-112/2-1	3	1540			3000	24	320
	2.2	975			2000	19.6	
	5.5	2630			4000	16.4	
	5.5	2940			4000	14.7	
	2.8	1340			3000	9.1	
	3	1500			3000	8.6	
	1.9	825			2000	6.9	
	2.2	965			2000	7.1	
Z4-112/2-2	4	1450			3000	31.3	350
	3	1070			2000	24.8	
	7	2680			4000	20.4	

电动机技术数据

电枢回路 电 阻 (欧) 20°C	电枢回路 电 感 (毫亨)	磁场电感 (亨)	外接电感 (毫亨)	效 率 (%)	惯量矩 (千克·米 <sup>2</sup> )	质 量 (千克)
1.19	11.2	22	15	67.8	0.044	72
2.17	21.4	13	15	58.5		
2.82	26	18		78.9		
				80.1		
9.12	86	18		68.4		
				70.6		
16.76	168	18		60.3		
				68.2		
0.785	7.1	14	20	69.1	0.072	100
1.498	14.1	13	20	62.1		
1.933	17.9	17		79.9		
				81.1		
6	59	17		71.2		
				72.8		
11.67	210	13		61.1		
				63.5		
0.567	6.2	14	12	72.6	0.088	107
0.934	10.3	14	10	66.8		
1.305	14	10		82.4		

型 号	额 定 功 率 (千瓦)	额 定 转 速 (转/分)			弱磁转速 (转/分)	电枢电流 (安)	励磁功率 (瓦)
		160伏	400伏	440伏			
Z4-112/2-2	7.5			2980	4000	19.7	350
	3.7		1320		3000	11.7	
	4			1500	3000	11.2	
	2.6		895		2000	9	
	3			1010	2000	9.1	
Z4-112/4-1	5.5	1520			3000	42.5	500
	4	990			2000	33.7	
	10		2680		4000	29	
	11			2950	4000	28.8	
	5		1340		2200	15.7	
	5.5			1480	2200	15.4	
	3.7		855		1400	13	
	4			980	1400	12.2	
Z4-112/4-2	5.5	1090			2000	43.5	570
	13		2740		4000	37	
	15			3035	4000	38.6	
	6.7		1330		2200	20.6	
	7.5			1480	2200	20.6	
	5		955		1500	16.1	
	5.5			1025	1500	15.7	

(续表)

电枢回路 电阻 (欧) 20°C	电枢回路 电感 (毫亨)	磁场电感 (亨)	外接电感 (毫亨)	效率 (%)	惯量矩 (千克·米 <sup>2</sup> )	质量 (千克)
1.305	14	19		83.5	0.098	107
4.24	48.5	19		74.1		
				76		
7.62	83	14		65.1		
				67.9		
0.38	3.85	6.8	6.5	73	0.128	103
0.741	7.7	6.7	4.5	65.9		
0.89	9	6.8		32.7		
				88.3		
3.01	30.5	6.8		74.3		
				75.7		
5.78	60	6.7		65.2		
				68.7		
0.441	5.1	7.8	6	69.5	0.156	114
0.574	6.4	5.8		84.4		
				85.4		
2.12	24.1	7.8		76.8		
				78.4		
3.46	40.5	5.8		71.1		
				71.9		

型 号	额 定 功 率 (千瓦)	额 定 转 速 (转/分)		弱磁转速 (转/分)	电枢电流 (安)	励磁功率 (瓦)
		400 伏	440 伏			
Z4-132-1	18.5	2610		4000	52.2	650
	18.5		2850	4000	47.1	
	10	1330		2400	30.1	
	11		1480	2500	29.6	
	7	865		1600	22.7	
	7.5		975	1600	21.4	
Z4-132-2	20	2800		3600	55.4	730
	22		3090	3600	55.3	
	15	1360		2500	44.5	
	15		1510	2500	39.5	
	10	905		1600	31.1	
	11		995	1600	30.5	
Z4-132-3	27	2720		3600	74.5	800
	30		3000	3600	75	
	18.5	1390		2800	53.2	
	18.5		1540	3000	47.6	
	13.5	945		1600	40.5	
	15		1050	1600	40.5	
Z4-160-11	33	2710		3500	28.4	820
	37		3000			

(续表)

电枢回路 电 阻 (欧) 20°C	电枢回路 电 感 (毫亨)	磁场电感 (亨)	效 率 (%)	惯 量 矩 (千克·米 <sup>2</sup> )	质 量 (千克)		
0.268	5.8	6.5	85	0.32	140		
			85.9				
1.309	18.9	8.9	79.4				
			80.9				
2.56	37.5	6.3	71.9				
			74.5				
0.226	3.65	10	87.8			0.4	160
			88.3				
0.811	13.5	7.7	81.2				
			83.4				
1.565	26	6	75.6				
			77.7				
0.1905	3.4	21	88.2	0.48	180		
			88.6				
0.531	9.8	6.6	83.6				
			84.7				
0.976	19.4	6.5	79.4				
			80.5				
0.1835	3.15	10	87.4			0.64	220
			88.5				

型 号	额 定 功 率 (千瓦)	额 定 转 速 (转/分)		弱磁转速 (转/分)	电枢电流 (安)	励磁功率 (瓦)
		400 伏	440 伏			
Z4-160-11	19.5	1350		3000	58.8	820
	22	1500				
Z4-160-22	40.5	2710		3500	112	920
	45	3000				
Z4-160-21	16.5	900		2000	50.5	920
	18.5	1000				
Z4-160-32	49.5	2710		3500	137	920
	55	3010				
Z4-160-31	27	1350		3000	77.8	1050
	30	1500				
	19.5	900		2000	59.1	
	22	1000				
Z4-180-11	33	1350		3000	95.4	1200
	37	1500				
	16.5	670		1900	51.4	
	18.5	750				
	13	540		2000	42.4	
	15	600				
Z4-180-22	67	2710		3400	185	1400
	75	3000				

(续表)

电枢回路 电 阻 (欧) 20°C	电枢回路 电 感 (毫亨)	磁场电感 (亨)	效 率 (%)	惯量矩 (千克·米 <sup>2</sup> )	质 量 (千克)
0.593	10.4	7.7	80.4	0.64	220
			82.6		
0.1426	2.7	10	88.2	0.76	242
			89.1		
0.862	17.7	6	77.9		
			79.4		
0.097	2.07	11	89.1		
			90.2		
0.376	8.8	10	84.7	0.88	268
			85.7		
0.675	15.2	6.8	79.1		
			81.7		
0.29	5.8	7.1	84.7		
			86.5		
0.947	17.6	5.6	75.5	1.52	326
			78.1		
1.264	23	5.6	73		
			74.1		
0.0535	1.16	6.9	89.5	1.72	350
			90.7		



型 号	额 定 功 率 (千瓦)	额 定 转 速 (转/分)		弱磁转速 (转/分)	电枢电流 (安)	励磁功率 (瓦)
		400 伏	440 伏			
Z4-180-21	40.5	1350		2800	115	1400
	45	1500				
	27	900		2000	78.7	
	30	1000				
	19.5	670		1400	60.9	
	22	750				
	16.5	540		1600	52	
	18.5	600				
Z4-180-31	39	900		2000	96.6	1500
	37	1000				
	19.5	540		1250	61.8	
	22	600				
Z4-180-42	81	2710		3200	221	
	90	3000				
Z4-180-41	50	1350		3000	199	1700
	55	1500				
	27	670		2250	79.5	
	30	750				
Z4-200-12	90	2710		3000	271	1400
	110	3000				

(续表)

电枢回路 电 阻 (欧) 20°C	电枢回路 电 感 (毫亨)	磁场电感 (亨)	效 率 (%)	惯 量 矩 (千克·米 <sup>2</sup> )	质 量 (千克)		
0.2125	4.65	6.6	85.8	1.72	350		
			87				
0.419	9.3	7.3	88.2				
			88.7				
0.756	15.7	7.1	77.8				
			79.7				
1.008	21.9	5	73.8				
			76.8				
0.332	7.7	6.6	82.8			1.92	330
			83.6				
0.801	19	6.6	74.8				
			76.6				
0.051	1.16	12	91	2.2	410		
			91.3				
0.1417	3.2	5.7	87.5				
			87.7				
0.459	10.4	6.3	80.4				
			81.1				
0.0878	0.88	7.62	90.2	3.68	485		
			91.6				

型 号	额 定 功 率 (千瓦)	额 定 转 速 (转/分)		弱磁转速 (转/分)	电枢电流 (安)	励磁功率 (瓦)
		400 伏	440 伏			
Z4-200-11	40.5	900		2000	118	1400
	45	1000				
	33	670		2000	99	
	37	750				
	19.5	450		1350	63.5	
	22	500				
Z4-200-21	67	1350		3000	188	1500
	75	1500				
	27	540		1000	82	
	30	600				
Z4-200-32	119	2710		3200	322	
	132	3000				
Z4-200-31	81	1350		2800	224	1750
	90	1500				
	49.5	900		2000	141	
	55	1000				
	40.5	670		1400	119	
	45	750				
	33	540		1600	101	
	37	600				

(续表)

电枢回路 电 阻 (欧) 20°C	电枢回路 电 感 (毫亨)	磁场电感 (亨)	效 率 (%)	惯量矩 (千克·米 <sup>2</sup> )	质 量 (千克)		
0.2653	8.4	7.01	83.4	3.68	485		
			85.5				
0.369	10.6	7.77	80.9				
			88.5				
0.93	21.9	7.3	78.5				
			78.6				
0.0885	2.8	6.78	88.7			4.2	530
			89.6				
0.585	14	9.64	78.8				
			80.4				
0.0266	0.79	10.9	91.7	4.8	580		
			98.4				
0.0771	2.6	5.61	88.7				
			90				
0.1751	4.8	8.54	85.6				
			87.1				
0.288	8.0	8.85	82.6				
			84.1				
0.42	12.2	8.42	79.6				
			82				

型 号	额 定 功 率 (千瓦)	额 定 转 速 (转/分)		弱磁转速 (转/分)	电枢电流 (安)	励磁功率 (瓦)
		400 伏	440 伏			
Z4-200-21	27	450		750	83.5	1730
	30	500				
Z4-225-11	99	1360		3000	276	2300
	110	1500				
	67	900		2000	193	
	75	1000				
	49	680		1600	146	
	55	750				
	40	540		1800	123	
	45	600				
	33	450		1600	103	
	37	500				
Z4-225-21	49	540		1200	148	2470
	55	600				
	40	450		1400	125	
	45	500				
Z4-225-31	119	1360		2400	327	2580
	132	1500				
	81	900		2000	227	
	90	1000				

(续表)

电枢回路 电 阻 (欧) 20°C	电枢回路 电 感 (毫亨)	磁场电感 (亨)	效 率 (%)	惯 量 矩 (千克·米 <sup>2</sup> )	质 量 (千克)
0.598	17.1	8.4	77.5	4.8	580
			79.5		
0.0664	2.1	4.45	87.9	5	680
			89.4		
0.1406	4.9	4.28	84.4		
			86.5		
0.2433	8.7	5.77	81.2		
			84		
0.356	9.5	6.36	78.2		
			80.8		
0.476	15.2	6.10	76.5		
			78.8		
0.2648	9.5	4.14	79.3	5.6	740
			82.4		
0.397	13.7	5.41	76.6		
			78.9		
0.0454	1.5	5.33	79.3	6.2	800
			80.7		
0.093	3.4	5.3	86.9		
			88		

型 号	额 定 功 率 (千瓦)	额 定 转 速 (转/分)		弱磁转速 (转/分)	电枢电流 (安)	励磁功率 (瓦)
		400 伏	440 伏			
Z4-225-81	67	680		2250	197	2580
	75	750				
Z4-250-12	144	1360		2100	399	2500
	160	1500				
Z4-250-11	99	900		2000	281	2500
	110	1000				
Z4-250-21	167	1360		2200	459	2750
	185	1500				
	81	680		2250	234	
	90	750				
	67	540		2000	202	
	75	600				
	49	450		1900	150	
	55	500				
Z4-250-31	180	1360		2400	493	2850
	200	1500				
	119	900		2000	334	
	132	1000				
	99	680		1900	283	
	110	750				

(续表)

电枢回路 电阻 (欧) 20°C	电枢回路 电感 (毫亨)	磁场电感 (亨)	效率 (%)	惯量矩 (千克·米 <sup>2</sup> )	质量 (千克)
0.167	5.1	5.44	82.5	6.2	800
			85.1		
0.0444	1.8	4.29	88.8	8.8	890
			89.9		
0.0911	2.4	4.55	86.2		
			88.1		
0.0325	0.91	4.28	89.8	10	970
			90.5		
0.1306	3.9	5.41	84.3		
			86.3		
0.198	4.4	4.4	80.5		
			84.1		
0.294	7.9	5.44	78.4		
			82.2		
0.0281	0.87	5.32	90.4	11.2	1070
			91.5		
0.0668	1.7	5.46	87.4		
			89.1		
0.0987	2.8	5.58	85.3		
			86.9		



型 号	额 定 功 率 (千瓦)	额 定 转 速 (转/分)		弱磁转速 (转/分)	电枢电流 (安)	励磁功率 (瓦)	
		400 伏	440 伏				
Z4-250-41	198	1360		2400	539	3000	
	220	1500					
Z4-250-42	144	900		2000	401		
	160	1000					
Z4-250-41	81	540		2000	236		
	90	600					
	67	450		1900	201		
	75	500					
Z4-280-11	226	1355		2000	614		3100
	250	1500					
Z4-280-22	253	1355		1800	684	3500	
	280	1500					
Z4-280-21	180	900		2000	498		
	200	1000					
	119	675		1600	333		
	132	750					
	99	540		1500	281		
	110	600					
Z4-280-32	284	1360		1800	768		3600
	315	1500					

(续表)

电枢回路 电 阻 (欧) 20°C	电枢回路 电 感 (毫亨)	磁场电感 (亨)	效 率 (%)	惯 量 矩 (千克·米 <sup>2</sup> )	质 量 (千克)		
0.0237	0.93	6.19	91	12.8	1180		
			91.7				
0.0485	1.9	4.58	88.3				
			89.4				
0.141	4.7	6.36	88.4				
			85				
0.195	5.1	4.97	80				
			83.5				
0.02134	0.69	4.58	90.9			16.4	1280
			91.6				
0.01796	0.77	5.3	91.5	18.4	1400		
			92.1				
0.0373	1.2	4.46	89.1				
			90.1				
0.0662	2.3	4.87	87.1				
			88.6				
0.093	3.1	4.57	85.3				
			86.6				
0.01493	0.59	6.94	91.7	21.2	1550		
			92.6				

型 号	额 定 功 率 (千瓦)	额 定 转 速 (转/分)		弱磁转速 (转/分)	电枢电流 (安)	励磁功率 (瓦)
		400 伏	440 伏			
Z4-280-31	198	900		2000	545	3600
	220	1000				
	144	675		1700	402	
	160	750				
	118	540		1200	339	
	132	600				
	80	450		1800	234	
	90	500				
Z4-280-42	321	1360		1800	868	4000
	355	1500				
	225	900		1800	616	
	250	1000				
Z4-280-41	166	675		1900	464	3850
	185	750				
	98	450		1200	282	
	110	500				
Z4-315-12	258	990		1600	690	3850
	280	1000				
	180	680		1900	500	
	200	750				

(续表)

电枢回路 电阻 (欧) 20°C	电枢回路 电感 (毫亨)	磁场电感 (亨)	效率 (%)	惯量矩 (千克·米 <sup>2</sup> )	质量 (千克)		
0.0314	1.1	5.54	89.7	21.2	1550		
			90.6				
0.0532	2	5.47	87.8				
			89.1				
0.0839	2.6	5.77	85.4				
			86.8				
0.1377	5.3	9.03	84.1				
			85.4				
0.01336	0.77	5.67	92.1			24	1700
			92.6				
0.02545	0.96	5.29	90.2				
			91.1				
0.0457	1.7	5.19	88.1				
			89.4				
0.0993	3.7	6.86	85.1				
			86.9				
0.02855	0.46	5.06	90.4	21.2	1890		
			91.6				
0.04371	0.83	4.97	88.4				
			89.4				

型 号	额 定 功 率 (千瓦)	额 定 转 速 (转/分)		弱磁转速 (转/分)	电枢电流 (安)	励磁功率 (瓦)
		400 伏	440 伏			
Z4-315-11	144	540		1900	409	3850
	160	600				
	118	450		1600	344	
	132	500				
	98	360		1200	294	
	110	400				
Z4-315-22	234	900		1600	772	4850
	315	1000				
	225	680		1600	624	
	250	750				
Z4-315-21	166	540		1600	468	4850
	185	600				
	143	450		1500	413	
	160	500				
Z4-315-32	320	900		1600	867	4850
	355	1000				
	252	680		1600	698	
	280	750				
	180	540		1500	501	
	200	600				

(续表)

电枢回路 电 阻 (欧) 20°C	电枢回路 电 感 (毫亨)	磁场电感 (亨)	效 率 (%)	惯量矩 (千克·米 <sup>2</sup> )	质 量 (千克)		
0.06919	1.3	7.6	86.4	21.2	1890		
			87.4				
0.1	2.3	9.43	84.4				
			86.3				
0.1415	2.9	9.96	81.7				
			84.3				
0.02084	0.49	6.91	91			24	2030
			91.5				
0.03392	0.74	18.8	88.7				
			89.6				
0.05382	1.2	25	87.2				
			88.5				
0.076	1.5	19	84.7				
			86				
0.01658	0.89	23.1	91.3	27.2	2290		
			92.3				
0.08043	0.82	21.5	89.1				
			89.8				
0.04536	0.95	21.6	88.2				
			89.4				

型 号	额 定 功 率 (千瓦)	额 定 转 速 (转/分)		弱磁转速 (转/分)	电枢电流 (安)	励磁功率 (瓦)
		400 伏	440 伏			
Z4-315-31	118	360		1200	344	4650
	132	400				
Z4-315-42	361	900		1300	971	5800
	400	1000				
	284	680		1600	778	
	315	750				
	225	540		1600	626	
	250	600				
Z4-315-41	166	450		1500	488	
	185	500				
	143	360		1200	416	
	160	400				
Z4-355-12	406	900		1500	1094	5400
	450	1000				
	321	680		1500	877	
	355	750				
Z4-355-11	253	540		1600	697	
	280	600				
	180	450		1500	506	
	200	500				

(续表)

电枢回路 电 阻 (欧)20°C	电枢回路 电 感 (毫亨)	磁场电感 (亨)	效 率 (%)	惯 量 矩 (千克·米 <sup>2</sup> )	质 量 (千克)
0.1002	2.1	23.3	83.2	27.2	2290
			85.3		
0.01302	0.33	29	92.1	30.8	2520
			92.7		
0.02364	0.67	20.8	90		
			90.7		
0.03554	0.87	21.9	88.3		
			89		
0.055	1.4	37.4	87.3		
			88.3		
0.0803	1.8	22.2	84		
			85.8		
0.01259	0.36	37.6	91.8		
			92.8		
0.02087	0.59	28.1	90.4		
			91.2		
0.02952	0.91	22	89.2	42	2890
			90.2		
0.0502	1.5	8.91	87.6		
			88.9		



型 号	额 定 功 率 (千瓦)	额 定 转 速 (转/分)		弱磁转速 (转/分)	电枢电流 (安)	励磁功率 (瓦)
		400 伏	440 伏			
Z4-355-11	166	360		1200	478	5400
	185	400				
Z4-355-22	361	680		1600	978	5900
	400	750				
	284	540		1500	783	
	315	600				
	225	450		1600	624	
	250	500				
Z4-355-21	180	360		1200	511	
	200	400				
Z4-355-32	406	680		1500	1098	6200
	450	750				
	320	540		1600	877	
	355	600				
	284	450		1500	789	
	315	500				
Z4-355-31	197	360		1200	559	
	220	400				
Z4-355-42	361	400		1600	985	6700
	400	600				
	320	450		1600	882	
	355	500				
	225	360		1200	627	
	250	400				

(续表)

电枢回路 电 阻 (欧) 20°C	电枢回路 电 感 (毫亨)	磁场电感 (亨)	效 率 (%)	惯 量 矩 (千克·米 <sup>2</sup> )	质 量 (千克)		
0.066	1.8	22.4	84.9	42	2390		
			85.9				
0.01583	0.44	15.6	90.8	46	3170		
			91.7				
0.02676	0.81	34.7	89.5				
			90.5				
0.03462	1.0	20.5	88.4				
			89.5				
0.05642	1.6	35.5	86.3				
			87.5				
0.01362	0.39	19	91.3			52	3490
			92.1				
0.02153	0.7	24.3	89.9				
			91				
0.0293	0.91	18.5	88.3				
			89.5				
0.04957	1.3	34.6	86.6				
			88.4				
0.01836	0.64	29.6	90.5	60	3340		
			91.2				
0.02361	0.76	17.7	88.9				
			89.2				
0.0358	1.2	17.7	87.5				
			88.8				

## 微电机 专用电机和小型发电机

### 5-1 微电机

通用电机主要用作能量转换的动力装置；微电机不是作动力应用，而是作信号转换应用。微电机在仪表、工业自动化方面得到广泛应用，特别是现代微电子技术引起的新技术革命，更是需要微电机作信息检测和执行元件。

习惯上把功率和外形尺寸较小(输出功率小于600瓦以及机壳外径为130毫米及以下)的电机统称为微电机。按用途微电机大致可分为两类：

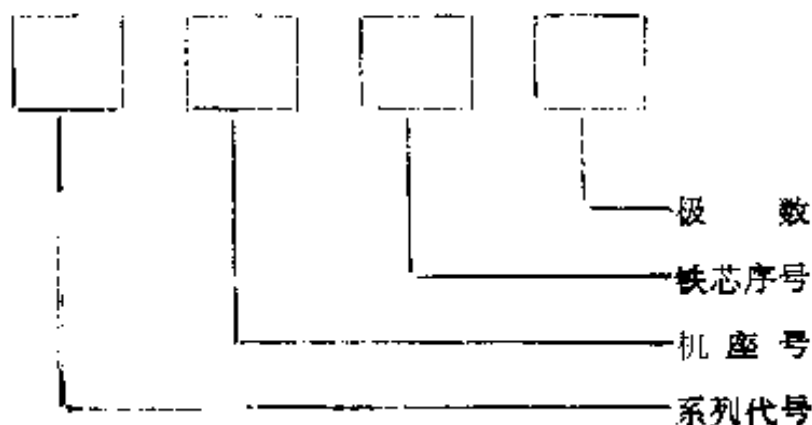
第一类为驱动用微电机，它与一般旋转电机没有根本的不同，主要作直接驱动负载的元件，如微型单相、三相异步电动机、同步电动机，直流电动机及交流换向器电动机等。

第二类为控制用微电机，主要在自动控制和计算装置中作信号检测、放大、执行和解算的元件，如自整角机、旋转变压器、伺服电动机、测速发电机和伺服步进电机等。

#### 一、微型异步电动机

微型异步电动机主要作驱动用，按电源类型分为三相和单相两种。

1. 微型异步电动机的型号和结构 微型异步电动机型号的意义如下：



微型异步电动机基本系列代号

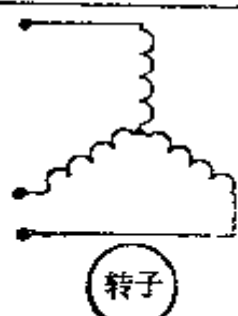
类别	推广使用的系列代号	被取代的系列产品代号	Y系列新型号
三相异步电动机	AO2	AO, JW, JLO	YS(异、三)
单相电阻起动异步电动机	BO2	BO, JZ, JLOE	YU(异、阻)
单相电容起动异步电动机	CO2	CO, JY, JLOB, JDX	YC(异、容)
单相电容运转异步电动机	DO2	DO, JX, JLOY	YY(异、运)
单相双值电容异步电动机	YL	—	YL
单相罩极异步电动机	*	—	—

\* 目前尚未有统一系列设计产品。

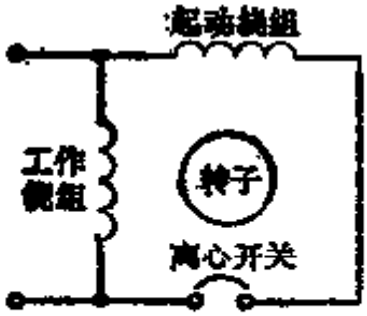
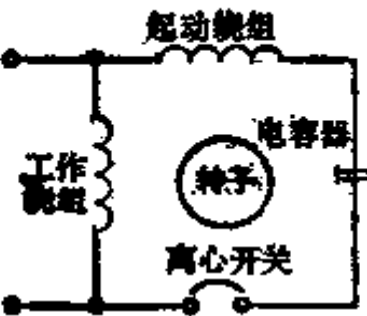
三相微型异步电动机的结构及工作原理都与中小型电动机相同，而单相常用的结构有四种，表5-1所列为它们的结构特点和性能应用。

2. 微型异步电动机的技术数据 微型异步电动机的主要系列产品规格如表5-2所示，AO2、BO2、DO2系列电动机安装尺寸如表5-8所示，微型电动机的技术数据如表5-4~5-14所示。

表5-1 微型异步电动机结构及应用

类别	系列代号	原理接线	结构特点	性能特点和应用范围
三相异步电动机	AO2		结构与小型封闭式三相异步电动机相似	需用三相电源，比单相异步电动机有较高的力能指标，相同体积时有较大的出力。适用于小型机床、泵、电钻、风机等一般的机械

(续表)

类别	系列代号	原理接线	结构特点	性能特点和应用范围
单相分相启动	BO2		<p>定子有两个空间位置互差 <math>90^\circ</math> 电角的绕组：工作绕组和起动绕组。电阻值较大的起动绕组经起动开关与工作绕组并接于电源上。转子为鼠笼式。</p> <p>电动机除起动绕组不接电容器外，其余和单相电容启动电动机相似。当转速达额定值 80% 左右时，离心开关使起动绕组与电源切断</p>	<p>具有中等启动转矩和过载能力。适用于小型车床、鼓风机、医疗机械等</p>
单相电容启动	CO2		<p>定子的结构同单相分相启动式，但起动绕组与一个容量较大的电容器串接后经离心开关与工作绕组并接于电源。起动绕组中电流移相较大，当启动达到一定转速后，离心开关使起动绕组与电源切断；正常运转时只有工作绕组工作。改变起动绕组与工作绕组并接的两端，可使转向改变</p>	<p>启动转矩较高。适用于小型空气压缩机、电冰箱、磨粉机、医疗机械、水泵及满载启动的机械</p>

(续表)

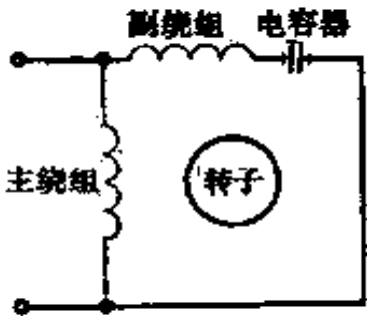
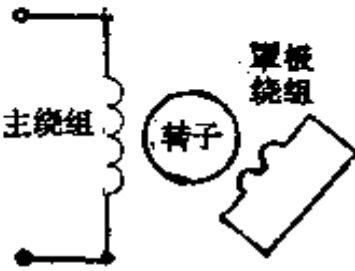
类别	系列代号	原理接线	结构特点	性能特点和应用范围
单相电容运转	DO2		<p>定子有两个绕组(主绕组和副绕组), 它们空间位置互差<math>90^\circ</math>电角。副绕组串接一电容器后与主绕组并接于电源。电容器将副绕组电流移相使电动机近似为两相电动机状态工作。换接任一相绕组在电源上的接线, 可使转向改变</p>	<p>起动转矩较低, 但功率因数较高; 电机效率高、体积小、重量轻。适用于电风扇、通风机、录音机、电子仪表、仪器、医疗器械及各种空载或轻载起动的机械</p>
单相罩极式			<p>有凸极定子和集中形式的主绕组。此外在定子极靴表面的一角套上所谓罩极绕组的短路铜环。当主绕组通电后, 罩极绕组感应一个滞后主绕组的电流, 起了移相作用, 形成旋转磁场使电机运转</p>	<p>起动转矩、功率因数和效率均较低。但结构简单、成本低。适用于小型风扇、电动模型及各种轻载起动的小功率电动设备</p>

表 5-2 微型异步电动机主要系列产品规格

新系列①		三相异步电动机			单相电阻启动异步电动机			单相电容启动异步电动机			单相电容运转异步电动机			单相双值电容异步电动机			老系列①		
机座号	冲片外径(毫米)	铁芯号		同 步 转 速 (转/分)			电 动 机 额 定 功 率 (瓦)			同 步 转 速 (转/分)			铁芯号			冲片外径(毫米)	机座号		
		1	2	3000	1500	3000	1500	3000	1500	3000	1500	3000	1500	1	2				
45	φ 71	1	10												1	φ 71	45		
		2	16/15②												2				
50	φ 80	1	25												1	φ 80	50		
		2	40												2				
56	φ 90	1	60												1	φ 90	56		
		2	90												2				
63	φ 96	1	120	90	60										1	φ 96			
		2	180	120	90										2				
71	φ 110	1	180	120	120	180	120	120	120	120	120	120	120	120	1	φ 102	63		
		2	250	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	2				
		3	370	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	3				
80	φ 128	1	370	250	370	250	370	250	370	250	370	250	370	250	1	φ 120	71		
		2	550	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	2				
96 $\frac{S}{L}$	φ 145														2	φ 133	80		
															1				
100L $\frac{1}{2}$	φ 155																		

注: ① 新系列指相应的 AO2、BO2、CO2、DO2 及 YL 系列; 老系列指 AO、BO、CO、DO 系列, 无双值电容系列。

② 斜线之上指新系列电机功率, 之下指老系列电机功率。

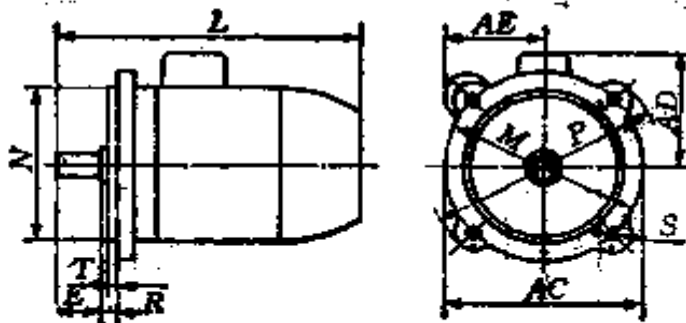
表 5-3 AO2、BO2、DO2 系列电动机

机座号	B3 安 装 尺 寸										B14、B94 安装尺寸					
	A	A/2	B	C	D	E	F	G	H	K	M	N	P	R	S	T
45	71	35.5	56	28	9	20	3	7.2	45	4.8	45	32	60	0	M5	2.5
50	80	40	63	32	9	20	3	7.2	50	5.8	55	40	70	0	M5	2.5
56	90	45	71	36	9	20	3	7.2	56	5.8	65	50	80	0	M5	2.5
63	100	50	80	40	11	23	4	8.5	63	7	75	60	90	0	M5	2.5
71	112	56	90	45	14	30	5	11	71	7	85	70	105	0	M6	2.5
80	125	62.5	100	50	19	40	6	15.5	80	10	100	80	125	0	M6	3
S			100													
90 L	140	70	125	56	24	50	8	20	90	10	115	95	140	0	M8	3

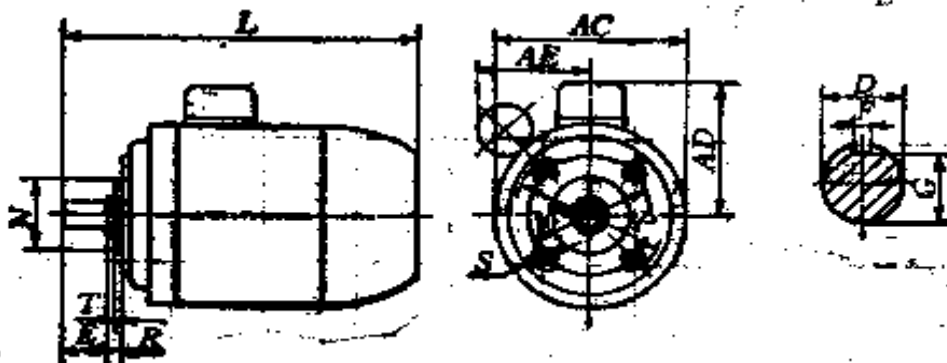
注: 1. 尺寸AE仅CO2系列有。

2. 尺寸公差D(j6)、F(N9)、K(H14)、W(j6)、

B5型



B14型



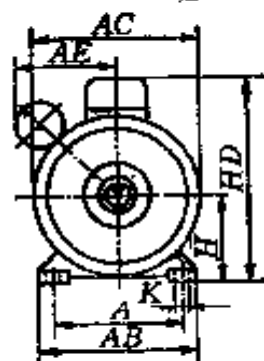
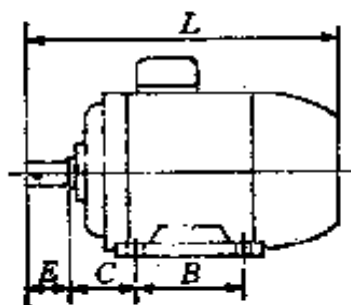


安装尺寸及外形尺寸

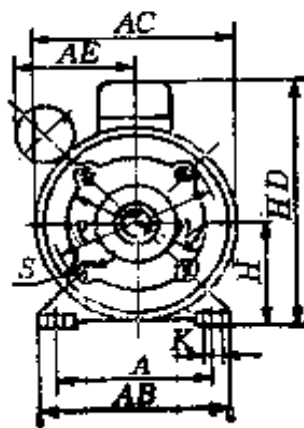
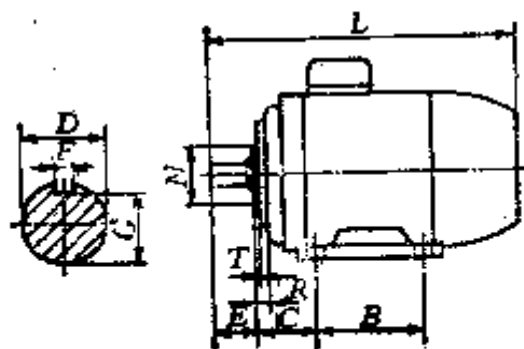
(毫米)

B5 安装尺寸						B3、B34、B14 外形尺寸不大于						B5 外形尺寸不大于		
M	N	P	R	S	T	AB	AC	AD	AE <sup>⊙</sup>	HD	L	AO	L	AE <sup>⊙</sup>
						90	100	70		115	150			
						100	110	75		125	155			
						115	120	80		135	170			
115	95	140	0	10	3	130	130	100		165	230	130	250	
130	110	160	0	10	3.5	145	145	110	95	180	255	145	275	95
165	130	200	0	12	8.5	160	165	120	110	200	295	175	300	110
											310		335	
165	130	200	0	12	3.5	180	185	130	120	200	335	185	360	120

B3型



B34型



附图

表 5-4 AO2 系列三相异步电动机技术数据

型 号	额定功率 (瓦)	额定电压 (伏)	满载时			定子铁芯			气隙		槽数		定子绕组				堵转电流	堵转转矩	最大转矩		
			电流 (安)	转速 (转/分)	效率 (%)	功率因数	外径	内径	长度	长度	定子	转子	线规 (根-毫米)	每槽匝数	每槽串联匝数	节距				堵转电流	堵转转矩
AO2-4512	16	380	0.092	2800	46	0.57	71	38	45	0.2	12	18	1-0.15	710	2340	1-6	6.0	2.2	2.4		
AO2-4522	3		0.12		0.60	52	0.60	50	44				45								
AO2-5012	40	380	0.17	2800	55	0.65	80	44	45	0.25	24	18	1-0.21	436	1920	1-12	6.0	2.2	2.4		
AO2-5022	60		0.23		0.66	60	0.66	90	43				50								
AO2-5612	90	380	0.322	2800	62	0.68	90	43	50	0.25	24	18	1-0.28	185	1480	1-12	6.0	2.2	2.4		
AO2-5622	120		0.382		0.71	67	0.71	96	50				45								
AO2-6312	180	380	0.52	2800	69	0.75	96	50	45	0.25	24	18	1-0.35	165	1320	2-11	6.0	2.2	2.4		
AO2-6322	250		0.67		0.72	72	0.72	110	58				50								
AO2-7112	370	380	0.95	2800	73.5	0.80	110	58	50	0.25	24	18	1-0.45	116	928	1-12	6.0	2.2	2.4		
AO2-7122	550		1.35		0.82	75.5	0.82	128	67				58								
AO2-8012	750	380	1.75	2800	76.5	0.85	128	67	58	0.25	24	18	1-0.50	93	744	2-11	6.0	2.2	2.4		
AO2-8022	1000		2.4		0.88	80	0.88	140	84				67								

(续表)

型 号	额定 功率 (瓦)	额定 电压 (伏)	满 载 时			定子铁芯			气 隙		槽 数		定 子 绕 组				堵 转 电 流	堵 转 转 矩	最 大 转 矩
			电 流 (安)	转 速 (转/分)	效 率 (%)	功 率 因 数	外 径	内 径	长 度	定 子	转 子	线 规 (根-毫米)	每 槽 匝 数	每 相 串 联 匝 数	节 距				
																长 度 (毫 米)			
AO2-4514	10	380	0.12	1400	28	71	38	45	0.2	18	1-0.14	110	440	1-4	6.0	2.2	2.4		
AO2-4524	15		0.155		32													80	
AO2-5014	25		0.17		42													80	
AO2-5024	40	380	0.224	1400	50	90	54	40	0.25	18	1-0.21	670	2680	1-8	6.0	2.2	2.4		
AO2-5614	50		0.28		56													90	
AO2-5624	90		0.385		58													90	
AO2-6314	120	380	0.48	1400	60	96	53	45	0.25	30	1-0.31	270	2160	1-8	6.0	2.2	2.4		
AO2-6324	180		0.65		64													96	
AO2-7114	250		0.83		67													110	
AO2-7124	370	380	1.12	1400	69.5	128	77	62	0.25	30	1-0.45	150	1200	1-8	6.0	2.2	2.4		
AO2-8014	550		1.55		73.5													128	
AO2-8024	750		2.01		75.5													128	

注: 63 及以上机座亦可制成 220/380 伏。

表 5-5 BO2 系列单相电阻

型 号	额定 功率 (瓦)	额定 电压 (伏)	满 载 时				定子铁芯			气隙 长度
			电 流 (安)	转 速 (转/分)	效 率 (%)	功 率 因 数	外 径	内 径	长 度	
							(毫 米)			
BO2-6312	90	220	1.09	2800	56	0.67	96	50	45	0.25
BO2-6822	120		1.36		58	0.69			54	
BO2-7112	180		1.89		60	0.72	110	58	50	
BO2-7122	250		2.40		64	0.74			62	
BO2-8012	370		3.36		65	0.77	128	67	58	
BO2-6314	60		1.23	1400	39	0.57	96	58	45	
BO2-6324	90		1.64		43	0.58			54	
BO2-7114	120		1.88		50	0.58	110	67	50	
BO2-7124	180		2.49		53	0.62			62	
BO2-8014	250		3.11		58	0.63	128	77	58	
BO2-8024	370	4.24	62		0.64	75				

全相异步电动机技术数据

槽数		主绕组			副绕组			堵转电流 (安)	堵转 转矩 额定 转矩	最大 转矩 额定 转矩
定子	转子	线规	每极 匝数	平均半 匝长 (毫米)	线规	每极 匝数	平均半 匝长 (毫米)			
24	18	1-0.45	496	132	1-0.33	192	132	12	1.5	1.8
		1-0.50	357	141	1-0.35	182	140	14	1.4	
		1-0.56	297	148.2	1-0.38	167	148.5	17	1.3	
		1-0.63	235	160.2	1-0.40	158	160.6	22	1.1	
		1-0.71	206	170.4	1-0.45	136	171.3	30		
	30	1-0.42	315	97.3	1-0.31	127	93.5	9	1.7	
		1-0.45	270	103.3	1-0.35	117	103	12	1.5	
		1-0.53	224	109.4	1-0.33	124	109.4	14		
		1-0.60	183	121.4	1-0.35	102	121.4	17	1.4	
		1-0.71	158	126.4	1-0.40	104	126.4	22	1.2	
		1-0.85	124	143.9	1-0.47	89	143.4	30		

表 5-6 CO2 系列单相电容起动

型 号	额定 功率 (瓦)	额定 电压 (伏)	满 载 时				定子铁芯			气隙 长度
			电 流 (安)	转 速 (转/分)	效 率 (%)	功 率 因数	外 径	内 径	长 度	
CO2-7112	180	220	1.89	2800	60	0.72	110	58	50	0.25
CO2-7122	250		2.40		64	0.74			62	
CO2-8012	370		3.36		65	0.77	128	67	58	
CO2-8022	550		4.65		68	0.79			75	
CO2-90S2	750		5.94		70	0.82	145	77	70	
CO2-7114	120		1.88	1400	50	0.58	110	67	50	0.25
CO2-7124	180		2.49		53	0.62			62	
CO2-8014	250		3.11		58	0.63	128	77	58	
CO2-8024	370		4.24		62	0.64			75	
CO2-90S4	550		5.57		65	0.69	145	87	70	
CO2-90L4	750	6.77	69		0.73	90				

注：电容器为 QDJ 型电解电容，工作电压 220 伏。

异步电动机技术数据

槽数		主绕组			副绕组			堵转 电流 (安)	堵转 转矩 额定 转矩	最大 转矩 额定 转矩	电容 容 量 (微法)
定子	转子	线规 (根- 毫米)	每极 匝数	平均半 匝长 (毫米)	线规 (根- 毫米)	每极 匝数	平均半 匝长 (毫米)				
24		1-0.56	297	148.2	1-0.38	247	158.3	12	3.0	1.8	75
		1-0.63	235	169.2	1-0.47	204	170.3	15			
24	18	1-0.71	206	170.4	1-0.53	206	182	21	2.8	1.8	100
		1-0.85	159	187.6	1-0.56	154	192	29			
		1-1.0	147	198.2	1-0.63	133	211.2	37			
24	30	1-0.53	224	109.4	1-0.35	145	120.2	9	3.0	1.8	75
		1-0.60	188	121.4	1-0.38	124	132.2	12			
		1-0.71	158	126.4	1-0.47	133	139	15			
24		1-0.85	124	148.4	1-0.50	134	155.8	21	2.8	1.8	100
		1-0.95	127	144.6	1-0.60	108	157.2	29			
36	42	1-1.06	96	165	1-0.63	120	177	37	2.5	1.8	150

表 5-7 DO2 系列单相电容运转

型 号	额定 功率 (瓦)	额定 电压 (伏)	满 载 时				定子铁芯			气隙 长度	槽 数	
			电 流 (安)	转 速 (转/分)	效 率 (%)	功 率 因 数	外 径	内 径	长 度		定 子	转 子
										(毫 米)		
DO2-4512	10	220	0.20	2800	28	0.80	71	38	45	0.2	12	18
DO2-4022	16		0.26		35							
DO2-5012	25	220	0.33	2800	40	0.85	80	44	50	0.25	24	18
DO2-5022	40		0.42		42							
DO2-5612	60		0.57		53							
DO2-5622	90		0.81		56							
DO2-6312	120	220	0.91	2800	63	0.95	90	50	54	0.25	24	18
DO2-6322	180		1.29		67							
DO2-7112	250		1.73		69							
DO2-4514	6	220	0.20	1400	17	0.80	71	38	45	0.2	12	18
DO2-4524	10		0.23		24							
DO2-5014	16	220	0.28	1400	33	0.82	80	44	45	0.2	12	18
DO2-5024	25		0.36		38							
DO2-5614	40		0.49		45							
DO2-5624	60		0.64		50							
DO2-6314	90	220	0.94	1400	51	0.85	96	58	45	0.25	24	18
DO2-6324	150		1.17		55							
DO2-7114	180		1.58		59							
DO2-7124	250	220	2.04	1400	62	0.90	110	67	62	0.25	24	30



## 异步电动机技术数据

主绕组			副绕组			堵转 电流 (安)	堵转 转矩 额定 转矩	最大 转矩 额定 转矩	电 容 器	
线 规 (根-毫米)	每极 匝数	平均半 匝 长 (毫米)	线 规 (根-毫米)	每极 匝数	平均半 匝 长 (毫米)				容 量 (微法)	工作 电压 (伏)
1-0.18	868	106	1-0.16	971	106	0.8	0.60	1.8	1	630
1-0.20	750		1-0.19	796		1.0				
1-0.25	519	125.7	1-0.23	819	125.7	1.5	0.50		2	630
	489		1-0.25	698		2.0				
1-0.28	454	131.6	1-0.31	527	131.6	2.5	0.35	1.8	4	630
1-0.33	362			467		3.2				
1-0.40	415	132		593	132	5.0				630
1-0.45	320	140.7	1-0.33	427	140.7	7.0			6	
1-0.50	271	148.1	1-0.45	382	148.1	10			8	430
1-0.18	700	83.3	1-0.16	675	83.3	0.5	1.0	1.8	1	630
1-0.20	600			620		0.8				
1-0.21	560	85.4	1-0.21	455	85.4	1.0	0.60		2	
1-0.25	436	85.4	1-0.21	435	85.4	1.5			2	
1-0.28	356	98.7	1-0.23	508	98.7	2.0	0.50	1.8		630
1-0.31	348		1-0.28	389		2.5				
1-0.35	302	93.7	1-0.31	374	93.7	3.2			4	
1-0.40	259	106.3		365		106.3	5.0	0.35		
1-0.42	206	109.4	1-0.35	330	109.4	7.0		1.8	6	430
1-0.47	165	121.4	1-0.42	268	121.4	10			8	

表 5-8 JW 系列三相异步电动机性能和绕组的技术数据

型 号	输 出		转速 (转/ 分)	消耗 功率 (瓦)	额定 电流 (380 伏时) (安)	定子 槽数	每 槽 线 数	定子 线规 (毫 米 <sup>2</sup> )	定子 绕组 20°C 时电 阻 (欧)	定子 铜重 (千克)	定子 绕组 节距	重量 (千克)	机 座 号
	(瓦)	(马力)											
JW7122	750	1	2800	990	1.8	24	92	0.62	8.45	1.26	1~12 2~11	9.5	71
JW7112	550	3/4	2800	740	1.35	24	120	0.53	14	1.12	1~12 2~11	7.4	71
JW7134	750	1	1400	1000	2.1	24	106	0.67	7.28	1.48	1~8 2~7	9.5	71
JW7124	550	3/4	1400	750	1.6	24	132	0.57	11.3	1.19	1~8 2~7	7.4	71
JW7114	370	1/2	1400	520	1.05	24	174	0.49	18.2	1.06	1~8 2~7	5.7	71
JW6322	370	1/2	2800	510	0.95	24	145	0.47	23	1.13	1~12 2~11	5.0	63
JW6312	250	1/3	2800	340	0.60	24	165	0.41	33	0.94	1~12 2~11	4.3	63
JW6324	250	1/3	1400	360	0.80	24	212	0.44	26.2	0.99	1~8 2~7	5.0	63
JW6314	180	1/4	1400	265	0.55	24	260	0.38	40.6	0.85	1~8 2~7	4.3	63
JW5622	180	1/4	2800	250	0.45	24	196	0.33	53	0.64	1~12 2~11	3.5	56
JW5612	120	1/6	2800	170	0.30	24	235	0.29	73	0.52	1~12 2~11	3.0	56
JW5624	120	1/6	1400	190	0.4	24	284	0.31	62	0.58	1~8 2~7	3.5	56
JW5614	90	1/8	1400	150	0.35	24	330	0.27	88.5	0.48	1~8 2~7	3.0	56
JW5022	90	1/8	2800	130	0.25	12	460	0.25	97	0.38	1~6 2~9	2.5	50
JW5012	60	1/12	2800	95	0.2	12	460	0.21	137.5	0.27	1~6 2~9	2.5	50
JW5024	60	1/12	1400	110	0.3	12	600	0.25	94.6	0.38	1~4 2~11	2.5	50
JW5014	40	1/20	1400	75	0.25	12	650	0.21	145	0.38	1~4 2~11	2.5	50
JW4522	40	1/20	2800	67	0.15	12	620	0.18	230	0.24	1~6 2~9	1.8	45
JW4512	25	1/30	2800	45	0.1	12	670	0.17	282	0.24	1~6 2~9	1.8	45
JW4524	25	1/25	1400	55	0.20	12	820	0.18	226	0.23	1~4 2~11	1.8	45
JW4514	15	1/50	1400	45	0.1	12	840	0.16	293	0.19	1~4 2~11	1.8	45

表 5-9 JX 系列单相电容运转电动机性能和绕组的技术数据

型号	输出		转速 (转/分)	电流 (220 伏时) (安)	启动 转矩 / 额定 转矩	定子 槽数	主 绕 组			副 绕 组			电容量 (微法)	重 量 (千克)	机 座 号
	(瓦)	(马力)					线规 (毫米)	20°C 时电阻 (欧)	铜重 (千克)	线规 (毫米)	20°C 时电阻 (欧)	铜重 (千克)			
JX5622	120	1/6	2800	1.0	0.35	24	0.44	27.3	0.34	0.27	101.5	0.18	4	3.5	56
JX5612	90	1/8	2800	0.7	0.35	24	0.38	41.2	0.29	0.25	133	0.175	4	3.0	56
JX5624	90	1/8	1400	0.8	0.35	24	0.31	56.7	0.173	0.29	116	0.27	4	3.5	56
JX5614	60	1/12	1400	0.5	0.35	24	0.29	73	0.17	0.27	108.5	0.19	4	3.0	56
JX5022	60	1/12	2800	0.45	0.35	12	0.33	56.8	0.23	0.31	274	0.18	2	2.5	50
JX5012	40	1/20	2800	0.35	0.70	12	0.33	56.6	0.23	0.21	252	0.17	2	2.5	50
JX5024	40	1/20	1400	0.4	0.70	12	0.33	545	0.215	0.21	193	0.125	2	2.5	50
JX5014	25	1/30	1400	0.35	0.70	12	0.31	68	0.21	0.21	179	0.115	2	2.5	50
JX4522	25	1/30	2800	0.25	0.70	12	0.25	112	0.145	0.20	344	0.135	1	1.8	48
JX4512	15	1/50	2800	0.2	0.70	12	0.23	156	0.145	0.19	350	0.15	1	1.8	45
JX4524	15	1/50	1400	0.25	0.70	12	0.21	171.5	0.113	0.17	336	0.093	1	1.8	45
JX4514	8	1/100	1400	0.2	0.70	12	0.2	208	0.113	0.16	363	0.08	1	1.8	45

表 5-10 JX 系列电动机绕组排列方法

型 号	正 弦 绕 组 排 列 方 法	
	主绕组槽节距与匝数	副绕组槽节距与匝数
JX5622 120 瓦 220 伏		
JX5612 90 瓦 220 伏		
JX5022 60 瓦 220 伏		
JX5012 40 瓦 220 伏		
JX4522 25 瓦 220 伏		

(续表)

型 号	正 弦 绕 组 排 列 方 法	
	主绕组槽节距与匝数	副绕组槽节距与匝数
JX4512 35 瓦 220 伏		
JX5624 90 瓦 220 伏		
JX5614 60 瓦 220 伏		
JX5024 40 瓦 220 伏		
JX5014 25 瓦 220 伏		
JX4524 15 瓦 220 伏		
JX4514 8 瓦 220 伏		

表 5-11 JY 系列单相电容起电动机性能和绕组的技术数据

型 号	输 出		转 速 (转/分)	耗 功 率 约 值 (瓦)	额 定 电 流 (220 伏 时) (安)	起 动 转 矩 额 定 转 矩	起 动 电 流 (安)	起 动 定 子 槽 数	主 绕 组			副 绕 组			重 量 (干 克)	机 座 号
	(瓦)	(马 力)							线 规	20°C 电 阻 (欧)	铜 重 (干 克)	线 规	20°C 电 阻 (欧)	铜 重 (干 克)		
JY7112	550	3/4	2800	800	4.0	2.5	29	24	0.86	3.82	0.6	0.58	10.53	0.32	9.5	71
JY7122	370	1/2	2800	570	3.5	2.5	21	24	0.72	6.3	0.56	0.49	11.6	0.23	7.4	71
JY7134	370	1/2	1400	580	4.0	2.5	21	24	0.88	4.7	0.74	0.49	14.3	0.28	9.5	71
JY7112	350	1/3	2800	400	2.5	3.0	15	24	0.62	9.6	0.47	0.47	12.2	0.2	5.7	71
JY7124	350	1/3	1400	410	3.0	3.0	15	24	0.72	7.25	0.65	0.47	15.1	0.245	7.4	71
JY7114	180	1/4	1400	390	2.5	3.0	12	24	0.64	10.2	0.57	0.41	15.2	0.143	5.7	71

表 5-12 JY 系列电动机绕组排列方法

型 号	正 弦 绕 组 排 列 方 法	
	主绕组槽节距与匝数	副绕组槽节距与匝数
JY7132 550 瓦 220 伏		
JY7122 370 瓦 220 伏		
JY7112 250 瓦 220 伏		
JY7134 370 瓦 220 伏		
JY7124 250 瓦 220 伏		
JY7114 180 瓦 220 伏		

表 5-13 JZ 系列单相分相起动电动机性能和绕组组技术数据

型号	输出		转速 (转/分)	消耗 功率 约值 (瓦)	额定 电流 (220 伏时) (安)	启动 转矩 额定 转矩 (安)	启动 电流 (安)	定子 槽数	主 绕 组			副 绕 组			重 量 (千克)	机 座 号
	(EC)	(马力)							线规 (毫米 <sup>2</sup> )	20°C 电阻 (欧)	铜重 (千克)	线规 (毫米 <sup>2</sup> )	20°C 电阻 (欧)	铜重 (千克)		
JZ7122	370	1/2	2800	370	3.5	1.25	29	24	0.72	6.15	0.55	0.44	9.65	0.12	7.4	71
JZ7112	250	1/3	2800	400	2.5	1.30	20	24	0.62	9.4	0.46	0.38	15.2	0.15	5.7	71
JZ7134	370	1/2	1400	580	4.0	1.30	29	24	0.83	4.7	0.74	0.44	9.4	0.117	9.5	71
JZ7124	250	1/3	1400	410	3.0	1.40	20	24	0.72	7.15	0.64	0.41	12.7	0.12	7.4	71
JZ7114	180	1/4	1400	320	2.5	1.60	15.5	24	0.64	10.2	0.57	0.38	12.3	0.085	5.7	71
JZ6322	180	1/4	2800	300	2.0	1.50	15.5	24	0.59	13.4	0.54	0.38	16	0.11	5.0	63
JZ6312	120	1/6	2800	330	1.5	1.60	12.5	24	0.53	18.2	0.48	0.35	20.8	0.103	4.3	63
JZ6324	120	1/6	1400	240	2.0	1.7	12.5	24	0.57	15	0.53	0.39	19.65	0.77	5.0	63
JZ6314	90	1/8	1400	200	1.5	1.8	10.5	24	0.53	18.6	0.49	0.31	24.3	0.75	4.3	63
JZ5622	90	1/8	2800	175	1.2	1.70	10.5	24	0.47	25.2	0.41	0.35	17.3	0.086	3.5	56
JZ5612	60	1/12	2800	145	1.0	1.80	8	24	0.41	36.6	0.35	0.31	25	0.081	3.0	56
JZ5624	60	1/12	1400	150	1.2	2.0	8	24	0.41	31.7	0.31	0.39	26	0.054	3.5	56
JZ5614	40	1/20	1400	150	1.0	2.3	7	24	0.38	40.6	0.23	0.27	24.3	0.057	3.0	56



表 5-14 JZ 系列电动机绕组排列方法

型 号	正 弦 绕 组 排 列 方 法	
	主绕组的槽节距与匝数	副绕组的槽节距与匝数
JZ7122 370 瓦 220 伏		
JZ7112 250 瓦 220 伏		
JZ6322 180 瓦 220 伏		
JZ6212 120 瓦 220 伏		
JZ5622 90 瓦 220 伏		

(续表)

型 号	正 弦 绕 组 排 列 方 法	
	主绕组的槽节距与匝数	副绕组的槽节距与匝数
JZ5612 60 瓦 220 伏		
JZ7134 370 瓦 220 伏		
JZ7124 250 瓦 220 伏		
JZ7114 180 瓦 220 伏		
JZ6324 130 瓦 220 伏		
JZ6314 90 瓦 220 伏		

(续表)

型 号	正 弦 绕 组 排 列 方 法	
	主绕组的槽节距与匝数	副绕组的槽节距与匝数
JZ5624 60 瓦 220 伏		
JZ6614 40 瓦 220 伏		

3. 微型异步电动机的使用和维修 选用微型异步电动机时可参考表 5-15。使用时注意: 全封闭自冷式电动机工作时发出的热量需靠机壳外表面传导散热, 因此应安装在金属底板上, 而不适于安装在木板、橡皮或塑料板等不易导热的材料上。

BO<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub> 系列电动机因装有离心开关装置, 必须在触点闭合后才能变

表 5-15 选用微型异步电动机参考表

系列代号	电压 (伏)	频率 (赫)	功率范围 (瓦)	堵转转矩 / 额定转矩	最大转矩 / 额定转矩	堵转电流 (安)	应用举例
AO <sub>2</sub>	三相 380	50	10~750	2.2	2.4	6 倍额定电流	一般机械, 需用三相电源
BO <sub>2</sub>	单相 220	50	60~370	1.1~1.7	1.8	9~30	小型机床、鼓风机、医疗器械等
CO <sub>2</sub>	单相 220	50	120~750	2.5~3	1.8	9~37	空气压缩泵、冰箱、磨粉机、医疗器械等
DO <sub>2</sub>	单相 220	50	6~250	0.35~1	1.8	0.5~10	电子仪器、仪表、风扇、医疗器械等
YL	单相 220	50	250~3000	1.7~1.8	1.6~1.8	12~110	小型机具、食品机械、小型机床农业机械等

表 5-16 微型异步电动机故障及原因

故障现象	故障原因(具体内容见下面注解)				
	CO2	EO2	DO2	罩极式	AO2
不起动	1, 2, 3, 4, 5	1, 2, 3, 5	1, 2, 4, 7, 11	1, 2, 7, 10, 11	1, 2, 9
空载能起动,但起 动迟缓,转向不定	3, 4, 5	3, 5	4, 9		9
起动机后剧烈升温 甚至烧毁绕组	6, 8	6, 8	4, 8	8	8
起动机后运行时很 快发热	8	8	4, 8	8	8
不起动,帮助起 动后转向不定且电 动机很快过热	3, 4, 5, 8	3, 5, 8	4, 8, 9		8, 9
输入功率特大,电 动机过热	7, 8, 10, 11	7, 8, 10, 11	7, 8, 10, 11	7, 8, 10, 11	
断电后电机不动 熔丝熔断	8, 12	8, 12	8, 12	8, 12	

注: ① 接线断路; ② 绕组断路; ③ 离心开关底板上触点未接触,使起动绕组不通; ④ 电容器坏; ⑤ 起动绕组断路; ⑥ 离心开关不断开,触点长时接触; ⑦ 电动机过载; ⑧ 绕组短路或碰地; ⑨ 一相或二相绕组断路; ⑩ 轴承轧住; ⑪ 固定部分和旋转部分相擦等; ⑫ 电动机引出线碰地。

换转向,因此只能在停机或低速的状态下改变接线,才能变换电机转向。由于起动电容器及离心开关性能的限制,该系列电动机不宜作频繁的起动用。


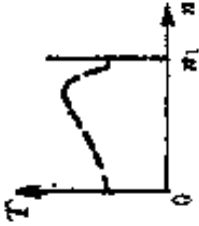
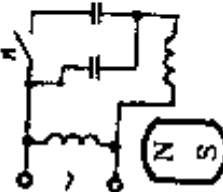



DO2 单相电容运转电动机当负载过轻时,电容器的电压会较原设计值激增,副绕组中电流可能反而增加以致发热烧毁。因此该电动机不宜长期轻载使用。

60 赫电动机若使用在 50 赫的电源上,电流将显著增大,绕组甚至发热烧毁。微型异步电动机故障及原因如表 5-16 所示。

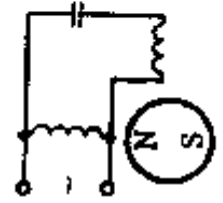
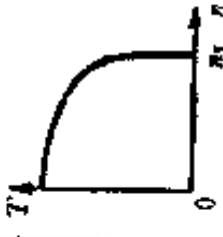
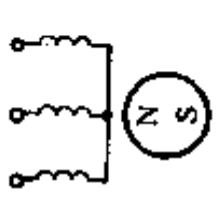
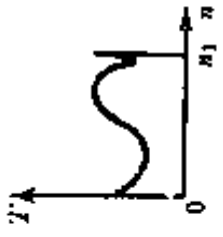
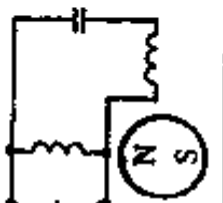
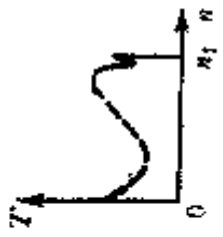
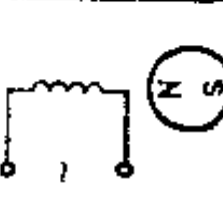
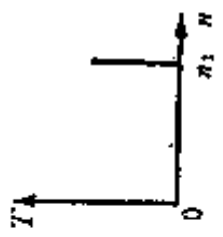
## 二、微型同步电动机

同步电动机的转速  $n_1$  与电网频率  $f$  之间具有固定关系:  $n_1 = 60f/p$  ( $p$  为电机的极对数)。当电网频率  $f$  一定时,电动机则以恒定的同步转速  $n_1$  运转。

表 5-17 微型同步电动机性能特点及典型应用

类别	系列代号	原理线路	机械特性 $T=f(n)$	性能特点				功率范围 (瓦)	转速 (转/分)	应用
				启动转矩 / 额定转矩	力能 指标	转速 特点	其他			
三相磁阻同步电动机	TC			大 >2.3	不高	恒定	可逆转	90~550	1500	用于功率较大的恒速驱动,如摄影机、大型复印机、通讯设备、纺织机械、医疗器械的配套
单相磁阻同步电动机	TUC TUL TX			大 >1.8	不高	恒定	可逆转	60~250	1500	用于单相电源的恒速驱动。TUC 广泛用于复印机、传真机等；TUL 用于启动转矩要求高，运行性能要求也高的仪器仪表中
三相磁滞同步电动机	TZ			较大	较低	恒定	牵入同步性好	6~80	3000 1500	自动记录装置、音响装置、仪表陀螺等驱动

(续表)

类别	系列代号	原理线路	机械特性 $T \sim f(n)$	性能特点				功率范围 (瓦)	转速 (转/分)	应用
				启动转矩 额定转矩	力能 指标	转速 特点	其他			
单相磁 滞同步电 动机	TZW			较大	较低	恒定	牵入同 步性 好	0.6~ 60 3000 1500	录音机、自动记录 装置、音响设备、仪器 仪表陀螺等驱动	
三相异 步启动永 磁同步电 动机	FTY FTW			不大	高	恒定	稳 定 性 好	250~ 4000 3000 1500	恒速连续工作机械 的驱动,如化纤、纺织 机械	
单相异 步启动水 磁同步电 动机				不大	较高	恒定	稳 定 性 好	0.15~ 6 250, 375	恒速连续工作机械 的驱动,如化纤、纺织 机械	
单相爪 极式永磁 同步电 动机	TY TYC TYD			小	低	恒定	低 速	<3 50 375 500	低速及恒速的驱 动,如转页式风扇、自 动记录仪表定时器等	

因此,同步电动机适用于各种要求严格保持同步或恒速的机构,如自动和遥控装置、同步联络系统及热工仪表、自动记录仪器中作为驱动元件。

微型同步电动机常用型式有磁阻式(反应式)、磁滞式和永磁式。近年来又发展了电磁减速式及一些混合式结构。各种型式的性能特点和应用范围如表5-17所列。

1. 磁阻同步电动机 曾名反应式同步电动机。国产三相及单相磁阻同步电动机的规格见表5-18,功率60~550瓦的电机其安装方式、外形及安装尺寸、电压等级均与同机座号的一般用途微型异步电动机相同,仅是磁阻同步电动机的功率比同机座号的异步电动机功率低一个功率等级。各系列磁阻同步电动机的结构及安装型式有IMB3、IMB14、IMB34和IMB5四种。表5-19为TC、TUC、TUL系列的磁阻同步电动机的性能数据;表5-20为用于仪器仪表的小功率单相TX型电容运转磁阻同步电动机技术数据。

表5-18 磁阻同步电动机规格

中心高 (毫米)	铁芯代号	三相磁阻同步电动机	单相电容起动磁阻同步电动机	单相双值电容磁阻同步电动机
		TC系列	TUC系列	TUL系列
		1500转/分	1500转/分	1500转/分
50	2	550瓦	250瓦	—
	1	370瓦	180瓦	—
71	2	250瓦	120瓦	180瓦
	1	180瓦	90瓦	120瓦
68	2	120瓦	—	90瓦
	1	90瓦	—	60瓦

2. 磁滞同步电动机 在同步电动机中,磁滞同步电动机有二个显著的特点。一是在较高频率(400~1000赫)下工作,其效率较高且单位质量的输出较大;二是转子的极数依赖于定子的极数自动形成。因此,磁滞电动机产品多设计为在较高电源频率下工作,可以改变定子绕组的极数或供电电源频率,从而实现有级或无级调速。

TZ系列磁滞同步电动机包括外径 $\phi 12$ 毫米至 $\phi 110$ 毫米共9个机座号,根据不同的频率、相数、电压等级共53个规格,汇集于表5-21,主要性能数据见表5-22。本系列电机的安装方式以凸缘定位、凹槽用压板压紧。

表 5-19 磁阻同步电动机性能数据

项 目		功 率 (瓦)	三相磁阻 同步电动 机 TC 系 列	单相电容起 动磁阻同 步电动机 TUC 系 列	单相双值电 容磁阻同 步电动机 TUL 系 列
堵转转矩 额定转矩	堵转电流 额定电流	全部规格	2.5	3	1.2
		全部规格	6		
堵转电流	(安)	250		25	
		180		19	13
		120		15	9
		90		12	7
		60			5
		全部规格	1.6	1.4	1.4
最大同步转矩/额定转矩		全部规格	1.6	1.4	1.4
牵入转矩/额定转矩*		全部规格	1.2	1.2	1.2
效 率	(% )	550	72		
		370	68		
		250	60	50	
		180	58	48	53
		120	52	40	48
		90	50	37	45
		60			40
		全部规格	0.50		
功率因数		370	0.48		
		250	0.46	0.48	
		180	0.45	0.47	0.80
		120	0.43	0.45	0.79
		90	0.42	0.43	0.78
		60			0.77
		全部规格	1.8	2.8	2.8
		全部规格	70	70	70
噪 声	(分贝)	250~550	70	70	70
		60~180	65	65	65

\* 牵入转矩与转动惯量有关,技术标准中规定的牵入转矩的保证值,是电动机在额定电压下带上具有标称转动惯量的负载,能将负载牵入同步运行时所承受的最大负载转矩。标称转动惯量  $J_B$  与电动机额定功率  $P_N$  (瓦)、同步转速  $n_s$  (转/分) 有关,并由下式计算出:

$$J_B = 7.98 \frac{P_N^{1.6}}{n_s^2} \quad (\text{千克} \cdot \text{米}^2)$$



表 5-20 单相电容运转磁阻同步电动机技术数据

型号	额定电压 (伏)	频率 (赫)	额定转矩 (毫牛·米)	最大同步转矩 (毫牛·米)	堵转转矩 (毫牛·米)	转速 (转/分)	输入功率 (瓦)	额定电流 (安)	电容值 (微法)
TX-081	220	50	27	78	28	3000	55	0.3	1
	127							0.44	4
TX-062	220	50	78	147	88	3000	75	0.52	2

TZW 系列单相外转子式磁滞同步电动机, 其外转子采用廉价材料, 定子设置三相绕组, 配合适当的分相电容作单相使用, 接线图见图 5-1。对于双速电动机, 可通过改变定子接线来改变极数, 接线图见图 5-2。电机的性能数据见表 5-23。

表 5-21 TZ 系列磁滞同步电动机规格

技术数据	类别			
	低速		高速	
	单相	三相	单相	两相
电压(伏)	12, 110, 220	380	12, 36, 115	20, 36, 115
功率(瓦)	0.4~90	2~120	1.6~8	2~12
转矩(毫牛·米)			0.11~0.39	0.11~0.49

表 5-22 TZ 系列磁滞同步电动机主要性能数据

型号	额定电压 (伏)	相数	频率 (赫)	同步转速 (转/分)	堵转转矩 (毫牛·米)	额定转矩 (毫牛·米)	输出功率 (瓦)
12TZ4B	20	2	400	24000	0.11	0.11	0.27
20TZ4B	36	2	400	24000	0.39	0.39	0.93
28TZ4A	36	3	400	24000	1.17	1.17	3
36TZ5A	110	3	50	3000	4.8	4.8	1.5
45TZ5A	220	3	50	3000	15.9	15.9	5
55TZ5A	220	3	50	3000	38.2	38.2	12
70TZ5A	220	3	50	3000	82.8	82.8	26
90TZ5A	220	3	50	3000	192	192	60
110TZ5A	220	3	50	3000	384	384	120

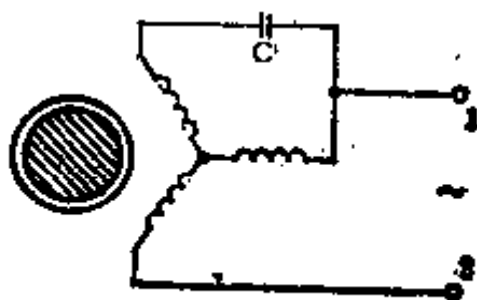
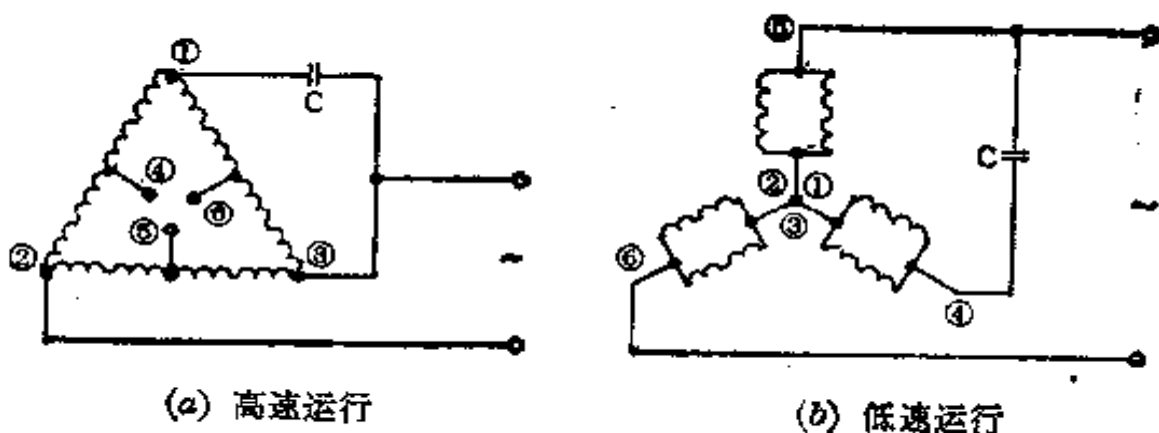


图 5-1 TZW 系列磁滞同步电动机接线图



(a) 高速运行

(b) 低速运行

图 5-2 TZW 系列双速磁滞同步电动机接线图

表 5-23 TZW 系列外转子磁滞同步电动机技术数据

型 号	额定电压 (伏)	频率 (赫)	输出功率 (瓦)	同步转速 (转/分)	堵转转矩 (毫牛·米)	最大同步转矩 (毫牛·米)	输入功率 (瓦)	额定电流 (安)	噪声 (分贝)	电容 (微法)
TZW41-4	220	50	4	1500	31	31	35	0.2	50	3
TZW41-4/8	220	50		1500/ 750	20	20/10	30	0.2	50	2
TZW51-4	220	50	2.5	1500	31	21.5	30	0.15	50	2
TZW51-2/4	220	50	5/2.5	3000/ 1500	21.5	20	35	0.3	50	3
TZW653-4/8	220	50	7/3.5	1500/ 750	88/108	54	40/45	0.25/ 0.3	50	3/3.5
TZW654-2	220	50	15	3000	117	59	70	0.5	50	6
TZW654-4/8	220	50	10/5	1500/ 750	117/ 147	70	50/60	0.3/ 0.35	50	4/5
TZW754-4/8	220	50	18/9	1500/ 750	147/ 176	127	70/80	0.7	50	

表 5-24 FTY 及 FTW\* 三相异步起动永磁式同步电动机主要技术数据

型 号	频率 范围 (赫)	50 赫 额 定 数 据								牵 入 同 步 转 矩	
		功率 (瓦)	电压 (伏)	转速 (转/分)	效率 (%)	功率 因数	起动 电流 额定 电流	起动 转矩 额定 转矩	最大 转矩 额定 转矩	牵入同 步转 矩 额定 转矩	当一定 的负载 量时 转矩比
FTY-90-4	40-110	90	110	1500	73	0.72	7	1.4	1.4	$\frac{0.5}{0.25}$	$\frac{0.03}{0.07}$
FTY-120-4	40-110	120	110	1500	73	0.725	7	1.4	1.4	$\frac{0.5}{0.25}$	$\frac{0.04}{0.08}$
FTY-180-4	40-110	180	110	1500	75	0.73	7	1.4	1.4	$\frac{0.5}{0.25}$	$\frac{0.07}{0.16}$
FTY-250-4	40-110	250	110	1500	77	0.74	7	1.4	1.4	$\frac{0.5}{0.25}$	$\frac{0.10}{0.18}$
FTY-370-4	40-110	370	110	1500	81	0.745	7	1.4	1.4	$\frac{1.0}{0.5}$	$\frac{0.05}{0.20}$
FTY-550-4	40-110	550	110	1500	83	0.75	7	1.4	1.4	$\frac{1.0}{0.5}$	$\frac{0.10}{0.35}$
FTY-750-4	40-110	750	110	1500	84	0.76	7	1.4	1.4	$\frac{1.0}{0.5}$	$\frac{0.13}{0.45}$
FTY-60-6	25-70	60	220	1000	73	0.75	7	1.8	1.6	$\frac{0.5}{0.25}$	$\frac{0.04}{0.10}$
FTY-90-6	25-70	90	220	1000	74	0.75	7	1.8	1.6	$\frac{0.5}{0.25}$	$\frac{0.05}{0.11}$
FTY-120-6	25-70	120	220	1000	75	0.75	7	1.8	1.6	$\frac{0.5}{0.25}$	$\frac{0.10}{0.20}$
FTY-180-6	25-70	180	220	1000	77	0.78	7	1.8	1.6	$\frac{1.0}{0.5}$	$\frac{0.03}{0.15}$
FTY-250-6	25-70	250	220	1000	79	0.78	7	1.8	1.6	$\frac{1.0}{0.5}$	$\frac{0.08}{0.30}$
FTY-370-6	25-70	370	220	1000	81	0.75	7	1.8	1.6	$\frac{1.0}{0.5}$	$\frac{0.15}{0.50}$
FTW-22-2	80-400	300	80	3000	82	0.89	4.5				

\* FTY 型为内转子式永磁同步电动机, FTW 为外转子式永磁同步电动机。

3. 永磁同步电动机 永磁同步电动机的磁场系统由一个或多个永磁材料组成。根据起动方式的不同可分为异步起动(鼠笼型转子)和自起动(爪极式)两类永磁同步电动机。另外还有一种磁滞起动永磁同步电动机,转子采用磁滞材料与永磁材料制成的混合式结构。

异步起动永磁同步电动机与异步电动机相比,它没有转差损耗;与换向器电动机相比,它没有炭刷与换向器;与磁阻同步电动机相比,它的效率和功率因数较高,电流消耗小。因此异步起动永磁同步电动机广泛应用于要求恒速或高效率的驱动装置。例如化学纤维工业用的高精密同步驱动装置,以及由逆变器供电的变频调速驱动装置,其功率由几十瓦到几千瓦范围,供电频率为20~300赫。表5-24为纺织用FTY系列三相异步起动永磁同步电动机的产品数据,该系列产品除作为同步传动和按频率变化均匀调速外,还可满足化纤纺丝机的特殊要求。

表5-25 记录仪表用自起动永磁同步电动机技术数据

型 号	额定电压 (伏)	频 率 (赫)	最大同 步转矩 (毫牛·米)	同步转速 (转/分)	电 流 (安)	外形尺寸 外径×长 (毫米)
TYD-16	220	50	2.5	375	0.02	φ55×22.5
TDY-375	220	50	2.5	375	0.02	φ55×23
90TYD	220	50	120	60		φ90×122
45TRY	220	50	3	250	0.016	φ45×25
55TYB	220	50	8	375	0.018	φ55×55
55TYD	220	50	100	60	0.025	φ55×63
55TYX	220	50	2.5	375	0.018	φ55×19
TYC-60	220	50	2	60	0.024	φ37×50
TYC-1/1440	220	50	200	1/1440		

表5-26 日用电器用自起动永磁同步电动机技术数据

型 号	额定电压 (伏)	频 率 (赫)	最大同 步转矩 (毫牛·米)	输出轴 转 速 (转/分)	电 流 (安)	外形尺寸 外径×长 (毫米)
TYC-30	220	50	30	30	0.02	φ50×28
TYC-5	220	50	300	5	0.02	φ50×28
TY-250	220	50	0.6	250	0.015	φ38×11

爪极式自启动永磁同步电动机通常转速为 500、375、250 转/分,有些电动机本身带减速齿轮,则输出轴的转速较低。产品分为有定向装置和无定向装置两种,前者用于记录仪表,后者用于日用电器及一些定时机构中。其技术数据分别列于表 5-25 及表 5-26 中。

### 三、微型直流电动机

微型直流电动机按电源和励磁方式不同,可分为直流并励电动机、直流串励电动机、永磁直流电动机,以及单相交流串励电动机、交直流两用电动机等。其中微型直流电动机可均匀调速,能工作在高速、低速或需要调速的场合,例如医疗器械、小型车床、电子仪表、计算机、电动工具及家用电器等。

1. Z 系列电磁式并励直流电动机 本系列电动机为电磁式励磁,定子凸极铁芯内嵌入励磁绕组  $J_1J_2$ ,引出线可根据用户自行接成并励或他励方式;转子内嵌放电枢绕组  $K_1K_2$  通过电刷装置引出,电刷装在整流子端的端盖上面的刷握中,其电气原理线路如图 5-3 所示。表 5-27 为 Z 系列微型直流电动机的性能数据,其安装尺寸及外形图见表 5-28。

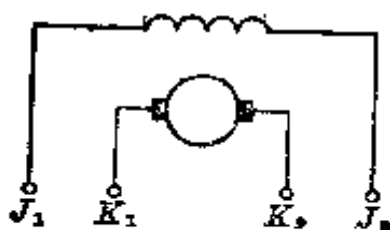


图 5-3 Z 系列电气原理线路图

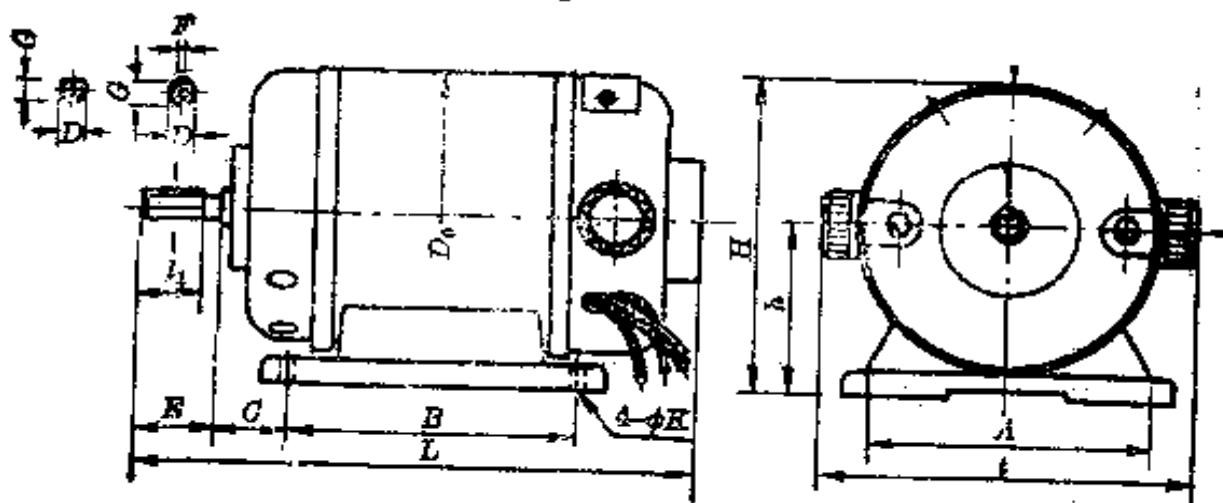


表 5-28 附图

表 5-27 Z 系列微型直流电动机的性能数据

型 号	额定电压 (励磁、电枢) (伏)	额定转矩 (牛·米)	额定转速 <sup>*</sup> (转/分)	参考功率 (瓦)	电 流, 不大于 (安)		重 量 (千克)
					励磁	电枢	
Z12/20-24	24	0.065	2000	12	0.88	1.10	1.3
Z25/40-24	24	0.065	4000	25	0.88	2.30	1.3
Z12/20-110	110	0.065	2000	12	0.15	0.25	1.3
Z25/40-110	110	0.065	4000	25	0.15	0.50	1.3
Z25/20-220	220	0.125	2000	25	0.14	0.33	2.4
Z50/40-220	220	0.125	4000	50	0.14	0.61	2.4
Z50/20-220	220	0.25	2000	50	0.13	0.38	3.2
Z100/40-220	220	0.25	4000	100	0.13	0.73	3.2
Z100/20-220	220	0.50	2000	100	0.23	0.73	5.0
Z200/40-220	220	0.50	4000	300	0.23	1.50	5.0
Z150/20-220	220	0.80	2000	150	0.24	1.10	5.5
Z300/40-220	220	0.80	4000	300	0.24	2.30	5.5

\* 电机的正反转速度不大于额定转速的 7%。

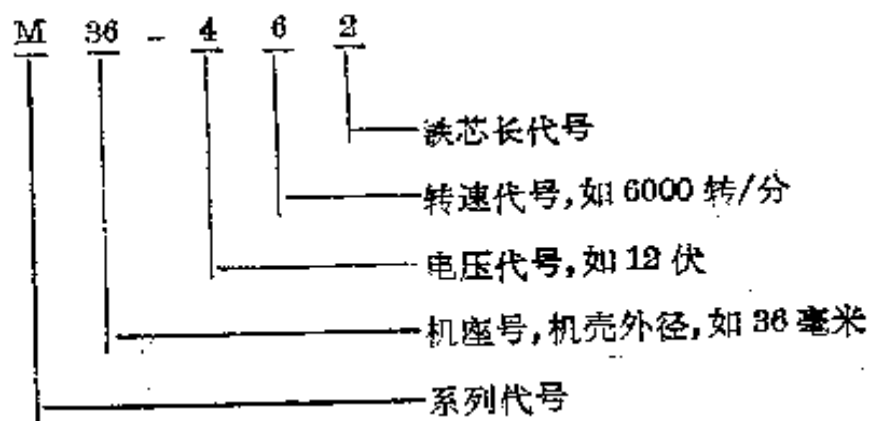
表 5-28 Z 系列微型电动机的安装尺寸 (毫米)

型号	A $\pm 0.35$	B $\pm 0.35$	C	D $d_3$	E	F	G	H*	h	K	L*	t*	h <sub>1</sub>	D <sub>0</sub> $d_0$
Z 12/20-24														
Z 25/40-24	68	71	13	$\phi 6$	18	—	5	83	44~0.4	$\phi 6$	126	92	15	$\phi 73$
Z 12/20-110														
Z 25/40-110														
Z 25/20-220	90	71	25	$\phi 8$	20	3	9	104	56~0.5	$\phi 6$	148	108	17	$\phi 93$
Z 50/40-220														
Z 50/20-220	90	75	33	$\phi 8$	20	3	9	108	60~0.5	$\phi 6.5$	173	108	17	$\phi 93$
Z 100/40-220														
Z 100/20-220	100	105	38	$\phi 10$	24	3	11	115	60~0.5	$\phi 6.5$	208	122	19	$\phi 103$
Z 200/40-220														
Z 150/20-220	100	105	42	$\phi 11$	28	4	12.5	132	71~0.5	$\phi 6.5$	215	141	25	$\phi 120$
Z 300/40-220														

\* 参考尺寸。

2. 永磁直流电动机 常规结构的永磁直流电动机使用最广泛。该电动机除采用磁钢激磁外，在结构上与电磁式直流电动机没有大的区别。按永磁材料的不同，分别介绍采用铝镍钴的 M 系列和 ZYW 系列，以及采用铁氧体的 ZYT 系列和 ZYR 系列。

(1) M 系列永磁直流电动机：该系列主要用作工业仪表、医疗设备、军用器械等精密小功率直流驱动元件。永磁直流电动机型号的意义示例如下：



该系列电动机磁极为铝镍钴 5 类磁钢，温度稳定性好，允许满压直接起动而不退磁；采用径向式刷盒，并用精密微型轴承，传动精度高、噪声低。旋转方向可逆。M 系列永磁直流电动机规格见表 5-29，产品性能数据见表 5-30，外形及安装尺寸见表 5-31 及表 5-32。

(2) ZYW 系列永磁直流电动机：ZYW 系列是老产品，结构与 M 系列基本相同，但只有 20、30、40 三个机座号，相应于 M 系列的 20、28、36 机座的规格。产品的技术数据见表 5-33，安装及外形尺寸见表 5-34。

(3) ZYT 系列永磁直流电动机：ZYT 系列采用铁氧体永磁磁极，磁稳定性好，拆装后不退磁，电动机的效率高、温升低、换向火花小、价格低廉（仅为铝镍钴永磁直流电动机的  $1/2 \sim 1/3$ ）。但铁氧体的温度系数大，当温度升高时电机电流即增大，故通常最高温度不宜超过  $130^{\circ}\text{C}$ 。该系列直流电动机用于家用电器、汽车电器、医疗器械和工农业生产的小型器械驱动。

ZYT 系列永磁直流电动机的机座号用机壳外径表示，电动机的额定输出用额定转矩表示，产品的规格见表 5-35，性能数据见表 5-36。该系列电动机可顺逆两个方向运行，按图 5-4 的标志接线时，面对轴伸端看按顺时针方向旋转。改变电动机出线端的电源极性，电机反转。表 5-35 的数据一般指顺时针方向旋转时的数据；反转时，转速或电流值略有差异。在电压和转矩为额定值时，转速的容差为  $\pm 15\%$ 。在标准规定的工作条件下使用时，电动机的工作



表 5-29 M 系列永磁直流电动机规格

机座	铁芯号	电 压 (伏)						转 矩 (毫牛·米)											
		6		9		12		24		(转/分)									
		3000	6000	9000	3000	6000	9000	3000	6000	9000	3000	6000	9000	3000	6000	9000			
20	1	1	1	0.8	1.2	1.3	1	1.2	1.3	1	1.2	1.3	1	1.2	1.3	1	2.5	3	
	2	2	2	1.6	2.5	2.5	2	2.5	2.5	2	2.5	2.5	2	2.5	2.5	2	5	4	
23	1	4	4		5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	10	8	
	2	8	8		10	10	8	10	10	8	10	10	8	10	10	8	16	14	
30	1				16			16			16			16			25	22	
	2				25			25			25			25			37	30	
45	1							37			37			37			55	44	
	2							55			55			55			80	64	

表 5-30 M 系列永磁直流电动机性能数据

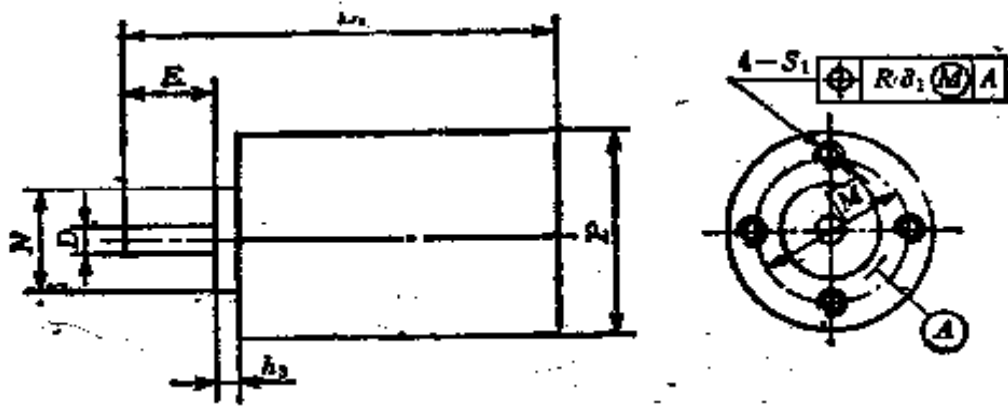
型 号	额定电压 (伏)	额定转速 (转/分)	额定转矩 (毫牛·米)	额定电流 ≤ (安)	额定功率 (瓦)	堵转转矩 / 额定转矩 ≥	
M20-862	24	6000	2.5	0.18	1.54	3	
892		8000	2	0.23	1.84	3.5	
M20-431	12	3000	1.2	0.13	0.87	2	
432			2.5	0.19	0.76	2	
461		6000	1.2	0.21	0.74	3	
462			2.5	0.35	1.54	3	
491		9000	1	0.25	0.92	4	
492			2	0.43	1.84	4	
M20-331		9	3000	1.2	0.15	0.37	2
332				2.5	0.25	0.77	2
361			6000	1.2	0.28	0.75	3
362				2.5	0.50	1.55	3
391	9000		1	0.32	0.92	4	
392			2	0.58	1.84	4	
M20-231	6		3000	1	0.23	0.30	2
232				2	0.23	0.61	2
261		6000	1	0.37	0.60	3	
262			2	0.65	1.2	3	
291		9000	0.8	0.45	0.74	4	
292			1.6	0.75	1.48	4	
M28-831	24	3000	5	0.37	1.74	2.5	
832			10	0.20	3	2.5	

(续表)

型 号	额定电压 (伏)	额 定 速 (转/分)	额 定 矩 (毫牛·米)	额定电流 < (安)	额定功率 (瓦)	增转矩 额定转矩 ≥
861	24	6000	5	0.30	3	3
862			10	0.55	6	3
891		9000	4	0.37	3.7	4
892			8	0.65	7.4	4
M28-431	12	3000	5	0.35	1.54	2.5
432			10	0.60	3	2.5
461		6000	5	0.60	3	3
462			10	1.15	6	3
491	9000	4	0.73	3.7	4	
492		8	1.35	7.4	4	
M28-331	0	3000	5	0.45	1.54	2.5
332			10	0.80	3	2.5
361		6000	5	0.82	3	3
362			10	1.50	6	3
391	9000	4	1.05	3.7	4	
392		8	1.85	7.3	4	
M28-631	6	3000	4	0.55	1.2	2.5
232			8	1.00	2.46	2.5
261		6000	4	1.00	2.46	3
262			8	1.90	4.9	3
M36-831	24	3000	16	0.45	4.9	3
832			25	0.65	7.7	3

(续表)

型 号	额定电压 (伏)	额定转速 (转/分)	额定转矩 (毫牛·米)	额定电流 (安)	额定功率 (瓦)	堵转转矩 / 额定转矩
861	24	6000	10	0.85	9.8	4
862			25	1.25	15.4	4
891		9000	14	1.15	13	5
892			22	1.6	20.3	5
M36-431	12	3000	16	0.90	4.9	3
432			15	1.30	7.7	3
461		6000	16	1.65	9.8	3.5
462			25	2.35	15.4	3.5
491		9000	14	2.2	13	4
492			22	3.20	20.3	4
M36-331	9	3000	16	1.3	4.9	3
332			25	1.70	7.7	3
M45-831	24	3000	37	0.90	11.3	3
832			55	1.25	17	3
861		6000	37	1.7	22.6	4
862			55	2.40	34	4
891		9000	30	2.10	27.7	5
892			44	2.8	40.6	5
431	12	3000	37	1.8	11.3	3
432			55	2.50	17	3
461		6000	37	3.40	22.5	4



螺孔有效深度不小于 2.5 毫米

表 5-31 附图

表 5-31 M 系列电动机 1MB14 型的外形及安装尺寸 (毫米)

机座号	铁芯	P	N	M	h <sub>3</sub>	S <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	D	E	L <sub>1</sub>
	代号	d5						dc		∠
20	1	20	10	14	1.5	M2.5	0.1	2.5	9±0.18	50
	2									58
28	1	28	18	22	1.5	M2.5	0.1	3	10±0.18	63
	2									71
36	1	36	22	27	2.5	M3	0.1	4	12±0.22	73
	2									83
45	1	45	25	33	2.5	M3	0.1	5	14±0.22	85
	2									95

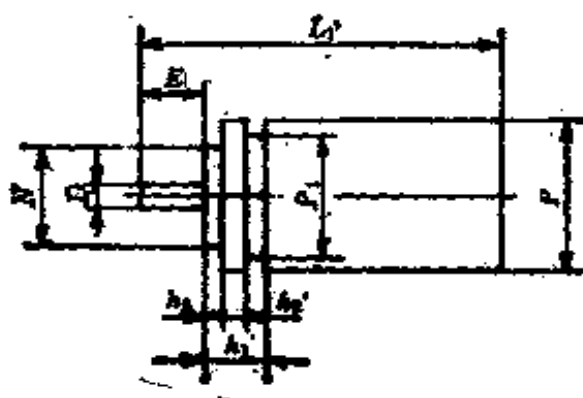


表 5-32 附图

表 5-32 M 系列电动机 A4a 型的外形及安装尺寸 (毫米)

机座号	铁芯	$P$	$N$	$E_1$	$h_1$	$h_2$	$h_3$	$D$	$E$	$L_1$
	代号	$d_5$	$d$	$d_6$				$d_c$		$\leq$
20	1									50
	2	20	19	18.5	$8.6 \pm 0.15$	$1.2 \pm 0.125$	$1.2 \pm 0.125$	2.5	$9 \pm 0.18$	58
28	1									68
	2	28	26	26.5	$6 \pm 0.15$	$1.5 \pm 0.125$	$1.5 \pm 0.125$	3	$10 \pm 0.18$	71
36	1									73
	2	36	33	34	$8 \pm 0.215$	$2 \pm 0.125$	$2 \pm 0.125$	4	$12 \pm 0.22$	88
45	1									85
	2	45	41	42	$8 \pm 0.215$	$2 \pm 0.125$	$2 \pm 0.125$	5	$12 \pm 0.22$	95

表 5-33 ZYW 系列产品技术数据

型 号	额定电压 (伏)	额定转速** (转/分)	额定转矩 (毫牛·米)	输出功率* (瓦)	额定电流 不大于 (安)	重 量 (克)
20ZYW1	9	3500	1.4	0.5	0.15	60
20ZYW2	6	9000	0.6	0.18	0.17	48
20ZYW3	9	5000	2	1.0	0.27	60
20ZYW4	6	3500	1	0.35	0.25	42
20ZYW6	6	5000	1	0.5	0.30	48
20ZYW8	9	7000	1	0.7	0.22	43
20ZYW9	24	7000	1.5	1.07	0.13	60
30ZYW1	6	5000	10	5.1	1.80	195
30ZYW2	12	3500	5	1.8	0.46	100
30ZYW3	24	3500	10	3.6	0.26	135
30ZYW4	24	3500	5	1.8	0.27	100
30ZYW5	9	5000	10	5.1	1.10	195
30ZYW6	12	5000	5	3.55	0.60	100
30ZYW7	24	5000	10	5.1	0.48	135
30ZYW8	24	5000	5	3.55	0.30	100
30ZYW9	24	7000	10	7.1	0.57	135
30ZYW10	24	7000	5	3.6	0.37	100
40ZYW1	24	3500	40	14.3	1.10	290
40ZYW2	24	3500	20	7.1	0.66	190
40ZYW3	24	5000	40	20.5	1.60	290
40ZYW4	24	5000	20	10.2	0.80	190
40ZYW5	24	7000	40	28.5	2.00	290
40ZYW6	24	7000	20	14.3	1.15	190
40ZYW8	12	5000	13	6.6	1.05	190
40ZYW9	9	5000	40	20.5	4.00	290

\* 输出功率为参考值。

\*\* 额定转速允差为  $\begin{matrix} +15 \\ -10 \end{matrix} \%$ 。

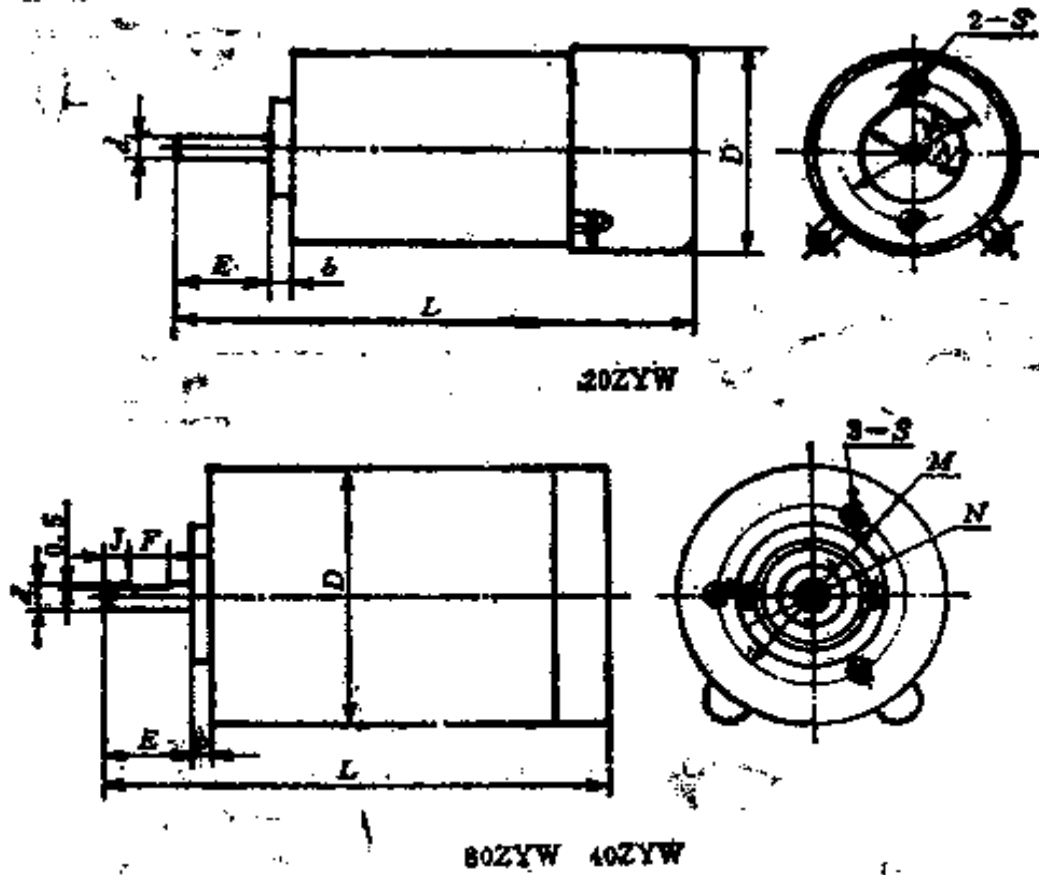


表 5-34 附图

表 5-34 ZYW 系列永磁直流电动机外形及安装尺寸 (毫米)

型 号	L	b	D	a	E	M	N	S	F	J
20ZYW2, 4, 6, 8	46	2	φ 20	φ 2	9.5	φ 13.5	φ 10	M2		
20ZYW1, 3, 9	53									
30ZYW2, 4, 6, 8, 10	58	2	φ 30	φ 3	10	φ 21	φ 16	M3	5	3
30ZYW1, 3, 5, 7, 9	66									
40ZYW2, 4, 6, 8	72	4	φ 40	φ 4	12	φ 30	φ 19	M3	5	4
40ZYW1, 3, 5, 9	85									





(续表)

机座号	转矩 (毫牛·米)	电压 13 伏			电压 24 伏			电压 110 伏		电压 220 伏	
		转速 (转/分)			转速 (转/分)			转速 (转/分)		转速 (转/分)	
20	3	3000	6000	8000	12000	3000	5000	8000	12000	1500	3000
24	3	2.5	2.0	2.5	2.5						
28	1	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0		
	3	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0		
36	1	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0			
	3	20.0	20.0	20.0		20.0	20.0	20.0			
45	1	25.5	25.5	25.5		25.0	25.0	25.0			
	3	40.0	40.0	40.0		40.0	40.0	40.0			
55	1	50.0	50.0	50.0		50.0	50.0	50.0			
	3	80.0	80.0			80.0	80.0	80.0			
70	1	20.0	120.0			120.0	120.0	120.0			
	3	100.0				200.0	200.0				
90	1									250.0	250.0
	3									400.0	400.0
110	1									500.0	500.0
	3									800.0	800.0

表 5-36 ZYT 系列永磁直流电动机性能数据

机座号/ 序号	额定 电压 (伏)	空 载 转 速 (转/分)	额 定 运 行				输出功率 (瓦)
			转 速 (转/分)	转 矩 (毫牛· 米)	电 流 (安)	效 率 (%)	
20/02	3	5300	3000	1.2	0.45	33	0.3
20/04	3	8000	5000	1.2	0.70	30	0.5
20/06	3	11500	8000	1.2	1.05	32	0.8
20/08	3	16000	12000	1.2	1.48	34	1.3
20/10	6	5300	3000	1.2	0.21	30	0.3
20/12	6	8000	5000	1.2	0.33	32	0.5
20/14	6	11500	8000	1.2	0.49	34	0.8
20/16	6	16000	12000	1.2	0.70	36	1.3
24/02	3	5300	3000	2.5	0.87	30	0.7
24/04	3	8000	5000	2.5	1.36	32	1.1
24/06	3	11500	8000	2.5	2.05	34	1.8
24/08	3	16000	12000	2.5	2.91	36	2.7
24/10	6	5300	3000	2.5	0.41	32	0.7
24/12	6	8000	5000	2.5	0.64	34	1.1
24/14	6	11500	8000	2.5	0.97	36	1.8
24/16	6	16000	12000	2.5	1.38	38	2.7
24/18	12	5300	3000	2.5	0.19	34	0.7
24/20	12	8000	5000	2.5	0.30	36	1.1
24/22	12	11500	8000	2.5	0.46	38	1.8
24/24	12	16000	12000	2.5	0.65	40	2.7
28/01	6	5000	3000	4.0	0.52	40	1.0
28/02	6	5000	3000	8.0	1.00	42	2.1
28/03	6	7500	5000	4.0	0.83	42	1.8
28/04	6	7500	5000	8.0	1.59	44	3.6

(续表)

机座号/ 序号	额定 电压 (伏)	空 载 转 速 (转/分)	额 定 运 行				输出功率 (瓦)
			转 速 (转/分)	转 矩 (毫牛· 米)	电 流 (安)	效 率 (%)	
28/05	6	11000	8000	4.0	1.27	44	2.8
28/06	6	11000	8000	8.0	2.43	46	5.7
28/07	12	5000	3000	4.0	0.25	43	1.0
28/08	12	5000	3000	8.0	0.48	44	2.1
28/09	12	7500	5000	4.0	0.36	48	1.8
28/10	12	7500	5000	8.0	0.70	50	3.6
28/11	12	11000	8000	4.0	0.56	50	2.8
28/12	12	11000	8000	8.0	1.07	52	5.7
28/13	12	15500	12000	4.0	0.81	52	4.3
28/14	12	15500	12000	8.0	1.55	54	8.6
28/15	24	5000	3000	4.0	0.12	44	1.0
28/16	24	5000	3000	8.0	0.23	46	2.1
28/17	24	7500	5000	4.0	0.18	48	1.8
28/18	24	7500	5000	8.0	0.35	50	3.6
28/19	24	11000	8000	4.0	0.28	50	2.8
28/20	24	11000	8000	8.0	0.54	52	5.7
28/21	24	15500	12000	4.0	0.40	52	4.3
28/22	24	15500	12000	8.0	0.78	54	8.6
36/01	12	4500	3000	12.0	0.63	50	3.2
36/02	12	4500	3000	20.0	1.01	52	5.2
36/03	12	7000	5000	12.0	0.90	58	5.3
36/04	12	7000	5000	20.0	1.45	60	8.9
36/05	12	10500	8000	12.0	1.40	60	8.5
36/06	12	10500	8000	20.0	2.25	62	14.2

(续表)

机座号/ 序号	额定 电压 (伏)	空 载 转 速 (转/分)	额 定 运 行				输出功率 (瓦)
			转 速 (转/分)	转 矩 (毫牛· 米)	电 流 (安)	效 率 (%)	
36/07	24	4500	3000	12.0	0.30	52	3.2
36/08	24	4500	3000	20.0	0.48	54	5.3
36/09	24	7000	5000	12.0	0.44	60	5.3
36/10	24	7000	5000	20.0	0.70	62	8.9
36/11	24	15000	8000	12.0	0.68	62	8.5
36/12	24	10500	8000	20.0	1.09	64	14.2
45/01	12	4300	3000	25.0	1.26	52	6.7
45/02	12	4300	3000	40.0	1.94	54	10.7
45/03	12	6800	5000	25.0	1.82	60	11.0
45/04	12	6800	5000	40.0	2.82	62	17.8
45/05	12	10300	8000	25.0	2.82	62	17.8
45/06	12	10300	8000	40.0	4.36	64	28.5
45/07	24	4300	3000	25.0	0.63	52	6.7
45/08	24	4300	3000	40.0	0.97	54	10.7
45/09	24	6800	5000	25.0	0.71	60	11.0
45/10	24	6800	5000	40.0	1.41	62	17.8
45/11	24	10300	8000	25.0	1.41	62	17.8
45/12	24	10300	8000	40.0	2.18	64	28.5
55/01	12	4300	3000	50.0	2.52	52	13.4
55/02	12	4300	3000	80.0	3.88	54	21.4
55/03	12	6800	5000	50.0	3.52	62	22.3
55/04	12	6800	5000	80.0	5.45	64	35.6
55/05	12	10300	8000	50.0	5.45	64	35.6
55/07	24	4300	3000	50.0	1.26	52	13.4

(续表)

机座号/ 序号	额定 电压 (伏)	空 载 转 速 (转/分)	额 定 运 行				输出功率** (瓦)
			转 速 (转/分)	转 矩 (毫牛· 米)	电 流* (安)	效 率 (%)	
55/08	24	4300	3000	80.0	1.94	54	21.4
55/09	24	6800	5000	50.0	1.76	62	22.3
55/10	24	6800	5000	80.0	2.73	64	35.6
55/11	24	10300	8000	50.0	2.73	64	35.6
55/12	24	10300	8000	80.0	4.23	66	57.0
70/01	12	4000	3000	120.0	5.61	56	32.0
70/02	12	4000	3000	200.0	9.08	58	53.4
70/03	12	6500	5000	120.0	8.73	60	53.4
70/05	24	4000	3000	120.0	2.71	58	32.0
70/06	24	4000	3000	200.0	4.36	60	53.4
70/07	24	6500	5000	120.0	4.22	62	53.4
70/08	24	6500	5000	200.0	6.32	64	89.0
70/09	24	10000	8000	120.0	6.54	64	85.5
90/01	110	1900	1500	250.0	0.59	60	36.3
90/02	110	1900	1500	400.0	0.92	62	56.5
90/03	110	3700	3000	250.0	1.05	68	70.2
90/04	110	3700	3000	400.0	1.63	70	113
90/05	220	1900	1500	250.0	0.29	62	35.3
90/06	220	1900	1500	400.0	0.45	64	56.5
90/07	220	3700	3000	250.0	0.51	70	70.7
90/08	220	3700	3000	400.0	0.79	72	113
110/01	110	1900	1500	500.0	1.08	66	70.7
110/02	110	1900	1500	800.0	1.68	68	113
110/03	110	3700	3000	500.0	1.98	72	141
110/04	110	3700	3000	800.0	3.09	74	226
110/05	220	1850	1500	500.0	0.52	68	70.7
110/06	220	1850	1500	800.0	0.82	70	113
110/07	220	3650	3000	500.0	0.96	74	141
110/08	220	3650	3000	800.0	1.50	76	226

\* 电流为参考值。

\*\* 输出功率(瓦) = 转矩(牛·米) × 转速下限值 ×  $2\pi/60$ 。

表 5-37 ZYT 系列永磁直流电动机工作期限(时)

机 座 号	转 速 (转/分)				
	1500	3000	5000	7500	12000
20, 24, 28, 36		500	300	200	150
45, 55, 70		600	400	250	
90, 110	1200	800			

表 5-38 ZYT 系列永磁直流电动机结构安装型式

机 座 号	结构安装型式	代 号
20~110	凸缘安装	IMB14
45~110	大凸缘安装	IMB5
70~110	底脚安装	IMB3



图 5-4 永磁直流电动机出线标志

期限(一副电刷)不低于表 5-37 的数值, 各机座号产品的结构安装型式见表 5-38 所示; 外形及安装尺寸见表 5-39~表 5-41。

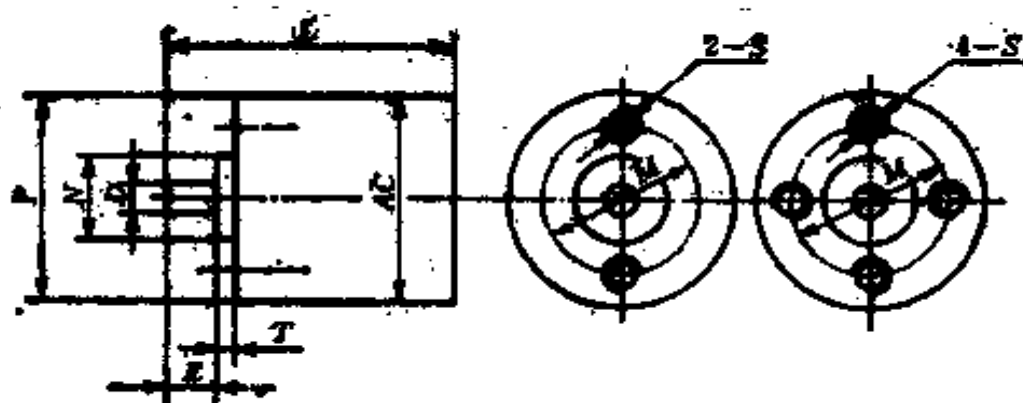


表 5-39 附图 ZYT 系列凸缘安装(IMB14)结构

表 5-39 ZYT 系列永磁直流电动机凸缘安装(IMB14)尺寸 (毫米)

基本尺寸		安 装 尺 寸										外型尺寸(≤)				
		N		P	T		螺孔数	S	基本尺寸	D				B	AC	Z
		I(h6, j6)	II(h10)		I	II				I(j6, j6)	II(h6)					
8	0 -0.009	0 -0.058	30	1.5	2.5	2	M1.5	2	±0.003	0 -0.006	10	20	40			
10	0 -0.009	0 -0.053	24	1.5	2.5	2	M2	2	±0.003	0 -0.006	10	24	45			
10	0 -0.009	0 -0.053	28	1.5	3.5	2	M2	3	±0.003	0 -0.006	14	23	60			
14	0 -0.011	0 -0.070	36	1.5	4.5	2	M3	4	±0.004	0 -0.008	14	36	80			
18	0 -0.011	0 -0.070	45	2.5	5.0	2	M3	5	±0.004	0 -0.008	20	45	110			
25	0 -0.013	0 -0.084	55	2.5	6.0	4	M4	6	+0.006 -0.002	0 -0.008	20	55	135			
32	0 -0.016		70	2.5		4	M5	7	+0.007 -0.002		20	70	155			
50	+0.011 -0.005		90	2.5		4	M5	9	+0.007 -0.002		25	90	185			
60	+0.012 -0.007		110	2.5		4	M5	11	+0.008 -0.003		28	110	220			



表 5-40 ZYT 系列永磁直流电动机大凸缘安装 (IMB5) 尺寸 (毫米)

机座号	变 装 尺 寸										外形尺寸(不大于)	
	M	N(j6)	b	T(max)	孔数	S(H14)	D(j6, j8)	R	E	AC	AD	L
45	55	40 <sup>+0.015</sup> <sub>-0.008</sub>	49	2.5	4	5.8 <sup>+0.30</sup> <sub>0</sub>	5 ± 0.004	0 ± 1.0	16	45	30	110
55	65	50 <sup>+0.017</sup> <sub>-0.009</sub>	56	2.5	4	5.8 <sup>+0.30</sup> <sub>0</sub>	6 <sup>+0.005</sup> <sub>-0.002</sub>	0 ± 1.0	16	55	35	125
70	85	70 <sup>+0.022</sup> <sub>-0.007</sub>	74	2.5	4	7 <sup>+0.30</sup> <sub>0</sub>	7 <sup>+0.007</sup> <sub>-0.002</sub>	0 ± 1.0	16	70	45	155
90	115	95 <sup>+0.013</sup> <sub>-0.008</sub>	99	3.0	4	10 <sup>+0.30</sup> <sub>0</sub>	9 <sup>+0.007</sup> <sub>-0.002</sub>	0 ± 1.5	20	90	55	185
110	130	110 <sup>+0.018</sup> <sub>-0.008</sub>	113	3.5	4	10 <sup>+0.30</sup> <sub>0</sub>	11 <sup>+0.008</sup> <sub>-0.003</sub>	0 ± 1.5	23	110	65	230

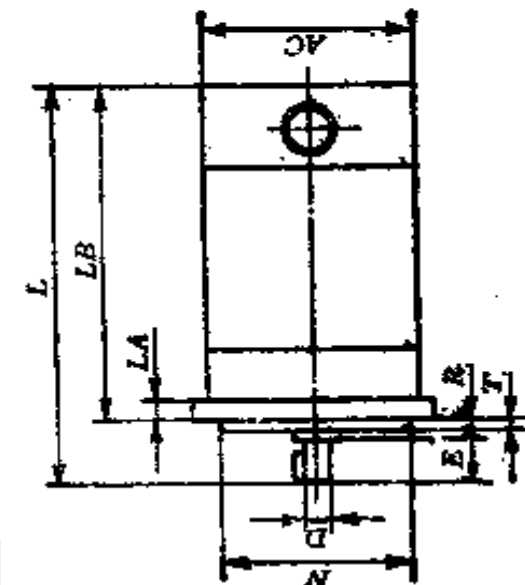
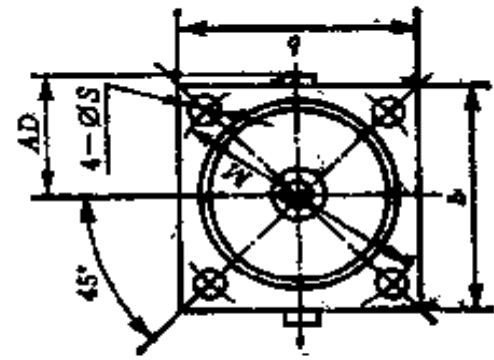


表 5-40 附图 ZYT 系列大凸缘安装 (IMB5) 结构

表 5-41 ZYT 系列永磁直流电动机底脚安装(IMB3)尺寸 (毫米)

机座号	安 装 尺 寸							外型尺寸(不大于)					
	H	A	B	C	K(H14)	螺栓	D(J6)	F	AB	AC	AD	HC	L
70	45 <sup>+0.4</sup>	71	50	28	4.8 <sup>+0.30</sup>	M4	7 <sup>+0.007</sup> <sub>-0.003</sub>	16	90	70	45	80	155
90	56 <sup>+0.6</sup>	90	71	36	5.8 <sup>+0.30</sup>	M5	9 <sup>+0.007</sup> <sub>-0.003</sub>	20	115	90	55	101	185
110	63 <sup>+0.6</sup>	100	80	40	7 <sup>+0.36</sup>	M6	11 <sup>+0.008</sup> <sub>-0.003</sub>	23	130	110	65	118	220

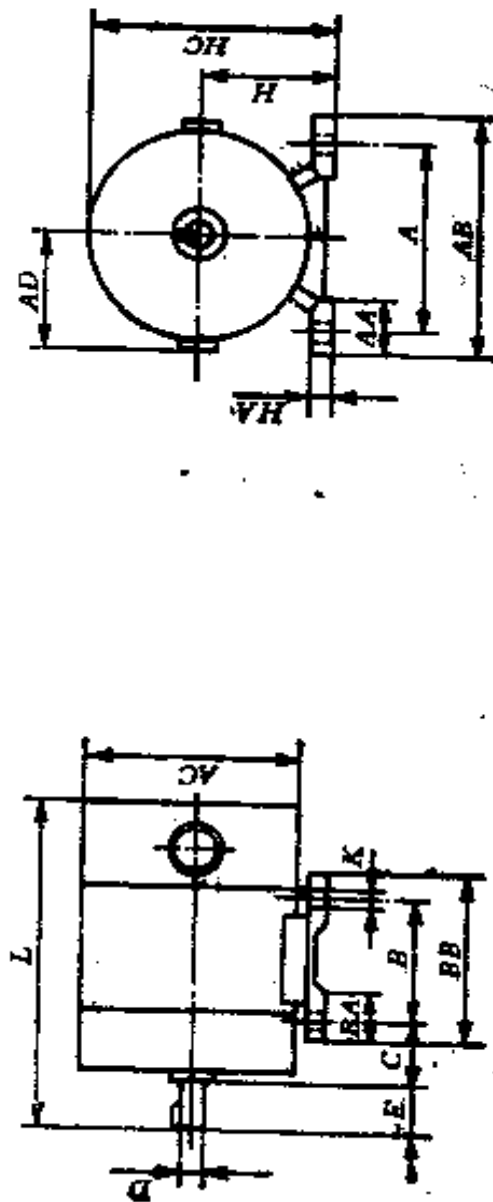


表 5-41 附图 ZYT 系列底脚安装(IMB3)结构

(4) ZYR 系列永磁直流电动机: ZYR 系列铁氧体永磁直流电动机的结构性能与 ZYT 系列相同。为适应出口的需要,其外形及安装尺寸可采用英制。

该系列电动机只有 24、28、36 三个机座号,结构安装型式为 IMB14。电动机的技术数据见表 5-42,外形及安装尺寸见表 5-43。

表 5-42 ZYR 系列永磁直流电动机技术数据

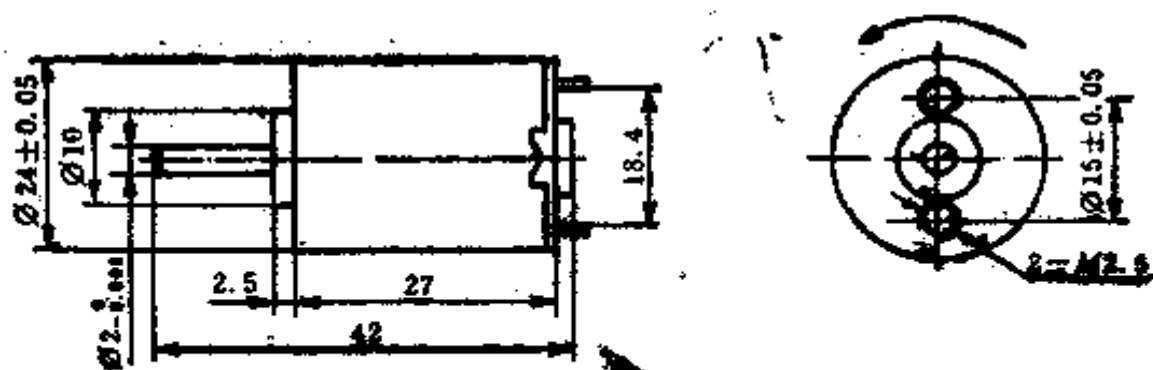
型 号	额 定 电 压 (伏)	空 载		/ 额 定 负 载			消 转 转 矩 (毫牛·米)
		电 流 (安)	转 速 (转/分)	转 矩 (毫牛·米)	电 流 (安)	转 速 (转/分)	
ZYR24101	6	0.05	4300	1	0.15	3500	4
ZYR28	6, 12, 24	0.09~ 0.17	7000~ 11200	45~9	0.34~ 0.93	6000~ 9000	18~34
ZYR36101	12	0.64	16600	17	3.1	13550	96
ZYR36102	12	0.29	7000	19	1.4	5800	110
ZYR36103	24	0.18	8960	19	0.89	7520	122
ZYR36104	6	0.64	9810	12	2.92	7850	65
ZYR36301	12	0.7	14000	27	4.18	12000	150
ZYR36302	24	0.19	7800	29	1.15	6700	210
ZYR36302-1	24	0.19	7800	33	1.0	6700	150

表 5-43 ZYR 系列永磁直流电动机尺寸 (毫米)

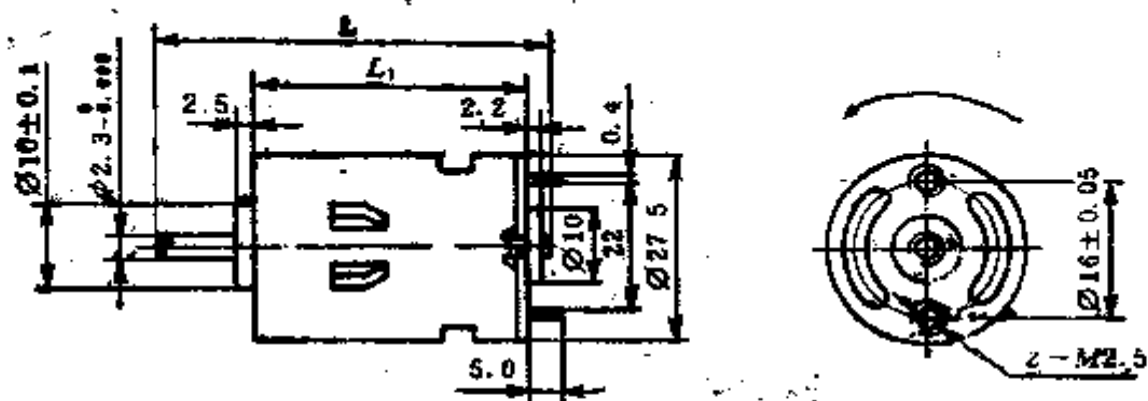
型 号 尺 寸	ZYR 281	ZYR 283	ZYR 361	ZYR 363
$L_1$	32.0	41.0	50.0	57.0
$L$	51.0	60.0	67.0	75.0

#### 四、微型交流换向器电动机

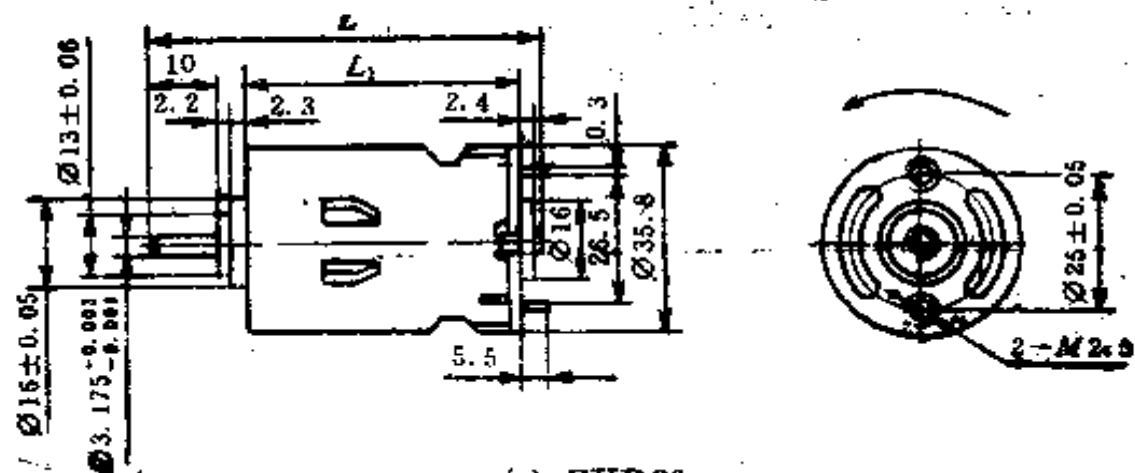
交流换向器电动机适用于具有单相交流供电的场所,广泛用作小型机床、搅拌机、包装机、实验室设备、化工及医疗器械的驱动电机。它具有类似直流



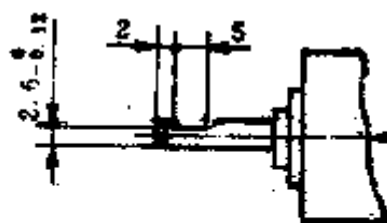
(a) ZYR24



(b) ZYR25



(c) ZYR36



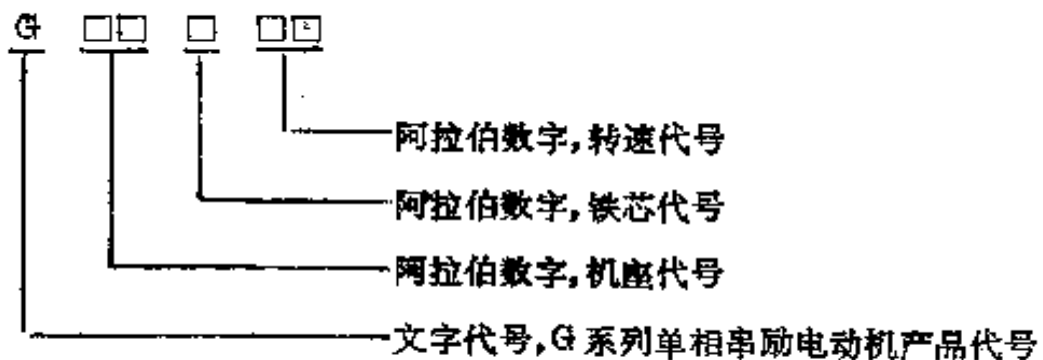
(d) ZYR3602-1 轴伸

表 5-43 附图

串励电动机软的机械特性，起动转矩大，过载能力强且能大范围地速度调节。但需注意避免空载条件下运转，以免转速过高造成损害和危险。

交流换向器电动机主要分成两类。一类是纯由单相交流供电的串励电动机。基本系列为G系列，它已能取代老产品的U型和G型单相串励电动机。另一类是交直流两用串励电动机。产品有SU型和JIZ系列电钻电机等。设计时采取改善磁路的结构，使之在交流供电及直流供电时电动机具有相同的运行特性。对于上述G系列电动机原理上也可作交、直流两用，但只能满足交流供电时的性能要求，而不能保证在直流供电时的性能要求。

1. G系列电动机 产品设计共有四个机座号38个规格，每一机座号有2~3种铁芯长。G系列单相串励电动机的型号意义规定为



G系列单相串励电动机的主要性能数据见表5-44，绕组数据见表5-45，外型与安装尺寸见表5-46。

基本系列的单相串励电动机产品，除G系列外，目前在国内尚有60年代老系列的U系列单相串励电动机。为供参考，其主要技术性能数据见表5-47和表5-48，绕组数据见表5-49。

2. HC新系列 HC系列串励电动机是80年代的代表产品，在额定电压220伏及频率50赫下将取代上述U及G系列。参照我国现行技术标准JB4327-86《单相串励电动机技术条件》的规定，其主要性能如下：

(1) 功率等级：电动机的额定输出功率有：16，25，40，60，90，120，180，250，370，550，750及1100瓦。电动机的机座号与功率及转速的对应关系如表5-50。

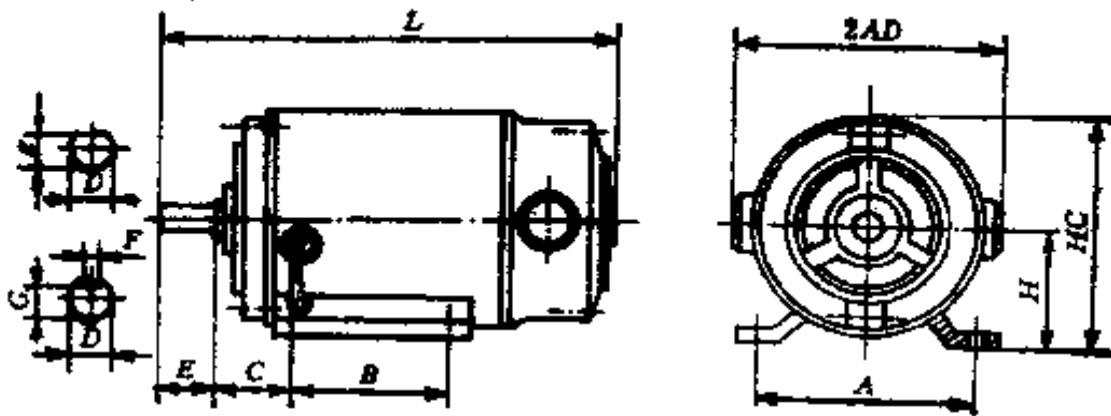
(2) 堵转转矩和堵转电流：在额定电压和额定频率下，电动机堵转转矩和额定转矩之比及堵转电流和额定电流之比的保证值如表5-51。

(3) 效率和功率因数：在额定电压、额定频率及额定输出功率下，电动机的效率及功率因数的保证值如表5-52。

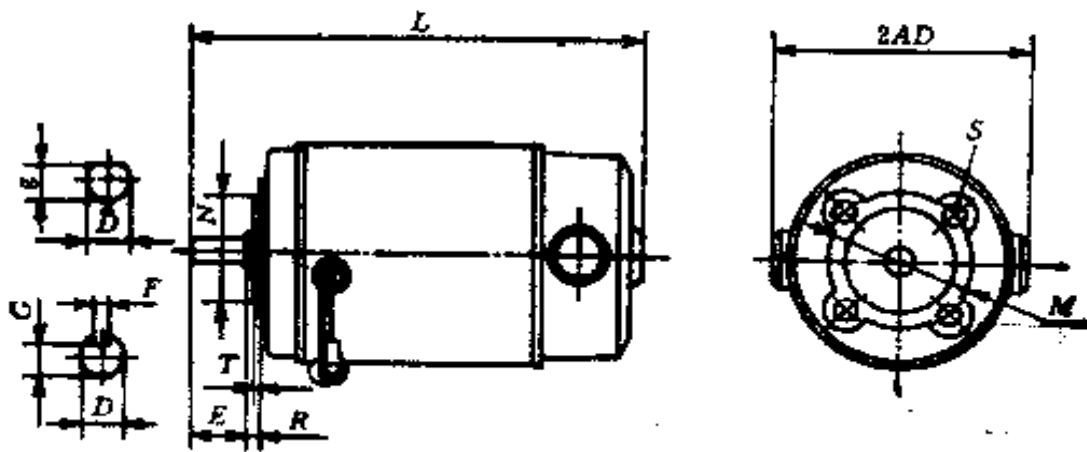


表 5-15 G 系列单相串励电动机绕组数据

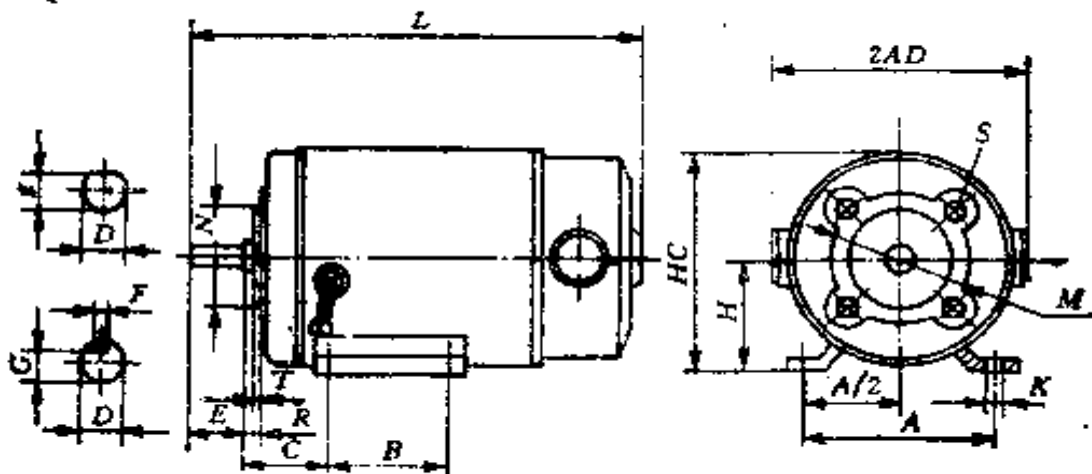
型 号	主 要 性 能				结 构 数 据							绕 组 数 据					
	功率 (瓦)	电压 (伏)	转速 (转/分)	电流 (安)	定子 外径 (毫米)	定子 内径 (毫米)	铁芯 长度 (毫米)	气隙 长度 (毫米)	转子 槽数	定子 每极 匝数	转子 元件匝 数	转子总 导体数	换向 器片 数	夹槽 节距	定子 线规	转子 线规	定转 子匝 数比
G 3614	8	220	4000	0.125	56	30	18	0.3	8	101	214	10272	24	3	0.14	0.09	0.393
G 3624	15	220	4000	0.208	56	30	30	0.3	8	68	137	6576	24	3	0.18	0.12	0.417
G 3634	25	220	4000	0.324	56	30	38	0.3	8	536	104	4992	24	3	0.23	0.15	0.431
G 3636	40	220	6000	0.413	56	30	38	0.3	8	470	77	3696	24	3	0.25	0.17	0.51
G 3638	60	220	8000	0.52	56	30	38	0.3	8	445	62	2976	24	3	0.29	0.20	0.6
G 36312	90	220	12000	0.775	56	30	38	0.3	8	360	47	2256	24	3	0.33	0.23	0.65
G 4524	60	220	4000	0.62	71	39	40	0.35	12	362	51	3672	36	5	0.31	0.21	0.394
G 45212	180	220	12000	1.3	71	39	40	0.35	12	192	25	1800	36	5	0.44	0.31	0.425
G 4534	90	220	4000	0.907	71	39	50	0.35	12	290	39	2808	36	5	0.38	0.25	0.413
G 4536	120	220	6000	1.02	71	39	50	0.35	12	240	33	2376	36	5	0.41	0.27	0.405
G 4538	180	220	8000	1.36	71	39	50	0.35	12	195	26	1872	36	5	0.44	0.31	0.417
G 45312	250	220	12000	1.8	71	39	50	0.35	12	167	19	1368	36	5	0.51	0.38	0.499
G 5614	120	220	4000	1.145	90	50	35	0.5	13	266	42	3276	39	6	0.44	0.29	0.325
G 5616	180	220	6000	1.51	90	50	35	0.5	13	243	31	2418	39	6	0.49	0.33	0.402
G 5618	250	220	8000	1.95	90	50	35	0.5	13	226	24	1872	39	6	0.55	0.38	0.433
G 5624	180	220	4000	1.7	90	50	50	0.5	13	195	29	2262	39	6	0.53	0.35	0.344
G 5626	250	220	6000	2.05	90	50	50	0.5	13	179	23	1716	39	6	0.57	0.41	0.417
G 5628	370	220	8000	2.81	90	50	50	0.5	13	166	17	1326	39	6	0.64	0.47	0.15
G 5634	250	220	4000	2.32	90	50	65	0.5	13	152	22	1716	39	6	0.59	0.41	0.354
G 5636	370	220	6000	3.02	90	50	65	0.5	13	144	16	1248	39	6	0.67	0.47	0.462
G 5638	550	220	8000	4.05	90	50	65	0.5	13	123	12	936	39	6	0.77	0.55	0.526
G 7114	370	220	4000	3.22	120	69	42	0.9	19	156	17	1938	57	9	0.69	0.49	0.332
G 7116	550	220	6000	4.1	120	69	42	0.9	19	132	13	1482	57	9	0.77	0.55	0.356
G 7124	550	220	4000	4.72	120	69	60	0.9	19	112	12	1368	57	9	0.83	0.59	0.328
G 7126	750	220	6000	5.5	120	69	60	0.9	19	100	9	1026	57	9	0.93	0.64	0.39



B3 外形安装图



B14 外形安装图



B34 外形安装图

表 5-46 附图





表 5-47 U 系列电动机技术性能数据

机座号	型号	电压 (伏)	频率 (赫)	额定 功率 (瓦)	额定 转速 (转/分)	启动转矩 / 额定转矩	工作 方式	旋转方向	外形尺寸 (毫米)			重量 (千克)
									长	高或 外径	轴径	
55	U 8/40-220	220	50	8	4000	1.7	连续	逆时针	134	73	6	0.8
	U 15/40-220			134	73				6			
65	U 25/40-220	220	50	25	4000	2	连续	逆时针	143	83	6	1.3
	U 40/80-220			143	83				6			
84	U 40/40-220	220	50	40	4000	2	连续	逆时针	157	107	8	2.4
	U 60/40-220			178	107				8	2.7		
	U 90/40-220			191	107				8	3.2		
94	U 120/40-220	220	50	120	4000	3	连续	逆时针	220	112	10	4.0
	U 180/40-220			180	112				10	4.6		
	U 250/80-220			250	112				10	4.5		
102	U 250/40-220	220	50	250	4000	2.5	连续	逆时针	230	133	11	5.5
	U 400/40-220			400	133				11	6		
	U 400/80-220			400	133				11	5.5		

表 5-48 U 系列电动机特殊派生规格技术性能数据

型号	电压 (伏)	频率 (赫)	额定 功率 (瓦)	额定 转速 (转/分)	启动转矩 / 额定转矩	工 作 方 式	旋转方向 (面对出轴)	外形尺寸 (毫米)			重量 (千克)
								长	高或外径	轴径	
U15/40-220 D	230		15	4000	2	30 分钟	逆时针	160	φ77	7.8	1.3
U25/40-12	12	50	25	4000	2	连续	逆时针	137	83	6	1.3
U25/40-320 L	220		25	4000	2	连续	逆时针	148	φ71	8	1.1
U40/80-32 D	32		40	8000	2.5	2 分钟	可逆转	140	φ73	6	1.3
U40/36-24 D	24		40	3600	2	5 分钟	可逆转	184			2.1
U40/36-110 D	110		40	3600	2	5 分钟	可逆转	184			2.1
U80/50-110 D	110	50	80	5000	2	5 分钟	可逆转	210	107	8	2.7
U80/50-220 D	220		80	5000	2	5 分钟	可逆转	210			2.7
U180/80-220	220	50	180	8000	—	连续	逆时针	241	112	9	4.5

表 5-49 U 型单相串励电动机绕组组数数据

型 号	主要性能		结构数据				绕组组数										
	功率 (瓦)	电压 (伏)	转速 (转/分)	定子 外径 (毫米)	定子 内径 (毫米)	铁芯 长度 (毫米)	气隙 长度 (毫米)	转子 槽数	定子 每极 匝数 $W_1$	转子 每元 件匝 数	转子 每槽 导体 数	转子 总导 体数 $N$	元 件或 换向 片数	实槽 节距	定子 线规 (毫米)	转子 线规 (毫米)	定转子 匝数比 $\frac{4W_1}{N}$
U 15/40-220	15	220	4000	65	33.5	36	0.45	10	740	110	440	4400	20	4	0.2	0.15	0.673
U 15/56-220 D	15	220	5600	55	29	22	0.35	10	600	110	440	4400	20	4	0.19	0.13	0.545
U 30/40-220	30	220	4000	84	45.3	25	0.45	12	575	62	372	4464	36	5	0.25	0.18	0.515
U 40/36-24 D	40	20	3600	84	45.3	38	0.45	12	76	7	28	332	24	5	0.86	0.64	0.505
U 40/36-110 D	40	110	3600	84	45.3	38	0.45	12	850	34	136	1632	24	5	0.41	0.33	0.856
U 55/45-220 D	55	220	4500	84	45.3	38	0.45	12	360	50	200	2400	24	5	0.38	0.25	0.6
U 80/50-110 D	80	110	5000	84	45.3	60	0.45	12	220	13	78	936	36	5	0.49	0.41	0.94
U 80/50-220 D	80	220	5000	84	45.3	60	0.45	12	435	27	162	1944	36	5	0.35	0.29	0.805
U 120/40-220	120	220	4000	94	51.6	60	0.55	16	220	23	133	2308	48	7	0.44	0.31	0.4
U 180/40-220	180	220	4000	94	51.6	75	0.55	16	160	20	120	1890	48	7	0.53	0.35	0.334

表 5-50 单相串励电动机基本系列

机座号	铁芯代号	转 速 (转/分)			
		4000	6000	8000	12000
		功 率 (瓦)			
36	1			16	25
	2		16	25	40
	3	16	25	40	60
45	1	25	40	60	90
	2	40	60	90	120
	3	60	90	120	180
56	1	90	120	180	250
	2	120	180	250	370
	3	180	250	370	550
71	1	250	370	550	
	2	370	550	750	
	3	550	750	1100	

(4) 工作期限: 电动机在水平安装, 使用第一副电刷在额定运行条件下, 表 5-53 规定的工作期限内(以時計)应能可靠工作。更换第二副电刷后, 电动机的效率、功率因数应符合规定, 其他的电气性能也应在规定的容差范围内。

3. SU 系列 SU 为交直流两用电动机系列, 其工作原理和结构与基本系列是类同的, 主要特征为:

(1) 在相同的交流或直流电压条件下, 电动机在额定负载时的转速值相

表 5-51 单相串励电动机基本系列的堵转转矩及堵转电流

功率 (瓦)	堵转转矩/额定转矩				堵转电流/额定电流			
	转速 (转/分)				转速 (转/分)			
	4000	6000	8000	12000	4000	6000	8000	12000
16	2.0	2.0	3.0	4.5	2.5	4	5	7
25								
40								
60								
90	2.5	4.0	7.0					
120								
180	2.5	3.0	5.0					
250								
370								
550	4.0	4.0	5.0					
750								
1100								

注：1. 额定转矩指在额定输出功率及额定转速下，转轴的输出转矩。

2. 容差：堵转转矩为  $-15\%$ ，堵转电流为  $+20\%$ 。

表 5-52 效率和功率因数

功率 (瓦)	4000 转/分		6000 转/分		8000 转/分		12000 转/分	
	$\eta$ (%)	$\cos \varphi$	$\eta$ (%)	$\cos \varphi$	$\eta$ (%)	$\cos \varphi$	$\eta$ (%)	$\cos \varphi$
16	41	0.83	42	0.86	43	0.90		
25	45	0.83	47	0.86	48	0.90	48	0.92
40	48	0.83	52	0.86	53	0.90	53	0.92
60	51	0.83	56	0.86	58	0.90	56	0.92
90	54	0.83	59	0.86	60	0.90	58	0.92
120	57	0.80	61	0.86	62	0.90	60	0.92
180	59	0.80	62	0.85	64	0.87	62	0.92
250	62	0.78	64	0.85	66	0.87	64	0.92
370	65	0.78	66	0.82	68	0.84	68	0.92
550	68	0.77	68	0.82	70	0.84	68	0.92
750			70	0.82	71	0.84		
1100					71	0.84		

注: 效率容差为  $-0.15(1-\eta)$ , 最多减 0.07;  
功率因数为  $-(1-\cos \varphi)/6$ , 最多减 0.02。

表 5-53 工作期限

电动机额定转速(转/分)	4000	6000	8000	12000
工作期限 (时)	400	350	300	200





同。

(2) 在交流或直流供电时, 电动机励磁绕组的匝数是不一样的。为了使电动机在交流或直流供电时转速一致, SU 型电动机励磁绕组有两组, 内层为交直流公用励磁绕组, 外层为直流励磁时增加的绕组。由四个出线端分别引至电动机外部, 供接不同电源及改变电动机转向接线用。电动机在改变外接电路的接线后, 在正反两个方向都可旋转, 且两个方向的电气性能均相同。图 5-5 为其绕组接线原理图。SU 型交直流两用电动机的技术数据见表 5-54。其外形和电枢绕组如图 5-6 所示。

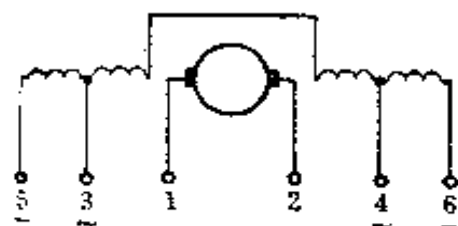
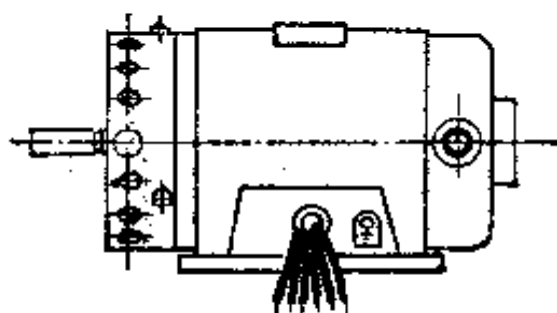
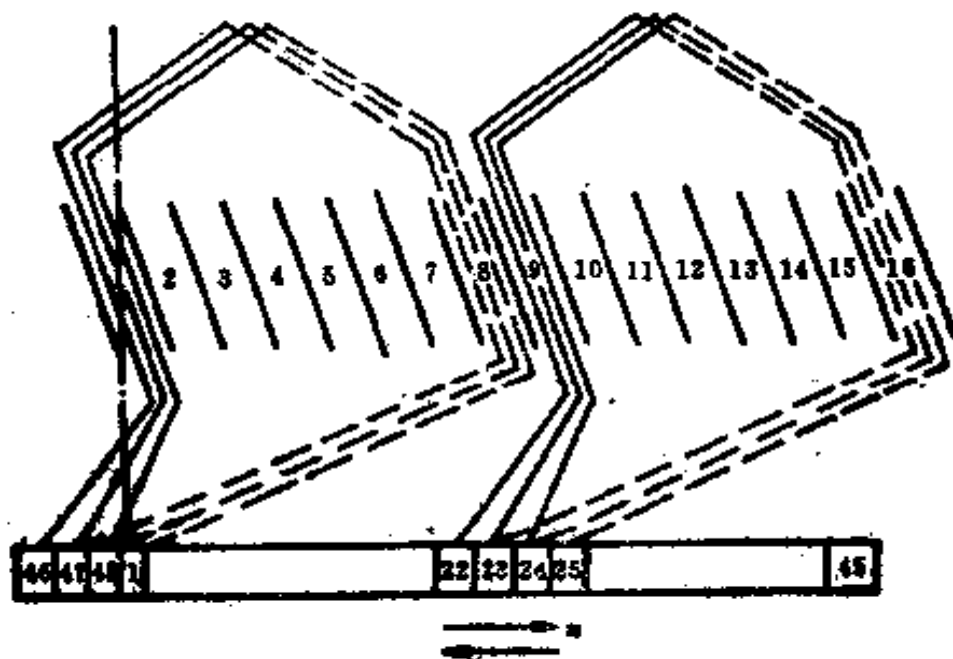


图 5-5 SU 型绕组接线原理图



(a) 外形



(b) 电枢绕组

图 5-6 SU 型交直流两用电动机外形和电枢绕组

在表 5-54 中只列出主要的 4 种规格电动机, 其余 8 种规格的性能、外型安装尺寸与之相同, 但出线简化, 仅适于单一电压单一旋转方向使用, 其型号与上 4 种规格区分为:

适于交流者: 110 伏有 SU-1A, SU-1AC;

220 伏有 SU-2A, SU-2AC。

适于直流者: 110 伏有 SU-1D, SU-1DC;

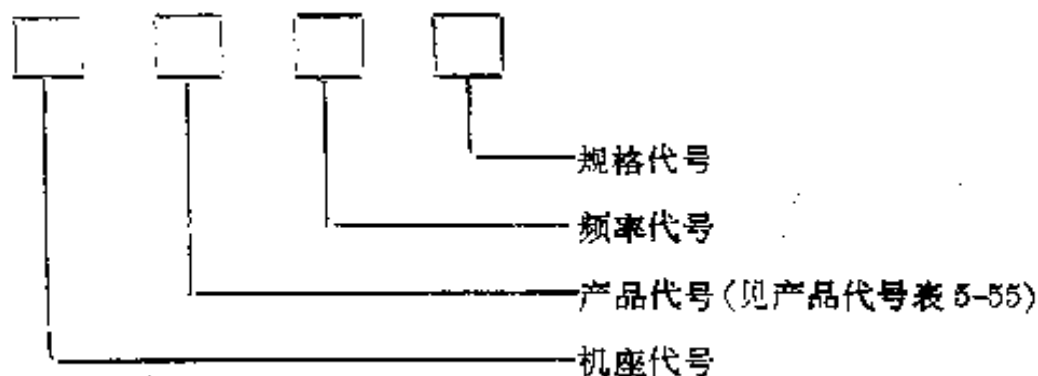
220 伏有 SU-2D, SU-2DC。

产品型号的文字代号 A 表示适于交流电源, D 表示适于直流电源, C 表示为双轴伸。

单一旋转方向的电动机, 其转向为逆时针转(面对换向器端看)。若需顺时针转订货时须提出要求。

## 五、自整角机

自整角机是一种感应式机电信号转换元件。其作用是将转轴的转角变换为电信号; 或将电信号变换为转轴的转角, 从而能在非机械连结下将角度传输、变换和接收。它广泛应用在同步传动系统中作远距离指示用, 以及在追随系统中作检测元件。在系统中通常是两台或多台组合使用。自整角机的型号编排如下:



自整角机有接触式和无接触式二种。接触式自整角机的结构与凸极式电机或线绕式异步电机相似, 自整角机的单相绕组(一般称励磁绕组)起初级回路作用, 该绕组可放置在转子上, 亦可放在定子上; 自整角机的次级回路即为三相绕组(一般称整步绕组), 与单相绕组相反放置, 可放在定子上或转子上。而转子绕组的端线通过滑环及电刷引出。故存有滑动接触而使系统工作不可靠、产生无线电干扰等缺点, 但它具有精度高、结构简单、尺寸小等优点,

表 5-55 自整角机产品代号

新代号	老代号	合意
ZKF	KF, ZK	控制式自整角发送机
ZKC	KCF, ZD	控制式差动发送机
ZKB	KB, ZB	控制式自整角变压器
ZLF	LF, ZF	力矩式自整角发送机
ZCF	LCF, ZC	力矩式差动发送机
ZLJ	LJ, ZJ	力矩式自整角接收机
ZKL	LK	控制力矩式自整角机

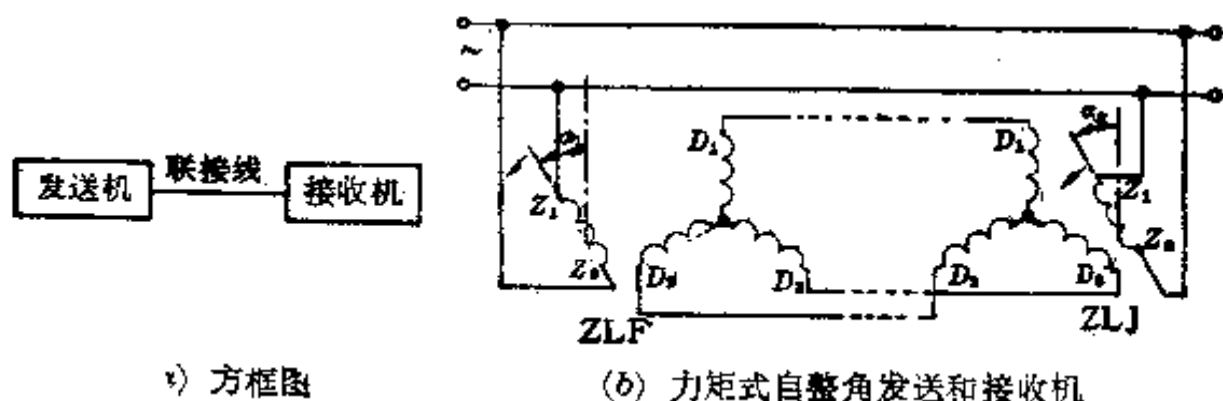
因而目前仍为系统优先选用。

无接触式自整角机的单相励磁绕组和三相整步绕组都放置在定子上，转子上无绕组，仅作为初级与次级回路之间电磁耦合的通路，以非磁性材料将转子分隔成两部分而形成两个磁极。三相绕组感应的相电势大小由转子转动的角度决定。这种称为“外磁路组合结构式”的自整角机无滑动接触，故可靠、安全、使用寿命较长。适用于缺乏维护及受较大颠簸和振动的装备及系统中。但是与相同尺寸的接触式自整角机相比，它的比容量、比力矩则要小得多。而且上述结构的无接触式自整角机不能制成差动式自整角机。

1. 力矩式自整角系统 最简单的自整角同步指示系统由发送机、接收机和连接导线组成(图 5-7)。

发送机将所要传送的角度转变为电信号，通过连接导线传送给接收机，接收机在接收到电信号后将它再转变成为角度复现在仪表上。其中作发送信号用的称为力矩式自整角发送机 ZLF；作接收信号用的称为力矩式自整角接收机 ZLJ。

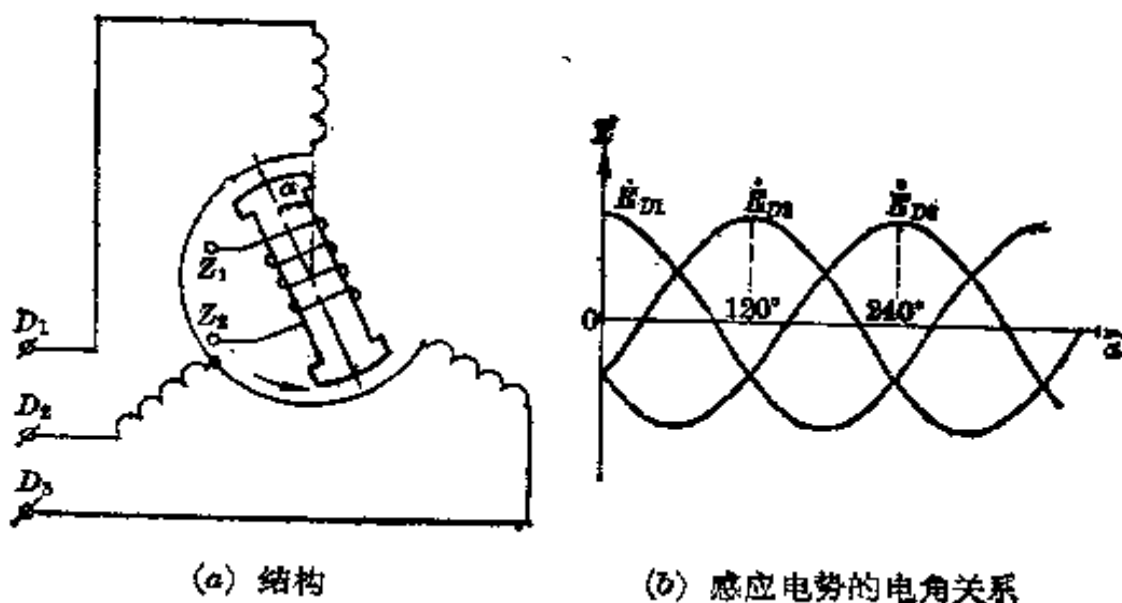
自整角机的典型结构如图 5-7(a)所示，在凸极式转子上放置单相励磁绕组  $Z_1Z_2$ ，而定子铁芯槽内放置空间互差  $120^\circ$  电角的星形连接的三相整步绕组  $D_1, D_2, D_3$ 。当励磁绕组通以单相交流电后，就在电机气隙空间产生脉动磁场，这磁场在定子三相整步绕组中感应出三个大小不同的交变电势  $E_{D1}, E_{D2}, E_{D3}$ 。整步绕组轴线与转子轴线一致时，感应电势最大；正交时，感应电势为零。也就是说电势的大小与定、转子相对位置有关。如果在绕组设计和磁



(a) 方框图

(b) 力矩式自整角发送和接收机

图 5-7 同步指示系统



(a) 结构

(b) 感应电势的电角关系

图 5-8 自整角电机的电磁关系

场结构上采取一定的措施，便可使相电势随转子转角按余弦规律变化，见图 5-8(b)。

假定发送机及接收机具有相同的参数，它们的励磁绕组接于同一个单相交流电源上，而三相整步绕组则互相对接 ( $D_1-D_1, D_2-D_2, D_3-D_3$ )。其中发送机的转子轴线与定子  $D_1$  轴线之间有  $\alpha_1$  夹角；而接收机的为  $\alpha_2$  夹角。

当  $\alpha_1 = \alpha_2$ ，两个三相整步绕组中对应的电势大小与方向完全相同，故定子回路内合成电势相抵消，没有电流流通。在这种情况下发送机转子不动，接收机转子也不会有任何动作，这时称为“协调”状态。

$\alpha_1 \neq \alpha_2$  时称为“失调”状态，角差  $\theta = \alpha_2 - \alpha_1$  称为失调角。这时定子对应相之间电势不相等，定子回路便有电流流通，这电流分别同两机的转子绕组的磁场发生作用，形成电磁转矩（整步转矩）。由于发送机转子与主令轴相接，因

而不能自由转动；而接收机转子则在整步转矩的作用下，朝着使角差  $\theta$  趋于零值的方向转动，直到两台自整角机重新建立起  $\alpha_1 = \alpha_2$  的“协调”状态，接收机转子跟随着发送机转子回转同样的角位，从而完成角度的远距离传送。

从上面分析可知当接收机与发送机“协调”时，电机没有产生转矩，处于静止状态。而当两者“失调”时，不论失调角有多大，只要两机接通电源，定转子间感应作用就会产生整步力矩，使之“协调”起来。这种可恢复“协调”的能力称为“自整步能力”，“自整角机”的名称也由此而来。

当需要传送两个或两个以上角度代数和的信号时，可增设力矩式差动自整角发送机 ZCF 作为中间元件。差动自整角机的定、转子铁芯均为隐极，铁芯槽内放置星形连接空间互差  $120^\circ$  电角的三相绕组。

同步传动可以传送角度，也可以传送角速度（匀速或变速的）前者称为静态工作，后者称为动态工作。

2. 控制式自整角机系统 力矩式自整角系统的接收机需直接带动一定负载，因此往往不能满足远距离和高精度的要求。以后又发展了控制式自整角系统，它由自整角发送机、自整角变压器、放大器、伺服电动机以及用作机械反馈的减速器组成（图 5-9）。

自整角变压器 ZKB 的基准电气零位是在转子绕组轴线与定子  $D_1$  相绕组轴线垂直的位置。因为只有这样，当发送机 ZKF 的转子通以单相交流电时，在自整角变压器的转子绕组（又称控制绕组）中才不致感应电势，伺服电动机将不会转动，系统即处于平衡状态。通常把这状态称为随动系统的“协调”状

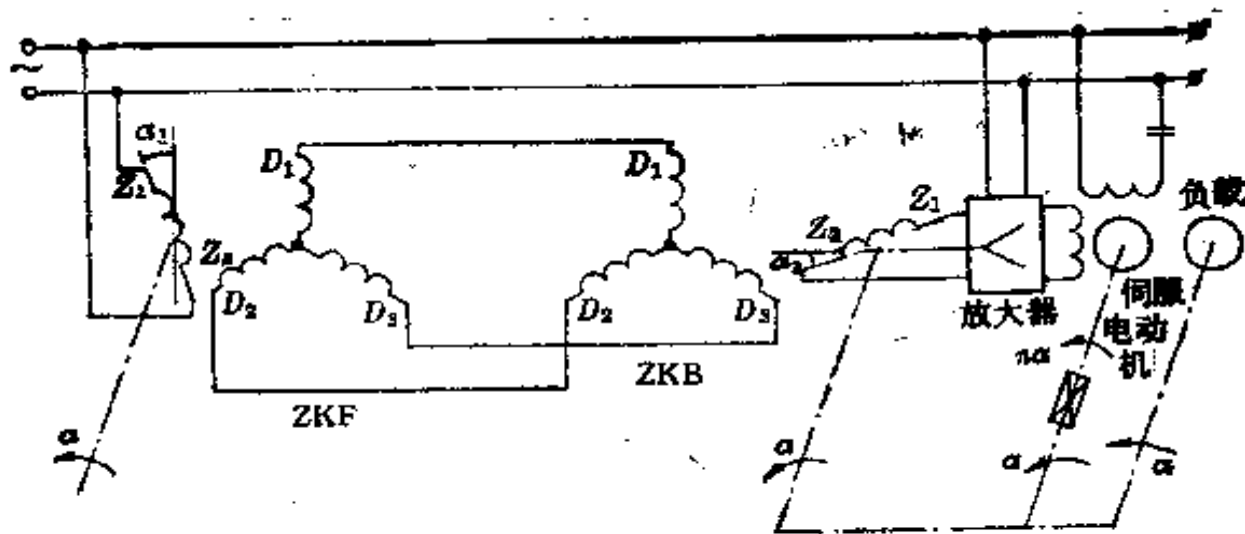


图 5-9 控制式自整角系统

表 5-56 自整角系统的接线方式

		接 线 方 式	输入量	输出量
力矩式自整角系统	力矩式发送机和接收机		$\alpha_1$	$\alpha_2$
	差动式发送机		$\alpha_1; \alpha_2$	$\alpha_3 = \alpha_1 + \alpha_2$
	多力矩接收机并联		$\alpha_1$	$\alpha_2$ $\alpha_3$ $\alpha_4$ ...
控制式自整角系统	控制式发送与接收机		$\alpha_1$	$\alpha_2$
	差动式发送机		$\alpha_1; \alpha_2$	$\alpha_3 = \alpha_1 + \alpha_2$
	多自整角变压器并联		$\alpha_1$	$\alpha_2$ $\alpha_3$ ...

表 5-57 自整角机的工作指标

分 类	名 称	含 义	数 值 范 围	对系统的影响
力 矩 式 自 整 角 系 统	零位误差 $\Delta\theta_0$	力矩式自整角发送机的转子励磁后, 从基准电气零位开始每转过 $60^\circ$ 时, 在理论上定子绕组中有一线间电势为零的位置, 称作理论电气零位。由于设计及工艺因素影响, 实际的电气零位与理论电气零位是有差别的, 此差值即为零位误差, 以角分表示	$3 \sim 10'$	在简单的力矩式自整角系统中, 系统的精度取决于自整角机的精度, 故 $\Delta\theta_0$ 及 $\Delta\theta_{st}$ 直接影响系统的精度
	静态误差 $\Delta\theta_{st}$	力矩式自整角系统中静态协调时, 接收机与发送机转子转角之差, 以角度表示	$0.2 \sim 1^\circ$	提高比整步转矩, 直接提高力矩式自整角机系统的灵敏度
	比整步转矩 $T_\theta$ ( $\times 10^{-2}$ 牛·厘米/度)	接收机与发送机在协调位置附近单位失调角所产生的整步转矩	$0.3 \sim 80$	
	阻尼时间 $t_n$	接收机自失调位置稳定到协调位置所需的时间	失调角为 $179^\circ \pm 2'$ 时不大于 $3''$	影响系统的稳定性

(续表)

分 类	名 称	含 义	数 值 范 围	对系统的影响
控 制 式 自 整 角 系 统	电气误差 $\Delta\theta_e$	控制式自整角机的转子转角与感应电势在理论上的数值关系, 由于设计、工艺等因素影响与实际存在差异。此差值即为电气误差以角分表示。	$3 \sim 10'$	电气误差大使系统的精度下降
	零位电压 $V_0$ (毫伏)	控制式自整角机处于电气零位时的输出电压。零位电压由频率与输入电压相同, 但时间相位相差 $90^\circ$ 的基波分量和频率为输入电压频率奇数倍的谐波分量组成	$30 \sim 180$	使伺服系统的放大器饱和
	比电压 $U_0$ (伏/度)	自整角变压器在协调位置附近, 单位失调角的输出电压	$0.3 \sim 1$	比电压增大可提高系统的灵敏度
	输出相位移 $\varphi$	控制式自整角机输出电压的基波分量对励磁电压的基波分量的时间相位差, 以角度表示	$2 \sim 20^\circ$	



表 5-58 自整角机选用时注意事项

项目	力 矩 式	控 制 式
电压与频率	<p>自整角机的电压与频率应与系统的电压和频率相符。若系统的电压、频率可任意选择时,则建议采用电压较高、频率为 400 赫的自整角机,其性能较好。一般工业用,则宜采用频率为 50 赫、电压为 220 伏或 110 伏的自整角机。</p> <p>对力矩式自整角机,如额定电压为 110 伏,而电源为 220 伏时,则可将自整角发送机与接收机串联使用(指一带一时)</p>	
最大次级电压	<p>自整角机成对运行时,彼此相连接的三相绕组的电压,即最大次级电压,应相等或相近。</p> <p>当传送距离近者,采用低次级电压的自整角机,当距离在数百米以上时采用高次级电压或中次级电压的规格</p>	<p>控制式自整角变压器的额定激磁电压应与发送机的最大次级电压相等或相近</p> <p>同左</p>
比整步转矩	<p>选用时,必须考虑比整步转矩与负载的关系,负载过大会使系统精度下降。若仅带动指针或轻型刻度盘时,可选用比整步转矩较小的自整角机。</p> <p>当多台自整角接收机并联运行时,应参照比力矩计算公式计算其比力矩</p>	
阻 抗	<p>选用时要注意阻抗的匹配,发送机的输出阻抗与自整角变压器的输入阻抗之比值一般越小越好,特别是当数台自整角变压器并联工作时</p>	
机座号与精度等关系	<p>自整角发送机与接收机一般为同机座,且参数亦相同,如 BD-404 A 与 BB-404 A,但也可以不同;当数个接收机并联使用时,发送机一般选用较大机座号。</p> <p>在成批生产时,机座号愈大的自整角机其精度一般亦愈高</p>	<p>一般自整角发送机和自整角变压器为同机座相配,如 36KF4A 与 36KB4A,但当并联变压器数目较多时,则采用同机座号但输入阻抗较高的变压器,或采用较大机座号的发送机</p> <p>同左</p>

表 5-59 新系列自整角机技术数据

种类	型号	频率 (赫)	励磁电压 (伏)	最大输出电压 (伏)	比整步转矩 (不小于) (毫牛·米/度)	外径×长度 (毫米)
控制式 自整角 发送机	20ZKF01	400	36	16		φ 20×40
	24ZKF01	400	26	12		φ 24×40
	28ZKF01	400	115	90		φ 28×50
	28ZKF02	400	36	16		φ 28×50
	36ZKF01	400	115	90		φ 36×60
	36ZKF51	50	36	16		φ 36×60
	45ZKF01	400	115	90		φ 45×75
	45ZKF51	50	110	90		φ 45×75
控制式 差动自整 角发送机	20ZKC01	400	16	16		φ 20×40
	24ZKC01	400	12	12		φ 24×40
	28ZKC01	400	90	90		φ 28×50
	28ZKC02	400	16	16		φ 28×50
	36ZKC01	400	90	90		φ 36×60
	45ZKC01	400	90	90		φ 45×75
	45ZKC51	50	90	90		φ 45×75
	自整角 变压器	28ZKB01	400	90	58	
28ZKB02		400	90	58		φ 28×50
28ZKB03		400	16	32		φ 28×50
28ZKB04		400	16	32		φ 28×50
36ZKB01		400	90	58		φ 36×60
36ZKB02		400	90	58		φ 36×60
36ZKB03		400	90	58		φ 36×60
36ZKB51		50	16	32		φ 36×60
45ZKB01		400	90	58		φ 45×75
45ZKB02		400	90	58		φ 45×75
45ZKB03		400	90	58		φ 45×75
45ZKB04		400	90	58		φ 45×75
45ZKB51		50	90	58		φ 45×75
力矩式 自整角发 送机		36ZLF01	400	115	16	0.25
	36ZLF02	400	115	90	0.25	φ 36×60
	45ZLF01	400	115	90	0.8	φ 45×75
	45ZLF51	50	110	90	0.3	φ 45×75
	45ZLF52	50	220	90	0.3	φ 45×75
	55ZLF01	400	115	90	2.0	φ 55×112

(续表)

种类	型号	频率 (赫)	励磁电压 (伏)	最大输出电压 (伏)	比整步转矩 (不小于) (毫牛·米/度)	外径×长度 (毫米)
力矩式 自整角发 送机	55ZLF51	50	110	90	1.1	φ 55×112
	55ZLF52	50	220	90	1.1	φ 55×112
	70ZLF01	400	115	90	5.0	φ 70×139
	70ZLF51	50	110	90	3.0	φ 70×139
	70ZLF52	50	220	90	3.0	φ 70×139
	90ZLF01	400	115	90	8.0	φ 90×154
	90ZLF51	50	110	90	8.0	φ 90×154
	90ZLF52	50	220	90	8.0	φ 90×154
力矩式 差动自整 角发送机	36ZCF01	400	90	90	0.15	φ 36×60
	45ZCF01	400	90	90	4.0	φ 45×75
	55ZCF51	50	90	90	3.0	φ 55×112
	70ZCF51	50	90	90	1.8	φ 70×139
	90ZCF51	50	90	90	4.0	φ 90×154
自整角 接收机	36ZLJ01	400	115	90	0.25	φ 36×60
	36ZLJ02	400	115	16	0.25	φ 36×60
	45ZLJ01	400	115	90	0.8	φ 45×75
	45ZLJ51	50	110	90	0.3	φ 45×75
	45ZLJ52	50	220	90	0.3	φ 45×75
	55ZLJ01	400	115	90	2.0	φ 55×112
	55ZLJ51	50	110	90	1.1	φ 55×112
	55ZLJ52	50	220	90	1.1	φ 55×112
	70ZLJ01	400	115	90	5.0	φ 70×139
	70ZLJ51	50	110	90	3.0	φ 70×139
	90ZLJ01	400	115	90	8.0	φ 90×154
	90ZLJ51	50	110	90	8.0	
	90ZLJ52	50	220	90	8.0	

注：长度是指机壳实际尺寸不大于此值。

表 5-60 新 ZKL 系列自整角机(组合式)技术数据

型号	工作方式	励磁电压 (伏)	频率 (赫)	空载功率 (瓦)	最大输出电压 (伏)	比整步转矩 (毫牛·米/度)	阻尼时间 (秒)	零位电压 (毫伏)	重量 (千克)	外径×总长 (毫米)
36ZKL01	力矩式 发送机 接收机	115	400	5	90	0.196	3		0.2	$\phi 36 \times 76.5$
	控制式变压器	—	400	3	58			150		
45ZKL01	力矩式 发送机 接收机	115	400	8	90	0.245	3		0.4	$\phi 45 \times 84$
	控制式变压器	—	—	4	58			150		
55ZKL05	力矩式 发送机 接收机	115	50	8	90	0.245	3		1.0	$\phi 55 \times 110$
	控制式变压器	—	—		58			150		

表 5-61 KL 系列(老组合式)自整角机技术数据

式①

机座号	型号	励磁电压(伏)	频率(赫)	次级电压(伏)	励磁电流(安)	消耗功率(瓦)	转子开路阻抗(欧)	定子开路阻抗(欧)	有励磁摩擦转矩不大于		重量(克)	外径×长(毫米)
									(克力·厘米)	(毫牛顿·米)		
20	20KF4E	36	400	16	0.09	1.30	370	65	5	0.49	45	φ 20×36
	20KCF4B	16		0.12	110	100						
	20KB4E	16		0.08	1000	150						
28	28KF4A	115	400	90	0.027	0.70	5720	2860	6	0.588	120	φ 28×47
	28KCF4A	90		0.025	5220	4400						
	28KB4A	90		0.01	6710	9970						
	28KF4B	36		0.06	665	105						
	28KCF4B	16	400	16	0.09	0.50	180	160	6	0.588	120	
	28KCF4E	16		0.09	2050	320						
	28KB4B	16		0.05								
36	36KF5C	36	50	16	0.088	1.2			8	0.784	200	φ 36×58
	36KCF5C	16		—								
	36KB5C	16		0.046	0.5							
	36KF4A	115	400	90	0.06	2.00	1890	950	8	0.784	200	φ 36×50
	36KCF4A	90		0.044	1720	1600						
	36KB4A	90		0.022	2205	3530						
45	45KF5B	110	50	90	0.032	2.00	3380	2175	10	0.98	400	φ 45×64
	45KCF5B	90		0.053	2390	1715						
	45KB5B	90		0.015	3590	5620						
	45KF4A	115		0.063	1980	990						
	45KCF4A	90	400	90	0.06	0.55	1660	1480	10	0.98	400	
	45KB4A	90		0.025	1010	2960						

(续表)

力矩式①

机座号	型号	励磁电压 (伏)	频率 (赫)	次级电压 (伏)	励磁电流 (安)	消耗功率 (瓦)	比力矩大于		有励磁摩擦刀矩不大于		重量 (克)	外径×长度 (毫米)
							(克力·厘米/度)	(毫牛·米/度)	(克力·厘米)	(毫牛·米)		
28	28LF4B	36	400	16	0.30	2.0	0.6	0.0588	6	0.583	120	φ 28×49
	28LCF4B	16			0.65	2.7	0.3	0.0294				
	28LJ4B	36			0.30	2.0	0.6	0.0588				
36	36LF5B	110	50	90	0.08	4.0	1.5	0.147	8	0.784	200	φ 36×60 φ 36×60 φ 36×66
	36LCF5B	90			—	—	—	—				
	36LJ5B	110			0.08	4.0	1.5	0.147				
36	36LF4A	115	400	90	0.25	3.0	2.8	0.274	8	0.784	200	φ 36×60 φ 36×60 φ 36×66
	36LCF4A	90			0.17	2.0	—	—				
	36LJ4A	115			0.25	3.0	2.8	0.274				
45	45LF5B	110	50	90	0.2	7.0	5.5	0.539	10	0.98	400	φ 45×67 φ 45×67 φ 45×73
	45LCF5B	90			—	—	—	—				
	45LJ5B	110			0.2	7.0	5.5	0.539				
45	45LF4A	115	400	90	0.55	6.0	9.5	0.931	10	0.98	400	φ 45×67 φ 45×67 φ 45×73
	45LCF4A	90			0.32	2.6	—	—				
	45LJ4A	115			0.55	6.0	9.5	0.931				

注：① 表中控制式所列的功率为上限值；力矩式所列的电流及功率均为上限值。

控制式所列的电流为额定值，对 20 机座号允许偏差为 ±20%；其他机座号为 ±15%。

② 表中长度是指机壳实际尺寸不大于此值。

表 5-62 KL 系列自整角机的精度等级

电机类别	精度名称	机座号	最大平均误差(分)			
			0	I	II	III
KF、KCF、KB	电气误差	20, 28	—	10	15	30
		36	5	10	15	30
		45	5	10	15	—
LF、LOF	零位误差	28	—	10	15	30
		36, 45	5	10	15	—
LJ	静态误差	28	—	60	90	120
		36	30	60	90	—
		45	30	60	90	—

表 5-63 S 型自整角机的技术数据

型号*	励磁电压 (伏)	频率 (赫)	励磁电流 (安)	消耗功率 (瓦)	次级电压 (伏)	最大整步力矩		比整步力矩		重量 (千克)
						(克力·厘米/度)	(毫牛·厘米/度)	(克力·厘米/度)	(毫牛·厘米/度)	
S-3	220	50	0.3	10	90	2000	196	58	3.73	2.5
S-4	90	50	0.6	2	56	—	—	—	—	2.4
S-5	220	50	0.3	10	90	—	—	—	—	2.4
S-6	90	50	0.6	8	90	—	—	—	—	2.4

注: S-3 为自整角接收机; S-4 为自整角变压器; S-5 为自整角发送机; S-6 为差动式发送机。

表 5-64 S型自整角机精确度等级

型 号	精度名称	最大平均误差(度)	
		I 级	II 级
S-3	静态误差	0~0.75°	>0.75~1.5°
S-4,5,6	零位误差	0~0.25°	>0.25~0.5°

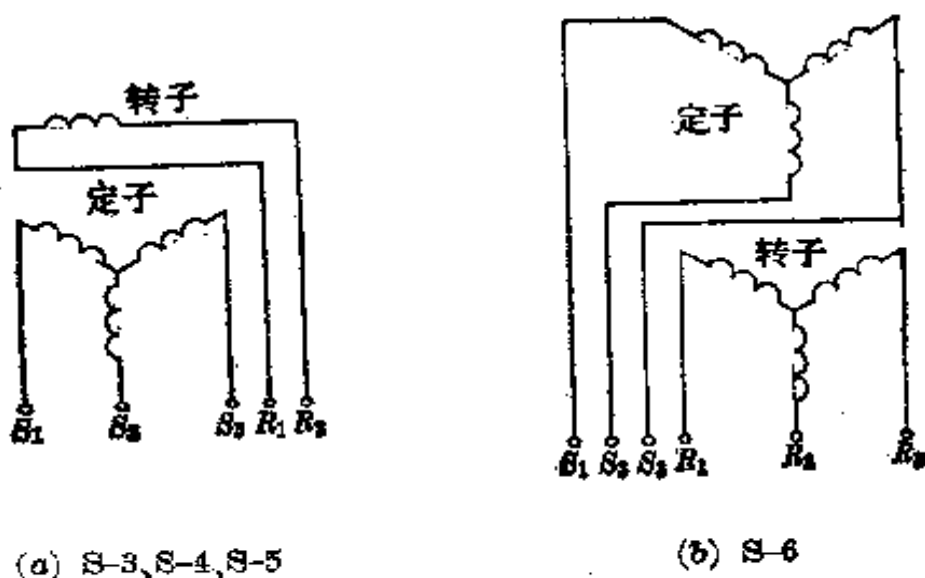


图 5-10 S型自整角机电气原理图

表 5-65 BD、BS型无接触式自整角机的精确度等级

型 号	精度名称	最大平均误差(度)	
		I 级	II 级
BD-404A, B, BD-404P, BS-405, BD-500	零位误差	0~0.25°	>0.25~0.5°
BD-501A, B	零位误差	0~0.35°	>0.35~0.5°
BS-404A, B, BS-404P, BS-500D, BS-500, BS-501A, B	静态误差	0~0.75°	>0.75~1.5°



表 5-66 BD、BS 型无接触式自整角机技术数据

型 号*	励磁电压 (伏)	频率 (赫)	励磁电流 (安)	消耗功率 (瓦)	次级电压 (伏)	最大整步力矩		比整步力矩		阻尼时间 (秒)	重量 (千克)
						(克力·厘米/度)	(毫牛·厘米/度)	(克力·厘米/度)	(毫牛·厘米/度)		
BD-404A	110	50	0.4	11.0	49	—	—	—	—	—	1.25
BD-404B					150	—	—	—	—		
BS-404A					49	240	23.5	4.5	0.441	2	1.30
BS-404B					150	210	20.6	4.0	0.392	2	
BS-405					0.05	2	35	—	—	—	—
BD-404P	110	400	0.9	23	100	—	—	—	—	1.20	
		500	0.7	19		—	—	—			
BS-404P		400	0.9	23		450	44.1	6.5	0.637	3	1.25
		500	0.7	19		300	29.4	4.0	0.392		
BD-500	127	50	0.5	20	55	—	—	—	—	—	2.20
BS-500						800	78.4	12	1.18	3	2.30
DBS-500						—	—	—	—	—	—
BD-501A	110	50	1.2	25	55	—	—	—	—	3.85	
BD-501B					150	—	—	—	—		
BS-501A					55	1800	176	32	3.14	3	4.10
BS-501B					150	—	—	—	—	3	
BD-404A-2					220	50	0.2	7	49	—	—
BD-404B-2	150	—	—	—					—		
BS-404A-2	49	240	23.5	4.5					0.441	2	1.30
BS-404B-2	150	210	20.6	4.0					0.392		

(续表)

型 号*	励磁 电压 (伏)	频率 (赫)	励磁 电流 (安)	消耗 功率 (瓦)	次级 电压 (伏)	最大整步力矩		比整步力矩		阻尼 时间 (秒)	重量 (千克)
						克力·厘米/度	(毫牛·厘米/度)	(克力·厘米/度)	毫牛·厘米/度)		
BD-500-1											2.20
BS-500-1											2.3
DBS-500-1	110	50	0.55	20	55	900	78.4	12	1.18	3	4.4
BD-500-2						—	—	—	—	—	2.2
BS-500-2	220	50	0.25	20	55	800	78.4	12	1.18	3	2.3
DBS-500-2											4.4
BD-404A6											1.25
BS-404A6	110	60	0.35	11	49	—	—	4.0	0.392	2	1.30

\* BD为无接触式自整角发送机；BS为无接触式自整角接收机；DBS为无接触式自整角双接收机；BS-405为无接触式自整角变压器。

态。

当发送机和自整角变压器的转子各自基准零位偏移不同的角度(即有失调角 $\beta = \alpha_2 - \alpha_1$ )时,则在自整角变压器转子的控制绕组 $Z_1Z_2$ 中感应电势,这电势经放大后加在伺服电动机的控制绕组,使伺服电动机转动。通常伺服电动机经齿轮减速器带动负载及自整角变压器的转子,直至 $\theta$ 等于零。即自整角变压器转子被拖到与发送机转角相等时,它的控制绕组感应电势为零时,系统达到新的协调状态,伺服电动机停转。

控制式自整角系统输出的不是“力矩”而是“控制电势”,是将角度信号转换成电信号去控制伺服电动机,其负载能力取决于伺服电动机的输出功率,故能带动较大的负载。

自整角系统的接线方式见表5-56所列。

3. 自整角机的工作指标及选用注意事项 自整角机的工作指示见表5-57,选用时注意事项见表5-58。

4. 自整角机的技术数据 新老系列的自整角机的技术数据见表 5-59~表 5-66, S 型自整角机电气原理图如图 5-10 所示。

## 六、旋转变压器

旋转变压器是一种输出电压随转子转角变化的信号转换元件。当励磁绕组通以一定频率的交流电时, 输出绕组的电压幅值与转子转角成正弦、余弦函数关系, 或在一定转角范围内与转角成正比。它主要用作坐标变换、三角运算和角度数据传送, 也可用在移相器和角度-数字转换装置中。

旋转变压器的结构与线绕式异步电机相似。一般制成两极隐极式, 定转子铁芯的槽中各嵌放一对相同的而互相垂直的绕组, 转子绕组通过四个滑环和电刷引出到接线板, 见电路原理图 5-11。

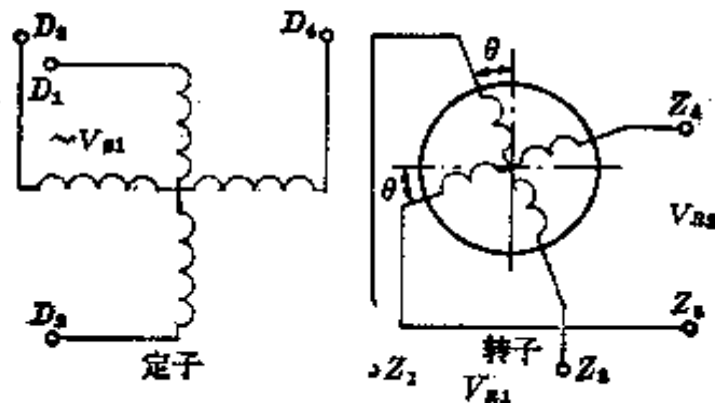
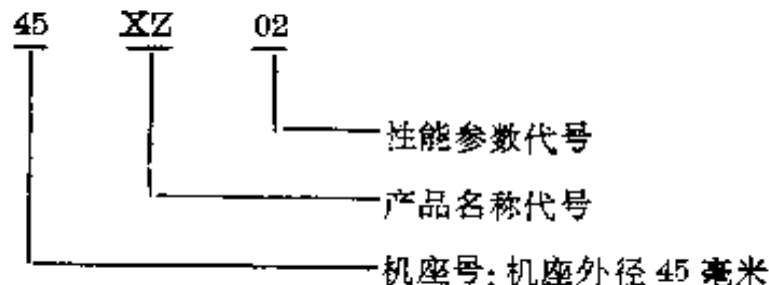


图 5-11 正余弦变压器电路原理图

$D_1D_2$ ——励磁绕组;  $D_3D_4$ ——交轴绕组;  $Z_1Z_2$ ——余弦输出绕组;  
 $Z_3Z_4$ ——正弦输出绕组;  $\theta$ ——转子转角

旋转变压器的型号表示如下:



产品名称代号意义: XZ——正余弦旋转变压器, XF——旋变发送机, XX——线性旋转变压器, XC——旋变差动发送机, XL——比例式旋转变压器, XB——旋转变压器。

性能参数代号: 由两位阿拉伯数字组成, 序号按各种规格的性能参数从 01~99°

表 5-67 旋转变压器的分类及用途

名称	代号	电气原理图	基本关系式	用途
正余弦旋转变压器	XZ		$V_{x1} = k_u V_{a1} \cos \theta$ $V_{y1} = -k_u V_{a1} \sin \theta$	坐标变换, 三角运算, 角度数据传输, 移相器, 角度-数字转换
线性旋转变压器	XX		$V_{x1} = k_u V_{a1} \cos \theta + k_u V_{a2} \sin \theta$ $V_{y1} = k_u V_{a2} \cos \theta - k_u V_{a1} \sin \theta$	机械转角与电信号的线性变换
比例式旋转变压器	XL (老代号 XB)		$V_{x1} = k_u V_{a1} \cos \theta$	调节电压和匹配阻抗

(续表)

名称	代号	电气原理图	基本关系式	用途
控制式旋变系统	XF-XR		$V_{R2} = V_{2m} \sin \theta$ <p>式中: <math>\theta = \theta_1 - \theta_2</math>  <math>\theta_1</math>——旋变发送机转角  <math>\theta_2</math>——旋变变压器转角</p>	在四线制随动系统中作高精度的角度传输
具有差动发送机的控制式旋变系统	XF-XC XB		$V_{R2} = V_{2m} \sin(\theta_{11} \pm \theta_{12})$ <p>式中: <math>\theta_{11}</math>——第一台旋变发送机转子的转角  <math>\theta_{12}</math>——第二台旋变发送机转子的转角</p>	能指示两台发送机转子偏转角的和(或差)的四线制随动系统中作高精度的角度传输

表 5-68 旋转变压器的工作指标

名称	含义	误差范围	备注
正余弦函数误差 $\delta_n$	正余弦旋转变压器—相励磁绕组以额定电压和频率励磁, 另一相励磁绕组短接, 在不同转角位置下, 两相输出绕组的感应电势与理论正弦(或余弦)函数之差, 对最大理论输出电压之比	(0.02~0.1)%	产生误差主要原因是加工不良以及磁性材料不均匀。作为计算元件时直接影响计算精度
线性误差 $\delta_z$	线性旋转变压器在工作转角范围内的不同转角时, 实际输出电压与理论直线之差, 对理论最大输出电压之比	(0.02~0.1)%	产生误差原因除加工不良和磁性材料不均匀外, 还有设计原理误差。工作转角范围一般为 $\pm 60^\circ$
电气误差 $\Delta \theta_d$	正、余弦旋转变压器在不同转角位置下, 两个输出绕组电压的比所对应的正切或余切角度与实际转角之差, 以角分表示	$2' \sim 10'$	包括函数误差、零位误差、变比误差、阻抗不对称等, 反映了旋转变压器的综合精度。电气误差大, 使数据传输系统的精度下降
零位误差 $\Delta \theta_0$	正余弦旋转变压器—相励磁绕组短接, 另一相励磁绕组在额定激励状态下, 两个输出绕组的电压为最小值时的转子位置叫作电气零位, 零位误差为实际电气零位与理论电气零位( $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$ )之差, 以角分表示	$2' \sim 10'$	磁路不对称, 定、转子铁芯不同轴, 不圆, 铁芯片间短路, 绕组分布不对称及匝间短路等都会产生零位误差。零位误差直接影响计算及数据传输系统精度

(续表)

名 称	含 义	误 差 范 围	备 注
零位电压 $V_0$	转于处于电气零位时的输出电压 (由与励磁电压频率相同,但相位相差 $90^\circ$ 的基波正交分量和奇数倍励磁频率的高次谐波组成)	额定电压的 ( $0.05 \sim 0.2$ )%	磁性材料非线性、磁路不对称、气隙不均匀及绕组分布、电容影响等都会使零位电压升高。零位电压过高,使下级放大器饱和
输出相位移 $\phi$	输出电压基波分量与输入电压基波分量的相位之差	$3^\circ \sim 12^\circ$	铁耗及一次侧绕组电阻的影响

表 5-69 旋转变压器的精度

误差名称	0	I	II	III	系列代号
零位误差(分)	3	8	16	22	XZ
函数误差(%)	$\pm 0.05$	$\pm 0.1$	$\pm 0.2$	$\pm 0.3$	XZ
线性误差(%)	$\pm 0.05$	$\pm 0.1$	$\pm 0.2$	$\pm 0.3$	XX
电气误差(分)	3	8	12	18	XF, XC, XB
零位电压(毫伏) $\frac{10^3 V_N(\text{伏})}{10^3}$	不大于 1				
交轴电压(伏)	不大于额定电压的 1%				
	XZ, XC, XB				

注:表中  $V_N$  为额定电压。

表 5-70 XX, XZ, XL 等系列旋转变压器技术数据

型 号	老 型 号	励磁电压 (伏)	频率 (赫)	开路输入阻抗 (欧)	变压比	线性范围 (度)	重量 (克)	外径×长度 (毫米)
20XZ01	20XX6-5 20XZ10-5	26	400	600 1000	0.56	—	60	φ 20×61
	28XX4-5 28XX6-5 28XX10-5 28XX20-5 28XX30-5 28XX40-5	36	400	400 600 1000 2000 3000 4000	0.565	±60	130	
	28XZ4-5 28XZ6-5 28XZ10-5 28XZ20-5 28XZ30-5 28XZ40-5	36	400	400 600 1000 2000 3000 4000	0.56	—	130	φ 28×68.5
	28XZ4-10 28XZ6-10 28XZ10-10 28XZ20-10 28XZ30-10 28XZ40-10	36	400	400 600 1000 2000 3000 4000	1	—	130	
	36XX4-5 36XX6-5 36XX10-5 36XX20-5 36XX30-5 36XX40-5	60	400	400 600 1000 2000 3000 4000	0.565	±60	180	φ 36×68.5
	36XZ4-5 36XZ6-5 36XZ10-5 36XZ20-5 36XZ30-5 36XZ40-5	60	400	400 600 1000 2000 3000 4000	0.56	—	180	
	36XZ4-10 36XZ6-10 36XZ10-10 36XZ20-10 36XZ30-10 36XZ40-10	36 36 36 36/60 60 60	400	400 600 1000 2000 3000 4000	1	—	180	φ 36×78



(续表)

型号	老型号	励磁电压 (伏)	频率 (赫)	开路输入阻抗 (欧)	变压比	线性范围 (度)	重量 (克)	外径×长度 (毫米)
36XL4-5 36XL6-5 36XL10-5 36XL20-5 36XL30-5 36XL40-5	36XB4-5 36XB6-5 36XB10-5 36XB20-5 36XB30-5 36XB40-5	60	400	400 600 1000 2000 8000 4000	0.56	—	180	φ 36×69
36XL4-10 36XL6-10 36XL10-10 36XL20-10 36XL30-10 36XL40-10	36XB4-10 36XB6-10 36XB10-10 36XB20-10 36XB30-10 36XB40-10	60	400	400 600 1000 2000 3000 4000	1	—	180	
45XZ01 45XZ02 45XZ03 45XZ04 45XZ05 45XZ06 45XZ07 45XZ08 45XZ09 45XZ10 45XZ11 —	45XZ4-5 45XZ6-5 45XZ8-10 45XZ10-5 45XZ10-10 45XZ20-5 45XZ30-5 45XZ40-5 45XZ40-10 45XZ60-10 45XZ100-5 45XZ8-5	115	400	400 600 600 1000 1000 2000 3000 4000 4000 6000 10000 800	0.56 0.56 1 0.56 1 0.56 0.56 0.56 1 1 0.56 0.56	—	350	φ 45×85.5
45XX01 45XX02 45XX03 45XX04 — —	45XX6-5 45XX10-5 45XX20-5 45XX40-5 45XX4-5 45XX30-5	115	400	600 1000 2000 4000 400 3000	0.55~ 0.6	±60		
45XL01 45XL02 45XL03 45XL04	45XB6-1 45XB10-5 45XB10-10 45XB40-5	115	400	600 1000 1000 4000	0.15 0.56 1 0.56	—	350	
45XF01 45XC01 45XB01 45XB02 45XB03	— — — — —	115 90 90 90 90	400	400 600 2000 4000 10000	0.75 1 0.65 0.65 0.65	—	350	φ 45×81.5

(续表)

型 号	老 型 号	励磁电压 (伏)	频率 (赫)	开路输入阻抗 (欧)	变压比	线性范围 (度)	重量 (克)	外径×长度 (毫米)
55XZ01		115	400	200	0.56	—		φ 55×97
55XZ02	200			1.				
55XZ03	400			0.56				
55XZ04	400			1.				
55XZ05	1000			0.56				
55XZ06	1000			1.				
55XX01	400			0.55~ 0.6	±60			
55XX02	600			0.55~ 0.6				
55XX03	1000			0.55~ 0.6				
70XZ01		88		200	0.56	—	φ 70×119	
70XZ02	600			0.56				
70XZ03	1000			0.56				
70XZ04	1000			1.				
70XZ05	2000			1.				
70XZ06		110	50	600	0.56			
70XZ07	1000			0.56				
70XZ08	1000			1.0				
70XZ09	2000			1.				
70XZ10				220				3000
70XZ11		6000	1.0					

注：长度尺寸是指机壳实际尺寸不大于此值

表 5-71 XDX 系列单绕组线性旋转变压器技术数据

型号	电压 (伏)	频率 (赫)	开路输入阻抗 (欧)	开路输出阻抗 (欧)	电压梯度 (伏/度)	线性误差		重量 (克)
						(分)	(%)	
20XDX 6-2	36		600		0.2	$\pm 6, \pm 9, \pm 15$		60
20XDX 20-3	36		2000		0.3	同上		60
28XDX 10-2	36	400	1000		0.23	同上		130
28XDX 20-2	36		2000		0.23	同上		130
28XDX 8-5	36		800				$\pm 0.05, \pm 0.1, \pm 0.2$	130
45XDX 2.5	12	1000		480			0.25	350
45XDX 5	12			480			0.25	350
70XDX 5B	110	50		$\geq 440$			$\leq 5$	—

表 5-72 伺服电动机的分类

	分类	结构特点	性能特点	使用范围
交流伺服电动机	鼠笼式	与一般鼠笼转子的异步电动机转子结构相似。但转子做成细而长；鼠笼可用铝、紫铜、黄铜制成	励磁电流较小，体积较小，机械强度较高，低速运转时不够平滑，有抖动现象	小功率自动控制系统中
	非磁性杯形	用非磁性金属铝、紫铜等制成杯形转子，杯的内、外由内、外定子构成磁路	转子惯量小；运转平滑，无抖动现象；励磁电流和体积较大	要求运行平滑的系统，如积分电路等
直流伺服电动机	有槽电枢（电磁或永磁）	同一般直流电动机的结构相似，但电枢铁芯对直径之比较大些，气隙较小	具有下降的机械特性和线性的调节特性，对控制信号的响应快速	一般直流伺服系统
	无槽电枢（电磁或永磁）	电枢铁芯为光滑的圆柱体，电枢绕组用耐热环氧树脂固定在圆柱体铁芯表面，气隙大	除具有一般直流伺服电动机的特性外，其转动惯量小，机电时间常数小，换向良好	用在需快速动作、功率较大的伺服系统
	空心杯形电枢（永磁式）	电枢绕组用环氧树脂浇注成杯形，空心杯形电枢内外两侧均有铁芯构成磁路	时间常数小，换向好，低速运转平滑	用在需要快速动作的伺服系统
	印刷绕组电枢（永磁式）	磁极轴向安装，具有扇形面的极靴。电枢为圆盘绝缘薄板，上面印制裸露的绕组	机电时间常数小，低速运转性能好	低速和启动、正反转频繁的系统
	无刷电枢（永磁式）	定子为多相绕组，转子用永久磁钢制成，没有电刷和换向器	噪音低，寿命长，不产生无线电干扰	要求低噪音，高真空对无线电不产生干扰的系统

表 5-73 SL 老系列交流伺服电动机技术数据

机座号	型号	励磁电压 (伏)	控制电压 (伏)	频率 (赫)	堵转转矩 (毫牛·米)	空载转速 不小于 (转/分)	最大输出功率 (瓦)	时间常数 (毫秒)	重量 (克)	外径×长度 (毫米)
24	24SL4E4	115	40/20	400	1.96	9000	0.5	30	60	φ 24×32
28	28SL4A6	115	115/57.5	400	5.88	6000	1	15	100	φ 28×49
	28SL4B6	36	36/18							
36	36SL4A8	115	115/57.5	400	11.76	4800	1.8	20	190	φ 36×65.5
	36SL4B8	36	36/18							
	36SL4C8	115	36/18							
45	45SL4A8	115	115/57.5	400	24.5	4800	4	20	360	φ 45×71.5
	45SL4B8	36	36/18							
55	55SL57	110	110	50	70.61	2700	6.3	20	1000	φ 55×100
70	70SL5C2	110	110/55	50	176.4	2700	16	15	1500	φ 70×134

表 5-74 SL 新系列两相伺服电动机技术数据

型 号	频 率 (赫)	额 定 励 磁 电 压 (伏)	额 定 控 制 电 压 (伏)	堵 转 转 矩 (不 小 于) (毫 牛·米)	空 载 转 速 (不 小 于) (转/分)	外 径 × 长 度 (毫 米)
28SL01 28SL02 28SL03 28SL04	400	36 115 115 115	36 115 36 26	5.0	6000	φ 28 × 45
36SL01 36SL02 36SL03 36SL04 36SL05 36SL06	400	36 115 115 36 115 115	36 115 36 36 115 36	9.0 7.0	4800 9000	φ 36 × 50
45SL01 45SL02 45SL03 45SL04 45SL05 45SL06	400	36 115 115 36 115 115	36 115 36 36 115 36	17 15	4800 9000	φ 45 × 60
36SL51 36SL52 36SL53	50	36 110 110	36 110 36	9.0	2700	φ 36 × 50
45SL51 45SL52 45SL53 45SL54 45SL55 45SL56 45SL57 45SL58 45SL59 45SL60 45SL61	50	36 110 110 220 36 110 110 36 110 110 220	36 110 36 220 36 110 36 36 110 36 220	27 19 30	1200 2700	φ 45 × 60
55SL51 55SL52 55SL53 55SL54 55SL55	50	110 220 220 110 220	110 220 110 110 220	68 38.5	1200 2700	φ 55 × 82

注：长度尺寸是指机壳实际尺寸不大于此值。

表 5-75 ADP 系列交流伺服电动机技术数据

型 号	励磁电压 (伏)	频率 (赫)	有效功率 (瓦)	转速 (转/分)	输出转矩		最大控制电压 (伏)	起动力矩		控制电流 励磁电流 (安)	电容量 (微法)	重量 (千克)	外径×长度 (毫米)
					(克·厘米)	(毫牛·厘米)		(克·厘米)	(毫牛·厘米)				
ADP-202	110	400	1.5	6000	25	2.45	110	38	3.72	0.06/0.09	0.2	0.25	φ41×66.5
	110	500	1.3	6300	20	1.96	110	32	3.13	0.06/0.08	0.15	0.25	
ADP-261	120	330	1.2	6600	180	17.64	170	280	27.44	0.23/0.24	0.40	1.4	φ70×122.5
ADP-262	110	50	9.5	1850	500	49	125	900	88.2	0.53/0.25	2.5	1.6	
ADP-263	110	500	24	6000	400	39.2	170	540	52.92	0.75/0.40	0.32	1.6	
ADP-263A	36	500	24.7	6000	400	39.2	275	600	58.8	0.55/1.60	3.9	1.6	
ADP-362	110	50	19	1950	950	93.1	125	1700	166.6	0.65/0.60	6.5	2.6	φ85×135
ADP-363	110	500	35	6000	570	55.86	120	700	68.6	1.20/0.58	0.65	2.7	φ85×144.5
ADP-363A	36	500	46.4	6000	750	73.5	245	850	78.4	0.68/2.0	6.6	2.7	φ85×144.5

旋转变压器的分类及用途见表5-67所示。

旋转变压器的工作原理与普通变压器相似。由于旋转变压器的一、二次侧分别放置在定子和转子上,所以输出电压大小将随转子位置的变化而改变。当输出绕组接有负载时,产生电枢反应使气隙磁场发生畸变,输出电压不再是转角的正弦函数,而有一定的偏差。为了减小这种偏差,旋转变压器工作时,要求  $D_3D_4$  交轴绕组短接或  $Z_1Z_2$ 、 $Z_3Z_4$  接对称的负载。为了提高旋转变压器的工作精度,负载阻抗应尽量大,其工作指标及精度等级见表5-68~5-69。

旋转变压器的技术数据列于表5-70~表5-71中。

## 七、伺服电动机

伺服电动机是一种执行元件,它的特点是转矩大而转动惯量小。伺服电动机大多采用直流电动机和特殊的二相异步电动机,表5-72列出这两种电动机

的特点及适用范围。

1. 交流伺服电动机 交流伺服电动机是二相异步电动机,电气原理如图5-12所示。常用的SL系列为鼠笼式转子结构,ADP系列为非磁性空心杯形转子,NP系列为在励磁绕组内串接适当的移相电容,即可用在单相交流电源上。它们技术数据见表5-73~表5-75。

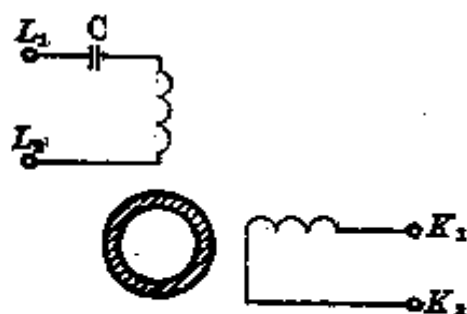


图5-12 交流伺服电动机  
电气原理

表5-76 SY系列直流伺服电动机的技术数据

型号	额定电压 (伏)	额定转矩 (毫牛·米)	额定转速 (转/分)	额定电流 (安)	重量 (克)	外径×长度 (毫米)
20SY01	9	1.96	9000	0.65	60	φ20×66.5
24SY03	12	2.94	6000	0.4	95	φ24×66.7
24SY04	12	2.94	9000	0.57	95	
24SY002	28	5.73	5500	0.4	90	φ24×50.4
28SY08	27	4.9	6000	0.32	130	φ28×73
28SY09			9000	0.4		
36SY56	27	19.61	9000	1.3	320	φ36×99
45SY01	24	39.24	3000	<1	500	φ45×88
45SY003	27	39.22	6000	1.6	—	φ45×76



表 5-77 CK 老系列交流测速发电机的技术数据

机座号	型号	励磁电压 (伏)	频率 (赫)	励磁电流 (安)	剩余电压 (毫伏)		线性精度 (常温时) (%)	比电势 $\times 10^{-3}$ [伏/分]	转速范围 (转/分)	重量 (克)	外径 $\times$ 长度 (毫米)
					I 级	II 级					
36	36CK4A	115	400	0.08	—	40~60	0.3	3	0~3600	168	$\phi 36 \times 73.5$
	36CK4B	36	400	0.24	—	35					
45	45CK4A	115	400	0.08	—	80	0.2	3	0~3600	—	$\phi 45 \times 88.5$
	45CK4B	36	400	0.29	—	40					
55	55CK5B	110	50	0.1	30	60	1	6	0~1800	1000	$\phi 55 \times 110$

表 5-78 AT 系列交流测速发电机的技术数据

型号	励磁电压 (伏)	频率 (赫)	励磁电流 (安)	转速范围 (转/分)	励磁绕组功率 (瓦)	比电压 ( $\frac{\text{毫伏}}{\text{转/分}}$ )	剩余电压 (毫伏)		工作绕组输出阻抗 (欧)	静摩擦力矩 (毫牛·米)	重量 (千克)	外径 $\times$ 长度 (毫米)
							I 级	II 级				
AT-201	220	50	0.15	0~3000	—	3 $\pm$ 0.35	50		—	100	2.1	$\phi 70 \times 122.5$
							—	—				
AT-231	110	500	0.28	0~4000	14	5.5 $\pm$ 0.5	I 级	II 级	2300	—	2.1	$\phi 70 \times 124$
							25	75				
AT-261	110	400	0.35	0~4000	14.5	5.3 $\pm$ 0.5	100		2000	—	2.1	$\phi 70 \times 116$

注: AT-231 剩余电压的交流分量不大于 5 毫伏。

AT-201 在 500~3000 转/分范围内变化时, 输出电压幅值误差不得超过 5%。

表 5-79 CK 新系列异步测速发电机的技术数据

型 号	额定磁电压 (伏)	额定磁频率 (赫)	剩余电压 最大值 (不大于) (毫伏)	输出斜率 +15%, -10% [伏/(千转/分)]	线性误差 (不大于) (%) (0~1800 转/分)	外径×长度 (毫米)	
36CK01	36	400	30	0.7		φ 36×60	
36CK02			50	1.0		φ 36×60	
36CK03			60	1.6		φ 36×60	
36CK04			35	2.5		φ 36×60	
36CK05			80	3.0		φ 36×60	
45CK01	115		40	1.0			φ 45×65
45CK02			60	1.6			φ 45×65
45CK03			65	2.5			φ 45×65
45CK04			40	3.0			φ 45×65
45CK05			90	4.0			φ 45×65
55CK01		100	5.0		φ 55×82		
55CK02		120	7.0		φ 55×82		
28CK51	36	50	25	0.5	2.0	φ 28×55	
36CK51			35	1.0	1.0	φ 36×60	
36CK52			40	2.0	1.0	φ 36×60	
45CK51	110		35	2.0	0.5	φ 45×65	
45CK52			45	3.0	1.0	φ 45×65	
45CK53			55	4.0	1.0	φ 45×65	
55CK51			60	5.0	1.0	φ 55×82	
55CK52			70	7.0	3.0	φ 55×82	

注：长度尺寸指机壳实际尺寸不大于此值。

表 5-80 CY 系列直流测速发电机技术数据

型 号	输出电压 斜 率 [伏/(转/分)]	最 大 转 速 (转/分)	线 性 度 (%)	正反转电 势 误 差 (%)	纹 波 系 数 (%)	负 载 电 阻 (欧)	重 量 (克)	外 径 × 总 长 (毫米)
30CY-1	5/1000	3000	±1	±10	3~5	10000	100	φ 30 × 57.3
30CY-3	8.3/1000	3000	±1	±10	3~5	10000	135	
40CY-1	2/100	1500	±1	±10	3~5	1000	290	
40CY-3	16.7/1000	3000	±1	±5	3~5	2000	290	
40CY-5	20/1000	3000	±1	±10	3~5	10000	290	
40CY-7	21.7/1000	3000	±1	±5	3~5	2000	290	φ 45 × 90
75CY02	5/1000	3000	≤±1	≤±1	≤5	10000	—	φ 75 × 143
180CY02	100/1000	1000	≤±0.5	≤±1	≤5	10000	—	φ 180 × 239

表 5-81 低速直流测速发电机技术数据

型号	输出电 压斜率 [伏/(转/分)]	最大运 行速度 (转/分)	最大转 速时的 电压 (伏)	线 性 误 差 不 大 于 (%)	输 出 电 压 不 对 称 度 不 大 于 (%)	纹 波 系 数 (20 转/分) (%)	纹 波 频 率 (周/转)	最 小 负 载 阻 抗 (千欧)	摩 擦 矩 不 大 于 (牛·米)	重 量 (克)	外 径 × 总 长 (毫米)
130CYD-6	6	100	62	1	1	1	395	50			分 装 φ130×34.5
130CYD-11	11	300	34	1	1	1	79	203	0.050	2.5	组 装 φ144×34
130CYD-2.7	2.7	300	84	1	1	1	395	11.35			
250CYD-10	10	75	78	1	1	1	342	5.6		16.5	分 装 φ250×52
250CYD-50	50	15		1	1	1*	298	80		18	组 装 280×153
300CYD-100	100	8	84	1	1	1					分 装 φ300×55 组 装 φ320×132
CY-5	0.5	350		1	5	5	41	15		0.9	φ85×32
CY-7	0.7	300		1	5	5	81	10		1.8	φ143×32

\* 为10转/分时的值。

2. 直流伺服电动机 SY 系列电机是具有永久磁铁励磁的小型直流电动机,可在任何位置中正常工作,并能正反旋转。用于自动控制系统及随动系统装置中作为执行元件及驱动元件。其技术数据见表 5-76。

## 八、测速发电机

测速发电机是一种将机械转速变换成电气信号的机电元件,它的输出电压与转速成严格的线性函数关系。

1. 交流测速发电机 交流测速发电机的结构与两相杯形转子异步电动机相似,在电机外定子上嵌放励磁绕组,内定子上嵌放工作绕组;转子为非磁性空心杯形,它置于内、外定子气隙之间转动。图 5-13 为其电气原理图。在励磁绕组 1、2 上加恒值电压,通过旋转的转子,在工作绕组 3、4 上产生与转速成正比的、与电网频率相同的电势。工作绕组一般接到测量仪器。其技术数据见表 5-77~表 5-79。

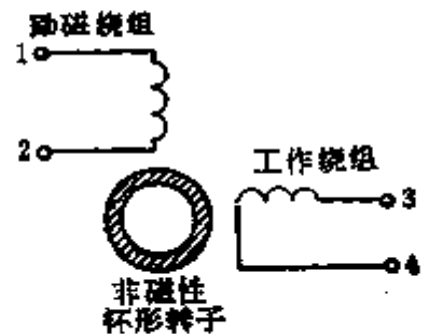


图 5-13 交流测速电气原理图

2. 直流永磁测速发电机 实际上直流测速电机是一台小型的永磁直流发电机。使用时把测速发电机转轴与被测物体相连,电枢输出端线与负载(测量仪器或电阻)相连成闭路,这时电枢端感应的输出电势正比于转速。测速发电机的技术数据列于表 5-80~表 5-81。

## 九、伺服-测速电机

1. 交流伺服-测速电机 由交流伺服电动机和交流测速发电机组成 SC 系列电机,用于自动控制系统中作具有反馈信号的执行电动机。机身的前半部分为鼠笼转子伺服电动机,后半部分为非磁性杯形转子测速发电机,杯形转子压装于鼠笼转子的后轴伸端上,同轴连接。由于两机置于同一机壳内成一体,故机组体积小,重量轻,结构坚固,安装方便。

图 5-14 为交流伺服-测速电机的电气原理图。它的控制绕组可以串联或并联,以适用两种电压,其技术数据见表 5-82。

2. 直流伺服-测速机组 SCZ 系列直流伺服电机由伺服电动机和测速发电机组合为一整体。其转子是无铁芯的杯形电枢,测速发电机和伺服电动机的绕组在同一杯形转子上,杯形电枢内置有永久磁铁的定子磁极,两只整

表 5-82 SC 系列交流伺服—测速电机技术数据

型号	机组		测速电机				电动机					机组外径×长度			
	励磁电压(伏)	频率(赫)	励磁电流(安)	剩磁电压(毫伏)	线性精度(常温时)(%)	比电势(伏/1000转/分)	控制电压(伏)	堵转( $\times 10^{-4}$ 牛·米)	转矩( $\times 10^{-4}$ 牛·米)	最大输出功率(瓦)	每相输入功率(瓦)	时间常数(毫秒)	空载转速(转/分)	重量(克)	(毫米)
36S-C4A8	115	400	0.8	15	0.3	3	115/57.5	120	11.76	1.5	9.5	45	4800	380	$\phi 36 \times 92$
36S-C4B8	36	400	2.4	40	0.3	1	36/18	120	11.76	1.5	9.5	45	4800	380	
45S-C4A8	115	400	2.4	80	0.2	3	115/57.5	250	24.5	2.5	16	40	4800	1000	$\phi 45 \times 112$
55S-C54	110	50	1.0	65	1	6	110/55	700	68.6	6.3	22	35	2500	2000	$\phi 55 \times 172$
70S-C5C2	110	50	1.0	65	1	6	110	1800	176.4	16	55	35	2700	2500	$\phi 70 \times 200$
70/50S3-51	110	50	1.0	65	1	6	110	1100	107.8	10	40	35	2500	2600	

注: 输出功率为参考值。

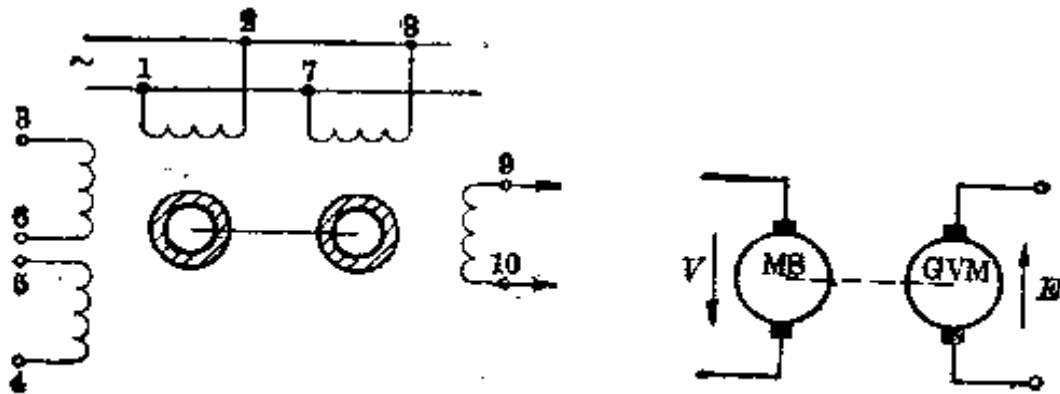


图 5-14 交流伺服-测速电机电气原理图

注: 伺服机控制绕组 5、6 连接时为串联, 3、5 与 4、6 连接时为并联

图 5-15 直流伺服-测速电机电气原理

表 5-83 SCZ 系列直流伺服-测速电机技术数据

项 目		型 号			
		20S-CZ1	24S-CZ1	36S-CZ01	55S-CZ01
电 动 机	额定电压(伏)	12	18	9	24
	负载电流(毫安)	260	300	—	—
	输出功率(瓦)	1.5	3	3.2	4
	负载转速(转/分)	5000	5000	4000±15%	≥1000
	额定转矩(毫牛·米)	2.94	5.88	6.81	6.81
	时间常数(毫秒)	28	20	—	50
	重 量(千克)	0.1	0.2	—	—
发 电 机	比 电 势[伏/(千转/分)]	1.5	2.5	1.0	7~8
	线性误差≤(%)	1	1	1	1
	输出电压不对称度(%)≤	5	5	1	1
	重 量(克)	120	120	—	2500

流子是压制于同一转轴上, 电刷由一簇合金丝制成的。其电气原理图如图 5-15 所示, 技术数据如表 5-83 所示。

### 十、步进电动机

步进电动机是一种将电脉冲信号转换成相应的机械位移(角位移或线位移)的机电元件。因其随输入脉冲信号而断续性的运转, 故又称脉冲电动机。

表 5-84 反应式步进电动机的型号及技术数据

型 号	相数	步距角 (度)	额 定 电 压 (伏)	静 态 电 流 (安)	最大静 转 矩 ( $\times 10^{-1}$ 牛·米)	空 载 起 动 频 率 (步·秒)	外 径 $\times$ 长 度 (毫米)	
28BF01	3	3	27	0.8	0.25	1800	$\phi 28 \times 90$	
36BF01		1.5		1.5	0.8	3000	$\phi 36 \times 45$	
36BF02		3		0.5	0.4	1800	$\phi 36 \times 45$	
45BF01		1.5		0.35	0.6	1200	$\phi 45 \times 60$	
45BF02		1.5		2	1	2400	$\phi 45 \times 60$	
45BF03		1.5		2.5	2	3000	$\phi 45 \times 60$	
45BF04		1.875		2.5	2	2400	$\phi 45 \times 60$	
55BF01		1.5		3	7	1800	$\phi 55 \times 80$	
55BF02		1.5		60	4	3.5	3600	$\phi 55 \times 80$
55BF03		3		3	1.4	1200	$\phi 55 \times 65$	
55BF04		3		3	2.8	1500	$\phi 55 \times 80$	
55BF05		7.5		2.5	2.5	750	$\phi 55 \times 65$	
55BF06		7.5		2.5	3.8	750	$\phi 55 \times 80$	
55BF07		4		0.9	2.5	7	2400	$\phi 55 \times 80$
70BF01		3		1.5	3	4	1800	$\phi 70 \times 80$
70BF02				1.5	3	7	1500	$\phi 70 \times 80$
70BF03	1.5		60/12	5	5	2000	$\phi 70 \times 80$	
70BF04	1.5		60/12	5	8	1500	$\phi 70 \times 100$	
70BF05	4		0.9	27	3	10	2000	$\phi 70 \times 80$
70BF06	0.75		27	4	4	3600	$\phi 70 \times 80$	
70BF07	5		1.5	27	3	6	3000	$\phi 70 \times 80$
70BF08			1.5	60/12	3.5	3	3000	$\phi 70 \times 80$
70BF09			2.25	80/12	3.5	3	1500	$\phi 70 \times 80$
70BF10			6	0.75	60/12	4.5	6	3600
90BF01	3	1.5	60/12	5	15	1000	$\phi 90 \times 100$	
90BF02	3	1.5	60	5	20	1500	$\phi 90 \times 125$	
90BF03	4	0.9	60/12	7	2.5	1500	$\phi 90 \times 125$	
90BF04		0.9	80	7	40	2000	$\phi 90 \times 150$	
90BF05		1.125	60/12	4	10	1000	$\phi 90 \times 150$	
90BF06		0.86	27	3	20	2400	$\phi 90 \times 100$	
90BF07		0.75	60	6	20	4000	$\phi 90 \times 125$	
90BF08		5	0.75	80	7	40	3600	$\phi 90 \times 150$
90BF09			1	27	3	10	2000	$\phi 90 \times 100$
90BF10			1	27	3	15	1800	$\phi 90 \times 125$
90BF11	1		60/12	5	10	2000	$\phi 90 \times 100$	

注：长度尺寸是指机壳实际尺寸不大于此值。



步进电动机起动、停止或反转均取决于脉冲信号的控制而不受电压波动、负载变化和外界环境的影响,它的角位移(或线位移)误差不会长期积累,故适用于开环系统;广泛应用于机床的程序控制及其他数字控制系统。按用途步进电动机分为伺服步进电动机和功率步进电动机两类,本节仅介绍伺服步进电动机。常用的伺服步进电动机(反应式)的技术数据见表5-84。

## 5-2 专用电机

### 一、电 钻

电钻是工业上应用很广的一种电动工具,按用途可分为常用电钻和冲击电钻两类。其中冲击电钻具有两种功能:除同普通电钻一样装上麻花钻头即可在金属材料上钻孔外,它还具有“锤击”功能。若将调节按钮换至“锤击”位

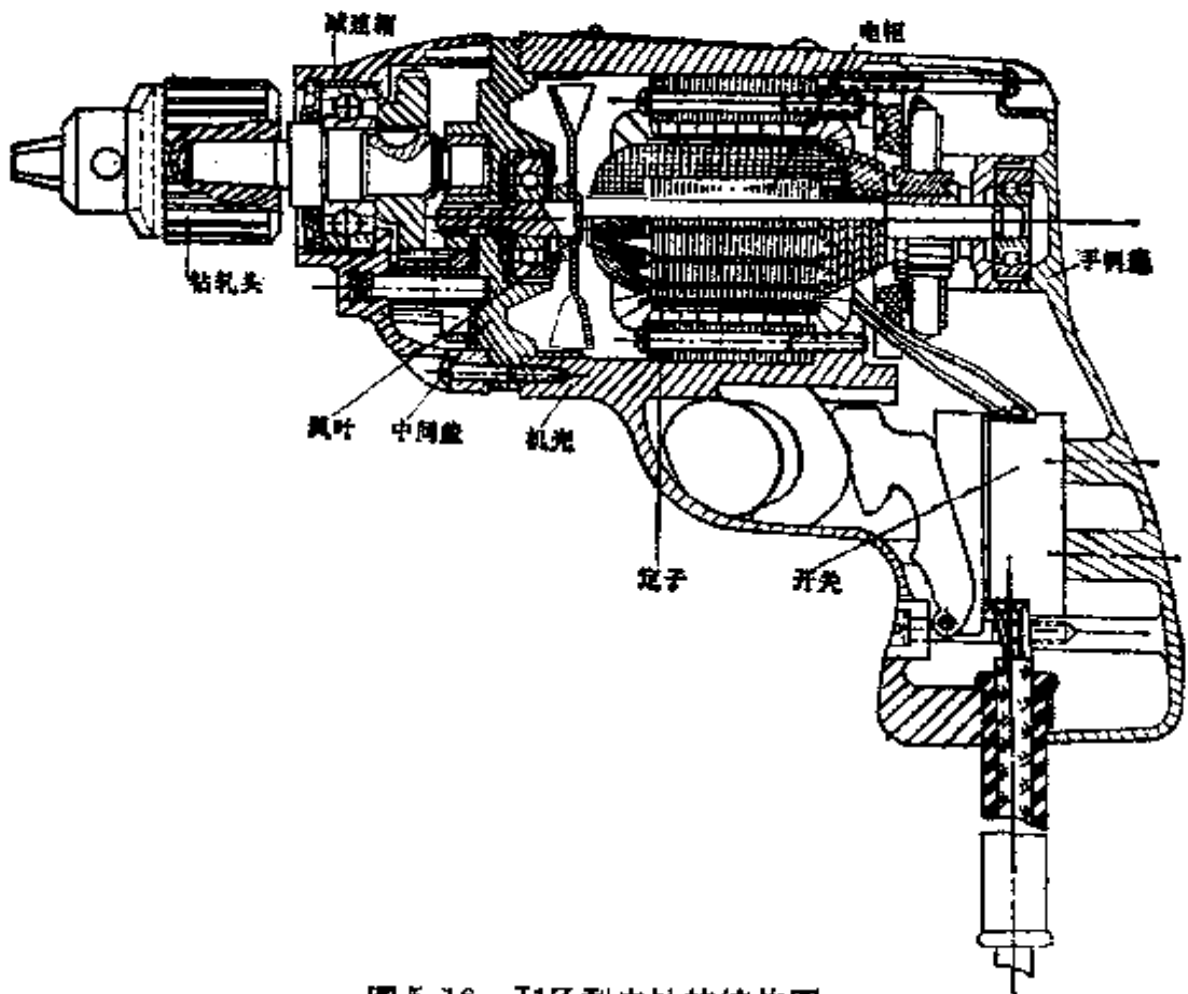


图5-16 J1Z型电钻的结构图

表 5-85 常用电钻的型号及技术数据

型 号	钻孔直径 (毫米)	额定电压 (伏)	额定电流 (安)	输入功率 (瓦)	额定转速 (转/分)	额定转矩 (牛·米)	重 量 (千克)																																																																																																																																		
J1Z-6	6	220	1.1	190	1200	0.9	1.8																																																																																																																																		
		36	5.6					J1Z-13	13	220	2.2	280	500	4.5	4.5	36	11	J1Z-19	19	220	3.6	230	330	13.0	7.5	J1Z-23	23	220	5.1	1030	250	17.0	7.5	回 J1Z <sub>2</sub> -4	4	220	1.1	240	2200	0.4	1.2	回 J1Z <sub>2</sub> -6	6	220	1.1	240	1200	0.9	1.25	36	6.7	回 J1Z <sub>2</sub> -10	10	220	1.6	320	700	2.4	2.1	36	9.6	回 J1Z <sub>2</sub> -13	13	220	2.1	430	500	4.5	3.4	36	13	回 J1Z <sub>2</sub> -16	16	220	4	810	500	7.5	5.7	回 J1Z <sub>2</sub> -19	19	220	4.1	810	330	13.0	5.7	回 J1Z <sub>2</sub> -23	23	220	4.1	810	250	18.0	5.7	J3Z-13	13	380	0.86	270	530	5.0	6.8	J3Z-19	19	380	1.18	400	290	13.0	8.2	J3Z-23	23	380	1.50	500	235	20.0	9.8	J3Z-32	32	380	2.48	900	190	46.0	19	J3Z-38	38	380	2.85	1100	145	74.0	21	J3Z-49	49
J1Z-13	13	220	2.2	280	500	4.5	4.5																																																																																																																																		
		36	11					J1Z-19	19	220	3.6	230	330	13.0	7.5	J1Z-23	23	220	5.1	1030	250	17.0	7.5	回 J1Z <sub>2</sub> -4	4	220	1.1	240	2200	0.4	1.2	回 J1Z <sub>2</sub> -6	6	220	1.1	240	1200	0.9	1.25	36	6.7	回 J1Z <sub>2</sub> -10	10	220	1.6	320	700	2.4	2.1	36	9.6	回 J1Z <sub>2</sub> -13	13	220	2.1	430	500	4.5	3.4	36	13	回 J1Z <sub>2</sub> -16	16	220	4	810	500	7.5	5.7	回 J1Z <sub>2</sub> -19	19	220	4.1	810	330	13.0	5.7	回 J1Z <sub>2</sub> -23	23	220	4.1	810	250	18.0	5.7	J3Z-13	13	380	0.86	270	530	5.0	6.8	J3Z-19	19	380	1.18	400	290	13.0	8.2	J3Z-23	23	380	1.50	500	235	20.0	9.8	J3Z-32	32	380	2.48	900	190	46.0	19	J3Z-38	38	380	2.85	1100	145	74.0	21	J3Z-49	49	380	3.50	1400	120	113.0	24				
J1Z-19	19	220	3.6	230	330	13.0	7.5																																																																																																																																		
J1Z-23	23	220	5.1	1030	250	17.0	7.5																																																																																																																																		
回 J1Z <sub>2</sub> -4	4	220	1.1	240	2200	0.4	1.2																																																																																																																																		
回 J1Z <sub>2</sub> -6	6	220	1.1	240	1200	0.9	1.25																																																																																																																																		
		36	6.7					回 J1Z <sub>2</sub> -10	10	220	1.6	320	700	2.4	2.1	36	9.6	回 J1Z <sub>2</sub> -13	13	220	2.1	430	500	4.5	3.4	36	13	回 J1Z <sub>2</sub> -16	16	220	4	810	500	7.5	5.7	回 J1Z <sub>2</sub> -19	19	220	4.1	810	330	13.0	5.7	回 J1Z <sub>2</sub> -23	23	220	4.1	810	250	18.0	5.7	J3Z-13	13	380	0.86	270	530	5.0	6.8	J3Z-19	19	380	1.18	400	290	13.0	8.2	J3Z-23	23	380	1.50	500	235	20.0	9.8	J3Z-32	32	380	2.48	900	190	46.0	19	J3Z-38	38	380	2.85	1100	145	74.0	21	J3Z-49	49	380	3.50	1400	120	113.0	24																																						
回 J1Z <sub>2</sub> -10	10	220	1.6	320	700	2.4	2.1																																																																																																																																		
		36	9.6					回 J1Z <sub>2</sub> -13	13	220	2.1	430	500	4.5	3.4	36	13	回 J1Z <sub>2</sub> -16	16	220	4	810	500	7.5	5.7	回 J1Z <sub>2</sub> -19	19	220	4.1	810	330	13.0	5.7	回 J1Z <sub>2</sub> -23	23	220	4.1	810	250	18.0	5.7	J3Z-13	13	380	0.86	270	530	5.0	6.8	J3Z-19	19	380	1.18	400	290	13.0	8.2	J3Z-23	23	380	1.50	500	235	20.0	9.8	J3Z-32	32	380	2.48	900	190	46.0	19	J3Z-38	38	380	2.85	1100	145	74.0	21	J3Z-49	49	380	3.50	1400	120	113.0	24																																																
回 J1Z <sub>2</sub> -13	13	220	2.1	430	500	4.5	3.4																																																																																																																																		
		36	13					回 J1Z <sub>2</sub> -16	16	220	4	810	500	7.5	5.7	回 J1Z <sub>2</sub> -19	19	220	4.1	810	330	13.0	5.7	回 J1Z <sub>2</sub> -23	23	220	4.1	810	250	18.0	5.7	J3Z-13	13	380	0.86	270	530	5.0	6.8	J3Z-19	19	380	1.18	400	290	13.0	8.2	J3Z-23	23	380	1.50	500	235	20.0	9.8	J3Z-32	32	380	2.48	900	190	46.0	19	J3Z-38	38	380	2.85	1100	145	74.0	21	J3Z-49	49	380	3.50	1400	120	113.0	24																																																										
回 J1Z <sub>2</sub> -16	16	220	4	810	500	7.5	5.7																																																																																																																																		
回 J1Z <sub>2</sub> -19	19	220	4.1	810	330	13.0	5.7																																																																																																																																		
回 J1Z <sub>2</sub> -23	23	220	4.1	810	250	18.0	5.7																																																																																																																																		
J3Z-13	13	380	0.86	270	530	5.0	6.8																																																																																																																																		
J3Z-19	19	380	1.18	400	290	13.0	8.2																																																																																																																																		
J3Z-23	23	380	1.50	500	235	20.0	9.8																																																																																																																																		
J3Z-32	32	380	2.48	900	190	46.0	19																																																																																																																																		
J3Z-38	38	380	2.85	1100	145	74.0	21																																																																																																																																		
J3Z-49	49	380	3.50	1400	120	113.0	24																																																																																																																																		

注：型号中的回为双重绝缘结构的符号。

表 5-86 冲击电钻的型号及技术数据

型 号	最大钻孔直径 (毫米)		额定 电压 (伏)	额定 电流 (安)	输入 功率 (瓦)	额定 转矩 (牛·米)	额 定 转 速 (转/分)	冲击 次数 (次/分)	重量 (千克)
	钢铁	混凝土							
回 Z1J-10	6	10	220	1.4	290	0.95	1200	18000	1.8
Z1J-12	8	12		1.6	350		750	11000	2.3
回 Z1JS-16	6/10	12/16		1.86	390	2.8/10	700/ 1932	10500/ 28950	2.3
回 Z1J-20	13	20		2.7	600		800	8000	4

置时, 则启动电钻既旋转又带冲击运动。装上镶有硬质合金的钻头即可在混凝土、砖墙及瓷砖等材料上钻孔。目前国内生产的电钻有三个系列: J1Z 系列回 J1Z<sub>2</sub> 系列及 J3Z 系列。表 5-85 和表 5-86 列出常用电钻和冲击电钻的技术数据。

单相电钻主要由交直流两用串励式电动机、减速箱、快速切断自动复位手揷式开关、钻轧头等部分组成, 如图 5-16 所示。其系列有 J1Z 和回 J1Z<sub>2</sub> 两个。J1Z<sub>2</sub> 系列的特点是具有双重绝缘, 它的电枢铁芯与转轴之间压注有绝缘材料, 作为转子的保护绝缘。其机壳由工程塑料制成, 或用铝合金, 但在内壁衬以与定子铁芯隔绝的绝缘套, 作为定子的保护绝缘。并在电钻明显部位标有“回”符号。

J3Z 系列为三相电钻。其电动机是三相 50 赫鼠笼式异步电动机, 采用铸铝合金机壳, 一般为跷板式开关。电动机的转动通过一对或二对减速齿轮传至钻轴。

#### 1. 电钻使用注意事项

(1) 长期搁置不用的电钻, 使用前应以 500 伏兆欧表测量绝缘电阻, 其值不得小于 0.5 兆欧。

(2) 一般场所电压的安全值为 36 伏, 凡电压超过安全值的、非双重绝缘的且带金属外壳的电钻, 使用时必须采取防备触电的措施。

(3) 电源电压不应超过电钻额定电压的  $\pm 10\%$ , 使用过程中因故电钻突然堵转时, 必须立即切断电源进行检查。电钻的钻头必须锋利, 钻孔时不宜用力过猛, 以防过载损坏电钻。

(4) 交、直流两用电钻的换向器应特别注意维护保养。电刷弹簧的压力

表 5-87 单相电钻常见故障和处理方法

故障现象	可能原因	处理方法
一、电钻不能起动	1. 电源线断路 2. 开关损坏 3. 电刷和整流子不接触 4. 定子绕组断路 5. 转子绕组严重断路 6. 减速齿轮轧住或损坏	1. 用万用表或校验灯检查,如断线,调换电源线 2. 用万用表、校验灯检查、修理或调换开关 3. 调整电刷压力及改善接触面 4. 如断在出线处,可重焊后使用。否则要重绕 5. 重绕绕组 6. 修理或调换齿轮
二、电钻转速慢	1. 转子绕组短路或断路 2. 定子绕组通地或短路 3. 轴承磨损或减速齿轮损坏	1. 电钻转速慢力矩也小,整流子与电刷间产生很大火花,火花呈红色。停车后: ① 用短路侦察器检查,如绕组短路,重绕绕组 ② 用万用表检查整流子与绕组连接处,如发现少量断路或脱焊,应连接重焊 2. 用兆欧表、校验灯检查定子绕组对地绝缘或用电压降法检查各个绕组。如发现短路绕组,须加以修复或重绕 3. 调换轴承或齿轮
三、整流子与电刷间火花较大	1. 定、转子绕组短路或断路 2. 电刷和整流子接触不良 3. 电刷规格不符	1. 参考本表二-1, 2点处理方法 2. 增加电刷压力;若电刷太短,应更换电刷或改善接触面 3. 调换电刷
四、转子在某一位置上能起动,在另一位置上不能起动	整流子与转子绕组连接处有两处以上新头	重焊
五、整流子发热	1. 电刷压力过大 2. 电刷规格不符	1. 调整到适当压力 2. 更换电刷

应适当,电刷磨损到约5毫米长时不能使用,应及时调换。换向器发生严重火花时必须立即检查修理。

(5) 手提电钻操作时应握持电钻的手柄部位,切忌图方便提拉电缆线,以免电缆被擦破或轧坏,造成事故。总之,为保证人身安全和延长电钻使用寿命,应定期进行检查保养。

2. 单相电钻常见故障与处理方法 见表5-87。

3. 绕组的重绕 在拆除绕组前与拆除过程中应记录以下数据: 转子绕组节距,定、转子每只绕组的匝数,定、转子绕组导线牌号与线径,转子绕组与整流子焊接位置,定子绕组引出线位置,定子绕组尺寸,电刷架位置。

(1) 定子绕组的重绕: 将定子绕组取出后,用两块木板夹住,然后用台虎钳压平,拆去纱带等绝缘物,量出绕组模的尺寸,数清匝数,量出导线线径,再重绕新绕组。

接线时应注意两极绕组的极性相反,一般采用尾接尾方法,如图5-17所示。接好后,在磁极中间放一只铁钉,然后接入低压电,如果铁钉立起来表示接线正确(图5-18),否则表示接线错误。

(2) 转子绕组重绕: 经绝缘处理后的转子绕组非常坚硬,拆除时比较困难,所以应加热拆除。拆除以后再进行绕线。



图5-17 二个电流方向相反绕组的连接

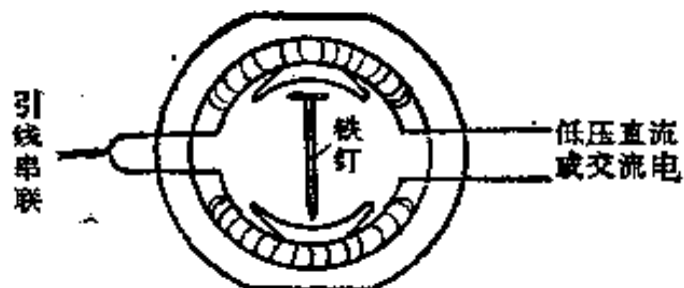


图5-18 接入电源后,铁钉位于二绕组的中央,磁场正确

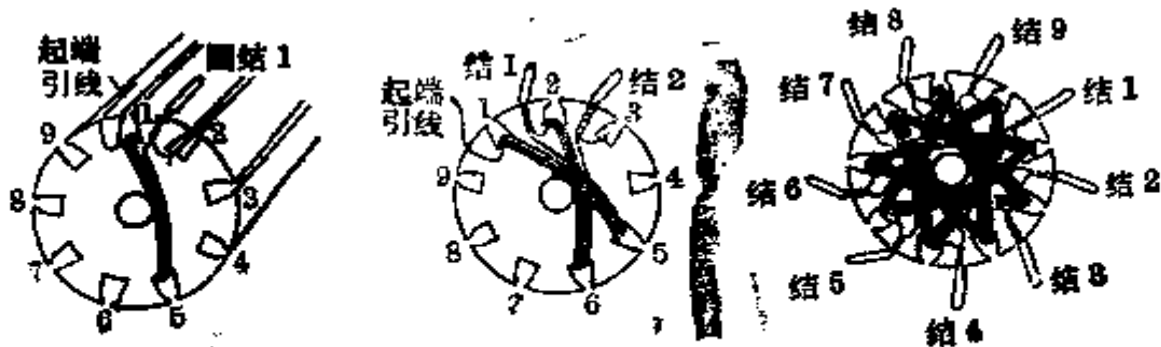


图5-19 有九个槽的电枢绕组绕制步骤

绕线顺序如图 5-19 所示,但这种绕法,转子绕组端部不对称,易造成转子不平衡。另一种绕线顺序是,槽号按 1-5、5-9、9-4、4-8、8-3、3-7、7-2、2-5、6-1 绕制,此时端部平整,平衡性好。但工艺较复杂,接地也不方便。

在绕制过程中,当每一绕组绕到应有匝数时,把导线头抽出槽外,将二根线扭成一个“麻花”形如图 5-20,即完成了抽头工作。为了区别同一槽内接线头的先后,可把接线头套入不同颜色的套管,或将接线头做成不同长度,以便区别。



图 5-20 抽出接线头扭成麻花形

在焊接过程中,应注意绕组出线及焊接位置,一般引线头有三种,如图 5-21 所示,其中(c)是较常用的。修复时应根据原来拆除时记录数据焊接。焊接线头姿势如图 5-22 所示,焊接线头时用松香焊剂较好。全部焊完后,用刀将冒出槽外的线头切掉,再将整流子

片间的焊锡刮清。最后在引出线部位上扎线。

转子重绕及焊接工作全部完成后,要进行匝间短路试验和整流子片间电阻测定,接着再进行浸漆处理。烘干温度不宜过高,也不宜变化过大,以防绕组与整流子连接线断线。最后在带电试验时,如发现旋转方向相反,可将电刷架上的二个定子绕组线头位置对换一下即可。

电钻修复后,应测量绕组对地的绝缘,总的绝缘电阻不应低于 1.0 兆欧。

为了保证电动工具的绝缘质量,修复后的电枢切不可用通常的热塑性绝缘漆浸渍,由于电钻转速很高,在运转过程中,电枢绕组在热状态下,因承受很大的离心力,容易导致线圈短路。如采用热固性浸漆,则可增加其绝缘强度,热固性浸漆工艺如表 5-88 所示。

4. 电枢绕组拆除 目前国内生产的各种型号的电钻,一般采用热固性浸渍漆,这样绝缘处理后的电枢绕组比较坚硬。根据专职修理单位积累的经验,可采用如下方法拆除电枢绕组。

(1) 冷拆: 首先把要拆除的电枢绕组的二个端部用手锯或在车床上车削至铁芯的二端面,然后取下来竖直夹紧在台钳上,用一把旧螺丝刀,磨去刀头,使其圆杆直径与槽形相仿,然后对准槽口,把线圈逐个敲出,注意被敲出的绕组不要碰坏整流子。

(2) 加热拆除: 用上面方法拆去电枢绕组的一个端面,然后用电炉板进行加热,电炉板宽度不超过铁芯的二端面,避免影响转轴变形。其温度不得超过

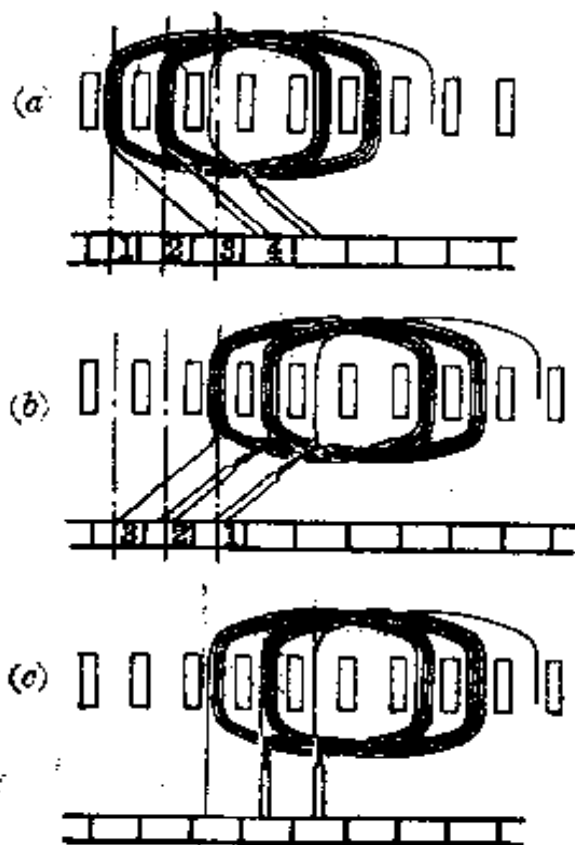


图 5-21 引线头的焊接位置

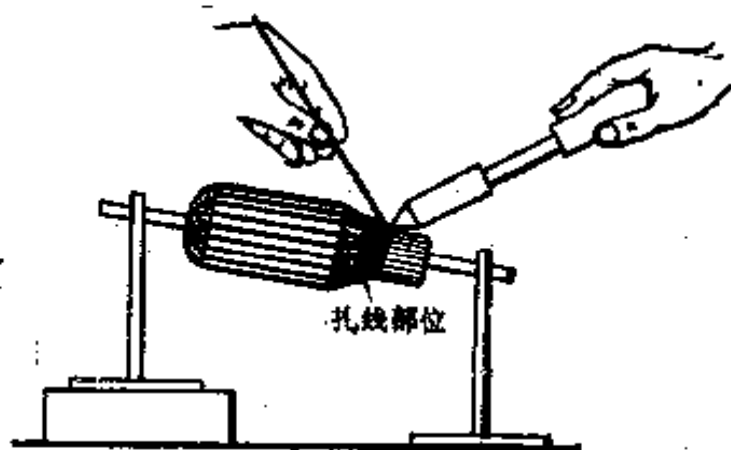


图 5-22 把引线焊到换向器上,烙铁应该稍稍向上提起一点

表 5-88 热固性浸渍漆(634 或 6440 环氧)工艺

工 序		时 间	操 作 要 求
预 烘 (白 坯)		4 小时	90°C, 2 小时; 120°C, 2 小时
第 一 次 浸 漆	浸 漆	浸透不冒气泡为原则, 一般约 20 分钟	1. 把 634 加热至 110°C 左右 2. 把苯二甲酸酐加热熔化至 130°C, 然后二者合并搅拌均匀即可 3. 工件温度约为 60~80°C
	滴 干	约 30 分钟	以滴干为原则
	干 燥	15 小时	90°C, 2 小时 140°C, 13 小时

第二次浸漆时间 15 分钟, 其他同第一次

表 5-89 J1Z、J1Z<sub>2</sub> 系列单相电钻的电动机结构数据

型号	电压 (伏)	定 子				电 枢				换 向 器		电刷尺寸 (毫米)		
		外径 (毫米)	内径 (毫米)	铁芯长度 (毫米)	气隙 (毫米)	线径 (毫米)	每极 匝数	槽数	线径 (毫米)	每槽 线数	每圈 匝数		绕组 节距	片数
J1Z-6	220	61	35.3	34	0.35	0.31	255	9	0.23	223	38	1-5	27	6×4.3
J1Z-13	36 220	85	46.3	45	0.4	2×0.56 0.50	42 180	9 12	2×0.42 0.38	42 72	7 18	1-5 1-6	27 24	8×6.8
J1Z-19	36 220	102	58.7	46	0.5	3×0.71 2×0.56	25 120	12 15	0.53+0.67 0.47	24 12	6 12	1-6 1-8	24 45	16×5
J1Z-23	220	102	58.7	46	0.5	2×0.56	120	15	0.53	72	12	1-8	45	16×5
J1Z <sub>2</sub> -4	220	56	31	38	0.35	0.33	247	9	0.23	216	36	1-5	27	5.6×4
J1Z <sub>2</sub> -6	220	56	31	38	0.35	0.33	243	9	0.23	216	36	1-5	27	6.5×4
J1Z <sub>2</sub> -10	36 220	62	35	38	0.4	2×0.57 0.42	40 2.6	9	0.57 0.27	96 192	6 32	1-5	27	6×4.3
J1Z <sub>2</sub> -13	36 220	71	39	50	0.45	3×0.56 0.49	96 185	9 11	2×0.47 0.33	30 120	5 20	1-5 1-6	27 33	8×5
J1Z <sub>2</sub> -16	36 220	90	51	52	0.6	3×0.72 2×0.49	29 134	11 19	2×0.59 0.49	18 52	9 13	1-6 1-10	33 38	12.5×8
J1Z <sub>2</sub> -19	220	90	51	52	0.6	2×0.47	146	19	0.47	56	14	1-10	38	12.5×8
J1Z <sub>2</sub> -23	220	90	51	52	0.6	2×0.56	134	19	0.50	52	13	1-10	38	12.5×8

注: 漆包线牌号为 QZ-2, 电刷牌号为 D374L, 电枢绕组为叠绕式。



表 5-90 Z1J 系列冲击电钻的电动机结构数据

型号	定子						电枢				换向器	电刷尺寸 (毫米)
	外径 (毫米)	内径 (毫米)	铁芯 长度 (毫米)	气隙 (毫米)	线径 (毫米)	每极 匝数	槽数	线径 (毫米)	每槽 线数	电枢		
										每圈 匝数	绕组 节距	
Z1J-10	56	31	38	0.35	0.35	240		0.25	186	31		4×6.5
Z1J-12	62	35	33	0.45	0.42	200	9	0.28	192	32	1~5	4×6
Z1J-16	62	34.1	38	0.35	0.42	200		0.29	162	27		4×6.5

表 5-91 J3Z 系列三相电钻的电动机绕组数据

型号	槽数	导线牌号	线径 (毫米)	每槽线数	每圈匝数	绕线形式	节距	接法
J3Z-13	18	QZ-2	0.38	176	176	单层 同心式	11~10	Y
J3Z-19			0.44	144	144		2~9	
J3Z-23			0.47	120	120		11~18	
J3Z-32			0.75	95	95			
J3Z-38			0.75	95	95			
J3Z-49			0.77	84	84			

130°C为宜,经加热后的电枢夹紧在台钳上,然后用尖头钳在电枢的另一端部逐槽拉出绕组。

5. 单相与三相电钻的电动机结构数据 见表5-89~表5-91。

## 二、电扇电动机

电扇是常见的家用及工业用电器之一。其类别有台扇、落地扇、壁扇、台地扇、吊扇、微风扇、转页扇、排气扇、脱排油烟扇等。电扇的种类虽然很多,但作为电扇驱动用的电动机种类则不多。表5-92所列为各类风扇的规格及其配用的电动机。

表 5-92 各类电扇配用的电动机

电扇类型	电扇规格(毫米) (以扇翼直径表示)	配用电动机②	电动机极数
台扇①	200	罩极式异步电动机	2
	250	罩极式异步电动机	2
	300, 350, 400	单相电容运转异步电动机	2, 4
排气扇	150, 200, 250	罩极式异步电动机 单相电容运转异步电动机	2 4
	300, 350	单相电容运转异步电动机	4
	400, 500, 600, 730	单相电容运转异步电动机 三相异步电动机	4, 6
转页扇	300, 350, 400	单相电容运转异步电动机	4
吊扇	900, 1050	罩极式异步电动机 单相电容运转异步电动机	12, 14
	1200 1400 1500 1800	单相电容运转异步电动机	16, 18 16, 18, 20 18, 20, 22 22, 24, 26

注: ① 包括类似的壁扇、台地扇、落地扇。

② 车、船用电扇,由直流电源供电时配用串励式直流电动机。亦可配交、直流两用串励式电动机及直流、工频、中频1000赫三用的电动机。

1. 电扇电动机的结构与运转原理 通常使用的电扇电动机为罩极式和电容运转式两种交流电动机。

罩极式电动机的转子为鼠笼式，小功率的电机定子为凸极式。在凸极表面的一边嵌放一只电阻很小的短路绕组(或称罩极绕组)，如图5-23所示。功率较大的罩极电动机采用隐极式的齿槽式定子。槽内嵌放分布式绕组，在部分槽内同时再嵌进几匝粗线组成的短路线圈作为罩极线圈。鼓风机的电动机也都用这种结构。当定子单相绕组接入交流电后，磁极中产生脉动磁场，使短路绕组感应电流。这电流使罩住部分的磁场变化总是落后于未罩部分。由于这两部分磁场在空间和时间上都不同相，因此在磁极表面产生一个由未罩部分向罩住部分移动的旋转磁场，由此产生了起动转矩，使电动机开始旋转。但这种电动机起动转矩很小，且一般都不能改变转向。若将定子自机壳内取出掉头后再装回机壳，这时电机旋转方向可变得相反。但应同时注意，在定子嵌线及装配之前，考虑其引出线预放在机尾端，因为风翼是在电机的前部位置。

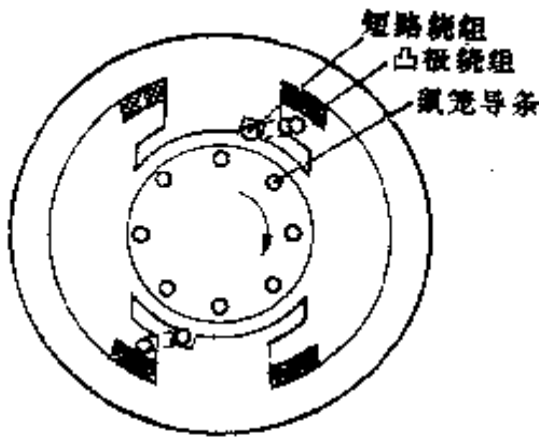


图 5-23 罩极式电动机原理图

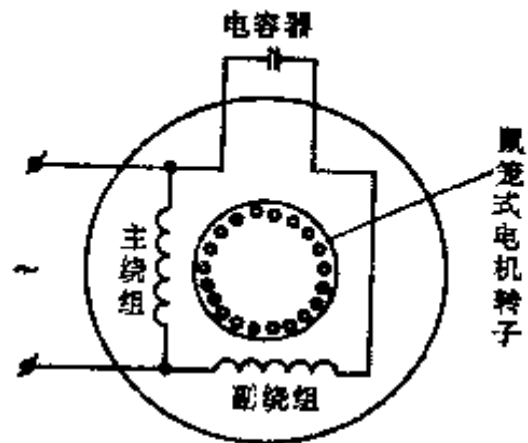


图 5-24 电容运转式电动机原理图

电容运转式电动机有主副二个绕组。在副绕组中接有电容器，使二绕组中的电流和磁场在相位上相差一个角度，组成一只二相电动机(图5-24)。电容运转式电动机构造简单，运转可靠，效率高，转动时噪音低，又较灵活。

电容运转式电动机的二个绕组的有效匝数之比称为匝比 $\alpha$ ，即

$$\alpha = \frac{\text{副绕组有效匝数}}{\text{主绕组有效匝数}}$$

匝比 $\alpha$ 的大小对电机的性能、电容值、电容电压、起动转矩、转速都有影响，故电机修理时应按原匝数来绕制主副绕组，不可改变。

电扇的电容器应采用交流的油浸低介质CZMS型及CZ40型电容器，而

不可使用漏电大易击穿的直流电解电容器。电容器最高额定电压不超过500伏,电容器容量的误差有 $\pm 5\%$ 及 $\pm 10\%$ 两种,以使用 $\pm 5\%$ 者为好。表5-93为各种规格电容式台扇配用的电容。通常运转式电容可按每100瓦取2~4微法来估计其电容值。

2. 电扇电动机的调速 为适应电扇风量调节的需要,有必要对电动机转

表 5-93 电容式台扇的电容量

电扇规格(毫米)	250	300	350	400
电容量(微法)	0.8~1.0	1.0~1.5	1.2	1.2
工作电压(伏)	400	400~500	400~500	400~500

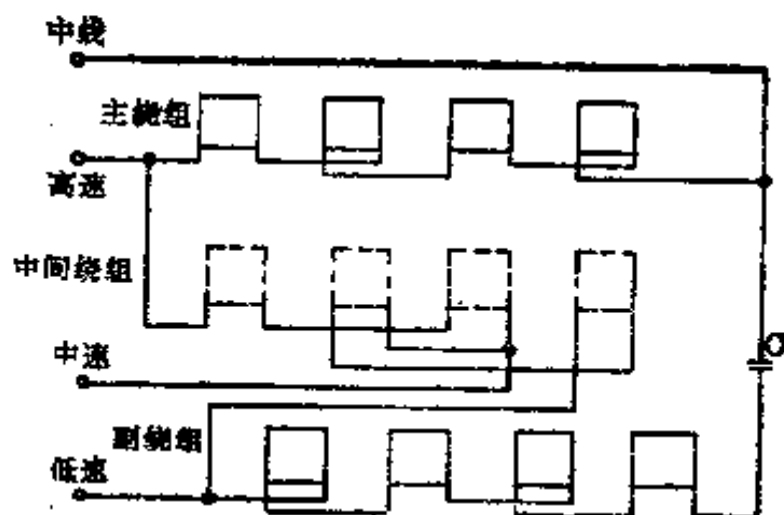


图 5-25 LI 接法展开图

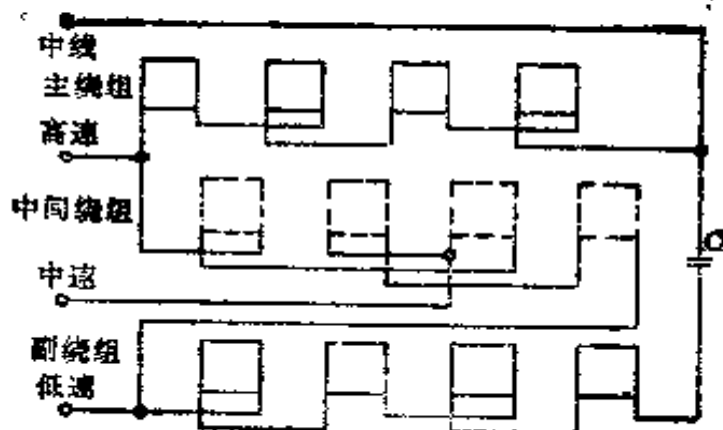
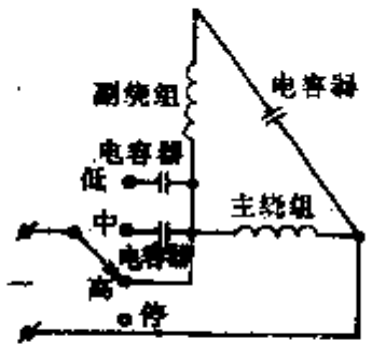
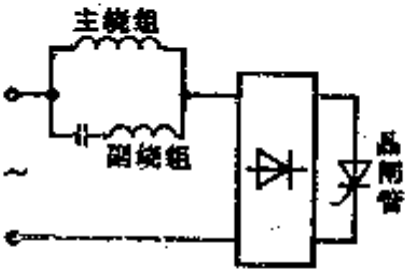
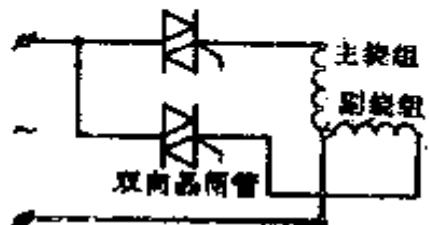


图 5-26 LII 接法展开图

表 5-94 电扇电动机调速方法

原理	方法	接线原理图	特点	应用
改变极数	改变定子绕组接线得到不同极数		<p>特制的定子绕组改变接法。</p> <p>高速时：①②二路并联</p> <p>低速时：①②二路串联</p>	隐极式罩极异步电动机
改变	定子绕组线圈抽头		定子磁极线圈抽头改变匝数	罩极异步电动机
	串联电抗器		换接中间绕组出线端	台扇电机
绕组接	串联电抗器		调节电抗值，改变电路参数来调速；调速范围大，电机简单，但功耗大，成本高，低速性能差	台扇、吊扇电机
电压	自耦变压器调压		调节自耦变压器抽头，改变供电电压；调速范围大，但成本高，功耗大	实用性差

(续表)

原理	方法	接线原理图	特点	应用
改变绕组端电压	串联电容器		调节串联电容值,方法简易	台扇、吊扇、转页扇电动机
	晶闸管调压		利用晶闸管调压,调速范围宽,无级调速,可低速模拟自然风,但电压波形差、电机噪声大	吊扇、台扇、转页扇电机
改变供电频率	用分数倍频器改变供电频率		低速节能,成本高	轴流风机,空调器风扇、台扇电机

速进行调节。其调速比是指最低档转速对最高档转速之比。表 5-94 所列为常用的交流电扇异步电动机的调速方法、特点及应用范围。

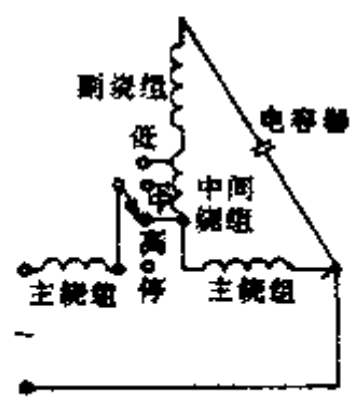
电容运转式电动机的调速方法,常见的有绕组抽头法和电抗器(或自耦变压器)降压法两种。抽头法采取增加主绕组匝数来减少每匝伏数从而削弱其磁场强度。降压法则采取降低电机电压来减少每匝伏数以获得同样削弱磁场强度的效果。

目前使用较多的是抽头法,这时电容运转式电动机有主绕组、中间绕组和副绕组,可接成 L 形或 T 形,见表 5-95 及图 5-25~图 5-29。表 5-95 所列为抽头法的不同类型的绕组接线原理和其相应的展开图等,其中 L 型接法一般用于 110 伏电机。在此接法中,中间绕组与主绕组在空间是同相的,这便要求两者的线圈分布在相同槽内,中间绕组的线圈一般放在主绕组的上面,中间绕

表 5-95 风扇用电容运转异步电动机抽头调速

绕组接 法类型	接线原理图	绕组 展开图	中间绕组所在位置			特 点
			嵌 线	低速时	高速时	
L I		图 5-25	在主绕 组槽内	串入主 绕组电路	串入副 绕组电路	低速起动性 能好, 输入功 率大, 调速范 围小
L II		图 5-26	在副绕 组槽内	串入主 绕组电路	串入副 绕组电路	低速起动性 能好, 输入功 率大, 调速范 围小, 各类风 扇常用
L III		图 5-27	在主绕 组槽内	串入主 绕组电路	串入副 绕组电路	低速起动性 能好, 设计合 理各转速档的 运行性能好
T 型 T I		图 5-28	在主绕 组或副绕 组槽内, 或同时分 布于主、 副绕组槽 内	串 入 主、副绕 组并联后 的电路中	无电流 不工作	在各转速档 都获得较好的 圆形磁场, 性 能好, 功耗小, 但低速起动性 能较差

(续表)

绕组接 法类型	接线原理图	绕组 展开图	中间绕组所在位置			特 点
			嵌 线	低速时	高速时	
T 型 TII		图 5-29	在副绕 组槽内, 主绕组分 成二部分	与主绕 组的一部 分串联	与副绕 组串联	各转速档的 运行性能好, 调速效果好, 电容器工作电 压较低,可设 计成双电压工 作,但低速起 动性能较差

组的匝数和线径取决于给定的调速要求,不一定与主绕组相同。T 接法适用于 220 伏电路。

由于抽头调速电扇电动机具有主、中、副三组绕组,其接线方法又较常规调速器电扇电动机接线方法复杂,故在修理时首先应搞清楚其接线的线路图,如图 5-25~图 5-29 所示的各种型式接线展开图,把实物的引线同上述接线方法核对好;然后使用万用表测量在快、中、慢速时各种接法的电阻值并加以核对;最后测准各个线圈的线径,修理时可先各绕一只线圈,测得其电阻并与原线圈电阻比较;若相差不大则认为无误。当线圈匝数及线径无误则可按规

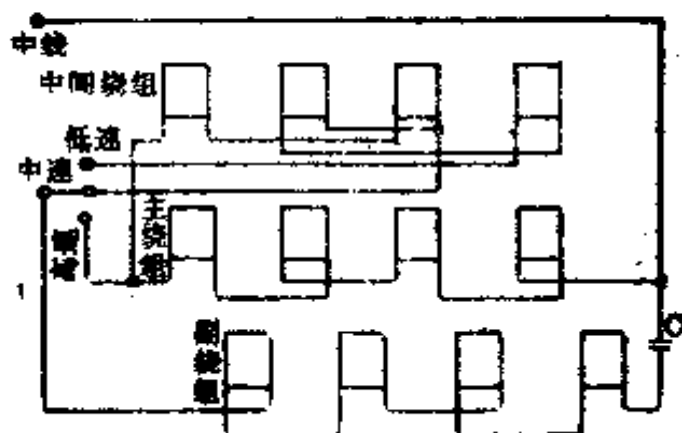


图 5-27 LIII 接法展开图



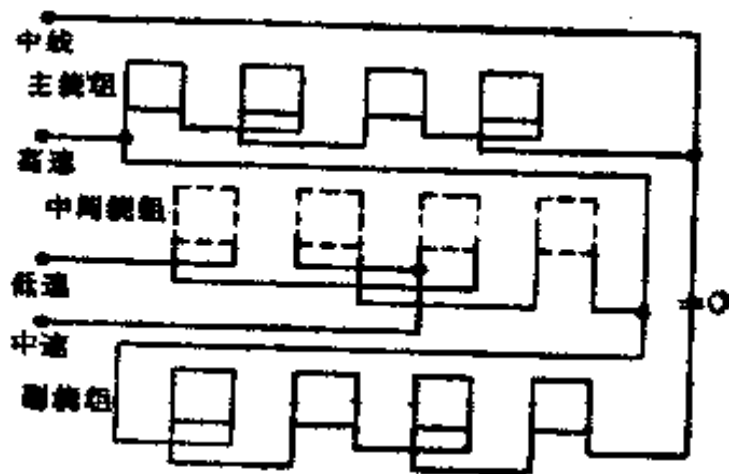


图 5-28 TI 接法展开图

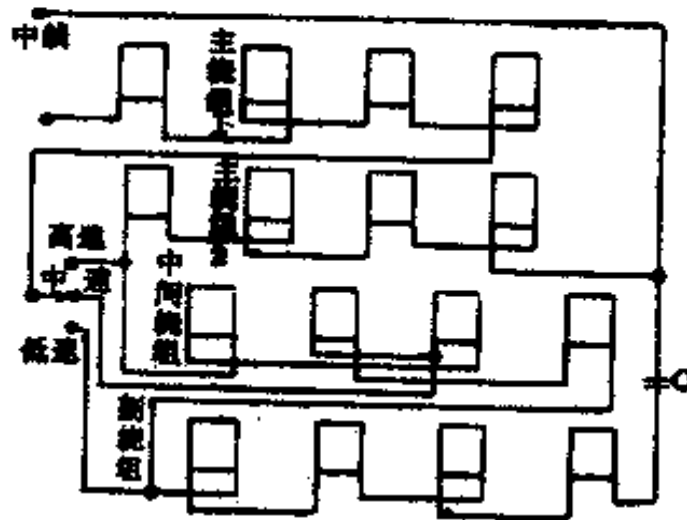


图 5-29 TII 接法展开图

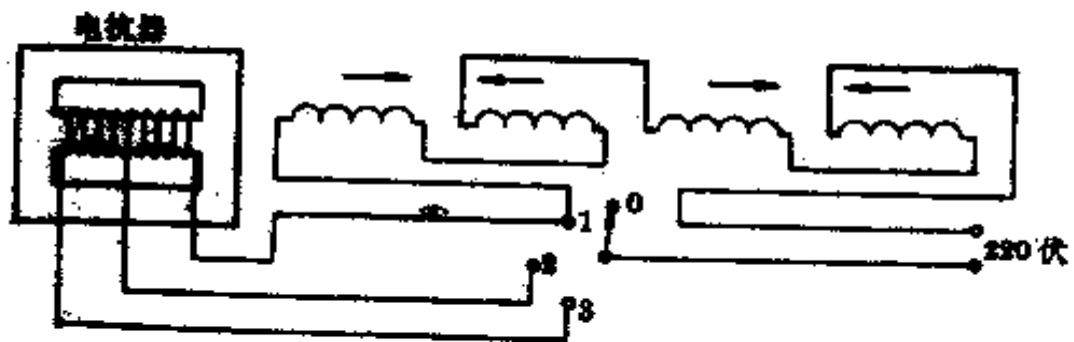


图 5-30 4 极单极式电扇电抗器原理接线图  
(附三档调速开关)

表 5-96 电扇电抗器的主要技术数据

类别	规格 (毫米)	铁 芯 尺 寸			调 速 线 圈		电 珠 线 圈			相配合 的电机 型式		
		型式	外形尺寸 (毫米)	窗口尺寸 (毫米)	叠厚 (毫米)	线规 (毫米)	匝	匝数	线规 (毫米)		匝数	电压 (伏)
台扇	200	U	φ 10			φ 0.15	1600					罩极式
	250	E	63.4×60.3	38.1×12.7	13	φ 0.17	1400+200+200		φ 0.17	72+600	6.3	电容式
	300	E	63.4×60.3	38.1×12.7	13	φ 0.27	750+100					罩极式
	300	E	63.4×60.3	38.1×12.7	13	φ 0.17	1100+250+200		φ 0.17	70+300	6.3	电容式
	350	E	φ 57	12	18	φ 0.21	800+350+250		φ 0.19	70	4	电容式
	400	E	63.4×60.3	38.1×12.7	17	φ 0.41	380+70					罩极式
	400	E	φ 57	12	18	φ 0.25	640+300+200		φ 0.19	65	4	电容式
	400	E	φ 57	12	18	φ 0.23	200+850+350		φ 0.19	70	4	电容式
吊扇	900	E	63.4×60.3	38.1×12.7	18	φ 0.38	250+100+100+100+100+100					罩极式
	1200	E	63.4×60.3	38.1×12.7	18	φ 0.27	380+120+110+100+100+100					电容式
	1400	全封闭		40×60	20	φ 0.38	414+69+81+43+73+88					电容式

表 5-97 华生牌罩极式串励调速器绕组数据

适用电扇型号及类似规格	D21 硅钢片 铁芯舌宽(毫米) 片形	输入电压(伏) 校验电流(安)	绕组编号	绕组数据 线径(毫米) 圈数
300 毫米 12BQ-63 台扇	$\frac{19}{\text{方片}}$		$E_1$	$\frac{0.25}{500+200}$ $L_1 \quad L_2$
12 AD-49 (同 300 毫米 12 AD-49 台扇)	$\frac{19}{\text{方片}}$		$E_1$	$\frac{0.32}{600+200}$ $L_1 \quad L_2$
300 毫米 BQ-60 台扇		$\frac{58}{0.23 \sim 0.24}$	$E_1$	$\frac{0.27}{250+100}$ $L_1 \quad L_2$
300 毫米 BQ-63 台扇	$\frac{19}{\text{方片}}$	$\frac{46}{0.225 \sim 0.265}$	$E_1$	② $\frac{0.27}{544+100 // 66+200}$ $L_1 \quad L_2 \quad L_3 \quad L_4$
400 毫米 16AD-50 台扇	$\frac{19}{\text{方片}}$		$E_1$	$\frac{0.245}{230+100}$ $L_1 \quad L_2$
400 毫米 16AD-61 台扇	$\frac{19}{\text{方片}}$		$E_1$	$\frac{0.345}{230+100}$ $L_1 \quad L_2$

(续表)

适用电动机型号及类似规格	D21 硅钢片 铁芯活宽(毫米) 片形	输入电压(伏) 检验电流(安)	绕组编号	绕组数据 线径(毫米) 匝数
400 毫米 16AL-54 台扇	$\frac{19}{\text{方片}}$		$E_1$	$\frac{0.38}{450+150}$ $L_1 \quad L_2$
400 毫米 16BQ-64 台扇	$\frac{19}{\text{方片}}$	$\frac{46}{0.5 \sim 0.51}$	$E_1$	$\frac{0.417}{380+70}$ $L_1 \quad L_2$
400 毫米 16BQ-65 台扇	$\frac{19}{\text{方片}}$	$\frac{46}{0.55 \sim 0.62}$	$E_4$	⊗ $\frac{0.417}{250+100 // 40+130}$ $L_1 \quad L_2 \quad L_3 \quad L_4$
900 毫米 36AC-48 吊扇	$\frac{19}{\text{方片}}$		$E_8$	$\frac{0.417}{600+150+100+100}$ $L_1 \quad L_2 \quad L_3 \quad L_4$
800 毫米 BD 吊扇	$\frac{19}{\text{方片}}$	$\frac{84}{0.325 \sim 0.355}$	$E_7$	$\frac{0.38}{250+100+100+100+100+100}$ $L_1 \quad L_2 \quad L_3 \quad L_4 \quad L_5 \quad L_6$

注: 表中绕组数据一栏中有“//”符号的, 表示内外二组绕组用二层绝缘隔开, 输入电压一般是在调速绕组的首尾二端 (不包括指示灯绕组在内), 绕组  $L_1 \sim L_6$  线头接线排列见本表附图, ⊗ 表示有指示灯绕组。

表 5-98 华生牌电容式电扇调速器绕组数据

适用电扇的型号 及类似规格	D21 硅钢片 铁芯舌宽(毫米) 片形	输入电压(伏) 检验电流(安)	绕组编号	绕组数据 线径(毫米) 匝数
300 毫米 QB-62 台扇	$\frac{19 \times 17}{\text{方片}}$	$\frac{157}{0.145 \sim 0.16}$	$B_1$	$\frac{0.17}{\frac{1750+200}{L_1} L_2}$
350 毫米 QB-61 台扇	$\frac{19 \times 19}{\text{方片}}$	$\frac{106}{0.15 \sim 0.16}$	$B_1$	$\frac{0.23}{\frac{850+150}{L_1} L_3}$
400 毫米 QB-61 台扇	$\frac{19 \times 19}{\text{方片}}$	$\frac{110}{0.185 \sim 0.195}$	$B_1$	$\frac{0.23}{\frac{800+200}{L_1} L_2}$
250 毫米 QB-64 台扇	$\frac{19 \times 17}{\text{方片}}$	$\frac{138}{0.083 \sim 0.097}$	$B_1$	$\frac{0.17}{\frac{1600+200}{L_2} L_3}$
250 毫米 QB-64 台扇	$\frac{19 \times 17}{\text{方片}}$	$\frac{142}{0.06 \sim 0.085}$	$B_2$	$\frac{0.17}{\frac{1550+250}{L_1} L_2 L_3 L_4}$

(续表)

适用电机的型号 及类似规格	D21 硅钢片 铁芯舌宽(毫米) 片形	输入电压(伏) 检验电流(安)	绕组编号	绕组数据 线径(毫米) 圈数
300 毫米 QB-64 台扇	$\frac{19 \times 17}{\text{方片}}$	$\frac{128}{0.1 \sim 0.13}$	B <sub>3</sub>	$\textcircled{\infty} \frac{0.17}{\frac{1200+200 \parallel 70+300}{L_1 \quad L_2 \quad L_3 \quad L_4}}$
350 毫米 QB-64 台扇	$\frac{19 \times 19}{\text{方片}}$	$\frac{110}{0.12 \sim 0.125}$	B <sub>3</sub>	$\textcircled{\infty} \frac{0.23}{\frac{880+100+100 \parallel 92+600}{L_1 \quad L_2 \quad L_3 \quad L_4 \quad L_5}}$
350 毫米 QB-64 台扇	$\frac{19 \times 19}{\text{方片}}$	$\frac{110}{0.12 \sim 0.125}$	B <sub>3</sub>	$\textcircled{\infty} \frac{0.23}{\frac{870+1.0 \parallel 92+500}{L_1 \quad L_2 \quad L_3 \quad L_4}}$
400 毫米 QB-64 台扇	$\frac{19 \times 19}{\text{方片}}$	$\frac{104}{0.165 \sim 0.185}$	B <sub>3</sub>	$\textcircled{\infty} \frac{0.23}{\frac{700+150+150 \parallel 45+455}{L_1 \quad L_2 \quad L_3 \quad L_4 \quad L_5}}$
400 毫米 QB-64 台扇	$\frac{19 \times 19}{\text{方片}}$	$\frac{104}{0.165 \sim 0.185}$	B <sub>3</sub>	$\textcircled{\infty} \frac{0.23}{\frac{800+200 \parallel 45+455}{L_1 \quad L_2 \quad L_3 \quad L_4}}$
350 毫米 DQ-63 台扇	$\frac{19 \times 19}{\text{方片}}$	$\frac{122}{0.14 \sim 0.145}$	B <sub>3</sub>	$\textcircled{\infty} \frac{0.19}{\frac{950+200 \parallel 50+600}{L_1 \quad L_2 \quad L_3 \quad L_4}}$

(续表)

适用电机的型号 及类似规格	D21 硅钢片 铁芯舌宽(毫米) 片形	输入电压(伏) 检验电流(安)	绕组编号	绕组数据 线径(毫米) 圈数
400毫米 DQ-63 台扇	$\frac{19 \times 19}{\text{方片}}$	$\frac{93}{0.25 \sim 0.27}$	E <sub>2</sub>	⊗ $\frac{0.23}{\frac{600+250}{L_1 L_2} // \frac{45+520}{L_3 L_4}}$
1200毫米 DD <sub>2</sub> -64 吊扇	$\frac{19 \times 19}{\text{方片}}$	$\frac{94}{0.29 \sim 0.30}$	E <sub>1</sub>	$\frac{0.27}{\frac{250+130+100+100+100+100}{L_1 L_2 L_3 L_4 L_5 L_6}}$
1400毫米 DD <sub>2</sub> -64 吊扇	$\frac{19 \times 19}{\text{方片}}$	$\frac{106}{0.27 \sim 0.285}$	E <sub>1</sub>	$\frac{0.27}{\frac{380+120+110+100+100+100}{L_1 L_2 L_3 L_4 L_5 L_6}}$
1400毫米 5600-54 吊扇	$\frac{19 \times 19}{\text{方片}}$		E <sub>3</sub>	$\frac{0.31}{\frac{500+150+150+100}{L_1 L_2 L_3 L_4}}$
1050毫米 4200-48 吊扇	$\frac{19 \times 19}{\text{方片}}$		E <sub>1</sub>	$\frac{0.32}{\frac{1000+300}{L_1 L_2}}$
1500毫米 6000-36 吊扇	$\frac{19 \times 19}{\text{方片}}$		E <sub>3</sub>	$\frac{0.36}{\frac{500+200+200+150}{L_1 L_2 L_3 L_4}}$

注: 表中有 ⊗ 者, 系带指示灯电机。

表 5-99 国产电动机主要技术参数 (220 伏, 50 赫)

类别	序号	规格 (毫米)	极数	输入 功率 (瓦)	转 速 (转/分)	定 子			定转子 间气隙 (毫米)	转 子		槽数	
						外 径 (毫米)	内 径 (毫米)	长 度 (毫米)		槽 数	外 径 (毫米)		内 径 (毫米)
合	1	200	2	28	2800	φ 60	φ 30	25	4	φ 29.3	φ 10	13	
	2	200	2	28	2350	φ 59	φ 28	32	4	φ 27.3	φ 9	15	
	3	230	2	30	2400	φ 70	φ 32	32	4	φ 31.3	φ 9	13	
	4	300	4	55	1200	φ 88	φ 44.7	32	8	φ 44	—	17	
	5	400	4	75	1150	φ 95.7/ φ 108	φ 51	32	8	φ 95.1 φ 107.3	—	22	
磨	6	250	4	25	1300	φ 88	φ 44.7	20	8	φ 44	φ 12	17	
	7	250	4	34	1920	φ 88	φ 44.7	22	8	φ 44	φ 12	17	
	8	300	4	40	1300	φ 88	φ 44.7	26	8	φ 44	φ 12	17	
	9	300	4	44	1280	φ 78	φ 44.5	24	16	φ 43.8	φ 12	22	
	10	350	4	54	1285	φ 88	φ 44.7	26	8	φ 44	φ 12	17	
	11	350	4	52	1250	φ 88	φ 48.3	20	16	φ 47.6	φ 13	22	
	12	400	4	60	1250	φ 88.4	φ 49	32	16	φ 48.3	φ 14	22	
	13	400	4	65	1230	φ 88	φ 44.7	32	8	φ 44	φ 12	17	
	落 地 磨	1	350	4	52	1280	φ 88	φ 44.7	30	16	φ 44	φ 13	22
		2	350	4	55	1300	φ 88.4	φ 49	28	8	φ 48.3	φ 12	17
		3	400	4	60	1250	φ 88.5	φ 49	35	16	φ 48.3	φ 13.5	22
		4	400	4	62	1200	φ 88	φ 44.7	35	8	φ 44	φ 13	17



壁扇	1	300	4	44	1280	φ 86	φ 44.5	26.5	16		φ 43.8	φ 11	22
	2	350	4	55	1300	φ 86	φ 44.5	28	16	0.35	φ 43.8	φ 14	22
	3	400	4	60	1230	φ 92	φ 50	28	8		φ 49.3	φ 14	26
座扇或座地扇	1	300	4	43	1320	φ 88	φ 49	26	16		φ 48.3	φ 12	22
	2	350	4	54	1300	φ 88	φ 49	25	16	0.35	φ 48.3	φ 13	22
	3	400	4	60	1250	φ 98	φ 49	34	16		φ 48.3	φ 12	22
	4	400	4	65	1290	φ 98.5	φ 46.7	32	16		φ 46	φ 13	22
吊扇	1	900	14	45	330	φ 118	φ 20	23	23		φ 145	φ 118.5	45
	2	900	14	50	370	φ 122.25	φ 44	25	28		φ 148	φ 122.7	47
	3	1050	14	58	360	φ 118	φ 20	23	28	0.25	φ 145	φ 118.5	47
	4	1050	16	56	370	φ 132	φ 22	24	32		φ 160	φ 132.5	57
	5	1200	18	70	300	φ 134.75	φ 70.5	26	36		φ 162	φ 135.2	48
	6	1200	16	72	320	φ 132	φ 22	24	32	0.30	φ 160	φ 132.5	57
	7	1400	18	80	280	φ 134.75	φ 70.5	25	36	0.25	φ 182	φ 135.2	48
	8	1400	18	85	290	φ 137	φ 63.5	26	36	0.25	φ 164.5	φ 137.5	52

(续表)

类别	序号	主绕组		副绕组		绕 组		电容量		调速方法	线模尺寸 (长×宽×厚) (毫米)	线圈跨距	绕组形式
		线规 (毫米)	线圈匝数 ×线圈只数	线规 (毫米)	线圈匝数 ×线圈只数	容量 (微法)	耐压 (伏)						
台	1	φ 0.17	1270×2	1×5	1×2	—	—	—	—	—	40×30×5	—	—
	2	φ 0.19	(800+500)×2	1×5	1×2	—	—	—	—	抽头	42×32×5	—	—
	3	φ 0.21	1100+(850+200)	1×5	1×2	—	—	—	—	抽头	42×32×6	—	—
	4	φ 0.27	510×4	1.5×7	1×4	—	—	—	—	电抗器	40×27×6	—	—
	5	φ 0.47	450×4	1.5×7	1×4	—	—	—	—	电抗器	40×31×10	—	—
	6	φ 0.17	935×4	φ 0.16	1020×4	1	500	—	—	电抗器	34×35×4.5	1-3	双层链式
	7	φ 0.17	850×4	φ 0.15	1020×2+(500+300)×2	1	500	—	—	抽头	36×35×4.5	1-3	双层链式 LII型
	8	φ 0.17	690×4	φ 0.19	620×4	1.5	400	—	—	电抗器	34×41×4.5	1-3	双层链式
	9	φ 0.17	800×4	φ 0.15	500+(500)×4	1	400	—	—	抽头	34×35×7	1-4	单层链式
	10	φ 0.21	566×4	φ 0.17	663×4	1.5	400	—	—	电抗器	34×38×4.5	1-3	双层链式
	11	φ 0.21	720×4	φ 0.17	480+(480)×4	1.2	400	—	—	抽头	34×32×7	1-4	单层链式
	12	φ 0.21	550×4	φ 0.19	350+(350)×4	1.2	400	—	—	抽头	35×40×7	1-4	单层链式 LII型
	13	φ 0.23	570×4	φ 0.17	890×4	1.2	400	—	—	电抗器	35×40×4.5	1-3	双层链式
落地	1	φ 0.23	600×4	φ 0.17	(420+420)×4	1	400	—	—	抽头	40×35×7	1-4	单层链式
	2	φ 0.21	700×4	φ 0.19	(550+300)×4	1	400	—	—	抽头	34×40×8	1-3	双层链式
	3	φ 0.23	570×4	φ 0.19	720×4	1.2	400	—	—	电抗器	39×44×8	1-4	单层链式
	4	φ 0.23	520×4	φ 0.17	1000×2+(560×2)	1.5	400	—	—	抽头	34×35×4.5	1-3	双层链式

座 扇	1	$\phi 0.17$	800×4	$\phi 0.19$	$650 \times 2 + 420 + 200) \times 2$	1	400	抽 头	34×36×7	1—4	单层链式
	2	$\phi 0.19$	760×4	$\phi 0.19$	$480 + 480) \times 4$	1.2	400	抽 头	39×37×8	1—4	单层链式
	3	$\phi 0.23$	775×4	$\phi 0.20$	$320 + 480) \times 4$	1.5	400	抽 头	34×40×7	1—3	双层链式
座 扇 或 座 地 扇	1	$\phi 0.19$	760×3+ 750+110	$\phi 0.19$	$480 + 480) \times 4$	1.2	400	抽 头	35×40×7	1—4	单层链式
	2	$\phi 0.21$	720×4	$\phi 0.17$	930×4	1.2	400	电抗器	36×44×8	1—4	单层链式
	3	$\phi 0.23$	570×4	$\phi 0.19$	720×4	1	400	电抗器	42×44×8	1—4	单层链式
	4	$\phi 0.21$	600×4	$\phi 0.17$	$850 \times 2 + 700 + 160) \times 2$	1.2	400	抽 头	41×42×8	1—4	单层链式
座 扇	1	$\phi 0.23$	382×14	$\phi 0.19$	430×14	1	400	电抗器	40×24×8	1—3	双层链式
	2	$\phi 0.19$	600×7	$\phi 0.17$	660×7	1.2	400	电抗器	38×26×6	1—3	单层链式
	3	$\phi 0.21$	650×7	$\phi 0.19$	670×7	1.2	400	电抗器	37×25.5×7	1—3	单层链式
	4	$\phi 0.25$	620×8	$\phi 0.23$	715×8	1	400	电抗器	42×26×8	1—3	单层链式
	5	$\phi 0.27$	280×18	$\phi 0.25$	328×18	2	400	电抗器	43×21.5×11	1—3	双层链式
	6	$\phi 0.23$	530×8	$\phi 0.23$	780×8	2	400	电抗器	42×21×7	1—3	单层链式
	7	$\phi 0.27$	253×18	$\phi 0.25$	335×18	2	400	电抗器	40×21.5×11	1—3	双层链式
	8	$\phi 0.29$	236×18	$\phi 0.25$	323×18	2.4	400	电抗器	26×21.5×9	1—3	双层链式

表 5-100 国产主要电扇

牌 号	厂 名	型 号 规 格	扇	
			含 油 轴 承	
			内 径	外 径
华 生	华生电扇总厂	FT41 台扇	$\phi 9_0^{+0.016}$	
海 鸥	海鸥电扇总厂	FS407C 落地扇 FT4010C 台扇 FC1200 吊扇	$\phi 7.8_0^{+0.015}$	球 R8.5
长 城	苏州电扇总厂	FT4-40 台扇 FS5-40 落地扇 FC2-105 吊扇 FC5-40 吊扇	$\phi 8_0^{+0.018}$	$\phi 161T8$
菊 花	无锡电扇厂	FL-40-5 落地扇 FL-40-6 落地扇 FL-40-11 落地扇 FT-40-5A 台扇 FT-40-6 台扇	$\phi 8_0^{+0.008}$ $\phi 8_0^{+0.018}$	$\phi 15_0^{+0.008}$ $\phi 15_0^{+0.008}$
旋 风	上海电机厂	FS2-40P 落地扇 FS3-40P 落地扇 FS4-40P 落地扇 FT-40P 台扇 FT2-40P 台扇 FB-40P 壁扇	$\phi 8_0^{+0.018}$	$\phi 13_0^{+0.008}$
金 龙	龙口家电总厂		$\phi 9.5_0^{+0.015}$ $\phi 8_0^{+0.016}$	$\phi 20_0^{+0.008}$ $\phi 17 \pm 0.06$
桐 柏 山	桐柏电扇厂	KYT-40 台扇 KYL-40 落地扇	$\phi 8_0^{+0.022}$ $\phi 8_0^{+0.022}$	$\phi 13_0^{+0.008}$
红 山 花	武汉电扇厂	台扇, 落地扇, 各 型吊扇	$\phi 8_0^{+0.015}$	$\phi 16$
双 菱	重庆双菱电器厂	台扇落地扇	$\phi 8$	球 R8.5

## 易损件规格型号

		损		件			
吊扇轴承		灯管(泡)		直齿轮		斜齿轮	
型号	种类	规格	外径	模数	外径	模数	
203 60203			$\phi 32_{-0.10}^0$	0.5	$\phi 27_{-0.045}^{+0.07}$	0.5	
203 60203	螺口 插口	15 瓦灯泡 3 瓦灯管	$\phi 32_{-0.062}$	0.5	$\phi 27_{-0.045}^{+0.07}$	0.5	
203 60203			$\phi 31.5_{-0.17}$	0.5	$\phi 26_{-0.13}^{+0.06}$ $\phi 26_{-1.3}^{+0.06}$	0.5	
60203	螺口 插口 插口 插口	E12J S 23-20-15 S 23-20-15 S 23-20-15 S 23-20-15	$\phi 42.4_{-0.076}^{+0.09}$	0.8	$\phi 26_{-0.145}^{+0.08}$	0.5	
	插口	ZC15 10 瓦	$\phi 7$	0.5	$\phi 26$	0.5	
			$\phi 42_{-0.13}^{+0.13}$ $\phi 10.4_{-0.135}^{+0.135}$ $\phi 31.5_{-0.17}$ $\phi 7_{-0.085}^{+0.085}$	0.8 0.5	$\phi 28.88_{-0.19}^{+0.11}$ $\phi 26.7_{-0.18}$	0.6 0.5	
D200Z	螺口	10 瓦	$\phi 31.5$	0.5	$\phi 26$	0.5	
203			$\phi 32_{-0.062}^0$	0.5	$\phi 27_{-0.16}$	0.5	
	白炽灯	10 瓦	$\phi 82$	0.5	$\phi 87$	0.6	

牌 号	厂 名	型号规格	易	
			含 油 轴 承	
			内 径	外 径
飞 鹿	广东佛山电扇厂	各种台扇 吊 扇	$\phi 8_{+0}^{+0.013}$	$\phi 17_{+0.03}$
庐 山	江西萍乡电扇厂	台 扇	$\phi 7.8_{+0}^{+0.015}$	$\phi 17_{+0.025}$
		吊 扇 落 地 扇	$\phi 8_{+0.002}^{+0.014}$	$\phi 12_{+0.014}^{+0.029}$
钻 石	广州远东电扇厂	400 毫米台扇	$\phi 8_{+0.01}^{+0.09}$	$\phi 13_{+0.012}^{+0.092}$
雪 花	绍兴电器厂	FT2-40P 台扇 FL2-40P 落地扇	$\phi 9_{+0.002}^{+0.013}$	前 $\phi 15_{+0.013}^{+0.041}$ 后(球) $\phi 18_{+0.055}$
乘 风	杭州电扇厂	各型台地扇 吊 扇	$\phi 9_{+0}^{+0.08}$	$\phi 13_{+0.05}$
骆 驼	江苏吴县防爆电机厂	FS40E 落地扇 FS40H 落地扇 FD2-2 吊 扇	$\phi 8_{+0.020}$	$\phi 16$
月 仙	徐州4813厂	各型产品	$\phi 8 \times 20$	$\phi 13 \times 20$
扬 子	滁州电扇总厂	FS-40 落地扇	$\phi 8_{+0.013}$ $\phi 8_{+0.022}$	$\phi 17_{+0.06}$ $\phi 12.8_{+0.023}^{+0.024}$
		FT-40 台 扇 F8-15 吊 扇	$\phi 8_{+0.036}$ $\phi 9.5_{+0.04}^{+0.07}$	$\phi 13$ $\phi 12.5_{-0.06}$
南 极	常州家电总厂	FS6、FS8 落地扇 FS9、FS10 各型吊扇	$\phi 7.8_{+0.01}$ $\phi 8_{+0.006}^{+0.02}$	球 $\phi 17_{+0.013}$ $\phi 14_{+0.007}^{+0.025}$
五羊高宝	五羊电风扇厂	各型台扇	$\phi 8$	$\phi 13$
千 叶	中山家用电器厂	D40TE 台 扇 S40TE 落 地 扇 D23NE 台 扇	$\phi 8$ $\phi 8$ $\phi 6$	
美 达	北京电扇厂	PDSH 400	$\phi 9_{+0.004}$	球 R9-0.05
冬 梅	天津台扇厂	台扇 落地扇	$7.8_{+0.013}$	球 $\phi 16_{+0.07}$

(续表)

		损		件			
吊扇轴承		灯管(泡)		直齿轮		斜齿轮	
型号	种类	规格	外径	模数	外径	模数	
单列向心 20% 球轴承 20%		6.3 伏	$\phi 31.5$	0.5	$\phi 26$	0.5	
60203 180203	灯泡管灯 彩灯	15 瓦 220 伏, 3 瓦 24 伏/1.5 瓦	$\phi 32^{+0.062}$	0.5	$\phi 27^{+0.05}$	0.5	
	指示灯	灯泡 XZ 6-28-0.15			$\phi 26^{+0.14}$	0.5	
	指示灯 插口灯	6.3 伏 15 瓦	$\phi 32^{+0.10}$ $\phi 32^{+0.10}$	0.5 0.5	$\phi 27.07^{+0.062}$ $\phi 27.07^{+0.062}$	0.5 0.5	
6203		15 瓦/220 伏	$\phi 32^{+0.10}$	0.5	$\phi 27.07^{+0.062}$	0.5	
203	冷光管	2015 2 瓦	$\phi 31.5^{+0.005}$ $\phi 31.6^{+0.015}$ $\phi 31.6^{+0.015}$	0.5 0.5	$\phi 26^{+0.01}$ $\phi 26^{+0.01}$	0.5 0.5	
	插口	10 瓦	Z=61	0.6	Z=50	0.5	
202 203	白炽灯	15 瓦 15 瓦			$\phi 27^{+0.07}$ $\phi 27.07^{+0.07}$	0.5 0.5	
60203	装饰灯 指示灯	10 瓦、15 瓦 6.3 伏	$\phi 32^{+0.062}$ $\phi 42.4^{+0.062}$	0.5 0.8	$\phi 27^{+0.062}$ $\phi 26^{+0.062}$	0.5 0.5	
			Z=41	0.8	Z=50	0.5	
	插口	6~8 伏		0.5 0.5 0.6		0.5 0.5 0.6	
		3~5 瓦(10 瓦)	$\phi 49$	0.5	$\phi 27$	0.5	
			$\phi 32^{+0.10}$	0.5	$\phi 27^{+0.07}$ $\phi 27^{+0.016}$	0.5	

定接线方法接线,注意每嵌好一组线圈后立即进行连接,以免与以后嵌好的线圈混淆,造成错接。

目前我国还常用电抗器法调速如图5-30和图5-31所示。因电扇上多用一个元件,将会使成本增加,多耗费电能。表5-96所列为各类电扇配用的电抗器技术数据。这些电抗器与电扇是配套专用的,又称电扇调速器,因而通用性较差。表5-97及表5-98特列出华生牌罩极式及电容式电扇的调速器绕组数据。

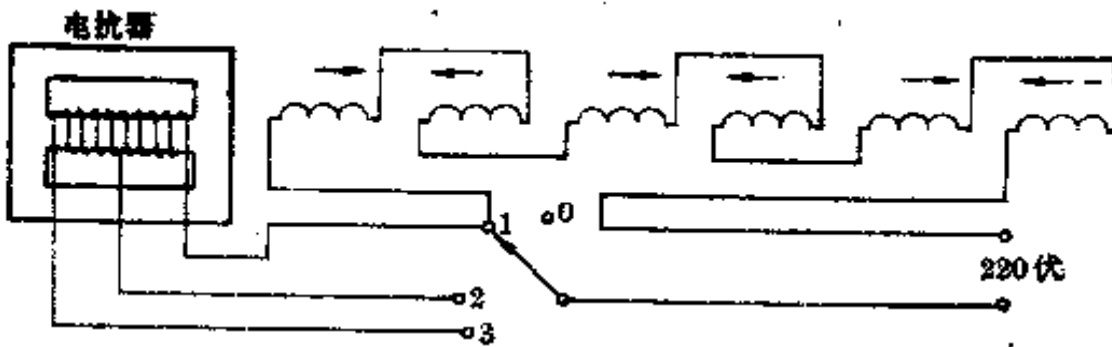


图 5-31 6极罩极式电扇电抗器原理接线图  
(附三档调速开关)

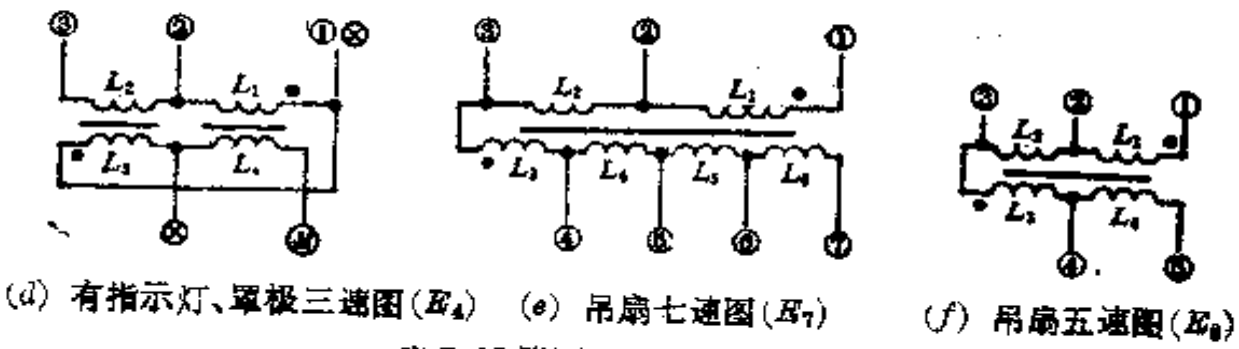
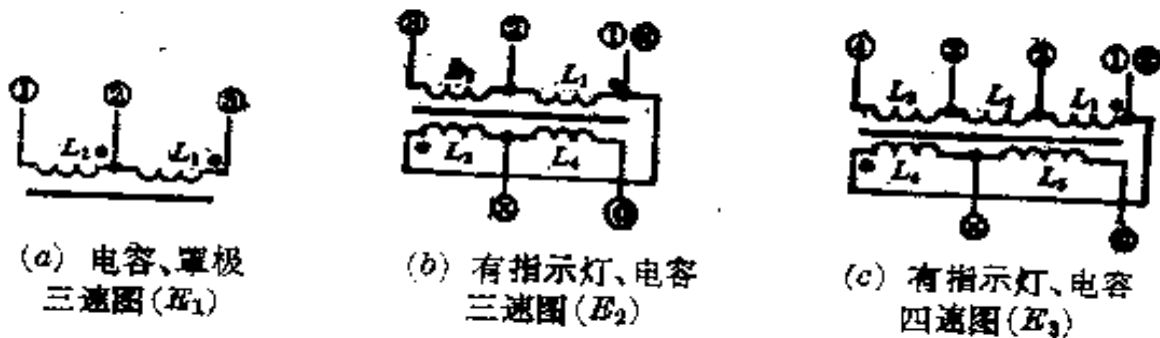


表 5-97 附图 调速器绕组接线图

注：1. 图中 ⊙ 表示接电容；⊗ 接指示灯；⊕ 接罩极式电动机；· 点表示同名端线。  
2. 铁芯叠片按电流校核，片子多少对转速有一定影响。



表 5-101 三相排气扇电机绕组数据

产品规格型号	极数 电压/频率	铁芯长度与 内径(毫米) 槽数	绕 组 线径(毫米) 匝数	线圈节距	电机相数	产 地
400FA 3-6 排气扇	$\frac{4}{380/50}$	$\frac{L 46 \phi 58}{12}$	$\frac{0.295}{580}$	1-4	三相	
400FTA 8-6 排气扇	$\frac{4}{380/50}$	$\frac{L 40 \phi 58}{12}$	$\frac{0.27}{625}$	1-4	三相	
500FTA 4-7 排气扇	$\frac{6}{380/50}$	$\frac{L 40 \phi 72}{18}$	$\frac{0.29}{450}$	1-4	三相	广州 50×40×9
500JA 12-4 排气扇	$\frac{4}{380/50}$	$\frac{L 55 \phi 80}{24}$	$\frac{0.47}{140}$	1-6	三相	苏州
600FTA 排气扇	$\frac{4}{380/50}$	$\frac{L 59 \phi 72}{24}$	$\frac{0.44}{150}$	1-6		天津 60×75×8

表 5-102 单相轴流风扇电机及转页扇电机绕组数据

产品规格型号	极数 电压/频率	定子铁芯 长度(毫米) 槽数	主 绕 组 线 径(毫米) 匝数	副 绕 组 线 径(毫米) 匝数	线圈数量		其 他	备 注
					主相数	副相数		
400 毫米轴流 式通风扇	6 220/50	$\frac{55}{24}$	$\frac{\phi 0.38}{205}$	$\frac{\phi 0.38}{205}$	12	12	倒顺转	配用电容器 6 微法/400 伏
400 毫米轴流 式通风扇	6 220/50	$\frac{55}{24}$	$\frac{\phi 0.38}{205}$	$\frac{\phi 0.27}{410}$	12	12	单向转	配用电容器 2.5 微法/400 伏
400 毫米轴流 式通风扇	6 220/60	$\frac{55}{24}$	$\frac{\phi 0.38}{205}$	$\frac{\phi 0.38}{205}$	12	12	单向转	配用电容器 6 微法/400 伏
300 毫米转页 扇	4 220/50	$\frac{20}{16}$	$\frac{\phi 0.18}{880}$	$\frac{\phi 0.18}{880}$	4	4	单向转	
50TYS-JB-01 ▲转页扇微电机	12 220 伏/3 瓦	磁钢 $\phi 23 \times 8$ 强度 $\geq 90$ 毫特	$\frac{\phi 0.05 \sim 0.06}{(1.1 \sim 1.25) \times 10^4}$	出轴转速 6 转/分			线架尺寸 $\phi 26 \times 15$ 双向转	矩 转 (牛·厘米) 15
50TYS-JB-02 ▲转页扇微电机	12 220 伏/3 瓦	磁钢 $\phi 23 \times 8$ 强度 $\geq 90$ 毫特	$\frac{\phi 0.03 \sim 0.05}{(1.1 \sim 1.25) \times 10^4}$	出轴转速 33 转/分			线架尺寸 $\phi 26 \times 10$ 双向转	矩 转 (牛·厘米) 8
M12 5917 ▲转页扇微电机	12 220~240 伏/3 瓦	磁钢 $\phi 23 \times 8$ 强度 $\geq 90$ 毫特	$\frac{\phi 0.03 \sim 0.05}{1.25 \times 10^4}$	出轴转速 33 转/分			双向转	矩 转 (牛·厘米) 6

注: 有 ▲ 标记为参考数据。

表 5-103 华生牌特种电动机绕组数据 (毫米)

产 品 名 称 规 格	电 压 负 载 电 流 (安)	电 枢 绕 组 数 据					定 子 绕 组 数 据			
		槽 数 节 距	线 径 股 数	每 只 圆 数 绕 组 形 式	电 刷 型 号 电 刷 尺 寸	线 径 股 数	每 极 匝 数 每 台 线 包 数	铁 芯 直 径 × 长 度	线 模 长 × 宽 × 厚	
300 毫 米 火 车 用 顶 扇 (铸 铁) 30 ZT	DC75 0.6	$\frac{12}{1-6}$	$\frac{0.29}{2}$	$\frac{47}{单 叠 绕 组}$	DS-14 6 × 6.5	$\frac{0.38}{1}$	$\frac{584}{4}$	49.5 × 34	58 × 36 × 12	
	DC110 0.4	$\frac{12}{1-6}$	$\frac{0.23}{2}$	$\frac{69}{单 叠 绕 组}$	DS-14 6 × 6.5	$\frac{0.3}{1}$	$\frac{856}{2}$	49.5 × 34	58 × 36 × 12	
	DC12 0.0	$\frac{12}{1-0}$	$\frac{0.45}{2}$	$\frac{12}{单 叠 绕 组}$	DS-14 6 × 6.5	$\frac{0.8}{1}$	$\frac{86}{2}$	57.8 × 44	55 × 54 × 14	
300 毫 米 火 车 用 非 烟 扇 (铸 铁) 30 ZP	DC110 0.325	$\frac{12}{1-0}$	$\frac{0.25}{2}$	$\frac{92}{单 叠 绕 组}$	DS-14 6 × 6.5	$\frac{0.41}{1}$	$\frac{650}{2}$	57.8 × 44	55 × 54 × 14	
	DC220 0.165	$\frac{12}{1-0}$	$\frac{0.105}{2}$	$\frac{220}{单 叠 绕 组}$	DS-14 6 × 6.5	$\frac{0.173}{1}$	$\frac{580}{2}$	57.8 × 44	55 × 54 × 14	
	DC50 0.765	$\frac{12}{1-0}$	$\frac{0.41}{2}$	$\frac{80}{单 叠 绕 组}$	DS-14 6 × 6.5	$\frac{0.62}{1}$	$\frac{298}{2}$	57.8 × 44	55 × 54 × 14	

(续表)

产品名称规格	电枢绕组数据		定子绕组数据						
	电压 负载电流 (安)	槽数 节距	线径 股数	每只圈数 绕组形式	电刷型号 电刷尺寸	线径 股数	每极匝数 每台线包数	铁心 直径×长度	线模 长×宽×厚
300 毫米缸 用台壁扇 1 CTB-2 3	DC50 0.77	$\frac{12}{1-6}$	$\frac{0.27}{2}$	48 单叠绕组	DS-14 6×6.5	$\frac{0.41}{1}$	$\frac{360}{2}$	46×26	55×31×12
	DC24 AC26 1.96	$\frac{12}{1-6}$	$\frac{0.38}{2}$	22 单叠绕组	DS-14 6×6.5	$\frac{0.59}{1}$	$\frac{157}{2}$	46×26	55×31×12
	DC36 AC220 0.61	$\frac{12}{1-6}$	$\frac{0.12}{8}$	203 单叠绕组	DS-14 6×6.5	$\frac{0.19}{1}$	$\frac{1500}{2}$	46×26	55×31×12
	DC110 AC220 0.365	$\frac{12}{1-6}$	$\frac{0.17}{2}$	100 单叠绕组	DS-14 6×6.5	$\frac{0.37}{1}$	$\frac{750}{2}$	46×26	55×31×12
	DC12 3.35	$\frac{12}{1-6}$	$\frac{0.55}{2}$	10 单叠绕组	DS-14 6×6.5	$\frac{0.625}{2}$	$\frac{70}{2}$	46×26	55×31×12

注: 有 ⊗ 标记为交流和中频 1000 兆赫电源之用, 其中有 ▲ 标记为参考数据。

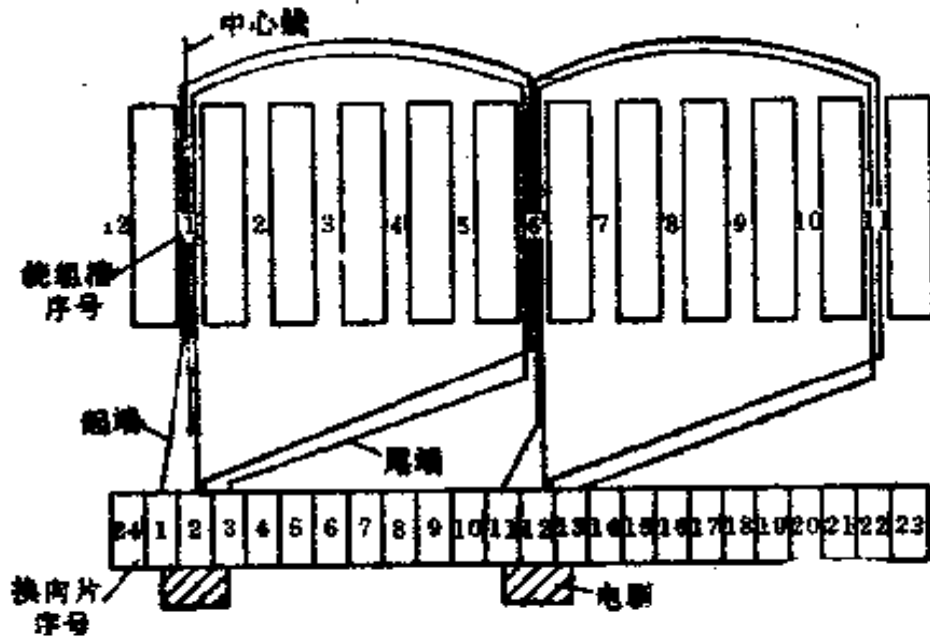


表 5-104 附图 绕组出线位置

表 5-104 电枢绕组排列表

绕组序号	12 槽绕组跨距槽序号	绕组线头接换向片序号	
		起端线接换向片	尾端线接换向片
1	绕组跨距 1 至 6	1-2	2-3
2	绕组跨距 6 至 11	11-12	12-13
3	绕组跨距 11 至 4	21-22	22-23
4	绕组跨距 4 至 9	7-8	8-9
5	绕组跨距 9 至 2	17-18	18-19
6	绕组跨距 2 至 7	3-4	4-5
7	绕组跨距 7 至 12	13-14	14-15
8	绕组跨距 12 至 5	23-24	24-1
9	绕组跨距 5 至 10	9-10	10-11
10	绕组跨距 10 至 3	19-20	20-21
11	绕组跨距 3 至 8	5-6	6-7
12	绕组跨距 8 至 1	15-16	16-17

表 5-105 交流电扇常见故障及其处理方法

故障现象	可 能 原 因	处 理 方 法
一、电扇不能起动	1. 罩极绕组接触不良 2. 定子绕组断路 3. 电扇二头轴承太紧 4. 轴承孔太松引起定转子相擦 5. 电容器损坏	1. 查出故障点,重新焊接 2. 将断路接通或调换新绕组 3. 用活络绞刀适当绞松轴承孔 4. 更换轴承 5. 调换同规格的电容器
二、电扇有时转有时不转	1. 进线损坏或折断 2. 连接线焊接不良 3. 开关内部零件接触不良 4. 主、辅绕组断路或碰线 5. 摇头零件配合过紧 6. 电容器接线接触不良	1. 换进线 2. 重新焊接 3. 修复及调换开关 4. 接线及调换新绕组 5. 修配过紧零件 6. 将接线头重新焊接
三、电扇发热	1. 定转子空隙内有杂物轧住 2. 缺少润滑油 3. 绕组短路 4. 新配轴承与转轴配合过紧 5. 绕组极性接反 6. 台扇前后盖风道阻塞 7. 摇头部分不灵活	1. 消除杂物 2. 加润滑油 3. 调换绕组 4. 用活络绞刀适当绞松轴承孔 5. 纠正接线 6. 擦清风道 7. 修理摇头机构
四、电扇转速慢	1. 吊扇平面轴承损坏或缺油 2. 吊扇转子下沉 3. 电源电压过低 4. 绕组匝间短路 5. 绕组接头接反 6. 绕组匝数过多或导线过细 7. 电容器损坏 8. 风叶重或风叶斜度太大	1. 调换平面弹子或加油 2. 使其恢复原位 (注意平面对齐) 3. 调整电压 4. 调换绕组 5. 纠正接线 6. 查明铭牌数据重绕 7. 调换同规格的电容器 8. 调换风叶或校正斜度

(续表)

故障现象	可 能 原 因	处 理 方 法
五、电扇调速失灵	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 调速绕组短路或损坏</li> <li>2. 开关接触不良</li> <li>3. 调速绕组出线焊接不良</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 重绕调速绕组</li> <li>2. 用细砂皮打光触点</li> <li>3. 整理重焊出线</li> </ol>
六、电扇运转时有杂声	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 定子与转子平面不齐</li> <li>2. 定转子空隙内有杂物擦响</li> <li>3. 轴承松或损坏</li> <li>4. 轴向移动(前后伸缩)大</li> <li>5. 调速绕组铁片松动</li> <li>6. 风叶支头螺钉支得不好</li> <li>7. 风叶轻重不平衡</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 对齐定、转子平面</li> <li>2. 清除杂物</li> <li>3. 调换轴承</li> <li>4. 适当垫纸拍垫圈</li> <li>5. 拧紧调速绕组铁片夹紧螺钉</li> <li>6. 注意风叶位置、旋紧支头螺钉</li> <li>7. 校正或调换风叶</li> </ol>
七、电扇外壳带电	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 绝缘老化、导线与外壳相碰</li> <li>2. 绕组烧坏</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 重绕绕组</li> <li>2. 重绕绕组</li> </ol>
八、电扇运转时震动	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 风叶不平衡</li> <li>2. 轴伸头弯曲</li> <li>3. 风叶套筒与转轴公差大</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 校正风叶</li> <li>2. 校直或调换转轴</li> <li>3. 镶套筒或调换风叶</li> </ol>
九、台扇有时摇头有时要停一下再摇头	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 摇头机构单边磨损</li> <li>2. 摇头传动部分不灵活</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 调换磨损零件</li> <li>2. 擦洗、加油整理传动机构</li> </ol>
十、台扇不会摇头	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 连杆横担损坏</li> <li>2. 连杆开口销脱落或断掉</li> <li>3. 齿轮磨损失去传动能力</li> <li>4. 摇头传动部分不灵活、转不动</li> <li>5. 上摇头缺少偏心轮垫圈</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 调换连杆横担</li> <li>2. 重配开口销</li> <li>3. 调换磨损齿轮</li> <li>4. 擦洗、加油</li> <li>5. 装偏心轮垫圈</li> </ol>

(续表)

故障现象	可能原因	处理方法
十一、新式台扇不会摇头	1. 新式台扇的摇头拉线部位不正及摇头拉线损坏 2. 离合器弹簧断裂 3. 齿轮箱内离合器上端弹簧较松, 离合器不能啮合, 只有打滑声 4. 离合器下面滚珠脱落 5. 软轴钢丝接头脱焊 6. 软轴钢丝二头套筒夹紧螺钉松动 7. 紧定螺钉旋得太紧造成轧住 8. 台扇倾斜运转时角度盘打滑不能摇头 9. 角度盘滚珠脱落, 弹簧嵌入角度盘孔内 10. 滚珠在接头内轧住不灵活	1. 换摇头拉线 2. 调换弹簧 3. 调换一根较紧弹簧或者原来弹簧拉长一点也可 4. 重新装好 5. 重新焊接 6. 将软轴二头滚筒纳入槽里, 然后旋紧螺钉 7. 将紧定螺钉适当回松一些 8. 只须将角度盘边缘上一根红线对准紧定螺钉旋紧 9. 配上脱落滚珠 10. 检查滚珠孔内弹簧使滚珠灵活
十二、电扇在运转或开动时冒火花	1. 绕组受潮 2. 导线绝缘损坏碰线 3. 绕组碰壳 4. 主、辅绕组间绝缘损坏	1. 干燥后浸漆 2. 重绕绕组 3. 加强绝缘或调换绕组 4. 加强绝缘或调换绕组
十三、揿接式摇头钮, 按下时台扇不会摇头	齿距磨损不起摇头作用	换上同规格零件
十四、台扇琴键开关 1、2、3 档中任何二档被同时扣住	自锁片脱落或失去作用	重新修配



(续表)

故障现象	可能原因	处理方法
十五、台扇琴键开关 1、2、3 档按下不通电	1. 通电导线与开关脱头 2. 通电簧使用日久变形与通电片不接触	1. 重新焊牢 2. 拆下开关将通电簧折弯使之与通电片接触
十六、塑料按钮与开关脱开	脱胶	可用万用胶粘合
十七、电扇定时开关发生故障	1. 指示器开关损坏 2. 时间继电器接线脱头	1. 修理或调换开关 2. 重新焊牢
十八、电扇在运行时指示灯不亮	1. 灯座螺口松 2. 灯座与电抗器引线接头脱落或接触不良 3. 指示灯、电阻或绕组折断 4. 灯泡损坏	1. 调换灯座 2. 整理重焊 3. 修理无效时调换电阻或绕组 4. 换灯泡
十九、电容式电扇运转不正常, 有时会倒转	1. 电容器损坏 2. 起动绕组开路	1. 调换同规格的电容器 2. 重新接线无效时, 可调换绕组

表 5-106 转页扇中微电动机的常见故障及修理

故障	原因及处理方法
通电不运转	1. 电路中有开路现象 2. 机械部分转动不灵活, 或负载过大 3. 磁钢失磁, 内外铁芯相擦
出轴端力矩小	1. 供电电压偏低, 或绕组与输入电压不匹配 2. 磁钢失磁(磁场强度减弱) 3. 同心度差, 电磁间隙不均匀
电机发热	1. 绕组中有短路现象 2. 负载过大或电压超过规定值
电机的倒顺转向不正常	电机受阻后会自行改变转向, 这是该电机的特点。如果转页轮不能正确地改变转向, 或只能单向运转无受阻位置时, 应找出受阻或无阻部位, 经修理才能恢复正常运转

表 5-107 直流及交直流电扇电动机常见故障及修理

故 障	原 因 及 处 理 办 法
电动机不起动	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 线路及连接部位接触不良</li> <li>2. 起动机负载过大, 检查风叶角度是否增大, 风叶表面油漆厚度是否太厚</li> <li>3. 电刷接触不良, 位置不正。检查电刷在刷盘内是否灵活, 压力是否正常, 位置是否正确</li> <li>4. 串激绕组接反及接错</li> </ol>
电动机转速不正常	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 电刷不在正常位置</li> <li>2. 串励电动机接线错</li> <li>3. 绕组有短路可采用电阻法或电流法逐级进行对比检查</li> </ol>
电动机电枢冒烟	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 换向器或电枢短路。检查是否有导电粉尘、金属切屑混入换向器或电枢绕组用电压降法找出短接部位后进行排除</li> <li>2. 定转子铁芯相摩擦检查气隙内是否有杂质, 轴承是否磨损、装配是否正确</li> </ol>
运转时换向器表面火花大	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 电刷磨损过度、压力不够。按制造厂规定牌号换新, 或相似牌号代用</li> <li>2. 换向器表面不平、云母片凸出。换向器表面应修复平整、云母片应低于换向片表面 0.4~0.6 毫米, 凹槽内无导电杂质</li> <li>3. 过载或负载波动大</li> <li>4. 电刷不在规定位置</li> <li>5. 电枢超温后, 电枢绕组线头与换向片有脱焊。用毫伏(或毫安表)检查换向片之间压降(或分流)应平衡, 如果某二片之间测量值出现异常, 就说明该处有脱焊或短接, 应补焊修复(采用低压直流电)</li> </ol>

(续表)

故 障	原 因 及 处 理 办 法
机壳漏电(绝缘电阻低于2兆欧)	1. 电机绕组绝缘经500伏兆欧表测量后,发现其值低于2兆欧,应检查原因。如受潮应烘干。排除故障后使用 2. 如绝缘损坏,需找出损坏处并予以排除
CTB2型交直流中频通用电扇出现: 1. 直流运转正常、交流或中频使用时转速慢 2. 直流交流转速都比较慢 3. 通电后不转、AB点通规定直流电压也不转 4. 通电后转速慢或不转,容器盒发热	1. 容器盒有故障应修理或更换 2. 容器盒有故障,修理或更换 3. 电机电路中有开路现象 4. 更换容器盒

3. 电扇电动机主要技术参数 表5-99所列为国产电扇电动机的主要技术参数,表5-100为国产电扇易损件规格与型号。电扇电机绕组技术数据见表5-101~表5-103。

在特殊场合如火车、轮船等场所电扇电机采用12伏、24伏、54伏、75伏、110伏等几种电源,电枢绕组采用单叠式,电枢绕组出线槽对准换向片的顺序排列,如表5-104所示。

4. 电扇常见故障与处理方法 见表5-105~表5-107。

5. 电扇维修安装经验点滴

(1) 更换转轴: 转轴磨损变细、弯曲或螺纹磨损后就要调换转轴。更换方法是:

用小压床把转轴套在套筒里,如图5-32所示,从轴头向下压,把转轴压出转子,然后再把新的转轴压进去,用此方法时转子及转子的小风叶不易损坏,也可把转轴放在套筒上,用榔头打出转轴。

(2) 台扇风叶校正: 校正叶片轻重,可以将风叶套在好的转轴上或类似转

轴大小的光滑铁棒上,然后把转轴两头放在支架上,支架要水平放置,此时轻轻拨动风叶,如某叶片总是在下面,就说明这一叶片重了些,可将此叶适当地

修剪一下再试,在校验中一定要细心,转轴与架子的接触面要小。

校正风叶平面,可以旋转风叶,使各片叶子前端到保护罩前面某一点的距离相等,再校各片风叶后端到防护罩后面某一点的距离都相等,避免叶片前后不一而引起震动。

(3) 轴承的维护:每用两年左右后,把含油轴承拆下来旋转  $90^\circ$ ,使原来上下方向改变为左右方向安装,这样可延长使用年限。

(4) 台扇安装、使用时应注意:在工场或导电场所的台扇引线应采用三芯橡皮线或塑料线,并应使用三脚插头,其金属外壳与插头上的接地柱(大脚)应有可靠的连接。

台扇与插座均安装在 2.2 米以上的位置时,其金属外壳可不接地,电源线可用胶质线及花线。

(5) 吊扇转速慢的检修方法:有些老式吊扇的起动力矩小,风力很弱,如用电压表测量定子绕组的电压,可以很快地查出有无故障。

[检查绕组匝间短路方法] 首先抽出转子,然后将定子绕组接头上的黑包布或套管全部拆去,再将定子绕组通入  $1/3$  额定电压,并用一只 50 伏交流电压表(一般万用表)来测量,如图 5-33 所示。如果量得每只绕组的电压都一样,说明匝间没有短路。

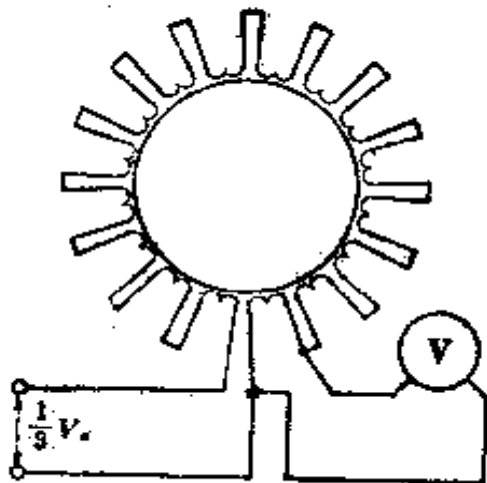


图 5-33 绕组匝间短路的检查

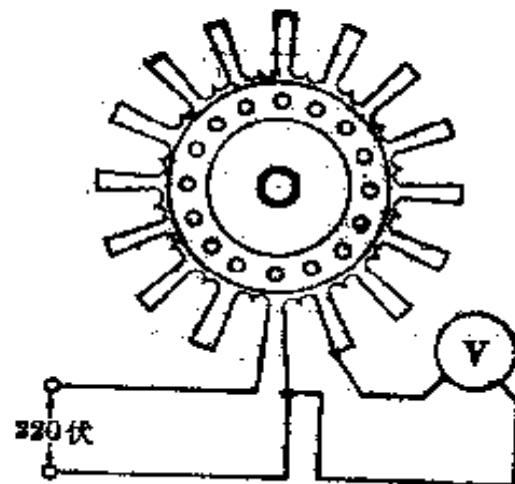


图 5-34 转子断条的检查

**〔转子断条检查法〕** 消除定子绕组匝间短路故障后，再检查转子。装进转子，使其不转动，定子绕组通以额定的电压（时间短问题不大）再用 50 伏交流电压表测量，如图 5-34 所示。如果量出每只绕组的电压相同，则转子没有故障，如果量出某一只绕组的电压升高了，说明该处铜排内层已经脱焊或断条。

查出故障后，只需在这些脱焊处重焊一下，便可恢复使用。不过在焊接时，先要把转子加热到一定温度，否则难以焊牢。

电扇修好以后，起动力矩增大，风力等都可恢复正常。

### 三、QY 型浅水排灌电机

浅水排灌电机是泵机合一体的电力排灌设备。它具有体积小、重量轻、移动方便、安装简单、开车前不要引水等优点。

1. 电机的结构与性能 常用的 QY 型油浸式电机，如图 5-35 所示，它由两个基本部分组成。

(1) 水泵部分：在电机上端，可装配不同类型的泵，即轴流泵、混流泵、离

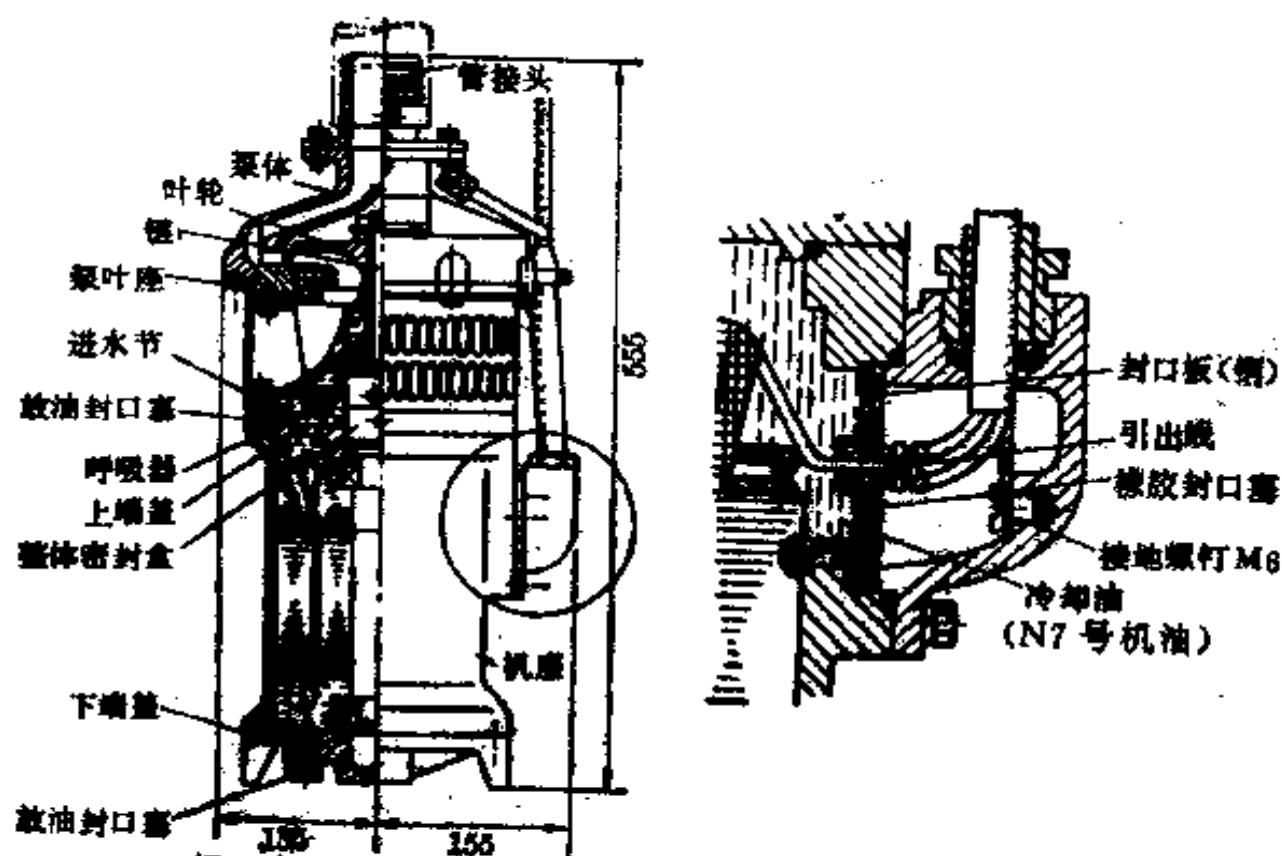


图 5-35 QY 型 15 米油浸式电机的结构

表5-108 QY型油浸式潜水电源技术参数

型 号	QY-3.5	QY-7A	QY-15	QY-25	QY-40A	QY	QY	QY
额定流量(米 <sup>3</sup> /时)	100	65	25	15	8.4	40	25	15
额定扬程(米)	3.5	7	15	25	40	16	26	36
水泵型式	轴流泵	混流泵	离心泵	离心泵	二级离心泵	离心泵	离心泵	离心泵
出水口径(毫米)	125	100	50	40	25	65	50	40
额定电压(伏)	380	380	380	380	330	380	380	380
额定电流(安)	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	6.7	6.7	6.7
额定转速(转/分)	2860	2860	2860	2860	2860	2860	2860	2860
绝缘等级	E	E	E	E	E	E	E	E
功率因数	0.83	0.82	0.82	0.82	0.82	0.83	0.86	0.86
机组效率(%)	40	43.5	40.5	37.5	30	51.5	47.9	40
额定频率(赫)	50	50	50	50	50	50	50	50
配用功率(千瓦)	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	3	3	3
质 量(千克)	45	48	50	55	50	50	50	52

心泵或二级离心泵,共有8种规格。

(2) 电动机部分:位于电泵下端,其结构除由定、转子与上下端盖组成外,与普通电动机不同的是上盖轴端有一套整体式双端面机械密封盒部件(动密封),各配合面均装有耐油橡胶制成的O形密封圈(静密封),能有效地保证电动机长期在水中运行而不漏水,达到电动机在水中运行的目的。油浸式电泵必须在电动机空腔内和机械密封油室灌满N7\*机械油,以保证使用寿命。

QY型油浸式浅水排灌电泵性能数据如表5-108所示。

### 2. 电泵的使用

(1) 使用条件:一般清水,如河水、湖水和井水等;水中含沙量或不溶于水的固体含量不超过0.024%;水中pH值为6~8。超过上述规定使用,将对电泵加速磨损,降低使用寿命。

(2) 电泵配用的出水管内径应符合规定要求,内径大小不符或长度过长均会影响流量,降低效率和浪费电力。

(3) 选择的电源容量应在5.5千伏安以上;使用的电压应在340~420伏之间,如果电泵离电源距离较远时,应用足够截面的导线连接,如表5-109所示。

(4) 电泵应有可靠的接地装置。若无固定的地线可在电源或电泵附近潮湿处埋入一根1米以上的金属棒(铁棒、自来水管)作接地装置,以保证安全。

(5) 电泵使用时,均应安装过电流保护开关,以保护电泵在异常情况下能及时切断电源,保证电机绕组不致烧坏。

(6) 电泵停车再开时,应经常检测绝缘电阻值:如低于1兆欧时,应排除故障后再开车,以免烧坏电机的绕组。

(7) 新电泵使用前应检查密封油室是否加满油。如不满,应用油壶补满。电泵使用后,每隔三个月在上述两处补充新油,可以延长机械密封的使用寿命。

表 5-109 接线电缆的规格

电泵到电源距离(米)	200 以下	200~500	500~800	800~1000
YHZ 型电缆规格 股数/单根直径(毫米)	7/ $\phi$ 0.52	19/ $\phi$ 0.52	19/ $\phi$ 0.64	19/ $\phi$ 0.82

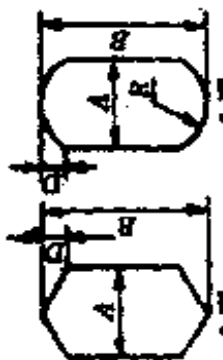
表 5-110 QY 电泵常见故障及处理方法

故障现象	可 能 原 因	处 理 方 法
一、不能 启动	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 电源电压过低</li> <li>2. 电源断电、电缆线折断</li> <li>3. 泵叶轮轧住</li> <li>4. 电缆线电压降过大</li> <li>5. 电机定子绕组烧坏</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 调整电压到 342~418 伏</li> <li>2. 查出断电原因, 按电缆规格表 调换电缆</li> <li>3. 拆开导向件, 清除杂物</li> <li>4. 调换较粗的电缆</li> <li>5. 更换绕组</li> </ol>
二、突然 不转	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 空气开关跳开或熔丝烧断</li> <li>2. 叶轮轧住</li> <li>3. 电源断电</li> <li>4. 定子绕组烧坏</li> <li>5. 出线盒进水, 相线烧断</li> <li>6. 电缆发胖</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 检查电泵扬程使之不低于使用 扬程, 消除电源进线、电机绕组的 故障</li> <li>2. 清除垃圾</li> <li>3. 找出断电原因, 消除故障</li> <li>4. 更换绕组</li> <li>5. 重新装配接线盒, 调整涨紧垫 圈位置, 拧紧螺母</li> <li>6. 重新接线, 调换封口塞橡皮</li> </ol>
三、出水 量小	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 电压太低</li> <li>2. 叶轮气隙太小</li> <li>3. 叶轮损坏或叶轮空腔内有杂物</li> <li>4. 电泵反转</li> <li>5. 扬程太小</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 调整电压</li> <li>2. 减少垫片</li> <li>3. 更换新叶轮或清除杂物</li> <li>4. 对换二根进线</li> <li>5. 调整到电泵的扬程范围内</li> </ol>
四、声音 不正常	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 电泵入水太浅</li> <li>2. 叶轮与导向件响</li> <li>3. 电泵反转</li> <li>4. 甩水器与尼龙轴承座相擦</li> <li>5. 轴承磨损</li> <li>6. 二相运转</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 必须放在水下 0.5~3 米深处</li> <li>2. 加工或调整</li> <li>3. 对换二根进线</li> <li>4. 更换新的尼龙轴承座或甩水器 加垫片</li> <li>5. 更换新轴承</li> <li>6. 检查线路予以修复</li> </ol>
五、定子 绕组烧坏	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 绕组匝间短路</li> <li>2. 绕组进水后对地击穿</li> <li>3. 二相运转时间过长</li> <li>4. 电泵脱水运行时间过长</li> <li>5. 电泵堵转时间过长</li> <li>6. 电泵开停过于频繁</li> </ol>	<p>拆除损坏绕组、按绕组规定数据 重新绕线、嵌线、接头, 并进行绝缘 处理</p>



表 5-111 QY 型油浸式潜水电泵铁芯绕组技术参数

型号	功率 千瓦	极数	定子铁芯			绕组								组			型式		
			外径 毫米	内径 毫米	长度 毫米	槽数	线规 (根-毫米)	每槽线数	每圈匝数	每联圈数	每台联数	并联路数	绕组型式	节距	线重 每台 千克	型式	A	B	D(R)
QY-3.5 QY-7A QY-15 QY-25 QY-40A	2.2	2	143	82	100	24	QZ-2 1-0.71	94	94	2	6	2	同心	1-11 2-11	2.45	II	96 86	231 201	(46) (43)
QY-3.5 (节能型) QY-7A (节能型) QY-15 (节能型) QY-25 (节能型) QY-40A (节能型)	2.2	2	143	78	95	24	QZ-2 1-0.71	96	96	3	6	3	同心	1-11 2-11	2.33	II	100 83	225 197	31(51) 31(43)
QY40-16-3 QY25-20-3 QY15-26-3	3	2	143	78	130	24	QZ-2 1-0.8	70	76	2	6	2	同心	1-12 2-11	2.57	II	100 83	250 232	31(51) 31(43)



(8) 电泵外面须用竹篮或铁丝网罩罩住,以防杂草堵塞电泵格栅网孔,而影响流量或轧住电泵叶轮,而烧坏电机。

(9) 电泵潜入水时,应垂直竖起,不得横卧,不得陷入泥中,潜入水中深度不要超过3米。要注意电泵不能露在水外工作,在水外空气中运转时间不得超过5分钟。

QY型电泵常见故障及处理方法见表5-110。

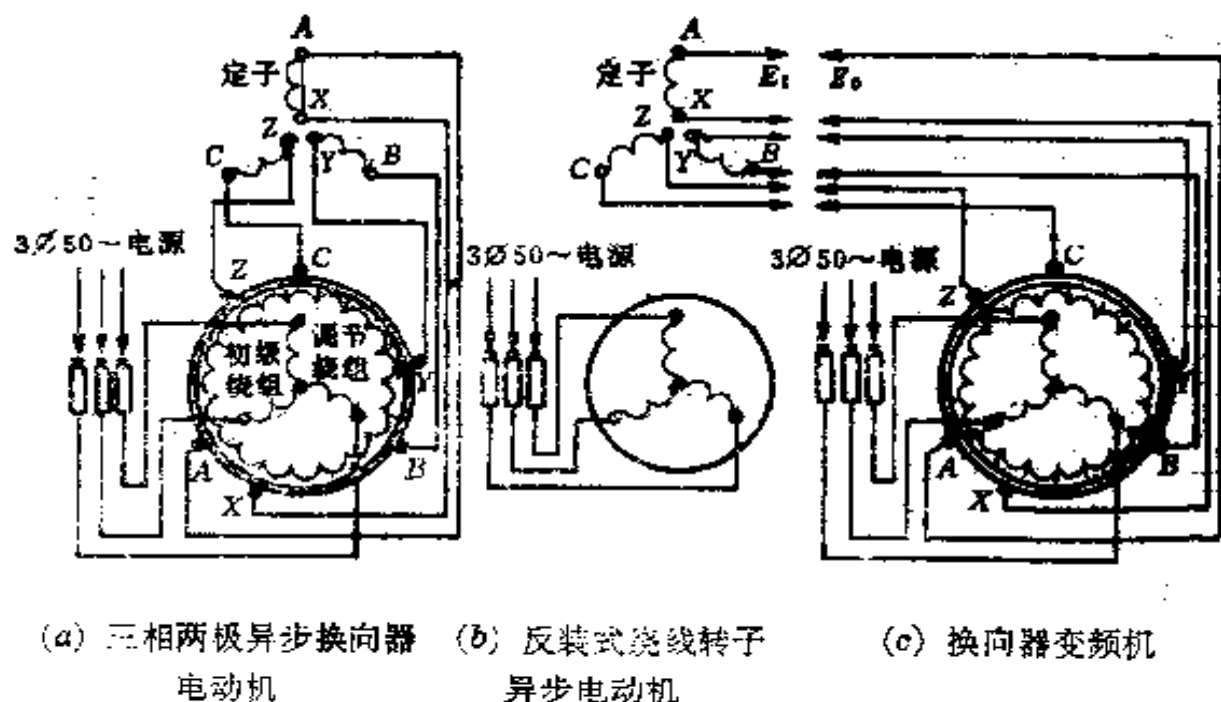
3. 电泵的铁芯和绕组技术数据 见表5-111所示。

#### 四、JZS2三相异步换向器变速电动机

JZS2三相异步换向器变速电动机是一种恒转矩交流调速电动机,广泛应用于印染、印刷、造纸、纺织、橡胶、制糖和塑料等工业,以及作为通风和各种试验设备中的动力。

1. 换向器变速电动机的结构 三相异步换向器电动机相当于一台反装式绕线转子异步电动机和一台换向器变频机的混合体,如图5-36所示。

定子槽内嵌有一套副绕组,它是多相双层短距绕组,每相定子绕组的首末两端和换向器的两组电刷引出线相连接。定子副绕组的相数一般有三相、四相、五相、六相、七相等。



(a) 三相两极异步换向器电动机 (b) 反装式绕线转子异步电动机 (c) 换向器变频机

图5-36 三相异步换向器电动机的等效图

三相异步换向器电动机 = 反装式绕线转子异步电动机 + 换向器变频机

转子槽内嵌有两套绕组,一套是主绕组,由双层短距线圈组成,嵌在槽的下部,可接成Y或 $\Delta$ 接法,通过集电环与三相电源相连;另一套是与换向器相连的调节绕组,嵌在主绕组的上部,用以产生调节电动势,调节电动机的转速和改善低速运行时的功率因数。有的在转子槽顶上还嵌有放电绕组,它的作用是改善换向,如图5-37所示。

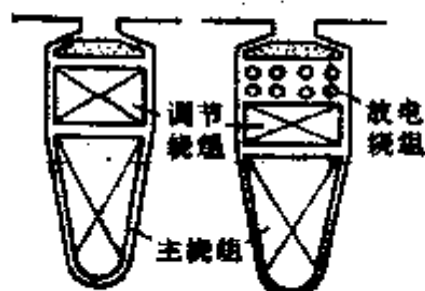
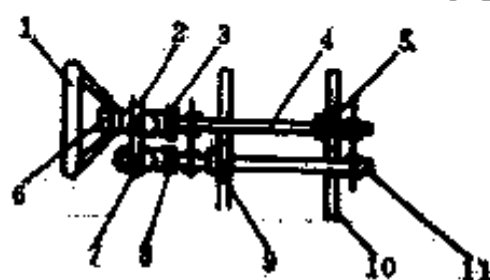


图5-37 异步换向器电动机  
转子槽内绕组的安排



表5-112附图



1. 手轮; 2. 调速齿轮; 3. 遥控传动齿轮;
4. 手轮轴; 5. 电刷转盘传动齿轮; 6. 尼龙螺栓;
7. 调速齿轮; 8. 限位器传动齿轮; 9. 电刷转盘传动齿轮;
10. 电刷转盘;
11. 传动轴

图5-38 异步换向器电动机  
的移刷机构

调节电动机转速的移刷机构主要由手轮、电刷转盘和联动齿轮组成,如图5-38所示。两个差动齿轮的齿数比一般有17:19、21:23、23:25、29:31等几种。所有各相电刷分别装在两块转盘上。转动手轮可以使同相电刷同时移开或靠拢,即可调节电动机的转速和功率因数。

2. 换向器变速电动机技术数据 见表5-112。

3. 换向器变速电动机的故障及检查方法 见表5-113。

## 五、电磁调速异步电动机(滑差电动机)

电磁调速异步电动机由单速或多速鼠笼型异步电动机和电磁转差离合器组成。通过控制器可在较广范围内无级调速。它的调速比通常有20:1、10:1和3:1等几种。电磁调速电机结构简单,运行可靠,维修方便,适用于纺织、化工、造纸、塑料、水泥和食品等工业,作为恒转矩和风机类型等设备的动力。

表 5-112 JZS2 系列

型 号	铭 牌 主 要 数 据					初		
	功 率 (千瓦)	调速范围 (转/分)	初级 电压 (伏)	频 率 (赫)	次级 电压 (伏)	极 数	槽 数	线圈数
JZS2 51-1	3~1	1410~470	380	50	26.5	6	36	36
JZS2 51-2	4~0	2800~0			21	4	36	36
JZS2 52-1	5~1.67	1410~470			87.1	6	36	36
JZS2 52-2	7~1.7	2200~550			44.8	4	36	36
JZS2 52-3	7.5~0	2650~0			28	4	36	36
JZS2 61-1	10~3.3	1410~470			35.5	6	36	36
JZS2 61-2	12~3	2200~550			67.1	4	36	36
JZS2 61-3	15~5	1410~470			52.5	6	36	36
JZS2 62-1	24~4	2400~400			51.6	4	36	36
JZS2 71-1	17~0	1800~0			31	6	45	45
JZS2 71-2	22~7.3	1410~470			61.5	6	45	45
JZS2 8-1	30~10	1410~470			76	6	54	54
JZS2 8-2	40~4	1600~160			50.6	6	54	54
JZS2 8-3	40~13.3	1410~470			76	6	54	54
JZS2 9-1	55~18.3	1050~350			56.7	8	48	48
JZS2 9-2	60~6	1200~120			50.7	8	48	48
JZS2 9-3	75~25	1050~350			74.3	8	48	48
JZS2 10-1	100~33.3	1050~350			109.4	8	72	72
JZS2 10-2	100~16.7	1200~200			72.5	8	72	72
JZS2 10-3	125~41.7	1050~350			103.4	8	72	72
JZS2 11-1	160~53.2	1050~350	104	8	72	72		

注: 1. “线规”一列中, 括号内数值是等效的新线规。2. 初级绕组“接法”一列示虚设线圈一只, 线圈二头都不和换向片相联。4. 表中所列为上海先锋电

## 绕组数据

级		绕		组		
每组圈数	每圈匝数	并联路数	节距	接法	线规	线重
2	21	1	1-6	Y	2- $\phi$ 1.3	9.4
3	30	3	1-8		$\phi$ 1.08 ( $\phi$ 1.06)	4.8
2	15	1	1-6		3- $\phi$ 1.2 (3- $\phi$ 1.18)	9.5
3	22	1	1-8		$\phi$ 1.4	7.1
3	22	2	1-8		$\phi$ 1.4	7.1
2	41	3	1-6		$\phi$ 1.45	19
3	20	2	1-8		2- $\phi$ 1.4	14
2	29	3	1-6		2- $\phi$ 1.2 ( $\phi$ 1.18)	14.5
3	11	2	1-8		3- $\phi$ 1.5	16.3
2, 3, 2, 3	20	3	1-7		3- $\phi$ 1.25	21.2
2, 3, 2, 3	20	3	1-7	3- $\phi$ 1.25	21.2	
3	10	3	1-9	3- $\phi$ 1.3	17	
3	10	3	1-9	3- $\phi$ 1.45	21	
3	10	3	1-9	3- $\phi$ 1.45	21	
2	16	4	1-6	4- $\phi$ 1.3	30.6	
2	14	4	1-6	4- $\phi$ 1.45 单玻璃漆包	38	
2	14	4	1-6	$\phi$ 1.5; 2- $\phi$ 1.5 聚酯亚胺	20.9 22.3	
3	9	4	1-9	6- $\phi$ 1.45 单玻璃漆包亚胺	59	
3	9	4	1-9	同上	59	
3	9	4	1-9	4- $\phi$ 1.45 4- $\phi$ 1.5	38 40	
3	9	4	1-9	2- $\phi$ 1.5	76	

中，“Y 串联”表示其接线如附图所示。3. 调节绕组“圈匝数”一列中， $D=1$  是表机产品规格，“ $D=2$ ”线规”一列中，除注明材质外均为聚酯漆包线。

型 号	次 级 (定 子) 绕							接法
	相数	槽数	线圈数	每组圈数	每圈匝数	并联 路数	节 距	
JZS2 51-1	3	54	54	3	5	3	1-9	
JZS2 51-2	5	50	50	5	4	2	1-11	$\frac{180^\circ}{m^2}$
JZS2 52-1	3	54	54	3	5	3	1-9	
JZS2 52-2	5	50	50	5	3	1	1-11	
JZS2 52-3	5	50	50	5	4	2	1-10	
JZS2 61-1	4	48	48	4	8	3	1-8	$360^\circ$
JZS2 61-2	6	48	48	4	10	2	1-12	$m^2$
JZS2 61-3	4	48	48	4	8	3	1-8	
JZS2 62-1	6	48	48	4	4、5、4、5	2	1-10	
JZS2 71-1	5	60	60	2	8	6	1-8	$\frac{180^\circ}{m^2}$
JZS2 71-2	5	60	60	2	15	6	1-9	$m^2$
JZS2 8-1	6	72	72	4	6	3	1-11	
JZS2 8-2	6	72	72	4	4	3	1-11	
JZS2 8-3	6	72	72	4	6	3	1-11	
JZS2 9-1	5	60	60	3	6	4	1-8	$360^\circ$
JZS2 9-2	5	60	60	3	5	4	1-7	$m^2$
JZS2 9-3	5	60	60	3	7	4	1-8	
JZS2 10-1	7	84	84	3	5	2	1-10	
JZS2 10-2	7	84	84	3	7	4	1-10	
JZS2 10-3	7	84	84	1、2、1、2	5	2	1-11	$\frac{180^\circ}{m^2}$
JZS2 11-1	7	84	84	3	10	4	1-10	$\frac{360^\circ}{m^2}$

(续表)

组		调 节 绕 组				
线 规	线 重	换向片数	换向片节距	接 法	线圈数	每槽根数
2- $\phi$ 1.50	6	107	1-36	双波	108 $D=1$	
2- $\phi$ 1.2 ( $\phi$ 1.18)	3	108	1-2	单叠	108	3
3- $\phi$ 1.25	6.5	107	1-36	双波	108 $D=1$	
3- $\phi$ 1.4	4.5	108			108	
2- $\phi$ 1.35	4					
2- $\phi$ 1.3 1- $\phi$ 1.35	6.24 3.36	144	1-2	单叠	144	
2- $\phi$ 1.40	10.7					
2- $\phi$ 1.3 1- $\phi$ 1.35	6	180	1-3	双叠	180	4
4- $\phi$ 1.45	11.5					
2- $\phi$ 1.30 $\phi$ 1.56	8.8 12	216	1-2	单叠	180	
3- $\phi$ 1.25	13.5					
3- $\phi$ 1.62 (1.6)	14.5	240			216	
3- $\phi$ 1.95	14.6					
4- $\phi$ 1.45 单坡漆包	21	240			240	
5- $\phi$ 1.45 单坡漆包	22.4					
5- $\phi$ 1.56	35.2	360	1-3	双叠	240	5
6- $\phi$ 1.45	37					
4- $\phi$ 1.45 聚酯亚胺	35	360			360	
4- $\phi$ 1.56 2- $\phi$ 1.62(1.6)	32.5 16.2					
4- $\phi$ 1.76	54					

型 号	调 节 绕 组			放 电			
	节 距	线 规	线 重	换向片 节距	接 法	线圈数	每槽 极数
JZS2-51-1	1-7	2.26×3.28 (2.24×3.35) 双玻	4.85				
JZS2-51-2	1-10	1.81×2.83 双玻	4.1				
JZS2-52-1	1-7	2.26×3.28 (2.24×3.35) 双玻	5.7				
JZS2-52-2	1-10	1.81×2.83 双玻	4.8				
JZS2-52-3	1-10	(1.8×2.8)	4.8				
JZS2-61-1	1-6	1.95×3.8	7.5				
JZS2-61-2	1-9	(2×3.75) 双玻	9				
JZS2-61-3	1-6		8.2				
JZS2-62-1	1-10(3根) 1-11(1根)	1.95×3.06 (2×3) 双玻	8.3	1-2	单叠	72	2
JZS2-71-1	1-5	1.95×4.4 双玻	11.9				
JZS2-71-2	1-5	(2×4.5)	11.9				
JZS2-8-1	1-10(3根) 1-11(1根)	1.35×4.4 (1.32×4.5) 双玻	12			103	2
JZS2-8-2		1.56×4.4	14				
JZS2-8-3		(1.6×4.5) 双玻	14				
JZS2-9-1			16				
JZS2-9-2	1-7 (4根) 1-8 (1根)	1.95×4.4 双玻	20.5			240	
JZS2-9-3		(2×4.5)	20.8	1-2	单叠		
JZS2-10-1		1.35×4.4 (1.32×4.5) 双玻	22.5				5
JZS2-10-2	1-10(4根) 1-11(1根)	1.56×4.4 双玻	25			360	
JZS2-10-3		(1.6×4.5)	25				
JZS2-11-1		1.96×4.4 (2×4.5) 双玻	32				



(续表)

绕 组			换向器上电刷			集电环上电刷		
线 规	节距	线重	牌 号	尺寸(毫米) (厚×宽×高)	块数	牌号	尺寸(毫米) (厚×宽×高)	块数
			D376N	7×15×30	18	J164	6×25×40	3
					40			
					18			
					40			
					48			
					60			
φ 1.68 (φ 1.70) 单玻璃漆	1-4	0.6		7×20×30			8×25×40	6
				7×15×30	60			
φ 1.56 单玻璃漆	1-4	1.5		7×20×30	72		12×32×40	
	1-3	4	上海电品 碳刷生		120			
φ 1.68 (φ 1.7) 单玻璃漆	1-4	6.5			7×15×30	168		16×32×40

表 5-113 三相异步换向器变速电动机的故障及检查方法

故障现象	可 能 原 因	检 查 方 法
一、电动机不能起动	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 集电环和电刷间接触不良或者没有接触</li> <li>2. 机座二侧或一侧的定子绕组和电刷引线全部或部分未接牢，或者接触不良</li> <li>3. 换向器上电刷未放下，或者未和换向器接触</li> <li>4. 电刷转盘不在最低速度的位置上</li> <li>5. 在低速位置下动作的行程开关未闭合，主电磁开关也不动作</li> <li>6. 过载起动</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 检查集电环和电刷间的接触是否良好</li> <li>2. 拆开机座二侧的盖板，检查定子绕组和电刷引线是否接牢</li> <li>3. 检查换向器上电刷是否放下去，它们的接触是否良好</li> <li>4. 检查电刷转盘位置</li> <li>5. 检查装在行程开关内的微动开关有无动作</li> <li>6. 闭合主电磁开关后，迅速检查初级电流；如三相电流基本平衡，可将手轮向“快”方向稍微转过一些，但电刷转盘移过的距离以不超过自最低速度到最高速度间的 <math>1/5 \sim 1/6</math> 距离为限，假使移过电刷转盘后，电动机仍不能起动，应立即切断电源，若无其他原因，应选用较大容量的电机</li> </ol>

(续表)

故障现象	可能原因	检查方法
二、电动机过热	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 定子绕组匝间短路(在拆开定子绕组和电刷引线间的联结,并通以额定电压时,电动机会以较快速度旋转,各相次级电压也不再相互平衡)</li> <li>2. 换向器上有许多电刷不与换向器相接触(例如许多电刷被轧住在刷握内)</li> <li>3. 换向器上有严重的火花</li> <li>4. 电机过载</li> <li>5. 二块电刷转盘的相对位置不符合要求(这时,次级电流在某一速度后便迅速上升)</li> <li>6. 采用鼓风机冷却的电机中,鼓风机电动机未接通电源,或者旋转方向不符合规定</li> <li>7. 电动机在轻载时单相运行</li> <li>8. 通风道严重地被灰尘堵塞</li> <li>9. 在采用速度继电器作反接制动的电动机上,次级外接电阻太小,以致初、次级回路内有较大的制动电流通过</li> <li>10. 在自冷式或扇冷式电动机上,采用次级外接电阻来降低最低速度时,因电机速度下降而引起通风不良</li> <li>11. 电动机的起动次数过多</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 拆开机座,测定定子绕组和电刷引线的联结线,并使它们相互绝缘,在初级绕组接通具有额定电压的三相交流电源后,用电压表测量定子绕组的相电压</li> <li>2. 检查电刷是否与换向器接触良好(例如有没有轧住在刷握内、电刷磨损过短等),必要时还得检查各根电刷引线上的次级电流</li> <li>3. 察看换向器上的火花,并根据“换向器上火花过大”一项进行检查</li> <li>4. 检查电刷引线上的次级负载电流,以不超过铭牌所规定的数值为限</li> <li>5. 在空载时,检查电动机的电流-转速曲线</li> <li>6. 检查鼓风机是否旋转,它的旋转方向是否符合要求</li> <li>7. 检查三相初级电流和加在初级绕组上的三相电源电压</li> <li>8. 检查进风口、定子背部、转子通风孔以及出风口有否被灰尘堵塞</li> <li>9. 检查反接制动的初、次级电流,并把外接电阻调整到适当数值</li> <li>10. 再适当降低电机负荷</li> <li>11. 电动机在额定负载下运行时,每小时的起动次数应适当减少</li> </ol>

(续表)

故障现象	可能原因	检查方法
三、换向器过热	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 电刷压力过大</li> <li>2. 两块电刷转盘的相对位置不符合要求</li> <li>3. 换向器上火花过大</li> <li>4. 通向换向器的风道被灰尘堵塞</li> <li>5. 刷握和换向器表面相擦 (在运行时有异常声音)</li> <li>6. 电刷牌号不符合要求</li> <li>7. 换向片间的云母槽内有电刷粉末或金属屑粘附, 造成片与片间的局部短路现象</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 用拉秤检查电刷上的压力</li> <li>2. 在空载时检查电动机的电流-转速曲线</li> <li>3. 参照序号六进行检查</li> <li>4. 检查电机的风道和通过换向器表面的风量</li> <li>5. 检查刷握和换向器表面的距离</li> <li>6. 检查和调换电刷牌号</li> <li>7. 清理换向片槽</li> </ol>
四、电动机速度不能调节	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 定子绕组和电刷引线间联接错误 (这时, 在某些电刷下会出现强烈火花)</li> <li>2. 两块电刷转盘的相对位置不符合要求 (这时电动机只能在同步速度附近正常运行, 离开同步速度后, 往往就会有严重的换向火花)</li> <li>3. 后端盖检修后, 内外两块电刷转盘装错</li> <li>4. 检修后定子前后装反</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 根据接头上符号, 检查有否接错, 必要时进行调试</li> <li>2. 在空载时检查电动机的电流-转速曲线</li> <li>3. 根据限位铁或检修前所作标记, 检查电刷转盘有没有装错 (必要时重新调试)</li> <li>4. 检查定子的装配位置, 在集电环和换向器分别按放在转子铁芯两侧的电动机上, 定子绕组的接头线应在集电环一侧</li> </ol>
五、电动机的调速范围不符合要求	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 两块电刷转盘上的限位铁位置装错</li> <li>2. 两块电刷转盘的相对位置不符合要求 (这时, 电动机在调到某一速度后, 便会发生强烈火花)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 拆掉限位铁后, 根据空载速度重新装置限位铁</li> <li>2. 在空载时检查电动机的电流-转速曲线</li> </ol>

(续表)

故障现象	可能原因	检查方法
<p>六、换向器上火花过大</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 部分电刷被轧住在刷握内, 或者电刷磨损过多, 与换向器接触不良</li> <li>2. 电刷压力过小(这对转速较高的电机很重要)</li> <li>3. 电刷压力过大(它破坏了换向器表面的氧化膜, 使换向变坏)</li> <li>4. 二块电刷转盘的相对位置不符合要求(这时可能有二种现象: ① 电机的空载电流-转速曲线不符合要求; ② 负载时, 顺着电机旋转方向移动的一块电刷转盘下, 出现较大的火花)</li> <li>5. 有一块或几块换向片凸出(即跳排)。这时每凸起一块换向片, 就有 <math>p</math> 对角换向片被灼伤(其中 <math>p</math> 为极对数)</li> <li>6. 电刷质量不符合要求</li> <li>7. 电刷和电刷上的辫子线脱开, 或者电刷辫子线严重地被氧化(这时辫子线的颜色变暗)</li> <li>8. 调节绕组和换向器竖片间脱焊(这时在换向器内外都有 <math>p</math> 对角处被灼伤, 而脱焊的换向片却异常光滑, 无灼伤痕迹)</li> <li>9. 电机过载</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 检查电刷能否在刷握内自由上下, 各块电刷和换向器是否接触良好。必要时也可以用钳形电流表检查电刷引线内各相电流是否平衡(一般允许偏差 10% 左右)</li> <li>2. 用拉秤检查加在电刷上的压力</li> <li>3. 用拉秤检查加在电刷上的压力</li> <li>4. 根据二种可能分别检查: ① 电动机的空载电流-转速曲线。② 在负载时松开图 5-38 所示传动轴上的紧固螺母, 并拉出调速机构上的差动齿轮 <math>D</math> 后, 将手轮向“快”或“慢”方向移过一二牙, 再观察电机火花有无改善(此时须复核空载运行情况)</li> <li>5. 切断初级电源, 在电机未停前, 用手按在内外二排电刷上, 检查电刷有无跳动</li> <li>6. 检查电刷牌号(应为 D376 即 DS76 或 D376n 即 DS76n)</li> <li>7. 检查电刷的辫子线</li> <li>8. 拆掉换向器端的后端盖(或者拉起换向器上的全部电刷), 并把额定电压加到初级绕组上, 用 0~5 伏交流电压表逐块测量二相邻(或隔一片)换向片间的电压</li> <li>9. 检查电动机的次级电流(即电刷电流)</li> </ol>

(续表)

故障现象	可能原因	检查方法
七、换向器上电刷磨损较快	1. 换向器上火花过大 2. 换向片两侧有毛刺 3. 换向器表面过分粗糙 4. 电刷牌号不对	1. 根据序号六进行检查 2. 检查换向器表面光滑程度 3. 检查换向器表面光滑程度 4. 检查电刷牌号
八、在按下加减速电钮时, 遥控电动机转动, 而电动机不能调速	1. 遥控机的前面盖板上, 手轮上侧的一个“过载打滑螺母”太松 2. 电刷转盘和端盖间配合过紧或者已发生“铁锈”, 使摩擦系数增加 3. 限位铁位置装置错	1. 用套筒扳手适当扳紧“过载打滑螺母” 2. 除去铁锈, 并加少量滑润油脂 3. 根据空载速度重新装置限位铁
九、遥控装置在自动复位或者达到最快或最慢位置后, 遥控电动机仍未停止	1. 行程开关失灵 2. 控制线路有故障	1. 检查行程开关的动作情况 2. 检查控制线路
十、集电环上火花	1. 电刷和辫子线脱开(这时电刷和刷握间可能有火花) 2. 电刷轧住在刷握内不能自由上下 3. 电刷压力过低, 或者接触不良 4. 集电环表面有油垢或油漆 5. 集电环表面粗糙有砂眼、缩孔或偏心	1. 检查电刷和辫子线间的联接情况 2. 检查电刷在刷握内的活动情况 3. 用拉秤检查加在电刷上的压力, 以及检查电刷和集电环间的接触情况 4. 检查集电环表面 5. 检查集电环表面光滑程度, 并用千分表检查集电环的偏心度
十一、集电环间短路	1. 集电环侧面粘附着较多的铜屑或电刷粉末 2. 空气中含有较多的酸碱, 损坏了集电环绝缘 3. 空气中含有大量水蒸气, 特别是采用在集电环上侧的鼓风机来冷却时 4. 胶木垫圈或环氧树脂绝缘垫圈破裂	1. 用压缩空气清除积垢 2. 测定空气中所含酸碱成分, 必要时改用管道通风 3. 测定空气中所含水蒸气份量, 必要时改用管道通风 4. 检查集电环上各垫圈
十二、绕组绝缘电阻太低	1. 导电部分(例如集电环、电刷支杆、接线板等)绝缘损坏或表面潮湿 2. 换向器侧的电刷辫子线或电刷转盘上支架联结线碰转盘	1. 对导电部分的绝缘分别进行检查 2. 检查电刷辫子线或支架联结线有否碰转盘

1. 电磁调速异步电动机的结构 基本结构型式有组合式结构(图 5-39)和整体式结构(图 5-40)两种。

离合器是由两个同心而独立旋转的部件所组成,一个称为磁极(内转子),有显极式、爪式和感应子式三种结构;另一个称为电枢(外转子),有线绕式、鼠笼式、实心钢体和铝合金杯形等结构。

测速发电机为三相交流永磁式。在转速为 1500 转/分时,电压应不小于 40 伏,频率为 200 赫。

2. 电磁调速电动机的技术数据 见表 5-114~表 5-118。

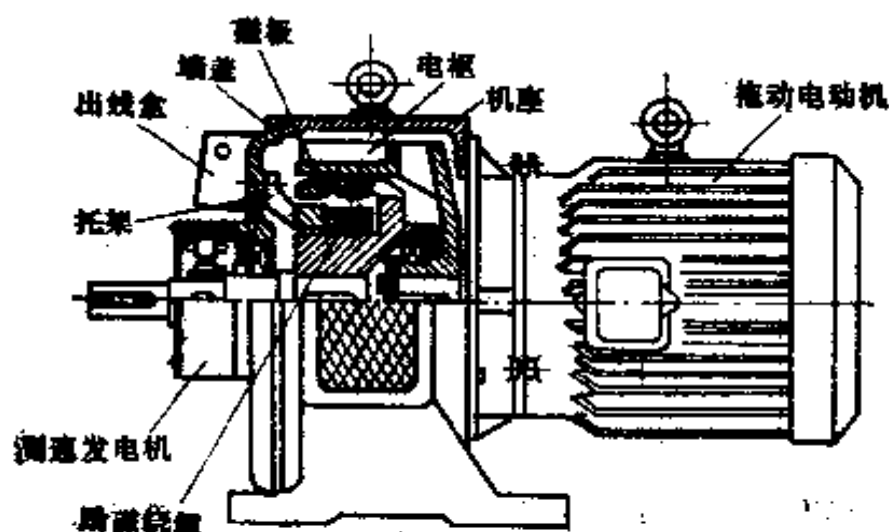


图 5-39 组合式结构电磁调速异步电动机

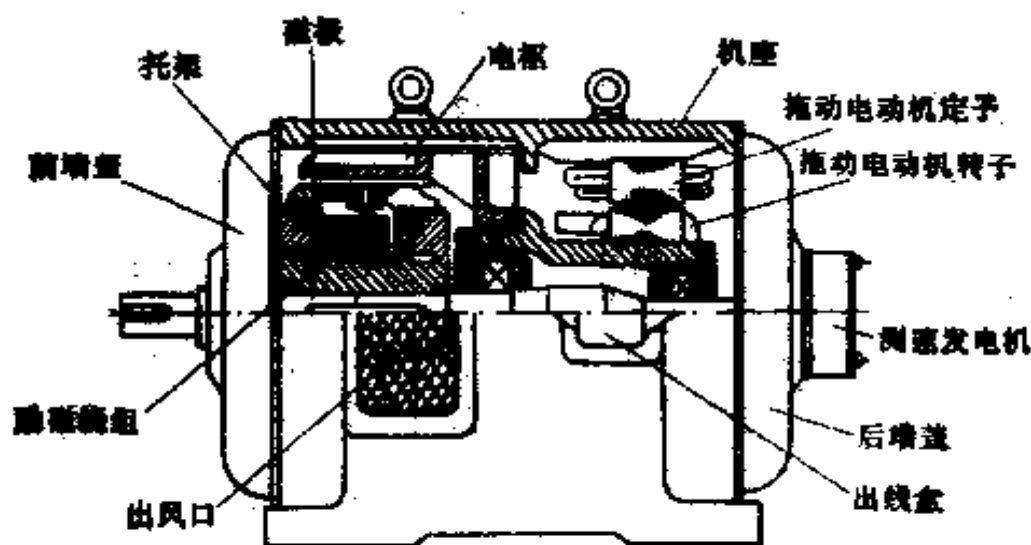


图 5-40 整体式结构电磁调速异步电动机

表 5-114 YCT 系列(联合设计)电磁调速电动机的技术数据

型 号	额定转矩 (牛·米)	调速范围 (转/分)	转速 变化率 (不大于)	励磁线圈①			直流励磁		轴承号		拖动电机	
				导线直径 (毫米)	匝 数	铜 重 (千克)	电压 (伏)	电流 (安)	轴 承 号	型 号	功 率 (千瓦)	
YCT112-4A 4B	3.60			—	—	—	—	—	205	Y801-4	0.55	
	4.91			φ0.57	1456	1.22	45.5	1.01	204	Y802-4	0.75	
YCT132-4A 4B	7.14			—	—	—	—	—	205	Y90S-4	1.1	
	9.73			φ0.63	1296	1.5	48.4	1.32	306	Y90L-4	1.5	
YCT160-4A 4B	14.12	1250 ~125		—	—	—	—	—	206	Y100L <sub>1</sub> -4	2.2	
	19.22			φ0.71	1350	2.32	53.8	1.51	307	Y100L <sub>2</sub> -4	3	
YCT180-4Y	25.20			φ0.71	1534	2.96	80	1.19	306	Y112M-4	4	
				φ0.83	1400	3.85	72	1.63	309	Y132S-4	5.5	
YCT200-4A 4B	35.10		3%	—	—	—	—	—	308	Y132M-4	7.5	
	47.75			φ0.9	1355	5.49	80	1.91	309	Y160M-4	11	
YCT225-4A 4B	69.13			—	—	—	—	—	310	Y160L-4	15	
	94.33			φ1.02	1104	6.54	70	2.83	312	Y180M-4	18.5	
YCT250-4A 4B	115.75			φ1.16	1326	9.41	80	2.46	311	Y180L-4	22	
	137.29			φ1.2	1100	10.4	73	3.39	312	Y200L-4	30	
YCT280-4A	189.26	1320 ~132		—	—	—	—	—	313	Y225S-4	37	
				φ1.2	1100	10.4	73	3.39	313	Y225M-4	45	

注: ① 凡是一个机座号内有两个规格的小功率励磁数据, 在联合设计时未曾计算, 各厂可能有出入, 但也可用同一励磁线圈, 仅电流略小。



表 5-115 JZT 系列(2~9 号机座)电磁调速异步电动机技术数据

型 号	额定转矩 (牛·米)	调速范围 (转/分)	转速变化 率不大于 (%)	最高额定 转速时真 合器输出 功率 (千瓦)	励磁电压 (伏)	励磁电流 (安)	励磁绕组 导线直径 (毫米)	励磁绕组 总匝数	拖 动 电 动 机	
									型 号	功 率 (千瓦)
11-4	3.0	1200~120	10		—	—	—	—	JO2-11-4T2	0.6
12-4	5.2	1200~120	10		—	—	—	—	JO2-12-4T2	0.8
21-4	7.2	1200~120	10	0.88	50	0.53	0.51	2584	JO2-21-4T2	1.1
22-4	9.8	1200~120	10	1.2	71	0.9	0.51	2584	JO2-22-4T2	1.5
31-4	14.3	1200~120	10	1.76	80	0.79	0.51	2720	JO2-31-4T2	2.2
32-4	19.5	1200~120	10	2.4	71	0.69	0.55	2800	JO2-32-4T2	3.0
41-4	26.0	1200~120	10	3.2	73.0	0.80	0.55	2090	JO2-41-4T2	4.0
42-4	35.8	1200~120	10	4.4	88.0	1.20	0.64	1920	JO2-42-4T2	5.5
51-4	48.7	1250~250	10	6.2	84.0	1.10	0.64	2100	JO2-51-4T2	7.5
52-4	65.0	1250~250	10	8.3	65	1.40	0.74	1920	JO2-52-4T2	10
61-4	84.5	1250~250	10	10.7	83.0	1.30	0.74	1944	JO2-61-4T2	13
62-4	111	1250~250	10	14.1	81	1.73	0.86	1820	JO2-62-4T2	17
71-4	143	1250~250	10	18	77.0	1.90	0.86	1332	JO2-71-4T2	22
72-4	195	1250~417	5	25	78	2.5	1.04	1364	JO2-72-4T2	30
81-4	260	1320~440	5	35.2	79	1.9	0.96	1664	4/6 极双速	40
82-4	358	1320~440	5	48	68.0	2.3	1.08	1400	4/6 极双速	55
91-4	487	1320~440	5	65	—	—	—	—	4/6 极双速	75
92-4	650	1320~440	5	88	76.0	3.9	1.5	1560	4/6 极双速	100

表 5-1.16 JZT 系列(有失控)电磁调速电动机的技术数据

型 号	额定转矩 (牛·米)	调速范围 (转/分)	转速 变化率 (不大于)	励磁线圈			直流励磁		拖 动 电 动 机	
				导线直径 (毫米)	匝 数	铜 重 (千克)	电压 (伏)	电 流 (安)	型 号	功 率 (千瓦)
JZT31-4 32-4	18.7			0.51	2250	1.7	50	1.1	J03-100S-4	2.2
	19.6			0.64	2040	2.75	55	1.6	100L-4	3
JZT41-4 42-4	25.5			0.55	2090	2.8	50	1.2	J03-112S-4	4
	33.8			0.74	1540	3.8	45	1.6	112L-4	5.5
JZT51-4 52-4	47.1	1200~120	19%	0.64	2100	4	60	1.6	J03-140S-4	7.5
	70.0			0.74	1920	5	65	2.1	140M-4	11
JZT61-4	92.2			0.80	1920	6.8	50	1.3	J03-160S-4	15
	137.3			0.86	1332	5.8	55	1.5	J03-180S-4	22
73-4	180.4			1.04	1364	9.7	50	1.6	180M-4	30

表 5-117 JZT2 系列电磁调速电动机的技术数据

型号	额定转矩 (牛·米)	调速范围 (转/分)	转速 变化率 (不大于)	励磁线圈		直流励磁		轴承号	拖动电动机	
				导线直径 (毫米)	匝数	电压 (伏)	电流 (安)		型号	功率 (千瓦)
JZT2 12-4	4.9	1150~115		0.53	1373	50	1.01	306, 205	Y802-4	0.75
JZT2 22-4	9.8			0.63	1296	40	1.1	307, 306	Y90L-4	1.5
JZT2 31-4	13.7		2.5%	0.50	2250	50	1.03	307, 207	Y100L1-4	2.2
JZT2 32-4	19.6			0.63	2074	55	1.55		Y100L2-4	3.0
JZT2 41-4	25.5		2.5%	0.60	1227	40	1.2	308, 208	Y112M-4	4.0
JZT2 42-4	35.3			0.67	1410	45	1.4		Y132S-4	5.5
JZT2 51-4	47.1	1200~120		0.85	1540	56	1.6	32209, 209	Y132M-4	7.5
JZT2 52-4	70.6			0.85	1540	60	2.0		Y160L-4	11
JZT2 61-4	94.2			0.80	1924	60	1.2	32311, 211	Y160M-4	15
JZT2 71-4	137.9			0.85	1360	50	1.4		Y180L-4	22
JZT2 72-4	186.4			1.06	1360	45	1.5	32313, 213	Y200L-4	30

注：转速变化率的实际数值和控制器的型号有关。

表 5-118 JZTT 系列电磁调速

型 号	额定转矩 (牛·米)	调速范围 (转/分)	调 速 变化率 (不大 于)	励 磁 线 圈			励磁数据		
				导线 直径 (毫米)	匝数	铜重 (千克)	电压 (伏)	电流 (安)	
JZTT21-4/6	7.06	1200-700-60	2.5%	φ0.6	2088	2.4	30	0.6	
22-4/6	9.61			φ0.6	2088	2.4	35	1.0	
JZTT31-4/6	13.73			φ0.5	2250	1.7	45	0.6	
32-4/6	19.62			φ0.6	2074	2.72	65	1.1	
JZTT41-1/6	25.51			φ0.6	1827	2.5	55	1.0	
42-4/6	35.32			φ0.8	1410	3.2	58	2.0	
JZTT51-4/6	47.09			φ0.6	2016	3.84	55	1.0	
52-4/6	70.63			φ0.8	1740	5.19	88	2.0	
JZTT61-4/6	94.18			φ0.8	1824	5.8	65	1.4	
JZTT71-4/6	137.34			1320-700-66	φ0.8	1360	5.7	80	2.0
72-4/6	186.39				φ1.0	1308	9.7	90	3.2
JZTT81-4/6	245.25			1320-800-440	φ1.0	1224	9.5	54	2.2
82-4/6	343.35	φ1.1	1196		11.7	70	3.2		
JZTT91-4/6	470.88	φ1.4	1633		22.5	50	2.4		
92-4/6	627.84	φ1.5	1638		29.5	50	2.72		

电动机技术数据(双速4/6极)

轴承	拖 动 电 动 机 (4/6极)											
	功率 (千瓦)	线圈数	每线圈组 线圈只数	线 径 (毫米)	每匝 匝数	并联 路数	线重 (千克)	节距	接法			
306 307 307 32205	1.1/0.7 1.5/1.0	36	2, 3, 2, 1, 1, 1, 1, 1	$\phi 0.4$	179	4/3	2.9	1-7	Y/Y			
				$\phi 0.5$	112		8.12					
307 115 32206 32210	2.2/1.5 3.0/2.0			$\phi 0.5$	112		8.12					
				$\phi 0.6$	81		8.75					
308 115 32208 32212	4/2.7 5.5/3.7			$\phi 0.71$	86		5.70					
				$\phi 0.85$	64		6.58					
309 119 32208 32213	7.5/5.0 11/7.5			$\phi 1.0$	64		9					
				$\phi 1.18$	44		10.6					
311 122 32210 32215	15/10			$\phi 1.4$	37		13.5					
314 132 32222 32313	22/15 30/20			2- $\phi 1.18$ 2- $\phi 1.35$	33 25		18.0 19.8					
314 132 32226 32314	40/26 55/37	72/72	6/4	4- $\phi 1.5$ 3- $\phi 1.45$	6 9 5 7	2	25.6 23	1-14 1-11				
				5- $\phi 1.56$ 4- $\phi 1.45$			32.9 26.3	1-15 1-11				
317 134 32228 32316	75/50 100/67			4- $\phi 1.56$ 3- $\phi 1.56$	7 9 6 7		40 29	1-16 1-11		2 3	1-16 1-11	$\Delta/Y$
				5- $\phi 1.56$ 4- $\phi 1.56$			45 32	1-16 1-11				

## 六、力矩异步电动机

三相力矩电动机广泛应用于纺织、印染、造纸、电线电缆、橡胶、冶金等具有恒转矩负载特性的或要求一定范围内变速的机械设备上。

力矩电动机的结构与一般鼠笼式电动机不同，它采用电阻率较高的导电

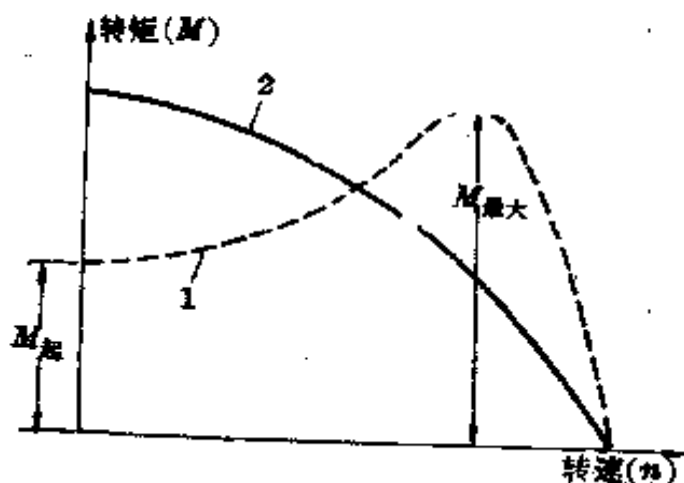


图 5-41 力矩电动机机械特性

电阻要比一般鼠笼式电动机转子的电阻大得多，从而获得不同的转矩-转速机械特性曲线(图 5-41)。图中曲线 1 是一般鼠笼式电动机的机械特性；曲线 2 是力矩电动机的机械特性。

### 1. 力矩电动机的机械特性及适用范围

(1) 卷绕：力矩电动机主要用于卷绕，当产品卷绕在辊筒上，辊筒直径随着卷绕物加厚而逐步增大时，要求张力  $F$  和线速度  $v$  的变化保持在允许的范围之内，在  $F \cdot v = P$  (功率) 为常数时，其卷绕特性呈双曲线形状。在卷径比(速比)为 1~2 的范围内，力矩电动机的机械特性与卷绕特性相接近。在生产多种产品规格时，由于产品直径、厚度等的变化，所要求的张力和转速也不同，这时，可通过改变电动机的输入电压来满足不同张力的要求(因为转矩与电压平方近似地成正比)。

(2) 开卷：开卷亦称松卷、放线等，用于将已成卷的产品松开进行再加工的场所。开卷时，要求电动机的转向与产品的传递方向相反，从而产生一个制动力矩，使开卷的产品始终保持张紧状态。张力的大小可通过调节电压来控制。

(3) 堵转：在某些特殊场合中，有时要求电动机在一段时间内保持一静止的力矩，如电缆收卷起始阶段须保持张紧。大型锻压机的锻件夹持装置等。由

材料(如黄铜等)作为转子导条及端环。力矩电动机允许长期低速运转甚至堵住，电动机发热相当严重，故电动机采用开启式结构，转子具有轴向通风孔，并外加鼓风机以带走电动机的热量。小容量电动机亦有采用封闭式结构。

力矩电动机与一般鼠笼式异步电动机的运转原理是完全相同的。不同的是力矩电动机的转子

于力矩电动机的阻抗较大,其堵转电流较小,同时采用了强迫通风,所以能满足短时或较长时间堵转的要求。

(4) 调速: 力矩电动机的机械特性很软,当负载增加时,电动机的转速降低,输出力矩增加,而输出力矩是正比于电压的平方。如果负载固定,则电动机的转速将随电压变化而变化,因此在负载恒定的装置上,只要通过调压装置改变电动机的输入电压,就能获得任一的转速。但是力矩电动机低速运行时,其效率较低,不利于长期低速运行。

(5) 其他: 力矩电动机还可根据其多种特点灵活应用。如本身具有直流串励电机特性,可部分代替直流电动机使用,又如根据其转子具有高电阻特性,堵转转矩大,故可应用在启闭闸(阀)门以及阻力矩大的拖动系统中。也可利用其能堵转、反转的特点,而使用于频繁正、反转的装置或其他类似动作的各种机械上。

2. 力矩电动机的控制 力矩电动机目前一般采用三相调压器控制,如图 5-42 所示。

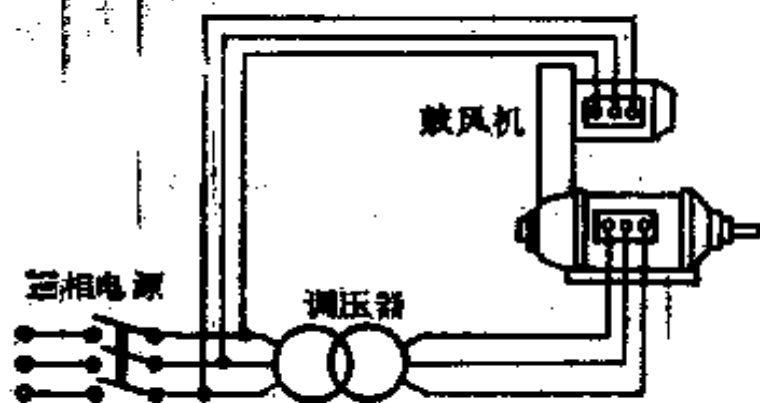


图 5-42 力矩电动机用调压器控制

在同一台机械中,由于所卷绕或传递的材料成分和规格不同,需要转矩和转速也不同。因此要求力矩电动机在某一转速下转矩大小能调节,或要求在一定范围内变速。这些要求可以用调压器调节力矩电动机输入电压来实现。力矩电动机也可以采用可控硅速度负反馈控制电路进行无级调速,而且将大大提高机械特性的硬度。

3. JLJ 系列力矩电动机的技术数据 见表 5-110。





## 七、多速异步电动机

多速异步电动机是利用改变其定子绕组的接法以改变电动机的极数，从而使电动机用一套或二套绕组来达到二种或二种以上的转速。它适用于各种切削机床及各个工业部门需要逐级调速的各种传动机构。

1. 多速电动机的简单原理 通过改变绕组而改变电机外接线的办法，使每一相中的某一部分绕组中电流反向，从而得到了另一种极数的绕组排列。以2/4极电动机为例，其原理如图5-43所示。当两线圈从图(a)的串联改成图(b)的并联后，就有一个线圈电流反向，从而使极数发生变化，即由4极变为2极。

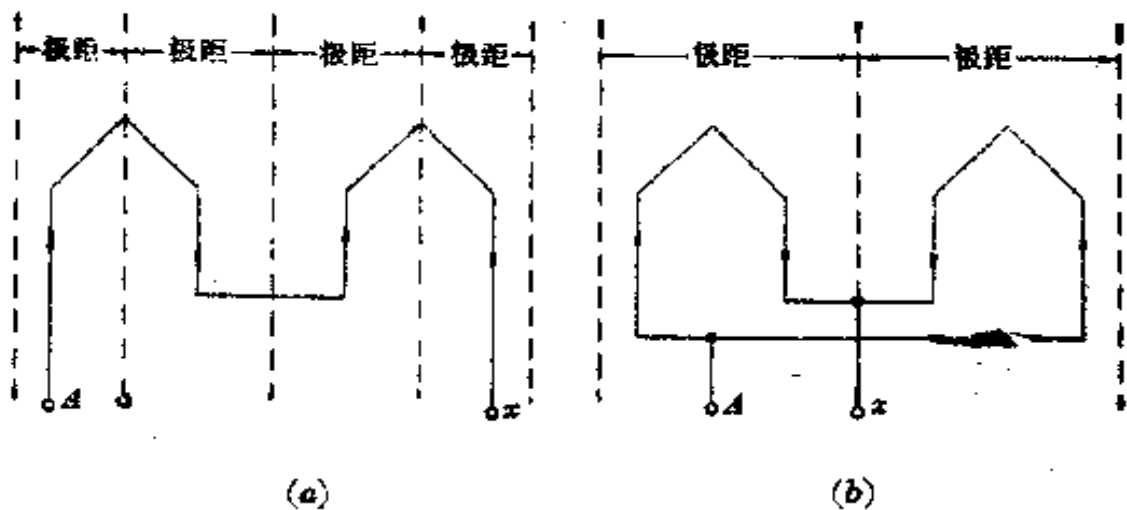


图 5-43 2/4 极电动机一相绕组连接图

对三相电动机可从2Y接法改成 $\Delta$ 接法或者2Y接法改成Y接法来实现部分线圈电流反向，如图5-44(a)为2Y/ $\Delta$ 接法。当1、2、3短接，从4、5、6进电，这时为2Y接法。U相绕组中线圈①和②并联，电流方向如实线箭头所示，故为2极电动机。当4、5、6打开，从1、2、3进电时变为 $\Delta$ 接法，这时U相绕组中线圈①和②串联，电流方向如虚线箭头所示，因此，当绕组从2Y改接成 $\Delta$ 接法时，线圈①电流方向发生了变化，就使2极的绕组排列变成4极绕组排列了。

2. 三相半绕组多速电动机的绕组排列方案 几点说明：

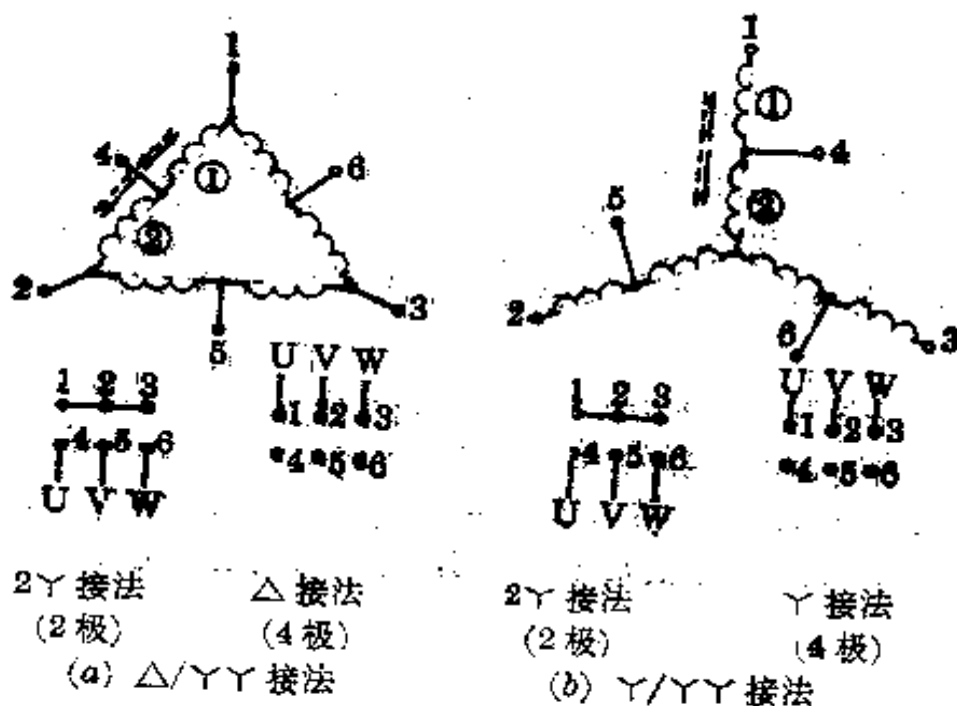


图 5-44 2/4 极电动机三相绕组连接图

(1) 所列方案都采用双层绕组. 绕组的排列是指绕组上层边的排列, 下层边的位置由绕组跨距决定. 各槽线圈中的电流方向是指线圈上层边的电流方向.

