



电工

实用技术手册

江苏科学技术出版社

DIANGONG SHIYONG JISHU SHOUCE

责任编辑 王永发

封面设计 蒋冰清

技工系列工具书

- 焊工实用技术手册
- 模具工实用技术手册
- 车工实用技术手册
- 钳工实用技术手册
- 钣金工实用技术手册
- 油漆工实用技术手册
- 铸工实用技术手册
- 铣工实用技术手册
- 磨工实用技术手册
- 热处理工实用技术手册
- **电工实用技术手册**
- 维修电工实用技术手册
- 汽车维修工实用技术手册
- 摩托车维修工实用技术手册
- 锅炉工实用技术手册
- 锻工实用技术手册
- 表面处理工实用技术手册

ISBN 7-5345-3522-0



9 787534 535222 >

ISBN 7-5345-3522-0

TM · 32 定价：60.00 元

电工实用技术手册

沙振舜 主编

江苏科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工实用技术手册/沙振舜主编. —南京:江苏科学技术出版社,2002.3

(技工系列工具书)

ISBN 7-5345-3522-0

I. 电... II. 沙... III. 电工—技术手册
IV. TM 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 000588 号

技工系列工具书

电工实用技术手册

主 编 沙振舜
责任编辑 王永发

出版发行 江苏科学技术出版社
(南京市湖南路 47 号,邮编:210009)

经 销 江苏省新华书店
照 排 南京印刷制版厂
印 刷 盐城市印刷厂

开 本 850mm×1168mm 1:32
印 张 38.5
插 页 4
字 数 960 000
版 次 2002 年 3 月第 1 版
印 次 2002 年 3 月第 1 次印刷
印 数 1-5 000 册

标准书号 ISBN7-5345-3522-0/TM·32
定 价 60.00 元

图书如有印装质量问题,可随时向我社出版科调换。

前 言

人类社会已进入 21 世纪,科学技术发展突飞猛进,电力工业也在发生日新月异的变化,产品不断更新,新技术层出不穷。为适应经济和科学技术迅速发展的形势,满足广大电工、工程技术人员以及其他行业有关人员对电工技术新知识和新的应用技术的迫切需求,我们编写了这本《实用电工技术手册》,奉献给广大读者。

本手册取材针对一般工矿企业常用的电气设备与电工技术,主要介绍我国生产的电器产品的技术数据、型号、性能、安装与操作技术,为选用、维护与维修提供必要的技术资料。

本手册力图做到内容新颖、简明实用,反映现代电气技术,因此,编写中对原理的阐述和计算尽量简略,通过图表介绍电气设备的技术资料,使之一目了然。

在编写过程中积极采用我国制定的最新相关标准,着重介绍贯彻这些新标准的电气设备,但考虑到有些老产品还在使用,为维护维修方便,必要时也稍作介绍。

本手册共 12 章,内容包括:电工基础知识、电机、变压器、低压电器、电工材料、变配电、机械控制设备、电子技术、照明设备、电热元件与设备、安全用电与节约用电。

本手册可供电气工程技术人员、电工、非电工专业技术人员与工人以及高等与中等专业院校教师与学生参考。

参加本手册编写的有:沙振舜(第六章、第十一章、第十二章)、仲凯(第一章、第二章、第五章、第十章)、万红(第四章)、高志一、孙广能(第三章)、贡成雄(第七章、第八章)、王君(第九章),由沙振舜主编。

在本手册编写过程中,参考过国内外有关电工标准或资料,在此向有关单位或作者一并致谢。同时对给予我们支持和帮助的同
行专家及有关部门,谨在此深表谢意。

由于电技术发展极为迅速,涉及面广,加上我们水平有限,手册中难免有错误、不妥之处,真诚希望专家和读者批评指正。

编 者

2001.12.

目 录

第一章 电工基础知识	1
第一节 常用名词	1
第二节 常用计算公式	4
第三节 电工常用计量单位	10
一、国际单位制单位	10
二、可与国际单位制单位并用的我国法定计量单位	13
三、常用法定计量单位与非法定计量单位及其换算	14
第四节 电工常用图形符号及文字符号	17
一、电工常用图形符号	17
二、电工常用文字符号	77
第二章 常用电工仪表仪器	87
第一节 基本知识	87
一、常用电工仪表仪器的分类	87
二、电工仪表的准确度及误差	88
三、常用电工仪表工作原理分类	88
四、电工仪表面板上的符号及其意义	93
五、常用电工指示仪表型号表示法	95
第二节 常用电工仪表的型号及规格	98
一、部分常用电流表、电压表的型号及规格	98
二、部分常用功率表的型号及规格	101
三、部分常用功率因数表的型号及规格	103
四、部分常用频率表的型号及规格	103
五、部分常用电能表的型号及规格	104
六、部分常用钳形表的型号及规格	105
七、部分常用兆欧表的型号及规格	106
八、部分常用电桥的型号及规格	108

九、部分常用万用表的型号及规格	109
第三节 电工常用电子仪器	113
一、信号发生器	113
二、电子电压表	115
三、示波器	117
四、数字仪表	118
第四节 常用电工测量	122
一、电流的测量	122
二、电压的测量	124
三、功率的测量	125
四、电能的测量	128
五、频率的测量	129
六、相位的测量	129
七、电路参数的测量	130
第三章 电动机	132
第一节 引论	132
一、电动机的分类	132
二、电动机的型号	132
三、电动机的主要性能	134
四、电动机常用计算公式	137
第二节 三相异步电动机	138
一、三相异步电动机分类、型号及技术数据	139
二、三相异步电动机的启动、运行和维护	161
三、三相异步电动机常见故障及处理方法	164
四、三相异步电动机修理	166
第三节 直流电机	176
一、直流电动机的分类、型号、结构及技术数据	176
二、直流电动机的运行、维护与保养	202
三、直流电动机常见故障及处理方法	207
第四节 微电机、专用电机	211
一、微电机	211

二、专用电机	268
第四章 变压器	331
第一节 变压器的基本知识	331
一、变压器的基本原理和额定数据	331
二、变压器的分类和结构	334
三、变压器的连接组别和极性	336
第二节 电力变压器的技术数据	339
第三节 干式变压器	345
第四节 特殊用途变压器	353
一、自耦变压器	353
二、整流变压器	354
三、盐溶炉变压器	361
四、电抗器	366
五、电流互感器	366
六、电压互感器	369
七、电磁稳压器	370
八、控制变压器	374
九、音频输送变压器	381
十、音频输出变压器	384
第五节 变压器的故障及其检修方法	385
第五章 低压电器	387
第一节 低压电器产品型号	387
第二节 常用低压电器	391
一、刀开关和转换开关	391
二、熔断器	404
三、自动开关	412
四、控制器	424
五、接触器	426
六、启动器	432
七、继电器	437
八、主令电器	448

第三节 低压电器常见故障及处理方法	454
一、低压电器常见故障及处理方法	454
二、常用低压电器线圈参考数据	463
第六章 变配电	474
第一节 电力系统概述	474
一、电力系统的组成	474
二、工矿企业供电系统	476
三、电力系统中性点运行方式	478
第二节 电力负荷及其计算	479
一、电力负荷	479
二、按需要系数法确定计算负荷	480
三、按二项式系数法确定计算负荷	481
四、单相用电设备组计算负荷的确定	484
五、工业企业总计算负荷的确定	485
第三节 短路电流及其计算	487
一、概述	487
二、无限容量系统三相短路电流的计算	488
三、两相短路电流的计算	493
第四节 高压电气设备及其选用	494
一、电弧的产生及灭弧方法	494
二、高压断路器	496
三、高压隔离开关及其选用	509
四、高压负荷开关及其选用	515
五、高压熔断器及其选用	518
六、互感器及其选用	525
七、避雷器及其选用	550
八、高压开关柜及其选用	559
第五节 工矿企业变配电所的接线和布置	576
一、变配电所位置的确定原则	576
二、变配电所的类型	576
三、变配电所的主要电气设备	577

四、电气设备选择的一般原则	578
五、变配电所的主接线	582
六、工矿企业变配电所的布置	587
第六节 供电系统二次回路电路图	591
一、原理接线图	592
二、展开接线图	593
第七节 继电保护	596
一、继电保护的功用和对它的基本要求	596
二、常用的保护继电器	598
三、操作电源	609
第八节 工业企业电力线路	615
一、架空配电线路	615
二、电缆线路	620
三、户内配电线路	632
第七章 常用机械电气控制线路	639
第一节 继电控制线路中常用环节	639
一、点动控制线路	639
二、连动控制线路	640
三、正反转控制线路	640
四、点动、连动混合的正反转控制线路	641
五、以行程开关作自动停止的正反转控制线路	642
六、由行程开关实现的自动往返控制线路	642
七、带有点动的自动往返控制线路	644
八、Y- Δ 启动控制线路	644
九、自耦变压器启动控制线路	646
十、延边三角形启动控制线路	647
十一、频敏变阻器启动	648
十二、异步电动机的反接制动控制线路	650
十三、异步电动机的能耗制动控制线路	653
十四、异步电动机的机械制动控制线路	653
十五、异步电动机的发电反馈制动(再生制动)	655

十六、直流电动机的能耗制动控制线路	656
十七、带有热继电器的保护控制线路	656
十八、过电流继电器保护控制线路	657
十九、双速异步电动机的启动及自动加速控制线路	658
二十、三速异步电动机的启动及自动加速控制线路	659
二十一、夹紧装置	661
二十二、换向器变速电动机启动和速度调节控制线路	663
第二节 常用机械控制线路	665
一、C620—1 普通车床控制线路	665
二、Y3150 滚齿机控制线路	666
三、M7130 卧轴矩台平面磨床控制线路	667
四、Y7131 齿轮磨床控制线路	670
五、Z37 摇臂钻床控制线路	671
六、X53T 立式铣床控制线路	674
七、X62W 万能铣床控制线路	679
八、T68 卧式镗床控制线路	687
第三节 可编程控制器(PLC)	691
一、PLC 的结构与性能指标	691
二、常用 PLC 的型号规格及主要参数	697
第八章 电子技术	710
第一节 常用电子元件	710
一、电阻器、电容器的型号命名及标志方法	710
二、电阻器	713
三、电位器	716
四、敏感电阻器	720
五、电容器	726
六、继电器	729
第二节 半导体分立器件	733
一、半导体分立元器件型号命名法	733
二、晶体二极管	739
三、稳压二极管	748

四、晶体三极管	752
五、场效应管	769
六、发光二极管	775
七、光电晶体管	781
八、光电耦合器	787
九、固态继电器 SSR	792
第三节 晶闸管及其应用	796
一、晶闸管的型号及技术参数	796
二、晶闸管整流电路及其电量关系	801
三、晶闸管的选择	801
四、晶闸管的保护	818
五、单结晶体管	821
六、晶闸管触发电路	826
七、触发电路的输出环节	833
八、晶闸管应用实例	835
第四节 模拟集成电路	837
一、半导体集成电路型号命名方法	837
二、集成运算放大器	838
三、电压比较器	846
四、集成稳压器	850
五、霍尔集成电路	859
第五节 数字集成电路	863
一、TTL 集成电路	863
二、CMOS 集成电路	885
三、数字集成电路的应用	899
第六节 集成定时器及其应用	904
第九章 照明	909
第一节 照明技术中的基本术语	909
第二节 电光源	911
一、电光源的分类及技术数据	911
二、白炽(热辐射)光源	914

三、气体放电光源	922
四、金属卤化物灯	933
第三节 灯具	936
一、工厂常用灯具	936
二、卤钨灯灯具	939
三、荧光灯灯具	941
四、防爆灯灯具	944
五、投光灯灯具	946
六、高大建筑物灯具	947
七、建筑灯具	948
八、灯座	950
第四节 照明器的选用	951
一、工业企业照明的照度标准值	951
二、工业企业用灯具类型的选择	956
三、室内一般照明的布置	961
第十章 电工材料	967
第一节 电线与电缆	967
一、裸电线	967
二、电磁线	989
三、通用绝缘电线	1007
四、电缆	1013
第二节 绝缘材料	1035
第三节 磁性材料	1066
一、软磁材料	1066
二、硬磁材料	1071
第四节 特种电工合金	1078
一、电阻材料	1078
二、熔丝	1078
三、电热材料	1078
四、热电偶材料	1078
第五节 电刷	1091

第十一章 电加热元件及设备	1095
第一节 概述	1095
第二节 电热合金材料规格与性能	1100
第三节 硅碳电热元件	1109
一、粗端部型(CG型)硅碳棒	1110
二、等直径型(DG型)硅碳棒	1112
三、单螺纹硅碳管	1120
四、碳硅元件的选用估算	1121
第四节 硅钼棒电热元件	1124
一、硅钼棒的表面负荷	1125
二、硅钼棒选用的估算	1132
三、硅钼棒使用注意事项	1133
第五节 管状电热元件	1133
一、JGW型远红外电热管	1139
二、板状电热器	1140
第六节 电热圈	1141
第七节 远红外加热(辐射)元件	1145
第八节 电热元件的焊接与连接方法	1151
一、电热元件的焊接方法	1151
二、电热元件连接方法(供电电压)的选择	1154
第九节 热电偶	1156
第十节 电加热设备	1163
一、箱式电阻炉	1163
二、RJJ系列井式电阻炉	1165
三、SRJX型与SRJG型电阻炉规格	1166
四、盐溶电阻炉	1169
第十二章 安全用电与节约用电	1171
第一节 触电及其预防	1171
一、触电	1171
二、触电的形式	1171
三、安全电压	1172

四、预防触电的基本措施	1173
第二节 触电的急救	1174
一、脱离电源	1174
二、现场急救方法	1175
三、外伤处理	1177
第三节 接地与接零	1178
一、保护接地与保护接零	1178
二、接地的使用范围	1179
三、接地装置的安装	1180
第四节 接地施工新工艺——泰卡威特工艺	1183
一、泰卡威特工艺的原理	1183
二、泰卡威特工艺的施工操作	1184
第五节 防火和防爆	1187
一、电气火灾和爆炸的原因	1187
二、防火和防爆措施	1188
第六节 静电防护	1189
一、静电的产生	1189
二、静电的特点	1190
三、静电危害	1190
四、静电的防护	1191
第七节 防雷保护	1192
一、避雷针	1193
二、避雷线、避雷网和避雷带	1194
三、避雷器	1195
四、防雷电的其他措施	1202
第八节 节约用电	1202
一、用移相电容器提高功率因数	1203
二、无功功率自动补偿控制器	1208
三、异步电动机同步化运行	1209
四、电焊机自动开关	1214
五、逆变式电焊机	1218
六、机床空载自动停车装置	1219

第一章 电工基础知识

第一节 常用名词

导体 具有良好的传导电流能力的物体称为导体。通常导体分为两类：像金属以及大地、人体等，称为第一类导体；像酸、碱、盐的水溶液以及熔融的电解质等，称为第二类导体。

绝缘体 不善于传导电流的物体称为绝缘体。

半导体 导电性能介于金属和绝缘体之间的物体。随着杂质含量及外界条件(光照、温度或压强等)的改变，半导体的导电性能会发生显著变化。

电流 电荷的定向流动，它可以是正电荷、负电荷或正、负电荷同时作有规则的移动而形成的。

电流密度 通过垂直于电荷流动方向的单位面积上的电流大小。

电路 用导体把电源、用电元器件或设备连接起来，构成的电流通路称为电路。

电压 在静电场中，将单位正电荷从 a 点移到 b 点过程中电场力所做的功，在数值上等于这两点间的电压。又称这两点间的电势差或电位差。

电压降 又称电位降。是指沿有电流通过的导体或在有电流通过的电路中电位的减小。

电动势 将单位正电荷从负极通过电源内部移动到正极时非静电力所做的功。或者说，电源的电动势等于在外电路断开时电

源两极间的电势差。

感应电动势 分为动生电动势和感生电动势。动生电动势是指组成回路的导体(整体或局部)在恒定磁场中运动时使回路中磁通量发生变化而产生的电动势;感生电动势是指固定回路中磁场发生变化使回路磁通量改变而产生的电动势。

电阻 通常解释为物质阻碍电流通过的能力。根据欧姆定律,导体两端的电压和通过导体的电流成正比,比值称为电阻。

电阻率 表征物质导电的特性参数。电阻率越小,导电本领越强。导体的电阻率会受一些物理因素(如热、光、压力等)影响。

电导 表征物质导电特性的物理量。它是电阻的倒数。

电导率 电阻率的倒数。

电容 表征导体或导体系统容纳电荷的性能的物理量。

电感 是自感与互感的统称。自感是指通过闭合回路的电流变化引起穿过它的磁通量发生变化而产生感应电动势的现象;互感是指一个闭合回路中电流变化使穿过邻近另一个回路中磁通量发生变化而在该回路中产生感应电动势的现象。

直流电 电荷流动方向不随时间改变的电流。

交流电 大小和方向随时间作周期性变动且在一个周期内平均值为零的电流称为交变电流,简称交流电。

频率 周期的倒数。

瞬时值 交流电在任一时刻的量值称为瞬时值。

有效值 交流电在一个周期内的方均根值。亦即,将交流电通过一电阻在一个周期内消耗的能量,若与一直流电通过同一电阻在相同时间内消耗的能量相等,则此直流电的量值被定义为该交流电的有效值。

感抗 交流电通过具有电感的电路时,电感阻碍电流流过的作用。

容抗 交流电通过具有电容的电路时,电容阻碍电流流过的

作用。

阻抗 交流电通过具有电感、电容和电阻的电路时,电感、电容和电阻共同阻碍电流流过的作用。

相位 交流电是随时间按正弦规律变动的物理量,用公式可表示为

$$i = I_m \sin(\omega t + \phi)$$

式中 $\omega t + \phi$ 称该交流电在某一瞬时 t 的相位,而 $\phi(t=0)$ 称为初相。因相位常以角度表示,故又可称相角。 ω 称为角频率。

相位差 两个频率相同的正弦交流电的初相位之差称为相位差或相角差。

瞬时功率 指交流电路中任一瞬间的功率。

视在功率 在具有电阻和电抗的电路中,电压与电流有效值的乘积称为视在功率。

有功功率 交流电路功率在一个周期内的平均值称为平均功率,也称为有功功率。它实质上反映了电路从电源取得的净功率。

无功功率 在具有电感或电容的电路中,反映电路与外电源之间能量反复授受的程度的量值称为无功功率。实质上是指只与电源交换而不消耗的那部分能量。

功率因数 是指有功功率与视在功率的比值。

相电压 在三相交流系统中,任一根火线与中性线之间的电压叫做相电压。

线电压 在三相交流系统中,任两根火线之间的电压叫做线电压。

相电流 在三相负载中,每相负载中流过的电流叫做相电流。

线电流 三相电源线各线中流过的电流叫做线电流。

磁感应强度 在磁场中的某一点,单位正电荷以单位速度向着与磁场方向相垂直的方向运动时所受到的磁场力,称为这一点

的磁感应强度。

磁通量 亦即磁感应强度的通量。

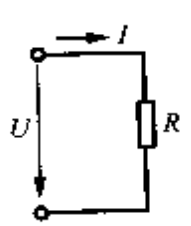
磁通(量)密度 指垂直于磁场的单位截面积上通过的磁通量。它与磁感应强度在数值上是一致的。

磁阻 磁路对磁通量所起的阻碍作用。

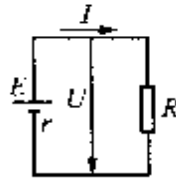
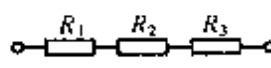
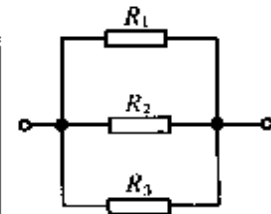
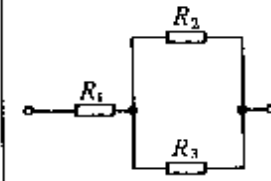
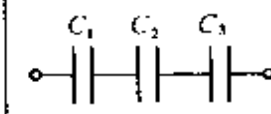
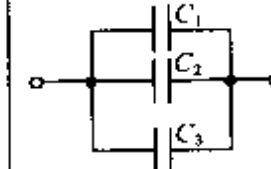
剩磁 铁磁物质在外磁场中被磁化,当外磁场消失后,铁磁物质仍保留一定的磁性,称作剩磁。

第二节 常用计算公式

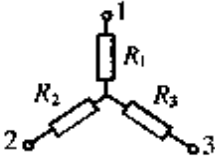
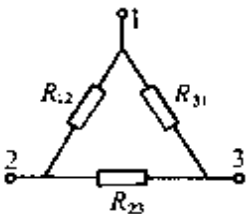
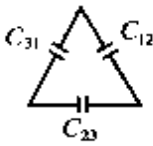
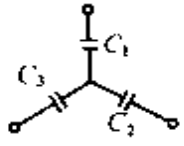
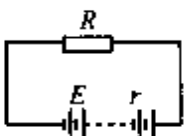
表 1-1 电工常用计算公式

项 目	图 示	公 式
电阻与导体长度、横截面及材料性质间的关系		$R = \rho \frac{l}{S}$ 式中 R ——导体的电阻(Ω) l ——导体的长度(m) S ——导体的截面积(m^2) ρ ——电阻率($\Omega \cdot m$)
电阻与温度关系		$R_t = R_{20} [1 + \alpha(t - 20)]$ 式中 R_t ——导体在 $t^\circ C$ 时的电阻(Ω) R_{20} ——导体在 $20^\circ C$ 时的电阻(Ω) α ——导体的电阻温度系数 t ——温度($^\circ C$)
直流电路中电压、电流、电阻三者之间的关系(欧姆定律)		$I = \frac{U}{R}$ 式中 I ——电路中的电流(A) U ——电路两端电压(V) R ——电路中的电阻(Ω)

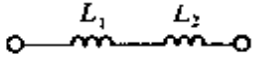
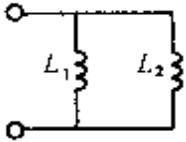
续 表

项 目	图 示	公 式
全电路欧姆定律		$I = \frac{E}{r + R}$ <p>式中 I——电路中的电流(A) E——电源的电动势(V) r——电源的内电阻(Ω) R——电路中的负载电阻(Ω)</p>
电阻串联的总值		$R = R_1 + R_2 + R_3$ <p>式中 R——总电阻(Ω) R_1、R_2、R_3——分电阻(Ω)</p>
电阻并联的总值		$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$ <p>式中 R——总电阻(Ω) R_1、R_2、R_3——分电阻(Ω)</p>
电阻混联的总值		$R = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$ <p>式中 R——总电阻(Ω) R_1、R_2、R_3——分电阻(Ω)</p>
电容串联的总值		$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$ <p>式中 C——总电容(F) C_1、C_2、C_3——分电容(F)</p>
电容并联的总值		$C = C_1 + C_2 + C_3$ <p>式中 C——总电容(F) C_1、C_2、C_3——分电容(F)</p>

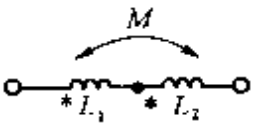
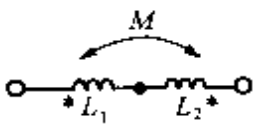
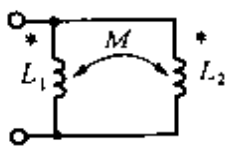
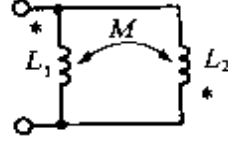

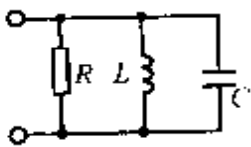
续 表

项 目	图 示	公 式
电阻星形三角形联结互换		$R_{12} = R_1 + R_2 + \frac{R_1 R_2}{R_3}$ $R_{23} = R_2 + R_3 + \frac{R_2 R_3}{R_1}$ $R_{31} = R_3 + R_1 + \frac{R_3 R_1}{R_2}$
		$R_1 = \frac{R_{12} R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$ $R_2 = \frac{R_{23} R_{12}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$ $R_3 = \frac{R_{31} R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$
电容星形三角形联结互换		$C_{12} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2 + C_3}$ $C_{23} = \frac{C_2 C_3}{C_1 + C_2 + C_3}$ $C_{31} = \frac{C_3 C_1}{C_1 + C_2 + C_3}$
		$C_1 = C_{12} + C_{31} + \frac{C_{12} C_{31}}{C_{23}}$ $C_2 = C_{23} + C_{12} + \frac{C_{23} C_{12}}{C_{31}}$ $C_3 = C_{31} + C_{23} + \frac{C_{31} C_{23}}{C_{12}}$
电池串联		$I = \frac{nE}{R + nr}$ <p>式中 I —— 电路中电流(A) E —— 一个电池的电动势(V) R —— 外电路中总电阻(Ω) r —— 一个电池的内电阻(Ω) n —— 串联电池的个数(n个电池性能相同)</p>

续 表

项 目	图 示	公 式
电功率		$P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$ <p>式中 P——电功率(W) U——电路两端的电压(V) I——电路中的电流(A) R——电路总电阻(Ω)</p>
交流电流和电压		$i = I_m \sin(\omega t + \phi)$ $u = U_m \sin(\omega t + \phi)$ <p>式中 i——电流的瞬时值(A) u——电压的瞬时值(V) I_m——电流的最大值(A) U_m——电压的最大值(V) ω——角频率(rad/s) ϕ——初相角(rad) t——时间(s)</p>
交流电流和电压的有效值		$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \approx 0.707 I_m$ $U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \approx 0.707 U_m$ <p>式中 I——电流的有效值(A) U——电压的有效值(V) I_m、U_m 意义同前</p>
电感串联的总值		$L = L_1 + L_2$ <p>式中 L——总电感(H) L_1、L_2——分电感(H)</p>
电感并联的总值		$L = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}$ <p>式中 L、L_1、L_2 意义同上</p>

续 表

项 目	图 示	公 式
有互感的 电感串联 的总值		$L = L_1 + L_2 + 2M$ 式中 L 、 L_1 、 L_2 意义同上 M —互感(H) * 表示电流流入处
		$L = L_1 + L_2 - 2M$ 式中 L 、 L_1 、 L_2 、 M 意义同上
有互感的 电感并联 的总值		$L = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 - 2M}$ 式中 L 、 L_1 、 L_2 、 M 意义同上
		$L = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 + 2M}$ 式中 L 、 L_1 、 L_2 、 M 意义同上
电阻、电感、 电容串联的 总阻抗		$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ $X_L = 2\pi fL$ $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$ 式中 Z —阻抗(Ω) R —电阻(Ω) X_L —感抗(Ω) X_C —容抗(Ω) f —频率(Hz) L —电感(H) C —电容(F)
电阻、电感、 电容并联的 总阻抗		$Z = \sqrt{\frac{1}{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C}\right)^2}}$ 式中 Z 、 R 、 X_L 、 X_C 意义同上

续 表

项 目	图 示	公 式
单相交流 电路功率		$P=UI\cos\varphi$ $Q=UI\sin\varphi$ $S=UI=I^2Z$ <p>式中 P——有功功率(W) Q——无功功率(var) S——视在功率(V·A) φ——电流与电压间的相位角 U、I、Z意义同前</p>
三相交流 电路中 线电压 与相电 压、线 电流与 相电流 间的 关系		<p>负载 Δ 接法</p> $U_{\text{线}}=U_{\text{相}}$ $I_{\text{线}}=\sqrt{3}I_{\text{相}} \text{ (负载对称)}$ <p>负载 Y 接法</p> $U_{\text{线}}=\sqrt{3}U_{\text{相}} \text{ (有中线)}$ $I_{\text{线}}=I_{\text{相}}$ <p>式中 $U_{\text{线}}$——线电压(V) $U_{\text{相}}$——相电压(V) $I_{\text{线}}$——线电流(A) $I_{\text{相}}$——相电流(A)</p>
对称三相 交流电路 功率		$P=\sqrt{3}UI\cos\varphi$ $Q=\sqrt{3}UI\sin\varphi$ $S=\sqrt{3}UI$ $\cos\varphi=\frac{P}{S}$ <p>式中 P、Q、S、U、I、φ意义同前 $\cos\varphi$——功率因数</p>
直流电磁 铁吸引力		$F=\frac{SB^2}{8\pi}\times 10^3$ <p>式中 F——吸引力(N) B——磁感应强度(T) S——磁铁的截面积(cm^2)</p>

续 表

项 目	图 示	公 式
电动机额定转矩		$M = \frac{9555P}{n}$ 式中 M ——电动机额定转矩(N·m) P ——电动机额定功率(kW) n ——电动机转速(r/min)

第三节 电工常用计量单位

一、国际单位制单位

国际单位制基本单位见表 1-2。

包括国际单位制辅助单位在内的具有专门名称的国际单位制导出单位见表 1-3。

国际单位制中构成倍数单位的词头见表 1-4。

表 1-2 国际单位制基本单位

量的名称	单位名称	单位符号
长度	米	m
质量	千克(公斤)	kg
时间	秒	s
电流	安[培]	A
热力学温度	开[尔文]	K
物质的量	摩[尔]	mol
发光强度	坎[德拉]	cd

注:

1. 圆括号中的名称,是它前面的名称的同义词,下同。
2. 无方括号的量的名称与单位名称均为全称。方括号中的字,在不致引起混淆、误解的情况下,可以省略。去掉方括号中的字即为其名称的简称。下同。

3. 本标准所称的符号,除特殊指明外,均指我国法定计量单位中所规定的符号以及国际符号,下同。

4. 人民生活和贸易中,质量习惯称为重量。

表 1-3 国际单位制辅助单位及导出单位

量的名称	SI 导出单位		
	名称	符号	用 SI 基本单位和 SI 导出单位表示
[平面]角	弧度	rad	$1 \text{ rad} = 1 \text{ m/m} = 1$
立体角	球面度	sr	$1 \text{ sr} = 1 \text{ m}^2 / \text{m}^2 = 1$
频率	赫[兹]	Hz	$1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$
力	牛[顿]	N	$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$
压力,压强,应力	帕[斯卡]	Pa	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$
能[量],功,热量	焦[耳]	J	$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$
功率,辐[射能]通量	瓦[特]	W	$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$
电荷[量]	库[仑]	C	$1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot \text{s}$
电压,电动势,电位,(电势)	伏[特]	V	$1 \text{ V} = 1 \text{ W/A}$
电容	法[拉]	F	$1 \text{ F} = 1 \text{ C/V}$
电阻	欧[姆]	Ω	$1 \Omega = 1 \text{ V/A}$
电导	西[门子]	S	$1 \text{ S} = 1 \Omega^{-1}$
磁通[量]	韦[伯]	Wb	$1 \text{ Wb} = 1 \text{ V} \cdot \text{s}$
磁通[量]密度,磁感应强度	特[斯拉]	T	$1 \text{ T} = 1 \text{ Wb/m}^2$
电感	亨[利]	H	$1 \text{ H} = 1 \text{ Wb/A}$
摄氏温度	摄氏度	$^{\circ}\text{C}$	$1 \text{ }^{\circ}\text{C} = 1 \text{ K}$
光通量	流[明]	lm	$1 \text{ lm} = 1 \text{ cd} \cdot \text{sr}$
[光]照度	勒[克斯]	lx	$1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$

表 1-4 国际单位制词头

因 数	词 头 名 称		符 号
	英 文	中 文	
10^{24}	yotta	尧[它]	Y
10^{21}	zetta	泽[它]	Z
10^{18}	exa	艾[可萨]	E
10^{15}	peta	拍[它]	P
10^{12}	tera	太[拉]	T
10^9	giga	吉[咖]	G
10^6	mega	兆	M
10^3	kilo	千	k
10^2	hecto	百	h
10^1	deca	十	da
10^{-1}	deci	分	d
10^{-2}	centi	厘	c
10^{-3}	milli	毫	m
10^{-6}	micro	微	μ
10^{-9}	nano	纳[诺]	n
10^{-12}	pico	皮[可]	p
10^{-15}	femto	飞[母托]	f
10^{-18}	atto	阿[托]	a
10^{-21}	zepto	仄[普托]	z
10^{-24}	yocto	幺[科托]	y

二、可与国际单位制单位并用的我国法定计量单位

表 1-5 可与国际单位制单位并用的我国法定计量单位

量的名称	单位名称	单位符号	与 SI 单位的关系
时间	分	min	1 min=60 s
	[小]时	h	1 h=60 min=3 600 s
	日,(天)	d	1 d=24 h=86 400 s
[平面]角	度	°	$1^{\circ}=(\pi/180)\text{rad}$
	[角]分	'	$1'=(1/60)^{\circ}=(\pi/10\ 800)\text{rad}$
	[角]秒	"	$1''=(1/60)'=(\pi/648\ 000)\text{rad}$
体积	升	l, L	1 l=1 dm ³ =10 ⁻³ m ³
质量	吨	t	1 t=10 ³ kg
	原子质量单位	u	1 u≈1.660 540×10 ⁻²⁷ kg
旋转速度	转每分	r/min	1 r/min=(1/60)s ⁻¹
长度	海里	n mile	1 n mile=1 852 m (只用于航行)
速度	节	kn	1 kn=1 n mile/h=(1 852/ 3 600)m/s(只用于航行)
能	电子伏	eV	1 eV≈1.602 177×10 ⁻¹⁹ J
级差	分贝	dB	
线密度	特[克斯]	tex	1 tex=10 ⁻⁶ kg/m
面积	公顷	hm ²	1 hm ² =10 ⁴ m ²

注:

1. 平面角单位度、分、秒的符号,在组合单位中应采用(°)、(')、('')的形式。
例如,不用°/s 而用(°)/s。
2. 升的两个符号属同等地位,可任意选用。
3. 公顷的国际通用符号为 ha。

三、常用法定计量单位与非法定计量单位及其换算

表 1-6 常用法定计量单位与非法定计量单位及其换算

物理量名称	法定计量单位		非法定计量单位		单位换算
	单位名称	单位符号	单位名称	单位符号	
长度	米	m	英尺 英寸	ft in	1 ft=0.304 8 m 1 in=0.025 4 m
面积	平方米	m ²	平方英尺 平方英寸	ft ² in ²	1 ft ² =0.092 903 0 m ² 1 in ² =6.451 6×10 ⁻⁴ m ²
体积 容积	立方米 升	m ³ L, (l)	立方英尺 立方英寸	ft ³ in ³	1 ft ³ =0.028 316 8 m ³ 1 in ³ =1.638 71×10 ⁻⁵ m ³
质量	千克 (公斤) 吨 原子质量 单位	kg t u	磅 盎司	lb oz	1 lb=0.453 592 37 kg 1 oz=28.349 5 g
温度	开[尔文] 摄氏度	K ℃	华氏度	°F	表示温度差和温度间隔时: 1℃=1K 表示温度的数值时: 摄氏温度值℃=热力学 温度值 K-273.15 表示温度差和间隔 时: 1°F= $\frac{5}{9}$ ℃ 表示温度数值时: $K=\frac{5}{9}(\text{°F}+459.67)$, $\text{°C}=\frac{5}{9}(\text{°F}-32)$
旋转速度	每秒 转每分	s ⁻¹ r/min		rpm	1 rpm = 1 r/min = (1/60)s ⁻¹

续 表

物理量名称	法定计量单位		非法定计量单位		单位换算
	单位名称	单位符号	单位名称	单位符号	
力;重力	牛〔顿〕	N	达因 千克力	dyn kgf	1 dyn=10 ⁻⁵ N 1 kgf=9.806 65 N
压力,压强;应力	帕〔斯卡〕	Pa	巴 千克力每 平方厘米 毫米水柱 毫米汞柱 工程 大气压 标准 大气压 磅力每 平方英寸	bar kgf/cm ² mmH ₂ O mmHg at atm lbf/in ²	1 bar=10 ⁵ Pa 1 kgf/cm ² =0.098 066 5 MPa 1 mmH ₂ O=9.806 65 Pa 1 mmHg=133.322 Pa 1 at=98 066.5 Pa =98.066 5 kPa 1 atm=101 325 Pa =101.325 kPa 1 lbf/in ² =6 894.76 Pa =6.894 76 kPa
能量; 功;热	焦〔耳〕 电子伏 千瓦时	J eV kW·h	尔格 千克力米	erg kgf·m	1 erg=10 ⁻⁷ J 1 kgf·m=9.806 65 J
功率,辐射 通量	瓦〔特〕	W	千克力米 每秒	kgf·m/s	1 kgf·m/s=9.806 65 W
功率,辐射 通量	瓦〔特〕	W	电工马力 伏安 乏	VA var	1 电工马力=746 W 1 VA=1 W 1 var=1 W
电导	西〔门子〕	S	姆欧	Ω	1 Ω=1 S
磁通量	韦〔伯〕	Wb	麦克斯韦	Mx	1 Mx=10 ⁻⁸ Wb

续 表

物理量名称	法定计量单位		非法定计量单位		单位换算
	单位名称	单位符号	单位名称	单位符号	
磁通量 密度,磁 感应强度	特〔斯拉〕	T	高斯	Gs,G	1Gs=10 ⁻⁴ T
速度	米每秒	m/s	英尺每秒	ft/s	1 ft/s=0.304 8 m/s
	千米每 〔小〕时	km/h	英里每 〔小〕时	mile/h	1 mile/h=0.447 04 m/s
	米每分	m/min			1 km/h=0.277 778 m/s 1 m/min=0.016 666 7 m/s
光照度	勒〔克斯〕	lx	英尺烛光	lm/ft ²	11 m/ft ² =10.76 lx
加速度	米每二次 方秒	m/s ²	英尺每二 次方秒	ft/s ²	1 ft/s ² =0.304 8 m/s ²
转动惯量	千克二次 方米	kg·m ²	磅二次方 英尺	lb·ft ²	1 lb·ft ² =0.042 140 1 kg·m ²
			磅二次方 英寸	lb·in ²	1 lb·in ² =2.926 40 ×10 ⁻⁴ kg·m ²
动量	千克米 每秒	kg·m/s	磅英尺 每秒	lb·ft/s	1 lb·ft/s =0.138 255 kg·m/s
力矩	牛米	N·m	千克力米	kgf·m	1 kgf·m=9.806 65 N·m
			磅力英尺	lbf·ft	1 lbf·ft=1.355 82 N·m
			磅力英寸	lbf·in	1 lbf·in=0.112 985 N·m
〔动力〕 黏度	帕秒	Pa·s	泊 厘泊	P, Po cP	1 P=10 ⁻¹ Pa·s 1 cP=10 ⁻³ Pa·s
传热系数	瓦每 平方米 开〔尔文〕	W/ (m ² ·K)	卡每平方 厘米秒 开	cal/ (cm ² · s·K)	1 cal/(cm ² ·s·K) =41 868 W/(m ² ·K)
传热系数	瓦每 平方米 开〔尔文〕	W/ (m ² ·K)	千卡每平 方米时 开	kcal/ (m ² · h·K)	1 kcal/(m ² ·h·K) =1.163 W/(m ² ·K)

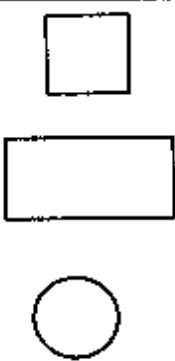
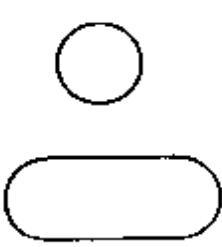
续 表

物理量名称	法定计量单位		非法定计量单位		单位换算
	单位名称	单位符号	单位名称	单位符号	
热导率	瓦每米开[尔文]	W/(m·K)	卡每厘米秒开 千卡每米时开	cal/(cm·s·K) kcal/(m·h·K)	1 cal/(cm·s·K) =418.68 W/(m·K) 1 kcal/(m·h·K) =1.163 W/(m·K)

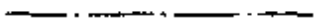








第四节 电工常用图形符号及文字符号

一、电工常用图形符号


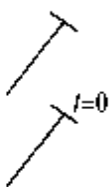
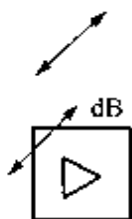


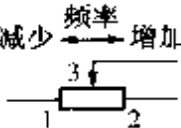
表 1-7 电工常用图形符号

图 形 符 号	说 明
	元件 装置 功能单元 注:填入或加上适当的符号或代号于轮廓符号内以表示元件、装置或功能
	外壳(容器)、管壳 注:① 可使用其他形状的轮廓 ② 若外壳具有特殊的防护性能可加注以引起注意 ③ 使用外壳符号是非强制性的,若不致引起混乱,外壳符号可省略。但若外壳与其他物件有连接,则必须示出外壳符号,必要时,外壳可以分开画出

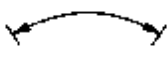
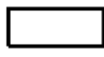
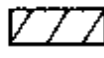
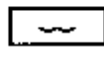
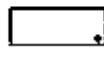
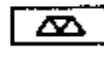
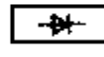










续 表

图 形 符 号	说 明
	<p>边界线 注:用于表示在边界线内的元件、装置等是实际地、机械地或功能地相互联系在一起</p>
	<p>屏蔽(防罩) 注:屏蔽可画成任何方便的形状</p>
 2 M—220/110 V	<p>直流 注:电压可标注在符号右边,系统类型可标注在左边 示例:直流,带中间线的三线制 220V(两根导线与中间线之间为 110 V)2 M 可用 2 + M 代表</p>
	<p>直流 注:若直流电符号—可能引起混乱,也可用本符号</p>
 3 N ~ 50 Hz 380/220 V 3 N ~ 50 Hz/ TN-S	<p>交流 频率或频率范围以及电压的数值应标注在符号的右边,系统类型应标注在符号的左边 示例:交流,三相带中性线,50 Hz, 380 V(中性线与相线之间为 220 V)。3 N 可用 3 + N 代替 示例:交流、三相、50 Hz、具有一个直接接地点且中性线与保护导线全部分开的系统</p>
	<p>低频(工频或亚音频)</p>
	<p>中频(音频)</p>
	<p>高频(超音频、载频或射频)</p>
	<p>交直流</p>


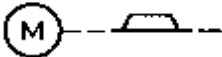
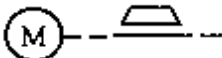
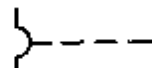
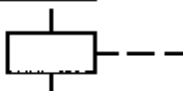
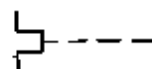
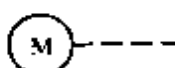








续 表

图 形 符 号	说 明
	具有交流分量的整流电流 注:当需要与稳定直流相区别时使用
N	中性(中性线)
M	中间线
+	正极
-	负极
	预调、微调 注:有关允许的调整条件,应标注于符号附近 示例:仅在电流等于零时允许预调
	自动控制(内在的) 注:被控量可示于符号附近 示例:自动增益控制放大器
	按箭头方向的直线运动或力
	双向直线的运动或力 示例:当3从1向2移动时,频率增加 




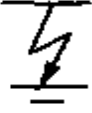



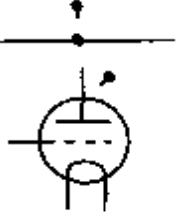

续 表

图 形 符 号	说 明
	两个方向均有限制的双向旋转
	未规定类型的材料
	固体材料
	液体材料
	气体材料
	驻极体材料
	半导体材料
	绝缘材料
	热效应
	电磁效应
	磁滞伸缩效应
	正脉冲
	负脉冲
	交流脉冲
	正阶跃函数
	负阶跃函数
	锯齿波

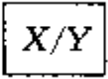
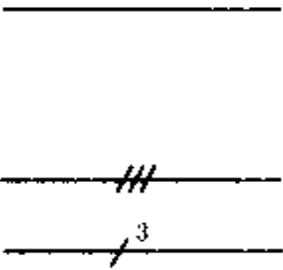
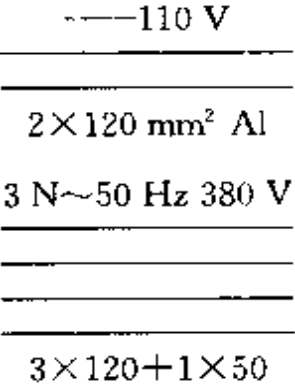


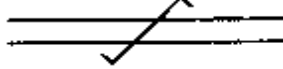
续 表

图 形 符 号	说 明
  	<p>制动器</p> <p>示例:带制动器并已制动的电动机</p> <p>示例:带制动器未制动的电动机</p>
	过电流保护的电磁操作
	电磁执行器操作
	热执行器操作(如热继电器、热过电流保护)
	电动机操作
	<p>接地一般符号</p> <p>注:如表示接地的状况或作用不够明显,可补充说明</p>
	无噪声接地(抗干扰接地)
	<p>保护接地</p> <p>注:本符号可用于代替接地一般符号,以表示具有保护作用,例如在故障情况下防止触电的接地</p>
<p>形式 1 </p> <p>形式 2 </p>	接机壳或接底板
	等电位
	故障(用以表示假定故障位置)
	闪络、击穿


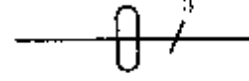
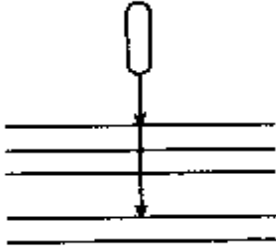
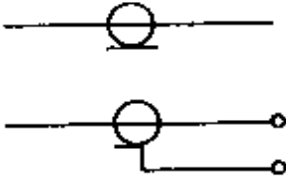





续 表

图 形 符 号	说 明
	导线间绝缘击穿
形式1  形式2 	导线对机壳绝缘击穿
	导线对地绝缘击穿
	永久磁铁
	动触点 注：如滑动触点
	测试点指示 示例： 
	变换器一般符号 转换器一般符号 注：① 若变换方向不明显，可用箭头表示在符号轮廓上 ② 表示输入、输出和波形等的符号或代号，可以写进一般符号的每半部分内，以表示变换性质。见 GB 4728. 6—84《电气图用图形符号 电能的发生和转换》和 GB 4728. 10—85《电气图用图形符号 电信：传输》 ③ 以对角线即斜线分隔符号表示转换功能。见 GB 4728. 12—85《电气图用图形符号 二进制逻辑单元》和 GB 4728. 13—85《电气图用图形符号 模拟单元》

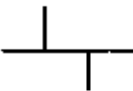

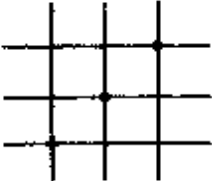

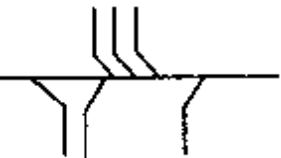
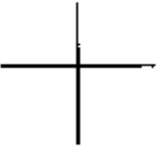

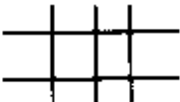

续 表

图 形 符 号	说 明
	<p>电流隔离器 注:若有需要,隔离方法在限定符号下面示出 示例:X/Y用光耦合的电流隔离器</p>
	<p>导线、导线组、电线、电缆、电路、传输通路(如微波技术)、线路、母线(总线)一般符号 注:当用单线表示一组导线时,若需示出导线数可加小短斜线或画一条短斜线加数字表示 示例:三根导线 示例:三根导线 更多的情况可按下列方法表示: 在横线上面注出:电流种类、配电系统、频率和电压等 在横线下面注出:电路的导线数乘以每根导线的截面积,若导线的截面不同时,应用加号将其分开 导线材料可用其化学元素符号表示</p>
	<p>示例:直流电路,110 V,两根铝导线,导线截面积为 120 mm^2 示例:三相交流电路,50 Hz, 380 V, 三根导线,截面积均为 120 mm^2, 中性线截面积为 50 mm^2</p>
	<p>柔软导线</p>
	<p>屏蔽导线</p>
	<p>绞合导线(示出二股)</p>


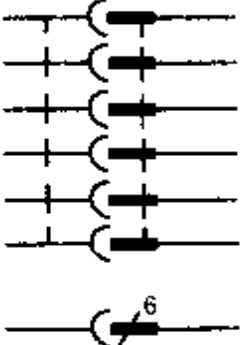
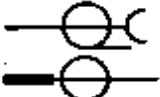
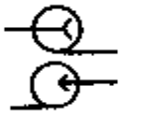
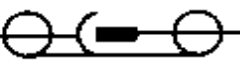


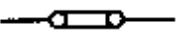
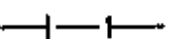

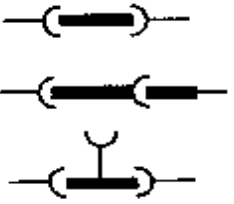
续 表

图 形 符 号	说 明
<p>形式1 </p> <p>形式2 </p>	<p>电缆中的导线(示出三股)</p> <p>注:若几根导线组成一根电缆(或绞合在一起或在一个屏蔽内)但在图上代表它们的线条彼此又不接近,可用下面的方法表示</p>
	<p>示例:五根导线中箭头所指的两根导线在一根电缆中</p>
	<p>同轴对、同轴电缆</p> <p>注:若只有部分是同轴结构,切线仅画在同轴的这一边</p> <p>示例:同轴对连接到端子</p>
	<p>屏蔽同轴电缆、屏蔽同轴对</p>
	<p>导线的连接</p>
	<p>端子</p> <p>注:必要时圆圈可画成圆黑点</p>
<p>形式1 </p> <p>形式2 </p>	<p>导线的连接</p>

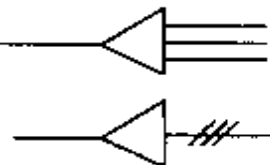

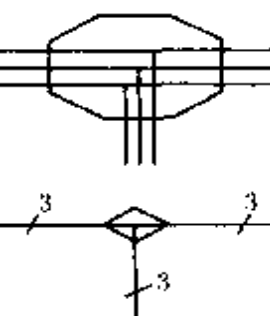
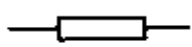

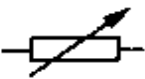
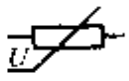
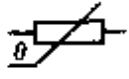
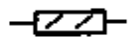
续 表

图 形 符 号	说 明
<p>形式1 </p> <p>形式2 </p> 	<p>导线的多线连接</p> <p>示例:导线的交叉连接(点)单线表示法</p> <p>示例:导线的交叉连接(点)多线表示法</p>
	<p>可拆卸的端子</p>
	<p>导线或电缆的分支和合并</p>
  	<p>导线的不连接(跨越)</p> <p>示例:单线表示法</p> <p>示例:多线表示法</p>
	<p>导线直接连接 导线接头</p>

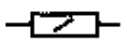

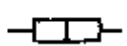
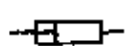
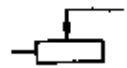

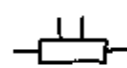

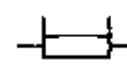
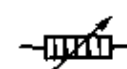
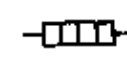


续 表

图 形 符 号	说 明
	插头和插座(凸头和内孔的)
	多极插头插座(示出带六个极) 多线表示形式 单线表示形式
形式1  形式2 	同轴的插头和插座 注:若同轴的插头插座连接于同轴对时,切线应朝反向适当延长
形式1  形式2 	同轴插接器
	对接连接器
形式1  形式2 	接通的连接片
	断开的连接片
	插头插座式连接器(如 U 形连接) 插头-插头 插头-插座 带插座通路的插头-插头