(2) 反向指示: 以“○”记号表示在两个极下电流方向不变的槽, 以“⊙”记号表示在两个极下电流方向改变的槽.

(3) 连接图中线圈编号上面有“-”的表示该组线圈与同路的没带“-”的一组线圈反接(头头接或尾尾接). 例如方案 4, 4/6 极 36 槽双速电动机连接图中(28, 29, 30)与(19, 20, 21)反接, (10, 11, 12)与(1, 2, 3)反接, (17, 18, 34)与(25, 26, 27)反接, (16, 35, 36)与(7, 8, 9)反接, ……依此类推.

#### 方案 1 2/4 极(定子 24 槽)

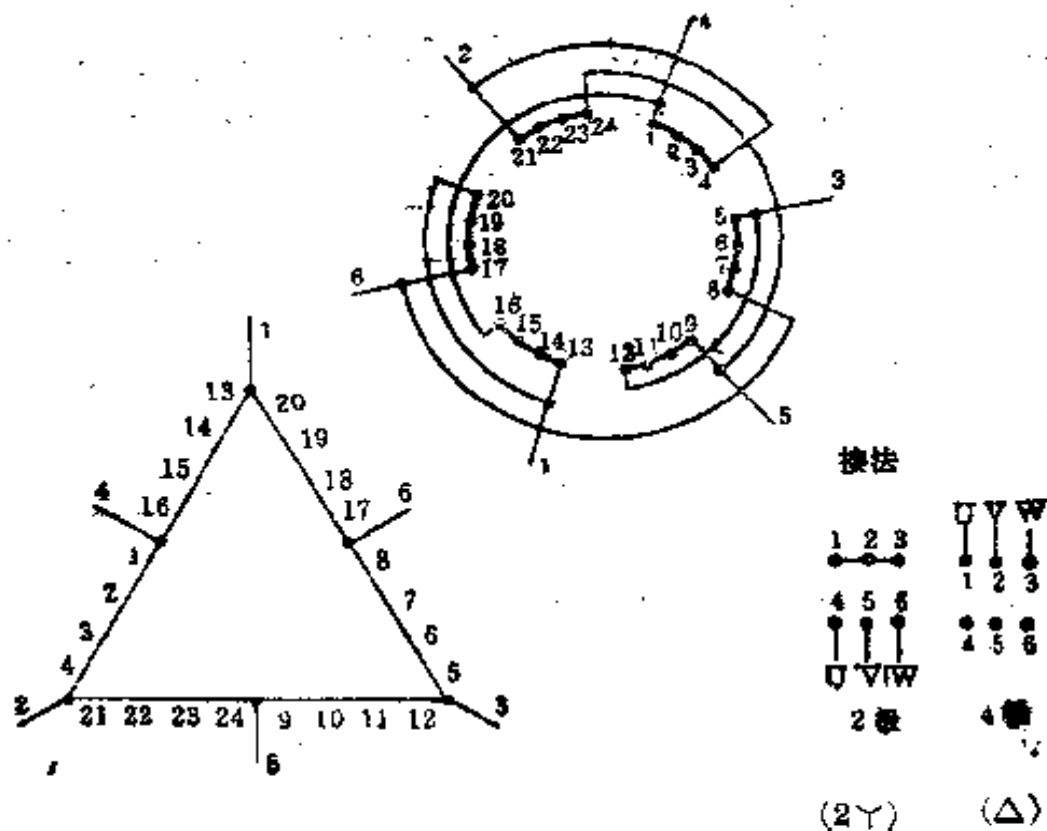
跨距:  $y=1\sim7$ .

绕组系数: 2 极 分布系数  $K_d=0.96$ , 短距系数  $K_p=0.707$ ,  
绕组系数  $K_{dp}=0.68$

4 极 分布系数  $K_d=0.83$ , 短距系数  $K_p=1$ ,  
绕组系数  $K_{dp}=0.83$

连接方式: 较多采用 2Y/Δ, 引出线 6 根.

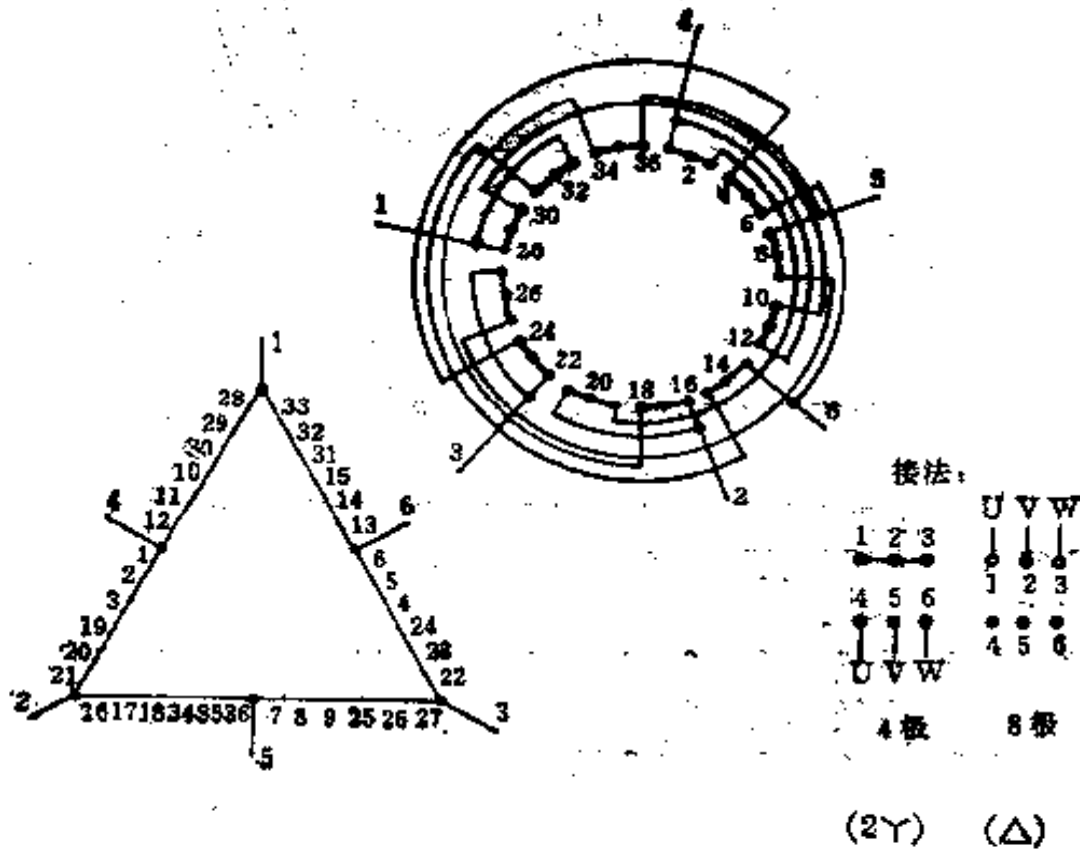
槽号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2 极	U	U	U	U	-W	-W	-W	-W	V	V	V	V
4 极	U	U	U	U	W	W	W	W	V	V	V	V
反向指示	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
槽号	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2 极	-U	-U	-U	-U	W	W	W	W	-V	-V	-V	-V
4 极	U	U	U	U	W	W	W	W	V	V	V	V
反向指示	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○



要求恒功率可采用 2Y/2Y, 引出线为 9 根。







**方案4 4/6极(定子36槽)**

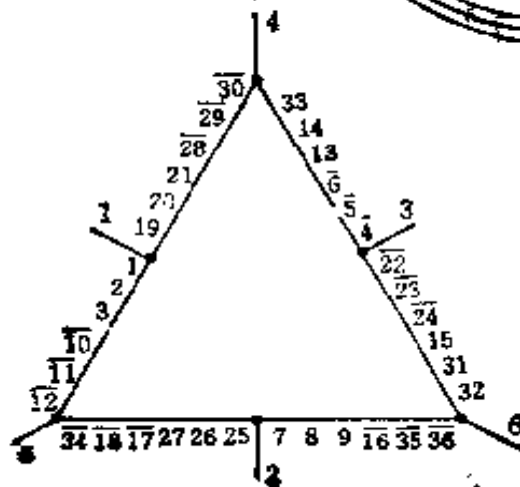
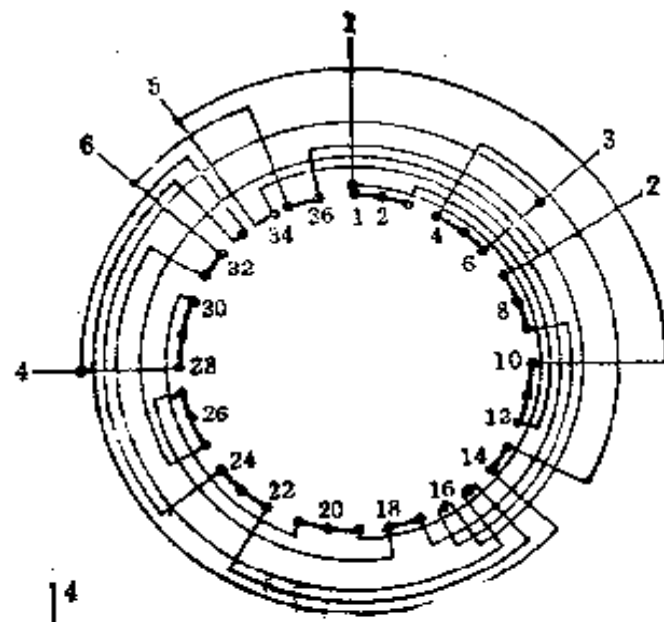
跨距:  $y=1\sim7$  或  $y=1\sim8$ 。

绕组系数:

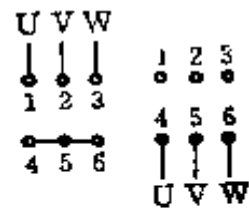
	$K_d$	$K_{p4}$	$K_{dpt}$	$K_{d6}$	$K_{p6}$	$K_{dpt6}$
$y=1\sim7$	0.96	0.866	0.833	0.644	1	0.644
$y=1\sim8$	0.95	0.94	0.903	0.644	0.966	0.621

连接方式: 4/6极, 2Y/Δ, 引出线6根。

槽号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4极	U	U	U	-W	-W	-W	V	V	V	-U	-U	-U
6极	U	U	U	-W	-W	-W	V	V	V	-U	-U	-U
反向指示	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
槽号	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
4极	W	W	W	-V	-V	-V	U	U	U	-W	-W	-W
6极	W	W	-W	-V	V	V	-U	-U	-U	W	W	W
反向指示	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
槽号	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
4极	V	V	V	-U	-U	-U	W	W	W	-V	-V	-V
6极	-V	-V	-V	U	U	U	-W	-W	W	V	-V	-V
反向指示	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○



接法: 2Y/Δ



4极

6极

(2Y)

(Δ)

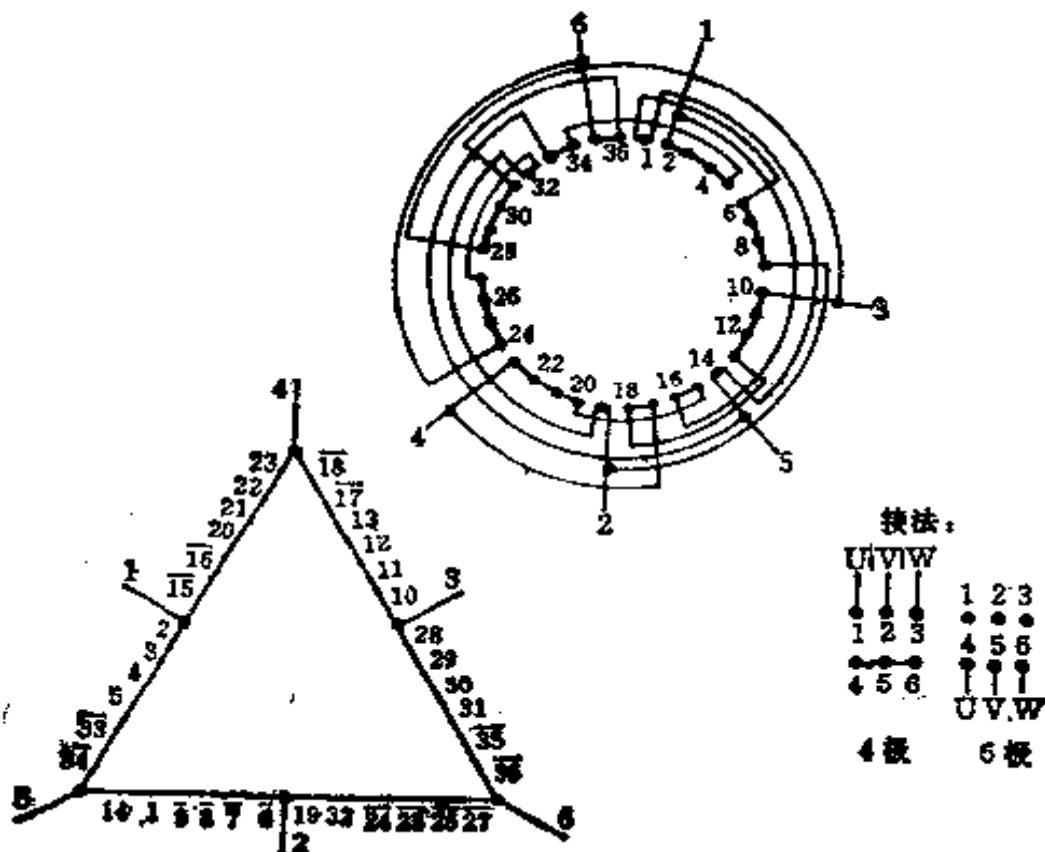
## 方案5 4/6极(定子86槽)

跨距:  $y=1\sim7$ 。

槽配合: 36/32(36/33可能有电磁声,采用纵树式转子可降低)

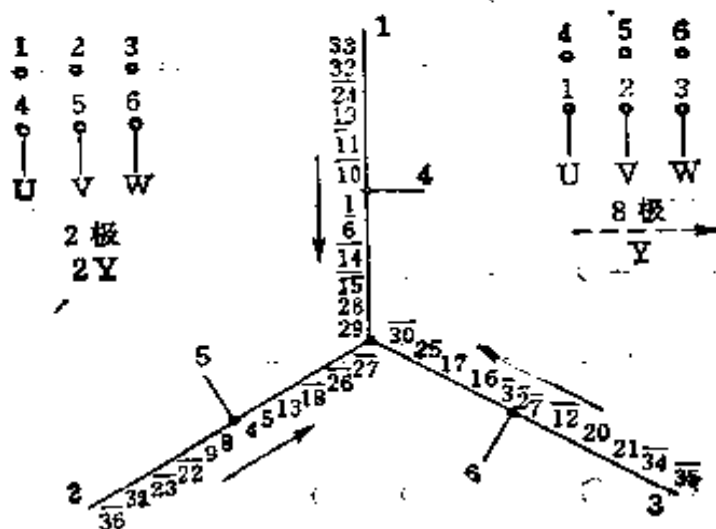
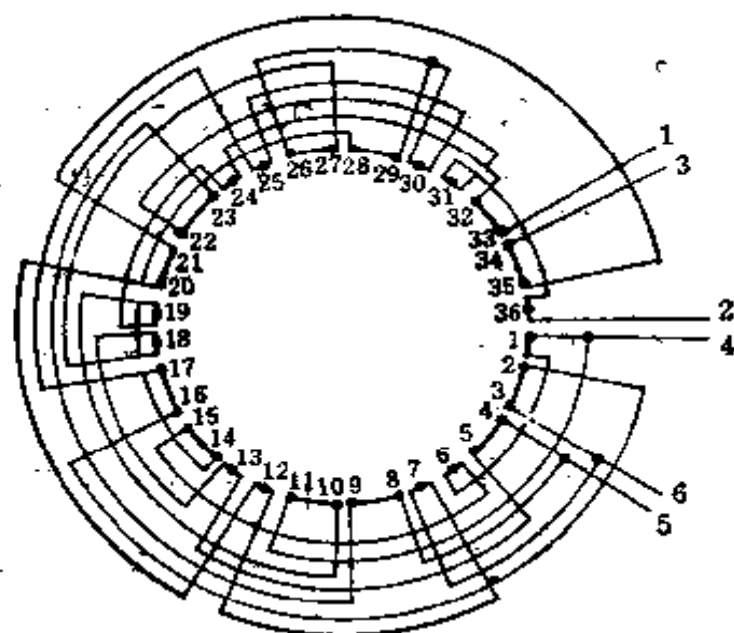
绕组系数: 4极  $K_d=0.83$   $K_p=0.866$   $K_{sp}=0.72$ 6极  $K_d=0.88$   $K_p=1$   $K_{sp}=0.88$ 连接方式: 4/6极,  $2Y/\Delta$ , 引出线6根。

槽号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4极	V	U	U	U	U	-V	-V	-V	-V	W	W	W
6极	-V	U	U	U	U	V	V	V	V	W	W	W
反向指示	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
槽号	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
4极	W	V	-U	-U	-W	-W	V	U	U	U	U	-V
6极	W	-V	U	U	-W	-W	V	-U	-U	-U	-U	-V
反向指示	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
槽号	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
4极	-V	-V	-V	W	W	W	W	V	-U	-U	-W	-W
6极	-V	-V	-V	-W	-W	-W	-W	V	-U	-U	W	W
反向指示	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○









方案7 6/8极(定子36槽)

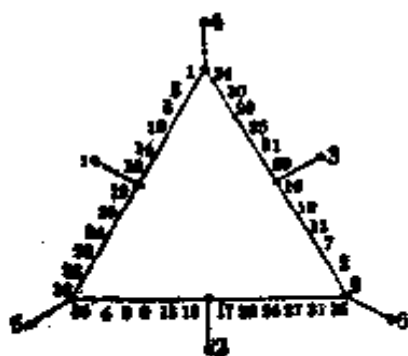
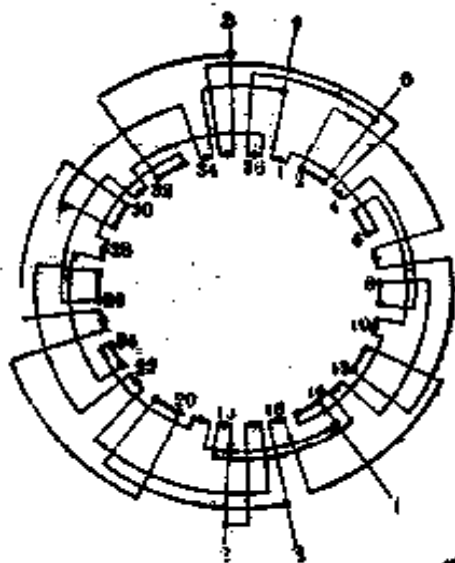
跨距:  $y=1\sim6$  或  $y=1\sim7$ 。

绕组系数:

	$K_{36}$	$K_{p6}$	$K_{up6}$	$K_{a8}$	$K_{p8}$	$K_{ap8}$
$y=1\sim6$	0.64	0.966	0.62	0.96	0.985	0.945
$y=1\sim7$	0.64	1	0.64	0.96	0.866	0.83

连接方式 6/8极, 2Y/ $\Delta$  或 2Y/Y, 引出线6根。

槽号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8极	U	-W	-W	V	-U	-U	W	-V	-V	U	-W	-W
6极	-U	W	W	-V	U	U	-W	V	V	-U	W	W
反向指示	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
槽号	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
8极	V	-U	-U	W	-V	-V	U	-W	-W	V	-U	-U
6极	-V	U	U	-W	-V	V	U	-W	-W	V	-U	-U
反向指示	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
槽号	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
8极	W	-V	-V	U	-W	-W	V	-U	-U	W	-V	-V
6极	W	-V	-V	U	-W	-W	V	-U	-U	W	V	-V
反向指示	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○



接法:



说明: 跨距和接法由出力分布要求而定。

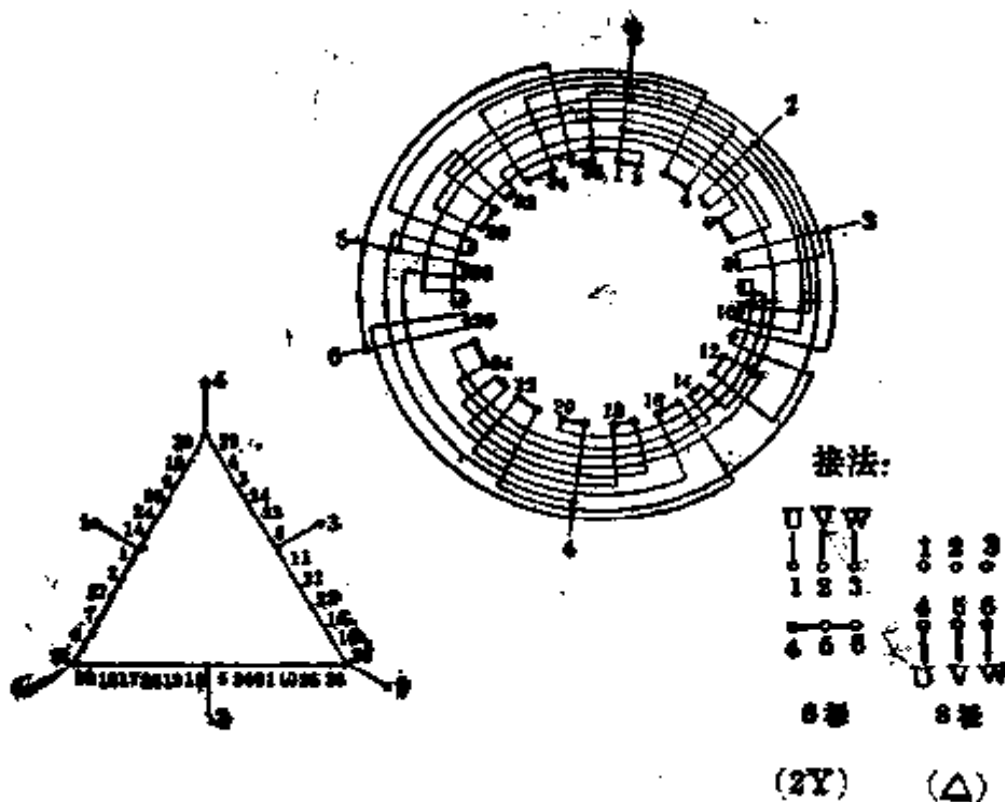
方案8 6/8极(定子96槽)

跨距:  $y=1\sim6$ 。

绕组系数: 6极  $K_d=0.83$   $K_p=0.966$   $K_{dp}=0.85$   
 8极  $K_d=0.83$   $K_p=0.935$   $K_{dp}=0.82$

连接方式: 6/8极,  $2Y/\Delta$ , 引出线6根。

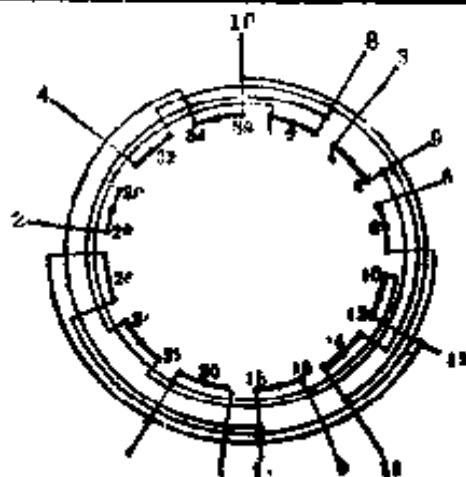
槽号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6极	U	U	-W	-W	V	-U	-U	W	-U	-V	W	-V
8极	U	U	-W	-W	V	-U	-U	W	-U	-V	-W	V
反向指示	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
槽号	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
6极	-V	U	-W	-W	V	V	-U	-U	W	W	-V	U
8极	V	-U	W	W	-V	-V	U	U	-W	-W	V	-U
反向指示	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
槽号	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
6极	U	-X	U	V	-W	V	V	-U	W	W	-V	-V
8极	-U	W	U	-V	-W	V	V	-U	W	W	-V	-V
反向指示	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

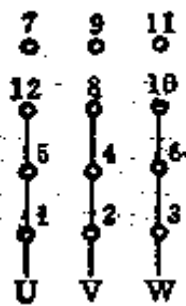


## 方案9 2/4/8极(定子36槽)

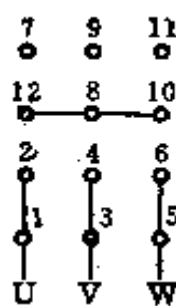
跨距:  $y=1\sim 7$ 。绕组系数: 2极  $K_d=0.956$      $K_p=0.5$      $K_{dp}=0.478$ 4极  $K_d=0.96$      $K_p=0.866$      $K_{dp}=0.831$ 8极  $K_d=0.844$      $K_p=0.866$      $K_{dp}=0.73$ 连接方式:  $2\Delta/2\Delta/2Y$  引出线12根。

槽号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2极	U	U	U	U	U	U	-W	-W	-W	-W	-W	-W
4极	U	U	U	-W	-W	-W	V	V	V	-U	-U	-U
8极	U	U	U	W	W	W	V	V	V	U	U	U
槽号	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2极	V	V	V	V	V	V	-U	-U	-U	-U	-U	-U
4极	W	W	W	-V	-V	-V	U	U	U	-W	-W	-W
8极	W	W	W	V	V	V	U	U	U	W	W	W
槽号	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
2极	W	W	W	W	W	W	-V	-V	-V	-V	-V	-V
4极	V	V	V	-U	-U	-U	W	W	W	-V	-V	-V
8极	V	V	V	U	U	U	W	W	W	V	V	V

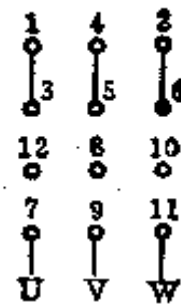




4极 (2Δ)



8极 (2Y)



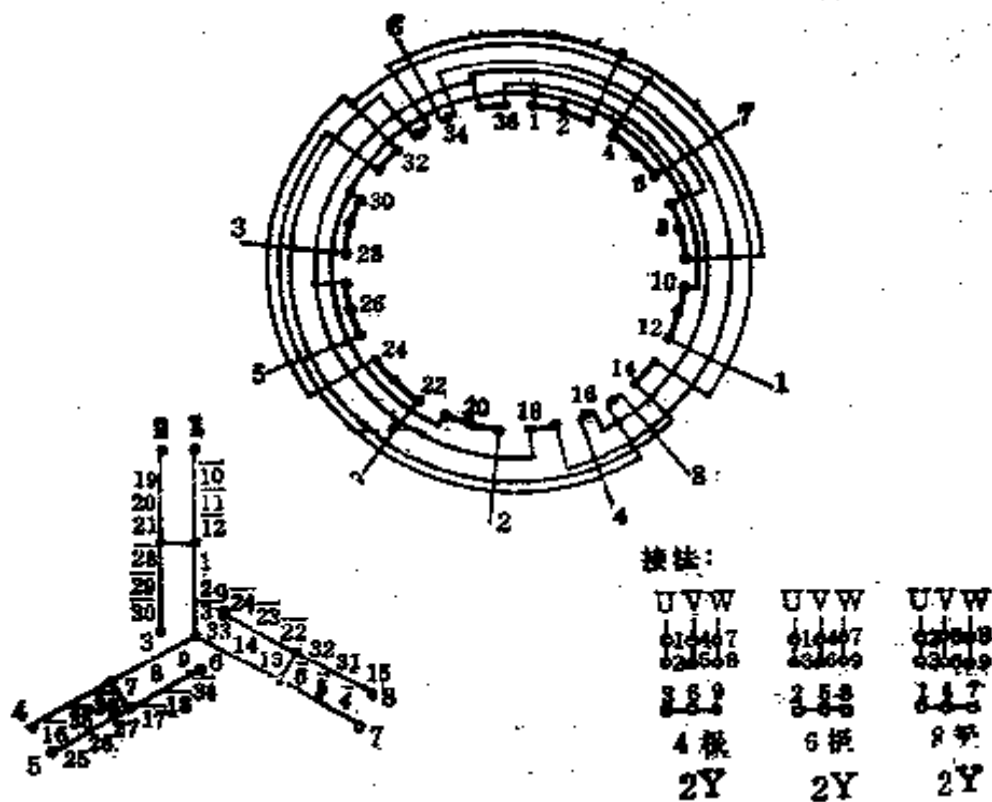
2极 (2Δ)

## 方案10 4/6/8极(定子36槽)

跨距:  $y=1\sim6$ 绕组系数: 4极  $K_d=0.96$   $K_p=0.765$   $K_{dp}=0.735$ 6极  $K_d=0.644$   $K_p=0.966$   $K_{dp}=0.623$ 8极  $K_d=0.844$   $K_p=0.985$   $K_{dp}=0.831$ 

连接方式: 4/6/8极, 2Y/2Y/2Y, 引出线9根。

槽号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4极	U	U	U	-W	-W	-W	V	V	V	-U	-U	-U
6极	U	U	U	-W	-W	-W	V	V	V	-U	-U	-U
8极	U	U	U	W	W	W	V	V	V	U	U	U
槽号	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
4极	W	W	W	-V	-V	-V	U	U	U	-W	-W	-W
6极	W	W	-W	-V	V	V	-U	-U	-U	W	W	W
8极	W	W	W	V	V	V	U	U	U	W	W	W
槽号	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
4极	V	V	V	-U	-U	-U	W	W	W	-V	-V	-V
6极	-V	-V	-V	U	U	U	-W	-W	W	V	-V	-V
8极	V	V	V	U	U	U	W	W	W	V	V	V



8. 单速电动机改绕多速电动机简明计算

(1) 供改绕的单速电动机定、转子槽配合应能适应不同极数的要求, 以利电动机起动并可降低噪声和振动。转子宜选用斜槽, 且转子槽数宜选偶数, 不同极数下的定、转子槽数配合应满足下列关系式:

$$s_1 - s_2 \neq 0, s_1 - s_2 \neq \pm 2p$$

$$s_1 - s_2 + 1 \neq \pm 2p, s_1 - s_2 + 1 \neq \pm 2 \pm 4p$$

(2) 供改绕的单速电动机极数选择: 根据经验, 单绕组多速电动机各种极数时的输出功率, 一般相当于相同铁芯尺寸、相同极数的单速电动机的 55%~75%; 据此, 选择单速电动机的功率, 一般可考虑大一个功率等级为好。

供改绕选择的单速电动机极数

改绕后极数	2/4	4/8	4/6	6/8	2/8	2/4/8	4/6/8
选择单速电动机极数	4	4	6	6	4	4	6

(B) 记录被改绕单速电动机的下列数据:

- ① 额定电压  $V_N$ ; ② 额定频率  $f_N$ ; ③ 额定电流  $I_N$ ; ④ 额定功率  $P_N$ ; ⑤ 额定转速  $n_N$ ; ⑥ 接法; ⑦ 定子槽数  $Z_1$ ; ⑧ 转子槽数  $Z_2$ ; ⑨ 定子每槽导线数

$N_1$ ; ⑩ 裸导线直径  $d_1$ ; ⑪ 跨距  $Y$ ; ⑫ 绕组型式双层或单层等; ⑬ 并联支路数  $a$ ; ⑭ 并绕根数  $n$ 。

(4) 选择单绕组多速电动机的绕组方案、绕组连接方式及绕组节距。对单绕组变极方案、绕组连接方式及绕组节距的选择, 应根据所推荐的单绕组多速电动机绕组排列方案及对改绕电动机的性能要求, 综合考虑, 以免顾此失彼。

要求两个极下转矩接近的(即低速时要求出力不高), 应选用极数少时绕组系数高, 极数多时绕组系数低的方案(如 4/6 极方案 4)。

要求两个极下功率接近的, 应选用两个极下绕组系数相差不远, 且均较高的方案(如 4/6 极方案 5)。

(5) 改绕简明计算。

① 确定绕组的每槽导线数。对各种极数下的性能进行综合考虑之后, 可按表 5-120 经验公式计算。

② 确定导线直径。如槽满率保持不变, 则导线直径  $d_2^*$  可按下列式确定:

$$d_2^* = \sqrt{\frac{N_1'}{N}} d_1 \quad (\text{毫米})$$

式中:  $N$ ——改绕后多速电动机的每槽导线数;  $d_1$ 、 $N_1'$ ——原单速电动机的导线直径及每槽导线数。

然后, 选择接近  $d_2^*$  的标准线规为  $d_2$ 。

③ 功率估算。与原单速电动机极数相同时, 其功率一般可由下式确定

$$P = \frac{V_1 \cdot a_1 \cdot d_2^2}{V_1' \cdot a_1' \cdot d_1'^2} P'$$

式中:  $P$ 、 $V_1$ 、 $a_1$  及  $d_2$  分别为改绕后多速电动机与原单速电动机极数相同时的功率、电压、并联支路数及线径,  $P'$ 、 $V_1'$ 、 $a_1'$  及  $d_1'$  为原单速电动机的功率、电压、并联支路数及线径。

两种极数下的功率比:

$$\frac{P_{II}}{P_I} \approx K \frac{V_{II} \cdot a_{II}}{V_I \cdot a_I}$$

三种极数下的功率比:

$$\frac{P_{III}}{P_{II}} \approx K \frac{V_{III} \cdot a_{III}}{V_{II} \cdot a_{II}}$$

式中:  $K$  为考虑到低速时通风散热效果较差及力能指标较低使功率降低的系数,  $K$  可取 0.7~0.9。选极比取较小值, 近极比取较大值。

注脚: I 表示少极数的量; II 表示中极数的量; III 表示多极数的量。



表 5-120 单速电动机改绕为多速电动机每槽导线数计算公式(50赫)

原单速电动机数据					改绕后多速电动机数据		
极数	相电压	绕组系数	并联支路数	每槽导线数	极数	接法	每槽导线数计算公式
4	$V_1'$	$K'_{ap4}$	$a_1'$	$N_1'$	2/4	YY/Δ	$N = 1.27 \frac{V_4 \cdot K'_{ap8} \cdot a_4}{V_1' \cdot K'_{ap4} \cdot a_1'} N_1'$
						YY/Y	
8	$V_1'$	$K'_{ap8}$	$a_1'$	$N_1'$	4/8	YY/Δ	$N = 1.15 \frac{V_8 \cdot K'_{ap8} \cdot a_8}{V_1' \cdot K'_{ap8} \cdot a_1'} N_1'$
						YY/Y	
6	$V_1'$	$K'_{ap6}$	$a_1'$	$N_1'$	4/8	YY/Δ	$N = 0.95 \frac{V_4 \cdot K'_{ap6} \cdot a_4}{V_1' \cdot K'_{ap6} \cdot a_1'} N_1'$
						YY/Y	
6	$V_1'$	$K'_{ap6}$	$a_1'$	$N_1'$	4/8	YY/Δ	$N = 1.27 \frac{V_6 \cdot K'_{ap6} \cdot a_6}{V_1' \cdot K'_{ap6} \cdot a_1'} N_1'$
						YY/Y	
6	$V_1'$	$K'_{ap6}$	$a_1'$	$N_1'$	6/8	YY/Δ	$N = 1.1 \frac{V_6 \cdot K'_{ap6} \cdot a_6}{V_1' \cdot K'_{ap6} \cdot a_1'} N_1'$
						YY/Y	
4	$V_1'$	$K'_{ap4}$	$a_1'$	$N_1'$	2/8	YY/Y	$N = 0.9 \frac{V_2 \cdot K'_{ap8} \cdot a_2}{V_1' \cdot K'_{ap4} \cdot a_1'} N_1'$
4	$V_1'$	$K'_{ap4}$	$a_1'$	$N_1'$	2/4/8	2Δ/2Δ/2Y	$N = 1.5 \frac{V_4 \cdot K'_{ap4} \cdot a_4}{V_1' \cdot K'_{ap4} \cdot a_1'} N_1'$
6	$V_1'$	$K'_{ap6}$	$a_1'$	$N_1'$	4/6/8	2Y/2Y/2Y	$N = \frac{V_6 \cdot K'_{ap6} \cdot a_6}{V_1' \cdot K'_{ap6} \cdot a_1'} N_1'$
						2Δ/2Δ/2Y	$N = 0.93 \frac{V_6 \cdot K'_{ap6} \cdot a_6}{V_1' \cdot K'_{ap6} \cdot a_1'} N_1'$

注: 1.  $V_2, V_4, V_6, V_8, a_2, a_4, a_6, a_8, K'_{ap2}, K'_{ap4}, K'_{ap6}, K'_{ap8}$  分别代表改绕后多速电动机 2、4、6、8 极的相电压、并联支路数及其绕组系数。

2.  $K'_{ap2}, K'_{ap4}, K'_{ap6}, K'_{ap8}$  分别代表原单速电动机的绕组系数。 $V_1', a_1', N_1'$  分别代表原单速电动机的相电压、并联支路数及每槽导线数。

表 5-121 YD 系列变极多速三相异步

型 号	极数	额定 功率 (千瓦)	接法	满 载 时				堵 转 电 流	堵 转 矩
				转 速 (转/分)	电 流 (安)	效 率 (%)	功 率 因 数	额 定 电 流	额 定 转 矩
YD801-4/2	4	0.45	△	1420	1.4	66	0.74	6.5	1.5
	2	0.55	2Y	2860	1.5	65	0.85	7	1.7
YD802-4/2	4	0.55	△	1420	1.7	68	0.74	6.5	1.6
	2	0.75	2Y	2860	2.0	66	0.85	7	1.8
YD803-4/2	4	0.85	△	1430	2.3	74	0.77	6.5	1.8
	2	1.1	2Y	2850	2.8	72	0.85	7	1.9
YD80L-4/2	4	1.3	△	1430	3.3	76	0.78	6.5	1.8
	2	1.8	2Y	2850	4.3	74	0.85	7	2
YD100L1-4/2	4	2.0	△	1430	4.8	78	0.81	6.5	1.7
	2	2.4	2Y	2850	5.6	76	0.86	7	1.9
YD100L2-4/2	4	2.4	△	1430	5.6	79	0.83	6.5	1.6
	2	3.0	2Y	2850	6.7	77	0.89	7	1.7
YD112Y-4/2	4	3.3	△	1450	7.4	82	0.83	6.5	1.9
	2	4.0	2Y	2890	8.6	79	0.89	7	2
YD132S-4/2	4	4.5	△	1450	9.8	83	0.84	6.5	1.7
	2	5.5	2Y	2860	11.9	79	0.89	7	1.8
YD132M-4/2	4	6.5	△	1450	13.8	84	0.85	6.5	1.7
	2	8.0	2Y	2880	17.1	80	0.89	7	1.8
YD160M-4/2	4	9	△	1460	18.5	87	0.85	6.5	1.6
	2	11	2Y	2920	22.9	82	0.89	7	1.8

## 电动机技术数据

(380 伏、50 赫)

最大 转矩	定子铁芯		铁芯 长度 (毫米)	定转子 槽数 $z_1/z_2$	绕组 型式	节距	每槽 线数	线规 (根-毫米)
	额定 转矩	外径 (毫米)						
1.8	120	75	65	24/22	双层叠式	1~8 或 1~7	260	1— $\phi 0.38$
1.8	120	75	80	24/22	双层叠式	1~8 或 1~7	210	1— $\phi 0.42$
1.8	130	80	90	24/22	双层叠式	1~7	166	1— $\phi 0.47$
1.8	130	80	120	24/22	双层叠式	1~7	128	1— $\phi 0.56$
1.8	155	98	105	36/32	双层叠式	1~11	80	1— $\phi 0.71$
1.8	155	98	135	36/32	双层叠式	1~11	68	1— $\phi 0.77$
1.8	175	110	135	36/32	双层叠式	1~11	56	1— $\phi 0.95$
1.8	210	136	115	36/32	双层叠式	1~11	58	1— $\phi 1.18$
1.8	210	136	160	36/32	双层叠式	1~11	44	2— $\phi 0.95$
1.8	260	170	155	36/26	双层叠式	1~10	36	1— $\phi 1.18$ 1— $\phi 1.12$

型 号	极数	额定 功率 (千瓦)	接法	满 载 时				堵 转 电 流	堵 转 转 矩
				转 速 (转/分)	电 流 (安)	效 率 (%)	功 率 因 数	额 定 电 流	额 定 转 矩
YD160L-4/2	4	11	△	1460	22.3	87	0.86	6.5	1.7
	2	14	2Y	2920	28.8	82	0.90	7	1.9
YD180M-4/2	4	15	△	1470	29.4	89	0.87	6.5	1.8
	2	18.5	2Y	2940	36.7	85	0.90	7	1.9
YD180I-4/2	4	18.5	△	1470	35.9	89	0.88	6.5	1.6
	2	22	2Y	2940	42.7	86	0.91	7	1.8
YD90S-6/4	6	0.65	△	920	2.2	64	0.68	6	1.6
	4	0.85	2Y	1420	2.3	70	0.79	6.5	1.4
YD90L-6/4	6	0.85	△	930	2.3	66	0.70	6	1.6
	4	1.1	2Y	1400	3.0	71	0.79	6.5	1.5
YD100I1-6/4	6	1.3	△	940	3.8	74	0.70	6	1.7
	4	1.8	2Y	1440	4.4	77	0.80	6.5	1.4
YD100L2-6/4	6	1.5	△	940	4.3	75	0.70	6	1.6
	4	2.2	2Y	1440	5.4	77	0.80	6.5	1.4
YD112M-6/4	6	2.2	△	960	5.7	78	0.75	6	1.8
	4	2.8	2Y	1440	6.7	77	0.82	6.5	1.5
YD132S-6/4	6	3.0	△	970	7.7	79	0.76	6	1.8
	4	4.0	2Y	1440	9.5	78	0.82	6.5	1.7
YD132M-6/4	6	4.0	△	970	9.8	82	0.76	6	1.6
	4	5.5	2Y	1440	12.3	80	0.85	6.5	1.4

(续表)

最大 转矩	定子铁芯		铁芯 长度 (毫米)	定转子 槽数 $Z_1/Z_2$	绕组 型式	节距	每槽 数	线规 (根-毫米)	
	额定 转矩	外径 (毫米)							内径 (毫米)
1.8		260	170	195	36/26	双层叠式	1~10	30	1— $\phi$ 1.30 1— $\phi$ 1.25
1.8		290	187	190	48/44	双层叠式	1~13	20	3— $\phi$ 1.25
1.8		290	187	220	48/44	双层叠式	1~13	18	4— $\phi$ 1.12
1.8		130	86	100	36/33	双层叠式	1~7/1~8	152/146	1— $\phi$ 0.45/ 1— $\phi$ 0.45
1.8		130	86	120	36/33	双层叠式	1~7/1~8	126/116	1— $\phi$ 0.50/ 1— $\phi$ 0.53
1.8		155	98	115	36/32	双层叠式	1~7	100	1— $\phi$ 0.63
1.8		155	98	135	36/32	双层叠式	1~7	86	1— $\phi$ 0.69
1.8		175	130	135	36/33	双层叠式	1~7/1~8	76/76	1— $\phi$ 0.80/ 1— $\phi$ 0.80
1.8		210	148	125	36/33	双层叠式	1~7/1~8	68/66	1— $\phi$ 1.0/ 1— $\phi$ 0.95
1.8		210	148	180	36/33	双层叠式	1~7/1~8	52/48	2— $\phi$ 0.75/ 2— $\phi$ 0.8

型 号	极数	额定 功率 (千瓦)	接法	满 载 时				堵 转	堵 转
				转 速 (转/分)	电 流 (安)	效 率 (%)	功 率 因 数	额 定 电 流	额 定 转 矩
YD160M-6/4	6	6.5	△	970	15.1	84	0.78	6	1.5
	4	8	2Y	1460	17.4	83	0.84	6.5	1.5
YD160L-5/4	6	9	△	970	20.6	85	0.78	6	1.6
	4	11	2Y	1460	23.4	84	0.85	6.5	1.7
YD180M-6/4	6	11	△	980	25.9	85	0.76	6	1.6
	4	14	2Y	1470	29.8	84	0.85	6.5	1.7
YD180I-6/4	6	13	△	980	29.4	86	0.78	6	1.7
	4	16	2Y	1470	33.6	85	0.85	6.5	1.7
YD90L-3/4	8	0.45	△	700	1.9	58	0.63	5.5	1.6
	4	0.75	2Y	1420	1.8	72	0.87	6.5	1.4
YD100L-8/4	8	0.85	△	700	3.1	67	0.63	5.5	1.6
	4	1.5	2Y	1410	3.5	74	0.88	6.5	1.4
YD112M-8/4	8	1.5	△	700	5.0	72	0.63	5.5	1.7
	4	2.4	2Y	1410	5.3	78	0.88	6.5	1.7
YD-132S-8/4	8	2.2	△	720	7.0	75	0.64	5.5	1.5
	4	3.3	2Y	1440	7.1	80	0.88	6.5	1.7
YD132M-8/4	8	3.0	△	720	9.0	78	0.65	5.5	1.5
	4	4.5	2Y	1440	9.4	82	0.89	6.5	1.6

(续表)

最大 转矩	定子铁芯		铁芯 长度 (毫米)	定转子 槽数 $Z_1/Z_2$	绕组 型式	节距	每槽 线数	线规 (根-毫米)	
	额定 转矩	外径 (毫米)							内径 (毫米)
1.8		260	180	145	36/33	双层叠式	1~7/1~8	48/46	1- $\phi$ 1.06 1- $\phi$ 1.0 ----- 1- $\phi$ 1.0 1- $\phi$ 1.06
1.8		260	180	195	36/33	双层叠式	1~7/1~8	36/34	2- $\phi$ 1.18/ 2- $\phi$ 1.18
1.8		290	205	200	36/32	双层叠式	1~7/1~8	32/30	1- $\phi$ 1.25 1- $\phi$ 1.30 ----- 3- $\phi$ 0.95 1- $\phi$ 0.90
1.8		290	205	230	36/32	双层叠式	1~7/1~8	28/26	3- $\phi$ 0.95 1- $\phi$ 1.0 ----- 2- $\phi$ 1.18 1- $\phi$ 1.12
1.8		130	86	120	36/33	双层叠式	1~6	172	1- $\phi$ 0.42
1.8		155	106	135	36/33	双层叠式	1~6	114	1- $\phi$ 0.56
1.8		175	120	135	36/33	双层叠式	1~6	94	1- $\phi$ 0.71
1.8		210	148	125	36/33	双层叠式	1~6	84	1- $\phi$ 0.85
1.8		210	148	180	36/33	双层叠式	1~6	60	1- $\phi$ 0.67 1- $\phi$ 0.71

型 号	极数	额定 功率 (千瓦)	接法	满 载 时				堵 转	堵 转
				转 速 (转/分)	电 流 (安)	效 率 (%)	功 率 因 数	额 定 电 流	额 定 转 矩
YD160M-8/4	8	5.0	△	730	13.9	83	0.66	5.5	1.5
	4	7.5	2Y	1450	15.2	84	0.89	6.5	1.6
YD160L-8/4	8	7	△	730	19	85	0.66	5.5	1.5
	4	11	2Y	1450	21.8	86	0.89	6.5	1.6
YD180L-8/4	8	11	△	730	26.7	87	0.72	6	1.5
	4	17	2Y	1470	32.6	88	0.91	7	1.5
YD90S-8/6	8	0.35	△	700	1.6	56	0.60	5	1.8
	6	0.45	2Y	930	1.4	70	0.72	6	2
YD90L-8/6	8	0.45	△	700	1.9	59	0.60	5	1.7
	6	0.65	2Y	920	1.9	71	0.73	6	1.8
YD100L-8/6	8	0.75	△	710	2.9	65	0.60	5	1.8
	6	1.1	2Y	950	3.1	75	0.73	6	1.9
YD112M-8/6	8	1.3	△	710	4.5	72	0.61	5	1.7
	6	1.8	2Y	950	4.8	78	0.73	6	1.9
YD132S-8/6	8	1.8	△	730	5.8	76	0.62	5	1.6
	6	2.4	2Y	970	6.2	80	0.73	6	1.9
YD132M-8/6	8	2.6	△	730	8.2	78	0.62	5	1.9
	6	3.7	2Y	970	9.4	82	0.73	6	1.9



(续表)

最大 转矩	定子铁芯		铁芯 长度 (毫米)	定转子 槽数 $Z_1/Z_2$	绕组 型式	节距	每槽 线数	线规 (根-毫米)	
	额定 转矩	外径 (毫米)							内径 (毫米)
1.8		260	180	145	36/33	双层叠式	1~6	54	1- $\phi$ 1.40
1.8		260	180	195	36/33	双层叠式	1~6	40	2- $\phi$ 1.12
1.8		200	205	260	54/54	双层叠式	1~8	22	2- $\phi$ 1.30
1.8		130	86	100	36/33	双层叠式	1~6	208	1- $\phi$ 0.40
1.8		130	86	120	36/33	双层叠式	1~6	170	1- $\phi$ 0.45
1.8		155	106	135	36/33	双层叠式	1~6	116	1- $\phi$ 0.63
1.8		175	120	135	36/33	双层叠式	1~6	98	1- $\phi$ 0.61
1.8		210	148	110	36/33	双层叠式	1~5	94	1- $\phi$ 0.53 1- $\phi$ 0.56
1.8		210	148	180	36/33	双层叠式	1~5	62	1- $\phi$ 0.67 1- $\phi$ 0.71

型 号	极数	额定 功率 (千瓦)	接法	满 载 时				堵 转 流	堵 转 矩
				转 速 (转/分)	电 流 (安)	效 率 (%)	功 率 因 数	额 定 电 流	额 定 转 矩
YD160M-8/6	8	4.5	△	780	13.3	83	0.62	5	1.6
	6	6	2Y	980	14.7	85	0.73	6	1.9
YD160L-8/6	8	6	△	780	17.5	84	0.62	5	1.6
	6	8	2Y	980	19.4	86	0.73	6	1.9
YD180M-8/6	8	7.5	△	730	21.9	84	0.62	5	1.9
	6	10	2Y	980	24.2	86	0.73	6	1.9
YD180L-8/6	8	9	△	730	24.7	85	0.65	5	1.8
	6	12	2Y	980	28.3	86	0.75	6	1.8
YD160M-12/6	12	2.6	△	480	11.6	74	0.46	4	1.2
	6	5	2Y	970	11.9	84	0.76	6	1.4
YD160L-12/6	12	3.7	△	480	16.1	76	0.46	4	1.2
	6	7	2Y	970	15.8	85	0.79	6	1.4
YD180L-12/6	12	5.5	△	490	19.6	79	0.54	4	1.3
	6	10	2Y	980	20.5	86	0.86	6	1.9
YD100L-6/4/2	6	0.75	Y	950	2.6	67	0.65	5.5	1.8
	4	1.3	△	1450	3.7	72	0.75	6	1.6
	2	1.8	2Y	2900	4.5	71	0.85	7	1.6
YD112M-6/4/2	6	1.1	Y	960	3.5	73	0.65	5.5	1.7
	4	2.0	△	1450	5.1	73	0.81	6	1.4
	2	2.4	2Y	2920	5.8	74	0.85	7	1.6

(续表)

最大 转矩	定子铁芯		铁芯 长度 (毫米)	定转子 槽数 $Z_1/Z_2$	绕组 型式	节距	每槽 线数	线规 (根-毫米)	
	额定 转矩	外径 (毫米)							内径 (毫米)
1.8		260	180	145	36/33	双层叠式	1~5	56	2- $\phi$ 0.95
1.8		260	180	195	36/33	双层叠式	1~5	42	3- $\phi$ 0.9
1.8		290	205	200	36/32	双层叠式	1~5	36	2- $\phi$ 1.0 1- $\phi$ 0.95
1.8		290	205	230	36/32	双层叠式	1~5	52	1- $\phi$ 1.30 1- $\phi$ 1.25
1.8		260	180	145	36/33	双层叠式	1~4	74	1- $\phi$ 0.80 1- $\phi$ 0.85
1.8		260	180	205	36/33	双层叠式	1~4	52	1- $\phi$ 1.40
1.8		290	205	230	54/58	双层叠式	1~6	32	1- $\phi$ 1.06 1- $\phi$ 1.12
1.8		155	98	135	36/32	单层链式	1~6	54	1- $\phi$ 0.53
						双层叠式	1~10	68	
1.8		175	110	135	36/32	单层链式	1~6	45	1- $\phi$ 0.67
						双层叠式	1~10	62	1- $\phi$ 0.60

型 号	极数	额定 功率 (千瓦)	接法	满 载 时				堵 转 电 流	堵 转 转 矩
				转 速 (转/分)	电 流 (安)	效 率 (%)	功 率 因 数	额 定 电 流	额 定 转 矩
YD132S-6/4/2	6	1.8	Y	970	5.1	75	0.71	5.5	1.4
	4	2.6	△	1460	8.1	78	0.83	6	1.3
	2	3.0	2Y	2910	7.4	71	0.87	7	1.7
YD132M1-6/4/2	6	2.2	Y	970	6	77	0.72	5.5	1.3
	4	3.3	△	1460	7.5	80	0.84	6	1.3
	2	4.0	2Y	2910	8.8	76	0.91	7	1.7
YD132M2-6/4/2	6	2.6	Y	970	6.9	80	0.72	5.5	1.5
	4	4.0	△	1460	9	80	0.84	6	1.4
	2	5.0	2Y	2910	10.8	77	0.91	7	1.7
YD160M-6/4/2	6	3.7	Y	980	9.5	82	0.72	5.5	1.5
	4	5.0	△	1470	11.2	81	0.84	6	1.3
	2	6.0	2Y	2930	13.2	76	0.91	7	1.4
YD160L-6/4/2	6	4.5	Y	980	11.4	83	0.72	5.5	1.5
	4	7	△	1470	15.1	83	0.85	6	1.2
	2	9	2Y	2930	18.8	79	0.92	7	1.3
YD112M-8/4/2	8	0.65	Y	700	2.7	59	0.63	4.5	1.4
	4	2.0	△	1450	5.1	73	0.81	6	1.2
	2	2.4	2Y	2920	5.8	74	0.85	7	1.2

(续表)

最大 转矩	定子铁芯		铁芯 长度 (毫米)	定转子 槽数 $Z_1/Z_2$	绕组 型式	节距	每槽 数	线规 (根-毫米)
	外径 (毫米)	内径 (毫米)						
1.8	210	136	115	36/32	单层链式	1~6	45	1- $\phi$ 0.83
					双层叠式	1~10	64	1- $\phi$ 0.80
1.8	210	136	140	36/32	单层链式	1~6	37	1- $\phi$ 0.90
					双层叠式	1~10	56	1- $\phi$ 0.85
1.8	210	136	180	36/32	单层链式	1~6	30	2- $\phi$ 0.75
					双层叠式	1~10	44	1- $\phi$ 0.90
1.8	260	170	155	36/26	单层链式	1~6	27	2- $\phi$ 0.90
					双层叠式	1~10	40	2- $\phi$ 0.75
1.8	260	170	195	36/26	单层链式	1~6	22	3- $\phi$ 0.80
					双层叠式	1~10	32	1- $\phi$ 1.18
1.8	175	110	135	36/32	双层叠式	1~5	68	1- $\phi$ 0.53
						1~10	62	1- $\phi$ 0.60

型 号	极数	额定 功率 (千瓦)	接法	满 载 时				堵 转 流	堵 转 矩
				转 速 (转/分)	电 流 (安)	效 率 (%)	功 率 因 数	额 定 电 流	额 定 转 矩
YD132S-8/4/2	8	1.0	Y	720	3.6	69	0.61	4.5	1.4
	4	2.0	△	1460	6.1	78	0.83	6	1.2
	2	3.0	2Y	2910	7.1	74	0.87	7	1.4
YD132M-8/4/2	8	1.3	Y	720	4.6	71	0.61	4.5	1.5
	4	3.7	△	1460	8.4	80	0.84	6	1.3
	2	4.5	2Y	2910	10	75	0.91	7	1.4
YD160M-8/4/2	8	2.2	Y	720	7.6	75	0.59	4.5	1.4
	4	5.0	△	1440	11.2	81	0.84	6	1.3
	2	6.0	2Y	2910	13.2	76	0.91	7	1.4
YD160L-8/4/2	8	2.8	Y	720	9.2	77	0.60	4.5	1.3
	4	7.0	△	1440	15.1	83	0.85	6	1.2
	2	9.0	2Y	2910	18.3	79	0.92	7	1.3
YD112M 8/6/4	3	0.85	△	710	3.7	62	0.56	5.5	1.7
	4	1.0	Y	950	3.1	68	0.73	6.5	1.3
	4	1.5	2Y	1440	3.5	73	0.86	7	1.5
YD132S-8/6/4	3	1.1	△	730	4.1	68	0.60	5.5	1.4
	6	1.5	Y	970	4.2	74	0.73	6.5	1.3
	4	1.8	2Y	1460	4.0	78	0.87	7	1.3

(续表)

最大 转矩	定子铁芯		铁芯 长度 (毫米)	定转子 槽数 $Z_1/Z_2$	绕组 型式	节距	每槽 线数	线规 (根-毫米)
	外 径 (毫米)	内 径 (毫米)						
1.8	200	136	115	36/32	双层叠式	1~5	62	1- $\phi$ 0.75
						1~10	64	1- $\phi$ 0.75
1.8	210	136	160	36/32	双层叠式	1~5	48	1- $\phi$ 0.85
						1~10	48	1- $\phi$ 0.85
1.8	260	170	155	36/26	双层叠式	1~5	36	2- $\phi$ 0.71
						1~10	40	2- $\phi$ 0.75
1.8	260	170	195	36/26	双层叠式	1~5	30	
						1~10	32	1- $\phi$ 1.18
1.8	175	120	135	36/33	双层叠式	1~6	100	1- $\phi$ 0.53
					单层链式	1~6	46	1- $\phi$ 0.56
					双层叠式	1~6	100	1- $\phi$ 0.53
1.8	210	148	120	36/33	双层叠式	1~6	98	1- $\phi$ 0.60
					单层链式	1~6	41	1- $\phi$ 0.71
					双层叠式	1~6	98	1- $\phi$ 0.60

型 号	极数	额定 功率 (千瓦)	接法	满 载 时				堵 转 电	堵 转 矩
				转 速 (转/分)	电 流 (安)	效 率 (%)	功 率 因 数	额 定 电 流	额 定 转 矩
YD132M1-8/6/4	8	1.5	△	730	5.2	71	0.62	5.5	1.3
	6	2.0	Y	970	5.4	77	0.73	6.5	1.5
	4	2.2	2Y	1460	4.9	79	0.87	7	1.4
YD132M2-8/6/4	8	1.8	△	730	6.1	72	0.62	5.5	1.5
	6	2.6	Y	970	6.8	78	0.74	6.5	1.7
	4	3.0	2Y	1460	6.5	80	0.87	7	1.5
YD160M-8/6/4	8	3.3	△	720	10.2	79	0.62	5.5	1.7
	6	4.0	Y	960	9.9	81	0.76	6.5	1.4
	4	5.5	2Y	1440	11.6	83	0.87	7	1.5
YD160L-8/6/4	8	4.5	△	720	15.8	80	0.62	5.5	1.6
	6	6.0	Y	960	14.5	83	0.76	6.5	1.6
	4	7.5	2Y	1440	15.6	84	0.87	7	1.5
YD180L-8/6/4	8	7	△	740	20.2	81	0.65	6.5	1.7
	6	9	Y	980	20.6	82	0.80	7	1.7
	4	12	2Y	1470	24.1	84	0.90	7	1.5
YD180L- 12/8/6/4	12	3.3	△	480	13	72	0.55	5	1.6
	8	5.0	△	740	16	79	0.62	6	1.5
	6	6.5	2Y	970	14	82	0.88	6	1.3
	4	9.0	2Y	1470	19	83	0.89	7	1.3

注：表中 6/4 极的每槽线数和线规分子、分母分别为节距 1~7、1~8 时的数据。



(续表)

最大 转矩	定子铁芯		铁芯 长度 (毫米)	定转子 槽数 $n_1/n_2$	绕组 型式	节距	每槽 线数	线规 (根-毫米)
	额定 转矩	外径 (毫米)						
1.8	210	148	160	36/33	双层叠式	1~6	78	1- $\phi$ 0.67
					单层链式	1~6	32	1- $\phi$ 0.85
					双层叠式	1~6	78	1- $\phi$ 0.67
1.8	210	148	180	36/33	双层叠式	1~6	66	1- $\phi$ 0.71
					单层链式	1~6	27	1- $\phi$ 0.90
					双层叠式	1~6	66	1- $\phi$ 0.71
1.8	260	180	145	36/33	双层叠式	1~6	58	2- $\phi$ 0.75
					单层链式	1~6	25	2- $\phi$ 0.75
					双层叠式	1~6	58	2- $\phi$ 0.75
1.8	260	180	195	36/33	双层叠式	1~6	44	2- $\phi$ 0.85
					单层链式	1~6	18	3- $\phi$ 0.80
					双层叠式	1~6	44	2- $\phi$ 0.8
1.8	290	205	260	54/50	双层叠式	1~8	22	2- $\phi$ 1.0
						1~9	10	2- $\phi$ 1.12
						1~8	22	2- $\phi$ 1.0
1.8	290	205	260	54/50	双层叠式	1~6	36	2- $\phi$ 0.75
						1~8	24	1- $\phi$ 0.80 1- $\phi$ 0.75
						1~6	36	2- $\phi$ 0.75
						1~8	24	1- $\phi$ 0.80 1- $\phi$ 0.75

表 5-122 JDO2 系列变极

型 号	极数	额定 功率 (千瓦)	接法	满 载 时				堵 转 流	堵 转 矩							
				转 速 (转/分)	电 流 (安)	效 率 (%)	功 率 因 数	额 定 电 流	额 定 转 矩							
JDO2-21-4/2	4	0.8	△	1450	2.1	76.6	0.77	7.0	1.6							
	2	1.1	2Y	2890	2.55	74.6	0.88									
JDO2-22-4/2	4	1.5	△	1410	3.5	77.5	0.83			7.0	1.6					
	2	1.8	2Y	2860	4.1	75.1	0.92									
JDO2-31-4/2	4	1.5	△	1445	3.9	76	0.77					7.0	1.6			
	2	2.2	2Y	2875	5.2	73.5	0.87									
JDO2-32-4/2	4	2.2	△	1435	5.4	78	0.82		7.0					1.6		
	2	3.0	2Y	2880	7.0	74	0.88									
JDO2-41-4/2	4	3.3	△	1430	7.6	80	0.82				7.0				1.6	
	2	4.0	2Y	2860	9.1	76	0.88									
JDO2-42-4/2	4	4.0	△	1440	9.3	80	0.82						7.0			1.6
	2	5.5	2Y	2870	12.5	76	0.88									
JDO2-51-4/2	4	5.5	△	1460	12.3	82	0.83	7.0						1.4		
	2	7.5	2Y	2880	16.6	78	0.88									
JDO2-52-4/2	4	7.5	△	1450	16.8	82	0.83			7.0					1.4	
	2	10	2Y	2880	22.2	78	0.88									
JDO2-61-4/2	4	10	△	1470	20.5	87	0.85					7.0				1.4
	2	11	2Y	2940	21.1	86	0.92									
JDO2-62-4/2	4	13	△	1465	26.4	88	0.85		7.0					1.4		
	2	15	2Y	2940	28.3	87.5	0.92									

多速三相异步电动机技术数据

(380伏, 50赫)

最 大 转 矩	定子铁芯		铁 芯 长 度 (毫米)	定转子 槽 数 $Z_1/Z_2$	绕 组 型 式	节 距	每 槽 线 数	线 规 (根-毫米)
	额 定 转 矩	外 径 (毫米)						
0.5	145	90	80	24/22	双层叠式	1~7	196	1- $\phi$ 0.51
			110				128	1- $\phi$ 0.62
1.8	167	104	95	26/26		1~7	84	1- $\phi$ 0.67
			135				64	1- $\phi$ 0.77
	210	136	100			1~10	64	1- $\phi$ 0.93
			125				52	1- $\phi$ 1.08
	245	162	120			1~10	48	2- $\phi$ 0.96
			160				38	1- $\phi$ 1.15
280	182	155	36/28	34		2- $\phi$ 1.12		
		190		28		2- $\phi$ 1.25		

型 号	极数	额定 功率 (千瓦)	接法	满 载 时				堵 电 流	堵 转 矩
				转 速 (转/分)	电 流 (安)	效 率 (%)	功 率 因 数		
JDO2-21-6/4	6	0.6	△	960	2.0	68	0.66	1.6	
	4	0.8	2Y	1465	2.4		0.74		
JDO2-22-6/4	6	0.8	△	960	2.6	70	0.66		
	4	1.0	2Y	1465	2.8	74	0.74		
JDO2-31-6/4	6	1.3	△	930	4.0	70	0.7		
	4	1.7	2Y	1430	4.3	75	0.8		
JDO2-32-6/4	6	1.7	△	930	5.0	74	0.7		
	4	2.5	2Y	1450	6.1	78	0.8		
JDO2-41-6/4	6	2.8	△	930	7.5	78	0.73		1.4
	4	3.0	2Y	1430	7.6	76	0.79		
JDO2-42-6/4	6	3.5	△	930	9.4	78	0.73		
	4	4.0	2Y	1440	10	76	0.79		
JDO2-51-6/4	6	6.0	△	960	13.9	84	0.78		
	4	8.0	2Y	1460	18.7	80	0.81		
JDO2-52-6/4	6	8.0	△	955	18.4	85	0.78		
	4	1.0	2Y	1450	21.5		0.83		
JDO2-61-6/4	6	8.0	△	970	18.6	85	0.77	1.9	
	4	10	2Y	1460	22	83	0.83		
JDO2-62-6/4	6	10	△	970	23.8	85	0.75		
	4	13	2Y	1460	28.7	83	0.83		

(续表)

最大 转矩	定子铁芯		铁芯 长度 (毫米)	定转子 槽数 $Z_1/Z_2$	绕组 型式	节 距	每 槽 线 数	线 规 (根-毫米)
	外 径 (毫米)	内 径 (毫米)						
1.8	145	94	85	36/33	双层叠式	1~7	150	1- $\phi$ 0.50
			115				116	1- $\phi$ 0.57
	167	104	95	36/32			104	1- $\phi$ 0.59
			135				76	1- $\phi$ 0.69
	210	148	110	36/32			82	1- $\phi$ 0.9
			140				66	1- $\phi$ 1.04
	245	162	160	36/32			44	1- $\phi$ 1.35
			195				36	2- $\phi$ 1.08
	280	182	155	36/32			88	1- $\phi$ 1.50
			190				30	2- $\phi$ 1.20

型 号	极数	额定 功率 (千瓦)	接法	满 载 时				堵 电 转 流 额 定 电 流	堵 转 转 矩 额 定 转 矩
				转 速 (转/分)	电 流 (安)	效 率 (%)	功 率 因 数		
JDO2-71-6/4	6	13	△	970	28.4	88	0.79	7.0	1.2
	4	17	2Y	1470	34.1	89	0.85		
JDO2-72-6/4	6	15	△	970	32.8	88	0.79		
	4	19	2Y	1460	40	85	0.85		
JDO2-81-6/4	6	22	△	970	46.4	89	0.81		
	4	28	2Y	1470	56.7	86	0.87		
JDO2-12-8/4	8	0.3	△	690	1.6	52	0.54		1.6
	4	0.6	2Y	1400		71	1.83		
JDO2-21-8/4	8	0.3	△	680	1.7	53	0.50		
	4	0.75	2Y	1360	2.0	72	0.81		
JDO2-22-8/4	8	0.45	△	680	2.0	63	0.53		
	4	0.75	2Y	1360	1.8	76	0.83		
JDO2-31-8/4	8	0.9	△	685	3.3	67	0.61	1.4	
	4	1.5	2Y	1365	3.8	71	0.84		
JDO2-32-8/4	8	1.1	△	685	4.1	68	0.60		
	4	2.2	2Y	1370	5.4	74	0.81		
JDO2-41-8/4	8	1.8	△	710	6.0	74	0.62		
	4	3.0	2Y	1410	6.8	78	0.86		
JDO2-42-8/4	8	2.5	△	710	8.3	74	0.62		
	4	4.0	2Y	1410	9.0	78	0.86		

(续表)

最大 转矩	定子铁芯		铁芯 长度 (毫米)	定转子 槽数 $Z_1/Z_2$	绕组 型式	节距	每槽 线数	线规 (根-毫米)
	额定 转矩	外径 (毫米)						
1.8	327	230	200	36/32	双层叠式	1~7	28	2- $\phi$ 1.56
			250				28	3- $\phi$ 1.40
	368	360	240	72/56		1~14	12	4- $\phi$ 1.45
	120	75	100	24/22		1~4	146	1- $\phi$ 0.38
	145	94	90	36/26		1~6	190	1- $\phi$ 0.41
			110				156	1- $\phi$ 0.49
	167	114	95	36/26		1~6	146	1- $\phi$ 0.62
			135				106	1- $\phi$ 0.72
	210	148	110	36/26		1~6	92	1- $\phi$ 0.86
			140				74	1- $\phi$ 1.0

型 号	极数	额定 功率 (千瓦)	接法	满 载 时				增 转	增 转				
				转 速 (转/分)	电 流 (安)	效 率 (%)	功 率 因 数	额 定 电 流	额 定 转 矩				
JDO2-51-8/4	8	3.5	△	720	10.8	78	0.69	7.0	1.4				
	4	6.5	2Y	1430	12.5	82	0.88						
JDO2-52-8/4	8	4.5	△	720	13.9	78	0.63			7.0	1.4		
	4	7.5	2Y	1430	15.8	82	0.88						
JDO2-61-8/4	8	7.5	△	720	21.4	82	0.65	7.0	1.2				
	4	10	2Y	1460	20	85	0.89						
JDO2-62-8/4	8	8.5	△	720	24.2	82	0.65			7.0	1.2		
	4	13	2Y	1460	26.1	85	0.89						
JDO2-71-8/4	8	11	△	720	29.8	84	0.67	7.0	1.2				
	4	17	2Y	1460	33.4	86	0.9						
JDO2-72-8/4	8	15	△	720	40.4	84	0.67			7.0	1.2		
	4	22	2Y	1460	43.2	86	0.9						
JDO2-91-8/4	8	40	△	740	85.4	89	0.8	6.5	1.6				
	4	55	2Y	1480	106	88	0.9						
JDO2-31-8/6	8	0.8	△	720	3.4	63	0.56	7.0	1.4				
	6	1.3	2Y	950	3.5	75	0.76						
JDO2-32-8/6	8	1.3	△	720	4.2	74	0.64			7.0	1.4		
	6	1.8	2Y	950	4.3	80	0.79						
JDO2-41-8/6	8	1.8	△	730	5.5	77	0.64					7.0	1.4
	6	2.5	2Y	970	5.9	82	0.79						



(续表)

最大 转矩	定子铁芯		铁芯 长度 (毫米)	定转子 槽数 $Z_1/Z_2$	绕组 型式	极 距	每槽 线数	线规 (根-毫米)
	外 径 (毫米)	内 径 (毫米)						
1.8	245	174	130	36/26	双 层 叠 式	1~6	64	1- $\phi$ 1.16
			170				50	2- $\phi$ 0.96
	280	200	230	54/44		1~8	50	2- $\phi$ 1.04
							26	2- $\phi$ 1.16
	327	230	220	72/56		1~10	22	1- $\phi$ 1.35 1- $\phi$ 1.40
			250				18	1- $\phi$ 1.56 1- $\phi$ 1.50
	423	300	320	72/56		1~10	8	7- $\phi$ 1.40
	167	114	95	96/33		1~6	140	1- $\phi$ 0.59
	167	114	135	36/33			106	1- $\phi$ 0.72
	210	148	110				92	1- $\phi$ 0.83

型 号	极数	额定 功率 (千瓦)	接法	满 载 时				堵转	堵转
				转 速 (转/分)	电 流 (安)	效 率 (%)	功 率 因 数	额 定 电 流	额 定 转 矩
JDO2-42-8/6	8	2.5	△	730	7.5	78	0.65	7.0	1.4
	6	3.5	2Y	960	8.2	82	0.79		
JDO2-51-8/6	8	3.0	△	720	9.4	78	0.62		
	6	4.0	2Y	950	9.9	82	0.75		
JDO2-52-8/6	8	4.5	△	720	13.5	78	0.65		
	6	6.0	2Y	950	13.7	82	0.81		
JDO2-61-8/6	8	6.0	△	725	17.9	82	0.62		
	6	8.5	2Y	975	18.6	87	0.80		
JDO2-71-8/6	8	10	△	730	28.3	86.5	0.62		
	6	15	2Y	970	32.8	88	0.79		
JDO2-81-8/6	8	17	△	740	45.7	87	0.65		
	6	24	2Y	980	51.9	89	0.79		
JDO2-51-12/6	12	2.2	△	480	7.7	72	0.6		1.1
	6	3.5	2Y	960	8.3	80	0.8		
JDO2-61-12/6	12	3.5	△	480	14.2	75	0.5		1.0
	6	7.5	2Y	970	16.7	83	0.82		
JDO2-72-12/6	12	4	△	480	13.6	80	0.56		
	6	14	2Y	970	31.3		0.85		
JDO2-81-12/6	12	12.5	△	480	35.5	85	0.63		
	6	20	2Y	970	40.6		0.85		

(续表)

最大 转矩	定子铁芯		铁芯 长度 (毫米)	定转子 槽数 $Z_1/Z_2$	绕组 型式	节距	每槽 线数	线规 (根-毫米)
	外径 (毫米)	内径 (毫米)						
1.8	210	143	140	36/36	双层叠式	1~6	76	1- $\phi$ 0.98
	245	174	130	54/44		1~7	60	1- $\phi$ 1.04
			170	36/36			56	1- $\phi$ 1.35
	280	200	175	36/32		1~6	44	1- $\phi$ 1.56
	327	230	200	36/32			30	2- $\phi$ 1.50
	368	260	240	72/36		1~10	12	4- $\phi$ 1.45
	245	174	130	54/44			68	1- $\phi$ 0.98
	280	200	200	54/58		1~6	36	1- $\phi$ 1.35
	327	230	250	54/44			24	2- $\phi$ 1.35
	368	260	260	72/58		1~7	18	3- $\phi$ 1.40

型 号	极数	额定 功率 (千瓦)	接法	满 载 时				堵 电 额 定 电 流	堵 转 额 定 转 矩
				转 速 (转/分)	电 流 (安)	效 率 (%)	功 率 因 数		
JDO2-91-12/6	12	19	△	480	58	83	0.6	7.0	1.0
	6	33	2Y	960	67.8	86	0.85		
JDO2-31-8/2	8	0.5	Y	690	2.3	56	0.58		
	2	1.5	2Y	2900	3.3	76	0.9		
JDO2-42-8/2	8	1.4	Y	690	5.3	68	0.59		
	2	4	2Y	2920	8.9	76	0.9		
JDO2-22-6/4/2	6	0.6	3Y	975	2.6	68	0.51		
	4	0.8	△	1450	1.9	75	0.84		
	2	1.1		2880	2.9	63	0.92		
JDO2-31-6/4/2	6	0.8	Y	965	2.7	67	0.65		
	4	1.1	△	1470	3.8	68			
	2	1.5	2Y	2940	4.3	64			
JDO2-41-6/4/2	6	1.8	3Y	970	6.7	76	0.54	7.0	1.2
	4	2.2	△	1430	5.2	78	0.83		
	2	2.8		2890	6.8	70	0.90		
JDO2-51-6/4/2	6	5.0	3Y	950	12.9	82	0.72		
	4	5.5	△	1420	11.6		0.88		
	2	5.5		2890	12.2		76		

(续表)

最大 转矩	定子铁芯		铁芯 长度 (毫米)	定转子 槽数 $z_1/z_2$	绕组 型式	槽距	每槽 线数	线规 (根-毫米)
	外径 (毫米)	内径 (毫米)						
1.8	423	300	320	72/56	双层叠式	1~7	12	6- $\phi$ 1.30
	167	104	110	36/26		1~16	84	1- $\phi$ 0.67
	210	136	140				46	1- $\phi$ 1.12
	145	94	110	36/33		1~7	200	1- $\phi$ 0.41
	167	104	115	36/26	单层链式	1~6	53	1- $\phi$ 0.57
					双层叠式	1~10	66	1- $\phi$ 0.53
1.6	210	136	100	36/33	双层叠式	1~7	126	1- $\phi$ 0.67
	245	162	120				96	1- $\phi$ 0.86

型 号	极数	额定 功率 (千瓦)	接法	满 载 时				堵 转 电 流	堵 转 转 矩
				转 速 (转/分)	电 流 (安)	效 率 (%)	功 率 因 数	额 定 电 流	额 定 转 矩
JDO2-52-6/4/2	6	6.0	3Y	950	15.5	82	0.72	7.0	1.2
	4	6.5	△	1420	13.1	81	0.92		
	3	7.5		2890	16.5	75			
JDO2-32-8/4/2	8	0.5	2Y	730	3.6	60	0.57	7.0	1.0
	4	2.2	2△	1440	5.0	80	0.84		
	3	2.5		2910	6.9	68	0.81		
JDO2-41-8/4/2	8	1.5	2Y	730	5.1	65	0.60	7.0	1.0
	4	3.0	2△	1440	6.6	82	0.84		
	2	3.5		2920	9.1	72	0.81		
JDO2-42-8/4/2	8	1.5	3Y	710	5.9	65	0.60	7.0	1.0
	4	4.5	2△	1420	9.9	82	0.84		
	2	5.0		2910	12.8	73	0.81		
JDO2-51-8/4/2	8	2.2	2Y	710	9.3	65	0.55	7.0	1.0
	4	5.5	2△	1420	12.8	84	0.82		
	2	6.6		2900	16.5	74			
JDO2-52-8/4/2	8	3.0	2Y	730	10.9	70	0.60	7.0	1.0
	4	6.5	2△	1450	13.7	85	0.85		
	2	8		2920	19.1	75			

(续表)

最 大 转 矩	定子铁芯		铁 芯 长 度 (毫米)	定转子 槽 数 $Z_1/Z_2$	绕 组 型 式	节 距	每 槽 线 数	线 规 (根-毫米)
	外 径 (毫米)	内 径 (毫米)						
1.8	245	162	160	36/28	双 层 叠 式	1~7	70	1- $\phi$ 1.04
	167	104	135	36/26			140	1- $\phi$ 0.55
	210	136	110				132	1- $\phi$ 0.67
	210	126	150	36/25			104	1- $\phi$ 0.74
	245	152	140				96	1- $\phi$ 0.90
	245	162	175				36/26	78

型 号	极数	额定 功率 (千瓦)	接法	满 载 时				堵 转	堵 转
				转 速 (转/分)	电 流 (安)	效 率 (%)	功 率 因 数	额 定 电 流	额 定 转 矩
JDO2-31-8/6/4	8	0.9	2Y	700	2.9	70	0.68	7.0	1.3
	6	1.0		950	3.1	68	0.72		
	4	1.2		1390	2.8	74	0.88		
JDO2/32-8/6/4	8	1.3		700	4.2	70	0.68		
	6	1.5		950	4.7	68	0.72		
	4	1.8		1390	4.2	74	0.88		
JDO2-41-8/6/4	8	2.0		720	6.6	74	0.62		
	6	2.2		970	7.1	72	0.65		
	4	2.8		1420	6.1	78	0.90		
JDO2-42-8/6/4	8	2.6		720	7.9	78	0.64		
	6	2.8		970	8.4	76	0.67		
	4	3.8		1410	8.0	80	0.90		
JDO2-51-8/6/4	8	3.5	730	10.4	80	0.64			
	6	3.5	960	10.2	78	0.67			
	4	5.0	1400	10.4	81	0.90			
JDO2-52-8/6/4	8	4.5	730	13.4	80	0.64			
	6	5.0	980	14.5	78	0.67			
	4	7.0	1430	14.4	82	0.90			



(续表)

最大 转矩	定子铁芯		铁芯 长度 (毫米)	定转子 槽数 $Z_1/Z_2$	绕组 型式	节距	每槽 线数	线规 (根-毫米)					
	外径 (毫米)	内径 (毫米)											
1.6	167	114	95	36/33	双层叠式	1~6		1- $\phi$ 0.55					
			135					122	1- $\phi$ 0.67				
	210	148	110					106	1- $\phi$ 0.77				
			140					84	1- $\phi$ 0.90				
	245	174	130					36/33	双层叠式			72	1- $\phi$ 1.04
			170									56	1- $\phi$ 1.16

型 号	极数	额定 功率 (千瓦)	接法	满 载 时				增电 转流 额定 电流	增转 转矩 额定 转矩
				转 速 (转/分)	电 流 (安)	效 率 (%)	功 率 因 数		
JDO2-61-8/6/4	8	5	2Y	730	14.9	82	0.82	7.0	1.2
	6	7		980	21	80	0.63		
	4	9		1450	19.2	84	0.85		
JDO2-62-8/6/4	8	8		730	23.2	84.5	0.62		
	6			980	23	84	0.63		
	4			1450	21.7	86.5	0.89		
JDO2-71-8/6/4	8	10		730	28.7	85.5	0.62		
	6			985	28.4	85	0.63		
	4			1450	30.1	87	0.87		
JDO2-72-8/6/4	8	13		735	37	86	0.62		
	6			985	36.5		0.63		
	4			1465	37.7	88	0.87		
JDO2-52- 10/8/6/4	10	2.5	Y	580	7.3	75	0.7	1.3	
	8	3.0	2Y	725	9.5	77	0.62		
	6	3.0		980	10.5	70			
	4	4.5		1440	9.1	81	0.92		
JDO2-61- 10/8/6/4	10	2.5	Y	580	9.2	69	0.60	1.1	
	8	3.5	2Y	730	12	78	0.57		
	6	4.0		980	12.4		0.63		
	4	5.5		1450	12.1	83	0.83		

(续表)

最 大 转 矩	定子铁芯		铁 芯 长 度 (毫米)	定 转 子 槽 数 $Z_1/Z_2$	绕 组 型 式	节 距	每 槽 线 数	线 规 (根-毫米)		
	外 径 (毫米)	内 径 (毫米)								
1.6	280	200	185	36/33	双层叠式	1~6	48	1- $\phi$ 1.35		
			220					38	2- $\phi$ 1.16	
	327	230	200					36	2- $\phi$ 1.40	
			250					28	2- $\phi$ 1.30 1- $\phi$ 1.35	
	245	174	170					1~4	38	1- $\phi$ 1.04
								1~6	60	1- $\phi$ 0.93
	280	200	185					1~4	30	1- $\phi$ 1.08
								1~6	48	1- $\phi$ 1.04

型 号	极数	额定 功率 (千瓦)	接法	满 载 时				堵 电 流	堵 转 矩
				转 速 (转/分)	电 流 (安)	效 率 (%)	功 率 因 数		
JDO2-62- 10/8/6/4	10	3.5	Y	570	12.4	69	0.62	7.0	1.1
	8	5.0	2Y	730	15.7	78	0.62		
	6	5.5		985	15.8	78	0.68		
	4	7.5		1445	16.8	80	0.85		
10	6.5	Y		580	21	76	0.62		
JDO2-72- 10/8/6/4	8	8.5	2Y	735	26	80	0.62		
	6	10		980	30	79	0.64		
	4	13		1460	28	83	0.85		
JDO2-61- 12/8/6/4	12	2.2	△	480	8	70	0.60		
	8	3.5	2Y	730	11	74.5	0.65		
	6	4		960	8.9	78	0.88		
	4	5.5		1480	12.5	79	0.85		
12	3	△		475	10.9	70	0.60		
JDO2-62- 12/8/6/4	8	5.0	2Y	730	14	75	0.70		
	6	5.5		960	11.6	80	0.87		
	4	7.5		1460	15.8	80	0.90		

(续表)

最大 转矩	定子铁芯		铁芯 长度 (毫米)	定转子 槽数 $Z_1/Z_2$	绕组 型式	节距	每槽 线数	线规 (毫米)
	外径 (毫米)	内径 (毫米)						
	280	200	220	36/33		1~4	26	1- $\phi$ 1.35
						1~6	44	1- $\phi$ 1.12

[例1] 一台 JO2-32-4, 3 千瓦 4 极电动机, 需改绕成 2/4 极电动机, 试求其各参数。

已知数据: 额定电源线电压 380 伏, 额定频率 50 赫, 额定相电压  $V'_1=220$  伏, 并联支路数  $a'_1=1$ , 定子槽数 36, 接法  $\gamma$ , 每槽导线数  $N'_1=31$ , 线径  $d'_1=1.12$ , 绕组系数  $K'_{dp4}=0.96$ 。

[解] (1) 选择方案 2, 节距为  $1\sim 10$ , 接法为  $2\gamma/\Delta$ , 双层绕组。

4 极时:  $V_4=380$  伏,  $a_4=1$ ,  $K_{dp4}=0.831$

2 极时:  $V_2=220$  伏,  $a_2=2$ ,  $K_{dp2}=0.670$

(2) 根据表 5-120 中 (1) 式确定每槽导线数为:

$$\begin{aligned} N &= 1.27 \frac{V_4 \cdot K'_{dp4} \cdot a_4}{V'_1 \cdot K_{dp4} \cdot a'_1} N'_1 \\ &= 1.27 \times \frac{380 \times 0.96 \times 1}{220 \times 0.831 \times 1} \times 31 \\ &= 78.6 \end{aligned}$$

取

$$N=78$$

因为采用双层绕组, 故每匝匝数取 39。

(3) 确定线径  $d_1^*$  为:

$$\begin{aligned} d_1^* &= \sqrt{\frac{N'_1}{N}} d'_1 = \sqrt{\frac{31}{78}} \times 1.12 \\ &= 0.706 \text{ (毫米)} \end{aligned}$$

取  $d_1=0.70$  毫米

(4) 功率估算:

4 极时:

$$\begin{aligned} P_4 &= \frac{V_4 a_4 d_1^3}{V'_1 a'_1 d_1'^3} P'_4 = \frac{380 \times 1 \times 0.70^3}{220 \times 1 \times 1.12^3} \times 3 \\ &= 2.01 \text{ (千瓦)} \end{aligned}$$

2 极时:

由功率比  $\frac{P_2}{P_4} = K \frac{V_2 a_2}{V_4 a_4}$ , 取  $K=0.85$ , 得:

$$P_2 = \frac{V_2 a_2}{K V_4 a_4} P_4 = \frac{220 \times 2}{0.85 \times 380 \times 1} \times 2.01 = 2.7 \text{ (千瓦)}$$

4. 变极三相多速异步电动机技术数据 见表 5-121~表 5-122。

## 5-3 小型发电机

小型交流同步发电机和原动机、控制设备组成的移动电站及农村小型水电站，可用作采矿、伐木、筑路、农田排灌、农村照明及加工动力、野外施工、船舶、军事工程部门的电源，或工矿企业的应急备用电源。

1. 三相交流同步发电机的结构和原理 三相交流同步发电机由主发电机和励磁装置组成。主发电机按磁极安放的位置，可分为旋转磁场式与旋转

表 5-123 小型三相同步发电机励磁方式比较表

励磁方式	三次谐波励磁	可控硅励磁	相复励励磁	
系列代号	T2S	T2K	T2X	
励磁系统组成	<p>三次谐波绕组 → 整流器 → 电刷 → 励磁绕组 晶闸管分流</p>	<p>励磁变压器 → 串联变压器 → 晶闸管整流器 → 电刷 → 励磁绕组</p>	<p>复励变压器 → 复励电流互感器 → 复励整流器 → 电刷 → 励磁绕组</p>	
性能特点	稳态电压调整率(%)	±1~±3	±1~+3	±3~±5
	发电机动态性能	好	较好	较好
	电压波形	较差	有缺口	较好
	无线电干扰	一般	大	小
	效率(%)	90以上	90以上	65~70
	温度补偿能力	好	好	较差
体积、重量	小	小	大	
优缺点	线路较复杂，结构简单，制造方便，成本低，并联运行不稳定	线路较复杂，必须有起励装置，成本高，维修困难	线路简单，元件少，可靠性好，低温性能好，过载能力强	
典型线路图(供参考)	图 5-45	图 5-46	图 5-47	

电枢式二种。旋转磁场式的磁极装于转子上, 旋转电枢式的磁极装于定子上。小型发电机的结构一般为旋转磁场式。按磁极的形状又可分为凸极式与隐极式。凸极式转子的磁极凸出, 励磁绕组套在磁极上; 隐极式转子的磁极绕组分布在转子表面的各个磁极之内。

2. 三相同步发电机的励磁方式 当今小型交流发电机的励磁方式发展成三次谐波励磁、晶闸管励磁和相复励磁的三种型式。它们结构、性能、特点及线路装置的比较, 见表 5-123。目前应用最普遍的是三次谐波励磁和相复励磁方式。

3. T2 系列同步发电机 T2 系列小型三相同步发电机是与柴油机配套的有刷、自励、恒压同步发电机机组。其型号的意义如下:

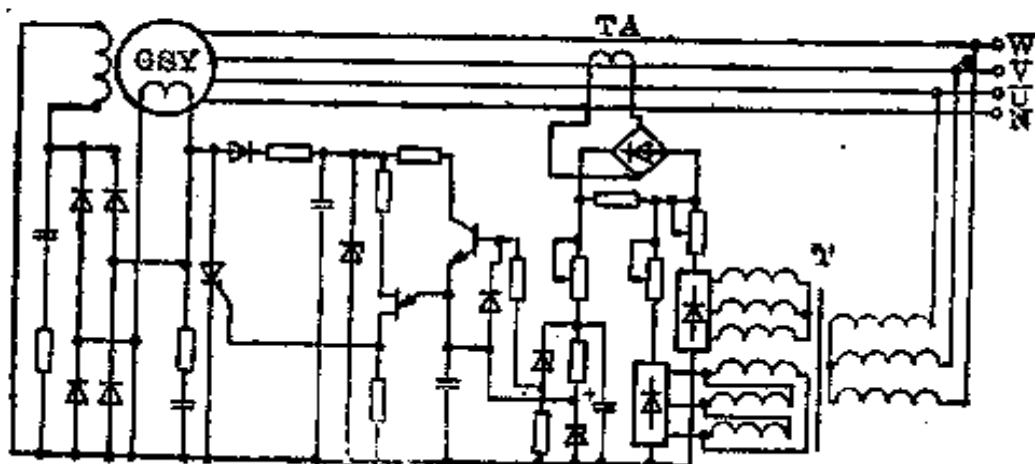


图 5-45 三次谐波晶闸管分流励磁装置

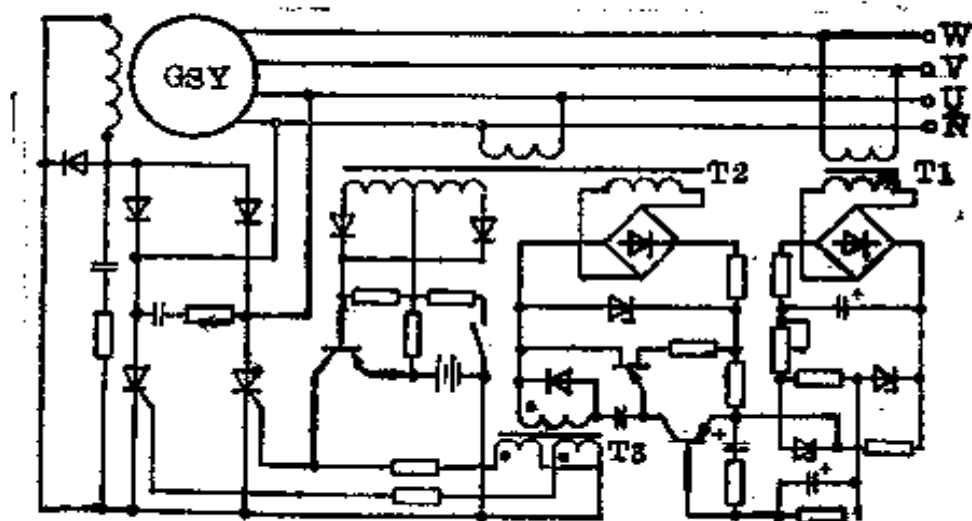


图 5-46 晶闸管励磁装置



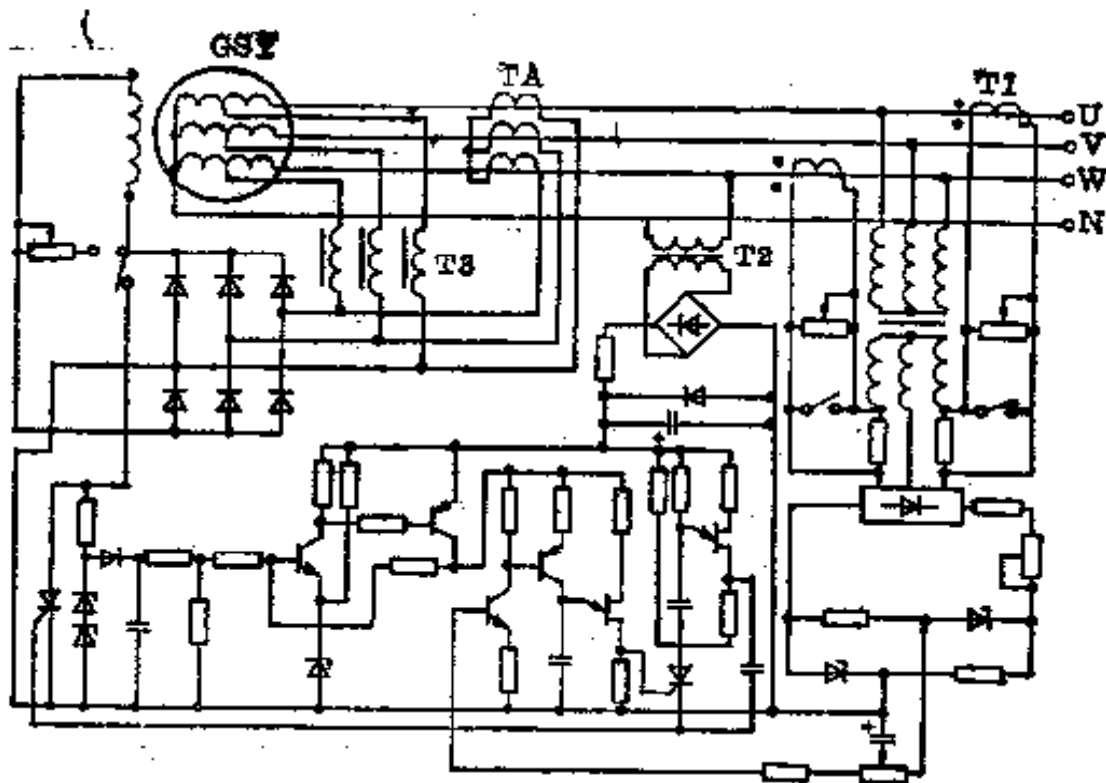


图 5-47 晶闸管相复励励磁装置

T 2 S -40-4

同步发电机 ———— |  
 第二次改型设计 ———— |  
 励磁方式代号: ———— |

} S 为三次谐波励磁  
 } K 为可控硅励磁  
 } X 为相复励励磁

——— 极数  
 ———— 功率(千瓦)

T2 系列同步发电机具有良好的稳态电压调整率。柴油机转速变化为 5% 时可根据用户需要配置相应的励磁装置, 分别提供稳态电压调整率为 ± 5%、

表 5-124 T2 系列小型三相同步发电机起功电动机的能力

发电机额定功率 $P_N$ (千瓦)	起功电动机的功率(千瓦)
40 及以下	$0.7P_N$
50、64、75	30
90、120	55
150、200	75

表 5-125 T2 系列小型三相

机座号	额定功率 (千瓦)	额定电压 (伏)	额定频率 (赫)	额定转速 (转/分)	满 载 时					
					电 流 (安)	功率 因数 (滞后)	效率(%)		励磁 电压 (伏)	励磁 电流 (安)
							1	2		
160S1	3	400	50	1500	5.4	0.8	78	75.5	43.1	5.45
160S2	5				9.02		81.5	79.5	41.2	6.75
180S1	10				18.1		84	82.5	35.4	18.7
180S2	12				21.7		85	83.5	39.2	13.84
200S	20	400	50	1500	36.1	0.8	87.5	86	25.8	24.7
200M	24				43.3		88.5	87	28.2	24.1
200L	30				54.1		89	88	31.8	23.9
225M	40				72.2		90	89	37.9	28.9
225L	50				90.2		90.5	89.5	43.8	29.6
250M	64				115.5		91	90	39	21.2
250L	75	135.8	91.4	90.5	46.6	21.1				
270S	90	400	50	1500	162.4	0.8	91.8	91	34.7	26
280L	120				216.5		92.2	91.5	38.8	26.8
350M	200				361		92.6	92	108.4	28.9

注: 1. 第1种效率指标适用于晶闸管励磁或三次谐波励磁, 第2种效率指标适用  
 2. 30千瓦发电机由225S机座改为200L机座; 300千瓦发电机由355S改为

同步发电机铁芯及绕组数据

空载时		定子铁芯			气隙 长度	转子长度	定子 槽数	磁极 型式
励磁 电压 (伏)	励磁 电流 (安)	外径	内径	长 度				
		(毫米)						
12.95	1.9	270	190	57	0.5	57+6	36	凸 极 式
13.3	2.54			90		90+6		
10.62	4.88	300	210	120	0.65	130+6		
11.7	4.88			185		140+6		
8.5	9.04	330	245	155	0.75	160+8	36	凸 极 式
9.6	9.15			190		195+8		
10.3	8.93			225		235+8		
12	10.7	385	270	210	1.1	220+12	48	
13.8	10.9			250		265+12		
27.6	7.46	450	290	240	1.1	240	60	隐 极 式
30.1	7.46			280		280		
29.05	10.15	498	330	255	1.25	255		
32.6	10.05			320		320		
35	10.6	590	400	350+2×10	1.5	350+2×10		

于相复励励磁的发电机。

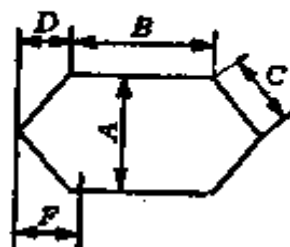
850M 机型。

机座号	定 子 绕 组					励 磁 绕 组		
	线规 QZ (毫米)	每槽 导体 数	半匝平 均长 (毫米)	节距	并联 支路 数	线 规(毫米)	每极 匝数	半匝平 均长 (毫米)
160S1	1- $\phi$ 0.9	42	222	1-8	1	QZ 1- $\phi$ 1.16	290	
160S2	1- $\phi$ 1.16	26	255			QZ 1- $\phi$ 1.3	230	
180S1	2- $\phi$ 1.16	18	306			QZB 1.25 $\times$ 2.26	147	
180S2	2- $\phi$ 1.25	16	321			QZB 1.25 $\times$ 2.26	155	
200S	1- $\phi$ 1.56	22	365	1-8	2	QZB 1.81 $\times$ 3.28	95	
200M	2- $\phi$ 1.25	18	400		QZB 1.81 $\times$ 3.28	95		
200L	1- $\phi$ 1.35	30	435		4	QZB 1.81 $\times$ 3.28	99	
225M	2- $\phi$ 1.62	12	444	1-10	2	QZB 1.95 $\times$ 3.53	115	
225L	3- $\phi$ 1.45	10	484			QZB 1.95 $\times$ 3.53	115	
250M	2- $\phi$ 1.45	14	488	1-12	4	QZ 2- $\phi$ 1.5	180	432
250L	4- $\phi$ 1.56	6	528		2	QZ 2- $\phi$ 1.5	180	472
280S	3- $\phi$ 1.45	10	571	1-14	4	QZ 3- $\phi$ 1.4	162	484
280L	7- $\phi$ 1.5	4	636		2	QZ 3- $\phi$ 1.4	162	540
355M	6- $\phi$ 1.5	6	691	1-13	4	QZ 4- $\phi$ 1.35	180	605

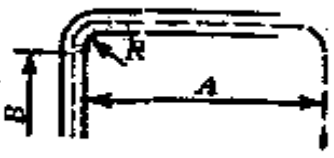
(续表)

参					数			
定子电阻 标么值	励磁电阻 (欧)	短路比	漏抗 标么值	过载能力 (倍)	冲击短路 电流	直轴同 步电抗	交轴同 步电抗	直轴瞬 变电抗
					额定电流	标 么 值		
0.0865	6.81	0.765	0.063	2.51	7.1	1.708	0.943	0.265
0.0618	5.25	0.79	0.0514	2.5	8.25	1.702	0.9364	0.23
0.0514	2.2	0.689	0.0597	2.33	7.17	1.98	1.0867	0.2637
0.0496	2.42	0.684	0.0608	2.35	7.0	2.036	1.147	0.2703
0.0414	0.874	0.687	0.0545	2.41	7.31	2.0145	1.105	0.2585
0.0347	0.982	0.706	0.0506	2.4	8.06	1.9656	1.076	0.2341
0.0336	1.115	0.694	0.0493	2.33	7.83	2.014	1.103	0.2413
0.0342	1.127	0.685	0.052	2.4	6.56	2.01	0.977	0.282
0.032	1.27	0.672	0.0501	2.32	6.68	2.07	1.005	0.2801
0.0281	3.09	0.556	0.044	1.962	20.9	2.544		0.0901
0.0214	4.03	0.553	0.044	1.95	22.3	2.561		0.0846
0.0213	2.86	0.631	0.043	2.02	23	2.236		0.0821
0.0202	3.24	0.587	0.038	1.96	23.8	2.39		0.0794
0.0106	3.8	0.565		1.93				

机座号	定子线圈尺寸 (毫米)					绕 线 模
	A	B	C	D	F	
160S1	121	82	70	35	47.5	定子线圈
160S2		115				
180S1	135	150	78	39	54	
180S2		165				
200S	156	185	90	45	60	
200M		220				
200L		255				
225M	168	250	97	48.5	68.5	
225L		290				
250M	180	280	104	52	72	
250L		320				
280S	238	295	138	69	89	
280L		360				
355M	258	410	148	72	92	



(续表)

机座号	隐极式磁场线圈尺寸 (毫米)				绕 线 模
	节 距	A	B	R	
250M	1-12	182	292	30	隐极式磁场线圈 
	2-11	148	282	25	
	3-10	116	274	20	
	4-9	83	268	15	
	5-8	51	264	10	
250L	1-12	182	332	30	
	2-11	148	322	25	
	3-10	116	314	20	
	4-9	83	308	15	
	5-8	51	304	10	
280S	1-12	208	318	50	
	2-11	170	303	40	
	3-10	134	293	30	
	4-9	96	285	20	
	5-8	57	279	10	
280L	1-12	208	378	50	
	2-11	170	368	40	
	3-10	134	358	30	
	4-9	96	350	20	
	5-8	57	334	10	
355M	1-12	245	490	25	
	2-11	198	472	20	
	3-10	155	448	16	
	4-9	108	425	12	
	5-8	68	410	10	

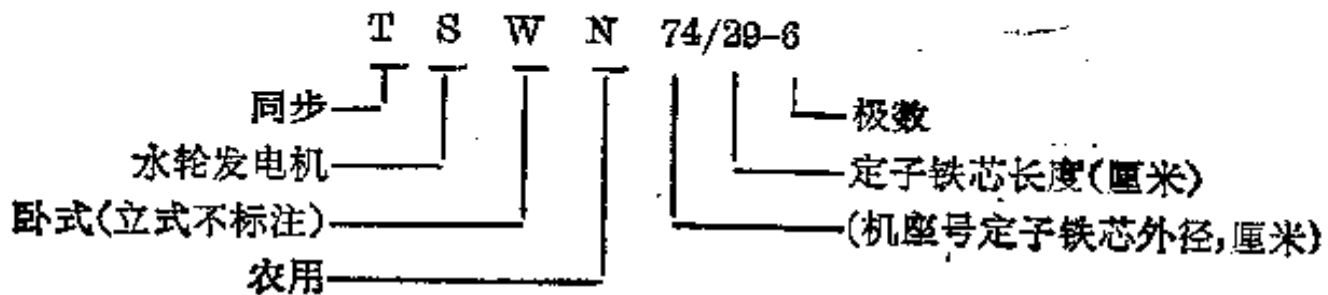
±3%或±1%的发电机。发电机具有并联稳定性，同型号的发电机组可以稳定地并联运行，但不宜与电网直接并联运行。

本系列发电机能保证四极笼型三相异步电动机基本系列的空载直接启动，具体启动能力见表5-124。

T2系列同步发电机的铁芯及绕组数据，见表5-125。

4. TSWN、TSN系列小容量水轮发电机 TSWN(卧式)、TSN(立式)系列小容量水轮发电机与混流式水轮机或定桨式水轮机配套，用于农村小型水电站。该系列水轮发电机为自励恒压三相同步发电机，额定频率为50赫，连续工作制。表5-126所列为该系列发电机的规格。

电机型号的意义如下：



(1) 励磁装置：发电机采用三次谐波励磁方式、双绕组电抗分流式，如图5-48所示。电机定子设有专供励磁的绕组，它发出的交流电经硅整流后供给发电机直流励磁，并由电抗器组成电抗移相环节，达到自动调压作用。为此发电机具有良好的电压调整率，能直接启动同容量的异步电动机。

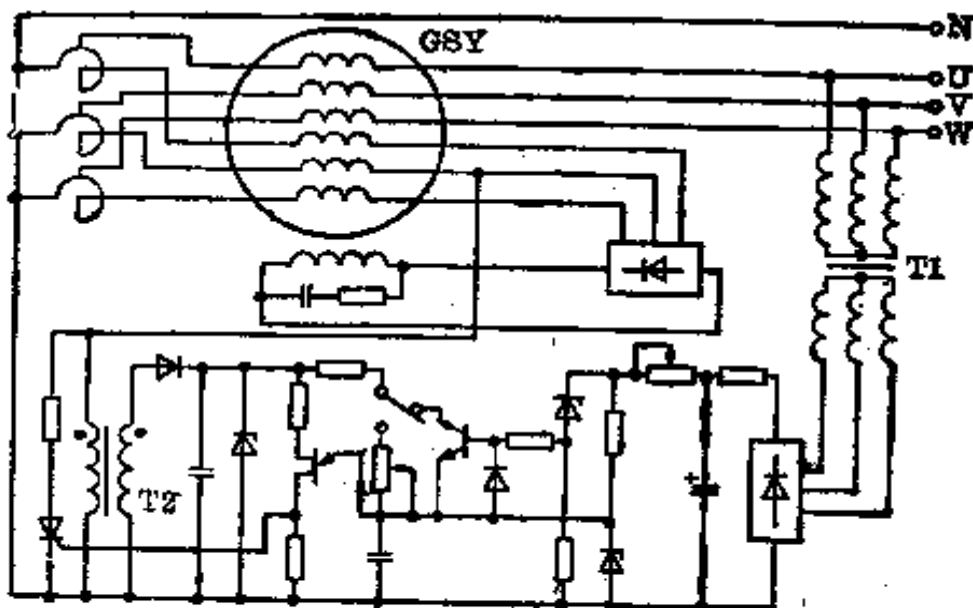


图5-48 双绕组电抗器晶闸管分流励磁装置



表 5-126 TSWN、TSN 系列小容量水轮发电机的规格

机座号	中心高 (毫米)	额 定 转 速 (转/分)							
		1500	1000	750	600	500	428	375	300
		额 定 功 率 (千瓦)							
38.8	225	18	12						
		26	18						
42.3	280	40	23						
		55	40						
49.3	315		35	40					
			75	55					
59	400		100	75					
			125	100					
			160	125					
74	500		200	160	125				
			250	200	160				
85	560		320	270	200	160	125		
			400	320	250	200	160		
99	630		*300	*400	*320	250	200	160	125
			*330	*500	*400	320	250	200	160

注: 带 \* 者额定电压为 6300 伏, 其余规格额定电压 400 伏。

(2) TSWN、TSN 系列水轮发电机的技术数据 见表 5-127~表 5-129,  
TSWN、TSN 水轮发电机安装外形图如图 5-49~图 5-50。

表 5-127 TSWN、TSN 系列小容量水轮发电机(12~75 千瓦)技术数据

型 号	额定功率 (千瓦)	额定电压 (伏)	额定频率 (赫)	额定转速 (转/分)	满 载			时		定 子 铁 芯				磁 极		气隙 长度 (毫米)
					效率(%)	功率 因数 (滞后)	励磁 电压 (伏)	励磁 电流 (安)	空载 励磁 电流 (安)	外 径	内 径	长 度	槽 数	硅钢板 牌 号	极 距 (毫米)	
TSWN 或 TSN 36.8/14-4	18	400	50	1500	85.1	84.2	32.2	24.1	9.7	26	140	208	140	1.1		
					TSWN 系 列	TSN 系 列	24.1	9.7	43						0.5D <sub>1</sub>	
TSWN 或 TSN 36.8/20-4	26	400	50	1000	88.5	87.6	41.6	24	9.8	368	200	240	125	0.7		
					TSWN 系 列	TSN 系 列	24	9.8	54						0.5D <sub>1</sub>	
TSWN 或 TSN 36.8/12.5-6	12	400	50	1000	84.3	83.5	27.9	23.7	8.8	233	120	149	180	0.7		
					TSWN 系 列	TSN 系 列	23.7	8.8	54						0.5D <sub>1</sub>	
TSWN 或 TSN 36.8/18-6	18	400	50	1000	85.5	85	41.2	24.2	9.06	423	180	240	210	1.45		
					TSWN 系 列	TSN 系 列	24.2	9.06	43						0.5D <sub>1</sub>	
TSWN 或 TSN 42.3/20.5-4	40	400	50	1500	88.3	87.4	24.7	51.2	19.5	423	205	240	210	1.45		
					TSWN 系 列	TSN 系 列	51.2	19.5	43						0.5D <sub>1</sub>	
TSWN 或 TSN 42.3/27-4	55	400	50	1500	89.7	89	30.8	51.0	19.6	423	270	240	280	1.45		
					TSWN 系 列	TSN 系 列	51.0	19.6	43						0.5D <sub>1</sub>	

(续表)

型 号	额定功率 (千瓦)	额定电压 (伏)	额定频率 (赫)	额定转速 (转/分)	空载励磁电流 (安)	满 载				定 子 铁 芯				磁 极		气隙 长度 (毫米)	
						电流 (安)	功率 因数 (滞后)	效率(%)	励磁电压 (伏)	励磁电流 (安)	功率 因数	效率(%)	电压 (伏)	励磁电流 (安)	外 径		内 径
TSWN 或 TSN 42.3/19-6	26				16.5	87.5	86.8	42.4	28.1	3.32	423	327	190	54	0.5D21	171	190
																	250
TSWN 或 TSN 42.3/25-6	40			1000	72.2	88.6	88	30	49.7	16.4			250			250	
TSW <del>W</del> 或 TSN 49.3/25-6	55				30.1	89.5	88.9	37	46.5	15.5			250		201	250	
TSWN 或 TSN 49.3/30-6	75	400	50		133.6	91	90.4	43.8	40.6	13			300			300	
TSWN 或 TSN 49.3/25-8	40			750	2.2	88.2	87.8	36	47	18.6			250		151	250	
TSWN 或 TSN 49.3/30-8	55				39.1	89.5	89.1	45.0	45.5	17.1			300			300	

(续表)

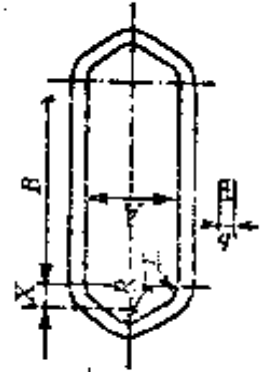
型号	磁极冲片					磁极内径	定子绕组						励磁绕组			
	材料	极靴宽	极靴高	极身宽	极身高		极弧半径	磁极压板	线规(QZ) (毫米)	每槽导体数	每相串联匝数	节距	并联支路数	槽斜度 (毫米)	线规 (SEB/CB) (毫米)	每极匝数
TSWN 或 TSN 36.8/14-4	银钢 45	140	24	75	44	128		1-φ1.56	20	80	1-11		17.35		111	
TSWN 或 TSN 36.8/20-4				50			75	2-φ1.4	14	56				1.56×3.28	121	
TSWN 或 TSN 36.8/12.5-6	1.5 钢板	105	36	55	50.8	137.7	47×6	1-φ1.3	28	126	1-9	2	16.6		77	
TSWN 或 TSN 36.8/18-6	A3							1-φ1.56	20	90	1-8			1.45×3.05	78	
16WN 或 TSN 42.3/20.5-4								3-φ1.4	12	43						
TSWN 或 TSN 42.3/27-4	银钢 45	160	27.1	80	53	146.4			18	24	1-11	4	20	2.85×4.1	69	

(续表)

型号	磁极冲片					磁极		磁轭内径		定子绕组					励磁绕组			
	材料	极靴宽	极靴高	极身宽	极身高	极身半径	压板	(毫米)	磁轭内径	线规(QZ) (毫米)	每槽导体数	每相串联匝数	节距	并联支路数	槽斜度 (毫米)	线规 (SEBOB) (毫米)	每极匝数	
																		号
TSWN 或 TSN 42.3/19-6	1.5 钢板 A3	120	20.7	62	52	157.1	54×6	90	2-φ1.35	16	72	1-9	2			1.56×3.28	90	
TSWN 或 TSN 42.3/25-6		95	3-φ1.35	12	54			19									47	
TSWN 或 TSN 49.3/25-6		105	3-φ1.3	12	48													61
TSWN 或 TSN 49.3/30-6		136	23	70	60	183.7	62×6	105	4-φ1.35	10	40	1-11	3			2.44×4.1	72	
TSWN 或 TSN 49.3/25-8		112	22	62	60	180.4	54×6	105	3-φ1.35	60	60	1-9	2				46	
TSWN 或 TSN 49.3/30-8		112	22	62	60	180.4	54×6	105	4-φ1.4	8	48	1-9	2				52	

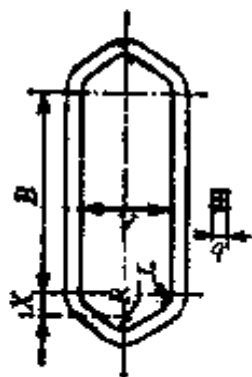
(续表)

型 号	参 数						定 子 线 圈						定 子 重 量 (千 克)	
	定 子 电 阻 (欧)	励 磁 电 阻 (欧)	短 路 比	漏 抗	直 轴 同 步 电 抗		A	B	B	r	X	b		
					交 轴 同 步 电 抗	电 机 常 数								
					标 么 值									
TSWN 或 TSN 36.8/14-4	0.278	0.81	0.775	0.055	1.8	1.502	65.6	178.5	165	18	3.5	34.4	6.8	6.35
TSWN 或 TSN 36.8/20-4	0.14	1.09	0.854	0.0455	1.79	1.22	64.7	179	225	17	3.75	34.3	7.7	8.32
TSWN 或 TSN 36.8/12.5-6	0.525	0.724	0.673	0.0655	1.946	0.961	67.7	135.1	150	17	3.9	22.2	7.2	5.74
TSWN 或 TSN 36.8/18-6	0.289	1.07	0.684	0.0542	1.96	0.96	65	117	205	18	3.5	17	6.81	6.6
TSWN 或 TSN 42.3/20.5-4	0.088	0.291	0.7	0.0594	2	0.944	57.2	204.7	235	17	3.2	42.3	7.4	11.78
TSWN 或 TSN 42.3/27-4	0.0561	0.354	0.7	0.0537	2.02	0.95	54.7	204.7	300	17	3	42.3	7.7	13.4



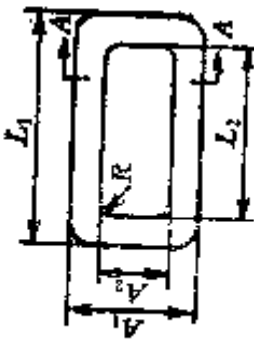
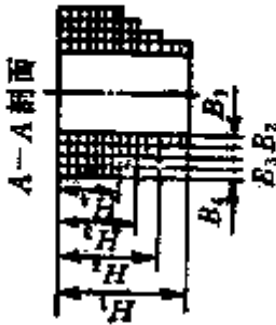
(续表)

型号	参数						定子线圈						定子铜重 (千克)	
	定子电阻 (欧)	励磁电阻 (欧)	短路比	漏抗	标么值			A	B	R	r	X		b
					直轴同步电抗	交轴同步电抗	常数							
TSWN 或 TSN 42.3/19-6	0.18	1.128	0.6	0.0602	2.18	0.945	62.5	154.1	220	17	3.1	27.4	7.5	9.2
TSWN 或 TSN 42.3/25-6	0.1043	0.376	0.577	0.0637	2.404	1.039	53.5	154	280	17	3	27.6	7.5	11.9
TSWN 或 TSN 49.3/25-6	0.0693	0.497	0.541	0.0551	2.445	1.067	53.6	170.4	280	17	3.2	33	7.2	15.5
TSWN 或 TSN 49.3/30-6	0.0443	0.571	0.432	0.0573	2.738	1.188	47	170	330	17	3.1	33	7.5	20.5
TSWN 或 TSN 49.3/25-8	0.1105	0.475	0.707	0.055	1.75	0.92	55	136.3	280	17	3.8	22.3	7.5	12.7
TSWN 或 TSN 49.3/30-8	0.085	0.624	0.676	0.0555	1.866	0.971	48.3	136.2	330	17	3.75	22.3	7.7	16.2



(续表)

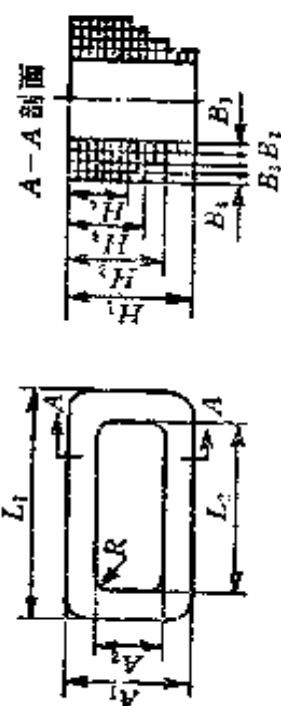
型号	磁极线圈														转子铜重 (千克)								
	$n_1$	$n_2$	$n_3$	$n_4$	$m_1$	$m_2$	$m_3$	$m_4$	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$H_1$	$H_2$	$H_3$	$H_4$	$L_1$	$L_2$	$A_1$	$A_2$	R	数	线匝
TSWN 或 TSN 36.8/14-4	1	1	3	2	18	17	16	14	3.73	3.73	11.2	7.46	36.1	34.1	32.1	28.1	200	148	131	79	14	4	9.35
TSWN 或 TSN 36.8/20-4	1	2	2	2	21	19	17	14	3.72	7.46	7.46	7.46	42.2	38.2	34.2	28.2	260	208	131	79	14	4	13.2
TSWN 或 TSN 36.8/12.5-6	1	2	1		23	19	16		3.73	7.5	3.73		46.1	38.1	32.1		175	145	89	59	10	6	8.83
TSWN 或 TSN 36.8/13-6	1	2	1		24	19	16		3.5	7	3.5		45.1	36	30.2		223	200	87	59	10	6	9.51
TSWN 或 TSN 42.3/20.5-4	1	2	2	1	13	12	11	10	4.6	9.2	9.2	4.6	43.4	40	33.4		273	218	189	84	14	4	18
TSWN 或 TSN 42.3/27-4	1	2	2	1	13	12	11	10	4.6	9.2	9.2	4.6	43.4	40	33.4		243	288	139	84	14	4	21.9





(续表)

型号	磁极线图														转子重量 (千克)									
	$m_1$	$m_2$	$m_3$	$m_4$	$m_5$	$m_6$	$m_7$	$m_8$	$m_9$	$L_1$	$B_9$	$B_8$	$B_4$	$H_1$		$H_2$	$H_3$	$H_4$	$L_1$	$L_2$	$A_1$	$A_2$	$B$	磁极 线圈 数
TSWN 或 TSN 43.2/19-6	2	1		24	18					11.23.72				48.136.1				240	210	96	66	10	6	13.7
TSWN 或 TSN 42.3/25-6	2	1		16	15					9.164.58				46.843.1				307.1	280	93.5	66	10	6	17.2
TSWN 或 TSN 49.3/25-6	2	2	1	17	10	7				9.2	9.2	4.6		49.729.320.5				316	270	120	74	10	6	22.7
TSWN 或 TSN 49.3/30-6	2	2	1	18	13	10				9.2	9.2	4.6		52.738	29.3			366	320	120	74	10	6	30.6
TSWN 或 TSN 49.3/25-8	2	1		17	12					9.2	4.6			49.135				298	270	94	66	10	8	21.7
TSWN 或 TSN 49.3/30-8	2	1	1	17	10	8				9.2	4.6	4.6		52.729.517.6				367	330	104	66	10	8	28.9





(续表)

型号	额定功率(千瓦)	额定电压(伏)	额定频率(赫)	额定转速(转/分)	满载时				定子铁芯			磁极			磁极冲片										
					电流(安)	功率因数(滞后)	效率(%)	励磁电压(伏)	励磁电流(安)	外径	内径	长度	槽数	硅钢板牌号	极距	铁芯长度	压板厚度	气隙长度	极弧系数	极靴宽	极靴高	极身宽	极身高	极弧半径	
TSWN 或 TSN 85/31-6	320			1000	577		93.9	29.3	169	310	630	310	72		330	223.5	0.718	233	41	120	101	284			
TSWN 或 TSN 85/39-6	400				722		94.4	34.2	165.2	390					420										
TSWN 或 TSN 85/31-8	250	400/500		750	451	0.83	83.2	29.4	173.5	310			9.5D31	310				259	182.6	0.656	170	28	98	110	301
TSWN 或 TSN 85/39-8	320				577		93.6	36.8	168	390	660	390	84		410										
TSWN 或 TSN 85/31-10	200			600	361		92.2	29.7	180	310				310	162	0.701	145	25	82	106	305				

(续表)

型 号	额定功率(千瓦)	额定电压(伏)	额定频率(赫)	额定转速(转/分)	满载时				定子铁芯				磁 极			磁 极 冲 片										
					电流(安)	功率因数(滞后)	效率%	励磁电压(伏)	励磁电流(安)	外 径	内 径	长 度	槽 数	硅钢板 牌 号	极 距	铁 芯 长 度	压 板 厚 度	气 隙 长 度	极 弧 系 数	极 靴 宽	极 靴 高	极 身 宽	极 身 高	极 弧 半 径		
														(毫米)			(毫米)									
TSWN 或 TSN 85/39-10	250			600	45.1		93.0	34.4	175.5		660	330	84			207	393	19	2.20	0.70	145	25	82	106	305	
TSWN 或 TSN 85/31-12	160			500	288		91.3	29	163.2			310				183.1		122		0.715	131	22	75	98	308	
TSWN 或 TSN 85/39-12	200	400/500			301	0.8	91.9	34	162		390		103	0.5D31		390										
TSWN 或 TSN 85/31-14	125			428	225		90.7	23.3	165.5		700	310				310										
TSWN 或 TSN 85/39-14	160				288		91.2	31	165			390				315		10	1.80	0.735	115.5	20	65	98	303	

(续表)

型 号	定 子 绕 组						励磁绕组		飞逸转速(转/分)	参 数							
	线 规 (EBCB) (毫米)	每槽导体数	每相串联匝数	节距	并联支路数	每极每相槽数	线规 (TDR)	每极匝数		标 么 值							
										短路比	漏抗	直轴同步电抗	直轴瞬变电抗	零序电抗	逆序电抗	电机常数 $\times 10^4$	
TSWN 或 TSN 74/29-6	2-1.37×4.414	28	28	1-12	6	4	1.56× 22	47.5	2400	0.141	0.813	0.0894	1.55	0.21	0.0971	0.405	33.4
TSWN 或 TSN 74/36-6	2-1.68×4.412	24	24	1-10						0.158	0.837	0.0722	1.52	0.19	0.0392	0.381	36.1
TSWN 或 TSN 74/29-8	2-1.81×3.810	35	35	1-11	4	$1\frac{1}{2}$	1.95× 15.6	39.5	1800	0.1585	0.863	0.0864	1.52	0.20	0.1072	0.397	37.9
TSWN 或 TSN 74/36-8	2-2.26×3.8	8	28							0.184	0.876	0.0783	1.51	0.19	0.1077	0.384	37.6
TSWN 或 TSN 74/29-10	2-2.83×3.8	6	42	1-9			2.26× 15.6	31.5	1440	0.1283	1.025	0.087	1.397	0.212	0.1061	0.422	33.6
TSWN 或 TSN 74/36-10	4-1.81×3.8	5	35	1-8	2	$\frac{4}{5}$		32.5		0.156	0.99	0.0804	1.44	0.218	0.0702	0.436	36.7
TSWN 或 TSN 85/31-6	2-2.26×4.110	20	20				1.45× 22	48.5	2400	0.122	0.912	0.0812	1.409	0.197	0.0807	0.404	29.8
TSWN 或 TSN 85/39-6	2-2.38×4.1	8	16	1-12	6	4		49.5		0.146	0.924	0.0731	1.412	0.192	0.0892	0.400	39.0

(续表)

型号	定子绕组						励磁绕组		飞逸转速(转/分)	参数						电机常数 $\times 10^4$	
	线规 (SEBOB) (毫米)	每槽导体数	每相串联匝数	节距	并联支路数	每极每相槽数	线规 (TDR) (毫米)	每极匝数		励磁电阻 (欧)	短路比	漏抗	么值				
													直轴同步电抗	直轴瞬变电抗	零序电抗		逆序电抗
TSWN 或 TSN 85/31-8	4-1.35×5.8	8	28	1-10	4	$1\frac{1}{2}$	1.95× 22	37.5	0.119	0.845	0.089	1.55	0.199	0.088	0.401	32.3	
TSWN 或 TSN 85/39-8	4-1.81×5.8	6	21	1-11	4	$3\frac{2}{2}$		39.5	0.154	0.893	0.081	1.51	0.20	0.1109	0.404	31.8	
TSWN 或 TSN 85/31-10	4-2.26×3.8	5	35	1-8	2	$4\frac{5}{5}$	2.63× 15.6	30.5	0.116	0.870	0.0925	1.465	0.243	0.0888	0.471	32.4	
TSWN 或 TSN 85/39-10	4-3.05×3.8	4	28	1-9	2	$5\frac{5}{5}$			0.1395	0.818	0.1055	1.576	0.262	0.1932	0.502	32.6	
TSWN 或 TSN 85/31-12	1-1.35×6.4	14	42	1-9	6	3	2.63× 15.6	27.5	0.1242	0.924	0.0923	1.4123	0.239	0.1004	0.46	38.0	
TSWN 或 TSN 85/39-12	1-1.81×6.4	12	36	1-8	6	3			0.148	0.887	0.082	1.472	0.242	0.06495	0.477	38.1	
TSWN 或 TSN 85/31-14	2-1.68×6.4	6	54	1-7	2	$4\frac{7}{7}$	3.05× 15.6	22.5	0.099	0.937	0.1003	1.342	0.268	0.0678	0.500	41.7	
TSWN 或 TSN 85/39-14	4-1.08×6.4	4	36	1-8	2	$7\frac{8}{8}$		24.5	0.1335	1.315	0.0781	1.062	0.208	0.0775	0.392	41.0	

(续表)

型 号	额定功率(千瓦)	额定电压(伏)	额定频率(赫)	额定转速(转/分)	满 载				定 子 铁 芯				磁 极			气 隙 长 度	极 弧 系 数	磁极冲片																	
					电 流 (安)	功率因数(滞后)	效率 (%)	励磁电压 (伏)	励磁电流 (安)	外 径	内 径	长 度	槽 数	硅 钢 板 牌 号	极 距			铁 芯 长 度	压 板 厚 度	极 靴 宽	极 靴 高	极 身 宽	极 身 高	极 弧 半 径											
																			(毫米)				(毫米)												
TSWN 或 TSN 99/37-6	500	6300	1000		57.2		94	40.8	147		370	705	72			370	969	24	4.5	0.656	242	40	135	125	317										
TSWN 99/46-6	630				72.2		94.4	47	145		460					460																			
TSWN 或 TSN 99/37-8	400	6300 (400)	750		45.9 (722)		93	42.7	180		370					370	291	20	3	0.696	202	35	120	116	332										
TSWN 或 TSN 99/46-8	500	6300	500		57.2	0.8	93.5	48.3	175		460	990				460																			
TSWN 或 TSN 99/37-10	320	6300 (400)	600		36.8 (577)		92.9	99.7	183		370		84			370																			
TSWN 或 TSN 99/46-10	400	6300 (400)			45.9 (722)		93.3	43.3	177.5		460					460																			
TSWN 或 TSN 99/29-12	250	400	500		45.1		92.3	39.1	154.5		825	290	126			290	216	290	16	2.3	0.672	145	25	82	106	305									

注: 括号内数据为 400 伏级的水轮发电机。

(续表)

型 号	额定功率(千瓦)	额定电压(伏)	额定频率(赫)	额定转速(转/分)	满 载				定 子				磁 极		气 隙 长 度	极 弧 系 数	磁极冲片								
					电流(安)	功率因数(滞后)	效率(%)	励磁电压(伏)	励磁电流(安)	外 径	内 径	长 度	槽 数	硅钢板 牌 号			极 距	铁 心 长 度	压 板 厚 度	极 宽	极 靴 高	极 身 宽	极 身 高	极 弧 半 径	
																		(毫米)				(毫米)			
TSWN 或 TSN 99/37-12	320			500	577	98.2	44.1	152	370			216	370	16	2.2	0.672	145	27	82	106	305				
TSWN 或 TSN 99/29-14	200			428	360	91.8	37.2	150	825	290	126	185	310												
TSWN 或 TSN 99/37-14	250			451	451	93	40.3	139	370				370			0.709	131	22	75	98	308				
TSWN 或 TSN 99/29-16	160	400	50	288	288	90.4	41.4	134	290			990	290												
TSWN 或 TSN 99/37-16	200			361	361	91.4	47.7	133	370			167	370			0.692	115.5	26.65			98	303			
TSWN 99/29-20	125			225	225	88.9	33.4	157	850	132			310												
TSWN 或 TSN 99/37-20	160			288	288	90	39.6	155.8	370			183.6				0.734	98	17	55	98	314				



(续表)

型号	定子绕组						励磁绕组						参数						电机常数 $\times 10^4$
	线规 (SEBCB) (毫米)	每槽导体数	每相串联匝数	节距	并联支路数	每极每相槽数	线径 (TDR) (毫米)	匝数	转速 (转/分)	励磁电阻 (欧)	短路比	漏抗	直轴同步电抗	直轴瞬变电抗	零序电抗	逆序电抗			
																	标么值		
TSWN 或 TSN 99/37-6	1-1.68 × 6.5	22	294		4		1.45 × 22	61.5		0.1724	0.8230	1.036	1.5296	0.2216	0.0821	0.418	29.4		
TSWN 99/46-6	1-2.1 × 6.9	18	216					62.5	1800	0.201	0.79	0.0987	1.5837	0.2222	0.0357	0.421	29		
TSWN 或 TSN 99/37-8	1-1.35 × 6.4	22	308	1-11			1.95 × 22	44.5		0.167	0.885	0.105	1.49	0.223	0.1174	0.473	30.4		
TSWN 或 TSN 99/46-8	1-1.81 × 6.4	18	262							0.194	0.885	0.0935	1.533	0.256	0.1211	0.473	30.2		
TSWN 或 TSN 99/37-10	1-1.08 × 6.4	26	364	1-9			2.26 × 22	37.5	1440	0.153	1.16	0.0955	1.166	0.212	0.1090	0.384	30.4		
TSWN 或 TSN 99/46-10	1-1.35 × 6.4	22	308							0.172	1.035	0.098	1.275	0.225	0.1186	0.415	30.2		
TSWN 或 TSN 99/29-12	1-2.1 × 6.9	10	35	1-11	6	3	1.95 × 22	40.5		0.178	1.03	0.0901	1.335	0.205	0.1050	0.373	31.6		

(续表)

型号	定子绕组						励磁绕组				飞逸转速(转/分)	参数						电机常数 $\times 10^4$
	线规 (SEEOB) (毫米)	每槽导体数	每相串联匝数	节距	并联支路数	每极每相槽数	线规 (TDR)	每极匝数	励磁电阻 (欧)	短路比		漏抗	么			逆序电抗		
													么					
													直轴同步电抗	零序电抗	逆序电抗			
标么值																		
TSWN 或 TSN 99/37-12	1-2.63 × 6.9	3	28	1-11	6	$1 \frac{1}{3}$	1.95 × 22	39.5	0.205	0.97	0.0863	1.386	0.203	0.1097	0.378	31.4		
TSWN 或 TSN 99/29-14	1-1.45 × 6.9	14	42	1-9	7	3	1.95 × 22	33.5	0.175	1.02	0.091	1.282	0.217	0.0959	0.402	33.8		
TSWN 或 TSN 99/37-14	1-1.81 × 6.9	12	36	1-8				34.5	0.204	0.939	0.0874	1.342	0.217	0.0599	0.41	34.4		
TSWN 或 TSN 99/29-16	1-1.95 × 6.9	10	55	1-8	4	$3 \frac{3}{4}$	2.26 × 15.6	32.5	0.211	0.895	0.1049	1.385	0.2449	0.0933	0.439	39.3		
TSWN 或 TSN 99/37-16	1-2.63 × 6.9	8	44						0.252	0.884	0.1006	1.396	0.253	0.095	0.48	40		
TSWN 99/29-20	1-1.56 × 6.9	12	60	1-7	2	$1 \frac{1}{5}$	3.05 × 1.56	24.5	0.150	1.06	0.1151	1.1451	0.308	0.1147	0.442	40.3		
TSWN 或 TSN 99/37-20	1-2.1 × 6.9	10	55						0.179	0.963	0.1263	1.276	0.342	0.1297	0.546	40.1		

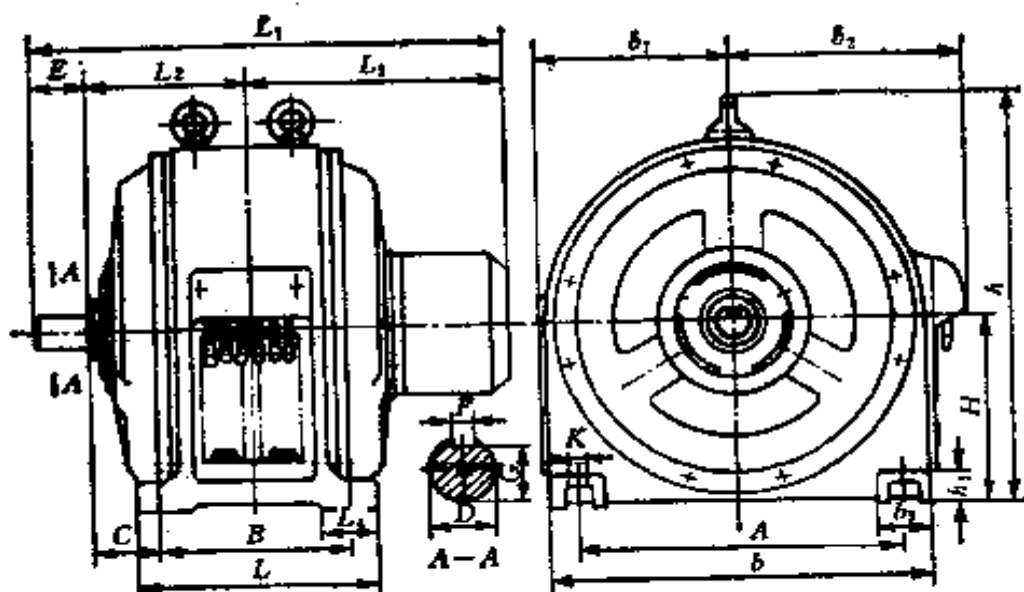


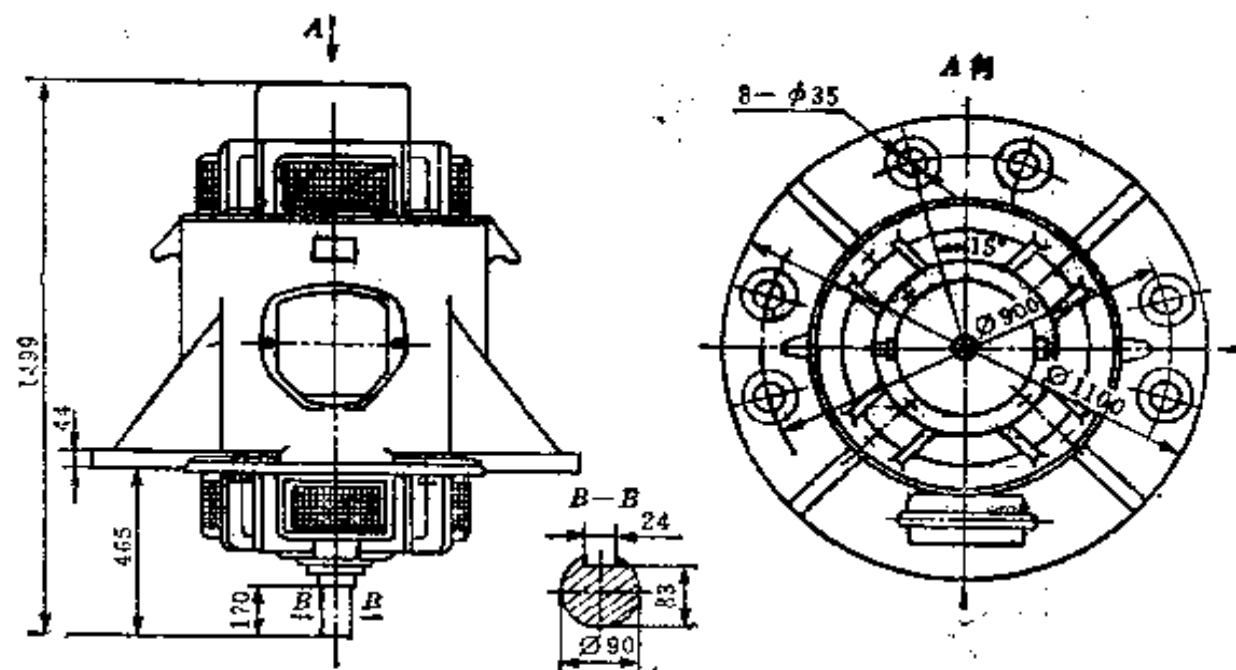
图 5-49 TSWN 系列小容量水轮发电机安装及外形图

表 5-129 TSWN 系列小容量水轮发电机安装及外形尺寸

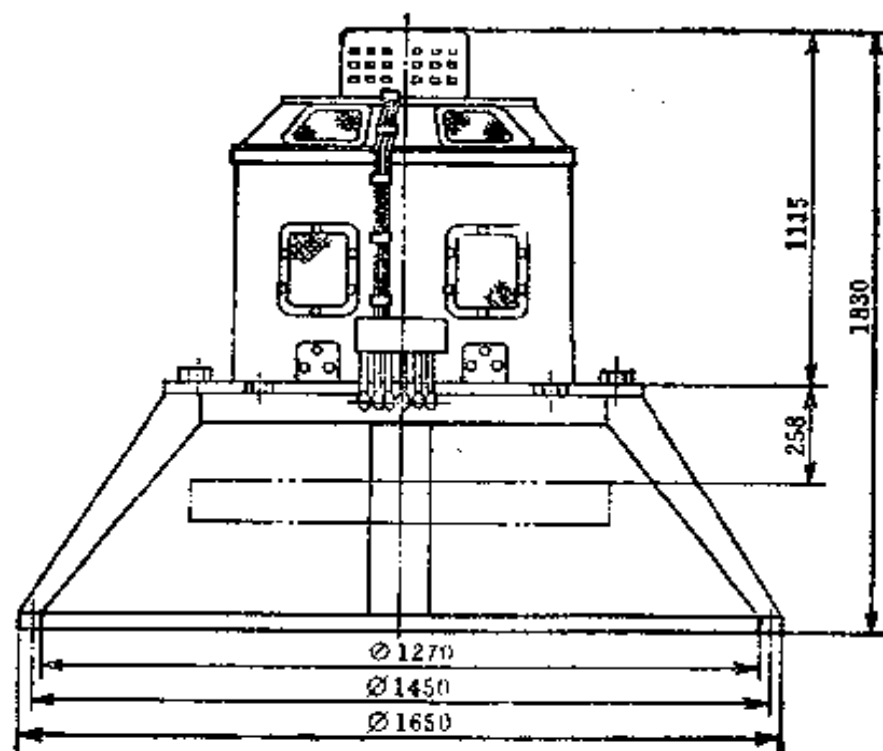
机座号	安 装 尺 寸 (毫 米)								
	A	B	C	D	E	F	G	H	K
59	660	700	250	90	170	24	83	400	35
74	790	660	190	100	210	28	92	500	35
85	940	770	180	110	210	32	101	560	42
99	1100	720	221	120	210	32	111	630	43

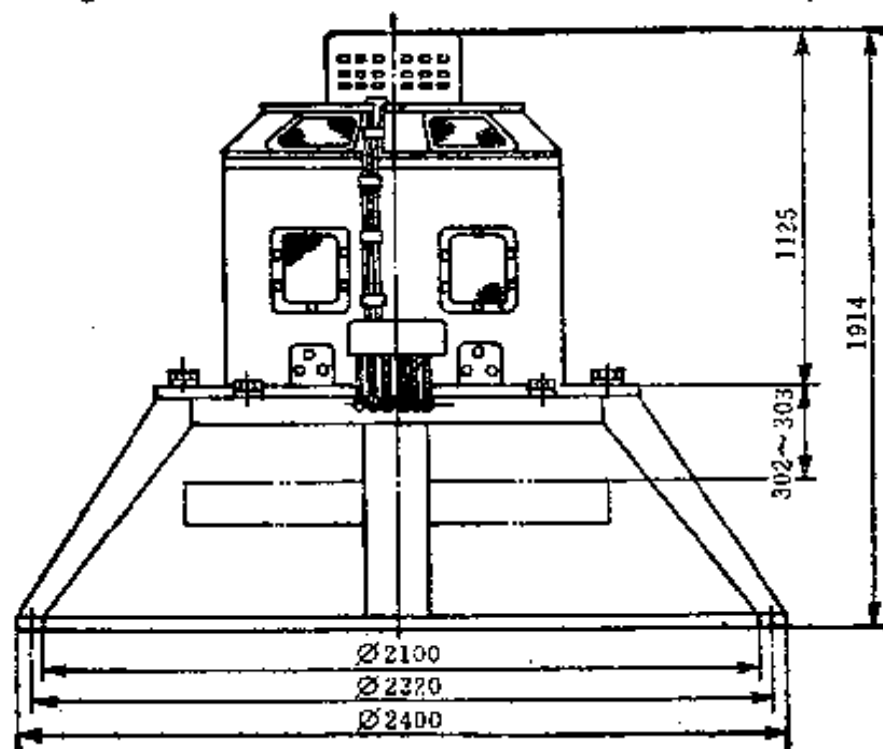
机座号	外 形 尺 寸 (毫 米)										
	b	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	L	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>	h	h <sub>1</sub>
59	780	535	390	115	820	1491	600	721	200	928	65
74	950	640	510	160	800	1465	520	735	190	1120	80
85	1100	688	570	160	910	1535	565	760	175	1252	100
99	1280	790	660	170	880	1561	581	770	175	1450	100



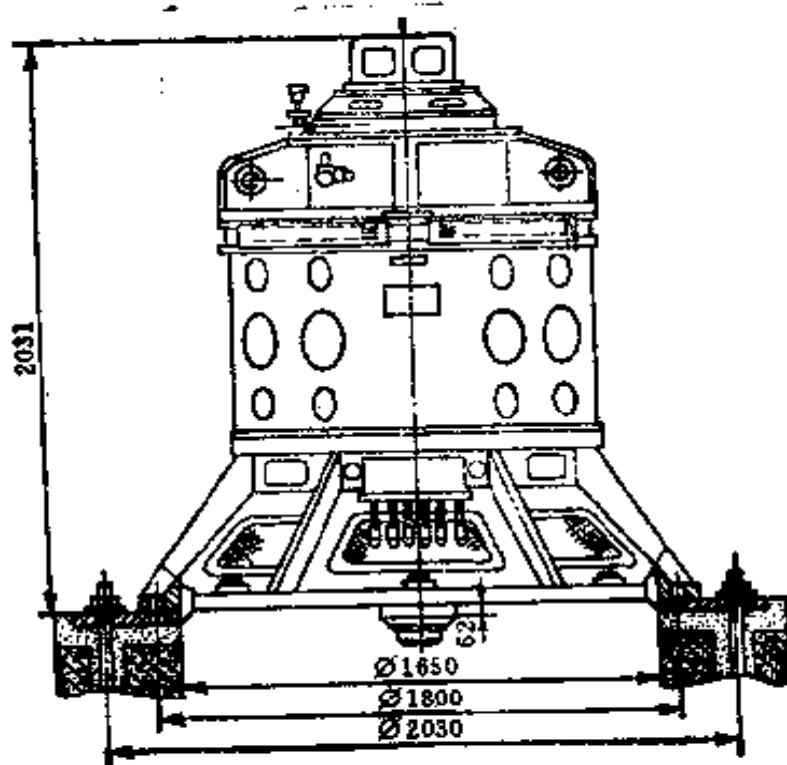
(a) 59 机座



(b) 74 机座



(c) 85 机座



(d) 99 机座

图 5-50 TSN 系列水轮发电机外形图

## 5-4 弧焊电源

弧焊电源是电弧焊机的通用供电设备。其工作电压一般从5伏到355伏，电流从100安到500安，比常用照明电源的电压低而电流大。弧焊电源有交流的和直流的分别，其结构型式主要有三种：交流弧焊电源（又称弧焊变压器）、旋转式直流弧焊电源（又称直流弧焊发电机）和整流弧焊电源（又称弧焊整流器）。各类弧焊电源的特点和适用范围见表5-130。

## 1. 弧焊电源的铭牌术语

(1) 空载电压：焊接回路开路时（无负载时）焊接电源的输出端电压。目

表5-130 各类弧焊电源的特点和适用范围

电源类型	弧焊变压器	弧焊发电机	弧焊整流器
输出及电弧的特点	输出为交流的下降外特性  电弧的稳定性较差，但磁偏吹现象 <sup>②</sup> 很少产生	输出为直流 <sup>①</sup> ，其外特性可以是平的或下降的  磁偏吹现象较明显	输出为直流或直流脉冲，其外特性可以是平的或下降的  有磁偏吹现象
运行特点	大多接单相电网，功率因数较低，空载损耗小  噪声较小、维修简易、成本低	大多接三相 <sup>③</sup> 电网，空载损耗较大  维修比弧焊变压器复杂，成本高	大多接三相电网，功率因数较高，空载损耗较小  维修比弧焊变压器复杂，成本较高
适用范围	(1) 一般焊接结构的手工电弧焊（常使用酸性焊条） (2) 铝合金的钨极氩弧焊 (3) 埋弧焊	(1) 较重要焊接结构的手工电弧焊（常使用碱性焊条） (2) 各种埋弧焊及气体保护弧焊 (3) 等离子弧切割、焊接	

注：① 也曾制造过交流增频（频率200~400赫）输出。

② 指电弧受电磁力影响所产生的偏移。

③ 这里指电动发电机型。

前手工电弧焊电源空载电压一般为:

交流弧焊变压器	$V_0 \leq 80$ 伏;
直流弧焊整流器	$V_0 \leq 90$ 伏;
直流弧焊发电机	$V_0 \leq 100$ 伏(单头); $V_0 = 60$ 伏(多头)。

(2) 工作电压: 弧焊电源在焊接电弧燃烧时, 或在规定的负载条件下输出端的电压。

(3) 额定焊接电流: 弧焊电源按额定工作条件运行时能符合标准的输出电流。

(4) 电流调节范围: 弧焊电源在工作电压符合规定负载特性条件下, 能够经调节获得的电流范围。

(5) 负载持续率(暂载率): 弧焊电源大多是在断续工作状态下工作, 负载进行持续时间对工作周期(负载运行持续时间加空载休止时间)之比值的百分率称为负载持续率或暂载率。即

$$\text{负载持续率} = \frac{\text{负载运行持续时间}}{\text{负载运行持续时间} + \text{空载(休止)时间}} \times 100\%$$

例: 手工电弧焊如选定的工作时间周期为 5 分, 由于敲渣或更换焊条, 实际电弧燃烧时间为 2 分代入上式则负载持续率为 40%。我国生产的弧焊电源的额定负载持续率, 对手工弧焊电源一般取 60%; 自动或半自动弧焊电源一般取 100% 或 60%。铭牌指出的额定焊接电流就是在额定负载持续率情况下允许使用的焊接电流, 故焊接电流与负载持续率之间的关系可近似用下式表示:

$$I_h \approx \sqrt{\frac{FS_e}{FS}} \cdot I_e$$

式中:  $I_h$ ——焊接电流;  $I_e$ ——在额定负载持续率下的焊接电流;  $FS_e$ ——额定负载持续率;  $FS$ ——实际负载持续率。

例如 BX3-120 焊接变压器有额定负载持续率  $FS_e = 60\%$  时, 其相应焊接电流为  $I_e = 120$  安。而今采用持续率 80%, 则实际焊接电流

$$I_h = \sqrt{\frac{0.6}{0.8}} \times 120 = 102(\text{安})$$

严格遵守负载持续率的目的是防止变压器过热及破坏绝缘。

如需连续焊接, 即持续率为 100% 时, 实际焊接电流还应更小些, 可按下式计算:

表 5-131 常用弧焊变压器的类型及用途

类型	型式	国产型号示例	结构特征	特点及用途
增强变压器漏磁式	动铁式	BX1-135, BX1-330	用可动的铁芯作为磁分路, 调节铁芯不同位置以改变变压器一次、二次线圈的漏抗, 从而调节电流	省材、体积小、较经济 一般用于400安以下的手工电弧焊
	动圈式	BX3-120, BX3-300-I	改变变压器一、二次线圈间的距离以改变漏抗, 从而调节电流	电弧稳定性较好
	抽头式	BX6-120-1	一次、二次线圈的主要部分绕在两个铁芯柱上用更换抽头的方法改变漏磁, 从而调节电流	一般为160安以下的小容量低负载持续率用。故体积小, 耗料少, 适宜小型修配站用
串联电抗器类	动铁电抗器式	BP-3×500	分体式(包括多站式): 主变压器和电抗器, 磁路上分成两体	多头式弧焊变压器, 一个主变压器附二个以上电抗器, 可供几个焊工同时操作
		BX2-500, BX2-1000	同体式: 主变压器和电抗器上有公共部分	一般容量较大, 用作400安以上的埋弧焊电源
	饱和电抗器式	BX10-100-500	由平特性的主变压器串联饱和电抗器组成, 用电抗器调节电流	供要求较高的钨极氩弧焊用



$$I_h = \sqrt{FS_0} \times I_e$$

例如 BX3-300 焊接变压器, 取  $FS_0 = 60\%$ , 额定电流  $I_e = 300$  安, 现要求连续焊接, 则焊接电流

$$I_h = \sqrt{0.6} \times 300 = 232 \text{ (安)}$$

2. 交流弧焊电源 它是一种特殊的降压变压器。可将电网交流电变成适于弧焊的交流电。为使焊接电弧能稳定燃烧, 交流弧焊电源必须具有下降的电源外特性, 为此变压器内部要有较大的感抗。一般增加变压器本身的漏磁(漏抗), 或在二次绕组回路中串联电抗器以获得较大感抗, 用以调节焊接电流。调节焊接电流的型式有动铁式(移动或转动变压器铁芯位置)、动圈式(移动变压器某一线圈的位置)、抽头式(改变线圈抽头的连接位置)以及饱和电抗

表 5-132 BX1 系列弧焊变压器的技术数据和用途

项 目	型 号		
	BX1-135	BX1-330	BX1-500
电源电压(伏)	220 或 380	220 或 380	380
次级空载电压(伏)	60~75	60~70	60
次级工作电压(伏)	30	30	30
额定暂载率(%)	65	65	60
额定焊接电流(安)	135	330	500
电流调节范围(安)	25~150	50~450	50~680
额定输入容量(千瓦)	8.7	21	31
效率(%)	78	80	81.5
功率因数	0.48	0.50	0.61
额定初级电流(安)	41 或 23.5	96 或 56	82.5
用 途	焊接薄钢板	焊接 3~30 毫米低碳钢板	焊接 3~40 毫米低碳钢板
外形尺寸 长×宽×高(毫米)	780×475×628	882×577×786	880×518×751

表 5-133 BX1 系列弧焊变压器的绕组数据

项 目		型 号				
		BX1-135		BX1-330		BX1-500
初 级 线 圈	电压(伏)	220	380	220	380	380
	导线名称	双玻璃丝包线		双玻璃丝包线		双纱包扁铜线
	导线截面(毫米 <sup>2</sup> )	2.83×6.4	2.83×3.58	4.1×10	2.26×5.5	4.7×6.4
	并绕根数	1	1	1	2	2
	匝数	132	232	80	138	每个线圈48
	导线质量(千克)	13	11	36.5	36.5	36.5
次 级 线 圈	导线名称	裸扁铜线		裸扁铜线		裸扁铜线
	导线截面(毫米 <sup>2</sup> )	3.8×8		5.1×13.5		4.7×16.8
	并绕根数	1		1		2
	匝数	13		10		每个线圈 8
	导线质量(千克)	3		5		20.5
电 抗 线 圈	导线名称	裸扁铜线		裸扁铜线		裸扁铜线
	导线截面(毫米 <sup>2</sup> )	3.8×8		5.1×13.5		3.28×22
	并绕根数	1		1		2
	匝数	40		23		16
	导线质量(千克)	5.5		11.5		12.8

表 5-134 BX2 系列弧焊变压器的技术数据和用途

项 目	型 号		
	BX2-500	BX2-700	BX2-1000
电源电压(伏)	220 或 380	220 或 380	220 或 380
次级空载电压(伏)	80	72	69
次级工作电压(伏)	45.5	48	42
额定暂载率(%)	60	60	60
额定焊接电流(安)	500	700	1000
电流调节范围(安)	200~600	250~900	400~1200
额定输入容量(千瓦)	42	56	76
效率(%)	87	87	90
功率因数	0.62	0.62	0.62
额定初级电流(安)	190 或 110	245 或 147	340 或 196
空载电流(安)	8 或 4.6	10.5 或 6	8.6 或 5
空载损耗(瓦)	350	400	500
焊接变压器质量(千克)	445	500	560
用 途	焊接低碳钢板	焊接低碳钢板	焊接低碳钢板
外形尺寸 长×宽×高(毫米)	950×818×1215	950×818×1215	950×818×1215

表 5-135 BX2 系列弧焊变压器在各种暂载率时的电流

暂载率 (%)	BX2-500			暂载率 (%)	BX2-700			暂载率 (%)	BX2-1000		
	初级电流(安)		焊接 电流 (安)		初级电流(安)		焊接 电流 (安)		初级电流(安)		焊接 电流 (安)
	220 伏	380 伏			220 伏	380 伏			220 伏	380 伏	
100	155	88.5	390	100	200	118	542	100	260	150	775
60	190	110	500	60	254	147	700	60	336	194	1000
42	228	132	600	35	325	188	900	42	400	232	1200

表 5-136 BX2-500 型弧焊变压器绕组数据

项 目		型 号							
		DX2-500 型							
初 级 线 圈	电压(伏)	220				330			
	导线截面(毫米 <sup>2</sup> )	8.58×10.8				8.58×6.4			
	导线种类	双玻璃丝包线				双玻璃丝包线			
	并联根数	2				2			
	导线质量(千克)	23.5				23.5			
	线圈编号	I		II		I		II	
	线圈匝数	25		25		43		43	
	抽头标号	78	0	76	0	78	0	76	0
	抽头匝数	0	25	0	25	0	43	0	43
	次 级 线 圈	导线截面(毫米 <sup>2</sup> )	4.1×12.5				4.1×12.5		
导线种类		裸 铜 线				裸 铜 线			
并联根数		2				2			
导线质量(千克)		13.5				13.5			
线圈编号		I		II		I		II	
线圈匝数		9		9		9		9	
抽头标号		0	45	0	46	0	45	0	46
抽头匝数		0	9	0	9	0	9	0	9
电 抗 线 圈	导线截面(毫米 <sup>2</sup> )	2.63×19.5				2.63×19.5			
	导线种类	裸 铜 线				裸 铜 线			
	并联根数	2				2			
	线圈匝数	18(引线另加一匝)				18(引线另加一匝)			

表 5-137 BX2-700 型弧焊变压器绕组数据

项 目		型 号											
		BX2-500 型											
初 级 线 圈	电压(伏)	220				500							
	导线截面(毫米 <sup>2</sup> )	3.8×12.5				3.8×7.4							
	导线种类	双玻璃丝包线				双玻璃丝包线							
	并联根数	2				2							
	导线质量(千克)												
	线圈编号	I		II		I		II					
	线圈匝数	28		28		40		39					
	抽头标号	3	75	80	76	82	81	73	79	80	76	82	81
	抽头匝数	1	21	23	0	21	23	0	36	40	0	35	39
	次 级 线 圈	导线截面(毫米 <sup>2</sup> )	5.1×14.5				5.1×14.5						
导线种类		裸 铜 线				裸 铜 线							
并联根数		2				2							
导线质量(千克)													
线圈编号		I		II		I		II					
线圈匝数		8		8		8		8					
抽头标号		0	45	0	40	0	45	0	46				
抽头匝数		0	8	0	7	0	8	0	7				
电 抗 线 圈	导线截面(毫米 <sup>2</sup> )	320×22				328×22							
	导线种类	裸 铜 线				裸 铜 线							
	并联根数	2				2							
	线圈匝数	15(引线另加一匝)				15(引线另加一匝)							

表 5-138 BX2-1000 型弧焊变压器绕组数据

项 目		型 号											
		BX2-1000 型											
初 级 线 圈	电压(伏)	220			380								
	导线截面(毫米 <sup>2</sup> )	4.4×14.5			4.4×8.6								
	导线种类	双玻璃丝包线			双玻璃丝包线								
	并联根数	2			2								
	导线质量(千克)	35.8			25.8								
	线圈编号	I		II		I		II					
	线圈匝数	19		19		33		33					
	抽头标号	78	79	80	76	82	81	78	79	80	76	82	81
	抽头匝数	0	17	19	0	17	19	0	29	33	0	29	33
	次 级 线 圈	导线截面(毫米 <sup>2</sup> )	4.4×22			4.4×22							
导线种类		裸 铜 线			裸 铜 线								
并联根数		2			2								
导线质量(千克)		22			22								
线圈编号		I		II		I		II					
线圈匝数		6		6		6		6					
抽头标号		0	45	0	45	0	45	0	45	0	46	0	46
抽头匝数		0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6
电 抗 线 圈	导线截面(毫米 <sup>2</sup> )	4.4×22			4.4×22								
	导线种类	裸 铜 线			裸 铜 线								
	并联根数	2			2								
	线圈匝数	10(引线另加一匝)			10(引线另加一匝)								

器式(改变与变压器串联的饱和电抗器感抗值)等。按结构来看,对于电流调节装置与焊机两者连接在一块的称为同体式;两者在结构上分开的称为分体式。

根据获得下降电源外特性的方法不同,交流弧焊电源可分串联电抗器和增强变压器漏磁式两大类,交流弧焊电源的分类及用途见表5-131。常用弧焊变压器的技术数据见表5-132~表5-141。弧焊变压器的常见故障及排除,见表5-142。

表 5-139 BX3 系列弧焊变压器的技术数据

项 目	型 号									
	BX3-120			BX3-300			BX3-500			
电源电压(伏)	220 或 380			220 或 380			220 或 380			
电流调节范围(安)	接法 I	20~55			40~125			60~190		
	接法 II	50~160			115~400			170~670		
空载电压(伏)	接法 I	75			75			70		
	接法 II	65			60			60		
工作电压(伏)	25			30			20			
额定暂载率(%)	60			60			60			
效率(%)	81			83			87			
功率因数	0.45			0.53			0.52			
各暂载率时(%)	100	60	35	100	60	35	100	60	25	
输入容量(千瓦)	6.5	8.2	11	15.9	20.5	27.5	25.8	33.2	44.5	
初级电流(安)	220 伏	29.5	37.2	50	72.5	93.5	123	117	151	202
	380 伏	17	21.5	29	41.8	54	72	68	87.4	117
次级电流(安)	98	120	160	332	300	400	388	500	670	
重量(千克)	100			190			280			
外形尺寸 长×宽×高(毫米)	485×480×630			520×525×800			587×560×883			

表 5-140 BX3-120 型弧焊变压器的绕组数据

项 目		型 号											
		BX3-120 型											
初 级 线 圈	电压(伏)	220						380					
	导线截面(毫米 <sup>2</sup> )	1.81×4.1						1.81×2.44					
	导线种类	双玻璃丝包线						双玻璃丝包线					
	并联根数	1						1					
	导线质量(千克)	11.8						12.2					
	线圈编号	I			II			I			II		
	线圈匝数	180			180			310			310		
	抽头标号	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
	抽头匝数	0	150	180	0	155	180	0	260	310	0	260	310
	次 级 线 圈	导线截面(毫米 <sup>2</sup> )	2.58×6.4						3.53×6.4				
导线种类		双玻璃丝包线						双玻璃丝包线					
并联根数		1						1					
导线质量(千克)		11.2						11.2					
线圈编号		I			II			I			II		
线圈匝数		60			60			60			60		
抽头标号		7	8	9	10	11	12	7	8	9	10	11	12
抽头匝数		0	55	60	0	55	60	0	55	60	0	55	60



表 5-141 BX3-300 型、BX3-500 型绕组数据

项 目		型						号					
		BX3-300 型						BX3-500 型					
初 级 线 圈	电压(伏)	380						380					
	导线截面(毫米 <sup>2</sup> )	2.44×4.1						9.58×5.5					
	导线种类	双玻璃丝包线						双玻璃丝包线					
	并联根数	1						1					
	导线质量(千克)	21						34					
	线圈编号	I			II			I			II		
	线圈匝数	180			180			140			140		
	抽头标号	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
	抽头匝数	0	144	180	0	144	180	0	124	140	0	124	140
	次 级 线 圈	导线截面(毫米 <sup>2</sup> )	2.26×18						3.53×22				
导线种类		双玻璃丝包线						双玻璃丝包线					
并联根数		1						1					
导线质量(千克)		12						19.2					
线圈编号		I			II			I			II		
线圈匝数		30			30			23			23		
抽头标号		7	8	9	0	7	8	9	0	7	8	9	0
抽头匝数		0	30	0	30	0	23	0	23	0	23	0	23

表 5-142 氩焊变压器的常见故障及排除

故障	产生的原因	排除方法
焊机不起弧	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 电源没有电压</li> <li>2. 焊机接线有错误</li> <li>3. 焊机绕组有短路或断路</li> <li>4. 电源电压过低</li> <li>5. 由漆纱或焊接由缆截面太小</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 检查闸刀开关和熔断器接通情况及电源电压</li> <li>2. 检查初级和次级的接线是否正确</li> <li>3. 检查绕组情况</li> <li>4. 调整电源电压</li> <li>5. 选用足够截面的由缆</li> </ol>
焊机绕组过热	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 焊机过载</li> <li>2. 焊机绕组短路</li> <li>3. 通风机工作不正常</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 按规定的负载持续率下焊接电流值使用</li> <li>2. 重绕线圈, 更换绝缘</li> <li>3. 检查通风机是否反转或停止运行</li> </ol>
焊机铁芯过热	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 电源电压超过额定电压</li> <li>2. 铁芯硅钢片短路</li> <li>3. 铁芯夹紧螺杆及夹件的绝缘损坏</li> <li>4. 重绕初级线圈后, 线圈匝数不足</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 用电压表检查电源电压值, 并与焊机铭牌上的规定数值相对照</li> <li>2. 清洗硅钢片, 并重刷绝缘漆</li> <li>3. 更换绝缘材料</li> <li>4. 检查线圈匝数, 并验算各项电气技术数据</li> </ol>
熔断丝经常熔断	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 电源线有短路或接地</li> <li>2. 初级或次级绕组短路</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 检查电源线的情况</li> <li>2. 检查绕组情况, 更换绝缘, 重绕线圈</li> </ol>
焊机外壳麻电	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 绕组接地</li> <li>2. 电源引线或焊接电缆碰外壳</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 用兆欧表检查各绕组的绝缘电阻</li> <li>2. 检查电源引线和焊接电缆与接线端子板的连接情况</li> </ol>
焊机振动及响声过大	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 动铁芯上的螺杆和拉紧弹簧松动或脱落</li> <li>2. 传动动铁芯或动线圈的机构有故障</li> <li>3. 绕组短路</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 加固动铁芯及拉紧弹簧</li> <li>2. 检修传动机构如手柄、螺杆、齿轮和电动机等</li> <li>3. 更换绝缘, 重绕线圈</li> </ol>
焊接电流不能调节	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 传动动铁芯或动线圈的机构有故障</li> <li>2. 重绕电抗器线圈后, 匝数不足, 焊接电流不能调节得较小</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 检修传动机构</li> <li>2. 适当增加电抗器匝数</li> </ol>
调节手柄摇不动或动铁芯、动线圈不能移动	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 调节机构上油垢太多或已锈住</li> <li>2. 移动路线上有障碍</li> <li>3. 调节机构已磨损</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 清洗或除锈</li> <li>2. 清除障碍物</li> <li>3. 检修或更换磨损的零件</li> </ol>
焊机绕组绝缘太低	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 线圈受潮</li> <li>2. 线圈长期过热, 绝缘老化</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 在 <math>(100 \sim 110)^\circ\text{C}</math> 的烘干机中烘干</li> <li>2. 更换绝缘, 重绕线圈</li> </ol>
焊接电流过小	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 焊接电缆过长, 压降太大</li> <li>2. 焊接电缆卷成盘形, 电感很大</li> <li>3. 由缆接线柱或焊件接触不良</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 减少电缆长度或加大直径</li> <li>2. 将电缆放开, 不使卷成盘形</li> <li>3. 使接头处接触良好</li> </ol>

3. 旋转直流弧焊电源 旋转直流弧焊电源是一种由异步电动机或柴油机拖动的特殊型式的直流发电机。它具有下降的(或适宜的)电源外特性,在保证发电机空载电压变化不大的情况下,焊接电流能够在较大的范围内均匀调节,并具有过载能力强、输出脉动小、对电网电压波动的影响小等良好的动特性。旋转直流弧焊电源的分类及用途见表 5-143。

旋转式直流弧焊机的主要技术性能数据见表 5-144。弧焊发电机的电枢技术数据见表 5-145。与弧焊发电机同轴的三相异步电动机的技术数据见表 5-146。弧焊发电机的电刷规格见表 5-147。直流弧焊发电机接线图见图 5-51~图 5-53。直流弧焊发电机的常见故障及排除,见表 5-148。

表 5-143 旋转直流弧焊电源的分类和用途

类 型	型 式	国产型号示例	外特性	用 途
加强电枢反应类	裂 极 式	A X-320	下降特性	主要供焊条手工电焊电源用。差复励式大容量机还可作埋弧自动或半自动焊接电源,或碳弧气刨电源
利用电枢反应和串联去磁绕组类	换向极去磁式	A X3-300, A X4-300		
	差复励式	并励绕组 A X-250, A X1-100 他励绕组 A X7-250, A X9-500		
在焊接回路中串联镇定电阻类	多 站 式 (加复励式)	A P-1000*	平特性	供等速送丝的自动或半自动弧焊电源用

\* 原生产的 AP-1000 型由于损耗在镇定电阻上的电能大,已被淘汰。

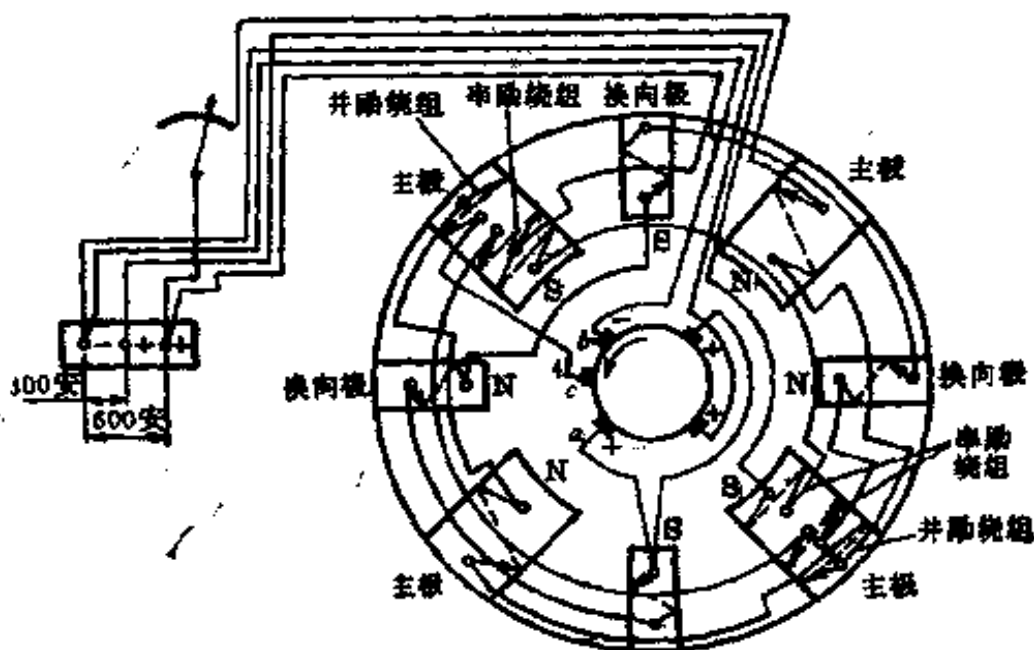


图 5-51 AX1-500 型(差复励式)直流弧焊发电机接线图

表 5-144 旋转式直流弧焊机的主要技术性能数据

项 目	AX-320 (AT-320)		AX-320-1		AX1-165 (AB-165)		AX1-500 (AB-500)		AX3-300 (AG-300)		AX3-500 (AG-500)		AX4-300 (AR-300)		AX7-250		AX7-400	
	容量(千瓦)	14	12	6	26	10	10	26	10	10	10	26	10	10	10	10	20	20
电压(伏)	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380
电流(安)	27.6	24	12.3	50.9	20.8	20.8	51.5	20.8	20.8	20.8	51.5	20.8	20.8	20.8	20.8	20.8	20.8	20.8
暂载率(%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
转速(转/分)	1470	1430	2900	1470	2900	2900	2900	2900	2900	2900	2900	2900	2900	2900	2900	2900	2900	2900
功率因数	0.87	0.87	0.87	0.88	0.86	0.86	0.88	0.86	0.86	0.86	0.88	0.86	0.86	0.86	0.87	0.87	0.87	0.87
容量(千瓦)	7.5/8.4/9.6	7.5/8.4/9.6	3.9/5	16/20	6.9/9/11.3	6.9/9/11.3	16/20/24	6.9/9/11.3	6.9/9/11.3	6.9/9/11.3	16/20/24	6.9/9/11.3	6.9/9/11.3	6.9/9/11.3	7.5	7.5	7.5	14.4
电流(安)	280/280/320	250/280/320	180/165	400/500	230/300/375	230/300/375	400/500/600	230/300/375	230/300/375	230/300/375	400/500/600	230/300/375	230/300/375	230/300/375	250	250	250	400
暂载率(%)	100/75/50	100/75/50	100/60	100/65	100/65/40	100/65/40	100/65/40	100/65	100/65/40	100/65/40	100/65/40	100/65/40	100/65/40	100/65/40	60	60	60	60
空载电压(伏)	50~80	50~85	40~60	60~90	68	68	60~90	60~90	68	68	75	60~90	60~90	60~90	60~90	60~90	60~90	60~90
工作电压(伏)	30	25~30	30	40	30	30	40	40	30	30	40	22~32	22~32	22~32	22~32	22~32	22~32	22~32
电流范围(安)	45~320	45~320	40~200	120~600	35~375	35~375	120~600	120~600	35~375	35~375	60~600	60~600	60~600	60~600	60~300	60~300	60~300	60~300
机组效率(%)	53	53	52	54	52	52	54	54	52	52	54	52	52	50.5	50.5	50.5	53	53
质量(千克)	560	510	200	960	235	235	960	960	235	235	415	250	250	290	290	290	370	370
外形尺寸(毫米)	1202×600	1202×600	775×420	1400×740	862×500	862×500	1400×740	1400×740	862×500	862×500	1078×600	800×390	900×540	950×635	900×540	950×635	950×635	950×635
长×宽×高	×992	×992	×700	×1100	×815	×815	×1100	×1100	×815	×815	×805	×555	×820	×870	×820	×870	×870	×870

表 5-145 弧焊机电机技术数据

型号	AX-320 AX-320-1	AX1-165	AX1-500	AX3-300	AX3-500	AX4-300	AX7-250	AX7-400
铁芯外径(毫米)	240	150	290	177	220	177	195	220
铁芯长度(毫米)	168+10×3①	126	270+10×2②	75	90	90	120	115
槽数	37	25	50	29	21	29	23	27
铁芯截面(毫米 <sup>2</sup> )	2.44×10.8	2×φ2.95	2.63×11.6	1.81×8加 1.81×8	3.28×11.6 加3.28×11.6	2.1×8	2.36×8	2.44×10.8
铜线绝缘层	玻璃丝带 半叠包一层	双玻璃 丝包线	玻璃丝带 半叠包一层	裸扁铜线加 双玻璃丝包线	裸扁铜线加 双玻璃丝包线	聚脂高强 漆包扁铜线	双玻璃丝 包扁铜线	双玻璃丝 包扁铜线
每台电机线圈数	73	25	100	87	63	87	69	81
每槽线圈数	2	2	2	3	3	3	3	3
每个线圈匝数	1	1	1	1	1	1	1	1
每槽导线数	4	4	4	6	6	6	6	6
线圈形式	叠绕前进	叠绕前进	叠绕前进	单波滞后	单波滞后	单波滞后	单波滞后	单波滞后
线圈槽距	1-19	1-13、1-14	1-13	1-8	1-6	1-8	1-7	1-8
换向片数	73	50	100	87	63	87	69	81
换向片节距	1-2	1-2	1-2	1-44	1-32	1-44	1-35	1-41

注: ① 有三个辐向通风道, 每个长10毫米。

② 有两个辐向通风道, 每个长10毫米。

表 5-146 与弧焊发电机同轴

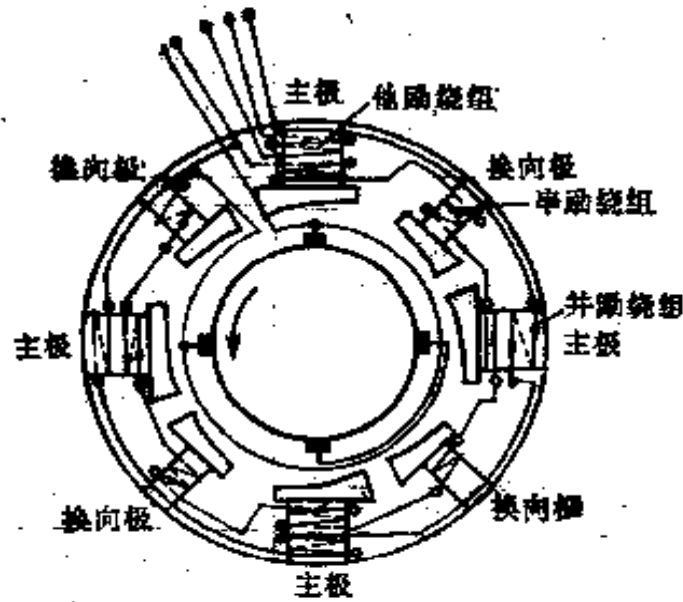
项 目 \ 型 号	AX-320		AX-320-1		AX1-165	AX1-500	
容量(千瓦)	14		12		6	26	
转速(转/分)	1450		1450		2900	1470	
定子铁芯外径 (毫米)	333		333		246	368	
定子铁芯内径 (毫米)	200		200		130	230	
定子铁芯长度 (毫米)	108		88		100	130	
定子铁芯槽数	36		36		24	36	
气隙(毫米)	0.5		0.5		0.5	0.55	
电压(伏)	220/380	330/660	220/380	330/660	220/380	220/380	330/660
电流(安)	47.8 /27.0	27.6 /15.0	41.6 /24	24/13.9	21.4/12.4	88.2 /50.9	50.9 /29.4
电磁线直径(毫米)	1.68	1.81	1.56	1.68	φ1.3	1.62	1.74
并线根数	2	1	1	1	2	2	2
每个线圈匝数	9	15	21	18	27	14	24
并联支路数	1	1	2	1	1	1	1
接法	Δ/Y		Δ/Y		Δ/Y	Δ/Y	
电磁线种类	高强度漆包线		高强度漆包线		单玻璃丝漆包线	双玻璃丝包线	
线圈槽距	1-8		1-8		1-12, 2-11	1-8	
线圈形式	双层叠绕		双层叠绕		单层链绕	双层叠绕	
线圈个数	36		36		12	36	
定子一相抽头匝数	—		—		—	—	

的三相异步电动机的技术数据

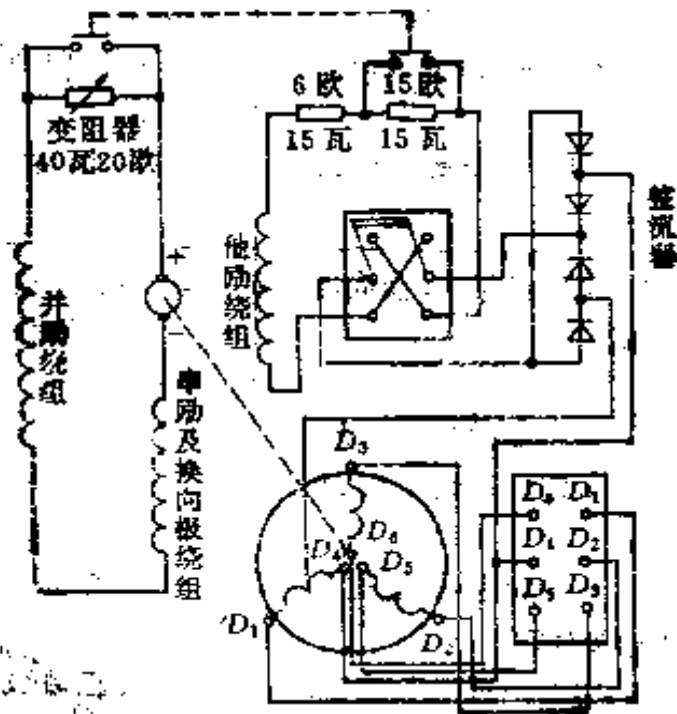
AX3-300		AX3-500		AX4-300	AX7-250	AX7-400
10 2900		26 2900		10 2900	10 2900	20 2900
246  137.2		327  180		246  137.2	245  136	328  174
144  24 0.6		170  36 0.8		122  24 0.6	120  24 0.6	115  36 0.8
220/380 36/20.8	380/660 20.8/12	220/380 89/51.5	380/660 51.5/29.8	380 20.8	380 20.8	380 40
1.35 3	1.25 2	1.81 4	1.56 3	1.3 2	1.8 1	1.56 3
22 1	38 1	8 1	14 1	35 1	38 1	19 1
△/Y		△/Y		△	△	△
单纱漆包线 1-12, 2-11		单纱漆包线 1-18, 2-17		高强度漆包线 1-12, 2-11	高强度漆包线 1-12, 2-11	高强度漆包线 1-18, 2-17, 3-16
单层链绕 12 11		单层链绕 18 6		单层链绕 12 —	单层链绕 12 22	单层链绕 18 17







(a) 接线图



(b) 原理图

图 5-52 AX8-800-2 型换向极去磁式直流弧焊电源

表 5-148 直流弧焊发电机的常见故障及排除

故 障	产 生 的 原 因	排 除 方 法
电动机反转	电源线有一相反接	三相线中任意两相调换
电动机不起 动, 并发出嗡嗡 响声	1. 保险丝或电源线断一根 2. 电动机定子线圈断路 3. 转动部分被卡住	1. 检查, 换保险丝或重接电源线 2. 用兆欧表、万用表及灯泡检查, 消除断路处 3. 用手转动或用铁器撬动转动 部分, 对症处理
焊接过程中电 流忽大忽小	1. 网路电压波动 2. 电流调节器可动部分 松动 3. 电刷和换向器接触不 良 4. 电缆和焊件接触不良	1. 调整网路电压 2. 固定好电流调节器的松动部 分 3. 使电刷和换向器接触良好, 或 适当加大弹簧压力 4. 使电缆线和焊件接触良好
焊机过热	1. 焊机过载 2. 电枢线圈短路 3. 换向器短路或脏污 4. 电枢线圈断线或接头 开焊	1. 减小焊接电流, 按规定的负载 持续率下焊接电流值使用。 2. 消除短路处 3. 清理换向器, 去除污垢, 并做 好绝缘 4. 检修, 焊好开焊处
运转中, 电刷 有火花, 随后全 部换向器发热	1. 电刷不平, 与换向器接 触不好 2. 电刷盒的弹簧压力弱 3. 电刷在刷盒中跳动或 摆动 4. 电刷架歪曲, 超过允差 范围或未装紧 5. 电刷边直线未与换向 器边对准	1. 维护研磨电刷, 在更换新电刷 时, 不可同时换去大于换向器电刷 总数的 1/3 2. 调整好压力, 必要时可换架框 3. 检查电刷在刷盒中的情况, 电 刷与刷盒的间隙不超过 0.3 毫米 4. 检修电刷架, 调整、校正到正 确位置 5. 校正每组电刷, 使与换向器排 成一直线
换向器片组大 部分发黑	换向器振动	用千分表检查换向器, 其摆动的 幅度不应超过 0.03 毫米

(续表)

故 障	产 生 的 原 因	排 除 方 法
电刷下有火花,个别换向器片有炭迹	换向器分离,即个别换向器片突出或凹下	如故障不显著,可用细浮石研磨,如研磨无效则应上车床车削炭迹擦拭干净即可
一组电刷中个别电刷跳火	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 接触不良</li> <li>2. 在无火花电刷的刷绳间接触不良,因此引起相邻电刷过载并跳火</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 检查发火电刷接触表面并松开接线,仔细消除污物</li> <li>2. 检查装配情况,电刷刷绳线间的接触情况,更换不正常的电刷,排除故障</li> </ol>
电动机发出强烈的绝缘烧焦臭味	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 电动机定子线圈层间短路</li> <li>2. 线圈与外壳短路</li> <li>3. 定、转子摩擦(声音不正常)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 修复层间绝缘或重新绕制线圈</li> <li>2. 消除短路处</li> <li>3. 校正转子中心线或磨去硅钢片突出部分</li> </ol>
焊机无空载电压	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 励磁绕组或线路中有断路处,电阻器接触不良或断线</li> <li>2. 转子绕组短路</li> <li>3. 极性转换开关接触不良</li> <li>4. Y-△起动机辅助触点接触不良,使励磁加不上</li> <li>5. 剩磁消失</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 检查电路,排除故障</li> <li>2. 消除短路处</li> <li>3. 修复或更换极性转换开关</li> <li>4. 修复,使之接触良好</li> <li>5. 失磁故障,采用一正常弧焊发电机对该焊机进行充磁</li> </ol>
变阻器手柄转动不灵或作任意圆周运动	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 调整旋臂掉入电阻盘空挡被卡住</li> <li>2. 手柄轴上固定指针螺钉松扣</li> <li>3. 手柄上固定插销掉</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 取出变阻系统检查,如挡柱不起作用,可更换</li> <li>2. 拧紧</li> <li>3. 重新安装好</li> </ol>
直流弧焊发电机极性充反。先是无电压,而后极性改变	由于在焊机并联使用时,并联不当和各自型号、使用年限及空载电压等焊机的具体状况的差异,致使其中某台被充上反向剩磁的缘故	将被改变极性的焊机拆出并联回路,用一台正常焊机的输出端与其输出端相接(正接正,负接负),此时启动正常焊机,极性充反的焊机就成为电动机开始转动,几秒钟后,即被重新充磁

表 5-149 常用弧焊整流器的类型、特点及用途

类 型	外 特 性	国 产 型 号 示 例	结 构 特 点	用 途
磁放大 器式	无反馈	ZXG7-500, ZXG7-300-1	在主变压器和整流元件组之间加入磁放大器, 依靠不同反馈方式的磁放大器获得不同的外特性。以补偿电网电压波动对电弧电压或电流的影响, 可远距离调节规范	手工电弧焊、埋弧焊、 气体保护焊等兼有几种用途
	全部	ZPG1-500		
	内反馈	ZDG-500-1 ZDG-1000 R		
		部分		
外反馈	下降特性			
动铁式(磁动圆式)	下降特性	ZXG1-160, ZXG6-300-1	动铁式或动圆式主变压器加硅整流元件组	手工电弧焊和钨极 氩弧焊
	抽 头 式	平 特 性	以平特性变压器 主变压器有抽头以调压	二氧化碳半自动焊
多 站 式		平 特 性	加整流元件组 再加可调的镇定变压器	多头手工电弧焊

(续表)

类型	外特性	型号	结构特点	用途
交、直流两用式 高压引弧式	下降特性	ZXG3-300-1	单相主变压器加电抗器和硅整流器组以及 交直流转换开关	手工电弧焊和钨极 氩弧焊
		ZXG12-165	由两台硅弧焊整流器并联组成,一台为工 作用的基本电源;另一台为引弧电源	手工电弧焊及作充 电用的多用途电源
晶闸管式	平、下多用特性	ZDK-500	用晶闸管代替了磁放大器和二极管整流器, 控制部分为晶体管组成的新型直流弧焊电 源。具有反应迅速,动特性好、飞溅少、起弧 可靠、功率因数高等优点	可实现自动化焊接, 便于一机多用
脉冲式	平、下多用特性	ZPG3-200	有单相整流、磁放大器、晶闸管及晶体管等 四种获得脉冲电流的器件型式。ZPG3-200 型为单相整流器供电通过全波或半波整流方 式变换可在100赫或50赫下工作	适用于熔极自动、 半自动脉冲氩弧焊
晶体管式	下降特性	ZD4-160	是利用大功率晶体管制成的新型直流弧焊 电源。可获得任意输出的波形;无脉动的直 流输出;可连续调节所需“电感”达到外特性 及动特性的精确控制	适用于自动化焊接

\* 当制成平特性时,其空载电压高于工作电压,有时称为U形特性。

表 5-150 常用弧焊整流器

产品名称	产品型号	额定输入容量 (千瓦)	初级电压 (伏)	工作电压 (伏)	额定焊接电流 (安)	焊接电流 调节范围 (安)
整流弧焊机	ZX-25	1.65	380	11	脉冲 25 基本 5	1~25 1~5
	ZX-40	5.14	380	22~40	50	5~50
	ZX-100	5	380	20	100	5~100
	ZX-120	7.3	380	25	120	5~120
	ZX-160	12	380	21~27	160	30~180
	ZX-250	19	380	22~31	250	45~280
	ZX-300	30	380	32	300	30~300
	ZX-400	30	380	22~38	400	60~450
	ZX-500	38	380	40	500	50~500
	ZX-1000	100	380	40	1000	100~1000
	ZX-1600	160	380	36~44	1600	400~1600
	ZX1-160	11	380	22~28	160	40~192
	ZX1-250	17.3	380	22~32	250	62~300
	ZX1-300	24	380	22~35	300	60~300
	ZX1-400	27.8	380	24~39	400	100~480
	ZX1-500	38	380	25~30	500	100~600
	ZX3-250	21.8	380	22~30	250	50~250
	ZX3-300	18.6	380	12~20	300	50~300
	ZX3-400	34.3	380	24~36	400	80~400

## 的技术数据及用途

负载 持续率 (%)	外形尺寸 (毫米)			质量 (千克)	主要用途
	长	宽	高		
60	1144	684	1206	40	作氩弧焊电源
60	575	280	450	65	
60	575	280	450	65	
60	750	650	1050	380	用于旋转氩弧焊电源
60	630	460	890	170	手弧焊电源
60	690	500	940	240	
60	780	570	900	320	
60	740	540	980	350	
60	780	570	900	350	
60	910	700	1200	800	
100	1360	850	1450	1200	
60	595	480	970	138	作手工电弧焊电源
60	635	530	1032	182	
60	650	525	950	200	
60	685	570	1075	238	
60	710	590	1050	280	
60	640	580	1050	180	
60	1095	665	1255	350	
60	700	590	1100	240	

产品名称	产品型号	额定输入容量 (千瓦)	初级电压 (伏)	工作电压 (伏)	额定焊接电流 (安)	焊接电流 调节范围 (安)
晶闸管 整流弧焊 机	ZX5-250	14	380	21~30	250	25~250
	ZX5-400	24	380	21~36	400	40~400
	ZX5-630	48	380	44	630	130~630
整流弧 焊机	ZX7-250	9.3	380	30	250	50~250
	ZX7-400	14	380	36	400	50~400
	ZP-250	10.7	380	13~27	250	60~250
	ZP-500	37	380	15~40	500	50~500
	ZP-1000	100	380	28~44	1000	200~1000
脉冲弧 焊整流器	ZXM-40	3.96	300	12	40	1~50
脉冲弧 焊整流器	ZXM-250	37	380	20	脉冲 250 基本 250	10~300 10~300
	ZXE6-300	18	380	32	300	55~400
	ZD-1000	100	380	22~44	1000	100~1000
	ZD-1000R	100	380	22~44	1000	100~1000



(续表)

负载 持续率 (%)	外形尺寸 (毫米)			质量 (千克)	主要用途
	长	宽	高		
60	780	400	440	150	适用于所有牌号焊条 的直流手工电弧焊接
60	595	505	940	200	
60	670	585	970	260	
60	470	276	490	35	用作手工焊电源或氩 弧焊电源
60	630	315	480	70	
100	524	1008	800	120	CO <sub>2</sub> 气保焊电源
60	900	560	940	400	作氩弧焊电源
100	950	700	1500	800	可作 CO <sub>2</sub> 焊和埋弧 焊电源
60	458	789	885	100	氩弧焊电源
60	720	958	1042	400	钨极脉冲或钨极氩弧 焊电源
60				120	用于交直流手工焊
60	1000	700	1280	800	作埋弧焊电源
80	910	700	1200	800	作埋弧焊、碳弧气刨、 熔化极气保焊电源

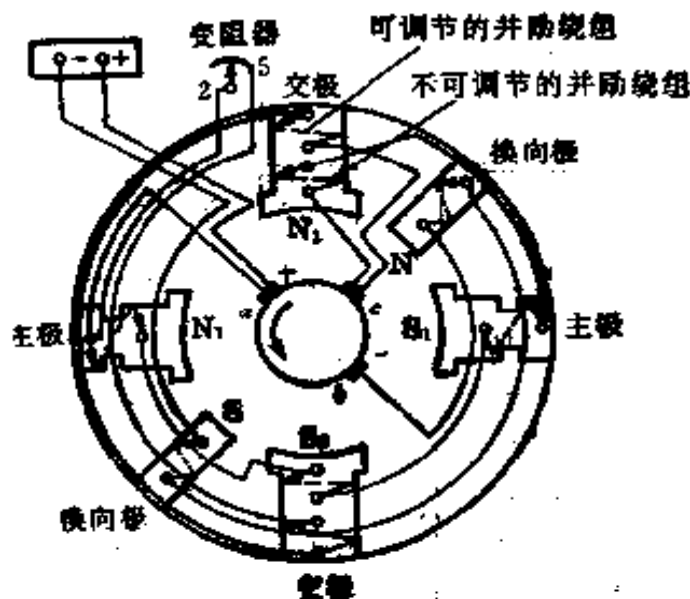


图 5-53 AX-320 型裂极式直流弧焊发电机接线图

4. 整流弧焊电源 这种利用主变压器二次侧所得的低压交流电再经过整流器变为直流电的弧焊电源又名弧焊整流器；而以硅二极管作整流元件的则称之为硅弧焊整流器，当今已得到迅速的发展。与旋转直流弧焊发电机相比，硅弧焊整流器制造简单、材料省、寿命长，维修方便，运行效率高，因而它具有替代弧焊发电机的趋势。

弧焊整流器有单相与三相之分，个别为交直流两用单相输入的；而广泛应用的是三相输入。按电源的外特性形状可分为下降特性、平特性和多用特性三种。按外特性调节机构的作用原理分类则种类繁多，其中常用的 9 种如表 5-149 所示。常用弧焊整流器的技术数据及用途如表 5-150 所示，它的常见故障及排除见表 5-151。

5. 节能弧焊机 我国弧焊电源的节能主攻方向和途径是对占相当大比重的旋转式直流电弧焊机进行技术改造，用交流电弧焊机、硅整流焊机和晶闸管弧焊机取代之。为此需不断改进上述各类焊机的结构设计，提高焊接性能外，还要辅之以改进焊条性能，提高焊条质量。使所有的交流电弧焊机都能适用交直流两用焊条的焊接。例如提高焊机空载电压至 90 伏左右即能基本适合结 507 碱性焊条的焊接。以便在不高要求的高强度合金钢结构中，部分代替直流焊接。这对于节能和节省产品制造的原材料及成本是一项重要的措施。

这里收集部分节能弧焊机的技术数据见表 5-152，以供参考。

表 5-151 弧焊整流器的常见故障及排除

故 障	产 生 的 原 因	排 除 方 法
焊机外壳带电	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 电源线误碰机壳</li> <li>2. 变压器、电抗器、风扇及控制线路元件等碰机壳</li> <li>3. 未接安全地线或接触不良</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 检查并消除碰壳处</li> <li>2. 消除碰壳处</li> <li>3. 接妥接地线</li> </ol>
空载电压过低	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 电网电压过低</li> <li>2. 变压器绕组短路</li> <li>3. 磁力起动器接触不良</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 调整电压至额定值</li> <li>2. 消除短路现象</li> <li>3. 使之接触良好</li> </ol>
焊接电流调节失灵	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 控制绕组短路</li> <li>2. 控制回路接触不良</li> <li>3. 控制整流回路元件击穿</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 消除短路处</li> <li>2. 使接触良好</li> <li>3. 更换元件</li> </ol>
焊接电流不稳定	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 主回路交流接触器抖动</li> <li>2. 风压开关抖动</li> <li>3. 控制回路接触不良, 工作失常</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 消除抖动</li> <li>2. 消除抖动</li> <li>3. 检修控制回路</li> </ol>
工作中焊接电压突然降低	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 主回路全部或部分短路</li> <li>2. 整流元件击穿短路</li> <li>3. 控制回路断路或电位器未整定好</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 修复线路</li> <li>2. 更换元件, 检查保护线路</li> <li>3. 检修调整控制回路</li> </ol>
风扇电机不转	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 熔断器熔断</li> <li>2. 电动机绕组或绕组断线</li> <li>3. 开关接触不良</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 更换熔断器</li> <li>2. 接妥或修复</li> <li>3. 使接触良好或更换开关</li> </ol>
电表无指示	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 电表或相应接线短路或断线</li> <li>2. 主回路故障</li> <li>3. 饱和电抗器和交流绕组断线</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 修复电表及线路</li> <li>2. 排除故障</li> <li>3. 排除故障</li> </ol>

表 5-152 节能弧焊机

型 号	电源电压 (伏)	相数	额定焊 接电流 (安)	额定输 入容量 (千瓦)	电流调节 范 围 (安)	工作电压 (伏)
交流电弧焊机						
BX1-200-1	380	1	200		40~200	
BX1-300-1	380	1	300	24.5	75~360	32
BX1-300-1	380	1	300		50~360	
BX1-315-1	380	1	315		60~315	
BX1-500-1	380	1	500		100~500	
BX1C-150	380	1	150	10.7	40~150	22~27.5
BX1C-250	380	1	250	17.6	55~250	23~32.5
BX1C-300 铝	380	1	300	24	55~300	23~35
BX1C-300 铜	380	1	300	24	55~300	23~35
BX1C-400	380	1	400	31.2	75~400	24~40
BX1C-500	380	1	500	42.5	85~500	24~40
BX3-160		1	160		23~252	
BX3-250		1	250		36~376	
BX3-300	380	1	300	22	40~360	32
BX3-300-1	220/380	1	300			32
BX3-300-1		1	300			
BX3-400		1	400	29.1	47~510	
BX3-500-1	220/380	1	500			40
BX3-500-1		1	500			

## 技术数据

空 载 电 压 (伏)	负载 持续率 (%)	重量 (千克)	外 形 尺 寸 长×宽×高 (毫米)	生 产 厂	备 注
	35		560×377×630	广东省电焊机厂	节 能
78	60	180	640×475×772	北京电焊机厂	节 能
70	60	160	622×470×730	新乡电焊机厂	节 能
	35		575×440×745	广东省电焊机厂	节 能
	35		580×435×785	广东省电焊机厂	节 能
65	20	55	530×350×615	成都电焊机厂	日本引进
66	20	70	580×350×615	成都电焊机厂	日本引进
76	40	95	550×410×680	成都电焊机厂	日本引进
76	40	103	550×410×680	成都电焊机厂	日本引进
76	40	125	580×500×710	成都电焊机厂	日本引进
81	60	190	750×500×880	成都电焊机厂	日本引进
70~78	60	100	580×430×710	南通电焊机厂	节 能
70~78	60	150	630×480×810	南通电焊机厂	节 能
60~78	60	175	614×520×921	株洲市电焊机厂	节 能
	60		500×680×800	张家口电焊机厂	节 能
			650×700×1050	无锡市电焊机厂	节 能
70~75	60	200	695×530×905	南通电焊机厂	节 能
	60		630×566×880	张家口电焊机厂	节 能
			650×900×1050	无锡市电焊机厂	节 能

型 号	电源电压 (伏)	相数	额定焊 接电流 (安)	额定输 入容量 (千瓦)	电流调节 范 围 (安)	工作电压 (伏)
BXC1-300	380	1	300		55~300	
BXC1-500	380	1	500		85~500	
BX6-160	380	1	160		25~185	26.4
BX3-300-2	380	1	300		40~400	32
BX3-500-2	380	1	500		60~610	40
BXQ7-160		1	160	汽油机 10HP	40~190	20~27
硅整流焊机						
ZX-160			160		32~180	
ZX-250			250		45~280	
ZX-400			400		65~450	
ZX-500	380	3	500		40~500	
ZX3-160			160		40~192	
ZX3-250			250		62~300	
ZX3-400			400		100~480	
ZX3-400			400		40~400	
ZX3-250	380	3	250		25~250	
ZXG-160	380	3	160	12		21~28
ZXG-250	380	3	250	19		21~32
ZXG-250R	380	3	250	19.5	30~300	25~30
ZXG-400	380	3	400	34.5		22~30

(续表)

空载电压 (伏)	负载持续率 (%)	重量 (千克)	外形尺寸 长×宽×高 (毫米)	生产厂	备注
	40		550×420×725	广东省电焊机厂	节能 JISC
	60		820×510×890	广东省电焊机厂	节能 JISC
				广西北海电焊机厂	节能 JISC
			585×560×850	广西北海电焊机厂	节能 JISC
			600×560×850	广西北海电焊机厂	节能 JISC
40~65	60	100	500×596×960	株洲市电焊机厂	节能
70	60	170	685×420×900	南通电焊机厂	节能
70	60	225	735×480×950	南通电焊机厂	节能
70	60	300	805×520×1000	南通电焊机厂	节能
76	60	350	780×570×900	新乡电焊机厂	节能
71.5	60	138	595×480×967	南通电焊机厂	节能
71.5	60	182	635×530×1029	南通电焊机厂	节能
71.5	60	238	685×570×1075	南通电焊机厂	节能
67	60	200	590×504×950	南通电焊机厂	节能
	80		540×504×790	广东省电焊机厂	节能
70			600×410×800	天津市电焊机厂	节能市优质产品
70			600×410×800	天津市电焊机厂	节能市优质产品
70	60	230	690×440×880	上海电焊机厂	节能
80			690×490×952	天津市电焊机厂	节能市优质产品

型 号	电源电压 (伏)	相数	额定焊 接电流 (安)	额定输 入容量 (千瓦)	电流调节 范 围 (安)	工作电压 (伏)
ZXG-400	380	3	400	35	40~480	22~29
ZXG-400R	380	3	400	35.5	40~480	25~30
ZXG1-400	380	3	400		100~480	
ZXG9-150	380	1	150		交流 8~180 直流 7~100	27
ZXG12-165	380	3	165	9	25~200	25~30
ZXK5-315			315			
二氧化碳气体保护 弧焊机						
NBC-160	380	3	160	4.5	40~160	16~22
NBC-200	380	3	200	5.4	40~250	
NBC-200	380	3	200			29
NBC-250	380	3	250	9.2	60~250	17~27
NBC-250	380	3	250			14~30
NBC-250	380	3	250		60~250	
NBC-400	380	3	400	18.8	80~400	18~34
IC-500-1	380	3	500	35	150~500	
E160/180	380	3	160	6.3	MAG30~160 MIG30~180	16~22 12~17
E200	380	3	200	6.9	110~250	19.5~26.5
E300	380	3	300	13.2	35~300	16~29
E450	380	3	450	24	50~450	16.5~36.5



(续表)

空载电压 (伏)	负载持续率 (%)	重量 (千克)	外形尺寸 长×宽×高 (毫米)	生产厂	备注
80	60		790×490×930	成都电焊机厂	节能
70/80	60	350	760×520×940	上海电焊机厂	节能
	60		686×570×1060	广东省电焊机厂	节能
82	40	150	645×466×722	成都电焊机厂	节能
80	60	75	660×325×530	成都电焊机厂	节能
			650×900×1050	无锡市电焊机厂	节能
	60		414×625×825	天津市电焊机厂	节能、市优质产品
19.5~30			360×540×870	天津市电焊机厂	节能、市优质产品
	70		360×540×370	张家口市电焊机厂	节能
	60		434×685×805	天津市电焊机厂	节能、市优质产品
	100		447×370×372	上海电焊机厂	节能
	60		512×590×915	广东省电焊机厂	节能
	60		484×685×1005	天津市电焊机厂	节能,市优质产品
18~45	60	350	800×500×1000	张家口市电焊机厂	节能
16~30	25	70	920×300×615	成都电焊机厂	节能,南斯拉夫引进
17~37	40	110	920×480×710	成都电焊机厂	节能,南斯拉夫引进
18~45	45	130	920×430×710	成都电焊机厂	节能,南斯拉夫引进
15~45	40	200	920×650×720	成都电焊机厂	节能,南斯拉夫引进

## 5-5 部分家用电器用电动机

### 一、电冰箱压缩机组的电动机

1. 电冰箱压缩机组电动机的种类 用于拖动压缩机的电动机为单相异步电动机,结构主要由定子铁芯和绕组以及铸铝转子组成,并与压缩机部分部件组装在同一机壳以内。常用为以下三种类型的单相异步电动机:

(1) 电阻(分相)起动(RSIR)型(如图5-54):因结构简单,大部分电冰箱(输出功率150瓦以下)的压缩机组均采用此型式。

(2) 电容起动(CSIR)型(如图5-55):由于起动绕组上串联大容量电容器(45~100微法,视不同功率配用不同大小电容),使分相相位角差增大,起动转矩提高,因而起动性能好,适于较大输出功率(150瓦以上)的电动机。

(3) 电容起动、电容运转(CSR)型(如图5-56):定子上有运行I及运行II的两相绕组,其中I相当起动时与大容量电容器串联呈电容起动型;当运转时起动继电器作用使大容量电容器断开,只剩下小容量(2~4微法)电容器与之串联并参与运行。此型式不仅能使起动性能变好,而且提高了电动机的效率,节省了电能。但成本增大,也带来电容器故障多,故一般的电冰箱上少用。

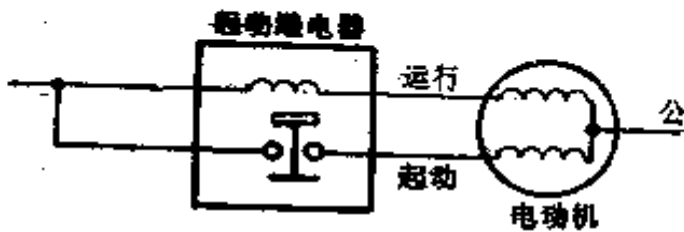


图 5-54 阻抗分相起动型(RSIR)电动机的简化电路

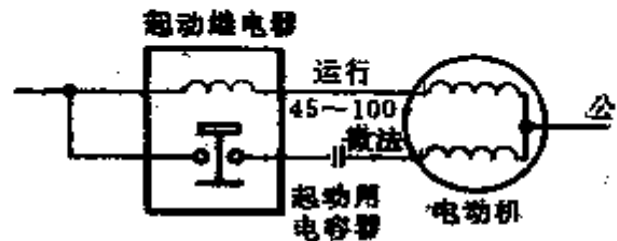


图 5-55 电容起动型(CSIR)电动机的简化电路

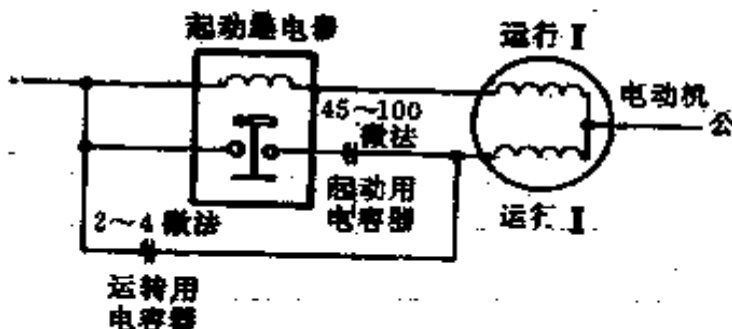


图 5-56 电容起动、电容运转型(CSR)电动机的简化电路

表 5-153 国产压缩机组的电动机技术数据

生 产 厂	北 京 电 冰 箱 厂					
压缩机组 (冰箱)型号	LD-5801		QF-21-75		QF-21-93	
额定电压(伏)	220		220		220	
额定电流(安)	1.4		0.9		1.2	
输出功率(瓦)	98		75		93	
额定转速(转/分)	1450		2850		2850	
定子绕组(采用 QF漆包线)	运 行	起 动	运 行	起 动	运 行	起 动
导线直径(毫米)	0.64	0.35	0.59	0.31	0.64	0.35
匝数: 最小圈	71		45		43	
小 圈	96	30	87	40	62	33
中 圈	125	40	101	60	80	41
大 圈	65	50	117	70	93	45
最大圈			120	$200 \begin{cases} +140 \\ -60 \end{cases}$	101	$101 \begin{cases} +76 \\ -25 \end{cases}$
绕组总匝数	4×375	4×123	2×470	2×370	2×379	2×220
绕组电阻值(欧)	17.32	20.8	16.3	45.36		
绕组槽节距:						
最小圈	3		3		3	
小 圈	5	5	5	5	5	5
中 圈	7	7	7	7	7	7
大 圈	9	9	9	9	9	9
最大圈			11	11	11	11
定子铁芯槽数	32		24		24	
定子铁芯叠厚 (毫米)	28		25		36	

(续表)

生 产 厂	天 津 医 疗 器 械 厂					
压缩机组 (冰箱)型号	LD-1-6		5608-I		5608-II	
额定电压(伏)	220		220		220	
额定电流(安)	1.1		1.6		1.6	
输出功率(瓦)	93		125		125	
额定转速(转/分)	2850		1450		1430	
定子绕组(采用 QF漆包线)	运 行	起 动	运 行	起 动	运 行	起 动
导线直径(毫米)	0.64	0.35	0.7	0.37	0.72	0.35
匝数: 最小圈			62	33	59	
小 圈	65	41	91	54	61	34
中 圈	85	50	110	65	81	46
大 圈	113	120 $\left\{\begin{array}{l} +95 \\ -25 \end{array}\right.$			46	50
最大圈	113	117 $\left\{\begin{array}{l} -20 \\ +97 \end{array}\right.$				
绕组总匝数	2×376	2×323	4×368	4×157	4×247	1×130
绕组电阻值(欧)	12	33	14	27.2	10.44	23.25
绕组槽节距:						
最小圈			3	3	3	
小 圈	5	5	5	5	5	5
中 圈	7	7	7	7	7	7
大 圈	9	9			9	
最大圈	11	11				9
定子铁芯槽数	24		32		32	
定子铁芯叠厚 (毫米)	35					

(续表)

生产厂	沈阳医疗器械厂							
压缩机组 (冰箱)型号	FB-515		FB-516 517(I)		FB-505		FB-517(II)	
额定电压(伏)	220		220		220		220	
额定电流(安)	1.2~1.5		1.3~1.7		0.7		1.1	
输出功率(瓦)	99		98		65		98	
额定转速(转/分)	1450		1450		2800		2860	
定子绕组(采用 QF漆包线)	运行	起动	运行	起动	运行	起动	运行	起动
导线直径(毫米)	0.60	0.38	0.64	0.38	0.51	0.31	0.64	0.38
匝数: 最小圈					88	53	41	
小圈	90		90	18	88	53	78	46
中圈	118	41	110	35	131	79	88	64
大圈	122	102	137	95	131	79	103	63
最大圈					175	104	105	78
绕组总匝数	4×330	4×143	4×337	4×148	2×618	2×368	2×415	2×243
绕组电阻值(欧)	19~20	24~25	14~16	21				
绕组槽节距:								
最小圈					3	3	3	
小圈	3		3	3	5	5	5	5
中圈	5	5	5	5	7	7	7	7
大圈	7	7	7	7	9	9	9	9
最大圈					11	11	11	11
定子铁芯槽数	32		32		24		24	
定子铁芯叠厚 (毫米)	28		28		30		40	

(续表)

生 产 厂	北京电冰箱压缩机厂 (北京第二轻工机械厂)				常熟机械总厂	
压缩机组 (冰箱)型号	QF-21-65		QF-21-100		QZD-3.4	
额定电压(伏)	220		220		220	
额定电流(安)	0.7		0.8		0.6	
输出功率(瓦)	65		100		75(输入)	
额定转速(转/分)	2850		2850		2850	
定子绕组(采用 QF漆包线)	运 行	起 动	运 行	起 动	运 行	起 动
导线直径(毫米)	0.60	0.29(0.33)	0.6	0.32	0.45	0.31
匝数: 最小圈	59(64)		53			
小 圈	79(84)	57(39)	72	45	88	36
中 圈	35(101)	64(45)	88	53	112	43
大 圈	105(113)	74(50)	114	59	137	188 <sup>+124</sup> <sub>-64</sub>
最大圈	105(113)	87 <sup>(152+107)</sup> <sub>-54</sub>	114	195 <sup>+127</sup> <sub>-68</sub>	137	141 <sup>+100</sup> <sub>-41</sub>
绕组总匝数	2×441 (445)	2×242(283)	2×441	2×354	2×474	2×413
绕组电阻值(欧)					30.13	53.9
绕组槽节距:						
最小圈	3		3			
大 圈	5	5	5	5	5	5
中 圈	7	7	7	7	7	7
大 圈	9	9	9	9	9	9
最大圈	11	11	11	11	11	11
定子铁芯槽数	24		24		24	
定子铁芯叠厚 (毫米)	30±0.5		35±0.5		35	

注: 1. 电动机均为电阻(分相)起动型;

2. ( )中数据为经改进后的数据。表中数据, 仅供维修参考。

表 5-154 部分进口(电冰箱用)压缩机组的电动机技术数据

生 产 厂	日 本 日 立 公 司			
压缩机组(冰箱)型号	HQ-651-BR		V1001R	
额定电压(伏)	220~242		220	
额定电流(安)	1.0		0.91	
输出功率(瓦)	62		93	
额定转速(转/分)	2850		2850	
定 子 绕 组 (采用耐氟漆包线 QF)	运 行	起 动	运 行	起 动
导线直径(毫米)	0.62	0.31	0.62	0.38
匝数: 最小圈			71	
小 圈	58		81	43
中 圈	76	64	99	52
大 圈	102	72	116	60
最大圈	108	82	104	66
绕组总匝数	2×344	2×216	2×471	2×221
绕组电阻值(欧)	15	37	19.15	24
定 子 槽 数	24		24	
绕组槽节距: 最小圈			3	
小 圈	5		5	5
中 圈	7	7	7	7
大 圈	9	9	9	9
最大圈	11	11	11	11
备 注	电阻(分相)起动		电阻(分相)起动	

(续表)

生 产 厂	日本东芝公司		苏联“波留沙-10”	
压缩机组(冰箱)型号	KL-12M		JXK-240	
额定电压(伏)	220		220	
额定电流(安)	0.95			
输出功率(瓦)	80		135	
额定转速(转/分)	2850		2850	
定子绕组(采用耐氟漆包线 QF)	运 行	起 动	运 行	起 动
导线直径(毫米)	0.57	0.41	0.61	0.23
匝数: 最小圈				
小 圈	80		64	34
中 圈	106		92	43
大 圈	110	123	108	139 $\left\{ \begin{array}{l} +98 \\ -41 \end{array} \right.$
最大圈	118	130	120	140 $\left\{ \begin{array}{l} +98 \\ -42 \end{array} \right.$
绕组总匝数	2×414	2×258	2×334	2×356
绕组电阻值(欧)	8.5+8.5	20.5	15	21
定子槽数	24		24	
绕组槽节距: 最小圈				
小 圈	3		5	5
中 圈	7		7	7
大 圈	9	9	9	9
最大圈	11	11	11	11
备 注	电容起动			



2. 部分国产压缩机组的电动机技术数据 见表 5-153。

3. 部分进口压缩机组的电动机技术数据 见表 5-154。

4. 电动机绕组的重绕

(1) 电动机绕组重绕时的注意事项:

① 电磁线、槽绝缘、槽楔、绑扎线、浸渍漆等均应采用耐氟里昂、耐润滑油的材料。

② 电机引出线一般可用聚四氟乙烯绝缘铜线, 绝对不能使用普通塑料导线, 因为普通塑料导线的绝缘层会在致冷剂中溶融。

③ 重绕步骤: 根据电动机损坏情况, 决定部分拆修或全部重绕, 其步骤如下:

第一, 拆电动机定子时, 应先将定子与压缩机体标上定位标记。如有条件, 则应测出定、转子气隙和偏差值。

第二, 定子绕组中如果某一线圈烧坏, 就拆出这部分线圈进行重绕。当决定全部拆去绕组时, 拆绕组前应先记录定子槽数、电动机极数、接头连接和布线槽跨距。从槽中取出绕组后, 要测出绕组的导线直径和各绕组中匝数分布; 尤其要注意电阻分相起动的电动机中, 采用在起动绕组中以增加反向绕组去改变相位角, 增加起动力矩, 故在拆卸中要记下正确数据。切不可将绕组端部剪断抽出绕组再查匝数, 这样就会分不清有否反向绕组。

第三, 绕组抽出以后刮净槽中漆膜, 将定子完好的绕组用工业汽油洗净。

第四, 按槽尺寸裁制槽绝缘用纸箔, 一般在二端要向外折翻小边, 以防槽绝缘纸箔发生窜动。

第五, 按原绕组尺寸制做模板, 绕线模板尺寸见图 5-57。表 5-155 为 QF-21-93 型和 QF-21-75 型压缩机组电动机模取尺寸。该模板一般适用于绕制二极 93 瓦和 75~80 瓦电动机绕组。根据原绕组线径、匝数分别地绕制。绕制中导线要均匀地排列, 不得交叉叠置。凡起动绕组中有反向绕线圈时要注意按原数据绕制。绕成后要先将各线圈扎好再脱去模板。

第六, 槽内嵌入一个线圈以后, 如果上层还有另外(相)绕组时, 一定要填以层间绝缘。全部嵌完后, 再用压线器压紧, 再

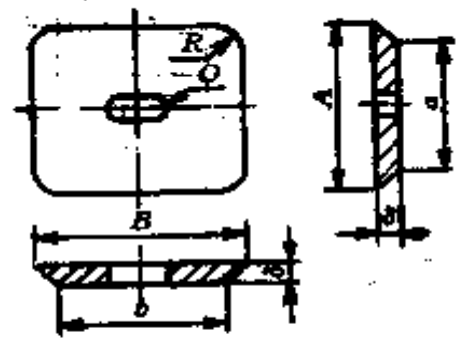


图 5-57 绕线模板尺寸

嵌入槽楔,防止绕组窜动。

第七,用万用表电阻挡检查各绕组头尾,并根据极数和旋转方向,将各绕组加以连接,可参见单相二极和四极电动机布线连接图 5-58 和图 5-59。各个连接点用锡焊连接,并用专用绝缘材料包扎好。引出线要使用多股细铜丝编织的耐致冷剂和耐油的电动机引出线,严禁用黄蜡管、聚氯乙烯塑料套管和普通绝缘胶布包裹。

第八,浸漆处理前,选放在烘箱内保持 110°C 干燥 2~4 小时,在室温下,冷却到 50~70°C 浸漆,滴漆半分钟以上,放入烘箱后先 60~80°C 维持 2~3 小时,再 130°C 维持 8~12 小时。处理过程中要保持清洁,留在铁芯表面的绝缘漆要擦净。

第九,处理完毕后待冷却,再检查绝缘强度并装入压缩机进行试验。

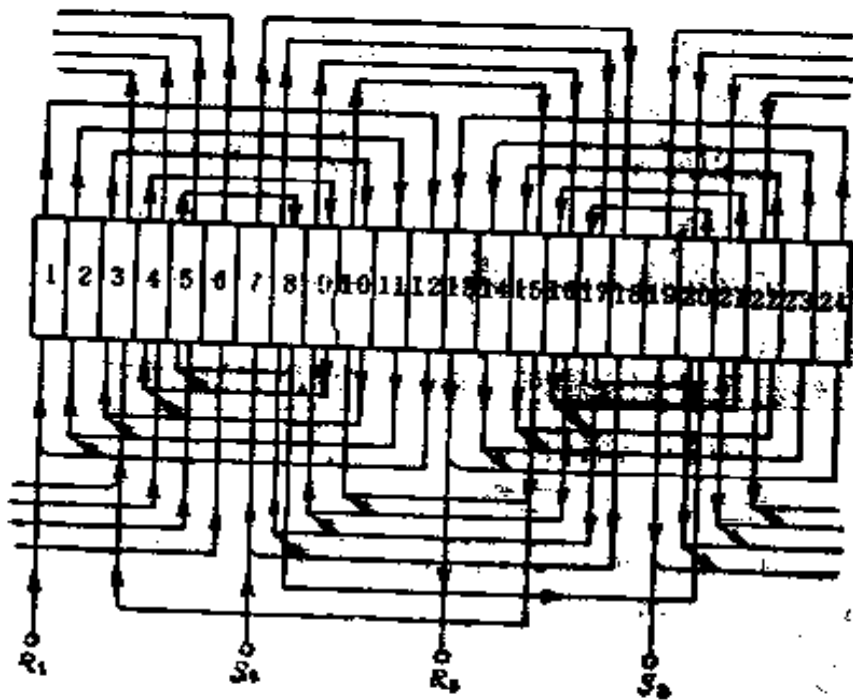


图 5-58 二极电动机绕组跨槽布线图——人带内群,六数  
 S<sub>1</sub>—起动绕组; R<sub>1</sub>—运行绕组

表 5-155 电动机绕组预制模板尺寸(毫米)

型号	QF-21-93 型压缩机电动机(93 瓦)						QF-21-75 型压缩机电动机(75 瓦)					
	a	A	b	B	δ	R	a	A	b	B	δ	R
运行绕组	最小圈	5	37	48	50	6.5	7	34	40	42	6.5	6
	小圈	53	55	53	55	9	10	46	52	51	7.5	10
	中圈	70	72	64	66	11	14	54	72	74	10	14
	大圈	74	76	96	98	11	18	65	92	94	10	20
	最大圈	84	86	120	122	11	12	78	116	118	12	26
起动绕组	最小圈	43	50	56	58	5	9	45	50	52	6	10
	小圈	62	64	72	74	8	12	55	62	64	7.5	14
	中圈	68	70	88	90	9	16	58	80	82	7.5	18
	大圈	78	80	100	102	12	20	65	100	102	9	20

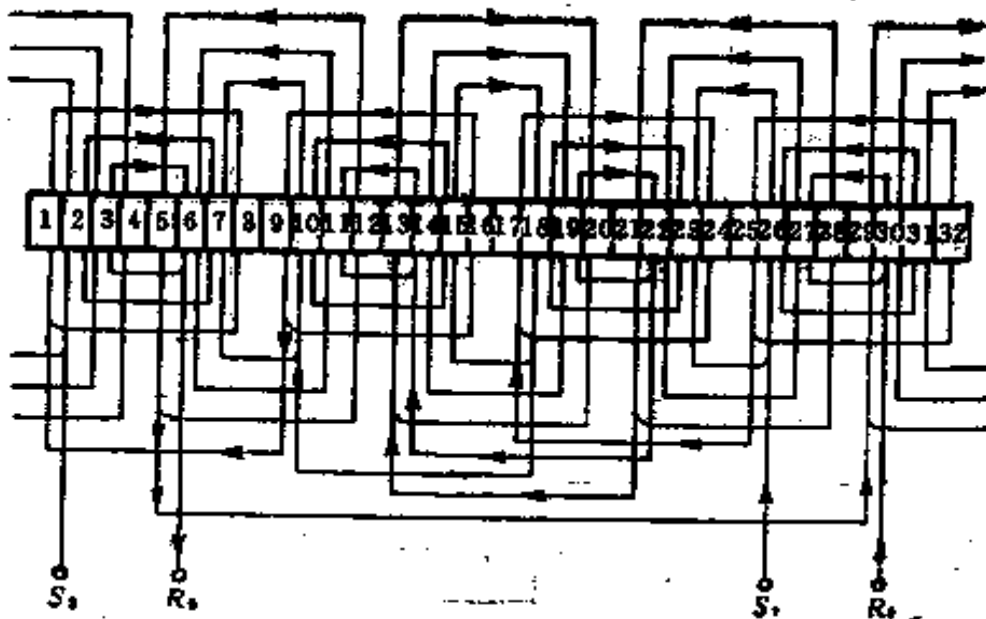


图 5-59 四极电动机绕组跨槽布线图

## 二、空调器用的电动机

空调器用的电动机主要有压缩机用电动机和风扇用电动机。

1. 全封闭压缩机用电动机 由于空调器大多采用单相 220 伏电源, 也有用三相 380 伏的, 故其压缩机则相应地使用单相异步电动机或三相异步电动机。由于工作环境特殊, 因而对电机的结构及制造工艺相应有所特殊要求。

(1) 耐侵蚀性好: 能耐制冷剂和润滑油。例如窗式空调器通常使用氟里昂类的制冷剂(R22 和 R12 材料), 所含氟元素对电磁线的绝缘有较大的侵蚀性, 当含润滑油的情况下更为严重。因此电动机用的绝缘纸、引出线、绑扎线以及电磁线均应采用耐氟里昂和耐润滑油的材料。

(2) 耐热性好: 因电动机与压缩机封闭在同一机壳内, 发热量主要依靠制冷剂的蒸气来吸收, 故散热条件较差。为此常采用高耐热等级的绝缘材料, 例如旋转式压缩机要采用耐热 140°C 的 F 级绝缘。

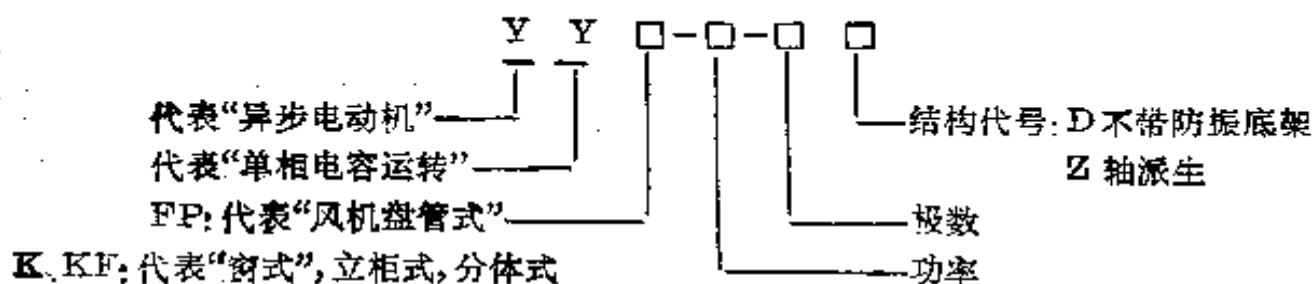
(3) 耐振动和冲击性能好: 压缩机用电动机经常受到起动电流所产生的电磁力作用, 以及在起动、停止时的机械冲击, 极易造成绝缘破坏, 此外还有制冷剂液体的冲击和急剧蒸发时的热冲击, 也易引起绝缘膜产生龟裂。为此应将电动机线圈加强固定, 铁芯两端线圈应作浸漆处理(但铁芯上不得沾漆, 以免运转中脱落而造成系统堵塞, 或影响排气阀片的密封性能)。

(4) 起动转矩大, 起动性能好: 由于制冷系统的冷凝压力随外界气温变化, 工况也变化, 为此要求电动机能在较高负荷下起动。

(5) 效率高, 功率因数大: 要求电动机出力大、重量轻, 尽可能提高效率, 一般要求达到 80%; 功率因数接近 100%。为此在结构上应采用闭口直槽, 以及定转子近槽配合(转子槽数接近定子槽数)等措施。

(6) 对电源波动的适应性好: 电源波动对压缩机负荷变化有良好的适应性。当  $V_N$  在  $\pm 10\%$  范围内波动时要求电动机能起动, 并能在过负荷条件下运转。

2. 空调器电扇电动机 空调用电扇电动机可为各类窗式空调器、立柜式空调器、分体式空调器及风机盘管式空调器配套。用作制冷、采暖、通风等电扇类负载的驱动电动机, 也可用于类似场合或一般场合的驱动。其型号意义如下:



空调器电扇电机结构特点:

- (1) 电动机为全封闭结构, 双轴伸, 卧式安装。
- (2) 机壳采用优质钢板卷制而成; 端盖采用优质钢板冲制而成, 具有较高的强度。
- (3) 电动机采用低噪声滚动轴承(NSK, 202)。
- (4) 电动机不带防振底架的, 两端均有橡胶避振圈; 电动机带防振底架的, 安装部位也装有橡胶避振圈。
- (5) 电动机均采用 B 级绝缘。

空调用风扇电动机的性能参数见表 5-156 所示。

YYKF-120-4 型空调电扇电动机铁芯及绕组数据见表 5-157、表 5-158。电动机接线图如图 5-60 和图 5-61 所示。

3. 空调器用电机故障检查 压缩机组电动机不运转的原因及检查方法见表 5-159, 电扇电动机不运转的原因及检查方法见表 5-160。

表 5-156 空调用电扇电动机性能参数

型 号	输出 功率 (瓦)	频率 (赫)	效率 (%)	电压 (伏)	转速(转/分)			起动 转矩 (牛·米)	振 动 (毫 米/秒)	噪 音 (分 贝)	电 容 器 (微 法/伏)	配 套 空 调 器 制 冷 (热) 量 [千 焦 (千 卡)/时]
					高 速	中 速	低 速					
YYFP-10-6D	10	50	25	220	750	625	500	0.08	0.7	35	2/450	10450(2500)
YYFP-15-6D	15	50	28	220	820	700	580	0.11	0.7	35	2/450	12540(3000)
YYFP-25-6D	25	50	30	220	920	820	750	0.15	0.7	35	3/450	14688(3500)
YYK2-30-3Z	30	50	38	220	950		880	0.18	0.7	45	2.5/450	8360(2000)
YYFP-40-4D	40	50	50	220	1250		1100	0.16	0.7	45	2.5/450	12540(3000)
YYK-60-4D	60	50	52	220	1350		1150	0.24	1.2	50	2.5/450	12540(3000)
YYK-80 4	80	50	52	220	1390		1230	0.27	1.2	50	4/400	风 兼
YYK-100-4D	100	50	62	220	1050		850	0.31	1.2	50	6/400	16728(4000)
YYK-100-6D	100	50	50	220	950		800	0.46	0.7	48	4.8/450	14688~16728 (3500~4000)
YYK-100-6GD	100	50	50	220	950		800	0.46	0.7	48	4.8/450	14688~16728 (3500~4000)
YYK-120-4	120	50	62	220	1350		1230	0.55	1.2	52	6/400	风 兼
YYKH-120-4	120	50	55	220	1200		1000	0.36	1.2	52	6/450	16728(4000)
YYK-250-4	250	50	60	380	1300	1200	1100	0.63	1.2	55	3/550	12540, 14688 (3000, 3500)

表 5-157 YYKF-120-4 型空调电扇电动机铁芯数据

项 目	直 径	叠 厚	槽 数	气 隙
定子铁芯	$\phi 139.8$	40±1	36	0.3
转子铁芯	$\phi 182$		44	

表 5-158 YYKF-120-4 型空调电扇电动机绕组数据

额定电压	绕组类型	跨 距	L	Y	R	线 径	匝 数
220 伏	主绕组	1-9	68	76	8	$\phi 0.42$	139
		2-8	58	56	5		123
		3-7	50	38	3		88
	副绕组 I	3-8	50	42	3	$\phi 0.31$	88
		2-9	58	58	5		220
		1-10	68	76	8		280
	副绕组 II	2-9	58	58	5	$\phi 0.31$	220
		3-8	50	42	3		88
	调速绕组	1-9	68	76	8	$\phi 0.42$	35
		2-8	58	56	5		31
		3-7	50	38	3		24
	330 伏	主绕组	1-9	68	76	8	$\phi 0.33$
2-8			58	56	5	198	
3-7			50	38	3	143	
副绕组 I		3-8	50	42	3	$\phi 0.29$	175
		2-9	58	58	5		207
		1-10	68	76	8		216
副绕组 II		2-9	58	58	5	$\phi 0.29$	207
		3-8	50	42	3		175
调速绕组		1-9	68	76	8	$\phi 0.29$	58
		2-8	58	56	5		50
		3-7	50	38	3		36

注：220 伏及 330 伏绕组电磁线均为 QZ-2 聚酯漆包线，绝缘等级为 E 级。

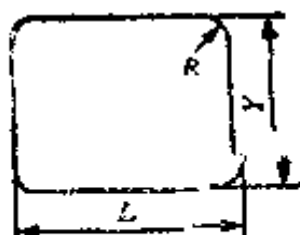


表 5-158 附图 YYKF-120-4 型电动机绕线模尺寸图

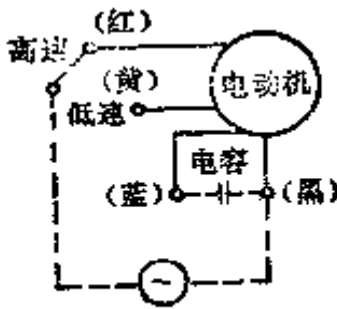


图 5-60 两速电动机接线图

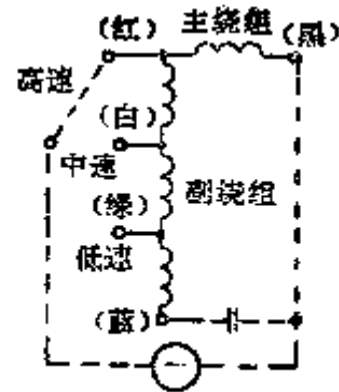


图 5-61 三速电动机接线图

表 5-159 压缩机组电动机不运转的原因及检查方法

原 因	检 查 部 位 和 检 查 方 法
电压过低	运转开关接通后,测定电源电压(起动时电压不得低于15%)
运转开关不良	检测运转开关的0~4点间应导通
温控器不良	将温控器旋到最大数值的标记号,接点导通;再逐渐朝最小标记号退回,接点能断开时为正常
起动继电器不良 1. 采用直流继电器时检查整流器 2. 继电器线圈断线 3. 触点不良	1. 整流器短路烧毁,劣化。测定整流器输入和输出电压值 2. 测定线圈的直流电阻值 3. 用起子压触点时能否导通;触点被烧蚀或弹簧失去弹力等
起动电容器不良	检查是否短路、断路或容量减小
运转电容器不良	同上
过负载继电器不良	测定1~2, 2~3间的端子是否导通
高压力开关不良	测定端子间导通否
压缩机组中电动机线圈断路或短路	测定线间直流电阻和绝缘电阻值



表 5-160 电扇电动机不运转的原因及检查方法

原 因	检查部位和检查方法
转换开关故障	运转开关的机械结构不良或不能转动。 用直流电阻表测量转换开关 0~1、0~2、0~3、0~4 的端子间能否导通
电扇电动机的线圈断路	测电扇电动机的引线间导通否
电容器不良	使电容器不接回路。用手拨动风叶后电动机能连续旋转,而电容器接入后不能启动则为电容器不良(或线圈断路)
风扇叶不平衡	用手拨动电扇叶轮,检查动平衡性
轴承内缺润滑油	拨动风叶后,即将开关接通,从声音上判断:缺油时声音较大;严重缺油时引起轴套磨损,有异音
电动机线圈烧毁或短路	电流过大,引线发热

### 三、洗衣机用的电动机

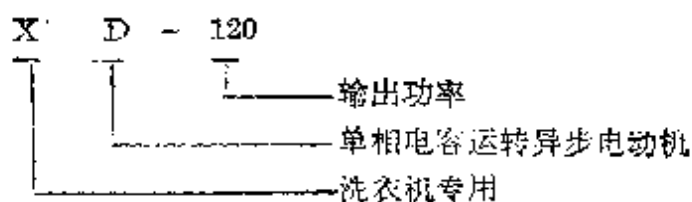
洗衣机用电动机作为驱动洗衣机的波轮、滚筒、脱水筒以及排水泵的动力机械,大多使用单相电容运转异步电动机,其结构一般为开启式、自冷或自扇冷。国外除应用单相电容运转异步电动机外,也有使用单相串励电动机或永磁直流电动机的。表 5-161 所列为不同规格洗衣机配用的单相电容运转异步电动机的功率及相应电容值。

表 5-161 洗衣机用电动机的功率选配

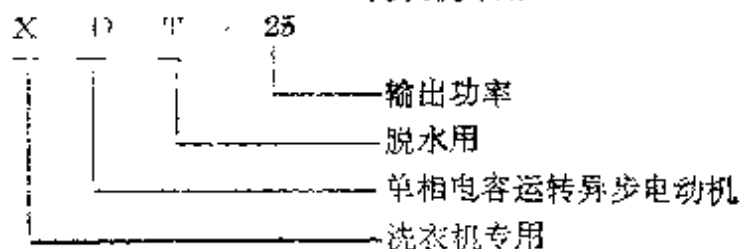
洗涤干衣量(千克)	1.5~2.0	2~2.5	3~3.5	4~5.0
配用电动机(瓦)	90 120	120	180	250
配用电容器(微法)	6,8,9	8,10	10,12	16

洗衣机用电动机的型号意义如下: (GB3537-83)

## 例1



## 例2



## 1. XDC、JXX、XD型洗衣机用电动机

(1) 技术数据: XDC、JXX、XD型洗衣机用电机的技术数据, 见表5-162; 其铁芯及绕组技术数据, 见表5-163。

(2) 绕组展开图: XDC型电动机绕组的展开图, 见图5-62, JXX型电动机的展开图, 见图5-63。

## 2. XDL、XDS型洗衣机用电动机

(1) 技术数据: XDL、XDS型洗衣机用电机的技术数据, 见表5-164。

(2) 安装尺寸: XDL、XDS型洗衣机用电机的安装及外形尺寸, 见图5-64及表5-165。

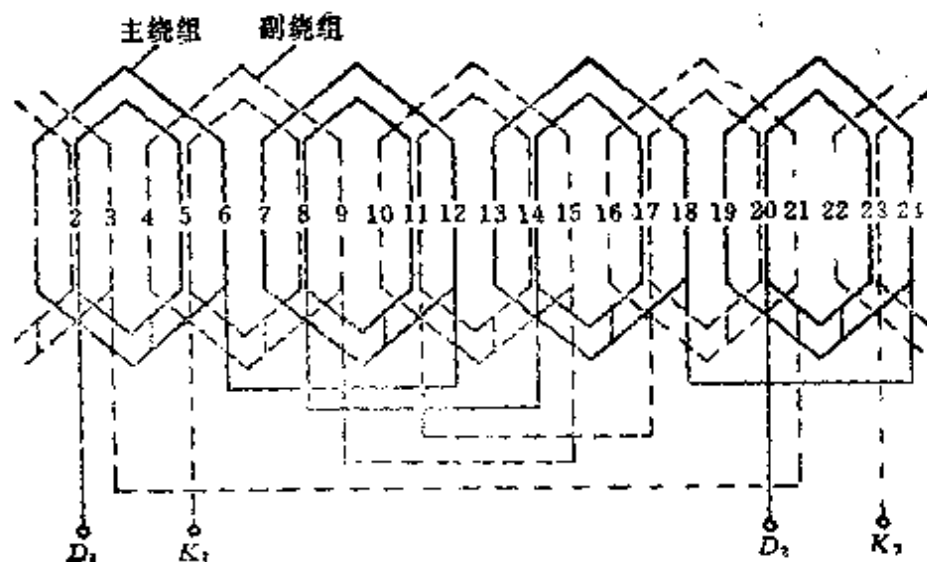


图5-62 XDC-X-2  
XDC-T-2 电动机绕组展开图

- 注: 1. 主绕组: 节距1-6位于大槽在底层; 节距2-5位于中槽;  
副绕组: 节距4-9位于小槽在面层; 节距5-8位于中槽。  
2. 洗衣电机“D<sub>1</sub>”与“K<sub>1</sub>”连接后作为“N”端;  
脱水电机“D<sub>2</sub>”与“K<sub>2</sub>”连接后作为“N”端。

表 5-162 洗衣机用电动机的技术数据

电动机型号	额定电压 (伏)	额定输出功率 (瓦)	额定电流 (安)	额定转速 (转/分)	外形尺寸 长×宽×高 (毫米)	质量 (千克)	电容 (微法)	用途	电动机 生产厂	洗衣机	
										牌号	生产厂
XDC-X-2		85	1.7	1350	200×120×179	3.65	8.5	洗涤	上海先 锋电器厂	水仙	上海洗 衣机总厂
								脱水			
XDC-Y-2		20	0.6		192×160×137	2.25	3	洗涤	上海微 型电机厂	海豚	上海微 型电机厂
								脱水			
JXX-300L	220	90	1.1	1400	190×126×155	3.6	8	洗涤	上海革 新电机厂	洁尔灵	上海电 器塑料厂
								脱水			
XD-90		90	0.9		190×130×170	4.3	8	洗涤			
								脱水			
XD-120		120	1.0	1400	190×130×180	4.9	10	洗涤			
								脱水			
XD-180		180	1.5		190×130×190	6.3	12	洗涤			
								脱水			
XD-250		250	1.8		190×130×210	7.7	15	洗涤			
								脱水			

注: 电容器的额定电压为交流 450 伏。

表 5-163 洗衣机用电

电动机型号	额 定 输出功率 (瓦)	定 子 铁 芯			槽 数	
		外 径 (毫米)	内 径 (毫米)	长 度 (毫米)	定 子	转 子
XDC-X-0	85	方 形 101×101	68	39	24	34
XDC-T-2	20			19		
JXX-90B	90	方 形 124×124	80	25	24	34
XD-90	90	方 形 120×120	70	30	24	22
XD-120	120			35		
XD-180	180			45		
XD-250	250			60		
XD-90	90	方 形 107×107	65	35	24	30
XD-120	120			40		

注: 1. 相同型号的电动机的铁芯及绕组数据, 因制造厂不同或同一厂但制造时间  
2. 表中所列数据供维修参考。

电动机的铁芯及绕组数据

气 隙 (毫米)	定 子 主 绕 组				定 子 副 绕 组			
	线 径 (毫米)	槽节距	匝 数	电阻值 20°C (欧)	线 径 (毫米)	槽节距	匝 数	电阻值 20°C (欧)
0.35	0.38	1-6	170	33.7	0.35	4-9	170	38.8
		2-5	80			5-8	80	
	0.25	1-6	310	109.2	0.19	4-9	455	276
		2-5	150			5-8	225	
0.20	0.41	1-7	107	37	0.41	4-10	107	37
		2-6	214			5-9	214	
0.30	0.42	1-6	220	32	0.42	4-9	220	32
		2-5	110			5-8	110	
	0.45	1-6	181	24.8	0.45	4-9	161	24.8
		2-5	118			5-8	118	
	0.53	1-6	160	18.5	0.53	4-9	160	18.5
		2-5	80			5-8	80	
	0.56	1-6	96	12.5	0.56	4-9	96	12.5
		2-5	69			5-8	69	
0.30	0.38	1-6	200	38.4	0.38	4-9	200	38.4
		2-5	100			5-8	100	
	0.41	1-6	176	27	0.41	4-9	176	27
		2-5	88			5-8	88	

不同而会有差异。

表 5-164 XDL、XDS 型洗衣机电机技术数据

型 号		XDL-90 XDS-90	XDL-120 XDS-120	XDL-180 XDS-180	XDL-250 XDS-250
额定功率(瓦)		90	120	180	250
额定电压(伏)		220	220	220	220
额定频率(赫)		50	50	50	50
满 载 时	电 流(安)	0.88	1.1	1.54	2.0
	转 速(转/分)	1370	1370	1370	1370
	效 率(%)	49	52	56	59
	功率因数	0.95	0.95	0.95	0.95
定 子 铁 芯	外 径	107	107	107	107
	内 径	63	68	68	68
	长 度	34	40	50	62
气 隙 长 度		0.35	0.35	0.35	0.35
槽 数	定 子	24	24	24	24
	转 子	34	34	34	34
每 套 定 子 绕 组	线径(毫米)	0.35	0.38	0.45	0.5
	每极匝数	296	253	195	156
	半匝平均长(毫米)	108.5	114.5	124.5	136.5
	绕组节距	1-7 2-6	1-7 2-6	1-7 2-6	1-7 2-6
堵转电流(安)		2.0	2.5	4.0	5.5
<u>堵转转矩</u> 额定转矩		0.95	0.9	0.8	0.7
<u>最大转矩</u> 额定转矩		1.7	1.7	1.7	1.7
电容器容量(微法)		8	9	12	16

注: 定子有两套绕组, 其线径、匝数、节距完全相同。电机采用H级绝缘。

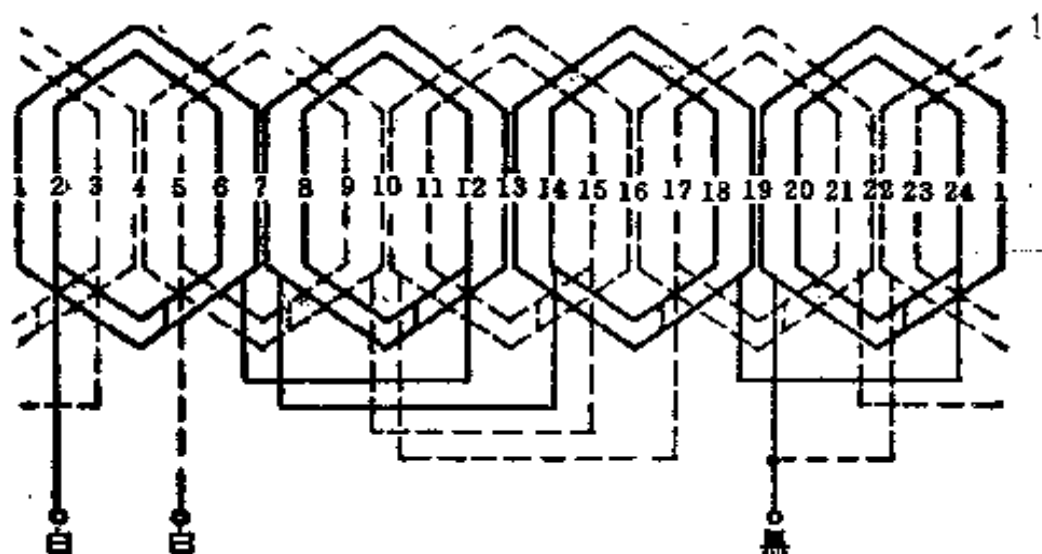


图 5-63 JXX-90B 电动机绕组展开图

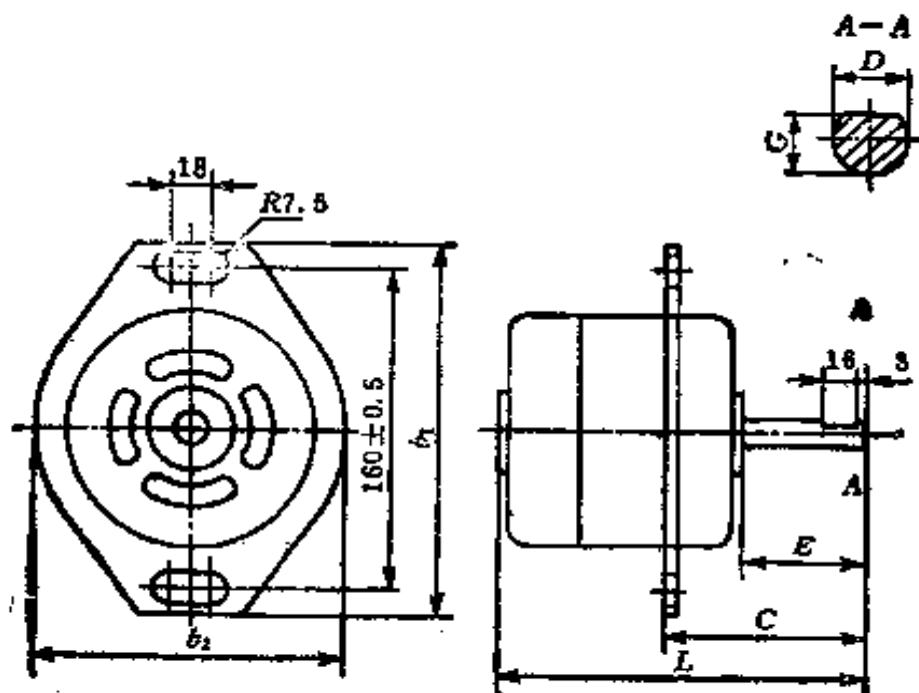


图 5-64 XDL、XDS 型洗衣机电机安装及外形图

表 5-165 XDL、XDS 型洗衣机电机安装及外形尺寸

型 号	安 装 尺 寸 (毫 米)				外 形 尺 寸 (毫 米)		
	D	E	C	G	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	L
XDL-90	10	≥40	94±2	8	200	150	170
XDL-120	12			10.5			180
XDL-180	12			10.5			190
XDL-250				10.5			210
XDS-90	10	≥40	85±2	8	200	150	170
XDS-120	12			10.5			180
XDS-180	12			10.5			190
XDS-250				10.5			210

表 5-166 脱水机用电动机性能数据(220 伏、50 赫)

功 率 (瓦)	堵转电流 (安)	堵转转矩 (牛·米)	最大转矩 (牛·米)	效 率 (%)	功 率 因 数	噪 声 (分贝)	温升限值 (K)
25	1.15	0.34	0.44	22	0.92	55 (滑动轴承)	85
30	1.20	0.35	0.47	25			
40	1.35	0.41	0.53	30			
45	1.4	0.43	0.56	33			
60	1.50	0.52	0.68	41			

3. 脱水机用电动机 脱水机电机为短时工作制,根据脱水机的规格为 2.0、3.0、4.0 千克(干衣重量),所选电动机功率相应为 25、40、60 瓦。表 5-166 为脱水机用电动机性能数据;表 5-167 为脱水机用电机的绕组数据,其铁芯冲片与波轮式(XD 型)洗衣机电机相同。

#### 四、吸尘器用的电动机

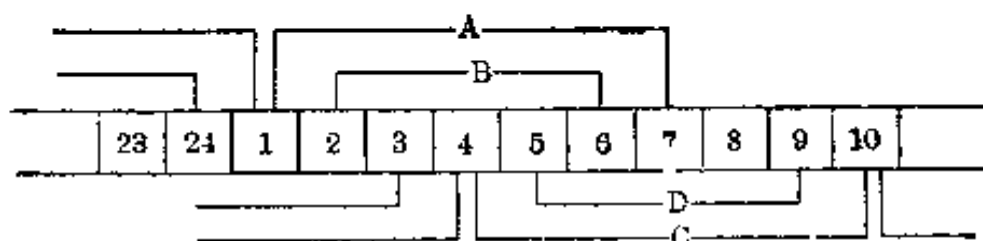
吸尘器的驱动电动机是单相串励整流子电机,其转速极高,一般在 13000~25000 转/分范围内。电机连续使用时间不超过 2 小时。



表 5-167 脱水机用电动机绕组的数据

功率 (瓦)	定子铁芯		主 绕 组①				副 绕 组①				电容器 (微法)
	长(毫米)	槽数	线径 (毫米)	串联总 导体数	线圈 A 匝数	线圈 B 匝数	线径 (毫米)	串联总 导体数	线圈 C 匝数	线圈 D 匝数	
25	16	24	0.25	3896	178	309	0.21	4904	224	339	3
40	20	24	0.27	3608	166	285	0.25	3896	178	309	4
60	25	24	0.31	2904	133	230	0.27	3608	166	285	6

注: ① 主、副绕组线圈匝数代号为:



1. 吸尘器用电机的绕组数据 表 5-168 所列为上海吸尘器厂生产的快乐牌吸尘器电动机的电枢绕组与磁场绕组数据, 电枢绕组的展开图如图 5-65 及图 5-66 所示。为改善换向, 减小换向器上火花, 电枢绕组线圈与换向片连接时, 可将线圈端部自中心线向左或向右偏移 1~2 片。

## 2. 电动机绕组的重绕

(1) 磁场绕组重绕: 磁场绕组是根据电源电压、转速、电机功率大小来设计的, 磁场绕组如损坏后, 应按照原有匝数、线径重绕。磁场绕组在绕线机上绕好后, 取下后用黄蜡绸四周包扎然后嵌于铁芯内。

(2) 电枢绕组的重绕: 在拆除电枢绕组时, 先把电枢烘热到 180°C 以上, 待线圈软化后立即拆除。在拆除绕组时, 应记录绕组节距、线径、线圈匝数以及与线圈引出线相连接的换向片的位置等数据。

电枢绕组根据铁芯槽数与换向器片数的比例, 每槽可有 1、2 或 3 个线圈。在每绕完一个线圈时, 要将导线做成一个引线圈, 作为绕组引出线, 然后再绕下一个线圈。如果每槽有 2 个或 3 个线圈, 相应地每槽引线圈也有 2 个或 3

表 5-168 吸尘器用电动机绕组数据(220 伏、50 赫)

功 率 (瓦)		200	400	600	800
电 枢	电枢槽数	10	12	12	12
	换向器片数	20	36	24	24
	每槽导体数	50×4	22×6	23×4	17×4
	每只线圈匝数	50	22	23	17
	线圈跨距(槽)	1-5	1-6	1-6	1-6
磁 极	线径(毫米)	0.21	0.38	0.38	0.47
	线径(毫米)	0.31	0.53	0.53	0.67
磁 极	线圈只数	2	2	2	2
	每只线圈匝数	330	190	160	130
	线模尺寸(毫米)		43×51	44×34	45×40

个,并以长短加以区分,这样可便于辨别每槽中线圈的次序,以免在与换向片连接时搞错位置。

电枢在浸漆前应进行耐压及有无短路等试验,然后浸漆烘干。

换向器表面的粗糙度  $R_a < 1.25$ ,云母应下刻低于铜片 0.5 毫米。

在电机总装之前,电枢应做超速试验并在动平衡机上校验动平衡。

3. 吸尘器用电机的常见故障及维修 因高速电动机易发生故障,故障原因甚多,表 5-169 所示为吸尘器用电机的常见故障及检修。

## 五、电吹风用的电动机

常用的电吹风用电动机为交流感应式、交流串励式和直流永磁式三种。

1. 电吹风用电机的技术数据 常用的数种电吹风用电机的技术数据,见表 5-170 及表 5-171。

2. 电吹风用电机的故障与维修 电吹风(电动机)常见的故障与维修方法,见表 5-172。

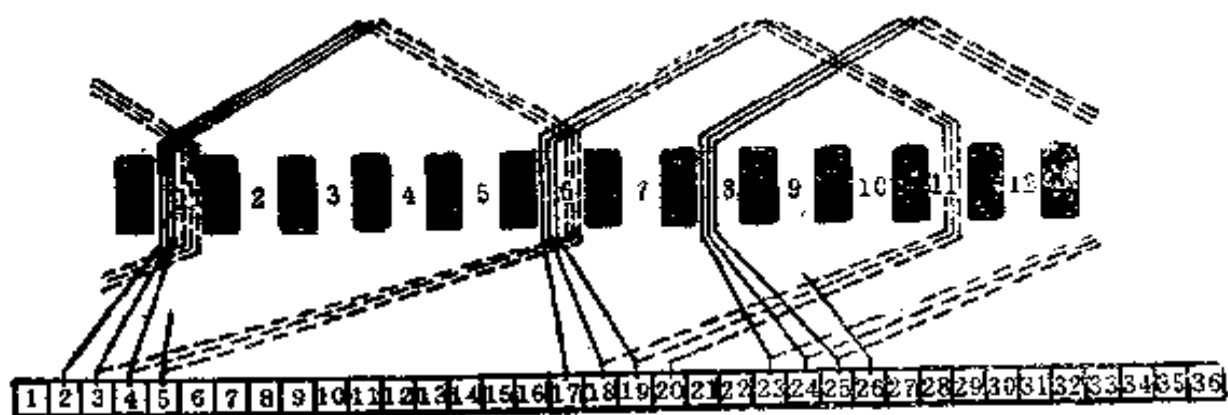


图 5-65 400 瓦电机电枢绕组展开图  
注：图中虚线为下层线圈，实线为上层线圈。

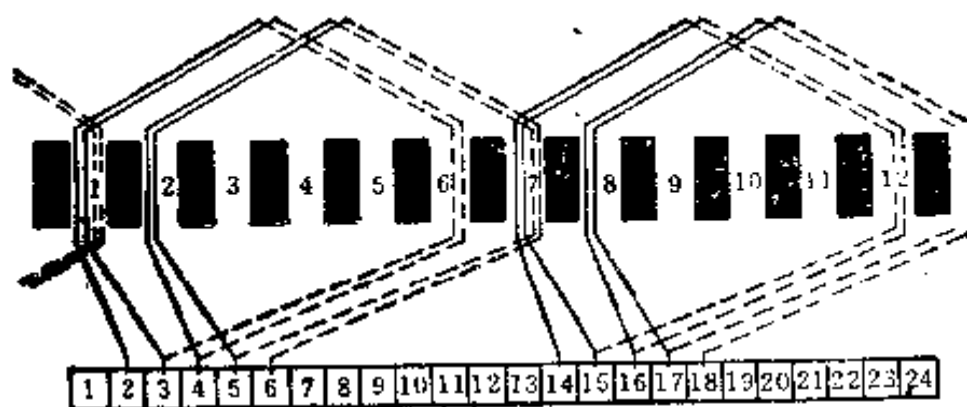


图 5-66 800 瓦电机电枢绕组展开图

表 5-169 吸尘器用电机的常见故障及检修

故障现象	故障原因及检修
电机通电不运转	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 检查开关的接触是否良好</li> <li>2. 检查电源插头接触良好否或松脱否,电源线断裂否</li> <li>3. 用万用表接于两刷间,如电阻指示为<math>\infty</math>,则表示电枢绕组断线或电刷与换向器接触不良,断路;如发现电枢绕组成开路,将电枢取下,进一步检查</li> <li>4. 将万用表(兆欧档)检查磁场线圈,如电阻为零表示绕组接地,如电阻无穷大则绕组开路</li> <li>5. 如发现电刷磨损过度,与换向器不相接触时,应按原牌号及原尺寸的电刷更换</li> </ol>
电机转子转不动	<p>用手将电枢转动,如不能转动,则有以下情况发生:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 转轴弯曲损坏,定子与电枢相擦</li> <li>2. 轴承裂开或损坏</li> <li>3. 风叶卡住;</li> <li>4. 定子与电枢间有异物</li> </ol>
电机温升过高	<p>过滤袋堵塞,吸入风量不足,以致电动机通风不足,不易冷却</p>
不吸尘 (电机能运转但吸尘力不足甚至不吸尘)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 电动机转速过低。应检查电源电压是否过低;检查电枢或磁场绕组,有否部分开路或部分短路。如果电动机的输入功率及转速均过低,则表示电枢或磁场绕组有开路或短路,应更换绕组</li> <li>2. 气路堵塞。将过滤袋中灰尘及吸管吸嘴中异物清除</li> <li>3. 连接处密合不严。上下桶体未盖好,吸管与桶体未接合好,吸管有破裂,以致桶内真空度不高,不能吸尘</li> </ol>
轴承磨损或损坏	<p>电枢与定子相碰擦:由于轴承损坏所致。如将轴承取出后用手将轴承外圈向轴向及径向挪动,发现有松弛感觉,即说明轴承有磨损,应调换新轴承</p>
电机噪音过大	<p>风叶弯曲或损坏以致失去平衡,应重新校正或调换风叶</p>

表 5-170 部分电吹风电动机技术数据(220 伏、50 赫)

电 吹 风 机	型 式	广州三角牌罩式电吹 HD450-A	上海万里牌罩式电吹	广州三角牌串励式电吹 HD450	上海串励式电吹风	广州幸福牌永磁式电吹风
	规格(瓦)	450	450	450	550	350
	电流(安)	2	1.9	2.1	2.1	1.58
	输入功率(瓦)	24	25	22.5	29	10.8
	电流(安)	0.35	0.16	0.11	0.15	0.6
	转速(转/分)	2800	2500	14500	2500	8800
	轴伸(毫米)	4×13	4×20	3.2×6	4×14	2×50
	气隙(毫米)	0.25	0.3	0.25	0.3	0.25
	定子线径(毫米)	0.14	0.15	0.10	0.11	
	定子绕组(串联)	1700×2	1600×2	1800×2	1300×2	
	铁芯长度(毫米)	20.5	19	16	24	13
	转子线规(毫米)	2.3	2.64	0.08	0.09	0.12
	转子绕组			450×3(1-4)	300×8(1-4)	210×3(1-2)
	转子端环(毫米)	0.75×2	0.75×2			
	转子斜槽数	1	1			
	碳刷规格(毫米)			DS 1.3×4.3×6	DS 3.3×4.5	DS 2.5×3.5×5
	电热丝径(毫米)	0.27	0.27	0.25	0.27	0.27
	电阻值(欧)	115	105	120	105	140
	螺距(毫米)	1.5	1.5	1.5	1	1
电 热 元 件						

表 5-171 常用电吹风电动机技术数据

电 吹 风	220 伏、50 赫				20 伏(直流)
	电压、频率				
规格(瓦)	550	450	450	450	550
电流(安)	2.3	1.9	2.1	2.1	2.3
型 式	638 型 2 极罩 罩式电机	642 型 两极罩 罩式电机	636 型 交流串 励式换向器电机	604 型 交流串 励式换向器电机	782 型 直流串 励式电机
输入功率(瓦)	24	25	29	23	6
电流(安)	0.26	0.16	0.15	0.15	0.3
转速(转/分)	2500	2500	3500	3500	5000
轴 承	5804 球形铜基含油轴承				
轴伸(毫米)	φ4×20	φ4×20	φ4×14	φ4×14	φ2.5×10
气隙(毫米)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.35
绝缘等级	A	E	E	E	E

电动机	定子		绕组	漆包线	QZ $\phi$ 0.15	QZ $\phi$ 0.11	QZ $\phi$ 0.12	永 磁 (0.07~0.08特)	
	线径(毫米)	匝数× 线圈数	匝数× 线圈数	漆包线 $\phi$ 0.24	1600×2 (串联)	1300×2 (串联)	1200×2 (串联)		
电动机	转子		单根铜棒	$\phi$ 2.3×53.5	$\phi$ 2.34(二根)	—	—	14	
	铁芯长度	18	19	—	—	24	20		
电动机	转子		线 规	$\phi$ 2.34	$\phi$ 2.64	QE $\phi$ 0.09	QE $\phi$ 0.09	QE $\phi$ 0.13	
	匝数×线圈数	—	—	—	—	500×8(1-4)	250×8(1-4)	510×3(串)	
电动机	转子		端 环	0.75×2紫铜板					—
	斜槽数	1	1	—	—	—	—		
电动机	转子		碳 刷	—	—	DS8.3×4.5	DS8.3×4.5	DS8.5×2×2.5	
	线径(毫米)	0.3t	0.27	—	—	0.27	0.27	0.31	
电动机	转子		电 阻 (欧)	98	105	105	105	—	
	螺距(毫米)	1.5~1.8	1.5	—	—	1.5	1.0	—	

电动机用电动机

表 5-172 电吹风(电动机)常见故障及维修

型式	故障情况	产生原因	维修方法
交流串励式	无冷热风	接点开关弹簧片不灵或烧蚀	用镊子调整弹簧片弹压力的位置,并用少量酒精、汽油或丙酮等清洗触点;如弹簧片烧蚀过量,则需更换
	有冷风而无热风	热元件开关弹簧片组接触不良,或发热线断路	用上述办法处理弹簧片组,或更换发热丝;检查发热支架上的接触铜套是否接触不良
	发热元件正常但无冷热风	电枢不转,碳刷接触不良;换向器沾满碳粉拉弧,电容短路	检查串励回路有无断路或短路;碳刷是否严重磨损,如碳刷太短应更换;用金相砂纸轻轻打磨换向器,使它保持光亮,或用酒精、汽油清洗抹净;更换电容器
	发热元件正常,但吹风量不足,电枢转速不正常	电枢绕组短路或部分断路	测量电枢各绕组电阻值是否相等,如过小则属于短路;如过大则为断路,需要换电枢
含油轴承磨损或失油		如轴芯与轴承有明显空隙,应更换同类型轴承,并注入适量优质机油	
交流感应式	无冷热风	与串励式相同	维修方法与串励式基本相同
		电动机卡住	重新装配电动机,并调整紧固螺钉,确保电动机定子内孔与转子间的气隙均匀
		含油轴承磨损或失油	用手轻摇轴芯与轴承,如有明显的响声或空隙,应更换同类型轴承,并注入适量的优质机油
		罩极线圈接口松动	用电烙铁把接口重新焊牢
		转子短路环与导条铆接不牢固	用冲头把铆钉加固



(续表)

型式	故障情况	产生原因	维修方法
永	无冷热风	开关弹簧片接触不良或烧蚀	与串励式电吹风方法相同
		过载弹簧片失灵	经调整多次仍失灵者, 可将其直接短路或拆除; 或重新装配新弹簧片
磁	发热元件正常但没有热风	整流元件断路	用欧姆表测量整流元件的正反向电阻是否正常(如果是全波整流元件, 应将元件拆开分别测量), 若是元件损坏, 可用 2CP 二极管更换, 但要选用体积较小的, 并注意它的极性, 以防反接
		绕线转子损坏	用 6 伏直流电源或用 4 节干电池接在电动机引线两端(注意极性不要接错)测试电动机是否工作, 如电动机能转动, 但转速不正常, 可能是磁场失磁; 如电动机完全不转, 表明绕线转子有断路, 应拆下重绕
		永磁磁场失磁	更换磁铁或重新充磁
式			

## 电 器

### 6-1 低压电器产品型号

每一产品型号系指一种类型的产品,但可以包括该产品的若干派生系列,产品全型号系指在产品型号之后,附加规格(如电流、电压或容量数值等)以及其他数字或字母组成,以确定某一产品的主要规格及其派生特征。

全型号的编排意义如下:

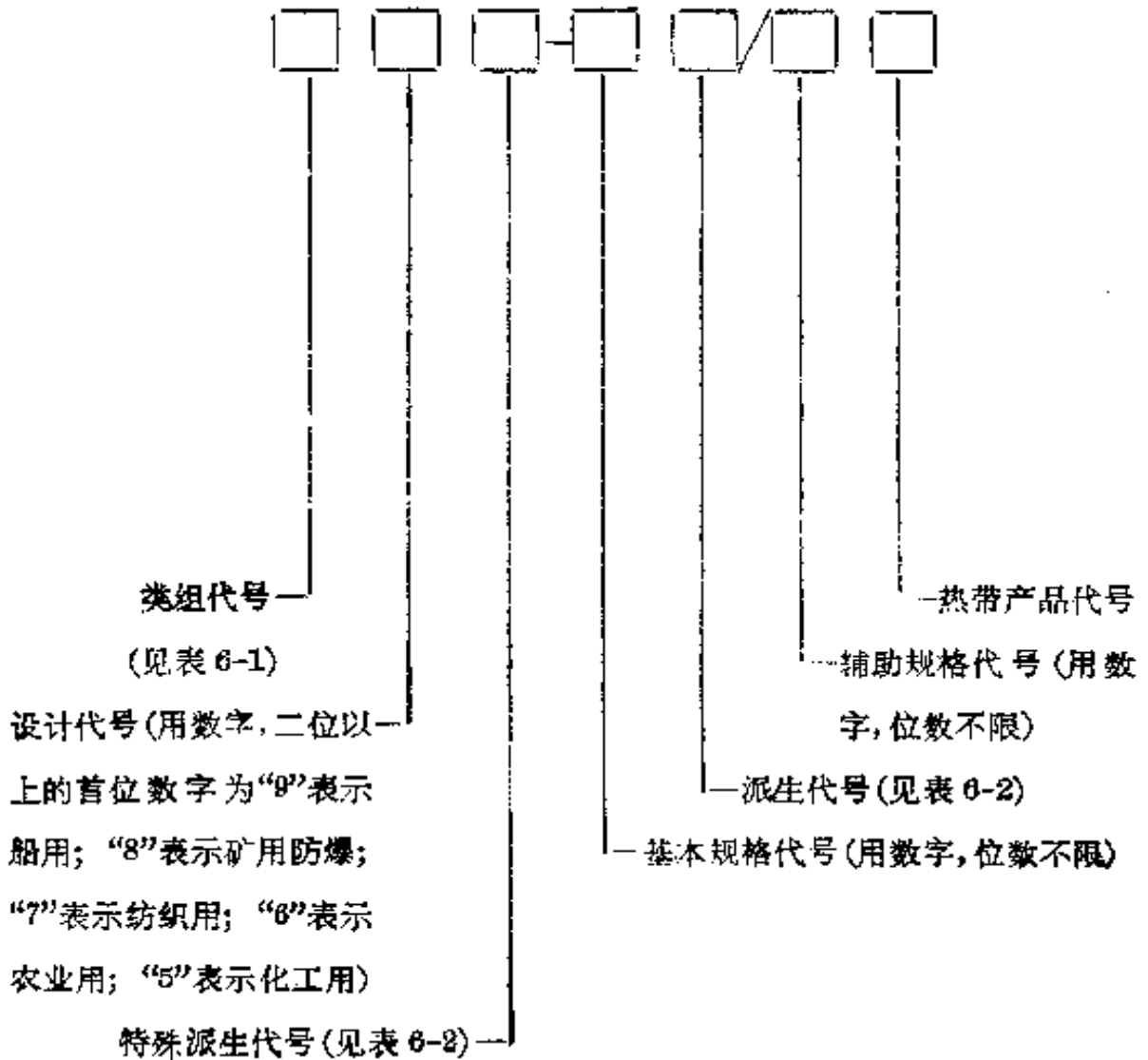


表 6-1 低压电器产品型号类组代号

Q-N

第 6 册 世 器

名称	代号	A	B	C	D	G	H	J	K	L	M	P	Q	R	S	T	U	W	X	Y	Z
刀开关和转换开关	H				刀开关		封闭式负荷开关		开启式负荷开关					熔断式刀开关	刀形转换开关					其他	组合开关
熔断器	R			插入式			汇流排式			螺旋式	封闭式				快速	有填料管式		框架式	限流	其他	自复式
断路器	D										灭磁				快速	凸轮				其他	塑壳式
控制器	K					鼓形						平面				通用				其他	直流
接触器	C					高压		交流	真空		灭磁	中频			时间	通用	油浸		星三角	其他	综合
起动器	Q			磁力式				交流	减压	电流					手动	通用		温度	其他	其他	中间
控制继电器	J				漏电									热	时间	通用		万能转换开关	其他	其他	
主令电器	L							接近开关	主令控制						主令开关	脚踏开关	旋钮	行程开关	其他	其他	
电阻器	Z			板形元件										非线性	烧元件	铸铁元件		电阻器	硅碳	其他	
变阻器	B			薄片元件											烧元件	铸铁元件		电阻器	硅碳	其他	
调整器	T			薄片元件											烧元件	铸铁元件		电阻器	硅碳	其他	
电磁铁	M			薄片元件	电压										烧元件	铸铁元件		电阻器	硅碳	其他	液阻
其他	A			薄片元件	信号灯										烧元件	铸铁元件		电阻器	硅碳	其他	液阻

表 6-2 加注通用派生字母对照

派 生 字 母	代 表 意 义
A、B、C、D、...	结构设计稍有改进或变化
C	插入式
J	交流、防溅式
Z	直流、自动复位、防震、正向、重任务
W	无灭弧装置、无极性、失压
N	可逆、逆向
S	有锁住机构、手动复位、防水式、三相、三个电源、双线圈
P	电磁复位、防滴式、单相、两个电源、电压的
K	开启式
H	保护式、带缓冲装置
M	密封式、灭磁、母线式
Q	防尘式、手车式
L	电流的、折板式、漏电保护
F	高返回、带分励脱扣
X	限流
TH	湿热带
TA	干热带
	}为热带产品代号,加注在全型号后

## 6-2 常用低压电器

### 一、刀开关和转换开关

1. HK1、HK2 胶盖瓷座闸刀开关 用于交流 50 赫、电压 380 伏以下的工矿企业、机关学校的电气装置，农村电力灌溉和电热照明等各种配电设备中，供不频繁地手动接通和分断负载电路及短路保护。三极开关在适当降低容量使用时，也可作为异步电动机的不频繁直接起动及停止之用。

表 6-3 HK1、HK2 闸刀开关技术数据

型号	额定电流 (安)	极数	额定电压 (伏)	电动机 容量 (千瓦)	熔丝线径 (毫米)	熔丝成分(%)		
						铅	锡	铋
HK1	15	2	220	1.5	1.45~1.59	98	1	1
	30	2	220	3.0	2.3~2.52			
	60	2	220	4.5	3.36~4			
	15	3	380	2.2	1.45~1.59			
	30	3	380	4	2.3~2.52			
	60	3	380	5.5	3.36~4			
HK2	10	2	250	1.1	0.25	铜 丝 (含铜量不小 于99.9%)		
	15	2	250	1.5	0.41			
	30	2	250	3.0	0.56			
	15	3	380	2.2	0.45			
	30	3	380	4.0	0.71			
	60	3	380	5.5	1.12			

注：刀开关的熔丝，不是随产品供应的。

2. HK1-P 开启式负荷开关 用于工矿企业电气装置、农村电力灌溉和电热照明等各种配电设备中，供不频繁手动操作。在降低容量时也可作为交流异步电动机的不频繁直接起动及停止之用。

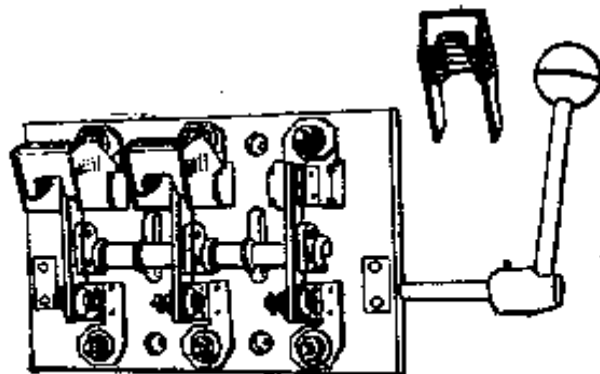
型号后的字母 P 表示派生系列。

表 6-4 HK1-P 负载开关技术数据

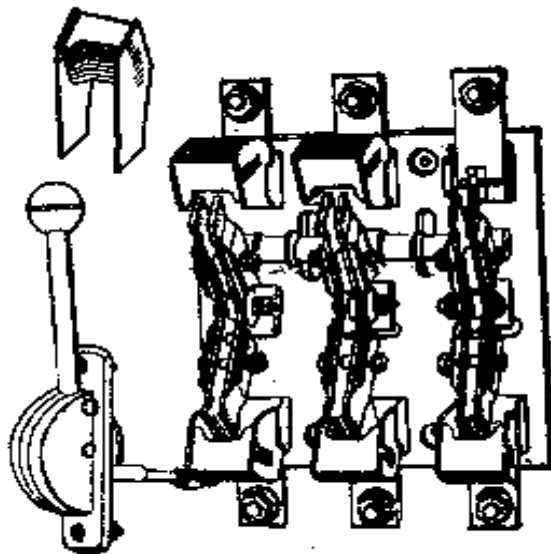
额定电流 (安)	额定电压 (伏)	极 数	极 限 分 断 能 力				直接起动和分 断交流电动机 时，推荐降低 容量值 (千瓦)
			分断电流(安)		操作间隔 (秒)	操作 次数	
			分断电流	$\cos \varphi$			
15	220	2	30	0.6	30	10	1.5
	380	3					2.2

3. HD11、HD13、HD14、HS11、HS13 开关板用刀开关 低压系列刀开关用于额定电压交流 380 伏(50 赫)、直流 440 伏, 额定电流 1500 安以下的工业企业配电设备中, 作为不频繁地手动接通和切断或隔离电源之用。

各系列刀开关(图 6-1)均为开启式, 供低压成套配电装置使用, 其中: 带有各种杠杆操作机构的单投和双投开关, 用于开关板和动力箱, 可以切断额定电流以下的负载电路; 中央手柄式的单投和双投开关, 用于磁力站不能切断带有电流的电路, 仅作隔离开关之用。其技术数据见表 6-5~6-6。



(a) HD14-400/31 刀开关



(b) HS13-1000/31 双投刀开关

图 6-1

4. HH3、HH4 系列封闭式负荷开关 封闭式负荷开关适用于工矿企业、农村电力灌溉和电热照明等各种配电设备中, 供不频繁地手动接通和分断负载电路, 且具有短路保护, 并可作为交流异步电动机的不频繁直接起动及分断用。外壳对于额定工作电流 60 安及以下用铸铁制成, 100 安、200 安由钢板制成。

表 6-5 低压系列刀开关电流等级、结构型式及转换方向

型号	结构型式	转换方向	极数	额定电流等级(安)	接线或操作方式
HD11	中央手柄式	单投	1、2、3	200、400	板前接线
		单投	1、2、3	200、400、600、1000	板后接线
HS11	中央手柄式	双投	1、2、3	200、400、600、1000	板后接线
HD13	中央正面杠杆操作机构	单投	1、2、3	200、400、600、1000、1500	板前操作
		单投	1、2、3	200、400、600、1000、1500	板后操作
HS13	中央正面杠杆操作机构	双投	1、2、3	200、400、600、1000	板前操作
		双投	1、2、3	200、400、600、1000	板后操作
HD14	侧面操作手柄	单投	3	200、400、600	侧面操作

表 6-6 低压系列刀开关主要技术数据

额定 电流 (安)	分断能力(安)		在交流380伏和60%额定电流时刀开关的电气寿命(次)	电动稳定性电流峰值		1秒钟热稳定性电流(千安)
	交流380伏 $\cos\phi=0.7$	直流220伏 $T=0.01$ 秒		中央手柄式 (千安)	杠杆操作式 (千安)	
200	200	200	1000	20	30	10
400	400	400	1000	30	40	20
600	600	600	500	40	50	25
1000	1000	1000	500	50	60	30
1500	—	—	—	—	80	40

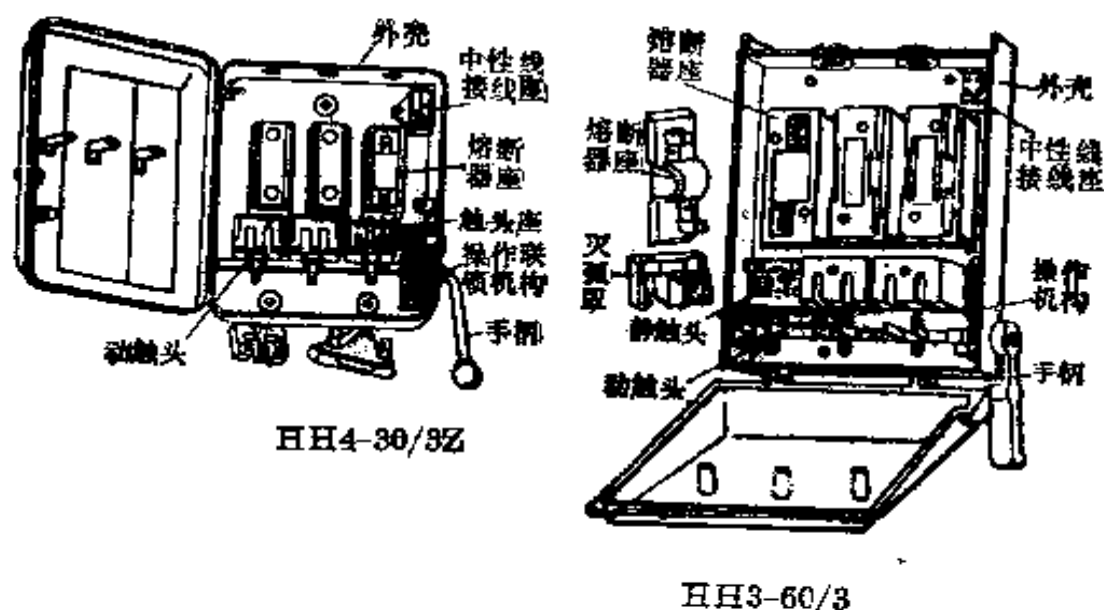


图 6-2 HH3、HH4 系列封闭式负荷开关

表 6-7 HH3、HH4 系列封闭式负荷开关规格

型 号	额定电压 (伏)	额定电流 (安)	极数	熔 体			控制的电动机 (千瓦)
				额定电流 (安)	材 料	直 径 (毫米)	
HH3-15/2	220	15	2	6 10 15	紫铜丝	0.26 0.35 0.46	2
HH3-15/3	380	15	3	6 10 15	紫铜丝	0.26 0.35 0.46	3
HH3-30/2	220	30	2	20 25 30	紫铜丝	0.65 0.71 0.81	4.5
HH3-30/3	380	30	3	20 25 30	紫铜丝	0.65 0.71 0.81	7
HH3-60/2	220	60	2	40 50 60	紫铜丝	1.02 1.22 1.32	9.5
HH3-60/3	380	60	3	40 50 60	紫铜丝	1.02 1.22 1.32	15



(续表)

型 号	额定电压 (伏)	额定电流 (安)	极数	熔 体			控制的电动机 (千瓦)
				额定电流 (安)	材 料	直 径 (毫米)	
HH3-100/2	250	100	2	80	紫铜丝	1.62	
				100		1.81	
HH3-100/3	440	100	3	80	紫铜丝	1.62	
				100		1.81	
HH3-200/2	250	200	2	200	紫铜片		
HH3-200/3	440	200	3	200	紫铜片		
HH4-15/2	380	15	2	6	软铅丝	1.08	
				10		1.25	
				15		1.98	
HH4-15/3	380	15	3	6	软铅丝	1.08	
				10		1.25	
				15		1.98	
HH4-30/2	380	30	2	20	紫铜丝	0.61	
				25		0.71	
				30		0.80	
HH4-30/3	380	30	3	20	紫铜丝	0.61	
				25		0.71	
				30		0.80	
HH4-60/2	380	60	2	40	紫铜丝	0.92	
				50		1.07	
				60		1.20	
HH4-60/3	380	60	3	40	紫铜丝	0.92	
				50		1.07	
				60		1.20	

注: HH4型中在型号后加“Z”表示有中性接线柱。

表 6-8 HZ3 系列封闭式负荷开关接通与分断能力及熔断器极限分断能力

额定 电流 (安)	接通与分断电流(安)			熔断器的极限分断能力(安)		
	交流 440 伏		直流 500 伏 $L/R=0.006\sim 0.008$ 秒	交流 440 伏		直流 500 伏 $L/R=0.006\sim 0.008$ 秒
	分断 电流	$\cos \varphi$		分断 电流	$\cos \varphi$	
15	60	0.4	22.5	1000	0.8	500
30	120	0.4	45	2000	0.8	2000
60	240	0.4	90	4000	0.8	4000
100	250	0.8	150	5000	0.4	5000
200	300	0.8	300	5000	0.4	5000

5. HZ3 系列组合开关 用于交流 50 或 60 赫、电压 500 伏以下的电路中,作为电源引入开关或控制三相异步电动机的直接起动、停止、换向、变速之用,并可用作自动电路的控制。特殊结构的组合开关适用于电压 220 伏以下的直流电路中控制电磁吸盘用。

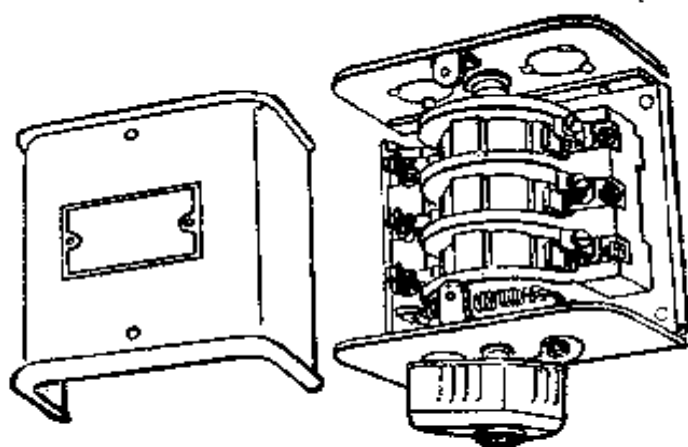


图 6-3 HZ3-131 组合开关

表 6-9 HZ3 系列组合开关的性能

型 号	额定电流 (安)	电 动 机 容 量 (千 瓦)		
		220 伏	380 伏	500 伏
HZ3-133	10	2.2	3	3
HZ3-161	35	5.5	7.5	7.5

表 6-10 HZ3 系列组合开关的类型和用途

型 号	额 定 电 流 (安)	电 动 机 容 量 (千 瓦)			罩 壳	面 板	手 柄 型 式	鼓 轮 节 数	安 装 地 点	重 量 (千 克)	用 途
		220 伏	380 伏	500 伏							
HZ3-131	10	2.2	3	3	有	—	普通	3	机床外部	0.92	控制电动机起动、停止
HZ3-431	10	2.2	3	3	—	有	加长	5	机床内部	0.8	控制电动机起动、停止
HZ3-132	10	2.2	3	3	有	—	普通	3	机床外部	0.92	控制电动机倒、顺、停
HZ3-432	10	2.2	3	3	—	有	加长	3	机床内部	0.8	控制电动机倒、顺、停
HZ3-133	10	2.2	3	3	—	—	普通	3	控制屏	0.6	控制电动机倒、顺、停
HZ3-161	35	5.5	7.5	7.5	—	—	普通	6	控制屏	0.95	控制电动机倒、顺、停
HZ3-452	5 (110 伏) 2.5 (220 伏)	—	—	—	—	有	加长	5	机床内部	1.15	控制电磁吸盘
HZ3-451	10	2.2	3	3	—	有	加长	5	机床内部	1.15	控制电动机△/YY、 Y/YY 变速

表 6-11 HZ10 系列组合开关额定电流、类型及极数

型 号	类 型	极 数	额 定 电 流 (安)				
			10	25	60	100	
HZ10-□/1 HZ10-□/2 HZ10-□/3 HZ10-□/4 HZ10-□/2J HZ10-□/3J	同 时 通 断 (“J”表示机床用开关)	1 2 3 4 2 3	+	+	+	+	
HZ10-□/12 HZ10-□/13 HZ10-□/14 HZ10-□/24 HZ10-□/25 HZ10-□/26	交 替 通 断 (分母上的第一位数字表示 起点时的接通路数; 第二 位数字表示通断的总路 数)		+	+			
HZ10-□P/1 HZ10-□P/2 HZ10-□P/3 HZ10-□P/4	两位转换(“P”表 示其中“有一位断 路”的操作机构有 限位装置)	有 一 位 断 路	1 2 3 4	+	+	+	+
HZ10-□P/B1 HZ10-□P/B2 HZ10-□P/B3 HZ10-□P/B4		有 二 位 断 路	1 2 3 4	+	+		
HZ10-□P/01 HZ10-□P/02 HZ10-□P/03 HZ10-□P/04		无 断 路	1 2 3 4	+	+	+	
HZ10-□S/1 HZ10-□S/2 HZ10-□S/3	三位转换(“S”表示)	1 2 3	+	+	+	+	

(续表)

型 号	类 型	极 数	额 定 电 流 (安)			
			10	25	60	100
HZ10-□G/1 HZ10-□G/2 HZ10-□G/3	四位转换("G"表示)	1 2 3	+	+		
HZ10-103 (HZ10-3X)	测量三相电压的电压表用	3	+			
HZ10-04	测量三相四线电压的电压表用	4	+			
HZ10-□R2	换接两电阻单接、串联或并联、单接用		+	+		
HZ10-□R3	换接两电阻并联、单接及串联用		+	+		
HZ10-□N/3 (HZ10-□N/3X)	控制 JO2 电动机正反转用 (操作机构有限位装置)	3	+	+		
HZ10-□X/3	星形-三角形起动用	3		+	+	
HZ10-□/E6 HZ10-□/E7 HZ10-□/E8 HZ10-□/E29 HZ10-□/E35 HZ10-□/E41 HZ10-□/E62	特殊规格		+	+		
			+	+		
			+	+		
			+	+		
			+	+		
			+	+	+	+
			+	+		

注：表中“+”表示有此规格。括号内的型号，是区别改进产品设计后暂用的型号。

6. HZ10(HZ910、HZ10M)系列组合开关 用于交流50赫、380伏以下,直流220伏以下的电气设备中,用作接通或分断电路;换接电源或负载;测量三相电压;调节电加热器的并联、串联;控制小型异步电动机正反转。本系列开关为不频繁操作的手持开关。

HZ10-10/3 HZ10-25/3组合开关能相应地控制3~5.5千瓦JO2电动机(控制电动机正反转的组合开关,必须在电动机完全静止时才允许反方向启动)。HZ10系列组合开关技术数据见表6-11。

HZ910系列组合开关、HZ10M系列气密式组合开关的基本技术性能与HZ10系列组合开关相同。

## 二、熔断器

1. RC1A系列插入式熔断器 用于交流50赫、380伏的低压电路末端,作为电气设备的短路保护,技术数据见表6-12。

表6-12 RC1A系列插入式熔断器熔体规格、  
110%额定电压时的极限分断能力

熔断器的 额定电流 (安)	熔丝的额定电流 (安)	短路分断电流 (安)	交流回路 功率因数	允许断开 次数
5	2.5	250	0.8	3
10	2、4、6、10	500		
15	15			
30	20、25、30	1500	0.7	
50	40、50、60	3000		
100	80、100		0.6	
200	120、150、200			

注:断开次数表示熔断器能在三次的动作范围内保证其技术参数。

2. RL1系列螺旋式熔断器 用于交流额定电压500伏、额定电流200安以下的电路中,作为过载或短路保护元件。外形见图6-4,技术数据见表6-13。

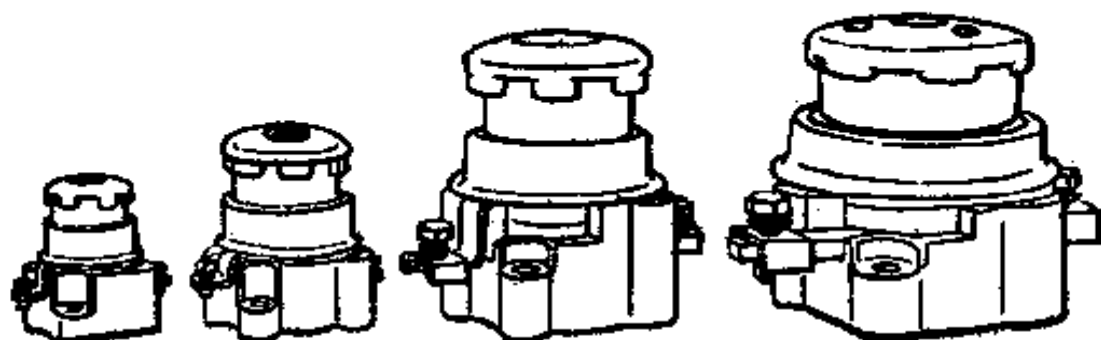


图6-4 RL1系列熔断器

表6-13 RL1系列熔断器熔体规格与极限分断能力

型 号	额定电流 (安)	熔体电流等级 (安)	短路分断能力( $\cos \varphi \geq 0.3$ , 有效值)(安)	
			380伏	500伏
RL1-15	15	2、4、6、10、15	2000	2000
RL1-60	60	20、25、30、35、40、50、60	5000	3500
RL1-100	100	60、80、100		20000
RL1-200	200	100、125、150、200		50000

3. RLS系列螺旋式快速熔断器 用于半导体整流元件或由该类元件组成的成套装置中,作短路保护或适当的过载保护。外形见图6-5,技术数据见表6-14、6-15。

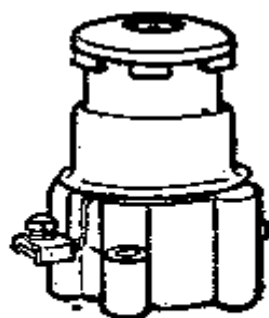


图6-5 RLS快速熔断器

表 6-14 RLS 系列螺旋式快速熔断器极限分断能力

型 号	额定电压 (伏)	额定电流 (安)	熔体额定电流 (安)	短路分断 电流有效值	电路功率 因数
RLS-10	500 伏以下	10	3、5、10	40 千安	≥0.3
RLS-50		50	15、20、25、30、40、50		
RLS-100		100	60、80、100		

表 6-15 RLS 系列螺旋式快速熔断器的保护特性

额 定 电 流 倍 数	熔 断 时 间
1.1	5 小时不断
1.3	1 小时不断
1.75	1 小时内断
4	<0.2 秒
6	<0.02 秒

4. RM10 系列无填料封闭管式熔断器 用于额定电压交流 500 伏或直流 440 伏以下各电压等级的电力网络、成套配电设备中,作短路保护和防止连续过载。技术数据见表 6-16。

表 6-16 RM10 系列无填充料封闭管式熔断器技术数据

型 号	额定电压 (伏)	额定电流 (安)	熔体的额定电流等级 (安)	交流分断能力 (安)
RM10-15	交 流	15	6、10、15	1200
RM10-60		60	15、20、25、35、45、60	3500
RM10-100		100	60、80、100、125、160、200	10000
RM10-200	200	100、125、160、200		
RM10-350	350	200、225、260、300、350		
RM10-600	直 流	600	350、430、500、600	12000
RM10-1000		1000	600、700、850、1000	



5. RT0系列有填料封闭管式熔断器 广泛用于具有高短路电流的电力网络或配电装置中,作电缆、导线及电气设备(各电动机及变压器)的短路保护及电缆、导线的过载保护。外形见图6-6,技术数据见表6-17。

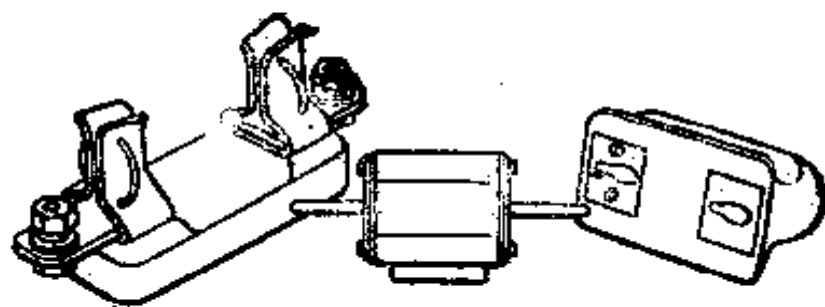


图 6-6 RT0系列熔断器

表 6 17 RT0系列熔断器技术数据

型 号	额定电压 (伏)	额定电流 (安)	熔体的额定电流等级 (安)	短路分断能力 (千安)	功率 因数	直流时间常数 (秒)
RT0-50	交流 380	50	5、10、15、20、30、40、50	交流 50 直流 20	≥ 0.3	≥ 0.015
RT0-100		100	30、40、50、60、80、100			
RT0-200		200	*80、*100、120、150、200			
RT0-400	直流 400	400	*150、*200、250、300、350、400			
RT0-600		600	*350、*400、*450、500、550、600			
RT0-1000		1000	700、800、900、1000			

注: 表中有\*者尽可能不采用。

6. RM7系列无填料密闭管式熔断器 用于交流50赫380伏、直流440伏以下,额定电流600安以下的电力网络中,作导线、电缆及电气设备的短路和连续过载保护。本系列为联合设计新产品,代替一般无填料密闭管式熔断器的钢帽和钢纸管结构,具有机械强度高,分断能力强,工艺性好,节约钢材和棉纤维,可取代RM1、RM2、RM3、RM10等系列熔断器。技术数据见表6-18。

表 6-18 RM7 系列熔断器技术数据

熔管额 定电流 (安)	电 压 (伏)	熔管内熔体的电流规格 (安)	交流 380 伏时分断能力		熔 断 电 流 <sup>*</sup> (额定电流倍数)		
			分断能力 (安)	电路功率 因 数	通电流时间 (秒)	下限值	上限值
15		6、10、15	2000	0.7	1	1.5	2.1
60		15、20、25、30、40、50、60	5000	0.55	1	1.4	1.75
100	交流 220、330	60、80、100	20000	0.35	1	1.3	1.6
200	直流 220、440	100、120、150、200	20000	0.35	1	1.3	1.6
400		200、250、300、350、400	20000	0.35	2	1.3	1.6
600		400、450、500、550、600	20000	0.35	2	1.3	1.6

注: 当周围介质温度为  $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$  时, 熔管在试验电流下限值时不应熔断, 在上限值时必须熔断。

7. 低压熔丝 常用低压熔丝规格见表6-19。

表6-19 常用低压熔丝规格

种 类	直 径 (毫米)	额 定 电 流 (安)	种 类	直 径 (毫米)	额 定 电 流 (安)	熔 断 电 流 (安)
铅锡合金丝 (铅≥98%、 锡0.3%~ 1.5%)	0.08	0.25	铅锡合金丝 (其中铅95%、 锡5%)	0.508	2	3.0
	0.15	0.5		0.559	2.3	3.5
	0.20	0.75		0.61	2.6	4.0
	0.22	0.8		0.71	3.3	5.0
	0.25	0.9		0.813	4.1	6.0
	0.28	1		0.915	4.8	7.0
	0.29	1.05		1.22	7	10.0
	0.32	1.1		1.63	11	16.0
	0.35	1.25		1.83	13	19.0
	0.40	1.5		2.03	15	22.0
	0.46	1.85		2.34	18	27.0
	0.52	2		2.65	22	32.0
	0.54	2.25		2.95	26	37.0
	0.60	2.5		3.26	30	44.0
	0.71	3		铜 线	0.23	4.3
	0.81	3.75	0.25		4.0	9.8
	0.98	5	0.27		5.5	11.0
	1.02	6	0.32		6.8	13.5
	1.25	7.5	0.37		8.6	17.0
	1.51	10	0.46		11	22.0
	1.67	11	0.56		15	30.0
	1.75	12	0.71		21	41.0
	1.98	15	0.74		22	43.0
	2.4	20	0.91		31	62.0
	2.78	25	1.02		37	73.0
	2.95	27.5	1.22		49	93.0
	3.14	30	1.42		63	125.0
	3.81	40	1.63	78	156.0	
4.12	45	1.83	96	191.0		
4.44	50	2.03	115	229.0		
4.91	60					
5.24	70					

8. 常用熔丝座 熔丝座用来安装管状熔丝管, 供无线电电子设备用。技术数据见表 6-20。

表 6-20 常用熔丝座的技术数据

型号	名称	适用的熔丝管		工作电压 (伏)	额定电流 (安)	试验电压 (伏)
		长度 (毫米)	直径 (毫米)			
BLF BLF-1	螺旋式熔丝座	45	6.5	400	5	1500
BEC	插入式熔丝座	30	6.5	250		
BLX	小型有槽螺旋式熔丝座	80	6.5	250		
BLX-1	小型螺旋式熔丝座	20	5	250		

熔丝座的接触电阻, 在正常条件下不大于 0.02 欧, 超过使用寿命后应不大于 0.03 欧; 绝缘电阻不小于 500 兆欧; 寿命不低于 200 次; 环境温度为  $-55 \sim +85^{\circ}\text{C}$ 。

### 三、断路器

1. DS10 系列直流快速断路器 用于直流 1500 伏以下、额定电流 1000 ~ 3000 安的直流电路中, 对整流机组和馈电线路等作短路、过载和逆流保护。

随着电子工业的迅速发展, 大功率硅整流装置大量生产并广泛用于冶金、矿山、化工、交通等部门, 因此对直流电网的保护提出了新的更高的要求。本系列开关结构简单、动作快、灵敏度高、限流能力强, 故适用于保护硅整流装置。技术数据见表 6-21。

表 6-21 DS10 系列直流快速断路器的技术数据

型 号		DS10-10Z/15	DS10-20Z/15	DS10-30Z/15
额定电压 (伏)		1500	1500	1500
额定电流 (安)		1000	2000	3000
额定电流范围 (安)		800~2000	1600~4000	3000~9000
分断能力	使用电压 (伏)	825 1500	825 1500	825 1500
	短路电流稳态值 (千安)	80 50	80 50	80 50
	短路电流初始上升率 (安/秒)	$5 \times 10^6$ $3 \times 10^6$	$5 \times 10^6$ $3 \times 10^6$	$5 \times 10^6$ $3 \times 10^6$
	实际分断电流 (千安)	<40 <25	<40 <25	<40 <25

2. DW10 系列断路器 用于交流 50 赫 380 伏、直流至 440 伏的电气装置中, 作为当电路中发生超过允许极限的过载、短路及失压时自动分断电路, 以及在正常条件下作为电路的不频繁转换 (接通和分断)。直流 440 伏的断路器须两极串联使用。短路分断能力按分—180 秒—分—180 秒—合分—180 秒—合分。技术数据见表 6-22~6-26。

表 6-22 DW10 系列空气断路器分类型式

分 类		型 号						
		DW10-200	DW10-400	DW10-600	DW10-1000	DW10-1500	DW10-2500	DW10-4000
极数	二极式 三极式	++	++	++	++	++	++	++
进出线方式	板前进线, 板前出线 板后进线, 板前出线 板前进线, 板后出线 板后进线, 板后出线	+	++++	++++	++++	++++	+++	++++
操作方式	直接手柄操作	+	+	+	+	+	+	+
	五杆操作	++	+	+	++	++	+	+
	正面操作							
过电流脱扣器	电磁铁操作 电动机操作	+	+	+	+	+	+	+
	保护方式过流和短路时均瞬时动作	+	+	+	+	+	+	+
失压或分励脱扣器	安装数量	++	++	++	++	++	++	++
	失压脱扣器瞬时动作 分励脱扣器 分励及失压脱扣器同时安装	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++

注：“+”表示有这种类型。

表 6-23 DW10 系列空气断路器技术数据

型 号	额定电流 (安)	过电流脱扣器 额定电流 (安)	瞬时过电流脱扣器 整定电流 (安)
DW10-200/2 DW10-200/3	200	60 100 150 200	60~90~180 100~150~300 150~225~450 200~300~600
DW10-400/2 DW10-400/3	400	100 150 200 250 300 350 400	100~150~300 150~225~450 200~300~600 250~375~750 300~450~900 350~525~1050 400~600~1200
DW10-600/2 DW10-600/3	600	500 600	500~750~1500 600~900~1800
DW10-1000/2 DW10-1000/3	1000	400 500 600 800 1000	400~600~1200 500~750~1500 600~900~1800 800~1200~2400 1000~1500~3000
DW10-1500/2 DW10-1500/3	1500	1500	1500~2250~4500
DW10-2500/2 DW10-2500/3	2500	1000 1500 2000 2500	1000~1500~3000 1500~2250~4500 2000~3000~6000 2500~3750~7500
DW10-4000/2 DW10-4000/3	4000	2000 2500 3000 4000	2000~3000~6000 2500~3750~7500 3000~4500~9000 4000~6000~12000

表 6-24 DW10 系列空气断路器的短路分断能力

型 号	过电流脱扣器额定电流 (安)	主电路的热稳定性 (安 <sup>2</sup> ·秒)	断路器分断的最大短路电流 (安)	
			直流 440 伏 $T \leq 0.01$ 秒	交流 380 伏 $\cos \varphi \geq 0.4$
DW10-200	60	$9 \times 10^5$	10000	10000
	100			
	150			
	200			
DW10-400	100	$12 \times 10^6$	15000	15000
	150			
	200			
	250	$27 \times 10^6$		
	300			
	350			
	400			
DW10-600	500			
	600			
DW10-1000	400	$80 \times 10^6$	20000	20000
	500	$160 \times 10^6$		
	600	$240 \times 10^6$		
	800			
	1000	$960 \times 10^6$		
DW10-1500	1500			
DW10-2500	1000	$2160 \times 10^6$	30000	30000
	1500			
	2000			
	2500			
DW10-4000	2000	$3840 \times 10^6$	40000	40000
	2500			
	3000			
	4000			

注：1. 直流 440 伏断路器两极串联试验。

2. 短路分断能力按分—180 秒—分—180 秒—合分—180 秒—合分。

3. 封闭式转换能力由试验决定。

表 6-25 DW10 系列空气断路器的分励脱扣器的技术数据

项 目		电 压 (伏)								
		50 赫 交 流				直 流				
		36	127	220	380	24	48	110	220	440
		需 要 功 率								
分励脱扣器		187 伏安	149 伏安	145 伏安	145 伏安	100 瓦	100 瓦	90 瓦	90 瓦	90 瓦
失压脱扣器		—	40 伏安	40 伏安	40 伏安	—	—	10 瓦	10 瓦	10 瓦
电磁铁操 作机构	DW10-200	—	—	10 千伏安	10 千伏安	—	—	1000 瓦	1000 瓦	—
	DW10-400、600	—	—	20 千伏安	20 千伏安	—	—	3000 瓦	3000 瓦	—
电动机操 作机构	DW10-1000、1500	—	—	600 瓦	600 瓦	—	—	500 瓦	500 瓦	—
	DW10-2500、4000	—	—	1100 瓦	1100 瓦	—	—	1000 瓦	1000 瓦	—

注: 1. 分励脱扣器的动作电压范围为额定电压的 75%~105%。

2. 失压脱扣器的动作, 在额定电压的 40% 及以下时必须释放, 在额定电压的 75% 及以上时保持吸合, 在 40%~75% 之间不作保证。

3. 分励或失压脱扣器的线圈在使用时必须与辅助开关的常开触头串联。

4. 交流分励脱扣器及电磁铁操作机构所需要的功率是指刚动作时的功率。

5. 电动机的动作电压为额定电压的 85%~105%。

辅助触头的额定电流为 5 安, 应能接通和分断表 6-26 所列电流 20 次, 每次的时间间隔为 1~2 分钟, 每次通电时间不大于 0.2 秒, 在上述试验后辅助触头仍能继续工作。

表 6-26 DW10 系列空气断路器的辅助触头实验条件

电流种类	电压(伏)	接通电流(安)	断开电感负载(安)	断开电阻负载(安)
交 流	380	50	5	5
直 流	220	4	0.5	1

3. DZ4-25(M) 断路器 用于直流 220 伏, 50 赫交流、380 伏以下的鼠笼式感应电动机的控制回路, 作为非频繁的接通和断开电源之用。断路器为手动操作, 并带有 1.6~25 安的过载和短路脱扣保护装置。技术数据见表 6-27。



表 6-27. DZ4-25(M) 断路器技术数据

型 号	额定 电流 (安)	额定 电压 (伏)	极 数	热 脱 扣 器			电磁脱扣器		辅助触头		脱 扣 器 类 别				
				额定 电流 (安)	整定电 流范围 (安)	过电流动作时间		额定 电流 (安)	瞬时动作 整定范围 (安)	规 格		电 压 (伏)			
						+35°C 1.1 倍 整定电 流	+23°C 1.55 倍 整定电 流						6 位 整定电 流		
DZ4-25/330	25		3	1.6 2.5 4 6.4 10 16 25	1~1.6 1.6~2.5 2.5~4 4~6.4 6.4~10 10~16 16~25	不 动 作	不 超 过 30 分	从 1 到 10 秒	1.6 2.5 4 6.4 10 16 25	9.6~16 15~25 24~40 38.4~64 60~100 96~160 150~250	1 常开 1 常闭	交 流 380 直 流 220	1	复 式 脱 扣	
DZ4-25/230	25		3			有			1.6 2.5 4 6.4 10 16 25	9.6~16 15~25 24~40 38.4~64 60~100 96~160 150~250				电 磁 脱 扣	
DZ4-25/310	25		3			没									热 脱 扣
DZ4-25/210	25		3			没									无 脱 扣 器
DZ4-25/300	25		3			有									
DZ4-25/200	25		3			有									

● 同 DZ4-25(M)/330、DZ4-25(M)/230

4. DZ5 系列保护式单极断路器 用于交流 50 赫、电压 220 伏以下及直流 110 伏的电路中。主要作为开关板控制电路、照明电路的过载和短路保护,使用电设备及电缆、电线等不因过热而损毁;在正常操作条件下对电路作不频繁的接通和分断。技术数据见表 6-28~6-30。

表 6-28 DZ5 系列保护式单极断路器技术数据

型 号	触头额定电流(安)	额定电压(伏)	脱扣器类别	辅助触头类别	脱扣器额定电流(安)
DZ5-10	10	220	复式	无	0.5、1、1.5、2、3、4、6、10
DZ5-10F	10	220	复式	1 常开、1 常闭	0.5、1、1.5、2、3、4、6、10
DZ5-25	25	380	复式	无	0.5、1、1.6、2.5、4、6、10、15、20、25

表 6-29 DZ5 系列保护式单极断路器的保护特性

1.2 倍额定电流 (冷态开始)	1.75 倍额定电流 (热态开始)	3.5 倍额定电流 (冷态开始)	5~6 倍额定电流
1 小时内不动作	30 分钟内动作	0.2~40 秒内动作	小于 0.2 秒动作

表 6-30 DZ5 系列保护式单极断路器的分断能力

型 号	脱扣器额定电流(安)	最大分断电流(安)
		交流 220 伏 $\cos \varphi=0.7$
DZ5-10	0.5	1000
	1、1.5、2、3、4、6	500
	10	1000
DZ5-25		2000

5. DZ0-30 断路器 用于 50 赫交流 380 伏、额定电流 30 安以下的电力电路中,作过载和短路保护;在正常工作条件下,作为不频繁接通和分断电路之用,并适于不频繁直接起动电动机。技术数据见表 6-31、6-32。

表 6-31 DZ9-30 断路器技术数据

额定电流 (安)	额定电压 (伏)	极数	过电流脱 扣器型式	脱扣器额定电流 (安)	最大分断电流 (交流 380 伏 $\cos \varphi \geq 0.7$ ) (安)
30	380	3	液压式	5、6、10、15、 20、25、30	1500

注: DZ9-30 无辅助触头。DZ9-30F 带有 1 常开、1 常闭辅助触头,额定电流 5 安。

液体式脱扣器,在周围介质温度  $-30 \sim +40^{\circ}\text{C}$  时,开关各极分别通电,其保护特性应符合表 6-32 规定。保护特性校正后,在调节弹簧处加以标志。

表 6-32 DZ9-30 断路器脱扣器性能

脱扣器 额定电流 (安)	动 作 时 间				
	1.05 倍脱扣 器额定电流 (冷态开始)	1.3 倍脱扣 器额定电流 (热态开始)	2 倍脱扣器 额定电流 (热态开始)	6 倍脱扣器 额定电流 (冷态开始)	10 倍脱扣器 额定电流
5、6、10、15、 20、25、30	2 小时内	小于 20 分钟	小于 2 分钟	大于 2~3 秒	0.01~0.2 秒
	不动作	内动作	内动作	内动作	内动作

6. DZ10 系列断路器 用于 50 或 60 赫交流 500 伏以下,直流 220 伏以下的电路中,作不频繁地接通和分断电路之用,断路器具有过载及短路装置,以保护电气设备、电缆及电线不因过载而损坏。技术数据见表 6-33。

表 6-33 DZ10 系列断路器技术数据

型号	额定电流 (安)	额定电压 (伏)	极数	脱扣器类别	复式脱扣器		电磁脱扣器		短路分断电流 (峰值)			允许切断次数
					额定电流 (安)	电磁脱扣器动作电流倍数	额定电流 (安)	动作电流倍数	直流 230 伏	交流 980 伏	交流 500 伏	
DZ10-100	100	直流 220 交流 500	2~3	复式、电磁式、热脱扣或无脱扣	15	10	15	10	7000	7000	6000	2
					20		20		6000			
					25		25		9000	9000	7000	
					30		30		12000	12000	10000	
					40		40					
					50		50					
DZ10-250	250	直流 220 交流 500	2~3	复式、电磁式、热脱扣或无脱扣	100	6~10	100	2~6 2.5~8 3~10	20000	30000	25000	2
					120		250		40000			
					140		350					
					170		350					
					200		400					
					250		600					
DZ10-600	600	直流 220 交流 500	2~3	复式、电磁式、热脱扣或无脱扣	200	3~10	400	2~7 2.5~8 3~10	25000	50000	40000	2
					250		600					
					300		600		25000			
					350							
					400							
					500		600		25000			
600												

注: DZ10-100 带有 1 常开、1 常闭辅助触头, 额定电流为 3 安的微动开关。DZ10-250、600 带有 2 常开、2 常闭辅助触头, 其额定电流为 5 安。

7. DZ15系列断路器 用于50赫至380伏的电路中作通断操作,并起过载、短路保护作用,亦可作电路不频繁转换及电动机不频繁起动。技术数据见表6-34。

表 6-34 DZ15 系列断路器技术数据

型 号	额定电压 (伏)	壳架等级 额定电流 (安)	极数	额定电流 (安)	380伏短路 通断能力 (千伏)	电寿命 (次)
DZ15-40/190	220	40	1	6、10、15、 20、30、40	2.5 ( $\cos\varphi=0.1$ )	15000
DZ15-40/290	380		2			
DZ15-40/390			3			
DZ15-60/190	220	60	1	10、15、20、 30、40、60	5 ( $\cos\varphi=0.1$ )	10000
DZ15-60/290	380		2			
DZ15-60/390			3			
DZ15-60/490	500		4			

8. DZ12-60 塑壳断路器 DZ12-60 塑壳自动开关体积小,结构新颖,性能优良可靠。主要装在照明配电箱中,用于宾馆、公寓、高层建筑、广场、航空港、火车站和工商企业等单位的50赫交流单相至240V、三相至415V照明电路中,作为电路的过载、短路保护以及电路转换开关之用。

本开关由手柄、操作机构、脱扣装置、灭弧装置及触头系统组成,均安装在塑料外壳内组成一体。由于操作快速分合,触头磨损极小。技术数据见表6-35。

表 6-35 DZ12-60 塑壳断路器技术数据

极 数	额定电流 (安)	额定电压 (伏)	短路通断能力		整定温度
			(千安)	$\cos\varphi$	
1	6、10、15、 20、30、40、 50、60	120	5	0.45~0.5	40°C
		120/240			
		240 240/415	3	0.75~0.8	
2	15、20、30、 40、50、60	120/240	5	0.45~0.5	40°C
		240/415	3	0.75~0.8	
3		240/415	3	0.75~0.8	

9. DZ20 系列塑壳断路器：用于 50 赫 380 伏配电线路中，作分配电能和线路及电源设备的过载、短路和欠电压保护之用。对额定电流 200 安及以下和 DZ20Y-400 断路器亦可作为保护电动机之用，以及在正常工作条件下作线路的不频繁转换之用。技术数据见表 6-36。

表 6-36 DZ20 系列塑壳断路器技术数据

型 号	短路通断能力		壳架等级 额定电流 (安)	额定电流 (安)	机械寿命 (次)	电寿命 (次)
	级别	(千安)				
DZ20-100	Y	18/10	100	16、20、32、 40、50、63、 80、100	8000	4000
	J	35/15				
	G	75/20				
DZ20-200(225)	Y	25、20	200 (225)	100、125、 160、180、 200、225	8000	2000
	J	35/20				
	G	70/25				
DZ20-400	J	42/25	400	200、250、 315、350、 400	5000	1000
	G					
DZ20-630	Y	30/25	630	200、250、315、 350、400、500、 630	5000	1000
DZ20-1250	Y	50/30	1250	630、700、800、 1000、1250	3000	500

注：Y——一般型；J——较高分断能力型；G——高分断能力型。

#### 四、控 制 器

1. KT10 系列凸轮控制器 用于起重设备中控制三相交流感应电动机的起、停、调速、换向和制动，也适用于有相同要求的其他电力驱动装置中。KT10 系列凸轮控制器按额定电流可分为 25 安和 60 安两种。技术数据见表 6-37。

表 6-37 KT10 系列凸轮控制器技术数据

型号	位置数		额定电流 (安)	控制器额定功率 (千瓦)		操作力 (牛)	机械寿命 (百万次)	每小时操作次数 不高于	分断能力(380伏 $\cos\varphi=0.65$ ) (安)
	左	右		220 伏	380 伏				
KT10-25J/1	5	5	25	7.5	11	50	3		
KT10-25J/2	5	5	25	3.5	5	50	3		
KT10-25J/3	1	1	25	2×3.5	2×5	50	3		77.5
KT10-25J/5	5	5	25	7.5	11	50	3		
KT10-25J/6	5	5	25	3.5	5	50	3		
KT10-25J/7	1	1	25					600(超过 时, 须将 控制器额 定功率降 低至60%)	
KT10-60J/1	5	5	60	22	30	50	3		
KT10-60J/2	5	5	60	11	16	50	3		
KT10-60J/3	1	1	60	2×7.5	2×11	50	3		200
KT10-60J/5	5	5	60	22	30	50	3		
KT10-60J/6	5	5	60	11	16	50	3		
KT10-60J/7	1	1	60						

注: 控制器的额定功率为其控制的电动机在通电持续率 25% 时的额定功率。

2. KT14 系列凸轮控制器 用于 50 赫交流 380 伏以下的电路中, 主要作起重机交流电动机的起动、调速和换向之用。此控制器具有可逆对称的电路, 适用于起重机平移机构与升降机构, 也能作同类型性质电动机的起动或调整之用。技术数据见表 6-38、6-39。

每一类型凸轮控制器有不同的应用场合: KT14-25J/1、KT14-60J/1 控制 1 台三相绕线式异步电动机; KT14-25J/2、KT14-60J/2 同时控制 2 台三相绕线式异步电动机; KT14-25J/3 控制 1 台三相鼠笼式异步电动机; KT14-60J/4 同时控制 2 台三相绕线式异步电动机, 但不带定子电路的触头。

表 6-38 KT14 系列凸轮控制器技术数据

型 号	额定电压 (伏)	额定电流 (安)	工作位置数		在通电持续率为 25% 时所能控制的电动机		额定操作频率 (次/小时)	最大工作周期 (分)
			向前 (上升)	向后 (下降)	定子最大电流 (安)	最大功率 (千瓦)		
KT14-25J/1	380	25	5	5	32	12.5	600	10
KT14-25J/2		25	5	5	32	2×6.3		
KT14-25J/3		25	1	1	32	8		
KT14-60J/1		60	5	5	80	32		
KT14-60J/2		60	5	5	80	2×16		
KT14-60J/4		60	5	5	80	2×25		

注: 控制器的额定工作制为间断长期工作制。

表 6-39 KT14 系列凸轮控制器定子电路触头分断能力

接 通 与 分 断			接通和分断次数	左右转换次数	每次间隔时间(秒)	每次通电时间(秒)
电 流	电 压	$\cos \varphi$				
3.2 倍 额定电流	1.05 倍 额定电压	0.95±0.05	10	5	5	0.5



3. KTJ1 系列凸轮控制器 用于 50 赫交流 380 伏以下的电路中, 主要作起重机交流电动机的起动、调速和换向之用。各控制器具有可逆对称的电路, 能用于起重机的平移机构, 亦能用于起重机的升降机构。技术数据见表 6-40。

每一类型的凸轮控制器有不同的应用场合: KTJ1-80/1、KTJ1-150/1 可控制 1 台三相绕线式异步电动机; KTJ1-80/2 可同时控制 2 台三相绕线式异步电动机; KTJ1-80/5 可同时控制 2 台三相绕线式异步电动机, 并带有定子电路的触头。

表 6-40 KTJ1 系列凸轮控制器技术数据

型 号		KTJ1-80/1	KTJ1-80/2	KTJ1-80/5	KTJ1-150/1
额定电流(安)		80	80	80	150
额定电压(伏)		380	380	380	380
工作位置数	向前(上升)	6	6	5	7
	向后(下降)	6	6	5	7
在 40% 通电率时, 所控制的电动机最大容量(千瓦)	220 伏	22	*	2×7.5	60
	380 伏	30	*	2×11	100
转子电路触头	额定电流(安)	80	80	50	150
	40% 通电率时的最大电流(安)	120	2×120	2×75	225
辅助触头额定电流(安)		15	15	15	15
每小时最大操作次数		600	600	600	600
最大工作周期(分)		10	10	10	10
重量(千克)		34	36	36	85

注: 1. \*表示无定子电路触头, 其最大功率应由电动机定子电路中的接触器容量决定, 但 KTJ1-80/2 应不超过 KTJ1-80/1 的规定。

2. KTJ1-80 型凸轮控制器将改新设计 KT12-60J 型凸轮控制器。

3. 主触头能分断交流 80 安; 辅助触头能分断交、直流 15 安。

## 五、接 触 器

1. CJ10 系列交流接触器 CJ10 系列交流接触器是一般型接触器, 主要供 50 或 60 赫交流 500 伏、电流 150 安以下电力电路的远距离接通与分断之用, 并适用于频繁地起动及控制交流电动机, 可代替 QJ1、QJ2、CJ1 等系列老产品。

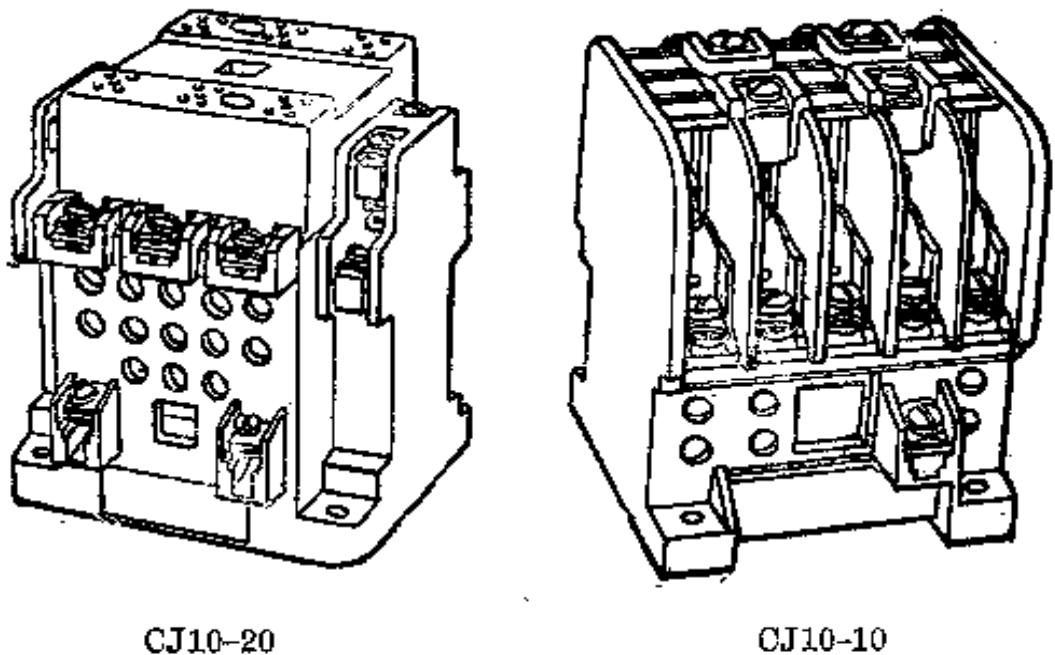


图 6-7 CJ10 系列接触器外形图

表 6-41 中数据适用于长期工作制、间断长期工作制、操作频率不超过 600 次/小时。当接触器作反接制动、点动等操作频率超过 600 次/小时时, 其可控制电动机的功率应较表 6-41 中作适当降低。

当电压为 1.05 倍额定电压、功率因数为 0.35 时, 接触器的主触头应能可靠地接通 12 倍额定电流 100 次。接触器的热稳定性不小于 7 倍额定电流 10 秒钟。接触器能保证在线圈额定电压的 85%~105% 范围内正常工作, 其释放电压为额定值的 42%~55%。接触器的机械寿命不低于 300 万次, 电寿命不低于 60 万次。

2. CJ12B 系列交流接触器 用于 50 赫交流 380 伏、600 安以下的冶金、轧钢及起重机等电气设备的电力电路中, 供远距离接通和分断电路之用, 并适用于频繁地起动、停止和反转交流电动机之用。本系列接触器代替 CJ1、CJ2、CJ3 等系列老产品。技术数据见表 6-42。

表 6-41 CJ10 系列交流接触器技术数据

94

型 号	CJ10-5	CJ10-10	CJ10-20	CJ10-40	CJ10-60	CJ10-100	CJ10-150
额定电流 (安)	5	10	20	40	60	100	150
联锁触头额定电流 (安)	5	5	5	5	5	5	5
控制三相电动机 机的最大容量 (千瓦)	220 伏	1.2	2.2	5.5	11	17	30
	380 伏	2.2	4	10	20	30	50
	500 伏	2.2	4	10	20	30	50
主 触 头	380×1.05 500×1.05						
	电压 (伏)	380×1.05 500×1.05					
电 流 (安)	50	100	200	400	600	1000	1500
	40	80	160	320	480	800	1200
电 压 (伏)	380×1.05 500×1.05						
	接通电流 (安)	50 40					
联锁触头	50 40						
	分断电流 (安)	5 4					
触头接 触电 力	0.35±0.05						
	接通与分断次数	20					
每次间隔时间 (秒)	5						
每次通电时间 (秒)	≤0.2						

表 6-42 CJ12B 系列交流接触器技术数据

型 号	CJ12B-100	CJ12B-150	CJ12B-250	CJ12B-400	CJ12B-600
额定电压(伏)	380				
额定电流(安)	100	150	250	400	600
极数	2、3、4、5				
额定容量时每小时操作次数	300				
机械寿命(万次)	200				
主触头	电流	2.5 倍额定电流			
	电压	额定电压			
	cosφ	0.65			
电气寿命(万次)	15				
额定电压(伏)	交流 380、直流 220				
额定电流(安)	10				
组合情况	6 个触头可组合成: 5“分”1“合”; 4“分”2“合”; 3“分”3“合”				
电气寿命(万次)	20				

注: 若用直流吸引线圈则需占用一个常闭联锁触头, 故触头只剩五个。

表 6-43 B 系列控制电动机的最大功率

型号	额定工作电流(安)		不同额定工作电压下的最大控制功率(千瓦)				
	主触头		辅助触头 380伏	220伏	380伏	500伏	660伏
	380伏	660伏					
B9	8.5	3.5	1.2	2.2	4	3	3
B12	11.5	4.9		3	5.5	4	4
B16	15.5	6.7		4	7.5	5.5	5.5
B25	22	13		6.5	11	11	11
B30	30	17.5		9	15	15	15

表 6-44 B25、B30 辅助触头及组合形式

辅助触头型号	辅助触头规格	组 合 形 式			
CA7 10	单极, 常开	—			
CA7 01	单极, 常闭	—			
CA7 22E	四极, 2 常开、2 常闭	a	b	c	d
		10	01	01	10
CA7 31E	四极, 3 常开、1 常闭	a	b	c	d
		10	10	01	10
CA7 40E	四极, 4 常开	a	b	c	d
		10	10	10	10
CA7 04E	四极, 4 常闭	a	b	c	d
		01	01	01	01
CA7 22M	四极, 2 常开、2 常闭	a	b	c	d
		01	01	10	10
CA7 31M	四极, 3 常开、1 常闭	a	b	c	d
		01	10	10	10

3. B0、B12、B16、B25、B30 交流接触器 主要适用于 50 赫交流至 660 伏、电流分别至 8.5、11.5、15.5、22、30 安的电力系统中供远距离接通和分断线路之用，并适用于频繁地控制交流电动机。可控制三相交流电动机的最大功率见表 6-43。

B0、B12、B16 接触器本体辅助触头为 1 常开 1 常闭。并可在本体顶端楔形凸块上叠装 CA7 辅助触头，B25、B30 可在本体顶端的楔形凸块上叠装 4 只 CA7 单极或一只 CA7 四极辅助触头，其触头规格和组合形式见表 6-44。

## 六、起 动 器

1. QC12 系列磁力起动器 用于 50 或 60 赫交流 500 伏、150 安以下的电力电路中，供远距离直接控制三相异步电动机之起动、停止及正反向运转之用。在电路电压消失时其接触器兼作失压保护用，带有热继电器的起动器亦能对电动机的过载起保护作用。技术数据见表 6-45。

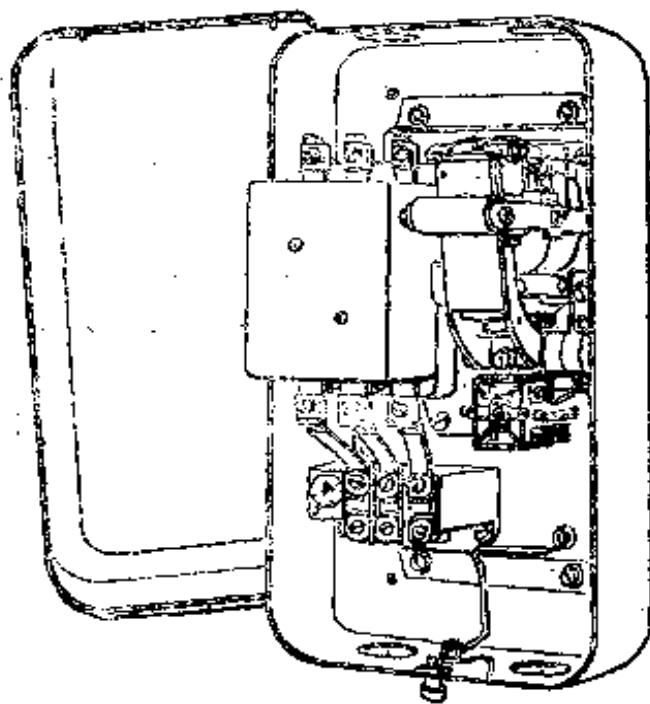


图 6-8 QC12 起动器

2. QJ3 系列手动自耦减压起动器 用于 50 或 60 赫交流 220~440 伏、功率 75 千瓦以下的三相鼠笼异步电动机作不频繁降压起动及停止之用。若逐动用自耦变压器时，QJ3 系列起动器作起动时的补偿并装有超载脱扣和失压脱扣等保护装置。技术数据见表 6-46。

表 6-45 QC12 系列磁力起动器技术数据

型 号	热元件额定电流 (安)	热继电器 整定电流 调节范围 (安)	电动机的最大容量 (千瓦)			吸引线圈的 额定电压 (伏)
			220 伏	380 伏	500 伏	
QC12-1	0.35、0.5、0.72、1.1、 1.6、2.4、3.5、5	0.25~5	1.2	2.2	2.2	交流 50 赫 分 36、110、 220、380 四 种, 交流 60 赫分 36、220、 380、440 四 种
QC12-2	0.35、0.5、0.72、1.1、 1.6、2.4、3.5、5、7.2、11	0.25~11	2.2	4	4	
QC12-3	11、16、22	6.8~22	5.5	10	10	
QC12-4	22、32、45	14~45	11	20	20	
QC12-5	45、63	28~63	17	30	30	
QC12-6	85、120	53~120	29	50	50	
QC12-7	120、160	75~160	47	75	75	

起动用自耦变压器备有原电压的 65% 及 80% 二组电压抽头, 出厂时接在 65% 抽头上, 如需要较大的起动转矩可以改接到 80% 的抽头上。接在 80% 时起动转矩为  $0.64M$ , 接于 65% 时起动转矩为  $0.385M$ ,  $M$  为额定转矩。

表中规定的最大起动时间, 系指一次或数次连续起动的总和, 达到规定起动时间后, 再次起动冷却的间隔时间应不少于 4 小时, 如起动时间的总和少于规定时, 则冷却的间隔时间可相应缩短。

失压脱扣器(又称失压释放器), 在额定电压值的 75% 以上时能保持起动器接通电路, 在额定电压值的 85%~105% 时能保证可靠工作, 在额定电压值的 35% 及以下时能保证脱扣, 切断电路。

过载脱扣器的热继电器在其本身额定工作电流下能保证长期正常工作, 如在额定工作电流的 120% 时运行, 则在 20 分钟的时间内能自动脱扣, 切断电路(带有手动复位机构者, 则在过载动作后待其冷却二分钟进行复位, 做好下次的起动准备)。

起动器本身装有机械联锁机构, 以防止操作手柄有直接起动的可能, 将它限止在“停止→起动→运转→停止”范围内正常工作, 如需停止运行可将起动器本身装置的“停止按钮”按下即可(必要时可以串接常闭按钮进行遥控停车)。

表 6-46 QJ3 系列手动自耦减压起动器技术数据

电动机容量 (千瓦)			额定工作电流 (安)			热保护额定电流 (安)			最大起动 时间 (秒)
220 伏	380 伏	440 伏	220 伏	380 伏	440 伏	220 伏	380 伏	440 伏	
	10	10		22	19		25	25	30
8	14	14	29	30	26	40	40	40	
10	17	17	37	38	33	40	40	40	
11	20	20	40	43	36	45	45	45	40
14	22	22	51	48	42	63	63	63	
15	28	28	51	59	51	63	63	63	
	30	30		63	56		63	63	
20	40	40	72	85	74	85	85	85	
25	45	45	91	100	86	120	120	120	60
30	55	55	108	120	104	160	160	160	
40	75	75	145	145	125	160	160	160	

8. QX1 系列星-三角起动器和 QX1-13N1/4.5 可逆转换开关 QX1 系列手动空气式星-三角起动器, 适用于 50 或 60 赫交流 380 伏、容量 30 千瓦以下的三相异步电动机作为星-三角起动及停止之用。但被起动的电动机必须具有六个出线端, 正常运转为三角形接法。在需要轻载运行改善功率因数和效率的情况下, 可控制电动机工作于星形接法。必须等星形起动完毕后才能换成三角形运转。技术数据见表 6-47。

QX1-13N1/4.5 可逆转换开关(简称为倒顺开关)适用于 50 或 60 赫交流 380 伏、容量 4.5 千瓦以下的三相异步电动机作直接起动、停止及逆转之用。它对其所控制的电动机不具有任何的保护装置。开关为不自复的手动操作。

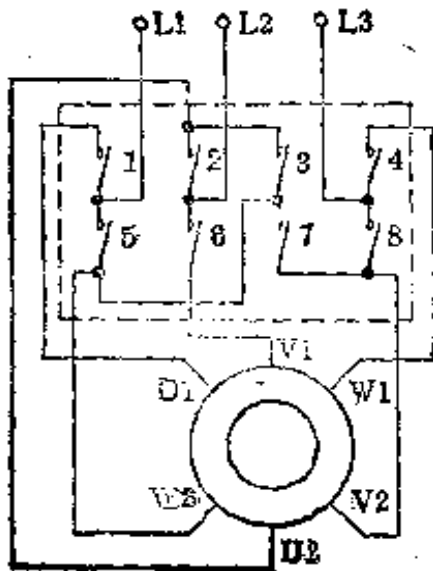
起动器的正常操作频率为 30 次/小时, 最短起动时间为 11~15 秒, 最长起动时间为 15~25 秒。每次间隔时间为 120 秒。



表 6-47 QX1 系列星-三角起动器技术数据

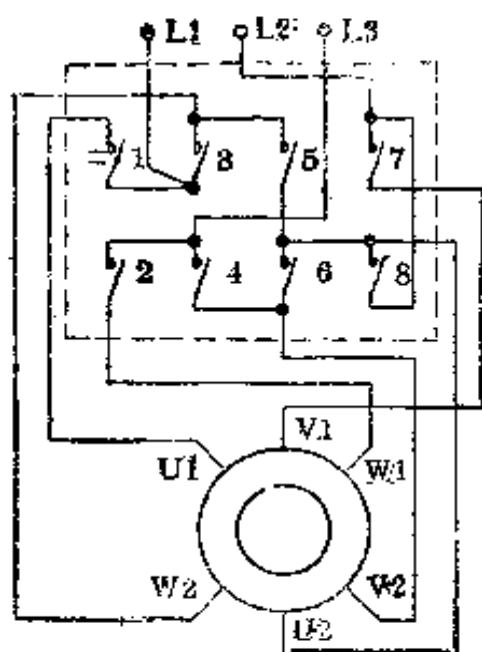
型 号	容量等级(380伏时) (千瓦)	触头额定 电流 (安)	允许接通负载			允许分断负载			电源端允许 电流 (安)
			电压 (伏)	电流 (安)	$\cos \varphi$	电 压 (伏)	电 流 (安)	$\cos \varphi$	
QX1-13	13	16	380	16×4	$\geq 0.4$	380×0.25	16	$\geq 0.4$	26
QX1-30	30	40	380	40×4	$\geq 0.4$	380×0.25	40	$\geq 0.4$	60

QX1-13N1/4.5 倒顺开关触头额定电流为 11 安。接通能力为电压 380 伏、电流  $6 \times 11$  安，功率因数  $\geq 0.4$ 。渐开能力为电压  $380 \times 0.16$  伏、电流 11 安，功率因数  $\geq 0.4$ 。极限转换能力为电压 380 伏、电流  $8 \times 11$  安，功率因数  $\geq 0.4$ 。倒顺开关的正常操作频率为 60 次/小时，如需要提高操作频率则须降低容量使用。



接点	手 柄 位 置		
	○	Y	△
1		×	×
2			×
3		×	
4		×	×
5			×
6		×	×
7		×	
8			×

图 6-9 QX1-13 星-三角起动器接线图及触头接触图



接点	手柄位置		
	○	Y	△
1		×	×
2		×	×
3			×
4			×
5		×	
6		×	
7		×	×
8			×

图 6-10 QX1-30 星-三角起动器接线图及触头接触图

4. QX3 系列自动星-三角起动器 供 50 或 60 赫交流 500 伏、容量 30 千瓦以下的三相异步电动机作星-三角换接起动及停止之用。起动器在起动过程中，通过双金属时间继电器能自动将所控制的电动机定子绕组由星形连接起动后换接至三角形连接。起动器带有热继电器作为过载保护，其接触器能在电网电压消失时兼作失压保护。技术数据见表 6-48。

表 6-48 QX3 系列自动星-三角起动器技术数据

型号	电动机最大容量 (千瓦)			热继电器		主触头接通分断能力			
	220 伏	380 伏	500 伏	额定电流 (安)	整定范围 (安)	电压 (伏)	电流 (安)	功率因数	
QX3-13	7.5	13	13	11	6.8~11	380×1.05	16×10	0.95±0.03	
				16	10~16				500×1.05
				22	14~22				
QX3-30	17	30	30	32	20~32	380×1.05	35×10		
				45	28~45	500×1.05	28×10		

5. QZ73 系列综合磁力起动器 用于 50 或 60 赫交流 500 伏、25 安以下的电力电路中,主要供远距离直接起动和停止容量至 12.5 千瓦三相异步电动机用。起动器有短路保护、过载保护及失压保护。技术数据见表 6-49~6-52。

表 6-49 QZ73 系列综合磁力起动器技术数据

型 号	主触头 额定电流 (安)	辅 助 触 头		电动机容量(千瓦)			
		数量	额定电流 (安)	127 伏	220 伏	380 伏	500 伏
QZ73-1	6.4	2 常开 2 常闭	5	1	1.8	3.2	4
QZ73-2	6.4			—	—	3.2	—
QZ73-3	20			—	—	10	—
QZ73-4,6	6.4			1	1.8	3.2	4
QZ73-5,7	20			3.2	5.8	10	—
QZ73-8,9,10	25			4	7	12.5	15

表 6-50 QZ73 系列综合磁力起动器的热继电器及熔断器的配合

型 号	热继电器额定电流 (安)	整定电流调节范围 (安)	熔断器额定电流 (安)
QZ73-1,2,4,6	1	0.64~1	2,4
	1.6	1~1.6	4,5,6
	2.5	1.6~2.5	6,10
	4.0	2.5~4	10,15
	6.4	4~6.4	51
QZ73-3,5,7	10	6.4~10	20,25,30,35
	16	10~16	35,40,50
QZ73-3,5,7,8,9,10	25	16~25*	50,60

注: \*表示额定电流为 25 安之热继电器用于 QZ73-3、5、7 起动器时,其整定电流不得大于 20 安。

表 6-51 QZ73 系列综合磁力起动器触头的接通分断能力

型 号	主 触 头		辅 助 触 头			功率因数	接通和分断次数	每次间隔时间(秒)	每次通电时间(秒)
	电 压 (伏)	电 流 (安)	电 压 (伏)	接 通 电 流 (安)	分 断 电 流 (安)				
QZ73-1~7	380×1.05	200	380×1.05	30	5	0.85±0.02	20	10	≥0.2
	500×1.05	160	500×1.05	16	2.7				
QZ73-8~10	380×1.05	250	380×1.05	30	5				
	500×1.05	200	500×1.05	16	2.7				

表 6-52 QZ73 系列综合磁力起动器内装置元件种类及数量

型 号	QZ73-									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CJ10-40 交流接触器	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1
CJ10-20 交流接触器	1	1	1	1	1	1	1	—	—	—
JR0-40 热继电器	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
RL1-15 熔断器	3	5	2	3	—	3	—	2	—	—
RL1-60 熔断器	—	—	3	—	3	—	3	3	3	3
HZ1-10/2 组合开关	—	1	1	—	—	—	—	1	—	—
HZ9-139 组合开关	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
BK-50 变压器	—	1	1	—	—	—	—	1	—	—
LA-10 控制按钮	—	—	—	—	—	3	2	—	—	2

起动器的触头均为双断点型式,用银板制成,在允许的电动机电流范围内使用,触头寿命不低于60万次。

起动器的磁系统采用迎击式弹簧缓冲,有较好的缓冲效果,能减少磁系统的冲击力,延长机械寿命。起动器的机械寿命不低于300万次。

6. QZ610系列电动机保护起动器 对农村电力排灌、电动脱粒、饲料加工及工矿企业用的交流三相异步电动机起保护作用。当电动机发生过载、单相运转、欠电压(由于电压过低而造成电动机过载)等故障时,能自动脱扣,并具有短路保护及近距离直接起动、停止电动机的作用。本系列是替代QZ67系列产品。技术数据见表6-53,接线如图6-11、6-12。

表 6-53 QZ610 系列电动机保护起动器技术数据

型 号	电动机容量 (千瓦)	电动机额 定电流 (安)	报警整 定电流 (安)	热 继 电 器	
				热元件额 定电流 (安)	刻度电流 调节范围 (安)
QZ610-4RF	1.1, 1.5, 2.2, 3, 4	10		2.4	1.5~2.4
				3.5	2.2~3.5
				5	3.5~5
				7.2	4.5~7.2
				11	6.8~11
QZ610-10RF	5.5, 7.5, 10	20		11	6.8~11
				16	10~16
				22	14~22
				28	14~22
QZ610-17RF	13, 17	40		22	14~22
				32	20~32
				45	28~45

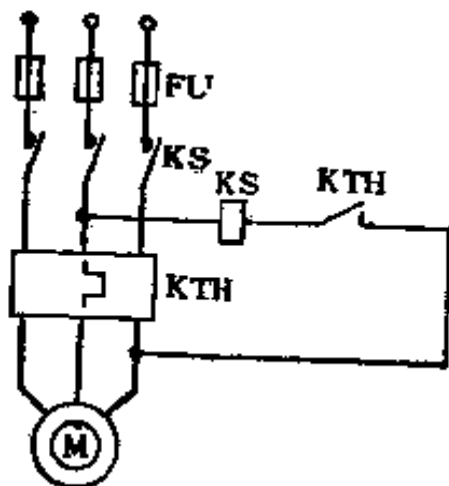


图 6-11 QZ610RF 型接线图

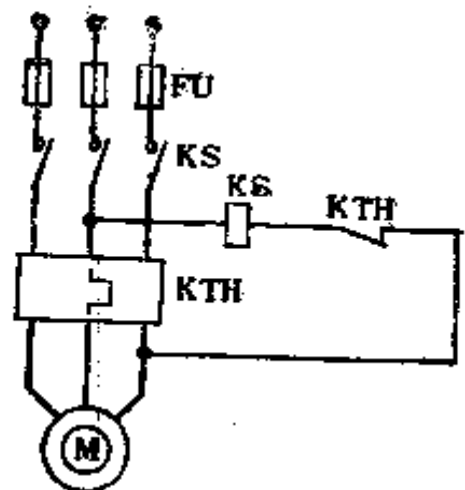


图 6-12 QZ610RW 型接线图

## 七、继电器

1. JAG 系列干簧继电器 干簧继电器是由一个或多个干式舌簧开关管以及励磁线圈组成，它的优点是动作快、工作稳定、机电寿命长，体积小，所以广泛用于自动与运动技术、测量、电子计算机、通信技术等方面。技术数据见表 6-54。

2. JFZO 系列反接制动继电器 用于 50 或 60 赫交流 380 伏以下的电路中，主要用作交流三相鼠笼式异步电动机的反接制动。技术数据见表 6-55。

3. JJDM2 系列记数继电器和 JDM1 系列记数器 JJDM2 系列记数继电器用于需要控制动作次数（或工作循环次数）的工作机械的自动控制设备中。它的输入信号次数与预先整定的次数一致时，即能发出信号，使执行机构动作。若输入信号为某一恒定值时，可作定时、定量、定长等各种自动控制之用。技术数据见表 6-56。

JDM1 系列记数器用于需要记录工作机械的动作次数。

4. JL12 系列过电流延时继电器 用于 50 赫交流 380 伏以下、直流 440 伏、电流自 5 安至 300 安电路中，作为起重机上交流绕线电动机或直流电机的启动、过载、过流保护之用。技术数据见表 6-57。

5. JR16 系列热继电器 它是一种双金属片式热继电器，适用于 50 赫交流 500 伏、160 安以下的长期工作或间断长期工作的一般交流电动机的过载及断相保护，并能在三相电流严重不平衡时起到保护作用。JR16 系列可取代 JR1、JR2、JR5 等系列产品。技术数据见表 6-58、6-59，外形如图 6-13。

表 6-54 JAG 系列干簧继

型 号 规 格	接触电阻 (欧)		绕 径 数 据			额定电 压 或 电 流	吸合 电流 毫安	释放 电流 毫安
	H	Z	线径 (毫米)	直流电阻 (欧)	匝数			
JAG-2-1 $\frac{H}{Z}$ A	0.07	0.15	0.10	93±5%	2200	6 伏	≤44	≥9
JAG-2-1 $\frac{H}{Z}$ B			0.07	370±5%	4200	12 伏	≤22	≥4.5
JAG-2-1 $\frac{H}{Z}$ C			0.05	1200±5%	7000	24 伏	≤13.5	≥3
JAG-2-2 $\frac{H}{Z}$ A			0.14	140±5%	3300	6 伏	≤28	≥7
JAG-2-2 $\frac{H}{Z}$ B			0.10	430±5%	5200	12 伏	≤18	≥4
JAG-2-2 $\frac{H}{Z}$ C			0.07	1700±5%	9000	24 伏	≤9	≥2.2
JAG-2-3 $\frac{H}{Z}$ A			0.17	87±5%	2500	6 伏	≤48	≥8
JAG-2-3 $\frac{H}{Z}$ B			0.12	320±5%	4500	12 伏	≤25	≥4.5
JAG-2-3 $\frac{H}{Z}$ C			0.09	1080±5%	8500	24 伏	≤15	≥2.5
JAG-2-4 $\frac{H}{Z}$ A	0.15	0.15	0.17	87±5%	2500	6 伏	≤48	≥8
JAG-2-4 $\frac{H}{Z}$ B			0.12	320±5%	4500	12 伏	≤25	≥4.5
JAG-2-4 $\frac{H}{Z}$ C			0.09	1080±5%	3500	24 伏	≤15	≥2.5
JAG-4-1HA	0.15	0.15	0.07	370±10%	4200	18 毫安	≤9	≥1.5
JAG-4-1HB			0.05	1250±10%	7000	10 毫安	≤5	≥1.1
JAG-4-1HC			0.04	2900±10%	1000	7 毫安	≤3.5	≥0.7
JAG-4-2HA	0.15	0.15	0.09	200±10%	2600	32 毫安	≤16	≥3
JAG-4-2HB			0.07	520±10%	4300	20 毫安	≤10	≥1.8
JAG-4-2HC			0.05	2000±10%	7300	12 毫安	≤6	≥1.0
JAG-4-3HA	0.15	0.15	0.11	130±10%	2100	46 毫安	≤23	≥3.5
JAG-4-3HB			0.08	460±10%	3600	26 毫安	≤13	≥2
JAG-4-3HC			0.05	2180±10%	7200	13 毫安	≤6.5	≥1
JAG-4-4HA	0.15	0.15	0.13	90±10%	1600	60 毫安	≤30	≥4.5
JAG-4-4HB			0.10	270±10%	2800	40 毫安	≤20	≥2.8
JAG-4-4HC			0.08	1180±10%	4800	20 毫安	≤10	≥1.6
JAG-5-2H-12V JAG-5-2Z-12V	0.5	0.5	0.27	50±10%	2500	12 伏	≤130	≥55
JAG-5-2H-27V JAG-5-2Z-27V			0.17	310±10%	6000	27 伏	≤55	≥14

注: 1. H 表示常开, Z 表示转换; 2. 吸合时间包括抖动在内; 3. 工作位置可以

电器技术数据

吸合时间 (毫秒)		释放时间 (毫秒)		环境温度 (°C)	触头负荷 (阻性)		寿命 (次)		装于簧管
X	Z	H	Z		H	Z	X	Z	
≤1.7	≤2.5	≤0.1		-10~+55	24伏 0.2安 (直流)	24伏 0.1安 (直流)	10 <sup>7</sup>	10 <sup>6</sup>	1
≤1.7	≤2.5	≤0.1	≤1.0						2
≤1.7	≤2.5	≤0.1							3
≤2.5	≤3.5	≤0.2							4
≤2.5	≤3.5	≤0.2	≤1.0						5
≤2.5	≤3.5	≤0.2							6
≤3.5	≤4.5	≤0.5							7
≤3.5	≤4.5	≤0.5	≤1.0						8
≤3.5	≤4.5	≤0.5							9
≤4.5	≤5	≤0.8							10
≤4.5	≤5	≤0.8	≤1.0						
≤4.5	≤5	≤0.8							
≤0.9		≤1.0		-10~+55	12伏 0.05安 (直流)	12伏 0.05安 (直流)	10 <sup>8</sup>		1
≤1.0			2						
≤1.1		≤1.0		-10~+55	12伏 0.05安 (直流)	12伏 0.05安 (直流)	10 <sup>8</sup>		3
≤1.2		≤1.0							4
≤5.0		≤1.0	≤1.0	-10~+55	最大电压: 300伏 (直流) 最大电流: 2安 最大功率: 200瓦		5×10 <sup>4</sup>		2

任意。



表 6-55 JFZO 系列反接制动继电器技术数据

交 流					额定工作转速(转/分)		触头数量	
额定电压	额定电流	接通电流	分断电流	cos $\phi$	JFZO-1	JFZO-2	动合	动断
380 伏	2 安	3 安	0.3 安	$\geq 0.4$	300~1000	1000~3600	2	2

表 6-56 JJDM2 系列记数继电器技术数据

电 源 电 压 (伏)		直 流 12、24、48、60
执行触头容量	电压(伏)	交流 380 伏
	持续电流(安)	2
	接通电流(安)	2
	分断电流(安)	0.2

表 6-57 JL12 系列过电流延时继电器技术数据

型 号	线圈 额定 电流 (安)	电压(伏)		触头 额定 电流 (安)	反时限保护特性 (电流为额定电流的倍数)			
		交流	直流		1 倍	1.5 倍	2.5 倍	6 倍
JL12-5	5	380	440	5	不动 作①	<3 分 (热态)	10 $\pm$ 6 秒 (热态)	<1~3 秒②
JL12-10	10	380	440	5				
JL12-15	15	380	440	5				
JL12-20	20	380	440	5				
JL12-30	30	380	440	5				
JL12-40	40	380	440	5				
JL12-60	60	380	440	5				
JL12-75	75	380	440	5				
JL12-100	100	380	440	5				
JL12-150	150	380	440	5				
JL12-200	200	380	440	5				
JL12-300	300	380	440	5				

注: 1. JL12 系列过电流继电器为新设计产品, 代替 JL4 系列过电流继电器。

2. ① 持续通电 1 小时不动作, 为合格。② 当环境温度大于 0°C 时, 动作时间 <1 秒; 当环境温度小于 0°C 时, 动作时间 <3 秒。

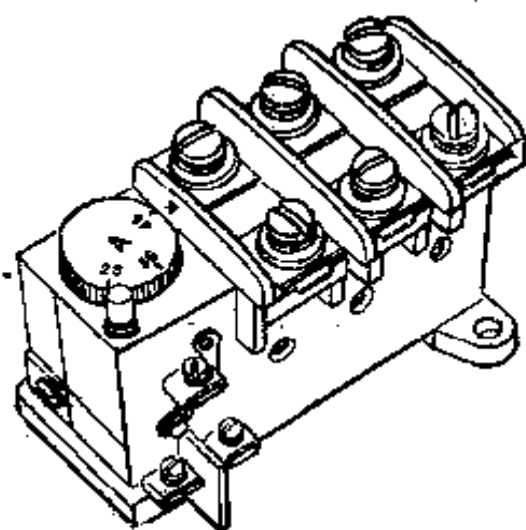


图 6-18 JR16 系列热继电器

表 6-58 JR16 系列热继电器技术数据

型 号	额定电流 (安)	热 元 件 等 级		联接导线规格
		额定电流 (安)	刻度电流调节范围 (安)	
JR16-20/3 JR16-20/3D	20	0.35 0.50 0.72 1.1 1.6 2.4 3.5 5 7.2 11 16 22	0.25~0.33 0.33~0.50 0.45~0.72 0.68~1.1 1.0~1.6 1.5~2.4 2.2~3.5 3.2~5 4.5~7.2 6.8~11 10~16 14~22	4 毫米 <sup>2</sup> 单股 塑料铜线
JR16-60/3 JR16-60/3D	60	22 32 45 63	14~22 20~32 28~45 40~63	16 毫米 <sup>2</sup> 多股 铜芯橡皮软线
JR16-150/3 JR16-150/3D	150	63 85 120 160	40~63 53~85 75~120 100~160	35 毫米 <sup>2</sup> 多股 铜芯橡皮软线

热继电器的动作特性必须满足下列要求:

(1) 当环境温度为  $20 \pm 5^\circ\text{C}$  时, 应符合表 6-56 的规定。

(2) 当环境温度为  $+55^\circ\text{C}$ , 且刻度表电流值的增加或减少不大于 3% 时, 应符合表 6-56 的规定。

(3) 当环境温度为  $-30^\circ\text{C}$ , 且刻度电流值的增加不大于 10% 时, 应符合表 6-56 的规定。

热继电器动作后的复位时间: 当调为自动复位时, 在 5 分钟内复位, 当调为手动复位时, 则在 2 分钟后, 接复位按钮能使热继电器复位。

热继电器具有带公共触头的 1 常闭和 1 常开触头。常闭触头用于控制回路, 长期持续电流 3 安, 常开触头用于信号回路, 长期持续电流 5 安。

表 6-59 JR16 系列热继电器保护特性

保 护 特 性		刻度电流 倍数	起 始 状 态
三相(不带断 相保护的)动作 时间	长期不动作	1	
	小于 20 分	1.2	从热态开始(以刻度电流加热, 使继电器热到稳定状态, 即 30 分钟内的变化不超过 $1^\circ\text{C}$ 开始)
	大于 2 分	1.5	
	大于 5 秒	6	从冷态开始
一相断线(带 保护装置的)动 作时间	小于 20 分	1.05	三相同同时通以 0.6 倍刻度电流加热到稳定后开始
	小于 2 分	1.2	三相同同时通以 0.75 倍刻度电流加热到稳定后开始

6. JS7-A 系列气囊式时间继电器 用于从接收电信号至触头动作需要延时的场合。它被广泛地用于机床电气自动控制系统中, 作为实现按时间原则调定的元件或机床机构动作的必不可少的控制元件之一。技术数据见表 6-60。

表 6-60 JS7-A 气囊式时间继电器技术数据

型号	线圈电压 (伏)	延时整 定范围 (秒)	触头容量		延时触头数量				不延时 触头 数量		操作频率 (次/小时)
			电压 (伏)	额定 电流 (安)	线圈通电 后延时		线圈断电 后延时		常开	常闭	
					常开	常闭	常开	常闭			
JS7-1A	交流 50 赫 50、34、36、110、	0.4~60 及 0.4~180	380	5	1	1					≥600
JS7-2A	127、220、380、 420		380	5	1	1			1	1	
JS7-3A	交流 60 赫 36、110、127、		380	5			1	1			
JS7-4A	220、380、440		380	5			1	1	1	1	

7. JS11 系列时间继电器 用于 50 赫交流 500 伏以下的电气自动控制电路中, 用来由一个电路向另一个需要延时的被控电路发送信号。由于这种继电器是属同步电动机式的, 所以其延时长, 整定偏差较小。技术数据见表 6-61。

表 6-61 JS11 系列时间继电器技术数据

电源电压 (伏)	延时整定 范围	触头容量				延时触头数量				不延时触 头数量	
		电压 (伏)	持续 电流 (安)	接通 电流 (安)	分断 电流 (安)	线圈通电 后延时		线圈断电 后延时		常开	常闭
						常开	常闭	常开	常闭		
110、127、 220、380	0~8 秒 0~40 秒 0~4 分 0~20 分 0~2 小时 0~12 小时 0~72 小时	380	5	3	0.3	3	2	3	2	1	1

8. JS14 晶体管时间继电器 用于 50 赫交流 380 伏以下控制电路中, 作为控制时间元件, 以延时接通或断开电路。例如, 用于电力拖动系统、自动程序控制系统以及生产过程自动控制系统中。技术数据见表 6-62。

表 6-62 JS14 系列晶体管时间继电器技术数据

型 号	延时范围 (秒)	电源电压 (伏)	输出触头	延时重复 误差	周围介质 温度(°C)	消 耗 功 率
JS14-1	0.2~1	交流 50 赫 24、36、 127、220、 380	2 常开 2 常闭 或 1 常开 1 常闭	±5%	-10~40	约 1 瓦
JS14-5	0.5~5					
JS14-10	1~10					
JS14-30	1~30					
JS14-60	2~60					
JS14-120	6~120					
JS14-180	10~180					
JS14-240	10~240					
JS14-300	30~300					
JS14-600	60~600					

9. JT3 系列直流电磁继电器 用于电力拖动线路中, 作为时间(仅在吸引线圈断电或短接时延时)、电压、中间继电器之用。技术数据见表 6-63、6-64。

JT3-S 双线圈电磁继电器用于磁力站中和高炉加料系统自动控制中作为时间或中间继电器之用。

表 6-63 JT3 系列直流电磁继电器触头技术数据

电流种类	电 压 (伏)	额定电流 (安)	负 载 电 流 (安)		
			接通	断开电感 负 载	断开电阻 负 载
交 流	380~500	10	40	8	8
交 流	380 及以下		50	10	10
直 流	110		10	2	4
直 流	220		5	0.8	2

表 6-64 JT3 系列直流电磁继电器技术数据

型 号	动作电压或 动作电流	延时(秒)		动作 误差	触头 数目	吸引线圈电压 (伏)	消耗功率 (瓦)	固有动作时间 (秒)
		线圈断电	线圈短接					
JT3-□□ 电压(或中间) 继电器	吸引电压 在额定电压 的30~50% 间或释放时 电压在额定 电压的7~ 20% 间							
JT3-□□/1 时间继电器	大于额定 电压的75% 时保证延 时	0.3~0.9	0.3~1.5	±10%	2 常开 2 常闭 或 1 常开 1 常闭	直流 12、24、 48、110、 220、440	约 16	约 0.2
JT3-□□/3 时间继电器	大于额定 电压的75% 时保证延 时	0.8~3	1~3.5					
JT3-□□/5 时间继电器	大于额定 电压的75% 时保证延 时	2.5~5	3~5.5					

注: 1. 时间继电器充电时间约为 0.8 秒。为了确保延时, 继电器吸引线圈通电时间不能少于充电时间。

2. 如有需要, 电压(或中间)继电器和时间继电器可装 3 只或 4 只触头(触头的常开常闭可任意组合)。

10. JT4 系列交流电磁继电器 用于 50 赫交流的自动控制电路中, 作为零电压、过电流、过电压及中间继电器之用。技术数据见表 6-65、6-66。

表 6-65 JT4 系列交流电磁继电器触头技术数据

电流种类	额定电流 (安)	电 压 (伏)	负 载 电 流 (安)		
			接通	断开电感负载	断开电阻负载
交流	10	380 及以下	50	10	10
交流		大于 380~500	40	8	8
直流		110	10	2	4
直流		220	5	0.8	2

表 6-66 JT4 系列交流电磁继电器技术数据

型 号	动作电压或动作电流	返回系数	触头数目	吸引线圈规格	消耗功率	复位方式		出线方式	
						自动	手动	板前	板后
JT4-□□P 零电压(或中间)继电器	吸引电压在线圈额定电压的60%~85%范围内调节或释放电压在线圈额定电压的10%~35%间	0.2~0.4	2 常开 2 常闭 或 1 常开 1 常闭	110、127、220及380伏	75 伏安	+		+	+
JT4-□□L 过电流继电器	吸引电流在线圈额定电流的110%~850%范围内调节	0.1~0.3	1 常开 1 常闭	5、10、15、20、40、80、150、300及600安	5瓦	+			
JT4-□□S (手动)过电流继电器									+
JT4-22A 过电压继电器	吸引电压在线圈额定电压的105%~120%范围内调节	0.1~0.3	2 常开 2 常闭	110、220、380伏	75 伏安	+		+	+

注: JT4-L、S过电流继电器已由JL14-J、JS代替。

11. JT9、JT10高返回系数继电器 用于直流电路中,作为过电压、欠电压和欠电流继电器之用,主要是用作保护及控制直流电机励磁回路,以及交流绕线式异步电动机反接制动时的反接继电器。技术数据见表6-67。

12. JTX系列小型通用继电器 由直流或交流控制,适合于一般的自动装置、继电保护装置、信号装置和通信设备中作为信号指示和启闭电路的元件。技术数据见表6-68、6-69。

继电器的消耗功率,直流线圈仅为1瓦,交流线圈为2.5伏安。

表 6-67 JT9、JT10 高返回系数继电器技术数据

型 号		JT9	JT10
持续电流(安)		20	15
在电感回路中 断开电流(安)	直流 110 伏	0.6	4
	直流 220 伏	0.15	2
触点断开距离(毫米)		不小于 1.5	不小于 3
电压线圈	规格(伏)	直流 12、24、48、110、220、440	直流 12、24、48、110、220、500
	吸引电压	30%~50% 额定电压	35%~55% 额定电压
电流线圈	规格(安)	直流 1.5、2.5、5、10、25、50、100、150、300、600、900、1200	直流 1.5、2.5、5、10、20、40、80、150、300、600、1500
	吸引电流	30%~70% 额定电流	300 安以下 35%~70%，600 安以上 28%~45% 额定电流
返回系数		<0.7	<0.65
动作误差		±10%	
消耗功率(瓦)		约 12	

表 6-68 JTX 系列小型通用继电器触头技术数据

电 压 (伏)		电 流 (安)			
		JTX-1、JTX-2		JTX-3	
		阻性 $\cos \varphi=1$	感性 $\cos \varphi=0.4$	阻性 $\cos \varphi=1$	感性 $\cos \varphi=0.4$
交 流	220	7.5	3	5	2
	380	3	1.5	2	1
直 流	6	7.5	7	5	4.6
	12	7	6.5	1.6	4.3
	24	4.5	4	3	2.4
	220	1	0.5	1	



表 6-69 JTX 系列小型通用继电器技术数据

规 格	电路图	线圈数据			吸动 值不 大于	释 放 值 不 小 于	工 作 电 流 (毫安)	备 注
		线 径 毫 米	电 阻 (欧)	匝 数				
交流 6 伏		0.34	55	505	5.1伏		415	交流线圈的 匝数误差为 ±5%
12 伏		0.21	24	1010	10.2伏		208	
24 伏		0.15	92	2020	10.4伏		102	
36 伏		0.13	190	3030	30.6伏		69	
110 伏		0.08	1600	9260	93.5伏		24.2	
127 伏		0.08	2000	0700	108伏		19	
220 伏		0.05	7500	8500	187伏		11.5	
直流 6 伏		0.21	40	1535	5.1伏	2.7 伏	150	直流线圈的 电阻在20°C 时, 测得电 阻最大波动 <±10%
12 伏		0.15	150	2875	10.2伏	5.4 伏	80	
24 伏		0.11	570	5475	10.4伏	10.8 伏	42	
48 伏		0.08	2230	10700	10.8伏	21.6 伏	21.5	
110 伏		0.05	10000	22000	93.5伏	49.5 伏	11	
220 伏		0.04	20000		187伏	99 伏		
直流 20 毫安		0.07	3600	13000	13毫安	8.1 毫安		
直流 40 毫安	0.11	500	5400	36毫安	16.2毫安			

注: 1. 继电器的释放值为额定值的40%。2. 有\*的继电器功耗≤2瓦。

13. JYB 液位继电器 在一般科学实验及工业生产中作自动控制的基本元件, 它广泛地应用于液位控制、温度控制或作为各种控制电路中扩大换接电路自动控制用。

#### 技术数据:

- (1) 电源电压为交流 36、220、380 伏;
- (2) 具有一组转换触头;
- (3) 继电器能连续工作;
- (4) 消耗功率小于 1 瓦;
- (5) 控制极中最大电流小于 20 微安。

触头容量见表 6-70。

表 6-70 JYB 液位继电器的触头容量

电压(伏)	额定电流(安)	分 断 电 流 (安)		
		阻性 $\cos \varphi=1$	感性 $\cos \varphi=0.4$	$T=0.007$
交流 220	5	5	3	0.5
交流 380	5	3	1.5	
直流 220	0.5			

14. JZ7 系列中间继电器 用于 50 或 60 赫交流 500 伏、电流 5 安以下的控制电路中,可以用来控制各种电磁线圈,以使信号放大,或将信号同时传给数个有关的控制元件。技术数据见表 6-71。

表 6-71 JZ7 系列中间继电器技术数据

型 号	触头额定电压 (伏)	触头额定电流 (安)	触 头 数 量		吸引线圈电压 (伏)
			常 开	常 闭	
JZ7-44	500	5	4	4	12、24、36、110、
JZ7-62	500	5	6	2	127、220、380、
JZ7-80	500	5	8	0	420、440、500

15. JZ8 系列交直流中间继电器 用于 50 或 60 赫交流 500 伏、直流 440 伏以下的控制电路中,作增加信号大小及数量之用。

其中 JZ8-S 带有保持线圈,以增加继电器处于释放状态时的工作可靠性。JZ8-P 带有电磁复位线圈,具有锁扣装置,可用作自动控制系统中的“记忆”元件。

技术数据:

- (1) 额定电流: 5 安。
- (2) 继电器按线圈电压分为: 交流 110、127、220 及 380 伏四种; 直流 12、24、36、110、220 伏五种。
- (3) 继电器接触头组合形式分为: 6 开 2 闭、4 开 4 闭、2 开 6 闭三种。
- (4) 操作频率: 不大于 2000 次/小时。

## 八、主 令 电 器

1. JLXK1 系列行程开关 JLXK1 系列行程开关能瞬时换接动作机构。用于 50 或 60 赫交流 500 伏或直流 440 伏以下的电路中，作机床自动控制、限制运动机构动作、行程或程序控制之用。技术数据见表 6-72、6-73。

表 6-72 JLXK1 系列行程开关技术数据

额定电流 (安)	额定电压(伏)		触头换接时间 (秒)	触 头 对 数	
	交流	直流		常开	常闭
5	500	440	≤0.04	1	1

行程开关的动作行程，即为使触头换接而需使转动杠杆的动作角度行程及角度超行程（即在触头换接后，传动杠杆仍可继续转动的角度行程），如表 6-73 所示。

表 6-73 JLXK1 系列行程开关反复短时工作制时操作

交 流 380 伏			直 流 220 伏		操作频率 (次/小时)	通电持续率 (%)
接通电流 (安)	分断电流 (安)	功率因数	接通分断 电流(安)	时间常数 (秒)		
5	0.5	≥0.4	0.12	≤0.04	1200	40

表 6-74 JLXK1 系列行程开关的动作行程

型 号	动作力 (牛)	动作角度	角度超行程	动作行程 (毫米)	超行程 (毫米)
JLXK1-111	>10	12~15°	≤3°	1~3	2~4
JLXK1-215	>15	~45°	≤45°		
JLXK1-311	>20			1~3	2~4
JLXK1-411	>30			1~3	2~4

2. JLXK1-11 行程开关 用于 50 或 60 赫交流 500 伏或直流 440 伏以下的电路中,作快速断开或换接电路之用。技术数据见表 6-75。

表 6-75 JLXK1-11 行程开关技术数据

型号	额定电压 (伏)		额定 电流 (安)	触头换接 时间 (秒)	动作 行程 (毫米)	超行程 (毫米)	触头对数	
	交流	直流					常开	常闭
JLXK1-11A	500	440	5		1~2	0.3~0.5	1	1
JLXK1-11A <sub>2</sub>	500	440	5	≤0.04	1~2	0.3~0.5	1	1
JLXK1-11B	500	440	5		1~2	0.3~0.5	1	1
JLXK1-11Ba	500	440	5	≤0.04	1~2	0.3~0.5	1	1

3. KBP1 系列拨盘开关 用于数控机床及电子设备中,作换接电路之用。该系列开关跳步清晰,换向时拨盘上有字母明显表示,并可紧密安装、组合排列。技术数据见表 6-76。

表 6-76 KBP1 系列拨盘开关技术数据

型号	结构型式	工作 电压 (伏)	额定 电流 (安)	接触 电阻 (欧)	绝缘 电阻 (兆欧)	试验 电压 (伏)	寿命 (次)
KBP1-10W1D	单刀 10 位 0~9	27	0.05	不大于 0.15	不低于 100	150	20000
KBP1-2W2D	二刀二位“+”“-”						50000

注: 在相对湿度达 98%, 温度为 +40°C 时绝缘电阻不低于 2 兆欧。

4. KBD5 系列扳动开关 该系列开关采用切入式咬合接触结构,接触材料均采用银基合金材料,绝缘基体采用玻璃纤维板。开关体积较小,供小型化、半导体化电子设备中换接电路之用。技术数据见表 6-77。

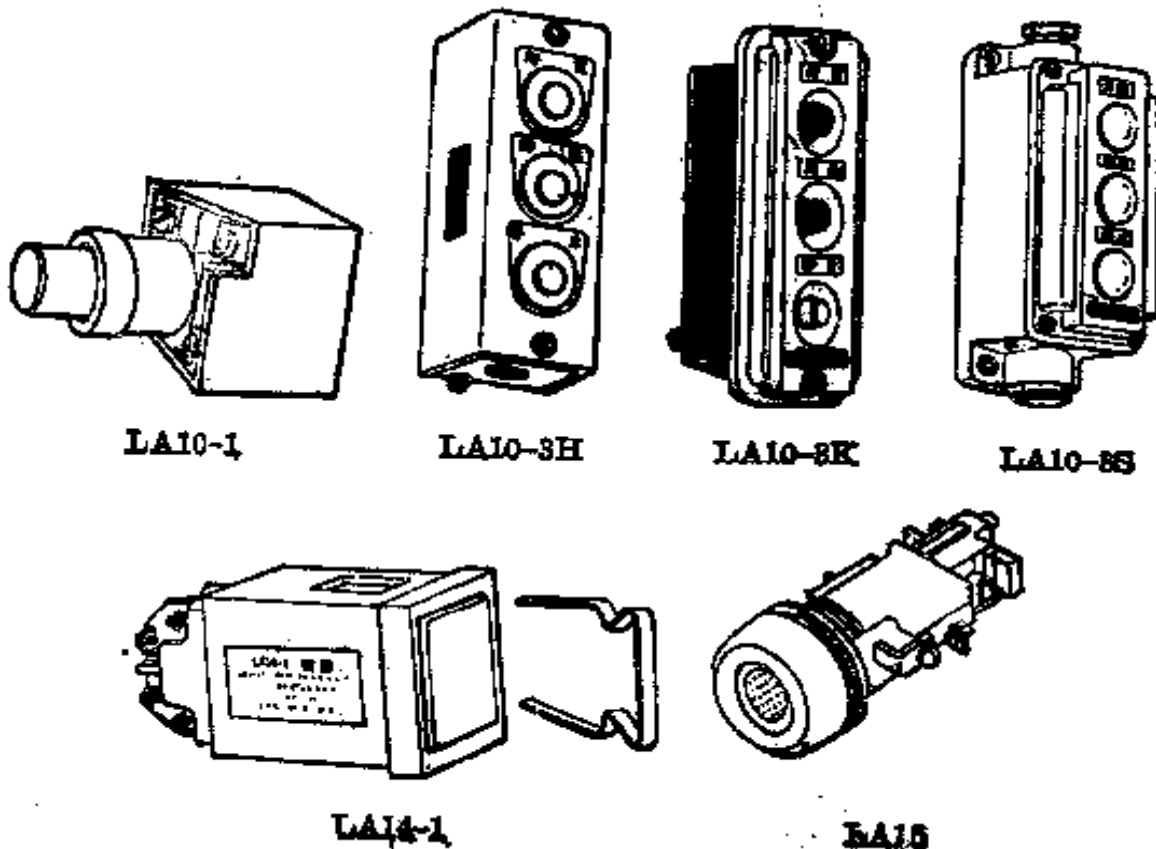
表 6-77 KBD5 系列扳动开关技术数据

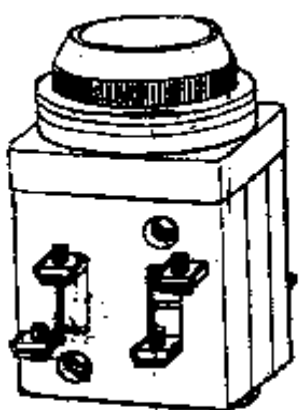
型 号	位 数	刀 数	层 数	尺寸(毫米)		型 号	位 数	刀 数	层 数	尺寸(毫米)	
				最大厚度	片距					最大厚度	片距
KBD5-2W2D	2	2	1	18.5	—	KBD5-3W2D	3	3	1	18.5	—
KBD5-2W3D	2	3	1	18.5	—	KBD5-3W3D	3	3	1	18.5	—
KBD5-2W4D	2	4	1	18.5	—	KBD5-3W4D	3	4	2	24.5	4
KBD5-2W6D	2	6	2	24.5	4	KBD5-3W6D	3	6	2	24.5	4
KBD5-2W8D	2	8	2	24.5	4						

5. LA 系列控制按钮 用于 50 或 60 赫交流 500 伏及直流 440 伏以下的空气电磁式起动器、接触器及其他电气电路中,作远程控制之用。外形见图 6-14, 技术数据见表 6-78。

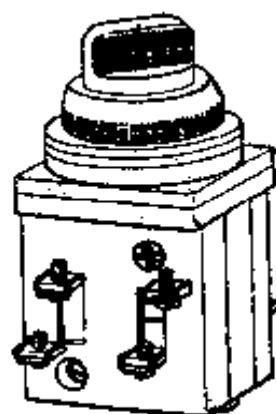
结构型式说明: K—开启式, H—保护式, S—防水式, F—防腐式, J—紧急式, Y—钥匙式, X—旋钮式, D—带指示灯。

按钮标志说明: 钮数为 1 标以起动或停止; 钮数为 2 标以起动-停止; 钮数为 3 标以向前-向后-停止。

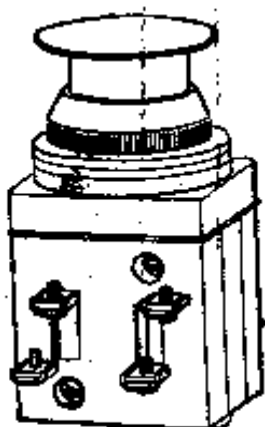




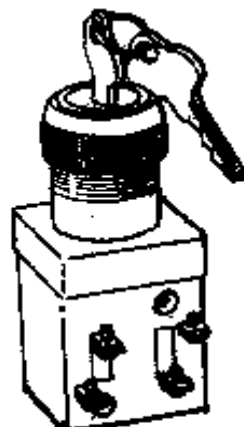
LA18-22



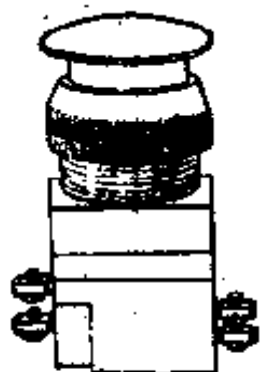
LA18-22J



LA18-22X



LA18-22Y



LA19-11J



LA19-11

图 6-14 LA 系列控制按钮

表 6-78 LA 系列控制按钮技术数据

型 号	规 格		结 构 型 式	触头对数		按 钮	
	电压 (伏)	电流 (安)		常开	常闭	钮数	颜 色
LA2	500	5	元件	1	1	1	黑、绿、红
LA9	500	2	元件	1		1	黑、绿
LA10-1	500	5	元件	1	1	1	黑、绿、红
LA10-1K	500	5	开启式	1	1	1	黑、绿、红
LA10-2K	500	5	开启式	2	2	2	黑、红、绿、红
LA10-8K	500	5	开启式	3	3	3	黑、绿、红
LA10-1H	500	5	保护式	1	1	1	黑、绿、红
LA10-2H	500	5	保护式	2	2	2	黑、红、绿、红
LA10-3H	500	5	保护式	3	3	3	黑、绿、红
LA10-1S	500	5	防水式	1	1	1	黑、绿、红
LA10-2S	500	5	防水式	2	2	2	黑、红、绿、红
LA10-3S	500	5	防水式	3	3	3	黑、绿、红
LA10-2F	500	5	防腐式	2	2	2	黑、红、绿、红
LA12-11	500	5	元件	1	1	1	黑、绿、红
LA12-11J	500	5	元件(紧急式)	1	1	1	红
LA12-22	500	5	元件	2	2	1	黑、绿、红
LA12-22J	500	5	元件(紧急式)	2	2	1	红
LA14-1	200	1	元件(带指示灯)	2	2	1	乳白
LA15	500	5	元件(带指示灯)	1	1	1	红、绿、黄、白
LA18-22	500	5	元件	2	2	1	红、绿、黑、白
LA18-44	500	5	元件	4	4	1	红、绿、黑、白
LA18-66	500	5	元件	6	6	1	红、绿、黑、白
LA18-22J	500	5	元件(紧急式)	2	2	1	红
LA18-44J	500	5	元件(紧急式)	4	4	1	红
LA18-66J	500	5	元件(紧急式)	6	6	1	红
LA18-22Y	500	5	元件(钥匙式)	2	2	1	黑
LA18-44Y	500	5	元件(钥匙式)	4	4	1	黑
LA18-22X	500	5	元件(旋钮式)	2	2	1	黑
LA18-44X	500	5	元件(旋钮式)	4	4	1	黑
LA18-66X	500	5	元件(旋钮式)	6	6	1	黑
LA19-11	500	5	元件	1	1	1	红、绿、黄、蓝、白
LA19-11J	500	5	元件(紧急式)	1	1	1	红
LA19-11D	500	5	元件(带指示灯)	1	1	1	红、绿、黄、蓝、白
LA19-11DJ	500	5	元件(紧急式带指示灯)	1	1	1	红
LA20-11D	500	5	元件(带指示灯)	1	1	1	红、绿、黄、蓝、白
LA20-22D	500	5	元件(带指示灯)	2	2	1	红、绿、黄、蓝、白