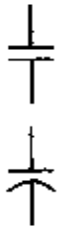


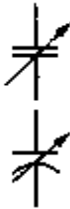
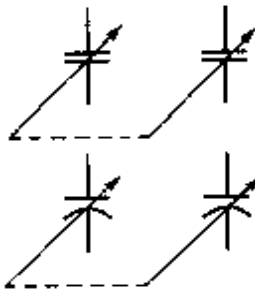
续 表

图 形 符 号	说 明
	电缆密封终端头(示出带一根三心电缆) 多线表示 单线表示
	电缆密封终端头(示出带三根单心电缆)
	电缆连接盒,电缆分线盒(示出带三根导线 T 形连接) 多线表示 单线表示
优选形  其他形 	电阻器一般符号
	可变电阻器 可调电阻器
	压敏电阻器 变阻器 注:U 可以用 V 代替
	热敏电阻器 注:θ 可以用 t° 代替
	0.125W 电阻器

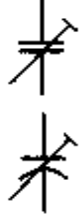
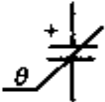
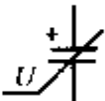


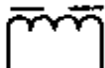
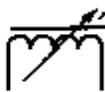


续 表

图 形 符 号	说 明
	0.25 W 电阻器
	0.5 W 电阻器
	1 W 电阻器 注:大于 1 W 电阻器都用阿拉伯数字表示
	熔断电阻器
	滑线式变阻器
	带滑动触点和断开位置的电阻器
	两个固定抽头的电阻器 注:可增加或减少抽头数目
	两个固定抽头的可变电阻器 注:可增加或减少抽头数目
	分路器 带分流和分压接线头的电阻器
	碳堆电阻器
	加热元件
	滑动触点电位器
	带开关的滑动触点电位器

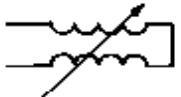
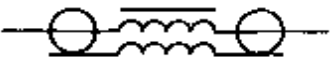

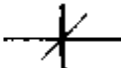
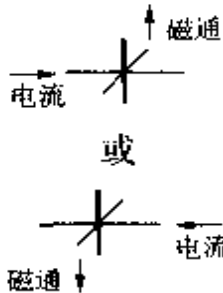
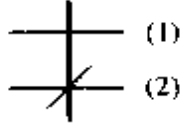
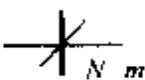

续 表

图 形 符 号	说 明
	<p>预调电位器</p>
	<p>电容器一般符号 注：如果必须分辨同一电容器的电极时，弧形的极板表示： ① 在固定的纸介质和陶瓷介质电容器中表示外电极 ② 在可调和可变的电容器中表示动片电极 ③ 在穿心电容器中表示低电位电极</p>
	<p>穿心电容器</p>
	<p>极性电容器</p>
	<p>可变电容器 可调电容器</p>
	<p>双联同调可变电容器 注：可增加同调联数</p>

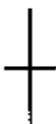
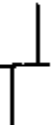







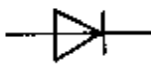
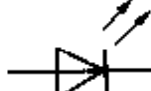
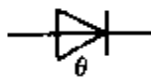
续 表

图 形 符 号	说 明
	微调电容器
	热敏极性电容器 注： θ 可以用 t° 代替
	压敏极性电容器 注： U 可以用 V 代表
  	电感器 线 圈 绕 组 扼流圈 注：① 变压器绕组见 GB 4728. 6—84《电气图用图形符号 电能的发生和转换》 ② 如果要表示带磁心的电感器，可以在该符号上加一条线。这条线可以带注释，用以指出非磁性材料。并且这条线可以断开画，表示磁心有间隙 ③ 符号中半圆数目不作规定，但不得少于三个 示例：带磁心的电感器 磁心有间隙的电感器
	带磁心连续可调的电感器
	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
	步进移动触点的可变电感器

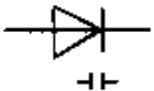



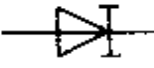
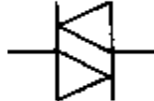
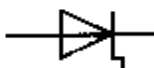


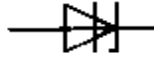


续 表

图 形 符 号	说 明
	可变电感器
	带磁心的同轴扼流圈
	铁氧体磁心
	<p>一个绕组的铁氧体磁心 斜线可以被认为反射器,显示出电流与磁通方向的关系,如下图所示:</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>为绘图方便,即使磁路上没有绕组,也往往把表示导体的线条绘成穿过磁心符号。除了平面表示外,在所有情况下,当直线通过磁心符号表示绕组时,斜线必须画出</p> <p>示例:</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>(1) 穿过磁心符号的导体 (2) 绕在磁心上的绕组</p>
	一个 m 匝线圈绕组的铁氧体磁心
	具有一处欧姆接触的半导体区 水平线表示半导体区,垂直线表示欧姆接触

续 表

图 形 符 号	说 明
形式 1  形式 2  形式 3 	具有多处欧姆接触的半导体区(示出两个欧姆接触)
	耗尽型器件的导电沟道
	增强型器件的导电沟道
优选形  其他形 	整流结
 	用电场影响半导体层的结,例如结型场效应半 导体管的结 P 区影响 N 层 N 区影响 P 层
	半导体二极管一般符号
	发光二极管一般符号
	利用温度效应的二极管 注: θ 可以用 t° 代替


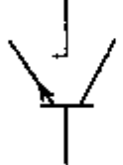





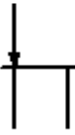
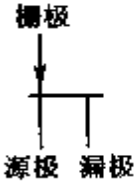
续 表

图 形 符 号	说 明
	用作电容性器件的二极管(变容二极管)
	隧道二极管
	单向击穿二极管 电压调整二极管 江崎二极管
	双向击穿二极管
	反向二极管(单隧道二极管)
	双向二极管 交流开关二极管
	阶跃恢复二极管
	体效应二极管
	反向阻断二极晶体闸流管
	反向导通二极晶体闸流管
	双向二极晶体闸流管
	三极晶体闸流管 注:当没有必要规定控制极的类型时,这个符号用于表示反向阻断三极晶体闸流管

续 表

图 形 符 号	说 明
	反向阻断三极晶体闸流管, N 型控制极 (阳极侧受控)
	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, 未规定控制极
	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)
	反向阻断四极晶体闸流管
	双向三极晶体闸流管 三端双向晶体闸流管
	反向导通三极晶体闸流管, 未规定控制极
	反向导通三极晶体闸流管, N 型控制极 (阳极侧受控)
	反向导通三极晶体闸流管, P 型控制极 (阴极侧受控)
	光控晶体闸流管
	PNP 型半导体管

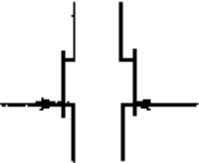


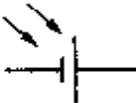
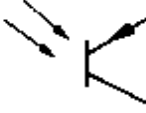
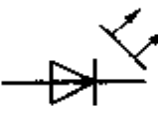

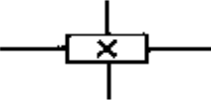
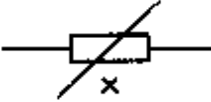
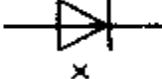
续 表

图 形 符 号	说 明
	NPN 型半导体管, 集电极接管壳
	NPN 型雪崩半导体管
	具有 P 型基极单结型半导体管
	具有 N 型基极单结型半导体管
	有横向偏压基极的 NPN 型半导体管
	与本征区有欧姆接触的 PNIP 型半导体管
	与本征区有欧姆接触的 PNIN 型半导体管
	<p>N 型沟道结型场效应半导体管</p> <p>注: 栅极与源极的引线应绘在一直线上</p> <div style="text-align: center;">  </div>


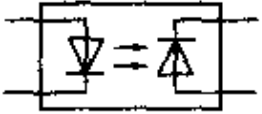
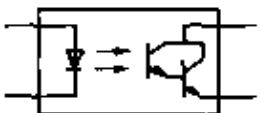
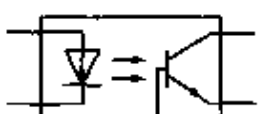
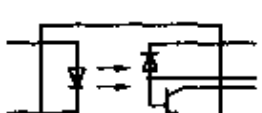
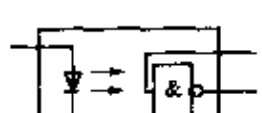
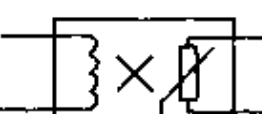
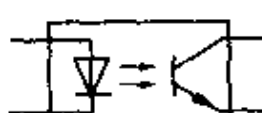
续 表

图 形 符 号	说 明
	P 型沟道结型场效应半导体管
	增强型、单栅、P 沟道和衬底无引出线的绝缘栅场效应半导体管
	增强型、单栅、N 沟道和衬底无引出线的绝缘栅场效应半导体管
	增强型、单栅、P 沟道和衬底有引出线的绝缘栅场效应半导体管
	增强型、单栅、N 沟道和衬底与源极在内部连接的绝缘栅场效应半导体管
	耗尽型、单栅、N 沟道和衬底无引出线的绝缘栅场效应半导体管
	耗尽型、单栅、P 沟道和衬底无引出线的绝缘栅场效应半导体管
	耗尽型、双栅、N 沟道和衬底有引出线的绝缘栅场效应半导体管 注：在多栅的情况下，主栅极与源极的引线应在一条直线上

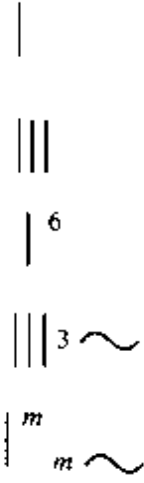









续 表

图 形 符 号	说 明
	N 沟道结型场效应半导体对管
	光敏电阻 具有对称导电性的光电器件
	光电二极管 具有非对称导电性的光电器件
	光电池
	光电半导体管(示出 PNP 型)
	半导体激光器
	发光数码管
	有四个欧姆接触的霍尔发生器
	磁敏电阻器(示出线性型)
	磁敏二极管












续 表

图 形 符 号	说 明
	NPN 型磁敏半导体管
	光电二极管型光耦合器
	达林顿型光耦合器
	光电三极管型光耦合器
	光电二极管和半导体管 (NPN 型)光耦合器
	集成电路光耦合器
	磁耦合器 磁隔离器
	光耦合器 光隔离器 (示出发光二极管和光电半导体管)











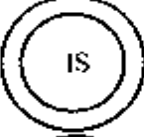
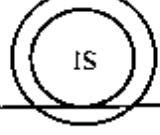

续 表

图 形 符 号	说 明
	<p>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</p> <p>示例:三个独立绕组 六个独立绕组 ② 符号 也可用于表示各种外部连接的绕组</p> <p>示例:互不连接的三相绕组</p> <p>m 个互不连接的 m 相绕组</p>
	<p>两相四端绕组</p>
	<p>两相绕组</p>
	<p>两个绕组 V 形(60°)连接的三相绕组</p>
	<p>中性点引出的四相绕组</p>
	<p>T 形连接的三相绕组</p>
	<p>三角形连接的三相绕组 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</p>
	<p>开口三角形连接的三相绕组</p>
	<p>星形连接的三相绕组 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</p>
	<p>中性点引出的星形连接的三相绕组</p>




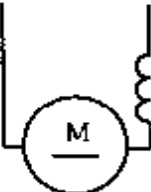
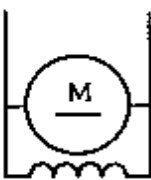
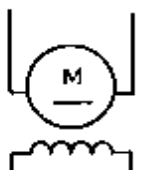
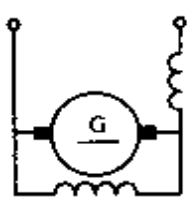
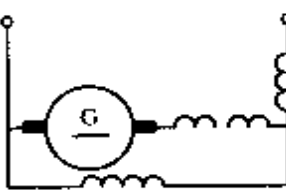
续 表

图 形 符 号	说 明
	曲折形或双星形互相连接的三相绕组
	双三角连接的六相绕组
	多边形连接的六相绕组
	星形连接的六相绕组
	中性点引出的叉形连结的六相绕组
	换向绕组或补偿绕组
	串励绕组
	并励或他励绕组
	集电环或换向器上的电刷 注：仅在必要时标出电刷
<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="margin-bottom: 20px;"></div> <div></div> </div>	<p>电机一般符号 符号内的星号必须用下述字母代替：</p> <ul style="list-style-type: none"> C 同步变流机 G 发电机 GS 同步发电机 M 电动机 MG 能作为发电机或电动机使用的电机 MS 同步电动机 SM 伺服电机 TG 测速发电机 TM 力矩电动机 IS 感应同步器 <p>直流发电机</p>

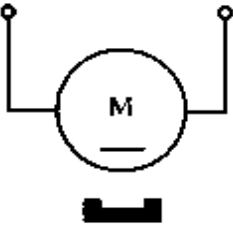
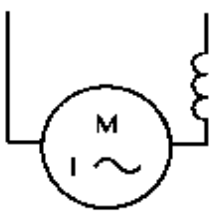
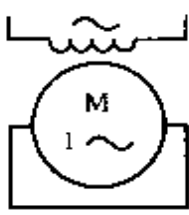
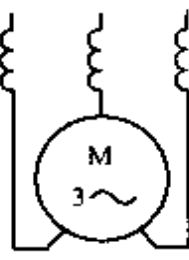
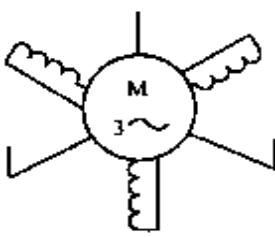

续 表

图 形 符 号	说 明
	直流电动机
	交流发电机
	交流电动机
	交直流变流机
	交流伺服电动机
	直流伺服电动机
	交流测速发电机
	直流测速发电机
	交流力矩电动机
	直流力矩电动机
	圆感应同步器
	直线感应同步器
	直线电动机一般符号

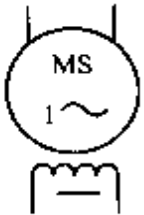
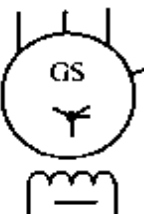
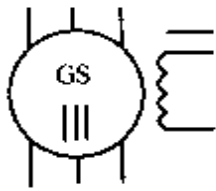
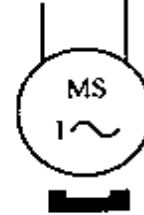
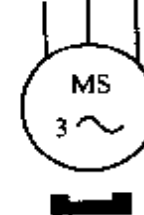
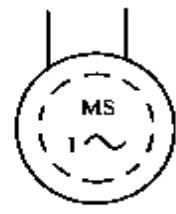
续 表

图 形 符 号	说 明
	步进电动机一般符号
	自整角机, 旋转变压器一般符号
	手摇发电机
	串励直流电动机
	并励直流电动机
	他励直流电动机
	短分路复励直流发电机 示出接线端子和电刷
	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

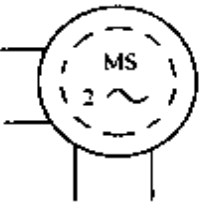
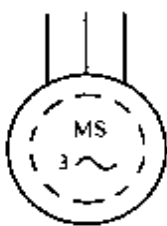

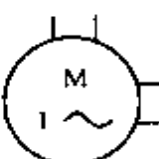
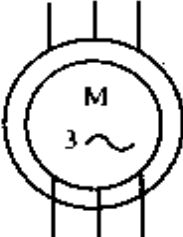
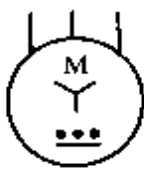
续 表

图 形 符 号	说 明
	永磁直流电动机
	单相交流串励电动机
	单相推斥电动机
	三相交流串励电动机
	三相交流并励电动机
	三相永磁同步发电机

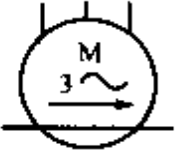
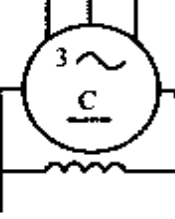
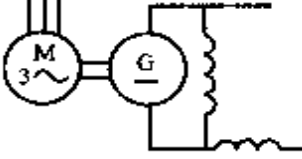

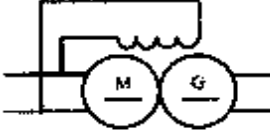
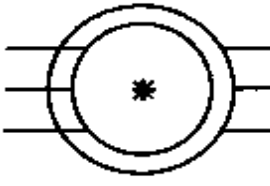
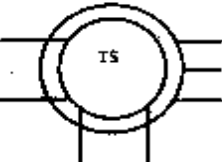
续 表

图 形 符 号	说 明
	单相同步电动机
	中性点引出的星形连接的三相同步发电机
	每相的两端都引出的三相同步发电机
	单相永磁同步电动机
	三相永磁同步电动机
	单相磁滞同步电动机

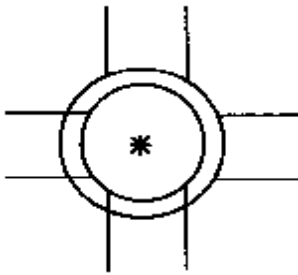
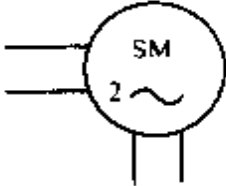
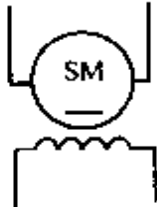
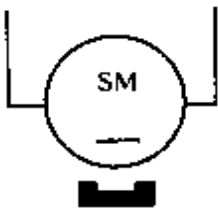
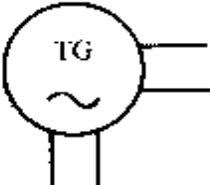

续 表

图 形 符 号	说 明
	两相磁滞同步电动机
	三相磁滞同步电动机
	三相鼠笼式异步电动机
	单相鼠笼式有分相端子的异步电动机
	三相线绕转子异步电动机
	转子上有自动启动器的三相星形连接异步电动机

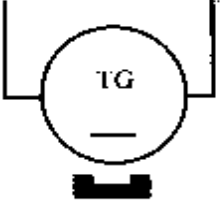
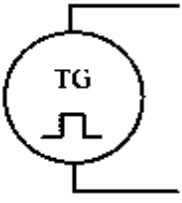
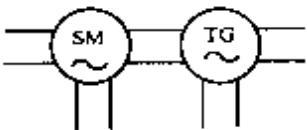
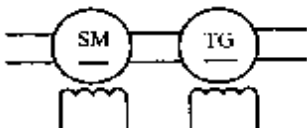
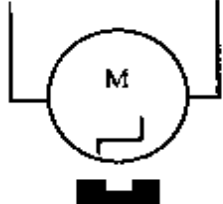
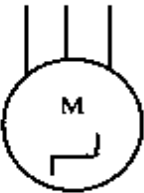
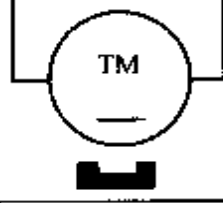
续 表

图 形 符 号	说 明
	<p>限于一个方向运动的三相直线异步电动机</p>
	<p>并励三相同步变流机</p>
	<p>变流机组</p>
	<p>具有公共永久磁铁的直流到直流旋转变流机 (d·c·/d. c. 电动发电机)</p>
	<p>具有公共磁场绕组的直流到直流旋转变流机 (d·c·/d. c. 电动发电机)</p>
	<p>符号内的星号必须用下列字母代替： CDX 控制式差动自整角发送机 TDX 力矩式差动自整角发送机 TDR 力矩式差动自整角接收机</p>
	<p>传输解算器</p>


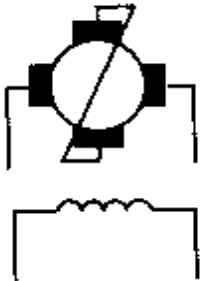
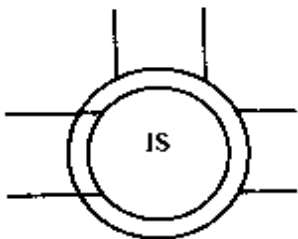
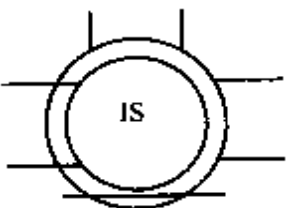

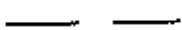
续 表

图 形 符 号	说 明
	<p>符号内的星号必须用下列字母代替： R 旋转变压器(正余弦旋转变压器、线性旋转变压器) RX 旋转变压器发送机 RT 旋转变压器变压器 RDX 旋转变压器差动发送机 Ph 感应移相器</p>
	<p>两相伺服电动机</p>
	<p>电磁式直流伺服电动机</p>
	<p>永磁式直流伺服电动机</p>
	<p>交流测速发电机</p>
	<p>电磁式直流测速发电机</p>

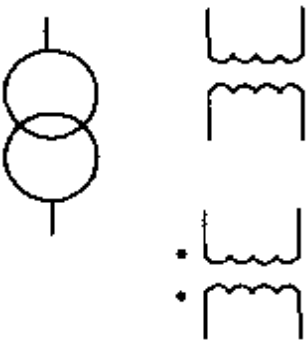
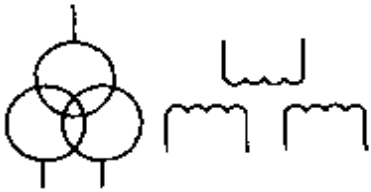


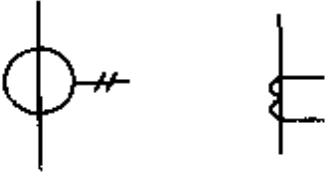
续 表

图 形 符 号	说 明
	永磁式直流测速发电机
	脉冲测速发电机
	交流伺服测速机组
	直流伺服测速机组
	永磁步进电动机
	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
	永磁式直流力矩电动机

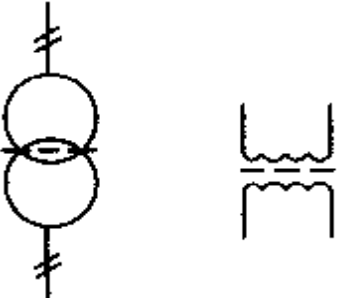
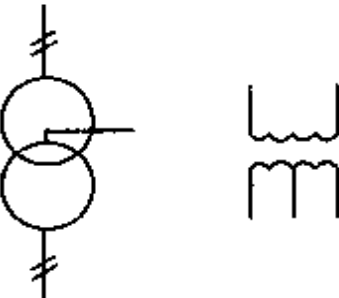
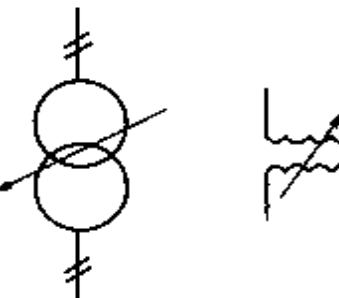
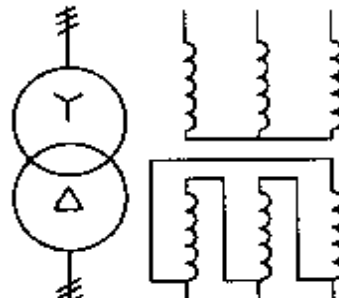
续 表

图 形 符 号	说 明
	交流力矩电动机
	电机扩大机
	圆感应同步器
	直线感应同步器
 	铁心 带间隙的铁心

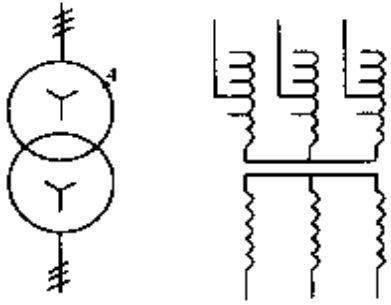
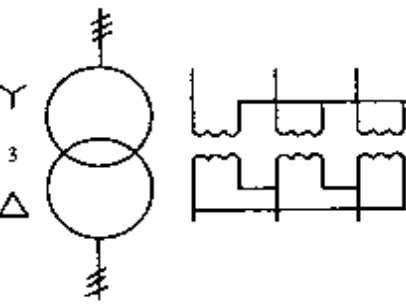
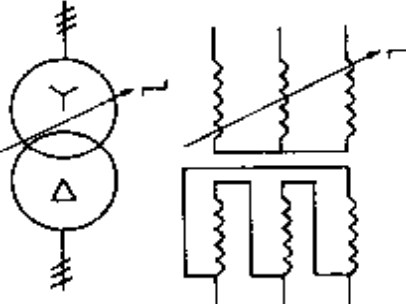
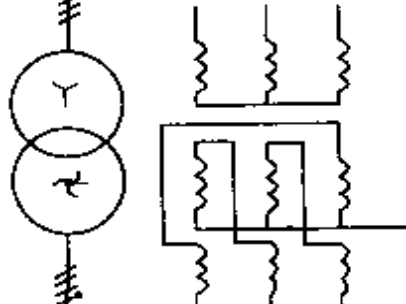
续 表

图 形 符 号	说 明
	<p>双绕组变压器</p> <p>示例: 示出瞬时电压极性标记的双绕组变压器 流入绕组标记端的瞬时电流产生辅助磁通</p>
	<p>三绕组变压器</p>
	<p>自耦变压器</p>
	<p>电抗器、扼流圈</p>
	<p>电流互感器 脉冲变压器</p>

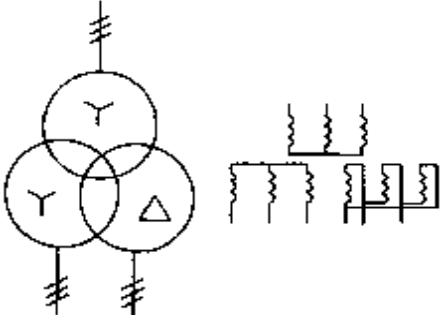
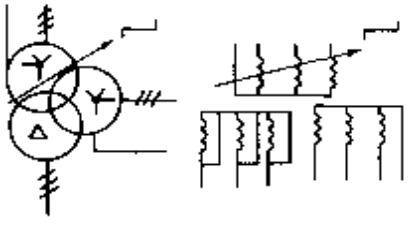
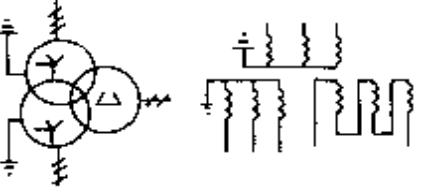
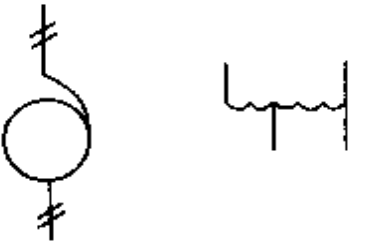
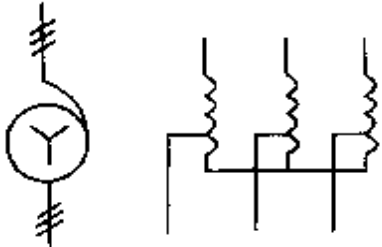
续 表

图 形 符 号	说 明
	<p>绕组间有屏蔽的双绕组 单相变压器</p>
	<p>在一个绕组上有中心点抽头的变压器</p>
	<p>耦合可变的变压器</p>
	<p>三相变压器 星形-三角形联结</p>

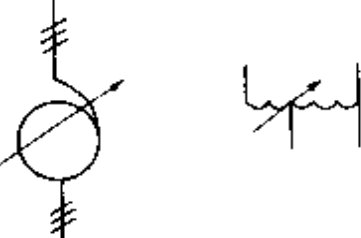
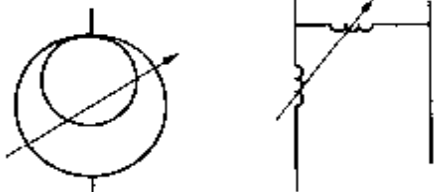
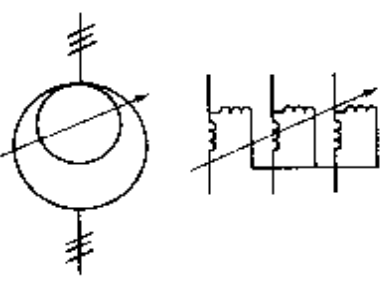
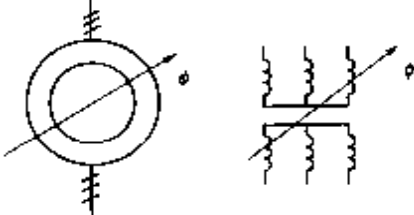
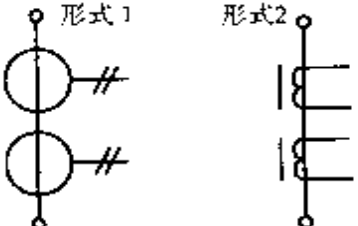
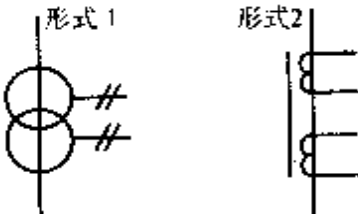
续 表

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>单相变压器组成的三相变压器 星形-三角形连接</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>三相变压器 星形-曲折形连接</p>

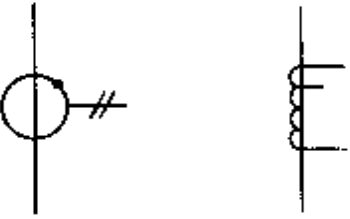
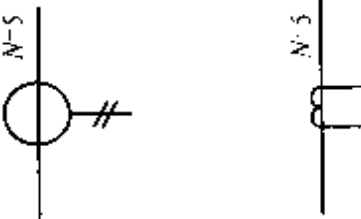
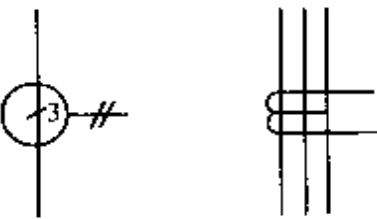
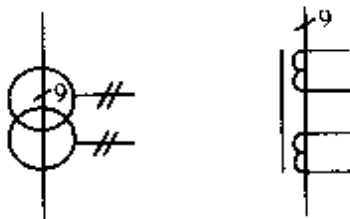

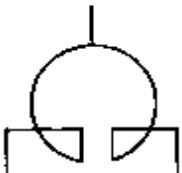

续 表

图 形 符 号	说 明
	<p>三相变压器 星形-星形-三角形连接</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>三相三绕组变压器,两个绕组为有中性点引出线的星形,中性点接地,第三绕组为开口三角形连接</p>
	<p>单相自耦变压器</p>
	<p>三相自耦变压器 星形连接</p>





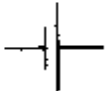

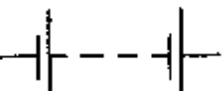



续 表

图 形 符 号	说 明
	可调压的单相自耦变压器
	单相感应调压器
	三相感应调压器
	三相移相器
	<p>具有两个铁心和两个次级绕组的电流互感器</p> <p>注：① 形式 2 中铁心符号可以略去 ② 在初级电路每端示出的接线端子符号表示只画出一个器件</p>
	<p>在一个铁心上具有两个次级绕组的电流互感器</p> <p>注：形式 2 的铁心符号必须示出</p>



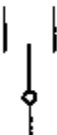



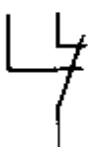

续 表

图 形 符 号	说 明
	<p>次级绕组有三个抽头(包括主抽头)的 电流互感器</p>
	<p>初级绕组为五匝的电流互感器</p>
	<p>具有一个固定绕组和三个穿过绕组的 电流互感器或脉冲变压器</p>
	<p>在同一个铁心上有两个固定绕组并有 九个穿过绕组的电流互感器或脉冲变 压器</p>
	<p>频敏变阻器</p>
	<p>分裂电抗器</p>
	<p>直流变流器</p>







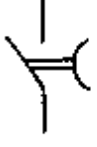
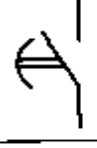
续 表

图 形 符 号	说 明
	整流器
	桥式全波整流器
	逆变器
	整流器/逆变器
	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>形式 1 </p> <p>形式 2 </p>	蓄电池组或原电池组 注：如不会引起混乱，原电池或蓄电池符号也可用以表示电池组，但其电压或电池的类型和数量应标明
	带抽头的原电池组或蓄电池组
<p>形式 1 </p> <p>形式 2 </p>	动合(常开)触点 注：本符号也可以用作开关一般符号







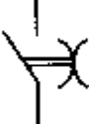
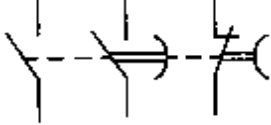


续 表

图 形 符 号	说 明
	动断(常闭)触点
	先断后合的转换触点
	中间断开的双向触点
<p>形式 1</p>  <p>形式 2</p> 	先合后断的转换触点(桥接)
	双动合触点
	双动断触点
	当操作器件被吸合时,暂时闭合的过渡动合触点


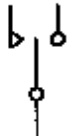
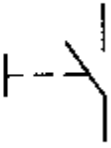
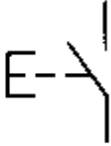
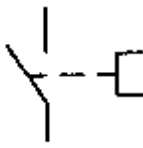
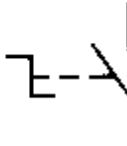


续 表

图 形 符 号	说 明
	当操作器件被释放时,暂时闭合的过渡动合触点
	当操作器件被吸合或释放时,暂时闭合的过渡动合触点
	多触点组中比其他触点提前吸合的动合触点
	多触点组中比其他触点滞后吸合的动合触点
	多触点组中比其他触点滞后释放的动断触点
	多触点组中比其他触点提前释放的动断触点
<p>形式 1 </p> <p>形式 2 </p>	当操作器件被吸合时延时闭合的动合触点

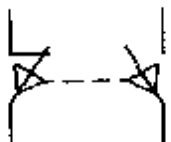
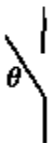
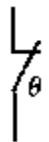
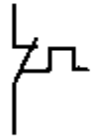
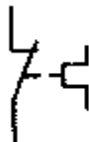



续 表

图 形 符 号	说 明
<p>形式 1 </p> <p>形式 2 </p>	<p>当操作器件被释放时延时断开的动合触点</p>
<p>形式 1 </p> <p>形式 2 </p>	<p>当操作器件被释放时延时闭合的动断触点</p>
<p>形式 1 </p> <p>形式 2 </p>	<p>当操作器件被吸合时延时断开的动断触点</p>
	<p>吸合时延时闭合和释放时延时断开的动合触点</p>
	<p>由一个不延时的动合触点、一个吸合时延时断开的动断触点和一个释放时延时断开的动合触点组成的触点组</p>
	<p>有弹性返回的动合触点</p>
	<p>无弹性返回的动合触点</p>








续 表

图 形 符 号	说 明
	有弹性返回的动断触点
	左边弹性返回,右边无弹性返回的中间断开的双向触点
	手动开关的一般符号
	按钮开关(不闭锁)
	拉拨开关(不闭锁)
	旋钮开关、旋转开关(闭锁)
	位置开关,动合触点 限制开关,动合触点
	位置开关,动断触点 限制开关,动断触点


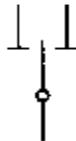


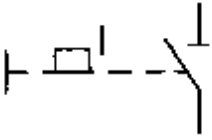



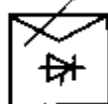
续 表

图 形 符 号	说 明
	对两个独立电路作双向机械操作的位置或限制开关
	热敏开关, 动合触点 注: θ 可用动作温度代替
	热敏开关, 动断触点 注: θ 可用动作温度代替
	热敏自动开关, 动断触点 注: 注意区别此触点和下图所示热继电器的触点 
	具有热元件的气体放电管荧光灯启动器
	惯性开关(突然减速而动作的)
	三端水银开关 三端液位开关


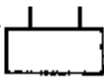
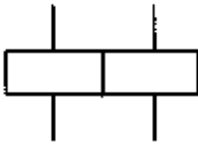
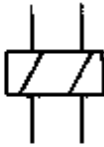



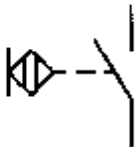
续 表

图 形 符 号	说 明
	四端水银开关 四端液位开关
	多极开关一般符号 单线表示
	多线表示
	接触器(在非动作位置触点断开)
	具有自动释放的接触器
	接触器(在非动作位置触点闭合)
	断路器


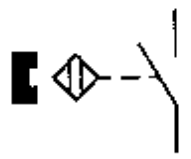
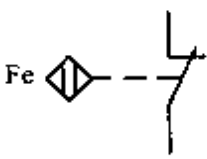


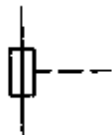


续 表

图 形 符 号	说 明
	隔离开关
	具有中间断开位置的双向隔离开关
	负荷开关(负荷隔离开关)
	具有自动释放的负荷开关
	手工操作带有阻塞器件的隔离开关
	电动机启动器一般符号
	星-三角启动器
	自耦变压器式启动器
	带可控整流器的调节-启动器





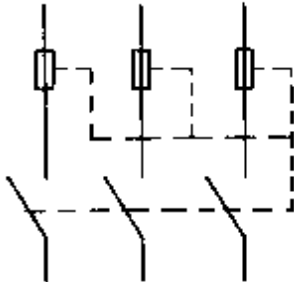


续 表

图 形 符 号	说 明
<p>形式1 </p> <p>形式2 </p>  	<p>操作器件一般符号</p> <p>示例:具有两个绕组的操作器件组合表示法</p>
	<p>测量继电器或有关器件</p> <p>星号 * 必须由表示这个器件参数的一个或多个字母或限定符号按下述顺序代替:</p> <p>特性量及其变化方式、能量流动方向、整定范围、重整定比(复位比)、延时作用、延时值</p>
	<p>接近传感器</p>
	<p>接触传感器</p>
	<p>接触敏感开关动合触点</p>

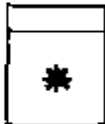




续 表

图 形 符 号	说 明
	接近开关动合触点
	磁铁接近时动作的接近开关,动合触点
	铁接近时动作的接近开关,动断触点
	熔断器一般符号
	供电端由粗线表示的熔断器
	带机械连杆的熔断器(撞击器式熔断器)
	具有报警触点的三端熔断器
	具有独立报警电路的熔断器

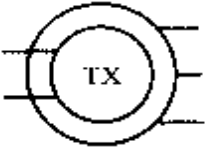


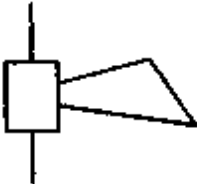


续 表

图 形 符 号	说 明
	跌开式熔断器
	熔断器式开关
	熔断器式隔离开关
	熔断器式负荷开关
	任何一个撞击器式熔断器熔断而自动释放的三相开关
	指示仪表 星号由下列标志之一代替： 被测量单位的文字符号或其倍数、约数 被测量的文字符号 化学分子式 图形符号
	记录仪表 星号意义同上






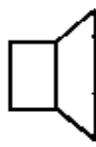
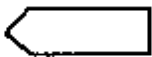
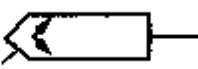

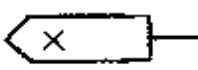
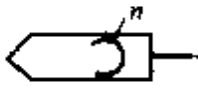

续 表

图 形 符 号	说 明																		
	积算仪表、电能表 星号意义同上																		
形式 1  形式 2 	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																		
	带有非隔离加热元件的热电偶																		
	自整角机一般符号 注: ① 对于特定的自整角机其星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: <table border="0" style="margin-left: 40px;"> <tr> <td style="padding-right: 20px;">第一位字母</td> <td>功能</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 20px;">C</td> <td>控制式</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 20px;">T</td> <td>力矩式</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 20px;">R</td> <td>旋转变压器(解算器)</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 20px;">第二位字母</td> <td>功能</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 20px;">D</td> <td>差动</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 20px;">R</td> <td>接收机</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 20px;">T</td> <td>变压器</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 20px;">X</td> <td>发送机</td> </tr> </table> ② 在有第二位字母 D 的情况下, 其余第二位字母均放在 D 之后成为第三位字母, 例如, CDX, TDR 在符号内, 内圆表示转子, 外圆表示定子或在一定情况下, 表示一个可转的外绕组	第一位字母	功能	C	控制式	T	力矩式	R	旋转变压器(解算器)	第二位字母	功能	D	差动	R	接收机	T	变压器	X	发送机
第一位字母	功能																		
C	控制式																		
T	力矩式																		
R	旋转变压器(解算器)																		
第二位字母	功能																		
D	差动																		
R	接收机																		
T	变压器																		
X	发送机																		

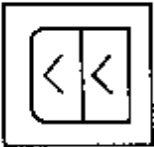
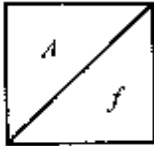
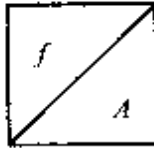


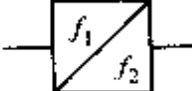
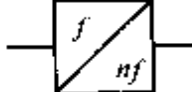
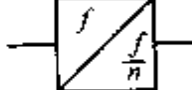

续 表

图 形 符 号	说 明
	力矩式自整角发送机
	灯一般符号 信号灯一般符号
	机电型指示器 信号元件
	电喇叭
	电铃
	蜂鸣器

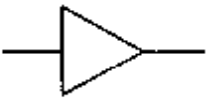
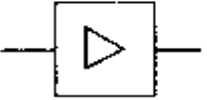
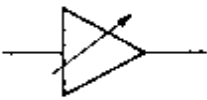
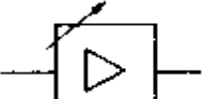
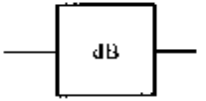
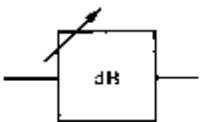
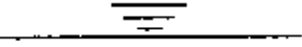
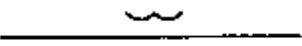

续 表

图 形 符 号	说 明
	永磁式
	动圈式或带式
	动铁式
	传声器一般符号
	受话器一般符号
	扬声器一般符号
	换能头一般符号
	唱针式立体声头
	单音光敏播放(读出、放音)头
	消抹头
 简化形 	n 道磁迹头 注： n 应换成实际磁迹数目，如果 $n=1$ 时可以省略

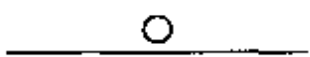
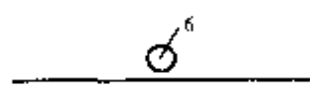
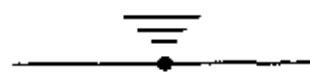

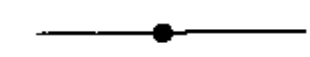

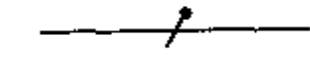
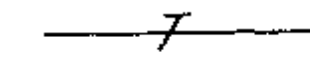
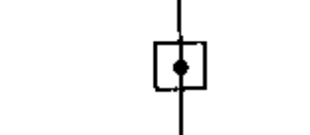
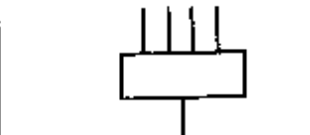
续 表

图 形 符 号	说 明
	线路连接设备
	幅-频变换器
	频-幅变换器
	天线一般符号
	变换器一般符号
	变频器, 频率由 f_1 变到 f_2
	倍频器
	分频器
	脉冲倒相器


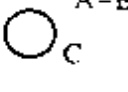





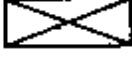

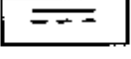
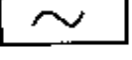
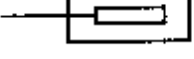
续 表

图 形 符 号	说 明
<p>形式 1 </p> <p>形式 2 </p>	<p>放大器一般符号 中继器一般符号 (示出输入和输出) 注: 三角形指向传输方向</p>
<p>形式 1 </p> <p>形式 2 </p>	<p>可调放大器</p>
	<p>固定衰减器</p>
	<p>可变衰减器</p>
	<p>地下线路</p>
	<p>水下(海底)线路</p>
	<p>架空线路</p>



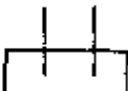








续 表

图 形 符 号	说 明
	管道线路
	示例:6 孔管道的线路
	具有埋入地下连接点的线路
	母线一般符号 当需要区别交直流时: (1) 交流母线 (2) 直流母线
	装在支柱上的封闭式母线
	装在吊钩上的封闭式母线
	中性线
	保护线
	带配线的用户端
	配电中心(示出五根导线管)


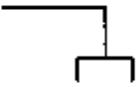



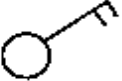
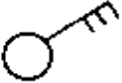

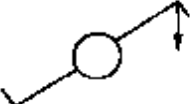
续 表

图 形 符 号	说 明
	连接盒或接线盒
	电杆的一般符号(单杆、中间杆) 注:可加注文字符号表示: A——杆材或所属部门 B——杆长 C——杆号
	单接腿杆(单接杆)
	双接腿杆(品接杆)
	动力或动力-照明配电箱 注:需要时符号内可标示电流种类符号
	信号板、信号箱(屏)
	照明配电箱(屏) 注:需要时允许涂红
	事故照明配电箱(屏)
	多种电源配电箱(屏)
	直流配电盘(屏) 注:若不混淆,直流符号可用符号——
	交流配电盘(屏)
	电阻加热装置


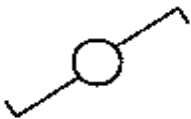


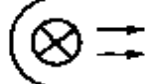

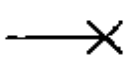
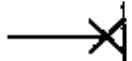

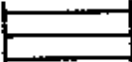
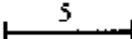
续 表

图 形 符 号	说 明
	电弧炉
	感应加热炉
	电解槽或电镀槽
	直流电焊机
	交流电焊机
	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
   	单相插座 暗装 密闭(防水) 防爆
	带保护接点插座 带接地插孔的单相插座




续 表

图 形 符 号	说 明
	带接地插孔的三相插座
	电信插座的一般符号 注:可用文字或符号加以区别
	带熔断器的插座
	开关一般符号
	单极开关 暗装 密闭(防水) 防爆
	双极开关
	三极开关
	单极拉线开关
	单极双控拉线开关

续 表

图 形 符 号	说 明
	单极限时开关
	双控开关(单极三线)
	具有指示灯的开关
	投光灯一般符号
	聚光灯
	泛光灯
	示出配线的照明引出线位置
	在墙上的照明引出线(示出配线向左边)
	荧光灯一般符号
	三管荧光灯
	五管荧光灯

续 表

图 形 符 号	说 明
	防爆荧光灯
	在专用电路上的事故照明灯
	自带电源的事故照明灯装置(应急灯)

二、电工常用文字符号

电工常用文字符号见表 1-8。

表 1-8 电工常用文字符号

设备、装置和 元器件种类	举 例	基本文字符号	
		单字母	双字母
组 件 部 件	分离元件放大器 激光器 调节器	A	
	本表其他地方未提及的组件、 部件		
	电桥		AB
	晶体管放大器		AD
	集成电路放大器		AJ
	磁放大器		AM
	电子管放大器		AV
	印制电路板		AP
	抽屉柜		AT
	支架盘		AR

续 表

设备、装置和 元器件种类	举 例	基本文字符号	
		单字母	双字母
非电量到电 量变换器或 电量到非电 量变换器	热电传感器 热电池 光电池 测功计 晶体换能器 送话器 拾音器 扬声器 耳机 自整角机 旋转变压器 模拟和多级数字 变换器或传感器 (用作指示和测量)	B	
	压力变换器		BP
	位置变换器		BQ
	旋转变换器 (测速发电机)		BR
	温度变换器		BT
	速度变换器		BV
电容器	电容器	C	
二进制元件 延迟器件 存储器件	数字集成电路和器件: 延迟线 双稳态元件 单稳态元件 磁心存储器 寄存器 磁带记录机 盘式记录机	D	

续 表

设备、装置和 元器件种类	举 例	基本文字符号	
		单字母	双字母
其他元器件	本表其他地方未规定的器件	E	
	发热器件		EH
	照明灯		EL
	空气调节器		EV
保护器件	过电压放电器件避雷器	F	
	具有瞬时动作的限流保护器件		FA
	具有延时动作的限流保护器件		FR
	具有延时和瞬时动作的限流保护器件		FS
	熔断器		FU
	限压保护器件		FV
发生器 发电机 电源	旋转发电机 振荡器	G	
	发生器		GS
	同步发电机		
	异步发电机		GA
	蓄电池		GB
	旋转式或固定式变频器		GF
信号器件	声响指示器	H	HA
	光指示器		HL
	指示灯		HL

续 表

设备、装置和 元器件种类	举 例	基本文字符号	
		单字母	双字母
继电器 接触器	瞬时接触继电器	K	KA
	瞬时有或无继电器		KA
	交流继电器		KA
	闭锁接触继电器(机械闭锁或水 磁铁式有或无继电器)		KL
	双稳态继电器		KL
	接触器		KM
	极化继电器		KP
	簧片继电器		KR
	延时有或无继电器		KT
	逆流继电器		KR
电感器 电抗器	感应线圈 线路陷波器 电抗器 (并联和串联)	L	
电动机	电动机	M	
	同步电动机		MS
	可做发电机或电动机用的电机		MG
	力矩电动机		MT
模拟元件	运算放大器 混合模拟/数字器件	N	

续 表

设备、装置和 元器件种类	举 例	基本文字符号	
		单字母	双字母
测量设备 试验设备	指示器件 记录器件 积算测量器件 信号发生器	P	
	电流表		PA
	(脉冲)计数器		PC
	电度表		PJ
	记录仪器		PS
	时钟、操作时间表		PT
	电压表		PV
电力电路的 开关器件	断路器	Q	QF
	电动机保护开关		QM
	隔离开关		QS
电阻器	电阻器	R	
	变阻器		
	电位器		RP
	测量分路表		RS
	热敏电阻器		RT
	压敏电阻器		RV
控制、记忆、 信号电路的 开关器件选 择器	拨号接触器 连接级	S	
	控制开关		SA

续 表

设备、装置和 元器件种类	举 例	基本文字符号	
		单字母	双字母
控制、记忆、 信号电路的 开关器件选 择器	选择开关	S	SA
	按钮开关		SB
	机电式有或无传感器 (单级数字传感器)		
	液体标高传感器		SL
	压力传感器		SP
	位置传感器(包括接近传感器)		SQ
	转数传感器		SR
	温度传感器		ST
变压器	电流互感器	T	TA
	控制电路电源用变压器		TC
	电力变压器		TM
	磁稳压器		TS
	电压互感器		TV
调制器 变换器	鉴频器	U	
	解调器		
	变频器		
	编码器		
	变流器		
	逆变器		
	整流器		
	电板译码器		

续 表

设备、装置和 元器件种类	举 例	基本文字符号	
		单字母	双字母
电子管 晶体管	气体放电管 二极管 晶体管 晶闸管	V	
	电子管		VE
	控制电路用电源的整流器		VC
传输通道 波导 天线	导线 电缆 母线 波导 波导定向耦合器 偶极天线 抛物天线	W	
端子 插头 插座	连接插头和插座 接线柱 电缆封端和接头 焊接端子板	X	
	连接片		XB
	测试插孔		XJ
	插头		XP
	插座		XS
	端子板		XT
电气操作的 机械器件	气阀	Y	
	电磁铁		YA
	电磁制动器		YB