6. LK1系列主令控制器 用于50赫、交流380伏及直流440伏以下的电路中,作为起重机磁力控制屏的遥远控制之用。技术数据见表6-79。

表6-79 LK1系列主令控制器技术数据

额定电流 (安)	接 通、 分 断 能 力 安					
	交 流		直 流			
	380伏, $\cos\varphi=0.4$		220伏, $L/R=0.05$ 秒		440伏, $L/R=0.05$ 秒	
	接 通	分 断	接 通	分 断	接 通	分 断
5	100	15	15	2	5	0.5

7. LK4系列主令控制器 用于50赫、交流380伏及直流440伏以下的电路中。作为自动化电力传动装置中的主令电器,可直接或经过减速器与操纵机械联接,且按操纵机构的行程,产生一定顺序的触点转换。技术数据见表6-80。

8. LK5系列主令控制器 用于50赫、交流380伏及直流440伏以下的电路中,作各类型电力驱动装置的遥远控制,可以控制需要较多控制电路的连锁与转换装置。适合于频繁操作任务。主令控制器凸轮片高度为非调整式,不能用于需要对触头分合位置作精确调整的特殊场合。技术数据见表6-81、6-82。

9. LW2系列封闭式万能转换开关 用于50赫交流或直流电压220伏以下电气设备中,作为各种配电设备远距离控制之用,同时亦可作为各种仪表、指作伺服电机及微电机的转换之用。

技术数据:

- (1) 额定电压为交流50赫、220伏及直流220伏。
- (2) 经常闭合的触头容许长期通过电流为10安。
- (3) 当电流不超过0.1安时,可容许使用在交流电压为380伏的电路
- 上。
- (4) 1、2、4、5、6、6a型触头的故障情况下能分断的极限电流如表6-83。



表 6-80 LK4 系列主令控制器技术数据

型 号	额定 电流 (安)	控制 的电 路数	凸轮装 配旋转 方式	减速度传动比	接通能力(安)		分 断 能 力 (安)			
					直流	交流	直 流			交 流
							100 伏	220 伏	440 伏	
LK4-021	15	2		—						
LK4-024	15	2		—						
LK4-044	15	4		—						
LK4-054	15	6		—						
LK4-028/1	15	2		1:30						
LK4-028/2	15	2		1:5						
LK4-048/1	15	4		1:30						
LK4-048/2	15	4		1:5						
LK4-058/1	15	6		1:30						
LK4-058/2	15	6		1:5	75	2.5	2	0.5	15	
LK4-148/3	15	8	串 联	1:16.65						
LK4-148/4	15	8	并 联	1:1, 1:20, 1:36						
LK4-168/3	15	16	串 联	1:16.65						
LK4-168/4	15	16	并 联	1:1, 1:20, 1:36						
LK4-188/3	15	24	串 联	1:16.65						
LK4-188/4	15	24	并 联	1:1, 1:20, 1:36						
LK4-658/4	15	5		1:30						
LK4-658/5	15	5		1:30						
LK4-658/6	15	5		1:5						
LK4-658/7	15	5		1:5						

注: 1. LK4-658/4 和 LK4-658/7 其中 2 个电路带灭弧装置。

2. 试验极限闭合能力的通电时间应不大于 10 秒。

3. 转换感性负载时, 对直流电路  $L/R$  不大于 0.01 秒; 对交流电路  $\cos \phi$  不小于 0.4。

4. 触头的闭合及断开按用户要求调整, 但控制的电路数(即触头数)不变。

表 6-81 LK5 系列主令控制器技术数据

型 号	凸轮 盘数 目	工作 电路 数	备用 电路 数	工作 位置 数	重量 (千克)	传 动 机 构 种 类
LK5-027-1	1	2		1-0-1	5	手柄直接操作,可自复至零位
LK5-227-4	1	2		1-0-1	7	手柄直接操作,可自复至零位
LK5-227-5	1	2		1-0-1	8	带滚子的杠杆传动,可自复至零位
LK5-227-6						
LK5-031/3-401	2	4		1-0-1	15	手柄直接操作,可自复至零位
LK5-031/3-405						
LK5-051/6-816	4	8	1	7-0-7	48	带正齿轮传动装置,1:2的手柄,每一位有定位装置
LK5-051/6-1000	5	10				
LK5-052/2-816	4	8		7-0-7	25	带正齿轮传动装置,1:2的与 杠杆相连的摇臂,无固定的位 置
LK5-052/2-1000	5	10				

表 6 82 LK5 系列主令控制器触点的负载与极限转换能力

型 号	额定 电流 (安)	极限接通能力(安)		极限分断能力(安)			
		直流	交流	直 流			交 流
				110 伏	220 伏	440 伏	
LK5-027 LK5-227	10	10	100	2	1.5	0.3	10
其他各型	15	15	100	2.5	2	0.5	15

表 6-83 LW2 系列万能转换开关在故障情况下分断的极限电流

负 载 性 质	分 断 的 极 限 电 流 (安)			
	交 流		直 流	
	220 伏	127 伏	220 伏	110 伏
纯电阻的	40	45	4	10
感性的 交流 $\cos \varphi = 0.4$ , 直流 $T = 0.01$ 秒	15	23	2	7

当分合次数达每小时 10 次时, 转换开关的分断能力应不低于表 6-83 所规定的 80%; 当分合次数达每小时 100 次时, 转换开关的分断能力应不低于表 6-83 所规定的 50%。

(5) 8 型触头仅适用于电流互感器电路, 不能分断电压互感器电路的电流。1a、10、20、30、40、50 型触头适用于信号电路, 其允许分断电流应不超过表 6-82 所规定数值的 10%。

(6) 带信号灯的手柄其灯泡的规格是 115 伏 8 瓦。

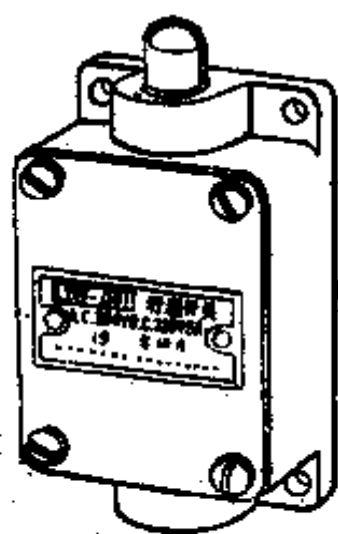
10. LW5-15 系列万能转换开关 用于 50 赫交流 380 伏或直流 220 伏以下的电路中作为电气控制线路的转换开关; 电气测量仪表的转换及配电设备的遥控开关; 伺服电动机的换向变速开关; 容量至 5.5 千瓦的三相交流电动机起动、换向及双速电动机的变速开关。技术数据见表 6-84。

11. LX19 系列行程开关 用于 50、60 赫交流 380 伏或直流 220 伏、5 安以下的控制电路中, 将机械信号转变为电气信号, 作控制机械动作或程序控制之用。技术数据见表 6-85。

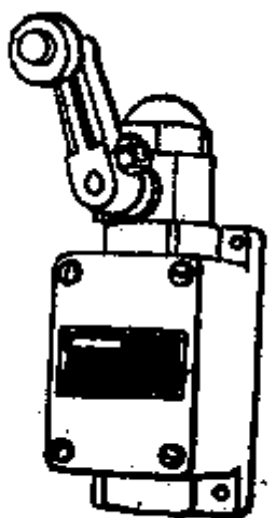
12. LXU 系列端面式晶体管无触头行程开关 端面式晶体管开关或称接近开关。它用于直流 12 伏的电路中, 当金属体接近开关感应头时, 即可发出信号(约 12 伏 80 毫安), 以控制继电器或逻辑元件。可作为检测金属体运动、计数、定位、变换运动方向或速度等之用。技术数据见表 6-86。

表 6-84 LW5-15 系列万能转换开关技术数据

额定电压	额定电流	开关用途	电源类别	可控线路 额定功率 (伏安或瓦)	接			通			分			寿命 次数	允许正常 操作频率			
					电压 (伏)	电流 (安)	功率 因数	时间 常数 (秒)	电压 (伏)	电流 (安)	功率 因数	电压 (伏)	电流 (安)			功率 因数		
380 伏	15 安	主令电路	交流	1000	380	42	0.15	0.03	380	2.6	0.15	20	120 次/小时					
						75			4.5									
						220			0.9	220				0.3				
									1.8	110				0.6				
									4	48				1.3				
						8			24	2.7								
			直流	60	四 断 头	220	2	0.05	0.2	220	0.4							
							4				110	0.8						
							9.4				48	1.9						
							18.7				24	3.7						
							三相 交流				—	控制 6.5 千瓦 电动机	1.0×380	6×12	0.6	0.17× 380	12	0.6



LX19-001



LX19-121



LX19-212

图 6-15 行程开关

表 6-85 LX19 系列行程开关技术数据

型 号	规 格		结 构	触头对数		工 作 行 程	超行程	触头 转换 时间 (秒)
	电压 (伏)	电流 (安)		常开	常闭			
LX19K	380	5	元件	1	1	3毫米	1毫米	≤0.04
LX19-111	380	5	单轮, 滚轮装在传动杆内侧, 能自动复位	1	1	~30°	~20°	≤0.04
LX19-121	380	5	单轮, 滚轮装在传动杆外侧, 能自动复位	1	1	~30°	~20°	≤0.04
LX19-131	380	5	单轮, 滚轮装在传动杆凹槽 内, 能自动复位	1	1	~30°	~20°	≤0.04
LX19-212	380	5	双轮, 滚轮装在 U 形传动杆 内侧, 不能自动复位	1	1	~30°	~15°	≤0.04
LX19-222	380	5	双轮, 滚轮装在 U 形传动杆 外侧, 不能自动复位	1	1	~30°	~15°	≤0.04
LX19-232	380	5	双轮, 滚轮装在 U 形传动杆 内外侧各 1, 不能自动复位	1	1	~30°	~15°	≤0.04
LX19-001	380	5	无滚轮, 仅经向传动杆, 能自 动复位	1	1	<4毫米	3毫米	≤0.04

表 6-86 LXU 端面式晶体管无触头行程开关技术数据

型 号	感应头所在 位置	电源 电压	输出电压		输出 电流 (毫安)	接近 距离 (毫米)	接近 速度 (米/分)	工作 频率 (次/分)	重复 之后 精度 (毫米)
			有信号	无信号					
LXU1-15	单头侧面	直流 12 伏	约12伏	<0.08 伏	80	≤5	1500	2500	0.05
LXU2-15	单头端面								
LXU2-15A	单头侧面								
LXU3-25	二头相距 42 毫米, 侧面								

注: 本开关应配带 JWY1 直流稳压电源使用。

13. WS5 系列防爆微动开关 用于工矿企业中交流 220 伏电路中, 作阀门或其他电气自动控制中发生信号和控制运动机构限位之用。技术数据见表 6-87。

表 6-87 WS5 系列防爆微动开关技术数据

额定 电压 (伏)	额定 电流 (安)	触头数量		杠杆工作行程 (毫米)	外 壳 结 构
		常开	常闭		
220	0.5	1	1	1.5±0.5	铸铁或铝合金制成的防爆 安全型

## 九、电 阻 器

ZX1、ZX2 系列电阻器 适用于 50 赫交流 500 伏及直流 440 伏以下的电路中, 主要作为电动机的起动、制动及调速之用。技术数据见表 6-88、6-89。

电阻器为敞开式, 故应安装在室内, 并加以遮拦, 以防工作人员不慎触及电阻器的带电部分。

表 6-88 ZX1 系列电阻器技术数据

型 号	+20°C 时 的 电 阻 值 (欧)						电阻元件 数量	额定电流 (冷态值) (安)
	总 的	每 级 的						
		1	2	3	4	5		
ZX1-1/5	0.10	0.03	0.02	0.02	0.03		20	215
ZX1-1/7	0.14	0.042	0.028	0.028	0.042		20	181
ZX1-1/10	0.20	0.06	0.04	0.04	0.06		20	152
ZX1-1/14	0.28	0.084	0.056	0.056	0.084		20	128
ZX1-1/20	0.40	0.12	0.08	0.08	0.12		20	107
ZX1-1/28	0.56	0.168	0.112	0.112	0.168		20	91
ZX1-1/40	0.80	0.24	0.16	0.16	0.24		20	76
ZX1-1/55	1.10	0.33	0.22	0.22	0.33		20	64
ZX1-1/80	1.60	0.48	0.32	0.32	0.48		20	54
ZX1-1/110	2.20	0.66	0.44	0.44	0.66		20	46
ZX1-2/38	1.52	0.456	0.304	0.304	0.228	0.228	40	55
ZX1-2/54	2.16	0.648	0.432	0.432	0.324	0.324	40	46
ZX1-2/75	3.0	0.9	0.6	0.6	0.45	0.45	40	39
ZX1-2/105	4.2	1.26	0.84	0.84	0.63	0.63	40	33
ZX1-2/140	5.6	1.68	1.12	1.12	0.84	0.84	40	29
ZX1-2/200	8.0	2.4	1.6	1.6	1.2	1.2	40	24

注: 当温度每增高 100°C 时, 电阻值约增加 10%。

表 6-89 ZX2 系列电阻器技术数据

型 号	+20°C时的电阻值 (欧)		额定电流 (安)	电阻元件 匝 数	电阻线 直径和 尺 寸 (毫米)	电阻元件 数 量
	总 的	每片电 阻元件				
ZX2-1/0.2	2.0	0.2	42	15	10×1.0	10
ZX2-1/0.25	2.5	0.25	37	15	10×0.8	10
ZX2-1/0.33	3.3	0.33	32	15	10×0.6	10
ZX2-1/0.4	4.0	0.4	29	15	10×0.5	10
ZX2-1/0.5	5.0	0.5	26	15	10×0.4	10
ZX2-1/0.66	6.6	0.66	23	15	10×0.3	10
ZX2-2/0.7	7	0.7	22.3	2×36	2.0	10
ZX2-2/0.9	9	0.9	19.9	2×36	1.8	10
ZX2-2/1.1	11	1.1	17.7	2×36	1.6	10
ZX2-2/1.45	14.5	1.45	15.4	2×36	1.4	10
ZX2-2/1.95	19.5	1.95	13.8	2×36	1.2	10
ZX2-2/2.8	28	2.8	11.2	74	2.0	10
ZX2-2/3.5	35	3.5	10.1	74	1.8	10
ZX2-2/4.4	44	4.4	8.9	74	1.6	10
ZX2-2/5.8	58	5.8	7.7	74	1.4	10
ZX2-2/8	80	8	6.6	74	1.2	10
ZX2-2/12	120	12	5.4	112	1.2	10
ZX2-2/18	180	18	4.4	112	1.0	10
ZX2-2/21.6	216	21.6	4.0	112	0.9	10
ZX2-2/27.6	276	27.6	3.5	112	0.8	10
ZX2-2/37	370	37	3.1	150	0.8	10
ZX2-2/48	480	48	2.7	150	0.7	10
ZX2-2/68	680	68	2.3	150	0.6	10
ZX2-2/96	960	96	1.9	150	0.5	10
ZX2-2/140	1400	140	1.6	150	0.4	10
ZX2-2/188	1880	188	1.4	150	0.35	10
ZX2-2/260	2600	260	1.2	150	0.3	10



## 十、变 阻 器

1. BP1系列频敏变阻器 作为容量自2.2千瓦至2240千瓦50赫三相交流绕线式电动机的起动、反接之用。外形见图6-16。生产机械起动特性分类见表6-90。

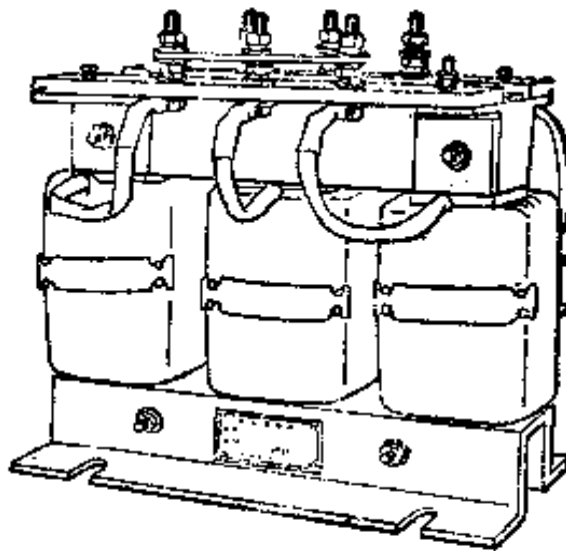


图6-16 BP1系列频敏变阻器

偶尔起动用频敏变阻器技术性能:

(1) 轻载起动用频敏变阻器适用于起动负载为轻载  $\mu_0 \leq 0.5$  的传动设备; 重轻载起动用频敏变阻器适用于起动负载为重轻载  $\mu_0 \leq 0.8$  的传动设备; 重载起动用频敏变阻器系列适用于起动负载为重载  $\mu_0 \leq 0.9$  的传动设备。

(2) 变阻器配于电动机, 经适当调整抽头后符合下列规定:

对于轻载系列, 起动转矩倍数  $\mu_q = 0.7$ , 转子起动电流倍数  $i_{2q} = 1.25 \sim 1.6$ ; 对于重轻载系列,  $\mu_q = 1.0$ ,  $i_{2q} = 1.6 \sim 2.0$ ; 对于重载系列,  $\mu_q = 1.2$ ,  $i_{2q} = 2.0 \sim 2.5$ 。

(3) 总起动时间不得超过; 对于轻载系列 80 秒; 对于重轻载系列 120 秒; 对于重载系列 120 秒。

重复短时工作制频敏变阻器技术性能:

(1) 变阻器未调整前配于电动机后符合下列规定:

- a. 起动矩在 1.0~1.1 倍额定转矩范围内;
- b. 起动电流在 1.6~2.0 倍额定电流范围内。

表 6-90 生产机械起动负载特性分类情况

起动负载类型	特征	说明	传动设备举例
轻 载	$M_0$ 小 $GD^2$ 小	传动设备在起动过程中不带负载或带有轻微负载, 其阻力转矩 $M_0$ 较小, 在 $(0.1 \sim 0.5) M_0$ 范围内, 且没有飞轮, 折算至电动机轴上的转动惯量 $GD^2$ 较小, 一般起动时间 $t_q$ 较短, $t_q \leq 20$ 秒	空压机、水泵等
重 轻 载	$M_0$ 开始较大后变小 $GD^2$ 大	传动设备在起动过程中其阻力转矩随转速的上升而下降, 在刚起动时阻力转矩较大达 $(0.5 \sim 0.8) M_0$ 。往往带有飞轮, 折算至电动机轴上的转动惯量 $GD^2$ 较大, 起动时间 $t_q$ 较长, 一般要超过 20 秒	带飞轮轧钢主机 机等
	$M_0$ 小 $GD^2$ 大	传动设备在起动过程中不带负载或带有轻微负载, 阻力转矩 $M_0$ 较小, 在 $(0.1 \sim 0.5) M_0$ 范围内, 一般机体笨重, 且高速运转 (比电动机), 折算至电动机轴上的转动惯量 $GD^2$ 较大, 起动时间 $t_q$ 较长, 往往要超过 20 秒	锯床、真空泵等
重 载	$M_0$ 大 $GD^2$ 不太大	传动设备带负载起动, 负载转矩 $M_0$ 达 $(0.6 \sim 0.9) M_0$ 。一般低速运转 (比电动机), 折算至电动机轴上的转动惯量 $GD^2$ 不太大, 起动时间介于轻载和重载起动之间	运输皮带、某些 球磨机
	$M_0$ 开始时小后变大 $GD^2$ 不太大	在起动过程中其阻转矩随转速的上升而迅速上升, 当起动完毕时, 阻力转矩 $M_0$ 达 $(0.6 \sim 0.8) M_0$ 。一般不带飞轮, 折算至电动机轴上的转动惯量 $GD^2$ 不太大, 起动时间介于轻载和重载之间	轴流泵、鼓风机 (起动时进气阀门 大开)

注: 表中所举例子不是绝对的, 可根据具体情况确定。

变阻器经适当调整后(增加铁芯气隙或减少线圈匝数)可使电动机获得:

- a. 起动转矩在 1.2~1.3 倍额定转矩范围内;
- b. 起动电流在 2~2.5 倍额定电流范围内。

(2)  $t_{02}$  值是表征电动机操作频繁程度的。对于十分有规则操作的电动机,  $t_{02}$  表示每小时起动次数  $n$  (起动一次算一次, 动力制动一次算一次, 反接制动一次算三次) 与每次起动时间  $t_0$  的乘积值。实际上, 有规则操作的电动机并不多, 大量的是无规则操作, 因此,  $t_{02}$  值仅仅是一个折化值。它很难计算, 只能凭统计和经验得出。

重复短时工作制的生产机械按起动次数及操作频繁程度大致可分成四类, 见表 6-91。偶尔起动用 BP1 系列情况见表 6-92。

2. BT2 系列三相变阻器 作电压不超过 380 伏之三相绕线式异步电动机起动及速度调整之用。技术数据见表 6-93。

表 6-91 生产机械按起动次数和操作频繁程度分类情况

分 类	第一类	第二类	第三类	第四类
频繁程度	不频繁	较频繁	很频繁	最频繁
每小时折算 $t_{02}$	400 秒	630 秒	1000 秒	1600 秒
每小时实际 起动次数	250 次以下	250~400 次	400~630 次	630 次以上
特点与举例	电动机有时起动完毕再稳定工作一段时间, 有时刚起动就断电, 每小时起动次数不太多。属这类的生产机械有推钢机、拉钢机等	电动机有时起动完毕再稳定工作一段时间, 有时则刚起动就断电, 但每小时起动次数较多。属这类的生产机械有: 出炉辊道、延伸辊道、轧机前后工作辊道、机械车间桥吊大小车等	电动机很频繁地起动, 电动机全部工作过程差不多就是起动过程。属这类生产机械有轧机前后升降台、升降台辊道、冶金车间桥吊大小车等	电动机处在“点车”状态, 刚起动就断电, 断电后就起动, 起动次数极多, 但每次起动时间极短, 属这类生产机械有打钢车、拔钢机、翻钢桩等

表 6-92 偶尔起动用 BP1 系列频敏变阻器情况

电动机		轻载起动用		重载起动用		重载起动用	
容量 (千瓦)	额定电流 (安)	型号	组数及 接法	型号	组数及 接法	型号	组数及 接法
22~28	51~63			BP1-205/10005	1组	BP1-205/8006	1组
	64~80			BP1-205/8006	1组	BP1-205/6308	1组
	81~100			BP1-205/6308	1组	BP1-205/5010	1组
	101~125			BP1-205/5010	1组	BP1-205/4012	1组
29~35	51~63			BP1-206/10005	1组	BP1-206/8006	1组
	64~80			BP1-206/8006	1组	BP1-206/6308	1组
	81~100			BP1-206/6308	1组	BP1-206/5010	1组
	101~125			BP1-206/5010	1组	BP1-206/4012	1组
36~45	51~63	BP1-204/16003	1组	BP1-208/10065	1组	BP1-208/8006	1组
	64~80	BP1-204/12504	1组	BP1-208/8006	1组	BP1-208/6308	1组
	81~100	BP1-204/10005	1组	BP1-208/6308	1组	BP1-208/5010	1组
	101~125	BP1-204/8006	1组	BP1-208/5010	1组	BP1-208/4012	1组
46~55	64~80	BP1-205/12504	1组	BP1-210/8006	1组	BP1-210/6308	1组
	81~100	BP1-205/10005	1组	BP1-210/6308	1组	BP1-210/5010	1组
	101~125	BP1-205/8006	1组	BP1-210/5010	1组	BP1-210/4012	1组
	126~160	BP1-205/6308	1组	BP1-210/4012	1组	BP1-210/3216	1组
56~70	126~160	BP1-206/6308	1组	BP1-212/4012	1组	BP1-212/3216	1组
	161~200	BP1-206/5010	1组	BP1-212/3216	1组	BP1-212/2520	1组
	201~250	BP1-206/4012	1组	BP1-212/2520	1组	BP1-212/2025	1组
	251~315	BP1-206/3216	1组	BP1-212/2025	1组	BP1-212/1632	1组

(续表)

9-76

第 6 册 齿 轮

电动机		轻载起动用		重载起动用		重载起动用	
容量 (千瓦)	额定电流 (安)	型 号	组数及 接法	型 号	组数及 接法	型 号	组数及 接法
71~90	161~200	BP1-208/5010	1组	BP1-305/5016	1组	BP1-305/4020	1组
	201~250	BP1-208/4012	1组	BP1-305/4020	1组	BP1-305/3225	1组
	251~315	BP1-208/3216	1组	BP1-305/3225	1组	BP1-305/2532	1组
	316~400	BP1-208/2520	1组	BP1-305/2532	1组	BP1-305/2040	1组
91~115	161~200	BP1-310/5010	1组	BP1-306/5016	1组	BP1-306/4020	1组
	201~250	BP1-310/4012	1组	BP1-306/4020	1组	BP1-306/3225	1组
	251~315	BP1-310/3216	1组	BP1-306/3225	1组	BP1-306/2532	1组
	316~400	BP1-310/2520	1组	BP1-306/2532	1组	BP1-306/2040	1组
120~140	201~250	BP1-212/4012	1组	BP1-308/4020	1组	BP1-308/3225	1组
	251~315	BP1-212/3216	1组	BP1-308/3225	1组	BP1-308/2532	1组
	316~400	BP1-212/2520	1组	BP1-308/2532	1组	BP1-308/2040	1组
	401~500	BP1-212/2025	1组	BP1-308/2040	1组	BP1-308/1650	1组
145~180	201~250	BP1-305/6312	1组	BP1-310/4020	1组	BP1-310/3225	1组
	251~315	BP1-305/5016	1组	BP1-310/3225	1组	BP1-310/2532	1组
	316~400	BP1-305/4020	1组	BP1-310/2532	1组	BP1-310/2040	1组
	401~500	BP1-305/3225	1组	BP1-310/2040	1组	BP1-310/1650	1组
185~225	201~250	BP1-306/5312	1组	BP1-312/4020	1组	BP1-312/3225	1组
	251~315	BP1-306/5016	1组	BP1-312/3225	1组	BP1-312/2532	1组
	316~400	BP1-306/4020	1组	BP1-312/2532	1组	BP1-312/2040	1组
	401~500	BP1-306/3225	1组	BP1-312/2040	1组	BP1-312/1650	1组

(续表)

电动机		轻载起动用		重载起动用		重载起动用	
容量 (千瓦)	额定电流 (安)	型号	组数及 接法	型号	组数及 接法	型号	组数及 接法
230~280	201~250	BP1-308/6312	1组	BP1-316/4020	1组	BP1-316/3225	1组
	251~315	BP1-308/5016	1组	BP1-316/3225	1组	BP1-316/2532	1组
	316~400	BP1-308/4020	1组	BP1-316/2532	1组	BP1-316/2040	1组
	401~500	BP1-308/3225	1组	BP1-316/2040	1组	BP1-316/1650	1组
285~355	251~315	BP1-310/5016	1组	BP1-310/6312	2并	BP1-310/5016	2并
	316~400	BP1-310/4020	1组	BP1-310/5016	2并	BP1-310/4020	2并
	401~500	BP1-310/3225	1组	BP1-310/4020	2并	BP1-310/3225	2并
	501~630	BP1-310/2532	1组	BP1-310/3225	2并	BP1-310/2532	2并
360~450	251~315	BP1-312/5016	1组	BP1-312/6312	2并	BP1-312/5016	2并
	316~400	BP1-312/4020	1组	BP1-312/5016	2并	BP1-312/4020	2并
	401~500	BP1-312/3225	1组	BP1-312/4020	2并	BP1-312/3225	2并
	501~630	BP1-312/2532	1组	BP1-312/3225	2并	BP1-312/2532	2并
460~560	316~400	BP1-316/4020	1组	BP1-316/5016	2并	BP1-316/4020	2并
	401~500	BP1-316/3225	1组	BP1-316/4020	2并	BP1-316/3225	2并
	501~630	BP1-316/2532	1组	BP1-316/3225	2并	BP1-316/2532	2并
	631~800	BP1-316/2040	1组	BP1-316/2532	2并	BP1-316/2040	2并
570~710	316~400	BP1-310/4020	2串	BP1-310/5016	2串	BP1-310/4020	2串
	401~500	BP1-310/3225	2串	BP1-310/4020	2串	BP1-310/3225	2串
	501~630	BP1-310/5016	2并	BP1-310/3225	2串	BP1-310/2532	2串
	631~800	BP1-310/4020	2并	BP1-310/2532	2串	BP1-310/2040	2串

(续表)

电 动 机		轻 载 起 动 用		重 轻 载 起 动 用		重 载 起 动 用	
容 量 (千瓦)	额 定 电 流 (安)	型 号	组 数 及 接 法	型 号	组 数 及 接 法	型 号	组 数 及 接 法
720~900	401~500	BP1-312/3225	2串	BP1-316/6312	3并	BP1-316/5016	3并
	501~630	BP1-312/2532	2串	BP1-316/5016	3并	BP1-316/4020	3并
	631~800	BP1-312/4020	2并	BP1-316/4020	3并	BP1-316/3225	3并
	801~1000	BP1-312/3225	2并	BP1-316/3225	3并	BP1-316/2532	3并
910~1120	401~500	BP1-316/3225	2串	BP1-316/4020	2串	BP1-316/3225	2串
	501~630	BP1-316/2532	2串	BP1-316/3225	2串	BP1-316/2532	2串
	631~800	BP1-316/4020	2并	BP1-316/5016	4并	BP1-316/4020	4并
	801~1000	BP1-316/3225	2并	BP1-316/4020	4并	BP1-316/3225	4并
1130~1400	631~800	BP1-310/4020	2串	BP1-316/6312	5并	BP1-316/5016	5并
	801~1000	BP1-310/3225	2串	BP1-316/5012	5并	BP1-316/4020	5并
	1000~1250	BP1-310/2532	2串	BP1-316/4020	5并	BP1-316/3225	5并
	1251~1600	BP1-310/2040	2串	BP1-316/3225	5并	BP1-316/2532	5并
1410~1800	801~1000	BP1-316/5016	3并	BP1-316/3225	2串	BP1-316/2532	2串
	1001~1250	BP1-316/4020	3并	BP1-316/2532	2串	BP1-316/2040	2串
	1251~1600	BP1-316/3225	3并	BP1-316/2040	2串	BP1-316/3225	6并
	1601~2000	BP1-316/2532	3并	BP1-316/1650	2串	BP1-316/2532	6并
1810~2240	801~1000	BP1-316/3225	2串	BP1-316/4020	2串	BP1-316/3225	2串
	1001~1250	BP1-316/2532	2串	BP1-316/3225	2串	BP1-316/2532	2串
	1251~1600	BP1-316/4020	4并	BP1-316/2532	2串	BP1-316/4020	8并
	1601~2000	BP1-316/3225	4并	BP1-316/2040	2串	BP1-316/3225	8并

表 6-93 BT2 系列变阻器技术规格

号	每相		电 气 规 格														
	总电阻 (欧)	总电流 (安)	第一大段			第二大段			第三大段			第四大段			第五大段		
			电阻 (欧)	电流 (安)	分档	电阻 (欧)	电流 (安)	分档	电阻 (欧)	电流 (安)	分档	电阻 (欧)	电流 (安)	分档	电阻 (欧)	电流 (安)	分档
2-001	0/4.53	13/25	0.21	25	1	0.26	25	1	0.3	25	1	0.36	25	1	0.43	25	1
2-002	1.3	40	1.3	40	10	0.32	20	1	0.38	20	1	0.44	16	1	0.51	16	1
2-003	3/2.99	12.5/19.3	0.62	20	1	0.32	20	1	0.4	13	1	0.5	13	1	0.6	13	1
2-004	0/5.8	8/13	0.28	16	1	0.32	13	1	0.4	13	1	0.5	13	1	0.6	13	1
2-005	27	4	27	4	10												
2-006	16	10	16	10		10											
2-007	0/8.36	0/9.5	0.36	10	1	0.5	10	1	0.6	10	1	0.75	10	1	0.85	10	1
2-008	0/5.55	0/18	0.18	20	1	0.21	20	1	0.26	20	1	0.35	20	1	0.41	20	1
2-009	0/10.5	9/20	0.45	20	1	0.3	20	2	1.5	16	1	2.4	16	2	1.2	10	1
2-010	0/4.53	0/20	0.27	30	1	0.26	28	1	0.3	20	1	0.36	20	1	0.45	20	1
2-011	0/30	0/15	0.55	15	1	0.74	15	1	0.99	15	1	1.33	15	1	1.78	15	1
2-012	4	30	4	36	10												
2-015	5	20	5	20	10												
2-014	0/10.7	4.2/9.5	0.725	9.5	1	0.82	9.5	1	0.889	9.5	1	0.95	9.5	1	1.02	9.5	1



(续表)

型号	电 气 规 格														
	第六大段			第七大段			第八大段			第九大段			第十大段		
	电压 (欧)	电流 (安)	分级	电阻 (欧)	电流 (安)	分级	电阻 (欧)	电流 (安)	分级	电阻 (欧)	电流 (安)	分级	电阻 (欧)	电流 (安)	分级
BT2-001	0.5	25	1	0.6	20	1	0.8	16	1	1	13	1			
BT2-002															
BT2-003	0.72	13	1												
BT2-004	0.7	13	1	0.8	13	1	1	10	1	1.2	10	1			
BT2-005															
BT2-006															
BT2-007		10	1	1.2	10	1	1.4	7	1	1.7	6	1			
BT2-008	0.54	20	1	0.63	20	1	0.77	15	1	1	13	1	1.2	10	1
BT2-009	2	10	2												
BT2-010	0.55	20	1	0.61	16	1	0.8	13	1	1	13	1			
BT2-011	2.4	15	1	3.2	15	1	4.3	15	1	10	15	1	5	15	1
BT2-012															
BT2-013															
BT2-014	1.09	9.5	1	1.17	9.5	1	1.26	7	1	1.35	5.5	1	4.2	1.45	1

## 十一、电 磁 铁

1. MQ1 系列牵引电磁铁 用于机床及自动化系统中远距离控制和操作各种机构。例如作机械制动装置或在液压和气压操作系统中用来控制阀门。技术数据见表 6-94。

电磁铁系交流单相螺管式，分拉动式和推动式两种。两种型式电磁铁都没有使衔铁在电磁铁吸引线圈断电后复位的装置。

表 6-94 MQ1 系列牵引电磁铁技术数据

型 号	使用方式	吸引线圈电压 (伏)	额定吸力 (牛)	额定行程 (毫米)	通电率 (%)	操作次数 (次/小时)
MQ1-5101	拉动	127、220、380	15	20	100	600
MQ1-5102	拉动	127、220、380	30	20	10	400
MQ1-5111	拉动	127、220、380	30	25	100	600
MQ1-5112	拉动	127、220、380	50	25	10	400
MQ1-5121	拉动	127、220、380	50	25	100	200
MQ1-5122	拉动	127、220、380	80	25	10	400
MQ1-5131	拉动	127、220、380	80	25	100	200
MQ1-5132	拉动	127、220、380	150	25	10	400
MQ1-5141	拉动	127、220、380	150	50	100	200
MQ1-5151	拉动	127、220、380	250	30	100	200
MQ1-6101	推动	127、220、380	15	20	100	600
MQ1-6102	推动	127、220、380	30	20	10	400
MQ1-6111	推动	127、220、380	30	25	100	600
MQ1-6112	推动	127、220、380	50	25	10	400
MQ1-6121	推动	127、220、380	50	25	100	200
MQ1-6122	推动	127、220、380	80	25	10	400
MQ1-6131	推动	127、220、380	80	25	100	200
MQ1-6132	推动	127、220、380	150	25	10	400

2. MZD1系列制动电磁铁 MZD1系列交流单相转动式制动电磁铁, 配用于JWZ系列或TJ2系列闸瓦式制动器上, 作操作装置之用。技术数据见表6-95。

表6-95 MZD1系列制动电磁铁技术数据

型 号	电磁铁转矩 (牛·米)		衔铁重力 转 矩 (牛·米)	回 转 角 度 (度)	额定回 转角度 下制动 杆位移 (毫米)	每 小 时 关 合 次 数	
	通电持续率					反 复 短 时	长 期
	40%	100%					
MZD1-100	5.5	3	0.5	7.5	3	不超过 300 次 (通电持续率 不超过 40%)	不超过 20 次
MZD1-200	40	20	3.6	5.5	3.8		
MZD1-300	100	40	9.2	5.5	4.4		

注: 1. 表中所列举的电磁铁的转矩是指回转变角不超过表中所示之数值, 电压不低于额定电压 85% 时的转矩数值。

2. 电磁铁的转矩并不包括由衔铁重量所产生的转矩在内。

3. MZS1系列制动电磁铁 是三相交流长行程保护式电磁铁, 用于闸瓦式的制动器上。

电磁铁的工作制为反复短时工作制, 其通电持续率为 40%, 其他技术数据见表 6-96。

表6-96 MZS1系列制动电磁铁的技术数据

型 号	额定电压 (伏)	举 重 (牛)	行 程 (毫米)	90% 额定电 压的吸引力 (牛)	衔铁重量 (千克)
MZS1-6	220、380	60	20	80	2
MZS1-7		70	40	100	2.8
MZS1-15		150	50	200	4.5
MZS1A-25H		250	50	370	4.5
MZS1A-45H		450	50	700	11.2
MZS1A-80H		800	60	1150	24.6

注: 1. 电磁铁在星形或三角形接线时, 其数据相同。

2. 在 90% 额定电压时的吸力是包括衔铁重量。

3. 若电磁铁每小时关合次数超过 150 次时, 则其额定行程将减少。

4. MZZ1A 系列制动电磁铁 用于操动闸瓦式制动器。电磁铁制成短行程开启式。全系列均制成 220 伏的并激线圈,如用于 440 伏时则需另加附加电阻。技术数据见表 6-97

表 6-97 MZZ1A 系列制动电磁铁的技术数据

型 号	行 程 (毫米)	吸 力 (牛)		额 定 电 流 (安)	
		85% 额定电压时		通电持续率 =25%	通电持续率 =40%
		通电持续率 =25%	通电持续率 =40%		
MZZ1A-100	2	250	200	0.7	0.45
MZZ1A-200	3	1000	800	1.3	0.8
MZZ1A-300	4	2150	1800	2.3	1.4

注: 线圈额定电压为 220 伏,当用于 440 伏时则与线圈串联附加电阻,其型号如下:

用于 440 伏之电磁铁型号及规格	配 用 之 电 阻 器	
	型 号	电阻值(欧)
MZZ1A-100, 通电持续率 40%	ZV1-4	900
MZZ1A-100, 通电持续率 25%	ZV1-4	525
MZZ1A-200, 通电持续率 40%	ZV1-4	400
MZZ1A-200, 通电持续率 25%	ZV1-4	240
MZZ1A-300, 通电持续率 40%	ZV1-8	225
MZZ1A-300, 通电持续率 25%	ZV1-8	140

5. MZZ2 系列制动电磁铁 是直流并激长行程,用于操作负载动作的闸瓦式制动器,它装在空气流通的设备中。技术数据见表 6-98。

MZZ2-S 系列直流并激制动电磁铁是并联在电动机的主电路内,用于负载变动频繁的机构中。

MZZ2-H 系列并激制动电磁铁是并联在电动机的主电路内,用于负载变动频繁的机构中。

表 6-98 MZZ2 系列制动电磁铁技术数据

型 号	行 程 (毫米)	吸 力 (牛)				衔铁重量 (千克)	线圈需要功率 (瓦)		重 量 (千克)
		90% 额定电压时		80% 额定电压时			通电持续 率=25%	通电持续 率=40%	
		通电持续 率=25%	通电持续 率=40%	通电持续 率=25%	通电持续 率=40%				
MZZ2-30S	30	65	45	50	30	180	130	12	
MZZ2-40S	40	115	80	95	65	280	200	23	
MZZ2-60S	60	190	140	160	120	350	250	32	
MZZ2-80S	80	370	300	320	250	550	400	55	
MZZ2-100S	100	520	400	450	330	75	520	100	
MZZ2-120S	120	1000	720	860	570	1150	800	175	
MZZ2-30H	30	65	45			200	140	9	
MZZ2-40H	40	115	80			350	220	15	
MZZ2-60H	60	190	140			560	330	27	
MZZ2-80H	80	370	300			760	500	45	
MZZ2-100H	100	520	400			1100	700	99	
MZZ2-120H	120	1000	720			1600	950	150	

注: 1. 吸力是指衔铁的重量。

2. 线圈需要的功率是指电磁铁冷态线圈需要的最大功率, 同时和放电电阻并联 (MZZ2-30S、MZZ2-30H 和 MZZ2-40H 无放电电阻)。

6. TJ2、TZ2 系列制动器 是一种使机构停止运动的机械制动装置，是用电磁铁来操纵的闸瓦式制动器。其制动转矩由弹簧来调节。

制动器按其所配电磁铁电源的类别不同分为：TJ2 交流制动器和 TZ2 直流制动器。技术数据见表 6-99、6-100。

表 6-99 TJ2 系列交流制动电磁铁技术数据

型 号	配用交流电 磁铁型号 (不包括在本 制动器内)	制动转矩(牛·米)		电磁铁转矩(牛·米)	
		通电持续率 =25%和40%	通电持续率 =100%	通电持续率 =25%和40%	通电持续率 =100%
TJ2-100	MZD1-100	30	10	5.5	3
TJ2-200/100	MZD1-100	40	20	5.5	3
TJ2-200	MZD1-200	160	80	40	20
TJ2-300/200	MZD1-200	240	120	40	20
TJ2-300	MZD1-300	500	200	100	40

表 6-100 TZ2 系列直流制动电磁铁技术数据

型 号	配用直流电 磁铁型号 (不包括在本 制动器内)	制动转矩(牛·米)		电磁铁吸力(牛)	
		通电持续率 =25%	通电持续率 =40%	通电持续率 =25%	通电持续率 =40%
TZ2-100	MZZ1-100	20	17	250	200
TZ2-200/100	MZZ1-100	40	32	250	200
TZ2-200	MZZ1-200	160	130	1000	800
TZ2-300/200	MZZ1-200	240	200	1000	800
TZ2-300	MZZ1-300	500	440	2150	1800

7. YDWZ 系列液压电磁制动器 主要用作各种起重运输或其他机械制动装置。它由瓦块式制动架、液压电磁铁、硅整流器三个部分组成。电磁线圈按电流设计，当用于交流电源时，同时供应硅整流器。技术数据见表 6-101、102。

表 6-101 YDWZ 系列液压电磁制动器技术数据

型 号	制动转矩(牛·米) 通电持续率=40%	配用产品名称及型号		
		制 动 架	电 磁 铁	整 流 器
YDWZ-100/15J YDWZ-100/15Z	40	ZDJ1-100	MY1-15J MY1-15Z	ZL1-2
YDWZ-150/15J YDWZ-150/15Z	100	ZDJ1-150	MY1-15J MY1-15Z	ZL1-2
YDWZ-200/25J YDWZ-200/25Z	200	ZDJ1-200	MY1-25J MY1-25Z	ZL1-2
YDWZ-300/25J YDWZ-300/25Z	400	ZDJ1-300	MY1-25J MY1-25Z	ZL1-2
YDWZ-300/50J YDWZ-300/50Z	630	ZDJ1-300	MY1-50J MY1-50Z	ZL1-2
YDWZ-400/50J YDWZ-400/50Z	1000	ZDJ1-400	MY1-50J MY1-50Z	ZL1-6
YDWZ-400/100J YDWZ-400/100Z	1600	ZDJ1-400	MY1-100J MY1-100Z	ZL1-6
YDWZ-500/100J YDWZ-500/100Z	2500	ZDJ1-500	MY1-100J MY1-100Z	ZL1-6
YDWZ-600/100J YDWZ-600/100Z	3200	ZDJ1-600	MY1-100J MY1-100Z	ZL1-6
YDWZ-600/200J YDWZ-600/200Z	5000	ZDJ1-600	MY1-200J MY1-200Z	ZL1-6
YDWZ-700/200J YDWZ-700/200Z	8000	ZDJ1-700	MY1-200J MY1-200Z	ZL1-6
YDWZ-800/200J YDWZ-800/200Z	12500	ZDJ1-800	MY1-200J MY1-200Z	ZL1-6

表 6-102 YDWZ 系列配用的电磁铁技术数据

型 号	额定推力 (牛)	额定行程 (毫米)	补偿行程 (毫米)	额定操作频率(次/小时)			工作电压 (伏)	吸合 电流 (安)	工作 电流 (安)
				25%~40%	60%	100%			
MY1-15J MY1-15Z	150	12	35				直流 110、 220、440		
MY1-25J MY1-25Z	250	20	50						
MY1-50J MY1-50Z	500	22	90	960	720	6			
MY1-100J MY1-100Z	1000	25	110				交流 220、 380	2.51	0.79
MY1-200J MY1-200Z	2000	30	120					40	1.30

8. YT1系列电力液压推动器 用于操作瓦式制动器,作为起重机、卷扬机、辗压机以及其他一切类似机构驱动装置的机械制动之用。此外,尚可利用其操作唧筒棘轮、阀门等以及各种型式的杠杆装置作出各种不同的运动如往复运动、摇摆运动、圆周运动等。技术数据见表6-103。

表6-103 YT1系列电力液压推动器技术数据

型 号		电 压 (伏)	额定 推力 (牛)	额定 行程 (毫米)	驱动电动 机功率 (瓦)	每小时 最大操 作次数
具有负荷弹簧	不具有负荷弹簧					
YT1-25/4	BO62Z 电动机	交 流 220、380	25	40	60	720
YT1-45/6	ASF82A 电动机		45	60	120	
YT1-90/8	ASF102A 电动机		90	80	250	
YT1-180/12	B112Z 电动机		180	120	400	
	YT1-25Z/2		25	25	60	
	YT1-25Z/4		25	40	60	
	YT1-45Z/4		45	40	120	
	YT1-45Z/5		45	50	120	
	YT1-45Z/6		45	60	120	
	YT1-90Z/6		90	60	250	
	YT1-90Z/8		90	80	250	
	YT1-180Z/8		180	80	400	
	YT1-180Z/10		180	100	400	
	YT1-180Z/12		180	120	400	

## 十二、其他低压电器

1. XD系列信号灯 XD2信号灯一般用在电压220伏以下交、直流低压配电屏上作灯光信号之用。技术数据见表6-104

XD5信号灯一般用在电压380伏以下的交、直流电路中作各种灯光信号之用。

XD6信号灯一般用在电压380伏以下的交、直流电气设备中,作各种灯光的指挥信号、预告信号、事故信号及其他指示信号之用。

XD9、XD10信号灯一般用在电压220伏以下的电路中,作各种电气设备中的指挥信号、预告信号、事故信号及其他指示信号之用。



表 6-104 · XD 系列信号灯技术数据

型 号	白 炽 灯				管形珐琅电阻	
	额定电压 (伏)	功 率 (瓦)	玻壳型号	灯座型号	阻 值 (欧)	功 率 (瓦)
XD0 XD1-6.3	6.3	1		E10/13		
XD2-220	220	15	A25	E14/25-2		
XD2-110	110	8	A25	E14/25-2		
XD2-48	48	8	A25	E14/25-2		
XD2-24	24	8	A25	E14/25-2		
XD5 XD6-380	24	1.5	T10/15	E10/13	6000	30
XD5 XD6-220	12	1.2	T10/15	E10/13	2200	30
XD5 XD6-110	12	1.2	T10/15	E10/13	1000	30
XD5 XD6-48	12	1.2	T10/15	E10/13	400	25
XD5 XD6-24	12	1.2	T10/15	E10/13	150	25
XD9 XD10-220	220	15	A25	E14/25-2		
XD9 XD10-110	110	8	A25	E14/25-2		
XD9 XD10-48	48	8	A25	E14/25-2		
XD9 XD10-24	24	8	A25	E14/25-2		
XD11 XD12-6.3	6.3	1	T10/15	E10/13		
XD11 XD12-12	12	1.2	T10/15	E10/13		

注: XD0、XD1、XD2、XD9、XD10 的玻璃灯罩和 XD5、XD6、XD11、XD12 的塑料灯罩有红、黄、蓝、绿、乳白、无色六种颜色,作为区别信号之用。还有 XD3、XD4 采用塑料外壳,内装 E12 灯泡,后面装有降压变压器。

XD11、XD13 信号灯一般用在电压 6.3~12 伏的电路中, 作指示信号之用。

2. 接线板及端子板 供额定电压 500 伏以下的控制板上用以连接电力电路或控制电路中线端连接之用。技术数据见表 6-105。

表 6-105 接线板和端子板技术数据

名 称	型 号	额定电压 (伏)	额定电流 (安)	每节 厚度 (毫米)	安装尺寸 (毫米)	最大 节数
接 线 板	JX2-10	500	10	15	$35.5 + a \times 15$	25
接 线 板	JX2-25	500	25	20	$36.5 + a \times 20$	20
接 线 板	JX2-60	500	60	25	$37.5 + a \times 25$	15
接 线 板	JX2-1001	500	10			
接 线 板	JX2-5001	500	60			
接 线 板	JX3-2005	380	20			
接 线 板	JX3-0505	380	5			
接 线 板	JX3-1005	380	10			
接 线 板	JX5-1005	380	10			
普通型接线端子	B1-1	250、380	20			
试验型接线端子	B1-2	250、380	20			
隔离型接线端子	B1-3	250、380	20			
连接型接线端子	B1-4	250、380	20			
标记型接线端子	B1-5	250、380	20			
标准型接线端子	B1-6	250	20			
特殊型接线端子	B1-7	250	20			
两用型接线端子	B1-8	250	20			
标准型端子板	JD1-1	380	25	6		
试验型端子板	JD1-2	380	25	6		
连接型端子板	JD1-3	380	25	6		
连接型端子板	JD1-4	380	25	6		
挡 板	DB-1	380	25	6		
接 线 板	X5-1005	500	5			5
接 线 板	X5-1011	500	10			
接 线 板	X6-1010	36	10			
机床接线板	X6-1005	300	10			

3. 插销 用作连接交流电气设备及电源。技术数据见表 6-106。

表 6-106 插销技术数据

型 号	额定电压 (伏)	额定电流 (安)	插头数量 (副)	极数	型 号	额定电压 (伏)	额定电流 (安)	插头数量 (副)	极数
C1-3/4	500	6	3	3	C4-6/4	380	6	4	3
C1-6/3	500	15	3	3	C5-15/4	380	15	4	3
C1-6/5	500	10	5	4	C6-10/3	280	10	3	2
C1-6/4	380	6	4	3	C7-3/3	380	3	3	3
C2-15/12	380	15	12		C8-3/3	380	3	3	3
C3-10/3	380	10	3	2	C2-15/7	380	15	7	

4. CZJX-Y 系列印刷电路板插座 插座的接点间距为 4 毫米, 与相应的厚度为 1.5 毫米的敷箔印刷板相配合, 可供电子设备中连接线路之用。技术数据见表 6-107、6-108。

表 6-107 CZJX-Y 系列印刷电路板插座的结构数据

名 称	排列形式	固定定位位置	尺 寸 (毫 米)				宽度
			安装孔距	最长尺寸	凸肩开孔尺寸	槽板槽长	
七线印刷电路板插座	单排	无定位	45	55	39	32	9.5
十四线印刷电路板插座	双排						
十一线印刷电路板插座	单排	第 7 与 8 位之间	62	72	55	48	
二十二线印刷电路板插座	双排						
十五线印刷电路板插座	单排	第 7 与 8 位之间	82	92	73	68	
三十线印刷电路板插座	双排						
十八线印刷电路板插座	单排	第 7 与 8 位之间	92	102	86	80	
三十六线印刷电路板插座	双排						
二十二线印刷电路板插座	单排	第 7 与 8 位之间	110	120	101	96	
四十四线印刷电路板插座	双排						

表 6-108 CZJX-Y 系列印刷电路板插座技术数据

工作电压 (伏)	额定电流 (安)	接触电阻 (欧)	绝缘电阻 (兆欧)	试验电压 (伏)	拔出分离力 (牛)	寿命 (次)
300	3	不大于 0.01	1000	1000	不大于 55	500

注: 在相对湿度达 98%, 温度 +40°C 时, 绝缘电阻不小于 100 兆欧。

5. BXF-25 系列步进选线器 用于直流 60 伏以下的电路中, 作为自动化元件广泛应用于自动化控制系统遥控装置和电信设备中。技术数据见表 6-109。

为使选线器能可靠动作, 脉冲电流的延续时间不得小于 0.05 秒。为了不使吸引线圈产生过热, 脉冲电流持续时间不得大于 40 秒, 因此该元件仅适用于反复短时工作制。

表 6-109 BXF-25 系列步进选线器的技术数据

型 号	线圈电压 (直流) (伏)	线圈电阻 (20°C, ±8%) (欧)	自动复位速度 不小于 (步/秒)	静触排数据			触片的直流容量		吸引线圈电压 (直流) (伏)
				总排数	有 25 个单独引出线的触排数	导电片 (25 个位置在电气上都连成一片的) 触排数	在直流电阻负荷和最大电压不超过 60 伏下允许分断电流 (安)	允许持续电流 (安)	
BXF-25/3	24	15	40	3	1	2	0.2	1	24、 48、 60
BXF-25/3	48	60		3	1	2	0.2		
BXF-25/3	60	85		3	1	2	0.2		
BXF-25/4	24	15		4	3	1	0.2		
BXF-25/4	48	60		4	3	1	0.2		
BXF-25/4	60	85		4	3	1	0.2		
BXF-25/6	24	15		6	5	1	0.2		
BXF-25/6	48	60		6	5	1	0.2		
BXF-25/6	60	85		6	5	1	0.2		

### 6-3 电器常见故障及修理

各种电器经长期使用或因使用不当可能产生故障而影响工作，因此必须及时做好修理工作。修理电器时，拆卸必须仔细，要注意各零件的装配次序，千万不可硬拆、硬敲而造成不必要的损失。

#### 一、触头的修理

(1) 触头因受机械损伤使弹簧变形，造成压力不够。在修理时，可用一纸条来测定触头的压力。将一条比触头稍宽的纸条夹在动、静触头间，用手拉纸条，若纸条很容易被拉出，就说明触头压力不够，应更换弹簧。

用纸条测定触头的压力需凭经验，一般小容量的电器，稍微用些劲，纸条就可拉出；较大容量的电器，纸条被拉出后有撕裂现象，一般认为这样的触头压力比较合适，若纸条被拉断，就说明触头压力太大了。

用弹簧秤可以准确地测定触头的压力，其方法如图 6-17 所示，其值应符合下式计算值：

$$F_z = 2.25 \frac{I_n}{100} (\text{牛})$$

$$F_o = 5F_z (\text{牛})$$

式中： $I_n$ ——额定电流(安)； $F_o$ ——触头初压力(牛)； $F_z$ ——触头终压力(牛)。

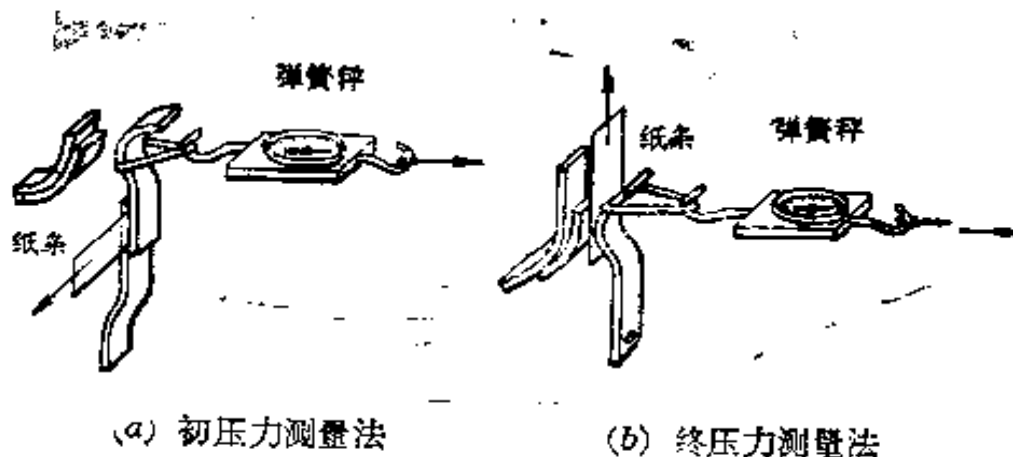


图 6-17 触头压力的测量法

(2) 触头金属表面因日久氧化，或因维护不当而产生积垢，从而造成接触不良。检查时，可先拆开观察一下，若银触头氧化，可以不必处理，因为氧化银

不影响导电率；如果铜触头氧化可用小刀轻轻刮去，或用锉刀细心锉去，但应保持触头原来的形状。触头上的积垢可以用汽油或四氯化碳清洗。

(3) 因弹簧压力不够，触头闭合时发生跳动，或灭弧装置失效而不能熄弧等都会造成触头烧坏。修理时，应先找出触头烧坏的原因，排除故障，然后将触头凹凸不平的部分锉平，但是不能改变原来的几何形状。必要时应更换触头。

(4) 由于用电设备的电流大于电器的额定电流，或弹簧损坏可能造成触头熔焊。修理时应先找出触头熔焊原因，若电器容量太小应更换电器；若弹簧损坏，要更换弹簧。对于触头要看熔焊程度，给以修整或更换。

(5) 由于电弧高温使金属气化，弹簧损坏。电源电压太高或太低等原因可能造成触头磨损。修理时可用图 6-18 所示方法检查触头的超行程  $r$  值，即当静触头移去后动触头压到与支架相碰时移动的距离。若超行程  $r$  比原来减小一半，应更换触头。

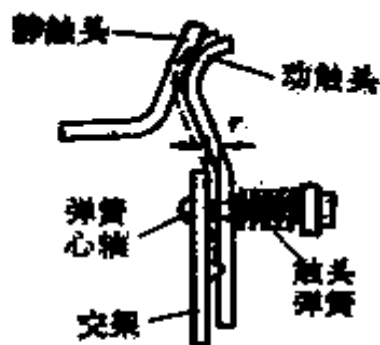


图 6-18 触头系统

## 二、电磁系统的修理

由于动、静铁芯端面接触不良或动铁芯歪斜、短路环损坏、电压太低等都会使衔铁产生很大的噪声，甚至造成线圈过热或烧毁。

修理时应拆下线圈，检查动、静铁芯的接触面是否平整，如果不平，应锉平或磨平。若是动铁芯歪斜或铁芯松动应加以校正。如果发现短路环断裂，应用铜块按照原来的式样大小制好短路环换上；或将粗铜丝敲成方截面，按原短路环尺寸制好，在接口处气焊，修平即可。

如电压太低，要与供电部门协商调整电压；如所用电器线圈额定电压太高，换上电压较低的电器。

必须注意，对于  $\text{E}$  形动、静铁芯的中柱需有  $0.10 \sim 0.20$  毫米的气隙，否则将发生线圈已断电而衔铁却不能分开，造成电路不能切断。

若因铁芯卡死或积垢等造成线圈烧毁就须重绕线圈。重绕时，应按原线圈的线径及匝数重绕。

接触器的线圈可以按下式作近似计算：

$$W = 4.5 \times 10^5 \frac{U}{BS}$$

式中： $W$ ——线圈匝数； $U$ ——工作电压(伏)； $B$ ——铁芯磁通密度，一般取 $0.7 \sim 0.075$ 特； $S$ ——铁芯截面(厘米<sup>2</sup>)。

绕制时，应预先按图 6-19 所示形状做一个木框，线圈绕在框上，绕好后拆掉夹板。线圈按图 6-20 所示外包绝缘，放在  $105 \sim 110^\circ\text{C}$  的烘箱中烘约三小时，冷却至  $60 \sim 70^\circ\text{C}$ ，浸 1010 沥青漆，也可用 1032 聚氰胺醇酸或其他相应的绝缘漆。滴尽余漆后，再在  $110 \sim 120^\circ\text{C}$  的烘箱内烘干，冷却至常温即可使用。

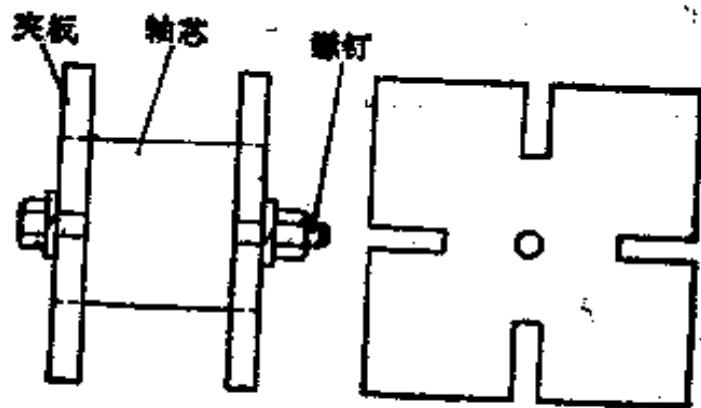


图 6-19 绕制线圈用的木框

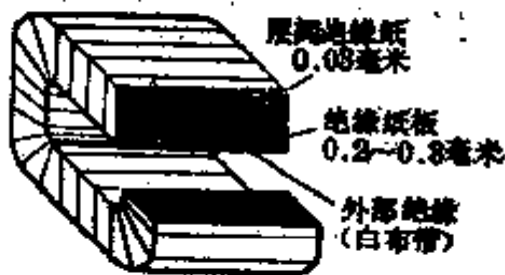


图 6-20 吸引线圈的外形及结构

### 三、灭弧系统的故障及修理

灭弧罩受潮、磁吹线圈匝间短路、灭弧罩炭化、灭弧罩破碎、弧角脱落、灭弧栅片脱落等，都可能引起不能灭弧或灭弧时间延长等故障。在灭弧时，如果出现软弱无力的“噗、噗”声，即是灭弧时间延长，需拆开检查。如系灭弧罩受潮，烘干后即可使用；如果磁吹线圈短路，可用旋凿拨开短路处；如灭弧罩炭化，可以刮除；如果灭弧罩破碎，应另配一个好的；若是弧角脱落，需要重新装上；如果栅片脱落和烧毁，可以用铁片按原尺寸重做。

## 四、起动装置常见故障及修理

表 6-110 起动装置常见故障及修理

故障现象	可能原因	修理方法
起 动 装 置 中 的 电 磁 铁		
一、线圈过热	1. 电磁铁的牵引过紧 2. 在工作位置上电磁铁极面间不紧贴 3. 制动器的工作方式与线圈的特性不符 4. 线圈的额定电压不符合电路的电压	1. 调整弹簧压力或调整重锤位置 2. 调整制动器的机械部分以消除间隙 3. 更换线圈 4. 更换线圈: 如为三相电磁铁, 可改 $\Delta$ 连接为Y连接
二、有高的响声	1. 电磁铁过载 2. 极面有污垢或生锈 3. 极面接触不正 4. 极面磨损、不平 5. 短路铜环断裂(单相电磁铁) 6. 衔铁与机械部分的连接销松脱 7. 某一线圈烧坏(三相电磁铁) 8. 电压太低	1. 调整弹簧压力或调整重锤位置 2. 去除污垢或铁锈 3. 调整机械部分 4. 修正极面 5. 焊接或重作短路环并检查弹簧的压力 6. 上好连接销 7. 更换线圈 8. 提高电压
三、机械磨损或断裂	由于线圈电压与工作电压不符以致闭、断时的冲击力过大 衔铁振动 工作过于繁重 润滑不良	调换配件并研究原因所在, 加以消除



(续表)

故障现象	可能原因	修理方法
磁力起动器、接触器和电磁式继电器		
一、触头过热或灼伤	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 触头弹簧的压力太小</li> <li>2. 触头上有油垢</li> <li>3. 触头的超行程太小</li> <li>4. 触头的断开容量不够</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 调整弹簧的压力</li> <li>2. 清除油垢</li> <li>3. 调整运动系统或更换触头</li> <li>4. 改用较大容量的电器</li> </ol>
二、触头熔焊在一起	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 触头过热</li> <li>2. 触头的断开容量不够</li> <li>3. 触头的开断次数过多</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 更换触头并排除过热原因</li> <li>2. 更换为较大容量的电器</li> <li>3. 更换触头</li> </ol>
三、线圈损坏	空气潮湿或含有腐蚀性气体	换用特种绝缘漆的线圈
四、线圈过热或烧毁	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 弹簧的反作用力过大</li> <li>2. 线圈额定电压与电路电压不符</li> <li>3. 线圈的通电持续率与实际工作情况不符</li> <li>4. 线圈由于机械擦伤或附有导电尘埃而部分短路</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 调整弹簧压力</li> <li>2. 更换线圈</li> <li>3. 更换线圈</li> <li>4. 更换线圈并经常保持清洁</li> </ol>
五、电器有噪声	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 弹簧的反作用力过大</li> <li>2. 极面有污垢</li> <li>3. 极面磨损过度而不平</li> <li>4. 磁系统歪斜</li> <li>5. 短路环断裂(交流)</li> <li>6. 衔铁与机械部分间的连接松动</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 调整弹簧压力</li> <li>2. 清除污垢</li> <li>3. 修正极面</li> <li>4. 调整机械部分</li> <li>5. 重焊或换短路环</li> <li>6. 装好连接销</li> </ol>
六、衔铁吸不上	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 线圈断线或烧毁</li> <li>2. 衔铁或机械可动部分被卡住</li> <li>3. 机械部分转轴生锈或歪斜</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 轻微的可修理,无法修理的应更换线圈</li> <li>2. 消除障碍物</li> <li>3. 去锈,上润滑油或调换配件</li> </ol>
七、接触器的动作迟缓	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 极面间间隙过大</li> <li>2. 电器的底板上部较下部凸出</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 调整机械部分,减小间隙</li> <li>2. 把电器装直</li> </ol>
八、断电时衔铁不落下	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 触头间弹簧压力过小</li> <li>2. 电器的底板下部较上部凸出</li> <li>3. 衔铁或机械部分被卡住</li> <li>4. 非磁性衬垫片被过度磨损或太薄(直流)</li> <li>5. 触头熔焊在一起</li> <li>6. 剩磁</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 调整触头压力</li> <li>2. 装直电器</li> <li>3. 去除障碍物</li> <li>4. 更换或加厚垫片</li> <li>5. 更换触头并研究原因</li> <li>6. 更换铁芯或退磁</li> </ol>

(续表)

故障现象	可能原因	修理方法
手 控 电 器		
一、触头过热或烧毁	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 电路电流过大</li> <li>2. 触头压力不足</li> <li>3. 触头表面不干净</li> <li>4. 触头超行程过大</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 改用较大容量电器</li> <li>2. 调整触头弹簧</li> <li>3. 去除脏物</li> <li>4. 更换电器</li> </ol>
二、开关手把转动失灵	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 定位机构损坏</li> <li>2. 静触头的固定螺钉松脱</li> <li>3. 电器内部落入杂物</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 修理或更换</li> <li>2. 上紧固定螺钉</li> <li>3. 去除障碍物</li> </ol>
自 耦 减 压 起 动 器		
一、电动机本身没有故障, 起动机能合上, 但是不能起动	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 起动电压太低, 转矩不够</li> <li>2. 熔丝熔断</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 测量电路电压, 向供电部门反映, 或将起动机抽头提高一级</li> <li>2. 检查熔丝, 予以更换</li> </ol>
二、电动机起动太快	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 电动机的转矩太大               <ol style="list-style-type: none"> <li>(a) 自耦变压器的抽头电压太高</li> <li>(b) 自耦变压器有一个或几个线圈短路</li> </ol> </li> <li>2. 接线错误</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. (a) 调整抽头 (b) 检查自耦变压器中的短路线圈; 更换线圈或重绕</li> <li>2. 检查电动机和起动机之间的接线, 核对说明书接线图</li> </ol>
三、自耦变压器发出嗡嗡声	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 变压器的铁片未夹紧</li> <li>2. 变压器中有线圈接地</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 夹紧变压器的铁片</li> <li>2. 用兆欧表查出接地的线圈, 拆开重绕或在破损处加补绝缘</li> </ol>
四、起动机油箱里发出一种特殊的吱吱声	触头上跳火花, 即接触不良	检查油面高度是否符合规定, 用锉刀整修或更换紫铜触头
五、油箱发热	油里渗有水分	更换绝缘油

(续表)

故障现象	可能原因	修理方法
六、起动机里发出爆炸声,同时箱里冒烟(注意:这时可能有一根或几根熔丝熔断)	1. 触头有火花 2. 开关的机械部分与导体间的绝缘损坏或接触器接地	1. 整修或更换触头 2. 查出接地点予以消除
七、欠压脱扣机构停止工作	欠压线圈烧毁或者未接牢	检查接线是否良好正确,继电器触头是否熔焊,线圈若已烧毁应予更换
八、电动机没有过载,但起动器的握柄不能在运行位置上停留	1. 欠压继电器吸不上或过载继电器之间的触头接触不良 2. 过载继电器整定值太低,机械机构被轧住或被移动或弹簧里的油太薄	1. 检查欠压继电器电源和接线是否有错,是否有卡住现象;检查过载继电器触头,予以整修 2. 调整继电器,检查撞针使其灵活,或把弹簧里的油加浓一些
九、联锁机构不动作	铁片锈牢或磨损	用锉刀整修或局部更换

## 起 动 变 阻 器

一、过热	1. 变阻器通风不良 2. 变阻器接在绕线电动机转子电路的时间过长或变阻器的电阻长时期未短接	1. 改善通风 2. 检查起动时间是否过长,起动变阻器在电动机正常运转后是否已经切除
二、控制手柄移动时电动机转速不变,或控制手柄移动几档后,电动机转速突然升高	1. 控制器动、静触点接触不良 2. 变阻器的电阻片烧毁或损坏 3. 变阻器或电动机至控制器的连接线松脱 4. 检修后接线错误	1. 调整动、静触头之间距离使之有适当压力 2. 更换电阻片 3. 重新接好 4. 查对接线图,并加以纠正

## 五、常用低压电器的线圈

表 6-111 QCI 系列磁力起动器吸力线圈的数据

型 号	额定电压(伏)	127	220	380	500
QC1-2/6	线径(毫米)	0.25	0.20	0.15	0.13
QC1-2/8	匝数	1600	2700	4700	6100
QC1-3A/6	工作电流(安)	0.185	0.110	0.065	0.050
QC1-4/6	线径(毫米)	0.83	0.64	0.47	0.44
QC1-4/8	匝数	490	850	1470	1955
QC1-4/8	工作电流(安)	0.825	0.475	0.275	0.210
QC1-5A/6	线径(毫米)	1.16	0.86	0.64	0.59
QC1-5A/8	匝数	400	700	1200	1580
QC1-5A/8	工作电流(安)	1.10	0.65	0.365	0.280

注：起动电流约为工作电流的 8~10 倍。

表 6-112 交流接触器线圈数据

型 号	电 压 (伏)	线 径 (毫米)	层×匝	总匝数	电 阻 (欧)	铜 重 (千克)
CJ0-10	127	0.17		2930	179	
	200	0.12		5070	610	
	380	0.09		8750	1813	
CJ0-20	127	0.27		1880	61.8	
	220	0.21		3250	172	
	380	0.15		5600	570	
CJ0-40	127	0.27		1270	41.8	
	220	0.21		2200	123	
	380	0.15		3800	416	

(续表)

型 号	电 压 (伏)	线 径 (毫米)	层×匝	总匝数	电 阻 (欧)	铜 重 (千克)
CJ0-75	交流 110	0.62		605	5.9	
	交流 127	0.55		700	8.5	
	交流 220	0.41		1210	26.5	
	交流 380	0.35		2090	65.5	
	直流 110	0.41		610	13	
	直流 220	0.29		1220	52	
CJ10-10A	380	0.09		8750	1796	
CJ10-20	380	0.16		5660	519.5	
CJ10-40	380	0.18		3600	319.6	
CJ10-80B	380	0.38		1900	48.5	
CJ10-150B	380	0.44		1300	26	
CJ12B-100	380	0.44		1980		
CJ12B-150	380	0.49		1250		
CJ12B-250	380	0.69		950		
CJ12B-400	380	1.00		675	4.58	
CJ12B-600	380	1.12		505	3.43	
CJ1-75A	交流 24	1.4 漆包	18×21	453	0.3	0.356
CJ2-75	交流 36	1.16 漆包	11×22	230	0.675	0.37
CJ4-75	交流 75	0.8 漆包	13×37	484	2.98	0.35
	交流 110	0.64 漆包	15×47	700	6.1	0.31
	交流 127	0.55 漆包	15×55	820	10.1	0.28
	交流 220	0.44 漆包	21×68	1410	27	0.302
	交流 380	0.31 漆包	26×94	2440	94	0.264
	直流 24	1.0 漆包	16×28	430	1.71	
	直流 48	0.74 漆包	22×37	780	5.7	
	直流 110	0.51 漆包	32×50	1560	24	
	直流 220	0.35 漆包	45×67	3000	98	

(续表)

型 号	电 压 (伏)	线 径 (毫米)	层×匝	总匝数	电 阻 (欧)	铜 重 (千克)
CJ1-150A CJ1-150B	交流 110	0.83	15×40	565	3.3	
	交流 127	0.74	17×40	655	4.8	
	交流 220	0.59	21×56	1130	13	
	交流 380	0.44	23×85	1930	39	
	交流 110	0.83	11×39	425	1.95	
	交流 127	0.77	12×42	492	2.7	
	交流 220	0.59	16×54	850	11	
	交流 380	0.44	21×72	1470	28	
	直流 24	1.0	16×28	430	1.71	
	直流 48	0.74	22×37	780	5.7	
	直流 110	0.51	32×50	1560	24	
	直流 220	0.35	45×67	3000	98	
CJ1-300A CJ1-300B	交流 110	1.56	12×27	324	0.7	1.35
	交流 127	1.45	14×28	374	1.02	1.32
	交流 220	1.16	17×39	650	2.4	1.38
	交流 380	0.96	24×47	1120	6.4	1.72
	交流 110	1.95	12×23	255	0.28	1.5
	交流 127	1.68	11×27	294	0.49	1.4
	交流 220	1.4	16×32	510	1.2	1.68
	交流 380	1.0	20×45	860	3.34	1.7
	直流 110	0.59	27×76	2000	26.5	1.2
	直流 220	0.44	38×99	3700	94	1.21
CJ1-600A CJ1-600B	交流 110	3.28	7×17	116	0.0898	3.64
	交流 127	3.28	8×17	133	0.103	3.85
	交流 220	2.44	11×22	232	0.336	3.82
	交流 380	1.81	14×30	400	1.035	3.62
	交流 110	3.28	6×17	100	0.0773	3.14
	交流 127	3.28	7×17	116	0.0898	3.64
	交流 220	2.44	9×22	200	0.287	3.45
	交流 380	1.81	12×30	350	0.906	3.31
	直流 110	1.0	21×57	1200	9.74	3.12
	直流 220	0.74	27×79	2100	31.1	3.0

(续表)

型 号	电 压 (伏)	线 径 (毫米)	层×匝	总匝数	电 阻 (欧)	铜 重 (千克)
CJ2-150	交流 110	1.16	10×39	380	1.275	
	交流 127	1.08	11×41	439	1.693	
	交流 220	0.8	15×51	760	5.6	
	交流 380	0.62	20×68	1313	15.9	
	交流 110	1.16	8×48	340	1.16	
	交流 127	1.08	10×41	392	1.58	
	交流 220	0.8	14×49	680	4.73	
	交流 380	0.62	18×64	1150	18.8	
	直流 24	1.3	12×35	420	1.14	
	直流 48	0.93	16×51	810	4.3	
	直流 110	0.59	26×80	2000	26.5	
	直流 220	0.41	34×110	3700	110	
	CJ2-300	交流 110	1.88	9×24	212	0.368
交流 127		1.35	9×28	244	0.451	1.58
交流 220		1.35	12×36	424	1.42	1.75
交流 380		1.0	16×46	730	4.5	1.75
交流 110		1.88	7×26	480	0.314	1.24
交流 127		1.81	8×26	208	0.385	1.36
交流 220		1.4	11×32	362	1.13	1.52
交流 380		1.0	14×45	624	3.85	1.49
直流 24		1.81	12×27	320	0.636	1.78
直流 36		1.5	13×36	444	1.272	2.2
直流 48		1.3	17×39	650	2.49	1.66
直流 65		1.12	18×48	819	4.389	2.22
直流 85		1.0	19×53	1010	6.773	2.3
直流 110		0.86	24×52	1400	12.3	2.1
直流 220		0.59	34×86	2900	52.7	2.05
CJ3-300	直流 55	0.59		5440	67.6	2.57
	直流 110	0.41		9500	241	2.2
	直流 18	1.04		1760	6.94	2.61
	直流 24	0.96		2400	11.7	3.12
	直流 220	0.29		2100	1080	2.56

表 6-113 继电器线圈数据

型 号	电压(伏)	线径(毫米)	匝 数	电阻(欧)
JT3/1	12	0.8	1480	7.7
	24	0.55	2995	31.2
	48	0.38	6000	131
	110	0.25	13490	682
	220	0.18	23000	2240
	440	0.13	36000	6415
JT3/3 JT3/5	12	0.53	800	8.8
	24	0.38	1750	37.5
	48	0.27	2800	118
	110	0.18	6750	644
	220	0.12	12500	2650
	440	0.09	21000	7979
JT4-P JT4-A	110	0.59	925	8
	127	0.55	1070	11.45
	220	0.41	1850	35.6
	380	0.29	3200	120
JT4-L	5	1.35	120	
	10	1.95	60	
	15	2.1	40	
	20	2.83	30	
	40	3.8	15	
J63	12	0.77	640	4.8
	24	0.55	1360	19.8
	48	0.38	2400	73
	110	0.25	5500	337
	220	0.18	11000	1505
	440	0.12	19000	5680



表 6-114 制动电磁铁线圈数据

型 式	通电持续率 (%)	电压 (伏)	导 线 规 格	匝 数	电 阻 (欧)
MZD1-100	40	220	QZ0.69	660	8.1
		380	QZ0.49	1165	28.1
	100	220	QZ0.59	850	14.2
		380	QZ0.44	1500	45.1
MZD1-200	40	220	SBEC1.68	266	0.85
		380	QQSBC1.25	460	2.61
	100	220	QQSBC1.5	342	1.36
		380	QQSBC1.12	604	4.38
MZD1-300	40	220	SBECB2.83×3.8	147	0.132
		380	SBEC2.26	295	0.688
	100	220	SBEC2.63	219	0.376
		380	SBECB1.81×2.63	336	0.7

表 6-115 MQ1 系列牵引电磁铁线圈数据

型 号	吸力 (牛)	电压 (伏)	导线	线 径 (毫米)	匝数	线 重 (千克)	通电持续率 (%)
MQ1-5101 6101	15	127	漆包	0.41	930	0.208	100
		220		0.31	1610	0.188	
		380		0.23	2800	0.181	
MQ1-5102 6102	30	127	漆包	0.47	780	0.28	10
		380		0.25	2240	0.23	
MQ1-5111 6111	30	127	漆包	0.55	660	0.244	100
		220		0.41	1150	0.232	
		380		0.30	2000	0.232	
MQ1-5112 6112	50	127	漆包	0.60	510	0.25	10
		220		0.41	935		
		380		0.38	1350	0.24	
MQ1-5121 6121	50	127	漆包	0.80	465	0.445	100
		220		0.62	805	0.458	
		380		0.44	1390	0.39	
MQ1-5122 6122	80	127	漆包	0.90	352	0.35	10
		220		0.62	600	0.35	
		380		0.50	1050	0.42	
MQ1-5131 6131	80	127	漆包	0.90	340	0.50	100
		220		0.72	590	0.54	
		380		0.51	1020	0.56	
MQ1-5132 6132	150	127	漆包	1.00	230	0.50	10
		220		0.90	410	0.60	
		380		0.62	700	0.65	
MQ1-5141 6141	150	127	漆包	1.60	236	1.36	100
		220		1.20	430	1.45	
		380		1.00	705	1.31	

表 6-116 522 型电压继电器技术数据

0-100

第 6 册 电 器

电 压 (伏)	电 阻 (欧)	线径(毫米)	匝 数	吸动电压不大于(伏)	工作电流不大于(毫安)
直流 6	16.1	0.31	900	4.2	365
直流 12	54	0.23	1700	8.4	242
直流 24	288	0.15	3940	16.8	88
直流 36	492	0.13	5200	25.2	77
直流 110	2820	0.08	14500	77	31
直流 127	5050	0.07	15100	89	27
直流 220	13650	0.06	28000		
交流 6	2.42	0.51	345	5.1	770
交流 12	8.08	0.38	690	10.2	375
交流 24	33.2	0.27	1385	20.4	205
交流 36	77.2	0.21	2075	30.6	138
交流 110	758	0.12	6325	98.5	44
交流 127	990	0.11	7300	108	38.5
交流 220	2800	0.09	12650	187	22.5
交流 380	10000	0.08	21900	368	11

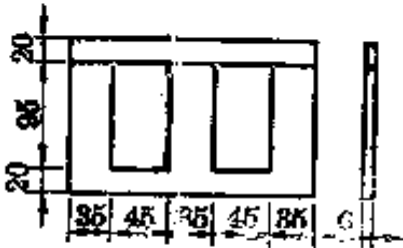
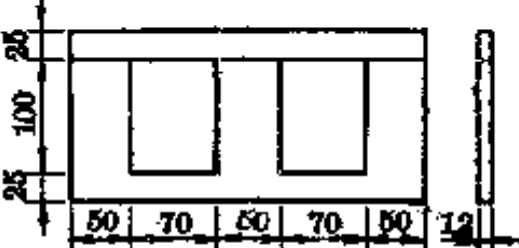
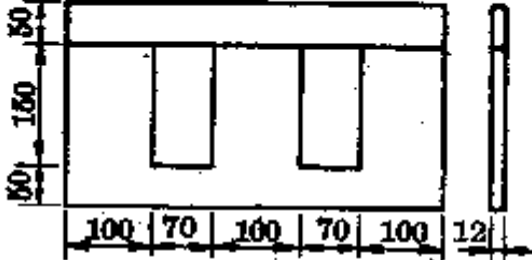
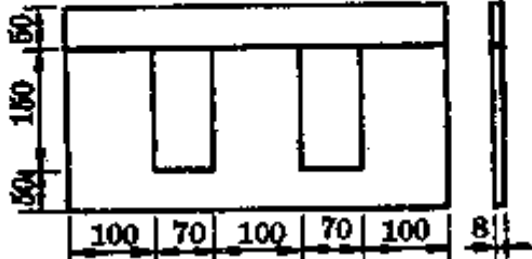
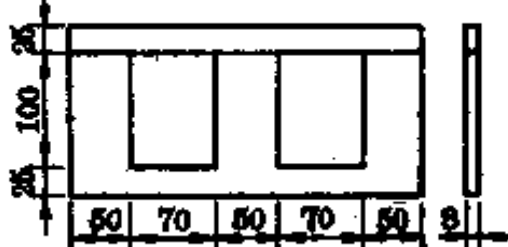
表 6-117 MQ1 系列電磁鐵木芯外形尺寸

型 号	寬 度 (毫 米)			厚 度 (毫 米)			高 度 (毫 米)			外 型 图
	导 轨 $d_1$	线 圈 $d_2$	木 芯 $d$	铁 芯 $b_1$	线 圈 $b_2$	木 芯 $b$	铁 芯 $h_1$	线 圈 $h_2$	木 芯 $h$	
MQ1-5101	21.5	22.5	24.5	23.5	29	32	31	28.5 <sup>+0.5</sup>	26.5	
MQ1-5111	27.8	29 <sup>+0.3</sup>	30	28.5	35	37	38	31	28.5	
MQ1-5121	40	41 <sup>+1</sup>	43	38	39	43	39	36 <sup>+1</sup>	34.5	
MQ1-5131	40	41 <sup>+1</sup>	42.5	46	52	56.5	39	36 <sup>+1</sup>	34.5	
MQ1-5141	41	46	有骨架	50	56	有骨架	95	66	有骨架	
MQ1-5151	41	43	47	86	92	96.5	95	40	48.5	
MQ1-6101	21.5	22.5	24.5	22.5	38	35.5	31	30	26.5	
MQ1-6111	27.8	27	30	25.5	34	39	38	31	20.5	
MQ1-6221	40	41 <sup>+1</sup>	43	33	46 <sup>+1</sup>	50	39	36 <sup>+1</sup>	34.5	
MQ1-6231	40	41 <sup>+1</sup>	42.5	46	59 <sup>+1</sup>	62.5	39	36 <sup>+1</sup>	34.5	

表 6-118 BPI 系列频敏变阻器线圈数据

线圈编号	线 圈 匝 数				导线规格 (毫米)	导线截面 (毫米 <sup>2</sup> )
	抽头 1	抽头 2	抽头 3	抽头 4		
1682	16	14	12	5	2(2.83×5.9)	32.4
1650	16	14	12	5	2(2.83×9.9)	51.6
2025	20	18	16	6	2(2.83×4.4)	24.0
2040	20	18	16	6	2(2.83×7.4)	40.8
2520	25	22	20	8	2.83×7.4	20.4
2532	25	22	20	8	2(2.83×5.9)	32.4
3216	32	28	25	10	2.83×5.9	16.2
3225	32	28	25	10	2(2.83×4.4)	24.0
4012	40	36	32	12	2.83×4.4	12.0
4020	40	36	32	12	2.83×7.4	20.4
5010	50	45	40	16	1.68×6.4	10.6
5016	50	45	40	16	2.83×5.9	16.2
6305	63	56	50	20	φ2.63	5.43
6308	63	56	50	20	1.68×4.7	7.78
6312	63	50	50	20	2.83×4.4	12.0
8004	80	71	63	25	φ2.26	4.01
8006	80	71	63	25	1.68×4.1	6.68
8010	80	71	63	25	1.68×6.4	10.6
10003	100	90	80	32	φ2.02	3.2
10005	100	90	80	32	φ2.63	5.43
10008	100	90	80	32	1.68×4.7	7.78
12504	125	112	100	40	φ2.26	4.01
12504	125	112	100	40	1.68×4.1	6.68
16003	160	140	125	50	φ2.02	3.2
16005	160	140	125	50	φ2.63	5.43

表 6-119 频敏变阻器常用铁芯规格

铁芯号	每片厚度 (毫米)	每片重量 (千克)	窗口面积 (毫米 <sup>2</sup> )	边宽 (毫米)	铁 芯 简 图	片间 距离 (毫米)
0	6	0.1	95×45	35		7
2	12	0.4	100×70	50		3
3	12	1.25	150×70	100		3
4	8	0.84	150×70	100		10
5	8	0.27	100×70	50		10

# 第 7 章

## 常用机械电气控制线路

各种机械的控制线路虽然不同,有的较复杂,但它们都是由一些单元线路所组成,这些单元线路称为“环节”。

“环节”是根据需要将若干电器元件用导线连接起来,以达到动作的要求。机械控制线路是采用框图方式,图中各种电器的各个单独元件可以放在不同的地方,如果是属于同一个电器,就用相同的字母和数字来表示。线路图中所有电器的触点都处于正常位置,即电器没有任何动作的位置。例如,对于接触器或继电器来说,线圈没有电流时触点所处位置;按钮是没有受到压力时的静态位置。

本章先介绍一些常用环节,然后介绍目前用得较多的常用机械控制线路。

### 7-1 电气控制线路中常用环节

#### 一、单向点动控制线路

图 7-1 是单向点动(步进或步退)控制线路原理图。将按钮 SB 按下,使 1 与 3 之间触点 SB 闭合,1、3 两点接通,接触器 KM 线圈即有电流流过,吸引衔铁吸合(以下简称接触器吸合),KM 常开触点闭合,使电动机接通电源,按照规定方向运转;当松开按钮 SB,1、3 两点断开,KM 线圈失压,吸引衔铁释放(以下简称释放),KM 常开触点即断开,使电动机停止运转。这种线路常用于快速行程及地面操作的行车等场合。

#### 二、单向起动控制线路

单向起动控制线路(图 7-2)是最简单、最常用的一种控制电动机单方向运转的线路,与点动线路基本相同,仅在按钮 SB1 上并联了一对 KM 接触器的常开触点和多了一只作停止用的按钮 SB2。当按下起动按钮 SB1,接触器线圈 KM 就有电流流过而吸合,使接触器主回路常开触点(主触点)闭合,电

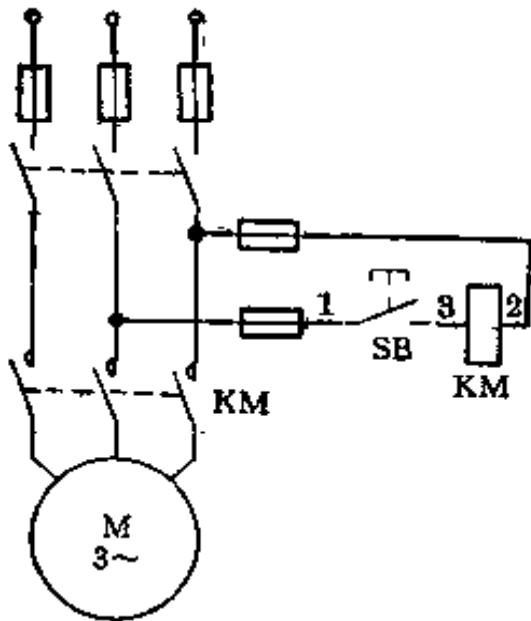


图 7-1 单向点动控制线路

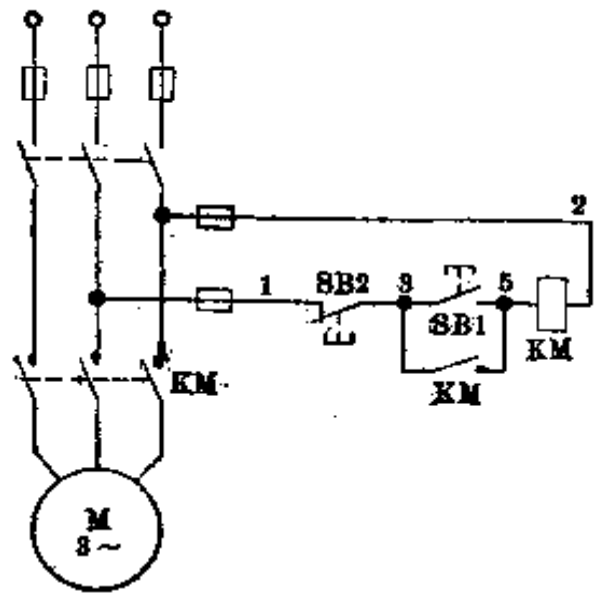


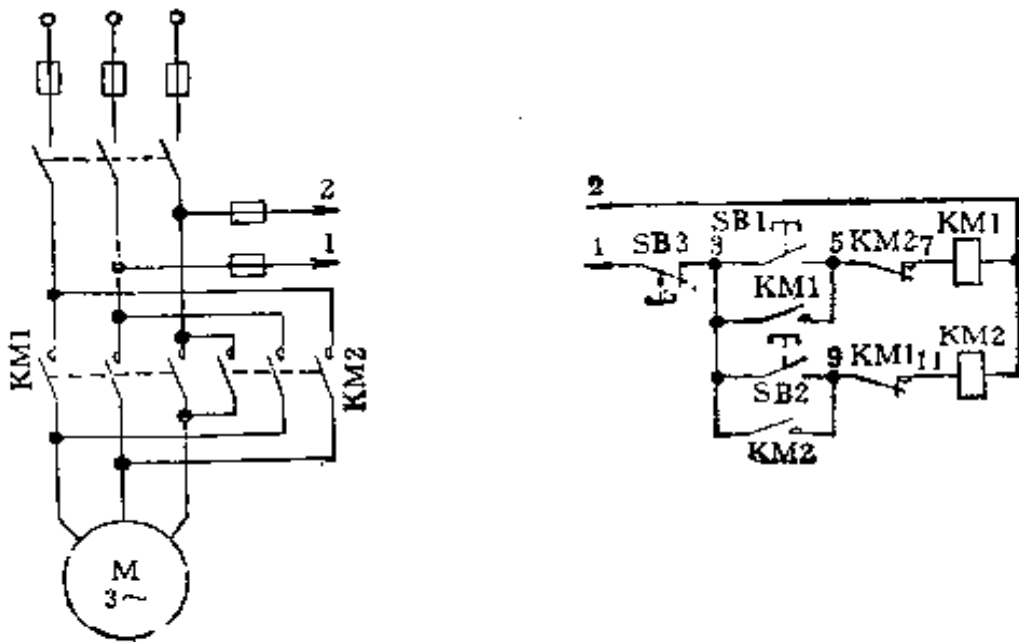
图 7-2 单向起动控制线路

动机运转,同时又使其与 SB1 并联的 3 与 5 之间的常开触点 KM 闭合。当松开 SB1 时, 3、5 两点间由于 KM 的常开触点仍然闭合, 使回路保持通路, 线圈 KM 继续闭合。凡是接触器(或继电器)利用它自己的副触点来保持线圈吸合的, 我们称它为“自锁”, 这个触点叫做自锁触点。如要使电动机 M 停止运转, 只须将按钮 SB2 按下, 使 1、3 之间触点 SB2 断开, 回路即断路, KM 接触器释放, 其常开主触点即打开, 电动机 M 停止运转。同时与 SB1 并联的常开触点 KM 也断开, 所以放松按钮 SB2 到原来位置, 虽则使 1、3 之间两触点 SB2 又接通, 但 KM 却不能动作, 这就为再次起动准备了条件。

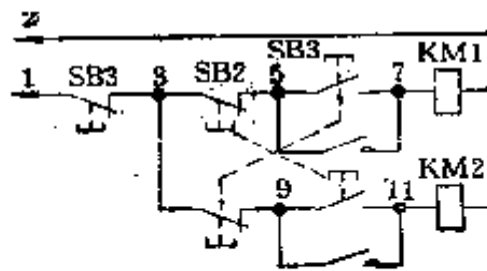
### 三、可逆起动控制线路

图 7-3(a) 是用辅助触点作联锁保护的可逆起动控制线路, KM1 与 KM2 两对常闭触点为联锁触点。当 KM1 动作后, 其常闭触点打开, 将 9 与 11 之间触点 KM1 断开, 保证了这时如果按下 SB2, KM2 不能吸合; 同理如 KM2 动作, KM1 也不会吸合, 所以它能避免主电路相间短路。必须特别注意, 如果控制电路中不采用联锁保护, 那末当 KM1 动作后, 不先按停止按钮 SB3 而按下按钮 SB2, 于是 KM2 也就吸合, 这时主电路中由于 KM1 与 KM2 的常开触点全部闭合, 将造成相间短路事故。图 7-3(b) 是利用按钮作联锁的。当 KM1 起动后, 如再按 SB2, 那么 SB2 必须先将 3 与 5 之间触点 SB2 断开, 使 KM1 释放, 这时 9 与 11 之间触点 SB2 闭合, KM2 吸合, 电动机即





(a) 辅助触点作联锁



(b) 按钮作联锁

图 7-3 可逆起动控制线路

向反方向运转。若将以上两种方法同时采用效果更好,工作更可靠。

#### 四、可逆点动、起动的混合控制线路

图 7-4 是可逆点动、起动的混合控制线路,这个线路是图 7-1 与 7-3 的综合,它具有可逆点动及可逆运转,并具有按钮及触点联锁,操作方便,适用于工作较为复杂的场所。SB4 与 SB5 是正反向点动按钮。

#### 五、以行程开关作自动停止的可逆起动控制线路

图 7-5(a) 是带有半自动的线路,特点是能使设备每次起动后自动停止在规定的地方,达到定点停车的目的。当 KM1 或 KM2 吸合,电动机即作正向或反向运转,带动撞块(挡铁)分别作进或退、升或降、向左或向右的移动。当

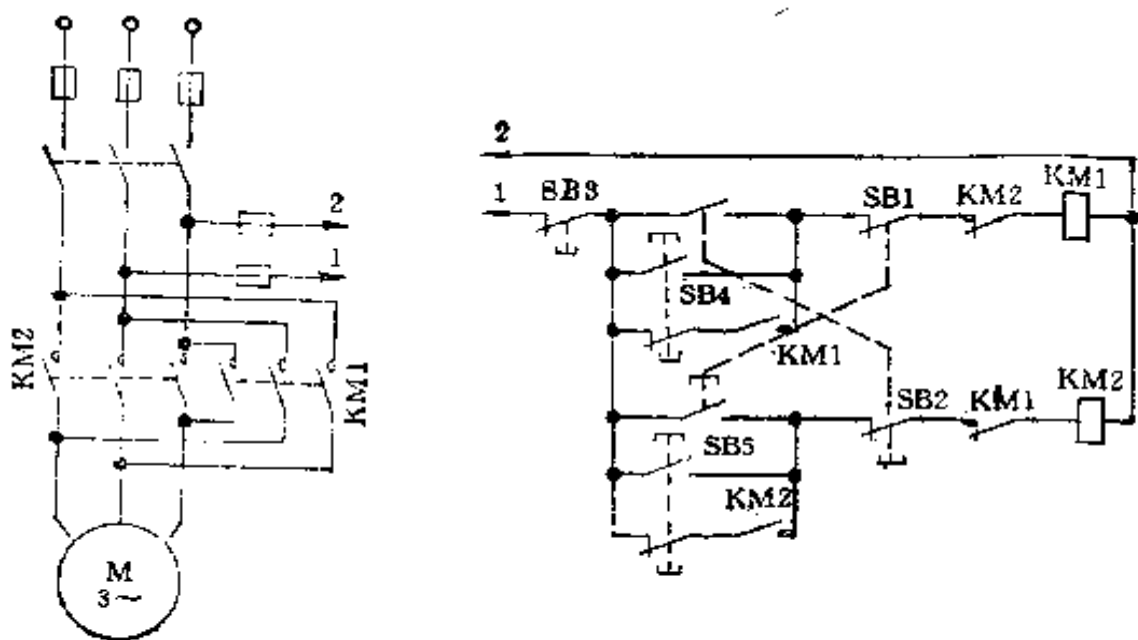


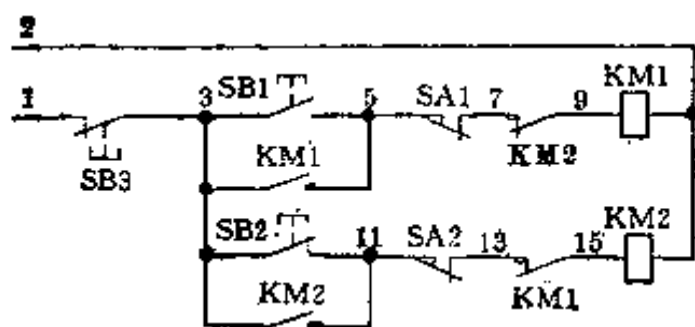
图 7-4 可逆点动、起动的混合控制线路

行至规定点时,撞块拨动限位开关 SA1 或 SA2,使 5 与 7 或 11 与 13 之间常闭触点 SA1 或 SA2 断开,相应地 KM1 或 KM2 释放,电动机即停止运转。

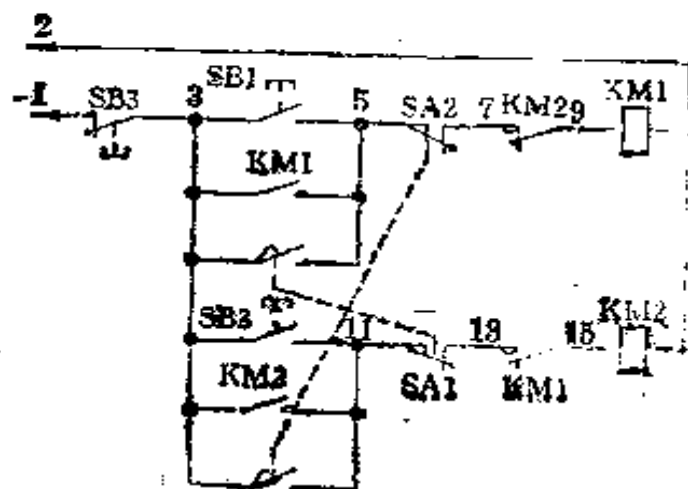
撞块的回程是依靠按反向按钮 SB2 来达到的,这时撞块脱离了行程开关,即 SA1 5 与 7 之间触点又闭合,为下一次工作行程作好准备。如料斗提升,它到达预定位置后,还需要有一段作业时再卸料等等。

## 六、自动往返的控制线路

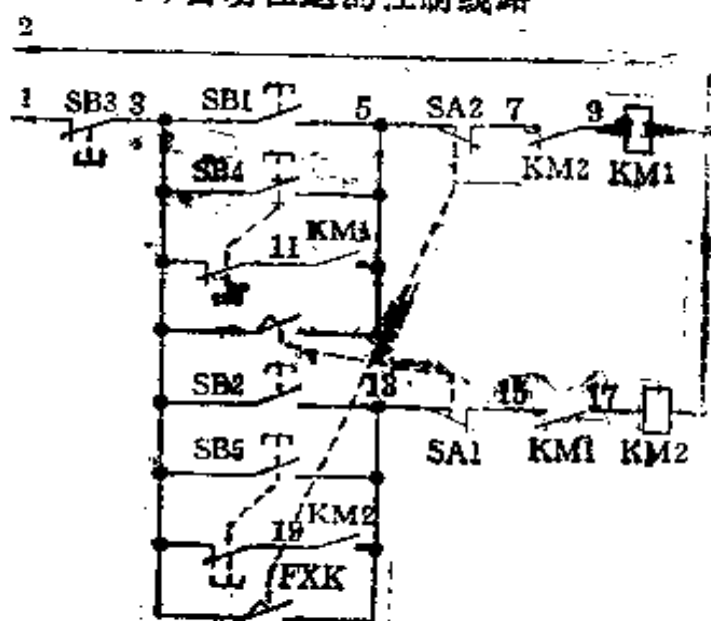
图 7-5(b) 是自动往返的控制线路,是由图(a) 电路变化而来的。它的工作过程如下:假如按下 SB1,接触器线圈 KM1 即吸合,使电动机向规定的方向运转,撞块即按照规定的方向行动。直至到达预定点时, SA2 在撞块带动下断开, KM1 释放,而 3 与 11 之间触点 SA2 被接通,所以当 KM1 释放, KM2 立即吸合,并自锁,使电动机向相反方向运转,这时撞块跟着机械传动部分往相反方向移动使撞块离开限位开关 SA2,于是 5 与 7 之间触点 SA2 闭合接通,为下次 KM1 吸合作好准备。当另一撞块带动 SA1 时, 11 与 13 之间触点 SA1 被断开, 3 与 5 之间触点 SA1 闭合, KM1 吸合,电动机又反向运转。这样,就循环不止地自动往返行动。如果需要使电动机停止运转,只需按下 SB3 即可。这个电路适合于控制小容量电动机,且往返次数不能太频繁,否则电动机要发热。



(a) 以行程开关作自动停止的可逆起动控制线路



(b) 自动往返的控制线路



(c) 带有点动的自动往返控制线路

图 7-5

### 七、带有点动的自动往返控制线路

图 7-5(c) 是图(b)加入了图 7-4 的点动部分, 其工作原理与图 7-5(b) 相同, 点动部分仅供微调用。

### 八、Y- $\Delta$ 起动控制线路

前面所讨论的线路都属于控制小容量电动机直接起动, 对于较大容量的

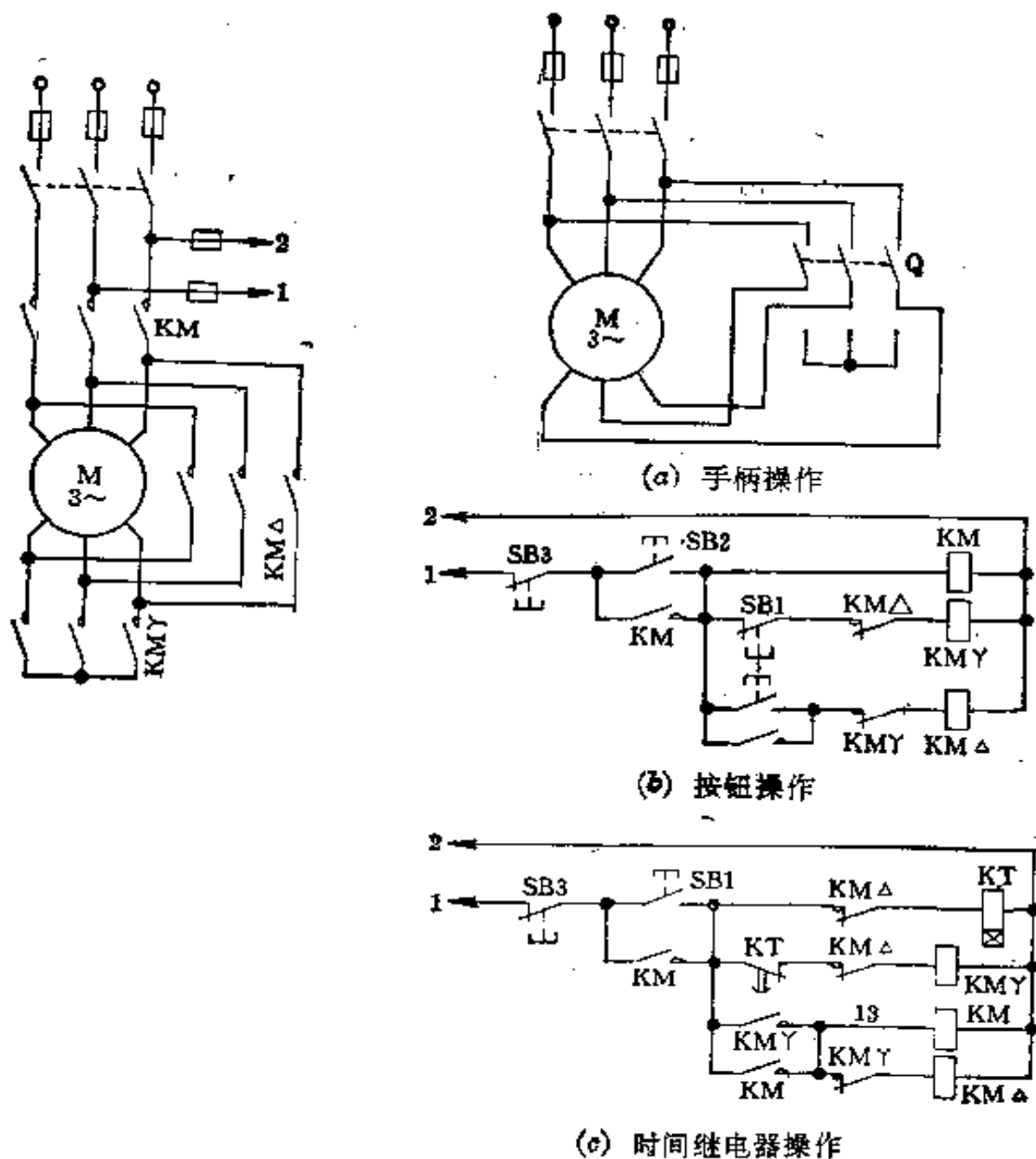


图 7-6 Y- $\Delta$  起动控制线路

电动机,就不可以直接起动。较大容量的电动机起动时需要采用降压起动方法, Y- $\Delta$  起动就是降压起动方法之一。

Y- $\Delta$  起动用于电动机电压为 380/660 伏,其绕组接法相应为  $\Delta$ /Y 的较大容量电动机。起动时绕组为 Y 连接,待转速增加到一定程度时再改为  $\Delta$  连接。这种起动方法可使每相定子绕组所受的电压在起动时降低到电路电压的  $1/\sqrt{3}$  (即 57.7%),其电流为直接起动时的 1/3。由于起动电流的减小,起动转矩也同时减小到直接起动的 1/3,所以这种起动方法只能工作在空载或轻载起动的场合。

Y- $\Delta$  起动有手柄操作的 Y- $\Delta$  起动开关[图 7-6(a)]。此外也可用接触器、继电器等组成的起动装置用按钮操作来达到同一目的[图 7-6(b)、(c)]。

在图 7-6(b)中,当按下 SB1 时, KM 与 KM<sub>Y</sub> 吸合,它们在主电路中的常开触点闭合,电动机接成 Y 起动。待转速增加到一定程度再按下 SB1, KM<sub>Y</sub> 释放, KM $\Delta$  吸合,电动机绕组即由 Y 改接成  $\Delta$ ,使电动机投入正常运转。

图 7-6(c)只是以延时继电器 KT 的触点代替了 SB1 按钮,使绕组由 Y 自动改接成  $\Delta$ ,延时继电器 KT 的动作时间根据需要的起动时间来整定,它与电动机容量及起动时的负载情况有关。

### 九、串联电阻或电抗器起动控制线路

当电动机额定电压为 220/380 伏( $\Delta$ /Y)时,是不能用 Y- $\Delta$  方法作降压起动的。这种电动机可以用串联电阻或电抗器起动。串联电抗器的起动通常应用于高压电动机。

在图 7-7(a)中,当 KM1 动作时,电动机串联电阻 R 接到电源上,因 R 上有电压降,所以加到电动机上的电压应减去 R 上的压降。这时电动机起动电流减小了,待 KM2 动作时,其触点将电阻 R 短路,这样使电源电压直接加到电动机上,于是电动机投入正常运行。图 7-7(b)是以延时继电器 KT 代替按钮 SB1。

用电阻作降压起动的缺点是减小了起动转矩,同时在电阻上功率损耗也较大。如果起动频繁,则电阻的温升很高,对于精密的生产机械如精密机床就有一定的影响。

绕线式电动机转子串联电阻起动,即在转子绕组中串联一级或若干级电阻,以达到减小起动电流的目的。在起动后逐级切除电阻,使电动机正常运

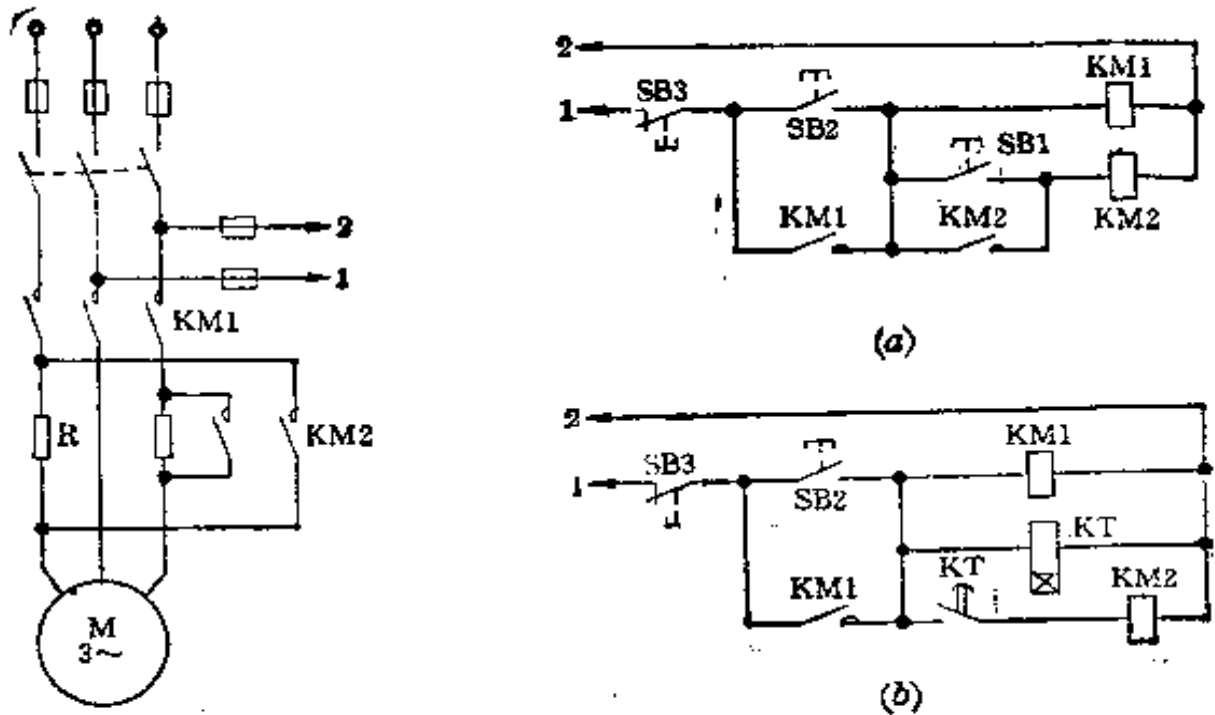


图 7-7 串联电阻的起动控制线路

转,提高了起动转矩,改善了机械特性。具体线路可参看 15/3 吨交流桥式起重机的。

### 十、自耦变压器起动控制线路

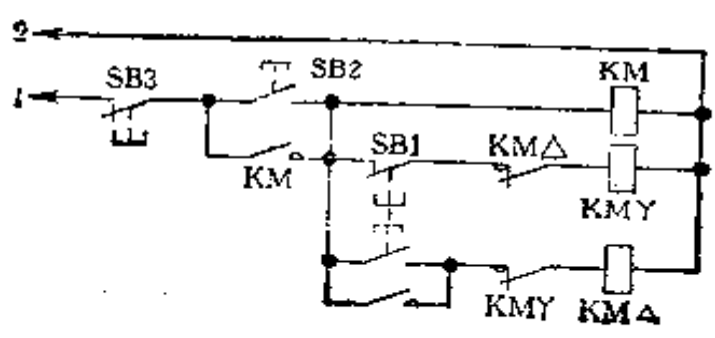
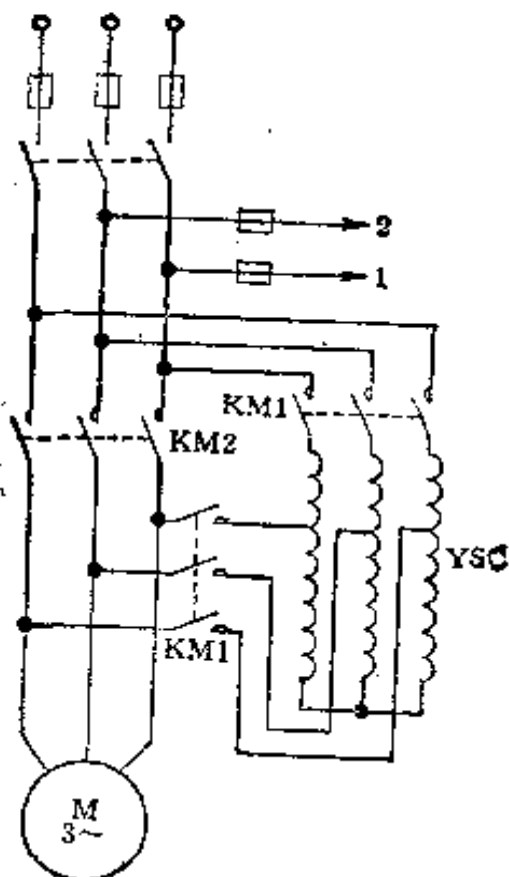
对 220/380 伏( $\Delta/Y$ )较大容量的鼠笼式电动机不能用  $Y-\Delta$  方法起动,如果采用串联电阻起动体积庞大,又不经济,且市场上又没有这样成套的产品供应,在这样的情况下可以采用自耦变压器(补偿起动器)来起动。自耦变压器起动实质上也是一种降压起动方法,其工作原理与串联电阻起动相似。采用这种方法起动时转矩也要减小,并且还具具有体积较大等缺点。

这种起动器一般均用手柄操作,也可用接触器及继电器用按钮作远距离控制,如图 7-8 所示。

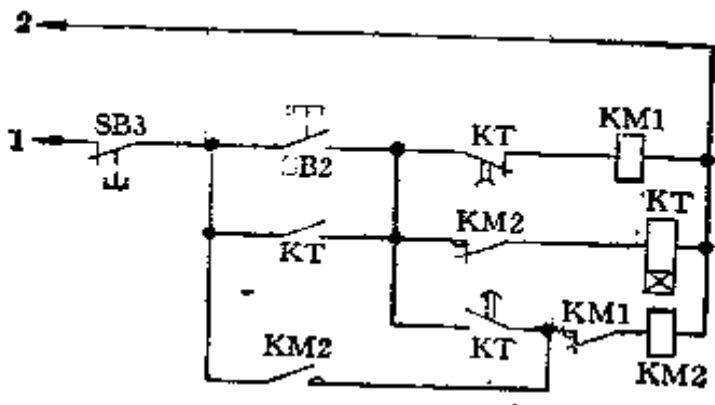
### 十一、延边三角形起动控制线路

延边三角形起动一般可采用 XJ1 系列低压起动控制箱,如果无法得到该控制箱时,也可采用交流接触器自行制造,图 7-9 是它的起动控制线路。

当按下 SB2 时,交流接触器 KM2 动作,使 U1、V1、W1 与电源  $L_m$ 、



(a) 按钮操作



(b) 时间继电器操作

图 7-8 自耦变压器起动控制线路

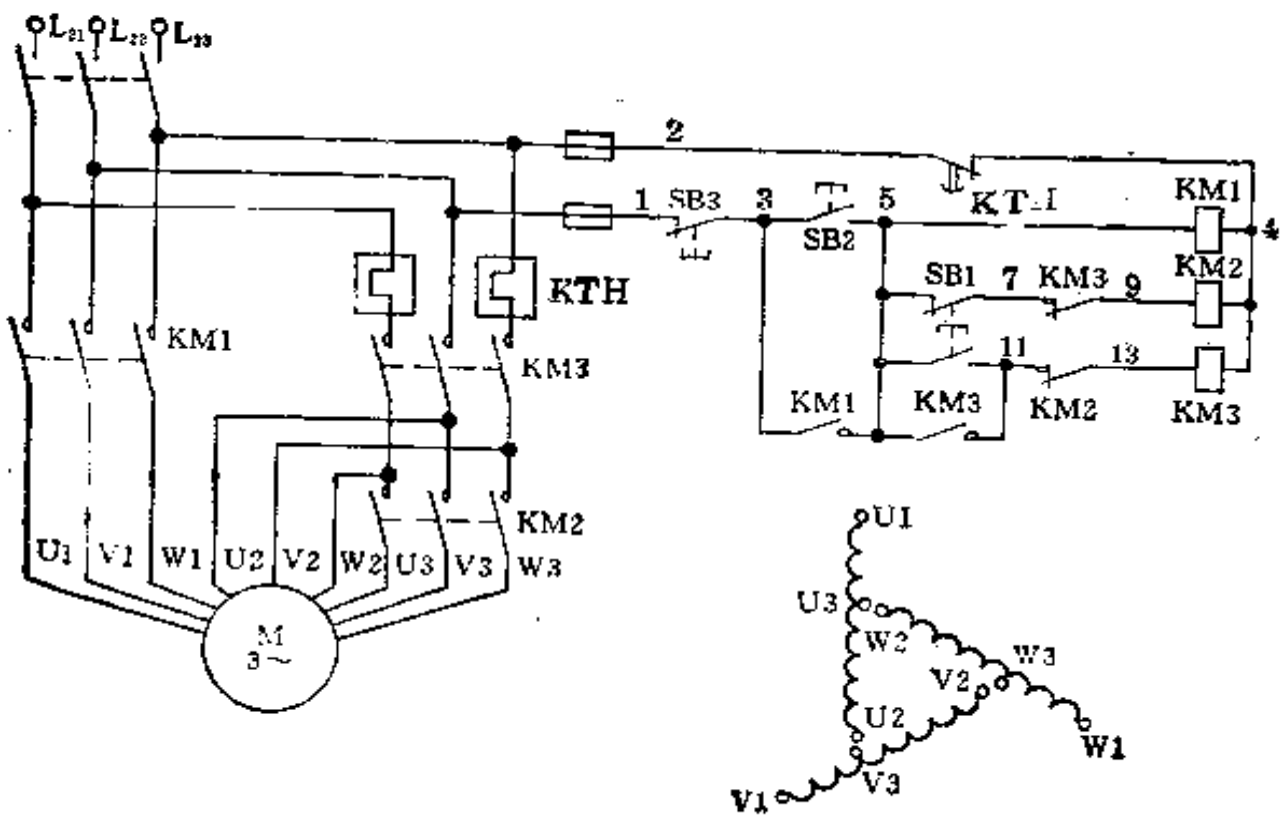


图 7-9 延边三角形  $\Delta$  起动控制线路

$L_{23}$ 、 $L_{28}$  接通,常开触点 KM1 自锁; 3、5 触点接通, KM2 也跟着动作, 于是 U2、V2、W2 分别与 V3、W3、U3 接通, 此时电动机即成延边三角形启动, 待启动完毕需进入正常运转时, 只须按下按钮 SB1, 于是 5 与 7 之间触点 SB1 断开, 5 与 11 之间触点 SB1 接通, KM3 动作, 这时 U2、V2、W2 与 V3、W3、U3 已切断, 而 U2、V2、W2 与电源接通, 形成 U1、U3 与  $L_{21}$  相接; V2、U2 与  $L_{22}$  相接; W1、V2 与  $L_{23}$  相接。电动机呈  $\Delta$  形连接进入正常运转。SB3 为停止按钮。

由于电动机在正常运转时接触器 KM3 的触点只通过相电流, 所以在选择接触器容量时可等于或略小于电动机额定电流。KM2 接触器可选得更小些, 约为电动机额定电流的  $1/3 \sim 1/2$  即可。

延边三角形与自耦变压器启动性能的比较如表 7-1 所示。

表 7-1 延边三角形与自耦变压器启动比较

型 号	启动方法	项 目			
		$I_q$ (安)	$I_q/I_{m2}$ (%)	$M_q$ (牛·米)	$M_q/M_{m2}$ (%)
JO2-52-2 10 千瓦	满压启动	122		62	
	自耦变压器 60%	40.5	33.1	15	24.2
	自耦变压器 80%	75.8	62.1	35	56.5
	$\Delta 1:3$	82	67.3	40	64.5
JO2-62-4 17 千瓦	满压启动	271		255	
	自耦变压器 60%	85	31.4	63	24.7
	自耦变压器 80%	164	60.4	123	48.2
	$\Delta 1:1$	132	48.7	111	43.5
JO1-62-6 13 千瓦	满压启动	178		280	
	自耦变压器 60%	58.7	33	72	25.7
	自耦变压器 80%	113	63.5	165	59
	$\Delta 1:2$	105	59	148.5	53
JO2-62-8 10 千瓦	满压启动	120		270	
	自耦变压器 60%	41.3	34.4	72	26.7
	自耦变压器 80%	75.5	55.8	150	55.6
	$\Delta 3:5$	67	49.1	120	48

注: 1.  $I_q$ ——启动电流;  $I_{m2}$ ——满压启动时启动电流;  $M_q$ ——启动转矩;  
 $M_{m2}$ ——满压启动时启动转矩。

2. 自耦变压器 60% 抽头时启动转矩, 相当于星形接法时的启动转矩, 因此本表略去  $Y-\Delta$  启动性能。



## 十二、频敏变阻器起动

频敏变阻器是一种无触点电磁元件，相当于一个等值阻抗。在电动机起动过程中，由于等值阻抗随转子起动电流中高频成分的减小而下降以达到自动变阻，所以只需用一级频敏变阻器就可以把电动机平稳地起动起来。这种变阻器有偶而起动与重复短时工作制的起动之分。在水泵、空气压缩机、轧钢机、矿用传送带等容量自 22 千瓦至 2240 千瓦用偶而起动；而桥式吊车、升降

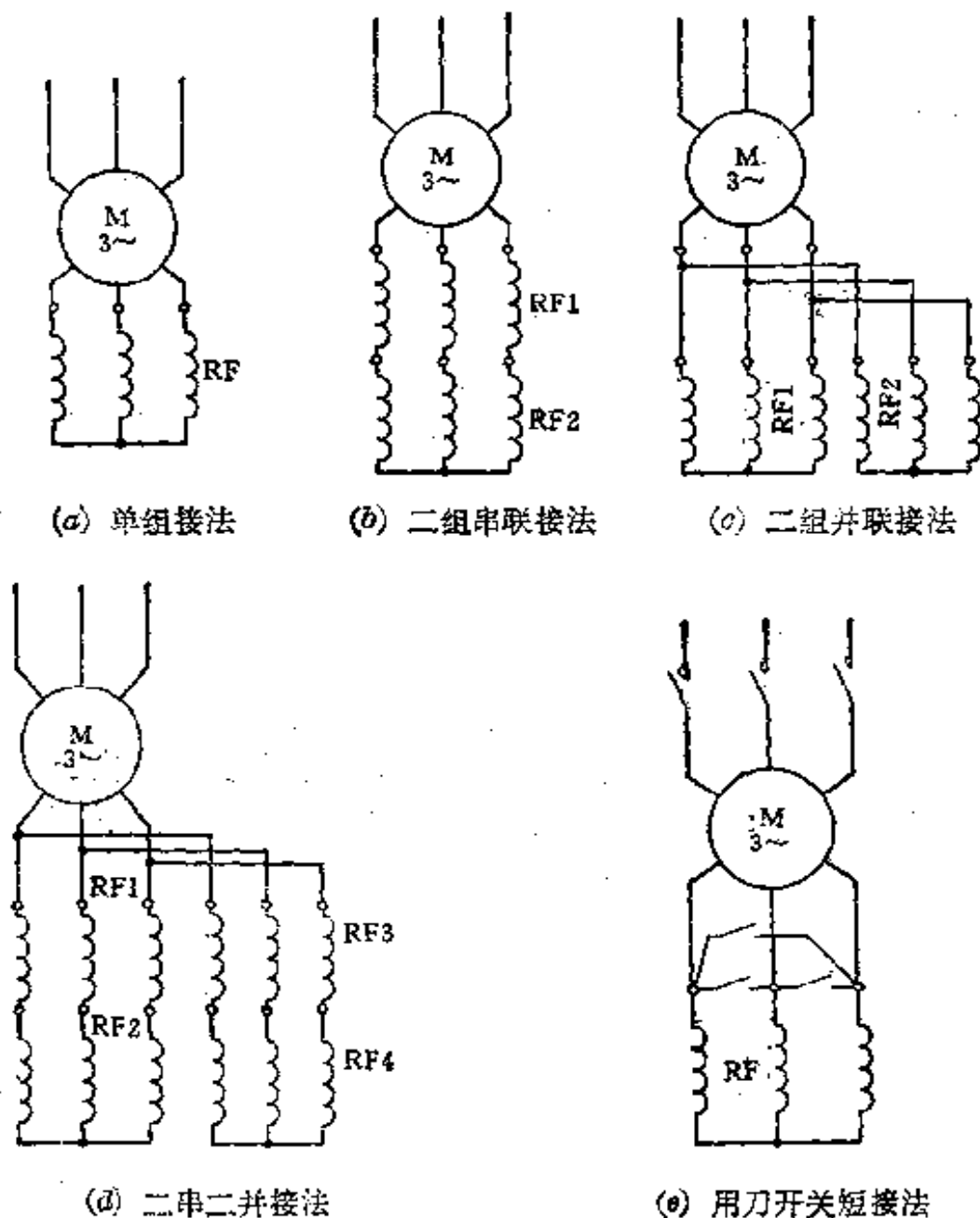


图 7-10 频敏变阻器起动线路接法

台、推钢机等容量自 2.2 千瓦至 125 千瓦则用重复短时工作制起动。

频敏变阻器实质上是一个铁芯损耗非常大的三相电抗器(外形图见第 6 章)。由数片 E 形钢板迭成的铁芯和线圈两主要部分,并制成开启式,采用星形接法。为了使单台频敏变阻器的体积、重量不要过大,因此当电动机容量大到一定程度时,就由多组频敏变阻器连接使用,连接种类有单组、二组串联、二组并联、二串联二并联等,如图 7-10 所示。

频敏变阻器在起动完毕后应短接切除,如电动机本身有短路装置者可直接利用。如没有短路装置时,可用外装刀开关短路[图 7-10(e)]。若需遥控可将刀开关改换成相应的控制接触器。

在使用时若发生下列情况,应调整频敏变阻器的匝数和气隙。

(1) 起动电流过大,起动太快,应增加匝数,可换接抽头,使用 100% 匝数。由于匝数增加起动电流减少,起动转矩也减少。

(2) 起动电流过小,起动转矩不够,起动太慢,应减少匝数,使用 80% 或更少的匝数。由于匝数减少使起动电流增大,起动转矩也增大。

(3) 在刚起动时,起动转矩过大,机械有冲击,但起动完毕后稳定转速又太低(偶而起动用变阻器起动完毕短接时,冲击电流较大),可增加铁芯气隙,由于增加气隙使起动电流略增,起动转矩略减,但起动完毕时转矩增大,这样提高了稳定转速。

### 十三、直流电动机起动控制线路

直流电动机除了小功率的偶尔采用直接起动以外,一般都在电枢电路中串接适当电抗器逐渐升压起动,其线路图如图 7-11 所示。这是由于电动机在静止状态下起动时,电枢反电动势尚未建立;如果在额定电压下起动,它的起动电流可达额定电流的 10~50 倍,使电枢绕组及换向器表面都将受到破坏。

### 十四、异步电动机的反接制动控制线路

电动机从切断电源时起到完全停止转动,由于惯性的关系总要经过一段时间(时间长短要看负载而定),这对某些生产机械,就不能适应。所以要采用制动的办法来使电动机的惯性旋转时间缩短,以适应机械的要求。异步电动机的反接制动是电气制动方法之一。

对于异步电动机,若改变它的电源的相序,就可以进行反接制动(如图

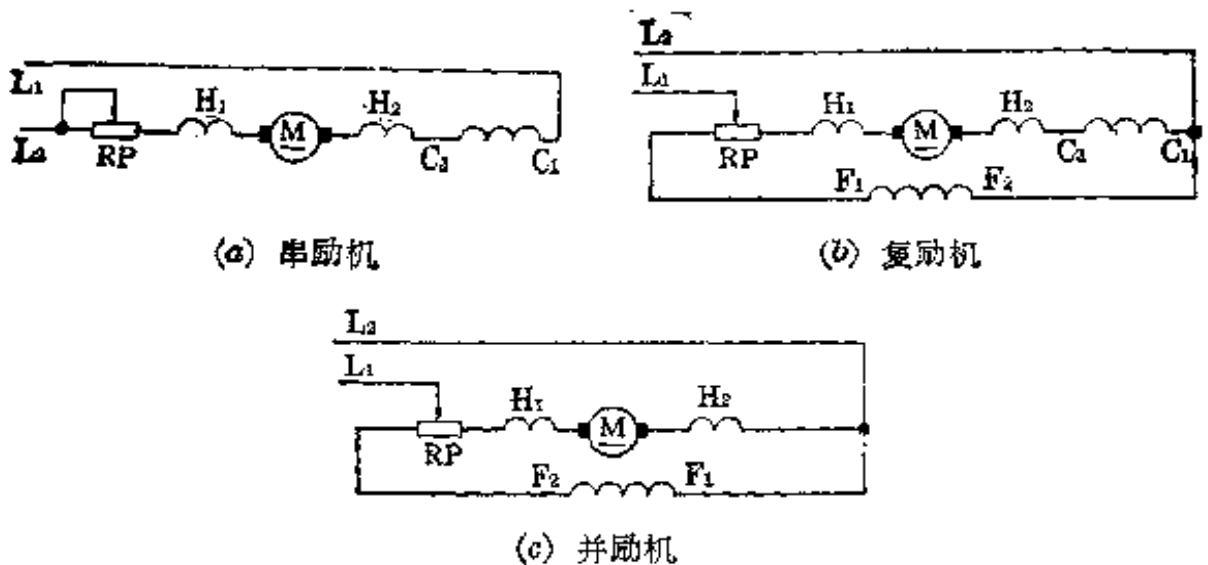


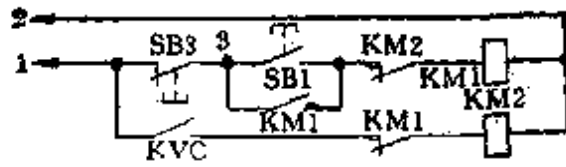
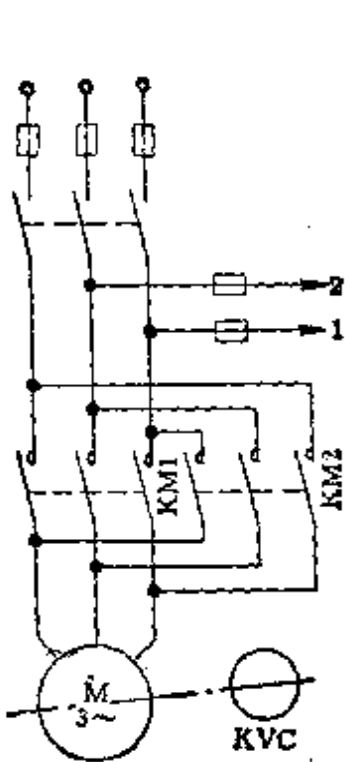
图 7-11 直流电动机起动的控制线路

7-12)。当电源相序改变后，电动机定子的旋转磁场反向，则电动机所产生的转矩和原来的转矩相反，因而产生制动作用。

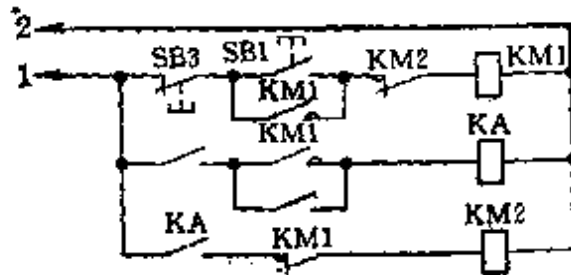
图 7-12(a) 是没有中间继电器的制动控制线路，当按下按钮 SB1，接触器 KM1 吸合，使电动机带动速度继电器 KVC 一起旋转。当转速达到 120 转/分以上时（此数据一般在产品出厂时就调整好），常开触点 KVC 闭合，由于常闭触点 KM1 断开，KM2 接触器仍旧不会吸合，仅为反接制动准备条件。如果将停止按钮 SB3 按下，接触器 KM1 释放，电动机电源被切断，常闭触点 KM1 闭合，此刻常开触点 KVC 由于在电动机的惯性作用下仍然闭合，所以接触器 KM2 吸合，电动机定子旋转磁场因电源的相序改变而反方向旋转。这时电动机的转速从额定值迅速下降，在降至 120 转/分以下时，速度继电器的常开触点 KVC 由于惯性减弱而断开，使 KM2 释放，即由于电动机从额定转速急剧下降到 120 转/分以下，但是还来不及反转的一刹那电源就被切断了，因而停止旋转。这一个反接制动的过程，时间约为 1~3 秒。

容量较大（4.5 千瓦以上）的电动机采用反接制动时，须在主回路中串联限流电阻，其实用线路如图 7-29 所示。

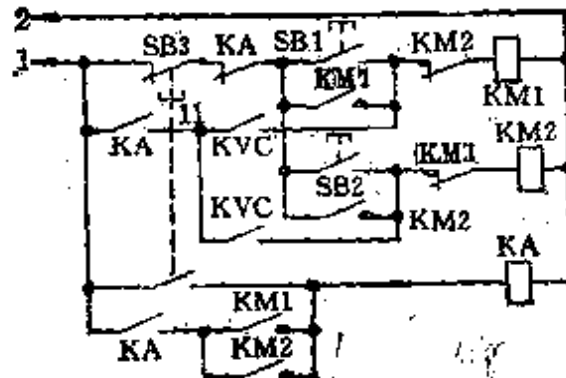
图 7-12(a) 线路的缺点是，如果操作人员因工作需要用手转动工件或主轴时，电动机也要跟着旋转，带动速度继电器转动。当转速达到 120 转/分以上时，速度继电器的常开触点即闭合，接触器 KM2 吸合。电动机向反方向冲动，很可能造成工伤事故，所以图 7-12(a) 这种线路是不常采用的。



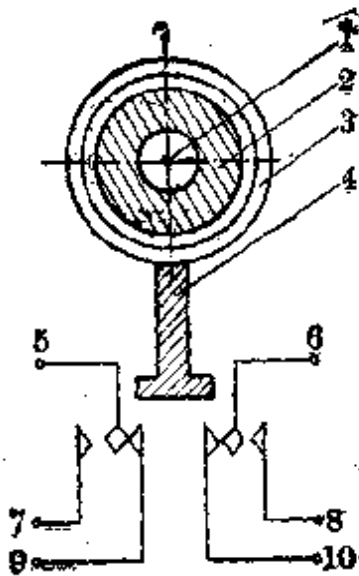
(a) 没有中间继电器的制动控制线路



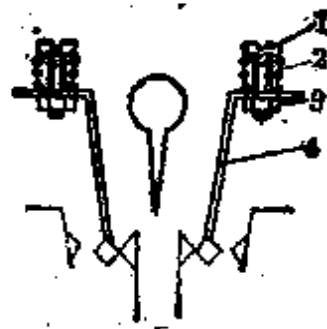
(b) 具有中间继电器的制动控制线路



(c) 可逆制动控制线路



(d)



(e)

图7-12 异步电动机的反接制动控制线路与速度继电器的原理及其调整

图 7-12(b) 是具有中间继电器的制动控制电路, 即增加了一只中间继电器 KA, 弥补了图 7-12(a) 的不足。

图 7-12(c) 是可逆制动控制电路。当电动机正转时, 图中速度继电器一个(下面的)常开触点 KVC 闭合; 同样, 当电动机反转时, 速度继电器另一个(上面的)常开触点 KVC 闭合。如果中间继电器 KA 不用的话同样会出现图 7-12(a) 电路的缺点。

异步电动机反接制动比较简单可靠, 适用于电动机容量在 2~3 千瓦时, 起动与制动次数不大频繁的场所。但是, 由于反接制动时, 振动和冲击力较大, 影响机床的精度, 所以使用时受到一定限制。10 千瓦以上的电动机就不大采用反接制动法。

〔速度继电器的使用及调整〕 速度继电器(速度控制继电器)主要用在三相鼠笼式电动机的反接制动电路中, 也可用在异步电动机能耗制动电路中, 作电动机停转后自动切断直流电源之用。它的工作原理与鼠笼式转子跟着旋转磁场旋转的原理相似, 如图 7-12(d) 所示。5~10 触点的通断靠拨杆 4 来推动, 拨杆 4 与 3 相连, 它由旋转磁场 2 感应而旋转。

速度继电器在连续工作制中, 可靠地工作在 3000 转/分以下, 在反复短时工作制(频繁起动、制动)中每分钟应不超过 30 次, 速度继电器在出厂时一般调节在每分钟 120 转左右即能动作(指继电器轴的转速)。100 转/分以下触点即恢复正常位置。

速度继电器是根据实际需要转速来调整的。在图 7-12(e) 中, 将螺钉 1 向下捻使弹性触点 4 的强度增加, 要求有更大的力(速度)才能推动, 反之将 1 向上捻(松)则弹簧压力减少, 有较小的力(速度)就能使弹性触点动作。为了防止螺钉松动, 在螺钉的下部另有一只螺帽 3, 在调节时须先将该螺帽松开, 调节好以后必须重新将螺帽捻紧。

## 十五、异步电动机的能耗制动控制线路

能耗制动可以弥补反制动不足, 在一些功率较大、制动次数频繁的机械上较多地采用这种方法。能耗制动控制线路如图 7-13 所示。在电动机定子绕组与交流电源断开之后, 立即使其二相定子绕组接上一直流电源, 于是在定子绕组中产生一个静止磁场, 转子在这个磁场中旋转产生感应电动势, 转子电流与固定磁场所产生的转矩阻碍了转子的继续转动, 因而产生制动作用, 使电动机迅速停止。

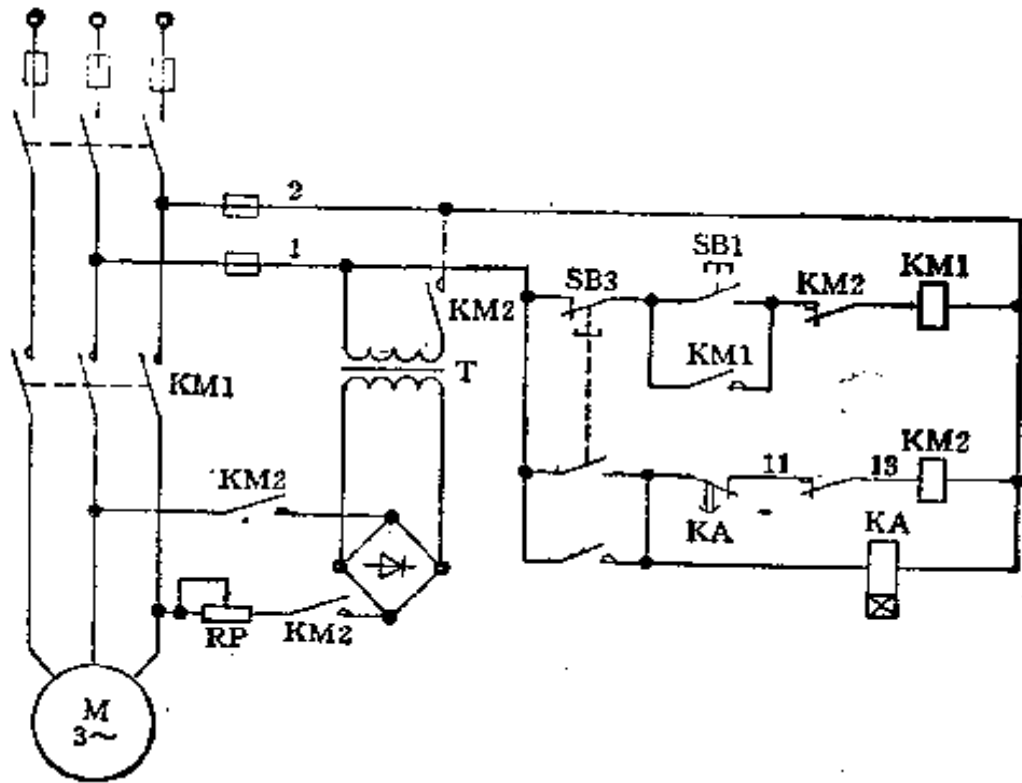


图 7-13 异步电动机能耗制动控制线路

直流电源由单相桥式整流器供给。电位器 RP 是用来调节电流的大小从而调节制动的强度，或者在变压器 T 的二次侧上适当地抽头也可以达到这个目的。

异步电动机能耗制动的直流电源的经验估算方法是：首先测量出电动机三根进线中任意二根之间的电阻  $R$ ，还要测量出电动机的进线电流  $I_{\text{进}}$ （电动机仅带有传动装置运转时的电流，该电流值接近空载电流），然后根据测得的数据分别代入以下二式，便可求出直流电源的电流与电压。

$$I_D = KI_{\text{进}}$$

$$V_D = I_D R$$

式中： $I_D$ ——能耗制动所需的直流电流； $V_D$ ——能耗制动所需的直流电压； $K$ ——系数，取  $3.5 \sim 4$ 。考虑到电动机绕组的发热情况，并使电动机有比较满意的制动效果，系数  $K$  即为所取的励磁电流倍数。传动装置转速高而惯量大的系数  $K$  可用上限。

在设计或选用整流电源变压器时，可选用在 10% 处有抽头的变压器，根上估算，如果电动机的负载惯量不大，制动时间一般不超过 2 秒钟。

## 十六、异步电动机的机械制动控制线路

机械制动是当电动机切断电源后,依靠外加制动闸轮作用于电动机轴上使电动机迅速停转的设备(一般采用抱闸式)。制动时间越短冲击振动越大,制动强度可通过调整机械结构来改变。在电动机的轴伸端安装这样的制动机械,对某些空间位置比较紧凑的生产机械来说,安排上是有些困难的。

图 7-14(a) 是在切断电源的情况下才起制动作用的控制线路。在电动机运转时,制动电磁铁 YB 同时被通电而吸合,而把抱闸打开。机械制动的制动力矩在一定范围内可以克服任何外加力矩,例如在提升重物时,由于抱闸的作用力可以使重物停留在需要高度,这是电气制动所不能达到的。此外,机械制动安全可靠,不受中途断电或电气故障的影响而造成事故,因此这种制动方法普遍用于起重卷扬等设备。当电动机经制动而停止以后,有些设备有时还需用人工将工件或传动轴转动作一些调整,这时图 7-14(a) 便不能适用,而必须用图 7-14(b) 的控制线路才能满足。在图 7-14(b) 中,按停止按钮 SB3, 闭合接触器 KM1 释放,电动机断电, KM2 吸合使 YB 动作,抱闸抱紧使电动机停止。松开 SB3, 电磁铁即释放,抱闸放松。

## 十七、异步电动机的发电制动(再生制动)

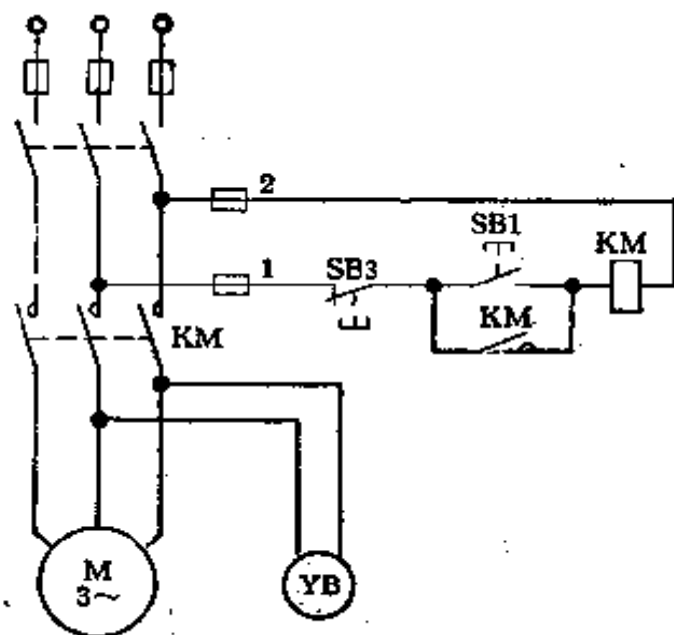
当异步电动机的转子转速在外加转矩作用下大于同步转速,它的转矩成为抵抗外加转矩,这时电动机变成了发电机,因而起到制动作用。

发电制动与其他制动方法的不同点是只有当电动机转速高于旋转磁场转速时才能起作用,从而限制了转速。

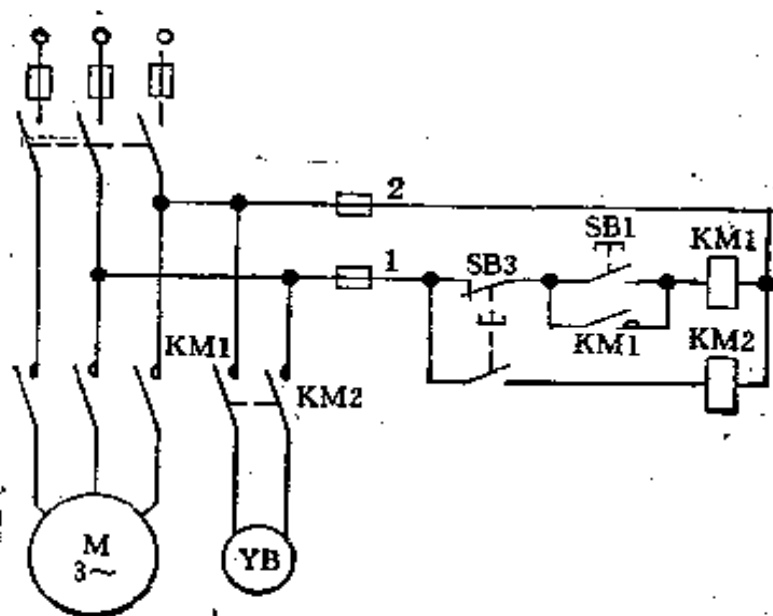
图 7-15 为发电制动原理的简单示意图。如起重机械在重物下降时,若下降物体的重量所形成的转速  $n_2$  超过电动机旋转磁场的转速  $n_1$  时,这时转子导体就切割了旋转磁场的磁力线,根据右手定则电磁力  $F$  的方向与转子旋转的方向相反,此时电动机便处在发电制动状态下运转,限制了重物下降时的速度。

## 十八、直流电动机的能耗制动控制线路

图 7-16 是直流电动机的能耗制动控制线路。当电动机的电枢从电源上断开时,它并联到一个外加电阻  $R$  (即制动电阻) 上,这时励磁绕组则仍然接在电源上。由于电动机的惯性而旋转使它成为发电机。这时电枢电流的方向



(a) 在电源切断情况下起制动作用



(b) 在有电源时起制动作用

图 7-14 机械制动控制线路



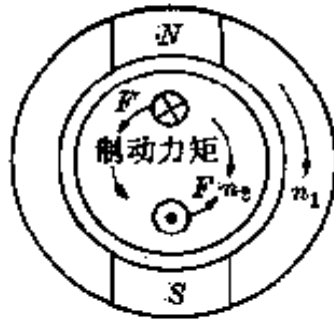


图 7-15 异步电动机的发电制动原理

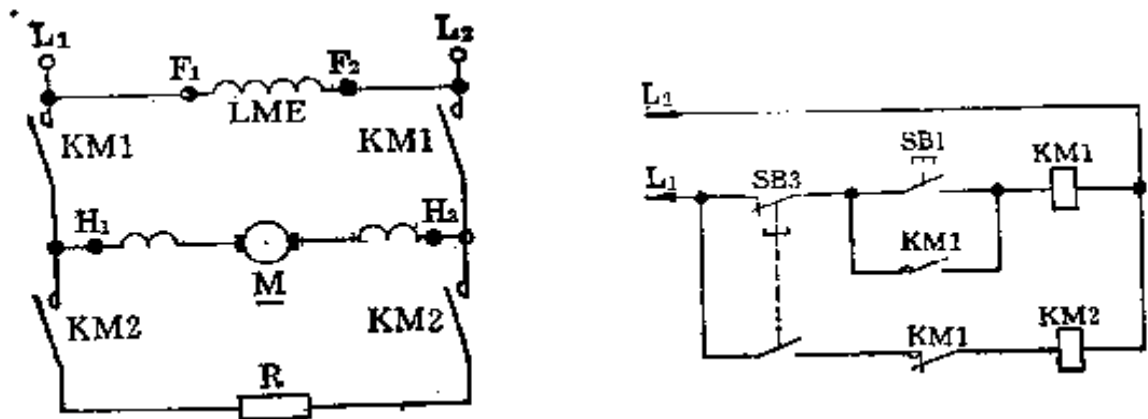


图 7-16 直流电动机能耗制动控制线路

与原来电流方向相反,电枢就产生制动转矩以反抗由于惯性所产生的力矩,使电动机迅速停止旋转。制动电阻  $R$  值越小,制动越迅速, $R$  值越大则制动时间越长。

### 十九、带有热继电器的保护控制线路

热继电器是一种过载保护继电器,它有两个发热元件,在紧贴热元件处装有由两种不同膨胀系数的金属片压结而成的双金属片。将两个热元件  $KT$  串接在主电路,如图 7-17 所示。如有过电流流过,热元件产生的热量将引起双金属片的弯曲,当它弯曲到一定程度时,便将脱扣器打开,使 4 与 2 之间热继电器触点  $KT$  断开,于是接触器  $KM$  释放,电动机即停止运转,以达到保护的目。

电动机过载百分比愈大,热继电器的动作愈快。当过载 20% 时,它一般经 20 分钟动作;当电流很大时,它的动作时间比熔丝熔断时间长,所以它不宜作为短路保护,只能作为电动机长时间过载或单相运转等所引起的过电流保护。热继电器选择可参阅第 6 章。

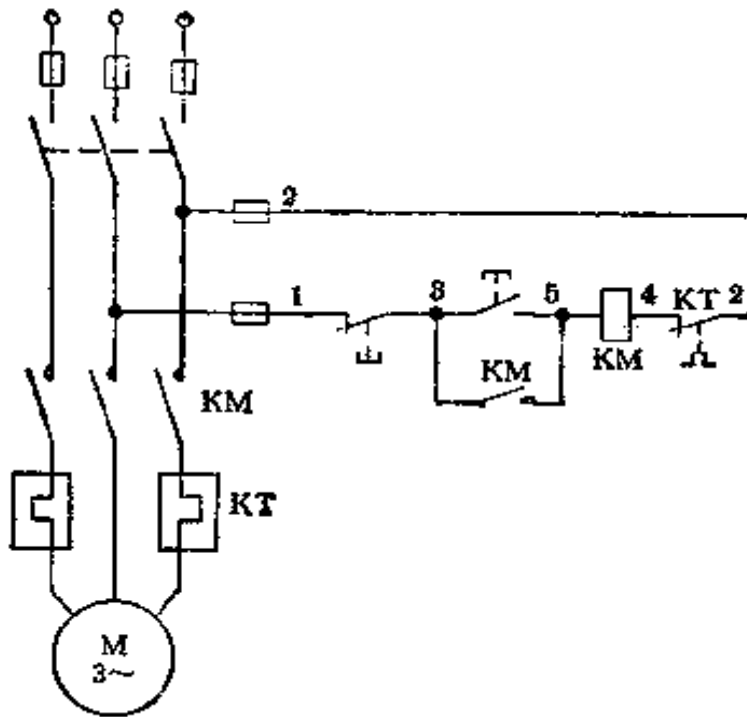


图 7-17 带有热继电器的保护控制线路

## 二十、过电流继电器保护控制线路

过电流继电器适用于过载或短路保护,它能自动复位,如图 7-18 所示,继电器的动作线圈 KA 串接在主回路中,其常闭触点接在控制回路中,当动作线圈中流过的电流超过整定值时,继电器动作,使其常闭触点打开,断开控制回路,而使电动机停止运转,以达到保护的目。

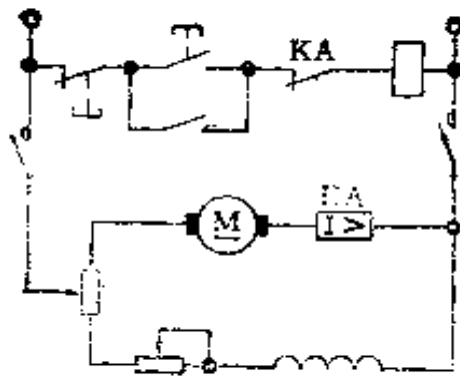


图 7-18 过电流继电器保护控制线路  
注,本章热继电器 KTH 简写为 KT。

### 二十一、双速异步电动机的起动及自动加速控制线路

双速异步电动机是采用改变极对数以使其转速改变的。在控制线路中只要改变绕组接法，以改变极对数而使转速得到改变。图 7-19 是两种转速、单层绕组、恒转矩三相交流电动机的内部接线示意图及其控制线路。表 7-2 是双速异步电动机改变极对数的并头方法。

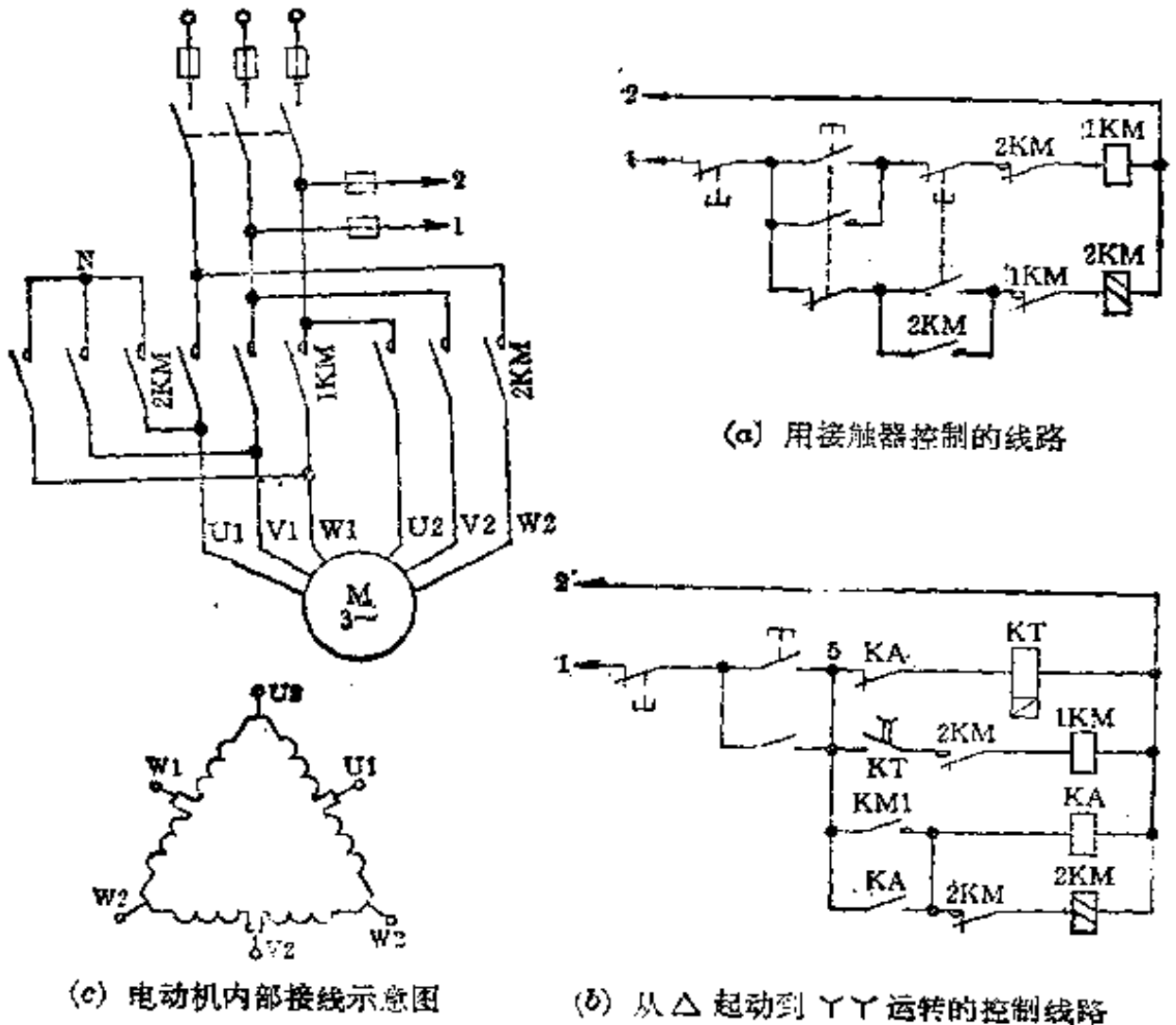


图 7-19 两种转速单绕组恒转矩三相交流电动机内部接线示意图及其控制线路

表 7-2 双速异步电动机并头方法

接 法	电 源 线	连 接 线 端
$\Delta$	U1V1W1	—
$YY$	U2V2W2	U1V1W1

双速电动机起动一般是用手柄操作的双速开关(不能带负荷起动), 另一种是用交流接触器将出线端连接, 以改变转速[图 7-19(a)]。

另一种场合需要  $\Delta$  起动, 然后自动地将速度加快投入  $YY$  运转, 从起动到运转这段时间可以有延时继电器来调节[图 7-19(b)]。

## 二十二、三速异步电动机的起动及自动加速控制线路

三速电动机是在双速电动机的基础上发展的。三速电动机可用手柄操作的三速开关来选择三种不同的转速(与双速电机原理相同), 也可用交流接触器控制来达到这个目的, 同时交流接触器还可使电动机自动加速。

图 7-20(a)是用交流接触器起动的线路, 图 7-20(b)是用交流接触器和延时继电器作自动加速控制线路, 图 7-20(c)是双层绕组、恒转矩、三速电动机内部定子绕组的接线示意图。表 7-3 是三速异步电动机改变极对数绕组并头方法。

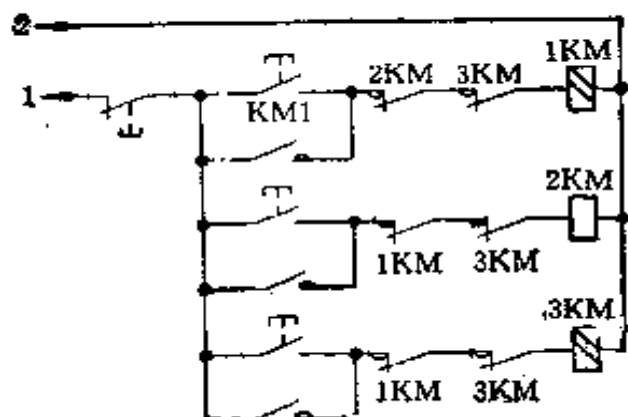
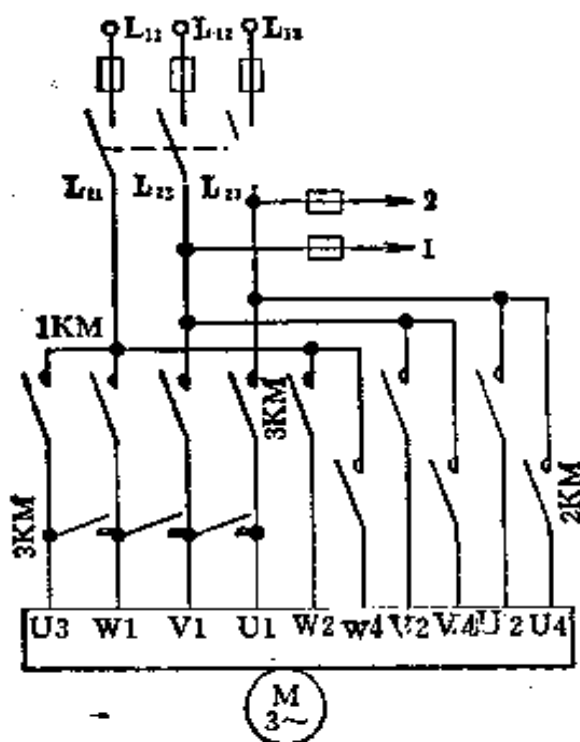
表 7-3 三速异步电动机并头方法

转 速	电 源 线			并 头
	L <sub>21</sub>	L <sub>22</sub>	L <sub>23</sub>	
1	W1、U3	V1	U1	—
2	W4	V4	U4	—
3	W2	V2	U2	U1、V1、W1、U3

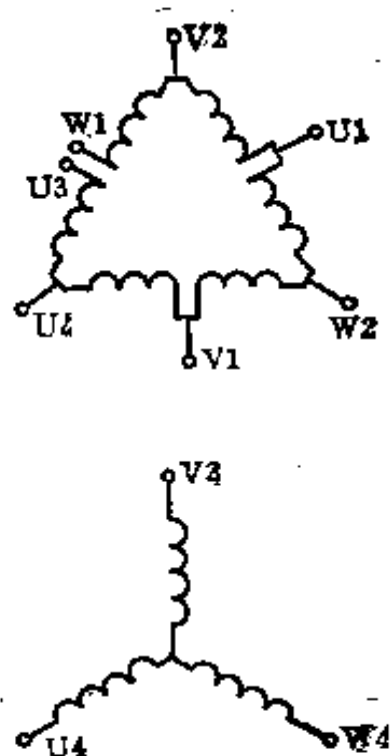
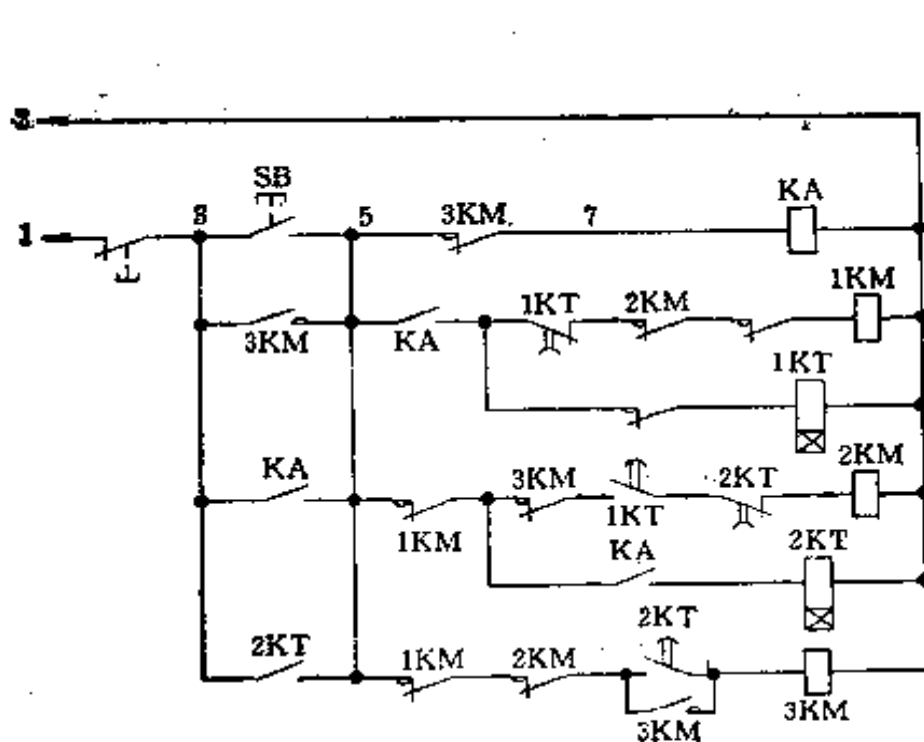
## 二十三、夹 紧 装 置

在机械加工时夹紧及放松机构是电气与机械相配合的, 图 7-21(a)是摇臂钻床的夹紧装置控制线路, SA 是十字形开关, 共有两对触点, 在任何时间内只能接通一对, 分别控制零压保护、主轴运转、摇臂上升及下降。1SA 是带有自动复位的鼓形转换开关作摇臂升降的极限保护。2SA 是不带自动复位装置的鼓形转换开关, 外形与 1SA 相同, 其两对触点都能在  $360^\circ$  范围内沿着轴心调节到任何一点。1SA 两对触点都是调整在常闭状态的, 2SA 则调整在常开状态, 由机械结构带动其通断。

摇臂上升: 只须将十字形开关 SA 扳到闭合, 接触器 KM1 吸合, 电动机



(a) 用接触器起动控制线路



(b) 用接触器和延时继电器作自动加速控制线路

(c) 电动机内部接线示意图

图 7-20 三速异步电动机起动和自动加速控制线路

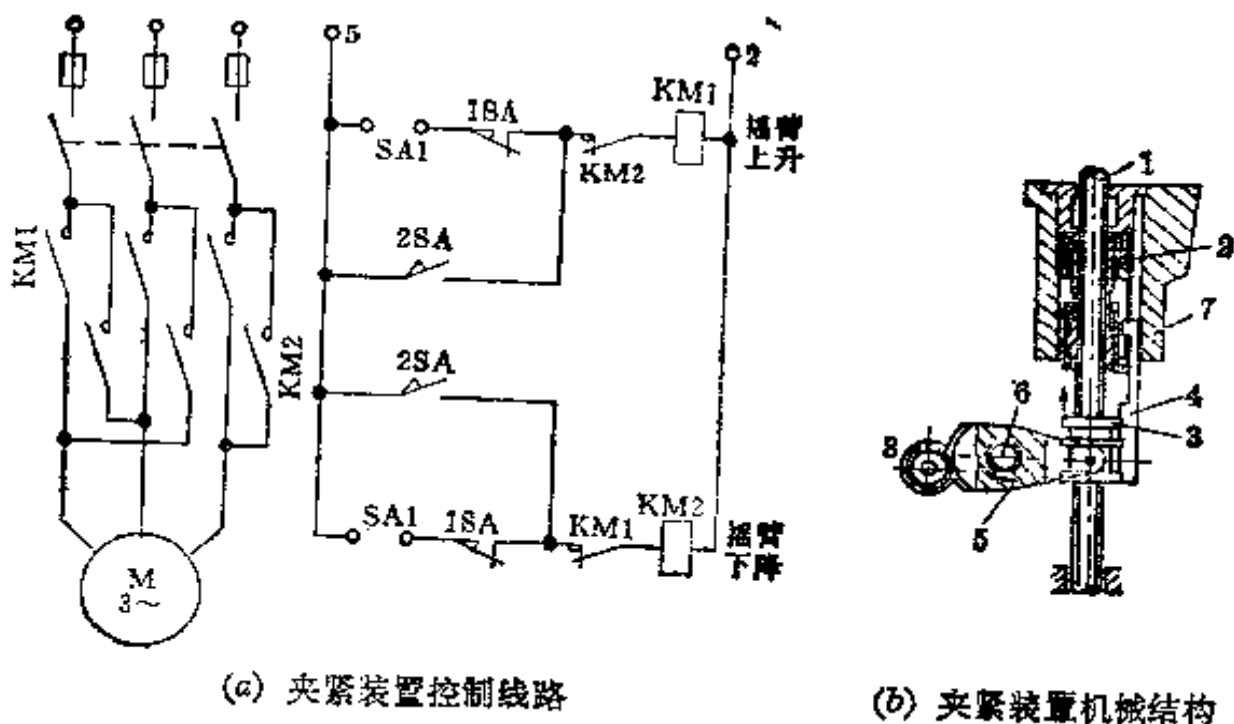


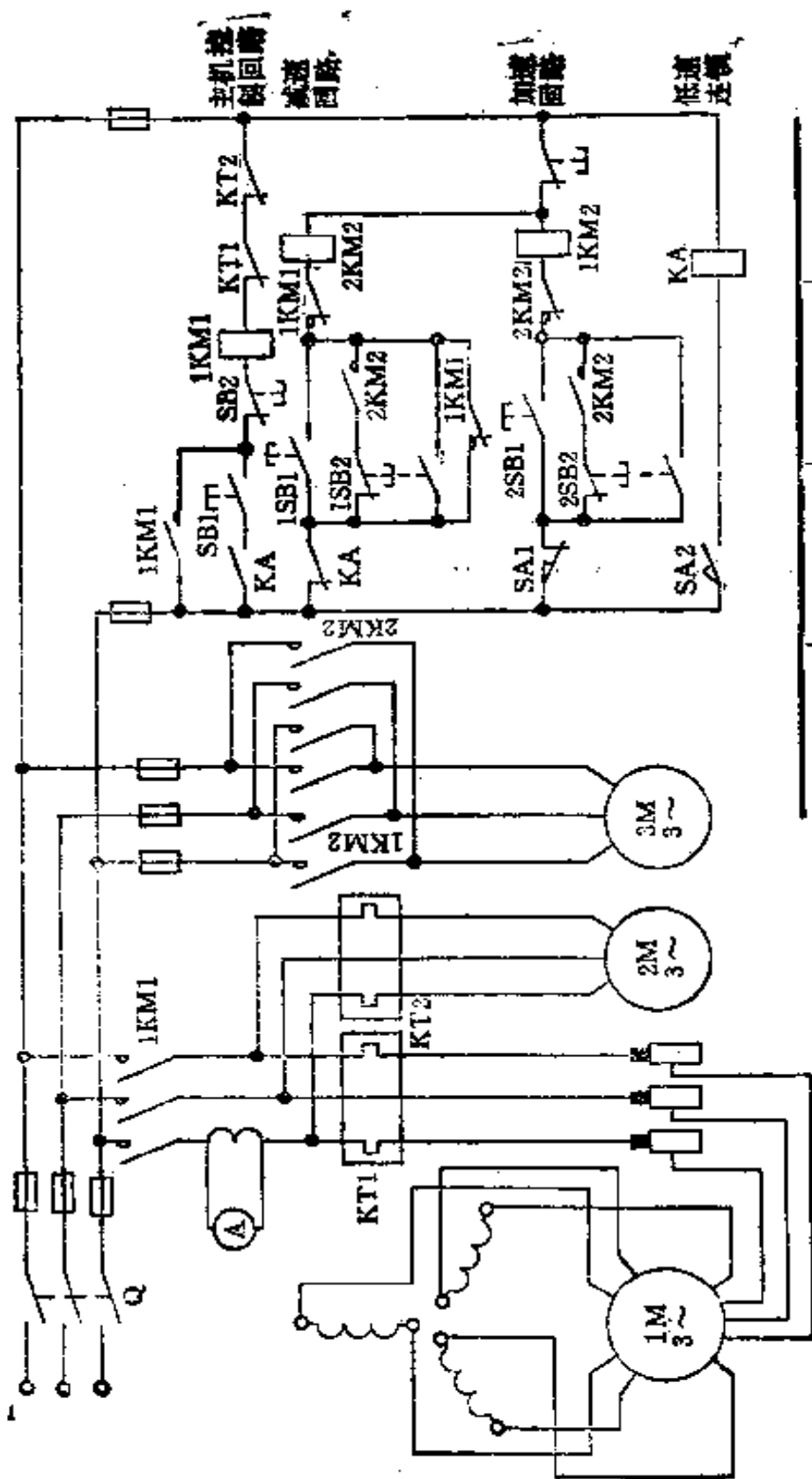
图 7-21 夹紧装置的控制

M 作向上方向运转，因机械结构关系在电动机开始运转时摇臂暂不向上移动，而是使夹紧装置松开，与此同时 2SA 由机械带动而闭合，为夹紧作好准备，电动机 M 带动升降丝杆旋转到  $6\frac{1}{2}$  转时，夹紧机构全部松开摇臂即上升，当升到要求高度时，将十字形开关 SA1 手柄扳到中间位置，接触器 KM1 释放。同时接触器 KM2 吸合，M 即由运转到停止又立即向相反方向运转，升降丝杆同时向反方向回转，使夹紧装置夹紧，回转到  $6\frac{1}{2}$  转时各部件已恢复到原始位置 2SA 打开，接触器 KM2 释放，电动机停止运转。

摇臂下降：只须将 SA1 扳到闭合，其过程与上升相似，仅是方向相反而已。

图 7-21(b) 是夹紧装置的机械结构示意图，当升降电动机运转带动升降丝杆 1 旋转，而丝杆在开始时只能带动升降螺母 2 空转不能使摇臂升或降，但辅助螺母 3 则沿着丝杆 1 轴向移动，并通过拨叉 5 转动扇形压紧板 6 及夹压杠杆 7 使摇臂松开，当传动条 4 移动了一定距离而与主螺母 2 (双金属螺母) 相接触后，主螺母便不能再随丝杆 1 空转，摇臂便开始上升或下降。

摇臂到达预定位置后将十字形开关扳到中间位置 (5、9) 或 (5、15) 断开，由于在 2SA 主轴 8 的控制下电动机开始逆转，由拨叉 5，压紧扇板 6 及杠杆



行程开关	放低速度时	中间速度时	最高速度时
SA1	X	—	—
SA2	—	—	X

“X”表示动作 “—”表示不动作

图 7-22 换向器变速电动机起动的速度调节控制线路

7 联动,完成摇臂的夹紧动作,同时使传动条 4 与螺母 2 脱离而恢复到原始位置,并因拨叉 5 转动了 2SA“8”使升降电动机最后停止运转。

## 二十四、换向器变速电动机起动和速度调节控制线路

换向器变速电动机调速时,先将离合器向内旋紧,使它的凸缘跨放在手轮端面上(不能放在手轮端面的槽内),于是便可按照要求按下“连续加速”按钮 1SB1 或“连续减速”按钮 2SB1(“断续加速”按钮 1SB2 或“断续减速”按钮 2SB2),获得所需速度,如图 7-22 所示。

在电动机的电刷转盘上相当于最高速度和最低速度的电刷位置下,都装有限位铁,以便使电刷转盘在规定范围内移动。在电动机内装有两只行程开关 SA1 和 SA2,行程开关 SA1 是在最低速度位置下开始动作,即保证电动机只能在最低速度位置下直接起动和切断“减速”接触器 2KM2;而另一只限位开关 SA2 是在最高速度位置下开始动作,并切断“加速”接触器 1KM2 的作用。

如果电动机的机械负载较重,以致电动机不能在最低速度位置下直接起动时,可在合上刀开关 Q 接通主电源后,迅速把手轮向“快”方向稍微移过些,再设法闭合 SA1 以直接起动。但移过距离应不超过从最低速度位置到最高速度位置间  $1/5 \sim 1/6$  距离。

鼓风机 2M 和换向器变速电机 1M 同时运转,2M 的旋转方向须和蜗壳上箭头所指的相一致。

## 7-2 常用机械控制线路

### 一、C620-1 普通车床控制线路

C620-1 普通车床控制线路(图 7-23)是带有热继电器保护的单向起动控制线路。其基本原理参照图 7-2 和图 7-17。主轴正反向运转是由机械结构来达到的。

C620-1 普通车床的控制线路电器元件如表 7-4 所示。

### 二、Y3150 滚齿机控制线路

Y3150 滚齿机控制线路(图 7-24)是由正反向点动、单向起动及限位装置



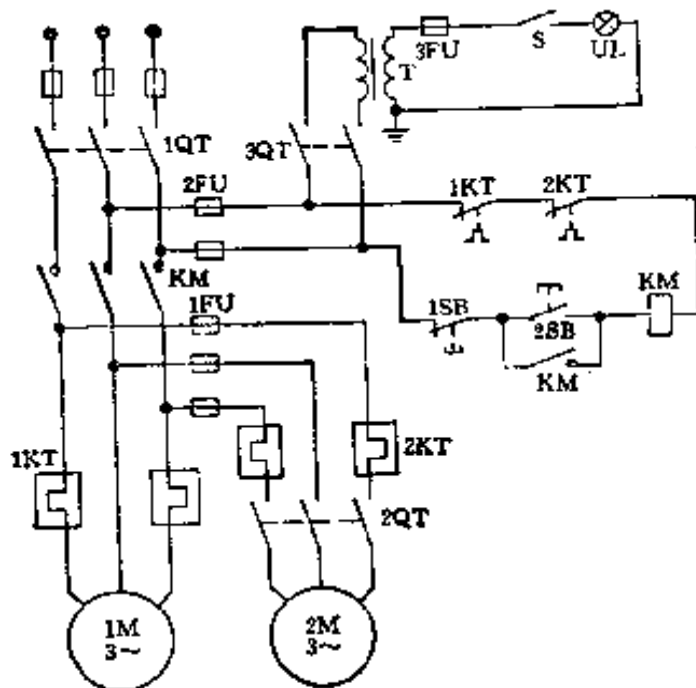


图 7-23 C620-1 普通车床控制线路

表 7-4 C620-1 普通车床控制线路电器元件

代号	名称	型号规格	代号	名称	型号规格
1M	主轴电机	J52-4	1FU	熔断器	RM3-25
2M	冷却电机	JCB-22	2FU	熔断器	RM3-25
KM	交流接触器	CJO-20	3FU	熔断器	RM3-25
1KT	热继电器	JR2-1 14.5 安	T	照明变压器	BK-50380/36 伏
2KT	热继电器	JR2-1 0.43 安	EL	照明灯具	JC6-1
1QT	三相转换开关	HZ2-25/3	1SB, 2SB	双档按钮	LA4-22K
2QT	三相转换开关	HZ2-10/3	S	照明灯开关	
3QT	二相转换开关	HZ2-10/2			

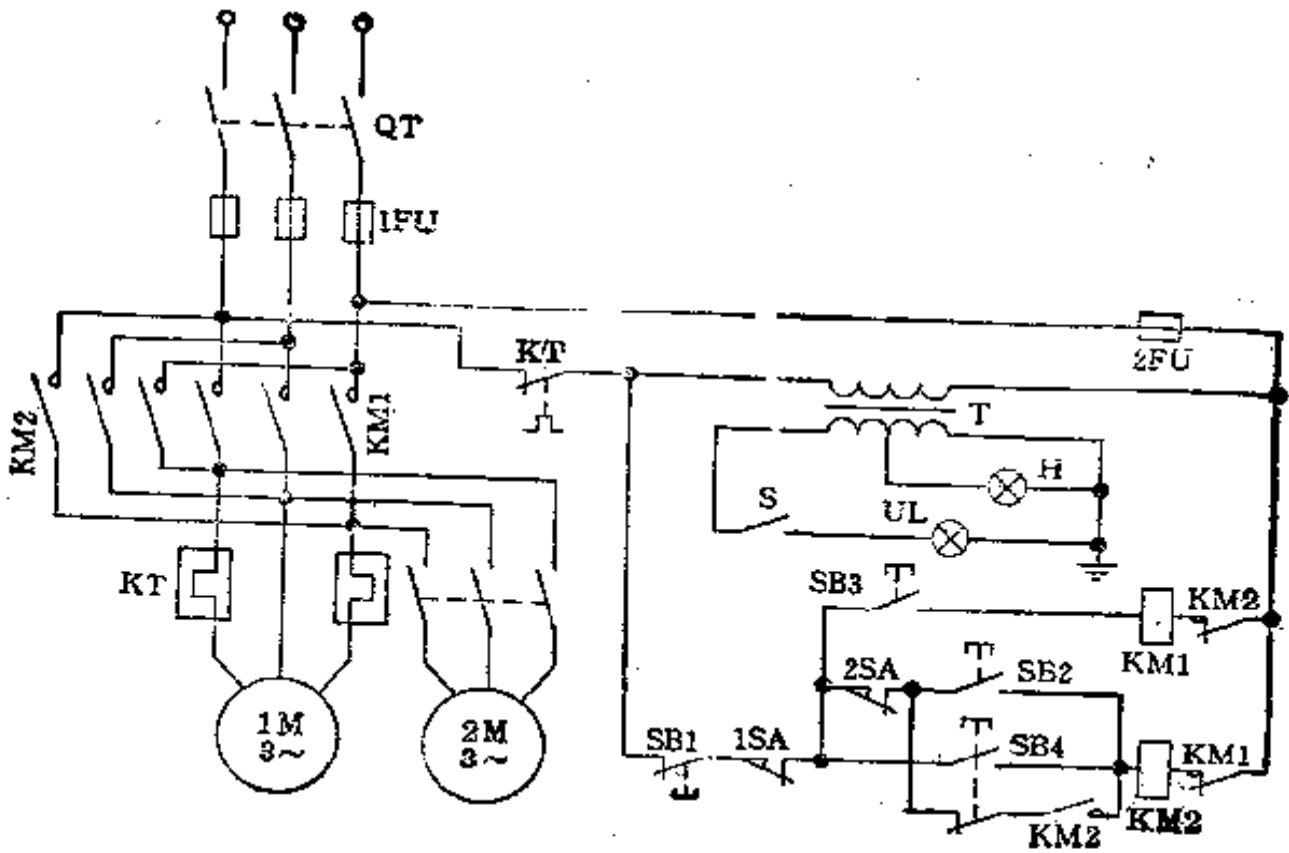


图 7-24 Y3150 滚齿机控制线路

三个环节组成。当极限开关触点 1SA 断开，机床即无法再工作，这时需用机械手柄把滚刀架摇到使极限开关与撞块离开然后才能正常工作。2SA 为终点开关，工件加工完成后即自动停车。

刀架移动可由点动按钮 SB3 或 SB4 操作。冷却泵只有在主轴启动后才能用转换开关 2QT 操作。

Y3150 滚齿机的控制线路电器元件如表 7-5 所示。

表 7-5 Y3150 滚齿机控制线路电器元件

代号	名称	型号	代号	名称	型号
1QT	总电源开关	HZ1-25/3	SB2	起动按钮	LA2
2QT	冷却泵开关	HZ1-10/3	SB3	刀架向上按钮	LA2
S	照明灯开关		SB4	刀架向下按钮	LA2
KM1	交流接触器	CJO-10	1SA	极限开关	LX5-11
KM2	交流接触器	CJO-10	2SA	终点开关	LX5-11
KT	热继电器	JR2-1	H	指示灯	
1FU	熔断器	RL1-60/20	EL	工作照明灯	JC2
2FU	熔断器	RL1-15/15	1M	电动机	JC2-32-4
T	变压器	BK-50 330/36/6.3 伏	2M	冷却泵电机	JCB-22
SB1	停止按钮	LA2			

### 三、M7130 卧轴矩台平面磨床控制线路

M7130 卧轴矩台平面磨床控制线路如图 7-25 所示。砂轮电动机 1M 必须在电磁盘 YH 工作状态时才能工作，即转换开关 2QT 置接通位置。YH 工作时，欠电流继电器 KA 动作，常开触点 KA 闭合，从而保证在加工工件被吸住的情况下砂轮进行磨削。

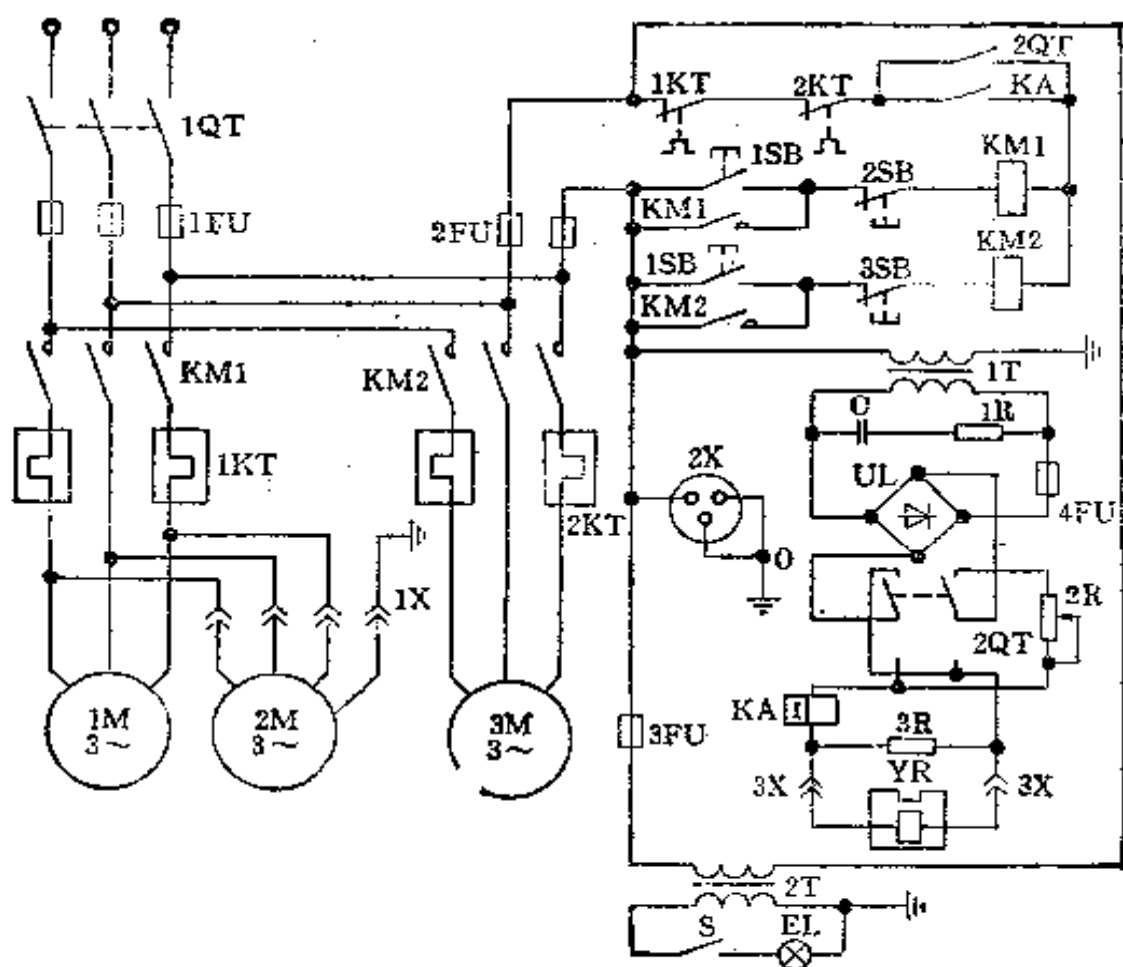


图 7-25 M7130 卧轴矩台平面磨床

工件加工完毕后，工件上还留有剩磁，所以需要退磁。退磁过程是：将转换开关 2QT 放在向上位置，使直流电源经过退磁限流电阻 2R 反接到电磁吸盘 YH 上，以使极性打乱，达到退磁的目的。如果还不能退去剩磁（往往与工件的材料质量有关），需用 TCTTH/H 型退磁器插入插座 2X 中后，再在工件上往返数次，来完成退磁要求。

电阻 3R 用作释放工作台在切断电源瞬间所产生的反电动势的通路。  
M7130 卧轴矩台平面磨床控制线路中的电器元件如表 7-6 所示。

表 7-6 M7130 卧轴矩台平面磨床控制线路电器元件

代号	名称	规格
1QT	转换开关	HZ1-25/3
2QT	转换开关	HZ1-10P/3
1FU	熔断器	RL1-60/30
IFU	熔断器	RL1-15/5
3FU	熔断器	小型管式 1 安
4FU	熔断器	RL1-15/2
KM1	接触器(砂轮电机用)	CJO-10
KM2	接触器(液压泵用)	CJO-10
1KT	热继电器	JR10-10 9.5 安
2KT	热继电器	JR10-10 6.1 安
1M	砂轮电机	4.5 kW 4 极装入式电动机
2M	冷却泵电机	JOB-22
3M	液压泵电机	JO42-4
1T	整流变压器	BK-400 220/145 伏
2T	照明变压器	BK-50 380/36 伏
KA	欠电流继电器	JT3-11L 1.5 安
1SB	按钮(砂轮起动)	LA2
2SB	按钮(砂轮停止)	LA2
3SB	按钮(液压泵起动)	LA2
4SB	按钮(液压泵停止)	LA2
1X	插销(冷却泵)	LA2
2X	插销(退磁器)	CYO-36
3X	插销(吸铁盘)	三足插座 5 安
YH	平面吸铁盘	CYO-36
UR	硅整流器	110 伏/1.45 安
1R	电阻器	GZH1/200
2R	电阻器	GF 50 瓦/500 欧
3R	电阻器	6 瓦/125 欧
C	电容器	GF 50 瓦/1000 欧
EL	工作台照明灯	5 微法/600 伏
S	工作台照明灯开关	
附件	退磁器	TCTTH/H

#### 四、Y7131 齿轮磨床控制线路

在图 7-26 中所有电动机用一只交流接触器 KM 作为负荷开关。多速电动机 2M 用三速开关 3QT 变换转速。油泵电动机 3M 利用插座 X 连接。砂轮电动机 4M 由开关 2QT 控制。

Y7131 齿轮磨床控制线路中的电器元件如表 7-7 所示。

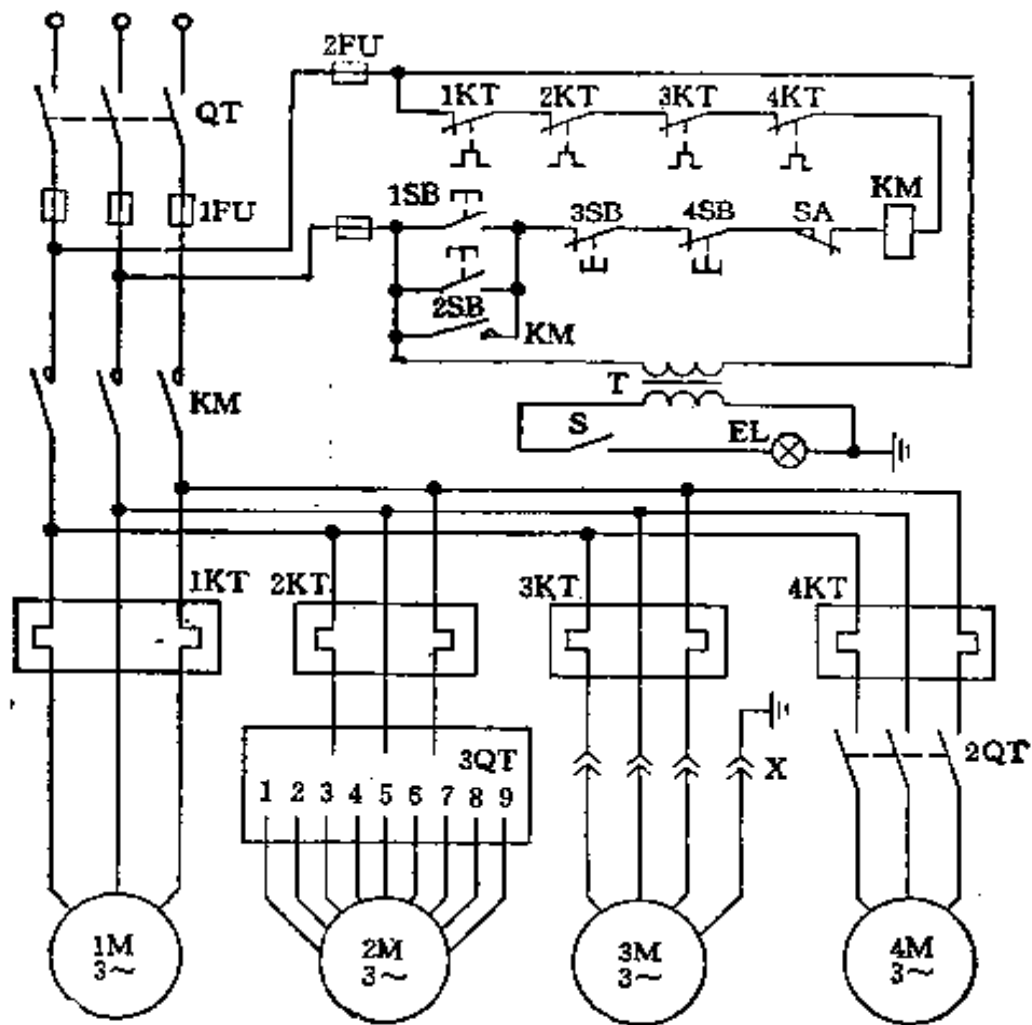


图 7-26 Y7131 齿轮磨床控制线路

表 7-7 Y7131 齿轮磨床控制线路电器元件

代号	名称	型号	代号	名称	型号
1QT	总电源开关	HZ2-60/3	2M	多速电机	750/1500/3000 转/分
2QT	砂轮开关	HZ2-10/3			1.1/1.7/22 千瓦
3QT	三速开关	H73-91 A	3M	油泵电机	0.125 千瓦
1FU	熔断器	RL1-15	4M	砂轮电机	JO2-11-20.8 千瓦
2FU	熔断器	RL1-15	1SB	起动按钮	LA2
KM	交流接触器	CJO-20	2SB	起动按钮	LA2
1KT	热继电器	JR-20 4 安	3SB	停止按钮	LA2
2KT	热继电器	JR-20 4 安	4SB	停止按钮	LA2
3KT	热继电器	JR-20 0.64 安	SA	微动开关	
4KT	热继电器	JR-20 1.6 安	T	变压器	BK-50 380/36 伏
X	金属插座		S、EL	照明灯具	JC6-1
1M	减速箱电动机	JO2-22-41.5 千瓦			

### 五、Z37 摇臂钻床控制线路

钻床控制线路(图 7-27)中的电气元件的动作都是用十字开关 1SA 来完成的。十字开关有四对触点在任何时间内只能有一对接通,使摇臂与主轴电动机不能同时运转。

主轴的变速和正反向运转是通过机械结构实现的。主轴运转的电气控制原理与图 7-1 点动电路相似,而不同点仅是以十字开关的触点代替了按钮。摇臂移动和夹紧放松过程详见 7-1 节。

机床在工作时,立柱与外筒处于夹紧状态。要使摇臂作横向转动,立柱与外筒首先要放松,这一过程是由微动开关 2SA 和组合开关 5QT 操纵的。微动开关 2SA 是用主轴齿轮箱与摇臂夹紧的机械操作手柄操作的,拨动手柄使触点闭合,使放松接触器 5KM 吸合,电动机 3M 运转,带动液压泵工作,使夹紧装置开始放松,同时组合开关 5QT 也由机械结构带动旋转,当夹紧机构完全松开时,5QT 断开,使电动机 3M 停止运转,与此同时 5QT 闭合,为夹紧作好准备,此时摇臂即能作横向转动。当移到预定点时只须拨动手柄使微动开关断开,接触器 4KM 吸合而 5KM 释放使电动机 3M 带动液压泵作反向运转,完成立柱夹紧动作,当完全夹紧时组合开关 5QT 断开,27 与 29 之间触点 5QT 闭合,于是 4KM 释放,电动机停止。

由于这个机床工作都通过十字开关 1SA(LS1)操作的,为了避免十字开关手柄扳在任何工作位置时接通电源而产生误动作,所以设有零压保护环节(联锁装置)。要使机床工作,十字形开关必须首先扳向零压保护使 KA 吸合并自锁,然后扳向工作位置才能工作。表 7-8 表示 LS1 十字开关工作位置。

Z37 摇臂钻床的控制线路电器元件如表 7-9 所示。

表 7-8 LS1 十字开关工作位置

触 点	零压保护	主 轴	0	向 上	向 下
3-5	×				
5-7		×			
5-9				×	
5-15					×

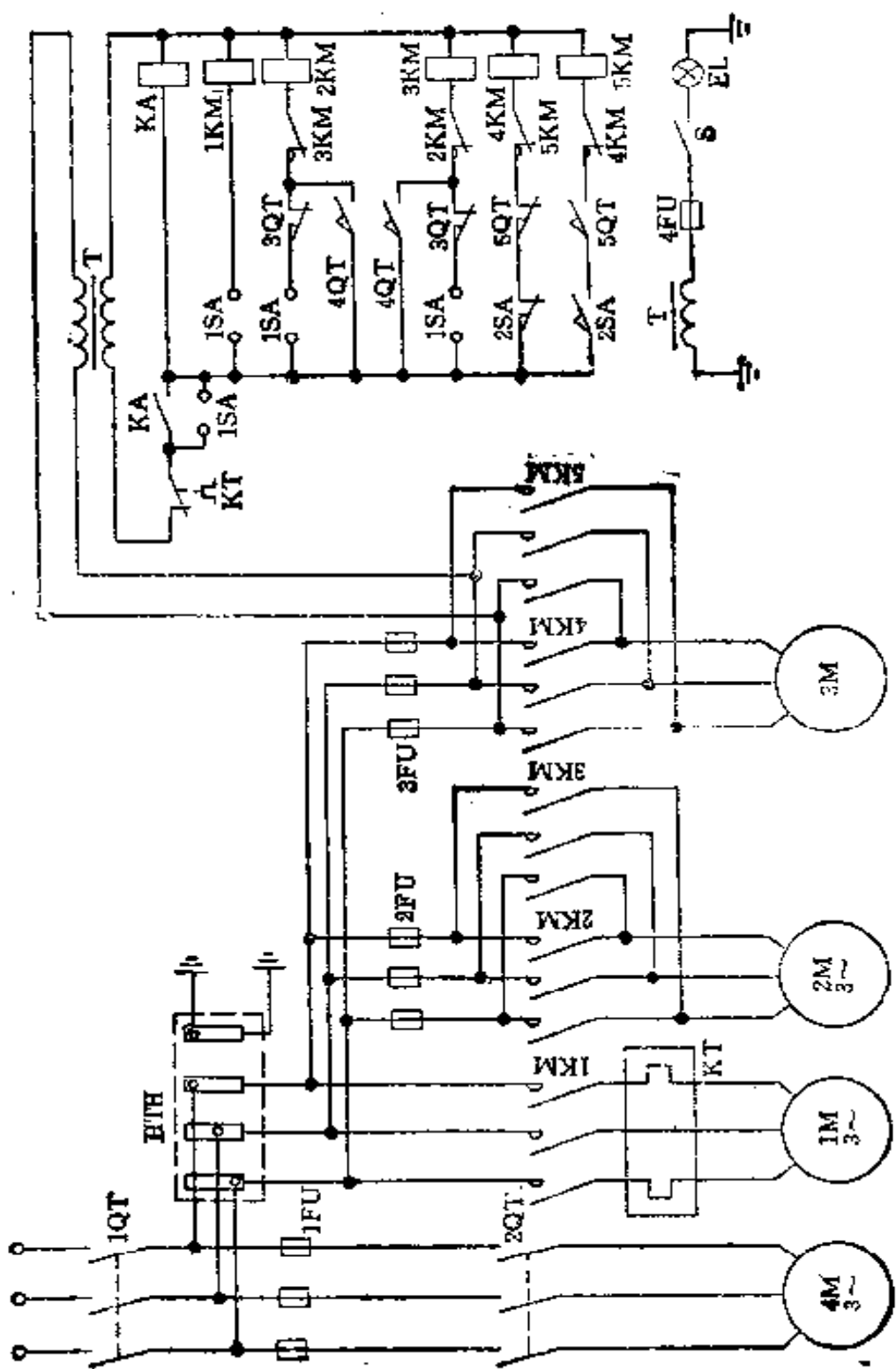


图 7-27 Z37 摇臂钻床控制线路

表 7-9 Z37 摇臂钻床控制线路电器元件

代 号	名 称	型 号
1QT	总电源开关	HZ1-25/3
2QT	冷却泵开关	HZ1-10/3
1FU	熔断器	RL1-15/2
2FU	熔断器	RL1-15/15
3FU	熔断器	RL1-15/4
4FU	熔断器	RL1-15/2
1KM	主轴电机接触器	CJO-20
2KM	升降电机上升接触器	CJO-20
3KM	升降电机下降接触器	CJO-20
4KM	摇臂电机夹紧接触器	CJO-10
5KM	摇臂电机放松接触器	CJO-10
KT	热继电器	PT-1
1M	主轴电机	JOF-52-4 7 千瓦
2M	升降电机	JOF-42-4 2.8 千瓦
3M	立柱夹紧放松电机	JOF-31-4 0.6 千瓦
4M	冷却泵电机	J4B-22 0.125 千瓦
T	变压器	BK-150 380/127/36 伏
KA	中间继电器	JZ7-44
1SA	十字开关	LS1
3QT	组合开关	HZ4-22 自动复位
4QT	组合开关	HZ4-21 手动复位
5QT	组合开关	HZ4-22 自动复位
2SA	微动开关	LX5-11
S, EU	照明灯具	
HTH	回转体汇流环	

## 六、X53T 立式铣床控制线路

X53T 立式铣床控制线路(图 7-28)是由较多的环节构成的。在这个控制线路中起决定作用的是主轴运转及工作台与台面进给两个部分。

1. 主轴起动 主轴电动机 1M 是以接触器 1KM、2KM、3KM 和时间继电器 1KA 组成星三角起动、运转的。当按下主轴起动按钮 1SB1 或 1SB2



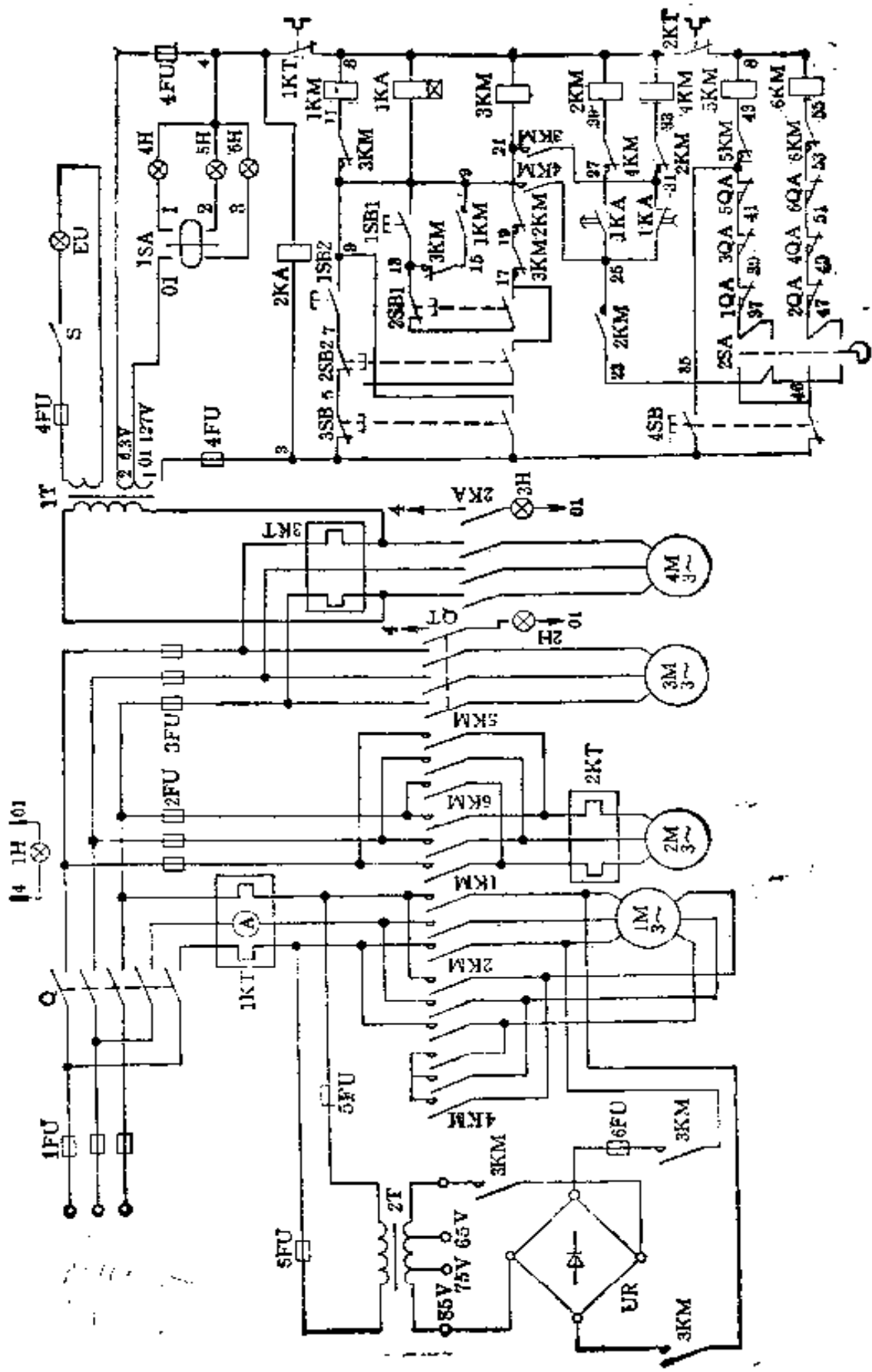


图 7-28 X53T 立式铣床控制线路

(它们是并联的)时,接触器 1KM、4KM、时间继电器 1KA 同时吸合,主轴电动机即以星形接法起动。由于时间继电器在预定时间内动作,它的触点延时闭合与打开,于是 25、27 接通,25、31 断开,使 4KM 释放与 2KM 吸合,主轴电动机即由星形改变为三角形接法而正常运转。

2. 主轴停止与制动 按下主轴停止按钮 2SB1 或 2SB2,接触器 1KM 及 2KM 立即释放,电动机 1M 停止运转。如将按钮继续往下按,5 与 17 之间或 7 与 17 之间接通,接触器 3KM 和 4KM 吸合,电动机定子绕组便接通直流电源,使电动机能耗制动,其原理可参阅 7-1 节。

3. 主轴冲动 主轴冲动是为了变速时齿轮易于啮合,采用点动按钮 3SB 作主轴变速时使电动机瞬时作星形起动,但不能使转速升得太高,故要求将按钮 3SB 很快松开。

4. 工作台与台面进给(移动) 工作台及台面进给共有六个方向,均是由进给电动机 2M 传动机械结构,由机械操作手柄来控制,操作手柄再带动选向开关 1SA 和控制开关 2SA 来完成的。常速进给必须在主轴正常运转后才能进行,快速进给则不受此限制。

(1) 台面向左进给:扳动控制开关 2SA 使 2SA 闭合,进给电动机 2M 即由接触器 6KM 吸合而运转,其控制电路路径为,3→3SB→5→2SB2→7→2SB1→13→3KM→15→1KM→9→1KM→25→2KM→28→2SA3→47→2QA→49→4QA→51→6QA→53→5KM→55 经 6KM→8→2KT→6→1KT→4。于是工作台即向左进给。

(2) 台面向右进给:扳动控制开关 2SA 使 2SA2 闭合,接触器 5KM 吸合,进给电动机 2M 传动台面便向右方向运转。这时的控制电路与向左的相似。

(3) 快速进给:将控制开关 2SA 扳到底(左向或右向),使 2SA4 或 2SA1 闭合,接触器 6KM 或 5KM 吸合,台面即快速进给,如果是向左,则接触器 6KM 吸合而运转,其控制电路路径为:3→4SB→46→2SA4→47→2QA→49→4QA→51→6QA→53→5KM→55 经 6KM→8→2KT→6→1KT→4。于是台面即向左快速进给。向右则 5KM 吸合与向左相似。

(4) 进给电动机冲动:它是在逸速时进行的,其原理与主轴冲动相同。将按钮 4SB 按下,3、35 接通,接触器 5KM 吸合,电动机即运转,松开按钮 4SB,电动机停止。

(5) 工作台升、降、前、后移动:工作台的升、降、前、后的移动仍旧利用进

## 7-2 常用机械控制线路

给电动机 2M 的正、反转来进行的, 仅是机械结构由操作手柄分别控制的位置不同而已, 在电气控制线路中的控制与台面的移动完全一样。选向指示灯则由选向开关 1SA 给予信号指示移动方向。

将电源总开关 Q 与冷却泵开关 QF 合上润滑电动机 4M 与冷却电动机 3M 就都能运转。

表 7-10 与 7-11 分别为 2SB 进给控制开关与 1SB 进给选择开关的位置。

X53F 立式铣床控制线路中电器元件如表 7-12 所示。

表 7-10 2SB 进给控制开关

触点代号	左快	左慢	停	右慢	右快
4	+	-	-	-	-
3	-	+	-	-	-
2	-	-	-	+	-
1	-	-	-	-	+

表 7-11 1SB 进给选向开关

触点代号	横 向 ↑	纵 向 ↗	停 0	升 降 ↑
3	+	-	-	-
2	-	+	-	-
1	-	-	-	+

表 7-12 X53T 立式铣床控制线路中电器元件

代 号	名 称	型 号
1M	主轴电机	10 千瓦/1445 转/分
2M	进给电机	3 千瓦/1430 转/分
3M	冷却泵电机	DB-25B 0.15 千瓦
4M	润滑泵电机	JWYB081-4P 0.025 千瓦
1KM	主轴起动接触器	CJO-40
2KM	三角形起动接触器	CJO-40
3KM	主轴电机制动接触器	CJO-40
4KM	星形起动接触器	CJO-40
5KM	进给电机正转接触器	CJO-20
6KM	进给电机反转接触器	CJO-20
1KT	主轴电机热继电器	JRO-20 20 安
2KT	进给电机热继电器	JR10-10 6.8 安
3KT	润滑油电机热继电器	JR10-10 0.8 安
1SB1、2SB1	开停按钮①	LA1
1SB2、2SB2	开停按钮②	LA1
3SB	主轴变速冲动按钮	LA1
4SB	进给变速冲动按钮	LA1
Q	电源总开关	HZ-161
QT	冷却泵开关	HZ10-10/3
UR	硒整流器	硒整流片 100×100
1T	控制变压器	BK-150 380/36/127/6.3 伏
2T	整流变压器	BK-500 380/85/75/65 伏
1FU	总熔断器	RL1-60 35 安
2FU	进给熔断器	RL1-15 15 安
3FU	冷却泵熔断器	RL1-15 5 安
4FU	控制线路熔断器	RL1-15 5 安
5FU	硒整流变压器熔断器	RL1-15 15 安
6FU	硒整流熔断器	RL1-15 15 安
1KA	时间继电器	JS7-1
2KA	中间继电器	JZ7-44
1H	电源指示灯	6 伏
2H	冷却电泵指示灯	6 伏
3H	润滑油泵指示灯	6 伏
4~6H	工作台方向指示灯	6 伏
1SA	进给选向开关③	
2SA	进给控制开关④	LX3-11H
EL	照明灯	JC6-1
1~6QA	行程开关	LX3-11H

注: ① 装在中拖板上; ② 装在床身上; ③ 水银开关; ④ 用凸轮来控制。

## 七、X62W 万能铣床控制线路

X62W 万能铣床控制线路(图 7-29)是结合机械结构联合动作的,它可以提高机床的性能和自动化程度。

1. 主轴控制 主轴电动机起动前先将正反转开关 2Q 扳到主轴所需的旋转方向(左转或右转)位置,然后按下 1SB1 或 1SB2,主轴电动机 1M 即能以规定的方向运转。由于机械性能上要求,需要主轴电动机迅速停止,所以在这个机床上装有反接制动环节,其原理可参阅 7-1 节。

为了使主轴变速时齿轮易于啮合,在机械变速手柄上装有主轴冲动用的限位开关 1SA。当拉出变速手柄时,3 与 5 之间触点 1SA 闭合,接触器 1KM 吸合,主轴电动机向着与工作时运转的相反方向冲动。

2. 工作台与台面的运行控制 工作台与台面的运行是由电动机 3M 作正反向运转来达到的,该部分的控制线路受 2Q 与 3I 之间的触点 2KM 联锁,它必须在主轴电动机运转以后才能工作。

(1) 工作台的上升: 将机械操作手柄扳到“上面”位置时(该手柄能作上、下、前、后四个方向动作,并在同一操纵杆上的不同两点上装有二套手柄,以便于二处操作),机械杠杆将 3I 与 43 之间限位开关触点 5SA 闭合,使接触器 3KM 吸合,其控制电路路径为: 2→3FU→4→3KT→6→2KT→8→2KT→10→4KM→14→3KM→43→5AA→3I→2KM→2Q→3SA→37→4SA→35→QA→19→2SB1→17→2SB2→9→1SA→3→3FU→1。这样,进给电动机 3M 带动工作台向上运转,待行至需要位置时,只须将操作手柄扳回中间位置,使 43 与 3I 之间触点 5SA 断开,于是 3KM 释放,工作台即停止行动。

(2) 工作台下降: 将操作手柄扳到“下面”位置时,机械杠杆将 3I 与 33 之间限位开关触点 6SA 闭合,使接触器 4KM 吸合,其回路与上升的相同,所以电动机运转方向与上升时相反,工作台即向下移。将手柄扳到中间位置同样会停止下降。

(3) 台面向左: 将位于台面前侧中央的操作手柄扳到“左面”位置时, 3I 与 43 之间限位开关触点 4SA 闭合,接触器 3KM 吸合,其控制线路路径为: 2→3FU→4→1KT→6→2KT→8→3KT→10→4KM→14→3KM→43→4SA→3I→2KM→2Q→5SA→27→6SA→25→2SA→19→2SB1→17→2SB2→9→1SA→3→3FU→1。这样,台面立即向左方移动,将手柄扳到中间位置时,台面即行停止。

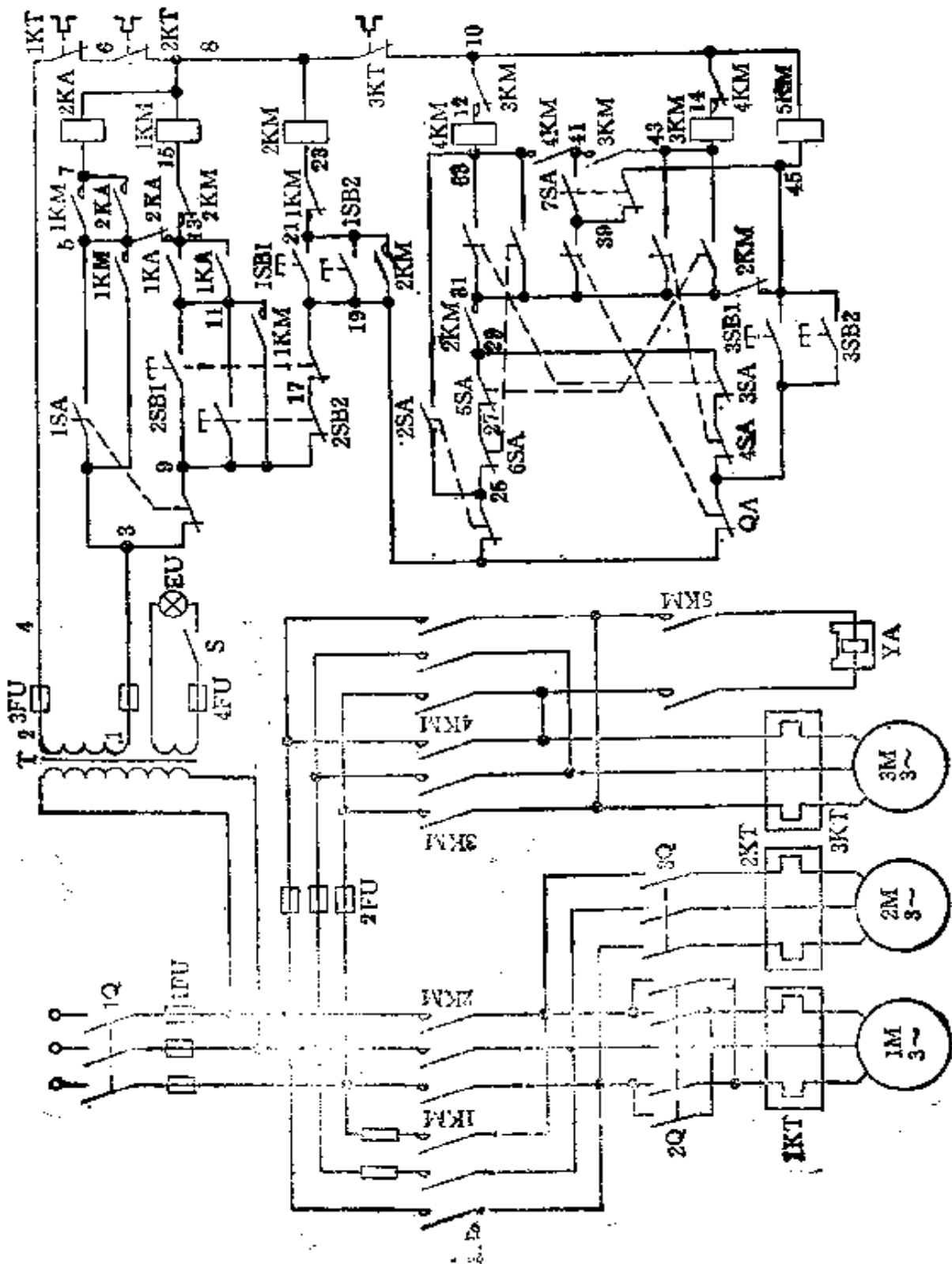


图 7-29 X62W 万能铣床控制线路

(4) 台面向右: 中央手柄扳到“右面”, 31 与 33 之间限位开关触点 3SA 闭合, 接触器 4KM 吸合(其他情况与向左相同), 工作台即向右方移动, 将手柄扳回中间位置, 台面立即停止移动。

(5) 冲动: 进给机构在变速时也需冲动一下, 当拉出变速手柄时, 25 与 33 之间限位开关触点 2SA 闭合, 接触器 4KM 吸合, 其控制线路路径为: 2→3FU→4→1KT→6→2KT→8→3KT→10→3KM→12→4KM→33→2SA→25→6SA→27→5SA→29→3SA→37→4SA→35→4QT→19→2SB1→17→2SB2→9→1SA→3→3FU→1。这样, 进给电动机 3M 便冲动运转。必须注意, 在变速时要把手柄迅速推回以打开 25 与 33 之间 2SA, 使电动机在尚未达到较高转速时 4KM 释放, 电动机停止运转。否则手柄拉出时间过长, 电动机转速升高而使变速部分受到损坏。

3. 快速运行 常速进给是指电动机通过变速箱按照预选好的转速带动工作台或台面向规定的方向移动, 快速运行则不受变速箱的限制始终是一种速度(快速)工作, 其方向与常速相同。在控制线路中, 当用手动控制时, 只须按下按钮 3SB1 或 3SB2, 接触器 5KM 吸合, 使牵引电磁铁 YA 跟着吸合, 将机械结构拉到快速位置。松开 3SB1 或 3SB2, 接触器 5KM 释放, 台面即由快速转为常速。总之, 当进给电动机 3M 运转时, 只须牵引电磁铁 YA 吸合, 即为快速运行。

4. 台面运行的自动控制 自动控制是用台面前侧上的 1 号~5 号撞块(图 7-30)以及操作手柄支点处的八齿爪轮分别推动限位开关 4SA、3SA 及 7SA 来完成的。

(1) 单向自动控制: 单向自动控制是以快速运行→常速进给→快速运行→停止这一过程进行的。根据运行方向及行程距离的要求装好撞块, 如向右进给可将 1 号左撞块 1 号右撞块和 4 号或 5 号撞块(与进给方向有关)都装在操作手柄左面(向右进给则都装在右面, 为保证工作台不超越最大行程, 一般 4 号及 5 号撞块不允许拆下的, 这里仅指调整其位置而言), 然后将转换开关 QA 扳到自动位置, 35 与 19 之间转换开关触点 QA 断开, 以保证工作台在台面移动时不能移动, 31 与 39 之间转换开关触点 QA 闭合使快速接触器 5KM 吸合, 其控制线路路径为: 2→3FU→4→1KT→6→2KT→8→3KT→10→5KM→45→7SA→39→QA→31→2KM→29→5SA→27→6SA→25→2SA→19→2SB1→17→2SB2→9→1SA→3→3FU→1。于是牵引电磁铁跟着吸合(主轴运转时)。这时如将中央手柄扳到“右面”带动 31 与 33 之间限位

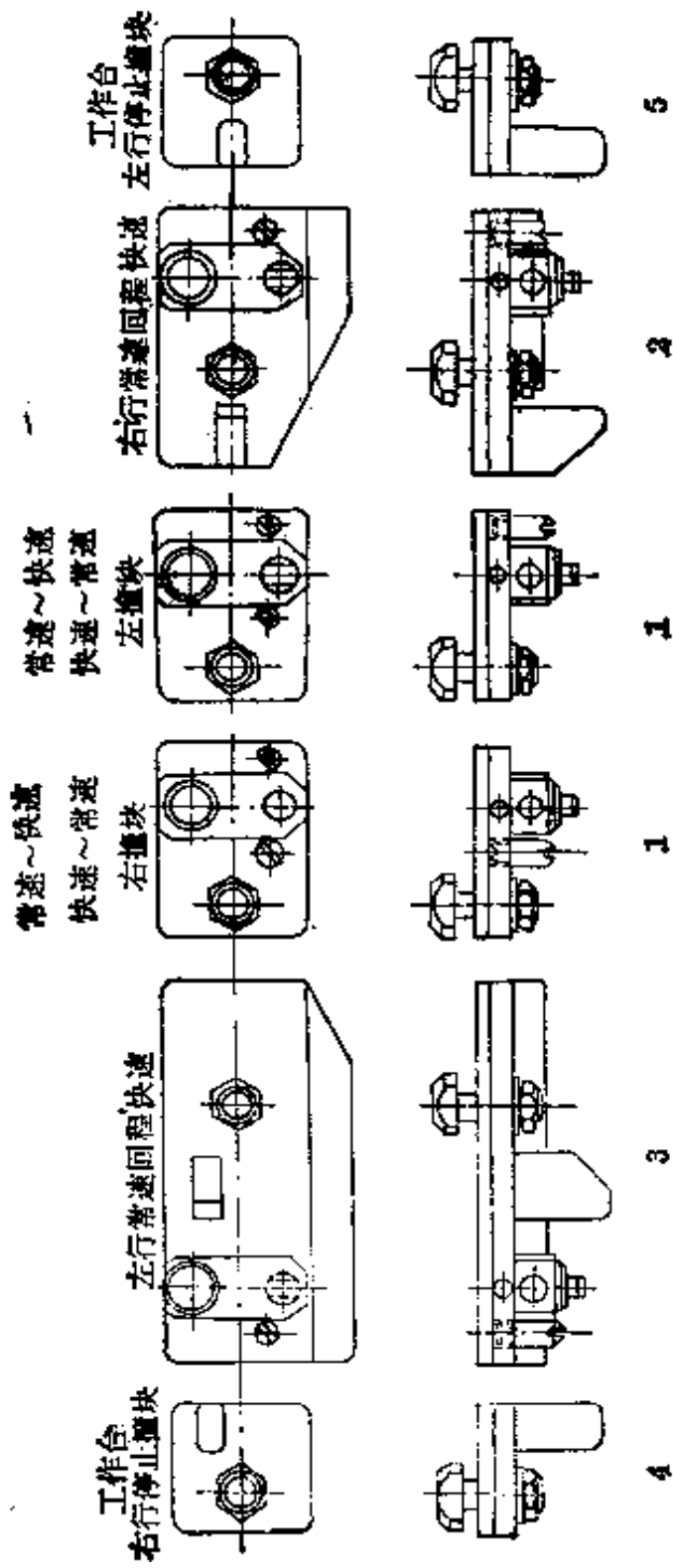


图 7-30 自动控制用撞块示意图



开关触点 3SA 闭合, 接触器 4KM 吸合, 但由于快速行程机构已被牵引电磁铁的吸合拉到快速位置, 这时台面是以快速进给的速度向右移动, 当台面移到第一块 1 号撞块将八齿爪轮撞过一个角度时, 45 与 39 之间限位开关触点 7SA 断开, 接触器 5KM 释放, 同时牵引电磁铁释放, 使台面由快速转为常速进给, 在常速移到第二块 1 号撞块又将八齿爪轮撞过一角度使 45 与 39 之间触点 7SA 闭合, 牵引电磁铁吸合, 台面又以快速向右直到 4 号(或 5 号)撞块将操作手柄撞到中间位置, 则自动停止。

(2) 自动往复控制: 自动往复控制是以快速运行→常速进给→快速回程→停止这一过程进行的。这里是以向右进给为例。

将 1 号右撞块及 3 号撞块装在操作手柄的左方, 4 号撞块装在操作手柄右方(向左则将 1 号左撞块及 2 号撞块装在操作手柄的右方, 5 号撞块装在手柄左方)。扳动手柄向右, 快速运行→常速进给这一过程与单向自动控制相同, 当进给到预定行程时, 3 号撞块将位于台面前方偏右部分的闭锁桩压下, 使离合器不受手柄位置的影响, 所以当台面行到 3 号撞块将操作手柄撞到中间位置时, 台面继续向右, 3 号撞块的后半部又将手柄撞到向左位置, 此时台面仍继续向右移动。在这一过程中, 由于 39 与 41 之间触点 7SA 闭合, 虽然 31 与 33 之间触点 3SA 断开, 但 4KM 仍不释放, 因此 14 与 10 之间的常闭触点 4KM 仍旧断开, 所以 31 与 43 之间触点 4SA 虽闭合, 但 3KM 仍不吸合, 台面一直向右移动, 直到 3 号撞块的另一端将八齿爪轮撞过一个角度将 39 与 41 之间触点 7SA 打开时, 才使 4KM 释放, 由于操作手柄早已位于向左位置而已将 31 与 43 之间的 4SA 闭合, 只待 14 与 10 之间常闭触点 4KM 的闭合, 43 与 14 之间触点 3KM 即行吸合, 使台面向左移动; 又由于 39 与 45 之间触点 7SA 闭合, 所以是快速向左移动(快速回程), 最后由 4 号撞块将手柄撞到中间而自动停止。

(3) 自动往复循环控制: 自动往复循环控制是以快速向右→常速进给向右→快速向左→常速进给向左继而快速向右循环工作。现以向右为起点为例。

将 1 号右撞块与 3 号撞块装在操作手柄的左方, 而 1 号左撞块及 2 号撞块装在手柄右方, 然后扳手柄到向右位置即能循环工作。

自动往复循环的过程与自动往复的过程相同, 只是两个方向都要换向而已。

表 7-13、7-14、7-15 分别表示工作台进给位置, 前后上下限位位置与

QT 转换开关位置。

X62W 万能铣床的抱制线路中电器元件如表 7-16 所示。

表 7-13 工作台进给位置

触点代号	左	停	右
4SA1	—	—	×
4SA2	×	×	—
3SA1	×	—	—
3SA2	—	×	×

表 7-14 前后上下限位位置

触点代号	向 前 上	停	向 后 下
6SA1	—	—	×
6SA2	×	×	—
5SA1	×	—	—
5SA2	—	×	×

表 7-15 转换开关 Q 位置

触 点	手 动	自 动
1	—	×
2	×	—

表 7-16 X62W 万能铣床控制线路电器元件

代 号	名 称	型 号
1Q	总电源开关	HZ1-60/3
2Q	主轴正反转开关	HZ3-131 倒顺
3Q	冷却泵开关	HZ1-10/3
1FU	熔断器	RL1-60/40
2FU	熔断器	RL1-15/10
3FU	熔断器	RL1-15/4
4FU	熔断器	RL1-15/2
R	电阻器(反接制动用)	1 安 0.45 欧
1KT	主轴电机热继电器	JR10-10 35 安
2KT	冷却泵电机热继电器	JR10-10 0.45 安
3KT	进给电机热继电器	JR2-1 14.2~14.8 安
1KM	主轴制动接触器	CJO-40
2KM	主轴起动接触器	CJO-40
3KM	进给正转接触器	CJO-20
4KM	进给反转接触器	CJO-20
5KM	电磁铁接触器	JZ7-44 127 伏
YA	牵引电磁铁	380 伏 150 牛
1M	主轴电机	JOF-52/4
2M	冷却泵电机	JCB-22
3M	进给电机	JOF-41/4
T	变压器	BK-150 380/127/36 伏
QA	转换开关	HZ1-10/2 二极 10 安
1SB	主轴起动按钮	LA2
2SB	主轴停止、反接按钮	LA2
3SB	进给快速按钮	LA2
1SA	主轴点动开关	LX-11K
2SA	工作台点动开关	LX-11K
3SA	工作台向右移动	LX3-11H
4SA	工作台向左移动	LX3-11H
5SA	工作台上升(或向前)移动	LX2-111
6SA	工作台下降(或向后)移动	LX2-111
1KA	速度继电器	PKC
8、BL	照明灯具	JCB-1
2KA	中间继电器	JZ7-44

## 八、T68 卧式镗床控制线路

T68 卧式镗床是多用性机床。它的控制线路如图 7-31 所示,其传动机构分为主轴旋转和进给与快速移动二个部分,它们分别由三相交流电动机 1M、2M 拖动。电气装置中的限位开关都和机械装置有密切的联系。

1. 主轴旋转和进给 主轴旋转和进给的控制由许多环节组成。接触器 1KM、2KM 控制主轴电动机 1M 的点动和正反转;接触器 4KM、5KM 及时间继电器 3KA 控制主轴电动机 1M 的变速(1500 转/分或 3000 转/分)运转;继电器 1KA、2KA 控制主轴电动机 1M 的起动和停止;3KM 用来短接制动电阻 R。主轴和进给的变速是这个机床电气控制电路的主要部分。

(1) 主轴的变速:它是用变速操纵盘来调节的。在变换速度时须拉出变速的手柄,于是 5 与 15 之间开关触点 3SA1 断开,接触器 3KM 释放,随着接触器 1KM 释放,而 31 与 21 之间速度继电器的常开触点 4KA 仍由于主轴电动机 1M 的惯性而闭合,接触器 2KM 吸合,其控制线路路径为:2→3FU→4→KT→6→2KM→33→1KM→31→4KA→21→3SA1→3→1SA1→1。主轴电动机 1M 通过电阻 R 进行反接制动。当电动机转速下降到 120 转/分以下时,31 与 21 之间常开触点 4KA 断开。23 与 21 之间常闭触点 4KA 恢复闭合,其目的是在齿轮啮合不好时,给主轴电动机 1M 的低速运转准备条件。变速时若齿轮卡住,手柄推合不上,则 23 与 25 之间开关触点 3SA2 处于闭合位置,接触器 1KM 吸合,其控制电路路径为:2→3FU→4→KT→6→1KM→27→2KM→25→3SA2→23→4KA→21→3SA1→3→1SA1→1。于是主轴电动机 1M 冲动运转。当速度达 120 转/分以上时,23 与 21 之间常闭触点 4KA 断开,接触器 1KM 释放,电动机的电源被切断。当速度降低到 120 转/分以下时,23 与 21 之间常闭触点 4KA 又闭合,接触器 1KM 又吸合,主轴电动机 1M 再次冲动,重复其动作,直到齿轮顺利地啮合后手柄方可推合。上述动作的目的是为了变速时主轴电动机 1M 能在 120 转/分左右缓慢运转,以便于齿轮顺利地啮合。当齿轮啮合推上手柄时,限位开关 3SA1 闭合。接触器 3KM、1KM 及 4KM(或 5KM)吸合运转,主轴按照选定的速度正转。当需要主轴电动机 1M 在 3000 转/分工作时,只需通过手柄将 4SA 17 与 19

\* 所谓进给与快速移动是指主轴、主轴箱及工作台纵横向的进给与快速移动。

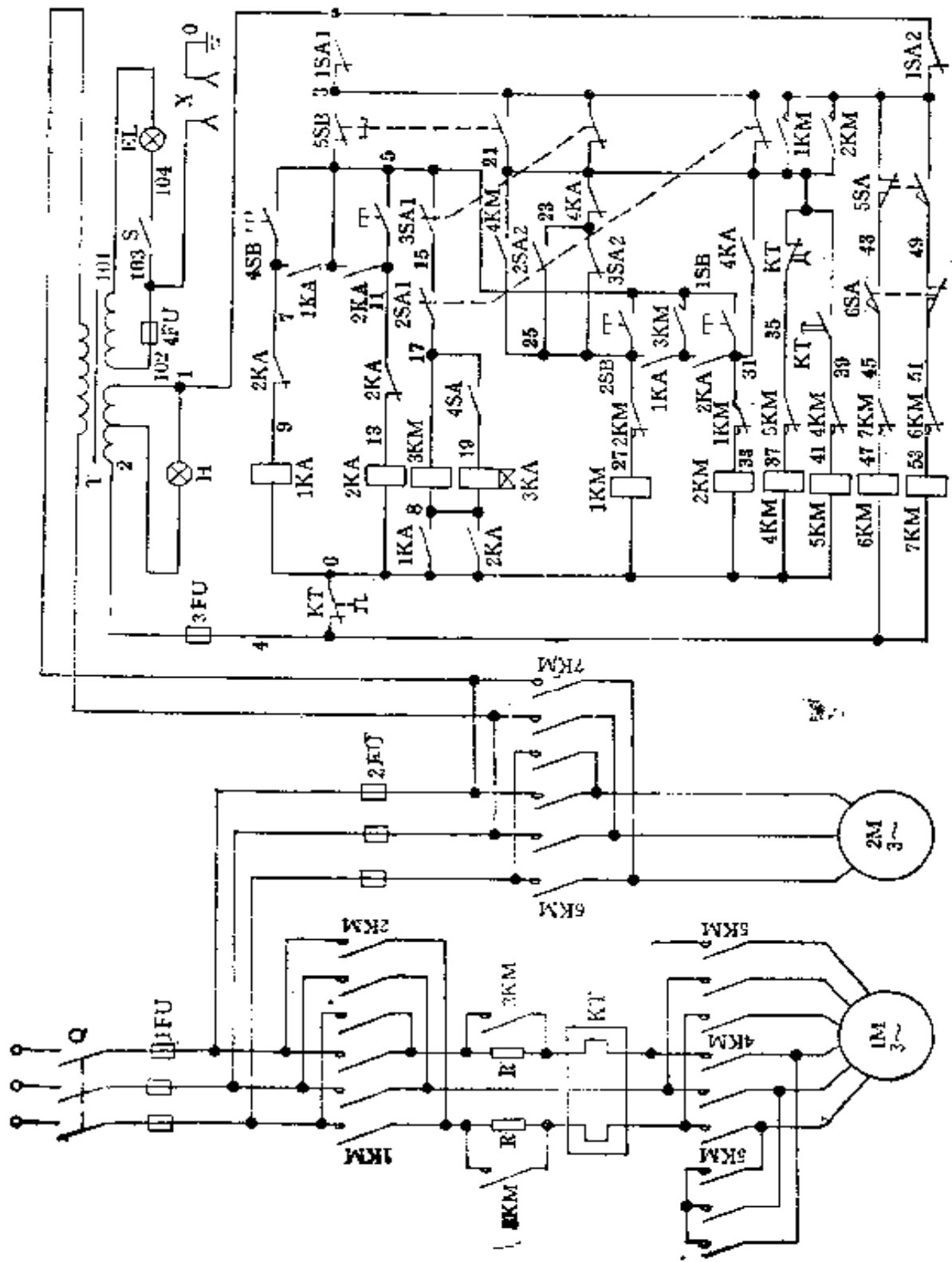


图 7-31 T68 卧式镗床的控制线路

表 7-17 T68 卧式镗床控制线路电器元件

代号	名称	型号
1M	主轴旋转进给多速电机	JDO252-4/2 5.2/7 千瓦 1500/3000 转/分
2M	快速移动电机	J42-4 2.8 千瓦 220/380 伏, 1500 转/分
Q	电源组合开关	HZ2-60/3
1FU	主回路熔断器	RL1-60 40 安
2FU	快速回路熔断器	RL1-15 15 安
3FU	控制回路熔断器	RL1-15 2 安
4FU	照明电路熔断器	RL1-15 2 安
1KM	主轴正转接触器	CJO-40
2KM	主轴反转接触器	CJO-40
3KM	主轴制动接触器	CJO-20
4KM	主轴电机接触器 (150 转/分)	CJO-40
5KM	主轴电机接触器 (3000 转/分)	CJO-40
6KM	快速正转接触器	CJO-20
7KM	快速反转接触器	CJO-20
KT	主轴电机过载保护热继电器	JR2-1 14.5 安
1KA	主轴正转中间继电器	JZ4-44
2KA	主轴反转中间继电器	JZ4-44
3KA	主轴高速延时起动继电器	JS7-2 整定值 7 秒
4KA	主轴反接制动速度继电器	JY-1
R	主轴电机反接制动电阻器	ZB1-09
T	变压器	BK-300 380/127/6/36 伏
S、EL	照明灯具	JC6-2
H	信号灯	DK1-0 6.3 伏 2 瓦绿色灯罩
1SB	主轴反转点动按钮	LA2
2SB	主轴正转点动按钮	LA2
3SB	主轴反转起动按钮	LA2
4SB	主轴正转起动按钮	LA2
5SB	主轴停止按钮	LA2
1SA1	主轴进刀与工作台移动互锁限位开关	LX1-11J
1SA2	主轴进刀与工作台移动互锁限位开关	LX3-11K
2SA1	进给速度变换限位开关	LX1-11K
2SA2	进给速度变换限位开关	LX1-11K
3SA1	主轴速度变换限位开关	LX1-11K
3SA	主轴速度变换限位开关	LX1-11K
4SA	接通高速限位开关 (3000 转)	LX3-11
5SA	快速移动正转限位开关	LX3-11K
6SA	快速移动反转限位开关	LX3-11K
X	工作台照明插座	

之间触点闭合，时间继电器  $KT$  吸合，主轴电动机  $1M$  通过 1500 转/分而达到 3000 转/分。

当主轴电动机  $1M$  在反转的情况下运转时，若欲使其变速，只要将变速手柄拉出即可，其动作时的程序同上。

(2) 进给的变速：进给变速与主轴变速相似，只要推上进给变速手柄，压下  $2SA1$  和  $2SA2$  即可。

2. 快速移动 它是通过接触器  $6KM$ 、 $7KM$  来控制交流电动机  $2M$  的正反转来实现的。

$T68$  卧式镗床控制线路中的电器元件如表 7-17 所示。

## 九、B2012A 龙门刨床

龙门刨床是机械化、自动化程度很高的大型机床。龙门刨床控制线路是比较复杂的，特别是主拖动系统完全依靠电气自动控制来执行的。这里以典型的 B2012A 龙门刨床为例，作些系统地介绍，以有助于对它的性能、特点和工作情况能进一步地了解。同时希望通过这个介绍，对其他采用直流无级调速的生产机械也可以起到“触类旁通”的效果。

1. 龙门刨床对电力拖动的要求 龙门刨床是频繁往复运动的生产机械。前进行程是切削行程；后退行程是不作切削的，只让工作台驶回准备作第二次切削。为了提高劳动生产率，要求后退速度高于切削速度。为了加工不同的金属材料 and 满足不同的加工工艺，要求工作台有宽广的调速范围和较硬的机械特性。不仅如此，从工作台的运动图（图 7-32）可以看出，在前进和后退的变换过程中还要求有一定的平滑的减速，而且动作反应要快。由于工作长度不一，要求工作台的行程可以根据需要来调整。

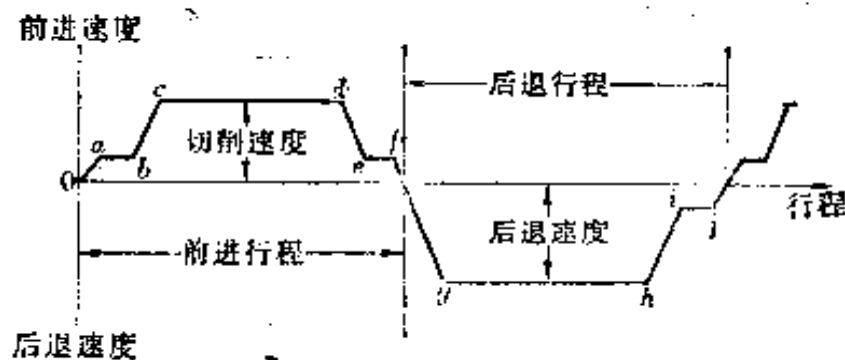


图 7-32 工作台运动图

### B2012A 龙门刨床的性能和特点:

(1) 机床采用电动机与一档机械齿轮变速, 保证工作台速度在宽广的范围内无级调速。低速档 4.5~45 米/分, 高速档为 9~90 米/分。工作台速度还可降低到 1 米/分, 供磨削加工之用。

(2) 工作台前进与后退速度能单独地作无级调整, 无须停车。

(3) 电气控制电路保证机床可靠地自动工作。工作台往复一次后, 刀架自动进给。后退行程中, 刀架自动抬起。工作台在行程末尾进行减速、反向等运动的自动变换。

(4) 作高速切削时, 为了减小刀具承受的冲击, 以延长使用期限, 在前进行程的起始, 可使工具慢速切入工件, 如图中的  $ab$  线段(约 12~15 米/分), 而后增加到规定的速度, 如图中的  $cd$  线段。若刀具能够承受切削速度的冲击, 那末可以在操纵台上旋转开关 6SA, 取消慢速切入。

(5) 在前进与后退行程的末尾, 工作台自动减速, 如图上的  $ef$  和  $ij$  线段, 以保证刀具慢速度离开工件, 避免工件边缘崩裂, 同时提高反向时的准确度。

(6) 当减速与反向行程开关偶尔失灵时, 由极限行程开关和液压安全器作限位保护, 使工作台不致驶出床身导轨面外。各部件的相对运动没有必要的联锁。

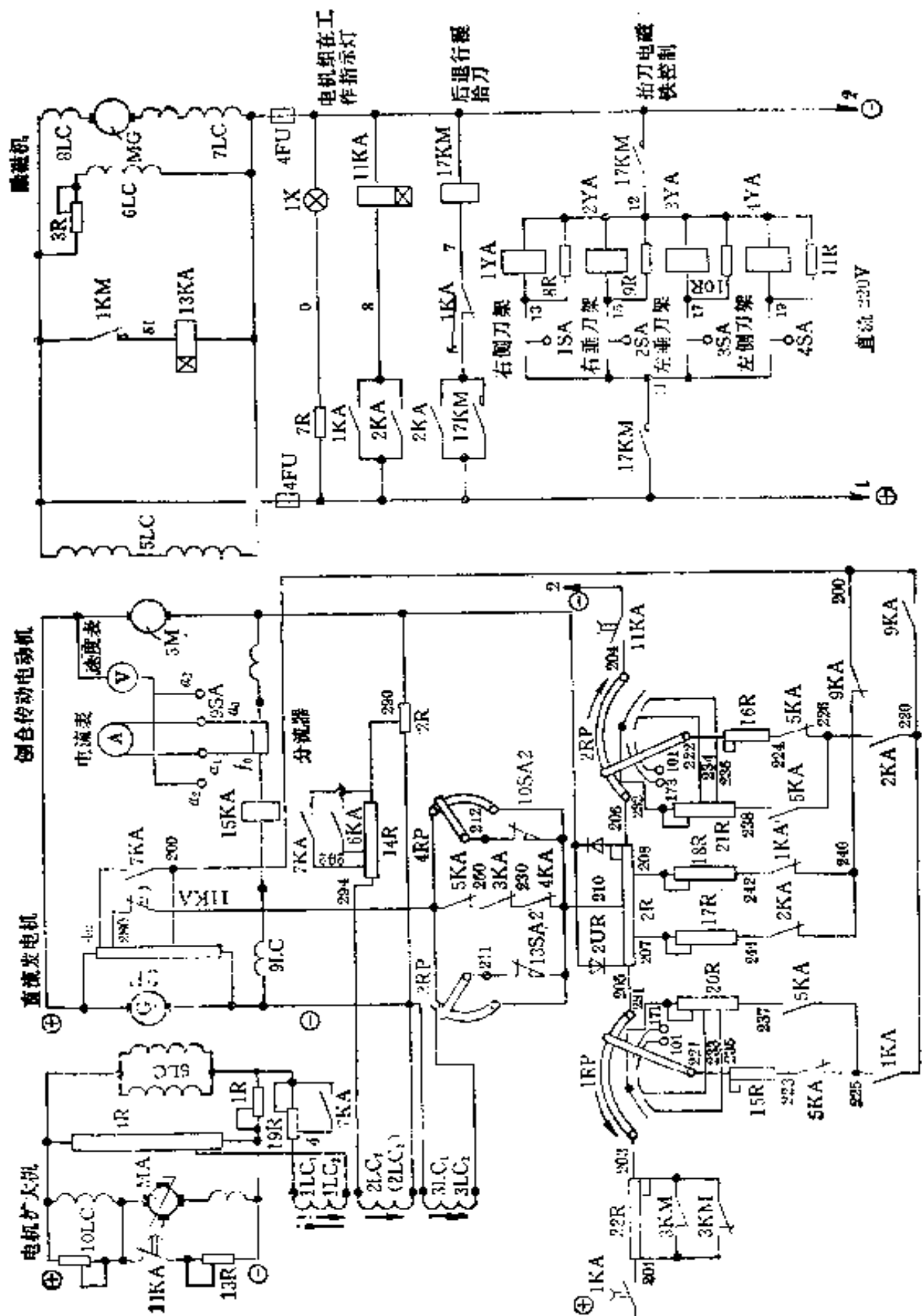
2. 变流机组的起动和横梁的升降 B2012A 龙门刨床的控制线路如图 7-33。

(1) 变流机组的起动: 按下操纵台上的起动按钮 2SB, 主接触器 13KM 吸合时, 借 703 与 705 之间触点 13KM 闭合而自锁。起动接触器 14KM 随之吸合, 交流电动机在  $Y$  接法下起动, 被拖动的直流励磁机开始发电。

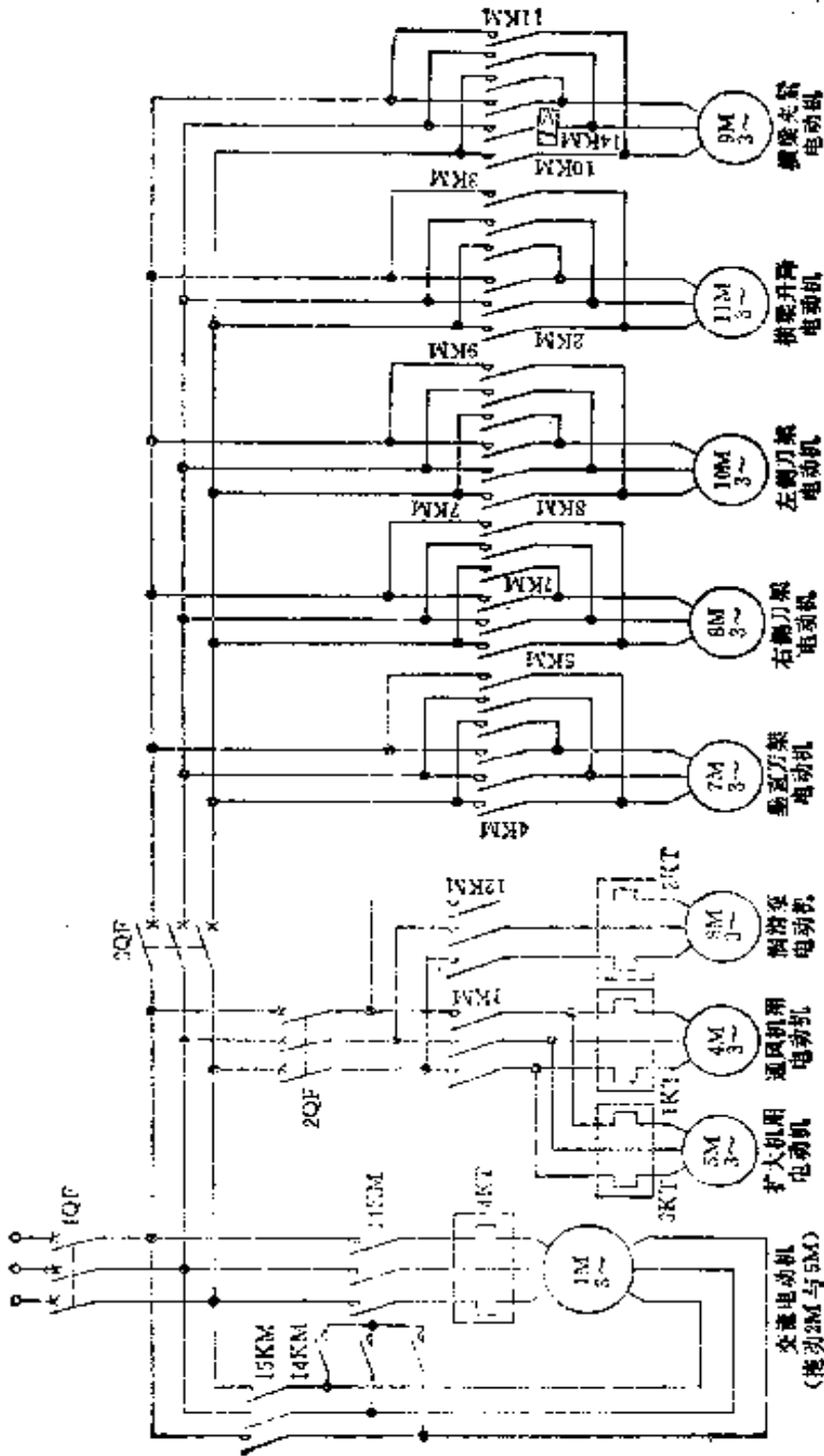
等到交流电动机加速到将近额定转速, 也就是励磁机电压升高到接近额定值时, 跨接在励磁机电枢两端上的直流时间继电器 13KA 吸合, 705 与 717 之间触点 13KA 立即断开, 723 与 725 之间触点 13KA 立即闭合, 为接触器 1KM 吸合作好准备。

早在按下起动按钮 2SB 时, 延时继电器 10KT 便已吸合, 在到达整定的延时时间以后, 705 与 717 之间触点 10KT 断开, 接触器 14KA 释放。同时, 705 与 723 之间触点 10KT 闭合, 于是接触器 1KM 吸合, 705 与 725 之间触点 1KM 自锁, 扩大机用电动机 5M 和通风机用电动机 4M 投入运转。717 与 721 之间触点 1KM 闭合, 为接触器 15KM 吸合作好准备。同时 51 与励磁机 2M 的换向绕组接点之间触点 1KM 断开, 使时间继电器 13KA 释放, 在 705 与

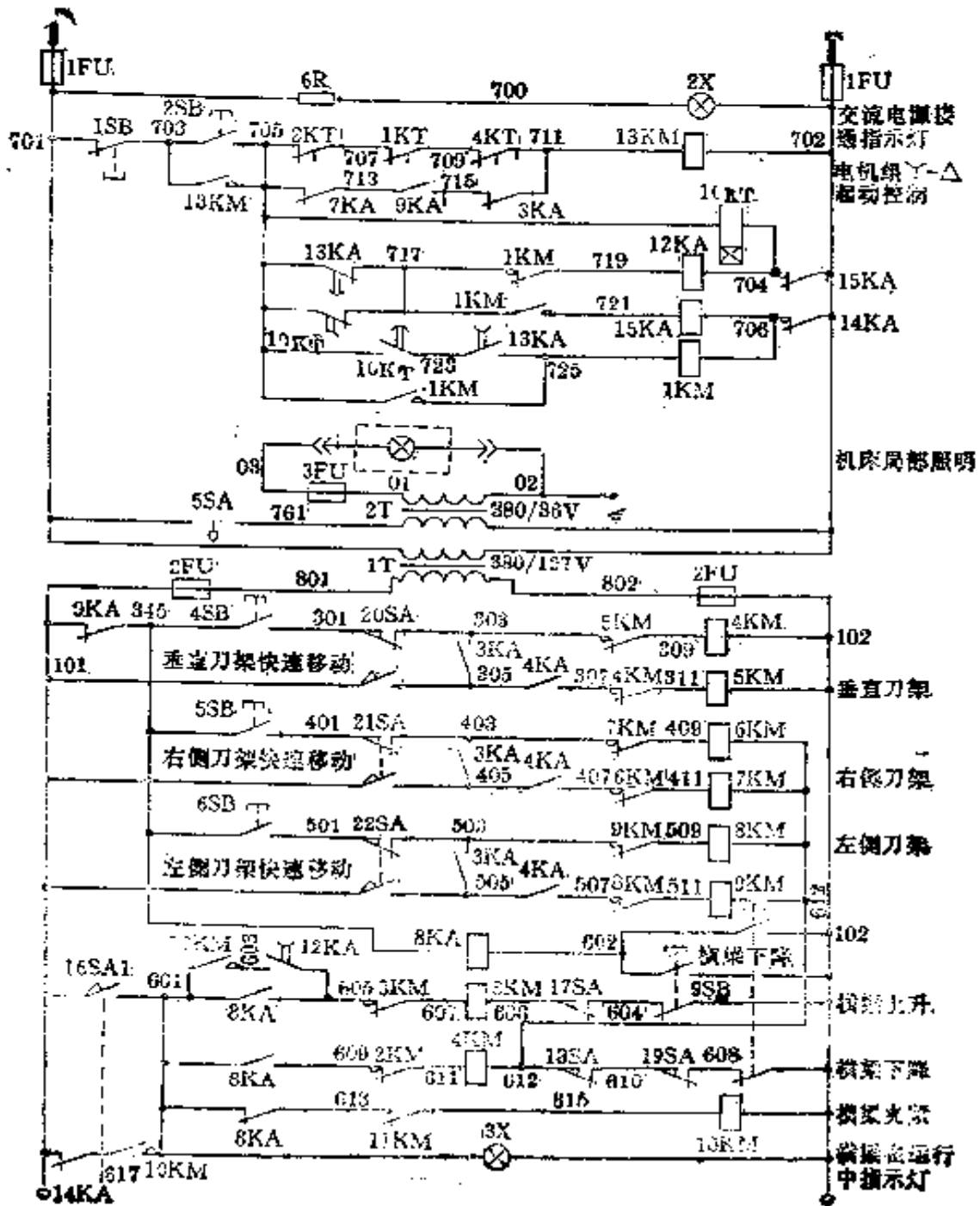




(图 7-33)



(图 7-33)



(图 7-33)

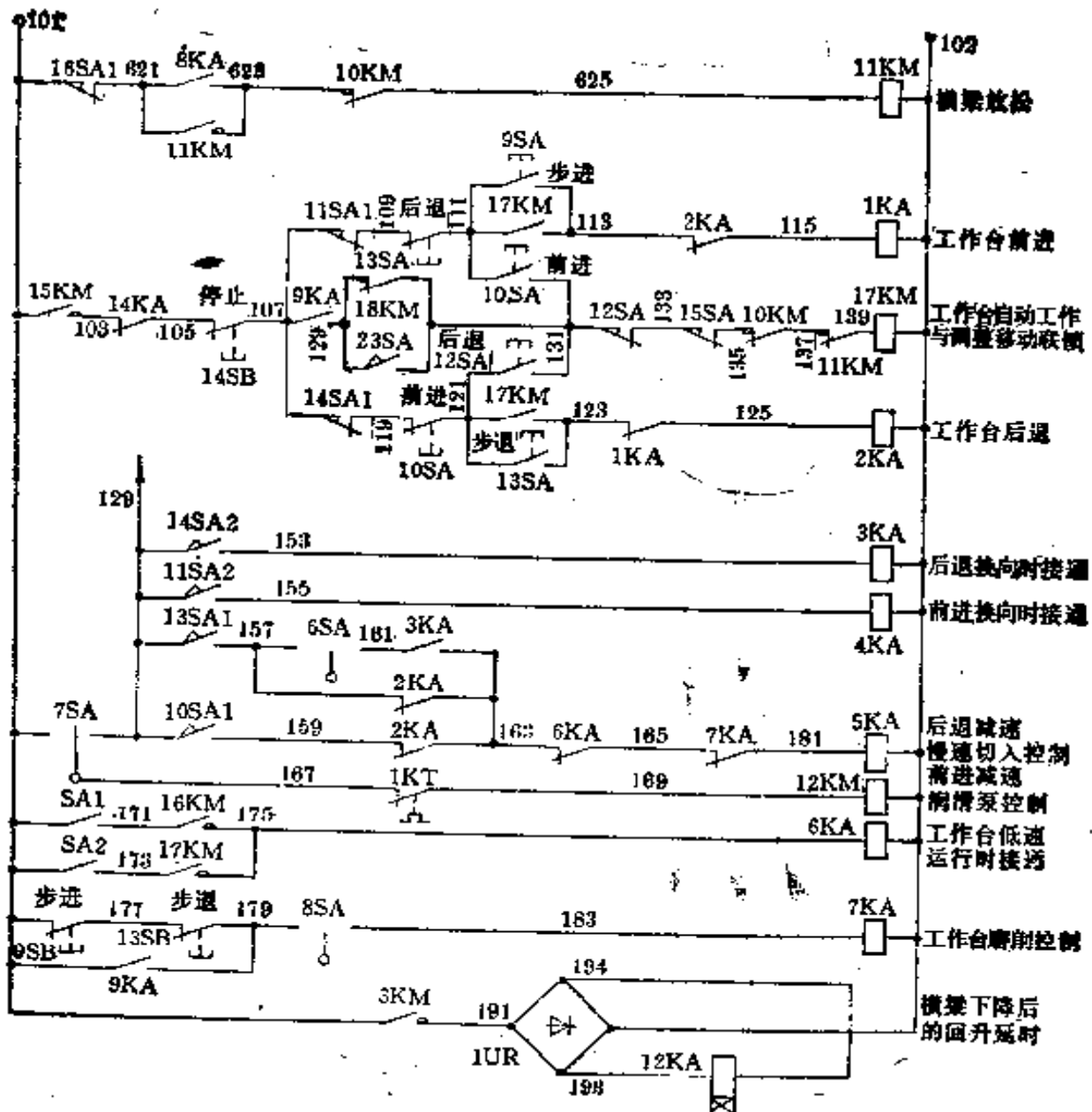


图 7-33 B2012A 龙门刨床控制线路

717 之间触点 13KA 略为延时一下就闭合,至此,接触器 15KM 吸合,电动机接成  $\Delta$  运转。

上述过程保证电动机从 Y 接法起动到  $\Delta$  运转有一定的起动时间;同时也保证只有当变流机组起动以后,才能起动扩大机及通风机用电动机。

按下停止按钮 1SB,变流机组起动控制线路全部切断,变流机组、扩大机及通风机用电动机都停止。

(2) 横梁的升降: 17SA 装在右立柱上,在横梁上升到极限位置时,触点断开。18SA 和 19SA 装在横梁上,在横梁下降到靠近右侧或左侧刀架时,触

点断开。这三个限位开关是防止横梁超过行程，起着安全保护作用。16SA1在横梁夹紧机构安全松开时101与601之间触点16SA1闭合，同时101与621之间触点16SA2断开，图上所示为夹紧时的情况。

横梁的升降只能在工作台不开动时进行，因为只有在这种情况下，中间继电器17KM在101与345之间的常闭触点才是闭合的。

横梁上升：按下上升按钮7SB横梁继电器8KA吸合，621与623之间触点8KA闭合，使接触器11KM吸合，621与623之间触点11KM自锁，夹紧电动机9M向放松方向起动。当完全放松后，在101与621之间限位开关16SA2触点断开，11KM释放，电动机9M停车。同时在101与601之间16SA1触点闭合，接触器2KM吸合，使电动机11M起动，横梁向上移动。当横梁升到需要高度时松开按钮7SB，8KA释放，在601与605之间的触点8KA断开了接触器2KM的线圈电路，电动机11M停车。这时在601与613之间的触点8KA把接触器10KM的线圈接通，电动机9M向夹紧方向起动；等到横梁充分夹紧，过电流继电器14KA动作，101与617之间常闭触点14KA开断了接触器10KM线圈电路，夹紧电动机9M停止。

必须指出，101与601之间触点16SA1在横梁开始夹紧时就断开，因此10KM的最后切断还是决定于过电流继电器14KA的动作。安装在操纵台上的指示灯3X表示“横梁在运行中”；在作横梁升降时，一旦横梁完全放松，101与601之间触点16SA1闭合，指示灯即亮，直到横梁重复夹紧，过电流继电器动作，101与617之间的常闭触点14KA断开才熄灭。

横梁下降：横梁下降的控制原理和横梁上升基本相同。横梁的放松和夹紧环节是和横梁上升公用的，所不同的只是采用了下降按钮8SB和下降接触器3KM而已。

不过横梁下降多了一个“横梁下降后回升”环节，其目的为了消除丝杆与螺母的间隙，保证横梁对工作台的平行度不超过允许误差范围。

横梁下降后回升环节的过程：当松开按钮8SB后，8KA释放，601与603之间的常开触点8KA断开，接触器3KM释放，横梁下降停止。同时，由于601与613之间常闭触点8KA的闭合，接通了接触器10KM，横梁开始夹紧。此刻接触器3KM虽已释放，101与191之间触点3KM断开，时间继电器12KA释放，但603与605之间延时触点12KA延时断开，接触器2KM便通过601→10KM→603→12KA→605吸合，电动机9M向上升方向转动；由于12KA整定时间极短，因此横梁只回升一下便停止。夹紧过程与上升完

全一样。

### 3. 主拖动的工作情况

(1) 工作台的自动循环: 变流机组已起动, 横梁已夹紧, 油泵已开动, 直流电动机已励磁。按下前进按钮 10SB 时, 继电器 9KA 吸合, 111 与 113 之间触点 9KA 闭合, 使中间继电器 1KA 吸合, 1 与 3 之间触点 1KA 闭合使时间继电器 11KA 吸合, 它的 2 与 204 之间和 1 与 201 之间触点分别闭合, 接通了调速电位器 1RP 及 2RP 的直流电源。由于 220 与 200 之间触点 9KA 闭合及 225 与 220 之间触点 1KA 闭合, 扩大机给定绕组 3LC 便在直流分压电路上的 221、210 两点取得励磁电流, 其路径是:  $3LC1 \rightarrow 8LC2-G \rightarrow 4R \rightarrow 200 \rightarrow 9KA \rightarrow 220 \rightarrow 1KA \rightarrow 225 \rightarrow 5KA \rightarrow 223 \rightarrow 15R \rightarrow 221 \rightarrow 1RP \rightarrow 2R \rightarrow 210 \rightarrow 4KA \rightarrow 280 \rightarrow 3KA \rightarrow 250 \rightarrow 5KA \rightarrow 3LC2$ 。使扩大机供电给直流发电机的励磁绕组, 发电机 G 即发电供给直流电动机 3M, 工作台就加速到前进调速手柄所给定的速度前进。

工作台在前进行程结束前, 安装在台面侧撞块 A (图 7-34 和表 7-18) 拨动了行程开关 10SA, 129 与 159 之间触点 10SA1 闭合使继电器 5KA 吸合, 223 与 225 之间触点 5KA 断开, 225 与 237 之间触点 5KA 闭合, 使 20R 接入 3LC 绕组电路中, 20R 起着限制减速制动强度的作用, 使减速制动不致太强烈。同时由于 250 与 3LC3 之间触点 5KA 断开和 210 与 212 之间触点 10SA2 断开, 回路中又串入了 3RP 加速度调节器, 工作台降低速度前进。

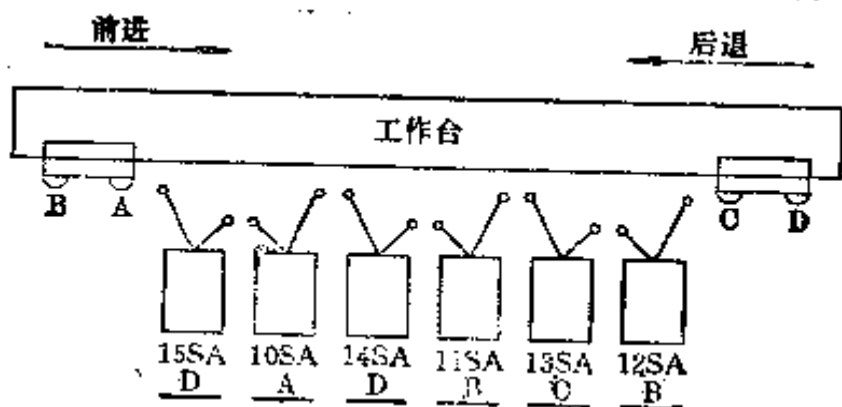


图 7-34 行程开关零位位置图

工作台减速前进, 撞块 B 拨动了反向开关 11SA, 107 与 109 之间触点 11SA1 断开, 继电器 1KA 释放, 后退继电器 2KA 吸合, 1 与 5 之间触点 2KA 闭合, 继电器 4KA 吸合, 它的 1 与 11 之间及 2 与 12 之间触点闭合, 通过转位开关 1~4SA 分别控制抬刀电磁铁 1~4YA 抬刀。220 与 223 之间触

表 7-18 工作台行程减速开关与行程换向开关工作情况

触 点	状					态				
	(开始)	前进行程			(末尾)	(开始)	后退行程			(末尾)
10SA1	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
10SA2	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+
11SA1	+	+	-	-	-	-	-	+	+	-
11SA2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13SA1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
13SA2	-	+	-	+	-	+	+	+	-	-
14SA1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
14SA2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+

注: + 表示触点接通; - 表示触点断开。

点 2KA 闭合, 改变了参据电压的极性, 电动机从制动停止到反向起动, 工作台加速到后退调速手柄所给定的速度向盾行驶。同时由于 129 与 155 之间触点 11SA2 闭合, 继电器 4KA 吸合, 305 与 307 之间、405 与 407 之间、505 与 507 之间的触点 4KA 都闭合, 进刀机械复位。

在开始后退的过程中撞块 B 和 A 分别将 14SA、10SA 依次复位为下一个循环作好准备。

后退行程结束前, 撞块 C 拨动了行程开关 13SA, 129 与 157 之间触点 13SA1 闭合, 又使 5KA 吸合, 工作台后退减速。同时 210 与 211 之间触点 13SA2 断开。电路串进 4RP 加速度调节器。

撞块 D 拨动 14SA, 107 与 119 之间触点 14SA1 断开, 使后退继电器 2KA 释放, 其在 1 与 5 之间常开触点 2KA 断开, 使抬刀继电器 4KA 释放, 抬刀停止。同时继电器 3KA 吸合, 由于 129 与 153 之间触点 14SA2 闭合, 303 与 305 之间、403 与 405 之间、503 与 505 之间的常开触点 3KA 都分别接通各刀架的自动进刀回路。由于 113 与 115 之间的常闭触点 2KA 的闭合使 1KA 吸合, 工作台又开始前进, 撞块 D 和 C 将限位开关 14SA、13SA 依次复位, 到此工作台就完成了第一次的往复运动。

如果要求工作台停止运行, 可按停止按钮 11SB, 断开工作台控制电路, 使继电器 9KA 释放。1KA 和 5KA、11KA 也相继释放。工作台便迅速制动停车。

下面再作几点补充说明:

① 要刀具慢速切入工件, 应把操作台上的“慢速切入开关”拨向工作位置, 使 157 与 161 之间触点 6SA 闭合。这样, 在工作台后退换向时 3KA 吸合, 161 与 163 之间触点 3KA 闭合, 使减速继电器 5KA 投入工作。

② 加速度调节器 3RP(或 4RP)用来调节工作台前进(后退)的减速强度, 使工作台平滑地减速和反向。在反向越位不大的情况下, 尽量向“反向平稳”方向调节, 只有在反向越位过大时才向“越位减小”方向调节。

③ 为了防止停车之后工作台出现爬行现象, 设有扩大机欠补偿制动电路和发电机的自消磁电路。这是分别依靠 8LC1-MA 与 270 之间的和 280 与 3LC2 之间的延时触点 11KA 来达到的。13R 的阻值大小对停车准确度影响较大, 应当配合 17R(18R)以及 11KA 的延时时间来调整。17R(18R)的接入主要是调整停车制动的强弱。

④ 工作台在 4.5~10 米/分的低速运行时(相当于电动机转速 97~215 转/分), 这时调速电位器 1RP(或 2RP)手柄将使触点 101 与 171 之间的或 101 与 173 之间的附加开关 SA1 或 SA2 闭合, 于是 6KA 吸合, 250 与 292 之间触点 6KA 闭合, 短接了 14R 一段电阻使电流正反馈获得相应的调整。

⑤ 在表 7-19 上还可以看出, 在工作台高速运行时, 相当于电动机转速 745~860 转/分或 860~970 转/分时, 调速电位器 1RP(或 2RP)的手柄将使附加开关 231 与 233 之间(或 232 与 234 之间)触点和 231 与 235 之间(或 232 与 236 之间)触点相应接通, 从而改变 20R(21R)的抽头, 使获得相应的减速制动强度。

⑥ 工作台在磨削运行时, 应把操纵台上的磨削转换开关 8SA 放在工作位置 179 与 183 之间触点 8SA 闭合, 继电器 7KA 吸合。201 与 203 之间触点 7KA 断开, 使直流分压回路中接入了 22R, 给定电压大为减小。这时 292 与 290 之间触点 2KA 闭合, 切去了 14R 大部分电阻, 改善电流正反馈作用, 200 与 4a 之间触点 7KA 闭合, 使电压负反馈作相应调整。

(2) 工作台步进和步退: 工作台调整移动时, 也允许在不开动润滑泵电动机 6M 下进行。按下步进按钮 9SB 继电器 1KA 吸合, 1 与 3 之间触点 1KA 闭合, 工作台步进; 动作情况和按下前进按钮 10SB 相仿。所不同的是, 不论按下步进或步退按钮, 9KA 是不吸合的; 因此 1KA 或 2KA 不能自锁, 一当按钮松开, 工作台便停止。此外, 当按下步进按钮时, 3LC 绕组的励磁电流改为从 3LC1→8LC2-G→4R→200→9KA→240→2KA→241→17R→207→



表 7-19 调速电位器上附加开关的工作情况

触 点	电 机 转 速				
	97	215	745	880	970 (转/分)
101~171	■				
231~233			■		
231~235				■	
101~173	■				
232~234			■		
232~236				■	

注: ■ 表示触点接通。

2R→210→4KA→230→3KA→250→5KA→3LC2取得。因此步进速度很低,约4米/分,它与速度调节器1RP的手柄位置无关。时间继电器11KA随着1KA的吸放而吸放,故消磁过程也相同。

工作台步退与工作台步进相似。

4. 主拖动的自动调整系统 龙门刨床主拖动的自动调整是一个关键性问题。由于电机扩大机具有很大的放大系数和较高的灵敏度,在这里它被用来作为调节发电机电压的励磁机,从而调整电动机的转速以及控制电动机在不同过渡过程中的性能要求,因此扩大机的控制就成为一个关键问题。现分析它的几个主要环节。

(1) 电压负反馈\*环节:

① 连接法:电压负反馈环节的连接法如图7-35所示。图中扩大机MA的绕组3LC既是主磁场绕组又兼有电压

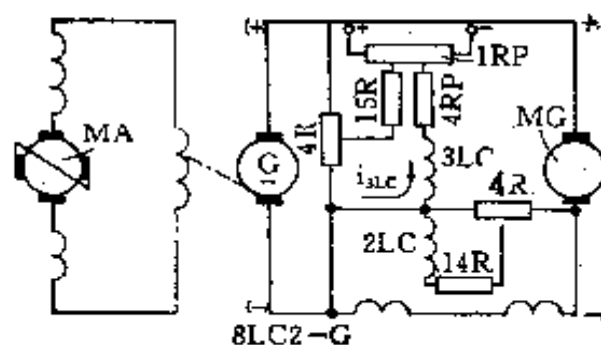


图 7-35 电压负反馈与  
电流正反馈原理图

\* 在自动电力拖动系统中,为了提高系统的工作质量以满足生产的需要,常采用将输出信号回送到输入端的自动控制方法,这就是反馈。反馈信号与输出信号电压成正比的就是电压反馈;反馈信号与输出信号电流成正比的就是电流反馈。反馈信号的极性与输入信号的极性相同的是正反馈;反馈信号的极性与输入信号的极性相反的是负反馈。

负反馈控制作用,它接在两个极性相反串联迭加起来的电压上。由调速电位器  $1R_P$  上所取的给定电压总是高于  $4R$  上所取的反馈电压的,图中  $15R$  是调整电阻器,它是在起动或反向过程中限制流过绕组  $3LC$  过大的电流(图中绕组  $2LC$  是电流正反馈绕组,在下面介绍)。

② 作用:当龙门刨床在刨削时,发电机-电动机组主回路电流增大,二者电枢及换向极上的电压降都增大,于是电动机端电压下降,其转速也随之下落。这时,由于给定电压未变, $4R$  上所取电压降低,所以流过绕组  $3LC$  的控制电流  $i_{3LC}$  就增加(方向如图 7-35 中所示),因而增加了扩大机的电压,致使发电机电压重新上升到与原来相接近的数值,于是电动机的转速仍能有所上升,因而使其机械特性硬化些。

当直流电动机开始起动时,发电机电压还未建立起来,这时也就没有负反馈电压,给定电压在  $3LC$  绕组中产生一个比稳态时大得多的控制电流(约 7~10 倍)。这个强励磁的控制电流迫使扩大机端电压迅速上升,其数值也可达到稳定时的 3 倍左右,于是给了发电机强迫励磁,使发电机电压迅速增加,加大了起动转矩,电动机转速也随之迅速上升。电压负反馈量越大,强励磁的倍数也越大,过渡过程的时间就越短。同样,在减速、反向、制动等过程,电压负反馈也起着强励磁的作用,使减速、反向、制动过程加快,反向与制动转矩加大工作台越位减小。

此外,电压负反馈环节的引入还具有能减小剩磁电压、扩大调速范围,可靠地防止工作台的爬行等优点。

### (3) 电流正反馈环节:

① 连接法:系统中加入电流正反馈绕组  $2LC$ (图 7-35),它被接在电阻器  $4R$  上, $4R$  是并联在发电机与电动机的换向极上,因此绕组  $2LC$  上所取得的电压与主电路的电流是成正比例的,改变  $4R$  抽头及  $14R$  阻值的大小,可以调节电流正反馈量的强弱。

② 作用:仅有电压负反馈环节仍旧解决不了电动机的转速降低,因为电压负反馈仅能保持发电机电压大致不变,而不能保持电动机转速不变。电流正反馈的引入就进一步解决了转速降低的问题。绕组  $2LC$  的极性与绕组  $3LC$  是相同的,这便使它在主回路电流增加的同时相应地增加发电机的电压,保持电动机转速不变。

系统中引入电流正反馈环节可以提高机械特性的硬度,扩大调速范围,它能加大起动、反向、制动过程中的电流数值,也就是加大起动或制动转矩,缩短

过渡过程,减小越位。

(3) 电流截止负反馈环节: 为了使主电路电流在很大的强励磁作用下, 电枢电流不超过所允许的换流条件, 又使过渡过程的电流曲线有较好的起动波形, 从而缩短过渡过程, 因而设有电流截止负反馈环节(简称限流电路), 如图 7-36 所示。

由电动机及发电机的辅助极上取下的电压降  $V_{fj}$ , 通过硒整流器  $2UR$ , 与限流电路的参据电压  $V_{cs}$  进行比较, 这些电压关系一般是按以下公式来选择的:

$$V_{fj} = 1.35 I_e R_{fj} > V_{cs} + V_{os}$$

式中:  $I_e$ ——电动机的额定电流;  $R_{fj}$ ——发电机和电动机的附加极绕组的总电阻;  $V_{os}$ ——硒整流器的开放电压。

从上式可以看出, 当电动机的电流到达额定电流的 1.35 倍时, 限流电路应当开放, 使绕组  $3LC$  流过去磁电流  $i$ , 从而保证发电机电压与电动机转速迅速降低。

(4) 桥形稳定环节: 电机扩大机、直流发电机和直流电动机都具有电磁惯性, 它们之间的信号传递, 尽管时间很短暂, 究竟还是需要一些时间。因此, 如果不设置稳定环节, 那么在起动、反向或停车时, 往往由于反应不够及时而发生振荡现象。所谓系统发生振荡, 表现在外观上即是电动机的轴不断地来回旋转, 一分钟内可达上百次之多。

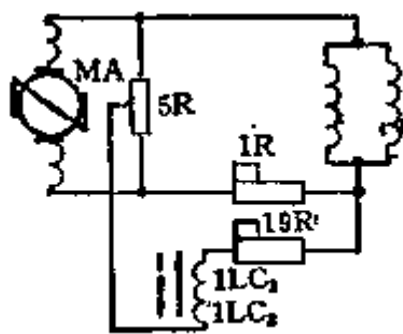


图 7-37 桥形稳定环节原理图

的大小决定于电流随时间的变化率, 也就是说, 扩大机电压变动得愈迅速, 电位差就愈大。它的极性是, 当扩大机电压升高时,  $5LC2-G$  (即  $1LC1$ ) 为负,

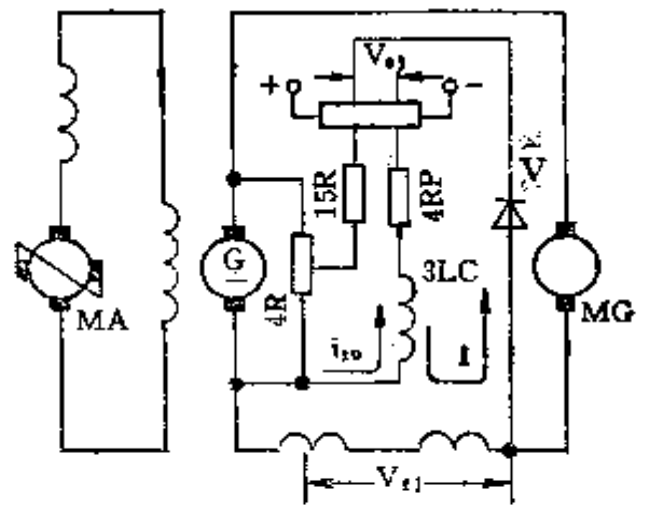


图 7-36 电流截止负反馈原理图

图 7-37 中, 控制绕组  $1LC$  (这里也被称为稳定绕组) 经  $19R$  跨接于桥形电路的对角线上。在扩大机输出电压不变时, 对角线上两点电位差为零, 绕组  $1LC$  没有电流通过。当扩大机电压发生变化时, 由于桥臂上发电机励磁绕组的自感效应, 这两点的平衡就被破坏, 出现了电位差, 这个电位差

1LC2 为正, 使绕组 1LC 流过去磁电流, 力图阻止扩大机电电压的升高。反之, 如扩大机电电压降低时, 这时加在 1LC 绕组上的电压极性恰相反, 流过 1LC 绕组的电流则力图阻止扩大机电电压降低, 这便使系统获得较稳定的特性。

5. 电气系统的保护和联锁 为了确保机床正常地工作, 防止种种原因给机床带来严重的损害, 因此在整个电气系统中要设置必要的保护和联锁控制。

交流主电动机(图 7-33)由总开关, 即自动空气开关 1QF 作为短路保护, 并有热继电器 4KT 作过载保护。

扩大机用的电动机和拖动通风机分别由热继电器 1KT 和 2KT 作为过载保护(图 7-33)。上述热继电器的动作将使主接触器 13KA 释放, 变流机组停止。如果这时工作台正在运行, 那么上述保护要等到后退换向时才起作用, 它是由于沿着 705→7KA→713→9KA→715→3KA→711 的电路的联锁而保证的。

润滑泵电动机发生超载时, 将使(167 与 169 之间)热继电器触点 1KT 断开(图 7-33), 接触器 12KVI 释放, 润滑泵停止。

工作台导轨和主传动机构的润滑由油压继电器来保证。要先起动润滑泵电动机, 并使达到一定压力后, 工作台才可能自动工作, 否则只能点动。工作台自动工作过程中, 遇到油压不够时, 工作台就会在后退换向时停止。这是依靠 129 与 131 之间油压继电器微动开关 23SA 触点和 3KA 常闭触点并联后串接在 9KA 线圈电路来达到的(图 7-33)。

直流电动机的过载保护依靠串联在主回路的过电流继电器 15KA。当直流电动机过载时, 其 103 与 105 之间常闭触点 15KA 断开, 切断工作台的控制电路(图 7-33), 使工作台停止。

直流电动机的失励保护是由直流时间继电器 13KA 附带来保护的。1 与 201 之间和 2 与 201 之间的触点 11KA 断开(图 7-33)将使发电机 G 也同时失去励磁。

工作台前后行程的极限保护, 由终端开关 12SA、15SA 来执行, 以防止反向失灵而造成工作台冲出床身的危险。131 与 133 之间触点 12SA 和 133 与 135 之间 15SA 切断了继电器 9KA 回路(图 7-33), 促使工作台迅速停止。最后还由机械方面设置了安全液压制动器以防万一。

横梁下降到将接近左(右)侧刀架时, 612 与 610 之间限位开关触点 18SA 或 610 与 603 之间限位开关触点 19SA 断开横梁升降电动机的供电电路(图 7-33)。同样, 横梁上升到极限位置时, 603 与 604 之间限位开关触点 17SA

断开,使横梁停止上升,从而避免了由于操作不慎而发生碰撞事故。

调整刀架(快速移动)和横梁(升降)只有在工作台停止的情况下才能进行,这是由 101 与 345 之间触点 9KA(图 7-33)来保证的。

全部交流和直流控制电路都由熔丝保护。

6. 电气设备试车与调整 机床全部安装完毕后,必须经过正确细致的试车与调整才能正式投入生产。必须指出,机床在出厂前已作过全部设备(包括电气设备)的配套试验,各电器元件参数都已作过细致的调整,因此,在一般情况下,仅需检查电器元件参数是否由于某种原因而有所变动,根据具体情况作个别的调整,而无须作全部的调整工作。

试车前必须先熟悉电气设备与机床电气系统的性能,掌握试车顺序,在机械安装人员的密切配合下,严格遵守安全操作规程进行正确的试车工作。

(1) 试车前的准备工作:

① 准备好试车调整的仪表,如转速表、兆欧表、万用表、交流电流表等。

② 进行电气设备的外部检查,如电机电器有无卡住现象、电机电器的接触面是否良好,外部线路接得是否正确,内部电路及电动机磁场电路有否松脱现象等。

③ 检查电机、电器及控制电路的绝缘电阻是否符合规定。

④ 操作准备: 首先把行程开关放在零位。将各刀架进刀箱上的机械手柄放于中间零位,并将另一转换手柄放在中间零位上即“快速移动”与“自动进刀”都断开的位置。工作台传动变速箱上的机械变速手柄应可靠地放在中间零位上,使直流电动机不能带动工作台移动。而操纵台上的转换开关 1~7SA、9SA 应放在断开位置,8SA 放在“刨削”位置上。把两调速电位器手柄调到最左端的位置(即最低速度的位置)。两加速调节器旋向“越位减小”的一端。断开自动空气断路器 2QF 与 3QF,取下 4FU 与 2FU,在电器柜接线柱上拆下 1M、4M、6M 电机引出线。

在直流发电机 G 接线柱上拆下线号为 9LC1-G 的两根导线,其中一根粗线是主电路导线,另一根是电压负反馈用的细线。

在电机扩大机接线盒内拆下 1LC1、2LC2、3LC3、1ALC1-MA 四根通向电器柜的导线。

将电器柜接线柱上 131 与 129 线号用导线短接起来。

(2) 电器动作的检查(是否符合电气原理图): 合上自动空气断路器 1QF 检查交流电源的电压,试验 Y/ $\Delta$  起动控制电路电器动作。此时因励磁机不

发电, 13KA 的动作要用绝缘棒推动。

装上熔断器 2FU 检查交流控制电路电器的动作, 如不符合电气原理图要求, 应首先检查外部接线是否接错, 有关接线有否松脱。

装上熔断器 2FU, 接上从电器柜内拆下的 1M 六根交流电动机的导线。注意一定要接得正确, 否则会造成电源网路短路等事故。试验交流电动机 1M 的 Y/ $\Delta$  起动, 检查它的旋转方向一定要符合箭头所示方向。这样励磁机所发出的电压为 210~230 伏, 并且线号 1 为正极, 2 为负极, 然后试验直流电器元件的动作。

(3) 辅助拖动系统的试车: 横梁夹紧与升降的试验要特别谨慎。一定要和装配钳工配合好, 经过检查合格后, 才可进行此项试验。在夹紧电动机定子回路中, 串入一个交流电流表(量程 0~5 安)观察夹紧电流的大小, 确定夹紧程度(一般是 2.2~2.5 安), 操作人员与观察人员一定配合好, 特别注意夹紧电机旋转方向, 不然会损坏夹紧机构造成电机事故。松开时旋转方向应使夹紧机构的制子向行程开关 16SA 方向移动为正确, 如果方向反了应立即切断自动空气断路器 1FU, 并加以改正。

试验各刀架的快速移动。进刀电动机旋转方向从风扇端看去应顺时针方向旋转。各刀架的自动进刀可在工作台自动工作时试验。

#### (4) 工作台主拖动系统的试车:

① 电机扩大机 MA 和发电机 G 电压极性的检查: 将电机扩大机接线盒内拆下的导线 3LC, 串入 500~1000 欧电阻后, 接到原接线柱上, 将调速手柄 1、2RP 放于最低速的位置, 起动电机组检查扩大机的旋转方向, 它应与机壳上的箭头方向一致, 然后, 可以检查它的极性。按下工作台“步进”按钮, 此时电压极性 8LC2-MA 应为负, 10LC1-MA 应为正; 按下工作台“步退”按钮, 电压极性 8LC2-MA 应为正, 10LC1-MA 应为负。

扩大机试好后接上 10LC1-MA, 按下工作台“前进”按钮, 测量发电机 B 端电压的极性, 这时 9LC1-G 应为正, 9LC2-G 应为负, 按下工作台“后退”按钮则反之。

在此必须强调指出, 扩大机与发电机电压极性一定要与要求相符, 这关系到电压负反馈的正确与否, 所以对极性要认真地检查与测量。如果出现问题应首先检查外部连线, 找出原因。

② 发电机电压负反馈环节的加入: 开动电机组, 按下工作台“前进”按钮, 使发电机发出 100 伏左右的电压, 把电压表接在发电机 9LC1-G 和 8LC2-G

两端上,把从发电机接线盒内拆下的 9LC1-G 细导线(粗导线 9LC1-G 不动),向 9LC1-G 端接触一下,观察端电压的变化。如果电压下降,说明电压负反馈正确;如果电压升高,应立即把导线 9LC1-G 从发电机端子上拿开,停止电机组,检查有关接线及电压的极性。特别注意,接线时不能把细导线 9LC1-G 端子接死,否则有可能造成设备事故。

电压负反馈极性测试正确后,可把细导线 9LC1-G 接在发电机 9LC1-G 的端子上,拆去串入 3LC 绕组回路中的电阻。

③ 电桥稳定环节的试测:让发电机发出 100 伏左右电压用电压表(量程 1~10 伏)测量 2LC2 与 2LC1 之间的电压为零,否则调整 3R 上的抽头使其为零,电桥平衡后可以把扩大机接线盒内拆下的导线 1LC1 接上,检查 1LC 绕组极性的正确性(可以按下“步进”按钮来试测,这时 1LC2 为正,5LC2-G 为负)。

(5) 直流电动机 3M 的试运转:接上 4M 的导线,试验通风机电动机的旋转情况。

把从发电机接线盒内拆下的粗导线 9LC1-G 接上,按下“步进”或“步退”按钮检查电动机 3M 的旋转方向。

如果在停车时发生振荡(电动机转子来回不停地转动)应立即停止电机组,重新检查稳定电路的极性,电桥是否平衡及有关接线是否正确(应当注意,限流电路接线是否良好)。只要将 1LC1 端接上或拆下,比较自动机 3M 停止时的情况,就可以看出稳定环节是否起作用。

电动机试运转正确后,按下工作台“前进”按钮,将调速电位器 1、2RP 都调到最高速位置,电动机的最高转速达到 970 转/分,按自动工作顺序拨动减速反向行程开关,观察电动机 3M 的工作情况,并检查限位开关是否起作用。

接好润滑泵电动机,检查润滑泵电机的各种工作状态,同时与钳工配合检查润滑系统。

以上试验完毕后,拆除 131 和 129 的短接线,便可进行刨床的综合试车了,如工作台的自动工作、自动进刀、抬刀、慢速切入等环节的工作情况。

(6) 技术参数的测定:励磁机电压为 220 伏时,它的分励磁场的电流约 0.45 安,8LC1-MG 与 7LC1-MG 之间串入电阻 3R 为 230 欧(分励绕组的直流电阻为 234.1 欧)。刨台以 90 米/分速度运行时,3LC 绕组的励磁电流为 87.5 毫安。电压负反馈系数 0.35~0.46,实测 95 伏,即系数 $\approx 0.43$ ,200 与 9LC2-G 之间 2R 上阻值为 100 欧,2R 总阻值为  $2 \times 140$  欧。此时电动机

的励磁电流为 4.6 安(电动机的分励直流阻值为 37.68 欧)。

刨台在以 90 米/分的速度运行时, 扩大机的输出电压为 65 伏(发电机分励绕组的阻值为 30.1 欧)。

电流正反馈 12R(总阻值 50 欧)上 3LC1 与 290 之间阻值  $\geq 10$  欧(一般为 20 欧左右)。14R(总阻值 100 欧)上 3LC 与 292 之间电阻为 21 欧。

电压截止负反馈的范围为 7~11 伏, 205 与 210(或 203 与 210)之间的 1R 上电压为 8 伏, 电阻约 10 欧。

桥形稳定环节: 据实际试测在工作台 90 米/分前进时 1LC2 $\oplus$  与 5LC2-G $\ominus$  之间的电压为 0.2~0.4 伏为宜, 实测 0.3 伏。

各桥臂上的电阻值: 5R(总电阻 260 欧)上 10LC1-MA 与 2LC2 之间为 200 欧, 8LC2-MA 与 2LC2 之间为 60 欧。1R(总阻值 3.5 欧)上 3LC2-MA 与 5LC2-G 之间为 2 欧, 发电机分励磁场并联后测量为 7 欧, 19R(总阻值 200 欧)5LC2-G 与 1LC1 之间为 40 欧。

欠补偿能耗制动和自消磁环节的有关参数:

11KA 延时 0.3 秒, 2R 上 9LC2-G 与 280 之间为 150 欧。

13R(总阻值 100 欧姆)上 270 与 8LC2-MA 之间为 50 欧。

减速制动等环节串入电阻数据的测定:

15R、16R、17R、18R、20R、21R 其电阻值均为 200 欧。

15R(16R)上 221 与 223 之间(或 222 与 224 之间)为 90 欧(或 95 欧)。

20R(21R)上 235 与 237 之间(或 238 与 236 之间)为 50 欧(或 55 欧)。

233 与 237 之间(或 238 与 234 之间)为 90 欧(或 100 欧)。

17R(18R)上 207 与 241 之间(或 203 与 242 之间)为 90 欧。

3RP 和 4RP 两电位器为调节冲击和越位而设置的, 阻值加大则越位加大, 冲击减小, 阻值减小, 越位减小, 冲击加大。可根据实际使用情况进行调整。

刨台以 90 米/分运行时其换向越位距离  $\leq 260$  毫米(减速, 反向制子间的距离为 250~300 毫米), 实测 200 毫米。

横梁夹紧电流为 2.5 安。

低速磨削各量的测定:

22R 接入 160~180 欧。

2R 上 4a 与 9LC2-G 之间为 220~240 欧。

19R 上 4 与 1LC1 之间为 50 欧。

14R 上 2LC1 与 294 之间为 22 欧。



表 7-20 扩大机绕组数据表

电枢 (欧)	换向极 (欧)	补 偿 (欧)	横 向 (欧)	去 磁 (欧)	控 制 绕 组			
					1LC	2LC	3LC	4LC
0.520	0.15	1.472	0.838	6.72	100	21	100	21

扩大机直流电阻的测定:

扩大机的补偿调节电阻约 9.8 欧。阻值大则放大系数大, 阻值小则放大系数小。

一般扩大机处于欠补偿状态工作, 阻值不宜过大。此值出厂时已调好, 不宜轻易移动。

以上仅为 B2012A 一台试车时测得数据, 供调试时参考。

B2012A 龙门刨床的控制线路电器元件如表 7-21 所示。

表 7-21 B2012A 龙门刨床的控制线路电器元件表

代 号	名 称	型 号
1M	三相异步电动机	JE2-4 55 千瓦
G	直流发电机	ZBF-92 70 千瓦
MG	直流发动机	Z3-42 3.5 千瓦
3M	直流电动机	ZBD-93 60 千瓦
4、5M	三相异步电动机	JO2-21-2 1.5 千瓦
MA	功率扩大机组	ZKK-12J 1.9 千瓦、1.2 千瓦
6M	三相铝壳异步电动机	JCL22-4 0.25 千瓦
7、8M	三相异步电动机	JO41-4 1.7 千瓦
9M	三相异步电动机	JO31-4 0.6 千瓦
10M	三相异步电动机	JO41-4 1.7 千瓦
11M	三相异步电动机	J43-4 2.8 千瓦

(续表)

代 号	名 称	型 号
1~5KM	交流接触器	CJO-20A
6~9KM	交流接触器	CJO-10A
10~12KM	交流接触器	CJO 10A
1~8KA	中间继电器	JZ7-44
9KA	中间继电器	JZ7-62
10KT	时间继电器	JS7-1A 延时0.4~60秒
1R	板形电阻器	ZB2-3.5Ω
2R	板形电阻器	ZB2-87Ω
3R	板形电阻器	ZB2-140Ω
4R	板形电阻器	ZB2-140Ω
5R	板形电阻器	ZB2-260Ω
1KT	热继电器	JR10-10 整定值0.8安
2KT	热继电器	JR10-10 整定值3.1安
3KT	热继电器	JR10-10 整定值3.8安
17KM	直流接触器	CZ3-22/60
11KA	直流电磁继电器	JT3-22/1
12KA	直流电磁继电器	JT3-11/1
13KA	直流电磁继电器	JT3-11/3
13~15KM	交流接触器	CJO-75A
14KA	电流继电器	JL3-01 2.5安
15KA	电流继电器	JL3-01/8 300安
4KT	热继电器	JR2-3 62.5安
1T	控制变压器	BK-300 380/127伏
2T	控制变压器	BK-100 380/36伏
1QF	自动空气断路器	DZ10-100/320
2、3QF	自动空气断路器	DZ4-25/330
1~3FU	螺旋式熔断器	RL1-15A
4FU	螺旋式熔断器	RL1-15A
6R	玻璃管形电阻器	GF-50

(续表)

代 号	名 称	型 号
7R	珐琅管形电阻器	GF-50 1650 欧
8~11R	珐琅管形电阻器	GF-150 1000 欧
12R	珐琅管形电阻器	GF-50T 50 欧
13、14R	珐琅管形电阻器	GF-50T 100 欧
15~19R	珐琅管形电阻器	GF-50T 200 欧
20、21R	珐琅管形电阻器	GF-50T 300 欧
22R	珐琅管形电阻器	GF-50T 500 欧
1UR	硒整流器	2ZA300-288/108~0.15
2UR	硒整流器	ZXA100D-72/27~2
A	直流电流表	1CI-A
V	直流电压表	1CI-V
1~4SA	转换开关	HZ1-10/1
5~9SA	主令开关	HSZ-2
1、2SB	控制按钮	LA4-21K
1~3X	信号灯	ZSD-2 型绿、蓝、乳白色各 1 只 8 瓦 127 伏
1、2RP	瓷盘式电位器	C-300 125 欧(107 欧处插头)
3、4RP	瓷盘式电位器	C-100 300 欧(魏来福按钮 678、674)
4~8SB	按钮	LA2 黑色 5 安
9~13SB	按钮	LA2 绿色 5 安
14SB	蘑菇头按钮	LA2 红色 5 安
10~12SA	行程开关	LX2-232
13~15SA	行程开关	LX2-232
16SA	行程开关	LX2-121
17、18SA	行程开关	LX3-11H
19SA	行程开关	LX3-11K
20、21SA	行程开关	LX3-11K
22SA	行程开关	LX3-11K
1~4YA	拾刀线圈	
23SA	微动开关	LX5-11

## 十、CE7120 半自动液压仿形车床

CE7120 半自动液压仿形车床由尾架、卡盘、主轴、仿形刀架、回转刀架、下切刀架等六大部件组成、控制线路如图 7-38 所示。其加工方式可分各部件的调整和自动运行两种。

### 1. 各部件的调整

(1) 尾架的调整: 尾架调整是指尾架心轴的前进或后退, 这种调整只能在主轴停止旋转时才能进行。当踩下靠近床尾的脚踏开关 20SA 使 20G 与 217 之间触点闭合, 时间继电器 2KT 吸合, 126 与 127 之间常开触点 2KT 闭合, 电磁铁 8YA 吸合, 于是操纵液压阀驱动油缸。8YA 的吸合或释放使油缸带动尾架心轴前进或后退。

(2) 液压卡盘的调整: 液压卡盘的夹紧或松开由靠近床头的脚踏开关 21SA 控制, 踩下 21SA 使 128 与 129 之间触点闭合, 于是电磁铁 9YA 吸合, 操纵液压驱动油缸, 带动卡盘夹紧; 反之, 当 9YA 释放时, 卡盘即松开。液压卡盘的调整只能在主轴停止旋转时才能进行。

(3) 主轴的调整: 主轴电动机起动后, 即可对主轴进行起动、点动、变速及制动等动作的调整。

**起动:** 按下按钮 6SB, 继电器 5KA 吸合, 并通过 15 与 16 之间常开触点 5KA 闭合自锁。这时, 在 119 与 121 之间常开触点 5KA 闭合, 接通电磁离合器 2YH 电路使主轴机械装置拉到  $n_2$  转速旋转(旋钮式按钮 7 与 65 之间触点置于断开位置)。

**点动:** 按下点动按钮 7SB, 控制情况与上述相同。松开 7SB, 因 7SB 无自锁, 主轴停止旋转。

**变速:** 主轴起动后, 操纵主轴变速主令开关 17SB, 实现主轴变速。当闭合 7 与 65 之间触点 17SB 时, 继电器 15KA 吸合, 接通电磁离合器 1YH 电路, 于是主轴以  $n_1$  的转速旋转; 当断开 7 与 65 之间触点 17SB 时, 1YH 则随着继电器 15KA 的释放而释放, 2YH 由于 119 与 122 之间常闭触点 15KA 闭合而吸合, 主轴转速即由  $n_1$  变为  $n_2$ 。

**制动:** 主轴起动后, 按下 7SB 按钮, 其 7 与 18 之间触点 7SB 断开, 继电器 5KA 释放, 6 与 123 之间常闭触点 5KA 闭合使电磁离合器 3YH 吸合, 主轴制动。

1C、2C、3C 是离合器 1YH、2YH、3YH 的消弧电容。

## (4) 仿形刀架及床鞍的调整:

① 仿形刀架引刀及进给: 按下 13SB, 继电器 6KA 吸合, 其控制电路路径为: 22→16KA→23→13SB→26→15SB→50→1SA2→25→6KA→2。6KA 吸合后并自锁, 97 与 125 之间常开触点 6KA 闭合, 电磁铁 1YA 吸合, 仿形刀架引刀, 引刀结束后, 插销触及样件或样板。如未安装样件(或样板), 应调整仿形刀架右侧的手柄, 限制引刀行程。使插销扛杆抬起, 27 与 28 之间触点 13SA 闭合, 此时再按 13SB, 其 25 与 27 之间常开触点闭合, 继电器 7KA 吸合, 控制电路路径为: 6→14KA→22→16KA→23→13SB→26→15SB→50→1SA2→25→13SB→27→13SA→23→8KA→29→7KA→2。7KA 吸合后并自锁, 同时 6 与 112 之间常开触点 7KA 闭合, 而电磁铁 2YA 吸合, 107 与 112 之间常开触点 7KA 闭合, 使 5YA、6YA 同时吸合, 仿形床鞍开始以与主轴转速  $n_1$  或  $n_2$  相对应的  $S_1$  或  $S_2$  的进给量开始纵向进给。如果需要减慢进给, 可将 4LA 置于减慢位置(即 100 与 114 之间触点 19SB 断开), 此时电磁铁 5YA、6YA 均释放, 则床鞍以减慢的  $S_4$  的进给量进给。

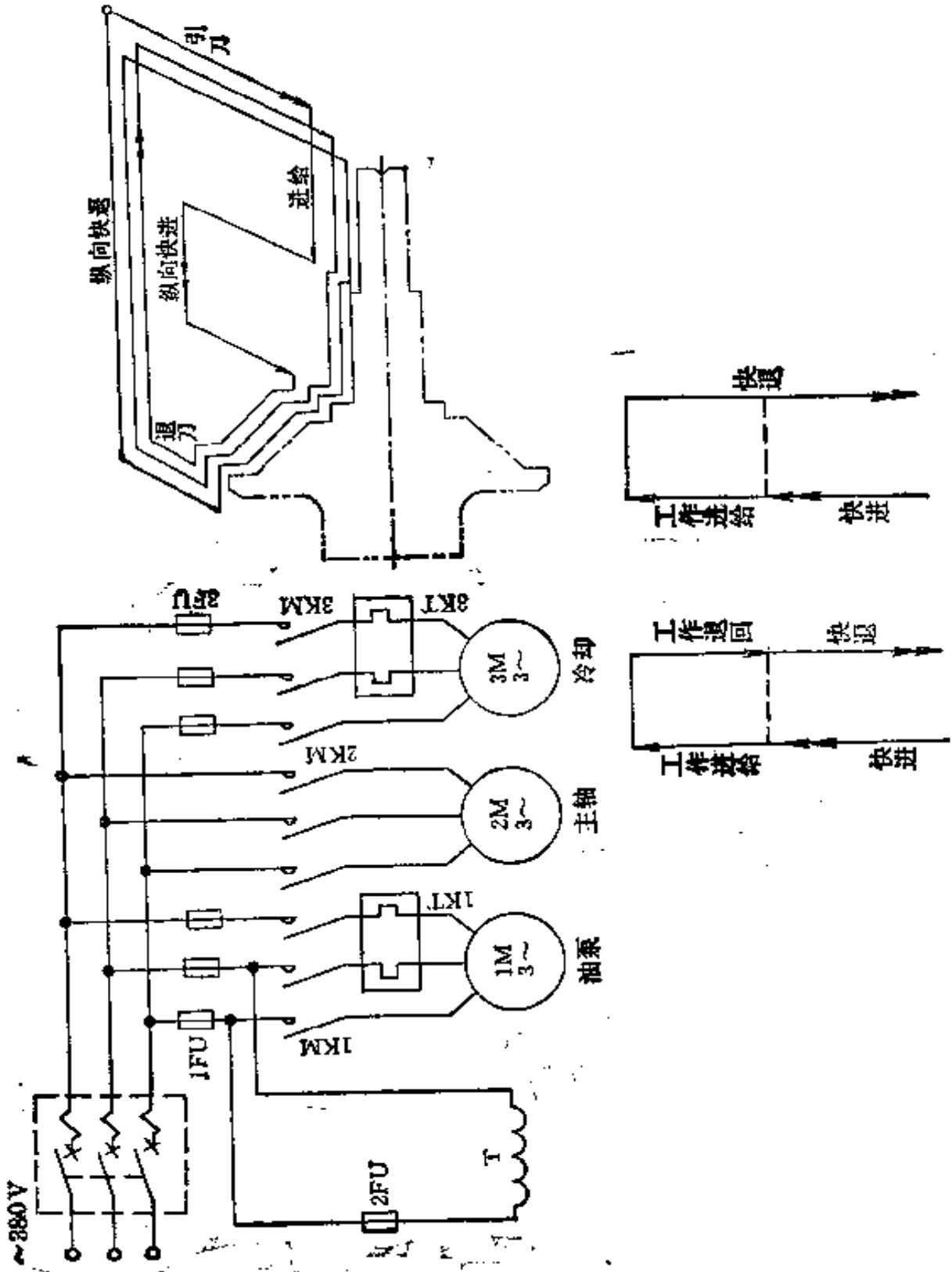
在 114 与 116 之间常开触点 15KA 并联的 17SA 是由床头箱上的变速手柄控制的。如 17SA 闭合, 则主轴速度最高, 所对应的进给量  $S_3$  也最大。按下 8SB, 25 与 31 之间触点断开, 继电器 7KA 释放, 进给停止。

② 仿形刀架退刀及床鞍纵向快退: 在仿形刀架引刀或进给过程中, 按下按钮 15SB, 继电器 14KA 吸合, 6 与 22 之间常闭触点 14KA 断开, 使 6、7KA 释放, 仿形刀架立即快速退刀。同时 110 与 112 之间常开触点 14KA 闭合, 退刀结束后(终点) 106 与 2 之间触点 12SA 闭合使继电器 8KA 吸合, 由于 6 与 110 之间的常开触点 8KA 闭合, 电磁铁 3YA、电磁铁 4YA 吸合, 床鞍便纵向快退, 松开 15SB, 床鞍停止。

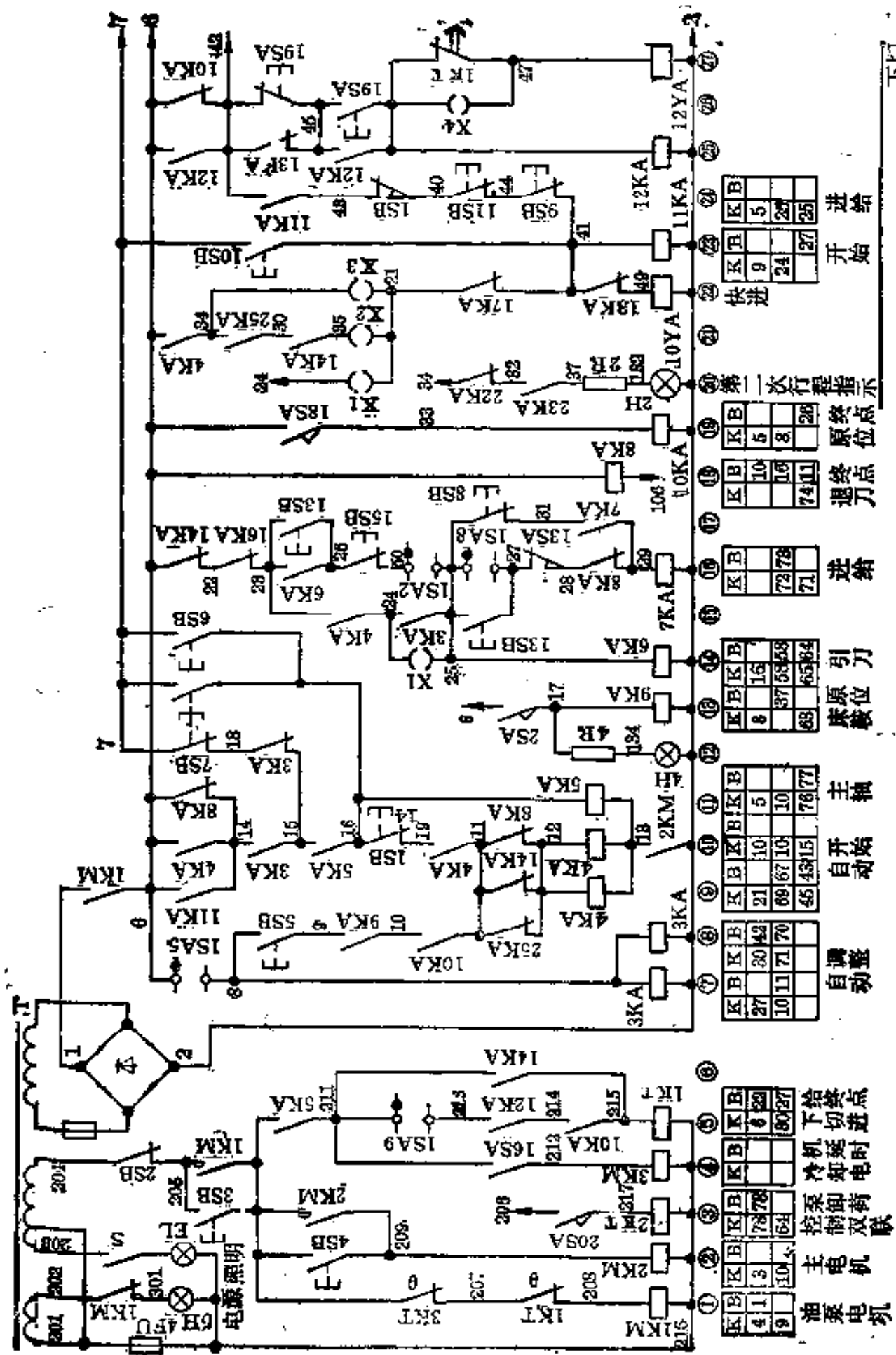
③ 仿形刀架退刀及床鞍纵向快进: 在仿形刀架引刀或进给过程中, 按下按钮 14SB, 继电器 16KA 吸合, 22 与 23 之间常闭触点 16KA 断开, 使继电器 6KA、7KA 释放, 仿形刀架立即快速退刀, 退刀结束后(终点), 8KA 吸合, 使电磁铁 2YA、4YA 吸合, 床鞍便纵向快进。松开 14SB, 床鞍停止。

(5) 回转刀夹的调整: 回转刀夹可回转三个位置, 每个位置相隔  $120^\circ$ , 调整时每次只能依次回转一个位置, 在仿形刀架及床鞍都需退到回转位置后才能进行。

按下按钮 12SB, 继电器 29KA 吸合, 96 与 108 之间常闭触点 29KA 断开, 继电器 26KA 释放, 124 与 105 之间常闭触点 26KA 闭合, 电磁铁 7YA

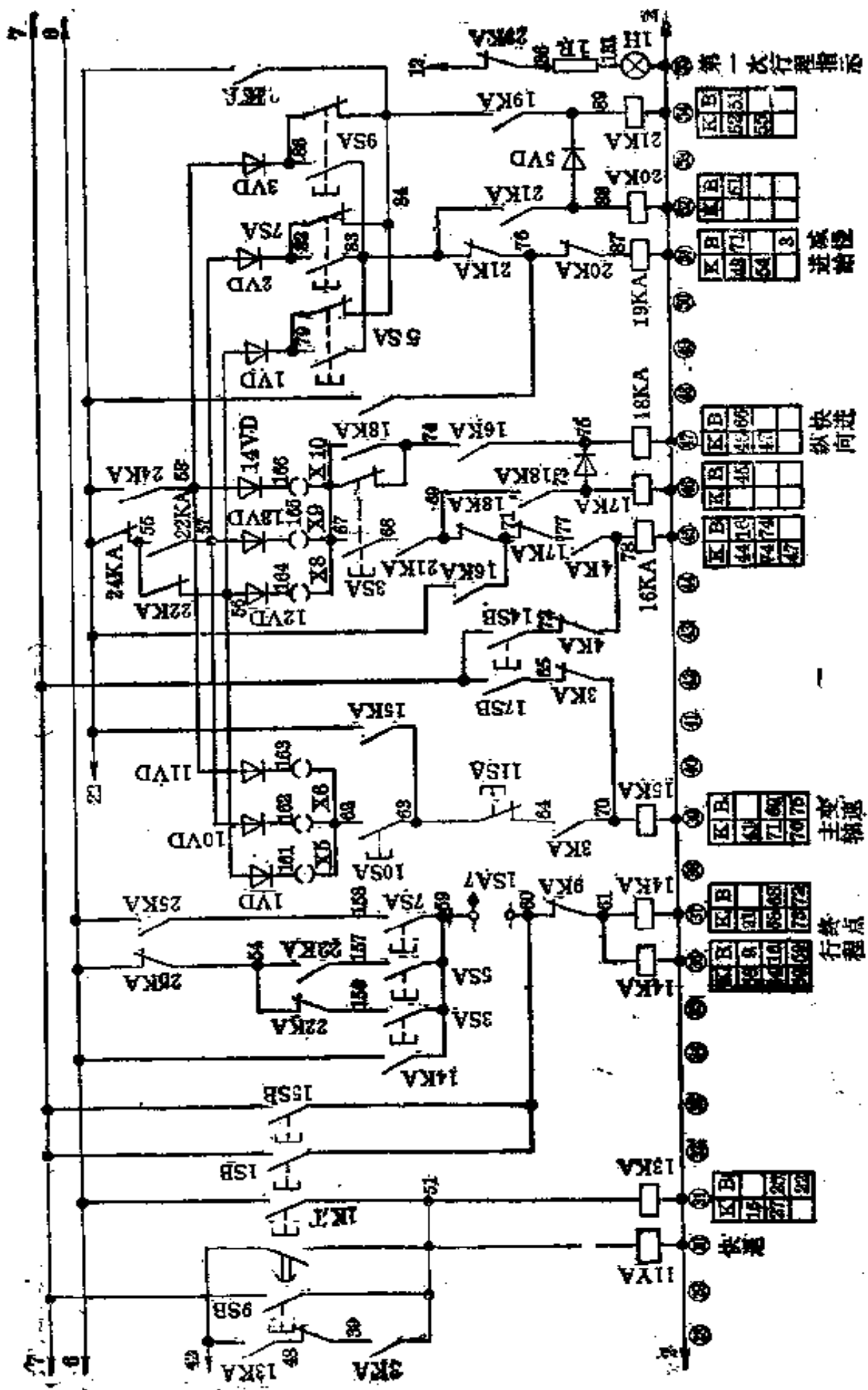


(图 7-38)



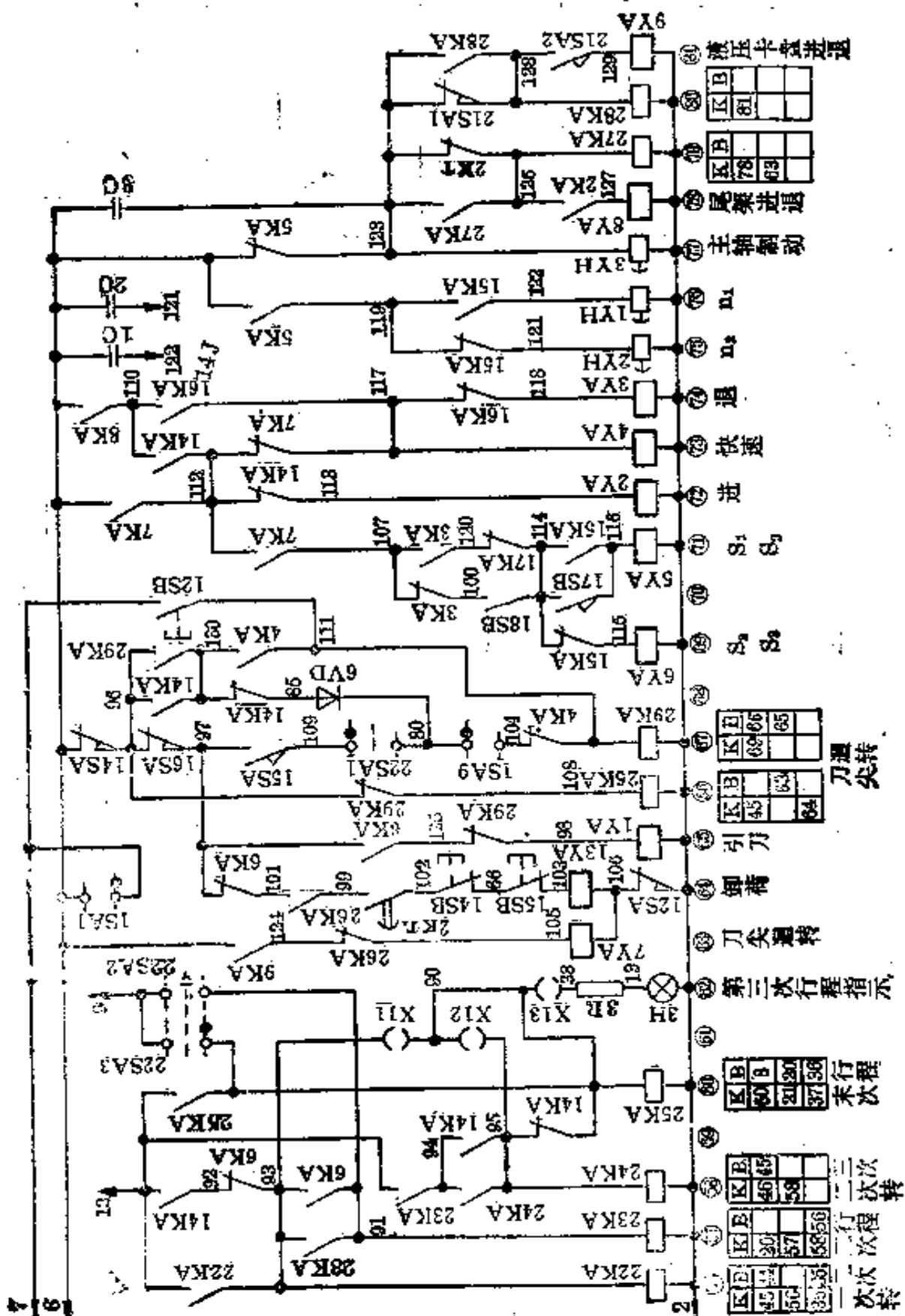
(图 7-38)

油泵电机	K	B	4	1	9		
主电机	K	B	3	10	10		
控制双联	K	B	78	78	6H		
控制卸荷	K	B	78	78			
冷却卸电	K	B					
冷机延时	K	B					
冷机进给	K	B	6	20	80	27	
下给终点	K	B					
自调整	K	B	27	30	43	70	
自动	K	B	10	11	71	70	
开始	K	B	21	10	5		
主轴	K	B	8	16	37	58	68
床原位	K	B	63	63	65	84	
引刀	K	B					
进给	K	B	72	73	73	71	
退刀	K	B	74	11			
原终点	K	B	10	10	8	28	
原终点	K	B	5	8			
第二次行程指示	K	B					
快进	K	B	9	24	24	27	
开始	K	B					
进给	K	B	5	25	25		



(图 7-38)





(图 7-38)

行程开关动作说明

3SA	床鞍原位
3SA	纵向快进
4SA	一次终点
5SA	一次减慢
6SA	二次终点
7SA	二次减慢
8SA	三次终点
9SA	三次减慢
10SA	变速开始(n1)
11SA	变速结束(n2)
12SA	仿形刀架退刀终点
13SA	仿形刀架退刀终点
14SA	回转刀架回转过程被压
15SA	回转刀架离开"1"被压
16SA	回转刀架松开时被压
17SA	进给量S8转换
18SA	下切刀架原位进给终点
19SA	下切工作进给转换
20SA	尾架脚踏开关
21SA	卡盘脚踏开关

插销作用说明

X1	下切刀架先切
X2	下切刀架后切
X3	下切刀架仿形刀架同时工作
X4	下切刀架慢速退回后快退
X5	第一次行程主轴变速
X6	第二次行程主轴变速
X7	第三次行程主轴变速
X8	第一次行程纵向快进
X9	第二次行程纵向快进
X10	第三次行程纵向快进
X11	机床工作一次行程
X12	机床工作一次行程
X13	机床工作三次行程3e燃亮

电磁铁动作表

机床动作	电 磁 铁 代 号												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
仿形刀架引刀	+												
仿形刀架退刀	-												
仿形刀纵向快速		+	-	+	-	-							
仿形刀工作进给 S1		+	-	-	+	-							
仿形刀工作进给 S2		+	-	-	-	+							
仿形刀工作进给 S3		+	-	-	+	-							
仿形刀工作进给 S4		+	-	-	-	-							
仿形刀纵向快速退		-	+					+					
仿形刀刀架回转													
仿形刀刀架点紧													
仿形刀停止卸荷											+		
尾架芯轴后退												-	
尾架芯轴前进													+
卡盘松开													-
卡盘夹紧													+

转换开关触点表

代号	编号	30°	0°	30°
1SA1	1-2	×		
1SA2	3-4			×
1SA3	5-6	×		
1SA4	7-8			×
1SA5	9-10	×		
1SA6	11-12			×
1SA7	13-14	×		
1SA8	15-16			
1SA9	17-18	×		
2SA1	9-10	×		
2SA2	3-4		×	
2SA3	5-6			×

下切刀架电磁铁动作表

动作	电 磁 铁	
	10YA	11YA 12YA
快速	+	-
进给	+	+
工作退回	-	+
快速退回	-	+
停止(卸荷)	-	-

图 7-38 CEF120 型半自动液压仿形车床控制线路原理图

吸合,此时叶片油缸轴带动凸轮轴套,由图7-39所示位置开始顺时针方向旋转,钢珠落入3毫米的凸轮槽内,轴在弹簧的作用下,通过插销先后压下微动开关16SA(夹紧开关)及14SA(换向开关),叶片油缸回转 $180^\circ$ ,螺母松开,销子拔出刀夹体回转 $120^\circ$ 时,插销首先松开14SA,6与96之间触点14SA闭合。继电器29KA吸合,124与105之间常闭触点26KA闭合,于是7YA释放,油路换向,叶片油缸反向旋转 $180^\circ$ ,完成插销、定位和锁紧动作,凸轮套恢复到图7-39所示位置。插销又使微动开关16SA处于释放状态,刀夹便完成一次循环,再按下12SB,重复上述循环。

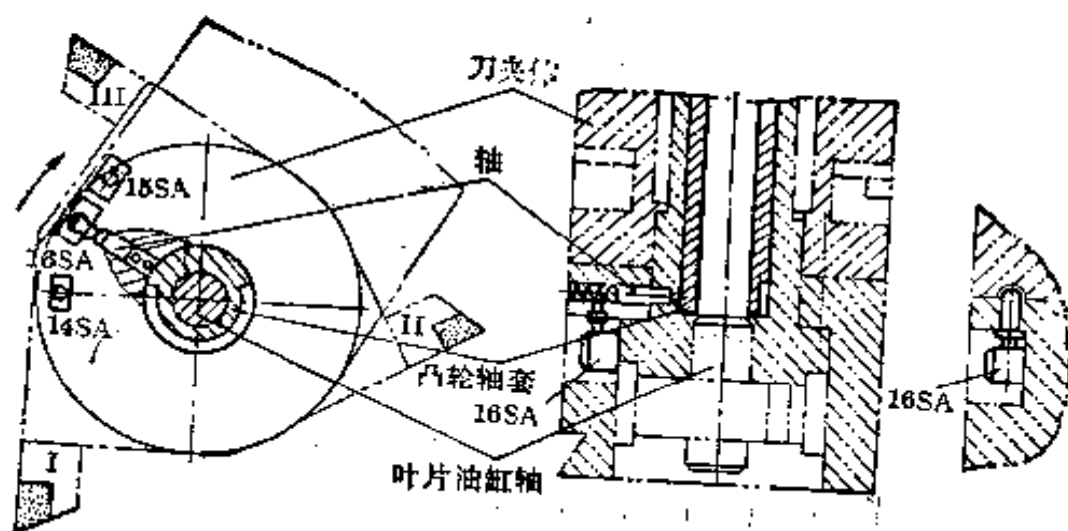


图7-39 回转刀夹结构示意图

15SA的作用是,当刀夹不在原位而转入自动工作时,它自动使刀夹回转到原位,因刀夹离开原位后15SA一直被压,97与109之间触点15SA闭合,当1SA转到自动位置,6与8之间触点1SA5闭合,继电器3KA吸合,当尚未按下自动开始按钮5SB而继电器4KA未吸合时,1SA9触点闭合使继电器29KA吸合,其控制电路路径为:6→14SA→96→16SA→97→15SA→109→15SA1→80→1SA9→104→4KA→103→29KA→2。96与103之间常闭触点29KA断开使继电器26KA一直不能吸合,直到刀夹回转到原位后使15SA释放,97与109触点15SA断开。

(6) 下切刀架的调整:调整下切刀架时,如图7-40所示首先将挡铁A、B、C初步排好。按下10SB,继电器11KA吸合,通过42与43常开触点闭

合而自锁,同时电磁铁 10YA 吸合,下切刀架横向加速,滑体带动挡铁 A 进给  $s_1$  的距离,压下 19SA,使继电器 12KA 和电磁铁 12YA 均吸合,其控制电路路径为: 6→10KA→42→13KA→45→19SA→46→1KA→47→12YA→2。45 与 46

└─── 12KA ───┘

之间常开触点 12KA 闭合自锁,刀架则转为工作进给,当进给  $s_2$  距离时,挡铁 C 压下 18SA 使继电器 10KA 吸合,6 与 42 之间常闭触点 10KA 断开,由于滑体碰到停挡铁使刀架停止。

在快进或进给过程中按下 11SB,刀架停止。在快进时,如按下按钮 9SB,7 与 51 之间触点闭合。继电器 13KA 和电磁铁 11YA 同时吸合,41 与 45 之间常闭触点 12KA 断开使电磁铁 10YA 释放,下切刀架即快速退回。如刀架已开始工作进给则慢退到压下 19SA 时,才转快退,松开 9SB,刀架停止。

如果调整时不加挡铁 A,则刀架将不能转为工作进给,只能是快速前进。

实际上挡铁 B 和 C 只有在机床自动工作时才起限位作用,调整时刀架的限位,靠停挡铁或油缸终点限位来实现。

2. 自动运行 机床各部分调整结束,仿形床鞍及下切刀架已调整到原位,将转换开关 1SA 转到自动位置,即可自动运行。

以图 7-41 零件为例,介绍自动运行过程。

图 7-42 是它的程序预选板预选示意图,根据预选板,可作以下的动作选择:

机床作三次工作行程;

在第二和第三次行程内主轴将变速;

在第二和第三次行程内仿形床鞍将作纵向快进;

下切刀架在仿形结束后动作,下切刀架工作结束后自动循环结束;

在第三行程内,床鞍作减慢进给。

图 7-43 是行程转鼓上行程挡铁展开图。

按下自动开始按钮 5SB,继电器 4KA、5KA 同时吸合(由于床鞍处于原

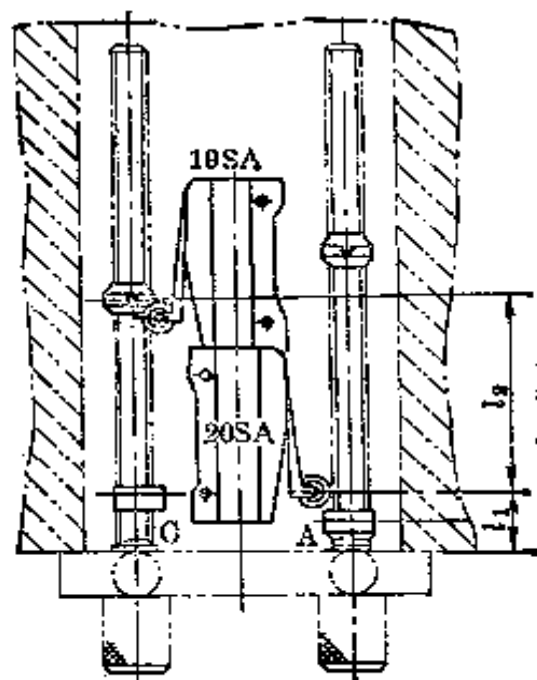


图 7-40 下切刀架调整

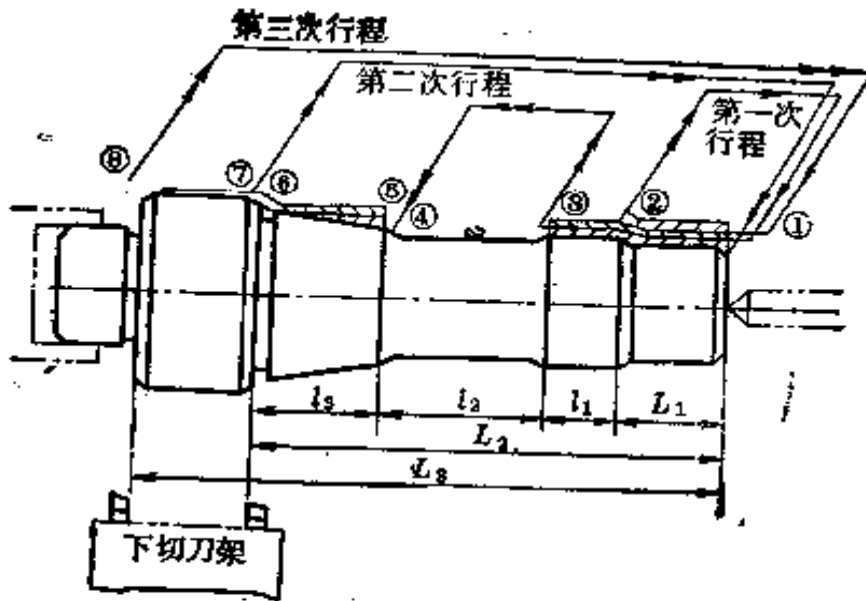


图 7-41 加工零件实例

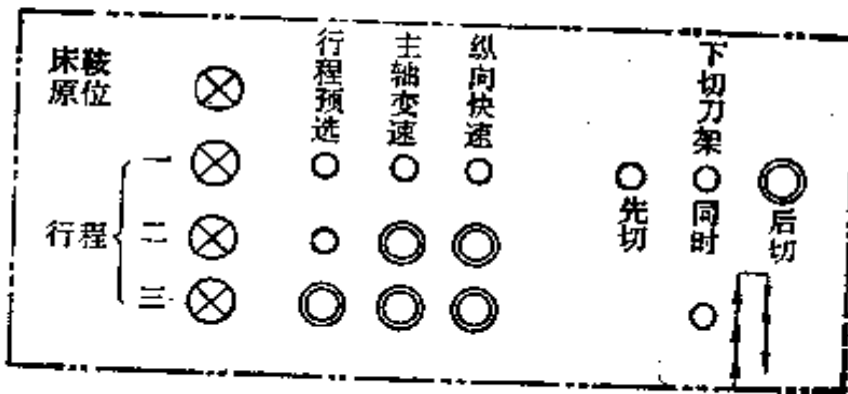


图 7-42 程序预选板预选示意图

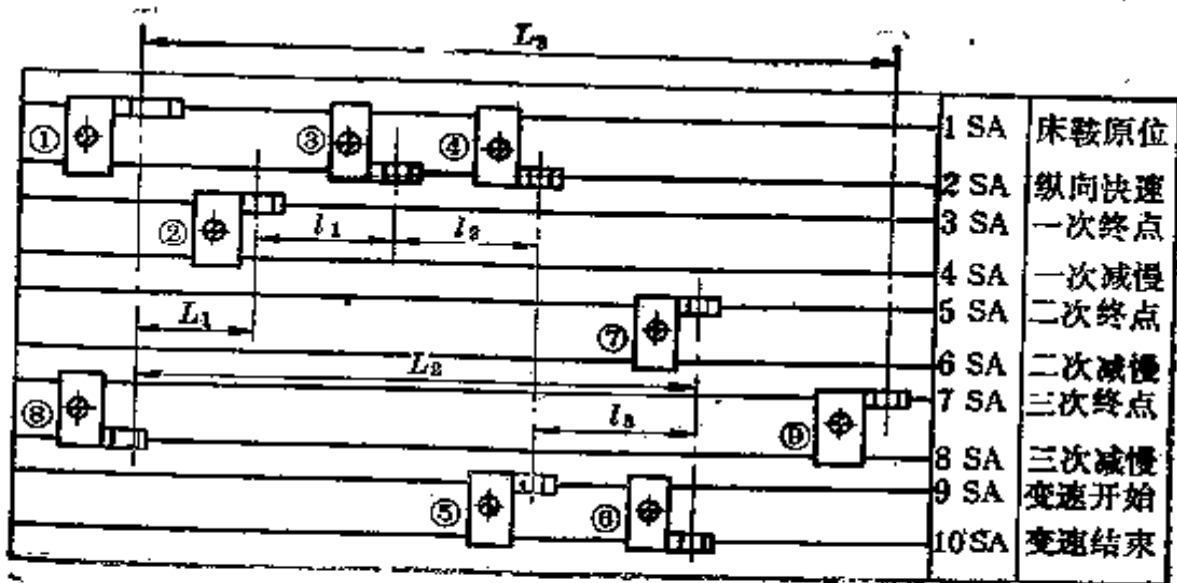


图 7-43 行程挡铁安装展开示意图

位, 2SA 使 6 与 17 之间触点闭合, 以及由下切刀架处于原位, 18SA 使 6 与 33 之间触点闭合), 15 与 16 之间常开触点 5KA 闭合且自锁, 121 与 119 之间常开触点 15KA 闭合使离合器 2YH 吸合, 主轴即以转速  $n_0$  开始旋转。23 与 24 之间常开触点 4KA 闭合使继电器 6KA 吸合, 97 与 125 之间常开触点 6KA 闭合使电磁铁 1YA 吸合, 第一次行程开始, 仿形刀架引刀, 引刀到终点, 27 与 28 之间触点 13SA 闭合(复位), 继电器 7KA 吸合, 由于 107 与 112、6 与 112 之间二对常开触点 7KA 均闭合使电磁铁 2YA、6YA 吸合, 床鞍即以  $S_2$  进给量进给, 当进给到挡铁将一次终点行程开关 4SA 压下时 156 与 59 之间触点闭合, 使继电器 14KA 吸合并自锁, 同时 6 与 22 之间常闭触点 14KA 断开, 继电器 6KA、7KA 释放, 床鞍停止进给; 同时仿形刀架快速退刀, 退刀到终点, 106 与 2 之间触点 12SA 闭合, 使继电器 8KA 吸合, 因而 6 与 110 之间常开触点 8KA 闭合, 使电磁铁 3YA、4YA 吸合, 床鞍纵向快退; 同时 12 与 92 之间常开触点 14KA 闭合, 使继电器 22KA 吸合, 第一次行程结束。96 与 130 之间常开触点 14KA 闭合, 使继电器 29KA 吸合, 为刀夹回转作好准备。床鞍快退到行程挡铁将原位开关 2SA 压下 6 与 17 之间触点闭合, 使继电器 9KA 吸合, 其 60 与 61 之间常闭触点 9KA 断开, 使继电器 14KA 释放, 快退停止; 6 与 22 之间常闭触点 14KA 闭合, 使 6KA 吸合, 为再次引刀作好准备; 6 与 124 之间常开触点 9KA 闭合, 使电磁铁 7YA 吸合, 回转刀夹回转  $120^\circ$ (由 I 转 II), 回转过程中切断继电器 26KA, 回转结束 16SA 释放使电磁铁 1YA 再次吸合, 仿形刀架开始第二次行程的引刀; 同时 93 与 91 之间常开触点 6KA 闭合使继电器 23KA 吸合, 机床由一次行程转为二次行程, 仿形刀架引刀结束后又转为进给, 当进给到挡铁 ③ 将纵向快进行程开关 3SA 压下时, 继电器 16KA 吸合并自锁, 如调整时所述, 仿形刀架退刀, 退刀到终点继电器 8KA 吸合, 仿形床鞍快进, 快进结束时行程挡铁 ④ 再次压下 3SA, 其 67 与 68 之间触点闭合, 继电器 17KA 吸合, 其常闭触点 17KA 使 71 与 77 断开, 使 16KA 释放, 仿形刀架又恢复正常的引刀和进给, 进给到挡铁 ⑤ 压下变速开始行程开关 10SA 时, 继电器 15KA 吸合, 主轴转速由  $n_0$  变为  $n_1$ , 床鞍进给量由  $S_2$  变为  $S_1$ , 进给到挡铁 ⑥ 压下变速结束行程开关 11SA 时, 继电器 15KA 释放, 主轴转速由  $n_1$  变为  $n_2$ , 床鞍进给量也随之由  $S_1$  变为  $S_2$ 。在挡铁 ⑥ 压下 11SA, 挡铁 ⑦ 压下二次终点行程开关 6SA, 继电器 14KA 再次吸合。如前所述, 14KA 常闭触点断开使继电器 6KA、7KA 释放, 床鞍停止进给, 仿形刀架退刀, 同时 14KA 常开触点闭合使继电器 24KA、29KA

均吸合,机床由第二行程转为第三行程。当退到终点后,继电器8KA吸合,床鞍纵向快退,退到原位时,挡铁①又压下2SA,继电器9KA吸合,刀架又回转 $120^\circ$ (由II转到III),回转结束,电磁铁1YA吸合,仿形刀架开始第三次行程的引刀;引刀结束转为进给,在进给一开始,挡铁③就压下三次减慢行程开关9SA使继电器19KA吸合,其常闭触点断开使电磁铁5YA、7YA均释放,所以继电器7KA吸合只能使电磁铁2YA吸合,所以无论转速为 $n_1$ 或 $n_2$ ,床鞍总是以最小的进给量 $S_4$ 作减慢进给。

和第二次行程一样,在第三次行程内,床鞍将作一次纵向快进,主轴将变速二次,当进给到挡铁⑨压下三次终点行程开关8SA时,14KA第三次吸合,6与22之间常闭触点14KA断开,使二继电器6KA、7KA均释放,11与12之间常闭触点14KA断开为继电器4KA释放作好准备,其常开触点闭合使继电器29KA吸合,准备刀架作三次回转,因30与35之间常开触点14KA闭合使继电器11KA吸合,下切刀架开始动作。

下切刀架的动作如调整时所述,先是快速前进,前进到挡铁压下19SA时转为工作进给,对已仿形的零件切槽或倒角,进给终点压下18SA,继电器10KA吸合。214与215之间常开触点10KA闭合,使时间继电器1KA吸合。46与47之间触点1KA延时断开,使电磁铁12YA释放,42与51之间常开触点延时闭合,经过3~5秒后使继电器13KA吸合,使11YA吸合,下切刀架快速退回,退到原位压下18SA,继电器10KA吸合,使其6与42之间常闭触点断开,使继电器11KA、12KA均释放,下切刀架停止。

在下切刀架工作的同时,仿形刀架快速退刀,退到终点继电器8KA吸合,11与12之间常闭触点8KA断开,使继电器4KA释放,此后继电器5KA通过6与14之间常开触点11KA闭合而吸合,到下切动作结束后,此触点断开使继电器5KA释放,主轴刹车,6与110之间常开触点闭合,又使电磁铁3YA吸合,床鞍快速退回,退到原位压下2SA,使继电器9KA吸合,从而60与61之间常闭触点断开使继电器14KA释放,床鞍停止,同时回转刀架再回转 $120^\circ$ (由III转到I),此时整个自动循环结束。

应该指出:下切刀架不能控制主轴转速,所以下切的转速只能服从仿形时主轴的转速。

如果被加工零件要求下切刀架在仿形前动作(如为了切去某处的大余量),则可在预选板上的下切刀架的“先切”处插预选插销,此时按下按钮5SB首先继电器4KA、11KA均吸合,主轴旋转,下切刀架动作,当下切刀架进给结



表 7-22 CE7120 半自动液压仿形车床的控制线路电器元件

代号	名称	型号	代号	名称	型号
1M	油泵电机	JO2-42-6T2	1~4R	金属膜电阻	RJ
2M	主电机	JO2-62-4	1~14VD	普通二极管	2CZ1
3M	冷却电机	JCB-45	1SA	万能转换开关	LW6-31BJ93
QF	自动空气断路器	DZ1-100/330	16~20SB	旋 钮	LA18-22×3
1~3KM	交流接触器	C70-10	2~11SA	行程开关	LX028
1、2KT	时间继电器	JS2-2A	12SA	行程开关	JW3-11
1FU	熔断器	RL1~60	13SA	行程开关	JW2-11
2~4FO	熔断器	RL1~15	14~16SA	行程开关	LW2-11K
1~4H	小型信号灯	XDX1	17~20SA	行程开关	LX5-11N
5H	信号灯	E10-1	21SA	行程开关	LX5-11N
1KT	热继电器	JR0~20	22SA	万能转换开关	LW6-2/B010
3KT	热继电器	JR0~20	1、2YH	电磁离合器	DLM3~25
T	整流变压器	BK2~10	3YH	电磁离合器	DLM3~16
3~20KA	中间继电器	JJDZ3~33	1YA	直流电磁铁	MQZ1-2.5C
1~3C	纸介电容器	CZJD-2A	2~13YA	直流电磁铁	MQZ1-4C
1SB	紧急按钮	LA18-22J	EL	机床照明灯	JC2-1
2~12SB	按 钮	LA19-11	X	插头座	JCZ-4
13~15SB	按 钮	LA18-22			

束, 1KA 使继电器 13KA 吸合时, 仿形刀架引刀, 继电器 6KA 才吸合, 开始仿形车削。

如果被加工零件要求下切刀架和仿形刀架同时动作, 则可在预选板上的下切刀架“同时”处插预选插销, 此时按下按钮 5SB, 继电器 4KA 吸合时继电器 6KA、11KA 也同时吸合, 两刀架同时动作。

如果不要下切刀架动作, 则在下切刀架“先切”、“同时”、“后切”处均不插预选插销。

如果要求下切刀架有慢速退回的动作, 可在有慢速退回标记的预选板上插上插销预选, 此时, 当下切刀架进给结束经过延时后, 在退回过程中, 在进给的距离上将是慢速退回, 越过此距离后(即退回时压下 19SA 时)便转为快速退回。

在机床自动工作过程中, 如发现故障, 可按“事故”按钮 1SA 令刀架停止工作, 同时主轴刹车, 亦可按总停按钮 2SB, 切断所有控制电路电源。

如果故障是在第二或第三行程出现, 排除故障后, 自动循环可从第二或第三行程开始。这时首先应将回转刀架转到所需要的位置上, 再把“行程开始”旋转到对应的位置, 然后把 1SA 转到“自动”位置, 再按照正常操作程序进

行。自动工作结束后,仍应把“行程开始”旋钮指向“1”的位置,否则自动循环将因刀架不能自动复位及程序错乱而无法实现。

双联泵卸荷是当操纵尾架心轴后退接通时间继电器  $2K_T$ , 延时来控制的。 $2K_T$  的延时动作时间可以在以下极端状态下来整定:当尾架压力为 5 个大气压下,尾架心轴后退全行程的时间加上 1~2 秒钟。也可根据实际需要来调节这个时间。

### 3. 简单的维修工作

① 如发现机床顺序错乱,大多是二极管损坏所致。

② 如回转刀架回转不灵或定位不准不能锁紧,除液压机械部分有故障之外,还很可能是回转体下面三个微动开关(14SA、15SA、16SA)的插销移位所造成。

③ 如仿形刀架引刀结束无进给动作,可能是 13SA 未放开所致。

④ 如仿形刀架退刀结束无纵向动作,可能是 12SA 未放开所致。

⑤ 如车间电网电压偏低,可调整控制变压器一次侧的可调抽头,调整时只准调在 +5% 和 +10% 两抽头中间的抽头,不准调其他抽头。如调整抽头后,车间电压仍在许可范围电压以外,则应停止机床工作。

CE7120 半自动液压仿形车床的控制线路电器元件如表 7-22。

## 十一、15/3 吨重级交流桥式起重机控制线路

15/3 吨重级交流桥式起重机兼有吊重 15 吨的主钩和 3 吨的副钩,它除了采用一般凸轮控制器外,还在主钩部分采用了由主令控制器操纵的磁力控制盘。其他不同吨位或不同跨度的交流桥式起重机仅仅在设备容量上有所差异,其线路结构上基本上不超越这一范畴。所以说掌握了这台典型起重机,其他的也就比较容易掌握了。

1. 电气设备和电路布置 桥式起重机的控制电路(图 7-44)可以分四个部分:主钩、副钩、大车和小车,它们都分别由 JZB 型起重机专用的电动机来拖动。主钩、副钩和小车的传动机构连同各自的制动器械都安装在小车上。大车移动机构采用分别传动,即装于桥架二侧的主动轮分别由二台规格相同的电动机来拖动。为了布线经济和方便,磁力控制盘和所有电阻就近安装在起重机的桥架上。全部操纵器件集中安装在驾驶室里,以便于司机操纵。

供给起重机的三相 380 伏交流电源,是由集电拖从车间的导电轨(俗称行车滑触线)引到驾驶室保护控制盘。电源总开关和接触器以及过电流继电器

(不包括主钩部分)都是安装在保护控制盘内的。必须指出,从保护控制盘引出到凸轮控制器或磁力控制盘去的电源线,只有三相中的两相,另一相,称为电源的公用相线直接接到电动机的定子接线端。对所有安装在小车上的电动机、制动电磁铁和限位开关都是用导电轨作为导线的,其数目共有 21 根。

2. 主电路和联锁控制的保护 在车间里安装总熔丝作为包括三相导电轨在内的整个起重机电路的短路保护。起重机的钢轨应当可靠接零。在起重机上,所有电动机均由各自的过电流继电器作为分路过载保护,这些过电流继电器的整定值一般整定在被保护的电动机额定电流 2.25~2.5 倍。总电流过载保护的过电流继电器是串接在公用线的一相,它的整定值不应超过全部电动机的额定电流总和的 1.5 倍。起重机的控制电路都装有熔丝保护。

为了防人身触电事故,在舱口盖及横梁栏杆门上装有安全开关(8SA、9SA、10SA),以防止有人在电源没有切断的情况下,由驾驶室或从大车轨道跨入起重机的桥架上而发生危险。这些限位开关的触点都与过电流继电器触点相串联,其中只要有一对触点断开,将使主接触器 1KM 释放。同时主钩电路也由于控制电源失电而全部释放。

起重机还设置了零位联锁 1~3LCC,即所有控制器的手柄都必须放在零位,这样才能按保护盘上的起动按钮使起重机准备投入运行。这样联锁的目的是为了防止电动机在电阻切除的情况下,以避免一撤按钮便直接起动,这不仅会产生很大的冲击电流而且很容易造成事故。

在大车和小车的各两端装有行程终端开关,此外,还在主钩和副钩的顶部装有上升极限开关,使得运动部分达到某一极限位置后不可能再继续进行,但必须具有相反方向运转的可能性。

在驾驶室内装有一只单刀单投的紧急开关 1SA,开关的触点串联在主接触器的线圈电路中,以备紧急停车之用。

3. 凸轮控制器的控制情况 凸轮控制器是用来直接控制绕线式异步电动机的正反向起动、运转和停止。副钩、小车和大车都是由凸轮控制器控制的。现以小车部分为例,参照图 7-44 上的小车部分的电路及相应的凸轮控制器 LMC 的触点开合表,来介绍凸轮控制器的工作情况。

如前所述,在起重机投入运行以前,应当将控制器手柄放到“零位”,然后按下保护盘上的起动按钮,使总电源接通。这一要求是利用 5 与 7 之间触点 3LCC 来完成的,它在零位时是处在闭合状态。小车机构的“向前”或“向后”移动是依靠凸轮控制器对调电机进线来实现的。

在向前运转第一位置时,电动机转子接入全部电阻,此时电动机产生的转矩小于额定转矩,这是为了避免机构发生危险的冲击,以及提升轻负载时获得较慢的速度。

当控制器转到向前运转第二位置时,凸轮控制器触点闭合,切去了一段电阻,电动机产生的转矩增加,因而电动机开始加速。这样使控制器逐步从一个位置到另一个位置,由于触点的闭合即可依次切除转子电路的起动电阻,最后电动机便以固有的机械特性而运转。

在“向后”运转时,从控制器的触点开合表上可以看出,由于控制器切换电阻线路是对称的,所以其工作情况与“向前”运转的相似。

应用大车的凸轮控制器,其工作情况与小车的基本相似,但被控制的电动机的容量和电阻器的规范有所区别,此外,大车控制器由于一个控制器同时控制两台电动机,因此它多了五副触点以供切除第二台电动机的转子电阻之用。

操作时应当注意,当运转中的电动机需要作反方向的运转时,应将控制器的操作手柄拨回到“零位”,并略为停顿一下再作反方向操作,这样可以减小反向时的冲击电流,同时使传动机构获得较平稳的反向过程。

此外,还应注意副钩在下降负载时,应把手柄逐级拨向“下降”最后一档,然后根据速度要求逐级退回升速,以免重载时引起不允许的快速下降。

4. 磁力控制盘的控制情况 主钩升降是采用主令控制器配合磁力控制盘来共同控制的。主钩电动机的转子附加电阻采取三相平衡切除。主钩上升时与凸轮控制器的动作基本相仿,这在主令控制器 LMC 的触点开合表上就可看出,不过这里是通过接触器来控制的。

主钩下降也有六个位置。“0”、“1”、“2”为制动下降位置,为使重负载下降时获得较小的下降速度,构成了反接制动状态的下降情况。后三个位置“3”、“4”、“5”为强力下降位置,主要用于轻负载强迫下降。现介绍主令控制器处在不同的下降位置时的动作情况。

(1) 制动下降“0”:此时 S3、S6、S7、S8 都闭合,相应地使终端开关 2SA 投入工作,接触器 2KM、4KM、6KM 吸合。由于制动接触器 10KM 仍未通电,制动器的抱闸未松开;尽管接触器 2KM 已吸合,电动机已向提升方向产生转矩,但在制动器抱闸和载重的重力作用下,而迫使电动机不能旋转。此时转子电路接入四段起动电阻,这是一个起动准备位置。

(2) 制动下降“1”:此时 S4 闭合,S8 断开。制动接触器 10KM 通电,电磁制动器的抱闸松开。由于 S8 的断开,5KM 释放,使转子电路增加一段反

接电阻,从而使电动机转矩减小。若此时载重足够大,则电动机开始作反接制动运转,重负载低速下降。

(3) 制动下降“2”: 触点  $K_7$  打开,接触器  $4KM$  释放,此时转子电阻全部被接入,使电动机力矩更小。这样就可从第二个位置与第三个位置上来选择重负载缓慢下降的速度。

(4) 强力下降“3”: 此时  $S_3$  断开,  $S_2$  闭合,把上升终端开关从控制回路中切除。 $S_6$  断开,  $S_5$  闭合,使上升接触器  $2KM$  释放,下降接触器  $3KM$  吸合。转动手柄时,在触点  $S_6$  打开之前,  $S_5$  已接通,这是为了减小换接时间。 $S_7$ 、 $S_8$  闭合使  $4KM$ 、 $5KM$  吸合,这时负载在电动机的作用下开始下降。制动接触器  $10KM$  线圈早已通过  $111$  与  $133$  之间的触点  $10KM$  自锁,因此不致由于  $2KM$  与  $3KM$  的换接而中断,造成机械冲击。

(5) 强力下降“4”: 这时触点  $S_9$  闭合,接触器  $6KM$  吸合,再切除一段电阻,电动机进一步加速运转。于是转子电路中只剩下三段电阻。

(6) 强力下降“5”: 这时触点  $S_{10}$ 、 $S_{11}$ 、 $S_{12}$  闭合,依靠  $133$  与  $135$  之间触点  $6KM$  和  $137$  与  $139$  之间触点  $7KM$  以及  $141$  与  $145$  之间触点  $8KM$  的联锁,使接触器  $7KM$ 、 $8KM$  与  $9KM$  顺次吸合,加速电阻逐级被切除,从而避免过大的冲击电流。电动机以最高速度运转。在这个位置上,下降较重的负载,也能获得发电制动。因此起了制动下降作用。如果要取得较低的下降速度。就需要把控制器旋回到制动下降位置“1”、“2”进行反接制动下降。但是,为了避免在转换过程中可能发生过高的下降速度,需要使电动机从这最末一个位置相应的特性直接过渡到反接制动的特性上运转,因此用  $143$  与  $145$  之间触点  $9KM$  将接触器  $9KM$  线圈自锁。同时,为了不影响提升的调速,在这连锁电路中在  $129$  与  $133$  之间串联一个辅助触点  $3KM$ 。在主令控制器的开合表中可看到强力下降“3”、“4”位置上有  $00$  的表示,便是这个意义。反过来说,如果没有以上的联锁装置,则当手柄向零位回转时,例如需要下降中停下,或要求低速下降时,操作人员一不小心,把手柄停留在位置“3”或“5”上,那么下降速度就要大大增加,这不仅产生很大冲击电流,而且还可能造成事故。

在磁力控制电路中,串接在接触器  $2KM$  线圈电路中  $119$  与  $121$  之间的一副触点  $9KM$ ,它与  $2KM$  的自锁触点并联,保证了当接触器  $3KM$  释放以后,在  $9KM$  断开的情况下,在转子电路保持一定的附加电阻下,上升接触器  $2KM$  才能接通并自锁,以防止反接时的直接起动而造成危险。

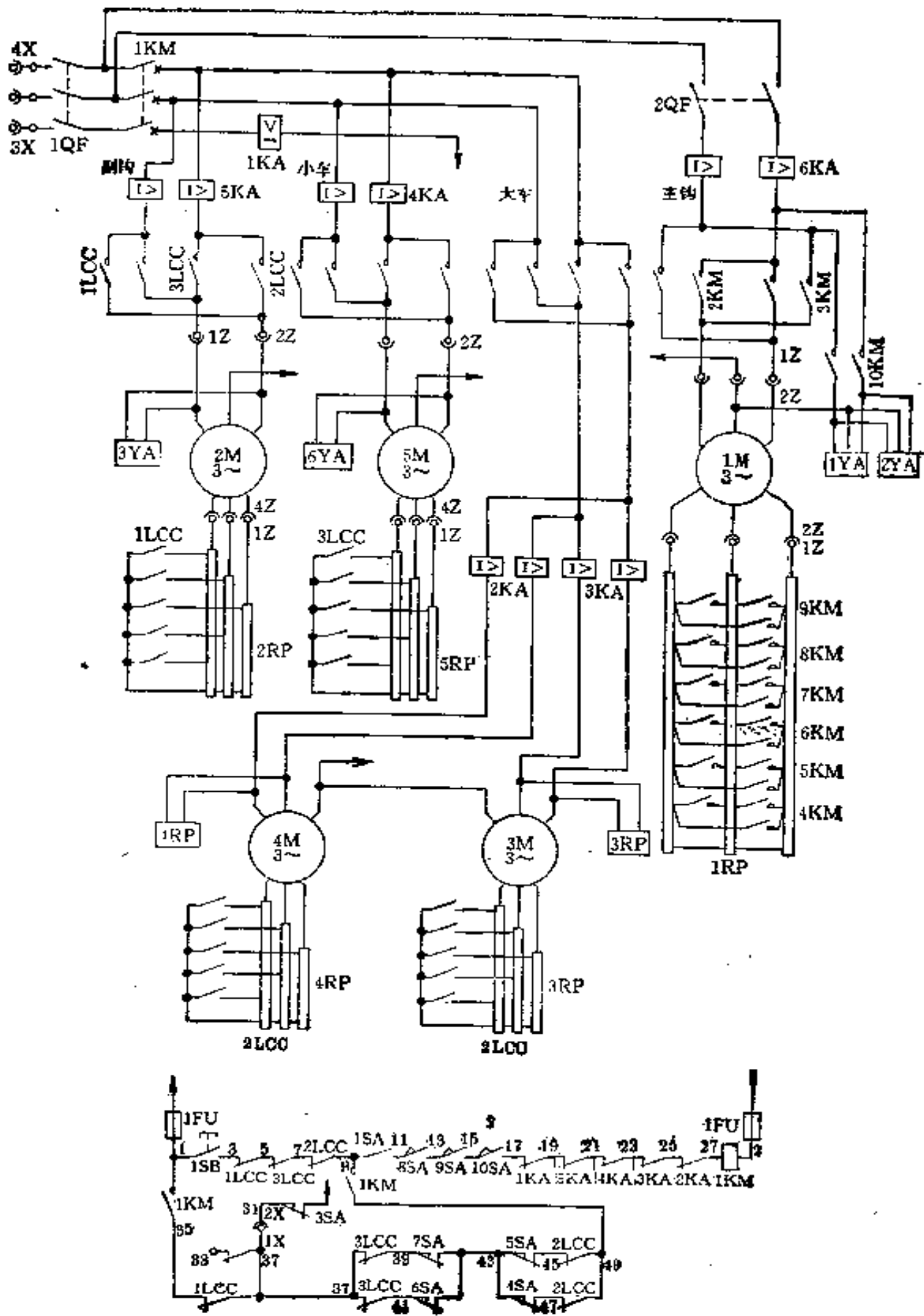
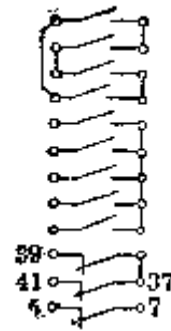
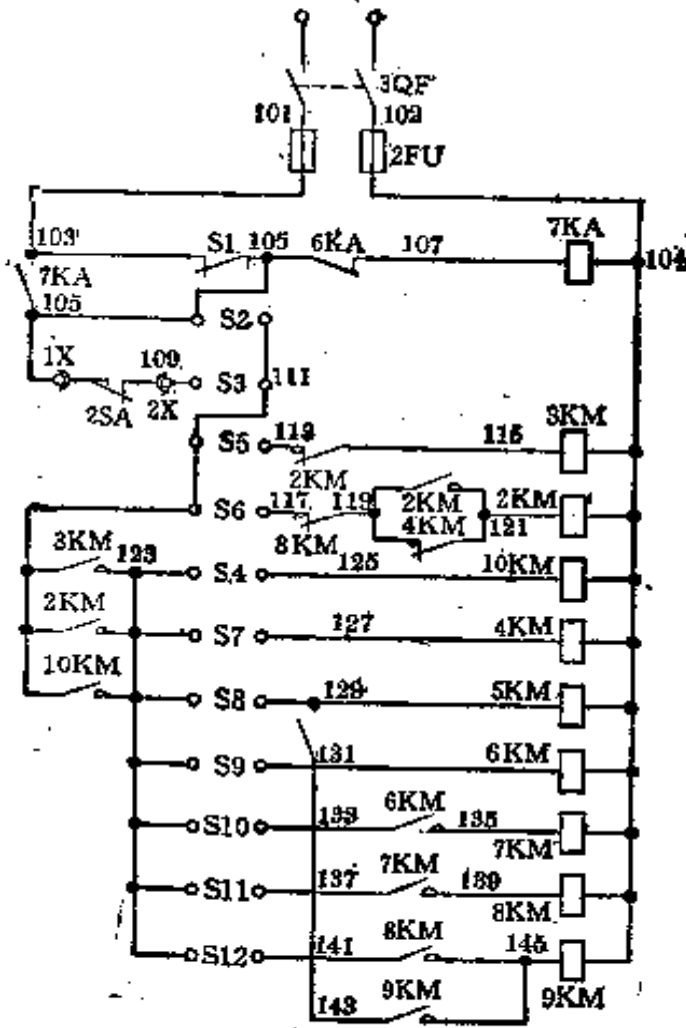
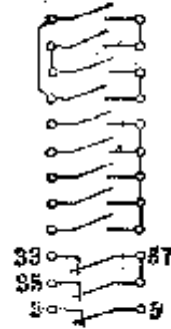


图 7-44 15/3吨重级



3LCC

向后	零位	向前
5	4	3
8	2	1
2	1	0
1	0	1
2	3	4
3	4	5

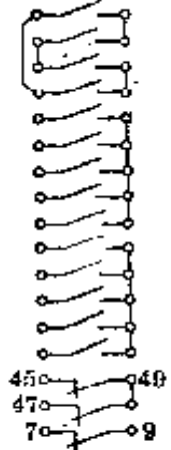


1LCC

向下	零位	向上
5	4	3
3	2	1
2	1	0
1	0	1
2	3	4
3	4	5

LMC

	下降		零位 0	上升							
	—										
	6	4		3	2	1	0				
○ S1 ○											
○ S2 ○											
○ S3 ○											
○ S4 ○	10KM										
○ S5 ○	3KM										
○ S6 ○	2KM										
○ S7 ○	4KM										
○ S8 ○	5KM										
○ S9 ○	6KM										
○ S10 ○	7KM										
○ S11 ○	8KM										
○ S12 ○	9KM										
	7KA										



2LCC

向右	零位	向左
5	4	3
3	2	1
2	1	0
1	0	1
2	3	4
3	4	5

◁表示触点闭合

\*—表示触点闭合    ○○—表示触点转向零位时闭合

交流桥起重机控制电路





最后, 必须说明, 当下降轻负载时不能把控制器手柄停留在下降“1”或“2”的位置, 不然负载反而提升。如果没有上升极限开关 23A, 很可能碰撞卷扬筒而造成事故。

15/3 吨重级交流桥式起重机的控制电路中的电器元件如表 7-23。

## 十二、轿厢手柄开关控制自平自开门电梯

轿厢手柄开关控制自平自开门电梯设有专职司机操作, 要求上升或下降时将操纵箱上的手柄开关按照需要方向转到极限位置, 这时厅门和轿门就自动关闭, 电梯随即起动向上(或向下)行驶。当到达所要求的位置前适当高度, 司机应预先将手柄开关返回到零, 电梯自动从快速降低到慢速, 并在慢速运转下自动停止在预定位置上。轿厢停止后, 轿门和厅门自动开启。

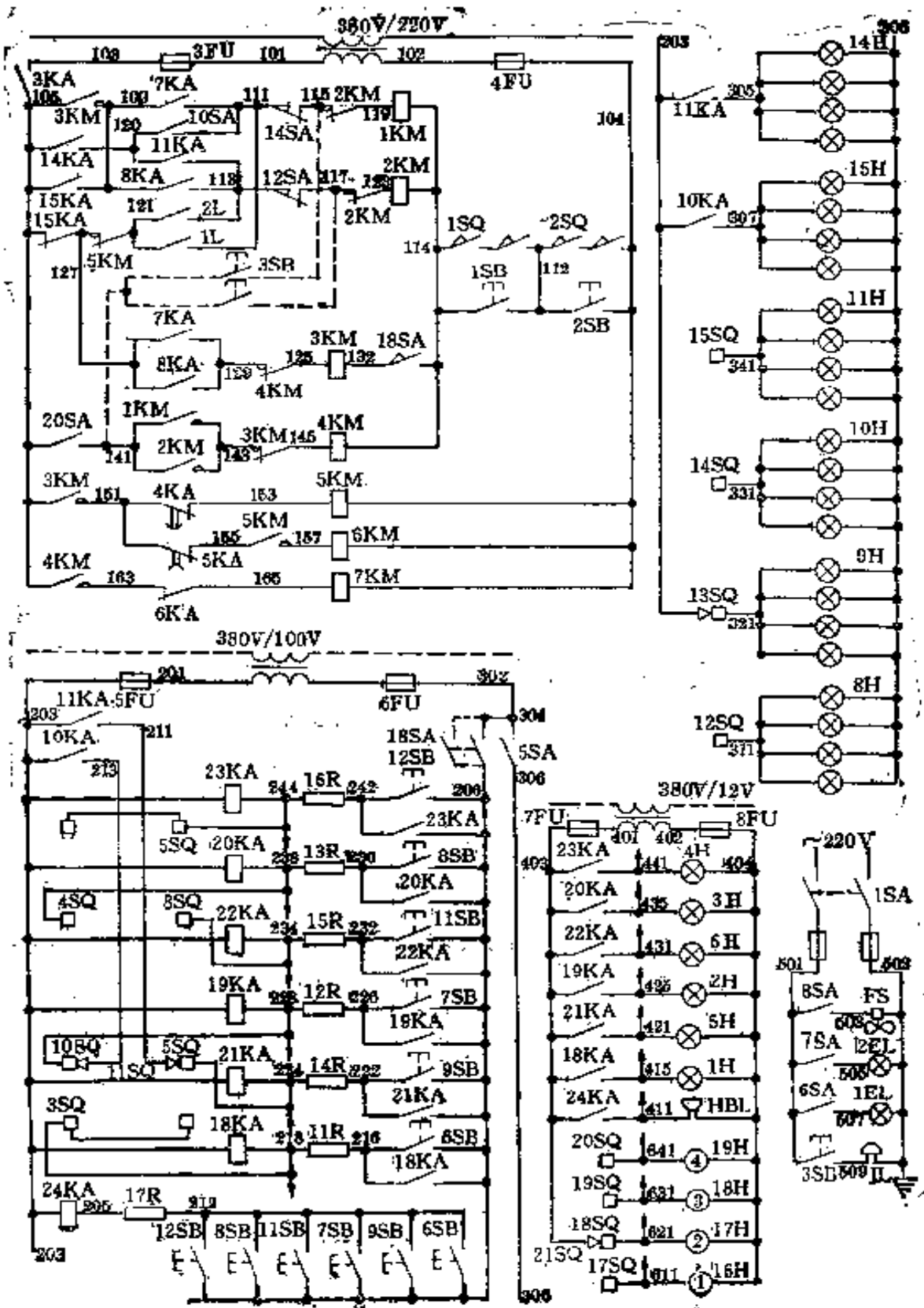
图 7-45 是交流 KPM-62 型电梯的控制线路, 其主电力拖动是采用交流双速鼠笼式异步电动机调速(高速 6 极同步转速为 1000 转/分; 低速 24 极同步转速为 250 转/分)。电梯先通过二级降压电阻按时间顺序切除而加速到高速起动运行, 然而在停层前的快速降为慢速先是通过机械制动使其降速, 当电梯速度降到近以 250 转/分时, 再利用球形速度开关, 将电机的慢速绕组接通并松开抱闸, 电梯在慢速稳定运行情况下受自平装置的控制, 使轿厢地板与楼层地面齐平时就自动停止。

自动门的拖动采用异步电动机。

1. 开门 正常情况下电梯的所有主电路和控制线路闸刀开关都应合上。使用电梯时, 转动底层召唤箱上的钥匙开关 17SA 使 16 与 26 接通, 于是开门继电器 1KA 吸合, 自动门电动机 1M 运转, 使厅门与轿门同时开启(厅外开门开关 16SA 装在井道上的)。当门已开足时, 26 与 28 之间的开门限位开关 9SA 断开, 使电机 1M 停止运转。

2. 关门、起动、加速 司机等进入轿厢后将安全手指开关 3SA 扳到 04 与 12 接通位置, 于是电压继电器 3KA 吸合, 然后再扳转手柄开关 2SA 使 03 与 32、06 与 34 先后接通, 关门辅助继电器 12KA、向上控制继电器 7KA 和关门继电器 2KA 吸合, 电动机 1M 作反向运转, 厅门和轿门同时关闭。门关足时, 限位开关 10SA 断开, 电动机 1M 停止, 同时 114 与 104 之间轿门触点 18Q 和厅门触点 28Q 接通, 使 132 与 125 之间的快速接触器 3KM 和 119 与 114 之间的向上接触器 1KM 吸合, 这时 06 与 43 之间制动电磁铁线圈 LC 通电松闸, 电动机 2M 在串接电阻 1R 情况下起动运转, 快速第一第二加速时间





自平自开门电梯控制线路

继电器4KA、5KA逐步切除所串接电阻1R,作二级加速,使电动机最后在全电压下满速运行。

3. 减速,停车,平层和平动开门 当轿厢向上行驶,接近停靠的层楼时,司机应预先将手柄开关2SA回转到零位,于是34与31之间的上升控制继电器7KA、45与32之间的关门辅助继电器12KA、132与125之间的快速接触器8KM、104与153及157之间的第一二加速接触器5、6KM,相继断电,但119与114之间的上升接触器1KM通过速度继电器14KA的触点仍旧保持吸合。快速接触器3KM释放时,电磁铁线圈LC断电而进行了机械制动,电动机2M转速下降。这时安装在井道里的感应铁板进入装于轿厢顶上71与75之间的电磁式平层感应器1L的空隙内使其磁路闭合,使111与121之间的触点1L接通以保持上升接触器1KM的吸合。当电动机转速降到约为250转/分时,06与81之间的球形速度开关20SA闭合,使速度继电器14KA短路,同时接通114与145之间的慢速接触器4KM。电磁铁线圈LC断电抱闸松开,电机2M的慢速绕组在串入缓冲电阻2R情况下,并经慢速加速延时继电器6KA、慢速加速接触器7KM稳定慢速上升。当轿厢继续上升时装在井道里的开门感应铁板进入了装在轿顶上06与63之间的开门感应器3L的空隙中,05与51之间的常闭触点3L断开。待上升到达层楼停站水平时,平层感应铁板离开感应器1L,111与121之间的常开触点1L断开。于是114与119之间的上升接触器1KM和114与145之间的慢速接触器4KM相继失压,电机2M停止并制动,电梯停止。这时由于上升接触器1KM释放自动开门继电器13KA失压复位,接通了开门继电器1KA使开关门电动机1M运转,从而将轿门和厅门同时开启,当门开足时,开门限位开关9SA断开,电动机1M停止。

至于召唤箱控制线路、信号线路与照明线路等,这里不作介绍。

表 7-24 轿厢手柄开关控制自平自开门  
电梯(交流KPM-62)控制线路电器元件

代 号	名 称	型 号
1KM	向上接触器	CJ0-75
2KM	向下接触器	CJ0-75
3KM	快速接触器	CJ0-75
4KM	慢速接触器	CJ0-40
5KM	快速第一加速接触器	CJ0-40

(续表)

代 号	名 称	型 号
6KM	快速第二加速接触器	CJ0-40
7KM	慢速加速接触器	CJ0-40
1KA	开门继电器	JT3-31
2KA	关门继电器	JT3-31
3KA	电压继电器	JT3-31
4KA	快速第一加速时间继电器	JT3-11/3
5KA	快速第二加速时间继电器	JT3-11/3
6KA	慢速加速时间继电器	JT3-11/3
7KA	向上控制继电器	DZ-53/220
8KA	向下控制继电器	DZ-53/220
10KA	向上辅助继电器	DZ-53/220
11KA	向下辅助继电器	DZ-53/220
12KA	关门辅助继电器	DZ-53/220
13KA	自动开门继电器	DZ-53/220
14KA	速度继电器	DZ-53/220
15KA	检修继电器	DZ-53/220
1KT	快速热继电器	JR0-40
2KT	慢速热继电器	JR0-40
T	工作变压器	BK-700VA
1、2R	起动电阻器	B-11 型
3~10R	可变线绕电阻器	RXY-T-50W (或 75 W)
C	油质纸介电容器	DZM-L 1 微法 630 伏
1FU	总熔丝	RL1-60/3
2FU	熔断器	RL1-15 2~6 安
3FU	熔断器	RL1-15 2~6 安
1SA	闸刀开关	双刀单极 5 安
EBL	蜂铃	12 伏
2SA	手柄开关	
1SB	轿门应急按钮	A5-20
2SB	厅门应急按钮	A5-20
3SB	警铃按钮	A5-20
3SA	安全手指开关	1×25A
4SA	检修慢车手指开关	1×15A
5SA	指层灯手指开关	1×15A
6、7SA	照明灯手指开关	1×15A
8SA	风扇手指开关	1×15A
1、2EL	照明灯	
FS	风扇	
1~3E	向上召唤灯	1.50P、12 伏

(续表)

代 号	名 称	型 号
4~6H	向下召唤灯	1.5CP、12伏
18SA	信号手指开关	1×13A
16~19H	轿内指层灯	1.5CP、12伏
1M	自动门电机	0.6千瓦、1000转/分
9SA	开门限位开关	TKM-20
10SA	关门限位开关	TKM-11
18Q	轿门触点	TKW-10
11SA	安全钳开关	TKQ-01
1L	向上平层感应器	
2L	向下平层感应器	
3L	自动开门感应器	
28Q	厅门触点	XK-20
11SA	向下限位开关	TKW-01
12SA	向下限位开关	TKW-02
13SA	向上限位开关	TKW-01
14SA	向上限位开关	TKW-02
15SA	限速器断绳开关	TKQ-01
16SA	厅外开门开关	TKW-10
17SA	钥匙开关	YK1-0-1
6~12SB	召唤按钮	A5-20
8~13H	门外指层灯	115伏8瓦
14H	门外向下箭头灯	115伏8瓦
15H	门外向上箭头灯	115伏8瓦
18~23KA	召唤继电器	DZ-51/40-48V
24KA	蜂铃继电器	DZ-51/40-48V
11~17R	线绕电阻器	RXY-20W-620Ω
2~9SQ	召唤继电器复位触点	
10、11SQ	召唤继电器复位电刷	
12~15SQ	门外指层灯触点	
16SQ	门外指层灯电刷	
17~20SQ	轿内指层灯触点	
21SQ	轿内指层灯电刷	
1QF	电源总开关	铁壳开关 8极380伏/60安
EU	三相桥式硅整流器	2XC-7-17 DC110伏1.8安
2QF	三相极限开关	
2M	交流双速异步电动机	JTD-49011.2kW 1000/250转/分
LC	直流制动器绕组	高强度漆包线0.71毫米450Q圈
3QF	制动器动作开关	TKZ-01
20SA	球形速度开关	

电梯控制线路中的电器元件如表 7-24 所示。

### 十三、蓄电池搬运车控制线路

207 型立式驾驶的蓄电池搬运车适合于车站、码头、仓库、工厂等平坦路面上作短距离运输之用。载重量 2 吨，车速空载时 11~14 公里/时，重载时 8.5~10 公里/时，拖动电动机的功率为 2.5 千瓦，额定电压为 40 伏，额定电流为 75 安，用 232 型蓄电池作为电源。控制线路图 7-46 中有限位开关 SA、鼓形控制器 QC、接触器 KM、电阻 R 等元件组成。机械制动器与限位开关联锁。当踩下脚踏板时，制动器松开，限位开关触点闭合；松开脚踏板时，制动

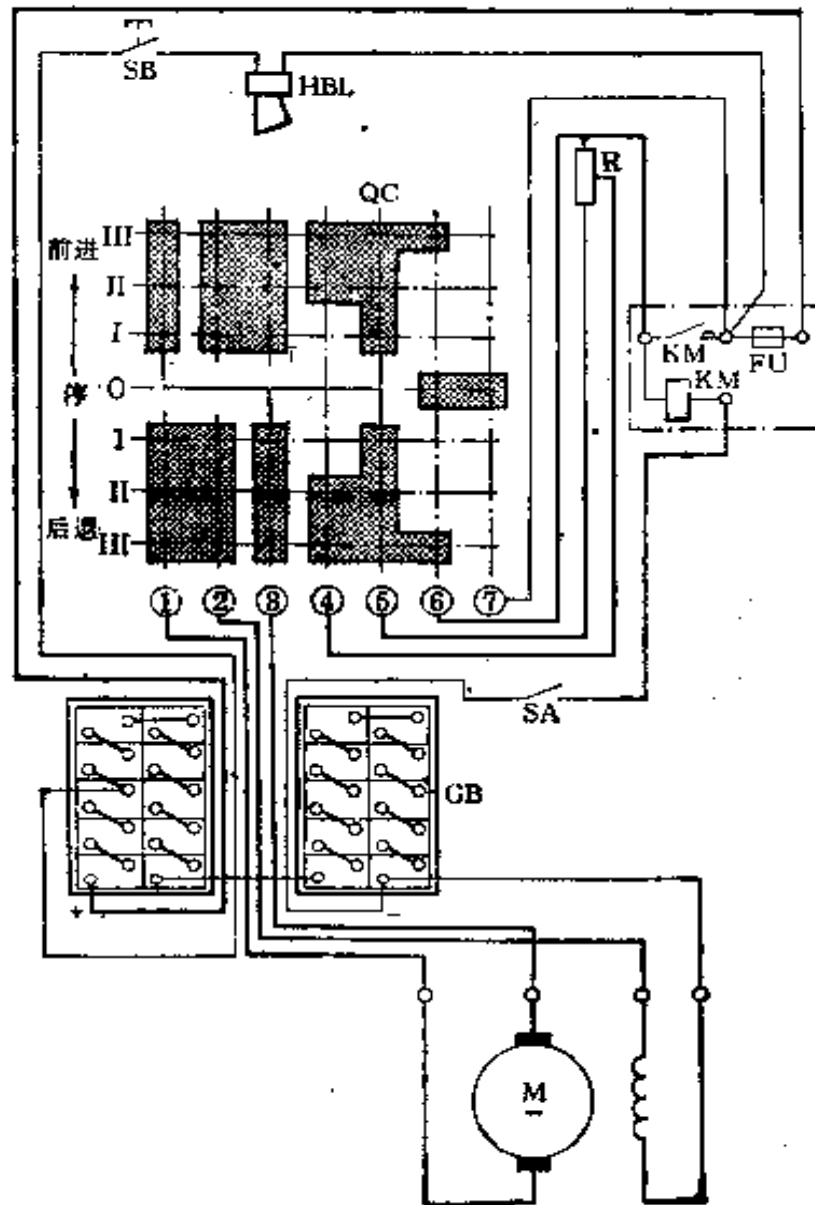


图 7-46 蓄电池搬运车控制线路

器压紧,限位开关触点断开。车子起步时控制器必须放在零位,以保证车子能从最慢档起步。踩下脚踏板后接触器动作,然后才可将控制器从O→I→II→III速度逐步上升。所以正向(前进)和反向(后退)行车都有三种速度。刹车是用抱闸式机械制动。如果蓄电池电压低于36伏时,需进行充电后才再能使用。

控制线路中的电器元件如表7-25所示。

表7-25 207型蓄电池搬运车电器控制电路电器元件

代 号	名 称	型 号
SB	喇叭按钮	JK-911
HBL	直流电喇叭	DL38-6 6~8伏
R	调速电阻	0.18欧
FU	熔断器	RM1-100
KM	直流接触器	
QC	鼓型控制器	
SA	限位开关	LX2-191
GB	蓄电池	232型 2伏×20
M	直流串励电动机	2.5千瓦、40伏、75安、750转/分

#### 十四、ZD1一吨蓄电池铲车控制线路

蓄电池铲车可供车站、码头、厂矿和仓库等场所具有平坦的水泥或沥青路面上作堆垛和搬运之用。

蓄电池铲车的电力拖动系统是由两台直流串励电动机及其控制设备所组成如图7-47所示。行驶电动机1M与油泵电动机2M的电源是由二组(共16只)电压为32伏酸性蓄电池供给。行驶电动机1M通过机械传动机构,带动铲车作前进与后退行驶。油泵电动机2M通过机械、液压机构带动门架后倾、前倾或升降以及附属物的运动。

1. 行驶电机1M的控制 铲车的前进与后退是由凸轮控制器LCC换向转换手柄控制。车速的高低是由凸轮控制器脚踏部分控制。当两组电池并联时,铲车为低速行驶;两组电池串联时,铲车高速行驶。图中电阻RP作为低速与高速行驶时调速之用。电池组的串、并联均由控制器自动换接。



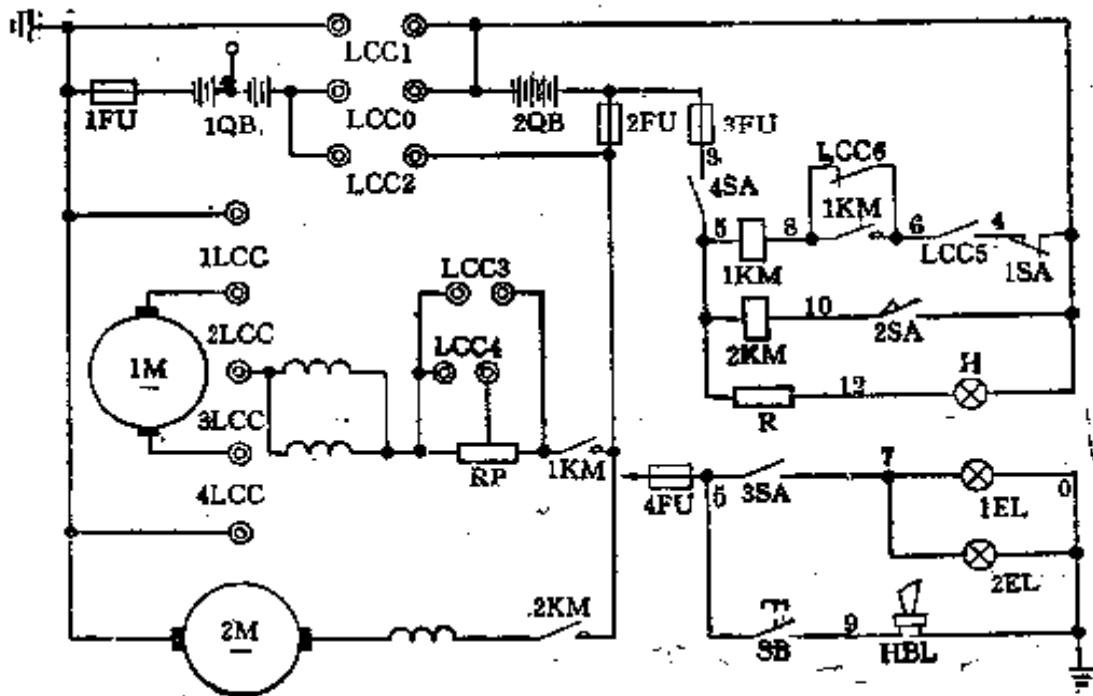


图 7-47 ZD1 型一吨电池铲车控制线路

2. 油泵电动机 2M 的控制 油泵电机 2M 是由接触器 2KM 及微动开关 2SA 控制的。操作时,只要按照要求,前推或后拉分配阀的手柄,使连杆触动微动开关就可以操作油泵电动机 2M。

3. 电路中保护装置 电路中除了具有熔断器作短路保护以外,还有脚踏机械制动装置。当制动板踏下时,微动开关 1SA 断开,切断电动机控制电路,这样就保证铲车的迅速停车。此外,凸轮控制器的结构中,还另有一个机械连锁装置,使其脚踏控制保证要在手柄控制已经动作以后,才能踏动,否则手柄控制触点间就会产生较大电弧,造成损害。

#### 4. 注意事项

(1) 在一般情况下,不能将行驶电动机及油泵电动机同时工作。否则将会使蓄电池因放电电流过大而效率降低,影响蓄电池使用期限。

(2) 控制器由第一档转变为第二档时,换档不能太快,否则接触器不能及时吸合,铲车无法起动。

表 7-26 和表 7-28 分别表示凸轮控制器 LCC 触点的位置。

ZD1 型一吨电池铲车控制线路中电器元件如表 7-27 所示。

表 7-26 凸轮控制器 LCC 换向手柄控制触点位置表

触点符号	手 柄 位 置		
	向 前	中 间	向 后
LCC1	×		
LCC2			×
LCC3	×		
LCC4			×

注: × 表示闭合。

表 7-27 ZDI 型一吨电池铲车控制电路电器元件

代 号	名 称	型 号
SB	喇叭按钮	JK-911 型
H	电源指示灯	6~8 伏
R	指示灯附加电阻	100 欧 10 瓦
1、2EL	照明灯	6~8 伏
HBL	直流电喇叭	DL38-6
2SA	微动开关	LX5-11
1SA	限位开关	LX5-11/1
3SA	汽车单档灯开关	JK-106
4SA	汽车点火锁	JK-405
3、4FU	熔断器	RL1-60 25 安
1、2FU	熔断器	200 安
RP	调速电位器	ZF-2 0.08 欧(每段 0.04 欧)
1KM	油泵电机接触器	1P-29AZ
2KM	行驶电机接触器	1P-29AZ
1、2GB	蓄电池	DT-500 型 标称容量 500 安/时
1M	直流串励电动机	ZXQ-135/30
2M	直流串励电动机	ZXQ-40/30
LCC	凸轮控制器	KB-28

表 7-28 凸轮控制器 LCC 脚踏动作触点位置表

控制器位置	触 点 符 号					联锁触点符号	
	LCC1	LCC0	LCC2	LCC3	LCC4	LCC5	LCC6
0		×					×
1	×		×			×	×
2	×		×		×	×	
3	×		×	×	×	×	
中 间	×		×		×	×	
					×	×	
4		×			×	×	
5		×		×	×	×	

注：× 表示闭合。

### 十五、D6140A 高频脉冲电蚀加工机床

D6140A 电火花成型机床，主要用来加工淬火钢、硬质合金以及特殊金属材料冲模、型腔模、特殊形状的零件等。加工的范围为  $400 \times 350 \times 200$  毫米，适用于冲模刃口高度小于 20 毫米、锻模深度不大于 100 毫米、工具电极重量不超过 100 牛的各种金属材料的模具的加工。机床由机床主体、过滤油箱、液压油箱和电气控制箱连成整体。这里介绍的电气部分如图 7-48 所示。机床的加工电流 40~50 安培，加工电压为 70 伏，工作频率为 0.25~100 千赫，工作脉冲范围 2~2000 微秒，脉冲间隔 8~2000 微秒。

1. 脉冲电源及其控制线路 由 V28~V31 组成的射极跟随器隔离输出的基极定时多谐振荡器构成主振电路，如图 7-48(a) 所示。V28、V30 为振荡管，6 伏振荡电源经 R11、V27 稳压得到的。当调节 6S、7S 时改变对 C10、C11 的充电时间，也就调节了输出脉冲(方波)的宽度与时间间隔。6S、7S 是可单独调节的，因此脉冲宽度与间隔也是单独调节的。

2. 脉冲放大级 脉冲放大级由四级电阻耦合共射极饱和式脉冲反相器组成，V35、V37、V39 构成前三级，末级由 V44~V46 并联构成，前后级间

的二极管是起隔离及箝位作用的。当前级导通饱和时二极管截止, 保证后级可靠截止。V39 承担了一定的功放作用, 因此选用了大功率管, 但它的饱和压降较大(1 伏左右)。为此, 三、四级间用 V40、V41 串联进行箝位隔离。第四级 V44~V46 每只管子均单独激励一路功率输出。功率管输出级的脉冲峰值电流的大小可调节, 图 7-48(b) 中 4S 并通过继电器 9KA、10KA 来控制脉冲峰值电流的大小。改变 9KA、10KA 的吸合状态就可使输出功率为一、二路、三路并联等等。如调节 4S 于 1、2、3 档位置时, 峰值电流由大到小的变化。

3. 功放级 功率输出级分三路, 每路是由七只大功率管并联运行, 如图 7-48(c) 所示。15 伏电源经 R3 在 V42、V43 产生约 1.4 伏的压降, 当前级饱和时功放管基极仍有 1 伏的电位, 则发射极能有 1.4 伏的电位, 使功放管 b、e 间处在反偏的状态, 因此能可靠截止。所以 V42、V43 也起箝位的作用。限流电阻 R<sub>60</sub>~R<sub>80</sub> 有时极间短路时起限流的作用, 以保护功放管, 同时当功放管饱和时, 饱和压降远比电阻上的压降小得多, 因此也起到了均流的作用, 功放管的集电极与发射极间接有 RC 吸收回路, 目的是防止电路中的分布电感而产生的反电势击穿功放管。在输出电缆线两端还并接了二极管 V69, 见图 7-48(d)。V21、V22 与继电器 13KA 串接在 70 伏电源上的作用是当电源电压上升到一定值时 V21、V22 击穿而使继电器动作切断电源, 起过电压保护的作用。V19、V20 与继电器 6KA 串接于 15 伏电源上, 如当电源电压过低时, 致使 6KA 释放的同时使 1KA 也断开, 这起到欠电压的保护作用。

4. 电极周期性提升环节 电极 E 在加工过程中是要作周期性的提升的。电路中利用 C8 通过 RP1、RP2 轮流充电改变 V23 的发射极电流使 5KA、6KA 作周期性的吸合, 从而实现电极的周期性的提升。调节 RP3 改变电极的提升时间, 调节 RP2 可改变电极的加工时间。RP2 是带开关的电位器, 当 RP2 关时, 8S 打开, 周期性提升停止。5S 是极性和高压附加电路的选择开关。改变 5S1 可使继电器 3KA、4KA 或 5KA、6KA 动作, 从而确定了加工时工件 P 所处的极性, 5S<sub>2</sub> 若处 0 处则无高压, 在 1 处时为 200 伏, 在 2 处是 300 伏。5S<sub>2</sub> 选在有高压处时, V72 基极与第三极放大器输出端相连, V47~V67 截止时, V72 导通, 使脉冲变压器 3T 有输出电流, 当 V4~V67 导通时, V72 即截止, 在 3T 的副边产生一个反电势, 这反电势, 经限幅形成了 200~300 伏的高压脉冲, 这脉冲叠加原来的低压脉冲上, 增大了火花间隙的击穿的可能性, 提高了加工的稳定性, 工作效率有明显的提高。

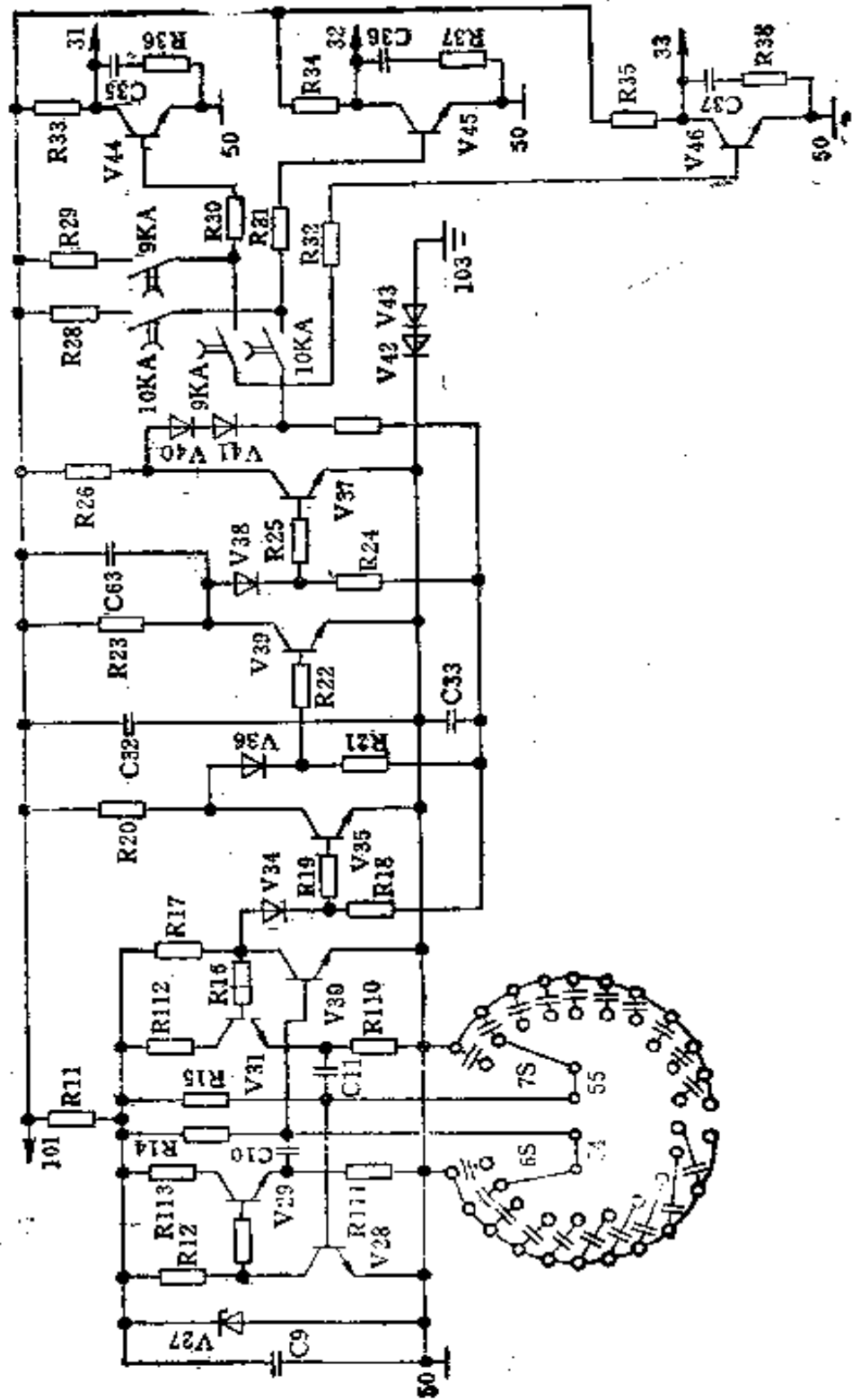


图 7-48(a) D6140A 脉冲电源及控制线路

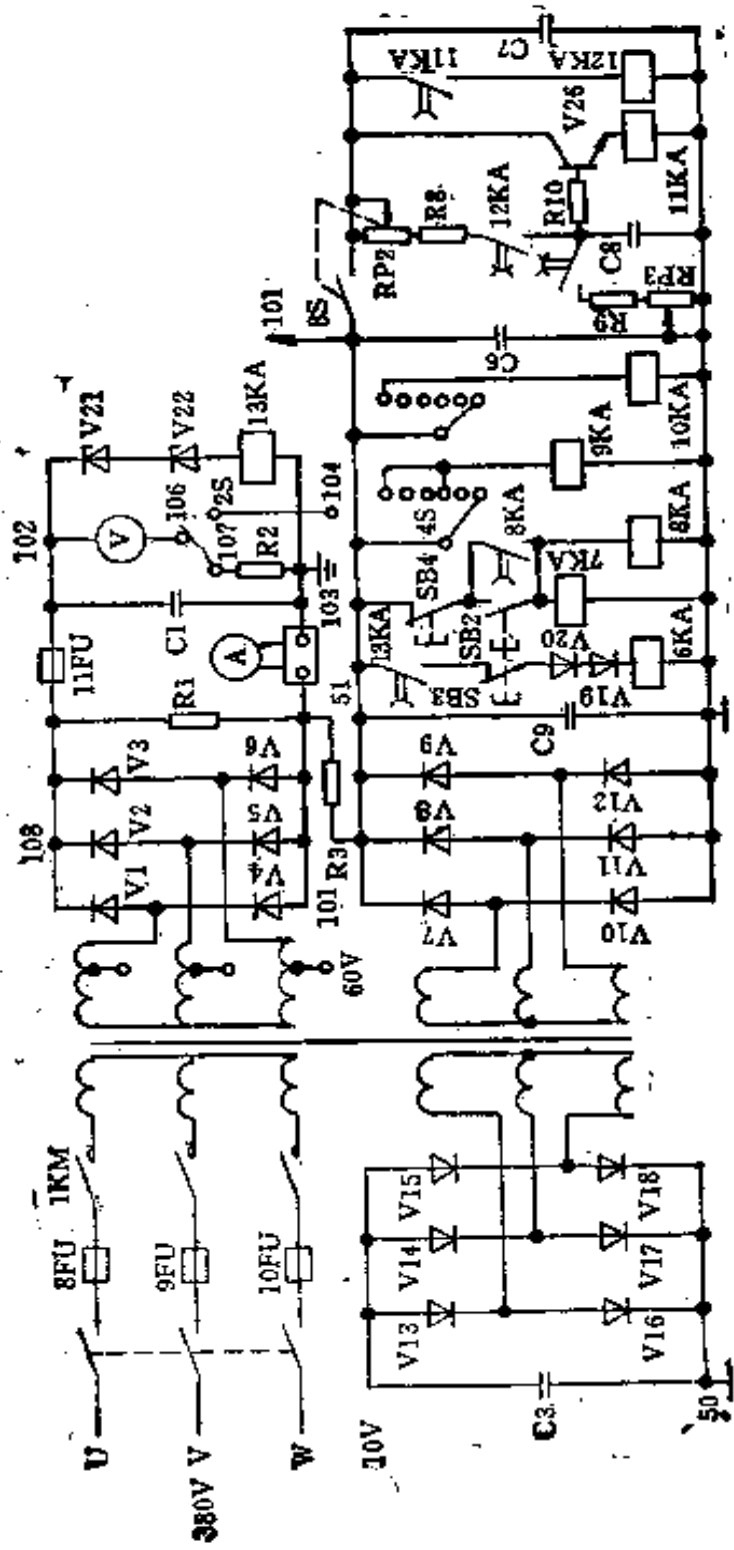


图 7-48(b) D6140A 脉冲放大电路

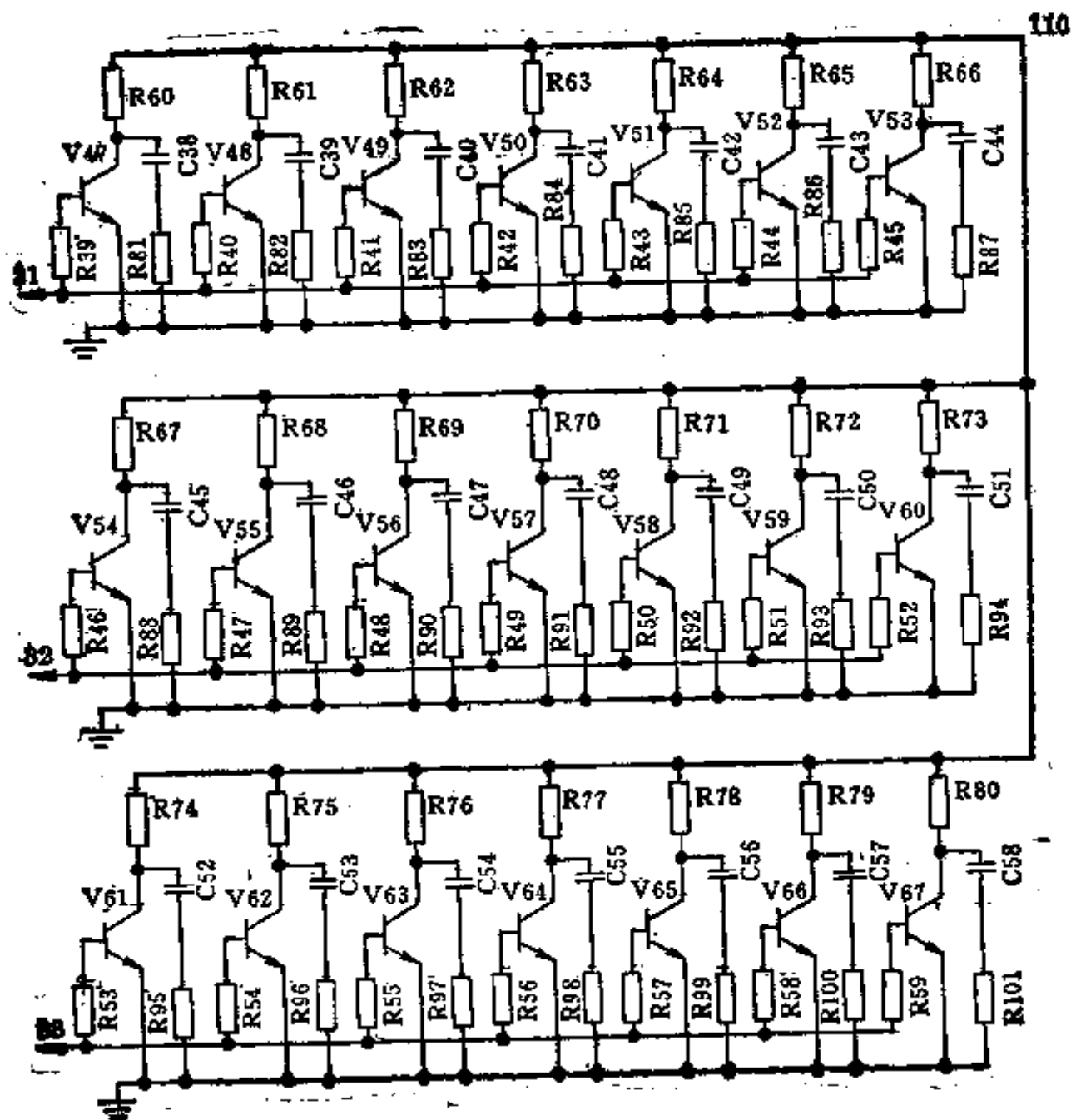


图 7-48(c) D6140A 功放电路

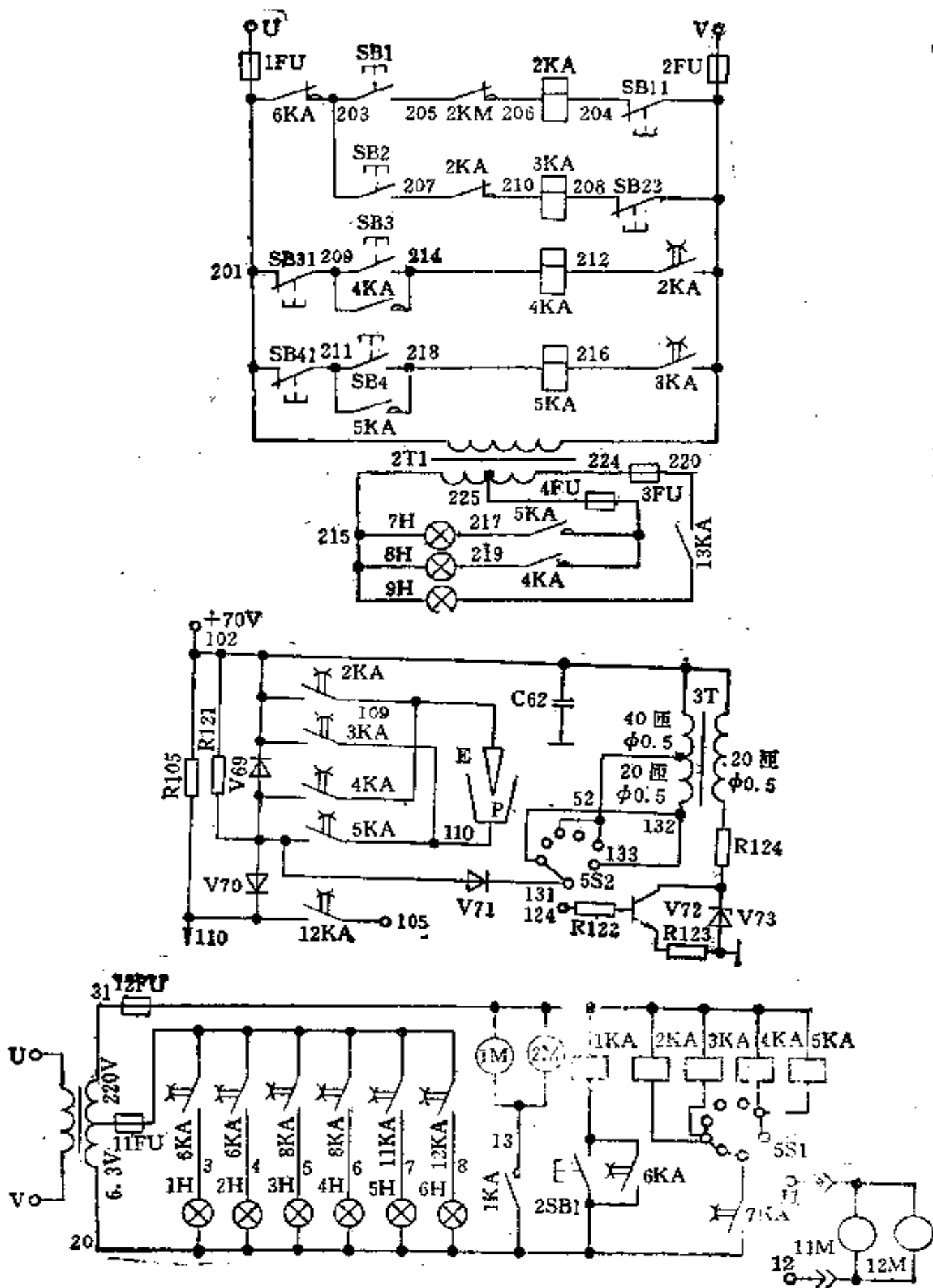


图 7-48(d) D6140A 开关电路



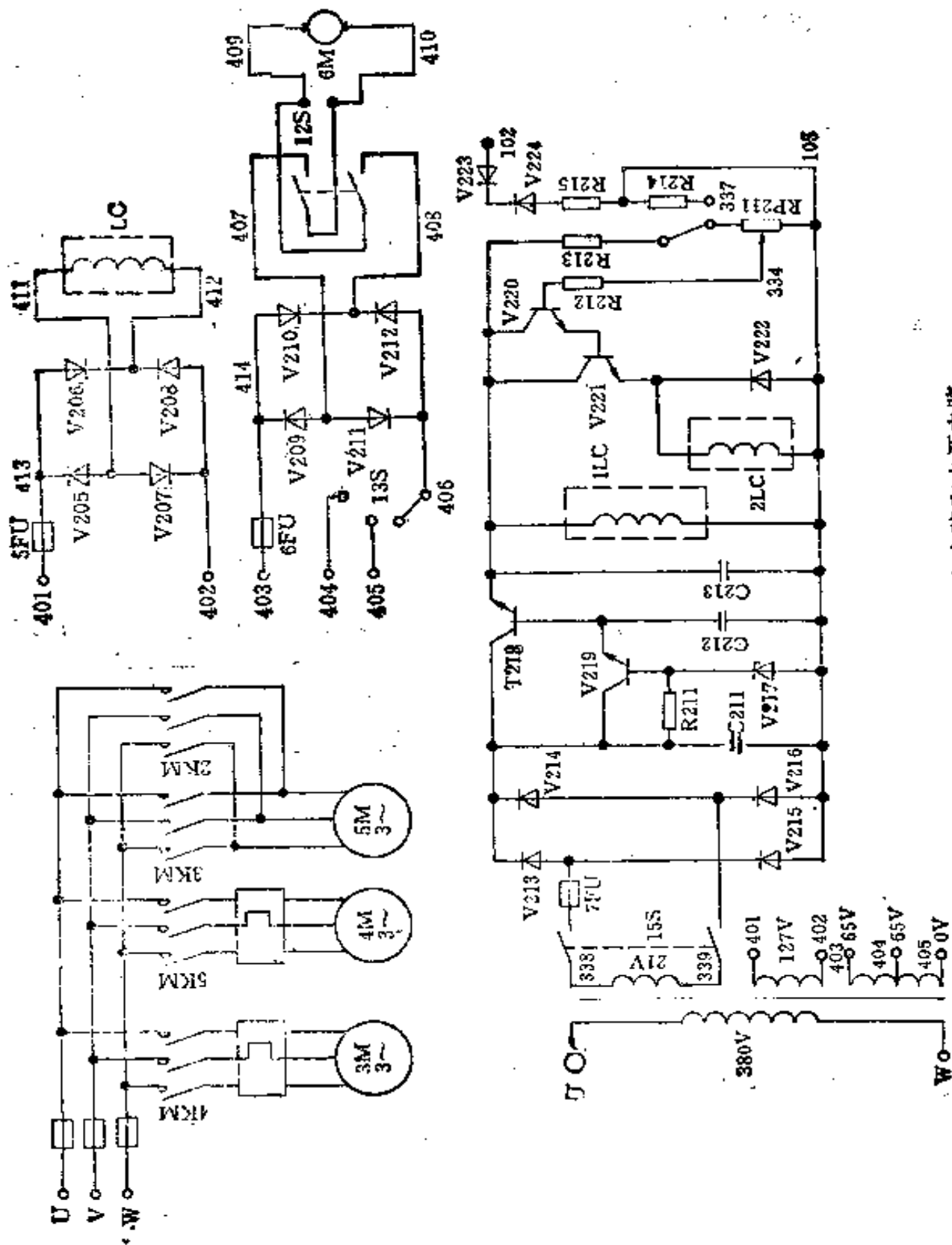


图 7-48(e) D0140A 主电路和电源电路

表 7-29 D6140A 高频脉冲电蚀加工机床电器元件

代 号	名 称 和 型 号
1、2、11、12M 3M 4M 5M 6M	仪用风扇电机 JF-51A $\phi$ 150-110V-22 瓦 过滤油泵电机 JQ3 8024T2、1.1 千瓦 液压油泵电机 JQ3 8014T2、0.6 千瓦 主轴升降电机 A1 5634T2、0.18 千瓦 平动头电机 S261 24 瓦
1KM 2~5KM	接触器 CJ0-10A 220 伏 CJ0-10A 380 伏
1~5KA 6~13KA	中间继电器 JZ7-80 220 伏 电磁继电器 JRX-13F 700 欧
1LC 2LC	转换器定线圈 自制 转换器动线圈 自制
1FU 2FU 3、7FU 5、6FU 4、8、9FU 10FU	熔断器 RL1-15 10 安 RL1-60 60 安 BCF 2 安 RL1-15 5 安 BCF 1 安 ELX-1 1.5 安
V A	电压表 4402-V 100 伏 电流表 4402-A 100 安
V1~6 V7~12 V40、V41 V13~18 V222、V253~216 V19、20、38 V34、36 V42、43、69 V70 V71 V205~212 V223 V21 V22 V27 V73 V217 V224 V26、37 V28~31、V35 V39、V219、V221 V44~46 V37~47 V72 V218、V220	2CZ30 30 安 150 伏 2CZ5 5 安 50 伏 2CZ1 1 安 50 伏 2CP21 2CP12 2CZ10 10 安 200 伏 2CZ30 30 安 500 伏 2CZ1 1 安 500 伏 2CZ1 1 安 400 伏 2CZ1 1 安 100 伏 1W60 1 瓦 70 伏 2CW15 2CW21B 10W60 10 瓦 60 伏 2CW21J 1 瓦 19 伏 2CW21F 1 瓦 10 伏 3DK4 $\beta > 50$ 3DK2A $\beta > 50$ 3DD6 $\beta > 20$ 3DD6F $\beta > 125BV_{ceo} > 150$ 伏 3DD6E $\beta > 15BV_{ceo} > 180$ 伏 3DK4 $\beta > 20$

(续表)

代 号	名称和型号	代 号	名称和型号
R1	RXYC-100-51 欧	2S	KJ2
R2	RT-0.25-750 欧	RP0(6S),4,5S	KCZ-7W4D
R3	线绕无感 6 欧	R,7K	KCZ-11W2D
R8、R13、R16、R21	RT-0.25-2 千欧	12,16S	KN3-A-2W2D
R9、R10	RT-0.25-150 欧	13S	KZX-1-5W4D
R11	RT-0.5-300 欧	15S	KNX-2W2D
R12、R17、R110、R111	RT-0.25-500 欧	1,2SA	JLXW1-11
R14、R15	RT-0.25-18 千欧	1~4,7,9SB	LA19-11D
R18	RT-0.25-47 千欧	5,6,8,10SB	LA19-11
R19	RT-0.25-5.6 千欧	1~8H	6.3 伏
R20	RT-0.25-470 欧	9H	36 伏 40 瓦
R22	RT-0.25-51 欧	C1	CD13 13000 微法 100 伏
R23	RX1-10-30 欧	C2	CD13 6000 微法 25 伏
R24	RT-0.25-680 欧	C3	CD13 4000 微法 25 伏
R25	RY-2-15 欧	C6、C3	CD10 200 微法 16 伏
R26	线绕无感 5 欧	C7	CD11 47 微法 16 伏
R27	RX1-10-47 欧	C9、C33	CD11 100 微法 16 伏
R28、R29	RX1-10-20 欧	C10、C11	CYX 100 皮法 100 伏
R30、R31、R32	RY2-12 欧	C12、C13	CIX 150 皮法 40 伏
R33、R34、R35	线绕无感 2.3 欧	C14、C15	CIX 470 皮法 40 伏
R36、R37、R38	RY-2-3.9 欧	C16、C17	CL1 1000 皮法 63 伏
R39~R59	RQ-2-80 欧	C18、C19	CL1 1200 皮法 63 伏
R60~R80	线绕无感 12 欧	C20、C21	CL1 4700 皮法 63 伏
R81~R101	RY-2-24 欧	C22、C23	CL1 0.01 皮法 63 伏
R105、R124	线绕无感 30 欧	C24、C25	CL1 0.022 微法 63 伏
R112、R113	RT-0.25-10 欧	C26、C27	CL1 0.047 微法 63 伏
R121	RJ-1-10 千欧	C28、C29	CL1 0.1 微法 63 伏
R122	RY-2-30 欧	C30、C31	CL1 0.18 微法 63 伏
R123	RY-2-3.9 欧	C32	CD11 47 微法 16 伏
R124	线绕无感 30 欧	C34	CD11 330 微法 16 伏
R211	RT-0.25-430 欧	C35~C37、C214	JZJX 1 微法 160 伏
R212、R213	RT-0.25-100 欧	C38~C58	CYX 9200 微法 100 伏
R214	RT-0.5-5.1 千欧	C62	JZJX 0.47 微法 160 伏
R215	RT-0.25-10 欧	C63	CL1 0.015 微法 63 伏
RP2(8S)	WT-K-S-10 千欧	C211	CD14 1000 微法 25 伏
RP3、RP211	WTH-1-4.7 千欧	C212	CZJ 0.1 微法 160 伏
1S	HZ10-10/3J	C213	CD10 47 微法 25 伏



# 第 8 章

## 电子电路及其应用

为了适应维修电工的需要，本章介绍基本电子电路和部分常用电子元器件型号与参数。国产半导体器件型号通常由四部分组成，如表 8-1 所示。

表 8-1 国产半导体器件型号命名表

第一部分	第二部分	第三部分	第四部分
用数字表示电极的数目	用汉语拼音字母表示器件所用的材料和结构	用汉语拼音字母表示器件的类型(或功能)	用数字表示同一类型器件的序列号
2—二极管 3—三极管	<p>二极管</p> <p>A—N 型锗制成</p> <p>B—P 型锗制成</p> <p>C—N 型硅制成</p> <p>D—P 型硅制成</p> <p>三极管</p> <p>A—PNP 型锗</p> <p>B—NPN 型锗</p> <p>C—PNP 型硅</p> <p>D—NPN 型硅</p>	<p>P—普通管</p> <p>V—微波管</p> <p>W—稳压管</p> <p>C—参量管</p> <p>Z—整流管</p> <p>L—整流堆</p> <p>S—隧道管</p> <p>U—光电管</p> <p>K—开关管</p> <p>X—低频小功率管</p> <p>G—高频小功率管</p> <p>D—低频大功率管</p> <p>A—高频大功率管</p> <p>T—可控整流器</p>	<p>1, 2, 3, ...</p> <p>11, 12, 13, ...</p> <p>为了表示同一型号器件某些参数的差别，可以在型号后面再附加 A、B、C、D、...，以示区别</p>

注：截止频率  $\geq 3$  兆赫为高频管；截止频率  $< 3$  兆赫为低频管；  
耗散功率  $\geq 1$  瓦为大功率管；耗散功率  $< 1$  瓦为小功率管。

### 8-1 半导体二极管和整流电路

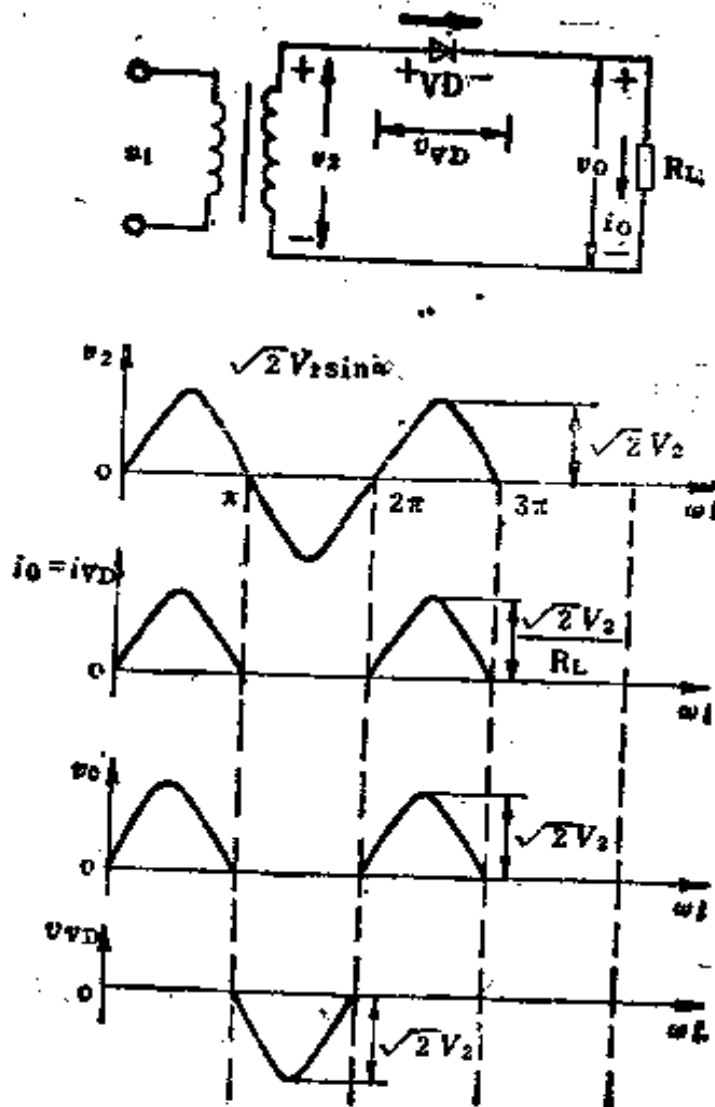
#### 一、单相整流电路

1. 常用单相整流电路 图 8-1 是几种常用的单相整流电路及电压、电流波形。

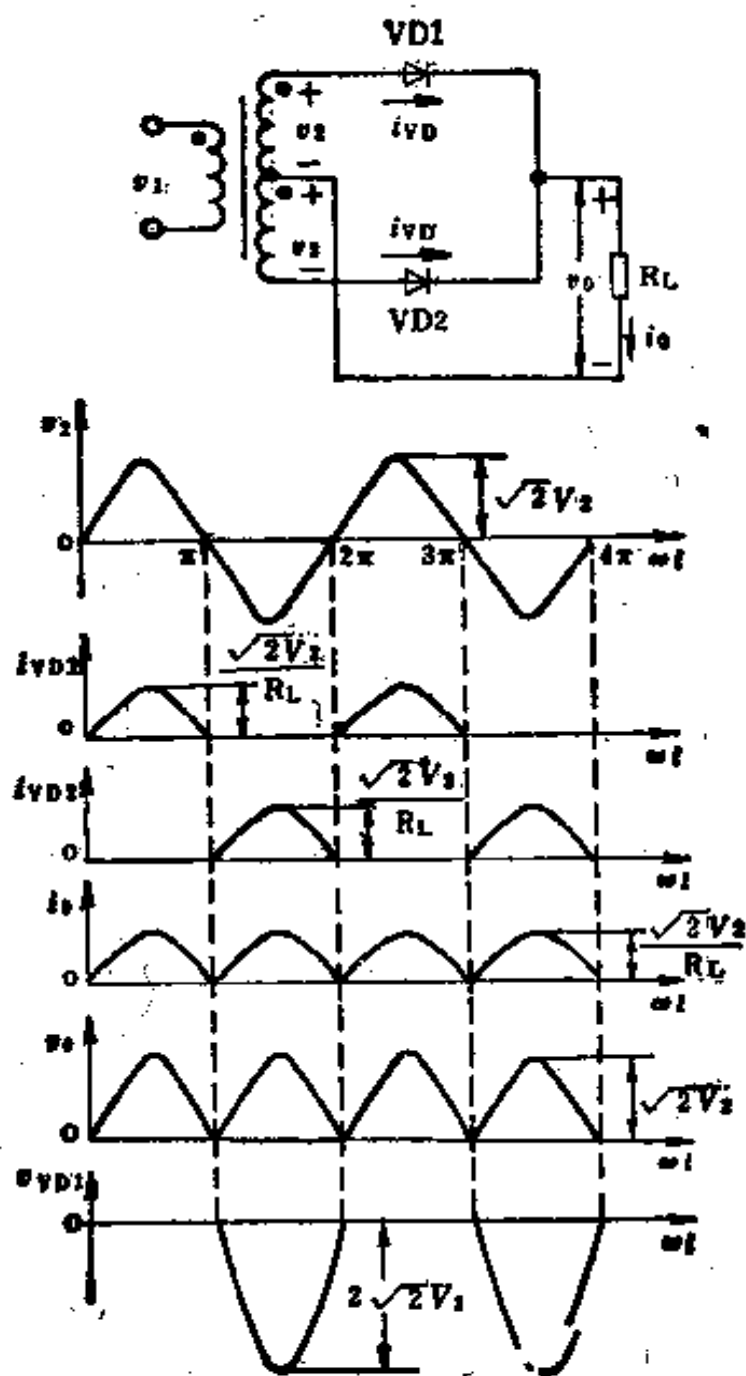
2. 单相整流电路的电量关系 如表 8-2 所示。
3. 小功率滤波电路的特点及参数关系 如表 8-3 所示。
4. 倍压整流电路 在电源变压器二次侧电压不高情况下, 而需要获得较高直流电压时可采用倍压整流电路。倍压整流电路只能用来供给要求输出电压较高, 但电流小的场合, 电路如图 8-2 所示, 二极管与电容的耐压要求均为  $2\sqrt{2} V_2$ ,  $V_2$  为变压器二次侧电压有效值。

输出电压

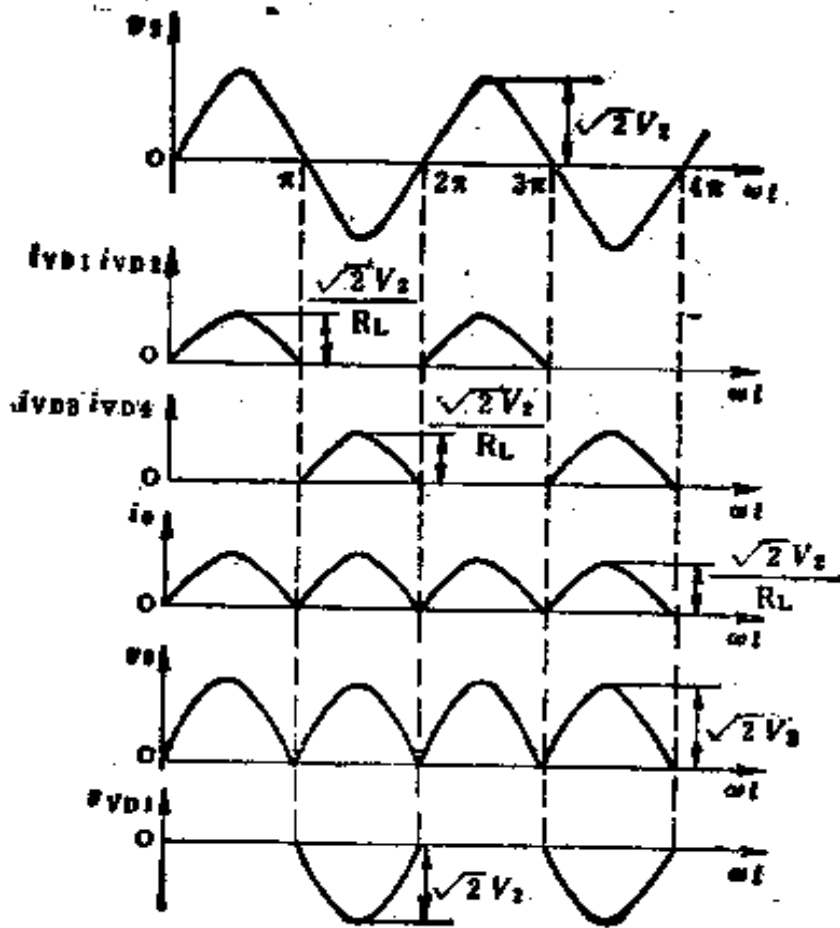
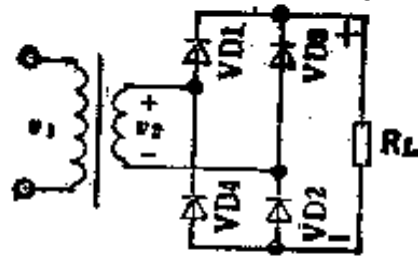
$$V_{VDn} = 2\sqrt{2} n V_2 - \frac{i_{VD}}{f_n C} \left( \frac{2}{3} n^3 + \frac{3}{4} n^2 + \frac{n}{12} \right)$$



(a) 半波



(b) 全波



(c) 桥式

图 8-1 单相整流电路、波形



表 8-2 小功率单相整流电路的电量关系

电 路 名 称		单相半波整流	单相全波整流	单相桥式整流	
输出直流电压 $V_o$	电阻负载	$0.45 V_2$	$0.9 V_2$	$0.9 V_2$	
	电容滤波	空载	$1.41 V_2$	$1.41 V_2^*$	$1.41 V_2^*$
		负载	$1.1 V_2^*$	$1.1 V_2^*$	$1.1 V_2^*$
元件所受反向电压峰值 $V_{fm}$	电阻负载	$3.14 V_2$ ( $=1.41 V_2$ )	$3.14 V_2$ ( $=2.83 V_2$ )	$1.57 V_2$ ( $=1.41 V_2$ )	
	电容滤波	空载	$2 V_2$	$2 V_2$	$1 V_2$
		负载	$2.56 V_2^*$	$2.56 V_2^*$	$1.33 V_2^*$
流过元件的电流平均值		$1 I_2$	$0.5 I_2$	$0.5 I_2$	
流过元件的电流最大值	电阻负载	$3.14 I_2$	$1.57 I_2$	$1.57 I_2$	
	电容负载	由电容的大小决定			
整流变压器二次侧电压有效值 $V_2$	电阻负载	$2.22 V_2$	$1.11 V_2$	$1.11 V_2$	
	电容滤波	空载	$0.707 V_2$	$0.707 V_2$	$0.707 V_2$
		负载	$0.91 V_2^*$	$0.91 V_2^*$	$0.91 V_2^*$
整流变压器二次侧电流有效值 $I_2$	电阻负载	$1.57 I_2$	$0.79 I_2$	$1.11 I_2$	
整流变压器二次侧容量 $P_2$	电阻负载	$3.49 V_2 I_2$	$1.74 V_2 I_2$	$1.23 V_2 I_2$	
整流变压器一次侧容量 $P_1$	电阻负载	$2.69 V_2 I_2$	$1.23 V_2 I_2$	$1.23 V_2 I_2$	
整流变压器平均计算容量 $P_T$	电阻负载	$3.09 V_2 I_2$	$1.43 V_2 I_2$	$1.23 V_2 I_2$	
脉动系数 $S$ (电阻负载)		1.57	0.667	0.667	
纹波系数 $\gamma$ (电阻负载)		1.21	0.48	0.48	
输出电压脉动的最低频率		$1f$	$2f$	$2f$	

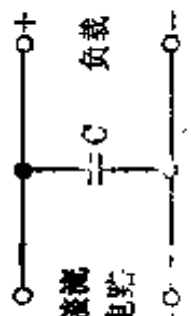
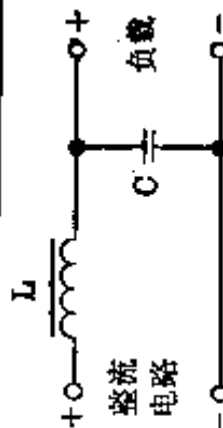
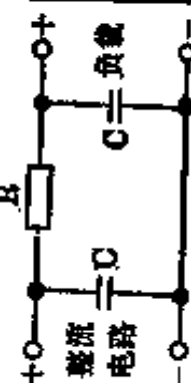
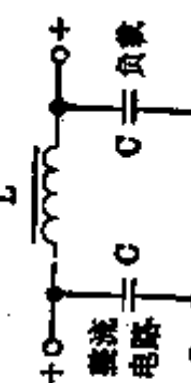
注:  $S$ ——脉动系数 =  $\frac{\text{交流分量的基波(或最低次谐波)的振幅值}}{\text{直流分量(即平均值)}}$ ;

$\gamma$ ——纹波系数 =  $\frac{\text{交流分量的有效值}}{\text{直流分量(即平均值)}}$ ;

$f$ ——交流电源频率。

\* 指一般情况下工程估算的参考数据,此值随  $R_o C$  的增大而升高。

表 8-3 常用小功率滤波电路的比较和参数

名称	电容滤波	L 型滤波	阻容滤波	π 型滤波
电路				
滤波效果	当 $B_0$ 大时 较好 当 $B_0$ 小时 较差	较好	当 $B_0$ 大时 好 当 $B_0$ 小时 较差	好
输出电压	高	低	较高	高
输出电流	较小	大	小	较小
负载特性	差	$B_0 < 0.42L$ 时 好	差	差
适用场合	负载电流小, 平滑要求一般	负载电流大, 平滑要求较高	负载电流小, 平滑要求高	负载电流稍大, 平滑要求高
参数选择	全波整流 $C = \frac{1.44 \times 10^5}{f B_0}$ (微法) 半波整流 $C = \frac{2.88 \times 10^5}{f B_0}$ (微法)	全波整流 $LC = \frac{1.19}{f}$ 当 $C > 1$ 微法时 取 $L \geq 2B_0/942$ (亨)	全波整流 $BC^2 = \frac{2.3 \times 10^6}{f B_0}$ 当 $C > 1$ 微法时 $B$ 取几十至几百欧	由于体积、重量都较大, 所以在小功率电源中较少应用

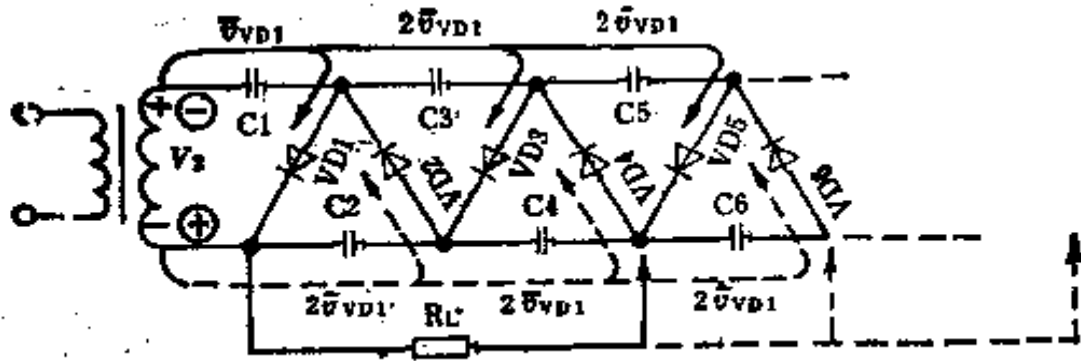


图 8-2 倍压整流电路

式中  $n$  为倍压整流的段数,  $f_n$  为电网频率,  $V_2$  为变压器二次侧电压,  $i_{VD}$  为负载电流平均值。各只电容的容量认为是相等的。

脉动系数

$$S \approx \frac{\frac{1}{2} V_{VDPP}}{V_{VD}} = \frac{n(n+1)}{4f_n U_{KL}} \frac{1}{V_{VD}}$$

## 二、多相整流电路

多相整流电路具有三相负荷平衡, 输出电压脉动成分少、变压器利用率高等优点, 因而在大功率整流和要求脉动量少的小功率整流中广泛采用。常用多相整流电路如图 8-3 所示。

## 三、常用二极管的型号和主要参数

1. 整流二极管 表 8-4、8-5 列出了常用整流二极管型号和重要参数。

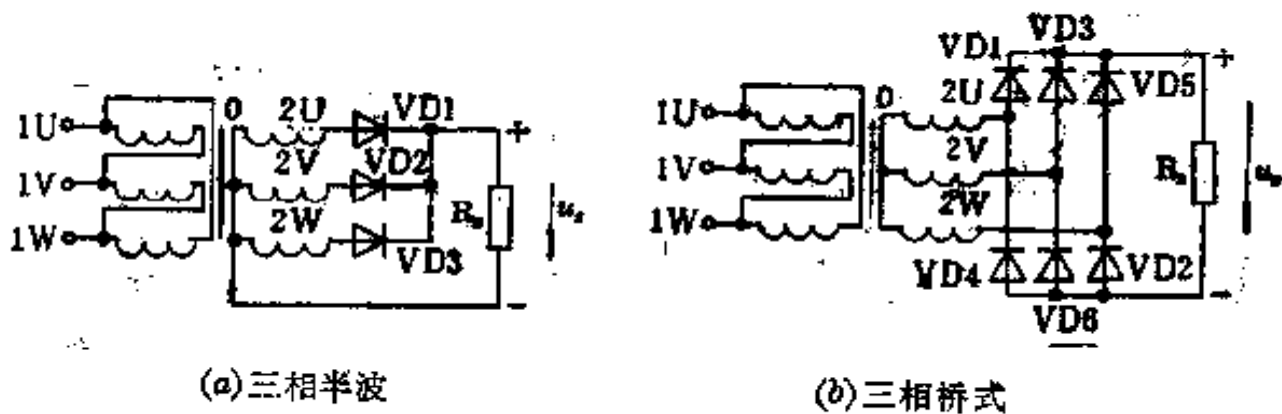
2. 开关二极管 开关二极管的部分型号和主要参数如表 8-6 所示。

3. 2CZ 系列大功率整流元件 该系列元件的主要参数:

额定正向平均电流: 在规定环境温度和标准散热条件下, 允许连续通过的工频正弦半波电流的平均值。

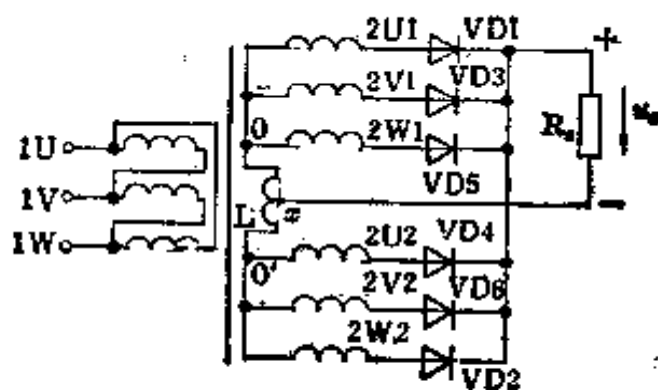
额定反向峰值电压: 它等于反向最高测试电压的一半。反向最高测试电压规定为反向漏电流急速增加反向特性曲线开始弯曲时的电压。

2CZ 系列大功率整流元件的参数如表 8-7。外形如图 8-4 所示。

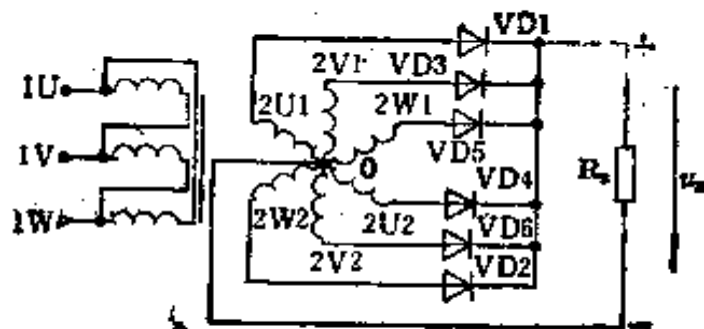


(a) 三相半波

(b) 三相桥式




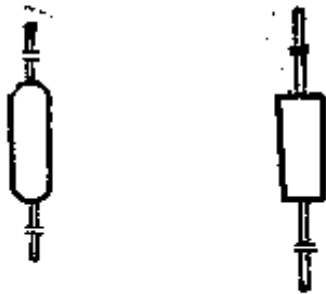
(c) 带平衡电抗器的双反星形式



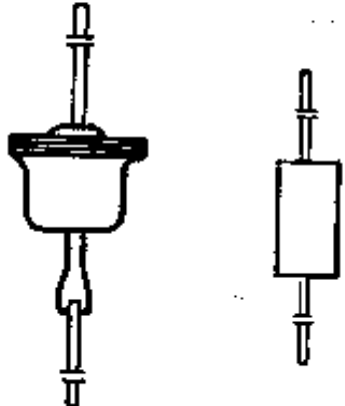


(d) 六相半波

图8-3 多相整流电路



表 8-4 2CP 型硅二极管型号和主要参数

型 号	最大整 流电流 (毫安)	最高反向工 作电压峰值 (伏)	最大整流电 流时正向压降 (伏)	外 形
2CP1A	500	50	<1	 <p>使用时需另加 60×60×1.5 毫米的铝散热片</p>
2CP1	500	100	<1	
2CP2	500	200	<1	
2CP3	500	300	<1	
2CP4	500	400	<1	
2CP5	500	500	<1	
2CP1E	500	600	<1	
2CP1G	500	800	<1	
2CP6K	100	50	≤1.5	
2CP6A	100	100	≤1.5	
2CP6B	100	200	≤1.5	
2CP6C	100	300	≤1.5	
2CP6D	100	400	≤1.5	
2CP6E	100	600	≤1.5	
2CP6F	100	800	≤1.5	
2CP10	100	25	≤1.5	
2CP11	100	50	≤1.5	
2CP12	100	100	≤1.5	
2CP13	100	150	≤1.5	
2CP14	100	200	≤1.5	
2CP15	100	250	≤1.5	
2CP16	100	300	≤1.5	
2CP17	100	350	≤1.5	
2CP18	100	400	≤1.5	
2CP19	100	500	≤1.5	
2CP20	100	600	≤1.5	
2CP20A	100	800	≤1.5	

(续表)

型 号	最大整 流电流 (毫安)	最高反向工 作电压峰值 (伏)	最大整流电流 时正向压降 (伏)	外 形
2CP21A	300	50	$\leq 1.2$	
2CP21	300	100	$\leq 1.2$	
2CP22	300	200	$\leq 1.2$	
2CP23	300	300	$\leq 1.2$	
2CP24	300	400	$\leq 1.2$	
2CP25	300	500	$\leq 1.2$	
2CP26	300	600	$\leq 1.2$	
2CP27	300	700	$\leq 1.2$	
2CP28	300	800	$\leq 1.2$	
(2CP31G)				
2CP31	250	25	$\leq 1$	
2CP31A	250	50	$\leq 1$	
2CP31B	250	100	$\leq 1$	
2CP31C	250	150	$\leq 1$	
2CP31D	250	200	$\leq 1$	
2CP31E	250	250	$\leq 1$	
2CP31F	250	300	$\leq 1$	
2CP31G	250	350	$\leq 1$	
2CP31H	250	400	$\leq 1$	
2CP31I	250	500	$\leq 1$	
2CP32	350	25	$\leq 1$	
2CP32A	350	50	$\leq 1$	
2CP32B	350	100	$\leq 1$	
2CP32C	350	150	$\leq 1$	
2CP32D	350	200	$\leq 1$	
2CP32E	350	250	$\leq 1$	
2CP32F	350	300	$\leq 1$	
2CP32G	350	350	$\leq 1$	
2CP32H	350	400	$\leq 1$	
2CP32I	350	500	$\leq 1$	

(续表)

型 号	最大整流电流 (毫安)	最高反向工 作电压峰值 (伏)	最大整流电 流时正向压降 (伏)	外 形
2CP33	500	25	△1	与 2CP31、2CP32 相同
2CP33A	500	50	△1	
2CP33B	500	100	△1	
2CP33C	500	150	△1	
2CP33D	500	200	△1	
2CP33E	500	250	△1	
2CP33F	500	300	△1	
2CP33G	500	350	△1	
2CP33H	500	400	△1	
2CP33I	500	450	△1	
2CP35A	150	50	△1	
2CP35B	250	125	△1	
2CP35C	150	225	△1	
2CP35D	250	225	△1	
2CP35E	250	300	△1	
2CP41	100	50	△1	
2CP42	100	100	△1	
2CP43	100	150	△1	
2CP44	100	200	△1	
2CP45	100	250	△1	
2CP46	100	300	△1	
2CP47	100	350	△1	
2CP48	100	400	△1	
2CP49	100	450	△1	
2CP50	100	500	△1	
2CP51	75	50	△1.3	
2CP52	75	100	△1.3	
2CP53	75	150	△1.3	
2CP54	75	200	△1.3	
2CP55	75	250	△1.3	
2CP56	75	300	△1.3	
2CP57	75	350	△1.3	
2CP58	75	400	△1.3	
2CP59	75	450	△1.3	
2CP60	75	500	△1.3	

注：半导体制造工艺(例如塑料外壳封装等)发展很迅速，各厂生产的晶体管外形有差异。

表 8-5 2CZ11~14 型硅二极管部分型号和主要参数



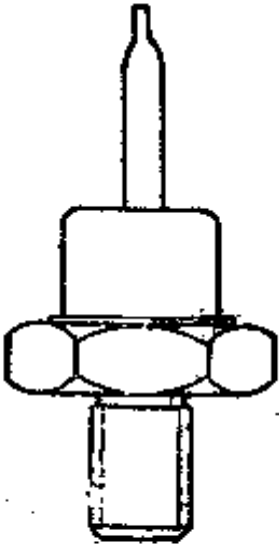
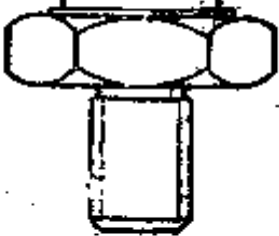

型 号	最大整流 电流 (安)	最高反向 工作电压 (伏)	最大整流电流 时正向压降 (伏)	铝散热片 (毫米)	外 形
2CZ11K 2CZ11A 2CZ11B 2CZ11C 2CZ11D 2CZ11E 2CZ11F 2CZ11G 2CZ11H 2CZ11I 2CZ11J	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	50 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000	$\leq 1$ $\leq 1$ $\leq 1$ $\leq 1$ $\leq 1$ $\leq 1$ $\leq 1$ $\leq 1$ $\leq 1$ $\leq 1$ $\leq 1$	60×60 ×1.5	
2CZ12A 2CZ12B 2CZ12C 2CZ12D 2CZ12E 2CZ12F 2CZ12G	3 3 3 3 3 3 3	50 100 200 300 400 500 600	$\leq 0.8$ $\leq 0.8$ $\leq 0.8$ $\leq 0.8$ $\leq 0.8$ $\leq 0.8$ $\leq 0.8$	80×80 ×1.5	
2CZ13A 2CZ13B 2CZ13C 2CZ13D 2CZ13E 2CZ13F 2CZ13G	5 5 5 5 5 5 5	50 100 200 300 400 500 600	$\leq 0.8$ $\leq 0.8$ $\leq 0.8$ $\leq 0.8$ $\leq 0.8$ $\leq 0.8$ $\leq 0.8$	80×80 ×1.5	
2CZ14 2CZ14A 2CZ14B 2CZ14C 2CZ14D 2CZ14E 2CZ14F	10 10 10 10 10 10 10	50 100 200 300 400 500 600	$\leq 0.8$ $\leq 0.8$ $\leq 0.8$ $\leq 0.8$ $\leq 0.8$ $\leq 0.8$ $\leq 0.8$	160×160 ×1.5	



表 8-6 开关二极管型号和主要参数

型 号	最大正向电流 (毫安)	最高反向工作电压 (伏)	外 形
2AK1	100	10	
2AK2	150	20	
2AK3	200	30	
2AK4	200	35	
2AK5	200	40	
2AK6	200	50	
2AK7	10	30	
2AK8	10	35	
2AK9	10	40	
2AK10	10	50	
2AK11	250	30	
2AK12	250	35	
2AK13	250	40	
2AK14	250	50	
2AK15	2	12	
2AK16	3	12	
2AK17	10	20	
2AK18	250	35	
2AK19	250	40	
2AK20	250	50	



型 号	最大正 向电流 (毫安)	最高反 向工 作电 压 (伏)	外 形	型 号	最大正 向电流 (毫安)	最高反 向工 作电 压 (伏)	外 形
2CK1	100	30		2CK20A	50	20	
2CK2	100	60		2CK20B	50	30	
2CK3	100	90		2CK20C	50	40	
2CK4	100	120		2CK20D	50	50	
2CK5	100	150		2CK22	10	A: 10	
2CK6	100	180		2CK23	50	B: 20	
2CK9	30	10		2CK24	100	C: 30	
2CK10	30	20		2CK25	150	D: 40	
2CK11	30	30				E: 50	
2CK12	30	40		2CK30A	150	20	
2CK13	30	50		2CK30B	150	30	
2CK14	30	20		2CK30C	150	40	
2CK15	30	10		2CK30D	150	50	
2CK16	30	20					
2CK17	30	30					
2CK18	30	40					
2CK19	30	50					

表 8-7 2CZ 系列整流元件电参数

系列	额定正向平均电流 $I_F$ (安)	额定反向峰值电压 $V_{RM}$ ① (伏)	正向平均压降 $V_F$ ② (伏)	反向平均漏电流 $I_R$ ③ (毫安)	整流结温 $\Delta T$ (°C)	整流器与散热器间热阻 $R_{JT}$ (欧)	散热器最小散热面积 (厘米 <sup>2</sup> )	冷却方式	电流过载倍数				
									1 周期	3 周期	6 周期	15 周期	5 分钟
2CZ0.5~1	0.5~1	190~1000	0.4~0.55	0.005~0.25	100	—	—	自冷 (无散热器)	12	9	6	4	5
2CZ5	5	30~1000	0.45~0.6	0.1~3	100	2.5	100	自冷	11.5	8.5	5.5	4	4
2CZ10	10	30~1000	0.45~0.6	0.2~4	100	1.5	200	自冷	10	7.5	5.5	4	4
2CZ30	30	30~1000	0.45~0.6	0.5~10	100	1	600	自冷	9	6.5	5	4	4
2CZ50	50	30~1000	0.45~0.6	0.5~10	100	0.5	600	风冷	8	6	5	4	2
2CZ100	100	30~1000	0.5~0.7	0.75~15	100	0.35	900	风冷	7	5.5	4.5	4	4
2CZ200	200	30~1000	0.5~0.7	1~30	100	0.25	1200	风冷	7	5	4	3	3
2CZ300	300	30~1000	0.5~0.75	1~15	140	0.2	1500	风冷	6				
2CZ500	500	30~1000	0.5~0.75	1~30	140	0.15	2500	风冷	5				

注：风冷时散热器出口风速为 5 米/秒，散热器散热面积应包括正反两面。表中 ①、②、③ 见下列附表。

表 8-7① 2CZ 系列整流元件的分级

级 别	0.3	0.5	1	1.5	2	2.5
额定反向峰值电压 $V_{RM}$ (伏)	30	50	100	150	200	250
级 别	3	3.5	4	4.5	5	5.5
额定反向峰值电压 $V_{RM}$ (伏)	300	350	400	450	500	550
级 别	6	7	8	9	10	
额定反向峰值电压 $V_{RM}$ (伏)	600	700	800	900	1000	

表 8-7② 2CZ 系列整流元件的分组

系 列	正向平均压降 $V_F$ (伏)				
	A 组	B 组	C 组	D 组	E 组
2CZ0.5~1	0.4~0.55				
2CZ5~2CZ50	$\leq 0.45$	0.45~0.5	0.5~0.55	0.55~0.6	0.6~0.65
2CZ100~2CZ200	$\leq 0.5$	0.5~0.55	0.55~0.6	0.6~0.65	0.65~0.7

表 8-7③ 2CZ 系列整流元件的分类

系 列	反向平均漏电流 $I_R$ (毫安)				
	I 类	II 类	III 类	IV 类	V 类
2CZ0.5~1	0.005~0.25				
2CZ5	$\leq 0.1$	0.1~0.4	0.4~0.8	0.8~1.2	1.2~2
2CZ10	$\leq 0.2$	0.2~0.8	0.8~1.6	1.6~2.4	2.4~4
2CZ30~2CZ50	$\leq 0.5$	0.5~2	2~4	4~6	6~10
2CZ100	$\leq 0.75$	0.75~3	3~6	6~9	9~15
2CZ200	$\leq 1$	1~4	4~8	8~12	12~20

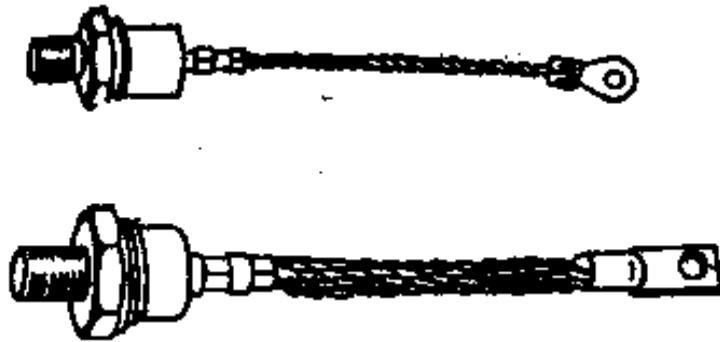


图 8-4 2CZ 大功率硅整流元件外形图

#### 四、小功率单相整流电路计算

工程上要求根据设定的已知参数输出直流电压  $V_o$ 、直流电流  $I_o$  (或负载电阻值  $R_L$ )、波纹系数  $\gamma$  等, 设计和计算滤波电路。步骤为: 计算选择整流二极管、计算确定电源变压器的参数, 滤波电路的结构及其元件的选择等。下面以 12 伏、0.5 安晶体管直流稳压电源(图 8-5)为例, 具体计算电路。该电路由主电源和辅助电源两部分组成, 其要求是:

主电源: 输出直流电压  $V_o = 16.5$  伏, 输出直流电流  $I_o = 0.5$  安, 波纹系数  $\gamma < 10\%$ 。

辅助电源:  $V_o = 30$  伏,  $I_o = 30$  毫安,  $\gamma < 1\%$ 。

计算:

(1) 整流电路和滤波电路的选择 在选择整流电路和滤波电路时, 应根据使用场合的具体要求, 参考图 8-1 所示各种整流电路和表 8-3 所示各种滤波电路的性能进行全面比较, 然后合理确定符合客观需要的电路。

主电源: 为了提高变压器利用率并减小脉动, 选择单相桥式整流电路。考虑到对整流后电压的波纹系数要求不太高(还要经过一套稳压环节, 使波纹系数大大减少), 因此采用最简单的电容滤波。

辅助电源: 由于输出电流较小, 变压器利用率不是主要矛盾, 考虑到为了尽量减少整流元件而输出脉动又较小, 因而采用单相全波整流电路。为了获得较小的波纹系数, 所以采用阻容滤波, 电路如图 8-5 所示。

(2) 变压器计算: 根据表 8-4 所示不同整流电路、不同负载性质的计算关系, 近似估算变压器二次侧电压  $V_2$ 、二次侧电流  $I_2$  和计算容量  $P_s$ 。本例由于采用电容滤波和阻容滤波, 均属于容性负载。

主电源方面:

$$V_2 = 0.91 V_0 = 0.91 \times 16.5 = 15 \text{ (伏)}$$

$$I_2 = 1.11 I_0 = 1.11 \times 0.5 = 0.555 \text{ (安)} \text{ (按电阻负载估算)}$$

$$P_2' = 1.23 V_0 I_0 = 1.23 \times 16.5 \times 0.5 = 10.2 \text{ (伏安)} \text{ (按电阻负载估算)}$$

辅助电源方面:

$$V_2 = 0.91(V_s + I_s R) = 0.91(30 + 0.03 \times 200) = 33 \text{ (伏)}$$

上式中  $I_s R$  系考虑滤波电阻上的压降, 滤波电阻  $R$  选用 200 欧。

$$I_2 = 0.79 I_s = 0.79 \times 0.03 \approx 0.024 = 24 \text{ (毫安)} \text{ (按电阻负载估算)}$$

$$P_2' = 1.48(V_s + I_s R) I_s = 1.48 \times (30 + 0.03 \times 200) \times 0.03 \\ = 1.6 \text{ (伏安)} \text{ (按电阻负载估算)}$$

变压器总的计算容量为主电源计算容量  $P_1'$  和辅助电源计算容量  $P_2'$  之和, 所以

$$P_s = P_1' + P_2' = 10.2 + 1.6 = 11.8 \text{ (伏安)}$$

根据上述计算所得数据, 即可按第二章所述小型变压器的计算步骤来计算变压器的铁芯和绕组。

(3) 整流二极管选择 根据表 8-2 所示整流电路电量关系可得:

主电源:

通过二极管平均电流

$$I = 0.5 I_0 = 0.5 \times 0.5 = 0.25 \text{ (安)}$$

二极管承受反向峰值电压

$$V_{rm} = 1.23 V_0 = 1.23 \times 16.5 = 21.1 \text{ (伏)}$$

考虑到容性负载, 应有较大的电流裕度, 可采用 2CZ11A, 其最大整流电流 1 安, 最高反向工作电压 100 伏。也可采用 2CZ13A, 而不用散热片。

辅助电源:

二极管平均电流

$$I = 0.5 \times 30 = 15 \text{ (毫安)}$$

二极管反向峰值电压

$$V_{rm} = 2.56(V_s + I_s R) = 2.56(30 + 0.03 \times 200) = 92 \text{ (伏)}$$

可选用 2CP6A, 其最大整流电流 100 毫安, 最高反向工作电压 100 伏。

(4) 滤波电路计算: 根据表 8-3 滤波电路计算公式进行滤波电路计算。

主电源:

等效负载电阻

$$R_L = \frac{V_o}{I_o} = \frac{16.5}{0.5} = 33(\text{欧})$$

滤波电容

$$C = \frac{1.44 \times 10^3}{\gamma \Delta U_L} = \frac{1.44 \times 10^3}{0.1 \times 33} = 436(\text{微法})$$

滤波电容的耐压等级

$$V_o > \sqrt{2} V_2 = \sqrt{2} \times 15 = 21.2(\text{伏})$$

所以选用 500 微法 25 伏电解电容。

辅助电源:

等效负载电阻

$$R_L = \frac{V_z}{I_z} = \frac{30}{0.03} = 1000(\text{欧})$$

$$RC^2 = \frac{2.3 \times 10^6}{\gamma R_L} = \frac{2.3 \times 10^6}{0.01 \times 1000} = 2.3 \times 10^5$$

前已选定滤波电阻  $R=200$  欧, 所以滤波电容

$$C = \sqrt{\frac{2.3 \times 10^5}{200}} = 34(\text{微法})$$

$$V_o > \sqrt{2} V_2 = \sqrt{2} \times 33 = 47(\text{伏})$$

所以选用 50 微法 50 伏的电解电容。

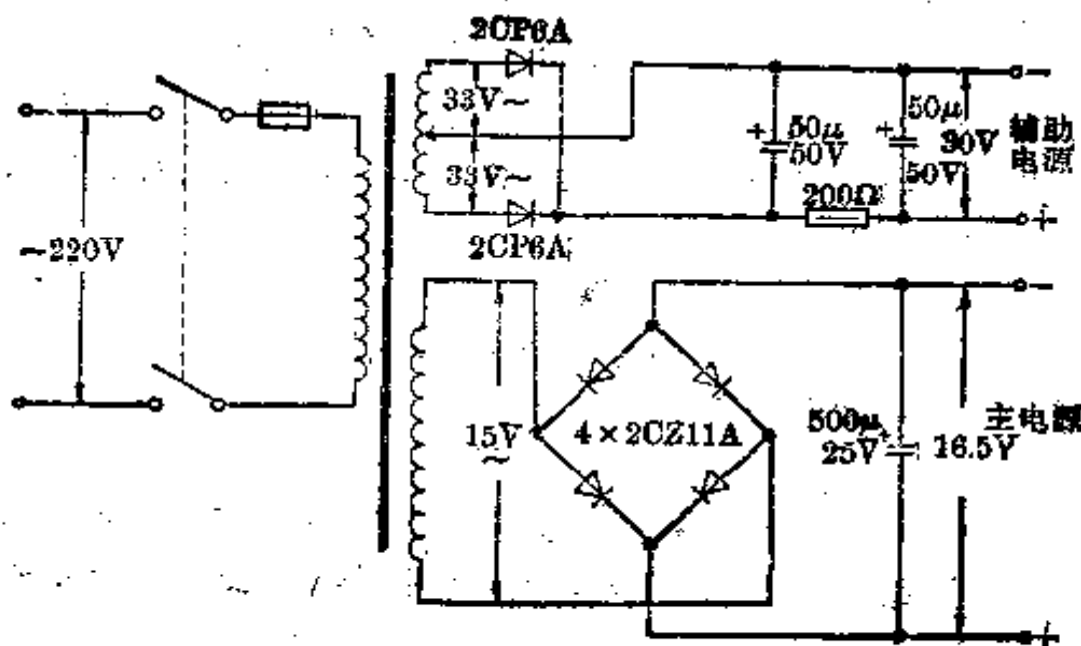


图 8-5 小功率单相晶体管稳压电源

**滤波电阻功率**

$$P_R > I_C^2 R = 0.03^2 \times 200 = 0.18 (\text{瓦})$$

考虑到还有交流分量电流流过滤波电阻, 因此实际功率损耗要大于 0.18 瓦, 所以选用 0.5 瓦的碳膜电阻。

将以上计算结果示于图 8-5 中。

**8-2 晶体管放大器和继电器****一、晶体管的工作状态**

半导体三极管习惯上就称晶体管。晶体管的工作状态分为: 放大、截止、饱和。在放大状态, 晶体管起着放大作用; 在截止和饱和状态, 晶体管起着开关作用。

晶体管的上述三种工作状态可以在共发射极输出特性曲线上表示。所谓共发射极输出特性就是在某一给定的基极电流  $I_b$  下, 集电极电流  $I_c$  和集电极-发射极电压  $V_{ce}$  的关系, 如图 8-6 所示。曲线分成截止区、放大区和饱和区。在放大区内,  $I_b$  的变化引起  $I_c$  按比例的变化部分, 称为放大区的线性部分; 而靠近截止区或饱和区的部分,  $I_b$  和  $I_c$  不是按比例变化, 称为放大区的非线性部分。

晶体管三种工作状态和数量关系如表 8-8 所示。

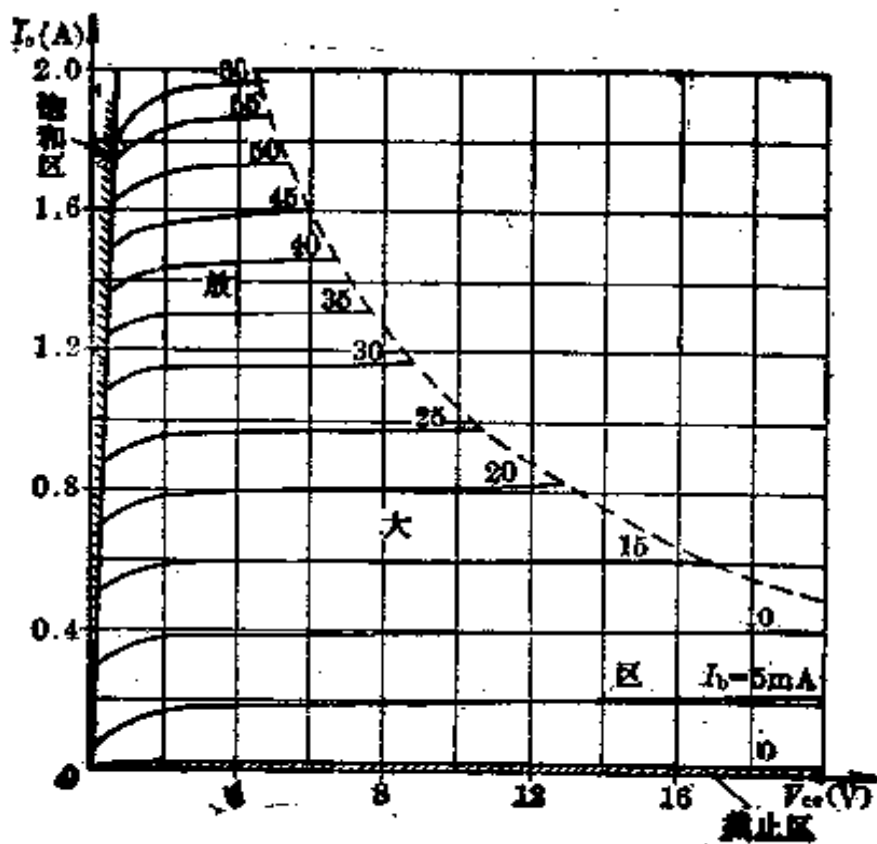
**二、晶体管低频放大器**

1. 晶体管放大器三种基本接法 如表 8-9 所示。

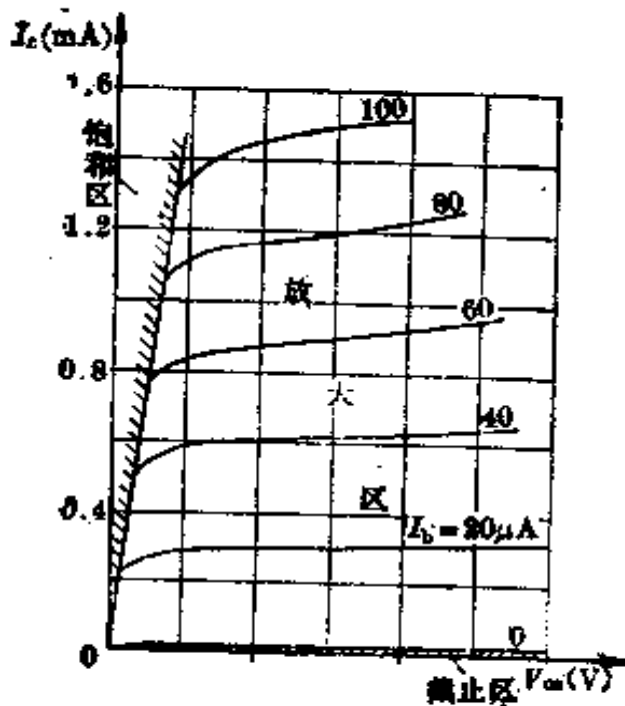
2. 工作点和偏置电路 工作点是指无输入信号时的伏安特性, 也称静态工作点。表示静态工作的有  $I_b$ 、 $I_c$ 、 $V_{ce}$  三个参数。因  $I_b$  能改变电路的工作情况, 所以用固定  $I_b$  的电路叫做偏置电路。

偏置电路能决定放大电路的工作情况, 因为若环境温度的变化会使晶体管参数急剧的变化, 所以偏置电路的设置极为重要。偏置电路及有关参数的计算公式如表 8-10 所示。

3. 音频小信号放大电路 音频一般指 20~20000 赫的低频信号, 小信号是指信号电平使晶体管工作在放大区中的线性范围内, 它只占放大区的很小部分。小信号放大电路用来将微弱信号进行放大后去推动功放级, 因此也称



(a) 3AD6型



(b) 3DG6型

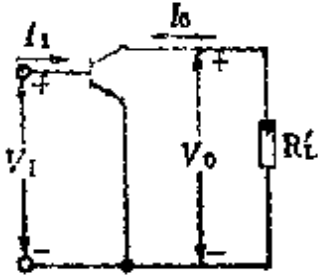
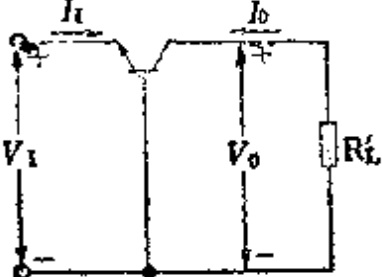
图 8-6 晶体管共发射极输出特性



表 8-8 晶体管三种工作状态和数量关系

工作状态	截止状态	放大状态	饱和状态		
PNP 型					
NPN 型					
数量关系	$I_b$	$\leq 0$ ( $I_b$ 为负, 代表其实际方向和图中所示相反, 即与放大和饱和状态时的 $I_b$ 方向相反)	$> 0$ (其实际方向如图所示)	$> U_c / \beta R_c$	
	$V_{be}$ (大范围) (伏)	P 结管	$+0.3 \sim -0.1$	$-0.1 \sim -0.3$	比 $-0.3$ 更负
		N 硅管	$+0.3 \sim -0.6$	$-0.6 \sim -0.8$	比 $-0.8$ 更负
		P 结管	$-0.3 \sim +0.1$	$+0.1 \sim +0.3$	大于 $+0.3$
		N 硅管	$-0.3 \sim +0.6$	$+0.6 \sim +0.8$	大于 $+0.8$
$I_c$	$\leq I_{c0}$	$-\beta I_b + I_{c0}$	$\approx U_c / R_c$		
$V_{ce}$	$\approx U_{cc}$	$-U_c - I_c R_c$	$\downarrow < V_{be}$		
工作状态的特点	当 $I_b \leq 0$ 时, 集电极电流很小 (小于 $I_{c0}$ ), 晶体管相应于开断 (即截止), 电源电压 $U_c$ 几乎全部加在管子两端	$I_b$ 从 0 逐渐增大, 集电极电流 $I_c$ 也按比例增加微弱的 $I_b$ 的变化能引起 $I_c$ 较大的变化, 晶体管起放大作用	当 $I_b > U_c / \beta R_c$ 时, $I_c \approx U_c / R_c$ , 并不再随 $I_b$ 的增加而增加 (即饱和), 管子两端压降很小, 电源电压 $U_c$ 几乎全部加在负载电阻 $R_c$ 两端		

表 8-9 晶体管电路

接法 性能	共射电路	共基电路
交流通道		
$A_I$	大 (几十~一百以上) $\beta$	小 (小于、近于1) $-\alpha$
$A_o$	大 (十几~几百) $\frac{\beta R_L}{r_{be}}$	大 $\frac{\beta R_L}{r_{be}}$ (数值同共射电路, 但同相)
$r_i$	中 (几百欧~几千欧) $r_{be}$	小 (几欧~几十欧) $\frac{r_{be}}{1+\beta}$
$r_o$	中 (几十千欧~几百千欧) $r_{ce}$	大 (几百千欧~几兆欧) $(1+\beta)r_{ce}$
频率响应	差	好
相位	反相	同相

的三种接法和比较

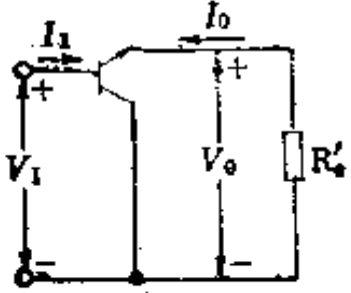
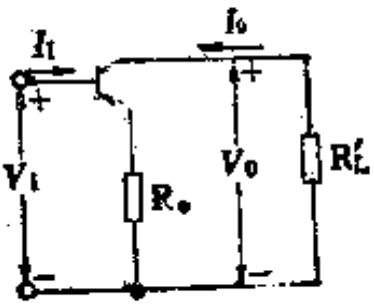
共 集 电 路	带有 $R_e$ 的共射电路
	
<p>大 (几十~一百以上) <math>-(1+\beta)</math></p>	<p>大 (同共射电路)</p>
<p>小 (小于、近于1) <math>\frac{(1+\beta)R'_L}{r_{be} + (1+\beta)R'_L}</math></p>	<p>较小 (几~几十) <math>\frac{-\beta R'_L}{r_{be} + (1+\beta)R_e}</math></p>
<p>大 (几十千欧以上) <math>r_{be} + (1+\beta)R'_L</math></p>	<p>较大 (几千欧~几十千欧) <math>r_{be} + (1+\beta)R_e</math></p>
<p>小 (几欧~几十欧) <math>\frac{r_{be} + R'_e}{1+\beta}</math> <math>R'_e = R_e \parallel R'_L</math></p>	<p>较大<sup>①</sup> (几十千欧~几兆欧) <math>r_{ce} \left(1 + \frac{\beta R'_L}{r_{be}}\right)</math></p>
<p>较好<sup>②</sup></p>	<p>差</p>
<p>同 相</p>	<p>反 相</p>

表 8-10 偏置电路及计算公式

		共 发 射 极 放 大 电 路		
电路型式	固 定 偏 压	分压式电流负反馈偏置	具有部分未旁路射极电阻	
电路图				
静 态 工 作 点	$I_{bQ} = \frac{U_e - V_{be}}{R_b}$ $I_{cQ} = I_{bQ} \beta$ $V_{ce0} = U_e - I_{cQ} R_c$	$V_b \approx \frac{U_e}{R_{b1} + R_{b2}} R_{b2}$ $I_{cQ} = \frac{V_b - V_{be}}{R_e}$ $V_{ce0} = U_e - I_{cQ} \cdot (R_c + R_e)$	$V_b \approx \frac{U_e}{R_{b1} + R_{b2}} \cdot R_{b2}$ $I_{cQ} = \frac{V_b - V_{be}}{R_{e1} + R_{e2}}$ $V_{ce0} = U_e - I_{cQ} \cdot (R_c + R_{e1} + R_{e2})$	
输入电阻	$r_i = R_b \parallel r_{be}$	$r_i = R_{b1} \parallel R_{b2} \parallel r_{be}$	$r_i = R_b \parallel [r_{be} + (1 + \beta) R_{e1}]$	
电 压 放 大 倍 数	$A_v = -\beta \frac{R'_L}{r_{be}}$ $R'_L = R_L \parallel R_c$	同 右	$A_v = -\beta \frac{R'_L}{r_{be} + (1 + \beta) R_{e1}}$ $R'_L = R_L \parallel R_c$	
输出电阻	$r_o = R_c$	$r_o = R_c$	同 右	
特 点 和 应 用	电路简单, 放大倍数大, 但工作点不稳定, 只能用在温度变化小, 技术要求不高的情况	放大倍数大, 工作点稳定, 较广泛的应用	工作点十分稳定, 放大倍数小, 输入电阻大, 应用广泛	

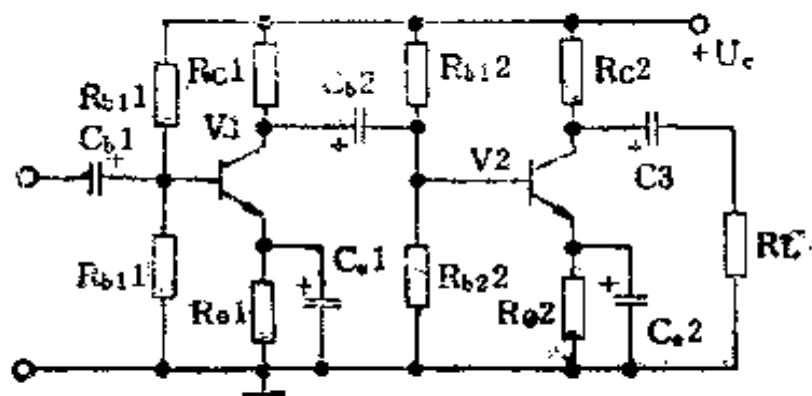
(续表)

		共 发 射 极 放 大 电 路	
电路型式		具有输入变压器	直 耦 双 管
电 路 图			
静 态 工 作 点		$V_b \approx \frac{U_c}{R_{b1} + R_{b2}} R_{b2}$ $I_{cQ} \approx \frac{V_b - V_{be}}{R_e}$ $V_{ceQ} \approx U_c - I_{cQ}(R_c + R_e)$	$V_{be1} + I_{cQ}R_{e1} \approx \frac{V_{e2}}{R_1 + R_2} R_1$ $I_{cQ1} = \frac{U_c - (V_{e2} + V_{be2})}{R_{e1}}$ $I_{cQ2} \approx \frac{V_{e2}}{R_{e2}}$
输 入 电 阻		$r_I = \frac{r_{be}}{n^2}$	$r_I = R_1 \parallel R_2 \parallel r_{be}$
电 压 放 大 倍 数		$A_v = -\beta n \frac{R'_L}{r_{be}}$ $R'_L = R_L \parallel R_c$	$A_v \approx \beta_1 \beta_2 \frac{R'_L}{r_{be}}$ $R'_L = R_L \parallel R_c$
输 出 电 阻		$r_o \approx R_c$	$r_o \approx R_c$

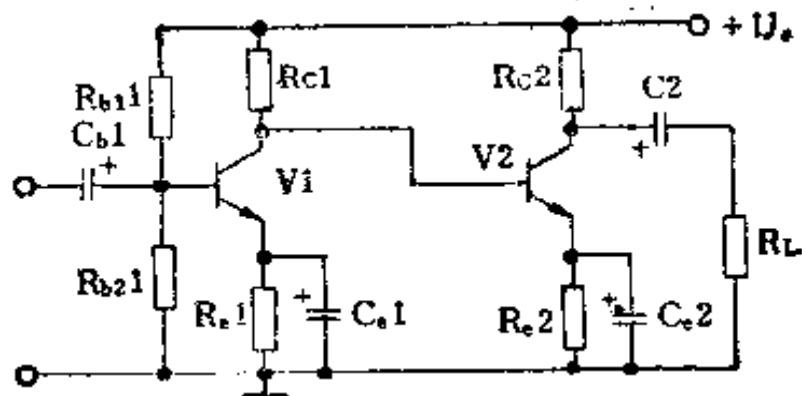
(续表)

电路型式	发射极输出(共集电极电路)	共基极电路
电路图		
静态工作点	$V_b \approx \frac{U_c}{R_{b1} + R_{b2}} R_{b2}$ $I_{cQ} \approx \frac{V_b - V_{be}}{R_e}$ $V_{ceQ} = U_c - I_{cQ} R_e$	$V_b \approx \frac{U_c}{R_{b1} + R_{b2}} R_{b2}$ $I_{cQ} = \frac{V_b - V_{be}}{R_e}$ $V_{ceQ} \approx U_c - I_{cQ} (R_c + R_e)$
输入电阻	$r_i \approx R_{b1} \parallel R_{b2} \parallel \beta (R_e \parallel R_L)$	$r_i \approx \left( \frac{r_{be}}{1 + \beta} \parallel R_e \right) + R_s \approx \frac{r_{be}}{1 + \beta} + R_s$
电压放大倍数	$A_v \approx 1$	$A_v = \frac{\beta R'_L}{R_s + \frac{r_{be}}{1 + \beta}}$ $R'_L = R_L \parallel R_c$
输出电阻	$r_o = R_e \parallel \left( \frac{r_{be} + r_i}{\beta} \right)$ $\approx \frac{r_{be} + r_i}{\beta}$	$r_o = R_c$
特点和应用	<p>输入电阻大, 输出电阻小, 有电流放大而无电压放大, 多用在输入或输出级</p>	<p>输入电阻小, 有电压放大而没有电流放大, 高频特性好, 多用在高频放大</p>

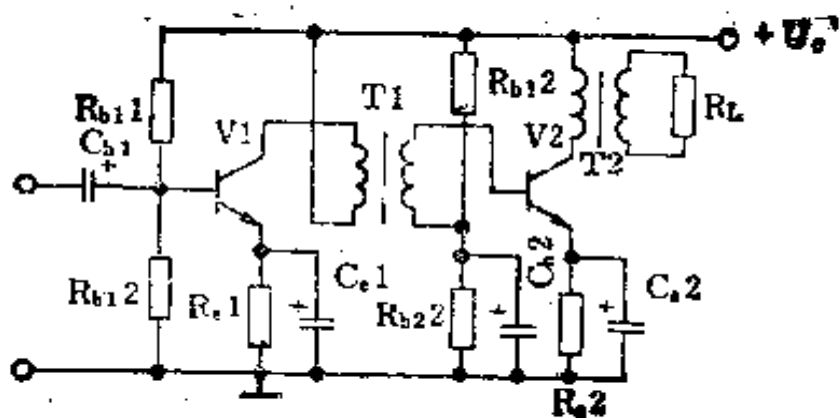
前置放大电路。为了要能推动功放电路,须用二级甚至多级放大电路,多级放大电路内部各级之间的连接方式称为耦合方式,常用多级音频放大电路,如图 8-7 所示。



(a) 阻容耦合



(b) 直接耦合

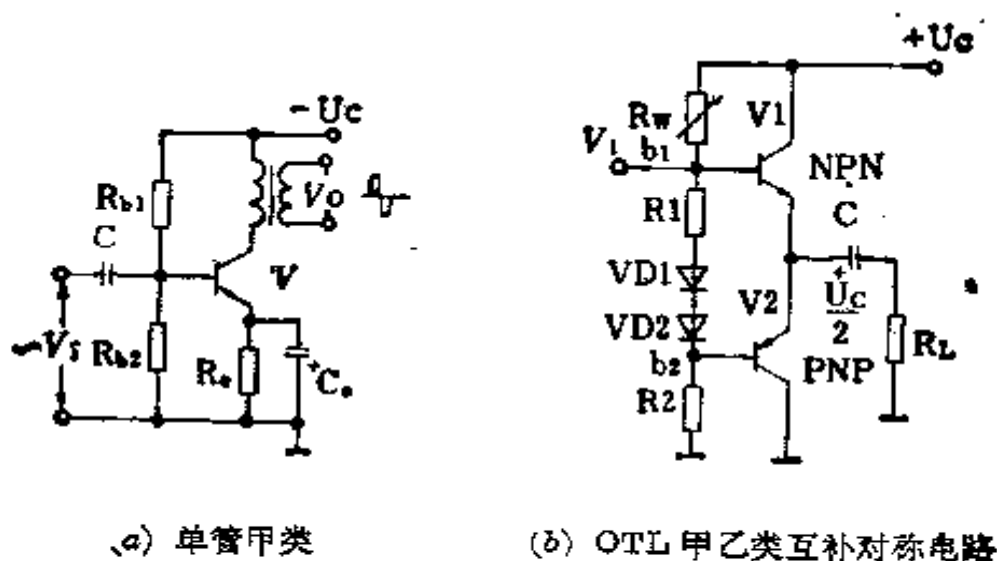


(c) 变压器耦合

图 8-7 音频小信号放大电路

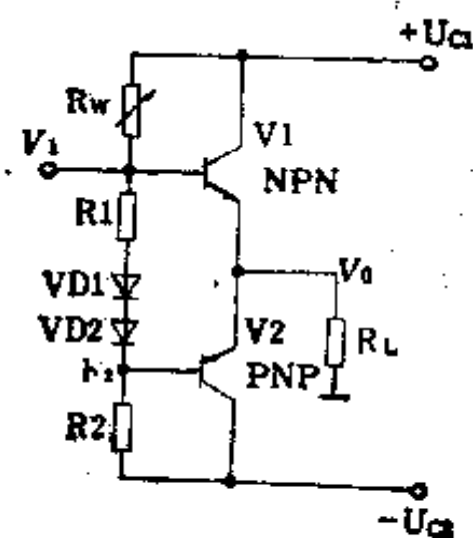
4. 音频功率放大电路 功率放大电路一般在一个放大系统的末级,用以输出一定功率供给负载(如扬声器等),因此必须在管子允许耗散功率和允许失真情况下尽量提高输出功率和放大电路的效率。常用音频功率放大电路如图8-8所示。

5. 实用功放电路 如图8-9所示。



(a) 单管甲类

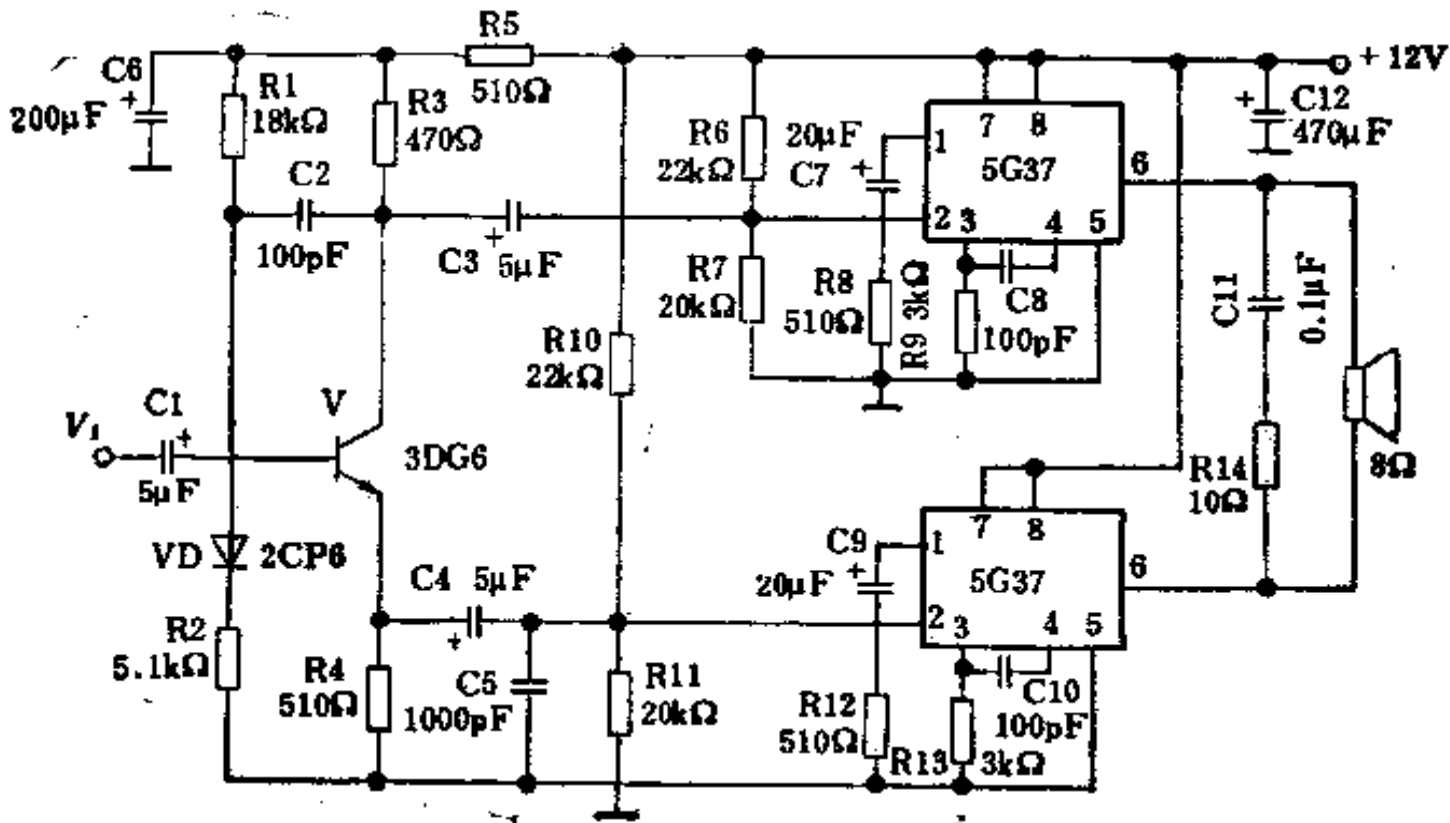
(b) OTL 甲乙类互补对称电路



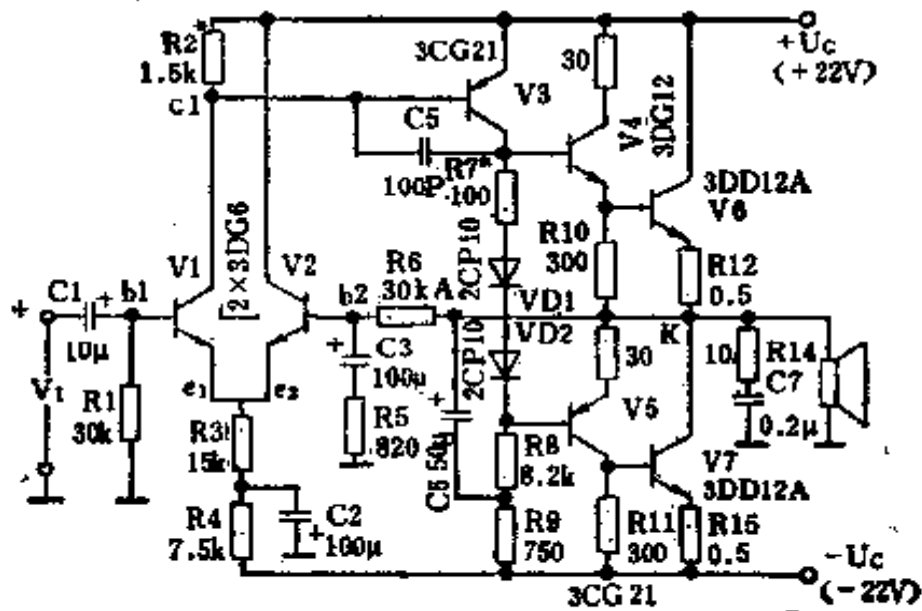
(c) OCL 互补对称电路

图8-8 音频功率放大电路

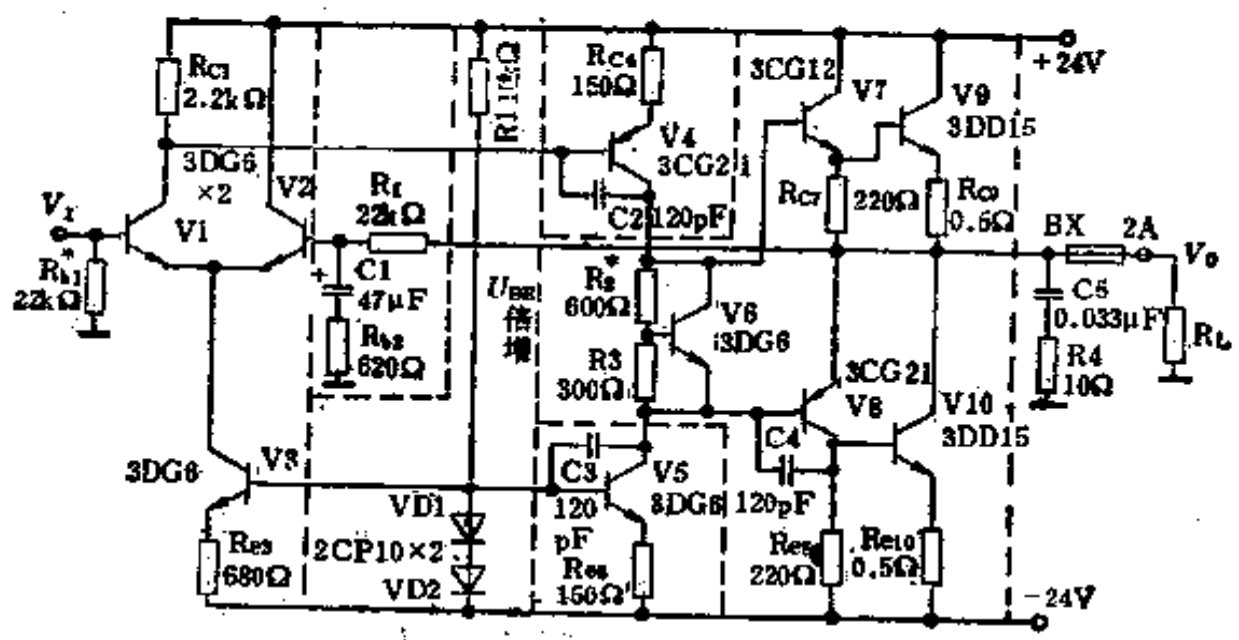




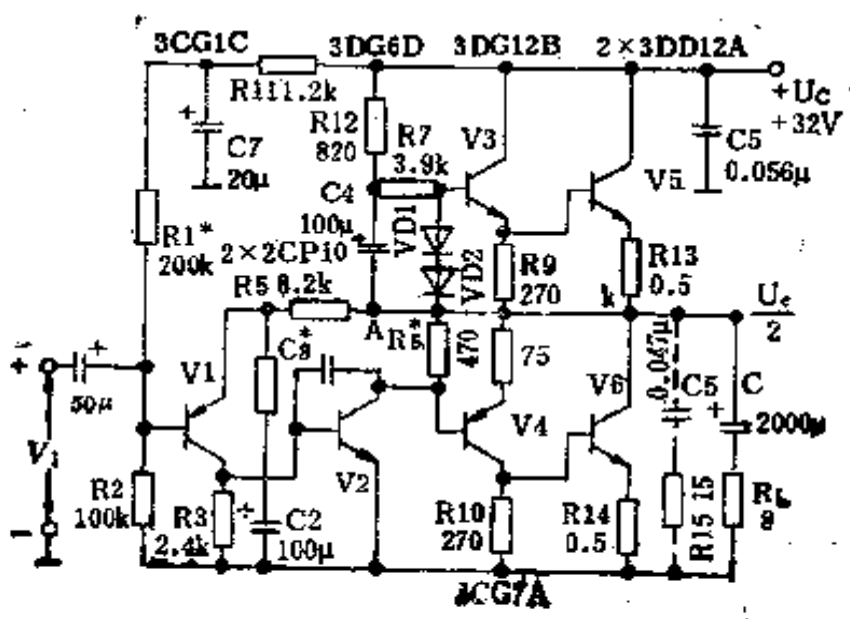
(a) 大于 18 瓦的 OTL



(b) 大于 18 瓦的 OCL



(c) 准 OCL



(d) BTL

图 8-9 实用功放实例

对图 8-9(a) 电路在常态时, 输出端电压为  $U_o/2$ ,  $R_5, R_4, C_2$  是个电压串联负反馈网络, 以减小非线性失真。  $C_3$  是为防止电路在一定输入信号时引起振荡, 所以叫消振电容。  $C_5, R_{15}$  是为使负载纯电阻性, 防止感性负载产生过电压而击穿输出管而设置的吸收回路。

对图 8-9(b) 电路在常态时, 输出端电压为 0,  $R_5, R_6, C_3$  组成电压串联反馈网络, 以改善非线性失真,  $R_{14}, C_7$  也是输出端的吸收回路,  $C_5$  是为消除自激而设置的。

### 三、晶体管差动放大电路

差动放大电路由两个同型号特性相同的晶体管和参数相同的元件组成的。差动放大电路特点是抑制零点漂移, 不仅是直流放大器的典型电路, 而且是模拟电路的基本单元电路。由差动放大电路组成的直流放大电路广泛用在自动控制系统中, 典型电路如图 8-10 所示。表 8-11 是四种接法的电路及有关参数。

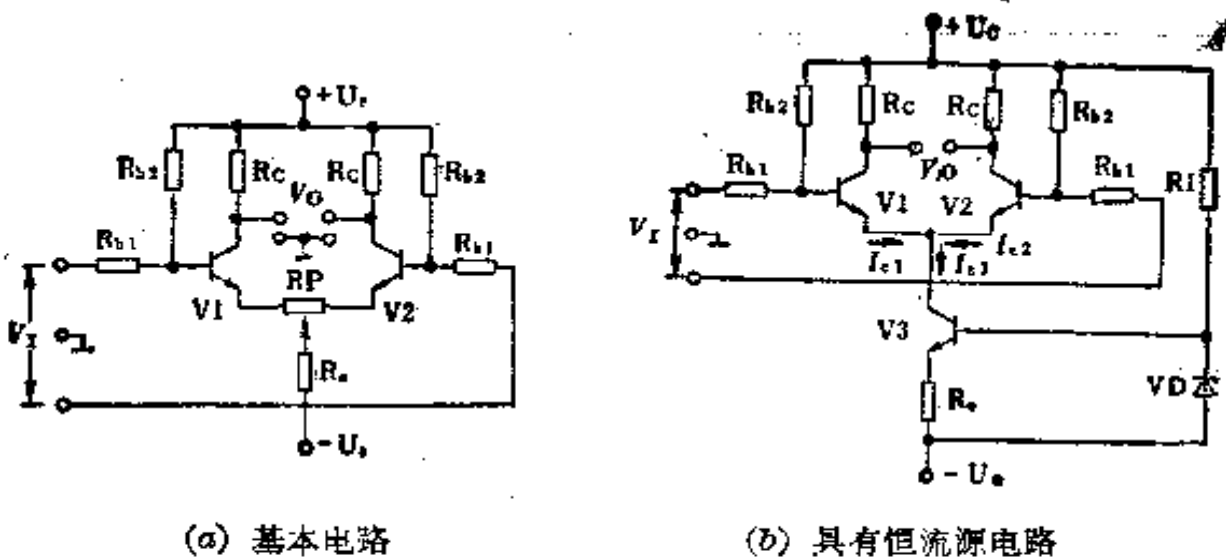


图 8-10 差动放大电路

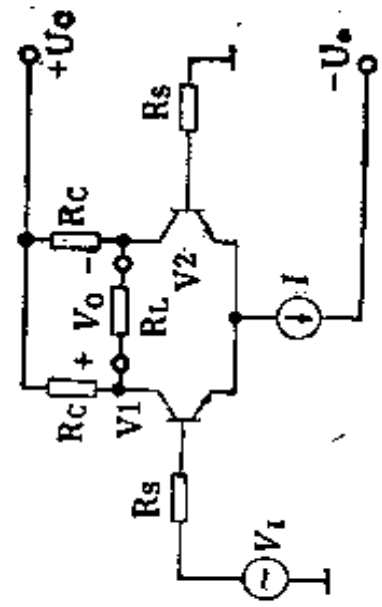
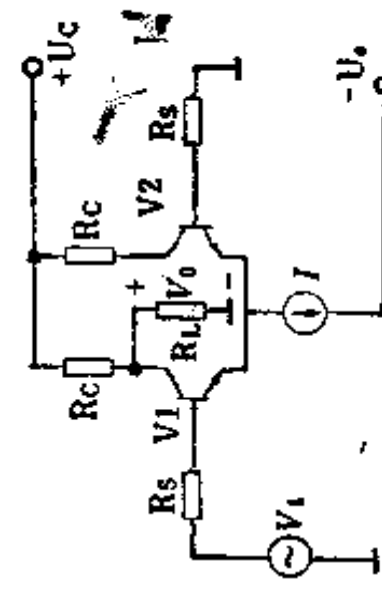
### 四、晶体管电子继电器

1. 基本电路和元件选择 见表 8-12 和表 8-13。
2. 应用实例

(1) 光电继电器: 半导体光电元件是将光能转换成电量的元件, 常有下列几种:

光电池: 当光照射到 PN 结上, 就在 PN 结两端出现电动势(P 区是正

表 8-11 差动放大电路四种接法的性能比较

接法	差动输入 双端输出	差动输入 单端输出
<p>电 路 图</p> 		
差模放大倍数 $A_d$	$-\frac{\beta(R_C \parallel R_L/2)}{R_B + r_{be}}$	$-\frac{1}{2} \frac{\beta(R_C \parallel R_T)}{R_B + r_{be}}$
共模抑制比	很高	较高
输入电阻 $r_i$	$2(R_B + r_{be})$	$2(R_B + r_{be})$
输出电阻 $r_o$	$2R_C$	$R_C$
特 点	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 放大倍数与单管基本放大电路相等。</li> <li>2. 若电路两边参数完全对称, 则 <math>CMBR = \infty</math>。</li> <li>3. 适用于对称输入、对称输出, 输入输出均不接地的情况</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 放大倍数等于单管基本放大电路的一半。</li> <li>2. 由于引入共模负反馈, 电路仍有较高的共模抑制比。</li> <li>3. 常用于将差动信号转换为单端输出信号</li> </ol>

(续表)

接 法	单 端 输 入 双 端 输 出	单 端 输 入 单 端 输 出
电 路 图		
差模放大倍数 $A_d$	$-\frac{\beta(B_c // B_L / 2)}{B_g + r_{be}}$	$-\frac{1}{2} \frac{\beta(B_c // B_L)}{B_g + r_{be}}$
共模抑制比	很 高	较 高
输入电阻 $r_i$	$2(B_g + r_{be})$	$2(B_g + r_{be})$
输出电阻 $r_o$	$2B_c$	$R_c$
特 点	<ol style="list-style-type: none"> <li>放大倍数与单管基本放大电路相等。</li> <li>若电路两边参数完全对称则 <math>CMRR = \infty</math>，作差模输入信号。</li> <li>常用于下一级差分输入。还可用于负载两端悬空，均不接地的情况。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>放大倍数等于单管基本放大电路的一半。</li> <li>比单管基本放大电路具有较强的抑制零漂的能力。</li> <li>适用于输入与输出均要求接地的情况。通过不同的管子输出，可以得到输出与输入间为同相或反相关系。</li> </ol>

表 8-12 无外加电压的晶体管继电器

电 路	
工作原理	<p>每当接信元件 SA 闭合时,通过 <math>R_b</math> 供给晶体管 V 足够的基流 <math>I_b</math> 使其饱和导通,继电器 K 工作。若 SA 打开, V 截止, K 释放</p>
元件选择	<p>继电器 K: 用直流电阻 <math>R</math> 几千欧、吸动电流 <math>I</math> 几到几十毫安的高灵敏继电器</p> <p>电源电压 <math>U_0</math>: 等于或略大于继电器的吸动电压(即继电器直流电阻 <math>R</math> 和吸动电流 <math>I</math> 的乘积)</p> <p>晶体管 V: 用小功率锗管和硅管。其 <math>I_{CM} &gt; I</math>, <math>BV_{CEO} &gt; U_0</math>。</p> <p>二极管 VD: 在晶体管截止时,用来抑制继电器线圈产生的过电压。其反向工作电压峰值 <math>&gt; U_0</math>, 额定电流 <math>I_D &gt; I</math></p> <p>电阻 <math>R_a</math>: 大些,则 V 容易导通,但截止不太可靠,如 <math>R_a</math> 小些则容易截止,但电源能量消耗大些</p> <p>电阻 <math>R_b</math>: 当 SA 闭合时应保证有足够的基流 <math>I_b</math> 使晶体管 T 饱和,即 <math>U_0/R_b \geq U_0/\beta R</math>。所以 <math>R_b \leq \beta R</math>, <math>\beta</math> 是取 V 的 <math>\beta</math> 最小值</p>

表 8-13 外加反向偏压的晶体管继电器

电 路	
动作原理	<p>考虑到在受外界干扰信号或温度等影响下,若接点 SA 已打开,晶体管不一定能可靠截止,而易发生误动作。为防止这种点,对 PNP 管可加正偏压,对 NPN 管可加负偏压</p>
元件选择	<p>继电器 K、电源电压 <math>U_c</math>、晶体管 V、二极管 VD 同表 8-12 所示</p> <p>电阻 <math>R_b</math>: 使管子截止时,基极-发射极反向电压不小于 0.3 伏。即要求 <math>R_b \leq \frac{U_b - 0.3}{I_{cbo}} \approx \frac{U_b}{I_{cbo}}</math> (因为一般 <math>U_b \gg 0.3</math>), 式中 <math>I_{cbo}</math> 必须考虑到它因温度增加而增加,因此要用最高可能环境温度下的数值代入</p> <p>电阻 <math>R_b</math>: 当 SA 闭合时,要使晶体管基极-发射极承受正向电压并超过一定数值(锗管约 <math>&gt;0.3</math> 伏,硅管约 <math>&gt;0.7 \sim 0.8</math> 伏),即</p> $U_c - \left( I_b + \frac{U_b - 0.3}{R_c} \right) R_b \geq 0.3 \quad (\text{以锗管为例})$ <p>经化简 <math display="block">R_b &lt; \frac{\beta R}{1 + \frac{U_b}{U_c R_a}}</math></p> <p>二极管 VD: 以防止晶体管截止时基极-发射极承受过大的反向电压而损坏(特别对高频锗管或硅管,其 <math>BV_{cbo}</math> 较小)。加保护二极管 VD 后,将这反向电压限制在 VD 的正向压降范围内(1 伏左右)。二极管 VD 额定电流要大于 <math>\frac{U_b}{R_b}</math></p>

端, N区是负端)。

**光敏电阻:** 由半导体材料制成的, 有光照射时, 电阻减小; 无光照射时, 电阻较大。

**光敏二极管:** 有光照射时, 使 PN 结反向电流大大增加。

**光敏三极管:** 有光照射时, 集电极-发射极反向电流大大增加。

光电继电器分亮通和暗通两种电路, 亮通是指光敏元件受到光照射时, 继电器 K 吸合; 暗通是指光敏元件无光照射时, 继电器 K 吸合。其实用电路如图 8-11~8-14 所示。

(2) **温度继电器:** 在图 8-15 所示的温度继电器中, 当温度偏高时, 水银温度计的电接点闭合, 三极管截止, K 释放; 而温度偏低时, 水银温度计的电接点断开, 三极管导通, K 吸合。利用 K 的触点可以实现温度自动控制或报警等。

(3) **水位继电器:** 在图 8-16 所示的水位继电器中, A、B、C 为三根固定

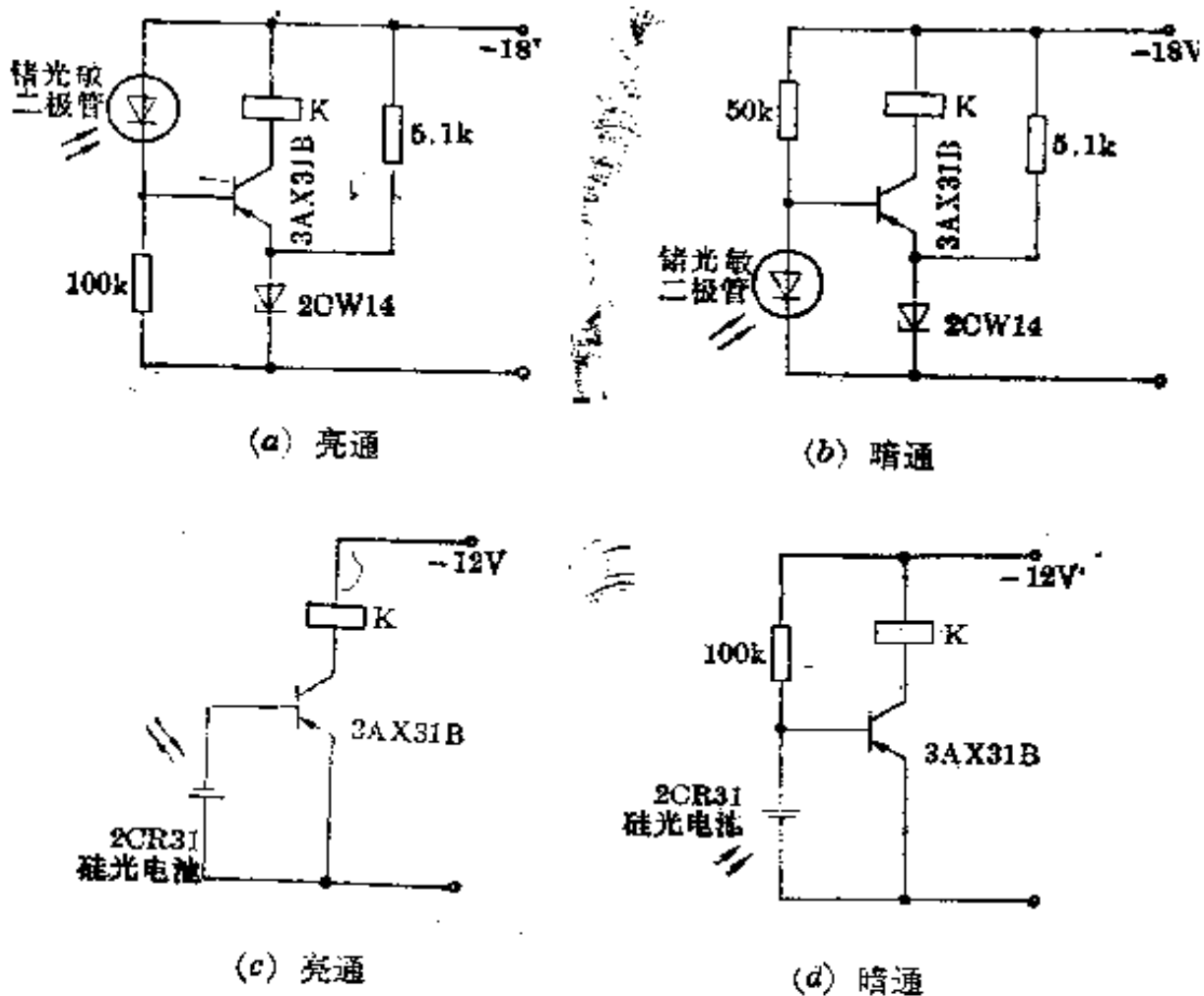


图 8-11 光电继电器



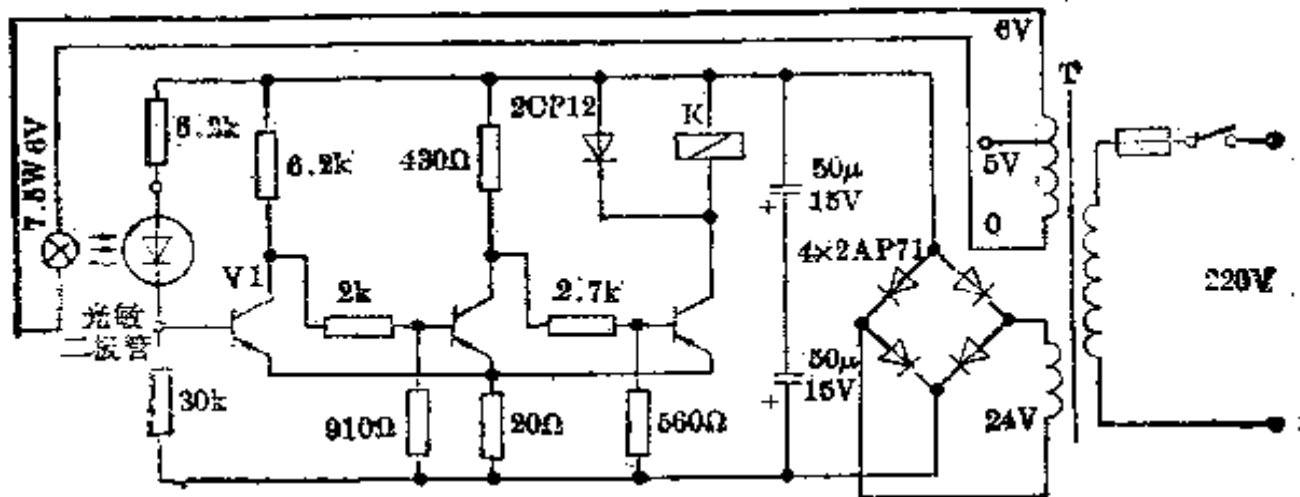


图 8-12 JG-A 和 JG-B 型光电继电器  
晶体三极管: 3AX91B(其中 V1 要求  $70 < \beta < 90$ )

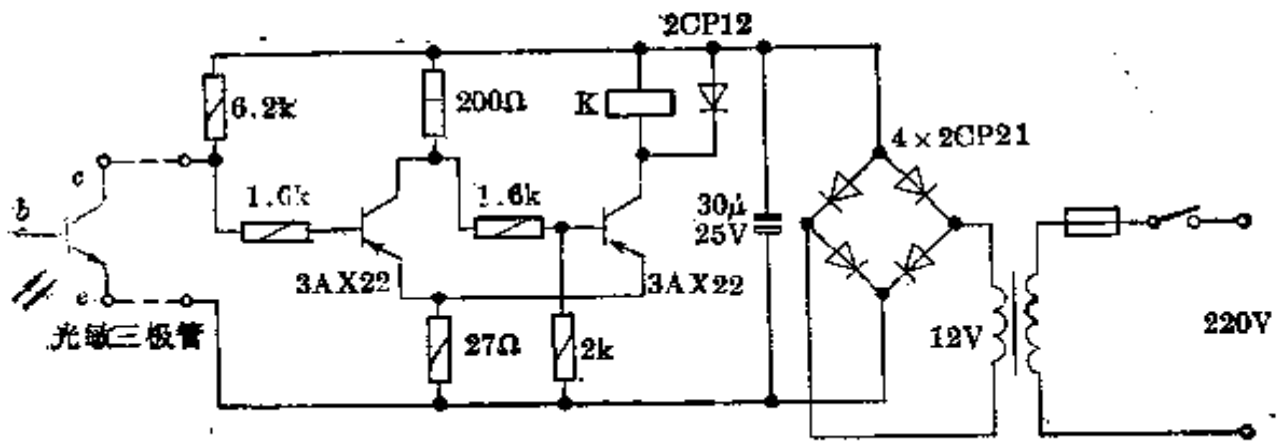


图 8-13 JG-C 型光电继电器

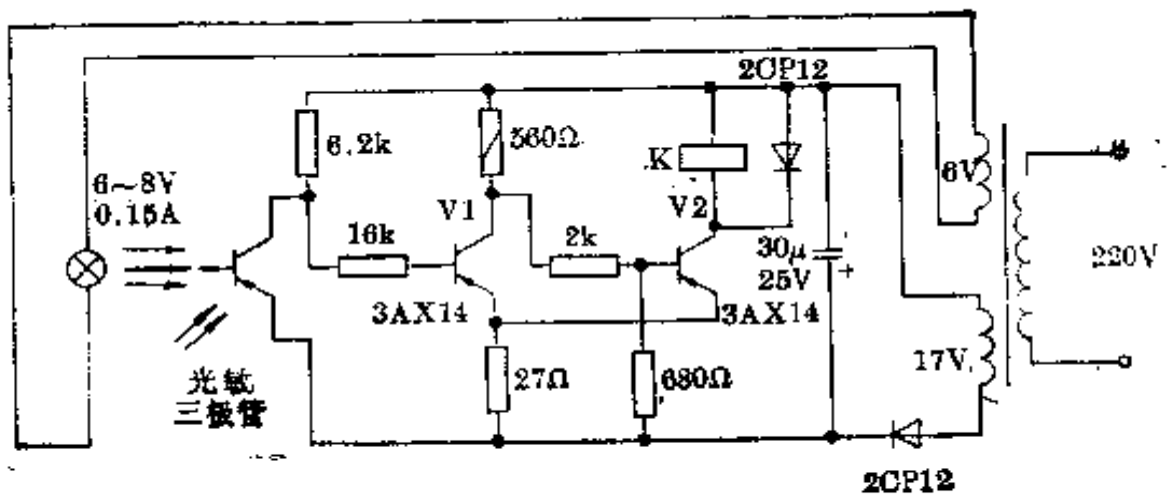


图 8-14 JG-D 型光电继电器

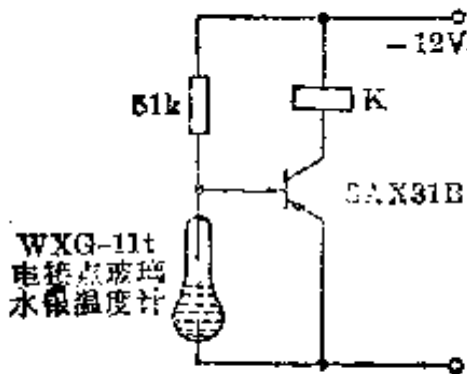


图 8-15 温度继电器

K—高灵敏直流继电器, 直流电阻  
2 千欧, 吸动电流 6 毫安

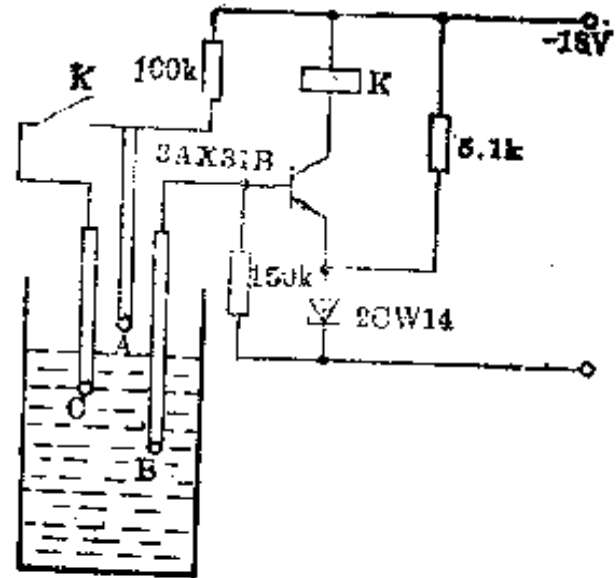


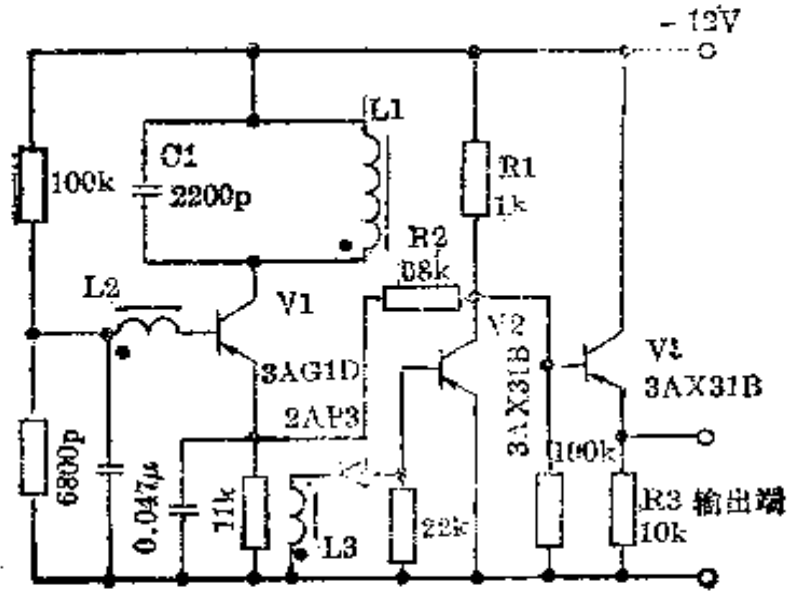
图 8-16 水位继电器

K—高灵敏直流继电器, 直流电阻  
2 千欧, 吸动电流 6 毫安

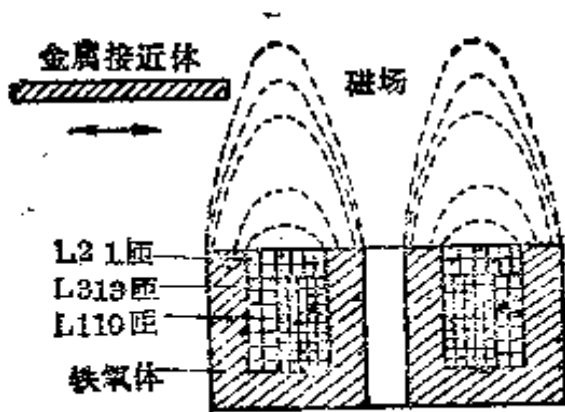
的电极棒, 在水位上升过程中, 当水位低于位置 A 时, 三极管截止, K 释放, 发出低水位信号; 当水位高于位置 A 时, A、B 接通, 三极管转入导通状态, K 吸合, 发出高水位信号, 此时由于 K 的一组常开触点将电极棒 C 与 A 接通, 因此在水位下降过程中, 要降到位置 C 以下时, 三极管才能截止, 利用 K 的触点所反应的信号, 来操纵水箱的进水机构的通和断, 就可将水位控制在位置 AC 之间。

(4) 无触点行程开关: 在图 8-17 LXU 晶体管端面式无触点行程开关中, 由 V1 组成一振荡器, LIC1 构成并联振荡回路, 借助于 L2 与 L1 之间的耦合形成正反馈而产生振荡, 振荡频率约 240 千赫。振荡时, 产生交变磁通经过空气而闭合, 通过 L3 输出信号使 V2 导通, V3 截止。当金属接近体进入磁场上空时, 在金属体内感应涡流, 使振荡停止, 这时 L3 就没有振荡信号输出, 因此 V2 截止, 使 V3 通过 R1 获得偏流而导通, 通过 R3 输出一个信号。当振荡接近停止时, V3 截止, V2 集电极电位变负, 通过 R2 加到 V1 发射极, 加速振荡停止, 以提高开关动作的速度, 所以 R2 为正反馈电阻。输出端可直接接到电子电路中, 也可配用 DZ100 型 12 伏直流微型继电器进行控制。

(5) 时间继电器: 时间继电器的工作原理以图 8-18 JSJ 型交流时间继电器为例来说明。当电源接通时, V 通过 B5、K 从主电源  $U_1$  获得偏流而导通, 因此 V2 截止, 继电器 K 释放。同时电容 C 通过 K 的常闭触点、RP、R1、R2



(a) 电路



(b) 感应头和接近体示意图

【技术指标】

- 输出电压无信号 < 0.08 伏
- 有信号  $\approx 12$  伏
- 最大输出电流 80 毫安
- 接近距离  $\leq 5$  毫米
- 定位精度  $\leq 0.05$  毫米
- 工作频率 25000 次/分
- 标准接近体  $\phi 20 \times 1$  毫米的铁柱
- 接近体的运动速度(这时开关仍能正常工作) 1500 米/分

图 8-17 LXU 晶体管端面式无触点行程开关

充电, 因此 a 点电位逐渐升高, 经过一段延时后, 当它路高于 b 点电位时,  $D_1$  导通, 辅助电源  $U_2$  正电压加在  $V_1$  基极-发射极之间使  $V_1$  截止,  $V_2$  通过  $R_3$  获得偏流而导通, 又通过  $R_5$  产生正反馈, 使  $V_1$  加速可靠截止, 这样  $V_2$  迅速导通,  $K$  迅速动作。 $K$  动作后, 其常开触点闭合, 电容  $C$  通过  $R_4$  放电, 准备下次动作时重新充电。 $R_1$  用来整定刻度。

JJS1 型交流时间继电器(图 8-19)的延时原理与 JSJ 相同, 电路中采用稳压管, 目的是为了减少电源电压波动的影响; 晶体三极管采用硅管; 在继电器  $K$  动作后, 用  $K$  的常开触点将  $V_2$  短路而自锁, 这样继电器线圈中能可靠保持有电流流过并减少  $V_2$  的集电极电流。

JSJ 型延时元件  $R$  和  $C$  的参数如表 8-14 所示, 其延时误差小于  $\pm 3\%$ 。

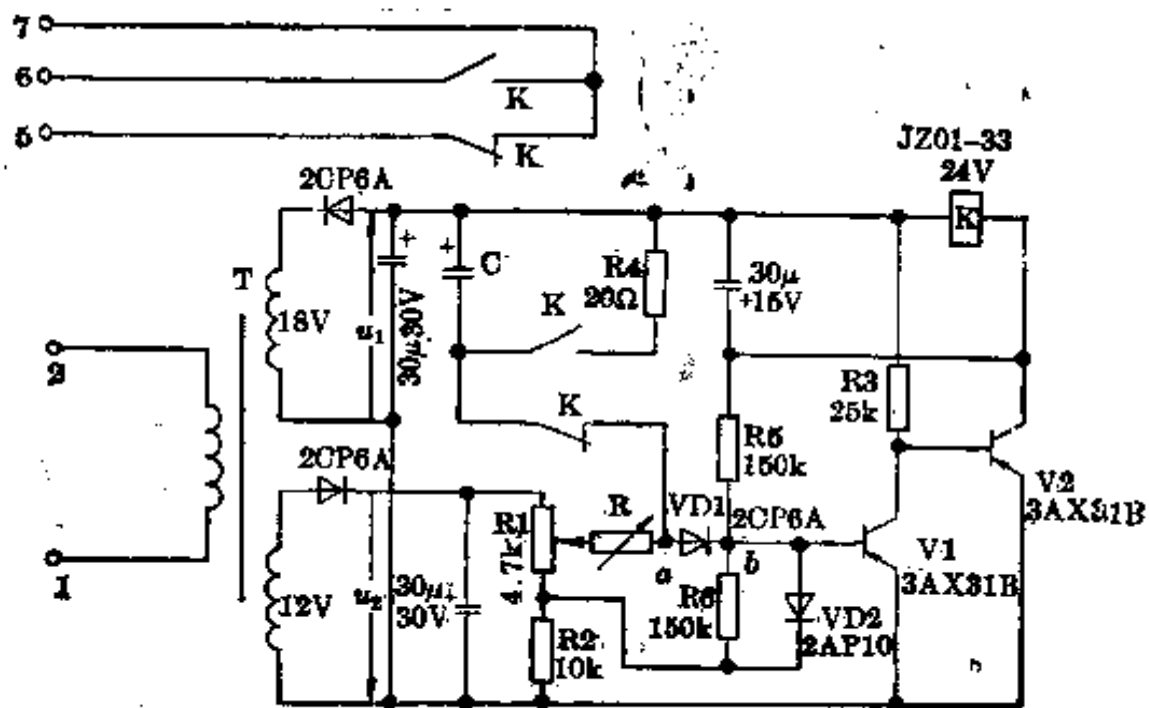


图 8-18 JSJ 型晶体管交流时间继电器

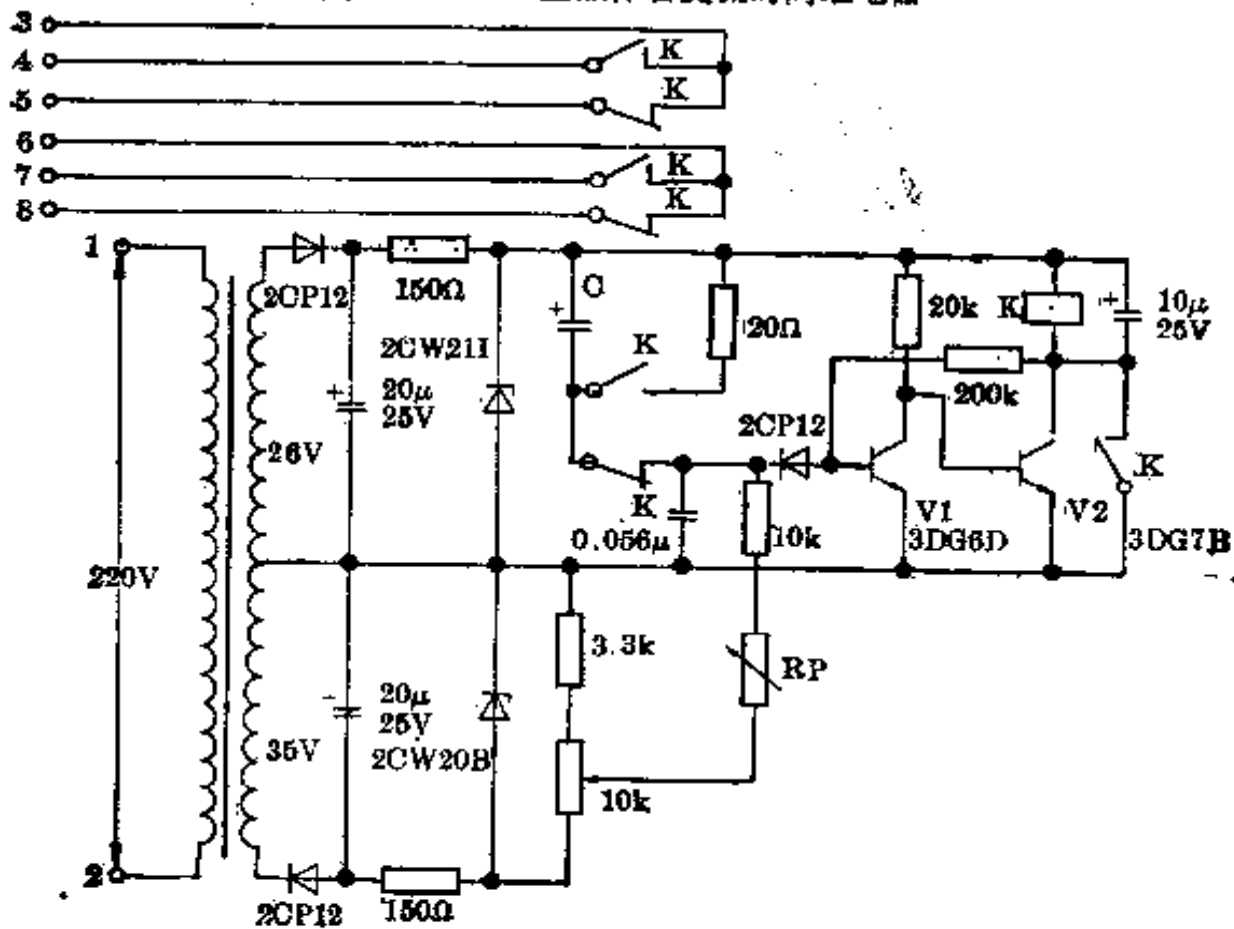


图 8-19 JJS1 型时间继电器

K—DZ100 144/12 伏 C—CA 型铝电解电容器 22~220 微法/25 伏  
 R—1~4.7 兆欧电位器

表 8-14 JSJ 延时光元 R 和 C 参数 (C: CAI 型 25 伏钽电解电容器)

型号	JSJ-01	JSJ-10	JSJ-30	JSJ-1	JSJ-2	JSJ-3	JSJ-4	JSJ-5
延 时 范 围	0.1~1秒	0.2~10秒	1~30秒	1分钟	2分钟	3分钟	4分钟	5分钟
电位器 R	22 kΩ	220 kΩ	470 kΩ	1 MΩ	2.2 MΩ	2.2 MΩ	2.2 MΩ	2.2 MΩ
电容器 C (微法)	47	47	47	47	47	68	100	100

(6) 延时继电器: 图 8-20 所示为 JS-12 型晶体管延时继电器原理图。接通电源, RP、R5、C2 是一只充电回路, 当  $V_{c2} = V_P$  时, 单结晶体管导通, R4 上输出尖脉冲使 SCR 导通, 继电器 K 吸合。K1 切换自保, 常开触点 K2 闭合, 接着 C2 放电, 每一次充电开始时  $V_{c2} = 0$  伏。R1 是为 SCR 更可靠的导通, C1 是防干扰电容。

此电路调节 RP 可改变延时时间, 根据需要适当选择 RP、C2 值, 可得到所要延时的时间。

(7) 闪光方向指示电路: 图 8-21 是可用来表示方向的电路。它用来指示前进或后退、向左或向右等指示方向。电路工作稳定, 适用性广, 是一种简单而可靠的自动开关电路。其工作过程是: 一旦 SA1 合上电路就工作。由

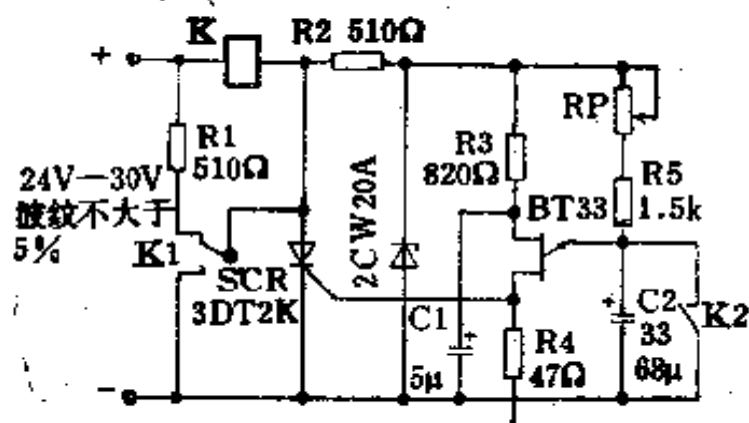


图 8-20 JS-12 型晶体管延时继电器原理图

表 8-15 晶体管常用参数的说明

参 数 名 称	符 号	量 纲	定 义	一 般 范 围	说 明
共基极电 流放大系数	$\alpha$		在共基极电路中, 集电极电流(即输出电流)和发射极电流(即输入电流)的比值	0.9~0.995	1. 该参数一般在室温 1600 赫时测得的数据, 所以只能表明管子低频时的放大能力, 当频率超过一定范围, $\alpha$ 、 $\beta$ 均要下降。因此对高频信号, 管子的放大能力还要看其频率特性( $f_{\alpha}$ 、 $f_{\beta}$ 、 $f_T$ )是否好 2. $\beta$ 过高, 虽然放大能力强, 但放大性能往往不稳定, 因此并不是 $\beta$ 越大越好 3. $\alpha$ 和 $\beta$ 是从两个方面说明同一个管子的放大能力, 两者必有一定关系, 这就是 $\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} \approx \frac{1}{1-\alpha} \quad (\text{因为 } \alpha \approx 1) \text{ 或 } \alpha \approx \frac{\beta}{1+\beta}$
共发射极 电流放大系 数	$\beta$		在共发射极电路中, 集电极电流(即输出电流)和基极电流(即输入电流)的比值	10~250	
集电极 基极反向电 流(简称集 电极反向电 流)	$I_{cbo}$		在共发射极开路时(即 $I_b=0$ ), 基极和集电极之间加以规定的反向电压时的集电极电流		1. 一般是在室温 25°C 时测得的数据, 随温度上升而急剧增加。硅管每升高 12°C 约增加一倍, 锗管每升高 8°C 约增加一倍 计算公式: $I_{cbo} = (I_{cbo})_{25^\circ\text{C}} \times 2^{\frac{T-25}{12}} \quad (\text{硅管})$ $I_{cbo} = (I_{cbo})_{25^\circ\text{C}} \times 2^{\frac{T-25}{8}} \quad (\text{锗管})$
集电极 发射极反向 电流(穿透 电流)	$I_{ceo}$		在基极开路时(即 $I_b=0$ ), 集电极和发射极之间加以规定的反向电压时的集电极电流		2. 该两参数表明管子随温度变化的稳定性能, 是衡量晶体管三极管质量好坏的重要参数, 其值越小越稳定 3. $I_{cbo}$ 和 $I_{ceo}$ 从两个方面说明同一管子的稳定性, 可以得到两者关系是 $I_{ceo} \approx \beta I_{cbo}$ 4. 硅管约为相同功率锗管的 $\frac{1}{100} \sim \frac{1}{1000}$

(续表)

参数名称	符号	意义	一般范围	说明
集电极-基极反向击穿电压	$BV_{cbo}$	在发射极断开时, 集电极的最大允许反向电压		1. 该数据一般是在室温 25°C 时测得的, 随温度上升, 反向击穿电压降低。当晶体管升至额定最高允许温度, 该电压将大约降低一半。
集电极-发射极反向击穿电压	$BV_{ceo}$	在基极断开时, 集电极和发射极之间的最大允许电压		2. 四个参数表明管子耐压程度, 使用时, 实际耐压不应超过实际温度下的反向击穿电压, 否则影响管子性能和寿命甚至使管子损坏。
发射极-基极反向击穿电压	$BV_{ebo}$	当集电极断开时, 发射极最大允许反向电压		3. 晶体管作为开关状态时, 在发射结上施加反向电压, 这时应注意不应超过 $BV_{ebo}$ , 特别对 3AG 型晶体管小功率管, $BV_{ebo}$ 很小, 3DG, 3AK, 3DK 型管 $BV_{ebo}$ 也不大。
集电极-发射极间并联电阻时的集电极-发射极反向电压	$BV_{cer}$	在基极-发射极间并联电阻 $R_{be}$ 时, 集电极与发射极之间的最大允许电压	当 $0 \leq R_{be} \leq \infty$ 时, $BV_{cbo} \geq BV_{cer} \geq BV_{ceo}$	4. 当集电极断开时, 由于管子 $BV_{ceo} < BV_{cer}$ , 即耐压降低, 同时管子处于截止状态, 因端电压上升 (基本上等于电源电压), 所以容易击穿。因此断开电源之前不要先断开基极。
集电极最大允许电流	$I_{CM}$	晶体管参数变化时, 集电极最大允许电流	硅管: 低频小功率 10~500 毫安 低频大功率 > 1.5 安 低频小功率 < 100 毫安 低频大功率 > 300 毫安	一般 $I_{CM}$ 是指当 $\alpha$ 降至原来数值 2/3 或 1/2 时的集电极电流, 所以管子实际工作电流并不绝对不能超过 $I_{CM}$ , 只要 $P_c < P_{CM}$ 即可, 不过 $I_c$ 超过 $I_{CM}$ 后, 管子放大倍数大为降低了。

参数名称	符号	意义	一般范围	说明
集电极最大允许耗散功率	$P_{OM}$	由于晶体管在电路中工作时，功率发生变化的原因，管子参数变化之内的耗散功率，管子参数范围允许最大耗散功率	小功率管 $< 1$ 瓦 大功率管 $\geq 1$ 瓦	<p>耗散功率必须小于 <math>P_{OM}</math>，管子才能正常工作。该数据一般是在室温 <math>25^{\circ}\text{C}</math> 时测得，随温度上升将降低。某一温度下允许耗散功率可按下式计算：</p> $P_{OM} = (P_{OM})_{25^{\circ}\text{C}} \frac{T_{JM} - T}{T_{JM} - 25}$ <p>(<math>P_{OM})_{25^{\circ}\text{C}}</math> 是 <math>25^{\circ}\text{C}</math> 时允许耗散功率，<math>T_{JM}</math> 是最高允许结温，<math>T</math> 是实际室温。</p> <p>与散热条件有关，加装散热片可大大提高 <math>P_{OM}</math>。散热片面积越大，<math>P_{OM}</math> 也越大。</p> <p>管子实际耗散功率按其集电极-发射极直流电压和集电极直流电流的乘积计算，即 <math>P_{OM} = U_{CE} \times I_{CE}</math>。当管子工作在开关状态或非甲类放大时，按其集电极平均耗散功率计算。</p> <p>管子最大允许集电极电流 <math>I_{CM}</math> 和集电极反向击穿电压 (<math>BV_{CBO}</math> 或 <math>BV_{CEO}</math>) 不能同时达到，否则 <math>I_{CM} \times BV_{CBO}</math> 或 <math>I_{CM} \times BV_{CEO}</math> 将大大超过 <math>P_{OM}</math> 而使管子烧坏。</p>
电流放大系数截止频率	$f_{\alpha}$ $f_{\beta}$	当电流放大系数 ( $\alpha$ 或 $\beta$ ) 下降到低频 (1000 赫) 值的 $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 时的频率 ( $\approx 0.707$ ) 时的频率 ( $f_{\alpha}$ 或 $f_{\beta}$ )	低频管 $f_{\alpha} < 3$ 兆赫 高频管 $f_{\alpha} > 3$ 兆赫	<p>1. 表示低频管的频率性能</p> <p>2. <math>f_{\beta} \approx (1-\alpha)f_{\alpha}</math></p>
特征频率	$f_T$	当 $\beta$ 下降到 1 时的频率	高频管一般大于 10 兆赫，高的可达几百兆赫以上	<p>1. 表示高频管的频率性能，同样 <math>\beta</math> 的管子 <math>f_T</math> 越高，高频时管子放大性能越好。</p> <p>2. 在特征频率时，管子已无放大作用</p>



(续表)

参数名称	符号	意义	一般范围	说明
热阻	$R_T$	管子集电极每耗散1瓦(或1毫瓦)功率引起管子PN结温度升高的度数	小功率管一般小于1°C/毫瓦 大功率管一般在0.5~2°C/瓦左右	1. 表示管子的散热能力, $R_T$ 越小, 越容易散热 2. 增加散热片面积, 就是减小 $R_T$ , 因此可以提高 $P_{OM}$
最高允许结温	$T_{JM}$	保证晶体管能正常工作(即参数变化不超过规定允许范围)的PN结最高温度	硅管 75~100°C 锗管 150~180°C左右	1. 说明管子耐高温性能, 如果环境温度接近 $T_{JM}$ , 管子允许耗散功率 $P_{OM}$ 接近于0, 不能再工作了 2. 硅管比锗管能在较高环境温度下工作
噪声系数	$N_F$	输出端总的噪声功率与原输入噪声功率之比	锗低频小功率管一般为15~38分贝。有一些低噪声管, 如3AX5、3AX8、3AX20、3AX23、3AX31E、3AX42B、3AX43E等, $N_F$ 在6~12分贝之间	1. 说明管子质量好坏的标准之一。 $N_F=1$ 说明输出噪声功率全部是输入噪声放大所致, 管子本身不产生噪声。 $N_F$ 越大, 管子噪声越厉害 2. 多级放大第一级管子噪声系数对整机影响最大, 可考虑采用低噪声管 3. 信号频率过低或过高, 噪声系数均要增加 4. 集电极电流过大, $N_F$ 也会增加

\* $\alpha$  和  $\beta$  的换算关系见表 8-16。

表 8-16  $\alpha$  和  $\beta$  换算关系

$\alpha$	0.8	0.9	0.95	0.96	0.97	0.975	0.98	0.985	0.99	0.993	0.995
	$\beta$	5	10	20	25	33	39	50	66	100	124

于电路工作在不稳定的状态,所以V1、V2都是在不断的导通或截止,当V2导通或截止时,继电器K吸动或释放使K触点接近或断开,指示灯亮或暗,SA2打到1或2的位置上,指示灯1或2就闪光。

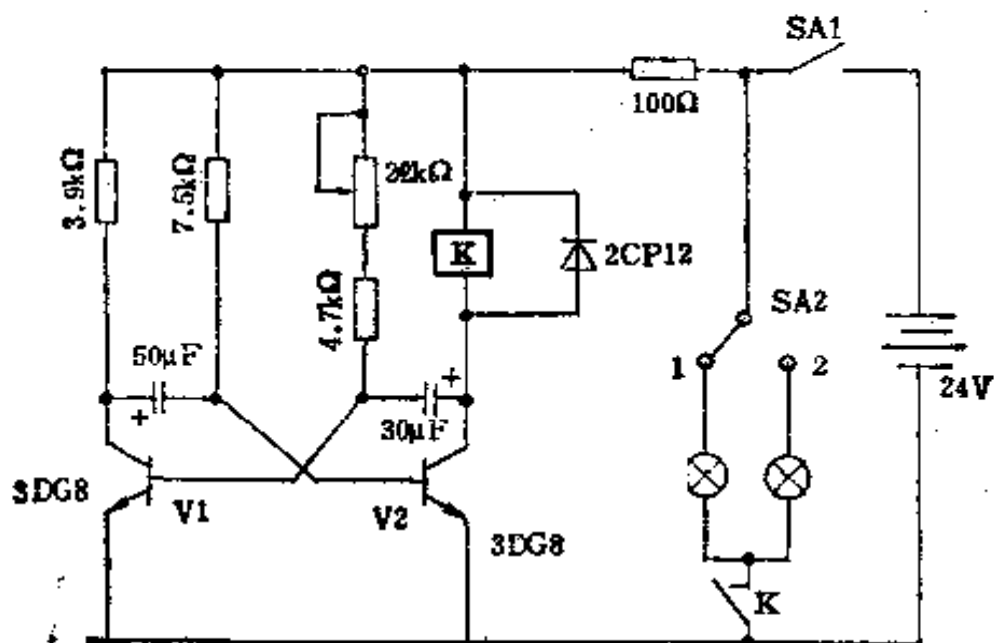


图 8-21 方向指示电路

## 五、晶体管的选用

为方便维修电工选用晶体管,表 8-15 对常用晶体管的参数作些说明。

## 8-3 模拟集成电路

模拟集成电路原称为线性集成电路。以晶体管为基本单元电路的线性放大电路集成难度大,发展落后于数字集成电路。近年由于集成工艺水平的提高,以集成运算放大器为代表的线性集成电路异军突起,发展很快,应用已远远超出数学运算范围。国际电气技术委员会(IEC)正式提出模拟集成电路这个名称,它包括数字集成电路以外的所有半导体集成电路。模拟集成电路具有对模拟量进行各种处理功能(如放大、运算、变换等)的集成电路。模拟量是指变化着的物理量,如电路中的电压和电流等。模拟集成电路应用极广,也是电工经常遇到的新的电气元器件。

## 一、模拟集成电路的基本单元电路

模拟集成电路的基本单元电路为差动直流放大器。高倍率差动直流放大电路附加一些元件组成的电路, 不仅能对模拟信号进行线性放大而实现乘法运算, 还能实现加、减、除、微分、积分等数学运算, 因此称为运算放大器。集成运算放大器具有体积小、漂移失调小、调整和使用方便等特点, 应用已大大超出数学运算范围。现在集成运算放大器仅是模拟集成电路家族中一大成员。为维修电工使用方便, 先用旧的符号介绍单输出集成运算放大器, 然后介绍模拟集成电路。

1. 集成运算放大器 运算放大器有两个输入端和一个输出端, 符号如图 8-22 所示; A 端称为反相输入端, 用  $\ominus$  表示; B 端称为同相输入端, 用  $\oplus$  表示。信号从反相端输入时, 输出信号与输入信号反相; 信号从同相端输入时, 输出信号与输入信号同相。从输出端反馈到反相输入端, 构成负反馈; 从输出端反馈到同相输入端, 构成正反馈, 如图 8-23 所示。运算放大器中引入反馈环节以后, 本身形成了一个闭合回路, 称之为闭环; 相应地把图 8-22 所示的称为开环。



图 8-22 运算放大器的符号

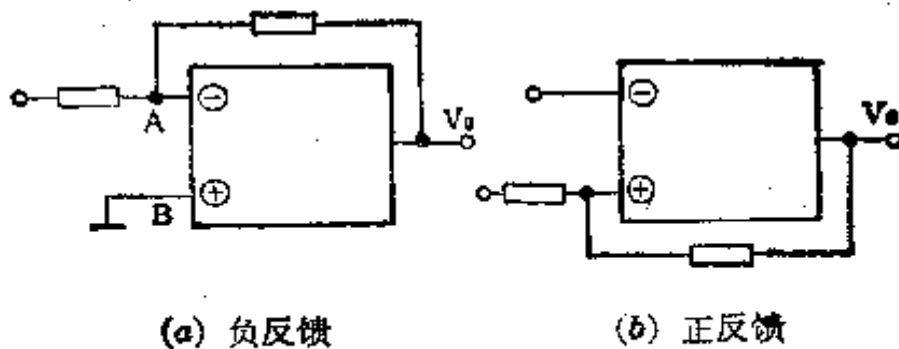


图 8-23 运算放大器的反馈方式

运算放大器从  $a$ 、 $b$  端看进去的等效电阻  $r_i$  称为开环输入电阻; 开环时从输出端看进去等效信号源的内电阻  $r_o$  称为开环输出电阻; 而输出电压  $V_o$  与加在  $a$ 、 $b$  两端之间的输入电压  $V_i$  之比  $K_o$  称为开环电压放大倍数, 即

$$K_o = \frac{V_o}{V_i}$$

2. 模拟集成电路单元图形符号 模拟单元图形符号由方框和限定符号

组成, 并加输入线和输出线, 如图 8-24 所示。

图 8-24 所示为:

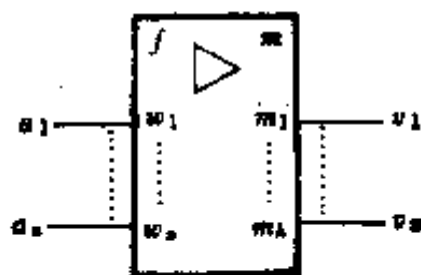
$$u = - \int (2x, -y, z)$$

集成运算放大器的一般符号如图 8-25 所示。

电工常用的模拟单元符号见表 8-17。



图 8-24 模拟单元图形符号示例



运算放大器一般符号

$a_1 \cdots a_n$  为输入信号

$u_1 \cdots u_k$  为输出信号

$W_1 \cdots W_n$  代表加权系数有正负号的数值

$m_1 \cdots m_k$  代表放大系数有正负号的数值

$u_i = m_i \cdot f(W_1 \cdot a_1, W_2 \cdot a_2, \cdots, W_n \cdot a_n)$

式中:  $i=1, 2, \cdots, k$

除了那些实质上是数字的以外, 放大系数的

符号都应保持在每个输出上

当整个单元只有一个放大系数, 或者从加

权系数和放大系数提出公因子时, 定性

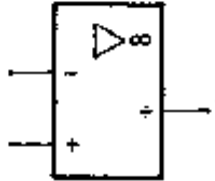
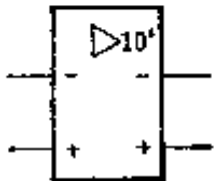

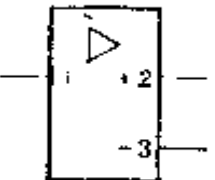
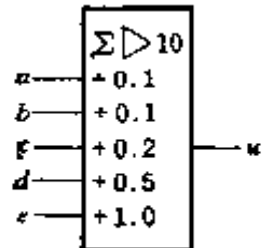
符号中的“ $m$ ”可以用绝对值代替

图 8-25 运算放大器一般符号

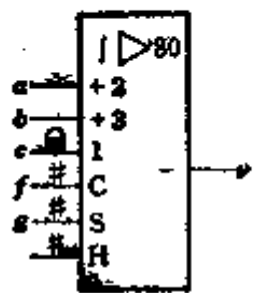
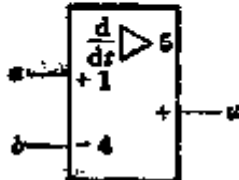
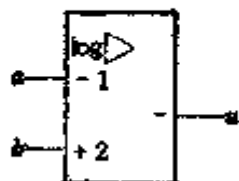


## 二、模拟集成电路外接电路

1. 电源连接 模拟集成电路一般需要正负电源供电, 如图 8-26(a) 所示。这时输入输出信号的电位是相对于接地点零电位而言。单电源供电时,


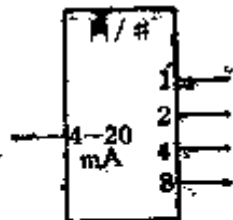

表 8-17 常用模拟单元符号

图 形 符 号	说 明
	<p>当 <math>m=1</math> 时, 数字“1”可以省略。符号总是应保持在模拟输出端。在额定开路增益非常高而且不特别关心其具体数值的场合, 推荐用符号 <math>\infty</math> 作为放大系数</p> <p>示例: 高增益差分放大器(运算放大器)</p>
	<p>额定放大系数为 10000 并有两个互补输出的高增益放大器</p>
	<p>放大系数为 1 的反相放大器</p> $u = -1 \cdot a$
	<p>具有两个输出的放大器, 上面一个不反相, 放大系数为 2; 下面一个反相, 放大系数为 3</p>
	<p>求和放大器</p> $u = -10(0.1a + 0.1b + 0.2c + 0.5d + 1.0e)$ $u = -(a + b + 2c + 5d + 10e)$

(续表)




图 形 符 号	说 明
	<p>积分放大器(积分器)</p> <p>如果 <math>f=1, g=0, h=0</math></p> <p>则</p> $u = -80 \left[ c(a-0) + \int_0^t (2a+3b) dt \right]$ <p>注: 如果不会引起混淆, 信号识别用的符号 (□ 和 #) 可以省略</p>
	<p>微分放大器(微分器)</p> $u = 5 \frac{d}{dt} (a - 4b)$
	<p>对数放大器</p> $u = -\log(-a + 2b)$
	<p>定延迟放大器</p> $u(t-\tau) = W_\tau(p) \cdot a(t)$ <p>注: <math>p</math> 为微分算子</p> <p><math>W_\tau(p)</math> 为传递函数</p> <p><math>\tau</math> 为延迟时间, 可以用具体数值代替</p>
信 号 转 换 器	
	<p>数-模转换器一般符号</p>

(续表)

图形符号	说明
	模-数转换器一般符号
	可将范围在 4~20 mA 的输入转换成一个 4 位加权二进制码的模-数转换器
	输入为 $n$ 位二进制码, 输出为 $\pm 2V$ 的数-模转换器

电 子 开 关

规定数字信号为定义“1”状态, 模拟信号可以通过为常开开关  
规定数字信号为定义“0”状态, 模拟信号可以通过为常闭开关

	双向开关(常开), 通用符号只要数字输入 $e$ 处在定义 1 状态, 模拟信号在 $c$ 和 $d$ 之间能按任一方向通过 注: 可以加一箭头表示单向开关(常开)
	示例: 只要数字输入 $e$ 处在定义 1 状态, 模拟信号就只能按箭头所示方向通过
	双向开关(常闭), 通用符号只要数字输入 $e$ 处在定义 0 状态, 模拟信号在 $c$ 和 $d$ 之间能按任一方向通过 注: 可以加一箭头表示单向开关(常闭)

(续表)

图形符号	说明
	由两个数字输入的“与”功能启动的双向转换开关
	两个独立的双向开关(一个常开,一个常闭)。两个开关均由同一个二进制输入启动
	开关求和器(单向常开) $g=1$ $u=W_1 \cdot a + W_2 \cdot b$ (开关接通) $g=0$ $u=0$ (开关断开)
	开关求和器(单向)(一个常闭,一个常开) $g=1$ $u=W_3 \cdot c + W_4 \cdot d$ $g=0$ $u=W_1 \cdot a + W_2 \cdot b$



如图 8-26(b), 电源电压为  $(U_{CC} + U_{EE})$ , 而输入输出信号的电位应该是相对于  $+U_{EE}$  电位而言。

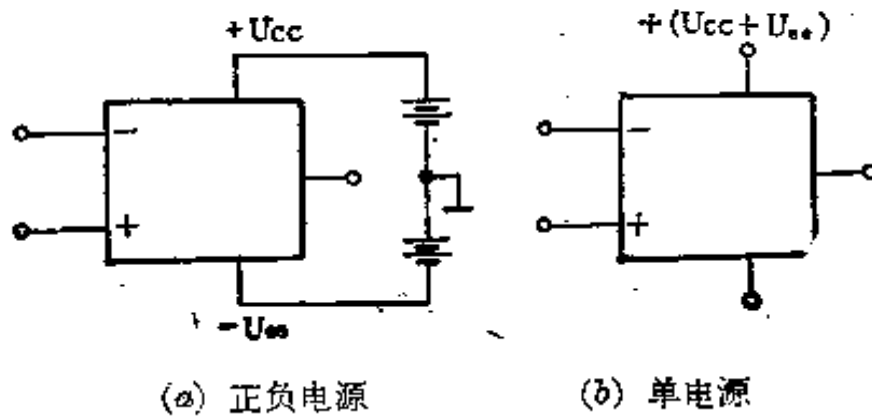


图 8-26 电源接法

2. 调零环节 因为集成运算放大器是直流差动放大器, 所以只有在放大器平衡和参数正确的条件下, 输入信号为零时, 输出信号才为零。实际上这个条件很难满足, 这时可外加平衡调整环节, 如图 8-27 所示。

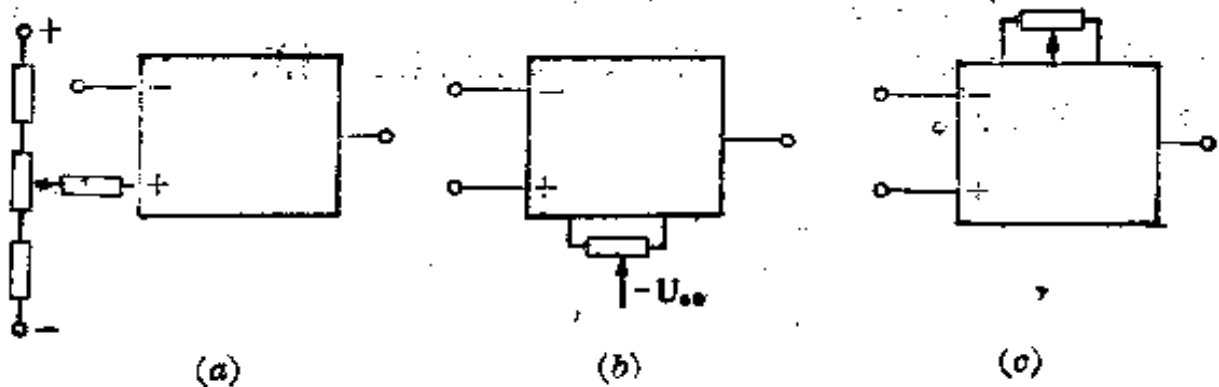


图 8-27 平衡调节

3. 消振环节 由于集成运算放大器的放大倍数很大, 在使用时常加反馈环节, 这就极易产生自激振荡, 为此要注意附加消振环节。

4. 频率特性 集成运算放大器的频率特性一般较差, 因此在使用时要注意它的频率特性, 以达到最佳放大效果, 否则容易引起失真。

5. 适耦环节 因为集成运算放大器的开环增益很高, 地线或管脚布线等都容易造成严重的正反馈而产生自激振荡, 为此不仅要注意接线的安排, 而且

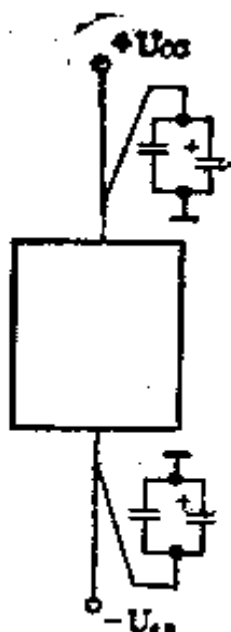
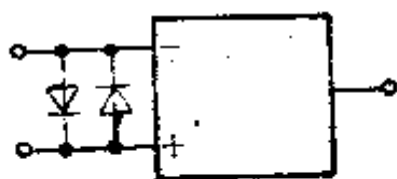


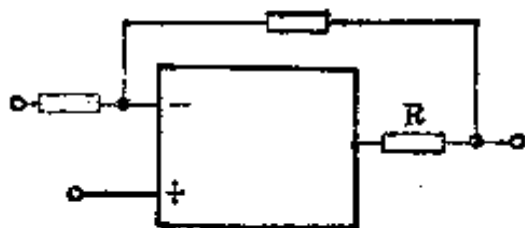
图 8-28 电源退耦电容

常接电源退耦电容(图 8-28), 退耦电容可用几微法电解电容器和 0.01 微法无感磁片电容并联组成。

6. 保护环节 如为防止输入信号过强而使运算放大器损坏, 可在输入端并接两只极性相反连接的二极管, 使其输入信号限制在二极管正向压降范围之内[如图 8-29(a)]。如为防止因输出端短路而使运算放大器损坏, 可在输出端串接一限流电阻  $R$ , 此电阻  $R$  应放在闭环回路内, 这样不致使输出阻抗增加[如图 8-29(b)]。



(a) 输入端保护



(b) 输出端保护

图 8-29 保护环节

## 三、应用电路

表 8-18 反相放大器和同相放大器电路

		反相放大器	同相放大器
电 路			
数 量 关 系	闭环放大倍数 $K$	$-\frac{R_f}{R_1}$	$\frac{R_2 + R_f}{R_2} = 1 + \frac{R_f}{R_2}$
	闭环输入电阻 $r_i$	$R_1 + \frac{R_f}{1 + K_0} \parallel r_i \approx R_1$	$R_1 + (1 + K_0 F) r_i$
	闭环输出电阻 $r_o$	$\frac{r_o}{1 + K_0 F}$	$\frac{r_o}{1 + K_0 F}$
	平衡电阻	$R_2 = R_1 \parallel R_f$	$R_2 = R_1 \parallel R_f$
说 明		<p>1. 输出信号通过反馈电阻 <math>R_f</math> 反馈至反相输入端, 构成负反馈 电压反馈系数</p> $F = \frac{r_i \parallel R_1}{(r_i \parallel R_1) + R_f}$ <p>2. 信号从反相输入端输入, 输出与输入反相</p> <p>3. <math>K</math> 可以大于 1 也可以小于 1</p> <p>4. 闭环输入电阻小</p> <p>5. 为使两个输入端对称, 以减少输入偏置电流产生的偏差, 电路中引入平衡电阻</p>	<p>1. 输出信号通过反馈电阻 <math>R_f</math> 反馈至反相输入端, 构成负反馈 电压反馈系数</p> $F = \frac{R_2}{R_2 + R_f}$ <p>2. 信号从同相输入端输入, 输出与输入同相</p> <p>3. <math>K</math> 只能大于或等于 1</p> <p>4. 闭环输入电阻大</p> <p>5. 为使两个输入端对称, 以减少输入偏置电流产生的偏差, 电路中引入平衡电阻</p>

表 8-19 模拟数学运算电路

名称	电 路	说 明
比例器		<ol style="list-style-type: none"> <li><math>V_0 = -\frac{R_f}{R_1} V_I</math></li> <li>当取 <math>R_f = R_1</math> 时 <math>V_0 = -V_I</math> 电路是反相器</li> </ol>
加法器		<ol style="list-style-type: none"> <li><math>V_0 = -\left(\frac{R_f}{R_1} V_{I_1} + \frac{R_f}{R_2} V_{I_2} + \frac{R_f}{R_3} V_{I_3}\right)</math></li> <li>当 <math>R_f = R_1 = R_2 = R_3</math> 时 <math>V_0 = -(V_{I_1} + V_{I_2} + V_{I_3})</math></li> </ol>
跟随器 (乘)		<ol style="list-style-type: none"> <li><math>V_0 = V_I</math></li> <li>具有相当高的输入阻抗 <math>r_i = R_1 + (1 + K_0)r_i</math> 和相当低的输出阻抗 <math>r_o = \frac{r_{i1}}{1 + K_0}</math></li> </ol>
减法器		<ol style="list-style-type: none"> <li><math>V_0 = \frac{R_f}{R_1} (V_{I_2} - V_{I_1})</math></li> <li>当取 <math>R_f = R_1</math> 时 <math>V_0 = V_{I_2} - V_{I_1}</math></li> </ol>
积分器		<ol style="list-style-type: none"> <li><math>V_0 = -\frac{1}{RC} \int_0^T V_I dt</math></li> <li>为得到较好的积分结果, 应选用泄漏电流小、性能稳定的电容, 如聚苯乙烯、聚四氟乙烯等</li> </ol>

表 8-20 非线性电路

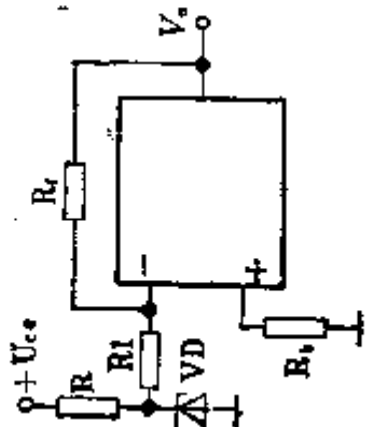
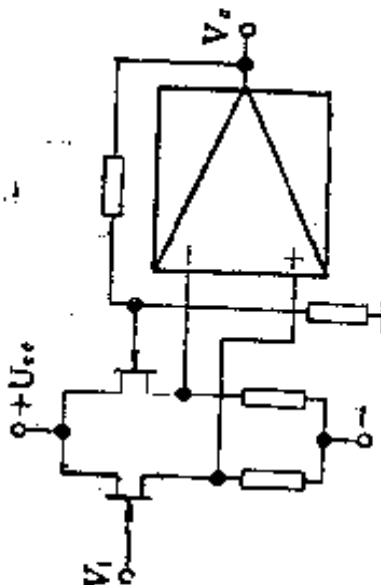
名称	电 路	输出输入曲线	说 明
双向限幅器			<p>图中 <math>V_{VD1}</math>、<math>V_{VD2}</math> 分别为稳压管 <math>VD1</math> 和 <math>VD2</math> 的稳定电压, <math>V_{VD1+}</math>、<math>V_{VD2+}</math> 分别为稳压管正向压降</p> <p>当 <math>-(V_{VD2} + V_{VD1+}) &lt; V_0 &lt; V_{VD1} + V_{VD2+}</math> 时, 稳压管可看作开路, 所以此时为一反相放大器, <math>V_0 = -\frac{R_f}{R_1} V_i</math></p> <p>当 <math>V_0 = V_{VD1} + V_{VD2+}</math> 时, <math>VD_1</math> 击穿导通, 输出电压即被限制在这个数值上</p> <p>当 <math>V_0 = -(V_{VD2} + V_{VD1+})</math> 时, <math>VD_2</math> 被击穿, 输出电压负向被限幅</p>
单向限幅器			<p>将双向限幅器中稳压管 <math>VD_2</math> 改为二极管负向限幅取消</p>

名称	电 路	输入输出曲线	说 明
检 零 器			<p>将上述限幅器中反馈电阻 <math>R_f</math> 去掉即可构成检零器; 左图所示为一种单极性限幅器输出的检零器</p>
精 密 半 波 整 流			<p>当 <math>V_I &gt; 0</math> 时, 经运算放大器反相, <math>V_A &lt; 0</math>, 所以 VD2 导通, VD1 截止, <math>V_0 = 0</math></p> <p>当 <math>V_I &lt; 0</math> 时, 则 <math>V_A &gt; 0</math>, 所以 VD2 截止, VD1 导通。这时通过 <math>R_f</math> 构成负反馈, <math>V_0 = -\frac{R_f}{R_1} V_I</math>。由于 VD1 接在负反馈闭环内, 因而对小信号整流的非线性影响和温度影响大大减少, 从而构成了精密半波整流电路</p>

表 8-21 转换电路

名称	电 路	说 明
<p>(绝对值电路或全波整流电路) 精密交直流转换</p>		<p>当 <math>V_1 &gt; 0</math>, <math>V_\Delta = 0</math>, <math>V_1</math> 经过运算放大器 <math>K_2</math> 构成的反相放大器输出, 所以这时</p> $V_0 = -V_1$ <p>当 <math>V_1 &lt; 0</math>, <math>V_\Delta = -V_1</math>, 这时运算放大器 <math>K_1</math> 构成加法器, 所以这时</p> $V_0 = -\left(V_1 \frac{R}{R} + V_\Delta \frac{R}{\frac{R}{2}}\right) = -(-V_1 + 2V_\Delta) = V_1$ <p>如果输出端经过滤波器, 即可将交流精密地转换为直流</p>
电阻电压转换		<p>根据闭环增益公式可得 <math>V_0 = -V \frac{R_2}{R_1}</math> 只要取 <math>V</math> 和 <math>R_1</math> 为一固定的标准数值</p> $V_0 = -\frac{V}{R_1} \cdot R_2 = -KR_x$ <p>这样电阻的大小转换为相应的电压大小输出</p>

表 8-22 其他模拟集成电路

名称	电 路	说 明
基 准 电 压 源		<p>因为运算放大器有较高输入阻抗,且增益容易调节,所以和标准稳压二极管(2DW7C)或标准电池结合,可构成有很低输出阻抗和很大负载能力的基准电压源,左面给出其中的一例。</p> $V_{0\text{ref}} = -\frac{R_2}{R_1} V_{VD}$
高 输 入 阻 抗 的 运 算 放 大 器		<p>在目前场效应管输入的高输入阻抗集成运算放大器缺乏,为此可用一般的运算放大器外接场效应管来构成,如左图所示</p>



## 四、模拟集成电路系列

表 8-23 模拟集成电路的系列符号

符 号	说 明	符 号	说 明
$A_{od}$	开环增益	$R_i$	输入阻抗
BI	偏置端	$S$	选通端
COMP	补偿端	SR	转换速率
CASCADE	共发-共基端	$V_{CM}$	最大共模电压
CMRR	共模抑制比	$V_N$	噪声电压
$f_0$	单位增益带宽	$V_{opp}$	输出电压(峰峰值)
$I_{bi}$	输入偏置电流	$V_{os}$	失调电压
$I_{os}$	失调电流	$V_+$	正电源
IN <sub>+</sub>	同相输入端	$V_-$	负电源
IN <sub>-</sub>	反相输入端	$\frac{\partial I_{os}}{\partial T}$	失调电流温度系数
OA	失调调整端	$\frac{\partial V_{os}}{\partial T}$	失调电压温度系数
OUT	输出端		
$P_{co}$	功耗		

表 8-24 运算放大器参数

参 数	通用 I 型	通用 II 型	通用 III 型	低功耗系列	高精度 系列 <sup>*1</sup>	高速度 系列 <sup>*2</sup>	高输入阻 抗系列 <sup>*3</sup>
$V_{os}$ (毫伏)	3	5	5	5	5	15	30
$I_{os}$ (纳安)	2000	200	100	100	100		200
$I_{bi}$ (纳安)	7000	600	300	300	300		600
$A_{od}$ (分贝)	66	90	100	100	120		90
CMRR(分贝)	70	80	86	86	110		80
$P_{co}$ (毫瓦)	120	90	80	电源电压 $\pm 15V$ 6	80	200	90
$V_{opp}$ (伏)	$\pm 4.5$	$\pm 12$	$\pm 12$	$\pm 12$	$\pm 12$		$\pm 12$
$V_{CM}$ (伏)	+0.7 -3.5	+8 -12	$\pm 12$	$\pm 12$	$\pm 12$		+8 -12

注: 1. 高精度系列其他参数:  $2V_{os}/2T=2$  微伏/ $^{\circ}C$ ,  $2I_{os}/2T=200$  皮安/ $^{\circ}C$ ,  $V_N=2$  微伏。

2. 高速度系列的其他参数:  $SR=30$  伏/微秒,  $f_0=10$  MHz。

3. 高输入阻抗系列的其他参数:  $R_i=100$  欧。

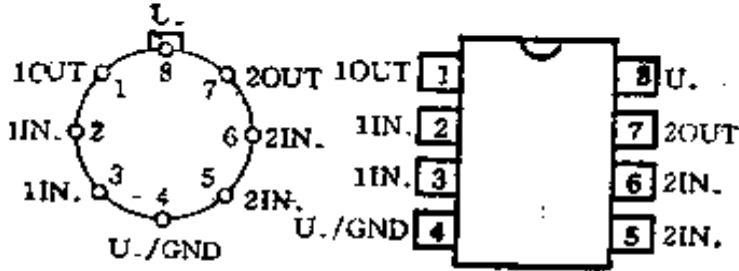
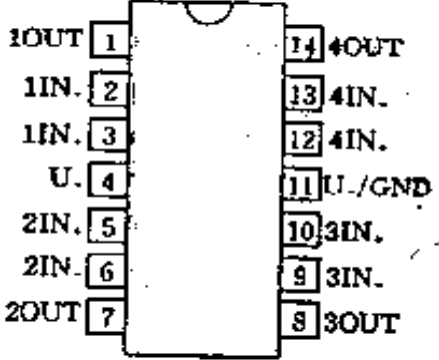
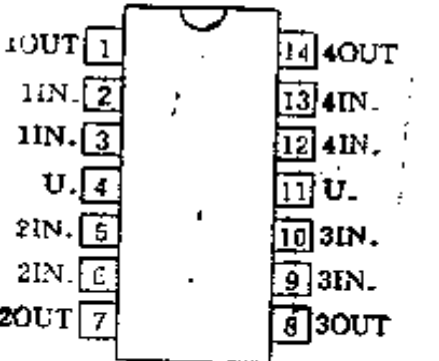
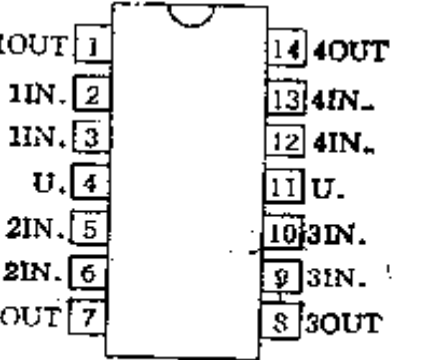
表 8-25 各种模拟集成电路引线排列

电路名称	型号	外引线排列图
通用运算放大器	CF002	
通用运算放大器	CF009	
通用运算放大器	CF741	
通用运算放大器	CF101	

(续表)

电路名称	型号	外引线排列图
通用运算放大器	CF108	
通用双运算放大器	CF747	
通用双运算放大器	CFM558	
通用双运算放大器	CF4558	

(续表)

电路名称	型号	外引线排列图
通用单电源双运算放大器	CF158	
通用四运算放大器	CF4741	
通用四运算放大器	CF4156	
通用四运算放大器	CF148	

(续表)

电路名称	型号	外引线排列图
通用单电源四运算放大器	CF124	
CMOS 低功耗运算放大器	CF7611	
CMOS 低功耗运算放大器	CF7612	
CMOS 低功耗运算放大器	CF7613	

(续表)

电路名称	型号	外引线排列图
CMOS 低功耗运算放大器	CF7614	
CMOS 低功耗运算放大器	CF7615	
CMOS 低功耗双运算放大器	CF7621	
CMOS 低功耗双运算放大器		

(续表)

电路名称	型号	外引线排列图
CMOS 低功耗三 运算放大器	CF7631	
CMOS 低功耗三 运算放大器	CF7632	
CMOS 低功耗四 运算放大器	CF7641	
CMOS 低功耗四 运算放大器	CF7642	

## 8-4 直流稳压电源

### 一、直流稳压电源的技术指标

#### 1. 特性指标

(1) 额定输出电流电压  $V_o$ 。

(2) 额定负载电流  $I_o$ 。

#### 2. 质量指标

(1) 稳压系数  $s$ : 在负载不变的条件下, 输出电流电压的相对变化量与输入直流电压的相对变化量之比即

$$s = \frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{\Delta V_I}{V_I} \Big|_{R_o = \text{常数}} = \frac{\Delta V_o}{\Delta V_I} \cdot \frac{V_I}{V_o} \Big|_{R_o = \text{常数}}$$

$s$  值越小越好, 一般约为  $10^{-2} \sim 10^{-4}$ 。

(2) 电压调整率: 在额定负载电流下, 当输入交流电源电压在规定范围内变化(一般变化额定值的  $\pm 10\%$ ) 时, 输出直流电压的变化量与输出直流电压额定值之比, 用百分数来表示。一般  $\left| \frac{\Delta V_o}{V_o} \cdot 100\% \right| \leq 1\%$ 、 $0.1\%$  甚至  $0.01\%$ 。

(3) 等效内阻(即输出电阻)  $R_o$ : 在交流电源电压为额定值的条件下, 如果负载电流变化  $\Delta I_o$  所引起的输出电压的变化为  $\Delta V_o$ , 则

$$R_o = \frac{\Delta V_o}{\Delta I_o} \Big|_{\Delta V_I = 0}$$

$R_o$  的值约为几欧到几毫欧。

(4) 电流调整率: 在交流电源电压为额定值的条件下, 当输出负载电流由额定值变到零(即负载开路)时所引起的输出直流电压的变化与输出直流电压额定值之比, 用百分数来表示。

(5) 输出最大纹波电压: 输出直流电压中所含交流分量的大小, 通常用交流分量的峰到峰值来表示。稳压电源可使整流滤波后的纹波电压大大降低, 降低的倍数为  $1/s$  ( $s$  为稳压系数)

(6) 温度系数  $K_T$ : 在输入直流电压和负载电流都不变的条件下, 环境温度每变化  $1^\circ\text{C}$  所引起的输出电压的漂移, 即



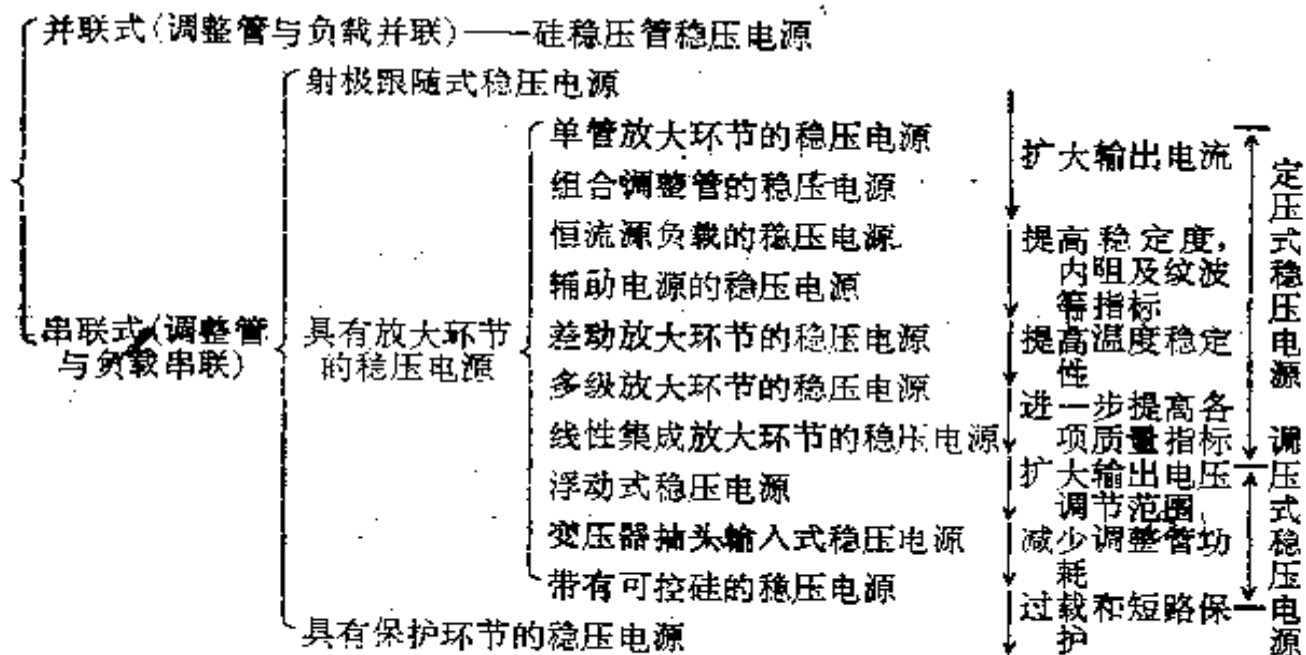
$$K_T = \frac{\Delta V_o}{\Delta T} \Big|_{\Delta I_o=0, \Delta V_r=0}$$

单位为毫伏/°C。

## 二、直流稳压电源的分类

1. 连续调整型 调整管经常工作在导通状态,只是改变其导通程度进行调整。这类电源是最普遍使用的。

连续调整型稳压电源有以下许多形式



2. 开关调整型 调整管工作在开关状态,时而导通,时而截止地进行调整。

## 三、并联式直流稳压电源

并联式直流稳压电源的调整管与负载并联,其电路简单,即使输出端短路也不会损坏调整管。但是,稳压系数差,输出内阻大,输出电流小,输出电压不可调,效率低。

用于小电流稳压电源,作为基准电压、辅助电源、退耦滤波等。

1. 硅稳压管稳压电源 如图

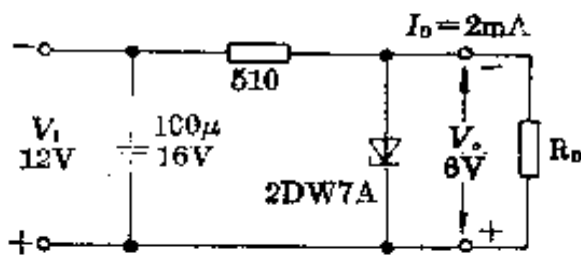


图 8-30 硅稳压管稳压电源

8-30所示,硅稳压管稳压电源中各元件的参数可根据已知的输出直流电压 $V_o$ 。

和最大负载电流  $I_{VDmax}$  按下列步骤选取。

(1) 硅稳压管 VD 的选择: 管子的稳定电压  $V_{VD}$  应恰好是所需要的输出直流电压  $V_0$ 。如需要稳定小于 1 伏的电压, 可用 2CP 系列硅二极管正向压降来达到稳压的目的。

管子的允许耗散功率必须大于管子的实际最大消耗功率。当负载断开时, 管子消耗的功率最大, 这时可按  $V_{VD}(I_{VD} + I_{VDmax})$  计算。式中,  $I_{VDmax}$  为稳压管最大负载电流是已知的,  $I_{VD}$  是管子的工作电流 (有些手册上称为稳定电流), 其数值可由手册查得。

(2) 降压电阻 R 的计算: 当输入电压  $V_i$  变动到最小值  $V_{i min}$ , 而负载电流  $I_0$  达到最大值  $I_{VDmax}$  时, 保证稳压管仍工作在击穿区, 也就是说使流过稳压管的电流不小于管子的工作电流  $I_{VD}$ 。即

$$\frac{V_{i min} - V_0}{R} \geq I_{VDmax} + I_{VD}$$

当输入电压  $V_i$  变动到最大值  $V_{i max}$ , 而负载开路时, 保证流过稳压管的电流不超过管子的最大稳定电流  $I_{VDmax}$ , 即

$$\frac{V_{i max} - V_0}{R} \leq I_{VDmax}$$

以上两项要求必须同时满足, 所以 R 应按下式选取。

$$\frac{V_{i max} - V_{VD}}{I_{VDmax}} \leq R \leq \frac{V_{i min} - V_{VD}}{I_{VD} + I_{VDmax}}$$

若计算结果 R 不能同时满足要求, 则必须选用较大功率的稳压管。降压电阻的功率  $P_R = \frac{(V_{i max} - V_{VD})^2}{R}$ 。式中的  $V_{i max}$  是指输入端为平滑的直流情况, 若输入端为脉动电压, 如桥式整流后未经滤波的电压, 这时除了直流分量外, 还有交流分量, 因而降压电阻的功率要相应增加。

④ 输入电压  $V_i$  的选择: 一般可取为输出直流电压  $V_0$  的 2~3 倍。

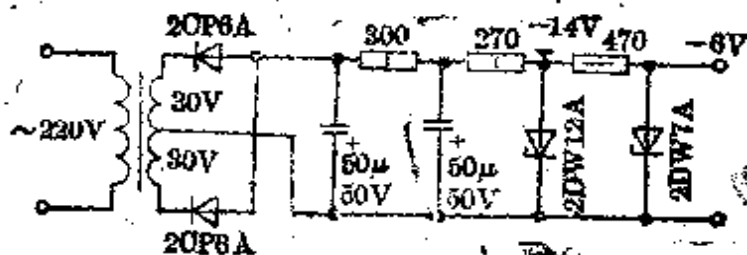


图 8-31 二级硅稳压电源

2. 二级硅稳压管稳压电源 二级硅稳压电源如图 8-31 所示。电路的稳压系数  $s$  约达  $10^{-3}$ 。

### 四、串联式直流稳压电源

串联式直流稳压电源的调整管与负载串联,其效率高,输出电压的范围不受调整管本身耐压的限制,输出电压可调,合理设计放大级可把各项指标做得很高。但是,线路比较复杂,过载能力差,瞬时过载会使调整管损坏,因此要注意过载保护。

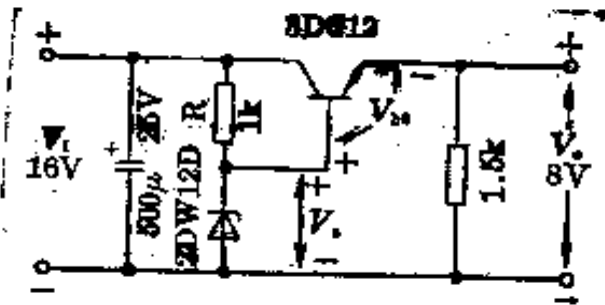
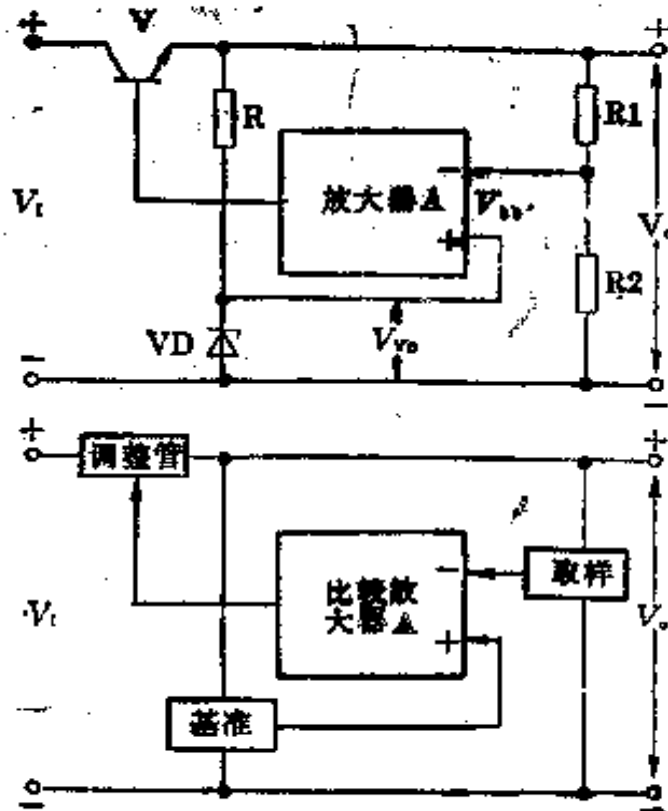


图 8-32 射极跟随式稳压电源

1. 射极跟随式稳压电源 射极跟随式稳压电源如图 8-32 所示,其输出电流较大,电路结构简单,但稳压系数  $s$  差,内阻较大,所以只能用于要求不高的场合,作为中小电流的稳压电源。

2. 具有放大环节的稳压电源 这类电路是在射极跟随式稳压电源的基础上增加了一个比较放大器(如图 8-33)。放大器的同相输入端接基准电压,



(a) 电路图

(b) 框图

图 8-33 具有放大环节的稳压电源

反相输入端通过分压电阻  $R_1$ 、 $R_2$  接到电源的输出(称为取样),放大器的输出接调整管基极。整个电路接成一个闭合的电压负反馈系统。输出电压一旦有所变化,则放大器的取样端的电压也立即发生变化,经与基准电压比较后加以放大,从而强烈控制调整管改变其内阻(即改变调整管压降),使输出电压恢复稳定。

这类稳压电源的具体形式较多,下面介绍几种常用的。

(1) 单管放大环节的稳压电源: 单管放大环节的稳压电源(如图 8-34), 电路简单,用于稳压性能一般,输出电流不大的场合。

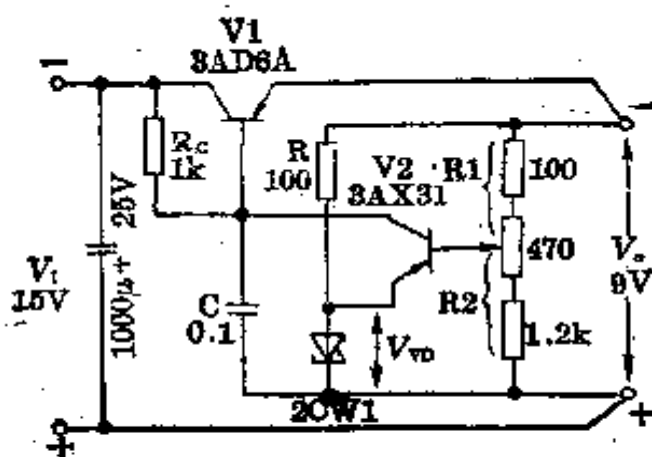


图 8-34 单管放大环节稳压电源

(2) 组合调整管稳压电源: 该电源的电路如图 8-35 所示,其特点是调整管是  $V_1$ 、 $V_2$  组成的组合调整管。组合管可等效成一个高  $\beta$  值的三极管,等效  $\beta$  值近似等于二个管子  $\beta$  值之积。组合管可有四种形式,组合方法及等效三极管如图 8-36 所示。

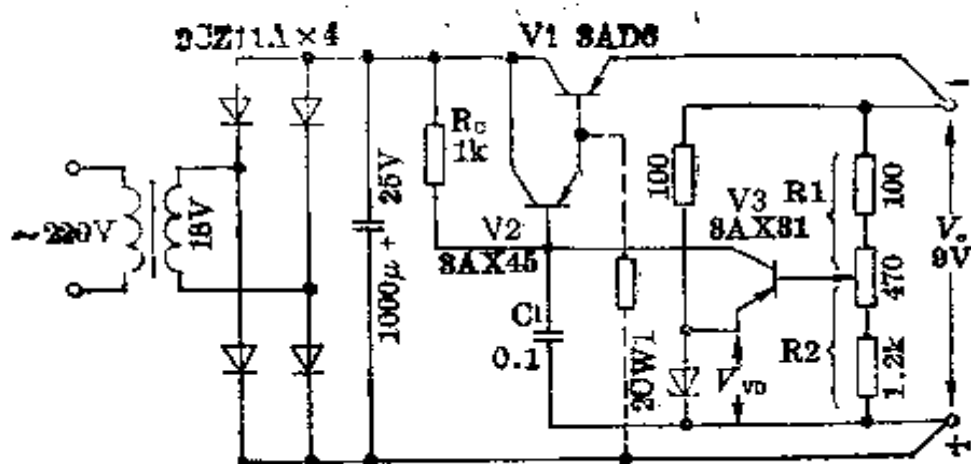


图 8-35 组合调整管稳压电源

组合调整管的穿透电流是较大的。为了改善组合调整管的关断性能,可在组合调整管的基极上加接一个电阻(如图 8-35 中虚线所示)。这是由于  $V_1$  的  $I_{cbo}$  将经该电阻旁路掉,所以  $V_1$  的穿透电流大大减小。

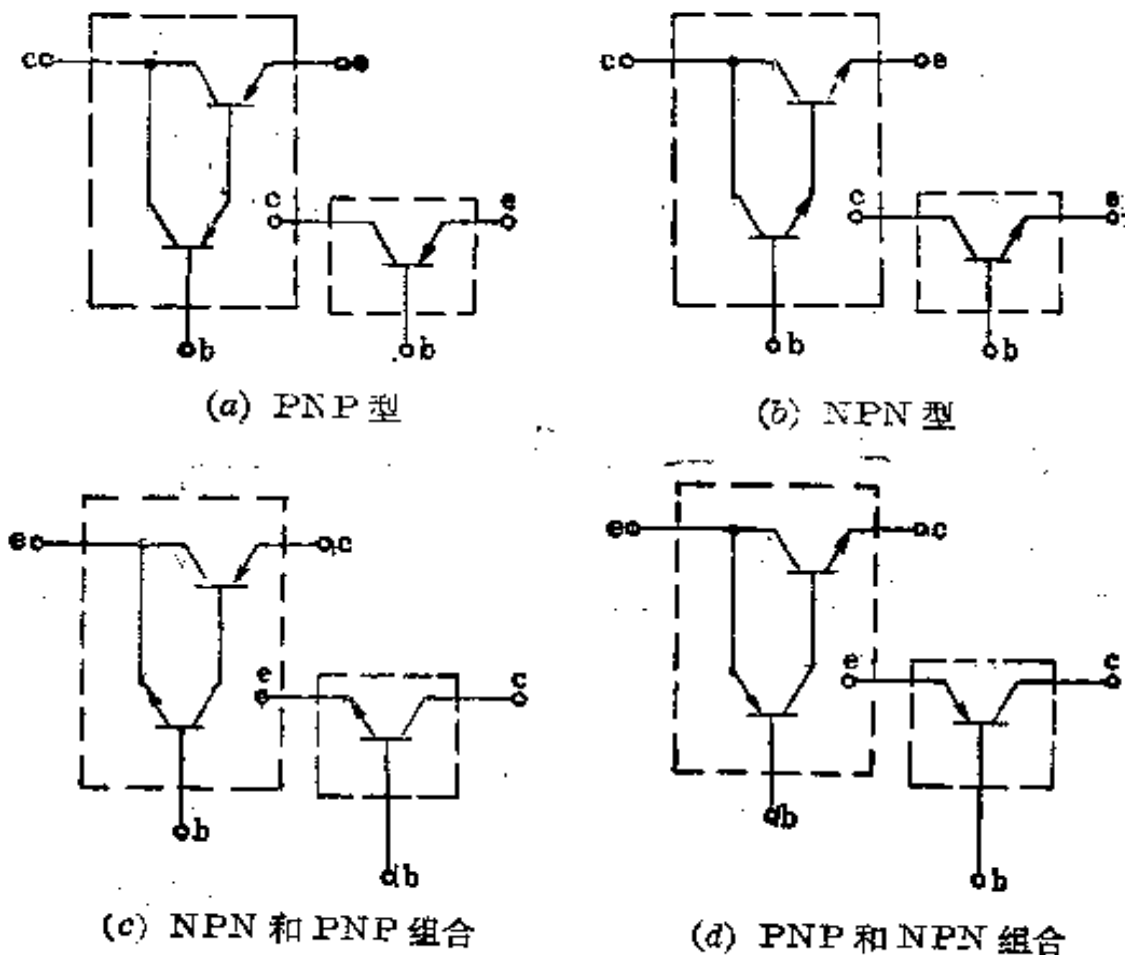


图 8-36 组合调整管的四种形式及其等效电路

(3) 恒流源负载稳压电源: 其电路形式如图 8-37 所示。由晶体管  $V_4$ 、电阻  $R_3$ 、 $R_4$  与二极管  $VD_1$ 、 $VD_2$  一起组成恒流源,代替图 8-35 中比较放大器的负载电阻  $R_c$ 。恒流源的特点是等效交流阻抗极大,所以引入恒流源可使比较放大器的电压放大倍数大大增加,从而减小稳压电源的输出阻抗,提高稳压系数。

(4) 具有辅助电源的稳压电源: 其电路形式如图 8-38 所示。由  $VD_2$  组成的硅稳压管稳压电源是专门用来作为比较放大器工作电源的辅助电源。它可以克服  $V_I$  的不稳定而对比较放大器工作的影响,使  $V_I$  对  $V_O$  的影响大大减小,而且由于辅助电源是随  $V_O$  浮动的,比较放大器与调整管之间实际上构成了一个自举放大电路,其等效集电极负载电阻极大,使比较放大器的电压

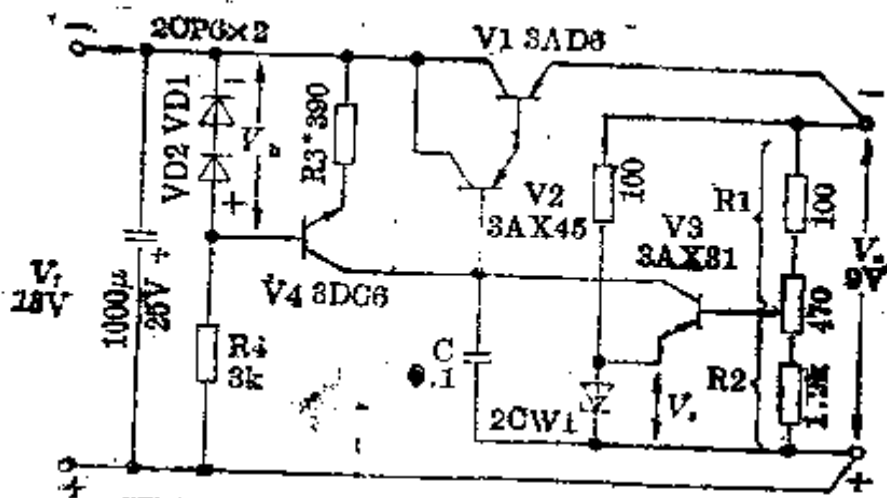


图 8-37 恒流源负载稳压电源

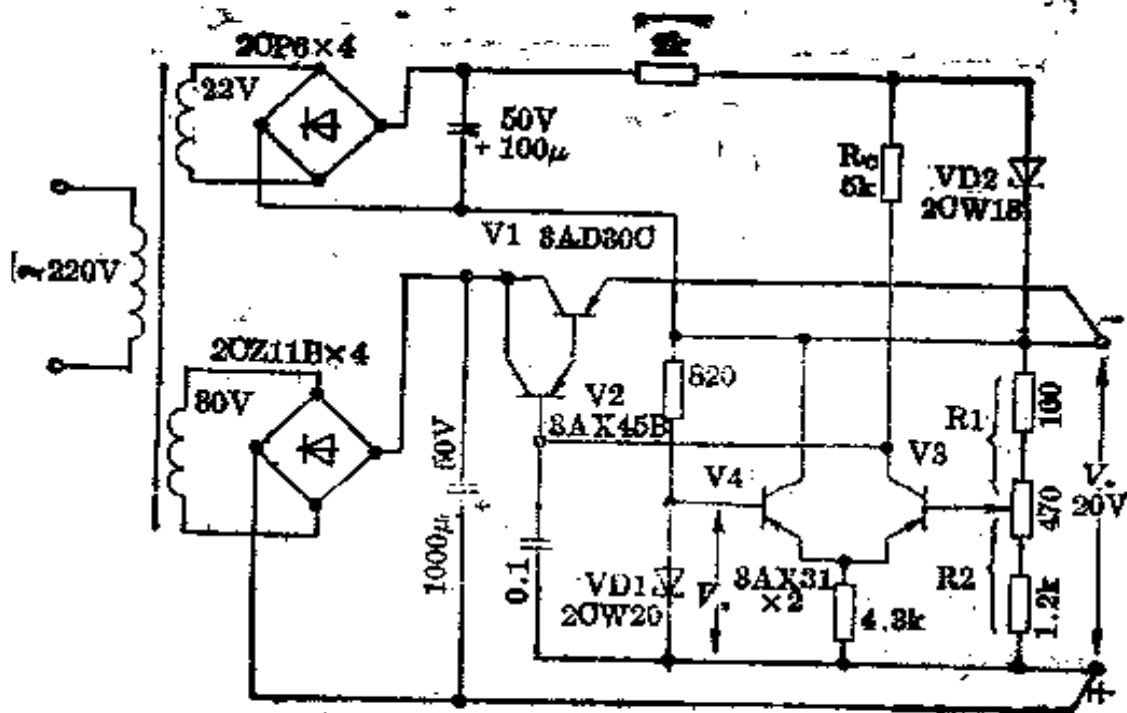


图 8-38 具有辅助电源的稳压电源

放大倍数很大,从而大大改善了稳压系数  $s$  及其他指标。用于对稳压系数  $s$ 、输出电阻  $R_o$  等要求较高的场合。

(5) 差动放大稳压电源: 其电路如图 8-39 所示。由  $V_3$ 、 $V_4$  构成的差动放大器作比较放大器。差动放大器大大减少了比较放大器的温度漂移,从而提高了电源的温度稳定性。此电路还采用了组合调整管、辅助电源及差动放大器等项措施,各项性能均很好,因此应用极为广泛。

(6) 二级差动放大稳压电源: 电路形式如图 8-40 所示,其比较放大器是

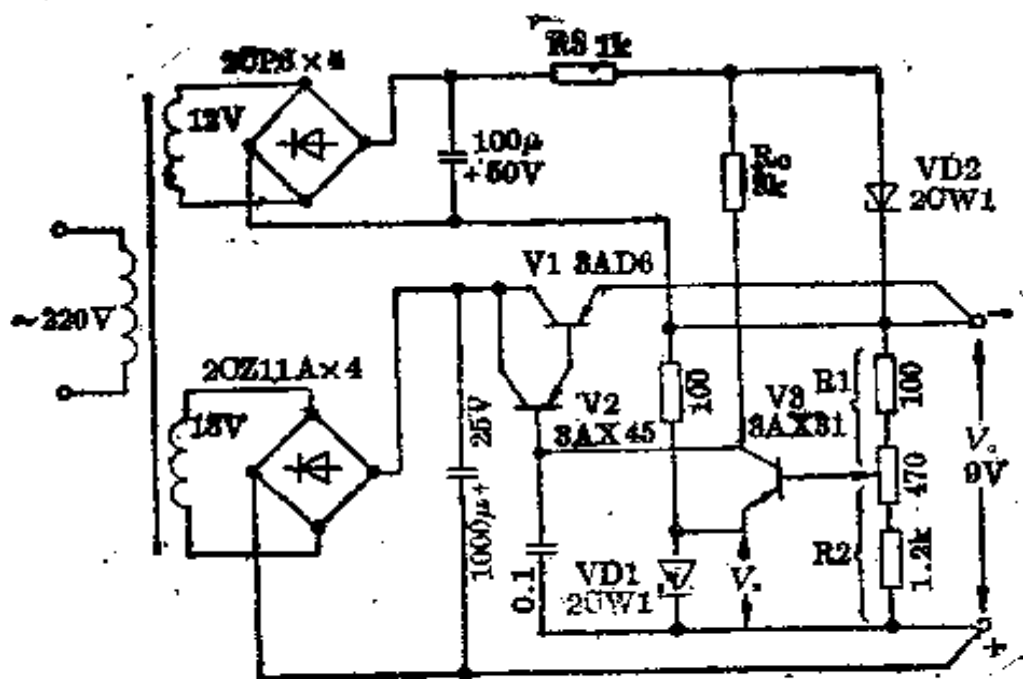


图 8-39 差动放大稳压电源

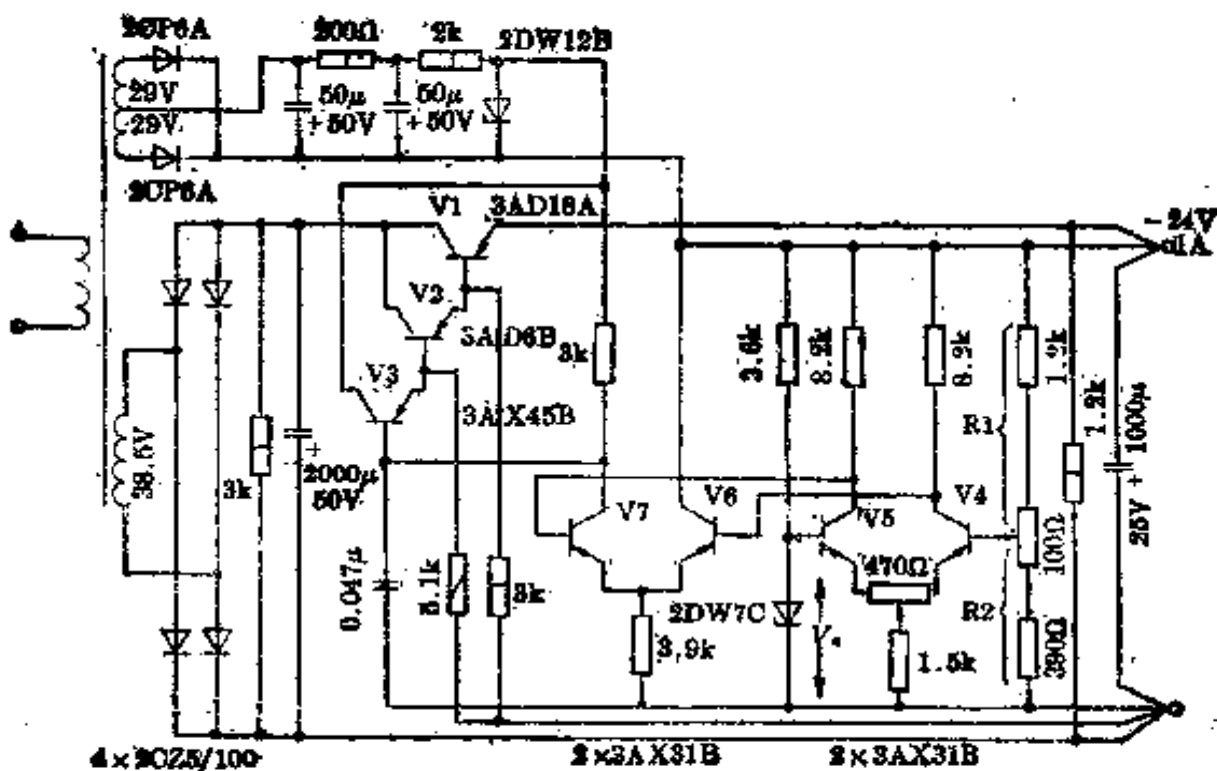


图 8-4 多级差动放大稳压电源

两级差动放电路。组合调整管基极上的电阻 ( $3\text{k}\Omega$  与  $5.1\text{k}\Omega$ ) 用来减小调整管的漏电流。输出端并联的  $1.2\text{k}\Omega$  电阻为内部泄放电阻,防止空载时失控。

该电路性能很好,但电路较复杂,所以可作为高精度、中等容量的基准电源。为了进一步提高电源的温度稳定性,第一级差动放大器的两个晶体管需经选配,并将这两个三极管与基准稳压管  $2\text{DW}7\text{C}$  放在设置的恒温小室中。

(7) 线性集成运算放大器稳压电源:电路形式如图 8-41 所示。其特点是用线性集成运算放大器  $8\text{FC}2$  代替分立元件的比较放大器,装配简单,调校方便,体积小。由于  $8\text{FC}2$  的电压放大倍数很高(约  $5 \times 10^4$ ),所以各项性能指标都很好。

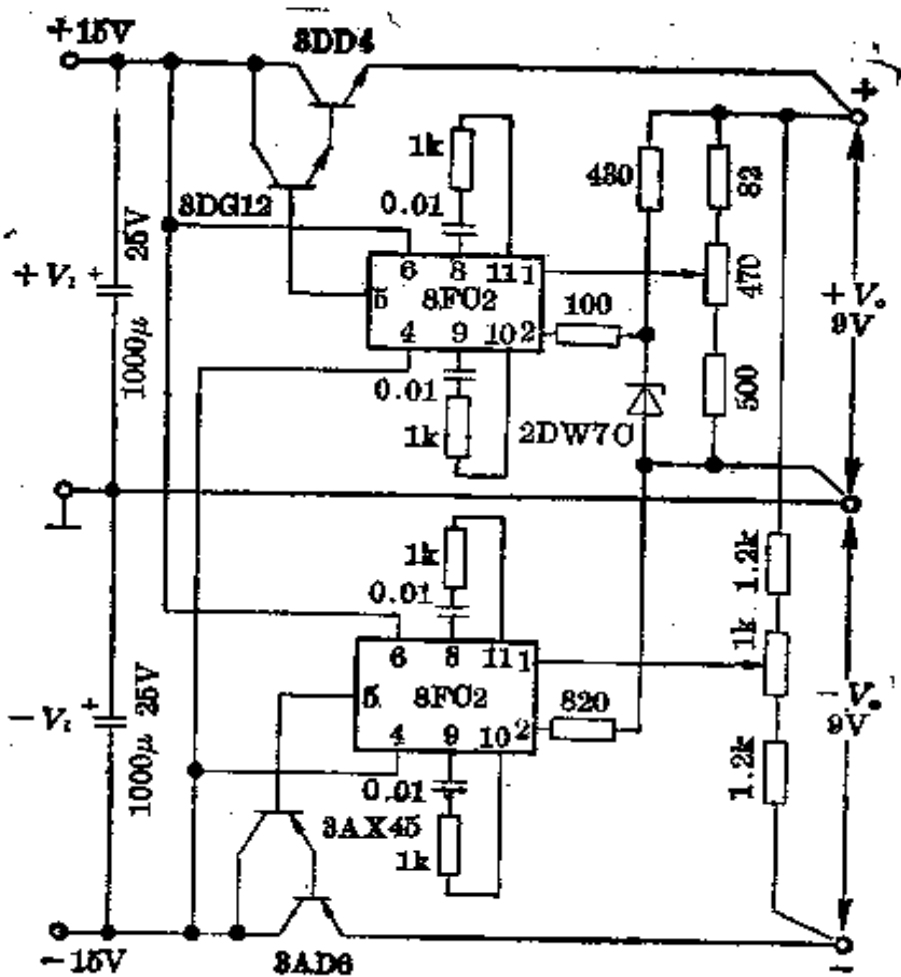


图 8-41 用线性集成放大器作为比较放大器的稳压电源

以上所介绍的各种稳压电源都是定压式稳压电源,即输出电压只能在小范围内调节。下面再介绍几种输出电压可在大范围内调节的稳压电源,即调压式稳压电源。

(8) 输出电压大范围可调的浮动式稳压电源:电路形式如图 8-42 所



示。其特点是有两组辅助电源，基准辅助电源和偏置辅助电源。基准辅助电源一方面作为基准电源，另一方面作为比较放大器的集电极工作电源。两组辅助电源均以输出电压的正端为基点，当  $V_o$  变化时，两组电源随之一起浮动，保持其相对值不变，从而不论  $V_o$  为何值，比较放大器均能正常工作，“浮动式”的名称便由此而得。

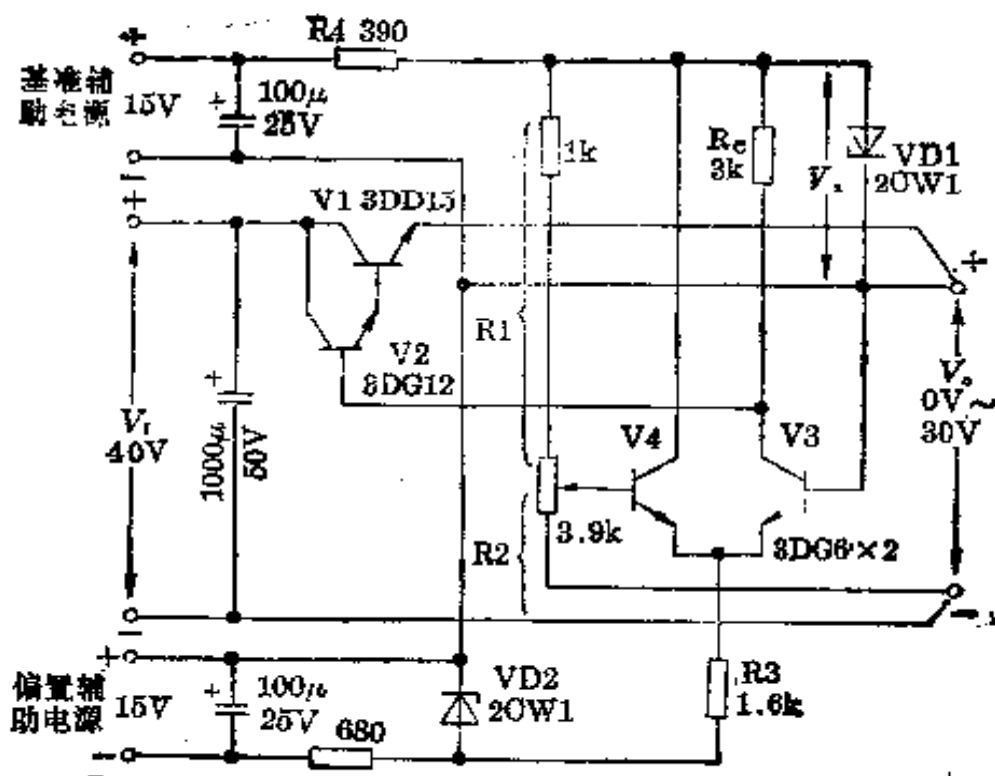


图 8-42 浮动式稳压电源

此电路的缺点是当  $V_o$  很低时，调整管两端的压降很大，从而调整管功耗很大。如果用晶体管恒流源代替  $R_c$ ，则可使整个电源的性能大大提高。

该电路用于要求从 0 伏开始大范围调节，性能指标一般的稳压电源。

(9) 变压器抽头输入式大范围可调稳压电源：电路形式如图 8-43 所示。此电路仍采用浮动式方案，只是输入交流电源采用变压器二次侧抽头分档，相应地  $R_2$  也采用分档调整。这样，根据某档  $V_o$  的调节范围将交流输入电压调至适当的数值上，使调整管压降始终小于 10 伏，从而减小调整管功耗。该电路用作要求性能一般的通用直流稳压电源。

(10) 利用可控硅减小调整管压降的大范围可调式稳压电源：电路形式如图 8-44 所示。整个电路仍然采用浮动式方案，使  $V_o$  在 0 到 30 伏范围内连续可调。为了限制调整管两端的压降，将调整管压降经电阻分压后送到可控

硅的移相触发电路, 改变移相角, 即可改变输入直流电压  $V_i$ , 使调整管  $V_1$  的管压降保持在选定的数值附近。为了减少  $V_1$  的脉动, 增加了 LC 滤波环节, 并由二极管提供释放能量回路。

该电路除能减小调整管的管压降外, 其余指标均与一般浮动式稳压电源相同。

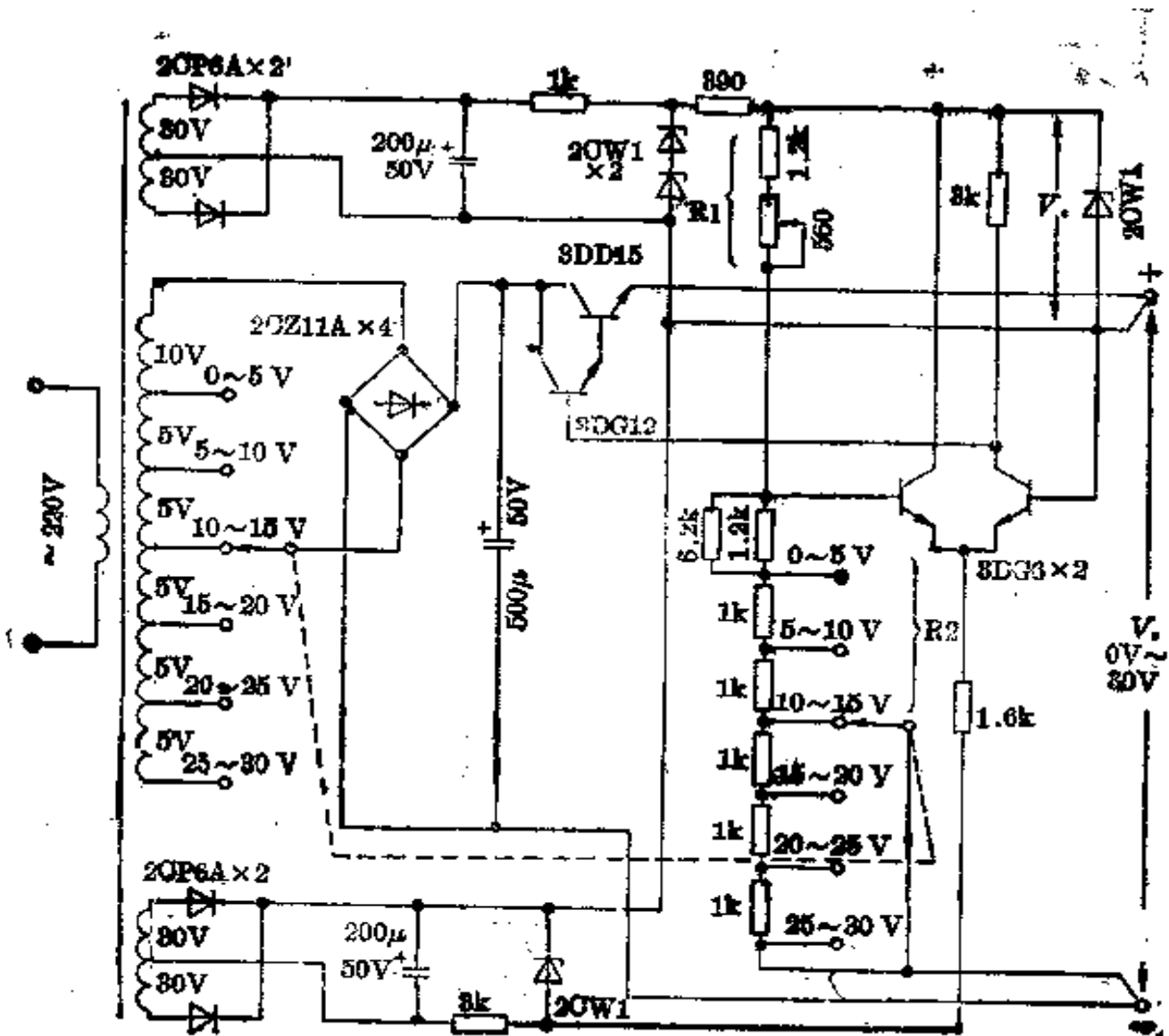


图 8-43 变压器抽头输入式大范围可调稳压电源

3. 串联式稳压电源的保护环节 串联式稳压电源与并联式相比具有效率高、性能好等优点, 但其过载能力很差, 瞬时过载也会使调整元件损坏, 因而要加过载保护环节。常用的保护电路有限流式、减流式、截止式三种, 保护特性如图 8-45 所示, 图中(1)限流式, (2)减流式, (3)截止式。

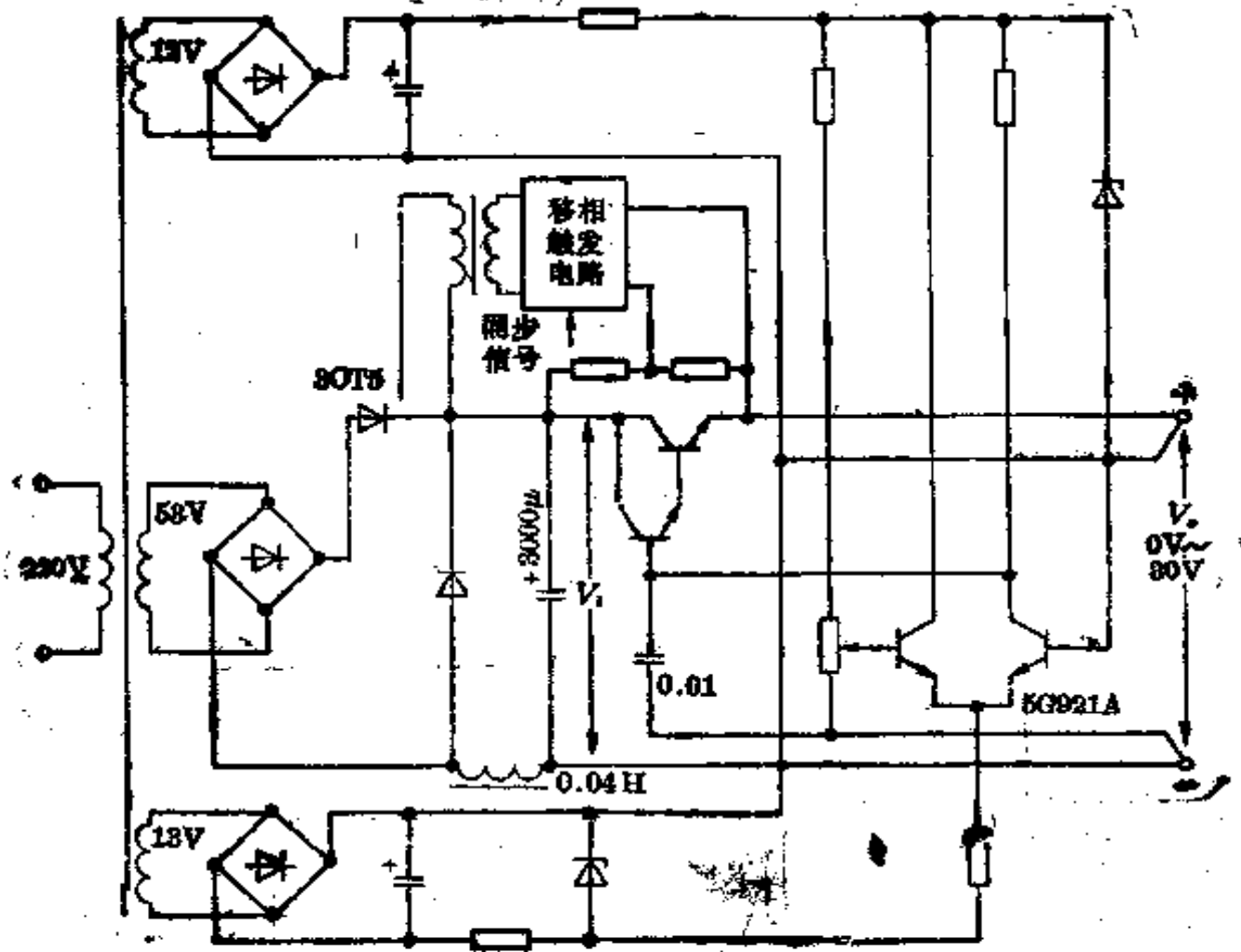


图 8-44 用可控硅减小调整管压降，大范围可调稳压电源的原理图

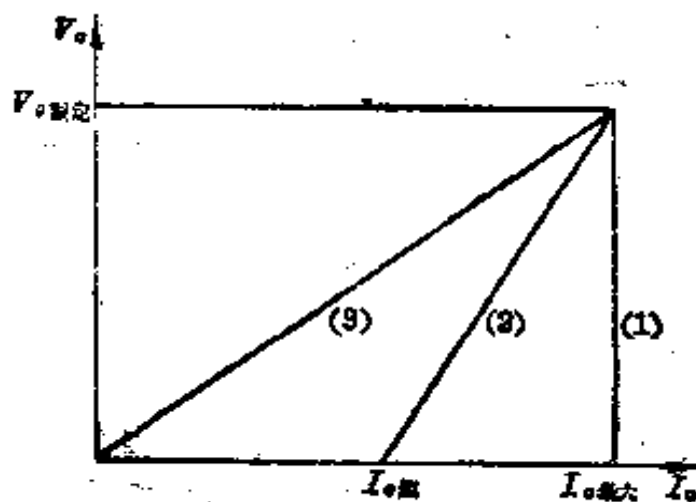


图 8-45 保护电路的特性

(1) 限流式保护电路: 电路如图 8-46 所示。图中 V5 与  $R^*$  一起构成限流式保护电路,  $R^*$  为过流发信电阻。当  $I_o$  小于额定电流时,  $R^*$  两端的压降较小, 晶体管 V5 处于截止状态, 对电源的正常工作毫无影响。当  $I_o$  为额定值时, 调整  $R^*$  使它两端的压降恰好等于 V5 导通的阈值电压, V5 开始导通, 使注入调整管基极的电流经 V5 分流掉,  $I_o$  被限制在额定值。

通常按输出电流为额定值时在  $R^*$  两端所产生的压降为 0.5 伏初选  $R^*$ , 其精确值由调试确定。

图 8-46 保护电路的优点是线路简单, 当负载电流恢复正常时, V5 会自动回复到截止状态, 电路便自动恢复正常。缺点是当输出端不慎短路时, 虽然最大电流得到限制, 但调整管上压降很大, 所以调整管功耗很大。

图 8-47、图 8-48 为限流式保护电路的其他形式, 虚线框内的部分为限流保护电路, 调整  $R^*$ , 即可改变保护电路的工作电流。

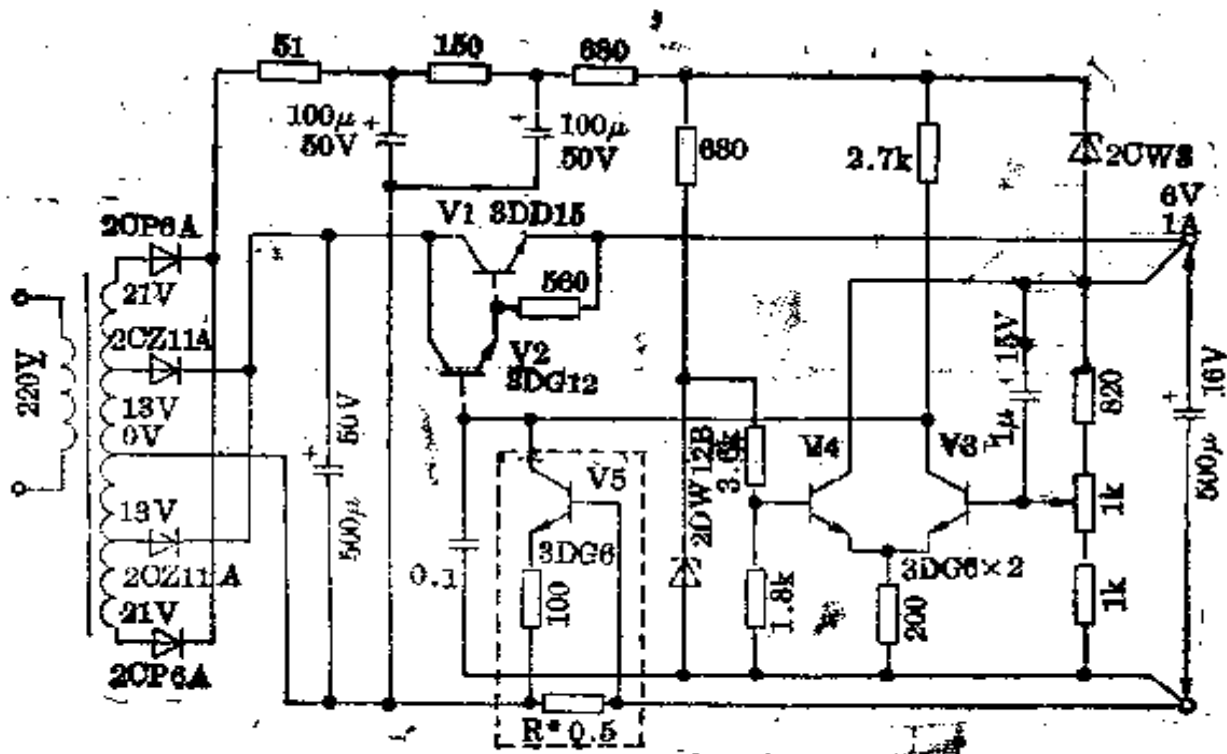


图 8-46 限流式保护电路稳压电源(1)

图 8-49 电路, 稳压管采用恒流源供电, 而差分比较放大器的负载是恒流管 V1, 从而使比较放大器的增益提高了好多, 这也就提高了稳压器的稳定度。图中  $R_1 = R_2$ , V1 的  $V_{be}$  与 VD 为补偿, 因此,  $I_{O1} = I_{O2}$ , 这会使 V2、V3 的失调减小。

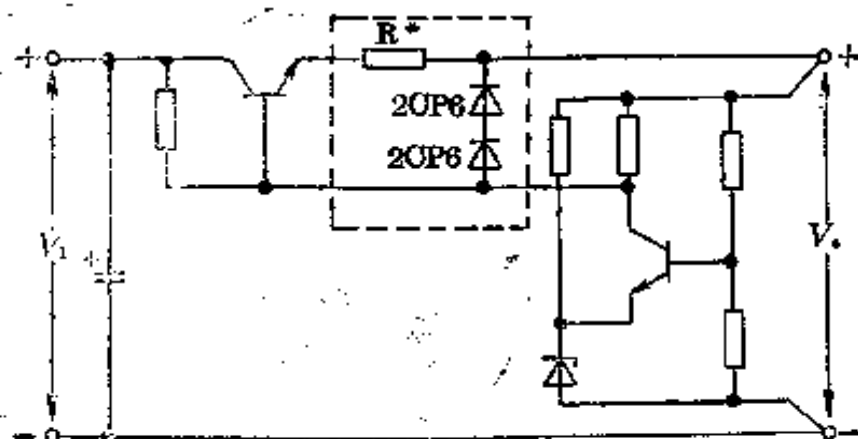


图 8-47 限流式保护电路稳压电源(2)

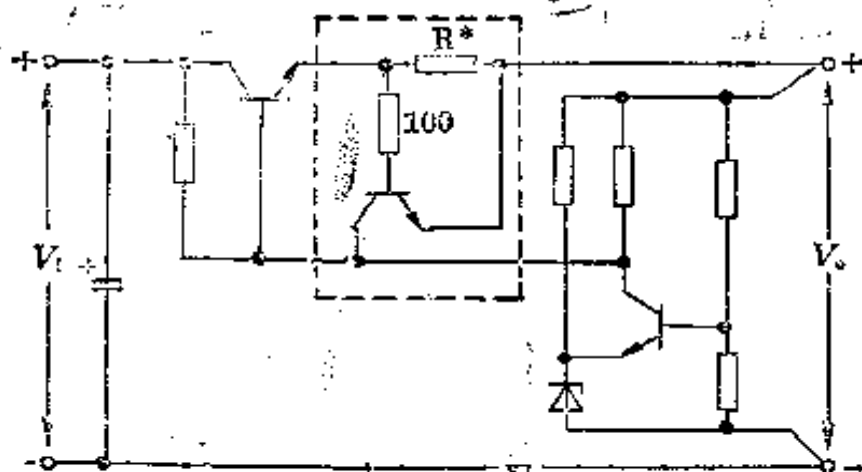


图 8-48 限流式保护电路稳压电源(3)

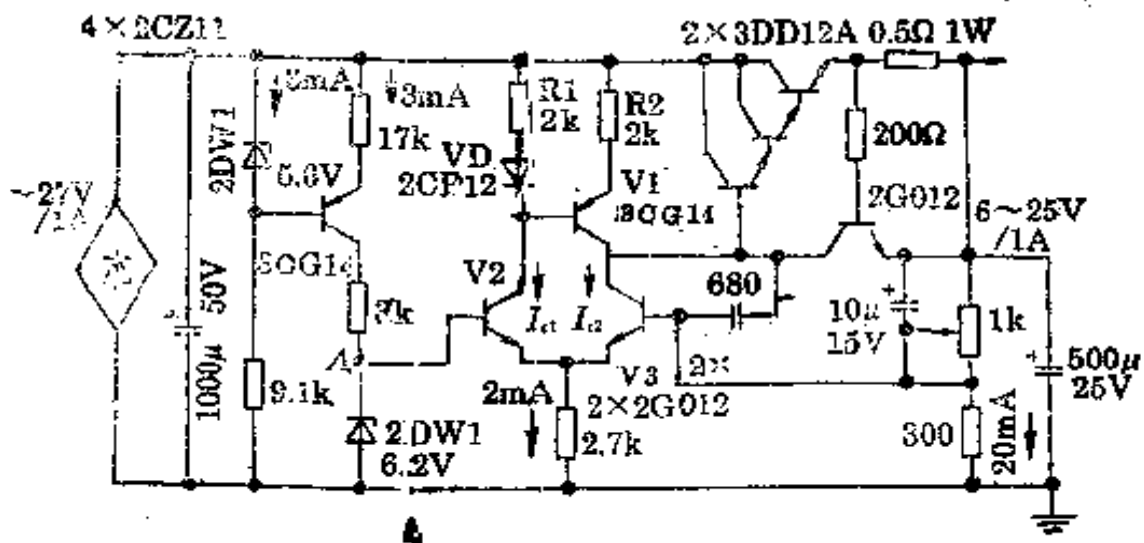


图 8-49 限流式保护电路稳压电源(4)

(2) 减流式保护电路和短路保护式电路: 减流式保护电路的特点是当输出电压低于额定值时会自动降低限流的额定值。这样, 当输出端短路时, 虽然调整管的管压降增大了, 但调整管中的电流减少了, 所以即使输出端短路, 调整管的功耗仍不超过设计定额。电路如图 8-50 图中虚线框部分为减流式保护电路, 其中  $R^*$  是过流发信电阻, 输出电压经电阻分压在  $R_1^*$  两端所得的电压是  $V_6$  的预置反偏电压。电路正常工作时, 适当选择  $R_1^*$  使  $V_6$  截止, 保护电路不影响组合调整管的工作。当负载电阻减小到使输出电流超过允许值时,  $R^*$  两端的压降增大, 使  $V_6$  导通, 组合调整管的基极注入电流经  $V_6$  分流掉, 从而将输出电流限制住。此时, 由于输出电压必然低于额定值, 而输出电

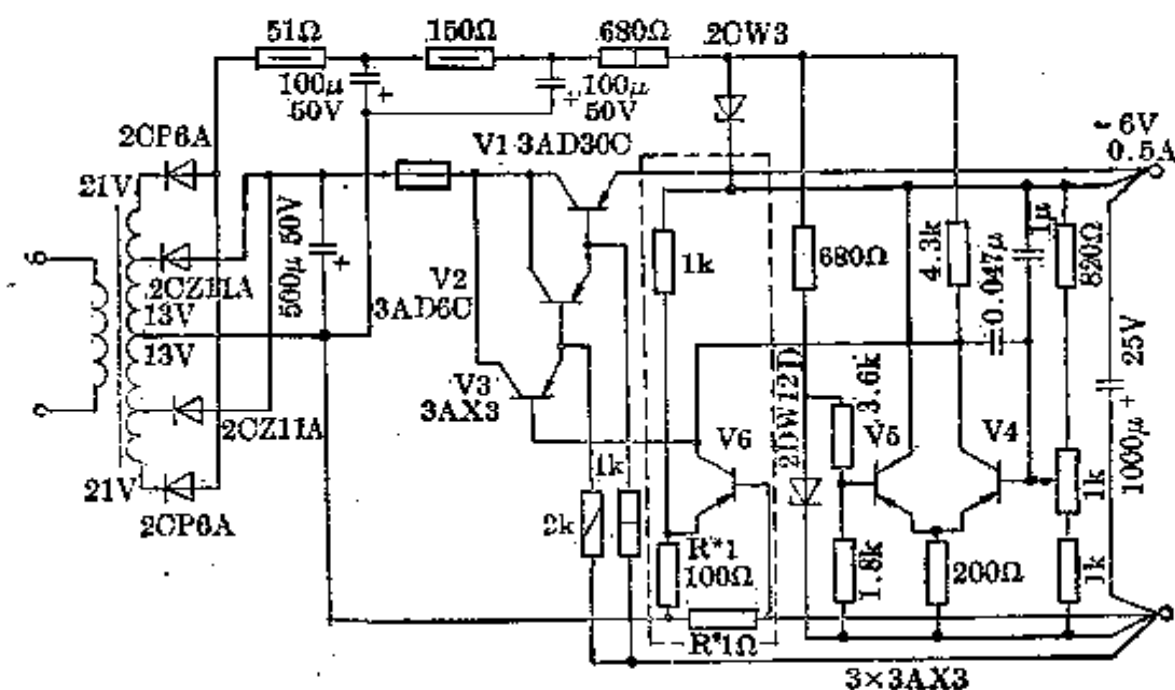


图 8-50 减流式保护稳压电源(1)

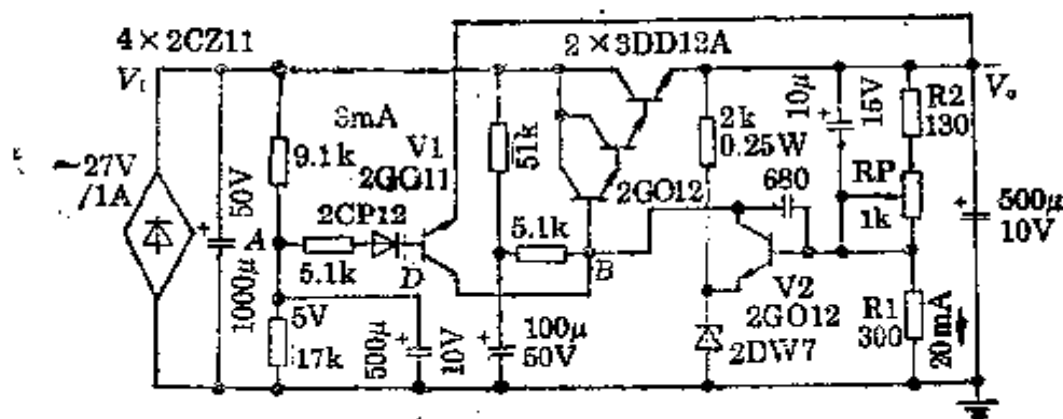


图 8-51 短路截流保护稳压电源(2)

压的降低又会使  $R_1$  两端的压降减小, 即  $V_6$  的预置反偏电压减小了, 因而相应的输出电流被限制在较小的数值上, 输出电压越低, 输出电流的限定值亦越低, 因此可以降低调整管在过载状态下的功耗。同时, 该电路具有自动回复的功能。

图 8-51 是具有输出短路截流保护作用的电路, 图中  $V_1$  起短路截流作用, 电路正常工作时,  $V_1$  的发射极电位比基极电位高, 因此  $V_1$  截止。当输出端发生短路时, A 点的电位比 D 点电位高,  $V_1$  导通至饱和, 此时 B 点电位为零, 调整管  $I_b=0$  而截止, 实现了保护作用。A-D 间串入二极管  $2CP_{12}$  为保护  $V_1$  的发射极结而设置的。A 点对地接有  $50\mu F$  电容, 是在开机时 A 点电位升高有一个过程, 使起始时  $V_1$  截止, 电路能正常工作, 其输出电压为:

$$V_o = \left(1 + \frac{R_2 + R_{RD}}{R_1}\right) (V_{VD} + V_{be})$$

(3) 截止式保护电路: 如图 8-52 所示, 图中虚线框部分为截止式保护电路, 其中  $V_1$ 、 $V_2$  组成双稳态触发器,  $V_3$  为晶体管开关,  $R$  是过流发信电阻。当电路工作正常时, 双稳态触发器的  $V_1$  截止,  $V_2$  导通,  $V_2$  的集电极处于高电位, 使  $V_3$  截止, 这时保护电路不影响组合调整管的工作。当负载电流增大时,  $R$  两端的压降随之增加, 使  $V_2$  的基极电位升高。当升高到一定值时, 双稳态触发器翻转为  $V_2$  截止、 $V_1$  导通。这样由于  $V_2$  的集电极为低电位, 所以  $V_3$  饱和导通。组合调整管因其基极注入电流全部被  $V_3$  短路而截止, 稳压电源被迅速切断。保护电路的动作电流可通过改变  $V_3$  的基极电阻 (图中  $1.3$  千欧) 进行整定, 这个电阻越大, 动作电流也越大。通常将动作电流整定为额定电流的  $1.2$  倍。

(4) 复位环节: 保护电路一旦动作, 即使故障已排除, 由于双稳态触发器不能自动回复, 因此稳压电源仍不会恢复供电。这时必须按下复位按钮 SB, 利用辅助电源对电容 C (20 微法) 的充电电流, 强行抬高  $V_1$  的基极电位, 使  $V_1$  重新截止, 双稳态触发器翻转为  $V_2$  导通的状态。这时电源才恢复供电。复位后, 按钮松回, 其常闭触点将电容 C 短路而放电, 准备下次复位再用。

(5) 延时环节: 在电源刚接通的瞬间, 对滤波电容  $C_2$  的充电电流很大, 会使保护电路误动作。如在  $V_1$ 、 $V_2$  基极和发射极之间并联电容  $C_3$ 、 $C_4$  (图中虚线所示) 可让保护电路的动作迟钝一些, 以防止误动作, 但这样却使保护电路的动作速度也相应降低。

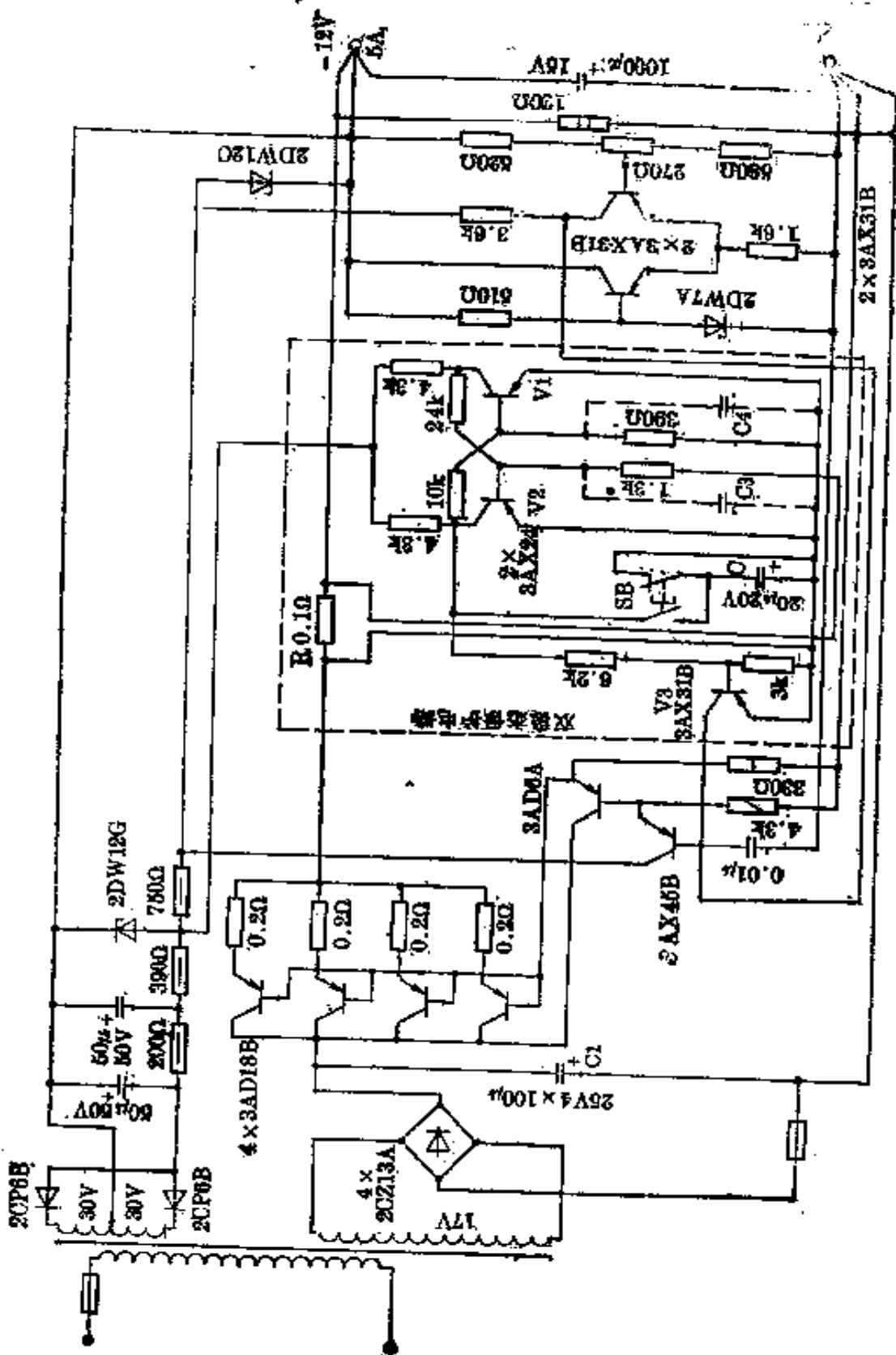


图 8-52 具有截止式保护电路的稳压电源



### 五、开关调整型稳压电源

电路形式如图 8-53 所示。图中 V5、V6、V7 组成电压控制型多谐振荡器，V7、V8 的等值电阻受比较放大器输出电压的控制，所以多谐振荡器的脉冲宽度会随比较放大器的输出电压而变，经激励级使调整管的通断时间之比改变， $V_o$  便随之改变。

由于调整管工作于开关状态，调整管功耗很低，所以电源效率很高，且调整管的散热片大大缩小。

图 8-54 也是压控振荡式开关稳压电源，此电路若电流过大，在取样电阻  $R_s$  上会引起压降使晶闸管(3CTK)导通，使 3DK<sub>4</sub> 截止，同时也使 3AD<sub>6</sub> 截止。最后使电源的调整管也截止。当电流恢复到正常值时，3DG<sub>6</sub> 截止，3DG<sub>2</sub> 导通，使得 3CTK 控制极触发电压消失而截止。

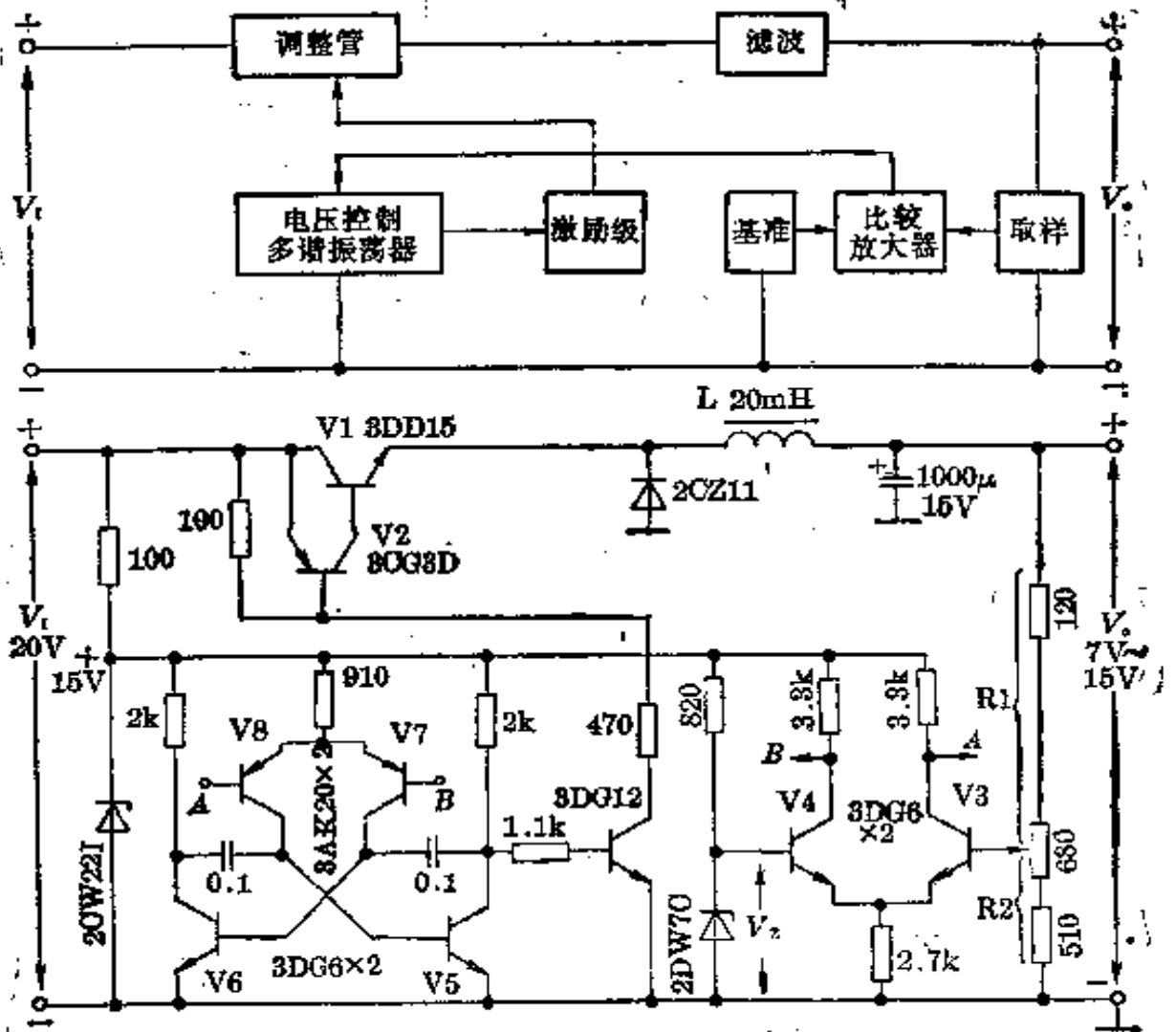


图 8-53 开关调整型稳压电源

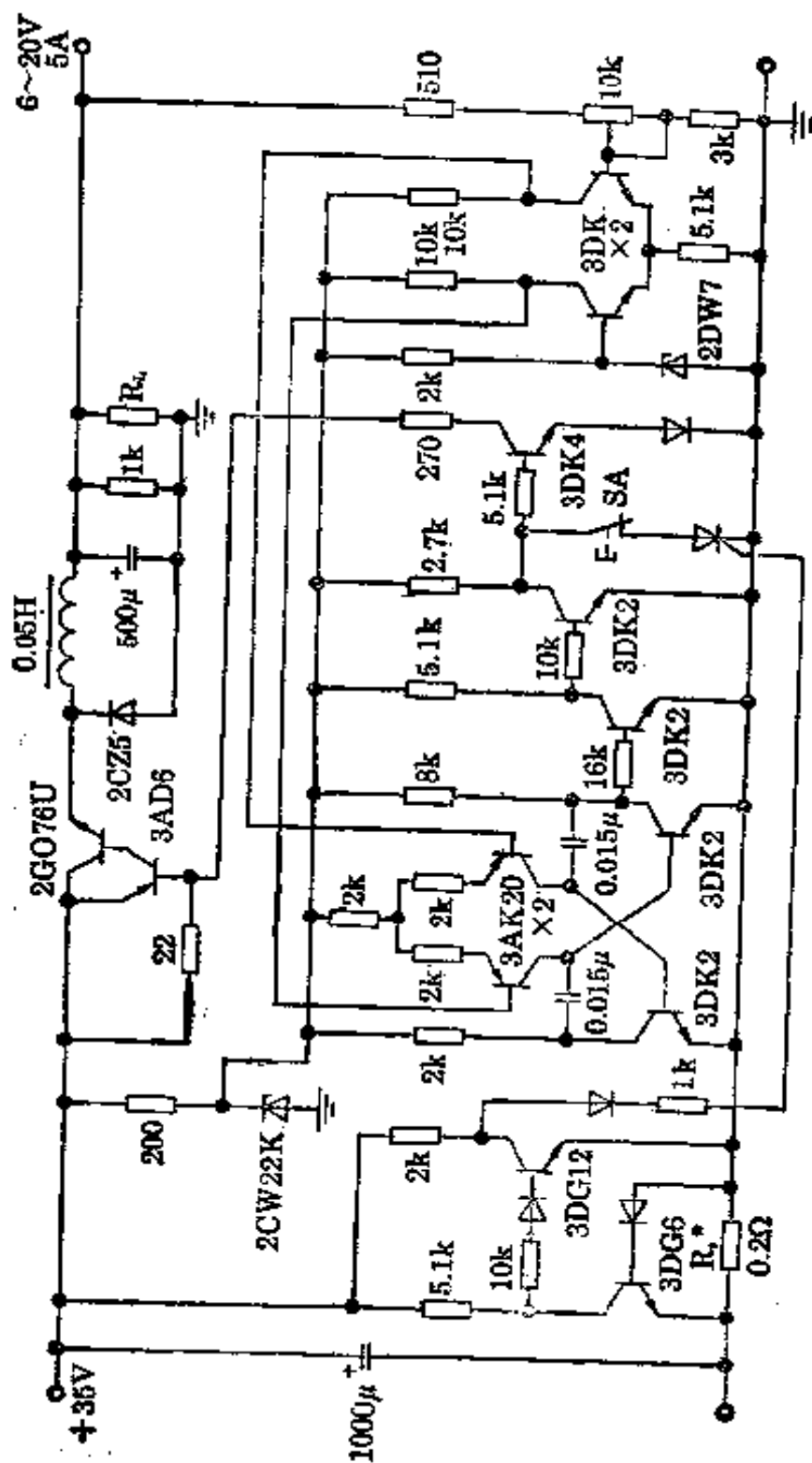


图 8-54 压控振荡开关稳压电源

## 六、集成稳压器

集成稳压器具有结构简单,使用方便,体积小,性能优良等优点,应用极其广泛。

1. 集成稳压器基本工作原理 现以 WB724 型集成稳压器为例,介绍集成稳压器基本工作原理。WB724 型集成稳压器的外形和内部电路如图 8-55。

WB724 为通用型大电流可调式集成稳压器,最大输出电流为 5 安,最大输出电压为 24 伏。它属于串联型负反馈稳压器,由下列六部分组成。

(1) 起动电路: 由  $R_1$ 、 $VD_1$ 、 $VD_3$  组成,这部分电路仅在刚合上电源的一瞬间起作用。当合上电源时,  $V_I$  经  $R_1$ 、 $VD_3$  向  $V_{13}$  基极注入电流,使  $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$  及  $V_{11}$  等电流源开始工作,但  $VD_2$  击穿正常工作后,由于  $VD_1$ 、 $VD_2$  的稳定电压均为 7 伏,所以  $VD_3$  截止,这时只有一个小电流经  $R_1$  流入  $VD_1$ ,这样可以阻止  $V_I$  中的纹波进入基准电压部分。

(2) 零温度系数基准电压部分: 由  $VD_2$ 、 $V_{13}$ 、 $R_4$ 、 $R_5$ 、 $R_6$ 、 $VD_4$ 、 $VD_5$  及由  $V_1$ 、 $V_2$  构成的电流源组成。这里  $VD_2$  与  $R_4$ 、 $R_5$ 、 $R_6$  为正温度系数,  $V_{13}$  的  $V_{be}$ 、 $VD_4$  和  $VD_5$  的正向压降为负温度系数,选取适当的电阻值使它们互相补偿而得到温度系数近似为零的基准电压。

(3) 采样比较放大部分:  $V_O$  经外接的  $R_{11}$ 、 $R_{12}$  分压获得取样电压。 $V_4$ 、 $V_5$ 、 $V_8$ 、 $V_9$ 、 $V_{11}$ 、 $R_8$ 、 $R_9$  及由  $V_3$  构成的恒流源组成比较放大器。其中,  $V_4$ 、 $V_5$  是差动对管,恒流源  $V_3$  是  $V_5$  的集电极负载,  $V_8$ 、 $V_9$  构成复合管将  $V_5$  的输出电压再一次放大后由  $V_9$  的集电极推动调整管部分。

(4) 调整部分: 由  $V_6$ 、 $V_7$ 、 $V_{12}$  构成的复合管。

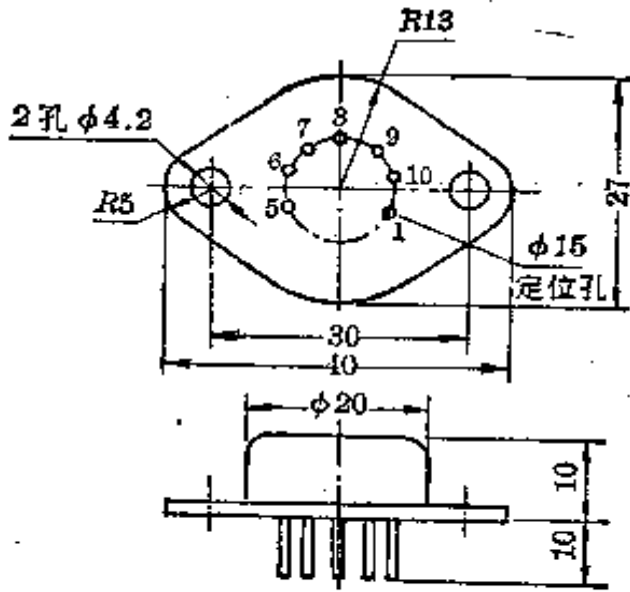
(5) 恒流源部分: 共有两组恒流源,即  $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、 $R_7$  为一组,  $R_6$ 、 $VD_5$ 、 $V_{11}$ 、 $R_8$  为一组。

(6) 保护部分: 保护电路部分结合用法介绍。

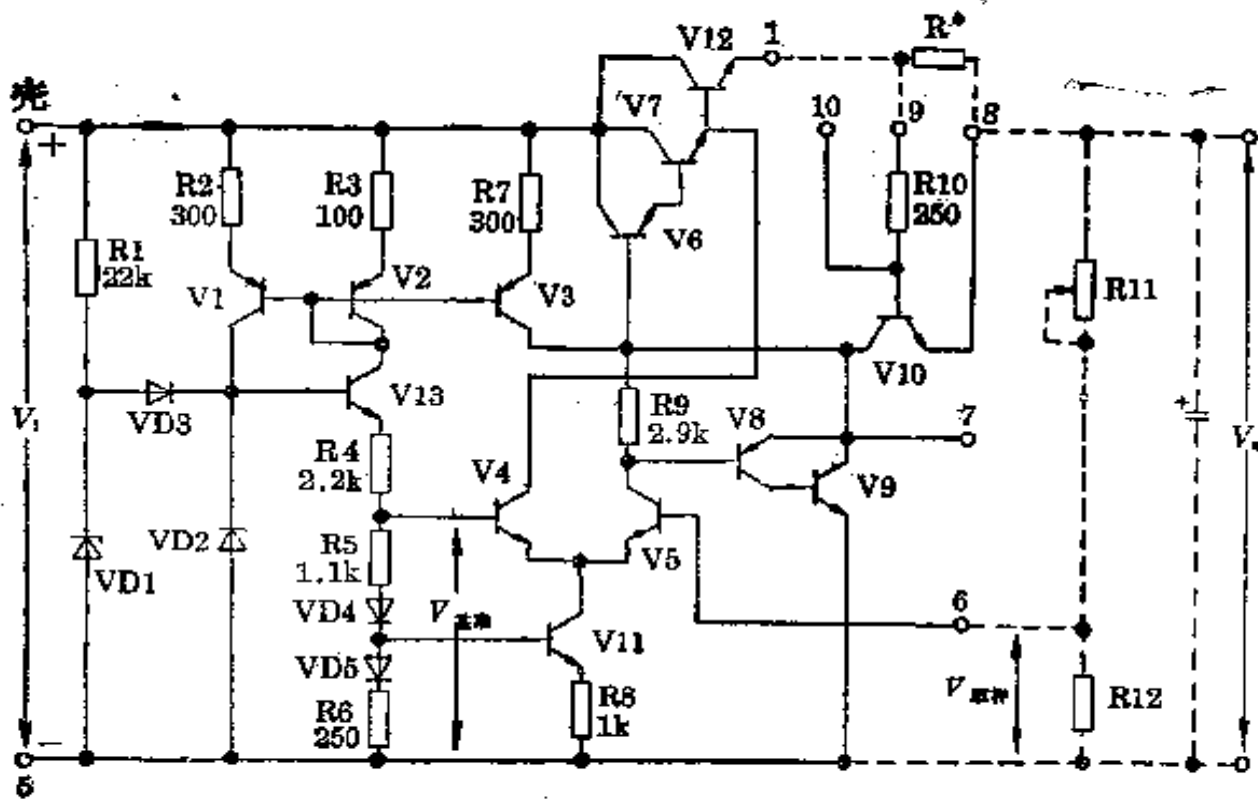
2. 集成稳压器的使用

(1) 使用注意事项:

- ① 使用时必须考虑交流电网电压的变化与空载影响;
- ② 对于最小压差必须在输入为最低谷值时也能满足;
- ③ 大电流使用时,输出应采用粗导线,取样点应紧靠负载;
- ④ 散热器与管壳底面应接触良好;
- ⑤ 使用中必须有保护电路。



(a) 外形图(图中尺寸单位为毫米)



(b) 电路(虚线部分为外接电路)

图 8-55 WB724 型集成稳压器

## (2) 保护电路的接法:

① 限流保护接法: 如图 8-56 中,  $R^*$  为过电流发信电阻, 其值按  $R^* = \frac{0.6(\text{伏})}{I_{O\max}(\text{安})}$  选取, 式中  $I_{O\max}$  为输出电流上限值。当  $I_O$  超过规定值时,  $R^*$  两端的压降使集成稳压器内部的 V10 导通, 从而将输出电流限制住。

② 减流保护接法: 如图 8-57 中, 与限流式保护相比, 在 10 脚与输出负端之间增加了一个减流电阻  $R_1$ , 它与集成稳压器内部的  $R_{10}$  一起将输出电压分压后得到保护管 V10 的反向偏置电压, 在输出电压低于额定值时, V10 的反向偏置电压随之减小, 所以会自动降低限流的额定值, 输出电压越低, 限流值亦越低。

③ 扩大输出电流接法: 如图 8-58 为了扩大输出电流, 增加了大功率调整管 V, 它与集成稳压器内部的调整管构成复合管。这时的最大输出电流与 V 的最大集电极电流有关。扩大输出电流后的保护电路不变, 图中所示为限流

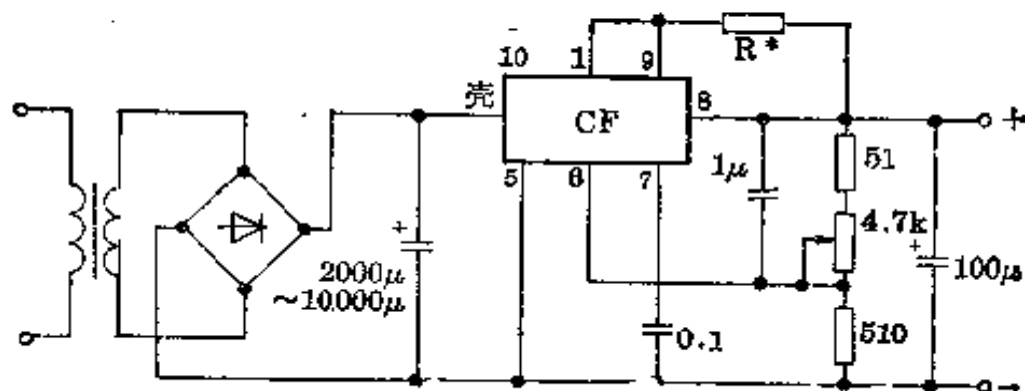


图 8-56 WB 系列集成稳压器限流保护外部接线图

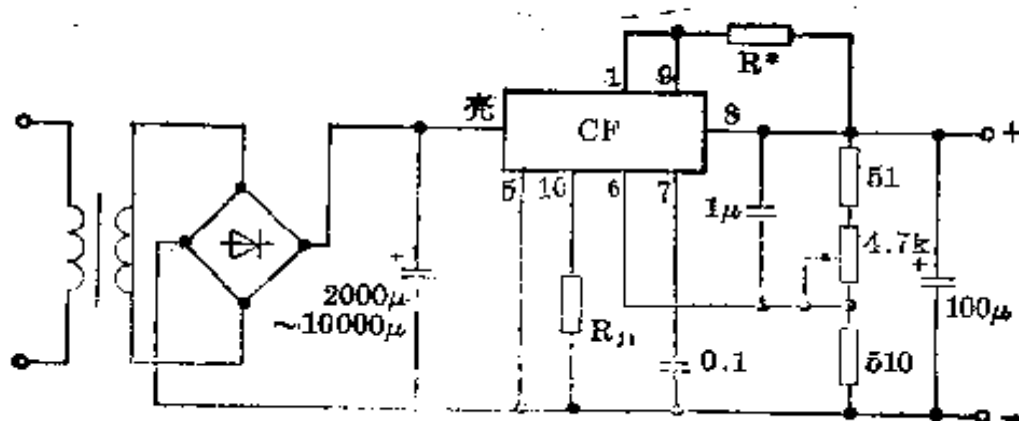


图 8-57 WB 系列集成稳压器减流保护外部接线图

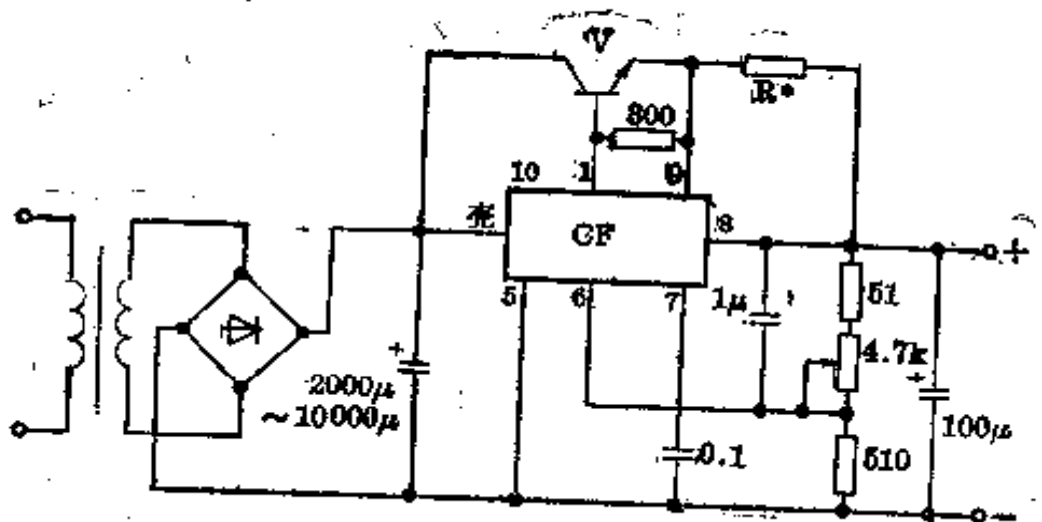


图 8-58 WB 系列集成稳压器扩大输出电流外部接线图

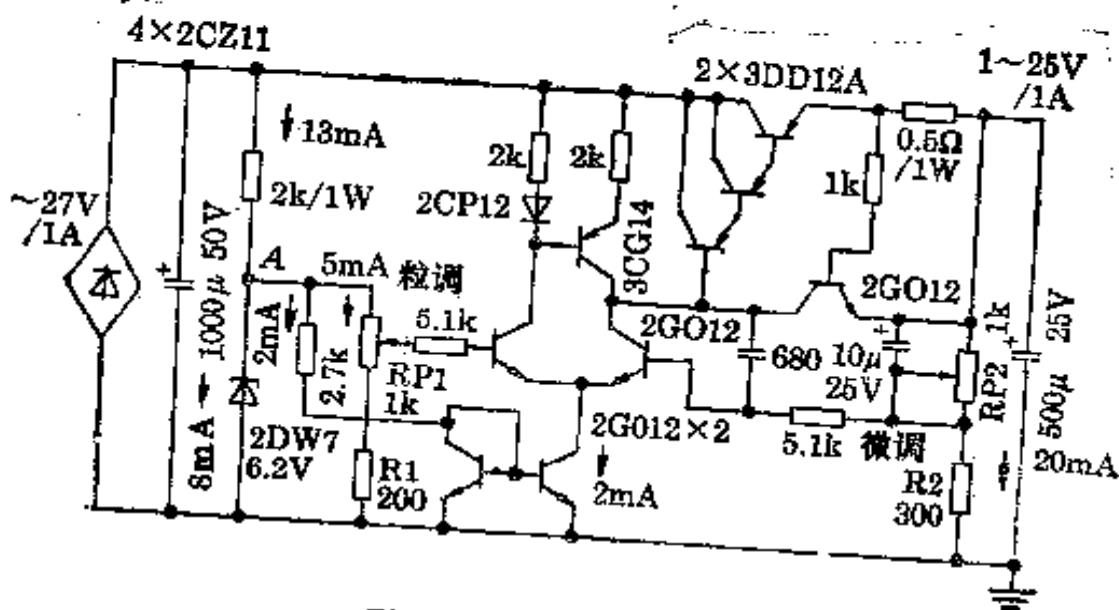


图 8-59 集成可调稳压器

式保护。

图 8-59 是通过调节  $RP1$ 、 $RP2$  的阻值，来改变输出电压，差动对管为 5G921。当输出电压要求  $\leq 6$  伏时， $RP2$  应为零，只要调节  $RP1$ 。若输出电压要求  $> 6$  伏时， $RP1$  调节至 6.2 伏，而后调节  $RP2$  使输出电压稳定在需要值。

3. 常用集成稳压器的技术参数 常用的集成稳压器有 WA、WB 和 5G14 等系列，其主要技术参数列于表 8-26、表 8-27 和表 8-28。

表 8-26 WA 系列集成稳压器主要参数

型 号	WA705		WA712		WA715		WA718		WA724	
输出电压(伏)	4.5~6.5		4.5~12		4.5~15		4.5~18		4.5~24	
最大输入电压(伏)	20		26		29		32		36	
最小压差(伏)	4		4		4		4		4	
最大输出电流(毫安)	30		30		30		30		30	
最大功耗(瓦)	0.5		0.5		0.5		0.5		0.5	
最小输出电流(毫安)	1		1		1		1		1	
输出电阻(欧)	A	$\leq 2$	A	$\leq 2$	A	$\leq 2$	A	$\leq 2$	A	$\leq 2$
	B	$\leq 1$	B	$\leq 1$	B	$\leq 1$	B	$\leq 1$	B	$\leq 1$
纹波抑制比(分贝)	A	不测	A	不测	A	不测	A	不测	A	不测
	B	$\geq 40$	B	$\geq 40$	B	$\geq 40$	B	$\geq 40$	B	$\geq 40$
电压调整率(%/伏)	A	$\leq 0.16$	A	$\leq 0.16$	A	$\leq 0.16$	A	$\leq 0.16$	A	$\leq 0.16$
	B	$\leq 0.04$	B	$\leq 0.04$	B	$\leq 0.04$	B	$\leq 0.04$	B	$\leq 0.04$

表 8-27 WB 系列集成稳压器主要参数

型 号	WB705-		WB712-		WB715-		WB718-		WB724-			
	0.2	0.5	1	2	0.2	0.5	1	2	0.2	0.5	1	2
输出电压(伏)	5 <sup>+10%</sup> <sub>-0%</sub>		4.5~12		4.5~15		4.5~18		4.5~24			
最大输入电压(伏)	20		26		29		32		36			
最小压差(伏)	4.5		4.5		4.5		4.5		4.5			
最大输出电流(安)	0.2	0.5	1	2	0.2	0.5	1	2	0.2	0.5	1	2
最大功耗(W)	1.5		1.5		1.5		1.5		1.5			
最小输出电流(毫安)	3	7	15	25	3	7	15	25	3	7	15	25
输出电阻(欧)	0.5	0.2	0.1	0.05	0.5	0.2	0.1	0.0	0.5	0.2	0.1	0.05
纹波抑制比(分贝)	A	不测		不测	A	不测		不测	A	不测		
	B	40		40	B	40		40	B	40		
电压调整率(%/伏)	A	≤0.16		≤0.16	A	≤0.16		≤0.16	A	≤0.16		
	B	≤0.04		≤0.04	B	≤0.04		≤0.04	B	≤0.04		



表 8-28 5G14 系列集成稳压器主要参数

型 号	A	B	C	D	E
最大输入电压(伏)	15	25	35	45	55
输出电压可调范围(伏)	4~6	4~15	4~25	4~35	4~45
电压调整率(%/伏)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
输出电阻(欧)	1	1	1	1	1
输入、输出最小压差(伏)	4	4	4	4	4
最大功耗(毫瓦)	300	300	300	300	300
工作温度范围(°C)	-40~+80	-40~+80	-40~+80	-40~+80	-40~+80
最高结温(°C)	125	125	125	125	125
最大输出电流(毫安)	20	20	20	20	20

## 七、功率管的热设计

1. 热设计 所谓热设计是指选择适当的散热器,使晶体管在最大功耗  $P_{OM}$  时的结温不超过最高允许值  $T_{JM}$ 。它是保护功率管的一项重要措施。

结温  $T_{JM}$  与  $P_{OM}$  的关系为:

$$T_{JM} = (R_T + R_{TS} + R_{Sa}) \times P_{OM} + T_a$$

式中,  $R_T$  为晶体管不带散热器时的热阻(°C/瓦),  $R_{TS}$  为管壳与散热器间的接触热阻(°C/瓦),  $R_{Sa}$  为散热器的热阻(°C/瓦),  $T_a$  为环境最高温度(°C)。

进行热设计时,  $P_{OM}$ 、 $T_{JM}$ 、 $T_a$  均为已知数据,其中,  $P_{OM} = V_{COM} \cdot I_{OM}$  由电路设计时求得;  $T_{JM}$  可查半导体器件手册,为安全可靠,可取为手册上数据的(80~90)%,即对锗管通常取  $T_{JM} = 80^\circ\text{C}$ ,对硅管通常取  $T_{JM} = 150^\circ\text{C}$ ;  $T_a$  一般取  $40^\circ\text{C} \sim 55^\circ\text{C}$ 。若记  $R_T + R_{TS} + R_{Sa} = R_\Sigma$  ( $R_\Sigma$  称为总热阻),则

$$R_\Sigma = \frac{T_{JM} - T_a}{P_{OM}} \text{ (}^\circ\text{C/瓦)}$$

由于  $R_T$  可查半导体器件手册获得;  $R_{TS}$  按经验,当管壳与散热器间垫有 0.25~0.76 毫米的云母片的值为  $0.3 \sim 0.8^\circ\text{C/瓦}$ ,通常取为  $0.5^\circ\text{C/瓦}$ ,于是,散热器的热阻为

$$R_{\text{总}} = R_{\text{管}} + R_{\text{T}} + R_{\text{TH}} (\text{°C/瓦})$$

按求得的  $R_{\text{总}}$  查散热器的“热阻—包络体积”关系曲线便可选得合适的散热器型式与尺寸。可见,对同一套电路,增大散热器可增加它的输出功率,反之,会使输出功率降低。

2. 常用散热器 常用散热器有散热板和散热型材两类,它们的表面都经过阴极氧化染黑处理,以利散热。在使用时要注意晶体管与散热器之间应有良好的接触,为此一般在散热器表面涂一层硅脂,使其导热性能良好。如要散热板不带电,可在它与晶体管之间垫一层很薄的云母片或聚脂薄膜。散热板的特性如图 8-60 所示。散热型材断面和尺寸如表 8-29,其特性如图 8-61 所示。

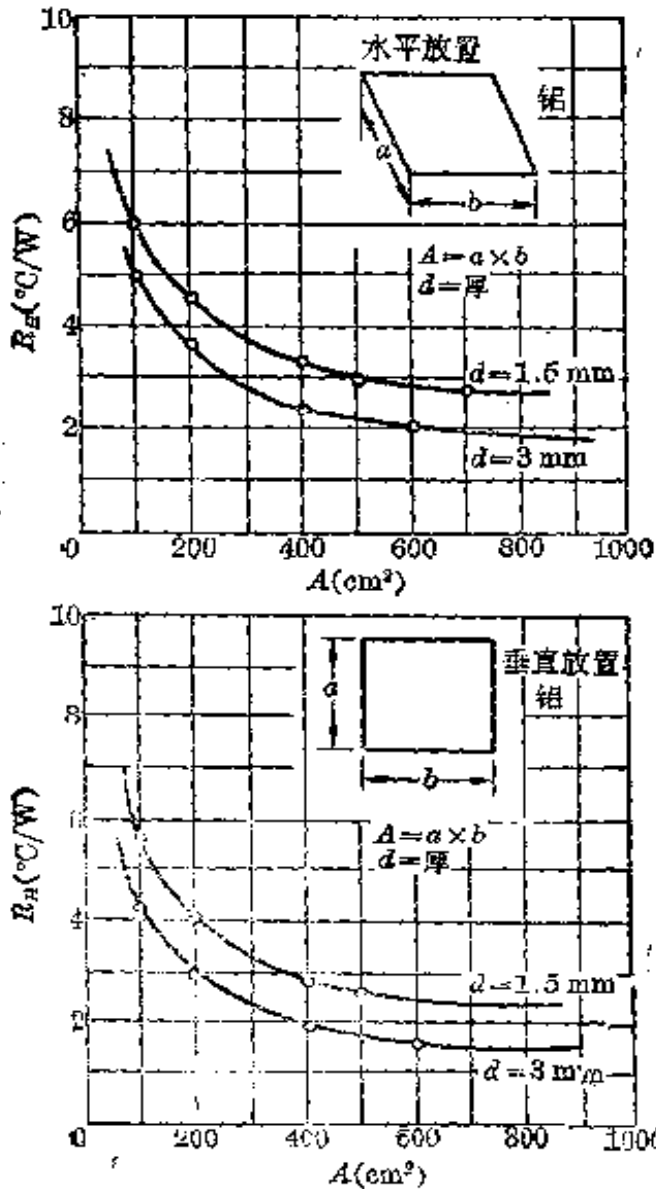
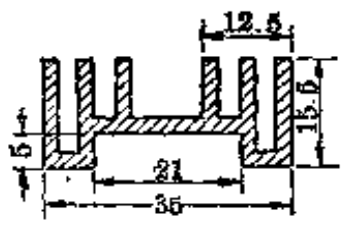
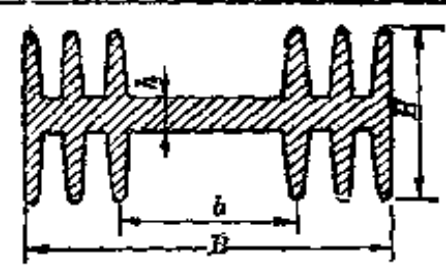
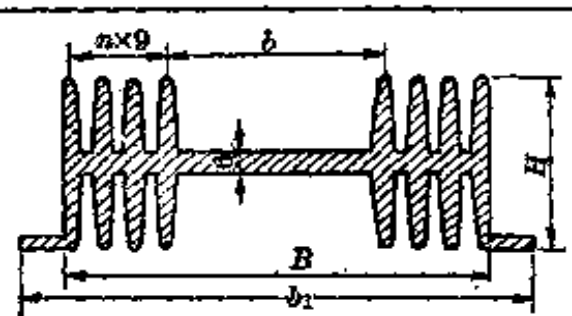


图 8-60 散热板的  $R_H$  与  $A$ 、 $d$  的关系曲线

表 8-29 XC76 型散热型材断面和尺寸

型号	断面	尺寸 (毫米)					
XC761							
XC766		序号	B	H	b	h	
		1	52	25	25	4	
		2	60	40	27	5	
XC768		序号	B	H	b	b <sub>1</sub>	n (模数)
		1	120	50	46.5	144	4
		2	156	50	45	180	6

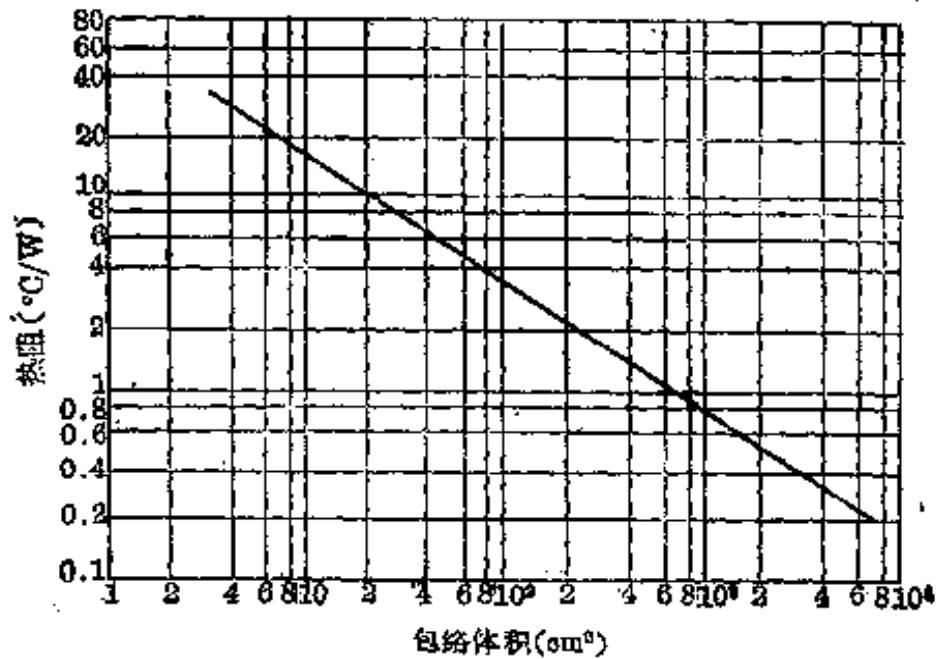


图 8-61 XC76 型散热型材的“热阻-包络体积”曲线

## 八、晶体管稳压电源典型电路

## 1. 定压式稳压电源系列典型电路

(1) 3伏晶体管直流稳压电源: 电路和参数见图 8-62 和表 8-30。

(2) 6伏晶体管直流稳压电源: 电路和参数见图 8-53 和表 8-31。

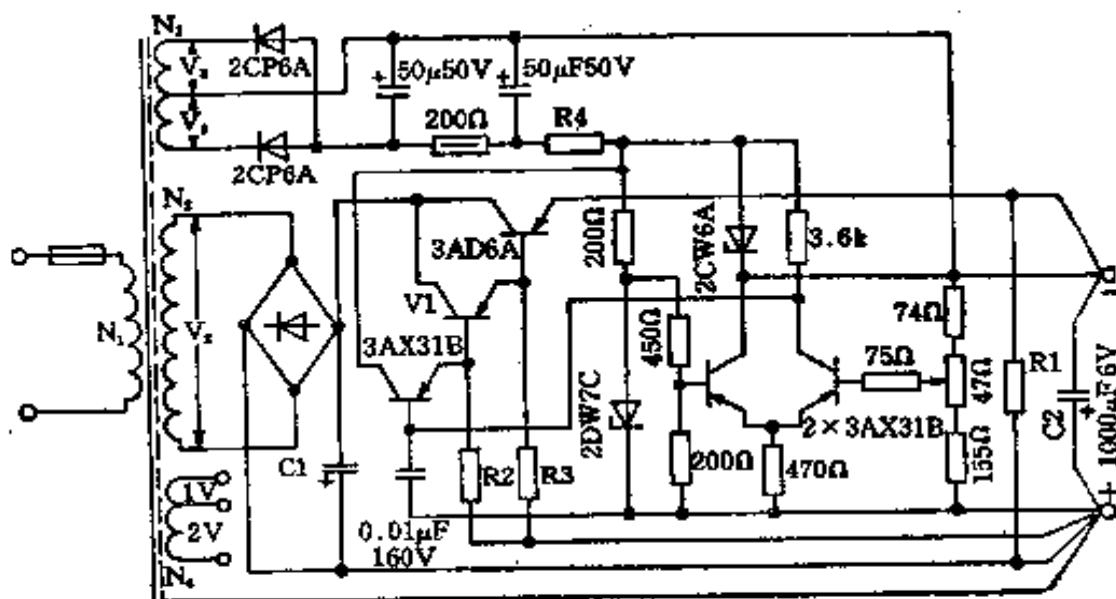


图 8-62 3伏稳压电源电路

表 8-30 3伏稳压电源参数表

额定输出电流	R1	R2	R3	R4	V1
0.5 安	150Ω	2.7kΩ	1kΩ	2×1W、330Ω*	3AX45B
1 安	100Ω	1.6kΩ	620Ω	2×1W、300Ω	3AD6A

\* 2×330 欧代表两只 330 欧的电阻串联, 下同。

表 8-31 6伏稳压电源参数表

额定输出电流	R1	R2	R3	R4	V1	V2	V3
0.5 安	1/4 W、300Ω	6.2kΩ	1.6kΩ	2×1W、330Ω	3AX31B	3AX45B	3AD6A
1 安	1/4 W、200Ω	3.9kΩ	560Ω	2×1W、300Ω	3AX31B	3AD6A	3AD30A
2 安	1/2 W、120Ω	3.6kΩ	470Ω	2×1W、270Ω	3AX45B	3AD6A	3AD18B



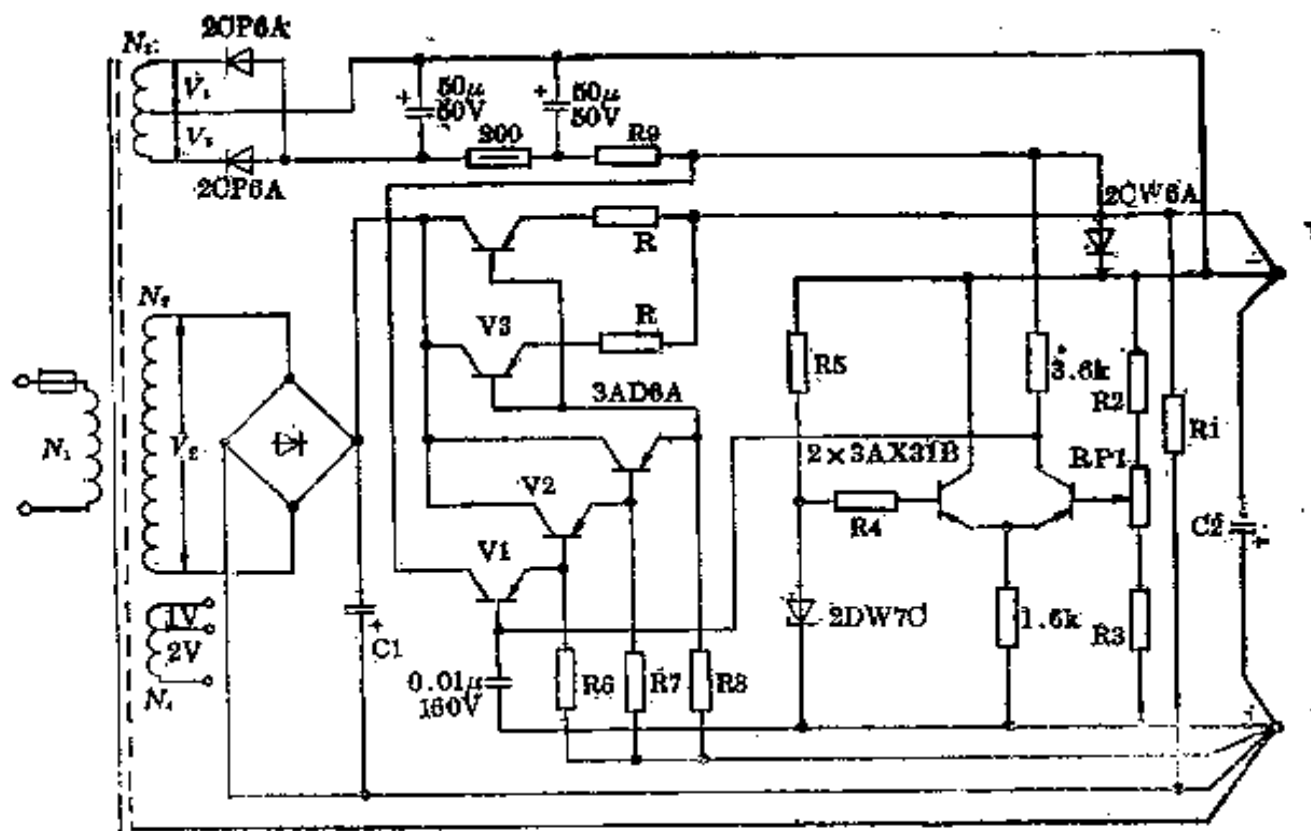


图 8-63 6 伏稳压电源电路

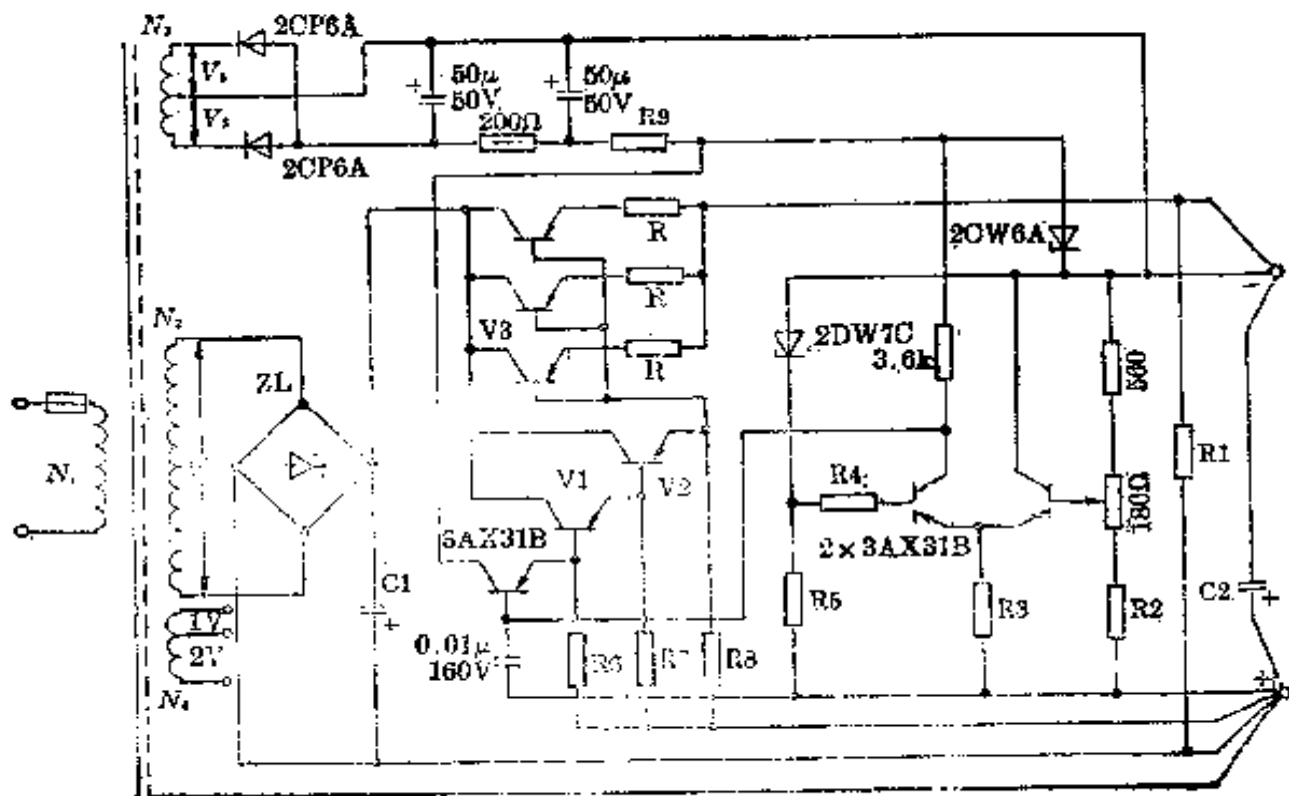


图 8-64 9~15 伏稳压电源电路

(3) 9~15 伏晶体管稳压电源: 电路和参数见图 8-64 和表 8-32。

(4) 18~45 伏晶体管稳压电源: 电路和参数见图 8-65 和表 8-33

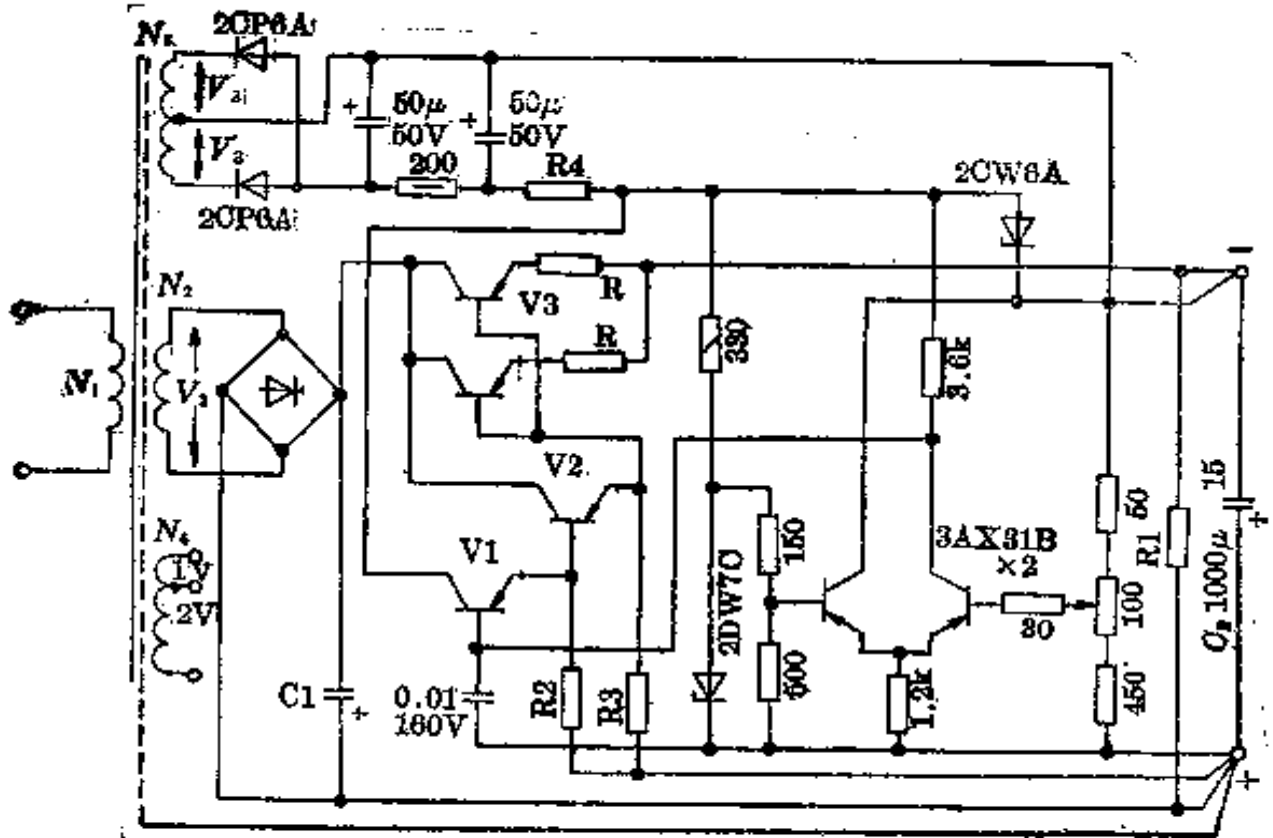


图 8-65 18~45 伏稳压电源电路

表 8-33 18~45 伏稳压电源参数表

稳定电压 (伏)	18				24			
	0.5	1	2	5	0.5	1	2	5
额定电流 (安)								
R1	1/2 W 910Ω	2×1/2 W 300Ω	2×1 W 180Ω	2.5 W 180Ω	1 W 1.2 kΩ	2×1 W 390Ω	2.5 W 470Ω	7.5 W 240Ω
R2 (千欧)	1.2				1.3			
R3 (千欧)	2.7				4.3			
R4 (千欧)	300				430			
R5 (千欧)	1.2				1.3			

(续表)

稳定电压 (伏)	18				24			
	0.5	1	2	5	0.5	1	2	5
额定电流 (安)								
R6 (千欧)	6.2	10	10	10	18	18	12	9.1
R7 (千欧)	—	—	—	2.7	—	—	—	4.7
R8	3.6kΩ	0.5 W 1kΩ	0.5 W 1kΩ	2.5 W 43kΩ	1/2 W 2.4kΩ	1/2 W 2.4kΩ	1 W 1.1kΩ	2.5 W 560Ω
R9	2×1/2 W 680Ω	2×1/2 W 680Ω	1 W 1.2kΩ	1 W 1.6kΩ	1 W 1.5kΩ	1 W 1.3kΩ	1 W 1.1kΩ	1 W 1.5kΩ
V1	—	—	—	3AD6A	—	—	—	3AD6B*
V2	3AD6A				3AD6B			
V3	3AD6A	3AD30B	3AD18B	2× 3AD18A	3AD30C	3AD18B	3AD18B	3× 3AD18B
稳定电压 (伏)	30				45			
	0.5	1	2	5	0.5	1	2	
额定电流 (安)								
R1	1 W 1.5kΩ	2×1 W 470Ω	2.5 W 560Ω	7.5 W 300Ω	2.5 W 2.2kΩ	2.5 W 1.5kΩ	7.5 W 910Ω	
R2 (千欧)	2.4				4.3			
R3 (千欧)	5.6				9.1			
R4 (欧)	510				510			
R5 (千欧)	2.4				3.9			
R6 (千欧)	30	20	13	8.2	30	24	16	
R7 (千欧)	—	—	—	30	—	—	—	
R8	1/2 W 2.4kΩ	1/2 W 2.4kΩ	1 W 1.2kΩ	2.5 W 510Ω	2.5 W 2.7kΩ	1 W 3.3kΩ	2.5 W 1.5kΩ	
R9	1 W 1.5kΩ	2×1/2 W 680Ω	1 W 1.2kΩ	2×1/2 W 430Ω	2×1/2 W 680Ω	2×1/2 W 680Ω	2×1/2 W 430Ω	
V1	—	—	—	3AX45E	—	—	—	
V2	3AD6B				3AD6C			
V3	3AD30C	3AD18B	2× 3AD18A	3× 3AD18A	3AD30C	3AD18A	2×3AD18A	

注: 不用散热器。



2. 调压式稳压电源典型电路 0.5~45伏、1安调压式稳压电源电路见图8-66。

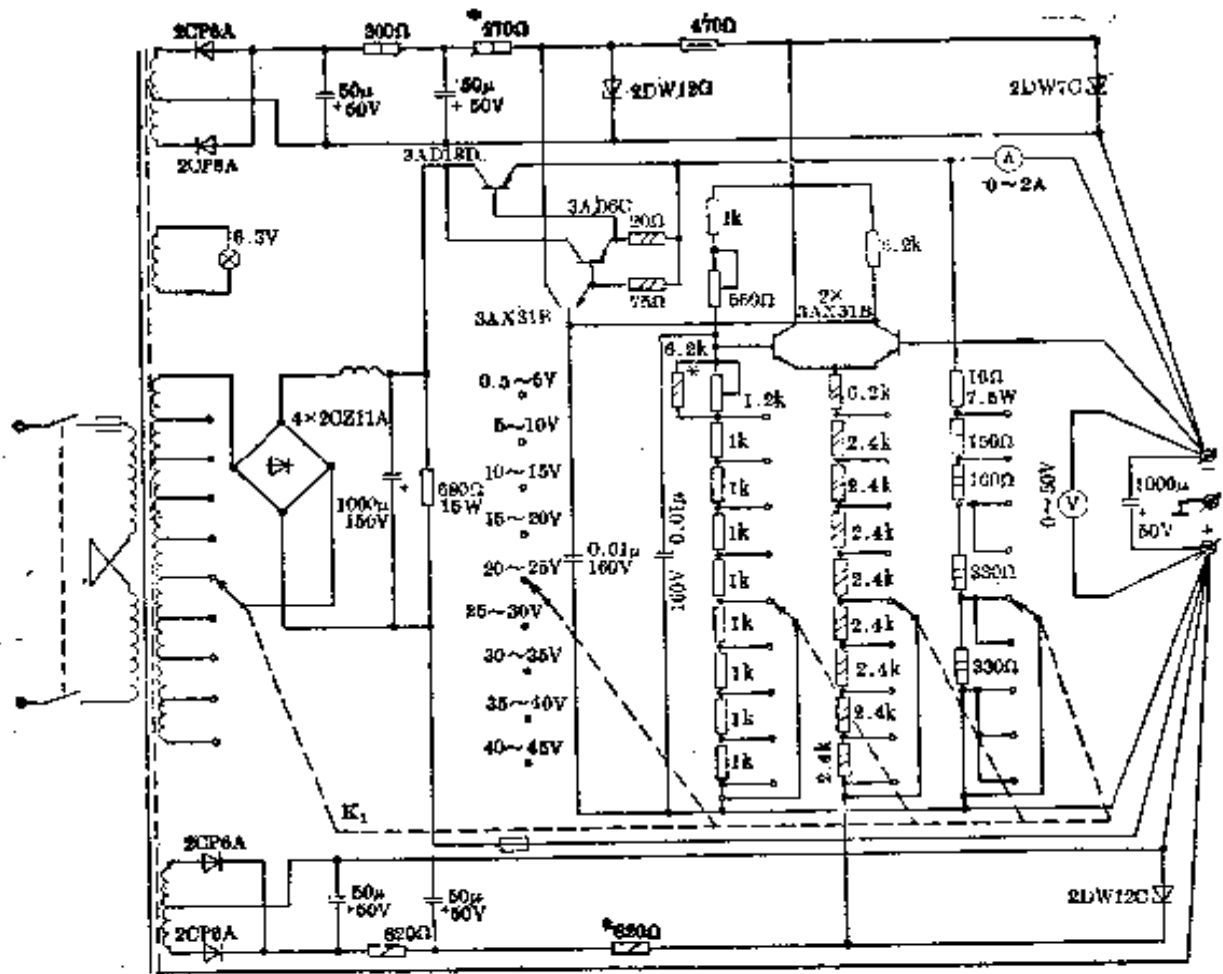


图 8-66 0.5~45 伏、1 安调压式稳压电源电路

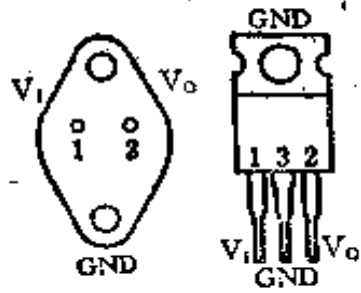
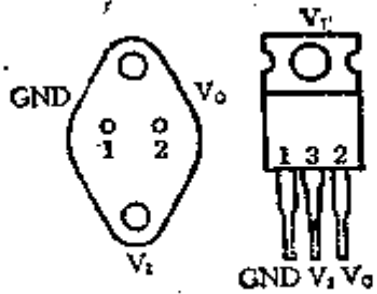
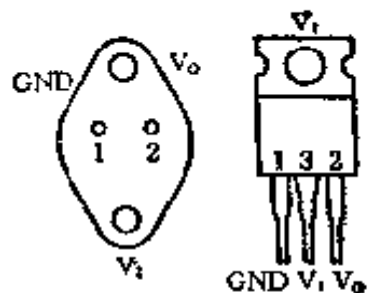
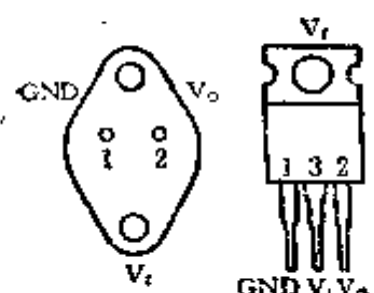
### 九、部分集成稳压器产品

近年集成稳压器发展很快，品种很多，表8-34仅列出部分产品供参考。

表 8-34 部分集成稳压器产品

名称	型号	参 数	外 引 线 排 列
三端 固定 正输出 集成 稳压器	CW37805	$V_0=5$ 伏 $I_0=1$ 安 $\Delta V_0(s_V)=50$ 毫伏 $\Delta V_0(s_I)=50$ 毫伏	
三端 固定 正输出 集成 稳压器	CW37806	$V_0=6$ 伏 $I_0=1$ 安 $\Delta V_0(s_V)=60$ 毫伏 $\Delta V_0(s_I)=60$ 毫伏	
三端 固定 正输出 集成 稳压器	CW37812	$V_0=12$ 伏 $I_0=1$ 安 $\Delta V_0(s_V)=120$ 毫伏 $\Delta V_0(s_I)=120$ 毫伏	
三端 固定 正输出 集成 稳压器	CW37815	$V_0=15$ 伏 $I_0=1$ 安 $\Delta V_0(s_V)=150$ 毫伏 $\Delta V_0(s_I)=150$ 毫伏	

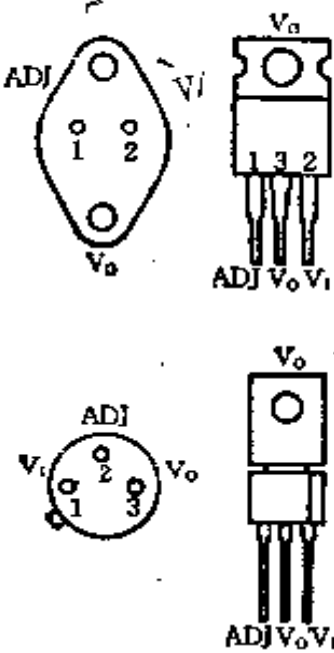
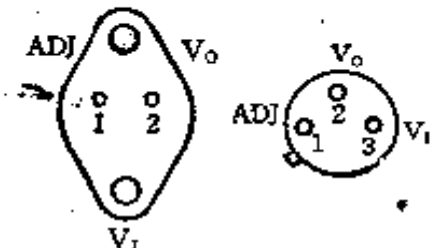
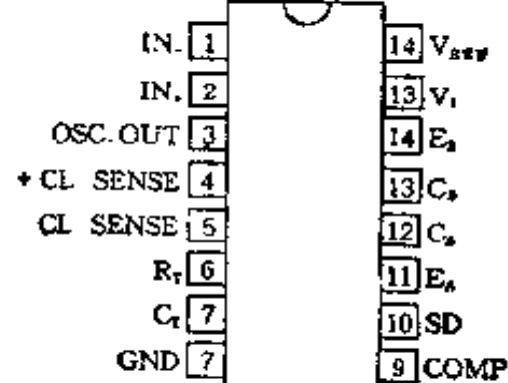
(续表)

名称	型号	参 数	外 引 线 排 列
三端 固定 正输 出集 成稳 压器	CW37824	$V_0 = 24$ 伏 $I_0 = 1$ 安 $\Delta V_0(s_V) = 240$ 毫伏 $\Delta V_0(s_I) = 240$ 毫伏	
三端 固定 负输 出集 成稳 压器	CW37906	$V_0 = -6$ 伏 $I_0 = 1.5$ 安 $\Delta V_0(s_V) = 60$ 毫伏 $\Delta V_0(s_I) = 120$ 毫伏	
三端 固定 负输 出集 成稳 压器	CW37912	$V_0 = -12$ 伏 $I_0 = 1.5$ 安 $\Delta V_0(s_V) = 80$ 毫伏 $\Delta V_0(s_I) = 200$ 毫伏	
三端 固定 负输 出集 成稳 压器	CW37915	$V_0 = -15$ 伏 $I_0 = 1.5$ 安 $\Delta V_0(s_V) = 100$ 毫伏 $\Delta V_0(s_I) = 200$ 毫伏	

(续表)

名称	型号	参 数	外 引 线 排 列
三端 固定 负输出集 成稳 压器	CW37924	$V_0 = -24$ 伏 $I_0 = 1.5$ 安 $\Delta V_0(s_V) = 150$ 毫伏 $\Delta V_0(s_I) = 240$ 毫伏	
正负 对称 输出集 成稳 压器	CW1568	$V_{0(+)} = 15$ 伏 $V_{0(-)} = -15$ 伏 $I_0 = 50$ 毫安 $\Delta V_0(s_V) = 10$ 毫伏 $\Delta V_0(s_I) = 10$ 毫伏	

(续表)

名称	型号	参数	外引线排列
三端可调正输出集成稳压器	CW117	$V_0 = 1.2 \sim 37$ 伏 $I_0 = 1.5, 0.5$ 安, $1.5, 0.5$ 安 $s_V = 0.01\%/伏$ $s_I = 0.1\%$	
三端可调负输出集成稳压器	CW137	$V_0 = -1.2 \sim -37$ 伏 $I_0 = 1.5A, 0.2$ 安 $1.5A, 0.5$ 安 $s_V = 0.01\%/伏$ $s_I = 0.3\%$	
开关稳压器的脉宽调制器	CW1524	$f_{max} = 350$ 千赫 $V_{ref} = 5$ 伏 $V_{CE} = 40$ 伏 $I_0 = 50$ 毫安	

(续表)

名称	型号	参数	外引线排列
开关稳压器的脉宽调制器	CW3520	$f_{max} = 200$ 千赫 $V_{ref} = 7.8$ 伏 $V_{OE} \geq 40$ 伏 $I_O = 40$ 毫安	

## 8-5 数字电路

半导体电路可分为模拟电路与数字电路两大类。模拟电路所处理的信号主要是连续变化的电量,晶体管大多工作在放大区;数字电路所处理的信号是间断的脉冲,晶体管大多工作在饱和区和截止区。数字电路不仅是电子计算机的最基本组成单元,而且在工业自动化、仪表及其他电子技术领域都得到广泛应用。

### 一、数字电路的基本单元

1. 数字电路的基本单元 数字电路是由门电路组成的,这些门电路是一些具有开关特性的元器件组合而成的。它们的逻辑符号如表 8-35 所示。数字电路又称开关电路、逻辑电路等。

2. 逻辑图形符号 一般设计电路时,首先是安排好系统的逻辑关系,然后根据需再设计电路。数字电路的集成化,为使用者提供了现成的逻辑单元。因此,识别数字电路的逻辑符号很重要,为此我们把常用的逻辑图形符号列如表 8-36 所示。

表 8-35 基本门电路

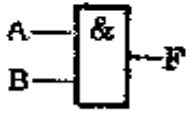


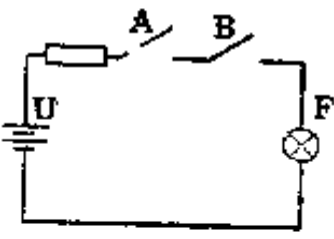
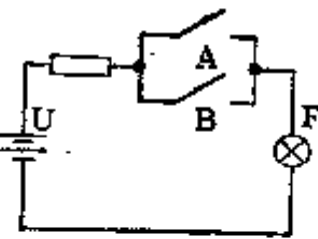
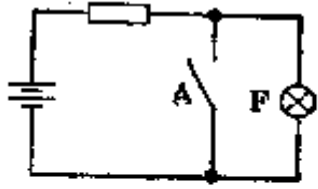
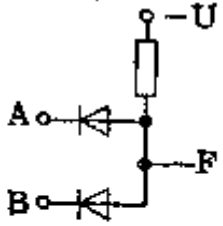
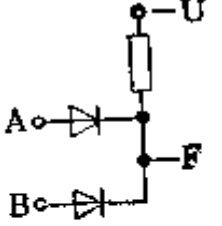
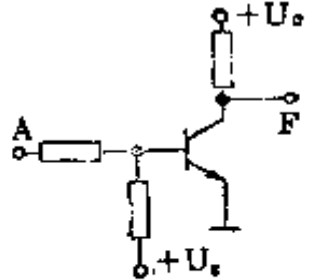
门 电 路	与 门	或 门	非门(反相器)																																				
逻辑符号																																							
关 系 式	$F = A \cdot B$	$F = A + B$	$F = \bar{A}$																																				
真 值 表	<table border="1" data-bbox="454 869 683 1236"> <tr><td>A</td><td>B</td><td>F</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	A	B	F	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	<table border="1" data-bbox="810 869 1038 1236"> <tr><td>A</td><td>B</td><td>F</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	A	B	F	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	<table border="1" data-bbox="1204 869 1359 1102"> <tr><td>A</td><td>F</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	A	F	0	1	1	0
A	B	F																																					
0	0	0																																					
1	0	0																																					
0	1	0																																					
1	1	1																																					
A	B	F																																					
0	0	0																																					
1	0	1																																					
0	1	1																																					
1	1	1																																					
A	F																																						
0	1																																						
1	0																																						
由开关组成的模拟电路																																							
晶体管电路																																							

表 8-36 常用逻辑图形符号表

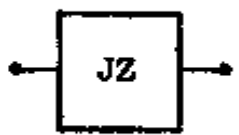
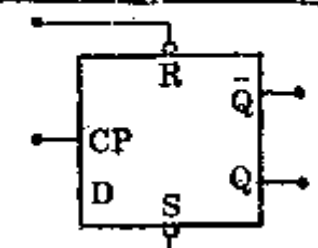
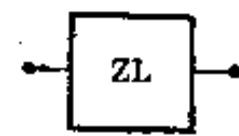
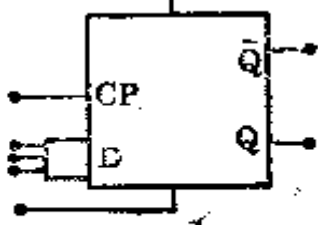
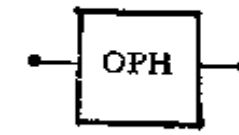
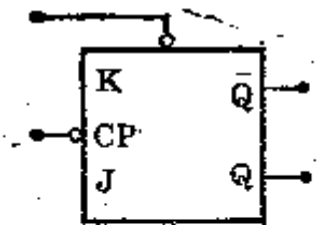
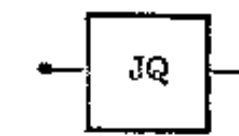
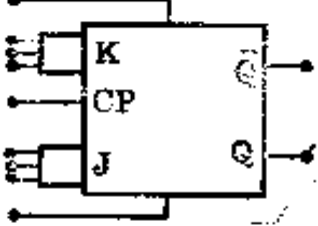

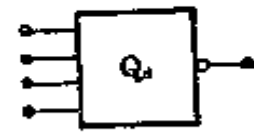
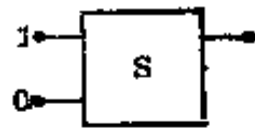
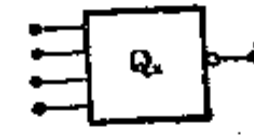


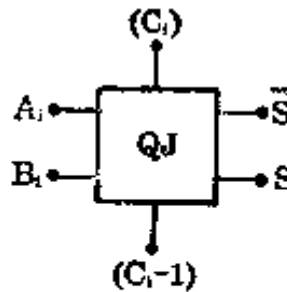
名称	图形符号	名称	图形符号
与门		或非门带与扩展端	
或门		或非门带或扩展端	
非门		与扩展器	
与非门		半加器	
集电极开路与非门		译码器	
或非门		电流驱动器	
与或非门		读出放大器	
与非门带与扩展端		磁性驱动器	
与非门带或扩展端		延迟电路	



(续表)

名称	图形符号	名称	图形符号
隔离输入电路		R-S触发器	
延迟线		与非门带与或扩展器	
隔离输出电路		与或非门带与或扩展器	
与或扩展器		异或门	
与非门带与或扩展器		三状态输出与非门	
时钟脉冲振荡器		加减速控制电路	

(续表)

名称	图形符号	名称	图形符号
进给振荡器		D 触发器	
自动置零电路			
信号电平转换电路		J-K 触发器	
继电器驱动器			
单稳态电路			
史密特整形电路		驱动器 (大驱动器)	
光电信号放大器		驱动器 (小驱动器)	
全加器		接高电位	

(续表)

名称	图形符号	名称	图形符号
接低电位		四位二进制可逆计数器	
可选短接点		双二位二进制译码器	
接电阻		传输门	
四位四选数据选择器			

## 二、数字集成电路

### 1. 数字集成电路型号命名法 数字集成电路型号的意义:

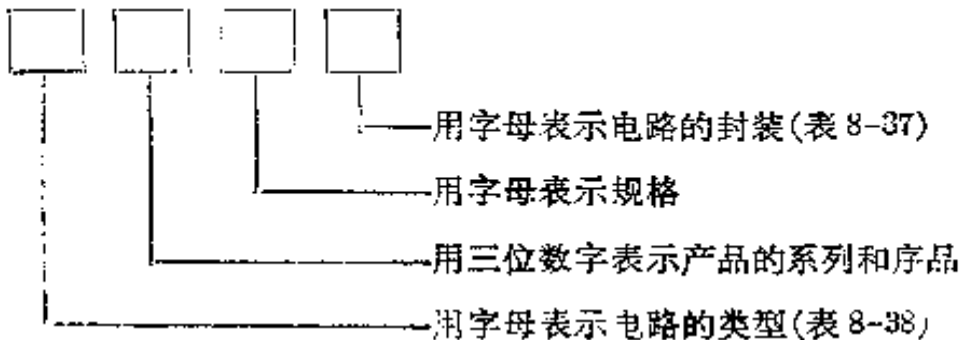


表 8-37 集成电路型号中表示封装字母的意义

字母	意义	字母	意义	字母	意义
A	陶瓷扁平	C	陶瓷双列	Y	金属圆壳
B	塑料扁平	D	塑料双列	F	F 型

表 8-38 集成电路型号中表示类型字母的意义

字母	意义	字母	意义	字母	意义
T	TTL	P	PMOC	W	集成稳压器
H	HTL	N	NMOC	J	接口电路
E	ECL	C	CMOC		
I	IIL	F	线性集成电路		

2. 数字集成电路的封装 集成电路目前较多的是扁平封装。扁平封装的外壳引线有 14 条、16 条、18 条三种，两引线间的距离有 1.2 毫米和 1.5 毫米两种。图 8-67 所示为 14 条引线和 18 条引线的集成电路的外形尺寸。电路的上下盖板和底板为陶瓷（也有用塑料封装）上盖板上敲有元件型号印章，外引线的排列根据印章正放由左下角逆时针方向数起，依次为 1、2、3、…。

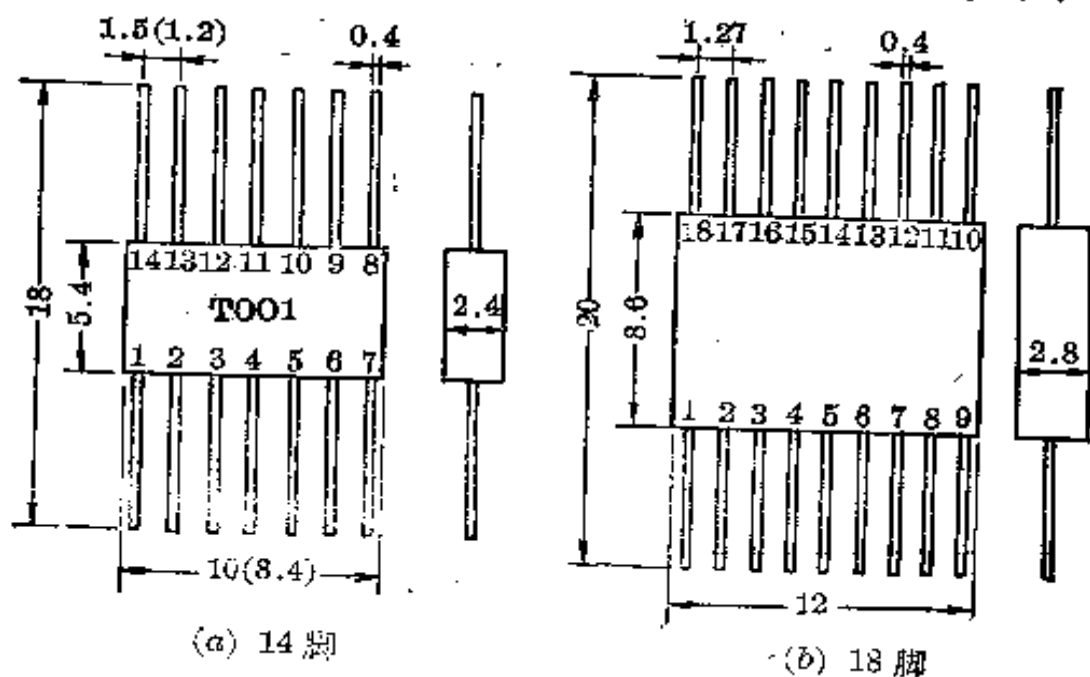


图 8-67 扁平封装外形

双列直插式封装的外壳引线以 14 条为起点最多可至三十到四十条，视具体线路的复杂程度及引出线多少而定。14 条外壳引线的双列直插式集成电路的外形如图 8-68 所示。这种电路外壳制造工艺较为考究，它的密封性强，散热条件好，电路的可靠性也相应提高，引脚机械强度高、元件高低排列整齐，为自动焊接创造了条件，这种直插式封装的工艺适用于中大规模集成电路。

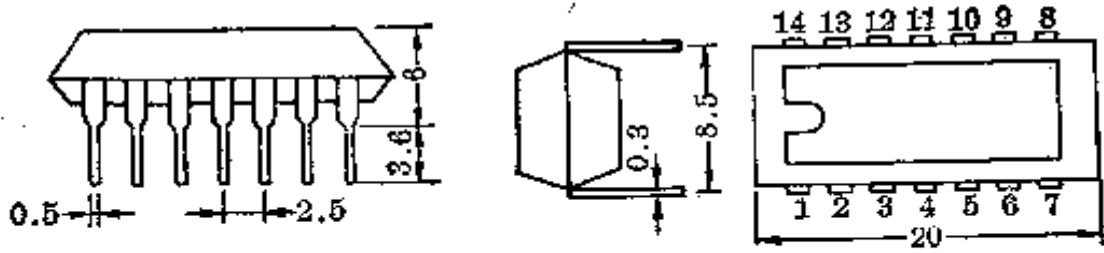


图 8-68 14 条外壳引线双列直插式集成电路外形

### 三、双极型集成电路

1. TTL 门电路优选品种 这里介绍的 TTL 门电路优选品种是根据电子工业部的标准(表 8-39)。它分为五个系列,即低功耗低速系列(有 11 个优选品种),低功耗中速系列(11 个优选品种),中速系列(24 个优选品种),高速系列(23 个优选品种),甚高速系列(20 个优选品种)。全部为 14 条外壳引线的扁平封装。逻辑符号、输入输出端所注数字以及外壳引线的排列序数(根据印章标记正放,由左下角按逆时针方向数,依次为 1、2、3、…、14,其中 7 为地,14 为正电源)。几种符合 TTL 优选品种的门电路如表 8-39~8-46 所示。

表 8-39 TTL 门电路优选品种

名称	代号	低功耗 低速	低功耗 中速	中速	高速	甚高速
8 输入与非门	代号			060	090	120
	$N_i$			$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$
	$I_{OOL}$ (毫安)			$\leq 4$	$\leq 7$	$\leq 10$
	$t_{pd}$ (纳秒)			15	8	5
8 输入与非门 (带扩展端)	代号	001	031	061		
	$N_o$	$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$		
	$I_{OOL}$ (毫安)	$\leq 0.3$	$\leq 1$	$\leq 4$		
	$t_{pd}$ (纳秒)	80	40	15		
8 输入单与非门 (三状态输出)	代号			062	092	122
	$N_o$			$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$
	$I_{OOL}$ (毫安)			$\leq 4$	$\leq 7$	$\leq 10$
	$t_{pd}$ (纳秒)			15	8	5

九五二六

(续表)

名 称	代 号	低功耗 低 速	低功耗 中 速	中 速	高 速	甚高速
4输入双与非门	代 号	003	033	063	093	123
	$N_0$	$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$
	$I_{COL}$ (毫安)	$\leq 0.6$	$\leq 2$	$\leq 8$	$\leq 14$	$\leq 20$
	$t_{pd}$ (纳秒)	80	40	15	8	4
4输入双与非门 (集电极开路输出)	代 号	004	034	064	094	124
	$N_0$	$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 5$
	$I_{COL}$ (毫安)	$\leq 0.6$	$\leq 2$	$\leq 8$	$\leq 14$	$\leq 20$
	$t_{pd}$ (纳秒)	120	60	24	12	6
4输入双与非门 (三状态输出)	代 号			083	113	143
	$N_0$			$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$
	$I_{COL}$ (毫安)			$\leq 8$	$\leq 14$	$\leq 20$
	$t_{pd}$ (纳秒)			15	8	4
2输入四与非门	代 号	005	035	065	095	125
	$N_0$	$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$
	$I_{COL}$ (毫安)	$\leq 1.2$	$\leq 4$	$\leq 16$	$\leq 28$	$\leq 40$
	$t_{pd}$ (纳秒)	80	40	15	8	4
2输入四与非门 (集电极开路输出)	代 号	006	036	066	096	126
	$N_0$	$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$
	$I_{COL}$ (毫安)	$\leq 1.2$	$\leq 4$	$\leq 16$	$\leq 28$	$\leq 40$
	$t_{pd}$ (纳秒)	120	60	24	12	6

(续表)

名称	代号	低功耗 低速	低功耗 中速	中速	高速	甚高速
4输入双与非 功率门	代号			067	097	127
	$N_0$			$\geq 30$	$\geq 30$	$\geq 30$
	$I_{OCL}$ (毫安)			$\leq 16$	$\leq 28$	$\leq 40$
	$t_{pd}$ (纳秒)			20	12	8
4输入双与非 功率门 (集电极开路输出)	代号			068	098	128
	$N_0$			$\geq 30$	$\geq 30$	$\geq 30$
	$I_{OCL}$ (毫安)			$\leq 16$	$\leq 28$	$\leq 40$
	$t_{pd}$ (纳秒)			30	18	12
4输入单与非 功率门	代号			084	114	144
	$N_0$			$\geq 30$	$\geq 30$	$\geq 30$
	$I_{OCL}$ (毫安)			$\leq 16$	$\leq 28$	$\leq 40$
	$t_{pd}$ (纳秒)			20	12	8
4输入单与非 功率门 (集电极开路输出)	代号			085	115	145
	$N_0$			$\geq 30$	$\geq 30$	$\geq 30$
	$I_{OCL}$ (毫安)			$\leq 8$	$\leq 28$	$\leq 40$
	$t_{pd}$ (纳秒)			30	18	12
4输入双与门	代号	009	039	069	099	129
	$N_0$	$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$
	$I_{OCL}$ (毫安)	$\leq 0.8$	$\leq 2.5$	$\leq 10$	$\leq 17$	$\leq 24$
	$t_{pd}$ (纳秒)	100	50	20	11	6

(续表)

名称	代号	低功耗 低速	低功耗 中速	中速	高速	甚高速
4 输入双与门 (集电极开路输出)	代号	010	040	070	100	130
	$N_0$	$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$
	$I_{CCL}$ (毫安)	$\leq 0.8$	$\leq 2.5$	$\leq 10$	$\leq 17$	$\leq 24$
	$t_{pd}$ (纳秒)	150	75	30	15	9
四非门 (三状态输出)	代号			081	111	141
	$N_0$			$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$
	$I_{CCL}$ (毫安)			$\leq 16$	$\leq 28$	$\leq 40$
	$t_{pd}$ (纳秒)			15	8	5
六非门	代号			082	112	142
	$N_0$			$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$
	$I_{CCL}$ (毫安)			$\leq 24$	$\leq 42$	$\leq 60$
	$t_{pd}$ (纳秒)			15	8	5
5.4 输入与或非门	代号			086	116	
	$N_0$			$\geq 8$	$\geq 8$	
	$I_{CCL}$ (毫安)			$\leq 5$	$\leq 8.5$	
	$t_{pd}$ (纳秒)			18	10	
5.4 输入与或非门 (带或扩展端)	代号	011	041	071	101	
	$N_0$	$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$	
	$I_{CCL}$ (毫安)	$\leq 0.4$	$\leq 1.25$	$\leq 5$	$\leq 8.5$	
	$t_{pd}$ (纳秒)	100	50	18	10	



(续表)

名称	代号	低功耗 低速	低功耗 中速	中速	高速	甚高速
4, 3, 2, 2 输入 端与或非门	代号	012	042	072	102	132
	$N_0$	$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$
	$I_{OCL}$ (毫安)	$\leq 0.6$	$\leq 1.6$	$\leq 7$	$\leq 12$	$\leq 16$
	$t_{pd}$ (纳秒)	120	60	20	11	6
4, 3, 2, 2 输入 与或非门 (集电极开路输出)	代号			078	103	133
	$N_0$			$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$
	$I_{OCL}$ (毫安)			$\leq 7$	$\leq 12$	$\leq 16$
	$t_{pd}$ (纳秒)			30	16	9
8, 2 输入双与 或非门	代号			087	117	147
	$N_0$			$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$
	$I_{OCL}$ (毫安)			$\leq 10$	$\leq 17$	$\leq 24$
	$t_{pd}$ (纳秒)			18	10	6
4, 3, 3 输入或 扩展器	代号			074	104	
		与 5, 4 输入与或非门(带或扩展端)配用				
4 输入双或扩展器	代号	014	044			
		与 5, 4 输入与或非门(带或扩展端)配用				
双异或门	代号	015	045	075	105	135
	$N_0$	$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$
	$I_{OCL}$ (毫安)	$\leq 1$	$\leq 3.2$	$\leq 8$	$\leq 22$	$\leq 32$
	$t_{pd}$ (纳秒)	160	80	30	15	8

表 8-40 TTL8 输入单与非门

脚

规格号	扇入	输入	输出	$U_{00}$	地
$A_1, B_1, C_1$	1	$\frac{1}{1} \frac{2}{3} \frac{3}{4} \frac{4}{5} \frac{5}{6}$			
$A_4, B_4, C_4$	4	$\frac{1}{1} \frac{2}{3}, \frac{3}{4}, \frac{5}{5} \frac{6}{1}$	8	14	7
$A_8, B_8, C_8$	8	1, 2, 3, 4, 5, 6, 11, 12			

常温参数规范 ( $t_0=25^\circ\text{C}$ ,  $U_{00}=5$  伏)

参数	$I_{00L}$ (毫安)	$I_{00H}$ (毫安)	$I_{1SE}$ (毫安)	$I_{1SB}$ (毫安)	$I_{08}$ (毫安)	$I_{0H}$ (毫安)	$V_{OH}$ (伏)	$V_{OL}$ (伏)	$t_{pd}$ (纳秒)
测试条件	输入 输出 端开 路	$V_I=0$ 伏	$V_I=0$ 伏	$V_I=5$ 伏 其他输入 端接地	$V_I=0$ 伏 $V_O=0$ 伏	$V_I=0$ 伏 $V_O=5$ 伏	$V_I=0.8$ 伏 $I_O=0.4$ 毫安	$V_I=1.8$ 伏 $I_O=14.4$ 毫安	8 兆赫 $V_I=3$ 伏 $q=50\%$ $N_0=8$
$A_1, A_4, A_8$	$\leq 10$	$\leq 0$	$\leq 1.8$	$\leq 50$	$\leq 100$	$\leq 50$	3~4	$\leq 0.45$	$\leq 12$
$B_1, B_4, B_8$	$\leq 10$	$\leq 5$	$\leq 1.8$	$\leq 50$	$\leq 100$	$\leq 50$	3~4	$\leq 0.45$	$\leq 9$
$C_1, C_4, C_8$	$\leq 10$	$\leq 5$	$\leq 1.8$	$\leq 50$	$\leq 100$	$\leq 50$	3~4	$\leq 0.45$	$\leq 7$

注:  $\frac{\times \times}{1}$  表示其中任一输入端满足技术性能要求, 就认为符合标准。

表 8-41 4 输入双与非门

规格号	扇入	输入	输出	$U_{CC}$	地	脚
$A_2, B_2, C_2$	2	$\frac{1, 2}{1}, \frac{4, 5}{1}$ $\frac{9, 10}{1}, \frac{12, 13}{1}$	0 8	14	7	8 9 10 11 12 13 14 1 2 3 4 5 6 7
$A_4, B_4, C_4$	4	6, 2, 4, 5 9, 10, 12, 13	6 8	14	7	8 9 10 11 12 13 14 1 2 3 4 5 6 7

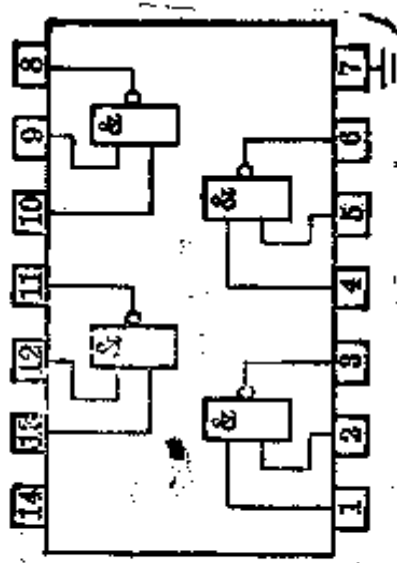
常温参数规范 ( $t_0=25^\circ\text{C}$ ,  $U_{CC}=5$  伏)

参数	$I_{OCL}$ (毫安)	$I_{COH}$ (毫安)	$I_{SB}$ (毫安)	$I_{RB}$ (微安)	$I_{OS}$ (毫安)	$I_{OH}$ (微安)	$V_{OH}$ (伏)	$V_{OL}$ (伏)	$t_{pd}$ (纳秒)
测试条件	输入 输出 端开 路	$V_I=0$ 伏	$V_I=0$ 伏	$V_I=5$ 伏 其他输入 端接地	$V_I=0$ 伏 $V_O=0$ 伏	$V_I=0$ 伏 $V_O=-5$ 伏	$V_I=0.8$ 伏 $I_O=-0.42$ (毫安)	$V_I=1.8$ 伏 $I_O=14.4$ 毫安	$V_I=3$ 伏 8 兆赫 $q=50\%$ $W_0=8$
$A_2, A_4$	$\leq 20$	$\leq 10$	$\leq 1.8$	$\leq 50$	$\leq 100$	$\leq 50$	3~4	0.45	$\leq 10$
$B_2, B_4$	$\leq 20$	$\leq 10$	$\leq 1.8$	$\leq 50$	$\leq 100$	$\leq 50$	3~4	0.45	$\leq 8$
$C_2, C_4$	$\leq 20$	$\leq 10$	$\leq 1.8$	$\leq 50$	$\leq 100$	$\leq 50$	3~4	0.45	$\leq 6$

表 8-42 TTL2 输入四与非门

引 脚

规格号	扇入	输入	输出	$U_{CC}$	地
A <sub>1</sub> , B <sub>1</sub> , C <sub>1</sub>	1	1, 2 1	3	14	7
	1	4, 5 1	6		
	1	9, 10 1	8		
	1	12, 13 1	11		
A <sub>2</sub> , B <sub>2</sub> , C <sub>2</sub>	2	1, 2	8	14	7
	2	4, 5	6		
	2	9, 10	8		
	2	12, 13	11		



常温参数规范 ( $t_0=25^{\circ}C$ ,  $U_{CC}=5$  伏)

参 数	$I_{OCL}$ (毫安)	$I_{OH}$ (毫安)	$I_{SB}$ (毫安)	$I_{IIE}$ (微安)	$I_{OS}$ (毫安)	$I_{OH}$ (微安)	$V_{OH}$ (伏)	$V_{OL}$ (伏)	$t_{pd}$ (纳秒)
测试条件	输入 输出 端开 路	$V_I=0$ 伏	$V_I=0$ 伏	$C_L=5$ 伏 其他输入 端接地	$V_I=0$ 伏 $V_O=0$ 伏	$V_I=0$ 伏 $V_O=5$ 伏	$V_I=0.8$ 伏 $I_O=0.4$ 毫安	$V_I=1.8$ 伏 $I_O=14.4$ 毫安	8 兆赫 $N_o=8$ $V_I=3$ 伏 $q=50\%$
A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub>	$\leq 40$	$\leq 40$	$\leq 1.2$	$\leq 50$	$\leq 100$	$\leq 50$	3~4	$\leq 0.45$	$\leq 10$
B <sub>1</sub> , B <sub>2</sub>	$\leq 40$	$\leq 40$	$\leq 1.2$	$\leq 50$	$\leq 100$	$\leq 50$	3~4	$\leq 0.45$	$\leq 8$
C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub>	$\leq 40$	$\leq 40$	$\leq 1.2$	$\leq 50$	$\leq 100$	$\leq 50$	3~4	$\leq 0.45$	$\leq 6$

表 8-43 TTL4 输入双与非功率门

脚

引

规格号	扇入	输入	输出	$U_{CC}$	地
$A_2, B_2$	2	$\frac{1, 2}{1}, \frac{4, 5}{1}$	6	14	7
		$\frac{9, 10}{1}, \frac{12, 13}{1}$	8		
$A_4, B_4$	2	1, 2, 4, 5	6	14	7
		9, 10, 12, 13	8		

常温参数规范 ( $t_0 = 25^\circ\text{C}$ ,  $U_{CC} = 5$  伏)

参数	$I_{COV}$ (毫安)	$I_{COH}$ (毫安)	$I_{SN}$ (毫安)	$I_{RE}$ (微安)	$I_{OQ}$ (毫安)	$I_{OH}$ (微安)	$V_{OH}$ (伏)	$V_{OL}$ (伏)	$t_{pd}$ (纳秒)
测试条件	输入输出端开路	$V_I = 0$ 伏	$V_I = 0$ 伏	$V_I = 5$ 伏 其他输入端接地	$V_I = 0$ 伏 $V_O = 0$ 伏	$V_I = 0$ 伏 $V_O = 5$ 伏	$V_I = 0.8$ 伏 $I_O = -1$ 毫安	$V_I = 1.8$ 伏 $I_O = 43.2$ 毫安	8 兆赫 $V_I = 3$ 伏 $Q = 50\%$ $N_0 = 24$
$A_2, A_4$ $B_2, B_4$	$\leq 30$	$\leq 15$	$\leq 2.5$	$\leq 50$	$\leq 100$	$\leq 50$	3~4	$\leq 0.45$	$\leq 16$ $\leq 12$

表 8-44 TTL5, 4 输入与非门(带扩展端)

脚

规格号	扇入	输入	输出	$E$	$C$	$U_{oc}$	地
$A_2, B_2, C_2$	2, 2	$\frac{1, 2, 3}{1}, \frac{4, 5}{1}; \frac{10, 11}{1}, \frac{12, 13}{1}$	8	6	9	14	7
$A_4, B_4, C_4$	4, 4	$\frac{1, 2}{1}, 3, 4, 5; 10, 11, 12, 13$	8	6	9	14	7
$A_6, B_6, C_6$	5, 4	1, 2, 3, 4, 5; 10, 11, 12, 13	8	6	9	14	7

常温参数规范 ( $t_0=25^{\circ}\text{C}, V_{oc}=5\text{伏}$ )

参数	$I_{cool}$ (毫安)	$I_{ooh}$ (毫安)	$I_{sr}$ (毫安)	$I_{RB}$ (微安)	$I_{os}$ (毫安)	$I_{oH}$ (微安)	$I_{oL}$ (微安)	$V_{oH}$ (伏)	$V_{oL}$ (伏)	$t_{pc}$ (纳秒)	带扩展器形式
测试条件	输入 输出 端开路	$V_I=0\text{伏}$	$V_I=0\text{伏}$	$V_I=5\text{伏}$ 其他输入 端接地	$V_I=0\text{伏}$ $V_o=0\text{伏}$	$V_I=0\text{伏}$ $V_o=5\text{伏}$	$V_I=1.8\text{伏}$ $I_o=14.4\text{毫安}$	$V_I=0.8\text{伏}$ $I_o=-0.4\text{毫安}$	$V_I=1.8\text{伏}$ $I_o=14.4\text{毫安}$	8兆赫 $V_I=3\text{伏}$ $q=50\%$ $N_o=8$	
$A_2, A_4, A_6$	$\leq 12$	$\leq 7$	$\leq 1.9$	$\leq 50$	$\leq 100$	$\leq 50$		3~4	0.45	$\leq 12$	或
$B_2, B_4, B_6$	$\leq 12$	$\leq 7$	$\leq 1.9$	$\leq 50$	$\leq 100$	$\leq 50$		3~4	0.45	$\leq 9$	或
$C_2, C_4, C_6$	$\leq 12$	$\leq 7$	$\leq 1.9$	$\leq 50$	$\leq 100$	$\leq 50$		3~4	0.45	$\leq 7$	或

表 8-45 TTL4, 3, 2, 2 输入与或非门

脚

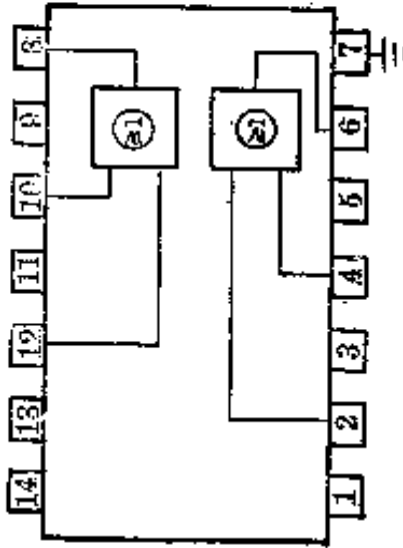
规格号	扇入	输入	输出	$U_{00}$ 地
$A_1, B_1, C_1$	1111	1, 2, 3, 4; 5, 6, 9, 10; 11, 12, 13 1	8	7
$A_2, B_2, C_2$	2222	1, 2, 3, 4; 5, 6, 9, 10; 11, 12, 13 2	8	7
$A_4, B_4, C_4$	4222	1, 2, 3, 4; 5, 6, 9, 10; 11, 12, 13		

常温参数规范 ( $t_0 = 21^\circ\text{C}$ ,  $U_{00} = 5$  伏)

参数	$I_{00L}$ (毫安)	$I_{00H}$ (毫安)	$I_{RB}$ (微安)	$I_{OS}$ (毫安)	$I_{OH}$ (微安)	$V_{OH}$ (伏)	$V_{OL}$ (伏)	$t_{pd}$ (纳秒)
测试条件	输入 输出 端开 路	$V_I = 0$ 伏	$V_I = 5$ 伏 其他输入 端接地	$V_I = 0$ 伏 $V_0 = 0$ 伏	$V_I = 0$ 伏 $V_0 = 5$ 伏	$V_I = 1.8$ 伏 $I_0 = -0.4$ 毫安	$V_I = 1.8$ 伏 $I_0 = 11.4$ 毫安	8 兆赫 $V_I = 3$ 伏 $q = 50\%$ $N_0 = 8$
$A_1, A_2, A_3$	$\leq 15$	$\leq 12$	$\leq 50$	$\leq 100$	$\leq 50$	$3 \sim 4$	$\leq 0.45$	$\leq 12$
$B_1, B_2, B_4$	$\leq 15$	$\leq 1.8$	$\leq 50$	$\leq 100$	$\leq 50$	$3 \sim 4$	$\leq 0.45$	$\leq 10$
$C_1, C_2, C_4$	$\leq 15$	$\leq 1.8$	$\leq 50$	$\leq 100$	$\leq 50$	$3 \sim 4$	$\leq 0.45$	$\leq 8$

表 8-46 TTL 双异或门

脚



常温参数规范 ( $t_0=21^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC}=5$  伏)

参 数	$I_{OCL}$ (毫安)	$I_{SEP}$ (毫安)	$I_{RE}$ (微安)	$I_{OS}$ (毫安)	$I_{OII}$ (微安)	$V_{OII}$ (伏)	$V_{OL}$ (伏)	$t_{pd}$ (纳秒)
测试条件	输入输出 端开路	$V_I=0$ 伏	$V_I=5$ 伏 另一输入 端接地	$V_I=0$ 伏 $V_O=0$ 伏	$V_A$ 开路 $V_B$ 接地	$V_A=0.8$ 伏 $V_B=1.8$ 伏 $I_L=-0.4$ 毫安	$V_A=V_B=1.8$ 伏 $I_L=8$ 毫安	2 兆赫 $q=50\%$ $N_0=8$
A	$\leq 15$	$\leq 3$	$\leq 100$	$\leq 100$		3~4	$\leq 0.45$	$\leq 20$
B								$\leq 15$



2. HTL 门电路各系列优选品种 为应用的方便和遵循标准化的原则, HTL 门电路外引线排列规则均按照 TTL 电路的外引线排列规定。这里介绍两个系列低速(速度为 120 纳秒/扇入, 通导电源电流  $I_{OOL} \leq 3$  毫安/扇入)和中速(速度为 40 纳秒/扇入, 通导电源电流  $I_{OOL} \leq 5$  毫安/扇入), 二个系列计 18 个品种。同时依据不同的使用场合, 输出分为有源输出、电阻输出和集电极开路输出三种, HTL 门电路的技术数据如表 8-47 所示。几种符合优选品种的 HTL 门电路参数如表 8-48~8-53 所示。

#### 四、MOS 集成电路

MOS (金属-氧化物-半导体) 集成电路工艺简单, 集成度高, 功耗低, 是近几年发展起来的中大规模集成电路的主要产品。

##### 1. MOS 集成电路使用注意事项

(1) MOS 电路在储存、运输中必须放于金属屏蔽盒内, 或用金属纸包装以防止外来感应电动势将栅极击穿; 所用测试仪器、仪表、电烙铁等外壳都应可靠接地。

表 8-47 HTL 门电路优选品种

名 称	代 号	低 速	中 速
8 输入与非门	代 号	001	
	$N_o$	$\geq 8$	$\geq 8$
	$I_{OOL}$ (毫安)	$\leq 3$	$\leq 5$
	$t_{pd}$ (纳秒)	120	40
4 输入双与非门	代 号	002	
	$N_o$	$\geq 8$	$\geq 8$
	$I_{OOL}$ (毫安)	$\leq 6$	$\leq 10$
	$t_{pd}$ (纳秒)	120	40

(续表)

名 称	代 号	低 速	中 速
8 输入与非门 (带扩展端)	代 号	003	
	$N_o$	$\geq 8$	$\geq 8$
	$I_{OCL}$ (毫安)	$\leq 3$	$\leq 5$
	$t_{pd}$ (纳秒)	120	40
4 输入双与非门 (带与扩展端)	代 号	004	
	$N_o$	$\geq 5$	$\geq 8$
	$I_{OCL}$ (毫安)	$\leq 6$	$\leq 10$
	$t_{pd}$ (纳秒)	120	40
4 输入双与非门 (无源输出带与扩展端)	代 号	005	
	$N_o$	$\geq 8$	$\geq 8$
	$I_{OCL}$ (毫安)	$\leq 6$	$\leq 10$
	$t_{pd}$ (纳秒)	200	80
2 输入四与非门	代 号	006	
	$N_o$	$\geq 8$	$\geq 8$
	$I_{OCL}$ (毫安)	$\leq 12$	$\leq 20$
	$t_{pd}$ (纳秒)	120	40
2 输入四与非门 (无源输出)	代 号	007	
	$N_o$	$\geq 5$	
	$I_{OCL}$ (毫安)	$\leq 12$	
	$t_{pd}$ (纳秒)	200	

(续表)

名 称	代 号	低 速	中 速
8 输入单与非功率门 (带与扩展端集电极开路输出)	代 号	008	
	$N_o$	$\geq 30$	
	$I_{CCL}$ (毫安)	$\leq 6$	
	$t_{pd}$ (纳秒)	250	
4 输入双与非功率门 (带与扩展端, 集电极开路输出)	代 号	009	
	$N_o$	$\geq 30$	
	$I_{CCL}$ (毫安)	$\leq 12$	
	$t_{pd}$ (纳秒)	250	
5 输入双与扩展器	代 号	010	
	$N_o$		
	$I_{CCL}$ (毫安)	和与非门配用	
	$t_{pd}$ (纳秒)		
4, 3, 3 输入与或非门	代 号	011	
	$N_o$	$\geq 3$	$\geq 8$
	$I_{CCL}$ (毫安)	$\leq 5$	$\leq 6$
	$t_{pd}$ (纳秒)	150	50
4, 3, 3 输入与或非门 (无源输出)	代 号	012	
	$N_o$	$\geq 8$	
	$I_{CCL}$ (毫安)	$\leq 5$	
	$t_{pd}$ (纳秒)	230	

表 8-48 HTL8 输入与非门(带扩展端)

脚

序号	扇入	输入	输出	与扩展端	$U_{00}$	地
	2~5	1 2 3 4 5 6 Z	8		14	7

常温参数规范 ( $t_0=25^{\circ}\text{C}$ ,  $U_{CC}=15\text{伏}$ )

数	$I_{OOL}$ (毫安)	$I_{SN}$ (毫安)	$I_{RB}$ (微安)	$V_{OH}$ (伏)	$V_{OL}$ (伏)	$t_{pd}$ (纳秒)
条件	输入输出端开路	$V_I=0\text{伏}$	$V_I=15\text{伏}$ 其他输入端接地	$V_I=6\text{伏}$ $I_L=-80\text{微安}$	$V_I=9.5\text{伏}$ $I_O=8\text{毫安}$	100 千赫 $N_0=8$ $C_L=100\text{皮法}$
A	3	1	10	13	1.5	120
B						

表 8-49 HTL4 输入双与非门(带与扩展端)

脚 引

规格号	扇入	输 入	输 出	与扩展端	$U_{CC}$	地
A	124	1, 2, 4, 5	6	3	14	7
		9, 10, 12, 13	8	11	14	7

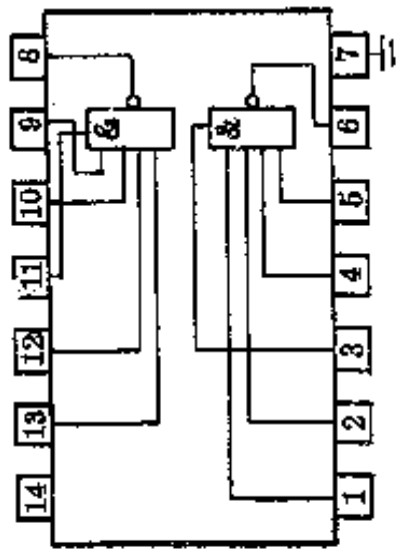
常温参数规范 ( $t_0=25^{\circ}\text{C}$ ,  $U_{CC}=15$  伏)

参 数	$I_{COL}$ (毫安)	$I_{IBE}$ (毫安)	$I_{REE}$ (微安)	$V_{OH}$ (伏)	$V_{OL}$ (伏)	$t_{pd}$ (纳秒)
测试条件	输入输出端开路	$V_I=0$ 伏	$V_I=15$ 伏 其他输入端接地	$V_I=6$ 伏 $I_L=-80$ 微安	$V_I=9.5$ 伏 $I_L=8$ 毫安	100 千赫 $N_0=8$ $C_T=100$ 皮法
A	6	1	10	13	1.5	120

表 8-50 HTL4 输入双与非门(带扩展端, 无源输出)

脚

规格号	扇入	输入	输出	与扩展端	$U_{CO}$	地
A	1~4	1, 2, 4, 5	6	3	14	7
		9, 10, 12, 13	8	11	14	7



常温参数规范( $t_0=25^{\circ}\text{C}$ ,  $U_{CO}=15$  伏)

参 数	$I_{OOL}$ (毫安)	$I_{BR}$ (毫安)	$I_{BB}$ (微安)	$V_{OH}$ (伏)	$V_{OL}$ (伏)	$t_{pd}$ (纳秒)
测试条件	输入输出端开路	$V_I=0$ 伏	$V_I=15$ 伏 其他输入端接地	$V_I=6$ 伏 $I_L=-80$ 微安	$V_I=9.5$ 伏 $I_L=8$ 微安	100 千赫 $N_0=8$ $C_L=100$ 皮法
A	6	1	10	13	0.5	200

表 8-51 HTL4 输入双与非功率门

脚

规格号	输入	输出	与扩展端	$U_{CC}$	地
A	1, 2, 4, 5	6	3	14	7
	8, 10, 12, 13	8	11	14	7

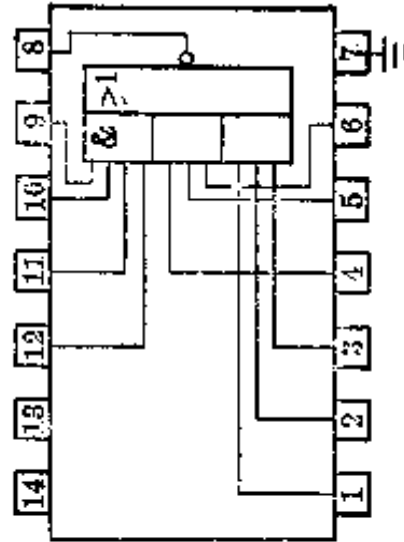
常温参数规范 ( $t_0=25^\circ\text{C}$ ,  $U_{CC}=15$  伏)

参数	$I_{OCL}$ (毫安)	$I_{SE}$ (毫安)	$I_{RE}$ (微安)	$V_{OH}$ (伏)	$V_{OL}$ (伏)	$t_{pd}$ (纳秒)
测试条件	输入输出端开路	$V_I=0$ 伏	$V_I=15$ 伏 其他输入端接地	$V_I=6$ 伏 $I_L=80$ 微安	$V_I=9.5$ 伏 $I_L=30$ 毫安	100 千赫 $I_O=30$ 毫安 $C_L=100$ 皮法
A	10	1.5	10	13	0.5	250

表 8-52 4, 3, 3 与非门

脚

规格号	输入	输 入	输出	$U_{CC}$	地
A	1 1 1	1 2 3 4 5 6 7 8	8	14	7
B	3 3 4	1, 2, 3; 4, 5, 6; 9, 10, 11, 12	8	14	7



常温参数规范 ( $t_0=25^{\circ}\text{C}$ ,  $U_{CC}=15\text{伏}$ )

参 数	$I_{CCL}$ (毫安)	$I_{SB}$ (毫安)	$I_{RR}$ (微安)	$V_{OH}$ (伏)	$V_{OL}$ (伏)	$t_{pd}$ (纳秒)
测试条件	$V_I=15\text{伏}$ 其他两组接地	$V_I=0\text{伏}$ 三组分别测试	$V_I=15\text{伏}$ 其他输入端接地	$V_I=6\text{伏}$ $I_I=80\text{微安}$	$V_I=9.5\text{伏}$ $I_L=8\text{毫安}$	100 千赫 $N_0=8$ $C_L=100\text{皮法}$
A	5	1	10	13	1.5	150
B						



表 8-53 HTL 触发器优选品种

名称	代 号	低功耗低速	低功耗中速	中 速	高 速	甚高速
	代 号	016	046	076	106	136
	$N_0$	$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$
	$I_{OCL}$ (毫安)	$\leq 0.8$	$\leq 2.5$	$\leq 10$	$\leq 17$	$\leq 25$
	$T_{pd}^{D-Q}$ (纳秒)	200	100	35	20	10
	$f_M$ (兆赫)	2	5	20	40	70
	代 号	017	047	077	107	137
	$N_0$	$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$
	$I_{OCL}$ (毫安)	$\leq 1.6$	$\leq 5$	$\leq 20$	$\leq 34$	$\leq 50$
	$T_{pd}^{D-Q}$ (纳秒)	200	100	35	20	10
	$f_M$ (兆赫)	2	5	20	40	70
	代 号	018	048	078	108	138
	$N_0$	$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$
	$I_{OCL}$ (毫安)	$\leq 0.8$	$\leq 2.5$	$\leq 11$	$\leq 20$	$\leq 28$
	$f_M$ (兆赫)	2	5	25	50	80
	代 号	019	049	079	109	139
	$N_0$	$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$
	$I_{OCL}$ (毫安)	$\leq 1.6$	$\leq 5$	$\leq 22$	$\leq 40$	$\leq 56$
	$f_M$ (兆赫)	2	5	25	50	80
	代 号			080	110	140
	$N_0$			$\geq 8$	$\geq 8$	$\geq 8$
	$I_{OCL}$ (毫安)			$\leq 14$	$\leq 24$	$\leq 34$
	$T_{pd}^{D-Q}$ (纳秒)			35	20	10
	$T_{cp-D}$ (纳秒)			20	10	6

注：表示除 J-K 触发器 18 条引脚外，其余均为 14 条引脚，其中 9 脚接地，18 脚接电源。

(2) 为了避免瞬态电压损坏电路,不允许在电源接通的情况下,拆装线路板或焊拆电路器件。

(3) 输入信号幅值应在地与  $U_D$  之间。

(4) 电源极性不能颠倒,对 PMOS 来说电源  $U_{DD}$  为负,地为正; CMOS 电路的  $U_{DD}$  为正,地为负。如果信号源和 MOS 电路不用同一组电源, MOS 电路的电源应先打开(接通),然后才可输入信号,否则会使电路的状态无法确定。

(5) MOS 电路的不用输入端不能悬空,要根据逻辑功能接地或接  $U_{DD}$ ,也可与其他使用的输入端并接;为防止输出级功率损耗过大,输出端负载电容不能太大,一般不能超过 5000 皮法。

(6) CMOS 电路的功耗低,电源最好有限流能力,以保证电路正常工作为限,防止由于操作不当或故障原因损坏电路;焊接电路的烙铁的功率要小些,一般用 20 瓦内热式烙铁,有的用法是在焊接时拔掉电源插头。

2. CMOS 集成电路 根据国家标准, CMOS 集成电路系列的 4000 系列部份品种的代号及名称见表 8-54 和 8-55。

表 8-54 CMOS 集成电路 4000 系列部份品种

电 路 名 称	类型、系列品种代号
门电路	
六反相器	CC4069
四 2 输入与非门	CC4011
三 3 输入与非门	CC4023
双四输入与非门	CC4012
六反相器(有斯密特触发器)	CC40106
四 2 输入与非门(有斯密特触发器)	CC4093
四 2 输入或非门	CC4001
三 3 输入或非门	CC4025
双 4 输入或非门	CC40025
四 2 输入与门	CC4081
三 3 输入与门	CC4073
双 4 输入与门	CC4082
四 2 输入或门	CC4071
三 3 输入或门	CC4075
双 4 输入或门	CC4072

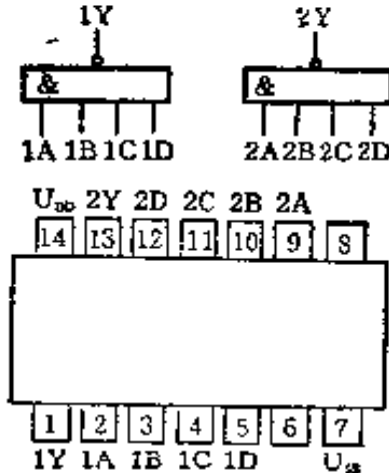
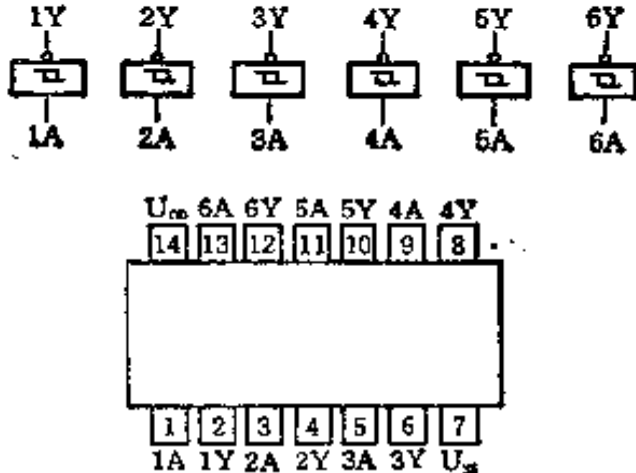
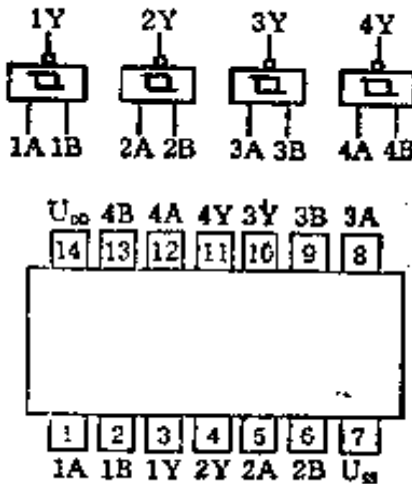
(续表)

电 路 名 称	类型、系列品种代号
8 输入与非/与门	CC4068
8 输入或非/或门	CC4078
4 路 2-2-2-2 输入与或非门(可扩展)	CC4036
双 2-2 输入与或非门	CC4085
8 输入多功能门(3s, 可扩展)	CC4048
双互补对及反相器	CC4007
双 3 输入或非门及反相器	CC400
双 4 输入与非门及 3 输入或非或门	CC4501
六反相器/缓冲器(3s, 有选通端)	CC4502
六缓冲器(3s)	CC4503
六反相缓冲器/电平转换器	CC4049
六缓冲器/电平转换器	CC4050
六 TTL/CMOS-CMOS 电平转换器	CC4504
四低-高电平转换器(3s)	CC40109
门输入主从 J-K 触发器(有 J、K 输入端)	CC4096
双上升沿 J-K 触发器	CC4027
双上升沿 D 触发器	CC4013
六上升沿 D 触发器	CC40174
四 R-S 锁存器(3s)	CC4043
四 R-S 锁存器(3s, 与非)	CC4044
四 D 锁存器	CC4042
8 位可寻址锁存器	CC14099
8 位双向可寻址锁存器	CC14599
双可重触发单稳态触发器(有清除端)	CC14528
双可重触发单稳态触发器	CC4098
单稳态/无稳态多谐振荡器	CC4047
4 位二进制超前进位全加器	CC4008
三串行加法器	CC4032
三串行加法器	CC4038
四异或门	CC4070
四异或非门	CC4077

表 8-55 CMOS 集成电路 4000 系列部分产品引线排列

电路名称及代号	逻辑图及外引线排列
六反相器 CC4069 $Y = \bar{A}$ $t_{pd} = 30$ 纳秒 (10 伏) $I_{DD} = 0.01$ 微安 (10 伏)	
四 2 输入与非门 CC4011 $Y = \overline{A \cdot B}$ $t_{pd} = 30$ 纳秒 (10 伏) $I_{DD} = 0.01$ 微安 (10 伏)	
三 3 输入与非门 CC4023 $Y = \overline{A \cdot B \cdot C}$ $t_{pd} = 60$ 纳秒 (10 伏) $I_{DD} = 0.01$ 微安 (10 伏)	

(续表)

电路名称及代号	逻辑图及外引线排列
<p>双4输入与非门 CC4012</p> $Y = \overline{A \cdot B \cdot C \cdot D}$ <p><math>t_{pd} = 60</math> 纳秒(10伏) <math>I_{DD} = 0.01</math> 微安(10伏)</p>	
<p>六反相器 (有斯密特触发器) CC40106</p> $Y = \overline{A}$ <p><math>t_{pd} = 70</math> 纳秒(10伏) <math>I_{DD} = 0.02</math> 微安(10伏)</p>	
<p>四2输入与非门 (有斯密特触发器) CC4093</p> $Y = \overline{A \cdot B}$ <p><math>t_{pd} = 70</math> 纳秒(10伏) <math>I_{DD} = 0.02</math> 微安(10伏)</p>	

(续表)

电路名称及代号	逻辑图及外引线排列
<p>四2输入或非门 CC4001</p> $Y = \overline{A+B}$ <p><math>t_{pd} = 90</math> 纳秒(10伏) <math>I_{DD} = 0.02</math> 微安(10伏)</p>	
<p>三3输入或非门 CC4025</p> $Y = \overline{A+B+C}$ <p><math>t_{pd} = 60</math> 纳秒(10伏) <math>I_{DD} = 0.01</math> 微安(10伏)</p>	
<p>双4输入或非门 CC4002</p> $Y = \overline{A+B+C+D}$ <p><math>t_{pd} = 600</math> 纳秒(10伏) <math>I_{DD} = 0.01</math> 微安(10伏)</p>	

(续表)

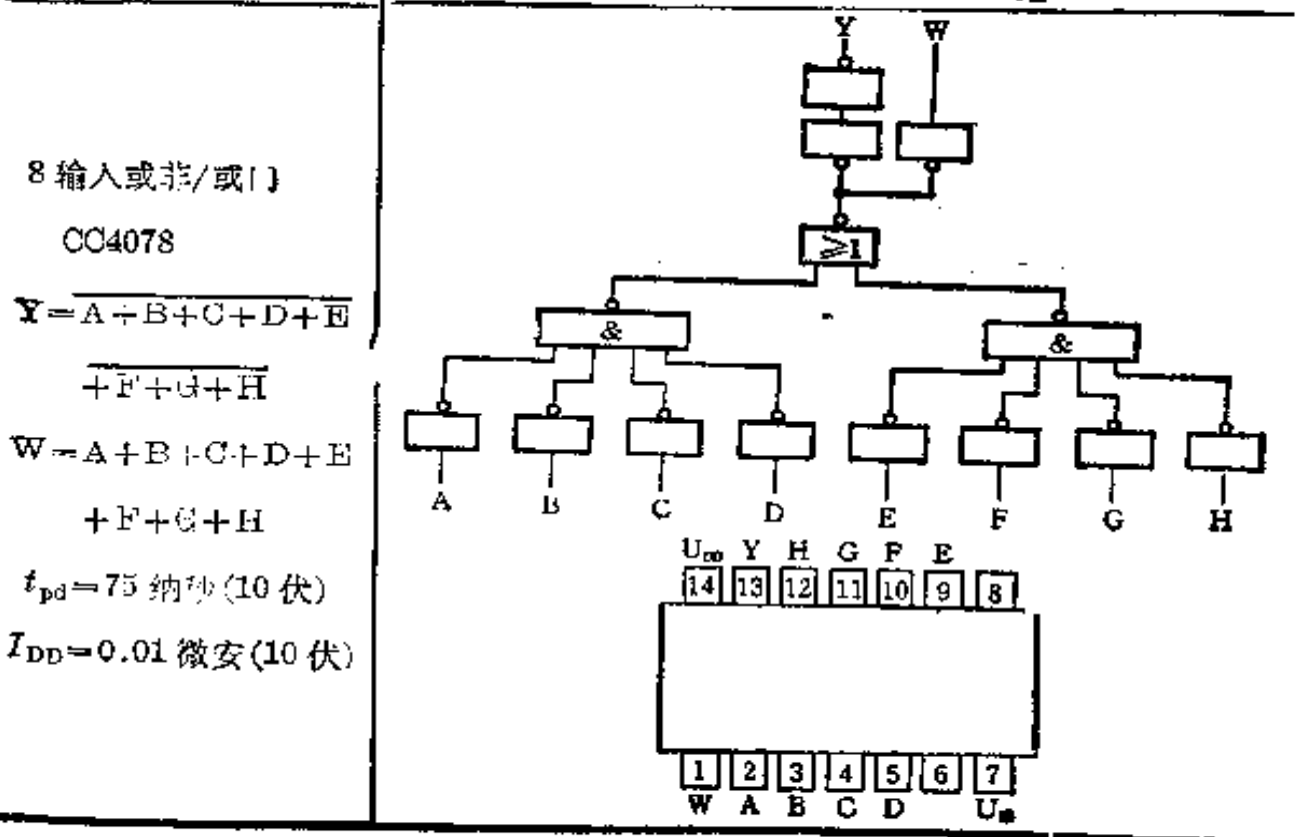
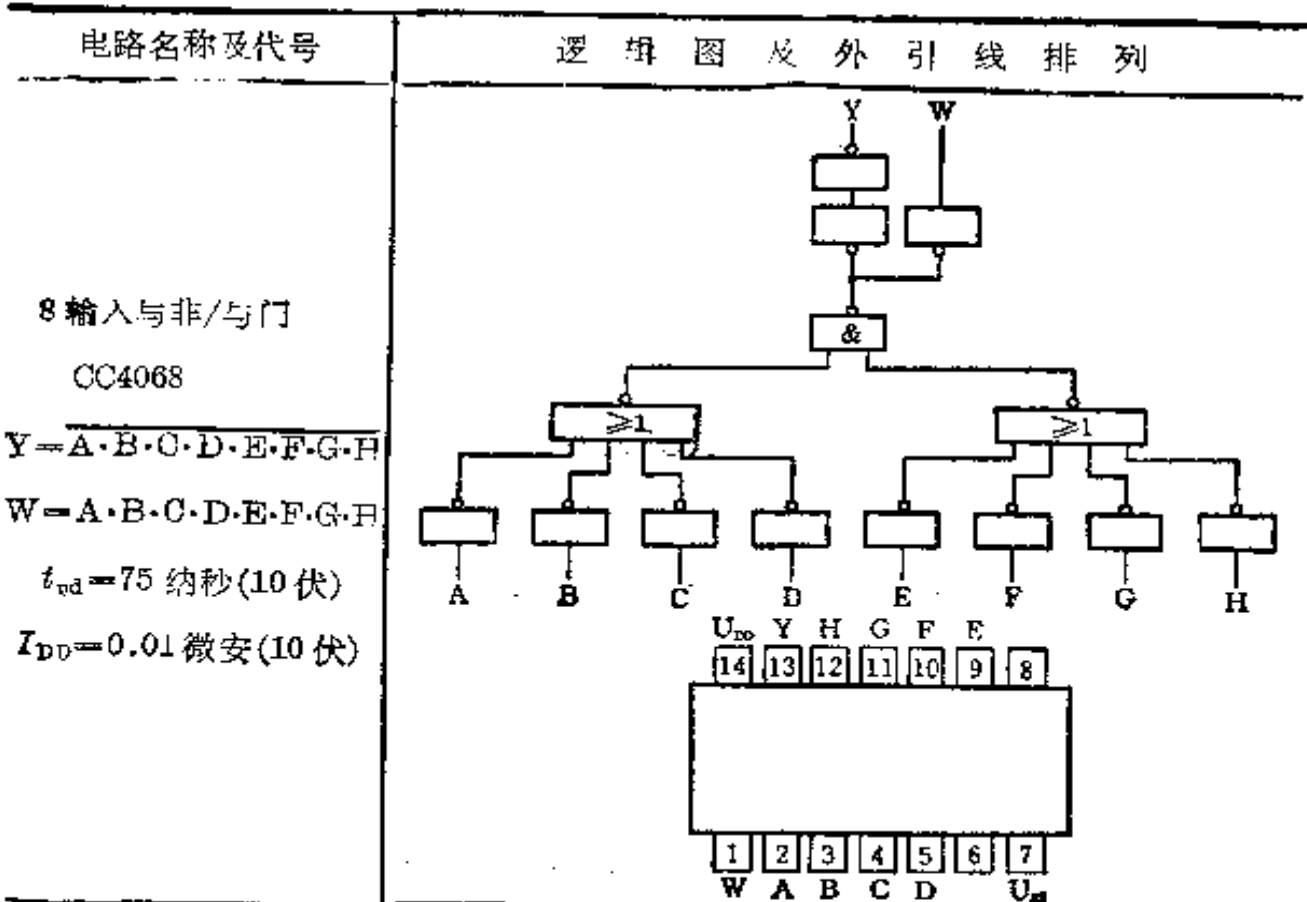
电路名称及代号	逻辑图及外引线排列
四 2 输入与门 CC4081 $Y = A \cdot B$ $t_{pd} = 60$ 纳秒 (10 伏) $I_{DD} = 0.01$ 微安 (10 伏)	
三 3 输入与门 CC4073 $Y = A \cdot B \cdot C$ $t_{pd} = 60$ 纳秒 (10 伏) $I_{DD} = 0.01$ 微安 (10 伏)	
双 4 输入与门 CC4082 $Y = A \cdot B \cdot C \cdot D$ $t_{pd} = 60$ 纳秒 (10 伏) $I_{DD} = 0.01$ 微安 (10 伏)	