续 表

设备、装置和 元器件种类	举 例	基本文字符号	
		单字母	双字母
电气操作的 机械器件	电磁离合器	Y	YC
	电磁吸盘		YH
	电动阀		YM
	电磁阀		YV
终端设备 混合变压器 滤波器 均衡器 限幅器	电缆平衡网络 压缩扩展器 晶体滤波器 网络	Z	

电工常用辅助文字符号见表 1-9。

表 1-9 电工常用辅助文字符号

文字符号	名 称	文字符号	名 称	文字符号	名 称
A	电 流	A	模 拟	AC	交 流
A AUT	自 动	ACC	加 速	ADD	附 加
ADJ	可 调	AUX	辅 助	ASY	异 步
B BRK	制 动	BK	黑	BL	蓝
BW	向 后	C	控 制	CW	顺 时 针
CCW	逆 时 针	D	延 时 (延 迟)	D	差 动
D	数 字	D	降	DC	直 流
DEC	减	E	接 地	EM	紧 急

续 表

文字符号	名 称	文字符号	名 称	文字符号	名 称
F	快 速	FB	反 馈	FW	正·向前
GN	绿	H	高	IN	输 入
INC	增	IND	感 应	L	左
L	限 制	L	低	LA	闭 锁
M	主	M	中	M	中间线
M MAN	手 动	N	中性线	OFF	断 开
ON	闭 合	OUT	输 出	P	压 力
P	保 护	PE	保护接地	PEN	保护接地与 中性线共用
PU	不接地保护	R	记 录	R	右
R	反	RD	红	R RST	复 位
RES	备 用	RUN	运 转	S	信 号
ST	启 动	S SET	置位,定位	SAT	饱 和
STE	步 进	STP	停 止	SYN	同 步
T	温 度	T	时 间	TE	无噪声(防 干扰)接地
V	真 空	V	速 度	V	电 压
WH	白	YE	黄		

电工测量仪表常用文字符号见表 1-10。

表 1-10 测量仪表常用文字符号

文字符号	名称	文字符号	名称
A	安培表	Hz	频率表
mA	毫安表	λ	波长表
μA	微安表	$\cos\varphi$	功率因数表
kA	千安表	φ	相位表
Ah	安培小时表	Ω	欧姆表
V	伏特表	M Ω	兆欧表
mV	毫伏表	n	转速表
kV	千伏表	h	小时表
W	瓦特表(功率表)	$\theta(t^\circ)$	温度表(计)
kW	千瓦表	±	极性表
var	乏表(无功功率表)	ΣA	和量仪表(例: 电量和量表)
Wh	瓦时表(电度表)		
varh	乏时表		

第二章 常用电工仪表仪器

第一节 基本知识

一、常用电工仪表仪器的分类

表 2-1 常用电工仪表仪器的分类

分 类 方 法		示 例
测量方法	直 读	电压表、电流表、功率表、电度表、相位表、频率表
	比 较	单(双)臂电桥、电位差计
示值形式	指 示	
	数 字	数字式电压表、电度表
	记 录	
	图 形	示波器
工作原理	见表 2-3	
准确度	见表 2-2	
测量对象	名 称	安培表、微安表、伏特表、毫伏表、瓦特表(功率表)
	种 类	直流仪表、交流仪表、交直流两用仪表
使用方式	固定(安装)	工程、工业上电气控制板上各种电表
	可 携	实验室或工程移动测量用各种电表

续 表

分 类 方 法		示 例
外壳性能	普通、防尘、 防溅、防水、 水密、气密、 隔爆	
防电磁性	I、II、III、 IV等	
使用条件	A、B、C	

二、电工仪表的准确度及误差

表 2-2 仪表准确度等级与允许误差的关系

准确度等级	0.1	0.2	0.5	1.0	1.5	2.5	5.0
允许误差	$\pm 0.1\%$	$\pm 0.2\%$	$\pm 0.5\%$	$\pm 1.0\%$	$\pm 1.5\%$	$\pm 2.5\%$	$\pm 5.0\%$
用 途	标 准		实 验			工 程	

说明：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。

三、常用电工仪表工作原理分类

一些常用的电工仪表结构形式、工作原理及其应用见表 2-3。

一些常用电工仪表的结构简图见图 2-1。

表 2-3 常用电工仪表结构形式、工作原理及其应用

形式	结构	工作原理	工作电流	测量范围			应用
				电流(A)	电压(V)	频率(Hz)	
磁电式 (动圈式)	见图 2-1 (a)	当可动线圈中有被测电流通过时,线圈与永久磁铁的磁场相互作用产生力矩,通过轴带动指针偏转,与弹簧的反作用力矩平衡时,指针所指的位置即为指示值	直流	$10^{-7} \sim 10^2$	$10^{-3} \sim 10^3$		标准直流电表 与各种变换器配合,可制成电流表、电压表、欧姆表、功率表、兆欧表、检流计
电磁式	见图 2-1 (b)	当固定线圈中有被测电流通过时,定铁片和动铁片同时被磁化,并呈同一极性,因同性相斥,动铁片通过轴带动指针偏转,与弹簧反作用力矩平衡时,指针所指的位置即为指示值	交流	$10^{-3} \sim 10^2$	$1 \sim 10^4$	一般用于工频、可扩频到 5kHz、可测非正弦	开关板式及一般实验室用交流电表 可制成电流表、电压表、频率表、功率因数表、钳形表、同步表
电动式	见图 2-1 (c)	当固定线圈和可动线圈通有电流时,因载流导体间的相互作用力使可动线圈偏转,与弹簧反作用力矩平衡时,指针所指的位置即为指示值	交流	$10^{-1} \sim 10^2$	$1 \sim 10^3$	一般用于工频、有的可达 10kHz	标准交流电表、实验室用电表 可制成电流表、电压表、功率表、功率因数表、同步表

续表

形式	结构	工作原理	工作电流	测量范围			应用
				电流(A)	电压(V)	频率(Hz)	
铁磁电 动式	见图 2-1 (d)	基本上同电动式,只是固定线圈 绕在铁心上(励磁线圈)	直流	$10^{-7} \sim 10^2$	$10^{-1} \sim 10^3$	一般 用于工 频	开关板式电表 可制成电流表、 电压表、功率表、 功率因数表、频 率表
感应式	见图 2-1 (e)	当线圈中通有交流电流时,在气 隙中产生交变磁场,铝盘被感应产生 涡流,与交变磁场作用而转动。 制动磁铁与转动铝盘相互作用产生 制动力矩,当两力矩大小相等方向 相反时转速达到平衡	交流	$10^{-1} \sim 10^2$	$10 \sim 10^3$	用于 工频	计算交流电路 中的电能 主要制成电 度表
整流式		磁电式与整流器组合	交流	$10^{-5} \sim 10^2$	$10^{-3} \sim 10^3$	一般 用于工 频,有 的可达 5kHz	万用表、电流 表、电压表、欧姆 表、功率因数表、 频率表

续 表

形式	结构	工作原理	工作电流	测量范围			应用
				电流(A)	电压(V)	频率(Hz)	
热电式		磁电式与热电偶器件组合	交流	10^{-3} ~ 10^2	10 ~ 10^3	小于 10^3	在高频线路中应用,可制成电流表、电压表、功率表
电子式		磁电式与电子元件组合	交直流		5×10^{-3} ~ 5×10^2	$10^6 \sim 10^8$	在弱电路中应用,可制成电压表、阻抗表
静电式		由一个活动部件和一个固定部件组成,它们分别获得电荷而相斥或相吸,产生转动力矩,使活动部分转动	交直流		10 ~ 5×10^6	可达 10^8	精密测量或高压测量电压表、象限计
流比计 (比率计)	见图 2-1 (f)	磁电式或电动式的同一根轴上装 有两只交叉的线圈,通过电流时两 线圈所受的作用力矩相反,偏转的 大小决定于两个线圈中流过的电流 的比值					可制成兆欧 表、相位表、频率 表、同步表

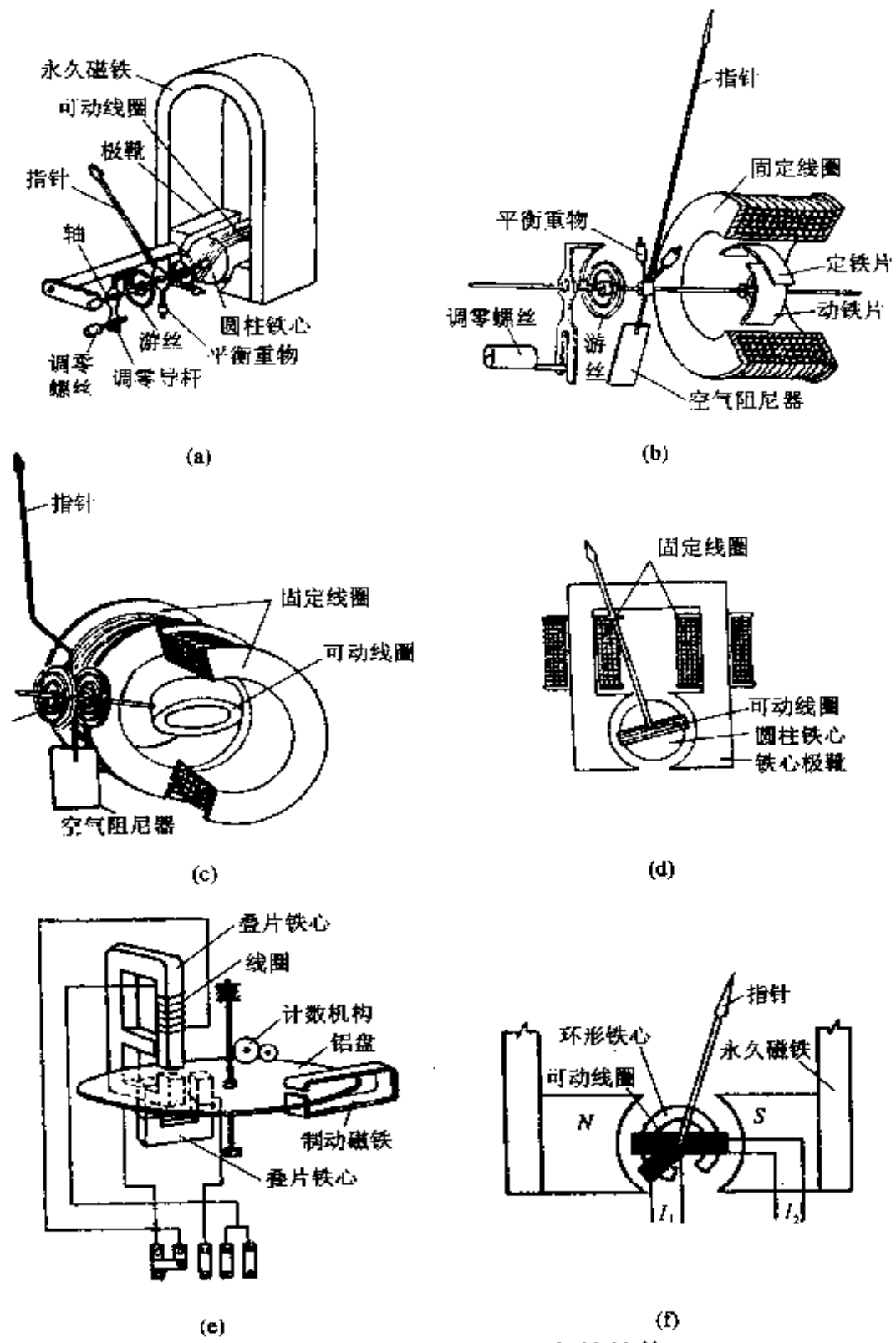













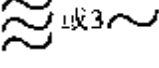



















图 2-1 几类电工仪表的结构

四、电工仪表面板上的符号及其意义

表 2-4 电工仪表面板上的符号及其意义

类别	图形符号	说 明	类别	图形符号	说 明
结构形式(作用原理)		磁电式	准确度等级	1.5	以标度尺量限的百分数表示的准确度等级,例如 1.5 级
		电磁式			以标度尺长度百分数表示的准确度等级,例如 1.5 级
		电动式			以指示值的百分数表示的准确度等级,例如 1.5 级
		铁磁电动式		测量对象	
		静电式			电能表(电度表)
		感应式	电流种类	—	直流
		振簧式		~	交流
		热电式		\mathcal{R}	交直流
		整流式			三相交流
		电子式		\sim_{50}	交流,频率 50 Hz

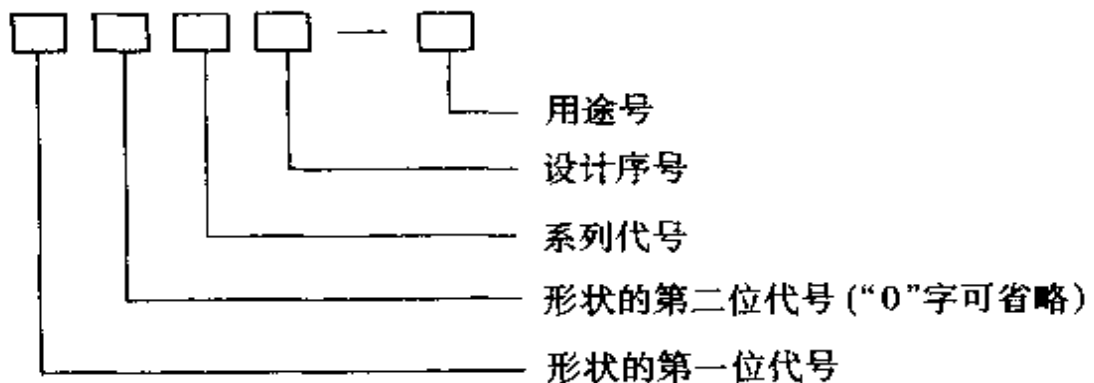
续 表

类别	图形符号	说 明	类别	图形符号	说 明
工作位置		标度尺位置为垂直的	防御能力		I 级防外界磁场
		标度尺位置为水平的			II 级防外界磁场
		标度尺位置与水平面倾斜成一角度, 例如 60°			III 级防外界磁场
		仪表垂直放置			IV 级防外界磁场
		仪表水平放置			防外界电场, * 为 I、II、III、IV 分别表示 I 级、II 级、III 级、IV 级
	绝缘试验			不进行绝缘强度试验	使用条件
		绝缘强度试验电压为 500 V		工作环境温度 -20 ~ 50℃, 相对湿度 85% 以下	
		绝缘强度试验电压为 2 kV		工作环境温度 -40 ~ 60℃, 相对湿度 98% 以下	
		耐压 2 kV			

五、常用电工指示仪表型号表示法

1. 开关板式(安装式)仪表型号表示法

开关板式仪表型号意义如下：



开关板式仪表型号中形状的第一位和第二位代号见表 2-6。
开关板式仪表型号中系列代号见表 2-5。

表 2-5 仪表系列代号

代 号	B	C	D	E	G	L
系 列	谐 振 (振簧)	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

开关板式仪表型号中用途号见表 1-10。

2. 可携式(实验室)仪表型号表示法

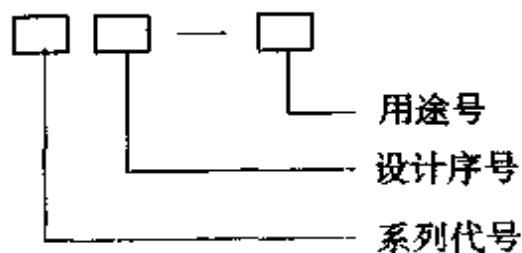
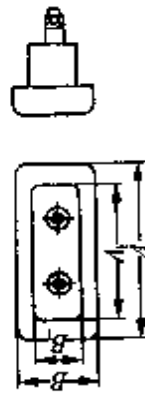


表 2-6 开关板式仪表形状特征代号

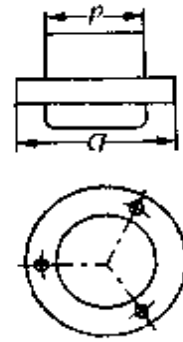
形状第一位代号		形状第二位代号(外壳形状尺寸特征)									
代号	面板最大尺寸(mm)	0	1	2	3	5	6	9			
1	150~200	160×160 -150 Ⅲ	185×185 -120 Ⅰ				160×160 -150×70 Ⅳ		其他		
		I型(A×A-D)									
		2	200~400	220×220 -210 Ⅲ						其他	
II型(A×B-D)											
4	100~120	110×110 -100 Ⅲ	110×110 -100 Ⅰ		110×85 -60 Ⅱ				其他		
III型(A×A-B)											
5	120~150	135×135 -120 Ⅰ	135×110 -80 Ⅱ	130×105 -70 Ⅱ					其他		

续 表

形状第一位代号		形状第二位代号(外壳形状尺寸特征)								
代号	面板最大尺寸(mm)	0	1	2	3	5	6	9		
6	80~100	85×65 -40 II		85×85 -80 I		85-70 V	100-80 V			其他
8	50~80			65×65 -60 I		80-65 V				其他
9	50及其以下	30×30 -25 I	45×45 -40 I							其他



IV型(A×B-A₁×B₁)



V型(D-d)

可携式仪表型号中系列代号见表 2-5。

可携式仪表型号中用途号见表 1-10。

第二节 常用电工仪表的型号及规格

一、部分常用电流表、电压表的型号及规格

表 2-7 部分常用电流表、电压表的型号及规格

型号	系列	级别	测量对象	测量范围	
				电流表	电压表
1C2— $\frac{A}{V}$	磁电	1.5	直流	1~500 mA 1~750 A 1~10 000 A (75 A 以上外附分流器)	3~600 V 1~3 kV (1 kV 以上外附电阻器)
44C2— $\frac{A}{V}$ 59C2— $\frac{A}{V}$	磁电	1.5	直流	50~500 μ A 1~500 mA 1~750 A 1kA、1.5 kA (15 A 以上外附分流器)	1~750 V 1kV、1.5 kV (750 V 以上外附电阻器)
63C3— $\frac{A}{V}$ 84C2— $\frac{A}{V}$	磁电	1.5 2.5	直流	1~500 mA 1~750 A 1~1.5 kA (15 A 以上外附分流器)	3~750 V 1~1.5 kV (750 V 以上外附电阻器)

续 表

型号	系列	级别	测量对象	测量范围	
				电流表	电压表
1KC— $\frac{A}{V}$ (可控)	磁电	2.5	直流	1~500 A (20 A 以上外附分流器; 单向表配 150 mV 外附分流器, 双向表配 75 mV 外附分流器)	0~250 V 20~240 V(无零位)
C21— $\frac{A}{V}$	磁电	0.5	直流	25~1 000 μ A(有双向) 3~500 mA	45~3 000 mV 1.5~600 V
C32— $\frac{A}{V}$	磁电	0.5	直流	50~1 000 μ A 1.5~1 000 mA 2.5~10 A	45~1 000 mV 1.5~750 V
1T1— $\frac{A}{V}$	电磁	2.5	交流	0.5~200 A 5~100 000 A(配用次级电流 5A 电流互感器)	15~600 V 380~380 000 V(配用次级电压 100 V 电压互感器)
59T4— $\frac{A}{V}$	电磁	1.5	交流	50~500 mA 1~50 A 10~1 500 A(配用电流互感器)	30~460 V
62T51— $\frac{A}{V}$	电磁	2.5	交流	100~500 mA 1~50 A 10~1 500 A(配用电流互感器)	30~450 V 460 V(带专用外附电阻)

续 表

型号	系列	级别	测量对象	测量范围	
				电流表	电压表
44L1— $\frac{A}{V}$	整流	1.5	交流	0.5~20 A 5~750 A、1~10 kA(配用次级电流 5A 电流互感器)	10~450 V 450~600 V、8~460 kV(配用次级电压 100 V 的电压互感器)
16L1— $\frac{A}{V}$ 46L1— $\frac{A}{V}$	整流	1.5	交流	0.5~50 A 5~750 A、1~8 kA(配用电流互感器)	15~600 V 3~460 kV(配用电压互感器)
1D7— $\frac{A}{V}$ 41D4— $\frac{A}{V}$	电动	1.5	交直流	0.5~50 A 5~750 A、1~10 kA(配用电流互感器)	15~600 V 3~460 kV(配用电压互感器)
13D1— $\frac{A}{V}$	电动	2.5	交直流	5~50 A 10~400 A、1~6 kA(配用次级电流 5 A 电流互感器)	30~450 V 3.6~42 kV(配用次级电压 100 V 电压互感器)
63L1—A	整流	2.5	交流	可依 44L1—A 量限过载 6 倍(30 A~10 kA 配用电流互感器)	
T19	电磁	0.5	交直流	10~500 mA 0.5~10 A	7.5~600 V
D26	电动	0.5	交直流	150~500 mA 0.5~20 A	75~600 V

续 表

型号	系列	级别	测量对象	测量范围	
				电流表	电压表
D9— $\frac{A}{V}$	电动	0.5	50~90 Hz 交直流	25~500 mA 1~10 A	50~450 V
D38— $\frac{A}{V}$	电动	0.5	5 000~8 000 Hz 电路	500 mA 1~10 A	100~300 V
62C9—A	磁电	2.5 5.0	50 Hz~7.5 MHz 交流	500 mA, 1~10 A (配用 FH ₁ 热电变换器) 15~50 A (配用 FH ₂ 热电交换器)	
1D8—V (双指针)	电动	2.5	交直流		额定电压 120 V、250 V

二、部分常用功率表的型号及规格

表 2-8 部分常用有功和无功功率表的型号及规格

型号	系列	级别	测量对象	额定电流 (A)	额定电压 (V)	备注
1D1— $\frac{W}{VIR}$	电动	2.5	交直流	5	100、127、220	可配用电压、电流互感器扩大量程
1D6— $\frac{W}{VIR}$	电动	2.5	交直流	5	127、220	
1D6— $\frac{W}{VIR}$ 41D3—W	电动	2.5	交直流	5	100、220、380	220V、380V 外附电阻器

续 表

型 号	系列	级别	测量对象	额定电流 (A)	额定电压 (V)	备 注
19D1— $\frac{W}{VIR}$	电动	2.5	交直流	5	127、220、380	
D33—W	电动	1	交流	0.5、1、2、2.5、5、10	75/150/300、100/200/400、150/300/600	
D26—W (单相)	电动	0.5	交直流	0.5/1、1/2、2.5/5、5/10、10/20	75/150/300、125/250/500、150/300/600	
D34—W (低功率因数单相)	电动	0.5	交直流	0.25/0.5、0.5/1、1/2、2.5/5、5/10	25/50/100、50/100/200、75/150/300、150/300/600	
D9—W (中频)	电动	0.5	50~1500Hz 交流、直流	0.15/0.3、0.5/1、2.5/5、5/10	150/300	
D38—W (高频)	电动	0.5	5000~8000Hz 交流	5	100	
12L1—W (单相)	整流	2.5	交流	5	50、100、220	外附功率变换器
				5~10 000	220~220 000	
59L4— $\frac{W}{VIR}$	整流	2.5	交流	5	127、220、380	外附功率变换器
				5~10 000	380~380 000	

三、部分常用功率因数表的型号及规格

表 2-9 部分常用功率因数表的型号及规格

型 号	系 列	级 别	测 量 范 围	额 定 电 流 (A)	额 定 电 压 (V)	备 注
1D1-cos φ 1D5-cos φ 19D1-cos φ	电动	2.5	0.5~1 ~0.5	5	100、110、 127、220	当电流、 电压超限 时可配用 电流、电压 互感器
46L1-cos φ 16L1-cos φ	整流	2.5	0.5~1 ~0.5	5	单相: 100、 220 三相: 100、 380	
13T1-cos φ	电磁	2.5	0~1~0	5	127、220、 380/100、 380/127	
1T8-cos φ 41T3-cos φ	电磁	2.5	0.5~0~ 1~0~ 0.5	5	100	外附电阻器

四、部分常用频率表的型号及规格

表 2-10 部分常用频率表的型号及规格

型 号	系 列	级 别	测 量 范 围 (Hz)	额 定 电 压 (V)	备 注
1D1-Hz	铁磁电动 流比计	1.0	45~55、55~65	50、100、127、 220、380	
19D1-Hz	铁磁电动 流比计	0.5	45~50~55、55 ~60~65、180 ~200~220、450 ~500~550	100、127、220、 380	

续 表

型 号	系 列	级 别	测 量 范 围 (Hz)	额 定 电 压 (V)	备 注
59L2-Hz	半 导 体 整 流	5.0	45~55、 55~65	50、100、 220、380	外 附 频 率 变 换 器
16L1-Hz 46L1-Hz	半 导 体 整 流	5.0	45~55、55~ 65、350~450、 450~550	50、100、 220、380	
1D6-Hz 41D3-Hz	铁 磁 电 动 流 比 计	5.0	45~55、 55~65	100、220	广 角，外 附 阻 抗 器
63L1-Hz	半 导 体 整 流	5.0	45~55、 55~65	50、100、 127、220	广 角

五、部分常用电能表的型号及规格

表 2-11 部分常用电能表的型号及规格

型 号	名 称	级 别	额 定 电 流 (A)	额 定 电 压 (V)	备 注
DJ1	直 流 电 能 表	2.0	5、10、20、30、 50、75、100、 125、150、300	6、12、48、 110、220、 600	可 配 用 分 流 器、分 压 器 或 附 加 电 阻 扩 大 量 程
DD1	单 相 电 度 表	2.5	2.5、5、10	110、127、 220	另 有 DD6、 DD10、DD14、 DD15、DD16、 DD17 等 可 配 用 电 流 或 电 压 互 感 器 扩 大 量 程
DD6		2	3、5、10、25、 50、100	110、220	

续 表

型 号	名 称	级 别	额 定 电 流 (A)	额 定 电 压 (V)	备 注
DS1	三相三线 有功电 能表	2.5	5、10、20	220、380	另有 ST-3、 D51、D54、D55、 JNP-1 等 可配用电流或 电压互感器扩大 量程
DS2		2.0	5、10、20	100、380	
DT1	三相四线 有功电 能表	2.0	5、10、15	220/127、 380/220	另有 JNP-3 等 可配用电流或电 压互感器扩大 量程
DT2				208/120、 380/220	
DX1 DX2	三相三线 无功电 能表	2.5	5、10、20	100、220、 380	可配用电流或 电压互感器扩大 量程

注：电能表又叫电度表，也叫瓦时表。

六、部分常用钳形表的型号及规格

表 2-12 部分常用钳形表的型号及规格

型 号	系 列	级 别	测 量 对 象	测 量 范 围	
				电 流 (A)	电 压 (V)
MG20	电磁	5.0	交直流 电 流	0~100、0~200、 0~300、0~500、 0~600	
MG21	电磁	5.0	交直流 电 流	0~750、0~ 1000、0~1500	

续 表

型号	系列	级别	测量对象	测量范围	
				电流(A)	电压(V)
MG24	整流	2.5	交流电 流电压	0~5~25~50	0~300~600
				0~5~50~250	0~300~600
T301	整流	2.5	交流电 流	0~10~25~100 ~250 0~10~25~100 ~300~600 0~10~30~100 ~300~1000	
T302	整流	2.5	交流电 流电压	0~10~50~250 ~1000	0~250~500 或 0~300~600
MG31	整流	2.5	交流电 流、电压 以及直 流电阻	0~5~25~50 0~50~125~250	0~450
				直流电阻(Ω) 0~50000	

七、部分常用兆欧表的型号及规格

表 2-13 部分常用兆欧表的型号及规格

型 号	级 别	额定输出电压 (V)	测量范围 ($M\Omega$)	最小分度 ($M\Omega$)
0101	1.0	100	0~100	
2525	1.0	250	0~250	
5050	1.0	500	0~500	
1010	1.0	1000	0~1000	

续 表

型 号	级 别	额定输出电压 (V)	测量范围 (M Ω)	最小分度 (M Ω)
ZC11—1	1.0	100	0~500	0.05
ZC11—2	1.0	250	0~1 000	0.1
ZC11—3	1.0	500	0~2 000	0.2
ZC11—4	1.0	1 000	0~5 000	1
ZC11—5	1.5	2 500	0~10 000	1
ZC11—6	1.0	100	0~20	0.01
ZC11—7	1.0	250	0~50	
ZC11—8	1.0	500	0~100	0.05
ZC11—9	1.0	50	0~200	
ZC11—10	1.5	2 500	0~2 500	
ZC25—1	1.0	100	0~100	0.05
ZC25—2	1.0	250	0~250	0.1
ZC25—3	1.0	500	0~500	0.1
ZC25—4	1.0	1 000	0~1 000	0.2
ZC40—1	1.0	50	0~100	
ZC40—2	1.0	100	0~200	
ZC40—3	1.0	250	0~500	
ZC40—4	1.0	500	0~1 000	
ZC40—5	1.0	1 000	0~2 000	
ZC40—6	1.5	2 500	0~5 000	

表 2-14 部分常用晶体管式兆欧表的型号及规格

型 号	额定(输出) 电压(V)	测量范围		误差	备 注
		电阻(MΩ)	电流(A)		
ZC30--1	2 500	0~20 000		1.5	磁电式双动圈流 比计指示
ZC30--2	5 000	0~50 000			
ZC36 型 超高阻计	10、100、 250、500、 1 000	1~10 ¹¹ 共分八挡	10 ⁻⁵ ~ 10 ⁻¹⁴ 共分八挡	5	电 流 极 性 “+” 或“-”
ZC43 型 超高阻计	10、100、 250、500、 1 000	1~10 ¹¹ 共分八挡	10 ⁻⁵ ~ 10 ⁻¹⁴ 共分八挡	10	电 流 极 性 “+” 或“-”
ZC42--1 ZC42--2 ZC42--3	100、250 250、500 500、1 000	0~100~ 200 0~200~ 500 0~500~ 1 000		1.5	用作电视机、电风 扇、电冰箱、洗衣机 等家用电器的绝缘 测量
ZC44--1 ZC44--2 ZC44--3 ZC44--4	50 100 250 500	0~50 0~100 0~200 0~500		1.5	体积小、重量轻

八、部分常用电桥的型号及规格

表 2-15 部分常用电桥的型号及规格

型号名称	级别	测量范围	备 注
QJ23 携带式直流单臂电桥	0.2	电阻(Ω):1~999 900	
QJ42 携带式直流双臂电桥	2	电阻(Ω):10 ⁻⁴ ~11	

续 表

型号名称	级别	测量范围	备 注
QJ38 高阻电桥	0.05	电阻(Ω): $10^5 \sim 10^{10}$	可测量高电阻、绝缘电阻及微电流
QJ35 变压比电桥	0.2	变比:1.02~111.12	可直接测定变压器变比
QJ45 携带式线路故障测试仪	0.1	电阻:1~1111000	可检测电缆或架空线的接地、混线、断线等故障
QS18 A 万用电桥		电阻(Ω): $10^{-2} \sim 11 \times 10^6$ 电容(μF): $0.5 \times 10^{-6} \sim 1100$ 电感(H): $0.5 \times 10^{-6} \sim 110$	可测定线圈的品质因数、电容的损耗因数等

九、部分常用万用表的型号及规格

表 2-16 部分常用万用表的型号及规格

型 号	测 量 范 围		等级	备 注
500 型	直流电压(V)	0~2.5~10~50~250	2.5	20 000 Ω/V
		0~2 500	4.0	4 000 Ω/V
	交流电压(V)	0~10~50~250~500	4.0	4 000 Ω/V
		0~2 500	5.0	4 000 Ω/V
	直流电流(mA)	0~0.05~1~10~100~500	2.5	
电阻(k Ω)	0~2~20~200~2 000~20 000	2.5 V		
音频电平(dB)	-10~+22	5.0		

续 表

型 号	测 量 范 围		等 级	备 注
MF10	直流电压(V)	0~0.5~1~2.5~10~50 ~100 0~250~500	2.5	10 000 Ω/V 2 000 Ω/V
	交流电压(V)	0~10~50~250~500	4.0	2 000 Ω/V
	直流电流(mA)	0.01~0.05~0.1~1~ 10~100~1 000	2.5	
	电 阻(k Ω)	0~2~20~200~2 000 ~20 000	2.5 V	
	音频电平	-10~+22		
MF12	直流电压(V)	0.075~3~7.5~15~ 30~150~300~600	1.5	外附 FL31 型分流器及 HL27 型互 感器
	交流电压(V)	0~3~7.5 0~15~ 30~150~300~600	2.5	
	直流电流(mA)	0~0.05~0.15~0.6~ 3~15~60~300~1 500	1.5	
	交流电流(mA)	0~3~15~60~300~ 1 500	2.5	
	电阻(k Ω)	0~20~200~2 000~ 20 000	1.5 V	
	电容(μF)	0.005~20	2.5	
	音频电平	-10~+22	2.5	
MF35	直流电压(V)	0~0.075 0~1~2.5~10~25~100 ~250~500~1 000	1.5 1.0	备有 0.1~ 10 Ω 低电阻 量程
	交流电压(V)	0~2.5 0~10~50~250~500~ 1 000	2.5 1.5	
	直流电流(mA)	0~0.05~0.25~1~ 5~25~100~1 000~ 5 000	1.0	
	交流电流(mA)	0~2.5 0~25~250~1 000~ 5 000	2.5	

续 表

型 号	测 量 范 围		等 级	备 注
MF45	直流电压(V)	0~0.25~1~5~25~ 50~250~500	2.5	电 流 各 挡 压 降 250 mV, 电 压 各 挡 输 入 阻 抗 2 MΩ
	交流电压(V)	0~0.25~1~5~25~ 50~250~500	5.0	
	直流电流(mA)	0~0.001~0.005~ 0.025~0.1~0.25~1 ~5~25~50~250~ 500	2.5	
	交流电流(mA)	0~0.001~0.005~ 0.025~0.1~0.25~1 ~5~25~50~250~ 500	5.0	
MF60	直流电压(V)	0~0.05~0.1~ 0.25~1	2.5	1 MΩ/120 pF
		0~5~25~100~ 250~500		10 MΩ/15 pF
	交流电压(V)	0~0.01~0.05~ 0.1~0.25~1	5.0	1 MΩ/120 pF
		0~5~25~100~ 250~500		10 MΩ/15 pF
	直流电流(mA)	0~0.001~0.01~0.05~ 0.1~0.25~1~5~25~ 100~250~500	2.5	50 mV
	交流电流(mA)	0~0.001~0.01~0.05~ 0.1~0.25~1~5~25~ 100~250~500	5.0	50 mV
	电阻(kΩ)	0~2~20~200~2 000~ 20 000~200 000	2.5 V	

续 表

型 号	测 量 范 围		等 级	备 注
MF63	直流电压(V)	0~0.05~0.5~2.5~12.5 ~50~125~500~1 000	2.5	
	交流电压(V)	0~0.1~1~5~25~ 100~250~1 000	5.0	
	直流电流(mA)	0~0.005~0.05~0.1 ~0.25~1~2.5~5~ 50~500~2 500	2.5	
	交流电流(mA)	0~0.01~0.1~0.2~ 0.5~2.5~10~100~ 1 000~5 000	5.0	
	电 阻(kΩ)	0~2~20~200~2 000 ~20 000	2.5 V	
	电 容(μF)	0~0.000 4, 0~0.02		
	晶体管直流放大系数	0~300		
DT— 890C	直流电压(V)	0~0.2~2~20~200~ 1 000		
	交流电压(V)	0~0.2~2~20~200~ 1 000		
	直流电流(mA)	0~0.2~2~20~200~ 2 000~10 000		
	交流电流(mA)	0~0.2~2~20~200~ 2 000~10 000		
	电 阻(kΩ)	0~0.2~2~20~200~ 2 000~20 000		
	电 容(μF)	0~0.000 2~2~20		
	温 度(°C)	-20~1 370		
	电 导(nS)	0~200		
	二极管测试			测试电压:2.8 V 最大测试电流:3 mA
	三极管测试(h_{FE})	0~1 000		测试状态: 10 μA, 2.8 V
	通断测试	<200 Ω 发出蜂鸣声 响应时间 100 ms 以下		

第三节 电工常用电子仪器

一、信号发生器

信号发生器是可产生各种频率、波形、幅度的信号源,常用于电子设备的检修、调试等。

表 2-17 部分常用信号发生器型号及规格

型号类型	主要特性	电源	备注
XD-22 低频	<p>频率范围: 1 Hz~1 MHz 6 波段</p> <p>频率误差: 1~5 波段 $< \pm(1.5\%f + 1 \text{ Hz})$ 6 波段 $< \pm 2\%f$</p> <p>输出信号:正弦波 幅度 $\geq 6 \text{ V}$ 频响 $< \pm 1 \text{ dB}$</p> <p>失真度 (10 Hz~200 kHz) $< 0.1\%$</p> <p>电压表误差(满刻度) $< \pm 5\%$</p> <p>输出阻抗: $600 \Omega \pm 10\%$</p>	<p>220 V $\pm 10\%$ 50 $\pm 2 \text{ Hz}$</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 外壳要良好接地 2. 先将“输出微调”旋至最小处,再接通电源开机 3. 负载的阻抗和仪器输出阻抗匹配 4. 信号电缆长度以 1 m $\pm 10\%$ 为宜

续 表

型号类型	主要特性	电 源	备 注
XC-1A 音频	频率范围： 20 Hz~20 kHz 3 波段 频率误差 $\leq \pm 2\% f + 1 \text{ Hz}$ 电压输出 0~5 V 时，失真度 $< 5\%$ 输出端内阻可调： 最大为 8.2 k Ω 功率输出：5 W 失真度 $< 1\%$ 输出阻抗(3 挡)： 50 Ω 、500 Ω 、5 k Ω	110/200 V 50 Hz 250 W	同上
XFG-7 高频	频率范围：0.1~30MHz 8 波段 频率误差 $\pm 1\%$ 输出电压：0~1 V 终端输出： 在“1”端时，输出阻抗 40 Ω 1~10 ⁵ μV 在“0.1”端时，输出阻抗 8 Ω 0.1~10 ⁴ μV 调制频率： 内调制：400 Hz、1 000 Hz 外调制：当载波频率为 100~400 kHz 时，用 50~4 000 Hz；当载波频率为其他频率时，用 50~8 000 Hz 调幅度：0~100%	110/200 V $\pm 10\%$ 50 Hz 60 VA	1. 仪器应良好接地 2. 开机前应将各旋钮置于起始位置 3. 调节“V”表和“M%”表机械调零钮，使指针指零 4. 接通电源后应预热 5min；精确测量时应预热 30 min；“波段”开关置于任两挡之间，将“V”表进行电气调零

续 表

型号类型	主要特性	电 源	备 注
YB1631 功率函数	频率范围: 1 Hz~100 kHz (配合占空比调节, 下限 可达 0.1Hz) 频率误差: $\pm 1\% f \pm 1 \text{ Hz}$ 输出波形: 方波、正弦波、三 角波、锯齿波、矩形波 正弦波频率范围: 1 Hz~100 kHz 其余波频率范围: 1 Hz~10 kHz 正弦失真: 2%, $f < 20 \text{ kHz}$ 3%, $f > 20 \text{ kHz}$ 幅度频率响应: $\leq 0.3 \text{ dB}$, 1 Hz~20 kHz $\leq 0.5 \text{ dB}$, 20 kHz~ 100 kHz 功率输出: 30 V/2 A, 50 V/1 A 信号幅度: 30 V, 50 V 占空比: 0.1~0.9	220 V 50 Hz	

二、电子电压表

电子电压表有模拟式和数字式两种。模拟式电子电压表由磁电系指示仪表、检波器、放大器和电源四部分组成。根据交流/直流变换顺序, 常用电子电压表有放大-检波式和检波-放大式两类。

表 2 - 18 部分常用电子电压表的型号及规格

型号	GB-9B	JB-1B	DYC-5	HFJ-8
名称	电子管毫伏表	晶体管电压表	超高频电子管电压表	超高频晶体管毫伏表
类型	放大-检波式	放大-检波式	检波-放大式	检波-放大式
测量范围	电压(10挡): 1 mV ~ 300 V 电平: -52 ~ +52 dB	电压(11挡): 50 μ V ~ 316 V	交流电压(5挡): 0.1 ~ 100 V 直流电压(7挡): 0.1 ~ 1 000 V 直流电阻: 0.2 Ω ~ 1 000 M Ω	电压(7挡): 3 mV ~ 3 V 使用附加分压器: 3 V、10 V、30 V、300 V
测量误差	50 Hz 为基准时, $\pm 2.5\%$	在 2 ~ 500 Hz 内, $\pm 2.5\%$	交流电压: 200 MHz 以下时, $\pm 5\%$ 200 ~ 300 MHz 时, $\pm 10\%$ 直流电压: $\pm 2.5\%$ 直流电阻: $\pm 1.5\%$	3 mV 和 10 mV 挡时, $\pm 10\%$ 其余各挡时, $\pm 5\%$ 使用 100 : 1 分压器, 10 kHz ~ 200 MHz 时, $\leq \pm 15\%$
输入阻抗	$> 2 \text{ M}\Omega$ $\leq 40 \text{ pF}$	$\geq 2 \text{ M}\Omega$ $\leq 60 \text{ pF}$	交流电压: 50 Hz 时, $> 2 \text{ M}\Omega$, 100 MHz 时, $> 20 \text{ k}\Omega$ $< 3 \text{ pF}$ 直流电压: $> 20 \text{ M}\Omega$	$> 15 \text{ k}\Omega$ $< 3 \text{ pF}$
频率范围	25 Hz ~ 200 kHz	2 Hz ~ 500 Hz	20 Hz ~ 300 MHz	5 kHz ~ 300 MHz
电源	110/220 V 50 Hz 30 W	220 V 50 Hz	110/220 V $\pm 10\%$ 50 Hz 30 W	110/220 V $\pm 10\%$ 50 Hz 13 W

三、示波器

常见的示波器有光线示波器和电子示波器两大类。光线示波器属机械类“光笔”式记录器,工作频率较低,同时记录多通信号,且可将波形记录在纸上,对电压、电流和频率等电参量作同步记录。电子示波器是一种时域测量仪器,将被测的电信号以波的形式显示出来。它具有显示直观、频带宽、灵敏度高、失真小和过载能力强等特性,用途广泛。

表 2-19 部分常用的通用示波器

型 号	325	ST16	SBR-1	CS-1022
名 称	简易示波器	通用示波器	双线高灵敏示波器	双踪示波器
带宽 (MHz)	0~2	0~5	0~1	0~20
Y 轴灵敏度	$\leq 50 \text{ mV/cm}$	20 mV/div~ 10 V/div	200 $\mu\text{V/cm}$ ~0.2 V/div	1 mV/div~5 V/div
输入阻抗	1 M Ω 30 pF	1 M Ω , $\leq 30 \text{ pF}$ 经 10:1 探极 10 M Ω , 15 pF	1 M Ω 50 pF	1 M Ω 32 pF
扫描速度(时基因数)	10 Hz~100 kHz	0.1 $\mu\text{s/div}$ ~ 10 ms/div	0.05 $\mu\text{s/cm}$ ~5 s/cm	0.02 $\mu\text{s/div}$ ~0.5 s/div
屏幕有效工作面积	4 cm×6 cm	6 div×10 div (1 div=0.6 cm)	8 cm×10 cm	8 div×10 div (1 div=10 mm)
外形尺寸:宽×高×深 (mm)	240×100× 270	134×200× 300	320×420× 560	260×160× 400

四、数字仪表

数字仪表能自动地将被测的电量参数用数字形式显示出来，因此具有读数方便、准确度高、灵敏度(分辨力)高及测量速度快等优点。常用的数字电测仪表有数字电压表、数字欧姆表、数字频率表和数字万用表等。

表 2-20 部分常用数字仪表的型号及规格

型号名称	测量范围或量程	灵敏度 (分辨力)	准 确 度
PZ39 数字电压表	0~19.99 mV 0~199.9 mV	10 μ V	$\pm 0.2\%$ 满度
PF35 数字电压表	0~0.005 999 V 0~0.059 99 V 0~0.599 9 V 0~5.999 V 0~59.99 V	1 μ V	$\pm 0.05\%$ 读数 ± 2 字
PZ8 直流数字 电压表	0~0.199 99 V 0~1.999 9 V 0~19.999 V 0~199.99 V 0~10 000 V	10 μ V	$\pm 0.02\%$ 读数 ± 2 字
PZ13 数字电压表	0~300 mV, 0~3 V	<10 μ V	$\pm 0.01\%$ 满度 ± 1 字
	0~300 V		$\pm 0.01\%$ 满度 ± 2 字
PC-4 数字欧姆表	200 Ω	0.7 Ω	$\pm 0.05\%$ 满度 ± 2 字
	2 k Ω	1.0 Ω	
	20 k Ω	10 Ω	
	200 k Ω	100 Ω	$\pm 0.1\%$ 满度 ± 2 字
	2 000 k Ω	1 k Ω	$\pm 0.2\%$ 满度 ± 2 字

续 表

型号名称	测量范围或量程		灵敏度 (分辨力)	准 确 度
SYP-2 数字频率表	频率:10 Hz~10 MHz			±1 字
	周期:10 Hz~1 MHz			$\pm \frac{0.3}{\text{倍率}} \pm 1$ 字
	脉冲时间间隔: 最短 10 μs 最长受计数容量限制			±1 字
	频率比:107:1			
2215 数字万用表	直流电流	±2 mA		±(0.75%读数+1 字)
		±20 mA		
		±200 mA		
		±2 A		
	直流电压	±200 mV		±(0.25%读数+1 字)
		±2 V		
		±20 V		
		±200 V ±1 000 V		
交流电流	2 mA	40~200 Hz 时, 1.5% 读数+3 字		
	20 mA 200 mA 2 A	40~1 000 Hz 时, 1.5%读数+3 字		
交流电压	200 mV	±(0.5%读数+3 字)		
	2 V			
	20 V			
	200 V 750 V			
电阻	200 Ω	±(0.3%读数+3 字)		
	2 kΩ	±(0.25%读数+1 字)		
	20 kΩ			
	200 kΩ			
	2 MΩ			
20 MΩ	±(2%读数+1 字)			

续 表

型号名称	测量范围或量程		灵敏度 (分辨力)	准 确 度
DT-890C 数字万用表	直流电流	200 μ A	100 nA	$\pm(0.5\%$ 读数+1字)
		2 mA	1 μ A	
		20 mA	10 μ A	
		200 mA	100 μ A	$\pm(0.75\%$ 读数+1字)
		2 000 mA	1 mA	$\pm(2\%$ 读数+5字)
		10 A	10 mA	
	直流电压	200 mV	100 μ V	$\pm(0.25\%$ 读数+1字)
		2 V	1 mV	
		20 V	10 mV	
		200 V	100 mV	
		1 000 V	1 V	
	交流电流	200 μ A	100 nA	$\pm(0.75\%$ 读数+5字)
		2 mA	1 μ A	
		20 mA	10 μ A	
		200 mA	100 μ A	$\pm(2\%$ 读数+5字)
		2 A	1 mA	
		10 A	10 mA	
	交流电压	200 mV	100 μ V	$\pm(0.5\%$ 读数+5字)
		2 V	1 mV	
		20 V	10 mV	
		200 V	100 mV	$\pm(1\%$ 读数+5字)
		750 V	1 V	
	电阻	200 Ω	100 m Ω	$\pm(0.5\%$ 读数+3字)
		2 k Ω	1 Ω	$\pm(0.3\%$ 读数+1字)
20 k Ω		10 Ω		
200 k Ω		100 Ω	$\pm(0.75\%$ 读数+2字)	
2 M Ω		1 k Ω		
20 M Ω		10 k Ω	$\pm(2.5\%$ 读数+5字)	

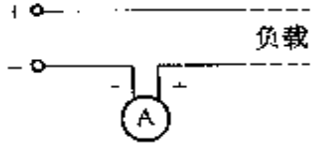
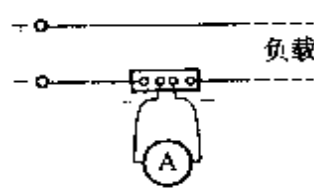
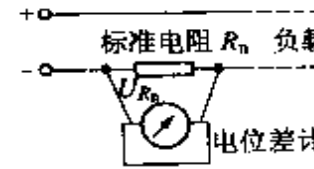
续 表

型号名称	测量范围或量程	灵敏度 (分辨力)	准 确 度	
DT-890C 数字万用表	电容	200 pF	1pF	±(1.5%读数+5字)
		2 μF	0.001 μF	±(2%读数+5字)
		20 μF	0.01 μF	
	温度	-20~1370℃	1℃	150℃ 以下时, ±(3°+1字) 150℃ 以上时, ±3% 读数
	电导	200 nS	0.1 nS	±(1.5%读数+10字)
	二极管 测试	测试电压: 2.8 V 测试最大电 流:3 mA		
	三极管 测试	测试状态: 2.8 V、10 μA 直流放大系 数 h_{FE} : 0 ~ 1000 (NPN、 PNP)		
	通断测试	电阻范围:约 200 Ω 以下时 发出蜂鸣声 响应时间: 100 ms 以下		

第四节 常用电工测量

一、电流的测量

表 2-21 直流电流的测量

方 法	图 示	说 明
电流表直接接入		<ol style="list-style-type: none"> 1. 电流表接入被测电路前,应注意电表的量程,使被测电流在电表的最大量程内 2. 电流表中接入被测电路中时,应注意电表极性,电表的正极(+)端与电源正极相连接,电表的负极(-)与电源负极相连接
带有分流器的电流表接入 (大电流测量)		<ol style="list-style-type: none"> 1. 注意量程 2. 测量时,将外附分流器的电流接头端钮(外侧两个端钮)串接在被测电路中,电表用外附定值导线与分流器的电位接头端钮(内侧两个端钮)连接,注意极性 3. 外附定值导线一般与外附分流器、电表配套。若用其他导线替代,该导线的电阻应为 0.035Ω
用电位差计(间接法)		<ol style="list-style-type: none"> 1. 注意电表量程 2. 当用外附部件时,选用的标准电阻额定电流应大于被测电流 3. 被测电流 $I = \frac{U_{R_n}}{R_n}$

续 表


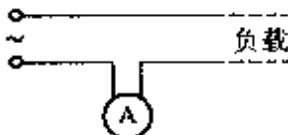
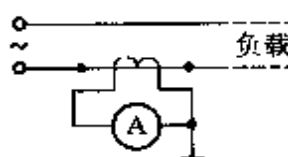
方 法	图 示	说 明
钳形表		<ol style="list-style-type: none"> 1. 不需拆断电路,被测导线应放置在钳口中央 2. 估计被测电流大小,选用合适的量程

表 2 - 22 交流电流的测量

方 法	图 示	说 明
单相交流电	电流表直接接入 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 注意电表的量程,使被测电流在电表的最大量程内 2. 注意操作安全
	带有电流互感器的电流表接入 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 注意电表的量程,并选择电表功耗不超过电流互感器的额定容量 2. 选用的电流互感器的原线圈额定电流应大于被测电流,额定电压应与被测电路电压相适应 3. 应使电流互感器的副线圈、铁心可靠接地
三相交流电	钳形表	同表 2 - 20