(续表)

电路名称及代号	逻辑图及外引线排列
<p>四 2 输入或门 CC4071</p> <p><math>Y = A + B</math></p> <p><math>t_{pd} = 60</math> 纳秒(10 伏)</p> <p><math>I_{DD} = 0.01</math> 微安(10 伏)</p>	
<p>三 3 输入或门 CC4075</p> <p><math>Y = A + B + C</math></p> <p><math>t_{pd} = 60</math> 纳秒(10 伏)</p> <p><math>I_{DD} = 0.01</math> 微安(10 伏)</p>	
<p>双 4 输入或门 CC4072</p> <p><math>Y = A + B + C + D</math></p> <p><math>t_{pd} = 60</math> 纳秒(10 伏)</p> <p><math>I_{DD} = 0.01</math> 微安(10 伏)</p>	



(续表)



(续表)

电路名称及代号	逻辑图及外引线排列
4路2-2-2-2输入与或非门(可扩展)	
CC4086	
$Y = \overline{AB + CD + EF + GH + \bar{S} + EX}$	
$t_{pd} = 90$ 纳秒(10伏)	
$I_{DD} = 0.02$ 微安(10伏)	
双2-2输入与或非门	
CC4085	
$t_{PHL} = 90$ 纳秒(10伏)	
$t_{PLH} = 125$ 纳秒(10伏)	
$I_{DD} = 0.02$ 微安(10伏)	

(续表)

电路名称及代号

8输入多功能门(3s,可扩展) CC4048

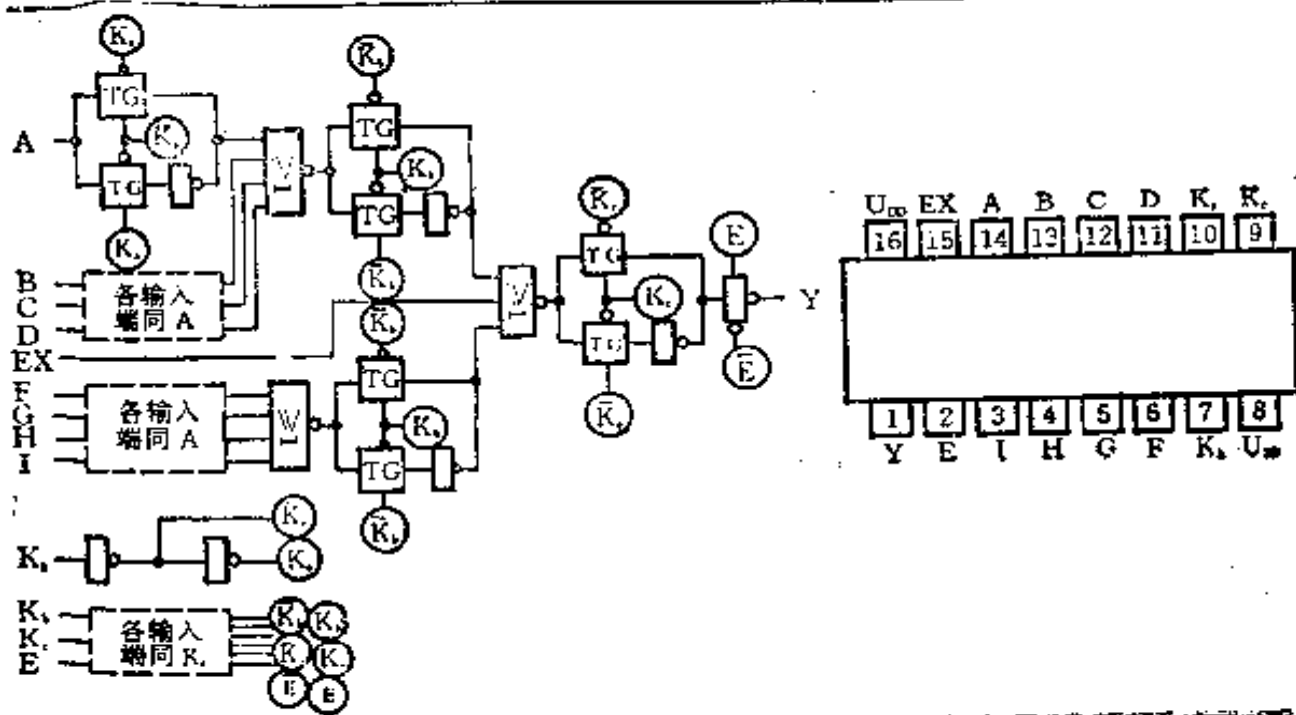
功能表

$K_c$	$K_b$	$K_a$	E	EX	逻辑表达式
L	L	L	H	或	$Y = \overline{A+B+C+D+F+G+H+I+(EX)}$
L	L	H	H	或	$Y = A+B+C+D+F+G+H+I+(EX)$
L	H	L	H	或非	$Y = \overline{(A+B+C+D) \cdot (F+G+H+I) \cdot (EX)}$
L	H	H	H	或非	$Y = \overline{(A+B+C+D) \cdot (F+G+H+I) \cdot (EX)}$
H	L	L	H	与非	$Y = A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot F \cdot G \cdot H \cdot I \cdot (EX)$
H	L	H	H	与非	$Y = \overline{A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot F \cdot G \cdot H \cdot I \cdot (EX)}$
H	H	L	H	与	$Y = \overline{A \cdot B \cdot C \cdot D + F \cdot G \cdot H \cdot I + (EX)}$
H	H	H	H	与	$Y = A \cdot B \cdot C \cdot D + F \cdot G \cdot H \cdot I + (EX)$
X	X	X	L	X	$Y = Z$

$t_{pd} = 150$  纳秒(10伏)

$I_{DD} = 0.01$  微安(10伏)

逻辑图及外引线排列



(续表)

电路名称及代号

双互补对及反相器 CC4007

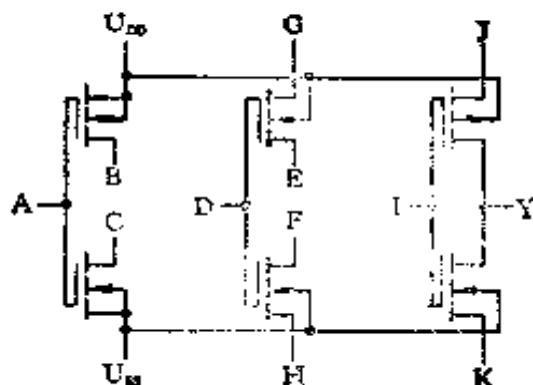
功能表

外 引 线 连 接												功 能
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	Y	
	C	C		F	F	$U_{DD}$	$U_{SS}$		$U_{DD}$	$U_{SS}$		$C=\bar{A}; F=\bar{D}; Y=\bar{I}$
	G	Y		J	Y	G	$U_{SS}$		J	$U_{SS}$	Y	$Y=\overline{A+B+I}$
	Y	H		Y	K	$U_{DD}$	H		$U_{DD}$	K	Y	$Y=\overline{A \cdot D \cdot I}$
	Y	K		J	Y	$U_{DD}$	K		J	K	Y	$Y=\bar{A} + \bar{D} \cdot \bar{I}$
A		Y	A		Y		$U_{SS}$	A	$U_{DD}$	$U_{SS}$	Y	$Y=\bar{A}$
A	Y		A	Y		$U_{DD}$		A	$U_{DD}$	$U_{SS}$	Y	$Y=\bar{A}$
A	Y	Y	A	Y	Y	$U_{DD}$	$U_{SS}$	A	$U_{DD}$	$U_{SS}$	Y	$Y=\bar{A}$
A	I	I	A	Y	Y	G	H	I	H	G	Y	双方向控制传输门

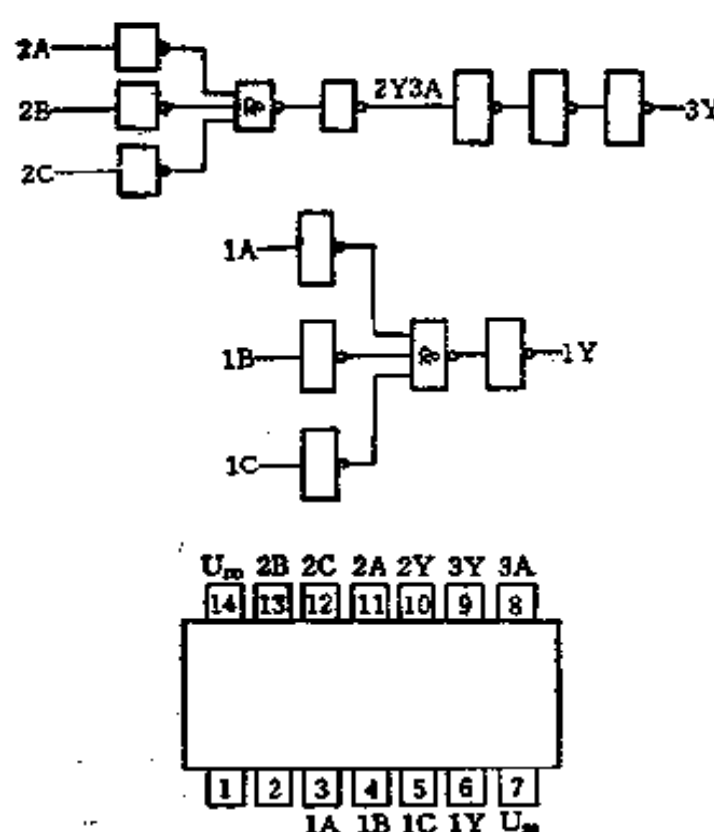
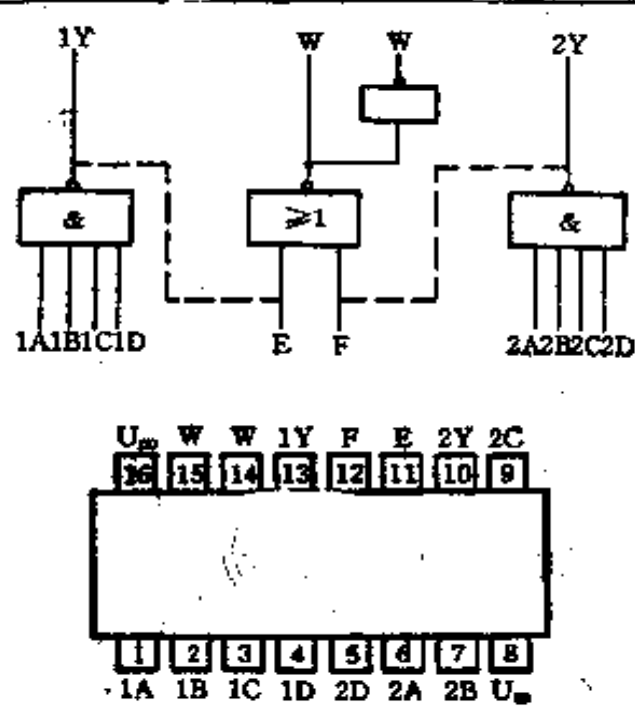
$t_{pd}=30$  纳秒(10伏)

$I_{DD}=0.01$  微安(10伏)

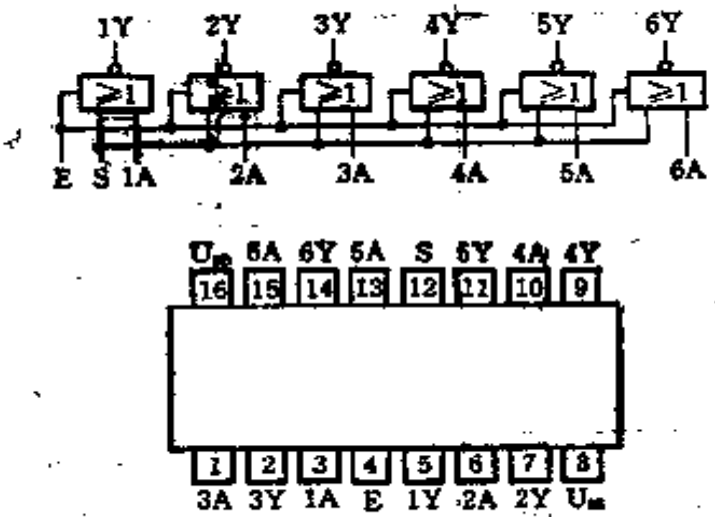
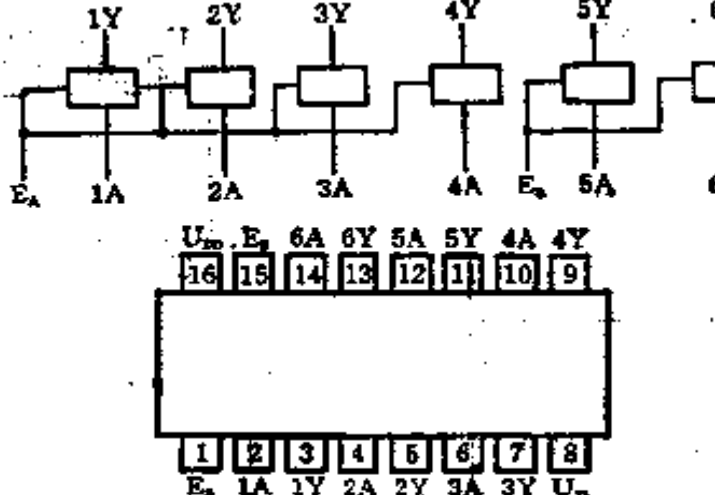
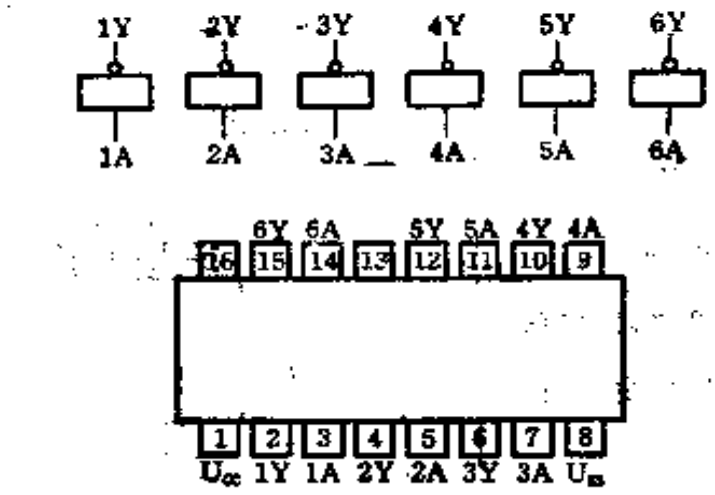
逻辑图及外引线排列



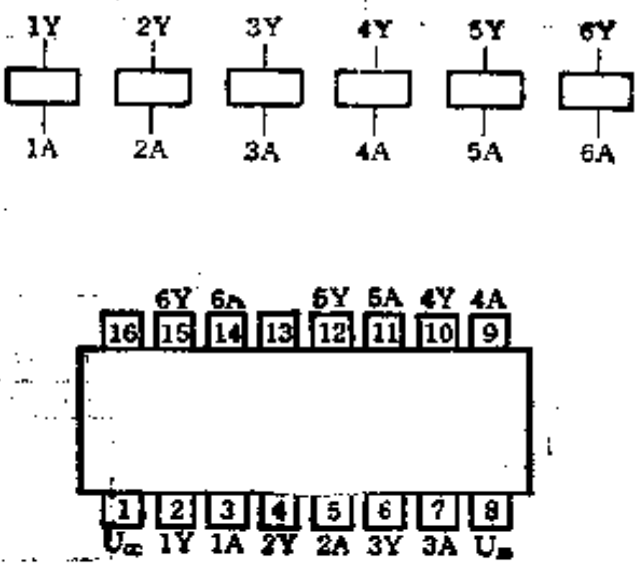
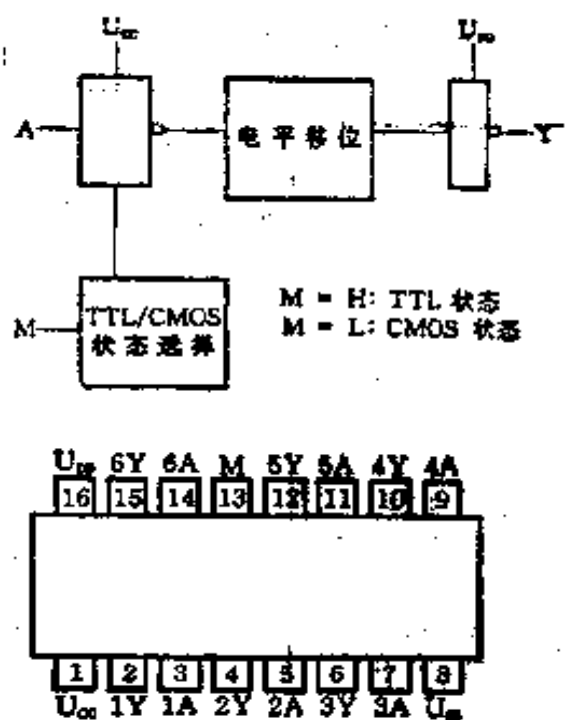
(续表)

电路名称及代号	逻辑图及外引线排列
<p>双 3 输入或非门及反相器 CC4000</p> $Y = \overline{A + (B) + (C)}$ <p><math>t_{pd} = 60</math> 纳秒 (10 伏)</p> <p><math>I_{DD} = 0.01</math> 微安 (10 伏)</p>	
<p>双 4 输入与非门及 2 输入或非/或门 CC14501</p> $Y = \overline{A \cdot B \cdot C \cdot D}$ $W = \overline{E + F}$ $W = E + F$ <p><math>t_{pd} = 70</math> 纳秒 (10 伏)</p> <p><math>I_{DD} = 0.01</math> 微安 (10 伏)</p>	

(续表)

电路名称及代号	逻辑图及外引线排列																								
<p>六反相器/缓冲器 (3s, 有选通端) CC4502</p> <table border="1" data-bbox="86 622 368 846"> <thead> <tr> <th colspan="3">输入</th> <th>输出</th> </tr> <tr> <th>E</th> <th>S</th> <th>A</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L</td> <td>L</td> <td>L</td> <td>H</td> </tr> <tr> <td>L</td> <td>L</td> <td>H</td> <td>L</td> </tr> <tr> <td>L</td> <td>H</td> <td>X</td> <td>L</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>Z</td> </tr> </tbody> </table> <p><math>t_{pd} = 60</math> 纳秒 (10 伏) <math>I_{DD} = 0.02</math> 微安 (10 伏)</p>	输入			输出	E	S	A	Y	L	L	L	H	L	L	H	L	L	H	X	L	H	X	X	Z	 <p>逻辑图及外引线排列</p>
输入			输出																						
E	S	A	Y																						
L	L	L	H																						
L	L	H	L																						
L	H	X	L																						
H	X	X	Z																						
<p>六缓冲器 (3s) CC4503</p> <table border="1" data-bbox="86 1144 368 1323"> <thead> <tr> <th colspan="2">输入</th> <th>输出</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>E</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L</td> <td>L</td> <td>L</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>L</td> <td>H</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>H</td> <td>Z</td> </tr> </tbody> </table> <p><math>t_{PHL} = 25</math> 纳秒 (10 伏) <math>t_{PLH} = 35</math> 纳秒 (10 伏) <math>I_{DD} = 0.02</math> 微安 (10 伏)</p>	输入		输出	A	E	Y	L	L	L	H	L	H	X	H	Z	 <p>逻辑图及外引线排列</p>									
输入		输出																							
A	E	Y																							
L	L	L																							
H	L	H																							
X	H	Z																							
<p>六反相缓冲器/电平转换器 CC4049 <math>Y = \bar{A}</math></p> <p><math>t_{PHL} = 20</math> 纳秒 (10 伏) <math>I_{DD} = 0.02</math> 微安 (10 伏)</p>	 <p>逻辑图及外引线排列</p>																								

(续表)

电路名称及代号	逻辑图及外引线排列
<p>六缓冲器/电平转换器 器 CC4050</p> <p><math>Y=A</math></p> <p><math>t_{PHL}=22</math> 纳秒(10伏)</p> <p><math>I_{DD}=0.02</math> 微安(10伏)</p>	
<p>六TTL/CMOS-COMS 电平转换器 CC14504</p> <p><math>Y=A</math></p> <p><math>t_{pd}=120</math> 纳秒(10伏)</p> <p><math>I_{DD}=0.01</math> 微安(10伏)</p>	 <p>M = H: TTL 状态 M = L: CMOS 状态</p>

(续表)

电路名称及代号	逻辑图及外引线排列																																								
<p>四低-高电平转换器 (3s) CC40109</p> <table border="1" data-bbox="82 616 343 996"> <thead> <tr> <th colspan="2">输入</th> <th>输出</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>E</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L</td> <td>H</td> <td>L</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>H</td> <td>H</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>L</td> <td>Z</td> </tr> </tbody> </table>	输入		输出	A	E	Y	L	H	L	H	H	H	X	L	Z																										
输入		输出																																							
A	E	Y																																							
L	H	L																																							
H	H	H																																							
X	L	Z																																							
<p><math>t_{PHL} = 300</math> 纳秒 (10伏, L-H 转换) <math>I_{DD} = 0.02</math> 微安(10伏)</p>																																									
<p>门输入主从 J-R 触发器(有 J、K 输入端) CC4096</p> <table border="1" data-bbox="82 1422 343 1836"> <thead> <tr> <th colspan="2">输入</th> <th colspan="2">输出</th> </tr> <tr> <th>CP</th> <th>J</th> <th>Q</th> <th><math>\bar{Q}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>↑</td> <td>L</td> <td>L</td> <td>L</td> </tr> <tr> <td>↑</td> <td>L</td> <td>H</td> <td>L</td> </tr> <tr> <td>↑</td> <td>H</td> <td>L</td> <td>L</td> </tr> <tr> <td>↑</td> <td>H</td> <td>H</td> <td>L</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>L</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>H</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>H</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>L</td> </tr> </tbody> </table>	输入		输出		CP	J	Q	$\bar{Q}$	↑	L	L	L	↑	L	H	L	↑	H	L	L	↑	H	H	L	X	X	X	L	X	X	X	H	X	X	X	H	X	X	X	L	
输入		输出																																							
CP	J	Q	$\bar{Q}$																																						
↑	L	L	L																																						
↑	L	H	L																																						
↑	H	L	L																																						
↑	H	H	L																																						
X	X	X	L																																						
X	X	X	H																																						
X	X	X	H																																						
X	X	X	L																																						
<p><math>J = J_1 \cdot J_2 \cdot J_3</math> <math>K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3</math> <math>f_m = 16</math> 兆赫(10伏) <math>I_{DD} = 0.02</math> 微安(10伏)</p>																																									

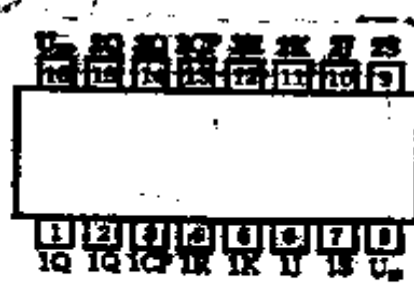
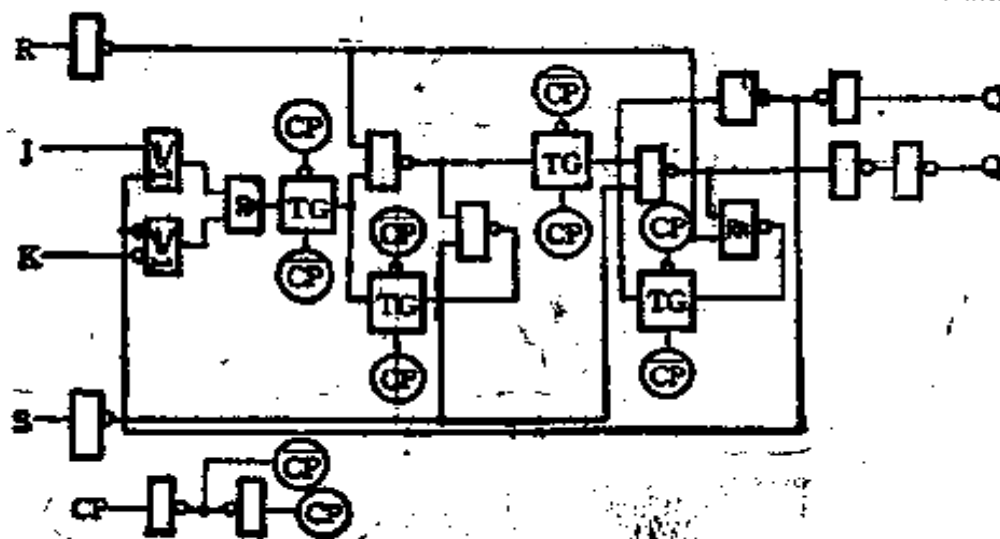


(续表)

电路名称及代号									
双上升沿 J-K 触发器 CC4027									
输 入					输 出				
J	K	S	R	CP	Q	Q <sub>D</sub>	Q <sub>n</sub>	Q	Q
H	L	L	L	↑	H			L	
L	H	L	L	↑	L			H	
X	X	L	L	↓	Q <sub>D</sub>			Q <sub>n</sub>	
X	X	H	L	X	H			L	
X	X	L	H	X	L			H	
X	X	H	H	X	H			H	

$f_m = 16$  兆赫 (10 伏)                       $I_{DD} = 0.02$  微安 (10 伏)

逻辑图及外引线排列



(续表)

电路名称及代号

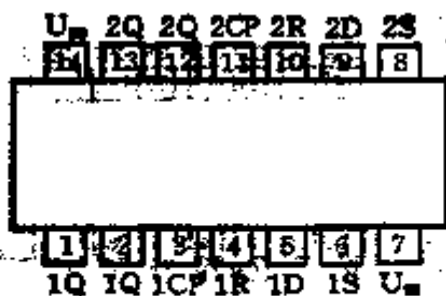
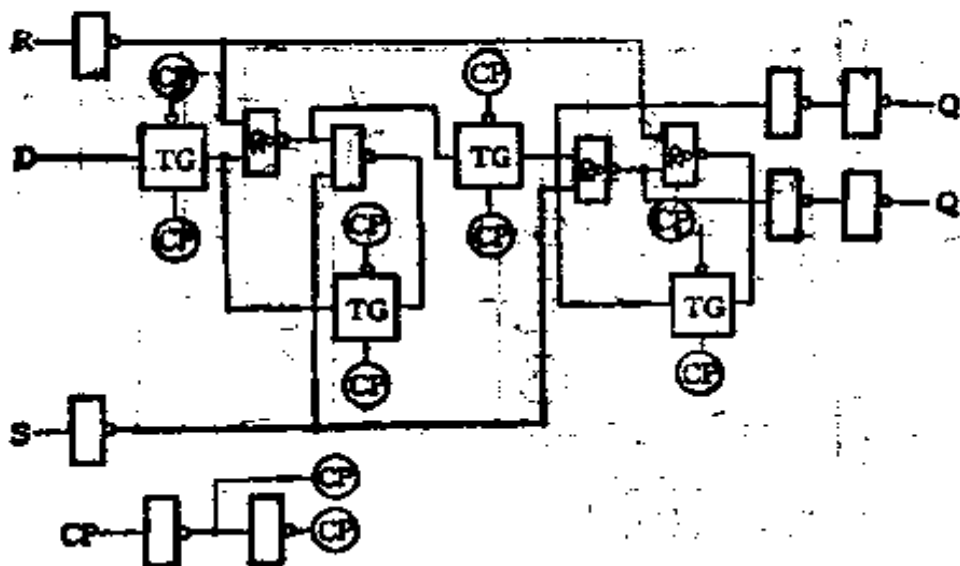
双上升沿D触发器 CC4013

输 入				输 出	
D	R	S	CP	Q	$\bar{Q}$
L	L	L	↑	L	H
H	L	L	↑	H	L
X	L	L	↓	$Q_n$	$\bar{Q}_n$
X	L	H	X	H	L
X	H	L	X	L	H
X	H	H	X	$\phi$	$\phi$

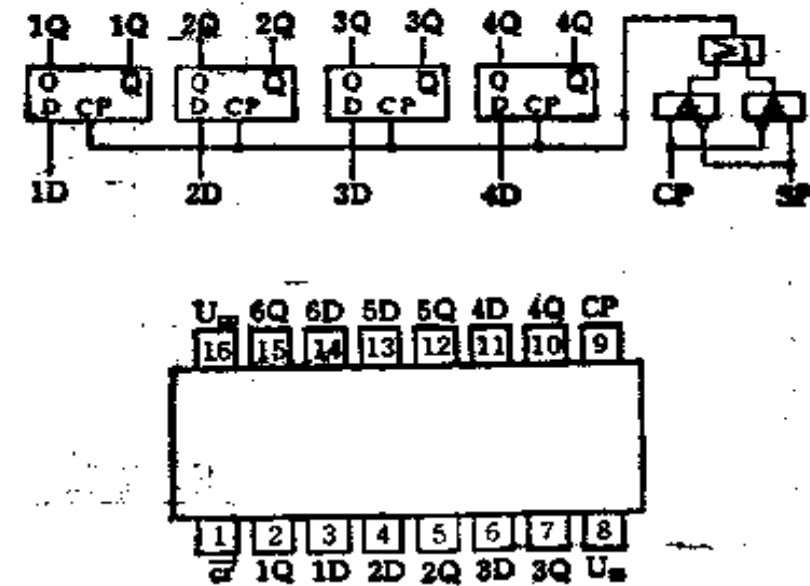
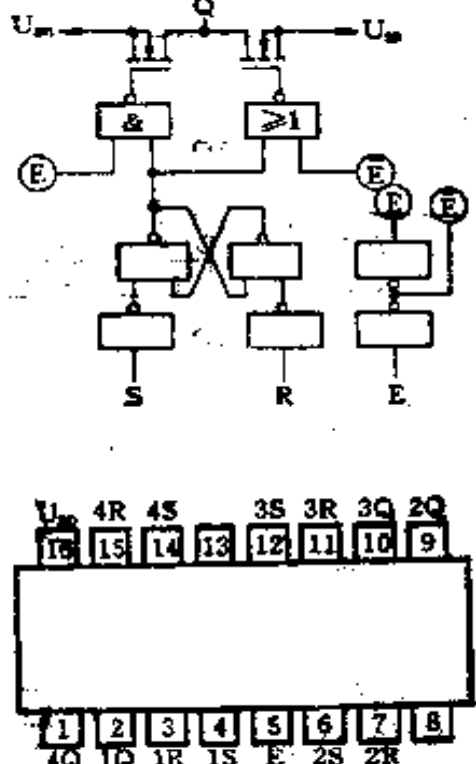
$t_{pd} = 65$  纳秒(10伏)

$I_{DD} = 0.02$  微安(10伏)

逻辑图及外引线排列



(续表)

电路名称及代号	逻辑图及外引线排列																												
<p>六上升沿D触发器 CC40174</p> <table border="1" data-bbox="175 604 542 940"> <thead> <tr> <th colspan="3">输入</th> <th>输出</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CP</td> <td>D</td> <td><math>\overline{CP}</math></td> <td>Q</td> </tr> <tr> <td>↑</td> <td>L</td> <td>H</td> <td>L</td> </tr> <tr> <td>↑</td> <td>H</td> <td>H</td> <td>H</td> </tr> <tr> <td>↓</td> <td>X</td> <td>H</td> <td><math>Q_n</math></td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>X</td> <td>L</td> <td>L</td> </tr> </tbody> </table> <p><math>t_{pd} = 70</math> 纳秒 (10伏) <math>I_{DD} = 0.02</math> 微安 (10伏)</p>	输入			输出	CP	D	$\overline{CP}$	Q	↑	L	H	L	↑	H	H	H	↓	X	H	$Q_n$	X	X	L	L					
输入			输出																										
CP	D	$\overline{CP}$	Q																										
↑	L	H	L																										
↑	H	H	H																										
↓	X	H	$Q_n$																										
X	X	L	L																										
<p>四R-S锁存器(3s) CC4043</p> <table border="1" data-bbox="175 1388 542 1769"> <thead> <tr> <th colspan="3">输入</th> <th>输出</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>S</td> <td>R</td> <td>E</td> <td>Q</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>X</td> <td>L</td> <td>Z</td> </tr> <tr> <td>L</td> <td>L</td> <td>H</td> <td><math>Q_n</math></td> </tr> <tr> <td>L</td> <td>H</td> <td>H</td> <td>L</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>L</td> <td>H</td> <td>H</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>H</td> <td>H</td> <td><math>\phi</math></td> </tr> </tbody> </table> <p><math>t_{pd} = 70</math> 纳秒 (10伏) <math>I_{DD} = 0.02</math> 微安 (10伏)</p>	输入			输出	S	R	E	Q	X	X	L	Z	L	L	H	$Q_n$	L	H	H	L	H	L	H	H	H	H	H	$\phi$	
输入			输出																										
S	R	E	Q																										
X	X	L	Z																										
L	L	H	$Q_n$																										
L	H	H	L																										
H	L	H	H																										
H	H	H	$\phi$																										

(续表)

电路名称及代号		逻辑图及外引线排列	
四 R-S 锁存器 (3 $\phi$ , 与非) CC4044			
输入	输出		
S R E	Q		
X X L	Z		
L L H	$\phi$		
L H H	H		
H L H	L		
H H H	Q $\bar{0}$		
$t_{pd} = 70$ 纳秒 (10 伏) $I_{DD} = 0.02$ 微安 (10 伏)			
四 D 锁存器 CC4042			
输入	输出		
CP SP D	Q $\bar{Q}$		
L L L	L H		
L L H	H L		
H H L	L H		
H H H	H L		
$\uparrow$ L X	保持		
$\downarrow$ H X	保持		
$t_{pd} = 55$ 纳秒 (10 伏) $I_{DD} = 0.02$ 微安 (10 伏)			

(续表)

电路名称及代号

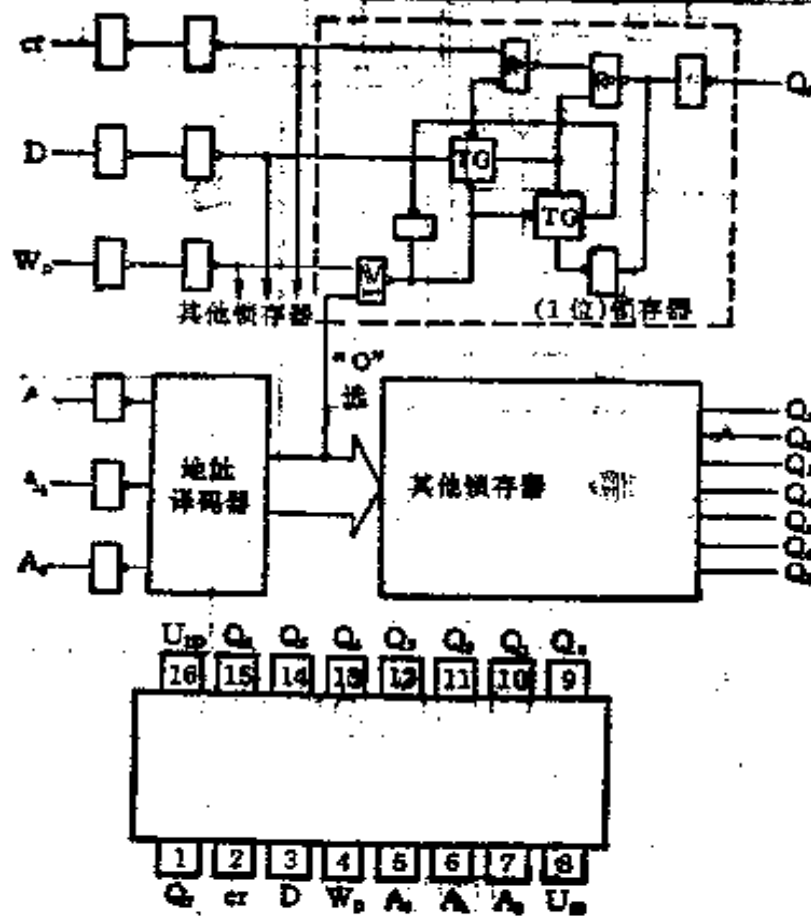
8位可寻址锁存器      CC14099

WD	cr	被寻址锁存器	未寻址锁存器
L	L	数据	$Q_n$
L	H	数据	L
H	L	$Q_n$	$Q_n$
H	H	L	L

$t_{pd} = 75$  纳秒 (10伏)

$I_{DD} = 0.01$  微安 (10伏)

逻辑图及外引线排列



(续表)

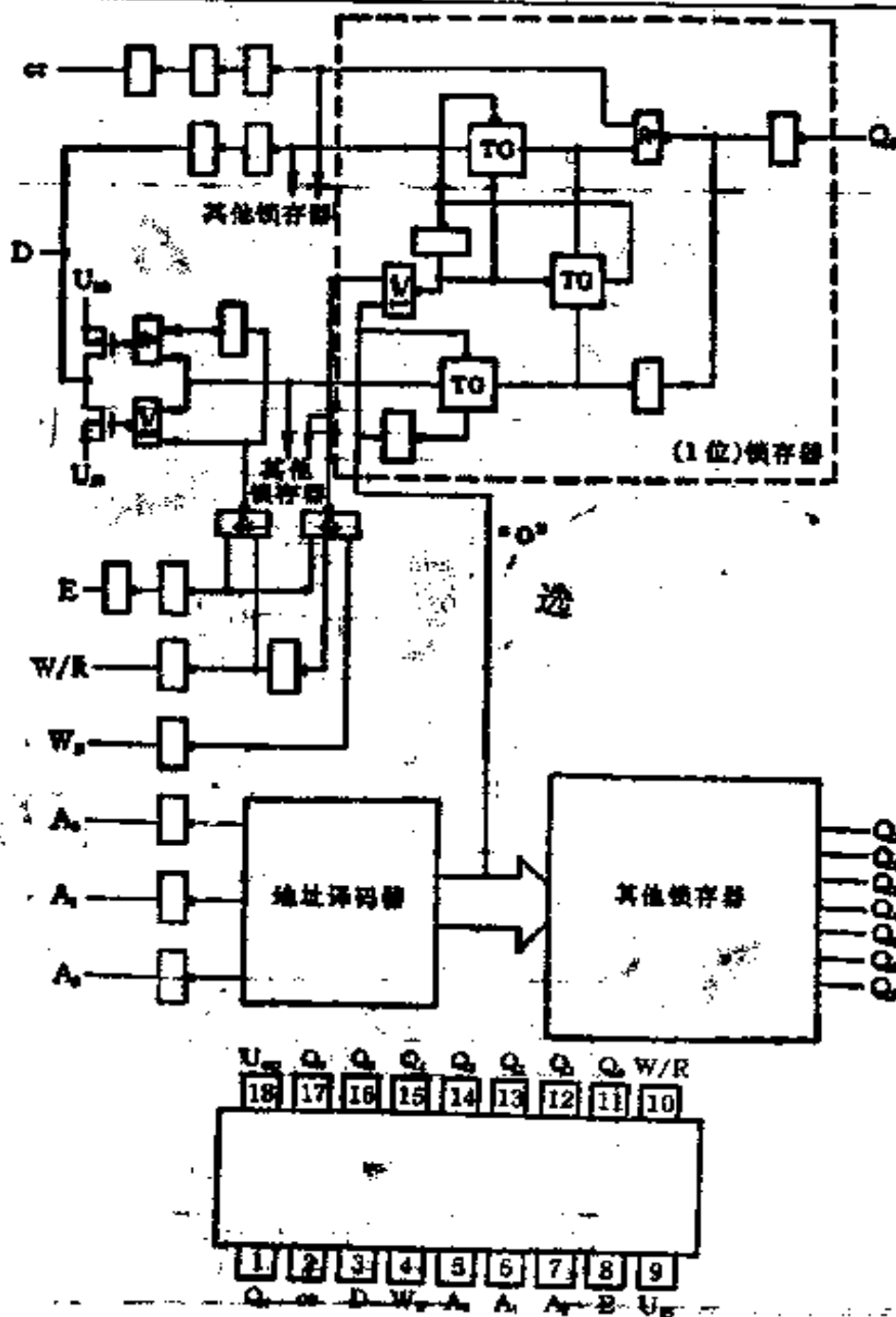
电路名称及代号

8 位双向可寻址锁存器 0014599				其他锁存器	
E	W/R	W <sub>D</sub>	OR	双向锁存器	其他锁存器
L	X	X	L	不交	Z
H	H	L	L	D	输入
H	H	H	L	不交	Z
H	L	X	L	不交	Z
X	X	X	H	不交	Q <sub>n</sub>
				L	Z/L

$t_{pd} = 75$  纳秒 (10 伏)

$I_{DD} = 0.01$  微安 (10 伏)

逻辑图及外引线排列



(续表)

电路名称及代号

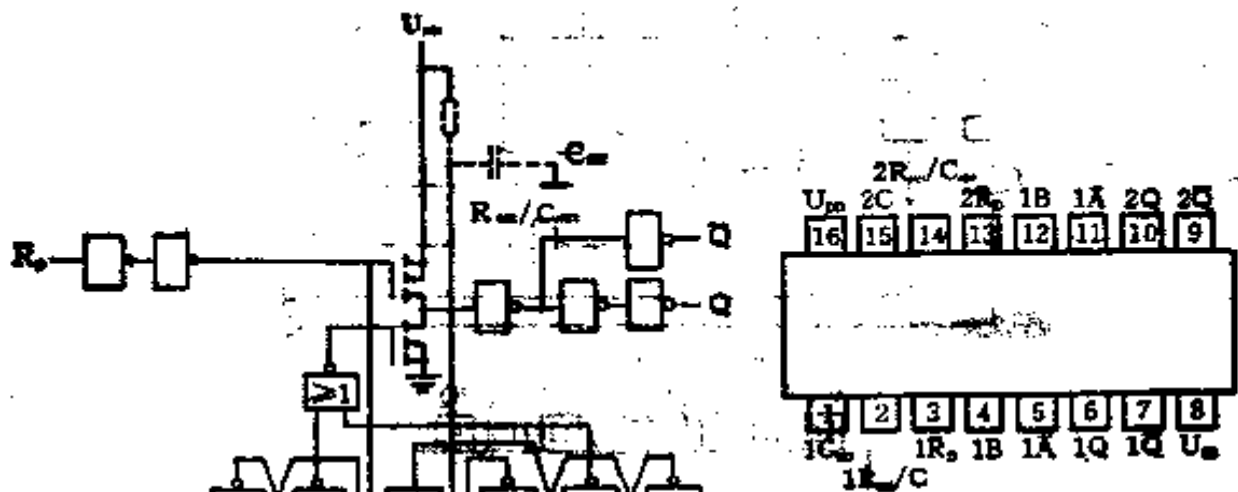
双可重触发单稳态触发器(有清除端) CO14523

输 入			输 出		功 能	
$\bar{A}$	B	$\bar{R}_D$	Q	$\bar{Q}$	单 禁 单 清	稳 止 止 稳 除
H	↑	H	L	H		
L	↑	H	L	H		
↓	H	H	L	H		
↓	L	H	L	H		
X	X	L	L	H		

$t_{pd} = 5$  纳秒(10伏)

$I_{DD} = 0.01$  微安(10伏)

逻辑图及外引线排列



(续表)

电 路 名 称 及 代 号

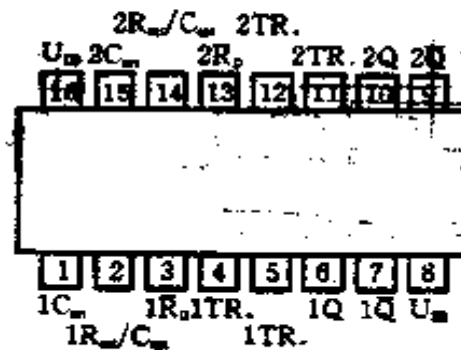
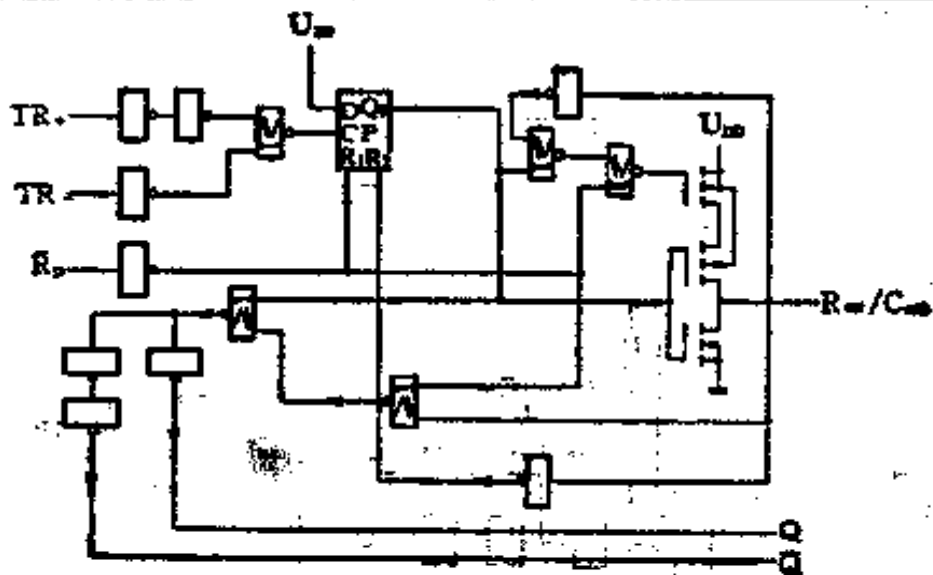
双可重触发单稳态触发器 CC4098

输 入			输 出		功 能
TR <sub>+</sub>	TR <sub>-</sub>	$\bar{R}_D$	Q	$\bar{Q}$	单 稳 单 稳 禁 止 禁 止 清 除
↑	H	H	∩	∩	
L	↓	H	∩	∩	
↑	L	H	Q	$\bar{Q}$	
H	↓	H	Q	$\bar{Q}$	
×	×	L	L	H	

$t_{pd} = 125$  纳秒(10伏)

$I_{DD} = 0.02$  微安(10伏)

逻辑图及外引线排列





(续表)

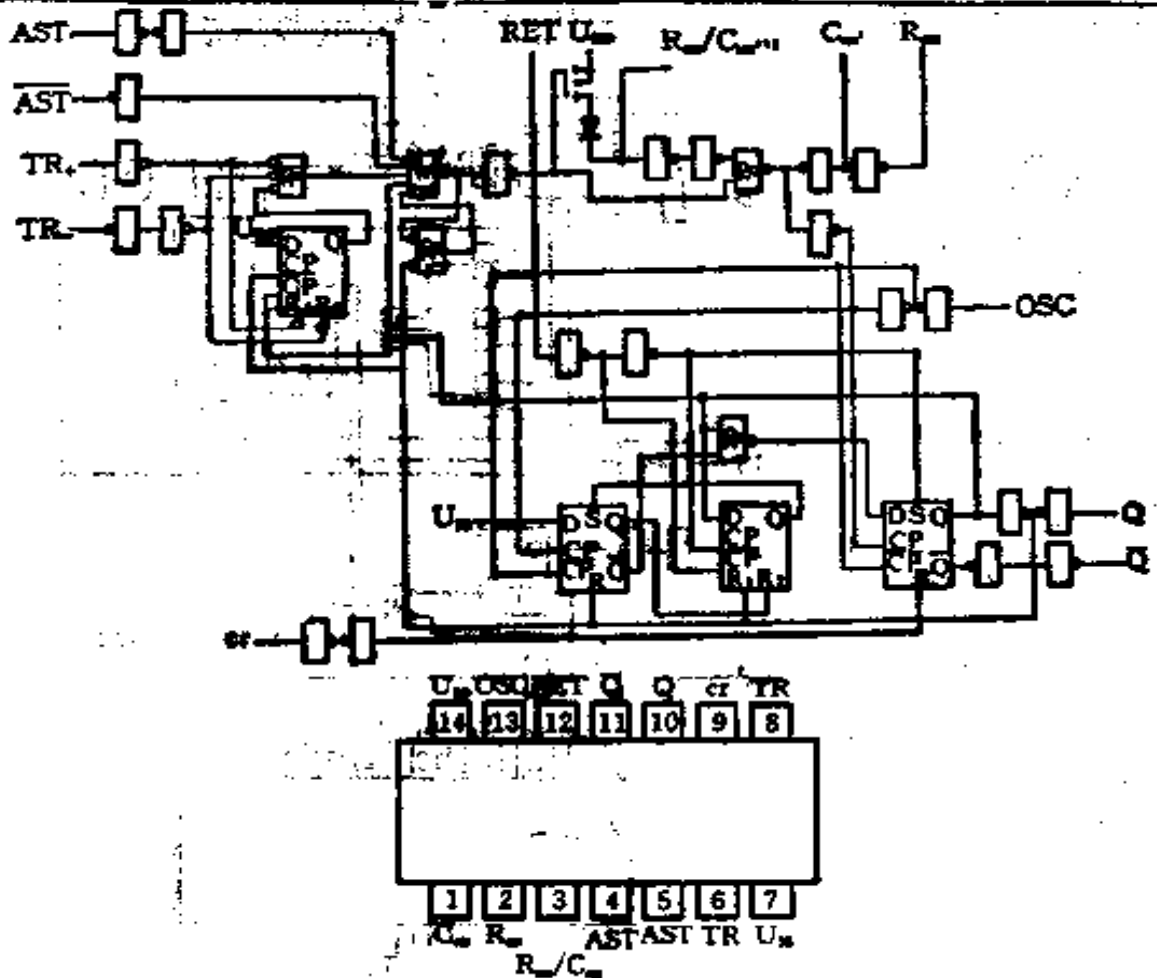
电路名称及代号

单稳态/无稳态多谐振荡器 CC4047

AST	$\overline{AST}$	TR <sub>+</sub>	TR <sub>-</sub>	RET	cr	功能		振荡周期或脉冲宽度
H	X	L	H	L	L	无稳态多谐振荡器	自由振荡	$T_{(Q, \bar{Q})} = 4.4 RC$ $T_{(OSC)} = 2.2 RC$
X	L	L	H	L	自由振荡			
L	H	L	H	L	原码选通			
L	L	L	H	L	反码选通			
L	H	↑	L	L	L	单稳态多谐振荡器	正沿触发	$t_w = 2.48 RC$
L	H	H	↓	L	L		负沿触发	
L	H	↑	L	L	L		边触发	
X	X	X	X	X	H		复位	

$t_{pd}(TR \rightarrow Q) = 225$  纳秒 (10 伏)       $t_{pd}(AST \rightarrow OSC) = 100$  纳秒 (10 伏)  
 $I_{DD} = 0.02$  微安 (10 伏)

逻辑图及外引线排列



(续表)

电路名称及代号		逻辑图及外引线排列	
4位二进制超前进位全加器 CC4008			
输入	输出		
A B C <sub>n</sub>	F F <sub>C<sub>n+1</sub></sub>		
L L L	L L		
H L L	H L		
L H L	H L		
H H L	L H		
L L H	H L		
H L H	L H		
L H H	L H		
H H H	H H		
三串行加法器 CC4030 $t_{pd} = 120$ 纳秒(10伏) $I_{DD} = 0.04$ 微安(10伏)			

(续表)

电路名称及代号		逻辑图及外引线排列	
四异或门 CC4070			
输入	输出		
A B	Y		
L L	L		
H L	H		
L H	H		
H H	L		
$t_{pd} = 65$ 纳秒 (10 伏) $I_{DD} = 0.02$ 微安 (10 伏)			
四异或非门 CC4077			
输入	输出		
A B	Y		
L L	H		
L H	L		
H L	L		
H H	H		
$t_{pd} = 65$ 纳秒 (10 伏) $I_{DD} = 0.02$ 微安 (10 伏)			

## 8-6 常用电子元件

## 一、电阻器(电位器)

## 1. 电阻器 电阻器型号编排意义:

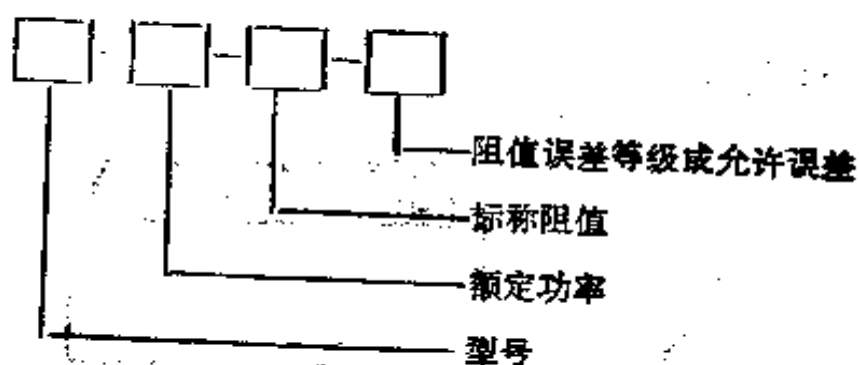


表 8-56 电阻器(电位器)型号意义

R	T	P	U	
电阻器	炭膜	硼膜	硅膜	
X	S	R	M	G
线绕	实心	热敏	压敏	光敏
W	H	J	Y	W
电位器	合成膜	金属膜	氧化	微调

表 8-57 电阻额定功率系列表(瓦)

0.025	0.05	0.125	0.25	0.5	1	2	5	10	25	50	100	250
-------	------	-------	------	-----	---	---	---	----	----	----	-----	-----

表 8-58 电阻标称阻值系列表(或表中所列数值乘以  $10^n$ ,  $n$  为正整数或负整数)

允 许 误 差			允 许 误 差		
±5%	±10%	±20%	±5%	±10%	±20%
1	1	1	3.3	3.3	3.3
1.1			3.6		
1.2	1.2		3.9	3.9	
1.3			4.3		
1.5	1.5	1.5	4.7	4.7	4.7
1.6			5.1		
1.8	1.8		5.6	5.6	
2			6.2		
2.2	2.2	2.2	6.8	6.8	6.8
2.4			7.5		
2.7	2.7		8.2	8.2	
3			9.1		

表 8-59 阻值允许误差和等级

误差等级	I	II	III
允许误差(%)	±5	±10	±20

注: 测量膜电阻允许误差为 ±0.5%、±1%、±2%、±3%。

表 8-60 精密电阻标称阻值系列表

$E_{10}$	$E_{20}$	$E_{40}$	$E_{100}$	$E_{200}$	$E_{400}$	$E_{1000}$	$E_{2000}$	$E_{4000}$	$E_{10000}$	$E_{20000}$	$E_{40000}$
100	100	100	178	178	178	316	316	316	562	562	562
101			180			320			569		
102	102		182	182		324	324		576	576	
104			184			328			583		
105	105	105	187	187	187	332	332	332	590	590	590
106			189			336			597		
107	107		191	191		340	340		604	604	
109			193			344			612		
110	110	110	196	196	196	348	348	348	619	619	619
111			198			352			626		
113	113		200	200		357	357		634	634	
114			203			361			642		
115	115	115	205	205	205	365	365	365	649	649	649
117			208			370			657		
118	118		210	210		374	374		665	665	
120			213			379			673		
121	121	121	215	215	215	383	383	383	681	681	681
123			218			388			690		
124	124		221	221		392	392		698	698	
126			223			397			706		
127	127	127	226	226	226	402	402	402	715	715	715
129			229			407			723		
130	130		232	232		412	412		732	732	
132			234			417			741		
133	133	133	237	237	237	422	422	422	750	750	750
135			240			427			759		
137	137		243	243		432	432		768	768	
138			246			437			777		
140	140	140	249	249	249	442	442	442	787	787	787
142			252			448			796		
143	143		255	255		453	453		806	806	
145			258			459			816		
147	147	147	261	261	261	464	464	464	825	825	825
149			264			470			835		
150	150		267	267		475	475		845	845	
152			271			481			856		
154	154	154	274	274	274	487	487	487	866	866	866
156			277			493			876		
158	158		280	280		499	499		887	887	
160			284			505			898		
162	162	162	287	287	287	511	511	511	909	909	909
164			291			517			920		
165	165		294	294		523	523		931	931	
167			298			530			942		
169	169	169	301	301	301	536	536	536	953	953	953
172			305			542			965		
174	174		309	309		549	549		976	976	
176			312			556			988		

表 8-61 非线绕电阻

型号	RS	RT	RTX	RJ	RJX	RY
名称	实心炭质电阻	炭膜电阻	小型炭膜电阻	金属膜电阻	小型金属膜电阻	氧化膜电阻
功率(瓦)	0.125~2	0.25~10	0.05, 0.125	0.5~2	0.25	0.25~2

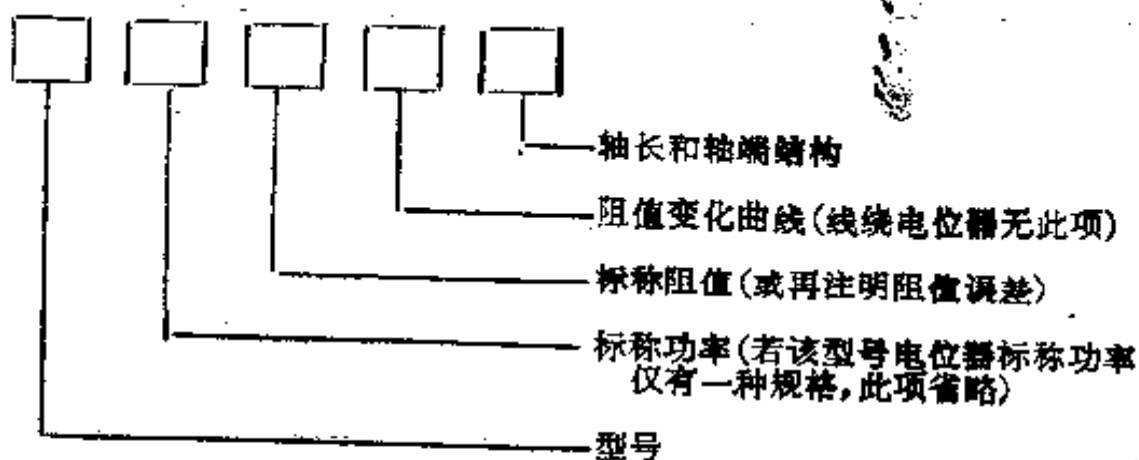
  

型号	RPL	RTL-X	RJJ	RJJ-10	RJ4
名称	测量用炭膜电阻	小型测量用炭膜电阻	精密金属膜电阻	高精密封金属膜电阻	高阻金属膜电阻
功率(瓦)	0.125~1	0.125	0.125~0.5	0.125, 0.25	0.25~2

表 8-62 线绕电阻

型号	名称	功率(瓦)	型号	名称	功率(瓦)	型号	名称	功率(瓦)
RXQ	酚醛涂漆管形线绕电阻(固定式)	2	RXYC	波釉耐潮线绕电阻(固定式)	2.5	RXYC-T	波釉耐潮线绕电阻(可调式)	10
		6			15			
		10			7.5			20
		15			10			25
		25			15			30
RXQ-T	酚醛涂漆管形线绕电阻(可调式)	2	RXYC	波釉耐潮线绕电阻(固定式)	20	RXI	小型波釉线绕电阻	1
		6			25			3
		10			30			6
		15			40			10
		25			50			
RXY	波釉固定式线绕电阻	7.5	RXJX	小型精密线绕电阻	40			0.5
		15			50			1
		20			75			
		25			100			
		50						
75								
		150						

## 2. 电位器 电位器型号编排意义:



阻值间隔: 除注明个别型号以外, 均按下列标准系列。

非线绕电位器: 1, 1.5, 2.2, 3.3, 4.7, 6.8。

线绕电位器: 1, 1.2, 1.5, 1.8, 2.2, 2.7, 3.3, 3.9, 4.7, 5.6, 6.8, 8.2。

表 8-63 电位器阻值变化曲线形式

符 号	X	Z	D
曲线形式	直线式	指数式	对数式

表 8-64 电位器轴端结构

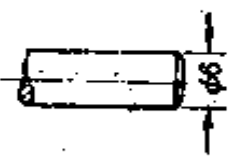

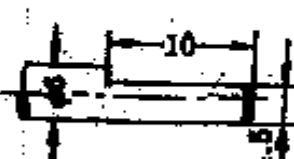
符 号	ZS-1	ZS-3	ZS-5
轴端结构	无槽无平面	有起子槽	铣有平面
外 形			



表 8-65 非线绕电位器

型 号	名 称	功率(瓦)	线 型
WH15	合成炭膜电位器	0.125	X
		0.05	Z、D
WT WTK	炭膜电位器	0.25	X
		0.1	Z、D
WT*	炭膜电位器	0.25	X
		0.1	Z、D
WTH	合成炭膜电位器	1、2	X
		0.5、1	Z、D
WH5	合成炭膜电位器	0.5、1	X
		0.25、0.5	Z、D
WH9	合成炭膜电位器	0.25	X
		0.1	Z、D
WS1	耐热实心电位器	2	X
		1	Z、D
WS	WS-2 非锁紧型有机实心电位器	0.5	X
	WS-3 锁紧型有机实心电位器	0.5	X
WH7	超小型微调电位器	0.1	—
WH20A	直滑式电位器	0.5	X
		0.25	Z、D

\* WT-3(单式), WT-4(双连), WT-5(双连异步异轴), WTK-5(单式带双刀单掷开关), WTK-6(双连同步同轴带双刀单掷开关), WTK-7(双连异步异轴带双刀单掷开关)。

表 8-66 线绕电位器

型 号	名 称	功率(瓦)
WX-010 WX-030 WX-050 WX-100 WX1 WX3 WX5	线绕电位器	1 3 5 10 1 3 5
WXW1	扁合式微调线绕电位器	0.5
BC1-25 BC1-50, 100 BC1-150 BC1-300, 500	瓷盘变阻器	25 50, 100 150 300, 500

表 8-67 多层式线绕电位器

型 号	功率(瓦)	圈 数
WXD-8 WXD-10 WX1.5-1 WX5-11 WX5-11A	3 5 1.5 5 3	3 10 10 10 5

## 二、电 容 器

电容器型号编排意义:

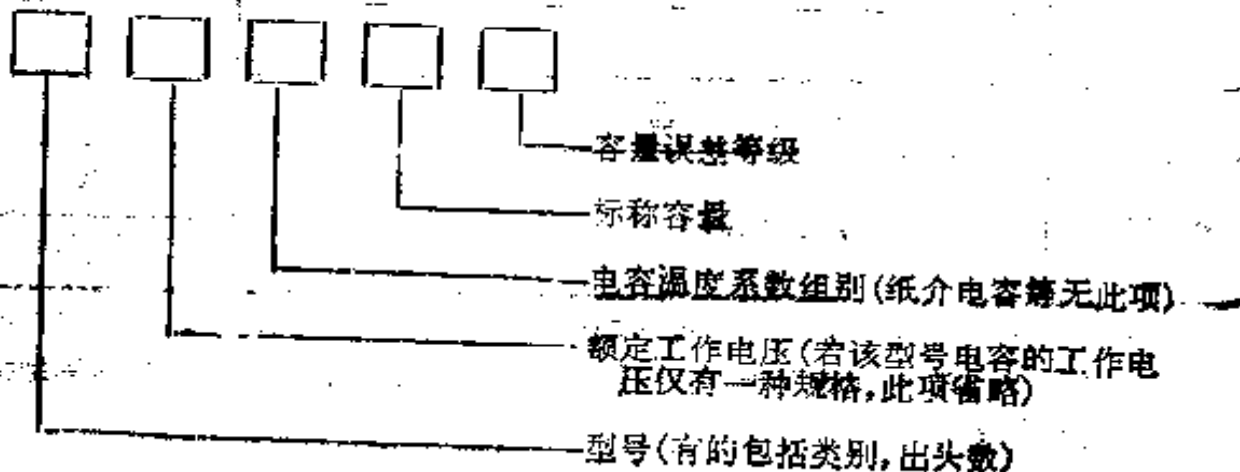


表 8-68 电容器型号字母的意义

字母	意义	字母	意义	字母	意义
C	瓷介	S	聚碳酸酯	T	钛
Y	云母	Q	漆膜	M	压敏
I	玻璃釉	Z	纸介	T	铁电
O	玻璃(膜)	H	混合介质	W	微调
B	聚苯乙烯	D	(铝)电解	J	金属化
F	聚四氟乙烯	A	铝		
L	涤纶	N	铌		

表 8-69 固定电容器工作电压系列(额定直流工作电压)

1.6	4	6.3	10	16	25	32*	40	50*	63	100	125*	160	250
300	400	450*	500	630	1000	1600	2000	2500	3000	4000	5000	6300	8000
10000	15000	20000	25000	30000	35000	40000	45000	50000	50000	50000	100000		

注: 1. 有“\*”者只限电解电容器专用。

2. 数值下有“——”者建议优先采用。

表 8-70 纸介电容器(包括金属化纸介电容器)标称容量系列表

工作电压	不 大 于 1.6 千 伏							
容量允许偏差	±5%		±10%		±20%			
	100~10000		0.01~0.1		0.1~1		1~10	
标称容量 (微法)	10	33	0.01	0.033	0.1	(0.4)	1	(5)
	(12)	(39)	0.015	0.039	0.15	0.47	2	6
	15	47	(0.02)	(0.04)	(0.2)	(0.5)	(3)	8
	(18)	(56)	0.022	0.047	0.22		4	10
	22	68	(0.025)	(0.05)	(0.25)			
	(27)	(82)	(0.03)	0.056	0.89			
				0.068				
				0.082				

注: 表中凡有括号的数值即将淘汰, 在新设计设备中不宜采用(下同)。

表 8-71 一般纸介电容器(适用于直流或脉动电路)

型 号	名 称	额定直流工作电压(伏)
CZT	筒形纸介电容器	400
CZX	小型纸介电容器	300
CZM	密封纸介电容器	250~1600
CZY	高压密封纸介电容器	2000~20000
CZS	高压密封纸介电容器	2000~15000
CZMX	小型密封纸介电容器	400
CZGX	小型固体纸介电容器	160~400
CZJ	密封金属化纸介电容器	250~1600
CZJD	单层密封金属化纸介电容器	160~630
CZJX	小型金属化纸介电容器	160~400
CZJ2	单向小型金属化纸介电容器	160
C103	蜡浸密封纸介电容器	250
OZO	穿心式密封纸介电容器	110~1500

注: 电容器在脉动电路中工作时, 最大交流分量的振幅值, 应不超过额定工作电压的百分比:

频率为 50 赫时	20%	频率为 1000 赫时	5%
频率为 100 赫时	15%	频率为 10000 赫时	2%
频率为 300 赫时	10%		

交流分量最大值和直流电压之和不应超过额定工作电压。

电容器在交流电路中工作时, 交流电压有效值不应超过表 8-71 范围。

表 8-72

额定直流 工作电压 (伏)	允许交流电压有效值(伏)			
	频率为 50 赫时		频率为 500 赫时	
	标称容量 $\leq 2$ 微法	标称容量 $\geq 4$ 微法	标称容量 $\leq 2$ 微法	标称容量 $\geq 4$ 微法
250	160	130	100	50
400(300)	250	200	125	75
630	300	250	150	100
1000	400	350	200	150
1600	500	—	250	—

表 8-73 交流纸介电容器(适用于 50 赫交流电路)

型 号	名 称	额定工作电压(伏) (交流有效值)
OZJJ	交流密封金属化纸介电容器	250~1000*
OZJJ1	交流密封金属化纸介电容器	350
C106	交流密封纸介电容器	250~1200
OZMS	电扇用密封纸介电容器	200~400

注: 电容器在不同频率下工作时, 其容许工作电压不应超过表 8-74 范围。

表 8-74

频 率 (赫)	50	100	500
容许工作电压为额定电压百分数	100	75	50

表 8-75 云母电容器标称容量系列表(或表中所列数值乘以  $10^n$ )

允 许 偏 差			允 许 偏 差		
±5%	±10%	±20%	±5%	±10%	±20%
1	1	1	3.3	3.3	3.3
1.1			3.6		
1.2	1.2		3.9	3.9	
1.3			4.3		
1.5	1.5	1.5	4.7	4.7	4.7
1.6			5.1		
1.8	1.8		5.6	5.6	
2			6.2		
2.2	2.2	2.2	6.8	6.8	6.8
2.4			7.5		
2.7	2.7		8.2	8.2	
3			9.1		

注: 云母电容器最小标称容量为 10 皮法。

表 8-76 云母电容器的电容温度系数和容量温度稳定度的分组

组 别	电容温度系数(1/°C)	容量温度稳定度(%)
A	不规定	不规定
B	$\pm 200 \times 10^{-6}$	0.5
C	$\pm 100 \times 10^{-6}$	0.2
D	$\pm 50 \times 10^{-6}$	0.1

表 8-77 云母电容器(适用于直流、交流和脉动电路)

型 号	名 称	额定直流工作电压(伏)
OY	云母电容器	250~7000
OYX	小型云母电容器	100
OY2	包封云母电容器	100~500
OYM	密封云母电容器	500, 1000
OYMX	小型密封云母电容器	250~1500

注: 电容器在脉动电路中工作时, 电压交流分量最大值和直流电压之和不应超过额定工作电压。

电容器在交流电路中工作时, 交流电压最大值不应超过表 8-77 范围。

表 8-78

额定直流工作电压 (伏)	允许交流电压最大值为额定直流工作电压的百分数		
	频率 < 500 赫	500~10000 赫	> 10000 赫
≤ 500	50%	30%	10%
1000~5000	30%	20%	5%
OYM 电容器	$C < 0.1 \mu\text{F}$ 10%; $C \geq 1000 \mu\text{F}$ 5%		

表 8-79 瓷介电容器标称容量系列表

I 型瓷介电容器 容许误差			I 型瓷介电容器 容许误差			II 型瓷介电容器 容许误差
±5%	±10%	±20%	±5%	±10%	±20%	-20%, +50%; -20%, +80%; ±20%
1.0	1.0	1.0	9.3	8.8	8.8	
1.1			3.6			
1.2			3.9			
1.3	4.3	4.7				
1.5	4.7					
1.6	5.1					
1.8	1.8	5.6	5.6	1 1.5 2.2 3.3 4.7 6.8		
2.0	2.2	6.2	6.8		6.8	
2.2		6.8				
2.4		7.5				
2.7	2.7	8.2	8.2		6.8	
3.0		9.1				

注: I 型瓷介电容器用于振荡回路或其他要求低损耗和高稳定性电路中。

II 型瓷介电容器可用于旁路、耦合回路或其他对损耗和稳定性要求不高的隔直流电路中。

表 8-80 瓷介电容器

型号	名称	额定直流工作电压(伏)
CC1-Y	圆片形瓷介电容器	500
CC1-G	管形瓷介电容器	160
CCX-Y	圆片形小型瓷介电容器	150
CCX-G	管形小型瓷介电容器	150
CCX-D	迭片式小型瓷介电容器	100
CCX1	小型瓷介电容器	40, 60
CCX3	小型瓷介电容器	25
C401	穿心式瓷介电容器	250
C403	铁电瓷介电容器	63
		100
C405	穿心式圆片形铁电瓷介电容器	40
C406	阻挡层电容器	12
CCD	低压瓷介电容器	500(或高频 250)
CC	瓷介电容器	500(或高频 240)
CCC	穿心式瓷介电容器	500(或高频 250)
CCFC	穿心式铁电瓷介电容器	300

表 8-81 钽、铌、铍电解电容器标称容量系列表(微法)  
(或表列数值乘以  $10^n$ )

1	1.5	(2)	2.2	(8)	3.3	4.7	(5)	6.8
---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

注: 表中括号的数值新设计时不允许采用。

表 8-82 电 解 电 容 器

型 号	名 称	额定直流工作电压(伏)
CD	电解电容器	6~450
CD-Z	纸壳电解电容器	25~450
CDM	密封电解电容器	6~450
CD2	无极性电解电容器	10~50
CD10	轴向引出式(卧式)小型电解电容器	4~160
CD11	单向引出式(立式)小型电解电容器	4~160
CDZ	组合式电解电容器	50~450
CDXZ	组合式小型电解电容器	8~25
CDC	超小型电解电容器	1.5~6
CDJ	交流电动机 起动电解电容器	12, 110 220

表 8-83 钽、铌电解电容器

型 号	名 称	额定直流工作电压(伏)
CA	固体钽粉电解电容器	6.3~100
CA1、CA3	液式钽电解电容器	6.3~125
CA2	液式管状钽电解电容器	6~70
CA5、CA7	微型固体钽电解电容器	2.5~40
CA6	液式钽箔电解电容器	63~300
CA8、CA9	无极性固体钽电解电容器	6.3~63
CDDF	烧结钽粉电解电容器	6~600
CN	固体铌电解电容器	6.3~40



表 8-84 其他电容器

型 号	名 称	额定直流工作电压(伏)
CBX	小型聚苯乙烯电容器	60
CB1	聚苯乙烯电容器	300
CB2	聚苯乙烯电容器	500
C502	小型聚苯乙烯电容器	63
CLX	小型涤纶电容器	63
CL1	涤纶电容器	63
CI	玻璃釉电容器	350、500
CIX	小型玻璃釉电容器	40
CI3	高介陶瓷玻璃电容器	63
CQ1	漆膜电容器	40
CH2	薄膜混合介质电容器	40

注：电容器在脉动电路中工作时，最大交流分量的最大值和直流电压之和，不得超过额定工作电压。

## 晶闸管及其应用

晶闸管(俗称可控硅)不仅具有单向导通特性,而且其通断电压和导通电流还受控制极控制,它是弱电控制强电的“桥梁”,在电力牵引、电机励磁、电气传动、整流(变频)电源等方面得到广泛应用。

### 9-1 晶闸管的型号和参数

#### 一、晶闸管型号

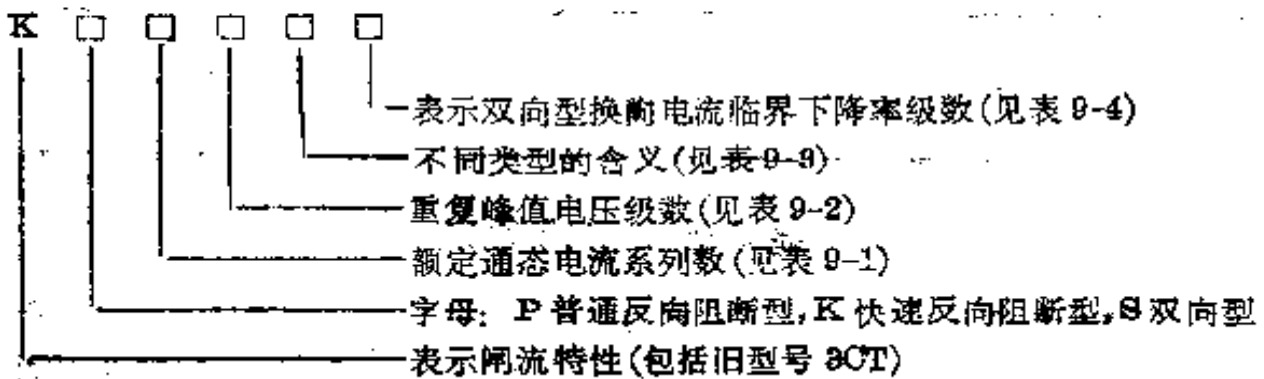


表 9-1 额定通态电流  $I_T$  系列数

额定通态电流(安)	1	5	10	50	100	200	300	400	500	1000
-----------	---	---	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	------

表 9-2 重复峰值电压级数

级 数	1	2	3	4	5	6	7	8
重复峰值电压(伏)	100	200	300	400	500	600	700	800
级 数	9	10	12	14	16	18	20	
重复峰值电压(伏)	900	1000	1200	1400	1600	1800	2000	

表 9-3 型号第五列表示的不同类型的意义

KP 型	通态平均电压级别	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	通态平均电压(伏)	$\leq 0.4$	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1	1~1.1	1.1~1.2
KK 型	换向关断时间级数	0.5	1	2	3	4	5	6		
	换向关断时间(微秒)	$\leq 5$	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60		
KS 型	断态电压临界上升率级数	0.2		0.5		2		5		
	$dV/dt$ (伏/微秒)	20~30		50~2200		2100~2500		$\geq 2500$		

表 9-4 KS 型换向电流临界下降率级数

级 数	0.2	0.5	1
$dI/dt$ (安/微秒)	0.2~0.5%	0.5~1%	$\geq 1\%$

## 二、晶闸管参数的意义

1. 通态平均电流  $I_T$  在环境温度为  $+40^\circ\text{C}$  和规定冷却条件下, 元件在电阻性负载的 单相 50 赫正弦半波导通角不小于  $170^\circ$  的电路中, 所允许的最大通态平均电流。

2. 断态重复电压  $V_{DRM}$  控制极断路时, 重复频率为 50 赫持续时间不大于 10 毫秒的断态最大脉冲电压, 其值规定为断态不重复峰值电压的 80%。

3. 断态不重复峰值电压  $V_{DSM}$  控制极断路时按特性曲线急剧弯曲处所决定的断态峰值电压, 此电压是不可连续施加的, 且持续时间不大于 10 毫秒的断态最大脉冲电压。

4. 反向不重复峰值电压  $V_{DRM}$  控制极断路时按特性曲线急剧弯曲处所规定的反向峰值电压, 且持续时间不大于 10 毫秒的反向最大脉冲电压。

5. 反向重复峰值电压  $V_{BRM}$  控制极断路时重复频率为每秒 50 赫, 持续

时间不大于 10 毫秒的反向最大脉冲电压。其值规定为反向不重复峰值电压的 80%。

6. 通态平均电压  $V_T$  按规定条件元件上通过额定通态平均电流结温稳定时主电路的平均电压。

7. 通态电压  $V_{TM}$  按规定条件下,在  $n$  倍额定通态平均电流时的最大主电压(峰值)。

8. 断态电压临界上升率  $dV/dt$  在额定结温和控制极断路条件下,使元件从断态转入通态的最低电压上升率。

9. 断态不重复平均电流  $I_{DS}$  在额定结温和控制极断路时对应于断态不重复峰值电压下的平均漏电流,其值不得超过规定值。

10. 断态重复平均电流  $I_{DR}$  在额定结温和控制极断路时,对应于断态重复峰值电压下的平均漏电流。

11. 反向不重复平均电流  $I_{RS}$  在额定结温和控制极断路时对应于反向不重复峰值电压下的平均漏电流,其值不得超过规定值。

12. 反向重复平均电流  $I_{RR}$  在额定结温和控制极断路时对应于反向重复峰值电压下的平均漏电流。

13. 浪涌电流  $I_{TSM}$  在额定条件下元件上通以额定通态平均电流到稳定后,在 50 赫正弦波半周期内元件所能承受的最大过载电流。浪涌瞬间允许控制极失控,在浪涌过后反向应能承受一定的电压,此额定值是不重复的,在元件的寿命期内,浪涌次数有一定指标。

14. 维持电流  $I_H$  在室温和控制极断路时保持元件处于通态所必须的最小通态电流。 $I_H$  与结温有关。

15. 擎住电流  $I_O$  从断态转换到通态切除触发信号后,要保持元件维持通态所需的最小主电流。

16. 通态电流临界上升率  $dI/dt$  在额定条件下,元件用控制极开通时能承受而不导致损坏的通态电流的最大上升率。

17. 控制极触发电流  $I_{GT}$  在室温和规定的主电压条件下使元件完全开通所必须的最小控制极直流电流。

18. 控制极触发电压  $V_{GT}$  对应于控制极触发电流时的控制极直流电压。

19. 控制极不触发电流  $I_{GD}$  在额定结温、主电压为断态重复峰值电压时保持元件断态所能加的最大控制极直流电流。

20. 控制极不触发电压  $V_{GD}$  对应于控制极不触发电流的控制极直流电压。

21. 控制极峰值电流  $I_{GFM}$  在规定的条件下使元件进入导通时, 控制极正向所允许的最大瞬时电流。

22. 控制极峰值电压  $V_{GFM}$  在规定的条件下控制极正向所允许的最大瞬时电压。

23. 控制极平均功率  $P_G$  在规定的条件下控制极正向时所允许的最大平均功率。

24. 控制极峰值功率  $P_{GM}$  在规定的条件下控制极正向时所允许的瞬时最大控制极电流和控制极电压的乘积。

25. 断态电压临界上升率  $dV/dt$  在额定结温和控制极断路条件下使元件从断态转入通态的最低电压上升率。

26. 额定结温  $T_{JM}$  元件在正常工作条件下所允许的最高 PN 结温升。

27. 额定结温升  $\Delta T_{JM}$  元件上通以额定通态平均电流, 热平衡时额定结温与环境温度上限之差。

28. 控制极控制开通时间  $t_{gt}$  在室温下用规定控制极脉冲电流使元件从断态到通态时以控制极脉冲规定点起到主电压降低(或通态电流上升)到规定值所需要的时间。

29. 电路换向关断时间  $t_g$  额定结温下, 从通态电流降到零的瞬间起到元件开始承受规定断态电压的瞬间止的时间间隔。

30. 换向电流临界下降率  $dI/dt$  当双向可控硅由一个通态转换到相反方向时所允许的最大通态电流下降率。超过此下降率则换向失败, 有时会导致损坏元件。

31. 换向断态电压上升率  $dV/dt$  双向可控硅在一个方向通态电流之后在相反方向由通态到断态转换过程中所允许的最大电压上升率。超过此上升率则换向失败有时会导致元件损坏。

32. 通态电流  $I_T$  在环境温度为  $+40^\circ\text{C}$  和规定的冷却条件下, 反向可控硅在电阻性负载的单相 50 赫正弦波电路中, 当结温稳定至不超过额定结温时所允许的最大通态电流(有效值)。

### 三、常用晶闸管技术数据

常用晶闸管技术数据列如表 9-5 和表 9-6。

表 9-5 KP、KK 型晶闸管技术数据

型号	通态平均电流 $I_T$ (安)	断态重复电压反峰 值电压 $V_{DRM}$ 正向重复电压 值电压 $V_{RRM}$ (伏)	断态平均电流 正向 $I_{DR}$ 反向 $I_{DR}$ (毫安)	断态重复平均电流 正向 $I_{DRM}$ 反向 $I_{DRM}$ (毫安)	触发电流 $I_{GT}$ (毫安)	触发电压 $V_{GT}$ (伏)	浪涌电流 $I_{TSM}$ (安)	通态平均电压 $V_T$ (伏)	维持电流 $I_H$ (毫安)	断态电压 临界上升率 $dV/dt$ (伏/微秒)	通态电流 临界上升率 $dI/dt$ (安/微秒)	控制极 控制时间 $t_{ct}$ (微秒)	电路 换向时间 $t_g$ (微秒)	额定 结温 $T_{JM}$ ( $^{\circ}C$ )	额定结 温升 $\Delta T_{JM}$ ( $^{\circ}C$ )
KP1	1	100~300	$\leq 1$	$< 1$	3~30	$\leq 2.5$	20			30					
KP5	5	100~300	$\leq 1$	$< 1$	5~70	$\leq 3.5$	90			30				100	
KP10	10	100~300	$\leq 1$	$< 1$	5~100	$\leq 3.5$	190			30				100	60
KP20	20	100~300	$\leq 1$	$< 1$		$\leq 3.5$	380		实	30				100	
KP30	30	100~300	$\leq 1$	$< 1$		$\leq 3.5$	560	各厂	测	30				100	
K150	50	100~300	$\leq 1$	$< 1$	8~150	$\leq 3.5$	940	根据	值	100				100	
KP100	100	100~300	$\leq 4$	$< 4$		$\leq 4$	1880	合格		100				100	
KP200	200	100~300	$\leq 4$	$< 4$	10~250	$\leq 4$	9770	的型		100				100	
KP300	300	100~300	$\leq 8$	$< 8$		$\leq 5$	5850	式试		100				115	75
KP400	400	100~300	$\leq 8$	$< 8$	20~300	$\leq 5$	7540	验而		100				115	75
KP500	500	100~300	$\leq 9$	$< 9$		$\leq 5$	9420	定		100				115	75
KP600	600	100~300	$\leq 9$	$< 9$	30~350	$\leq 5$	11160			100				115	75

(续表)

型号	通态平均电流 (安)	新态重压反峰 值电压 $V_{DRM}$ 向重压反峰 值电压 $V_{RRM}$ (伏)	新态平均 复流反向 复流平均 电流 $I_{DR}$ 复流平均 电流 $I_{RR}$ (毫安)	触发电流 $I_{GT}$ (毫安)	触发电压 $V_{GT}$ (伏)	浪涌电 流 $I_{TSM}$ (安)	通态平均 电压 $V_T$ (伏)	维持电 流 $I_H$ (毫安)	新态电压 临界上升 率 $dV/dt$ (伏/微秒)	通态电流 临界上升 率 $dI/dt$ (安/微秒)	控制极 控制时间 $t_{gk}$ (微秒)	电路 换向 时间 $t_r$ (微秒)	额定结 温 $T_{JM}$ (°C)	额定结 温升 $\Delta T_{JM}$ (°C)
KP800	800	100~300	$\leq 9$	30~350	$\leq 5$	14920	同上	实测值	100				115	75
KP1000	1000		$\leq 10$	40~400	$\leq 5$	18600			100					
KK1	1		$\leq 1$	3~30	$\leq 2.5$	20					$\leq 3$	$\leq 5$		
KK5	5		$\leq 1$	5~70		90								
KK10	10		$\leq 2$	5~100	$\leq 3.5$	110								
KK30	20		$\leq 3$	8~150		380				$\geq 50$				
KK50	50	100~	$\leq 3$	10~250	$\leq 4$	940			$\geq 100$					
KK100	100	2000	$\leq 5$			1900								
KK200	200		$\leq 8$			3800								
KK300	300		$\leq 10$			5600								
KK400	400			20~300	$\leq 5$	6300								
KK500	500					7900								

风冷元件为 75°C 水冷元件为 60°C

风冷元件 115°C 水冷元件 100°C

由浪涌电流和结温的合型格而式试验而定

表 9-6 KS 型双向晶闸管技术数据

参 系 列	额定通态 电流 (有效值) $I_{T(RMS)}$ (安)	断态重复 峰值电压 $V_{DRM}$ (伏)	断态重复 峰值电流 $I_{DRM}$ (毫安)	额定 结温 $T_{JM}$ (°C)	断态电压 临界上升 率 $dV/dt$ (伏/微秒)	换向电流 临界下降 率 $dI/dt$ (安/微秒)	触发电流 $I_{GT}$ (毫安)	触发电压 $V_{GT}$ (伏)	维持 电流 $I_H$ (毫安)	通态电压 $V_T$ (伏)
KS1	1	100~2000	<1	115	≥20	0.2% $I_T$	3≤100	≤2		
KS10	10	100~2000	<10	115	≥20	0.2% $I_T$	5≤100	≤3		
KS20	20	100~2000	<10	115	≥20	0.2% $I_T$	5≤200	≤3		
KS50	50	100~2000	<15	115	≥20	0.2% $I_T$	8≤200	≤4		
KS100	100	100~2000	<20	115	≥50	0.2% $I_T$	10≤300	≤4		
KS200	200	100~2000	<20	115	≥50	0.2% $I_T$	1.0≤400	≤4		
KS400	400	100~2000	<25	115	≥50	0.2% $I_T$	20≤400	≤4		
KS500	500	100~2000	<25	115	≥50	0.2% $I_T$	20≤400	≤4		

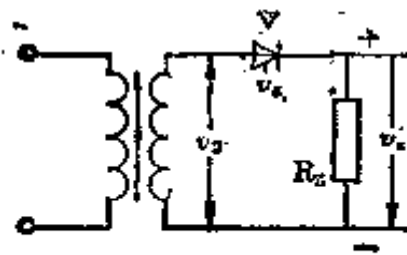
实 测 值

$V_{T_1} - V_{T_2} \leq 2.5$   
浪涌电流  
和结温的  
合格型式  
试验而定



(续表)

参 系 列	额定通态 电流 (有效值) $I_{T(RMS)}$ (安)	断态重复 峰值电压 $V_{DRM}$ (伏)	断态重复 峰值电流 $I_{DRM}$ (毫安)	额定 结温 $T_M$ (°C)	断态电压 临界上升 率 $dV/dt$ (伏/微秒)	换向电流 临界下降 率 $dI/dt$ (安/微秒)	触发电流 $I_{GT}$ (毫安)	触发电压 $V_{GT}$ (伏)	维持 电流 $I_H$ (毫安)	通态电压 $V_T$ (伏)
KS1	8.4	$V_{DRM} = 80\%$	$\geq 0.2$	$\leq 1$	0.3	3	0.3	10	—	—
KS10	84	$V_{DRM}$	$\geq 0.2$	$\leq 10$	0.5	5	2	10	—	—
KS20	170	$V_{DRM} = 80\%$	$\geq 0.2$	$\leq 10$	0.5	5	2	10	—	—
KS50	420	$V_{DRM}$	$\geq 0.3$	$\leq 15$	3	15	3	10	16	—
KS100	840	$V_{DRM}$	$\geq 0.3$	$\leq 20$	3	16	4	12	10	—
KS200	1700	$V_{DRM}$	$\geq 0.3$	$\leq 20$	3	16	4	12	15	—
KS400	3400	$V_{DRM}$	$\geq 0.3$	$\leq 25$	4	20	4	12	50	—
KS500	4200	$V_{DRM}$	$\geq 0.3$	$\leq 25$	4	20	4	12	30	—



二次侧电压  
整流变压器

触发电压

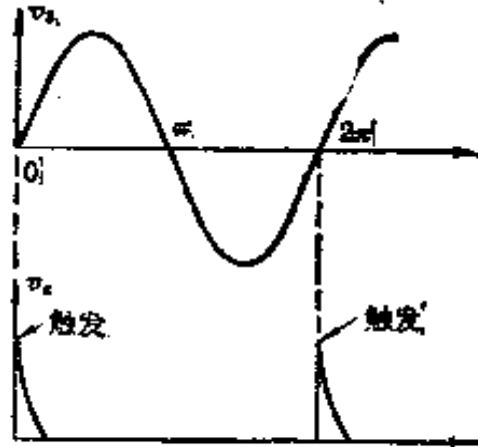
整流输出电压

流过元件电流  
(纯电阻负载)

元件两端电压

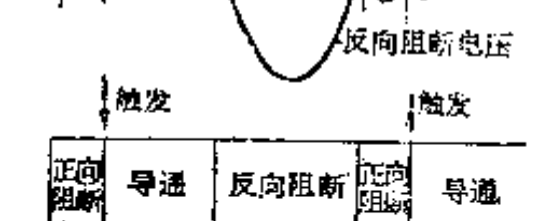
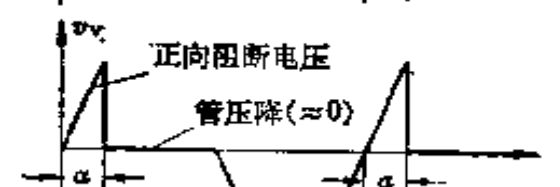
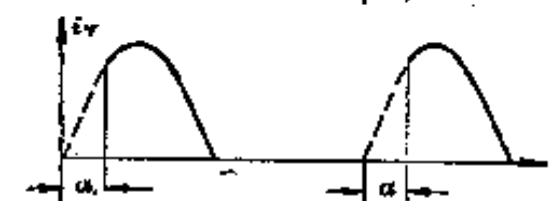
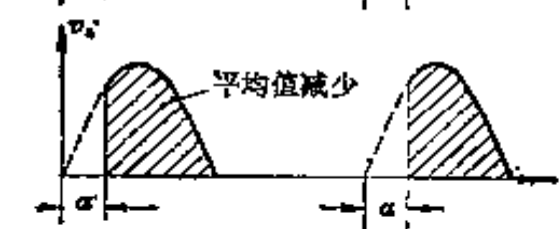
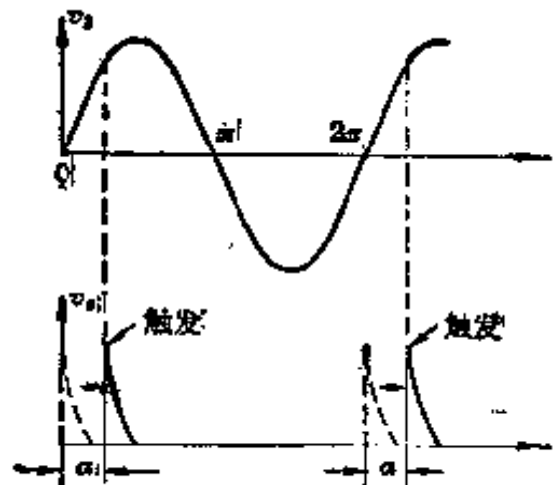
元件工作状态

移相角  $\alpha=0^\circ$  的波形



导通	反向阻断	导通
----	------	----

$\alpha=60^\circ$  的波形



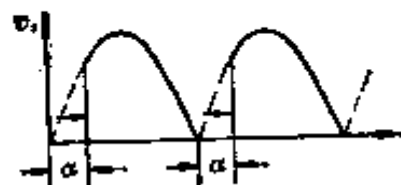
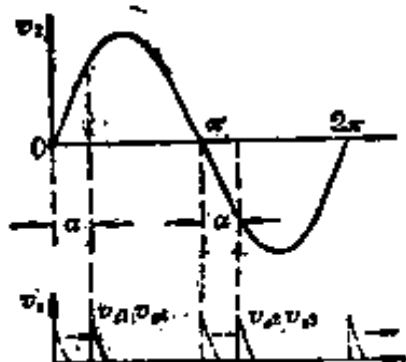
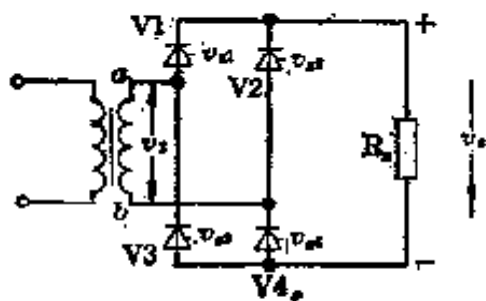
正向阻断	导通	反向阻断	正向阻断	导通
------	----	------	------	----

图 9-1 单相半波可控整流主电路和波形

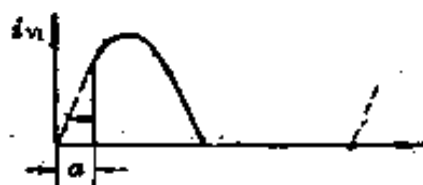
名称	单相全波	单相桥式半控						
主电路								
二次侧电压 整流变压器								
触发电压								
整流输出电压								
元件导通顺序	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 15px;">V1</td> <td style="width: 20px; height: 15px;">V2</td> </tr> </table>	V1	V2	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 15px;">V1</td> <td style="width: 20px; height: 15px;">V2</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; height: 15px;">VD1</td> <td style="width: 20px; height: 15px;">VD2</td> </tr> </table>	V1	V2	VD1	VD2
V1	V2							
V1	V2							
VD1	VD2							
流过元件电流 (纯电阻负载)								
说明	<p>触发信号有两组, 相差 180°</p>	<p>该电路只用两只晶闸管作半控, 中小容量负载应用较多</p>						

图 9-3 单相可控整流电路

单相桥式全控

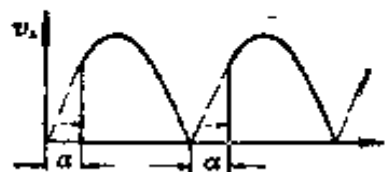
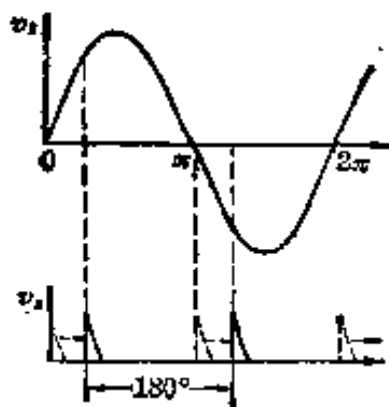
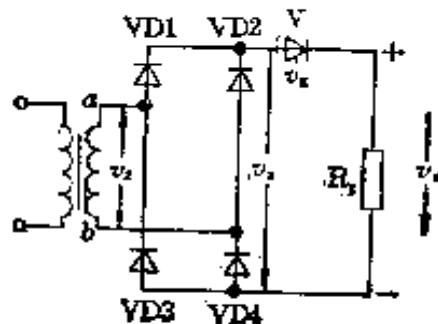


V1	V2
V4	V3

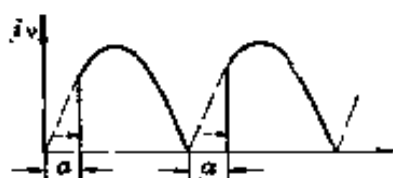


由于晶闸管在电源电压过零点立即又承受正向电压,要求维持电流较大

晶闸管作开关管的单相桥式



V	V
VD1VD4	VD2VD3



该电路元件较多,仅用于变频电路

和  $\alpha=60^\circ$  时的波形

名称	两相零式	两相式								
主电路										
交流电源相电压 $u$										
触发电压										
输出电压										
元件次序	<table border="1"> <tr> <td>VD1</td> <td>VD2</td> </tr> <tr> <td colspan="2">V</td> </tr> </table>	VD1	VD2	V		<table border="1"> <tr> <td>VD1</td> <td>VD2</td> </tr> <tr> <td colspan="2">V</td> </tr> </table>	VD1	VD2	V	
VD1	VD2									
V										
VD1	VD2									
V										
流过元件电流 (纯电阻负载)										
说明	移相范围 $0^\circ \sim 300^\circ$ (见波形中阴影部分)	移相范围 $0^\circ \sim 240^\circ$								

图 9-3 两相可控整流电路和  $\alpha = 60^\circ$  时波形

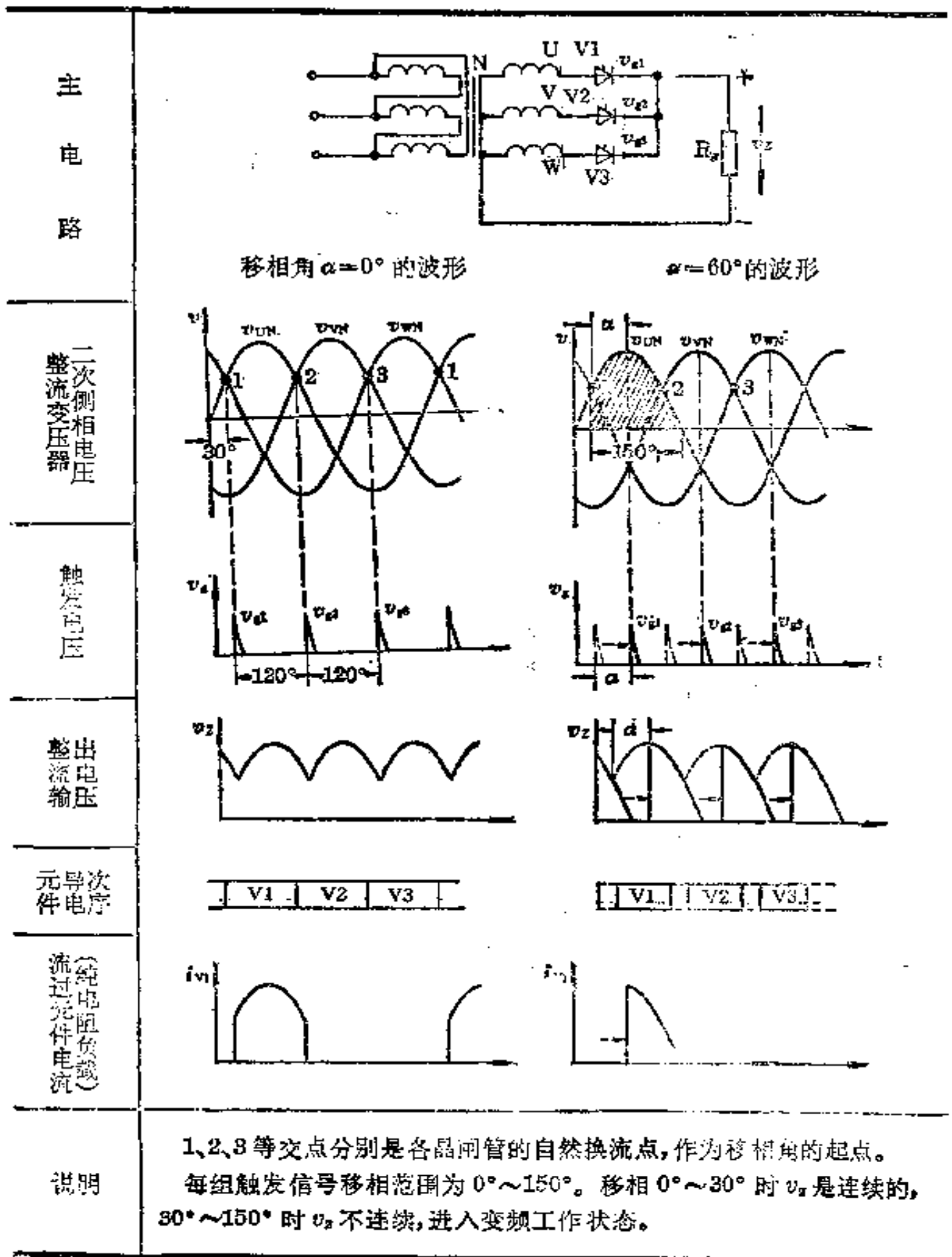


图 9-4 三相半波可控整流电路和波形

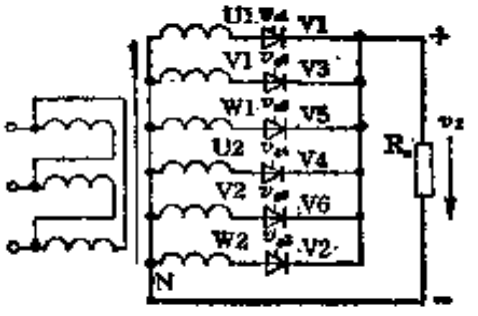
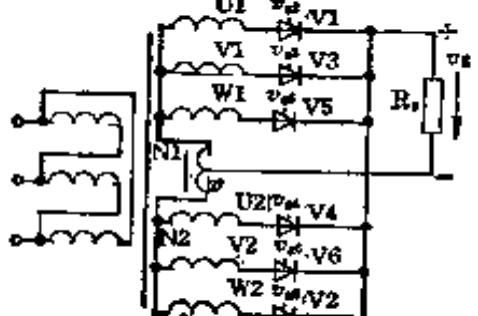
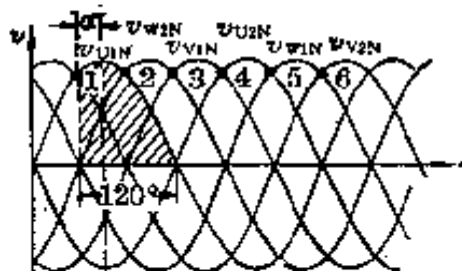
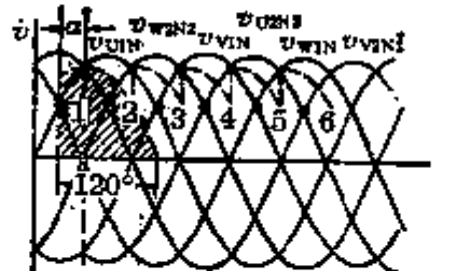
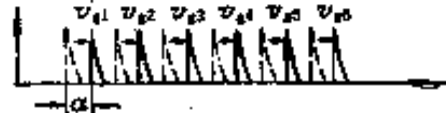
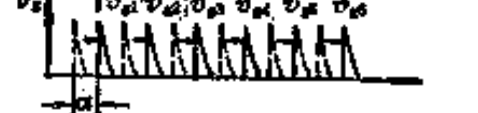
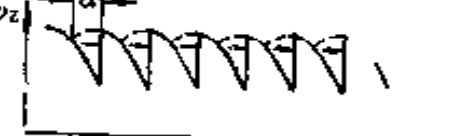
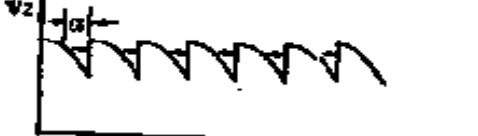
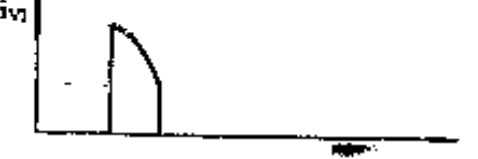
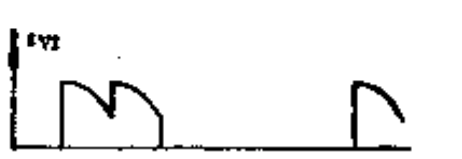
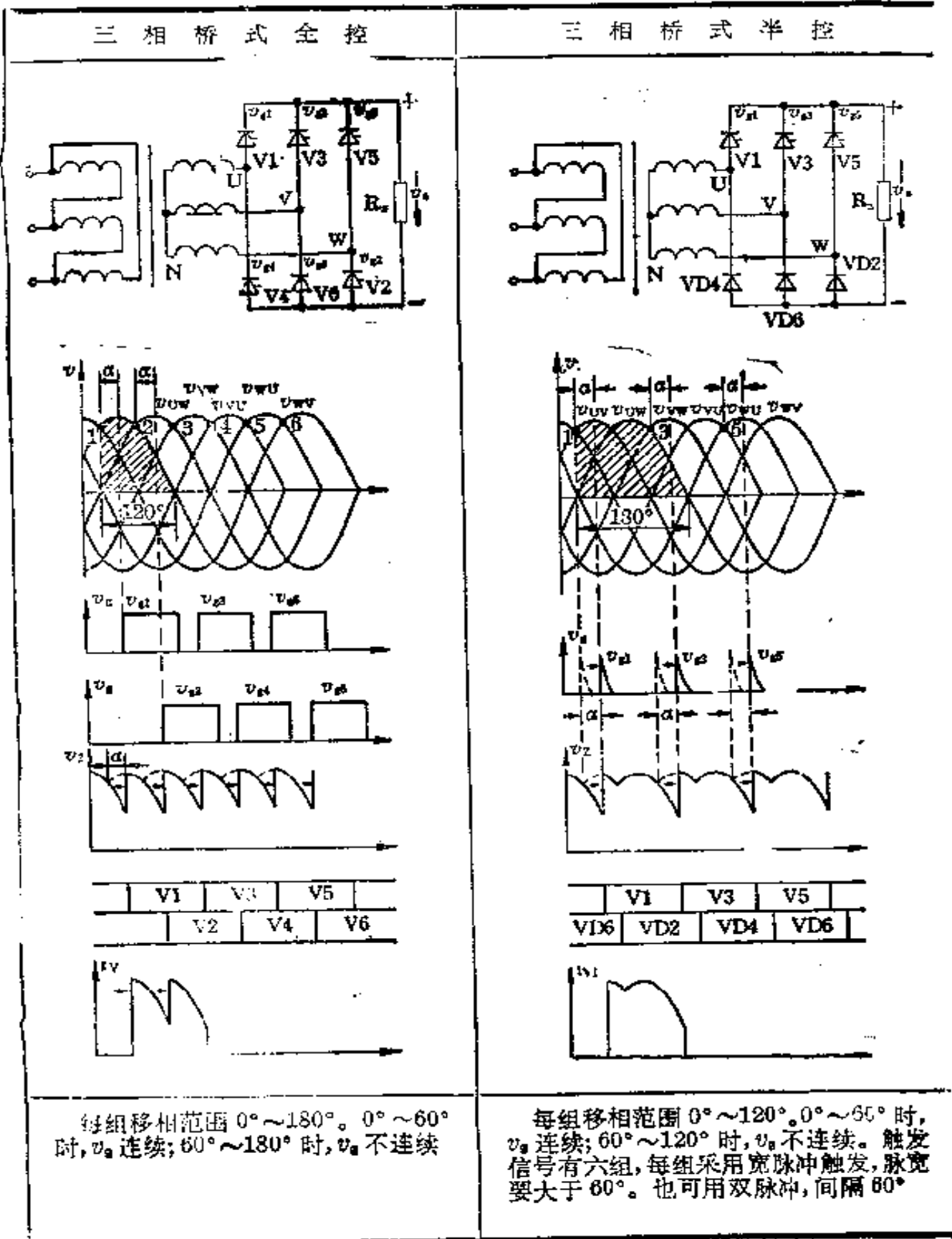
名称	六相半波	双反星带平衡电抗器														
主电路																
二次侧电压 整流变压器																
触发电压																
整流输出电压																
元件顺序	<table border="1" data-bbox="279 1512 662 1556"> <tr> <td>V</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> </tr> </table>	V	1	2	3	4	5	6	<table border="1" data-bbox="853 1512 1236 1601"> <tr> <td>V1</td> <td>V3</td> <td>V5</td> </tr> <tr> <td>D6</td> <td>V2</td> <td>V4</td> <td>V6</td> </tr> </table>	V1	V3	V5	D6	V2	V4	V6
V	1	2	3	4	5	6										
V1	V3	V5														
D6	V2	V4	V6													
流过元件电流 (纯电阻负载)																
说明	<p>每组移相范围 <math>0^\circ \sim 120^\circ</math>。 <math>0^\circ \sim 60^\circ</math> 时, <math>v_z</math> 连续; <math>60^\circ \sim 120^\circ</math> 时, <math>v_z</math> 不连续</p>	<p>每组移相范围同六相半波电路。该电路适合低电压大电流情况,常采取变压器一次侧可控调压方案,而二次侧采用双反星带电抗器不可控整流</p>														

图9-5 多相可控整流



电路和  $\alpha=30^\circ$  时波形



## 9-2 晶闸管主电路

晶闸管是弱电控制强电的“桥梁”，即指用弱的触发信号来开关强电电路，强电部分称为主回路，弱电部分即为触发电路、保护电路等。

### 一、可控整流电路

现以单相半波可控整流电路为例，通过波形说明可控整流以及变频工作原理，如图9-1所示。当电源电压为负半周时，即晶闸管阳极加负电压，阴极加正电压，其特性和一般整流元件相同，晶闸管处于反向阻断状态，电源电压主要降落在晶闸管元件两端，没有输出电压。当电源电压进入正半周，如控制极没有触发电压信号，晶闸管仍然不导通。如这时加入触发电压信号，晶闸管才进入导通状态，这时的整流原理和一般整流电路相似，晶闸管输出电压通过滤波电路除掉基波和谐波成份，在负载上输出的即是半波正弦电压在一个周期内的平均值。

图9-1中还列出了当电源电压到正半周 $60^\circ$ 时才有触发电压信号出现，这时输出电压波形是缺了一部分的半波正弦电压波形，它在一周内的平均值（即直流成分）比完全半波正弦电压小。因而我们可以通过控制触发信号的出现时间来调节输出电压的平均值，从而达到调节通过负载的直流成分大小的目的。

改变触发电压信号出现的时间，也就是控制晶闸管导通时的相位（即移相），使得输出电压的平均值（直流成分）改变，这就是可控整流。当元件从反向电压转为正向电压的瞬间，即 $0^\circ$ 、 $180^\circ$ 时加入触发信号，输出整流电压最大，以这时为触发信号移相的起点，触发电压移动的角度 $\alpha$ 叫做移相角。为保证每一周期内晶闸管能在同一相位触发，触发信号必须和电源电压频率相同，这称为同步。

移相角 $\alpha=0^\circ$ 时，可控整流电路就相当于一般整流元件的整流电路。图9-2~9-5分别列出单相、两相和多相各种可控整流电路在移相角 $\alpha=60^\circ$ （或 $30^\circ$ ）时的波形。表9-7列出了各种可控整流电路的基本电量关系，表9-8对各种电路进行了比较分析。

调节移相角不仅可以改变输出电压的直流成分，而且还可以调整输出电压中的基波和各次谐波成份的比例，选择一定频率的选频电路就可取出某次

谐波成分,这就是晶闸管变频电路原理。也就是说,可控整流电路和变频电路的晶闸管主电路的形式是一样的,它们的不同仅在于移相角。当移相角达到某一范围时,整流状态就会变换到变频工作状态。整流时的选频电路即滤波电路,选择的是直流成分,滤掉基频和低频成分。变频时的选频电路即是所要选取的频率的谐振回路,而将直流成分用电容器阻隔掉,并将其他频率成分滤掉。

## 二、带续流二极管的可控整流电路

前面介绍的可控整流电路波形是在理想情况下得出的,即负载阻抗调谐为纯电阻情况,但由于整流变压器的漏感存在,滤波电路也难以完全调谐,因此实际负载阻抗往往是带感抗的,这不仅使输出电压波形含有波纹,而且该波纹成分还会通过变压器耦合到晶闸管。这相当于在电源电压中夹杂着高频成分,从而使晶闸管难以关断,移相范围减小,电流波形变坏。为了克服以上缺点,通常在主电路上加续流二极管(如图9-6)。在图9-6(b)中,当 $V_1$ 导通电流由大变小时,由于电感 $L_z$ 的感应电动势是反抗 $i_L$ 的减小,该电动势通过虚线①方向耦到 $V_1$ 相当于电源电压延迟了,因而关断时间也被延迟,在移相角较大时就可能与 $V_2$ 同时导通;当加入续流二极管 $VD_1$ 后,使反抗 $i_L$ 减小的感应电动势通过虚线②的方向短路掉,以保持 $i_L$ 减小速率不变,从而保证 $V_1$ 及时关断。

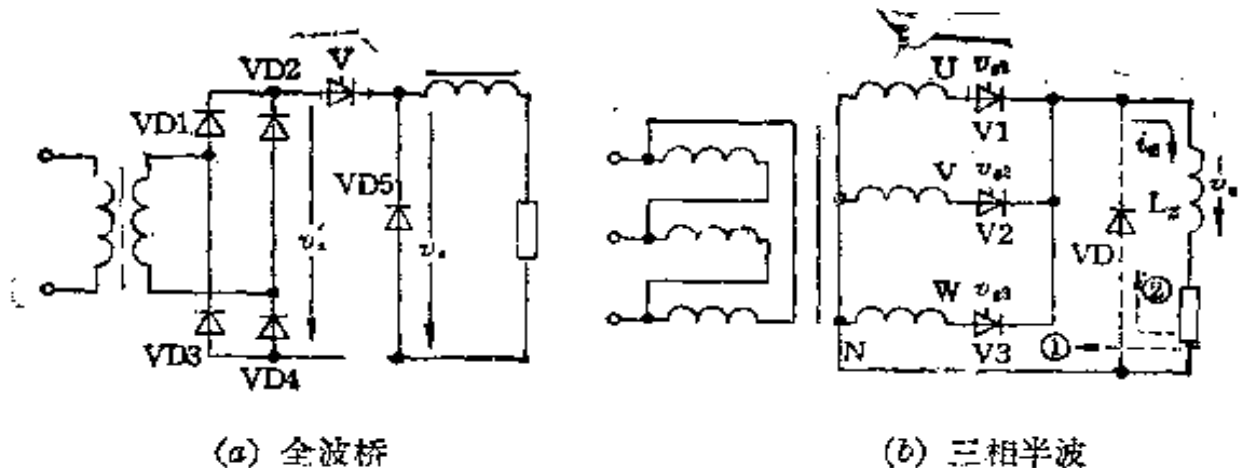


图9-6 带续流二极管的可控整流电路

一般续流二极管的规格和整流元件相同,但要求续流二极管的正向电阻小,否则不起续流作用。另外还要注意续流二极管的极性,其阳极接负端,阴极接正端。极性接反,会造成整流电源短路的严重后果。

表 9-7 晶闸管整流电路

整流电路名称		单相半波	单相全波	单相半控桥	
直流 输出 电压 $V_a$ (空载)	全导通( $\alpha=0$ )	$0.45v_2$	$0.9v_2$	$0.9v_2$	
	电阻或带续流 二极管感性负载	$\frac{1+\cos\alpha}{2} v_{20}$	$\frac{1+\cos\alpha}{2} v_{20}$	$\frac{1+\cos\alpha}{2} v_{20}$	
	无续流二极管 感性负载	—	$\cos\alpha v_{20}$	$\frac{1+\cos\alpha}{2} v_{20}$	
元件最大正向电压 和最大反向电压峰 值 $V_m$		$1.41v_2(3.14v_{20})$	$2.83v_2(3.14v_{20})$	$1.41v_2(1.57v_{20})$	
移相 范围	电阻或带续流二 极管的感性负载	$0\sim 180^\circ$	$0\sim 180^\circ$	$0\sim 180^\circ$	
	无续流二极管 的感性负载	—	$0\sim 90^\circ$	$0\sim 180^\circ$	
元件最大导通角		$180^\circ$	$180^\circ$	$180^\circ$	
输出电压 最低脉动频率		$1f$	$2f$	$2f$	
全导通时输出电压 纹波系数 $\gamma$		1.21	0.484	0.484	
全导通时输出电压 脉动系数 $s$		1.57	0.667	0.667	
全导通时流过晶闸管的 电流	电阻 负载	平均值	$1I_a$	$0.5I_a$	
		有效值	$1.57I_a$	$0.785I_a$	
		波形系数	1.57	1.57	
	感性 负载	平均值	$0.5I_a$	$0.5I_a$	$0.5I_a$
		有效值	$0.707I_a$	$0.707I_a$	$0.707I_a$
		波形系数	1.41	1.41	1.41

的基本电量关系

可控开关单相桥	单相全控桥	二 相 零 式	二 相 式
$0.9v_2$	$0.9v_2$	$0.839v_2$	$0.675v_{2\alpha}$
$\frac{1+\cos\alpha}{2} v_{20}$	$\frac{1+\cos\alpha}{2} v_{20}$	$0.27(2.73+\cos\alpha)v_{20}$ ( $0<\alpha<150^\circ$ ) $0.27[1+\cos(\alpha-120^\circ)]v_{20}$ ( $150^\circ<\alpha<300^\circ$ )	$0.33(2+\cos\alpha)v_{20}$ ( $0<\alpha<120^\circ$ ) $0.33[1+\cos(\alpha-60^\circ)]v_{20}$ ( $120^\circ<\alpha<240^\circ$ )
$\cos\alpha v_{20}$	$\cos\alpha v_{20}$	—	—
$2.83v_2$ ( $3.14v_{20}$ )	$1.41v_2$ ( $1.57v_{20}$ )	晶闸管 $1.41v_2$ ( $1.69v_{20}$ ) 二极管 $2.45v_2$	$1.41v_{2\alpha}$ ( $2.09v_{20}$ )
$0\sim 180^\circ$	$0\sim 180^\circ$	$0\sim 300^\circ$	$0\sim 240^\circ$
$0\sim 90^\circ$	$0\sim 90^\circ$	—	—
$180^\circ$	$180^\circ$	$300^\circ$	$240^\circ$
$2f$	$2f$	$1f$	$1f$
0.484	0.484	0.613	0.875
0.667	0.667	0.698	1.21
$0.5I_2$	$0.5I_2$	$1I_2$	$1I_2$
$0.785I_2$	$0.785I_2$	$1.18I_2$	$1.33I_2$
1.57	1.57	1.18	1.33
$0.5I_2$	$0.5I_2$	$0.834I_2$	$0.667I_2$
$0.707I_2$	$0.707I_2$	$0.913I_2$	$0.815I_2$
1.41	1.41	1.09	1.22

整流电路名称		三相半波	三相半控桥
直流输出 电压 $V_d$ (空载)	全导通 ( $\alpha=0$ )	$1.17V_2$	$2.34V_2$
	电阻或带续流 二极管感性负载	$\cos\alpha \cdot V_{d0}$ ( $0 \leq \alpha \leq 30^\circ$ ) $0.58[1 + \cos(\alpha + 30^\circ)]V_{d0}$ ( $30^\circ \leq \alpha \leq 150^\circ$ )	$\frac{1 + \cos\alpha}{2} V_{d0}$
	无续流二极管感性负载	$\cos\alpha V_{d0}$	$\frac{1 + \cos\alpha}{2} V_{d0}$
元件最大正向电压和最大反 向电压峰值 $V_m$		$2.45V_2 (2.09V_{d0})$	$2.45V_2 (1.05V_{d0})$
移相范围	电阻或带续流二极管 的感性负载	$0 \sim 150^\circ$	$0 \sim 180^\circ$
	无续流二极管的感性负载	$0 \sim 90^\circ$	$0 \sim 180^\circ$
元件最大导通角		$120^\circ$	$120^\circ$
输出电压最低脉动频率		$3f$	$6f$
全导通时输出电压纹波系数 $\gamma$		0.188	0.042
全导通时输出电压脉动系数 $s$		0.25	0.057
全导通时 流过晶 闸管的 电流 (电阻负载)	平均值	$0.333I_a$	$0.333I_a$
	有效值	$0.587I_a$	$0.587I_a$
	波形系数	1.76	1.73

注: 1. 三相桥式的整流变压器二次侧以常用的星形接法为例, 表中  $V_2$  指星形连接多相整流变压器,  $V_2$  也是指相电压。

2.  $f$ —交流电源的频率(赫)。

3.  $\gamma$ —纹波系数 =  $\frac{\text{交流分量的有效值}}{\text{直流分量(即平均值)}}$ 。

4.  $s$ —脉动系数 =  $\frac{\text{交流分量的基波(或最低次谐波)的振幅值}}{\text{直流分量(即平均值)}}$ 。

(续表)

三相全控桥	六相半波	双反星带平衡电抗器
$2.34V_2$	$1.35V_2$	$1.17V_2$
$\cos \alpha \cdot V_{z0}$ ( $0 \leq \alpha \leq 60^\circ$ ) $[1 + \cos(\alpha + 60^\circ)] V_{z0}$ ( $60^\circ \leq \alpha \leq 120^\circ$ )	$\cos \alpha \cdot V_{z0}$ ( $0 \leq \alpha \leq 60^\circ$ ) $[1 + \cos(\alpha + 60^\circ)] V_{z0}$ ( $60^\circ \leq \alpha \leq 120^\circ$ )	$\cos \alpha \cdot V_{z0}$ ( $0 \leq \alpha \leq 60^\circ$ ) $[1 + \cos(\alpha + 60^\circ)] V_{z0}$ ( $60^\circ \leq \alpha \leq 120^\circ$ )
$\cos \alpha V_{z0}$	$\cos \alpha V_{z0}$	$\cos \alpha V_{z0}$
$2.45V_2(1.05V_{z0})$	$2.83V_2(2.09V_{z0})$	$2.45V_2(2.09V_{z0})$
$0 \sim 120^\circ$	$0 \sim 120^\circ$	$0 \sim 120^\circ$
$0 \sim 90^\circ$	$0 \sim 90^\circ$	$0 \sim 90^\circ$
$120^\circ$	$60^\circ$	$120^\circ$
$6f$	$6f$	$6f$
0.042	0.042	0.042
0.057	0.057	0.057
$0.333I_2$	$0.167I_2$	$0.167I_2$
$0.587I_2$	$0.417I_2$	$0.289I_2$
1.73	2.46	1.73

接的相电压。若为三角形连接,  $V_2$  应以  $0.578V_{\text{相}}$  代入,  $V_{\text{相}}$  为二次侧线电压。其它

表 9-8 晶闸管整流电路的比较  
(以晶闸管全导通, 纯电阻负载情况为例说明)

整流电路	元件数量	晶闸管两端电压(峰值/输出)(整流电压 $V_{20}$ )	晶闸管电流的(有效值/输出)整流电流 $I_a$	变压器利用系数	输出电压脉动系数	适用场合
单相半波	一个晶闸管(最少)	3.14(最大)	1.57(最大)	$\frac{1}{3.09} = 32.3\%$ (最小)	1.57(最大)	对电压波形要求不高的低电压、小功率的负载
单相全波	二个晶闸管(较少)	3.14(最大)	0.785(一般)	$\frac{1}{1.48} = 67.5\%$ (较小)	0.667(一般)	与单相桥相比缺点多, 而且必须用有中心抽头的变压器, 所以应用不多
单相半控桥	二个晶闸管 二个二极管(一般)	1.57(较小)	0.785(一般)	$\frac{1}{1.23} = 81\%$ (较大)	0.667(一般)	各项指标较好, 小功率负载应用较多
晶闸管作开关管的单相桥	一个晶闸管 四个二极管(较少)	1.57(较小)	1.11(较大)	$\frac{1}{1.23} = 81\%$ (较大)	0.667(一般)	仅用一个晶闸管, 而指标又较好, 因此应用较多
单相全控桥	四个晶闸管(较多)	1.57(较小)	0.785(一般)	$\frac{1}{1.23} = 81\%$ (较大)	0.667(一般)	晶闸管元件多, 因此仅在需要逆变的电路中应用
二相零式	二个二极管 一个晶闸管(较少)	1.69(较小)	1.18(较大)	—	0.698(一般)	可用于小功率负载, 但几项指标均比单相桥略差, 且移相范围要求较大
二相式	二个二极管 一个晶闸管(较少)	2.09(一般)	1.33(较大)	—	1.21(较大)	指标较差, 因而应用不多
三相半波	三个晶闸管(一般)	2.09(一般)	0.587(较小)	$\frac{1}{1.35} = 74\%$ (一般)	0.25(较小)	元件承受电压比三相桥要大一倍, 其他指标也比三相桥要差, 因而较少采用

(续表)

整流电路	元件数量	晶闸管两端电压的(峰值/输出)整流电压 $V_{\theta}$	晶闸管电流的(有效值/输出)整流电流 $I_s$	变压器利用系数	输出电压脉动系数	适用场合
三相半控桥	三个晶闸管 三个二极管 (较多)	1.05 (最小)	0.587 (较小)	$\frac{1}{1.05} = 95\%$ (最大)	0.057 (最小)	各项指标较好,适用于较大功率、高电压的负载
三相全控桥	六个晶闸管 (最多)	1.05 (最小)	0.587 (较小)	$\frac{1}{1.05} = 95\%$ (最大)	0.057 (最小)	晶闸管元件多,触发系统复杂,因此仅在需要逆变的电路中应用
六相半波	六个晶闸管 (最多)	2.09 (一般)	0.41 (较小)	$\frac{1}{1.55} = 64.5\%$ (较小)	0.057 (最小)	元件多,其他指标无特殊优点,因此较少采用
带平衡电抗器的双反星形	六个晶闸管 (最多)	2.09 (一般)	0.289 (最小)	$\frac{1}{1.26} = 80\%$ (较大)	0.057 (最小)	该电路选用的元件的电流等级最低,而且仅考虑一个元件的压降,特别适合于低电压大电流负载
说明	元件少,相应的触发系统简单,因而设备投资少,调整维护方便	输出同样电压,整流元件两端电压越小,就可以用电压等级较低的元件。对高压比较有利,可以避免不必要的元件串联使用	输出同样整流电流,元件电流有效值越小,可以选用电流等级较低的元件。这对大电流特别有利,可以避免不必要的元件并联使用	变压器利用系数越大,说明输出同样的整流功率,变压器容量越小,因而变压器最经济,对大容量影响更显著	脉动率越小,说明交流成分少,滤波器要求就低	

注: 变压器利用系数 = 整流器输出功率 / 变压器计算容量。

总之,一般情况下用晶闸管组成的可控整流电路:

- (1) 小功率负载可考虑选用单相半控桥或用晶闸管作开关管的单相桥;
- (2) 大功率负载可考虑选用三相半控桥;
- (3) 低压大电流负载可选用二次侧调压或一次侧调压的双反星形带平衡电抗器的可控整流电路。



### 三、逆变电路

逆变电路是利用晶闸管作开关间断地关断直流电源,从而输出交流电流。现以三相并联逆变器(图9-7)为例说明逆变原理,图中 $U$ 、 $W$ 为输入直流电源二端, $Z_A$ 、 $Z_B$ 、 $Z_C$ 为三相负载阻抗,晶闸管 $V_1 \sim V_6$ 作开关用,换向电感 $L_1 \sim L_6$ 和换向电容 $C_1 \sim C_6$ 组成晶闸管关闭电路,其中 $L_1$ 与 $L_4$ , $L_3$ 与 $L_6$ , $L_5$ 与 $L_2$ 各为互感系数较高的三只电抗器,反馈二极管 $VD_1 \sim VD_6$ 和反馈电阻 $R_1 \sim R_3$ 组成衰减电流回路。

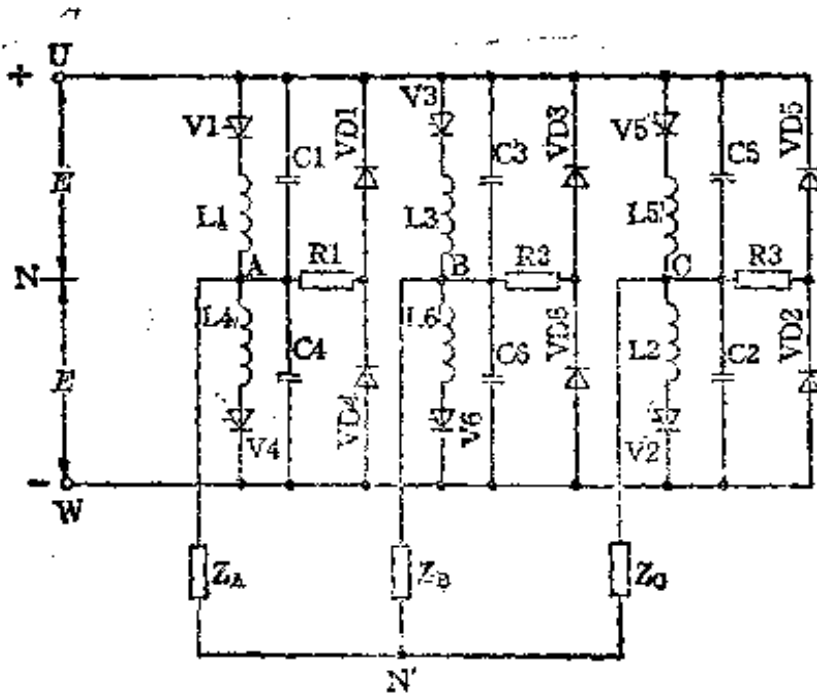
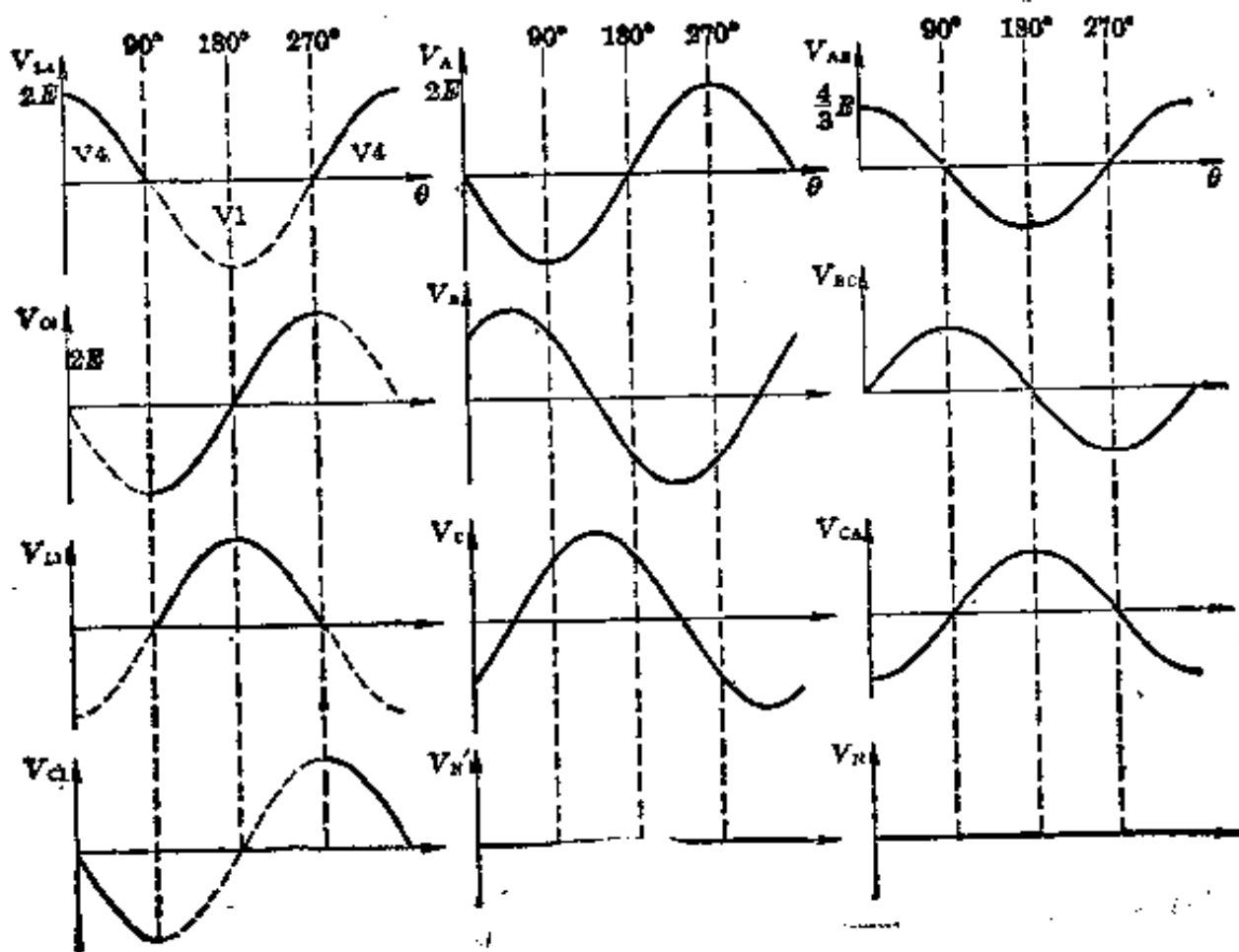


图9-7 三相并联逆变器(串联电感式)

1. 换向和逆变过程 取 $U$ 、 $W$ 的中点 $N$ 为电源零电位,设 $U$ 点电位为 $+E$ , $W$ 点电位为 $-E$ , $U$ 、 $W$ 两端直流电压为 $2E$ 。逆变后的电压波形如图9-8。取其中 $V_1$ 和 $V_4$ 组成的一相为例说明其换向过程。这一相的换向电感 $L_1$ 、 $L_4$ 和电容 $C_1$ 、 $C_4$ 两端电压如图9-8(a)。设起始时 $V_1$ 不导通,由于二极管与 $V_1$ 反向连接,因此处于导通状态,这相当于 $C_1$ 两端短路,如此时 $V_4$ 被触发导通,在忽略管压降的情况下,电源电压分配在 $L_4$ 两端,但由于电感电流不能突变,而是按指数规律逐渐增大,该电流通过 $V_4$ 对换向电容 $C_1$ 充电(并经反馈电阻 $R_1$ 通过 $VD_1$ 分流)。由于 $C_1$ 和 $V_1$ 并联, $C_1$ 上充电电压相对于 $V_1$ 是正向的,在理想情况下它的最大值是 $2E$ ,如这时触发 $V_1$ 使其导通,并使 $VD_1$ 截止, $VD_4$ 导通,从而使 $C_1$ 上电压通过 $VD_4$ 经电阻 $R_1$



(a) 换向电感和电容上电位 (b) 输出相电压 (c) 输出线电压

图 9-8 逆变器换向和逆变波形

反向接到  $V_4$ , 强迫  $V_4$  关断, 这就实现了换流过程。

按  $120^\circ$  相位顺序触发每相的晶闸管, 而每相两个晶闸管的触发相位相差  $180^\circ$ 。这样, 从  $A$ 、 $B$ 、 $C$  点输出电压  $V_A$ 、 $V_B$ 、 $V_C$  即为相电压  $V_{AN'}$ 、 $V_{BN'}$ 、 $V_{CN'}$ , 波形如图 9-8(b),  $V_A + V_B = V_{AB}$ 、 $V_B + V_C = V_{BC}$ 、 $V_C + V_A = V_{CA}$  即为线电压, 如图 9-8(c)。由图可见, 相电压的最大值为  $2E$ , 而线电压为相位差  $120^\circ$  两个相电压之和, 其最大值为  $\frac{4}{3}E$ 。逆变的输出频率主要决定于晶闸管的触发频率, 当该频率与换向回路的固有频率一致时, 输出电压幅度最大。

## 2. 主要元件选择

(1) 晶闸管: 流过晶闸管的电流包括负载电流、换向电容的充电电流和放电电流等, 如要进行精确计算是比较繁复的, 一般可根据负载电流通过晶闸管的平均电流  $I_{TF}$  的 2~3 倍来选择元件。

电路中晶闸管承受的最高正反向电压等于直流电压  $2E$ , 因此晶闸管的电压等级按  $(1.5 \sim 2)$  倍的直流电压  $2E$  选取。

(2) 换向电容器和换向电抗器的选择: 换向电容器和换向电抗器应具有足够的能量, 使在需要关闭的晶闸管上所加反向电压的时间大于晶闸管的关闭时间  $t_{off}$ , 保证晶闸管能可靠地关断。所以电容值与  $T_{off}$  成正比, 与换向时负载电流成正比, 与直流电压成反比。能够满足可靠换向要求的电容和电感组合有多种, 这里介绍一种按换向结束时电抗器所储存的能量最小(即换向损耗最小)为原则来选取, 其公式:

$$C = \frac{T_{off} I_m}{0.425 V_s} \text{ (法)}$$

$$L = \frac{T_{off} V_s}{0.425 I_m} \text{ (亨)}$$

式中:  $T_{off}$ ——晶闸管元件固有的关闭时间(秒), 一般取  $(30 \sim 100) \times 10^{-6}$  秒;

$I_m$ ——换向瞬间负载电流的最大值(安);

$V_s$ ——直流电压, 即上述电路中的  $2E$ (伏)。

电容  $C$  的电压等级按直流电源电压  $V_s$  选取。

对于大功率逆变器, 可考虑将换向电容值选得比上述计算值大些。因为大功率时, 由于杂散电感的影响使等效电感减少, 要求换向电容增大; 另外功率大时电流大、温升高, 使管子的关闭时间增加, 也要求换向电容值大些。

换向电感  $L1$  与  $L4$ 、 $L3$  与  $L6$ 、 $L5$  与  $L2$  之间应有较高的耦合系数, 因此可采用二根线并绕或交叉接法。耦合系数接近于 1 时, 对管子的可靠关闭有利, 但也带来副作用, 即管子刚刚导通瞬间, 负载电流要立刻全部通过它, 使电流上升率很大, 可能会损坏管子。同时设计制作中要注意, 在流过最大电流时, 换向电抗器仍应保持线性关系, 使换向可靠, 并且不发生饱和现象。

换向电容和换向电感值在调试时须根据具体情况作适当调整。

(3) 反馈二极管的选择: 反馈二极管的电流等级应根据通过它的电流(包括感性负载的滞后电流和换向电容器的充放电电流等)大小选取, 一般反馈二极管的电流等级和晶闸管的电流等级相同或接近。

反馈二极管的电压等级应根据直流电源电压选取。由于二极管的额定电压是最高反向电压峰值的一半, 所以不必考虑安全系数。

(4) 反馈电阻的选择: 反馈电阻是起限流和衰减电流的作用, 因此也叫衰减电阻。如果它阻值很小, 那末衰减很慢, 且环流很大, 这样管子的附加损耗

将增大,特别在高频时,这种现象更为严重,这样管子的利用率将会降低;另一方面如果阻值过大,晶闸管的正向电压峰值就增高,电感储存的能量消耗很快,有可能造成换向失败,因此阻值必须选择适当。反馈电阻一般按下式估算:

$$0.1\sqrt{\frac{2L}{C}} \gg R \gg 4.6Lf_m$$

式中:  $R$ ——反馈电阻阻值(欧);  $L$ ——换向电感值(亨);  $C$ ——换向电容值(法);  $f_m$ ——逆变器最高工作频率(赫)。

### 9-3 主回路的设计

主回路包括晶闸管主电路、选频或滤波电路和保护电路等。设计时,主要根据使用要求,先选取主电路形式,选择整流元件,再根据需要设计其他电路。在选用元件时还要考虑使用条件及元件供应等实际情况,适当调整设计电路,整机安装后必须反复试验和调试,务使设备可靠,运行安全。

#### 一、主电路设计

1. 整流元件电压等级的选择 晶闸管和硅整流元件的反向峰值电压  $V_{RM}$  为:

$$V_{RM} = (1.5 \sim 2)V_{Mf} \quad V_{Mf} = K_v V_2$$

式中:  $V_{Mf}$ ——整流电路的峰值电压;  $V_2$ ——变压器的二次侧电压;  $K_v$ ——与主电路形式有关的系数(如表 9-9)。例如三相桥式电路,当直流输出电压为 220 伏时,整流元件的额定反向峰值电压  $V_{RM}$  一般选为 800 伏;直流输出 440 伏,  $V_{RM}$  为 1600 伏。

2. 整流元件电流等级的选择 晶闸管和硅整流元件的电流等级应选为:

$$I_F > \frac{I}{1.57}$$

式中:  $I_F$ ——元件额定正向平均电流; 1.57——正弦半波电流有效值与平均

表 9-9  $K_v$  按主电路形式选择

主电路	单相桥式	单相全波	三相零式	三相桥式	六相零式
$K_v$	1.41	2.84	2.45	2.45	2.83

值之比;  $I$ ——实际流过元件的电流的有效值。

$I$ 的大小与要求输出的整流电流  $I_r$ 、主电路形式、负载性质(是电阻负载还是感性负载)以及晶闸管导通角的大小等因素有关。由于实际使用时,负载性质不同、元件导通角不同,电流的波形相差很大,因此对有效值进行精确计算比较繁复。而目前晶闸管电流容量只有几个系列,所以在一般情况下(如主电路串有滤波电感使电流连续,阻值是固定的电阻负载等)以全导通情况流过元件的电流有效值为依据来选定,此数值可查表 9-7。

为便于查阅,表 9-10 列出对不同整流电路和不同性质的负载,在元件全导通情况下允许输出的最大整流电流(平均值)与元件额定正向平均电流的关系。

3. 影响元件选择的几个因素 元件的选择除了考虑负载的要求以外,还要注意下面几个因素的影响。

(1) 周围环境温度的影响: 元件额定正向平均电流  $I_F$  是指环境温度为  $40^\circ\text{C}$  的情况。如超过  $40^\circ\text{C}$  时,元件的容量要降低。

(2) 冷却方法的影响: 50 安以上的元件必须采用风冷。若风速低于标准

表 9-10 不同主电路允许输出的最大整流电流(元件全导通)

主电路	单相半波		单相全波		单相桥式		晶闸管作开关管的单相桥	
负载性质	电阻	感性 (带续流二极管)	电阻	感性	电阻	感性	电阻	感性 (带续流二极管)
输出整流电流 $I_r$	$1I_F$	$2.22I_F$	$2I_F$	$2.22I_F$	$2I_F$	$2.22I_F$	$1.41I_F$	$1.57I_F$
主电路	二相零式		二相式		三相半波	三相桥式	六相半波	带平衡电抗器的双反星形
负载性质	电阻	感性 (带续流二极管)	电阻	感性 (带续流二极管)	电阻或感性	电阻或感性	电阻或感性	电阻或感性
输出整流电流 $I_r$	$1.33I_F$	$1.72I_F$	$1.18I_F$	$1.93I_F$	$2.72I_F$	$2.72I_F$	$5.83I_F$	$5.43I_F$

要求或采用自然空气冷却,其容量也必须降低。一般自冷时容许正向电流可取为风冷时额定正向电流  $I_F$  的 50% 左右。

(3) 考虑到一些具体负载的特殊性,例如电机起动时电流较大,容性负载接通时充电电流较大等情况,元件的容量要有一定的裕度。

(4) 对于纯电阻负载,当元件导通角越小,即移相角越大时,容许输出整流电流比全导通时要相应减少,也就是说元件的电流容量要降低。

4. 整流变压器的设计 根据负载要求的最大直流电压  $V_z$ 、电流  $I_z$  和已确定的主电路形式的有关参数(表 9-7),由表 2-17 查出变压器的一系列数据:  $P_1$ 、 $P_2$ 、 $V_2$ 、 $I_1$ 、 $I_2$ 。如果电路不能工作在全导通时,要根据实际最小移相角  $\alpha$  和要求的直流电压  $V_z$  和利用图 9-9 求出全导通时  $V_{z0}$  来确定  $V_z$ ,再按第二章的设计方法进行整流变压器的结构计算。

## 二、滤波电抗器电感的估算

纯电感对直流是短路的,没有直流压降,而随着频率的增大,其感抗  $\omega L$  增大。在整流输出回路中串接电抗器,目的是使整流后的交流成分在电抗器上分压掉,以减小流过负载的电流脉动成分。

如对直流电机供电,串入了电抗器可以避免由于整流电流间断而引起电动机端电压和转速的突升,也可改善电机的换向情况。滤波电抗器的电感一般可先接下列方法进行估算,然后再进行调整。

### 1. 从使电流连续的要求估算的电感(又叫临界电感)

$$L_{lx} = K_{lx} \frac{V_2}{I_{zmin}} - (L_D + L_B) \text{ (毫亨)}$$

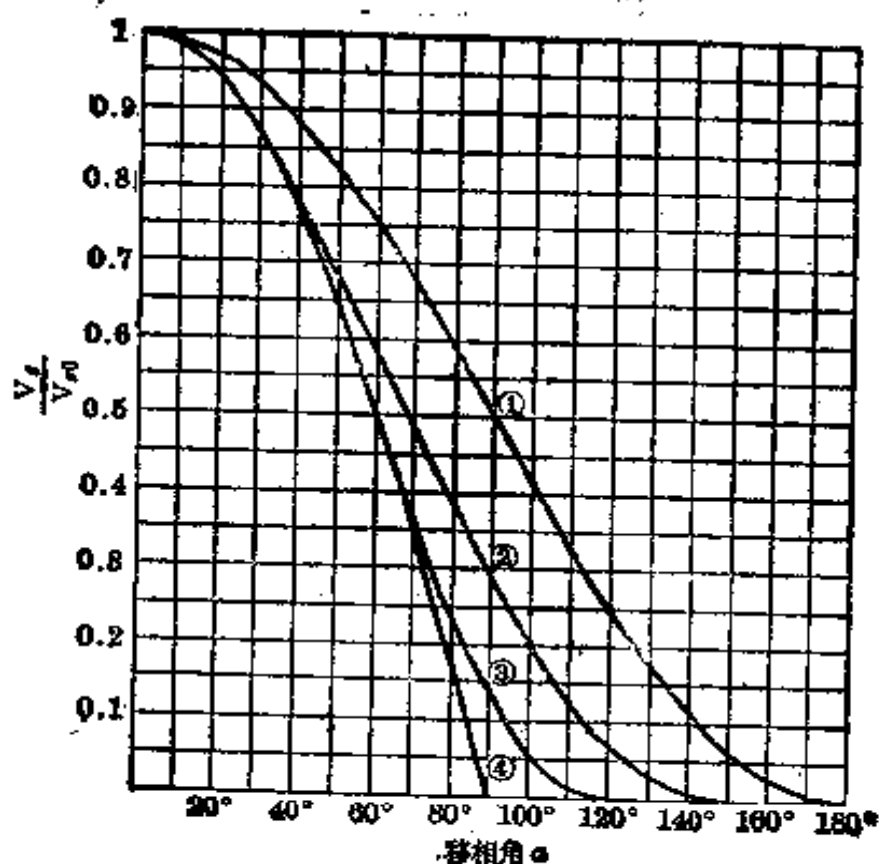
式中:  $K_{lx}$ ——系数,与主电路形式有关,查表 9-11;  $V_2$ ——整流变压器二次侧相电压或输入端电压(伏);  $I_{zmin}$ ——最小负载电流(安);  $L_D$ ——负载(如电动机)的电感(毫亨);  $L_B$ ——整流变压器的每相电感(毫亨)。

### 2. 从对电流脉动情况的要求估算的电感

$$L_{md} = K_{md} \frac{V_z}{s I_z} - (L_D + L_B) \text{ (毫亨)}$$

式中:  $K_{md}$ ——系数,与主电路形式有关,可查表 9-11;  $s$ ——电流最大允许脉动系数。如 100 千瓦以下的电机,三相半波整流时  $s$  可取 12%,三相桥式整流  $s$  取 10%;  $I_z$ ——额定负载电流(安);  $V_z$ 、 $L_D$ 、 $L_B$  同上。

### 3. 电动机和变压器电感的估算



$$\textcircled{1} - \frac{V_d}{V_{20}} = \frac{1 + \cos \alpha}{2}$$

$$\textcircled{2} - \frac{V_d}{V_{20}} = 0.577 [1 + \cos(\alpha + 30^\circ)]$$

$$\textcircled{3} - \frac{V_d}{V_{20}} = 1 + \cos(\alpha + 60^\circ)$$

$$\textcircled{4} - \frac{V_d}{V_{20}} = \cos \alpha$$

控制特性 相应的曲线		主电桥									
		单相 半波	单相 全波	单相 半控 桥	晶闸 管作 管的 单相 桥	晶闸 管作 管的 单相 桥	三相 半波	三相 半控 桥	三相 全控 桥	六相 半波	平衡 电抗 器的 双反 形
负载性质	电阻负载或带续流 二极管的电感负载	①	②	③	④	①	②	③	④	⑤	⑥
	不带续流二极管 的电感负载	--	⑦	⑧	--	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭

图 9-9 可控整流的控制特性和  $V_{20}$  及  $\alpha$  的关系

电动机电感:

$$L_D = K_D \frac{V_e}{2pn_e I_e} \times 10^3 (\text{毫亨})$$

式中:  $K_D$ ——系数, 与电动机种类有关。一般无补偿电机取 8~12, 快速无补偿电机取 6~8, 有补偿电机取 5~6;  $V_e$ ——电动机额定电压(伏);  $p$ ——电动机磁极对数;  $n_e$ ——电动机额定转速(转/分);  $I_e$ ——电动机额定电流(安)。

变压器每相电感:

$$L_B = K_B \frac{V_{s\%}}{100} \cdot \frac{V_2}{I_2} (\text{毫亨})$$

式中:  $K_B$ ——系数, 与整流电路形式有关, 查表 9-11;  $V_{s\%}$ ——变压器短路电压百分比, 一般变压器在 5 左右, 整流变压器为了限制短路电流, 可取 10 左右;  $V_2$ 、 $I_2$  同上。

一般滤波电抗器电感较大, 需要采用铁芯结构。但由于电抗器要流过较大的直流负载电流, 会使铁芯饱和, 以致造成随着负载的增加, 电感量会大大减少。为了使电感在负载较大时不致减少, 往往在磁路内留有空气隙。具体结构计算见第 2 章。

表 9-11 计算滤波电抗器系数表

输出端形式	系数	主 电 路 形 式									
		单相半波	单相全波	单相半控桥	用一个可控桥	单相全控桥	三相半波	三相半控桥	三相全控桥	六相半波	双平衡电抗器
输出二极 管 换流	$K_{lx}$	2.7	1.67	1.67	1.67	1.67	1.03	1.78	0.655	0.378	0.325
	$K_{md}$	5.05	2.8	2.8	2.8	2.8	1.66	2.88	0.925	0.56	0.338
	$K_D$	6.37	6.37	3.18	3.18	3.18	6.75	3.9	3.9	5.51	7.8
输出二极 管 换流	$K_{lx}$	—	—	1.67	—	2.86	1.46	1.78	0.695	0.401	0.348
	$K_{md}$	—	—	2.8	—	4.5	2.25	2.88	1.05	0.605	0.523
	$K_D$	—	—	3.18	—	3.18	6.75	3.9	3.9	5.51	7.8



### 三、保护电路的设计

晶闸管等元件承受过电压过电流的能力较差。因此为了使元件能可靠地长期运行,必须采用一定的保护措施。

1. 短路和过载保护 通常采用快速熔断器作保护元件,快速熔断器的型号规格见第6章。快速熔断器的额定电流是指有效值,因此当它和硅元件串联时,一般可按  $I_{RD}=1.57I_F$  来选择,式中  $I_{RD}$  是熔断器额定电流,  $I_F$  是硅元件额定电流(见表 9-12)。

表 9-12 快速熔断器选用表

硅元件额定电流 $I_F$ (安)	5	10	20	30	50	100	200	300	500
熔断器额定电流 $I_{RD}$ (安)	8	15	30	50	80	150	300	480	800

由于目前晶闸管过载能力较差,为此熔断器额定电流可取得小些,以提高保护的可靠性。在晶闸管容量没有用足的情况下,可选  $I_{RD}=I_F$  或按晶闸管实际流过的电流有效值来选取。

另外还有采用截流环节或其他电子线路保护电路的。由于其具体电路形式很多,将在晶闸管应用实例中具体介绍。

2. 过电压保护 造成过电压的主要原因是晶闸管开关工作状态,电路中的感性元件(如整流变压器、感性负载、滤波电抗器等)产生的反抗电流突变的电动势过大,如不加保护措施会造成整流元件击穿。常用的过电压保护有串联阻容保护、硒堆保护等。近年出现的金属氧化物压敏电阻(VYJ)保护元件具有体积小、抑制过电压性能好、耐冲击能量大等优点。

(1) 并联阻容和硒堆保护: 串联阻容和硒堆保护一般安装在整流变压器的二次侧和直流侧。大容量的整流设备,在整流变压器的一次侧也装置这种保护。它的原理是与感性元件并联阻容回路或硒堆,使突变的高频成分从电容旁路掉,而电阻又不使其高频短路;当突变电压超过硒堆击穿,硒堆将从断路变为短路,而使感性元件的感应电动势旁路掉,从而起到保护作用。并联阻容和硒堆保护的原理电路如图 9-10,技术数据如表 9-13、9-14、9-15。

整流变压器一次侧和二次侧放置的电容最好采用交流电容,例如 YY 型移相电容, CZJJ 型交流纸介电容。如采用直流电容,应按照标准降低电压等级使用。由于选用的电容容量较大,因此体积较大。如采用体积小的电解电

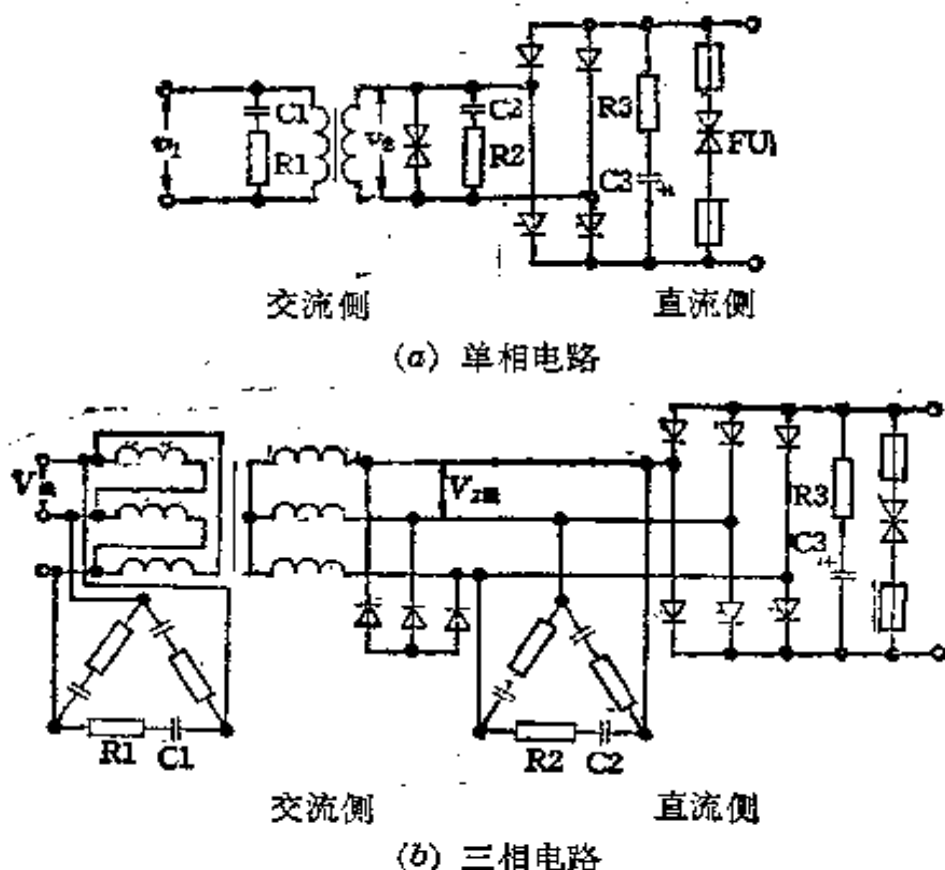


图 9-10 并联阻容和硒堆过电压保护电路

表 9-13 小容量整流器交流侧阻容保护参数估算法

阻容所放位置	电路形式	电容 $C_2$ (微法)	电阻 $R_2$ (欧)
整流变压器二次侧	单相 200 伏安以下	$700 \cdot \frac{P_s}{(V_{PRV})^2}$	$100 \sqrt{\frac{V_s}{I_s C \sqrt{f}}}$ 或 $37.5 \sqrt{\frac{V_s}{I_s C}}$ ( $f=50$ 赫)
	单相 200 伏安以上	$400 \cdot \frac{P_s}{(V_{PRV})^2}$	
	三相 5 千伏安以下	$K \frac{P_s}{(V_{PRV})^2}$	

注:  $P_s$ —整流变压器容量(伏安);  $V_{PRV}$ —整流元件反向峰值电压(伏);  $V_s$ —输出整流电压(伏);  $I_s$ —输出整流电流(安);  $f$ —电源频率(赫);  $K$ —系数,与整流变压器有关,可按下列范围选取:

变 压 器 连 接	$K$
Y/Y 一次侧中点不接地	150
Y/ $\Delta$ 一次侧中点不接地	300
其 他 接 法	900

表 9-14 大容量整流器交流侧阻容保护参数估算法

电路形式	整流变压器二次侧		整流变压器一次侧	
	电容 $C_2$ (微法)	电阻 $R_2$ (欧)	电容 $C_1$ (微法)	电阻 $R_1$ (欧)
单相桥式	$29000 \left( \frac{I_{01}}{fV_2} \right)$	$0.3 \frac{V_2}{I_{02}}$	$29000 \frac{I_{01}}{fV_1}$	$0.2 \frac{V_1}{I_{01}}$
三相桥式	$10000 \left( \frac{I_{02}}{fV_{\text{线}2}} \right)$	$0.3 \frac{V_{\text{线}2}}{I_{02}}$		
三相半波	$8000 \left( \frac{I_{02}}{fV_{\text{线}2}} \right)$	$0.36 \frac{V_{\text{线}2}}{I_{02}}$	$10000 \frac{I_{01}}{fV_{\text{线}1}}$	$0.3 \frac{V_{\text{线}1}}{I_{01}}$
六相半波 双反星形 带平衡电抗器	$7000 \left( \frac{I_{02}}{fV_{\text{线}2}} \right)$	$0.42 \frac{V_{\text{线}2}}{I_{02}}$		

注:  $I_{01}$ —整流变压器一次侧空载相电流(安),  $I_{01}$ 的大小可通过实测得到, 或按  $(0.05 \sim 0.1)I_n$  选取,  $I_n$  为变压器一次侧额定相电流;  $I_{02}$ —折算到整流变压器二次侧的空载相电流(安);  $V_1$ 、 $V_2$ —单相变压器一次侧和二次侧电压(伏),  $V_{\text{线}1}$ 、 $V_{\text{线}2}$ —三相变压器一次侧和二次侧线电压(伏)。

表 9-15 直流侧阻容保护参数估算法

阻容所放位置	电路形式	电容 $C_3$ (微法)	电阻 $R_3$ (欧)
直流输出端	单相桥式	$120000 \left( \frac{I_{01}}{fV_2} \right)$	$0.25 \frac{V_2}{I_{02}}$
	三相桥式	$120000 \left( \frac{I_{01}}{fV_{\text{线}2}} \right)$	$0.058 \frac{V_{\text{线}2}}{I_{02}}$
	三相半波	$40000 \left( \frac{I_{02}}{fV_{\text{线}2}} \right)$	$0.173 \frac{V_{\text{线}2}}{I_{02}}$

注: 符号意义同表 9-14, 电容  $C_3$  可用电解电容。

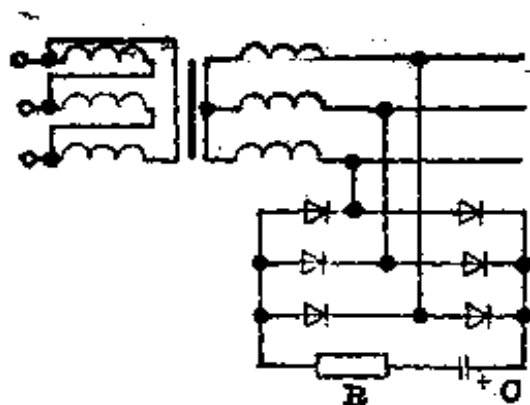


图 9-11 采用电解电容的交流侧阻容保护电路

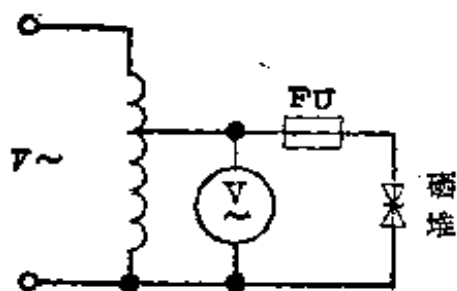


图 9-12 硒堆击穿电压的测试用自耦变压器逐步升高电压，当硒堆击穿，熔丝 FU 烧断时，电压表读数即为击穿电压

容，可用图 9-11 的电路。

参数估算方法如下：

$$C = 70 \frac{P_s}{V_m^2} \text{ (微法)}$$

$$R = 5 \frac{V_m}{I_m} \text{ (欧)}$$

式中符号意义同表 9-13、9-14。

往往有这种情况，整流器输出电压较低，也就是说变压器二次侧电压较低，如用上述方法来估算，保护电容的容量就很大，但这时所用的硅元件的耐压却常常超过要求的数值好几倍，这样电容的容量就可用得小一些。

硒堆  $X_1$  和  $X_2$  (图 9-10) 的保护作用是利用硒堆在过电压时比硅元件先击穿，从而限制了过电压的大小使硅元件不致损坏。硒堆击穿以后，如过电压消失，硒堆仍能恢复正常。一般要求硒堆击穿电压  $V_i < (1.5 \sim 2)V$ ， $V$  是硒堆两端正常工作电压。由于同一规格硒片的实际击穿电压差异很大，因此由几片硒片组成的硒堆的击穿电压相差很大。要比较准确判断硒堆的击穿电压，从而确定所需的片数，可

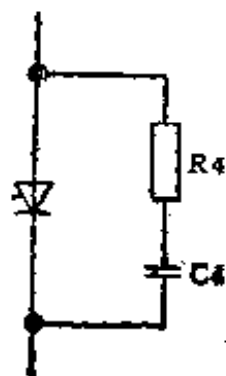


图 9-13 元件侧的阻容过电压保护

通过实验。实验电路 (图 9-12) 图中熔丝 FU 的额定电流必须小于硒堆允许的电流，也可用下式初步确定片数： $n < (1.3 \sim 1.5) \frac{V}{V_0}$ 。式中  $V_0$  是每片硒片额定工作电压，然后在使用中进行调整。在直流侧接入硒堆保护时，为防止

表 9-16 阻容保护的参数选择

整流元件额定正向电流(安)	$C_4$ (微法)	$R_4$ (欧)
200	0.5	10
100	0.25	20
50	0.2	40
20	0.1	100

砸堆经常击穿而损坏,以致可控整流器短路,可再加熔断器FU(图9-10)。

换向过电压保护:在整流元件侧并联阻容保护,如图9-13,参数一般按表9-16选取。

上述阻容保护中电阻功率可按式估算:

$$P > \frac{V^2}{R^2 + X_C^2} R \text{ (瓦)}$$

式中:  $V$ ——阻容保护电路两端电压(有效值),若接在直流侧应为整流电压中交流分量有效值(伏),  $X_C$ ——阻容保护的电容容抗  $X_C = \frac{1}{2\pi f C}$  (欧);  $f$ ——阻容保护电路两端电压的频率(赫);  $R$ ——阻容保护的电阻(欧)。

特别需指出的是:对于过电压保护的选择,其计算方法有很多种,极不统一,目前尚无一标准的公式。一般计算出来的数据不是很严格的,可再根据已有的同类设备的保护参数或根据实际情况进行适当的修改。

由于整流电路中操作过电压的产生原因和大小与许多因素有关,但从公式上看,似仅与变压器的容量、电压的大小有关,实际上还和操作次数、负载的性质有关。对于电阻性和电容性负载的整流电路,因过电压大多不会很高,因此电容量可取得小些,而对于电感性负载(电机),电容量就应取得较大些。表9-17选择几个实例说明实际应用情况。

(2) 过电压保护元件(VYJ): VYJ元件是无间隙的非线性固体元件,其电阻值随着两端所加的电压而变化,具有硅稳压二极管那样的伏安特性,且放电容量大。在正常的电压情况下(图9-14中的Γ点)呈高阻状态;当线路进入过电压时(超过C点)被击穿而呈低电阻状态,因而使过电压被旁路。线路电压恢复正常时,VYJ又呈高阻值。

VYJ具有纳秒级的响应速度,没有放电延迟现象,对上升沿很陡的浪涌

表 9-17 硅整流器和晶闸管整流器保护电路应用实例

负载性质	变压器功率 (千伏安)	直流电压 (伏)	直流电流 (安)	线路形式	阻容所 放位置	操作过电压保护		换向过电压保护	
						电 容	电 阻	电 容	电 阻
GCA 系列硅 充电整流器	0.6~3.5	36~250	8~30	单相 桥式	二次侧	CZM 或 CZJD 纸解电 容, 2~4 微法, 400 伏	ZGH 7.5 瓦、60 欧	无	无
GBA 硅电源 (阻性) 整流器	14~58	110~230	100~200	三相 桥式	直流侧	OD 电解电容, 40 微法、 450 伏	ZGH 20 瓦、20 欧	无	无
GLA 系列硅 励磁整流器	10~50	70~170	130~300	三相 桥式	直流侧	OD 电解电容, 400~ 1600 微法、1000 伏, 直 流加硒片保护, XL- 100×200~20 伏, 4 片 ~10 片全波	ZB2, 0.5 欧	纸介电容 2 微法、 600 伏	ZG11 7.5 瓦、5 欧
GTA 硅牵引 整流器	150	600	200	三相 桥式	直流侧	CZM 纸解电容, 12 微 法、1000 伏, 交流输入 端加闸型避雷器	ZG11 15 瓦、5 欧	纸介电容 1 微法、 400 伏	RJ2 2 瓦、30 欧
GHE 系列电 化电解整流 器	110~1000	36~150	3000~ 6000	三相 桥式	二次侧 接成△	YY-0.23 移相电容, YY-0.4 5~10 千伏安、230~ 400 伏、200~301 微法	无	无	无
KGSE 电机 供电晶闸管 整流器	75~200	±230~ 440	300~500	三相 桥反 并联	二次侧 接成△	CZJJ 纸解电容, 12 微 法×3 只、750 伏, 直流 侧加硒片保护	ZB2 12 欧、3 只	CZJJ, 0.5 微法、750 伏 ...(3CF, 150~200 安)	RXYC 22 欧、10 瓦
KGLF 直流 电机励磁硅 可控整流器	5~16	200~250	20~50	三相 桥全 控	二次侧 接成△	CZJJ 纸解电容, 4 微 法×3 只、500 伏, 直流 侧加硒片保护	22 欧、25 瓦	0.22 微法、 500 伏	RJ3 22 欧、2 瓦 (KP-20 安)



图 9-14 VVJ 元件的伏安特性曲线

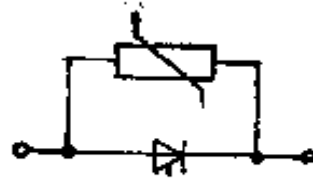


图 9-15 VVJ 的接线图

电压能充分吸收。VVJ 是保护半导体器件的较好的元件。表 9-18 是 VVJ 元件的部分性能规格。

$V_{1mA}$  (此值是指 VVJ 中流过 1 毫安电流的瞬时值时两端电压的峰值) 的选定分为上限下限, 下限是由使用回路电压即电网电压的峰值所决定; 上限由被保护的元件(或设备)的耐压所决定, 同时应使被吸收浪涌时的残压(元件上流过的放电电流时, 其两端的压降)抑制在被保护元件的耐压以下。

通流容量(此值以 10 安/20 微秒冲击电流, 间隔时间每分钟两次历时五分钟, 使  $V_{1mA}$  变化在负 10% 以内的最大电流)的选定由实际发生的浪涌量而定, 应使吸收的浪涌量小于元件的通流容量, 就是使浪涌量未到被保护元件的通流量时就被吸收了。

VVJ 要与被保护的元件紧贴着并联, 引线要尽量短, 使用环境温度不高于  $70^{\circ}\text{C}$ , 接线图如图 9-15 所示。

3. 限制电压上升率  $dV/dt$  的保护 当电源电压发生突变, 如其电压上升率  $dV/dt > 20$  伏/微秒时, 就可能引起晶闸管误导通。整流变压器的漏感和阻容保护电路能起到限制作用。如果不用整流变压器, 为了防止误导通和限制过电流, 需在电源输入端加串电感  $L$  和阻容保护电路, 如图 9-16 所示。

电感  $L$  可按下式选取:

$$L = \frac{(0.03 \sim 0.05) R_s}{2\pi f} \text{ (亨)}$$

式中:  $f$ ——电源频率(赫);  $R_s$ ——整流器输入端等效负载电阻(即电源电压和输入整流器的电流之比), 对三相整流为每相等效负载电阻(即相电压和线电流之比)(欧)。

若  $f = 50$  赫,

$$L = (95 \sim 160) R_s \text{ (微亨)}$$

表 9-18 VYJ 元件的部分性能规格

型号	使用回路电压 (有效值) (伏)	元件标称电压 $V_{1mA}$ (伏)	通流容量电流 $10A/20\mu s$ (千安)	放电电流 100A 残压比 ( $V_{100A}/V_{1mA}$ )	放电电流 3000A 残压比 ( $V_{3000A}/V_{1mA}$ )
100V-0.5kA		100±15%	0.5	2 以下	
100V-1kA		100±15%	1	2 以下	
220V-0.5kA	110	220±15%	0.5	1.9 以下	
220V-1kA	110	220±15%	1	1.9 以下	
220V-1.5kA	110	220±15%	1.5	1.9 以下	
220V-2kA	110	220±15%	2	1.9 以下	
440V-1kA	220	440±10%	1	1.8 以下	
440V-2kA	220	440±10%	2	1.8 以下	
440V-3kA	220	440±10%	3	1.8 以下	
440V-4kA	220	440±10%	4	1.8 以下	3 以下
440V-5kA	220	440±10%	5	1.8 以下	
760V-1kA	380	760±10%	1	1.8 以下	
760V-2kA	380	760±10%	2	1.8 以下	
760V-3kA	380	760±10%	3	1.8 以下	
760V-4kA	380	760±10%	4	1.8 以下	3 以下
760V-5kA	380	760±10%	5	1.8 以下	
1000V-1kA		1000±10%	1	1.8 以下	
1000V-2kA		1000±10%	2	1.8 以下	
1000V-3kA		1000±10%	3	1.8 以下	
1000V-4kA		1000±10%	4	1.8 以下	3 以下
1000V-5kA		1000±10%	5	1.8 以下	



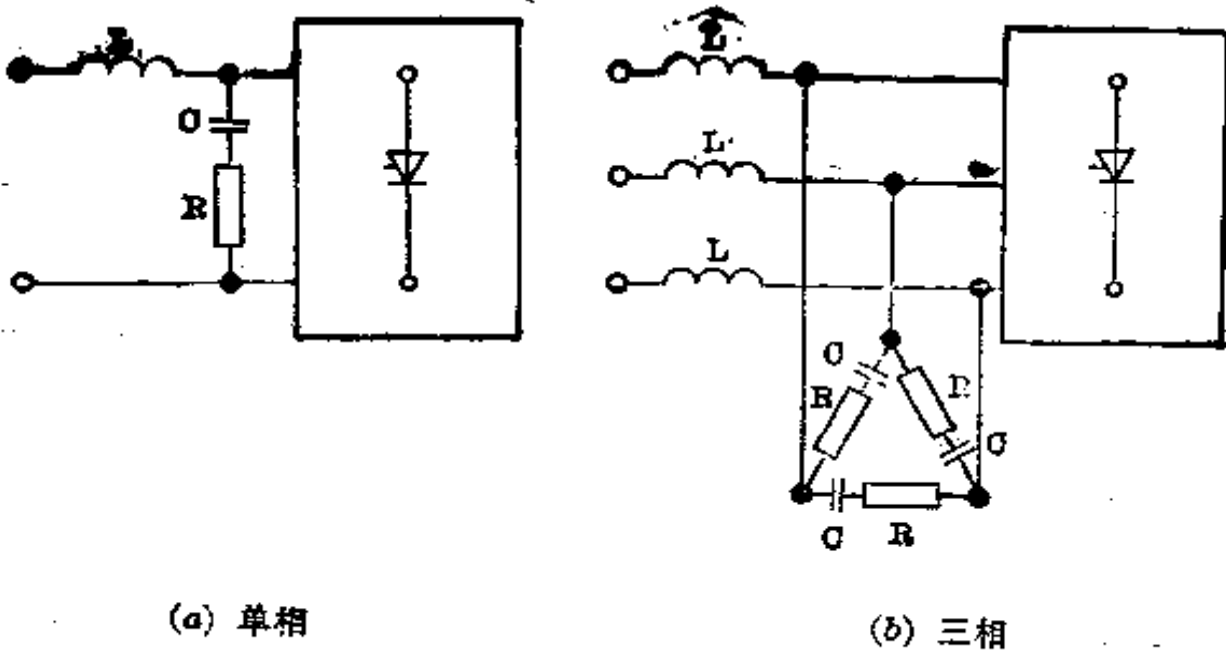


图 9-16 限制电压上升率的保护电路

#### 四、整流元件串并联及其保护的选择

1. 串联 当整流元件的电压等级小于实际需要时，可以采用元件串联。由于元件特性的差别，在串联时会造成元件两端电压相差较大，可能使其中某一元件过压而击穿，击穿后全部电压又集中到另一元件上而造成另一元件过压而击穿。因此必须尽量选用特性相近的同一规格的元件串联，并采用均压保护。

串联元件数：元件串联时，其耐压要降级使用，可取系数 0.9。

硅整流元件 
$$n = \frac{V_T}{0.9V_{RM}}$$

晶闸管元件 
$$n = \frac{2V_T}{0.9V_{PRV}} = \frac{V_T}{0.45V_{PRV}}$$

式中： $n$ ——需要的串联元件数； $V_T$ ——元件串联后承受总的反向峰值电压(伏)； $V_{RM}$ ——硅整流元件额定反向峰值电压(伏)； $V_{PRV}$ ——晶闸管反向阻断峰值电压(伏)。

均压方法：采用同时并联电阻和阻容的方法(如图 9-17)。

参数可按下式估算：

$$R_1 = (K - 1) \frac{V_{PRV}}{I_D} \text{ (欧)}$$

式中:  $V_{PRV}$ ——每一元件反向阻断峰值电压(伏);  $I_R$ ——反向平均漏电流(安);  $K$ ——允许电压不均匀系数,取 1.1。

$R2, C2$  的选择可参看表 9-16。

2. 并联 当元件的正向额定平均电流小于实际需要, 应尽量选用更大容量的元件而避免元件并联。在确实需要的情况下才采用元件并联。并联时两个元件正向压降相等, 但由于元件特性差别较大, 会造成两个元件电流相差较大。另外对晶闸管元件, 由于触发特性的差别, 还会造成一个元件先触发导通而电流较大。这些原因可能使元件电流过大而损坏, 因此必须尽量选用特性相近的同一规格的元件并联, 并采用均流保护。

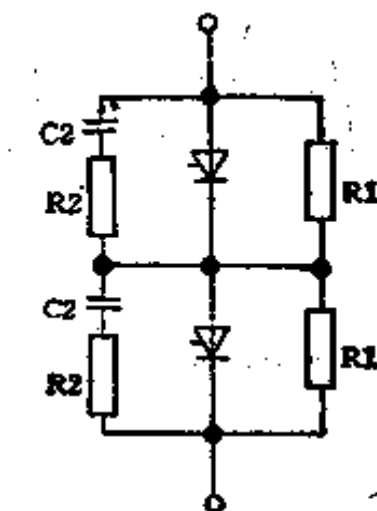


图 9-17 硅元件串联保护

并联元件数: 元件并联时, 其容量要降级使用, 可取系数 0.8。

$$n = \frac{I}{0.8I_F} = \frac{I}{1.26I_F}$$

式中:  $n$ ——需要的并联元件数;  $I$ ——流过并联元件总的正向电流有效值(安);  $I_F$ ——每一元件额定正向平均电流(安)。

均流方法: 采用串联电阻(或用快速熔断器代替), 空芯电抗器或均流电抗器的方法, 如图 9-18 所示。

参数选择: 均流电阻  $R$  的大小选择的原则, 应使元件正向电流在这电阻上产生电压为 0.5 伏左右的压降, 即

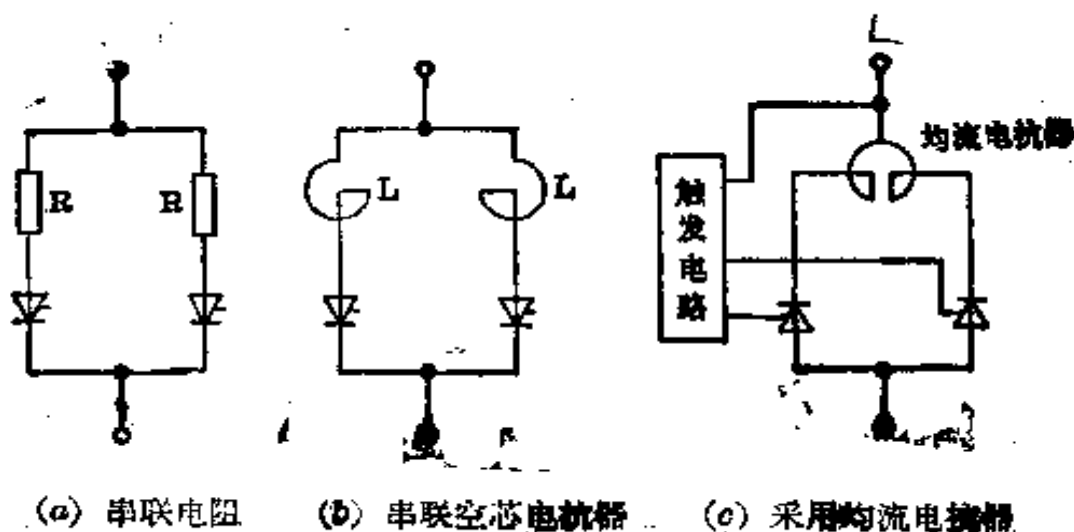


图 9-18 硅元件并联保护

$$R = \frac{0.4 \sim 1}{I_T} \text{ (欧)}$$

串联电阻的方法, 由于损耗较大, 只适用于小功率。空芯电抗器  $L$  可取 40 微亨左右, 即可保证有良好的均流效果。均流电抗器的计算见第 2 章。

## 9-4 晶闸管触发电路

晶闸管由截止到导通, 不仅要有正向阳极电压, 而且还要在控制极加上触发信号, 这是晶闸管得到广泛应用的主要原因。为晶闸管提供触发信号的电路, 即为触发电路。触发电路可由各种脉冲信号发生器来做, 但对触发信号有一些基本要求: 第一, 触发脉冲信号要与主电路同步; 第二, 为满足移相控制要求, 脉冲波形应能平稳地前后移动, 移相范围要大; 第三, 为能使晶闸管可靠地触发导通, 脉冲前沿应陡峭, 电压幅度要大于晶闸管控制极最大触发电压, 一般要求大于 4.23 伏, 触发电流要大于晶闸管控制极最大触发电流, 约十几到几百毫安, 脉冲宽度不小于 20~40 微秒, 低电平应小于 0.2 伏。

### 一、简单的触发电路

1. 由电阻电容和二极管组成的触发电路 图 9-19 为由电阻电容和二极管组成的触发电路。在图中, 交流电源电压  $v$  负半周时(1 为负, 2 为正), 电容  $C$  先经  $VD_2$  反向充电至最大值, 后经  $R_1$ 、 $R_2$  和负载  $R$  缓慢放电至零后即正向充电。当  $C$  的两端电压达到晶闸管  $V$  的触发电压  $v_g$  时(波形图中  $a$  点)晶闸管即被触发而导通。改变  $R_1$  可以改变电容  $C$  放电的速度, 即可改变  $a$  点的位置, 达到移相的目的。如  $R_1$  增大, 移相角也将增大为  $\alpha_2$ , 波形的变化见图 9-19 中虚线所示。

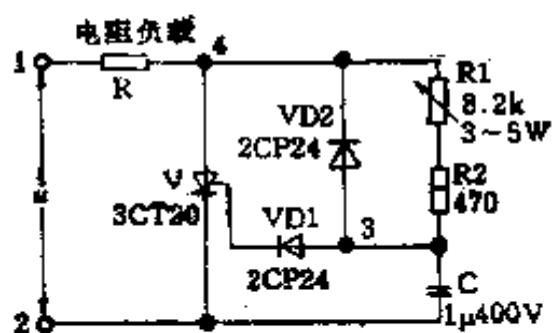
$VD_2$  的作用是防止电容  $C$  的较高反向电压加至晶闸管的控制极上, 而正向的触发电压通过  $VD_1$  加至控制极上。

这电路比较简单, 它的移相范围  $< 180^\circ$ , 使用范围可达  $170^\circ$ , 适用于对控制系统要求不高的场合。

2. 硅稳压管触发电路 图 9-20 为硅稳压管触发电路, 具有简单、经济等特点。

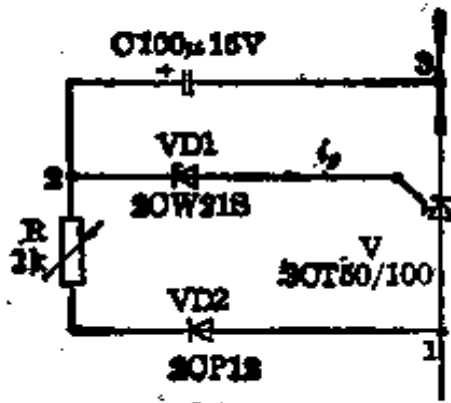
移相范围:  $< 180^\circ$ 。它适用于低电压而调节性能要求不高的设备, 如电镀电源等。

## 9-4 晶闸管触发电路

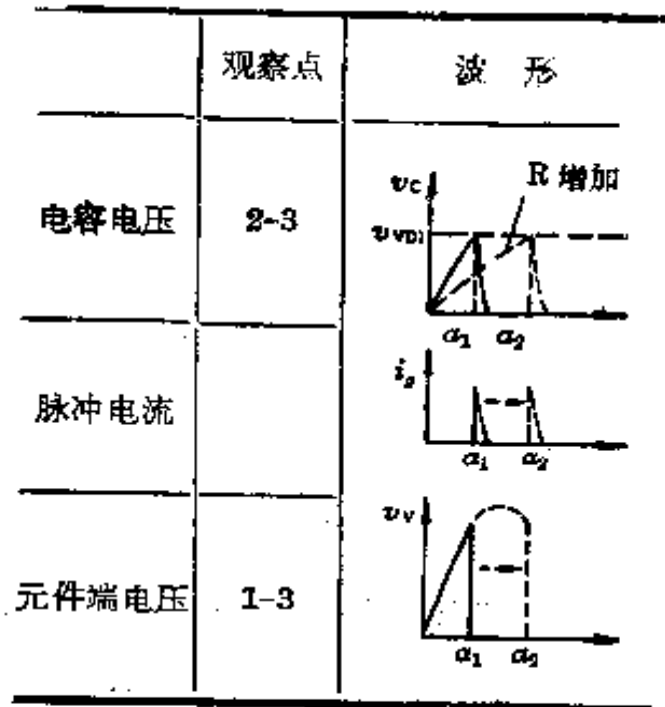


(a) 电路

电压名称	观察点	波 形
电源电压	1-2	



(a) 电路



(b) 波形

图 9-20 硅稳压管触发电路

**脉冲形式:** 当晶闸管承受正向电压而未导通时, 1 点电位为正, 3 点电位为负, 该电压通过二极管 VD2、电阻 R 对电容 C 充电, 电容电压逐渐上升, 到  $\alpha_1$  点, 电容电压充到稳压管的稳定电压  $v_{VD1}$ , 稳压管击穿而导通, 产生脉冲电流  $i_s$ , 触发晶闸管, 因而晶闸管在  $\alpha_1$  点导通。晶闸管一旦导通, 它的端电压  $v_v$  立即降到很小 ( $\approx 0$ ), 同时电容开始放电, 准备下一半波重新充电而产生脉冲电流。

**移相方法:** 改变电阻 R 的大小 (即改变电容充电时间)。如增大电阻, 移相角就从  $\alpha_1$  增加至  $\alpha_2$ , 见图中虚线所示。

**电路调整:** 稳压管的稳定电压降低, 移相范围越宽, 并要求稳压管要有一定功率。电阻、电容越大, 移相范围也越大, 但增大 R 会减小脉冲电流, 可能使可控硅不能触发。电阻电容适当配合可得到要求的移相范围。

## 二、阻容移相触发电路

**1. 单相全波阻容移相电路** 单相全波阻容移相电路的特点是简单, 但触发电压是正弦波, 因此触发不够准确, 移相角受电网电压波动等影响较大, 而且触发功率不大。

**移相范围:** 极限范围  $< 180^\circ$ ; 使用范围  $< 160^\circ$ 。

应用场合: 小功率单相全波可控整流, 控制精度要求不高的设备。

图 9-21 所示的单相全波阻容移相电路是由电阻  $R$ 、电容  $C$  和变压器(二次侧有中心抽头)组成的。按图(a)所示的电压方向, 可以得到以下电压矢量关系: 由 1、3、2 回路得,  $V = V_o + V_R$ , 而  $V_o$  总是落后于  $V_R$   $90^\circ$ ; 由 0、1、3 回路得,  $\frac{1}{2}V = V_o - V_g$ , 即  $V_g = V_o - \frac{1}{2}V$ ; 由 2、3、0 回路得,  $\frac{1}{2}V = V_g + V_R$ , 即  $V_R = \frac{1}{2}V + V_g$ 。由以上矢量关系得出矢量图(b), 当改变  $R$  和  $C$  的比例关系时(通常以改变  $R$  的大小来实现), 即改变矢量  $V_R$  和  $V_o$  的大小比例, 也就是改变  $V_g$  与  $V$  的移相角  $\gamma$ 。当  $v_{g1}$ 、 $v_{g2}$  相位改变, 它与晶闸管触发电压交点  $a$ 、 $b$ (波形图上)也相应移动而引起整流输出的变化。

电路调整: 负载越大, 要求  $C$  越大, 一般可取几~十几微法;  $R$  太小影响移相范围。可根据移相要求近似按表 9-19 关系选取( $C$  单位是微法); 若触发电路输出正常, 改变  $R$  能够移相, 但晶闸管输出电压不能连续调节, 这可能因为触发电压相位搞错了, 可将两组触发电压对调再试。

表 9-19

要求移相范围	$0 \sim 90^\circ$	$0 \sim 144^\circ$	$0 \sim 164^\circ$
可变电阻 $R$ 的最大数值(千欧)	$\geq 3/C$	$\geq 9/C$	$\geq 22/C$

为了便于控制, 可用晶体管代替可变电阻。为了触发准确, 可将移相后正弦波触发电压经晶体管脉冲整形和放大电路输出触发脉冲, 其具体电路可参见三相阻容移相电路(图 9-22)。

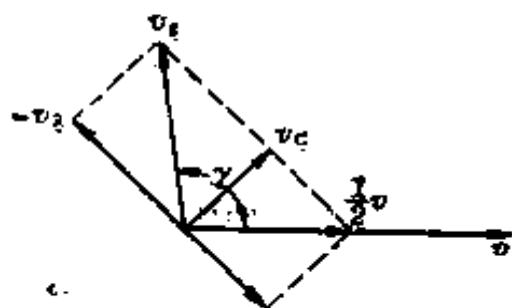
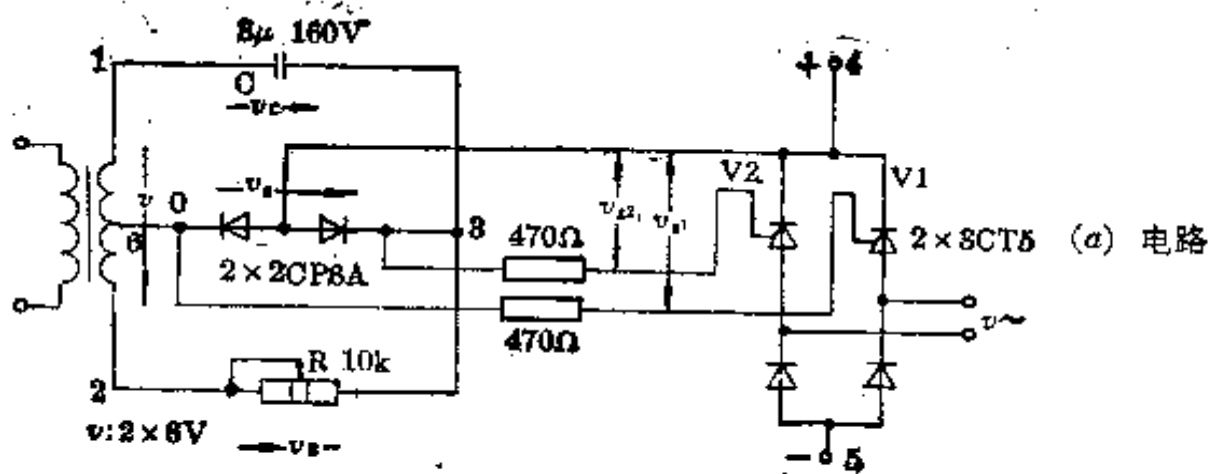
2. 三相阻容移相电路 三相阻容移相电路能输出三相触发电压。采用晶体管代替可变电阻移相, 控制方便, 并具有晶体管脉冲整形和放大电路, 触发功率可以增大。

移相范围: 极限范围  $< 180^\circ$ ; 使用范围  $< 160^\circ$ 。

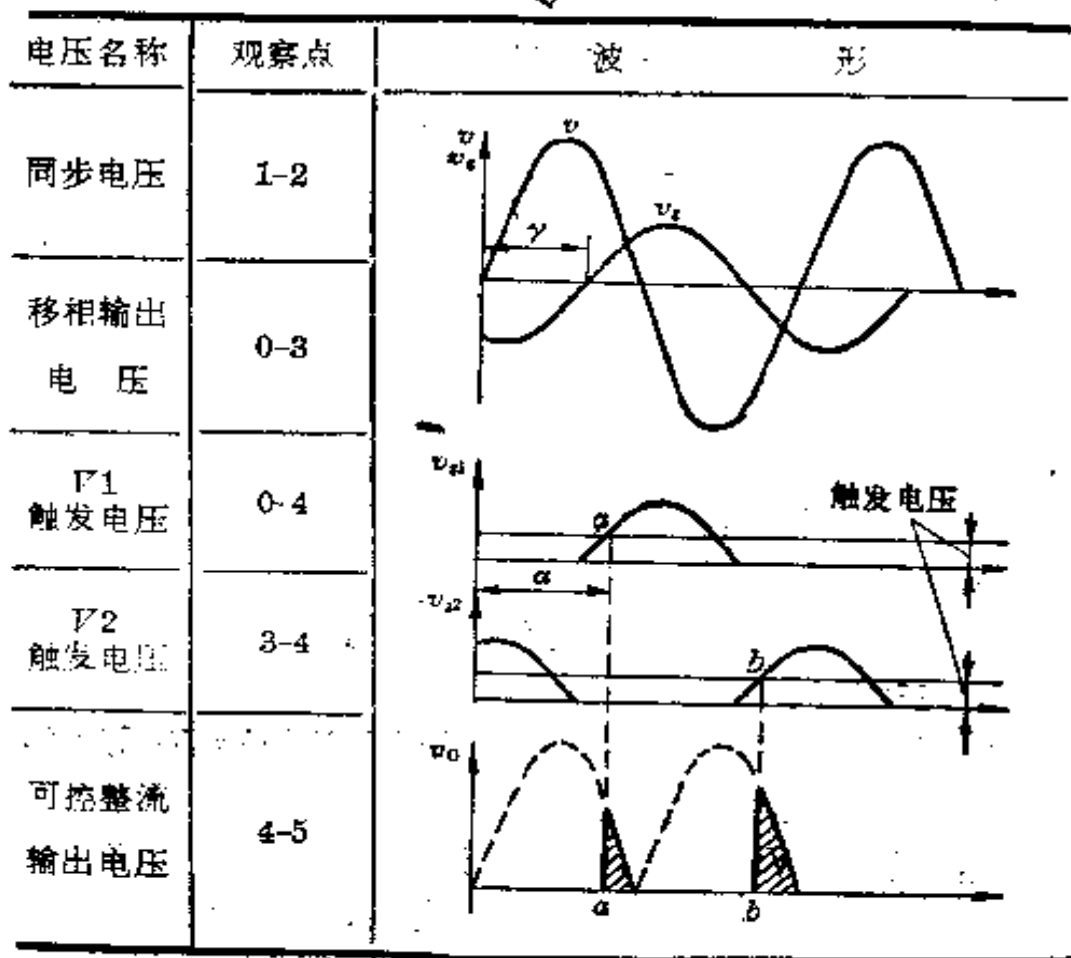
应用场合: 三相可控整流。

三相阻容移相电路(图 9-21)是由三个单相阻容移相电路组成的。三相交流电从变压器  $T_1$  输入, 移相后的三相交流电从变压器  $T_2$  输出。

移相方法: 晶体管  $V_2$  经三相桥式整流器组成三相移相电路的公用可变电阻。当控制信号增加, 经  $V_1$  放大后  $I_{c1}$  就增加, “1”电位更负, 使  $V_2$  的  $I_{c2}$  增加, 也就是说  $V_2$  的等效电阻减小, 就可使输出电压移相角减少。

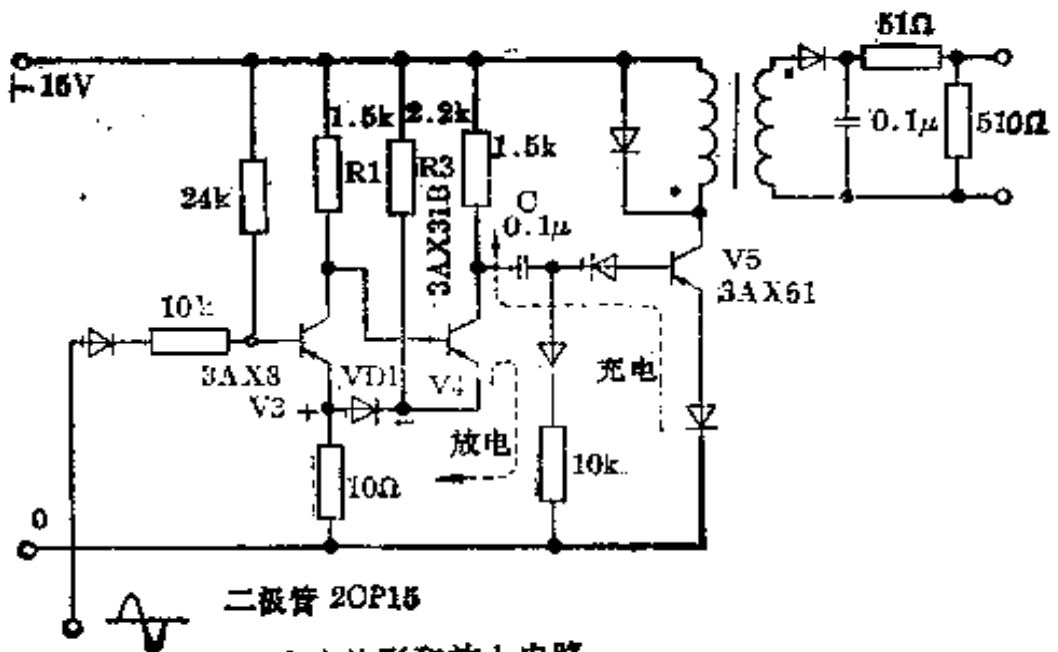
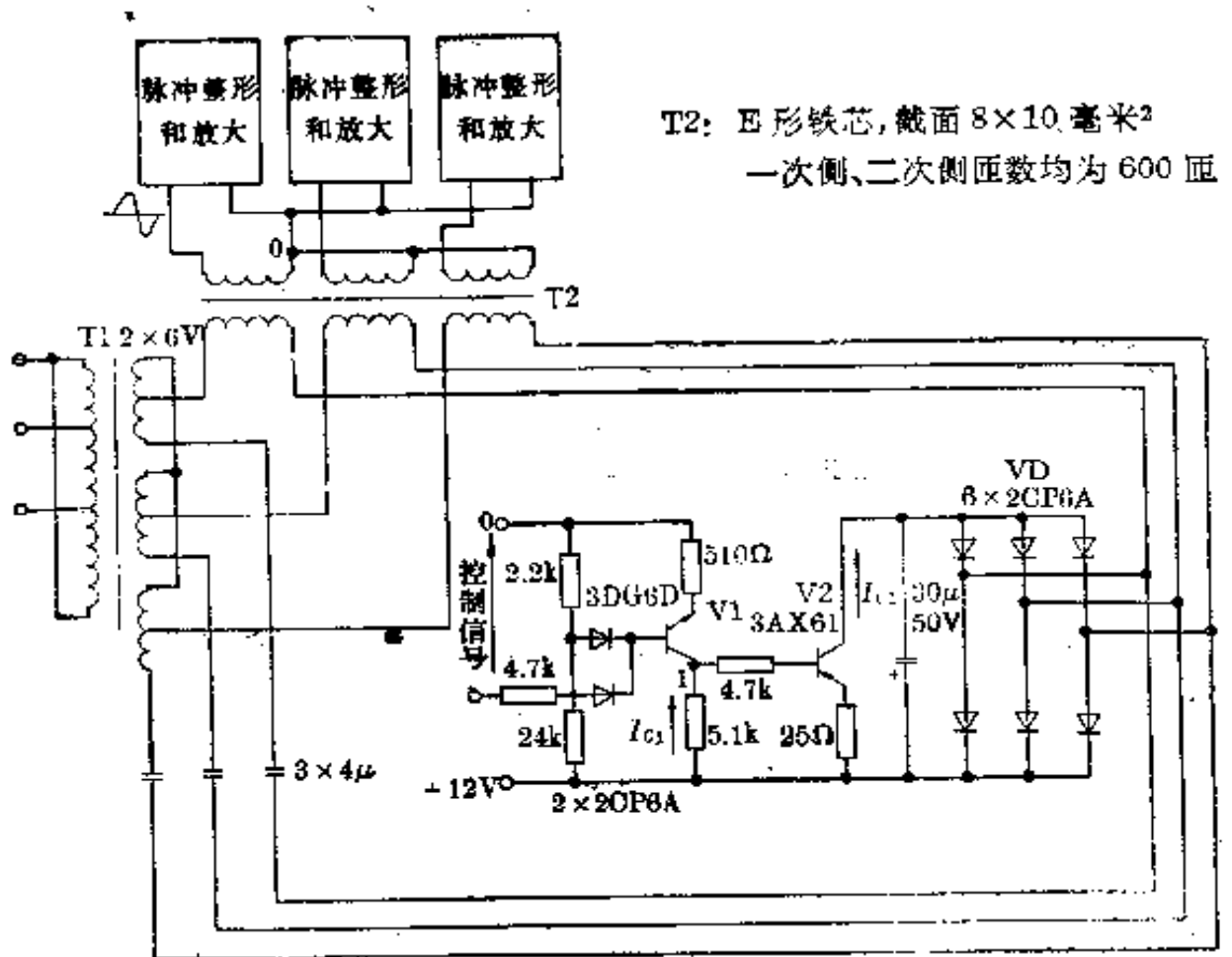


(b) 矢量图



(c) 波形

图 9-21 单相阻容移相电路



脉冲整形和放大电路  
图 9-22 三相阻容移相电路



脉冲整形和放大: 由  $V_2$ 、 $V_4$  组成射极耦合双稳态电路。当已移相的正弦波输入时, 在其正半周部分,  $V_3$  截止,  $V_4$  通过  $R_1$  获得偏流而导通; 在其负半周部分,  $V_3$  导通, 二极管  $VD$  的正向压降 ( $\approx 0.7$  伏) 的正端通过  $V_3$  的发射极-集电极加到  $V_4$  基极上而使  $V_4$  截止, 这时电容  $C$  充电, 该充电电流使  $V_5$  导通, 将脉冲经放大后由脉冲变压器输出触发脉冲。由于输入的正弦波移相, 输出的脉冲也随着而移相。

### 三、场效应管触发电路

1. 场效应管弛张振荡器 场效应管(又称单结晶体管)弛张振荡器比较简单、振荡频率调节范围大而且方便, 温度影响较小, 加上同步电源可组成可控硅触发电路。

脉冲形成: 在图 9-23 所示电路中, 电容  $C$  经  $R_1$  充电, 两端电压  $v_C$  逐渐上升, 当  $v_C$  上升至场效应管峰点电压  $V_p$  时, 管子的  $e \sim b_1$  导通, 电容  $C$  通过  $e \sim b_1$ 、 $R_3$  急速放电, 在  $R_3$  上产生一脉冲输出电压。随着  $C$  放电,  $v_C$  迅速下降至管子谷点电压  $V_v$  时,  $e \sim b_1$  重新截止, 电容  $C$  重新充电, 重复上述过程。

频率调节: 改变电阻  $R_1$  或电容  $C$  就改变  $C$  充电的速度, 也就改变振荡频率。 $R_1$  和  $C$  越小, 频率越高(见波形图中虚线所示)。

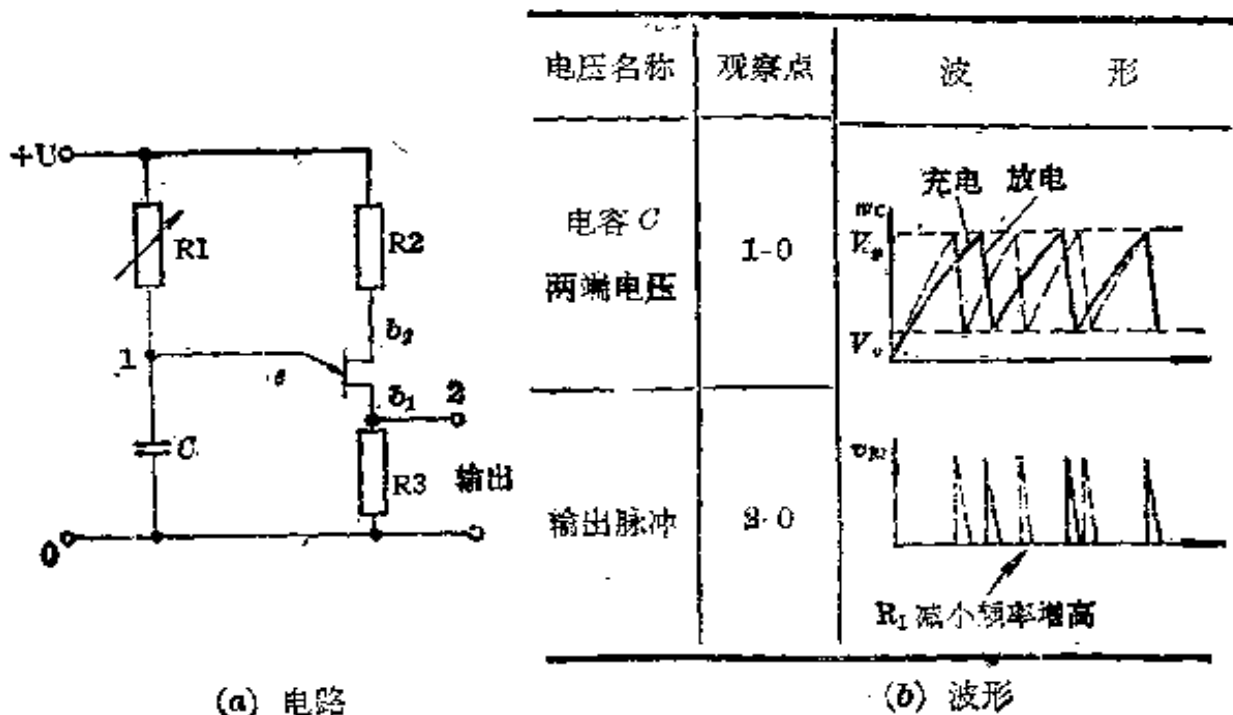


图 9-23 场效应管弛张振荡器

## 振荡周期

$$T \approx R_1 C \ln \frac{1}{1-\eta} \approx R_1 OK$$

式中:  $\eta$ ——场效应管分压比;  $K$  和  $\eta$  的对应关系如表 9-20。

电路调整: 见表 9-21。

表 9-20  $K$  和  $\eta$  的关系

$\eta$	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
$K = \ln \frac{1}{1-\eta}$	0.36	0.51	0.69	0.92	1.2	1.61	2.3

表 9-21 场效应管弛张振荡器的调整

参 数	取 用 范 围	作 用
$R_1$ (兆欧)	$\frac{U-V_p}{I_p} > R_1 > \frac{U-V_v}{I_v}$ 0.01~8	如过大, 场效应管达不到峰点电压; 如过小, 场效应管电流大于谷点电流, 不能截止, 电路均不振荡, 无脉冲输出。 $I_p$ ——场效应晶体管峰点电流; $I_v$ ——场效应晶体管谷点电流
$R_2$ (欧)	200~800	用作温度补偿
$R_3$ (欧)	50~1000	影响输出脉冲幅度和宽度
$C$ (微法)	0.047~0.5	影响振荡频率和输出脉冲的宽度

2. 场效应管触发电路 场效应管弛张振荡器加上同步电源信号即可构成触发电路, 通常由电源经降压后通过稳压管形成阶梯波作同步信号, 如图 9-23 中的  $v$ 。这样, 在阶梯波内可能有数个锯齿波振荡信号, 但只要第一个振荡信号已触发晶闸管导通后, 其余振荡信号也就失去作用。如同阻容移相触发电路相似, 移相电阻可以用手调节电阻, 也可用晶体管作可变电阻代替。

(1) 手动调节移相角的单结晶体管触发电路: 图 9-24 所示的场效应管触发电路比较简单, 温度补偿性能好, 有一定抗干扰能力, 脉冲前沿陡。但输出功率较小, 脉冲较窄, 只能手动调节  $R_1$ , 无法加其他控制信号。

移相范围:  $< 180^\circ$ , 一般为  $< 150^\circ$ 。

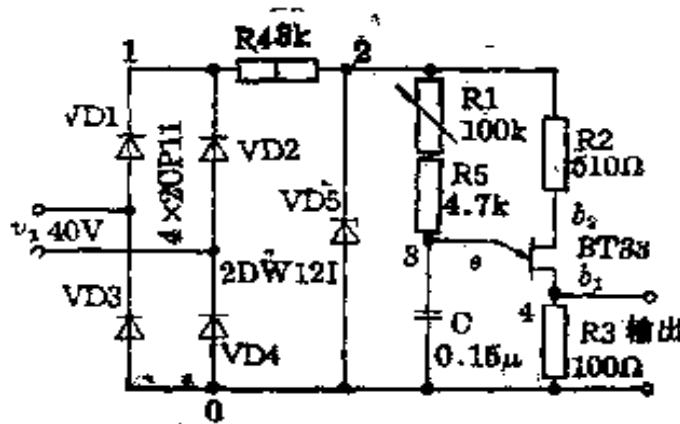


图 9-24 手动调节场效应管触发电路

应用场合: 单相可控整流要求不高的场合, 能触发 50 安以下元件。

梯形波形成: 交流正弦电压  $v$  经  $VD1 \sim VD4$  桥式整流和稳压管  $VD5$  削波而得梯形波同步电压。

脉冲形成: 该梯形波同步电压经  $R1$ 、 $R5$  对  $C$  充电, 利用  $C$  和场效应管充放电, 由  $R3$  输出一组触发脉冲, 其中第一个脉冲使晶闸管触发导通, 后面几个脉冲对晶闸管的工作没有影响。

同步: 当梯形波电压过零点, 电容  $C$  的电压也为 0, 因此电容每一次连续充放电的起点就是电源电压过零点, 这样就可保证输出脉冲的频率和电源频率保持一定的关系。

移相方法: 改变  $R1$  的大小, 可以改变  $C$  的充电速度, 因此改变第一个脉冲出现的时间  $\alpha$ , 从而达到移相的目的。

电路调整: 采用稳压管以保证输出脉冲幅值稳定, 并可获得一定的移相范围, 它的稳定电压  $v_{VD5}$  会影响输出脉冲幅值和单结管正常工作, 一般取 12~24 伏。

电源电压  $v$  影响移相范围, 可取 40~80 伏左右。取得高些移相范围可大些, 但要加大  $R4$  的阻值和功率。

(2) 晶体管作可变电阻移相的场效应管触发电路: 如图 9-25 所示, 由同步变压器  $T$  降压后, 二极管  $VD1 \sim VD4$  桥式全波整流, 经  $R1$  限流, 稳压管  $VD5$  削波后成为梯形波。为使直流电源有 23~24 伏的电压, 图(b)电路采用了二只  $VD6$  稳压管串联。为使有尽可能宽的移相范围, 同步变压器二次侧电压选用得较高些[图(b)电路选用 80~90 伏]。晶体管  $V_1$  作放大用,  $V_2$  与  $C$  组成  $RC$  移相电路。当  $V_1$  基极的控制信号  $v_c$  增大时,  $V_1$  的  $I_{c1}$  也增大,

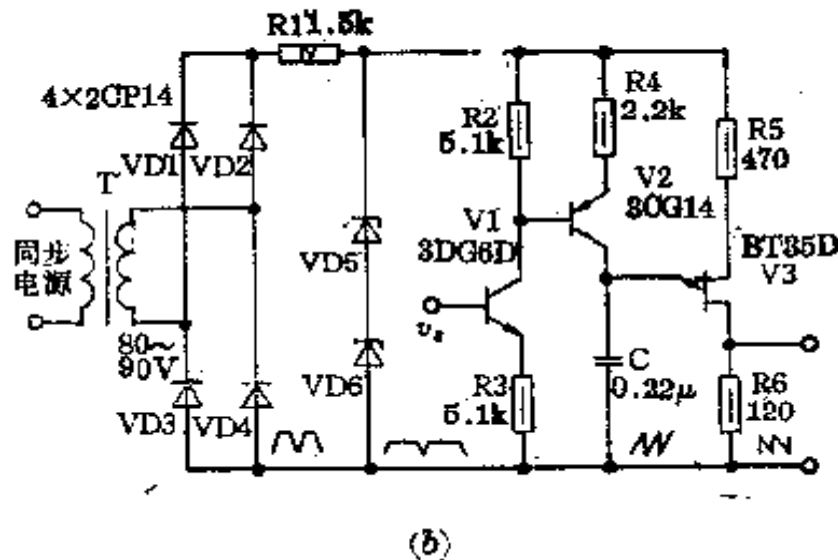
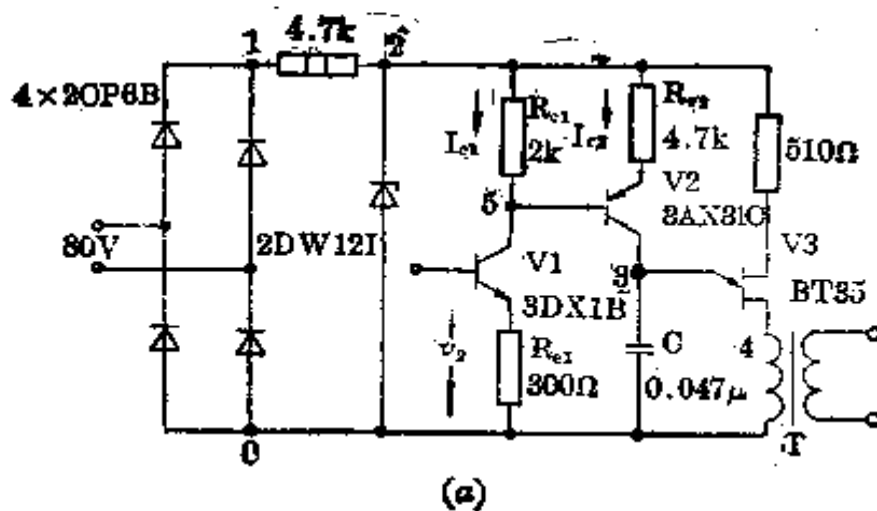


图 9-25 晶体管作可变电阻移相场效应管触发电路

则  $R_2$  上的压降变大,  $V_2$  的  $I_{B2}$  增大使  $V_2$  的 e.c 极之间的阻值变小, 对电容  $C$  的充电时间常数减小。在被充电前的瞬间,  $C$  的两端电压为零, 当  $C$  的两端电压上升到  $V_3$  的峰点电压  $V_p$  时,  $V_3$  被击穿而导通, 此时  $C$  经  $R_6$  (为与电源隔离而用脉冲变压器) 放电, 这时产生一输出脉冲。当  $C$  两端电压放电到达小于  $V_3$  的谷点电压  $V_v$  时, 则  $V_3$  截止, 接着  $C$  又被充电重复上述过程。从上述过程中可知, 只要改变控制电压  $v_g$  的大小, 就可以改变  $C$  的充电电压上升到  $V_p$  的时间, 达到了移相的目的。此电路较为简单, 功率增益较大, 温度补偿性能也较好, 同步信号容易处理, 但移相范围不大 ( $130^\circ \sim 150^\circ$ ),  $V_3$  的输出功率有限, 输出脉冲也较窄, 对感性负载及 100 安以上的晶闸管不太适用。因此只能适用于要求不高的设备上。

**移相范围:** 极限范围  $< 180^\circ$ ; 使用范围  $< 150^\circ$ 。

使用场合: 单相及三相可控整流, 触发 50 安以下的元件。

图 9-25(a) 电路的同步梯形波和脉冲形成与前一电路相同, 产生的脉冲通过脉冲变压器 T 输出。

移相方法: 在图 9-25(a) 中, 用 PNP 型锗三极管 V2 代替前一电路中可变电阻 R1。用 NPN 型硅三极管 V1 加一级放大。当输入正信号  $v_2$  越大, V1 的集电极电流  $I_1$  越大, 因而 5 点电位越负, 又使 V2 的电流  $I_2$  越大。这相当于 V2 的内阻变小, 所以电容 C1 充电速度加快, 使输出脉冲前移。

电路调整:

(1) V2 发射极电阻  $R_{e2}$  若偏小, 对前级放大器影响较大(使其放大能力降低), 还可能在控制信号  $v_2$  增大到一定程度后, 脉冲突然消失。若  $R_{e2}$  偏大, 电流负反馈作用增大, 有可能使单结晶体管不能达到峰点电压, 甚至没有脉冲产生。 $R_{e2}$  一般取 2~10 千欧。

(2) V1 发射极电阻  $R_{e1}$  一般取几百欧~1 千欧。集电极电阻  $R_{c1}$  可取 2~20 千欧。若取得高些, 可增加其放大倍数。但如果太大将会使管子工作在非线性段, 放大倍数反而减小。

(3) 电路的调试和故障检查应力求根据几个关键的波形迅速判断。

首先观察稳压管两端电压波形是否是梯形波, 从而判断电源部分是否正常。

然后观察电容 C1 两端电压, 如无锯齿波电压, 可将输入信号  $v_2$  变动, 测量 V1、V2 集电极电压, 看其是否随之改变。如不变, 应检查管子是否良好。如随之改变, 看  $R_{e1}$  是否太大或太小。如果以上都正常应检查单结管是否良好, 输出变压器有无损坏等情况。如有锯齿波电压, 并随控制电压而变化, 那么触发电路工作基本正常, 最后检查输出环节。

3. 场效应管工作原理 场效应管只有一个 PN 结, 但却有一个发射极 e 和二个基极  $b_1$ 、 $b_2$ , 所以又叫做双基极二极管。其结构、符号和等效电路如图 9-26 所示。

(1) 控制性能: 场效应管工作时必须加上正偏压  $V_{bb}$ , 即  $b_2$  接正,  $b_1$  接负。从等效电路可看到, 在  $R_{b1}$  两端有一分压  $V_{b1}$ , 此电压与  $V_{bb}$  之比叫做分压比  $\eta$ , 即  $\eta = V_{b1}/V_{bb}$ 。控制电压  $V_c$  加在 e~ $b_1$  两端, e 接正、 $b_1$  接负。

当  $V_c < V_{b1}$  时, 等效二极管 VD 反向截止, e~ $b_1$  间仅有很小反向漏电流。当  $V_c \geq V_{b1} + V_s$  时 ( $V_s$  为 VD 的正向压降), VD 正向导通, e~ $b_1$  间电阻突然减小, 发射极流过一个很大的脉冲电流。这个电压称为峰点电压  $V_{p0}$ , 即

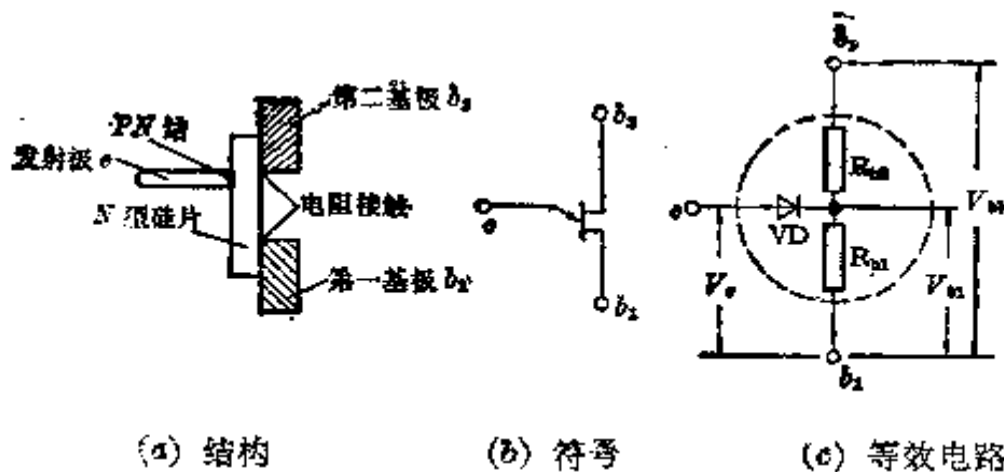


图 9-26 场管

$V_g = V_{b1} + V_{gs} \approx V_{b1}$  (因为  $V_{gs} \approx 0$ )。

场效应管导通后, 控制电压再降低, 甚至低于峰点电压  $V_p$ ,  $e \sim b_1$  间仍继续导通, 只有当  $V_g$  低于一定数值 (称为谷点电压  $V_v$ ),  $e \sim b_1$  间才重新恢复截止。

(2) 管脚判别: 用万用表  $R \times 100$  或  $R \times 1k$  档测量, 基极  $b_1$ 、 $b_2$  之间正反向电阻相同, 一般为  $2 \sim 10$  千欧。发射极  $e$  和  $b_1$  或  $b_2$  间正向电阻小 (黑笔接  $e$ , 红笔接  $b_1$  或  $b_2$ ), 反向电阻大 (黑笔接  $b_1$  或  $b_2$ , 红笔接  $e$ )。

(3) 参数解释:

分压比  $\eta$ :

$$\eta = \frac{V_{b1}}{V_{bb}} = \frac{V_p - V_g}{V_{bb}} \approx \frac{V_p}{V_{bb}}$$

由此可得峰点电压

$$V_p = \eta V_{bb}$$

基极间电阻  $R_{bb}$ : 发射极开路, 基极  $b_1 \sim b_2$  间的电阻, 它与温度有关。

$e \sim b_1$  间反向电压  $V_{eb1}$ :  $b_2$  开路, 在额定反向电流时基极  $b_1$  与发射极  $e$  间的反向耐压。

$e \sim b_2$  间反向电压  $V_{eb2}$ :  $b_1$  开路, 在额定反向电流时基极  $b_2$  与发射极  $e$  间的反向耐压。

反向电流  $I_{co}$ :  $b_1$  开路, 在额定反向电压  $V_{eb2}$  下  $e \sim b_2$  间的反向电流。


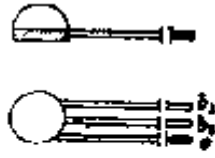
发射极饱和压降  $V_{e(sat)}$ : 在最大发射极额定电流时发射极  $e$  与基极  $b_1$  间压降。

峰点电流  $I_p$ : 场效应管导通前, 控制电压为峰点电压时的发射极电流。该

电流是使场效应管构成弛张振荡器的最小电流。

4. 场效应管型号和参数 见表9-22。

表9-22 场效应管型号和参数

型 号	分压比 $\eta$	基极 电阻 $R_{bb}$ (千欧)	发射极 与基极 间反向 电压 $V_{ebp}$ (伏)	反向 电流 $I_{co}$ (微安)	发射 极饱和 电压降 $V_{e(sat)}$ (伏)	峰 点电 流 $I_p$ (微安)	基极 耗散 功率 $P_{DGM}$ (毫瓦)	管 脚
5S1	0.2~0.95	3~12	40	8	5	12	450	
5S1A	0.3~0.55	3~6	60	1	5	12	450	
5S1B	0.3~0.55	5~8	60	1	5	12	450	
5S1C	0.45~0.75	3~6	60	1	5	12	450	
5S1D	0.45~0.75	5~8	60	1	5	12	450	
5S1E	0.65~0.85	3~6	60	1	5	12	450	
5S1F	0.65~0.85	5~8	60	1	5	12	450	
5S2	0.2~0.95	2~12	40	8	5	1	450	
5S2A	0.3~0.55	3~6	60	1	5	1	450	
5S2B	0.3~0.55	5~8	60	1	5	1	450	
5S2C	0.45~0.75	3~6	60	1	5	1	450	
5S2D	0.45~0.75	5~8	60	1	5	1	450	
5S2E	0.65~0.85	3~6	60	1	5	1	450	
5S2F	0.65~0.85	5~8	60	1	5	1	450	
BT31A	0.3~0.55	3~6	$\geq 60$	$\leq 1$	$\leq 5$	$\leq 2$	300	
BT31B	0.3~0.55	5~10	$\geq 60$	$\leq 1$	$\leq 5$	$\leq 2$	300	
BT31C	0.45~0.75	3~6	$\geq 60$	$\leq 1$	$\leq 5$	$\leq 2$	300	
BT31D	0.45~0.75	5~10	$\geq 60$	$\leq 1$	$\leq 5$	$\leq 2$	300	
BT31E	0.65~0.85	3~6	$\geq 60$	$\leq 1$	$\leq 5$	$\leq 2$	300	
BT31F	0.65~0.85	5~10	$\geq 60$	$\leq 1$	$\leq 5$	$\leq 2$	300	

(续表)

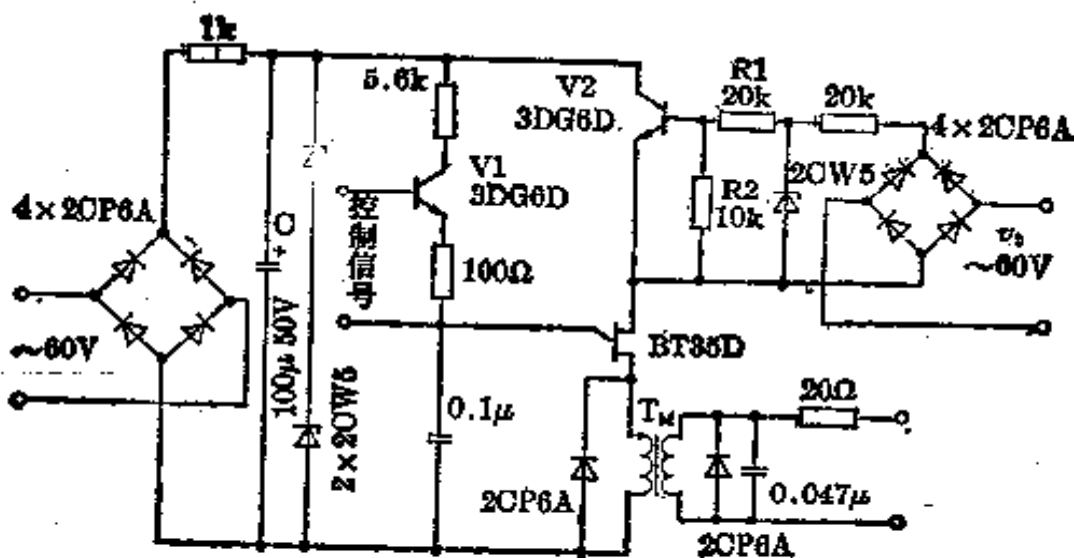
型号	分压比 $\eta$	基极电阻 $R_{bb}$ (千欧)	发射极与基极反向电压 $V_{ebo}$ (伏)	反向电流 $I_{ro}$ (微安)	发射极饱和电压 $V_{o(sat)}$ (伏)	峰点电流 $I_p$ (微安)	基极耗散功率 $P_{bM}$ (毫瓦)	管脚
BT32A	0.3~0.55	3~6	$\geq 60$	$\leq 1$	$\leq 5$	$\leq 2$	300	
BT32B	0.3~0.55	5~10	$\geq 60$	$\leq 1$	$\leq 5$	$\leq 2$	300	
BT32C	0.45~0.75	3~6	$\geq 60$	$\leq 1$	$\leq 5$	$\leq 2$	300	
BT32D	0.45~0.75	5~10	$\geq 60$	$\leq 1$	$\leq 5$	$\leq 2$	300	
BT32E	0.65~0.85	3~6	$\geq 60$	$\leq 1$	$\leq 5$	$\leq 2$	300	
BT32F	0.65~0.85	5~10	$\geq 60$	$\leq 1$	$\leq 5$	$\leq 2$	300	
BT33A	0.3~0.55	3~6	$\geq 60$	$\leq 1$	$\leq 5$	$\leq 2$	500	
BT33B	0.3~0.55	5~10	$\geq 60$	$\leq 1$	$\leq 5$	$\leq 2$	500	
BT33C	0.45~0.75	3~6	$\geq 60$	$\leq 1$	$\leq 5$	$\leq 2$	300	
BT33D	0.45~0.75	5~10	$\geq 60$	$\leq 1$	$\leq 5$	$\leq 2$	500	
BT33E	0.65~0.85	3~6	$\geq 60$	$\leq 1$	$\leq 5$	$\leq 2$	500	
BT33F	0.65~0.85	5~10	$\geq 60$	$\leq 1$	$\leq 5$	$\leq 2$	500	
BT33A	0.3~0.4	$\geq 2$	$\geq 30$	$< 2$	$< 4$	$< 4$	300	
BT33B	$> 0.4 \sim 0.5$	$\geq 2$	$\geq 60$	$< 2$	$< 4$	$< 4$	300	
BT33C	$> 0.5 \sim 0.65$	$\geq 2$	$\geq 30$	$< 2$	$< 4.5$	$< 4$	300	
BT33D	$> 0.65$	$\geq 2$	$\geq 60$	$< 2$	$< 4.5$	$< 4$	300	
BT35A	0.3~0.4	$\geq 2$	$\geq 30$	$< 2$	$< 4$	$< 4$	500	
BT35B	$> 0.4 \sim 0.5$	$\geq 2$	$\geq 60$	$< 2$	$< 4$	$< 4$	500	
BT35C	$> 0.5 \sim 0.65$	$\geq 2$	$\geq 30$	$< 2$	$< 4.5$	$< 4$	500	
BT35D	$> 0.65$	$\geq 2$	$\geq 60$	$< 2$	$< 4.5$	$< 4$	500	

注: BT33型场效应管有两种外形,因而也有两种参数,可根据外形确定属哪一类。



## 5. 场效应管触发电路应用举例

[例1] 在图9-27所示的电路中, V1仍然起着可变电阻的作用, 单结晶体管的电源由于具有电容C滤波, 因此是平滑的直流, 不是梯形波, 它的同步作用由V2来完成。同步正弦电压 $v_s$ 经整流和稳压管作用后, 成为梯形波, 再经R1、R2分压加在V2的基极上, 当梯形波过零点, V2立即截止, 单结晶体管电源切断, 脉冲消失。梯形波电压出现, V2立即导通, 单结晶体管获得电源而工作。



脉冲变压器  $T_M$  铁芯: E 形硅钢片, 截面  $7 \times 7$  毫米<sup>2</sup>

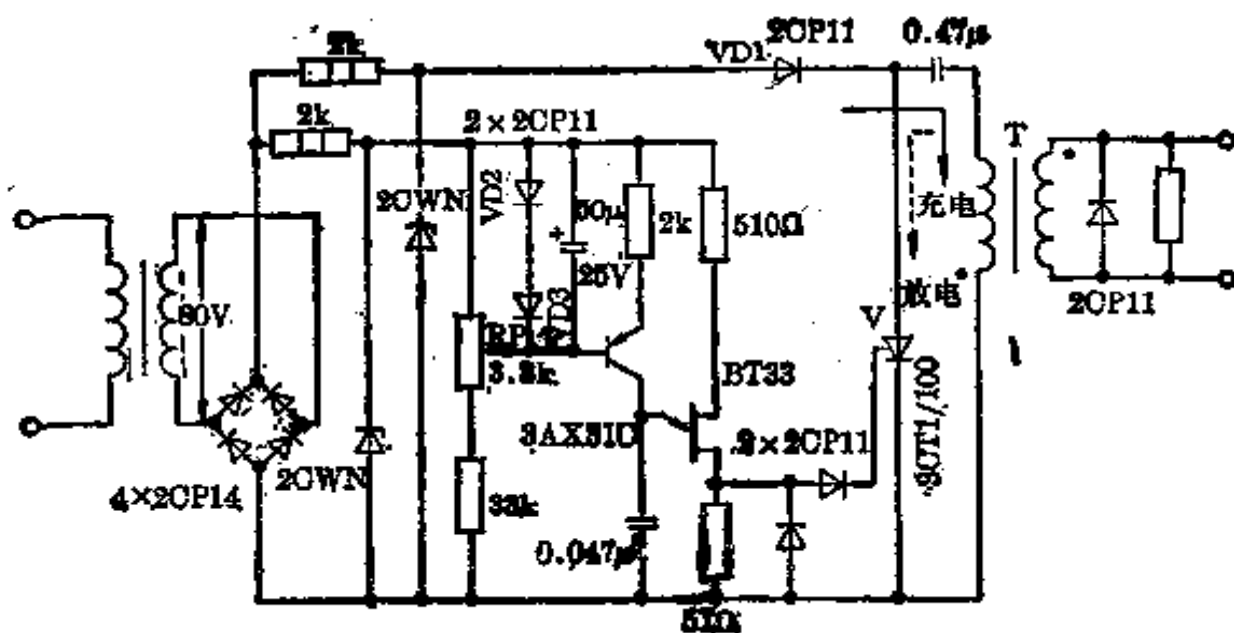
一次侧绕组 200 匝 } 线径 0.27 毫米  
二次侧绕组 150 匝 }

图 9-27 场效应管触发电路应用电路(一)

[例2] 图9-28所示电路是利用小容量晶闸管V作为脉冲放大环节。在场效应管脉冲输出之前, 电容C1充了电, 当场效应管输出一脉冲使V导通, C1通过V、T而迅速放电, 因此能输出一个较强的脉冲信号。VD1为隔离二极管。

控制信号和触发电路共用一个电源, 调节RP即可达到改变控制信号而移相的目的, VD1、VD2为保护二极管, 它将V的输入信号限制在二个管子总的正向压降(约1~2伏)之内, 以免V承受过大输入信号而损坏。

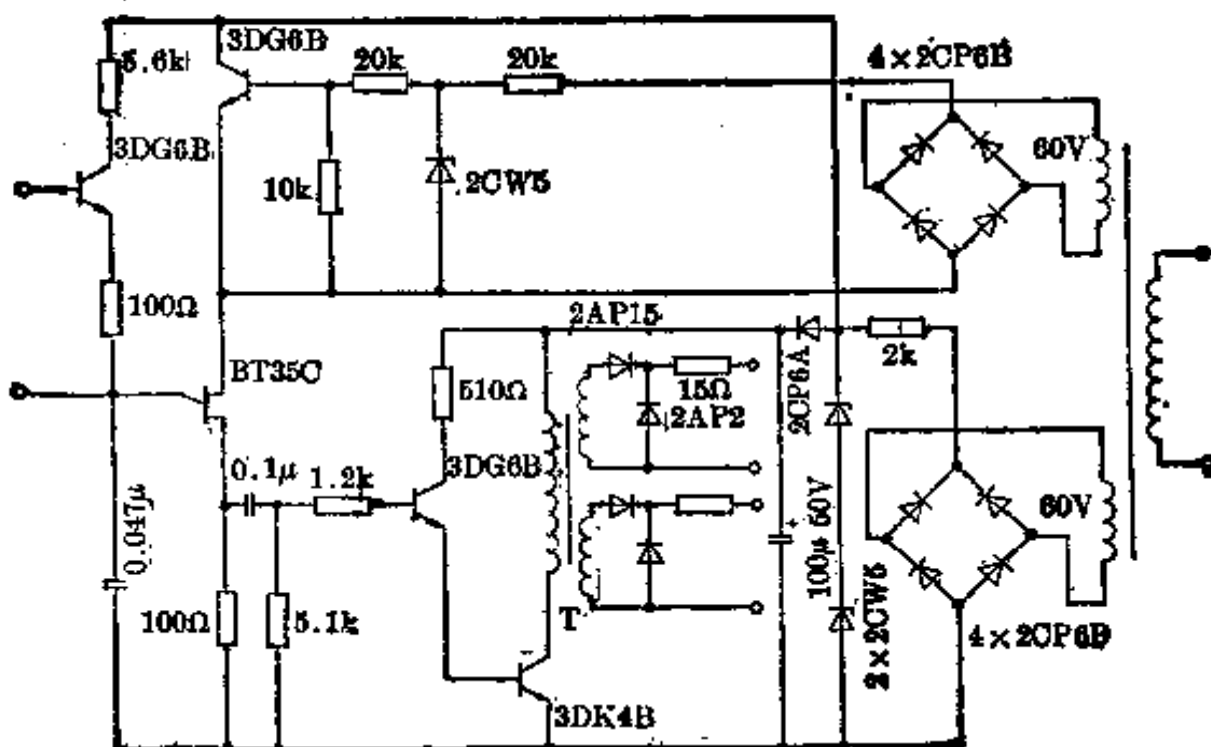
C2既有滤波作用, 又有起动延时作用。因为当电源接通瞬间, C2两端电压要逐渐上升, 也就是说输入信号只能缓慢增加, 这样使输出脉冲自动地从后向前移, 保证晶闸管逐渐开放。



T: E形硅钢片, 0.35毫米厚, 截面  $12 \times 18$  毫米<sup>2</sup>

一次侧绕组 500匝 } 线径 0.21毫米  
 二次侧绕组 300匝 }

图 9-28 场效应管触发器应用电路(二)



脉冲变压器 T 铁芯: 坡莫合金  $7 \times 7$  毫米<sup>2</sup>

一次侧绕组 140匝, 线径 0.25毫米  
 二次侧绕组  $2 \times 35$ 匝, 线径 0.25毫米

图 9-29 场效应管触发器应用电路(三)

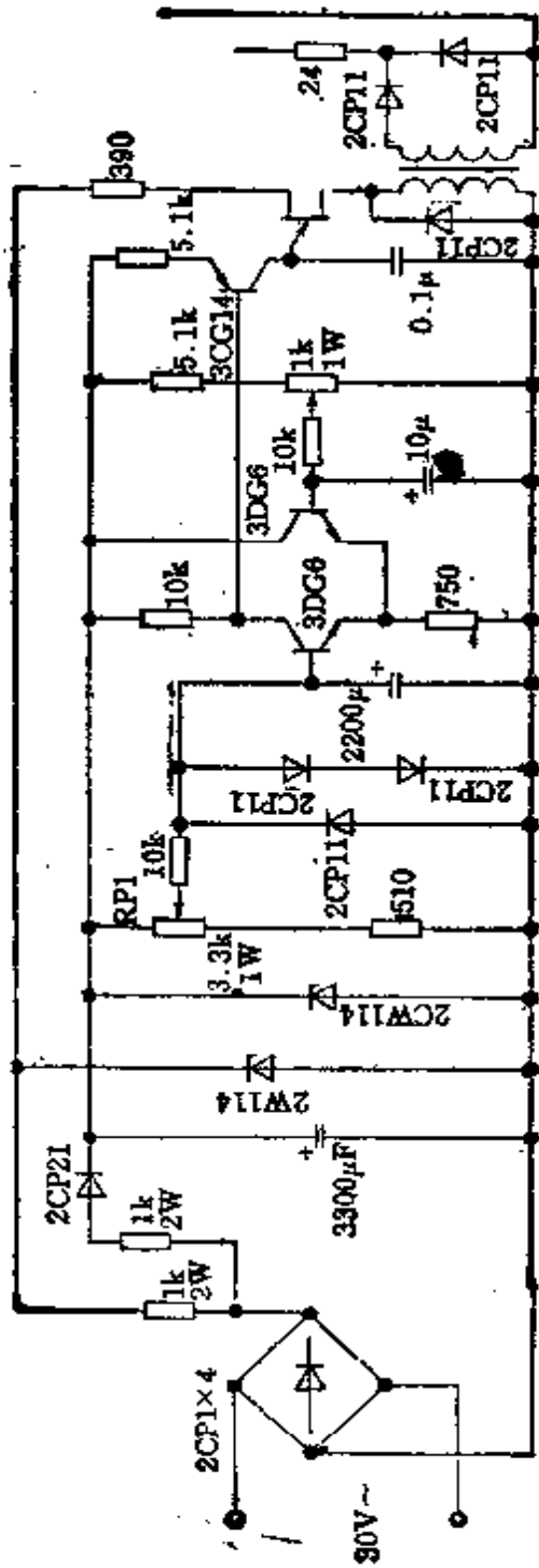


图 9-30 场效应管触发电路(四)

[例3] 在图 9-29 所示的电路中,为了增大输出脉冲功率,采用 3DG6B 和 3DK4B 组成脉冲功率放大器。当场效应管 (BT35C) 输出正脉冲时, 3DK4B 导通,通过脉冲变压器 T 输出脉冲。

[例4] 图 9-30 所示电路中,用差动放大电路推动 3CG14, 调节输出脉冲,其工作原理与前述相同。

#### 四、利用电容充放电进行移相的晶体管触发电路

在图 9-31 所示的电路中, V2、V3 采用正偏压电路,以提高电路抗干扰能力。利用电容充放电进行移相方法简单,移相范围较宽。

移相范围:  $<180^\circ$ 。

应用场合: 单相可控整流电路。

同步环节: 同步正弦电压  $v_1$  加在 V1 基极上,  $v_1$  为正时, V1 截止,二极管 VD1 保护 V1 基极,使其反向电压不致很大;  $v_1$  为负时, V1 导通。

移相环节: V1 截止时, V2 通过 R3、R4 获得偏流而导通, C2 被 V1 短路,而 C1 通过 V2 和 R2 充电。当 V1 导通, C1 充的正电加到 V2 基极上,使 V2 截止。同时电源通过 R3、R4 对并联的 C1、C2 反向充电。当 C1、C2 上电压降到 0 后,电压极性改变, V2 又恢复导通。改变 R3,就改变 C1、C2 反向充电的速度, V2 由截止恢复导通的时刻就随之改变,达到移相目的。

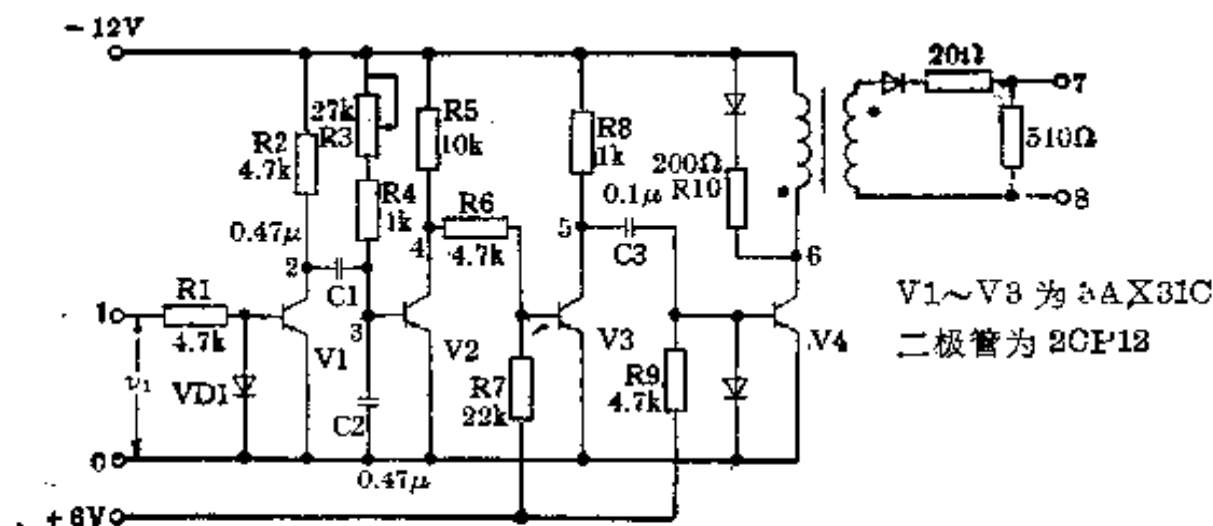


图 9-31 利用电容充放电移相电路

脉冲形成和放大环节: V2 由截止而导通,使 V3 由导通而截止,这时 C3 通过 V4 和 R8 充电,使 V4 导通,由脉冲变压器 T 输出触发脉冲。

### 五、调节箝位电平进行移相的晶体管触发电路

当晶闸管阳极加正向电源时，如触发信号电平超过晶闸管控制极触发电压，晶闸管即触发导通。这样，我们可以通过调节触发信号的箝位电位来调整移相角或抑制干扰，如图9-32所示。图(a)为当触发信号为非突变信号进行移相调节，图中以正弦触发信号为例，在没有箝位电压时 $\alpha$ 点触发可控硅，加上直流箝位电压 $v_0$ ，使正弦信号电平下移直到 $b$ 点才能触发晶闸管，这时移相角 $\alpha'$ 比原来移相角 $\alpha$ 大，调整 $v_0$ 大小就可调节移相角；图(b)为当触发信号为突变信号时，由于通常晶闸管触发电平较低，常有干扰信号也会超出触发电平(如图中 $\Delta$ 信号)就会引起误触发，加上负的直流箝位电压后，使干扰信号电平降低，不能触发晶闸管，这就防止了干扰。由此可见，对于非突变触发信号，调节箝位电平控制移相角大小既方便，又可靠，这时箝位电平又称控制电平。对于突变触发信号，箝位电平是抗干扰的有效措施。这样的箝位电平可由一般整流电源供给(如图9-33)，调节电位器即可改变箝位电平大小，从而达到调整移相角或抗干扰的目的。

1. 简单箝位电平调节移相角的触发电路 由移相控制信号加上箝位电平即可得到触发信号，如图9-34所示。

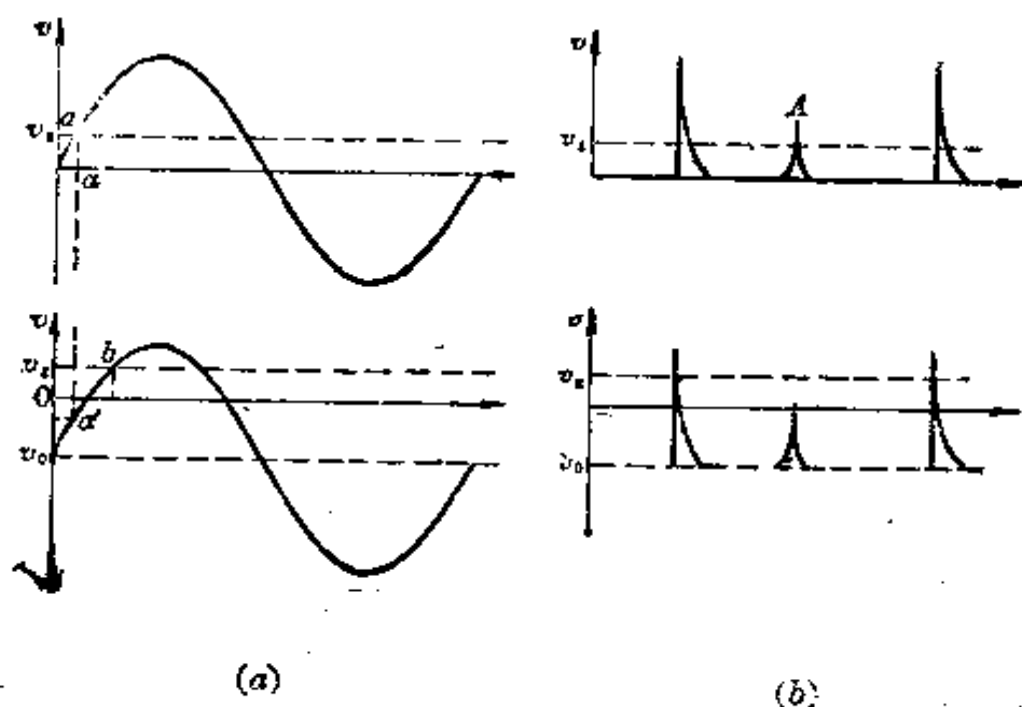


图9-32 调节箝位电平移相原理

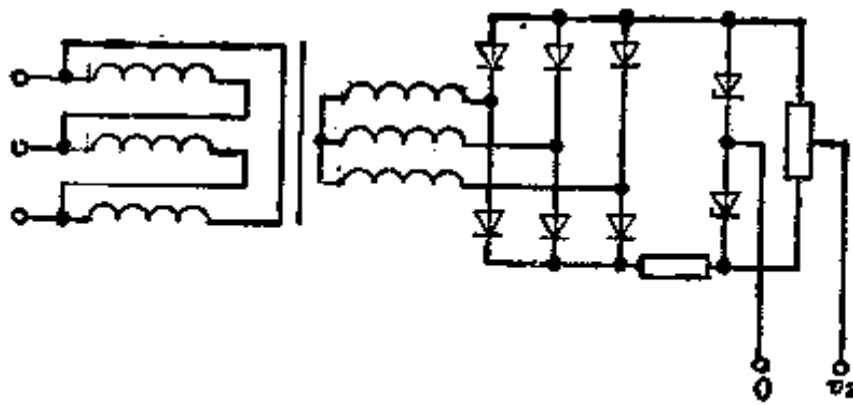


图 9-33 相位电平电路

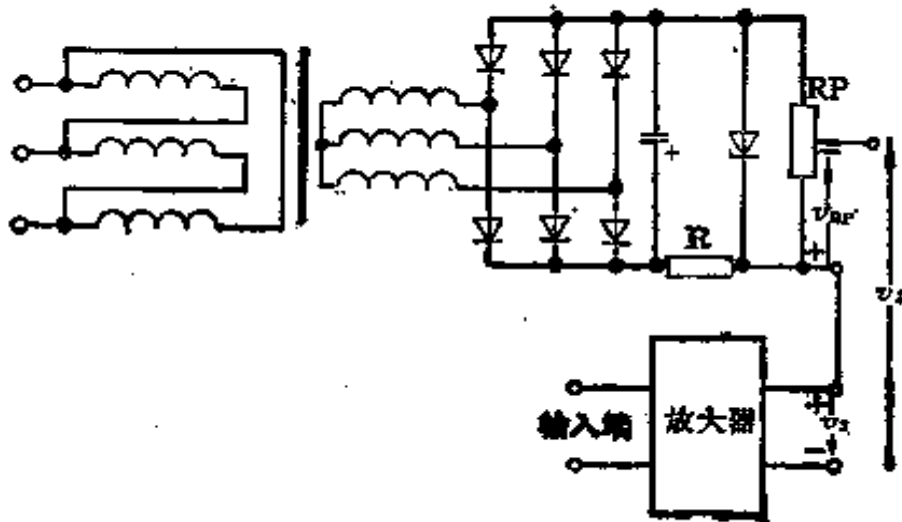


图 9-34 相位电平调节移相角的触发电路

控制电压  $v_2$  等于移位电压  $v_{RP}$  和信号电压  $v_3$  之差。这样  $v_3$  只要改变大小不需要改变极性就能达到移相  $180^\circ$  的要求。

$v_3$  常常是放大器输出电压，这样改变放大器输入电压就能起到移相的目的。一般  $v_{RP}$  略小于  $V_{m1}$ ，所以  $v_3$  的变化范围从  $0 \rightarrow v_{RP} + V_{m1}$ 。

2. 同步电压为正弦波的触发电路(具有变压器耦合) 图 9-35 所示的触发电路具有线路简单，触发功率较大等特点。同步电压采用正弦波使主回路整流电压在交流电网波动时能自动补偿。输出脉冲有一定宽度。在控制电压较大时，同步正弦电压波动会造成脉冲突然消失而失控。

移相范围：极限范围  $< 180^\circ$  (或  $\pm 90^\circ$ )；

使用范围  $< 150^\circ$  (或  $\pm 75^\circ$ )。

应用场合：三相可控整流和可逆调速系统，可触发 200 安元件。

在图 9-35 中, 交流正弦电压经  $R1 \sim R4$  分压而得同步电压  $v_1$ , 再和控制电压  $v_2$  叠加后作用在  $V1$  基极上, 改变控制电压  $v_2$  的大小和极性即可移相。

脉冲形成和放大:  $V1$  集电极电流的变化经过耦合变压器  $T1$  输出正负两个脉冲, 正脉冲被  $V3$  截止, 负脉冲输入  $V2$  基极, 经  $V2$  放大, 通过脉冲变压器  $T_M$  输出触发脉冲。

电路调整:

(1)  $C2$  为加速电容, 用来提高脉冲前沿陡度; (2) 调整  $R5$  可改变脉冲宽度; (3) 调整  $R1$  可改变同步电压  $v_1$  的大小并可改变多相系统各触发器的对称性, 从而保证各相移相角相等; (4) 注意耦合变压器  $T1$  和脉冲变压器  $T_M$  的对应端不要接错。

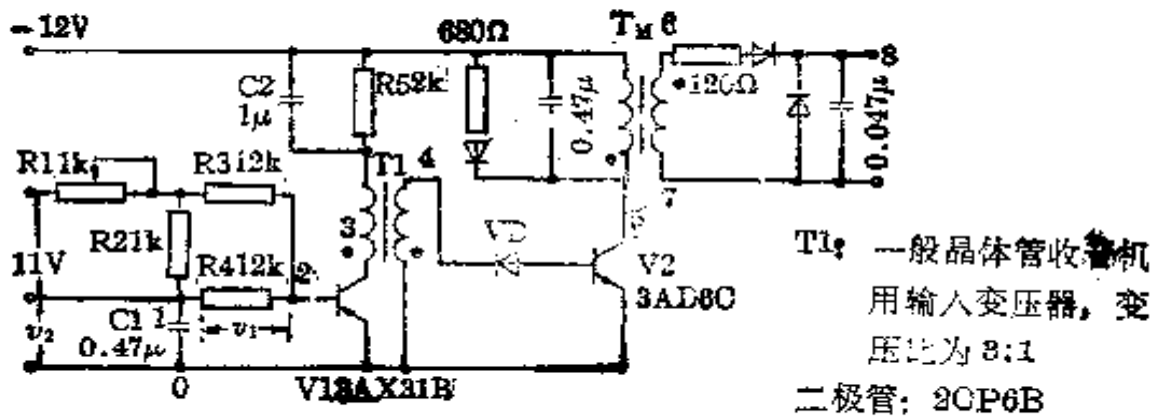


图 9-35 同步电压为正弦波的触发电路

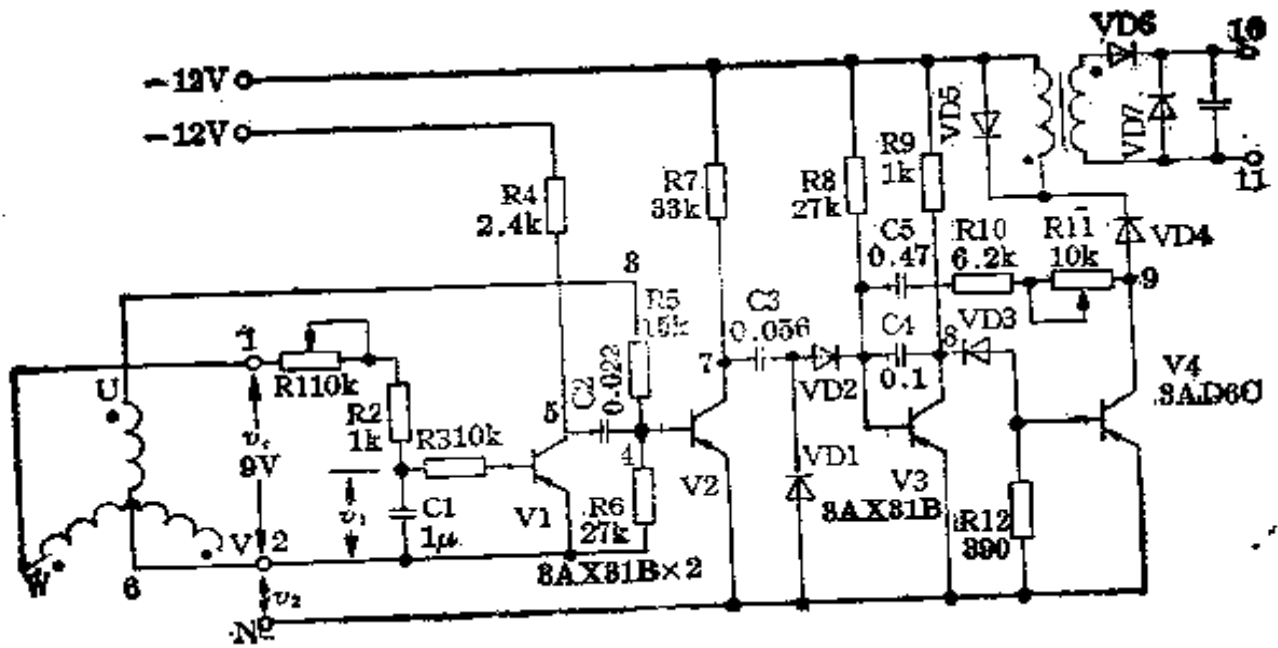
3. 同步电压为带尖脉冲正弦波的晶体管触发电路(具有阻容正反馈)

由于同步电压带尖脉冲, 可防止当同步电压波动或有干扰信号时, 使控制电压超出同步电压而使脉冲消失(即触发电路失控)所造成的事故。这对可逆系统的安全工作尤为必要, 而且可增大移相范围。图 9-36 电路脉冲输出功率大, 采用 RC 正反馈脉冲前沿很陡, 宽度可调。但电路复杂, 元件较多。

移相范围: 极限范围  $< 180^\circ (\pm 90^\circ)$  使用范围  $< 170^\circ (\pm 85^\circ)$ 。

应用场合: 三相可控整流及可逆调速系统。

同步电压形成:  $U$  相电压  $v_u$  为同步电压,  $C$  相电压  $v_c$  超前  $v_u$   $120^\circ$ , 经  $R1, R2, C1$  阻容移相得  $v_1$ , 调节  $R1$  使  $v_1$  落后  $v_c$   $30^\circ$ , 即  $v_1$  超前  $v_u$   $90^\circ$ 。  $v_1$  经  $R3$  输入  $V1$  基极, 当  $v_1$  正半周时,  $V1$  截止, 负半周时,  $V1$  导通。  $V1$  集电极电位的跃变经  $C2$  输出正负尖脉冲, 恰与正弦同步电压  $v_u$  叠加, 得到带尖脉冲的正弦波。



E 形硅钢片, 截面  $18 \times 20$  毫米<sup>2</sup>

一次侧绕组 800 匝, 线径 0.15 毫米

二次侧绕组 700 匝, 线径 0.42 毫米

二极管: 2CP6A

图 9-36 同步电压为带尖脉冲正弦波的触发电路

**脉冲形成:** 将带尖脉冲的正弦波与控制电压  $v_2$  叠加后加在 V2 基极上进行移相控制。波形图中 A 点是 V2 由导通至截止点。这时电容 C3 通过 VD1、R7 充电。波形图中 B 点是 V2 由截止至导通的点, 这时 C3 经过 VD2 输出一个正脉冲给 V3 基极。

**脉冲整形和放大:** V3、V4 组成单稳态电路。正脉冲输入前, V3 通过 R6 建立偏流而导通。其集电极电位接近电源正端, 因此相当于把 V4 的基极和发射极短路, 所以 V4 截止。另外 C5 经 VD1、VD2、R10、R11、VD4 和 RP1 而充电。当 V2 产生的正脉冲输入时, 使 V3 截止, V4 经 VD3、R9 建立偏流而导通, 并经过脉冲变压器  $T_M$  输出触发脉冲。

**阻容正反馈:** V4 一导通, C5 已充好的正电压加到 V3 的基极上; 一方面可加速 V3 截止, 能提高脉冲前沿陡度, 另一方面可使 V3 在正脉冲消失后仍继续截止, 因而 V4 维持导通, 直至 C5 放电结束, 单稳态才恢复起始状态。这样, 保证了一定的脉冲宽度  $T$ 。

**电路调整:**

(1) 改变 R1 可以改变  $v_1$  的相移, 用以调整尖脉冲出现在  $v_2$  的最大值。



(2)  $R_{12}$ : 使  $V_4$  截止时, 其基极电位与发射极电位相同, 这样  $V_3$  仅流过极小的反向饱和电流, 从而提高了抗干扰能力。

(3)  $VD_4$ : 限制可能从脉冲变压器进入触发器的干扰信号。

(4)  $R_3$ : 串在  $V_1$  基极上, 以提高  $V_1$  的输入阻抗, 减少对  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $C_1$  阻容移相的影响。

(5) 改变脉冲宽度的方法以及相应带来的影响。

① 增加  $C_5$  或  $R_{11}$ , 可增加宽度。

② 增加  $R_8$ , 能增加  $C_5$  充放电时间, 使脉冲宽度增加, 但使脉冲后沿变差。

③ 减小  $R_9$ , 也能增加宽度, 同样使脉冲后沿变差。

④ 增加  $C_3$  也能增加宽度, 并可改善脉冲前沿陡度。

⑤ 要能输出较宽的脉冲, 脉冲变压器铁芯也必须相应放大。

⑥ 脉冲越宽, 输出级的晶体管耗散功率越大, 注意这时管子功耗是否超过允许值。

(6) 调整步骤:

① 仔细检查电路的接线、晶体管管脚连接等, 有无错误。

② 加上触发电路的直流电源, 用万用表测量管子集电极-发射极电压, 观察无同步电压和控制电压情况下晶体管工作状态是否正常。该电路  $V_2$ 、 $V_4$  截止时集-射极电压  $\approx -12$  伏,  $V_3$  导通, 集-射极电压  $\approx 0$ , 此时无脉冲输出。

③ 检查带尖脉冲的同步正弦电压, 此时接通  $v_a$ 、 $v_b$ , 同时要将  $V_2$  的基极和 4 点的连线断开, 就可在  $R_6$  两端观察到带尖脉冲正弦波, 调节  $R_1$ , 使正尖脉冲恰好出现在正弦波峰, 负尖脉冲在正弦波底。

④ 然后接通  $V_2$  基极, 并接入控制电压  $v_c$  使其为 0。

由于  $V_2$  基-射极间正向压降  $\approx 0$ , 所以在  $R_6$  上只能看到半个带尖脉冲的正弦波。这时触发电路开始输出脉冲, 可在输出端接一小于 100 欧的电阻为负载来观察。如无脉冲, 应从后级往前逐级检查。

脉冲变压器二次侧绕组有脉冲, 输出没有脉冲, 可能是二次侧绕组极性接反, 或串联二极管  $VD_6$  接反。

脉冲变压器一次侧绕组有脉冲, 二次侧没有脉冲, 可能是二次侧绕组断路或并联二极管  $VD_7$  接反而使脉冲短路了。而脉冲变压器一次侧无脉冲, 可能是并联二极管  $VD_5$  接反了。

再看 V4 工作是否正常,可观察集-射极电压。

⑤ 按第(5)点介绍的方法调整脉冲宽度。

⑥ 改变控制电压  $v_c$ , 观察移相情况和移相范围。

4. 同步电压为带尖脉冲的正弦波的晶体管触发电路(采用硅管) 除了上述带尖脉冲的特点外,在图 9-37 所示的触发电路中由于采用硅管,因此稳定性较好。移相范围可以调节。脉冲有一定宽度。

移相范围: 极限范围  $<180^\circ (\pm 90^\circ)$ ; 使用范围  $<170^\circ (\pm 85^\circ)$ 。

应用场合: 可控整流和可逆调速系统, 触发 50 安以下的元件。

同步正弦波电压: 同步变压器二次侧电压  $v_1$  经 R2、RP1、C2 高频滤波(使同步电压为纯粹正弦波, 滤除高频分量)输入 V1 基极。R2、RP1、C2 又有移相作用, 使电压  $v_{2-0}$  落后  $v_1 30^\circ$ 。

尖脉冲产生: 由 V1 产生防止失控的尖脉冲。同步电压  $v_1$  经 R1、C1 阻容移相和 R3、C3 高频滤波并移相, 使得输入 V1 的电压  $v_{2-0}$  超前  $v_1 60^\circ$ , 这样  $v_{2-0}$  超前  $v_{3-0} 90^\circ$ 。 $v_{2-0}$  正半周, V1 导通;  $v_{2-0}$  负半周, V1 截止, 通过 C4、R8 输出正负尖脉冲, 恰与同步电压  $v_{2-0}$  的顶端叠加。

脉冲形成: 带尖脉冲的正弦波与直流控制电压  $v_c$  叠加输入 V2 基极进行移相控制。当合成电压使 7 点为正, V2 通过 R11 建立偏流而导通。当 7 点为负时, V2 截止, C6 就通过 R10、V3 的基-射极充电而使 V3 导通, 通过脉冲变压器输出脉冲, 其宽度取决于 C6 充电的快慢, 即时间常数  $R_{10} C_6$ 。V3 导通同时, V2 基极电位立刻降至接近 0, 使 V2 迅速关断, 可以提高脉冲前沿陡度。V1、V3 基极处并联的二极管, 可以防止基极承受较高的反向电压而损坏。

电路调整:

改变 RP2 可以改变移相范围, 当  $RP2 \rightarrow \infty$  时, 移相范围最大, 可达  $170^\circ (\pm 85^\circ)$ 。

C5、C7 的作用是抑制干扰, 提高电路稳定性。

RP1 可以调节同步正弦电压的相位和大小。

5. 同步电压为锯齿波的触发电路 图 9-38 所示的电路特点是简单, 移相范围大, 控制电压和移相角之间基本上是线性关系。但触发脉冲功率不大。

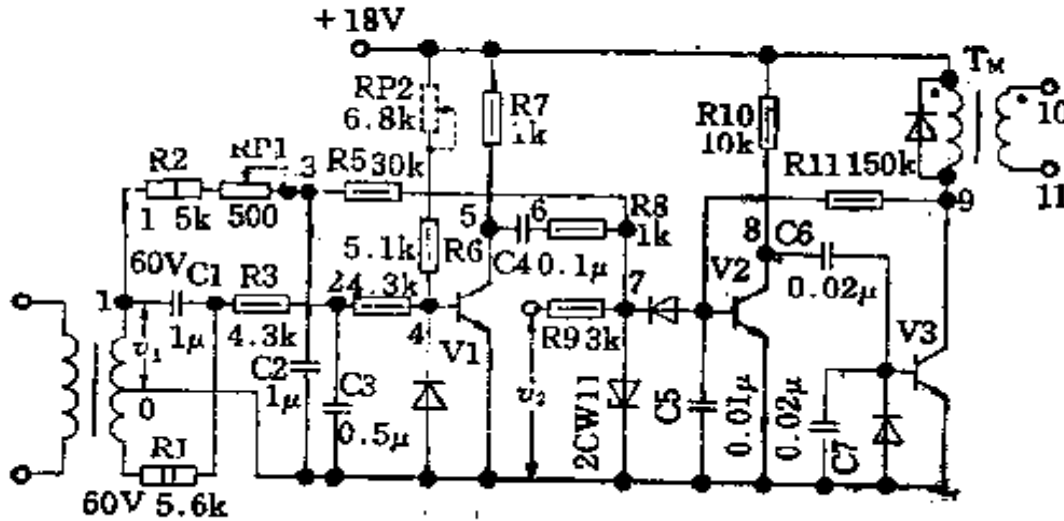
移相范围:  $<180^\circ$ 。

应用范围: 小功率可控整流。

锯齿波形成: 交流正弦电压  $v_1$  经 VD1 半波整流后对 C1 充电, 然后 C1

对 R1 放电, 由于 C1R1 较大, 放电很慢。一直到下一周期,  $v_1$  电压超过 C1 电压后, C1 重新充电。因而在 C1、R1 两端形成锯齿波电压。

脉冲形成和输出: 锯齿波电压与控制电压  $v_2$  叠加后输入 V 的基极进行移

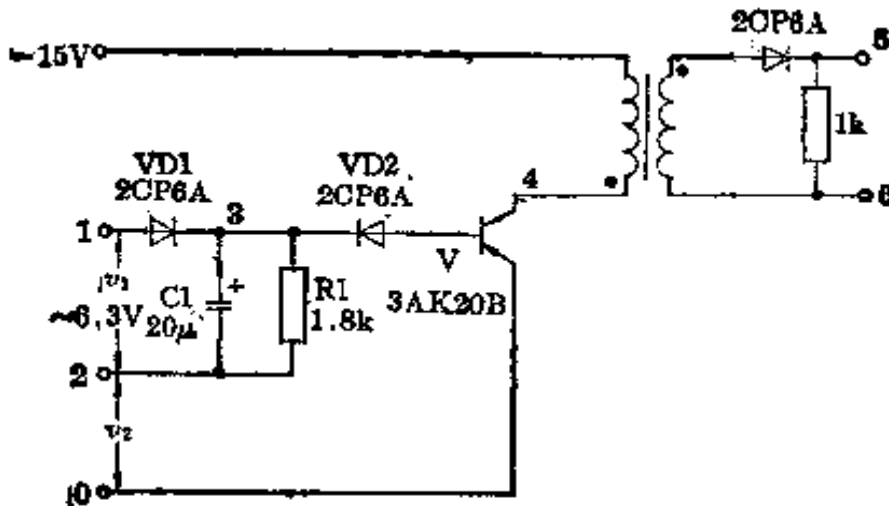


V1~V3 为 3DG4A, 二极管为 2CP14,  $v_2$  为  $\pm 7$  伏  
T<sub>M</sub>: 磁环 MXO-2000, 31×18×7 毫米<sup>3</sup>

一次侧绕组 300 匝 线径 0.25 毫米高强度漆包线

二次侧绕组 200 匝 线径 0.25 毫米高强度漆包线

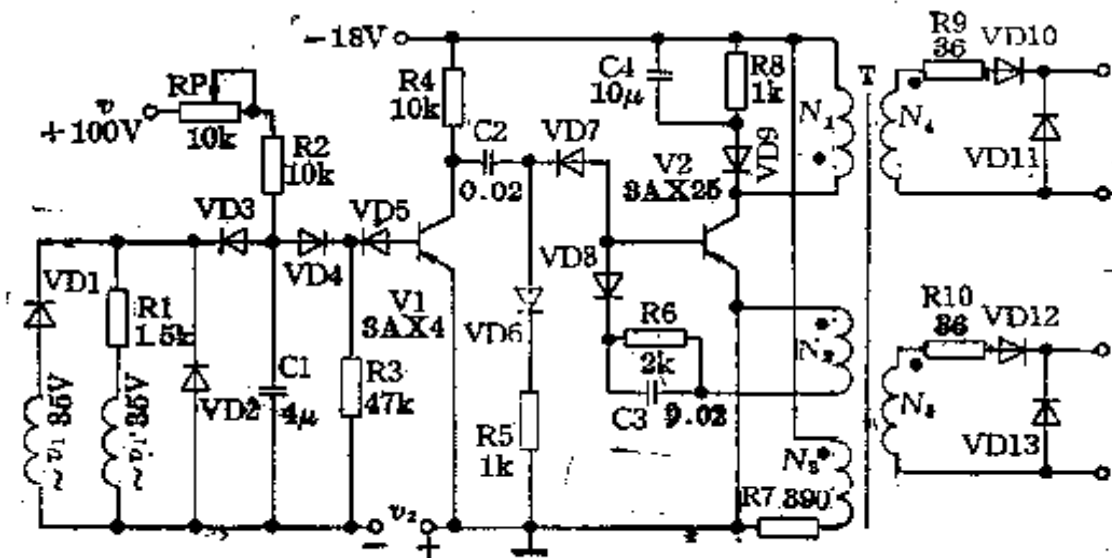
图 9-37 同步电压为带尖脉冲的正弦波的触发电路



T<sub>M</sub>: E 形硅钢片, 厚 0.35 毫米, 截面 5×5 毫米<sup>2</sup>

一次侧绕组 1500 匝 } 线径 0.15 毫米高强度漆包线  
二次侧绕组 750 匝 }

图 9-38 同步电压为锯齿波的触发电路(一)



$N_1=N_2=470$  匝  $N_3=80$  匝  $N_4=N_5=175$  匝 二极管为 2CP12

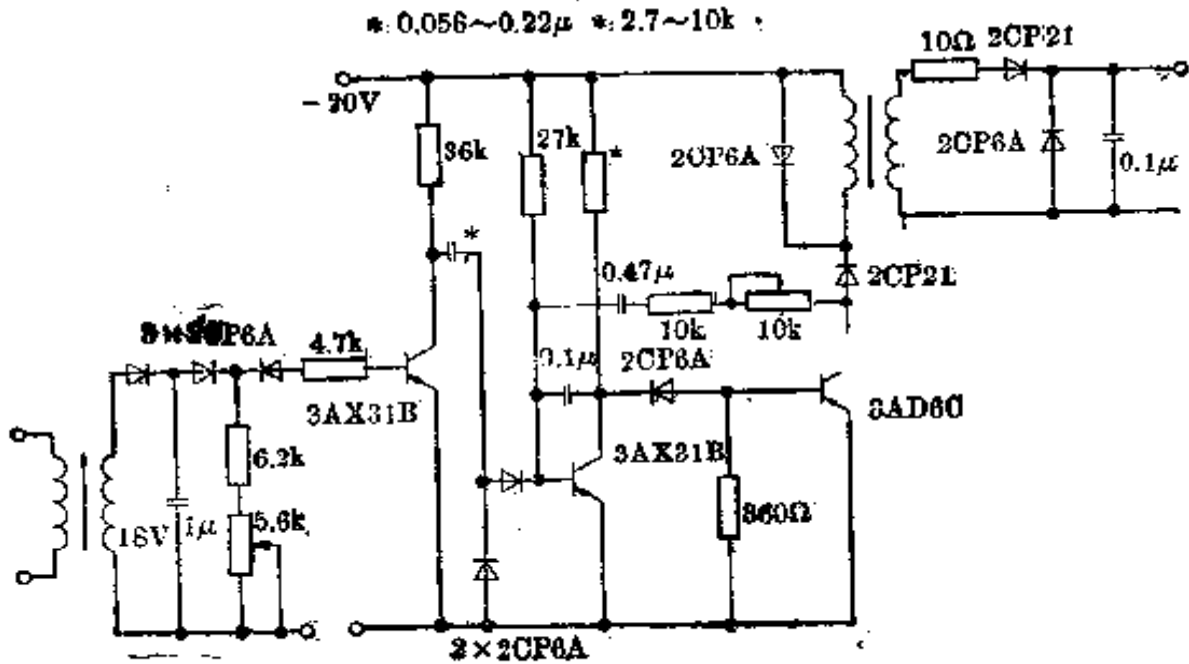
图 9-39 同步电压为锯齿波的触发电路(二)

相控制。当输入电压为正时,被 VD2 反向限制,因而 V 截止。输入电压为负时, V 导通,经过  $T_M$  输出正触发脉冲。

电路调整:

改变 R1 或 C1 的数值可以改变放电快慢,也就是改变锯齿波波形,因而可用以调节移相范围。

图 9-39 所示的电路为另一种同步电压为锯齿波的触发电路,图中  $v_1$ 、 $v_1'$  是交流同步电压,  $v_1'$  滞后  $v_1$   $60^\circ$ , 在  $0 \sim \theta$  期间二极管 VD3 处在反向截止状态。这时直流电压 V(稳压)经 RP、R2 对 C1 充电。在  $v_{c1} > v_1$ 、 $v_1'$  时,则 C1 经 VD3、R1 放电。由于 VD2 的存在,  $v_1$ 、 $v_1'$  不能对 C1 反充电,于是在 C1 两端形成了锯齿电压  $v_{c1}$ 。用  $v_{c1}$  与控制电压  $v_2$  比较,来控制 V1 的导通、截止,以控制脉冲输出的时间。当  $v_{c1} > v_2$  时, V1 截止。在 V1 截止的瞬间,集电极电位突然下降,  $v_2$  通过  $ob$  结对 C2 充电(此时 V2 由截止转为导通)。当  $v_{c1} < v_2$ , V1 导通则 V2 截止,利用改变控制电压  $v_2$  的大小来控制 V1 导通与截止的转换时间,从而实现移相的目的。当 V2 导通时脉冲变压器 T 的一次侧绕组  $N_1$  中流过电流  $I_{c2}$ , 于是在二次侧各绕组中感应出脉冲电压。由  $N_2$  的作用( $N_2$  是电流正反馈绕组)使输出脉冲前沿更陡,也使输出脉冲的宽度增大。 $N_3$ 、R7 是用来产生恒定负向磁化电流的,目的是为提高 T 的铁芯利用率。电路的直流工作电源是经过稳压的,对电网电压波动的影响很小。在多相系统中用 RP 来调节移相特性,使各锯齿电压的上升变化率一致,移相范围较大,线



$T_M$ : E形硅钢片, 铁芯截面  $12 \times 30$  毫米<sup>2</sup>

一次侧绕组 600 匝, 线径 0.27 毫米

二次侧绕组 400 匝, 线径 0.31 毫米

图 9-40 相位电平移相的触发器应用电路(一)

性也较好。输出脉冲的前沿陡度不大于 10 微秒。由于  $T$  的铁芯材料的不同, 会引起输出脉冲有所差异。要求  $V_2$  的漏电流越小越好。

### 6. 应用电路举例

[例 5] 在图 9-40 中, 触发电路的同步电压为锯齿波, 脉冲整形放大采用阻容正反馈电路。

[例 6] 在图 9-41 中, 由  $VD_1$ 、 $C_1$ 、 $R_1$ 、 $RP$  产生锯齿波电压, 然后通过稳压管  $VD_2$  来控制  $V_1$  的工作。当锯齿波电压低于稳压管的稳定电压  $U_{VD2}$  时(波形图中  $a \sim b$  之间), 稳压管相当于开路,  $V_1$  基极上没有电压信号, 因而截止,  $V_2$  就导通。如果这时  $V_3$  处于截止状态就可输出触发脉冲给晶闸管  $KG$ 。当锯齿波电压高于稳压管的稳定电压  $U_{VD2}$  时(波形图中  $b \sim c$  之间), 稳压管击穿而工作, 在  $R_2$  上产生压降使  $V_1$  导通, 因而  $V_2$  截止。只要改变电位器  $RP$  的滑动端, 就能改变输入的锯齿波电压的大小(波形图中虚线), 这样就改变交点  $a$ 、 $b$ 、 $c$ ... 以达到移相的目的。

$V_3$  具有同步和保护作用, 它的基极信号电压为 2 伏, 在晶闸管承受正向电压时为正半周, 因而  $V_3$  截止, 能输出脉冲; 而在晶闸管承受反向电压时, 基

## 9-4 晶闸管触发电路

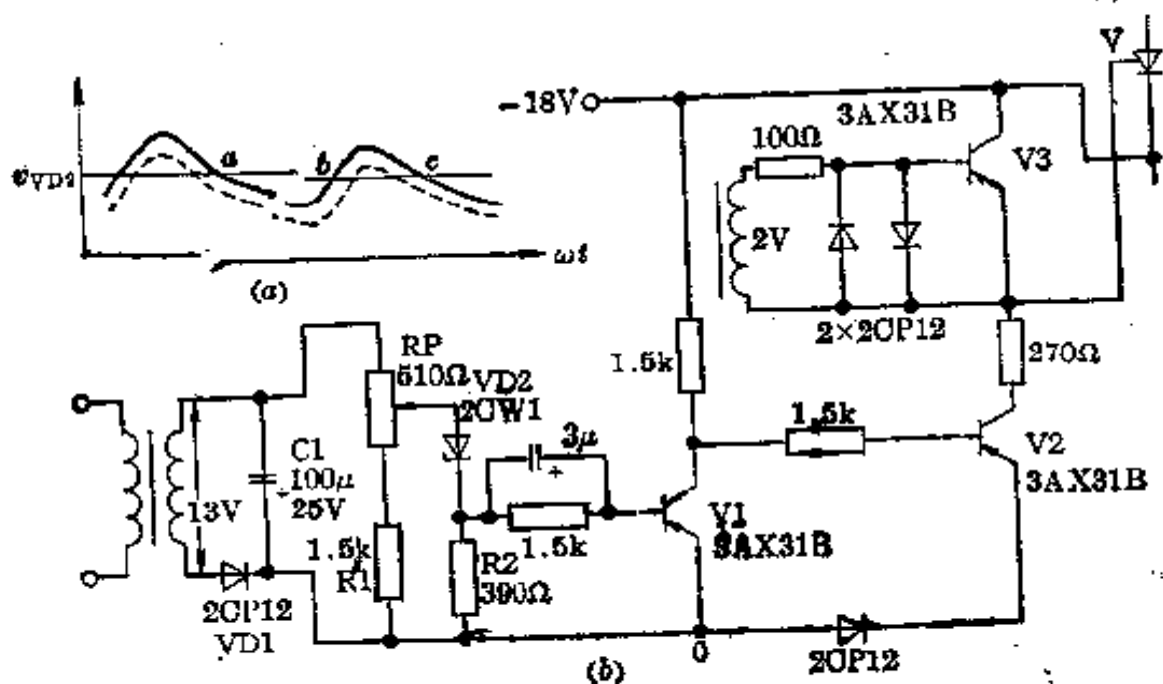


图 9-41 相位电平移相的触发器应用电路(二)

极信号电压也反向为负半周,使 V3 导通,将触发电路输出端短路,这样就没有脉冲输出。

此电路能触发 20 安的元件。

## 六、小容量晶闸管组成的大功率脉冲触发电路

1. 单稳态直流开关电路 图 9-42 所示单稳态直流开关电路的特点是触发电功率大,可同时触发多只串并联的晶闸管,输出脉冲为宽脉冲,而且宽度可调。

移相范围: 决定于输入脉冲的移相范围。

应用场合: 要求大功率脉冲输出场合。

利用小容量晶闸管组成开关电路,对输入脉冲进行放大。

当 V2 无输入脉冲, C1 经 R4、R3、R1 充电,充至单结管峰点电压  $V_p$  时,场效应管导通, C1 经 R2 迅速放电而输出一正脉冲,去触发 V1 使 V1 导通。V1 两端压降  $\approx 0$ , 这样 C1 不再充电。另外, C3 经  $T_M$ 、VD4 和 V1 而充电,此电压加在 V2 两端为正向电压,为 V2 导通准备条件。

当 V2 有正脉冲输入时, V2 导通。C3 经 R5、VD2 放电,同时 V1 承受反向电压而关断。C3 放电完毕后,又经 R4 和 V2 反向充电。4 点电位也随之逐渐上升,这时 C1 又重新充电,重复上述过程,直至场效应管输出正脉冲

$T_M$ : 一次侧绕组 1000 匝 } 线径 0.32 毫米漆包线  
 二次侧绕组 330 匝 }

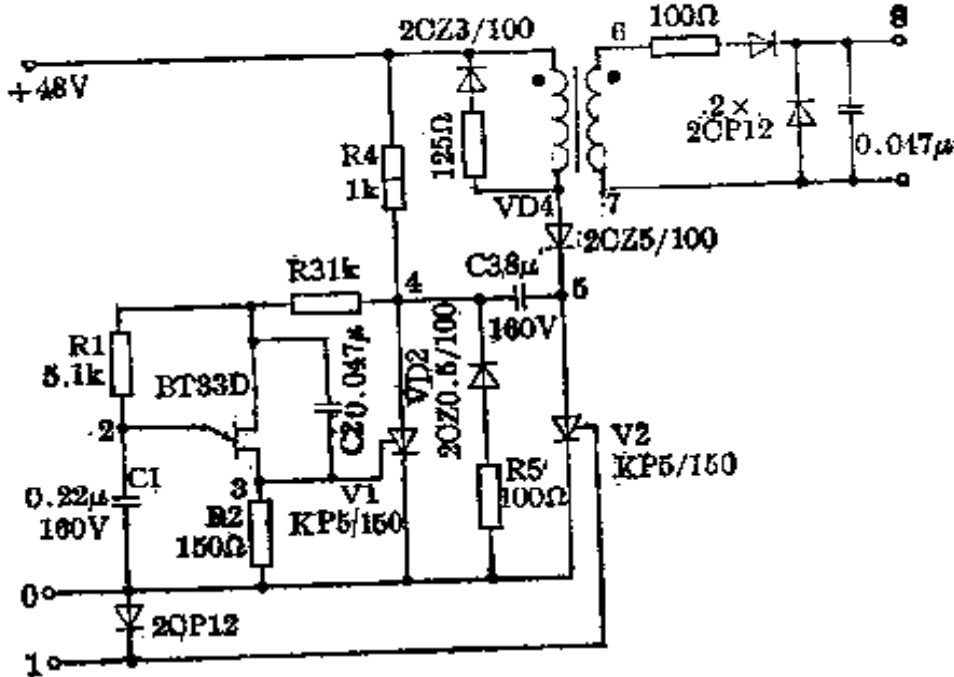


图 9-42 单稳态直流开关电路

触发  $V_1$  导通。C3 的电压经  $V_1$  加在  $V_2$  两端，此时  $V_2$  承受反向电压而截止。从  $V_2$  开始导通到截止，经  $T_M$  输出一宽脉冲。

电路调整：改变  $R_1$  即改变  $C_1$  充电速度，因而可以调整脉冲宽度。

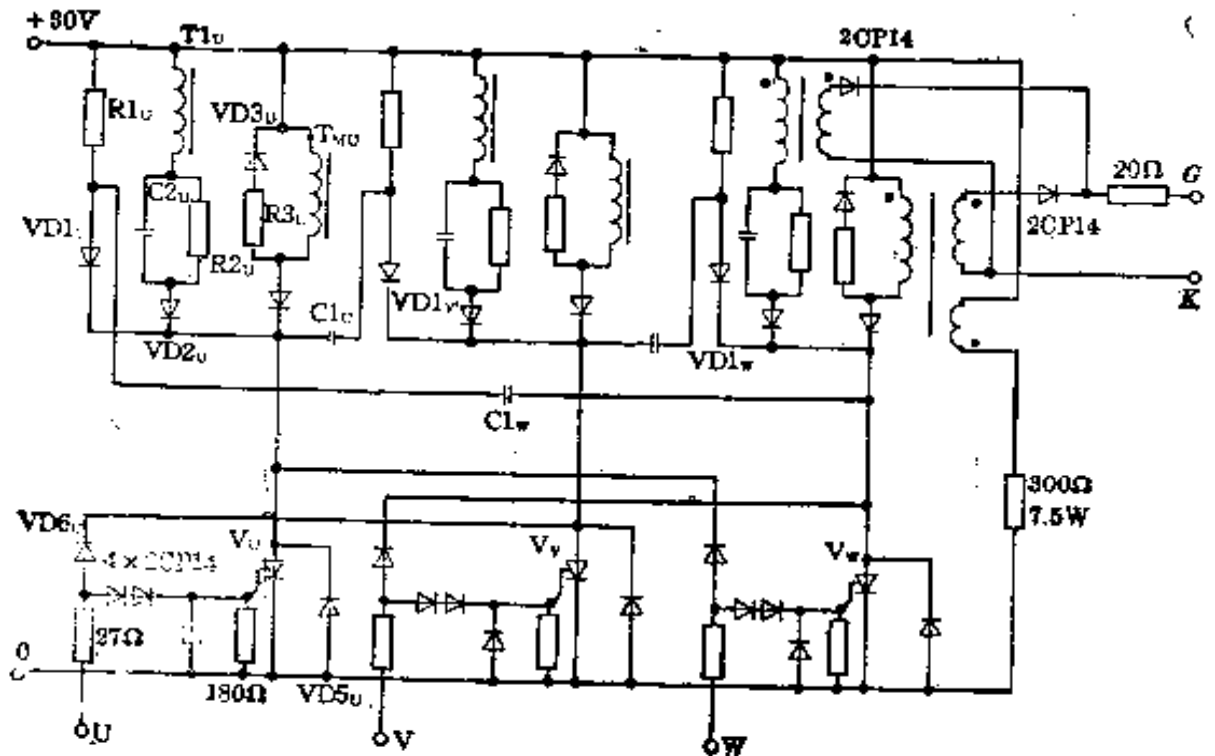
2. 三稳态开关电路 三稳态开关电路的特点是输出脉冲功率大，脉冲宽度为  $120^\circ$ 。附加尖脉冲变压器，脉冲前沿很陡。

移相范围：决定于输入脉冲的移相范围。

应用场合：三相大功率可控整流，晶闸管元件串并联较多的情况。

在如图 9-43 所示电路中，从  $UW$  输入由前级产生的可移相的三相脉冲，它们的相位彼此相差  $120^\circ$ 。当  $U$  相脉冲输入， $V_U$  被触发而导通。 $C_{1U}$  通过  $R_{1V}$  和  $V_U$  充电，右面为正，左面为负。等到  $V$  相脉冲输入， $V_V$  被触发导通， $C_{1U}$  的充电电压通过  $VD_{1V}$ 、 $V_V$ 、 $VD_{5U}$  放电，这时加在  $V_U$  两端为反向电压，其值约 1 伏（为  $VD_{5U}$  的正向压降），使  $V_U$  关断。这样  $V_U$  导通  $120^\circ$ ，通过脉冲变压器  $T_{MU}$  输出宽脉冲（图 9-44）。依次类推，在任一瞬间只有一种状态，即一只晶闸管导通。另两只关断，所以有三个稳态，称为三稳态开关电路。

以  $U$  相为例，说明其他一些元件的作用如下：



宽脉冲变压器  $T_M$  的去磁绕组仅画了一相, 其他二相电路相同。  
 $T_M$  的二次侧绕组和尖脉冲变压器二次侧绕组仅画了 C 相的一相, 其他相的电路相同。图中未注参数的元件可查表 9-23, 三三相的相应元件参数相同。

图 9-43 三稳态开关电路

$VD1_U$ : 防止  $C1_U$  充电时一部分充电电流流经脉冲变压器  $T_{MV}$  而产生多余尖脉冲输出。有了  $VD1_U$  使得  $C1_U$  充电只能通过  $R1_U$  来进行。

$VD5_U$ : 使  $V_U$  关断时承受反向电压较低, 因而使输出脉冲后沿不出现高峰。

$VD6_U$ : 当  $V_U$  导通后, 应该 W 相脉冲输入, 若相序搞错, 这时 U 相有脉冲输入, 那么这脉冲就通过  $VD6_U$ 、 $V_U$  而短路。所以用它来保证三稳态开关具有一定的相序。

尖脉冲变压器  $T1_U$ : 当  $V_U$  导通时, 电容  $C2_U$  也被充电, 通过  $T1_U$  输出一尖脉冲, 和宽脉冲叠加以提高脉冲前沿幅值和陡度。当  $V_U$  关断时,  $R2_U$  给  $C2_U$  放电, 以便下一周  $V_U$  再导通

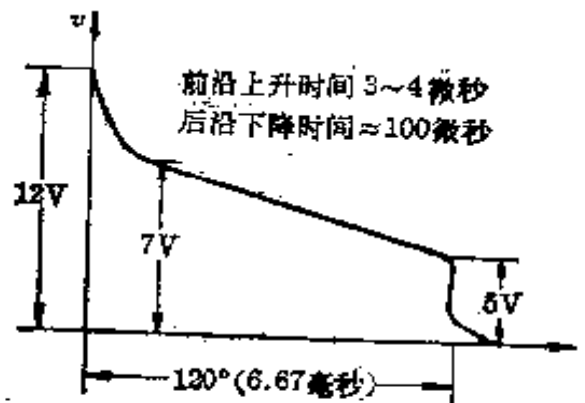


图 9-44 三稳态开关电路输出脉冲波形



表 9-23 图 9-43 的三稳态开关电路参数

每相触发 200 安元件数	2~4	5~8	9~12	13~16	17~20	21~24
每相并联 $T_M$ 数	1	2	3	4	5	6
每相并联 $W_L$ 数	1	2	3	4	5	6
关断电容器 $C_1$ (微法)	4	4	6	8	10	12
充电电容器 $C_2$ (微法)	4	8	12	16	20	24
电阻 $R_1$ (欧)	500	500	330	250	200	150
电阻 $R_2$ (欧)	500	500	330	250	200	150
电阻 $R_3$ (欧)	100	100	75	75	50	50
二极管 VD1	2CP22	2CP22	2CP22	2CP22	2CZ11C	2CZ11C
二极管 VD2	2CP22	3CP22	2CP22	2CP22	2CZ11C	2CZ11C
二极管 VD3	2CP14	2CP14	2CP22	2CP22	2CZ11C	2CZ11C
二极管 VD4	2CP22	2CP22	2CZ11C	2CZ11C	2CZ3A	2CZ3A
二极管 VD5	2CP22	2CP22	2CP22	2CP22	2CZ11C	2CZ11C
晶闸管 V	KP1	KP1	KP2	KP2	KP5	KP5

时,  $C2_U$  再充电产生尖脉冲。当每相只触发一只元件或对前沿要求不高时, 可省去尖脉冲环节。

宽脉冲变压器  $T_M$  采用去磁绕组。以使较小截面的铁芯可以输出较宽的脉冲, 从而提高铁芯的利用率。

宽脉冲变压器  $T_M$  参数:

铁芯: E 形 D42、0.35 毫米硅钢片、截面 3.5 厘米<sup>2</sup>。

一次侧绕组: 400 匝, 线径 0.3 毫米高强度漆包线, 分为两组, 各 200 匝串联, 分别放在二次侧绕组里面和外面, 以减小漏感。

二次侧绕组: 共 4 组, 各 150 匝, 线径 0.2 毫米高强度漆包线, 可触发 4 只可控硅元件, 若仅用来触发一只晶闸管, 那么二次侧绕组只需要一组。

去磁绕组: 400 匝, 线径 0.2 毫米高强度漆包线, 去磁电流 0.1 安。尖脉冲变压器  $T1$  参数:

铁芯: MXO-2000 环形磁芯  $31 \times 18 \times 7$  毫米<sup>3</sup>。

一次侧绕组: 160 匝, 线径 0.25 毫米高强度漆包线。

二次侧绕组: 共 4 组, 各 100 匝, 线径 0.25 毫米高强度漆包线, 若仅触发一只可控硅, 二次侧绕组也只需一组。

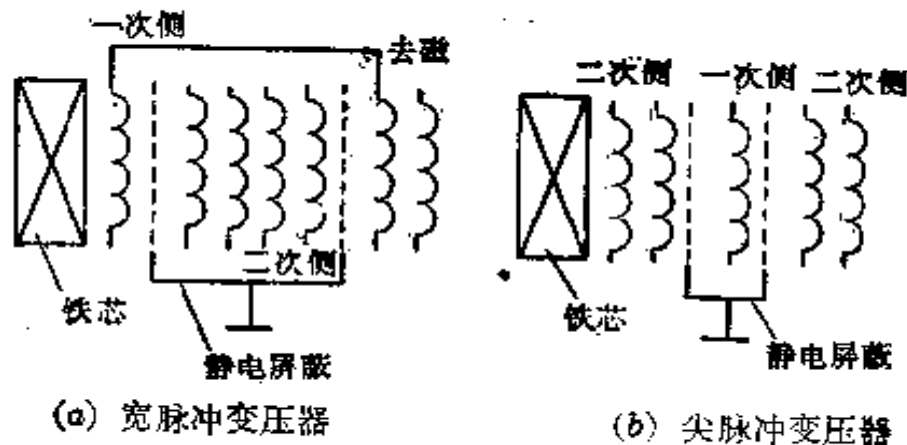
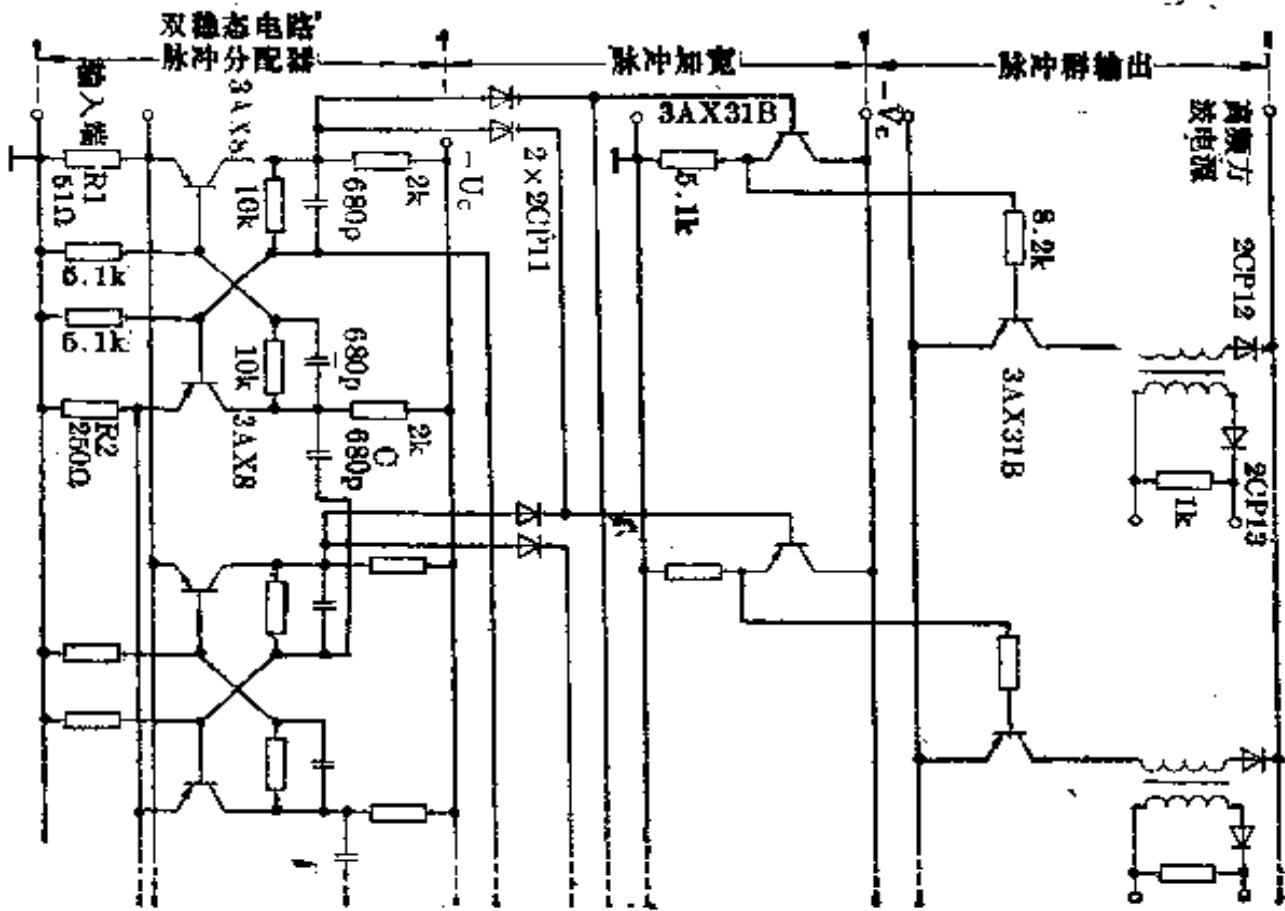


图 9-45 三稳态开关电路脉冲变压器绕组布置图

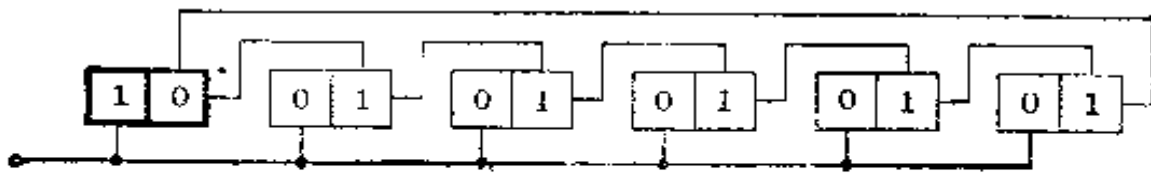
## 七、三相并联逆变器(串联电感式)的控制电路

常用的有晶体管和小容量晶闸管组成的脉冲分配器, 将一组脉冲信号分成六组脉冲, 相邻两组脉冲相差  $60^\circ$ , 脉冲宽度为  $120^\circ$  (又称六分频器), 分别触发组成逆变器的六个晶闸管, 满足三相并联逆变器(串联电感式)的要求。

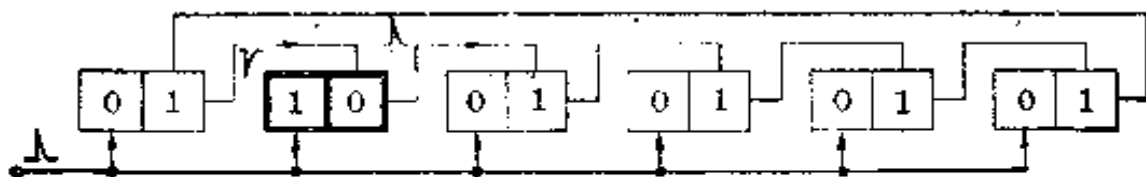
1. 晶体管脉冲分配器 在图 9-46 中, 分配器是由六个相同的晶体管双稳态电路组成的(图中只画出二级), 前级双稳态电路的输出通过耦合电容  $C$



(a)



(b)



(c)

图9-46 晶体管脉冲分配器

输入后级,最后一级双稳态电路的输出接到第一级,即构成环形脉冲分配器。

各双稳态电路左面管子发射极接在同一点并经  $R_1$  接地,右面管子的发射极也接在同一点,并经  $R_2$  接地,而  $R_2 \approx 5R_1$ 。这样,使电路始终只有一个双稳态电路是右面管子导通,而其他五个双稳态电路是左面管子导通,因为这时在  $R_1$  和  $R_2$  上压降相等,双稳态电路两个管子发射极电位相等而保持稳定状态。如以“1”表示晶体管处于截止状态,“0”表示晶体管处于导通状态。电路一种状态可表示成图(b)所示的方框图。输入正脉冲加在左面管子的发射极上,所以凡是左边管子导通的双稳态电路,这个输入正脉冲不发生影响,只是使其更为饱和导通,而只有使左边管子截止的双稳态电路发生翻转,因而在图(c)中第一级电路就翻转为“01”,其右边管子由导通而截止,通过耦合电容输出一负脉冲加在第二级双稳态电路右边管子基极使其导通,因而电路发生翻转,同时它输出一个正脉冲给第三级双稳态电路左边管子,但对第三级工作状态不发生影响。这样单独状态的双稳态电路由第一级转到第二级。当一系列正脉冲输入时,单独状态的双稳态电路依次从前级转到下级。

2. 由小容量晶闸管组成脉冲分配器 脉冲分配器(六分频器)是由二组三分频器组成,每组三分频器是由三个小容量晶闸管组成的(图9-47)。输入信号有两组,由前级双稳态电路经射极输出器供给,分别加在  $P_{11}$ 、 $P_2$  端和  $P_{12}$ 、 $P_2$  端。为了获得脉冲群输出,由图9-47的高频方波发生器供给的高频方波电压,加到电路的  $P_2$ 、 $P_2$  端和  $P_2$ 、 $P_2$  端,作为二组分配器的输出电路的电源。

先分析一组三分频器的工作情况。当接通直流控制电源(18伏)时,晶闸管  $V_1$  由微分电路  $C_1$ 、 $R_1$ 、 $R_{22}$  得到一起动脉冲而导通,因而使  $C_4$  通过  $R_6$  和  $V_1$  充电,为以后关闭  $V_1$  作好准备。这时观察 A、B、C 三点电位, B 点的电位因  $V_1$  导通而使其接近零电位, A 点和 C 点的电位则因  $C_3$  通过  $R_{10}$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  充电,  $C_7$  通过  $R_6$ 、 $R_9$ 、 $R_{11}$  充电均使其为正电位。因此当输入一正脉冲时,由于  $VD_4$  和  $VD_9$  的阴极(即 A 点和 C 点)为高电位而关断,而这时  $VD_5$  的阴极(即 B 点)接近零电位,所以正脉冲只能经过  $VD_5$ 、 $C_5$ 、 $R_7$  加到  $V_3$  的控制极上而使  $V_3$  导通,于是  $C_4$  两端电压就通过  $V_3$  加到  $V_1$  两端并进行放电,使  $V_1$  承受反向电压而被迫关断,同时由于  $V_3$  的导通使 C 点电位近于零电位,为下次触发  $V_5$  作好准备。当下一次正脉冲再输入时,只能通过  $VD_9$ 、 $C_7$ 、 $R_{11}$  加到  $V_5$  的控制极上而使  $V_5$  导通,同时强迫关断  $V_3$ ,以后重复上述过程。这样三个晶闸管循环地工作,起着开关作用,任何瞬间只有一

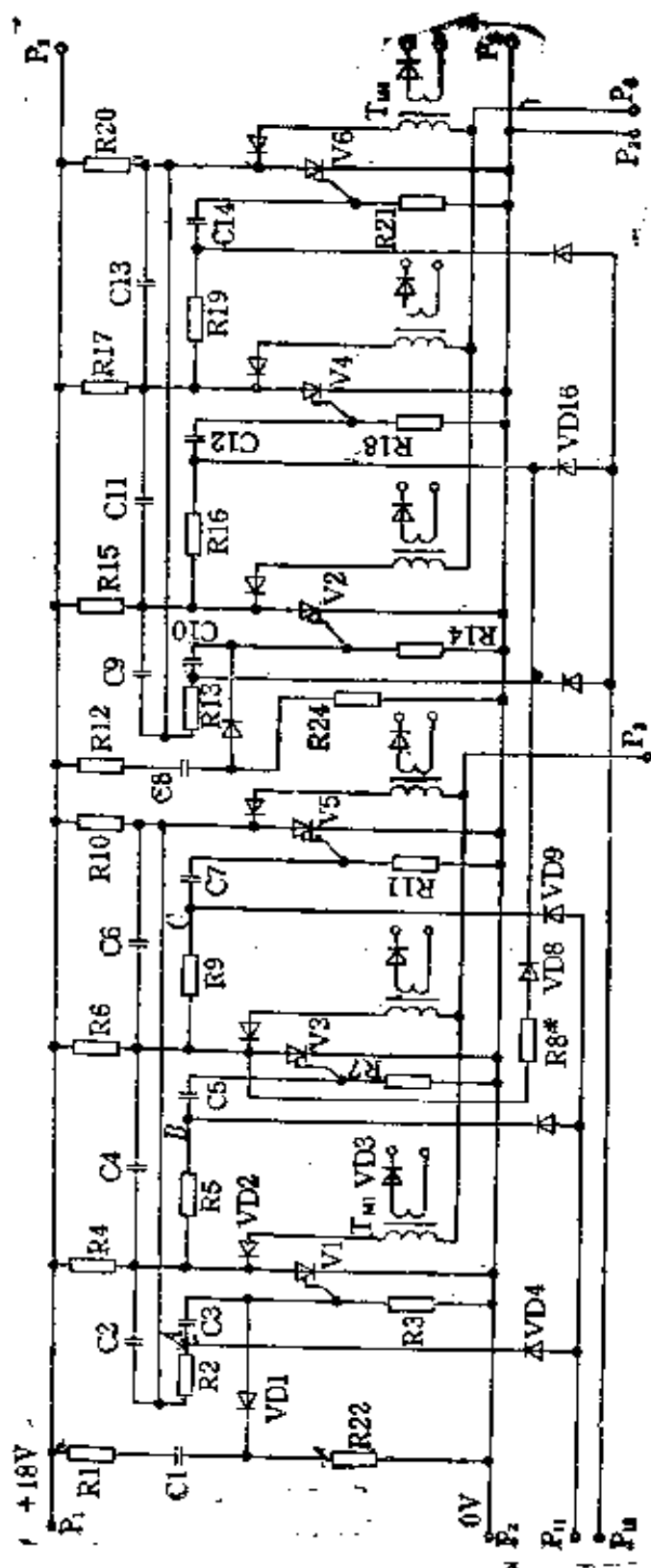


图 9-47 由小容量晶闸管组成的脉冲分配器

R1、R12—200Ω、0.25 瓦；R2、R5、R9、R12、R16、R19—4.7 千欧、0.25 瓦；R3、R7、R11、R14、R18、R21—340 欧、0.5 瓦；R4、R6、R10、R15、R17、R20—200 欧、0.5 瓦；R8—2 千欧、0.25 瓦；R22、R24—6.2 千欧、0.25 瓦；C1、C8—20 微法、25 伏；C2、C4、C6、C9、C11、C13—0.1 微法、160 伏；C3、C5、C7、C10、C12、C14—0.047 微法；二极管—2CP12A；V1~V6—3CT5A/100 伏；T<sub>M1</sub>~T<sub>M6</sub>—脉冲变压器 E 型铁芯 5×5 毫米，一次二次侧均 200 匝线径 0.2 毫米

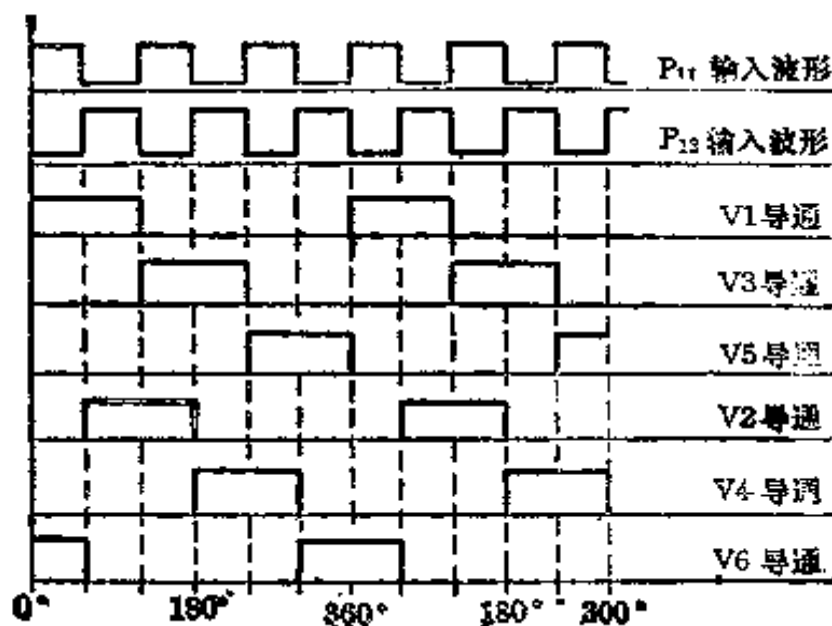


图 9-48 六分频器导通情况

个晶闸管导通,两个晶闸管关断,三个晶闸管相隔 $120^\circ$ 导通,导通时间为 $120^\circ$ 。另一组三分频器的工作原理完全相同,不过其输入脉冲相位向第一组相差 $60^\circ$ ,因此二组三分频器综合起来看,六只晶闸管相隔 $60^\circ$ 导通 $120^\circ$ ,即组成了六分频器,其导通情况如图 9-48 所示。

当六分频器中的某一晶闸管导通时,高频方波电压就经该回路的脉冲变压器输出至逆变器主电路的晶闸管控制极上,主电路的六个晶闸管也就相应地相隔 $60^\circ$ 被触发导通。

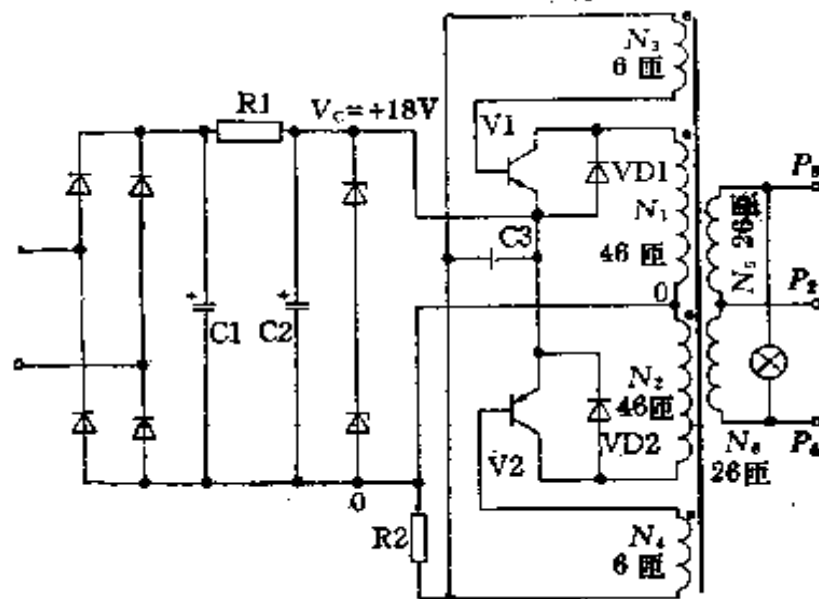
为了使逆变器主电路输出有一定的相序,则六个分频器的输出脉冲也必须有一定的次序,这就要求二组三分频器之间必须有相序箝制。例如,当直流控制电源 18 伏接通时, V1 和 V2 都通过阻容微分电路得到起动脉冲而导通,按要求导通的次序应是 V1-V2-V3-V4-V5-V6,可是当前级来的第一个输入脉冲先来到 P<sub>12</sub>而使 V4 导通的话,则导通次序将变为 V1-V4-V3-V6-V5-V2,为了避免这种情况,由 V3 阳极引出电位箝制支路 R8、VD8 接到 VD16 阴极,这样当直流控制电源 18 伏接通时,在 C4 通过 R6 和 V1 充电过程中, V3 的阳极电位逐渐升高,这个正电位通过 R8、VD8 加于 VD16 阴极,只要 R8 选择适当,即使第一个输入脉冲先到 P<sub>12</sub>,由于 VD16 关断而不会触发 V4。只有 P<sub>11</sub> 端来的输入脉冲使 V3 导通以后,阳极电位降到零,VD16 导通, V4 才能被触发导通。

此外还应指出,根据上述三分频器电路中的每个晶闸管基本单元电路,也可由六个基本单元电路连起来直接组成六分频器,而不必采用二组三分频器之间的电位箝制,这时六分频器的输出脉冲宽度为 $60^\circ$ 。为了获得 $120^\circ$ 的输出脉冲宽度,每只输出脉冲变压器采用二个二次侧绕组,而每只晶闸管则由相位相邻的两个脉冲来触发,这样脉冲宽度就相当于增加了一倍。

电路调整:  $P_{11}$  和  $P_{12}$  端先不加输入脉冲,接通直流控制电源  $P_1$ , 观察  $V_1$  和  $V_2$  是否得到起动脉冲而导通,如果不能导通,可适当加大微分电路电容  $C_1$  和  $C_8$  或换用触发功率较小的晶闸管。然后在  $P_{11}$  和  $P_{12}$  端输入脉冲,观察各晶闸管是否能正常导通和关断,如果晶闸管不能导通,可适当调整其控制极和阴极间的电阻如  $V_3$  的  $R_7$  等,适当加大此阻值,可提高触发电压和电流。但若过大也会使触发电流减少,此阻值要使前级输入脉冲源的输出电阻和晶闸管的控制极电阻相匹配,以使晶闸管获得适当的触发功率。如果调整此阻值也无效,可换用触发电流较小的晶闸管。如果晶闸管不能关断,可适当加大换向电容  $C_2$ 、 $C_4$  等。

**3. 高频方波发生器** 高频方波发生器产生的高频电压作为触发器的电源,这样触发器就输出脉冲群来触发可控硅。其优点是,脉冲前沿很陡,可获得所要求的脉冲群宽度;并可大大缩小脉冲变压器体积。在低频逆变器中采用脉冲群触发尤其适宜。

在图 9-49 中,由三极管  $V_1$ 、 $V_2$  组成自激振荡器,其中变压器绕组匝数  $N_1 = N_2$  (一次侧绕组)、 $N_3 = N_4$  (基极反馈绕组)、 $N_5 = N_6$  (二次侧绕组)。电路振荡过程如下:由于  $V_1$  和  $V_2$  的参数不可能完全一致,当接上电源瞬间,  $V_1$  和  $V_2$  的集电极电流  $i_{c1}$  和  $i_{c2}$  有微小的差值,设  $i_{c1} > i_{c2}$ , 那么变压器中由  $i_{c1}$  和  $i_{c2}$  产生的磁场不可能完全抵消,就产生一个磁通增量,必然在变压器各绕组中均感应出电动势,绕组的极性如图 9-49 中所示。此时  $N_2$  中感应的电动势使  $V_1$  的基极变负而加速导通。 $N_4$  中感应的电动势使  $V_2$  的基极变正而加速截止。这样  $i_{c1}$  更比  $i_{c2}$  大,使变压器中的磁通也随  $i_{c1}$  的上升而增强;直至达到磁场饱和。这时因为磁通增量为零,以致各绕组感应电动势都为零,于是  $V_1$  的基极电位由负变为零,使  $i_{c1}$  下降,  $i_{c1}$  的下降使变压器的磁通减少,因而各绕组感应的电动势方向也相反。这时  $V_1$  的基极电位变正而加速截止,  $V_2$  的基极电位则变负而加速导通,这个过程的继续使  $i_{c2} > i_{c1}$ , 变压器中的磁通方向也改变,并继续向反方向增加,直到反方向磁场饱和。这时变压器各绕组感应的电动势又为零,而使  $i_{c2}$  下降,其下降过程与  $i_{c1}$  类似。如此反复循环在



Γ—环形铁芯变压器，铁芯截面  $0.8\text{ cm}^2$ ，用  $0.08$  冷轧硅钢带卷成，绕组导线均用线径  $0.3$  毫米漆包线； $R_1$ — $2\text{ W}18\Omega$ ； $R_2$ — $0.25\text{ W}2\text{ k}\Omega$ ； $C_1$ 、 $C_2$ — $200\ \mu\text{F}25\text{ V}$ ； $C_3$ — $0.047\ \mu\text{F}160\text{ V}$ ； $V_1$ 、 $V_2$ — $3\text{ AD}6\text{C}$ （耐散热器）；二极管— $2\text{ CP}12$ ；稳压管— $2\text{ CW}17$

图 9-49 高频方波发生器

变压器二次侧  $N_5$ 、 $N_6$  就感应出高频电压，磁滞回线的每一个循环所需时间，便是一个振荡周期，其振荡频率可用下式计算：

$$f = \frac{(U_c - V_{ces}) \times 10^8}{4B_s N_1 S} \text{ (赫)}$$

式中： $U_c$ ——晶体管的电源电压（伏）； $V_{ces}$ ——晶体管的饱和压降，约为  $0.5$  伏； $N_1$ ——变压器一次侧绕组匝数； $B_s$ ——变压器铁芯的饱和磁密（高斯）； $S_c$ ——变压器铁芯截面（厘米<sup>2</sup>）。

触发晶闸管的高频方波频率  $f$  一般取  $1000 \sim 3000$  赫。

当所需要的工作频率  $f$  已知时，可由上式求得变压器绕组匝数  $N_1$ 。

基极反馈绕组匝数  $N_3$  可由下式确定：

$$N_3 = \left( \frac{2 \sim 3}{U_c} \right) N_1$$

二次侧绕组匝数  $N_5$  可由下式确定：

$$N_5 = \left( \frac{V_o}{U_c} \right) N_1$$

式中： $V_o$ ——所要求的输出电压。

输出方波的陡度决定于晶体管的开关时间和变压器的漏感，由于这些数



值都很小,因此输出方波前沿一般是很陡的。

在图9-49中,  $R_2$  为基极偏置电阻,使  $V_1$  和  $V_2$  有适当的基极电流。 $VD_1$  和  $VD_2$  用来保护三极管不受反向电压而损坏。 $C_3$  用来提高输出脉冲的前沿陡度。

若发现晶体管温度较高可适当增加变压器绕组匝数以减少晶体管电流。

## 八、触发电路的输出环节

1. 输出环节的作用 触发电路往往通过脉冲变压器  $T_M$  将触发脉冲加到晶闸管控制极上。根据不同要求在脉冲变压器的一次侧和二次侧(如图9-50)常常接有以下一些元件(或接有其中一部分元件)。

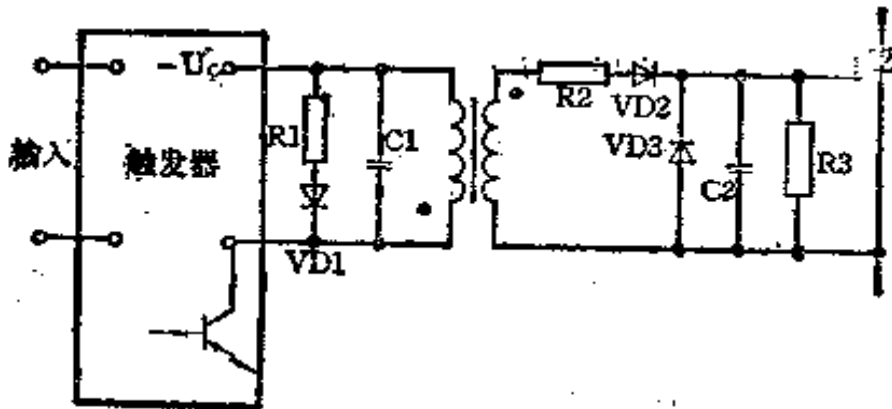


图9-50 触发电路的输出环节

(1)  $R_1$ 、 $C_1$ 、 $VD_1$ : 用以限制当输出脉冲结束时脉冲变压器一次侧绕组出现的反向尖峰电压,并迅速消耗绕组内储存的能量,以免晶体管承受高电压而损坏。 $R_1$  越小,晶体管承受过电压程度越小,但要影响输出脉冲的宽度。在窄脉冲输出时, $R_1$  可取为0, $C_1$  就可不用。

(2)  $R_2$ : 限制输出触发电流。

(3)  $VD_2$ 、 $VD_3$ : 保证只有正脉冲输出至控制极,负脉冲被  $VD_3$  短路。

(4)  $C_2$ : 防止干扰信号输入晶闸管,以防误触发,但使脉冲前沿陡度变差。

(5)  $R_3$ : 用来调节输出脉冲的功率。

(6) 为了避免外来感应的干扰信号,触发信号的引出线要用屏蔽线可靠接地,也可在一次侧和二次侧之间加屏蔽层。

## 9-4 晶闸管触发电路

## 2. 脉冲变压器的估算

脉冲变压器用来输出一定幅度和宽度的触发脉冲，并有隔离、绝缘等作用。

(1) 铁芯截面  $S$  和一次侧绕组匝数  $N_1$  的确定：

$$N_1 S = \frac{V_1}{\Delta B} \times 10^{19} (\text{厘米}^2 \cdot \text{匝})$$

式中： $V_1$ ——变压器一次侧脉冲的幅值(伏)(对一般的晶体管触发电路，即为电源电压  $U_0$ ，对单结管触发电路可取为单结管的峰点电压  $V_p = \eta V_{BB}$ )； $\tau$ ——脉冲宽度(秒)； $\Delta B$ ——铁芯磁通密度增量(特斯拉)，它等于  $(B_M - B_r)$ 。 $B_M$  是饱和磁通密度， $B_r$  是剩余磁通密度。一般铁淦氧磁环，取为  $0.1 \sim 0.3$  特斯拉。冷轧硅钢片取为  $0.4 \sim 0.5$  特斯拉。热轧硅钢片取为  $0.7 \sim 0.8$  特斯拉。

$N_1$  和  $S$  具体数值的确定，与脉冲的宽度、陡度等要求有关，一般根据经验或已有的材料先定下  $S$ ，再计算匝数。也可按下列范围选取铁芯截面后，计算  $N_1$ ，再根据实际使用情况进行调整。

$$S = (2 \sim 4) \sqrt{P}$$

式中： $P$ ——晶闸管最大触发功率，等于最大触发电压  $V_0$ (伏)和最大触发电流  $I_0$ (安)的乘积，即  $P = V_0 I_0$ (瓦)。

(2) 二次侧绕组匝数  $N_2$  的确定：

$$N_2 = N_1 \frac{V_2}{V_1}$$

$V_2$  是二次侧空载脉冲幅值(伏)。从表 9-5、9-6 中可查得晶闸管最大触发电压(直流)为  $3 \sim 4$  伏。为了保证触发可靠性和元件互换性，输出脉冲必须大于最大触发电压。脉冲宽度越窄，幅值更要大些。但同时触发电压又不能太大，超过一定限度后又容易引起控制极损坏，此外考虑到触发电路在输出脉冲时内电阻上的电压降落，一般  $V_2$  取为  $6 \sim 10$  伏。

(3) 导线直径选择：在窗口面积允许条件下，可选得粗些。

(4) 脉冲变压器对输出脉冲的影响：

脉冲宽度：输出脉冲的宽度要求越宽，铁芯截面要越大，绕组匝数要越多。这时为了减小截面和匝数应选择  $\Delta B$  较高的材料。

脉冲前沿陡度：为了触发准确，特别对元件串并联情况，要求脉冲前沿要陡。为此必须减少脉冲变压器漏感，即要求减少匝数，减少线圈的厚度(也就

是变压器要做得比较狭长),减少线圈之间的距离,合理地对称布置绕组,例如将一次侧绕组分成两组安放在二次侧绕组的里面和外面,如图9-45所示。

在要求输出脉冲较宽而前沿又要求较陡的情况下,还可以采用下列方法(具体应用参见小容量晶闸管组成的三稳态开关电路):

**加去磁绕组:**这时磁通密度增量为 $(\Delta B + B_0)$ , $B_0$ 是由和一次侧绕组安匝方向相反的去磁绕组安匝 $I_0 N_0$ 所产生的磁通密度。这样可以减少绕组匝数以提高前沿陡度。由于去磁绕组对脉冲变压器来说也是一个负载因此为了减少去磁绕组对开关元件和变压器的影响,去磁绕组回路中的电阻要远大于负载电阻,为此可串联一电阻,接到直流电源上。

**采用补偿前沿的尖脉冲变压器:**用一个匝数较少,体积很小的尖脉冲变压器输出脉冲前沿。而用匝数较多,铁芯较大的宽脉冲变压器输出脉冲的宽度。将两个脉冲相加即可得到前沿陡的宽脉冲。

## 9-5 晶闸管应用实例

### 一、ZLK-1型手操作电磁调速异步电动机

ZLK-1型晶闸管控制装置(图9-51)用于JZT系列、拖动电机为0.6~30千瓦的滑差电动机单机无级恒速控制。另有ZLK-2型用于拖动电机为双速、40~100千瓦的滑差电动机,ZLK-5型用于单机或多机同步控制JZTM系列的滑差电动机,ZLK-8型供船吊等。

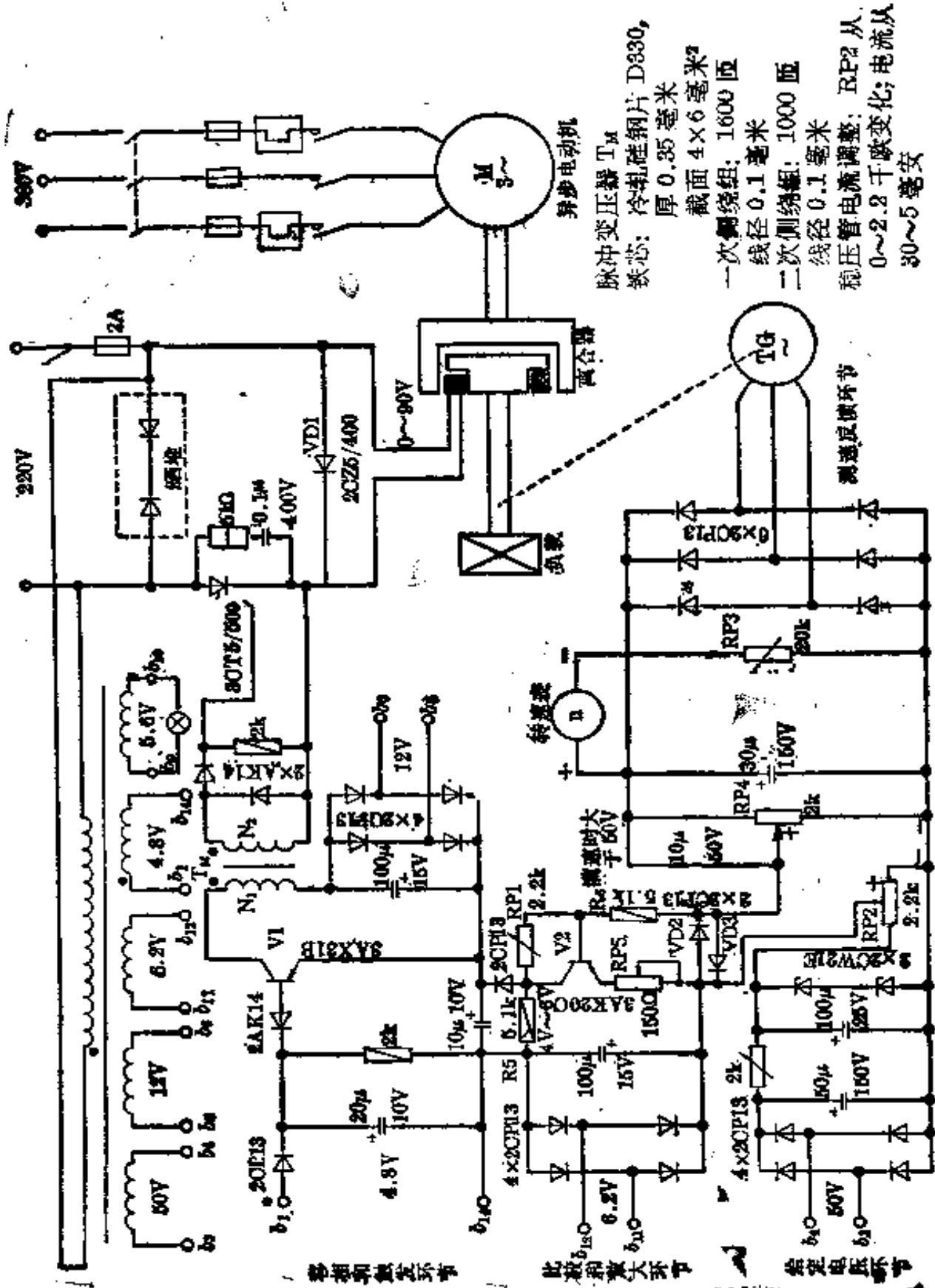
**[主电路]** 滑差电动机离合器励磁绕组的直流供电,是采用带续流二极管VD1的半波可控整流电路。

#### **[控制电路]**

(1) 测速反馈环节:三相交流测速发电机TG与负载同轴相联,它将转速转变为三相交流电压,经三相桥式整流和电容滤波输出反馈直流信号。电位器RP4用以调节反馈量。

(2) 给定电压环节:由桥式整流阻容 $\pi$ 型滤波和稳压管输出一稳定直流电压作为给定电压。电位器RP2用以改变给定电压大小以实现电机调速。

(3) 比较和放大环节:给定电压与反馈信号比较(相减)后输入给晶体管V2进行放大,在V2的负载电阻 $R_5$ 上得到放大的控制信号输入触发器。VD2、VD3对输入信号实行正反向限幅,避免V2基极承受过大的正反向电



压而损坏。RP1 为电压反馈式偏置电路。

(4) 移相和触发环节: 采用同步电压为锯齿波的单只晶体管的触发电路。

(5) 调速过程(以增速为例)和恒速过程:

① 转动调速电位器 RP2, 增加给定电压, 经 V2 放大后输入触发器的控制电压就增加, 因而触发器输出脉冲前移, 晶闸管移相角  $\alpha$  减少, 离合器的励磁电压增加, 因而速度上升。

② 速度反馈作用: 当离合器的负载增加, 其转速就要下降, 因而反馈的直流信号也要随之减少。这样, 给定电压与反馈信号之差增加, 也就是 V2 输入信号增加, 结果使离合器的励磁电压自动增加而保持转速近似不变, 这就增加了电机机械特性的硬度。

#### [电路调整]

(1) 注意形成锯齿波同步电压的正弦电压 (4.8 伏) 的相位, 也就是注意同步变压器 T 的极性。否则晶闸管控制失常。

(2) 当调速电位器 RP2 旋至转速最高位置时, 离合器仍不能达到额定转速, 这可能是速度反馈信号过大的缘故, 只要调节 RP4 减小反馈量, 使转速略高于额定转速即可; 如转速过高, 可能是反馈量过小, 这样会造成机械特性硬度过低, 必须增加反馈量。一般小容量调至 1200 转/分, 大容量调至 1320 转/分左右。

(3) 当调速电位器置于零位, 晶闸管仍有输出。这可能是 V2 工作点调整不当, 其集电极电流较大, 因而 R5 两端电压较高, 使得触发器仍有触发脉冲输出。只要增加 V2 的偏置电阻 RP1 (甚至断开 RP1), 使调速电位器为零时可控硅无输出即可。

(4) 由于测速发电机特性不一致, 可调节 RP3 以校准转速表的刻度。

(5) 特别要注意续流二极管 VD1 的极性, 如果极性接反, 将造成晶闸管主电路短路。

(6) 离合器在某一转速运行时如有周期性的摆动现象, 可调换晶闸管整流器输出的极性。

(7) 调试时离合器必须加一定负载 (大于 10% 额定负载), 若空载, 离合器只能高速运行, 转速调不低。

(8) 续流二极管若损坏而开路, 离合器只能低速运转, 转速调不高。

## 二、单相晶闸管直流电机调速

单相晶闸管直流电机调速的电路图如图 9-52 所示。

**[主电路]** 用单相半控整流桥，并联滤波电抗器  $L$ 。 $L$  是为了限制整流后的脉动成分，以改善电机的换向，减少电机的损耗，降低电机的温升等。由于单相半控整流桥的桥路是由两个晶闸管串联后再与两个整流二极管串并联而成，省掉了一个续流二极管，使线路较为简单而可靠。

**[控制电路]** 用场效应管触发电路。

**电流截止环节：**当因起动或其他原因造成过电流时，在  $RP3$  上所取得的电压值变大，使稳压管  $VD$  两端的电压也增大。若大到使  $VD$  击穿时，则使  $V4$  饱和，同时  $V3$  基极电位降低。于是输出触发脉冲减小，使晶闸管趋向关断，限制了电流的增大。

**电压负反馈：**当电机加上负载时，电机的转速有所下降，电机两端的电压也因此而下降，此时在  $RP4$  上所得到的分压也随之而减小，则在  $RP$  上所得到的分压却反而增大， $V1$  趋向饱和， $V2$  也趋向更加导通，最后使  $V3$  基极电位提高，于是输出脉冲增加，晶闸管趋向更加导通，使电机两端的电压提高到额定值。

**电流正反馈：**电机带上了负载以后，其转速要下降，用其他措施使其端电压维持不变，则此时所需的电流将增大，由于电流的增大，在  $RP5$  上所得到的分压值也变大。这样也使  $RP4$  上所得到的分压增大，与电压负反馈一样使  $V1$  的基极电位提高而导通，从而使输出脉冲增加导致晶闸管更加导通，于是电机的输出特性曲线保持平坦（即输出特性曲线硬度提高）。

在电路调整的过程中电流反馈、电压反馈两者之间调节不当会出现振荡现象，这是由于电压负反馈、电流正反馈所引起的，因此必须把这两个参数取得适当。要防止片面追求机械特性的硬度，因而将电流正反馈信号取得过大而引起机械振荡。为了要防止在初调时引起振荡，应将电流反馈信号电位器  $RP5$  调到零位。具体调试步骤如下：

(1) 将电压反馈信号电位器  $RP4$  往增大方向调节，约调到  $4/5$  处，而不到最大值。

(2) 将转速电位器  $RP$  调到低速，调整好了以后方可起动电动机。

(3) 然后将转速电位器  $RP$  调到高速处，看转速是否到达额定值，如不到额定转速可将  $RP4$  调小，直到额定转速为止。

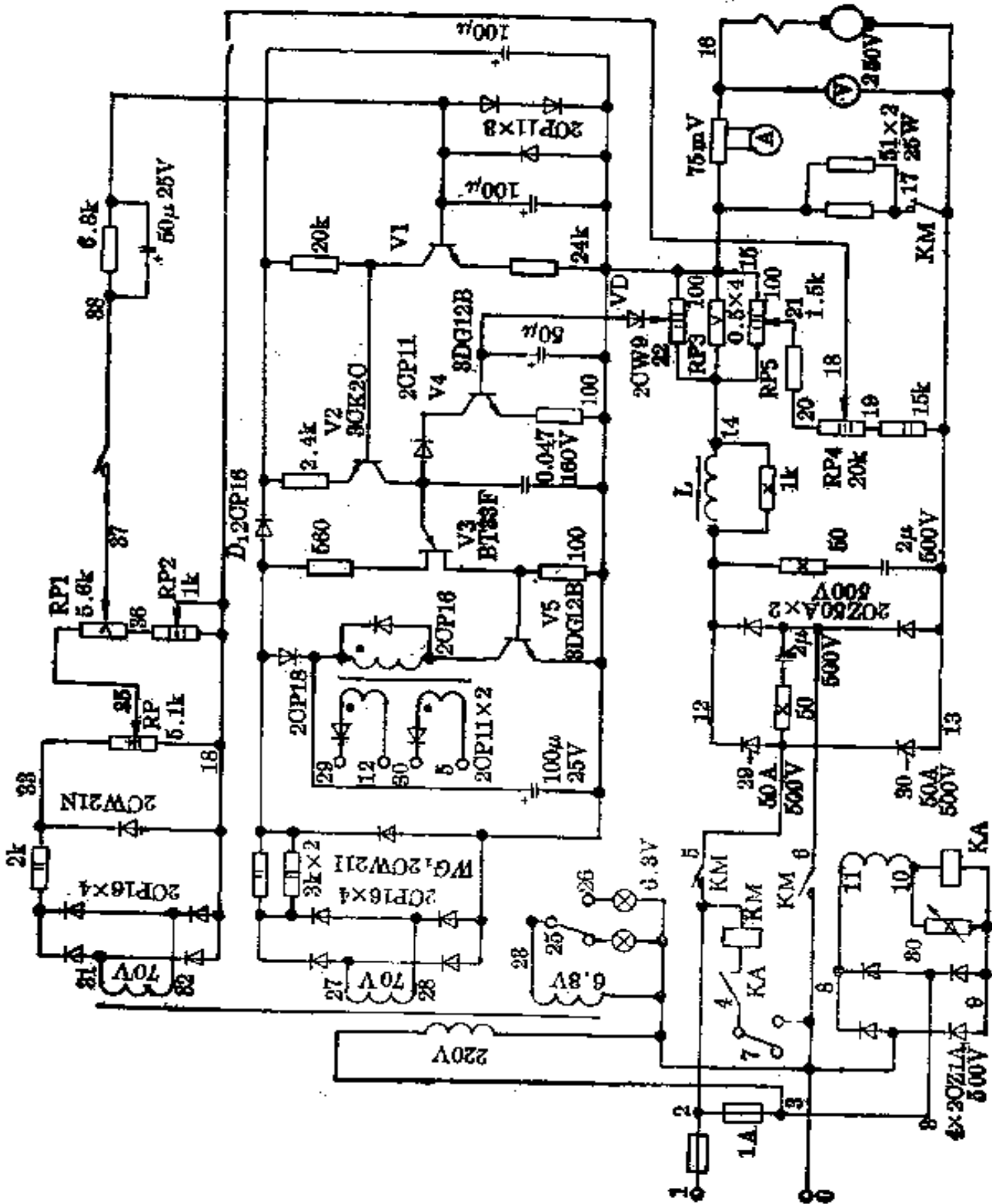


图 9-52 单相晶闸管直流调速电路

(4) 将静态特性调整在 10:1 的调速范围内,并调到低速端(将 RP 调到低速位置)。

(5) 加机械负载时,注意转速。如果不到 5% 的静态特性指标时,调节电流信号电位器 RP5,直到转速变化达到 5% 的硬度时为止。同理调整高速硬度特性,如调不到 5% 的硬度特性时,可调节 RP1、RP4 以适当增加电流反馈信号的比例。反复调整低、高速各点转速,使设备调到最佳位置。在系统调整好以后,锁紧各电位器以防止振动引起的位移。

图 9-53 所示为开关型直流调速电路,与图 9-52 不同的是用一只晶闸管。它是用测速反馈来加强主电路的输出稳定度,其保护环节是主电路上接有电流互感器 TA,当负载发生故障时,TA 上流过的电流增大,在 R1、R3 间产生压差使 V1 趋向导通,则 V4 的输出信号将被 V1 旁路掉部分,因此使输出脉冲减小,最后使晶闸管导通角减小,限制了电流的增大,以达到保护的目。

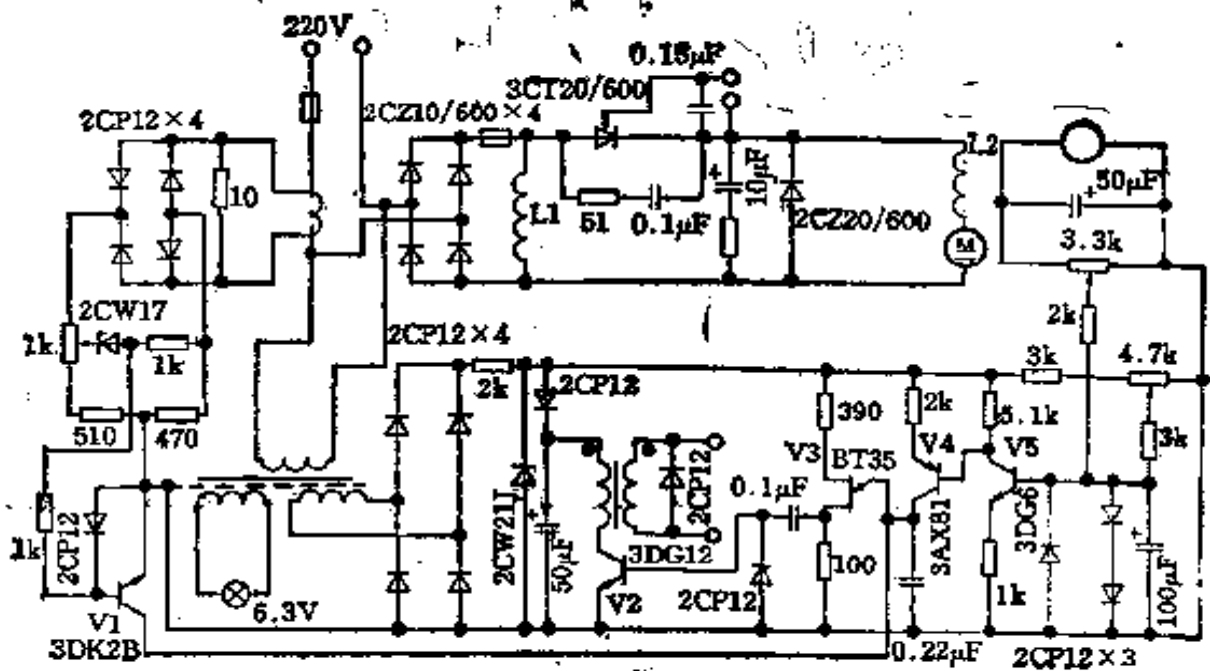


图 9-53 开关型晶闸管调速电路

### 三、单相可逆调速——泡沫塑料切片机

泡沫塑料切片机的电气要求和龙门刨床相似,电路的静态指标,调速范围 1:10;动态指标,起动次数频繁(每分钟 12 次),要求等加速平稳起动。

单相可逆调速泡沫塑料切片机的电路如图 9-54 所示。其中用 5G23 集



成元件作电压、电流调节器,对系统实现比例、积分、微分(PID)调节,在5千瓦以下的可逆传动中,此线路能满足使用要求。

**[主电路]** 电动机电枢是由四只二极管组成的单相桥式整流电路供电,VD是续流二极管,用一只晶闸管V5实现调压调速。在电枢两端分别接有四只晶闸管V1~V4作电机可逆运转的控制。双向晶闸管V6、电阻R用作能耗制动。

**[控制电路]** 场效应管UJT触发电路,变压器T1与晶体管3AD6对输出脉冲进行功率放大,-16伏电源向两个脉冲变压器T2、T3供电。由正反转限位开关为可逆切换定位点。

**[速度调节器]** 速度调节器也是由5G23集成元件组成。电压反馈取自电枢电路,由电位器RP1调节经整流后送到电压调节器的输入端与给定调速电压相比较,然后在调节器输出端输出电压给电流调节器的输入端以完成调压调速控制的目的。

**[电流调节器]** 电流调节器也是由5G23集成元件组成。电流反馈信号取自交流侧的互感器TA,经桥式整流及电容滤波后送到电流调节器的输入端,它与来自电压调节器的电压比较后,电流调节器输出一电压,这一电压控制UJT触发电路达到移相调压的目的。在电动机磁场为零的情况下,由于存在着电流调节器的作用,所以在任何情况下,最大电流总不会超过所设定的电流值。这个系统具有线路简单,维修方便,运用可靠性好。用晶闸管无触点开关代替接触器,以实现电动机的正反转,更使线路的工作可靠。当然,单相线路的脉动大,增加了设备的惯性,与三相系统相比较尚有不足,但是这个系统仍能取得接近最佳调节的指标,可以满足生产要求而且是一只较好的控制方案。

#### 四、晶闸管直流电机调速系统——长网造纸机 分部传动同步调速

此系统控制对象是一台七个分部传动的长网造纸机,要求七台拖动电动机既能同步调速,又能对各分部独立控制。每台电动机有一套独立的调速系统,见图9-55。

**[主电路]** 电动机电枢电路采用带续流二极管的三相半控桥式整流电路,励磁电路由三相调压变压器经三相桥式整流电路和电容滤波供电。电枢电路接有两套电压表和电流表,分别安装在操纵台和纸机旁。

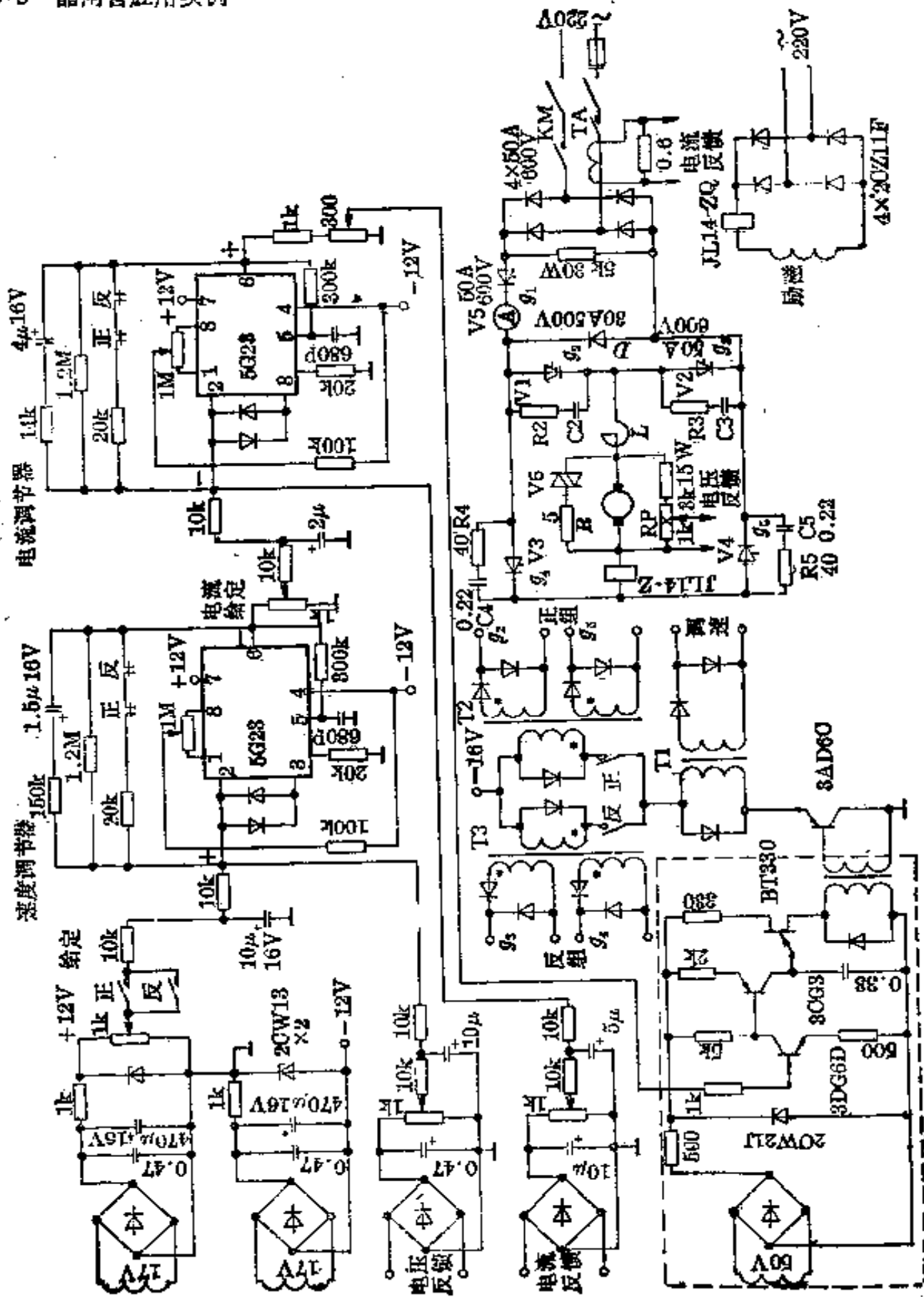


图 9-54 单相可逆调速电路

## 〔控制电路〕

(1) 触发器: 采用同步电压为正弦波、具有变压器耦合的晶体管触发电路。

(2) 转速反馈环节: 由自制的永磁式交流测速发电机 TG 发出反映转速大小的交流信号, 经整流和滤波后输出反馈直流电压  $V_F$ 。如果采用一般的直流测速发电机, 为了保证测速反馈的灵敏度和稳定性, 必须另加一套稳压励磁电源。

(3) 给定电压环节: 由串联式晶体管直流稳压电源供给。电位器 RP 用以调节给定电压  $V_g$ , 所以 RP 也就是调速旋钮。

(4) 直流放大环节: 将反馈直流电压  $V_F$  和给定电压  $V_g$  进行比较, 它们之差从  $F_1$ 、 $F_2$  两端送入放大器进行放大, 将放大的控制电压从  $F_3$ 、 $F_4$  两端输出, 再和移位电压  $V_g$  相减, 送至三组触发器进行移相控制。直流放大器采用带恒流源的差动放大器, 为了获得足够的功率放大和减小输出阻抗, 采用二级射极跟随器输出。

(5) 移位电压: 由  $4H_1 \sim 4H_3$  经三相桥式整流、电容滤波和稳压后输出。1k 电位器用以调整移位电压  $V_g$ 。

(6) 电机延时起动环节: 为了限制电机较大的起动电流, 必须逐步升高电枢电压。延时起动原理如下:

电机起动前, 接触器 1KM 释放, 常闭触点 1KM7 闭合, 使放大器输出端短路, 无控制电压输出, 因而使触发器不产生脉冲, 晶闸管封闭, 同时常闭触点 1KM6 闭合, 使电容 C1 经二极管 VD 充电, 并使 3AX81B 晶体管经 R1、1KM6 获得偏流而导通。因此继电器 KA 动作, 其常开触点 KA1、KA2 闭合, 电容 C2 接入, 准备起动。

电机起动: 按起动按钮, SB1, 1KM 通电, 三相半控桥式主电路接通, 在接通瞬间, 晶闸管仍封闭, 电机两端并没有电压这时常闭触点 1KM7 也随之打开, 放大器输出电压随 C2 充电而缓慢上升, 因而触发器输出脉冲相位缓慢前移, 使晶闸管逐渐开放, 电枢电压缓慢上升, 电机渐渐起动。时间在 20 秒左右。另外, 1KM6 也打开, C1 经 V1、R1、R2 反向充电, 该充电电流使 V1 能继续导通, 一直到充电结束(约 25 秒), V1 截止, KA 释放, KA1、KA2 打开, 将 C2 切除, 电机投入正常运转。起动时因为 KA 未释放所以其常开触点 KA4 闭合, 起动指示灯 GN(绿色)亮, 起动结束, KA 释放, 所以常闭触点 KA3 闭合, 运转指示灯 RD(红色)亮。

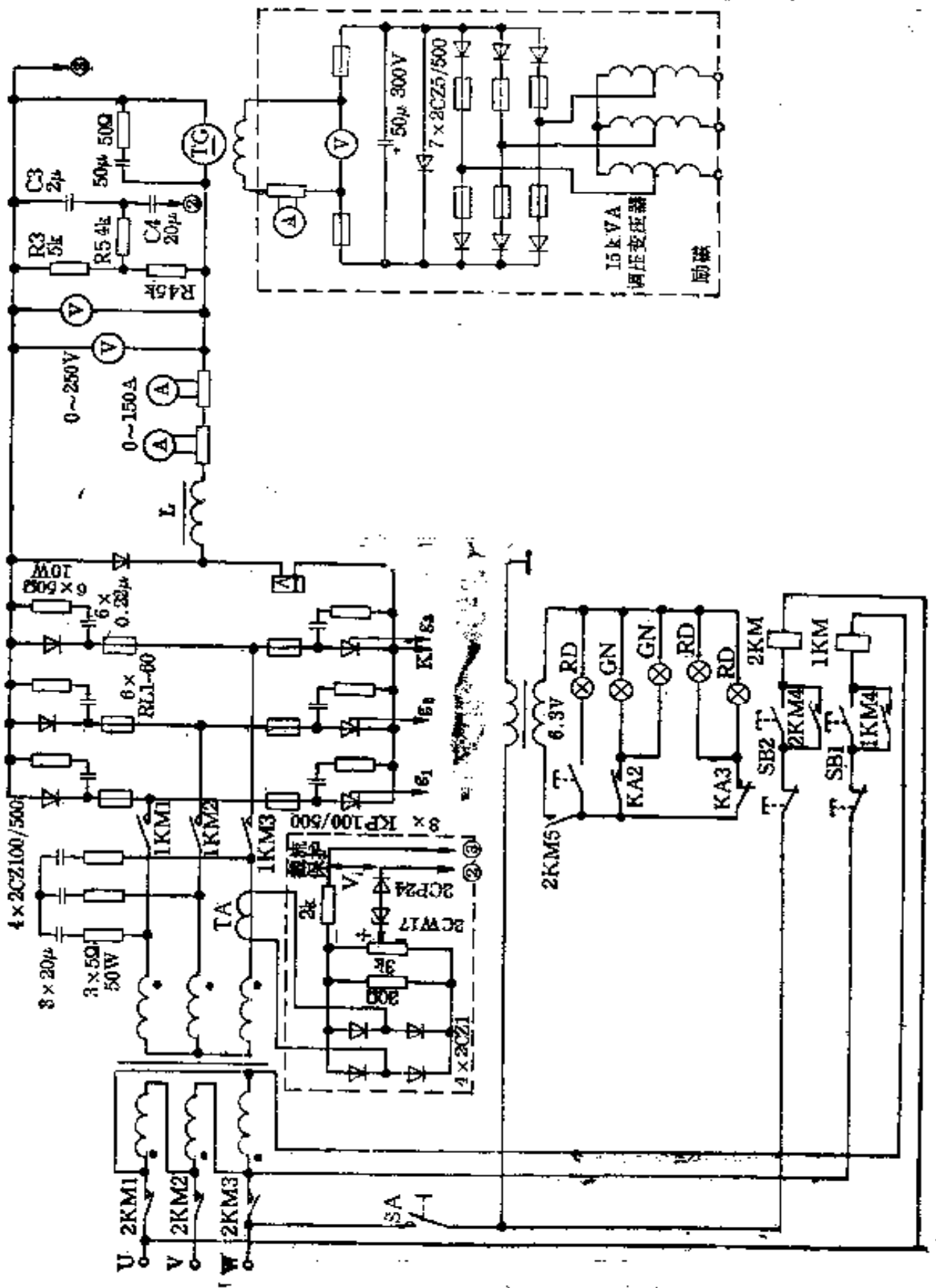


图 9-55(a) 可控调速系统主电路

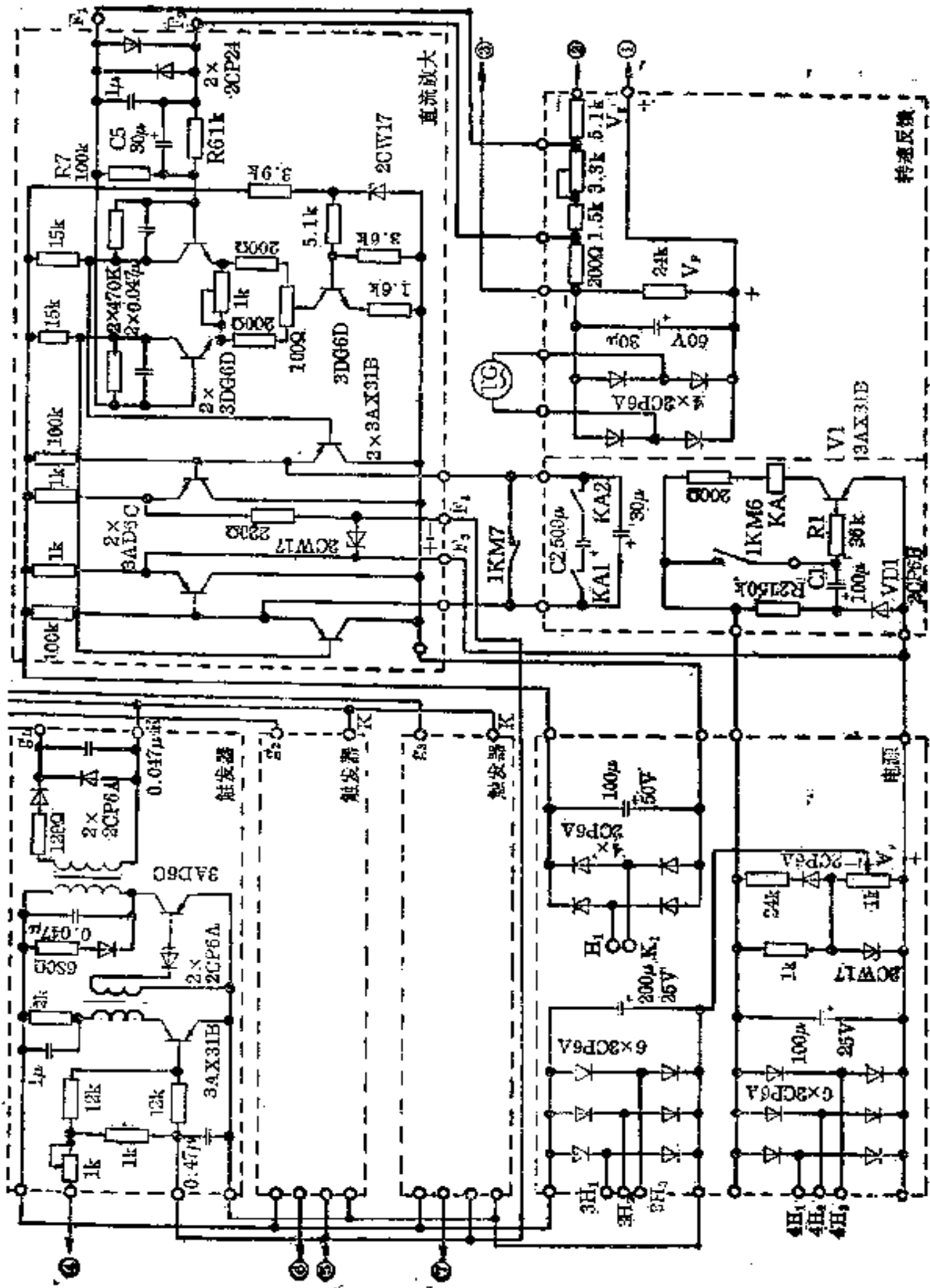


图9-55(b) 可控调速系统触发电路

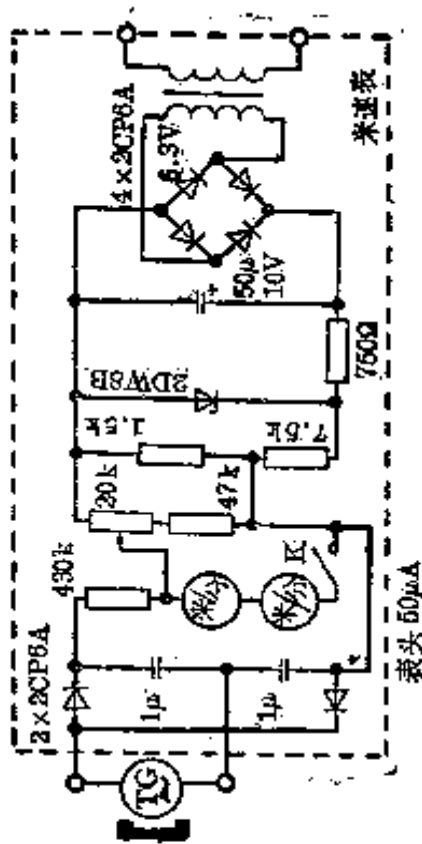
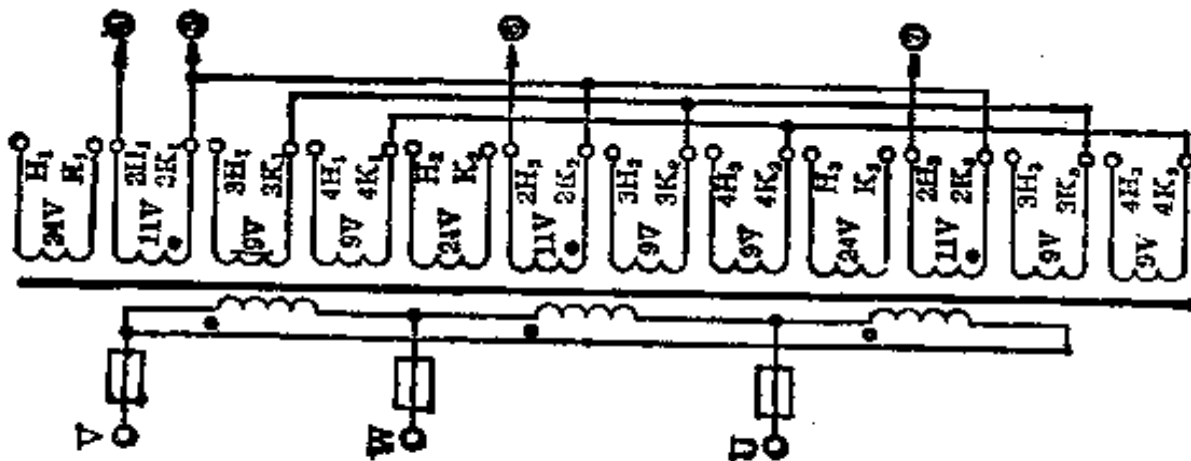
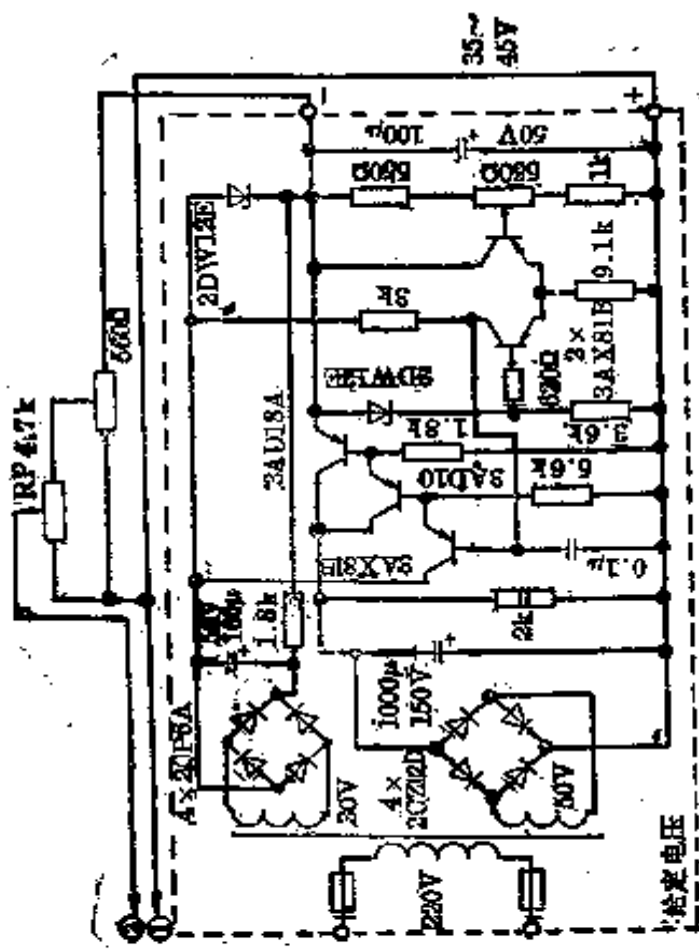


图 9-55(c) 可控调速系统电源、测试和给定电压环节

如要延长起动时间,可增大  $C_2$ 。如要增大起动到投入运转的延迟时间,可加大  $R_2$  或  $C_1$ ,但延迟时间必须大于起动时间。以免过早把  $C_2$  切除而产生主电路电流冲击。

(7) 截流保护环节:用来限制主电路电流不超过某一数值,也叫电流截止负反馈。利用主电路中交流电流互感器  $TA$  输出交流信号,经整流后得到直流电压。当主电路电流超过整定数值,输出的直流电压将超过稳压管的稳定电压而导通。这时输出一个截流信号  $V_y$ ,与给定电压  $V_g$  方向相反,使控制电压减少,从而主电路的电压降低,避免了主电路过载。

截流装置动作电流靠改变 3 千欧电位器滑动点的位置来整定。这个动作电流大小要选择得当,过大就失去了截流环节的作用,过小又容易在放大器输入端造成干扰。

(8) 米速表:测速发电机将转速转变为交流电压,经倍压整流加在米速表上,因为工作时纸机速度总是大于 80 米/分运行,因此米速表刻度不从 0 开始,而是从 80 米/分开始,以放宽刻度。为此加了一个基准电压,由桥式整流、电容滤波和稳压管组成,使得速度 80 米/分时反应过来的电压与基准电压相抵消,米速表指针不偏转。

(9) 校正环节:为了提高系统的稳定性和加快系统的反应速度,也就是说要消除系统的振荡和缩短过渡过程,加入了由  $R_3$ 、 $R_4$ 、 $R_5$ 、 $C_3$ 、 $C_4$  构成的并联校正和由  $C_5$ 、 $R_6$ 、 $R_7$  构成的串联校正。

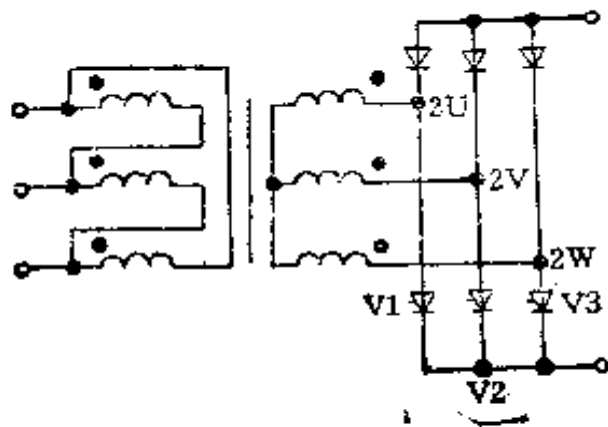
#### [电路调试]

(1) 控制电路的初步调整:调试时应先将各环节的电源(包括稳压管的工作情况)和每个触发器、放大器、稳压电源等分别独立调整正常,然后可作下列工作:

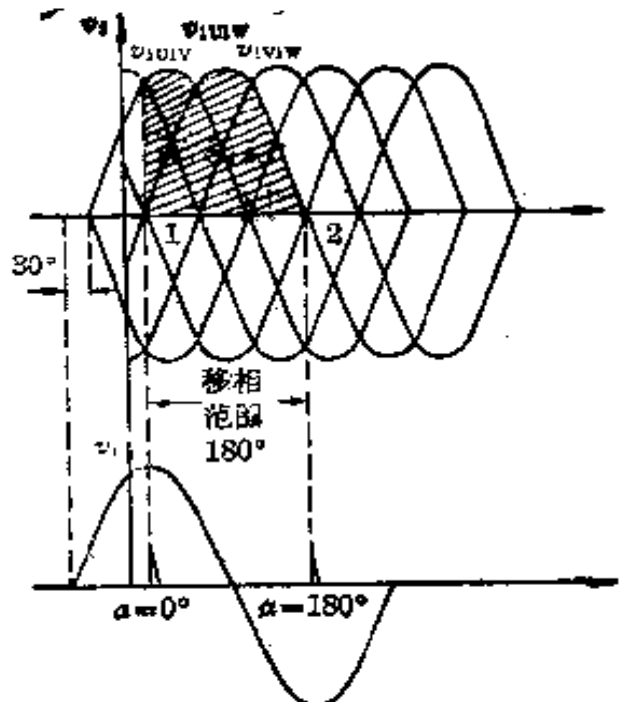
① 移位电压的整定:逐渐增加移位电压  $V_y$ ,观察触发器第一只晶体管 3AX31B 的输入信号波形(基极-射极间),发现负半周逐渐增加,直至负半周还留一很小缺口为止,该移位电位器最好用带锁紧螺帽的电位器,这时用螺帽锁紧后可保持不变。当然在此调整过程中,触发脉冲也随之逐渐后移。

② 接入直流放大器和稳压电源,从 0 开始调节  $RP$ ,输入一很小的给定电压  $V_g$ (因这时无反馈电压),观察触发脉冲是否前移,如  $V_g$  超过一定限度,就会发现脉冲突然消失。这时注意放大器输入和输出电压的极性不要搞错,否则无法移相。

③ 三组触发器对称性的调整:将三个触发器脉冲输出对应端相连,并接



(a) 电路图



(b) 波形图

	同步电压接法	矢量图
整流变压器		
同步变压器		

(c) 矢量图

图 9-56 同步电压和整流变压器电压的相位关系



至一公共负载电阻上(小于100欧),从电阻上观察三组脉冲宽度、幅度、移相角、移相范围等是否一致,并进行调整。

(2) 触发相序的调整——理相: 所谓理相就是当整流变压器和同步变压器接法一定、整流电路和触发电路形式一定的情况下,每个晶闸管的触发电路应该用哪一相的同步电压的问题。一般可先根据触发器移相方式和主电路的移相要求来确定同步电压和晶闸管两端电压的相位关系,然后根据变压器的接法来确定每个晶闸管触发器用哪一相同步电压。从9-2节可知,三相半控桥式整流电路波形中1点(图9-56)是晶闸管V1的自然换流点,即移相角 $\alpha$ 的起点;2点是最大移相角 $\alpha=180^\circ$ ,即移相角的终点。1~2即为V1要求的移相范围。为了得到这个范围,同步电压正弦波必须处于图9-56(b)所示位置。所以作为V1的触发器,其同步电压正弦波必须超前整流变压器二次侧线电压 $V_{1U1V}$   $30^\circ$ 。该电路整流变压器采用 $\Delta/Y-11$ 接法,同步变压器采用 $\Delta/Y-9$ 接法,从图9-56(c)相位关系中可以看出, $V_{2V2N}$ 超前 $V_{1U1V}$   $30^\circ$ ;  $V_{2V2N}$ 超前 $V_{1V1W}$   $30^\circ$ ;  $V_{2U2N}$ 超前 $V_{1W1U}$   $30^\circ$ ,正好满足要求。所以正确的触发相序是 $V_{2V2N} \rightarrow V1$ ;  $V_{2W2N} \rightarrow V2$ ;  $V_{2U2N} \rightarrow V3$ 。

理相的方法:先用相序器确定三相相序,并按第2章的方法确定三相变压器的正确接法,然后给实物(包括整流变压器、同步变压器、触发器、晶闸管等)接线端子按图上字母标号。再根据上述确定的相位关系进行接线调试,或者将主电路接一电阻代替电动机作假负载,直接对每个晶闸管进行相位整定,用某一相的脉冲信号去触发某一个晶闸管并逐渐增加给定电压,观察晶闸管输出电压波形是否按图9-57(a)所示从起始点按箭头方向逐渐增加,测量假负载电阻两端电压是否从零逐渐增加。如晶闸管无输出或发现输出不是从零开始而且移相未到头就使输出突然消失等不正常情况,可换另一相晶闸管再试,或检查变压器对应端是否正确,直至相位正确。另外两相触发器,重复上述步骤。经过三次,三个晶闸管触发相位识辨清楚以后,可将三组触发信号同时接上,这时输出应波形为图9-57(b)所示。

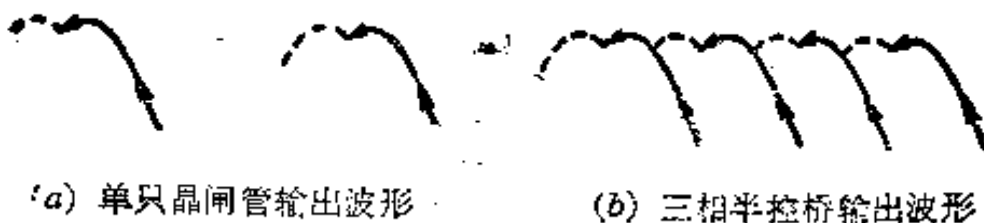


图9-57 电阻负载两端波形图

(3) 系统开环调试: 在将电机接入之前, 应对延时起动环节进行整定和试验, 以保证起到延时的作用, 然后再将电机接入; 不加任何反馈信号。在上述调试基础上, 这时改变给定电压即可对电机实现整速。注意电机一定要接入励磁。

(4) 系统闭环试验: 接入测速反馈环节, 有了反馈信号, 给定电压就要相应加大。稍微改变反馈强弱, 如增大反馈, 发现电机转速下降, 说明起到负反馈的作用。调整反馈程度以达到要求的电机特性硬度。对于系统闭环运行, 经常会发生振荡现象, 使电机转速不稳定, 发生周期性的摆动, 这时可加入校正环节, 并根据每一具体对象进行多次反复的调整, 最后可使系统稳定工作。

(5) 几点说明:

① 相序器: 由一个电容和两个灯泡接成星形构成相序器(如图 9-58)。假定接电容的为 U 相, 则灯泡稍亮的便为 V 相, 灯泡稍暗的便为 W 相。

② 总电源进线的三相相序在电路理相调整以后不能搞错, 否则可控硅不能正常工作。因此在改动电源进线的时候, 必须先检验相序。

③ 一般的示波器信号输入端有一端是接地的, 即接示波器的机壳, 所以在用示波器观察波形时, 应仔细分析观察点是否与“地”有电的联系, 以免由于短路而损坏晶闸管。如图 9-59 所示的错误的测量方法会引起意外的事故, 此时, 示波器机壳不能接地, 并在安放时将示波器机壳与地可靠绝缘。有些示波器信号输入端两端均不接地, 也可避免这个问题。

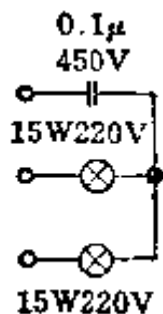


图 9-58 相序器

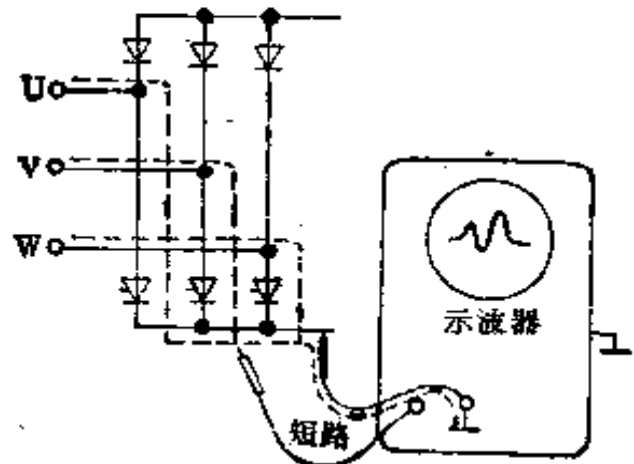


图 9-59 错误的测量方法

[计算举例]

(1) 已知条件: 被控制对象是 Z2-71 直流电动机, 其额定功率  $P = 22$  千

瓦, 额定转速  $n=1500$  转/分, 额定电压  $V=220$  伏, 额定电流  $I=91.9$  安、励磁电压  $V_L=220$  伏, 励磁电流  $I_L=2.08$  安。

(2) 主电路: 选用典型的三相桥式半控整流电路。

(3) 整流变压器参数: 整流变压器采用典型接法  $\Delta/\gamma-11$  查表 2-17 得:

$$U_2 = 0.427V_1 + 2N_0 = 0.427 \times 220 + 2 = 94 + 2 = 96(\text{伏})$$

$$I_2 = 0.817I_1 = 0.817 \times 91.9 = 75(\text{安})$$

$$P = 1.05V_1 I_1 = 1.05 \times 220 \times 91.9 = 21.2(\text{千伏安})$$

从整流变压器计算中可知, 其电压和容量要相应增加 5~10%, 再考虑到电网电压波动等影响, 一次侧绕组有抽头, 使二次侧能获得二种输出电压。所以整流变压器实际按下列参数进行结构计算。

容量  $P_s = 24$  千伏安, 电网线电压  $V_{\text{线}} = 380$  伏 ( $\Delta$  接法),

二次侧线电压  $V_{\text{线}} = 200/180$  伏 ( $\gamma$  接法)

二次侧相电压  $V_{\text{相}} = 115.4/104$  伏 ( $\gamma$  接法)

(4) 晶闸管和硅二极管选择

查表 9-7 元件承受最大电压峰值  $V_m = 2.45V_{\text{相}} = 2.45 \times 104 = 255(\text{伏})$

可控硅  $PFV = PRV > (1.5 \sim 2)V_m = (1.5 \sim 2) \times 2255$

$$= 382.5 \sim 510(\text{伏}) \quad \text{选 } 500 \text{ 伏}$$

硅二极管

$$V_{RM} > V_m = 255(\text{伏}) \quad \text{该电路也用 } 500 \text{ 伏}$$

流过元件电流的有效值  $I = 0.58I_2 = 0.58 \times 91.9 = 53.3(\text{安})$

晶闸管和硅二极管的额定正向平均电流

$$I_F > \frac{I}{1.57} = \frac{53.3}{1.57} = 34(\text{安}) \quad \text{选取 } 50 \text{ 安的元件}$$

## 五、晶闸管无触点开关

晶闸管作开关是晶闸管应用的一个方面。它在工业自动远距控制装置或电力系统保护装置中作为中间继电器或功率放大器等, 具有寿命长、无噪音、无触点、反应速度快等优点。

### 1. KJW-1 型“或”门晶闸管交流开关

[主电路] 由一个晶闸管  $V$  和桥式整流电路组成, 负载流过的仍然是交流电, 如图 9-60。

[控制电路]