二、电压的测量

表 2-23 直流电压的测量

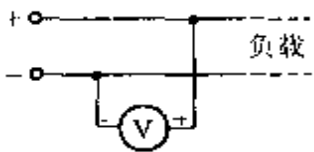
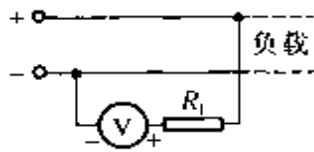
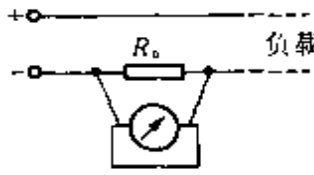
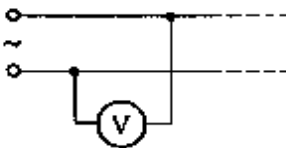
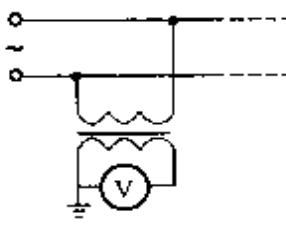
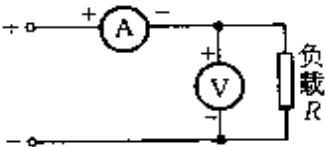
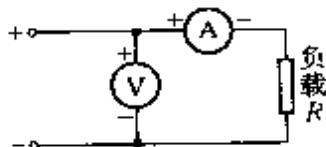
方 法	图 示	说 明
电压表直接接入		<ol style="list-style-type: none"> 1. 电压表接入被测电路前,应注意电表的量程,使被测电压在电表的最大量程内 2. 电压表并联接入被测电路中时,应使电表的极性与电路的同名极性相接
带有附加电阻的电压表接入		<ol style="list-style-type: none"> 1. 注意电表的量程和极性 2. 专用的外附附加电阻是与电表一起校准的,必须配套使用;定值的外附附加电阻在额定电压下规定有额定电流,可与不超过它的额定电流的电表配用 3. 当电源接地时,电表应接在近地端
用电位差计		<ol style="list-style-type: none"> 1. 注意电表量程 2. 当用外附部件时,按测量要求选择部件
用钳形表	同表 2-20	<ol style="list-style-type: none"> 1. 不要拆断电路,被测导线应放置在钳口中央 2. 估计被测电压大小,选用合适的量程

表 2-24 交流电压的测量

方 法	图 示	说 明
电压表直接接入		<ol style="list-style-type: none"> 1. 注意电表的量程 2. 电压表应并联接入被测电路
带有电压互感器的电压表接入		<ol style="list-style-type: none"> 1. 注意电压表量程, 电压表的功耗不超过电压互感器额定容量 2. 电压互感器原副线圈应接保险丝, 副线圈、铁心、外壳应接地, 副边不允许短路 3. 电压互感器原线圈额定电压大于被测电压
钳形表	同表 2-21	<ol style="list-style-type: none"> 1. 不要拆断电路, 被测导线应放置在钳口中央 2. 被测电路的电压不得超过额定电压

三、功率的测量

表 2-25 直流电路功率的测量

方 法	图 示	说 明
用电压表、电流表测量	<p>当 $R_v \gg R$ 时,</p>  <p>当 $R \gg R_A$ 时,</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电流表、电压表接入电路中时注意电表的极性 2. 功率计算式 $P=UI$

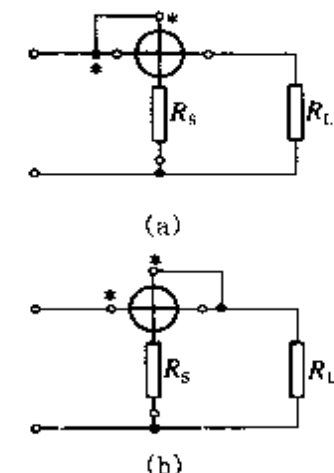
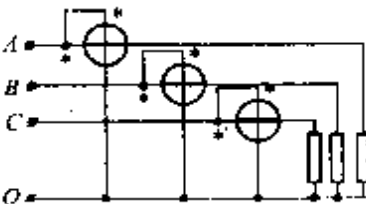
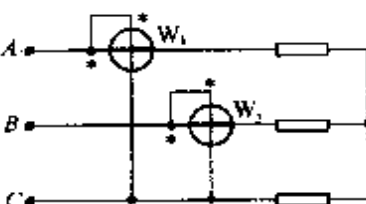
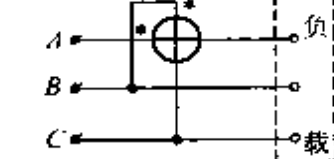
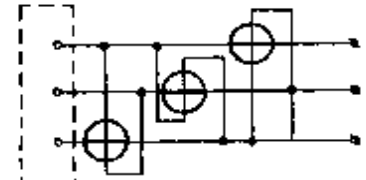
续 表

方 法	图 示	说 明
用直流 电位差 计测量		<ol style="list-style-type: none"> 1. 电位差计接入电流中时注意电表的极性 2. 测量时应保持负载的电流、电压的恒定 3. 功率计算式 $P = U_R \frac{U_{R_n}}{R_n}$
用功率表 测量	<p>功率表电压支路前接式</p> <p>功率表电压支路后接式</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 注意选用功率表量程,其实质是使被测负载的电流和电压不超过功率表的电流和电压的最大量程 2. 功率接入电路中时必须遵守功率表发电机端(或称电源端,常有标记“.”或“*”)接线规则 3. 功率计算式 $P = \frac{U_{\max} I_{\max}}{D_{\max}} D$ U_{\max} — 功率表的电压额定值 I_{\max} — 功率表的电流额定值 D_{\max} — 功率表标度尺满刻度的格数 D — 功率表指针偏转的格数

表 2-26 交流电路的功率测量

方 法	图 示	说 明
单相 交流电路 功率测量 间接法测量		<ol style="list-style-type: none"> 1. 用交流电压表、电流表、相位表测出 U、I、$\cos \varphi$ 2. 计算公式: 视在功率 $S = UI$ 有功功率 $P = UI \cos \varphi$ 无功功率 $Q = \sqrt{S^2 - P^2}$

续 表

方 法	图 示	说 明
单相交流电路功率测量 直接法测量	 <p>(a)</p> <p>(b)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 选择功率表时,不仅要注意功率量程,还要注意被测的负载不能超过功率表的电流和电压的限值 2. 注意功率表的正确接线规定(*端为发电机端或称电源端) 3. 测量高电压、大电流电路的功率,要使用电压互感器和电流互感器
三相交流电路功率测量 三功率表法		<ol style="list-style-type: none"> 1. 正确选择功率表量程 2. 注意功率表接线规则 3. 总功率为三相功率之和
三相交流电路功率测量 两功率表法		<ol style="list-style-type: none"> 1. 适用于三相三线制(对称或不对称系统)电路 2. 注意功率表量程和接线规则 3. 总功率为两表读数的代数和 4. 测量高电压、大电流电路功率时,配用相应测量用的互感器
三相无功功率测量 一表法		<ol style="list-style-type: none"> 1. 适用于对称三相电路 2. 单相无功功率表用法同有功功率表 3. 三相无功功率为$\sqrt{3} \times$(功率表读数)
三相无功功率测量 三表法		<ol style="list-style-type: none"> 1. 适用于不对称三相电路 2. 用法同上 3. 三相不对称电路的无功功率为三个功率表读数之和除以$\sqrt{3}$

四、电能的测量

1. 测量原理

交流电路电能的测量常用感应系电度表。其测量原理和线路与功率测量是一致的, 只要将线路中的功率表换成电度表就可以了。

2. 接线方法

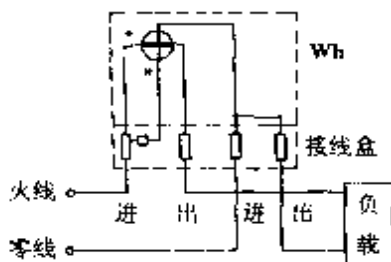


图 2-2 单相电度表接线

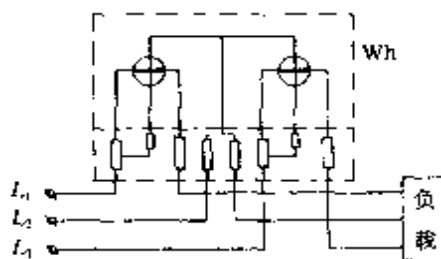


图 2-3 三相三线有功电度表接线

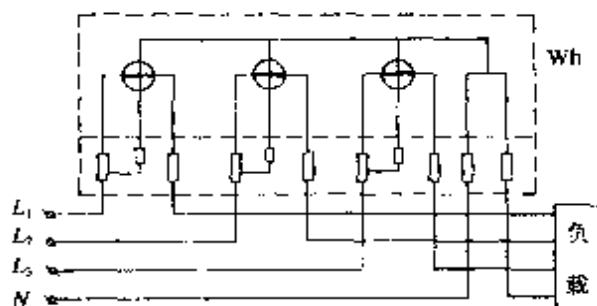


图 2-4 三相四线有功电度表接线

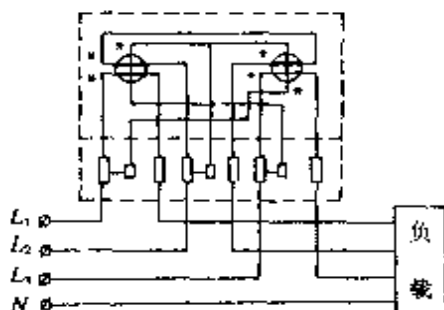


图 2-5 带附加电流线圈的三相无功电度表接线

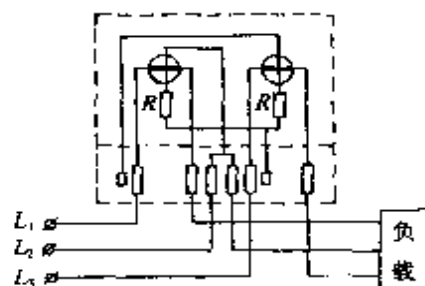


图 2-6 有 60° 相差的三相无功电度表接线

五、频率的测量

测量频率的仪表有电动系频率表、铁磁电动系频率表、数字型频率表和示波器等。频率表测量工频和低频,但误差较大;数字型频率表可以精确测量频率。

使用频率表时,应注意型号、规格的选择,与被测电路的频率相近,表的电压量限与被测电路的电压相符。频率表的接线方法与电压表相似。频率表内没有游丝,未工作时指针可停在任一位置。

六、相位的测量

相位表又称功率因数表,可以测量电流和电压的相位差(φ)或电路的功率因数($\cos \varphi$)。相位表有单相和三相两种。

使用相位表应注意以下几点:

- ① 接线原则与功率表相似,遵守“发电机端”的规则。
- ② 相位表的电流和电压量限应大于负载电流和电压。
- ③ 必须使用在规定的频率范围内,否则会产生较大的附加误差。
- ④ 三相相位表只适用于三相三线制对称负载的电路。使用时除按说明书规定接线外,还应特别注意相序关系,不可接错。
- ⑤ 内部结构没有游丝,不工作时指针可停在任何位置。

相位的测量有以下几种方法:

(1) 直接测量 用单相、三相电动系相位表直接测量单相、三相电路的相位差。

(2) 三表法测量 三表是指电压表、电流表、功率表。用它们分别测出电路中的电压 U 、电流 I 、功率 P ,再根据公式计算出相位。

在单相电路中,计算公式

$$\cos \varphi = \frac{P}{UI}$$

在三相对称电路中, P 为有功功率, U 为线电压, I 为线电流,

计算公式

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{3}UI}$$

(3) 用有功功率表、无功功率表测量 三相电路功率因数为有功功率 P 和视在功率 S 的比值。用三相有功功率表、三相无功功率表测出 P 、 Q 后,便可由下式计算

$$\cos \varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{Q}{P}\right)^2}}$$

(4) 用数字相位表、示波器测量。

七、电路参数的测量

电阻、电感、电容、电感线圈的品质因数以及电容器的损耗因数等称为电路参数。测量仪器有欧姆表、兆欧表、接地电阻测量仪、电桥、 Q 表等。表 2-27 是几种电路参数的测试方法和应用范围。其中,“三表法”是指用交流电压表、电流表、功率表测量交流的参数。

表 2-27 几种电路参数的测试方法及应用场合

电参数	方 法	应用范围(场合)
电	欧姆表	$10^{-2} \sim 10^6 \Omega$
	兆欧表	0.1 M Ω 以上
	数字万用表	$10^{-2} \sim 10^8 \Omega$
	单电桥	$1 \sim 10^6 \Omega$
	双电桥	$10^{-6} \sim 10^2 \Omega$
阻	接地电阻仪	接地电阻
	伏安法	$10^{-5} \sim 10^6 \Omega$, 便于测非线性电阻伏安特性
	冲击检流计法	$10^6 \sim 10^{12} \Omega$, 测高绝缘电阻

续 表

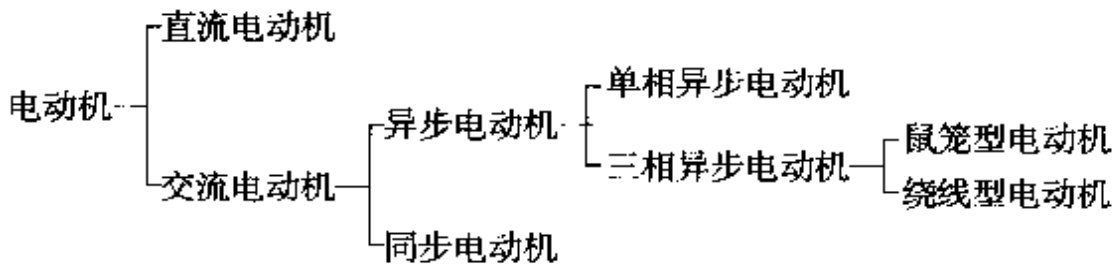
电参数	方 法	应用范围(场合)
阻抗	三表法	测出 P 、 I 、 U , 便可求出阻抗 Z 、电阻 R 、电抗 X
电 感	直读法	1 mH~100 H
	三表法	1 mH~1 000 H
	伏安法	适于低频, 无铁心
	三电压表法或三电流表法	适用于只有一种表的情况
电 容	直读法	100 pF~100 μ F
	三表法	100 pF~100 μ F
	伏安法	适用于工频, 测中值电容
	分压比法	用于测电解电容 1 μ F~1 000 μ F
	冲击检流计法	100 pF~1 000 μ F

第三章 电动机

第一节 引 论

一、电动机的分类

电动机种类繁多,一般分类如下:



二、电动机的型号

根据 GB4831—84《电机产品型号编制方法》,电机型号的构成部分及其内容的规定,按下列顺序排列:

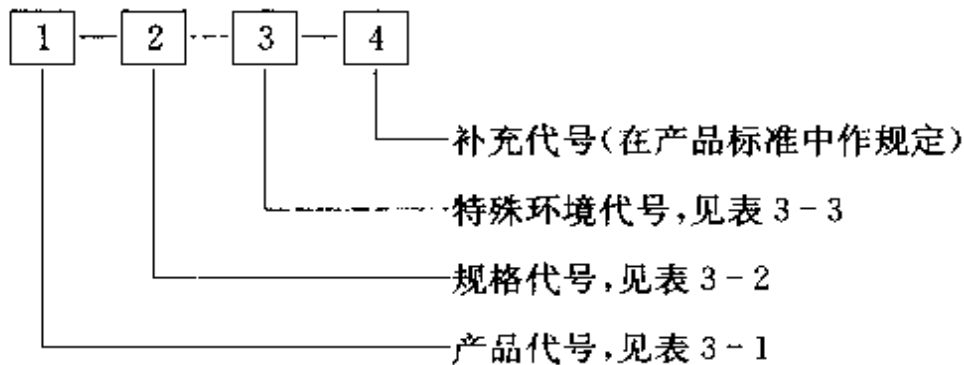


表 3-1 电动机产品代号

电动机 代 号	代 号 汉字意义	电动机 代 号	代 号 汉字意义	电动机 代 号	代 号 汉字意义
Y	异	YZP	异中频	YBCJ	异爆齿减
YR	异绕	YDF	异电阀	YATD	异安梯电
YK	异(快)	YN	异耐	YBTD	异爆梯电
YRK	异绕(快)	YUD	异(震)捣	YADF	异安电阀
YQ	异起	YGB	异管泵	YBDF	异爆电阀
YH	异(滑)	YLB	异立泵	YAUD	异安(震)捣
YD	异多	YQS	异潜水	YBGB	异爆(管)泵
YL	异立	YQSY	异潜水油	YBP	异爆屏
YRL	异绕立	YQY	异潜油	YBI	异爆(岩)
YJ	异精	YQL	异潜卤	YBT	异爆(通)
YEP	异(制)傍	YTZ	异探	YBY	异爆运
YEG	异(制)杠	YDY	异单(容)	YBJ	异爆绞
YEJ	异(制)加	YP	异屏	YBH	异爆回
YEZ	异(制)锥	YI	异岩	YBLB	异爆立泵
YCT	异磁调	YT	异(通)	YBZ	异爆重
YJT	异机调	YA	异安	Q	潜
YHT	异换调	YB	异爆	QX	潜下
YXJ	异线减	YF	异风	QY	潜油
YXJ	异线减	YAQ	异安起	QYX	潜油下
YHJ	异行减	YBR	异爆绕	QYG	潜油高
YLJ	异力矩	YAQ	异安起	QYGX	潜油高下
YUR	异(装)入	YBQ	异爆起	QS	潜水
YGT	异滚筒	YAH	异安(滑)	QSX	潜水下
YPQ	异频起	YBH	异爆(滑)	QSG	潜水高
YG	异辊	YAD	异安多	QSGX	潜水高下
YZ	异重	YBD	异爆多	QDX	潜垫下
YZR	起重绕	YBEP	异爆(制)傍	QU	潜(半)
YZRG	异重绕管	YBEG	异爆(制)杠	QUX	潜(半)下
YZRF	异重绕风	YBEJ	异爆(制)加	T	同
YZE	异重(制)	YACT	异安磁调	Z	直
YZJ	异重减	YBCT	异安磁调	C	测
YZRJ	异重绕减	YAJT	异安机调	F	纺
YTD	异梯电	YBJT	异爆机调		
YM	异木	YACT	异安齿减		

表 3-2 电动机规格代号

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(mm)－机座长度(字母代号)－铁心长度(数字代号)－极数
大、中型异步电动机	中心高(mm)－铁心长度(数字代号)－极数
小同步电机	中心高(mm)－机座长度(字母代号)－铁心长度(数字代号)－极数
大、中型同步电机	中心高(mm)－铁心长度(数字代号)－极数
小型直流电机	中心高(mm)－机座长度(数字代号)
中型直流电机	中心高(mm)或机座号(数字代号)－铁心长度(数字代号)－电流等级(数字代号)
大型直流电机	电枢铁心外径(mm)－铁心长度(mm)
分马力电动机(小功率电动机)	中心高(mm)或外壳外径(mm)(或/)机座长度(字母代号)－铁心长度、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(mm)－(或/)铁心长度、转速(均用数字代号)

表 3-3 电动机特殊环境代号

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

三、电动机的主要性能

1. 额定功率(P)

额定功率表示电动机在频率、电压和电流都为额定值时,电动机转轴每秒钟所输出的机械能。单位为 W。

2. 额定转速(n)

电动机在电压、电流、频率、功率都为额定值时,每分钟的转速

称为额定转速。单位为 r/min。

3. 额定电压(U)

电动机在额定情况下运行时,定子绕组线端的电压值称为额定电压。单位为 V。电动机铭牌上常标有“220/380V”,这表示该电动机有 220V 和 380V 两种额定电压。如果电源电压为 220V,应把电动机的出线端接成三角形(Δ);如果电源电压为 380V,应把电动机的出线端接成星形(Υ)(见图 3-1)。

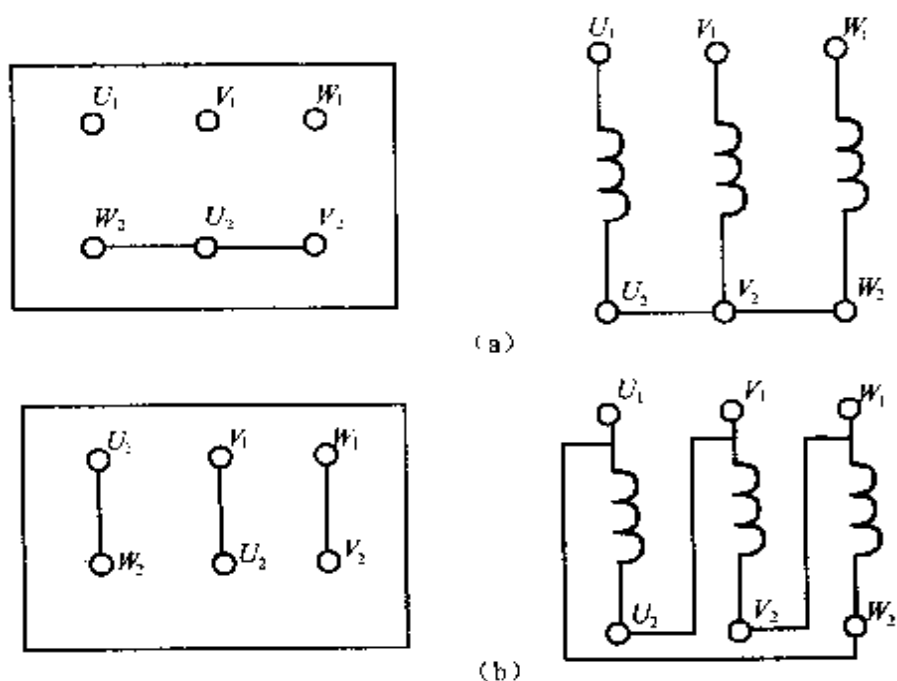


图 3-1 电机出线端的连接
(a)“ Υ ”形连接 (b)“ Δ ”形连接

4. 额定电流(I)

电动机在额定电压、额定频率下以额定功率运行时,定子绕组线端的电流值称为额定电流。单位为 A。

5. 接法

表示电动机在额定电压下定子绕组出线端的连接方式。例如,“ Υ ”形连接、“ Δ ”形连接。

6. 额定频率(f)

电动机在额定运行的情况下,定子绕组所接交流电源的频率称额定频率。单位为 Hz。我国规定标准交流电源频率为 50Hz。

7. 绝缘等级

根据电动机绝缘材料和允许承受的不同温升所划分的等级,称绝缘等级。绝缘等级有 A、E、B、F、H 级。

8. 工作定额

指电动机正常使用时允许连续运转的时间。一般分有连续、短时和断续三种工作方式。

9. 温升

电动机在正常运行时,绕组允许超出周围环境的最高温度。

10. 效率

电动机输出功率与输入功率之比,称为电动机的效率。异步电动机的效率见表 3-4。

11. 功率因数($\cos\varphi$)

电动机有功功率与视在功率之比称为功率因数。异步电动机空载运行时,功率因数约 0.2。异步电动机在额定功率下运行的功率因数见表 3-4。

表 3-4 三相异步电动机效率和功率因数

功 率	2 极		4 极	
	效率 $\eta / \%$	功率因数 $\cos\varphi$	效率 $\eta / \%$	功率因数 $\cos\varphi$
10kW 以下	76~86	0.85~0.88	74~86	0.76~0.78
10~30kW	87~89	0.88~0.90	86~89	0.87~0.88
30~100kW	90~92	0.91~0.92	90~92	0.88~0.90

续 表

功 率	6 极		8 极	
	效率 $\eta/\%$	功率因数 $\cos\varphi$	效率 $\eta/\%$	功率因数 $\cos\varphi$
10kW 以下	70~85	0.68~0.80	68~85	0.65~0.77
10~30kW	86~89	0.81~0.85	86~88	0.78~0.81
30~100kW	90~92	0.86~0.89	89~91	0.82~0.84

注:功率小于 10kW 的数值按功率为 7.5、5.5、4、3、2.2、1.5、1.1、0.8、0.6kW 而递减。

12. 启动电流

电动机在启动时的瞬间电流称启动电流。电动机的启动电流一般是额定电流的 5.5~7 倍。

13. 启动转矩

电动机在启动时所输出的力矩称启动转矩。常用启动转矩与额定转矩的倍数来表示。异步电动机的启动转矩一般是额定转矩的 1~1.8 倍。

14. 最大转矩

电动机所能拖动最大负载的转矩,称为电动机的最大转矩。常用最大转矩与额定转矩的倍数来表示。异步电动机的最大转矩,一般是额定转矩的 1.8~2.2 倍。

四、电动机常用计算公式

1. 额定电流 I

$$I = \frac{1000P}{1.73U\eta\cos\varphi}$$

式中 P ——额定功率, kW;

U ——额定电压, V;

$\cos \varphi$ ——功率因数；

η ——电动机效率。

2. 同步转速 n

$$n = \frac{f}{p} \times 60$$

式中 f ——频率, Hz;

p ——磁极对数, 如两极, $p=1$; 四极 $p=2$ 。

3. 转差率 S

$$S = \frac{n - n_e}{n} \times 100\%$$

式中 n ——电动机同步转速, r/min;

n_e ——电动机额定转速, r/min。

常用的三相异步电动机在额定负载时, 其转差率为 2%~5%。

4. 转矩 M

$$M = \frac{9\,555N}{n}$$

$$M = F \frac{D}{2}$$

$$F = \frac{19\,110N}{nD}$$

式中 M ——电动机的转矩, Nm;

N ——工作机械的负荷, kW;

n ——转速, r/min;

F ——皮带拉力, N;

D ——皮带轮直径, mm。

第二节 三相异步电动机

三相异步电动机具有结构简单、制造维护方便、运行可靠, 以

及重量轻、价格低等优点而被广泛应用。Y 系列三相异步电动机是我国在 20 世纪 80 年代设计生产的新型电机,其性能指标、规格参数、安装尺寸等完全符合国际电工委员会(IEC)标准。老型号的 J2、JO2 系列电机已被淘汰,均由 Y 系列电动机基本系列所取代。Y 系列异步电动机的派生和专用系列电动机,也将逐步全面取代 J2 和 JO2 系列电动机中相应的派生系列和专用系列电机。

一、三相异步电动机分类、型号及技术数据

1. 三相异步电动机分类

三相异步电动机一般按转子结构形式、防护形式、尺寸大小、安装方式、使用环境及冷却方式进行分类,见表 3-5。

表 3-5 三相异步电动机分类

分类	转子结构形式	防护形式	冷却方式	安装方式	工作定额	尺寸大小 中心高 $H(\text{mm})$ 定子铁心外径 $D(\text{mm})$	使用环境
类别	鼠笼式 线绕式	封闭式	自冷式	B3 B5 B5/B3	连续 断续 短时	$H > 630, D > 1000$ 大型	普通 干热、湿热 船用、化工 防爆 户外 高原
		防护式	自扇冷式			$H \leq 350 \sim 630$ $D = 500 \sim 1000$ 中型	
		开启式	他扇冷式			$H = 80 \sim 315$ $D = 120 \sim 500$ 小型	

注: B3—卧式,机座带底脚,端盖上无凸缘; B5—卧式,机座不带底脚,端盖上有凸缘。
B5/B3—卧式,机座带底脚,端盖上有凸缘。

2. 三相异步电动机型号

三相异步电动机型号、结构特征及用途见表 3-6。

表 3-6 三相异步电动机型号、结构特征及用途

名称	型号		型号的 汉字意义	结构特征	用途
	新型号	旧型号			
异步电动机	Y	JJO、JQ、 JQO、J ₂ 、 JO ₂ 、JQ ₂ 、 JK、JL、JS	异	铸铁外壳,小机座上有散热筋,大机座采用管道通风,铸铝鼠笼转子,大机座采用双鼠笼转子,有防护式及封闭式之分	用于一般机器及设备,如水泵、鼓风机、机床等
绕线转子 异步电动机	YR	JR JRO YR	异绕	防护式,铸铁外壳,绕线型转子	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
高启动转矩 异步电动机	YQ	JQ JQO JOO	异起	同 Y 型	用于启动静止负荷或惯性较大负荷的机械。如压缩机、粉碎机等
高转差率(滑率) 异步电动机	YH	JH JHO	异滑	结构同 Y 型,转子一般采用合金铝浇铸	用于传动较大飞轮转动惯量和不均匀冲击负荷的金属加工机械。如锤击机、剪切机、冲压机、压缩机、绞车等
多速异步电动机	YD	JD JDO	异多	结构同 Y 型	同 Y 型。使用于要求有 2~4 种转速的机械
精密机床用 异步电动机	YJ	JJO	异精	结构同 Y 型	同 Y 型,使用于要求振动小、噪音低的精密机床

续表

名称	型号		型号的 汉字意义	结构特征	用途
	新型号	旧型号			
制动异步电动机 (傍磁式)	YEP	JPE	异(制)傍	定子同 Y 型, 转子上有旁磁路结构	用于要求快速制动的机械。如电动葫芦卷扬机、行车、电动阀等机械
制动异步电动机 (杠杆式)	YEG	JZD	异(制)杠	定子同 Y 型, 转子上带杠杆式制动机构	
制动异步电动机 (附加制动器式)	YEJ	JZD	异(制)加	定子同 Y 型, 转子非出轴端带有制动器	
锥形转子制动 异步电动机	YEZ	ZD ZDY JZZ	异(制)锥	定、转子均采用锥形结构, 防护式或封闭式, 铸铁外壳上有散热筋, 自扇吹冷	用于纺织、印染、化工、造纸、船舶及要求变速的机械
电磁调速 异步电动机	YCT	JZT	异磁调	封闭式异步电动机与电磁滑差离合器组成	
换向器式(整流子) 调速异步电动机	YHT	JZS	异换调	防护式, 铸铁外壳, 手动及电动遥控调速两种, 有换向器转子	同上, 但效率与功率因数比 YCT 高
齿轮减速 异步电动机	YCI	JTC	异齿减	由封闭式异步电动机与减速器组成	用于要求低速, 大转矩的机械。如运输机械、矿山机械、炼钢机械、造纸机械及其他要求低转速的机械

续表

名称	型号		型号的 汉字意义	结构特征	用途
	新型号	旧型号			
摆线针轮减速 异步电动机	YXJ	JXJ	异线减	由封闭式异步电动机与摆 线针轮减速器组成	同上
力矩异步电动机	YLJ	JLJ JN	异力减	强迫通风式,铸铁外壳,鼠 笼转子,导条采用高电阻材料	用于纺织、印染、造纸、电 缆、橡胶、冶金等具有 软特性及恒转矩的机械
起重冶金用 异步电动机	YZ	JZ	异重	封闭式,铸铁外壳上有散热 筋,自扇吹冷,鼠笼铜条转子	用于起重机械及冶金辅助 机械
起重冶金用绕线 转子异步电动机	YZR	JZR	异重绕	同上。转子为绕线式	
隔爆型异步 电动机	YB	JB JBS	异爆	防爆式,钢板外壳,铸铝转 子,小机座上有散热筋	用于有爆炸性气体的场合
电动阀门用异步 电动机	YDF		异电阀	同 Y 型	用于启动转矩与最大转矩 高的场合。如电动阀门
化工防腐用 异步电动机	Y-F	JO-F JO2-F	异腐	结构同 Y 型,采取密封及 防腐措施	用于化肥、氯碱系统等化 工厂的腐蚀环境中
船用异步电动机	Y-H	JO2-H	异船	结构同 Y 型,机座由钢板 焊成或由高强度具有韧性铸 铁制造	用于船舰
浅水排灌异步 电动机	YQB	JQB	异潜泵	由水泵、电机及整体密封 盒等三大部分组成	用于农业排灌及消防等 场合

3. Y 系列三相异步电动机技术参数、典型结构和外形尺寸

Y 系列三相异步电动机的性能数据见表 3-7。

表 3-7 Y 系列三相异步电动机的性能数据

型 号	功率 (kW)	380V 时的电 流(A)	转速 (r/min)	效率 (%)	功率 因数 $\cos \varphi$	堵转 转矩 —— 额定 转矩	堵转 电流 —— 额定 电流	最大 转矩 —— 额定 转矩
同步转速 3 000r/min(2 极)50Hz								
Y801-2	0.75	1.9	2 825	73	0.84	2.2	7.0	2.2
Y802-2	1.1	2.6	2 825	76	0.86	2.2	7.0	2.2
Y90S-2	1.5	3.4	2 840	79	0.85	2.2	7.0	2.2
Y90L-2	2.2	4.7	2 840	82	0.86	2.2	7.0	2.2
Y100L-2	3	6.4	2 880	82	0.87	2.2	7.0	2.2
Y112M-2	4	8.2	2 890	85.5	0.87	2.2	7.0	2.2
Y132S ₁ -2	5.5	11.1	2 900	85.5	0.88	2.0	7.0	2.2
Y132S ₂ -2	7.5	15.0	2 900	86.2	0.88	2.0	7.0	2.2
Y160M ₁ -2	11	21.8	2 930	87.2	0.88	2.0	7.0	2.2
Y160M ₂ -2	15	29.4	2 930	88.2	0.88	2.0	7.0	2.2
Y160L-2	18.5	35.5	2 930	89	0.89	2.0	7.0	2.2
Y180M-2	22	42.2	2 940	89	0.89	2.0	7.0	2.2
Y200L ₁ -2	30	56.9	2 950	90	0.89	2.0	7.0	2.2
Y200L ₂ -2	37	69.8	2 950	90.5	0.89	2.0	7.0	2.2
Y225M-2	45	83.9	2 970	91.5	0.89	2.0	7.0	2.2
Y250M-2	55	102.7	2 970	91.4	0.89	2.0	7.0	2.2
Y280S-2	75	140.1	2 970	91.4	0.89	2.0	7.0	2.2
Y280M-2	90	167	2 970	92	0.89	2.0	7.0	2.2
同步转速 1 500r/min(4 极)50Hz								
Y801-4	0.55	1.6	1 390	70.5	0.76	2.2	6.5	2.2
Y802-4	0.75	2.1	1 390	72.5	0.76	2.2	6.5	2.2
Y90S-4	1.1	2.7	1 400	79	0.78	2.2	6.5	2.2

续 表

型 号	功率 (kW)	380V 时的电 流(A)	转速 (r/min)	效率 (%)	功率 因数 $\cos \varphi$	堵转	堵转	最大
						转矩	电流	转矩
						额定 转矩	额定 电流	额定 转矩
Y90L-4	1.5	3.7	1 400	79	0.79	2.2	6.5	2.2
Y100L ₁ -4	2.2	5.0	1 400	81	0.82	2.2	7.0	2.2
Y100L ₂ -4	3	6.8	1 420	82.5	0.81	2.2	7.0	2.2
Y112M-4	4	8.8	1 440	84.5	0.82	2.2	7.0	2.2
Y132S-4	5.5	11.6	1 440	85.5	0.84	2.2	7.0	2.2
Y132M-4	7.5	15.4	1 440	87	0.85	2.2	7.0	2.2
Y160M-4	11	22.6	1 460	88	0.84	2.2	7.0	2.2
Y160L-4	15	30.3	1 460	88.5	0.85	2.2	7.0	2.2
Y180M-4	18.5	35.9	1 470	91	0.86	2.0	7.0	2.2
Y180L-4	22	42.5	1 470	91.5	0.86	2.0	7.0	2.2
Y200L-4	30	56.8	1 470	92.2	0.87	2.0	7.0	2.2
Y225S-4	37	69.8	1 480	91.8	0.87	1.9	7.0	2.2
Y225M-4	45	84.2	1 480	92.3	0.88	1.9	7.0	2.2
Y250M-4	55	102.5	1 480	92.6	0.88	2.0	7.0	2.2
Y280S-4	75	139.7	1 480	92.7	0.88	1.9	7.0	2.2
Y280M-4	90	164.3	1 480	93.5	0.89	1.9	7.0	2.2
同步转速 1 000r/min(6 极)50Hz								
Y90S-6	0.75	2.3	910	72.5	0.70	2.0	6.0	2.0
Y90L-6	1.1	3.2	910	73.5	0.72	2.0	6.0	2.0
Y100L-6	1.5	4.0	940	77.5	0.74	2.0	6.0	2.0
Y112M-6	2.2	5.6	940	80.5	0.74	2.0	6.0	2.0
Y132S-6	3	7.2	960	83	0.76	2.0	6.5	2.0
Y132M1-6	4	9.4	960	84	0.77	2.0	6.5	2.0
Y132M2-6	5.5	12.6	960	85.3	0.78	2.0	6.5	2.0
Y160M-6	7.5	17.0	970	86	0.78	2.0	6.5	2.0
Y160L-6	11	24.6	970	87	0.78	2.8	6.5	2.0

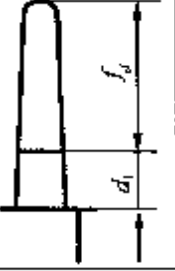
续 表

型 号	功率 (kW)	380V 时的电 流(A)	转速 (r/min)	效率 (%)	功率 因数 $\cos \varphi$	堵转 转矩 额定 转矩	堵转 电流 额定 电流	最大 转矩 额定 转矩
Y180L-6	15	31.6	970	89.5	0.81	1.8	6.5	2.0
Y200L ₁ -6	18.5	37.7	970	89.8	0.83	1.8	6.5	2.0
Y200L ₂ -6	22	44.6	970	90.2	0.83	1.7	6.5	2.0
Y225M-6	30	59.5	980	90.2	0.85	1.8	6.5	2.0
Y250M-6	37	72	980	90.8	0.86	1.8	6.5	2.0
Y280S-6	45	85.4	980	92	0.87	1.8	6.5	2.0
Y280M-6	55	104.9	980	91.6	0.87	1.8	6.5	2.0
同步转速 750r/min(8极)50Hz								
Y132S-8	2.2	5.8	710	81	0.71	2.0	5.5	2.0
Y132M-8	3	7.7	710	82	0.72	2.0	5.5	2.0
Y160M ₁ -8	4	9.9	720	84	0.73	2.0	6.0	2.0
Y160M ₂ -8	5.5	13.3	720	85	0.74	2.0	6.0	2.0
Y160L-8	7.5	17.7	720	86	0.75	2.0	5.5	2.0
Y180L-8	11	25.1	730	86.5	0.77	1.7	6.0	2.0
Y200L-8	15	34.1	730	88	0.76	1.8	6.0	2.0
Y225S-8	18.5	41.3	730	89.5	0.76	1.7	6.0	2.0
Y225M-8	22	47.6	730	90	0.78	1.8	6.0	2.0
Y250M-8	30	63	730	90.5	0.80	1.8	6.0	2.0
Y280S-8	37	78.7	740	91	0.79	1.8	6.0	2.0
Y280M-8	45	93.2	740	91.7	0.80	1.8	6.0	2.0

Y系列(IP23)的功率等级从机座号 160M~315M 为 5.5~250kW; Y系列(IP44)的功率等级从机座号 80M~315M 为 0.55~160kW。

Y系列异步电动机(IP23、IP44)的技术数据见表 3-8、3-9。


表 3-8 Y 系列(IP23)异步电动机的技术数据

功 率 (kW)	极 数	定子外径 (mm)	定子内径 (mm)	铁心长度 (mm)	气隙长度 (mm)	定子槽数	每槽线数	绕组形式	线 规	跨 距	并 联 路 线	均 半 绕 组 平 长 (mm)			转子槽数	斜槽度	转子内径 (mm)
													d_1 (mm)	f_d (mm)			
15	2	290	160	100	0.8	36	24	双 层 叠 绕	2- Φ 1.06、1- Φ 1.12	1~14	1	383	20	64	28	1	70
18.5				125			20		1- Φ 1.40、1- Φ 1.50								
22				135			18		1- Φ 1.50、1- Φ 1.60								
30			160	1.0	32	2- Φ 1.30											
37					27	2- Φ 1.40											
45					24	2- Φ 1.25、1- Φ 1.30											
55		368	210	1.1	21	3- Φ 1.40											
75		400	225	1.2	18	3- Φ 1.60											
90		445	225	1.5	16	2- Φ 1.30、3- Φ 1.40											
110		493	280	195	42	1~16	2	563	25	97	34	85					
132				200									1.6	12	6- Φ 1.50	651	100

续 表

11	4				290	187	100	0.55		48		54	1~11				2	298	20		38	44		1		70
15					327	210	130	0.65				42	1~11				1	328			45					75
18.5					368	245	150	0.7				18	1~11				1	348			49					80
22					400	260	135	0.8				36	1~12				2	354			55					85
30					445	300	175	0.9				28	1~14				4	394			60					100
37					493	330	155	1.0				26	1~14				4	398			100					110
45							185					22					4	428			100					
55							185					40					4	471			100					
75							185					14					4	489			100					
90							215			60		12					2	519			100					
110							200					24					4	533			100					
132							240					20					4	573			100					

续表

功率 (kW)	极数	定子外径 (mm)	定子内径 (mm)	铁心长度 (mm)	气隙长度 (mm)	定子槽数	每槽线数	绕组形式	线规	跨距	并联路线	均半匝 绕组平长 (mm)			转子槽数	斜槽度	转子内径 (mm)
													d_1 (mm)	f_d (mm)			
7.5	6	290	205	95	0.45	32	32	双层叠绕	1-Ø1.40	1~9	1	256	20	28	44	1	70
11			24	125			24		36								
15	6	327	230	125	0.50	54	44	双层叠绕	1-Ø1.40	1~9	2	300	20	32	44	1	75
18.5							36		155								
22	6	368	260	135	0	30	36	双层叠绕	2-Ø1.18	1~9	2	326	20	35	44	1	80
30							30		165								
37	6	400	285	175	0.55	30	30	双层叠绕	1-Ø1.18 1-1.25	1~9	2	398	20	42	44	1	85
45							28		165								
55	6	445	325	165	0.65	72	24	双层叠绕	4-Ø1.06	1~12	3	408	25	45	58	1	100
75							22		195								
90	6	493	360	185	0.70	18	18	双层叠绕	3-Ø1.40	1~12	3	503	25	49	58	1	110
90							18		240								

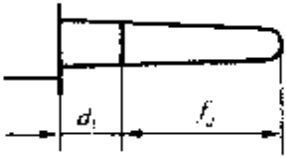
续表

5.5	290	95	0.45	42	1- Φ 1.30	1	226	21	70	
7.5	205	125	0.50	32	1- Φ 1.0, 1- Φ 1.06	1~7	256	20	75	
11	327	230		56	2- Φ 0.90		2			267
15	368	155	0.50	44	1- Φ 1.0	1~9	297	26	80	
18.5		260		44	1- Φ 1.6		289			318
22	8	165	36	2- Φ 1.25	1- Φ 1.40	1~9	351	31	85	
30	400	175	50	1- Φ 1.06	1- Φ 1.06		355			32.5
37	445	165	46	1- Φ 1.12	1- Φ 1.12	1~9	385	25	100	
45	325	195	38	1- Φ 1.18	1- Φ 1.18					390
55	493	185	36	1- Φ 1.30	1- Φ 1.30	1~9	445	36	110	
75		360	240	28	1- Φ 1.40					1- Φ 1.40
				双层叠绕						
				54	72					

表 3-9 Y 系列(IP44)异步

功率 (kW)	极数	定子外径 (mm)	定子内径 (mm)	铁心长度 (mm)	气隙长度 (mm)	定子槽数	每槽线数	绕组形式	线 规	跨距		
0.75	2	120	67	65	0.3	18	111	单层交叉	1- \varnothing 0.63	1~9 2~10 11~18		
1.1				80			90		1- \varnothing 0.71			
1.5				130	72		85		0.35		74	1- \varnothing 0.85
2.2							110				58	1- \varnothing 0.95
3		155	84	100	0.4	24	40	单层同心	1- \varnothing 1.18	1~12 2~11		
4		175	98	105	0.45	30	48		1- \varnothing 1.06	1~16 2~15 3~14 1~14 2~13		
5.5		210	116	105	0.55		44		1- \varnothing 0.90, 1- \varnothing 0.95			
7.5				125			37		1- \varnothing 1.0, 1- \varnothing 1.06			
11		260	150	125	0.65		28		2- \varnothing 1.18, 1- \varnothing 1.25			
15				155			23		2- \varnothing 1.12, 2- \varnothing 1.18			
18.5				195			19		3- \varnothing 1.12, 2- \varnothing 1.18			
22				290			160		175		0.8	16
30		327	182	180	1.0		36		28		2- \varnothing 1.12, 2- \varnothing 1.18	1~14
37				210					24		1- \varnothing 1.4, 2- \varnothing 1.5	
45		368	210	210	1.1		42		22		双 3- \varnothing 1.4, 1- \varnothing 1.5	1~16
55		400	225	195	1.2				20			
75	445	255	225	1.5	14				7- \varnothing 1.5			
90			260		12				8- \varnothing 1.5			
110	520	300	290	1.8	48				9		13- \varnothing 1.5	1~18
132			340						8		16- \varnothing 1.5	
160			380					7	21- \varnothing 1.5			

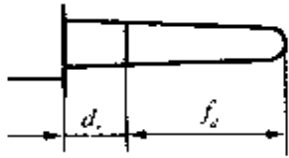
电动机的技术数据

并联支路数	绕组平均半匝长 (mm)			转子槽数	斜槽度	转子内径 (mm)	
		f_a (mm)	d_r (mm)				
1	219.7	45	15	16	1	26	
	234.7						
	248.3						
	273.3	45					
	218.6			50.5		20	38
	306.9						
	342.5						
	362.5	73.5		26		48	
	415.2						
	445.2						
	485.2	90.7		60			
	474.5					75.5	70
515.8							
545.8	87	28	75				
595.5							
614.5				102.8	34	85	
617.6							
706.6	113.5	25	1.25				
831							
881				152	40	95	
921							

续

功率 (kW)	极数	定子外径 (mm)	定子内径 (mm)	铁心长度 (mm)	气隙长度 (mm)	定子槽数	每槽线数	绕组形式	线 规	跨距		
0.55	4	120	75	65	0.25	24	128	链式	1-0.56	1~6		
0.75				80			103		1-0.63			
1.1				130			80		90		81	1-0.71
1.5									120		63	1-0.80
2.2		155	98	105	0.3	36	41	单层交叉	2-0.71	1~9 2~10 11~18		
3				31			1-1.18					
4		175	110	135	0.4	36	46	1-1.06				
5.5				210			136	115	47		1-0.9、1-0.95	
7.5		160	35		2-1.06							
11		260	170	115	0.5	36	28	2-1.3				
15				195			22	1-1.18、2-1.25				
18.5		290	187	190	0.55	48	32	双	2-1.18	1~11		
22				220			28		2-1.3			
30		327	210	230	0.65	24	2-1.06、2-1.12					
37		368	245	200	0.7	48	46	双	2-1.05	1~12		
45				235			20		2-1.3、2-1.4			
55	400	260	240	0.8	60	36	层	3-1.3				
75			445			300		325	0.9	26	2-1.25、2-1.3	
90	20	5-1.3		1~14								
110	520	350	290		1.2	72	17	层	2-1.5、4-1.4	1~16		
132			380				14		5-1.4、2-1.5			
110			420	11			8-0.5					

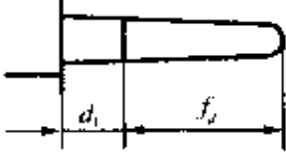
表

并联支路数	绕组平均半匝长 (mm)			转子槽数	斜槽度	转子内径 (mm)	
		f_a (mm)	d_1 (mm)				
1	163.3	21.3	15	22	1	26	
	178.3						
	191.7	21.5				30	
	221.7						
	224.2	26.8		32		38	
	254.2						
	264.8	28					
	267.2	37.7				48	
	312.2						
	334.9	42.1				26	60
374.9							
2	395.5	44.5	20	44	1	70	
	425.5						
	456	50.4				75	
4	475.7	63.8	25	50	1	80	
2	510.7						
4	537.6	63.4	25	64	1	85	
	564.8	77.3				50	100
	649.8						
	657	92		64		110	
	747						
	787						

续

功率 (kW)	极数	定子外径 (mm)	定子内径 (mm)	铁心长度 (mm)	气隙长度 (mm)	定子槽数	每槽线数	绕组形式	线 规	跨距
0.75	6	130	86	100	0.25	36	77	链 式	1 0.67	1~6
1.1				125			60		1-0.75	
1.5		155	106	100	53		1-0.85			
2.2		175	120	110	0.3		44		1-1.06	
3		210	148		0.35		38		1-0.85 1-0.9	
4				52			1-1.06			
5.5				42			1-1.25			
7.5		260	180	145	0.4		38		2-1.12	
11				195			28		4 0.95	
15		290	205	200	0.45		54		34	
18.5	327	230	195	0.5	32	1-1.12 1-1.18				
22			220		28	2-1.25				
30	368	260	210	26	1-1.3 2-1.4					
37	400	295	225	0.55	28	1-1.12 2-1.18				

表

并联支路数	绕组平均半匝长 (mm)			转子槽数	斜槽度	转子内径 (mm)
		f_d (mm)	d_1 (mm)			
1	183.1	16.9	15	33	1	30
	208					
	193.9	17.2				38
	212.2	19.3				
	227.2	24.1				48
	257.2					
	291.2					
	281.7	26.3				60
	331.7					
2	363.3	30.3	20	44	1	70
	370.4	31.8				75
	395.4					
	408.4	40.2				80
3	454.1	47.3	25	58	1	85
	468.1	54				100
	513.1					
6	572	70	25	58	1	110
	622					
	662					
	732					

续

功率 (kW)	极数	定子外径 (mm)	定子内径 (mm)	铁心长度 (mm)	气隙长度 (mm)	定子槽数	每槽线数	绕组形式	线规	跨距	
2.2	8	210	148	110	0.35	48	38	链式	1-1.12	1~6	
3				140			30		1-1.3		
4		260	180	110	49		1-1.25				
5.5				145	39		2-1.0				
7.5				195	30		1-1.12、1-1.18				
11		290	205	200	0.45		54	46	双	2-0.9	1~7
15		327	230	195	0.5			38		1-1.06、1-1.12	
18.5		368	260	170				32		2-1.4	
22				210	32			2-1.5			
30		400	285	225	0.55		72	22	层	3-1.3	1~9
37	445	325	215	0.65	40	2-1.3					
45			260		34	1-1.4、1-1.5					
55	520	390	290	0.9	58	3-1.0					
75			380		22	4-1.4					
90			420		20	5-1.4					
110			480		34	3-1.5					

表

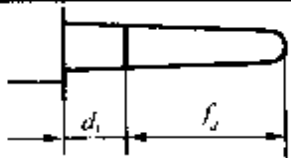
并联路数	绕组平均半匝长 (mm)			转子槽数	斜槽度	转子内径 (mm)
		f_d (mm)	d_1 (mm)			
1	208.6	18.6	15	44	1	48
	238.6					
	223.7	19.1				60
	258.7					
	308.7					
2	332.5	23.1	20	58	1	70
	336.6	23.8				75
	328.8	30.2				80
	368.8					
	405.0	34.4				85
4	412.7	39.3	25	100		
	457.7					
8	522	51	110			
4	612					
	652					
8	712					

表 3-10 Y 系列三相异步

型 号		安 装				
		中心高 (H)	地脚孔距离		轴 径 (d)	
			轴向 (B)	横向 (A)	2 极	4、6、8、10 极
Y-80		80	100	125	19	
Y-90	S	90	100	140	24	
	L		125			
Y-100L		100	140	160	28	
Y-112M		112	140	190	28	
132	S	132	140	216	38	
	M		178			
Y-160	M	160	210	254	42	
	L		254			
Y-180	M	180	241	279	48	
	L		279			
Y-200L		200	305	318	55	
Y-225	S	225	286	356	55	60
	M		311		55	60
Y-250M		250	349	406	60	65
Y-280	S	280	368	457	65	75
	M		419		65	75
Y-315	S	315	406	508	65	80
	M		457		65	80
Y-355M		355	560	610	75	90

注: Y-315、Y-355 机座外形尺寸待定。

电动机外形尺寸

尺 寸 (mm)						
轴 伸 长 (E)		键 槽 宽 (F)		长 (L)	宽 (b)	高 (h)
2 极	4、6、8、10 极	2 极	4、6、8、10 极			
40		6		285	235	170
50		8		310	245	190
60		8		380	285	245
60		8		400	305	265
80		10		475	345	315
				515		
110		12		600	420	385
				645		
110		14		670	465	430
				710		
110		16		775	510	475
110	140	16	18	2 极 820	570	530
110	140	16	18	815 845		
140		18		930	635	575
140		18	20	1 000	690	640
		18	20	1 050		
140	170	18	22			
140	170	20	25			

Y 系列典型电机结构图见图 3-2、3-3。

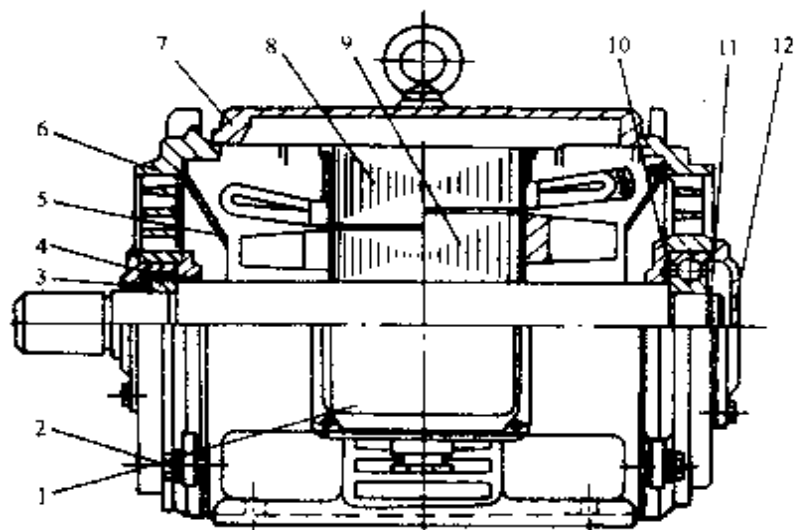


图 3-2 Y 系列 (IP23) 典型结构图

1—接线盒 2—紧固件 3—轴承外盖 4—轴承 5—挡风板
6—端盖 7—机座 8—定子铁心 9—转子 10—轴承内盖
11—轴用挡圈 12—轴承外盖

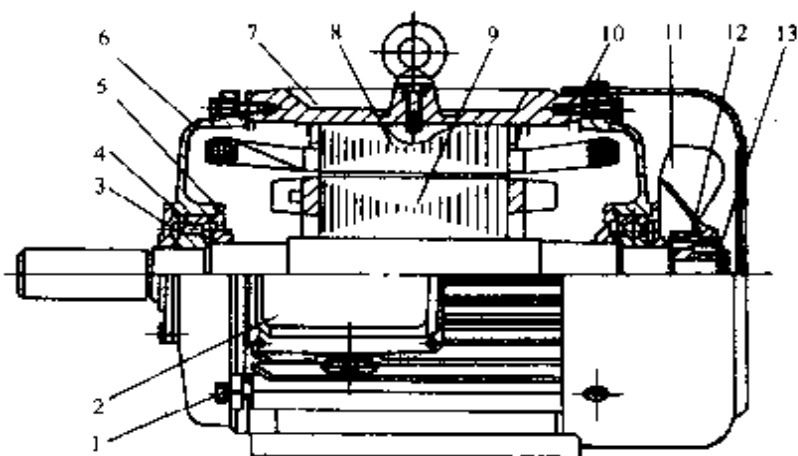


图 3-3 Y 系列 (IP44) 典型结构图

1—紧固件 2—接线盒 3—轴承外盖 4—轴承 5—轴承内盖
6—端盖 7—机座 8—定子铁心 9—转子 10—风罩 11—外
风扇 12—键 13—轴用挡圈

Y 系列三相异步电动机外形尺寸见表 3-10。

二、三相异步电动机的启动、运行和维护

1. 启动前的检查

(1) 新安装或长期停用的电动机启动前的检查

① 用兆欧表检查三相异步电动机绕组间和绕组对地的绝缘电阻,见图 3-4。测试前应拆去电动机接线盒的连接片。通常对 500V 以下电动机用 500V 兆欧表测量,对 500~3 000V 电动机用 1 000V 兆欧表测量。一般三相电机的绝缘电阻应大于 0.50MΩ 方可使用。

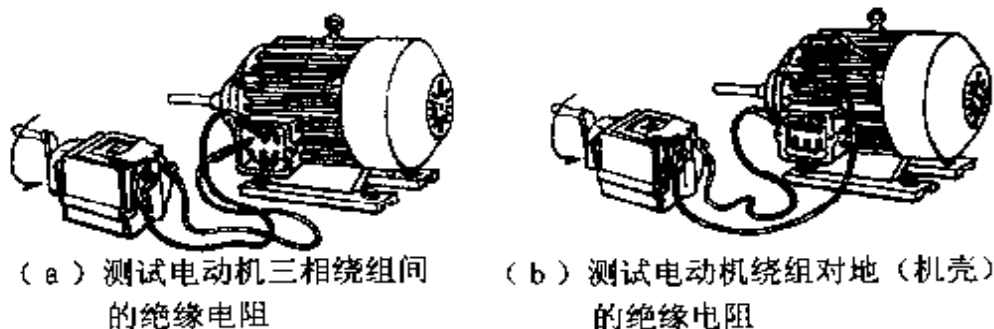


图 3-4 用兆欧表测试电动机的绝缘电阻

② 检查电动机铭牌所示电压、频率与电源电压、频率是否相符,接法是否与铭牌所示相同。

③ 检查电动机轴承是否有油。若缺油应补足。一般电动机采用钙钠基 1 号润滑脂,以充满轴承室的 2/3 为宜。

④ 检查电动机的基础是否稳固,固定螺栓是否已拧紧。

⑤ 检查电动机及启动设备接地装置是否可靠,接线是否正确,接触是否良好。

⑥ 检查电动机转轴转动是否灵活。

(2) 正常运行的电动机启动前的检查

① 检查电动机周围有无妨碍运行的杂物和易燃易爆物品。

② 检查电动机转动是否灵活或有杂音。

③ 检查电源电压是否正常。对于 380V 异步电动机,电源电压不宜高于 400V,也不能低于 360V。

④ 检查电动机所带动的设备是否正常,电动机与设备之间的传动是否正常。

2. 启动方式分类

三相异步电动机启动方式分类如表 3-11。

表 3-11 三相异步电动机启动方式分类

电动机类别	启动方式	
三相鼠笼式异步电动机	直接启动,最大功率不大于变压器容量的 20%~30%	
	降压启动	1. 在定子电路中串联电阻或电抗启动 2. 自耦减压启动器启动 3. 星三角(Y- Δ)启动器启动 4. 延边三角形启动器启动
三相线绕式异步电动机	转子电路串联电阻或电抗启动 1. 串联启动变阻器启动 2. 串联频敏变阻器启动	

3. 启动时的注意事项

① 电动机传动部分附近不应有其他人员。

② 使用直接启动方式的电动机应空载启动。由于启动电流大,拉合闸动作应迅速果断。

• ③ 使用三角启动器和自耦减压启动器时,必须遵守操作程序启动。

④ 一台电动机的连续启动次数不宜超过 3~5 次,以防止启动设备和电动机过热。

⑤ 电动机启动后不转或转动不正常或有异常声音时,应迅速停机检查。

4. 运行时的监视、维护

① 注意电动机的运行电流不能超过额定电流。

- ② 注意电源电压是否正常。一般电源电压应在 360~400V 之间。
- ③ 注意电动机的温升是否正常。三相异步电动机的最高容许温度和最大容许温升见表 3-12。

表 3-12 三相异步电动机的最高容许温度
(周围环境温度为+40℃)

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

- ④ 用电笔检查电动机外壳是否漏电和接地不良。
- ⑤ 检查电动机运行时的声音是否正常,有无冒烟和焦味。
- ⑥ 应保持电动机的清洁,不允许有水、油和杂物落入电动机内部。

5. 定期检查

对于一般工作环境中使用的电动机,定期检查每年应不少于1次;对于工作环境灰尘多、潮湿、经常使用的电动机,每年应进行2~3次定期检查。检查的主要内容有:

① 清除电动机外壳的灰尘、积垢,检查外壳有无裂纹、破损。测量绝缘电阻。

② 检查接线盒内螺栓有无松动、烧损,接头有无损坏,引线有无断裂。

③ 检查主轴转动是否灵活,转子与定子之间有无碰擦。

④ 拆下轴承外盖,检查润滑脂是否不足或脏污。一般电动机轴承内的润滑脂,半年更换一次。检查轴承磨损情况,有无杂音。

⑤ 检查电动机接地装置是否完好。

⑥ 检查各固定部分螺钉是否紧固。

三、三相异步电动机常见故障及处理方法

三相异步电动机在运行时,会发生各种各样的故障。要对其故障原因进行多方面的分析才能找到发生故障的原因。除了检查分析电动机本身可能产生的故障外,还要检查分析电动机的负载、辅助设备以及供电线路上的故障。三相异步电动机的常见故障、产生故障的可能原因及处理方法,见表3-13。

表 3-13 三相异步电动机的常见故障

故障现象	可能原因 (处理方法)
1. 不能启动	(1) 电源未接通 (2) 控制设备接线错误 (3) 熔丝烧断 (4) 电压过低(检查电网电压,在降压启动情况下,如启动电压太低,可适当提高) (5) 定子绕组相间短路或接线错误,以及定、转子绕组断路 (6) 负载过大或传动机械有故障

续 表

故障现象	可能原因 (处理方法)
2. 电动机有异常噪音或振动过大	<ul style="list-style-type: none">(1) 机械摩擦或定、转子相擦(2) 单相运行(断电再合闸,如不能启动,则有可能一相断电,检查电源及电动机,并加以修复)(3) 滚动轴承缺油或损坏(4) 电动机接线错误(5) 绕线式转子电动机转子线圈断路(6) 转轴弯曲或转子铁心变形(7) 转子、风扇或皮带盘不平衡(8) 联轴器或地脚螺钉连接松动(9) 安装基础不平或有缺陷(10) 转子开焊、短路或断路
3. 电动机温升过高或冒烟	<ul style="list-style-type: none">(1) 过载(减轻负载或更换较大功率的电动机)(2) 两相运行或单相运行(3) 电压过低、过高或电动机接法错误(4) 定子绕组接地或匝间、或相间短路(5) 绕线式转子电动机转子线圈接头松脱或鼠笼转子断条(对铜条转子焊补或更换铜条,对铸铝转子更换转子或改为铜条转子)(6) 定、转子相擦(检查轴承、轴承座及轴承有无松动,定、转子装配有无不良情况)(7) 风扇故障或通风不畅(移开妨碍通风的物件,清除通风道污垢、灰尘及杂物,使通风道畅通)(8) 频繁启动或正反转次数过多
4. 轴承过热	<ul style="list-style-type: none">(1) 轴承损坏(2) 滚动轴承润滑脂过多、过少或有杂质(3) 滑动轴承润滑油不够,有杂质或油环卡住(4) 轴与轴承配合过松或过紧(过松时可将轴喷涂金属,过紧时重新磨削)(5) 轴承与端盖配合过松或过紧(过松时可在端盖内镶钢套,过紧时加工轴承室)(6) 电动机两端端盖或轴承盖装配不良(7) 皮带过紧或联轴器装配不良

续 表

故障现象	可能原因 (处理方法)
5. 绕线式转子集电环火花过大	(1) 电刷牌号或尺寸不符合要求 (2) 集电环表面有污垢、杂物(清除污垢,烧灼严重时重新金加工) (3) 电刷压力太小,或电刷在刷握内卡住或放置不正
6. 电动机运行时电流表指针来回摆动	(1) 绕线式转子电动机一相电刷接触不良 (2) 绕线式转子电动机集电环的短路装置接触不良 (3) 鼠笼式转子断条或绕线转子一相断路
7. 电动机机壳带电	(1) 接地不良 (2) 绕组受潮绝缘损坏或接线板上有污垢 (3) 引出线绝缘磨破 (4) 电源线与接地线搞错
8. 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) 绕线式转子电动机启动变阻器接触不良 (5) 电刷与滑环接触不良(调整电刷压力及改善电刷与滑环接触面) (6) 负载过大

四、三相异步电动机修理

1. 修理前的整体检查

三相异步电动机修理前应首先检查以下几项:①检查机座及端盖有无裂缝;②用手拨动转子,看转子能否转动;③检查转子由一侧到另一侧的轴向游动;④测量绕组及电机各部分绝缘电阻是否正常;⑤通电运转,观察电机运行情况。故障性质大体确定后方可拆卸电机。

2. 拆装

三相异步电动机拆装步骤如下：①卸下风扇罩；②卸下风扇；③卸下前轴承外盖、后端盖螺钉；④在电机轴端垫上厚木板，用手锤敲击轴端，使后端盖脱离机座；⑤将后端盖连同电机转子抽出机座，注意不要擦伤铁心和绕组；⑥卸下前端盖螺钉，用细长木块伸入机座内顶住前端盖内部外缘，用手锤敲击，把前端盖打下。

3. 定子绕组的检修

(1) 定子绕组断路故障的检修

定子绕组断路故障一般发生在出线端部位、各绕组元件的接头处或绕组的端部。由于绕组端部露在电动机铁心外面，导线易被碰断，或接线头焊接不牢，在长期使用中松脱。如发现上述部位断线，只需重新焊牢，包上绝缘，再涂上绝缘漆后即可使用。

绕组断路，可用兆欧表、万用表或校验灯(40W 以下)来校验，如图 3-5 所示。

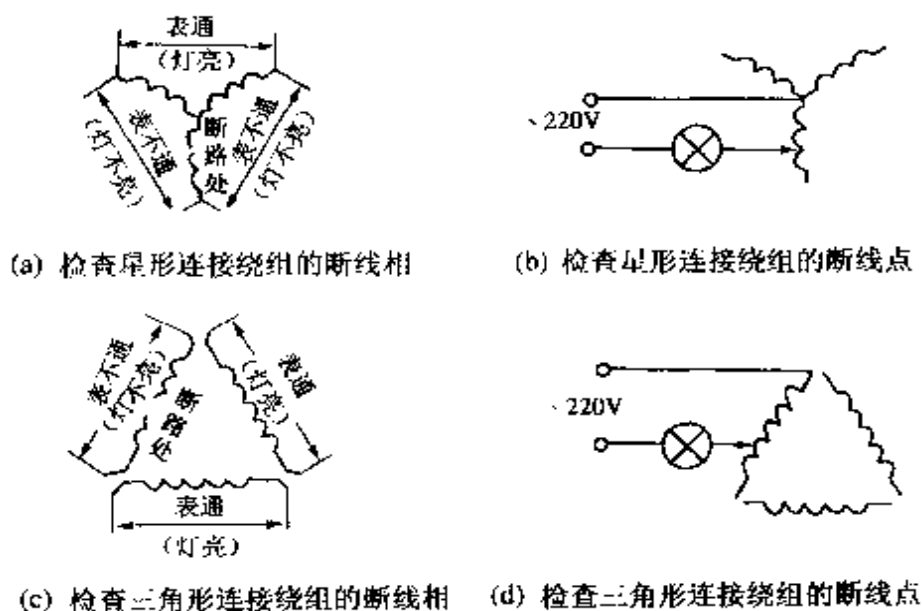


图 3-5 检查定子绕组的断路故障

查出断路点在绕组匝间时，需要更换绕组。

(2) 定子绕组接地故障的检修

三相异步电动机受潮、绝缘老化以及在大修更换绕组时槽绝缘损坏或绝缘未垫好,都会造成接地故障。

检查绕组接地故障,也可用兆欧表、万用表或校验灯(40W以下)来进行检查。检查方法:将一校验棒端接电动机绕组的引出线端,另一校验棒接在电动机机座外壳上(测量前应清除机座外壳上的油污和测点处的油漆)。如果测量出绝缘电阻在 $0.5M\Omega$ 以上,则说明绝缘良好,可以继续使用;如果绝缘电阻在 $0.5M\Omega$ 以下,甚至接近于零,则说明电机绕组已受潮,或绕组绝缘失效。

排除绕组接地故障,一般可以局部修理。如果接地点在槽口或槽底线圈出口处,而且只有一根导线绝缘损伤,则可将绕组加热,待绝缘物软化后,撬开接地点的槽绝缘,插入适当大小的云母片或布纹压板($0.5\sim 1mm$),再涂上绝缘漆即可。如果接地点有两根以上的导线绝缘损坏,则槽绝缘和导线间的绝缘要同时修好,通常填入小片黄蜡布,把两导线隔开,再涂上绝缘漆即可。如果接地点在绕组内的线圈处,则必须重新绝缘线槽,或另换新的线圈。重新嵌线的电机发生接地故障,主要原因是嵌线用力过大,破坏了槽口处的绝缘,此时须用绝缘纸填入线圈与槽口间,把线圈与铁心槽隔开绝缘。

(3) 定子绕组短路故障的检修

定子绕组短路故障的原因有:电机启动引起电流过大;电压过高或过低;重新嵌绕时碰伤绝缘;机械损伤;绝缘老化等。电动机定子绕组短路后,各相串联匝数就不相等,从而造成电动机振动、噪声、发热,严重时导致电动机烧毁。

绕组短路有:①匝间短路,一相绕组内线圈或线匝间的短路;②极相组短路,一个极相组的两根引出线短路;③相间短路,异相绕组间的短路。

常用的检查方法有:①利用兆欧表或万用表检查相间绝缘,如

果两相间绝缘电阻很低,说明该两相间短路;②用电桥测量每相绕组的电阻值,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匝间短路的,其外形及检查方法见图 3-6。在短路侦察器线圈的两端接上交流电,而短路侦察器的开口部分先放在定子铁心槽上,这样在开口部分就有一个磁回路。侦察器的线圈就相当于变压器的初级线圈,而被检查的槽内线圈就相当于变压器的次级线圈。若被检查的线圈有短路,则串联在短路侦察器的电流表读数就会增大。不用电流表,也可用一片厚 0.5mm 钢片或旧锯条安放在被测绕组的另一个绕组边所在的槽口上面,若被检查的线圈有短路,则钢片被槽口的磁力吸引会发生振动,并有“吱吱”声。

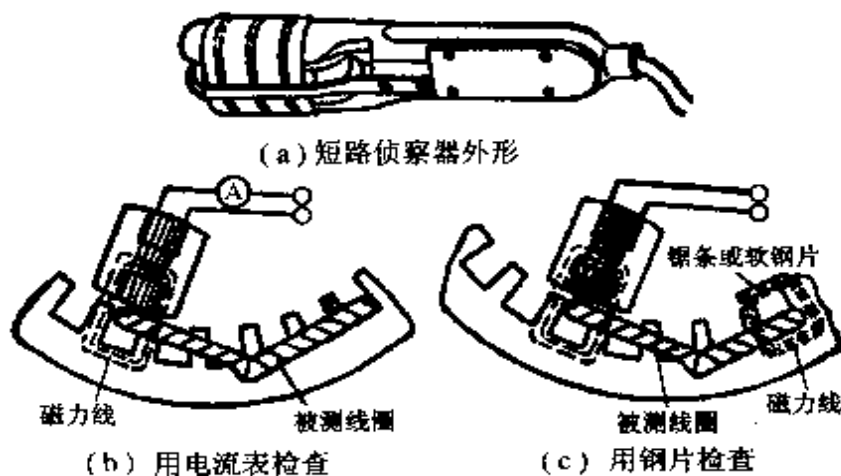


图 3-6 短路侦察器外形与用短路侦察器检查绕组匝间短路

使用短路侦察器应注意如下几点:①电机引出线端是“ Δ ”形连接的要拆开;②绕组是多路并联的要先拆开;③在双层绕组的定子中,一个槽内嵌有不同线圈的两条边,要确定究竟是哪一个线圈短路时,应分别将钢片放在左边相隔一个节距的槽口和右边相隔一个节距的槽口,都试验一下。④应先将侦察器放在铁心上,再接通电源,这样磁路闭合。若磁路不闭合,线圈中会产生很大电流,

时间一长就会烧坏侦察器内的线圈。

如果短路点在槽内,则将槽绕组加热软化,翻出绕组,换上新的槽绝缘,将导线的短路部位用绝缘材料包好,然后重新嵌入槽内。如果线圈损坏太多,包上新绝缘材料后导线无法嵌入槽内,应拆下重绕新的线圈。

4. 定子绕组的拆换

三相异步电动机定子绕组如果损坏严重,无法局部修理时,就必须拆换全部旧绕组,重新嵌放新绕组。拆换定子绕组的工作可按下列步骤进行:

(1) 记录铭牌和原有数据

记录铭牌数据包括:型号、额定功率、额定电压、额定电流、转速、频率、接线、运行方式、负载持续率、效率、功率因数、转子电压、转子电流、耐热等级、重量、产品编号、制造厂、制造日期。

定子铁心数据包括:外径、内径、气隙值、铁心总长、通风槽数、通风槽宽、槽数。

定子绕组数据包括:绕组形式、线圈节距、导线型号、导线规格、并绕根数、并联路数、每槽匝数。

线圈伸出铁心长度包括:接线端、非接线端、槽绝缘材料、槽绝缘厚度、槽楔材料、槽楔尺寸。

必要时画出槽形尺寸图和绕线接线草图。

(2) 拆除旧绕组。

拆除旧绕组可以采用以下几种方法:

① 冷拉法:将定子绕组一边的端部切断,从另一端用钢丝钳夹住部分导线分次逐渐拉出。

② 通电加热法:对于 Δ 接 380V 小型电机,可将 Δ 接改 Y 接后通入 380V 三相交流电源加热,或将 Δ 接绕组接成开口 Δ 形,然后通入 220V 单相交流电源加热。对于有故障线圈,在通电加热时,要使电机可靠接地。切断电源后再拆除绕组。

③ 溶剂溶解法：用丙酮(50%)、甲苯(45%)、石蜡(5%)按重量比配成溶剂。配制时先将石蜡加热熔化，再加入甲苯，然后加入丙酮，搅匀即成。使用时用毛刷把溶剂刷在绕组上，然后将定子放在密闭容器(如铁箱)内保持1~2min，待绝缘软化后便可拆除线圈。使用时必须要防火、防中毒，注意通风良好。

(3) 清理铁心

旧绕组全部拆除后，要将槽内残余绝缘清理干净。清理铁心时不许用火烧铁心。铁心槽口不齐时不许用锉刀锉大槽口。对于不整齐的槽形需要修正，否则嵌线困难，不齐的冲片会将槽绝缘割破。铁心清理后，用蘸有汽油的擦布擦拭铁心各部分，尤其在槽内不许有污物存在。最后用压缩空气吹净铁心。

(4) 制作绕线模

在绕制电动机定子绕组前，应根据旧线圈的形状和尺寸，或根据需要更动的节距来制作绕线模。绕线模的尺寸应做得比较准确，否则嵌线困难或影响电动机的质量。制作绕线模时，可利用拆下的一个完整的线圈，取其中最小的一匝，依照它的形状和周长作为绕线模尺寸。绕线模的结构如图3-7所示。

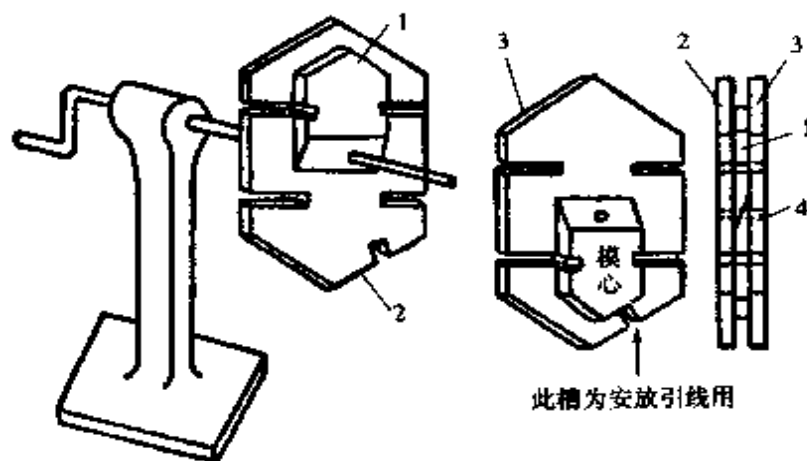


图3-7 绕线模的结构

1—模心 2—下夹板 3—上夹板 4—轴孔

绕线模一般用干燥的硬木制作,不易变形,也可用胶木板制作。

(5) 绕制线圈

绕制线圈导线直径一般不超过 $\varnothing 1.68\text{mm}$ 。导线太粗,下线困难,槽空间利用率不高;导线也不能过细,否则导线强度太差。

每个极相组的线圈尽可能连续绕制,以减少接头和线圈反接的错误。线圈伸出槽外直线部分长度,一般每边 15mm。

绕线时,将绕线模装到手摇线机的主轴上,并用紧固螺栓把绕线模的两侧夹板夹紧。导线进入模槽时应有一定的张力,可用毛毡浸石蜡后压紧导线,使导线平直。导线在模槽内要排列整齐,不能交叉重叠。绕到规定匝数时,用纱线通过夹板的纱线槽把线圈扎紧,线圈头尾处分别做上记号,然后剪断导线。线圈头尾导线应放长 $1/3$ 匝线圈的长度,以便于连接。

(6) 安放槽绝缘

中、小型异步电动机槽绝缘材料及结构应按规定的绝缘等级和机座号选用,见表 3-14。

表 3-14 中小型异步电动机绝缘的结构

型号	机座号	槽 绝 缘	绝缘等级
J、JO		两层 0.12~0.14mm 青壳纸夹一层 0.11~0.17mm 的油性玻璃漆布	A 级
		两层 0.11~0.15mm 醇酸玻璃漆布夹一层 0.2mm 醇酸云母板	B 级
J2、JO2	1~2	0.22mm 复合聚酯薄膜青壳纸或用一层 0.05mm 聚酯薄膜一层,0.15mm 青壳纸	E 级
	3~5	0.27mm 复合聚酯薄膜青壳纸或用一层 0.05mm 聚酯薄膜,一层 0.2mm 青壳纸	
	6~9	0.27mm 复合聚酯薄膜青壳纸(或用一层 0.05mm 聚酯薄膜,一层 0.2mm 青壳纸)加一层 0.15mm 玻璃漆布	

续 表

型号	机座号	槽 绝 缘	绝缘等级
Y(IP44)	中心高 80~112	0.25mmDMDM 复合绝缘纸一层	B 级
	132~160	0.30mmDMDM 复合绝缘纸一层	
	180~280	0.35mmDMDM 复合绝缘纸一层	
	315	0.50mmDMDM 复合绝缘纸一层	
Y(IP23)	160~225	0.35mmDMDM 复合绝缘纸一层	
	250~280	0.40mmDMDM 复合绝缘纸一层	

槽内绝缘物伸出铁心的长度要根据电动机容量的大小而定。伸出太长,端盖容易划伤绕组,同时增加线圈长度,造成浪费;伸出太短,绕组对铁心的安全距离不够,同时端部相间绝缘无法垫好,槽绝缘也容易在槽底裂开。一般异步电动机槽绝缘伸出铁心的长度见表 3-15。

表 3-15 异步电动机槽绝缘伸出铁心的长度

机 座 号	一端伸出铁心长度(mm)
3~4 号	7.5
5 号	8
6~7 号	10
8 号	12
9 号	15

槽绝缘放置时不宜高出槽口,否则嵌线困难;槽绝缘也不能放置过低,否则不能把导线完全包住,容易产生短路。

(7) 嵌线

嵌线工艺的关键是保证线圈的位置和次序要正确,绝缘要良好。要求导线排列整齐,并使线圈伸出铁心两端的长度相等。

嵌线工作目前仍以手工操作为主。嵌线工具包括划线板、压线板、手术用弯头长柄剪刀、橡皮锤和钢皮划板等。图 3-8 为划线板和压线板外形。划线板用胶木板做成,其头部要磨得光滑,并厚薄合适,要求能划入槽内 2/3 处。划线板不能用来压线,只是用来划顺导线引其入槽的工具。压线板要根据电动机槽形不同多备几只,压脚宽度一般为槽上部宽度减去 0.6~0.7mm,压线板必须光滑,以免损伤导线绝缘。

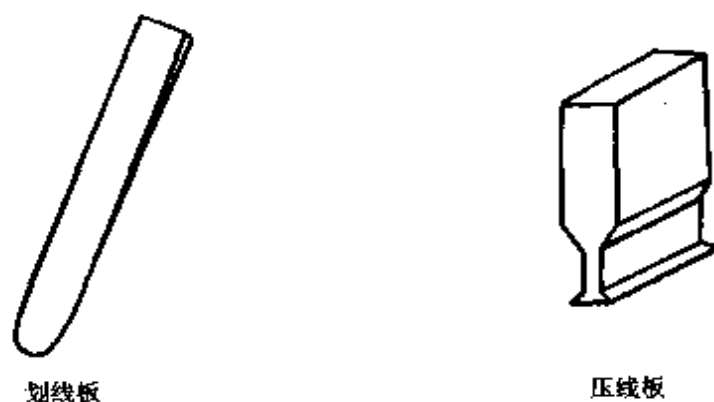


图 3-8 划线板和压线板

全部线圈嵌入槽内后应盖上槽绝缘,然后打入槽楔。槽楔长度比槽绝缘短 3mm,厚度不小于 2.5mm,进槽后松紧要适当。槽楔通常用竹片制成。

(8) 接线与焊接

嵌线完成以后,就可按照电动机原来绕组的连接方法进行接线。为防止导线连接处氧化,保证电机绕组长期安全运行,必须在连接处加以焊接。

(9) 绕组检查与试验

绕组检查与试验,包括检查绕组有无断路、短路、接地和线圈接错处,测量绝缘电阻、直流电阻,试验绕组的绝缘耐压性能,空载试验,观察空载电机的运行情况并记录空载电流。

(10) 浸漆与烘干

绕组浸漆可以增强电动机的绝缘强度,提高防潮和耐热性能,加固绕组端部。浸漆应根据原电动机的绝缘等级来选用相应牌号的绝缘漆。A级绝缘绕组常用 1010 沥青黑烘漆或 1012 耐油性清漆,E级、B级绝缘绕组常用 1032 三聚氰胺酸漆。

绕组浸漆前应进行预烘,把绕组内的潮气和挥发物驱除,并加热绕组便于浸漆。预烘时升温速度为 $20\sim 30^{\circ}\text{C}/\text{h}$,预烘温度不可超过 105°C (绝缘等级 A)或 120°C (绝缘等级 E级)。预烘时间为 $4\sim 8\text{h}$ 。预烘后等铁心冷到 $60\sim 75^{\circ}\text{C}$ 时,就可以进行浸漆。

在盛漆桶内,浸漆时间为 15min 以上,直到不冒气泡为止。也可以采用浇漆的方法:先把电动机垂直放在漆盘上,用漆壶浇绕组的一端,经 $20\sim 30\text{min}$ 滴漆后,将电机翻过来,再浇另一端绕组,一直到浇透为止。浸漆时应注意引出线上不能浸到漆。

浸、浇完后,待余漆滴干,再用浸过甲苯或二甲苯的抹布或刷子将定子铁心表面和机座两端面揩干净。

常用的烘干方法有:① 烘箱干燥法,② 灯泡干燥法,③ 煤炉干燥法,④ 电流干燥法,⑤ 涡流干燥法。

烘干可分两个阶段进行。第一阶段进行低温烘焙:对于 A 级绝缘绕组,温度控制在 $70\sim 80^{\circ}\text{C}$,烘 $2\sim 4\text{h}$ 。第二阶段进行高温烘焙:对于 A 级绝缘绕组,温度控制在 $110\sim 120^{\circ}\text{C}$,烘 $8\sim 16\text{h}$ 。对于 E 级、B 级绝缘绕组,烘焙温度应相应提高 $10\sim 20^{\circ}\text{C}$ 。

在烘干过程中,每隔 1h 用兆欧表测量一次绕组对地绝缘电阻。开始时绝缘电阻下降,而后逐渐上升,最后 3h 内趋于稳定。一般绝缘电阻在 $5\text{M}\Omega$ 以上时,才可结束烘干。

5. 转子的修理

(1) 笼型转子断笼的修理

断笼是铸铝转子常见的故障。主要是铸铝质量不好或使用不当等原因造成的。

断笼包括断条与断环。断条是指笼条中一根或数根断裂。断

环是指端环中一处或数处裂开。断笼的修理方法有：

① 焊接法 将裂口扩大,然后把转子加热到 450℃左右,再用焊料气焊补焊。

② 冷接法 在裂口处用钻头钻孔并攻丝,然后拧上一个铝螺钉,铲除螺钉多余部分。

③ 换条法 先将原有端环用车床车去,浸入烧碱溶液(浓度 60%)中,经 6~7h,即可以将铝条腐蚀掉。然后放入水中冲洗,再投入 0.25%浓度的冰醋酸中煮沸,以中和残留碱液,再放在清水中煮沸 1~2h。取出烘干后可以重新铸铝,然后车光。

(2) 绕线转子的检修

绕线转子的常见故障是转子绕组并头脱焊。其主要原因是焊接时清理工作没做好,或焊接不透,使接触电阻增加,通电发热致使焊锡熔化而脱焊。

脱焊处经补焊后,检查焊接质量,可通过测量接触电阻来检查焊接质量。

第三节 直流电动机

一、直流电动机的分类、型号、结构及技术数据

1. 分类与型号

直流电机为直流发电机和直流电动机的总称,有基本系列、派生系列和专用系列,它们的主要型号及用途见表 3-16。

表 3-16 直流电机及其派生、专用产品的用途和分类

序号	产品名称	主要用途	型号	原用型号
1	直流电动机	一般用途、基本系列	Z	Z、ZD、ZJD
2	直流发电机	一般用途、基本系列	ZF	Z、ZF、ZJF

续 表

序号	产品名称	主要用途	型号	原用型号
3	广调速直流电动机	用于恒功率调速范围较大的传动机械	ZT	ZT
4	冶金起重直流电动机	冶金辅助传动机械等用	ZZJ	ZZ、ZZK、ZZY
5	直流牵引电动机	电力传动机车,工矿电机车和蓄电池供电车等用	ZQ、ZQX	ZQ
6	船用直流电动机	船舶上各种辅助机械用	Z-H	Z2C、ZH
7	船用直流发电机	作船舶上电源用	ZF-H	Z2C、ZH
8	精密机床用直流电动机	磨床、坐标镗床等精密机床用	ZJ	ZJD
9	汽车启动机	汽车、拖拉机内燃机等用	ST	ST
10	汽车发电机	汽车、拖拉机内燃机等用	F	F
11	挖掘机用直流电动机	冶金、矿山挖掘机用	ZKJ	Z2C
12	龙门刨床用直流电动机	龙门刨床用	ZU	ZBD
13	防爆安全型直流电机	矿井和有易爆气体场所用	ZA	Z
14	无槽直流电动机	快速动作伺服系统中用	ZW	ZWC

2. 直流电动机结构简介

直流电机结构见图 3-9 所示。

3. 技术数据

Z2 系列直流电机是目前使用最为广泛的直流电机。Z4 系列直

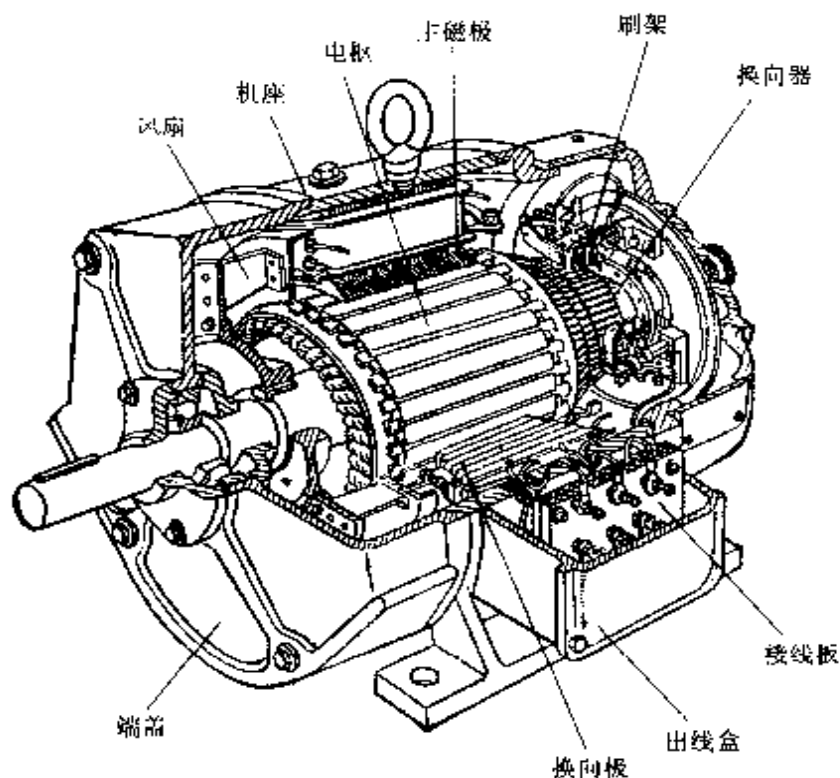


图 3-9 直流电机的结构图

流电机是新产品,其性能和技术要求、外形和安装尺寸(除两底脚孔间轴向尺寸)等符合 IEC 标准。

(1) Z2 系列直流电动机

① 性能参数(表 3-17)

表 3-17 Z2 系列电动机的性能参数

Z2 系列电动机(110V,3 000r/min)

序号	型号	额定功率 (kW)	额定电压 (V)	额定转速 (r/min)	额定电流 (A)	效率 (%)	最高转速 (r/min)	最大励磁功率 (W)
1	Z2-11	0.8	110	3 000	9.82	74	3 000	52
2	Z2-12	1.1			13	75.5		63
3	Z2-21	1.5			17.5	77		61
4	Z2-22	2.2			24.5	79		77

续 表

序号	型号	额定功率 (kW)	额定电压 (V)	额定转速 (r/min)	额定电流 (A)	效率 (%)	最高转速 (r/min)	最大励磁功率 (W)
5	Z2-31	3	110	3 000	33.2	78.5	3 000	80
6	Z2-32	4			43.8	80		98
7	Z2-41	5.5			61	81.5		97
8	Z2-42	7.5			81.6	82		120

Z2 系列电动机(110V,1 500r/min)

序号	型号	额定功率 (kW)	额定电压 (V)	额定转速 (r/min)	额定电流 (A)	效率 (%)	最高转速 (r/min)	最大励磁功率 (W)
9	Z2-11	0.4	110	1 500	5.47	66.5	3 000	39
10	Z2-12	0.6			7.74	70.5		60
11	Z2-21	0.8			9.96	73		65
12	Z2-22	1.1			13.15	76		88
13	Z2-31	1.5			17.6	77.5		103
14	Z2-32	2.2			25	80		131
15	Z2-41	3			34.3	79.5	116	
16	Z2-42	4			44.8	81	170	
17	Z2-51	5.5			61	82	154	
18	Z2-52	7.5			82.2	83	242	
19	Z2-61	10			108.2	84	160	
20	Z2-62	13			140	84.5	146	
21	Z2-71	17			155	85.5	400	
22	Z2-72	22			232.6	86	370	
23	Z2-81	30			315.5	86.5	450	

Z2 系列电动机(110V,1 000r/min)

序号	型号	额定功率 (kW)	额定电压 (V)	额定转速 (r/min)	额定电流 (A)	效率 (%)	最高转速 (r/min)	最大励磁功率 (W)
24	Z2-21	0.4	110	1 000	5.59	65	2 000	60
25	Z2-22	0.6			7.69	71		64
26	Z2-31	0.8			10.02	72.5		88

续 表

序号	型号	额定功率 (kW)	额定电压 (V)	额定转速 (r/min)	额定电流 (A)	效率 (%)	最高转速 (r/min)	最大励磁功率 (W)		
27	Z2-32	1.1	110	1 000	13.32	75	2 000	83		
28	Z2-41	1.5			18.05	75.5		123		
29	Z2-42	2.2			25.8	77.5		172		
30	Z2-51	3			34.5	79		125		
31	Z2-52	4			45.2	80.5		230		
32	Z2-61	5.5			61.3	81.5		190		
33	Z2-62	7.5			82.6	82		325		
34	Z2-71	10			111.5	82.5		300		
35	Z2-72	13			142.3	83		430		
36	Z2-81	17			185	83.5		460		
37	Z2-82	22			238	84		460		
38	Z2-91	30			319	85.5		570		
39	Z2-92	40			423	86		650		
40	Z2-31	0.6			750	1 500		7.9	69	90
41	Z2-32	0.8						10.02	72.5	83
42	Z2-41	1.1						14.18	70.5	121
43	Z2-42	1.5						18.8	72.5	174
44	Z2-51	2.2						26.15	76.5	148
45	Z2-52	3						35.2	77.5	172
46	Z2-61	4		46.6			78	176		
47	Z2-62	5.5		62.9			79.5	197		
48	Z2-71	7.5		85.2			80	310		
49	Z2-72	10		112.1			81	340		
50	Z2-81	13		145			81.5	460		
51	Z2-82	17		187.2			82.5	500		
52	Z2-91	22		239.5			83.5	580		
53	Z2-92	30		323			84.5	620		
54	Z2-101	40		425			85.5	820		

Z2 系列电动机(110V,600r/min)

序号	型号	额定功率(kW)	额定电压(V)	额定转速(r/min)	额定电流(A)	效率(%)	最高转速(r/min)	最大励磁功率(W)
55	Z2-91	17	110	600	193	80	1 200	560
56	Z2-92	22			242.5	82.5		610
57	Z2-101	30			324.4	84		640
58	Z2-102	40			431	84.5		930

Z2 系列电动机(220V,3 000r/min)

序号	型号	额定功率(kW)	额定电压(V)	额定转速(r/min)	额定电流(A)	效率(%)	最高转速(r/min)	最大励磁功率(W)
59	Z2-11	0.8	220	3 000	4.85	75	3 000	52
60	Z2-12	1.1			6.41	76.5		62
61	Z2-21	1.5			8.64	78		62
62	Z2-22	2.2			12.2	80		77
63	Z2-31	3			16.52	79.5		83
64	Z2-32	4			21.65	81		94
65	Z2-41	5.5			30.3	82.0		108
66	Z2-42	7.5			40.3	82.5		141
67	Z2-51	10			53.5	83		222
68	Z2-52	13			68.7	83.5		365
69	Z2-61	17			88.9	84		247
70	Z2-62	22			113.7	85		232
71	Z2-71	30			155	85.5		410
72	Z2-72	40			205.6	86.5		500

Z2 系列电动机(220V,1 500r/min)

序号	型号	额定功率(kW)	额定电压(V)	额定转速(r/min)	额定电流(A)	效率(%)	最高转速(r/min)	最大励磁功率(W)
73	Z2-11	0.4	220	1 500	2.715	67	3 000	43
74	Z2-12	0.6			3.84	71		62
75	Z2-21	0.8			4.94	73.5		68

续 表

序号	型号	额定功率 (kW)	额定电压 (V)	额定转速 (r/min)	额定电流 (A)	效率 (%)	最高转速 (r/min)	最大励磁功率 (W)
76	Z2-22	1.1	220	1 500	6.53	76.5	3 000	101
77	Z2-31	1.5			8.68	78.5		94
78	Z2-32	2.2			12.34	81		105
79	Z2-41	3			17	80		134
80	Z2-42	4			22.3	81.5	2 400	170
81	Z2-51	5.5			30.3	82.5		165
82	Z2-52	7.5			40.8	83.5	2 250	260
83	Z2-61	10			53.8	84.5		260
84	Z2-62	13			68.7	85	2 000	264
85	Z2-71	17			90	86		430
86	Z2-72	22			115.4	86.5	1 800	370
87	Z2-81	30			156.9	87		540
88	Z2-82	40			208	87.5	1 500	770
89	Z2-91	55			284	88		770
90	Z2-92	75	385	88.5	940	870		
91	Z2-101	100	511	89.5		1 070		
92	Z2-102	125	635	89.5	1 300	940		
93	Z2-111	160	810	90		1 300		
94	Z2-112	200	1 010	90	1 620			

Z2 系列电动机(220V,1 000r/min)

序号	型号	额定功率 (kW)	额定电压 (V)	额定转速 (r/min)	额定电流 (A)	效率 (%)	最高转速 (r/min)	最大励磁功率 (W)
95	Z2-21	0.4	220	1 000	2.755	66	2 000	67
96	Z2-22	0.6			3.875	71.5		70
97	Z2-31	0.8			4.94	73.5		88
98	Z2-32	1.1			6.58	76	100	
99	Z2-41	1.5			8.9	76.5		130
100	Z2-42	2.2			12.73	78.5	160	
101	Z2-51	3			17.2	79.5	165	

续 表

序号	型号	额定功率 (kW)	额定电压 (V)	额定转速 (r/min)	额定电流 (A)	效率 (%)	最高转速 (r/min)	最大励磁功率 (W)
102	Z2-52	4	220	1 000	22.3	81.5	2 000	230
103	Z2-61	5.5			30.3	82.5		283
104	Z2-62	7.5			41.3	82.5		193
105	Z2-71	10			54.8	83		370
106	Z2-72	13			70.7	83.5		420
107	Z2-81	17			92	84		510
108	Z2-82	22			118.2	84.5	500	
109	Z2-91	30			158.5	86	540	
110	Z2-92	40			210	86.5	620	
111	Z2-101	55			285.5	87.5	670	
112	Z2-102	75			385	88.5	820	
113	Z2-111	100			511	89	1 150	
114	Z2-112	125			635	89.5	1 380	

Z2 系列电动机(220V, 750r/min)

序号	型号	额定功率 (kW)	额定电压 (V)	额定转速 (r/min)	额定电流 (A)	效率 (%)	最高转速 (r/min)	最大励磁功率 (W)
115	Z2-31	0.6	220	750	3.9	70	1 500	85
116	Z2-32	0.8			4.94	73.5		81
117	Z2-41	1.1			6.99	71.5		122
118	Z2-42	1.5			9.28	73.5		180
119	Z2-51	2.2			13	77		162
120	Z2-52	3			17.5	78.5		176
121	Z2-61	4			23	79		190
122	Z2-62	5.5			31.25	80		293
123	Z2-71	7.5			42.1	81		350
124	Z2-72	10			55.8	81.5		440
125	Z2-81	13			72.1	82		480
126	Z2-82	17			93.2	83		560
127	Z2-91	22			119	84		590
128	Z2-92	30			160	85		770
129	Z2-101	40	212	86	900			
130	Z2-102	55	289	86.5	920			
131	Z2-111	75	387	88	1 000			

Z2 系列电动机(220V,600r/min)

序号	型号	额定功率(kW)	额定电压(V)	额定转速(r/min)	额定电流(A)	效率(%)	最高转速(r/min)	最大励磁功率(W)
132	Z2-91	17	220	600	95.5	81	1200	570
133	Z2-92	22			119.7	83.5		650
134	Z2-101	30			161.5	84.5		810
135	Z2-102	40			214	85		1020
136	Z2-111	55			289	86.5		980

Z2 系列发电机(115V,2850r/min)

序号	型号	额定功率(kW)	额定电压(V)	额定转速(r/min)	额定电流(A)	效率(%)	最大励磁功率(W)	原动机型号
137	Z2-21	1.1	115	2850	9.57	76	45	JO2-21-2
138	Z2-22	1.7			14.8	79.5	58	JO2-22-2
139	Z2-31	2.4			20.85	81	83	JO2-31-2
140	Z2-32	3.2			27.8	82.5	125	JO2-32-2
141	Z2-41	4.2			36.5	79.5	140	JO2-41-2
142	Z2-42	6			52.2	82	147	JO2-42-2
143	Z2-51	8.5			74	83.5	163	JO2-51-2

Z2 系列发动机(115V,1450r/min)

序号	型号	额定功率(kW)	额定电压(V)	额定转速(r/min)	额定电流(A)	效率(%)	最大励磁功率(W)	原动机型号
144	Z2-22	0.8	115	1450	6.95	74	46	JO2-21-4
145	Z2-31	1.1			9.56	75.5	63	JO2-22-4
146	Z2-32	1.7			14	78	94	JO2-31-4
147	Z2-41	2.4			20.9	76.5	115	JO2-32-4
148	Z2-42	3.2			27.8	79	131	JO2-41-4
149	Z2-51	4.2			36.5	80	156	JO2-42-4
150	Z2-52	6			52.2	82	172	JO2-51-4
151	Z2-61	8.5			74	83	222	JO2-52-4
152	Z2-62	11			95.6	85	198	JO2-61-4
153	Z2-71	14			121.7	85	380	JO2-62-4
154	Z2-72	19			165.1	85.5	500	JO2-71-4
155	Z2-81	26			226	86	530	JO2-72-4
156	Z2-82	35			304	86.5	520	JO2-81-4
157	Z2-91	48			418	87	670	JO2-82-4

② 技术数据(表 3-18)

表 3-18 Z2 系列直流电动机的技术数据

机座号	功率 (kW)	电压 (V)	电流 (A)	转速 (r/min)	励磁方式	电枢绕组										
						外径	内径	长度	槽数	槽形	元件匝数	总匝数	线径 (mm)	节距		
						mm										
Z2-11	0.4	220	2.68	1 500	并	83	22	90	14	梨	22	2 464	∅0.53 ∅0.60	1-5		
Z2-12	0.6	220	3.82	1 500	并						16	1 792	∅0.62 ∅0.69			
Z2-21	0.8	220	4.92	1 500	并	106	65	90	18	梨形	12 ² /4	1 800	∅0.74 ∅0.83	1-10		
	1.1	230	4.78	2 850	复						9 ² /4	1 368	∅0.74 ∅0.83			
Z2-22	1.1	220	6.5	1 500	并						90	梨	9		1 296	∅0.86 ∅0.95
	1.7	230	7.39	2 850	复								6 ³ /4		972	∅0.96 ∅1.05
	0.8	230	3.48	1 450	他								14 ² /4		2 088	∅0.69 ∅0.77
Z2-31	1.5	220	8.7	1 500	并						120	75	18		梨形	9 ¹ /4
	1.1	230	4.78	1 450	复	13	1 872	∅0.86 ∅0.95								
	1.1	230	4.78	1 450	他	13	1 872	∅0.86 ∅0.95								
Z2-32	2.2	220	12.35	1 500	并	105	梨形	6 ³ /4	972	∅1.2 ∅1.31						
	3.2	230	13.9	2 850	复			4 ² /4	648	∅1.35 ∅1.46						
	1.7	230	7.4	1 450	他			9 ² /4	1 368	∅1.0 ∅1.1						
Z2-41	3	220	17	1 500	并	138	45	85	27	梨形	6	972	∅1.25 ∅1.49	1-8		
	4.2	230	18.25	2 850	复						4 ¹ /3	702	∅1.45 ∅1.69			
	2.4	230	10.45	1 450	他						8 ² /3	1 404	∅1.0 ∅1.24			