(1) 二极管“或”门环节: 由三只二极管和  $R_1$ 、 $R_2$ 、6 伏电源组成三输入

## 脉冲变压器

铁芯: 磁环 M×1000-φ27×10×5

绕组:  $N_1:N_2:N_3=200:100:100$  匝

线径: 0.17 毫米

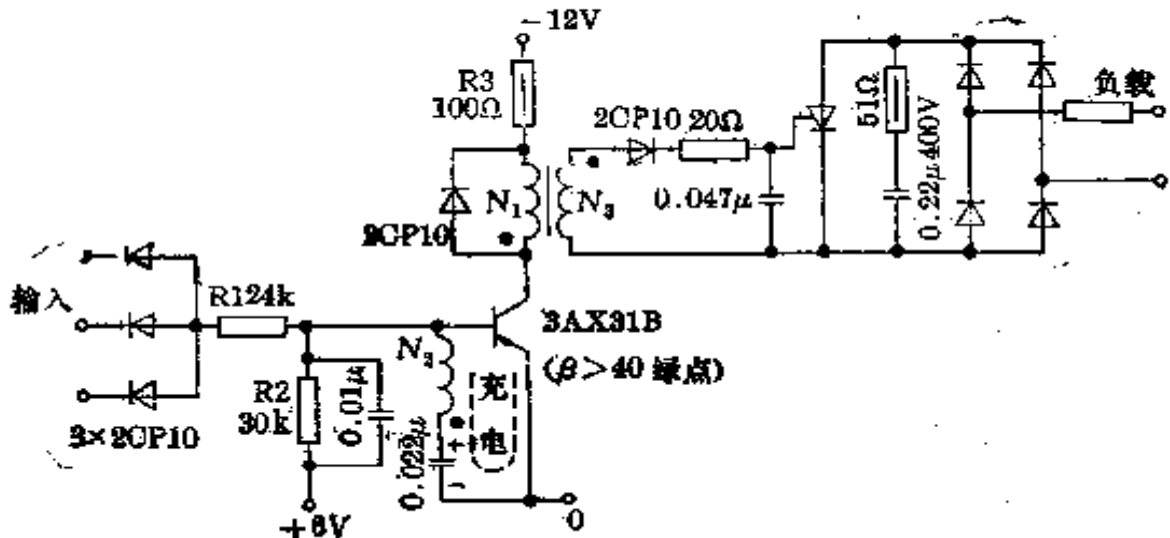


图 9-60 KJW-1 型“或”门晶闸管交流开关

开关的规格	整流桥二极管	晶闸管
36V1A	2CZ1/100	KP5/150
110V1A	2CZ1/250	KP5/400
220V1A	2CZ1/500	KP5/600
380V1A	2CZ1/600	KP5/1000

注: 晶闸管不带散热器。

“或”门。任一输入端有  $-7 \sim -12$  伏信号输入, “或”门均有负信号输出。

(2) 晶体管振荡器: 利用脉冲变压器正反馈绕组组成阻塞振荡器, 振荡频率约为 2000 赫。当无外来信号输入时, 6 伏正电压加在晶体管基极上, 因而截止, 振荡器不工作。当“或”门输出负信号, 晶体管基极为负, 振荡器工作, 通过脉冲变压器输出信号(为脉冲群)使晶闸管全开放, 从而负载接通。切断外来信号或当“或”门输入信号绝对值小于 3 伏时, 振荡器停振, 最多经过半个周波(0.01 秒), 晶闸管两端电压过零后截止, 相当于负载断电。

## 2. KZW-1 型晶闸管直流开关

由于在直流电路中晶闸管导通后, 本身不能关断, 所以必须增加关断电路

脉冲变压器  
铁芯: 磁环  $M \times 4000$   
 $\phi 22 \times \phi 11 \times 5$   
绕组:  $N_1: N_2 = 100: 200$  匝

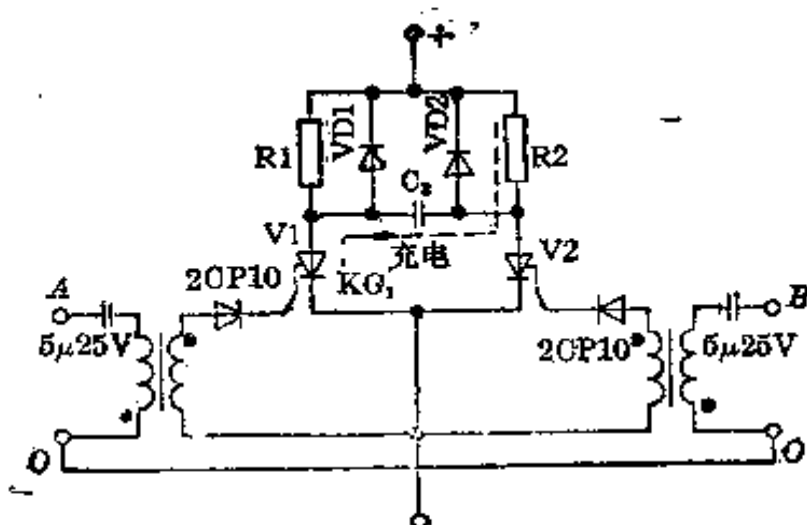


图 9-61 RZW-1 型晶闸管直流开关

开关规格	晶闸管	二极管 VD	电容器 C
24V2A	KP5/50	2CP33A	2 微法 160 伏
48V2A	KP5/100	2CP33B	2 微法 160 伏
110V2A	KP5/250	2CP33D	2 微法 160 伏
220V2A	KP5/400	2CP33F	2 微法 250 伏

输入动作电压:  $-7.5$  伏  $\sim -12$  伏;

输入电压: 小于 2 伏, 开关不动作;

动作时间: 纯电阻负载, 接通时间不大于 1 毫秒, 断开时间不大于 1.1 毫秒;

最大重复频率: 50 次/秒。

后才能构成无触点开关。在图 9-61 中, 当 O-A 端输入信号时, V1 导通, 负载 R1 通电, 电容 C 通过 R2 和 V1 充电, 充电电流方向如图 9-61 中虚线所示。当 O-B 端输入信号, V2 导通, C 已充好的电压作用在 V1 两端为负电压, 使 V1 关断, 从而切断 R1 负载电路。而负载 R2 接通, C 又反向再充电, 准备用来关断 V2。该开关可作为单刀双掷使用。若作为单刀单掷开关使用, 负载 R1 或 R2 要用电阻代替, VD 为续流二极管。当感性负载切断时, VD 起续流作用, 以免负载两端产生过电压使晶闸管误动作甚至损坏。

## 六、4 千瓦双向晶闸管单相交流调压器

1. 双向晶闸管的性能和参数 常用的晶闸管只能控制单方向导通, 另一

方向始终处于阻断状态。如果用在交流电路中,必须将两个晶闸管反并联,因此两套触发脉冲必须相互绝缘,两套散热器也需要互相绝缘,这样使电路和设备比较复杂。而晶闸管的派生元件之一——双向晶闸管,其两个方向都可以控制导通,就能完全代替两个反并联的晶闸管。双向晶闸管外形和一般晶闸管相似,也有螺栓式和平板压接式两种,三个引出端为了与晶闸管符号对应,也称为阳极 $a$ ,阴极 $c$ 和控制极 $g$ ,它广泛地用于电机调速、调光、控温、交流无触点开关、调压稳压等方面。

(1) 控制特性:双向晶闸管在下列四种情况下均能导通:

阳极加正电压,阴极加负电压,控制极相对阴极加一定的正触发电压。这种状态称为 $I_+$ 。

阳极加正电压,阴极加负电压,控制极相对阴极加一定的负触发电压。这种状态称为 $I_-$ 。

阳极加负电压,阴极加正电压,控制极相对阴极加一定的正触发电压。这种状态称为 $III_+$ 。

阳极加负电压,阴极加正电压,控制极相对阴极加一定的负触发电压。这种状态称为 $III_-$ 。

由于 $III_+$ 状态的触发电流比 $III_-$ 状态大,因而有的双向晶闸管只能在 $I_+$ 、 $I_-$ 、 $III_-$ 这三种状态触发。

(2) 双向晶闸管的特点:承受过电压的能力较高,因此一般情况下,可以简化过电压保护装置,甚至不用。在交流电路中,一个双向晶闸管代替两个晶闸管,触发电路简单,散热器也只用一个。

双向晶闸管和晶闸管的额定电流的换算关系:对两个反并联的晶闸管,流过每个晶闸管的正向平均电流 $I_V$ 与额定电流有效值 $I_n$ 有下列关系,即:

$$I_V = \frac{\sqrt{2} I_n}{\pi} = 0.45 I_n$$

也就是说一个20安的双向晶闸管近似可以代替2个10安的晶闸管反并联。

### 2. 4千瓦单相交流调压器(图9-62)

**[主电路]** 正弦交流电压通过双向晶闸管输出,在电压正半波时触发晶闸管导通。在负半波时触发晶闸管另一方向导通。因此输出也是交流电压。控制晶闸管移相角,可以改变输出交流电压有效值的大小。输出电压波形如图9-63所示。

由于输出电压波形是非正弦波,因而电压电流的有效值的测量要用电磁

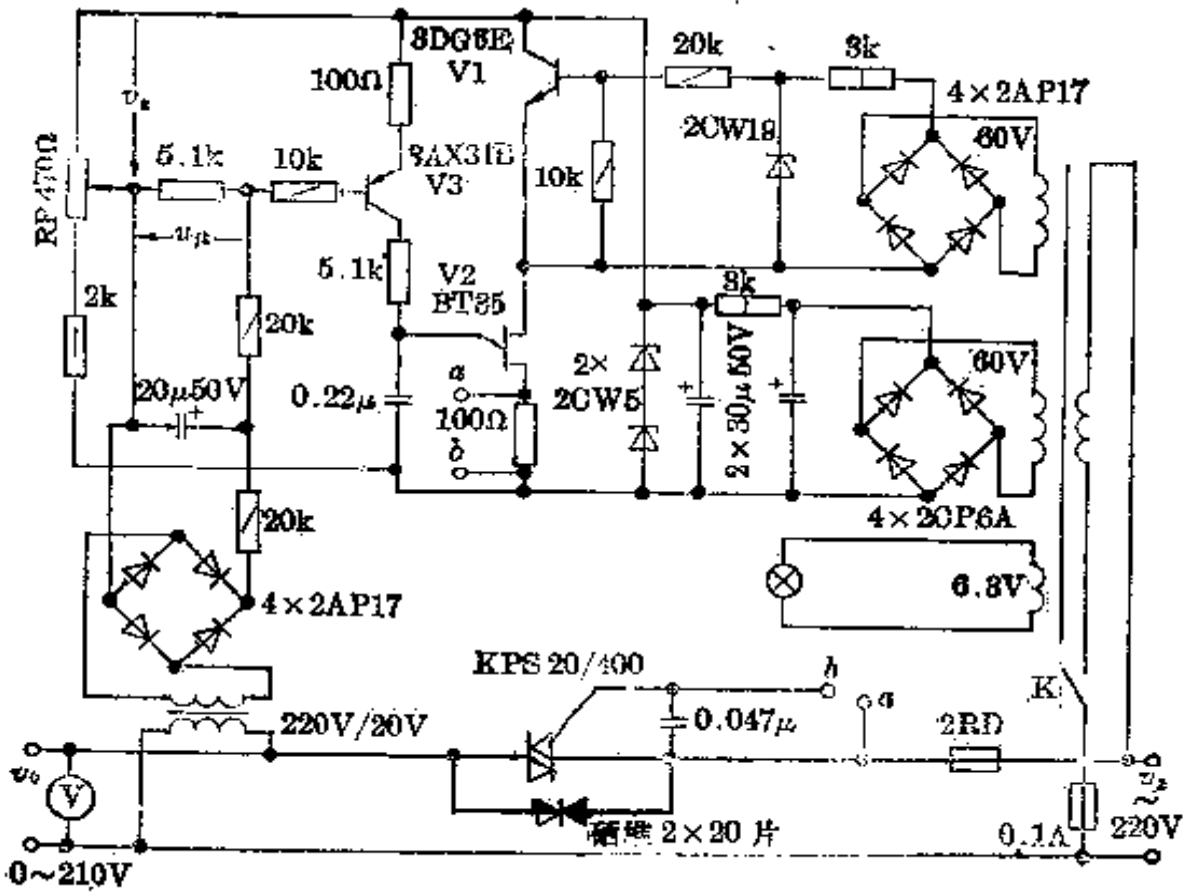


图 9-62 4 千瓦交流调压器电路图

式交流电表。如用整流式的万用表或钳形表来测量，就要产生较大的误差。

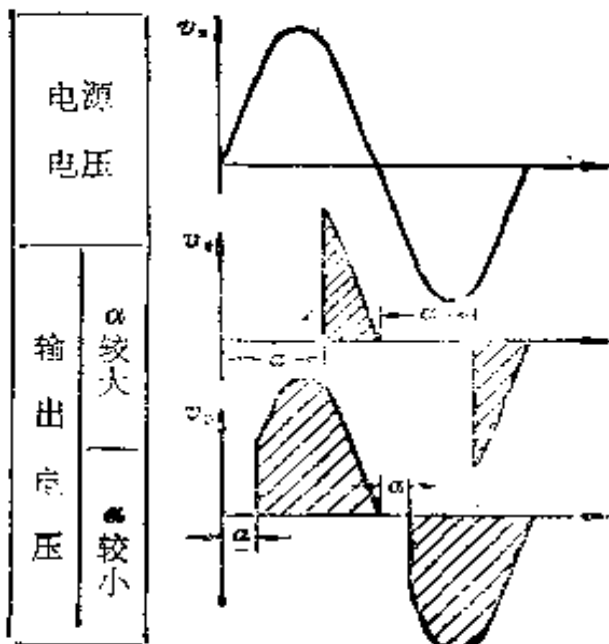


图 9-63 晶闸管交流调压器  
输出电压的波形

[控制电路]

(1) 触发器: 采用单结晶体管触发电路。V1 作为同步开关用。RP 是调压电位器, 移动 RP 的滑动端, 可以改变给定电压  $v_s$ , 也就是改变 V3 的输入电压, 使脉冲移相, 从而达到调压的目的。

(2) 电压稳定环节: 在主电路输出端通过反馈变压器引入电压负反馈信号, 它的作用与给定电压  $v_s$  相反。V3 输入电压为  $(v_y - v_f)$ 。当某一原因 (例如输入电压升高或负载减少) 引起输出电压升高, 这时反馈信号  $v_f$  增大, 使 V3 输入电压降低, 因而输出

脉冲移相角增大, 晶闸管导通角减少, 使输出电压不致升高, 而近似保持不变。

4 千瓦单相交流调压器技术指标: 额定输出容量 4 千伏安, 输出电压 0~210 伏, 最大输出电流 19.2 安; 稳压性能: 输出电压在 0~180 伏范围内, 当电源电压变化  $\pm 5\%$  时, 输出电压变化  $\pm 1.5$  伏; 负载阻抗 11 欧 ~5 千欧, 效率  $> 98\%$ , 负载性质: 电阻性或功率因数  $\cos \varphi \geq 0.8$  的电感性负载。

3. 灯光自动调节电路 如图 9-64 所示。光敏二极管 2CU3 放在自然光的受光处, 使其随天色而改变导通的情况。由于 2CU3 的导通情况的变化使晶体管的工作随之而变, 使得场效应管的输出脉冲变化, 这个变化导致晶闸管的导通角的变化, 负载(灯泡)上的电流大小变化, 因此灯泡的亮度起变化达到调光的目的。

## 七、1500 安/7 伏晶闸管电镀电源

在电镀电源上应用晶闸管后, 能节约工业用电, 对降低产品单耗有一定作用, 而且它的输出电压有脉动, 对镀层表面有冲击作用, 可使工件表面结晶紧密, 不易脱落, 从而提高电镀质量。另外晶闸管电镀电源还具有噪音小、维护简单等优点。图 9-65 为 1500 安/7 伏晶闸管电源的电路图。

**[主电路]** 整流变压器 T1 一次侧接成星形, 采用三相四线电源。每相晶闸管反并联, 再与一次侧绕组串联进行交流调压, 这样可选择小容量的晶闸管, 对低电压大电流的负载特别有利。T1 的二次侧采用带平衡电抗器 L 的双反星形整流电路, 有 12 只硅整流元件, 每两只并联, 由于选择特性相近的元件以及有足够的电流容量储备, 因此未采用均流措施。硅元件选择了散热器是阳极的一种, 因此采用共阳极电路, 这样 12 只元件阳极等电位, 就可固定在同一水箱的壁上采用水冷。指示灯供操作老师傅检查三相晶闸管工作是否对称。当 S1、S2、S3 接通, 三只灯泡亮度应该一样。若某相灯泡较暗或不亮即该相晶闸管工作不正常。

### **[控制电路]**

(1) 触发环节: 采用同步波形为正弦波, 具有阻容正反馈的晶体管触发电路。控制变压器 T2 二次侧接成双反星形供给六组同步电源。

(2) 给定电压环节: 通过桥式电路输出正给定电压和负给定电压 (2CW15 稳定电压为 7~8.5 伏, 所以给定电压大约  $\pm 8$  伏)。

(3) 双稳态过载保护: 用 V1、V2 组成双稳态电路。正常工作时, 按复位



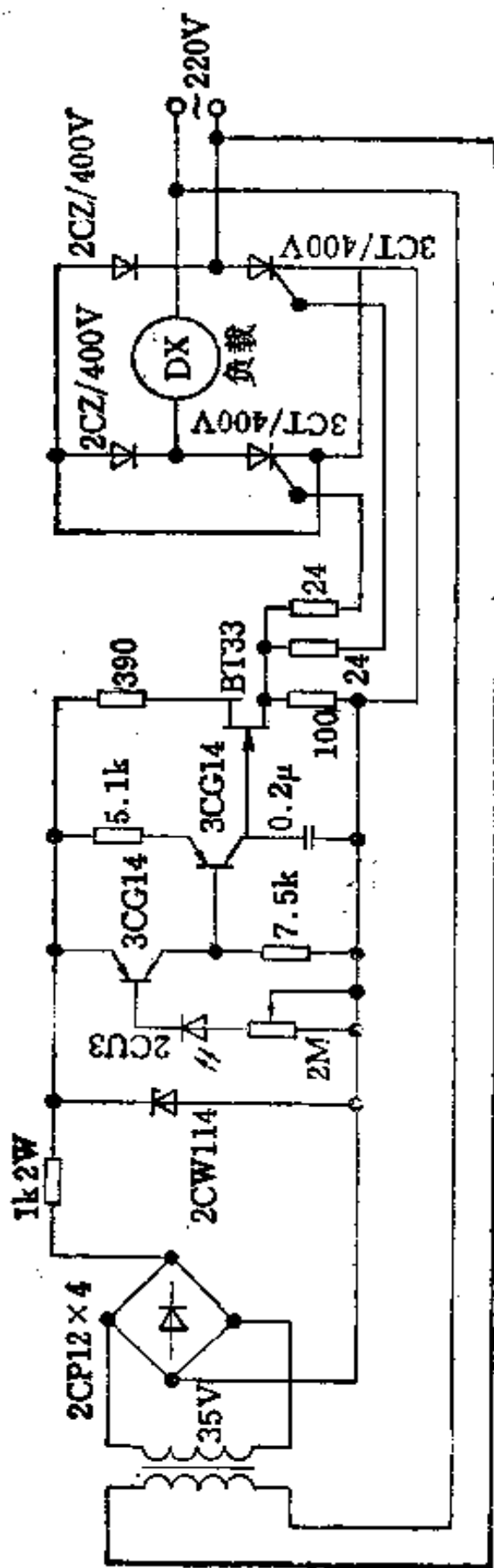


图9-64 灯光自动调节电路

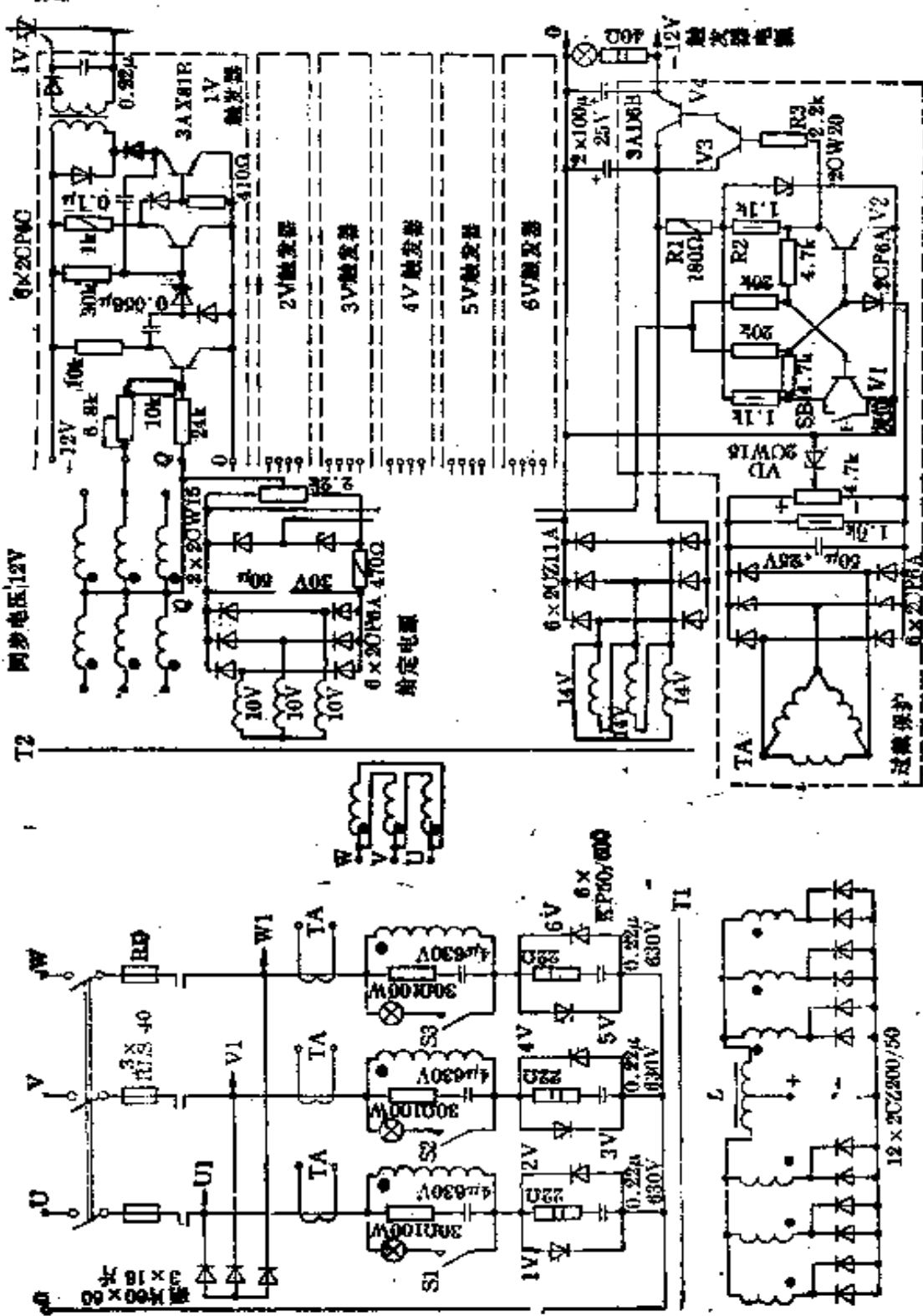


图 9-65 1500 安/7 伏脉冲管电镀电源  
 脉冲变压器铁芯: E 形硅钢片, 截面 13x13 毫米, 一次侧绕组: 500 匝, 线径 0.15 毫米,  
 二次侧绕组: 300 匝, 线径 0.31 毫米; 指示灯: 220 V、15 W

按钮 SB, 相当于 V1 导通, 因此 V2 截止, 反过来促使 V1 真正导通。这是一个稳态。此时 V3、V4 通过 R1、R2、R3 获得偏流而导通。触发器通过 V4 获得电源而输出触发脉冲。

当主电路过载, 在整流变压器 T1 一次侧的三个电流互感器 TA, 二次侧电压就升高, 经三相桥式整流器和电容滤波后, 直流电压也随之升高, 甚至超过稳压管 VD 的稳定电压而导通, 这时输出一个负电压给 V2 基极, 使 V2 导通 V1 就截止, 双稳态电路翻转至另一稳态, V3 基极通过 V2 接至触发器电源正端, 因此 V3、V4 立刻截止, 切断触发器电源, 这样触发器就没有脉冲输出而使晶闸管封闭, 主电路断电, 达到过流保护的目。

**[电路调整]** 先调整触发器, 给定电源等一个个分散环节(参考手册中有关内容进行调整), 使其工作可靠, 再集中力量解决下面几个问题:

(1) 理相: 参看本章应用实例四晶闸管直流电机调速系统有关部分。

以晶闸管 1V 为例, 其两端电压为整流变压器一次侧相电压  $V_{1U1N}$ , 移相范围为  $0 \sim 180^\circ$ 。对该触发电路来讲同步正弦电压  $V_1$  必须比相应晶闸管两端电压超前  $90^\circ$ , 触发器产生脉冲才能从  $180^\circ$  调到  $0$ 。由于整流变压器一次侧是  $Y_0$  连接, 晶闸管两端加的是相电压, 而同步变压器采用  $\Delta/Y$ - $n$  接法,  $V_{2V2N2}$  超前  $V_{1U1V}$   $90^\circ$ 。因此将作为 1V 的同步电压。其他元件同样可得下列相位关系:  $V_{2V2N2} \rightarrow 1V$ 、 $V_{2V2W1} \rightarrow 2V$ 、 $V_{2V2U2} \rightarrow 3V$ 、 $V_{2V2U1} \rightarrow 4V$ 、 $V_{2U2V2} \rightarrow 5V$ 、 $V_{2U2V1} \rightarrow 6V$ 。

(2) 主电路调试: 先用灯泡做假负载, 按图 9-66 连接, 如有条件可以先降低三相电压调试。当正确理相后, 三个灯泡亮度一样, 而且缓慢改变给定电压, 三个灯泡同时连续地变亮或变暗。然后接入整流变压器空载调试, 测量输

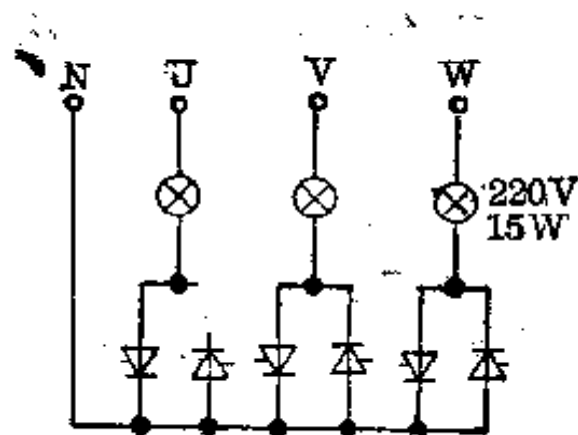


图 9-66 用灯泡作负载的主电路

出交流电压是否缓慢连续可调而且三相平衡。最后投入负载运行进行长期的实践考验。由于一次侧是交流调压,因而一次侧负载电流和电压均为非正弦,在进行电流电压测量时,要用电磁式交流电流表和电压表(或电磁式钳形表),前面已经说过,如用万用表,或整流式的钳形表来测就要产生误差。

## 变配电及低压电路安装

### 10-1 变 配 电

从发电厂至用户,其间要经过各种输电、配电及变电设备,总称为电力供电系统(电网)。在工厂企业里必须要有一个专用地方来接受电力系统送来的电力,并将电力分配到各个用电设备,有时还要降低电压分配,这种过程称为变配电。

#### 一、供电的选择

工矿企业的电源多数来自供电系统地区电力网线。我国目前输电及配电系统,多采用三相交流制,交流电力网的标准电压是 380/220 伏、6~10 千伏。380/220 伏系三相四线制供电,负荷不大、供电电压符合设备电压情况下采用。用电量较大时,为更好地保证其电能质量,减少电能损耗,达到用电的安全、可靠,经济运行,通常采用 6~10 千伏电源。

#### 二、变 配 电 所

配电所和变电所主要区别在于有无变压器,若电源从电网引入不经变压器降压直接供给负荷或仍用同级电压线路输入者称配电所。若电源引入经变压器降压后再供给各用电负荷称变电所。

#### 三、用电负荷等级和供电要求

电力用电负荷根据其重要性和中断供电在政治、经济上所造成的损失或影响的程度,分为三级。

##### 1. 一级负荷

(1) 中断供电将造成人身伤亡。

(2) 中断供电将在经济上造成重大损失。如:重大设备损坏;重大产品报废;重要原料生产的产品大量报废;重点企业的连续生产过程被打乱需要长时间

间才能恢复等。

(9) 中断供电将造成重大政治影响。如：重要铁路枢纽；重要通信枢纽；重要宾馆；经常用于国际活动的公共场所等。

### 2. 二级负荷

(1) 中断供电将在经济上造成较大损失。如：主要设备损坏；大量产品报废；连续生产过程被打乱需较长时间才能恢复；重点企业大量减产等。

(2) 中断供电将影响重要单位的正常工作。如：铁路枢纽；通信枢纽；以及大型影剧院、大型商场等大量人员集中的重要的公共场所秩序混乱等。

3. 三级负荷 不属于一级和二级负荷者。

### 4. 负荷等级供电要求

(1) 一级负荷应保证有两个独立电源供电，其中一个电源的容量应能保证全部一级负荷的需要。如一级负荷不大时，可由邻近工矿企业取得第二个独立电源或自备发电设备。

(2) 二级负荷在条件允许的情况下，应有两个线路供电。有困难时，才允许由一专用线路供电。

(3) 三级负荷则由一个电源供电。

## 四、高压供电示意图

用电量较大的工矿企业，从电力系统引入的三相四线制的 380/220 伏电源，到负荷的供电质量往往不能达到要求，故多直接从 6~10 千伏电网引入电源，建立工矿企业的独立变配电系统，如图 10-1。

电能从 10 千伏电网送到工矿企业变配电所，首先经过跌开式熔断器，再经电缆输送到变压器的一次侧高压隔离开关和负荷开关，由电力变压器降到低压经断路器送到

母线上。为了取得高压电流信号供测量和继电保护用，在变压器一次侧电路

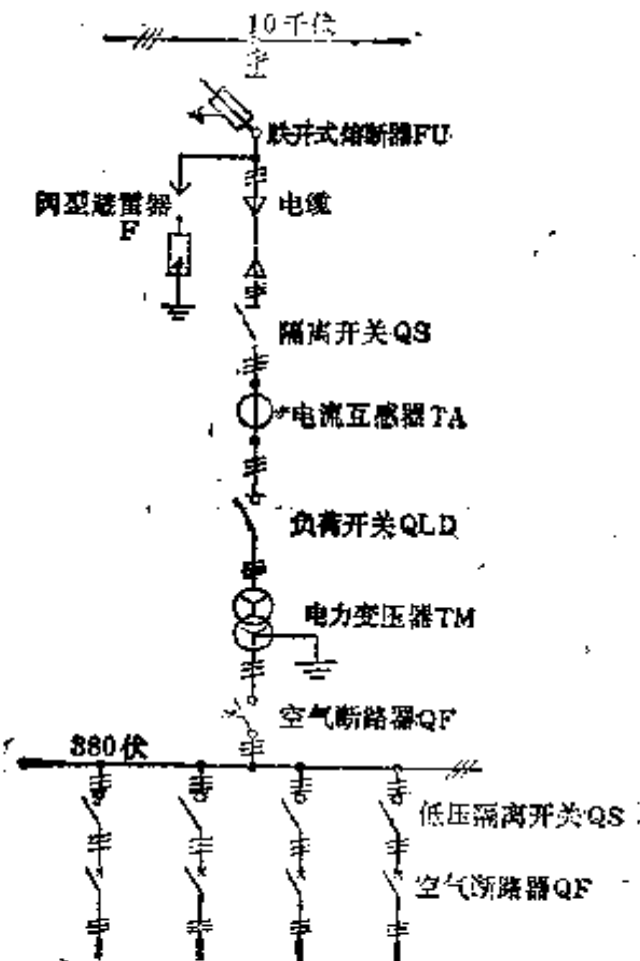


图 10-1 高压供电示意图

中接有电流互感器。为适应各种电气设备的需要,还装设电压互感器。通常在母线二次侧装不同用途的控制和保护装置。另外,为了保证变配电设备在雷雨季节运行安全,通常在高压侧装有阀型避雷器。

根据变配电的基本组成,制造厂制造出各种开关柜。根据变配电所的一次方案,选择各种适当的开关柜固定在预制的基础上或地面上,向其引入操作电源,并连接供电电源。这种配电装置优点很多,目前在工矿企业变电所得得到广泛应用。

## 10-2 变压器安全运行装置

### 一、变压器监视装置

电力变压器是变配电的中心设备,必须配置安全运行保护和监视装置,一旦发生故障能够尽早发现采取措施,减小或免受损失。

1. 瓦斯继电器 瓦斯继电器是变压器的重要保护装置之一,瓦斯继电器装在变压器储油柜及油箱的联管之间,它的底部高于变压器箱盖顶盖高于储油柜的底部。

瓦斯继电器其结构形式较多,如 FJ-22 型浮子式、FJ3-80 型档板式。使用瓦斯继电器的目的,在于对运行中的变压器发生意外因素时,能够及时察觉采取应急措施,避免或减少事故。

当变压器内部发生轻微故障时,产生的气体作用于瓦斯继电器,能迅速发出信号。

当变压器内部发生严重故障时,产生大量气体,造成强烈的油流作用于继电器,使保护变压器的设备立即跳闸。

当变压器漏油,而油面下降时,继电器容器油面随之下降,继电器发出信号。

2. 温度计 变压器投入运行后,由于气候、电压、负荷等变化,使变压器油温升高,直接影响变压器的安全运行。为了监视运行中变压器油温的变化,在变压器顶盖上均设有温度计座,以便安装温度计。额定容量在 1000 千伏安以上的变压器均装信号式温度计(压力温度计),信号式温度计应装于油箱侧壁距滚轮高度约 1.5 米左右。

远距离油温测定器主要部件是热敏电阻(铂铑电阻),它装在金属盒内放

置在油顶层，装在开关柜板面上的量测仪器测得电阻值，通过流比表显示温度，并自动报警和控制动力系统。

## 二、变压器允许运行方式

变压器的允许运行方式，是指按国家标准所规定的条件及《变压器运行规程》所规定的内容和要求而允许的运行方式，如额定运行方式、允许过负荷、机械冷却的变压器的允许运行方式、允许的短路电流和不平衡电流等。在这些条件和要求下，可保证变压器的正常运行，并具有正常的使用寿命。

1. 额定运行方式 变压器在规定的冷却条件下可按铭牌上所规定的有关技术数据运行，如油温限值、变压器冷却介质的额定条件等。

对于空气冷却的变压器，其环境温度（周围气温自然变化值）：最高气温为 $40^{\circ}\text{C}$ ，最高日平均气温为 $30^{\circ}\text{C}$ ，最高年平均气温为 $20^{\circ}\text{C}$ ，最低气温为 $-40^{\circ}\text{C}$ 。

对于水冷变压器，其冷却水温度（自然变化值）：最高冷却水温度为 $30^{\circ}\text{C}$ ，平均水温为 $25^{\circ}\text{C}$ 。

在额定条件下，变压器各部分高于冷却介质温度不得超过下表数值。

表 10-1 变压器各部分的允许温升

变 压 器 的 部 分		温升限值( $^{\circ}\text{C}$ )	测量方法
线 圈	自然油循环	65	电 阻 法
	强迫油循环		
	油导向强迫循环	70	
铁芯及变压器油接触(非导电部份)结构件		80	温度计法
油 顶 层		55	温度计法

当环境气温为最高气温( $40^{\circ}\text{C}$ )时，变压器的顶层油温为 $95^{\circ}\text{C}$ ，为防止变压器油劣化过速，顶层油温不宜经常超过 $85^{\circ}\text{C}$ 。

2. 允许的电压变动 变压器在运行中，由于昼夜负荷的变化，电网电压有一定变动，因而变压器外加一次电压也有一定变动。当加于变压器的一次电压等于或低于变压器高压线圈的额定电压时，不会发生任何影响。若大于额定电压时，则不应超过允许数值。因此，国家标准和运行规程中都规定在额定容量下，电压最大值不超过相应分接电压的5%时可连续运行。



3. 允许的过负荷 变压器的额定容量是指在使用期限内所能不断的输出容量。但变压器在实际运行中,由于负荷是经常变化的,最大最小负荷相差较大,经常过负荷运行。为使过负荷运行不致于降低变压器的正常使用寿命,以及在事故负荷时不致发生危险,就必须了解变压器的负荷能力问题。

所谓变压器的负荷能力,是指在某一相当短的时间内变压器所能输出的最大容量,而在该时间间隔内不应损害其正常使用和增加绝缘自然损坏。过负荷的倍数在过负荷下运行的时间均应保持在一定限度之内。

如果变压器的昼夜运行负荷率小于1,则在高峰负荷期间变压器的允许过负荷倍数和允许的持续时间其曲线如图10-2。

如果事先不知道负荷率,按《变压器运行规程》规定可从表10-2确定过负荷时间。

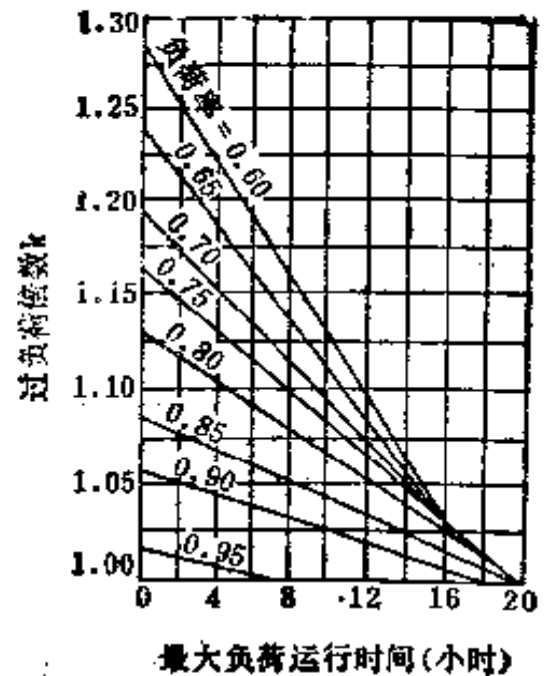


图10-2 变压器在负荷率低于1时允许的过负荷曲线

表10-2 过负荷前不同上层油的温升时允许的过负荷及过负荷持续时间

过负荷倍数	过负荷前上层油的温升为下列数值时的允许过负荷持续时间						
	18°C	24°C	30°C	35°C	42°C	48°C	51°C
1.0	连续运行						
1.05	5小时50分	5小时25分	4小时50分	4小时00分	3小时00分	1小时00分	—
1.10	3小时50分	3小时25分	2小时50分	2小时10分	1小时25分	0小时10分	—
1.15	2小时50分	2小时25分	1小时50分	1小时20分	0小时35分	—	—
1.20	2小时05分	1小时40分	1小时15分	0小时45分	—	—	—
1.25	1小时35分	1小时15分	0小时30分	0小时25分	—	—	—
1.30	1小时10分	0小时50分	0小时20分	—	—	—	—
1.35	0小时55分	0小时35分	0小时15分	—	—	—	—
1.40	0小时40分	0小时25分	—	—	—	—	—
1.45	0小时25分	0小时10分	—	—	—	—	—
1.50	0小时15分	—	—	—	—	—	—

4. 变压器的并联运行 变压器的并联运行为工矿企业提供了许多方便和经济效益,但并联运行时出现的主要问题是怎样保证负荷在变压器并联后的均衡分配。

变压器要实现并联运行时,必须符合下列条件:

(1) 所有变压器的高压侧和低压侧电压必须相等,实际上就是要求变压器的变压比相等,即  $K_1 = K_2 \cdots = K_n$ ;

(2) 所有变压器的短路电压相等,即  $V_{d1} = V_{d2} \cdots = V_{dn}$ ;

(3) 三相变压器并联运行时,它们的线圈组连接组标号必须相同,如都是  $Y/Y_0-12$  或  $Y/\Delta-11$  等,变压器并联运行连接如图 10-3。

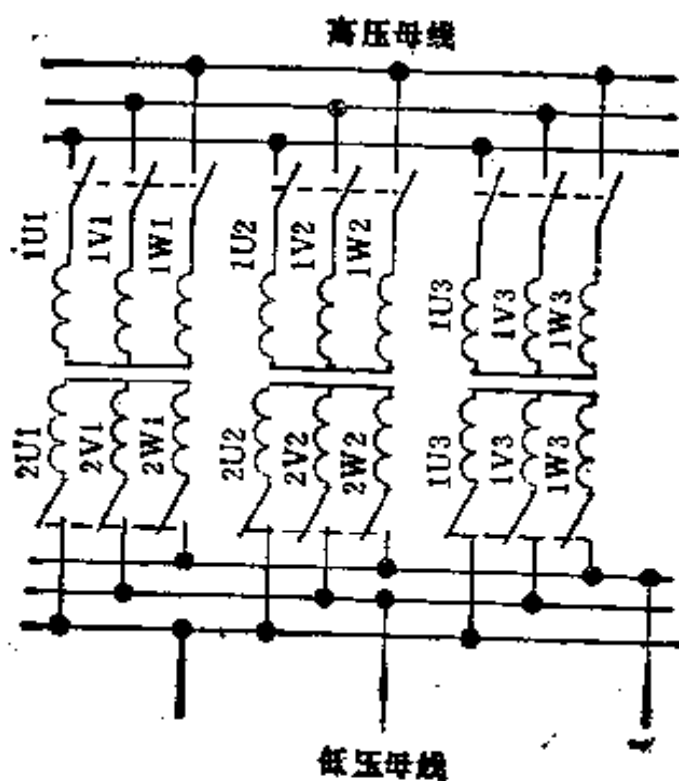


图 10-3 变压器并联运行连接图

### 三、变配电间设备选配

当用户的电力变压器容量确定后,可按表 10-3 选配器材。例如:某用户是一台 560 千伏安电力变压器,从铭牌上知道,当供电电压为 6.6 千伏时,其一次侧电流为 51.3 安,二次侧为 808 安,据此就可以适当选用其他器材。如选用跌开式熔断器 RW-3-6-10-100/60 作线路故障保护,再分别选用 GN<sub>8</sub>-10/200 隔离开关、FN1-10-200 负荷开关,选用 LFC-10-0.5-60/5 电流互感器。

表 10-3 根据变压器容量选配电间器件与导线

名称	电 器 型 号 及 规 格				
	电 器 型 号	电 器 型 号	电 器 型 号	电 器 型 号	电 器 型 号
跌落式熔断器	RW-3-6-10-60/15	RW-3-6-10-60/40	RW-3-6-10-100/60	RW-3-6-10-100/75	RW-3-6-10-200/100
隔离开关	GN8-10/200	GN8-10/200	GN8-10/200	GN8-10/200	GN8-10/200
高压断路器	SN1-10G/200	SN1-10G/200	SN1-10G/200	SN1-10G/200	SN1-10G/200
高压负荷开关	FN1-10/200 附 DS-20/10	FN1-10-200 附 DS-50/40	FN1-10-200 附 DS-100/60	FN1-10-200 附 DS-100/75	FN1-10-200 附 DS-100/100
高压电流互感器	LFC-10-0.5-10/5	LFC-10-0.5-20/5	LFC-10-0.5-60/5	LFC-10-0.5-50/5	LFC-10-0.5-75/5
汇流排 (毫米 <sup>2</sup> )	铜梗相线	10×3	10×3	10×3	10×3
	铝梗相线	12×3	12×3	12×3	12×3
电 缆 (毫米 <sup>2</sup> )	铜	10	10	10	10
	铝	10	10	10	16

(续表)

名称	电 器 型 号 及 规 格							
变 压 器 kVA/V <sub>1</sub> /V <sub>2</sub>	SJ(SJ1)- 100/0.6/0.4	SJ(SJ1)- 150/0.6/0.4	SJ(SJ1)- 320/0.6/0.4	SJ(SJ1)- 560/0.6/0.4	SJ(SJ1)- 750/10/0.4	SJ(SJ1)- 1000/10/0.4		
低 压 汇 流 排 (毫米)	铜	相线	25×3/3	25×3/3	40×4/3	50×6/3	60×8/3	80×8/3
		中线	25×3/1	25×3/1	25×3/1	40×4/1	40×5/1	60×6/1
	铝	相线	25×3/3	40×4/3	50×5/3	60×8/3	80×8/3	100×10/3
		中线	25×3/1	25×3/1	30×4/1	40×5/1	50×6/1	60×6/1
刀 型 开 关	HD3-200/3	HD3-400/3	HD3-600/3	HD3-1000/3	HD3-1500/3	HD3-1500/3		
熔 断 器	RMI-200/200	RMI-350/350	RMI-600/500	RMI-1000/ 1000				
	DZ1-200/3	DW0-400/3	DW0-600/3	DW0-1500/3	DW0-1500/3	DW0-1500/3	DW0-1500/3	
空 气 断 路 器	LQG-0.5- 200/5	LQG-0.5- 400/5	LQG-0.5- 600/5	LQG-0.5- 1000/5	LQG-0.5- 1500/5	LQG-0.5- 1500/5	LQG-0.5- 1500/5	
低 压 电 流 互 感 器								

一次侧电流 51.3 安, 选用 10 毫米圆铜梗三根或 12 毫米的铝圆梗三根作汇流导体。二次侧电流 808 安, 相线选用  $50 \times 6/3$  铜排(其中 3 表示三根), 中性线选用  $40 \times 4/1$  铜排(其中 1 表示一根)。

在母线后面的其他控制开关, 应视容量选择。例如低压总电流是 808 安, 选用 DW0-1500/3 空气断路器作总负荷开关即可。

## 10-3 开关设备和低压母线的安装方式

### 一、隔离开关的操作、安装和维修

1. 隔离开关的操作 隔离开关是用来开断或切换电路的一种开关, 但是因为这种开关没有专门的熄弧装置, 所以它不能切断负荷电流和短路电流。

在操作隔离开关时, 应注意要在电气线路里电流已经切断以后才能打开

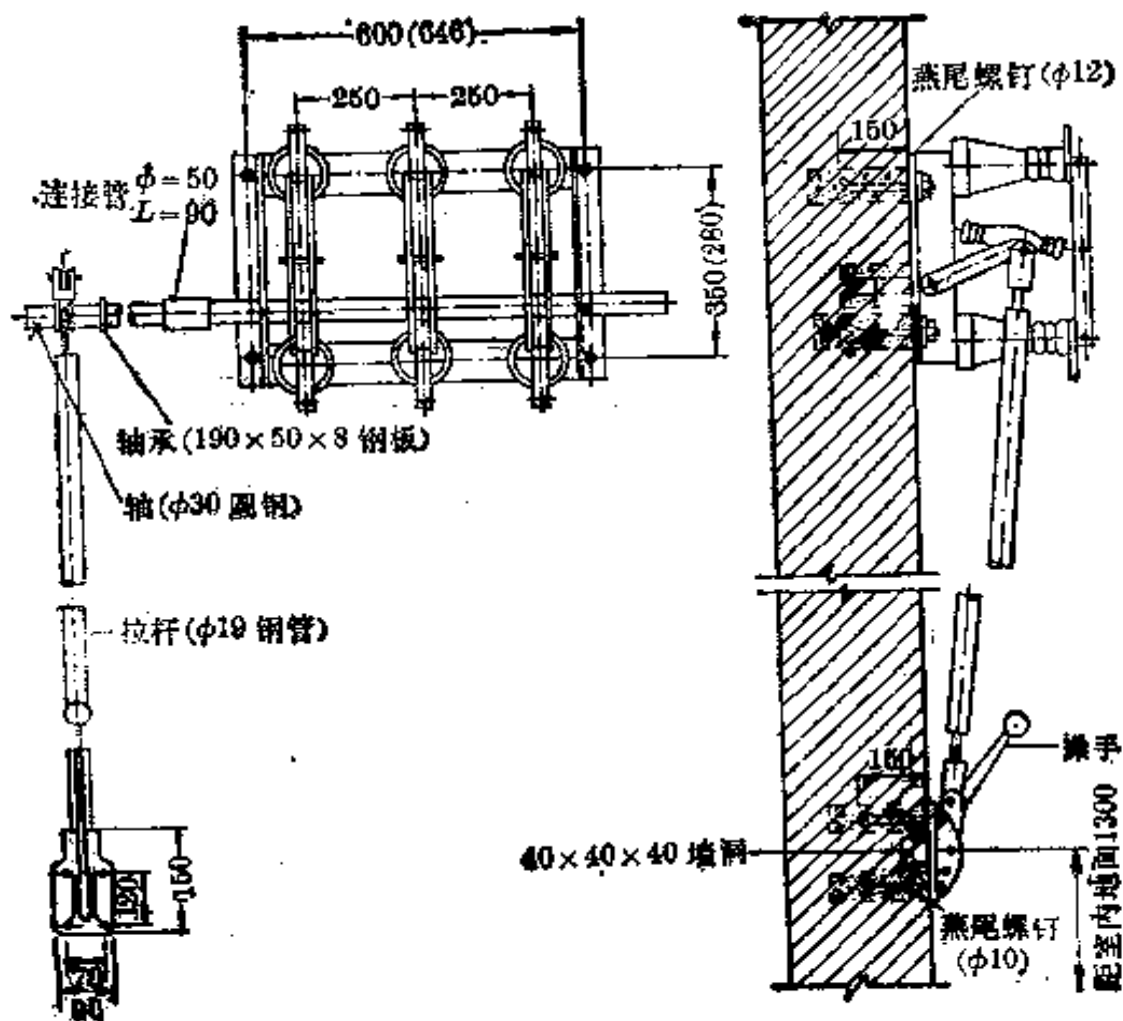


图 10-4 操作手柄在墙上的隔离开关的安装方式

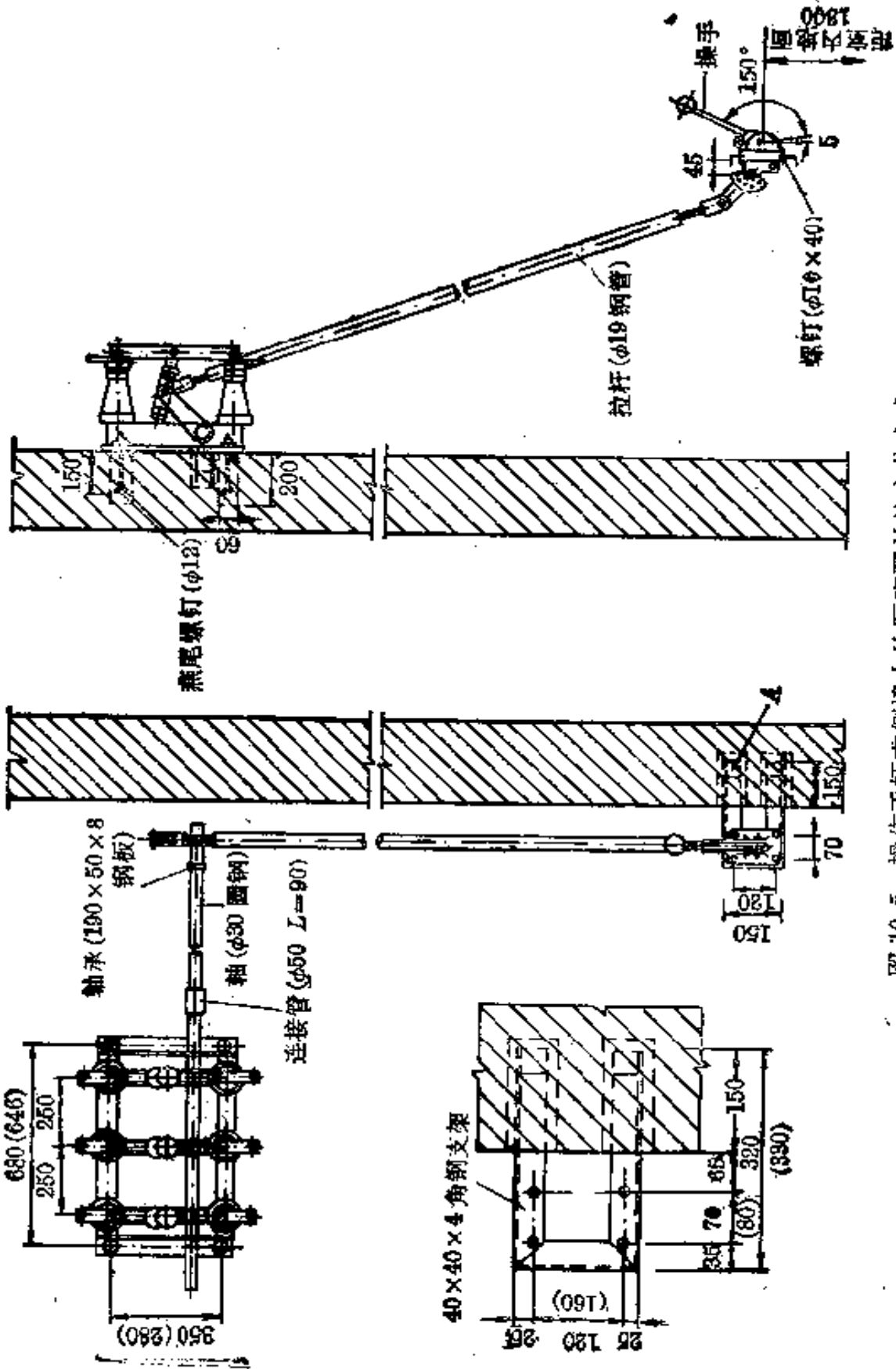


图 10-5 操作手柄在侧墙上的隔离开关的安装方式

## 10-8 开关设备和低压母线的安装方式

隔离开关, 使在隔离开关以后的配电设备不带电。因为电路中往往电流很大, 它不能熄灭强大电弧, 所以必须在相应的开关断开以后, 才可以切断; 相应必须在对应的开关未合闸以前, 先合上隔离开关。

2. 隔离开关的安装 隔离开关的安装主要有两种方式, 如图 10-4 与 10-5 所示。安装时必须注意, 轴延长时需增加轴承, 两个轴承之间距离不大于 1 米, 隔离开关的打开角不应小于  $60^\circ$ 。

3. 隔离开关的维修 隔离开关经过一段时间使用后, 必须进行检查。主要是检查绝缘情况, 接触头是否紧密良好, 刀片有无发热及变色, 同时检查操作传动机构是否良好。如有不良之处, 应修理和调换零件, 最主要的是要保证各极的动触头与静触头要同时断开和合闸。

隔离开关每年应进行 1~2 次定期检修。如线路发生短路故障跳闸, 在跳闸后应进行全面检查, 并加以必要的维修。

隔离开关的全面检修包括下列各项:

(1) 首先要注意消除隔离开关上的电压和电流, 使隔离开关不带电, 然后合上接地闸刀(或挂上临时接地线)。

(2) 检查闸刀机构: 检查接触导电部分时, 如发现氧化斑点或电弧烧损点应予清除。如发现有严重损坏部件要予更换。检查闸刀开距是否符合要求。

(3) 检查三相联动闸刀的同时性, 其同时的闭合误差不应超过 3 毫米。

(4) 检查最小拉出力, 用测力计测量最小拉出力不应小于表 10-4 数值。

表 10-4 隔离开关闸刀的最小拉出力

隔离开关的额定电流 (安)	闸刀拉出时最小拉出力 (牛)
400	100
600	200
1000	400
2000	400
3000	800
4000	800

(5) 检查接触处表面接触情况, 每条线上同时接触不应少于3个点, 用 $0.05 \times 10$ 的塞尺, 塞进去不应超过6毫米。

(6) 检查接触电阻, 用电桥测得接触电阻, 不应超过表10-5数值。

表 10-5 隔离开关接触电阻

隔离开关的额定电流 (安)	接 触 电 阻 (微欧)	
	新的或大修后的	运行中的
600	150~175	200
1000	100~120	150
2000	40~50	60

(7) 检查操动机构及其他传动部份是否灵活可靠, 有无松动现象。检查联动(锁)装置和信号电路是否正常。

(8) 检查和修整后, 做3~5次分合闸操作, 看各部工作是否正常。

(9) 发热和充电试验。断开接地闸刀(或拆除接地线), 将隔离开关投入网络, 各部不应有放电与震动声音。投入运行后不应有烧红(夜间检查)和过热现象。

## 二、负荷开关的安装、操作和维修

1. 负荷开关(空气断路器)的安装方式 负荷开关的安装方式如图10-6~10-8所示。操作手柄可安装在开关的左侧或右侧; 轴延长时需增加轴承, 两个轴承之间距离不大于1米; 开关打开角不应小于 $58^\circ$ 。

2. 负荷开关的操作 负荷开关有切断电流的能力, 在操作时不仅能进行人工手柄操作, 而且还能够达到远距离的控制。在未合闸前, 必须认真检查线路, 排除短路以及其他故障点。手柄操作合闸时, 必须先试推, 无故障才能重合闸。因它有电磁机构, 所以必须在隔离开关合闸后, 方能操作。

3. 负荷开关的维修 负荷开关的维修重点是检查它的触头的运动情况, 若受电弧的影响而损坏要加以修整, 严重的要调换。其次, 熄弧装置也常要检修。此外, 还要检查传动机构是否达到同时分断, 若不能同时分断, 可调整弹簧的压力。



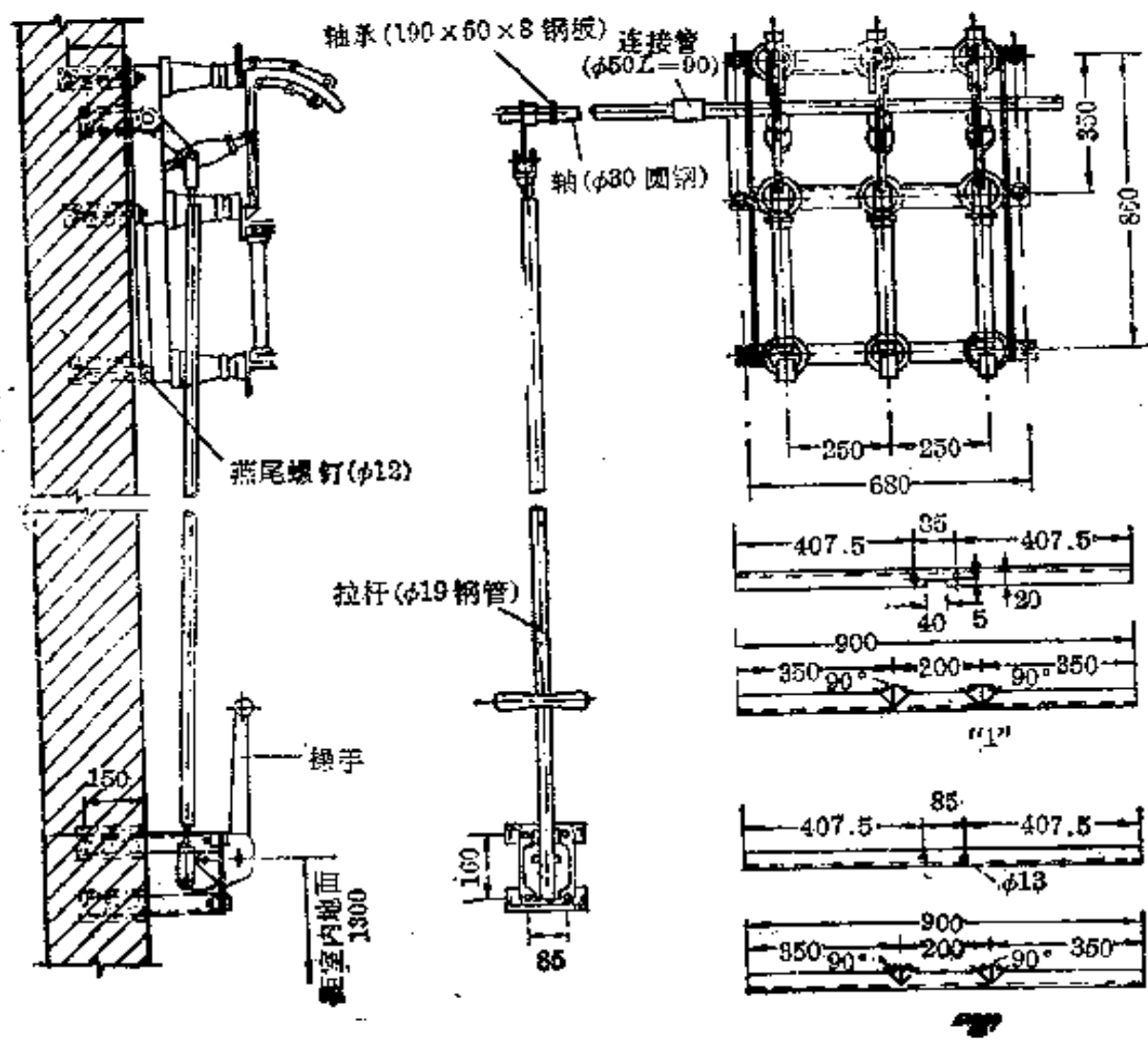


图 10-6 操作手柄在墙上的负荷开关的安装

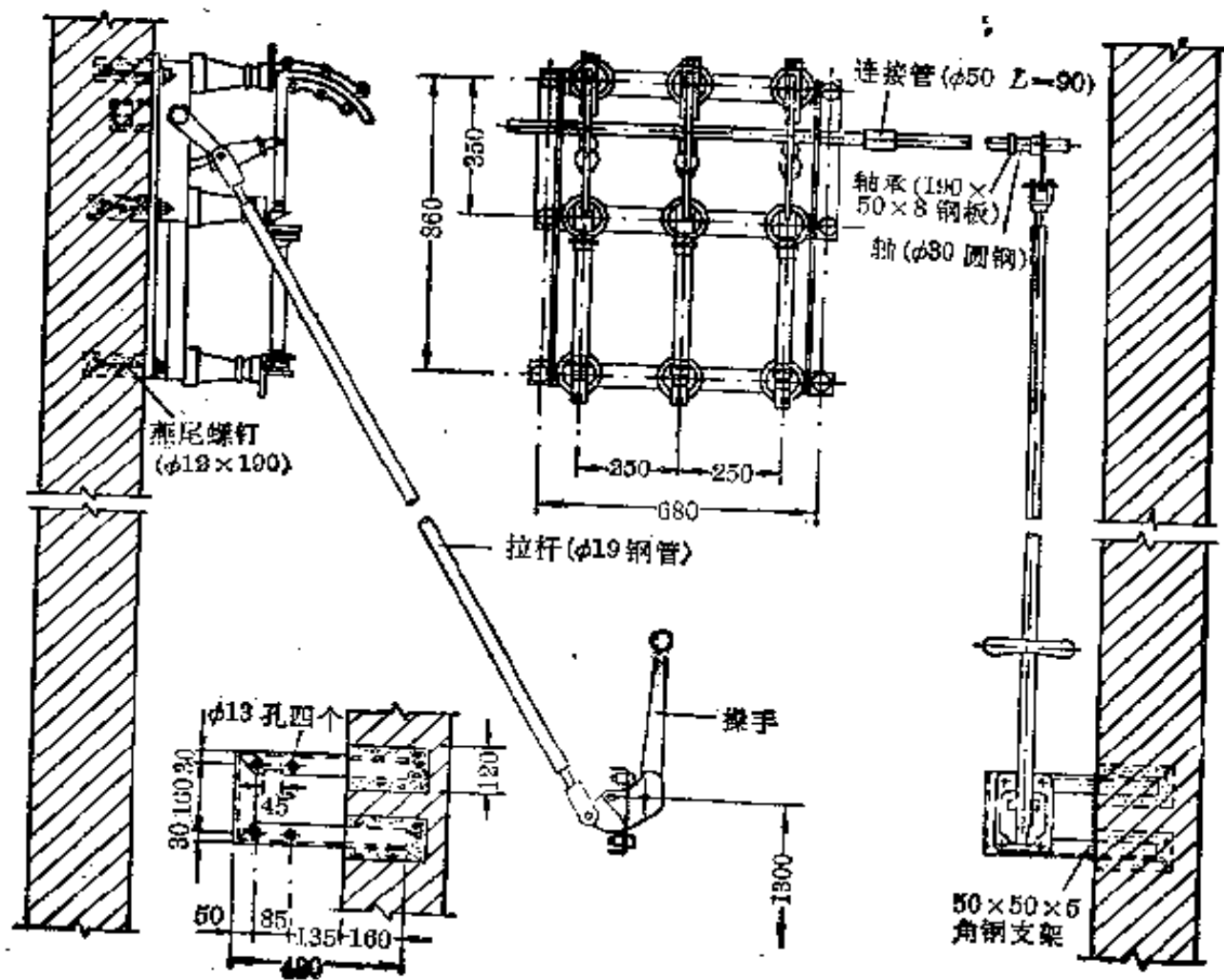


图 10-7 操作手柄在侧墙上

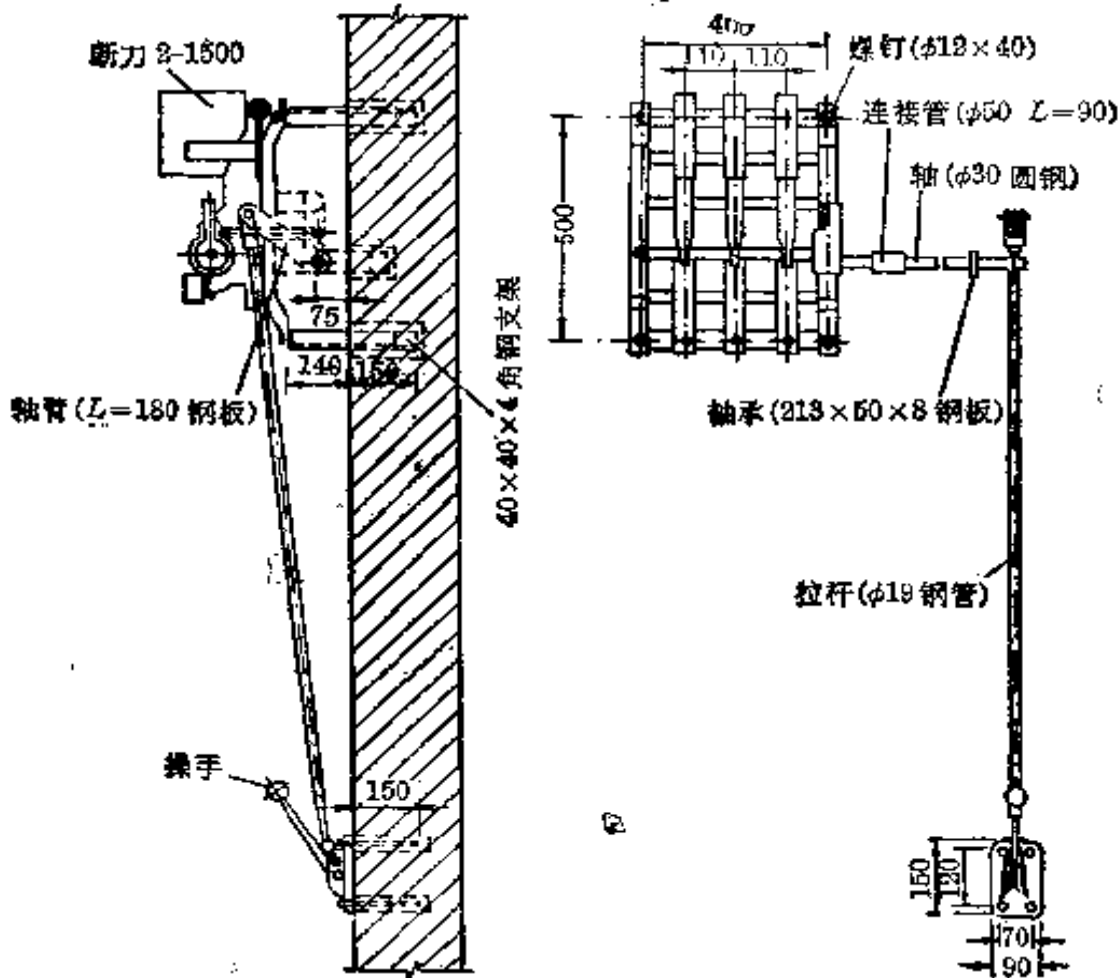


图 10-8 自动空气断路器

### 三、低压母线的安装方式

低压母线也叫汇流排，它长期通过大电流。目前低压母线已广泛使用铝排，因此，在安装中要保证接头的紧密，减少接触电阻（应特别注意铝排与铝排的连接工艺），否则在长期大电流的情况下，低压母线将会发热而损坏。母线的几种安装方式，如图 10-9~10-16 所示。为了和电力系统的相序一致起见，在母线上涂上相应的各种颜色按次序排列（如表 10-6）。

表 10-6 低压母线的相序

相 序	需涂颜色	涂漆长度	相 序 排 列	
			自上至下	自左至右
U V W N	黄 绿 红 紫(棕)	沿全长 沿全长 沿全长 沿全长	上 中 下 最下层	左 中 右 最外面

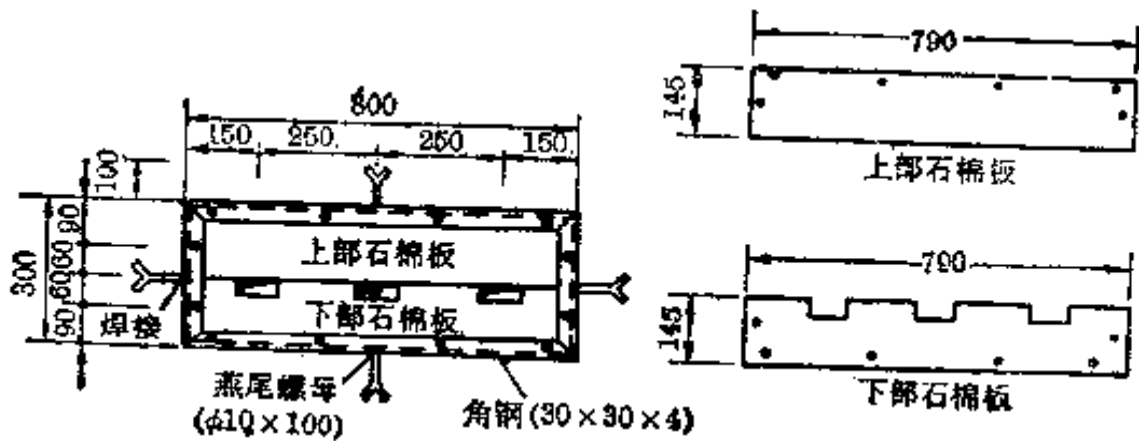


图 10-9 低压母线过墙隔板一例  
隔板留洞应视母线规格每边留 10 毫米空隙

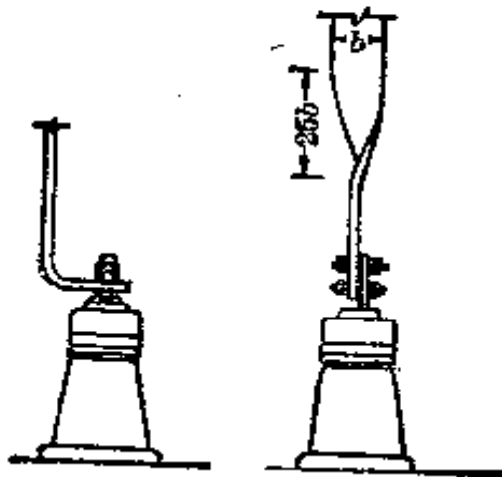


图 10-10 母线与端子连接

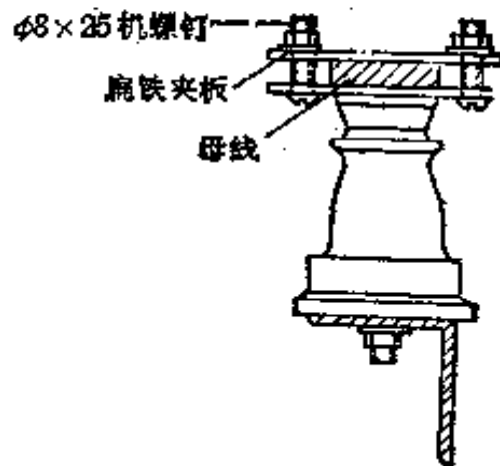


图 10-11 扁铁夹板安装

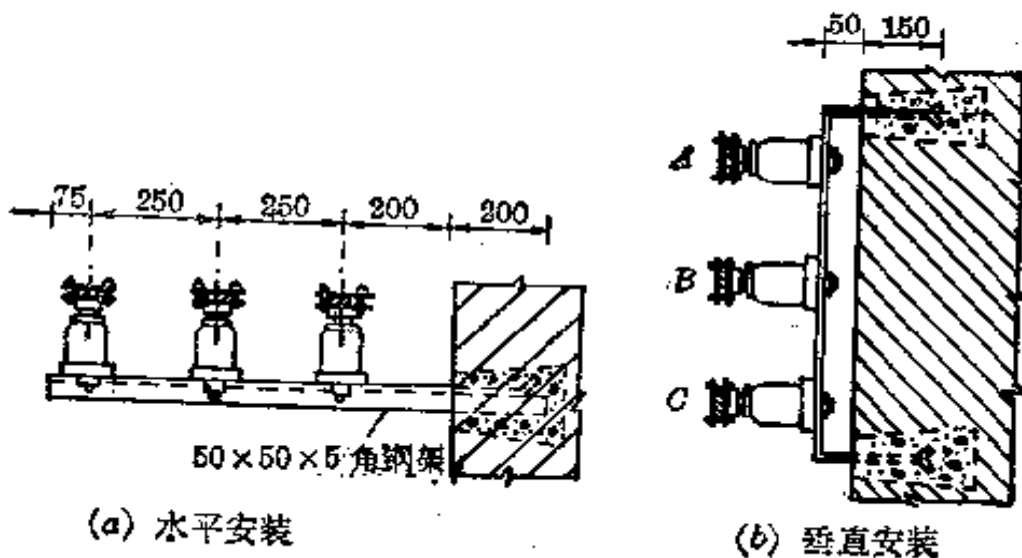


图 10-18 绝缘子安装

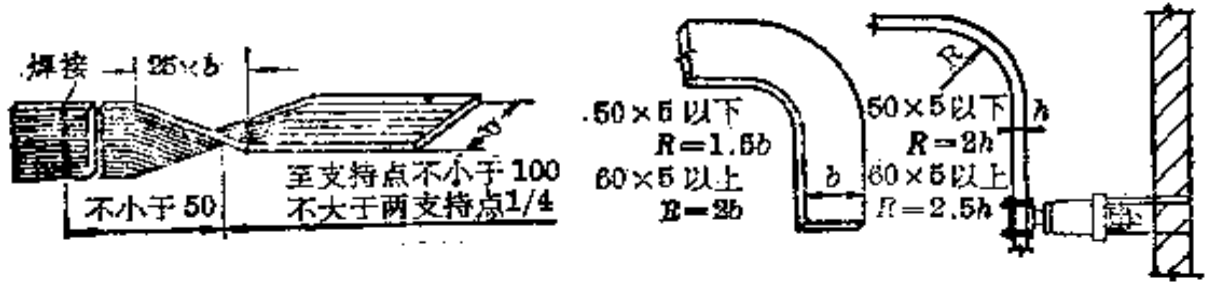


图 10-13 带型母线的弯曲

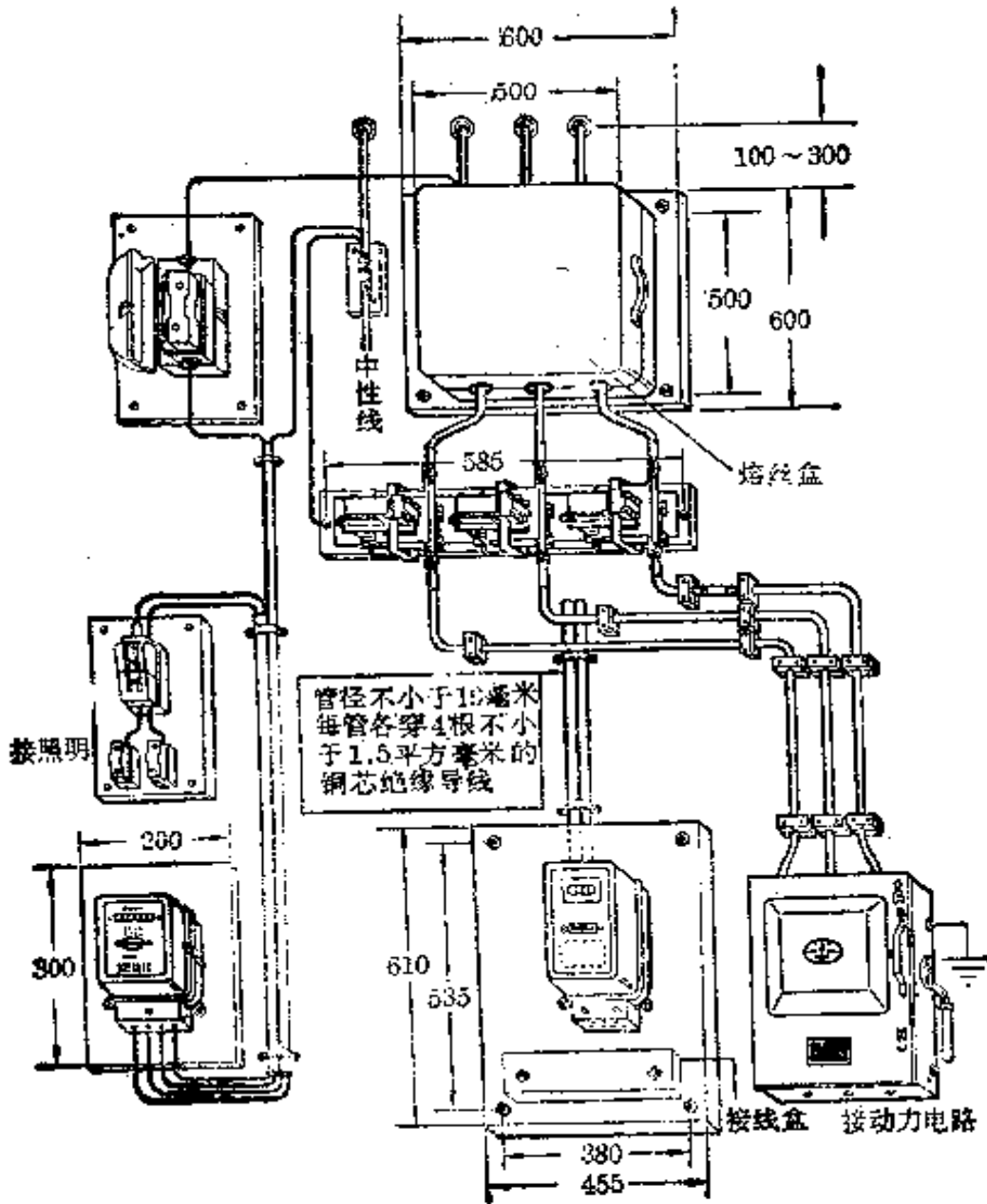


图 10-14 低压供电装置

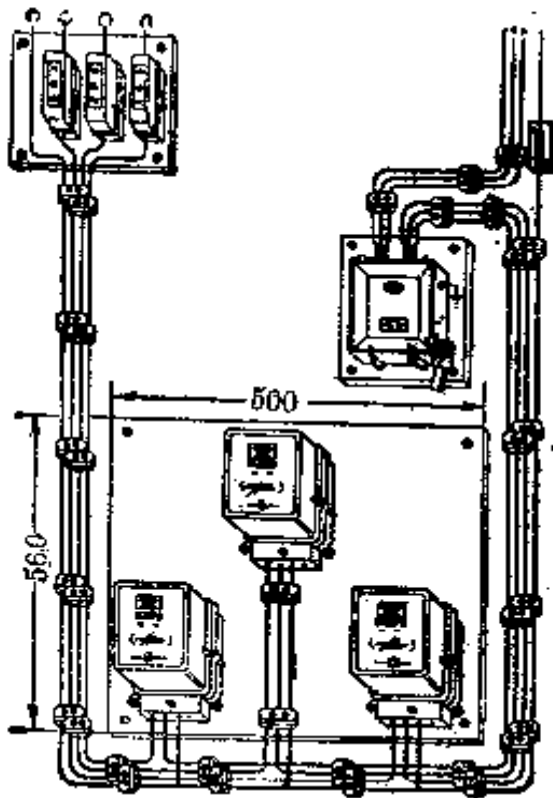


图 10-15 三只单相电度表  
“品”字型装置

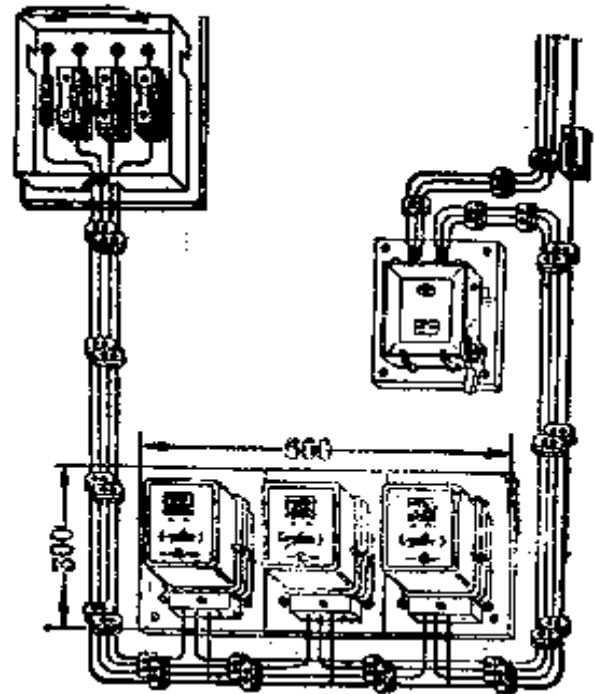


图 10-16 三只单相电度表  
“钩”字型装置

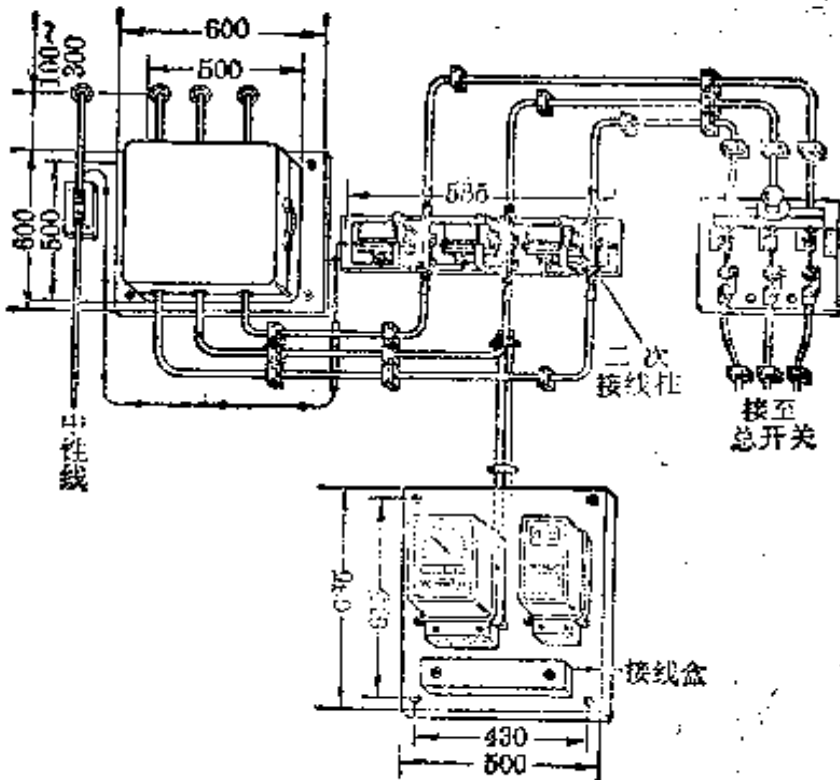


图 10-17 有功及无功电度表装置

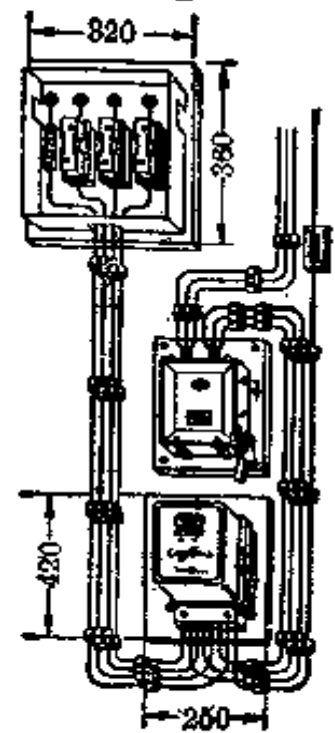


图 10-18 三相四线电度表装置

## 10-4 低压供电装置

经供电部门认定作低压供电的用户，要安装低压配电装置时，可按图 10-14~10-18 根据容量和实际情况选择安装方式（图中尺寸单位均为毫米）。

## 10-5 继电保护

### 一、继电保护的功能和基本要求

电气设备在运行中可能由于内部绝缘老化、损坏，或外界如雷电、外力破坏等原因引起故障（如过载、单相接地、短路等），如不及时消除故障，或限制故障范围，将会造成事故。继电保护的功能是自动地切断电源或发出信号，以保护电路系统。

对继电保护的基本要求是：

1. 选择性 系统发生故障时，保护装置应有选择地切除故障部分，而非故障部分仍能继续运行，不允许越级跳闸。继电保护的选择性可用下面方法来实现。

(1) 时间配合：即前后级继电保护动作要有 0.5 秒以上相差。

(2) 整定值配合：前后级继电保护整定值应基本上符合。

电流

$$I_{dz_1} = K_T \frac{I_{dz_2}}{k_f}$$

式中： $K_T$ ——可靠系数，考虑继电误差和短路电流的计算误差，取值 1.1~1.15； $k_f$ ——最小分支系数，等于总的短路电流/通过本保护电路的短路电流； $I_{dz_1}$ ——前级开关动作电流； $I_{dz_2}$ ——后级开关动作电流。

电压

$$V_{dz_1} = \frac{\sqrt{3} I_{dz_2} Z_{\sigma} + V_{dz_2}}{k_v}$$

式中： $K_v$ ——可靠系数，取值 1.2~1.3； $V_{dz_1}$ ——前级开关动作电压； $V_{dz_2}$ ——后级开关动作电压； $I_{dz_2}$ ——后级开关动作电流； $Z_{\sigma}$ ——前后级开关间阻抗。

2. 快速性 短路时快速消除故障，可以缩小故障范围，减少短路电流引起的损坏，提高系统的稳定性。因此要求在可能的条件下，继电保护装置应力

求快速动作。目前油开关跳闸时间约0.15~0.1秒,空气开关跳闸时间约0.05~0.08秒。

3. 灵敏性 继电保护装置对被保护设备可能发生的故障和不正常运行方式,能够很灵敏地感受与动作。继电保护装置的灵敏性以灵敏系数 $K_t$ 来衡量。

$$K_t = \frac{I_{ab}}{I_{dz}}$$

式中:  $I_{ab}$ ——保护范围运行方式最小二相短路电流;  $I_{dz}$ ——继电保护装置动作电流。一般的电流保护装置,要求 $K_t=1.2\sim 1.5$ ;反时限电流保护,则要求 $K_t$ 为1.5以上。

4. 可靠性 对各种故障和不正常运行方式应保证可靠工作,即不误动作,也不拒绝动作。为了保证继电保护装置能有足够的可靠性,应注意:

- (1) 选用的继电器质量要好,结构简单,工作可靠;
- (2) 设计接线时,力求简化,使用继电器和继电器接点最少;
- (3) 正确使用继电器整定值,整定值的可靠性以可靠系数 $K_k$ 来表示:

$$K_k = I_{dz} / I_{FN}$$

式中:  $I_{dz}$ ——继电保护装置动作电流,  $I_{FN}$ ——最大负荷电流。一般可靠系数取1.2~1.5,常取1.3。

## 二、继电保护的基本原理

由于供电方式和对继电保护要求不同,继电保护通常有纵联差动保护、电流速断保护、瓦斯保护、过电流保护和过负荷保护等类型。对6~10千伏设备的继电保护,一般都采用过电流保护类型。继电保护装置安装在开关柜的面板上,所保护的有电力变压器、高压电动机、高压电容器和架空线电缆等。现以过电流保护为例,介绍继电保护的基本原理。通常把电流互感器一次侧绕组

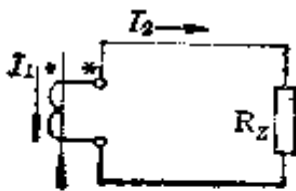


图 10-19 电流互感器的极性

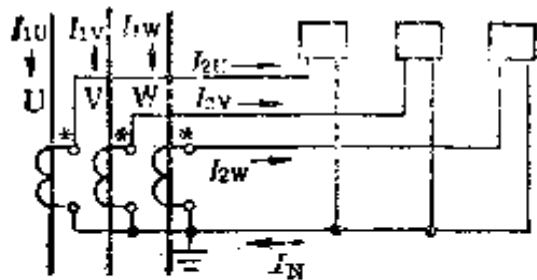


图 10-20 三相星形连接方式



电流流入的一端与二次侧绕组电流流出的一端称为同一极性,以“\*”标记(图 10-19),即一次电流  $I_1$  与二次电流  $I_2$  相位相同。

1. 三相星形连接方式 由三只互感器与三只继电器对应连接起来(图 10-20),这样不论发生何种故障,流过继电器线圈中的电流  $I_{2U}$ 、 $I_{2V}$ 、 $I_{2W}$  总是与一次侧电流  $I_{1U}$ 、 $I_{1V}$ 、 $I_{1W}$  成比例(即电流互感器的变比),接线系数等于 1。

三相星形连接方式对各种故障,如三相或二相短路、单相接地短路都能动作,起到保护的作用。

2. 不完全星形连接方式 不完全星形连接方式(图 10-21)是由两只电流互感器与两只继电器在 U、W 两相上对应地连接起来。它与三相星形连接方式的差别是 V 相少一只电流互感器和一只继电器。如相间(UV、UW 或 VW)

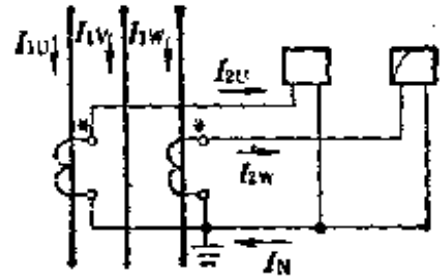
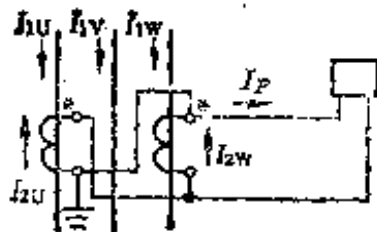


图 10-21 不完全星形连接方式

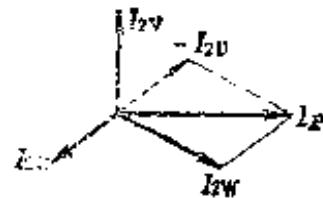
短路时,两只继电器都能动作;当 V 相对地短路时,U、W 相继路中没有短路电流,所以不起保护作用。但因为它比三相星形连接方式设备少,而且 6~10 千伏中性点不接地系统中单相接地不立即跳闸可允许运行两小时,因此该接线方式在 6~10 千伏中性点不接地系统的过电流保护装置中得到广泛应用。

3. 两相电流差连接方式 两相电流差连接方式(图 10-23)是由两只互感器和一只继电器组成。工作正常时,通过继电器电流  $I_P = I_{2W} - I_{2U} = \sqrt{3} I_{2UV}$ ,即流经继电器的电流是 W 相电流和 U 相电流的矢量差,其数值是电流互感器二次侧电流的  $\sqrt{3}$  倍。当相间短路时,流经继电器的电流只有正常工作时  $1/\sqrt{3}$  倍,使其动作。

4. Z 形连接方式 Z 形连接方式(图 10-23)由三只电流互感器和二只继电器组成。它比三相星形连接方式少一只继电器,但接线较复杂。通过继



(a) 连接方式



(b) 矢量图

图 10-22 两相电流差连接方式

电器的电流,按短路类型和短路相的组合而定,它对各种故障均能反应,都能起保护作用。

5. 二相过流一相漏地连接方式 两相过流一相漏地连接方式(图10-24)是由三只电流互感器和三只继电器组成。这种连接方式与三相星形连接方式的不同处是有一只继电器不是接在V相上而是接在星形的中性线上,相间短路保护与不完全星形连接方式一样,而接在中性线上的继电器反映零序电流 $I_0$ 作为单相接地保护。

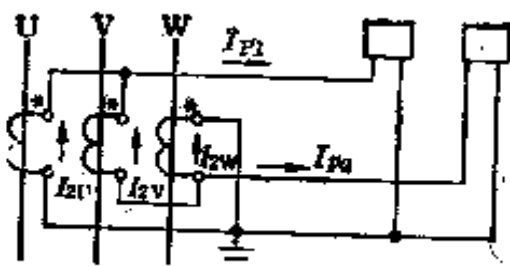


图10-23 Z形连接方式

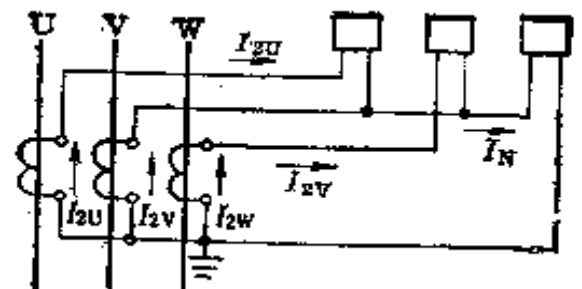
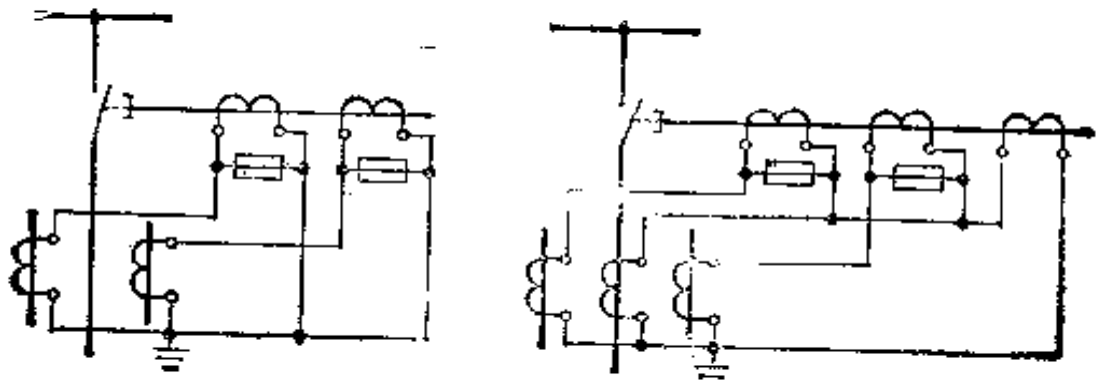


图10-24 两相过流一相漏地连接方式

6. 采用旁路熔丝的过电流保护 采用旁路熔丝的过电流保护如图10-25。在正常情况下,旁路熔丝将操作机构的脱扣器短路,电流不流入脱扣器线圈。当发生短路故障时,电流增大,使旁路熔丝烧断,短路电流均流入脱扣器线圈,而使脱扣器动作,开关跳闸。采用旁路熔丝作保护装置时,熔丝的规格、变压器容量、电流互感器的选择如表10-7所示,熔丝的性能如表10-8所示。对熔丝也可作如下计算来选择。



(a) 中性点接地

(b) 中性点接地

图10-25 采用旁路熔丝的保护

表 10-7 电压等级、变压器容量、电流互感器与熔丝的关系

电 压 (千伏)	变压器容量 (千伏安)	电流互感器匝比	旁路熔丝标值 (安)
6.6	125 以下	30/5	6
	150~250	50/5	6
	300~350	75/5	6
	400~450	100/5	6
	500~640	100/5	6
	640~1000	150/5	7

表 10-8 旁路熔丝的性能

熔丝 直径 (毫米)	定 值 (安)	允许负载		二倍熔断电流 的熔断时间		熔断电流 (安)			不熔断电流 (安)		
		稳定	瞬吋	电 流 (安)	时 间 (秒)	平均	最大	最小	平均	最大	最小
0.61	6	3.6	3.9	12	2.7±0.2	6	6.6	5.4	5.7	6.25	5.15
0.813	8.5	5.1	5.52	18.7	2.9±0.2	9.35	10.2	8.5	8.88	9.7	8.09
0.915	10	6	6.2	22.0	3.1±0.2	11	12	10	10.45	11.4	9.5

若变压器容量较小,可采用旁路熔丝

$$\text{熔丝额定电流} \geq \frac{KI_0}{60\% K_b}$$

式中:  $K$ ——可靠系数,一般取 1.2~1.5;  $I_0$ ——变压器额定电流;  $K_b$ ——电流互感器匝比系数。

若变压器采用继电保护,则

$$I_{sa} \geq \frac{KK_1K_2}{K_bK_3} I_0$$

式中:  $K_1$ ——接线系数,它随电流互感器的不同接法而定,星形接法  $K_1=1$ ,三角形接法  $K_1=\sqrt{3}$ ;  $K_2$ ——自起动系数,一般取 1.3~1.5;  $K_3$ ——返回系数,一般取 0.8~0.85;  $K_b$ ——电流互感器匝比;  $I_{sa}$ ——镇定电流;  $I_0$ ——变压器额定电流。

必须注意,在使用感应式继电器时,有动作时间定值和起动电流两项。调

整启动电流,可以用特殊的插销来改变线圈匝数,在插口旁边直接注有启动电流的数值(用百分数表示时,100%=5安)。在运行中,插销不能随便拔出,必须先将一只备用的插销插进新的定值,然后才能将原插销拔出,以保证电流互感器二次侧不致开路。动作时间用时间杠来调整,有些继电器在时间杠上标有数字刻度,以便于识别。其次为保证继电保护的可靠性,不允许串接其他测量仪表。

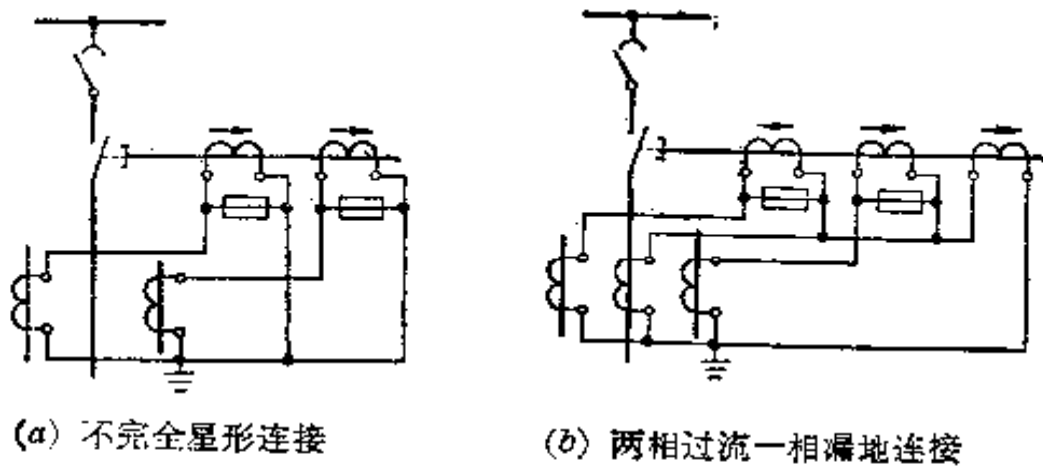


图 10-26 旁路熔丝过电流保护

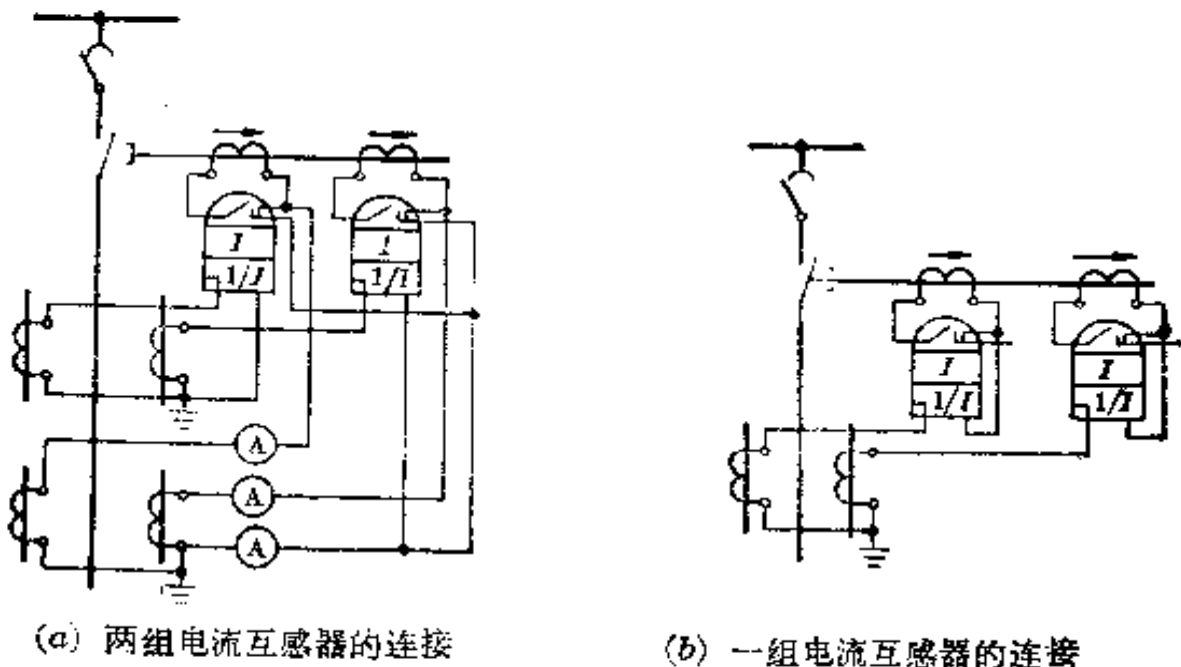
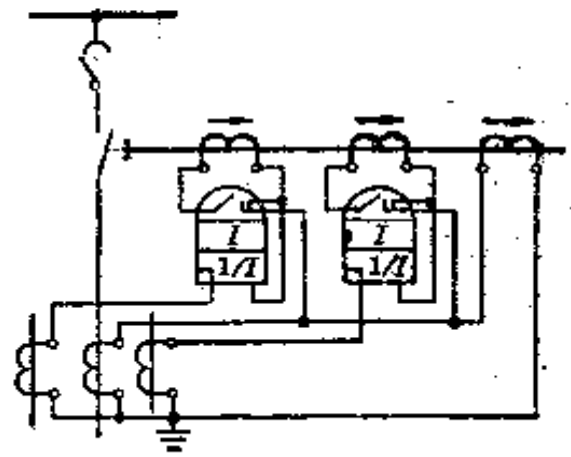
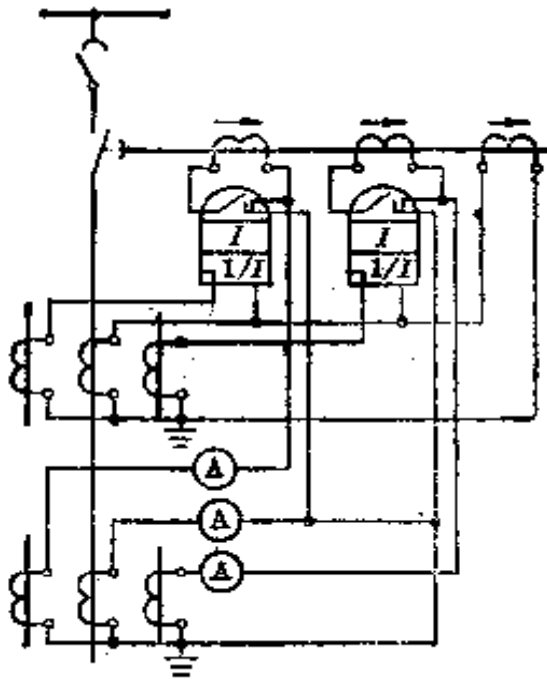


图 10-27 不完全星形带常闭反时限过电流保护

### 三、常用继电保护的连接方式

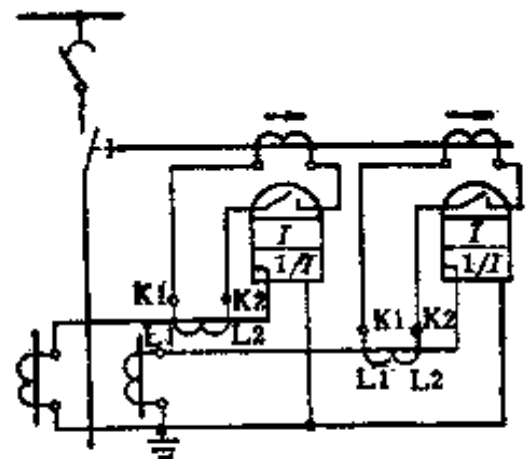
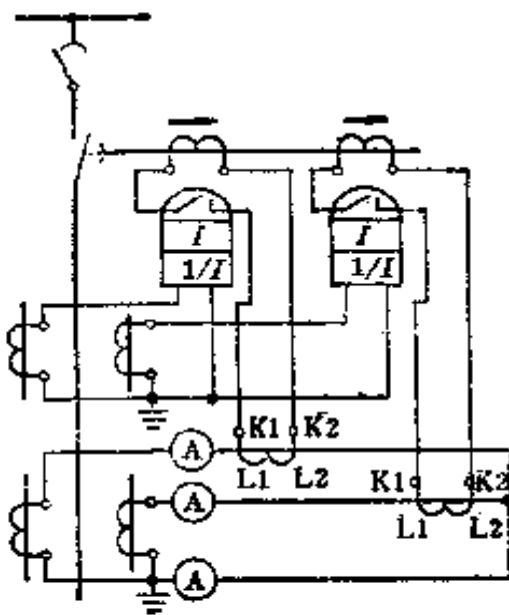
常用继电保护的连接方式如图 10-26~10-30 所示,供使用时选择。



(a) 两组电流互感器的连接

(b) 一组电流互感器的连接

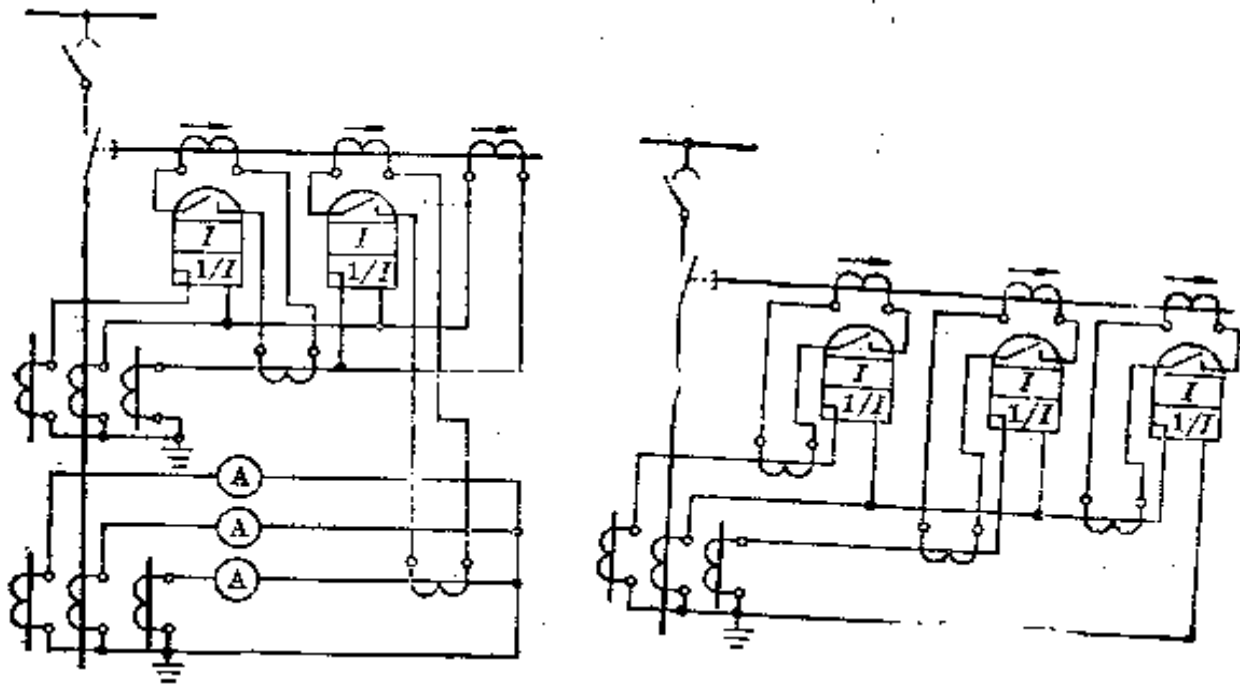
图 10-28 两相过流一相漏地常闭反时限过电流保护



(a) 两组互感器的连接

(b) 一组互感器的连接

图 10-29 不完全星形带速饱和变流器的反时限过电流保护



(a) 两组互感器的连接

(b) 一组互感器的连接

图 10-30 两相过流一相漏地带有速饱和交流器的反时限过电流保护

## 10-6 电气测量仪表的连接

电气设备主要测量的是电流、电压和功率(电能),测量仪表的电压线圈必须与线路并联,电流线圈必须串联在线路上。

如果使用互感器连接测量仪表时,还必须注意以下几点:

(1) 所有并入电路的电压线圈,其额定电流不能超过电压互感器的负载电流,否则因过载而损坏测量仪表。

(2) 所有串入电路的电流线圈,其总阻值不能超过电流互感器二次侧所允许的电阻值,否则会使互感器损坏或影响准确度。

(3) 电压互感器的二次侧不允许短接,电流互感器的二次侧不能开路,而且二次侧及铁芯都须可靠接地。

(4) 所有连接二次电路中的连接线,必须用多股绝缘线,其截面不应小于1.5平方毫米。

各种测量仪表的接线方法如图 10-31~10-35。

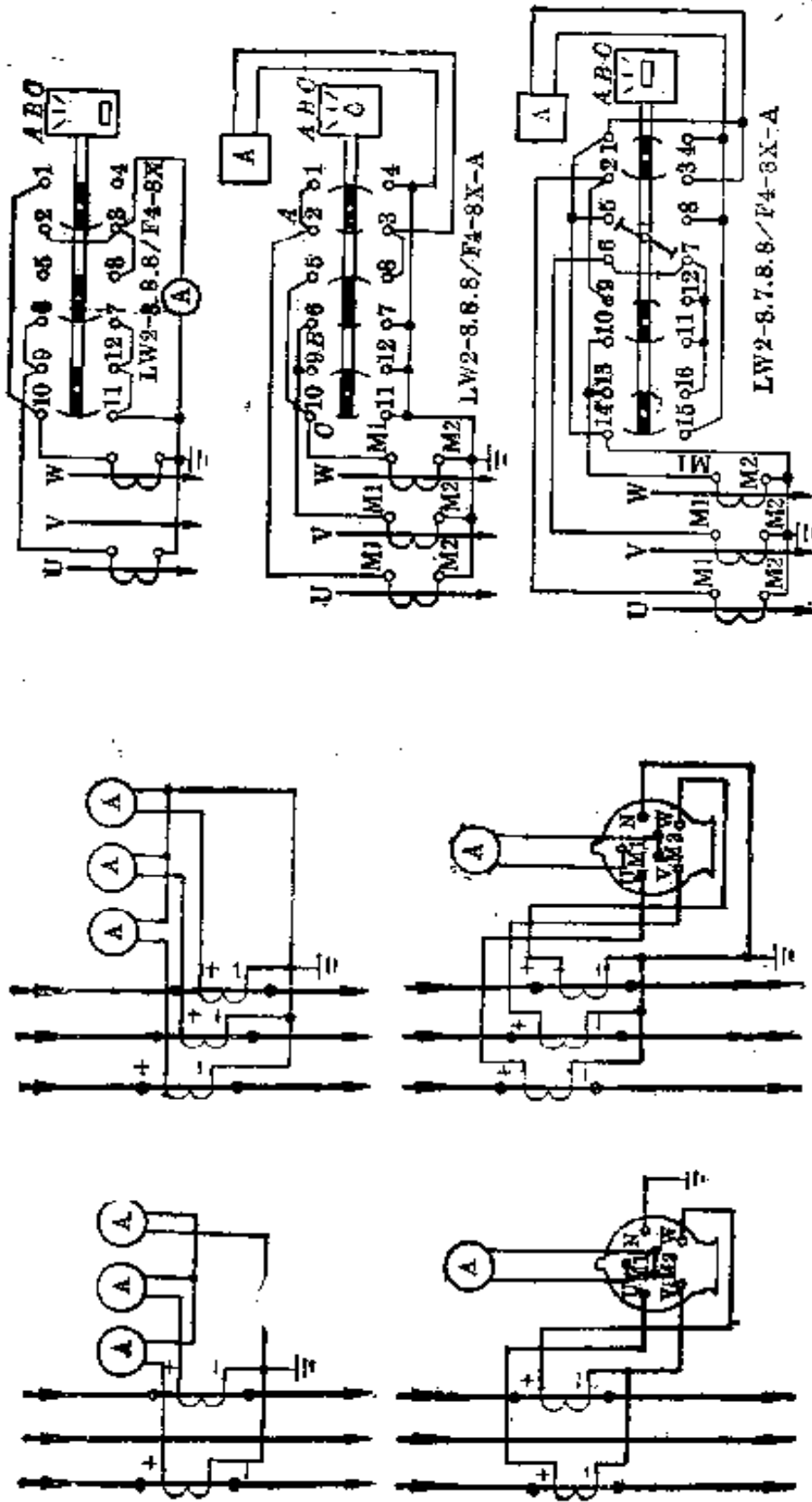


图 10-31(a) 电流测量的各种连接(一)

图 10-31(b) 电流测量的各种连接(二)

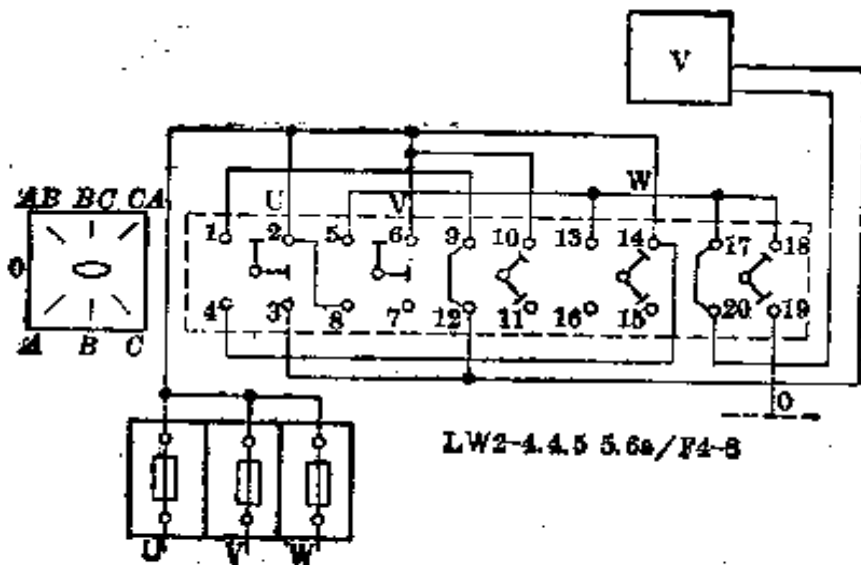
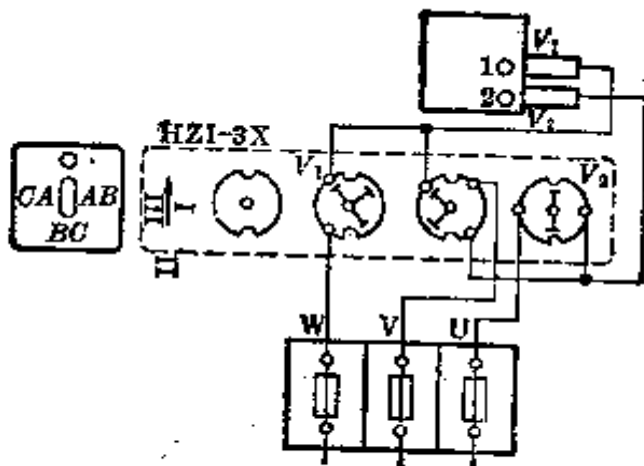
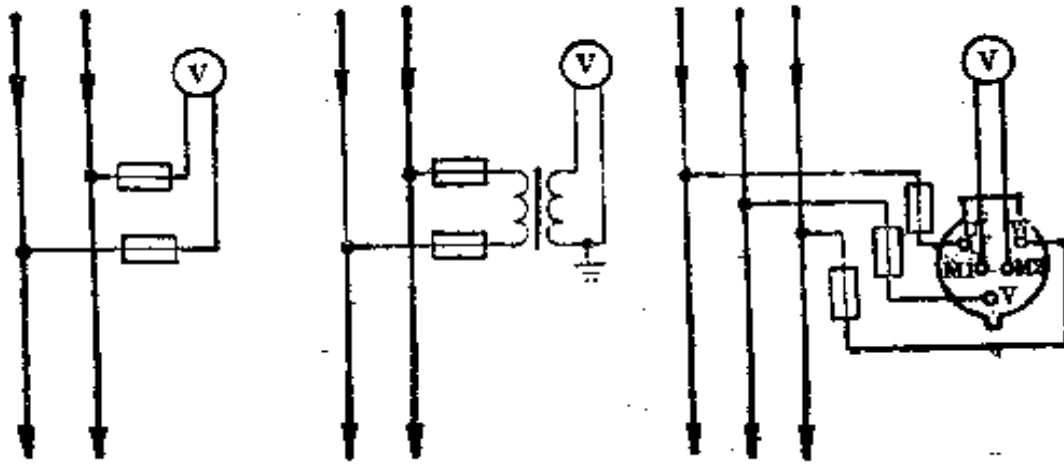


图 10-32 电压测量的各种连接



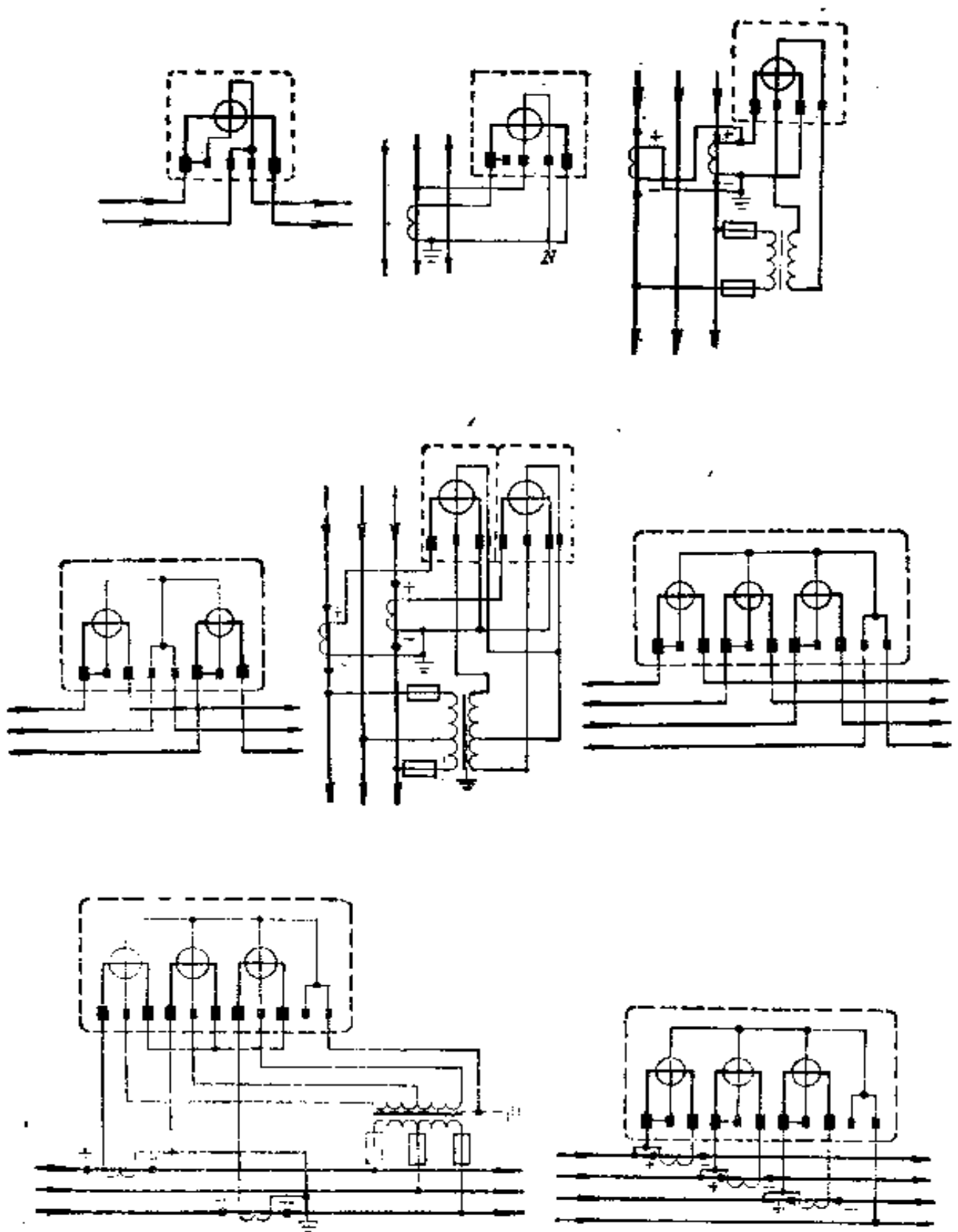


图 10-33 有功功率表的各种连接

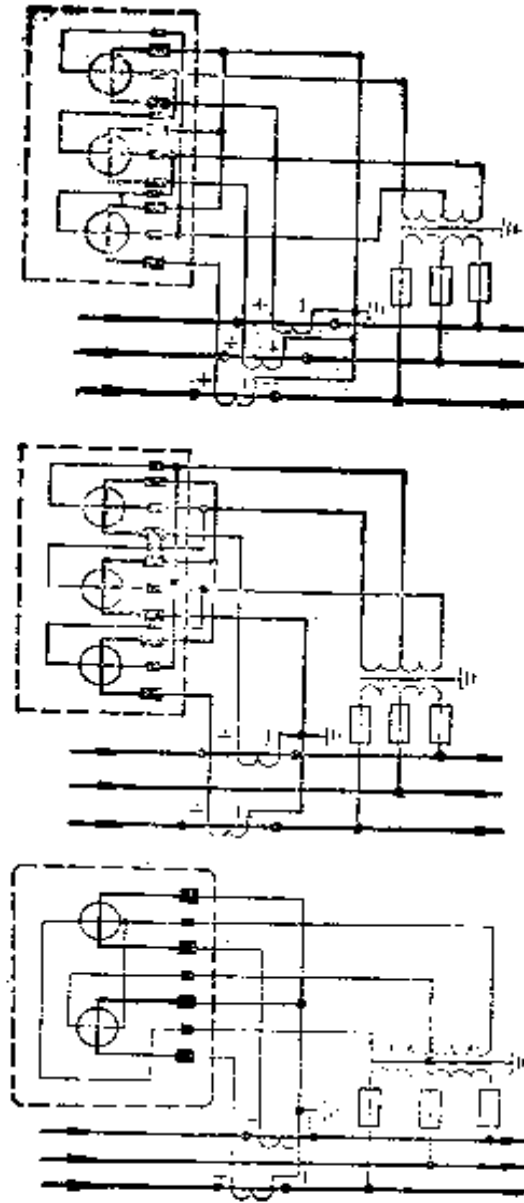
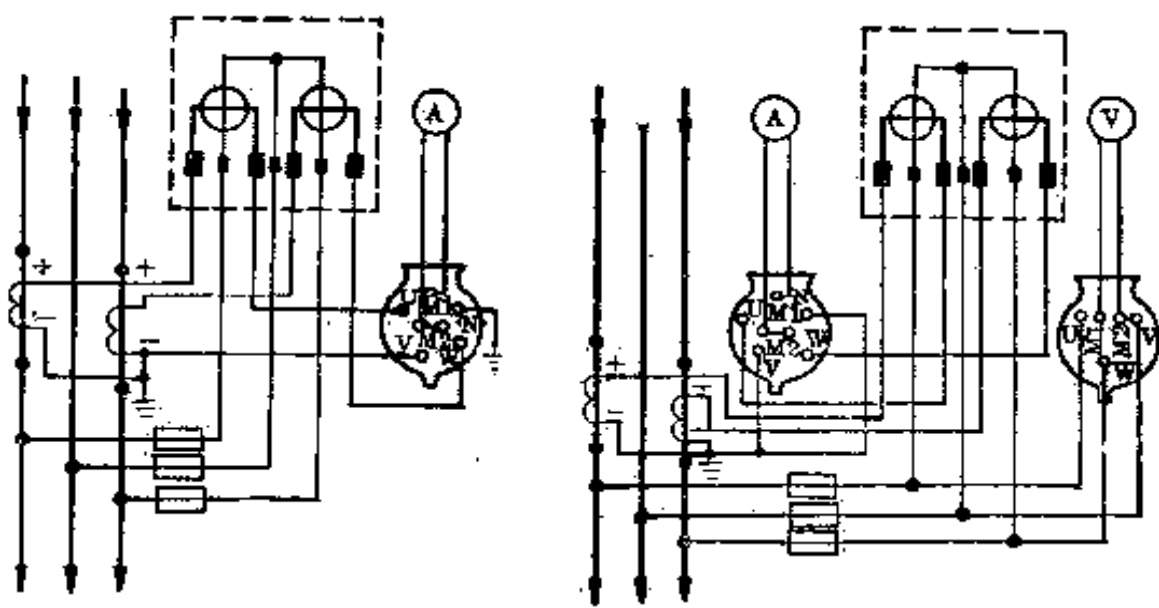
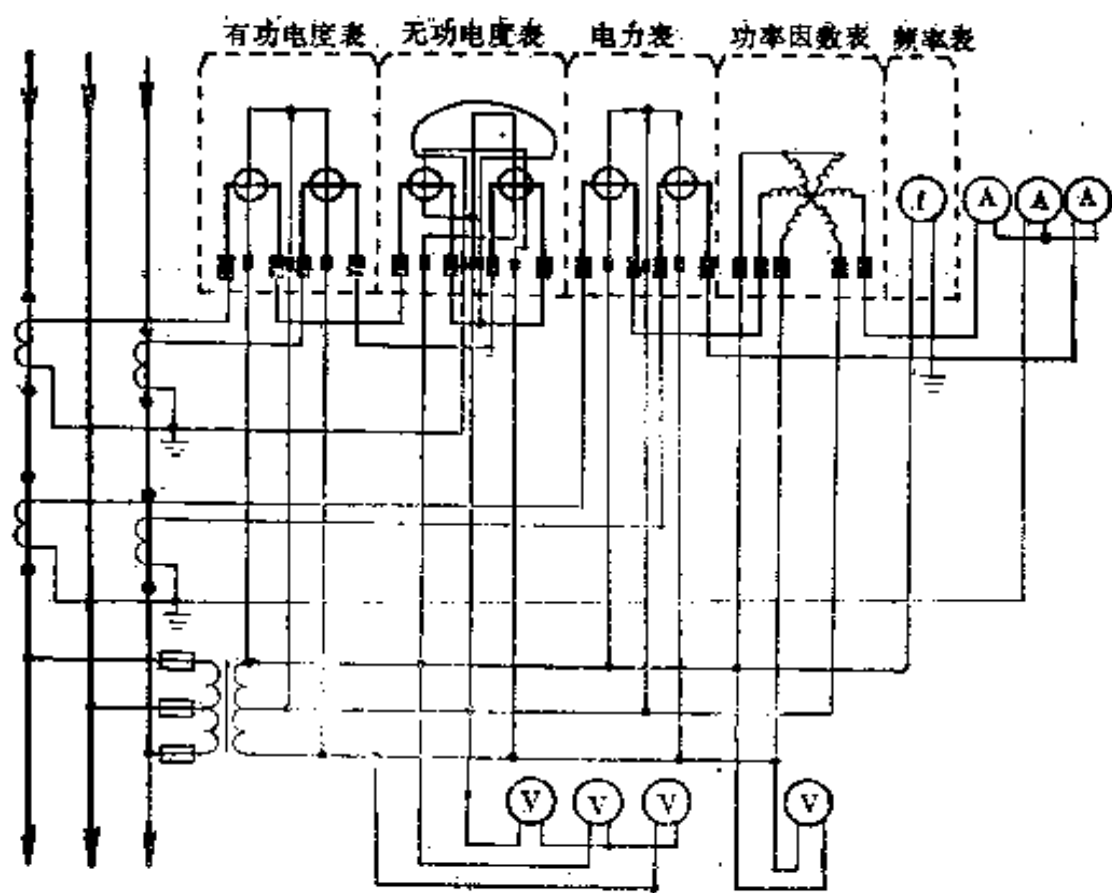


图 10-34 无功功率表的各种连接



(a) 电流、电能的测量接线

(b) 电流、电能、电压的测量接线



(c) 电压、电流、频率、有功能量、无功能量的测量

图 10-85 组合测量

## 10-7 变配电设备常用控制电路

### 一、DW10 系列手柄杠杆传动

1. DW10 系列手柄杠杆传动 控制电路如图 10-36 所示。
2. 采用外电源分励脱扣的 DW10 系列手柄杠杆传动 控制电路如图 10-37 所示。

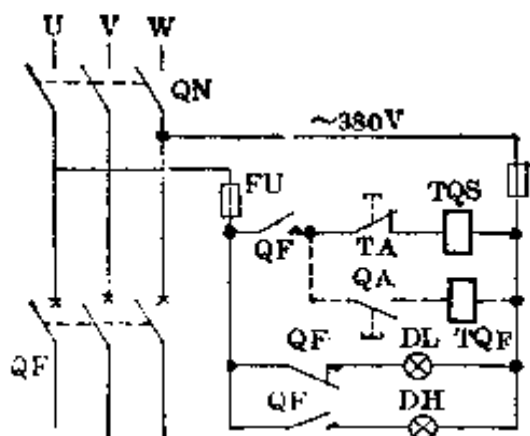


图 10-36 DW10 系列手柄  
杠杆传动控制电路

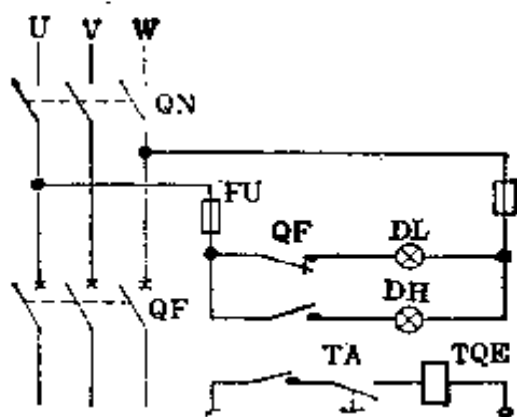


图 10-37 采用外电源分励脱扣的  
DW10 系列手柄杠杆传动控制电路

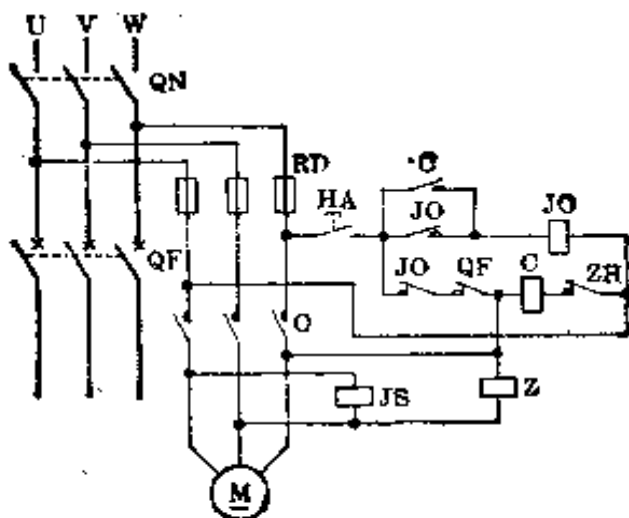


图 10-38 DW10-1000~4000 安  
交流电动合闸控制电路

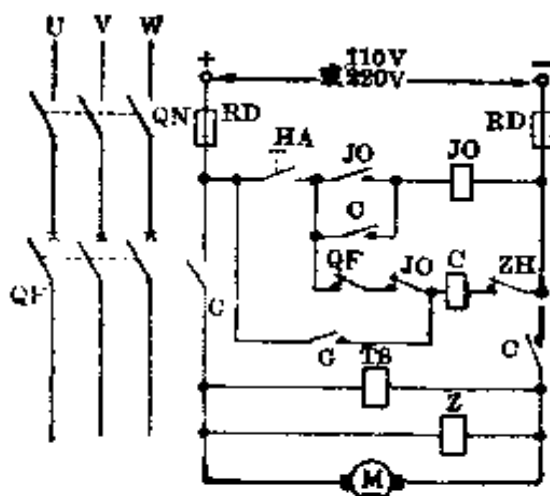


图 10-39 DW10-1000~4000 安  
直流电动合闸控制电路

## 二、DW10 系列电动合闸

1. 1000~4000 安交流合闸 控制电路如图 10-38 所示。
2. 1000~4000 安直流电动合闸 控制电路如图 10-39 所示。

## 三、DW10 系列电磁铁合闸

1. 400~600 安交流电磁铁合闸 控制电路如图 10-40 所示。

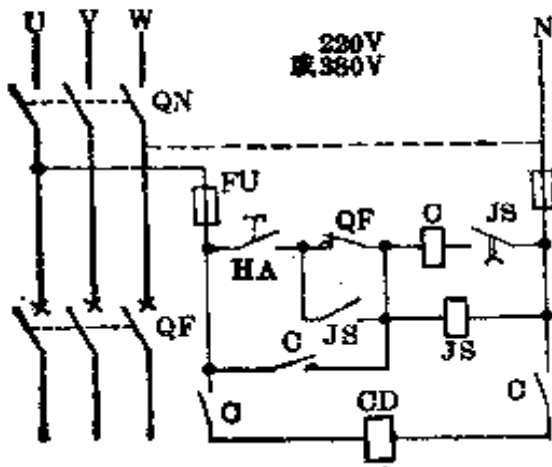


图 10-40 DW10-400~600 安  
交流电磁合闸控制电路

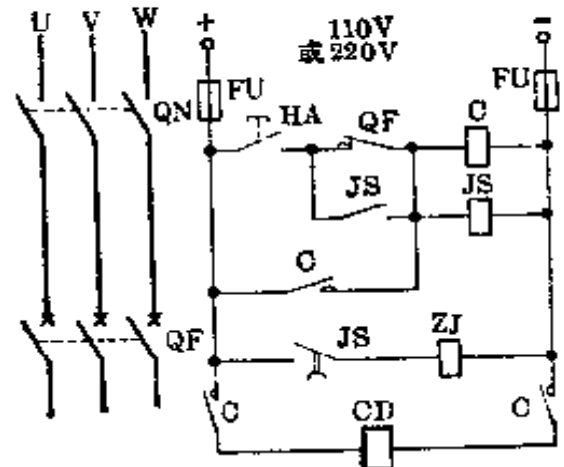


图 10-41 DW10-400~600 安  
直流电磁铁合闸控制电路

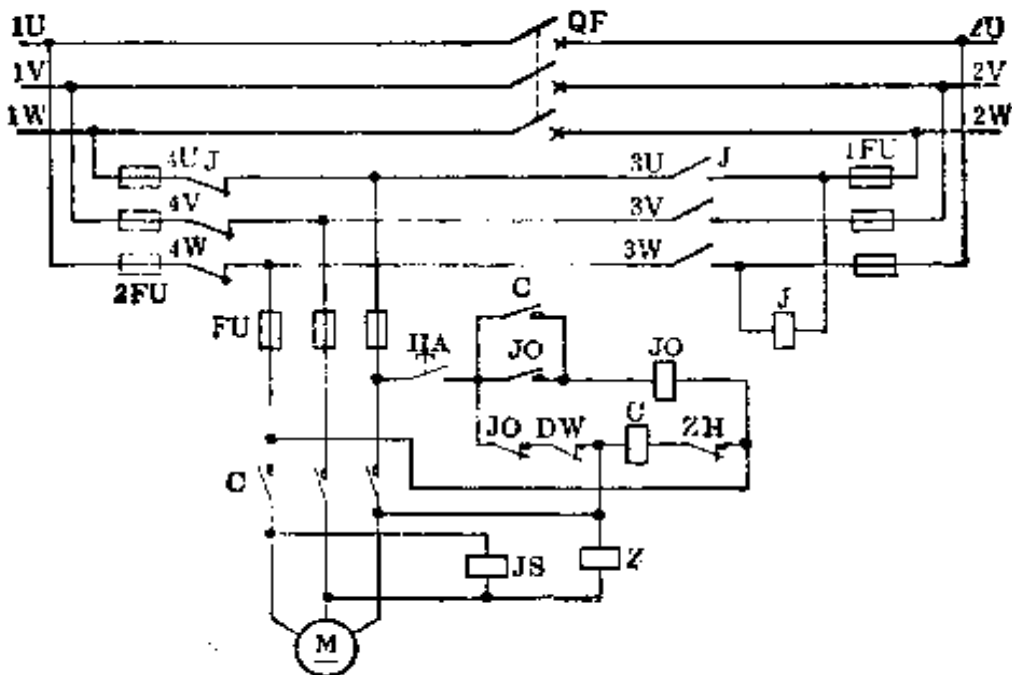


图 10-42 交流 380 伏母排电动合闸控制电路

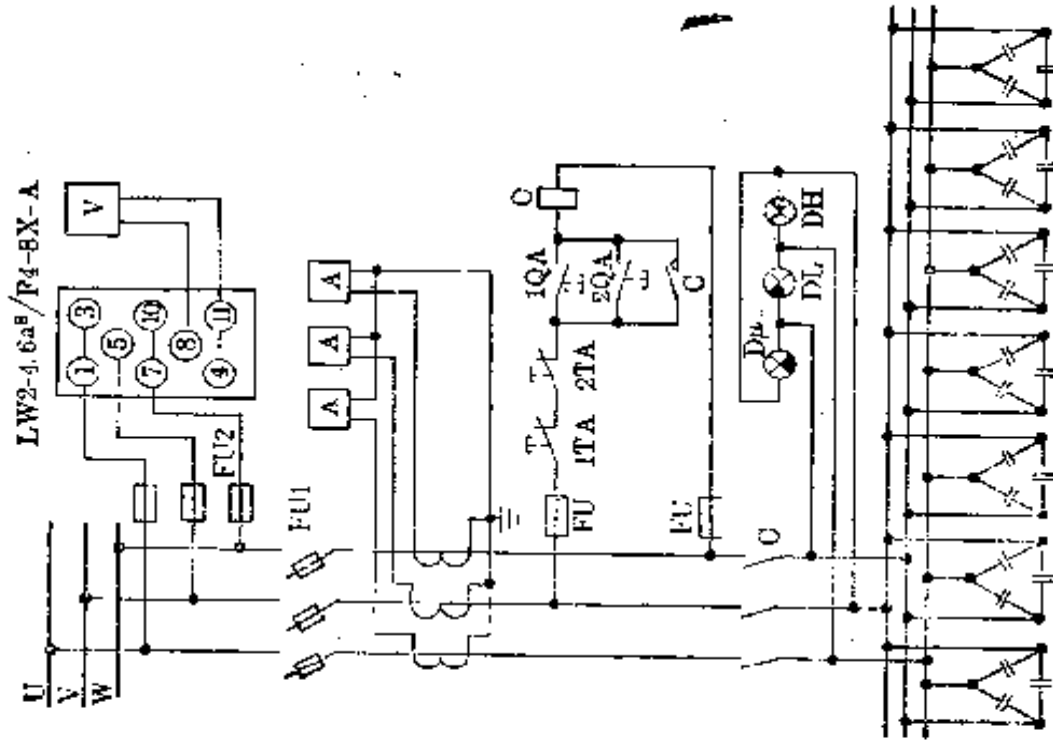


图10-43 无显示仪表的控制电路

图中CX视电容容量选配

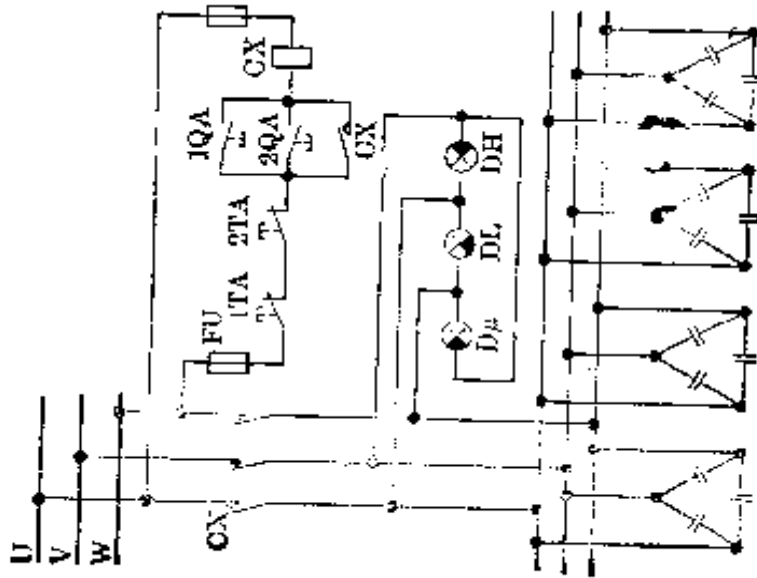


图10-44 带测量仪表显示的控制电路

2. 400~600 安直流电磁合同 控制电路如图 10-41 所示。
3. 交流 380 伏母排电动合同 控制电路如图 10-42 所示。

#### 四、电容器组的控制开关

1. 无仪表显示 控制电路如图 10-43 所示。
2. 带测量仪表显示 控制电路如图 10-44 所示。

### 10-8 低压线路

低压线路是指从配电间或小型发电站将电能输送到用电设备的电路。它包括架设在屋外的电路(即低压架空电路)和敷设在屋内的低压电路。在布线时要因地制宜地推广四合一环形供电。四合一环形供电就是按区域实行工厂与工厂用电合一;工厂内部动力与照明用电合一;工业用电与民间用电合一;工厂电网与公用电网合一。这就打破了过去一家一摊,各拉专线的旧供电方式,实现集中统一供电的新体系,实行多源供电,消除了设备重叠、电路迂回、近电远送等现象,提高了供电质量。

低压架空电路一般是指 500 伏以下的相电压为 220 伏、线电压为 380 伏的电路。电路主要由导线、电杆、横担、绝缘子、金属材料 and 拉线等组成,如图 10-45。

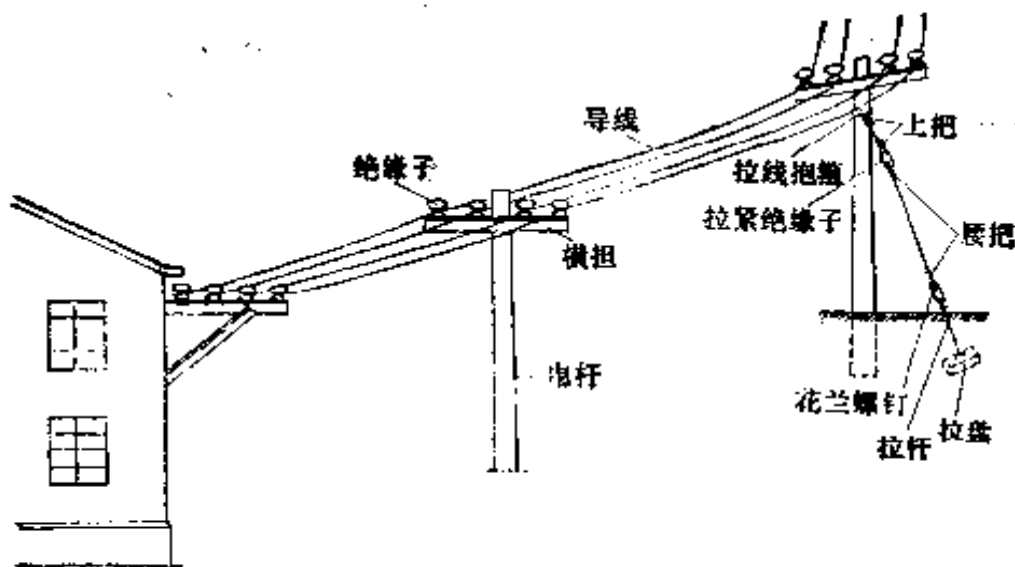


图 10-45 低压架空电路

架空导线要承受自重和外力作用，它必须具有足够的机械强度和良好的导电性能。由于导线具有一定的电阻，在电路中就有电压损失，因此电路上各点的电压并不相同。用电设备的额定电压并非是电路的起点电压，起点电压往往略高于终点电压。

### 一、各种导线的连接

导线的连接方法较多，基本要求是连接处应紧密牢固，当拉力较大时不致脱线。接触电阻要小，不致使连接处发热而烧坏。

1. 单芯铜线的连接法 有对接法、丁字接法、十字接法、双股并接等，如图10-46~10-49所示。

2. 多芯铜导线的连接法 有对接法和丁字接法，如图10-50和10-51所示。

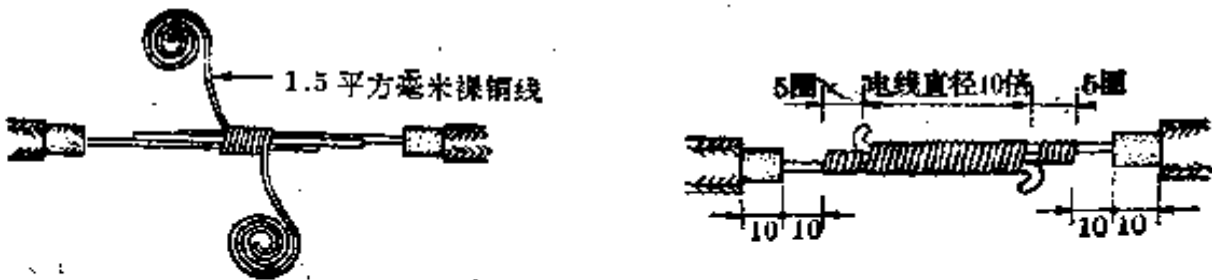


图10-46 单芯铜线对接法

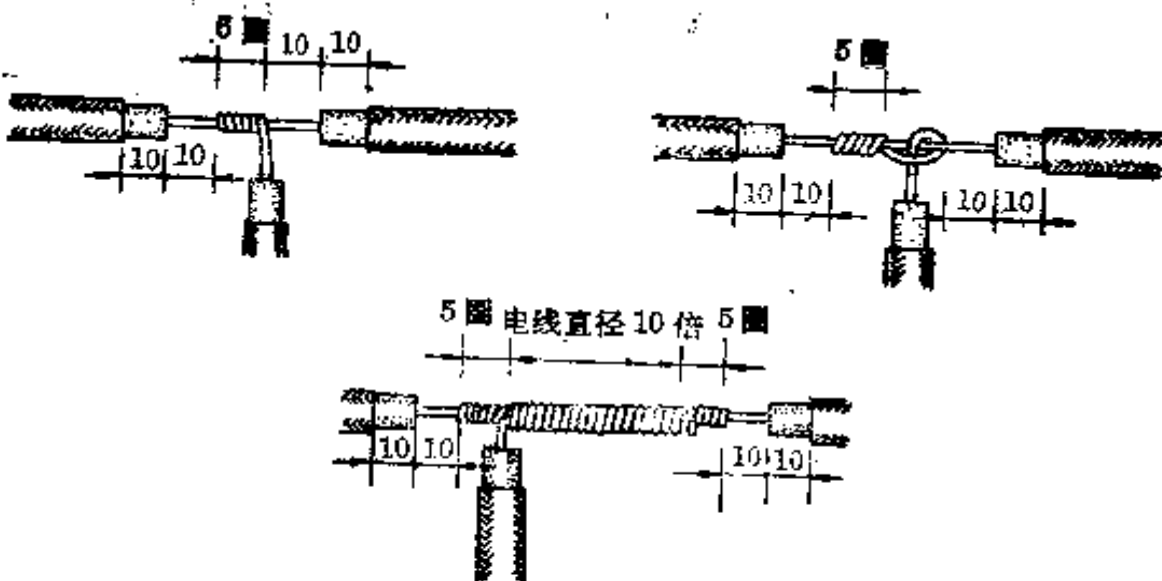


图10-47 单芯铜线丁字接法



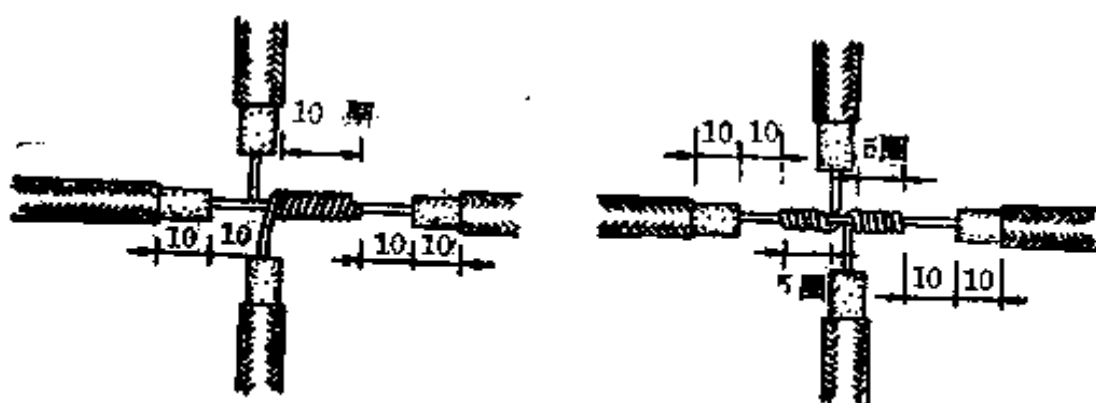


图 10-48 单芯铜线十字接法

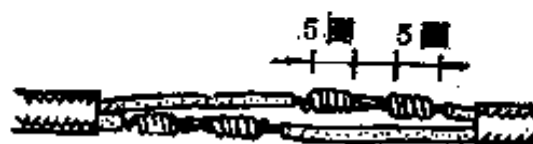


图 10-49 单芯铜线双股并接

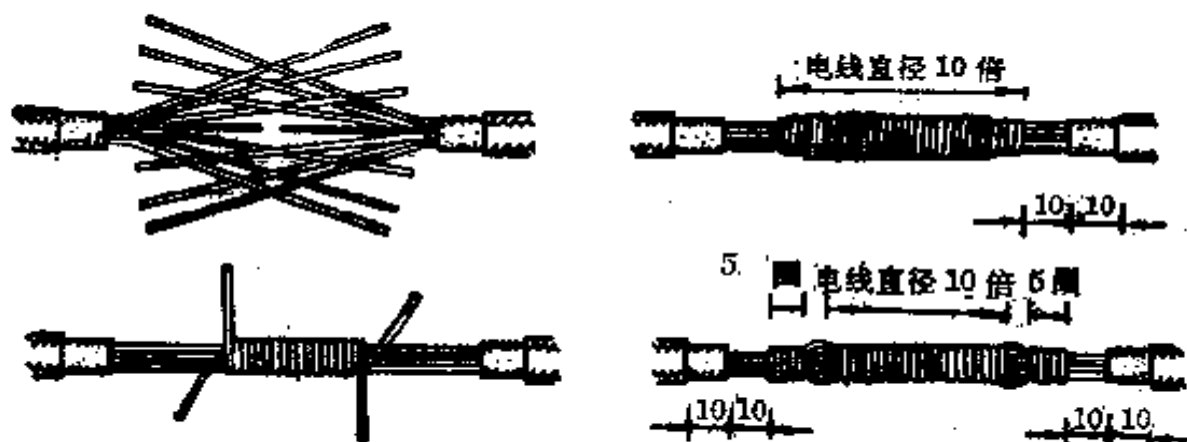


图 10-50 多芯钢导线对接法

3. 铜铝导线(或铝导线)的冷压接法 用局部或全部挤压压接管的方法,使压接管和铝线(或铜线)之间产生应力,达到紧密结合的目的。目前一般采用局部挤压和全部挤压两种。

(1) 全部挤压(又叫环压式):用模钳法压制成六角形(图 10-53),铝线与铝套管应该用带中性凡士林的钢丝刷清洁(刷去氧化膜,随即附上中性凡士林,使表面不再产生新的氧化膜)。然后将铜铝导线(或铝导线)分别插入铝套

管的两端,并使两导线在铝套管的中间对头,最后放进压模压接成铜铝(或铝)接头。

压接用的铝套管选用冷拔的无缝铝套管。环压式铝套管的结构及其尺寸如表 10-9 所示。

压模的结构如图 10-53 所示,图中  $A$ 、 $B$  尺寸可以从表 10-10 查得。

(2) 表面局部挤压(又叫压坑式): 铝连接管的结构及其尺寸如表 10-11 所示。

现介绍两种实用的压接工具,图 10-56 是六吨轻便手动油压钳,它的质量约 3 千克;图 10-57 是一种轻便手动压钳。

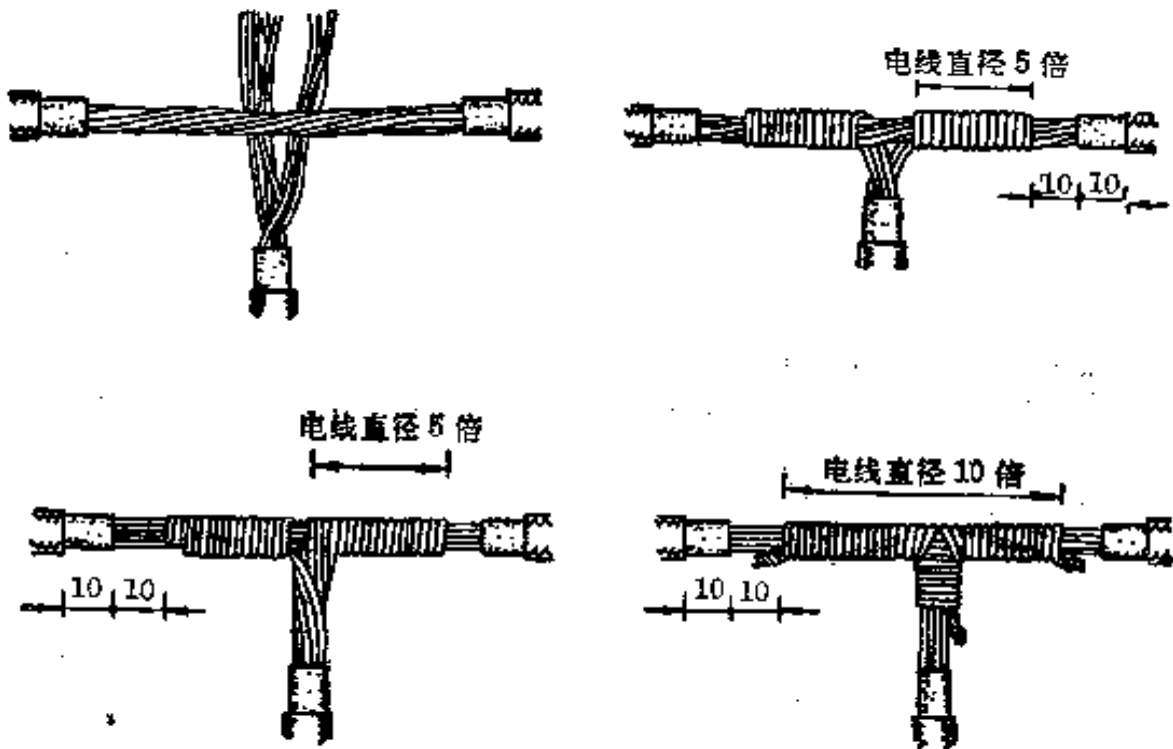


图 10-51 多芯钢导线丁字接法

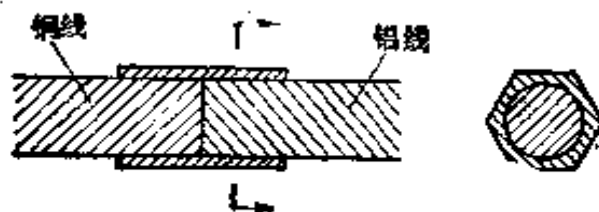


图 10-52 铜铝接头的剖面

表 10-9 环压式铝套管结构和尺寸

导线标称截面(毫米 <sup>2</sup> )	16	25	35	50
导线外直径 $D$ (毫米)	5.1	6.8	7.5	9.0
铝套管内直径 $d_1$ (毫米)	5.5	6.7	8.0	9.5
铝套管外直径 $d_2$ (毫米)	11	11	15	15
铝套管长 $L$ (毫米)	50	60	70	80
压接后六角形断面对角距离 $A$ (毫米)	10	10	14	14
压接后六角形断面对边距离 $B$ (毫米)	8.7	8.7	12.1	12.1
压缩比 $K$ (%)	15.4	15.5	16.1	16.4
铝套管压接后面积 $A_2$ (毫米 <sup>2</sup> )	62.2	50.5	106.2	88.7
铝套管压接后计算拉断力(牛)	4500	3800	8000	6700
导线的计算拉断力(牛)	2540	3630	5150	7400

注:  $A_2 = \left( \frac{\pi d_2^2}{4} - \frac{\pi d_1^2}{4} \right) (1 - K)$

表 10-10 压模尺寸  $A$ 、 $B$  的选择

导线标称截面积(毫米 <sup>2</sup> )	16~25	35~50
$A$ (毫米)	10	14
$B$ (毫米)	8.7	12.1

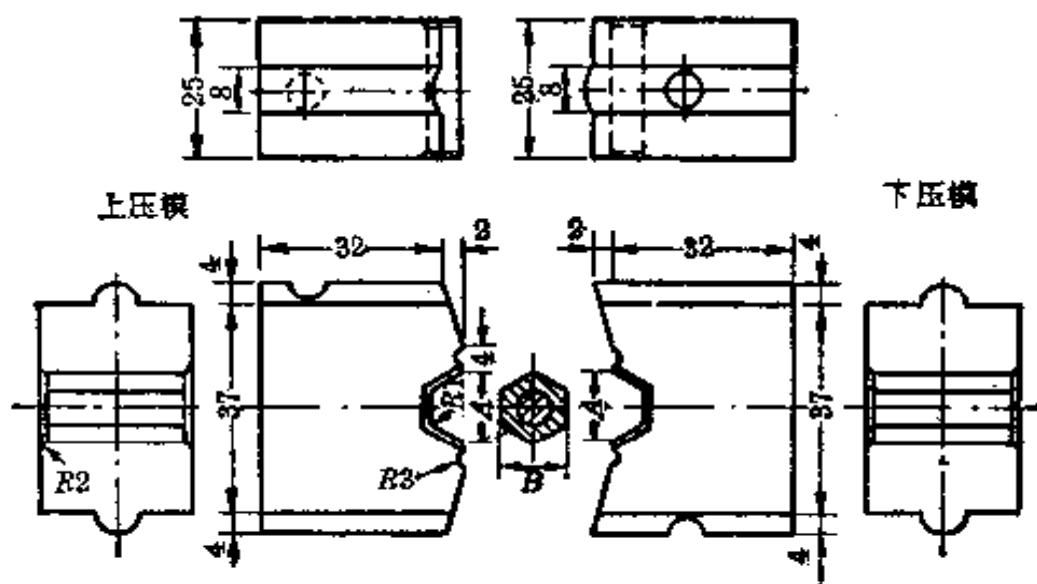


图 10-53 压接钢模(工具钢淬火)

表 10-11 铝接管结构和尺寸

铝连接 管形状									
		2.5	4	6	10	2.5	4	6	10
导线截面 (毫米 <sup>2</sup> )		2.5	4	6	10	2.5	4	6	10
线芯外径 (毫米)		1.76	2.24	2.73	3.35	1.76	2.24	2.73	3.55
铝接管管尺寸 (毫米)	$d_1$	1.8	2.3	2.8	3.6	1.8	2.3	2.8	3.6
	$d_2$	3.8	4.7	5.2	6.2	3.8	4.7	5.2	6.2
	$D_1$	—	—	—	—	3.6	4.6	5.6	7.2
	$D_2$	—	—	—	—	5.6	7	8	9.8
	$L$	31	31	31	31	31	31	31	31
压接尺寸 (毫米)	$B$	2	2	2	2	2	2	2	2
	$C$	2	2	1.5	1.5	8.8	8.4	8.4	8

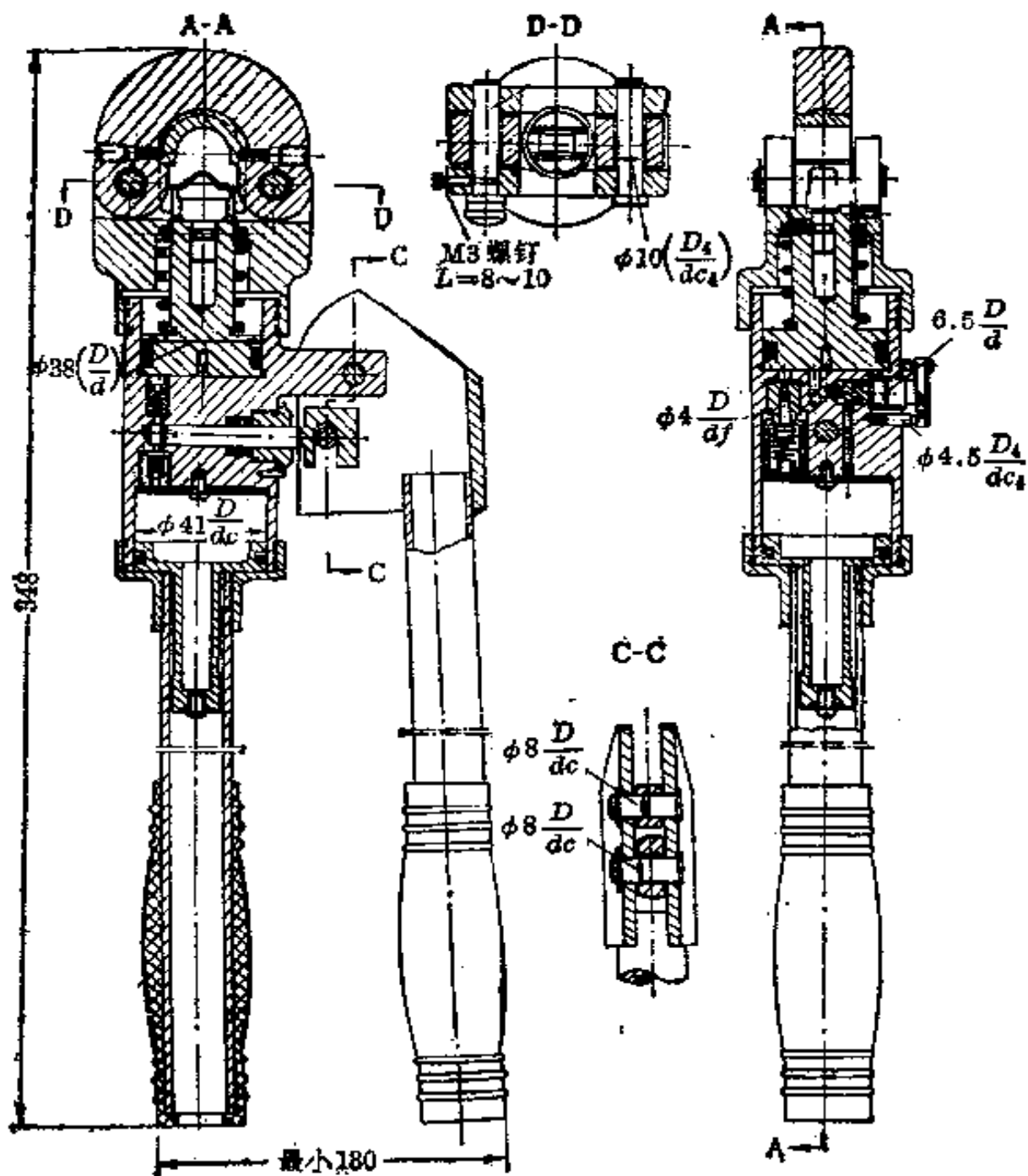


图 10-54 六吨轻便手动油压钳

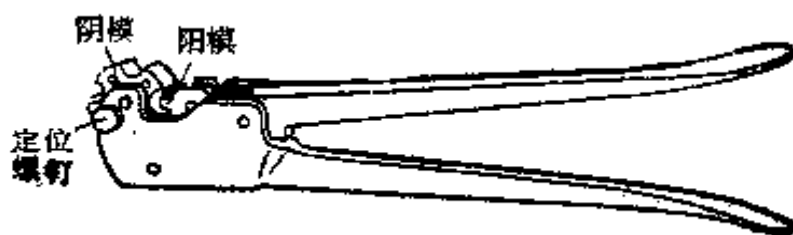


图 10-55 轻便手动压钳

## 二、电杆及其附件的安装

电杆的种类很多,目前广泛采用的是钢筋混凝土电杆,其规格与埋设深度如表 10-12 所示。

电杆及其附件的安装方法,因各种电路要求与环境条件不同而不同。图 10-56~10-88 介绍几种安装方法,图 10-77~10-88 介绍各种电杆的形式,希望在具体实践中灵活运用。

表 10-12 各种电杆规格及埋设深度表

杆 长(米)	7	8	9	10	11	12	13	15
梢 径(毫米)	100	150	150	190	190	190	190	190
底 径(毫米)	193	257	270	323	337	350	363	390
埋设深度(毫米)	1200	1400	1500	1700	1800	2000	2200	2500
总 重(千克)	204	392	480	620	680	750	980	1250

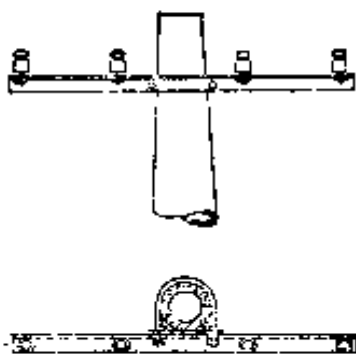
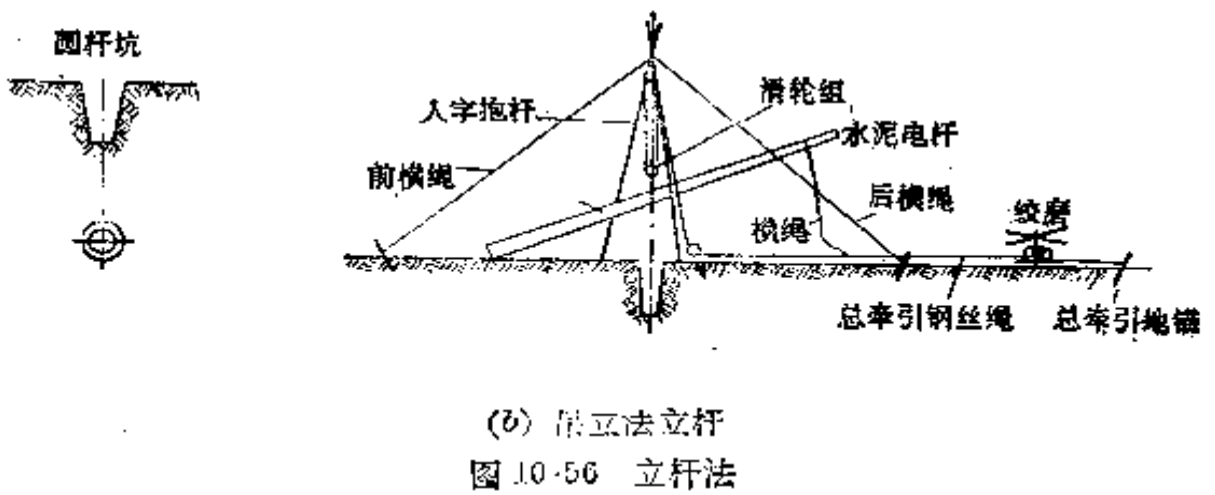
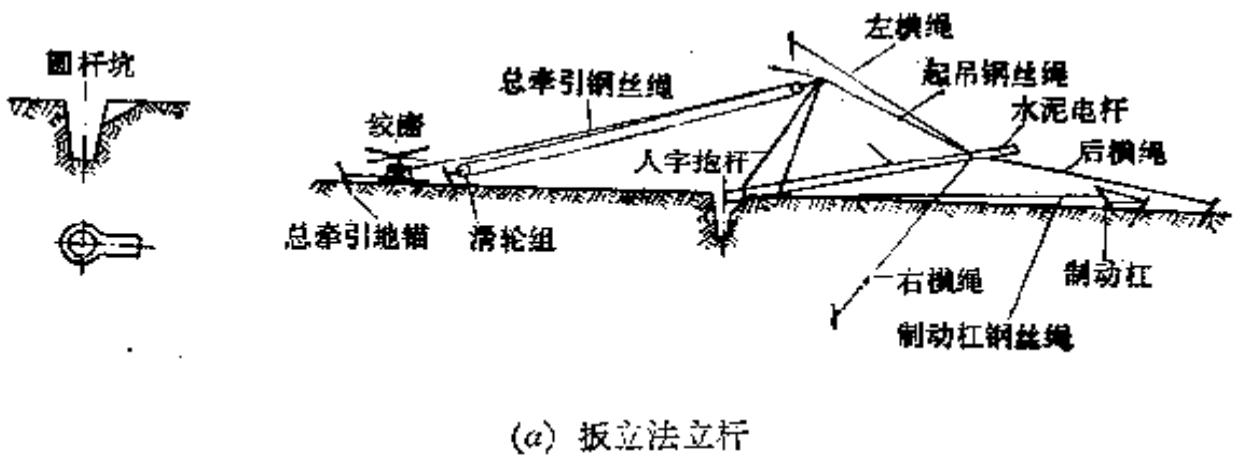


图 10-57 直线横担的安装

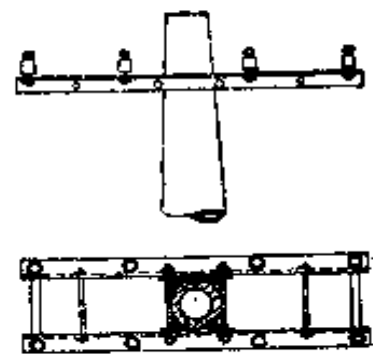


图 10-58 直线转角横担的安装

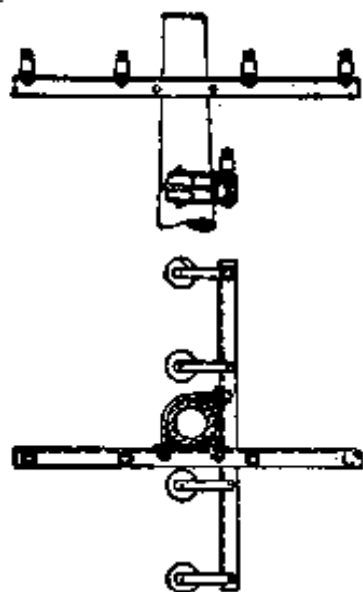


图 10-59 直线分支横担的安装

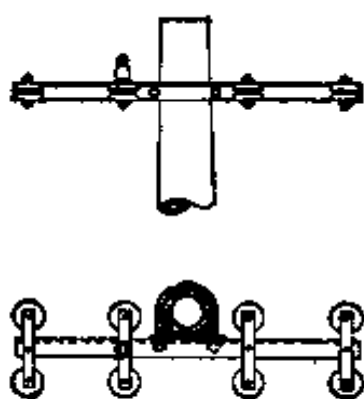


图 10-60 断连横担的安装

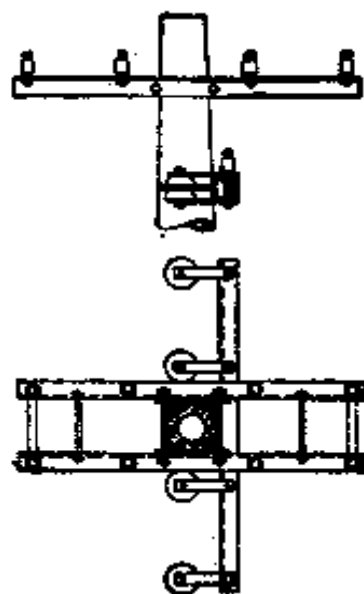


图 10-61 直线转角分支横担的安装

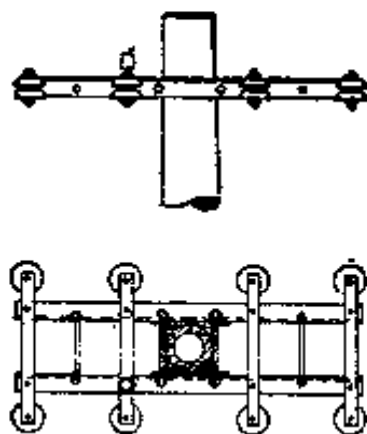


图 10-62 断连加强横担的安装

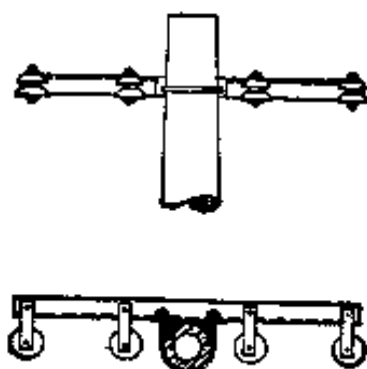


图 10-63 终端横担的安装

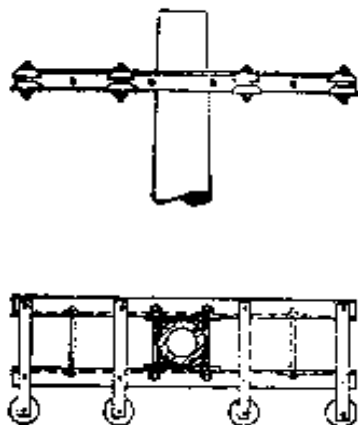


图 10-64 终端加强横担的安装



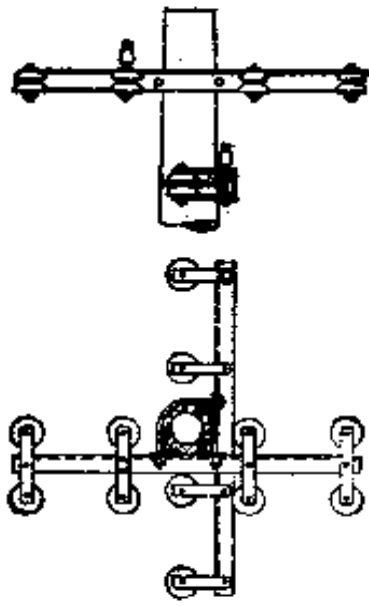


图 10-65 断连分支横担的安装

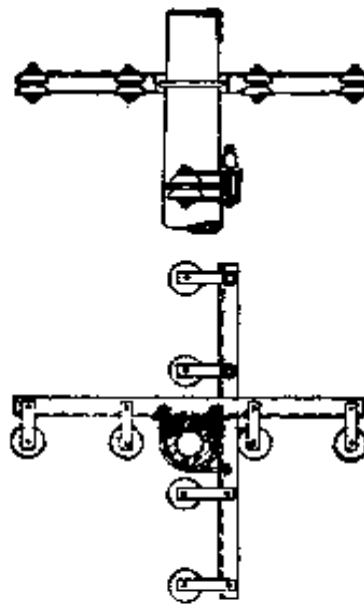


图 10-66 90° 转角横担的安装

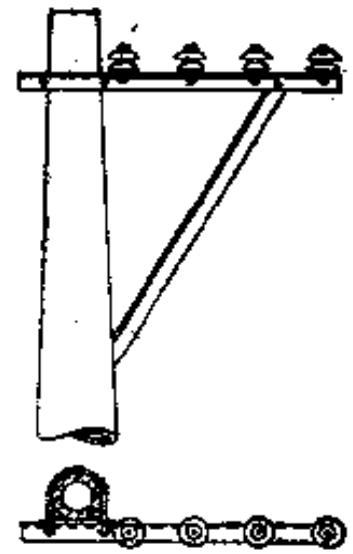
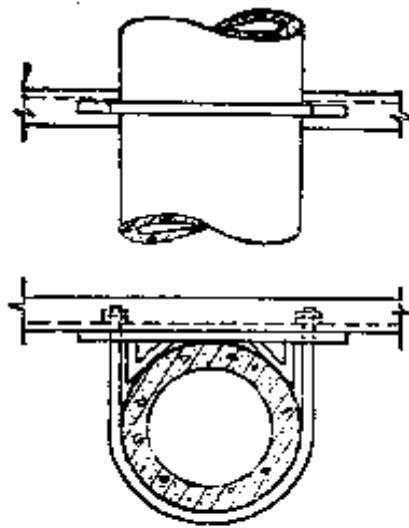
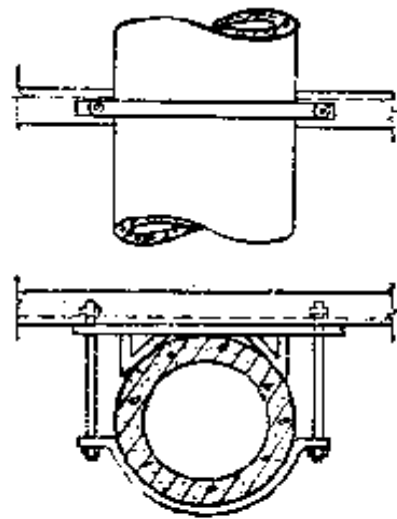


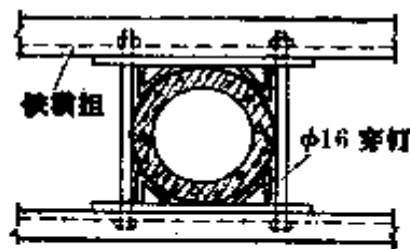
图 10-67 倒横担的安装



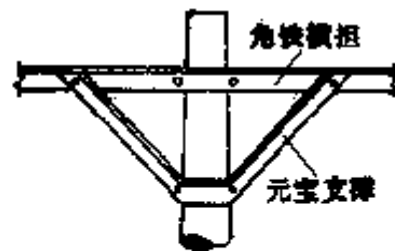
(a) U形抱箍



(b) 用半固定夹板固定



(c) 双横担固定法



(d) 元宝支架横担固定法

图 10-68 横担的固定方法



图 10-69 拉线装置抱箍

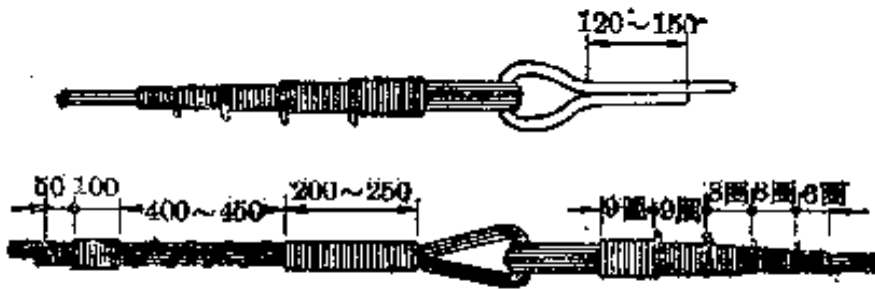
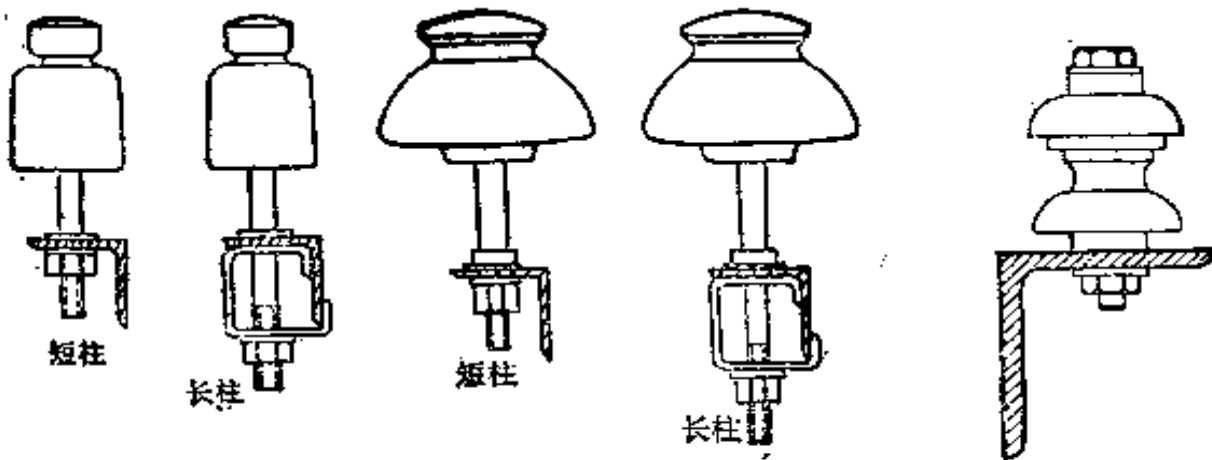


图 10-70 拉线底把绑扎



(a) 针式绝缘子

(b) 蝴蝶绝缘子

图 10-71 绝缘子安装

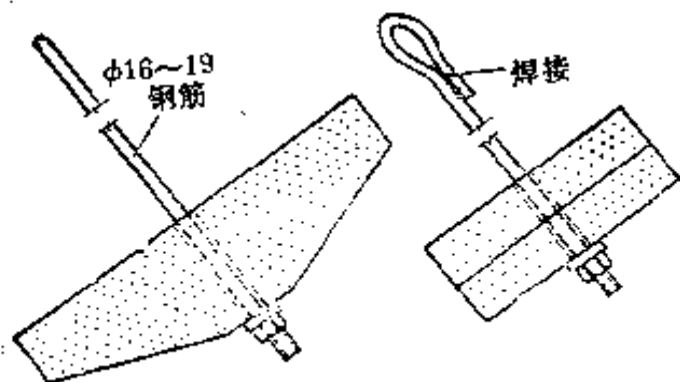


图 10-72 拉线盘安装

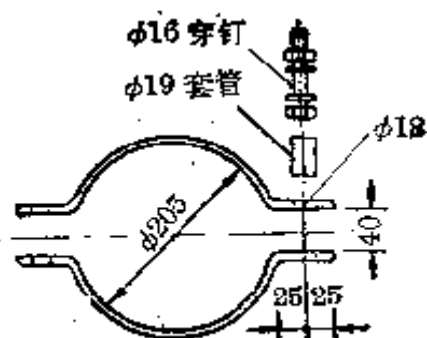


图 10-73 扁铁拉线抱箍

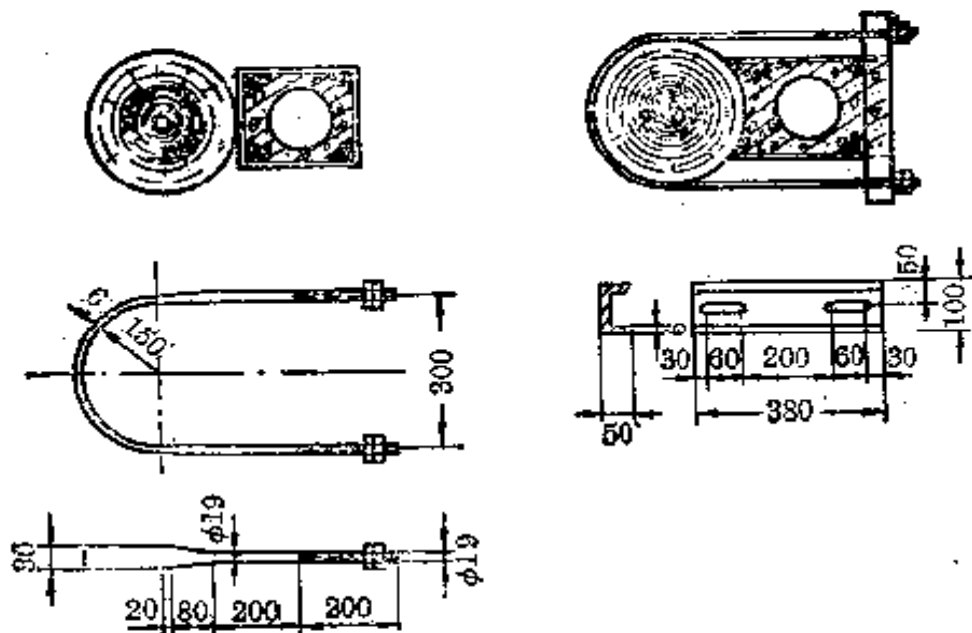


图 10-74 U形抱箍

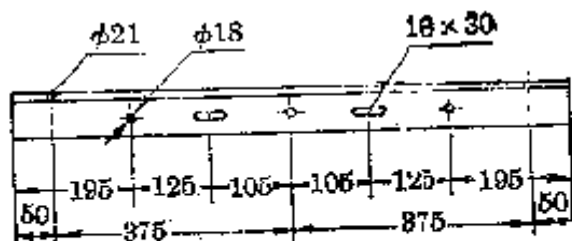


图 10-75 角铁横担

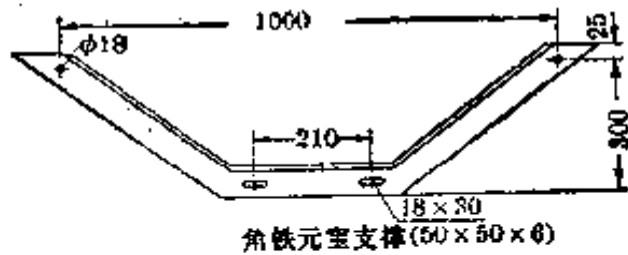


图 10-76 角铁元宝支撑

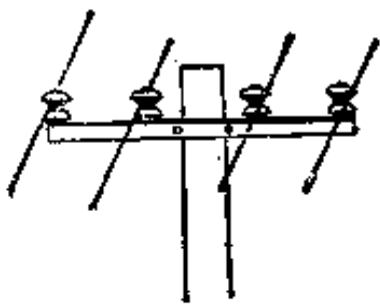


图 10-77 直线杆

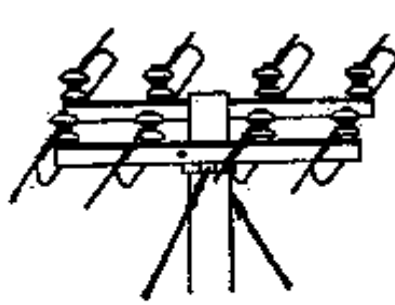


图 10-78 耐张杆

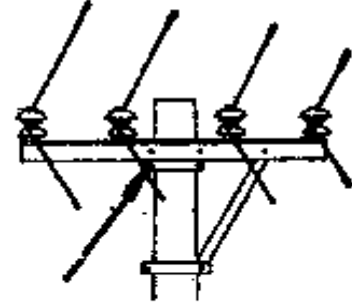


图 10-79 转角杆

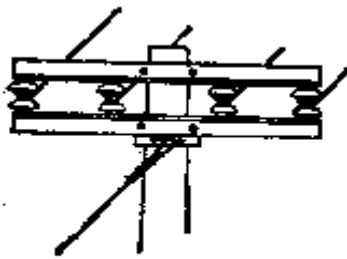


图 10-80 终端杆

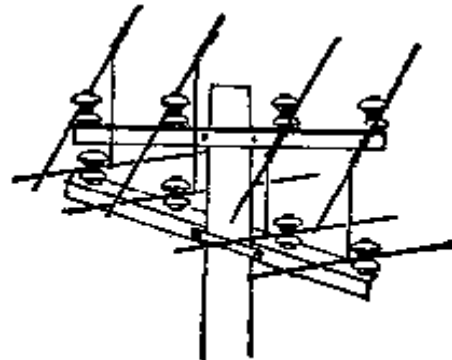


图 10-81 分支杆

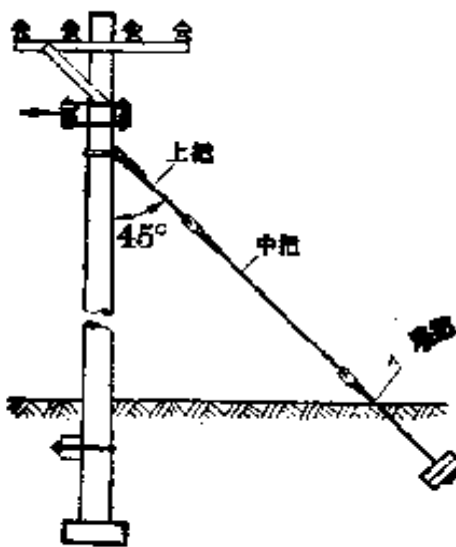


图 10-82 普通拉线

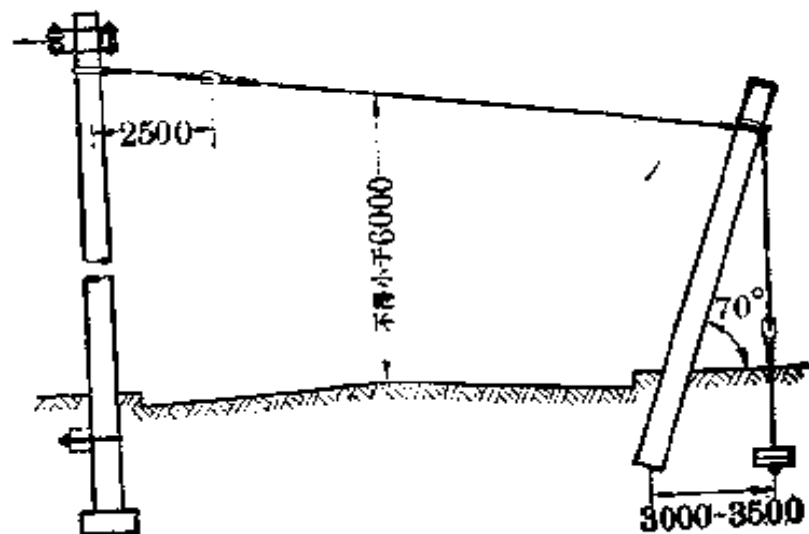
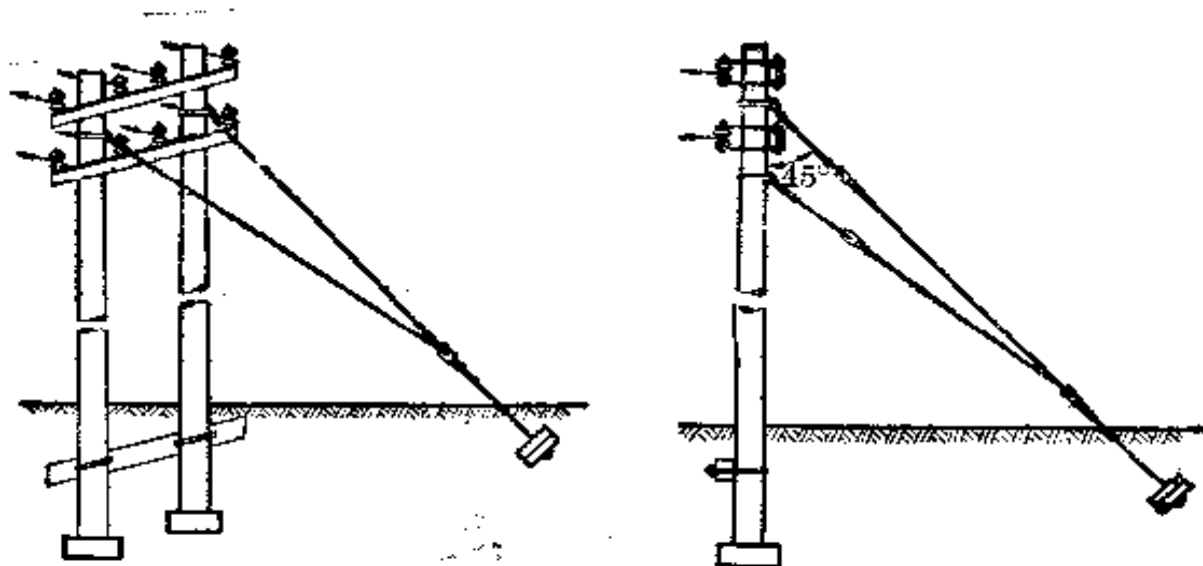


图 10-83 水平拉线



(a) 水平拉线

(b) 上下拉线

图 10-84 Y 型拉线

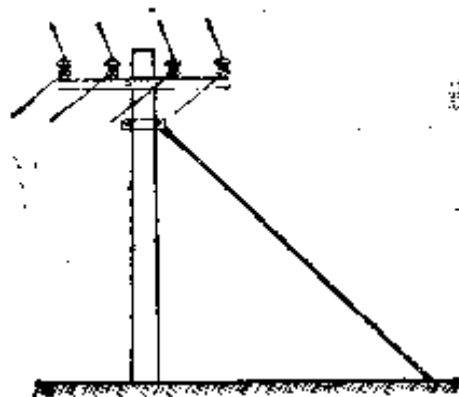


图 10-85 转角拉线

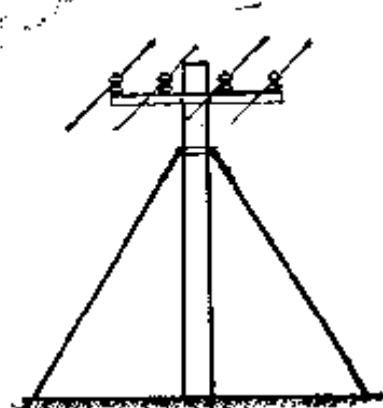


图 10-86 八字拉线

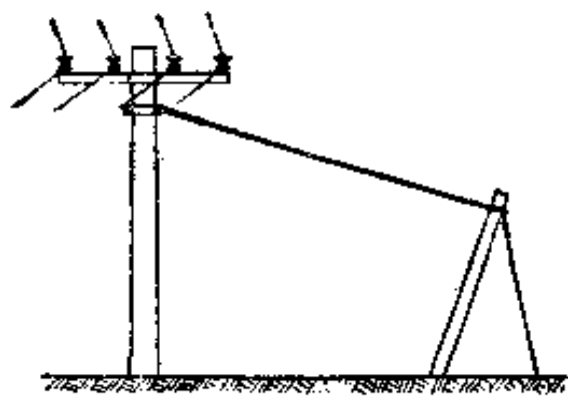


图 10-87 高桩拉线

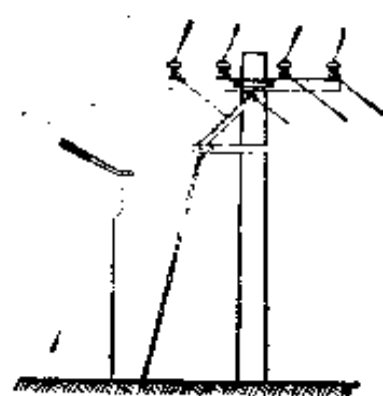


图 10-88 自身拉线

### 三、线路安装

线路的安装,可分为室内外,从施工方法又可分明线和暗线,由于使用材料和施工场合不一,故施工中要求也不一样。但是,它们的共同点是一致的:

① 保证电气安装规程在施工中得到严格落实; ② 确保安装后的设备安全运行; ③ 符合安全规范,保证人身安全; ④ 严格要按设计图样施工; ⑤ 严格竣工后交接验收和整改。

安装线路平面图中标注方法和各种符号代表名称见表 10-13。

表 10-13 电路安装平面图标注方法和符号

名称	标注方式	说明
用电设备	$\frac{a}{b}$ 或 $\frac{a}{b} + \frac{c}{d}$	a—设备编号 b—额定功率(千瓦) c—线路首端熔断片或自动开关释放器的电流(安) d—标高(米)
电力和照明设备	$a \frac{b}{c}$ 或 a-b-c $a \frac{b-c}{d(e \times r) - g}$	1. 一般标注方法 2. 当需要标注引入线的规格时 a—设备编号 b—设备型号 c—设备功率(千瓦) d—导线型号 e—导线根数 f—导线截面(毫米 <sup>2</sup> ) g—导线敷设方式及部位
开关及熔断器	$a \frac{b}{c/i}$ 或 a-b-c/i $a \frac{b-c/i}{d(e \times r) - g}$	1. 一般标注方法 2. 当需要标注引入线的规格时 a—设备编号 b—设备型号 c—额定电流(安) i—整定电流(安) d—导线型号 e—导线根数 f—导线截面(毫米 <sup>2</sup> ) g—导线敷设方式

(续表)

名称	标注方式	说明
照明变压器	a/b-c	a—一次电压(伏) b—二次电压(伏) c—额定容量(伏安)
照明灯具	$a-b \frac{c \times d \times L_1}{e} f$ $a-b \frac{c \times d \times L}{e}$	1. 一般标注方法 2. 灯具吸顶安装 a—灯数 b—型号或编号 c—每盏照明灯具的灯泡数 d—灯泡容量(瓦) e—灯泡安装高度(米) f—安装方式 L <sub>1</sub> —光源种类
照明灯具 安装方式	f (安装方式)	X—自亮器线吊式 X <sub>1</sub> —固定线吊式 X <sub>2</sub> —防水线吊式 X <sub>3</sub> —吊线器式 L—链吊式 G—管吊式 B—整装式 D—吸顶式或直付式 R—嵌入式
光源种类	L (光源种类)	1. 如果要求指示颜色,则在靠近符号处标出下列字母 RD(红) YE(黄) GN(绿) BU(蓝) WH(白) 2. 如果要指出灯类别,则在靠近符号处标出下列字母 Ne(氖) Xe(氙)

(续表)

名称	标注方式	说明
光源种类	L (光源种类)	Na(钠) Hg(汞) I(碘) IN(白炽) EL(电发光) ARC(弧灯) FL(荧光) IR(红外线) UV(紫外线) LED(发光二极管)
线路明敷 设部位代 号	M (明线敷设)	S—沿钢索敷设 LM—沿屋架或屋架下沿 ZM—沿柱敷设 QM—沿墙敷设 PM—沿天棚敷设 PNM—在能进入人的吊顶棚内敷设
线路暗敷 设部位代 号	A (暗线敷设)	LA—暗设在梁内 ZA—暗设在柱内 QA—暗设在墙内 PA—暗设在壁面内或顶棚内 DA—暗设在地面内或地板内 PNA—暗设在不能进入的吊顶内
明暗线敷 设使用材 料	材 质	GP—用瓷瓶或瓷柱敷设 CJ—用瓷夹敷设 VJ—用塑料夹敷设 QD—用卡钉敷设 G—用焊接钢管敷设 DG—用电线管敷设 VG—用塑料硬管敷设 RVG—用软塑料管保护 SPG—用蛇皮管保护



表 10-14 架空导线的弧垂 (厘米)

导线截面 (毫米 <sup>2</sup> ) 档距 (米)	当温度为 10°C 时							下列温度时 增减的弧垂 (厘米)	
	10	16	25	35	50	70	95	+25°C	-10°C

铜 线 弧 垂

30	30	30	30	40	50	60	70	+6	-12
40	40	40	40	50	60	70	80	+8	-16
50	50	60	60	60	70	80	90	+10	-20

铝 线 弧 垂

30	36	36	36	50	62	78	90	+8	-16
40	48	48	48	62	72	80	104	+10	-20
50	72	72	72	75	87	104	117	+13	-25

1. 导线在绝缘子上的绑扎方式

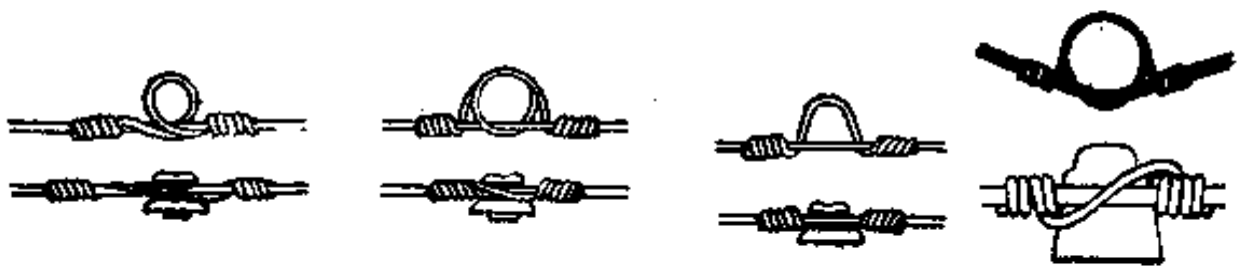


图 10-39 单边绑扎

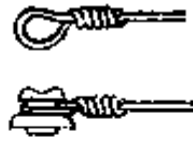
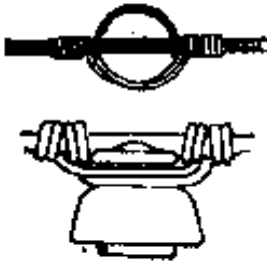


图 10-90 顶端式绑扎 图 10-91 终端回头绑扎 图 10-92 隔绝绝缘子绑扎

2. 接户线杆顶安装型式及跨越街道或其他装置距离

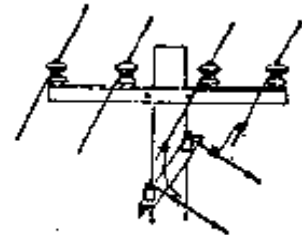
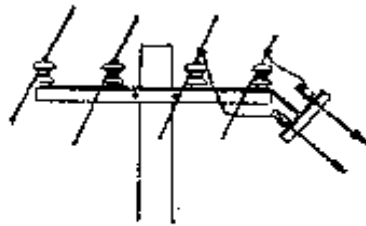
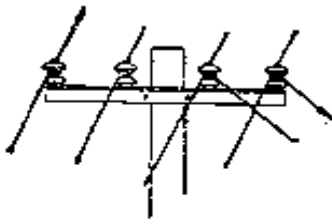


图 10-93 直接连接 图 10-94 丁字铁架连接 图 10-95 交叉横担连接

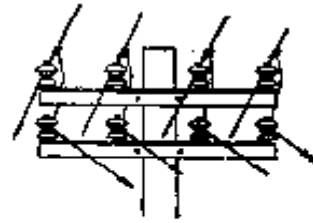
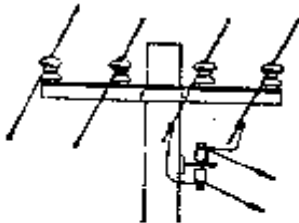


图 10-96 特种铁架连接 图 10-97 平行横担连接

表 10-15 接户线跨越街道交叉的最小距离

接 户 线	最小距离(米)
跨越通车的街道	6.0
跨越通车困难的街道、人行道	3.5
跨越里、弄、巷	3
跨越阳台、平台	2.5
跨越电车线	0.8
跨越通信、广播交叉	0.6
离开屋面	0.6
在窗户上及民用窑脊上	0.3
在窗户、阳台下	0.7
与窗户、阳台的水平距离	0.75
与墙壁、构架的水平距离	0.05

3. 进户线安装型式 进户线应选择绝缘良好的导线，中间不应有接头。用塑料护套线作进户线时，须用防锈的金属夹头或其它材料，使支持安全可靠。进户导线截面应根据实际装接容量决定(并应考虑发展)，再根据导线安全载流量选择，但最小截面应不小于铜芯线 1.5 平方毫米，铝芯线 2.5 平方毫米。进户线安装型式如图 10-98~10-102 所示。

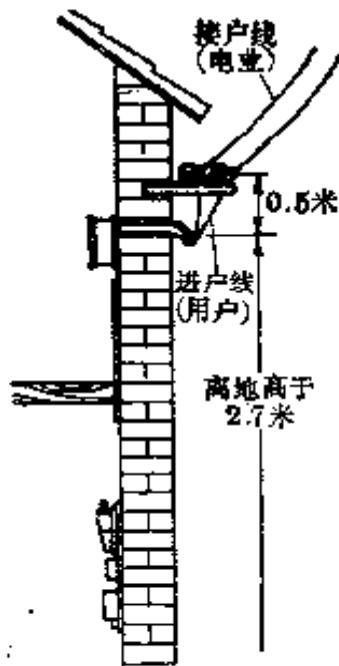


图 10-98 穿瓷管进户

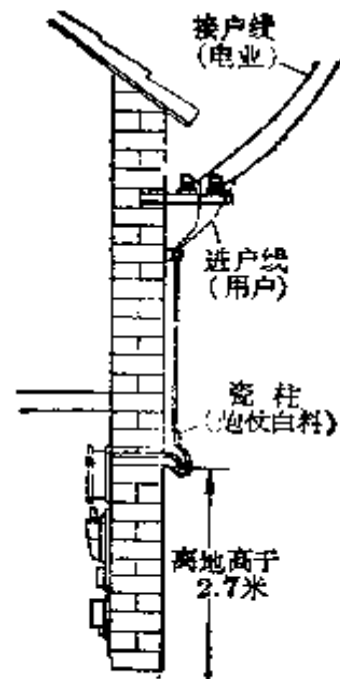


图 10-99 瓷柱支持瓷管进户

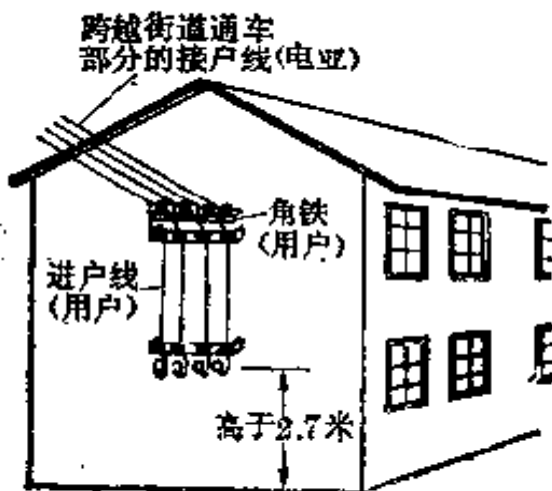


图 10-100 角铁加装绝缘子进户

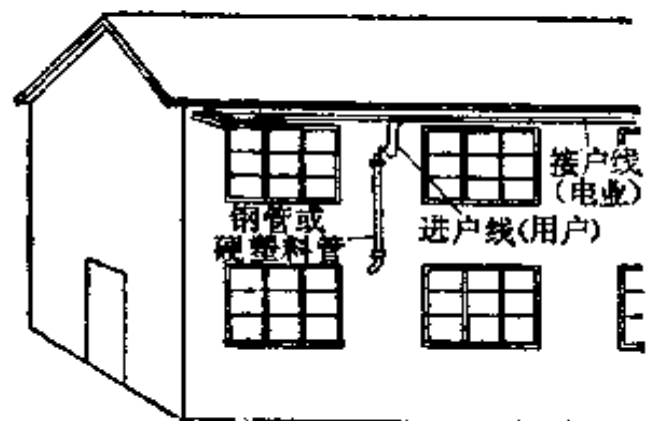


图 10-101 穿钢管或硬塑料管沿墙敷设进户

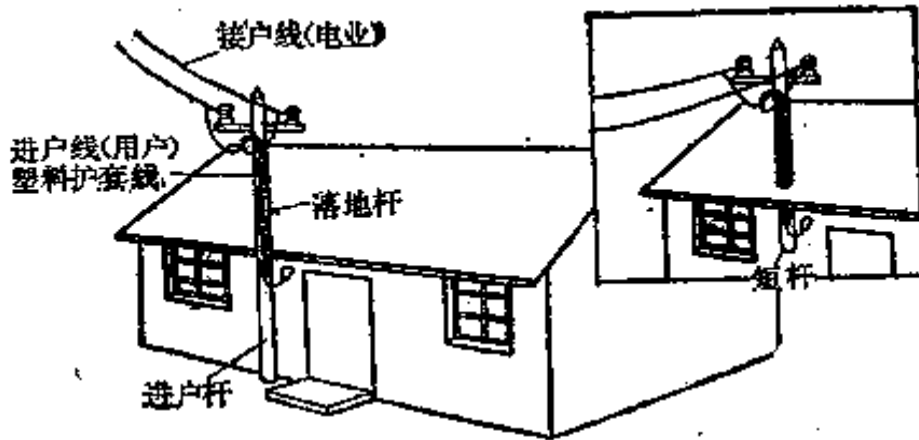


图 10-102 加装进户杆进户

4. 明线(包括户内、户外)安装要求 户内外明线应采用橡皮或塑料绝缘线,还应考虑导线载流量负荷关系,并要考虑机械强度。在施工前要适当根据环境情况参考表 10-16 选择安装形式和方法。在实际安装中,户内外明线装置应符合表 10-17 要求。

表 10-16 明线安装形式和方法

敷设方法	敷设场所					
	干燥	潮湿	户外	可燃场所	腐蚀场所	易燃易爆场所
木槽板	✓					
塑料线直敷	✓					
瓷夹明线	✓					
瓷柱明线	✓	✓	✓	✓		
瓷瓶明线	✓	✓	✓	✓	✓	
塑料护套线	✓	✓	✓	✓	✓	
明、暗管敷设	✓	✓	✓	✓	✓	✓
穿线管	✓	✓	✓	✓	✓	✓

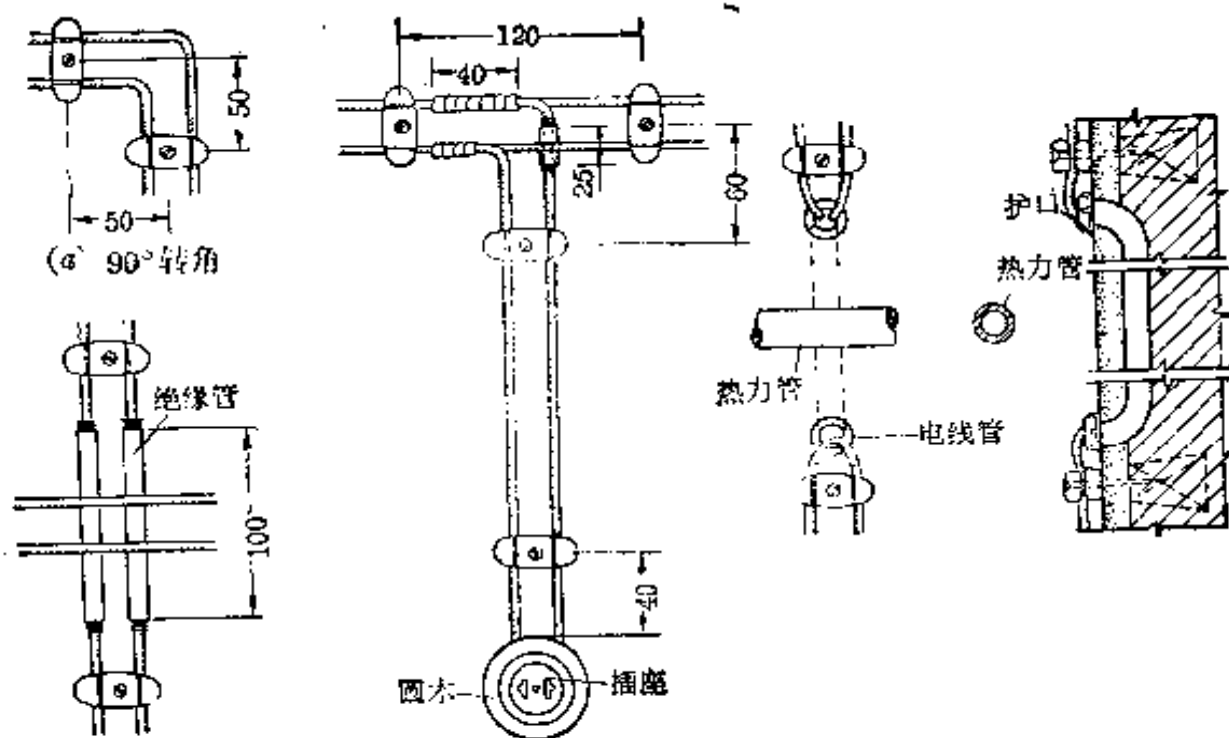
注: 1. “✓”表示可以适用。

2. “可燃场所”指一般可燃物料的生产或加工,如锯木车间、纺织厂、可燃性油料及固体燃料仓库等。

3. “易燃易爆场所”指有高度易燃、易爆炸危险的如汽油提炼车间、氧气站、油漆制造厂、乙炔站等。

表 10-17 明线装置的最小截面和距离

装置场所	装置方法	绝缘导线最小截面 (毫米 <sup>2</sup> )		敷 设 距 离					
		铜	铝	绝缘导线截面 (毫米 <sup>2</sup> )		前后支持物间的最大距离 (米)	线间最小距离 (毫米)	与地面最小距离 (米)	
				铜芯	铝芯			水平敷设	垂直敷设
户	木槽板	0.5	1.5			0.5 (底钉间)		0.15	0.15
	塑料护套线	0.5	1.5			0.2 (盖钉间)		0.15	0.15
	塑料线直敷	0.5	1.5			0.2		2.0	1.3
	瓷夹明线	1.0	1.5	1.0~2.5		0.6		2.0	1.3
				4.0~10.0		0.8			
内	瓷柱明线	1.0	2.5	1.0~2.5		1.5	35	2.0	1.3
				4.0~10.0		2.0	50		
				16.0~25.0		2.5	50		
	瓷瓶明线	2.5	4.0		4.0	6.0	100	2.0	1.3
				2.5以上	6.0以上	10.0	150		
户	塑料护套线	1.0	2.5			0.2		2.0	1.3
	瓷柱装在墙铁板上	1.5	2.5			4.0	100	2.5	
外	瓷瓶	2.5	6.0	2.5以上	6.0以上	10.0	150	同表规定	
				2.5	6.0	2.5	6.0		
	4.0以上	10.0以上	25.0						

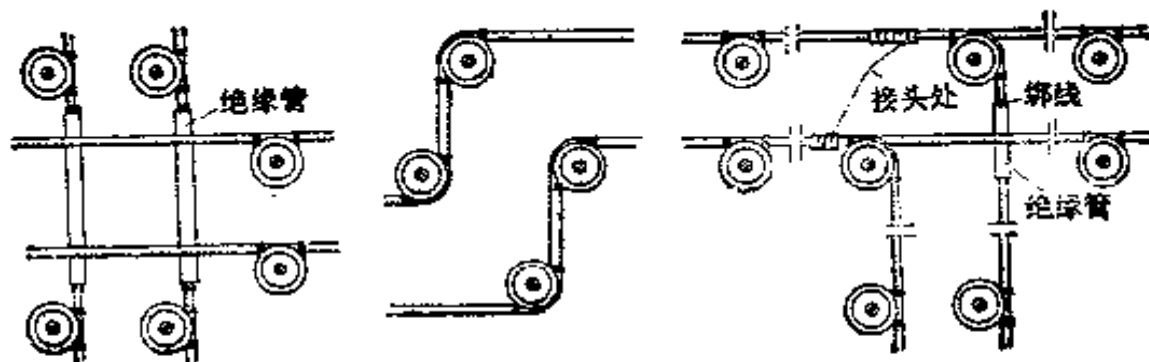


(b) 导线的交叉

(c) 导线的分支

(d) 导线过管道和墙壁

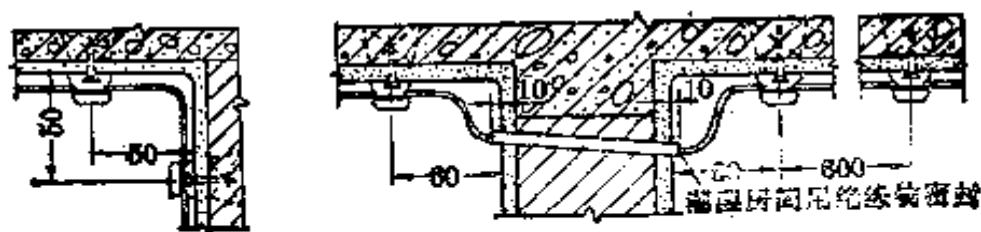
图 10-103 双线瓷夹板敷线法



(a) 导线交叉法

(b) 90° 转角

(c) 分支线



(d) 木螺丝固定法

(e) 导线过墙

图 10-104 瓷柱敷线法

5. 一般敷线方法 有双线瓷夹板敷线(图 10-103)和瓷柱敷线(图 10-104)两种,在环境特别潮湿处,不宜使用瓷夹板布线。

6. 环氧树脂敷设塑料护套线法 环氧树脂敷设塑料护套线法适应在空心板、陶粒板等不宜凿洞的建筑及粉刷层较薄的混凝土结构和钢结构的建筑物上敷设电路。它具有质量好、美观等优点。可以减轻劳动强度,提高劳动生产率约 20%~30%。

(1) 材料:单芯、双芯或三芯扁形塑料护套线,普通铝夹头,特制的固定铝夹头用的白铁底板和粘合剂。

粘合剂的配制(重量比以环氧树脂为 100):

*6101(或 #0634)环氧树脂	100
工业用苯二甲酸二丁酯	15~20
石棉粉(或滑石粉)	60
二乙烯三胺	6~8

配制时可将前三项按配方规定搅拌均匀,用瓶装贮,并在瓶上标明待加入的二乙烯三胺的数量。如果环氧树脂过于稠厚,则可加热到 80°C,使之稀薄。一般含有 15 克环氧树脂的粘合剂可装 200 只夹头。

(2) 安装方法:先准备好施工工具,如粉线袋、弯柄钢丝刷、薄竹片、搪瓷杯、玻璃棒和滴管等,并沿敷设线路弹好灰线。按护套线安装要求,每 150 毫米装一只夹头,定出夹头位置,用钢丝刷刷净。再在已调好的粘合剂内按定量加入二乙烯三胺(一般滴管每滴为 0.05 克),再次调匀。然后用薄竹片将其涂在铁底板与混凝土上二个接触表面上。最好让接触面有几分钟的吸收时间,不要涂一只粘一只。最后将涂好的铁底板粘在涂有粘合剂的混凝土上,粘时要有一定压力,使两粘合面接触良好。

粘好的铝夹头底板需经 24 小时硬化后方可敷线,冬天最好经过 48 小时后再行敷线。

(3) 注意事项:

① 白铁底板要用汽油洗净,建筑物上的粘合处也要刷净。

② 粘合剂调制时要搅拌均匀,数量不要过多,冬天约在 5 小时内用完,夏天最好 80 分钟用完。

③ 粘合层愈薄愈好,但保证要有良好的接触。

④ 二乙烯三胺为毒品,对皮肤有腐蚀作用,使用时要带指套或手套。

7. 明、暗管线 对于潮湿,有腐蚀场所及化工、电镀、高频车间宜采用管

道布线。在不影响机械强度的情况下,都用硬塑料管,若使用钢管要加防锈处理。

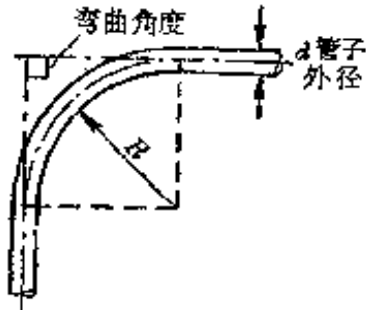


图 10-105 管子弯曲要求

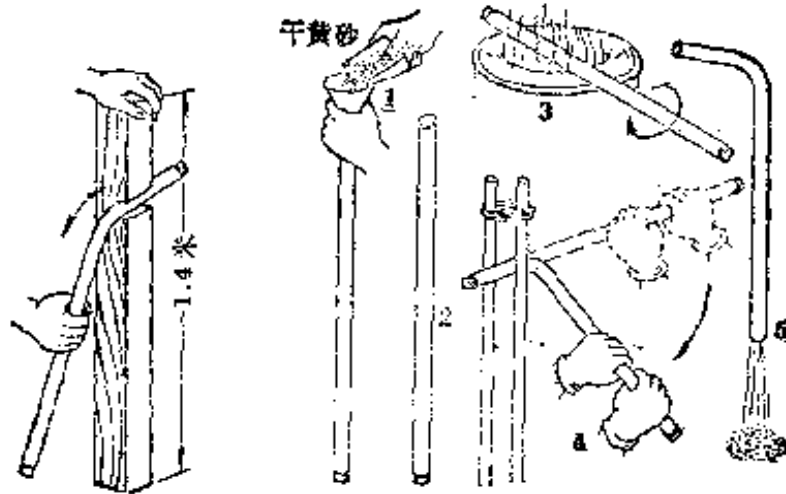
在使用管道布线时,应根据管内导线(包括绝缘层)的总截面按表 10-18 计算。不同电压的导线,不能穿在同一管道。

明管应采用管卡支持,管卡间的距离应不大于表 10-19 的要求。

暗管施工应注意,转角处曲率半径不应小于外径的 6 倍。敷设于混凝土内时,其曲率半径不应小于 10 倍。

线管的弯曲角度不应小于  $90^\circ$ ,在弯曲转角处不应使管径缩小,如图 10-105 所示;电工常用弯管方法如图 10-106 所示。

钢管的连接法如图 10-107~10-110。钢管接头处要牢固接地,两头端口应加装防护圈。



(a) 直径较小钢管加工

(b) 直径较大钢管加工程序

图 10-106 弯钢管方法

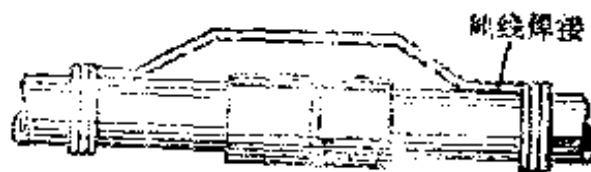


图 10-107 钢管对接



钢管穿线时,同一管内的导线(不论多少根)必须同时一次穿入。先从钢管的一端到另一端穿入普通的铅丝作为引线,然后把剖出的导线端缠扎在引线端,拉入管内(图10-111)。导线上可撒些滑石粉,以减小通过管道时的摩擦阻力,但不得使用任何油脂来润滑。

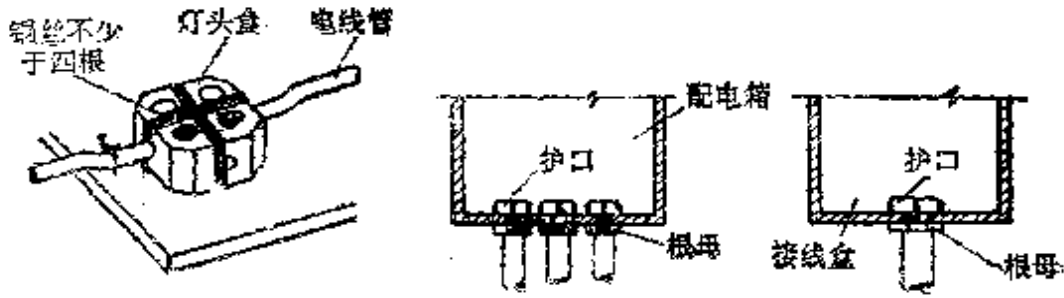


图 10-108 电线管与箱、盒连接

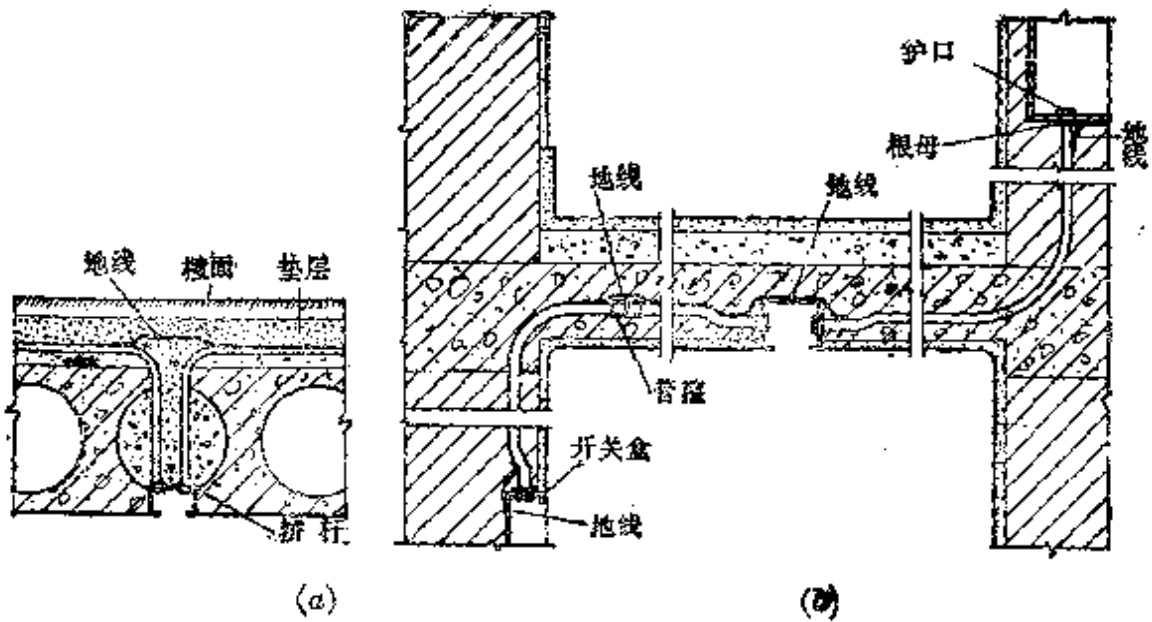


图 10-109 预制板灯头的安装法

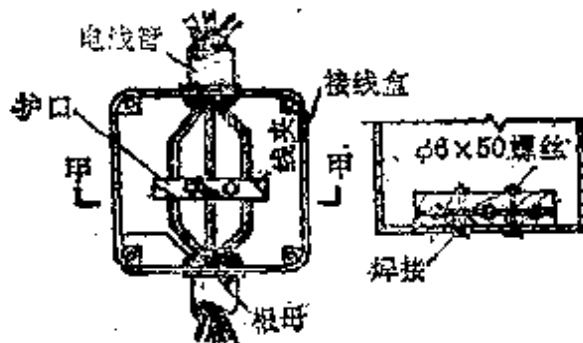


图 10-110 垂直管路固定法

表 10-18 钢管所穿导线根数与管径的关系表

导线截面 (毫米 <sup>2</sup> )	导 线 根 数								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	电 线 管 的 最 小 管 径 (毫米)								
1	13	16	16	19	19	25	25	25	25
1.5	13	16	19	19	25	25	25	25	25
2	16	16	19	19	25	25	25	25	25
2.5	16	16	19	25	25	25	25	25	32
3	16	16	19	25	25	25	25	32	32
4	16	19	25	25	25	25	32	32	32
5	16	19	25	25	25	25	32	32	32
6	16	19	25	25	25	32	32	32	32
8	19	25	25	32	32	32	32	38	38
10	25	25	32	32	38	38	38	51	51
16	25	32	32	38	38	51	51	51	64
20	25	32	38	38	51	51	51	64	64
25	32	32	38	51	51	64	64	64	64
35	32	38	51	51	64	64	64	64	76
50	38	51	64	64	64	64	76	76	76
70	38	51	64	64	76	76	76		
95	51	64	64	76	76				
备 注	1. 表中管径是指电线管的外直径。硬塑料管或白铁管, 也参考上表 2. 电线管管径的外层, 若装在特别潮湿和腐蚀的地方, 必须经过防锈处理								

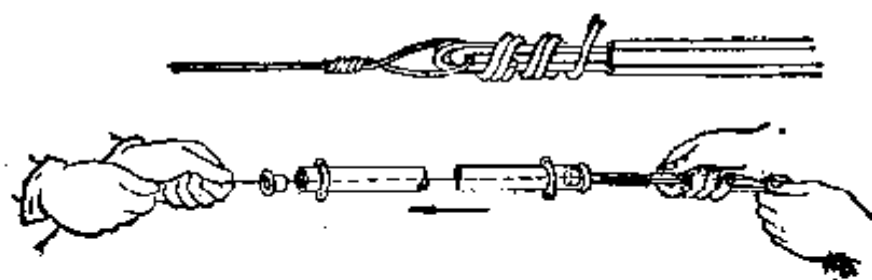
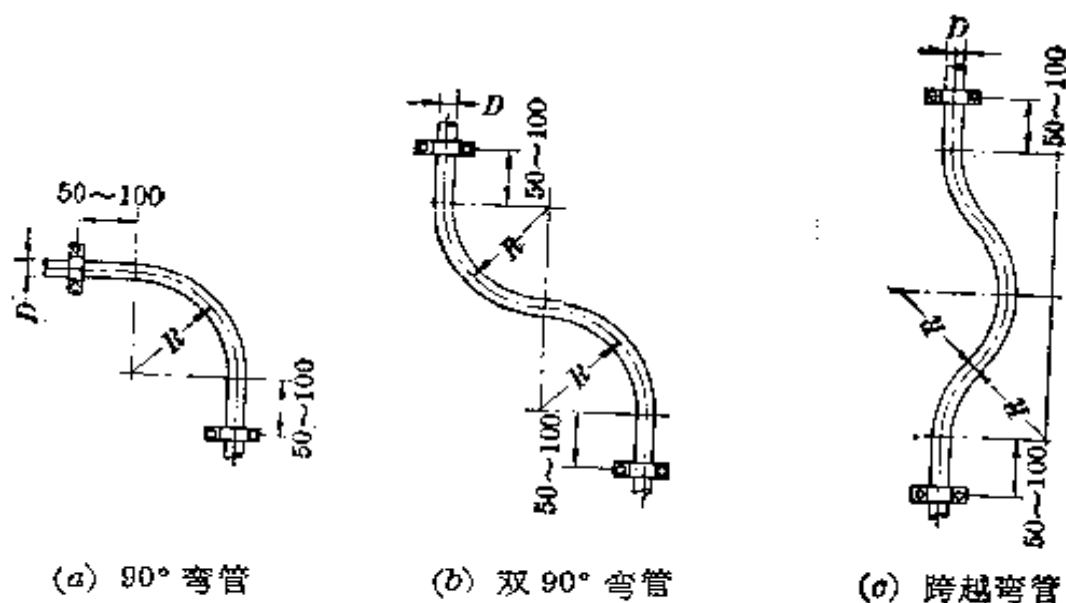


图 10-111 钢管穿线法



(a) 90° 弯管

(b) 双 90° 弯管

(c) 跨越弯管

图 10-112 弯管形式

表 10-19 明线管卡间最大距离 (米)

管壁厚度 (毫米)	配 线 直 径 (毫米)			
	13~19 (1/2"~3/4")	25~32 (1"~1 1/2")	38~51 (1 1/2"~2")	64~76 (2 1/2"~3")
2.5 以上	1.5	2.0	2.5	3.5
2.5 以下	1.0	1.5	2.0	

8. 电缆线路 根据用电场所的特点而采用电缆线路时,应选择不易遭受各种损坏的有利走向,一般采用铠装电缆,敷设在电缆沟内,或敷设在无直接机械损坏及化学侵蚀危险的场所,也可采用无铠装电缆。

电缆的埋设深度、电缆与各种设施接近与交叉的距离、电缆之间的距离和电缆明装时的支撑距离等应符合表 10-20 和 10-21 的要求。

表 10-20 电缆装置中的最小距离

项 目	最小距离(米)
直埋电缆的埋设深度	一般情况 0.7 机耕农田 1.0
电缆与各种设施的接近与交叉	穿越路面 1.0
	离建筑物基础 0.6
	与排水沟底的交叉 0.5
	与热力管道接近 2.0
	与热力管道交叉 0.5
电缆互相间净距	与其它管道交叉或接近 0.5
	平行接近时 0.1 交叉接近时 0.5
电缆明装时的支撑间距	铅包电缆垂直装置时 1.5
	其它各类电缆垂直装置时 2.0
	各种电缆水平装置时 1.0

表 10-21 电缆弯曲时曲率半径的要求

电 缆 种 类	曲率半径为电缆外径的倍数
纸绝缘多芯铅包电缆	15
纸绝缘单芯铅包电缆	25
纸绝缘铅包电缆<外径 40 毫米以下>	25
纸绝缘铅包电缆<外径 40 毫米以上>	30
橡胶绝缘电缆<铠装>	10
橡胶绝缘电缆<无铠装>	6
塑料护套电缆	8

## 10-9 根据电动机容量选配电器与导线

当电动机容量(千瓦)确定之后,就可以从表 10-22 中知道该电动机在使用中应如何选配适当控制保护电器及导线的规格型号。

例如一台 JO2-52-4/10 电动机,从铭牌上查得该电动机额定电压是 380 伏,额定电流是 20 安,起动电流 7 倍于额定电流,并要求直接起动。从表 10-17 中就可选用 RC1-100/50 熔丝作短路保护,选用 DZ10/100-25 空气开关作一般控制器,若用于频繁起动可选用 CJ0-40 交流接触器。为了要防止电动机的过负载,可采用 JR0-40/25 热继电器作过电流保护。同时从表 14-40 中看出,4 平方毫米的铜芯导线在 25°C 时,安全载流量为 40 安,再参看表 10-18 的导线穿管的规定取 19 毫米管径的铁管(或硬塑料管)。若电动机正常运转是三角形连接,采用星-三角控制起动时,从控制器的出线端六根导线的截面可以减少到  $1/\sqrt{3}$  的情况。

若电动机的容量较大,又不宜用星-三角控制起动者,可选用相应的自耦变压器及其他型的控制设备。

表 10-22 根据电动机容量选配控制保护电器与导线

电动机型号	电动机				熔丝保护选用			控制开关选择				导线与铁管选择					
	功率(千瓦)	额定电流(安)	启动倍数	启动电流(安)	RT0	RM1	RJ1 (螺旋式)	RC1 (插入式)	Q00	空气开关		CJ1		25°C		40°C	
										型	号	型	号	热元件	热元件	导线截面(毫米 <sup>2</sup> )	管径(毫米)
JO2-11/2	0.8	1.85	7	13	15/10	15/10	15/10	10/6	52.5	DZ5-20/330	2.5	10	20/2.5	2.5	16	2.5	16
JO2-12/2	1.1	2.45	7	17	15/10	15/10	15/10	10/6	52.5	DZ5-20/330	4.5	10	20/4	2.5	16	2.5	16
JO2-21/2	1.5	3.18	7	22.2	15/10	15/15	15/15	15/10	64	DZ5-20/330	4.5	10	20/4	2.5	16	2.5	16
JO2-22/2	2.2	4.6	7	32.2	60/20	60/20	15/15	15/10	63.4	DZ5-20/330	6.5	10	20/6.4	2.5	16	2.5	16
JO2-31/2	3	6.2	7	43.4	60/20	60/20	60/20	30/15	63.4	DZ5-20/330	6.5	20	20/6.4	2.5	16	2.5	16
JO2-32/2	4	8.2	7	57.4	60/25	60/20	60/20	30/15	10	DZ5-20/330	10	20	20/10	2.5	16	2.5	16
JO2-41/2	5.5	11	7	77	100/40	60/35	60/30	30/20	10	DZ5-20/330	15	20	20/16	2.5	16	2.5	16
JO2-42/2	7.5	14.8	7	103.1	100/50	60/60	60/40	30/25	10	DZ5-20/330	15	20	20/16	2.5	16	2.5	16
JO2-51/2	10	19.3	7	135.1	100/60	60/60	60/50	60/30	10	DZ10-100	20	40	40/25	4	19	4	19
JO2-52/2	13	25.1	7	175	100/80	100/80	100/70	60/40	20	DZ10-100	30	40	40/40	6	19	10	25
JO2-61/2	17	32.5	7	225	100/100	100/100	100/90	60/50	20	DZ10-100	40	40	40/40	10	25	10	25

(续表)

电动机型号	电动机				熔丝保护选用				空气开关				热元件		导线截面选择	
	功率(千瓦)	额定电流(A)	启动电流(A)	启动电流倍数	RTO	RMI	RLJ (螺旋式)		RCJ (插入式)	型号	电流(A)	热元件 JRC	型号	JJI	30°C	40°C
							导线截面(毫米 <sup>2</sup> )	直径(毫米)							导线截面(毫米 <sup>2</sup> )	直径(毫米)
JO2-71/2	22	42	290	7	200/120	200/120	200/100	200/80		DZ10-100	50	JRC-60/60			16	32
JO2-72/2	30	56	390	7	200/120	200/160	200/120	200/90		DZ10-100	60	JRC-60/60			25	38
JO2-81/2	40	74	480	7.5	200/300	200/200	200/125	200/100		DZ10-100	80		150A W/3		25	51
JO2-82/2	55	101	650	7.5	100/300	350/260	200/150	200/150		DZ10-125	120		150A W/3		30	51
JO2-91/2	75	136	880	7.5	100/300	350/350	200/200	200/200		DZ10-125	140		150A W/3		30	64
JO2-11/4	10	1.62	110	7			15/6	10/4		DZ5-20/330	2	JRC-20/2.5			3.5	16
JO2-12/4	10	2.06	140	7			15/10	15/6		DZ5-20/330	3	JRC-20/2.7			2.5	16
JO2-21/4	1.1	2.08	19	7		15/10	15/8	15/8		DZ5-20/330	3	JRC-10/20/4			2.5	16
JO2-22/4	1.1	3.49	26	7		15/10	15/10	15/10		DZ5-20/330	4	JRC-10/20/4			2.5	16
JO2-31/4	2.2	4.9	34	7		60/20	15/15	15/10		DZ5-20/330	4	JRC-10/20/6.4			2.5	16
JO2-32/4	3	6.5	46	7		60/20	60/20	30/20		DZ5-20/330	6	JRC-10/20/10			2.5	16

(续表)

电动机型号	电动机				熔丝保护选用			控制开关选择					导线与铁管选择				
	功率(千瓦)	额定电流(安)	起动倍数	起动电流(安)	RT0	RM1	RL1 (螺旋式)	RC1 (插入式)	空气开关 型号	电流(安)	热元件 型号	CJ0		CJ1		25°C 导线截面 (毫米 <sup>2</sup> )	40°C 导线截面 (毫米 <sup>2</sup> )
												型	号	型	号		
JO2-21/6	0.5	2.31	6.5	15		15/6	15/10	10/7	DZ5-20/330	2	JR0	10/20/2.5			2.5	2.5	16
JO2-22/6	1.1	3.01	6.5	20		15/10	15/10	10/7	DZ5-20/330	4	JR0	10/20/4			2.5	2.5	16
JO2-31/6	3.5	3.92	6.5	25		15/15	15/15	15/11	DZ5-20/330	4	JR0	10/20/4			2.5	2.5	16
JO2-32/6	5.5	5.40	6.5	35		60/20	60/20	15/13	DZ5-20/330	6	JR0	10/20/6.4			2.5	2.5	16
JO2-1/6	3	7.07	6.5	40		60/20	60/20	20/18	DZ5-20/330	10	JR0	10/20/10			2.5	2.5	16
JO2-42/6	4	9.15	6.5	50		60/25	60/30	30/22	DZ5-20/330	10	JR0	20/20/10			2.5	2.5	16
JO2-51/6	5.5	12.3	6.5	80	100/40	60/35	60/35	60/30	DZ5-20/330	15	JR0	20/20/16			2.5	2.5	16
JO2-52/6	7.5	16.3	6.5	100	100/40	60/60	60/40	60/40	DZ10-100	20	JR0	20/40/25			2.5	4	19
JO2-61/6	10	21.3	6.5	138	100/60	60/60	60/50	60/40	DZ10-100	25	JR0	40/40/25			4	6	19
JO2-62/6	13	27.2	6.5	177	100/80	100/50	60/50	60/50	DZ10-100	30	JR0	40/40/40			6	10	25
JO2-71/6	17	34.8	6.5	226	100/100	100/100	100/60	100/60	DZ10-100	40	JR0	40/60/45			10	16	22
JO2-72/6	22	44.3	6.5	288	200/125	200/125	100/80	100/80	DZ10-100	50	JR0	60/45			16	25	38

表 10-23 Y 系列电动机起动、保护设备及导线选择

型号	功率 (千瓦)	额定 电流 (安)	起动 电流 (安)	轻 载 全 压 起 动				磁 力 起 动 器			BLX BLV 导线截面(毫米 <sup>2</sup> ) 钢管直径(毫米)		
				熔 断 电 流 / 熔 体 电 流 (安)				铁壳 开关 (安)	热元件额定电流(A)		25°C	30°C	35°C
				RL1	RM10	RT10	RT0		QL10	QL12			
Y80L-4	0.55	1.6	13	15/4			15/0	2/6	2/6				
Y80L-2		1.9	13	15/5	20/6		15/0	2/6	2/H				
Y80L-4	0.75	2.1	14					2.4	2.4				
Y90S-6		2.3	14	15/6									
Y80L-2		2.6	18	15/6	20/10	50/10	15/10	2/6	2/H				
Y90S-4	1.1	2.7	18					3.5	3.5				
Y90L-6		3.2	19										
Y90S-2		3.4	21	15/10							2.5	2.5	
Y90L-4	1.5	3.7	22		20/15						2.5	G15	
Y100L-6		4.0	24	15/15				2/6	2/H		G15	G15	
Y90L-2		4.7	33	60/20				5	5				
Y100L1-4		5.0	36		20/20	50/15							
Y112M-6	2.2	5.6	34	15/15									
Y132S-8		5.8	33					2/6	2/H				
Y100L-2		6.4	45	60/20			15/15	7.2	7.2				
Y100L2-4		6.8	48			50/20							
Y132S-6	3.0	7.2	47		30/25			2/6	2/H				
Y132M-8		7.7	43					1.1	1.1				



(续表)

型号	功率 (千瓦)	额定 电流 (安)	启动 电流 (安)	轻 载 全 压 起 动						BLX 导线截面(毫米 <sup>2</sup> )								
				熔器电流/熔体电流(安)			铁壳 开关 (安)	磁力起动机 热元件额定电流(A)			25°C	30°C	35°C					
				RMI0	RTI0	RT0		QL8	QL10	QL12								
Y112M-2		8.2	57			50/20												
Y112M-4	4.0	8.8	62	60/30	30/25	50/20	30/20	2/6	3/6	3/H								
Y132M1-6		9.4	61					11	11	11								
Y160M1-8		9.9	69															
Y132S1-2		11	78					3/6	3/6	3/H								
Y132S-4	5.5	12	81	60/35	30/30	50/30	30/20	11	11	11			2.5	2.5	2.5			
Y132M2-6		13	82															
Y160M2-8		13	86															
Y132S2-2		15	105					3/6	3/6	3/H								
Y132M-4	7.5	15	108	60/40	60/40	50/40	30/30	16	16	16								
Y160M-6		17	111															
Y160L-8		18	97															
Y160M1-2		22	153	60/45				4/6	4/6	4/H			4	4	G20			
Y160M-4	23	168																
Y160L-6	25	160	60/50					50/50	60/40	4	G20							
Y180L-8	11	25	151					33	33	22			6	6	G20			

(续表)

型 号	功率 (千瓦)	额定 电流 (安)	启动 电流 (安)	轻 载 全 压 起 动				磁 力 起 动 器				BLX BLV 导线截面(毫米 <sup>2</sup> )			
				熔器电流/熔体电流(安)				铁壳 开关 (安)	热元件额定电流(A)				钢管直径(毫米)		
				RL1	RM10	RF10	RT0		QL8	QL10	QL12	25°C	30°C	35°C	
Y160M2-2		29	206					4/6	4/6	4/H	6	6	6	G20	
Y160L-4	15	30	212	100/80	100/80	60/60	100/60	33	23	23	6	6	6	G20	
Y180L-6		32	235					4/6	4/6	4/H	10	10	10	G25	
Y200L-8		34	207					4/6	4/6	4/H	10	10	10	G25	
Y100L-2		35	249					4/6	4/6	4/H	10	10	10	G25	
Y180M-4	18.5	36	251	100/80				45	45	45	10	10	10	G25	
Y200L1-6		38	245					5/6	5/6	5/H					
Y225S-8		41	248					57	5/6	45					
Y180M-2		42	295	100/80	100/80	100/80	100/80		50		16	16	16	G32	
Y180L-4		43	298												
Y200L2-6	22	45	290	100/100											
Y225M-8		48	280					5/6	5/6	5/H	16	16	16	G32	
Y200L1-2		57	398					86	5/6	63	25	25	25	G32	
Y200L-4		57	398	200/125	100/100	100/100	100/100		72		25	25	25	G32	
Y225M-6	30	60	387					6/6	6/6	6/H	25	25	25	G32	
Y250M-8		63	375					86	72	85					

(续表)

型号	功率 (千瓦)	额定 电流 (安)	启动 电流 (安)	经 裁 全 压 起 动				热元件额定电流(A)			BLX BLV 导线截面(毫米 <sup>2</sup> )				
				熔器电流/熔体电流(安)				壳 开关 (安)	磁力启动器			钢管直径(毫米)			
				RLL	KM10	RT10	RT0		QL3	QL10	QL12	25°C	30°C	35°C	
Y200L2-2		49	49				RT0			QL3	QL10	QL12	25	25	35
Y225S-4	37	70	489			330/120				6/6	72	6/II	G32	G32	G40
Y250M-6		72	468							80		85	35	G40	
Y280S-8		79	472		200/160								35	G40	
Y225M-2		84	487								6/6		50		50
Y225M-4		84	589			200/150					100		50	G50	G50
Y250S-6	45	85	556							125			50	G50	
Y280M-8		98	550												
Y315S-10		98	637												
Y250M-2		93	719								7/6	6/H	50	G50	70
Y250M-4		103	712		200/200					7/6	110	120			G50
Y280M-6	55	105	882							125					
Y315S-8		109	700												
Y315M2-10		126	730										70	G60	
Y280S-2		140	931								7/6	7/H	70	G60	95
Y280S-4		140	978		350/225					176	150	160			G70
Y315S-6	75	142	923			400/250									
Y315M-6		148	962							176			95	G70	120
Y315M3-10		160	1040		350/250					176			G70	G70	G70

表 10-24 JS 系列电动机启动、保护设备、导线选择

型号	功率 (千瓦)	额定 电流 (安)	全压 启动 电流 (安)	轻载全压启动			降压启动			BLX BLV 导线截面(毫米 <sup>2</sup> ) 钢管直径(毫米)		
				熔断器电流/熔 体电流(安)		磁力启动器/热元件 电 流 (安)	自耦降压器 启动器型号	25°C	30°C	35°C		
				RM10	RT0						QC8	QC10
JS115-10	45	97	427	200/125	200/120	6/6 100	6B/H 120	QJ12A-150	50 G50	50 G50	50 G50	
JS116-10	55	121	532	200/160	6/6 125	7/H 160A	7/H 160A	Q12A-150			70 G50	
JS115-8	60	120	660	200/206	200/150	7/6 150A	6B/H 120	QJ10-75 或 QJ12A-150	70 G50	70 G50		
JS117-10	65	139	556	200/160			7/H 160A					
JS116-8	70	139	667			7/6 170					95 G70	
JS115-6	75	140	636	200/200	200/200							
JS117-8	80	159	779									
JS125-10	80	163	752						95 G70	95 G70	120 G70	
JS116-5		176	898									
JS125-8	95	184	846									
JS126-10		193	869	350/235	400/250			QJ12A-250	120 G70	120 G70	160 G70	

JS125-8	110	212	975								150 G70	2(70) 2G50
JS117-6		212	1272	350/300	400/300						150 G70	2(70) 2G50
JS114-4	115	212	1124	350/260	400/250							
JS127-10		232	1090									
JS125-6		238	1404	350/300	400/350						2(70) 2G50	12(95) 2G70
JS127-8	130	250	1175	350/260	400/300						2(70) 2G50	2(70) 2G50
JS128-10		259	1191									
JS115-4	135	249	1370	350/300	400/350							
JS116-4		285	1795	600/430	400/400							
JS126-6		283	1670									
JS128-8	155	298	1537	350/350	400/350							
JS137-10		294	1588									
JS117-4		320	1908		600/450							
JS136-8	180	336	1848		600/400							
JS138-10		339	1729									
JS137-6	185	337	2050	600/430								
JS137-8	210	390	2106		600/450							
JS128-6	215	390	2340	600/500	600/560							

## 照 明

目前在工矿企业中采用的照明装置都是电光源。根据工作场合对照明要求的不同,合理选择照明灯具,满足照明要求,又保证照明装置和人身的电气安全是很重要的。本章主要介绍一般的常用照明、工厂照明和新型灯具以及简单的修理。

### 11-1 照 明 灯 具

#### 一、电 光 源

电光源根据其工作原理可分为两大类:

(1) 白炽(热辐射)光源: 利用电能使材料加热到白炽程度而发光的光源,如白炽灯、卤钨灯。

(2) 气体放电光源: 利用气体或蒸气的放电而发光的电源,如荧光灯、荧光高压汞灯、高压钠灯、金属卤化物灯等。

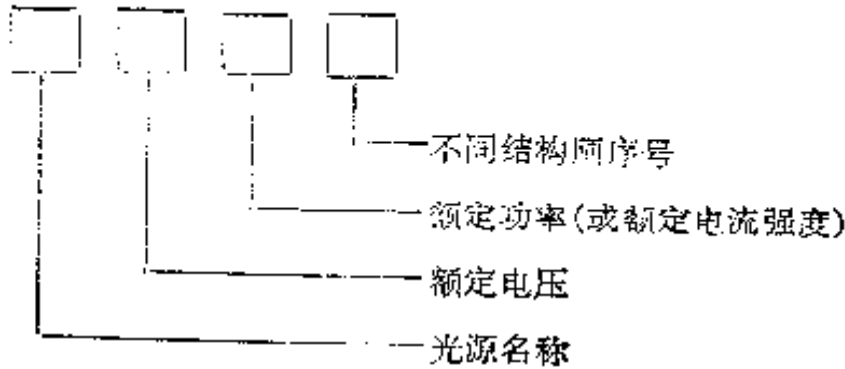
光源代号: 见表 11-1。

表 11-1 光源代号

代 号	光 源 种 类	代 号	光 源 种 类
不 注	白 炽 灯	X	氙 灯
Y	荧 光 灯	N	钠 灯
Z	卤 钨 灯	J	金 属 卤 化 物 灯
G	汞 灯	H	混 合 灯 源

## 1. 白炽灯光源

## (1) 白炽灯光源型号命名组成



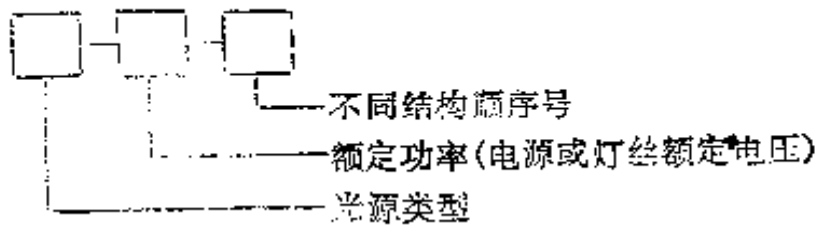
(2) 白炽光源名称及其代号见表 11-2。

表 11-2 白炽光源名称及代号

光源名称	代号	光源名称	代号
普通照明灯泡	PZ	医用微型灯泡	YW
双螺旋普通照明灯泡	PZS	槌形电源指示灯泡	DC
蘑菇形普通照明灯泡	PZM	梨形电源指示灯泡	DL
反射型普通照明灯泡	PZF	球形电源指示灯泡	DQ
氩气照明灯泡	KZM	锥形电源指示灯泡	DZ
矿区照明灯泡	KZ	圆柱形电源指示灯泡	DY
彩色灯泡	CS	小型指示灯泡	XZ
装饰灯泡	ZS	微型指示灯泡	WZ
局部照明灯泡	JZ	电话交换机灯泡	HJ
汽车拖拉机灯泡	QT	仪器灯泡	YQ
封闭式汽车灯泡	QF	矿用头灯灯泡	KT
船用照明灯泡	CY	水下灯泡	SX
飞机灯泡	FJ	管形照明卤钨灯	LZG
专用小型灯泡	XX	汽车卤钨灯泡	LQ
聚光灯泡	JG	石英聚光卤钨灯泡	LJS
反射型聚光灯泡	JGF	硬质玻璃聚光卤钨灯泡	LJY
摄影灯泡	SY	摄影卤钨灯管	LSY
反射型摄影灯泡	SYF	放映卤钨灯泡	LFY
放映灯泡	FY	印片卤钨灯泡	LYP
幻灯灯泡	HD	复印卤钨灯泡	LF
照相灯泡	ZX	红外线卤钨灯泡	LHW
红外线灯泡	HW	仪器卤钨灯泡	LYQ
照相放大灯泡	ZF	幻灯卤钨灯泡	LED
无影灯泡	WY		

2. 气体放电光源

(1) 气体放电光源型号命名组成



(2) 气体放电光源及其代号见表 11-3。

表 11-3 气体放电光源及代号

光源名称	代号	光源名称	代号
直管形荧光灯	YZ	球形水冷氙灯	XSQ
U形荧光灯管	YU	封闭式冷光束氙灯	XFL
环形荧光灯管	YH	管形氙灯	XG
自整流荧光灯管	YZZ	管形水冷氙灯	XSG
黑光荧光灯管	YHG	直管形脉冲氙灯	XMZ
紫外线灯管	ZW	低压钠灯管	ND
直管形石英紫外线低压汞灯	ZSZ	高压钠灯泡	NG
U形石英紫外线低压汞灯管	ZSU	管形碘化铯灯	DTG
白炽荧光灯泡	ZY	管形铊钠灯	KNQ
高压汞灯泡	GG	球形镨灯	YDQ
荧光高压汞灯泡	GGY	球形镱灯	DDQ
自整流荧光高压汞灯泡	GGZ	管形镱灯	DDG
仪器高压汞灯泡	GGQ	钠铊镨灯	NTY
晒图高压汞灯泡	GGG	铊铊灯	TY
直管形紫外线高压汞灯	GGZ	高压氙灯管	KG
U形紫外线高压汞灯	GGU	氦氖辉光灯泡	NH
管形汞氙灯	GXG	光谱灯	GP
球形超高压汞灯	GGQ	氙灯	DD
球形超高压汞氙灯	GXQ	氙弧灯	QH
球形氙灯	XQ		

二、灯 具

(1) 灯具型号命名组成





(2) 灯具类型代号见表 11-4。

表 11-4 灯具类型代号

代 号	类 型	代 号	类 型
M	民用建筑灯具	B	防爆灯具
G	工矿灯具	Y	医疗灯具
Z	公共场所灯具	X	摄影灯具
C	船用灯具	W	舞台灯具
S	水面水下灯具	N	农用灯具
H	航空灯具	J	军用灯具
L	陆上交通灯具		

(3) 民用建筑灯种代号见表 11-5。

表 11-5 民用建筑灯种代号

代 号	灯 种	代 号	灯 种
B	壁 灯	Q	嵌入式顶灯
C	床头灯	T	台灯
D	吊 灯	X	吸顶灯
L	落地灯	W	未列入类
M	门 灯		

(4) 工矿灯种代号见表 11-6。

表 11-6 工矿灯种代号

代 号	灯 种	代 号	灯 种
B	标志灯	J	机床灯
C	厂房照明灯	T	投光灯
G	工作台灯	Y	应急灯
H	行灯	W	未列入类

## 11-1 照明灯具

(5) 公共场所灯种代号见表 11-7。

表 11-7 公共场所灯种代号

代号	灯 种	代 号	灯 种
B	标志灯	T	庭园灯
D	道路照明灯	Y	通用照明灯
G	广场灯	W	未列入类
S	放射灯		

(6) 灯头种类代号见表 11-8。

表 11-8 灯头种类代号

代号	灯 头 种 类	代 号	灯 头 种 类
B	插口式灯头	P	预聚焦式灯头
BA	汽车用插口式灯头	PB	预聚焦插口式灯头
E	螺口式灯头	R	凹式灯头
F	单插脚式灯头	S	筒式灯头
G	双插脚或多插脚灯头 或无灯头灯泡的插脚	SV	锥式灯头
		T	电话指示灯灯头

## 三、灯 头

(1) 插口式灯头的使用范围见表 11-9。

表 11-9 插口式灯头的使用范围

灯 头 型 号	使 用 范 围		
	最高工作电压(伏)	最大工作电流(安)	最大额定功率(瓦)
BA7S/11 BA9S/14 B9S/14 B12S/12 B12S/13	50	2.5	25
BA15S/19 BAY15S/19 BA15d/19 BA20S/25 BA20d/25 B22S/29×26 B22d/22 B22d/25×26 B22d/30×30	250	4	40  300

(2) 螺口式灯头的使用范围见表 11-10。

表 11-10 螺口式灯头的使用范围

灯头型号	使 用 范 围		
	最高工作电压 (伏)	最大工作电流 (安)	最大额定功率 (瓦)
E5/9	24	1	10
E10/12			
E10/13	50	2.5	25
E10/13×11			
EP10/14×11			
E12/15			
E12/20×15	250	4	300
E12/22×15			
E14/20			
E14/23×15			
E14/25×17			
E27/25	20	2000	
E27/27			
E27/35×30			
E27/65×45			
E40/45			
E40/55×47			
E40/75×54			
E40/75×64			

#### 四、白炽灯、灯座和照明附件

1. 白炽灯 白炽灯结构简单,适用于一般工矿企业、机关学校和家庭作普通照明。如果适当选择灯泡的功率,配用合适电源也可用作信号指示用。白炽灯按用途可分为下列四种:

(1) 普通白炽灯泡的规格如表 11-11 所示。

(2) 低压灯泡:用于安全行灯,常用规格为额定电压 12、24、32、36 伏,

## 11-1 照明灯具

功率 10、15、20、25、30、40、50、60、100 瓦。

(3) 开关板指示灯泡: 用于开关板上作指示用。

(4) 特殊专用灯泡, 如小电珠、微型装饰灯泡等。

表 11-11 不同功率等级的白炽灯泡的规格




灯泡 型号	额 定 数 值				灯座型号	各 注
	电压 (伏)	功率 (瓦)	光通量 (流明)	发光效率 (流明/瓦)		
PZ6	230	15	101	6.7	2C-22 或 E27	1. 光通量(又名光流): 单位时间内从某光源发射 出来能产生视觉的那部分 总能量。单位是流明 2. 发光效率: 电灯所发 出的光通量与电灯消耗电 功率的比值, 也就是单位 功率的光通量。单位是流 明/瓦
PZ7		25	198	7.9		
PZ8		40	340	8.5		
PQ8		60	540	9.0		
PQ9		100	1050	10.5		
PQ10		150	1845	12.3		
PQ11		200	2660	13.3		
PQ12		300	4350	14.5	E27 或 E40	
PQ13		500	7700	15.4	E40	
PQ14		1000	13000	17.0		

2. 灯座 灯座有瓷质的、胶木压制的和金属材料的三种。使用时, 应根据使用场合的不同, 选择不同材料的灯座。如瓷灯座可用于潮湿处, 胶木灯座与金属灯座则可用于干燥处等等。灯座的种类大致分为螺旋式和插口式两种, 型号如表 11-11 所示。各种灯座的主要规格、外形和用途如表 11-12 所示。

表 11-12 部分灯座规格、外形和用途





名称及外形	种 类	额定电压 (伏)	额定电流 (安)	用 途
插口灯座 	胶木、铜质 胶木小型 铜质小型	250 24伏以下	3 —	一般用
插口平灯座 	胶木、铜质 胶木小型 铜质小型	250 24伏以下	3 —	安装在天花板上、墙壁上、行灯内等
插口安全灯座 	胶木	250	3	胶木喇叭口能将铜圈和灯头罩没,可防触电
插口双插座灯座 	胶木	250	5	可供同时插接其他电器
插口单插座灯座 	胶木	250	5	同上,但仅一侧有插口
螺旋灯座 	胶木 铜质	250	3	一般装螺旋头灯泡用
螺旋平灯座 	胶木 铜质 瓷质	250	3	同上,安装在天花板上、墙壁上等
防水灯座 	胶木 瓷质	250	3	用于室外
螺旋防水平灯座 		250	3	用于室外,安装在墙壁上
螺旋安全灯座 		250	3	同插口安全灯座,但供螺旋头灯泡用

(续表)



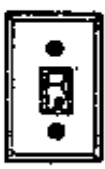


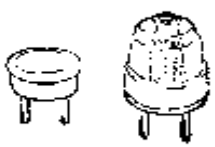


名称及外形	种类	额定电压 (伏)	额定电流 (安)	用途
螺旋安全 平灯座 		250	3	同螺旋平灯座, 但较安全
螺旋双插 座灯座 		250	5	同插口双插座灯座, 适用于螺旋头灯泡
安全荧光 灯座 	胶木 塑料	250	2.5	分固定和活动的二种

3. 照明用其他附件 照明用其他附件如开关、挂线盒、插座等, 它的主要规格如表 11-13 所示。

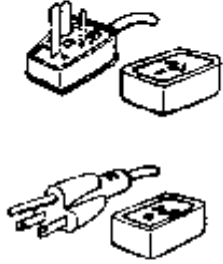
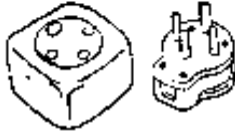
表 11-13 常用照明附件

名称	外形	种类	额定电压 (伏)	额定电流 (安)
拉线开关		胶木 瓷质	250	3
挂线盒带 拉线开关		胶木 瓷质	250	3
防水拉线开关			250	5
挂线盒		胶木 瓷质	250	5

(续表)

名 称	外 形	种 类	额定电压 (伏)	额定电流 (安)
平开关		胶木	250	5 10
台灯开关		胶木	250	2
跷板式明开关		塑料	250	4
跷板式 单控暗开关		塑料	250	10
跷板式 双控、双联, 单控、双联, 双控暗开关		塑料	250	10
插头和插座	圆 插 头 	胶木	250	3
	扁 插 头 	胶木 橡胶		5
	两用插座 	胶木		

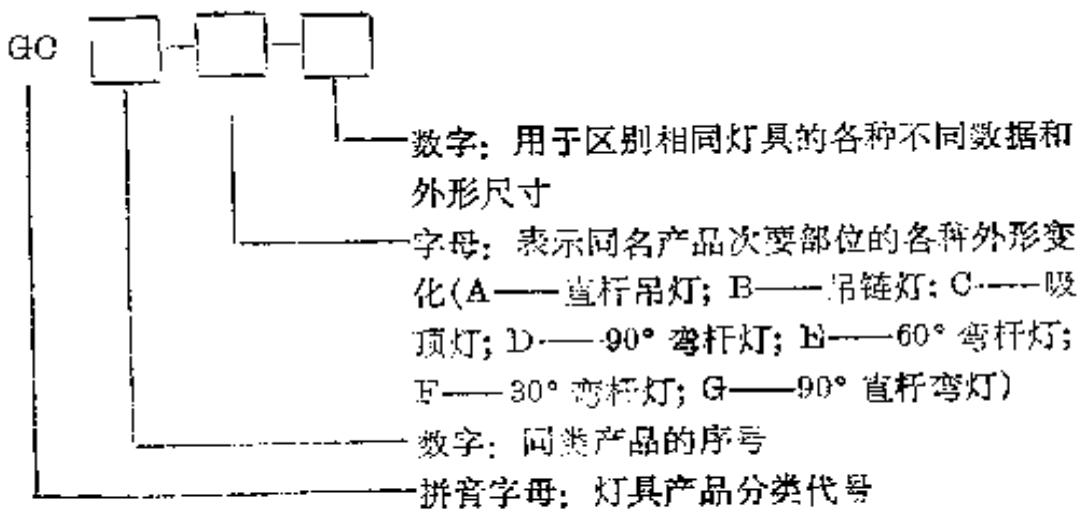
(续表)

名称	外形	种类	额定电压 (伏)	额定电流 (安)
插头和插座	单相安全插头及插座 	胶木 橡胶	250	5
	10			
				15
				20
				30
	三相安全插头及插座 	胶木	380	15
				20
				30

注：防水拉线开关用于室外；单相、三相安全插头及插座有接地插脚和插孔。

### 五、工厂灯具

#### 1. 工厂灯具型号命名组成



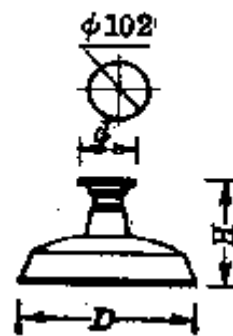
2. 各种工厂灯具的外形图、基本数据、用途与结构 见表11-14~表11-36。



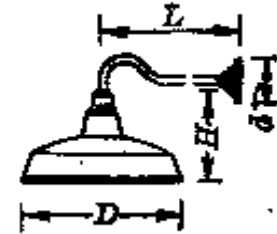
表 11-14 GCI 配照型工厂灯

外形  
图

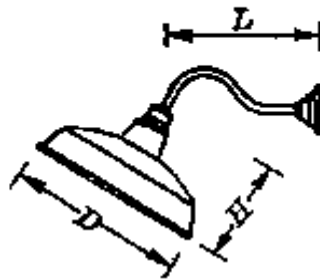
A 直杆吊灯 B 吊链灯



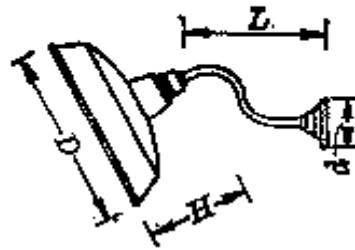
C 吸顶灯



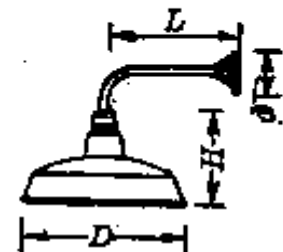
D 90° 弯杆灯



E 60° 弯杆灯



F 30° 弯杆灯



G 90° 直弯杆灯

基  
本  
数  
据

型 号	外形尺寸(毫米)				功 率 (瓦)	电 压 (伏)	灯 座
	$d$	$D$	$L$	$H$			
GCI-A, B-1	100	300~500	220				
GCI-C-1	120	355	750~1000	220	60~100	220	E27
GCI-D, E, F, G-1	100		300	220			
GCI-A, B-2	100	300~500	220				
GCI-C-2	120	406	750~1000	220	150~200	220	E27
GCI-D, E, F, G-2	100		300	220			

用  
途

工厂、车间、仓库及公共场所等照明

结  
构钢板搪瓷灯罩, 白瓷螺口风雨灯头, 铝合金灯座, G $\frac{1}{2}$ " 铸铁底座

表 11-15 GC3 广照型工厂灯

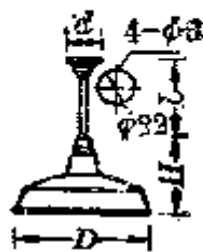


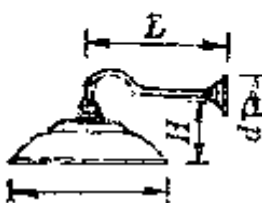
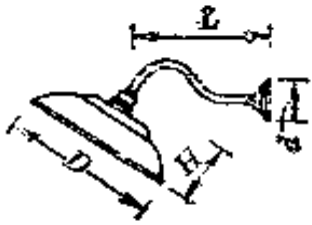
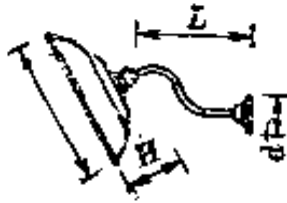
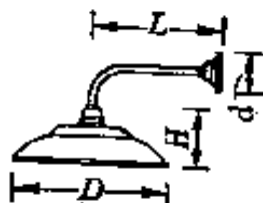
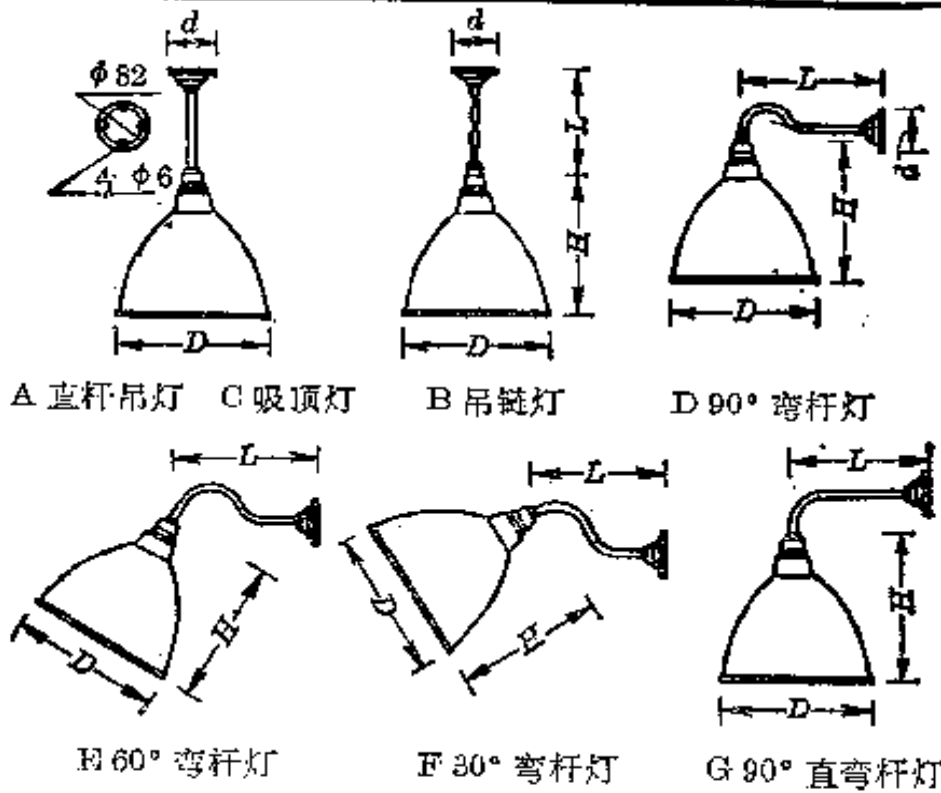
外形图	外形尺寸(毫米)				功率 (瓦)	电压 (伏)	灯座	
	型 号	a	D	L				H
   <p>A 直杆吊灯 B 吊链灯 C 吸顶灯</p>	GC3-A, B-1	100	300~500	140	60~100	220	E27	
	GC3-C-1	120	355	750~1000				140
	GC3-D, E, F, G-2	100	300	140				
    <p>D 90°弯杆灯 E 60°弯杆灯 F 30°弯杆灯 G 90°直弯杆灯</p>	GC3-A, B-2	100	300~500	150	150~200	220	E27	
	GC3-C-2	120	406	750~1000				150
	GC3-D, E, F, G-2	100	300	150				
用途	仓库、货垛及公共场所以照明							
结构	司 GCL							

表 11-16 GC5 深照型工厂灯

外  
形  
图



基  
本  
数  
据

型 号	外形尺寸(毫米)				功 率 (瓦)	电 压 (伏)	灯 座
	d	D	L	H			
GC5-A, B-1	100	300~500	235		60~100	220	E27
GC5-C-1	120	220	750~1000	235			
GC5-D, E, F, G-1	100		300	235			
GC5-A, B-2	100	300~500	260		150~200	220	E27
GC5-C-2	120	250	750~1000	260			
GC5-D, E, F, G-2	100		350	260			
GC5-A, B-3	100	300~500	310		300	220	E27
GC5-C-3	120	310	750~1000	310			
GC5-D, E, F, G-3	100		400	310			
GC5-A, B-4	100	300~500	340		300~500	220	E27
GC5-C-4	120	350	750~1000	340			

用 途

厂房、车间及大型机床作固定照明

结 构

同 GC1

表 11-17 GC7 斜照型工厂灯

外形图								
	A 直杆吊灯		C 吸顶灯					
	F 30° 弯杆灯		G 90° 直弯杆灯					
基本数据	型号	外形尺寸(毫米)				功率 (瓦)	电压 (伏)	灯座
		d	D	L	H			
	GC7-A-2	100		300~500	256	60	220	E27
	GC7-C-2	120	220	750~1000	255			
	GC7-D, G-2	100		300	256			
	GC7-A-1	100		300~500	285	100	220	E27
GC7-C-1	120	250	750~1000	285				
GC7-D, G-1	100		350	285				
用途	室内外画廊、广告牌等照明							
结构	同 C1							

表 11-18 GC9 广照型防水防尘灯

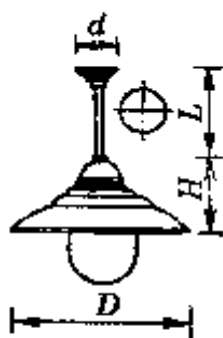
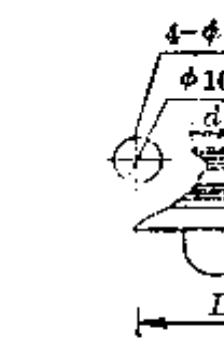
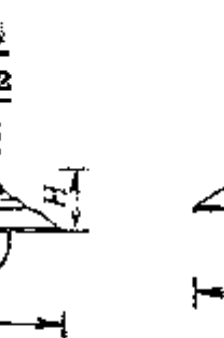
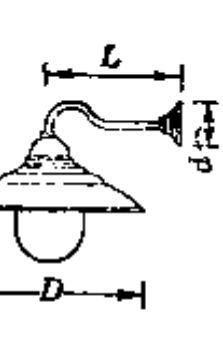

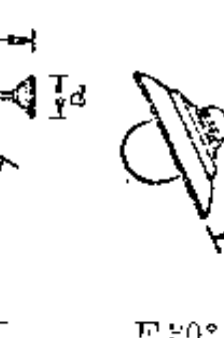
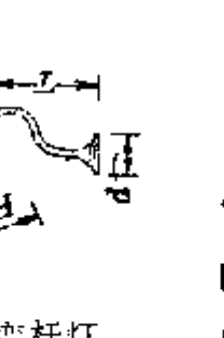
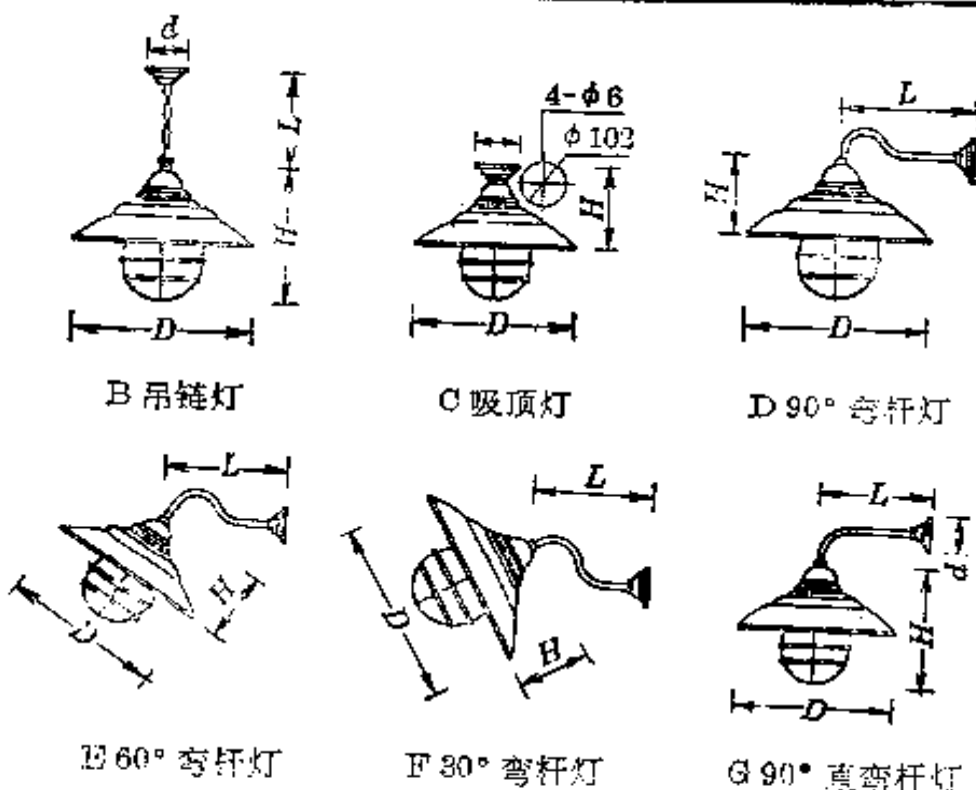
外形图	   							
	<p>A 直杆吊灯 B 吊链灯 C 吸顶灯 D 90° 弯杆灯</p>							
基 本 数 据	  							
	<p>E 60° 弯杆灯 F 80° 弯杆灯 G 90° 直弯杆灯</p>							
基 本 数 据	型 号	外形尺寸(毫米)			功 率 (瓦)	电 压 (伏)	灯 座	
		d	D	L H				
	GC9-A, B-1	100		300~500	300	60~100	220	E27
	GC9-C-1	120	355	750~1000	330			
	GC9-D, E, F, G-1	100		300	300	150~200	220	E27
	GC9-A, E-2	100		300~500	300			
GC9-C-2	120	420	750~1000	330				
GC9-D, E, F, G-2	100		350	300				
用 途	室内外交水多尘的场所、车间等照明							
结 构	钢板搪瓷灯罩、螺口透明玻璃罩、橡胶密封圈、铸铁或铸铝灯座, 铸铝底座							

表 11-19 GC11 广照型防水防尘灯(有保护网)

外形图



基本数据

型号	外形尺寸(毫米)				功率 (瓦)	电压 (伏)	灯座
	<i>a</i>	<i>D</i>	<i>L</i>	<i>H</i>			
GC11-A, B-1	100		300~500	305			
GC11-C-1	120	355	750~1000	330	60~100	220	E27
GC11-D, E, F, G-1	100		300	305			
GC11-A, B-2	100		300~500				
GC11-C-2	120	420	750~1000	330	150~200	220	E27
GC11-D, E, F, G-2	100		350				

用途

室内外多水多尘的操作场所、车间等照明

结构

钢板搪瓷灯罩, 螺口透明玻璃灯, 镀锌铁丝保护网, 铸铁或铸铝灯座, 铸铁底座

表 11-20 GC15 散照型防水防尘灯


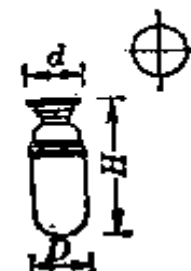
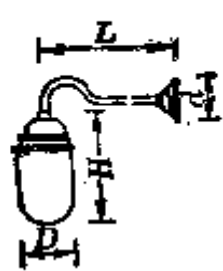
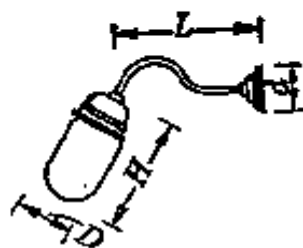

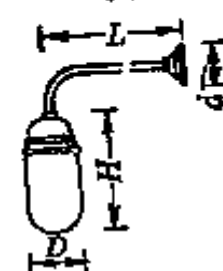
外形图								
	B 吊链灯		C 吸顶灯		D 90°弯杆灯			
基本数据								
	E 60°弯杆灯		F 30°弯杆灯		G 90°直弯杆灯			
基本数据	型 号	外形尺寸(毫米)				功 率 (瓦)	电 压 (伏)	灯 座
		d	D	L	H			
	GC15-A, B-1	100		300~500	255	60~100	220	E27
	GC15-C-1	120	130	750~1000	295			
	GC15-D, E, F, G-1	100		300	255			
	GC15-A, B-2	100		300~500	305	150~200	220	E27
GC15-C-2	120	150	750~1000	345				
GC15-D, E, F, G-2	100		350	305				
用途	室内外多水多尘的操作场所照明							
结构	螺口乳白玻璃灯罩, 橡胶密封圈防水, 铸铝灯座, 铸铁底座							

表 11-21 GC17 圆球型工厂灯

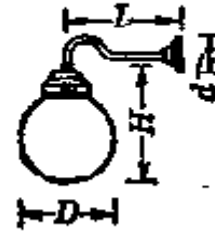
外形图



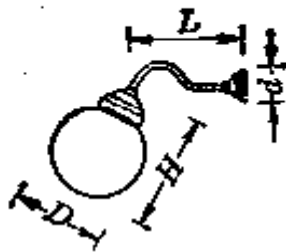
B 吊链灯



C 吸顶灯



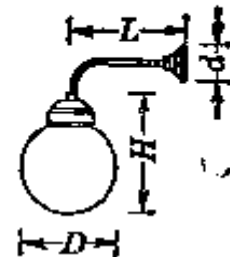
D 90° 弯杆灯



E 60° 弯杆灯



F 30° 弯杆灯



G 90° 直弯杆灯

	型 号	外形尺寸(毫米)				功 率 (瓦)	电 压 (伏)	灯 座
		a	D	L	H			
基 本 数 据	GC17-A, B-2	100		300~500	280	100	220	E27
	GC17-C-2	120	204	750~1000	315			
	GC17-D, E, F, G-2	100		350	280			
型	GC17-A, B-3	100		300~500		200	220	E27
	GC17-G-3	120	254	750~1000	365			
	GC17-D, E, F, G-3	100		400				
用 途	车间、会场、办公室或水蒸汽密度不大的操作场所照明							
结 构	同 GC15							



表 11-22 GC19 双罩型工厂灯(原万能灯)

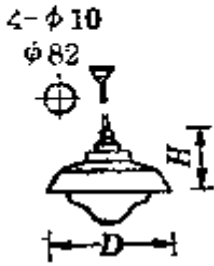

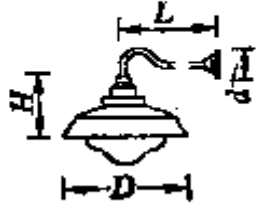


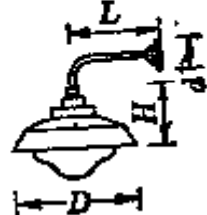
外形图	A 直杆吊灯			C 吸顶灯			D 90° 弯杆灯		
									
基本数据	E 60° 弯杆灯			F 30° 弯杆灯			G 90° 直弯杆灯		
									
用途	型 号	外形尺寸(毫米)				功 率 (瓦)	电 压 (伏)	灯 座	
		d	D	L	H				
	GC19-A, B-1	100	300~500	210		60~100	220	E27	
	GC19-C-1	120	355	750~1000	270				
	GC19-D, E, G-1	100		300	270				
	GC19-A, B-2	100	300~500	320		150~200	220	E27	
GC19-C-2	120	406	750~1000	320					
GC19-D, E, F, G-2	100		350	320					
用途	礼堂、会客室、阅览室、厂房、车间等需要光线柔和的室内照明								
结构	钢板搪瓷灯罩, 嵌口乳白玻璃罩, 铸铝灯座, 铸铁底座								

表 11-23 GC11-3 新光源防水防尘灯(广照型带防护网)

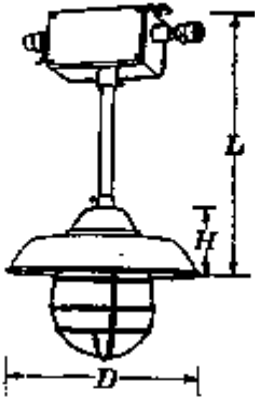
基本参数	型号	外形尺寸(毫米)			功率	电压	灯座	
		D	L	H	(瓦)	(伏)		
	GC11-3	460	500~1900	180	250 钠灯 汞灯	220	E40	
附接线盒尺寸		L×B×H			220×160×160			
用途	适用于多水多尘的车间及操作场所等照明							
结构	采用高压汞灯或高压钠灯为光源(附镇流器接线盒)。钢板搪瓷灯罩, 螺口透明玻璃罩, 镀锌铁丝保护网, 铸铁底座							

表 11-24 GC21 配照型挂灯


基本参数	型号	外形尺寸(毫米)		功率	电压	灯头	
		D	H	(瓦)	(伏)	螺纹	
	GC21-1	406	337	60~100	220	E27	
	GC21-2		247	150~200			
用途	室内外移动性工作场所作临时照明						
结构	钢板搪瓷灯罩, 白瓷螺口风雨灯头, 铸铝灯座和吊线器						

表 11-25 GC22 广照型防水防尘挂灯

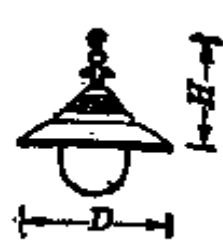
基本参数	型 号	外形尺寸(毫米)		功 率 (瓦)	电 压 (伏)	灯头 螺纹	
		D	H				
基本参数	GC22-1	420	437	60~100	220	E27	
	GC22-2		437	150~300			
用途	室内外多水多尘的厂房、车间或露天场地作移动性照明						
结构	钢板搪瓷灯罩, 螺口透明玻璃罩, 橡胶密封装置, 铸铝灯座和吊线器						

表 11-26 GC23 深照型挂灯

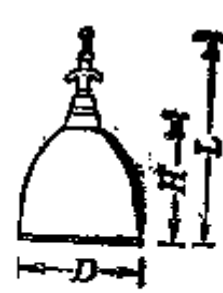
基本参数	型 号	外形尺寸(毫米)			功 率 (瓦)	电 压 (伏)	灯头 螺纹	
		D	L	H				
基本参数	GC23-1	220	370	235	60~100	220	E27	
	GC23-2	250	390	260	150~200		E27	
	GC23-3	310	445	310	300		E40	
用途	室内外工作场所及运动场所作移动性照明							
结构	钢板搪瓷灯罩, 镀锌吊钩, 铸铝灯座和吊线器							

表 11-27 GC39 深照型防震灯


基本参数	型 号	外形尺寸(毫米)		功 率 (瓦)	电 压 (伏)	灯头 螺纹	
		D	H				
基本参数	GC39	515	605	汞灯 1000	220	E40	
	GC39-A			钠灯 400			
用途	适用于高度为 12~20 米, 伴有震动性的高大厂房及行车运行照明						
结构	钢板搪瓷灯罩, 镀锌铁丝防护网, 波纹管及拉簧组合的防震装置						

表 11-28 GC75、GC76、GC77、GC78 高大厂房工厂灯

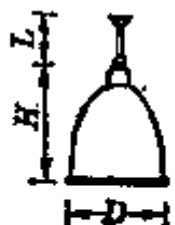
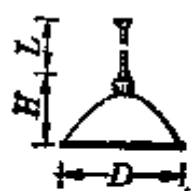

外形图								
	GC75	GC76	GC77 GC78					
基本参数	型号	外形尺寸(毫米)			电压(伏)	功率(瓦)	灯座	质量(千克)
		D	H	L				
	GC75(原 GC305)	588	672	1000	220~380	250~1000	E40	5
	GC76(原 GC306)	924	605	1000	220~380	250~1000	E40	9
	GC77(原 GC307)	652	447	1000	220~380	250~1000	E40	5
GC78(原 GC308)	450	320	1000	220~380	250~1000	E40	4	
用途	适用于现代化高大厂房、大型仓库等场所照明							
结构	高纯铝灯罩, 铝合金灯座, 铸铁底座							

表 11-29 GC57B-IF 防腐蚀灯

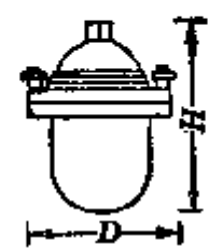
基本参数	型号	外形尺寸(毫米)		功率(瓦)		电压(伏)	灯座	
		D	H	钠灯	汞灯			
	GC57-110	265	325	110	125	200	E27	
GC57-250	285	350	250	250		E40		
用途	适用化工、电镀车间, 含酸、碱等腐蚀性气体场所照明							
结构	灯体用玻璃钢及尼龙 1010 制成							

表 11-30 GC58 防水防尘应急灯

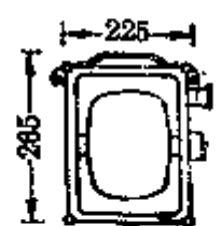
基本参数	充电电压(伏)	主光源灯泡	指示灯灯泡	放电时间(小时)	外形尺寸(毫米)	质量(千克)	
	220±10%	6.3伏/2.5瓦 4管	6.3伏×0.25毫安	1.5	265×180×225	4.3	
用途	炼油、化工、油气田厂矿、变电所、机关、银行、水库、计算中心等关键建筑作事故应急照明						
结构	铝合金灯体, 高纯铝反射器, 硬质玻璃透镜罩, 镍铬电池可反复充电						

表 11-31 GCI08 型块板面照明灯具

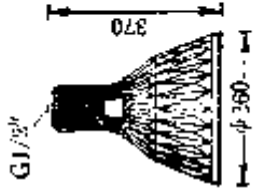
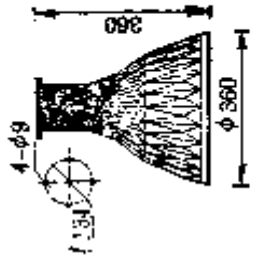
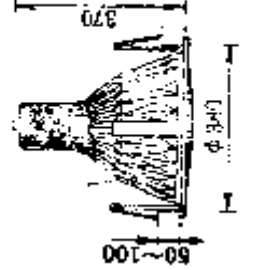
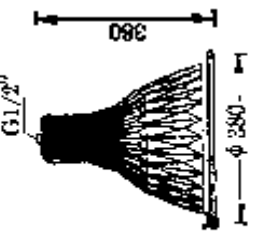
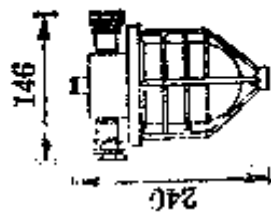
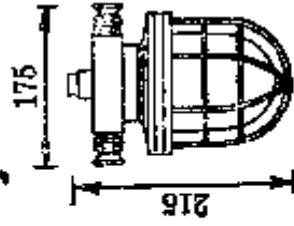
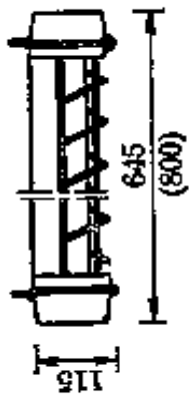
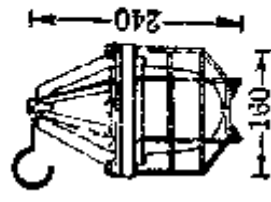
型号	GCI08-A	GCI08-L	GCI08-C	GCI08-D
外形图				
额定电压 (伏)	220	220	220	220
光源	NG-400 (可置换 NG-250, GGY-400, GGY-250, ZJD-400, ZJD-250)	GGY-400 (可置换 GGY-250, NG-400, NG-250, ZJD-400, ZJD-250)	GGY-400 (可置换 GGY-250, NG-400, NG-250, ZJD-400, ZJD-250)	NG-250 (可置换 NG-400, GGY-400, GGY-250, ZJD-400, ZJD-250)
光源光通量 (流明)	38000	21000	13939	25700
灯座	E40	E40	E40	E40
质量(千克)	1	1	1.8	1.8
用途	适用于悬挂高度在 6 米 以上的高大厂房及体育场 馆等室内照明	宜安装于有震动状态 的场所或机械上作投光 照明之用	适用于车站、码头、机 场等场所的室内照明	有防水防尘功能, 适用 于室外露天场所的照明

表 11-32 GCI09 宽光束小型块板灯

外形图						
	电压 (伏)	220	220	220	220	220
基本数据	功率 (瓦)	125	80	10	110	175
	电光源	SGY-125 高压汞灯	GGY-80 高压汞灯	NG-10 高压钠灯	NG-110 高压钠灯	ZJD-175 金属卤化物灯
	光通量 (流明)	2900	3040	600	3500	14000
	灯座	E27	E27	E27	E27	E27
	灯具效率 (%)	75.4	85.1	70	73.5	65.2
	质量 (千克)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
	用途	适用高度 6 米以下的车间、操作室、商场、会堂、体育房、火车站、发电站等照明				

表 11-33 防爆灯

名称	矿用安全灯	矿用白炽防爆灯	矿用防爆荧光灯	手提防爆灯
外形图	 <p>KAB-60-1</p>	 <p>KBB-60</p>	 <p>KBY-15(20)</p>	 <p>B5C-36</p>
电压 (伏)	127	127	127	36
功率 (瓦)	60	60	15(20)	40~60
灯座	E27	E27		E27
用途	适用于油气矿井、巷道、变电站房及井底车场等场所	适用于有瓦斯或煤尘爆炸危险的矿井巷道和机械洞室的连续照明	适用于有瓦斯或煤尘爆炸危险的矿井、中心变电所、泵房及主巷道等场所	适用于有爆炸介质、可燃性气体、蒸气与空气形成爆炸性混合物的危险工作场所

(续表)

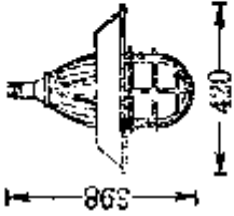
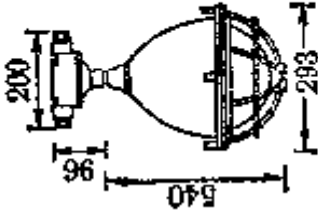
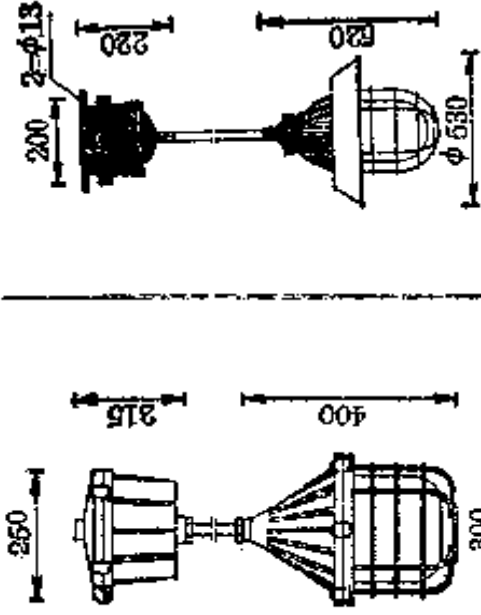
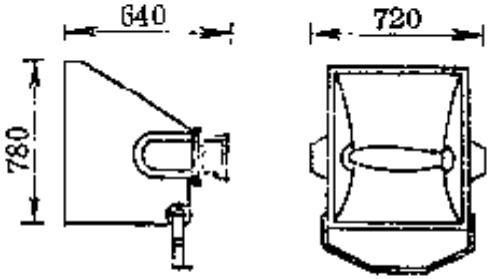
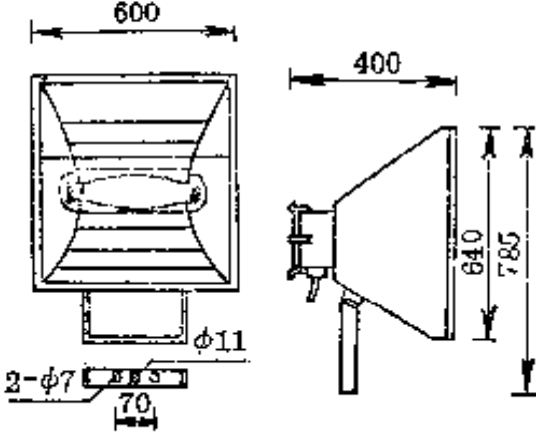
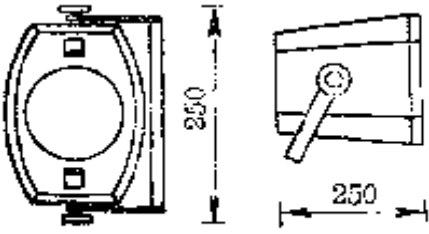
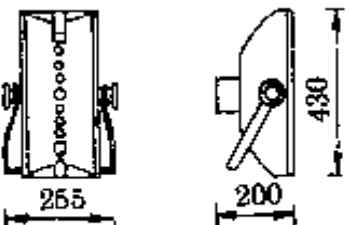
名称	隔爆型防爆灯	防爆安全型白炽灯	增安型汞灯防爆灯
外形图			
电压 (伏)	220	220	220
功率 (瓦)	200	200	250
灯座	E27	E27	E27
用途	同手提防爆灯	适用于有T2可燃气体与空气形成爆炸性混合物的工厂、矿区、车间、工地等场所	适用于周围偶然存在爆炸性介质为IIA, IIB, 温度组别为T1的工厂、油库等照明场所

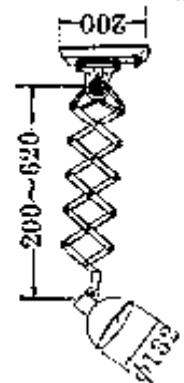
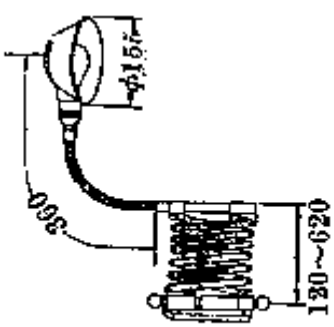
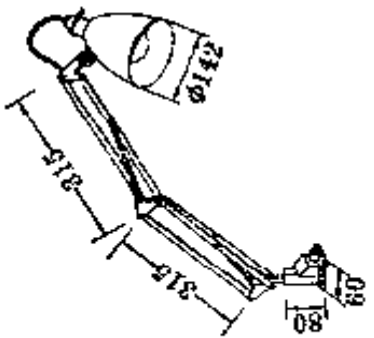
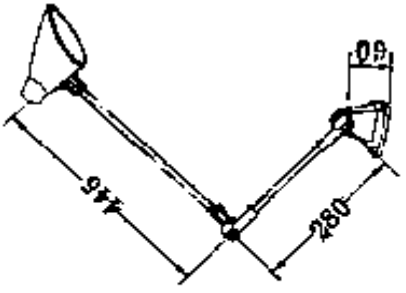


表 11-34 投光灯

外 形 图	光 源	电 压 (伏)	功 率 (瓦)	用 途
 <p>TG-51</p>	钠灯	380	3500	适用于体育场、广场、灯塔、机场等需大面积照明场所
 <p>TG-51A</p>	钠灯	380	3500	
 <p>DYC-D1A</p>	钠灯	220	1000	适用于小型广场、建筑工地、码头、仓库等场所
 <p>XC-S1.5A</p>	汞灯	220	1500	适用于印刷制版照相，人工模拟试验箱及光学反应等方面

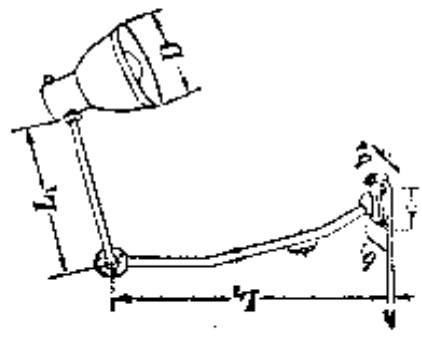
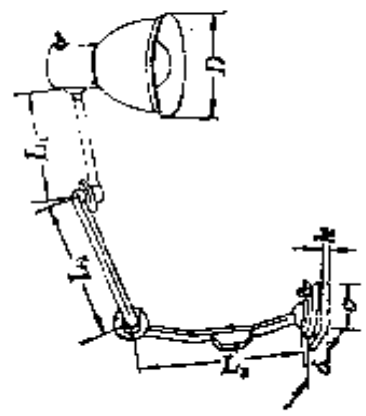


(续表)

名 称	GJ7 壁式伸缩立式灯	GJ8 壁式伸缩立式架灯	GJ13-A 拉簧型工作灯	GJ14 缝纫机灯
外 形 图				
电 压 (伏)	0~12 或 220	110/220	110/220	12~220
灯 泡 功 率 (瓦)	15 或 25	40	60	≤15
灯 座	2C15	E27	E27	2C15

GJ7、GJ8、GJ13 适用于精密机床工作照明,精密仪器仪表装配、检修和制图等照明  
 GJ14 适用于缝纫机工作照明,也可作小型仪器、仪表作装配检修照明

表 11-36 GJ5、GJ6 机床工作灯

外形图	型号	尺寸 (毫米)							电源电压 (伏)	灯泡功率 (瓦)	灯座
		$L_1$	$L_2$	$D$	$h$	$b_1$	$b_2$	$c$			
	长二节 GJ5-2	260	470	150	12.5	83	33	60	24/36	E27	
	短二节 GJ5-1	180	305								
用途	供各种机床作局部工作照明							结构	优质钢板搪瓷灯罩、焊接钢管灯架		
外形图	型号	尺寸 (毫米)							电源电压 (伏)	灯泡功率 (瓦)	灯座
		$L_1$	$L_2$	$L_3$	$D$	$h$	$b$	$c$			
	长三节 GJ6-2	260	300	470	150	12.5	83	60	24/36	E27	
	短三节 GJ6-1	180	200	250							
用途	供各种机床作局部工作照明							结构	优质钢板搪瓷灯罩、焊接钢管灯架		

## 六、荧光灯灯具

## 1. 荧光灯灯具型号命名组成








表 11-37 荧光灯管基本数据

型 号	额定功率 (瓦)	灯管尺寸(毫米)		灯管 工作电 压 (伏)	灯管 工作电 流 (安)	预热 电流 (安)	额 定 光 通 量 (流明)	额 定 寿 命 (小时)
		直 径	总长度					
RR-6	6	15±1	226.6	50±6	0.14	0.2	210	3000
RL-6							230	
RR-8	8	15±1	201.6	60±6	0.16	0.22	325	
RL-8							360	
RR-10	10	25±1.5	344.6	45±5	0.25	0.35	410	
RL-10							450	
RR-15S	15	25±1.5	450.6	58±7	0.30	0.5	665	
RL-15S							730	
RR-15	15	38±2	450.6	50±6	0.33	0.5	580	
RL-15							635	
RR-20	20	38±2	608.6	60±6	0.35	0.5	930	
RL-20							1000	
RR-30S	30	25±1.5	908.6	96±15	0.36	0.56	1700	
RL-30S							1860	
RR-30	30	38±2	908.6	81±10	0.40	0.62	1550	
RL-30							1700	
RR-40	40	38±2	1213.6	108±15	0.41	0.65	2400	
RL-40							2640	
RR-100	100	38±2	1213.6	92±11	1.5	1.8	5500	
RL-100							6100	

注：型号意义：RR—日光色荧光灯管；RL—冷白色；S—细管形。

2. 节能荧光灯(不需外接镇流器) 见表 11-38。

表 11-38 节能荧光灯基本数据

外形	外露型		直筒型	斜筒型	球型管
					
型号	功率	电压/频率		外型	灯管类型
T6-A1	6	110~120 伏/60 赫 220~240 伏/50 赫		直筒型玻璃罩式	双 U 或双 H
T6-A2				斜筒型玻璃罩式	
T6-A3				斜筒外露型	
T8-A1	8			直筒型塑罩式	
T8-A2				斜筒型塑罩式	
T8-B1				直筒外露型	
T8-B2	斜筒外露型				
T10-A1	10			直筒型塑罩式	
T10-A2				斜筒型塑罩式	
T10-B1				直筒外露型	
T10-B2	斜筒外露型				
T12-B1	12			直筒外露型	
T12-B2				斜筒外露型	
T14-A3	14			直筒型玻璃罩式	
T14-B1		直筒外露型			
T14-B2		斜筒外露型			
T14-D1		球型玻璃罩			
T14-D2		球型玻璃罩			
T14-D3	球型白玻璃罩				
JND-9	9			球型	单 U 单 H 双 U 双 H
JND-11	11			筒型塑罩	
JND-13	13				
JND-15	15				
JND-18	18				

## 11-2 普通电灯的安装

### 一、白炽灯的安装

白炽灯俗称电灯。安装电灯时首先应考虑以下几点:

- (1) 电灯的位置与高度应适当,使灯光照射均匀明亮。
- (2) 合理选择灯罩型式,它与环境的颜色、使用条件有密切关系。
- (3) 恰当估计光通量。
- (4) 做到安全、经济、美观、合理与装修方便等基本要求。
- (5) 布线方式可参阅第10章。

常用电灯电路如表 11-39 所示。

装接电灯时应注意下列几个问题:

(1) 若是软线挂灯法(图 11-1),上部为挂线盒,下部为灯座。在挂线盒及灯座中软线应当打个结(图 11-2),使重量不致加在接线螺钉上。

(2) 若灯座是螺旋式,则应注意把电源的中性线(零线)接到灯头的螺旋铜圈上,把相线(火线)经过开关接到灯头的中心铜片上,应注意灯泡的金属部分,不得外露,以保证安全。

(3) 在潮湿、危险场所\*的电灯灯座应至少离地 2.5 米,不属于潮湿、危险

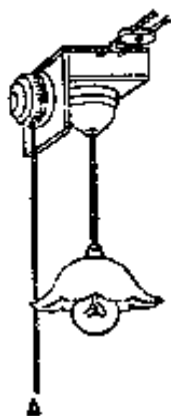
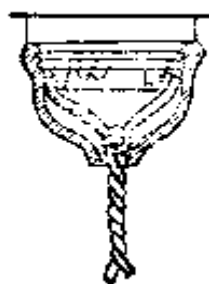


图 11-1 软线挂灯法



(a) 挂线盒中  
软线打结的情形



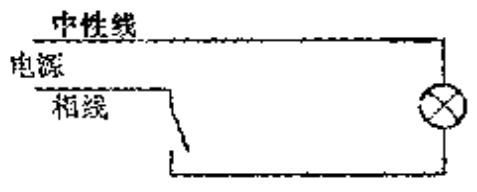
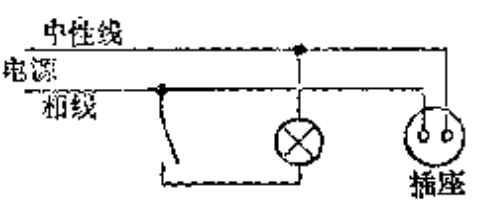
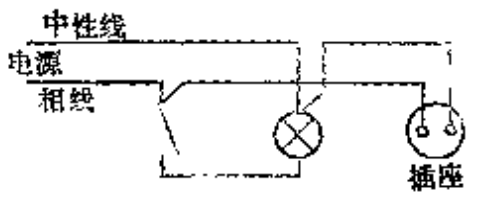
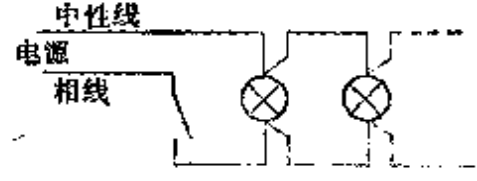
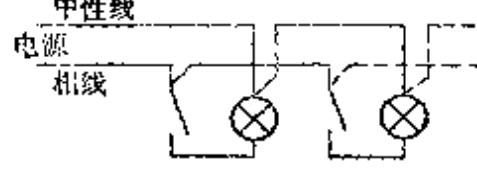
(b) 灯座中利用  
软线打结的情形

图 11-2 挂线盒及灯座的安装

\* 潮湿、危险场所是指具有下列条件之一的场所:

- ① 相对湿度经常在 85% 以上;
- ② 环境温度经常在 40°C 以上;
- ③ 有导电灰尘;
- ④ 有导电地面,如金属、泥土、砖或潮湿混凝土地面等。

表 11-39 电灯照明基本电路

电路名称和用途	接线图	说明
一只单连开关控制一盏灯		开关应安装在相线上, 修理安全
一只单连开关控制一盏灯并与插座连接		比下面电路用线少, 但由于电路上有接头, 日久易松动, 会增高电阻而产生高热, 有引起火灾等危险, 且接头工艺复杂
		电路中无接头, 较安全, 但比上面电路用线多
一只单连开关控制两盏灯(或多盏灯)		一只单连开关控制多盏灯时, 可如左图所示虚线接线, 但应注意开关的容量是否允许
两只单连开关分别控制两盏灯		多只单连开关控制多盏灯时, 可如左图所示虚线接线



(续表)

电路名称和用途	接 线 图	说 明
用两只双连开关在两个地方控制一盏灯		用于两地需同时控制时,如楼梯、走廊中电灯,需在两地能同时控制等场合
二只 110 伏相同功率灯泡串联		注意二灯泡功率必须一样,否则小功率灯泡会烧坏

场所的生产车间、办公室、商店、住房内的灯座一般应不低于 2 米。

(4) 如因生产和生活需要,必须将电灯适当放低时,灯座的最低垂直距离不应低于 1 米,但应在吊灯线上加绝缘套管至离地 2 米的高度,并采用安全灯座;若电灯灯座再低于上述高度而又无安全措施的车间照明以及行灯和机床局部照明,应改用 36 伏及以下的低电压。

(5) 电灯开关应串接在相线上,开关与插座离地高度一般不应低于 1.3 米;生产、生活上有特殊要求时,插座可以装低,但离地应不小于 15 厘米。

## 二、荧光灯的安装

荧光灯一般是由灯管、镇流器、起辉器等三个主要部件组成。现在采用了电子镇流器后,便可省去起辉器。

(1) 灯管: 灯管是一根 15~38 毫米直径的玻璃管(图 11-3),在管内壁上涂上一层荧光粉(有毒的金属盐),灯管两端各有一个灯丝。灯丝由钨丝绕成,用以发射电子。管内在真空情况下充有一定量的氩气与少量水银。当管内产生辉光放电时,发出一种波长极短的不可见光,这种光被荧光粉吸收后转换成近似日光的可见光\*,因此叫荧光灯。氩气能帮助灯管易于点燃,并有保护电极延长灯管使用时间的的作用。

\* 管内壁涂了不同荧光粉发出不同的光波:

钨酸镁——蓝白色(青光); 硅酸钡——黄白色(白光); 钨酸铋——天蓝色;  
 硅酸锌——绿色; 硼酸钡——粉红色; 硅酸镉——红色等。

(2) 镇流器: 镇流器是一只绕在硅钢片铁芯上的电感线圈, 它有两个作用, 在启动时由于起辉器的配合产生瞬时高电压, 促使灯管放电; 在工作时起限制灯管中电流的作用。

(3) 起辉器: 起辉器(图 11-4)是一个充有氖气的玻璃泡, 其中装有一个固定的静触片和用双金属片制成 U 形的动触片。起辉器的作用是使电路接通和自动断开。为避免起辉器两触片断开时产生火花将触片烧坏, 所以在氖气管旁有一只纸质电容器与触片并联。起辉器的外壳是铝质圆筒, 起保护作用。

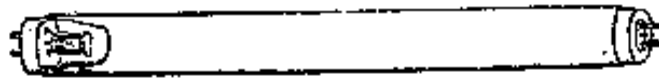
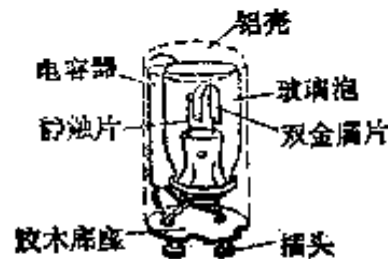


图 11-3 荧光灯管



(a) 外形



(b) 构造

图 11-4 起辉器

荧光灯的接线如图 11-5 所示。在电路刚接上电源时, 灯管尚未放电, 起辉器的触片处在断开位置。此时, 电源电压全部加在起辉器的两个触片上, 使氖管中产生辉光放电而发热, 两触片接触, 将电路接通。于是有电流流过镇流器和灯管两端的灯丝, 使灯丝加热并发射电子, 这时起辉器内辉光放电已停止, 双金属片冷却缩回, 两触片分开, 使流过镇流器和灯丝的电流中断, 在此瞬间, 镇流器产生了相当高的自感电动势, 它和电源电压串联后加在灯管两端引起辉光放电。灯管正常工作以后, 一半以上的电压降落在镇流器上, 灯管两端的电压也就是起辉器两触片之间的电压较低, 不足以引起起辉器氖管的辉光放电, 因此它的两个触片仍保持断开状态。为了提高灯管的启动效果, 有时可以采用具有两只线圈的镇流器。为了节能还可采用电子整流器。

安装荧光灯应注意以下几个问题:

(1) 镇流器必须和电源电压、灯管功率相配合, 不可混用。由于镇流器比较重, 又是发热体, 宜将镇流器反装在灯架中间。

(2) 起辉器规格需根据灯管的功率大小来决定, 起辉器宜装在灯架上便

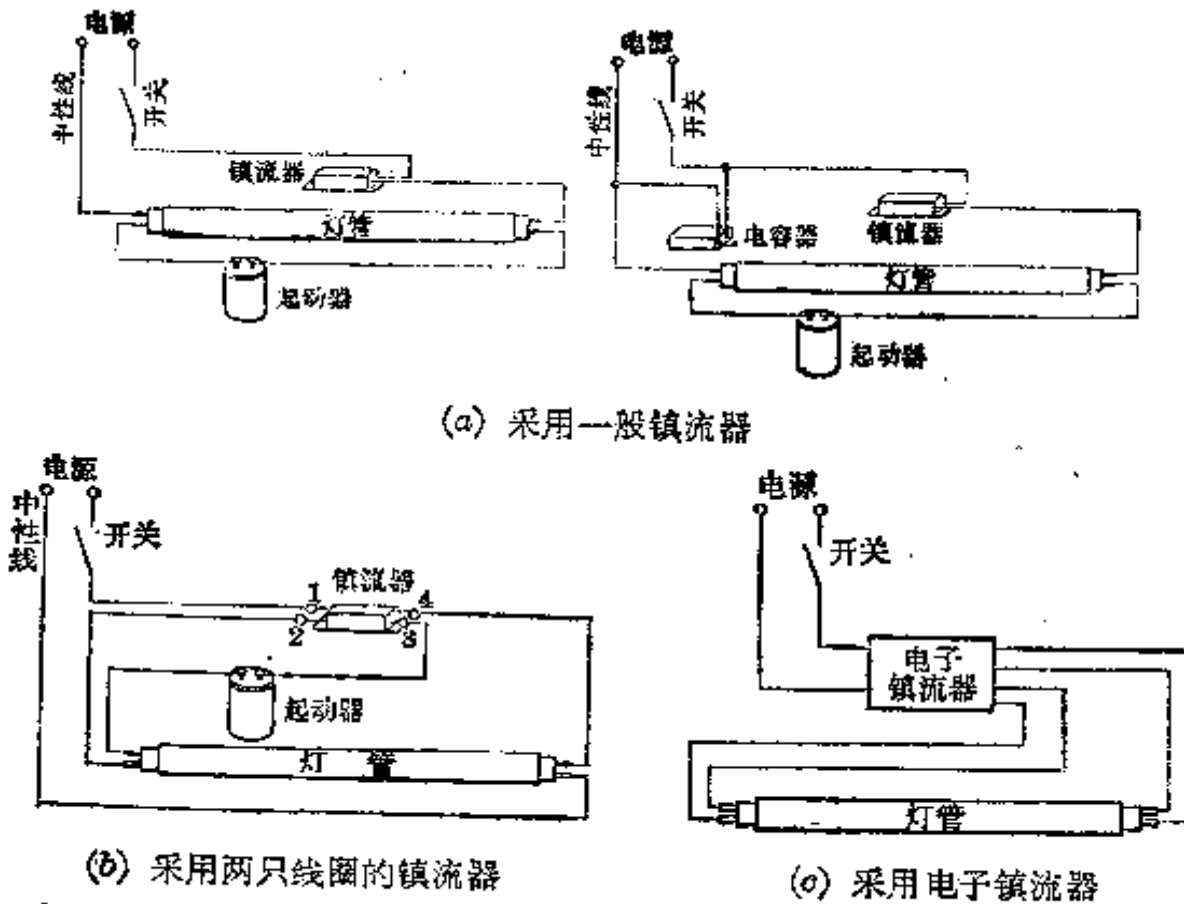


图11-5 日光灯接线图

于检修的位置。

(3) 应注意防止因灯脚松动而使灯管跌落,可以采用弹簧灯座,或者把灯管与灯架扎牢。

(4) 如果灯架与平顶紧贴,木架内的镇流器应有适当的通风。

(5) 工厂、工场由于工作需要,必须放低照明时,可采用弹簧灯座的荧光灯,灯管至少离地1米,吊灯线加套绝缘套管(应套至离地2米),荧光灯架上

面加装盖板。

荧光灯的型号规格如表 11-40 所示。

双线圈镇流器电路如图 11-6 所示,附加绕组  $L_1$  的作用是在启动时反向串接入起辉电路,可以加大灯丝预热电流,特别当电源电压偏低时,易于使灯点燃。附加

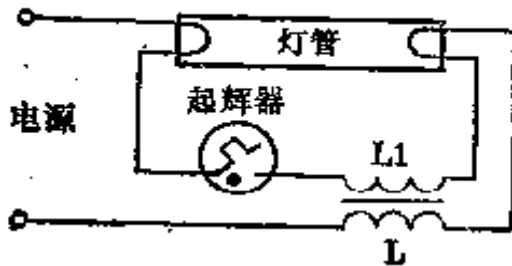


图 11-6 双线圈镇流器电路

绕组的匝数一般为主绕组  $L$  的 5%~8%。

由于荧光灯电路内有感抗元件(镇流器),因此功率因数较低,为了改善功率因数,可以加装电容器。电容器的规格如表 11-40 所示。

表 11-40 荧光灯电容器主要规格

电压 (伏)	电容量 (微法)	配用荧光灯管功率 (瓦)
220	4.5	20
220	8.75	30
220	13.5	40

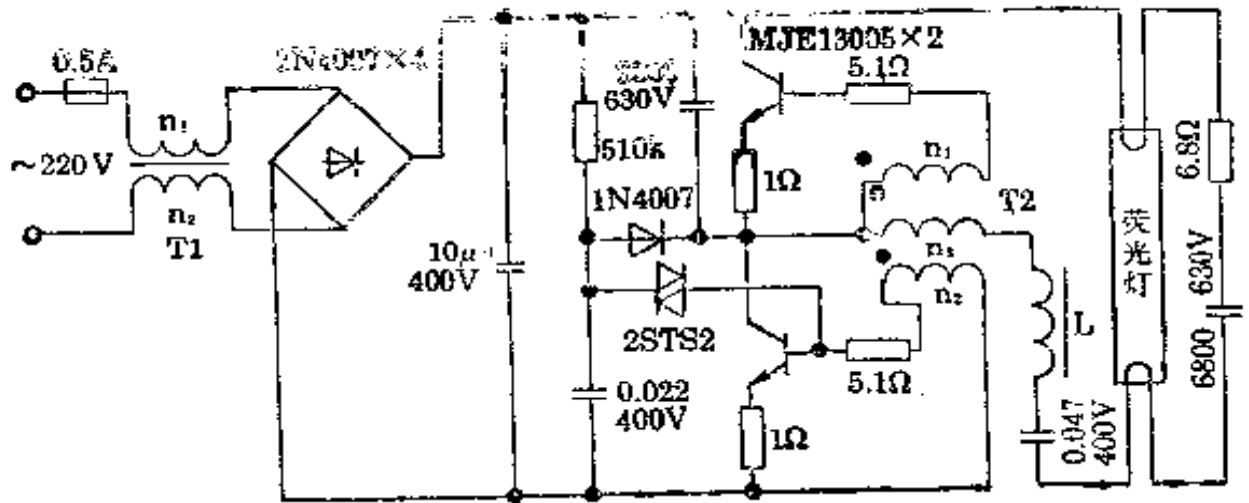


图 11-7 荧光灯电子镇流器电路图

电子镇流器具有节能、高效，功率因数可大于 0.9，甚至接近 1，因而愈来愈广泛地使用。电子镇流器种类繁多，但原理大多基于使电路产生高频自激振荡，通过谐振电路使灯管二端得到高频高压而点燃。

图 11-7 为荧光灯电子镇流器的电路图。图中  $T_1$  为在  $\phi=10$  毫米磁环上，用  $\phi=0.4$  毫米漆包线穿绕  $n_1=n_2=10$  匝。 $T_2$  为在  $\phi=10$  毫米磁环上，用  $\phi=0.4$  毫米漆包线穿绕  $n_1=n_2=2$  匝， $n_3=3$  匝。 $L$  为在  $\phi=10$  长度为 30 毫米的磁棒上，用  $\phi=0.4$  毫米漆包线密绕 200 匝，该匝数视所配荧光灯管功率及欲取得的亮度，应适当调整之。

### 三、单相电度表的安装

单相电度表应安装在干燥、明净和震动小的地方，并应装在涂有防潮漆的方板上。安装时，方板的上沿离地最高不得超过 2.2 米，下沿离地最低不得低于 1.1 米。

电度表必须装得与地面垂直，否则会影响电度表的准确性。

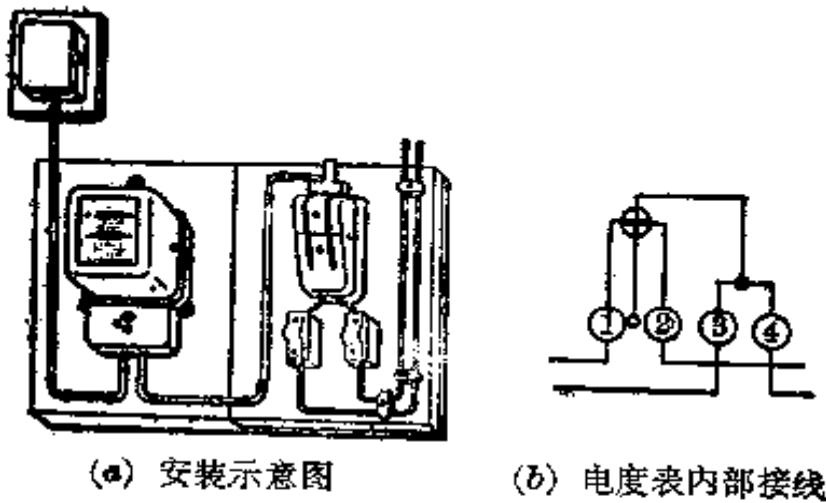


图 11-8 电度表接线

电度表总线(指供电单位总保险盒到电度表与电表到总开关的两段电线)应采用铜芯电线,它的截面积不得小于1.5平方毫米。

单相电度表共有四个接线桩头,从左至右按1、2、3、4编号(图11-8)。接线方法一般有两种,一种是按号码1、3接进线,2、4接出线;另一种是按号码1、2接进线,3、4接出线。相线必须接入电表的电流线圈桩头,由于有些电表的接线方法特殊,具体的接线方法要参照电表接线桩头盖子上的接线图。

若单相电度表无接线标志时,可作如下简易测定,将左面的第一桩头接到相线,然后用一只校验灯座,一头接至中性线,另一头分别搭其他三个桩头,由左至右接次测试必有两桩头亮度较暗,一个桩头较亮,因为这是电流线圈,圈数少,导线粗,电阻小,所以灯泡较亮。另外二个桩头因是电压线圈,导线细,圈数多,阻值大,所以灯泡较暗。此时就可以把中性线接到较暗的左边一只桩头上。

相线必须接在电流线圈和电压线圈连接的一个桩头上,否则会引起线圈的绝缘击穿。

### 11-3 管形氙灯及常用其他灯具

这里所介绍的各种灯具,除了自然冷却管形氙灯外,其余的用表格形式作简单的介绍。

#### 一、自然冷却管形氙灯

管形氙灯主要适合于广场、港口、机场、大型建筑工地 大型厂房、体育馆

以及模拟日光的大型温室等大面积高亮度的照明场合。

管形长弧氙灯的两端以钍钨棒为放电极, 石英玻璃管为放电管, 采用气泡式钼片封接方法, 充入一定量氙气而制成。灯管一端的外貌如图 11-9 所示。

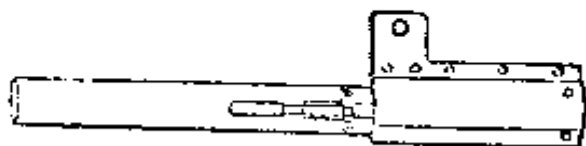


图 11-9 管形氙灯的一端

氙灯属高压自持弧光放电灯, 所以在起动时, 钍钨电极的温度为周围大气温度, 没有发射电子, 灯管内氙气也没有电离。因此, 需用专门的起动装置——“触发器”引燃。2 万瓦、4 万瓦、10 万瓦氙灯的触发器原理和 1 万瓦的原理基本相似, 仅电路参数与大小不同, 这里只介绍 1 万瓦(XC-10A 型)氙灯触发器的工作原理。

1. 触发器工作原理 XC-10A 型触发器(图 11-10)由电源变压器 T1, 升压自耦变压器 T2, 脉冲变压器 T3, 电容 C1、C2, 旁路电容 C3、C4, 火花放电器 G, 高频扼流圈 L1、L2, 接触器 KM 等组成。

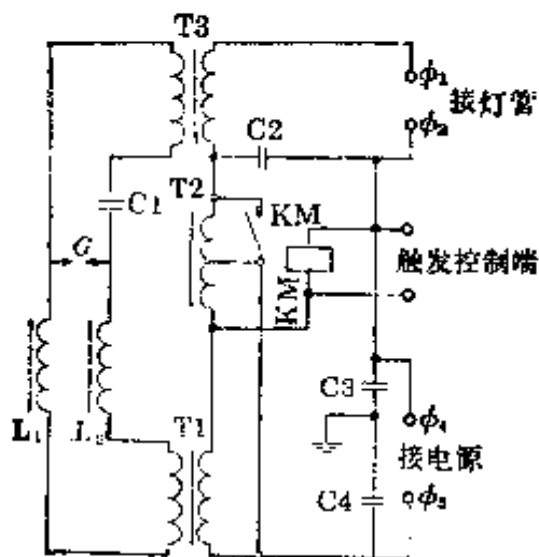


图 11-10 XC-10A 型  
触发器电路图

当输入端  $\phi_3$ 、 $\phi_4$  接到电源以后, 其电流经过 KM 直接加于 T1、T2 的一次侧绕组, 由于电路中串有 KM 的线圈, T1、T2 受到了限流, 所以都没有电能输出, 而 KM 动作。当触发控制端短路时, 这时 KM 线圈二端被短路, 电流流过 T1、T2, 而 KM 的触点处于开断状态, T2 二次侧绕组有不小于 300 伏的电压输出加于灯管  $\phi_1$ 、 $\phi_2$  二端。T1 的二次侧绕组所产生的 5 千伏高压, 加于火花放电器 G 的二端, 当电压高于 G 的放电电压时, G 即行放电。在火花放电器放电过程中, 火花电流中包含着频谱极广的各种频率, 这时 T3 的一次侧绕组与 C1 组成串联振荡回路, 选择了谐振频率, 在电路里产生电压谐振, 由 T3 的二次侧绕组输出高压加在氙灯灯管上。这时灯管应被高频高压击穿而导通电弧, 进行正常工作。

T1 的容量为 250 瓦, 而二次侧绕组接于 G 上相当于短路状态, 所以它是超负载工作, 此状态一直到被变压器的总阻抗限流为止。在通常情况下是 10 倍于容量。

T1 的容量为 250 瓦, 而二次侧绕组接于 G 上相当于短路状态, 所以它是超负载工作, 此状态一直到被变压器的总阻抗限流为止。在通常情况下是 10 倍于容量。

T2的容量为300瓦，导线截面为1.5毫米<sup>2</sup>，而电流最大时可达到100多安，即导线的电流密度为70安/毫米<sup>2</sup>，几乎接近熔丝的电

流。

根据以上两点来看，这个触发器只能在极短时间内工作，时间一长，就会损坏。

#### 2. 触发器安装前的检查

(1) 首先检查外形是否完整，然后打开后门检查G的间距，一般在0.5~1毫米之间。如果距离过大或销紧螺钉已松开甚至二极已短路，在这种情况下应调整在0.7~0.8毫米之间，并予以固定。

(2) 检查KM(CJ0-20)的触点是否完好。

(3) 检查各接线及固定螺钉是否完好紧固。

(4) 进行带电试验工作，其方法如下：在 $\phi_1$ 与 $\phi_3$ 二端间接二根硬铜丝，

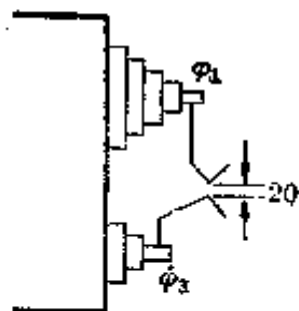


图11-11  $\phi_1$ 与 $\phi_3$ 二端之间的铜丝形状

二铜丝弯成如图11-11所示的形状，在 $\phi_3$ 、 $\phi_4$ 二端接入220伏电源，这时应听到KM吸下的声音。然后使触发控制端短路，这时 $\phi_1$ 、 $\phi_3$ 的铜丝处要有放电击穿火花以及击穿的声音，声音有时较响，这是正常现象。同时火花放电器G也有放电火花。在 $\phi_1$ 高压端上有30千伏左右的高压，工作中要注意安全。

#### 3. 灯管的安装

灯架固定之后，安装灯管时必须小心，以防玻璃管破碎，接线时应力求紧固，但用力不得过猛。灯管安装完毕之后，要用棉花蘸无水酒精或四氯化碳，擦拭灯管表面，消除油污的油垢、指印，以免灯管点燃后产生失透现象。灯管悬挂高度，视功率大小而定，一般为了达到均匀和大面积照明的目的，1万瓦的不宜低于20米，2万瓦的不宜低于25米，但对不同情况和不同要求，应根据实际情况适当升高和降低。

#### 4. 触发器安装

(1) 触发器应设置在灯管附近，由 $\phi_1$ 到灯管的导线最长不得超过3米，一般在1.5~2米左右。

(2) 根据图11-12进行接线。在接线时应注意， $\phi_1$ 是高压输出端，其引出电缆不得与任何金属或绝缘性能较差的物体相接触，应保持电缆绝缘距离40毫米，以防高压对地击穿。

(3) 触发控制端短路时，其最大电流在瞬时可达到60安，所以不可以利

用一般按钮。而且在通常情况下,灯是装在塔上或建筑物上,控制却在下面,因此在控制端处再装一只 CJ0-20 接触器,这时控制电流非常小就较为安全。如果在触发器旁控制电路较短,可用闸刀控制。

(4)  $\phi_3$ 、 $\phi_4$  接 220 伏电源,  $\phi_1$ 、 $\phi_2$  接相线,  $\phi_3$  接中性线。 $\phi_1$ 、 $\phi_2$  接灯管二端。

(5) 安装时应考虑防雨问题。

5. 使用调整 长弧氙灯点灯很方便,只要接通上电源,按下按钮,灯即可亮。但在点灯过程中,可能出现以下情况:

(1) 触发时电弧导通后停止触发,电弧即断(灯又熄灭),仔细观察触发时电弧,这种电弧有闪烁现象,说明灯管电极激活不好,或电路接触不好,这时必须排除故障或延长触发时间,但延长时,不得超过额定时间 5 秒,否则会损坏触发器,如果一次不亮可等 5~10 分钟再行触发。

(2) 灯管能击穿,但电弧不能导通,其击穿火花像链条状(图 11-13),说明触发器与灯管不匹配,可调小火花间隙距来改善,调整时可旋 1/4 转,触发一下,不行再旋 1/4 转,触发一下,直到导通为止。如调小后,火花很细(图 11-14),或只能一端有蓝光不得击穿,说明火花放电间隙太小,再适当放大一些,调整适当后,灯管才能点亮,这时火花间隙螺钉应予固定。上述情况通常是不必进行的,只有在调换灯管时才进行,而且一次调整后,很少有再调的必要。如果调大与调小还不能导通,应检查电源电压,一般不低于 210 伏。如低于 210 伏就会点燃困难。

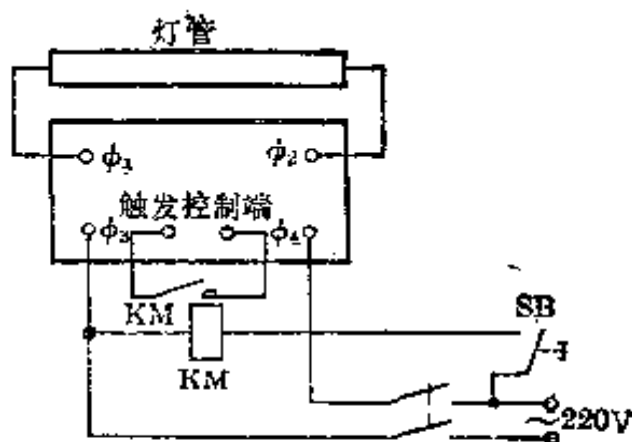


图 11-12 铭牌接线图



图 11-13 链条状的火花

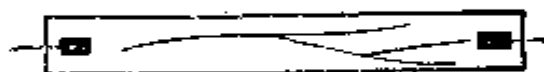


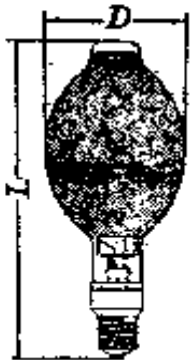
图 11-14 细火花





## 二、高压水银灯泡

表 11-43 高压水银灯泡的外形、规格和用途

用 途											外 形 图		玻壳型号	灯座型号
适用于街道、广场、车站、码头、工厂、工地、运动场及工农业交通运输等作照明之用,该灯具有光效高、使用时间长、用电省、耐震性好等优点														
灯泡型号	额定电压(伏)	额定功率(瓦)	起动电压(伏)	起动电流(安)	工作电压(伏)	工作电流(安)	起动时间(分)	再起时间(分)	光通量(流明)	有效寿命(时)	尺寸(毫米)	最大直径D	全长L	
GGY50	50	50	1.0	95±15	0.62				1500		56	130±5	B	
GGY80	80	80	1.3	110±15	0.85				2800	2500	71	165±5	E27	
GGY125	125	125	1.8	115±15	1.25				4750		81	184±7		
GGY175	175	175	2.3	130±15	1.50		5~8	5~10	7000		91	211±7		
GGY250	250	250	3.7	130±15	2.15				10500		91	230±7	BT	
GGY400	400	400	5.7	135±15	3.25				20000	5000	122	300±10	E40	
GGY700	700	700	10.0	140±15	5.45				35000		152	385±10		
GGY1000	1000	1000	13.7	145±15	7.50				50000		182	400±10		

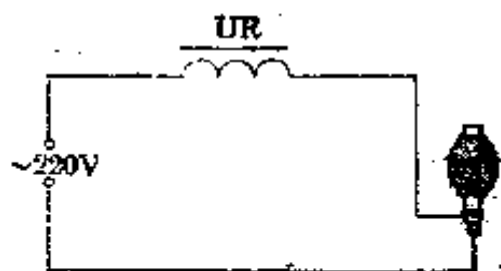
(续表)

## 使用 注 意 事 项

1. 灯泡必须与符合要求的镇流器配套使用, 镇流器的技术参数如下表

型 号	额定功率 (瓦)	额定电压 (伏)	工作电流 (安)	频率(赫)	阻抗(欧)
GGY50	50	220	0.62	50	285
GGY80	80		0.85		202
GGY125	125		1.25		134
GGY175	175		1.50		—
GGY250	250		2.15		70
GGY400	400		3.25		45
GGY700	700		5.45		26.5
GGY1000	1000		7.50		18.5

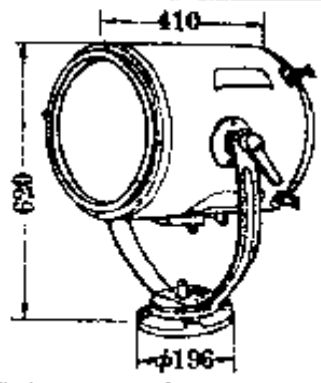
2. 高压水银灯在使用时温度较高, 必须配用足够大的灯具, 否则会影响其灯的性能和使用时间
3. 使用时, 电源电压波动不宜过大, 电压如中途降落5% 可能造成熄灭
4. 灯泡的接线图如图



UR-镇流器

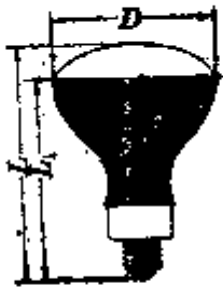
## 三、TG14 探照灯

表 11-44 探照灯的用途、外形、结构与规格

用 途	探照灯适宜于铁路、矿山、船坞、码头、广场、建筑工地及警卫探照等远距离照明之用				外 形 图 
	灯体和灯架采用钢材及铸件制成，结构坚固，灯内装有抛物线形反射器，使射出的光集成为强烈的光束，有利于远距投照，并具有效率高、温升低等优点				
结 构					
型 式	灯泡功率	电源电压	灯 座	重 量	
防 溅 式	1000 瓦	110/220 伏	E40	19 千克	

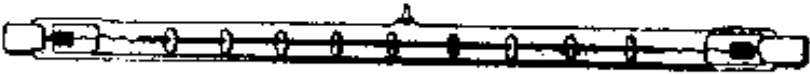
## 四、红外线灯泡

表 11-45 红外线灯泡的用途、外形、规格与使用

用 途										外 形 图
在交、直并联电路上作烘干之用，亦可作为医疗、家畜饲养及灯光孵化等用。玻璃壳内壁有反射涂层，能将辐射出的红外线集中向一个方向辐射，使受热均匀										
灯泡型号	额定电压 (伏)	额定功率 (瓦)	最大功率 (瓦)	全辐射能通量不小于 (瓦)	辐射效率不小于 (%)	辐射半宽度 (厘米)	最大直径 D (毫米)	全长 L (毫米)	从灯头顶端到玻璃壳大部分长度 L <sub>1</sub>	灯座型号
HW110-250	110	250	268	175	70	17±3	127	190±7	156±7	E27
HW220-250	220									
使用注意事项	<ol style="list-style-type: none"> <li>设计红外线烘箱时，应将玻璃壳的反射部分及灯头露在烘箱外面，以免过热而使玻璃壳变形</li> <li>在使用中避免与大量水蒸汽接触，以免玻璃壳爆裂</li> </ol>									

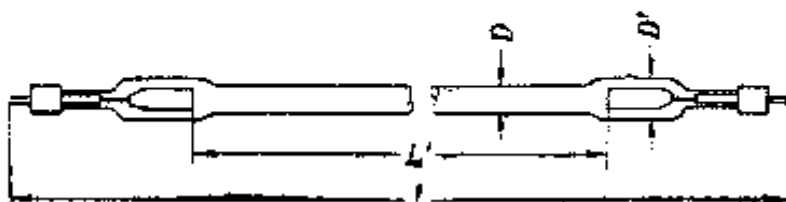
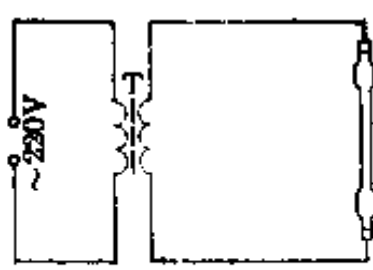
## 五、照明用碘钨灯

表 11-46 照明用碘钨灯特点、外形与规格

外形图				
特 点	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 体积小,只有同功率普通灯泡体积1/100</li> <li>2. 使用时间长,是普通灯泡的一倍半</li> <li>3. 光色好,光效高,使用与普通灯泡一样方便</li> </ol>			
用 途	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 可代替一般灯泡作一般照明之用</li> <li>2. 工厂、车间、广场、会场、建筑物、体育场、游泳池、广告宣传画和机场等照明</li> </ol>			
型 号	规 格	光 效 率 (流明/瓦)	平均寿命 (时)	尺寸(毫米) 全 长
DW6-50	6 伏 50 瓦	18	1000	58±2
DW12-100	12 伏 100 瓦	22	600	62±2
DW24-200	24 伏 200 瓦	22	600	68±2
DW36-300	36 伏 300 瓦	22	600	78±2
DW110-500	110 伏 500 瓦	20.5	1500	123±2
DW220-300	220 伏 300 瓦		1500	
DW220-500	220 伏 500 瓦	19.5	1500	155±2
DW220-1000	220 伏 1000 瓦	21	1500	208±2
DW220-2000	220 伏 2000 瓦	21	1500	293±2

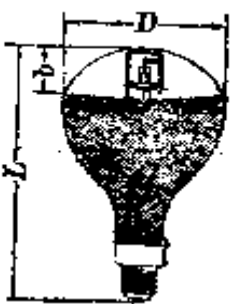
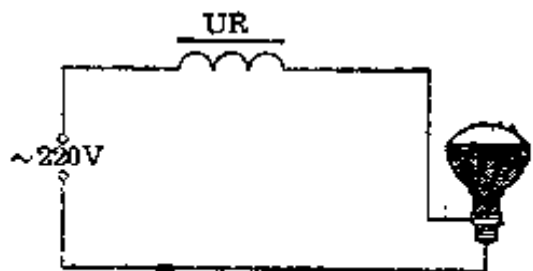
## 六、紫外线杀菌灯

表 11-47 紫外线杀菌灯的用途、规格和使用

外形图										
用途	<p>该灯是低水银蒸气放电灯, 主要辐射 253.7 纳米紫外线, 适用于医学制药工业和食品制造业作杀菌、光化学反应及食物室的贮藏灭菌消毒等用(冷藏室不宜使用)</p>									
灯管型号	电源电压(伏)	输入功率(瓦)	工作电压(伏)	工作电流(毫安)	253.7 纳米的发射(%)	稳定时间(分)	尺寸(毫米)			
							最大直径 $D'$	直径 $D$	全长 $L$	有效弧长 $L'$
GD30	220	30	500±15	36±2	100	10	19	7	760	600±2
使用注意事项	<p>1. 该灯必须与符合要求的专用漏磁变压器配套使用, 其参数如下:</p>									
	电源电压(伏)	开路电压(伏)	工作电压(伏)	工作电流(毫安)	频率(赫)					
	220	1650	500±5	36±0.5	50					
	<p>2. 装卸灯管时, 避免用手直接接触灯管的表面, 防止灯管表面石英沾污以致影响杀菌能力</p> <p>3. 要经常用纱布沾上酒精、丙酮等溶液将灯管表面揩擦干净</p> <p>4. 灯管工作时具有大量紫外线辐射, 注意安全, 以防伤害人体</p> <p>5. 灯管接线如图</p>									
										
	T-漏磁变压器									


### 七、反射型高压水银荧光灯泡

表 11-48 反射型高压水银荧光灯泡的用途、外形结构与规格

用 途		结 构		外 形 图																			
<p>主要适用于广场、车站、工厂、码头、运动场作照明之用，也可作人工气候培育室的光源</p>		<p>该灯玻璃壳内壁具有反射镀层，使用时不须再加反射装置，能使光线集中而均匀</p>																					
灯 泡 型 号	额 定 电 压 (伏)	额 定 功 率 (瓦)	起 动 电 压 (伏)	起 动 电 流 (安)	工 作 电 压 (伏)	工 作 电 流 (安)	稳 定 时 间 (分)	再 起 动 时 间 (分)	光 通 量 (流明)	最 大 直 径 D (毫米)	全 长 L (毫米)	玻 璃 壳 顶 反 射 层 距 离 b (毫米)	灯 座 型 号										
GYF400	220	400	180	5.7	135±15	3.25	4~8	5~10	165000	182	300±10	68	E40										
使 用 注 意 事 项	<p>1. 灯泡必须与符合要求的镇流器配套使用，镇流器技术参数如下表：</p> <table border="1" data-bbox="351 1400 1380 1624"> <thead> <tr> <th>额 定 功 率 (瓦)</th> <th>额 定 电 压 (伏)</th> <th>工 作 电 流 (安)</th> <th>频 率 (赫)</th> <th>阻 抗 (欧)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>400</td> <td>220</td> <td>3.25</td> <td>50</td> <td>45</td> </tr> </tbody> </table>													额 定 功 率 (瓦)	额 定 电 压 (伏)	工 作 电 流 (安)	频 率 (赫)	阻 抗 (欧)	400	220	3.25	50	45
	额 定 功 率 (瓦)	额 定 电 压 (伏)	工 作 电 流 (安)	频 率 (赫)	阻 抗 (欧)																		
	400	220	3.25	50	45																		
<p>2. 使用时，灯电源电压波动不宜过大，电压如突然降落5%，可能造成中途熄灭</p>																							
<p>3. 灯泡的接线如图</p> 																							


## 八、自镇流高压水银荧光灯泡

11-49 自镇流高压水银荧光灯泡的结构和规格

用 途			结 构					外 形 图		
适合于广场、车间、工地、街道作照明用			它由水银放电管、白炽钨丝和荧光层组成的一种复合灯泡。使用时，将灯泡旋入灯座内即可。电路上不必附加镇流器							
灯 泡 型 号	额定电压 (伏)	额定功率 (瓦)	起动电压 (伏)	起动电流 (安)	工作电流 (安)	光通量 (流明)	稳定时间 (分)	最大直径 D (毫米)	全 长 L (毫米)	灯座 型号
GYZ450	220	450	180	3.2	2.15	11250	3~5	122	300±10	E40

## 九、反射型黑光高压水银灯泡

表 11-50 反射型黑光高压水银灯泡的结构、外形与规格

用 途			结 构					外 形 图			
可进行紫外探伤和荧光分析，在工农业、医疗等方面都有广泛的应用			该灯使用时具有强烈的紫外线辐射。玻璃壳内壁镀有反射层，光线集中，体积小，不加滤色片								
灯 泡 型 号	额定电压 (伏)	额定功率 (瓦)	工 作 电 压 (伏)	工作电流 (安)	起动电压 (伏)	起动电流 (安)	稳定时间 (分)	再起时间 (分)	尺寸(毫米)		灯座 型号
									最大直径 D	全 长 L	
GHF125	220	125	115±15	1.25	180	1.8	4~8	5~10	127	200±10	E27



(续表)

## 使用注意事项

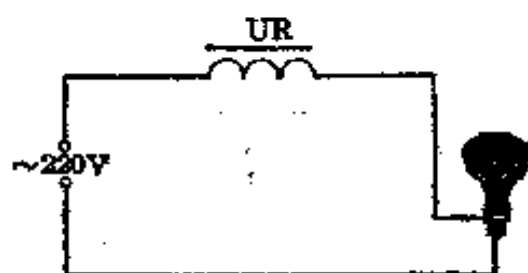
1. 灯泡必须与符合要求的镇流器配套使用, 镇流器技术参数如下表:

额定功率 (瓦)	额定电压 (伏)	频 率 (赫)	工作电流 (安)	阻 抗 (欧)
125	220	50	1.25	184

2. 灯泡的黑玻璃热稳定性和机械强度较差, 切勿与硬的物体撞击。在使用前后不允许有导热性好的金属或其他的东西与灯泡玻璃接触

3. 熄灭以后灯泡不能采用任何强迫冷却

4. 灯泡的接线图如图



## 十、普通反射型灯泡

表 11-51 普通反射型灯泡的结构与规格

用 途	结 构				外 形 图					
在交、直流并联电路上, 作高建筑物照明, 也可用于需要光线集中照射的地方	玻璃壳内壁有镜状反射层, 形成抛物线状的反光面									
灯泡型号	额定电压 (伏)	额定功率 (瓦)	最大 功率 (瓦)	光通量 (流明)		尺 寸 (毫米)				灯座 型号
				额定 值	极限 值	最大 直径 D	玻璃壳顶至 反射层距离 b	全 长 L	光中心 高 H	
PZF220-500	220	500	524	6400	5380	165±2	60±2	260±10	130±5	E40

注: 灯泡平均使用时间为 750 小时

## 十一、黑光灯

黑光灯是一种特殊的荧光灯,其结构与电气特性和其他荧光灯一样,仅是管壁内所涂荧光粉不同而已。黑光灯能辐射出波长极短的不可见光,对于某些昆虫是可见的。黑光灯被广泛应用于农业上,用以夜间诱虫除害和预测虫害情况。黑光灯的基本技术数据如表 11-52 所示。

表 11-52 黑光灯基本技术数据

灯管型号	额定功率 (瓦)	灯管尺寸(毫米)		灯管 压降 (伏)	灯管 电流 (安)	起动 电流 (安)	额定 寿命 (时)
		直 径	总长度				
H-20	20	38	604	60	0.35	0.46	2000
H-40	40	38	1215	108	0.41	0.65	2000

## 11-4 普通照明灯具的修理

### 一、白炽灯的故障及其处理方法

表 11-53 白炽灯的故障与处理方法

故障现象	可能原因	处理方法
灯泡不亮	1. 灯丝断 2. 灯座或开关接触不良 3. 熔丝断 4. 电路断开	1. 调换灯泡 2. 将灯座与开关中弹簧修复接触点;或调换灯座或开关 3. 调换熔丝 4. 检查修复①
灯泡不亮且熔丝接上就爆断	1. 电路负载过大 2. 电路短路	1. 调低电路负载 2. 检查修复②

注: ① 电路断开包括相线或中性线断开两种。检查方法如下: 首先用测电笔检查总开关进线桩头, 如有电, 再用校验灯测试, 如灯亮, 则说明进线正常; 如灯不亮就表示进线断开, 应修复进线。再用测电笔分别测试各支路, 如有电, 然后再用校验灯, 一端接相线, 另一端接试各级中性线, 如校验灯正常亮, 说明中性线正常未断, 若不亮说明中性线已断, 应接通中性线。

② 检查电路短路点方法如下: 首先把中性线上熔丝插头取下, 用功率较大的校验灯串接到熔丝桩头两端, 如校验灯正常亮, 则说明这一支路短路了。然后用校验灯分别对这一支路的各灯的开关试验。若校验灯会发亮, 说明短路点就出现在这一段电路内或在这一盏电灯上, 最后加以修复。

(续表)

故障现象	可能原因	处理方法
灯光忽亮忽暗或熄灭	1. 灯座或开关松动 2. 熔丝接触不良 3. 电源电压忽高忽低(或由于附近有大容量负载经常起动) 4. 灯泡灯丝断开处忽接忽离	1. 旋紧加固 2. 旋紧加固 3. 不需修理 4. 调换灯泡
灯泡发强烈白光瞬时烧坏	1. 灯丝短路电流增大 2. 灯丝额定电压低于电源电压	1. 调换灯泡 2. 调换与电源电压相符的灯泡
灯光暗淡	1. 灯泡钨丝蒸发老化变细, 电流减小, 且玻璃泡内发黑 2. 灯泡外部积垢或积灰 3. 电源电压过低或导线太细 4. 线路因潮湿或因绝缘损坏而有漏电现象	1. 调换灯泡 2. 擦去灰垢 3. 如有条件改用粗导线或升高电压 4. 察看线路, 遇到绝缘损坏处加强绝缘或调换新线

## 二、荧光灯的故障及其处理方法

表 11-54 荧光灯照明故障与处理方法

故障现象	可能原因	处理方法
不能发光或发光困难	1. 电源电压太低或电路压降大 2. 起辉器陈旧或损坏, 内部电容器击穿或断开 3. 接线错误或灯脚接触不良 4. 灯丝已断或灯管漏气 5. 镇流器配用规格不合; 或镇流器内部电路断开 6. 气温较低	1. 如有条件改用粗导线或升高电压 2. 检查后调换新的起辉器或调换内部电容器 3. 改正电路或使灯脚接触点加固 4. 用万用表检查, 如灯丝已断, 又看到荧光粉变色, 表明漏气, 应调换灯管 5. 调换合适镇流器 6. 加热、加罩

(续表)

故障现象	可能原因	处理方法
灯光抖动及灯管两头发光	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 接线错误或灯脚等松动</li> <li>2. 起辉器接触点并合或内部电容器击穿</li> <li>3. 镇流器配用规格不合或接线松动</li> <li>4. 电源电压太低或线路压降较大</li> <li>5. 灯丝陈旧发射电子将完, 放电作用降低</li> <li>6. 气温低</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 改正电路或加固</li> <li>2. 调换起辉器</li> <li>3. 调换适当镇流器或使接线加固</li> <li>4. 如有条件改用粗导线或升高电压</li> <li>5. 调换灯管</li> <li>6. 加热、加罩</li> </ol>
灯光闪烁或光有滚动	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 新灯管的暂时现象</li> <li>2. 单管灯常有现象</li> <li>3. 起辉器接触不良或损坏</li> <li>4. 镇流器配用规格不合或接线不牢</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 使用几次或灯管二端对调</li> <li>2. 有条件时需要时, 改装双管灯</li> <li>3. 使起辉器接触点加固或调换起辉器</li> <li>4. 调换适当的镇流器或将接线加固</li> </ol>
灯管两头发黑或生黑斑	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 灯管陈旧</li> <li>2. 若系新灯管可能因起辉器损坏, 使两端发射物加速蒸发</li> <li>3. 灯管内水银凝结是细灯管常有现象</li> <li>4. 电源电压太高</li> <li>5. 起辉器不好或接线不牢引起长时间闪烁</li> <li>6. 镇流器配用规格不合</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 调换灯管</li> <li>2. 调换起辉器</li> <li>3. 起动后即能蒸发</li> <li>4. 如有条件调低电压</li> <li>5. 调换起辉器或将接线加固</li> <li>6. 调换合适镇流器</li> </ol>
灯光减低或色彩较差	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 灯管陈旧</li> <li>2. 气温低或冷风直吹灯管</li> <li>3. 电路电压太低或电路压降较大</li> <li>4. 灯管上积垢太多</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 调换新灯管</li> <li>2. 加罩或回避冷风</li> <li>3. 如有条件调整电压或调换粗导线</li> <li>4. 清除灯管积垢</li> </ol>

(续表)

故障现象	可能原因	处理方法
杂声与电磁声	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 镇流器质量较差,或其铁芯钢片未夹紧</li> <li>2. 电路电压过高引起镇流器发出声音</li> <li>3. 镇流器过载或其内部短路</li> <li>4. 起辉器不好引起开启时辉光杂声</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 调换镇流器</li> <li>2. 如有条件设法降压</li> <li>3. 调换镇流器</li> <li>4. 调换起辉器</li> </ol>
镇流器发热	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 灯架内温度过高</li> <li>2. 电路电压过高或过载</li> <li>3. 灯管闪烁时间长或使用时间长</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 改善装置方法,保持通风</li> <li>2. 如有条件调低电压或调换镇流器</li> <li>3. 消除闪烁原因或减少连续使用时间</li> </ol>
灯管使用时间短	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 镇流器配用规格不合或质量差或镇流器内部短路致使灯管电压过高</li> <li>2. 开关次数太多,或起辉器不好引起长时间闪烁</li> <li>3. 震动引起灯丝断掉</li> <li>4. 新灯管因接线错误而烧坏</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 调换镇流器</li> <li>2. 减少开关次数或调换起辉器</li> <li>3. 改善装置位置减少受震</li> <li>4. 改正接线</li> </ol>

## 电加热元件及设备

本章主要介绍电能通过电阻元件,如电热丝、碳化硅棒等转变成热能的数据和应用,热电偶的种类和使用,红外测温技术及远红外电热元件等新技术。

### 12-1 常用电热材料的性能、规格及电参数

工业上常用的电热材料中,合金材料使用较为广泛。高熔点纯金属材料的使用温度一般比合金高,但需在一定的保护气氛中应用。硅碳元件及硅钼元件使用温度也较高,但质硬而脆,在使用时须成型,如用碳化硅制成硅碳棒、硅碳管,二硅化钼制成硅钼棒等。此外,还有在金属套管内裹着合金电热线的管状电热元件等。常用电热材料及元件的类别品种、使用温度和特点用途如表 12-1。性能、规格及电参数如表 12-2~表 12-12。

表 12-1 常用电热材料及元件的品种、使用温度和特点

	品 种		发热体使用温度 (°C)		特 点
			常 用	最高	
材	镍铬合金	Cr20Ni80	1000~1050	1150	电阻系数较高;加工性能好,可拉成细线;高温强度较好,用后不变脆,适用于移动式设备上;具有奥氏体组织,基本上无磁性
		Cr15Ni60	900~950	1050	
料	铁铬钼合金	1Cr13Al4	900~950	1100	抗氧化性能比镍铬好,电阻系数比镍铬高,比重较轻,用料省;价格较廉;高温强度低,且用后变脆,适用于各种固定式设备;加工性能稍差;具有铁素体组织,有磁性
		Cr13Al6Mo2	1050~1200	1300	
		0Cr25Al50	1050~1200	1300	
		0Cr27Al7Mo2	1200~1300	1400	

(续表)

	品 种	发热体使用温度 (°C)		特 点	
		常 用	最 高		
材 料	高熔点纯金属	铂 Pt	1300~1400	1600	除铂可在空气中使用外,其余须在真空、氢气及分解氨等保护气氛中使用,以防氧化;电阻系数较低,电阻温度系数较大,须配调压装置,开始加热时,须降低电压,防止电流过大;材料价高;铂在高温下形成挥发性氧化物,影响使用寿命;适用于实验室或特殊电炉
		钼 Mo		1800	
		钽 Ta		2200	
		钨 W		2400	
	石墨 (C)			3000	电阻系数较低,须配以大电流低电压变压器;适用于真空或保护气氛中使用
元	硅 碳 棒 硅 碳 管 (SiC)	1250~1400	1500	高温强度高;硬而脆;元件间的阻值一致性较差;易老化,电阻随使用时间延长而增大,须配调压装置	
	硅 钼 棒 (MoSi <sub>2</sub> )	1500~1600	1700	表面有SiO <sub>2</sub> 保护膜,抗氧化性能好,无老化现象;正向电阻温度系数较大,须配调压设备;开始加热时,须降低电压,防止电流过大;室温下脆而硬,1350°C开始变软,并有延展性;不宜于在800°C以下长期使用,因不能形成较好的保护膜	
件	管状电加热元件	介质温度 550°C 以下		结构简单;可直接在液体中加热,热效率较高;机械强度高,可弯成各种形状;拆装便利,使用安全;适用于液体加热槽,易熔金属熔化炉,空气干燥加热器及日用电热器等;必须在规定的加热介质和工作温度下使用	

表 12-2 镍铬及铁铬铝合金的化学成分

品 种	化 学 成 分 (%)							杂 质 不 大 于 (%)			
	镍	铬	铁	铝	钼	硅	碳	锰	硫	磷	
镍 铬	余	20~23	≤1.0	≤0.5	—	0.6~1.6	0.10	0.7	0.025	0.030	
合 金	55~61	15~18	余	≤0.5	—	0.5~1.6	0.10	1.5	0.025	0.030	
铁 铬 铝	≤0.6	12~15	余	3.5~5.5	—	≤1.0	0.12	0.7	0.025	0.030	
合 金	≤0.6	12.5~14	余	5~7	1.5~2.5	≤1.0	0.06	0.7	0.025	0.030	
合 金	—	23~27	余	4.5~6.5	—	≤0.6	0.06	0.7	0.025	0.030	
合 金	≤0.6	26.5~27.8	余	6~7	1.8~2.2	≤0.4	0.05	0.2	0.025	0.030	



表 12-3 常用电热材料的

性 能 种 类	镍 铬 合 金		铁 铬 铝 合		
	Cr20Ni80	Cr15Ni60	1Cr13Al4	0Cr13Al6Mo2	0Cr25Al5
密 度 (克/厘米 <sup>3</sup> )	8.4	8.2	7.4	7.2	7.1
线膨胀系数 (20~1000°C) ×10 <sup>-6</sup> /°C	14	13	15.4	15.6	16
比 热 容 (焦/千克·度)	489.6	460.5	479.9	494.0	494.0
传热系数 (×1.163 瓦/米 <sup>2</sup> ·度)	14.4	10.8	12.6	11.7	11.0
熔点约值 (°C)	1400	1390	1450	1500	1500
抗张强度 (牛/毫米 <sup>2</sup> )	650~800	650~800	600~750	700~850	650~800
伸 长 率 (%)	≥20	≥20	≥12	≥12	≥12
反复弯曲 次数*	—	—	≥5	≥5	≥5
20°C时电阻率 (欧·毫米 <sup>2</sup> /米)	1.09±0.05	1.12±0.05	1.26±0.08	1.40±0.10	1.40±0.10

\* 反复弯曲次数按 GB2976-86“金属线材缠绕松解试验”进行。

## 物理及机械性能

金	铂	钨	钼	钨	硅 碳 棒	硅钨棒
0Cr27Al7Mo2						
7.1	21.5	10.2	16.6	19.3	3.1~3.2	5.3~5.5
16	8.9	6.1	6.5	5.9	5 (20~1500°C)	
0.118	0.0317	0.075	0.034	0.034	0.17	
10.8	59.4	126	46.8	111.5	20	
1520	1773	2622	2996	3400		2080
70~80	16~18	80~120	30~45	110	4~5 (抗折)	25~35 (抗弯)
$\geq 10$						
$\geq 5$						
1.50±0.10	0.106	0.0568	0.124	0.0549	1000 左右 (1400°C)	0.25

表 12-4 常用电热材料在不同温度下

品 种		温 度 (°C)									
		20	100	200	300	400	500	600	700	800	900
镍铬合金	Cr20Ni80	1.000	1.006	1.016	1.024	1.031	1.035	1.026	1.019	1.017	1.021
	Cr15Ni60	1.000	1.013	1.029	1.046	1.062	1.074	1.078	1.083	1.089	1.097
铁铬铝合金	1Cr13Al4	1.000	1.004	1.013	1.027	1.041	1.062	1.090	1.114	1.126	1.135
	0Cr13Al6Mo2	1.000	1.001	1.003	1.007	1.014	1.028	1.043	1.053	1.057	1.060
	0Cr25Al5	1.000	1.002	1.007	1.013	1.022	1.036	1.056	1.063	1.068	1.072
	0Cr27Al7Mo2	1.000	0.997	0.994	0.992	0.992	0.992	0.992	0.992	0.992	0.992
高熔点纯金属	Pt	1.000	1.291	1.645	1.987	2.32	2.64	2.95	3.25	3.53	3.81
	Mo	1.000	1.362	1.822	2.28	2.74	3.20	3.66	4.12	4.58	5.06
	Ta	1.000	1.275	1.621	1.960	2.31	2.65	2.99	3.34	3.68	4.02
	W	1.000	1.352	1.801	2.28	2.79	3.32	3.85	4.39	4.94	5.49
硅碳棒元件		1400°C 时电阻系数在 600~1400 欧毫米 <sup>2</sup> /米范围内变									
硅钼棒元件		1.60	1.40	2.00	2.60	3.32	4.08	4.96	5.34	6.80	7.76

的电阻系数修正系数  $C_t \left( C_t = \frac{\rho_t}{\rho_{20}} \right)$

1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1900	2100	2300	2500	2700	2900
1.028	1.038												
1.105													
1.142													
1.063	1.066	1.069											
1.076	1.079	1.082											
0.992	0.992	0.992											
4.08	4.33	4.58	4.81	5.03	5.25								
5.58	6.11	6.64	7.18	7.71	8.24	8.79	9.34	10.43	11.51	12.61	13.78		
4.35	4.67	4.96	5.23	5.50	5.77	6.03	6.29	6.80	7.30	7.72	8.23	8.70	9.13
3.05	3.62	4.19	4.78	5.36	5.96	6.56	7.16	7.40	7.65	7.94	8.25	8.58	8.95

化,室温至 900°C 时电阻率由大变小, 900°C 至 1450°C 则由小变大

8.80	9.76	10.80	11.84	12.84	13.92	14.92	16.00						
------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--	--	--	--	--	--

表 12-5 镍铬及铁铬铝合金产品规格

形 状	状 态	规 格 (毫米)
线 材	冷 拔	0.2~7.0
	热 轧	8.0~14.0
带 材	冷 轧	厚度 0.1~4.0, 宽度 5~250
	热 轧	厚度 2.0~7.0, 宽度 15~250

表 12-6 Cr20Ni80 型镍铬合金线材的重量、长度及电阻换算表

直径 (毫米)	截面积 (毫米 <sup>2</sup> )	每米表 面 积 (厘米 <sup>2</sup> )	每米重量 (千克)	每千克 长 度 (米)	20°C 时 每米电阻 (欧)	20°C 时 每欧长度 (米)	20°C 时 每欧表面积 (厘米 <sup>2</sup> )
0.50	0.1963	15.71	0.001649	606	5.55	0.1801	2.83
0.60	0.283	18.85	0.00238	421	3.86	0.259	4.89
0.70	0.385	22.0	0.00323	310	2.83	0.353	7.76
0.80	0.503	25.1	0.00422	237	2.17	0.461	11.59
0.90	0.636	28.3	0.00534	187.1	1.713	0.584	16.50
1.00	0.785	31.4	0.00659	152.3	1.387	0.721	22.7
1.10	0.950	34.6	0.00798	125.3	1.147	0.872	30.1
1.20	1.131	37.7	0.00950	105.3	0.963	1.038	39.1
1.40	1.539	44.0	0.01293	77.3	0.708	1.412	62.1
1.50	1.767	47.1	0.01484	67.4	0.617	1.621	76.4

(续表)

直径 (毫米)	截面积 (毫米 <sup>2</sup> )	每米表 面积 (厘米 <sup>2</sup> )	每米重量 (千克)	每千克 长 度 (米)	20°C 时 每米电阻 (欧)	20°C 时 每欧长度 (米)	20°C 时 每欧表面积 (厘米 <sup>2</sup> )
1.60	2.01	50.3	0.01688	59.2	0.542	1.845	92.7
1.80	2.54	56.5	0.0214	46.7	0.429	2.33	132.0
2.00	3.14	62.8	0.0264	37.9	0.347	2.88	181.0
2.20	3.80	69.1	0.0319	31.3	0.287	3.49	241
2.50	4.91	78.5	0.0412	24.3	0.222	4.50	354
2.80	6.16	88.0	0.0517	19.34	0.1769	5.65	497
3.00	7.07	94.2	0.0594	16.84	0.1543	6.49	611
3.50	9.62	110.0	0.0808	12.38	0.1133	8.83	971
4.00	12.57	125.7	0.1056	9.47	0.0867	11.53	1450
4.50	15.90	141.4	0.1336	7.49	0.0686	14.59	2060
5.00	19.63	157.1	0.1649	6.06	0.0555	18.01	2830
5.50	23.8	172.8	0.1996	5.01	0.0458	21.8	3770
6.00	28.3	188.5	0.237	4.21	0.0386	25.9	4890
6.50	33.2	204	0.279	3.59	0.0329	30.4	6220
7.00	38.5	220	0.323	3.09	0.0283	35.3	7760

表 12-7 Cr15Ni60 镍铬合金线材的重量、长度及电阻换算表

直径 (毫米)	截面积 (毫米 <sup>2</sup> )	每米 表面积 (厘米 <sup>2</sup> )	每米重量 (千克)	每千克 长度 (米)	20°C 时 每米电阻 (欧)	20°C 时 每欧长度 (米)	20°C 时 每欧表面积 (厘米 <sup>2</sup> )
0.50	0.1963	15.71	0.001610	621	5.71	0.1753	2.75
0.60	0.283	18.85	0.00232	431	3.96	0.252	4.76
0.70	0.385	22.0	0.00316	317	2.91	0.344	7.56
0.80	0.503	25.1	0.00412	243	2.23	0.449	11.28
0.90	0.636	28.3	0.00522	191.7	1.760	0.568	16.06
1.00	0.785	31.4	0.00644	155.3	1.426	0.701	22.0
1.10	0.950	34.6	0.00779	128.3	1.179	0.848	29.3
1.20	1.131	37.7	0.00927	107.8	0.990	1.010	38.1
1.40	1.539	44.0	0.01262	79.2	0.728	1.374	60.4
1.50	1.767	47.1	0.01449	69.0	0.634	1.578	74.3
1.60	2.01	50.3	0.01648	60.7	0.557	1.796	90.3
1.80	2.54	56.5	0.0209	47.9	0.440	2.27	128.5
2.00	3.14	62.8	0.0258	38.8	0.356	2.81	176.3
2.20	3.80	69.1	0.0312	32.1	0.294	3.39	235
2.50	4.91	78.5	0.0403	24.8	0.228	4.38	344
2.80	6.16	88.0	0.0505	19.80	0.1819	5.50	484
3.00	7.07	94.2	0.0580	17.25	0.1584	6.31	595
3.50	9.62	110.0	0.0789	12.68	0.1164	8.59	945
4.00	12.57	125.7	0.1031	9.70	0.0891	11.22	1411
4.50	15.90	141.4	0.1304	7.67	0.0704	14.20	2010
5.00	19.63	157.1	0.1610	6.21	0.0571	17.53	2750
5.50	23.8	172.8	0.1945	5.13	0.0471	21.2	3670
6.00	28.3	188.5	0.232	4.31	0.0396	25.2	4760
6.50	33.2	204	0.272	3.68	0.0337	29.6	6050
7.00	38.5	220	0.316	3.17	0.0291	34.4	7550

表 12-8 1Cr13Al4 型铁铬铝合金线材的重量、长度与电阻换算表

直径 (毫米)	截面积 (毫米 <sup>2</sup> )	每米 表面积 (厘米 <sup>2</sup> )	每米重量 (千克)	每千克 长度 (米)	20°C时 每米电阻 (欧)	20°C时 每欧长度 (米)	20°C时 每欧表面积 (厘米 <sup>2</sup> )
0.50	0.1963	15.71	0.001453	688	6.42	0.1558	2.45
0.60	0.283	18.85	0.00209	478	4.46	0.225	4.24
0.70	0.385	22.0	0.00285	351	3.27	0.306	6.73
0.80	0.503	25.1	0.00372	269	2.51	0.400	10.04
0.90	0.636	28.3	0.00471	212	1.981	0.505	14.29
1.00	0.785	31.4	0.00581	172.1	1.605	0.623	19.56
1.10	0.950	34.6	0.00703	142.2	1.326	0.754	26.1
1.20	1.131	37.7	0.00837	119.5	1.114	0.898	33.8
1.40	1.539	44.0	0.01139	87.8	0.819	1.221	53.7
1.50	1.767	47.1	0.01308	76.5	0.713	1.402	66.1
1.60	2.01	50.3	0.01488	67.2	0.627	1.595	80.2
1.80	2.54	56.5	0.01883	53.1	0.495	2.02	113.9
2.00	3.14	62.8	0.0233	43.0	0.401	2.49	156.6
2.20	3.80	69.1	0.0281	35.6	0.332	3.02	208
2.50	4.91	78.5	0.0363	27.5	0.257	3.90	305
2.80	6.16	88.0	0.0456	21.9	0.205	4.89	429
3.00	7.07	94.2	0.0523	19.12	0.1782	5.61	529
3.50	9.62	110.0	0.0712	14.05	0.1310	7.63	840
4.00	12.57	125.7	0.0930	10.75	0.1002	9.99	1254
4.50	15.90	141.4	0.1177	8.50	0.0792	12.62	1785
5.00	19.63	157.1	0.1453	6.88	0.0642	15.58	2450
5.50	23.8	172.8	0.1753	5.69	0.0530	18.90	3270
6.00	28.3	188.5	0.209	4.78	0.0446	22.5	4240
6.50	33.2	204	0.246	4.07	0.0380	26.3	5370
7.00	38.5	220	0.285	3.51	0.0327	30.6	6730



表 12-9 0Cr13Al6Mo2 型铁铬铝电热合金线材的重量、长度、电阻换算表

直径 (毫米)	截面积 (毫米 <sup>2</sup> )	每米 表面积 (厘米 <sup>2</sup> )	每米重量 (千克)	每千克 长度 (米)	20°C 时 每米电阻 (欧)	20°C 时 每欧长度 (米)	20°C 时 每欧表面积 (厘米 <sup>2</sup> )
0.50	0.1963	15.71	0.001413	708	7.13	0.1402	2.20
0.60	0.283	18.85	0.00204	490	4.95	0.202	3.81
0.70	0.385	22.0	0.00277	361	3.64	0.275	6.04
0.80	0.503	25.1	0.00362	276	2.78	0.359	9.03
0.90	0.636	28.3	0.00458	212	2.20	0.454	12.86
1.00	0.785	31.4	0.00565	177	1.783	0.561	17.61
1.10	0.950	34.6	0.00684	146	1.474	0.679	23.5
1.20	1.131	37.7	0.00814	122.9	1.238	0.808	30.5
1.40	1.539	44.0	0.01108	90.3	0.910	1.099	48.4
1.50	1.767	47.1	0.01272	78.6	0.792	1.262	59.5
1.60	2.01	50.3	0.01447	69.1	0.697	1.436	72.2
1.80	2.54	56.5	0.01836	54.5	0.549	1.821	102.9
2.00	3.14	62.8	0.0226	42.5	0.446	2.24	140.8
2.20	3.80	69.1	0.0274	36.5	0.363	2.71	187.8
2.50	4.91	78.5	0.0354	28.2	0.285	3.51	275
2.80	6.16	88.0	0.0444	22.5	0.227	4.40	388
3.00	7.07	94.2	0.0509	19.65	0.1980	5.05	476
3.50	9.62	110.0	0.0693	14.43	0.1455	6.87	756
4.00	12.57	125.7	0.0905	11.05	0.1114	8.98	1123
4.50	15.90	141.4	0.1145	8.73	0.0881	11.36	1605
5.00	19.63	157.1	0.1413	7.08	0.0713	14.02	2200
5.50	23.8	172.8	0.1714	5.83	0.0588	17.00	2940
6.00	28.3	188.5	0.204	4.90	0.0495	20.2	3910
6.50	33.2	204	0.239	4.18	0.0422	23.7	4830
7.00	38.5	220	0.277	3.61	0.0364	27.5	6040

表 12-10 0Cr25Al5 型电热合金线材的重量、长度、电阻换算表

直径 (毫米)	截面积 (毫米 <sup>2</sup> )	每米 表面积 (厘米 <sup>2</sup> )	每米重量 (千克)	每千克 长度 (米)	20°C时 每米电阻 (欧)	20°C时 每欧长度 (米)	20°C时 每欧表面积 (厘米 <sup>2</sup> )
0.50	0.1963	15.71	0.001394	717	7.13	0.1402	2.20
0.60	0.283	18.85	0.00201	498	4.95	0.202	3.81
0.70	0.385	22.0	0.00273	366	3.64	0.275	6.04
0.80	0.503	25.1	0.00357	280	2.78	0.359	9.03
0.90	0.636	28.3	0.00452	221	2.20	0.454	12.86
1.00	0.785	31.4	0.00557	179.5	1.783	0.561	17.61
1.10	0.950	34.6	0.00675	148.1	1.474	0.679	23.5
1.20	1.131	37.7	0.00803	124.5	1.238	0.808	30.5
1.40	1.539	44.0	0.01093	91.5	0.910	1.089	48.4
1.50	1.767	47.1	0.01255	79.7	0.792	1.262	59.5
1.60	2.01	50.3	0.01427	70.1	0.697	1.436	72.2
1.80	2.54	56.5	0.01803	55.5	0.549	1.821	102.9
2.00	3.14	62.8	0.0223	44.8	0.446	2.24	140.8
2.20	3.80	69.1	0.0270	37.0	0.368	2.71	187.8
2.50	4.91	78.5	0.0349	28.7	0.285	3.51	275
2.80	6.16	88.0	0.0437	22.9	0.227	4.40	388
3.00	7.07	94.2	0.0502	19.92	0.1980	5.05	476
3.50	9.62	110.0	0.0683	14.64	0.1455	6.87	756
4.00	12.57	125.7	0.0892	11.21	0.1114	8.98	1128
4.50	15.90	141.4	0.1129	8.86	0.0881	11.36	1605
5.00	19.63	157.1	0.1394	7.17	0.0713	14.02	2200
5.50	23.8	172.8	0.1690	5.92	0.0588	17.00	2940
6.00	28.3	188.5	0.201	4.98	0.0495	20.2	3810
6.50	33.2	204	0.236	4.24	0.0422	23.7	4830
7.00	38.5	220	0.273	3.66	0.0364	27.5	6040
8.00	50.3	251	0.357	2.80	0.0278	35.9	9030

表 12-11 Cr27Al7Mo2 型电热合金线材的重量、长度、电阻换算表

直径 (毫米)	截面积 (毫米 <sup>2</sup> )	每米 表面积 (厘米 <sup>2</sup> )	每米重量 (千克)	每千克 长度 (米)	20°C 时 每米电阻 (欧)	20°C 时 每欧长度 (米)	20°C 时 每欧表面积 (厘米 <sup>2</sup> )
0.50	0.1963	15.71	0.001394	717	7.64	0.1309	2.06
0.60	0.283	18.85	0.00201	498	5.30	0.1887	3.56
0.70	0.385	22.0	0.00273	366	3.90	0.257	5.64
0.80	0.508	25.1	0.00357	280	2.98	0.335	8.42
0.90	0.636	28.3	0.00452	221	2.36	0.424	11.99
1.00	0.785	31.4	0.00557	179.5	1.911	0.523	16.43
1.10	0.950	34.6	0.00675	148.1	1.579	0.633	21.9
1.20	1.131	37.7	0.00803	124.5	1.326	0.754	28.4
1.40	1.539	44.0	0.01093	91.5	0.975	1.026	45.1
1.50	1.767	47.1	0.01255	79.7	0.849	1.178	55.5
1.60	2.01	50.3	0.01427	70.1	0.746	1.340	67.4
1.80	2.54	56.5	0.01803	55.5	0.588	1.700	96.1
2.00	3.14	62.8	0.0223	44.8	0.478	2.09	131.4
2.20	3.80	69.1	0.0270	37.0	0.395	2.53	174.9
2.50	4.91	78.5	0.0349	28.7	0.305	3.27	257
2.80	6.16	88.0	0.0437	22.9	0.244	4.11	361
3.00	7.07	94.2	0.0502	19.92	0.212	4.71	444
3.50	9.62	110.0	0.0683	14.64	0.1559	6.41	706
4.00	12.57	125.7	0.0892	11.21	0.1193	8.38	1054
4.50	15.90	141.4	0.1129	8.86	0.0943	10.60	1499
5.00	19.63	157.1	0.1394	7.17	0.0764	13.09	2060
5.50	23.8	172.8	0.1690	5.92	0.0630	15.87	2740
6.00	28.3	188.5	0.201	4.98	0.0530	18.87	3560
6.50	33.2	204	0.236	4.24	0.0452	22.1	4510
7.00	38.5	220	0.273	3.66	0.0390	25.7	5640
8.00	50.3	251	0.357	2.80	0.0298	33.5	8420

表 12-12 常用老式电炉电热元件的参考数据

电炉功率(千瓦)	电压(V)	电流(A)	电阻(欧)	相数	电阻线连接方式	电热元件温度(°C)	炉内温度(°C)	电 热 元 件				
								形状	材 料	尺寸(毫米)	总长(米)	表面功率( $\frac{\text{瓦}}{\text{厘米}^2}$ )
1	220	4.55	48.4	1	串联	1000	900	线状	Ni60Cr15	$\phi 1$	31	1.03
						1100	1000		Ni80Cr20	$\phi 1$	29	1.1
						1200	1100		0Cr25Al5	$\phi 0.9$	22.5	1.57
2	220	9.1	24.2	1	串联	1000	900	线状	Ni60Cr15	$\phi 1.6$	39	1.02
						1100	1000		Ni80Cr20	$\phi 1.6$	36.5	1.09
						1200	1100		0Cr25Al5	$\phi 1.4$	27	1.68
3	220	13.7	16.1	1	串联	1000	900	线状	Ni60Cr15	$\phi 2$	41	1.16
						1100	1000		Ni80Cr20	$\phi 2$	38	1.2
						1200	1100		0Cr25Al5	$\phi 1.8$	31	1.66
4	220	18.2	12.1	1	串联	1000	900	线状	Ni60Cr15	$\phi 2.6$	50	1
						1100	1000		Ni80Cr20	$\phi 2.6$	48.5	1.01
						1200	1100		0Cr25Al5	$\phi 2.3$	36	1.54
5	220	22.7	9.7	1	串联	1000	900	线状	Ni60Cr15	$\phi 3$	58	1
						1100	1000		Ni80Cr20	$\phi 3$	51	1.04
						1200	1100		0Cr25Al5	$\phi 2.6$	37	1.65
6	220	27	8.15	1	串联	1000	900	线状	Ni60Cr15	$\phi 3.3$	56.5	1.025
						1100	1000		Ni80Cr20	$\phi 3.4$	55	1.04
						1200	1100		0Cr25Al5	$\phi 3$	41.5	1.53
7	220	31.8	6.91	1	串联	1000	900	线状	Ni60Cr15	$\phi 3.6$	56	1.1
						1100	1000		Ni80Cr20	$\phi 3.8$	55	1.03
						1200	1100		0Cr25Al5	$\phi 3.3$	42	1.61
8	220	36.4	6.05	1	串联	1000	900	线状	Ni60Cr15	$\phi 4$	61.5	1.03
						1100	1000		Ni80Cr20	$\phi 4.2$	60	1.01
						1200	1100		0Cr25Al5	$\phi 3.6$	44	1.57
9	220	40.7	5.4	1	串联	1000	900	线状	Ni60Cr15	$\phi 4.3$	63.5	1.03
						1100	1000		Ni80Cr20	$\phi 4.5$	61.5	1.03
						1200	1100		0Cr25Al5	$\phi 4$	47	1.53
10	220	45.5	4.84	1	串联	1000	900	线状	Ni60Cr15	$\phi 4.5$	64	1.1
						1100	1000		Ni80Cr20	$\phi 4.8$	63	1.05
						1200	1100		0Cr25Al5	$\phi 4.2$	48	1.53

(续表)

电炉功率 (千瓦)	电压 (伏)	电流 (安)	电阻 (欧)	相数	电阻线连接方式	电热元件温度 (°C)	炉内温度 (°C)	电 热 元 件				
								形 状	材 料	尺寸 (毫米)	总长 (米)	表面功率 (瓦/厘米 <sup>2</sup> )
15	380/ 220	39.0	9.69	1/3	串联/Y	1000	900	线状	Ni60Cr15	φ4	98.1	1.22
						1100	1000	线状	Ni80Cr20	φ4	91.5	1.3
						1200	1100	线状	0Cr25Al5	φ4	87.6	1.36
						1000	900	带状	Ni60Cr15	2×5	78.15	1.37
						1100	1000	带状	Ni80Cr20	2×5	72.9	1.47
						1200	1100	带状	0Cr25Al5	2×5	69.8	1.53
30	380/ 220	78.6	4.845	1/3	串联/Y	1000	900	线状	Ni60Cr15	φ6.5	129.3	1.13
						1100	1000	线状	Ni80Cr20	φ6.5	120.4	1.22
						1200	1100	线状	0Cr25Al5	φ6	98.4	1.66
						1000	900	带状	Ni60Cr15	1.4×15	81.9	1.12
						1100	1000	带状	Ni80Cr20	1.4×15	76.4	1.2
						1200	1100	带状	0Cr25Al5	1.2×15	62.3	1.43
45	380/ 220	68	3.23	3	Y/Δ	1000	900	线状	Ni60Cr15	φ6	220.8	1.08
						1100	1000	线状	Ni80Cr20	φ6	203.1	1.16
						1200	1100	线状	0Cr25Al5	φ5.5	165.6	1.57
						1000	900	带状	Ni60Cr15	1.5×12	140.7	1.18
						1100	1000	带状	Ni80Cr20	1.5×12	131.1	1.27
						1200	1100	带状	0Cr25Al5	1.4×12	117	1.44
60	380/ 220	91	2.42	3	Y/Δ	1000	900	线状	Ni60Cr15	φ7	225	1.21
						1100	1000	线状	Ni80Cr20	φ7	210	1.3
						1200	1100	线状	0Cr25Al5	φ7	201	1.36
						1000	900	带状	Ni60Cr15	1.6×15	141.6	1.27
						1100	1000	带状	Ni80Cr20	1.6×15	131.1	1.33
						1200	1100	带状	0Cr25Al5	1.6×15	117	1.55
75	380/ 220	114	1.93	3	Y/Δ	1000	900	线状	Ni60Cr15	φ8	234.6	1.27
						1100	1000	线状	Ni80Cr20	φ8	219	1.36
						1200	1100	线状	0Cr25Al5	φ8	209	1.42
						1000	900	带状	Ni60Cr15	1.5×20	141.6	1.24
						1100	1000	带状	Ni80Cr20	1.5×20	130.5	1.33
						1200	1100	带状	0Cr25Al5	1.5×20	116	1.5

表 12-13 电炉功率与炉膛容积、炉温间关系公式

工作温度 (°C)	功率 (千瓦)	单位炉墙面积功率 (千瓦/米 <sup>2</sup> )
1200	$100 \sim 150 \sqrt[3]{V^2}$	15~20
1000	$75 \sim 100 \sqrt[3]{V^2}$	10~15
700	$50 \sim 75 \sqrt[3]{V^2}$	6~10
400	$35 \sim 50 \sqrt[3]{V^2}$	4~7

表中,  $V$ ——电炉炉膛容积(米<sup>3</sup>)。

表 12-13 所列电炉功率与炉膛容积、炉温间关系公式主要适用于箱式电炉,而对井式电炉一般取上限数值。

电炉功率也可以应用图 12-1 线图来求得。

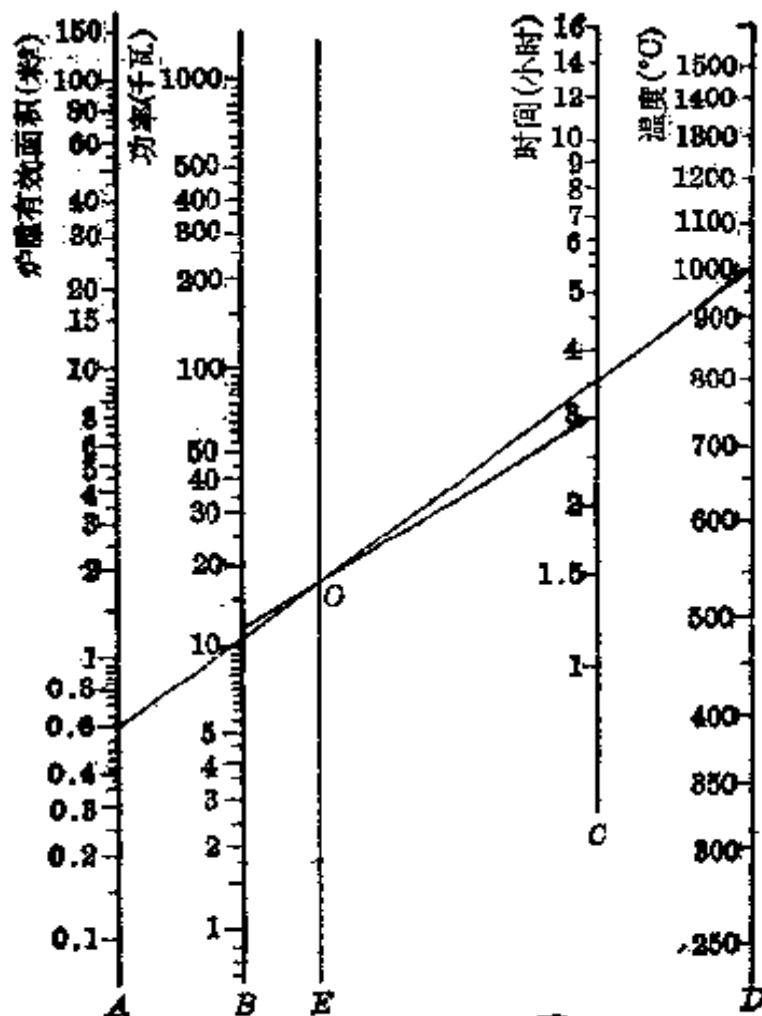


图 12-1 按炉膛有效面积求功率的线图

例：设炉膛有效面积为 0.6 米<sup>2</sup>，炉温为 1000°C，炉温升温时间为 3 小时，求所需的功率。

解：首先将 A 线上的 0.6 米<sup>2</sup>和 D 线上 1000°C 的点相联，在 E 线上得交点 O，再将 O 线上 3 小时的点与 O 点相联，其线延至与 B 线相交，此交点即为所求之功率。

在应用线图时，炉子升温时间长短对计算结果影响较大。由炉子实际功率从图中推算出来的空炉升温时间，对于箱式炉、中高温井式炉与实际情况基本相符，但对于低温电炉，则实际功率比图表所得的值要高，使用图表时应加以注意。

## 12-2 电热元件的选用

### 一、电热元件的选用估算

电热元件的作用是把电能转变为热能，通过辐射、对流或传导，向炉内散发。其散发能力一般用“单位表面负荷”来表示，简称表面负荷，即元件表面上每平方厘米的瓦数（瓦/厘米<sup>2</sup>）。元件所消耗的功率  $P = I^2 R$ ，等于元件表面上的总功率  $P_{bm} S$ ，则

$$P = I^2 R = P_{bm} S$$

式中：P——元件功率（瓦）；I——元件电流（安）；R——元件电阻（欧）； $P_{bm}$ ——元件表面负荷（瓦/厘米<sup>2</sup>）；S——元件表面积（厘米<sup>2</sup>）。

对于线材元件

$$P = I^2 \rho_t \frac{4L}{\pi d^2} = 10 P_{bm} \pi d L$$

式中： $\rho_t$ ——元件温度  $t^\circ\text{C}$  时的电阻系数（欧·毫米<sup>2</sup>/米）；L——电热线、带材的长度（米）； $d$ ——电热线直径（毫米）。

$$d = 0.343 \sqrt[3]{I^2 \frac{\rho_t}{P_{bm}}} = 0.343 \sqrt[3]{\left(\frac{P}{V}\right)^2 \cdot \frac{\rho_t}{P_{bm}}}$$

$$I = \frac{V^2 \pi d^2}{4 P \rho_t} = \frac{P}{10 \pi d P_{bm}}$$

式中：V——元件两端电压（伏）。

对于带材元件

$$P = I^2 \rho_t \frac{L}{k b^2} = 20 P_{bm} (k+1) t L$$

式中:  $t$ ——带材厚度(毫米),  $k$ ——带材宽厚比  $b/t$  (一般  $k$  取 10), 其中:  $b$ ——带材宽度(毫米)。

$$t = \sqrt[3]{\frac{I}{20k(k+1)} I^2 \frac{\rho_t}{P_{bm}}} = \sqrt[3]{\frac{I}{20k(k+1)} \cdot \left(\frac{P}{V}\right)^2 \frac{\rho_t}{P_{bm}}}$$

$$L = \frac{V^2 k t^2}{P \rho_t} = \frac{P}{20 P_{bm} (k+1) t}$$

由上列公式知道, 表面负荷  $P_{bm}$  的大小决定着电热元件的温度与炉内温度之间的温差值,  $P_{bm}$  值愈大, 则温差愈大。选用时一般参考表 12-14 所列的经验数据。

表 12-14 常用电热设备铁铬铝合金材料的表面负荷\*选用

电热设备 类型	工业电阻炉		日用电炉		电烙铁		电熨斗	管状电 热元件
	炉温 1000~1200°C	炉温 950°C	开启式	半开启式	内热式	外热式		
材料形状	线材**	线材**	线材	线材	管材	带材	带材	线材
$P_{bm}$ 值范围 (瓦/厘米 <sup>2</sup> )	1.0~1.6	1.4~1.8	4~6	13~15	8~10	2~3	5~8	8~25

\* 镍铬合金(Cr20Ni80)的表面负荷一般为表中铁铬铝合金的 60% 左右。

\*\* 带材元件的表面负荷可高出表中线材元件的 20% 左右。

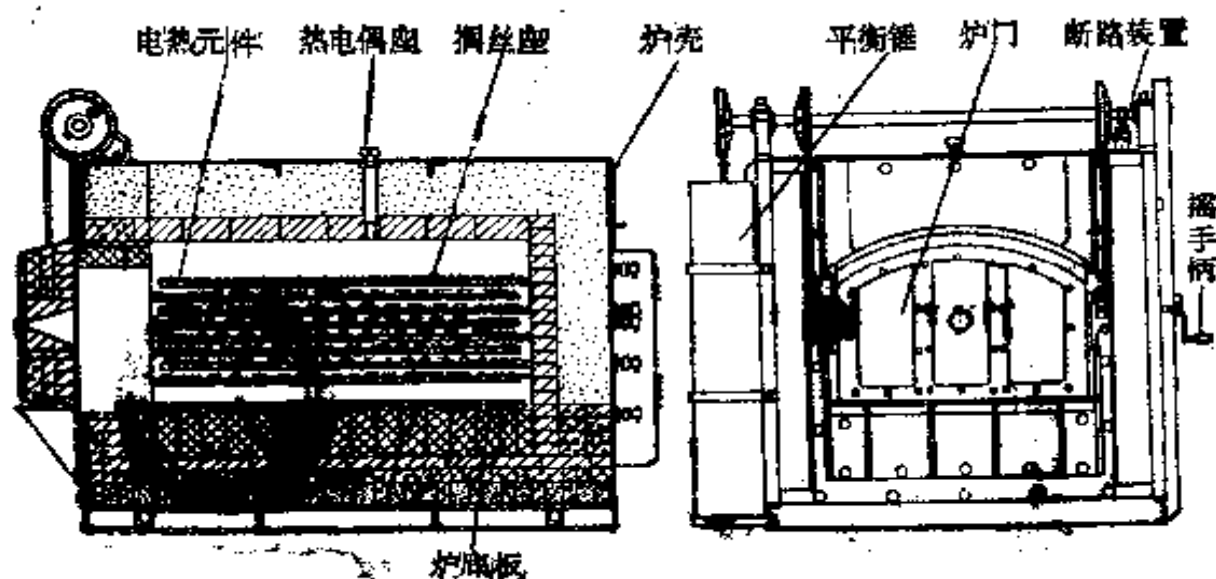


图 12-2 RJX 型箱式电阻炉



## 二、电热元件选用举例

1. 45千瓦箱式电阻炉 国产标准电炉(或炉胆)使用0铬25铝5圆线作电热元件的规格,与电炉丝配用的电炉盘的规格分别如图12-2~12-7和表12-15~12-18所示。

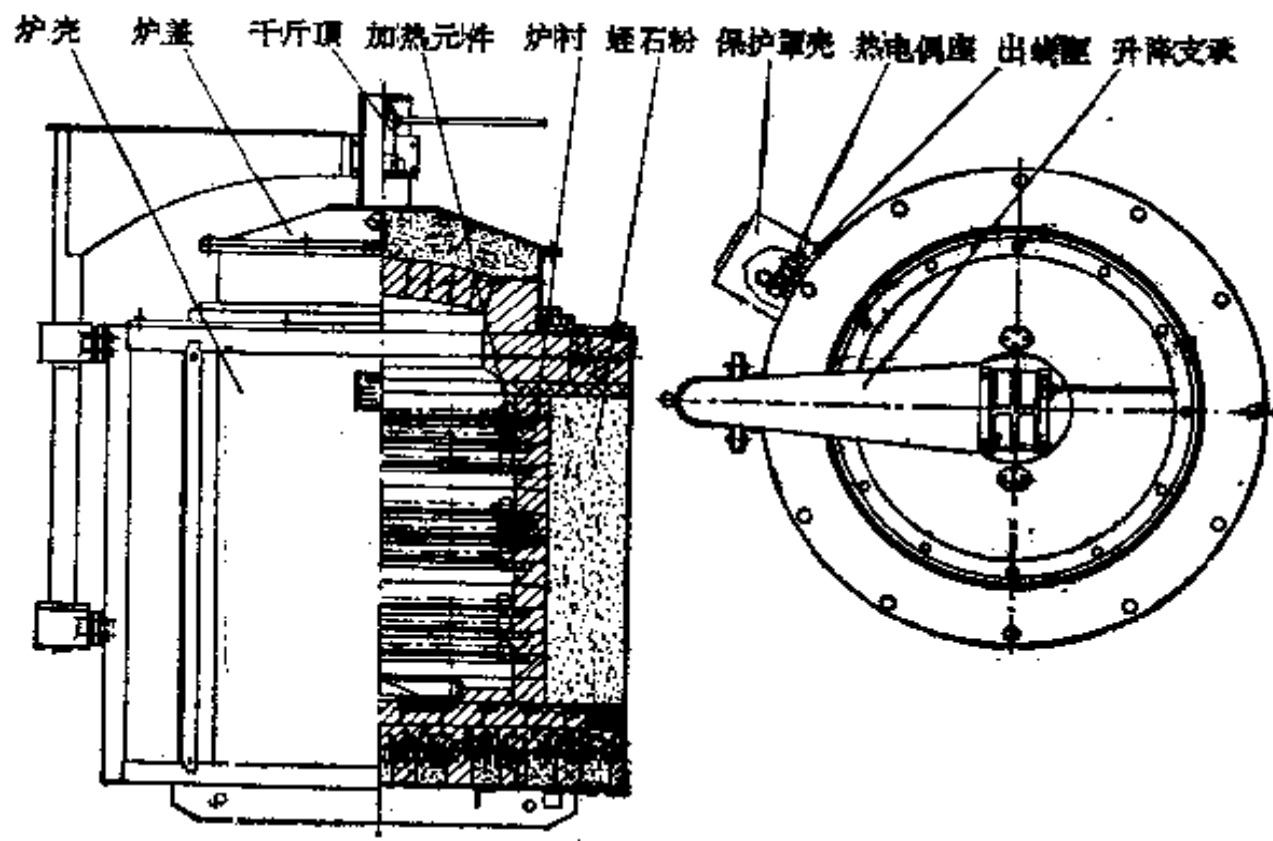


图12-3 RJJ系列井式电阻炉

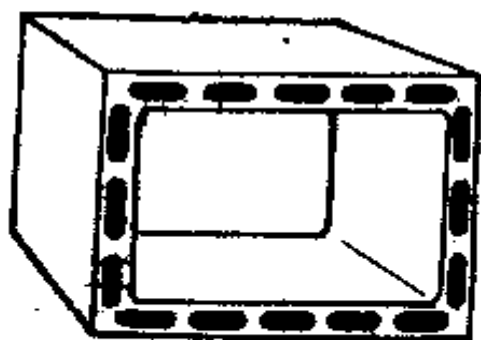


图12-4 SRJX电炉炉胆



图12-5 SRJG电炉炉胆

表 12-15 RJX 型箱式电阻炉规格

电 炉 型 号	RJX-15-9	RJX-30-9	RJX-45-9	RJX-75-9
额定功率(千瓦)	15	30	45	75
额定电压(伏)	380/220	380/220	380/220	380/220
相数	1/3	3	3	3
电阻丝连接方法	串联/Y	Y/△	Y/△	YY/△△
最高工作温度(°C)	950	950	950	950
工作室尺寸				
长(毫米)	650	950	1200	1800
宽(毫米)	300	450	600	900
高(毫米)	250	450	500	600
最大生产率(千克/时)	50	125	200	350
相(或组)电阻				
冷态(欧)	2.8~3.0	4.19~4.61	1.4~1.57	3.35~3.68
热态(欧)	2.94~3.2	4.4~4.84	1.47~1.61	3.52~3.87
电阻丝直径( $d$ )(毫米)	4	4.5	5.5	5
螺旋中径( $D$ )(毫米)	35	30	35	35
侧面加热器节距( $S$ )(毫米)	8.5	10	20.2	15.8
底部加热器节距( $S$ )(毫米)	8.5	10	20.2	16
相(或组)展开长度(米)	29	55	25.1	54.3
全台所需长度(米)	29×3	55×3	25.1×6	54.3×6
全台所需重量(千克)	7.7	22.7	27.3	45
引出棒数量(根)	6	6	12	12
引出棒尺寸 (直径×长×根数)(毫米)	12×355	12×430×4 12×490×2	12×485×8 12×560×4	12×525×8 12×588×4
电阻丝表面功率(瓦/厘米 <sup>2</sup> )	1.36	1.35	1.63	1.54
外形尺寸				
长(毫米)	1559	1971	2300	3050
宽(毫米)	1382	1601	1950	2410
高(毫米)	1642	1944	2140	2230



表 12-17 SRJX 型与 SRJG 型电阻炉规格

电炉型号	SRJX-12-9	SRJX-4-9	SRJX-3-9	SRJX-2-9	SRJG-3-9	SRJG-1.5-9
额定功率 (千瓦)	12	4	3	2	3	1.5
电源电压 (伏)	380	220	220	220	220	220
相 数	3	1	1	1	1	1
电阻丝连 接方法	Y	并	并	并	并	
最高工作 温度(°C)	1000	1000	1000	1000	1000	1000
工作室尺寸						
长(毫米)	500	325	275	250	直径 150	直径 100
宽(毫米)	300	200	150	100		
高(毫米)	200	125	100	75	250	150
相(每根) 电 阻						
冷态(欧)	11.2	22.4	29.9	44.8	29.9	29.9
热态(欧)	12.1	24.2	32.27	48.4	32.27	32.27
电阻丝直径 (毫米)	2.2	1.8	1.0	0.9	1.0	1.0
螺旋内径 (毫米)	10	5.5	5	5	5	5
每根展开 长度(米)	30.4	21.2	16.8	20.4	16.8	16.8
全台所需 长度(米)	30.4×3	21.2×2	16.8×2	20.4×2	16.8×2	16.8
全台所需 重量(千克)	2.46	0.4	0.38	0.185	0.38	0.19
表面功率 (瓦/厘米 <sup>2</sup> )	1.9	2.81	2.84	1.74	2.84	2.84



图 12-6 圆形电炉盘

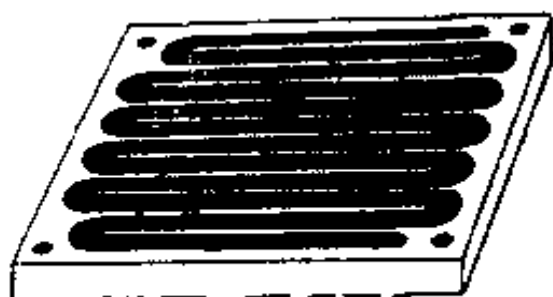


图 12-7 方形电炉盘

表 12-18 电炉丝配用电炉盘的规格

圆形电炉盘规格 (毫米)	配用电炉丝 (瓦)	方(矩)形电炉盘规格 (毫米)	配用电炉丝 (瓦)
75	200~300	50×200	500~600
100	400	75×120	500~600
125	500	100×150	700~800
140	600	100×200	800~1000
150	700~800	125×225	1000~1500
165	1000~1200	140×275	1000~1500
185	1500	150×165	1500
200	1500~2000	175×300	1500~2000
250	3000	175×400	2000~2500
300	4000	200×200	1200~1500
370	4500	200×500	3000~4000
520	6000	275×275	2000~2500
600	6000	300×300	2500~3000
		125×125	600~700
		140×140	800~1000
		325×650	4000~5000

2. 盐浴电阻炉 用于金属热处理的内热式盐浴电阻炉, 其结构如图 12-8 所示。电极采用低碳钢, 用低压(30 伏以下)大电流加热盐溶液。

这种盐浴电阻炉的热效率比外热式盐浴炉高, 对工件加热均匀, 还可减少氧化和脱碳对工件的危害。

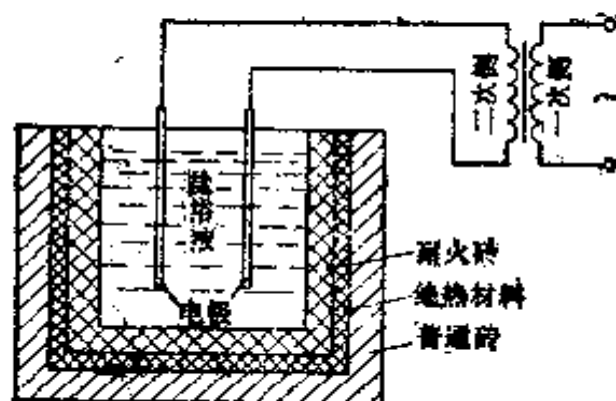


图 12-8 盐浴炉结构示意图

盐浴电阻炉的热损失, 主要是炉口的热辐射损失。而炉墙的热传导损失约占炉子总热损失的 10% 左右, 所以可忽略不计。

炉子功率的决定:

(1) 根据热效率计算:

$$P = \frac{100 \times P_{\text{有效}}}{\eta} \text{ (千瓦)}$$

式中:  $P$ ——炉子总功率(千瓦);  $P_{\text{有效}}$ ——炉子有效功率(千瓦);  $\eta$ ——热效率(%), 它随炉内温度变化, 如表 12-19。

表 12-19 随温度而改变的炉子热效率

炉内温度 (°C)	500	800	1000	1300
热效率 $\eta$ (%)	55	45	40	35

(2) 根据熔盐体积计算:

$$P = KV \text{ (千瓦)}$$

式中:  $P$ ——炉子总功率(千瓦);  $K$ ——系数, 它随熔盐体积与炉内温度而定(如表 12-20);  $V$ ——熔盐体积(升)。

表 12-20 根据熔盐体积与炉内温度决定系数值  $K$ 

熔盐体积 (升)	炉内温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )		
	150~650	650~950	950~1350
0~10	0.6~0.8	1.0~1.2	1.6~2.0
10~20	0.5~0.6	0.8~1.0	1.4~1.6
20~30	0.4~0.5	0.6~0.8	1.2~1.4
30~50	0.35~0.4	0.5~0.6	1.0~1.2
50~70	0.3~0.35	0.4~0.5	0.9~1.0
70~100	0.2~0.3	0.35~0.4	0.7~0.9
100~150	0.17~0.2	0.25~0.35	0.6~0.7
150~300	0.14~0.17	0.2~0.25	0.5~0.6
300~500	0.1~0.14	0.14~0.2	0.4~0.5
500~1000	0.08~0.1	0.12~0.14	0.3~0.4
1000~1500	0.06~0.08	0.1~0.2	—
1500~2000	0.03~0.06	0.08~0.1	—

电极通常采用低碳钢,其尺寸大小视炉膛空间而定,一般选用电极截面上的电流密度不大于 100 安/厘米<sup>2</sup>,每对电极的功率不大于 60 千瓦。

3. 碳化硅电热元件 碳化硅电热元件包括棒和管,是由发热部和冷端二部分组成,如图 12-9 和图 12-10 所示。



图 12-9 碳化硅棒尺寸图

$d$ —发热部直径(毫米);  $D$ —冷端直径(毫米);  $l$ —发热部长度(毫米);  
 $l_2$ —冷端长度(毫米);  $l_3$ —喷铝部长度(毫米);  $l_T$ —元件的总长度(毫米)  
 产品规格的标记方法  $d/l/l_2$

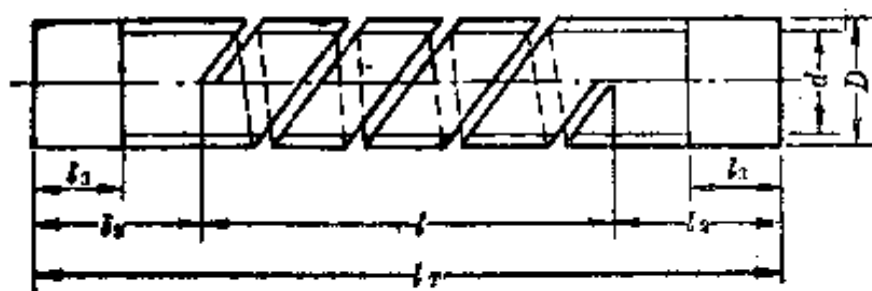


图 12-10 碳化硅管尺寸

$d$ —碳化硅管内径(毫米);  $l$ —螺纹带长度(毫米);  
 $D$ —碳化硅管外径(毫米);  $l_2$ —冷端长度(毫米);  
 $l_3$ —喷铝部长度(毫米);  $l_T$ —元件总长度(毫米)  
 产品规格的标记方法:  $D/d \times l/l_2$

碳化硅元件的表面负荷  $P_{dm}$  值可用以下经验公式算出

$$P_{dm} = 5 \left[ \left( \frac{T_1}{1000} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{1000} \right)^4 \right] \text{ (瓦/厘米}^2\text{)}$$

式中:  $T_1$ ——电热元件的绝对温度(K);  $T_2$ ——炉内绝对温度(K)。

一般把所需炉温加上  $50 \sim 100^\circ\text{C}$  作为元件温度, 分别换算成各自的绝对温度后, 算出表面负荷的选用值。此值也可由表 12-21 或图 12-11 中直接查出。

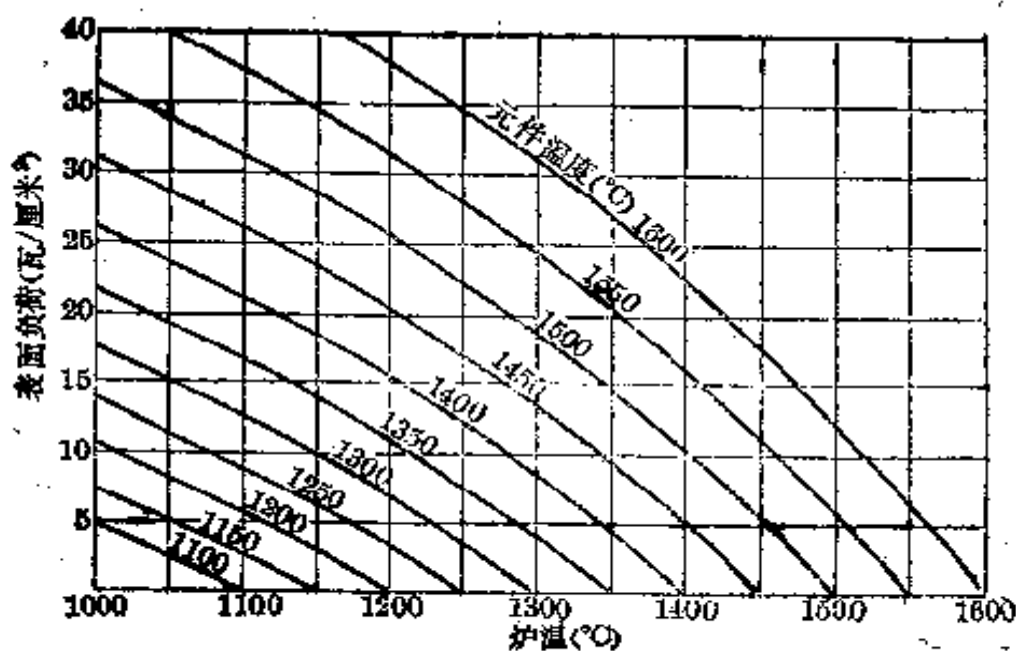


图 12-11 表面负荷对元件温度和炉内温度的关系曲线



表 12-21 碳化硅棒在不同元件温度和炉温下的单位表面负荷值的关系

元件温 度(°C)	炉 温 (°C)												
	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500	1550	1600
1100	4.63	2.45											
1150	7.37	5.19	2.74										
1200	10.41	8.23	5.78	3.04									
1250	13.77	11.60	9.15	6.41	3.87								
1300	17.47	15.29	12.84	10.10	7.06	3.70							
1350	21.6	19.38	16.93	14.19	11.15	7.78	4.09						
1400	26.0	23.9	21.4	18.67	15.63	12.26	8.57	4.48					
1450	30.9	28.8	26.3	23.6	20.5	17.17	13.47	9.39	4.61				
1500	36.3	34.1	31.7	28.9	25.9	22.5	18.82	14.73	10.26	5.35			
1550	42.1	39.9	37.5	34.7	31.7	28.3	24.6	20.5	16.05	11.15	5.80		
1600	48.4	46.2	43.8	41.0	38.0	34.6	30.9	26.8	22.4	17.46	12.11	6.32	

注：计算时碳化硅棒的表面积只限于工作部分，两粗端不计。

用碳化硅棒(或硅碳棒)作炉子的电热元件时，先根据炉膛形状和尺寸决定碳化硅棒的根数  $N$ ，然后根据炉子的总功率  $P$ ，算出每根碳化硅棒的功率

$$P = \frac{P_s}{N}$$

根据炉膛尺寸和碳化硅棒安置方法(横放还是竖放)决定电热元件工作部分的长度  $l$ ，再由下式求得碳化硅棒的直径  $d$

$$d = \frac{P \times 10^3}{P_{sm} \pi l} \text{ (毫米)}$$

式中： $P_{sm}$ ——碳化硅棒的单位表面功率(瓦/厘米<sup>2</sup>)； $d$ ——碳化硅棒直径(毫米)； $l$ ——工作段长度(毫米)； $P$ ——每根碳化硅棒的功率(瓦)。

碳化硅棒工作时所需的电压：

$$V = \sqrt{PK} \text{ (伏)}$$

表 12-22 两端加粗碳化硅棒电热元件尺寸、阻值及负荷

规格 $d/l/l_2$	各部尺寸(毫米)						发热部表面积 (厘米 <sup>2</sup> )	1400 °C时 电阻 (欧)	炉温(表面负荷)下许用负荷 (元件温度 1450°C) (瓦)			
	发热部		冷端		喷铝长度 $l_3$	全长 $l_T$			1100°C (26.3)	1200°C (20.5)	1300°C (13.4)	1400°C (4.41)
	$d$	$l$	$D$	$l_2$								
6/60/75	6	60	12	75	25	210	11.31	2.2	297	232	152.3	55.5
6/100/130	6	100	12	130	25	360	18.85	3.5	496	386	254	92.6
8/100/85	8	100	14	85	30	270	25.1	2.4	660	515	328	123.2
8/100/130	8	100	14	130	30	360	25.1	2.4	660	515	328	123.2
8/150/85	8	150	14	85	30	320	37.7	3.6	992	773	508	185.1
8/150/150	8	150	14	150	30	450	37.7	3.6	992	773	508	185.1
8/180/60	8	180	14	60	30	300	45.2	4.4	1189	927	609	222
8/180/150	8	180	14	150	30	430	45.2	4.4	1189	927	609	222
8/200/85	8	200	14	85	30	370	50.3	4.8	1323	1031	678	247
8/200/150	8	200	14	150	30	500	50.3	4.8	1323	1031	678	247
8/250/100	8	250	14	100	30	450	62.8	6.7	1652	1287	846	308
8/250/150	8	250	14	150	30	550	62.8	6.7	1652	1287	846	308
8/300/85	8	300	14	150	30	470	75.4	7.4	1983	1546	1016	370
8/400/85	8	400	14	85	30	570	100.5	10	2640	2060	1354	493
12/100/200	12	100	18	200	35	500	37.7	1.1	992	773	508	185.1
12/150/200	12	150	18	200	35	550	56.5	1.7	1486	1158	761	277
12/200/200	12	200	18	200	35	600	75.4	2.2	1983	1546	1016	370
12/250/200	12	250	18	200	35	650	94.2	2.8	2480	1931	1269	463
12/300/200	12	300	18	200	35	700	113.1	3.4	2970	2320	1523	555
12/300/250	12	300	18	250	35	800	113.1	3.4	2970	2320	1523	555
14/200/250	14	200	22	250	40	700	88.0	1.8	2310	1804	1185	432
14/200/350	14	200	22	350	40	950	88.0	1.8	2310	1804	1185	432
14/250/250	14	250	22	250	40	750	110.0	2.2	2890	2260	1482	540
14/250/350	14	250	22	350	40	950	110.0	2.2	2890	2260	1482	540
14/300/250	14	300	22	250	40	800	131.9	2.6	3470	2700	1777	648
14/300/350	14	300	22	350	40	1000	131.9	2.6	3470	2700	1777	648
14/400/250	14	400	22	250	40	900	175.9	3.5	4630	3610	2370	864
14/400/350	14	400	22	350	40	1100	175.9	3.5	4630	3610	2370	864
14/500/250	14	500	22	250	40	1000	220	4.4	5790	4510	2960	1080
14/500/350	14	500	22	350	40	1200	220	4.4	5790	4510	2960	1080

(续表)

规格 $d/l/l_2$	各部尺寸(毫米)						发热 部表 面积 (厘米 <sup>2</sup> )	1400 °C时 电阻 (欧)	炉温(表面负荷)下许用负荷 (元件温度1450°C)(瓦)			
	发热部		冷端		喷钎 长度 $l_3$	全长 $l_T$			1100°C	1200°C	1300°C	1400°C
	$d$	$l$	$D$	$l_2$					(26.3)	(20.5)	(13.4)	(4.41)
14/600/250	14	600	22	250	40	1100	264	5.2	6940	5410	3560	1296
14/600/350	14	600	22	350	40	300	264	5.2	6940	5410	3560	1296
18/250/250	18	250	28	250	50	750	141.4	1.3	3720	2900	1905	694
18/250/350	18	250	28	350	50	950	141.4	1.3	3720	2900	1905	694
18/300/250	18	300	28	250	50	800	169.6	1.7	4460	3480	2280	833
18/300/350	18	300	28	350	50	1000	169.6	1.7	4460	3480	2280	833
18/300/400	18	300	28	400	50	1100	169.6	1.7	4460	3480	2280	833
18/400/250	18	400	28	250	50	900	226	2.3	5940	4630	3040	1110
18/400/350	18	400	28	350	50	1100	226	2.3	5940	4630	3040	1110
18/400/400	18	400	28	400	50	1200	226	2.3	5940	4630	3040	1110
18/500/250	18	500	28	250	50	1000	283	2.7	7440	5800	3810	1390
18/500/350	18	500	28	350	50	1200	283	2.7	7440	5800	3810	1390
18/500/400	18	500	28	400	50	1300	283	2.7	7440	5800	3810	1390
18/600/250	18	600	28	250	50	1100	339	3.4	8920	6950	4570	1664
18/600/350	18	600	28	350	50	1300	339	3.4	8920	6950	4570	1664
18/600/400	18	600	28	400	50	1400	339	3.4	8920	6950	4570	1664
18/800/250	18	800	28	250	50	1300	452	4.6	11890	9270	6090	2220
18/800/350	18	800	28	350	50	1500	452	4.6	11890	9270	6090	2220
25/300/400	25	300	38	400	70	1100	236	1.0	6210	4840	3180	1159
25/400/400	25	400	38	400	70	1200	314	1.3	8260	6440	4230	1542
25/600/500	25	600	38	500	70	1600	471	2.0	12390	9660	6340	2310
25/800/500	25	800	38	500	70	1800	628	2.6	16520	12870	8460	3080
30/1000/400	30	1000	45	400	100	1800	942	1.7	24800	19310	12690	4630
30/1000/500	30	1000	45	500	100	2000	942	1.7	24800	19310	12690	4630
30/1500/400	30	1500	45	400	100	2300	1414	2.6	37200	29000	19050	6940
30/1500/500	30	1500	45	500	100	2500	1414	2.6	37200	29000	19050	6940
30/2000/500	30	2000	45	500	100	3000	1885	3.4	49600	38600	25400	9260
30/2000/650	30	2000	45	650	100	3300	1885	3.4	49600	38600	25400	9260
40/2000/500	40	2000	60	500	100	3000	2510	2.8	66000	51500	33800	12320
40/2000/650	40	2000	60	650	100	3300	2510	2.8	66000	51500	33800	12320

表 12-23 单螺纹硅碳管的尺寸、阻值及许用负荷

规格 $D/d \times l/l_2$	各部尺寸(毫米)						1400 °C时 电阻 (欧)	炉温(表面负荷)下许用负荷 (元件温度1450°C)(瓦)				
	直径		冷端 长度 $l_2$	嵌接 长度 $l_3$	全长 $l_T$	发热 面积 (厘米 <sup>2</sup> )		1100°C	1200°C	1300°C	1400°C	
	D	d						(26.3)	(20.5)	(13.4)	(4.41)	
40/30 × 200/100	40	30	200	100	30	400	251	3~6	6600	5150	3380	1292
40/30 × 300/100	40	30	300	100	30	500	377	5~8	9920	7730	5080	1851
40/30 × 400/100	40	30	400	100	30	600	503	7~10	13230	10310	6780	2470
50/40 × 300/100	50	40	300	100	35	500	471	4~7	12390	9660	6340	2310
50/40 × 400/100	50	40	400	100	35	600	628	6~9	16520	12870	8460	3080
50/40 × 500/100	50	40	500	100	35	700	785	8~11	20600	16090	10570	3850
60/50 × 400/100	60	50	400	100	40	600	754	5~7	19830	15460	10160	3700
60/50 × 500/100	60	50	500	100	40	700	942	7~10	24800	19310	12690	4630
60/50 × 600/100	60	50	600	100	40	800	1131	9~12	29700	23200	15230	5550
70/60 × 500/100	70	60	500	100	45	700	1100	7~10	28900	22600	14820	5400
70/60 × 600/100	70	60	600	100	45	800	1319	8~11	34700	27000	17770	6430
70/60 × 700/100	70	60	700	100	45	900	1539	9~12	40500	31500	20700	7360
80/70 × 600/100	80	70	600	100	50	800	1503	7~10	39700	30900	20300	7400
80/70 × 700/100	80	70	700	100	50	900	1759	8~11	46300	36100	23700	8640
80/70 × 800/100	80	70	800	100	50	1000	2010	9~12	52900	41200	27100	9870
90/80 × 600/100	90	80	600	100	55	800	1696	7~10	44600	34800	22000	8330
90/80 × 700/100	90	80	700	100	55	900	1978	8~11	52000	40600	26700	9720
90/80 × 800/100	90	80	800	100	55	1000	2260	9~12	59400	46300	30400	11100
100/90 × 600/100	100	90	600	100	60	800	1835	7~10	49600	38600	25400	9260
100/90 × 700/100	100	90	700	100	60	900	2200	8~11	57900	45100	29600	10800
100/90 × 800/100	100	90	800	100	60	1000	2510	9~11	66000	51500	33800	12320

$$R = \frac{\rho_l l}{\pi d^2 / 4} \text{ (欧)}$$

式中:  $\rho_l$ ——碳化硅棒工作温度下的电阻系数(欧·毫米<sup>2</sup>/米);  $P$ ——每根碳化硅棒的功率(瓦)。

碳化硅棒电热元件尺寸和在不同温度下的功率以及温度与表面功率的关系分别如表 12-22~12-23 所示。

碳化硅元件在长期使用过程中,由于缓慢氧化,其电阻逐渐增大,称之为老化。在使用过程中,需用调压器随时调节电压,以保持其额定功率。因  $V = \sqrt{PR}$ ,即如果容许元件电阻增加四倍,调压器的调节范围上限应为起始使用电压的二倍。

4. 硅钼棒电热元件 硅钼棒的尺寸如图 12-12 所示。

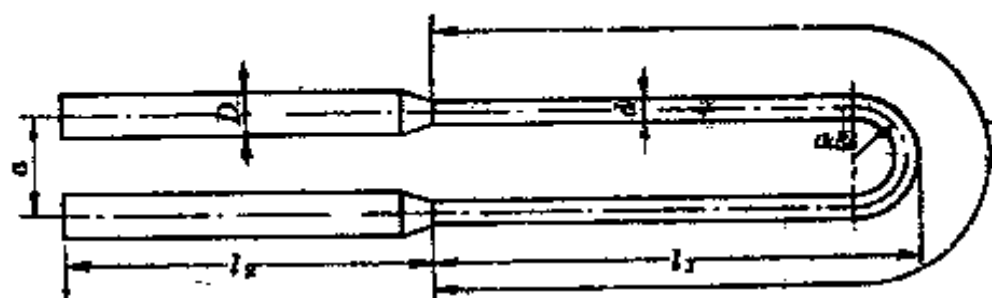


图 12-12 硅钼棒尺寸

$$\text{发热体总长 } l = 2 \left( l_1 - \frac{a}{2} - \frac{d}{2} \right) + \frac{1}{2} \pi a \text{ (毫米)}$$

图中  $l_1$  与  $l_2$  的规格范围如表 12-24 所示。

图 12-13 为硅钼棒的表面负荷及元件温度与炉内温度的关系曲线。图中,六块阴影部分相当于元件在垂直位置下的选用范围;小块阴影相当于元件在水平位置下的选用范围。一般情况下把操作点选在阴影区中的中心线上。

表 12-24  $d$ 、 $D$  与  $a$  的规格范围

产品规格	$l$ (毫米)	$a$ (毫米)	$D$ (毫米)	$d$ (毫米)
$\phi 6/13$	$\leq 300$	40, 50	13	6
	$> 300$	50		
$\phi 9/18$	$\leq 300$	40, 50, 60	18	9
	$> 300$	50, 60		

表 12-26 和表 12-27 分别列出了  $\phi 8/13$  毫米 ( $a=50$  毫米) 和  $\phi 9/18$  毫米 ( $a=60$  毫米) 两种类型中各种长度、规格在操作点 0 (图 12-13 中炉温  $t_1=1500^\circ\text{C}$ , 表面负荷  $P_{\text{表面}}=12$  瓦/厘米<sup>2</sup>, 元件温度  $t_2=1625^\circ\text{C}$ ) 时, 每支元件的电流  $I$ 、电阻  $r$ 、电压  $V$  和功率  $P$  值, 其计算步骤如下:

计算每支元件的热端功率  $P$

$$P = I^2 \rho_t \frac{4l}{1000\pi d^2} = \frac{P_{\text{表面}} \pi d l}{100}$$

式中:  $\rho_t$ ——发热端在  $1650^\circ\text{C}$  时电阻系数, 由表 12-3 和表 12-4 分别查出  $\rho_{25^\circ\text{C}}=0.25$  欧·毫米<sup>2</sup>/米,  $C_t=15.19$ , 得:

$$\rho_t = C_t \rho_{25^\circ\text{C}} = 15.19 \times 0.25 = 3.8 \text{ (欧·毫米}^2\text{/米)}$$

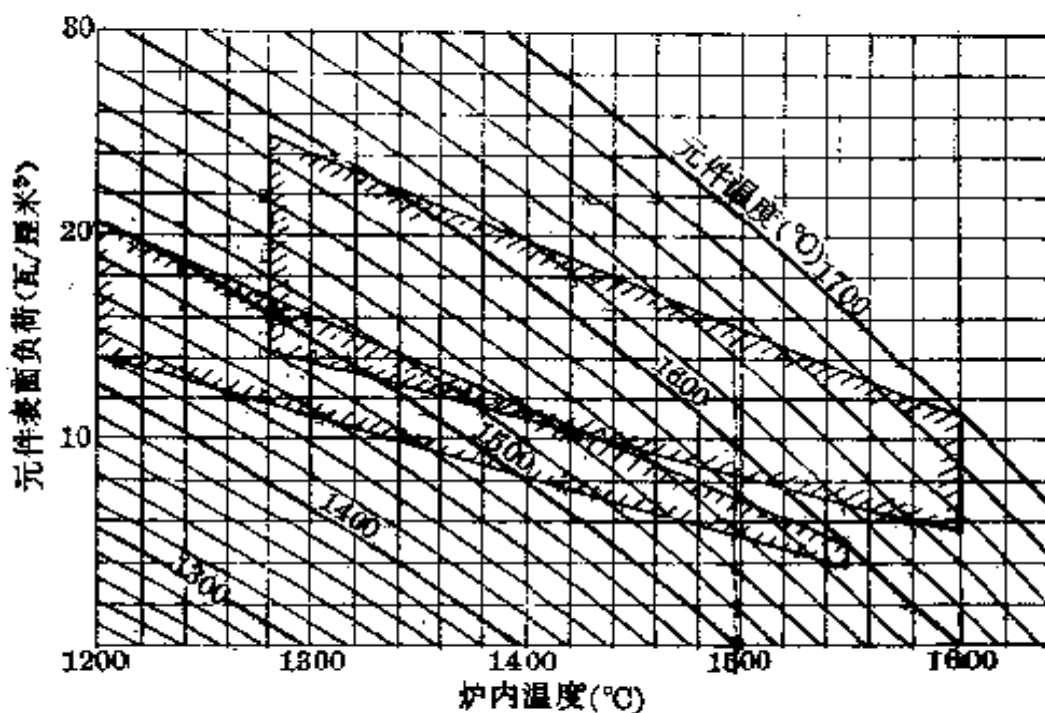


图 12-13 硅钼棒元件表面负荷、元件温度与炉内温度之间关系曲线

表 12-25 硅钼棒的热端、冷端及每支元件的参数计算公式

电 阻	热端 $r_R = 3.8 \frac{4l}{1000\pi d^2}$	冷端 $r_L = 1.7 \frac{2 \times 4l_2}{1000\pi D^2}$	每支 $r = r_R + r_L$
电 压	热端 $V_R = I r_R$	冷端 $V_L = I r_L$	每支 $V = V_R + V_L$
功 率	热端 $P_R = V_R I$	冷端 $P_L = V_L I$	每支 $P = P_R + P_L$

表 12-26  $\phi 6/13$  毫米 ( $\alpha=50$ )

$z_2$	$l_1$		150	200	250	300	350	400	450	500	
	$l_2$		323	423	523	623	729	829	923	1023	
	$r_R$	$V_R$	$P_R$	0.0434	0.0569	0.0703	0.0837	0.0972	0.1106	0.1241	0.1375
150	$r_L$	0.003	$r$	0.0472	0.0607	0.0741	0.0875	0.1010	0.1144	0.1278	
	$V_L$	0.5	$V$	6.1	7.9	9.8	11.4	13.1	14.9	16.8	
	$P_L$	65	$P$	799	1026	1253	1480	1707	1934	2161	
200	$r_L$	0.0053	$r$	0.0485	0.0620	0.0754	0.0888	0.1022	0.1156	0.1290	0.1426
	$V_L$	0.7	$V$	6.3	8.1	9.8	11.6	13.9	15.1	16.8	18.6
	$P_L$	87	$P$	821	1048	1275	1502	1729	1956	2183	2410
250	$r_L$	0.0064	$r$	0.0498	0.0633	0.0767	0.0901	0.1036	0.1170	0.1305	0.1439
	$V_L$	0.8	$V$	6.4	8.2	9.9	11.7	13.4	15.2	16.9	18.7
	$P_L$	108	$P$	842	1069	1296	1523	1750	1977	2204	2431
300	$r_L$	0.0077	$r$	0.0511	0.0646	0.0780	0.0914	0.1048	0.1183	0.1318	0.1452
	$V_L$	1.0	$V$	6.6	8.4	10.1	11.9	13.6	15.4	17.1	18.9
	$P_L$	130	$P$	864	1091	1318	1545	1772	1999	2226	2453
350	$r_L$	0.0090	$r$	0.0524	0.0659	0.0793	0.0927	0.1062	0.1196	0.1331	0.1465
	$V_L$	1.2	$V$	6.8	8.6	10.3	12.1	13.8	15.6	17.3	19.1
	$P_L$	152	$P$	886	1113	1340	1567	1794	2021	2248	2475
400	$r_L$	0.0102	$r$	0.0536	0.0671	0.0805	0.0939	0.1074	0.1208	0.1343	0.1477
	$V_L$	1.3	$V$	6.9	8.7	10.4	12.2	13.9	15.7	17.4	19.2
	$P_L$	173	$P$	907	1134	1361	1588	1815	2042	2269	2496
450	$r_L$	0.0115	$r$		0.0684	0.0818	0.0952	0.1087	0.1221	0.1356	0.1490
	$V_L$	1.5	$V$		8.9	10.6	12.4	14.1	15.9	17.6	19.4
	$P_L$	195	$P$		1156	1383	1610	1837	2064	2291	2518
500	$r_L$	0.0128	$r$		0.0697	0.0831	0.0965	0.1100	0.1234	0.1369	0.1503
	$V_L$	1.7	$V$		9.1	10.8	12.6	14.3	16.1	17.8	19.6
	$P_L$	217	$P$		1173	1405	1632	1859	2086	2313	2540
550	$r_L$	0.0141	$r$			0.0844	0.0978	0.1113	0.1247	0.1382	0.1516
	$V_L$	1.8	$V$			10.9	12.7	14.4	16.2	17.9	19.7
	$P_L$	238	$P$			1426	1653	1880	2107	2334	2561
600	$r_L$	0.0157	$r$			0.0857	0.0991	0.1126	0.1260	0.1395	0.1529
	$V_L$	2.2	$V$			11.1	12.9	14.6	16.4	18.1	19.9
	$P_L$	261	$P$			1448	1675	1902	2129	2356	2583
650	$r_L$	0.0167	$r$				0.1004	0.1138	0.1273	0.1408	0.1542
	$V_L$	2.2	$V$				13.1	14.8	16.6	18.3	20.1
	$P_L$	281	$P$				1696	1923	2150	2377	2604
700	$r_L$	0.0176	$r$				0.1016	0.1151	0.1285	0.1420	0.1554
	$V_L$	2.3	$V$				13.2	14.9	16.7	18.4	20.2
	$P_L$	303	$P$				1718	1945	2172	2399	2626
750	$r_L$	0.0192	$r$					0.1298	0.1433	0.1567	
	$V_L$	2.5	$V$					16.9	18.6	20.4	
	$P_L$	325	$P$					2194	2421	2648	
800	$r_L$	0.020	$r$					0.1311	0.1446	0.1580	
	$V_L$	2.7	$V$					17.1	18.8	20.6	
	$P_L$	346	$P$					2215	2442	2669	

注: 表中尺寸单位均为毫米, 电阻、电压和功率单位分别为欧、伏和瓦; 炉内温度

毫米)硅钼棒规格(电流 130 安)

550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
1123	1223	1323	1423	1523	1623	1723	1823	1923	2023
0.1509	0.1644	0.1778	0.1913	0.2047	0.2181	0.2316	0.2450	0.2585	0.2719
19.6	21.4	23.1	24.9	26.6	28.4	30.1	31.8	33.6	35.3
2550	2777	3005	3232	3459	3686	3913	4140	4367	4594

0.1560	0.1695	0.1829	0.1964						
20.3	22.1	23.8	25.6						
2637	2864	3092	3319						
0.1573	0.1708	0.1842	0.1977	0.2111	0.2245	0.2380	0.2514	0.2649	0.2783
20.4	22.2	23.9	25.7	27.4	29.2	30.9	32.6	34.4	36.1
2658	2885	3113	3340	3567	3794	4021	4248	4475	4702
0.1586	0.1721	0.1855	0.1990	0.2124	0.2258	0.2393	0.2527	0.2662	0.2796
20.6	22.4	24.1	25.9	27.6	29.4	31.1	32.8	34.6	36.3
2680	2907	3135	3362	3589	3816	4043	4270	4497	4724
0.1599	0.1734	0.1868	0.2003	0.2137	0.2271	0.2406	0.2540	0.2675	0.2809
20.8	22.6	24.3	26.1	27.8	29.6	31.3	33.0	34.8	36.5
2702	2929	3157	3384	3611	3838	4065	4292	4519	4746
0.1611	0.1746	0.1880	0.2015	0.2149	0.2283	0.2418	0.2552	0.2687	0.2821
20.9	22.7	24.4	26.2	27.9	29.7	31.4	33.1	34.9	36.6
2723	2950	3178	3405	3632	3859	4086	4313	4540	4767
0.1624	0.1759	0.1893	0.2028	0.2162	0.2296	0.2431	0.2565	0.2700	0.2834
21.1	22.9	24.6	26.4	28.1	29.9	31.6	33.3	35.1	36.8
2745	2972	3200	3427	3654	3881	4108	4335	4562	4789
0.1637	0.1772	0.1906	0.2041	0.2175	0.2309	0.2444	0.2578	0.2713	0.2847
21.3	23.1	24.8	26.6	28.3	30.1	31.8	33.5	35.3	37.0
2767	2994	3222	3449	3676	3903	4130	4357	4584	4811
0.1650	0.1785	0.1919	0.2054	0.2188	0.2322	0.2457	0.2591	0.2726	0.2860
21.4	23.2	24.9	26.7	28.4	30.2	31.9	33.6	35.4	37.1
2788	3015	3243	3470	3697	3924	4151	4378	4605	4832
0.1663	0.1798	0.1932	0.2067	0.2201	0.2335	0.2470	0.2604	0.2739	0.2873
21.6	23.4	25.1	26.9	28.6	30.4	32.1	33.8	35.6	37.3
2810	3037	3265	3492	3719	3946	4173	4400	4627	4854
0.1676	0.1811	0.1945	0.2080	0.2214	0.2348	0.2483	0.2617	0.2752	0.2886
21.8	23.6	25.3	27.1	28.8	30.6	32.3	34.0	35.8	37.5
2831	3058	3286	3513	3740	3967	4194	4421	4648	4875
0.1688	0.1823	0.1957	0.2092	0.2226	0.2360	0.2495	0.2629	0.2764	0.2898
21.9	23.7	25.4	27.2	28.9	30.7	32.4	34.1	35.9	37.6
2853	3080	3308	3535	3762	3989	4216	4443	4670	4897
0.1701	0.1836	0.1970	0.2105	0.2239	0.2373	0.2508	0.2642	0.2777	0.2911
22.1	23.9	25.6	27.4	29.1	30.9	32.6	34.3	36.1	37.8
2875	3102	3330	3557	3784	4011	4238	4465	4692	4919
0.1714	0.1849	0.1983	0.2118	0.2252	0.2386	0.2521	0.2655	0.2790	0.2924
22.3	24.1	25.8	27.6	29.3	31.1	32.8	34.5	36.3	38.0
2896	3123	3351	3578	3805	4032	4259	4486	4713	4940

1500°C。表面负荷 12 瓦/厘米<sup>2</sup>，元件热端温度 1625°C，冷端平均温度 800°C。



表 12-27  $\phi 9/18$  毫米 ( $\alpha = 60$ )

$l_2$	$l_1$			150	200	250	300	350	400	450	500
	$l$			325	425	525	625	725	825	925	1025
	$r_R$	$V_R$	$P_R$	0.0194	0.0254	0.0314	0.0373	0.0433	0.0493	0.0553	0.0612
150	$r_L$	0.0020	$r$	0.0214	0.0274	0.0334	0.0393	0.0453	0.0513	0.0573	0.0632
	$V_L$	0.5	$V$	5.1	6.5	8.0	9.4	10.8	12.2	13.7	15.1
	$P_L$	114	$P$	1213	1552	1890	2228	2567	2905	3243	3582
200	$r_L$	0.0027	$r$	0.0227	0.0287	0.0347	0.0406	0.0466	0.0526	0.0586	0.0645
	$V_L$	0.6	$V$	5.2	6.6	8.1	9.5	10.9	12.3	13.8	15.2
	$P_L$	151	$P$	1250	1589	1927	2265	2604	2942	3280	3619
250	$r_L$	0.0033	$r$	0.0222	0.0287	0.0347	0.0406	0.0466	0.0526	0.0586	0.0645
	$V_L$	0.8	$V$	5.4	6.8	8.3	9.7	11.1	12.5	14.0	15.4
	$P_L$	189	$P$	1288	1627	1965	2303	2642	2980	3318	3657
300	$r_L$	0.0040	$r$	0.0234	0.0294	0.0354	0.0412	0.0473	0.0533	0.0593	0.0652
	$V_L$	1.0	$V$	5.6	7.0	8.5	9.9	11.3	12.7	14.2	15.6
	$P_L$	227	$P$	1326	1665	2003	2341	2680	3018	3356	3695
350	$r_L$	0.0047	$r$		0.0303	0.0361	0.0420	0.0480	0.0540	0.0600	0.0659
	$V_L$	1.1	$V$		7.1	8.6	10.0	11.4	12.8	14.3	15.7
	$P_L$	265	$P$		1703	2041	2379	2718	3056	3394	3733
400	$r_L$	0.0053	$r$		0.0307	0.0367	0.0426	0.0486	0.0546	0.0606	0.0665
	$V_L$	1.3	$V$		7.3	8.8	10.2	11.6	13.0	14.5	15.9
	$P_L$	303	$P$		1741	2079	2417	2756	3094	3432	3771
450	$r_L$	0.0060	$r$			0.0374	0.0433	0.0493	0.0553	0.0613	0.0672
	$V_L$	1.4	$V$			8.9	10.3	11.7	13.1	14.6	16.0
	$P_L$	341	$P$			2117	2455	2794	3132	3470	3809
500	$r_L$	0.0067	$r$			0.0381	0.0440	0.0500	0.0560	0.0620	0.0679
	$V_L$	1.6	$V$			9.1	10.5	11.9	13.3	14.8	16.2
	$P_L$	378	$P$			2154	2492	2831	3169	3507	3846
550	$r_L$	0.0073	$r$				0.0446	0.0506	0.0566	0.0626	0.0685
	$V_L$	1.7	$V$				10.6	12.0	13.4	14.9	16.3
	$P_L$	416	$P$				2330	2669	3007	3345	3684
600	$r_L$	0.0080	$r$				0.0453	0.0513	0.0573	0.0633	0.0692
	$V_L$	1.9	$V$				10.8	12.2	13.6	15.1	16.5
	$P_L$	454	$P$				2368	2707	3045	3383	3722
650	$r_L$	0.0087	$r$				0.0460	0.0520	0.0580	0.0640	0.0699
	$V_L$	2.1	$V$				11.0	12.4	13.8	15.3	16.7
	$P_L$	492	$P$				2606	2945	3283	3621	3960
700	$r_L$	0.0094	$r$				0.0467	0.0527	0.0587	0.0647	0.0706
	$V_L$	2.2	$V$				11.1	12.5	13.9	15.4	16.8
	$P_L$	530	$P$				2644	2983	3321	3659	3998
750	$r_L$	0.0100	$r$				0.0473	0.533	0.0593	0.0653	0.0712
	$V_L$	2.4	$V$				11.3	12.7	14.1	15.6	17.0
	$P_L$	568	$P$				2682	3021	3359	3697	4036
800	$r_L$	0.0107	$r$				0.0480	0.0540	0.0600	0.0660	0.0719
	$V_L$	2.5	$V$				11.4	12.8	14.2	15.7	17.1
	$P_L$	605	$P$				2719	3058	3396	3734	4073

注: 同表 12-26。

## 12-2 电热元件的选用

毫米)硅钼棒规格(电流 238 安)

550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
1125	1225	1325	1425	1525	1625	1725	1825	1925	2025
0.0672	0.0732	0.0791	0.0851	0.0911	0.0971	0.1030	0.1090	0.1150	0.1210
16.0	17.4	18.8	20.3	21.7	23.1	24.5	26.0	27.4	28.8
3806	4144	4482	4821	5159	5497	5836	6174	6512	6851

0.0705	0.0765	0.0824	0.0884	0.0944	0.1004					
16.8	18.2	19.6	21.1	22.5	23.9					
3995	4333	4671	5010	5348	5686					
0.0712	0.0772	0.0831	0.0891	0.0951	0.1011	0.1070	0.1130	0.1190	0.1250	
17.0	18.4	19.8	21.3	22.7	24.1	25.5	27.0	28.4	29.8	
4033	4371	4709	5048	5386	5724	6063	6401	6739	7078	
0.0719	0.0779	0.0838	0.0898	0.0958	0.1018	0.1077	0.1137	0.1197	0.1257	
17.1	18.5	19.9	21.4	22.8	24.2	25.6	27.1	28.5	29.9	
4071	4409	4747	5086	5424	5762	6101	6439	6777	7116	
0.0725	0.0785	0.0844	0.0904	0.0964	0.1024	0.1083	0.1143	0.1203	0.1263	
17.3	18.7	20.1	21.6	23.0	24.4	25.8	27.3	28.7	30.1	
4109	4447	4785	5124	5462	5800	6139	6477	6815	7154	
0.0732	0.0792	0.0851	0.0911	0.0971	0.1031	0.1090	0.1150	0.1210	0.1270	
17.4	18.8	20.2	21.7	23.1	24.5	25.9	27.4	28.8	30.2	
4147	4485	4823	5162	5500	5838	6177	6515	6853	7192	
0.0739	0.0799	0.0858	0.0918	0.0978	0.1038	0.1097	0.1157	0.1217	0.1277	
17.6	19.0	20.4	21.9	23.3	24.7	26.1	27.6	29.0	30.4	
4184	4522	4860	5199	5537	5875	6214	6552	6890	7229	
0.0745	0.0805	0.0864	0.0924	0.0984	0.1044	0.1103	0.1163	0.1223	0.1283	
17.7	19.1	20.5	22.0	23.4	24.8	26.2	27.7	29.1	30.5	
4222	4560	4898	5237	5575	5913	6252	6590	6928	7267	
0.0752	0.0812	0.0871	0.0931	0.0991	0.1051	0.1110	0.1170	0.1230	0.1290	
17.9	19.3	20.7	22.2	23.6	25.0	26.4	27.9	29.3	30.7	
4260	4598	4936	5275	5613	5951	6290	6628	6966	7305	
0.0759	0.0819	0.0878	0.0938	0.0998	0.1058	0.1117	0.1177	0.1237	0.1297	
18.1	19.5	20.9	22.4	23.8	25.2	26.6	28.1	29.5	30.9	
4298	4636	4974	5313	5651	5989	6328	6666	7004	7343	
0.0766	0.0826	0.0885	0.0945	0.1005	0.1065	0.1124	0.1184	0.1244	0.1304	
18.2	19.6	21.0	22.5	23.9	25.3	26.7	28.2	29.6	31.0	
4336	4674	5012	5351	5689	6027	6366	6704	7042	7381	
0.0772	0.0832	0.0891	0.0951	0.1011	0.1071	0.1130	0.1190	0.1250	0.1310	
18.4	19.8	21.2	22.7	24.1	25.5	26.9	28.4	29.8	31.2	
4374	4712	5050	5389	5727	6065	6404	6742	7080	7419	
0.0779	0.0839	0.0898	0.0958	0.1018	0.1078	0.1137	0.1197	0.1257	0.1317	
18.5	19.9	21.3	22.8	24.2	25.6	27.0	28.5	29.9	31.3	
4411	4749	5087	5426	5764	6102	6441	6779	7117	7456	

将  $d=6$  毫米和 9 毫米代入下式

$$I = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{d^3 \cdot P_{\text{管}} \cdot 10}{\rho_t}}$$

可分别求得  $I=130$  安和 238 安。

假定元件的冷端平均温度为  $800^{\circ}\text{C}$ ，从表 12-4 查出  $C_t=6.8$ ，故冷端的电阻系数

$$\rho_L = C_t \rho_{20} = 6.8 \times 0.25 = 1.7 (\text{欧} \cdot \text{毫米}^2 / \text{米})。$$

用表 12-25 中公式可以算出每支元件的  $r$ 、 $V$  和  $P$  值。

根据电炉的实际尺寸，从表 12-26 或 12-27 选定一种合适的规格，并把所需电炉总功率  $P$ ，除以选定规格的每支功率  $P$ ，算出元件支数  $n$ （在三相电路中，须把  $n$  折算成 3 的倍数）。

对于阴影范围内的其他操作点也可采用此法计算。

### 12-3 管状电热元件

管状电热元件是由铁铬铝或镍铬铝电热材料作为发热体，外面包有金属套管，中间填以电熔结晶氧化镁填料组成，如图 12-14 所示。管状电热元件的选用如表 12-23 所示。

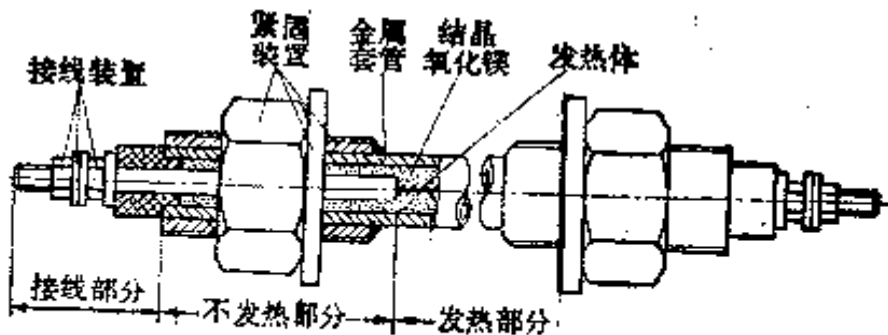


图 12-14 管状电热元件结构示意图

管状电热元件使用时的注意事项：

(1) 各种型号的元件是根据各种加热介质采用不同的管子表面负荷进行设计的，所以不能互换使用。如表 12-28 中，因水的散热条件比空气优越，用于水中的 JGS 型的管子表面负荷大于在空气中使用的 JGQ 型。如果用 JGS 型电热元件加热空气，则由于它的管子表面负荷过大，将使元件温度过高而烧坏。

表 12-28 管状电热元件的选用

型号	加热介质	管子材料	表面负荷 ( $\frac{\text{瓦}}{\text{厘米}^2}$ )	工作温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	每支元件的功率 (千瓦)	
					220 伏	380 伏
JGQ	非流动空气	#10 钢 1Cr18Ni9Ti	1.2~1.8 1.2~3.0	300 500 (管子温度 800 $^{\circ}\text{C}$ )	0.5~1.5	2~3
	流动空气 (风速 > 6 米/秒)	#10 钢 1Cr18Ni9Ti	1.8~3.0 2~4	300		
JGY	油	#10 钢	2.5~2.8	300	1~8	5~8
JGS	水	铜, #10 钢 1Cr18Ni9Ti	5~10	100~105	1~5	4~7
JGX	硝 盐	1Cr18Ni9Ti	3~3.5	550		2~7
JGJ	碱	#10 钢	3~3.5	550		2~7
JGM	金属模具	#10 钢 1Cr18Ni9Ti	2~4	220	36 伏 0.2~1.5 55 伏 0.2~0.3 110 伏 0.4~0.5 220 伏 0.2~1.5	
	石 蜡	#10 钢	1.6~1.8	200		
	低熔点金属	#10 钢 1Cr18Ni9Ti	3~4 (嵌入式)	500		

(2) 用于液体中的电热元件必须把其有效长度全部浸入液体中, 防止暴露于液面以上的部分过热而烧坏。

(3) 因固体的散热条件不如液体, 所以在盐浴或碱浴炉中, 当盐或碱尚在固态时, 电热元件必须降低电压使用, 以降低其表面负荷, 待其全部熔化成液态后, 方可升至额定电压。

(4) 元件的工作电压不得超过其额定值的 10%。

(5) 元件外壳应有效地接地, 以利安全。

常用电热材料在各种气氛中的最高使用温度如表 12-20。

表 12-29 常用电热材料在各种气氛中的最高使用温度(°C)

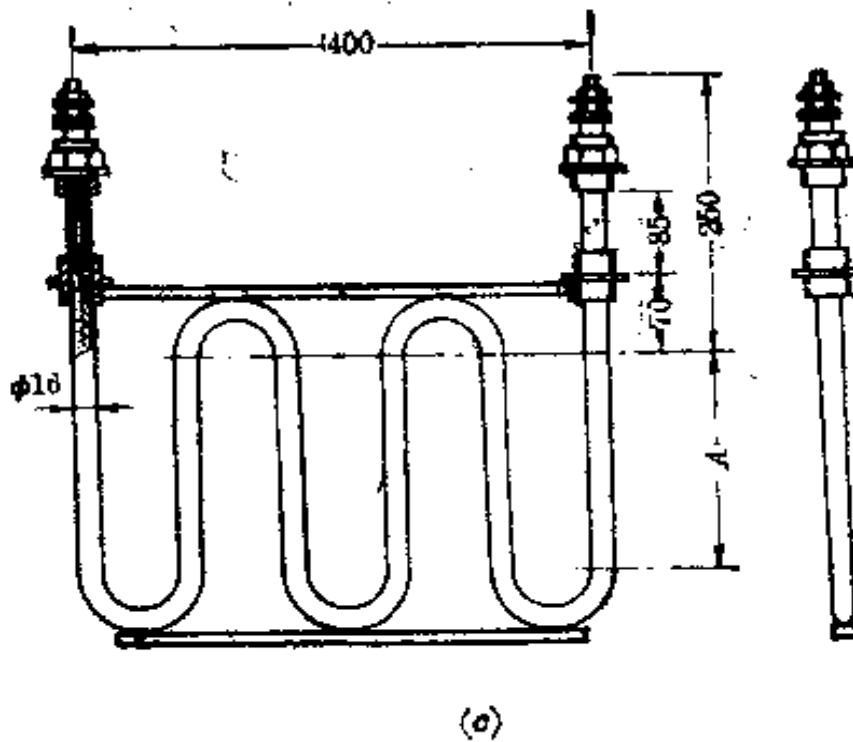
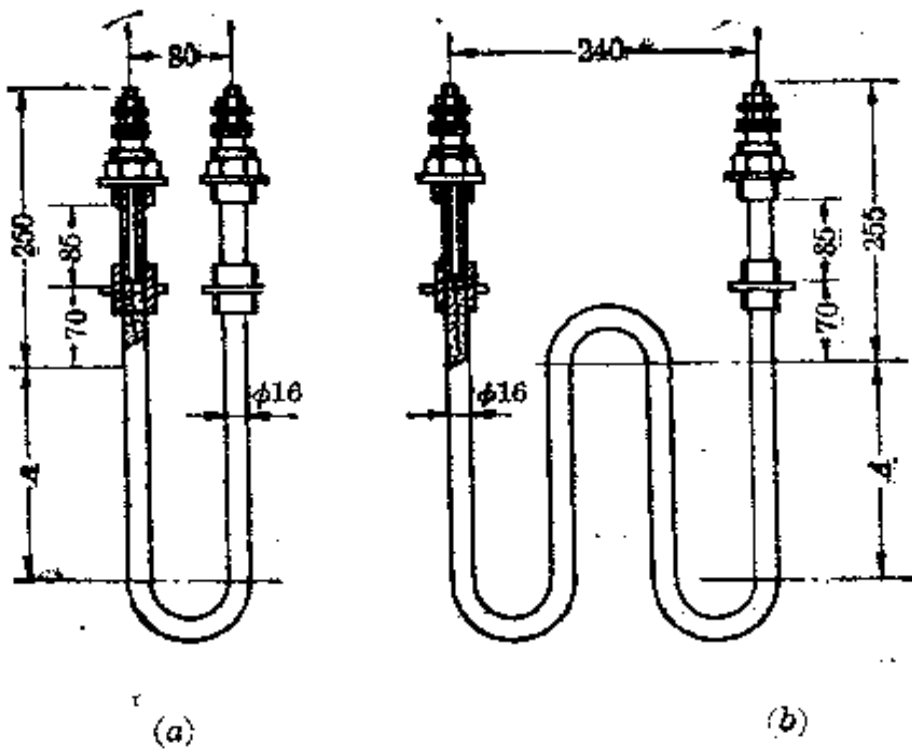
气 氛	铁 铬 铝 合 金		镍铬合金	硅碳棒	硅钼棒
	Cr13Al6Mo2 CCr25Al5	6Cr27Al7Mo2	Cr20Ni80		
空 气	1300	1400	1150	1500	1700
氢 气	1250	1350	1150	1200	1400
分解氢	1150	1250	1100	1200	1400
燃烧氢	1000	1000	1100	1200	1400
氮 气	950	950	1100	1200	1500
含硫氧化性气氛	1050	1150	不适宜	1350	1600
吸热式气体	1100	1200	950	1350	1350
放热式气体	1150	1250	1050	1350	1350
真 空 ( $1.33 \times 10^{-5}$ 帕以下)	1100	1150	1100	不适宜	1250

## 12-4 电热器的特性及其焊接方法

### 一、管状电热器

管状电热器(图 12-15)是由管状电热元件和金属管组成的。电阻丝中通过一定的电流就发出热量。管状电热器可以安装在空气通道里,浸在水里或其他液体里,用来加热空气、水或其他液体。还可以直接放在固体金属中加热金属。它已广泛地用于航空、船舶、石油、化工以及日用工业等部门。如作为硝石槽、水槽、各种油槽、酸碱等的加热装置,易熔金属熔化炉、空气加热炉、干燥箱、各种冲模及压模等。

管状电热器的型号、规格如表 12-30 所示。



(c)  
图 12-15 SRQ 型管状电热器

表 12-30 管状电热器技术规格

型 号	工作电压 (伏)	额定功率 (千瓦)	管 径 (毫米)	加热介质最高温度 (°C)	极限表面负荷 (瓦/厘米 <sup>2</sup> )
SRS	220/380	1~5	14、16	300	6
SRV	220/380	1~7	16、18	400	3
SRQ	220/380	0.5~4	16	120~250	2
SR(X、J)	220/380	2~8	20、22	550	4

## 二、板状电热器

电热板是管状元件的一种变形体。它以电阻丝作发热体，以氧化镁作绝缘物。它的外形如图 12-16，规格和外形尺寸见表 12-31。

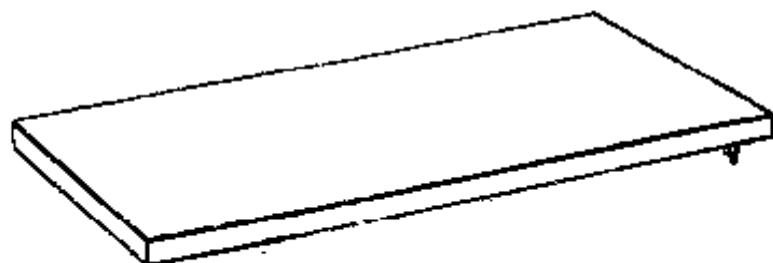


图 12-16 电热板的外形

电热板一般用于干燥作业，安装在各种敞开或封闭式的烘道、烘箱中用来干燥木质纤维、烘漆等；可作为红外线发生器；可熔铅、熔锡、熔蜡等；还可以作为实验室加热器和食品工业中烘面包、饼干等用。

表 12-31 电热板的规格及外形尺寸

尺寸(毫米)	150×300×12				
电压(伏)	220				
功率(瓦)	200	400	600	800	1000

### 三、电热元件的焊接方法

铁-铬-铝合金是属于铁素体的单相合金,焊接时焊接部分晶粒容易长大,因而塑性降低,容易脆断。合金如用作电热元件,其焊接处应能承受安装时的外力而不折断。焊接的方法有多种,如气焊、保护气体焊、电弧焊、点焊等。下面仅介绍常用的电弧焊法。

1. 电弧焊接注意事项 电弧焊比气焊好,而电弧焊接中以直流为佳,它可以得到均匀的电弧。电焊条最好采用铁-铬-铝焊条,也可以用石墨焊条,用石墨焊条时焊条先用砂轮磨尖,焊接时不用熔剂。无上述焊条时,可用高温不锈钢焊条(如 1Cr18Ni9)。焊条焊接处最好在  $680\sim 750^{\circ}\text{C}$  下进行消除内应力退火(用各种办法将焊接处烧红 10 分钟左右即可)。电流数值可参考表 12-32。

表 12-32 根据不同材料尺寸应用的电流数值

带材厚度 (毫米)	线材直径 (毫米)	电 流 (安)
0.5	1.0	30~50
1.0	2.0	50~75
1.5	3.0	75~100
2.0	4.0	100~125
2.6	5.0	125~150

2. 引出棒(或带)与电热元件的焊接 为了降低电热元件引出炉外一端的温度,以利于与电源连接,通常采用较大截面积的(一般应在三倍以上)引出棒或引出带,材料可以采用铁-铬-铝、镍-铬或镍-铬-铁、1Cr18Ni9 不锈钢等。其常用焊接方法如图 12-17 至图 12-22 所示。

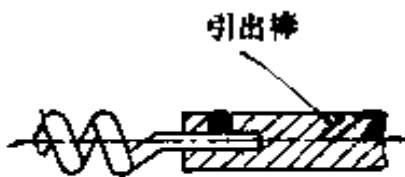


图 12-17 引出棒钻中心后焊接法  
( $\phi 2$  毫米以上电热丝适用)

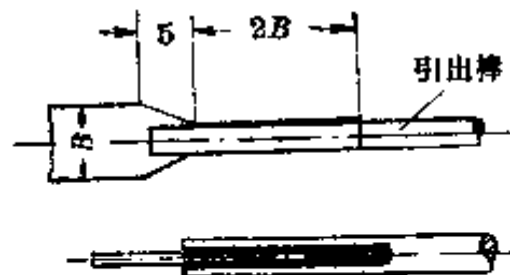


图 12-18 引出棒开槽与电热元件带材焊接法



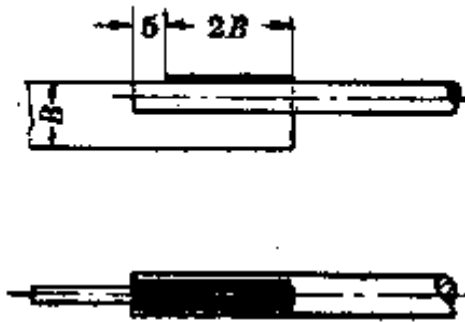


图 12-19 电热元件带材与引出棒的焊接方法

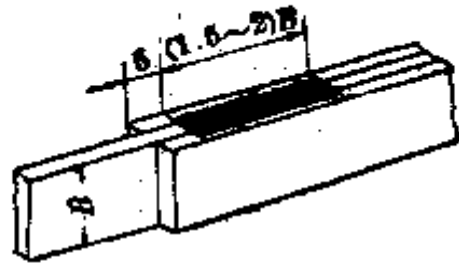


图 12-20 电热元件带材与引出带的焊接法

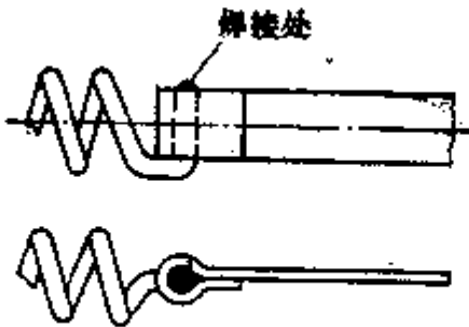


图 12-21 电热丝与引出带的焊接方法



图 12-22 电热丝与引出带的焊接方法

3. 电热元件间的焊接 在巨型电炉中, 往往需用很长的电热元件, 元件单根的重量超过标准重量或制造厂可能制造的长度, 则需要焊接。在焊接处应该具有与元件本身同样的热稳定性, 因此焊接处与其他部分的尺寸力求一致, 这在实际施工上是困难的。我们应尽量避免焊接, 或者选用适当的型式来避免接合处过热, 使用适当的形状降低它的表面负荷。几种常用的办法如图 12-23 所示。

#### 4. 电热元件修理时的焊接法

(1) 未用过的元件: 线状元件若在搬运、安装中发生断裂时, 可将断头处在  $700\sim 800^{\circ}\text{C}$  加热校直, 然后用图 12-23 所示的方法焊接。带状元件断裂时, 也可将断头处先加热  $700\sim 800^{\circ}\text{C}$ , 校直三倍宽度, 将同样尺寸的带材用钳子夹紧进行焊接。

(2) 已经高温用过的元件: 方法与未用过的相同。应特别注意的是铁-铬-铝合金使用过后塑性很低, 不可用力拉伸或重绕, 最好在炉内焊接。

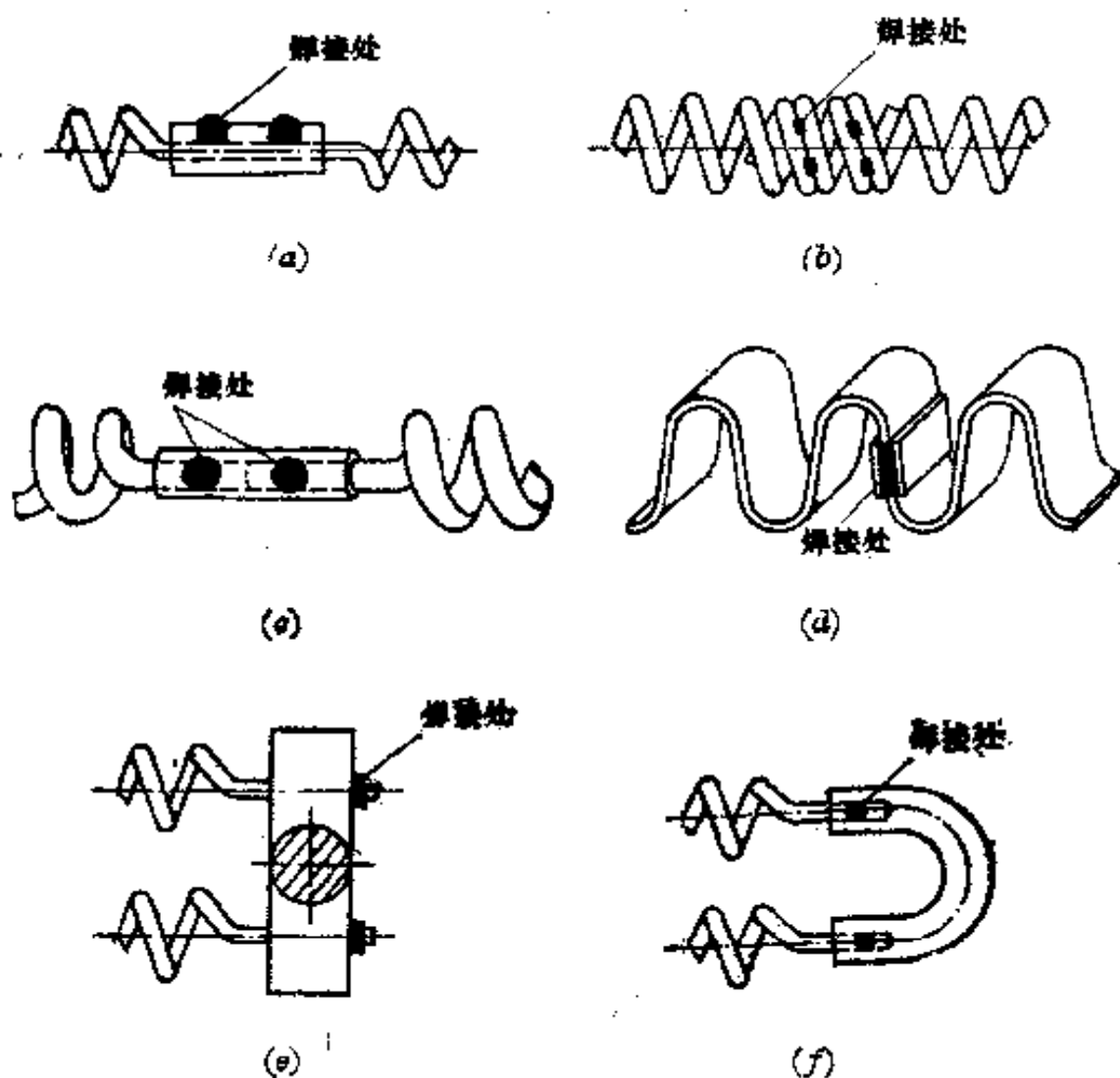


图 12-23 电热元件的焊接法

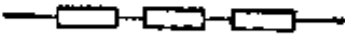
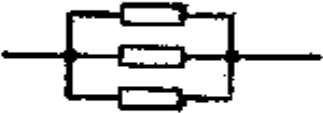

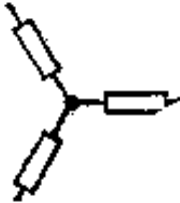
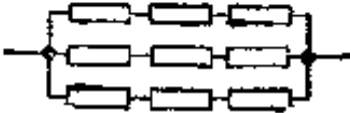

## 12-5 电热元件连接方式(供电电压)的选择

常用的电阻炉,一般使用的工业电压为 220 伏和 380 伏。小功率(5 千瓦以下)电热设备都使用单相 220 伏;在 10 千瓦时也有采用单相 220 伏或 380 伏,对于温度较低的电炉也可设计成三相 380 伏;大于 10 千瓦的电热元件一般均采用三相 380 伏。

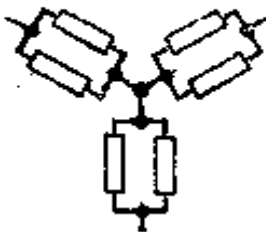
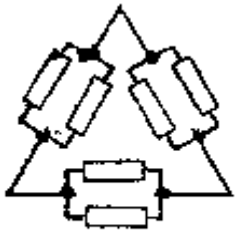
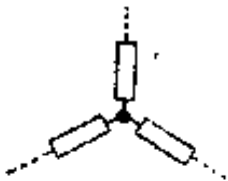

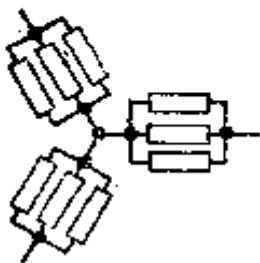
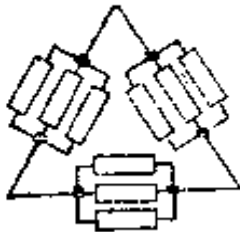
每组加热元件以 30~60 千瓦为宜,即每相 10~20 千瓦(相应的电热元件直径为 4~6 毫米),在设计时可根据总功率,用几组并联方式来达到上述参数。

一般连接方式可参阅表 12-33。

表 12-33 电热元件连接方式

元件连接法	符号	连接简图	元件数	等值电阻 (欧)	功率 (千瓦)
串联	+		$n$	$R = nr$	$P = \frac{V^2}{10^3 nr}$
并联	//		$n$	$R = \frac{r}{n}$	$P = \frac{nV^2}{10^3 r}$
串-并联 ( $n$ 组并联, 每组由 $m$ 个串 联)	+ - //		$m, n$	$R = \frac{mr}{n}$	$P = \frac{nV^2}{10^3 mr}$
星形	Y		3	$R = r$	$P = \frac{V^2}{10^3 r}$
并联-串联 ( $n$ 组串联, 每组由 $m$ 个并 联)	// - +		$m, n$	$R = \frac{nr}{m}$	$P = \frac{mV^2}{10^3 nr}$
三角形	$\Delta$		3	$R = \frac{r}{3}$	$P = \frac{3V^2}{10^3 r}$

(续表)

元件连接法	符号	连接简图	元件数	等值电阻 (欧)	功率 (千瓦)
双星形	Y-Y		6	$R = \frac{r}{2}$	$P = \frac{2V^2}{10^3 r}$
双三角形	Δ-Δ		6	$R = \frac{r}{2}$	$P = \frac{6V^2}{10^3 r}$
串联星形 (由n个串联, 组成三组,作 星形连接)	n-Y		3n	$R = nr$	$P = \frac{V^2}{10^3 nr}$
串联三角形 (由n个串联, 组成三组,作 三角形连接)	n-Δ		3n	$R = \frac{nr}{3}$	$P = \frac{3V^2}{10^3 nr}$
并联-星形 (n个并联,组 成三组,连成 星形)	n-Y		3n	$R = \frac{r}{n}$	$P = \frac{nV^2}{10^3 r}$
并联-三角形 (n个并联,组 成三组,连成 三角形)	n-Δ		3n	$R = \frac{r}{3n}$	$P = \frac{3nV^2}{10^3 r}$

## 12-6 应用 0Cr25Al5 电热元件的电炉、 电热设备参数

表 12-34 实验室电炉

电 炉 型 号		SRJX-2-9	SRJX-3-9	SRJX-4-9	SRJX-12-9	
额定功率(千瓦)		2	3	4	12	
额定电压(伏)		220	220	220	380	
相数		1	1	1	3	
电源频率(赫)		50~60	50~60	50~60	50~60	
最高使用温度(°C)		1000	1000	1000	1000	
常用工作温度(°C)		950	950	950	950	
达 950°C 升温时间(分)		60	80	100	150	
工作室尺寸 (毫米)	长	250	275	325	500	
	宽	100	150	200	300	
	高	75	100	125	200	
外形尺寸 (毫米)	长	470	520	610	900	
	阔	390	500	580	950	
	高	380	430	530	1250	
配用控制器		DRZ-2	DRZ-3	DRZ-4	DRZ-12	
配用热电偶		镍铬-镍铝	镍铬-镍铝	镍铬-镍铝	镍铬-镍铝	
重量(千克)		42	42	138	450	
电 热 元 件 参 数	每组电阻 (欧)	冷态	44.8	29.9	22.4	11.2
		热态	48.4	32.1	24.2	12.1
	接线方式		//	//	//	Y
	电热元件线径(毫米)		1	1.2	1.4	2.2
	元件组数		2	2	2	3
	螺旋内径(毫米)		5	5.5	6.5	12
	每组展开长度(米)		25	34	24.5	30.4
	全台所需长度(米)		25×2	24×2	24.5×2	30.4×3
	全台所需重量(千克)					2.46
	表面负荷(瓦/厘米 <sup>2</sup> )		1.27	1.66	1.86	1.9

表 12-35 箱形电阻炉

电炉型号		RJX-15-9 (X-15)	RJX-30-9 (X-30)	RJX-45-9 (X-45)	RJX-75-9 (X-75)
额定功率(千瓦)		15	30	45	75
额定电压(伏)		380/220	380/220	380/220	380/220
相数		1/3	3	3	3
元件连接方式		+-Y	Y-△	Y-△	YY-△△
最高工作温度(°C)		950	950	950	950
工作室尺寸 (毫米)	长	650	950	1200	1800
	宽	300	450	600	900
	高	250	450	500	600
最大生产率(千克/小时)		50	125	200	350
电 热 元 件 参 数	相(组)电阻 (欧)	冷态 2.8~3.08 热态 3.94~3.23	4.19~4.61 4.4~4.84	1.4~1.57 1.47~1.61	3.35~3.68 3.52~3.87
	电热元件线径(毫米)	4	4.5	5.5	5
	螺旋中径(毫米)	35	30	35	35
	侧面加热器节距(毫米)	8.5	10	20.3	15.8
	底部加热器节距(毫米)	8.5	10	20.2	16
	相(组)展开长度(米)	29	55	25.1	54.3
	全台所需长度(米)	29×3	55×3	25.1×6	54.3×6
	全台所需重量(千克)	7.7	22.7	27.3	45
	引出棒数量(根)	6	6	12	12
	引出棒尺寸(毫米) (直径×长×根数)	12×365	12×420×4 12×490×2	12×485×8 12×560×4	12×525×8 12×588×4
	元件表面负荷(瓦/厘米 <sup>2</sup> )	1.36	1.95	1.63	1.54

表 12-36 井式回火电阻炉

电 炉 型 号		RJJ-24-6 (JH-24)	RJJ-36-6 (JH-36)	RJJ-75-6 (JH-75)	
额定功率(千瓦)		24	36	75	
额定电压(伏)		380/220	380/220	380/220	
相数		1/3	3	3	
元件连接方式		+-Y	Y-△	YY-△△	
最高工作温度(°C)		650	650	650	
工作室尺寸(毫米)		400×500	500×650	950×1220	
电	相(组)电阻	冷态 热态	1.76~1.935	3.53~3.88	3.39~3.72
	(欧)		1.83~2.01	3.67~4.03	3.52~3.87
热 元 件 参 数	电热元件线径(毫米)	5	4.5	5	
	螺旋中径(毫米)	35	35	32	
	元件节距(毫米)	15	14.4	22.2	
	相(组)展开长度(米)	28.2	45.8	54	
	全台所需长度(米)	28.2×3	45.8×3	54×6	
	全台所需重量(千克)	11.6	15.3	44.4	
	引出棒件数(根)	6	6	12	
	引出棒尺寸(毫米)	12×420	12×415	12×370	
元件表面负荷(瓦/厘米 <sup>2</sup> )		1.8	1.85	1.48	

表 12-37 井式电阻炉

电炉型号		RJJ-30-1 (J-30)	RJJ-70-9 (J-70)				
额定功率(千瓦)		30	70				
额定电压(伏)		380/220	380/220				
相数		3	3				
元件连接方式		Y-△	YYY-△△△				
最高工作温度(°C)		950	950				
工作室尺寸 (毫米)	直径	450	600				
	深度	800	2500				
最大生产率 (千克/时)		140	330				
电 热 元 件 参 数	相(组)电阻 (欧)	冷态	1.19~4.61	4.84~5.3	4.84~5.3	6.55~7.2	3.28~3.6
		热态	4.4~4.84	5.07~5.57	5.07~5.57	6.87~7.55	3.44~3.77
	电热元件线径(毫米)	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	
	螺旋中径(毫米)	35	35	35	35	35	
	螺旋节距(毫米)	12.4	14.3	19	14.2	14.2	
	相(组)展开长度(米)	55	63.5	63.5	86	43	
	全台所需长度(米)	55×3	63.5×3	63.5×2	86×2	43×2	
	全台所需重量(千克)	22.7	21.5	21.5	19.4	9.7	
	引出棒件数(根)	6	6	6	4	4	
	引出棒尺寸 (直径×长度)(毫米)	12×440	12×486	12×486	12×486	12×486	
表面负荷(瓦/厘米 <sup>2</sup> )	1.29	0.97	0.97	0.53	0.53		



表 12-38 倾式熔炼电阻炉

电炉型号		RRQ-0.03 (QR-12)	RRQ-0.15 (QR-55)	RRQ-0.27 (QR-100)	
额定功率(千瓦)		12	60	75	
额定电压(伏)		220	380	380	
相数		1	3	3	
元件连接方式		+	△	YY-△△	
最高使用温度(°C)		800	800	800	
工作室尺寸(坩埚)(毫米)		240×443	500×600	400×870	
电	相(组)电阻 (欧)	冷态	1.75~1.92	6.25~6.95	3.35~3.68
		热态	1.84~2.02	6.56~7.22	3.52~3.87
热 元 件 参 数	电热元件线径(毫米)	5	4.5	5	
	螺旋中径(毫米)	35	35	40	
	螺旋节距(毫米)	13.1	9.7	9.7	
	相(组)展开长度(米)	28.1	77	54.9	
	全台所需长度(米)	28.1×2	77×3	54.9×6	
	全台所需重量(千克)	7.7	23	45	
	引出棒数量(根)	4	6	12	
	引出棒尺寸(毫米)	12×340	12×380	12×395	
	表面负荷(瓦/厘米 <sup>2</sup> )	1.36	1.83	1.47	

表 12-39 井式气体渗碳电炉炉

电 炉 型 号		RJJ-25-9 (JT-25)	RJJ-35-9 (JT-35)	RJJ-60-9 (JT-60)		RJJ-75-9 (JT-75)		
额定功率(千瓦)		25	35	60		75		
额定电压(伏)		380/220	380/220	380/220		380/220		
相数		3	3	3		3		
元件连接方式		Y-Δ	Y-Δ	Y-Δ	Y-Δ	Y-Δ	YY-ΔΔ	
最高工作温度(°C)								
工作室尺寸(毫米)		500×450	500×600	450×600		450×900		
电 热 元 件 参 数	相(组)电阻 (欧)	冷态	4.78~	3.59~	4.18~	4.18~	5.24~	2.47~
		热态	5.28	3.73	4.61	4.61	5.76	2.71
			4.98~	3.99~	4.4~	4.4~	5.5~	2.59~
			5.48	4.14	4.84	4.84	6.05	2.85
	电热元件线径(毫米)	4	4.5	4.5	4.5	4	6	
	螺旋中径(毫米)	32	32	35	35	32	35	
	螺旋节距(毫米)	12.3	14.2	10.8	10.4	10.2	15.1	
	相(组)展开长度(米)	49.5	47	55	55	54.5	58	
	全台所需长度(米)	49.5×3	47×3	55×3	55×3	54.5×3	58×3	
	全台所需重量(千瓦)	13	15.9	45.4	45.4	14.5	33.5	
引出棒数量(根)	6	6	12	12	12	12		
引出棒尺寸(毫米)	12×43	12×43	12×43	12×43	12×43	12×43		
表面负荷(瓦/厘米 <sup>2</sup> )	1.34	1.75	1.28					

(续表)

电炉型号			RJJ-90-9 (JT-90)			RJJ-105-6 (JT-105)			
额定功率(千瓦)			90			105			
额定电压(伏)			380/220			380/220			
相数			3			3			
元件连接方式			Y-Δ YY-ΔΔ			Y-Δ YY-ΔΔ			
最高工作温度(°C)									
工作室尺寸(毫米)			600×900			600×1200			
电 热 元 件 参 数	相(组)电阻 (欧)	冷态	4.18~	4.18~	4.18~	4.18~	3.95~	3.95~	3.95~
			4.61	4.61	4.61	4.61	3.63	3.63	3.63
		热态	4.4~	4.4~	4.4~	4.4~	3.52~	3.52~	3.52~
			4.84	4.84	4.84	4.84	3.87	3.87	3.87
	电热元件线径(毫米)		4.5	4.5	4.5	4.5	5	5.5	5
	螺旋中径(毫米)		35	35	40	35	35	35	40
	螺旋节距(毫米)		12.8	19.2	9.65	12.8	19.4	21.5	9.65
	相(组)展开长度(米)		55	55	55	55	54.3	65.5	54.3
	全台所需长度(米)		55×0	55×2	55×1	55×3	54.3×2	65.5×2	54.3×1
	全台所需重量(千克)		45.4	15.26	7.6	22.7	22.5	22	7.4
引出棒数量(根)		16	16	2	16	16	16	2	
引出棒尺寸(毫米)		12×46E	12×46E	12×59C	12×46D	12×46D	12×46D	12×59D	
表面负荷(瓦/厘米 <sup>2</sup> )		1.28							

表 12-40 坩埚盐浴电阻炉

电 炉 型 号		RYG-10-8 (GY-10)	RYG-20-8 (GY-20)	RYG-30-8 (GY-30)	
额定功率(千瓦)		10	20	30	
额定电压(伏)		220	380/220	380/220	
相数		1	1.3	3	
元件连接方式		+	+—Y	Y—△	
最高使用温度(°C)		850	850	850	
工作室尺寸(坩埚)(毫米)		200×350	300×555	400×575	
电 热 元 件 参 数		相(组)电阻 (欧)	冷 态 2.1~2.3 热 态 2.2~2.42	2.1~2.3 2.2~2.42	4.19~4.61 4.4~4.84
		电热元件线径(毫米)	4.5	5	4.5
		螺旋中径(毫米)	35	35	35
		螺旋节距(毫米)	9.6	9.7	11.4
		相(组)展开长度(米)	27.5	34	55
		全台所需长度(米)	27.5×2	34×3	55×3
		全台所需重量(千克)	11.4	14	22.7
		引出棒数量(根)	4	6	6
		引出棒尺寸(毫米)	12×430	12×430	12×430
		表面负荷(瓦/厘米 <sup>2</sup> )	1.9	1.25	1.3

表 12-41 高温箱式电炉

电 炉 型 号	RJX-90-12	RJX-70-12	RJX 40 12
额定功率(千瓦)	90	70	40
额定电压(伏)	前区 30 后区 60 380/220	前区 23.4 后区 46.6 380	380 220
相数	3	前区单相 后区 3 相	3
元件连接方式	前区 Y-Δ 后区 Y-Y-Δ	前区 II 后区 Y	Y-Δ
最高工作温度(°C)	1200	1200	1200
加热段数	2	2	1
工作室尺寸(毫米)	1500×750×450	1300×600×450	950×450×350
最大生产率(千克/时)	230	170	100
空载功率(1100°C时)(千瓦)	≤21	≤16	≤12
升温时间(20~1100°C)(分)	≤6	≤6	≤3.5
每相冷态电阻(欧)	4.85	单区 5.75 后区 3.1	3.1
每相功率(千瓦)	10	前区 23.4 后区 15.55	15
电热元件线径(毫米)	4.5	5.5	5.5
螺旋中径(毫米)	34	32	30
每相展开长度(米)	51.7	前区 95 后区 51	51
表面负荷(瓦/厘米 <sup>2</sup> )	1.385	1.43	1.70
电热元件参数			

表 12-42 电热管、电热圈选用的电热元件参数

电压 (伏)	电热元件	功率 (千瓦)																			
		0.5	0.8	1	1.2	1.5	1.8	2	2.2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	7	8	10	
380	R(欧)	270	170	136	114	91	76	63	62	55	45.5	39	34	30.5	27.5	23	19.5	17.1	13.6		
	表面负荷 (瓦/厘米 <sup>2</sup> )	0.2	0.3	0.3	0.35	0.45	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.8	0.9	1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.6	
	L(欧)	0.15	0.2	0.25	0.3	0.3	0.35	0.35	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.7	0.8	1	1	1.1	
220	R(欧)	92	57.5	46	38.5	30.5	25.5	23	21	18.5	15.5	13.1	11.5	10.2	9.2	8.4	7.7	6.65	5.75	4.6	
	表面负荷 (瓦/厘米 <sup>2</sup> )	0.3	0.4	0.5	0.55	0.6	0.7	0.8	0.8	0.85	0.9	1	1.1	1.2	1.4	1.4	1.5	1.7	1.9	2.24	
	L(欧)	0.2	0.2	0.25	0.4	0.4	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.8	0.9	0.9	1	1.1	1.1	1.2	1.4	1.6	
110	R(欧)	23	14.5	11.5	9.6	7.7	6.4	5.75	5.2	4.6	3.85										
	表面负荷 (瓦/厘米 <sup>2</sup> )	0.5	0.6	0.8	0.9	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4	1.6										
	L(欧)	0.3	0.45	0.55	0.65	0.7	0.8	0.9	0.9	1	1.1										
55	R(欧)	5.75	3.6	2.87	2.4	1.9	1.6	1.43													
	表面负荷 (瓦/厘米 <sup>2</sup> )	0.8	1.1	1.2	1.4	1.6	1.9	2													
	L(欧)	0.55	0.75	0.85	1	1.1	1.25	1.3													
36	R(欧)	3.46	1.54	1.23																	
	表面负荷 (瓦/厘米 <sup>2</sup> )	1	1.4	1.6																	
	L(欧)	0.7	1.1	1.2																	
		功率(千瓦)										功率(千瓦)									
		0.2										0.2									
		30										30									
		13~15										13~15									
		10~11										10~11									
		9~10										9~10									
		7~7.5										7~7.5									
		5.5~6.5										5.5~6.5									
		3.5~4										3.5~4									
		1.2										1.2									
		1.5										1.5									
		2										2									

电热圈选用的规格 220 伏

表 12-43 表面负荷选用参考

加热介质	介质最高温度 (°C)	热表面负荷 (瓦/厘米 <sup>2</sup> )	加热器参考型号
静止空气	≤300 ≤500	4~8 2~6	SRQ 系列管状电热元件
流动空气	≤300	6~10	SRK <sub>1</sub> 固定式电暖器 SRK <sub>2</sub> 电加热器
静止油	≤300	6~10	SBY 系列电热元件
流动油	≤300	6~10	SBY 系列油用管状加热器
硝盐及碱	≤550	6~8	SRJ SRXY 系列管状电热元件
金属膜 蜡	≤250 ≤250	6~8 1~10	SRZ 系列管状元件
水	105	10~20	SRS 系列管状电热元件

## 12-7 热 电 偶

### 一、热电偶的种类和主要特性

#### 1. 工业测温热电偶

(1) 铂铑合金-铂热电偶：国产型号是 WRP(旧型号为 WRLB)。它适用于氧化性或中性的气体中。在 1300°C 以下测温范围内能够长期使用，可短时(数小时)测量高达 1600°C 左右的温度。在高温中使用时，易受氢、硫酸以及其他化合物如一氧化碳等还原性气体的侵蚀而变质。

这种热电偶稳定性好，准确度较高，一般误差在 3~5°C 左右，因此还可作为校验用的标准热电偶。

(2) 镍铬-镍铝合金热电偶：国产型号是 WRNU。这种热电偶可长期使用在 900°C 以下。在 500°C 以下的低温范围内适合于还原性、中性或氧化性气体中使用，但在更高温度时，只适用于氧化性或中性气体中，并在数小时内可测温到 1200°C。

这种热电偶的特点是热电动势大，并且热电动势与温度近似成正比关系。

(3) 镍铬-考铜合金热电偶：国产型号是 WRNA。这种热电偶适合于还原性或中性气体中使用。长时间测温不能超过 600°C，短时间(数小时)内可

## 12-7 热 电 偶

测温到 800°C。

它的特点是热电动势高。与其他热电偶相比,在 300°C 时,铂铑-铂热电偶只有 2.31 毫伏热电动势,镍铬-镍铝热电偶产生 12.21 毫伏热电动势,而镍铬-考铜合金热电偶却能产生 22.9 毫伏热电动势。但是这种热电偶测温范围较小,考铜线易受氧化而变质。

2. 特殊测温用热电偶 当被测温度在 1300~2000°C 之间时,前面介绍的几种热电偶不大适宜,一般可采用钨-钼热电偶、碳-钨热电偶和碳-碳化硅热电偶。

3. 热电偶规格 常用的热电偶的规格如表 12-44 所示。

表 12-44 热电偶主要规格

型 号	适用范围	保护管材料	惰性时间(分)	总长度(毫米)	插入深度(毫米)	工作压力(帕)
铂 铑-铂 热 电 偶						
WRP-110	测 1300°C 以下 加热炉温度	耐高温瓷	8	475、725	300、300	接近 1 大气压
				975、1225	500、500	
				1475、1975	750、750	
镍 铬-镍 铝 热 电 偶						
WRN-110	测量 900°C 以下 窑炉、反射炉或 其他非液体介质 加热炉中温度	耐高温瓷	8	300、750 1000、1250 1500、2000	300、300 500、500 750、1000	接近 1 大气压
WRN-111	测量 1000°C 以下 加热炉中气体 或液体的温度	非工作部分 用碳钢,工 作部分用耐 热不锈钢	8	300、750 1000、1250 1500、2000 2500、3000	300、200 500、500 750、1000 1250、1500	接近 1 大气压
WRN-112X	测量 800°C 以下 加热炉中气体或 液体的温度	耐热不锈钢	1.5	450、650 900、1150 2150	300、500 750、1000 2000	0.003
WRN-210	测量 800°C 以下 管道和锅炉内气 体或液体的温度	非工作部分 用碳钢,工 作部分用耐 热不锈钢	8	300、450 650、900 1150	150、300 500、750 1000	0.006



(续表)

型 号	适用范围	保护管材料	响应时间 (分)	总长度 (毫米)	插入深度 (毫米)	工作压力 (帕)
镍-铬-镍 铂 热 电 偶						
WRN-610X	测量温度在600°C以下以及流速小于80米/秒蒸汽和水的温度	耐热不锈钢	1.5	250, 300 450	100, 150 300	0.100
WRN-010	测量退火炉内钢板加热温度, 长时间使用温度为800°C以下	瓷管绝缘无外保护套管		3200		接近1大气压

镍-铬-考 钨 热 电 偶

WRK-111	测量600°C以下加热炉中气体和液体的温度	非工作部分用碳钢, 工作部分用耐热不锈钢	8	500, 750 1000, 1250 1500, 2000 2500, 3000	300, 300 500, 500 750, 1000 1250, 1500	接近1大气压
WRK-112X	测量600°C以下加热炉中气体和液体的温度	耐热不锈钢	1.5	450, 600 800, 1150 2150	300, 500 750, 1000 2000	0.003
WRK-270	测量600°C以下管道和锅炉内气体或液体温度	非工作部分用碳钢, 工作部分用耐热不锈钢	8	300, 450 650, 900 1150	150, 300 500, 750 1000	0.010
WRK-610X	测量600°C以下流速小于80米/秒蒸汽和水的温度	耐热不锈钢	1.5	250, 300 450	100, 150 300	0.100

各种型式的热电偶的外形如图 12-24 所示。

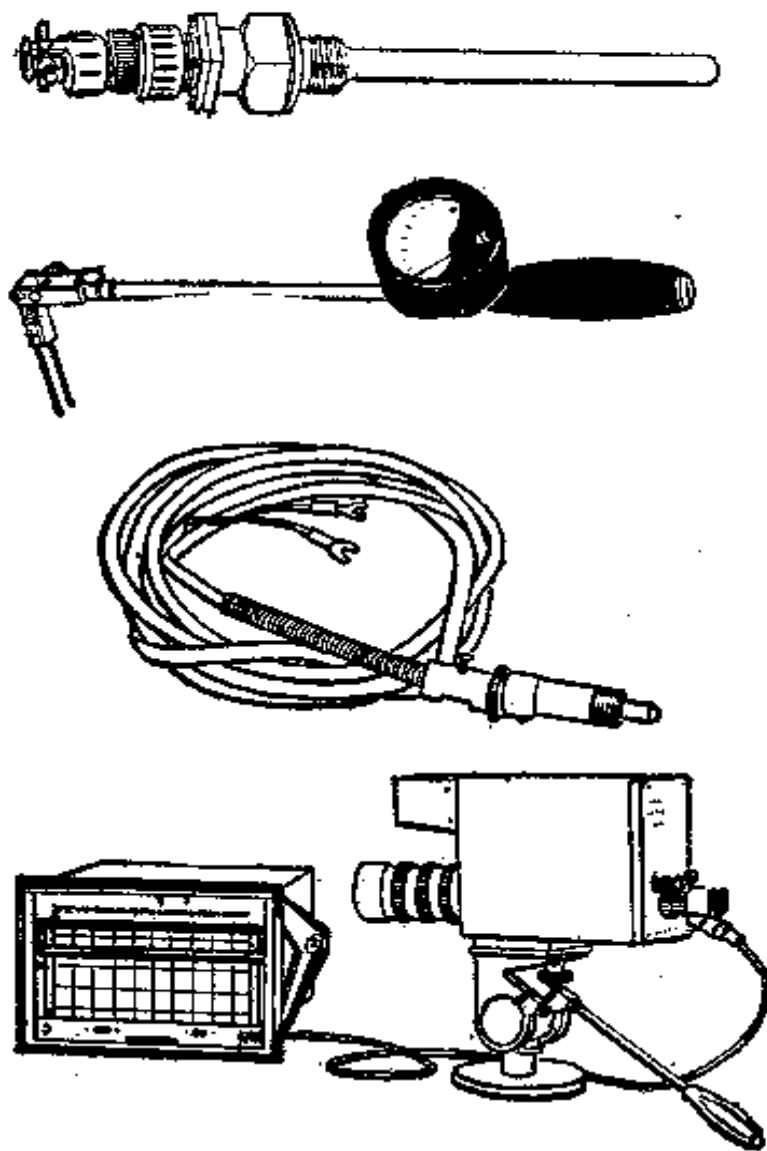


图 12-24 热电偶的外形

## 二、冷端温度变化对测温准确度的影响及校正法

由热电偶基本定律知道,热电动势的大小决定于被测物与冷端的温度差,因此冷端温度变化将影响热电动势的大小。

目前各种温度指示仪表的刻度,都是按照热电偶冷端处于  $0^{\circ}\text{C}$  时制造的,因此冷端温度变化将影响被测温度指示的正确性。为了消除冷端温度变化所引起的影响,可采取以下几种方法校正:

1. 补偿导线法 由于补偿导线和热电偶在一定温度范围内(一般在 $0\sim 100^{\circ}\text{C}$ )热电动势与温度关系正好相反,所以两者连接时在连接点所产生附加热电动势的代数和,将不影响热电偶回路的电动势值。这样使热电偶的引出



端接点(被测对象附近处温度为 $t_2$ ),移到温度为 $t_3$ 而近似恒定的仪表处(图12-25)。但必须注意,如要保证冷端温度绝对恒定,还需另加补偿。补偿导线规格如表12-46所示。

图 12-25 热电偶连接补偿导线的电路

2. 计算校正法 这个方法适用于热电偶引出端接点处温度变化很小的环境中使用。

(1) 对指示仪表温度的校正计算: 在图12-25中,若仪表指示温度为 $t_{20}$ ,引出端温度为 $t_0$ (因用补偿导线已移至 $t_0$ ),那么,温度校正计算公式

$$t = t_{20} + K t_0$$

式中:  $t$ ——校正后的真实温度( $^{\circ}\text{C}$ );  $t_{20}$ ——仪表的指示温度( $^{\circ}\text{C}$ );  $t_0$ ——引出端(即冷端)温度( $^{\circ}\text{C}$ );  $K$ ——校正系数。 $K$ 值对于不同热电偶和不同测量端温度有不同的校正值。在表12-45中,温度基本上都是百进位,若不是整百度,则近似地用插入法计算 $K$ 值。

(2) 在检定热电偶时冷端温度的校正: 在检定热电偶时读取的被测温度 $t_{10}$ 的相应电动势值 $E(t_{10}, t_0)$ ,若冷端温度为 $t_0$ ,查表12-47得到相应电动势为 $E(t_2, t_0)$ ,则实际温度所有电动势值为:

$$E(t_{10}, t_0) = E(t_{10}, t_2) + E(t_2, t_0)$$

然后按照这个电动势值再查表便求得实际温度 $t$ 值。

3. 桥式自动补偿器 桥式补偿器(图12-26)是利用补偿桥式电路不平衡电压来补偿热电偶由于冷端温度变化而引起热电动势变化的。它接在热电偶冷端附近(或用补偿导线接入)。图中电阻 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 都用锰铜线制成, $R_4$ 用铜线制成。当冷端温度升高时, $R_4$ 值也增大,使电桥出现不平衡电压,这个电压与热电动势串联加以补偿。

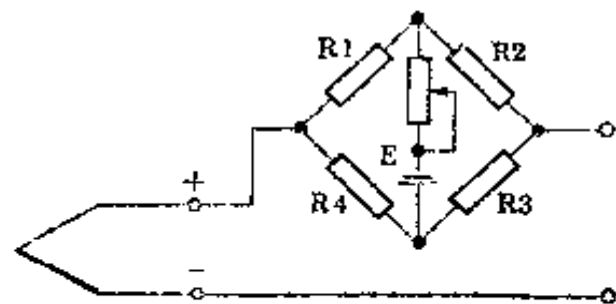


图 12-26 热电偶冷端桥式补偿器电路

表 12-45 K 值 表

测量温度 (°C)	热 电 偶 种 类				
	铜-考铜	镍铬-考铜	铁-考铜	镍铬-镍铝	铂铑-铂
0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
100	0.96	0.9	1.00	1.00	0.82
200	0.77	0.83	0.99	1.00	0.72
300	0.7	0.81	0.99	0.98	0.69
400	0.68	0.83	0.98	0.98	0.66
500	0.65	0.79	1.02	1.00	0.63
600	0.63	0.78	1.00	0.96	0.62
700		0.8	0.91	1.00	0.60
800		0.8	0.82	1.00	0.59
900			0.84	1.00	0.56
1000				1.07	0.55
1100					0.53
1200					0.53
1300					0.52
1400					0.52
1500					0.53
1600					0.53

表 12-46 补偿导线规格

热电偶类别	补偿导线材料		100°C 时热电 动势(毫伏)	1 米长的电阻值(Ω)		
	正数	负数		1.2毫米 <sup>2</sup>	1.5毫米 <sup>2</sup>	2.5毫米 <sup>2</sup>
铂铑-铂	铂	99.4% 铜 +0.6% 镍	0.64±0.03	0.05	0.03	0.02
镍铬-镍铝	铜	康铜	4.16±0.15	0.52	0.35	0.21
镍铬-考铜	镍铬	考铜	6.93±0.3	1.15	0.77	0.46
铁-考铜	铁	考铜	5.75±0.25	0.61	0.41	0.24
铁-康铜	铁	康铜	5.15	0.61	0.41	0.24
铜-康铜	铜	康铜	4.75±0.15	0.50	0.33	0.20

这种补偿器的国产型号为 WBC-57。

4. 冷端恒温法 设法把热电偶冷端保持在恒定的温度, 如冷端保持在  $0^{\circ}\text{C}$ , 那么, 不必另加校正。

## 12-8 电热炉的温度指示和温度调节

目前生产和使用的电热炉的温度指示仪表, 有 XCZ-101 等动圈式指示仪和超小型的 EFZX 110 型测温毫伏表(能指示  $0\sim 1100^{\circ}\text{C}$  之间温度)等。调节电热炉温度用的仪表有 XCF 系列动圈式温度指示调节仪和程序指示调节仪, 还有 DWL-702 等型号精密温度自动控制装置, 它们既可以指示温度, 又可以调节温度或对温度进行自动控制, 还可以用作报警。



(a) XCZ-101 型动圈式温度指示仪

(b) XCF-111 型动圈式温度指示  
调节仪(狭带三位)

图 12-27 温度指示仪表与温度指示调节仪表的外形

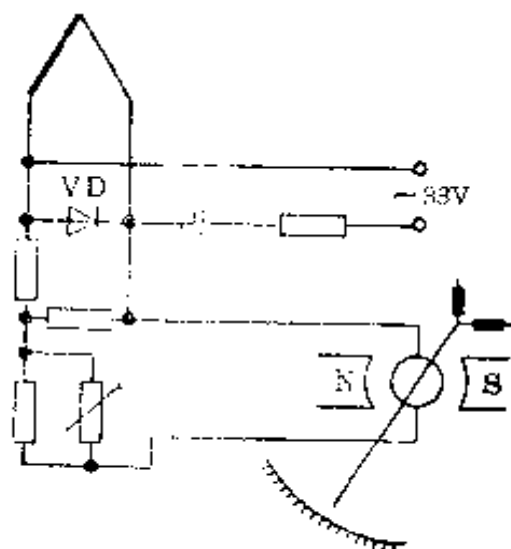
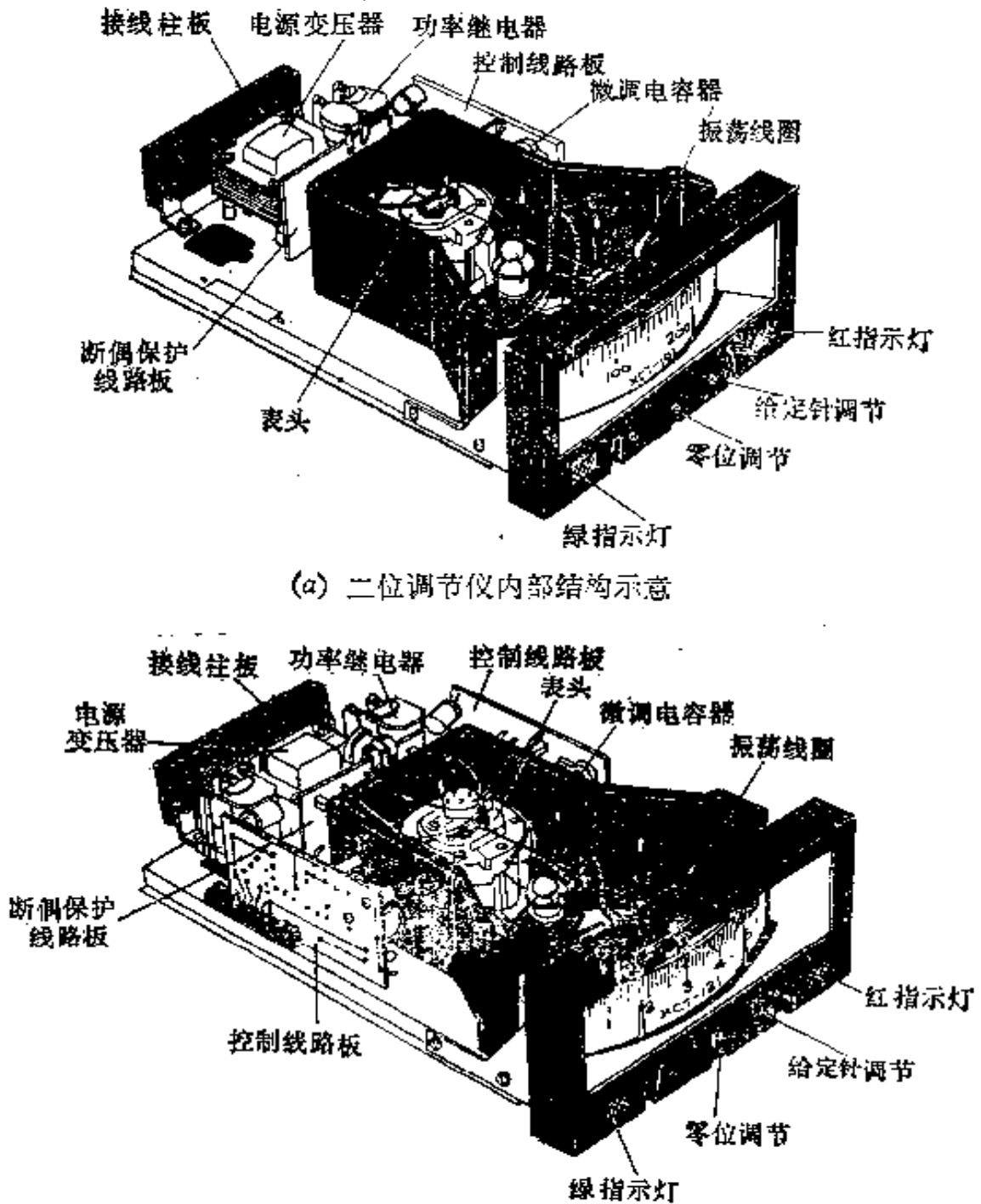


图 12-28 测温指示与断偶防护原理图

### 一、XCZ 型与 XCT 型仪表

1. 仪表结构 温度指示用的和温度指示调节用的一些仪表的外形如图 12-27 所示。



(b) 三位调节仪内部结构示意图

图 12-29 温度指示与调节仪的内部结构

在温度指示仪或温度指示调节仪中都各有一只灵敏的磁电式仪表(毫伏表)作为测温指示表头。表头中动圈的电阻的温度影响,可以由热敏电阻来补偿(图 12-28)。

在温度指示调节仪中还有断偶保护部分,调节部分与电源部分等,其内部结构如图 12-29 所示。热电偶熔断时,可以通过断偶保护电路由仪表反映出来。在热电偶未断时,相当于二极管的二端并联一个等于外接电阻数值的电阻,因此二极管被短接而不起整流作用,在交流电流过时,没有直流压降。当热电偶熔断时,与二极管并联的电阻值增大到仪表内阻值,二极管起整流作用,在有交流电流过时,二极管就有反向压降,这一反向压降就使仪表的指针偏转到满刻度从而反映出来。

调节部分是由给定机构和高频振荡式偏差位移检测的电子继电器所组成。给定机构是和表头指针同轴转动的调节板,板上装有一组振荡线圈,表头指针上装有的小铝旗能进入其间隙之中,板的另一端有给定指针,它能在刻度板上作给定指示。高频振荡式偏差位移检测的电子继电器(图 12-30)是由高频电感三点式振荡器、二极管检波和一级直流放大的电子继电器所组成。振荡线圈  $L_3$  和电容  $C_3$  所组成的回路是固定在调节板上。

当电热炉中温度上升,热电偶电动势增加,使表头指针上的小铝旗进入振荡线圈的间隙中时, $L_3$  与  $C_3$  的回路使振荡频率的电流阻抗增大,振荡幅度减小,于是继电器就释放,电热炉的电源断开,炉中的温度就逐渐下降,表头指针向反方向偏转,当小铝旗退出振荡线圈的间隙时,此回路对于振荡频率的电流

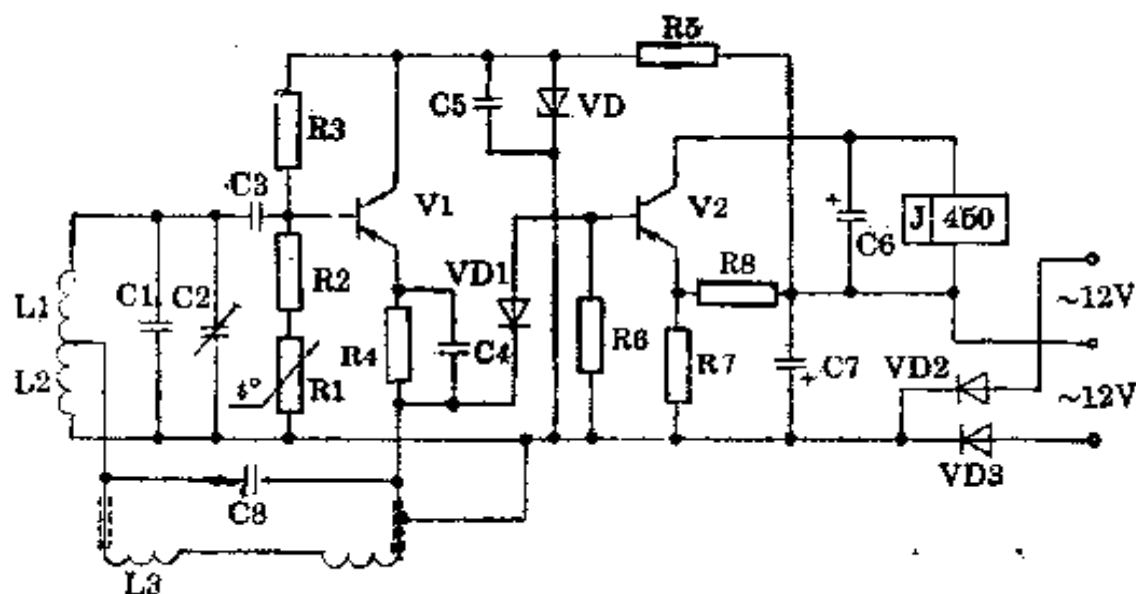


图 12-30 高频振荡式位移偏差检测的电子继电器原理图

表 12-47 温度与绝对毫伏数据对照表

工作端温度 (°C)	铂铑-铂 LB-3	镍铬-镍铝 EU-2	镍铬-考铜 EA-2
0	0	0	0
10	0.056	0.40	0.65
20	0.113	0.80	1.31
30	0.173	1.20	1.98
40	0.235	1.61	2.66
50	0.299	2.02	3.35
60	0.364	2.43	4.05
70	0.431	2.85	4.76
80	0.500	3.26	5.48
90	0.571	3.68	6.21
100	0.643	4.10	6.95
200	1.436	8.13	14.66
300	2.315	12.21	22.90
400	3.250	16.40	31.48
500	4.220	20.65	40.15
600	5.222	24.90	49.01
700	6.256	29.13	57.74
800	7.322	33.29	66.36
900	8.421	37.33	
1000	9.556	41.27	
1100	10.723	45.10	
1200	11.915	48.81	
1300	13.116	52.37	
1400	14.313		
1500	15.504		
1600	16.688		

注: 自由端温度为 0°C。



阻抗减小, 振荡幅度就增大, 继电器重新吸上, 电热炉的电源接通, 如此反复动作, 就使炉温维持在给定的温度范围之内。

上述的调节形式是二位调节。在三位调节形式中, 就要用二组调节板和电子继电器[图 12-29(b)]。为了满足不同的要求, 又将三位调节分成宽带三位调节和狭带三位调节两种。宽带三位调节的表头指针上的一个小铝旗可以进入上限和下限二调节板上的振荡线圈, 每一个调节板对应的电子继电器的输出触点单独输出, 它们相当于上限二位调节加下限二位调节。狭带三位调节的表头指针上有二个铝旗, 单独控制一个电子继电器。在继电器的接线, 上接成上限继电器动作后, 下限继电器的动作不使输出触点状态变化。

温度指示调节仪与警报设备配合就可作报警用。

2. 测量范围和规格 见表 12-48。

表 12-48 测量范围与热电偶配合规格

测量元件	分度号	测量范围 ( $^{\circ}\text{C}$ )	外接电阻 ( $\Omega$ )
镍铬-考瓦	EA	0~300, 0~400, 0~600	15
镍铬-镍铝	EU	0~800, 0~1100, 0~1300	
铂铑-铂	LB-2	0~1600	

3. 调整与使用 使用仪表时应注意: (1) 检查仪表刻度分度号与测量元件分度号是否符合。(2) 仪表应装在不受震动的场所。(3) 仪表外部电路的电阻必须符合刻度板上所注明的外接电阻值(包括热电偶, 补偿导线, 冷端补偿器连接导线及外接调整电阻在内)。(4) 线路接好以后, 调整机械零点, 在与热电偶配用时, 采用补偿导线(注意认清补偿导线极性, 不可接反)及冷端补偿器时应将机械零点调整到冷端补偿器的基准温度点。在不采用补偿导线和冷端补偿器时, 可将机械零点调整到零度, 但所指示的温度为被测点和热电偶冷端的温度差。(5) 将给定指针调整到所需控制的温度, 合上电源, 投入运行。

## 二、DWT-702 型仪表

DWT-702 型是精密温度控制仪表, 由毫伏定值器、微伏放大器、PID 调节器和晶闸管触发器四部分组成(图 12-31), 其电路如图 12-32 所示。

采用热电偶测量炉膛的温度。由毫伏定值器给出给定温度值,如热电偶的热电势与定值器输出毫伏值产生偏差,则说明炉温偏离给定,此偏差值经微伏放大,送入PID调节器,再经过晶闸管触发器去推动可控硅执行器,从而调整炉丝加热功率,使此偏差值迅速消除,以达到保温状态。

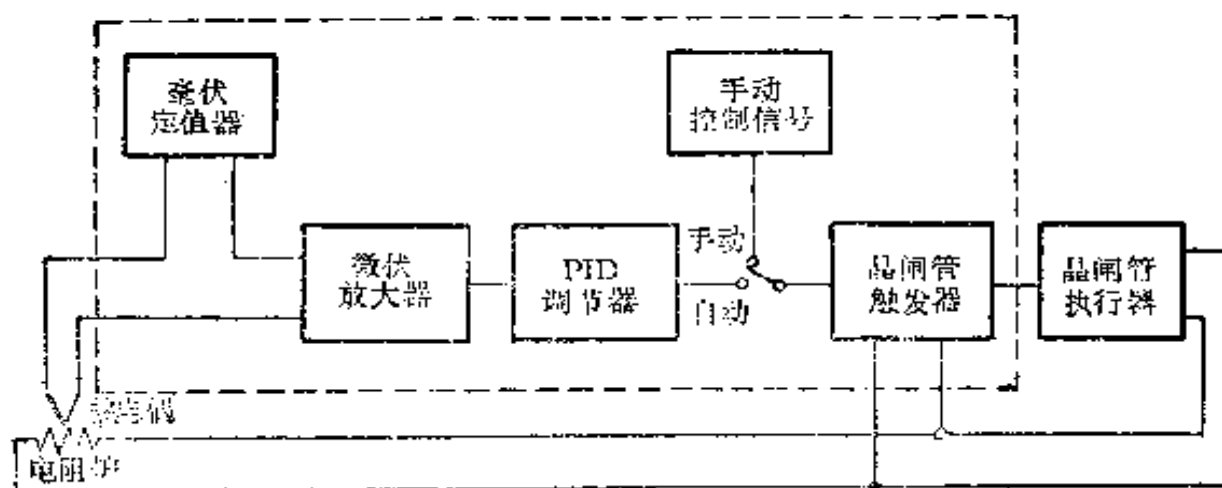


图 12-81 温度调节系统方框图

## 12-9 红外探测器

红外测温是一种非接触式测温技术。红外探测器包括光学系统、电子线路,将信息进行调制、线性化处理后达到指示、显示及控制的目的。

### 一、红外探测器的种类

目前已投入工农业、交通、科研实际应用的红外探测器可分为光子探测器和热探测器两大类。

1. 光子探测器 光子探测器吸收足够大的光子能量后,使半导体中电子或空穴能从原来不导电的束缚状态变为能导电的自由状态,从而使电导率增加,这种现象称为光电导。利用半导体硫化锌(ZnS)、硫化镉(CdS)、硒化镉(CdSe)、硅(Si)、锗(Ge)、硫化铅(PbS)、硒化铅(PbSe)、硒化铟(InSe)、碲化汞(HgTe)等的光导电特性制成的红外探测器,统称为光电导型探测器(简称P<sub>c</sub>器件)。P<sub>c</sub>器件是目前品种最多,应用较广的探测器。

(1) 硫化铅红外探测器: 硫化铅是一种本征型多晶薄膜半导体。目前多数采用化学沉淀方法制成,当它受到光子激励后,使硫化铅半导体内的载流子





增加而导致其相应的电阻变小,从而可以用来探测物体的红外辐射。硫化铅探测器是一种近红外探测器,在常温下,其探测波段从1.06微米到3.0微米,峰值波长在2.4微米到2.7微米。

硫化铅探测器的暗电阻  $R_d$ 、电压响应率  $E_v$ 、探测率  $D^*$  与噪音电压  $V_n$  随使用温度变化,其中  $R_d$  随温度的下降而升高;电压响应率  $E_v$ 、探测率  $D^*$  则有一最佳温度,一般当温度在  $-10 \sim 20^\circ\text{C}$  时,噪音电压  $V_n$  与温度  $T$  的关系不明显。

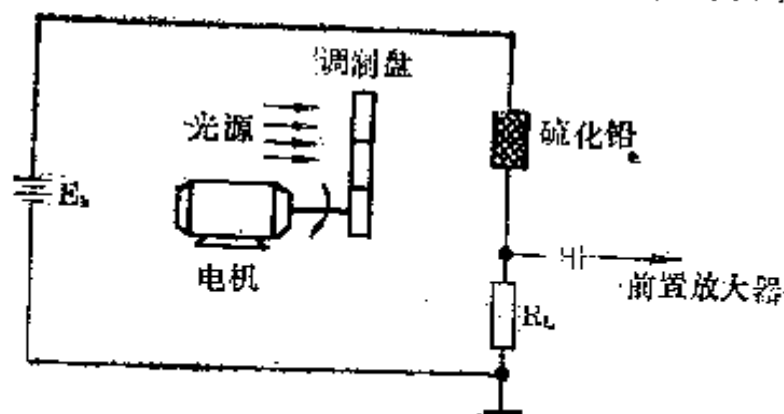


图 12-33 加偏压源的参考电路

300 微秒,调制频率的选用由几百赫到 1 千赫)作交流测试。 $R_d$  取值应与硫化铅的暗电阻相同。

硫化铅红外探测器引出管脚无极性之分,可任意接用。将器件窗口用香烟铝箔包住,测其暗电阻  $R_d$  应在  $0.2 \sim 1.5$  兆欧之间。揭去铝箔,用 60 瓦灯泡,距 0.2 米处照射红外探测器窗口,再测其亮电阻的变化值  $\Delta R_d$ ,且其与暗电阻  $R_d$  的比值  $\Delta R_d/R_d$  应大于 1%。

硫化铅红外探测器可做成辐射温度计,用来作钢水液面测温、轧钢导向控制、遥控遥测、红外光谱分析、暗室光控与检验等。

(2) 硫化镉光导管:硫化镉光导管也是光子探测器的一种。目前生产的 UR 型光导管是由 II VI 族化合物硫(硒)化镉材料制成的无结型光电器件,能将光强度变化转换为电导率的变化。DG-74A 型、DG-74B 型的光谱响应近似于人眼的敏感波长范围,因此又称为“电眼”。它可通过电路执行多种光控的职能。DG-74C 型的光谱响应长波限延伸至 0.9 微米,是一种对可见光与近红外波段都敏感的器件。

硫化镉光导管所引出管脚无极性之分,所以可任意接用。将器件窗口用香烟铝箔包住,测其遮光时的暗电阻值应大于 10 兆欧。揭去铝箔,用 60 瓦灯泡,距 1 米处照射其窗口,再测其光照射时的亮电阻应小于 10 千欧,变化率应超过三个数量级。

DG-74A 型光导管具有高稳定度, 低光电斜率可用于低照度的计量、照相机内侧曝光、光电比色、烟雾浓度测量等。

DG-74B 型光导管具有高稳定, 高敏感度, 可用于曝光表、照度计、照相机电子快门、电子显微镜曝光、航标灯自动开关、街灯自动开关、电视机辉度自动调节、汽车灯自动转换、医用脉率仪等。

DG-74C 型光导管具有敏感度高和响应速度快等特点, 可用于光电计数、光电自动跟踪、光电交敏耦合、光电斩波、光电译码等。

2. 热探测器 热探测器包括热电堆、热敏电阻和热释电探测器。这里着重介绍热释电探测器。这种探测器的元件有铌酸锶钡 (SBN)、钽酸锂 (LT)、钛酸铅 (PbTi) 等。

热释电探测器元件是由铁电晶体组成, 其等效电路如图 12-34 所示。因铁电晶体有很高的电阻, 两电极间的晶体构成电容  $C_0$ , 所以, 它相当于电阻  $R_0$  和电容  $C_0$  并联的有源器件, 红外辐射所产生的热释电电流用  $i_p$  表示,  $R_L$  为负载电阻, 输出电压  $V_{sc}$  是一种热伏特性器件。

钽酸锂探测器与光子探测器相比, 它从紫外到远红外都有均匀的响应, 温度系数小, 居里温度高, 可以在很高的环境温度下工作。但它的探测率和工作频率相对于光子探测器来说是低的, 而与其他热探测器, 如真空热电偶、热敏电阻相比, 它不需要工作偏压, 灵敏度高, 而且响应速度快得多。在加有低负载电阻的情况下, 它的时间常数可达纳秒级。它不像真空热电偶等那么脆弱, 因此适用于需要在宽广的光谱范围之内都具有一定灵敏度的场合。

钽酸锂探测器的测温范围可从摄氏零下数 10 度直到 2000°C 以上。但实用上常在  $-50^{\circ}\text{C} \sim +700^{\circ}\text{C}$  的场合。特别是  $-50^{\circ}\text{C} \sim +400^{\circ}\text{C}$ , 其温度系数更小, 因为这个温度范围是钽酸锂元件相应 (5~14 微米) 敏感性特别好的波段。

钽酸锂探测器能在含有水气、粉尘、振动、各种电干扰等恶劣条件下应用, 并允许在  $-40^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$  的环境温度下长期工作, 而不影响其稳定性。

由于钽酸锂探测器的电阻极高, 万用表已不能判别它是否通断。如采用

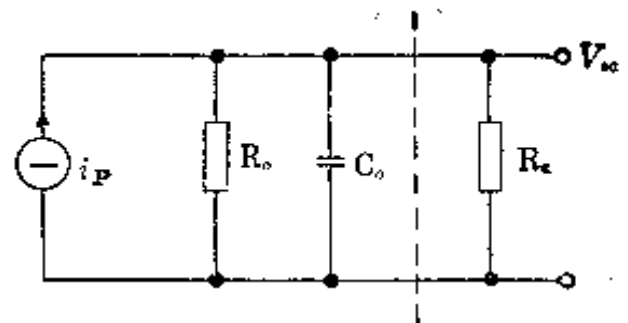


图 12-34 热释电探测器  
元件的等效电路

万用电桥测量探测器的电容,若所测出的数值符合该探测器的参数范围,则探测器是属于完好的,但这种方法不能鉴别探测器性能的优劣。

钽酸锂探测器应用时注意:

① 探测器件与放大器的组装完成后,应给予4~8小时的自然冷却,以消除焊接零件时的直接热所引起的影响。调试完毕后的探测器整机应经常使用,不应随便拆卸,久搁不用会影响其性能。

② 在有腐蚀性气流扰动的情况下,宜采用带有硫化锌保护窗口的钽酸锂探测器,以防止外界影响,但其灵敏度要下降30%,波长范围被压缩在8~14微米以内,所以对那些无恶性气流以及需要在波长更长范围内使用的场合,可采用不带窗口的探测器元件。

③ 探测器对光学系统的要求:如果被测目标可以充满一般光学系统的视场,就可不用透镜;若要精确定位或所测目标面积很小或距离较远,那么光学系统必须使用红外透镜。

④ 如果搞技术革新自行选用钽酸锂探测器与电子线路组成整机,应考虑到探测器直流电阻高达 $10^5 \sim 10^7$ 兆欧,所以在配置前置放大器时,必须是一个高输入阻抗的低噪音前置放大器。这是应用钽酸锂探测器的关键,而高输入阻抗带来的另一个问题,即必须注意下列几个事项:

a. 钽酸锂探测器与第一级场效应管必须硬连接,接线尽量短些。

b. 钽酸锂元件输出脚的管座部分以及场效应管栅极管座不能污染。如沾污松香焊油、手汗等会引起输入电阻降低,使电压响应率减小,并引入新的噪音。

c. 钽酸锂元件输出脚与场效应管栅极脚的对接要悬空,以有利于防止潮气的附着,同时可以保证高的绝缘电阻。

d. 由于输入电阻很大,要谨防电烙铁漏电,击穿场效应管,焊接时间应小于1.5秒,否则会导致场效应管的结温过高而特性变坏。

e. 组装后要充分冷却,才能与放大器连接,以防影响性能。在装入与放大器连接之前,须用万用表测试其好坏,其方法是:正表棒接零线端,负表棒接场效应管漏极引出线,这时电阻应大于2千欧,并随外界感应电场的变化(例如电源线、变压器、人体等距离上的变化)作大幅度的摆动。同时两引出线对外壳电阻应是无穷大。

钽酸锂探测器独特之处,是填补了硫化铅等光子探测器在低、中温段( $-40^\circ\text{C} \sim +700^\circ\text{C}$ )范围内灵敏度大大下降的空白点,特别在低温段更显出其

优良性能。

例如, 农业上测定小麦及水稻的总体温度, 农作物的叶子正面(朝阳)温度和反面(背阳)温度的温差数值。在交通运输上, 测定每根轴的温升情况, 从而加强了相应的维护与保养, 保证了火车的正常运行。在电业系统中, 已用来监视高压输电线接头, 高、低压变配电馈线接头, 以及埋入地下的超高压电缆接头的温升, 保证了供电系统的正常运行。钽酸锂火焰报警器还应用于消防系统、轧钢自控、光谱测量、气体分析、激光接收、红外测量控制以及医疗上的非接触式测体温, 检测癌症部位的“热成象”等。

## 二、红外探测器元件技术参数

红外探测器元件的主要参数列于表 12-49~12-51, 外形如图 12-35。

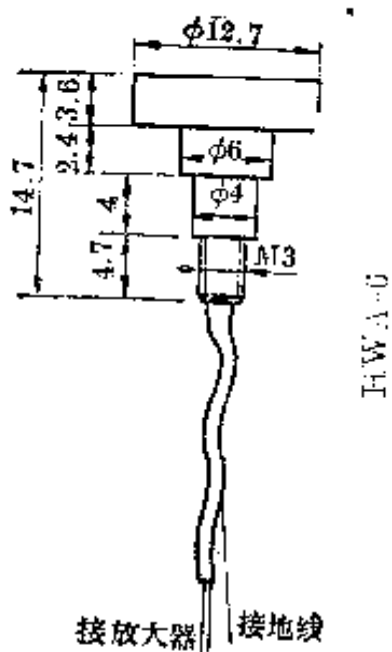
表 12-49 光导型硫化铅红外探测器主要参数

型 号	光敏面尺寸 (毫米 <sup>2</sup> )	光谱响应范围 (微米)	探测率(500K) (厘米·赫 <sup>1/2</sup> /瓦)	电压响应率 (伏/瓦)	电阻 (欧)	响应时间 (微秒)
HWA-6	6×6	0.5~3	$3 \times 10^8 \sim 5 \times 10^8$	$1 \times 10^3$	0.2~1.5	<150
HWA-1	1×1	0.5~3	$3 \times 10^8 \sim 1 \times 10^8$	$2 \times 10^3$	0.2~1.5	<250
HWA 0.5	0.5×0.5	0.5~3	$3 \times 10^8 \sim 1 \times 10^9$	$2 \times 10^3$	0.2~1.5	<250

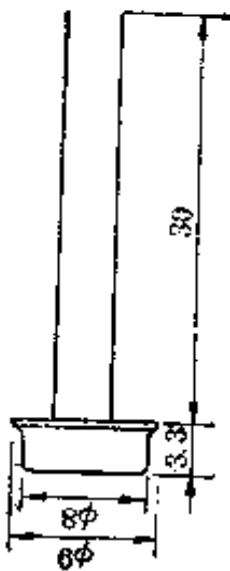
HWA-1型致冷型探测器, 系加入半导体热电致冷装置, 接通2安/0.6伏电源后, 可使硫化铅光敏面冷却, 从而提高探测器的探测度(信噪比), 一般加装致冷器后的探测度可提高95%以上。

HWA-6、1、0.5三种型号的硫化铅红外探测器窗口, 还可加装锗片或硅片以适应所测波段要求, 这是因为锗的透光特性能将0.7~1.8微米的光谱波段滤除, 而硅能将0.5~0.9微米的光谱波段滤除。从而可避免环境中存在的可见光和近红外线的干扰与影响, 提高了硫化铅在应用中的稳定性。





HWA-0



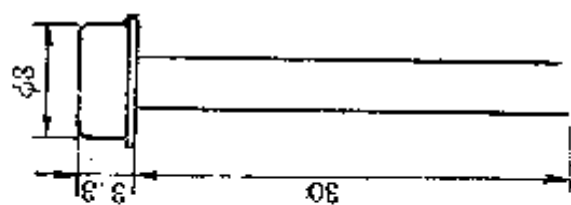
DG-74B



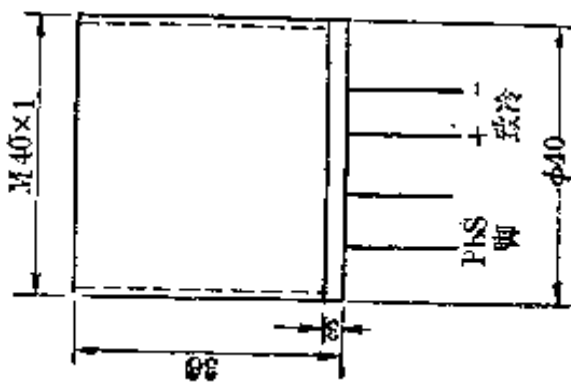
RD-S



RD-Lj



HWA-1 (改冷型)



HWA-0.5



DG-74-A

图 12-35 红外探测器元件外形

表 12-50 光导管硫(硒)化镉主要参数

型号	敏感 波长 范围 (微米)	峰值 波长 (微米)	耗散 功率 (毫瓦)	最大 偏压 (伏)	响应时间		光电特性			温度 系数 (%/ °C)
					上升 (毫秒)	下降 (毫秒)	暗阻 兆欧	0.100 勒克斯 (千欧)	光电 斜率 r	
DG-74A	0.4~0.8	0.54	50	100	40	30	1	0.7~1.2	0.53	-0.2
DG-74B	0.4~0.8	0.54	50	100	20	15	10	1.2~4.0	0.7~0.9	-0.2
DG-74C	0.5~0.9	0.72	50	100	6	4	100	0.5~2.0	1	-0.5

表 12-51 热释电型红外探测器主要参数

型号	灵敏圆 直径 (毫米)	光谱 响应 范围 (微米)	探测率 $D^*$ (500K) (厘米·赫 <sup>1/2</sup> /瓦)	电压 响应率 $R$ (80.6 (伏/瓦)	零里 温度 (°C)	电容 (皮法)	电阻 (兆欧)
钽酸铝 (RD-L)	0.8	1~20	$8 \times 10^7 \sim 2 \times 10^8$	140~270	610	6~30	$10^{11} \sim 5 \times 10^{13}$
	1.0	1~20	$3 \times 10^7 \sim 1.9 \times 10^8$	100~190	610	10~35	$10^{11} \sim 5 \times 10^{13}$
	2.0	1~20	$8 \times 10^7 \sim 1.9 \times 10^8$	33~54	610	40~85	$10^{11} \sim 5 \times 10^{13}$
钽酸铋 (RD-S)	0.8	1~20	$7 \times 10^7 \sim 1 \times 10^8$	70~100	114	80~120	$10^9 \sim 10^{11}$
	1.0	1~20	$7 \times 10^7 \sim 9 \times 10^7$	50~70	114	120~160	$10^9 \sim 10^{11}$

### 三、红外探测器的应用实例

在实际应用中,要根据具体对象选用红外探测器。一般讲,光导型硫化铅红外探测器适用于100~2000°C以上的高温波段;硫化镉光导管适用于可见光范围;而热释电探测器钽酸锂适用于-50~+400°C的低、中温波段。

1. WFH-70型红外亮度测温仪 WFH-70型红外测温仪采用了比较法,并对测量作了一定的非线性补偿,因此它抗干扰能力强,稳定性好,测温范围宽(可测2000°C以上),结构简单,读数比较线性,使用方便,特别适合于工业自动化中的温度监视。

主要技术指标:

测温范围 仪器分 I 200~700°C, II 600~1200°C 两档

测温距离 大于 1 米

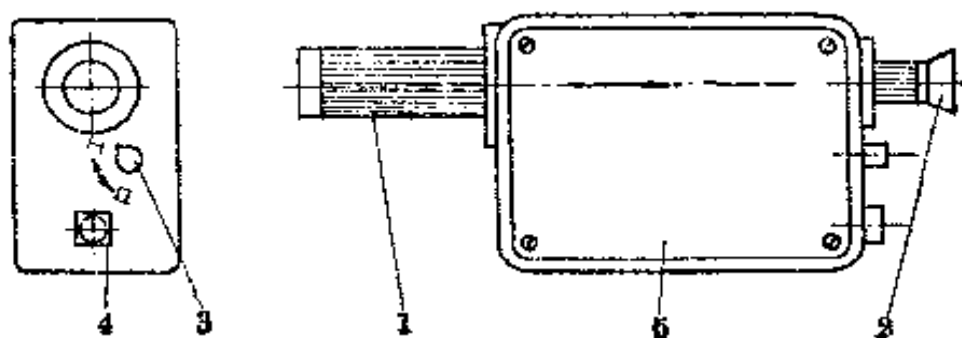
要求满足的线性视场不小于 12 毫弧度

仪器温度精度  $\pm 1.5\%$

响应时间不大于 1 秒

仪器由探测头部(图 12-36)、主机(图 12-37)两部分组成。二者用电缆线相连。

图 12-37 是主机的结构图。在正面板上的分档 200~800°C 和 500~1200°C 分别与探头部分的 I 和 II 档相对应。仪器不使用时, 面板上的分档开关应指零。在温度范围指示档的下面还设有两个比辐射率修正档。它的作用是当某一被测物真实温度已知时, 用仪器进行测量, 调节对应的修正档的电位器, 使表头的指示温度与真实温度相合。经过这样的修正以后, 被测物就可进行真实温度的计量。这种修正方法是以温度指示的线性化为前提的, 但目



(a) 外形

1—物镜系统调焦; 2—目镜系统调焦; 3—分档开关;  
4—电缆接头; 5—盖板

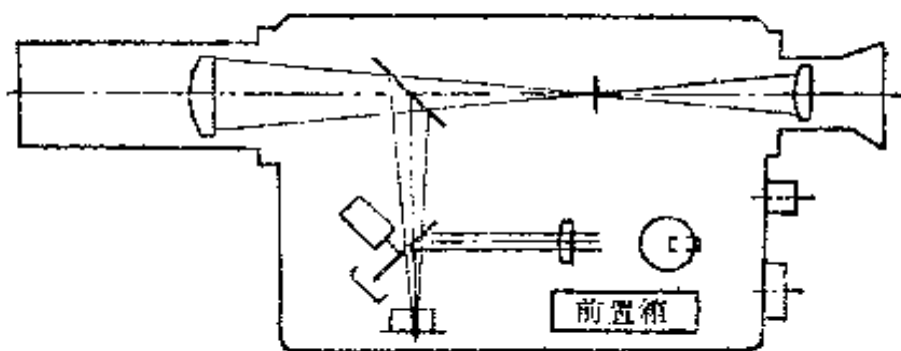
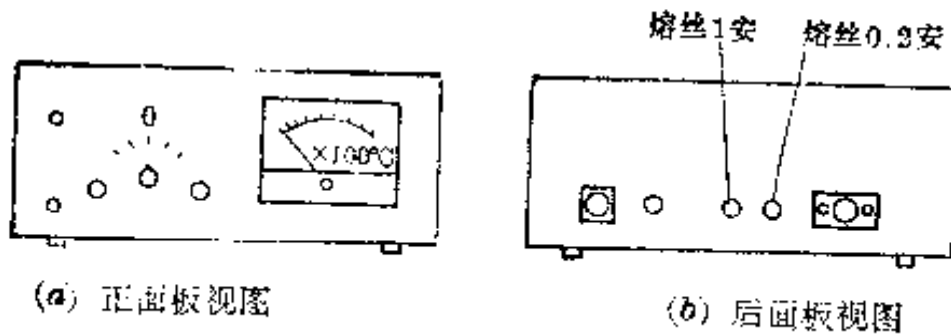
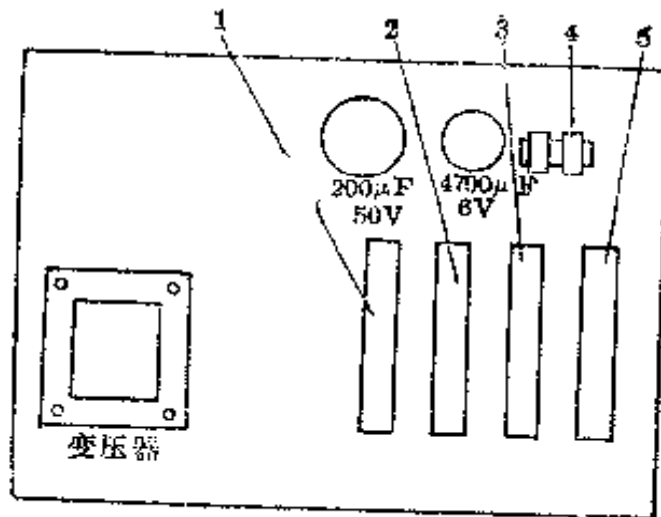


图 12-36 HWA-70 型的探测头



(a) 正面板视图

(b) 后面板视图



(c) 主机内部分布示意图

图 12-37 HWA-70 型的主机部分

- 1—功放电源、标准电源印刷线路板；2—同步电源、负电源印刷线路板；  
3—主放大器、功率放大器印刷线路板；4—自动增益控制部分；5—相敏  
检波、微积分线路印刷板

前仪器的温度指示还未做到完全线性，因此这种修正是粗略的。

在主机的面板上设有二次仪表输出。本仪器是电压输出。当仪器指示为满刻度时，二次输出可达 100 毫伏。调节二次输出电位器也可以使满刻度输出为 10 毫伏。这将由后接二次仪表来决定。这里要求后接二次仪器的输入阻抗远大于 1 千欧。

使用方法及注意事项：

测量时，光学头部可与“海鸥”或“珠江”牌照相机架子配合使用，这样可以上下、左右、前后任意移动。以便获得所需测量的点。

(1) 光学系统的调节：在对物体进行测量时，首先要按下列步骤来调节仪器的光学系统。

① 调节目镜系统使通过目镜能看到一个最清晰的分划板的十字叉丝象。

这时目镜系统将固定不动。

② 调节物镜系统使分划板上出现一个最清晰的被测物的象。所需测量的点应与十字叉丝中心相重合。

(2) 按仪器要求被测量的面积应满足视场要求, 不小于 12 毫弧度。即测量距离 1 米时, 测量面积为  $\phi 12$  毫米; 测量距离为 2 米时测量面积为  $\phi 24$  毫米; 3 米时 36 毫米, 依此类推。

(3) 测量前主机的分档开关应指零。测量时应根据被测温度选择分档开关。

(4) 仪器用电为 220 伏  $\pm 10\%$ , 如果市电低于 220 伏应采取措施, 以保证仪器正常工作。

(5) 仪器使用的环境温度应低于  $40^{\circ}\text{C}$ 。在高温车间使用时, 应对仪器采取降温措施, 仪器的探头部分不应该在阳光直射下工作。

(6) 本仪器只备电压输出。这要求后接仪表有较高的输入阻抗, 如果需要功率输出, 必须另作安排。

仪器的一般维护:

(1) 由于红外测温仪是接受被测物的红外辐射。因此必须保持仪器物镜系统清洁。虽然探头进行了密封, 但是由于一些使用环境烟雾较多, 在仪器使用一定时间后, 应打开探头的盖板, 用柔软的毛笔或揩镜纸对分光片、衰减片和滤光片轻轻地除去上面的灰尘。切不可用有机溶剂进行擦洗, 以防破坏上面的镀膜。

(2) 仪器如果发现工作不正常, 首先检查主机后面板的两只熔丝是否损坏; 如果熔丝完好, 则打开头部盖板, 在标有同步灯泡的位置观察, 是否灯泡不亮; 如灯泡不亮, 应该小心调换。但千万不能移动固定在电动机上灯泡的支架位置, 以免影响仪器性能。

(3) 有时表头没有显示, 可以打开机盖, 首先检查第一块印刷板的第 18 脚及第二块板的第 7 脚与第 18 脚, 正负电源是否正常; 其次检查主放大器的第三个管子 3DG6B 的 e 极是否有输出, 该处电压为 6 伏, 最后检查功率放大器 5G921B 的单端输出极电压是否正常, 该处电压应保持在 3.5 伏左右。在调试的过程中, 可以用示波器监视相敏检波的输出端的波形是否正常。

(4) 如果发现仪器的指针不稳定, 应该检查电源电压是否太低, 或者探头和主机之间的电缆接头是否有接触不良现象。

## 2. HW-2 型红外测温仪

技术指标

测温范围 仪器分 I<sub>0</sub>~50°C, II<sub>0</sub>~100°C, III<sub>0</sub>~200°C 三档

测温距离 1~5 米

温度精度  $\pm 1\% + 0.5^\circ\text{C}$

温度分辨率 0.5°C

响应时间 0.2 秒

工作环境温度  $-10^\circ\text{C} \sim +40^\circ\text{C}$ , 相对湿度  $\leq 85\%$

HW-2 型红外测温仪的电路框图如图 12-38。

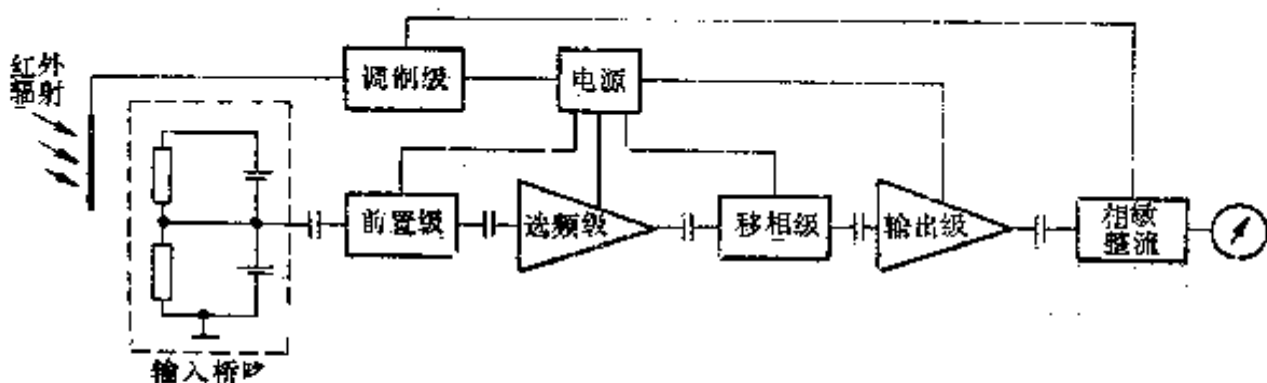


图 12-38 HW-2 型红外测温仪电路框图

主光路系统采用单透镜式, 镜头材料为单晶硅, 折射率  $n=3.42$ , 镜片外径 27 毫米, 有效孔径 25 毫米。平凸透镜凸面曲率半径 150 毫米, 焦距 75 毫米, 镜头的计算检测角 7 毫弧度。

瞄准系统装在主机上部, 采用四块平凸透镜和分划板组成的望远镜系统, 其光路系统的尺寸如图 12-39 所示。

瞄准系统和主光路系统是非同光轴的, 两条光轴的交会点在 1.5 米处, 因

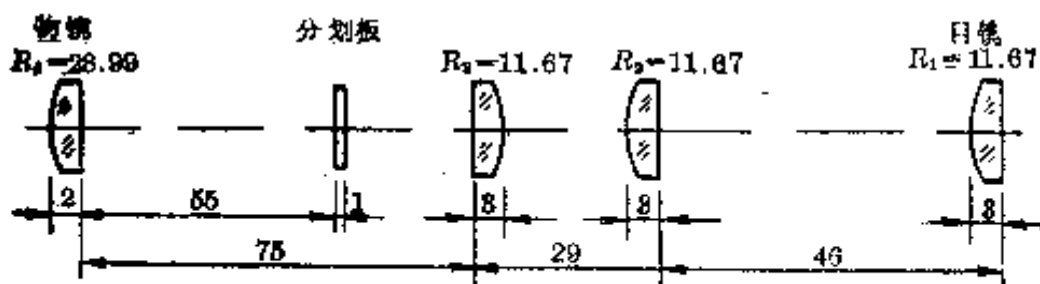


图 12-39 瞄准系统光路图

表 12-52 目标距离和分划板高度的关系

目标距离(米)	1	1.5	2	3	5
分划板高度(毫米)	-1.93	0	0.62	1.1	1.5

此在分划板上十字叉的中心点瞄准的是1.5米处的目标, 对应于不同距离的被测目标在分划板上的位置如表12-52和图12-40所示。

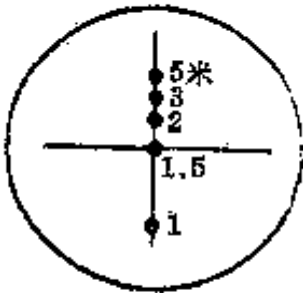


图 12-40 不同距离的目标在分划板上的位置

仪器使用方法:

(1) 测量前先检查各开关和电位器位置是否正确, 即电源开关应在“关”的位置, 测量选择开关应在“+”的位置, e值电位器应在“10”的位置, 镜头盖应盖上。

(2) 将枪柄装在主机上, 枪柄到主机和电池盒的连接线接上并锁紧。

(3) 合上电源开关这时应能听到极化继电器的一阵振动声音。

(4) 调整电源校正电位器, 使仪表指示满度, 这时极化继电器的振动声音应平稳有力, 表示调制器工作正常。

(5) 转动测量选择开关到“-”的位置, 仪表指示应在“绿”点以上, 表示电路部分已经调整到额定工作电压。

(6) 再转动测量选择开关到与被测物表面温度相当的温度范围。

(7) 将e值电位器调整到与被测物表面e值相应的位置。

(8) 调整调零电位器使仪表指示为零, 至此测量的准备工作全部完成。

(9) 取下镜头盖, 调光学镜头到与被测物相应的距离。

(10) 通过瞄准镜瞄准被测物的测量部位, 从仪表上可以直接读出被测部位高于环境温度的温度差值(温升)。

(11) 当仪表指示小于满标值的1/3时, 应换用小一档的温度量程, 以提高测量的准确度。

(12) 测量完毕, 关上电源, 盖上镜头盖, 拆除连接线。并将各开关和电位器恢复到测量方法(1)所示的位置。

(13) 与XY函数记录仪配合使用, 可自动记录被测物表面的温度变化, 与自动控制设备相配合可实现生产过程的温度自动控制。

**注意事項:**

(1) 主机的镜头严禁直接对准太阳或其他高温辐射源, 以防止热敏元件烧毁。

(2) 光学镜头切勿受撞击, 亦不宜用手抚摸。有灰尘时可用揩镜纸轻轻擦拭。应经常注意保持光学镜头的清洁。

(3) 由于物体表面的比辐射率 $e$ 值与物体的材料、表面状况、温度以及波长都有关系, 很难给出比较确切的数值, 因此需要通过测量实践逐步积累经验。如对于运动中的电气接头一般可取 $e=0.8\sim 0.9$ 。

(4) 在变动温度范围或 $e$ 值电位器后, 必须重新调零, 以保证测量的准确性。

(5) 当电源电压低于下列数值时, 必须更换电池, 以保证测量精度。

电 源 极 性	仪 表 指 示
+	“红点”以下
-	“绿点”以下

**3. HWH-I 型火源探测仪****技术指标:**

透烟探火性能 在可见光透过率5%~10%的情况下可探测16~20米处0.3米<sup>2</sup>的火源。

工作环境温度  $-40^{\circ}\text{C}\sim +50^{\circ}\text{C}$

瞬时视场  $3^{\circ}\times 3^{\circ}$

连续时间 100小时

使用环境 室内(应回避强光干扰)

**用途和应用范围:**

(1) 能够透过浓烟寻找火焰(包括隐火), 并能在近距离内发现高温热源, 可用于各种室内火灾(如仓库、厂房、大型船仓、隧道等)报警。

(2) 在夜间可在露天侦察火源。但必须注意灯光干扰以防虚报。

(3) 仪器易受光源干扰, 应回避直射及反射日光。

HWH-I型火源探测仪是一种简单的红外探测系统, 它能够接收火焰的红外辐射并把它转变为电信号, 用指示灯和耳机进行报警。整个系统包括光学聚焦、红外接收元件、电子放大及报警显示部分, 其方框图如图12-41所示。



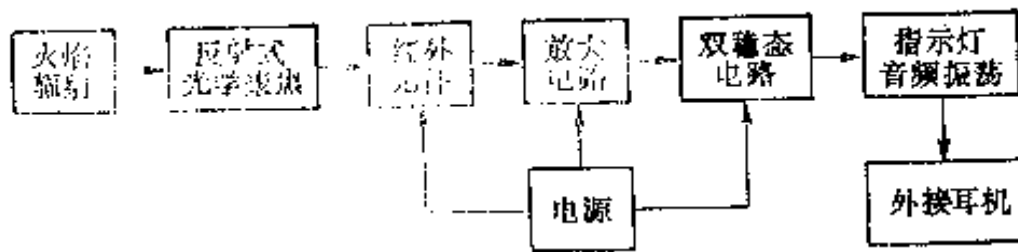


图 12-41 火源探测仪结构方框图

**使用方法:**

(1) 装好耳机后,用拇指把“电源”开关向上推到“开”,此时耳机应有响声,报警小灯发出红光,然后用食指按“消警”按钮开关,耳机响声立即消失(食指即放开)说明仪器正常工作。

(2) 探头对侦察方向扫描寻找,发现火源后耳机立刻发出持续报警响声,耳机声刚出现即为报警目标。

(3) 重复进行扫描侦察,适当提高扫描速度,以提高探测仪的灵敏度,然后逐步缩小范围,确定方位。

(4) “消警”按钮必须正确运用,不允许按住不放,否则会失效。

**注意事项:**

(1) 探头不可直接对着太阳光,以防红外元件烧坏。

(2) 经常检查电池质量和电压,电池电压低于 1.3 伏时,应及时更换。更换时注意电池正、负极性。

(3) 如长期不用(超过三个月)应取下电池进行充电。

(4) 使用时头部红玻璃若有灰尘雾气时,需用擦镜纸或洁净绒布试擦,以防接收效果减弱。

(5) 反射镜面如积有灰尘和水气时,用皮嘴吹掉或用擦镜纸轻轻擦,切勿用手和布等擦,以防镜面模糊。

(6) 由于红外元件(如硫化锗)对各类光源都具有敏感性,一般不宜在白天露天下使用,以防受外来光源干扰而引起虚报。

4. HD 型红外低温测温仪 HD 型红外测温仪采用新型红外元件热释电探测器作为接收器,采用全集成电路,有环境温度补偿电路。环境温度在  $5\sim 45^{\circ}\text{C}$  变化时,能够指示被测目标的绝对温度,同时对温度指示作了线性化处理。

**技术指标:**

测温范围 HD-1型  $-10^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$ , HD-2型  $-20^{\circ}\text{C} \sim +120^{\circ}\text{C}$   
 HD-3型  $-20^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$ (数字显示)

温度分辨率  $<0.5^{\circ}\text{C}$

温度准确度  $\pm 1^{\circ}\text{C}$

视场角  $2^{\circ}, 0.8^{\circ}$

测量距离 560 厘米 $\sim\infty$

HD 型红外测温仪能快速、非接触地测量一切固定和运动的物体表面温度。例如,农业上用来测量植物叶片、树干群落活动面及土壤、灌溉用水的温度等,还用于粮仓的谷物温度检测。工业上用来测量纸张、感光胶片及各种滚筒运行温度,测量易燃易爆化工原料、搅拌处理、常温反应温度。用于火车轴温停车检查,内燃机车曲轴运行检查等;用于检查电机转子、变压器开关各种配电设备,在煤矿中,用于检查电缆发热点、塌方部位、矿井发热点等。消防方面,用于检查天花板内,夹墙内的火源,平时用于检查各种过热点,等等。

HD 红外低温测温仪的基本结构方框如图 12-42 所示。其使用方法:

- (1) 打开镜头保护盖,用仪器上端的望远镜对准被测目标。
- (2) 按被测物表面比辐射率,将校正旋钮旋到一定位置。
- (3) 波段开关第“1”档是电源检查,第“2”档为测量档。

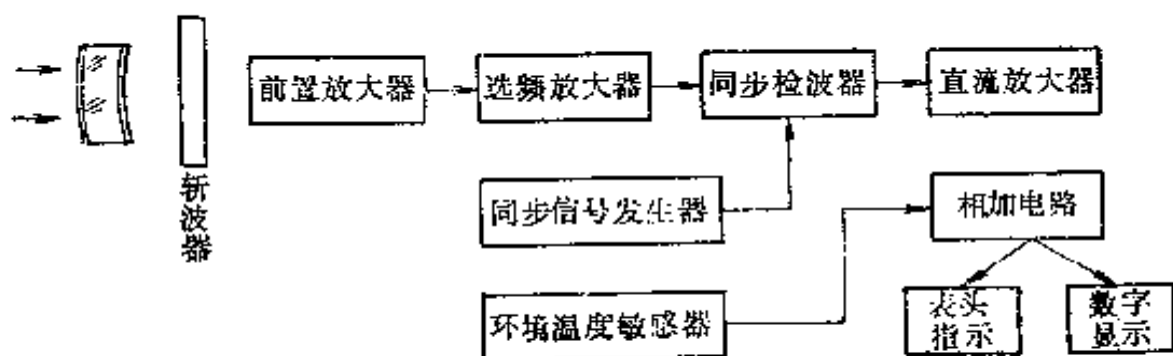


图 12-42 HD 红外低温测温仪的基本结构方框图

## 12-10 远红外辐射(加热)元件

工业生产中,不仅有大量的无机物需要加热,而且有愈来愈多的有机物和 高分子化合物需要加热。由于电热丝等构成的电热元件辐射的红外线频率不能与大多数有机高分子的振动频率相匹配,吸收的只是一小部分,所以热效率

不高。远红外辐射元件就是为提高热效率、节约能源而发展起来的。其原理是每种物质都有其自身的振动光谱特性，物质吸收了与其本身固有波谱的远红外线后能产生自热效应，由于这种效应直接产生在物体内部，所以能快速有效地加热物体。一般有机高分子物质的振动波谱约在3~100微米之间，因此用于构成远红外辐射元件的辐射涂层材料的固有波谱也必须在3~100微米这个远红外光谱范围内。远红外辐射元件一般由三部分构成：

(1) 远红外涂层：粘结在基体上。其功能是在一定温度下能发射出具有所需波段宽度和较大辐射功率的远红外线。

(2) 发热体或热源：发热体主要为电热式的电阻发热体。热源指蒸气、燃烧的气体或余热烟气等。其功能是向远红外涂层提供足够的能量。

(3) 基体及附件：是为安置发热体或涂层的。

远红外辐射元件的形状一般分管状、灯状和板状三种(见图12-43)，也可根据需要而特制。金属管状辐射元件的结构如图12-44所示。

远红外辐射加热技术应用范围大体可分四大类：

(1) 对物体的加热处理，如塑料的加热注塑成型。

(2) 脱水干燥与烘烤，如纺织品、谷物的脱水干燥及食品行业的烘烤。

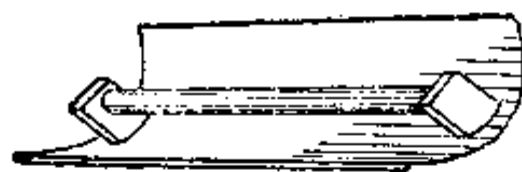
(3) 涂料的固化与干燥，如漆膜或树脂涂层的干燥。

(4) 其他应用。如TDP治疗仪，频谱仪用于治疗冻疮、关节炎、腰肌损伤等疾病。

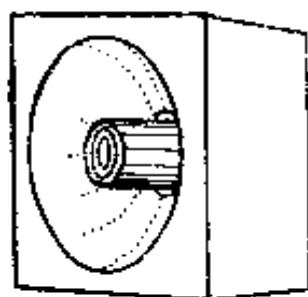
各种远红外涂料，它们的辐射波谱范围，部分远红外辐射器的主要技术性能等见表12-53~表12-61。

表12-53 常用的远红外涂料

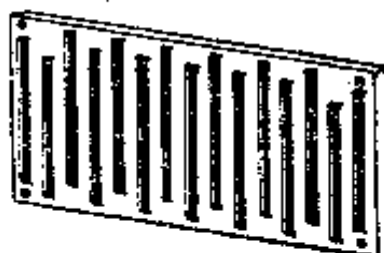
元素	氧化物	碳化物	氮化物	硼化物
B	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	B <sub>4</sub> C	BN	CrB·Cr <sub>3</sub> B <sub>4</sub>
Cr	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub>	CrN	
Si	SiO <sub>2</sub>	SiC	SiN	TiB <sub>2</sub> ZrB <sub>2</sub>
Ti	TiO <sub>2</sub>	TiC	TiN	
Zr	ZrO <sub>2</sub>	ZrC	ZrN	
Al	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>			
Fe	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>			
Mn	MnO <sub>2</sub>			
Ni	Ni <sub>3</sub> O <sub>3</sub>			
Co	Co <sub>2</sub> O <sub>3</sub>			



(a) 管状



(b) 灯状



(c) 板状

图 12-43 三种标准的远红外辐射元件

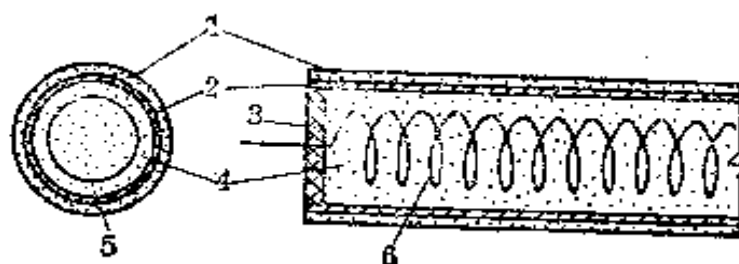


图 12-44 金属管状辐射元件的结构

1—远红外辐射涂料；2—镍管；3—绝缘端盖；4—氧化镁；  
5—电阻丝；6—发热体元件

表 12-54 铝系远红外涂料

$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	$Co_2O_3$	$Cr_2O_3$	$SiO_2$	$TiO_2$
72	1			2	5
85	7.5	5	2.5		
90	5	3.3	1.7		
98	0.95	0.7	0.35		

表 12-55 氟化镁系远红外涂料配比表(按重量%)

MgF <sub>2</sub>	ZrO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	NO	SnO <sub>2</sub>	BN
50	8	2			40
50	20	5	5	3	17
70	7	2	1		20
80	15	4	1		
90	7	2	1		

表 12-56 氧化硅系远红外涂料配比表(按重量%)

材料	配方1	配方2	配方3	配方4	配方5	配方6	配方7	配方8
SiO <sub>2</sub>	80	40	30	30	30	30	30	79.9
SiC				10			10	
ZrO <sub>2</sub>	8			10	30	30	10	
MgO	7	10	30	10	10	10	10	
CaO	5			10				
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>				10			10	
TiO <sub>2</sub>		40		10		15	10	
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>			20	10				
TiC			10		10	5		
BN		10	10		10	5		
WC					10	5		
Mo <sub>3</sub> B <sub>2</sub>							10	
CN							10	
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>								20.9
C								

表 12-57 各种涂料的辐射波谱范围

涂料系列名称	辐射波谱范围(微米)	涂料系列名称	辐射波谱范围(微米)
铝系远红外	3~30	稀土复合氟化合物系远红外	3~50
氟化镁系远红外	2~25	氟化钙(总圆形)远红外	0.8~10
氧化钴系远红外	1~10	外	
氧化硅系远红外	3~50	有机硅分子筛远红外	2.6~3 5.5~6.5
钛-锆系远红外	5~50		8~12.5
铁系远红外	2~9		

表 12-58 常用远红外粘结剂配方

原料名称	基材种类 (按重量比)	
	陶瓷复合粉	金 属
中性水玻璃	1	
有机硅酸盐		1
填 料	1	1
水	适量	适量

表 12-59 合金电阻带(波长 3~50 微米)远红外辐射器规格

型 号	单件额定功率 (千瓦)	单件额定电压 (伏)	单件额定电流 (安)	冷态电阻 (欧)	电阻带功率密度 $\frac{W}{cm^2}$	尺 寸 (毫米) (长×宽×高)
DYF-220/55-1.6-A	1.6	55	29.1	1.83	1.1	680×1000×80
DYF-380/63-3-A	3.0	63	47.4	1.33	2.91	750×450×80
DYF-220/73.7 3-4-A	4.0	73.7	54.5	1.33	1.97	680×1145×80
DYF-380/95-5-A	5.0	95	52.7	1.8	1.83	1020×1020×80
DYF-220/110-6-A	6.0	110	54.5	2	1.97	1080×770×80
DYF-220/110-6-B	6.0	110	54.5	2	1.97	850×1370×80
DYF-220/110-7-A	7.0	110	64	1.73	2.69	1020×900×80
DYF-380/190-8-A	8.0	190	42.3	4.52	1.83	1200×1400×80
DYF-220/220-10-A	10.0	220	45	4.84	2.68	1960×800×80
DYF-220/110-14 A	14.0	110	127.3	0.86	2.52	1280×600×80
DYF-220/110-14-B	14.0	110	127.3	0.86	2.52	1190×1120×80

表 12-60 远红外高温板式辐射器(波长 0.7~20 微米)主要技术性能

名 称	额定电压 (伏)	额定功率 (千瓦)	介质使用温度 (℃)	外形尺寸 (毫米)	重 量 (千克)
HLO-33J	73.7	13	800	612×406×170	12
HDO-6J	36	6	800	612×203×170	7

表 12-61 碳化硅远红外加热器(波长大于4微米)

型 号	规 格 (毫米)	名 称	功 率 (瓦)	说 明
HT-1	240×160×11	板      式	800~1000	广泛应用于金属 表面油漆的烘烤、 印刷、印染、皮革、 食品的加热与脱水
HT-2	330×240×14		2000~2500	
HT-3	330×210×18		2000~2500	
HT-4	1000×50×18		1000~1200	
HT-5	400×250×18		2500	
HT-6	800×50×18		1000	
HT-7	280×135×12		1200	
HT-8	720×180×14		2500	
JRQ-K61	250×170×40	加 热 器	800~1000	用于各种油漆的 烘烤,蔬菜、食品的 脱水、加热以及塑 料加热
JRQ-K62	280×135×40		1000~1200	
JRQ-K63	330×240×40		2000~2500	
JRQ-K64	736×196×50		2500	
JRQ-K65	1410×52×28		1200	
JRG-1	420×25×10	加 热 管	500	用于小型烘道、 烘箱、橡胶压机、皮 革、食品、油漆的烘 干
JRG-2	500×25×10		600	
JRG-3	600×25×10		600	
JRG-4	800×25×10		800	
JRG-5	1000×25×10		800~1000	
JRG-6	1200×25×10		1000	
JRG-7	340×25×15			
JRG-8	490×25×15			
JRG-9	650×25×15			
JRG-300	300×16×15		300W 组装	
HC-01	φ80×50	加 热 器	600	用于各种挤塑 机、注塑机、橡胶挤 出机
HC-02	φ90×50		600	
HC-03	φ95×50		800	
HC-04	φ100×50		800	
HC-05	φ80×70		800	
HC-06	φ90×70		800	
HC-07	φ100×70		1000	
HC-08	φ80×100		1000	
HC-09	φ90×100		1000	
HC-10	φ100×100		1200	
HC-11	φ120×100		1500	
2SK-1	290×180×50		800	
2SK-2	290×180×50		1000	
2SK-3	290×180×50		1200	

## 安全用电与节约用电

### 13-1 触电及其预防

人体是导体。当人体接触设备的带电部分，就有电流流过人体。根据一般经验，如大于 10 毫安的交流电，或大于 50 毫安的直流电流过人体时，就有可能危及生命。为了使电流不至于超过上述的数值，我国规定安全电压为 36 伏、24 伏及 12 伏三种（视场所潮湿程度而定）。电流流过心脏区域，触电伤害最为严重，所以双手触电，危险性最大。

触电形式可以分为单线触电和双线触电两种（图 13-1）。双线触电比单线触电更危险。若电机、电器的绝缘损坏（击穿）或绝缘性能不好（漏电）时，其外壳便会带电，如果人体与带电外壳接触，这就相当于单线触电。为了防止这种触电事故，电气设备常采用保护接地和保护接零措施。

此外，在各种形式的短路和带负载断开电路等情况下，人体都可能由于发生电弧而被烧伤。

测电笔是一种测试导线、电器和电气设备是否带电的常用电工工具。它

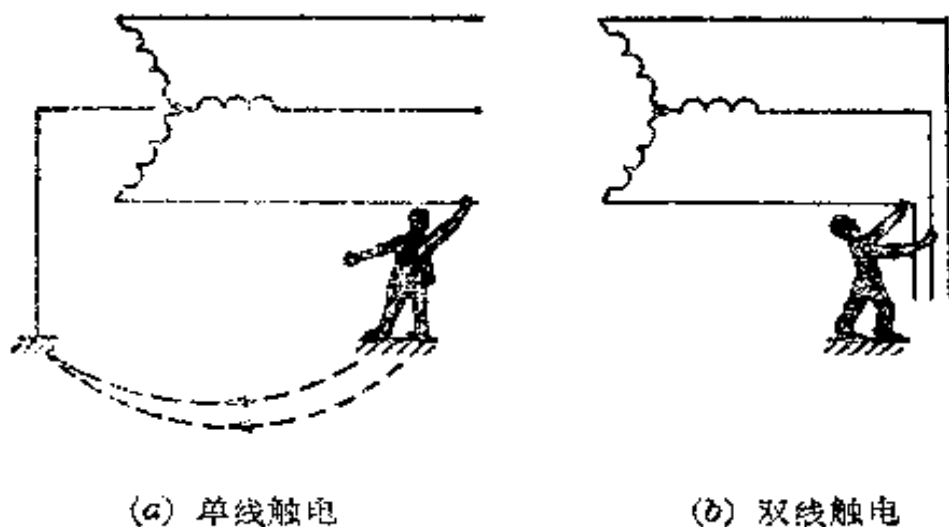


图 13-1 触电的形式



由金属体笔尖、电阻、氖管、笔杆小窗、弹簧、笔尾金属体等组成(图 13-2)。常见的测电笔有钢笔式、旋凿式两种。如果把测电笔的金属体笔尖与带电物体(如相线)接触,金属体笔尾与人手接触,那么氖管就会发光。由于测电笔内电阻比人体阻值大得多,因此人并无触电感觉。氖管发光,证明被测的物体带电。如果氖管不发光,就证明被测物体不带电。测电笔在每次使用前要在带电的相线上预先测试一下,检查它是否完好。低压测电笔只能在对地电压 250 伏以下使用。

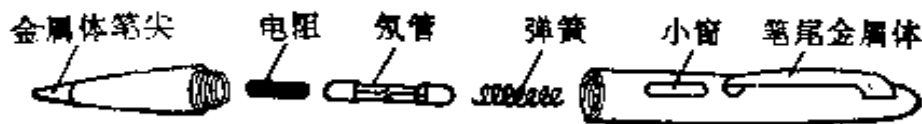


图 13-2 测电笔

为了更好地使用电能,防止触电事故的发生,必须采取一些安全措施:

(1) 各种电气设备,尤其是移动式电气设备,应建立经常的与定期的检查制度,如发现故障或与有关的规定不符合时,应及时加以处理。

(2) 使用各种电气设备时,应严格遵守操作制度。不得将三脚插头擅自改为二脚插头,也不得直接将线头插入插座内用电。

(3) 尽量不要带电工作,特别是在危险的场所(如工作地很狭窄,工作地周围有对地电压在 250 伏以上的导体等),禁止带电工作。如果必须带电工作时,应采取必要的安全措施(如站在橡胶毡上或穿绝缘橡胶靴,附近的其他导电体或接地处都应用橡胶布遮盖,并需有专人监护等等)。

(4) 带金属外壳的家用电器的外接电源插头一般都用三脚插头,其中有一根为接地线。而现有居民住宅大多没有敷设保护接地线,因此无法接通接地线。如果采用埋在地下的自来水管等作接地体,则必须保证地上的自来水管与埋在地下的管道有良好的电气连接,中间必须接触良好,不能有塑料等不导电的接头。更不得利用煤气管道等易燃易爆的气体管道作为接地体或接地线使用。另外还须注意家用电器插头的相线零线应与插座中的相线零线相一致。插座规定的接法为:面对插座看,上面的接地线,左边的接中线,右边的接相线。

(5) 静电可能引起危害, 重则可引起爆炸与火灾, 轻则可使人受到电击, 引起严重后果。消除静电首先应尽量限制静电电荷的产生或积聚。方法: ① 良好的接地, 以消除静电电荷的积累。② 提高设备周围的空气湿度至相对湿度 70% 以上, 加速静电荷逸散。③ 用电离中和的措施, 在形成电荷最强烈的地方安装放电针, 使电荷得到中和, 消除静电。④ 采用能防止产生静电的生产过程, 如减少摩擦, 防止液体摇晃, 防止灰尘飞扬等。⑤ 在低导电性物质中掺入导电性能良好的物质。

(6) 有条件时, 还可采用性能可靠的漏电保护器。漏电保护器原理如图 13-3 所示, 它的型号参数如表 13-1 所示。当正常工作时, 相线 L 与中性线 N 中的电流相等 ( $I_1 = I_2$ ), 在铁芯中产生方向相反、大小相等的磁通, 因而互相抵消, 电流互感器无输出。一旦发生漏电 (存在  $I_3$ ), 使流经相线 L 与中性线 N 的电流不等, 电流互感器便有输出, 直接 (或经电子放大) 使脱扣装置动作切断电源, 起到保护作用。

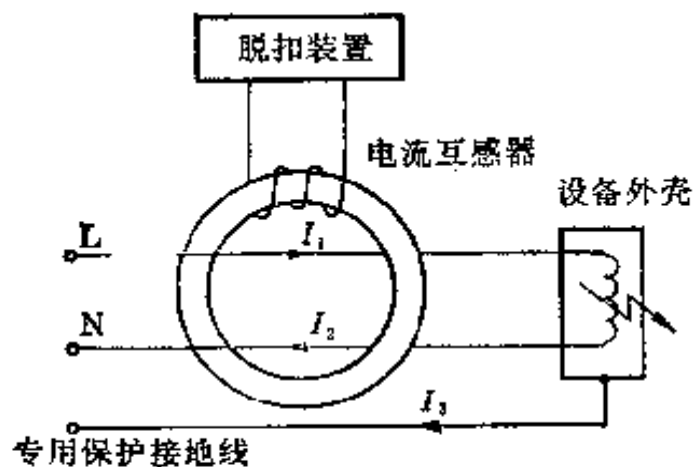


图 13-3 漏电保护器原理图

值得指出的是: 若认为装了漏电保护器便可防止人身触电的看法是不正确的, 因为若人同时触及相线及中性线, 由于  $I_1 = I_2$ , 漏电保护器根本不会动作。因此漏电保护器的作用在于当电气设备出现漏电或碰壳故障时, 一旦漏电流达到规定值时, 漏电保护器便动作, 切断电源, 从而避免漏电引起的火灾或人因碰故障设备的外壳而引起的人身事故。

表 13-1 部分漏电保护装置型号参数

名称	型号	规格(额定电流) (安)	额定电压 (伏)	短路通断能力 (安)	额定漏电动作 电流(毫安)	额定漏电动作 电流(毫安)	额定漏电动作 时间(秒)
漏 电 保 护 器	JDLK20(DZL18)	6, 10, 16, 20	220	500	30	15	<0.1
	DZL18-20/2 双相	单相 6~60安	220				
	DZL18-20/2 过压	单相二极 6~60安					
	DZ12L-60E 1/2	二极二极 6~60安		500	30	15	<0.1
	DZ12L-60E 1/2	二极三极 6~60安	380				
	DZ12L-60E 2/3	三极四线 6~60安					
	DZ12L-60E 3/4	120, 150, 170, 200, 250	380	7000	150	75	<0.15
	DZ12L-250/330						
	DZ12L-250/430						
	DZ12L-250/430						
漏 电 脱 扣 器	DZ47L-ZC 45/1	单 极 1~10	220	5000	30	15	<0.1
	DZ47L-ZC 45/2	二 极 15~32	380	5000	50	25	<0.1
	DZ47L-ZC 45/3	三极三极 40~60	380	5000	75	40	<0.1
	DZ47L-ZC 45/4	三极四线 40~60	380	5000	75	40	<0.1
漏 电 断 路 器	DZ15LD-40/390	三极三极 32	380	3000	75	40	<0.1
	DZ15LD-40/490	三极四线 40	380	3000	75	40	<0.1
	DZ15LD-63/390	三极三极 63	380	5000	75	40	<0.1
	DZ15LD-63/490	三极四线 63	380	5000	75	40	<0.1
	DZ15LD-100/390	三极三极 100	380	7000	100	50	<0.1
	DZ15LD-100/490	三极四线 100	380	7000	100	50	<0.1

图 13-4 所示漏电保护器的接法是不正确的。图(a)为设备外壳未接专用保护地线而悬浮;图(b)为设备外壳接地线,该二种情况下,即使设备出现故障而碰壳,由于仍有  $I_1 = I_2$ , 因此漏电保护器不会动作。图(c)中未采用漏电保护器的设备 A 与采用漏电保护器的设备 B 共用一根接地干线,若 A 设备外壳因故障带电而又未切除时,则 B 设备外壳将带电而漏电保护器却不动作。上述三种情况下,人若触及带电的外壳仍会有触电的危险。

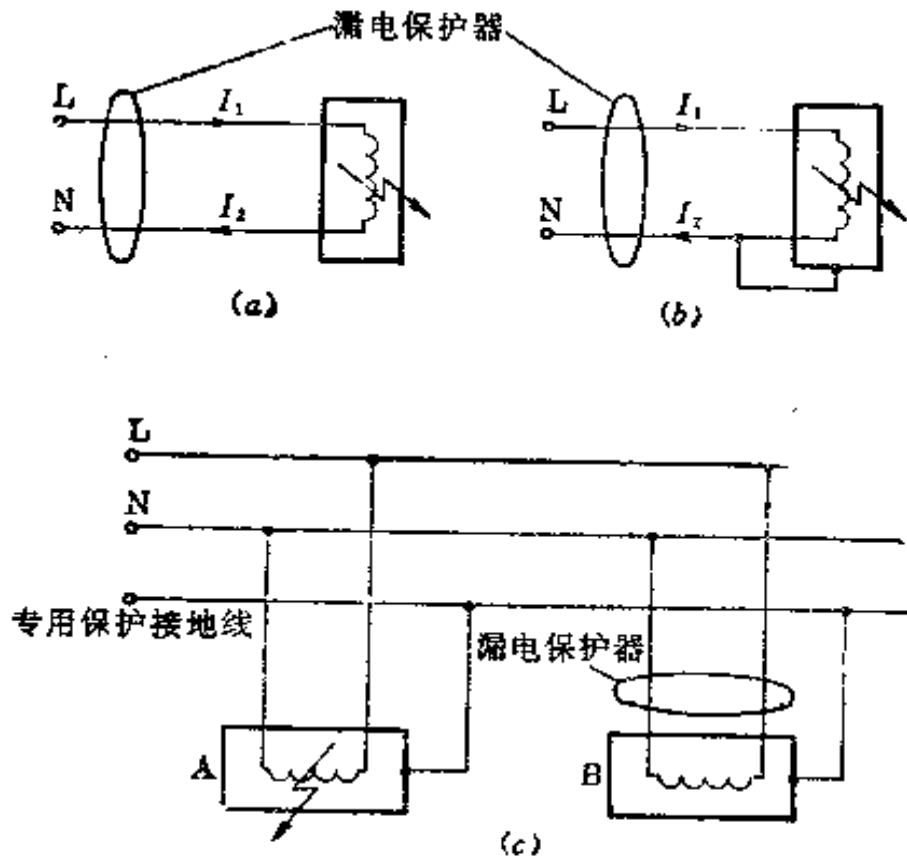


图 13-4 漏电保护器几种错误接法

## 13-2 触电的急救

万一发现有人触电时,应当及时抢救。首先应迅速切断电源开关,或用绝缘的器具(如干木棒、干扁担、干布带、干衣服和干绳等)迅速使电源线断掉,使伤员脱离电源。如果伤员未脱离电源,救护人须用绝缘的物件(如隔着干衣服等)才能接触伤员的肌体,使伤员脱离电源。如果伤员在高空作业,还须预防伤员在脱离电源时摔下来。

伤员脱离电源被救下以后,如果是一度昏迷,尚未失去知觉,则应使伤员在空气流通的地方,静卧休息;如果是呼吸暂时停止,心脏暂时停止跳动,伤员尚未真正死亡,或者虽有呼吸,而是比较困难,这时必须毫不迟疑地用人工呼吸和心脏按摩进行抢救,以待医务人员的到来。



1. 人工呼吸法 将伤员伸直仰卧在空气流通的地方,解开领口、衣服、裤带,再使其头部尽量后仰,鼻孔朝天,使舌根不致阻塞气道,救护人用一只手捏紧伤员鼻孔,用另一只手的拇指和食指掰开伤员嘴巴(图 13-5),先取出伤员嘴里东西(如假牙等),然后救护人紧贴在伤员的口吹气约 2 秒钟,使伤员胸部扩张,接着放松口鼻,使其胸部自然地缩回呼气约 3 秒钟。这样吹气和放松,连续不断地进行。如果掰不开嘴巴,可以捏紧伤员嘴巴,紧贴在鼻孔吹气和放松。

人工呼吸法在进行中,若伤员表现出有好转的象征时(如眼皮闪动和嘴唇微动),应停止人工呼吸数秒钟,让他自行呼吸,如果还不能完全恢复呼吸,须把人工呼吸法进行到能正常呼吸为止。人工呼吸法必须坚持长时间地进行,在没有呈现出明显的死亡症状以前,切勿轻易放弃。死亡症状应由医生来判断。

口对口(或口对鼻)人工呼吸法简便有效,并且不影响心脏按摩法的进行。

2. 心脏按摩法 将伤员平放在木板上,头部稍低,救护人站在伤员一侧,将一手的掌跟放在胸骨下端,另一手叠于其上,靠救护人上身的体重,向胸骨下端用力加压,使其陷下 3 厘米左右,随即放松,让胸廓自行弹起,如此有节奏地压挤,每分钟约 60~80 次。急救如有效果,伤员的肤色即可恢复,瞳孔缩小,颈动脉搏动可以触及,自发性呼吸恢复。心脏按摩法可以与人工呼吸法同时进行。

### 13-3 保护接地和保护接零

在电气设备中,保护接地或保护接零是一种安全措施。

#### 一、接地和接零的保护作用

保护接地就是把电气设备的金属外壳、框架等用接地装置与大地可靠地连接,它适用于电源中性点不接地的低压系统中。如果电气设备的绝缘损坏

使金属导体碰壳, 由于接地装置的接地电阻<sup>\*</sup>很小, 则外壳对地电压大大降低。当人体与外壳接触时, 则外壳与大地之间形成两条并联支路(图 13-6), 电气设备的接地电阻愈小, 则通过人体的电流也愈小, 所以可以防止触电。

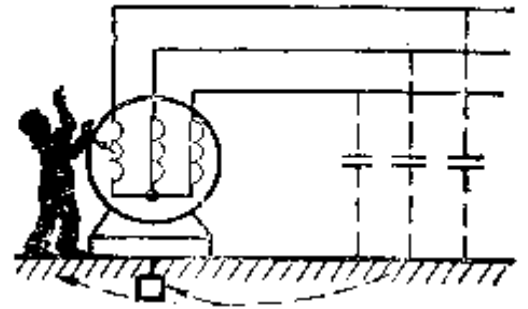


图 13-6 人碰电气设备接地的外壳

保护接零就是在电源中性点接地的低压系统中, 把电气设备的金属外壳、框架与中性线或接中干线(三相三线制电路中增设的接中干线)相连接。如果电气设备的绝缘损坏而碰壳, 构成“相-中”线短路回路, 由于中性线的电阻很小, 所以短路电流很大。很大的短路电流将使电路中保护开关动作或使电路中保护熔丝断开, 切断了电源, 这时外壳不带电, 便没有触电的可能。

但须注意, 用于保护接零的中性线或专用保护接地线上不得装设熔断器或开关, 以保证保护的可靠性。更要指出的是: 对同一台变压器或同一段母线供电的低压线路, 不宜采用接零、接地两种保护方式, 即通常不应对一部分设备采取接零, 而对另一部分设备则采取接地保护。以免当采用接地的设备一旦出故障形成外壳带电时, 将使所有采取接零的设备外壳也均带电。一般具有自用配电变压器的用户, 都采用接中性线的保护接零方式。

为了提高安全可靠, 还可采用以下几种方式:

(1) 重复接地系统(图 13-7): 即在中性点直接接地的低压三相四线制系

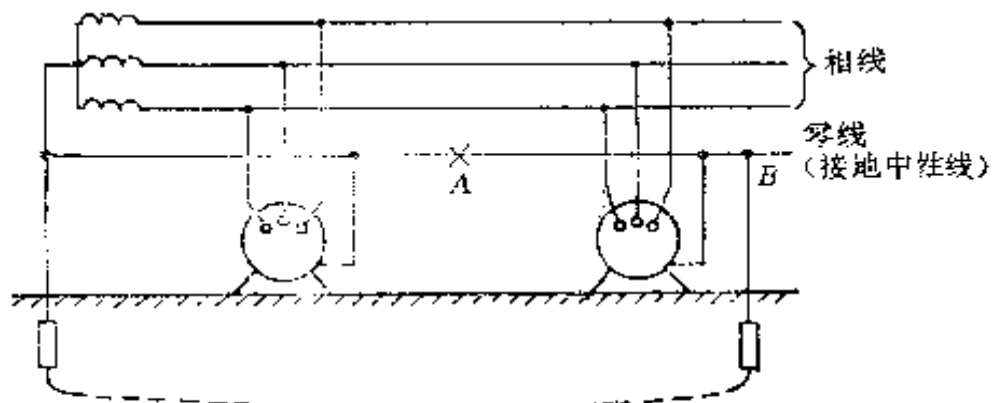


图 13-7 重复接地系统

\* 接地电阻是电气设备接地部分的对地电压与接地电流之比。

统中,将零线(接地中性线)上的若干点(例  $B$  点)与大地再次作电气连接。这样当零线即使在  $A$  点断开,接地保护也能起到可靠保护作用。

(2) 三相五线制配电系统(图 13-8):即在中性点接地的低压三相四线制系统中,由电源中点加接一线作为专用保护接地线(相当于重复接地系统中的大地),厂房、建筑中一切凡可导电的外露部分(如设备外壳、暖水管等)皆与它相连接,使起到更为可靠的安全保护作用,医院、宾馆等单位尤宜采用。

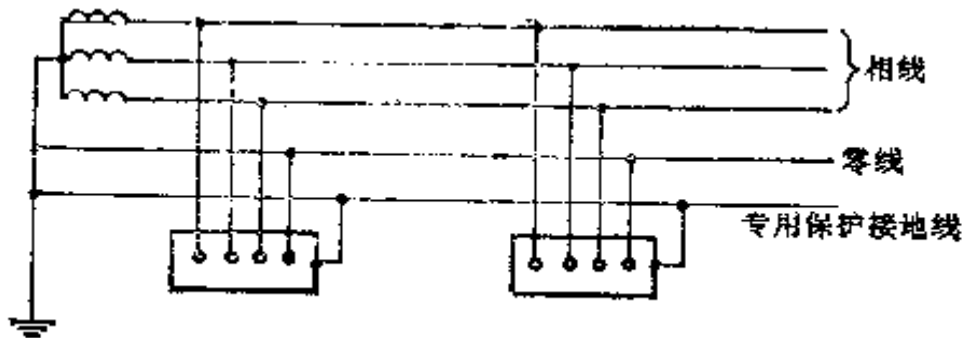


图 13-8 三相五线制配电系统

严禁利用大地作中性线,即严禁采用三线一地、二线一地或一线一地制。

## 二、接地装置的安装范围

(1) 在保护接零的系统中,电气设备就不可以再接地保护。因为当接地的电气设备绝缘损坏而碰壳时,可能由于大地的电阻较大使保护开关或保护熔丝不能断开,于是电源中性点电位升高,以致于使所有接零的电气设备都带电,反而增加了触电危险性。

(2) 由低压公用电网供电的电气装置,只能采用保护接地,不能采用接零。因为采用了接零措施后,如果电气装置的绝缘损坏碰壳而形成一相短路,将会引起公用电网供电系统严重的不平衡现象。

(3) 装在 2.2 米以上的不导电建筑材料上,须用木梯等才能接触到的电气设备;在干燥与不良导电地面的房屋内的一般电气设备;进户线、电表总线、电度表、总熔丝盒及穿过楼板导线的短段金属保护管;以及 36 伏以下的电气设备等都可以不接地。

## 三、接地装置的安装要求

(1) 接地装置的接地电阻不得超过 4 欧。

(2) 接地极不能少于二根, 其中一根应广泛利用天然接地极, 如与大地有可靠连接的房屋和建筑物等的金属构架及自来水管等(但有爆炸危险及可燃性气体管道除外)。连接时应在接地极尚未进入房屋的地方熔焊, 对于大型装置应至少连接二处, 以备管道拆开修理时也能保持适当的接地电阻。熔焊点上应涂上樟丹油(图 13-9)。图中粗线表示熔焊点。利用自来水管作接地极时, 在水表处两端应用与接地干线相同截面的导线跨接。

(3) 人工接地极的最小尺寸应符合表 13-2 规定。人工接地极埋入地下深度不应小于 2 米。在特殊场所安置接地极时, 如果深度达不到 2 米时应在接地极周围放置食盐约 8 千克、木炭约 30 千克并加水, 用以降低接地电阻。如果用二根及二根以上人工接地极时, 各极之间的距离不应小于 2.5 米, 以减小大地的流散电阻<sup>\*</sup>。在有强烈腐蚀性的土壤中, 应使用镀铜或镀锌的接地极。

表 13-2 人工接地极的最小尺寸

接 地 极 类 别	最 小 尺 寸 (毫 米)
圆 钢	直径 16
角 钢	40×40×4
钢 管	壁厚 2.5
	内径 13

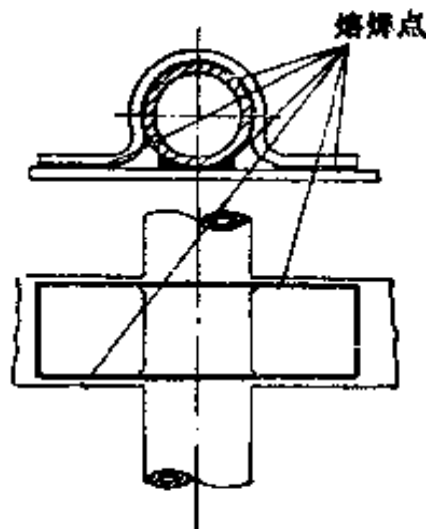


图 13-9 管道接地极熔焊

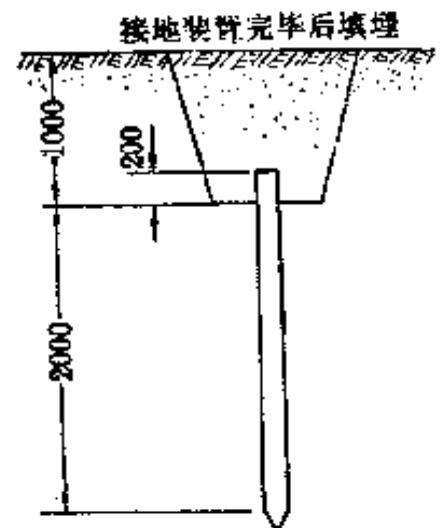


图 13-10 接地极埋设情形

\* 流散电阻是接地极的对地电压与经过接地极流入地中的接地电流之比。



接地极不得埋设在垃圾层及灰渣层地区,敷设在地中的接地极不应涂漆,以免接地电阻过大。为了减小钢管、角钢等接地打入地下的阻力,应将其下端加工为尖端。人工接地极在施工前,应先挖一个地坑深约1米,然后将接地极打入地下,上端露出坑底约200毫米以便于连接接地线(图13-10)。

(4) 接地线可用绝缘导线(铜或铝芯)或裸导线(包括扁钢、圆钢),所用的接地导线不能有折断现象,如万不得已用零料线时,应采用适当接法(参看第10章)。接头处一般可采用焊接、压接等可靠方法连接,以加强机械强度,减小电阻。禁止在地下用铝导体(线或排)作为接地线或接地极。当配电干线或分支线的截面在16毫米<sup>2</sup>及以上时,接地干线或接地支线的载流量不应小于其相线载流量的50%,当配电干线或分支线的截面在10毫米<sup>2</sup>及以下时,接地干线或接地支线的载流量不应小于其相线载流量的70%。当电路截面减小的导线或分支线不加熔丝盒保护时(指其载流量大于前面一段有保护导线载流量的70%情况),应根据上述计算办法按前面一段导线的载流量来计算其接地干线或接地支线所需的载流量。接地线的最小、最大截面应符合表13-3的规定。

表13-3 接地线最小最大截面

接 地 线 类 别		最小截面(毫米 <sup>2</sup> )	最大截面(毫米 <sup>2</sup> )
铜	移动电具引线的接地芯	0.2	25
	绝缘铜线	1.5	
	裸铜线	4.0	
铝	绝缘铝线	2.5	35
	裸铝线	6.0	
扁钢	内: 厚度不小于3毫米	24	100
	外: 厚度不小于4毫米	48	
圆钢	内: 直径不小于5毫米	相当于19.6	100
	外: 直径不小于6毫米	相当于28.3	

(5) 接地线与接地极的连接应用焊接或压接,连接处应便于检查。用焊接时,搭接长度应等于方形断面宽度的二倍或圆形断面直径的六倍。用压接

时,应在接地线端加金属夹头与接地极夹牢,金属夹头与接地极相接的一面应镀锡;接地极连接夹头的地方应当擦干净。或在接地极上熔焊接地螺栓,用垫圈、螺母使接地线与接地极可靠地连接。

(6) 接地线用螺栓与电气设备连接时,必须紧密可靠,不可接在电动机、台风扇的风叶罩壳上,在有震动的地方应采取防松螺母、弹簧垫圈等连接。每一接地的设备必须用单独接地线与接地干线或接地极连接,接地线应用“J”字接法,不能将各电气设备的接地线串联使用,以保证有效接地。

(7) 接地线应用铝(或铜)夹头等牢固地支持,接地线与相线、中性线同时架空或穿管(仅指接地支线)时,必须与相线、中性线有明显区别。接地线穿过楼板等处除加护管保护外,一般都应明露,以便检查。接地线明敷时应涂上黑色,在可能受到机械力而使之损坏的地方,应用防护罩加以保护。敷设在室内的接地干线采用扁钢时,可用支持卡子沿墙敷设,它与地面距离约 200 毫米,与墙的距离约 15 毫米(图 13-11)。

(8) 明、暗管线的金属管子及利用作接地极的金属自来水管所有连接点(束节处、接线盒处)必须紧密可靠,并使管路在电气上连成一个整体,任何两点之间的电阻不应超过 1 欧。明管线不允许利用管子作接地干线(接地支线除外)。

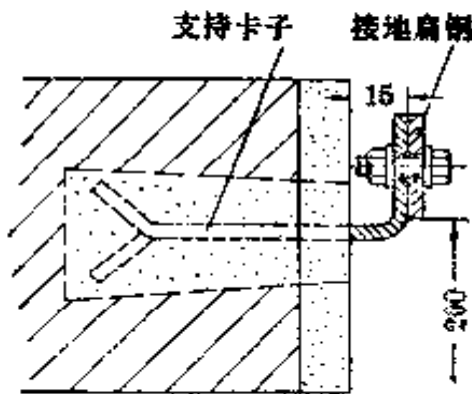


图 13-11 接地干线的敷设

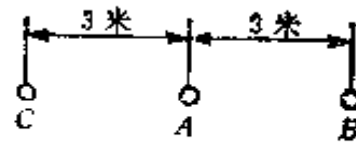


图 13-12 测试接地电阻法

(9) 接地装置安装完毕后,应用“接地电阻测定器”测试其接地电阻是否符合规定。如没有接地电阻测定器,也可以用万用表进行测试。在距离接地极 A 约 3 米处加装两个临时接地极 B、C(图 13-12)。如若测得 AB 间电阻  $R_A + R_B = 8$  欧, AC 间电阻  $R_A + R_C = 6$  欧、BC 间电阻  $R_B + R_C = 10$  欧,经计算得  $R_A = 2$  欧,  $R_B = 6$  欧,  $R_C = 4$  欧。这里  $R_A$ 、 $R_B$ 、 $R_C$  分别是接地极 A、B 和 C 的接地电阻。

(10) 接地装置在正常运行中, 应定期进行检查测试, 每年至少一次。天然接地极在设备检修后应检查其接地线连接部分是否接触可靠, 导线是否折断。

## 13-4 防雷保护

雷是大气放电的一种自然现象, 这种放电, 有时是发生在云层与云层之间, 有时出现在云层与大地之间, 后一种放电所经过的建筑物、电气设备和人畜等将遭到破坏和死亡, 这就是直接雷击。建筑物等除了受直接雷击以外, 其金属部分, 由于静电感应等原因, 还可以使他们感应带电, 电位升高, 以致于金属导体之间发生火花放电, 引起爆炸、火灾或使人畜触电死亡。这种现象叫做感应雷放电。再有由雷电的电磁作用产生高电压沿架空电路引入房屋, 可以击穿电气设备的绝缘, 或直接造成人身伤亡事故等等。

为了预防雷害, 必须根据需要, 安装防雷装置, 以及采取其他防护措施, 以保证安全。防雷装置有避雷针、避雷器等。

### 一、避雷针装置

避雷针装置是用来保护一般的建筑物和一些设备, 防止直接雷击。避雷

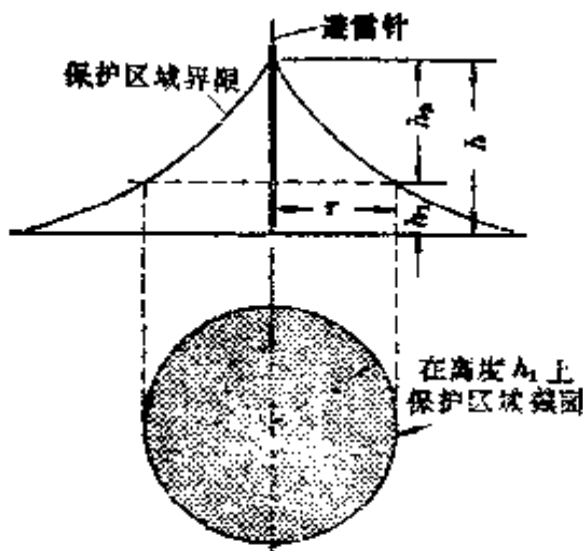


图 13-13 单根避雷针的保护区域

$h$ —避雷针高度;  $h_1$ —被保护物高度;  
 $h_2$ —避雷针有效高度;  $r$ —保护半径

针最上部分的受雷端, 是用一定截面的镀锌或镀铬铁棒、钢管或圆钢做成, 它的尖形顶端高出建筑物一定高度, 用不小于 35 毫米<sup>2</sup> 截面的镀锌钢索和扁钢(铁)做的导雷线是避雷针装置的中间部分, 它上面连接着受雷端, 下面连接着用角钢或钢管做成的接地极, 埋入地下 0.5~0.8 米以上的深度, 角钢取长约 3 米, 截面为 50 毫米×50 毫米×5 毫米, 钢管取长约 2~3 米, 外径约 35~50 毫米, 管壁厚度约 4 毫

米, 接地极的接地电阻一般应在 10 欧以下, 愈小愈好, 也可以用天然接地极如自来水管、污水管等作接地极。避雷针装置的各部分应该是可靠地焊接起

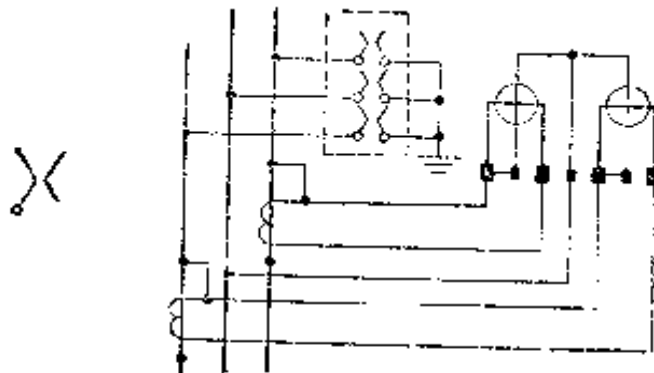
来,决不许断开。安装避雷针装置时,也可以利用烟囱、水塔等作为避雷针的支持体。

当雷云临近建筑物或设备时,它所感应的静电荷,可以经过导雷线引向尖端而放电与雷电相互中和,因而可以避免发生雷击。假使遇到直接雷击,避雷针也能够安全地把雷电导入大地,这样使建筑物或设备不致遭受损害。

单根避雷针的保护范围象帐篷状,它的边界线是双曲线(图 13-13)。

## 二、羊角间隙避雷器

为防止电度表遭雷电的侵袭,经验证明,可以采用直径为 0.71 毫米的铜线弯成羊角状间隙,如图 13-14(a)所示,其间隙距离约 2~3 毫米,铜线长度可以任意决定。



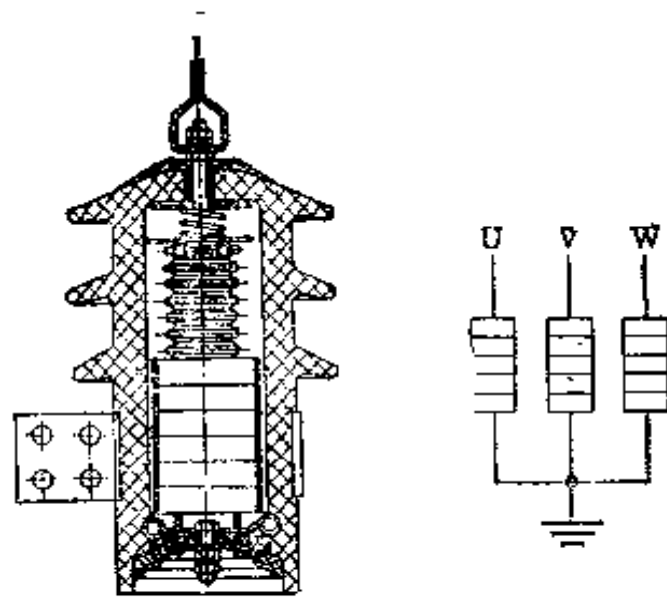
(a) 羊角间隙避雷器 (b) 接线图

图 13-14 羊角间隙避雷器及其接线图

当有过电压侵入时,羊角间隙放电(能自动消弧),将雷电引入大地,保护了电度表。三相电度表采用羊角间隙避雷器如图 13-14(b)所示,图中虚线方框表示用表罩或铁箱罩住,羊角间隙用瓷夹板固定。这种避雷器极为简单、经济、装置容易、效果良好。

## 三、阀型避雷器

阀型避雷器的外形与结构以及在线路上接线图如图 13-15 所示,它的主要元件是火花间隙和阀片电阻,阀片是用特种碳化硅做成。当有雷电过电压发生时,火花间隙被击穿而放电,阀片电阻下降,将雷电引入大地,这样,就保护了电气设备。在正常情况时,火花间隙不会被交流电压击穿,阀片电阻较高。因为它和阀门相象,能够自动限制电流,所以这种避雷器称为阀型避



(a) 外形与结构

(b) 接线图

图 13-15 阀型避雷器的外形与结构及其接线图

雷器。

根据放电间隙有无并联电阻(有电阻并联时,可使每个放电间隙的电压均匀,改善消弧性能),可分为没有并联电阻的 FS 型和有并联电阻的 FZ 型,以及有并联电阻和并联电容的 LJ 型等三种。它们分别用在保护小容量和大中容量的配电装置,以及用在保护发电机、电动机等旋转电机。

#### 四、防护雷电的其他措施

(1) 为了避免由雷电所引起的静电感应作用而形成的火花放电,必须将被保护物的金属部分可靠地接地。

(2) 为了避免由雷电所引起电磁感应作用而使闭合回路中某一部分发生过热和发生火花放电的危害,必须使处在雷电电磁场中的伸张的金属物件具有良好的接触(不能有气隙)而形成闭合回路。

(3) 当雷电放电时所形成的高电位,由其附近的电缆的金属外壳引到距离避雷针相当远的建筑物内,因而造成有触电、火灾、爆炸的危险。要避免发生这种现象,电缆和避雷针的接地极之间最少应相距 10 米。同样,电气设备保护接地装置和避雷针的接地极,也应相距 10 米。电缆金属外壳亦应接地。

(4) 为了避免雷电所引起的高电压经架空线引进房屋的危险,应将接户

线最后一块支持物上的绝缘子铁脚接地。

(5) 严禁在装有避雷针的构筑物上架设通信线、广播线和低压线。

## 13-5 节约用电的几种方法

### 一、采用移相电容器提高功率因数

在额定负载时,异步电动机的功率因数较高(即铭牌上的值),负载轻时功率因数较低。提高功率因数的最好办法是提高每一台轻载电动机的负载率或调换容量适当的电动机。但是有的生产机械(如轧钢机),由于产品规格多,工艺变化大,电动机容量不能调整,在这种情况下,可以采用并联电容器的方法来提高功率因数。这种电容器叫做移相电容器或电力电容器。

1. 移相电容器容量的图算法与表格法 在电网内装置移相电容器的目的,是补偿电网内的无功功率,以提高功率因数。但是,在一昼夜时间内无功功率是变化不定的。在一般情况下,电力系统又需要过补偿运行,因此,需要经常根据无功功率的变化情况,计算出所需的补偿容量,以便分组接入移相电容器,使其在所需的功率因数下运行。

如将功率因数  $\cos \varphi_1$  提高到  $\cos \varphi_2$  可计算出移相电容器的补偿容量  $Q$ (千瓦)。

$$Q = P_{\text{pj}} (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2)$$

式中:  $P_{\text{pj}}$ ——平均有功功率(千瓦);  $\operatorname{tg} \varphi_1$ 、 $\operatorname{tg} \varphi_2$ ——分别对应于  $\cos \varphi_1$ 、 $\cos \varphi_2$  时的数值。

为了避免烦琐的计算,简便起见,可采用图算法。

[例1] 现有平均有功功率  $P_{\text{pj}} = 75$  千瓦,如须将原有功率因数  $\cos \varphi_1 = 0.4$  提高到  $\cos \varphi_2 = 0.9$ ,求所需接入的移相电容器的补偿容量。

解 如图 13-16 所示,在标尺  $A$  上找到 0.9 的点①,在标尺  $B$  上找到 0.4 的点②,连接①和②两点,并延长到标尺  $C$  交于点③(此点为每千瓦所需的补偿容量,若不需要时可以不读出它的数值)。再在标尺  $D$  上找到 75 千瓦的点④,再连接③、④两点延长与标尺  $B$  交于点⑤,读取⑤的数值即得所需电容器的补偿容量为 135 千瓦。

除了用图算法之外,查表 13-4 也可以知道所需补偿的电容器的补偿容量。由电容器的补偿容量  $Q$  求取并联电容  $C$  值的公式如下:

表 13-4 每千瓦有功功率所需的电容器补偿容量(千瓦)

改进后功率因数 改进前功率因数	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	0.95	0.96	0.97	0.98	1.00
	0.40	1.64	1.60	1.61	1.67	1.70	1.73	1.81	1.87	1.93	2.00	2.05
0.42	1.47	1.47	1.52	1.54	1.57	1.62	1.68	1.74	1.80	1.87	1.90	2.16
0.44	1.29	1.34	1.36	1.40	1.44	1.50	1.55	1.61	1.68	1.71	1.84	2.04
0.46	1.18	1.23	1.28	1.31	1.34	1.39	1.44	1.50	1.57	1.64	1.73	1.93
0.48	1.08	1.12	1.18	1.21	1.23	1.29	1.34	1.40	1.46	1.54	1.62	1.83
0.50	0.98	1.04	1.09	1.11	1.14	1.19	1.25	1.31	1.37	1.44	1.51	1.73
0.52	0.89	0.94	1.00	1.02	1.05	1.10	1.16	1.21	1.28	1.35	1.44	1.64
0.54	0.81	0.86	0.91	0.94	0.97	1.02	1.07	1.13	1.20	1.27	1.36	1.56
0.56	0.73	0.78	0.83	0.86	0.89	0.94	0.99	1.05	1.12	1.19	1.28	1.48
0.58	0.66	0.71	0.76	0.79	0.81	0.87	0.92	0.98	1.04	1.12	1.20	1.41
0.60	0.58	0.64	0.69	0.71	0.74	0.79	0.85	0.91	0.97	1.04	1.15	1.33
0.62	0.52	0.57	0.62	0.65	0.67	0.73	0.78	0.84	0.90	0.98	1.06	1.27
0.64	0.45	0.50	0.56	0.58	0.61	0.66	0.72	0.77	0.84	0.91	1.00	1.20
0.66	0.39	0.44	0.49	0.52	0.55	0.60	0.65	0.71	0.78	0.85	0.94	1.14
0.68	0.33	0.38	0.43	0.46	0.48	0.54	0.59	0.65	0.71	0.79	0.88	1.08
0.70	0.27	0.32	0.38	0.40	0.43	0.48	0.54	0.59	0.66	0.73	0.82	1.02
0.72	0.21	0.27	0.32	0.34	0.37	0.42	0.48	0.54	0.60	0.67	0.76	0.96
0.74	0.16	0.21	0.26	0.28	0.31	0.37	0.42	0.48	0.54	0.62	0.71	0.91
0.76	0.10	0.16	0.21	0.23	0.26	0.31	0.37	0.43	0.49	0.56	0.65	0.85
0.78	0.05	0.11	0.16	0.18	0.21	0.26	0.32	0.38	0.44	0.51	0.60	0.80
0.80	--	0.07	0.10	0.13	0.16	0.21	0.27	0.32	0.39	0.46	0.55	0.75
0.82	--	--	0.05	0.08	0.10	0.16	0.21	0.27	0.34	0.41	0.49	0.70
0.84	--	--	--	0.03	0.05	0.11	0.16	0.22	0.28	0.31	0.41	0.65
0.85	--	--	--	--	0.03	0.08	0.14	0.19	0.26	0.32	0.41	0.62
0.86	--	--	--	--	--	0.05	0.11	0.17	0.23	0.30	0.39	0.59
0.88	--	--	--	--	--	--	0.06	0.11	0.18	0.25	0.34	0.54
0.90	--	--	--	--	--	--	--	0.06	0.12	0.19	0.28	0.49

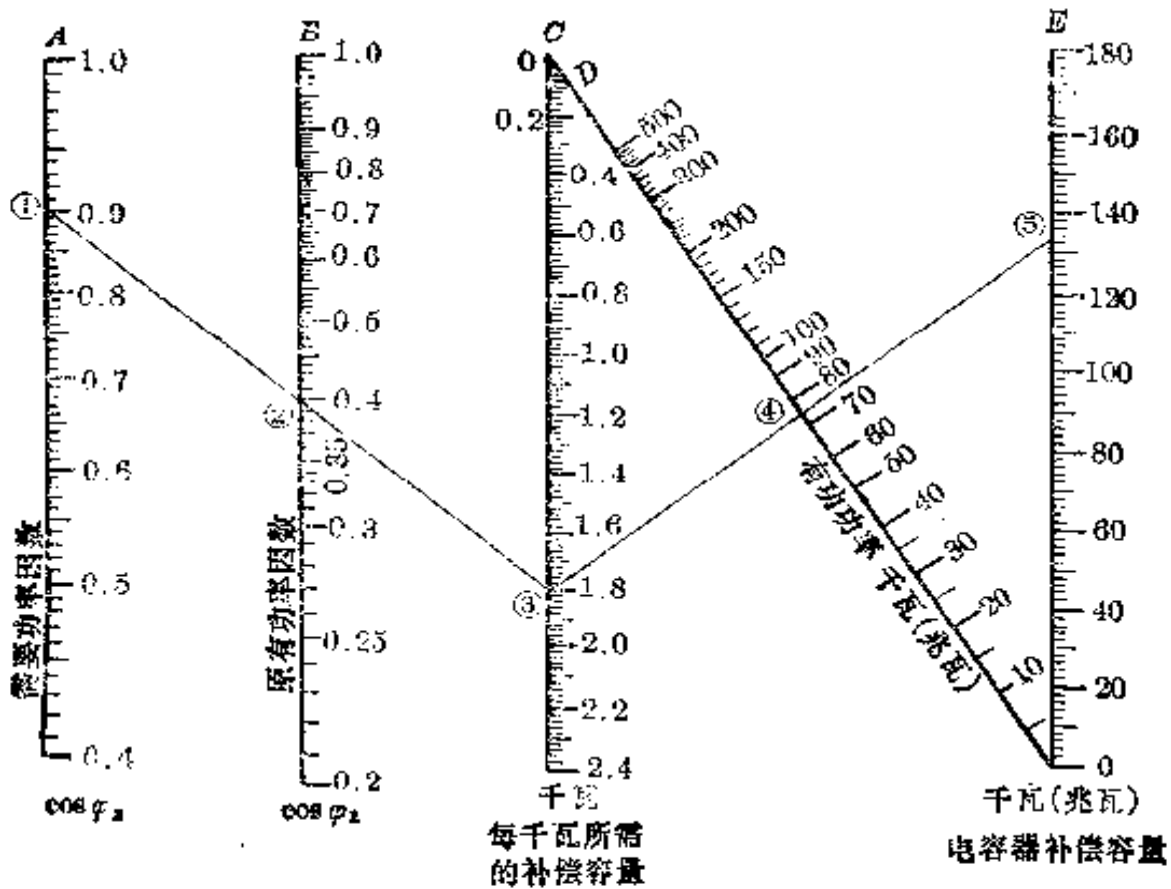


图 13-16 补偿电容器的补偿容量图算法

$$C = \frac{Q \cdot 10^3}{\pi \omega V^2} \quad (\text{微法})$$

式中：Q——电容器的补偿容量(千瓦)； $n$ ——相数(三相  $n=3$ ，单相  $n=1$ )； $\omega$ ——角频率(工频  $\omega=314$  弧度/秒)； $V$ ——电网线电压(千伏)。

2. 移相电容器的接线方法 移相电容器最理想是装在大型的电感性负载处,这样可以减小输电导线的截面和线路损耗。如果集中装在总电源处,虽然也能提高功率因数,但是在功率因数低的负载线路上,仍有很大的无功电流,使该线路上损耗增大,同时导线截面也要加大。因为电容器是一种储能元件,在电网中电源虽经切断,电容器两端仍然带电,因此必须接入放电回路(图 13-17),以保证安全。如果电源电压较高,电流表必须利用电流互感器,不可直接接入。

3. 移相电容器放电电阻的计算 为了保证操作时的安全,在安装移相电容器时,规定不论电容器的额定电压高低,在放电电路上经 30 秒钟放电后,电容器两端的电压不应超过 65 伏。所以,在安装和维护电容器组时必须计算放



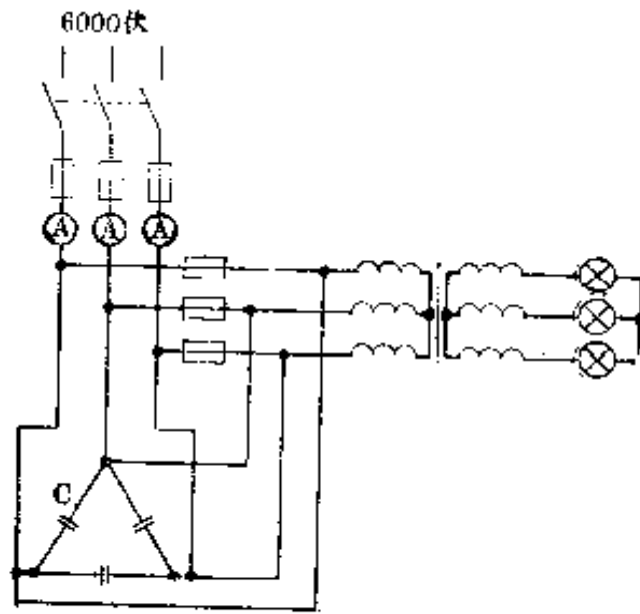


图 13-17 移相电容器接线方式

电电路的放电电阻。

电容器在外电路上的放电电流，决定于电容器两端的电压  $V$ 、电容器的电容量  $C$ 、放电电路的电阻  $R$  和电感  $L$  等因素。通过数学计算可知：

当  $R \geq 2\sqrt{L/C}$  时，放电电流是非周期性的单向电流；

当  $R < 2\sqrt{L/C}$  时，放电电流是周期性的振荡电流。

当放电电路中电感很小，而接近于零时，那么，电容器两端电压  $V$  降到安全值  $V_{aq}$  时所经历的时间为

$$t_{a1} = 2.3RC \lg \frac{1.41}{V_{aq}} V \quad (\text{秒})$$

如果放电电流为振荡电流则

$$t_{a2} = 4.0 \frac{C}{R} \lg \frac{1.41V}{V_{aq}} \quad (\text{秒})$$

式中： $V$ ——电源电压(伏)； $V_{aq}$ ——安全电压值，采用 65 伏； $R$ ——放电电路的电阻(欧)； $C$ ——每相的电容(法)； $L$ ——放电电路的电感(亨)。

一般来说，380 伏以下的低压电容器组，所采用的放电电路都是用白炽灯组成的，而 3.3 千伏到 11 千伏的高压电容器组的放电电路则多半采用接成 V 形的单相电压互感器或三相电压互感器。下面将高低压移相电容器组放电电阻的计算分别举例说明。

【例 3】线电压 380 伏，总容量为 150 千瓦连接成三角形的电容器组，放

电电路是由 220 伏 25 瓦的白炽灯所组成(图 13-18), 试计算其放电电阻。

解 由已知参数可求得每相的电容为:

$$C = \frac{Q \cdot 10^3}{3\omega V^2} = \frac{150 \times 10^3}{3 \times 314 \times 0.38^2} = 1100 \quad (\text{微法})$$

式中:  $Q$ ——移相电容器总容量(千瓦);  $\omega$ ——角频率(弧度/秒);  $V$ ——电网线电压(千伏)。

而白炽灯在正常发亮时的电阻为

$$R = \frac{(220)^2}{25} = 1936 \quad (\text{欧})$$

当电容器组停止运行时, 因常闭触点闭合, 通过一组星形连接的三相白炽灯而放电。由于电容器是三角形连接。而放电电阻是星形连接, 计算时必须化为相应的对称电路, 将放电电阻折算成相应的三角形连接时的数值, 每相放电电阻为

$$R = \frac{3 \times 1936}{2} \approx 2904 \quad (\text{欧})$$

事实上放电电路的电感很小, 可以略去不计, 那么从

$$t_{aq} = 2.3RC \lg \frac{1.41V}{V_{aq}}$$

可以算出电容器组放电到安全电压为 65 伏所经历的放电时间为

$$t_{aq} = 2.3 \times 2904 \times 1100 \times 10^{-6} \lg \frac{1.41 \times 380}{65} = 6.7 \quad (\text{秒})$$

从计算知道放电时间小于 30 秒合乎要求, 因此放电电阻可以使用。

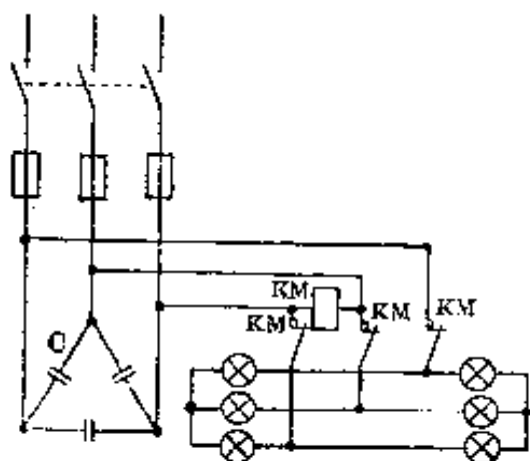


图 13-18 例 2 接线图

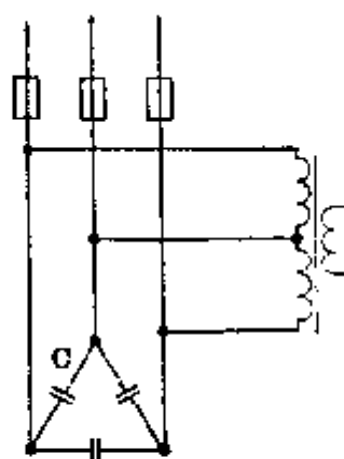


图 13-19 例 3 接线图

**[例 3]** 电压为 6 千伏, 补偿容量为 1000 千瓦, 连接成三角形的三相电容器组, 放电电路是由接成 V 形的两个单相电压互感器所组成(图 13-19), 电

表 13-5 移相电容器的一般故障与处理方法

故障现象	可能原因	处理方法
发热	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 接头螺钉松动,产生拉弧</li> <li>2. 频繁起闭,反复受浪涌电流作用</li> <li>3. 长期过电压运行,造成过载</li> <li>4. 环境温度超过许可值</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 加强检查,停电时旋紧螺钉防止松动</li> <li>2. 不频繁起闭电容,除非线路停用时才切断移相电容器</li> <li>3. 调用电压较高的电容器</li> <li>4. 贴示温片及早察觉温升(一般贴 80°C 示温片)</li> </ol>
渗油	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 保养不周,外壳涂漆剥落,有锈蚀点</li> <li>2. 在搬运中,瓷套与外壳交接处碰磕,造成裂纹;或在旋紧接头螺钉时用力太猛扭磕,造成裂纹;或元件本身质量差</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 细心检查,遇漆剥落处,先清除锈点重涂新漆</li> <li>2. 裂纹微微渗油时,可在渗油裂纹处,用肥皂嵌入以利暂用,但如已成裂缝发现漏油则应调换电容器</li> </ol>
变形 (即外壳膨胀)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 由于漏油,空气入内使内部介质膨胀</li> <li>2. 使用期已到</li> <li>3. 本身质量差</li> </ol>	均需立即调换
短路 击穿	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本身质量差</li> <li>2. 小动物如老鼠等钻入接头间(因接头间一般仅 200 毫米左右),造成短路击穿</li> <li>3. 瓷瓶平面上积灰太多,产生相间拉弧或对地拉弧短路击穿</li> <li>4. 长期超电压运行,造成过载,增加发热,使绝缘过早老化击穿</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 换新</li> <li>2. 接头周围加装防护罩</li> <li>3. 清理积灰,保证平面无灰</li> <li>4. 限制超电压运行。一般不允许超过额定电压的 5% 才可长期运行</li> </ol>

注: 处理移相电容器时,必须在停电时才能进行。

压互感器的一次侧的电阻是 1970 欧, 电感是 1910 亨, 试计算放电电阻。

解 由于放电电阻是一种非对称的连接法, 所以应该根据实际电路进行计算。三角形连接时, 每相的电容为

$$C = \frac{1000 \times 10^6}{3 \times 3.14 \times 6^2} = 29.5 \quad (\text{微法})$$

在非对称电路中, 因为电容器是三角形连接法, 所以放电电路的计算电容为  $\frac{3}{2}C = 1.5 \times 29.5 = 44$  (微法) (如果电容器是星形连接法, 则为  $C/2$ )。放电电路是由两个绕组串联, 所以放电电路的参数为

$$R = 2 \times 1970 = 3940 \quad (\text{欧}), \quad L = 2 \times 1910 = 3820 \quad (\text{亨})$$

所以 
$$\sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{3820 \times 10^6}{44}} = 9300 \quad (\text{欧})$$

而  $3940 < 2 \times 9300$ , 也就是  $R < 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ , 放电电流是以振荡电流形式出现的。

所以

$$t_{\text{eq}} = 4.6 \frac{L}{R} \lg \frac{1.41V}{V_{\text{eq}}} = 4.6 \times \frac{3820}{3940} \lg \frac{1.41 \times 6000}{65} = 9.4 \quad (\text{秒})$$

即  $t_{\text{eq}}$  小于 30 秒, 放电电阻完全合乎安全要求。

4. 移相电容器的故障与处理方法 移相电容器应单独安装在防爆室内, 使用前要经过严格检查, 并应有试验合格证。耐压试验电压为

$$V_{\text{ny}} = 2 \times V_{\text{e}} + 1000 \quad (\text{伏})$$

式中:  $V_{\text{e}}$ ——工作电压(伏)。

移相电容器在使用中出现的一般故障与处理方法如表 13-5 所示。

## 二、采用无功功率自动补偿控制器

无功功率自动补偿控制器或功率因数控制器是用于工矿企业、变电所或配电系统中, 根据功率因数自动切换补偿电容来进行最佳无功补偿的装置。

控制器的电压信号取自三相交流系统总进线中的 VV 相(图 13-20)线电压  $V_{\text{vw}}$ , 电流信号取自 V 相电流互感器的副边。经无功检测模块转换成直流电平信号送 A/D 转换后再送 CPU 进行处理, 然后自动根据负荷量的大小来接入或切断补偿电容器。JKL2-10 型低压无功功率自动补偿控制器的原理线路如图 13-20 所示。其外围端子接线如图 13-21 所示。图中  $C_1 \sim C_{10}$  为外接电容补偿屏。该控制器还具有过压保护、数字显示等功能。

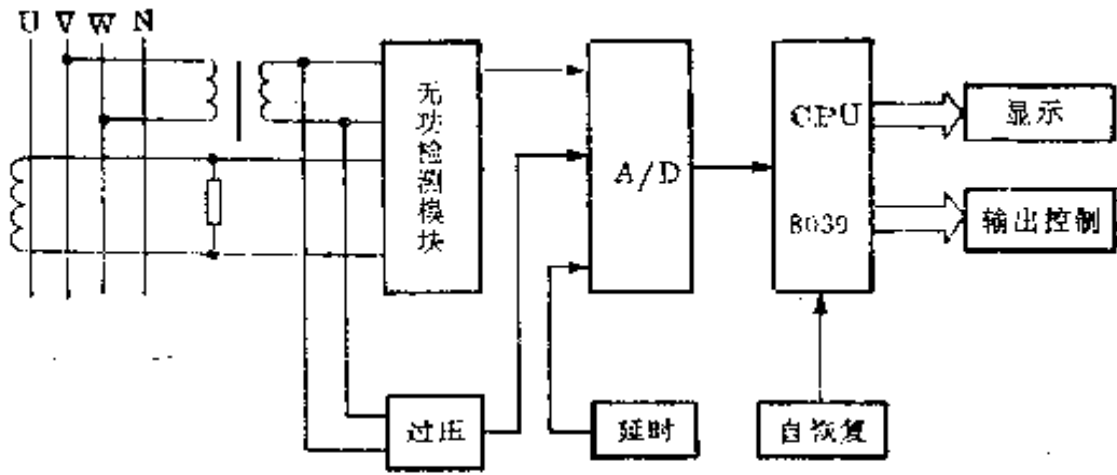


图 13-20 JKL2-10 型低压无功功率自动补偿器原理图

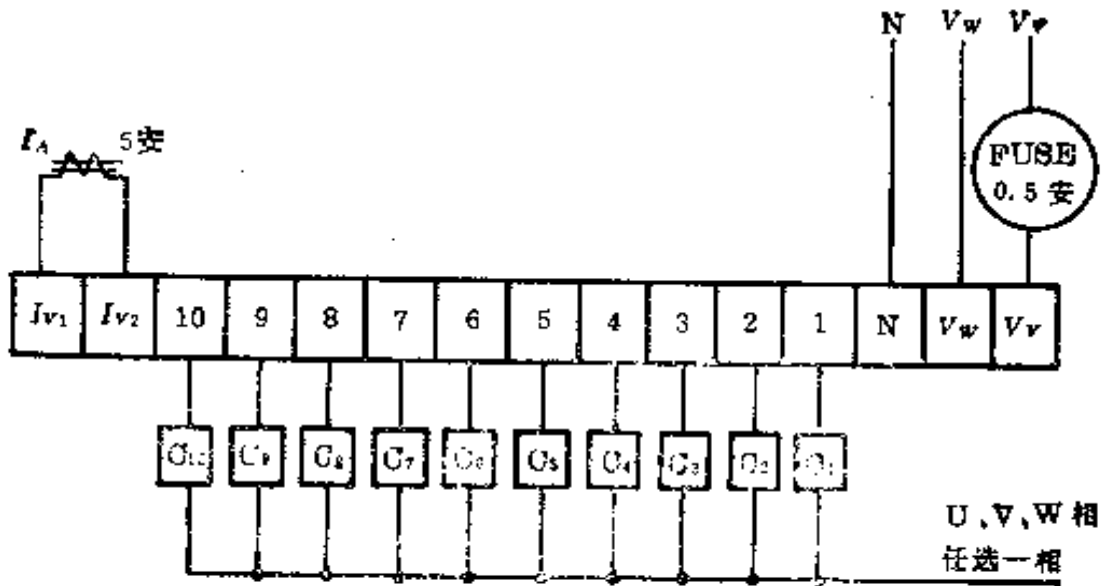


图 13-21 JKL2-10 型低压无功功率自动补偿器端子接线图

### 三、机床空载自动停车装置

在金属切削工艺过程中，由于装拆工件、调换工具、校圆以及卡量尺寸等辅助工作，使机床电动机的空载运行时间几乎要占整个生产时间的 50% 左右。而电动机空载时的功率因数很低，约小于 0.2，根据测定计算，电动机在起动时的耗电量不会超过电动机空载运行 15~20 秒钟所消耗的数值。因此当辅助工作时间超过 15~20 秒时，就应使电动机停止运行，可以节约电能。

由于机床的形式不同，自动停车装置的形式也很多，下面仅介绍齿轮车

床、砂轮脚踏开关两种自动停车装置。

1. 齿轮车床空载自动停车装置 图 13-22 中, 当车床离合器置于停止位置时, 限位开关 SB 被打开, 电磁开关 KM 的线圈立即断电, 使电动机停止运行。这样, 即可消除车床的空载运转以节约电能。如果离合器被置于工作位置时, 限位开关 SB 复回原位, 使电磁开关 KM 合上, 电动机立即启动, 车床即可进行工作。

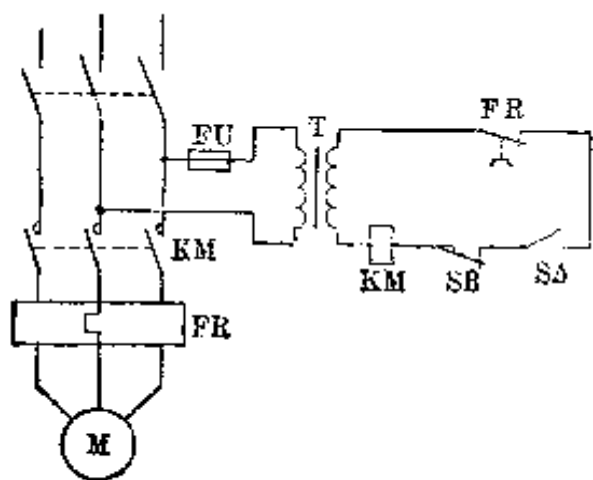


图 13-22 齿轮车床空载自动停车电路图

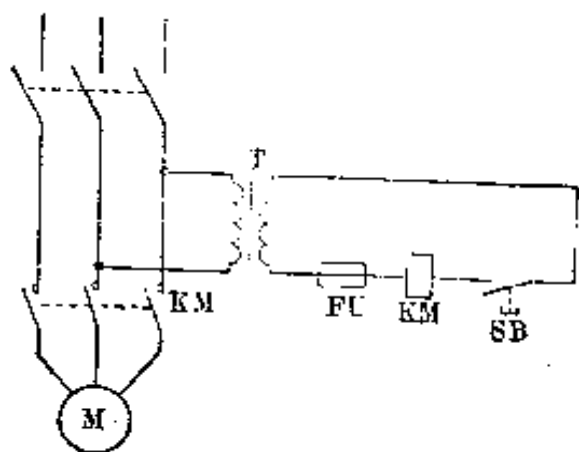


图 13-23 砂轮脚踏开关接线图

2. 砂轮脚踏开关的接线(半自动停车装置) 在图 13-23 中, 脚踏开关 SB 一般装在砂轮的旁边, 当砂轮磨工件时, 只要工作人员一踏开关 SB, 电磁开关的线圈 KM 便立即通电, 其触点 KM 闭合, 电动机就运转。工作完毕后, 如果工作人员离开砂轮, 脚踏开关 SB 自动断开, 电磁开关电源被切断, 砂轮电动机便停止运转。

#### 四、电焊机自动开关

电焊机过去曾被称为“电老虎”。如果在电焊机上加装一只普通开关和几只简单控制元件, 就成为自动开关。焊接时, 只要电焊条与焊件一碰, 开关就自动合上; 电焊条一离开焊件开关就自动断开。这样节电效果较好, 而设备也很简单。

1. 交流电焊机节约空载电流自动开关 图 13-24 表示交流电焊机自动开关电路。当双刀开关 SA 闭合接通电源后, 电焊变压器 T 的一次侧(KM 常开触点断开的)串联了电容器 C, 使在 T 的一次侧的电压降低, 从而使二次侧感应出约 6 伏的电压(电压的高低, 可以调换电容器 C 的容量大小)。首先

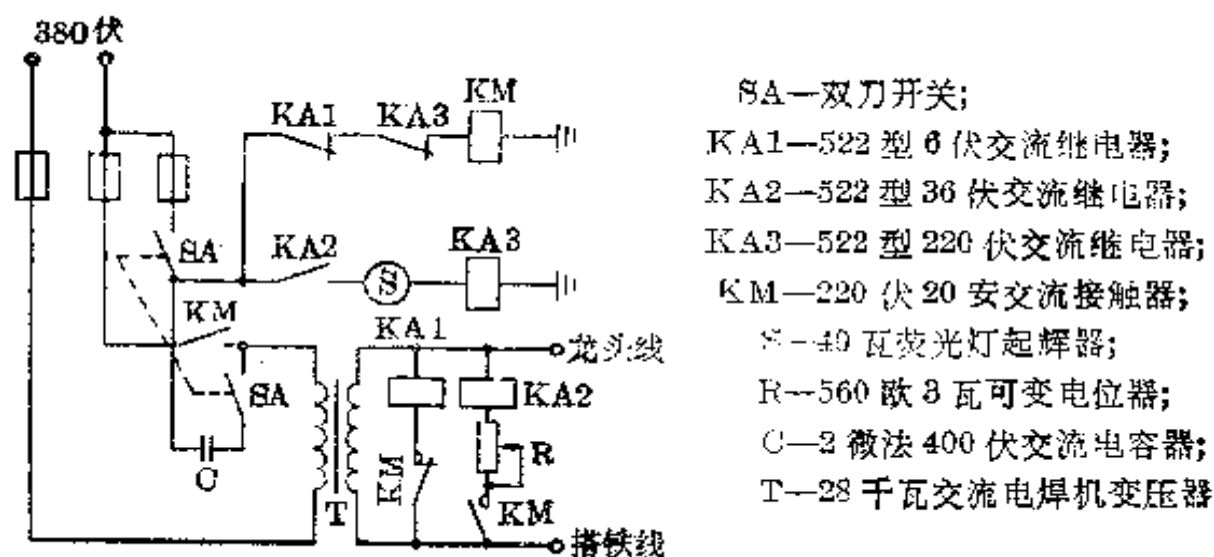


图 13-24 交流电焊机自动开关线路

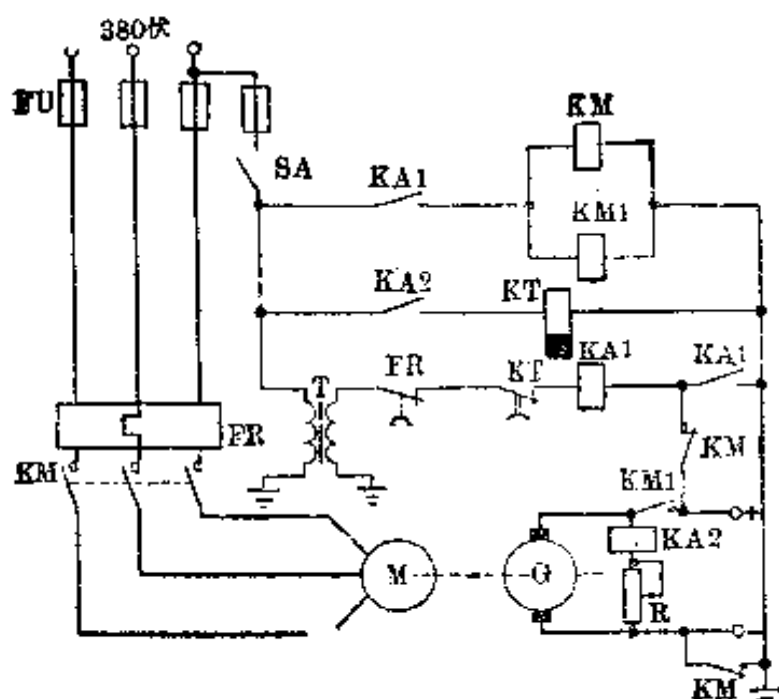
KA1的线圈通电而动作(因为继电器KA1比接触器KM灵敏),打开KA1常闭触点,以待焊接使用。当焊接时,焊条与焊件相碰,电焊机二端电压下降,继电器KA1释放,其触点恢复常闭,因而使KM线圈通电,于是所有KM常开触点闭合,常闭触点打开。虽然电焊机变压器T的一次侧承受380伏全部电压,但焊接时,T的二次侧的电压降低了(约30伏左右),继电器KA2仍不足以动作,以维持焊接。

当电焊机停焊或空载时,电焊机变压器T二次侧电压升高(约65伏左右),继电器KA2动作,经荧光灯起辉器S延时使继电器KA3线圈通电而动作,于是KM线圈断电,电焊机即停电,电路恢复到(未焊接前)原状。

如果需要使KA3线圈延时更长的话,可以把S调成100瓦荧光灯起辉器,或者可以把继电器KA3的功率调小一些就行。

这个电路在使用时,控制电路用电较省(仅一只KM线圈用电)。在空载时,减少了空载电流,还提高了线路的功率因数。但是这个电路不易起弧。如果要求起弧加快,须将电容器C的容量调大一些才行。

2. 直流电焊机自动开关 图13-25是直流电焊机自动开关接线图。当接通拉线开关SA以后,变压器T一次侧通电,但它的二次侧没有电流,如需要焊接时,只要将焊条(即图中+端)与焊件(即图中-端)相碰,变压器T二次侧就有电流通过,即继电器KA1的线圈通电,它的二个常开触点闭合,一个起自锁作用,另一个使接触器KM、KM1的线圈都通电,于是交流电动机M



S—拉线开关；T—220/36 伏变压器；KA1—522 型 36 伏交流继电器；KM—220 伏 40 安交流接触器；KM1—75 安交流接触器；KA2—DZ144 型 48 伏或 DZ644 型 36 伏直流电压继电器；R—560 欧 3 瓦可变电位器；M—12 千瓦交流电动机；G—直流发电机；KT—220 伏电动式时间继电器；FR—热继电器

图 13-25 直流电焊机自动开关接线图

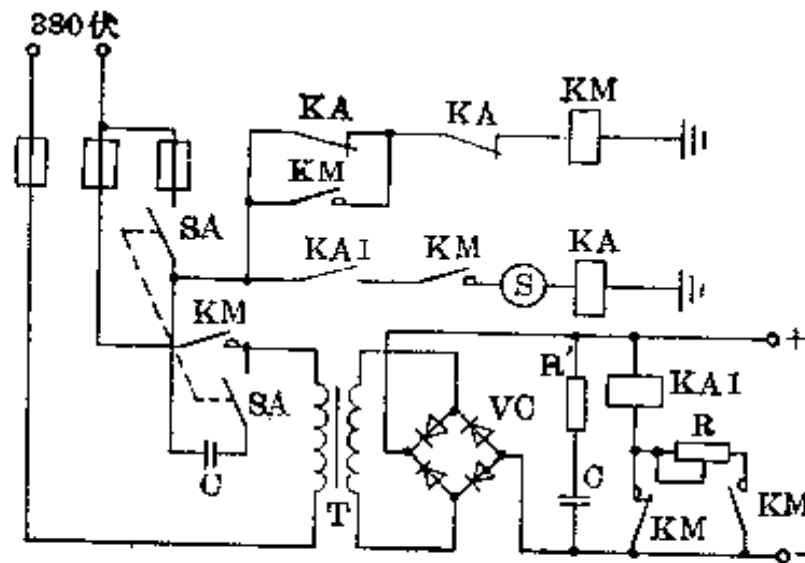
起动, 带动直流发电机 G, 当到达额定转速时, 发电机二端电压约为 80 伏。焊接时, 发电机二端电压降低(约 25 伏), 所以继电器 KA2 和时间继电器 KT 都不动作, 电机在焊接时一直在运转。

当停焊或空载时, 发电机 G 二端电压升高, 继电器 KA2 动作, 接通时间继电器 KT 线圈, 使它的触点延时(延时长短可以适当调节)断开, 切断了继电器 KA1 线圈中电流, 于是接触器 KM、KM1 都释放, 电动机 M 停车。

必须注意: ① 在起动时, KM 的二个常闭触点必需断开, 如不断开, KA1 的线圈将要烧坏; 另外如果焊件的连接导线(搭铁线)接触不良, 大电流流经接地线, 将会造成危险; ② 这种电路仅适合于较长停车时间(约几分钟)的自动开关, 不适用于频繁起动。

3. 硅整流直流电焊机自动开关 图 13-26 是硅整流直流电焊机自动开关接线。当双刀开关 SA 闭合接通电源后, 与图 13-24 相似, 电焊变压器 T 的一次侧串联了电容器 C, KA1 的线圈首先通电而动作(继电器 KA1 比接触





SA—双刀开关；KA—DZ644型36伏直流电压继电器；KA—522型220伏交流继电器；KM—220伏40安交流接触器；S—40~100瓦日光灯起辉器；R—470欧3瓦电位器；R'— $\leq 40$ 欧；C—4微法400伏交流电容器；C'—0.5微法200伏电容器；VC—2DZ型200安200伏 $\times 4$ ；T—28千瓦交流电焊机变压器

图 13-26 硅整流直流电焊机自动开关接线

器 KM 灵敏), 打开 KAI 常闭触点, 以待使用。焊接时, 焊条与焊件相碰, 电焊机两端电压下降, 继电器 KAI 释放, 其触点恢复常闭, 因而使 KM 线圈通电, 于是所有 KM 常开触点闭合, 常闭触点断开。虽然电焊机变压器 T 的一次侧承受 380 伏全部电压, 焊接时, T 的二次侧的电压降低(约 30 伏), 继电器 KAI 由于串联了电位器 R 以后, 尚不足以动作, 一直维持焊接。

当电焊机停焊或空载时, 电焊机两端电压升高(约 90 伏), 继电器 KAI 第二次动作, 经荧光灯起辉器 S 延时使继电器 KA 线圈通电而动作, 于是 KM 线圈断电, 电焊机即停电, 电路恢复到(未焊接前)原状。

这种硅整流直流电焊机, 与交直流电机组电焊机相比, 具有效率高、省电、体积小、重量轻和造价低等优点; 但空载时, 耗电量较多一些。

## 五、逆变式电焊机

逆变式电焊机又称逆变式弧焊整流器, 是继晶闸管逆变技术、晶体管逆变技术之后推出的场效应管的逆变技术。因其功率因数高, 效率高, 空载电流小, 与老式电焊机相比可节电 30~40% 以上, 节约铜材、硅钢片达 90% 以上,

因此体积小,重量减轻约 1/10。随着大电流 VMOS 管的出现,逆变式弧焊整流器逐渐得到推广,有望取代老式电焊机。单管逆变式弧焊整流器的原理线路如图 13-27 所示。图中 220 伏交流经桥式整流电路 AB 及电容 C 滤波可得到约 300 伏的直流电压, T 为高频变压器, V 为场效应管。当控制电路使场效应管 V 以高频截止和导通时,便把直流电变成了高频(例 50 千赫)的交流方波,经高频变压器 T 传递和降压,并经 VD1、L 整流和滤波后便得到了低压的空载电压输出。当场效应管 V 导通时,负载得到能量,同时 L 储能,当

表 13-6 ZX7 V-MOS 系列逆变式弧焊整流器技术参数

规格型号		125A	250A	315A	400A	
输出	额定焊接电流	安	125	250	315	400
	焊接电流调节范围	安	20~125	40~250	50~315	60~400
	空载电压	伏	50	60	65	65
	工作电压	伏	25	30	32.6	36
	额定暂载率	%	60	60	60	60
	额定输出功率	千瓦	3	7.5	10	14.4
功率因数			$\geq 0.95$	$\geq 0.95$	$\geq 0.95$	$\geq 0.95$
效率		%	90	90	90	90
输入	电源电压	伏	220	380	380	380
	电源相数		单相	三相	三相	三相
	空载电流	安	$< 0.2$	$< 0.2$	$< 0.2$	$< 0.2$
	频率	赫	50	50	50	50
	额定电流	安	15	13	17	22
	额定容量	千瓦	3.5	8.3	11.1	16
重量		千克	10	15	25	30
外形尺寸		毫米	350 × 150 × 200	400 × 160 × 250	450 × 200 × 300	560 × 240 × 355

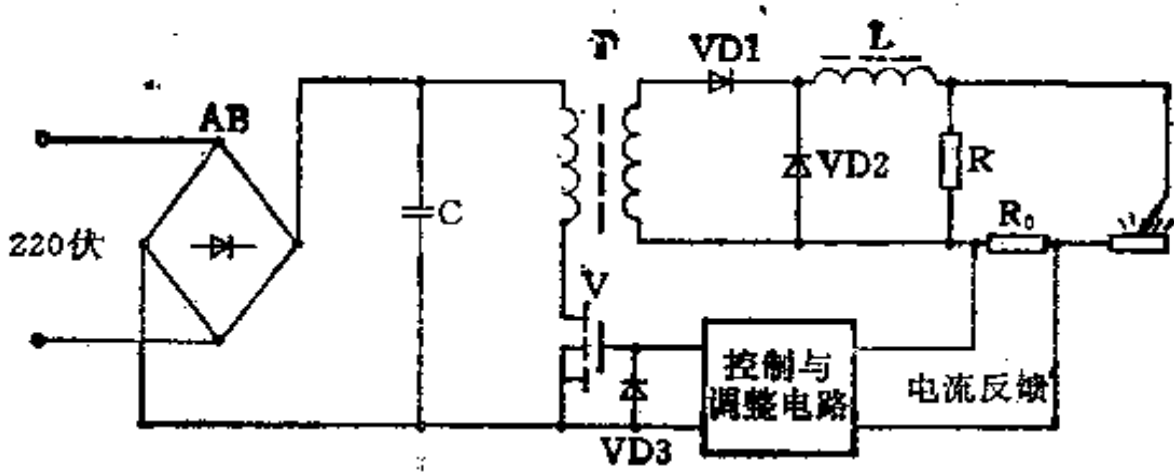


图 13-27 逆变式弧焊整流器原理线路图

V 截止时，L 所储能量通过续流二极管 VD2 释放，负载得到连续的能量供应。R<sub>0</sub> 为电流反馈取样电阻，藉以调整高频脉冲宽度，提高焊接质量，控制电路中一般采用 LM3524 脉宽调制集成块。

ZX7 V-MOS 系列逆变式弧焊整流器技术参数如表 13-6 所示。

## 常用电工材料

## 14-1 电线与电缆

常用电线与电缆分为裸线、电磁线、绝缘电线、电缆和通信电缆等。

## 一、裸 电 线

表 14-1 裸电线的分类、型号、主要用途与使用情况

分类	名 称	型 号	主 要 用 途	使 用 情 况
裸 单 线	硬圆铝单线	LY	半硬线和软线作电线、电缆及电磁线的线芯用；亦供电机、电器及变压器作绕组用。硬线主要作架空线用	可代替TY及TR
	半硬圆铝单线	LYB		
	软圆铝单线	LR		
	硬圆铜单线	TY		一般情况下尽量少用
软圆铜单线	TR			
裸 绞 线	硬铝绞线	LJ	作高、低压架空输电线用	可代替TJ,但线径比它粗,价格低
	钢芯铝绞线	LGJ	用于需要提高拉力强度的架空输电线	机械拉力强度同TJ,可代替TJ
	硬铜绞线	TJ	作高、低压架空输电线用	一般情况下尽量少用

(续表)

分类	名称	型号	主要用途	使用情况
裸 型 线	硬铝扁线 半硬铝扁线 软铝扁线	LBY LBBY LBR	供电机、电器设备作绕组用	以铝代铜, 可代替铜扁线 TBY 1 及 TTBR
	硬铝母线 软铝母线	LMY LMR	用于配电设备及其他电路装置中	以铝代铜, 可代替 LMY 及 TMR
	硬铜扁线 软铜扁线	TBY TBR	供电机电器安装、配电设备及其他电工方面用	严格限制使用
	硬铜母线 软铜母线	TMY TMR	同上	同上
裸 软 接 线	铜电刷线 软铜电刷线 纤维编织镀锡 铜电刷线 纤维编织镀锡 铜软电刷线	TS TSR TSX  TSXR	适用于电机、电器及仪表线路上连接电刷之用	
	铜软绞线	TJR-1 TJR-2	电气装置的接线或接地线	
		TJR-3	电子电器设备或元件用接线	
接 线	镀锡铜软绞线	TJRX-1 TJRX-2 TJRX-3	同 TJR-1 同 TJR-2 同 TJR-3	
	铜编织线	TZ-1 TZ-2 TZ-3	电气装置、开关电器、电炉及蓄电池等接线	
		TZ-4	电子电器设备或元件的接线	
	镀锡铜编织线	TZX-2 TZX-3 TZX-4	同 TZ-2 同 TZ-3 同 TZ-4	

1. 圆铝、铜单线 圆铝单线、铜单线的机械性能、电气性能、规格与质量分别如表 14-2~表 14-5; 表 14-6 为英美线规对照表。

表 14-2 圆铝单线的机械性能

单线直径 毫 米	LY		LYB		LR	
	抗拉强度 不小于	伸长率 不小于	抗拉强度 不小于	伸长率 不小于	抗拉强度 不小于	伸长率 不小于
	牛/毫米 <sup>2</sup>	%	牛/毫米 <sup>2</sup>	%	牛/毫米 <sup>2</sup>	%
0.06~0.20	177	—		1.0		—
0.21~0.50	177	0.5		1.0		8
0.51~1.00	177	1.0		1.5		10
1.01~1.50	167	1.2	93~138	1.5	69~93	12
1.51~2.00	167	1.2		2.0		15
2.01~2.50	167	1.6		2.0		15
2.51~3.50	157	1.5		2.5		18
3.51~6.00	147	2.0		3.0		20

注: 用于制造电机、变压器的软圆铝单线(LR), 其抗拉强度应不小于 73 牛/毫米<sup>2</sup>, 伸长率则按上表规定。

表 14-3 圆铜单线的机械性能

单线直径 毫 米	TY		TR	
	抗拉强度不小于	伸长率不小于	抗拉强度不小于	伸长率不小于
	牛/毫米 <sup>2</sup>	%	牛/毫米 <sup>2</sup>	%
0.70 以下	421~415	—	200	10~25
0.71~1.00	414~412	—	200	25
1.01~2.00	411~400	0.5~0.7	200	25
2.01~3.00	399~390	0.7~1.0	210	25
3.01~4.00	338~379	1.0~1.2	210	30
4.01~5.00	376~363	1.2~1.3	210	30
5.01~6.00	365~357	1.3~1.5	210	30

表 14-4 圆铝单线与铜单线的电气性能

型 号	电阻系数 (20°C 时) (欧·毫米 <sup>2</sup> /米) 25±5干	电阻温度系数 (°C <sup>-1</sup> ) (20°C 时)	密 度 (克/厘米 <sup>3</sup> )	线膨胀 系数 (°C <sup>-1</sup> )
LY	0.029	0.00403	2.703	0.000023
LYB 与 LR	0.0283	0.00407	2.703	0.000023
TY	直径 1.00 毫米以下	0.01796	8.89	0.000017
	直径 1.01~6.00 毫米	0.01777		
TR	0.01241	0.00393	8.89	0.000017

表 14-5 常用圆铝、铜单线规格质量

直径 (毫米)	计算截面 (毫米 <sup>2</sup> )	铝线及铝 合金线计 算质量 千克/千米	铜线计 算质量 千克/千米	直径 (毫米)	计算截面 (毫米 <sup>2</sup> )	铝线及铝 合金线计 算质量 千克/千米	铜线计 算质量 千克/千米
0.50	0.19635	0.53014	1.7456	0.75	0.44179	1.19230	3.9272
0.51	0.20428	0.55156	1.8160	0.76	0.45365	1.22489	4.0329
0.52	0.21237	0.57340	1.8880	0.77	0.46566	1.25730	4.1397
0.53	0.22062	0.59567	1.9613	0.78	0.47784	1.29020	4.2480
0.54	0.22902	0.61836	2.0360	0.79	0.49017	1.32350	4.3576
0.55	0.23758	0.64147	2.1121	0.80	0.50265	1.35720	4.4686
0.56	0.24630	0.66501	2.1896	0.81	0.51530	1.39130	4.5810
0.57	0.25518	0.68897	2.2686	0.82	0.52810	1.42590	4.6943
0.58	0.26421	0.71336	2.3483	0.83	0.54106	1.46090	4.8100
0.59	0.27340	0.73817	2.4305	0.84	0.55418	1.49630	4.9267
0.60	0.28274	0.76341	2.5136	0.85	0.56745	1.53210	5.0446
0.61	0.29225	0.78907	2.5981	0.86	0.58088	1.56840	5.1640
0.62	0.30191	0.81515	2.6840	0.87	0.59447	1.60510	5.2848
0.63	0.31172	0.84165	2.7712	0.88	0.60821	1.64220	5.4070
0.64	0.32170	0.86859	2.8599	0.89	0.62211	1.67970	5.5306
0.65	0.33183	0.89594	2.9500	0.90	0.63617	1.71770	5.6556
0.66	0.34212	0.92372	3.0414	0.91	0.65039	1.75610	5.7820
0.67	0.35257	0.95193	3.1343	0.92	0.66476	1.79490	5.9097
0.68	0.36317	0.98055	3.2286	0.93	0.67929	1.83410	6.0339
0.69	0.37393	1.00960	3.3242	0.94	0.69398	1.87370	6.1695
0.70	0.38483	1.03910	3.4212	0.95	0.70882	1.91380	6.3014
0.71	0.39589	1.06900	3.5197	0.96	0.72382	1.95430	6.4343
0.72	0.40715	1.09930	3.6018	0.97	0.73898	1.99530	6.5695
0.73	0.41854	1.13010	3.7208	0.98	0.75430	2.03660	6.7057
0.74	0.43008	1.16120	3.8234	0.99	0.76977	2.07840	6.8433

(续表)

直径 (毫米)	计算截面 (毫米 <sup>2</sup> )	铝线及铝 合金线计 算质量 (千克/千米)	铜线计 算质量 (千克/千米)	直径 (毫米)	计算截面 (毫米 <sup>2</sup> )	铝线及铝 合金线计 算质量 (千克/千米)	铜线计 算质量 (千克/千米)
1.00	0.78540	2.1206	6.9822	1.24	1.20766	3.2606	10.7356
1.01	0.80118	2.1632	7.1227	1.25	1.22710	3.3194	10.9093
1.02	0.81713	2.2063	7.2640	1.26	1.24690	3.3666	11.0849
1.03	0.83323	2.2497	7.4071	1.27	1.26677	3.4203	11.2619
1.04	0.84949	2.2936	7.5521	1.28	1.28680	3.4744	11.4397
1.05	0.86590	2.3379	7.6979	1.29	1.30693	3.5289	11.6192
1.06	0.88247	2.3827	7.8454	1.30	1.32732	3.5838	11.7997
1.07	0.89920	2.4279	7.9939	1.31	1.34782	3.6391	11.9819
1.08	0.91609	2.4734	8.1441	1.32	1.36848	3.6949	12.1660
1.09	0.93313	2.5195	8.2953	1.33	1.38929	3.7511	12.3509
1.10	0.95033	2.5659	8.4482	1.34	1.41026	3.8077	12.5376
1.11	0.96769	2.6128	8.6029	1.35	1.43139	3.8648	12.7251
1.12	0.98520	2.6601	8.7584	1.36	1.45267	3.9222	12.9145
1.13	1.00288	2.7078	8.9158	1.37	1.47411	3.9801	13.1047
1.14	1.02070	2.7559	9.0740	1.38	1.49571	4.0384	13.2968
1.15	1.03869	2.8045	9.2340	1.39	1.51747	4.0972	13.4906
1.16	1.05683	2.8535	9.3950	1.40	1.53938	4.1563	13.6852
1.17	1.07513	2.9029	9.5576	1.41	1.56145	4.2159	13.8808
1.18	1.09370	2.9527	9.7221	1.42	1.58363	4.2759	14.0791
1.19	1.11240	3.0030	9.8875	1.43	1.60606	4.3364	14.2782
1.20	1.13097	3.0536	10.0546	1.44	1.62860	4.3972	14.4783
1.21	1.14990	3.1047	10.2226	1.45	1.65130	4.4585	14.6801
1.22	1.16899	3.1563	10.3924	1.46	1.67416	4.5202	14.8836
1.23	1.18823	3.2082	10.5631	1.47	1.69717	4.5824	15.0881
				1.48	1.72034	4.6449	15.2935
				1.49	1.74366	4.7079	15.5015



(续表)

直径 (毫米)	计算截面 (毫米 <sup>2</sup> )	铝线及铝 合金线计 算质量 (千克/千米)	铜线计 算质量 (千克/千米)	直径 (毫米)	计算截面 (毫米 <sup>2</sup> )	铝线及铝 合金线计 算质量 (千克/千米)	铜线计 算质量 (千克/千米)
1.50	1.76715	4.7713	15.7095	1.74	2.37787	6.4203	21.1305
1.51	1.79079	4.8351	15.9202	1.75	2.40528	6.4943	21.3881
1.52	1.81458	4.8991	16.1318	1.76	2.43285	6.5687	21.6276
1.53	1.83854	4.9641	16.3443	1.77	2.46057	6.6435	21.8747
1.54	1.86265	5.0292	16.5585	1.78	2.48846	6.7188	22.1227
1.55	1.88692	5.0947	16.7745	1.79	2.51649	6.7945	22.3717
1.56	1.91135	5.1607	16.9915	1.80	2.54469	6.8707	22.6224
1.57	1.93593	5.2270	17.2102	1.81	2.57304	6.9472	22.8740
1.58	1.96067	5.2938	17.4306	1.82	2.60155	7.0242	23.1282
1.59	1.98557	5.3610	17.6520	1.83	2.63022	7.1016	23.3825
1.60	2.01062	5.4287	17.8742	1.84	2.65904	7.1794	23.6385
1.61	2.03983	5.4967	18.0983	1.85	2.68803	7.2577	23.8963
1.62	2.06120	5.5652	18.3241	1.86	2.71716	7.3363	24.1559
1.63	2.08672	5.6341	18.5508	1.87	2.74646	7.4154	24.4164
1.64	2.11214	5.7035	18.7792	1.88	2.77591	7.4950	24.6778
1.65	2.13825	5.7733	19.0086	1.89	2.80552	7.5749	24.9409
1.66	2.16424	5.8435	19.2397	1.90	2.83529	7.6553	25.2058
1.67	2.19040	5.9141	19.4727	1.91	2.86521	7.7361	25.4716
1.68	2.21671	5.9851	19.7065	1.92	2.89529	7.8172	25.7392
1.69	2.24318	6.0566	19.9420	1.93	2.92553	7.8989	26.0077
1.70	2.26980	6.1285	20.1785	1.94	2.95593	7.9810	26.2780
1.71	2.29658	6.2008	20.4168	1.95	2.98648	8.0635	26.5410
1.72	2.32352	6.2735	20.6559	1.96	3.01719	8.1464	26.8229
1.73	2.35062	6.3467	20.8968	1.97	3.04805	8.2297	27.0976
				1.98	3.07908	8.3135	27.3732
				1.99	3.11026	8.3977	27.6497

(续表)

直 径 (毫米)	计算截面 (毫米 <sup>2</sup> )	铝线及铝 合金线计 算质量 (克/千米)	铜 线 计 算 质 量 (克/千米)	直 径 (毫米)	计算截面 (毫米 <sup>2</sup> )	铝线及铝 合金线计 算质量 (克/千米)	铜 线 计 算 质 量 (克/千米)
2.00	3.14159	8.4823	27.9288	2.25	3.97608	10.7354	35.3475
2.01	3.17309	8.5673	28.2089	2.26	4.01150	10.8311	35.6622
2.02	3.20474	8.6528	28.4898	2.27	4.04708	10.9271	35.9787
2.03	3.23655	8.7387	28.7725	2.28	4.08281	11.0236	36.2961
				2.29	4.11871	11.1205	36.6152
2.04	3.26851	8.8250	29.0570				
2.05	3.30064	8.9117	29.3423	2.30	4.15476	11.2179	36.9362
2.06	3.33292	8.9989	29.6295	2.31	4.19096	11.3156	37.2580
2.07	3.36535	9.0865	29.9184	2.32	4.22732	11.4138	37.5807
				2.33	4.26385	11.5124	37.9052
2.08	3.39795	9.1745	30.2073	2.34	4.30053	11.6114	38.2314
2.09	3.43070	9.2629	30.4989				
2.10	3.46361	9.3518	30.7914	2.35	4.33736	11.7109	38.5595
2.11	3.49667	9.4410	31.0857	2.36	4.37433	11.8108	38.8884
				2.37	4.41150	11.9111	39.2182
2.12	3.52989	9.5307	31.3803	2.38	4.44881	12.0118	39.5498
2.13	3.56327	9.6208	31.6777	2.39	4.48627	12.1129	39.8832
2.14	3.59681	9.7114	31.9756				
2.15	3.63050	9.8024	32.2751	2.40	4.52389	12.2145	40.2175
				2.41	4.56167	12.3165	40.5535
2.16	3.66431	9.8938	32.5767	2.42	4.59961	12.4190	40.8904
2.17	3.69836	9.9856	32.8788	2.43	4.63770	12.5218	41.2292
2.18	3.73253	10.0778	33.1819	2.44	4.67595	12.6251	41.5683
2.19	3.76685	10.1705	33.4869				
2.20	3.80131	10.2636	33.7936	2.45	4.71435	12.7288	41.9110
2.21	3.83596	10.3571	34.1020	2.46	4.75292	12.8329	42.2533
2.22	3.87076	10.4511	34.4114	2.47	4.79164	12.9374	42.5973
2.23	3.90571	10.5454	34.7217	2.48	4.83051	13.0424	42.9431
2.24	3.94081	10.6402	35.0337	2.49	4.86955	13.1478	43.2889

(续表)

直径 (毫米)	计算截面 (毫米 <sup>2</sup> )	铝线及铝 合金线计 算质量 (千克/千米)	铜线计 算质量 (千克/千米)	直径 (毫米)	计算截面 (毫米 <sup>2</sup> )	铝线及铝 合金线计 算质量 (千克/千米)	铜线计 算质量 (千克/千米)
2.50	4.90874	13.2536	43.6383	2.75	6.93957	16.0368	52.8030
2.51	4.94809	13.3598	43.9886	2.70	6.98285	16.1537	53.1880
2.52	4.98759	13.4665	44.3398	2.77	6.02625	16.2710	53.5738
2.53	5.02726	13.5736	44.6927	2.78	6.06987	16.3887	53.9614
				2.79	6.11362	16.5069	54.3526
2.54	5.06708	13.6811	45.0465				
2.55	5.10705	13.7890	45.4021	2.80	6.15752	16.6258	54.7402
2.56	5.14719	13.8974	45.7586	2.81	6.20158	16.7448	55.1322
2.57	5.18748	14.0062	46.1169	2.82	6.24580	16.8637	55.5252
				2.83	6.29018	16.9835	55.9199
2.58	5.22792	14.1154	46.4760	2.84	6.33471	17.1037	56.3155
2.59	5.26853	14.2250	46.8370				
2.60	5.30920	14.3351	47.1997	2.85	6.37940	17.2244	56.7129
2.61	5.35021	14.4456	47.6433	2.86	6.42424	17.3455	57.1120
				2.87	6.46925	17.4670	57.5121
2.62	5.39129	14.5565	47.9987	2.88	6.51441	17.5889	57.9130
2.63	5.43252	14.6678	48.2949	2.89	6.55972	17.7112	58.3157
2.64	5.47391	14.7796	48.6630				
2.65	5.51546	14.8917	49.0323	2.90	6.60520	17.8340	58.7209
				2.91	6.65083	17.9572	59.1256
2.66	5.55716	15.0043	49.4035	2.92	6.69662	18.0809	59.5323
2.67	5.59903	15.1174	49.7751	2.93	6.74257	18.2049	59.9417
2.68	5.64104	15.2308	50.1494	2.94	6.78867	18.3294	60.3515
2.69	5.68322	15.3447	50.5236				
				2.95	6.83493	18.4543	60.7623
2.70	5.72555	15.4590	50.9006	2.96	6.88135	18.5797	61.1756
2.71	5.76804	15.5737	51.2784	2.97	6.92792	18.7054	61.5890
2.72	5.81069	15.6889	51.6571	2.98	6.97465	18.8316	62.0051
2.73	5.85349	15.8044	52.0376	2.99	7.02154	18.9582	62.4211
2.74	5.89646	15.9204	52.1799				

(续表)

直径 (毫米)	计算截面 (毫米 <sup>2</sup> )	铝线及铝 合金线计 算质量 千克/千米	铜线计 算质量 千克/千米	直径 (毫米)	计算截面 (毫米 <sup>2</sup> )	铝线及铝 合金线计 算质量 千克/千米	铜线计 算质量 千克/千米
3.00	7.06858	19.0352	62.8399	3.25	8.29577	22.3986	73.7497
3.01	7.11579	19.2126	63.2595	3.26	8.34690	22.5366	74.2039
3.02	7.16315	19.3405	63.6308	3.27	8.39818	22.6751	74.6591
3.03	7.21066	19.4688	64.1031	3.28	8.44963	22.8140	75.1169
3.04	7.25834	19.5975	64.5268	3.29	8.50123	22.9533	75.5757
3.05	7.30617	19.7267	64.9521	3.30	8.55299	23.0931	76.0362
3.06	7.35415	19.8562	65.3783	3.31	8.60490	23.2332	76.4976
3.07	7.40230	19.9862	65.8064	3.32	8.65697	23.3738	76.9607
3.08	7.45060	20.1166	66.2358	3.33	8.70920	23.5148	77.4248
3.09	7.49906	20.2475	66.6670	3.34	8.76159	23.6563	77.8906
3.10	7.54768	20.3787	67.0991	3.35	8.81413	23.7982	78.3573
3.11	7.59645	20.5104	67.5323	3.36	8.86683	23.9404	78.8259
3.12	7.64533	20.6425	67.9676	3.37	8.91969	24.0832	79.2961
3.13	7.69447	20.7751	68.4041	3.38	8.97270	24.2263	79.7673
3.14	7.74371	20.9080	68.8415	3.39	9.02587	24.3699	80.2403
3.15	7.79311	21.0414	69.2807	3.40	9.07920	24.5133	80.7141
3.16	7.84267	21.1752	69.7216	3.41	9.13269	24.6583	81.1897
3.17	7.89239	21.3095	70.1634	3.42	9.18633	24.8031	81.6662
3.18	7.94226	21.4441	70.6070	3.43	9.24013	24.9484	82.1445
3.19	7.99229	21.5792	71.0515	3.44	9.29409	25.0940	82.6245
3.20	8.04243	21.7147	71.4973	3.45	9.34820	25.2401	83.1055
3.21	8.09282	21.8506	71.9450	3.46	9.40247	25.3867	83.5882
3.22	8.14332	21.9870	72.3939	3.47	9.45690	25.5336	84.0718
3.23	8.19393	22.1238	72.8447	3.48	9.51149	25.6810	84.5572
3.24	8.24480	22.2610	73.2963	3.49	9.56623	25.8288	85.0435

(续表)

直径 (毫米)	计算截面 (毫米 <sup>2</sup> )	铝线及铝 合金线计 算质量 千克/千米	铜线计 算质量 千克/千米	直径 (毫米)	计算截面 (毫米 <sup>2</sup> )	铝线及铝 合金线计 算质量 千克/千米	铜线计 算质量 (千克/千米)
3.50	9.62113	25.9771	85.5316	3.75	11.04460	29.8206	98.1901
3.51	9.67613	26.1257	86.0214	3.76	11.10367	29.9799	98.7146
3.52	9.73114	26.2748	86.5121	3.77	11.16274	30.1395	99.2391
3.53	9.78677	26.4243	87.0047	3.78	11.22208	30.2996	99.7635
3.54	9.84230	26.5742	87.4980	3.79	11.28154	30.4602	100.288
3.55	9.89798	26.7246	87.9932	3.80	11.34115	30.6211	100.821
3.56	9.95382	26.8753	88.4893	3.81	11.40092	30.7825	101.355
3.57	10.00982	27.0265	88.9889	3.82	11.46084	30.9443	101.888
3.58	10.06598	27.1782	89.4867	3.83	11.52093	31.1065	102.422
3.59	10.12229	27.3302	89.9846	3.84	11.58117	31.2692	102.955
3.60	10.17876	27.4827	90.4913	3.85	11.64156	31.4322	103.488
3.61	10.23539	27.6356	90.9892	3.86	11.70212	31.5957	104.031
3.62	10.29217	27.7889	91.4959	3.87	11.76283	31.7596	104.573
3.63	10.34911	27.9426	92.0026	3.88	11.82370	31.9240	105.115
3.64	10.40621	28.0968	92.5093	3.89	11.88472	32.0887	105.658
3.65	10.46347	28.2514	93.0161	3.90	11.94591	32.2540	106.200
3.66	10.52088	28.4064	93.5317	3.91	12.00725	32.4196	106.742
3.67	10.57845	28.5618	94.0384	3.92	12.06874	32.5856	107.293
3.68	10.63618	28.7177	94.5540	3.93	12.13040	32.7521	107.836
3.69	10.69406	28.8740	95.0697	3.94	12.19221	32.9190	108.387
3.70	10.75210	29.0307	95.5853	3.95	12.25417	33.0863	108.938
3.71	10.81030	29.1878	96.1009	3.96	12.31630	33.2540	109.489
3.72	10.86865	29.3454	96.6254	3.97	12.37858	33.4222	110.049
3.73	10.92717	29.5034	97.1410	3.98	12.44102	33.5908	110.600
3.74	10.98584	29.6618	97.6655	3.99	12.50362	33.7598	111.161

(续表)

直径 (毫米)	计算截面 (毫米 <sup>2</sup> )	铝线及铝 合金线计 算质量 (千克/千米)	铜线计 算质量 (千克/千米)	直径 (毫米)	计算截面 (毫米 <sup>2</sup> )	铝线及铝 合金线计 算质量 (千克/千米)	铜线计 算质量 (千克/千米)
4.00	12.56637	33.9292	111.712	4.25	14.18625	38.3029	126.114
4.01	12.69223	34.0991	112.272	4.26	14.25369	38.4833	126.709
4.02	12.69235	34.2694	112.832	4.27	14.3209	38.6642	127.305
4.03	12.75557	34.4400	113.401	4.28	14.38724	38.8456	127.900
4.04	12.81895	34.6112	113.961	4.29	14.45455	39.0273	128.496
4.05	12.88249	34.7827	114.521	4.30	14.52201	39.2094	129.101
4.06	12.94619	34.9547	115.090	4.31	14.58963	39.3920	129.705
4.07	13.01004	35.1271	115.659	4.32	14.65741	39.5750	130.461
4.08	13.07403	35.2999	116.228	4.33	14.72535	39.7585	130.903
4.09	13.13822	35.4732	116.797	4.34	14.79345	39.9423	131.510
4.10	13.20254	35.6469	117.366	4.35	14.86170	40.1266	132.123
4.11	13.26702	35.8210	117.944	4.36	14.93010	40.3113	132.728
4.12	13.33166	35.9955	118.521	4.37	14.99867	40.4964	133.341
4.13	13.39646	36.1704	119.099	4.38	15.06739	40.6820	133.946
4.14	13.46141	36.3458	119.668	4.39	15.13627	40.8679	134.559
4.15	13.52652	36.5216	120.240	4.40	15.20531	41.0543	135.172
4.16	13.59179	36.6978	120.833	4.41	15.27450	41.2412	135.786
4.17	13.65721	36.8745	121.411	4.42	15.34385	41.4284	136.408
4.18	13.72279	37.0515	121.997	4.43	15.41336	41.6161	137.022
4.19	13.78851	37.2290	122.575	4.44	15.48303	41.8042	137.644
4.20	13.85440	37.4069	123.162	4.45	15.55285	41.9927	138.266
4.21	13.92044	37.5853	123.749	4.46	15.62283	42.1816	138.888
4.22	13.98665	37.7640	124.344	4.47	15.69296	42.3710	139.511
4.23	14.05305	37.9432	124.931	4.48	15.76326	42.5608	140.133
4.24	14.11957	38.1228	125.527	4.49	15.83371	42.7510	140.764
				4.50	15.90431	42.9416	141.387



表 14-6 英美线规对照表

线规号	相当于线规号的线径 (毫米)		线规号	相当于线规号的线径 (毫米)	
	A. W. G (B. S)	S. W. G		A. W. G (B. S)	S. W. G
0000	11.68	10.16	24	0.5106	0.5588
000	10.40	9.449	25	0.4547	0.5080
00	9.266	8.839	26	0.4049	0.4572
0	8.252	8.230	27	0.3606	0.4166
1	7.348	7.620	28	0.3211	0.3759
2	6.544	7.010	29	0.2859	0.3454
3	5.827	6.401	30	0.2548	0.3353
4	5.189	5.893	31	0.2268	0.2946
5	4.621	5.835	32	0.2019	0.2743
6	4.115	4.877	33	0.1798	0.2540
7	3.665	4.470	34	0.1601	0.2237
8	3.264	4.064	35	0.1426	0.2143
9	2.906	3.658	36	0.1270	0.1930
10	2.588	3.251	37	0.1131	0.1727
11	2.305	2.946	38	0.1007	0.1524
12	2.053	2.642	39	0.08969	0.1321
13	1.828	2.337	40	0.07985	0.1219
14	1.628	2.032	41	0.07112	0.1118
15	1.450	1.829	42	0.06335	0.1016
16	1.291	1.626	43	0.05641	0.09144
17	1.150	1.422	44	0.05024	0.08128
18	1.024	1.219	45	0.04473	0.07112
19	0.9116	1.016	46	0.03984	0.06096
20	0.8118	0.9144	47	0.03547	0.05080
21	0.7229	0.8123	48	0.03159	0.04064
22	0.6439	0.7112	49	0.02813	0.03048
23	0.5733	0.6096	50	0.02505	0.02540

注: S. W. G 是英国标准线规, A. W. G 是美国线规(明布朗·夏普线规)



表 14-7 铝绞线的结构及主要用途



型号	名称	结 构	主 要 用 途
LJ	硬铝绞线		低压及高压架空输电用
LGJ	钢芯铝绞线		需要提高拉力强度的架空输电用

表 14-8 铝绞线和钢芯铝绞线的规格

标称截面 (毫米 <sup>2</sup> )	铝线根数及 单线直径 (毫米)	钢线根数及 单线直径 (毫米)	电线外径 (毫米)	20°C 时 直流电阻 (欧/千米) 不小于	质 量 (千克/千米)	安全载 流 量 (安)
LJ 型硬铝绞线						
16	7×1.70		5.1	1.847	4.35	93
25	7×2.12		6.36	1.188	67.6	120
35	7×2.50		7.5	0.854	94.0	150
50	7×3.00		9.0	0.593	135	190
70	7×3.55		10.65	0.424	190	234
95	19×2.5		12.5	0.317	257	290
95*	7×4.14		12.42	0.311	258	—
120	19×2.80		14.0	0.253	323	330
150	19×3.15		15.75	0.200	409	388
185	19×3.50		17.5	0.162	504	440
240	19×3.98		19.9	0.125	652	—
300	37×3.20		22.4	0.0996	822	—
400	37×3.70		25.90	0.0745	1099	—
500	37×4.14		28.98	0.0595	1376	—
600	61×3.55		31.95	0.0491	1669	—
LGJ 型钢芯铝绞线						
10	6×1.5	1×1.5	4.50	2.774	42.9	—
16	6×1.8	1×1.8	5.4	1.926	61.7	97
25	6×2.2	1×2.2	6.6	1.289	92.2	124
35	6×2.8	1×2.8	8.4	0.796	149	150
50	6×3.2	1×3.2	9.6	0.609	195	195
70	6×3.8	1×3.8	11.4	0.432	275	242
95	28×2.07	7×1.8	13.68	0.315	401	295
95*	7×4.14	7×1.8	13.68	0.312	398	295
120	28×2.30	7×2.0	15.2	0.255	495	335
120*	7×4.6	7×2.0	15.2	0.253	492	335
150	28×2.53	7×2.2	17.0	0.211	598	393
185	28×2.88	7×2.5	19.0	0.163	774	450
240	28×3.22	7×2.8	21.28	0.130	969	540
300	28×3.80	19×2.0	25.2	0.0935	1348	—
400	28×4.17	19×2.2	27.68	0.0778	1626	—

2. 裸绞线 裸绞线的品种、型号、用途及其规格如表 14-7 和表 14-8 所示。

3. 铝、铜扁线及铝母线 铝、铜扁线与铝母线的性能、规格及载流量分别如表 14-9~表 14-16。

表 14-9 铝扁线的机械性能

厚度(a边) (毫米)	抗拉强度(牛/毫米 <sup>2</sup> )			伸长率(%)不小于		
	LBY	LBBY	LBR	LBY	LBBY	LBR
0.80~3.35	127	98	73	1.5	3.0	20
3.36~7.00	127	98	73	2.0	4.0	20
7.01~7.10	127	98	73	2.0	4.0	20

表 14-10 铜扁线(包括铜母线)的机械性能

厚度 a (毫米)	TBR、TDR、TMR		TBY、TDY	TMY
	抗拉强度不大于 (牛/毫米 <sup>2</sup> )	伸长率不小于 (%)	抗拉强度不小于 (牛/毫米 <sup>2</sup> )	布氏硬度 (度)
0.80~1.32	206	30	294	65
1.33~3.35	206	32	264	65
3.36~7.00	206	34	255	65
7.01及以上	206	35	245	65

表 14-11 铝、铜扁线的电气性能

型 号	电阻系数(20°C 时) (欧·毫米 <sup>2</sup> /米)	电阻温度系数 (°C <sup>-1</sup> )
LBR、LBBY	0.0283	0.00410
LBY	0.0290	0.00403
TBY、TMY、TDY	0.01790	0.00385
TBR、TMR、TDR	0.01748	0.00395

表 14-12 铜(铝)扁线的标称

厚度 $a$	$R_{20}$	0.80		0.90		1.00		1.12		1.25
	$R_{40}$		0.95		0.95		1.03		1.18	
圆角半径 $r$		1/2 × $a$								
宽度 $b$		计 算 截								
$R_{20}$	$R_{40}$									
2.00		1.463	1.547	1.626	1.706	1.785	1.905	2.025	2.145	2.285
	2.12	1.559		1.734		1.905		2.160		2.435
2.24		1.655	1.749	1.842	1.934	2.025	2.159	2.294	2.428	2.585
	2.36	1.751		1.950		2.145		2.428		2.735
2.50		1.863	1.970	2.076	2.181	2.285	2.435	2.585	2.735	2.910
	2.65	1.983		2.211		2.435		2.753		3.098
2.80		2.103	2.225	2.346	2.466	2.585	2.753	2.921	3.089	3.285
	3.00	2.263		2.526		2.785		3.145		3.535
3.15		2.383	2.523	2.661	2.799	2.935	3.124	3.313	3.502	3.723
	3.35	2.543		2.811		3.185		3.537		3.973
3.55		2.703	2.863	3.021	3.179	3.335	3.543	3.761	3.974	4.223
	3.75	2.863		3.201		3.535		3.985		4.473
4.00		3.063	3.245	3.426	3.606	3.785	4.025	4.265	4.505	4.785
	4.25	3.263		3.651		4.035		4.545		5.098
4.50		3.463	3.670	3.876	4.081	4.285	4.555	4.825	5.095	5.410
	4.75	3.663		4.101		4.535		5.105		5.723
5.00		3.863	4.095	4.326	4.556	4.785	5.035	5.385	5.685	6.035
	5.30	4.103		4.596		5.035		5.721		6.410
5.60		4.343	4.605	4.866	5.126	5.385	5.721	6.057	6.393	6.785
	6.00	4.663		5.226		5.785		6.505		7.285
6.30		4.905	5.200	5.496	5.791	6.085	6.463	6.841	7.219	7.660
	6.70			5.856		6.485		7.289		8.160
7.10				6.216	6.551	6.885	7.311	7.737	8.163	8.660
	7.50					7.285		8.185		9.160
8.00						7.785	8.265	8.745	9.225	9.785
	8.50							9.305		10.41
9.00								9.865	10.41	11.04
	9.50									11.66
10.00										12.29
	10.60									
11.20										
	11.80									
12.50										
	13.20									
14.00										
	15.00									
16.00										
	17.00									
18.00										
	19.00									

- 说明: 1.  $a \times b = R_{20} \times R_{20}$  优先采用  
 2.  $a \times b = R_{20} \times R_{40}$  或  $= R_{40} \times R_{20}$  补充采用  
 3.  $a \times b = R_{40} \times R_{40}$  不采用  
 4. 计算截面已考虑了圆角













表 14-14 铝母线主要性能

型 号	抗拉强度 (牛/毫米 <sup>2</sup> )	伸长率不小于 (%)	20°C 电阻率 不大于 (欧·毫米 <sup>2</sup> /米)	电阻温度系数 (°C <sup>-1</sup> )
LMY	112	3	0.0290	0.00403
LMR	73.5	20	0.0283	0.00410

表 14-15 铜、铝母线的载流量

母线尺寸 宽×厚 (毫米)	安 全 载 流 量 (安)					
	铜 母 线			铝 母 线		
	一片	二片	三片	一片	二片	三片
25×3	300			235		
30×3	355			270		
30×4	420			320		
40×4	550			420		
40×5	615			475		
50×5	755			585		
50×6	840			650		
60×5	900			710		
60×6	990	1530	1970	765	1190	1510
60×8	1160	1900	2460	900	1460	1920
60×10	1300	2250	2900	1015	1770	2330
80×6	1300	1860	2390	1015	1430	1850
80×8	1490	2300	2970	1160	1800	2310
80×10	1670	2730	3510	1300	2120	2730
100×6	1590	2170	2790	1250	1700	2200
100×8	1830	2690	3460	1430	2100	2680
100×10	2030	3180	4090	1600	2520	3200
120×8	2710	2990	3820	1670	2380	2970
120×10	2330	3610	4580	1820	2820	3610

表 14-16 铜、铝导线载流量的修正系数

周围空气温度 (°C)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
修正系数	1.30	1.31	1.25	1.20	1.13	1.07	1.00	0.93	0.85	0.76	0.66

注: 1. 表14-15中安全载流量根据最高的工作温度为70°C, 周围空气温度为35°C时所规定值, 对不同的实际空气温度则可按表14-6的修正系数乘以表列之值。

2. 表14-15几片母线中间的距离应等于金属母线一片的厚度。

4. 软接线 铜电刷线的型号及规格如表14-17, 裸铜软绞线及铜编织线的规格及技术指标如表14-18~表14-24。

表 14-17 TSR型、TSXR型电刷线规格

标称截 面面积 (毫米 <sup>2</sup> )	计算截 面面积 (毫米 <sup>2</sup> )	股数×根数 ×线径 (毫 米)	计算外径 (毫米)		直流电阻 20°C 不大于 (欧/ 千米)	计算质量 (千克/千米)		伸长 率不 小于 (%)
			TSR	TSXR		TSR	TSXR	
0.16	0.165	7×12×0.05	0.65	--	113.00	1.0		15
0.3	0.302	7×22×0.05	1.0	--	61.60	2.0		
0.5	0.518	12×22×0.05	1.4	--	97.20	5.0		
0.75	0.753	12×32×0.05	1.5	--	25.60	7.3		
1.0	1.012	12×43×0.05	2.0	2.8	19.00	9.8		
1.5	1.53	19×41×0.05	2.4	3.2	12.60	14.8		
2.5	2.50	19×57×0.05	3.0	3.8	7.70	24.1		

## 二、电 磁 线

电磁线是一种具有绝缘层的导电金属电线, 用以绕制线圈(绕组), 故又称为绕组线。各类电磁线的分类和用途如表14-25, 它们的规格列于表14-26~表14-40。

表 14-18 TJR-1 型、TJR-X-1 型裸铜软导线规格

截面面积 (毫米 <sup>2</sup> )		结构组成		计算 外径 (毫米)	直流电阻 20°C (欧/千米) 不大于		计算质量 (千克/千米)
标称	计算	单线 总数	股数×根数/ 单线直径(毫米)		TJR 1	TJR-X-1	
0.05	0.055	7	7/0.10	0.30	380.5	349.8	0.51
0.12	0.124	7	7/0.15	0.45	148.6	135.2	1.14
0.2	0.212	12	12/0.15	0.62	85.8	90.8	1.96
0.3	0.283	16	16/0.15	0.71	64.2	68.0	2.61
0.4	0.277	12	12/0.20	0.83	48.2	51.0	3.49
0.5	0.502	16	16/0.20	0.94	36.1	38.3	4.05
0.75	0.789	19	19/0.23	1.15	23.0	24.4	7.30
1	1.01	19	19/0.30	1.30	18.0	19.0	9.83
1.5	1.58	19	19/0.35	1.60	11.2	12.6	14.13
2	2.04	49	7×7/0.25	2.07	8.94	9.43	18.82
2.5	2.60	49	7×7/0.30	2.35	6.65	7.40	24.05
4	3.94	49	7×7/0.37	2.85	4.61		36.44
6	5.83	49	7×7/0.50	3.53	3.11		54.08
10	10.03	84	12×7/0.39	4.86	1.77		92.71
16	15.84	84	12×7/0.49	6.11	1.35		146.5
25	25.02	133	19×7/0.40	7.35	0.72		221.9
35	35.14	133	19×7/0.58	8.70	0.52		224.9
50	48.30	133	19×7/0.68	10.20	0.38		446.8
70	68.64	180	27×7/0.63	12.53	0.26		334.6
95	94.06	259	37×7/0.68	14.28	0.19		562.7
120	117.67	324	27×12/0.68	17.33	0.15		1088
150	150.94	386	14×19/0.85	18.76	0.12		1396
185	188.95	324	37×12/0.85	21.73	0.099		1700
240	251.95	444	37×12/0.85	24.72	0.072		2330
300	291.10	513	27×19/0.85	28.15	0.062		2601
400	393.92	703	27×19/0.85	34.75	0.046		3633
500	496.30	703	37×19/0.85	38.25	0.036		4607

注: 6 毫米<sup>2</sup> 及以下规格的导线, 允许一次束制成品。

表 14-19 TJR-2型、TJR-2型裸铜绞线规格

标 称	截 面 积 ( $\text{mm}^2$ )		结 构 组 成		计 算 外 径 (毫米)	直 流 电 阻 20°C (欧/千米) 不 大 于		计 算 质 量 (千克/千米)
	计 算	单 线 总 数	股 数 × 根 数/ 单 线 直 径 (毫 米)	TJR-2		TJR-2		
6	5.94	139	7×27/0.20	3.63	3.03	3.24	54.9	
10	10.12	322	7×45/0.20	4.89	1.80	1.91	93.5	
16	15.13	483	7×3×23/0.20	7.75	1.29	1.27	140.3	
25	25.29	805	7×5×23/0.20	9.72	0.72	0.75	233.8	
35	36.95	1176	7×4×42/0.20	11.59	0.49	0.52	341.6	
50	46.19	1470	7×5×42/0.20	12.96	0.33	0.41	427.0	

表 14-20 TJR-3 型、TJR-3 型 漆包线规格

截面面积 (毫米 <sup>2</sup> )		结构组成		计算 外径 (毫米)	直流电阻 20°C (欧/千米) 不大于		计算质量 (千克/ 千米)
标称	计算	单线 总数	股数×根数/ 单线直径(毫米)		TJR-3	TJR-3	
0.012	0.014	7	7/0.05	0.15	1298.6	1374.4	0.127
0.03	0.027	7	7/0.07	0.21	673.3	712.6	0.248
0.06	0.058	15	15/0.07	0.33	313.4	331.7	0.534
0.12	0.12	30	30/0.07	0.45	151.5	160.3	1.07
0.2	0.22	56	56/0.07	0.61	82.6	87.4	1.99
0.3	0.33	77	7×11/0.07	0.87	60.6	64.1	2.74
0.4	0.40	105	7×15/0.07	0.99	45.5	48.2	3.73
0.5	0.51	133	7×19/0.07	1.05	35.6	37.7	4.73
0.75	0.75	196	7×28/0.07	1.35	24.2	25.6	6.97
1	1.00	259	7×37/0.07	1.47	18.2	19.3	9.21
1.5	1.35	371	7×50/0.07	1.77	13.5	14.3	12.45
2.5	2.43	630	7×3×30/0.07	2.90	7.48	7.92	22.41
4	4.04	1050	7×5×30/0.07	3.64	4.50	4.76	37.35
6	5.66	1470	7×7×30/0.07	4.04	3.21	3.40	52.23
10	9.45	1204	7×4×43/0.10	5.79	1.92	2.03	87.40
16	16.20	2062	7×4×43/0.10	8.02	1.12	1.19	149.8
25	24.73	3110	7×3×3×50/0.10	11.71	0.74	0.78	228.7
35	32.97	4200	7×4×3×50/0.10	13.12	0.55	0.58	304.9
50	49.46	6300	14×3×3×50/0.10	27.20	0.37	0.39	457.3
70	74.21	4200	12×7×50/0.15	15.73	0.24	0.25	685.8
95	95.42	5100	27×4×50/0.15	18.75	0.19	0.20	881.7
120	117.51	6650	27×7×50/0.15	28.98	0.15	0.16	1086
150	148.13	8100	27×6×50/0.15	28.36	0.13	0.14	1323
185	173.17	9800	14×14×50/0.15	24.59	0.10	0.11	1600
240	228.83	12950	37×7×50/0.15	26.50	0.079	0.084	2131
300	296.92	9450	27×7×50/0.20	31.07	0.061	0.065	2745

表 14-21 TZ-1 型铜编织线规格

截面面积 (毫米 <sup>2</sup> )		结构组成 股数×根数×套数/ 单线直径 (毫米)	宽 度 (毫米) 不大于	厚 度 (毫米) 不大于	直流电阻 (20°C) (欧/千米) 不大于	计算质量  千克/千米)
标称	计 算					
16	16.59	24×22×1/0.20	16	3.0	1.32	166
25	24.88	24×33×1/0.20	18	3.5	0.88	249
35	33.13	24×44×1/0.20	20	4.0	0.66	331
50	49.77	24×33×2/0.20	22	5.0	0.44	498
70	66.36	24×44×2/0.20	24	6.5	0.33	664
95	90.47	24×40×3/0.20	26	—	0.24	905
120	120.65	24×40×4/0.20	22	—	0.18	1207
150	150.82	24×40×5/0.20	24	—	0.14	1508
185	180.98	24×40×6/0.20	26	—	0.12	1810
240	241.31	24×40×8/0.20	30	—	0.091	2413
300	301.63	24×40×10/0.20	35	—	0.072	3016
400	400.35	24×40×10/0.20 +36×44×2/0.20	40	—	0.055	4004
500	500.71	24×40×10/0.20 +48×44×3/0.20	45	—	0.044	5007
630	633.43	24×40×10/0.20 +48×44×5/0.20	50	—	0.034	6334
800	766.15	24×40×10/0.20 +48×44×7/0.20	55	—	0.029	7661

表 14-22 TZ-2型、TZX-2型铜编织线规格

截面面积 (毫米 <sup>2</sup> )		结构组成 股数×根数×套数/ 单线直径(毫米)	宽度 (毫米) 不大于	厚度 (毫米) 不大于	直流电阻(20°C) (欧/千米)不大于		计算质量 (千克/千米)
标称	计算				TZ-2	TZX-2	
4	3.39	48×4×1/0.15	9	1.0	6.45	6.83	34
6	5.03	48×6×1/0.15	12	1.2	4.29	4.54	51
10	10.14	48×12×1/0.15	20	1.4	2.15	2.23	102
16	16.96	48×20×1/0.15	22	2.0	1.29	1.37	170
25	25.44	48×15×2/0.15	22	3.0	0.86	0.91	254
35	33.93	48×20×2/0.15	26	3.2	0.64	0.68	340
50	50.89	48×20×3/0.15	28	4.8	0.43	0.46	509
70	71.25	48×28×3/0.15	36	5.0	0.31	0.33	713
95	95.00	48×28×4/0.15	40	6.0	0.23	0.24	950
120	118.74	48×28×5/0.15	42	7.0	0.18	0.19	1187

表 14-23 TZ-3型、TZX-3型铜编织线规格

截面面积 (毫米 <sup>2</sup> )		结构组成 股数×根数×套数/ 单线直径(毫米)	宽度 (毫米) 不大于	厚度 (毫米) 不大于	直流电阻(20°C) (欧/千米)不大于		计算质量 (千克/千米)
标称	计算				TZ-3	TZX-3	
4	3.96	36×14×1/0.10	8	1.0	5.52	5.84	40
6	5.93	36×21×1/0.10	10	1.2	3.68	3.89	59
10	10.17	36×36×1/0.10	14	2.0	2.15	2.28	102
16	15.83	36×56×1/0.10	16	2.5	1.38	1.46	158
25	23.74	36×42×2/0.10	18	3.5	0.92	0.97	237
35	35.61	36×42×3/0.10	20	4.5	0.61	0.65	356

表 14-24 TZ-4型、TZX-4型铜编织线规格

截面面积 (毫米 <sup>2</sup> )		结构组成 股数×根数/ 单线直径(毫米)	计算外径 (毫米) 不大于	直流电阻(20°C) (欧/千米)不大于		计算质量 (千克/千米)
标称	计算			TZ-4	TZX-4	
0.03	0.047	8×3/0.05	0.50	464.9	492.0	0.47
0.06	0.083	8×4/0.05	0.55	346.8	357.0	0.63
0.12	0.092	8×3/0.07	0.65	237.5	251.4	0.92
0.2	0.133	16×3/0.07	0.95	118.1	125.0	1.85
0.3	0.303	16×5/0.07	1.30	70.94	75.10	3.08

注: TZ-4、TZX-4铜编织线的中心有一根天然丝线。

表 14-25 电磁线的分类及用途

种 类	型 号	名 称	耐温等级 (°C)	交流电机		交流电动机		直流电动机	变压器*		仪表 电信 设备 用线	电力 系统 用线
				大 中 小 型 用 途	大 中 小 型	通 用 中 大 型	通 用 中 小 型		耐 重 起 吊 用	耐 爆 炸 用		
普通漆包线	Q	油性漆包线	A(105)									
	QA	聚氨酯漆包线	B(120)								●	●
	QQ	缩醛漆包线	E(120)	●		●					●	●
	QH	环氧漆包线	E(120)								●	●
	QZ	聚酯漆包线	B(130)									●
	QZY	聚酯亚胺漆包线	F(155)									●
耐高温包线	QXY	聚酰胺亚胺漆包线	200	●								
	QY	聚酰胺漆包线	220									
	QZY/QXY	聚酰胺-聚酰胺亚胺复层漆包线	F(155)	●								
特种漆包线	QAN	自粘直焊漆包线	E(120)								●	
	QQN, QHN, QZN, QF	自粘性漆包线 耐致冷剂漆包线	E(120), B(130) A(105)								●	
绕包线	Z, ZL	纸包圆线(铜及铝)	A(105)									●
	SBEG, SBEG	双玻璃丝包线, 硅有机漆	B(130), H(180)									●
	QASRHC,	双玻璃丝包线	E(120), F(155), H(180)									●
	QZYSEBF	玻璃丝包漆包线	A(105)									●
	QYSBEG	玻璃丝包漆包线	A(105)									●
	SE	丝包漆包线	220									●
SQ, SQZ, SEQZ	聚酯亚胺薄膜绕包线	E(120)										●
Y, YB	聚酰亚胺薄层绕包线											●
MZSEBN	玻璃丝包聚酰亚胺漆包线											●

注: (1) 表列的各种电气设备及电机下面有“●”者为可供选用的电磁线。

(2) “\*”包括互感器、调压器、电抗器等。



表14-26 常用漆包圆铜(铝)线直流电阻表

导线直径 (毫米)	计算截面面积 (毫米 <sup>2</sup> )	直流电阻 20°C 不大于 (欧/米)	
		铜	铝
0.020	0.0003142	68.69	
0.025	0.0004909	42.07	
0.030	0.0007068	30.53	
0.040	0.0012566	18.28	
0.050	0.0019635	10.08	
0.060	0.0028274	6.851	11.09
0.070	0.0038485	4.958	8.027
0.080	0.0050265	3.754	6.077
0.090	0.0063617	2.940	4.760
0.100	0.0078540	2.365	3.880
0.110	0.0095033	2.019	3.268
0.120	0.0113097	1.683	2.724
0.130	0.0132732	1.424	2.306
0.140	0.0153938	1.221	1.977
0.150	0.0176715	1.059	1.714
0.160	0.020106	0.9264	1.500
0.170	0.022698	0.8175	1.332
0.180	0.025447	0.7267	1.177
0.190	0.028353	0.6503	1.053
0.200	0.031416	0.5853	0.9476
0.210	0.034636	0.5296	0.8038
0.230	0.041548	0.4396	0.7117
0.250	0.049087	0.3708	0.6003
(0.270)	0.057256	0.3282	0.5330
0.280	0.061575	0.3052	0.4943
(0.29)	0.066052	0.2839	0.4596
0.31	0.075477	0.2473	0.4004
0.33	0.085530	0.2173	0.3519
0.35	0.096211	0.1925	0.3119
0.33	0.113412	0.1626	0.2682
0.40	0.12566	0.1463	0.2369
0.42	0.13854	0.1324	0.2144
0.45	0.15904	0.1150	0.1861
0.47	0.17349	0.1052	0.1703
0.50	0.19635	0.09269	0.1501

(续表)

导线直径 (毫米)	计算截面面积 (毫米 <sup>2</sup> )	直流电阻 20°C 不大于 (欧/米)	
		铜	铝
0.53	0.22062	0.08231	0.1333
0.56	0.24630	0.07357	0.1191
0.60	0.28274	0.06394	0.1035
0.63	0.31172	0.05790	0.09374
0.67	0.35257	0.05109	0.08272
(0.69)	0.37393	0.04813	0.07793
0.71	0.39592	0.04608	0.07460
0.75	0.44179	0.04120	0.06670
(0.77)	0.46566	0.03904	0.06321
0.80	0.50265	0.03612	0.05847
(0.83)	0.54106	0.03351	0.05425
0.85	0.56745	0.03192	0.05168
0.90	0.63617	0.02842	0.04601
(0.93)	0.67927	0.02658	0.04304
0.95	0.70882	0.02546	0.04122
1.00	0.78540	0.02294	0.03714
1.06	0.88247	0.02058	0.03331
1.12	0.98520	0.01839	0.02978
1.18	1.09359	0.01654	0.02678
1.25	1.22719	0.01471	0.02382
1.30	1.32732	0.01358	0.02199
(1.35)	1.43139	0.01282	0.02037
1.40	1.53938	0.01169	0.01892
(1.45)	1.65130	0.01088	0.01762
1.50	1.76715	0.01016	0.01645
(1.56)	1.91135	0.009384	0.01519
1.60	2.01062	0.008915	0.01443
1.70	2.26980	0.007933	0.01284
1.80	2.54469	0.007064	0.01144
1.90	2.83529	0.006331	0.01025
2.00	3.14159	0.005706	0.009238
2.12	3.52989	0.005095	0.008249
2.24	3.94081	0.004557	0.007378
2.36	4.37435	0.004100	0.006637
2.50	4.90874	0.003648	0.005906

表 14-27 常用漆包圆铜(铝)线规格

铜、铝导体外径(毫米)			薄 绝 缘		厚 绝 缘	
最 小	标 称	最 大	漆层最小 厚度 ( $D-d$ ) (毫米)	漆包线最 大外径 $D$ (毫米)	漆层最小 厚度 ( $D-d$ ) (毫米)	漆包线最 大外径 $D$ (毫米)
0.013	0.015	0.017	0.002	0.025		
0.018	0.020	0.022	0.003	0.035		
0.023	0.025	0.027	0.004	0.040		
0.027	0.030	0.033	0.004	0.045		
0.037	0.040	0.043	0.004	0.055		
0.047	0.050	0.053	0.005	0.065		
0.057	0.060	0.063	0.008	0.080	0.009	0.090
0.067	0.070	0.073	0.008	0.090	0.009	0.100
0.077	0.080	0.083	0.008	0.100	0.010	0.110
0.087	0.090	0.093	0.008	0.110	0.010	0.120
0.095	0.100	0.105	0.010	0.125	0.013	0.130
0.105	0.110	0.115	0.010	0.135	0.013	0.140
0.115	0.120	0.125	0.010	0.145	0.013	0.150
0.125	0.130	0.135	0.010	0.155	0.013	0.160
0.135	0.140	0.145	0.012	0.165	0.016	0.170
0.145	0.150	0.155	0.012	0.180	0.016	0.190
0.155	0.160	0.165	0.012	0.190	0.016	0.200
0.165	0.170	0.175	0.012	0.200	0.016	0.210
0.175	0.180	0.185	0.015	0.210	0.020	0.220
0.185	0.190	0.195	0.015	0.220	0.020	0.230

(续表)

铜、铝导体外径(毫米)			薄 绝 缘		厚 绝 缘	
最 小	标 称	最 大	漆层最小厚度 ( $D-d$ ) (毫米)	漆包线最大外径 $D$ (毫米)	漆层最小厚度 ( $D-d$ ) (毫米)	漆包线最大外径 $D$ (毫米)
0.195	0.200	0.205	0.015	0.230	0.020	0.240
0.205	0.210	0.215	0.015	0.240	0.020	0.250
0.225	0.230	0.235	0.020	0.265	0.025	0.280
0.245	0.250	0.255	0.020	0.290	0.025	0.300
0.260	(0.270)	0.280	0.020	0.310	0.025	0.320
0.270	0.280	0.290	0.020	0.320	0.025	0.330
0.280	(0.290)	0.300	0.020	0.330	0.025	0.340
0.300	0.310	0.320	0.020	0.350	0.025	0.360
0.320	0.330	0.340	0.020	0.37	0.03	0.39
0.340	0.350	0.360	0.020	0.39	0.03	0.41
0.370	0.380	0.390	0.020	0.42	0.03	0.44
0.390	0.400	0.410	0.020	0.44	0.03	0.46
0.410	0.420	0.430	0.020	0.46	0.03	0.48
0.440	0.450	0.460	0.020	0.49	0.03	0.51
0.460	0.470	0.480	0.020	0.51	0.03	0.53
0.490	0.500	0.510	0.020	0.54	0.03	0.56
0.520	0.530	0.540	0.025	0.58	0.04	0.60
0.550	0.560	0.570	0.025	0.61	0.04	0.63
0.590	0.600	0.610	0.025	0.65	0.04	0.67
0.620	0.630	0.640	0.025	0.68	0.04	0.70

(续表)

铜、铝导体外径(毫米)			薄 绝 缘		厚 绝 缘	
最 小	标 称	最 大	漆层最小 厚度 ( $D-d$ ) (毫米)	漆包线最 大外径 $D$ (毫米)	漆层最小 厚度 ( $D-d$ ) (毫米)	漆包线最 大外径 $D$ (毫米)
0.660	0.670	0.680	0.025	0.72	0.04	0.75
0.680	(0.690)	0.700	0.025	0.74	0.04	0.77
0.695	0.710	0.725	0.025	0.76	0.04	0.79
0.735	0.750	0.765	0.030	0.81	0.05	0.84
0.755	(0.770)	0.785	0.030	0.83	0.05	0.86
0.785	0.800	0.815	0.03	0.86	0.05	0.89
0.815	(0.830)	0.845	0.03	0.89	0.05	0.92
0.835	0.850	0.865	0.03	0.91	0.05	0.94
0.885	0.900	0.915	0.03	0.96	0.05	0.99
0.915	(0.930)	0.945	0.03	0.99	0.05	1.02
0.935	0.950	0.965	0.03	1.01	0.05	1.04
0.985	1.00	1.015	0.04	1.07	0.06	1.11
1.04	1.06	1.08	0.04	1.14	0.06	1.17
1.10	1.12	1.14	0.04	1.20	0.06	1.23
1.16	1.18	1.20	0.04	1.26	0.06	1.29
1.23	1.25	1.27	0.04	1.33	0.06	1.36
1.28	1.30	1.32	0.04	1.38	0.06	1.41

(续表)

铜、铝导体外径(毫米)			薄 绝 缘		厚 绝 缘	
最 小	标 称	最 大	漆层最小 厚度 ( $D-d$ ) (毫米)	漆包线最 大外径 $D$ (毫米)	漆层最小 厚度 ( $D-d$ ) (毫米)	漆包线最 大外径 $D$ (毫米)
1.33	(1.35)	1.37	0.04	1.43	0.06	1.46
1.38	1.40	1.42	0.04	1.48	0.06	1.51
1.43	(1.45)	1.47	0.04	1.53	0.06	1.56
1.48	1.50	1.52	0.04	1.58	0.06	1.61
1.54	(1.56)	1.58	0.04	1.64	0.06	1.67
1.58	1.60	1.62	0.05	1.69	0.07	1.72
1.675	1.70	1.725	0.05	1.79	0.07	1.82
1.775	1.80	1.825	0.05	1.89	0.07	1.92
1.875	1.90	1.925	0.05	1.99	0.07	2.02
1.975	2.00	2.025	0.05	2.09	0.07	2.12
2.090	2.12	2.150	0.05	2.21	0.07	2.24
2.21	2.24	2.27	0.05	2.33	0.07	2.36
2.33	2.36	2.39	0.05	2.45	0.07	2.48
2.47	2.50	2.53	0.05	2.59	0.07	2.62

注: 1. QA 规格为 0.015~1.00 毫米; QQ、QZ 及 QY 规格为 0.02~2.5 毫米; QZL 规格为 0.06~2.5 毫米。

2. 产品型号如 QZ-1 中的 1-表示薄绝缘结构; QZ-2 中的 2-表示厚绝缘结构, 它们绝缘的厚度分别列于表内。

3. 括号内规格为不推荐的保留规格。

表 14-28 聚脂亚胺-聚酰胺酰亚胺复合漆包圆铜线(QZY/QXY)规格

标称直径 (毫米)	漆层最小厚度 $D-d$ (毫米)	漆包线 最大外径 (毫米)	参考质量 (千克/千米)
0.60	0.04	0.67	2.589
0.63		0.70	2.822
0.67		0.75	3.219
(0.69)		0.77	3.410
0.71	0.04	0.79	3.616
0.75	0.05	0.84	4.114
(0.77)	0.05	0.86	4.250
0.80	0.05	0.89	4.610
(0.83)	0.05	0.92	4.920
0.85		0.94	5.235
0.90		0.99	5.936
(0.93)		1.02	6.160
0.95	0.05	1.04	6.764
1.00	0.06	1.11	7.240
1.06	0.06	1.17	8.505
1.12	0.06	1.23	8.910
1.18	0.06	1.29	9.890

(续表)

标称直径 (毫米)	漆层最小厚度 $D-d$ (毫米)	漆包线 最大外径 (毫米)	参考质量 (千克/千米)
1.25	0.06	1.36	11.20
1.30		1.41	12.10
(1.35)		1.46	13.00
1.40		1.51	14.00
(1.45)	0.06	1.56	15.00
1.50	0.06	1.61	16.10
(1.56)	0.06	1.67	17.35
1.60	0.07	1.72	18.12
1.70	0.07	1.82	20.46
1.80		1.92	22.91
1.90		2.02	25.50
2.00		2.12	28.21
2.12	0.07	2.24	31.52
2.24		2.36	36.13
2.36		2.48	41.35
2.50		2.62	44.63

注：生产厂为上海电磁线一厂。



表14-29 常用漆包

$b$ (毫米)				2.00	2.12	2.24	2.36	2.50	2.65	
$B$ (毫米)				2.16	2.28	2.40	2.52	2.66	2.81	
最小漆膜厚度(毫米)										
$a$ (毫米)	$A$ (毫米)	$r$ (毫米)	最小漆膜厚度 (毫米)	标 称 截						
0.80	0.94	$\frac{1}{8}a$	0.06	1.463	1.559	1.655	1.751	1.863	1.983	
0.85	0.99			1.545	—	1.749	—	1.970	—	
0.90	1.04			1.626	1.734	1.842	1.950	2.076	2.211	
0.95	1.09			1.706	—	1.934	—	2.181	—	
1.00	1.14			1.785	1.905	2.025	2.145	2.285	2.435	
1.06	1.20			0.5*	1.905	—	2.160	—	2.435	—
1.12	1.26	2.025			2.160	2.294	2.429	2.585	2.753	
1.18	1.32	2.145			—	2.429	—	2.736	—	
1.25	1.40	2.285			2.435	2.585	2.735	2.910	3.098	
1.32	1.47	2.425			—	2.742	—	3.085	—	
1.40	1.55	2.585			2.753	2.921	3.089	3.285	3.495	
1.50	1.65	0.65**			3.145	—	3.561	—	3.635	—
1.60	1.75				3.369	3.561	3.785	4.025	—	—
1.70	1.85			3.887	—	—	—	—	—	
1.80	1.95			4.137	4.407	—	—	—	—	
1.90	2.05			0.80	—	—	—	—	—	—
2.00	2.16				—	—	—	—	—	—
2.12	2.28				—	—	—	—	—	—
2.24	2.40		—		—	—	—	—	—	
2.36	2.52		—		—	—	—	—	—	
2.50	2.66		—		—	—	—	—	—	
2.65	2.81	1.00	—	—	—	—	—	—		
2.80	2.96		—	—	—	—	—	—		
3.00	3.17		—	—	—	—	—	—		
3.15	3.32		—	—	—	—	—	—		
3.35	3.52		—	—	—	—	—	—		
3.55	3.72		—	—	—	—	—	—		
3.75	—	1.00	—	—	—	—	—	—		
4.00	—		—	—	—	—	—	—		
4.25	—		—	—	—	—	—	—		
4.50	—		—	—	—	—	—	—		
4.75	—		—	—	—	—	—	—		
5.00	—		—	—	—	—	—	—		
5.30	—	—	—	—	—	—	—			

注: 1. QZB:  $0.90 \leq a \leq 4$   $2.50 \leq b \leq 10$   
 QZLB:  $1.00 \leq a \leq 4$   $2.80 \leq b \leq 10$   
 QZY/QXY:  $0.90 \leq a \leq 3$   $2.50 \leq b \leq 10$

2.  $\frac{b}{a} > 6.5:1$  按供、需双方协议订货。  
 $\frac{b}{a} < 1.4:1$  不推荐, 按正常手续订货。

## 扁铜(铝)线规格

2.80	3.00	3.15	3.35	3.55	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75
2.96	3.17	3.32	3.52	3.72	3.92	4.17	4.42	4.67	4.93

0.06

面 面 积 (毫 米<sup>2</sup>)

2.103	2.263	2.333	2.543	2.703	2.863	3.063	3.263	3.463	3.663
2.225	—	2.522	—	2.862	—	3.245	—	3.670	—
2.346	2.526	2.661	2.841	3.021	3.201	3.420	3.651	3.876	4.101
2.466	—	2.799	—	3.179	—	3.606	—	4.081	—
2.585	2.785	2.935	3.135	3.335	3.535	3.785	4.035	4.285	4.535
2.753	—	3.124	—	3.548	—	4.025	—	4.555	—
2.921	3.145	3.313	3.537	3.761	3.985	4.265	4.545	4.825	5.105
3.089	—	3.502	—	3.974	—	4.505	—	5.095	—
3.235	3.535	3.723	3.973	4.223	4.473	4.785	5.098	5.410	5.723
3.481	—	3.943	—	4.471	—	5.065	—	5.725	—
3.705	3.985	4.195	4.475	4.755	5.035	5.385	5.735	6.085	6.435
3.985	—	4.510	—	5.110	—	5.785	—	6.535	—
4.265	4.585	4.825	5.145	5.465	5.785	6.185	6.585	6.985	7.385
4.397	—	4.992	—	5.672	—	6.437	—	7.287	—
4.677	5.038	5.307	5.667	6.027	6.387	6.837	7.287	7.737	8.183
4.957	—	5.622	—	6.382	—	7.237	—	8.187	—
5.237	5.638	5.937	6.337	6.737	7.137	7.637	8.137	8.637	9.137
		6.315	—	7.163	—	8.117	—	9.177	—
		6.693	7.141	7.589	8.037	8.597	9.157	9.717	10.28
				7.829	—	8.891	—	10.07	—
				8.326	8.826	9.451	10.08	10.70	11.33
						10.05	—	11.38	—
						10.65	11.35	12.05	12.75
								12.95	—
								13.63	14.41

3.  $a \times b$ :  $R_{20} \times R_{20}$  优先采用;  $R_{20} \times R_{40}$  或  $R_{40} \times R_{20}$  尽量少用;  $R_{40} \times R_{40}$  不使用。
4. 当  $b$  大于 4.75 毫米时。
5.  $a$ ——裸线厚度,  $A$ ——带绝缘厚度,  $b$ ——裸线宽度,  $B$ ——带绝缘宽度。
6. 经双方协议: \* 可以按  $\frac{1}{3}a$  生产; \*\* 可以按 0.80 毫米生产。



(续表)

7.10	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00	10.60	11.20	11.80	12.50
7.30	7.70	8.20	8.70	9.20	9.70	10.23	10.83	11.43	12.03	12.73

0.07

面 面 积 (毫 米<sup>2</sup>)

6.216										
6.551										
6.885	7.285	7.785								
7.311	—	8.265								
7.737	8.185	8.745	9.305	9.865						
8.163	—	9.225	—	10.41						
8.660	9.160	9.78	10.41	11.04	11.66	12.29				
9.157	—	10.35	—	11.67	—	12.99				
9.725	10.29	10.99	11.69	12.39	13.09	13.79	14.63	15.47		
10.44	—	11.79	—	13.29	—	14.79	—	16.59		
11.15	11.79	12.59	13.39	14.19	14.99	15.79	16.75	17.71	18.67	19.79
11.71	—	13.24	—	14.94	—	16.64	—	18.68	—	20.89
12.42	13.14	14.04	14.94	15.84	16.74	17.64	18.72	19.80	20.88	22.14
13.13	—	14.84	—	16.74	—	18.64	—	20.92	—	23.39
13.84	14.64	15.64	16.64	17.64	18.64	19.64	20.84	22.04	23.24	24.64
14.69	—	16.60	—	18.72	—	20.84	—	23.38	—	26.14
15.54	16.44	17.56	18.68	19.80	20.92	22.04	23.38	24.73	26.07	27.64
16.21	—	18.53	—	20.69	—	23.05	—	25.88	—	28.95
17.20	18.20	19.45	20.70	21.95	23.20	24.45	25.95	27.45	28.95	30.70
18.27	—	20.65	—	23.30	—	25.90	—	29.13	—	32.58
19.33	20.45	21.85	23.25	24.65	26.05	27.45	29.13	30.81	32.49	34.45
20.75	—	23.45	—	26.45	—	29.45	—	33.05	—	36.95
21.82	23.08	24.65	26.28	27.80	29.38	30.95	32.84	34.73	36.62	38.83
23.24	—	26.25	—	29.60	—	32.95	—	36.97	—	41.33
24.66	26.08	27.85	29.63	31.40	33.18	34.95	37.08	39.21	41.34	43.83
25.77	—	29.14	—	32.89	—	36.64	—	41.14	—	46.02
27.54	29.14	31.14	33.14	35.14	37.14	39.14	41.54	49.34	46.34	49.14
29.31	—	33.14	—	37.39	—	41.64	—	46.74	—	52.27
31.09	32.89	35.14	37.39	39.64	41.89	44.14	46.84	49.54	52.24	55.39
32.87	—	37.14	—	41.89	—	46.64	—	52.34	—	58.52
34.64	36.64	39.14	41.64	44.14	46.64	49.14	52.14	55.14	58.14	61.64
		41.54	—	46.84	—	52.14	—	58.50	—	65.39
		43.94	46.74	49.54	52.34	55.14	58.50	61.86	65.22	69.14



表 14-30 聚酰亚胺、聚酰胺酰亚胺漆包扁铜线规格

扁铜线尺寸 $a \times b$ (毫米)	漆层最小厚度 (毫米)	漆包扁线最大尺寸 $A \times B$ (毫米)	计算质量 (千克/千米)
0.90×2.10	0.03	1.00×2.23	15.13
0.90×2.26	0.03	1.00×2.39	16.48
0.90×2.44	0.03	1.00×2.57	17.94
0.90×2.63	0.03	1.00×2.76	19.48
0.90×2.83	0.03	1.00×2.93	21.10
0.90×3.05	0.03	1.00×3.19	22.89
0.90×3.28	0.03	1.00×3.42	24.75
0.90×3.52	0.03	1.00×3.67	26.78
0.90×3.80	0.03	1.00×3.94	28.97
0.90×4.10	0.03	1.00×4.24	31.40
0.90×4.40	0.03	1.00×4.54	33.84
0.90×4.70	0.03	1.00×4.86	36.27
0.90×5.10	0.03	1.00×5.26	40.40
0.90×5.50	0.03	1.00×5.66	42.76
0.90×5.90	0.03	1.00×6.06	46.00
0.90×6.40	0.03	1.00×6.56	50.06
0.90×6.90	0.03	1.00×7.06	54.11
0.90×7.40	0.03	1.00×7.56	58.17
0.90×8.00	0.03	1.00×8.16	63.09
0.90×8.60	0.03	1.00×8.76	67.90
0.90×9.30	0.03	1.00×9.46	73.58
0.90×10.0	0.03	1.00×10.18	79.26
1.00×2.10	0.04	1.10×2.23	17.06
1.00×2.26	0.04	1.10×2.39	18.50
1.00×2.44	0.04	1.10×2.57	20.12
1.00×2.63	0.04	1.10×2.76	21.83
1.00×2.83	0.04	1.10×2.96	23.63
1.00×3.05	0.04	1.10×3.19	25.61
1.00×3.28	0.04	1.10×3.42	27.63
1.00×3.53	0.04	1.10×3.67	29.93
1.00×3.80	0.04	1.10×3.94	32.36
1.00×4.10	0.04	1.10×4.24	35.06
1.00×4.40	0.04	1.10×4.54	37.76
1.00×4.70	0.04	1.10×4.86	40.46
1.00×5.10	0.04	1.10×5.26	44.06

(续表)

扁铜线尺寸 $a \times b$ (毫米)	漆层最小厚度 (毫米)	漆包扁线最大尺寸 $A \times B$ (毫米)	计算质量 (千克/千米)
1.00×5.50	0.04	1.10×5.66	47.66
1.00×5.90	0.04	1.10×6.06	51.26
1.00×6.40	0.04	1.10×6.56	55.76
1.00×6.90	0.04	1.10×7.06	60.26
1.00×7.40	0.04	1.10×7.56	64.76
1.00×8.00	0.04	1.10×8.16	70.16
1.00×8.60	0.04	1.10×8.76	75.56
1.00×9.30	0.04	1.10×9.46	80.86
1.00×10.0	0.04	1.10×10.18	88.16
1.08×2.10	0.04	1.18×2.23	18.56
1.08×2.26	0.04	1.18×2.39	20.12
1.08×2.44	0.04	1.18×2.57	21.86
1.08×2.63	0.04	1.18×2.76	23.70
1.08×2.83	0.04	1.18×2.96	25.65
1.08×3.05	0.04	1.18×3.19	27.79
1.08×3.28	0.04	1.18×3.42	30.02
1.08×3.53	0.04	1.18×3.67	32.45
1.08×3.80	0.04	1.18×3.94	35.07
1.08×4.10	0.04	1.18×4.24	37.98
1.08×4.40	0.04	1.18×4.54	40.90
1.08×4.70	0.04	1.18×4.86	43.81
1.08×5.10	0.04	1.18×5.23	47.69
1.08×5.50	0.04	1.18×5.66	51.58
1.08×5.90	0.04	1.18×6.06	55.46
1.08×6.40	0.04	1.18×6.56	60.32
1.08×6.90	0.04	1.18×7.06	65.17
1.08×7.40	0.04	1.18×7.56	70.03

(续表)

扁铜线尺寸 $a \times b$ (毫米)	漆层最小厚度 (毫米)	漆包扁线最大尺寸 $A \times B$ (毫米)	计算质量 (千克/千米)
1.08×8.00	0.04	1.18×8.16	75.86
1.08×8.60	0.04	1.18×8.76	81.68
1.08×9.30	0.04	1.18×9.46	88.48
1.08×10.0	0.04	1.18×10.18	95.28
1.16×2.10	0.04	1.26×2.23	20.06
1.16×2.26	0.04	1.26×2.39	21.73
1.16×2.44	0.04	1.26×2.57	23.61
1.16×2.63	0.04	1.26×2.76	25.59
1.16×2.83	0.04	1.26×2.96	27.67
1.16×3.05	0.04	1.26×3.19	29.96
1.16×3.28	0.04	1.26×3.42	32.36
1.16×3.53	0.04	1.26×3.67	34.97
1.16×3.80	0.04	1.26×3.94	37.78
1.16×4.10	0.04	1.26×4.24	40.91
1.16×4.40	0.04	1.26×4.54	44.03
1.16×4.70	0.04	1.26×4.86	47.16
1.16×5.10	0.04	1.26×5.26	51.33
1.16×5.50	0.04	1.26×5.66	55.50
1.16×5.90	0.04	1.26×6.06	59.67
1.16×6.40	0.04	1.26×6.56	64.88
1.16×6.90	0.04	1.26×7.06	70.09
1.16×7.40	0.04	1.26×7.56	75.30
1.16×8.00	0.04	1.26×8.16	81.55
1.16×8.60	0.04	1.26×8.76	87.81
1.16×9.30	0.04	1.26×9.46	95.10
1.16×10.0	0.04	1.26×10.18	102.00
1.25×2.10	0.04	1.36×2.23	21.75
1.25×2.26	0.04	1.36×2.39	23.55
1.25×2.44	0.04	1.36×2.57	25.57
1.25×2.63	0.04	1.36×2.76	27.70
1.25×2.83	0.04	1.36×2.96	29.95
1.25×3.05	0.04	1.36×3.19	32.32
1.25×3.28	0.04	1.36×3.42	35.00



(续表)

扁铜线尺寸 $a \times b$ (毫米)	漆层最小厚度 (毫米)	漆包扁线最大尺寸 $A \times B$ (毫米)	计算质量 (千克/千米)
1.25 × 3.53 1.25 × 3.80 1.25 × 4.10 1.25 × 4.40	0.04 0.04 0.04 0.04	1.36 × 3.67 1.36 × 3.94 1.36 × 4.24 1.36 × 4.54	37.80 40.83 44.20 47.56
1.25 × 4.70 1.25 × 5.10 1.25 × 5.50 1.25 × 5.90	0.04 0.04 0.04 0.04	1.36 × 4.86 1.36 × 5.26 1.36 × 5.66 1.36 × 6.06	50.93 55.42 59.91 64.40
1.25 × 6.40 1.25 × 6.90 1.25 × 7.40 1.25 × 8.00	0.04 0.04 0.04 0.04	1.36 × 6.56 1.36 × 7.06 1.36 × 7.56 1.36 × 8.16	70.01 75.62 81.23 87.97
1.25 × 8.60 1.25 × 9.30 1.25 × 10.0 1.35 × 2.10	0.04 0.04 0.04 0.04	1.36 × 8.76 1.36 × 9.46 1.36 × 10.18 1.46 × 2.23	94.70 102.00 110.00 23.62
1.35 × 2.26 1.35 × 2.44 1.35 × 2.63 1.35 × 2.83	0.04 0.04 0.04 0.04	1.46 × 2.39 1.46 × 2.57 1.46 × 2.76 1.46 × 2.96	25.57 27.75 30.05 32.47
1.35 × 3.05 1.35 × 3.28 1.35 × 3.53 1.35 × 3.80	0.04 0.04 0.04 0.04	1.46 × 3.19 1.46 × 3.42 1.46 × 3.67 1.46 × 3.94	35.14 37.92 40.95 44.22
1.35 × 4.10 1.35 × 4.40 1.35 × 4.70 1.35 × 5.10	0.04 0.04 0.04 0.04	1.46 × 4.24 1.46 × 4.54 1.46 × 4.86 1.46 × 5.26	47.85 51.49 55.12 59.97
1.35 × 5.50 1.35 × 5.90 1.35 × 6.40 1.35 × 6.90 1.35 × 7.40	0.04 0.04 0.04 0.04 0.04	1.46 × 5.66 1.46 × 6.06 1.46 × 6.56 1.46 × 7.06 1.46 × 7.56	64.81 69.65 75.71 81.77 87.82

(续表)

扁铜线尺寸 $a \times b$ (毫米)	漆层最小厚度 (毫米)	漆包扁线最大尺寸 $A \times B$ (毫米)	计算质量 (千克/千米)
1.35×8.00	0.04	1.46×8.16	95.09
1.35×8.60	0.04	1.46×8.76	102.00
1.35×9.30	0.04	1.46×9.46	110.00
1.35×10.0	0.04	1.46×10.18	119.00
1.45×2.10	0.04	1.56×2.23	24.66
1.45×2.26	0.04	1.56×2.39	26.74
1.45×2.44	0.04	1.56×2.57	29.08
1.45×2.63	0.04	1.56×2.76	31.55
1.45×2.83	0.04	1.56×2.96	34.15
1.45×3.05	0.04	1.56×3.19	37.01
1.45×3.28	0.04	1.56×3.42	40.00
1.45×3.53	0.04	1.56×3.67	43.25
1.45×3.80	0.04	1.56×3.94	46.76
1.45×4.10	0.04	1.56×4.24	50.66
1.45×4.40	0.04	1.56×4.54	54.57
1.45×4.70	0.04	1.56×4.86	58.47
1.45×5.10	0.04	1.56×5.26	63.67
1.45×5.50	0.04	1.56×5.66	68.87
1.45×5.90	0.04	1.56×6.06	74.07
1.45×6.40	0.04	1.56×6.56	80.57
1.45×6.90	0.04	1.56×7.06	87.07
1.45×7.40	0.04	1.56×7.56	93.57
1.45×8.00	0.04	1.56×8.16	101.00
1.45×8.60	0.04	1.56×8.76	109.00
1.45×9.30	0.04	1.56×9.46	118.00
1.45×10.0	0.04	1.56×10.18	127.00
1.56×2.10	0.04	1.67×2.23	26.73
1.56×2.26	0.04	1.67×2.39	28.97
1.56×2.44	0.04	1.67×2.57	31.48
1.56×2.63	0.04	1.67×2.76	34.14
1.56×2.83	0.04	1.67×2.96	36.88
1.56×3.05	0.04	1.67×3.19	40.01
1.56×3.28	0.04	1.67×3.42	43.23

(续表)

扁铜线尺寸 $a \times b$ (毫米)	漆层最小厚度 (毫米)	漆包扁线最大尺寸 $A \times B$ (毫米)	计算质量 (千克/千米)
1.56×3.53 1.56×3.80 1.56×4.10 1.56×4.40	0.04 0.04 0.04 0.04	1.67×3.67 1.67×3.94 1.67×4.24 1.67×4.54	46.72 50.49 54.69 58.88
1.56×4.70 1.56×5.10 1.56×5.50 1.56×5.90	0.04 0.04 0.04 0.04	1.67×4.86 1.67×5.26 1.67×5.66 1.67×6.06	63.07 68.66 74.26 79.85
1.56×6.40 1.56×6.90 1.56×7.40 1.56×8.00	0.04 0.04 0.04 0.04	1.67×6.56 1.67×7.06 1.67×7.56 1.67×8.16	86.84 93.83 100.00 109.00
1.56×8.60 1.56×9.30 1.56×10.0 1.68×2.10	0.04 0.04 0.04 0.05	1.67×8.76 1.67×9.46 1.67×10.18 1.79×2.23	117.00 127.00 137.00 28.98
1.68×2.26 1.68×2.44 1.68×2.63 1.68×2.83	0.05 0.05 0.05 0.05	1.79×2.39 1.79×2.57 1.79×2.76 1.79×2.96	31.39 34.98 36.96 39.97
1.68×3.05 1.68×3.28 1.68×3.53 1.68×3.80	0.05 0.05 0.05 0.05	1.79×3.19 1.79×3.42 1.79×3.67 1.79×3.94	43.28 46.78 50.50 54.56
1.68×4.10 1.68×4.40 1.68×4.70 1.68×5.10	0.05 0.05 0.05 0.05	1.79×4.24 1.79×4.54 1.79×4.86 1.79×5.26	59.07 63.59 68.10 74.03
1.68×5.50 1.68×5.90 1.68×6.40 1.68×6.90 1.68×7.40	0.05 0.05 0.05 0.05 0.05	1.79×5.66 1.79×6.06 1.79×6.56 1.79×7.06 1.79×7.56	80.14 86.15 93.68 101.00 108.00

(续表)

扁铜线尺寸 $a \times b$ (毫米)	漆层最小厚度 (毫米)	漆包扁线最大尺寸 $A \times B$ (毫米)	计算质量 (千克/千米)
1.68×8.00 1.68×8.60 1.68×9.30 1.68×10.0	0.05 0.05 0.05 0.05	1.79×8.16 1.79×8.76 1.79×9.46 1.79×10.18	117.00 126.00 137.00 147.00
1.81×2.10 1.81×2.26 1.81×2.44 1.81×2.63	0.05 0.05 0.05 0.05	1.92×2.23 1.92×2.39 1.92×2.57 1.92×2.76	31.42 34.02 36.93 40.01
1.81×2.83 1.81×3.05 1.81×3.28 1.81×3.53	0.05 0.05 0.05 0.05	1.92×2.96 1.92×3.19 1.92×3.42 1.92×3.67	43.25 46.82 50.54 54.59
1.81×3.80 1.81×4.10 1.81×4.40 1.81×4.70	0.05 0.05 0.05 0.05	1.92×3.94 1.92×4.24 1.92×4.54 1.92×4.86	58.97 63.83 68.69 73.55
1.81×5.10 1.81×5.50 1.81×5.90 1.81×6.40	0.05 0.05 0.05 0.05	1.92×5.26 1.92×5.66 1.92×6.06 1.92×6.56	80.03 86.51 92.99 101.00
1.81×6.90 1.81×7.40 1.81×8.00 1.81×8.60	0.05 0.05 0.05 0.05	1.92×7.06 1.92×7.56 1.92×8.16 1.92×8.76	109.00 117.00 127.00 136.00
1.81×9.30 1.81×10.0 1.95×2.10 1.95×2.20	0.05 0.05 0.05 0.05	1.92×9.46 1.92×10.18 2.06×2.23 2.06×2.39	148.00 159.00 34.05 36.84
1.95×2.44 1.95×2.63 1.95×2.83 1.95×3.05 1.95×3.28	0.05 0.05 0.05 0.05 0.05	2.06×2.57 2.06×2.76 2.06×2.96 2.06×3.19 2.06×3.42	39.98 43.30 46.79 50.63 54.64

(续表)

扁铜线尺寸 $a \times b$ (毫米)	漆层最小厚度 (毫米)	漆包扁线最大尺寸 $A \times B$ (毫米)	计算质量 (千克/千米)
1.95 × 3.53 1.95 × 3.80 1.95 × 4.10 1.95 × 4.40	0.05 0.05 0.05 0.05	2.06 × 3.66 2.06 × 3.94 2.06 × 4.24 2.06 × 4.54	59.00 63.71 68.94 74.18
1.95 × 4.70 1.95 × 5.10 1.95 × 5.50 1.95 × 5.90	0.05 0.05 0.05 0.05	2.06 × 4.86 2.06 × 5.26 2.06 × 5.66 2.06 × 6.06	79.41 86.39 93.37 100.00
1.95 × 6.40 1.95 × 6.90 1.95 × 7.40 1.95 × 8.00	0.05 0.05 0.05 0.05	2.06 × 6.56 2.06 × 7.06 2.06 × 7.56 2.06 × 8.16	109.00 117.00 126.00 136.00
1.95 × 8.60 1.95 × 9.30 1.95 × 10.0 2.10 × 2.10	0.05 0.05 0.05 0.05	2.06 × 8.76 2.06 × 9.46 2.06 × 10.18 2.23 × 2.23	147.00 159.00 171.00 34.77
2.10 × 2.26 2.10 × 2.44 2.10 × 2.63 2.10 × 2.83	0.05 0.05 0.05 0.05	2.23 × 2.39 2.23 × 2.57 2.23 × 2.76 2.23 × 2.96	37.77 41.16 44.73 48.49
2.10 × 3.05 2.10 × 3.28 2.10 × 3.53 2.10 × 3.80	0.05 0.05 0.05 0.05	2.23 × 3.19 2.23 × 3.42 2.23 × 3.67 2.23 × 3.94	52.62 56.94 61.64 66.72
2.10 × 4.10 2.10 × 4.40 2.10 × 4.70 2.10 × 5.10	0.05 0.05 0.05 0.05	2.23 × 4.24 2.23 × 4.54 2.23 × 4.86 2.23 × 5.26	72.35 77.99 83.63 91.15
2.10 × 5.50 2.10 × 5.90 2.10 × 6.40 2.10 × 6.90 2.10 × 7.40	0.05 0.05 0.05 0.05 0.05	2.23 × 5.66 2.23 × 6.06 2.23 × 6.56 2.23 × 7.06 2.23 × 7.56	98.66 106.00 115.00 124.00 134.00

(续表)

扁铜线尺寸 $a \times b$ (毫米)	漆层最小厚度 (毫米)	漆包扁线最大尺寸 $A \times B$ (毫米)	计算质量 (千克/千米)
2.10×8.00	0.05	2.23×8.16	145.00
2.10×8.60	0.05	2.23×8.76	156.00
2.10×9.30	0.05	2.23×9.46	170.00
2.10×10.0	0.05	2.23×10.18	183.00
2.26×2.26	0.05	2.39×2.39	41.01
2.26×2.44	0.05	2.39×2.57	44.65
2.26×2.63	0.05	2.39×2.76	48.49
2.26×2.83	0.05	2.39×2.96	52.53
2.26×3.05	0.05	2.39×3.19	56.98
2.26×3.28	0.05	2.39×3.42	61.63
2.26×3.53	0.05	2.39×3.67	65.92
2.26×3.80	0.05	2.39×3.94	72.14
2.26×4.10	0.05	2.39×4.24	78.21
2.26×4.40	0.05	2.39×4.54	84.27
2.26×4.70	0.05	2.39×4.86	90.33
2.26×5.10	0.05	2.39×5.26	98.42
2.26×5.50	0.05	2.39×5.66	106.00
2.26×5.90	0.05	2.39×6.06	114.00
2.26×6.40	0.05	2.39×6.56	124.00
2.26×6.90	0.05	2.39×7.06	134.00

(续表)

扁铜线尺寸 $a \times b$ (毫米)	漆层最小厚度 (毫米)	漆包扁线最大尺寸 $A \times B$ (毫米)	计算质量 (千克/千米)
2.26 × 7.40	0.05	2.39 × 7.56	144.00
2.26 × 8.00	0.05	2.39 × 8.16	157.00
2.26 × 8.60	0.05	2.39 × 8.76	169.00
2.26 × 9.30	0.05	2.39 × 9.46	183.00
2.26 × 10.0	0.05	2.39 × 10.18	197.00
2.44 × 2.44	0.05	2.57 × 2.57	48.57
2.44 × 2.63	0.05	2.57 × 2.76	52.72
2.44 × 2.83	0.05	2.57 × 2.96	57.08
2.44 × 3.05	0.05	2.57 × 3.19	61.88
2.44 × 3.28	0.05	2.57 × 3.42	66.90
2.44 × 3.53	0.05	2.57 × 3.67	72.35
2.44 × 3.80	0.05	2.57 × 3.94	78.24
2.44 × 4.10	0.05	2.57 × 4.24	84.79
2.83 × 3.28	0.05	2.96 × 3.42	78.32
2.83 × 3.53	0.05	2.96 × 3.67	84.64
2.83 × 3.80	0.05	2.96 × 3.94	92.36
2.83 × 4.10	0.05	2.96 × 4.24	99.05
2.83 × 4.40	0.05	2.96 × 4.54	106.00
2.83 × 4.70	0.05	2.96 × 4.86	114.00
2.83 × 5.10	0.05	2.96 × 5.26	124.00
2.83 × 5.50	0.05	2.96 × 5.66	133.00

(续表)

扁铜线尺寸 $a \times b$ (毫米)	漆层最小厚度 (毫米)	漆包扁线最大尺寸 $A \times B$ (毫米)	计算质量 (千克/千米)
2.44 × 4.40	0.05	2.57 × 4.54	91.33
2.44 × 4.70	0.05	2.57 × 4.86	97.88
2.44 × 5.10	0.05	2.57 × 5.26	106.00
2.44 × 5.50	0.05	2.57 × 5.66	115.00
2.44 × 5.90	0.05	2.57 × 6.06	124.00
2.44 × 6.40	0.05	2.57 × 6.56	134.00
2.44 × 6.90	0.05	2.57 × 7.06	145.00
2.44 × 7.40	0.05	2.57 × 7.56	156.00
2.44 × 8.00	0.05	2.57 × 8.16	178.00
2.44 × 8.60	0.05	2.57 × 8.76	182.00
2.44 × 9.30	0.05	2.57 × 9.46	198.00
2.44 × 10.0	0.05	2.57 × 10.18	213.00
2.63 × 2.63	0.05	2.76 × 2.76	57.19
2.63 × 2.83	0.05	2.76 × 2.96	61.90
2.63 × 3.05	0.05	2.76 × 3.19	67.06
2.63 × 3.28	0.05	2.76 × 3.42	72.46
2.63 × 3.53	0.05	2.76 × 3.67	78.34
2.63 × 3.80	0.05	2.76 × 3.94	84.69
2.63 × 4.10	0.05	2.76 × 4.24	91.74
2.63 × 4.40	0.05	2.76 × 4.54	98.79



(续表)

扁铜线尺寸 $a \times b$ (毫米)	漆层最小厚度 (毫米)	漆包扁线最大尺寸 $A \times B$ (毫米)	计算质量 (千克/千米)
2.63×4.70	0.05	2.76×4.86	105.00
2.63×5.10	0.05	2.76×5.26	115.00
2.63×5.50	0.05	2.76×5.66	124.00
2.63×5.90	0.05	2.76×6.06	134.00
2.63×6.40	0.05	2.76×6.56	145.00
2.63×6.90	0.05	2.76×7.06	157.00
2.63×7.40	0.05	2.76×7.56	169.00
2.63×8.00	0.05	2.76×8.16	183.00
2.63×8.60	0.05	2.76×8.76	197.00
2.63×9.30	0.05	2.76×9.46	213.00
2.63×10.0	0.05	2.76×10.18	230.00
2.83×2.83	0.05	2.96×2.96	66.94
2.83×3.05	0.05	2.96×3.19	72.51
2.83×5.90	0.05	2.96×6.06	144.00
2.83×6.40	0.05	2.96×6.56	157.00
2.83×6.90	0.05	2.96×7.06	169.00
2.83×7.40	0.05	2.96×7.56	182.00
2.83×8.00	0.05	2.96×8.16	197.00
2.83×8.60	0.05	2.96×8.76	212.00
2.83×9.30	0.05	2.96×9.46	230.00
2.83×10.0	0.05	2.96×10.18	248.00

表 14-31 纸包圆线规格

铜、铝导线直径 (毫米)			导线截 面面积 (毫米 <sup>2</sup> )	铜、铝导线直径 (毫米)			导线截 面面积 (毫米 <sup>2</sup> )
最 小	标 称	最 大		最 小	标 称	最 大	
0.985	1.00	1.015	0.7854	2.47	2.50	2.53	4.909
1.00	1.06	1.08	0.8825	2.62	2.65	2.68	5.516
1.14	1.12	1.14	0.9852	2.77	2.80	2.83	6.158
1.16	1.18	1.20	1.094	2.97	3.00	3.03	7.069
1.23	1.25	1.27	1.227	3.12	3.15	3.18	2.793
1.28	1.30	1.32	1.327	3.32	3.35	3.38	8.814
1.38	1.40	1.42	1.539	3.51	3.55	3.59	9.898
1.48	1.50	1.52	1.767	3.71	3.75	3.79	11.04
1.58	1.60	1.62	2.011	3.96	4.00	4.04	12.57
1.68	1.70	1.72	2.270	4.21	4.25	4.29	14.19
1.78	1.80	1.82	2.545	4.45	4.50	4.55	15.90
1.88	1.90	1.92	2.835	4.70	4.75	4.80	17.72
1.98	2.00	2.02	3.142	4.95	5.00	5.05	19.64
2.16	2.12	2.14	3.530	5.25	5.30	5.35	22.06
2.22	2.24	2.26	3.941	5.55	5.60	5.65	24.63
2.34	2.36	2.38	4.374				

表 14-32 纸包圆线绝缘厚度(毫米)

导 线 直 径 $d$			
1.00~2.12		2.24~5.60	
绝缘厚度 $D-d$	绝缘厚度 允许偏差	绝缘厚度 $D-d$	绝缘厚度 允许偏差
0.30	±0.05	0.30	±0.05
0.45	±0.05	0.45	±0.05
0.80	±0.10	0.80	±0.10
		1.20	±0.12
		1.80	±0.15
		4.25	±0.30

表 14-33 纸包扁

a(毫米)	r(毫米)	b					
		2.00	2.12	2.24	2.36	2.50	2.65
导 线 截 面							
0.90 0.95 1.00	$\frac{1}{2}a$	1.628 1.706 1.785	1.734 — 1.905	1.842 1.934 2.025	1.950 — 2.145	2.076 2.181 2.285	2.211 — 2.435
1.06 1.12 1.18 1.25	0.5*	1.905 2.025 2.145 2.235	— 2.160 — 2.435	2.160 2.294 2.429 2.585	— 2.429 — 2.735	2.435 2.585 2.736 2.910	— 2.753 — 3.098
1.32 1.40 1.50 1.60		2.425 2.585	— 2.753	2.742 2.921 3.145 3.369	— 3.089 — 3.561	3.085 3.285 3.535 3.785	— 3.495 — 4.025
1.70 1.80 1.90 2.00 2.12 2.24	0.65**					3.887 4.137	— 4.407
2.36 2.50 2.65 2.80 3.00 3.15 3.35 3.55	0.80	说明: $b/a < 1.4$ 不推荐。 $a \times b = R_{20} \times R_{20}$ 优先采用。 $a \times b = R_{20} \times R_{40}$ 或 $R_{40} \times R_{20}$ 尽量少用。 $a \times b = R_{40} \times R_{40}$ 不推荐。 当 $b$ 边大于 4.75 毫米时经双方协议: * 可按 $\frac{1}{2}a$ 生产; ** 可按 0.80 毫米生产。					
3.75 4.00 4.25 4.50 4.75 5.00 5.60	1.00						

## 线规格

(毫 米)									
2.80	3.00	3.15	3.35	3.55	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75
面 积 (毫 米 <sup>2</sup> )									
2.346	2.526	2.661	2.841	3.021	3.201	3.426	3.651	3.876	4.101
2.466	—	2.799	—	3.179	—	3.606	—	4.081	—
2.585	2.785	2.935	3.135	3.335	3.535	3.785	4.035	4.285	4.535
2.753	—	3.124	—	3.548	—	4.025	—	4.555	—
2.921	3.145	3.313	3.537	3.761	3.985	4.265	4.546	4.825	5.105
3.089	—	3.502	—	3.974	—	4.505	—	5.095	—
3.285	3.535	3.723	3.973	4.223	4.473	4.785	5.098	5.410	5.723
3.481	—	3.943	—	4.471	—	5.065	—	5.725	—
3.705	3.985	4.195	4.475	4.755	5.035	5.385	5.735	6.085	6.435
3.985	—	4.510	—	5.110	—	5.785	—	6.535	—
4.265	4.585	4.825	5.145	5.465	5.785	6.185	6.585	6.985	7.385
4.397	—	4.992	—	5.672	—	6.437	—	7.287	—
4.677	5.038	5.307	5.667	6.027	6.387	6.83	7.257	7.737	8.188
4.957	—	5.622	—	6.382	—	7.237	—	8.187	—
5.237	5.638	5.937	6.337	6.737	7.137	7.637	8.137	8.637	9.137
		6.315	—	7.163	—	8.117	—	9.177	—
		6.693	7.141	7.589	8.037	8.597	9.157	9.717	10.28
				7.829	—	8.891	—	10.07	—
				8.326	8.826	9.451	10.03	10.70	11.33
						10.05	—	11.38	—
						10.65	11.35	12.05	12.75
								12.95	—
								13.63	14.41



(续表)

(毫 米)									
7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00	10.60	11.20	11.80	12.50
面 积 (毫 米 <sup>2</sup> )									

7.285	7.785	$\frac{b}{a} > 8$ 不推荐							
—	8.265								
8.185	8.745	9.305	9.865						
—	9.225	—	10.41						
9.160	9.785	10.41	11.04	11.66	12.29				
—	10.35	—	11.67	—	12.99				
10.29	10.99	11.69	12.39	13.09	13.79	14.63	15.47		
—	11.79	—	13.29	—	14.79	—	16.59		
11.79	12.59	13.39	14.19	14.99	15.79	16.75	17.71	18.67	19.79
—	13.24	—	14.94	—	16.64	—	18.68	—	20.89
13.14	14.04	14.94	15.84	16.74	17.64	18.72	19.80	20.88	22.14
—	14.84	—	16.74	—	18.64	—	20.92	—	23.39
14.64	15.64	16.64	17.64	18.64	19.64	20.84	22.04	23.24	24.64
—	16.60	—	18.72	—	20.84	—	22.38	—	26.14
16.44	17.56	18.68	19.80	20.92	22.04	23.38	24.73	26.07	27.64
—	18.33	—	20.69	—	23.05	—	25.88	—	28.95
18.20	19.45	20.70	21.95	23.20	24.45	25.95	27.47	28.95	30.70
—	20.65	—	23.30	—	25.95	—	29.13	—	32.58
20.45	21.85	23.25	24.65	26.05	27.45	29.13	30.81	32.49	34.45
—	23.45	—	26.45	—	29.45	—	32.05	—	36.95
23.08	24.65	26.23	27.80	29.38	30.95	32.84	34.73	36.62	38.83
—	26.25	—	29.60	—	32.95	—	36.97	—	41.33
26.08	27.85	29.63	31.40	33.18	34.95	37.08	39.21	41.34	43.83
—	29.14	—	32.89	—	36.64	—	41.14	—	46.02
29.14	31.44	33.14	35.14	37.14	39.14	41.54	43.94	46.34	49.14
—	33.14	—	37.39	—	41.64	—	46.74	—	52.27
32.89	35.14	37.39	39.64	41.89	44.14	46.84	49.54	52.24	55.39
—	37.14	—	41.89	—	46.64	—	52.34	—	58.52
36.54	39.14	41.64	44.14	46.64	49.14	52.14	55.14	58.14	61.64
—	41.54	—	46.84	—	52.14	—	58.50	—	65.39
—	43.94	46.74	49.54	52.34	55.14	58.50	61.86	65.22	69.14

(续表)

a(毫米)	r(毫米)	b (毫 米)						
		13.20	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	
导线截面面积 (毫米 <sup>2</sup> )								
0.90 0.95 1.00	$\frac{1}{2}a$							
1.06 1.12 1.18 1.25 1.32 1.40 1.50 1.60	0.50*							
1.70 1.80 1.90 2.00 2.12 2.24	0.65**	23.40 — 26.04 — 29.21	24.84 26.24 27.64 29.32 31.00	— — 29.64 — 33.24	— — 31.64 33.56 35.48	— — — — —	— — — — —	— — — — —
2.36 2.50 2.65 2.80	0.80	— 32.45 — 36.41	32.49 34.45 36.55 38.65	— 36.95 — 41.45	37.21 39.45 41.85 44.25	— 41.95 — 47.05	— — — —	41.93 44.45 47.15 49.85
3.00 3.15 3.35 3.55		— 41.03 — 46.31	41.45 43.55 46.35 49.15	— 46.70 — 52.70	47.45 49.85 53.05 56.25	— 53.00 — 59.80	— — — —	53.45 56.15 59.75 63.35
3.75 4.00 4.25 4.50	1.0	— 51.94 — 58.54	51.64 55.14 58.64 62.14	— 59.14 — 66.64	59.14 63.14 67.14 71.14	— 67.14 — 75.64	— — — —	66.64 71.14 75.64 80.14
4.75 5.00 5.30 5.60		— 65.14 — 73.06	65.64 69.14 73.34 77.54	— 74.14 — 83.14	75.14 79.14 83.94 88.74	— 84.14 — 94.34	— — — —	84.64 89.14 94.54 99.94

表 14-34 纸包扁线绝缘厚度(毫米)

绝缘度厚	0.45	0.60	0.95	1.35	1.60	1.95	2.45	2.95
最大绝缘厚度 ( $A-a$ )	0.57	0.74	1.14	1.56	1.84	2.23	2.77	3.32
最小绝缘厚度 ( $B-b$ )	0.40	0.53	0.85	1.23	1.46	1.78	2.25	2.70

表 14-35 玻璃丝包圆线和玻璃丝包漆包圆线规格

导线直径 $d$ (毫米)			导线截 面面积 (毫米 <sup>2</sup> )	玻璃丝包 圆线最小 绝缘厚度 (毫米) SBEC SBELC SBEG	玻璃丝包圆线最 大外径(毫米)	
最 小	标 称	最 大			QQSBC QZSBC QZY/Q XYSBG	SBEC SBELC SBEG
0.245 0.52 0.55 0.59	0.25 0.53 0.56 0.60	0.255 0.54 0.57 0.61	— 0.2206 0.2463 0.2827	0.14 0.17 0.17 0.17	— 0.73 0.76 0.80	0.49 0.79 0.82 0.86
0.62 0.66 0.695 0.735	0.63 0.67 0.71 0.75	0.64 0.68 0.725 0.765	0.3117 0.3526 0.3959 0.4418	0.17 0.17 0.18 0.18	0.83 0.88 0.93 0.97	0.89 0.93 0.98 1.02
0.785 0.835 0.885 0.935	0.80 0.85 0.90 0.95	0.815 0.865 0.915 0.965	0.5027 0.5675 0.6362 0.7088	0.18 0.18 0.18 0.18	1.02 1.07 1.12 1.17	1.07 1.12 1.17 1.22
0.985 1.04 1.10 1.16	1.00 1.06 1.12 1.18	1.015 1.08 1.14 1.20	0.7854 0.8825 0.9852 1.094	0.19 0.19 0.19 0.19	1.25 1.31 1.37 1.43	1.29 1.35 1.41 1.47
1.23 1.28 1.38 1.48	1.25 1.30 1.40 1.50	1.27 1.32 1.42 1.52	1.227 1.327 1.539 1.767	0.19 0.19 0.19 0.21	1.50 1.55 1.65 1.75	1.54 1.59 1.69 1.81



(续表)

导线直径 $d$ (毫米)			导线截 面面积 (毫米 <sup>2</sup> )	玻璃丝包 圆线最小 绝缘厚度 (毫米) SBEC SBELC SBEG	玻璃丝包圆线最 大外径(毫米)	
最 小	标 称	最 大			QQSBC QZSBC QZY/Q XYSBG	SBEC SBELC SBEG
1.58	1.60	1.62	2.011	0.21	1.87	1.91
1.68	1.70	1.72	2.270	0.21	1.97	2.01
1.78	1.80	1.82	2.545	0.21	2.07	2.11
1.88	1.90	1.92	2.835	0.21	2.17	2.21
1.98	2.00	2.02	3.142	0.21	2.27	2.31
2.10	2.12	2.14	3.530	0.24	2.39	2.48
2.22	2.24	2.26	3.941	0.24	2.51	2.60
2.34	2.36	2.38	4.374	0.24	2.63	2.72
2.47	2.50	2.53	4.909	0.24	2.77	2.86
2.62	2.65	2.68	5.516	0.24	—	3.01
2.77	2.80	2.83	6.158	0.24	—	3.16
2.97	3.00	3.03	7.069	0.25	—	3.37
3.12	3.15	3.18	7.793	0.25	—	3.52
3.32	3.35	3.38	8.814	0.25	—	3.72
3.51	3.55	3.59	9.898	0.25	—	3.92
3.71	3.75	3.79	11.04	0.25	—	4.12
3.96	4.00	4.04	12.57	0.25	—	4.37
4.21	4.25	4.29	14.19	0.26	—	4.63
4.45	4.50	4.55	15.90	0.26	—	4.88
4.70	4.75	4.80	17.72	0.26	—	5.13
4.95	5.00	5.05	19.64	0.26	—	5.38
5.25	5.30	5.35	22.06	0.26	—	5.68
5.55	5.60	5.65	24.63	0.26	—	5.98
5.95	6.00	6.05	28.27	0.26	—	6.38

表 14-36 单、双玻璃丝包扁线绝缘厚度

导线标称尺寸 (毫米)		绝 缘 厚 度 (毫 米)					
		双玻璃丝包扁线		单玻璃丝包漆包扁线		双玻璃丝包漆包扁线	
		$t_a(A-a)$	$t_b(B-b)$	$t_a(A-a)$	$t_b(B-b)$	$t_a(A-a)$	$t_b(B-b)$
a(窄边)	b(宽边)						
	2.00~3.75	0.28~0.35	0.25	0.24~0.37	0.29	0.34~0.47	0.37
	4.00~6.00	0.30~0.37	0.25	0.25~0.39	0.29	0.36~0.50	0.37
0.90~1.90	6.30~8.00	0.31~0.39	0.25	0.26~0.40	0.29	0.38~0.52	0.37
	8.50~14.00	0.34~0.43	0.25	0.27~0.42	0.29	0.40~0.55	0.37
	2.80~6.00	0.30~0.38	0.31	0.25~0.39	0.33	0.36~0.51	0.43
3.00~3.75	6.30~10.00	0.33~0.41	0.31	0.27~0.41	0.33	0.44~0.54	0.43
	10.60~14.00	0.35~0.44	0.31				
	15.00~18.00	0.37~0.46	0.31				
4.00~5.60	5.60~10.00	0.36~0.45	0.40	0.30~0.45	0.42	0.43~0.58	0.52
	10.60~14.00	0.38~0.48	0.40				
	15.00~18.00	0.42~0.52	0.40				

注:  $t_b(B-b)$ 不作考核。

表 14-37 三玻璃丝包扁铜线窄边绝缘厚度

铜线标称尺寸(毫米)		绝缘厚度(毫米)
窄边	宽边	A-a
0.90~2.00	2.00~18.00	0.42~0.50
2.12~3.75	3.15~18.00	0.52~0.60
4.00~5.60	4.1~18.00	0.62~0.70

表 14-38 丝包圆线规格

铜线直径 (毫米)	单丝包线最大外径(毫米)		双丝包线最大外径(毫米)		
	SQ	SQZ	SE	SEQ	SEQZ
0.05	0.14	0.14	0.16	0.18	0.18
0.06	0.15	0.16	0.17	0.19	0.20
0.07	0.16	0.17	0.18	0.20	0.21
0.08	0.17	0.18	0.19	0.21	0.22
0.09	0.18	0.19	0.20	0.22	0.23
0.10	0.19	0.20	0.21	0.23	0.24
0.11	0.20	0.21	0.22	0.24	0.25
0.12	0.21	0.22	0.23	0.25	0.26
0.13	0.22	0.23	0.24	0.26	0.27
0.14	0.23	0.24	0.25	0.27	0.28
0.15	0.24	0.25	0.26	0.28	0.29
0.16	0.26	0.28	0.28	0.30	0.32
0.17	0.27	0.29	0.29	0.31	0.33
0.18	0.28	0.30	0.30	0.32	0.34
0.19	0.29	0.31	0.31	0.33	0.35
0.20	0.30	0.32	0.32	0.35	0.36
0.21	0.32	0.33	0.33	0.36	0.37
0.23	0.35	0.36	0.36	0.39	0.41
0.25	0.37	0.38	0.38	0.42	0.43
0.28	0.40	0.41	0.41	0.45	0.46
0.31	0.43	0.44	0.44	0.48	0.49
0.33	0.46	0.48	0.47	0.51	0.53
0.35	0.48	0.51	0.49	0.53	0.55
0.38	0.51	0.53	0.52	0.56	0.58
0.40	0.53	0.55	0.54	0.58	0.60
0.42	0.55	0.57	0.56	0.60	0.62
0.45	0.58	0.60	0.59	0.63	0.65
0.47	0.60	0.62	0.61	0.65	0.67
0.50	0.63	0.65	0.64	0.68	0.70
0.53	0.67	0.69	0.67	0.72	0.74

## 14-1 电线与电缆

(续表)

铜线直径 (毫米)	单丝包线最大外径(毫米)		双丝包线最大外径(毫米)		
	SQ	SQZ	SE	SEQ	SEQZ
0.56	0.70	0.72	0.70	0.75	0.77
0.60	0.74	0.76	0.74	0.79	0.81
0.63	0.77	0.79	0.77	0.83	0.84
0.67	0.82	0.85	0.82	0.87	0.90
0.71	0.86	0.89	0.86	0.91	0.94
0.75	0.91	0.94	0.91	0.97	1.00
0.80	0.96	0.99	0.96	1.02	1.05
0.85	1.01	1.04	1.01	1.07	1.10
0.90	1.06	1.09	1.06	1.12	1.15
0.95	1.11	1.14	1.11	1.17	1.20
1.00	1.18	1.22	1.17	1.24	1.28
1.06	1.25	1.28	1.23	1.31	1.34
1.12	1.31	1.34	1.29	1.37	1.40
1.18	1.37	1.40	1.35	1.43	1.46
1.25	1.44	1.47	1.42	1.50	1.53
1.30	1.49	1.52	1.47	1.55	1.58
1.40	1.59	1.62	1.57	1.65	1.68
1.50	1.69	1.72	1.67	1.75	1.78
1.60	1.80	1.83	1.78	1.87	1.90
1.70	1.90	1.93	1.88	1.97	2.00
1.80	2.00	2.03	1.98	2.07	2.10
1.90	2.10	2.13	2.08	2.17	2.20
2.00	2.20	2.23	2.18	2.27	2.30
2.12	2.32	2.35	2.30	2.39	2.42
2.24	2.44	2.47	2.42	2.51	2.54
2.36	2.56	2.59	2.54	2.63	2.66
2.50	2.70	2.73	2.68	2.77	2.80

表 14-39 聚酰亚胺复合薄膜(MYF-1)绕包圆铜丝规格

导线直径 (毫米)			标称截面积 (毫米 <sup>2</sup> )	绝缘厚度 (毫米)	参考质量 (千克/千米)
最小	标称	最大			
1.98	2.00	2.02	3.142	0.20±0.05	28.76
2.10	2.12	2.14	3.530	0.20±0.05	32.23
2.22	2.24	2.26	3.941	0.20±0.05	35.90
2.34	2.36	2.38	4.374	0.30±0.05	39.78
2.47	2.50	2.53	4.909	0.20±0.05	44.66
2.62	2.65	2.68	5.516	0.20±0.05	50.08
2.77	2.80	2.83	6.158	0.20±0.05	55.82
2.97	3.00	3.03	7.069	0.20±0.05	64.12
3.12	3.15	3.18	7.793	0.20±0.05	70.55
3.32	3.35	3.38	8.814	0.20±0.05	79.68
3.51	3.55	3.58	9.898	0.20±0.05	89.27
3.71	3.75	3.79	11.04	0.20±0.05	99.68
3.96	4.00	4.04	12.57	0.20±0.05	113.34
4.21	4.25	4.29	14.19	0.20±0.05	127.81
4.45	4.50	4.55	15.90	0.20±0.05	143.14
4.70	4.75	4.80	17.72	0.20±0.05	159.36
4.95	5.00	5.05	19.64	0.20±0.05	176.44
5.25	5.30	5.35	22.06	0.20±0.05	198.24
5.55	5.50	5.65	24.63	0.20±0.05	221.16
5.95	6.00	6.05	28.27	0.20±0.05	253.67

注: 生产厂为上海电磁线一厂。

表 14-40 薄膜绕包扁铜线的绝缘厚度(毫米)

导线标称尺寸 (毫米)		复合薄膜				双 玻				单 玻 (或薄双玻)			
		一层		一层薄膜		二层薄膜		一层薄膜		一层薄膜		二层薄膜	
		A-a	B-b	A-a	B-b	A-a	B-b	A-a	B-b	A-a	B-b	A-a	B-b
1.25 1.90	a b (宽边)	0.20±0.05	0.45~0.56	0.45	0.62~0.77	0.65	0.34~0.42	0.35	0.51~0.63	0.55			
		0.20±0.05	0.47~0.58	0.45	0.64~0.79	0.65	0.35~0.43	0.35	0.52~0.64	0.55			
		0.20±0.05	0.48~0.60	0.45	0.65~0.81	0.65	0.35~0.43	0.35	0.53~0.65	0.55			
		0.20±0.05	0.51~0.64	0.45	0.68~0.85	0.65	0.37~0.47	0.35	0.54~0.68	0.55			
2.00 3.75	a b (宽边)	0.20±0.05	0.47~0.59	0.51	0.64~0.80	0.71	0.35~0.45	0.37	0.52~0.65	0.57			
		0.20±0.05	0.50~0.62	0.51	0.67~0.83	0.71	0.37~0.46	0.37	0.54~0.67	0.57			
		0.20±0.05	0.52~0.65	0.51	0.69~0.86	0.71	0.38~0.47	0.37	0.55~0.68	0.57			
4.00 5.60	a b (宽边)	0.20±0.05	0.53~0.66	0.60	0.70~0.87	0.80	0.39~0.48	0.44	0.56~0.69	0.64			
		0.20±0.05	0.55~0.69	0.60	0.72~0.90	0.80	0.40~0.50	0.44	0.57~0.71	0.64			

注: (1) B-b 仅供电机设计计算用, 不作考核。

(2) 薄双玻按单玻厚度控制尺寸, 但仅限特殊使用。

(3) 凡用自粘性浸渍漆, 最大绝缘厚度可以增加 0.03~0.05 毫米。

(4) 薄双玻最大绝缘厚度可以增加 0.03~0.05 毫米。

表 14-41 500 伏以下配电、动力及照明用绝缘电线的型号与用途

型号	名称	主要使用范围	被替代的淘汰产品	
			名称	型号
BV BVR BVV	铜芯聚氯乙烯绝缘电线 铜芯聚氯乙烯软电线 铜芯聚氯乙烯绝缘乙稀护套型电线 铝芯聚氯乙烯绝缘电线	适用于各种交流、直流电器装置、电工仪器、仪表、电信设备及照明线路固定敷设之用。其中 BVV 型软电线适用于要求柔软电线的场合使用	铜芯橡皮线 铝芯橡皮线 铜芯橡皮软线 铜芯玻璃丝编织橡皮线 铜芯塑料线 铜芯塑料护套线	BX、BXS BLX EXR BBX RV BVV
RV RVB RVS	铜芯聚氯乙烯绝缘软线 铜芯聚氯乙烯绝缘平行软线 铜芯聚氯乙烯绝缘绞型软线	用于交流额定电压 250 伏及以下的移动式日用电器的连接	铜芯橡皮软线 棉纱编织双绞棉纱编软线 棉纱总编织软线	BXR RXS RX
RFB RFS	丁腈聚氯乙烯复合绝缘线 (平型软线) 丁腈聚氯乙烯复合物绞型软线	用于交流 250 伏或直流 500 伏及以下的各种日用电器照明灯座和无线电设备等连接线	橡皮绝缘棉纱编织软线	RXS RX
JBF	丁腈聚氯乙烯复合物绝缘引接线	适用于交流额定电压 500 伏及以下的 B 级绝缘电机电器引接线	---	---
BLXF BXF	铝芯氯丁橡皮线 铜芯氯丁橡皮线	交流电压 500 伏或直流电压 1000 伏及以下的农村和城市户内外架空、明敷、穿管固定敷设的照明及电气设备电路	---	BX、BXS BLX BBLX BXR