续 表

换 向 器							主 极 绕 组											
机座号	外 径	长 度	换向片数	换向节距	每杆刷数	电刷 DS-4 (mm)	极数	极身宽 (mm)	极长 (mm)	气隙	每极匝数		线径 (mm)		并励电流 (A)			
	(mm)	(mm)									串	并	串	并				
Z2-11	62	42	56	1~33						0.7	72	3 800	∅0.27	0.183				
Z2-12											31	3 140	∅0.31		∅0.36			
Z2-21											40	3 700	∅0.33	0.301				
											72	3 200	∅0.27		∅0.32			
Z2-22										0.8	24	3 000	∅0.41	0.458				
											42	2 900	∅0.29		∅0.34			
											42	3 200	∅0.33		∅0.38			
Z2-31	82	45	72	±1		10×12.5					75	30	3 160	∅0.38	0.424			
												118	3 100	∅0.33		∅0.38		
												118	3 480	∅0.38		∅0.44		
Z2-32											58	24	2 940	∅0.41	0.414			
												24	2 200	∅0.38		∅0.44		
												24	2 830	∅0.41		∅0.47		
Z2-41	100	32	81	1~41	1						4	42	85	12	1 790	∅0.44	0.607	
														12	1 460	∅0.38		∅0.44
														12	1 780	∅0.47		∅0.53

与换向极相同

续 表

机座号	换 向 极 绕 组						铜重		
	极数	极身长	极宽	气隙	每极 匝数	线径 (mm)	电枢	并励	
		(mm)					(kg)		
Z2-11	1	75	20	1.5	480	∅0.96 ∅1.05	0.88	1.05	
Z2-12					345	∅1.08 ∅1.19	0.99	1.53	
Z2-21		50			352	∅1.35 ∅1.46	1.46	1.76	
					264	∅1.35 ∅1.46	1.10	0.97	
Z2-22		75			20	230	∅1.45 ∅1.56	1.58	2.64
						174	1.0×2.44 1.31×2.75	1.48	1.18
						370	∅1.2 ∅1.31	1.64	1.64
Z2-31		55			25	240	1.0×2.44 1.27×2.71	2.26	2.27
						336	∅1.35 ∅1.46	2.35	1.66
						336	∅1.35 ∅1.46	2.35	2.43
Z2-32		85			25	174	1.08×3.28 1.4×3.6	2.66	2.95
						117	1.25×3.28 1.57×3.6	2.24	1.8
	252		∅1.56 ∅1.67	2.6		2.69			
Z2-41	4	65	20	74	1.0×4.7 1.34×5.04	2.17	3.19		
				54	1.16×4.7 1.5×5.04	2.1	1.81		
				105	1.16×2.44 1.47×2.75	2.0	3.42		

续 表

机座号	功率 (kW)	电压 (V)	电流 (A)	转速 (r/min)	励磁方式	电 枢 绕 组								
						外 径	内 径	长 度	槽 数	槽 形	元 件 匝 数	总 匝 数	线 径 (mm)	节 距
						mm								
Z2-42	4	220	22.3	1 500	并	138	45	110	27	梨形	2 ² /3	756	∅1.45 2-∅1.69	1-8
	3.2	230	13.9	1 450	复						6 ² /3	1 080	∅1.16 ∅1.4	
	3.2	230	13.9	1 450	他						6 ² /3	1 080	∅1.16 ∅1.4	
Z2-51	5.5	220	30.3	1 500	并	162	55	90	31	梨形	4	744	∅1.68 ∅1.95	1-9
	3	220	17.2	1 000	复						5 ² /3	1 054	∅1.35 ∅1.59	
	4.2	230	18.25	1 450	他						5 ¹ /3	992	∅1.35 ∅1.59	
Z2-52	4	220	22.6	1 000	并	162	55	130	31	梨形	4	744	∅1.62 2-∅1.88	1-9
	3	220	17.5	750	并						5 ¹ /3	992	∅1.35 ∅1.59	
	6	230	26.1	1 450	他						4	744	∅1.62 ∅1.88	
Z2-61	10	220	53.8	1 500	并	195	55	95	31	梨形	3	558	2-∅1.56 2-∅1.82	1-9
	4	220	23.2	750	并						6	1 116	∅1.56 ∅1.82	
	8.5	230	37	1 450	复						4 ¹ /3	806	2-∅1.35 2-∅1.59	
Z2-62	13	220	69.5	1 500	并	195	55	125	31	梨形	2 ¹ /3	434	3-∅1.56 3-∅1.82	1-9
	11	230	47.8	1 450	复						3 ¹ /3	620	2-∅1.62 4-∅1.88	
	7.5	220	41.3	1 000	并						3 ² /3	682	2-∅1.45 2-∅1.69	

续 表

机座号	换 向 器						主 极						
	外径	长度	换向片数	换向节距	每杆刷数	电刷DS-4 (mm)	极数	极身宽	极长	气隙	每极匝数		
	(mm)							(mm)			串	并	
Z2-42	100	32	81	1~41				42	110	1.0	6	1 570	
											21	1 330	
											21	1 340	
Z2-51	125	32	93	1~47	1			50	90	1.2	8	1 780	
											8	2 040	
											29	1 480	
Z2-52		32				10× 12.5	4	130			7	1 460	
											8	1 680	
											8	1 100	
Z2-61	125	48	93	1~47	2			58	95	1.5	6	1 800	
											14	1 900	
											18	1 630	
Z2-62		65									8	1 530	
		48									2	10	1 310
		48									2	10	1 670

续 表

机座号	绕组		极数	换向极绕组				铜重		
	线径(mm)			极身长	极宽	气隙	每极匝数	线径(mm)	电枢	并励
	串	并								
Z2-42	∅0.49 ∅0.54	0.77	4	90	20	1.5	58	1.16×4.7 1.5×5.04	2.55	3.89
	∅0.41 ∅0.47	0.555					82	1.0×4.7 1.34×5.04	2.33	2.31
	∅0.51 ∅0.58	0.821					82	1.0×4.7 1.34×5.04	2.33	3.47
Z2-51	∅0.51 ∅0.58	0.75	4	65	20	1.7	57	1.25×4.7 1.6×5.04	3.38	4.62
	∅0.55 ∅0.62	0.75					81	1.35×3.28 1.7×3.6	3.1	6.38
	∅0.47 ∅0.53	0.683					76	1.35×3.28 1.7×3.6	2.92	3.16
Z2-52	∅0.59 ∅0.66	1.04	4	105	20	1.7	57	1.16×4.7 1.51×5.04	3.68	6.17
	∅0.57 ∅0.64	0.8					76	1.35×3.28 1.7×3.6	3.42	6.71
	∅0.57 ∅0.64	1.11					57	1.16×4.7 1.51×5.04	3.42	4.08
Z2-61	∅0.67 ∅0.75	1.178	4	70	25	2.5	44	1.68×6.4 2.07×6.75	5	9.07
	∅0.59 ∅0.66	0.862					88	1.16×4.7 1.54×5.05	5	7.25
	∅0.55 ∅0.62	0.761					63	1.25×6.4 1.59×6.74	5.41	5.2
Z2-62	∅0.69 ∅0.77	1.20	4	100	25	2.5	35	2.26×6.4 2.65×6.8	6.5	8.77
	∅0.59 ∅0.66	0.956					49	1.56×6.4 1.9×6.74	6.68	5.47
	∅0.59 ∅0.66	0.878					54	1.81×4.7 2.16×5.04	5.89	7.11

续 表

机座号	功率 (kW)	电压 (V)	电流 (A)	转速 (r/min)	励磁方式	电 枢 绕 组								
						外径	内径	长度	槽数	槽形	元件匝数	总匝数	线径 (mm)	节距
Z2-71	17	220	90	1500	并				33		2	396	1.45×4.7 1.78×5.03	1-9
	10	220	54.8	1000	并	210	60	125	33		3	594	1.35×3.05 1.68×3.38	
	14	230	61	1450	他				27		2	540	1.08×4.7 1.41×5.03	
Z2-72	22	220	115.4	1500	并				27		2	324	1.81×4.7 2.08×4.97	1-8
	19	230	82.55	1450	复	210	60	160	33		2	396	1.35×4.7 1.62×4.97	1-9
Z2-81	17	220	92	1000	并				35	矩	2	420	1.56×4.7 1.9×5.04	1-10
	14	230	60.9	960	他	245	70	135	27		2	540	1.08×4.7 1.42×5.04	1-8
Z2-82	17	220	93.2	750	并				35	形	2	420	1.56×4.7 1.9×5.04	1-10
	19	230	82.5	960	复	245	70	180	35		2	420	1.56×4.7 1.9×5.04	1-10
Z2-91	30	220	158.5	1000	并				29		2	348	2.44×6.4 2.77×6.73	1-8
	22	220	119	750	并	294	80	145	37		2	444	1.81×6.4 2.08×6.67	1-10
Z2-92	35	230	152	960	复				29		2	348	2.44×6.4 2.77×6.73	1-8
	67	230	291	1450	他	294	80	185	37		1	222	2-1.95×6.4 2-2.22×6.67	1-10
Z2-101	55	220	285.5	1000	并				37		1	222	2-1.95×6.4 2-2.28×6.73	1-10
	48	230	209	960	复	327	95	195	3		1	270	2-1.68×6.4 2-2.0×6.72	1-9

续 表

机座号	换向器					主极绕组									
	外径 (mm)	长度 (mm)	换向片数	换向节距	每杆刷数	电刷DS-4 (mm)	极数	极身宽 (mm)	极长 (mm)	气隙	每极匝数		线径 (mm)		并励电流 (A)
											串	并	串	并	
Z2-71	150	100	99	1~50	2	12.5×25	68	125	1.5	4	1	100	∅0.8 ∅0.89	2.135	
			99	1~50	1						1	320	∅0.77 ∅0.86	1.639	
			135	1~68	1						1	40	∅0.83 ∅0.92	2.17	
Z2-72	150	100	81	1~41	2	12.5×25	68	160	1.5	3	1	050	∅0.77 ∅0.86	1.90	
			99	1~50							8	850	∅0.86 ∅0.95	2.26	
Z2-81	180	100	105	1~53	2	12.5×25	84	135	2	2	1	320	∅1.0 ∅1.11	2.465	
			135	1~63							1	150	∅1.08 ∅1.19	2.85	
Z2-82	180	100	105	1~53	2	12.5×25	84	180	2	10	1000	∅1.08 ∅1.19	2.695		
Z2-91	200	120	87	1~44	3	16×25	106	145	2.5	2	1	000	∅1.16 ∅1.27	3.32	
	200	90	111	1~56	2						1	080	∅1.16 ∅1.27	3.36	
Z2-92	200	90	87	1~44	2	16×25	106	185	2.5	5	9	80	∅1.16 ∅1.27	3.73	
	200	150	111	1~56	4						7	80	∅1.35 ∅1.46	4.98	
Z2-101	230	110	111	1~56	2	20×32	128	195	2.5	2	2	820	∅1.16 ∅1.26	3.60	
			135	1~68	2						3.5	780	∅1.2 ∅1.3	3.705	

续 表

机座号	换 向 极 绕 组						铜重	
	极数	极身长	极宽	气隙	每极 匝数	线径 (mm)	电枢	并励
							(mm)	
Z2-71	4	95	28	3	30	3.53×6.4 3.82×6.13	8.07	9.36
					45	1.95×6.4 2.02×6.72	7.17	10.6
					40	2.26×6.4 2.59×6.73	8.13	9.26
Z2-72	4	130	28	3	25	1.95×12.5	9.16	9.35
					30	3.05×6.4 3.28×6.73	8.27	9.67
Z2-81	4	105	32	4	34	3.05×6.4 3.38×6.73	10.52	20.6
					43	2.44×6.4 2.77×6.73	9.25	20.45
Z2-82	4	150	32	4	35	3.28×6.4 3.61×6.73	11.7	25.6
					34	2.83×6.4 3.16×6.73	11.7	19.65
Z2-91	4	115	40	5	27	2.63×19.5	21.4	22.8
					35	2.1×19.5	20.6	24.8
Z2-92	4	155	40	5	28	2.44×19.5	23.2	25.5
					18	4.1×19.5	24.1	27
Z2-101	4	160	45	5	16	3.8×19.5	26.35	22.6
					20	3.05×19.5	27.8	23.2

注:1. 电枢绕组支路数均为 2。

2. 电枢、主极绕组的电磁线均为 QZ 型;换向极绕组的电磁线为 QZ 型或 SBECB 型。

(2) Z4 系列直流电动机性能数据

Z4 系列直流电动机定子磁轭为叠片式,外壳结构为多角形,适用于整流电源供电,能承受脉冲电流与负载电流急剧变化的工况。Z₄ 系列直流电动机适用于晶闸管三相桥式可控整流调速装置,并可接平波电抗器而长期工作。其性能数据见表 3-19。

表 3-19 Z4 系列直流电动机的性能数据

型号	功率 P_N	电压 U_A	电流 I_N	转速 n_N/n_f	励磁 U_f/P_f		电枢回 路电阻	电枢 电感	磁场 电感	外接 电感	效率	GD^2
	kW	V	A	r/min	V	W	Ω (20°C)	mH	H	mH	%	N·m ²
ZA-100-1	2.2	160	18	1 500/ 3 000	180	315	1.22	11.5	18	12	67.6	0.44
	1.5	160	13.5	1 000/ 2 000	180	315	2.26	22	18	15	59.2	
	4	440	11	3 000/ 3 600	180	315	3.0	27	18		80.1	
	2.2	440	7	1 500/ 3 000	180	315	10.0	90	18		70.6	
	1.5	440	5	1 000/ 2 000	180	315	18	170	18		63.2	
ZA-112/2-1	5	440	15	3 000/ 3 600	180	320	2	20	27		81.1	0.76
	3	440	9.5	1 500/ 3 000	180	320	6.4	64	35		72.9	
	2.2	440	8	1 000/ 2 000	180	320	11.6	110	15		63.6	
	3	160	26.5	1 500/ 3 000	180	320	8.5	16	14	20	65.8	
	2.2	160	19.5	1 000/ 2 000	180	320	16.5	8.5	14	20	62.1	
ZA-112/2-2	7.5	440	20	3 000/ 3 600	180	350	1.6	15	14		83.5	0.93
	4	440	11.5	1 500/ 3 000	180	350	4.7	45	45		76	
	3	440	9.5	1 000/ 2 000	180	350	8	85	14		67.3	
	4	160	30.5	1 500/ 3 000	180	350	6.8	6	14	8	72.8	
	3	160	25.5	1 000/ 2 000	180	350	11	11	14	16	66.8	

续 表

型号	功率 P_N	电压 U_A	电流 I_N	转速 n_N/n_f	励磁 U_f/P_f		电枢回路电阻	电枢电感	磁场电感	外接电感	效率	GD^2
	kW	V	A	r/min	V	W	Ω (20°C)	mH	H	mH	%	N·m ²
ZA-112/4-1	5.5	160	43	1 500/ 3 000	180	500	0.41	4	7	6.5	73.4	1.28
	4	160	34	1 000/ 2 000	180	500	0.76	8	7	4.5	65.4	
	11	440	29	3 000/ 4 000	180	500	1.0	10	7		83.4	
	5.5	440	15.5	1 500/ 3 000	180	500	3.0	30.5	7		76.7	
	4	440	12.5	1 000/ 2 000	180	500	6.0	63	7		68.8	
ZA-112/4-2	5.5	160	43.6	1 000/ 2 000	180	570	0.46	5.5	6	6	70	1.56
	15	440	38.6	3 000/ 4 000	180	570	0.6	7.5	6		85.5	
	7.5	440	21	1 500/ 3 000	180	570	2.2	25	8		78.7	
	5.5	440	16.2	1 000/ 2 000	180	570	4.0	46	6		72	
ZA-132-1	18.5	440	47.5	3 000/ 3 600	180	650	0.43	6	10		85.4	3.2
	11	440	30	1 500/ 3 000	180	650	1.37	20	10		80.8	
	7.5	440	21.5	1 000/ 2 000	180	650	2.69	39	10		74.5	
ZA-132-2	22	440	55.5	3 000/ 3 600	180	730	0.24	4.5	11		88.2	4
	15	440	39.5	1 500/ 3 000	180	730	0.85	15	11		83.3	
	11	440	31	1 000/ 2 000	180	730	1.7	29	11		77.6	
ZA-132-3	30	440	75	3 000/ 3 600	180	800	0.175	3	8		88.6	4.8
	18.5	440	48	1 500/ 3 000	180	800	0.59	10.5	8		84.7	
	15	440	41	1 000/ 2 000	180	800	1.07	20.5	8		80.5	

续 表

型号	功率 P_N	电压 U_A	电流 I_N	转速 n_N/n_f	励磁 $U_f P_f$		电枢回 路电阻	电枢 电感	磁场 电感	外接 电感	效率	GD^2
	kW	V	A	r/min	V	W	Ω (20°C)	mH	H	mH	%	N·m ²
ZA- 160-11	37	440	93.4	3 000/ 3 500	180	780	0.183 8	3.1	1.2		88.86	6.4
	22	440	58.1	1 500/ 3 000			0.599 9	10.4	7.7	83.59		
ZA- 160-21	45	440	112.5	3 000/ 3 500	180	830	0.130 9	2.7	13.6		89.94	7.6
	18.5	440	50.3	1 000/ 2 000			0.869 5	17.7	8	79.57		
ZA- 160-31	55	440	136.3	3 000/ 3 500	180	930	0.090 4	2	8.2		90.4	8.8
	30	440	76.4	1 500/ 3 000			0.305 5	7.1	6.4	86.6		
	22	440	58.7	1 000/ 2 000			0.675 9	15.2	8.2	82.4		
ZA- 180-11	37	440	95	1 500/ 3 000	180	1 050	0.263 4	4.9	7.67		86.51	15.2
	18.5	440	51.2	750/ 1 900			0.912	16.2	6.36	78.06		
	15	440	43.8	600/ 2 000			1.405	22.7	7.85	74.06		
ZA- 180-21	22	440	185	3 000/ 3 400	180	1 200	0.064	1.2	6.67		90.67	17.2
	21	440	115	1 500/ 2 800	180		0.217	4.7	6.3	86.97		
	30	440	79	1 000/ 2 000	180		0.423	9.2	7.96	83.73		
	21	440	60.3	750/ 1 400	180		0.766	16.3	7.76	79.7		
	21	440	52	600/ 1 600	180		0.973	19.9	6.96	76.8		
ZA- 180-31	37	440	97.5	1 000/ 2 000	180	1 430	0.346	6.8	6.34		83.58	19.2
	22	440	62.1	600/ 1 250			0.87	18.3	6.18	76.63		

续 表

型号	功率 P_N	电压 U_A	电流 I_N	转速 n_N/n_f	励磁 U_f/P_f		电枢回 路电阻	电枢 电感	磁场 电感	外接 电感	效率	GD^2	
	kW	V	A	r/min	V	W	Ω (20°C)	mH	H	mH	%	N·m ²	
ZA-180	42	90	440	221	3 000/ 3 200			0.050 4	0.82	8.16		91.33	22
	41	55	440	140	1 500/ 3 000	180	1 670	0.142	2.7	6.01		87.06	
	41	30	440	80.6	750/ 2 250			0.495	11.3	5.61		81.13	
ZA-200	12	110	440	270	3 000/ 3 000			0.037 3	0.78	7.91		91.64	36.8
	11	45	440	117	1 000/ 2 000			0.267 2	7.9	7.07		85.46	
	11	37	440	97.8	750/ 2 000	180	1 100	0.354	9.9	8.12		83.54	
	11	32	440	61.6	500/ 1 350			0.839	23.3	12		78.64	
ZA-200-21	75	440	188	1 500/ 3 000			0.094	2.6	9.84		89.6	42	
	30	440	82.1	600/ 1 000	180	1 200	0.563	15.3	9.3		80.42		
ZA-200	32	132	440	332	3 000/ 3 200			0.031 8	0.74	7.79		92.37	
	31	90	440	225	1 500/ 2 800			0.075 4	1.9	9.01		89.78	
	31	55	440	140	1 000/ 2 000	180	1 300	0.173 1	4.5	8.7		87.09	
	31	45	440	118	750/ 1 400			0.295	8.0	8.53		84.14	
	31	37	440	99.5	600/ 1 600			0.403	11.4	8.67		81.96	
	31	30	446	82.7	500/ 750			0.575	16.5	8.44		79.46	

续 表

型号	功率 P_N	电压 U_A	电流 I_N	转速 n_N/n_f	励磁 U_f/P_f		电枢回 路电阻	电枢 电感	磁场 电感	外接 电感	效率	GD^2
	kW	V	A	r/min	V	W	Ω (20°C)	mH	H	mH	%	N·m ²
ZA- 225-11	110	440	275	1500/ 3 000	180	2 080	0.065	1.9	6.15		89.44	5
	75	440	194	1 000/ 2 000			0.151 1	4.6	11.3	86.51		
	55	440	145	750/ 1 600			0.239	8.1	5.9	84.02		
	45	440	122	600/ 1 800			0.362	11.3	5.93	80.76		
	37	440	102	500/ 1 600			0.472	14.1	6.24	78.81		
ZA- 225-21	55	440	147	600/ 1 200	180	2 320	0.262 2	8.9	5.66		82.39	56
	45	440	125	500/ 1 400			0.397	12.8	5.49	78.94		
ZA- 225-31	132	440	326	1 500/ 2 400	180	2 520	0.043 6	1.4	7.22		89.66	62
	90	440	227	1 000/ 2 000			0.096	3.2	5.27	88		
	75	440	195	750/ 2 250			0.153 4	4.8	5.56	85.09		
ZA- 12 250-11	160	440	399	1 500/ 2 100	180	2 420	0.039 2	0.83	11		89.93	88
	110	440	280	1 000/ 2 000			0.086 6	2.3	5.7	88.09		
ZA- 250-21	185	440	459	1 500/ 2 000	180	2 680	0.032 5	0.86	5.73		90.5	100
	90	440	227	750/ 2 250			0.128 7	3.6	5.63	86.27		
	75	440	197	600/ 2 000			0.170 8	4.0	6.18	84.08		
	55	440	147	500/ 1 000			0.255 6	5.8	6.08	82.24		

续 表

型号	功率 P_N	电压 U_A	电流 I_N	转速 n_N/n_f	励磁 U_f/P_f		电枢回 路电阻	电枢 电感	磁场 电感	外接 电感	效率	GD^2
	kW	V	A	r/min	V	W	Ω (20°C)	mH	H	mH	%	N·m ²
Z4- 250-31	200	440	492	1500/ 2400	180	2 820	0.0274	0.82	7.22		91.48	112
	132	440	334	1 000/ 2 000			0.069 8	2.1	8.86	88.34		
	110	440	282	750/ 1 900			0.095 7	2.6	5.66	86.85		
Z4- 250- 41	220	440	540	1500/ 2400	180	2 980	0.023 5	0.69	6.74		91.68	
	42	160	401	1 000/ 2 000			0.048 4	1.4	6.93	89.42		
	41	90	234	600/ 2 000			0.138	4.4	4.65	85.03		
	42	75	199	500/ 1 900			0.181	4.8	7.13	83.47		

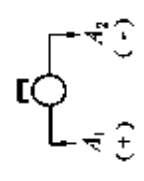
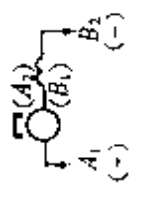
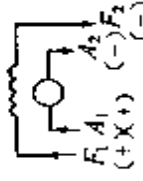


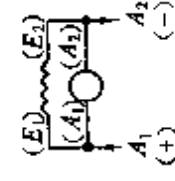
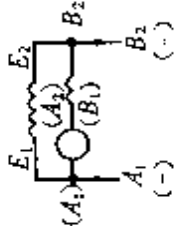
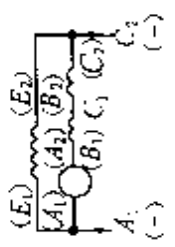
(3) 直流换向器电机的线端标志

直流换向器标志见表 3-20,典型的直流电机接线图见表 3-21。

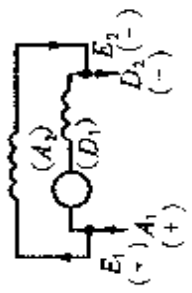
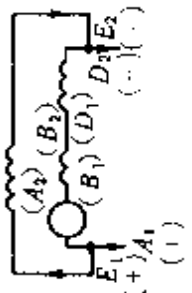
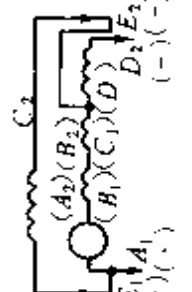
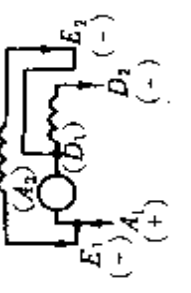

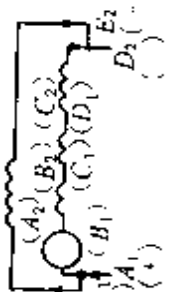
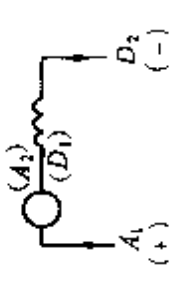


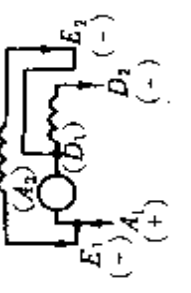

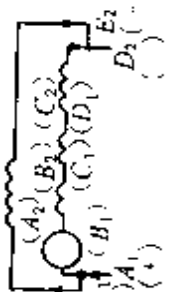
表 3-20 直流换向器电机的线端标志

绕组名称	始 端	末 端
电枢绕组	A1	A2
换向绕组	B1	B2
并励绕组	E1	E2
串励绕组	D1	D2
他励绕组	F1	F2
补偿绕组	C1	C2

表 3-21 直流电机的接线图

励磁方式	不带换向器	带换向器	带换向器及补偿绕组
永磁			
他励			
并励			

续表

励磁方式		不带换向器	带换向器	带换向器及补偿绕组
复励	平复励			
	长复励			
串励	平复励			
	短复励			

二、直流电动机的运行、维护与保养

1. 启动

直流电动机有三种启动方式。

(1) 直接启动

直流电动机直接启动结构简单、操作方便,适用于功率不大于1kW电动机。如果电动机功率大于1kW,则直接启动电流大,对电源冲击并使电动机换向困难。

(2) 电枢回路串联启动

电枢回路串联启动可以限制启动电流,广泛应用于各种直流电动机上。缺点是能量消耗较大,因此不适合用于频繁启动的大中型直流电动机。

(3) 降压启动

降压启动消耗能量少,启动平滑,适用于励磁方式采用他励的电动机。

2. 调速和制动

直流电动机调速方法、特点及适用范围见表3-22。

表3-22 直流电动机调速方法、特点及适用范围

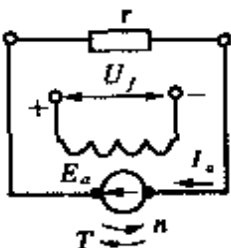
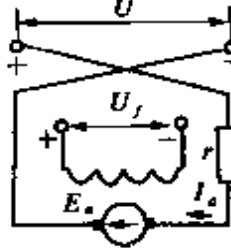
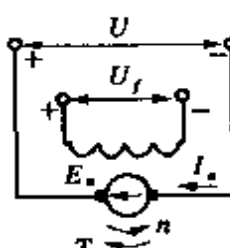
调速方法	调节电枢端电压	调节励磁电流	调节电枢回路电阻
线路图及 特性曲线			

续 表

调速方法	调节电枢端电压	调节励磁电流	调节电枢回路电阻
主要特点	1. 有较大的调速范围 2. 通常保持磁通 Φ 不变 3. 有较好的低速稳定性 4. 功率随电压的下降而下降	1. 转速的上升使换向困难, 电枢反应去磁作用使电机运行稳定性差 2. 保持端电压 U 不变, 在磁场回路中串可变电阻减小磁场电流和 Φ 使转速 n 上升 3. 由于电枢电流 I_a 不变, U 不变, 故功率 P 不变	1. 电机机械特性软 2. 保持 U 不变, Φ 不变, 转速随 r 增加而降低 3. 当电枢电流 I_a 不变时, 可作恒转矩调速, 但低速时, 输出功率随 n 的降低而减小, 而输入功率不变, 因此效率低, 不经济
适用范围	1. 适用励磁方式为他励的电动机 2. 适用于额定转速下的恒转矩调速	1. 适用于额定转速以上的调速 2. 恒功率调速	这种调速方法只适用于额定转速以下, 不需要经常调速, 且机械特性要求较软的调速

直流电动机不同制动方式的原理和特点见表 3-23。

表 3-23 直流电动机不同制动方式的原理和特点

制动方式	能耗制动	反接制动	回馈制动
原理图	 $I_a = \frac{E_a}{R_a + r}$	 $I_a = \frac{U + E_a}{R_a + r}$	 $I_a = \frac{E_a - U}{R_a}$

续 表

制动方式	能 耗 制 动	反 接 制 动	回 馈 制 动
制动过程与原理	<ol style="list-style-type: none"> 保持励磁不变, 电动机的电枢回路从电网断开, 并立即将开关反投接入制动电阻, 电枢电流反向, 电磁转矩与电机的转向相反 电机作发电机运行, 向制动电阻供电, 能量消耗于电阻 r 中 因发电机的电磁转矩总是与转向相反, 电机处于制动状态 	<ol style="list-style-type: none"> 改变电枢电流 I_a 或励磁电流 I_f 的方向, 即能产生与电机转向相反的转矩 M 不能同时改变电枢电流 I_a 与励磁电流的方向, 否则将起不到制动的作用 制动时在电枢回路需串联一电阻 r, 以限制制动电流 采用此法, 在机组停转时, 应及时切断电源以防止发生反向再启动 对于复励电动机制动时, 并励、串励两绕组中电流方向应保持一致 	<ol style="list-style-type: none"> 保持励磁不变, 当转速 n 上升到一定程度 $U < E_a$, 电枢电流反向, 电磁转矩与转向相反 制动时, 电机作发电机运行 制动过程中, 向电网馈电
适用范围	用于使机组停转	用于要求迅速制动停转并反转	只能用于限制转速过分升高

3. 直流电机的火花等级

直流电机的火花是指电机运行时, 在电刷和换向器间产生的火花现象。火花在一定程度内并不影响电机的连续正常工作, 但如果火花大到一定程度, 则将对电机产生破坏作用, 使电机无法正常运行。直流电机火花等级的划分见表 3-24。

表 3-24 电刷下火花的等级

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		
1 ¹ / ₄	电刷边缘仅小部分(约 1/5 至 1/4 刷边长)有断续的几点点状火花	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 ¹ / ₂	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
3	电刷整个边缘有强烈的舌状火花,伴着爆裂声音	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	仅在直接启动或逆转的瞬间允许存在,但不得损坏换向器及电刷

4. 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,此时启动器的转动臂应立即被弹到断开位置。

5. 维护与保养

(1) 拆装

中小型直流电机的拆卸步骤如下:

- ① 拆除所有的外部连接线;

- ② 拆除换向器端的端盖螺钉和轴承盖螺钉,并取下轴承外盖;
- ③ 打开端盖的通风窗,从刷握中取出电刷,再拆下接到刷杆上的连接线;
- ④ 拆卸换向器端的端盖,取出刷架;
- ⑤ 用厚纸或布将换向器包好,以保持清洁及防止碰伤;
- ⑥ 拆除轴伸端的端盖螺钉,将连同端盖的电枢从定子内抽出或吊出;
- ⑦ 拆除轴伸端的轴承盖螺钉,取下轴承外盖及端盖轴承,若轴承无损坏则不必拆卸。

电机的装配可按与拆卸相反的顺序进行。

直流电机拆装时应注意如下事项:

- ① 在拆卸时必须把电刷提起,以避免在取出电枢时把电刷碰断,然后把电枢连同底盖一起取出,取出时要防止碰毛换向器和碰坏绕组。
- ② 拆风叶时应注意事先要做好记号,装配时按原位置装上。
- ③ 在拆卸换向极和主极时,要注意磁极与机座之间的垫片数量及规格,也就是电机修好后仍要把垫片如数垫上,否则将会造成气隙不对称,产生单面磁拉力或造成换向变坏。另外换向极、主极及连接线要按原样安装,否则将会造成反转甚至电动机转动不起来,发电机发不出电及换向恶化等问题。

(2) 换向器的维修

换向器表面应保持光洁圆整,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,应拆下电枢重新加工。通常要求换向器表面的粗糙度 $R_a=0.8\sim 1.6\mu\text{m}$ 。越光滑越好。车削时,速度不大于 1.5m/s ,最后一刀切削深度进刀量不大于 0.1mm 。车完后,用挖沟工具将片间云母拉槽 $0.5\sim 1.5\text{mm}$,见表 3-25。换向片的边缘应倒角 $0.5\times$

45°。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。若换向器表面沾有炭粉、油污等杂物,应用干净柔软的白布蘸酒精擦去。

表 3-25 不同直径的换向器拉槽深度

换向器直径(mm)	云母拉槽深度 K(mm)
50 以下	0.5
50~150	0.8
151~300	1.2
300 以上	1.5

三、直流电动机常见故障及处理方法

直流电机常见的故障、可能的原因及处理方法见表 3-26。

表 3-26 直流电机的常见故障、产生原因及处理方法

故障现象	可能原因(处理方法)
1. 发电机的电压不能建立	(1) 并励绕组接反或并励绕组极性不对(调换并励绕组两引线头或在并励绕组中通直流电,用指南针检测,调整极性) (2) 并励绕组电路不通 (3) 并励绕组短路 (4) 并励绕组与换向绕组、串励绕组相短路 (5) 励磁电路中电阻过大 (6) 转子旋转方向错误 (7) 转子转速太慢 (8) 刷架位置不对 (9) 剩磁消失(另用直流电通入并励绕组重新产生剩磁) (10) 输出电路中两点接地造成短路 (11) 电刷过短,接触不良 (12) 电枢绕组短路或换向片间短路

续 表

故障现象	可能原因(处理方法)
2. 发电机电压过低	<ul style="list-style-type: none">(1) 他励绕组极性接反(2) 主磁极原有垫片未垫,气隙过大(3) 串励绕组和并励绕组相互接错(在小电机中可能出现此情况,应拆开重新接线)(4) 原动机转速低(5) 传动带过松(6) 负载过重(7) 复励电机中串励绕组接反(8) 刷架位置不对(调整刷架座位置,应使刷间电压最高)
3. 电动机不能启动	<ul style="list-style-type: none">(1) 电源未能真正接通(2) 电机接线板的接线错误(3) 电刷接触不良或换向器表面不清洁(重新研磨电刷,检查刷握弹簧是否松弛或整理换向器云母槽)(4) 启动时负载过大(5) 磁极螺栓未拧紧或气隙过小(6) 电路两点接地(7) 轴承损坏或有杂物卡死(8) 电刷位置移动(9) 启动电流太小(启动电阻太大,应更换合适的启动器,或改接启动器内部接线)(10) 线路电压太低(11) 直流电源容量过小
4. 电机转速不正常	<ul style="list-style-type: none">(1) 电源电压过高、过低或波动过大(2) 电刷接触不良(3) 刷架位置不对(调整刷架位置,需正反转的电机,刷架位置应调在中性线上)(4) 串励电动机轻载或空载运行(5) 电枢绕组短路(6) 复励电机中串励绕组接反(7) 电机中部分并励绕组断线(8) 并励绕组极性接错

续 表

故障现象	可能原因(处理方法)
5. 电机温升过高	(1) 长期过载 (2) 未按规定运行 (3) 斜叶风扇的旋转方向与电机旋转方向不配合 (4) 风道阻塞 (5) 外通风量不够
6. 磁场绕组过热	(1) 并励绕组局部短路 (2) 发电机气隙太大(拆开,调整气隙并垫入钢片) (3) 复励发电机负载时,电压不足,调整电压后励磁电流过大(该电机串励绕组极性接反,应重新接线) (4) 发电机转速太低
7. 电枢过热	(1) 电枢绕组或换向器片短路(用压降法测定,排除短路点。如果严重短路,要拆除重新绕制) (2) 电枢绕组中部分线圈的出线端接反 (3) 换向极接反(调整换向绕组引线端,消除换向火花) (4) 定子与转子相擦 (5) 电机的气隙不均匀,相差过大,造成绕组内电流不均衡 (6) 叠绕组中均压线接错 (7) 发电机负载短路 (8) 电动机端电压过低
8. 轴承过热	(1) 润滑脂变质 (2) 轴承室中润滑脂加得太少,引起滚珠与滚道干磨发热 (3) 轴承室中润滑脂加得过多 (4) 轴承中夹有杂物 (5) 挡油圈有毛刺与轴承盖相擦 (6) 轴承与轴承挡或轴承与端盖轴承室配合过松 (7) 轴承磨损过大或轴承内圈、外圈破裂 (8) 运转时电机振动 (9) 联轴器安装不当 (10) 传动带太紧 (11) 所选用的轴承型号不对 (12) 轴承未与轴肩贴合

续 表

故障现象	可能原因(处理方法)
9. 电刷下火花过大	<ul style="list-style-type: none">(1) 电刷磨损过量(2) 电刷与换向器接触不良(重新研磨电刷,并使其在半负载下运转 1h)(3) 电刷上弹簧压力不均匀(4) 电刷型号不符合要求(5) 刷握松动(6) 刷杆装置不等分(可利用换向片作基准重新调整刷杆间的距离)(7) 刷握离换向器表面距离过大(一般调整到 2~3mm)(8) 电刷与刷握配合不当(9) 刷杆偏斜(可利用换向器云母槽作为标准,来调整刷杆与换向器的平行度)(10) 换向器表面不光洁(11) 换向器偏摆(12) 换向器表面有电刷粉、油污等引起环火(13) 换向器片间云母凸出或片间云母未拉净(14) 刷间中心位置不对(15) 电机长期超载(16) 换向极绕组匝数不够(17) 换向极极性接错(用指南针检查换向极极性,如极性不对,应重新接线)(18) 换向极绕组短路(用电桥测量电阻,如有短路应衬垫绝缘或重新绕制)(19) 电枢绕组断路(换向器云母槽中有严重烧伤现象,应拆开电机,用毫伏表找出电枢绕组断路处)(20) 电枢绕组或换向器短路(应检查云母槽中是否有铜屑,或用毫伏表测量换向片间电压降的方法检查出短路处)(21) 电枢绕组和换向片脱焊(22) 电枢绕组中有部分线圈接反(23) 电压过高

续 表

故障现象	可能原因(处理方法)
10. 电机振动	(1) 电枢平衡未校好 (2) 检修时风叶装错位置或平衡块移动 (3) 转轴变形 (4) 配套时联轴器未校正 (5) 安装地基不平
11. 电机漏电	(1) 电刷灰和其他灰尘的堆积 (2) 引出线碰壳 (3) 电机受潮,绝缘电阻下降(进行烘干处理) (4) 电机绝缘老化

第四节 微电机、专用电机

一、微电机

微电机广泛应用于自动控制和计算装置中,在仪表、工业自动化方面得到广泛应用,并逐步用于日常生活中。微电机品种规格繁多,主要分为驱动微电机和控制微电机两大类。

驱动微电机主要作直接驱动负载的电机,通常是指电机外壳在 $\varnothing 160\text{mm}$ 以下、转轴中心高度在 90mm 以下、输出功率小于 750W 以下的小功率电机。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。

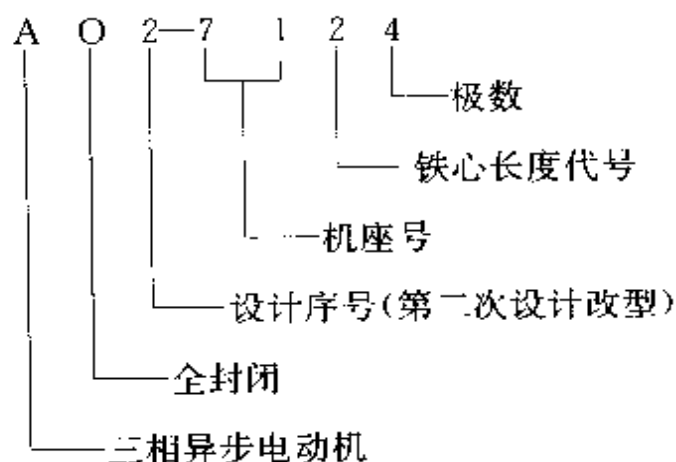
控制微电机主要在自动控制和计算装置中,用作检测、放大、执行和解算的电机,通常是指机壳外径在 $\varnothing 130\text{mm}$ 以下的电机。如自整角机、旋转变压器、伺服电动机、测速发电机和伺服步进电机等。

1. 微型异步电动机

微型异步电动机结构简单,使用可靠,广泛用于小型机床、鼓风机、压缩机、电冰箱、电风扇等一般较轻负载的机构中。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

下面以 AO2 系列微型电动机型号为例。



(2) 微型异步电动机的基本系列代号

微型异步电动机的基本系列代号如表 3-27 所示。

表 3-27 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)
单相电阻启动异步电动机	BO2	BO, JW, JLOE	YU(异、阻)
单相电容启动异步电动机	CO2	CO, JY, JLOR, 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

(3) 微型异步电动机的结构、性能及应用范围

三相微型异步电动机结构、性能及工作原理与中小型电动机相同；单相常用的如表 3-28 所示。

表 3-28 微型异步电动机结构、性能及应用

类别	系列代号	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
单相分相启动	BO2	定子有两个空间位置互差 90° 电角的绕组:工作绕组和启动绕组。电阻值较大的启动绕组经启动开关与工作绕组并接于电源上。转子为鼠笼式。电动机除启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,离心开关使启动绕组与电源切断	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
单相电容启动	CO2	定子的结构同单相分相启动式,但启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。启动绕组中电流移相比较大,当启动达到一定转速后,离心开关使启动绕组与电源切断;正常运转时只有工作绕组工作。改变启动绕组与工作绕组并接的两端,可使转向改变	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

续 表

类别	系列代号	结构特点	性能特点和应用范围
单相电容运转	DO2	定子有两个绕组(主绕组和副绕组),它们空间位置互差 90° 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	启动转矩较低,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启动的机械
单相罩极式		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	启动转矩、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启动的小功率电动设备

(4) 微型异步电动机规格、型号及技术数据

微型异步电动机的主要系列产品规格如表 3 - 29 所示。AO2、BO2、DO2 系列电动机安装尺寸如表 3 - 30 所示。微型电动机的技术数据如表 3 - 31 ~ 表 3 - 41 所示。

表 3-29 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						同步转速(r/min)						老系列 ^②					
		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		铁心号		冲片外径(mm)		机座号					
机座号	冲片外径(mm)	3 000	1 500	3 000	1 500	3 000	1 500	3 000	1 500	3 000	1 500	3 000	1 500	1 500	3 000	1 500	1 500	3 000	1 500
45	16										10	6							
	25									16/15 ^②	16/15	10/8							
50	40										25	16/15							1
	60										40	25							2
56	90										60	40							1
	120										90	60							2
63	180										120	90							1
	250										180	120							2
71	370										180	120							1
	550										250	180							2
80	750										370	250							1
											370	370							2
90 $\frac{S}{L}$																			1
																			2
100L $\frac{1}{2}$																			1
																			2

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。

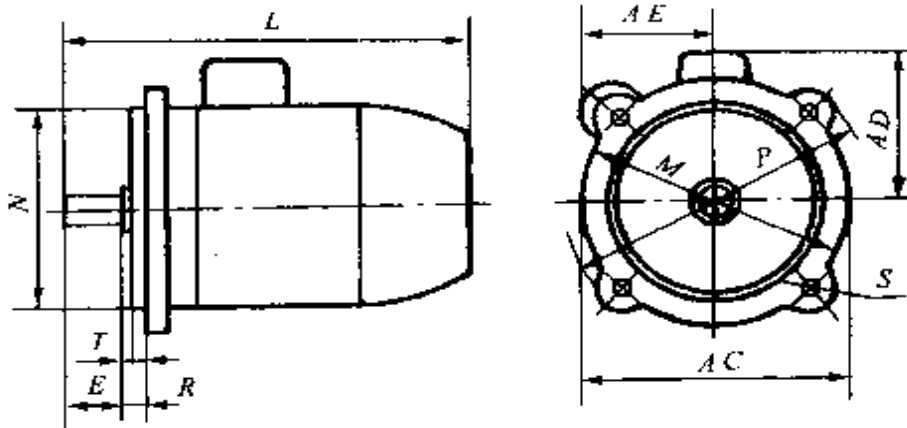
表 3-30 AO2、BO2、DO2 系列

机座号	B3 安装尺寸										B14、B34 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
90 $\frac{S}{L}$	140	70	$\frac{100}{125}$	56	24	50	8	20	90	10	115	95	140	0	M8	3

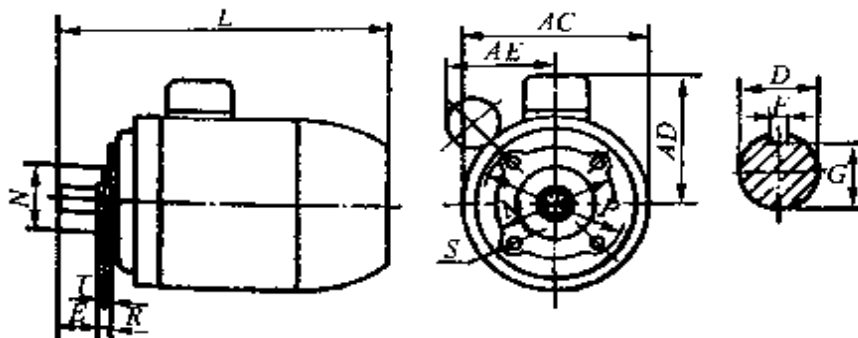
注:1. 尺寸 AE 仅 CO2 系列有。

2. 尺寸公差 D(j6)、F(N9)、K(H14)、W(j6)。

B 3 型



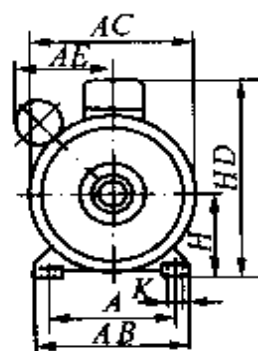
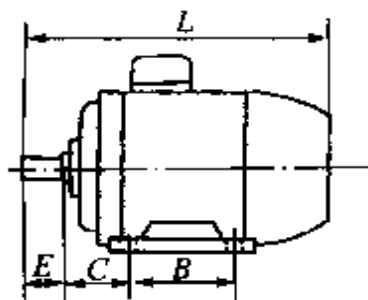
B 34 型



电动机安装尺寸及外形尺寸(mm)

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 ^①	HD	L	AC	L	AE ^②
						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	3.5	160	165	120	110	200	295	175	300	110
165	130	200	0	12	3.5	180	185	130	120	200	$\frac{310}{335}$	185	$\frac{335}{360}$	120

B14 型



B5 型

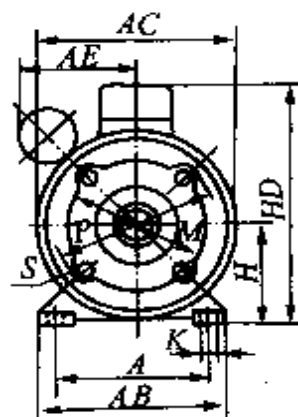
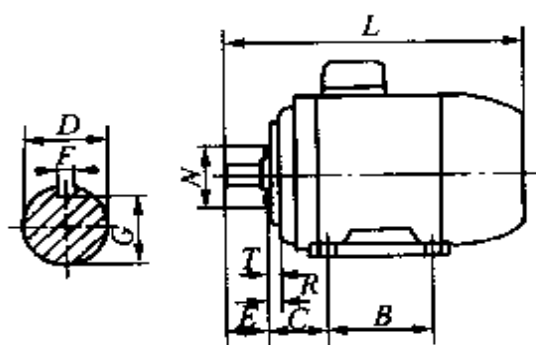


表 3-31 AO2 系列三相异步电动机技术数据

型 号	额定 功率 (W)	额定 电压 (V)	定子铁心			气隙 长度	槽 数		定子绕组			
			外径	内径	长度		定子	转子	线规 (根-mm)	每槽 匝数	每相串 联匝数	节距
AO2-4512	16	380	71	38	45	0.2	12	18	1-0.15	710	2 840	1-6
AO2-4522	25		80	44	45				1-0.17	615	2 460	
AO2-5012	40		90	48	50	1-0.21	480	1 920				
AO2-5022	60		96	50	45	1-0.33	435	1 740				
AO2-5612	90		110	58	62	1-0.28	185	1 480	1-12 2-11			
AO2-5622	120		128	67	58	1-0.31	180	1 440				
AO2-6312	180					1-0.35	165	1 320				
AO2-6322	250					1-0.38	140	1 120				
AO2-7112	370					1-0.45	116	928				
AO2-7122	550					1-0.50	93	744				
AO2-8012	750				1-0.6	84	672					

续表

型号	额定功率 (W)	额定电压 (V)	定子铁心			气隙长度	槽数		定子绕组			
			外径	内径	长度		定子	转子	线规 (根-mm)	每槽匝数	每相串联匝数	节距
AO2-4514	10	380	71	38	45	0.2	12	18	1-0.14	1 100	4 400	1-4
AO2-4524	16		80	44					1-0.16	950	3 800	
AO2-5014	25		90	54	40	0.25	24	18	1-0.18	800	3 200	
AO2-5024	40								1-0.21	670	2 680	
AO2-5614	60		96	58	45	0.25	24	30	1-0.25	310	2 480	1-8
AO2-5624	90								1-0.28	275	2 200	
AO2-6314	120		110	67	50	0.25	24	30	1-0.31	270	2 160	
AO2-6324	180								1-0.35	220	1 760	
AO2-7114	250		128	77	62	0.25	24	30	1-0.4	188	1 504	2-7
AO2-7124	370								1-0.45	150	1 200	
AO2-8014	550		75	75	58	0.25	24	30	1-0.56	134	1 072	
AO2-8024	750								1-0.63	105	840	

注: 63 及以上机座亦可制成 220/380V。

表 3-32 BO2 系列单相电阻分相异步电动机技术数据

型号	额定功率 (W)	额定电压 (V)	定子铁心			气隙长度	槽数		主绕组			副绕组		
			外径	内径	长度		定子	转子	线规	每极匝数	平均半匝长 (mm)	线规	每极匝数	平均半匝长 (mm)
BO2-6312	90	220	96	50	45	24	18	1-0.45	436	132	1-0.33	192	132	
BO2-6322	120				54			1-0.56	297	141	182	140		
BO2-7112	180		50	30	235				148.2	167	148.5			
BO2-7122	250		62		206				160.2	156	160.6			
BO2-8012	370		58		315				170.4	136	171.3			
BO2-6314	60		45		0.25				97.3	127	93.5			
BO2-6324	90		54		270		166.3		117	103				
BO2-7114	120		50		224		109.4	124	109.4					
BO2-7324	180		62	183	121.4		102	121.4						
BO2-8014	250		58	158	126.4		104	126.4						
BO2-8024	370		75	124	143.9		89	143.4						