### 三、500 伏以下配电、动力与照明用绝缘电线

1. 聚氯乙烯绝缘电线 常用聚氯乙烯绝缘电线的型号、性能及规格列于表 14-42~表 14-45, 以及表 14-50。

表 14-42 BV、BLV 型聚氯乙烯电线规格

标称 截面 (毫米 <sup>2</sup> )	导电线 芯结构 根数/单 线直径 (毫米)	电 线 参 考 数 据						
		绝缘 厚度 (毫米)	最大外径 (毫米)		一芯质量 (千克/千米)		二芯平行质量 (千克/千米)	
			一芯	二芯	铜 芯	铝 芯	铜 芯	铝 芯
0.5	1/0.80	0.5	2.0	2.0×4.0	7.30	4.19	14.60	8.38
0.75	1/0.97	0.6	2.4	2.4×4.8	10.65	6.08	21.30	12.16
1	1/1.13	0.6	2.6	2.6×5.2	13.40	7.21	26.84	14.42
1.5	1/1.37	0.8	3.3	3.3×6.6	20.60	11.48	41.20	229.6
2.5	1/1.76	0.8	3.7	3.7×7.4	30.58	15.47	61.06	30.94
4	1/2.24	0.8	4.2	4.2×8.4	45.61	21.19	91.23	42.38
6	1/2.73	0.8	4.8	4.8×9.6	64.46	29.22	128.9	56.44
10	7/1.33	1.0	6.6	6.6×13.2	112.09	51.16	224.2	102.32
16	7/1.70	1.0	7.8		174.34	74.81		
25	7/2.12	1.2	9.6		268.30	114.5		
35	7/2.50	1.2	10.9		364.91	149.3		
50	19/1.83	1.4	13.2		513.72	208.6		
70	19/2.12	1.4	14.7		699.8	271.1		
95	19/2.50	1.6	17.3		945.4	362.8		
120	37/2.00	1.6	18.1		1161.3	435.3		
150	37/2.24	1.8	20.1		1461.3	544.6		
185	37/2.50	1.8	22.2		1796.1	661.5		



表 14-43 BVV、BLVV 型聚氯乙烯电线规格

标称截面积 (毫米 <sup>2</sup> )	导电线芯结构 根数/单线直径 (毫米)	最大外径 (毫米)	电线质量 (千克/千米)	
			铜 芯	铝 芯
		(一芯)		
0.75	1/0.97	3.9	18.95	13.38
1	1/1.13	4.1	22.82	16.11
1.5	1/1.37	4.4	27.70	18.58
2.5	1/1.76	4.8	39.03	23.34
4	1/2.24	5.3	54.33	29.91
6	1/2.73	6.5	81.04	44.80
10	7/1.33	8.4	131.89	70.56
		(二芯)		
0.75	1/0.97	3.9×6.3	34.35	25.21
1	1/1.13	4.1×6.7	42.24	29.82
1.5	1/1.37	4.4×7.2	52.50	34.26
2.5	1/1.76	4.8×8.1	73.90	43.78
4	1/2.24	5.3×9.1	106.36	57.52
6	1/2.73	6.5×11.3	156.58	84.10
10	7/1.33	8.4×14.5	254.58	132.72
		(三芯)		
0.75	1/0.97	4.2×8.9	53.35	39.64
1	1/1.13	4.3×9.5	63.46	44.83
1.5	1/1.37	4.6×10.2	80.40	53.04
2.5	1/1.76	5.0×11.5	113.21	67.92
4	1/2.24	5.5×13.1	162.40	89.13
6	1/2.73	7.0×16.5	247.72	139.00
10	7/1.33	8.8×21.1	398.97	216.18

表 14-44 BVR 型聚氯乙烯绝缘软电线规格

标称截面积 (毫米 <sup>2</sup> )	导电线芯结构 根数/单线直径 (毫米)	最大外径 (毫米)	电线质量 (千克/千米)
0.75	7/0.37	2.5	10.1
1	7/0.43	2.7	14.4
1.5	7/0.52	3.5	21.7
2.5	19/0.41	4.0	33.2
4	19/0.52	4.6	49.0
6	19/0.64	5.3	70.0
10	49/0.52	7.4	124.3
16	49/0.64	8.5	179.3
25	98/0.58	11.1	293.0
35	133/0.58	12.2	377.5
50	133/0.68	14.3	510.8

表 14-45 聚氯乙烯绝缘电线的直流电阻值(+20°C)

型 号	标 称 截 面 积 (毫米 <sup>2</sup> )	线芯直流电阻不大于 (欧/千米)	
		铜 芯	铝 芯
BV BLV (一芯及二芯 平型电线)	0.5	36.8	20.6 12.3 7.59 5.13 3.05
	0.75	24.9	
	1	18.4	
	1.5	12.5	
	2.5	7.50	
	4	4.60	
	6	3.11	
	10	1.83	
BV BLV	16	1.12	1.87
	25	0.722	1.20
BV BLV	35	0.519	0.864
	50	0.357	0.594
	70	0.266	0.443
	95	0.191	0.318
	120	0.153	0.255
	150	0.122	0.204
	185	0.0982	0.163
BV (二芯及三芯 绞型电线)	0.5	37.2	
	0.75	25.1	
BVV BLVV (一芯、二芯及 三芯平行型)	0.75	24.9	20.6 12.3 7.59 5.13 3.05
	1	18.4	
	1.5	12.5	
	2.5	7.50	
	4	4.60	
	6	3.11	
	10	1.83	
	BVR	0.75	
1		17.6	
1.5		12.0	
2.5		7.17	
4		4.41	
6		2.92	
10		1.73	
16		1.14	
25		0.695	
35		0.512	
50		0.373	

2. 聚氯乙烯绝缘软线 常用聚氯乙烯绝缘软线的型号、性能和规格列于表14-46~表14-50。

3. 丁腈聚氯乙烯复合物绝缘软线 丁腈聚氯乙烯复合物绝缘软线及引接线性能和规格列于表14-51~表14-53。

表 14-46 RV 型 300/500 伏铜芯聚氯乙烯绝缘  
连接软线的规格和电性能

标称截 面积 (毫米 <sup>2</sup> )	导电线芯结构 根数/单线直径 (毫米)	绝缘厚度 (毫米)	最大外径 (毫米)	20°C 时导体电阻 (欧/千米) 不大于		70°C 时最 小绝缘电阻 (兆欧·千米)
				铜 芯	镀锡铜芯	
0.3	16/0.15	0.6	2.3	69.2	71.2	0.016
0.4	23/0.15		2.5	48.2	49.6	0.014
0.5	16/0.20		2.6	39.0	40.1	0.013
0.5	28/0.15		2.6	39.0	40.1	0.013
0.75	24/0.20		2.8	26.0	26.7	0.011
0.75	42/0.15		2.8	26.0	26.7	0.011
1	32/0.20		3.0	19.5	20.0	0.010

表 14-47 RV 型 450/750 伏铜芯聚氯乙烯绝缘连接  
软线的规格和电性能

标称截 面积 (毫米 <sup>2</sup> )	导电线芯结构 根数/单线直径 (毫米)	绝缘厚度 (毫米)	最大外径 (毫米)	20°C 时导体电阻 (欧/千米) 不大于		70°C 时最小 绝缘电阻 (兆欧·千米)
				铜 芯	镀锡铜芯	
1.5	30/0.25	0.7	3.5	13.3	13.7	0.010
2.5	49/0.25	0.8	4.2	7.98	8.21	0.009
4	56/0.30	0.8	4.8	4.95	5.09	0.007
6	84/0.30	0.8	6.4	3.30	3.39	0.006

表 14-48 RVB 型 300/300 伏铜芯聚氯乙烯绝缘  
平型连接软线规格和电性能

标称截面积 (毫米 <sup>2</sup> )	导电线芯结构 根数/单线直径 (毫米)	绝缘厚度 (毫米)	最大外径 (毫米)	20°C 时导体电阻 (欧/千米) 不大于		70°C 时最小 绝缘电阻 (兆欧·千米)
				铜 芯	镀锡铜芯	
0.3	2×16/0.15	0.6	2.3×4.3	69.2	71.2	0.016
0.4	2×23/0.15		2.5×4.6	48.2	49.6	0.014
0.5	2×28/0.15		3.0×5.8	39.0	40.1	0.016
0.75	2×42/0.15		3.2×6.2	26.0	26.7	0.014
1.0	2×32/0.20		3.4×6.6	19.5	20.0	0.012

表 14-49 RVS 型 300/300 伏铜芯聚氯乙烯绝缘绞型  
连接软线规格和电性能

标称截面积 (毫米 <sup>2</sup> )	导电线芯结构 根数/单线直径 (毫米)	绝缘厚度 (毫米)	最大外径 (毫米)	20°C 时导体电阻 (欧/千米) 不大于		70°C 时最小 绝缘电阻 (兆欧·千米)
				铜 芯	镀锡铜芯	
0.3	2×16/0.15	0.6	4.3	69.2	71.2	0.016
0.4	2×23/0.15	0.6	4.6	48.2	49.6	0.014
0.5	2×28/0.15	0.8	5.8	39.0	40.1	0.016
0.75	2×42/0.15	0.8	6.2	26.0	26.7	0.014

表 14-50 RV、RVB、RVS、BVV、BLVV 型电线单根  
在空气中敷设时的载流量 (+25°C)

标 称 截 积 (毫米 <sup>2</sup> )	长期连续负荷允许载流量(安)			
	一 芯		二 芯	
	铜 芯	铝 芯	铜 芯	铝 芯
0.3	9	—	7	—
0.4	11	—	8.5	—
0.5	12.5	—	9.5	—
0.75	16	—	12.5	—
1.0	19	—	15	—
1.5	24	—	19	—
2	28	—	22	—
2.5	32	25	26	20
4	42	34	36	28
6	55	43	47	38
10	75	59	65	51

表 14-51 RFB 型电线的规格和直流电阻值

标称截面积 (毫米 <sup>2</sup> )	导电线芯结构 根数/直径 (毫米)	绝缘厚度 (毫米)	最大外径 (毫米)	参考质量 (千克/千米)	20°C 时直流电阻 (欧/千米) 不大于
0.12	2×7/0.15	0.5	1.6×3.2	6.5	146
0.2	2×12/0.15	0.6	2.0×4.0	11	84.9
0.3	2×16/0.15	0.6	2.1×4.2	13	63.7
0.4	2×23/0.15	0.6	2.3×4.6	16	44.3
0.5	2×28/0.15	0.6	2.4×4.8	19	36.4
0.75	2×42/0.15	0.7	2.9×5.8	25	24.3
1	2×32/0.2	0.7	3.1×6.2	31	17.9
1.5	2×48/0.2	0.7	3.4×6.8	42	11.9
2	2×64/0.2	0.8	4.1×8.2	56	8.96
2.5	2×77/0.2	0.8	4.5×9.0	68	7.44

表 14-52 RFS 型电线的规格和直流电阻

标称截面积 (毫米 <sup>2</sup> )	导电线芯结构 根数/直径 (毫米)	绝缘厚度 (毫米)	最大外径 (毫米)	参考质量 (千克/千米)	20°C 时直流电阻 (欧/千米) 不大于
0.12	2×7/0.15	0.5	3.2	7	150
0.2	2×12/0.15	0.6	4.0	12	87.0
0.3	2×16/0.15	0.6	4.2	14	65.3
0.4	2×23/0.15	0.6	4.6	17	45.4
0.5	2×28/0.15	0.6	4.8	20	37.3
0.75	2×42/0.15	0.7	5.8	26	24.9
1	2×32/0.2	0.7	6.2	32	18.3
1.5	2×48/0.2	0.7	6.8	43	12.2
2	2×64/0.2	0.8	8.2	58	9.17
2.5	2×77/0.2	0.8	9.0	70	7.63

表 14-53 JBF 型丁腈聚氯乙烯复合物绝缘引接线规格及直流电阻值

标称截面积 (毫米 <sup>2</sup> )	导电线芯结构 根数/直径 (毫米)	绝缘厚度 (毫米)	最大外径 (毫米)	参考质量 (千克/千米)	20°C 时直流电阻 (欧/千米) 不大于
0.03	7/0.07	0.4	1.1	1.28	693
0.06	7/0.10	0.4	1.2	1.70	339
0.12	7/0.15	0.4	1.4	2.70	145
0.2	12/0.15	0.4	1.6	3.72	84.9
0.3	16/0.15	0.5	1.9	5.20	63.6
0.4	23/0.15	0.5	2.1	6.80	44.3
0.5	28/0.15	0.5	2.2	7.86	36.3
0.75	42/0.15	0.7	2.9	12.78	24.3
1	32/0.2	0.7	3.1	15.70	17.8
1.5	48/0.2	0.7	3.4	21.37	11.9
2.5	19/0.41	1.0	4.5	35.7	7.17
4.0	19/0.52	1.0	5.1	52.0	4.41
6.0	19/0.64	1.0	5.7	73.6	2.92
10	49/0.52	1.2	7.8	129.0	1.73
16	49/0.64	1.2	9.0	185.6	1.14

4. 氯丁橡皮线 铝芯及铜芯氯丁橡皮线的规格及载流量分别列于表 14-54 及表 14-55。

表 14-54 BLXF、BXF 型橡皮电线规格

标称截面积 (毫米 <sup>2</sup> )	导电线芯结构 根数/单线直径 (毫米)	电线参考数据		
		最大外径 (毫米)	电线质量(千克/千米)	
			铜芯	铝芯
1.5	1/1.37	3.7	25.02	15.8
2.5	1/1.76	4.1	35.49	20.43
4	1/2.24	4.6	51.33	26.93
6	1/2.73	5.6	75.74	39.50
10	7/1.33	7.0	122.60	61.70
16	7/1.70	8.7	195.00	95.40
25	7/2.12	10.1	285.90	131.00
35	7/2.50	11.8	395.70	180.40
50	19/1.83	13.6	448.60	236.10
70	19/2.12	15.7	732.60	313.00
95	19/2.50	17.7	991.80	408.70

表 14-55 BLXF、BLX、BX、BXR 型橡皮线

单芯单根电线在空气中敷设的载流量

标称截 面积 (毫米 <sup>2</sup> )	长期连续负荷 允许载流量 (安)		相应电线 表面温度 (°C)	标称截 面积 (毫米 <sup>2</sup> )	长期连续负荷 允许载流量 (安)		相应电线 表面温度 (°C)
	铜 芯	铝 芯			铜 芯	铝 芯	
0.75	18	—	60	35	180	138	61
1	21	—	60	50	230	175	61
1.5	27	—	60	70	285	220	61
2.5	35	27	61	95	345	265	61
4	45	35	61	120	400	310	61
6	58	45	61	150	470	360	61
10	85	65	61	185	540	420	61
16	110	85	61	240	660	510	61
25	145	110	61	300	770	600	61

注：环境温度为 25°C。

## 四、低压绝缘电缆

1. 通用橡套电缆 通用电缆的特点及规格列于表 14-56~表 14-60。
2. 电焊机用电缆 电焊机用电缆的特点及规格列于表 14-61~表 14-63。

表 14-56 通用橡套电缆的型号、种类及用途

型 号	名 称	主 要 用 途
YQ YQW	轻型橡套电缆	适用于交流 250 伏及以下的日用电器、小型电动设备
YZ YZW	中型橡套电缆	适用于交流 500 伏及以下的各类移动性的电气设备
YO YOW	重型橡套电缆	适用于交流 500 伏及以下室外移动性电气设备

表 14-57 YQ、YQW 型电缆规格

芯数×标称截面积 (毫米 <sup>2</sup> )	电 缆 参 考 数 据			
	绝缘厚度 (毫米)	最大外径 (毫米)	电缆质量(千克/千米)	
			YQ	YQW
2×0.3	0.5	5.5	33.5	36.6
2×0.5	0.5	6.5	47.8	52.3
2×0.75	0.6	7.4	64.6	70.3
3×0.3	0.5	5.8	39.6	42.7
3×0.5	0.5	6.8	56.9	61.7
3×0.75	0.6	7.8	77.9	83.5

表 14-58 YZ、YZW 型电缆规格

芯数×标称截面积 (毫 米 <sup>2</sup> )	电 缆 参 考 数 据			
	绝缘厚度 (毫米)	最大外径 (毫米)	电缆质量(千克/千米)	
			YZ	YZW
2×0.5	0.8	8.3	63.6	70.7
2×0.75		8.8	77.0	85.0
2×1.0		9.1	91.9	100.3
2×1.5		9.7	110.8	120.2
2×2.0		10.9	140.8	152.8
2×2.5		13.2	197.6	215.1
2×4.0	1.0	15.2	281.0	304.5
2×6.0		16.7	360.9	388.9
3×0.5		8.7	71.6	78.7
3×0.75	0.8	9.3	89.0	96.8
3×1.0		9.6	109.5	117.7
3×1.5		10.7	142.4	152.9
3×2.0		11.5	170.2	182.0
3×2.5		14.0	236.0	253.3
3×4		16.0	341.3	364.0
3×6	1.0	18.1	458.9	487.9
3×0.5+1×0.5		9.5	83.4	90.9
3×0.75+1×0.75		10.5	113.4	122.8
3×1+1×1	0.8+0.8	10.8	140.0	150.1
3×1.5+1×1		11.4	163.7	174.0
3×2+1×1		12.6	185.8	197.2
3×2.5+1×1.5	1.0+0.8	15.0	271.0	289.7
3×4+1×2.5	1.0+1.0	17.6	398.7	424.0
3×6+1×4	1.0+1.0	19.4	527.7	556.2



表 14-59 YC、YCW 型电缆规格

芯数×标称截面积 (毫米 <sup>2</sup> )	电 缆 参 考 数 据			
	绝缘厚度 (毫米)	最大外径 (毫米)	电缆质量(千克/千米)	
			YC	YCW
1×2.5	1.0	8.1	79.4	85.2
1×4	1.0	8.7	98.8	105.1
1×6	1.0	9.3	124.1	131.0
1×10	1.2	12.5	212.2	224.5
1×16	1.2	13.8	286.1	300.1
1×25	1.4	17.3	433.3	454.3
1×35	1.4	18.6	552.0	575.3
1×50	1.6	21.8	760.4	798.0
1×70	1.6	24.1	1041	1080
1×95	1.8	26.3	1292	1334
1×120	1.8	30.4	1663	1725
2×2.5	1.0	13.9	217.7	238.0
2×4	1.0	15.0	269.4	292.6
2×6	1.0	17.4	371.0	403.5
2×10	1.2	22.7	556.7	598.7
2×16	1.2	25.1	746.6	788.6
2×25	1.4	32.1	1148	1216
2×35	1.4	34.8	1443	1519
2×50	1.6	38.7	1865	1953
2×70	1.6	45.8	2743	2879
2×95	1.8	50.1	3350	3495
2×120	1.8	53.5	3979	4138

(续表)

芯数×标称截面积 (毫米 <sup>2</sup> )	电 缆 参 考 数 据			
	绝缘厚度 (毫米)	最大外径 (毫米)	电缆质量(千克/千米)	
			YC	YCW
3×2.5	1.0	14.6	259.2	279.3
3×4	1.0	17.0	359.0	387.0
3×6	1.0	18.3	449.9	481.9
3×10	1.2	23.9	704.0	742.5
3×16	1.2	26.5	945.2	989.2
3×25	1.4	33.9	1463	1534
3×35	1.4	36.8	1869	1949
3×50	1.6	43.4	2599	2716
3×70	1.6	48.4	3561	3556
3×95	1.8	53.1	4402	4553
3×120	1.8	56.7	5271	5439
带接地线时				
3×2.5+1×1.5	1.0+1.0	16.6	319.1	353.1
3×4+1×2.5	1.0+1.0	18.0	409.2	438.2
3×6+1×4	1.0+1.0	19.5	518.0	551.0
3×10+1×6	1.2+1.0	24.9	799.3	839.8
3×16+1×6	1.2+1.0	28.2	1039.1	1084.1
3×25+1×10	1.4+1.2	36.0	1651.9	1688.9
3×35+1×10	1.4+1.2	38.6	2003	2084
3×50+1×16	1.6+1.2	45.8	2810	2929
3×70+1×25	1.6+1.4	51.5	3727	3891
3×95+1×35	1.8+1.4	56.8	4826	5032
3×120+1×35	1.8+1.4	60.0	5676	5844

表 14-60 通用橡套电缆的直流电阻值

型 号	标称截面积 (毫 米 <sup>2</sup> )	电缆主芯的直流电阻 (欧/千米) 不 大 于	
		单 芯	2~4 芯
YQ YQW	0.3 0.5 0.75		66.3 37.8 25.0
YZ  YZW	0.5 0.75 1.00 1.5 2 2.5 4 6		37.5 24.8 18.3 12.2 9.14 7.59 4.49 2.97
YC  YCW	2.5 4 6 10 16 25 35 50 70 95 120	6.92 4.57 3.07 1.80 1.14 0.718 0.514 0.373 0.262 0.191 0.153	7.06 4.66 3.13 1.83 1.16 0.732 0.522 0.382 0.267 0.195 0.156

表 14-61 电焊机用电缆的型号、种类及用途

型 号	名 称	用 途
YH	电焊机铜芯软电缆	额定电压为 200 伏, 作电焊机的二次侧接线及连接电焊钳之用
YHL	电焊机铝芯软电缆	

表 14-62 YH、YHL 型电缆规格

型 号	标称截面积 (毫 米 <sup>2</sup> )	线芯结构 根数/直径 (毫 米)	电缆参考数据	
			最大外径 (毫米)	质 量 (千克/千米)
YH	10	322/0.2	9.1	142.1
	16	513/0.2	10.7	215.2
	25	798/0.2	12.6	313.1
	35	1121/0.2	14.9	426.9
	50	1596/0.2	16.2	589.2
	70	999/0.3	19.3	836.5
	95	1333/0.3	21.1	1092.0
	120	1702/0.3	24.5	1385.0
150	2109/0.3	26.2	1674.0	
YHL	16	223/0.3	10.7	112.8
	25	342/0.3	12.6	146.2
	35	494/0.3	14.0	203.0
	50	703/0.3	16.2	269.3
	70	999/0.3	19.3	384.4
	95	1332/0.3	21.1	489.3
	120	1702/0.3	24.5	615.4
	150	2109/0.3	26.2	720.4
185	2590/0.3	28.8	874.5	

表 14-63 YH、YHL 型电缆导电线芯直流电阻(20°C)

标 称 截 面 积 (毫 米 <sup>2</sup> )	电缆导电线芯直流电阻(欧/千米)不大于	
	YH	YHL
10	1.77	
16	1.12	1.92
25	0.718	1.28
35	0.511	0.888
50	0.359	0.624
70	0.255	0.439
95	0.191	0.329
120	0.150	0.258
150	0.121	0.208
185		0.169



安全载流量表(安)

管布线				护套线				软线		50°C时有效电阻 (欧/千米)		明线装置满载, 电压降低1伏 时的长度(米)*	
三根		四根		二芯		三四	及芯	单芯	双芯	铜	铝	铜	铝
铜	铝	铜	铝	铜	铝	铜	铝	铜	铜				
				7		4		8	7				
				11		9		13	10.5				
				14		12		14	11				
10		9		13		9.6		17	13	20.520		2.86	
13	10	11	9	17	13	10	8	21	17	13.7387	23.000	3.45	2.72
				19		13		25	18				
18	14	17	12	23	17	17	14	29	21	8.2432	13.888	4.33	3.28
24	19	22	17	30	23	23	19			5.1520	8.680	5.25	4.10
31	23	28	22	37	29	28	22			3.4347	5.786	6.10	4.66
42	33	38	29	57	44	45	35			2.0608	3.472	7.45	5.62
56	42	49	38							1.2880	2.170	8.45	6.68
74	56	65	50							0.8243	1.390	10.10	7.90
91	69	81	61							0.5888	0.990	11.60	8.95
114	88	102	78							0.4122	0.690	13.00	10.13
145	113	128	100							0.2944	0.496	14.80	11.30
178	137	160	121							0.2169	0.3655	16.30	12.67
										0.1717	0.2893		
										0.1374	0.2314		
										0.1114	0.1876		
										0.0859	0.1446		

表 14-65 橡皮绝缘线

截面积 (毫米 <sup>2</sup> )	固定敷设 用线芯		明线装置		钢 管 布 线						塑 料	
	根数/单 根直径 (毫米)	近似 英规 线号			二 根		三 根		四 根			
			铜	铝	铜	铝	铜	铝	铜	铝	铜	铝
0.50												
0.75												
0.80												
1.00	1/1.13	1/18	18		18		12		10		11	
1.50	1/1.37	1/17	23	16	17	13	16	12	15	10	15	12
2.00	1/1.60	1/16										
2.50	1/1.76	1/15	30	24	24	18	22	17	20	14	22	17
4	1/2.24	1/13	39	30	32	24	30	23	26	20	29	22
6	1/2.73	1/11	50	39	43	32	37	30	34	26	37	29
10	7/1.33	7/17	74	57	59	45	52	40	46	34.5	51	38
16	7/1.70	7/16	95	74	75	57	67	51	60	45	66	50
25	7/2.12	7/14	120	90	98	75	87	66	78	59	87	67
35	7/2.50	7/12	156	120	121	92	106	82	95	72	109	83
50	19/1.83	19/15	200	152	153	115	134	102	119	91	139	104
70	19/2.14	19/14	247	191	193	143	167	130	150	115	169	133
95	19/2.50	19/12	300	230	233	174	203	156	182	139	208	160
120	37/2.00	37/14	346	268	269	203	233	182	212	165	242	182
150	37/2.24	37/13	407	312	294	226	268	208	243	191	277	217
185	37/2.50	37/12	462	365								
240	61/2.24	61/13	570	442								
300	61/2.50	61/12	663	520								
400	61/2.83	61/11	815	632								
500	91/2.62	91/10	950	738								

注：1. 1980年10月机械工业部上海电缆研究所编写的《电线电缆连续负荷载流量》内载流量数值与该所前一次发表的数值略有不同：例如聚氯乙烯绝缘电力电缆，前一次按照部颁标准工作温度65°C，而这次是以70°C计算的。由于部颁标准没有更改，本表内所列安全载流量仍系根据该所1973年11月《1~35千伏油浸纸绝缘电力电缆及500伏橡皮、塑料绝缘电线长期连续负荷下允许载流量修正报告》计算而得。线芯最高允许工作温度为65°C，周围空气温度（指当地最热月份的平均最高温度为35°C，在实

安全载流量表(安)

管布线				护套线				软线		50°C时有效电阻 (欧/千米)		明线装置满载, 电压降低1伏 时的长度(米)*	
三 芯		四 根		二 芯		三及 四芯		单芯	双芯				
铜	铝	铜	铝	铜	铝	铜	铝	铜	铜	铜	铝	铜	铝
				7		4			7				
				10					9.5				
				16					10				
10		10		11		10			11	20.520		2.70	
14	11	12	10	14	12	10	8		14	13.7387	23.000	3.20	2.70
				17		12	12		17				
19	15	17	15	18	14	16	16		18	8.2432	13.888	4.03	3.00
26	20	23	17	28	21.8	21				5.1520	8.680	5.00	3.85
33	25	30	23							3.4347	5.786	5.30	4.45
43	35	40	30							2.0608	3.472	6.56	5.05
52	45	52	40							1.2386	2.170	8.20	6.20
73	60	69	52							0.8243	1.390	9.60	7.50
96	75	85	64							0.5883	0.990	10.90	8.40
121	94	107	82							0.4122	0.690	12.20	9.50
152	117	135	104							0.2944	0.496	13.80	10.50
186	143	160	130							0.2168	0.3653	15.40	11.90
217	165	197	147							0.1717	0.2893	16.80	13.00
252	197	230	178							0.1374	0.2314	18.80	13.80
										0.1114	0.1876	19.30	14.60
										0.0859	0.1446	20.50	15.70

实际空气温度超过 35°C 的地方,安全载流量应乘以下表中的校正系数。

周围空气温度(°C)	35	40	45	50	55
校正系数	1.0	0.91	0.82	0.71	0.58

2. \* 指只计线路的有效电阻,即不计电抗时,在一根导线上降低电压 1 伏的长度。



表 14-66 直接敷设在地中的低压绝缘电缆(铜、铝)安全载流量(安)

标称截面积 (毫米 <sup>2</sup> )	双 芯 电 缆		三 芯 电 缆		四 芯 电 缆	
	铜	铝	铜	铝	铜	铝
1.5	13	9	13	9	—	—
2.5	22	16	22	16	22	16
4	35	26	35	26	35	26
6	52	39	52	39	52	39
10	88	66	88	62	74	56
16	123	92	105	79	101	75
25	162	122	140	105	132	99
35	198	148	167	125	154	115
50	237	178	206	155	189	141
70	286	214	250	188	233	174
95	334	250	299	224	272	204
120	382	287	343	257	308	231
150	440	330	382	287	347	260
185	—	—	431	323	396	297
240	—	—	—	—	448	336

注: 1. 表中安全载流量, 线芯最高工作温度为 80°C, 地温为 30°C, 在实际地温不是 30°C 的地方电缆的安全载流量应乘以下表中的校正系数:

地温(°C)	10	15	20	25	30	35	40
校正系数	1.18	1.14	1.10	1.05	1	0.95	0.89

2. 几条电缆平行敷设(电缆外皮间距为 200 毫米)时, 电缆的安全载流量应乘以下表中的并列系数:

电缆条数	1	2	3	4	5	6	7	8
并列系数	1.00	0.92	0.87	0.84	0.82	0.81	0.80	0.79

表 14-57 架空线用的各种裸导线安全载流量表

铝绞线型号	安全载流量 (安)	铜芯铝绞线型号	安全载流量 (安)
LJ-16	93	LGJ-16	97
LJ-25	120	LGJ-25	124
LJ-35	150	LGJ-35	150
LJ-50	190	LGJ-50	195
LJ-70	234	LGJ-70	242
LJ-95	290	LGJ-95	295
LJ-120	330	LGJ-120	335
LJ-150	338	LGJ-150	393
LJ-185	440	LGJ-185	450
		LGJ-420	540

注：表中的安全载流量是根据最高工作温度为 70°C，周围空气温度为 35°C 规定的，在实际空气温度不是 35°C 的地方，应乘以下表校正系数。

周围空气温度(°C)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
校正系数	1.36	1.31	1.25	1.20	1.13	1.07	1.00	0.93	0.85	0.76	0.66

表 14-68 长方形截面的金属排(铜、铝)安全载流量表

金属排尺寸 宽度×厚度 (毫米)	最 大 允 许 电 流 (安)					
	铜			铝		
	一 片	二 片	三 片	一 片	二 片	三 片
25×3	300			235		
30×3	355			270		
30×4	420			320		
40×4	550			420		
40×5	615			475		
50×5	755			585		
50×6	840			650		
60×5	900			710		
60×6	990	1520	1970	765	1190	1510
60×8	1160	1900	2460	900	1480	1920
60×10	1300	2250	2900	1015	1770	2330
80×6	1300	1860	2390	1010	1430	1850
80×8	1490	2300	2970	1160	1800	2310
80×10	1670	2730	3510	1300	2120	2730
100×6	1590	2170	2790	1250	1700	2200
100×8	1820	2690	3460	1430	2100	2680
100×10	2030	3180	4090	1600	2520	3200
120×8	2110	2990	3820	1670	2330	2970
120×10	2330	3610	4580	1820	2820	3610

注: 表中的最大允许电流, 最高温度为 70°C, 周围空气温度是 35°C. 在实际空气温度不是 35°C 的地方, 金属排的载流量应乘以下表中的校正系数。

周围空气 温度(°C)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
校正系数	1.36	1.31	1.25	1.20	1.13	1.07	1.00	0.93	0.85	0.76	0.66

表 14-69 金属圆梗(铜、铝)载流量

圆梗直径 (毫米)	最大容许电流 (安)	
	铜 梗	铝 梗
6	135	105
7	170	130
8	205	160
10	280	215
12	365	280
14	445	345
15	495	380
16	535	420
18	635	490
19	685	530
20	735	570
21	790	610
22	840	650
25	1005	780

注: 表中最大允许电流, 最高温度为  $70^{\circ}\text{C}$ , 周围空气温度是  $35^{\circ}\text{C}$ 。如果实际空气温度不是  $35^{\circ}\text{C}$ , 金属圆梗的载流量应乘以表 14-67 中校正系数。

## 14-2 电阻合金材料及熔体材料

### 一、电阻合金材料

电阻合金是用以制作各种电阻元件的材料, 广泛用于电机、电器、仪器及电子等工业中。常用电阻合金材料的品种、性能及用途列于表 14-70, 其规格列于表 14-71~表 14-72。

电阻合金镍铬、康铜、新康铜、铁铬铝线材或带材大量用来制造各种电阻器, 如 Z 系列大功率旋转变阻器、BY-4 系列闸刀式变阻器、RXII-A(B、C、D) 型滑线变阻器、ZX 3、ZX 9、ZX 15 系列变阻器等。其中 ZX 9、ZX 15 系列电阻器系用铁铬铝带材绕成螺旋形的 ZY 元件, 或制成波浪形的 ZD1~ZD4 元件组成, 因其具有电阻高、耐高温的特点而使电阻器体积大大减小。ZX 3 系列板形电阻器系由新康铜线或带材绕成的 ZB 1、ZB 2 元件组成。表 14-73~表 14-75 为这些新材料在电阻器中应用的数据。



(续表)

类别	名称	主要成分 (%)	电阻率 $20^{\circ}\text{C}$ ( $\times 10^{-6}$ 欧·米)	电阻温度系数		热电动势 (微伏/ $^{\circ}\text{C}$ )	密度 (克/ 厘米 <sup>3</sup> )	抗拉强度 $\times 10^6$ (牛/米 <sup>2</sup> )	特点	用途简介
				$\alpha$ ( $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )	$\beta$ ( $10^{-6}/^{\circ}\text{C}^2$ )					
精密电阻	I <sub>1</sub> 级	镍 8~10 硅 1~2 铜余量	0.35	-5~+10	-0.25~0	<3	8.7	392~538	电阻对温度曲线较平坦, 在宽温度范围内的阻值误差比I <sub>2</sub> 级小	用作仪表中的电阻元件、分流器、电桥、电位差计、标准电阻元件等
	I <sub>2</sub> 级	镍 11~13 铜余量	0.44	0~+40	-0.7~0	<2	8.4	392~538	电阻最高点温度比通用型锰铜高	
高电阻	镍铬铝铁	镍 18~20 铝 1~3 铁 1~3 铜余量	1.33	-20~+20		<2	8.1	784~980	机械强度高, 耐磨性好, 焊接性能较差	
	镍铬铝铜	镍 18~20 铝 2~4 铜 1~3 铁余量	1.33	-20~20		<2	8.1	784~980	焊接性能比镍铬铝铁略好, 余同上	
合金	镍铬锰砷	镍余量 铬 17~19 锰 2~4 砷 1~4	1.35	-20~20		<2	8.1	784~980	焊接性能比镍铬铝铜略好, 余同上	
	镍铬铂铁	铂 1~13 铝 3~5 铁 3~5 锰铜余量	1.70	-30~30		<3	8.1	≈ 1568	焊接性能较差	
合金	镍锰铬铂	镍 34~41 铬 7~10 铂、铜余量	1.90	-50~50		<7		≈ 1568	焊接性能较好	

注: 表中所列参数: 镍康铜合金引自 GB 6149-85; 康铜、锰铜引自 GB 6145-85; 镍铬、镍铬铁、铁铬铂引自 GB 1234-85。

表 14-71 锰铜、康铜规格

圆线标称直径 (毫米)	截面积 (毫米 <sup>2</sup> )	每米电阻值 (欧/米)				每米标称质量 (克/米)			
		锰铜	F <sub>1</sub> 锰铜	F <sub>2</sub> 锰铜	康铜	锰铜	F <sub>1</sub> 锰铜	F <sub>2</sub> 锰铜	康铜
0.200	0.03142	15.0	11.1	14.0	15.3	0.265	0.273	0.266	0.279
0.212	0.03530	13.3	9.92	12.5	13.0	0.298	0.307	0.297	0.313
0.224	0.03947	11.9	8.88	11.2	12.2	0.332	0.343	0.335	0.350
0.250	0.04909	9.57	7.13	8.96	9.78	0.414	0.427	0.412	0.436
0.280	0.06158	7.63	5.68	7.15	7.80	0.520	0.536	0.517	0.547
0.315	0.07792	5.73	4.49	5.65	6.16	0.658	0.678	0.658	0.692
0.355	0.09898	4.51	3.54	4.45	4.85	0.835	0.861	0.831	0.879
0.400	0.1257	3.55	2.79	3.50	3.82	1.06	1.09	1.06	1.12
0.450	0.1590	2.81	2.20	2.77	3.02	1.34	1.38	1.34	1.41
0.500	0.1963	2.27	1.78	2.24	2.44	1.66	1.71	1.65	1.74
0.560	0.2463	1.91	1.42	1.79	1.95	2.03	2.14	2.07	2.19
0.630	0.3117	1.51	1.12	1.41	1.54	2.63	2.71	2.62	2.77
0.710	0.3959	1.19	0.884	1.11	1.21	3.34	3.44	3.33	3.52
0.750	0.4418	1.06	0.792	0.996	1.09	3.73	3.84	3.71	3.92
0.800	0.5027	0.935	0.696	0.875	0.955	4.24	4.37	4.22	4.46
0.850	0.5674	0.828	0.617	0.775	0.846	4.79	4.94	4.77	5.04
0.900	0.6362	0.739	0.550	0.692	0.755	5.37	5.53	5.34	5.65
0.950	0.7088	0.663	0.494	0.621	0.677	5.98	6.17	5.95	6.29
1.000	0.7854	0.598	0.446	0.560	0.611	6.63	6.83	6.60	6.79
1.060	0.8825	0.533	0.397	0.499	0.544	7.45	7.68	7.41	7.84
1.120	0.9852	0.477	0.355	0.447	0.487	8.32	8.57	8.28	8.75
1.180	1.094	0.430	0.320	0.402	0.439	9.23	9.51	9.19	9.71
1.250	1.227	0.383	0.285	0.359	0.391	10.4	10.7	10.3	10.9
1.320	1.368	0.343	0.256	0.322	0.351	11.5	11.9	11.5	12.2
1.400	1.539	0.305	0.227	0.286	0.312	13.0	13.4	12.9	13.7
1.500	1.767	0.266	0.198	0.249	0.272	14.9	15.4	14.8	15.7

(续表)

圆线标称直径 (毫米)	截面积 (毫米 <sup>2</sup> )	每米电阻值 (欧/米)				每米标称质量 (克/米)			
		锰铜	F <sub>1</sub> 锰铜	F <sub>2</sub> 锰铜	康铜	锰铜	F <sub>1</sub> 锰铜	F <sub>2</sub> 锰铜	康铜
1.600	2.011	0.234	0.174	0.219	0.239	17.0	17.5	16.9	17.9
1.700	2.270	0.207	0.154	0.194	0.211	19.2	19.7	19.1	20.2
1.800	2.545	0.185	0.138	0.173	0.189	21.5	22.1	21.4	22.6
1.900	2.835	0.166	0.123	0.155	0.169	23.9	24.7	23.8	25.2
2.00	3.142	0.150	0.111	0.140	0.153	26.5	27.3	26.4	27.9
2.12	3.530	0.133	0.0992	0.125	0.136	29.8	30.7	29.7	31.3
2.24	3.941	0.119	0.0888	0.112	0.122	33.3	34.3	33.1	35.0
2.36	4.374	0.107	0.0800	0.101	0.110	36.9	38.1	36.7	38.8
2.50	4.909	0.0957	0.0713	0.0896	0.0978	41.4	42.7	41.2	43.6
2.65	5.515	0.0852	0.0635	0.0798	0.0870	46.6	48.0	46.3	49.0
2.80	6.158	0.0763	0.0568	0.0715	0.0780	52.0	53.6	51.7	54.7
3.00	7.069	0.0665	0.0495	0.0622	0.0679	59.7	61.5	59.4	62.8
3.15	7.793	0.0603	0.0449	0.0565	0.0616	65.8	67.8	65.5	69.2
3.35	8.814	0.0533	0.0397	0.0499	0.0545	74.4	76.7	74.0	78.3
3.55	9.898	0.0475	0.0354	0.0445	0.0485	83.5	86.1	83.1	87.9
3.75	11.04	0.0426	0.0317	0.0398	0.0435	93.2	96.1	92.8	98.1
4.00	12.57	0.0374	0.0279	0.0350	0.0382	106	109	106	112
4.25	14.17	0.0331	0.0247	0.0316	0.0338	120	123	119	126
4.50	15.90	0.0296	0.0220	0.0277	0.0302	134	138	134	141
4.75	17.72	0.0265	0.0198	0.0248	0.0271	150	154	149	157
5.00	19.63	0.0239	0.0178	0.0224	0.0244	166	171	165	174
5.30	22.06	0.0213	0.0159	0.0199	0.0212	186	192	185	196
5.60	24.63	0.0191	0.0144	0.0179	0.0195	208	214	207	219
6.00	28.27	0.0166	0.0124	0.0156	0.0170	239	246	238	251
6.30	31.17	0.0151	0.0112	0.0141	0.0154	263	271	262	277

注: 本表所列数据按下列密度及电阻率计算所得:

- 锰铜(6J12) 电阻率 0.47 欧·毫米<sup>2</sup>/米, 密度 8.44 克/厘米<sup>3</sup>。  
 F<sub>1</sub> 锰铜(6J8) 电阻率 0.35 欧·毫米<sup>2</sup>/米, 密度 8.70 克/厘米<sup>3</sup>。  
 F<sub>2</sub> 锰铜(6J13) 电阻率 0.44 欧·毫米<sup>2</sup>/米, 密度 8.40 克/厘米<sup>3</sup>。  
 康铜(6J40) 电阻率 0.43 欧·毫米<sup>2</sup>/米, 密度 8.88 克/厘米<sup>3</sup>。



表 14-72 镍铬、镍铬铁、铁铬铝、新康铜规格

圆线标称直径 (毫米)	截面积 (毫米 <sup>2</sup> )	每 米 电 阻 值 (欧/米)				每 米 标 称 质 量 (克/米)			
		镍铬	镍铬铁	铁铬铝	新康铜	镍铬	镍铬铁	铁铬铝	新康铜
0.200	0.03142	34.70	35.65	39.79	15.6	0.2639	0.2376	0.2321	0.2513
0.212	0.03530	30.83	31.73	35.41	13.9	0.2965	0.2895	0.2612	0.2824
0.224	0.03941	27.66	28.42	31.72	12.4	0.3310	0.3231	0.2916	0.3153
0.250	0.04909	22.21	22.82	25.46	9.98	0.4123	0.4025	0.3632	0.3927
0.280	0.06158	17.70	18.19	20.30	7.96	0.5172	0.5049	0.4557	0.4926
0.315	0.07793	13.99	14.37	16.04	6.29	0.6546	0.6390	0.5765	0.6234
0.355	0.09898	11.01	11.32	12.63	4.95	0.8314	0.8116	0.7325	0.7918
0.400	0.1257	8.674	8.913	9.947	3.90	1.056	1.030	0.9290	1.005
0.45	0.1590	6.853	7.042	7.860	3.08	1.336	1.304	1.177	1.272
0.50	0.1963	5.551	5.704	6.546	2.50	1.649	1.610	1.453	1.571
0.56	0.2463	4.588	4.669	5.075	1.99	2.069	2.020	1.823	1.970
0.63	0.3117	3.625	3.689	4.010	1.57	2.618	2.556	2.307	2.494
0.71	0.3959	2.854	2.905	3.157	1.24	3.326	3.247	2.930	3.167
0.75	0.4418	2.558	2.603	2.829	1.11	3.711	3.623	3.269	3.534
0.80	0.5027	2.248	2.28	2.487	0.975	4.222	4.122	3.720	4.021
0.85	0.5674	1.991	2.027	2.203	0.864	4.767	4.653	4.199	4.540
0.90	0.6362	1.776	1.808	1.965	0.770	5.344	5.217	4.708	5.089
0.95	0.7083	1.594	1.622	1.763	0.691	5.954	5.812	5.245	5.671
1.00	0.7854	1.439	1.464	1.592	0.624	6.597	6.440	5.812	6.283
1.05	0.8825	1.280	1.303	1.416	0.555	7.413	7.236	6.530	7.060
1.12	0.9852	1.147	1.167	1.269	0.497	8.276	8.079	7.291	7.882
1.18	1.093	1.033	1.052	1.143	0.448	9.186	8.967	8.093	8.749
1.25	1.227	0.9208	0.937	1.019	0.399	10.31	10.06	9.081	9.817
1.32	1.368	0.826	0.840	0.913	0.353	11.50	11.22	10.13	10.95
1.40	1.539	0.734	0.747	0.812	0.313	12.93	12.62	11.39	12.32
1.50	1.767	0.639	0.651	0.707	0.277	14.84	14.49	13.08	14.14
1.60	2.011	0.562	0.572	0.622	0.244	16.89	16.49	14.88	16.08
1.70	2.270	0.498	0.507	0.551	0.216	19.07	18.61	16.80	18.16
1.80	2.545	0.444	0.452	0.491	0.193	21.38	20.87	18.83	20.36
1.90	2.835	0.399	0.406	0.441	0.173	23.82	23.25	20.98	22.68

(续表)

圆线标称直径 (毫米)	截面积 (毫米 <sup>2</sup> )	每米电阻值 (欧/米)				每米标称质量 (克/米)			
		镍铬	镍铬铁	铁铬铝	新康铜	镍铬	镍铬铁	铁铬铝	新康铜
2.00	3.142	0.360	0.366	0.398	0.156	26.39	35.76	23.25	25.13
2.12	3.530	0.320	0.326	0.354	0.139	29.65	28.95	26.12	28.24
2.24	3.941	0.287	0.292	0.317	0.124	33.10	32.31	29.16	31.53
2.36	4.374	0.258	0.263	0.286	0.112	36.74	35.87	32.37	34.99
2.50	4.909	0.230	0.234	0.255	0.0998	41.23	40.25	36.32	39.27
2.65	5.515	0.205	0.209	0.227	0.0888	46.33	45.23	40.81	44.12
2.80	6.158	0.184	0.187	0.203	0.0796	51.72	50.49	45.57	49.26
3.00	7.069	0.160	0.163	0.177	0.0693	59.38	57.96	52.31	56.55
3.15	7.793	0.146	0.148	0.160	0.0625	65.46	63.90	57.67	62.34
3.35	8.814	0.129	0.130	0.142	0.0556	70.04	72.28	65.22	70.51
3.55	9.898	0.115	0.116	0.126	0.0495	83.14	81.16	73.25	79.13
3.75	11.04	0.103	0.104	0.113	0.0444	92.76	90.57	81.73	88.36
4.00	12.57	0.0907	0.0915	0.0995	0.0390	105.6	103.0	92.99	100.5
4.25	14.17	0.0804	0.0811	0.0881	0.0346	119.2	116.3	105.0	113.5
4.50	15.90	0.0717	0.0723	0.0786	0.0308	133.6	130.4	117.7	127.2
4.75	17.72	0.0643	0.0649	0.0705	0.0276	148.9	145.3	131.1	141.8
5.00	19.63	0.0581	0.0586	0.0637	0.0250	164.9	161.0	145.3	157.1
5.30	22.06	0.0517	0.0521	0.0567	0.0222	185.3	180.9	163.3	176.5
5.60	24.63	0.0463	0.0467	0.0508	0.0199	206.9	202.0	182.3	197.2
6.00	28.27	0.0403	0.0407	0.0442	0.0173	237.5	231.8	209.2	226.2
6.30	31.17	0.0366	0.0369	0.0401	0.0157	261.8	255.6	230.7	249.4

注: 本表所列数据按下列密度及电阻率计算所得:

镍铬电阻率  $\phi 0.2 \sim 0.5$  为  $1.00 \times 10^{-6}$  欧·米, 密度 8.4 克/厘米<sup>3</sup>;

$> \phi 0.5 \sim 3.0$  为  $1.13 \times 10^{-6}$  欧·米;

$> \phi 3.0$  为  $1.14 \times 10^{-6}$  欧·米。

镍铬铁电阻率  $\phi 0.2 \sim 0.5$  为  $1.12 \times 10^{-6}$  欧·米, 密度 8.2 克/厘米<sup>3</sup>;

$> \phi 0.5$  为  $1.15 \times 10^{-6}$  欧·米。

铁铬铝电阻率为  $1.25 \times 10^{-6}$  欧·米, 密度 7.4 克/厘米<sup>3</sup>。

新康铜(6J11)电阻率为  $0.49 \times 10^{-6}$  欧·米, 密度 8 克/厘米<sup>3</sup>。

表 14-73 康铜带规格及每米标称电阻值(欧/米)

宽度 (毫米)	6.3	8.0	10.0	12.5	16.0	20.0	25.0	31.5	40.0
0.180	0.450								
0.200	0.405								
0.224	0.362	0.285							
0.250	0.324	0.255	0.196						
0.280	0.289	0.228	0.175						
0.315	0.257	0.203	0.155	0.124					
0.355	0.228	0.180	0.138	0.110					
0.400	0.203	0.160	0.122	0.0980	0.0765				
0.450	0.180	0.142	0.109	0.0871	0.0680	0.0544	0.0435		
0.500	0.162	0.128	0.0980	0.0784	0.0612	0.0490	0.0392		
0.560	0.145	0.114	0.0875	0.0700	0.0547	0.0437	0.0350		
0.630	0.129	0.101	0.0777	0.0622	0.0486	0.0381	0.0311		
0.710	0.114	0.0899	0.0690	0.0552	0.0431	0.0345	0.0276		
0.800	0.101	0.0798	0.0612	0.0496	0.0383	0.0306	0.0245	0.0194	
0.900	0.0901	0.0709	0.0544	0.0435	0.0340	0.0272	0.0218	0.0173	
1.000	0.0811	0.0638	0.0490	0.0392	0.0306	0.0245	0.0196	0.0155	0.0122
1.120	0.0724	0.0570	0.0437	0.0350	0.0272	0.0219	0.0177	0.0139	0.0109
1.200	0.0675	0.0532	0.0408	0.0327	0.0251	0.0204	0.0163	0.0130	0.0102
1.250	0.0648	0.0511	0.0392	0.0315	0.0245	0.0196	0.0157	0.0124	0.00980
1.400	0.0579	0.0456	0.0350	0.0280	0.0215	0.0177	0.0140	0.0111	0.00875
1.500	0.0540	0.0426	0.0327	0.0261	0.0204	0.0163	0.0131	0.0104	0.00816
1.600	0.0507	0.0399	0.0306	0.0245	0.0191	0.0153	0.0122	0.00972	0.00765
1.800	0.0450	0.0355	0.0272	0.0218	0.0170	0.0136	0.0109	0.00864	0.00680
2.000	0.0405	0.0319	0.0245	0.0196	0.0153	0.0122	0.0098	0.00777	0.00612

注: 1. 计算电阻值时, 带材的有效面积是把厚度与宽度之积乘以如下四角系数:  
 宽度大于 10 毫米, 乘 0.98;  
 宽度小于或等于 10 毫米, 乘 0.94。

2. 新康铜电阻值按上表, 相应数据乘以  $\frac{0.40}{0.48}$ 。

3. 铁铬铝电阻值按上表, 相应数据乘以  $\frac{1.25}{0.48}$ 。

表 14-74 新康铜线、带在 ZX2 板形电阻器中应用数据

电阻器型号	20°C时电阻值 (欧)		额 定 电 流 (安)	电阻元 件匝数	电阻材 料尺寸 (毫米)	配用电阻元件	
	总电阻	每片元 件电阻				型 号	数 量
ZX2-1/0.2	2.0	0.2	42	15	10×1.0	ZB1	10
ZX2-1/0.25	2.5	0.25	37		10×0.8		
ZX2-1/0.33	3.3	0.33	32		10×0.6		
ZX2-1/0.4	4.0	0.4	29		10×0.5		
ZX2-1/0.5	5.0	0.5	26		10×0.4		
ZX2-1/0.66	6.6	0.66	23		10×0.3		
ZX2-2/0.7	7	0.7	22.8	2×36	2.0	ZB2	10
ZX2-2/0.9	9	0.9	19.9		1.8		
ZX2-2/1.1	11	1.1	17.7		1.6		
ZX2-2/1.45	14.5	1.45	15.4		1.4		
ZX2-2/1.93	19.5	1.95	13.8		1.2		
ZX2-2/2.8	28	2.8	11.2		2.0		
ZX2-2/3.5	35	3.5	10.1	1.8			
ZX2-2/4.4	44	4.4	8.9	1.6			
ZX2-2/5.8	58	5.8	7.7	1.4			
ZX2-2/8	80	8	6.6	1.2			
ZX2-2/12	120	12	5.4	1.2			
ZX2-2/18	180	18	4.4	1.0			
ZX2-2/21.6	216	21.6	4.0	0.9			
ZX2-2/27.6	276	27.6	3.5	0.8			
ZX2-2/37	370	37	3.1	0.8			
ZX2-2/48	480	48	2.7	0.7			
ZX2-2/68	680	68	2.3	0.6			
ZX2-2/96	960	96	1.9	0.5			
ZX2-2/140	1400	140	1.6	0.4			
ZX2-2/188	1880	188	1.4	0.35			
ZX2-2/260	2600	260	1.2	0.3			

表 14-75 镍铬铝带材在 ZX15 系列电阻器中应用数据

电 阻 器 型 号	允许电流 (安)	总 电 阻 (欧)	电 阻 元 件 参 数	电 阻		电 阻 带	材 料	
				配用电阻 元件型号	截面(毫米 <sup>2</sup> )			质量(千克)
ZX15-5	215	0.10	ZY-0.08	2(1.6×15)	1.1	2×12	洛 13 铝 4	
ZX15-7	181	0.14	ZY-0.112	2(1.6×15)	1.5	2×16		
ZX15-10	152	0.20	ZY-0.16	3(1.5×10)	0.9	2×16		
ZX15-14	128	0.30	ZY-0.24	2(1.5×10)	1.25	2×24		
ZX15-20	107	0.40	ZY-0.08	2(1.6×15)	1.1	2×12		
ZX15-28	91	0.56	ZY-0.112	2(1.6×15)	1.5	2×16		铁
ZX15-40	76	0.80	ZY-0.16	2(1.5×10)	0.9	2×16		铬
ZX15-55	64	1.2	ZY-0.24	2(1.5×10)	1.25	2×24		铝
ZX15-89	54	1.6	ZY-0.32	1.6×15	1.18	24		螺旋形 瓷 筒
ZX15-110	46	2.1	ZY-0.42	2(1.1×10)	1.32	2×32		
ZX15-75	39	3.0	ZY-0.62	1.5×10	0.8	30		
ZX15-105	33	4.2	ZY-0.84	1.1×10	0.66	32		
ZX15-140	29	5.6	ZY-1.12	0.8×8	0.255	21		
ZX15-200	24	8.0	ZY-1.6	0.8×8	0.35	30		
ZX15-280	20	11.0	ZY-2.2	0.8×6	0.3	32		

## 二、熔体材料

常用的熔体材料为熔点较低的金属，例如银、铜、铝、锡、铅、铋等。利用不同成分的铋、镉、锡、铅等元素制成熔点为 60~200°C 的低熔点合金，作为熔断器的主要部件。低熔点合金的成分及其熔点列于表 14-76，熔断电流列于表 14-77 及表 14-78。

表 14-76 低熔点合金的成分和熔点

化 学 成 分					熔 点
铋	铅	锡	镉	汞	(°C)
20	20	—	—	60	20
50	27	13	10	—	72
52	40	—	8	—	92
53	32	15	—	—	96
54	26	—	20	—	103
29	43	28	—	—	132
—	32	50	18	—	145
30	50	—	—	—	160
15	41	44	—	—	164
33	—	67	—	—	166
20	—	80	—	—	200

表 14-77 铅熔丝的熔断电流表

直 径 (毫米)	截面积 (毫米 <sup>2</sup> )	近似英规线号	额定工作电流 (安)	熔断电流 (安)
0.08	0.005	44	0.25	0.5
0.15	0.018	38	0.50	1.0
0.20	0.031	36	0.75	1.5
0.22	0.038	35	0.80	1.6
0.25	0.049	33	0.90	1.8
0.28	0.062	32	1.00	2.0
0.29	0.066	31	1.05	2.1
0.32	0.080	30	1.10	2.2
0.35	0.096	29	1.25	2.5
0.36	0.102	28	1.35	2.7
0.40	0.126	27	1.50	3.0
0.46	0.166	26	1.85	3.7
0.52	0.212	25	2.00	4.0
0.54	0.229	24	2.25	4.5
0.60	0.283	23	2.50	5.0
0.71	0.400	22	3.00	6.0
0.81	0.52	21	3.75	7.5
0.98	0.75	20	5	10
1.02	0.82	19	6	12
1.25	1.23	18	7.5	15
1.51	1.79	17	10	20
1.67	2.10	16	11	22
1.75	2.41	15	12	24
1.98	3.03	14	15	30
2.40	4.52	13	20	40
2.78	6.07	12	25	50
2.95	6.84	11	27.5	55
3.14	7.76	10	30	60
3.81	11.40	9	40	80
4.12	13.33	8	45	90
4.44	15.48	7	50	100
4.91	18.93	6	60	120
5.24	21.57	4	70	140

表 14-78 铜丝的熔断电流

直 径 (毫米)	截 面 积 (毫米 <sup>2</sup> )	近似英制线号	额定工作电流 (安)	熔断电流 (安)
0.234	0.043	34	4.7	9.4
0.254	0.051	33	5.0	10.0
0.274	0.059	32	5.5	11.0
0.295	0.068	31	6.1	12.2
0.315	0.078	30	6.9	13.8
0.345	0.093	29	8.0	16.0
0.376	0.111	28	9.2	18.4
0.417	0.137	27	11.0	22
0.457	0.164	26	12.5	25
0.508	0.203	25	15.0	29.5
0.559	0.245	24	17.0	34
0.60	0.283	23	20.0	39
0.70	0.385	22	25	50
0.80	0.500	21	29	58
0.90	0.60	20	37	74
1.00	0.80	19	44	88
1.13	1.00	18	52	104
1.37	1.50	17	63	125
1.60	2.00	16	80	160
1.76	2.50	15	95	190
2.00	3.00	14	120	240
2.24	4.00	13	140	280
2.50	5.00	12	170	340
2.78	6.00	11	200	400



## 14-3 电 刷

电刷选用得是否恰当对于电机的运行有很大关系。一般的选择原则是根据电刷的电流密度、滑环或整流子的圆周速度(转速或角速度)就可以在电刷

表 14-79 电刷技术

类 别	型 号		电阻系数 (分接触法) (欧·毫米 <sup>2</sup> /米)	压入法 硬 度 (牛/毫米 <sup>2</sup> )
	新	旧		
石墨 电 刷	S3 S6M S26	S-3 SQF-6	8~20 15~25 100~150	100~350 40~70 150~250
电化石	D104 D172 D172NM	DS-4 DS-72	6~16 10~16 10~20	30~90 50~100 50~100
	D213 D214 D252	DS-13 DS-14 DS-52	22~40 22~36 12~22	100~500 170~340 120~240
墨电刷	D308 D374B D374N	DS-8 DS-74B	31~50 45~70 45~75	220~440 250~500 250~500
电化石 墨电刷	D376 D376N	DS-76	50~75 50~80	200~400 200~400
金属石	J102 J105 J164	TS-2 TSQ-A TS-64	0.1~0.35 ≤0.25 0.05~0.15	60~140 60~200 60~180
	J201 J203 J204	T-1 T-3 TS-4	1~6 5~12 0.2~1.3	120~350 90~280 150~360
墨电刷	J205 J213	TSQ-5 TS-103	1~12 0.2~1	80~280 100~280

技术特性表中找到所需的电刷种类,再结合电机的特性(额定电压、电流)和运行条件(连续、断续、短时)就可以决定电刷的具体型号。

由于电刷的材料和制造方法不同,常用的电刷可分成石墨电刷、电化石墨电刷和金属石墨电刷三种。各种电刷的特性及尺寸如表 14-79 和表 14-80。各种电机上电刷的选择如表 14-81 和表 14-82。国内外电刷牌号对照列于表 14-83。

性能及工作条件

一对电刷的 接触电压降 (伏)	摩擦系数 不大于	30 小时磨损 (毫米) 不大于	工 作 条 件		
			额定电流 密 度 (安/厘米 <sup>2</sup> )	允 许 圆 周 速 度 (米/秒)	电刷使用 单位压力 (牛/厘米 <sup>2</sup> )
1.5~2.3 1.2~2.2 2~3.5	0.25 0.25 0.25	0.2 0.15 0.15	11 12 8	25 70 35	2.0~2.5 1.5~2.0 3.0~2.5
2~3 2.4~3.4 2.4~3.4	0.2 0.25 0.2	0.25 0.2 0.2	12 12 12	40 70 70	1.5~2.0 1.5~2.0 1.5~2.0
2.5~3.5 2~3 2~3.2	0.25 0.25 0.23	0.15 0.15 0.15	10 10 12	40 40 45	2.0~4.0 2.0~4.0 2.0~2.5
1.9~2.9 2.3~3.5 2.2~3.5	0.25 0.25 0.2	0.15 0.15 0.15	10 12 12	40 50 60	2.0~4.0 3.0~4.0 2.0~4.0
2.5~3.5 2.5~3.5	0.25 0.2	0.15 0.15	12 12	50 60	2.0~4.0 2.0~4.0
0.3~0.7 ≤0.4 0.1~0.3	0.2 0.25 0.2	0.4 0.8 0.7	20 20 20	20 20 20	1.8~2.3 1.8~2.3 1.8~2.3
1~2 1.4~2.2 0.6~1.6	0.25 0.25 0.2	0.18 0.15 0.3	15 12 15	25 20 20	1.5~2.0 1.5~2.0 2.0~2.5
≤2 0.6~1.6	0.25 0.2	0.5 0.3	15 15	35 20	1.5~2.0 2.0~2.5



(续表)

t	a													
	(4.5)	5	(5.5)	6.5	8	10	12.5	16	20	25	32	40	50	
	a'													
5.5			*	12.5 16	12.5 16 20	16 20	16 20 25	20 25	25					
6.5	12.5	12.5 16	16	*	20 25	20 25	20 25 32	20 25 32	25 32	32 40	40			
8		16 20	16 20	30	*	20 25 32	20 25 32	25 32	25 32 40	32 40 50	40 50			
10			16 20	16 20 25	25 25 32	*	20 32 40	25 32 40	25 32 40	25 32 40 50	40 50 60	50 60		
12.5				20 25	25 32	25 32	*	25 32 40	32 40 50	32 40 50	40 50 60	50 60 70	60 70	
16				20 25	25 32	32 40	32 40	*	32 40 50	32 40 50	40 50 60	40 50 60	50 60	60 70



表 14-81 汽车电机电刷

定货 编号	电刷 型号	规 格 (毫米)	单重 (克)	结构 型式	导线截面积 (毫米 <sup>2</sup> )	导线长度 (毫米)	其 他	适 用 电 机
401	D 252	6.4×16×21	5	T <sub>6</sub>	1.5	60		F-330 汽车发电机
402	D 252	6.5×22.3×23.5	7	T <sub>3</sub>	1.5	60	绝缘套管(各半)	F-31 汽车发电机
403	J 213		20	T <sub>9</sub>	4	100	绝缘套管 无接头(长兼)	ST-8、ST-9 型汽车起动机
405 A	J 213	8.8×19.2×14	16	T <sub>9</sub>	4	55	绝缘套管(短兼)	
405 B	J 213		16	T <sub>9</sub>	4	55	无套管(短兼)	
406	J 204	12×32×27	55	T <sub>6</sub>	6	62	顶部有槽	ST-700、ST-710 型汽车起动机
407 A	J 213	10×18×20	20	T <sub>9</sub>	2.5	50		ST-60、ST-62 型汽车起动机
407 B	J 203	10×18×20	13	T <sub>9</sub>	2.5	50	绝缘套管(各半)	ST-604、ST-614 汽车起动机
408	J 204	7×16×20	13	T <sub>3</sub>	4	40	顶部有槽	ST-812 型汽车起动机
409	J 201	5×7×14	3	T <sub>3</sub>	0.5	35		JF11、12 硅整流汽车发电机(长沙)
410	D 252	5×7×14	2	T <sub>9</sub>	0.5	35		JF11、12 硅整流汽车发电机(上海)
411	D 104	7×16×23	6	T <sub>3</sub>	1.5	60	绝缘套管(各半)	F-33 汽车发电机

表 14-82 各种弹簧电刷

定货编号	电刷型号	规格 (毫米)	单重 (克)	结 构 式	导线截面积 (毫米 <sup>2</sup> )	导线长度 (毫米)	适 用 电 机
301	D 214	4×4×24	2	T <sub>21</sub>			微型电动机
302	D 214	5.4×5.4×20	2	T <sub>21</sub>	0.16	32	串励电动机
303	D 214	6.4×6.4×20	2	T <sub>21</sub>	0.16	35	奇异电动机
304	D 214	6×8×25	3	T <sub>21</sub>	0.3	35	微型直流电机
305	D 214	3.8×9×22	3	T <sub>21</sub>	0.16	35	SU930 串励电动机
306	D 214	5×10×25	4	T <sub>21</sub>	0.3	35	微型直流电机
307	D 214	6×6.5×26	2	T <sub>21</sub>	0.3	35	直流电扇(上扇厂)
308	D 104	7×12×34	6	T <sub>21</sub>	0.5	48	3 千瓦电动机(老式)
309	D 308	4×7×18	3	T <sub>21</sub>	0.16	25	微型直流电机
310	J 204	7×7×18	6	T <sub>21</sub>	0.5	33	16 毫米电影放映机用
311	D 318	4×8×14	2	T <sub>21</sub>	0.3	20	10 毫米电钻(沈汽)





(续表)

序号	国 产	原 苏 联	英 国	原民主德国	原联邦德国	捷 克 和 斯 洛 伐 克	日 本	其 他
7	DS-4	ЭП-4	E 22			EGA		EC(法)
	DS-72	ЭП-72			RU 5	EG	C4	
8	DS-8	ЭП-8	EG-8	E 335	RE-1	MM 44 F		H·C·C258 (美)
				E 149		MM 41 F	HC-125	
9	DS-14	ЭП-14	EG-12	E 87	6818			
	DS-13	ЭП-13	EP-14	EKG	8611		OH-45	
	DS-74	ЭП-72	EG 6749		8698			
	DS-52	ЭП-52	EG 8565	E 98	RE 59		EC-41·B	EC-97·B (法)
10	DS-20	ЭП-20						
11	DS-82-2	ЭП-83-2	HM-5					
	DS-79	ЭП-79	HM-6					
			HM-3					
12	TQ-2	T-2	BB-6	PM·KG	SI·W	QS·P10		
	TQS-2	YT-2	C4		K 135	836		
	S-1	T-1						P 450

表 14-34 电工硅钢板分类和用途

分 类	合 金 等 级	含 硅 量 (%)	新 牌 号 / 旧 牌 号	公 称 厚 度 (毫米)	主 要 用 途
热 轧 硅 钢 板	低 硅	≤2.8	DR/D2, D3, D4	0.5	大、中、小型直流电机, 中、小型交流电机, 微特电机, 扼流圈
	高 硅	>2.8			
	高 硅	3.1~4.55	DB/D3, D4	0.35	大型交流电机、电力变压器、互感器、调压器、电抗器、磁放大器
	高 硅	3.51~4.8	DH41 DR41 DG41	0.1 0.2 0.35	音频变压器、音频逆变器、电信工业
冷 轧 钢 带		1.5 2.5 3.0	DW/OD	0.35, 0.5 0.65	发电机
		2.8~3.5	DQ	0.27 0.3 0.35	巨型发电机 电力变压器 电信工业

注: \* 新牌号表示的意义如下:

DR---表示电工用热轧硅钢板; “DR”后数字---横线以前数字为铁损值的100倍, 横线以后数字为厚度值的100倍。G---表示频率400赫时在强磁场下检验的钢板; 不含“G”牌号则在频率50赫时在强磁场下检验的钢板。例如: 牌号DR280-35即为厚0.35毫米的热轧硅钢薄板。

DW---冷轧无取向电工钢带(片); DQ---冷轧取向电工钢带(片); G---高磁感。字母后的数字意义同上“DR”后数字的意义。例如: 牌号DW440-35表示厚度0.35毫米无取向冷轧电工钢带。

## 14-4 磁性材料

磁性材料基本上可分为软磁材料和硬磁材料两大类。

1. 软磁材料 软磁材料主要用在电机、电器和变压器上作铁芯导磁体，如电工用纯铁及硅钢板；还可用作变压器、扼流圈及继电器作铁芯，如铁镍合金(坡莫合金)和铁、铝、硅合金以及在很高频率范围内使用的软磁铁氧体等。

2. 硬磁材料 硬磁材料用作储藏和提供磁能的永久磁铁。例如磁电式仪器用的钨钢和铬钢；测量仪表和微电机里用的钕钴、硬磁铁氧体、稀土永磁材料等。

### 一、电工硅钢板

硅钢板是电机、仪表、电信等工业部门广泛应用的重要磁性材料，使用量占磁性材料的百分之九十以上。它的分类和用途见表14-84，它们的电、磁性能与规定尺寸分别如表14-85~表14-93，国内外常用硅钢片的牌号对照如表14-95。

表 14-85 热轧硅钢片的性能参数(50 赫)

新牌号	旧牌号	厚度 (毫米)	最小磁密(特)			最大铁损 (瓦/千克)		最小 弯曲 次数	密 度 (克/厘米 <sup>3</sup> )	
			$B_{25}$	$B_{50}$	$B_{100}$	$P_{10/50}$	$P_{15/50}$		酸洗后	未酸洗
DR530-50	D22	0.50	1.51	1.61	1.74	2.20	5.30	10	7.75	7.70
DR510-50	D23	0.50	1.54	1.64	1.76	2.10	5.10	10	7.75	7.70
DR490-50	D24	0.50	1.56	1.66	1.77	2.00	4.90	10	7.75	7.70
DR450-50	D24/2	0.50	1.54	1.64	1.76	1.85	4.50	10	7.75	7.70
DR420-50	D25	0.50	1.54	1.64	1.76	1.80	4.20	10	7.75	7.70
DR400-50	D26	0.50	1.54	1.64	1.76	1.65	4.00	10	7.75	7.70
DR440-50	D31	0.50	1.46	1.57	1.71	2.00	4.40	4	7.65	—
DR405-50	D32	0.50	1.50	1.61	1.74	1.80	4.05	4	7.65	—
DR360-50	D41	0.50	1.45	1.56	1.68	1.60	3.60	1	7.55	—
DR315-50	D42	0.50	1.45	1.56	1.68	1.35	3.15	1	7.55	—
DR290-50	D43	0.50	1.44	1.55	1.67	1.20	2.90	1	7.55	—
DR265-50	D44	0.50	1.44	1.55	1.67	1.10	2.65	1	7.55	—
DR360-35	D31	0.35	1.46	1.57	1.71	1.60	3.60	5	7.65	—
DR325-35	D32	0.35	1.50	1.61	1.74	1.40	3.25	5	7.65	—
DR320-35	D41	0.35	1.45	1.56	1.68	1.35	3.20	1	7.55	—
DR280-35	D42	0.35	1.45	1.56	1.68	1.15	2.80	1	7.65	—
DR255-35	D43	0.35	1.44	1.54	1.66	1.05	2.55	1	7.55	—
DR225-35	D44	0.35	1.44	1.54	1.66	0.90	2.25	1	7.55	—

表 14-86 高频热轧硅钢片的性能参数

新牌号	旧牌号	厚度 (毫米)	最小磁密 (特)			最大铁损 (瓦/千克)		最弯次数	密度 (克/厘米 <sup>3</sup> )
			$B_0$	$B_{10}$	$B_{25}$	$P_{7.6(100)}$	$P_{10(100)}$		
DR1750G-35		0.35	1.23	1.32	1.44	10.00	17.50	1	7.55
DR1250G-20	DC41	0.20	1.21	1.30	1.42	7.2)	12.50	2	7.55
DR1100G-10		0.10	1.20	1.29	1.40	6.3)	11.00	3	7.55

注: 表 14-85 和表 14-86 中  $B$  右下角数值为场强(安/厘米),  $P$  右下角数值为磁密/频率(特/赫)。

表 14-87 中、弱磁场热轧硅钢片的性能参数

牌号	厚度 (毫米)	不同场强下最小磁密 (特)										最小弯 曲次数	电阻系数 (欧·毫米 <sup>2</sup> /米)	
		$B_{0.002}$	$B_{0.01}$	$B_{0.05}$	$B_{0.1}$	$B_{0.5}$	$B_1$	$B_6$	$B_{10}$	$B_{25}$				
DH41	0.35			0.028	0.48	0.80	1.23	1.32	1.5					
	0.20			0.025	0.47	0.78	1.12	1.20	3					
	0.10			0.023	0.45	0.77	1.20	1.29	4					0.57
	0.35	$1.5 \times 10^{-4}$	$3.3 \times 10^{-4}$						1.5					
	0.20	$1.6 \times 10^{-4}$	$3.5 \times 10^{-4}$						3					
	0.10	$1.7 \times 10^{-4}$	$3.8 \times 10^{-4}$						4					

注: 表中  $B$  右下角数值为场强, 单位为安/厘米。

表 14-88 一种电机硅钢片的磁化曲线数据(安/厘米)

B(特)	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	B(特)
0.40	1.37	1.53	1.40	1.42	1.44	1.46	1.49	1.50	1.52	1.54	0.40
0.50	1.56	1.58	1.60	1.62	1.64	1.66	1.68	1.70	1.72	1.75	0.50
0.60	1.77	1.79	1.81	1.84	1.87	1.87	1.92	1.94	1.97	2.00	0.60
0.70	2.03	2.06	2.09	2.12	2.16	2.20	2.23	2.27	2.31	2.35	0.70
0.80	2.39	2.43	2.48	2.52	2.57	2.62	2.67	2.73	2.79	2.85	0.80
0.90	2.91	2.97	3.03	3.10	3.17	3.24	3.31	3.39	3.47	3.55	0.90
1.00	3.63	3.71	3.79	3.88	3.97	4.06	4.16	4.26	4.37	4.48	1.00
1.10	4.60	4.72	4.86	5.00	5.14	5.29	5.44	5.60	5.76	5.92	1.10
1.20	6.10	6.28	6.46	6.65	6.85	7.05	7.25	7.45	7.68	7.90	1.20
1.30	8.14	8.40	8.68	8.96	9.26	9.58	9.86	10.2	10.6	11.0	1.30
1.40	11.4	11.8	12.3	12.8	13.3	13.8	14.4	15.0	15.7	16.4	1.40
1.50	17.2	18.0	18.9	19.9	20.9	22.1	23.5	25.0	25.5	28.6	1.50
1.60	30.7	33.0	35.6	38.2	41.1	44.0	47.0	50.0	53.5	57.5	1.60
1.70	61.5	66.0	70.5	75.0	79.7	84.5	89.5	94.7	100	105	1.70
1.80	110	116	122	128	134	141	148	155	162	170	1.80

表 14-89 常用硅钢片的直流磁化曲线数据

牌号-厚度 (毫米)	不同磁密(特)所需磁势(安匝数)															
	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45	1.50	1.55	1.60	1.65	1.70	1.75	1.80	1.85	1.90	
D11-1.0	5.00	6.25	7.90	10.1	13.5	18.4	26.5	34.0	51.0	67.0	86.0	109	134	163	200	
D21-0.5	3.60	4.30	5.4	7.00	10.0	14.0	20.0	29.0	40.2	56.2	76.8	100	130	166	205	
D23-0.5	3.20	3.84	4.80	6.40	8.60	12.6	18.8	27.5	39.0	52.0	70.2	95.0	120	152	195	
D23-0.5	2.90	3.00	3.52	4.50	6.20	9.40	14.2	22.2	33.0	48.3	66.0	88.0	115	151	193	
D24-0.5	2.70	2.90	3.30	4.22	5.99	8.60	13.0	20.0	30.0	42.3	59.0	80.0	105	135	170	
D25-0.5	2.80	3.40	4.27	5.70	7.93	11.0	17.0	25.4	36.0	50.2	67.0	88.5	112	140	176	
D26-0.5	3.05	3.60	4.50	6.00	8.40	12.2	18.4	28.0	39.0	54.0	70.5	94.6	120	156	190	
D31-0.5	3.00	3.70	4.65	6.30	9.00	13.0	20.5	30.0	41.5	58.2	79.0	104	134	168	205	
D32-0.5	3.20	4.00	5.10	7.10	11.0	17.3	25.5	36.0	49.8	66.4	88.0	114	144	177	215	
D41-0.5	3.10	4.10	5.60	8.40	13.5	22.2	33.0	47.8	61.0	79.0	104	130	160	190	236	
D42-0.5	3.00	3.90	5.10	7.40	11.2	17.5	26.8	39.0	56.0	79.0	104	133	165	210	250	
D43-0.5	1.70	2.50	3.75	5.50	8.70	14.7	23.7	35.0	48.0	64.0	84.0	107	137	162	200	
D44-0.5	1.70	2.50	3.75	5.50	8.70	14.7	23.7	35.0	48.0	64.0	84.0	107	134	162	200	
D21-0.35	2.40	2.80	3.50	4.50	6.08	9.00	14.5	24.5	36.0	50.0	68.0	90.3	121	156	200	
D27-0.35	2.30	2.82	3.64	5.00	6.90	10.1	15.8	25.5	37.0	50.2	66.0	86.6	108	136	168	
D28-0.35	2.00	2.20	3.00	3.98	5.50	8.20	13.4	22.3	34.0	47.0	64.0	88.6	115	141	180	
D41-0.35	2.10	2.85	4.07	6.10	10.7	18.0	27.6	39.9	54.0	70.3	90.0	114	149	176	222	
D42-0.35	2.00	2.81	4.05	6.80	12.4	20.0	30.2	43.0	57.5	76.0	97.0	119	146	175	206	
D43-0.35	—	2.80	3.84	6.50	12.5	21.8	32.0	45.0	62.0	80.0	102	125	154	188	233	
D44-0.35	—	2.80	3.84	6.50	12.5	21.8	32.0	45.0	62.0	80.0	102	125	154	188	233	

表 14-50 常用硅钢片的铁芯损耗曲线数据

不同磁密 (密) 时的单位铁损 (瓦/千克)

牌号-厚度 (毫米)	频率 (赫)	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4
D21-1.0	50	1.31	1.72	2.24	2.65	3.55	4.32	5.24	6.18	7.25
D21-0.5	50	1.04	1.30	1.60	2.12	2.23	2.73	3.22	3.82	4.53
D22-0.5	50	0.92	1.16	1.45	1.76	2.12	2.50	2.90	3.45	4.09
D23-0.5	50	0.65	1.00	1.25	1.55	1.90	2.26	2.63	3.15	3.75
D24-0.5	50	0.63	1.00	1.25	1.55	1.90	2.26	2.63	3.15	3.75
D25-0.5	50	0.52	0.90	1.12	1.43	1.71	2.04	2.40	2.85	3.38
D26-0.5	50	0.38	0.80	1.04	1.28	1.60	1.92	2.24	2.63	3.22
D31-0.5	50	0.58	0.95	1.20	1.46	1.75	2.12	2.50	2.95	3.51
D32-0.5	50	0.55	0.84	1.05	1.28	1.58	1.93	2.30	2.75	3.22
D41-0.5	50	0.47	0.76	0.96	1.19	1.43	1.72	2.01	2.36	2.74
D42-0.5	50	0.39	0.68	0.86	1.06	1.28	1.54	1.82	2.14	2.50
D43-0.5	50	0.36	0.64	0.80	0.99	1.20	1.42	1.70	2.01	2.33
D44-0.5	50	0.28	0.52	0.67	0.86	1.05	1.27	1.51	1.80	2.13
D21-0.35	50	0.80	0.95	1.10	1.40	1.70	2.03	2.40	2.85	3.50
D27-0.35	50	0.43	0.72	0.92	1.15	1.40	1.68	1.99	2.35	2.85
D28-0.35	50	0.36	0.62	0.78	0.99	1.19	1.44	1.75	2.15	2.65
D41-0.35	50	0.46	0.65	0.81	1.01	1.24	1.50	1.78	2.10	2.46
D42-0.35	50	0.36	0.60	0.75	0.93	1.11	1.34	1.58	1.88	2.19
D43-0.35	50	0.33	0.48	0.60	0.75	0.94	1.16	1.40	1.68	1.98
D44-0.35	50	0.26	0.41	0.52	0.66	0.83	1.05	1.26	1.52	1.80
DC41-0.35	400	4.40	8.10	10.3	12.7	15.8	19.5	—	—	—
DC41-0.25	400	2.9	5.30	6.70	8.45	10.3	12.6	16.3	—	—

表 14-91 无取向冷轧电工钢带(片)性能参数

公称厚度 (毫米)	牌 号	最大铁损 $P_{15/50}$ ① (瓦/千克)	最小磁感 $B_{50}$ (特)	理论密度 $\rho$ (克/厘米 <sup>3</sup> )	最小装 装系数 (%)
0.35	DW240-35	2.40	1.58	7.65	94
	DW265-35	2.65	1.59	7.65	
	DW310-35	3.10	1.60	7.65	
	DW360-35	3.60	1.61	7.65	
	DW440-35	4.40	1.64	7.65	95
	DW500-35	5.00	1.65	7.75	
DW550-35	5.50	1.66	7.75		
0.5	DW270-50	2.70	1.58	7.65	95
	DW290-50	2.90	1.58	7.65	
	DW310-50	3.10	1.59	7.65	
	DW360-50	3.60	1.60	7.65	
	DW400-50	4.00	1.61	7.65	
	DW470-50	4.70	1.64	7.65	96
	DW540-50	5.40	1.65	7.75	
	DW620-50	6.20	1.66	7.75	
	DW800-50	8.00	1.69	7.80	
	DW1050-50	10.50	1.69	7.85	
	DW1300-50	13.00	1.69	7.85	
	DW1550-50	15.50	1.69	7.85	
0.65	DW580-65	5.80	1.64	7.65	97
	DW670-65	6.70	1.65	7.75	
	DW770-65	7.70	1.66	7.75	

表 14-92 无取向冷轧电工钢带(片)的机械性能

牌 号	抗拉强度 $\sigma_b$ (牛/毫米 <sup>2</sup> )	伸长率 $\delta$ (%)
DW 440-35 DW 470-50	$\geq 350$	$\geq 20$
DW 500-35 DW 540-50	$\geq 365$	$\geq 22$
DW 550-35 DW 620-50	$\geq 345$	$\geq 26$



表 14-93 取向冷轧电工钢带(片)性能参数

公称厚度 (毫米)	牌 号	最大铁损 $P_{17/50}$ ① (瓦/千克)	最小磁感 $B_{10}$ (特)	理论密度 $\rho$ (克/厘米 <sup>3</sup> )	最小叠 装系数 (%)
0.27	DQ120-27	1.20	1.79	7.65	94
	DQ127-27	1.27	1.79		
	DQ143-27	1.43	1.79		
0.30	DQ113 G-30	1.13	1.89	7.65	94
	DQ122 G-30	1.22	1.89		
	DQ133 G-30	1.33	1.89		
	DQ133-30	1.33	1.79		
	DQ147-30	1.47	1.77		
	DQ162-30	1.62	1.74		
	DQ179-30	1.79	1.71		
0.35	DQ117 G-35	1.17	1.89	7.65	95
	DQ126 G-35	1.26	1.89		
	DQ137 G-35	1.37	1.89		
	DQ137-35	1.37	1.79		
	DQ151-35	1.51	1.77		
	DQ166-35	1.66	1.74		
	DQ183-35	1.83	1.71		

注: ①  $P_{15/50}$  和  $P_{17/50}$  分别表示频率为 50 赫, 波形为正弦的磁感峰值为 1.5 特和 1.7 特的单位重量铁损值(瓦/千克)。

$B_{10}$  和  $B_{50}$  分别表示磁场强度最大值为 1000 安/米和 5000 安/米时的磁感峰值(特)。

② 表 14-93 中的性能是经过消除应力退火后的试样测得的。

表 14-94 硅钢板标称尺寸(毫米)

种 类	公称厚度	厚度允 许偏差	同板差 允许值	公称宽度× 公称长度	宽度偏差	长度偏差
热轧钢板	0.5	±0.05	0.06	600×1200 670×1340	≤+8/750	≤+25/1500
	0.35	±0.04	0.05	750×1500	>+10/750	>+30/1500
				810×1620		
				860×1720		
				900×1800		
	900×2000					
0.2	±0.02	0.04				
0.1	±0.02	0.03				
冷轧钢带 (片)	0.65	±0.06	0.04	双方协议	上偏差 ±1.0 下偏差 0	上偏差 ±10 下偏差 0
	0.50	±0.05	0.03			
	0.35	±0.03	0.02			
	0.30	±0.03	0.03			
	0.27	±0.03	0.03			

表 14-95 国内外常用硅钢片牌号对照表

厚度 (毫米)	中 国		原联邦德国	欧洲共同 市场	法 国	日 本		美 国	英 国
	部标/沪企标	国 标				NSC	JIS		
0.5	新	旧	1-79 (硅)	106-71	NFC 28-900-71	1975	75	A187	BS 601(1973)
		DR530-50	W 23	V 260-50 A	H23	S23	M45	G630	
	DR510-50	W 20	V 230-50 A	H20	S20	M42	G500		
	DR490-50	W 18	V 200-50 A	H18	S18	M40	G450		
	DR420-52	W 14	V 170-50 A	H14	S14	M36	G400		
	DR400-50	W 12	V 150-50 A	H12	S12	M22	G335		
0.35	新	旧	W 10	V 135-50 A	H10	S10	M19	G250	
		DR400-50	W 23	V 260-50 A	H23	S23	M45	G630	
	DR350-50	W 20	V 230-50 A	H20	S20	M42	G500		
	DR310-50	W 18	V 200-50 A	H18	S18	M40	G450		
	DR270-50	W 14	V 170-50 A	H14	S14	M36	G400		
	DR230-50	W 12	V 150-50 A	H12	S12	M22	G335		

(续表)

厚度 (毫米)	中国		原联邦德国	欧洲共同市场	法国	日本	美国	英国
	部标/企标	国						
0.5	新	旧	DR 360-50	106-71	NFC	NSC 1973	AISI	BS
			D 41					
			D 42					
			D 43					
0.35	新	旧	DR 290-50	106-71	NFC	NSC 1973	AISI	BS
			D 41					
			D 42					
			D 43					
轧制 方式	热	热	DR 265-50	106-71	NFC	NSC 1973	AISI	BS
			D 44					
			DR 320-35					
			DR 280-35					
0.35	新	旧	DR 255-35	106-71	NFC	NSC 1973	AISI	BS
			D 41					
			D 42					
			D 43					
轧制 方式	热	热	DR 225-35	106-71	NFC	NSC 1973	AISI	BS
			D 44					
			DR 150-50 HE					
			DR 135-50 HE					
0.5	新	旧	DR 125-50 HE	106-71	NFC	NSC 1973	AISI	BS
			D 41					
			D 42					
			D 43					
0.35	新	旧	DR 110-50 HE	106-71	NFC	NSC 1973	AISI	BS
			D 41					
			D 42					
			D 43					
轧制 方式	热	热	DR 110-50 HE	106-71	NFC	NSC 1973	AISI	BS
			D 44					
			DR 130-35 B					
			DR 110-35 B					
0.35	新	旧	DR 100-35 B	106-71	NFC	NSC 1973	AISI	BS
			D 41					
			D 42					
			D 43					
轧制 方式	热	热	DR 90-35 B	106-71	NFC	NSC 1973	AISI	BS
			D 44					
			DR 113-35 HE					
			DR 110-35 HE					
0.35	新	旧	DR 100-35 HE	106-71	NFC	NSC 1973	AISI	BS
			D 41					
			D 42					
			D 43					
轧制 方式	热	热	DR 90-35 HB	106-71	NFC	NSC 1973	AISI	BS
			D 44					
			DR 100-35 HE					
			DR 90-35 HB					

## 二、电工纯铁

电工纯铁厚度不大于4毫米的热轧或冷轧的板材,一般用于直流或脉动成分不大的电器和电信元件中作为导磁铁芯,电工纯铁的牌号、性能和用途列于表14-96和表14-97。

表14-96 电工纯铁的牌号和性能

牌 号	等级	最大磁导率 $\mu_m$ (亨/米) $\times 10^{-8}$ 不小于	矫顽力 $H_c$ (安/米) 不大于	不同场强下的磁密(特)				
				$B_5$	$B_{10}$	$B_{15}$	$B_{20}$	$B_{30}$
DT3、DT4 DT5、DT6	普级	7.5	96	1.43	1.50	1.62	1.71	1.80
DT3A、DT4A DT5A、DT6A	高级	8.8	72					
DT4E DT6E	特级	11.3	48					
DT4C DT6C	超级	15.1	32					

注:表中B右下角数值为场强,单位为安/厘米。

表14-97 电工纯铁的用途

种 类	牌 号	用 途
铝镇静纯铁	DT3、DT3A、DT4	不保证磁时效的一般电磁元件
硅铝镇静纯铁	DT5、DT5A	
铝镇静纯铁	DT4、DT4E、DT4C	在一定时效工艺下保证无时效的电磁元件
硅铝镇静纯铁	DT6、DT6A、 DT6E、DT6C	在一定时效工艺下保证无时效,磁性范围较稳定的电磁元件

## 三、软磁锰锌铁氧体

软磁锰锌铁氧体特点是电阻系数高达100欧·毫米<sup>2</sup>/米以上,适用100~500千赫高频磁场工作。可用作中频和高频的变压器、脉冲和开关电源变压器、高频焊接变压器、低通滤波器及可控硅电流上升率限制电感的铁芯等,其

性能列于表 14-98。

铁氧体为烧结体,较硬脆,不耐冲击、不易加工。使用环境温度为  $-55\sim+85^{\circ}\text{C}$ ,当工作温度超过居里点后,导磁率迅速下降。表 14-98 中所指导磁率一般在  $25^{\circ}\text{C}$  左右测得的。表中比温度系数

$$\alpha_{\mu/a} = \frac{\mu_2 - \mu_1}{\mu_1^2(T_2 - T_1)}$$

式中:  $\mu_1$ ——温度为  $T_1$  时的导磁率;

$\mu_2$ ——温度升高到  $T_2$  时的导磁率。

电工用锰锌铁氧体材料的制品一般已加工为双罐形(G型)、双E形(E型)、双U形(U型)和环形(H型)。它们的特点如下:

1. G型(罐形)磁芯制品 每两个相同的罐组成一副磁芯,有的商店供G型磁芯时还配有现成的线圈骨架,

材料: R1K, R2KX, R4K,

尺寸: 按表 14-99。

示例: 磁芯 R4K-G18, 2副。表示磁芯材料为 R4K, 外型尺寸为 G18 的罐形, 数量为 2副。

2. E型磁芯制品 E型磁芯分为EF(中柱为方形)和EY(中柱为圆形)两种,电工常用为EF型,每两只EF型组成一副磁芯。

材料: R1K, R2K, R1.5KB, R2.5KB, R4K, R6K。

尺寸: 按表 14-100。

示例: 磁芯 R2K-EF17B。表示材料为 R2K, 外形尺寸为 EF17B。

3. U型磁芯制品 U型磁芯上下扼截面近似矩形,UF两边柱为方形,UY两边柱为圆形,两个U型组成一副磁芯。

材料: R1K, R1.5KB, R2.5KB。

尺寸: 按表 14-101。

示例: 磁芯 R1.5KB-UY12, 3副。表示磁芯材料为 R1.5KB 外形尺寸为 UY12型, 3副。

4. H型磁芯制品 H型磁芯的外形为环形,每环单独成为一个磁芯。H型磁芯的线圈不能先绕好再套入磁芯,而是穿绕到环形的磁芯上,因此绕线工艺不如G、E和U型的容易。

材料: R1K, R2K, R4K, R6K。

外形尺寸: 见表 14-102。

表 14-98 常用软磁铁氧体性能

牌 号 (旧牌号)	初 导 率 $\mu_1/\mu_0$ ±20%	比温度 系 数 ( $\times 10^{-6}$ ) 20~55°C	比损耗系数		饱和磁密 $B_R$ (特)	矫顽力 $H_C$ (安/米)	居里点 (°C)	密 度 (克/厘米 <sup>3</sup> )	适用频率 (兆赫)	制品型式
			$\lg \delta/\mu_2$ ( $\times 10^{-6}$ )	$f$ (兆赫)						
R1K (MX1000)	1000	4	≤40	0.1	0.34	32	120	4.7	0.5	G, E, U, H
R1.5KB	1500	1.5	≤13	0.1	0.41	20	180	4.8	0.5	E, U
R2K (MX2000)	2000	2	≤30	0.1	0.34	32	120	4.8	0.5	E, H
R2KX (MXD2000)	2000	1	≤7.5	0.1	0.35	20	180	4.8	0.5	G, H
R2.5KB	2500				0.45	16	230	4.8		E, J
R4K (MX4000)	4000	1	≤15	0.1	0.34	24	120	4.85	0.2	G, E, H
R6K (MX6000)	6000	1	≤10	0.01	0.32	20	120	4.9	0.2	E, H
R10K (MX10000)	10000	0.5	≤7	0.01	0.32	12	110	4.9	0.1	H

表 14-99 G型磁芯外形尺寸(毫米)

型 号	外 径	线圈最大外径	线圈最小内径	中心安装孔径	每副磁芯高度	线圈最大高度	出线槽宽
G9	9.6 <sup>-0.6</sup>	7.5 <sup>+0.5</sup>	3.9 <sup>0</sup> <sub>-0.3</sub>	2~2.2	0.6 <sup>0</sup> <sub>-0.6</sub>	3.6 <sup>+1.6</sup>	1.6
G11	11.5 <sup>-0.5</sup>	9.0 <sup>+0.5</sup>	4.7 <sup>0</sup> <sub>-0.3</sub>	2~2.2	7.0 <sup>0</sup> <sub>-0.6</sub>	4.4 <sup>+0.6</sup>	1.6
G14	14.5 <sup>-0.5</sup>	11.5 <sup>+0.7</sup>	6.1 <sup>0</sup> <sub>-0.3</sub>	2.9~3.2	9.0 <sup>0</sup> <sub>-0.6</sub>	5.0 <sup>+0.6</sup>	2.0
G18	18.6 <sup>-1.0</sup>	14.8 <sup>+0.8</sup>	7.7 <sup>0</sup> <sub>-0.5</sub>	2.9~3.2	11.2 <sup>0</sup> <sub>-0.6</sub>	7.2 <sup>+0.6</sup>	3.0
G22	22.0 <sup>-1.0</sup>	17.8 <sup>+1.0</sup>	9.4 <sup>0</sup> <sub>-0.5</sub>	4.3~4.7	14.0 <sup>0</sup> <sub>-0.6</sub>	9.2 <sup>+0.6</sup>	3.0
G26	26.2 <sup>-1.2</sup>	21.2 <sup>+1.0</sup>	11.6 <sup>0</sup> <sub>-0.7</sub>	5.3~5.7	16.6 <sup>0</sup> <sub>-0.6</sub>	11 <sup>+1.0</sup>	3.0
G30	30.7 <sup>-1.2</sup>	24.6 <sup>+1.2</sup>	13.6 <sup>0</sup> <sub>-0.7</sub>	5.3~5.7	19.4 <sup>0</sup> <sub>-0.8</sub>	13 <sup>+1.0</sup>	3.5
G36	36.5 <sup>-1.5</sup>	29.8 <sup>+1.5</sup>	16.2 <sup>0</sup> <sub>-0.8</sub>	5.3~5.7	22.2 <sup>0</sup> <sub>-0.8</sub>	14.6 <sup>+1.2</sup>	3.5
G42	43.4 <sup>-1.7</sup>	38.5 <sup>+1.7</sup>	17.7 <sup>0</sup> <sub>-0.8</sub>	5.3~5.7	27.0 <sup>0</sup> <sub>-0.8</sub>	17.4 <sup>+1.2</sup>	3.5
G48	48.3 <sup>-1.7</sup>	40.0 <sup>+1.7</sup>	20.0 <sup>0</sup> <sub>-0.8</sub>	5.3~5.7	30.4 <sup>0</sup> <sub>-0.8</sub>	20.4 <sup>+1.2</sup>	4.0

表 14-100 EF 型磁芯外形尺寸(毫米)

型 号	中柱宽×磁芯厚	磁芯宽	每副高	窗 口 宽 × 高
EF 3A	$3_{-0.5}^0 \times 3_{-0.5}^0$	12 $_{-1.2}^0$	12 $_{-1.8}^0$	2.5 $_{-0.25}^{+0.25} \times 3_{-0.1}^0$
EF 3B	$3_{-0.5}^0 \times 4_{-0.6}^0$			
EF 4A	$4_{-0.5}^0 \times 4_{-0.5}^0$	16 $_{-1.2}^0$	16 $_{-1.8}^0$	3.0 $_{-0.1}^{+0.1} \times 10_{-0.1}^0$
EF 4B	$4_{-0.5}^0 \times 5.7_{-0.6}^0$			
EF 5A	$5_{-0.6}^0 \times 5_{-0.6}^0$	20 $_{-1.5}^0$	21 $_{-1.8}^0$	4.0 $_{-0.05}^{+0.05} \times 13_{-0.2}^{+0.2}$
EF 5B	$5_{-0.6}^0 \times 6.7_{-0.8}^0$			
EF 6A	$6_{-0.5}^0 \times 6_{-0.6}^0$	24 $_{-1.5}^0$	24 $_{-2.2}^0$	5.0 $_{-0.1}^{+0.1} \times 16_{-0.2}^{+0.2}$
EF 6B	$6_{-0.6}^0 \times 8_{-0.8}^0$			
EF 7A	$7_{-0.5}^0 \times 7_{-0.8}^0$	30 $_{-1.8}^0$	30 $_{-2.2}^0$	5.5 $_{-0.1}^{+0.1} \times 18_{-0.2}^{+0.2}$
EF 7B	$7_{-0.6}^0 \times 9.3_{-0.8}^0$			
EF 9A	$9_{-0.8}^0 \times 9_{-0.8}^0$	36 $_{-2.2}^0$	36 $_{-2.6}^0$	7.0 $_{-0.2}^{+0.2} \times 22_{-0.3}^{+0.3}$
EF 9B	$9_{-0.8}^0 \times 12_{-1}^0$			
EF 12A	$12_{-1}^0 \times 12_{-1}^0$	43 $_{-2.4}^0$	43 $_{-3.2}^0$	8.0 $_{-0.4}^{+0.4} \times 28_{-0.6}^{+0.6}$
EF 12B	$12_{-1}^0 \times 16_{-1.2}^0$			
EF 17A	$17_{-1.6}^0 \times 17_{-1.2}^0$	55 $_{-2.6}^0$	55 $_{-3.6}^0$	10 $_{-0.6}^{+0.6} \times 36_{-0.9}^{+0.9}$
EF 17B	$17_{-1.2}^0 \times 22.7_{-1.4}^0$			
EF 20A	$20_{-1.4}^0 \times 20_{-1.4}^0$	65 $_{-3.1}^0$	65 $_{-4.4}^0$	11.5 $_{-0.35}^{+0.35} \times 43_{-0.6}^{+0.6}$
EF 20B	$20_{-1.4}^0 \times 26.7_{-1.6}^0$			
EF 28A	$28_{-1.8}^0 \times 28_{-1.8}^0$	85 $_{-4}^0$	84 $_{-4.8}^0$	13.5 $_{-0.15}^{+0.15} \times 52_{-0.6}^{+0.6}$
EF 36A	$36_{-2}^0 \times 36_{-2}^0$	110 $_{-4.6}^0$	110 $_{-4.6}^0$	18 $_{-0.5}^{+0.5} \times 74_{-0.6}^{+0.6}$



表 14-101 U型磁芯外形尺寸(毫米)

型 号	边 柱	每副磁芯高	窗 高 × 口 宽
UY 10	$\phi 10$	49.2	32×13.6
UY 12-1	$\phi 12$	63	43×17.2
UY 12-2	$\phi 12$	46	26×22
UY 12	$\phi 12$	46	26×24
UY 13	$\phi 13$	62	42×15.5
UY 13D	$\phi 13$	46	26×15.5
UY 14	14×14	67	33×31
UY 16-1	$\phi 16$	56	32×26
UY 16	$\phi 16$	60	30×30

表 14-102 H型磁芯外形尺寸

型 号	外 径	内 径	环 厚
H5×2×2	5±0.4	2±0.3	2±0.3
H7×4×3	7±0.5	4±0.3	3±0.3
H8.5×4.5×3	8.5±0.5	4.5±0.3	3±0.3
H10×6×5	10±0.5	6±0.4	5±0.4
H12.5×5×5	12.5±0.6	5±0.4	5±0.4
H16×8×4	16±0.6	8±0.5	4±0.3
H18×8×5	18±0.6	8±0.5	5±0.4
H20×10×5	20±0.8	10±0.5	5±0.4
H22×11×5	22±0.8	11±0.5	5±0.4
H26×16×5	26±0.8	16±0.5	5±0.4
H31×18×7	31±1.0	18±0.6	7±0.5
H58×37×20	58±1.2	37±0.9	20±0.7
H68×38×20	68±1.5	38±0.9	20±0.7
H80×42×20	80±1.7	42±1.0	20±0.7
H100×45×20	100±2.1	45±1.0	20±0.7
H120×60×20	120±2.4	60±1.3	20±0.7

示例: 磁环 R2K-H80×38×20, 2只。表示磁环材料为 R2K, 外形尺寸为 H80×38×20 型, 数量为 2 只。

#### 四、永 磁 材 料

硬磁材料又称为永磁材料, 它能在较长时间内保持强的和稳定的磁性。衡量永磁材料性能的技术指标是退磁曲线上的剩磁感应强度(特)、矫顽力(安/米)、最大磁能积(千焦/米<sup>3</sup>)等。

常用的永磁材料可分为铸造铝镍钴系永磁材料、粉末烧结铝镍钴系永磁材料、铁氧体永磁材料、稀土永磁材料及塑性变形永磁材料等。

表 14-103 铝镍钴系永磁合金的磁性能

类别	牌 号	最大磁能积 ( $BE$ ) <sub>max</sub> (千焦/毫米 <sup>2</sup> )	剩磁 $B_r$ (千特)	矫顽力		相对回复磁导率 $\mu_{rec}$ ( $\times 10^3$ 亨/米)	密度 $\rho \times 10^3$ (千克/米 <sup>3</sup> )	备 注	
				$H_{cH}$ (千安/米)	$H_{cJ}$ (千安/米)				
				最 小 值					典 型 值
特 造 铝 镍 钴 系	LN9	9.0	680	30	32	6.0~7.0	6.9	各向同性	
	LN10	9.6	600	40	43	4.5~5.5	6.9		
	LNG12	12.0	700	40	43	6.0~7.0	7.0		
	LNG16	16.0	780	52	54	5.0~6.0	7.0		等轴晶
	LNG34	34.0	1200	44	45	4.0~5.0	7.3		半柱晶
	LNG37	37.0	1200	48	49	3.0~4.5	7.3		
	LNG40	40.0	1250	48	49	2.5~4.0	7.3		柱 晶
	LNG41	44.0	1250	52	53	2.5~4.0	7.3		
	LNG52	52.0	1300	56	57	1.5~3.0	7.3		柱 晶
	LNGT28	28.0	1000	58	59	3.5~5.5	7.3		等轴晶
LNGT32	32.0	800	100	102	2.0~3.0	7.3			
LNGT38	38.0	800	110	112	1.5~2.5	7.3			
LNGT60	60.0	900	110	112	1.5~2.5	7.3	柱 晶		
LNGT72	72.0	1050	112	114	1.5~2.5	7.3			
LNGT84J	86.0	700	140	148	1.5~2.5	7.3	等轴晶		
铝 镍 钴 系	FLN8	8.0	520	40	43	4.5~5.5	6.7	各向同性	
	FLNG12	12.0	700	40	43	6.0~7.0	7.0		
	FLNG28	28.0	1050	46	47	4.0~5.0	7.0	各向异性	
	FLNG34	34.0	1120	47	48	3.0~4.5	7.0		
	FLNG81	31.0	780	107	111	2.0~4.0	7.0		
FLNGT33J	33.0	650	136	150	1.5~3.5	7.0			

注: ① 牌号名称系根据 GB4753-84 的规定。

② 居里点( $T_c$ ): 1031~1180 K

③ 温度系数: 在 273~373 K (即 0~100°C) 时

(i)  $\alpha(B_r) \sim 0.02\%/K$ (ii)  $\alpha(H_{cJ}) \sim 0.03 \sim 0.07\%/K$

1. 铝镍钴系永磁材料 铸造铝镍钴系永磁材料的剩磁较大,磁感应温度系数很小,居里点温度高,其矫顽力和最大磁能积在永磁材料中可达到中等以上水平,组织结构稳定。目前在电机工业如永磁电机及微电机中应用很广泛,此外在电讯工业如扬声器、微波器件及磁性支座应用也很多。

粉末烧结铝镍钴永磁材料无铸造缺陷,磁性略低,特性与铸造铝镍钴系永磁材料相似。适宜作体积小及工作磁通均匀性高的永磁体,其表面光洁,不需磨削加工,材料省。

表 14-104 铁氧体永磁材料磁性能

材料牌号	剩余磁感应强度 $B_r$ (特)	磁感应矫顽力 $BH_c$ (千安/米)	最大磁能积 $BH_{max}$ (千焦/米 <sup>3</sup> )	温度范围 (°C)
Y10T	$\geq 0.02$	128~160	6.4~9.6	-40~+85
Y15	0.28~0.36	128~192	14.3~17.5	
Y20	0.32~0.38	128~192	18.3~21.5	
Y25	0.35~0.39	152~208	22.3~25.5	
Y30	0.38~0.42	160~216	26.3~29.5	
Y35	0.40~0.44	176~224	30.3~33.4	
Y15H	$\geq 0.31$	232~248	$\geq 17.5$	
Y20H	$\geq 0.34$	248~264	$\geq 21.5$	
Y25BH	0.36~0.39	176~216	23.9~27.1	
Y30BH	0.38~0.40	224~240	27.1~30.3	

注: (1) 永磁铁氧体牌号的组成如下表。

第一部分		第二部分		第三部分	
代号	意义	代号	意义	代号	意义
Y	代表永磁铁氧体材料	阿拉伯数字	材料的 $(BH)_{max}$ 值取整数	T	同往材料
				H	高 $BH_c$ 材料
				B	高 $B_r$ 材料

(2) 永磁铁氧体材料新旧牌号对照如下表列。

新牌号	Y10T	Y15	Y20	Y25	Y30	Y35	Y15H	Y20H	Y25BH	Y30BH
旧牌号	H10	—	H25	—	H35	H40	HC30	HC32	—	—

(3) 标记示例: 牌号为 Y10T 的永磁铁氧体, 其标记为:  
永磁铁氧体 Y10T SJ 285-77 (永磁铁氧体材料及技术条件应符合 SJ 285-77 电子工业部标准的规定)

铝镍钴系永磁合金材料的磁性能见表 14-103 所示。

2. 铁氧体永磁材料 铁氧体永磁材料的矫顽力很高,但剩磁较小,其最大磁能积不大,但最大回复磁能积却较大,故适宜作动态工作的永磁体。由于剩磁小、磁感应温度系数很高,不宜用于测量仪表。永磁铁氧体材料的主要磁性能如表 14-104,其他性能列于表 14-105。

表 14-105 铁氧体永磁材料其他参考性能

材料牌号	电阻率 $\rho$ (欧·厘米)	密度 $d$ (克/厘米 <sup>3</sup> )	居里点 $\theta_c$ (°C)	回复磁 导率 $\mu_{rev}$	剩磁温度系数 $\alpha_{Br}$ ( $\times 10^{-2} \text{°C}^{-1}$ )	线膨胀系数 $\gamma$ ( $10^{-6} \text{°C}^{-1}$ )
Y10T	$10^4 \sim 10^8$	4.0~4.9	450	1.05~1.3	-0.18~-0.20	+9~15
Y15	$10^4 \sim 10^8$	4.5~5.1	450~460	1.05~1.3	-0.18~-0.20	+9~15
Y20	$10^4 \sim 10^8$	4.5~5.1	450~460	1.05~1.3	-0.18~-0.20	+9~15
Y25	$10^4 \sim 10^8$	4.5~5.1	450~460	1.05~1.3	-0.18~-0.20	+9~15
Y30	$10^4 \sim 10^8$	4.5~5.1	450~460	1.05~1.3	-0.18~-0.20	+9~15
Y35	$10^4 \sim 10^8$	4.5~5.1	450~460	1.05~1.3	-0.18~-0.20	+9~15
Y15H	$10^4 \sim 10^8$	4.5~5.0	460	1.05~1.3	-0.18~-0.20	+9~15
Y20H	$10^4 \sim 10^8$	4.5~5.0	460	1.05~1.3	-0.18~-0.20	+9~15
Y25FH	$10^4 \sim 10^8$	4.5~5.0	460	1.05~1.3	-0.18~-0.20	+9~15
Y30BH	$10^4 \sim 10^8$	4.5~5.0	460	1.05~1.3	-0.18~-0.20	+9~15

永磁铁氧体材料的典型退磁曲线如图 14-1~图 14-2。

3. 稀土钴永磁材料 稀土钴永磁材料由部分稀土金属和钴组成。它具有高矫顽力和高磁能积的优异磁性能,用它制成的永磁零件体积小、重量轻、性能稳定。此类材料与铝镍钴系永磁材料相比,其居里温度低,磁感应温度系数较大,不宜在高于 200°C 温度下工作。

稀土钴材料的主要磁性能如表 14-106 所列,其他参考性能如表 14-107。

稀土钴永磁材料的典型特性曲线见图 14-3~图 14-5。

4. 钕铁硼永磁材料 钕铁硼永磁材料是近年发展起来的第三代稀土永磁材料。它具有高磁能积、高矫顽力、机械强度高优异性能,但目前因温度系数大和使用温度低等缺点而限制其使用范围。它适用于体积小、重量轻、高效率的电机和电器的导磁体。表 14-108 列出国内部分企业生产的钕铁硼永磁材料的性能以供参考。

钕铁硼永磁材料的典型特性曲线如图 14-6(上海跃龙有色金属公司 YLNF 产品)。

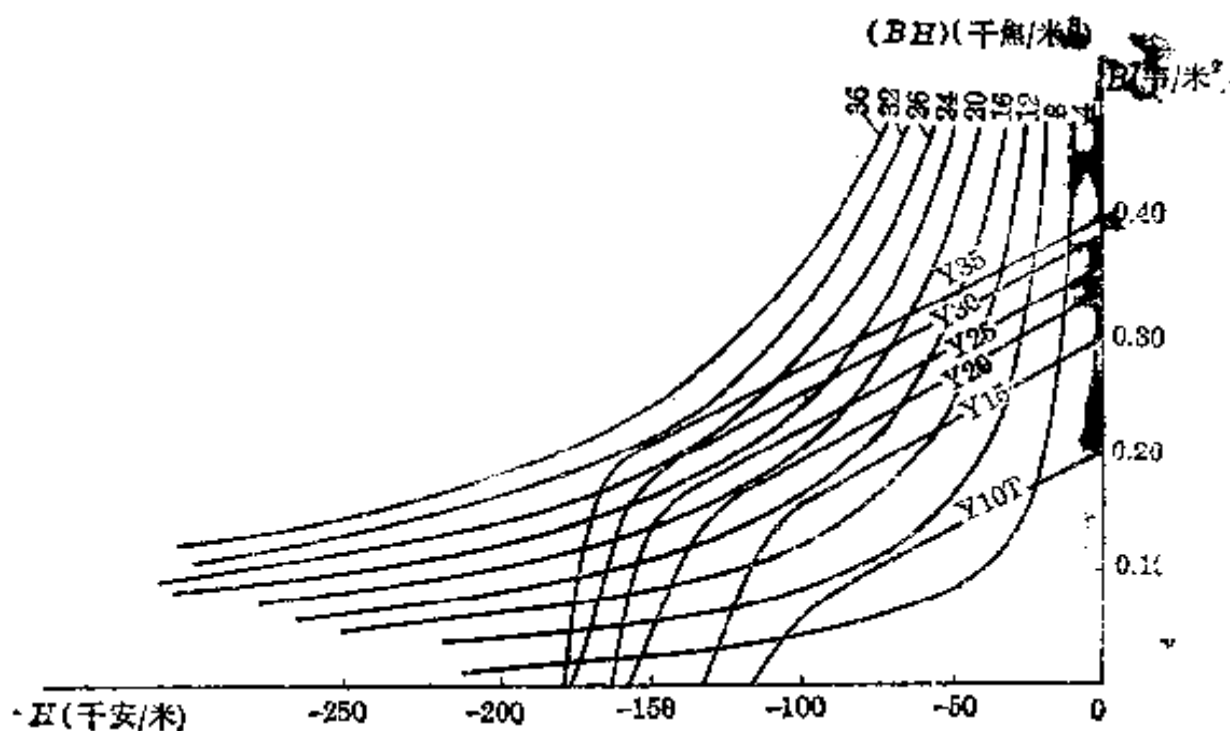


图 14-1

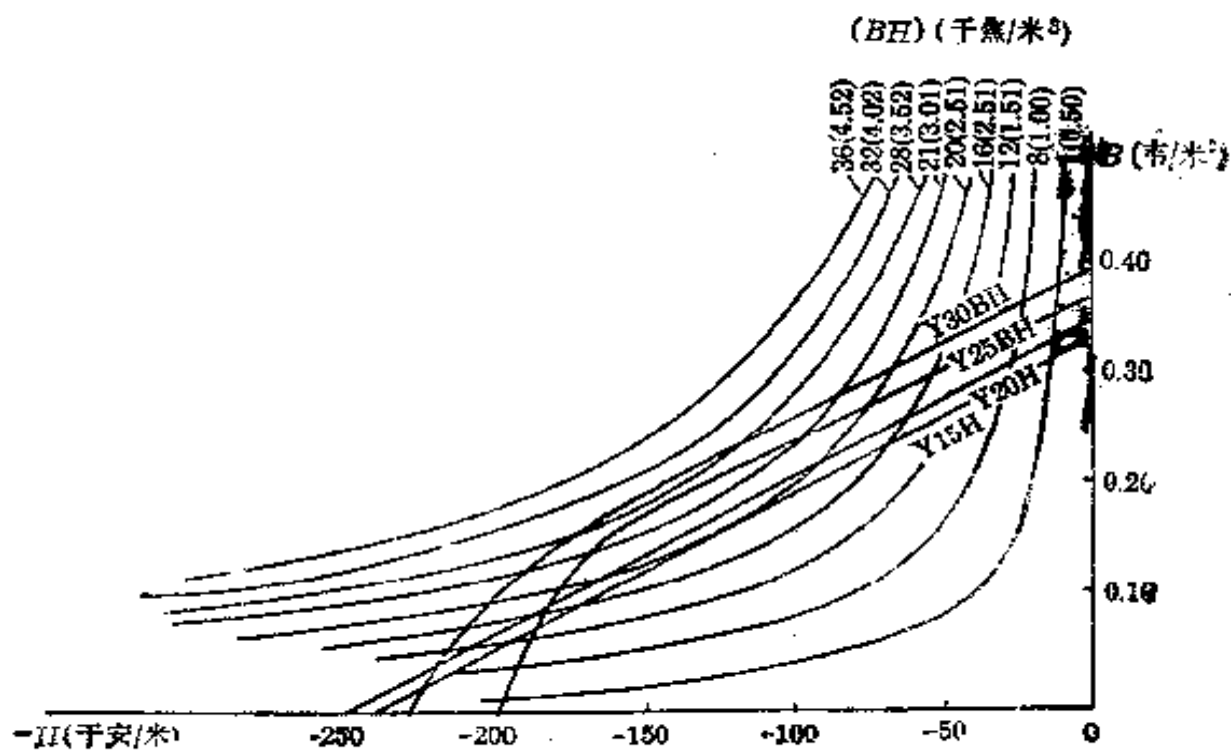


图 14-2

表 14-106 稀土钴永磁材料主要磁性能

牌 号	性 能	剩 磁 $B_r$ (最小值) (高 斯)	磁通密度矫顽力 $H_{CB}$ (最小值) (千安/米)	内禀矫顽力 $H_{cJ}$ (最小值) (千安/米)	最大磁能积 $(BH)_{max}$ (千焦/米 <sup>3</sup> )
XGS 80/36		600	320	360	64~88
XGS 96/40		700	360	400	88~104
XGS 112/96		730	520	960	104~120
XGS 128/120		780	560	1200	120~135
XGS 144/120		840	600	1300	135~150
XGS 160/96		880	640	950	150~188
XGS 196/96		960	690	960	183~207
XCS 196/40		980	380	400	188~200
XGS 208/44		1020	420	440	200~220
XGS 240/40		1070	440	460	220~250

注：稀土钴永磁材料的牌号由四部分组成，第一部分 XG 表示稀土钴永磁材料，第二部分 S 表示材料的制造特征，是烧结；第三和第四部分用斜线“/”隔开，斜线左方表示最大磁能积标称值，斜线右方表示内禀矫顽力标称值。

标记示例：牌号为 XGS80/36 的稀土钴永磁材料，其标记为：

稀土钴 XGS80/36 GB4180-84

表 14-107 富士达永磁材料的主要性能

性能	平均温度系数 ( $0 \sim 100^\circ\text{C}$ ) $\frac{\Delta R_d / R_d}{\Delta t}$ ( $\times 10^{-2} / ^\circ\text{C}$ )	居里温度 $t_c$ ( $^\circ\text{C}$ )	密度 $d$ (克/厘米 <sup>3</sup> )	相对回磁 磁导率 $\mu_{\text{res}}$	韦氏硬度 HV	线胀膨 系数 $\alpha$	电阻率 $\rho$ (欧·厘米)
牌 号							
XGS 80/36	-0.03	450~500	7.8~8.0	1.10	450~500	10	$5 \times 10^{-4}$
XGS 96/40	-0.03	450~500	7.8~8.0	1.10	450~500	10	$5 \times 10^{-4}$
XGS 112/96	-0.05	700~750	8.0~8.3	1.05~1.10	450~500	10	$5 \times 10^{-4}$
XGS 128/120	-0.05	700~750	8.0~8.3	1.05~1.10	450~500	10	$5 \times 10^{-4}$
XGS 144/120	-0.05	700~750	8.0~8.3	1.05~1.10	450~500	10	$5 \times 10^{-4}$
XGS 160/96	-0.05	700~750	8.0~8.1	1.05~1.10	450~500	10	$5 \times 10^{-4}$
XGS 196/96	-0.05	700~750	8.1~8.3	1.05~1.10	450~500	10	$5 \times 10^{-4}$
XGS 196/40	-0.03	800~850	8.3~8.5	1.00~1.05	500~600	12.7	$9 \times 10^{-6}$
XGS 208/44	-0.03	800~850	8.3~8.5	1.00~1.05	500~600	12.7	$9 \times 10^{-6}$
XGS 240/46	-0.03	800~850	8.3~8.5	1.00~1.05	500~600	12.7	$9 \times 10^{-6}$

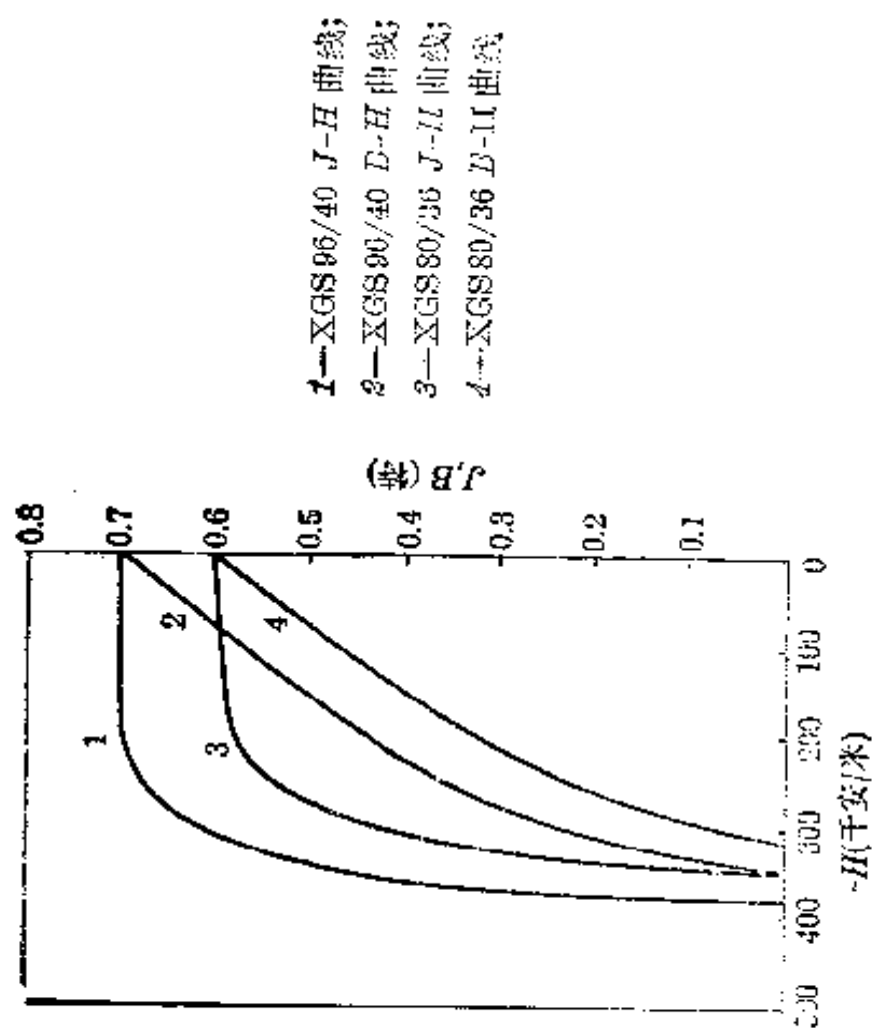
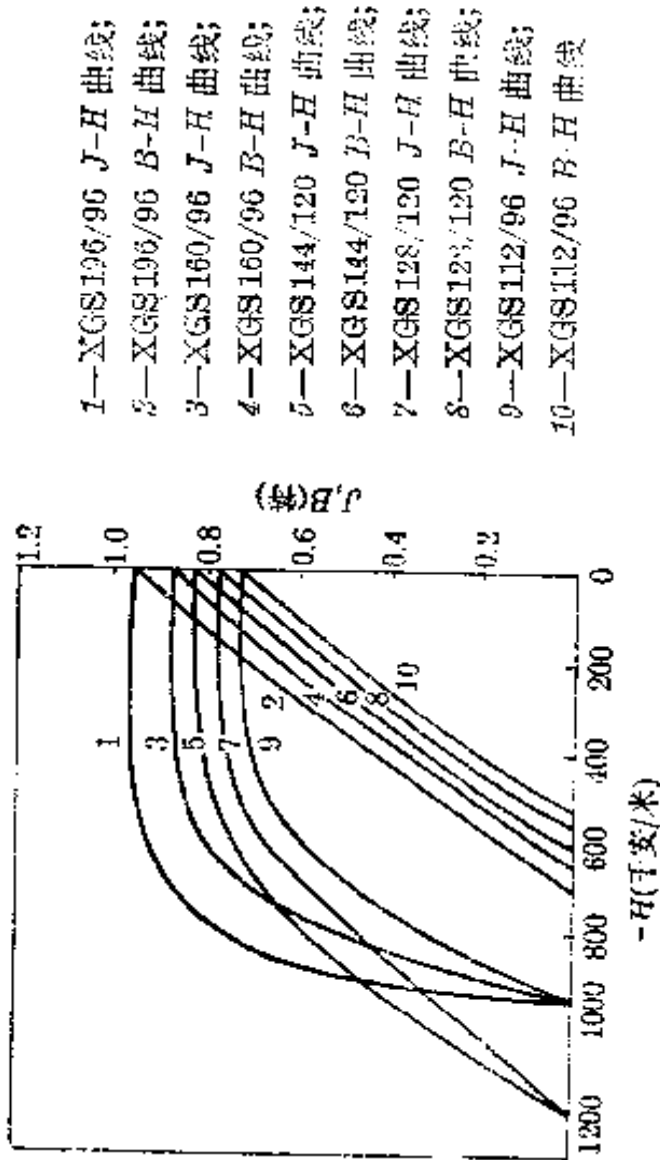


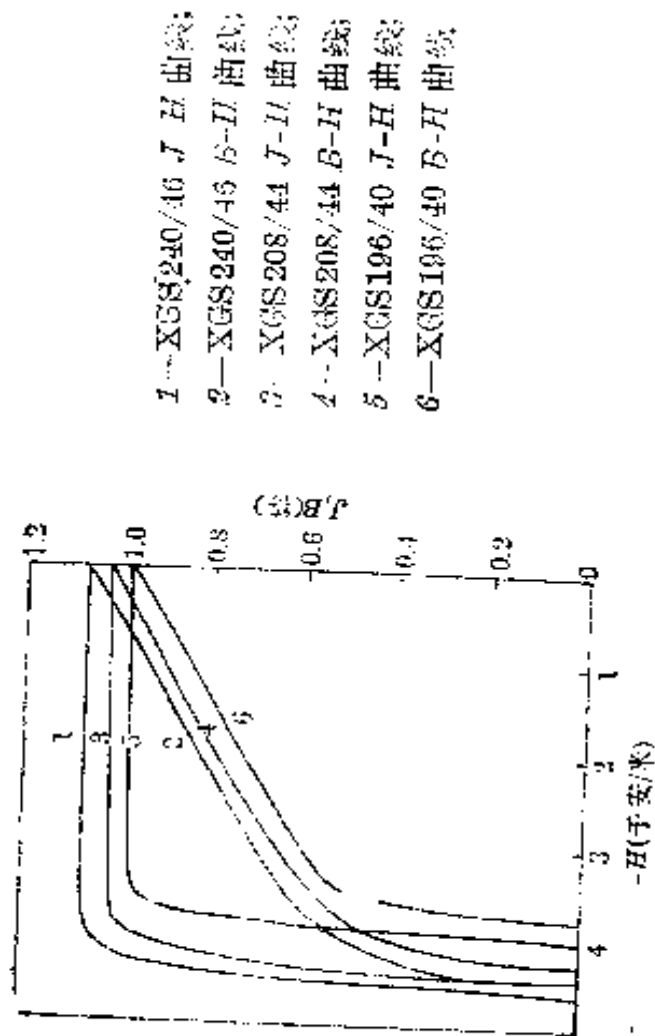
图 14-3 XGS80/36、XGS96/40 类型的 J-H 曲线





- 1—XGS196/96 J-H 曲线;
- 2—XGS196/96 B-H 曲线;
- 3—XGS160/96 J-H 曲线;
- 4—XGS160/96 B-H 曲线;
- 5—XGS144/120 J-H 曲线;
- 6—XGS144/120 B-H 曲线;
- 7—XGS128/120 J-H 曲线;
- 8—XGS128/120 B-H 曲线;
- 9—XGS112/96 J-H 曲线;
- 10—XGS112/96 B-H 曲线

图 14-4 XGS112/96, XGS128/120, XGS144/120, XGS160/96, XGS196/96 典型曲线



- 1—XGS240/40 J-H 曲线;
- 2—XGS240/40 B-H 曲线;
- 3—XGS208/44 J-H 曲线;
- 4—XGS208/44 B-H 曲线;
- 5—XGS196/40 J-H 曲线;
- 6—XGS196/40 B-H 曲线;

图14-7 XGS196/40, XGS208/44, XGS240/40 典型曲线

表 14-103 铁氧体磁芯材料性能

牌 号	可 磁 角(°)	矫 顽 力 $H_{cp}$ (千安/米) 不小于	内禀矫顽力 $H_{ci}$ (千安/米) 不小于	最大磁能积 ( $BH$ ) <sub>max</sub> (千焦/米 <sup>3</sup> )	剩磁可逆 温度系数 $\alpha_{Br}(\times 10^{-2}/^{\circ}\text{C})$	工作温度 $T_w(^{\circ}\text{C})$	密 度 $\rho$ 克/厘米 <sup>3</sup> 不小于	生 产 单 位
YLNF-175 M	0.93	630	1120	160~190	-0.12	310	7.3	上海跃龙有色金属有限公司
YLNF-175 H	0.93	630	1350	160~190	-0.11	310	7.3	
YLNF-175 S	0.93	630	1600	160~190	-0.10	310	7.3	
YLNF-200 L	1.0	640	720	190~215	-0.13	310	7.3	
YLNF-200 M	1.0	720	1120	190~215	-0.12	310	7.3	
YLNF-200 H	1.0	720	1350	190~215	-0.11	310	7.3	
YLNF-200 S	1.0	720	1600	190~215	-0.10	310	7.3	
YLNF-240 L	1.06	640	720	215~255	-0.13	310	7.3	
YLNF-240 M	1.06	720	1120	215~255	-0.12	310	7.3	
YLNF-240 H	1.06	720	1350	215~255	-0.11	310	7.3	
YLNF-240 S	1.06	640	720	255~286	-0.13	310	7.3	
YLNF-250	1.0	640	720	190~215	-0.08	450	7.3	
YLNF-270	1.06	640	720	215~275	-0.08	450	7.3	

(续表)

牌 号	剩 磁 $B_r$ (特) 不小于	矫 顽 力 $H_{cH}$ (千安/米) 不小于	内禀矫顽力 $H_{cJ}$ (千安/米) 不小于	最大磁能积 $W_{Hmax}$ (千焦/米 <sup>3</sup> )	剩磁可逆 温度系数 $\alpha_{21}(\times 10^{-2} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1})$	居里温度 $T_c(^\circ\text{C})$	密 度 $\rho$ (克/厘米 <sup>3</sup> ) 不小于	生 产 单 位
GYRM-40	1.30~1.35	560~720	640~800	304~344			7.4~7.6	北京 钢铁 研究 总院
GYRM-25	1.18~1.23	$\geq 600$	$\geq 640$	264~288	(20~100°C)时为 -0.125		7.3~7.5	
GYRM-30C	1.12~1.19	$\geq 600$	$\geq 640$	224~236			7.3~7.5	
GYRM-27C	1.07~1.12	$\geq 600$	$\geq 640$	200~224			7.3~7.5	
NTB35	1.1~1.2	676	800	223~263	-0.126	310		上海 电器 新
NTBG30	1.0~1.1	557	634	199~239	-0.08	470		
NTBH23	1.0~1.1	634~750	1194	120~223	-0.12	310		
HLN-200	$\geq 2.0$	$\geq 718$	$\geq 1117.2$	159.6~191.6	(20~100°C)时为 -0.060~0.070			上海 钢铁 研究 总院
HLN-100H	1.0	$\geq 718$	$\geq 1037.4$	199.5~223.7				

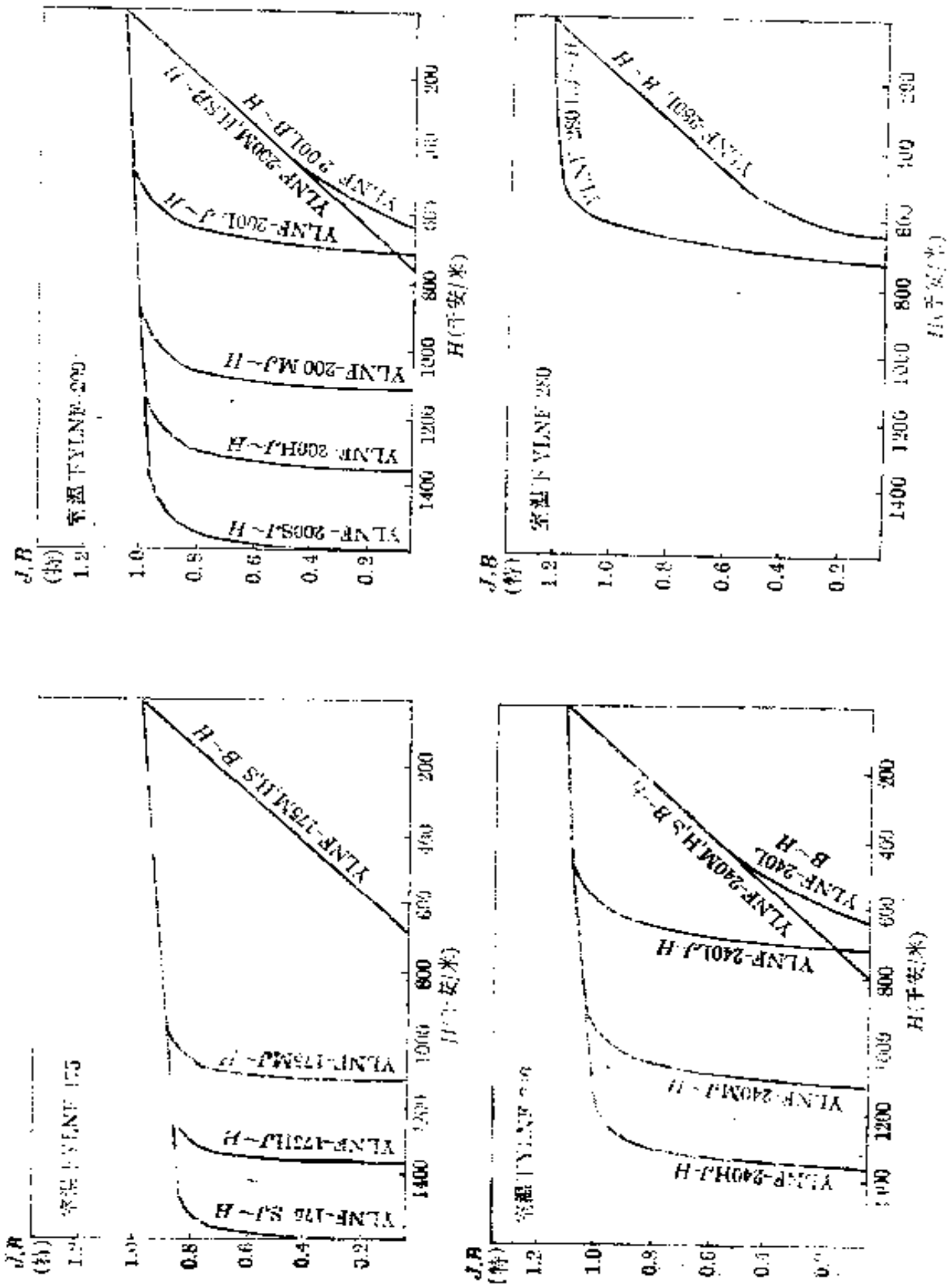


图 14-6 YLNF 产品特性曲线

## 14-5 常用绝缘材料

电阻系数大于  $10^9$  欧·厘米的材料在电工技术上叫做绝缘材料。它的作用是在电气设备中把电位不同的带电部分隔离开来。因此绝缘材料应具有优良的介电性能,即具有较高的绝缘电阻和耐压强度,并能避免发生漏电、爬电或击穿等事故;其次耐热性能要好,其中尤其以不因长期受热作用(热老化)而产生性能变化最为重要;此外还应有良好的导热性、耐潮和有较高的机械强度以及工艺加工方便等特点。

### 一、绝缘材料的分类和性能指标

电工常用绝缘材料按其化学性质不同,可分为无机绝缘材料,有机绝缘材料和混合绝缘材料。

(1) 无机绝缘材料: 有云母、石棉、大理石、瓷器、玻璃、硫黄等,主要用作电机、电器的绕组绝缘、开关的底板和绝缘子等。

(2) 有机绝缘材料: 有虫胶、树脂、橡胶、棉纱、纸、麻、蚕丝、人造丝等,大多用以制造绝缘漆、绕组导线的被覆绝缘物等。

(3) 混合绝缘材料: 由以上两种材料经加工后制成的各种成型绝缘材料,用作电器的底座、外壳等。

常用绝缘材料的性能指标如绝缘强度、抗张强度、比重、膨胀系数等,其意义如下:

**绝缘耐压强度:** 绝缘物质在电场中,当电场强度增大到某一极限值时,就会击穿。这个绝缘击穿的电场强度称为绝缘耐压强度(又称介电强度或绝缘强度),通常以1毫米厚的绝缘材料所能耐受的电压千伏值表示。

**抗张强度:** 绝缘材料每单位截面积能承受的拉力。例如玻璃每平方厘米截面积能承受140千克。

**密度:** 绝缘材料每立方厘米体积的质量,例如硫黄每立方厘米体积有2克。

**膨胀系数:** 绝缘体受热以后体积增大的程度。

电工绝缘材料按其正常运行条件下允许的最高工作温度分级,称为耐热等级。现在国内通行的标准见表14-109。

### 二、常用绝缘材料的规格与性能

常用绝缘材料的规格、性能及用途见表14-110~表14-116。

表 14-109 绝缘材料的耐热等级

级 别	绝 缘 材 料	极限工作温度(°C)
Y	木材、棉花、纸、纤维等天然的纺织品，以醋酸纤维和聚酰胺为基础的纺织品，以及易于热分解和溶化点较低的塑料（脲醛树脂）	90
A	工作于矿物油中的和用油或油树脂复合胶浸过的 Y 级材料，漆包线、漆布、漆丝的绝缘及油性漆、沥青漆等	105
E	聚脂薄膜和 A 级材料复合、玻璃布、油性树脂漆、聚乙烯醇缩醛高强度漆包线、乙酸乙烯耐热漆包线	120
B	聚脂薄膜、经合适树脂粘合式浸渍涂复的云母、玻璃纤维、石棉等，聚脂漆、聚脂漆包线	130
F	以有机纤维材料补强和石棉补强的云母片制品，玻璃丝和石棉，玻璃漆布，以玻璃丝布和石棉纤维为基础的层压制品，以无机材料作补强和石棉补强的云母粉制品，化学热稳定性较好的聚脂和醇酸类材料，复合硅有机聚脂漆	155
H	无补强或以无机材料为补强的云母制品、加厚的 E 级材料、复合云母、有机硅云母制品、硅有机漆、硅有机橡胶聚酰亚胺复合玻璃布、复合薄膜、聚酰亚胺漆等	180
C	不采用任何有机粘合剂及浸渍剂的无机物如石英、石棉、云母、玻璃和电瓷材料等	180 以上

表 14-110 常用浸渍纤维及薄膜制品类的组成、规格及用途

类别	名称	型号	组成		规格 标称厚度(毫米)	耐热 等级	主要用途
			底材	成 绝缘漆			
漆布类	油性漆布 (黄漆布)	2010	白细布	油性漆	0.15、0.17、0.20、 0.24	B	适用于一般低压电机、电器的衬垫绝缘或线圈绝缘包孔。2010柔软性好;2012耐油性好
		2012					
漆布类	油性漆布 (黄漆布)	2210	薄	油性漆	0.04、0.05、0.06、 0.08、0.10、0.12、 0.15	B	适用于电机电器薄层衬垫或线圈绝缘;2212耐油性好,适用于变压器油或汽油气侵蚀的环境中工作的电机,电器的薄层衬垫或线圈绝缘
		2212					
玻璃漆布类	油性玻璃漆布 (黄玻璃漆布)	2412	无碱玻璃	油性漆	0.11、0.13、0.15、 0.17、0.20、0.24	E	耐热性比2010、2012漆布好,适用于一般电机、电器的衬垫和线圈绝缘,以及在油中工作的变压器、电器的线圈绝缘
		2430	同上	沥青醇酸		F	耐潮性较好,但耐苯和耐变压器油性差。适用于一般电机、电器的衬垫和线圈绝缘
漆布类	醇酸玻璃漆布	2432	同上	醇酸三聚胺		B	耐油性较好,并具有一定的防霉性。可用作油浸变压器、油断路器等线圈绝缘
		2432-1	玻璃纤维 聚酯纤维 交织布		0.10、0.12、0.15、 0.18、0.20、0.25		
漆布类	环氧玻璃漆布	2433	无碱玻璃布	环氧	0.13、0.15、0.17	B	具有良好的耐化学药品腐蚀性,良好的耐湿热性和较高的机械性能,和电气性能。适用于化工电机、电器槽绝缘、衬垫和线圈绝缘
		2433-1	玻璃纤维 聚酯纤维 交织布				



(续表)

类别	名称	型号	组成		规格厚度(毫米)	耐热等级	主要用途
			基材	绝缘漆			
玻璃漆布类	有机硅玻璃漆	2450 (软型)	无碱玻璃布	有机硅漆	0.10、0.12、0.15、 0.18、0.20、0.25	H	具有极高的耐热性、耐油性、耐寒性、耐电晕性和耐电痕性。适用于电机槽衬绝缘、绕组绝缘
		2451 (硬型)					
	硅橡胶玻璃漆	2550	同上	甲基硅漆	0.10、0.23	H	具有较高的耐热性、耐寒性和耐电晕性。适用于特种电机端部绝缘和导体绝缘，使用时应注意
聚酰胺玻璃漆类	聚酰胺玻璃漆	2560	同上	聚酰胺	0.10、0.15、0.17、 0.20	C	耐热性很高，电晕性能良好，而溶剂和耐辐射性好，但较脆。适用于高温200°C的电机槽衬绝缘和绕组绝缘，以及电器线圈和衬垫绝缘
	聚酰胺薄膜	6020	由对苯二甲酸二甲酯、乙二醇经缩聚拉伸而成	亚漆	0.006~0.10 0.125, 0.19, 0.25	E	绝缘性、防潮性及机械性都好，电晕性较差。适用于中小型低压电机槽绝缘、匝间及相间绝缘，以及其他电气绝缘用
	聚四氟乙烯薄膜	6021-1 (SFM-1) 定向 6021-2 (SFM-2) 半定向 6021-3 (SFM-3) 不定向	由聚四氟乙烯经模压、烧毛、车削、车削制成。薄膜为定向薄膜，半定向薄膜经1.1~1.5倍为半定向薄膜	聚酰胺	详见表 14-112	C	可用作工作温度为-60~250°C，电容器介质、电器、仪表、无线电装置的分层衬垫绝缘和耐热电磁铁、安装线、耐油电缆、耐热导线绝缘

(续表)

类别	名称	型号	组成		规格 标称厚度(毫米)	耐热 等级	主要用途
			底材	绝缘漆			
聚 酯 薄 膜	聚萘酯薄膜		由聚2,6-萘甲酸、乙 二醇酯缩聚而成的聚萘 酯树脂挤出厚片, 经定 向拉伸而成		0.02~0.10	F	耐热性比聚酰胺好, 弹性好, 断裂伸长率小。适用于中小型包 机槽、线圈端部、导线绕包绝缘用
	芳香族聚酰胺 薄 膜		由间苯二甲酰氯与 间(对)苯二胺通过界面 缩聚而成的芳香族聚酰胺 树脂制成		0.03~0.06	H	耐溶剂性好, 熔点高。耐变压器 油性能好, 但耐潮湿稍差。可用作 E、H级电机槽绝缘以及高压导线 陶瓷包绝缘
类	聚酰亚胺薄膜	0050	由均苯四甲酸二酐和 二氨基二苯醚缩聚而成		0.03、0.05	C	具有优异的耐高温、耐低温、耐辐 射和电气机械性能, 并有优良的 耐化学性能和抗燃性。能在220°C 以上长期使用, 适用于电机、变压器 线圈绝缘层和电子元件之用

(续表)

类	名	型	组	规格 厚度(毫米)	耐热 等级	主 要 用 途
复 合 箔 类	聚酯薄膜绝缘 纸复合箔	6520	一层聚酯薄膜、一层 绝缘纸 (青壳纸)	0.15、0.17、0.20、 0.22、0.25、0.30	E	用于E级电机槽绝缘、匝间绝缘和 端部层间绝缘
	聚酯薄膜玻璃 漆布复合箔	6530	一层聚酯薄膜、一层 玻璃漆布	0.17、0.20、0.24	B	具有良好的介电性能、一定的机械 强度。适用于潮湿热带地区的电机、电器 中作槽绝缘、衬热绝缘和匝间绝缘
	聚酯薄膜芳香 族聚酰胺纤维 纸复合箔	NMN	一层聚酯薄膜、两层 芳香族聚酰胺纤维纸	0.20~0.35	F	用于F级电机槽绝缘、端部层间绝 缘、匝间绝缘和衬垫绝缘
	聚酰亚胺薄膜 芳香族聚酰胺 纤维纸复合箔	NHN	一层聚酰亚胺薄膜、 两层芳香族聚酰胺纤维 纸	0.20~0.25	H	同上,但适用于H级电机
	聚酰胺纤维 纸与聚酰亚胺 薄膜复合箔	SHS	一层聚酰亚胺薄膜、 两层聚酰胺纤维纸	0.20~0.35	H	同上
	652聚芳酰胺 纤维纸与聚酰 亚胺薄膜复合 箔	(NH)	一层聚酰亚胺薄膜、 两层聚芳酰胺纤维纸	0.10~0.15	H	同上

表 14-111 常用浸渍纤维及薄膜制品类耐电压

类别	名称	厚度 (毫米)	抗张力 (15毫米宽) (牛/毫米 <sup>2</sup> )		击穿电压 (千伏/毫米)			体积电阻率 (欧·厘米)		
			纵向	横向	常态	受潮后	热态	常态	受潮后	热态
玻 璃 漆 类	醇酸玻璃漆布(2482)	0.17	180~320	90~140	8~10	5~6	4~6	$10^{12} \sim 10^{13}$	$10^{10} \sim 10^{11}$	$10^7 \sim 10^{11}$ (130°C)
	环氧玻璃漆布(2483)	0.17	$\geq 120$	$\geq 60$	$\geq 7.8$	$\geq 1.2$	$\geq 4.5$	$10^{12} \sim 10^{13}$	$10^{11} \sim 10^{12}$	$10^{10} \sim 10^{12}$ (130°C)
	无机玻璃漆布(2470)	0.17	150~270	—	6.6~10	3.5~10	4.3~9	$10^{11} \sim 10^{12}$	$10^{12} \sim 10^{14}$	$10^{11} \sim 10^{12}$ (180°C)
	环氧树脂玻璃漆布(2550)	0.23	160~250	—	2~4	$\geq 1.4$	1.4~4	$10^{12} \sim 10^{13}$	$10^{12} \sim 10^{12}$	$10^{11} \sim 10^{12}$ (180°C)
	聚酰亚胺玻璃漆布(2560)	0.17	150~400	—	6.5~7	4.5~6	4~6	$10^{12} \sim 10^{13}$	$10^{12} \sim 10^{12}$	$10^{12} \sim 10^{12}$ (180°C)
薄 膜 类	聚酯薄膜(50°C)	0.05~0.1	$\geq 150$	$\geq 150$	$\geq 150$	—	$\geq 100$ (130°C)	$\geq 1 \times 10^{15}$	—	$\geq 1 \times 10^{15}$ (130°C)
	聚酯薄膜(厚膜)	0.125	$\geq 160$	$\geq 160$	$\geq 96$	—	—	$\geq 1 \times 10^{15}$	—	—
	聚酯薄膜(厚膜)	0.120	$\geq 160$	$\geq 160$	$\geq 84$	—	—	$\geq 1 \times 10^{15}$	—	—
	聚酯薄膜(厚膜)	0.250	$\geq 160$	$\geq 160$	$\geq 72$	—	—	$\geq 1 \times 10^{15}$	—	—

(续表)

类别	名称	厚度 (毫米)	抗张力 (15毫米宽) (牛/毫米 <sup>2</sup> )		击穿电压 (千伏/毫米)	介电常数		常态	受潮后	热态
			纵向	横向		常态	热态			
薄膜类	聚萘脂薄膜	0.02~0.10	140~250	210~250	≥210	—	≥10 <sup>16</sup>	—	—	—
	芳香族聚酰亚胺薄膜	0.03~0.06	90~120	80~110	90~130	—	10 <sup>13</sup> ~10 <sup>14</sup>	—	—	—
	聚酰亚胺薄膜	0.03~0.05	≥100	≥100	≥100	—	≥1×10 <sup>15</sup>	—	—	≥1×10 <sup>13</sup> (200°C)
复合箔类	聚酯薄膜绝缘纸复合箔	0.15~0.30	180~330	120~300	6.5~12	4.5~12	10 <sup>13</sup> ~10 <sup>14</sup>	10 <sup>12</sup> ~10 <sup>13</sup>	10 <sup>11</sup> ~10 <sup>12</sup>	—
	聚酯薄膜玻璃漆布箔	0.17~0.24	250~330	200~300	8~12	6~10	10 <sup>14</sup> ~10 <sup>15</sup>	10 <sup>12</sup> ~10 <sup>13</sup>	10 <sup>11</sup> ~10 <sup>12</sup>	—
	聚芳酰胺纤维纸与聚酯薄膜复合箔(NMIN)	0.20~0.35	120~240	100~200	6~13	5~12	≥1×10 <sup>14</sup>	≥1×10 <sup>12</sup>	≥1×10 <sup>13</sup> (155°C)	—
	聚芳酰胺纤维纸与聚酰亚胺薄膜复合箔(NHN)	0.20~0.25	≥120	—	6~7.5	5~6.25	≥1×10 <sup>14</sup>	≥1×10 <sup>13</sup>	≥1×10 <sup>13</sup> (180°C)	—
	聚酰亚胺纤维纸与聚酰亚胺薄膜复合箔(SHS)	0.20~0.35	≥190	≥98	8~10	3~10	≥1×10 <sup>13</sup>	≥1×10 <sup>13</sup>	≥1×10 <sup>14</sup> (180°C)	—
箔类	652 聚芳酰胺纤维纸与聚酰亚胺薄膜单面复合箔(NH)	0.10~0.15	≥100	—	3~4.5	2.5~3.8	≥1×10 <sup>14</sup>	≥1×10 <sup>12</sup>	≥1×10 <sup>13</sup> (180°C)	—



表 14-113 绝缘粘带(压敏带)的规格及性能

名称	厚度 (毫米)	组成	抗张强度 (牛/毫米 <sup>2</sup> ) (纵向)	击穿强度 (千伏/毫米)		体积电阻率 (欧·厘米)			介电损耗角正切tanδ (10 <sup>6</sup> 赫)	用途
				常态	热态	常态	受潮后	热态		
聚酯薄膜粘带	0.035~ 0.17	聚酯薄膜、聚丙烯 粘剂或聚丙烯 粘剂	—	≥100	—	—	—	—	耐热性好, 机械 强度高, 适于电机线 圈绝缘等	
聚酯亚胺 薄膜粘带	0.045~ 0.07	聚酯亚胺薄膜 聚酰胺亚胺树脂 粘剂	108~120	190~210	130~150 (180°C)	≥10 <sup>15</sup>	≥10 <sup>15</sup>	≥10 <sup>14</sup> (180°C)	成型温度高(180~ 200°C), 适于H级电 机线圈绝缘	
聚酯亚胺 薄膜粘带	0.05	聚酯亚胺薄 膜、E <sub>66</sub> 树脂胶 粘剂	90~100	≥120	80 (180°C)	≥10 <sup>16</sup>	—	≥10 <sup>15</sup> (180°C)	成型温度高(300°C 以上), 适于H、C级 电机、潜油电机线圈 绝缘	
有机硅玻 璃粘带	0.15	无机玻璃布、 有机硅树脂胶粘 剂	>80	≥0.6	—	≥10 <sup>14</sup>	—	≥10 <sup>12</sup>	适于H级电机线 圈绝缘	
自粘性硅 胶粘带 (布)	0.19	无机玻璃布自 粘性硅树脂	抗张力N >44	≥20	—	—	—	—	适于H级电机线 圈绝缘	
	0.27			≥50	≥10 <sup>14</sup>	—	—			

表 14-114 玻璃丝(漆)套管规格及性能

名称	型号	组成	耐热等级	击穿电压 (千伏)				用途
				常态	缠绕后	受潮后	热态	
醇酸玻璃管	2730	无碱玻璃管浸醇酸漆	B	5~7	2~6	2.5~5	—	电机连线套管
聚氯乙稀玻璃漆管	2731	无碱玻璃管改性聚氯乙稀树脂	—	5~7	4~6	2.5~4	—	电机引出线, 连接线套管
玻璃纤维套管	HTS-410	无碱玻璃纤维管经高温脱蜡定织硅烷粘剂而成	350°C	外观: 管子网整表面白色或黄色 耐热: 套管在500±10°C灼烧不硬化无烟冒出 切口特性: 套管截面用剪刀断后切口平整不散				电机接线护套绝缘
有机硅玻璃漆套管	2750	无碱玻璃纤维管浸有机硅漆	H	4~7	1.5~4	2~6	—	电机引出线套管
硅橡胶玻璃丝管	2751	无碱玻璃纤维管浸硅橡胶	H	4~9	—	2~7	3~7 (150°C)	适用于-60~+180°C电机引出线套管
玻璃纤维漆套管	SRG-514	无碱玻璃纤维编织管高温处理涂有机硅树脂而成	H	外观: 白色, 端部平整 耐热: 250°C经24小时后绕于10倍径棒上漆膜不脱落				用于H级电机引出线套管
丙烯酸酯玻璃漆套管	AG-601	无碱玻璃丝编织管, 涂以B级丙烯酸酯胶	B	L型 2.5 1.0 2.5	1型 4.0 2.5	2型 2.0 1.3	—	用于电机, 电器引出线套管
B级丙烯酸酯玻璃漆套管	AG-602	无碱玻璃丝编织管, 涂以B级丙烯酸酯树脂, 经加热烘干而成	F	中值低值 1.0 2.5		中值低值 1.6 1.0		用于电机, 电器引出线套管
玻璃纤维漆套管	HTG-202	玻璃纤维编织管涂聚氯乙稀胶经塑化而成	—	套管柔软、切口处不散				适用于碳刷辫子 绝缘套



表 14-1-5 层压板的组成、规格、特性和用途

名称	型号	组成		标称厚度 (毫米)	耐蒸 等级	特性和用途					
		底材	胶粘剂								
纸	3020	浸渍纸	浸以酚醛树脂， 经热压而成	0.2~0.5(相隔0.1)	E	具有高的介电性能、耐潮湿性，适用于电机、电器设备中的绝缘结构零件，并可在变压器油中使用 3021的机械强度高					
		浸渍纸		0.6、0.8、1.0、1.2、1.5、 1.8、2.0、2.5、3.0、3.5、 4.0、4.5、5.0、5.5、6.0、 6.5、7.0、7.5、8.0、9.0、 10.0							
	PFCP1	纤维素 纤维纸	浸以酚醛树脂经 热压而成	0.4、0.5、0.6、0.8、1.0、 1.2、1.6、2.0、2.5、3.0、 4.0、5.0、6.0、8.0、10.0			E	正常湿度下介电性能高，比其他纸级绝缘性能高，机械用 正常湿度下介电性能高，油中电气强度高，工频高压用 正常湿度下介电性能高，电气和机械用 高湿度下介电性能稳定，电气和电子用 同PFOP4，且耐燃烧性好 高湿度下介电性能好，电气和机械用 同PFOP1，但在较低温度下冲剪性能好 适用于电机、电器设备中作绝缘结构零件			
	PFOP2										
	PFOP3										
	PFOP4										
	PFOP5										
PFOP6											
PFOP7											
环氧层压 纸板	EPOCP1	纤维素 纤维纸	浸以环氧树脂经 热压而成	0.4、0.5、0.6、0.8、1.0、 1.2、1.6、2.0、2.5、 3.0、4.0、5.0、6.0、 8.0	II						
		棉布	苯酚甲醚树脂	0.3、0.5、0.8、1.0、... 10.0(相隔同3020) 65~80(相隔5毫米)			E E				
									本酚甲醚树脂加 甲酚甲醚树脂		
									浸以酚醛树脂经 热压而成		
布	3025	棉布	浸以酚醛树脂经 热压而成	0.3、0.5、0.6、0.8、1.0、 1.2、1.6、2.0、2.5、3.0、 4.0、5.0、6.0、8.0、10.0	E	机械强度高，适用电机、电器设备中的绝缘结构件并可在变压器油中应用 吸水性小，介电性能好，适用于高频无线电用装置中作绝缘零件 (粗布)机械性能好，机械用 (粗布)机械和电气用 (细布)适用于小零件的机械用 (细布)适用于小零件的机械和电气用					
							3027	PFOP1	E		
											PFOP2
											PFOP3
PFOP4											

(续表)

名称	型号	组成		标称厚度 (毫米)	耐燃等级	特性和用途
		基材	胶粘剂			
玻璃布	酚醛层压玻璃布板	无碱玻璃纤维布	酚醛树脂	0.4~10.0 同上	B	机械性及介电性能比酚醛层压板高, 耐潮湿。广泛代替前者作绝缘结构零部件, 适用于湿热带地区, 亦用于变压器器油中
	环氧层压玻璃布板	EPG01	环氧树脂	0.4~10.0 同上	B	中等温度下机械强度高, 高湿下介电性能稳定
		EPG02				
		EPG03				
亦	环氧酚醛玻璃布板	无碱玻璃纤维布	环氧酚醛树脂	0.2, 0.3, 0.5, 0.8, 1.0, 1.2, 1.5, 1.8, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 8.0, 9.0, 10.0	V	具有高的机械性能、介电性能和耐水热, 可用于变压器油和潮湿条件环境
	质	SIG01	有机硅树脂	0.4, 0.5, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.6, 2.0, 2.5, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 8.0, 10.0	F	干态下介电性能优良, 湿态下性能仍佳, 适用于电子工业和其他电气用途
		SIG02			H	耐热性优良, 适用于高温下机械和电气用途
		9935			G	用于耐高温耐辐射电机绝缘物件

(续表)

名称	型号	纸		胶粘剂	标称厚度 (毫米)	耐潮等级	特性及用途
		底材	成				
覆铜箔 环氧纸 层压板	CEPCP -31	纤维纸 纤维纸	以环氧树脂 热压成电 工绝缘纸 层压板; 其 一面或 双面覆以 铜箔	0.2、0.3、0.4、 0.5、0.8、1.0、 1.2、1.6、2.0、 2.4、3.2、 3.6、4.4 *** (0.7、1.5)	B	适用于仪表及其他电气设备中的印制电路板	
	CEPCP -22 F						
覆铜箔 环氧纸 层压板	CPFCP -01 -02	纤维纸	以酚醛树脂 热压而成 电工绝缘 纸层压板; 其一面 或双面覆 以铜箔	0.2、0.5、0.8、 1.0、1.2、 1.6、2.0、 2.4、3.2、 3.6、4.4 *** (0.7、1.5)	B	自熄性, 用途同上。 用途同上。 其中 01、03、05 F、07 F 为热冲孔型 其中 02、04、06 F、08 F 为冷冲孔型 01、02 具高虫蚀能 03、04 具一般电性能为经济型	
							CPFCP -03 -04
	覆铜箔 环氧纸 层压板	CPFCP -05 F -06 F	纤维纸	以酚醛树脂 热压而成 电工绝缘 纸层压板; 其一面 或双面覆 以铜箔	0.2、0.5、0.8、 1.0、1.2、 1.6、2.0、 2.4、3.2、 3.6、4.4 *** (0.7、1.5)	B	05 F、06 F 具高虫蚀能、自熄性
		CPFCP -07 F -08 F					
覆铜箔 环氧玻 璃层压 板	CEPGC -31	无碱玻 璃布	以环氧树脂 热压成电 工绝缘玻 璃布层压 板; 其一 面或双面 覆以铜 箔	0.2~6.4 同上规定	F	用途同上。 通用型 自熄型	
	CEPGC -32 F						
防电晕 环氧玻 璃布板		无碱玻 璃布	加有导电材料或 环氧酚醛树脂		B	具有较稳定的电性能, 适用于作高压电机端部的绝缘材料	

注: (1) \* 如覆箔板的基材内芯以纸为增强材料, 两表面贴附无碱玻璃布者, 应在其型号字母后加“(G)”, 以示区别。例  
如 CPFCP 后加“(G)”或在 CPFCP 后加“(G)”。  
(2) \*\* 指厚度 0.7 毫米和 1.5 毫米用于有色金属冲孔和 EP 制插头的边缘迭层的板。  
(3) \*\*\* 指非推荐规格。

表 14-116 绝缘云母制品类组成、规格、特性和用途

名 称	型 号	基 本 组 成		耐 热 等 级	标 准 厚 度 (mm)	特 性 及 用 途
		白 云 母 片	虫 胶 剂			
云 母 板	5533	白云母片	虫 胶 剂	A	0.4~1.5 (间隔 0.05)	厚度均匀、收缩率小,起层率小。在湿热气条件下介电性能满足一般要求,适宜作直流电机换向器片间绝缘
	5533-2	金云母片		B		
	5535	白云母片		B		
云 母 板	5535-2	金云母片	环氧树脂	B	0.4~1.5 (间隔 0.05)	收缩率较低,机械强度较高,宜作一般直流电机换向器片间绝缘
	5536-1	粉云母纸		B		
	5231	白云母 75~85%	虫 胶 漆 15~25%	B		
云 母 板	5236	白云母 85~92%	虫 胶 漆 8~15%	B	0.15、0.2、0.25、 0.3、0.4、0.5、0.6	适用于汽车电机和其他小型直流电机换向器绝缘  在一定的温度下具有可塑性。适于作绝缘管、环及其他零件,可作一般电机整流子V型环绝缘
	5131	白云母,双面 无碱玻璃布	醇 酸 漆	B		
	5131-1	白云母,双面 无碱玻璃布		B		
云 母 板	5755	白云母	有机硅漆	H	0.15~2.0	除以上特性外,因含胶量少,适于作温度高、转速高(如牵引电机及起重电机)的整流子V型环绝缘  适用于一般电机槽衬、端部层间衬绝缘  适用于耐高温电机、电器衬补绝缘
	5755-2	金云母		H		

(续表)

名	称	型 号	基 本 组 成	耐 热 等 级	初 始 厚 度 (毫米)	特 性 及 用 途
云	醇酸玻璃云母带	5434 (云447-1)	白云母、单面 无碱玻璃布 及云母带纸	B	0.10、0.13、0.16	耐热性较高,但防潮性较差,可作低电压电机及直流电机的线圈绝缘
	环氧聚脂玻璃粉云母带	5437-1	粉云母、双面 无碱玻璃布	F	0.14、0.17	弹性较高,在室温下贮存期可达6个月。因介电损耗较大,不宜作高压电机主绝缘。可代替环氧云母带作电机匝间和端部绝缘
母	玻璃粉云母带	570	粉云母纸、无碱玻璃布	F	0.14、0.15	适于F级大、中型高低压电机的主绝缘,用机包或手包线棒、线圈等
	有机硅玻璃云母带	5450	白云母、单面或双面无碱玻璃布		0.10、0.13、0.16	耐热性高。主要用于耐高温电机及牵引电机的线圈绝缘
带	有机硅玻璃粉云母带	5450-1	粉云母、双面无碱玻璃布	H	0.14、0.17	
	有机硅玻璃金云母带	5450-2	白云母、单面或双面无碱玻璃布		0.1、0.13、0.16	
云 母 箔	醇酸纸云母箔	5830 5830-1	白云母、粉云母	B	0.15、0.20、0.25、 0.30、0.17、0.22	用于一般电机、电器、卷烘、绝缘、磁反绝缘
	环氧二苯醚玻璃粉云母箔	9581-1 540-1	粉云母	F	0.15、0.20、0.25、 0.30	适于F级电机的卷烘绝缘槽衬、磁级绝缘
	有机硅玻璃云母箔	5850	白云母、无碱玻璃布	H	0.15、0.20、0.25、 0.30	适用于H级电机的卷烘绝缘、磁级绝缘

表 14-117 有机溶剂浸渍漆的品种、组成及用途

名称	型号	主要组成	耐热等级	用途
三聚氰胺醇酸漆	1032 1038 A 30-1	改性醇酸树脂、丁醇改性三聚氰胺树脂, 溶剂二甲苯、200号汽油	B	电机浸渍漆
环氧酯漆	1033 A 30-2	干性植物油酸、环氧树脂、丁醇改性三聚氰胺树脂, 溶剂二甲苯、丁醇	B	防潮性好, 适用于电机浸渍漆
环氧醇酸漆	H 30-6 8340	醇酸树脂与环氧树脂共聚物, 三聚氰胺树脂	B	电机绕组浸渍漆
环氧少溶剂漆	H 30 0	环氧树脂、桐油酸酐, 溶剂二甲苯、乙醇混合物。固含量 > 70%	B	电机浸渍漆
聚酯浸渍漆	155 Z 30-2	丁醇醚化甲酚、甲基树脂改性对苯二甲酸聚酯树脂, 溶剂二甲苯、丁醇	F	F 级甲、小型低压电机定子线圈浸渍漆, 尤适宜高速电机定子线圈浸渍漆
酚醛改性聚酯漆	155-1	亚麻油与甘油的甘油酯、对苯二甲酸二甲酯乙二醇经缩聚而成, 溶剂二甲苯、丁醇	F	电机浸渍漆, 耐热性优良与漆包线相容性较好
亚胺环氧漆	F 150	环氧树脂、酸酐、亚胺树脂, 溶剂二甲苯、丁醇	F	电机浸渍漆, 粘结强度高与漆包线相容性较好
有机硅漆	1053 8703	有机硅树脂、溶剂二甲苯	H	电机浸渍漆, 耐热 180°C
改性有机硅漆	1054 SP 93L W 30-1P	聚酯改性有机硅树脂, 溶剂甲苯、二甲苯与正丁醇(7:3)的溶液	H	H 级电机电器浸渍漆, 耐热更高等
聚酰胺酰亚胺漆	D 004 PA 1-7 H 71 190	聚酰胺酰亚胺树脂, 溶剂二甲苯、醋酸, 稀释剂二甲苯	B	适用于高压电机浸渍漆

表14-118 有溶剂漆

性能名称		三聚氰胺醇漆 1032	环氧酯漆 1033	环氧醇酸 H30-6	环氧(少溶剂漆) H30-9	聚酯漆 155	酚醛改件漆 155-1	亚胺环氧漆 F139
精度(0.14 精度计) 20±1°C		30~60	30~70	20~35	20~35	20~50	20~50	20~45
固体含量(%)		47	47	45	70	45	45	42
干燥时间(小时)		1.5~2 (105°C)	1~2 (120°C)	≤1.5 (105°C)	2 (150°C)	≤3 (130°C)	2 (130°C)	1 (130°C)
耐热性(小时) 不少于		30 (150°C)	50 (150°C)	60 (150°C)	—	30 (180°C)	—	—
击穿强度 (千伏/厘米)	常态	70~95	70~95	60~95	80	65	65	90
	热态	—	—	—	—	35 (155°C)	35 (155°C)	40 (155°C)
	受潮后 浸水后	— 40~55	— 40~60	— 30~55	— 40	50 —	— 50	— 40
体积电阻率 (欧·厘米)	常态	—	10 <sup>14</sup> ~10 <sup>15</sup>	—	10 <sup>14</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>15</sup>
	热态	—	10 <sup>13</sup> ~10 <sup>14</sup> (130°C)	—	—	10 <sup>13</sup>	10 <sup>13</sup>	10 <sup>14</sup>
	受潮后	—	—	—	—	10 <sup>12</sup>	—	—
	浸水后	—	10 <sup>13</sup> ~10 <sup>14</sup>	—	10 <sup>12</sup>	—	10 <sup>12</sup>	10 <sup>12</sup>
耐热等级		B	B	B	B	F	F	F

电性能

有机硅漆 1053	改性有机硅漆 931 1054	聚酰胺酰亚胺漆 PAT-Z	亚胺改性醇酸漆 F 55	亚胺改性聚脂漆 H-71 (9116)	三聚氰胺醇酸漆 1038
20~65	20~60	50~90	80~90 (23°C)	65~75 (23°C)	23 (23°C)
50	50~55	30	48~50	45~47	30
2.5~2 (200°C)	≤1 (180°C)	≤1/6 (180°C)	—	—	0.7 (105°C)
200 (200°C)	75 (200°C)	200 (200°C)	—	—	50 (150°C)
65~100 20~45 (200°C)	90 30 (200°C)	90~110 80~90 (180°C)	≥60 ≥50 (155°C)	≥60 ≥60 (180°C)	116 76 (130°C)
40~90 —	70 —	80~90 —	≥40 —	≥50 —	— 85
10 <sup>14</sup> ~10 <sup>15</sup> 10 <sup>11</sup> ~10 <sup>14</sup> 10 <sup>12</sup> ~10 <sup>14</sup> —	10 <sup>15</sup> 10 <sup>11</sup> 10 <sup>14</sup> —	10 <sup>11</sup> ~10 <sup>15</sup> 10 <sup>12</sup> ~10 <sup>14</sup> — 10 <sup>13</sup> ~10 <sup>14</sup>	≥10 <sup>15</sup> — — 10 <sup>13</sup>	≥10 <sup>15</sup> — — <10 <sup>15</sup>	6.6×10 <sup>13</sup> — — 2.2×10 <sup>15</sup>
H	H	H	F	II	B



表 14-119 无溶剂漆的品种、组成及用途

名 称	主 要 组 成	耐热等级	特 性 和 用 途
环氧无溶剂漆 110	6101 环氧树脂, 桐油酸酐, 松节油酸酐, 苯乙烯	F	粘度低, 击穿强度高, 贮存稳定性好。可用于沉浸小型低压电机、电器线圈
不饱和聚酯沉浸漆 J844-K	环氧改性不饱和和聚酯树脂促进剂等	B-F	粘度低, 固化较快, 贮存稳定性好。可用于沉浸小型低压电机
环氧无溶剂漆 9102	018 或 6101 环氧树脂, 桐油酸酐, 70 酸酐, 903 或 901 固化剂, 环氧丙烷丁基醚	B	挥发物小, 固化较快。可用于沉浸小型低压电机、电器线圈
环氧无溶剂漆 111 8611	6101 环氧树脂, 桐油酸酐, 苯乙烯二甲基咪唑乙酸盐	B	粘度低, 固化快, 击穿强度高。可用于沉浸小型低压电机、电器线圈
环氧无溶剂漆 H 30-5	苯基苯酚环氧树脂, 桐油酸酐, 二甲甲基咪唑	同上	同上
环氧无溶剂漆 594 型	618 环氧树脂, 594 固化剂, 环氧丙烷丁基醚	B	粘度低, 固化快, 贮存稳定性好。可用于沉浸中型高压电机、电器线圈
环氧无溶剂漆 9101	618 环氧树脂, 901 固化剂, 环氧丙烷丁基醚	B	粘度低, 固化较快, 体积电阻高, 贮存稳定性好。可用于沉浸中型高压电机、电器线圈
环氧聚酯无溶剂漆 H 30-11	环氧树脂, 聚酯树脂, 苯乙烯	B	固化快, 体积电阻较高, 可用于沉浸小型低压电机、电器线圈
环氧聚酯无溶剂漆 H 30-18	环氧树脂, 聚酯树脂, 苯乙烯	B	粘度低, 固化较快, 贮存稳定性好, 可用于沉浸小型低压电机、电器线圈

(续表)

名称	主要组成	耐热等级	特性和用途
环氧聚酯酚醛无溶剂漆 5152-2	6101 环氧树脂、丁醇改性酚醛树脂，不饱和聚酯、桐油酸酐、过氧化二苯甲酰、苯乙烯、对苯二酚	E	粘度低，击穿电压高，贮存稳定性好。用于沉浸小型低压电机、电器线圈
环氧无溶剂滴浸漆 J1132-D	环氧树脂、酸酐、促进剂	B	固化快，体积电阻高，贮存稳定性好。适用于沉浸小型电机、微型电机
环氧聚酯无溶剂漆 D023, 上 1130	环氧树脂、不饱和聚酯、酚醛树脂、苯乙烯等	B	击穿强度高，贮存稳定性好，适用于沉浸中小型低压电机、电器线圈
不饱和聚酯绝缘漆滴浸 J844-D	环氧改性不饱和聚酯树脂、促进剂等	B-F	粘度较低，固化快，贮存稳定性好。可用于沉浸小型低压电机、电器线圈
环氧树脂快干漆 J831	环氧树脂、酸酐、促进剂等	B	同上特性，适用于沉浸低压电机、电器线圈
环氧聚酯无溶剂漆 ETU, 112, 上 1140	不饱和聚酯亚胺树脂、618 和 6101 环氧树脂、桐油酸酐过氧化二苯甲酰、苯乙烯	F	粘度低，挥发物少，击穿电压高，贮存稳定性好。用于沉浸小型 F 级电机、电器线圈
不饱和聚酯环氧无溶剂漆 318-2 802, FT1052 (9110)	二甲苯树脂耐热不饱和聚酯、环氧树脂、苯乙烯	B-F	粘度低，电气性能较好，贮存稳定性好。可用于沉浸 B-F 级绝缘低压电机、电器线圈
环氧亚胺无溶剂漆 D021	聚酰亚胺、环氧树脂等	F	粘度低，体积电阻高，贮存稳定性好，可用于沉浸 F 级电机、电器线圈
亚胺—环氧无溶剂滴浸漆 D020	亚胺—环氧树脂组成双组分无溶剂漆，甲、乙组分分包装	F-PI	同上特性。适于 F-PI 级滴浸电机耐辐射、耐氟里昂

表 14-120 环氧漆的性能

性能名称	环氧无溶剂漆 110	不饱和聚酯浸渍漆 T844-K	环氧无溶剂漆 9102	环氧无溶剂漆 861H	环氧漆 H 80-5	环氧漆 594 型	环氧漆 9101	环氧漆 II 30-11	环氧漆 II 30-1S	环氧酯 5152-2
粘度 (秒) (4号粘度计)	30~70 (20°C)	20~90 (20°C)	110~240 (20°C)	30~60 (20°C)	35~100 (25°C)	19~25 (60°C)	40~65 (20°C)	120~240 (20°C)	50~70 (25°C)	15~20 (25°C)
胶化时间(分)	—	10 (140°C)	14~17 (130°C)	8~12 (120°C)	15~20 (130°C)	5~10 (200°C)	30~60 (140°C)	6~12 (120°C)	10~20 (140°C)	—
贮存稳定性(月) (时)	4 (—)	6 (—)	— (24)	— (30)	— (—)	12 (—)	6 (—)	— (24)	6 (—)	3 (—)
击穿强度 (千伏/毫米)	70~85	>20	—	70~90	80~95	>40	20~30	20~35	25~35	70~95
	40~60	—	—	40~80	40~70	—	—	15~25 (120°C)	—	—
体积电阻率 (欧·厘米)	$10^{14} \sim 10^{15}$	$>10^{14}$	$10^{14} \sim 10^{15}$	$10^{14} \sim 10^{16}$	$<10^{15}$	$>10^{15}$	$10^{15} \sim 10^{17}$	$10^{13} \sim 10^{14}$	$10^{13} \sim 10^{14}$	$10^{14} \sim 10^{15}$
	$10^{13} \sim 10^{15}$	$>10^{13}$	$10^{11} \sim 10^{12}$ (120°C)	—	—	$10^{12} \sim 10^{15}$ (130°C)	$10^{13} \sim 10^{15}$ (130°C)	$10^{13} \sim 10^{14}$ (120°C)	$10^{13} \sim 10^{14}$ (120°C)	—
介质损耗正切 50赫	—	—	—	—	—	0.025~0.03	0.027~0.03	—	—	—
	—	—	—	—	—	1.015~0.03	0.01~0.03	—	—	—
耐热等级	F	B-T	F	B	B	B	B	B	B	S

(续表)

性能名称		环氧树脂漆 J1132-D	环氧聚酯漆 D023	不饱和聚酯漆 滴浸漆 J844D	环氧快干漆 J831	环氧聚酯漆 E1D	环氧聚酯漆 112
粘度(秒) (4号粘度计)		>120 (25°C)	>60 (25°C)	80~100 (25°C)	45 (25°C)	20~50 (25°C)	60 (25±1°C)
胶化时间(分)		13 9.5 (120°C)(130°C)	00 (140°C)	6 (140°C)	12 (130°C)	—	—
贮存稳定性(月)		6	6	6	6	6	3
击穿强度 (千伏/毫米)	常 态	—	70	20	20	70~120	70
	热 态	—	—	—	16 (130°C)	>30 (-155°C)	—
	浸水后	—	40	—	18	40~90	40
体积电阻率 (欧·厘米)	常 态	10 <sup>15</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>12</sup>	10 <sup>15</sup> ~10 <sup>16</sup>	10 <sup>14</sup>
	热 态	10 <sup>10</sup> (130°C)	—	10 <sup>9</sup> (155°C)	10 <sup>10</sup> (130°C)	10 <sup>10</sup> ~10 <sup>11</sup> (155°C)	—
	浸水后	10 <sup>13</sup>	10 <sup>12</sup>	10 <sup>13</sup>	10 <sup>13</sup>	10 <sup>14</sup> ~10 <sup>15</sup>	10 <sup>12</sup>
介质损耗角 正切(50赫)	常 态	—	—	—	—	0.03	—
	热 态	—	—	—	—	—	—
耐热等级		B	B	B-F	B	F	F

(续表)

性能名称	环氧不饱和聚酯漆 (02)	环氧不飽和聚酯漆 319-2	环氧亚胺漆 D 021	环氧亚胺 滴浸漆 D 020	环氧聚酯无溶剂漆 上 1130	环氧聚酯无溶剂漆 上 1150	环氧和聚酯无溶剂漆 PT 1052 (9110)
粘度(秒) (4号粘度计)	40~60 (25°C)	30~60 (25°C)	20~70	30~150, 30~70 (60°C), (80°C)	30~90	30~50	—
胶化时间(分)	—	180 (155°C)	—	—	10 (130°C)	10 (140°C)	—
贮存稳定性(月)	6	6	6	6	6	6	—
击穿强度 (千伏/毫米)	常温	>20	30	25	>20	>20	50
	热态	—	—	—	>10 (130°C)	>10 (155°C)	30 (155°C)
	浸水后	—	—	—	>15	>15	30 (受潮后)
体积电阻率 (欧·厘米)	常温	$10^{11}$	$10^{15}$	> $10^{15}$	> $10^{15}$	$10^{15}$	$10^{15}$
	热态	$10^{10}$ ~ $10^{11}$ (155°C)	$10^{11}$ (155°C)	$10^{11}$ (180°C)	> $10^{11}$ (130°C)	$10^{10}$	$10^{11}$ (155°C)
	浸水后	$10^{14}$ ~ $10^{15}$	$10^{14}$	$10^{10}$	> $10^{15}$	$10^{14}$	> $10^9$
介质损耗角正切(50赫)	常温	—	—	—	—	—	<0.02 (155°C)
	热态	—	—	—	—	—	—
耐热等级	F	F	F	F~H	B	—	F

\* 贮存期指各漆缸份包装

表 14-121 常用覆盖漆的品种、组成、特性和用途

名称	型号	标准编号	主要组成	耐漆等级	特性和用途
醇干醇酸漆	1321 C31	J13875-66	干性植物油或脂肪防酸改性邻苯二甲酸季戊四醇醇酸树脂、干燥剂	B	晾干或低温干燥,漆膜的弹性、电绝缘能、耐气候性和耐油性较好。用于覆盖电器或绝缘零部件
醇干醇酸绝缘漆	1321 C32	J13877-66	油改性醇酸树脂、干燥剂、颜料	B	晾干或低温干燥。漆膜硬度较高,耐电弧性和耐油性较好。用于覆盖电机、电器线圈及绝缘零部件表面修饰
醇酸环氧漆	1320 C32	J13874-66	油改性醇酸树脂、颜料	B	烘焙干燥,漆膜坚硬、机械强度高,耐电弧性和耐油性较好。用于覆盖电机、电器线圈
醇干环氧漆	1320 C31		干性植物油酸与环氧树脂化物、干燥剂	B	晾干或低温干燥。干燥快,漆膜附着力好,耐潮、耐油和耐气候性好,有弹性。用于覆盖电器或绝缘零部件,可用于湿热地区
环氧酯漆	1320 C31		环氧酯脂化物、氨基树脂、防霉剂	B	烘焙干燥,漆膜硬度大,耐潮、耐霉、耐油性较好。用于覆盖电机、电器线圈,可用于湿热地区
醇干环氧酯灰瓷漆	1321 B31		环氧酯脂脂化物、颜料、干燥剂、防霉剂	B	晾干或低温干燥,漆膜坚硬,耐潮、耐霉、耐油性较好,用于覆盖电机、电器线圈及绝缘零部件表面修饰,可用于湿热地区
环氧醇酸红瓷漆	1321 B31		环氧醇酸脂、醇酸树脂、己二酸聚脂树脂	B	烘焙干燥,漆膜附着力强,耐潮、耐霉、耐油性较好,用于覆盖电机、电器线圈,可用于湿热地区
醇干有硅红瓷漆	1321		有机硅树脂、醇酸树脂、颜料	B	晾干或低温干燥,漆膜耐热性高,电绝缘性好。用于覆盖耐高温电机、电器线圈或绝缘零部件表面修饰
有机硅红瓷漆	1320 W32		有机硅树脂、颜料	B	烘焙干燥,漆膜耐热性、电绝缘性能比167好,且硬度大,耐油。用途同醇干有机硅红瓷漆

表14-122 常用覆盖

性 能 名 称		晾干醇酸漆 1231	晾干醇酸灰漆 1321
粘 度(秒)(4号粘度计)(20±1°C)		47~89	90~150
固体含量(%)不小于		47	—
酸 值(毫克 KOH/克)		10~13	—
硬 度(摆式硬度计)		—	0.15~0.35
细 度(刮板细度计)(微米)不小于		—	30
干燥时间(时)		10~20 (20°C)	20~24 (20°C)
吸水率(%)		—	5~8
耐热性(时)(150±2°C)		>6	1~5
耐油性(时)		—	—
于温度 105±2°C 变压器油中, 不小于		24	24
耐电弧(秒)		—	4~8
击穿强度 (千伏/毫米)	常 态	70~95	30~40
	热 态	45~60 (120°C)	—
	受潮后 浸水后	— 30~60	— 8~20
表面电阻 (欧)	常 态	—	>10 <sup>10</sup>
	热 态	—	—
	受潮后 浸水后	— —	— >10 <sup>10</sup>

## 漆的性能

醇酸灰漆 1320	晾干环氧漆 9120	环氧酯漆 163	晾干环氧酯灰漆 164	晾干有机硅红瓷漆 167	有机硅漆 W 32-3
90~110 — —	50~70 45 9~15	60~240 55 —	120~420 45 —	>40 55 —	40~80 60 —
0.85~0.65 30 2~3 (105°C)	— — <24 (25°C)	— — <2 (120°C)	— — <24 (25°C)	— — <24 (20°C)	— — <2 (20°C)
4~5 >10	— >6	3~5 10~20	<5 1~5	— >80	— >80
24 4~8	24 —	24 —	— —	— —	24 —
50~60 —	30~60 —	35~45 —	>30 —	>30 —	>40 >16 (180°C)
— 10~30	— 8~20	— 10~20	— >10	10 —	— >16
>10 <sup>13</sup> —	— —	>10 <sup>13</sup> —	>10 <sup>11</sup> —	>10 <sup>13</sup> —	>10 <sup>11</sup> >10 <sup>10</sup> (180°C)
— >10 <sup>13</sup>	— —	— >10 <sup>11</sup>	— >10 <sup>9</sup>	>10 <sup>10</sup> —	— >10 <sup>11</sup>



### 三、绝缘漆、绝缘油和绝缘子

1. 绝缘漆 一般电机、电器修理用的绝缘漆,按用途可分为浸渍漆、覆盖漆、表面漆等。浸渍漆又分为有溶剂漆和无溶剂漆两大类。绝缘漆的特性及用途如表 14-117~表 14-123。

2. 常用绝缘油的性能与用途 绝缘油分矿物油和合成油两大类,其品种及性能见表 14-124 和表 14-125。

#### 3. 低压电路绝缘子

(1) 低压线路绝缘子: 低压线路绝缘子包括针式、蝶式、线轴式、拉紧和电车线路绝缘子。前两种用于工频交流或直流电压 1 千伏以下低压线路中绝缘和固定导线,蝶式和线轴式还用作低压线路终端、耐张及转角杆上作为绝缘和固定导线。拉紧绝缘子作电杆拉线或张紧导线的绝缘和连接之用。

低压针式绝缘子钢脚型式有铁担直脚、木担直脚和弯脚三种,分别适合铁担、木质横担和木质电杆上使用。以 T、M、W 作安装连接形式代号,分别表示铁担直脚、木担直脚和弯脚。其规格与性能见表 14-126~表 14-130。

表 14-123 表面漆及防锈剂

材料名称	型号	用途及性能特点
表面装饰漆	G04-9	气干或 60°C、1~3 小时干燥,适用于一般环境的电机
过氯乙烯外用磁漆		
丙烯酸磁漆	115	气干,适用于一般环境的电机
聚氨酯清漆	S01-15 (7511)	双组份,用前混合,气干,适用于湿热带电机
氨基烘漆	A05-9	105~120°C, 2 小时干燥,适用于湿热带电机
铁红环氧脂底漆	H06-2	气干,适用于金属件防锈作底漆
防锈油脂	901	短期防锈
	201	长期防锈
	F20-1	防锈层较薄,便于复核零件尺寸

表 14-124 常用矿物油的性能

性能名称	变压器油		开关油 (45号变压器油)	电容器油	电 缆 油		注
	10号	25号			低压电缆油① (DL-1 DL-1H)	高压电缆油 (DL-7)	
运动粘度(米/秒)							
0°C	—	—	—	—	—	(20~50) ×10 <sup>-6</sup>	
20°C	<30	20~30	<30	37~45	—	(8~18) ×10 <sup>-6</sup>	
50°C	7.5~9.6	8.5~0.6	6~9.6	9~12	25~27 (100°C)	(3.5~6) ×10 <sup>-6</sup>	
闪点 °C (闭口)	135~160	165~155	135~145	185~175	250~265②	>125	
凝固点 °C	-12~-10	-28~-25	-47~-45	-48~-45	-13~-12	<-45	
酸 值(毫克)KOH/克	0.006~0.05	0.004~0.05	0.003~0.05	0.003~0.02	0.003~0.1	<0.008~0.01 (115°C, 96 小时)	
炭 分(%)	0.001~0.005	0.002~0.005	0.003~0.005	0.0015	—	—	
残 碳(%)	—	—	—	—	0.5~0.6	—	
苛性钠抽出 级	1~2	<2	2	1	—	—	
透明度(5°C 时)	透明	透明	透明	透明	—	—	把油样注 入直径 30~ 40 毫米的玻 璃量筒内, 冷却至 5°C 时应当透明

(续表)

性能名称	变压器油		开关油 (45号变 压器油)	电容器油	电 缆 油		注
	10号	25号			低压电缆油① (DL-1) (DL-1H)	高压电缆油 (DL-Z)	
抗氧化稳定性, 氧化后沉淀物(%) 氧化后酸值(毫克 KOH/克) 电阻率(欧·厘米) 20°C 100°C	0.01~0.1 0.02~0.35 — —	0.06~0.1 0.04~0.35 — —	0.02~0.10 0.048~0.35 — —	— $10^{14} \sim 10^{16}$ $> 10^{12}$	— — —	— — —	
介质损耗角正切 20°C 70°C 100°C, 50赫 100°C, 10 <sup>3</sup> 赫 老化后	<0.005 0.0025~0.025 — — —	0.0005~0.005 0.001~0.025 — — —	— — — — —	— <0.005 <0.002 —	— — —	— <0.0015④ — <0.004④ (115°C, 96小时)	
相对介电系数 20°C, 50赫 10 <sup>3</sup> 赫 击穿强度 (千伏/厘米)	— — 160~180	— — 180~210	— — —	2.1~2.3 2.1~2.3 200~230	— — 140~160③	— — 200	

注: ① DL-1为自石油分馏精制而得的油, DL-1H为重合油, 重合油残碳允许不大于0.8%, ② 开口法闪点, ③ 到  
试验油样允许在100°C真空干燥2小时, ④ 测试前油样允许用真空干燥或过滤法处理。

表 14-125 合成油的主要性能

性能名称	十二烷基苯	硅油			聚异丁烯 (电容器用)	三氯联苯
		甲基硅油	苯甲基硅油	乙基硅油		
密度 (20°C时)	0.8627~0.8647	0.930~ 0.975①	1.01~ 1.08①	0.95~1.06	0.86	1.370②
	20°C 50°C	9~1050× 10 <sup>-6</sup> ①	100~200 ×10 <sup>-6</sup> ①	(8~550) ×10 <sup>-6</sup>	(13820) ×10 <sup>-6</sup>	—
运动粘度 (米 <sup>2</sup> /秒)	(3.0~4.0) ×10 <sup>-6</sup>	—	—	—	97(100°C)	—
	125~133②	155~300	280~300	110~250	165~175	173
闪点(开口)(°C)	--69~-65	--65~-50	--45~-40	<-60	-10	-23
	凝固点(°C)	0.004~0.008	—	<0.01	0.3	0.0025
酸值 (毫克KOH/克)	常 态	—	—	—	—	—
	115°C 96小时 老化后	0.004~0.008	—	—	—	—

(续表)

性能名称	十二烷基苯	油			聚异丁烯 (电容器用)	氯联苯
		甲基硅油	苯甲基硅油	乙基硅油		
电阻率 (欧·厘米)	常态	$<10^{14}$	$>10^{14}$	$>2.5 \times 10^{13}$	$10^{17}$	
	105°C			$>1.0 \times 10^{13}$	$10^{17}$ (125°C)	$8 \times 10^{12}$
介质损耗角正切	常态	$<3.0 \times 10^{-4}$	$<3.0 \times 10^{-4}$	$<3.0 \times 10^{-4}$	$(1 \sim 9) \times 10^{-6}$	
	100°C			$<8.0 \times 10^{-4}$	$10^{-4}$ (125°C)	$3 \times 10^{-3} \sim 8 \times 10^{-3}$ (90°C)
相对介电系数	115°C 96小时 老化后					
	常态	$>2.6$	2.6~2.8	2.95~2.65	2.15~2.5	5.6
击穿强度(千伏/厘米)	125°C			—	2.0~2.1	5.0 (89°C)
		150~180	$>180$	150~180		59.9③

注: ① 25°C时测得, ② 闭口法, ③ 在60°C测得。

表 14-126 低压线路针式绝缘子规格与性能

型号	瓷件弯曲负荷 (千牛)	主要尺寸 (毫米)			伞距电 压 (千伏)		参考重量 (千克)	备注
		伞 径	瓷件高度	螺纹直径	安装长度	干 闪		
PD-1T	7.8	80	80	16	35	35	1.03	
PD-1M	7.8	80	80	16	110	15	1.3	
PD-2T	4.9	70	66	12	35	12	0.45	
PD-2M	4.9	70	66	12	105	12	0.52	
PD-2W	4.9	70	66	12	55	12	0.55	
PD-1-1T	9.8	88	110	16			0.94	老产品
PD-1M	9.8	88	110	16			1.05	
PD-1T	9.8	76	66	12	95		0.32	
PD-M	9.8	76	66	12	105		0.55	
PD-1-2T	7.8	71	90	12	35			
PD-2M	7.8	71	90	12	110			
PD-3T	2.9	54	71	10	35			
PD-3M	2.9	54	71	10	110			

表 14-127 低压线路蝶式绝缘子和线轴式绝缘子的规格与性能

型 号 (或代号)	主 要 尺 寸 (毫 米)			机械破 坏负荷 (千牛)	工 频 电 压 (千 伏)		参 考 重 量 (千 克)	备 注
	伞 径	瓷件高度	内孔直径		湿 闪	干 闪		
蝶 式	ED-1	100	90	22	11.8	10	0.75	
	ED-2	80	75	20	9.8	9	0.4	
	FD-3	70	65	16	7.8	7	0.25	
	ED-4	60	50	16	4.9	6	0.15	
	163001	120	100	22	17.6		1.0	
163002	89	76	21	12.7		0.5		
163003	90	80	20	14.7		0.5		
163004	80	80	22	12.7		0.25		
163005	75	65	16	9.8		0.25		
线轴式	EX-1	85	90	22	14.7	9	0.83	老产品
	EX-2	70	75	20	11.7	8	0.5	
	EX-3	65	65	16	9.8	6	0.38	
	EX-4	55	50	16	6.8	5	0.2	
	166001	102	105	17.5	26.7	18	0.55	
	166002	80	76	17.5	18.3	12	0.6	
	166003	80	76	17.5	20.0	14	0.6	
	166004	80	76	17.5	17.8		1.15	
	166005	76	81	17.5	20.0		0.47	
	166006	78	66	17.5	17.6		0.21	
	166007	57	54	17.5	8.9	8	0.24	
	166008	57	54	17.5	9.0		0.24	
	166009	57	32	17.5	9.0		0.13	

表 14-128 低压线路瓷横担绝缘子规格

型号 (或代号)	额定电压 (千伏)	主要尺寸 (毫米)					弯曲破坏负荷 (千牛)	参考重量 (千克)
		长度	线槽数	线槽宽	线间距离	安装孔径		
SD1-1	0.5	535	2	20	400	18	2.0	
SD1-2		570	2	20	380	13	2.0	
168501	0.5	360	3	20	93	13	1.7	
168502		430	8		93		2.15	
168503		470	3		93		1.47	
168001		305	2		155		1.96	

表 14-129 线路拉紧绝缘子规格

型号	结构型式	主要尺寸 (毫米)			工频电压 (千伏)		机械破坏负荷 (千牛)	参考重量 (千克)
		长度	直径	孔径	干闪	湿闪		
J-0.5	蛋形	33	30		4	2	4.9	0.04
J-1		50	38		5	2.5	9.8	0.08
J-2		72	53		6	2.8	19.6	0.2
J-4.5	四角形	90	64	14	20	10	44	0.52
J-9	八角形	172	88	25	30	20	88	1.9
152001	四角形	140	86	25			88	1.25
153001	八角形	146	73	22			70	1.1
153002		216	115	38			160	3.3
153003		280	115	38			160	4.4

表 14-130 电车线路绝缘子规格

型号	额定电压 (千伏)	机械强度 (千牛)		主要尺寸 (毫米)			参考重量 (千克)
		拉伸	弯曲	长度	外径	内径	
WX-01	0.5	4.9	1.96	75	75	27	0.8
WX-02					115	27	0.9
WH-01	0.5			25	65	23	0.13
WH-02				32	90	28	0.32



(2) 低压户内布线用绝缘子：低压布线用绝缘子包括鼓形绝缘子、瓷夹板和瓷管，用于工频交流或直流电压在低于1千伏的户内低压配电线路中作绝缘和固定导线之用。其规格与性能见表14-131~表14-133。

表14-131 鼓形瓷绝缘子规格与性能

型号 (或代号)	额定电压 (千伏)	主要尺寸 (毫米)			参考重量 (千克)
		高度	直径	孔径	
G-25	0.5	25	22	7	0.03
G-38		38	30	8	0.06
G-50		50	36	9	0.14
G-60		60	45	10	0.2
G-65		65	50		0.22
G-75		75	66		0.45
GK-50		50	35		0.15

表14-132 瓷夹板规格与性能

型号	额定电压 (千伏)	主要尺寸 (毫米)				参考重量 (千克)
		长度	宽度	高度	孔径	
N-240	0.5	40	20	20	6	0.034
N-250	0.5	50	22	24	7	0.044
N-376	0.5	76	30	30	7	0.125

表 14-133 瓷管规格与性能

型 号	额定电压 (千伏)	主 要 尺 寸 (毫 米)			参考重量 (千克)		
		长 度	外 径	内 径			
U-10-150	0.5	150	16	10	0.045		
U-15-150			24	15	0.104		
U-25-150			36	25	0.196		
U-40-150			52	40	0.244		
U-10-270		270	270	16	10	0.084	
U-15-270				24	15	0.184	
U-25-270				36	25	0.356	
U-40-270				53	40	0.584	
UW-10-150		0.5	150	16	10	0.045	
UW-15-150				24	15	0.104	
UW-25-150				36	25	0.196	
UW-40-150				52	40	0.204	
UW-10-270			270	270	16	10	0.084
UW-15-270					24	15	0.184
UW-25-270					36	25	0.356
UW-40-270					52	40	0.584
UB-10-30		0.5	30	16	10	0.012	
UB-15-30				24	15	0.02	
UB-25-30				36	25	0.04	
UB-40-30				52	40	0.06	

注: 产品型号说明:

U——直瓷管; UW——弯头瓷管; UB——包头瓷管。

(3) 通信线路绝缘子：通信线路绝缘子包括针式绝缘子和保护通信线路绝缘子。通信线路针式绝缘子用于架空通信线路中绝缘和固定导线，保护通信绝缘子还可限制线路中的过电压，起保护通信线路的作用。

通信线路针式绝缘子钢脚型式有铁担直脚、木担直脚和弯脚三种，分别适合铁担、木担和木质电杆上使用。以 T、M、W 为安装连接形式代号，分别表示铁担直脚、木担直脚和弯脚。其规格与性能见表 14-134。

表 14-134 通信线路针式瓷绝缘子规格与性能

型 号	绝 缘 阻 (兆欧)	主 要 尺 寸 (毫 米)				机 械 度 (千牛)	参 考 量 (千克)
		高 度	直 径	螺 纹 直 径	安 装 长 度		
TK-2T	20000	75	55	M10	30	2.94	0.33
TK-2M				M10	85		
TK-2MC				M10	105		
TK-2W				φ10	55		
TK-4T	40000	95	60	M12	30	5.83	0.55
TK-4M				M12	110		
TK-4W				φ12	60		
T-4T	50000	112	76	M12	30	7.84	0.61
T-4M				M12	110		
T-4W				φ12	70		
T-5T				M16	35		
T-5M	50000	130	76	M16	110	7.84	1.25
T-5W				φ16	70		
T1-5T				M16	35		
T-5M				M16	110		
T-5W	50000	130	76	φ16	85	7.84	1.48
T-5W				φ16	85		
TH2-5		995	86				

注：产品型号中的字母 T——通信线路针式绝缘子（螺纹连接）；TK——胶装的通信线路针式绝缘子。

## 14-6 其他材料

## 一、润 滑 脂

电工常用的润滑脂的性能及用途如表 14-135。

表 14-135 常用润滑脂的牌号、组成、性能与用途

名称	牌 号	锥入度 (25°C) 1/10 毫米	滴点 (°C) 不低于	组 成 物	主 要 用 途
通用锂基润滑脂	1 号	310~340	170	脂肪酸锂皂稠化中粘度矿物油	具有良好的抗水性、机械安定性、防锈性和氧化安定性。适用于 -20~+120°C 宽温度范围内各种机械设备的滚动轴承及其他磨擦部位的润滑
	2 号	265~295	175		
	3 号	220~250	180		
钙钠基润滑脂	ZGN-1	250~290	120	钙钠混合基油脂 其 Na <sub>2</sub> O:CaO 应在 3.5:1~4:1 范围内	在上限为 80~100°C 的较高工作温度(不适用于低温), 具耐水和耐熔性。适用于铁路机车和列车的滚珠轴承、小电动机和发电机的滚动轴承以及其他高温轴承等的润滑
	ZGN-2	200~240	135		
钙基润滑脂	ZG-1	310~340	75	脂肪酸钙皂稠化中粘度矿物油	中滴点, 具有良好抗水性的普通钙基脂。适用于工农业和交通运输等一般工作温度的机械设备的润滑。1 号与 2 号脂使用温度不高于 55°C; 3 号和 4 号脂不高于 60°C; 5 号脂不高于 65°C
	ZG-2	265~295	80		
	ZG-3	220~250	85		
	ZG-4	175~205	90		
	ZG-5	130~160	95		

(续表)

名称	牌 号	锥入度 (25°C) 1/10 毫米	点滴 (°C) 不低于	组 成 物	主 要 用 途
复合钙基 液 滑 脂	ZFG-1	310~340	180	以乙酸钙复合的 脂肪酸钙皂稠化机 械油制成	具有较好的机械稳定性和 胶体安定性。适用于较高温 度(150~200°C)和潮湿条件 下工作的轴承,以及其他磨 擦部分的润滑
	ZFG-2	265~295	200		
	ZFG-3	220~250	220		
	ZFG-4	175~205	240		
合成复 合铝基 润滑脂	ZFU-1H	310~340	180	以低分子有机酸 和合成脂肪酸的 酯分酸复合铝皂 稠化中等粘度的 润滑油制成	高滴点,具有良好的抗水 性及防护性能和较好的机械 安定性、胶体安定性。适用 于较高温度和潮湿条件下磨 擦部位的润滑,使用温度不 高于120°C
	ZFU-2H	265~295	190		
	ZFU-3H	220~250	200		
	ZFU-4H	175~205	210		
通用 空 滑 脂	7007号	55~76	160	由硬脂酸锂皂稠 化双酯,加有结 构改善剂及抗氧 添加剂制成7008 号另加有防锈 剂	适用于航空电机和微型电 机的轴承,齿轮及某些仪器、 仪表的润滑。使用温度范围 为:-60~+120°C
	7008号	55~76	160		
宽温 空 润 滑 脂	7113号	65~78	225	由酰胺和脂肪酸 复合锂皂稠化硅 油,加有抗氧、抗腐 蚀等添加剂制成	适用于宽温度范围(-70 ~+180°C),轻负荷下工作 的仪器、仪表轴承和其他滚 动轴承的润滑,以及其他一 些低温启动性能要求高的仪 器、仪表和微电机的润滑

## 二、滚动轴承及其选用

滚动轴承按滚动体的形状可分为球轴承(滚珠轴承)、滚子轴承(滚柱轴承)和滚针轴承三类。按其所能承受的负载作用方向又可分为向心轴承、推力轴承和向心推力轴承三种。向心推力轴承可以同时负担径向载荷和轴向载

表 14-136 滚动轴承代号

轴 承 代 号								
精度等级	轴 承 型 号						补充代号	
	用七位数字表示其尺寸和型号							
	七	六	五	四	三	二		一
用汉语拼音 单字母表示	宽 度 系 列	结 构 型 式		类 型	直 径 系 列	内 径 尺 寸		用汉语拼音 字母表示

注：精度等级代号用汉语拼音单字母：G、E、D、C、B表示。对最低级的G级精度轴承只标轴承型号，轴承型号左边数字“0”均省去不写。

表 14-137 轴承内径尺寸表示法

轴承 内径 (毫米)	表 示 方 法						例	
							轴承 型号	内 径 (毫米)
<10	1. 内径为整数时,用右起第一位数字直接表示;第二位数字表示直径系列,同时在第三位上标记数字“0”						25	5
	2. 内径为小数时,用分数表示,分母直接表示内径尺寸,并以整个分母作为右起第一位数字,第二位数字表示直径系列,第三位上标记数字“0”						100009 1.5	1.5
10~17	内 径	10	12	15	17	302	15	
型 号	00	01	02	03				
20~49	以内径除以5的商数表示						210	50
≥500	用分数表示,分母直接表示轴承内径尺寸,并以整个分母作为右起第一、二位数字						10777 750	750

荷。

滚动轴承的型号由七位数字组成,各位数字的含义见表14-136所示,表14-137至表14-140所列内容为各位数字的表示方法。

结构型式用一位或两位数字表示。例如:5表示外圈有制动槽的;15表示带防尘盖的,详见JBC2Q5-80所述。

电动机所配用的滚动轴承型号分别列于表14-141~表14-146,常用的滚动轴承规格则如表14-147。

表14-138 轴承直径系列表示法

轴承类型	向心轴承和向心推力轴承					推力轴承和推力向心轴承			
	超轻	特轻	轻	中	重	特轻	轻	中	重
代号	8、9	1、7	2(5)	3(6)	4	9、1	2	3	4

表14-139 轴承类型表示法

轴承类型	代号	轴承类型	代号
单列向心球轴承	0	螺旋滚子轴承	5
双列向心球面球轴承	1	向心推力球轴承	6
向心短圆柱滚子轴承	2	圆锥滚子轴承	7
向心球面滚子轴承	3	推力球轴承和推力向心球轴承	8
长圆柱滚子轴承和滚针轴承	4	推力滚子轴承和推力向心滚子轴承	9

表14-140 轴承宽度(高度)系列表示法

轴承类型	向心轴承和向心推力轴承					推力轴承和推力向心轴承		
	特窄	窄	正常	宽	特宽	特低	低	正常
代号	8	0、7 ①	0、1 ②	2、0 ③	3、4、5、6	7	9	0、1

注:①只用于轻(2)、中(3)系列。②只用于特轻(1)系列。③只用于轻(5)、中(6)系列。

表 14-141 Z2、Z3 系列直流电动机用轴承

电动机座号	Z2 系		列		Z3 系			列
	式		立		*机座号	传动轴端	换向器端	
	卧	式	传动轴端	换向轴端				
Z 2-1	302	302	302	302	#1	50302	60302	
Z 2-2	304	304	304	304				
Z 2-3	305	305	305	305	#2	50303	60303	
Z 2-4	307	307	307	307				
Z 2-5	309	309	309	309	#3	50307	60305	
Z 2-6	309	309	309	309				
Z 2-7	2310	309	310	46309	#4	50307	60307	
Z 2-8	2311	310	311	46310				
Z 2-9	2314	313	314	46313	#5	60302	60308	
Z 2-10	2317	315	317	46315				
Z 2-11	2320	313	320	46313	#6	509	309	

\* 1~5 号机座采用带防尘盖的滚珠轴承, 6 号机座采用一般滚珠轴承。



表 14-142 Y(IP23)系列三相异步电动机用轴承

电机规格		配用轴承型号		电机规格		配用轴承型号	
中心高	极数	传动端	非传动端	中心高	极数	传动端	非传动端
160	2	311Z1	211Z1	250	2	314Z1	非传动端
	4、6、8	2311Z1	311Z1		314Z1	314Z1	
180	2	212Z1	212Z1	280	4、6、8	2317Z1	317Z1
	4、6、8	2312Z1	312Z1		2	314Z1	314Z1
200	2	213Z1	213Z1	315	4、6、8	2318Z1	318Z1
	4、6、8	2313Z1	313Z1		2	316Z1	316Z1
225	2	214Z1	214Z1	315	4、6、8	2319Z1	319Z1
	4、6、8	2314Z1	314Z1		2	316Z1	316Z1

表 14-143 JG2 系列额定用三相异步电动机的轴承

机座号	#4	#5	#6	#7
轴伸端	2308	2311	2313	2315
非轴伸端	308	311	313	315

表 14-144 YR 系列三相异步电动机的轴承

机座号	IP44 (封闭式)		IP23 (防护式)	
	轴伸端	集电环端	轴伸端	集电环端
132	180308Z1	180308Z1	—	—
160	2309Z1	309Z1	2311Z1	311Z1
180	2311Z1	311Z1	2312Z1	312Z1
200	2312Z1	312Z1	2313Z1	313Z1
225	2313Z1	313Z1	2314Z1	314Z1
250	2314Z1	314Z1	2317Z1	317Z1
280	2317Z1	317Z1	2318Z1	318Z1

表 14-145 YZR、YZ 起重及冶金用异步电动机的轴承

电动机型号		配用滚动轴承	
YZR	YZ	驱动端	非驱动端
YZR 112	YZ 112	308	308
YZR 132	YZ 132	309	309
YZR 160	YZ 160	311	311
YZR 180	YZ 180	313	313
YZR 200	YZ 200	32315	315
YZR 225	YZ 225	32315	315
YZR 250	YZ 250	32316	316
YZR 280		32320	320
YZR 315		32322	322
YZR 355		32326	326

表 14-146 长轴深井泵用三相异步电动机的轴承

电机型号	上轴承	下轴承	电机型号	上轴承	下轴承
JLB2 14 (JTB2)	203	46310	YLB 132	30203	46312
JLB2 15	209	46312	YLB 160	211	46314
JLB2 16	310	46314	YLB 180	212	46315
JLB2 17	313	66317	YLB 200	213	66318
JLB2 18	316	66322	YLB 250	317	66322
			YLB 280	318	66326

表 14-147 常用滚动轴承规格

经			尺寸 (毫米)			中			型			尺寸 (毫米)		
单列向心球轴承	单列向心推力球轴承	单列向心短圆柱滚子轴承	内径	外径	宽度	单列向心球轴承	单列向心推力球轴承	单列向心短圆柱滚子轴承	内径	外径	宽度	单列向心球轴承	单列向心推力球轴承	单列向心短圆柱滚子轴承
200	6200	—	10	30	9	300	6300	—	10	35	11	300	6300	—
201	6201	—	12	32	10	301	6301	—	12	37	12	301	6301	—
202	6202	—	15	35	11	302	6302	—	15	42	13	302	6302	—
203	6203	—	17	40	12	303	6303	—	17	47	14	303	6303	—
204	6204	2204	20	47	14	304	6304	—	20	52	15	304	6304	—
205	6205	2205	25	52	15	305	6305	2305	25	62	17	305	6305	2305
206	6206	2206	30	62	16	306	6306	2306	30	72	19	306	6306	2306
207	6207	2207	35	72	17	307	6307	2307	35	80	21	307	6307	2307
208	6208	2208	40	80	18	308	6308	2308	40	90	23	308	6308	2308
209	6209	2209	45	85	19	309	6309	2309	45	100	25	309	6309	2309
210	6210	2210	50	90	20	310	6310	2310	50	110	27	310	6310	2310
211	6211	2211	55	100	21	311	6311	2311	55	120	29	311	6311	2311
212	6212	2212	60	110	22	312	6312	2312	60	130	31	312	6312	2312
213	6213	2213	65	120	23	313	6313	2313	65	140	33	313	6313	2313
214	6214	2214	70	125	24	314	6314	2314	70	150	35	314	6314	2314
215	6215	2215	75	130	25	315	6315	2315	75	160	37	315	6315	2315
216	6216	2216	80	140	26	316	6316	2316	80	170	39	316	6316	2316
217	6217	2217	85	150	28	317	6317	2317	85	180	41	317	6317	2317
218	6218	2218	90	160	30	318	6318	2318	90	190	43	318	6318	2318
219	6219	2219	95	170	32	319	6319	2319	95	200	45	319	6319	2319
220	6220	2220	100	180	34	320	6320	2320	100	215	47	320	6320	2320

## 常用电工仪器仪表

电工仪器仪表的产品型号很多，本章主要介绍工矿企业中常用的仪器仪表以及测量。

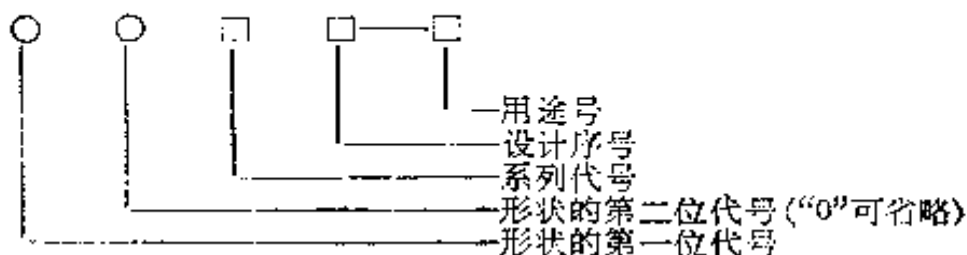
### 15-1 测量仪表常识

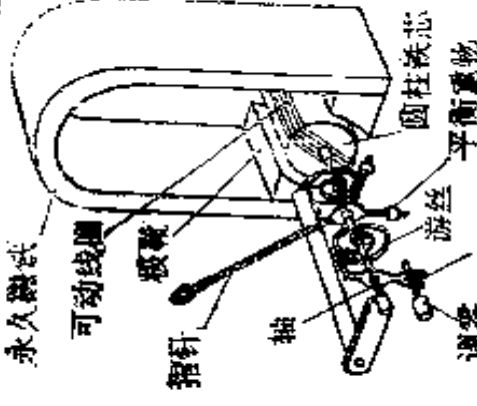
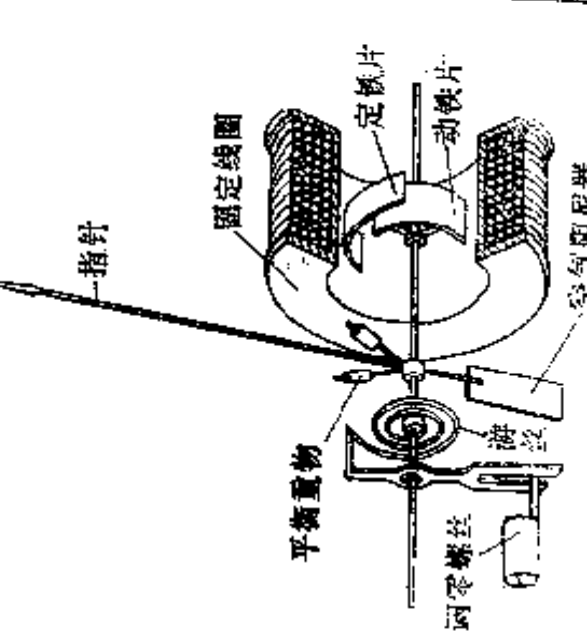
1. 仪表的级别 仪表的级别是表示仪表准确度的等级。仪表一般分为 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5 和 4.0 七种。通常 0.1 和 0.2 级仪表用作标准表，0.5 级至 1.5 级仪表用于实验，1.5 级至 4.0 级仪表用于工程。所谓几级是指仪表测量时可能产生的误差占满刻度的百分之几。表示级别的数字愈小，准确度就越高。例如用 0.1 级和 2.5 级两只同样 10 安量程的电流表分别去测 8 安的电流。0.1 级表可能产生的误差为  $10 \text{ 安} \times 0.1\% = 0.01 \text{ 安}$ ，而 2.5 级表可能产生的误差为  $10 \text{ 安} \times 2.5\% = 0.25 \text{ 安}$ 。可见用 0.1 级表测量准确度高。

另外要注意，同一只仪表使用的量程恰当与否也会影响测量的准确度。例如用一只 2 级的量程为 0~5~10 安的电流表去测量 4 安的电流，当用 10 安量程（即满刻度为 10 安）时，可能产生的误差为  $10 \text{ 安} \times 2\% = 0.2 \text{ 安}$ ，但当用 5 安量程（即满刻度为 5 安）时，可能产生的误差却只有  $5 \text{ 安} \times 2\% = 0.1 \text{ 安}$ 。显然，对同一只仪表，用小的量程测量比用大的量程测量准确度高。因此通常选择量程时应使读数占满刻度三分之二以上的为宜。

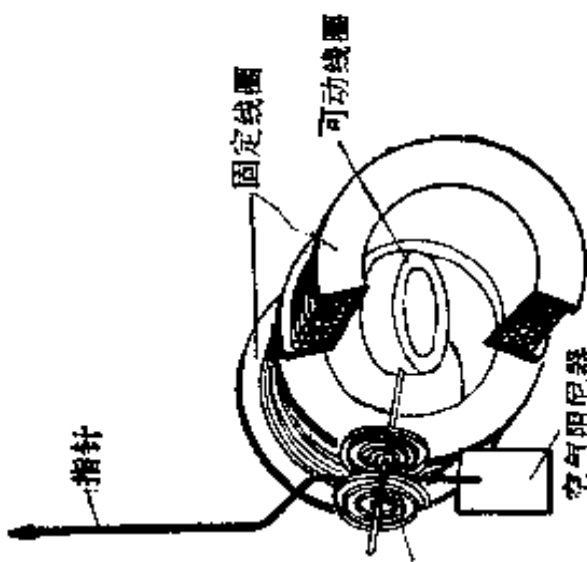
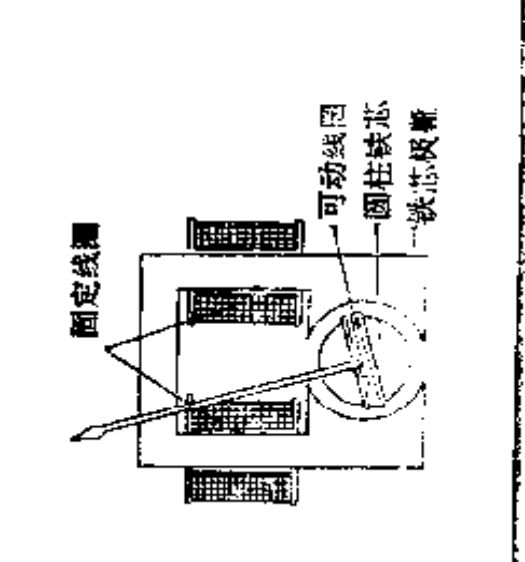
2. 常用电工测量仪表的结构形式及其特点 常用电工测量仪表的结构形式及其特点如表 15-1 所示。

3. 常用开关板仪表的型号表示意义

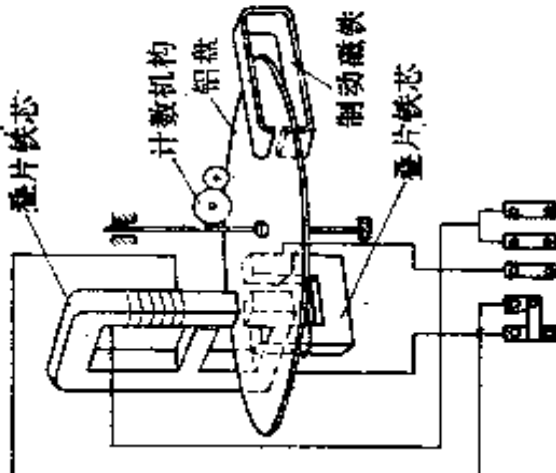
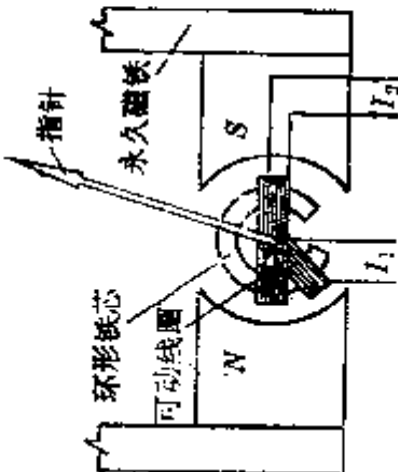


结构型式	特点	原理	结构图	优点	缺点
<p>磁电式 (又叫动圈式)</p>	<p>在永久磁铁和软磁材料组成的磁场中,当线圈中有被测电流流过时,通有电流的线圈在磁场中受力并带动指针转动。当与弹簧反作用力达到平衡时,便获得读数</p>	<p>永久磁铁 可动线圈 极靴 轴 指针 游丝 调零螺丝 平衡重锤 圆柱状磁芯</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 刻度均匀</li> <li>2. 灵敏度很高</li> <li>3. 读数受外磁场的影响小</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 表壳本身只能用来测量直流(当采用整流装置后也可用来测量交流)</li> <li>2. 过载能力差</li> </ol>	
<p>电磁式 (又叫动铁式)</p>	<p>在线圈内有一块固定铁片和一块装在转轴上的动铁片,当线圈中有被测电流流过时,定铁片和动铁片同时被磁化,并呈同极性。由于同性相斥的缘故,动铁片使带动转轴一起偏转。当与弹簧反作用力矩平衡时,便获得读数</p>	<p>指针 平衡重锤 调零螺丝 游丝 空气阻尼器 固定线圈 定铁片 动铁片</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 适用于交流测量</li> <li>2. 过载能力强</li> <li>3. 可无需辅助设备而直接测量大电流</li> <li>4. 可用来测量非正弦量的有效值</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 刻度不均匀</li> <li>2. 准确度不高</li> <li>3. 读数受外磁场影响</li> </ol>	

(续表)

结构型式	作用原理	原理结构图	优点	缺点
<p>电动机</p>	<p>仪表由固定线圈和可动线圈所组成。当它们通有电流后，由于载流导体磁场间的相互作用(或者载流导体间的相互作用)而使可动线圈偏转。当与弹簧反作用力矩平衡时，便获得读数。</p>		<ol style="list-style-type: none"> <li>适用于交流、直流测量</li> <li>灵敏度和准确度比其他类型的仪表为高</li> <li>可用于测量非正弦量的有效值</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>标度不均匀</li> <li>过载能力差</li> <li>读数受外磁场影响大</li> </ol>
<p>铁磁电动机式</p>	<p>作用原理基本上同电动机式，只是通有电流的线圈(绕在衔铁上)和固定线圈的磁场中受力偏转。当与弹簧反作用力矩平衡时，便获得读数。它是为消除外界磁场对电动机式仪表读数的影响和增加仪表的偏转力矩而由电动机式仪表改造而成的。</p>		<ol style="list-style-type: none"> <li>适用于交流、直流测量</li> <li>有较大的转矩</li> <li>较其他类型仪表耐震动</li> <li>受外界磁场影响小</li> <li>可做或广角度的表</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>标度不均匀</li> <li>准确度较低</li> </ol>

(续表)

结构型式	工作原理	原理结构图	特点	缺点
感应式	<p>仪表由一个或数个绕在铁芯上的线圈中通有交流电时，在气隙中便产生交变的磁场。铝盘在交变磁场中涡流作用，于是使铝盘转动。由于制动力矩和制动力矩大小相等，制动力矩和制动力矩方向相反，它和转速成比例，当转动速度达到平衡时，铝盘在交变磁场中涡流作用，于是使铝盘转动。</p>	 <p>Diagram labels: 叠片铁芯 (Laminated iron core), 计数机构 (Counting mechanism), 铝盘 (Aluminum disk), 制动磁铁 (Control magnet), 叠片铁芯 (Laminated iron core).</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 转矩大, 过载能力强</li> <li>2. 受外界磁场影响小</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 只能用于交流电</li> <li>2. 准确度较低</li> </ol>
流比式 (又叫比率计)	<p>在同一根转轴上装有两个交叉的线圈，一个线圈通有交流电，另一个线圈通有直流电。由交流电建立的磁场与由直流电建立的磁场相互作用，使线圈偏转。其偏转角度与两个线圈中电流之比成正比。故叫流比计。这种仪表没有反作用力矩，故不用阻尼装置。</p>	 <p>Diagram labels: 指针 (Pointer), 永久磁铁 (Permanent magnet), 环形成芯 (Ring-shaped core), 可动线圈 (Moving coil), N (North pole), S (South pole), <math>I_1</math>, <math>I_2</math>.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 具有电势式磁电式优点</li> <li>2. 和某些类型仪表(如相位表等)能消除外界电波的影响(如电压波动等)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 标度不均匀</li> <li>2. 过载能力差</li> </ol>

注：表中介绍的电磁式仪表是一种排斥式，另一种吸入式这里从略。

系列代号与形状特征代号分别列于表 15-2 和 15-3。

表 15-2 系列代号

代 号	B	C	D	E	G	L
系 列	游 表 (压簧)	磁 电	电 动	热 电	感 应	整 流
代 号	Q	R	S	T	U	Z
系 列	静 电	热 线	双金属	电 磁	光 电	电 子

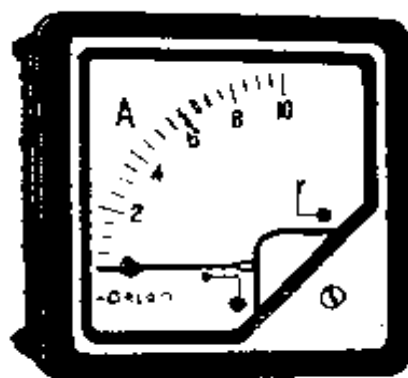
举例:

1C2-A 表示为磁电式电流表, 由表 15-3 查得其外形为 III 型, 尺寸为 (160×160-150)。

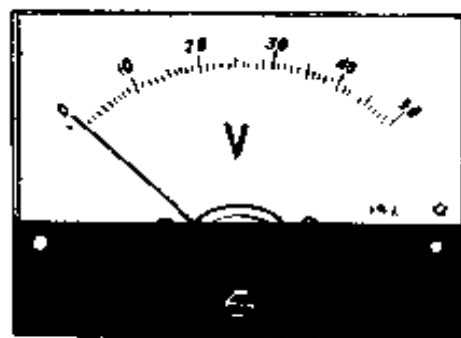
59L1-V 表示为整流式电压表, 由表 15-3 查得其外形为其他型, 外形最大尺寸在 120 毫米至 150 毫米之间。

62T51-Hz 表示为电磁式频率表, 由表 15-3 查得其外形为 I 型, 尺寸为 (85×85-80)。

电流表、电压表的外形如图 15-1 所示。



(a)

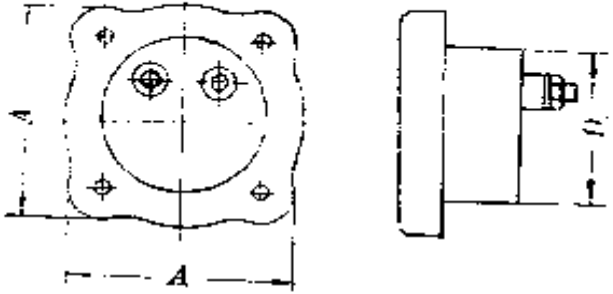

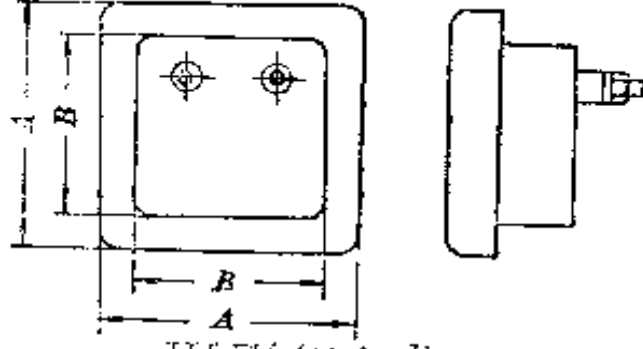
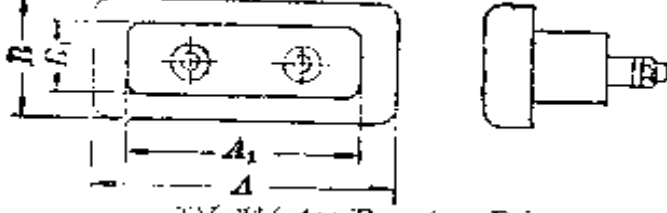
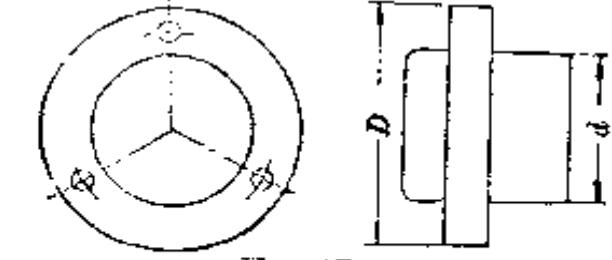


(b)

图 15-1 仪表的外形



表 15-3 形状

外 形 形 状	形状第一位代号 (面板最大尺寸)(毫米)	
 <p>I 型 (<math>A \times A - D</math>)</p>	1	150~200
 <p>II 型 (<math>A \times B - D</math>)</p>	2	200~400
 <p>III 型 (<math>A \times A - B</math>)</p>	4	100~120
 <p>IV 型 (<math>A \times B - A_1 \times B_1</math>)</p>	5	120~150
 <p>V 型 (<math>D - d</math>)</p>	6	80~100
	8	50~80
	9	50 及以下

特征代号

形状等二位代号 (外壳尺寸特征)						
0	1	2	3	5	6	9
160×160 -150 III	185×185 -120 I				160×160 -150×70 IV	其他
	0002-000					

## 15-2 电流和电压的测量

### 一、电流的测量

1. 直流电流的测量 测量直流电流时,要注意仪表的极性和量程(图15-2)。在用带有分流器的仪表测量时,应将分流器的电流端钮(外侧二个端钮)接入电路中(图15-3),由表头引出的外附定值导线应接在分流器的电位端钮上。一般外附定值导线是与仪表、分流器一起配套的。如果外附定值导线不够长,可用不同截面和长度的导线替代,但应使替代导线的电阻等于0.035欧。

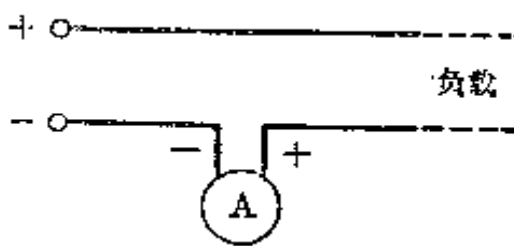


图 15-2 电流表直接接入法

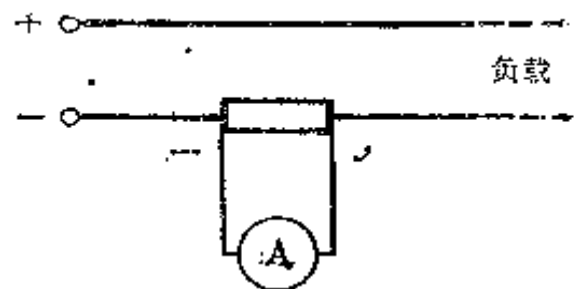


图 15-3 带有分流器的接入法

2. 交流电流的测量 单相交流电流的测量接线如图15-4与图15-5所示。三相交流电流的测量接线参阅第10章。电流互感器的原理及使用方法参阅第2章。

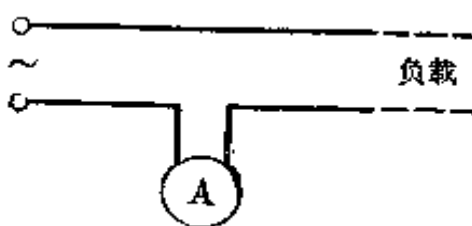


图 15-4 电流表直接接入法

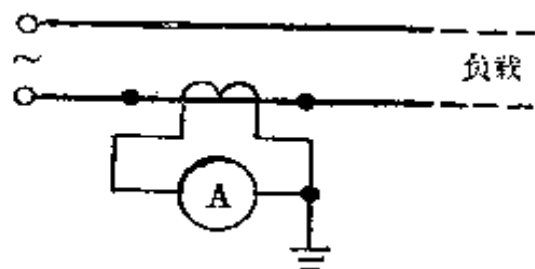


图 15-5 带有电流互感器的接入法

3. 用钳形表测量交直流电流 在不拆断电路而需要测量电流的场合,可用钳形表进行测量。钳形表分为可测交流电流(例如 T-301、T-302、MG-24)和可测交、直流电流(例如 MG20、MG21)二类,有的还可测量电压(例 T-302、MG-24)。

测量时只要将被测载流导线夹于钳口中,便可读数。

测量交流的钳形表实质上是由一个电流互感器和一个整流式仪表所组成,被测载流导线相当于电流互感器的一次侧绕组。

测量交、直流的钳形表是一个电磁式仪表,放置在钳口中的被测载流导线作为励磁线圈,磁通在铁芯中形成回路,电磁式测量机构位于铁芯的缺口中间,受磁场的作用而偏转,获得读数。因其偏转不受测量电流种类的影响,所以可测量交直流。

图 15-6 是 T-302 型钳形表的外形,

钳形表的使用方法:

(1) 进行电流测量时,被测载流导线的位置应放在钳口中央,以免产生误差。

(2) 测量前应先估计被测电流或电压大小,选择合适的量程。或先选用较大量程测,然后再视被测电流、电压大小,减小量程。

(3) 为使读数准确,钳口两个面应保证很好接合。如有杂声,可将钳口重新开合一次。如果声音依然存在,可检查在接合面上是否有污垢存在。如有污垢,可用汽油擦干净。

(4) 测量后一定要把调节开关放在最大电流量程位置,以免下次使用时,由于未经选择量程而造成仪表损坏。

(5) 测量小于 5 安以下电流时,为了得到较准确的读数,在条件许可时,可把导线多绕几圈放进钳口进行测量,但实际电流数值应为读数除以放进钳口内的导线根数。

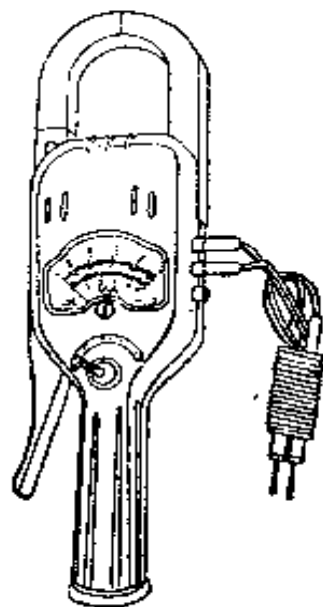


图 15-6 T-302 型钳形交直流电压表外形

## 二、电压的测量

1. 直流电压的测量 进行直流电压测量时要注意仪表的极性(图 15-7)和量程。在带有附加电阻的测量时(图 15-8),如果电源有接地的话,应将仪表接在近地端。

2. 交流电压的测量 单相交流电压的测量接线如图 15-9 与图 15-10 所示。三相交流电压的测量接线参阅第 10 章。电压互感器的原理及使用方法参阅第 2 章。

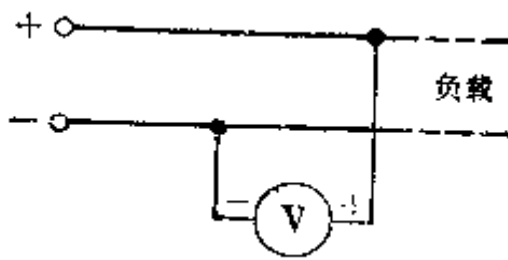


图 15-7 电压表的直接接入法

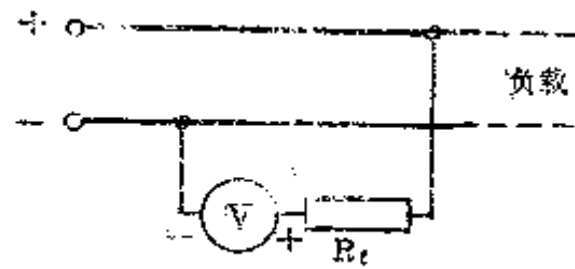


图 15-8 带有附加电阻的接线

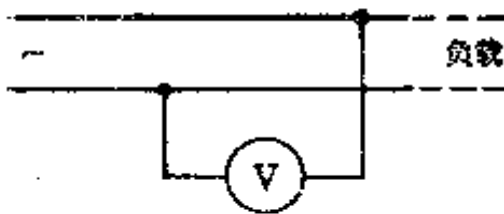


图 15-9 电压表的直接接入法

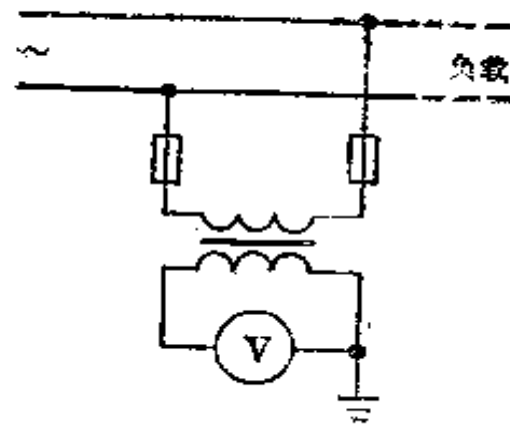


图 15-10 带有电压互感器的接入法

### 三、常用电流、电压表的型号及规格

常用的直流电流、电压表有 1C、1KC、44C、52C、61C、62C、65C、81C、91C 等系列。

常用的交流电流、电压表有 1T、44L、59L、61T、62T、81T、85L 等系列。

表 15-4 部分常用电流、电压表的型号及其规格

名 称	型 号	类 型	级 别	量 程 范 围	备 注
直流 电流表 电压表	1C2- $\frac{A}{V}$	磁电式	1.5	1 毫安~10000 安	自 75 安起并 附定值分流器
				3~3000 伏	自 1000 伏起 带专用附加电阻

(续表)

名称	型号	类型	级别	量程范围	备注
直流 电流表 电压表	JKC-A	磁电式	2.5	1~500 安	指针端有触点, 可与控制电路相连 自20安起外附定值分流器
				30~250 伏	指针端有触点, 可与控制电路相连
交流 电流表 电压表	111-A	电磁式	2.5	0.5~200 安 5~10000 安	直接接入 配用 5 安电 流互感器
				15~600 伏 450~460000 伏	直接接入 配用 100 伏 电压互感器
钳形交流 电流表	T-301	整流式	2.5	0~10~25~100~250 安 0~10~25~100~300~ 600 安 0~10~30~100~300~ 1000 安	
钳形交流 电流电压表	T-302	整流式	2.5	0~10~50~250~1000 安 0~250~500 伏 (或 0~300~600 伏)	
交直流钳形 电流表	MG20	电磁式	5	0~100 安, 0~400 安 0~200 安, 0~500 安 0~300 安, 0~600 安	
	MG21	电磁式	5	0~750 安 0~1000 安 0~1500 安	
钳形交流 电流电压表	MG24	整流式	2.5	0~5~25~50 安 0~300~600 伏 0~5~50~250 安 0~300~600 伏	

## 15-3 电阻的测量

### 一、1欧~100千欧电阻的测量

1. 电压、电流表法 用电压、电流表法测电阻,其电阻值可以用下式来求得

$$R_x = \frac{U}{I}$$

式中:  $R_x$ ——被测电阻;  $U$ 、 $I$ ——电压、电流表的读数。

如果  $R_A$ 、 $R_V$  分别是电流表与电压表的内阻,图 15-11(a)的接线适用于  $R_A$  远小于  $R_x$  的情况,图 15-11(b)接线适用于  $R_V$  远大于  $R_x$  的情况。

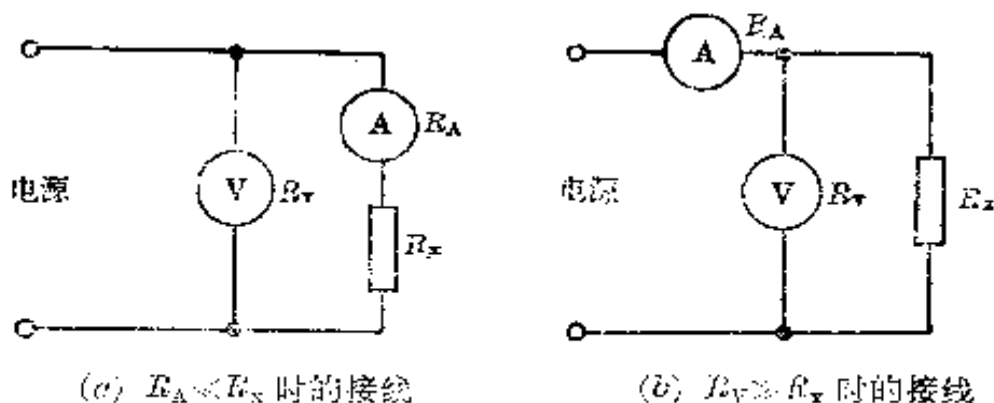


图 15-11 电压、电流表法测电阻的接线

此法测量时最好将电源电压调节到使电流为被测电阻工作时的情况,这样测出的电阻将比较接近于实际使用情况(例如测白炽灯或电热器的电阻时,应将电压调节到额定值,这才表示工作时的电阻)。

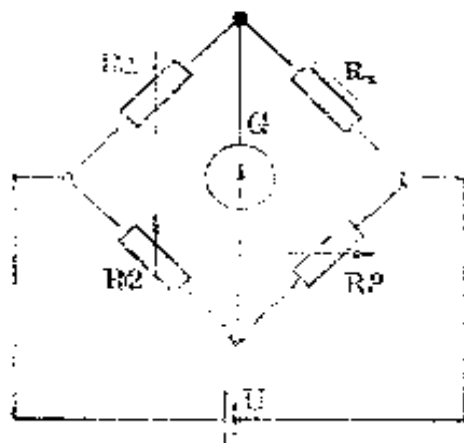


图 15-12 单臂电桥原理线路

2. 万用表法 选择合适的电阻量程档测量。

3. 单臂电桥(惠斯顿电桥)测量法 当需要精确地测量中值电阻时,往往采用单臂电桥进行测量。

单臂电桥的原理电路如图 15-12 所示。图中  $R_x$  为被测电阻,  $G$  为检流计,当变动  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  数值,可使检流计中通过的电流为零(指针不动),电路达到平衡,这时  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$

与  $R_x$  的数值关系为:

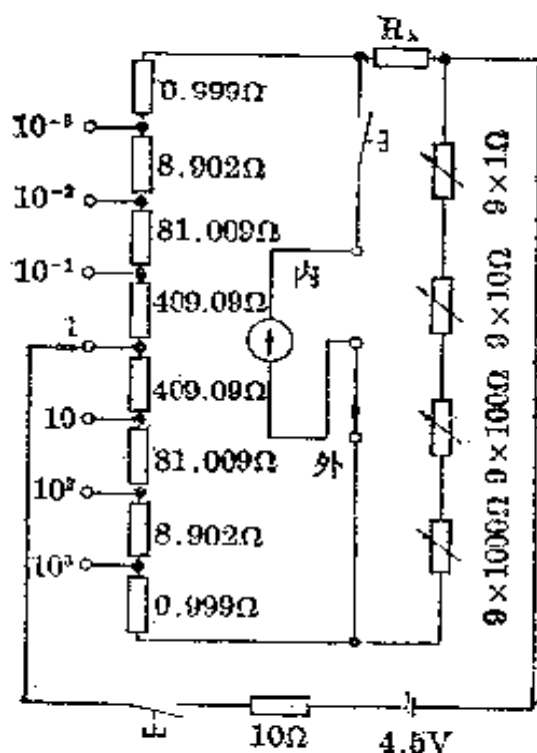
$$R_1 R_2 = R_3 R_x$$

或

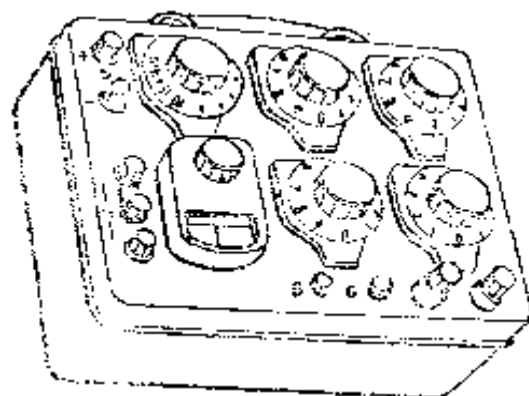
$$R_x = \frac{R_1 R_2}{R_3} R_3$$

$R_1$ 、 $R_2$  叫比例臂,  $R_3$  叫比较臂。在电桥中  $R_1$ 、 $R_2$  实际上是做在一起的, 可用一个转换开关来变换  $R_1/R_2$  的比值, 一般有  $\times 0.001$ 、 $\times 0.01$ 、 $\times 0.1$ 、 $\times 1$ 、 $\times 10$ 、 $\times 100$ 、 $\times 1000$  七档。  $R_3$  一般有  $9 \times 1 \Omega$ 、 $9 \times 10 \Omega$ 、 $9 \times 100 \Omega$ 、 $9 \times 1000 \Omega$  四个读数盘。

QJ23 携带式直流单臂电桥的结构电路和外形如图 15-13 所示。



(a) 内部结构电路



(b) 外形图

图 15-13 QJ23 携带式直流单臂电桥

QJ23 电桥在测量不同范围的电阻时, 比例臂的位置(倍率)和测量相对误差的关系如表 15-5 所示。

#### 4. 单臂电桥使用注意事项

(1) 根据被测电阻的大小, 参照说明书上的表格选择相应的比例臂(倍率)。

(2) 电池电压偏低会影响电桥的灵敏度, 所以如发现电池电压偏低时应



表 15-5 QJ23 电桥比例臂的倍率与相对误差关系

倍 率	$R_x$ (欧)	相 对 误 差
$\times 0.1, \times 1, \times 10$	$10^2 \sim 99990$	$\pm 0.2\%$
$\times 0.01$	$10 \sim 99.99$	$\pm 0.5\%$
$\times 100$	$10^5 \sim 999900$	$\pm 0.5\%$
$\times 0.001$	$1 \sim 9.999$	$\pm 1\%$
$\times 1000$	$10^6 \sim 9999000$	$\pm 1\%$

调换。当采用外接电源时, 必须注意极性且勿使电压超过规定值, 否则有可能烧坏桥臂电阻。这时可在电源电路中串接一个可调保护电阻以便降压。

(3) 测量端与被测电阻间的连接导线应尽量用截面较大、较短的导线, 连接应该牢固, 漆膜应刮净, 避免采用线夹, 以提高精确度和避免使检流计指针打坏。

(4) 单臂电桥不适宜测量 0.1 欧以下的电阻。当用来测量小电阻 (小于 1 欧) 时, 应相应降低电压和缩短测量时间, 以免使桥臂电阻发热损坏。

(5) 在测量具有电感的电阻 (例如电机或变压器绕组的电阻) 时, 应先接通电源再接通检流计的按钮; 断开时应先断开检流计的按钮, 再断开电源, 以免线圈的自感电动势打坏检流计。

(6) 电桥的比较臂可作为可变电阻箱使用, 但使用时应注意勿使电流超过该桥臂的最大允许电流。

(7) 电桥不用时应将检流计锁住, 以免在搬移时震断吊丝。

(8) 对有外接检流计端钮的电桥, 在使用外接检流计时, 应先将内检流计用短路片短路, 并建议经过约 5000~10000 欧的保护电阻接入外接检流计。

(9) 应保证桥臂接触点接触良好, 如发现接触不良, 可打开外壳, 用蘸有汽油的纱布清洗, 并旋转各旋钮, 使接触面氧化层破坏, 待接触稳定后, 再涂一层薄薄的中性凡士林油。

## 二、低电阻的测量

在测量触头的接触电阻和直流机电枢绕组等的低值电阻时，中值电阻的单臂电桥测量方法就显得不够准确，因为连接引线的电阻与接头处的接触电阻这时不可忽略，而前述方法中这些电阻都包含在未知桥臂中被测量进去了，所以必须采用双臂电桥进行测量。

图 15-14 为 QJ103 型直流双臂电桥的结构电路。双臂电桥是在单臂电桥的基础上，设法消除连接引线与接触电阻的影响而构成的，为此电桥有二对测量端钮，一对叫电流端钮(用  $C$  标记)，另一对叫电压端钮(用  $P$  标记)，如图 15-14(a)中的  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $P_1$ 、 $P_2$ 。

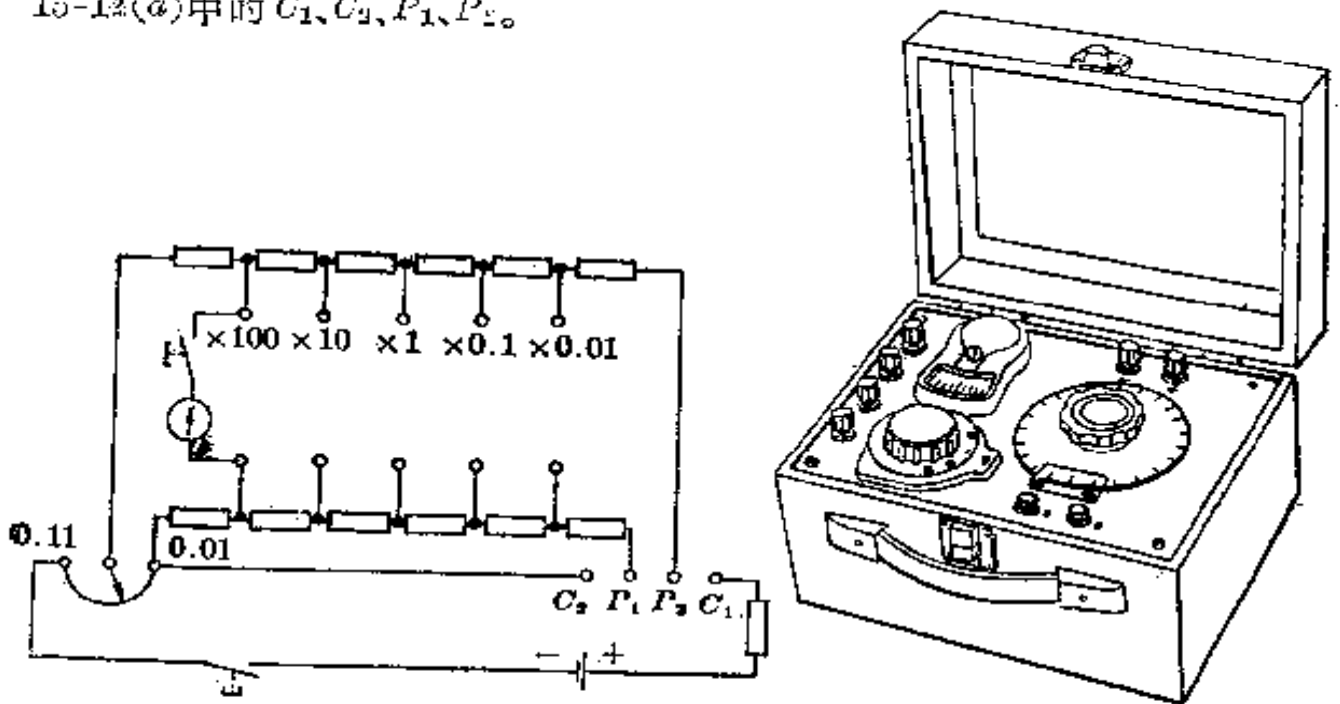


图 15-14 QJ103 型直流双臂电桥及电路

QJ103 电桥在测不同范围的电阻时，比例臂的位置(倍率)和测量相对误差的关系如表 15-6 所示。

在使用双臂电桥进行测量时，要注意被测电阻的电流端与电压端应相应地连接于电桥的电流端钮与电压端钮上。实际使用时往往被测电阻没有电流端与电压端，所以测量时应注意，要使被测电阻的电压端接在一对电流端的内侧(如图 15-15)，切不可接错。

双臂电桥的其他使用注意事项基本上同单臂电桥。常用的单、双臂电桥的型号与规格如表 15-7 所示。

表 15-6 QJ103 电桥比例臂的倍率与相对误差关系

倍 率	$R_x$ (欧)	相 对 误 差
$\times 0.01$	0.0001~0.0011	$\pm 20\%$
$\times 0.1$	0.0011~0.011	$\pm 2\%$
$\times 1$	0.01~0.11	$\pm 2\%$
$\times 10$	0.1~1.1	$\pm 2\%$
$\times 100$	1~11	$\pm 2\%$

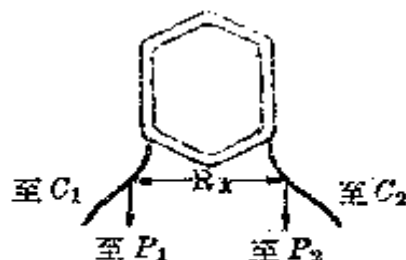


图 15-15 被测电阻电压端与电流端的接法

表 15-7 单、双臂电桥的型号与规格

名 称	型 号	测量范围(欧)	误 差 (欧)
直流单臂电桥	QJ23	1~9999000	$10^2 \sim 99990$ 0.2%
			$10 \sim 99.99$ 0.5%
			$10^3 \sim 999900$ 0.5%
			$1 \sim 9.999$ 1.0%
			$10^6 \sim 9999000$ 1.0%
直流双臂电桥	QJ103	$10^{-5} \sim 11$	$0.0001 \sim 0.0011$ 20%
			$0.001 \sim 0.011$ 2%
			$0.01 \sim 0.11$ 2%
			$0.1 \sim 1.1$ 2%
			$1 \sim 11$ 2%
单双臂两用电桥	QJ19	单臂 $10^3 \sim 10^6$ 双臂 $10^{-5} \sim 10^2$	0.5%

### 三、绝缘电阻的测量

兆欧表(又叫摇表)是一种简便、常用的测量高电阻的直接式仪表。一般用来测量电路、电机绕组、电缆、电气设备等的绝缘电阻。

最常见的兆欧表是由作为电源的高压手摇发电机(交流或直流发电机)及指示读数的磁电式双动圈流比计所组成。新型的兆欧表有用交流电作电源的或采用晶体管直流电源变换器及磁电式仪表来指示读数的。

用交流发电机和直流发电机作电源的兆欧表测量电阻的原理电路如图 15-16 所示。固定在同一轴上的二个线圈, 其中一个线圈与附加电阻  $R_1$  串联, 另一个线圈通过附加电阻  $R_2$  与被测电阻  $R_x$  串联。

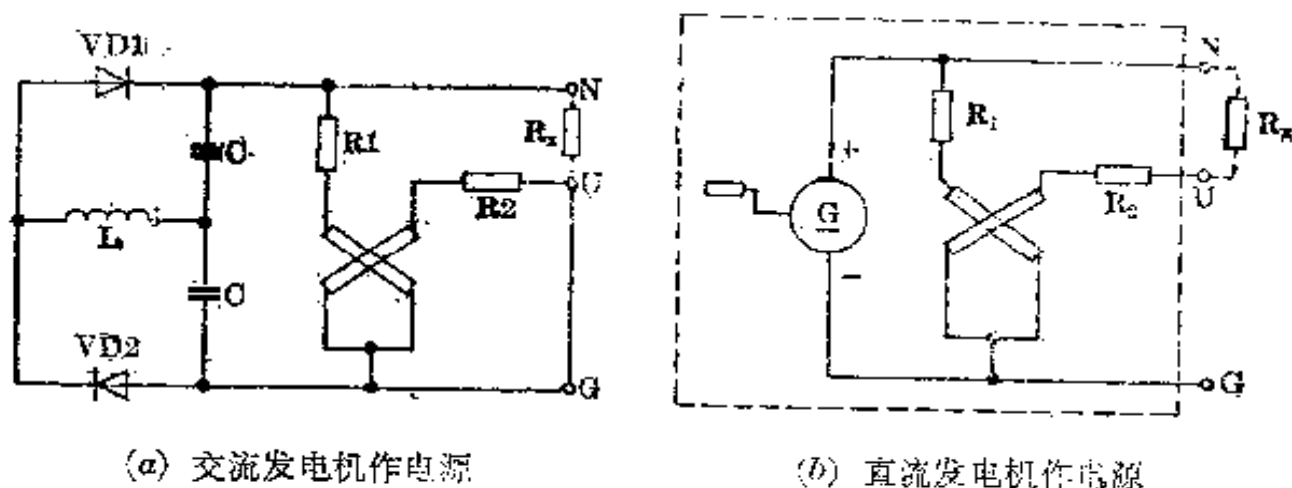


图 15-16 兆欧表原理图

几种常用的兆欧表外形如图 15-17 所示。

兆欧表上有三个分别标有接地(N)、电路(U)和保护环(G)的接线柱。测量电路绝缘电阻时, 可将被测端接于“电路”的接线柱上, 而以良好的地线接于“接地”的接线柱上[如图 15-18(a)]; 在作电机绝缘电阻测量时, 将电机绕组接于“电路”的接线柱上, 机壳接于“接地”的接线柱上[如图 15-18(b)]; 测量电缆的缆芯对缆壳的绝缘电阻时, 除将缆芯和缆壳分别接于“电路”和“接地”接线柱外, 再将电缆壳芯之间的内层绝缘物接“保护环”, 以消除因表面漏电而引起的误差[如图 15-18(c)]。

兆欧表的使用注意事项:

(1) 在进行测量前后要先切断电源, 被测设备一定要进行充分放电(约需 2~3 分钟), 以保障设备及人身安全。

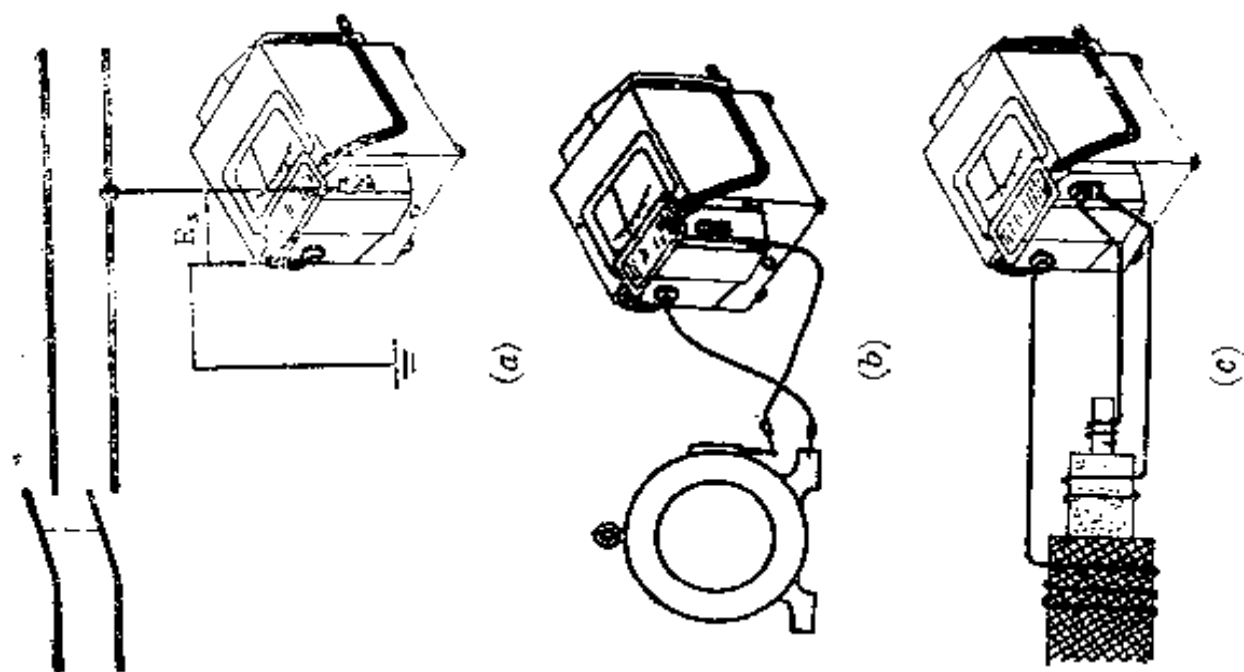


图 15-18 用兆欧表测量绝缘电阻的接法

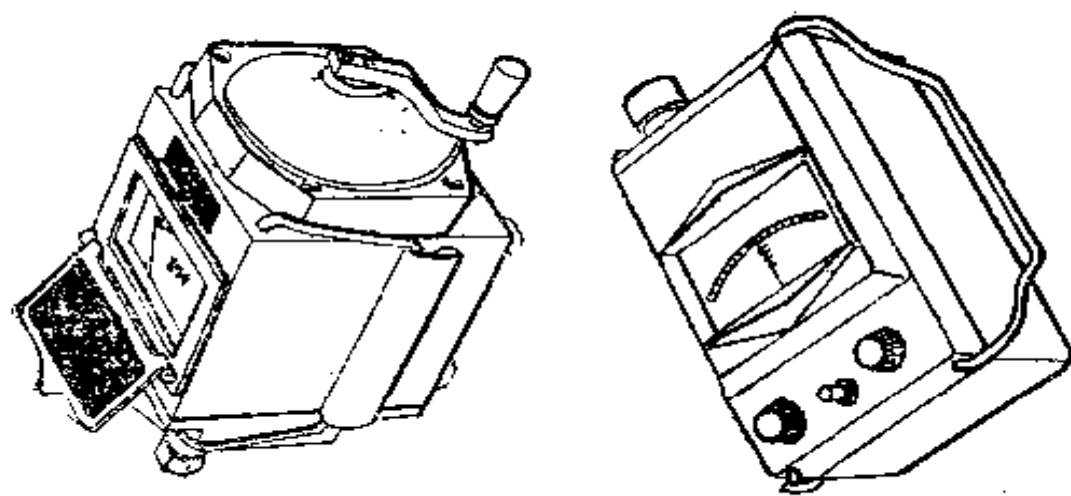


图 15-17 兆欧表的外形

(2) 接线柱与被测设备间连接的导线不能用双股绝缘线或绞线, 要用单股线分开单独连接, 避免因绞线绝缘不良而引起误差。同样应保持表面清洁、干燥以免引起误差。

(3) 测量前先将兆欧表进行一次开路 and 短路试验, 检查兆欧表是否良好。若将两连接线开路, 摇动手柄, 指针应指在“ $\infty$ ”(无穷大)处, 这时如再把两连接线短接一下, 指针应指在“0”处, 说明兆欧表是良好的, 否则兆欧表是有误差的。

表 15-8 常用兆欧表的型号与规格

型 号	额定电压(伏)	级 别	量程范围(兆欧)
0101	100	1.0	0~100
2525	250	1.0	0~250
5050	500	1.0	0~500
1010	1000	1.0	0~1000
ZC25-1	100	1.0	0~100
ZC25-2	250	1.0	0~250
ZC25-3	500	1.0	0~500
ZC25-4	1000	1.0	0~1000
ZC11-1	100	1.0	0~500
ZC11-2	250	1.0	0~1000
ZC11-3	500	1.0	0~2000
ZC11-4	1000	1.0	0~5000
ZC11-5	2500	1.5	0~10000
ZC11-6	100	1.0	0~20
ZC11-7	250	1.0	0~50
ZC11-8	500	1.0	0~100
ZC11-9	50	1.0	0~200
ZC11-10	2500	1.5	0~2500

(4) 摇动手柄时应由慢渐快, 当出现指针已指零时就不能再继续摇动手柄, 以防表内线圈发热损坏。

(5) 为了防止被测设备表面漏泄电阻的影响, 使用时应将被测设备的中间层接于保护环(G)端, 如图 15-18(c)所示。

(6) 兆欧表电压等级的选用, 一般额定电压在 500 伏以下的设备, 选用 500 伏或 1000 伏的表, 额定电压在 500 伏以上的设备选用 1000~2500 伏的表。量程范围的选用, 一般应注意不要使其测量范围过多地超出所需测量的绝缘电阻值, 以免使读数产生较大的误差。例如一般测量低压电器设备绝缘电阻时可选用 0~200 兆欧量程的表, 测量高压电器设备或电缆时可选用 0~2000 兆欧量程的表。刻度不是从零开始, 而是从 1 兆欧或 2 兆欧起始的兆欧表一般不宜用来测量低压电器设备的绝缘电阻。

(7) 禁止在雷电时或在邻近有带高压导体的设备处使用兆欧表进行测量。只有在设备不带电又不可能受其他电源感应而带电时才能进行测量。

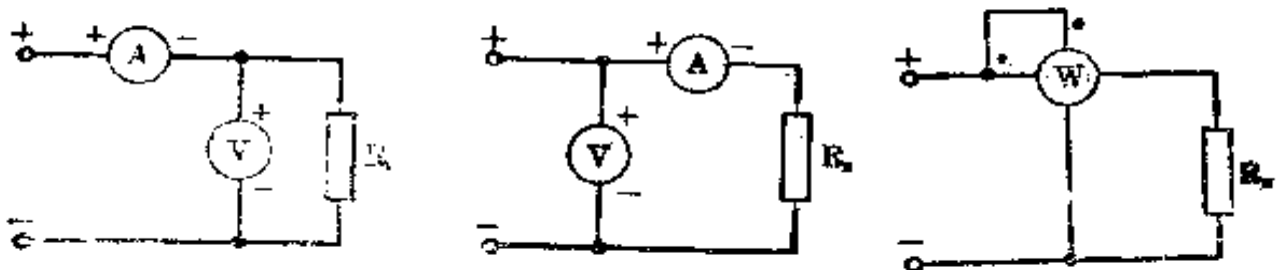
常用兆欧表的型号与规格如表 15-8 所示。

## 15-4 功率的测量

### 一、直流电路功率的测量

若按图 15-19 接线测量, 功率  $P$  等于电压表与电流表读数的乘积, 即  $P = VI$ 。图 15-19(a) 适用于  $R_V \gg R_x$  的情况, 图 15-19(b) 适用于  $R_A \ll R_x$  的情况,  $R_x$ 、 $R_V$ 、 $R_A$  分别为负载电阻、电压表内阻和电流表内阻。

若按图 15-20 接线测量, 功率表的读数就是被测负载的功率。



(a)  $R_V \gg R_x$  时的接线 (b)  $R_A \ll R_x$  时的接线

图 15-19 用电压、电流表  
测量功率的电路

图 15-20 用功率表  
测量功率的电路

## 二、单相交流电路功率的测量

功率表(又叫电功率表或瓦特表)是一种电动式仪表,可用于测量直流电路和交流电路的功率。它有两组线圈,一组是电流线圈,一组是电压线圈。它的指针偏转(读数)与电压、电流以及电压与电流之间的相角差的余弦的乘积成正比,因此可用它测量电路的功率。由于它的读数与电压、电流之间的相角差有关,因此电流线圈与电压线圈的接线必须按照规定的方式才正确。在仪表上注有\*或+号的端点应接在一起,如图 15-21(a)所示。

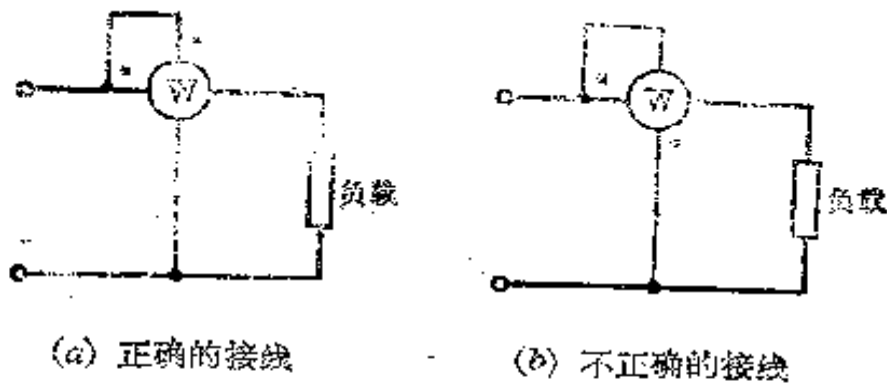


图 15-21 功率表测量的接线

当需要对高压电路或大电流电路进行功率测量而功率表的量程不够时,可按图 15-22 接线。这时电路的功率为

$$P = P_1 \times K_1 \times K_2$$

式中:  $P$ ——被测功率;  $P_1$ ——功率表的读数;  $K_1$ ——电流互感器一次侧电流与二次侧电流之比;  $K_2$ ——电压互感器的一次侧电压与二次侧电压之比。

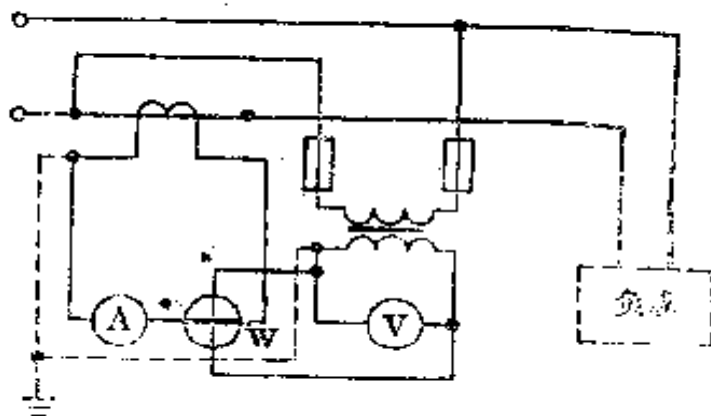


图 15-22 应用电流互感器和电压互感器测量单相交流电功率的电路



当测量低功率因数负载的有功功率时,为了减小误差,需采用低功率因数的功率表。

图 15-23 是以 D26-W 功率表(150~300~600 V, 5~10 A)为例的功率表电压电流线圈的接线。

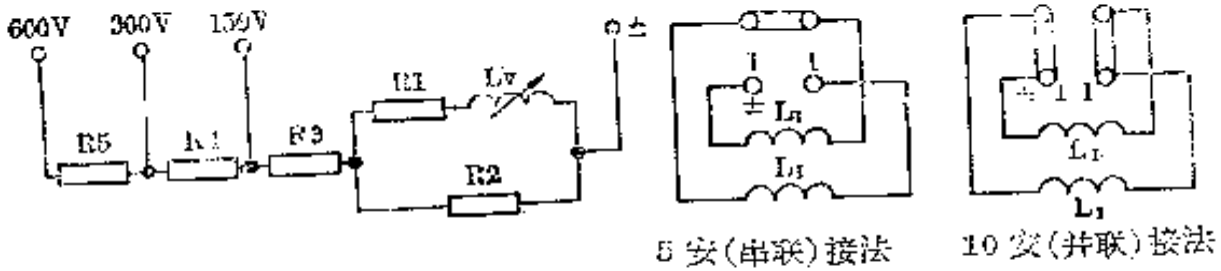


图 15-23 D26-W 型功率表电压、电流线圈接线原理图

$L_v$ —电压线圈;  $L_i$ —电流线圈;  $R_1 \sim R_5$ —附加电阻

表 15-9 常用单相功率表的型号与规格

型号	级别	电压量程范围 (伏)	电流量程 范围(安)	电 流 线 圈 接 线
D19-W	0.5	150~300	0.5~1	
			2.5~5	
			5~10	
D26-W	0.5	75~150~300	0.5~1	
			1~2	
		150~300~600	2.5~5	
			5~10	
			10~20	

### 三、三相交流电路功率的测量

1. 有功功率的测量 用单相功率表进行测量的接线如图 15-24。

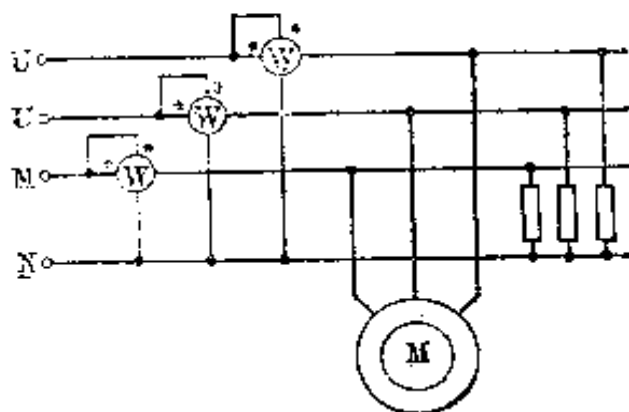


图 15-24 三相四线制电路功率的测量接线  
 $P = P_1 + P_2 + P_3$  (三瓦计法)

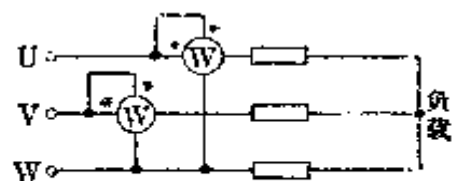
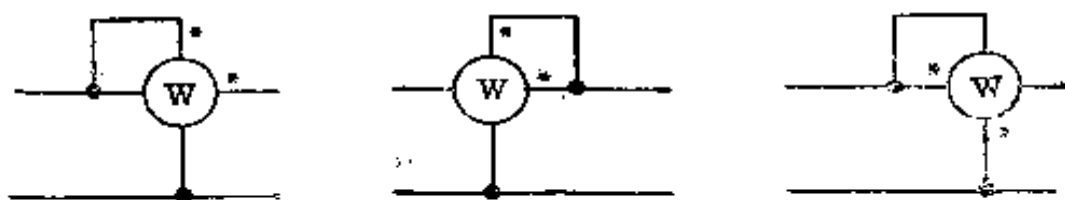


图 15-25 三相三线制电路  
功率的测量接线  
 $P = P_1 + P_2$  (二瓦计法)

要注意负载不对称的三相四线制不能用二瓦计法进行测量。在用二瓦计法(图 15-25)进行测量时,某些情况下(与负载性质有关),如果发现功率表反偏转而无法读数时,可将该表的电流线圈接头反接(图 15-26),但不可将电压线圈接头反接以免引起静电误差甚至导致仪表损坏。这时所测得的功率应为二读数之差。

用三相有功功率表进行测量的接线如图 15-27 所示。



(a) 正确的换接

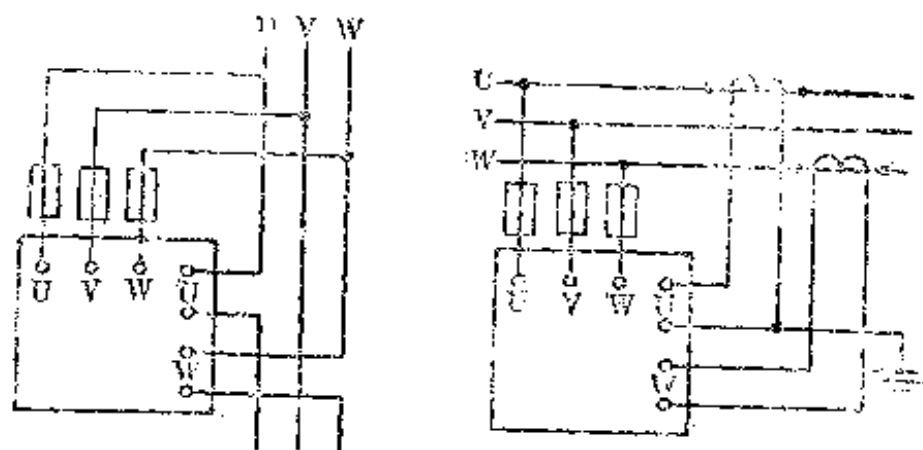
(b) 不正确的换接

图 15-26 功率表的接线换接图

三相有功功率表(又叫千瓦表)实际上相当于两个单相功率表组合在一起的铁磁电动式(或电动式)仪表,它有二个电压线圈与二个电流线圈,分别接于电路之中,其内部接法就是三相三线制中用单相功率表的二瓦计法。因此能用来测量三相电路的功率,但它只能测量三相三线制或对称三相四线制交流电路的功率。

仪表的接线如图 15-27 所示。当采用电压或电流互感器时，电路的实际功率  $P$  为电表的读数  $P_1$  乘以电压互感器和电流互感器的比率，即

$$P = P_1 \times K_{U1} \times K_{I2}$$



直接接入法

带有电流互感器的接入法

图 15-27 三相有功功率表的接线

2. 无功功率的测量 按图 15-23 接法用两个单相功率表可以测量对称三相交流电路的无功功率。两个功率表读数之和就是电路的无功功率，单位为乏(var)。

用三相无功功率表(又叫千乏表)可以测量对称三相电路的无功功率，其结构相当于三相有功功率表，内部接线就是图 15-23 中的用二个单相功率表测量对称三相电路的接法。仪表的接线相当于三相有功功率表的接法(图 15-27)。

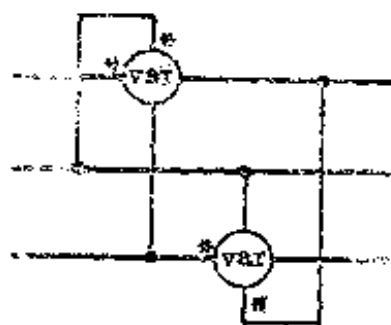


图 15-28 用二个单相功率表测量对称三相电路的无功功率的接线

表 15-10 常用三相功率表的型号及规格

名 称	型 号	级 别	额定电压(伏)	额定电流(安)
三相有功功率表	1D1-W	2.5	100、127、220	5
三相有功功率表	1D5-W	2.5	127、220	5
三相有功功率表	19D1-W	2.5	197、220、370	5
三相无功功率表	1D1-var	2.5	100、127、220	5
三相无功功率表	1D5-var	2.5	127、220	5
三相无功功率表	19D1-var	2.5	127、220、380	5

注：当电压、电流量程不符或需扩大量程时，可配用电压或电流互感器。

## 15-5 电能的测量

### 一、直流电能的测量

直流电能  $W$  的测量可通过功率  $P$  测量的读数乘以时间  $t$  而得，即

$$W = P \times t$$

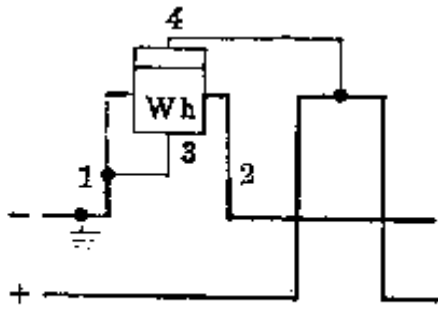
对于一般的直流电路的电能可用直流电能表(电度表)来测量。直流电能表属于电动式仪表。它有一组电压线圈和一组电流线圈，分别接于被测电路之中。DJ1 型 2.0 级直流电能表接线方式如图 15-29 所示。

### 二、交流有功电能的测量

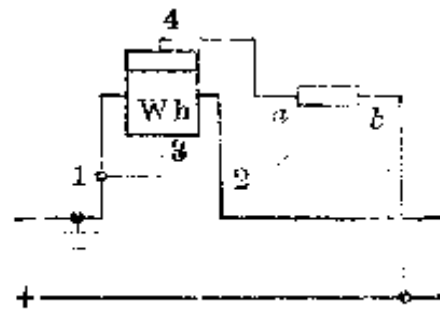
单相有功电能表(单相瓦时表)可用来测量单相交流电路的有功电能。它是一种感应式仪表，主要由一个可旋转的铝盘和分别绕在铁芯上的一个电压线圈与一个电流线圈所组成，其外形如图 15-30 所示。

三相三、四线交流电路的有功电能表的结构基本上与单相的相同，只是它具有二组(三线)或三组(四线)电压、电流线圈。三相三线电能表的外形如图 15-31 所示。

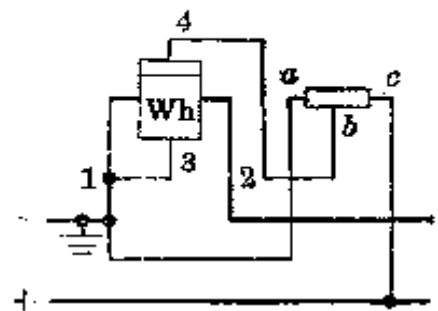
有功电能表应按照规定的接线图接线，接线安装图参阅第 10 章。



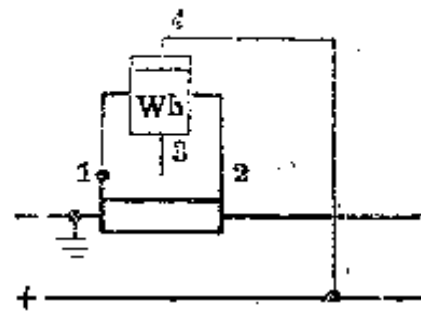
(a) 直接接入式直流电能表



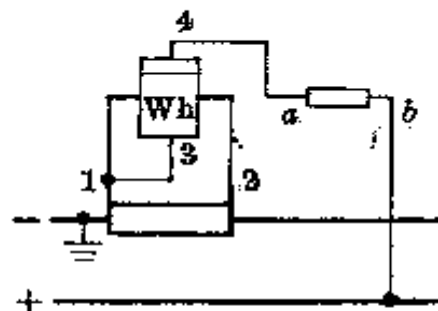
(b) 经附加电阻接入式直流电能表



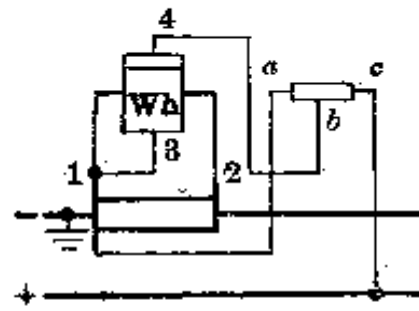
(c) 通过分压器接入式直流电能表



(d) 通过分流器接入式直流电能表



(e) 通过附加电阻分流器接入式直流电能表



(f) 通过分压器、分流器接入式直流电能表

图 15-29 直流电能表的接线

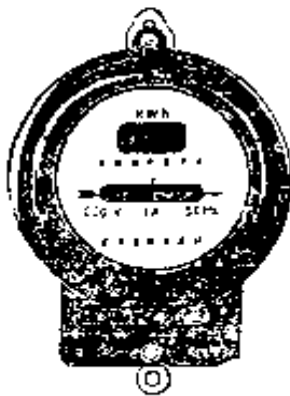


图 15-30 单相有功电能表

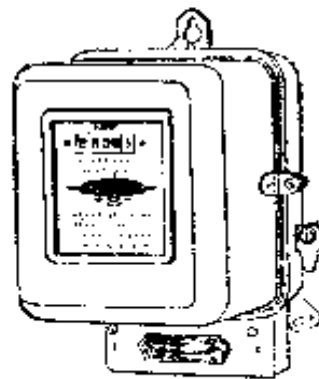


图 15-31 三相三线电能表

有功电能表的安装使用注意事项:

- (1) 电能表不允许安装在 10% 额定负载以下的电路中使用。
- (2) 电能表在使用过程中, 电路上不允许经常短路或负载超过额定值的 125%。
- (3) 如果使用电压互感器和电流互感器时, 实际消耗的电能应为电能表的读数乘以电压互感器和电流互感器的变比值。

### 三、交流无功电能的测量

无功电能的测量与有功电能的测量配用在一起, 可算出用户的功率因数, 因此通过无功电能的测量可促使合理用电, 提高设备的利用率。

三相无功电能表可用来测量三相电路的无功电能。它的结构基本上同三相三线制有功电能表, 它具有二组电压、电流线圈。电表的可动部分的转矩正比于负载上电压、电流以及它们相角差的正弦的乘积, 因而能计量无功电能。

无功电能表的接线图参阅第 10 章, 使用注意事项同有功电能表。

表 15-11 部分电能表的型号和规格

名 称	型号	级别	额定电压 (伏)	额定电流(安)	备 注	
直流电能表	DJ1	2.0	6、12、48、 110	5、10、20、30、 50、75、100、 125、150、300	可配用分流器、分压器 或附加电阻扩大量程	
单相照明 电能表	DD16	3.0	220	1、2		
单相电能表	DD14	2.0	220	5、10	另有 DD1、 DD5、S-1、 DD6、DD9、 DD10、DD15、 DD17 等型号	可配 用电压 或电流 互感器 扩大量 程
三相三线 有功电能表	DSE2	2.0	100、380、 440	5、10、25	另有 D51、 D54、D55、 JNP-1 等型号	
三相四线 有功电能表	DYF2	2.0	208/120 380/220	5、10、25	另有 DTL、 JNP-3 等型号	
三相三线 无功电能表	DX2	2.5	100、380	5	另有 DX1、 JNP-2 等	

## 四、用秒表法校验单相有功电能表

图 15-32 为校验的接线图。用一个已知标准瓦数的白炽灯作负载，当电表铝盘旋转时，测得电能表铝盘每分钟的转数  $n$ ，然后按以下公式进行校核：

$$P = \frac{60000 \times n}{K}$$

式中： $n$ ——电能表铝盘每分钟的转数；  
 $K$ ——电能表的常数(转/千瓦小时)，这在电能表的铭牌上可查得； $P$ ——白炽灯的瓦数计算值。

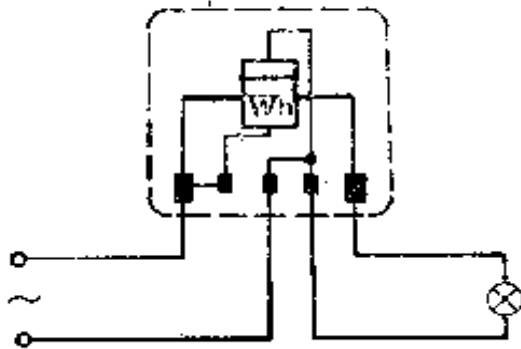


图 15-32 校验单相有功电能表的接线图

[例] 用 100 瓦的白炽灯校验 1

安、220 伏的电能表，由电表铭牌已知电表常数  $K = 12500$  转/千瓦小时，测得铝盘每分钟的转数为 21 转。

表 15-12 校验电能表的常数、铝盘每分钟转数与负载的关系

电表常数	1000 瓦	500 瓦	100 瓦	电表常数	1000 瓦	500 瓦	100 瓦
	每分钟转数	每分钟转数	每分钟转数		每分钟转数	每分钟转数	每分钟转数
12500	208.3	104.2	20.8	500	8.33	4.17	0.83
12000	200	100	20	400	6.66	3.33	0.66
10000	166.6	83.3	16.6	360	6	3	0.6
8000	133.3	66.6	13.3	300	5	2.5	0.5
6000	100	50	10	250	4.17	2.08	0.42
4000	66.66	33.33	6.66	200	3.33	1.67	0.33
3600	60	30	6	150	2.5	1.25	0.25
3000	50	25	5	100	1.67	0.83	0.17
2400	40	20	4	78	1.3	0.65	0.13
1600	26.66	13.33	2.66	75	1.25	0.625	0.125
1000	16.66	8.33	1.66	50	0.83	0.42	0.083
750	12.5	6.25	1.25	48	0.8	0.4	0.08
600	10	5	1				

$$\text{解} \quad P = \frac{60000 \times n}{K} = \frac{60000 \times 21}{12500} \approx 100 (\text{瓦})$$

这与所用白炽灯瓦数相符合。

校验时电能表的常数、铝盘每分钟转数与负载的关系如表 15-12 所示。必须注意校验时应使标准白炽灯的额定电压与电能表的额定电压相符。

## 15-6 常用电工仪器仪表

### 一、万用电表

万用电表是电工经常使用的多用途仪表,可以用来测量交流、直流电压,直流电流和电阻。有的还可以测量交流电流、电感、电容、音频电平(输出)等。

万用电表的性能好坏主要以灵敏度来表示。灵敏度是以测量电压时每伏若干欧(欧/伏)来衡量的。灵敏度愈高,表明测量仪表对被测电路的影响愈小,测量误差(不包括仪表本身的误差)也就愈小。一般是 1000~20000 欧/伏。

万用电表的测量原理与外形如图 15-33 和 15-34 所示。常用万用表电路如图 15-35~15-39 所示,型号与规格如表 15-14 所示。

万用电表使用时注意点:

(1) 量程转换开关必须拨在需测档位置,不能放错,如果测量电压时误将转换开关拨在电流或电阻档,则将损坏表头。

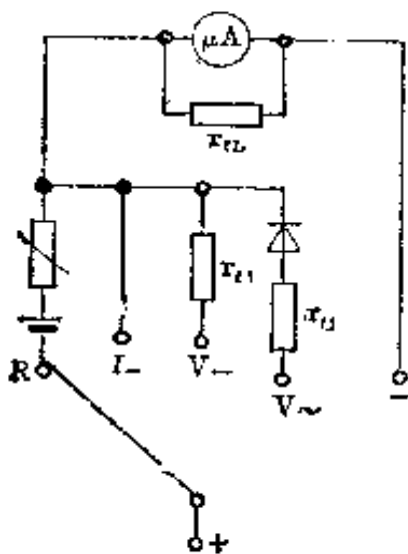


图 15-33 万用电表的简单测量原理

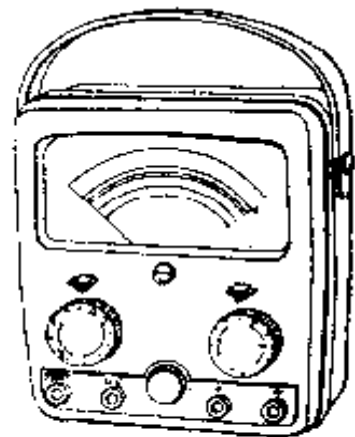


图 15-34 万用电表的外形图



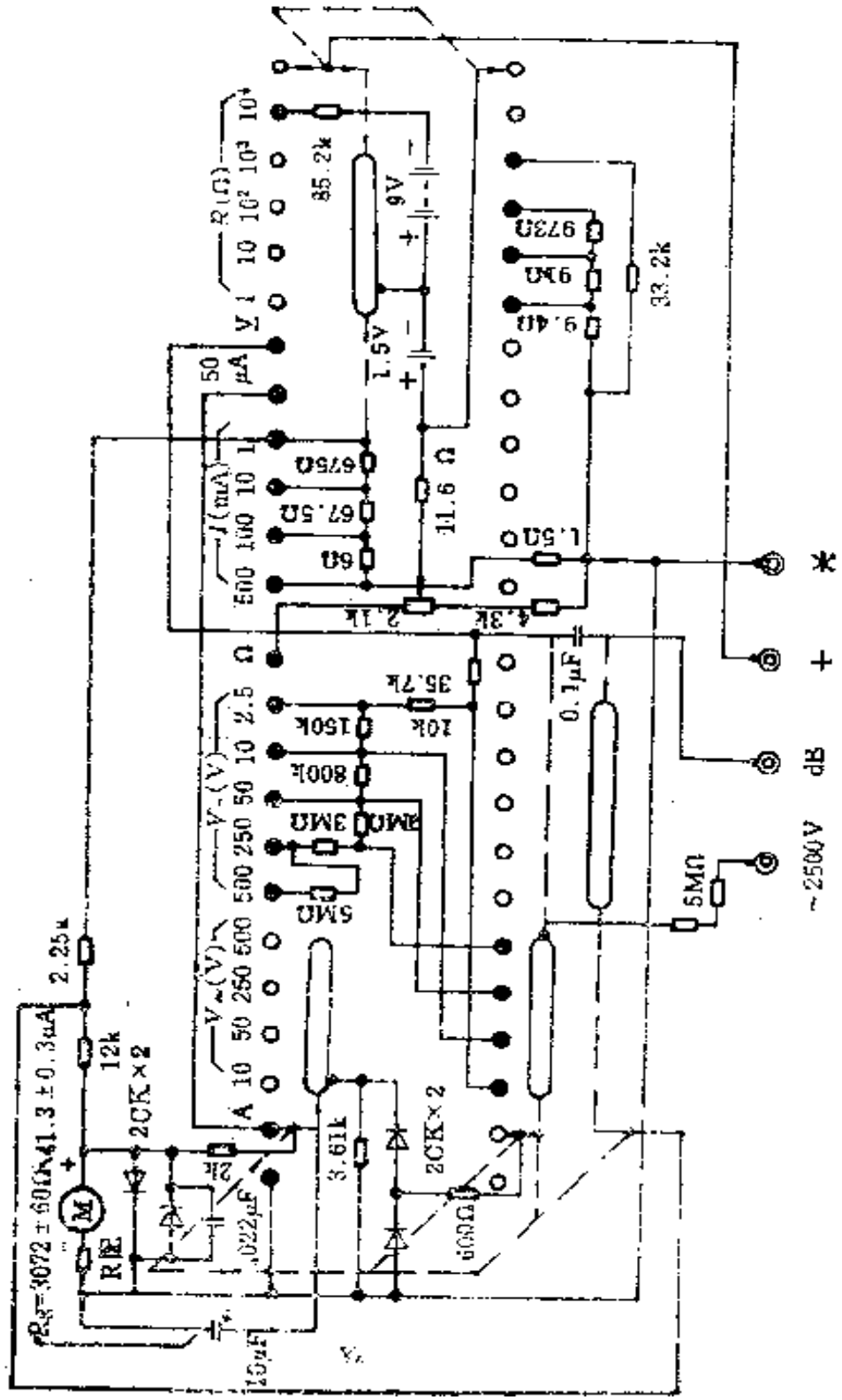


图 15-35 500 型万用电表电路

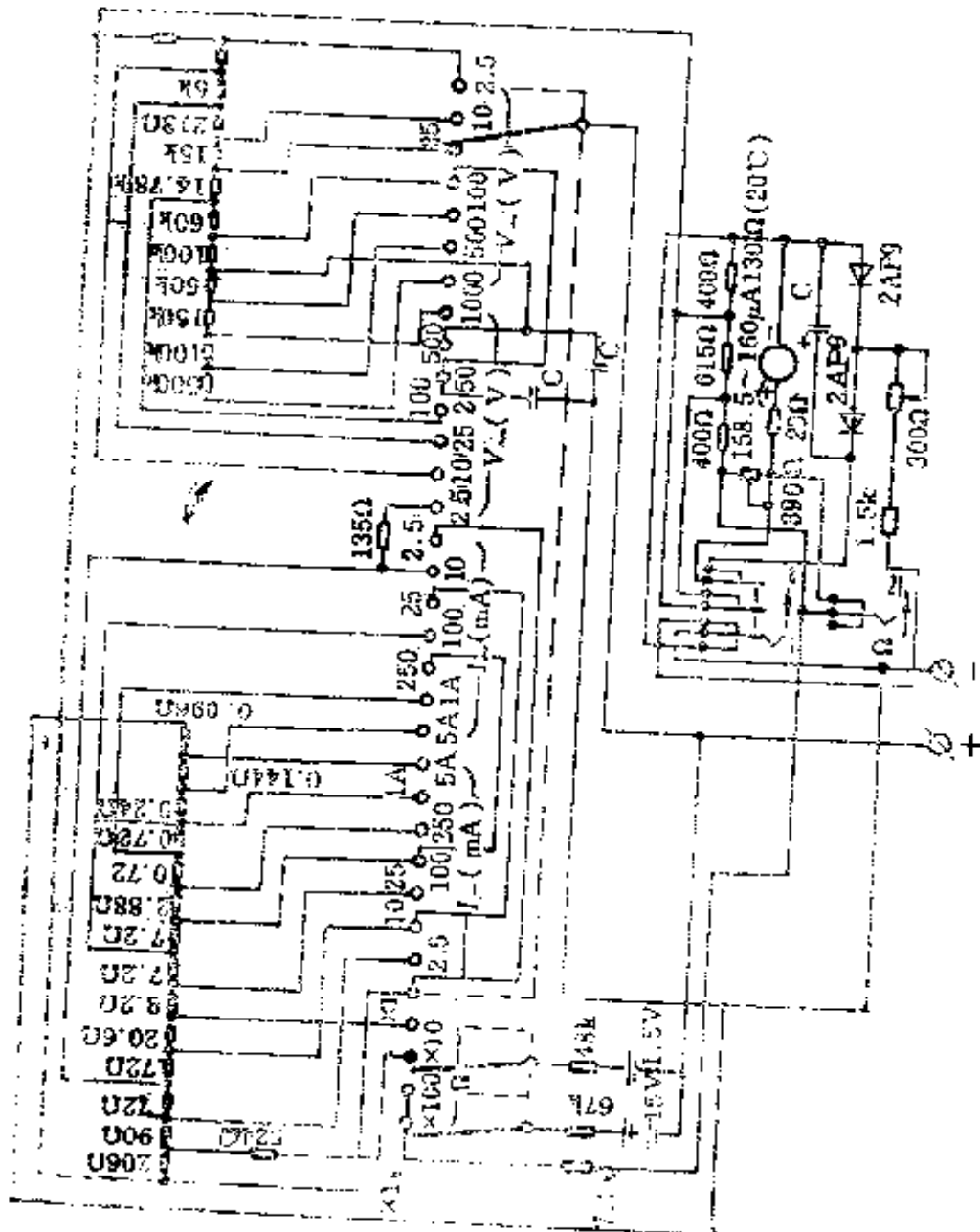


图 15-35 MD14 型万用电表电路

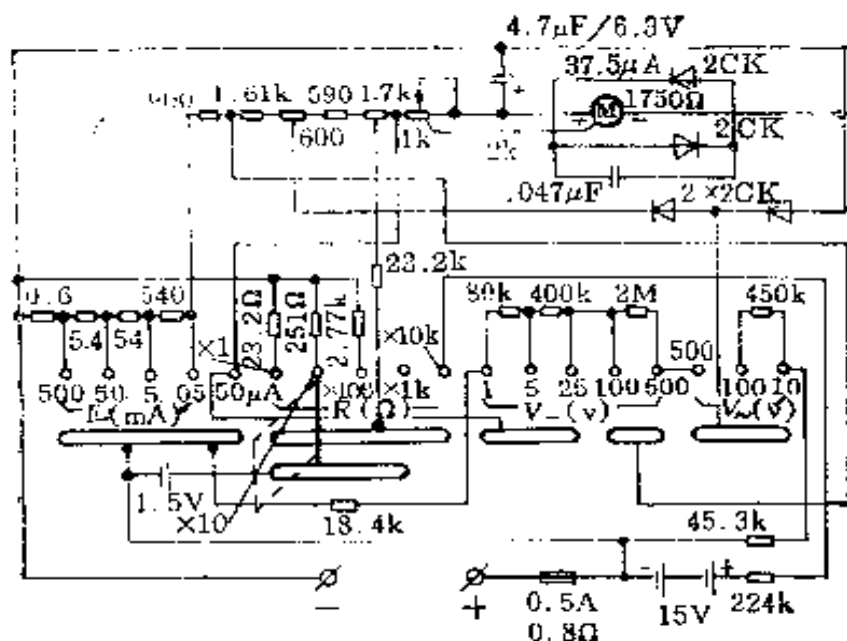


图 15-37 MF30 型万用电表电路

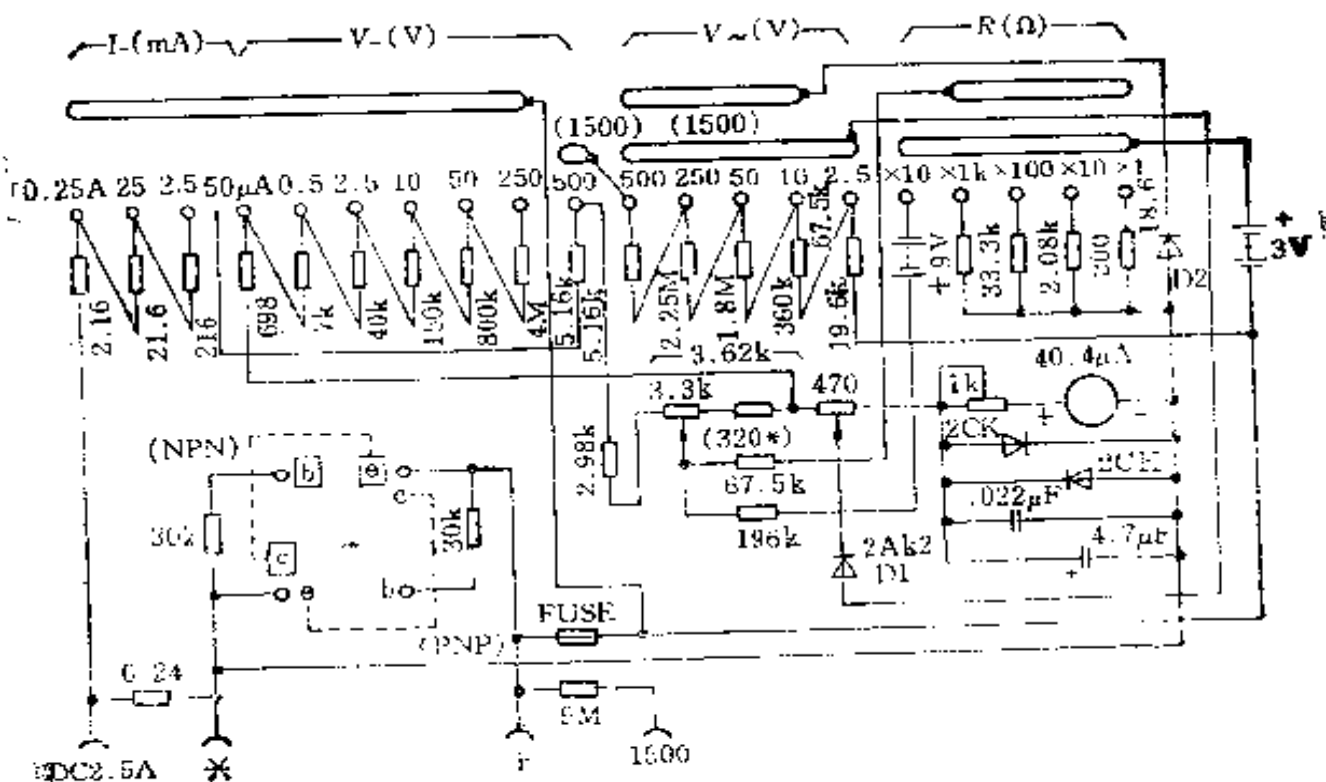


图 15-38 MF368 万用电表电路

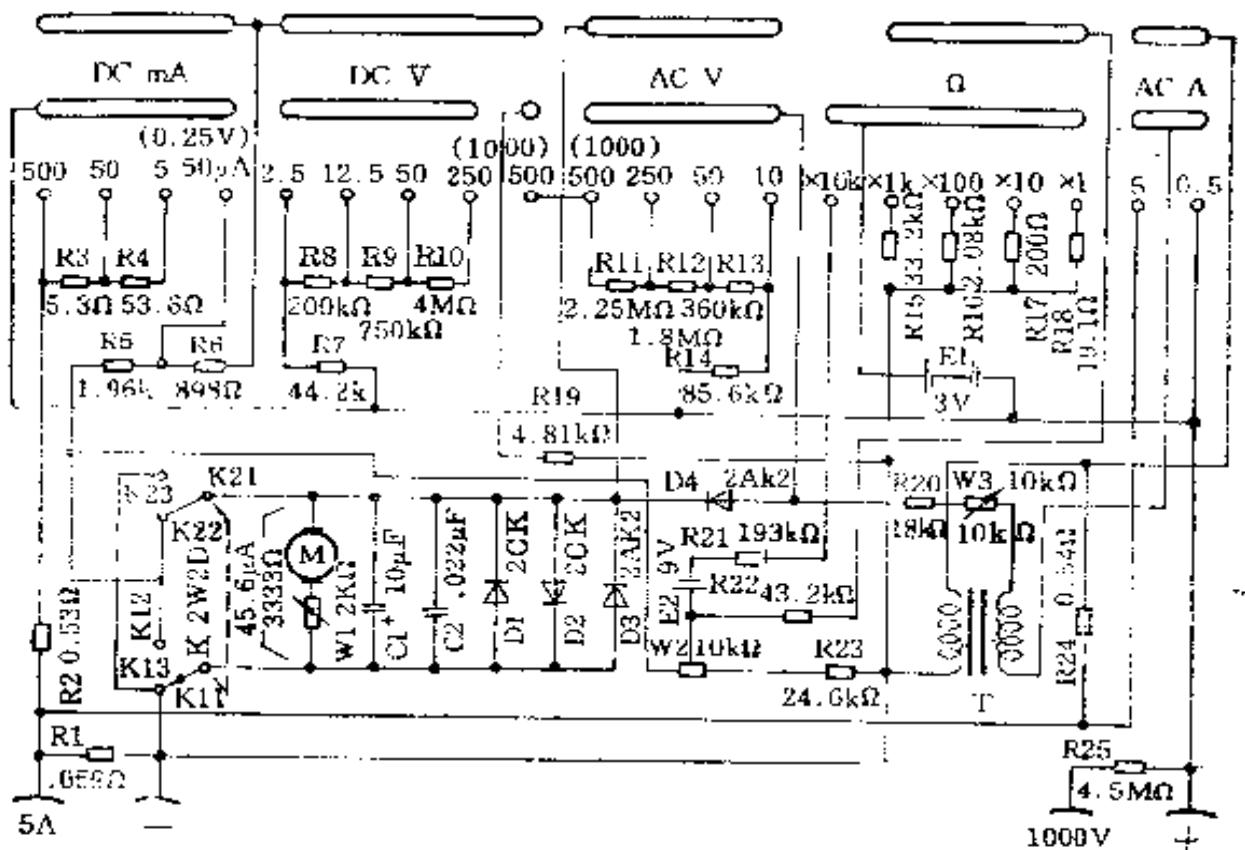


图 15-39 MF368A 万用电表电路

(2) 在测电流或电压时,如果对于被测电流、电压大小心中无数,应先拨到最大量程上试测,以保证指针不致打坏,然后再拨到合适的量程上测量,以减小误差。但是不可带电转换量程。

(3) 在测量直流电压或直流电流时,必须注意仪表的极性。正负端应各与电路的正负端相接。在测量电流时,应特别注意必须把电路断开,将表串接于电路之中。

(4) 测量 2500 伏交流或直流高压时,要注意人身安全,测试棒应分别置于“2500 V”及“-”插孔。

测量时先将电表架在绝缘支架上,将被测部件电源切断,电路中有固定大电容的应将电容器短路放电,将电表间接在被测电路上,然后再接通电源进行测量。

(5) 测量交流电压时须考虑到被测电压的波形。因为万用电表交流电压档的刻度实际上是按照正弦电压经过整流后的平均值换算到交流有效值来刻度的,所以不能用它来测量非正弦量的有效值。非正弦量电压或电流的有效值一般可用电动式或电磁式仪表来测量。

(6) 测量电阻时必须将被测电路与电源切断,切勿在电路带电情况下测量电阻,当电路中有电容存在时必须先将电容短路放电,以免损坏仪表。电阻的量程应选得合适。在测低电阻时要注意接触电阻,在测高电阻(大于10千欧)时应注意不可加入并联电路(例如不应将人手接触测试棒或电阻引线部分)。

(7) 表上有一个零点调整电位器,这是供测量电阻时用的,测量时应先将测试棒短接,调节调整器后,指针应偏转到零,若无法调节指针到零点,则说明电池电压不足或内部接触不良。

(8) 每次测量完毕后,应将转换开关拨到空置档(例500型的“.”位置)或测交流电压最高一档,以免他人误用,造成仪表损坏,也可避免由于将量程拨在电阻档,而把测试棒碰在一起致使表内电池长时间地耗电。

(9) 万用电表的表头经检修后,一般将出现灵敏度下降现象,这是由于拆开取出线圈时使永久磁铁的磁感应强度减小的缘故。为了减小这种影响,在取出线圈以前,应先用软铁将磁钢短路。

表 15-13 万用电表的常见故障

故障位置	故障现象	可能原因
表头	摇动表头,指针摆动不正常	(1) 支承部分轧住 (2) 游丝绞住 (3) 机械平衡不好 (4) 表头线圈断开或分流电阻断开
直流电流档	无指示	(1) 表头被短路 (2) 表头线圈脱焊或动圈断路 (3) 表头串联的电阻损坏或脱焊 (4) 分档开关未接通
	指针来回摆动不易停下	分流电阻断开
	各档测量值偏高	(1) 与表头串联电阻值变小 (2) 分流电阻值偏高
	各档测量值偏小	(1) 表头灵敏度降低 (2) 与表头串联电阻值变大

(续表)

故障位置	故障现象	可能原因
直流电压档	无指示	(1) 电压部分开关公用接点脱焊 (2) 最小量程档附加电阻断线或糊环
	某量程档不通, 其他量程档通	转换开关接触不好或接触点与该档附加电阻脱焊
	小量程误差大, 随量程增大误差变小	小量程的附加电阻有故障
	某量程档显著不正确, 该档前各档正常, 该档后随量程增大, 误差变小	该档附加电阻有故障
交流电压档	指针轻微摆动或指示极小	整流器被击穿
	读数小一半左右	整流元件损坏, 全波整流变成半波整流
	各档测量值偏低	整流元件反向电阻值变小
	小量程误差大, 随量程增大误差变小	该档附加电阻有故障
电阻档	无指示	(1) 转换开关公共接触点引线断开 (2) 调零电位器中心弹接点引线脱焊 (3) 电池无电压输出
	正负棒短路时指针调不到零位	(1) 电池容量不足 (2) 串联电阻值变大 (3) 转换开关接触电阻增大
	调节零位时, 指针跳动不稳	(1) 调零电位器接触不良 (2) 调零电位器阻值选配不当(单位长度电阻过大)
	某量程不通	(1) 转换开关接触点接触不良 (2) 串联电阻断开
	某量程误差很大	该档分流电阻有故障

表 15-14 常用万用表的型号与规格

型 号	测 量 范 围	灵敏度 (欧/伏)	级 别
500 型	直流电压(伏)	0~2.5~10~50~250~500 2500	2.5 5.0
	交流电压(伏)	0~10~50~250~500 2500	5.0 5.0
	直流电流(毫安)	0~0.05~1~10~100~500	2.5
	电阻(欧)	$\times 1, \times 10, \times 100, \times 1k, \times 10k$	2.5
	音频电平(分贝)	-10~22	5.0
	MF14	直流电压(伏)	0~2.5~10~25~100~250~500~1000
交流电压(伏)		0~2.5 10~25~100~250~500~1000	100 400
直流电流(毫安)		0~1~2.5~10~25~100~250~1000~5000	1.5
交流电流(毫安)		0~2.5~10~25~100~250~1000~500	2.5
电阻(欧)		$\times 1, \times 10, \times 100, \times 1k$	1.5
MF30	直流电压(伏)	0~1~5~25 ~100~500	2000 5000
	交流电压(伏)	0~10~100~500	5000
	直流电流(毫安)	0~0.05~0.5~5~50~500	2.5

(续表)

型 号	测 量 范 围	灵敏度 (欧/伏)	等 级	
MF30	电阻(欧)	$\times 1, \times 10, > 100, > 1k, \times 10k$	2.5	
	音频电平(分贝)	$-10 \sim +22$	1.0	
MF368	直流电压(伏)	$0 \sim 0.5 \sim 2.5 \sim 10 \sim 50 \sim 250$	20000	2.5
		$\sim 500 \sim 1500$	5000	2.5
	交流电压(伏)	$0 \sim 2.5 \sim 10 \sim 50 \sim 50 \sim 250 \sim 500 \sim 1500$	2000	1.0
	直流电流(毫安)	$0 \sim 0.05 \sim 2.5 \sim 25 \sim 250 \sim 2500$		2.5
	电阻(欧)	$\times 1, \times 10, \times 100, > 1k, \times 10k$		2.5
	音频电平(分贝)	$-10 \sim +22$		1.0
	晶体管直流 放大系数	$0 \sim 1000$		
	MF368A	直流电压(伏)	$0 \sim 0.25 \sim 2.5 \sim 12.5 \sim 50 \sim 250$	20000
$\sim 500 \sim 1500$			5000	2.5
交流电压(伏)		$0 \sim 10 \sim 50 \sim 250 \sim 500 \sim 1500$	2000	1.0
直流电流(毫安)		$0 \sim 0.05 \sim 5 \sim 50 \sim 500 \sim 5000$		2.5
交流电流(安)		$0 \sim 0.5 \sim 5$		
音频电平(分贝)		$-10 \sim +22$		1.0



表 15-15 万用表维修常用数据

表头 型号	测量机构 电流灵敏 度(微安)	动 圈 数 据			游 丝 力 矩 (微米·厘米/90°)		备 注
		线径 (毫米)	匝 数	内 阻 (欧)	上	下	
					外径×力矩	外径×力矩	
70C 22	39.5±0.5	0.03	1200±10	2050±150	9×140	9×140	
MF7	68±0.5	0.03	1000±10	1720±125	9×210	9×140	
MF8	39.5±0.5	0.03	1200±10	2050±150	9×140	9×140	
MF10	9.3±0.15	0.02	1200±10	3350±250	8×70	8×70	
MF11	85±0.2	0.03	1000±10	1200±100	8×80	8×80	
MF11	85±0.2	0.03	800±3	900±35	张丝 3.8	张丝 3.8	游丝张力
MF12	45±0.5	0.04	400±6	330±17	9×100	9×100	0.5牛
MF13	415	0.04	300	203	张丝 3.6	张丝 3.6	
MF14	161±1	0.05	200±4	110±6	9×170	9×170	
MF15	176±1.5	0.04	500	268±6	8×100	8×70	
MF16	157	0.03	700	700	8×120	8×120	
MF17	68±0.5	0.03	1000±10	1720±125	张丝 22	张丝 22	
MF18	45±0.5	0.04	400±6	330±17	9×100	9×100	
MF20	45.5±0.5	0.04	400±6	330±17	9×100	9×100	
MF21	85±0.5	0.04	400±6	330±17	9×210	9×170	
MF22	270	0.05	300±6	175±5			

## 二、毫 伏 表

毫伏表是一种测量电压的电子仪器,它是在指示仪表前面加上放大电路,它具有灵敏度高、量程大、输入阻抗大等优点。

毫伏表通常由检波电路、放大电路、表头和稳压电源四个环节组成,如图 15-40 所示。图(a)为检波-放大式,其特点是被测电压  $V_x$  加到仪表输入端后,先检波,后放大。由于检波后的电压已是直流,所以频率测量范围可以做得很高,达几十兆赫,但是被测电压未经放大就检波,在测量小电压时外界干扰影响较大,因此只能作伏特表。图(b)是放大-检波式,其特点是被测电压  $V_x$  先作交流放大,后检波,便于对微弱电压的测量。

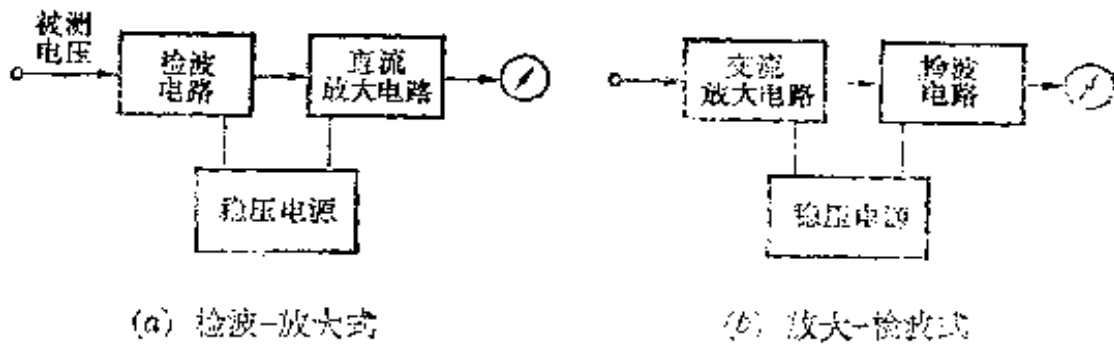


图 15-40 毫伏表原理框图

毫伏表使用时的注意点:

(1) 将仪表的机壳或将标有接地符号的输入端接地线。接地必须良好,以免人体电位引起寄生耦合而影响读数。“地线”可以用机房或实验室里的专用地线,也接到交流电源的保安性地线。

(2) 机械调零。观察仪表指针是否在零位,若不在零位,应调整仪表壳上的螺丝,使指针指到零点。

(3) 电气调零。开电源后,应先预热 15 分钟(电子管式),以使电路进入稳定工作。然后将输入端短路,如果看到指示不在零位,应调整面板上的“零点调整”旋钮,使指针指到零点。

(4) 将量程转换开关拨到所需要的测量范围。

(5) 被测设备的机壳或“地线”接线端应与仪表接通。

(6) 在使用过程中要经常检查电气调零是否准确,最好半小时或每次测量前检查一次。零点不准,会造成附加的测量误差。

(7) 用于测量交流市电时,必须把转换开关置于 300 伏档。然后先将仪表的标有接地符号的接线柱接电源中心线(地线),再将另一输入接线柱接电源相线(火线)。倘若接反,会使电源短路。

(8) 如果不知道被测量电压的大小,应先把量程转换开关放在量程最大档位置上(以预防因过载使表针急速满偏而打弯),然后逐级下降,并尽可能使表针指示接近满度,以保证读数精确,例如被测量为 9.5 毫伏,量程开关就应放在 10 毫伏档,而不宜放 30 毫伏档。

(9) 在测量低电压时,应该注意仪表的地线不能接错,否则会使信号短路,表针无指示。

(10) 当把量程开关置于较高灵敏度档(例如 1 伏档以下)进行测量时,应将标有接地符号的接线柱先接地,然后再将另一接线柱接高电位。测量完毕

时,应先拿掉高电位接线柱的接线,然后再拿掉地线。否则,由于电源变压器与机壳之间的绝缘电阻为有限值,当人手触及高电位输入端时,交流市电将经过仪表的输入阻抗及人体构成回路,使仪表指针急速打向满度而把表针打弯。

(11) 在测量100毫伏以下的电压时,测试接线不宜太长,否则会因有感应而引起测试误差。为了避免感应,可使用金属屏蔽线。单芯金属隔离线的屏蔽层可作为地线用。若是双芯金属屏蔽线,可把屏蔽层和地线一并接在地线接线柱上。

(12) 若被测电路、设备是平衡式的,则不宜采用不平衡式输入的仪表。勉强使用时,要把仪表的地线去掉,否则将会破坏被测平衡电路的工作情况。但是要注意,即使去掉地线,由于仪表和机壳的对地电容较大,仍然可以产生很大的分路,因而改变被测电路的特性,造成测量误差。因此最好采用其它措施,如加接1:1平衡变压器,作为耦合之用。

### 三、示波器

电子示波器是一种测量电压波形的电子仪器。它可以把被测电压信号随时间变化的规律,用图形显示出来。应用示波器,不仅可以直观而形象地观察被测物理量的变化全貌,而且可以通过它显示波形、测量电压和电流、进行频率和相位的比较以及描绘特性曲线等。示波器的应用十分广泛,种类也很多,在示波器的基础上发展了许多新的电子仪器。电视机的显示部分就与示波器原理相类似。后面介绍的晶体管特性图示仪也是一种特殊的示波器。

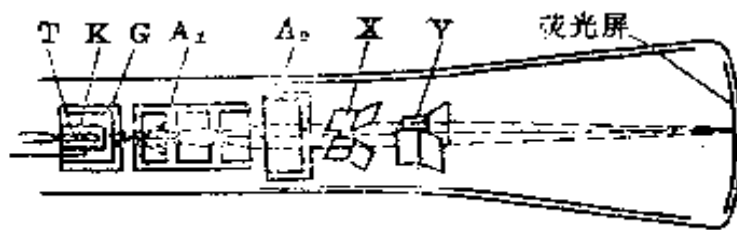


图 15-41 示波管的基本结构

所示。图中灯丝 T、阴极 K、控制栅极 G、第一和第二阳极(又称加速极)A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>组成电子枪。阴极 K 在灯丝 T 的加热下发射电子,通常控制栅极的电位比阴极低,使阴极发射的电子只有速度较大的一部分通过控制栅极的小孔,通过控制栅极的电子流由阳极的电位加速和聚焦,形成很细的高速电子束冲击荧光屏。在荧光屏和第二阳极 A<sub>2</sub>之间装置偏转系统 X 和 Y。X 和 Y 是相

#### 1. 示波器的结构原理

示波器主要由示波管和电子线路两部分组成。

示波管是利用高速电子流冲击荧光屏而发光的显示元件,它的结构如图 15-11

互垂直的两对偏转板,它的工作原理如图 15-42 所示,可见荧光屏上光点距中心点的距离与偏转电压  $V$  成正比。

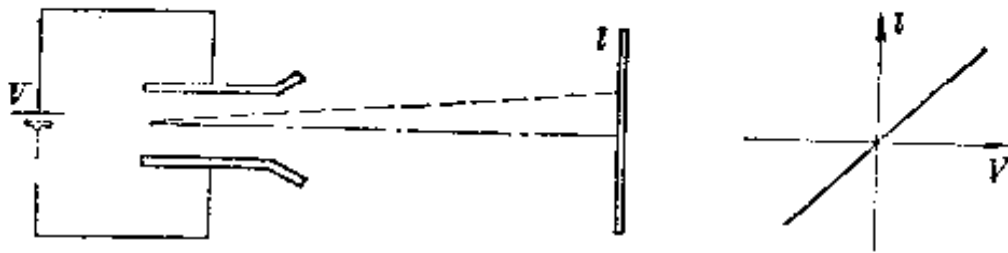


图 15-42 偏转板原理

2. 示波原理 在偏转板上加一个被测电压信号, 荧光屏上的光点就会随电压大小上下移动。由于荧光粉受高速电子冲击发光后不是马上消失, 而是逐渐消失, 这称为余辉现象。因此, 在荧光屏上看到的是一直线, 而看不出被测电压信号变化情况(如图 15-43)。如在 X 偏转板(X 轴)加上与 Y 偏转板

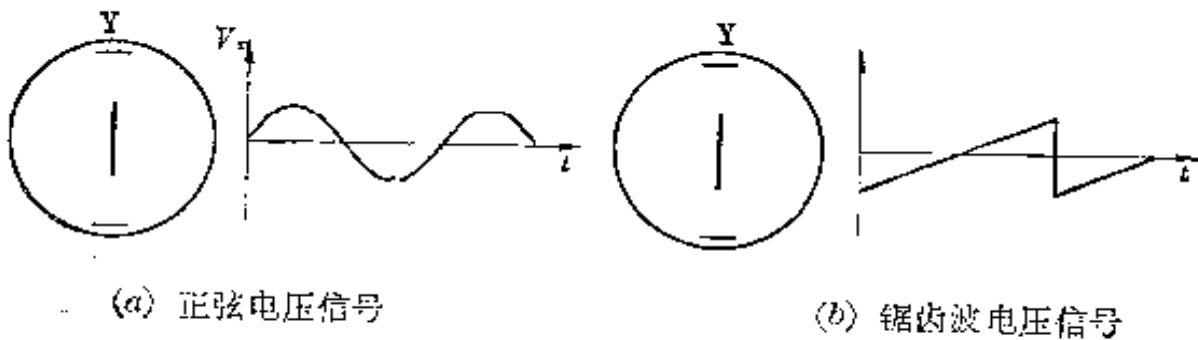


图 15-43 X 轴没信号, Y 轴加信号电压时的波形

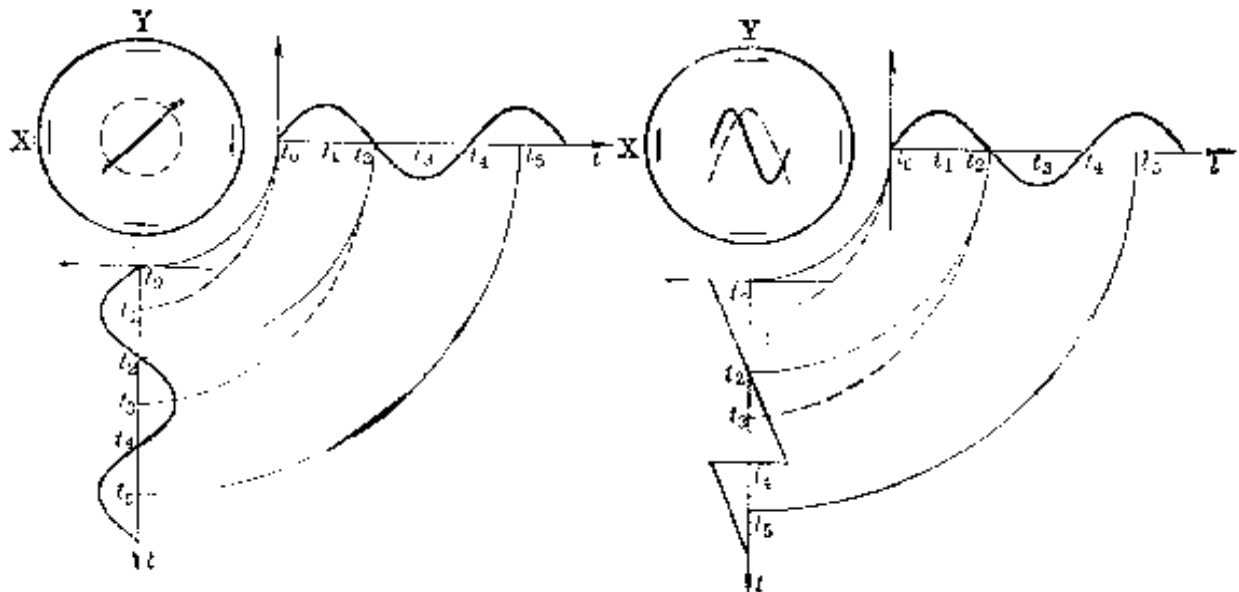


图 15-44 X 轴加正弦电压

图 15-45 X 轴加锯齿电压

(Y轴)相同的正弦电压,在屏上将看到的是一条斜线(如图15-44)。如在Y轴加正弦电压信号,而在X轴上加锯齿波电压,那么在屏上看到的将是一个正弦波形(如图15-45)。

由图15-44可以看出,如X轴电压落后Y轴电压 $90^\circ$ 时,显示的将是圆形。可见,显示的图形与两轴信号电压的位相有关,利用这种关系可以测量两轴信号电压的位相差。当两轴信号电压的频率成整数倍时,将显示出有规律的李萨如图形,不是整数倍时显示的图形将是不稳定的图案。这样,当一个信号电压的频率已知时,利用荧光屏上的图形就能判断另一信号电压的频率。

X轴加锯齿波电压信号情况也类似,显示的波形与位相、频率有关。如被测电压的频率与锯齿波电压的频率不成整数比例关系时,荧光屏上的波形将是不稳定的。为了得到稳定的波形,锯齿波的频率就要由被测电压的频率来调整,这称为同步。

由于荧光屏上的光点能保留一定时间,如把这段时间分成两段,轮流输入Y<sub>1</sub>和Y<sub>2</sub>轴信号,那么在荧光屏上将同时显示出两个波形,这就是双迹示波器的原理。双迹示波器不仅可以把二个不同电信号同时在荧光屏上显示,以供对比、分析,而且还可以构成分差测量形式,使两信号混合后显示。

3. 示波器的电路 示波器的电路原理框图如图15-46所示。电源系统由电源变压器、整流及滤波电路组成,它提供各种不同的高低压电源,供示波管各电极和电路用。Y轴和X轴偏转系统由衰减器、放大器组成,它的作用是

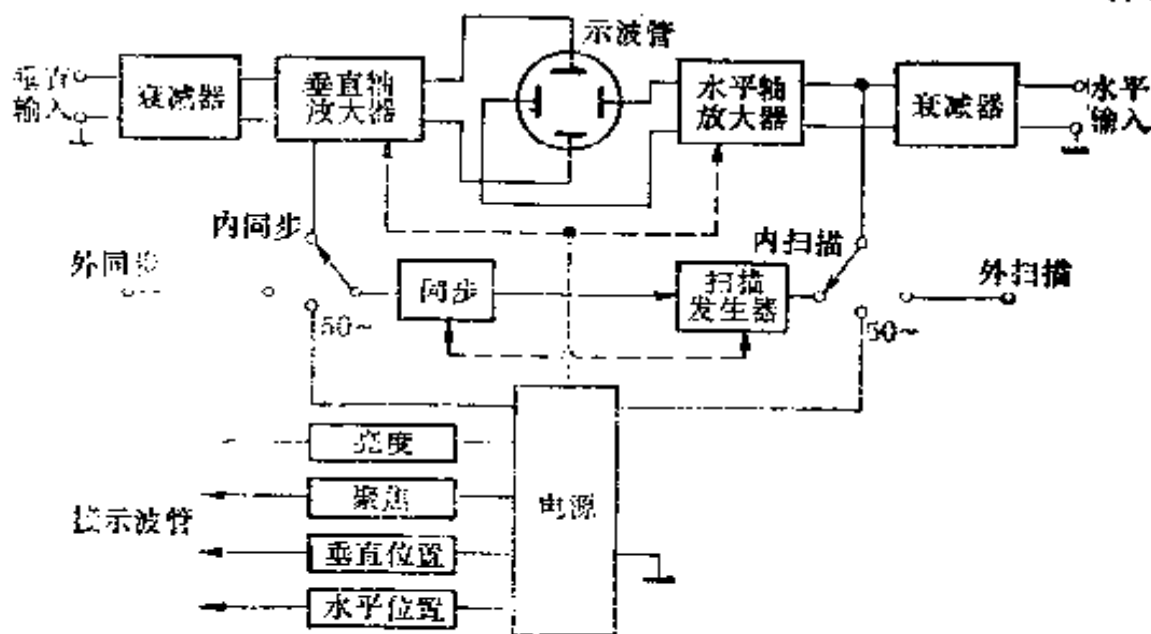


图15-46 示波器电路原理框图

将被测电压变换成大小合适的电压信号。衰减器通常是电阻电容分压器,改变分压比,可以得到被测电压不衰减、衰减为  $1/10$  和  $1/100$  等档位,由面板上的衰减开关选择。

扫描发生器即锯齿波发生器,实际上是由一个多谐振荡器加上一个整形电路组成,它的频率可利用面板上的“扫描范围”开关来调节。

4. 示波器的使用 示波器的类型较多,这里以 325(ST9) 型示波器和 SR-071 型双踪示波器为例介绍使用方法。

#### [325(ST9) 型示波器的使用]

325(ST9) 外形如图 15-47 所示。

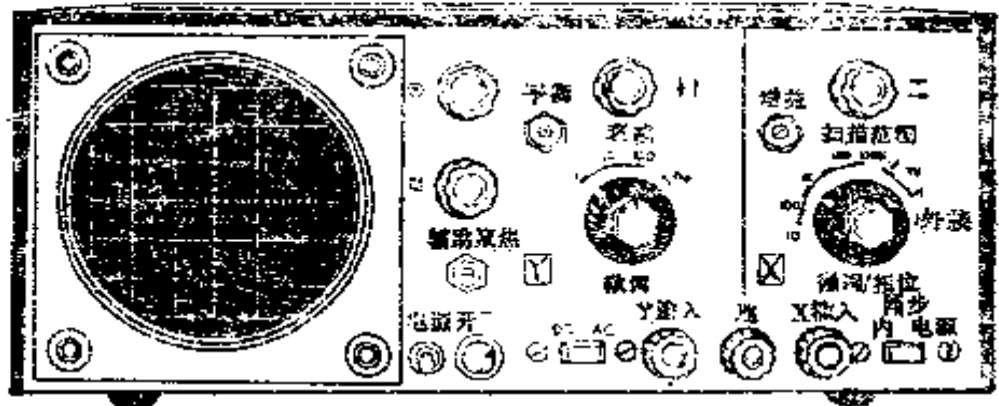


图 15-47 325(ST9) 外形

(1) 开启电源,指示灯发出光亮,先预热 10 分钟,待电子管进入正常工作状态。将 Y 轴“微调”控制器和 X 轴“增益”半调整电位器逆时针方向旋转到底,转动移位控制器置于中间位置,辉度控制器也置于中间位置,调节聚焦控制器和“辅助聚焦”至荧光屏上见到一个小圆光点,再适当转动移位控制器,则小圆光点可置于屏中间位置。若还不能居中,可适当调整 Y 轴直流“平衡”半调整电位器来达到居中要求。

(2) 同步开关置于“同步内”,用旋盘顺时针方向旋转 X 轴“增益”半调整电位器,使在屏上得到约 6 厘米长的扫描迹线。在上述调节过程中注意光点不要太亮,更不能使光点长时间停留在一点,以免使荧光屏烧坏而失效。

(3) 将 Y 轴衰减控制器置于正弦档,顺时针方向旋足“微调”控制器,扫描范围开关置于“ $10 \sim 100$ ”赫位置,调节控制器,在屏上可观察到 Y 轴约 3 厘米幅度的正弦试验电压波形。

(4) 根据被测信号,拨动 DC、AC 开关,测直流信号或缓慢变化的信号

时, DC、AC 开关置于 DC 档, 测交流信号或有直流分量的交流信号时, DC、AC 开关置于 AC 档。

(5) 根据被测信号的幅度选择适当的衰减倍率, 要尽量选择较大的衰减倍率(若不知信号大小, 应先放在最大衰减 100 位置, 否则信号失真会误认为被测信号不对), 并旋转微调控制器, 使光迹长度约为 4 厘米。另外注意被测信号的地端应与示波器的地端接在一起。

(6) 根据被测信号的频率选择适当的扫描范围(例如当观察 50 赫的波形时, 应将扫描范围开关置于“10~100”位置), 并调节“微调/相位”控制器, 使得波形稳定。扫描范围开关置于“TVV”时, 为观察电视场频信号使用(同步开关置于“同步-电源”位置), 在“TVH”位置时, 为观察电视行频信号使用。

(7) “微调/相位”控制器在置“同步内-”时作为扫描频率微调控制器; 当置于“同步-电源”时, 起相位调节作用。

(8) 当采用外同步信号时, 外同步信号可由 X 输入接线柱接入, 此时扫描范围开关应置于“外接”位置, 同步开关应置于“同步内-”位置。

(9) 当被测信号的峰值大于 400 伏时(例如观察 380 伏交流电的波形), 可通过一衰减器再送至示波器的输入端。

#### [SR-071 型示波器的使用]

SR-071 双踪示波器外形如图 15-48 所示, 其面板控制部件功能如下:

- (1) 电源开关。
- (2) 电源指示灯, 电源开关置开位置, 指示灯应亮。
- (3) 扫描移位及扫速扩展开关, 置拉出位置各档速度被扩展 5 倍。
- (4) 调整触发信号的触发电平。
- (5) 扫描速率转换开关。
- (6) 稳定度调节, 调整触发灵敏度。
- (7) 触发信号耦合开关, 置“内”或电视位置, 触发信号来自内触发放大器, 置“外”则来自外触发输入连接器。
- (8) 触发极性“+”或“-”选择开关。
- (9) 选择触发电路的工作方式。
- (10)、(11)、(12)、(13) 光迹偏离指示。
- (14) Y1 通道灵敏度选择开关。
- (15) Y 轴工作方式选择开关。
- (16) Y1 轴通道输入信号耦合开关。

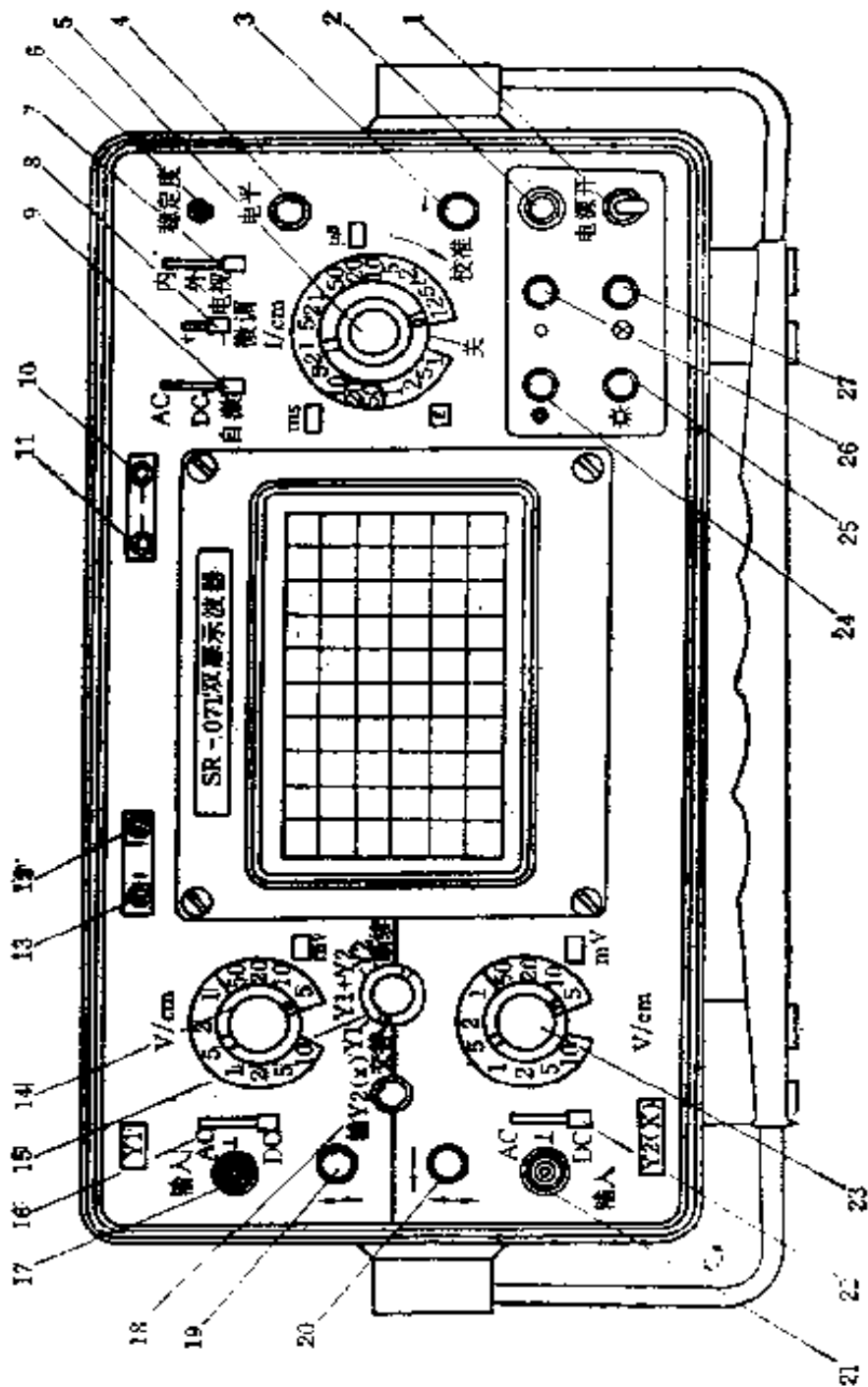


图 15-48 SR-071 型示波器外形图



- (17) Y1 通道输入信号座
- (18) 拉 Y2(X) 置拉出位置, 仪器为 X-Y 显示, Y2 为 X 轴通道。
- (19) Y1 移位钮。
- (20) Y2 移位钮, X-Y 显示方式时, X 轴方向移位。
- (21) Y2 输入信号座。
- (22) Y2 输入信号耦合开关。
- (23) Y2 通道灵敏度选择开关。
- (24) 聚焦调节钮。
- (25) 辉度调节钮
- (26) 辅助聚焦调节钮
- (27) 标尺亮度钮
- (28) 外触发信号输入座(在右侧面板上)。

#### [SR-071 双踪示波器的使用]

(1) 使用前先将面板控制旋钮置于表内规定的作用位置:

序号	控制部件名称	作用位置
1	辉度	居中
2	聚焦	居中
3	辅助聚焦	居中
4	Y 轴工作方式选择	置于“交替”
5	Y1、Y2 移位	居中
6	Y1、Y2 增益	居中
7	拉 Y2(X)	按
8	触发方式	置于“自激”
9	触发极性	置“+”
10	触发源	置“内”
11	扫描速度	居中
12	扫描移位	按
13	AG-地-DC	置“地”
14	触发电平	逆时针方向旋足

(2) 检查电源电压无误后开启电源开关,经预热后,示波管屏幕上即显示二条扫描线,可旋转  $Y_1$ 、 $Y_2$  和  $X$  轴移位旋钮,使两扫描线皆位于屏幕中央。调节辉度旋钮使光迹亮度适中,然后再调节聚焦及辅助聚焦旋钮,使扫描线能聚成一光滑、纤细的光迹。

(3) 显示选择:置于“ $Y_A$ ”(或“ $Y_B$ ”)档时,显示“ $Y_A$ ”(或“ $Y_B$ ”)信号;置于“交替”档,则显示“ $Y_A$ ”、“ $Y_B$ ”二踪信号;当使用“交替”档测量二个慢速脉冲或缓慢变化的信号时,图形有闪烁现象,在这种情况下,可将显示开关旋置“断续”档使用;当置于“ $Y_A + Y_B$ ”档时,配合相位选择,可对二踪信号进行分差显示。

(4) 输入信号耦合开关 AC-地-DC 通常可置于 AC,若测缓慢变化的信号或信号的直流电平,则宜置于 DC 位置。

(5) 电压范围及输入选择:将被测信号直接或通过附设探头任意接入  $Y_A$  或  $Y_B$  输入插座(通过探头则信号按标称倍数 10:1 衰减),再将显示开关相应置于“ $Y_A$ ”或“ $Y_B$ ”,适当调节电压范围、增益和移位旋钮,使被测信号的显示幅度符合观察需要。

(6) 扫描时间:调节扫描时间使屏幕上显示一个或数个波形,若波形同步不稳定,可微调稳定度旋钮使波形同步稳定。当触发选择置于“自激”时,一般不需调节稳定度即能自动使波形同步。

(7) 触发信号耦合开关、触发源极性与触发方式选择:要使信号图形稳定地显示在屏幕上,应根据被测信号的类型正确使用触发信号耦合开关、触发源(信号)极性与触发方式选择开关。当触发信号耦合开关置于“内”或“电视”位置,触发信号来自内触发器,置“电视”位置可观察电视信号,置“外”则来自外触发输入连接器,触发源极性“+”“-”是指触发信号的极性。触发方式选择开关分交流(AC)、直流(DC)和自激三种,一般置于“自激”档,“自激”时,触发整形器自激振荡,自动触发扫描,但外界信号可迫使其同步。置“AC”时,此时有隔直电容将触发信号的直流成份隔开,在低速脉冲或缓慢变化信号触发时,应置于“DC”。

(8) 触发稳定度及触发电平:触发稳定度旋钮(红色)调节触发扫描的稳定性能,当稳定度逆时针方向旋足时,扫描发生器处于待触发状态,稳定度顺时针方向旋至某点后,扫描发生器将自激振荡。当触发方式选择在“高频”使用时,应将稳定度自左向右缓缓旋动,直至波形同步为止;当触发方式选择在其他位置使用时,应将稳定度逆时针方向旋足,或者旋转到扫描刚停止的某点。

位置,使处于待触发状态。

触发电平调节触发器对触发脉冲的作用点,触发电平旋钮自中心向右方向旋转为“+”,向左方向旋转为“-”,其“+”“-”电平方向的调节应与触发极性开关“+”“-”极性的位置一致。在调节时,可先接触发脉冲极性的正负,将触发电平旋钮向右或向左方向旋足,再将稳定度逆时针方向旋足,然后将触发电平缓缓向中间方向旋转,直到屏幕上出现稳定清晰的图形。

(9) 电压测量:交流分量电压的测量,多数是测量峰-峰值或是峰到波谷之间的数值,根据坐标片上两者之间的Y轴偏转距离,乘以偏转放大器的输入偏转因数(即Y通道灵敏度选择开关“V/cm”所置位置的读数),再乘以所用测试探极的衰减因数(如果使用衰减器的话),其得出的读数即为实际峰的峰值电压。在通常情况下,测量交流分量电压应将Y通道输入信号耦合开关置于“AC”位置,使被测信号上的直流分量被隔开,否则如果直流分量的叠加超过偏转放大器的线性偏转范围,将得到不准确的测试结果。但如果测量重复频率极低的交流分量电压时,应将开关置于“DC”位置,否则将由于频响的限制,使所测电压的结果不真实。

瞬时电压的测量与交流分量电压测量的不同点是瞬时电压测量需要一个相对的参考基准电位,一般情况下,基准电位是对地电位而言,但也可能是有一定幅度的其他参考电位。测量时先将输入信号耦合开关置于“DC”位置,将测试探极的探针接地或接入其他所需要的参考电位,触发使之扫描连续,得一连续直线,调节Y轴移位使光迹移到座标点合适位置(视输入被测信号的幅度以及极性而定),然后接入被测电压,调节扫描速率开关和触发电平,使波形清晰稳定,这样便可测得被测电压的瞬时波形及其直流分量值。

(10) 周期测量:将“t/cm”开关微调旋钮顺时针旋足,并调试触发电平至波形稳定,在示波管有效面内读测被测波形的一个周期的水平距离,乘以“t/cm”开关的指示值,即为该信号的一个周期的时间值。

(11) 时间测量:方法同周期测量,在示波管有效面内读测所需二点的水平距离,乘以“t/cm”开关的指示值,即为被测信号二点间的时间值。

(12) 频率测量:对于重复信号的频率测量,只要运用以上测周期的方法,精确的测量出周期 $T$ 值,即可按 $f = \frac{1}{T}$ 求得频率值。

(13) 双踪显示:当屏幕上需要同时显示二个不同信号时,应将Y轴工作方式选择开关置于“交替”位置,根据本机特点为相位超前的信号触发扫描自

路,故应将相位超前的信号输入 Y1 通道,然后用“内”触发形式启动扫描。

(14) 相位测量: 将同频率的二个正弦波信号分别接入  $Y_A$  和  $Y_B$ , 设正弦波形的周期长为  $T$ , 二正弦波起始点间距长为  $b$ , 则它们的相位差  $\theta = \frac{b}{T} \times 360^\circ$ 。

(15) X-Y 显示: 将面板上 Y2(X) 开关拉出, 此时 Y2 通道前置放大器转换为 X 放大器的前置放大器, 仪器成为 Y(Y1)-X(Y2) 工作状态, Y2(X) 输入成为 X 输入, Y2 移位成为 X 移位, 原有 X 移位失去作用。这时从“Y1 输入”端送入 Y 轴信号, “Y2(X)”输入端送入 X 轴信号, 从而达到观察 X、Y 两个信号间的瞬时关系, 例如通过适当的电路输出来观察 B-H 磁化曲线。

(16) 若需进行扫描速率调整, 可将“t/cm”开关置于 1 ms 位置, 输入本机校准信号(从机右侧板上取出), 显示波形为每 1 cm 刚好一个周期, 否则可校准右侧面板上的“扫速校准”电位器。

(17) 若需进行稳定度调整, 可用小起子调节面板上的“稳定度”电位器, 先顺时针方向旋转, 扫描处于自激, 然后缓慢地逆时针方向旋转, 使扫描基线消失即可, 这时触发电路处于临界触发状态。

#### 四、信号发生器

信号发生器在检修、调试电子设备和仪器时是一个不可缺少的信号源。类型较多, 今以常用的 XD7 低频信号发生器和 YB-1631 型功率函数发生器为例介绍。

XD7 型为低频正弦波信号发生器, 能产生从 20 Hz ~ 200 kHz 非线性失真很小的正弦波振荡, 除电压级输出外, 并具有不小于 5 瓦的功率输出(20 赫 ~ 20 千赫)。其工作原理如图 15-49 所示。

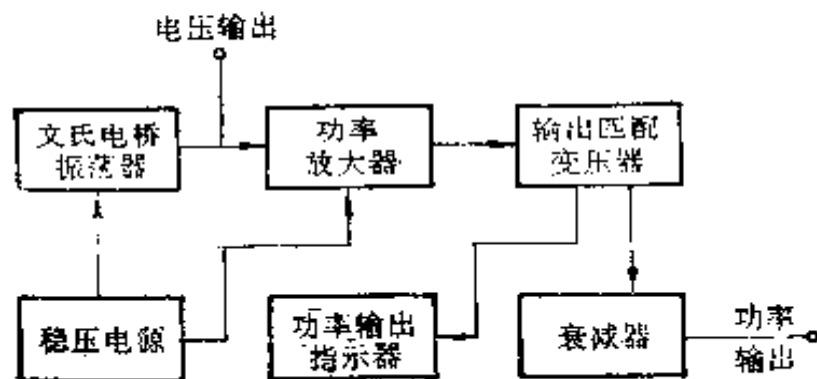


图 15-49 XD7 框图

使用时可按需选择频段、阻抗,相应输出电压,若作为电压信号源用,可接于电压输出端。若作为功率信号源用,则接于功率输出端,应避免输出短路。匹配变压器接在功率放大器输出端,用来与600欧、5千欧阻抗匹配,以达到最大功率输出。如需平衡输出,可将面板上中间接线柱的接地片取下,接在两个红色接线柱即可,但与本机连接的其他仪器也应不接在“地”地位。功率输出指示电压表在5千欧输出时满度为160伏,600欧输出时满度为70伏,8欧输出时满度为7伏。

YB1631型功率函数发生器由三角波发生器、方波整形器、正弦波整形电路信号放大器,测频电路功率放大电路和稳压电源电路等组成可产生多种信号,由六位数字显示信号的频率,该机频率连续可调,信号幅度不随频率变化,该机还可作为一个10兆赫的频率计使用,是一个多功能的信号发生器。其主要技术指标如下:

输出波形: 方波、正弦波、三角波、锯齿波、矩形波。

信号幅度: 分二档输出: 30伏;50伏

频率: 1赫~100千赫,配合占空比调节,频率下限可达0.1赫。

频率指示:  $\pm 1\% \pm 0.1$ 赫(外测频: 0.1赫~10兆赫)

功率输出: 分二档输出: 30伏/2安;50伏/1安

频率范围: 正弦波: 1赫~100千赫

其余: 1赫~10千赫

正弦失真: 2%  $f < 20$ 千赫

3%  $f > 20$ 千赫

幅频频率响应:  $\leq 0.3$ 分贝 1赫~20千赫

$\leq 0.5$ 分贝 20千赫~100千赫

占空比: 0.1~0.9

YB1631型功率函数发生器面板控制功能如图15-50所示。

电源开关1SA1: 仪器的电源开关,当接入时,电源接通,同时指示灯1D35亮。

频率选择开关2SA1: 此开关具有双重作用,在开关按钮的下方,标注着信号的频率范围,共五档,作为信号频率档级的选择,当“测频选择”开关置于“外”时,此开关又作为计数外来信号的间隔时间,即闸门时间。

频率微调2RP1: 作为信号频率的细调,以调整任意信号频率的输出。

占空比2RP3: 该电位器被拉出后有效,调节该控制器,可使三角波成为

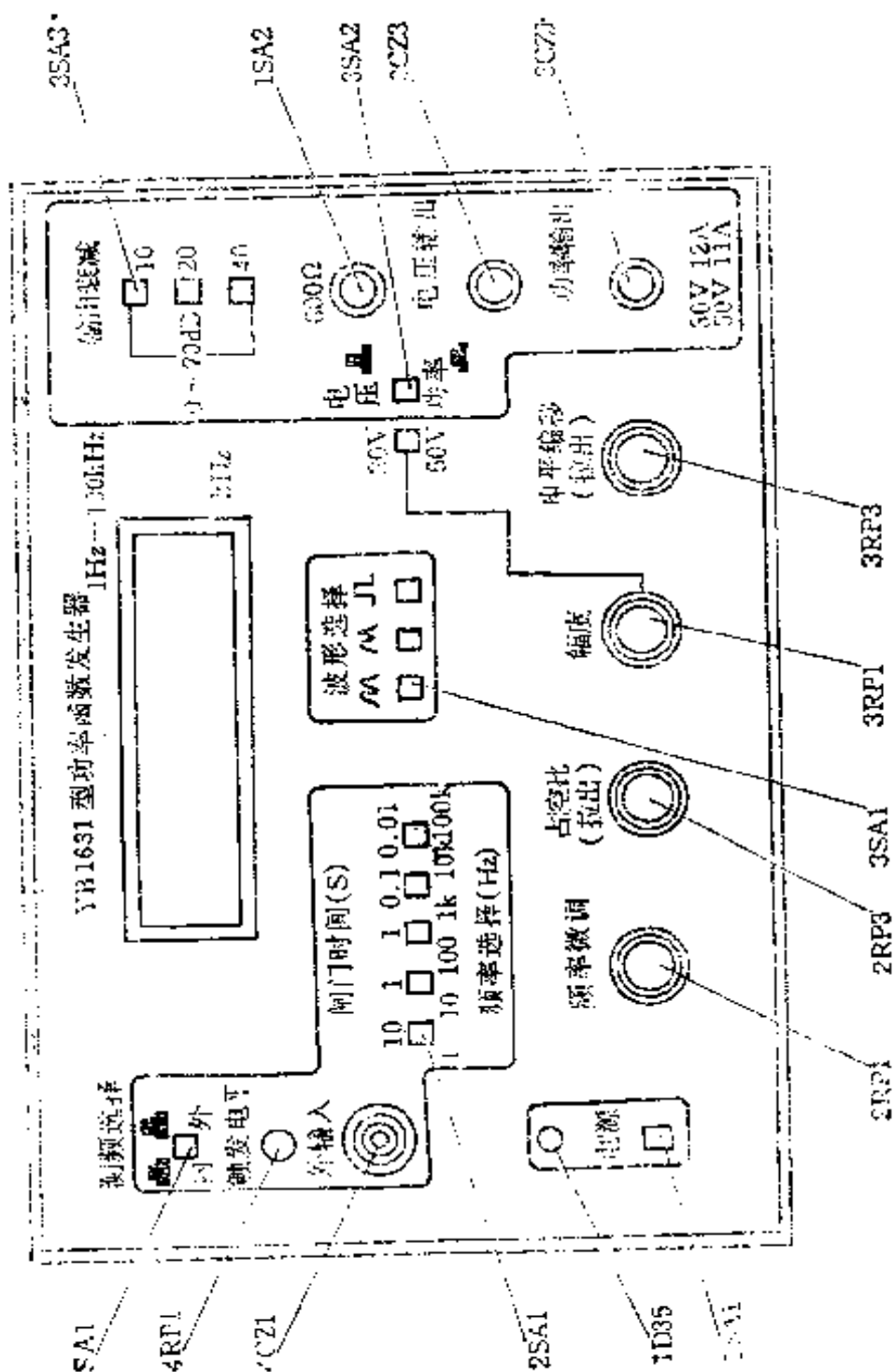


图 15-50 YB1631 型功率函数发生器面板

锯齿波、方波成为矩形脉冲波,但当该电位器拉出后,信号的频率将降低10倍左右。若欲使频率不变,可将频率选择开关提高一档。

波形选择开关3K1:选择输出信号,可输出正弦波、三角波和方波三种基本信号。锯齿波,矩形波不选择,由占空比配合调节。

幅度选择开关1SA2:用以选择输出信号的幅度等级。当按钮未接入时最大输出幅度为30伏,在接入状态可达50伏。另外,当电压、功率输出选择开关3SA2置于“功率”时,输出电流峰峰值分别为2安和1安。

幅度微调3RP1:微调信号的输出幅度,与幅度选择开关1SA配合控制。

输出衰减开关3SA3:电压信号输出的衰减开关,三档均可自锁,可组成0~70分贝衰减量,按10分贝推进,电压输出信号从3CZ2和3CZ3输出,输出阻抗为600 $\Omega$ 。

电压、功率输出选择开关3SA2:选择信号的输出方式,当开关未接入时,信号由电压方式输出,在接入状态,信号不经衰减网络,直接传送到3CX1接线柱上,可向负载提供1安或2安的电流信号。功率输出时,因功放电路不可能输出较高频率分量的信号,所以当频率范围选择开关2SA1置于10~100千赫,且波形选择开关3SA1置于正方波时,无功率信号输出。

测频选择开关4SA1:按下时为置“内”,仪器作为信号源使用。弹出时为置“外”,仪器作为频率计测量外部电信号频率。

外输入端钮4CZ1:当测频选择开关4SA1置于“外”测频时,外部信号便由4CZ1端钮输入。为了准确的测量,应选择合理的闸门时间,并可适当增大闸门时间,来获得尾数,提高精度,但最高位不得大于1。

电平偏移3RP3:如果对信号的直流分量有要求,将3RP3拉出,然后通过电平偏移调整,可使信号的直流分量在零以上或零以下。

触发电平4RP1:可调整输出信号稳定度,使得稳定的输出波形。

## 五、晶体管特性图示仪

晶体管特性图示仪是一种专用示波器,它能直接观察各种晶体管特性曲线及曲线簇,如晶体管共射、共基和共集三种接法的输入、输出特性,反馈特性;二极管的正向、反向特性;稳压管的稳压或齐纳特性等。也可以测量晶体管的击穿电压、饱和电流、 $\beta$ 和 $\alpha$ 参数。

1. 显示晶体管有关特性曲线原理 图15-51是用示波器显示晶体管特

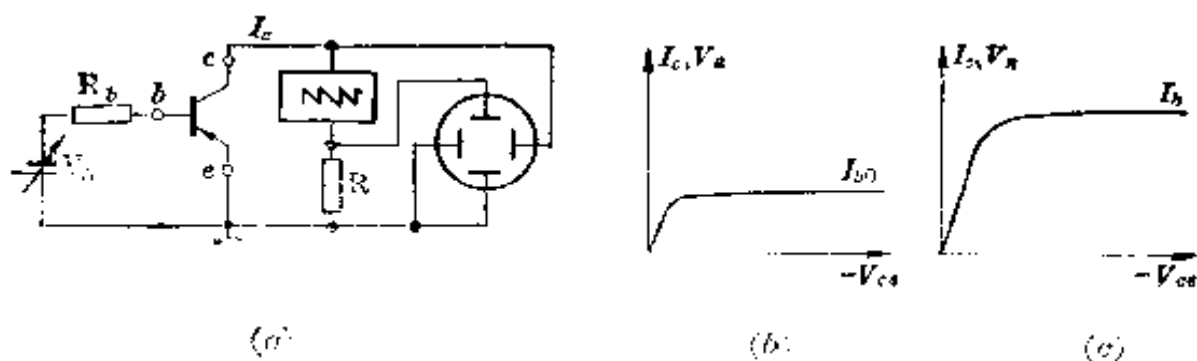


图 15-51 示波器显示晶体管特性原理

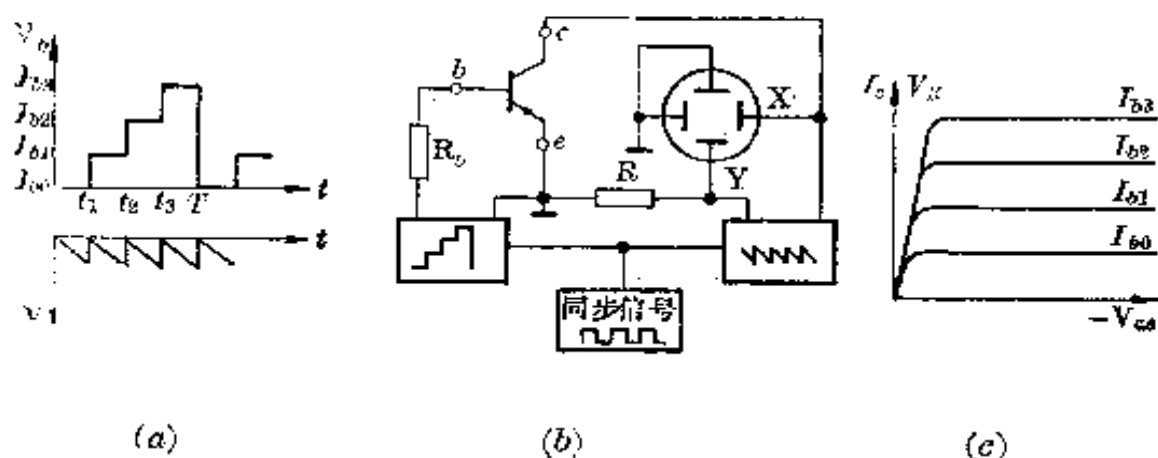


图 15-52 晶体管特性图示仪原理

性的原理图,图中以 PNP 晶体管共射接法为例,显示的是输出特性。它是将锯齿波信号电压加于 X 轴,进行水平扫描,同时将该锯齿波信号电压串入晶体管输入回路中。当晶体管基极注入电流为  $I_{b0}$ (即基极输入电压为  $V_{b0}$ )时,集电极电流  $I_c$  随扫描电压而变化,在  $R \gg r_o$ ( $r_o$  为晶体管输出电阻)条件下,输出电压  $V_c$  与  $I_c$  成正比,将  $V_c$  引入 Y 轴,就能显示出图(b)曲线,改变  $V_b$  为  $V_{b1}$  则显示图(c)曲线。这样不断改变  $V_b$ ,就能显示出不同  $I_b$  时的输出特性曲线,但在手工调节  $V_b$  情况下,只能显示单根特性曲线。用图 15-52(a)所示的阶梯波电压代替手工调节  $V_b$ ,再加上同步信号如图(b),并使阶梯波的周期  $T$  大于示波管荧光余辉时间,在屏幕上就能显示出图(c)所示的曲线簇。这就是晶体管特性图示仪的基本原理,它是将以上扫描电路、阶梯波发生器等装置在仪器内部。由于有的晶体管集电极电流较大,有的反向击穿电压较高,为能测试各种型号晶体管,集电极扫描电压应该可调,并能输出较大功率,这就须用高压脉冲变压器。



2. 用普通示波器显示晶体管特性简易方法 备有晶体管特性图示仪的电工并不多,而晶体管则是常用的,在这种情况下怎样测试晶体管特性是电工们所关心的。这只要自己组装扫描电路和阶梯波发生器,配上普通示波器即可。这里介绍一种采用经过整流的工频电源作扫描电压的简易方案,如图 15-53 所示,2DG522 作为整流管,3AD6C 组成射极跟随器,基极接 R1 的抽

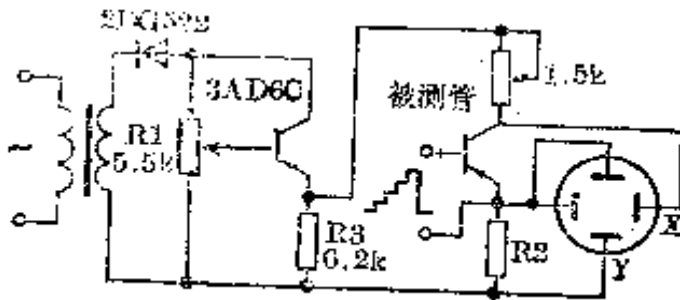


图 15-53 用示波器显示晶体管特性

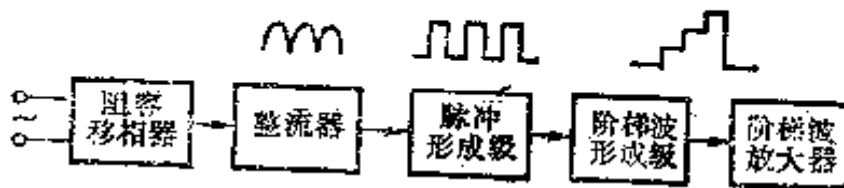


图 15-54 阶梯波发生器框图

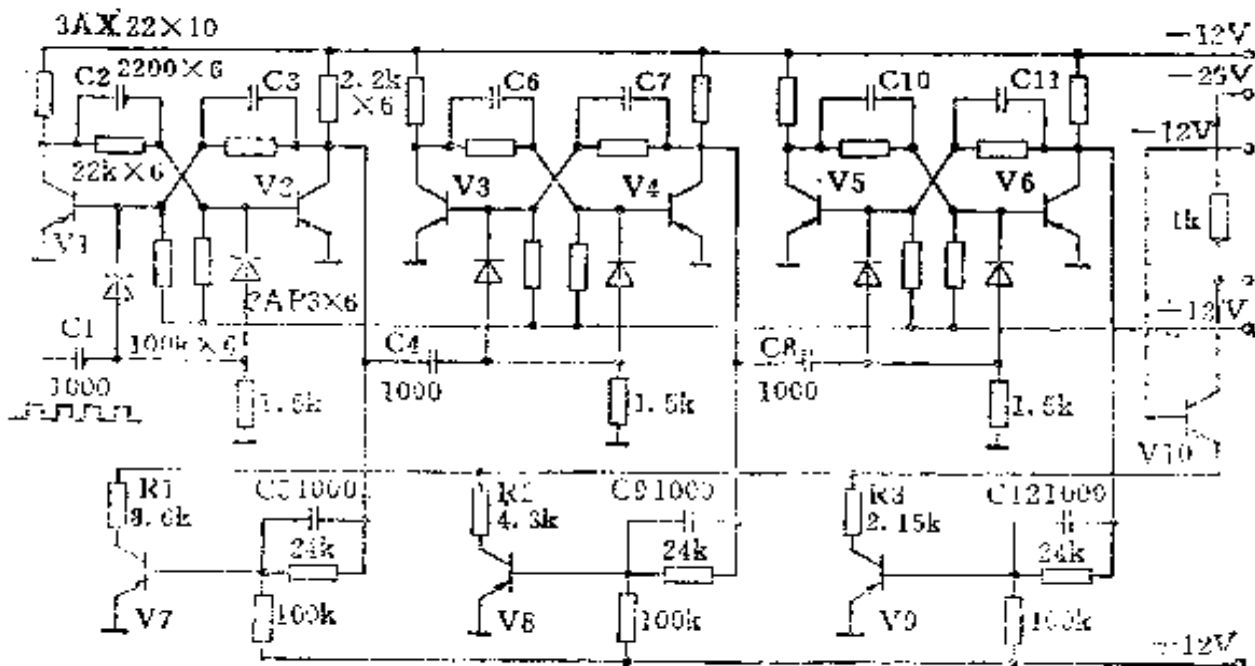


图 15-55 双稳分频电流叠加形成阶梯波

头,用以调节发射极输出电压。形成阶梯波的原理框图如图 15-54,工频正弦电压经移相、整流送入脉冲形成级,经限幅放大形成窄脉冲,然后送到阶梯波形成级,经放大即得到阶梯波电压。阶梯波形成级的参考电路如图 15-55 所示,它是用双稳分频电流叠加成阶梯电流波。

8. 晶体管特性图示仪的使用  
现以 JT-1 型晶体管特性图示仪为例介绍使用方法。它的外形如图 15-56 所示。

#### (一) 测试前的调整:

① 示波器及其控制电路的调整:接通电源预热 15 分钟,调节“辉度”,使屏上的光点和线条到适中的亮度(若无光点或线条出现,则可调节“Y 轴作用”和“X 轴作用”的移位旋钮)。调整“聚焦”和“辅助聚焦”使光点线条清晰为止(注意辉度不必太强,能观察清楚即可)。旋动“标尺亮度”,一般观察时用红色标尺;摄影时用黄色标尺。

② 阶梯信号零电位的调整:将“Y 轴作用”拨到“基极电流”或基极源电压”,“X 轴作用”拨到“集电极电压”的 1 伏/度档,“阶梯选择”拨至 0.01 伏/级档,“阶梯作用”拨至“重复”,再将“集电极扫描信号”单元中的“峰值电压”调到 10 伏,即占满 X 轴标尺 10 格,“峰值电压范围”通常置于 0~20 伏档,此时可以看到阶梯信号的波形。同时,调节“级/族”,使屏上显示 11 条谱线。

再调节“X 轴作用”和“Y 轴作用”的“移位”,使图象显示在标尺位置上。

如测发射极接地的 PNP 型晶体管,“集电极扫描信号”与“基极阶梯信号”二单元中的“极性”拨到“-”,将 Y 轴“放大的校正”拨向“零点”,调 Y 轴“移位”,使光条与最上面一根标尺(零线)重合,放开 Y 轴“放大的校正”这时可能图象与水平标尺不重合,调节“阶梯调零”使光条与标尺重合,这样就把阶梯信号起始值调到零电位上了。

如测的是共发射极接法 NPN 晶体管,则将“极性”由“-”拨到“+”,零线

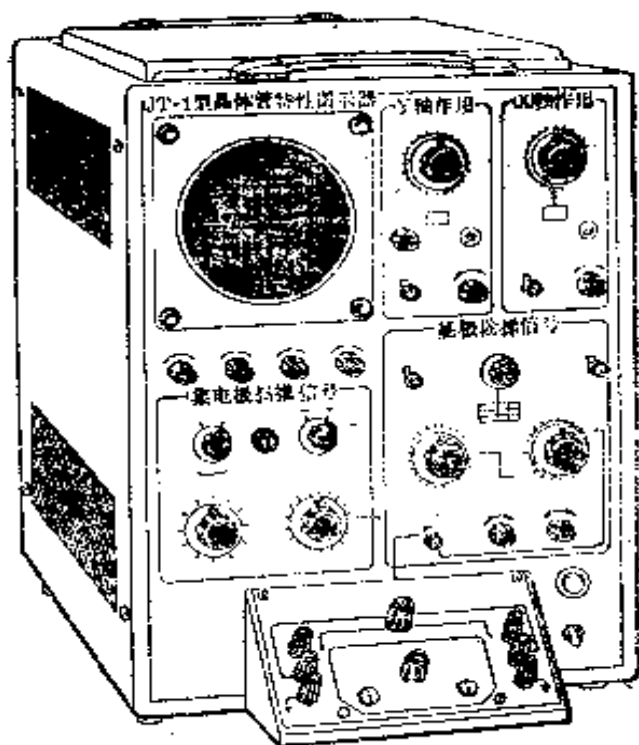


图 15-56 JT-1 型晶体管特性图示仪

以最下面一根标尺为准。

③ 直流平衡的调整: 在上述调整的基础上, 将“峰值电压”减小到1伏左右, 置“Y轴作用”单元的“放大器校正”于“零点”, 光条移到中间, 改变“Y轴作用”开关(基极电压)0.5~0.9伏/度各档级, 调节“直流平衡”, 使得放大器对校正信号的零点位置不产生上下的位移, 即零点位置基本不变。同样, X轴“基极电压”0.01~0.5伏/度各档级改变时, 调节X轴“直流平衡”, 使放大器对校正信号的零点位置不产生左右位移。

应该指出, 只有当图示仪在较长一段时间无人使用时, 才进行直流平衡的调整。如果图示仪一直正常使用, 此项调整可以不必进行。

### (2) 测试:

① 将集电极扫描的全部旋钮(峰值电压范围、极性、峰值电压、功耗限制电阻)调到估计需要的范围。

② “Y轴作用”的“毫安-伏/度”与“倍率”调到待测的范围。

③ “X轴作用”、“伏/度”调到所需的范围。

④ “基极阶梯信号”的“极性”、“串联电阻”、“阶梯选择”(“毫安/级”或“伏/级”)调到所需的范围。“阶梯作用”位于“重复”、“关”、“单族”视需要选择。“级/秒”一般选200级/秒为宜。

⑤ 将测试台接地开关置于需要的位置上, 然后插上被测晶体管, 调节峰值电压等, 此时即有曲线显示。再经Y轴、X轴、阶梯三部分的适当修正, 即能进行有关的测试, 如表15-16所示。

### (3) 说明及注意事项:

① 硅管反向漏电流极小, 一般不测  $I_{CBO}$  和  $I_{CEO}$ 。

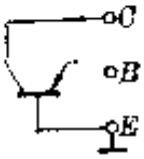
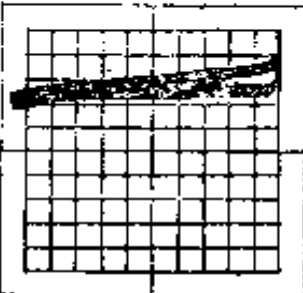
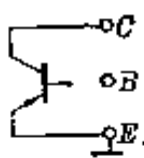
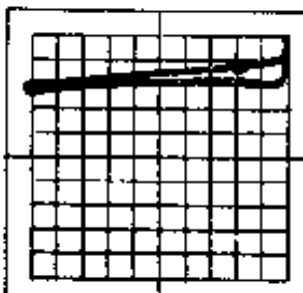
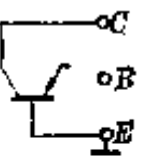
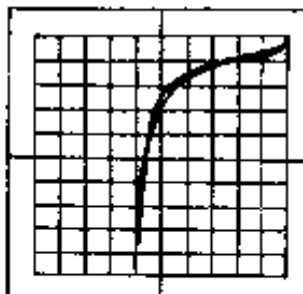
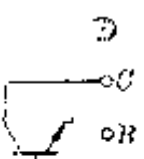
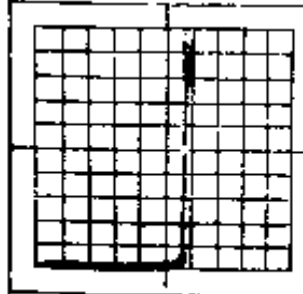
② 测  $I_{CBO}$  时荧光屏上显示出回线是正常现象, 这是仪器本身的问题, 与被测管无关。

③ 对线性不良的管子或大功率管, 测电流放大系数应根据工作电流用  $\beta = \frac{\Delta I_c}{\Delta I_b}$  方法读数, 不宜用  $\beta \approx \frac{I_c}{I_b}$  方法读数。

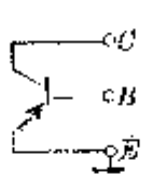
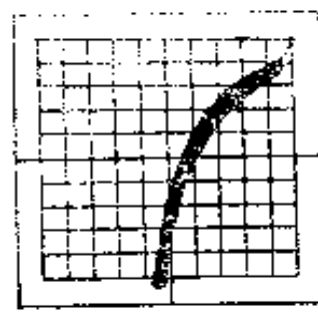
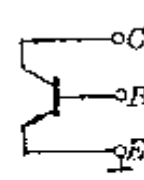
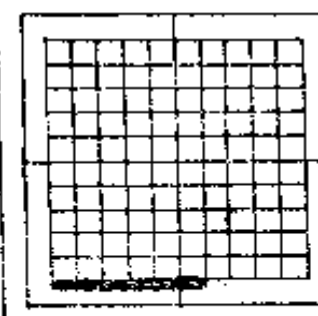

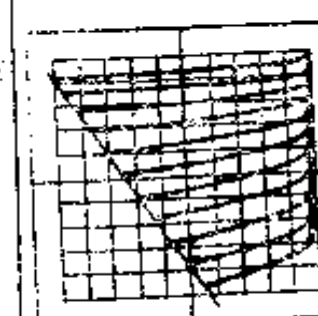
④ 集电极扫描的各旋钮与基极阶梯信号(极性、毫安/级、伏/级、串联电阻)不能随便调节, 要视管子的极限参数而定, 否则容易损坏管子或仪器。

⑤ 其他各可供选择的旋钮位置, 一般视需要而定, 如测  $BV_{CEO}$  时, 当峰值电压范围旋钮拨到0~200伏时, X轴作用旋钮宜由小拨到大, 即先2伏/级; 调节峰值电压由小到大。若未测得  $BV_{CEO}$ , 再逐级拨大X轴作用到5

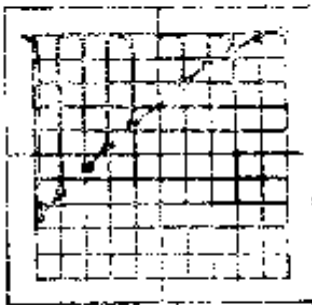
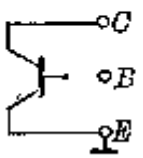
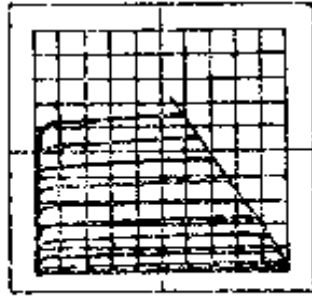
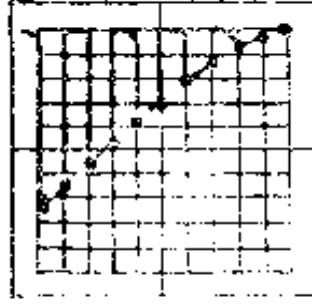
表 15-16 晶体管测试举例

测试项目	被测管	面板上开关和旋钮位置	显示图形	测试结果
发射极开路 基极-集电极反向电压 $V_{CB0}$	<p>3AX31</p> 	<p>极性: - 峰值电压范围: 0~20 伏 阶梯作用: 关 X 轴作用: 1 伏/度 Y 轴作用: 0.01 毫安/度 × 0.1 集电极功耗电阻: 1 千欧 测试选择: 发射极接地</p>		<p>0.01 毫安/度 × 0.1 × 3 格 = 0.003 毫安 = 3 微安</p>
基极开路 集电极穿透电流 $I_{CBO}$	<p>3AX31</p> 	<p>Y 轴作用: 0.01 毫安/度 × 1 其余同 <math>I_{CBO}</math></p>		<p>0.01 毫安/度 × 1 × 22 格 = 0.022 毫安 = 22 微安</p>
发射极开路 集基极反向击穿电压 $BV_{CBO}$		<p>极性: - 峰值电压: 0~200 伏 阶梯作用: 关 X 轴作用: 10 伏/度 Y 轴作用: 0.1 毫安/度 × 1 集电极功耗电阻: 1 千欧 测试选择: 发射极接地</p>		<p>10 伏/度 × 6 格 = 60 伏 逐渐调节峰值电压, 使所显示曲线中 <math>I_{CBO}</math> 达到规定值 1 毫安 (由手册查得), 此时所对应的电压即为 <math>BV_{CBO}</math></p>
		<p>极性: + Y 轴作用: 0.01 毫安/度 × 1 其余同 3AX31</p>		<p>0.01 毫安/度 × 5.8 格 = 58 微安 (手册查得 <math>I_{CBO}</math> 为 100 微安)</p>

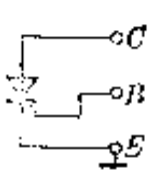
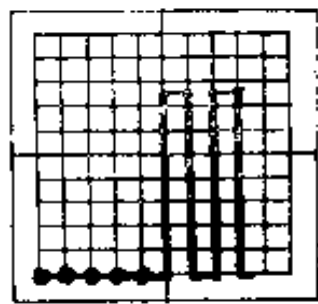
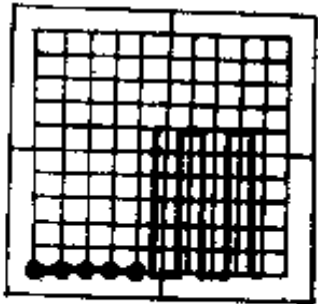
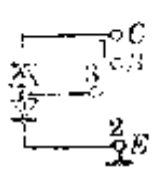
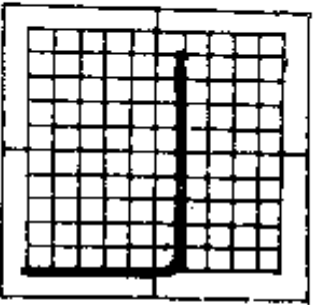
(续表)

测试项目	仪器管	同极开关关系和 旋钮位置	显示图形	测试结果
基极开路集电极-发射极反向击穿电压 $BV_{CB}$	6AX3	 <p> <math>\times</math>轴作用: 5伏/度  <math>\gamma</math>轴作用: 0.2毫安/度<math>\times 1</math>            其余同测 <math>BV_{CB}</math> </p>		$5 \text{ 伏/度} \times 5.5 \text{ 格}$ $= 27.5 \text{ 伏}$ (手册查得 $I_{CB0}$ 为 2毫安)
	3DG12	 <p> <math>\gamma</math>轴作用: 0.02毫安/度<math>\times 1</math>            其余同测 <math>BV_{CB}</math> </p>		$10 \text{ 伏/度} \times 4.8 \text{ 格}$ $= 48 \text{ 伏}$ ( $I_{CB0}$ 为 200微安)
电流放大倍数 $\beta$	6AX31	 <p>           极性: --            峰值电压范围:            0~20伏            阶梯作用: 重复  <math>\times</math>轴作用: 1伏/度  <math>\gamma</math>轴作用: 0.5毫安/度<math>\times 1</math>            集电极功耗电阻:            1千欧            基极阶梯选择:            0.01毫安/级            测试选择: 发射极接地         </p>		选择曲线 $I_B = 0.09$ 、 0.1毫安 $\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E}$ $= \frac{0.5 \text{ 毫安/格} \times 1 \text{ 格}}{0.01 \text{ 毫安}}$ $= 50$

(续表)

测试项目	被测管	面板上开关和旋钮位置	显示图形	测试结果
电流放大倍数 $\beta$		三轴作用: 基极电压或电压 其余同上		$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} = \frac{I_C}{I_B}$ $= \frac{0.5 \text{ 毫安/度} \times 7.6 \text{ 格}}{0.01 \text{ 毫安/级} \times 10 \text{ 格}}$ $= \frac{3.8}{0.1} = 38$
	3DG12  	极性: + 阶梯选择: 0.02 毫安/级 其余同 NPN 型管		选择曲线 $I_B = 0.09$ 、 $0.02 \times 10$ 毫安 $\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$ $= \frac{0.5 \text{ 毫安/度} \times 6.6 \text{ 格}}{0.02 \text{ 毫安}}$ $= 16.5$
		三轴作用: 基极电压或电压 其余同上		$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} = \frac{I_C}{I_B}$ $= \frac{0.5 \text{ 毫安/度} \times 7.7 \text{ 格}}{0.02 \text{ 毫安/级} \times 10 \text{ 格}}$ $= 19.3$

(续表)

测试项目	被测管	面板上开关和旋钮位置	显示图形	测试结果
可控硅控制极可触发电流 $I_{GT}$		极性: $\pm$ 峰值电压范围: 0~20 伏 阶梯电压: 10 伏 阶梯作用: 重复 X 轴作用: 基极电 流或电压 Y 轴作用: 10 毫安/ 度 $\times 1$ 集电极功耗电阻: 300 欧 基极阶梯选择: 0.5 毫安/级 测试选择: 发射极 接地		0.5 毫安/级 $\times 5$ 格 = 1.1 毫安 先置“级/族”于最小, 然 后增加使可控硅进入 导通, 此时控制极 电流(X 轴坐标)即为 $I_{GT}$
可控硅控制极可触发电压	同 $I_{GT}$	基极阶梯选择: 0.2 伏/度 串联电阻: 1 欧 其余同测 $I_{GT}$ (注: 此方法只能测 $V_{GT} < 2.4$ 伏的管 子)		0.2 伏/级 $\times 4.6$ 格 = 0.92 伏 同测 $I_{GT}$
稳压管稳定电压 $V_s$		极性: $\pm$ 峰值电压范围: 0~20 伏 阶梯作用: 关 X 轴作用: 1 伏/度 Y 轴作用: 1 毫安/ 度 集电极功耗电阻: 1 千欧 测试选择: 发射极 接地		1 伏/度 $\times 5.9$ 格 = 5.9 伏 调节峰值电压至 $I_s$ (由 手册查得) 对应的电 压即为 $V_s$

伏/度、10 伏/度……，然后逐渐调节峰值电压到读出  $BV_{CSG}$  值。一般情况下，只要看出击穿电压就可以，电流值不一定要达到测试条件规定值。

⑥ 每次测试完毕后，应随手将“测试选择”拨到“关”。仪器用完后即关闭电源，一般再将集电极扫描“峰值电压范围”拨到“0~20 伏”，“峰值电压”减小到“0”，功耗限制电阻”拨到“1 k”左右，Y 轴作用“毫安/度”拨到“1 毫安/度”，“阶梯选择”拨到“0.01 毫安/级”，“阶梯作用”拨到“关”，以便他人再使用仪器时，不致由于粗心大意而损坏管子。