表 3-33 CO2 系列单相电容启动异步电动机技术数据

型号	额定功率 (W)	额定电压 (V)	定子铁心			气隙长度	槽数		主绕组			副绕组		
			外径	内径	长度		定子	转子	线规 (根-mm)	每极匝数	平均匝长 (mm)	线规 (根-mm)	每极匝数	平均匝长 (mm)
CO2-7112	180	220	110	58	50	24	18	1-0.56	297	148.2	1-0.38	247	158.3	
CO2-7122	250				62			0.25	18	1-0.63	235	160.2	1-0.47	204
CO2-8012	370		128	67	58					1-0.71	206	170.4	1-0.53	206
CO2-8022	550				75			1-0.85	159	187.6	1-0.56	154	192	
CO2-90S2	750		145	77	70			24	1-1.0	147	198.2	1-0.63	133	211.2
CO2-7114	120		110	67	50			30	30	1-0.53	224	109.4	1-0.35	145
CO2-7124	180				62	1-0.60	183			121.4	1-0.38	124	132.2	
CO2-8014	250		128	77	58	1-0.71	158			126.4	1-0.47	133	139	
CO2-8024	370				75	1-0.85	124			143.4	1-0.50	134	155.8	
CO2-90S4	550		145	87	70	1-0.95	127			144.6	1-0.60	108	157.2	
CO2-90L4	750				90	1-1.06	96			165	1-0.63	120	177	

注:电容器为 CDJ 型电解电容,工作电压 220 伏。

表 3-34 DO2 系列单相电容运转异步电动机技术数据

型 号	额定功率 (W)	额定电压 (V)	定子铁心			气隙长度	槽		主 绕 组			副 绕 组		
			外径	内径	长度		定子	转子	线规 (根·mm)	每极匝数	平均半匝长 (mm)	线规 (根·mm)	每极匝数	平均半匝长 (mm)
DO2-4512	10	220	71	38	45	12	18	1-0.18	868	106	1-0.16	971	106	
DO2-4022	16							1-0.20	750		1-0.19	796		
DO2-5012	25	220	80	44	0.2	18	18	1-0.25	519	125.7	1-0.23	819	125.7	
DO2-5022	40							489	1-0.25		698			
DO2-5612	60	220	90	48	50	24	18	1-0.28	454	131.6	1-0.31	527	131.6	
DO2-5622	90							363	467					
DO2-6312	120	220	96	50	0.25	24	18	1-0.40	415	132	1-0.33	593	132	
DO2-6322	180							320	427					
DO2-7112	250	220	110	58	50	12	18	1-0.50	271	148.1	1-0.45	382	148.1	
DO2-4514	6							700	675					
DO2-4524	10	220	71	38	45	12	18	1-0.18	700	83.3	1-0.16	620	83.3	
DO2-5014	16							600	620					
DO2-5024	25	220	80	44	0.2	12	18	1-0.21	560	85.4	1-0.21	455	85.4	
DO2-5614	40							436	435					
DO2-5624	60	220	90	54	0.25	24	18	1-0.28	356	98.7	1-0.23	508	98.7	
DO2-6314	90							348	339					
DO2-6324	120	220	96	58	0.25	24	30	1-0.35	302	93.7	1-0.31	374	93.7	
DO2-7114	180							259	365					
DO2-7124	250	220	110	67	0.25	24	30	1-0.42	206	109.4	1-0.38	330	109.4	
								165	268					

表 3-35 JW 系列三相异步电动机性能和绕组的技术数据

型 号	输出 (W)	转速 (r/min)	消耗 功率 (W)	额定 电流 (380 V时) (A)	定 子 槽 数	每 槽 线 数	定 子 线 规 (mm ²)	定 子 绕 组 20℃ 时 电 阻 (Ω)	定 子 铜 重 (kg)	定 子 绕 组 节 距	重 量 (kg)	机 座 号
JW7122	750	2 800	990	1.8	24	92	0.62	8.45	1.26	1~12 2~11	9.5	71
JW7112	550	2 800	740	1.35	24	120	0.53	14	1.12	1~12 2~11	7.4	71
JW7134	750	1 400	1 000	2.1	24	106	0.67	7.28	1.48	1~8 2~7	9.5	71
JW7124	550	1 400	750	1.6	24	132	0.57	11.3	1.19	1~8 2~7	7.4	71
JW7114	370	1 400	520	1.05	24	174	0.49	18.2	1.06	1~8 2~7	5.7	71
JW6322	370	2 800	510	0.95	24	145	0.47	23	1.13	1~12 2~11	5.0	63
JW6312	250	2 800	340	0.60	24	165	0.41	33	0.94	1~12 2~11	4.3	63
JW6324	250	1 400	360	0.80	24	212	0.44	26.2	0.99	1~8 2~7	5.0	63
JW6314	180	1 400	265	0.55	24	260	0.38	40.6	0.85	1~8 2~7	4.3	63
JW5622	180	2 800	250	0.45	24	196	0.33	53	0.64	1~12 2~11	3.5	56
JW5612	120	2 800	170	0.30	24	235	0.29	73	0.52	1~12 2~11	3.0	56
JW5624	120	1 400	190	0.4	24	284	0.31	62	0.58	1~8 2~7	3.5	56
JW5614	90	1 400	150	0.35	24	330	0.27	88.5	0.48	1~8 2~7	3.0	56
JW5022	90	2 800	130	0.25	12	460	0.25	97	0.38	1~6 2~9	2.5	50
JW5012	60	2 800	95	0.2	12	460	0.21	137.5	0.27	1~6 2~9	2.5	50
JW5024	60	1 400	110	0.3	12	600	0.25	94.6	0.38	1~4 2~11	2.5	50
JW5014	40	1 400	75	0.25	12	650	0.21	145	0.28	1~4 2~11	2.5	50
JW4522	40	2 800	67	0.15	12	620	0.18	230	0.24	1~6 2~9	1.8	45
JW4512	25	2 800	45	0.1	12	670	0.17	282	0.24	1~6 2~9	1.8	45
JW4524	25	1 400	55	0.20	12	820	0.18	226	0.23	1~4 2~11	1.8	45
JW4514	15	1 400	45	0.1	12	840	0.16	293	0.19	1~4 2~11	1.8	45

表 3-36 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 (W)	转速 (r/min)	电流 (220V 时) (A)	启动 转矩 额定 转矩	定子 槽数	主 绕 组			副 绕 组			电容器 (μ F)	重 量 (kg)	机 座 号
						线规 (mm ²)	20℃时 电阻 (Ω)	铜重 (kg)	线规 (mm ²)	20℃时 电阻 (Ω)	铜重 (kg)			
JX5622	120	2800	1.0	0.35	24	0.44	27.3	0.34	0.27	101.5	0.18	4	3.5	56
JX5612	90	2800	0.7	0.35	24	0.38	41.2	0.29	0.25	133	0.175	4	3.0	56
JX5624	90	1400	0.8	0.35	24	0.31	56.7	0.173	0.29	112	0.27	4	3.5	56
JX5614	60	1400	0.5	0.35	24	0.29	72	0.17	0.27	108.5	0.19	4	3.0	56
JX5022	60	2800	0.45	0.35	12	0.33	56.8	0.23	0.21	274	0.18	2	2.5	50
JX5012	40	2800	0.35	0.70	12	0.33	56.6	0.23	0.21	252	0.17	2	2.5	50
JX5024	40	1400	0.4	0.70	12	0.33	545	0.215	0.21	193	0.125	2	2.5	50
JX5014	25	1400	0.35	0.70	12	0.31	68	0.21	0.21	179	0.115	2	2.5	50
JX4522	25	2800	0.25	0.70	12	0.25	112	0.145	0.20	344	0.185	1	1.8	48
JX4512	15	2800	0.2	0.70	12	0.23	156	0.145	0.19	350	0.15	1	1.8	45
JX4524	15	1400	0.25	0.70	12	0.21	171.5	0.113	0.17	336	0.093	1	1.8	45
JX4514	8	1400	0.2	0.70	12	0.2	208	0.113	0.16	368	0.08	1	1.8	45

表 3-37 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 120W 220V		
JX5612 90W 220V		
JX5022 60W 220V		
JX5012 40W 220V		
JX4522 25W 220V		

续 表

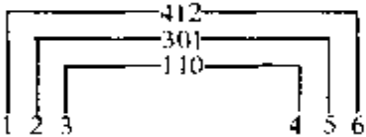
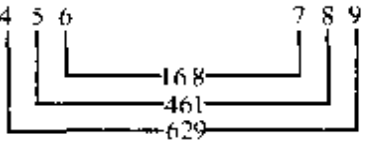
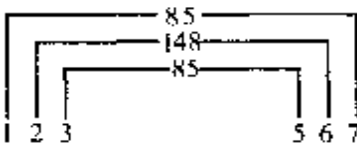
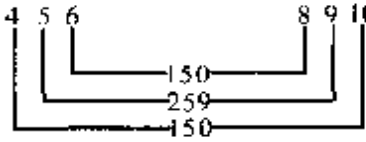
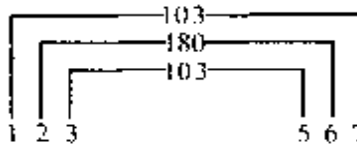
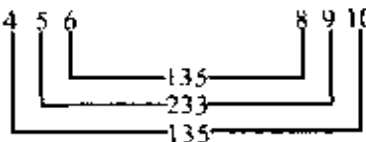
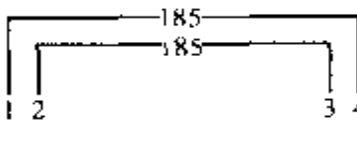
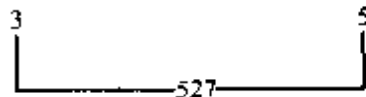
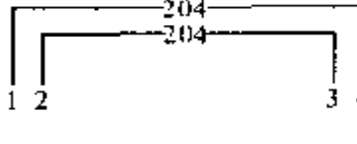
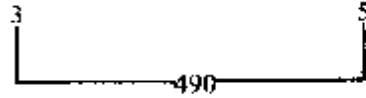
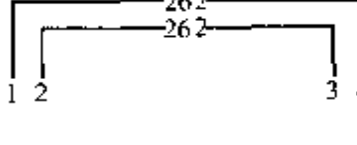
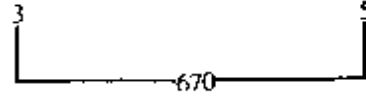
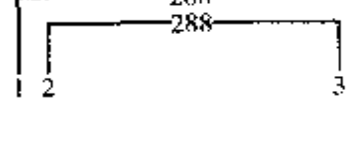
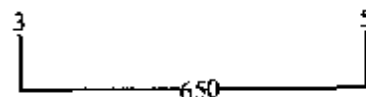
型号	正弦绕组排列方法	
	主绕组槽节距与匝数	副绕组槽节距与匝数
JX4512 15W 220V		
JX5624 90W 220V		
JX5614 60W 220V		
JX5024 40W 220V		
JX5014 25W 220V		
JX4524 15W 220V		
JX4514 8W 220V		

表 3-38 JY 系列单相电容启动电动机性能和绕组的技术数据

型号	输出 (W)	转速 (r/min)	消耗 功率 约值 (W)	额定 电流 (220 V 时) (A)	启动 转矩		启动 电流 (A)	定子 槽数	主 绕 组			副 绕 组			重 量 (kg)	机 座 号
					额 定 转 矩				线 规 (mm ²)	20℃ 电 阻 (Ω)	铜 重 (kg)	线 规 (mm ²)	20℃ 电 阻 (Ω)	铜 重 (kg)		
JY7132	550	2 800	800	4.5	2.5	2.5	29	24	0.86	3.82	0.6	0.53	10.53	0.32	9.5	71
JY7122	370	2 800	570	3.5	2.5	2.5	21	24	0.72	6.3	0.56	0.49	11.6	0.23	7.4	71
JY7134	370	1 400	580	4.0	2.5	2.5	21	24	0.83	4.7	0.74	0.49	14.3	0.28	9.5	71
JY7112	250	2 800	400	2.5	3.0	3.0	15	24	0.62	9.6	0.47	0.47	12.2	0.2	5.7	71
JY7124	250	1 400	410	3.0	3.0	3.0	15	24	0.72	7.25	0.65	0.47	15.1	0.245	7.4	71
JY7114	180	1 400	320	2.5	3.0	3.0	12	24	0.64	10.2	0.57	0.41	15.2	0.143	5.7	71

表 3-39 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 550W 220V		
JY7122 370W 220V		
JY7112 250W 220V		
JY7134 370W 220V		
JY7124 250W 220V		
JY7114 180W 220V		

表 3-40 JZ 系列单相分相启动电动机性能和绕组的技术数据

型 号	输出 (W)	转速 (r/min)	消耗 功率 约值 (W)	额定 电流 (220 V 时) (A)	启动 转矩		启动 电流 (A)	定子 槽数	主 绕 组			副 绕 组			重 量 (kg)	机 座 号
					额 定 转 矩				线 规 (mm ²)	20℃ 电 阻 (Ω)	铜 重 (kg)	线 规 (mm ²)	20℃ 电 阻 (Ω)	铜 重 (kg)		
JZ7122	370	2 800	570	3.5	1.25	29	24	0.72	6.15	0.55	0.44	9.65	0.12	7.4	71	
JZ7112	250	2 800	400	2.5	1.30	20	24	0.62	9.4	0.46	0.38	15.2	0.15	5.7	71	
JZ7134	370	1 400	580	4.0	1.30	29	24	0.83	4.7	0.74	0.44	9.4	0.117	9.5	71	
JZ7124	250	1 400	410	3.0	1.40	20	24	0.72	7.15	0.64	0.41	12.7	0.12	7.4	71	
JZ7114	180	1 400	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	2 800	300	2.0	1.50	15.5	24	0.59	13.4	0.54	0.38	16	0.11	5.0	63	
JZ6312	120	2 800	230	1.5	1.60	12.5	24	0.53	18.2	0.48	0.35	20.8	0.103	4.3	63	
JZ6324	120	1 400	240	2.0	1.7	12.5	24	0.57	15	0.53	0.33	19.65	0.77	5.0	63	
JZ6314	90	1 400	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	2 800	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	2 800	145	1.0	1.80	8	24	0.41	36.6	0.35	0.31	25	0.081	3.0	56	
JZ5624	60	1 400	150	1.2	2.0	8	24	0.41	31.7	0.31	0.29	26	0.054	3.5	56	
JZ5614	40	1 400	150	1.0	2.2	7	24	0.38	40.6	0.28	0.27	32.3	0.057	3.0	56	

表 3-41 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 370W 220V		
JZ7112 250W 220V		
JZ6322 180W 220V		
JZ6312 120W 220V		
JZ5622 90W 220V		

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 60W 220V		
JZ7134 370W 220V		
JZ7124 250W 220V		
JZ7114 180W 220V		
JZ6324 120W 220V		
JZ6314 90W 220V		
JZ5624 60W 220V		
JZ5614 40W 220V		

(5) 微型异步电动机的选用

选用微型异步电动机如表 3-42 所示。

表 3-42 选用微型异步电动机参考表

系列代号	电压 (V)	频率 (Hz)	功率范围 (W)	堵转转矩 额定转矩	最大转矩 额定转矩	堵转电流 (A)	应用范围
AO2	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
BO2	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
CO2	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
DO2	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	250~3 000	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

2. 微型同步电动机

微型同步电动机常用的有磁阻式(反应式)、磁滞式和永磁式。近年来又发展了电磁减速式及混合式结构。

(1) 磁阻同步电动机

磁阻同步电动机又称反应式同步电动机。国产三相及单相磁阻同步电动机的规格如表 3-43 所示。TC、TUC、TUL 系列磁阻同步电动机的性能数据如表 3-44 所示。

表 3-43 磁阻同步电动机规格

中心高 (mm)	铁心代号	三相磁阻同 步电动机	单相电容启动磁 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
		1 500r/min	1 500r/min	1 500r/min
80	2	550W	250W	—
	1	370W	180W	—
71	2	250W	120W	180W
	1	180W	90W	120W
63	2	120W	—	90W
	1	90W	—	60W

表 3-44 磁阻同步电动机性能数据

项 目	功 率 (W)	三相磁阻 同步电动 机 TC 系列	单相电容启 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	堵转电流	全部规格	2.5	3
额定转矩	额定电流	全部规格	6	
堵转电流 (A)	250		25	
	180		19	13
	120		15	9
	90		12	7
	60			5
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

续 表

项 目	功 率 (W)	三相磁阻 同步电动 机 TC 系列	单相电容启 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
功率因数	550	0.50		
	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
振 动 (mm/s)	全部规格	1.8	2.8	2.8
噪 声 (dB)	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 $P_N(W)$ 、同步转速 $n_s(r/min)$ 有关,并由下式计算出:

$$J_B = 7.98 \frac{P_N^{1.15}}{n_s^2} (N \cdot m^2)$$

(2) 磁滞同步电动机

磁滞同步电动机的型号及技术数据如表 3-45 所示。

表 3-45 磁滞同步电动机型号及技术数据

型 号	额定电压 (V)	频 率 (Hz)	相数	转 速 (r/min)	额定功率 (W)	外径×长度 (mm)
28TZ01	36	400	2	24 000	3	∅28×45
28TZ02				12 000	2	
28TZ03			1	24 000	2.4	
28TZ04				12 000	1.6	
28TZ51	12	50		3 000	0.4	

续 表

型 号	额定电压 (V)	频 率 (Hz)	相数	转 速 (r/min)	额定功率 (W)	外径×长度 (mm)
36TZ01	115	400	2	12 000	4	∅36×55
36TZ02				8 000	3	
36TZ03			1	12 000	3	
36TZ04				8 000	2.5	
36TZ51	110	50	1	3 000	1.5	
36TZ52				1 500	0.7	
45TZ01	115	400	2	12 000	12	∅45×65
45TZ02				8 000	9	
45TZ03			1	12 000	8	
45TZ04				8 000	6	
45TZ51	220	50	1	3 000	4	
45TZ52	110			1 500	2	
55TZ51	380	50	3	3 000	12	∅55×92
55TZ52	220			1 500	6	
55TZ53			1	3 000	10	
55TZ54	1 500			5		
70TZ51	380	50	3	3 000	26	∅70×109
70TZ52	220			1 500	13	
70TZ53			1	3 000	20	
70TZ54	1 500			10		

注：长度是指机壳实际尺寸不大于此值。

(3) 永磁同步电动机

根据启动方式的不同,永磁同步电动机分为异步启动(鼠笼式转子)和自启动(爪极式)两类。其型号及技术数据如表 3-46、表 3-47、表 3-48 所示。

表 3-46 FTY 及 FTW* 三相异步启动永磁式同步电动机主要技术数据

型 号	频率 范围 (Hz)	50Hz 额定数据							牵入同 步转矩		
		功率 (W)	电压 (V)	转速 (r/min)	效率 (%)	功率 因数	启动 电流 额定 电流	启动 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 惯量时 转矩比
FTY-90-4	40-110	90	110	1 500	72	0.72	7	1.4	1.4	$\frac{0.5}{0.25}$	$\frac{0.03}{0.07}$
FTY-120-4	40-110	120	110	1 500	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	1 500	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	1 500	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	1 500	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	1 500	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	1 500	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	1 000	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	1 000	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	1 000	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	1 000	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	1 000	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	1 000	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	3 000	82	0.89	4.5		3.26		

* 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。

表 3-47 记录仪表用自启动永磁同步电动机技术数据

型 号	额定电压 (V)	频率 (Hz)	最大同 步转矩 (mNm)	同步转速 (r/min)	电 流 (A)	外形尺寸 外径×长 (mm)
TYD-16	220	50	2.5	375	0.02	∅55×22.5
TDY-375	220	50	2.5	375	0.02	∅55×23
90TYD	220	50	120	60		∅90×122
45TRY	220	50	3	250	0.016	∅45×25
55TYB	220	50	8	375	0.018	∅55×55
55TYD	220	50	100	60	0.025	∅55×68
55TYX	220	50	2.5	375	0.018	∅55×19
TYC-60	220	50	2	60	0.024	∅37×50
TYC-1/1 440	220	50	200	1/1 440		

表 3-48 日用电器用自启动永磁同步电动机技术数据

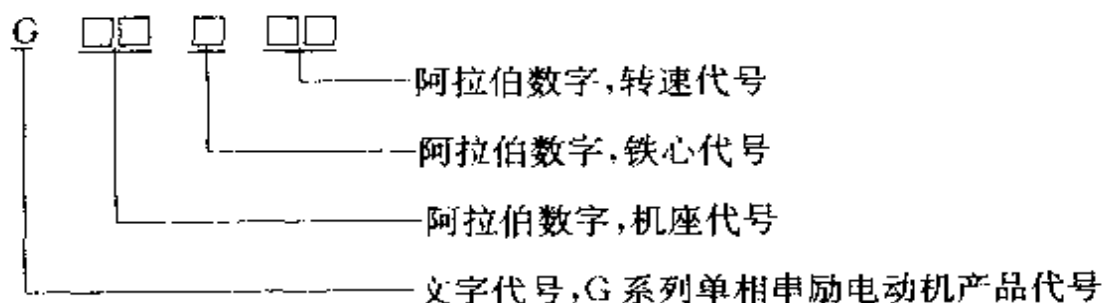
型 号	额定电压 (V)	频 率 (Hz)	最大同 步转矩 (mNm)	输出轴 转 速 (r/min)	电 流 (A)	外形尺寸 外径×长 (mm)
TYC-30	220	50	80	30	0.02	∅50×28
TYC-5	220	50	300	5	0.02	∅50×28
TY-250	220	50	0.6	250	0.015	∅38×11

3. 微型换向器电动机

微型换向器电动机主要分为两类。一类是纯由单相交流供电的串励电动机,基本系列为 HC 系列,它已基本取代了老产品 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。

(1) G 系列电动机

产品设计共有四个机座号 38 个规格。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 3 - 49,其绕组数据见表 3 - 50,外形与安装尺寸见表 3 - 51。

表 3-49 G 系列单相串励电动机主要性能数据

功率 (W)	4 000r/min			6 000r/min			8 000r/min			12 000r/min		
	效率 (%)	启动 转矩 额定 转矩	启动 电流 额定 电流	效率 (%)	启动 转矩 额定 转矩	启动 电流 额定 电流	效率 (%)	启动 转矩 额定 转矩	启动 电流 额定 电流	效率 (%)	启动 转矩 额定 转矩	启动 电流 额定 电流
8	32	0.83	1.5	40	0.86	3.5	46	1.8	3.5	53	4.5	6.0
15	38	0.83										
25	44	0.81	1.7	54	0.86	3.5	57	2.5	0.88	58	4.5	6.0
40	50	0.81										
60	53	0.80	2	56	0.80	3.5	60	2.5	0.88	56	4.5	6.0
90	56	0.80										
120	59	0.80	2	61	0.84	3.5	61	3.0	0.88	58	4.5	6.0
180	61	0.79										
250	63	0.78	2	65	0.84	3.5	63	3.0	0.88	58	4.5	6.0
370	65	0.78										
550	66	0.77	2	67	0.84	3.5	67	3.5	0.88	58	4.5	6.0
750	67	0.76										

表 3-50 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 (W)	电压 (V)	转速 (r/min)	电流 (A)	定子 外径 (mm)	定子 内径 (mm)	铁心 长度 (mm)	气隙 长度 (mm)	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	实槽 节距	定子 线规	转子 线规	定转 子匝 数比
G3614	8	220	4 000	0.125	56	30	18	0.3	8	1010	214	10 272	24	3	0.14	0.09	0.393
G3624	15	220	4 000	0.208	56	30	30	0.3	8	685	137	6 576	24	3	0.18	0.12	0.417
G3634	25	220	4 000	0.324	56	30	38	0.3	8	536	104	4 992	24	3	0.23	0.15	0.431
G3636	40	220	6 000	0.418	56	30	38	0.3	8	470	77	3 696	24	3	0.25	0.17	0.51
G3638	60	220	8 000	0.52	56	30	38	0.3	8	445	62	2 976	24	3	0.29	0.20	0.6
G36312	90	220	12 000	0.775	56	30	38	0.3	8	366	47	2 256	24	3	0.33	0.23	0.65
G4524	60	220	4 000	0.62	71	39	40	0.35	12	362	51	3 672	36	5	0.31	0.21	0.394
G45212	180	220	12 000	1.3	71	39	40	0.35	12	192	25	1 800	36	5	0.44	0.31	0.425
G4534	90	220	4 000	0.907	71	39	50	0.35	12	290	39	2 808	36	5	0.38	0.25	0.413
G4536	120	220	6 000	1.02	71	39	50	0.35	12	240	33	2 376	36	5	0.41	0.27	0.405
G4538	180	220	8 000	1.36	71	39	50	0.35	12	195	26	1 872	36	5	0.44	0.31	0.417
G45312	250	220	12 000	1.8	71	39	50	0.35	12	167	19	1 368	36	5	0.51	0.38	0.489

续 表

型号	主要性能			结构数据				绕组数据									
	功率 (W)	电压 (V)	转速 (r/min)	电流 (A)	定子 外径 (mm)	定子 内径 (mm)	铁心 长度 (mm)	气隙 长度 (mm)	转子 槽数	定子 每极 匝数	转子每 元件匝 数	转子总 导体数	换向 器片 数	实槽 节距	定子 线规	转子 线规	定转 子匝 数比
G5614	120	220	4 000	1.145	90	50	35	0.5	13	266	42	3 276	39	6	0.44	0.29	0.325
G5616	180	220	6 000	1.51	90	50	35	0.5	13	243	31	2 418	39	6	0.49	0.33	0.402
G5618	250	220	8 000	1.95	90	50	35	0.5	13	226	24	1 872	39	6	0.55	0.38	0.483
G5624	180	220	4 000	1.7	90	50	50	0.5	13	195	29	2 262	39	6	0.53	0.35	0.344
G5626	250	220	6 000	2.05	90	50	50	0.5	13	179	22	1 716	39	6	0.57	0.41	0.417
G5628	370	220	8 000	2.81	90	50	50	0.5	13	166	17	1 326	39	6	0.64	0.47	0.15
G5634	250	220	4 000	2.32	90	50	65	0.5	13	152	22	1 716	39	6	0.59	0.41	0.354
G5636	370	220	6 000	3.02	90	50	65	0.5	13	144	16	1 248	39	6	0.67	0.47	0.462
G5638	550	220	8 000	4.05	90	50	65	0.5	13	123	12	936	39	6	0.77	0.55	0.526
G7114	370	220	4 000	3.22	120	69	42	0.9	19	156	17	1 938	57	9	0.69	0.49	0.322
G7116	550	220	6 000	4.1	120	69	42	0.9	19	132	13	1 482	57	9	0.77	0.55	0.356
G7124	550	220	4 000	4.72	120	69	60	0.9	19	112	12	1 368	57	9	0.83	0.59	0.328
G7126	750	220	6 000	5.5	120	69	60	0.9	19	100	9	1 026	57	9	0.93	0.64	0.39

表 3-5] G 系列单相串励电动机的外形与安装尺寸 (mm)

机座号	安 装 尺 寸													外形尺寸									
	A	A/2	B	C	D _(gc)	E _(Jc)	E _(Jc) (d6)	G _(d6)	g	H	T	K	M _(d3)	N	P	R	S _(x)	(y) 孔数	ZAD	HC	L		
36	1																					110	
	2	56	28	45	22	6	16		5	36	2	5	35	20	50	3	M4	0.2	0.2	4	75	70	120
	3																						130
45	1																						140
	2	71	35.5	56	28	7	16		6	45	3	6	45	30	60	4	M5	0.2	0.2	4	90	85	150
	3																						160
56	1																						180
	2	90	45	71	36	11	23	4	8.5	56	3	7	65	50	80	4	M5	0.2	0.2	4	110	105	195
	3																						210
71	1																						225
	2	12	56	90	45	14	30	4	11.5	71	3	10	85	70	105	4	M6	0.25	0.25	4	130	135	245
	3																						265

(2) HC 新系列

HC 系列串励电动机是 20 世纪 80 年代的代表产品,在额定电压 220V 及频率 50Hz 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 1 100W。电动机的机座号与功率及转速的对应关系如表 3-52。

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 3-53。

3-52 单相串励电动机基本系列

机座号	铁心代号	转 速 (r/min)			
		4 000	6 000	8 000	12 000
		功 率 (W)			
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	1 100	

表 3-53 单相串励电动机基本系列的堵转转矩及堵转电流

功率 (W)	堵转转矩/额定转矩				堵转电流/额定电流			
	转速 (r/min)				转速 (r/min)			
	4 000	6 000	8 000	12 000	4 000	6 000	8 000	12 000
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								
750	4.0							
1 100								

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%。

(3) SU 系列

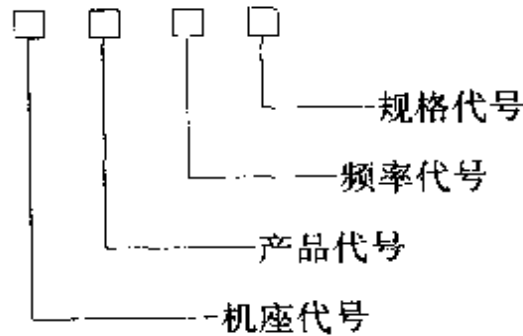
SU 为交直流两用电动机系列，其工作原理和结构与基本系列类同，技术数据如表 3-54 所示。

表 3-54 SU 型交直流两用串励电动机技术数据

型 号	主 要 性 能				结 构 数 据					绕 组 数 据																
	电 压 (V)		输 出 功 率 (W)		转 矩 (N·m)		转 速 (r/min)		轴 伸 数		定 子 外 径 (mm)	定 子 内 径 (mm)	铁 心 长 度 (mm)	气 隙 长 度 (mm)	转 子 外 径 (mm)	转 子 槽 数	定 子 磁 极 交 流 匝 数	定 子 磁 极 直 流 增 加 匝 数	定 子 磁 极 总 匝 数	转 子 每 元 件 匝 数	转 子 每 槽 导 体 数	转 子 总 导 体 数	元 件 数 或 换 向 器 片 数	实 槽 节 距	转 子 线 规 (mm)	
																									交 流	直 流
SU-1	110	110	80	100	310	390	2 500	1	2	94	51.6	60	0.55	50.5	16	111	209	320	12	72	1 152	48	7	0.47	0.62	0.49
SU-1C																219	441	660	25	130	2 400					
SU-2	220	220	80	100	310	390	2 500	1	2	94	51.6	60	0.55	50.5	16	219	441	660	25	130	2 400	48	7	0.33	0.41	0.35
SU-2C																219	441	660	25	130	2 400					

4. 自整角机

自整角机是一种感应式机电信号转换元件。自整角机的型号规定如下：



自整角机的产品代号如表 3 - 55 所示。自整角机的种类、型号及技术数据如表 3 - 56~3 - 58 所示。

表 3 - 55 自整角机产品代号

新代号	老代号	含 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
ZIJ	IJ, ZJ	力矩式自整角接收机
ZKL	LK	控制力矩式自整角机

表 3-56 自整角机的种类、型号及技术数据

种 类	型 号	频率 (Hz)	励磁 电压 (V)	最大输 出电压 (V)	比整步转矩 (不小于) ($N \times 10^{-4} \text{m/度}$)	外径×长度 (mm)
控制式 自整角 发送机	20ZKF01	400	36	16		∅20×40
	24ZKF01	400	26	12		∅24×40
	28ZKF01	400	115	90		∅28×50
	28ZKF02	400	36	16		∅28×50
	36ZKF01	400	115	90		∅36×60
	36ZKF51	50	36	16		∅36×60
	45ZKF01	400	115	90		∅45×75
	45ZKF51	50	110	90		∅45×75
控制式 差动自 整角发 送 机	20ZKC01	400	16	16		∅20×40
	24ZKC01	400	12	12		∅24×40
	28ZKC01	400	90	90		∅28×50
	28ZKC02	400	16	16		∅28×50
	36ZKC01	400	90	90		∅36×60
	45ZKC01	400	90	90		∅45×75
	45ZKC51	50	90	90		∅45×75
自整角 变压器	28ZKB01	400	90	58		∅28×50
	28ZKB02	400	90	58		∅28×50
	28ZKB03	400	16	32		∅28×50
	28ZKB04	400	16	32		∅28×50
	36ZKB01	400	90	58		∅36×60
	36ZKB02	400	90	58		∅36×60
	36ZKB03	400	90	58		∅36×60
	36ZKB51	50	16	32		∅36×60
	45ZKB01	400	90	58		∅45×75
	45ZKB02	400	90	58		∅45×75
	45ZKB03	400	90	58		∅45×75
	45ZKB04	400	90	58		∅45×75
	45ZKB51	50	90	58		∅45×75

续 表

种 类	型 号	频率 (Hz)	励磁 电压 (V)	最大输 出电压 (V)	比整步转矩 (不小于) ($N \times 10^{-4} \text{m/度}$)	外径×长度 (mm)
力矩式 自整角 发送机	36ZLF01	400	115	16	2.5	∅36×60
	36ZLF02	400	115	90	2.5	∅36×60
	45ZLF01	400	115	90	8	∅45×75
	45ZLF51	50	110	90	3	∅45×75
	45ZLF52	50	220	90	3	∅45×75
	55ZLF01	400	115	90	20	∅55×112
	55ZLF51	50	110	90	11	∅55×112
	55ZLF52	50	220	90	11	∅55×112
	70ZLF01	400	115	90	50	∅70×139
	70ZLF51	50	110	90	30	∅70×139
	70ZLF52	50	220	90	30	∅70×139
	90ZLF01	400	115	90	80	∅90×154
	90ZLF51	50	110	90	80	∅90×154
	90ZLF52	50	220	90	80	∅90×154
力矩式 差 动 自整角 发送机	36ZCF01	400	90	90	1.5	∅36×60
	45ZCF01	400	90	90	4	∅45×75
	55ZCF51	50	90	90	3	∅55×112
	70ZCF51	50	90	90	18	∅70×139
	90ZCF51	50	90	90	40	∅90×154
自整角 接收机	36ZLJ01	400	115	90	2.5	∅36×60
	36ZLJ02	400	115	16	2.5	∅36×60
	45ZLJ01	400	115	90	8	∅45×75
	45ZLJ51	50	110	90	3	∅45×75
	45ZLJ52	50	220	90	3	∅45×75
	55ZLJ01	400	115	90	20	∅55×112
	55ZLJ51	50	110	90	11	∅55×112
	55ZLJ52	50	220	90	11	∅55×112
	70ZLJ01	400	115	90	50	∅70×139
	70ZLJ51	50	110	90	30	∅70×139
	90ZLJ01	400	115	90	80	∅90×154
	90ZLJ51	50	110	90	80	
	90ZLJ52	50	220	90	80	

注:长度是指机壳实际尺寸不大于此值。

表 3-57 S 型自整角机技术数据

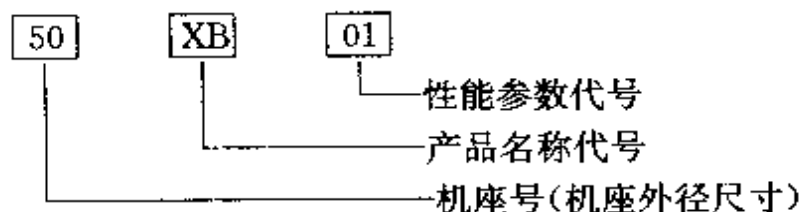
型 号	额定电压 (V)	频 率 (Hz)	励磁电流 (A)	消耗功率 (W)	副方电压 (V)
S-3 自整角接收机	220	50	0.23	8	90
S-4 自整角变压器	90	50			55
S-5 自整角发送机	220	50	0.23	8	90
S-6 差动式发送机	90	50	0.35	7	90

表 3-58 ZFM、ZBM、ZCM、ZSM 自整角机技术数据

型 号	额定电压 (V)	频率 (Hz)	励磁电流 (A)	消耗功率 (W)	副方电压 (V)	副方电压 偏差小于 (V)
ZFM-11K 控制式自整角发送机	230	1 000	0.35	6.5	150	1.5
ZBM-11K 控制式自整角变压器	150	1 000	0.35	6.5	45	0.5
ZCM-11K 控制式差动发送机	150	1 000	0.35	6.5	150	1.5
ZFM-11L 力矩式自整角发送机 ZSM-11L 力矩式自整角接收机	230	1 000	0.6	10	150	1.5

5. 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。它广泛应用在高精度随动系统和解算装置中。旋转变压器的型号表示如下：



常用的旋转变压器有 XZ、XB、XX 和 DXF、DXB 型等。如表 3-59 所示。

表 3-59 各种旋转变压器特点

类 型	输出特性	结构特点	使用条件
XZ 正余弦旋转 变压器	输出电压与转 子转角成正弦或 余弦函数关系	定转子均为隐极式， 定转子槽内都放两组相 同并正交的绕组，定子 绕组引线直接引出，转 子绕组通过四对滑环和 电刷引出。封闭式结 构，28号机座以上为齿 轮轴伸，其余为光轴伸	1. 海拔不超过 4km 2. 在 $-40^{\circ}\text{C} \sim$ $+60^{\circ}\text{C}$ 3. 在 20°C 时， 相对湿度为 $95\% \pm 3\%$ 4. 任意安装位 置
XB 旋转变压器	输出电压与转 子转角成比例	结构同XZ型，轴伸端 装有大小两齿轮以微调 转子角位移，调好后靠 锁定螺钉锁定转子位置	
XX 线性旋转 变压器	输出电压与转 子转角成线性函 数关系	结构同XZ型，仅输出 电压特性和电气接线方 法不同	
DXF 多极旋转 发送机 DXB 多极旋转 变压器	输出电压为两 个周期的与转子 转角成正弦或余 弦的函数关系	具有2极或 n 对极两 套绕组。2极的做粗机， n 极的做精机，有扁平盘 式和环型两种，其结构 都是在定子槽内放置两 相相同并相互正交的高 精度正弦绕组，直接引 出，转子槽内放置单相 绕组，通过滑环和电刷 引出。扁平盘式的封闭 式，铝机壳一端出轴，环 型的转子支架直接安装 在系统的主轴上	

各种旋转变压器的型号及技术数据如表 3-60~3-63 所示。

表 3 - 60 XZ 型正余弦旋转变压器技术数据 (定子方励磁)

型 号	额定电压 (V)	额定频率 (Hz)	开路输入 阻 抗 (Ω)	变 比	开路输出 阻 抗 (Ω)	短路输出 阻 抗 (Ω)	输出电压 相 位 移 ($^{\circ}$)	
12XZ ₀₁	20	400	600	0.56				
12XZ ₀₂			1 000	1				
20XZ ₀₁	26	400	600	0.56	240	200	20	
20XZ ₀₂			600	1	700	600	20	
20XZ ₀₃			1 000	0.56	380	350	22	
20XZ ₀₄			1 000	1	1 200	1 100	22	
20XZ ₀₅			2 000	0.56	700	600	22	
20XZ ₀₆			2 000	1	2 000	2 300	22	
28XZ ₀₁	36	400	400	0.56	130	60	12	
28XZ ₀₂			600	0.56	200	80	12	
28XZ ₀₃			600	1	620	270	12	
28XZ ₀₄			1 000	0.56	330	150	12	
28XZ ₀₅			1 000	1	1 100	560	12	
28XZ ₀₆			2 000	0.56	650	350	15	
28XZ ₀₇			2 000	1	2 100	1 000	15	
28XZ ₀₈			3 000	0.56	1 000	500	15	
28XZ ₀₉			3 000	1	3 100	1 500	15	
28XZ ₁₀			4 000	1	4 200	2 000	15	
36XZ ₀₁	36	400	400	0.56	130	35	7	
36XZ ₀₂			600	0.56	200	50	7	
36XZ ₀₃			600	1	600	160	7	
36XZ ₀₄			60	1	600	160	7	
36XZ ₀₅			60	1 000	0.56	320	100	7
36XZ ₀₆			60	1 000	1	1 050	320	7
36XZ ₀₇			60	2 000	0.56	640	170	7
36XZ ₀₈			60	2 000	1	2 100	700	7
36XZ ₀₉			60	3 000	0.56	970	250	7
36XZ ₁₀			60	3 000	1	3 000	900	7
36XZ ₁₁			60	4 000	0.56	1 300	400	7
36XZ ₁₂			60	4 000	1	4 000	1 500	7
36XZ ₁₃			60	6 000	0.56	2 000	600	7
36XZ ₁₄			60	6 000	1	6 000	1 900	7

续 表

型 号	额定电压 (V)	额定频率 (Hz)	开路输入 阻 抗 (Ω)	变 比	开路输出 阻 抗 (Ω)	短路输出 阻 抗 (Ω)	输出电压 相 位 移 ($^{\circ}$)
45XZ ₀₁	115	400	400	0.56	130	25	5
45XZ ₀₂			600	0.56	200	35	5
45XZ ₀₃			600	1	600	126	5
45XZ ₀₄			1 000	0.56	320	70	5
45XZ ₀₅			1 000	1	1 000	200	5
45XZ ₀₆			2 000	0.56	640	130	5
45XZ ₀₇			3 000	0.56	950	200	5
45XZ ₀₈			4 000	0.56	1 300	280	5
45XZ ₀₉			4 000	1	4 000	900	5
45XZ ₁₀			6 000	1	6 000	1 500	5
45XZ ₁₁			10 000	0.56	3 200	650	5
55XZ ₀₁	115	400	200	0.56	65	7	2.5
55XZ ₀₂			200	1	200	20	
55XZ ₀₃			400	0.56	130	13	
55XZ ₀₄			400	1	400	40	
55XZ ₀₅			1 000	0.56	310	30	
55XZ ₀₆			1 000	1	1 000	1 000	
70XZ ₀₁	36	50	200	0.56	65	25	14
70XZ ₀₂	36	50	600	0.56	190	85	14
70XZ ₀₃	36	50	1 000	0.56	310	140	14
70XZ ₀₄	36	50	1 000	1	1 000	450	14
70XZ ₀₅	36	50	2 000	1	2 000	900	14
70XZ ₀₆	110	50	600	0.56	190	90	14
70XZ ₀₇	110	50	1 000	0.56	310	140	14
70XZ ₀₈	110	50	1 000	1	1 000	450	14
70XZ ₀₉	110	50	2 000	1	2 000	900	14
70XZ ₁₀	220	50	3 000	0.56	950	420	14
70XZ ₁₁	220	50	6 000	1	6 000	2 700	14

表 3-61 XX 型线性旋转变压器技术数据(定子方励磁)

型 号	额定电压 (V)	额定频率 (Hz)	开路输入 阻 抗 (Ω)	变 比	开路输出 阻 抗 (Ω)	短路输出 阻 抗 (Ω)	输出电压 相位移 ($^{\circ}$)
28XX ₀₁	36	400	600	0.55~0.6	200	80	12
28XX ₀₂	36	400	1 000		330	150	
36XX ₀₁	36	400	400		7	130	35
36XX ₀₂	36	400	600			190	50
36XX ₀₃	60	400	600			190	50
36XX ₀₄	60	400	1 000			320	100
36XX ₀₅	60	400	4 000			1 300	400
45XX ₀₁	115	400	600		5	200	35
45XX ₀₂	115	400	1 000			320	70
45XX ₀₃	115	400	2 000			640	130
45XX ₀₄	115	400	4 000			1 300	280
55XX ₀₁	115	400	400		2.5	130	13
55XX ₀₂	115	400	600			190	20
55XX ₀₃	115	400	1 000			310	30

表 3-62 XB 型旋转变压器技术数据(定子方励磁)

型 号	额定电压 (V)	额定频率 (Hz)	开路输入 阻 抗 (Ω)	变 比	开路输出 阻 抗 (Ω)	短路输出 阻 抗 (Ω)	输出电压 相位移 ($^{\circ}$)
20XB ₀₁	12	400	1 000	2	5 100	5 000	22
28XB ₀₁	16	400	1 000	2	4 200	2 200	12
28XB ₀₂	16	400	2 000	2	8 500	4 000	15
36XB ₀₁	16	400	1 000	2	4 000	1 400	7
36XB ₀₂	16	400	2 000	2	8 000	2 400	7
36XB ₀₃	16	400	3 000	2	12 000	3 600	7
45XB ₀₁	90	400	2 000	0.65	860	190	5
45XB ₀₂	90	400	4 000	0.65	1 700	370	5
45XB ₀₃	90	400	10 000	0.65	4 200	1 100	5

表 3-63 多极旋转变压器主要技术数据

型号	类别	极对数	励磁方	额定电压 (V)	频率 (Hz)	开路输入阻 (Ω)	开路输入抗 (Ω)	开路输入功率 (W)	最大输出电压 (V)	输出相位移 (°)	电气误差 (min/s)	精机零位电压 (mV)	粗、精机零位偏差
70DXF1/15	发送机	1/15	转子	36	400	13 800/250		0.01/3.5	12.9/12.2	2.5/40	30/60	50	0°±30'
70DXB1/15	变压器	1/15	定子	12	400	47 400/520		0.001/0.25	12.6/6.9	1/51	30/60	30	0°±30'
70DXF1/15-1	发送机	1/15	转子	36	400	13 800/250		0.01/3.5	12.3/12.2	2.5/40	30/60	50	0°±30'
70DXB1/15-1	变压器	1/15	定子	12	400	47 400/520		0.001/0.25	12.6/6.9	1/51	30/60	30	0°±30'
70DXF1/20	发送机	1/20	转子	36	400	4 500/180		0.05/5	11.8/12	5/39	30/60	50	0°±30'
70DXB1/20	变压器	1/20	定子	12	400	7 300/300		0.005/0.5	13/4.9	6/57	30/60	30	4.5°±30'
70DXF1/20-1	发送机	1/20	转子	36	400	4 500/180		0.05/5	11.8/12	5/39	30/60	50	0°±30'
70DXB1/20-1	变压器	1/20	定子	12	400	7 300/300		0.005/0.5	13/4.9	6/57	30/60	30	4.5°±30'
110DXF1/15	发送机	1/15	转子	36	400	720/120		0.5/7	7/13	6.9/23	30/40	50	0°±30'
110DXB1/15	变压器	1/15	定子	6/12	400	130/70		0.2/2	30/15.7	30/38	30/40	30	0°±30'
110DXF20	发送机	20	转子	36	400	110		6.5	12	23	30"	50	
110DXB20	变压器	20	定子	12	400	410		0.3	7	44	30"	30	
110DXF1/30	发送机	1/30	转子	36	400	1 800/130		0.2/6.5	11/11	5/29	20/40	50	0°±30'
110DXB1/30	变压器	1/30	定子	12	400	1 560/190		0.6/2	15.4/7.4	12/50	20/40	30	3°±30'
110DXF1/30-1	发送机	1/30	转子	36	400	1 800/130		0.2/6.5	11/11	5/29	20/40	50	0°±30'
110DXB1/30-1	变压器	1/30	定子	12	400	1 560/190		0.6/2	15.4/7.4	12/50	20/40	30	3°±30'
110DXF1/32	发送机	1/32	转子	36	400	1 200/140		1/6	12/12	8/30	20/40	50	0°±30'
110DXB1/32-1	变压器	1/32	定子	36	400	1 200/140		1/6	12/12	8/30	20/40	50	0°±30'
110DXB15/40	变压器	15/40	定子	12	400	180/160		1/1	8/8	72/59	40/40	30	0°±30'
110DXB10/40	变压器	10/40	定子	3	400	89/110		1/1	3/2	8/30	40/40	10	0°±30'
160DXB60-1	变压器	60	定子	2.5	2 000	44		0.2	5	39	15"		
160DXF1/64	发送机	1/64	转子	36	400	1 000/80		1/10	10.4/13	11/39	30/20	30	0°±45'

注:1.分子/分母=粗机/精机。

2.110DXB15/30和110DXB10/40粗精机不能同时运行。

6. 异步测速发电机

异步测速发电机的型号及技术数据如表 3-64 所示。

表 3-64 异步测速发电机的型号及技术数据

型 号	额定励磁电压 (V)	额定励磁频率 (Hz)	剩余电压最大值 (不大于) (mV)	输出斜率 +15%, -10% (V/kr/min)	线性误差 (不大于) (%) (0~1800r/min)	外径×长度 (mm)			
36CK01	36	400	30	0.7		∅36×60			
36CK02			50	1.0		∅36×60			
36CK03			60	1.6		∅36×60			
36CK04			35	2.5		∅36×60			
36CK05			80	3.0		∅36×60			
45CK01	115		40	1.0		∅45×65			
45CK02			60	1.6		∅45×65			
45CK03			65	2.5		∅45×65			
45CK04			40	3.0		∅45×65			
45CK05			90	4.0		∅45×65			
55CK01			100	5.0		∅55×82			
55CK02			120	7.0		∅55×82			
28CK51			36	50		25	0.5	2.0	∅28×55
36CK51						35	1.0	1.0	∅36×60
36CK52			40			2.0	1.0	∅36×60	
45CK51	110	35	2.0		0.5	∅45×65			
45CK52		45	3.0		1.0	∅45×65			
45CK53		55	4.0		1.0	∅45×65			
55CK51		60	5.0		1.0	∅55×82			
55CK52		70	7.0		3.0	∅55×82			

注:长度尺寸指机壳实际尺寸不大于此值。

7. 伺服电动机

伺服电动机是一种执行元件。特点是转矩大而转动惯量小。

伺服电动机分为直流电动机和交流伺服电动机。如表 3 - 65 所示。

表 3 - 65 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
	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，但电枢铁心对直径之比较大些，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）	电枢铁心为光滑的圆柱体，电枢绕组用耐热环氧树脂固定在圆柱体铁心表面，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心构成磁路	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

(1) 交流伺服电动机

交流伺服电动机是二相异步电动机，它的技术数据见表 3 - 66 和表 3 - 67 所示。

表 3-66 ADP 系列交流伺服电动机技术数据

型号	励磁电压 (V)	频率 (Hz)	有效功率 (W)	转速 (r/min)	输出转矩 (mN·cm)	最大控制电压 (V)	启动转矩 (mN·cm)	控制电流 励磁电流 (A)	电容量 (μF)	重量 (kg)	外径×长度 (mm)
ADP-202	110	400	1.5	6 000	2.45	110	3.72	0.06/0.09	0.2	0.25	∅41×66.5
	110	500	1.3	6 300	1.96	110	3.13	0.06/0.08	0.15	0.25	
ADP-261	120	330	12	6 600	17.64	170	27.44	0.23/0.24	0.40	1.4	
ADP-262	110	50	9.5	1 850	49	125	88.2	0.53/0.25	2.5	1.6	∅70×122.5
ADP-263	110	500	24	6 000	39.2	170	52.92	0.75/0.40	0.32	1.6	
ADP-263A	36	500	24.7	6 000	39.2	275	58.8	0.55/1.60	3.9	1.6	
ADP-362	110	50	19	1 950	93.1	125	166.6	0.65/0.60	6.5	2.6	∅85×135
ADP-363	110	500	35	6 000	55.86	120	68.6	1.20/0.58	0.55	2.7	∅85×144.5
ADP-363A	36	500	46.4	6 000	73.5	245	78.4	0.68/2.0	6.6	2.7	∅85×144.5

表 3-67 SL 系列两相交流伺服电动机技术数据

型号	极数	频率 (Hz)	电压(V)		堵转力矩大于 (mN·cm)	堵转电流小于 (A)		每相输入功率小于 (W)	额定输出功率 (W)	空载转速 (r/min)	电机时间常数 (ms)
			励磁	控制		励磁	控制				
12SL ₀₁	4	400	26	26	0.6	0.11	0.11	2	0.16	9 000	20
20SL ₀₁	6	400	26	26	1.5	0.15	0.15	2.5	0.25	6 000	15
20SL ₀₂	6	400	36	36	1.5	0.11	0.11	2.5	0.25	6 000	15
20SL ₀₃	6	400	36	26	1.5	0.11	0.15	2.5	0.25	6 000	15
20SL ₀₄	4	400	26	26	1.2	0.15	0.15	2.5	0.32	9 000	20
20SL ₀₅	4	400	36	36	1.2	0.11	0.11	2.5	0.32	9 000	20
20SL ₀₆	4	400	36	26	1.2	0.11	0.15	2.5	0.32	9 000	20
28SL ₀₁	6	400	36	36	5	0.33	0.33	6.5	1.0	6 000	20
28SL ₀₂	6	400	115	115	5	0.10	0.10	6.5	1.0	6 000	20
28SL ₀₃	6	400	115	36	5	0.10	0.33	6.5	1.0	6 000	20
36SL ₀₁	8	400	36	36	10	0.55	0.55	8.5	1.6	4 800	20
36SL ₀₂	8	400	115	115	10	0.17	0.17	8.5	1.6	4 800	20
36SL ₀₃	8	400	115	36	10	0.17	0.55	8.5	1.6	4 800	20
36SL ₀₄	6	400	36	36	7	0.48	0.48	8.5	2.0	9 000	35
36SL ₀₅	6	400	115	115	7	0.15	0.15	8.5	2.0	9 000	35
36SL ₀₆	6	400	115	36	7	0.15	0.48	8.5	2.0	9 000	35
45SL ₀₁	8	400	36	36	17	0.9	0.9	14	2.5	4 800	20
45SL ₀₂	8	400	115	115	17	0.28	0.28	14	2.5	4 800	20
45SL ₀₃	8	400	115	36	17	0.28	0.9	14	2.5	4 800	20
45SL ₀₄	4	400	36	36	15	1.0	1.0	18	4	9 000	30
45SL ₀₅	4	400	115	115	15	0.32	0.32	18	4	9 000	30
45SL ₀₆	4	400	115	36	15	0.32	1.0	18	4	9 000	30
55SL ₀₁	8	400	115	115	42	0.6	0.6	25	6.3	4 800	25
55SL ₀₂	8	400	115	36	42	0.6	1.9	25	6.3	4 800	25
55SL ₀₃	4	400	115	115	33	0.57	0.57	32	10	9 000	50
55SL ₀₄	4	400	115	36	33	0.57	1.8	32	10	9 000	50
70SL ₀₁	8	400	115	115	100	1.1	1.1	55	16	4 800	25
70SL ₀₂	4	400	115	115	65	1.1	1.1	55	20	9 000	55

续 表

型号	极数	频率(Hz)	电压(V)		堵转力矩大于(mN·cm)	堵转电流小于(A)		每相输入功率小于(W)	额定输出功率(W)	空载转速(r/min)	电机时间常数(ms)
			励磁	控制		励磁	控制				
20SL ₅₁	2	50	20	20	1.5	0.18	0.18	2.5	0.1	2 500	15
28SL ₅₁	2	50	36	36	3.2	0.09	0.09	2.5	0.25	2 500	15
28SL ₅₂	2	50	36	36	5	0.13	0.13	3.5	0.4	2 500	15
36SL ₅₁	2	50	36	36	10	0.21	0.21	5.5	0.8	2 700	15
36SL ₅₂	2	50	110	110	10	0.07	0.07	5.5	0.8	2 700	15
36SL ₅₃	2	50	110	36	10	0.07	0.21	5.5	0.8	2 700	15
45SL ₅₁	4	50	36	36	27	0.30	0.30	7	1	1 200	15
45SL ₅₂	4	50	110	110	27	0.10	0.10	7	1	1 200	15
45SL ₅₃	4	50	110	36	27	0.10	0.30	7	1	1 200	15
45SL ₅₄	2	50	36	36	19	0.33	0.33	8	1.6	2 700	30
45SL ₅₅	2	50	110	110	19	0.11	0.11	8	1.6	2 700	30
45SL ₅₆	2	50	110	36	19	0.11	0.33	8	1.6	2 700	30
45SL ₅₇	2	50	36	36	30	0.50	0.50	12	2.5	2 700	30
45SL ₅₈	2	50	110	110	30	0.17	0.17	12	2.5	2 700	30
45SL ₅₉	2	50	110	36	30	0.17	0.50	12	2.5	2 700	30
55SL ₅₁	4	50	110	110	68	0.26	0.26	8	2.5	1 200	15
55SL ₅₂	4	50	220	220	68	0.13	0.13	8	2.5	1 200	15
55SL ₅₃	4	50	220	110	68	0.13	0.26	8	2.5	1 200	15
55SL ₅₄	2	50	110	110	38.5	0.18	0.18	12	3.2	2 700	20
55SL ₅₅	2	50	220	220	38.5	0.09	0.09	12	3.2	2 700	20
55SL ₅₆	2	50	220	110	38.5	0.09	0.18	12	3.2	2 700	20
55SL ₅₇	2	50	110	110	76	0.32	0.32	22	6.3	2 700	20
55SL ₅₈	2	50	220	220	76	0.16	0.16	22	6.3	2 700	20
55SL ₅₉	2	50	220	110	76	0.16	0.32	22	6.3	2 700	20
70SL ₅₁	4	50	110	110	170	0.68	0.68	40	6.3	1 200	15
70SL ₅₂	4	50	220	220	170	0.34	0.34	40	6.3	1 200	15
70SL ₅₃	4	50	220	110	170	0.34	0.68	40	6.3	1 200	15
70SL ₅₄	2	50	110	110	120	0.48	0.48	12	10	2 700	20

续 表

型号	极数	频率 (Hz)	电压(V)		堵转力矩大于 (mN·cm)	堵转电流小于 (A)		每相输入功率小于 (W)	额定输出功率 (W)	空载转速 (r/min)	电机时间常数 (ms)
			励磁	控制		励磁	控制				
70SL ₅₅	2	50	220	220	120	0.24	0.24	12	10	2 700	20
70SL ₅₆	2	50	220	110	120	0.24	0.48	12	10	2 700	20
90SL ₅₁	4	50	110	110	400	1.4	1.4	80	16	1 200	20
90SL ₅₂	4	50	220	220	400	0.7	0.7	80	16	1 200	20
90SL ₅₃	4	50	220	110	400	0.7	1.4	80	16	1 200	20
90SL ₅₄	2	50	110	110	300	1.1	1.1	70	25	2 700	30
90SL ₅₅	2	50	220	220	300	0.55	0.55	70	25	2 700	30
90SL ₅₆	2	50	220	110	300	0.55	1.1	70	25	2 700	30

(2) 直流伺服电动机

SY 系列电动机是具有永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。它的技术数据如表 3-68 所示。SZ 系列、S 系列直流伺服电动机技术数据如表 3-69 和表 3-70 所示。

表 3-68 SY 系列直流伺服电动机的技术数据

型号	额定电压 (V)	额定转矩 (mN·m)	额定转速 (r/min)	额定电流 (A)	重量 (g)	外径×长度 (mm)
20SY01	9	1.96	9 000	0.65	60	∅20×66.5
24SY03	12	2.94	6 000	0.4	95	∅24×66.7
24SY04	12	2.94	9 000	0.57	95	
24SY002	28	5.73	5 500	0.4	90	∅24×50.4
28SY08	27	4.9	6 000	0.32	130	∅28×73
28SY09			9 000	0.4		
36SY56	27	19.61	9 000	1.3	320	∅36×99
45SY01	24	39.24	3 000	<1	500	∅45×88
45SY003	27	39.22	6 000	1.6	—	∅45×76

表 3-69 SZ 系列直流伺服电动机技术数据

型 号	转矩 (mN·cm)	转速 (r/min)	功率 (W)	电压(V)		电流不大于(A)		允许顺逆 转速差 (r/min)
				电枢	励磁	电枢	励磁	
36SZ ₀₁	17	3 000	5	24		0.55	0.32	200
36SZ ₀₂	17	3 000	5	27		0.47	0.3	200
36SZ ₀₃	17	3 000	5	48		0.27	0.18	200
36SZ ₀₄	14.5	6 000	9	24		0.85	0.32	300
36SZ ₀₅	14.5	6 000	9	27		0.74	0.3	300
36SZ ₀₆	14.5	6 000	9	48		0.4	0.18	300
36SZ ₀₇	14.5	6 000	9	110		0.17	0.085	300
36SZ ₅₁	24	3 000	7	24		0.7	0.32	200
36SZ ₅₂	24	3 000	7	27		0.61	0.3	200
36SZ ₅₃	24	3 000	7	48		0.33	0.18	200
36SZ ₅₄	20.5	6 000	12	24		1.15	0.32	300
36SZ ₅₅	20.5	6 000	12	27		1	0.3	300
36SZ ₅₆	20.5	6 000	12	48		0.55	0.18	300
36SZ ₅₇	20.5	6 000	12	110		0.22	0.1	300
45SZ ₀₁	34	3 000	10	24		1.1	0.33	200
45SZ ₀₂	34	3 000	10	27		1	0.3	200
45SZ ₀₃	34	3 000	10	48		0.52	0.17	200
45SZ ₀₄	34	3 000	10	110		0.22	0.082	200
45SZ ₀₅	29	6 000	18	24		1.6	0.33	300
45SZ ₀₆	29	6 000	18	27		1.4	0.3	300
45SZ ₀₇	29	6 000	18	48		0.8	0.17	300
45SZ ₀₈	29	6 000	18	110		0.34	0.082	300
45SZ ₅₁	47	3 000	14	24		1.3	0.45	200
45SZ ₅₂	47	3 000	14	27		1.2	0.42	200
45SZ ₅₃	47	3 000	14	48		0.65	0.22	200
45SZ ₅₄	47	3 000	14	110		0.27	0.12	200
45SZ ₅₅	40	6 000	25	24		2	0.45	300
45SZ ₅₆	40	6 000	25	27		1.8	0.42	300
45SZ ₅₇	40	6 000	25	48		1	0.22	300
45SZ ₅₈	40	6 000	25	110		0.42	0.12	300

续 表

型 号	转矩 (mN·cm)	转速 (r/min)	功率 (W)	电压(V)		电流不大于(A)		允许顺逆 转速差 (r/min)
				电枢	励磁	电枢	激磁	
55SZ ₀₁	66	3 000	20	24		1.55	0.43	200
55SZ ₀₂	66	3 000	20	27		1.37	0.42	200
55SZ ₀₃	66	3 000	20	48		0.79	0.22	200
55SZ ₀₄	66	3 000	20	110		0.34	0.09	200
55SZ ₀₅	56	6 000	35	24		2.7	0.43	300
55SZ ₀₆	56	6 000	35	27		2.3	0.42	300
55SZ ₀₇	56	6 000	35	48		1.34	0.22	300
55SZ ₀₈	56	6 000	35	110		0.54	0.09	300
55SZ ₅₁	93	3 000	29	24		2.25	0.49	200
55SZ ₅₂	93	3 000	29	27		2	0.44	200
55SZ ₅₃	93	3 000	29	48		1.15	0.24	200
55SZ ₅₄	93	3 000	29	110		0.46	0.097	200
55SZ ₅₅	80	6 000	50	24		3.45	0.49	300
55SZ ₅₆	80	6 000	50	27		3.1	0.44	300
55SZ ₅₇	80	6 000	50	48		1.74	0.24	300
55SZ ₅₈	80	6 000	50	110		0.74	0.097	300
70SZ ₀₁	130	3 000	40	24		3	0.5	200
70SZ ₀₂	130	3 000	40	27		2.6	0.44	200
70SZ ₀₃	130	3 000	40	48		1.6	0.25	200
70SZ ₀₄	130	3 000	40	110		0.6	0.11	200
70SZ ₀₅	110	6 000	68	24		4.8	0.5	300
70SZ ₀₆	110	6 000	68	27		4.4	0.44	300
70SZ ₀₇	110	6 000	68	48		-2.4	0.25	300
70SZ ₀₈	110	6 000	68	110		1	0.11	300
70SZ ₅₁	180	3 000	55	24		4	0.57	200
70SZ ₅₂	180	3 000	55	27		3.5	0.5	200
70SZ ₅₃	180	3 000	55	48		1.9	0.31	200
70SZ ₅₄	180	3 000	55	110		0.8	0.13	200
70SZ ₅₅	150	6 000	92	24		6	0.57	300
70SZ ₅₆	150	6 000	92	27		5.4	0.5	300

续 表

型 号	转矩 (mN·cm)	转速 (r/min)	功率 (W)	电压(V)		电流不大于(A)		允许顺逆 转速差 (r/min)
				电枢	励磁	电枢	激磁	
70SZ ₅₇	150	6 000	92	48		3	0.31	300
70SZ ₅₈	150	6 000	92	110		1.2	0.13	300
90SZ ₀₁	330	1 500	50	110		0.66	0.2	100
90SZ ₀₂	330	1 500	50	220		0.33	0.11	100
90SZ ₀₃	300	3 000	92	110		1.2	0.2	200
90SZ ₀₄	300	3 000	92	220		0.6	0.11	200
90SZ ₅₁	520	1 500	80	110		1.1	0.23	100
90SZ ₅₂	520	1 500	80	220		0.55	0.13	100
90SZ ₅₃	490	3 000	150	110		2	0.23	200
90SZ ₅₄	490	3 000	150	220		1	0.13	200
110SZ ₀₁	800	1 500	123	110		1.8	0.27	100
110SZ ₀₂	800	1 500	123	220		0.9	0.13	100
110SZ ₀₃	650	3 000	200	110		2.8	0.27	200
110SZ ₀₄	650	3 000	200	220		1.4	0.13	200
110SZ ₅₁	1200	1 500	185	110		2.5	0.32	100
110SZ ₅₂	1200	1 500	185	220		1.25	0.16	100
110SZ ₅₃	1000	3 000	308	110		4	0.32	200
110SZ ₅₄	1000	3 000	308	220		2	0.16	200
130SZ ₀₁	2300	1 500	355	110		4.4	0.28	100
130SZ ₀₂	2300	1 500	355	220		2.2	0.18	100
130SZ ₀₃	1950	3 000	600	110		7.6	0.28	200
130SZ ₀₄	1950	3 000	600	220		3.8	0.18	200

表 3-70 S 系列直流伺服电动机技术数据

型 号	励磁 方式	额定 转矩 (mN·cm)	额定 功率 (W)	额定 电压 (V)	额定电流 小 于 (A)	额定 转速 (r/min)	允许正反 转速差 (r/min)
S-121	并励	14	5	110	0.23	3 500~5 500	300
S-161	并励	21	7.5	110	0.25	3 500~5 000	200
S-221	并励	35.2	13	110	0.35	3 600~4 200	200

续 表

型 号	励磁方式	额定转矩 (mN·cm)	额定功率 (W)	额定电压 (V)	额定电流 小 于 (A)	额定转速 (r/min)	允许正反 转速差 (r/min)
S-261	并励	65	24	110	0.50	3 600~4 600	200
S-321	并励	125	38	110	0.70	3 000~3 700	200
S-361	并励	160	50	110	0.85	3 000~3 600	200
S-369	并励	150	55	110	0.9	3 600~4 200	200
S-521	并励	250	77	110	1.2	3 000~3 700	200
S-621	他励	700	172	110	2.3	2 400~2 700	200
S-661	他励	925	230	110	2.9	2 400~2 750	200

8. 步进电动机

步进电动机又称脉冲电机。它是数字控制系统中的一种执行元件。其功用是将脉冲电信号变换为相应的角位移或直线位移。

步进电机的分类：①按励磁方式可分为反应式、永磁式和感应式。②按输出转矩大小可分为功率式和伺服式。③按气隙方向可分为径向式和轴向式。④按定子、转子数目可分为单定子式、双定子式和多定子式。⑤按相数可分为单相式、两相式、三相式和多相式。

常用的步进电机有 SB 型伺服步进电机、XB 型小功率步进电机、GB 型功率步进电机和 BF 型反应式步进电机。其型号及技术数据如表 3-71 和 3-72 所示。

9. 力矩电动机

(1) 直流力矩电机

直流力矩电机的工作原理与普通的直流伺服电机相同。它一般做成永磁多级的。其型号及技术数据如表 3-73 所示。

表 3-71 SB、XB、GB 系列步进电动机技术数据

型号	电压 (V)	电流 (A)	相数	步距角 (°)	负载力矩 (mN·cm)	负载启动频率 (步/s)	使用条件		
							相对湿度	环境温度 (°C)	海拔高度 (m)
SB _{3C} -3B-500	-28	3	3	1.5/3	50	800	98%	-30~+40	小于 1 000
SB ₃ -3B-1 000	-28	5	3	1.5/3	100	1 000	98%	-30~+40	小于 1 000
SB ₃ -3D-2 000	-28	5	3	1.5/3	200	400	98%	-30~+40	小于 1 000
SB ₃ -6D-2 000	-28	2.5	6	0.75/1.5	200	2 000	98%	-30~+40	小于 1 000
SB _{3A} -3D-150	-28	0.8	3	15	15	160	98%	-30~+40	小于 1 000
XB ₁ -6B-500	110	5	6	1.5/3	500	1 500	90±5%	-30~+40	小于 1 000
XB ₁ -6D-10 000	110	5	6	1.5/3	1 000	850	90±5%	-30~+40	小于 1 000
XB _{1C} -6D-20 000	110	5	6	1.5/3	2 000	650	90±5%	-30~+40	小于 1 000
GB ₁ -6D-1	110	6	6	0.75/1.5	10 000	1 000	90±5%	-30~+40	小于 1 000
GB ₂ -6D-5	110	8	6	0.375/0.75	50 000	160	90±5%	-30~+40	小于 1 000

表 3-72 反应式步进电动机的型号及技术数据

型 号	相数	步距角 (°)	额定 电压 (V)	静态 电流 (A)	最大静 转 矩 ($\times 10^{-1}$ N·m)	空载启 动频率 (步/s)	外径 \times 长度 (mm)			
28BF01	3	3	27	0.8	0.25	1 800	$\varnothing 28 \times 30$			
36BF01		1.5		1.5	0.8	3 000	$\varnothing 36 \times 45$			
36BF02		3		0.5	0.4	1 800	$\varnothing 36 \times 45$			
45BF01		1.5		0.35	0.6	1 200	$\varnothing 45 \times 60$			
45BF02		1.5		2	1	2 400	$\varnothing 45 \times 60$			
45BF03		1.5		2.5	2	3 000	$\varnothing 45 \times 60$			
45BF04		1.875		2.5	2	2 400	$\varnothing 45 \times 60$			
55BF01		1.5		60	3	7	1 800	$\varnothing 55 \times 80$		
55BF02		1.5			4	3.5	3 600	$\varnothing 55 \times 80$		
55BF03		3			3	1.4	1 200	$\varnothing 55 \times 65$		
55BF04		3			3	2.8	1 500	$\varnothing 55 \times 80$		
55BF05	7.5	2.5	2.5		750	$\varnothing 55 \times 65$				
55BF06	7.5	2.5	3.8		750	$\varnothing 55 \times 80$				
55BF07	4	2.5	7		2 400	$\varnothing 55 \times 80$				
70BF01	3	1.5	60/12		3	4	1 800	$\varnothing 70 \times 80$		
70BF02		1.5			3	7	1 500	$\varnothing 70 \times 80$		
70BF03		1.5			5	5	2 000	$\varnothing 70 \times 80$		
70BF04		1.5			5	8	1 500	$\varnothing 70 \times 100$		
70BF05		4		0.9	27	3	10	2 000	$\varnothing 70 \times 80$	
70BF06		5		0.75	27	4	4	3 600	$\varnothing 70 \times 80$	
70BF07				1.5	27	3	6	3 000	$\varnothing 70 \times 80$	
70BF08				1.5	60/12	3.5	3	3 000	$\varnothing 70 \times 80$	
70BF09				2.25	80/12	3.5	3	1 500	$\varnothing 70 \times 80$	
70BF10				6	0.75	60/12	4.5	6	3 600	$\varnothing 70 \times 100$
90BF01				3	1.5	60/12	5	15	1 000	$\varnothing 90 \times 100$
90BF02	3		1.5	60	5	20	1 500	$\varnothing 90 \times 125$		
90BF03	4		0.9	60/12	7	2.5	1 500	$\varnothing 90 \times 125$		
90BF04			0.9	80	7	40	2 000	$\varnothing 90 \times 150$		
90BF05			1.125	60/12	4	10	1 000	$\varnothing 90 \times 150$		
90BF06			5	0.36	27	3	20	2 400	$\varnothing 90 \times 100$	
90BF07		0.75		60	6	20	4 000	$\varnothing 90 \times 125$		
90BF08		0.75		80	7	40	3 600	$\varnothing 90 \times 150$		
90BF09		1		27	3	10	2 000	$\varnothing 90 \times 100$		
90BF10		1		27	3	15	1 800	$\varnothing 90 \times 125$		
90BF11		1		60/12	5	10	2 000	$\varnothing 90 \times 100$		

注:长度尺寸是指机壳实际尺寸不大于此值。

表 3-73 永磁式直流力矩电动机的型号及技术数据

型号	峰值			堵转		最大空载转速 (r/min)	连续		外径×长度 (mm)
	转矩 (不小于) ($\times 10^{-4}$ N·m)	电流 (A)	电压 20°C±3°C (V)	功率 20°C±3°C (W)	转矩 (不小于) ($\times 10^{-4}$ N·m)		电流 (A)	电压 20°C±3°C (V)	
36LY51	500	2.7		32.4	150	5 800	0.81	3.6	Q36×16
36LY81	800	6.3		76	220	6 300	1.77	3.2	Q36×25
45LY51	625	2.9	12	35	250	4 200	1.16	4.8	Q45×18
45LY81	1 500	5.8		71	480	3 600	1.9	4	Q45×25
55LY51	1 250	3.1		37	650	2 400	1.61	6.24	Q55×19
55LY81	2 500	6.7		81	920	2 300	2.5	4.5	Q55×25
70LY51	3 200	1.79		48.3	1 750	1 400	0.96	14.5	Q70×24
70LY81	5 000	3		81	2 000	1 550	1.2	10.8	Q70×33
90LY51	7 000	2.3		62	4 000	750	1.31	15.4	Q90×26
90LY81	10 000	3.5		96	5 100	850	1.8	13.9	Q90×33
110LY51	12 500	2.8		75.6	7 500	600	1.68	16.2	Q110×26
110LY81	18 000	3.9		106	10 000	540	2.2	15.2	Q110×33
130LY51	17 500	4.16	27	112	8 500	600	2	13	Q130×28
130LY81	26 500	4.6		126	16 000	430	2.8	16.5	Q130×33
160LY51	50 000	3.8		102	35 000	180	2.66	18.9	Q160×40
160LY81	45 000	5.6		152	29 000	320	3.6	17.3	Q160×35
200LY51	80 000	4.41		119	55 000	135	3	18.6	Q200×42
200LY81	80 000	7		192	51 000	230	4.5	17.6	Q200×35
250LY51	130 000	4.42		119	85 000	105	2.9	17.6	Q250×44
250LY81	150 000	8.2		222	110 000	140	6	19.8	Q250×45
320LY51	200 000	2.42	60	145	150 000	70	1.81	45	Q320×50
320LY81	250 000	4.7		285	200 000	110	3.8	48.6	Q320×45

注:外径×长度尺寸是指分装式尺寸。

(2) 三相异步力矩电机

三相异步力矩电机,可用于传动需要恒定张力和恒定线速度的卷绕机械上,如数控机床和电影、造纸、橡胶、电缆设备等机械上。常用的三相异步电机有 AOJ 型和 A₂J 型。其型号及技术数据如表 3-74 所示。

表 3-74 AOJ 和 A₂J 型三相异步力矩电动机技术数据

型号	额定电压 (V)	启动电流 (A)	堵转力矩 (N·cm)	空载转速 (r/min)	减速比	重量 (kg)
2AOJ5618-3	380	0.1	30	720		3.5
2AOJ5618-5	380	0.15	50	720		3.5
2AOJ5618-7	380	0.2	70	720		3.5
60A ₂ J	380	0.07	40	400	5.5	1.0

二、专用电机

1. 电钻电动机

电钻分为常用电钻和冲击电钻两类。冲击电钻具有锤击功能。目前国内生产的电钻有三个系列:J1Z、回 J1Z₂ 及 J3Z 系列。常用电钻的型号及技术数据如表 3-75 所示;冲击电钻的型号及技术数据如表 3-76 所示。

表 3-75 常用电钻的型号及技术数据

型号	钻孔直径 (mm)	额定电压 (V)	额定电流 (A)	输入功率 (W)	额定转速 (r/min)	额定转矩 (Nm)	重量 (kg)
J1Z-6	6	220 36	1.1 5.6	190	1 200	0.9	1.8
J1Z-13	13	220 36	2.2 11	280	500	4.5	4.5
J1Z-19	19	220	3.6	230	330	13.0	7.5
J1Z-23	23	220	5.1	1 030	250	17.0	7.5

续 表

型号	钻孔直径 (mm)	额定电压 (V)	额定电流 (A)	输入功率 (W)	额定转速 (r/min)	额定转矩 (Nm)	重量 (kg)
回 J1Z ₂ -4	4	220	1.1	240	2 200	0.4	1.2
回 J1Z ₂ -6	6	220 36	1.1 6.7	240	1 200	0.9	1.25
回 J1Z ₂ -10	10	220 36	1.6 9.6	320	700	2.4	2.1
回 J1Z ₂ -13	13	220 36	2.1 13	430	500	4.5	3.4
回 J1Z ₂ -16	16	220	4	810	500	7.5	5.7
回 J1Z ₂ -19	19	220	4.1	810	330	13.0	5.7
回 J1Z ₂ -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	1 100	145	74.0	21
J3Z-49	49	380	3.50	1 400	120	113.0	24

注:型号中的回为双重绝缘结构的符号。

表 3-76 冲击电钻的型号及技术数据

型 号	最大钻孔直径 (mm)		额定 电压 (V)	额定 电流 (A)	输入 功率 (W)	额定 转矩 (Nm)	额定 转速 (r/min)	冲击 次数 (次/min)	重量 (kg)
	钢铁	混凝土							
回 Z1J-10	6	10	220	1.4	290	0.95	1 200	18 000	1.8
Z1J-12	8	12		1.6	350		750	1 1000	2.8
回 Z1JS-16	6/10	12/16		1.86	390	2.8/ 10	700/ 1 932	10 500/ 28 950	2.3
回 Z1J-20	13	20		2.7	600		800	8 000	4

单相电钻用的是交直流两用串励式电动机,系列为 J1Z 和回 J1Z₂。常见故障和处理方法如表 3-77 所示。

表 3-77 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、电钻不能启动	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。停止后: 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. 参考本表上栏的处理方法 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

续 表

故障现象	可能原因	处理方法
四、转子在某一位置上能启动,在另一位置上不能启动	整流子与转子绕组连接处有两处以上断头	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

2. 电扇电动机

电扇主要有台扇、落地扇和吊扇等。电扇电动机通常使用的为罩极式和电容运转式交流电动机。

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,如图 3-10 所示。

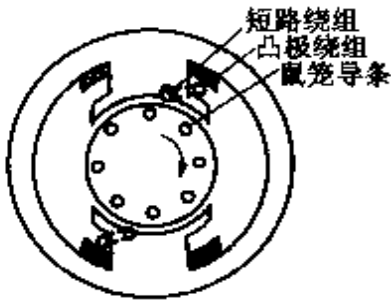


图 3-10 罩极式电动机原理图

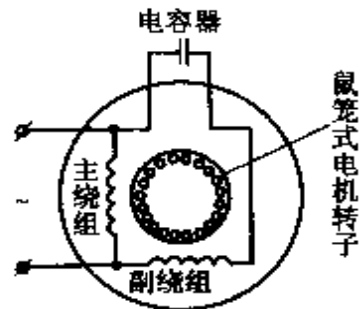


图 3-11 电容运转式电动机原理图

电容运转式电动机有主副两个绕组。在副绕组中接有电容器,使两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。如图 3-11 所示。

国产常用电扇电动机的主要技术参数如表 3-78 所示。

表 3-78 国产常用电扇电

类别	序号	规格 (mm)	极数	输入 功率 (W)	转速 (r/min)	定 子				定转子 间气隙 (mm)
						外径 (mm)	内径 (mm)	长度 (mm)	槽数	
台扇	1	200	2	28	2 300	∅60	∅30	25	4	0.35
	2	200	2	28	2 350	∅59	∅28	32	4	
	3	230	2	30	2 400	∅70	∅32	32	4	
	4	300	4	55	1 200	∅88	∅44.7	32	8	
	5	400	4	75	1 150	∅95.7/∅108	∅51	32	8	
	6	250	4	25	1 300	∅88	∅44.7	20	8	
	7	250	4	24	1 320	∅88	∅44.7	22	8	
	8	300	4	40	1 300	∅88	∅44.7	26	8	
	9	300	4	44	1 280	∅78	∅44.5	24	16	
	10	350	4	54	1 285	∅88	∅44.7	26	8	
	11	350	4	52	1 280	∅88	∅48.3	20	16	
	12	400	4	60	1 250	∅88.4	∅49	32	16	
	13	400	4	65	1 230	∅88	∅44.7	32	8	
落地扇	1	350	4	52	1 280	∅88	∅44.7	30	16	0.35
	2	350	4	55	1 300	∅88.4	∅49	28	8	
	3	400	4	60	1 250	∅88.5	∅49	35	16	
	4	400	4	62	1 200	∅88	∅44.7	35	8	
壁扇	1	300	4	44	1 280	∅86	∅44.5	26.5	16	0.35
	2	350	4	55	1 300	∅86	∅44.5	28	16	
	3	400	4	60	1 230	∅92	∅50	28	8	
座扇 或座地扇	1	300	4	48	1 320	∅88	∅49	26	16	0.35
	2	350	4	54	1 300	∅88	∅49	25	16	
	3	400	4	60	1 250	∅88	∅49	34	16	
	4	400	4	65	1 290	∅88.5	∅46.7	32	16	
吊扇	1	900	14	45	380	∅118	∅20	23	28	0.25
	2	900	14	50	370	∅122.25	∅44	25	28	
	3	1 050	14	58	360	∅118	∅20	23	28	
	4	1 050	16	56	370	∅132	∅22	24	32	
	5	1 200	18	70	300	∅134.75	∅70.5	26	36	
	6	1 200	16	72	320	∅132	∅22	24	32	
	7	1 400	18	80	280	∅134.75	∅70.5	25	36	
	8	1 400	18	85	290	∅137	∅63.5	28	36	

电机主要技术参数

转 子			主 绕 组		副
外径 (mm)	内径 (mm)	槽数	线规 (mm)	线圈匝数×线圈只数	线规 (mm)
∅29.3	∅10	13	∅0.17	1 270×2	1×5
∅27.3	∅9	15	∅0.19	(800+500)×2	1×5
∅31.3	∅9	13	∅0.21	1 100+(850+200)	1×5
∅44	--	17	∅0.27	510×4	1.5×7
∅95/∅107.3	-	22	∅0.47	450×4	1.5×7
∅44	∅12	17	∅0.17	935×4	∅0.16
∅44	∅12	17	∅0.17	850×4	∅0.15
∅44	∅12	17	∅0.17	630×4	∅0.19
∅43.8	∅12	22	∅0.17	800×4	∅0.15
∅44	∅12	17	∅0.21	566×4	∅0.17
∅47.6	∅13	22	∅0.21	720×4	∅0.17
∅48.3	∅14	22	∅0.21	550×4	∅0.19
∅44	∅12	17	∅0.23	570×4	∅0.17
∅44	∅13	22	∅0.23	600×4	∅0.17
∅48.3	∅12	17	∅0.21	700×4	∅0.19
∅48.3	∅13.5	22	∅0.23	570×4	∅0.19
∅41	∅13	17	∅0.23	520×4	∅0.17
∅43.8	∅11	22	∅0.17	800×4	∅0.19
∅43.8	∅14	22	∅0.19	760×4	∅0.19
∅49.3	∅14	26	∅0.23	775×4	∅0.20
∅48.3	∅12	22	∅0.19	760×3+(750+110)	∅0.19
∅48.3	∅12	22	∅0.21	720×4	∅0.17
∅48.3	∅12	22	∅0.23	570×4	∅0.19
∅46	∅13	22	∅0.21	600×4	∅0.17
∅145	∅118.5	45	∅0.23	382×14	∅0.19
∅148	∅122.7	47	∅0.19	600×7	∅0.17
∅145	∅118.5	47	∅0.21	650×7	∅0.19
∅160	∅132.5	57	∅0.25	620×8	∅0.23
∅162	∅135.2	48	∅0.27	280×18	∅0.25
∅160	∅132.5	57	∅0.28	530×8	∅0.23
∅162	∅135.2	48	∅0.27	253×18	∅0.25
∅164.5	∅137.5	52	∅0.29	236×18	∅0.25

续 表

绕组 线圈匝数×线圈只数	电容器		调速 方法	线模尺寸 长×宽×厚 (mm)	线圈 跨距	绕组形式
	容量 (μF)	耐压 (V)				
1×2	—	—	—	40×30×5	—	—
1×2	—	—	抽头	42×32×5	—	—
1×2	—	—	抽头	42×32×6	—	—
1×4	—	—	电抗器	40×27×6	—	—
1×4	—	—	电抗器	40×31×10	—	—
1 020×4	1	500	电抗器	34×35×4.5	1-3	双层链式
1 020×2+(500+300)×2	1	500	抽头	36×35×4.5	1-3	双层链式 L 型
620×4	1.5	400	电抗器	34×41×4.5	1-3	双层链式
(500+500)×4	1	400	抽头	34×35×7	1-4	单层链式
663×4	1.5	400	电抗器	34×38×4.5	1-3	双层链式
(480+480)×4	1.2	400	抽头	34×32×7	1-4	单层链式
(350+350)×4	1.2	400	抽头	35×40×7	1-4	单层链式 LII 型
890×4	1.2	400	电抗器	35×40×4.5	1-3	双层链式
(420+420)×4	1	400	抽头	40×35×7	1-4	单层链式
(550+300)×4	1	400	抽头	34×40×8	1-3	双层链式
720×4	1.2	400	电抗器	39×44×8	1-4	单层链式
1 000×2+560×2	1.5	400	抽头	34×35×4.5	1-3	双层链式
650×2+(420+200)×2	1	400	抽头	34×36×7	1-4	单层链式
(480+480)×4	1.2	400	抽头	39×37×8	1-4	单层链式
(320+480)×4	1.5	400	抽头	34×40×7	1-3	双层链式
(480+480)×4	1.2	400	抽头	35×40×7	1-4	单层链式
930×4	1.2	400	电抗器	36×44×8	1-4	单层链式
720×4	1	400	电抗器	42×44×8	1-4	单层链式
850×2+(700+160)×2	1.2	400	抽头	41×42×8	1-4	单层链式
430×14	1	400	电抗器	40×24×8	1-3	双层链式
660×7	1.2	400	电抗器	38×26×6	1-3	单层链式
870×7	1.2	400	电抗器	37×25.5×7	1-3	单层链式
715×8	1	400	电抗器	42×26×8	1-3	单层链式
328×18	2	400	电抗器	43×21.5×11	1-3	双层链式
780×8	2	400	电抗器	42×21×7	1-3	单层链式
335×18	2	400	电抗器	40×21.5×11	1-3	双层链式
323×18	2.4	400	电抗器	26×21.5×9	1-3	双层链式

3. 潜水电泵

潜水电泵是水泵与电动机同轴组合成一体的浅水电力排灌设备，具有体积小、重量轻、移动方便、安装简单和开车前不需引水等特点。

潜水电泵的型号有 QY 型、QX 型及 QD 型。常用的为 QY 型油浸式电泵，其型号及技术数据如表 3-79 所示。

表 3-79 QY 型油浸式潜水电泵技术参数

型 号	QY-3.5	QY-7A	QY-15	QY-25	QY-40A	QY 40-16-3	QY 25-26-3	QY 15-36-3
额定流量(m ³ /h)	100	65	25	15	8.4	40	25	15
额定扬程(m)	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(mm)	125	100	50	40	25	65	50	40
额定电压(V)	380	380	380	380	380	380	380	380
额定电流(A)	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	6.7	6.7	6.7
额定转速(r/min)	2860	2860	2860	2860	2860	2860	2860	2860
绝缘等级	E	E	E	E	E	E	E	E
功率因数	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.86	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(Hz)	50	50	50	50	50	50	50	50
配用功率(kW)	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	3	3	3
质量(kg)	45	48	50	55	50	50	50	52

QY 型潜水电泵常见故障和排除方法如表 3-80 所示。

表 3-80 QY 型潜水电泵常见故障和排除方法

故障现象	原 因 (排除方法)
启动不出水	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电源电压过低(调整电压到 342~418V) 2. 电源断电 3. 泵叶轮卡住(拆开导向件或泵壳清除杂物) 4. 电缆线断裂 5. 电缆线过长,致使压降大(使用较粗的电缆) 6. 电缆线插头损坏(调换新的插头)

续 表

故障现象	原 因 (排除方法)
启动不出水	7. 定子绕组烧坏(重新下线,进行大修) 8. 自行拆装后,泵零件少装或泵叶轮装反(按使用说明书规定重新装配)
突然不转	1. 空气开关跳闸或熔丝烧断(检查线路故障,查明电机绕组是否烧坏) 2. 电源断电 3. 定子绕组烧坏 4. 叶轮卡住(清除杂物)
定子绕组烧坏	1. 电机二相制动或二相运转 ① 三相电源中有一相开头触点或电缆线接头接触不良 ② 将电缆线中一根黄/绿双色接地线误接入电源 ③ 电缆因经常被外界力拖动,使其与开关触点中的一相脱离或接触不良 2. 电泵超负荷运行 ① 输电网电压过低或电缆线过细、过长,电压降太大 ② 水中含砂量较高或抽泥浆水,水质黏度过大 ③ 电泵使用扬程超过或低于规定使用范围 3. 电泵陷入泥浆中,散热不良 4. 电泵脱水运转时间过长 5. 电泵开停过于频繁 6. 泵叶轮被外来杂物卡死,电机处于三相制动 7. 整体式密封盒内的磨块严重磨损或受外力震碎,引起漏水,致使定子绕组匝间短路或相间短路 8. 定子绕组两端部与上、下盖或机壳相擦,绝缘损伤,绕组对地击穿 9. 电缆线破损或出线盒螺母没有旋紧造成进水,使定子绕组受潮 10. 装配时上、下盖的O形橡胶密封圈被止口切断或脱落到电机内部,装配后又未经用 2×10^5 Pa 的气压试验,使用时严重进水到电机内部 11. 电泵受到雷击

4. 电磁调速异步电动机

电磁调速异步电动机由单速或多速鼠笼式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进行无级调速。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。

(1) 结构

电磁调速异步电动机的基本结构形式有组合式结构(图 3-12)和整体式结构(图 3-13)。

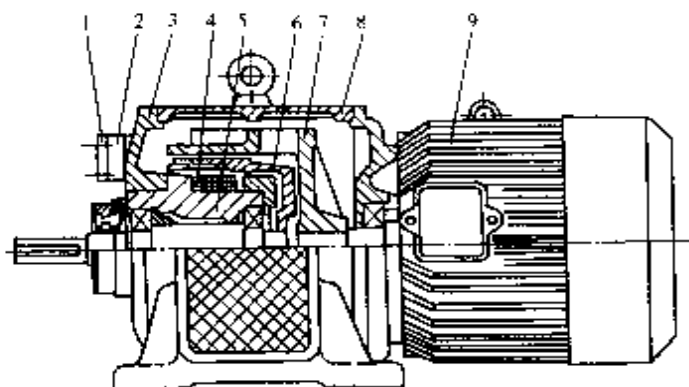


图 3-12 组合式电磁调速异步电动机结构

1- 测速发电机 2- 出线盒 3- 端盖 4- 励磁线圈 5- 托架
6- 磁极 7- 电枢 8- 机座 9- 拖动电动机

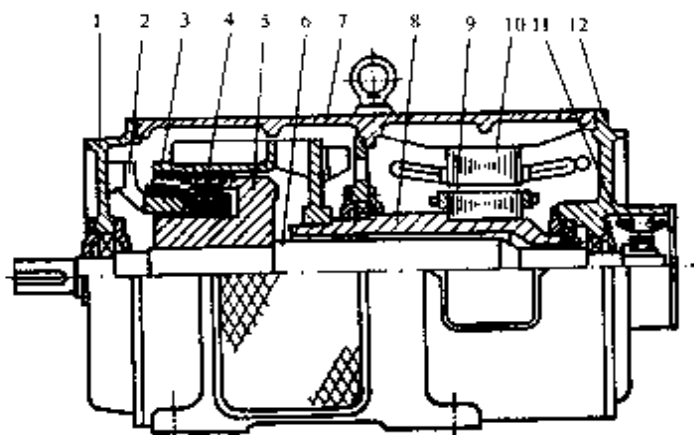


图 3-13 整体式电磁调速异步电动机结构

1- 前端盖 2- 托架 3- 电枢 4- 励磁线圈 5- 磁极
6- 主轴 7- 机座 8- 空心轴 9- 拖动电动机转子
10- 拖动电动机定子 11- 测速发电机 12- 后端盖

(2) 型号及技术数据

有关电磁调速异步电动机的型号及技术数据如表 3-81~3-85 所示。

表 3-81 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 (Nm)	调速范围 (r/min)	转 速 变化率 (不大于)	励磁线圈 ^①			直流励磁		拖动电机										
				导线直径 (mm)	匝数	铜重 (kg)	电压 (V)	电流 (A)	轴承号	型号	功率 (kW)								
YCT112-4A 4B	3.60	1 250~125	3%	—	—	—	—	—	205	Y801-4	0.55								
	4.91			∅0.57	1 456	1.22	45.5	1.01	204	Y802-4	0.75								
YCT132-4A 4B	7.14			—	—	—	—	—	—	205	Y90S-4	1.1							
	9.73			∅0.63	1 296	1.5	48.4	1.32	306	Y90L-4	1.5								
YCT160-4A 4B	14.12			1 250~125	3%	—	—	—	—	—	206	Y100L ₁ -4	2.2						
	19.22					∅0.71	1 350	2.32	53.8	1.51	307	Y100L ₂ -4	3						
YCT180-4Y	25.20					1 320~132	3%	∅0.71	1 534	2.96	80	1.19	306	Y112M-4	4				
	YCT200-4A 4B							35.10	—	—	—	—	—	309	Y132S-4	5.5			
47.75								∅0.83	1 400	3.85	72	1.63	308	Y132M-4	7.5				
YCT225-4A 4B	69.13							1 320~132	3%	—	—	—	—	—	309	Y160M-4	11		
	94.33									∅0.9	1 355	5.49	80	1.91	310	Y160L-4	15		
YCT250-4A 4B	115.75									1 320~132	3%	—	—	—	—	—	312	Y180M-4	18.5
	137.29	∅1.02	1 104									6.54	70	2.83	311	Y180L-4	22		
YCT280-4A 4B	189.26	1 320~132	3%									—	—	—	—	—	312	Y200L-4	30
	YCT315-4A 4B											232.41	∅1.16	1 326	9.41	80	2.46	313	Y225S-4
282.43												∅1.2	1 100	10.4	73	3.39	313	Y225M-4	45

注:① 凡是同一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 3-82 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 (N·m)	调速范围 (r/min)	转速变化 率不大于 (%)	最高额定 转速时离 合器输出 功率 (kW)	励磁电压 (V)	励磁电流 (A)	励磁绕组 导线直径 (mm)	励磁绕组 总匝数	拖 动 电 动 机	
									型号	功率 (kW)
11-4	3.9	1 200~120	10	—	—	—	—	—	J02-11-4T2	0.6
12-4	5.2	1 200~120	10	—	—	—	—	—	J02-12-4T2	0.8
21-4	7.2	1 200~120	10	0.88	50	0.53	0.51	2 584	J02-21-4T2	1.1
22-4	9.8	1 200~120	10	1.2	71	0.9	0.51	2 584	J02-22-4T2	1.5
31-4	14.3	1 200~120	10	1.76	80	0.79	0.51	2 720	J02-31-4T2	2.2
32-4	19.5	1 200~120	10	2.4	71	0.69	0.55	2 800	J02-32-4T2	3.0
41-4	26.0	1 200~120	10	3.2	73.0	0.80	0.55	2 090	J02-41-4T2	4.0
42-4	35.8	1 200~120	10	4.4	88.0	1.20	0.64	1 920	J02-42-4T2	5.5
51-4	48.7	1 250~250	10	6.2	84.0	1.10	0.64	2 100	J02-51-4T2	7.5
52-4	65.0	1 250~250	10	8.3	65	1.40	0.74	1 920	J02-52-4T2	10
61-4	84.5	1 250~250	10	10.7	83.0	1.30	0.74	1 944	J02-61-4T2	13
62-4	111	1 250~250	10	14.1	81	1.73	0.86	1 820	J02-62-4T2	17
71-4	143	1 250~250	10	18	77.0	1.90	0.86	1 332	J02-71-4T2	22
72-4	195	1 250~417	5	25	78	2.5	1.04	1 364	J02-72-4T2	30
81-4	260	1 320~440	5	35.2	79	1.9	0.96	1 664	4/6 极双速	40
82-4	358	1 320~440	5	48	68.0	2.3	1.08	1 400	4/6 极双速	55
91-4	487	1 320~440	5	65	—	—	—	—	4/6 极双速	75
92-4	650	1 320~440	5	88	76.0	3.9	1.5	1 560	4/6 极双速	100

表 3-83 JZT 系列(有失控)电磁调速电动机的技术数据

型号	额定转矩 (Nm)	调速范围 (r/min)	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 (mm)	匝数	铜重 (kg)	电压 (V)	电流 (A)	型号	功率 (kW)
JZT31-4 32-4	13.7			0.51	2 250	1.7	50	1.1	JO2100S-4	2.2
	19.6			0.64	2 040	2.75	55	1.6	100L-4	3
JZT41-4 42-4	25.5			0.55	2 090	2.8	50	1.2	JO3112S-4	4
	35.8			0.74	1 540	3.8	45	1.6	112L-4	5.5
JZT51-4 52-4	47.1	1 200~120	10%	0.64	2 100	4	60	1.6	JO3140S-4	7.5
	70.6			0.74	1 920	5	65	2.1	140M-4	11
JZT61-4	94.2			0.80	1 920	6.8	60	1.3	JO3160S-4	15
JZT71-4 72-4	137.3			0.86	1 332	5.8	52	1.5	JO3180S-4	22
	180.4			1.04	1 364	9.7	50	1.6	180M-4	30

表 3-84 JZT2 系列电磁调速电动机的技术数据

型号	额定转矩 (Nm)	调速范围 (r/min)	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 (mm)	匝数	电压 (V)	电流 (A)		型号	功率 (kW)
JZT2 12-4	4.9	1 150~115	2.5%	0.53	1 378	50	1.01	306,205	Y802-4	0.75
JZT2 22-4	9.8			0.63	1 296	40	1.1	307,306	Y90L 4	1.5
JZT2 31-4	13.7	1 200~120		0.50	2 250	50	1.03	307,207	Y100LJ-4	2.2
JZT2 32-4	19.6			0.63	2 074	55	1.55		Y100L2-4	3.0
JZT2 41-4	25.5	1 200~120		0.60	1 227	40	1.2	308,208	T112M-4	4.0
JZT2 42-4	35.3			0.67	1 410	45	1.4		Y132S-4	5.5
JZT2 51-4	47.1	1 200~120		0.85	1 540	56	1.6	32 209,209	Y132M-4	7.5
JZT2 52-4	70.6			0.85	1 540	60	2.0		Y160L-4	11
JZT2 61-4	94.2	1 200~120		0.80	1 924	60	1.2	32 311,211	Y160M-4	15
JZT2 71-4	137.3			0.85	1 360	50	1.4		Y180L-4	22
JZT2 72-4	186.4			1.06	1 360	45	1.5	32 313,213	Y200L-4	30

注:转速变化率的实际数值和控制器的型号有关。

表 3-85 JZTT 系列电磁调速

型 号	额定转矩 (Nm)	调速范围 (r/min)	调 速 变化率 (不大 于)	励磁线圈			励磁数据		
				导线 直径 (mm)	匝数	铜重 (kg)	电压 (V)	电流 (A)	
JZTT21-4/6 22-4/6	7.06	1 200~700 ~60	2.5%	∅0.6	2 088	2.4	30	0.6	
	9.61			∅0.6	2 088	2.4	35	1.0	
JZTT31-4/6 32-4/6	13.73			∅0.5	2 250	1.7	45	0.6	
	19.62			∅0.63	2 074	2.72	65	1.1	
JZTT41-1/6 42-4/6	25.51			∅0.6	1 827	2.5	55	1.0	
	35.32			∅0.8	1 410	3.2	58	2.0	
JZTT51-4/6 52-4/6	47.09			∅0.67	2 016	3.84	55	1.0	
	70.63			∅0.83	1 740	5.13	88	2.0	
JZTT61-4/6	94.18			∅0.8	1 924	5.8	65	1.4	
JZTT71-4/6 72-4/6	137.34			1 320~700 ~66	∅0.85	1 360	5.7	80	2.0
	186.39				∅1.06	1 368	9.7	90	3.2
JZTT81-4/6 82-4/6	245.25			1 320~800 ~440	∅1.06	1 224	9.5	54	2.2
	343.35	∅1.18	1 196		11.7	70	3.2		
JZTT91-4/6 92-4/6	470.88	∅1.4	1 633		22.5	50	2.4		
	627.84	∅1.5	1 638		29.5	55	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 (kW)	线圈数	每线圈组 线圈只数	线径 (mm)	每圈 匝数	并联 路数	线重 (kg)	节距	接法
306 307 307 32205	1.1/0.75 1.5/1.0	36	2,3,2,1 1,1,1,1	∅0.4	179	4/3	2.9	17	Y/Y
				∅0.5	112		3.12		
307 115 32206 32210	2.2/1.5 3.0/2.0			∅0.5	112		3.12		
				∅0.6	81		3.75		
308 115 32208 32212	4/2.7 5.5/3.7			∅0.71	86		5.70		
				∅0.85	64		6.58		
309 119 32208 32213	7.5/5.0 11/7.5			∅1.0	64		9		
		∅1.18	44	10.5					
311 122 32210 32215	15/10			∅1.4	37		13.5		
314 132 32222 32313	22/15 30/20			2∅1.18	33		18.0		
				2∅1.35	25		19.8		
314 132 32226 32314	40/26 55/37	72/72	6/4	4∅1.5	6	2	25.6	114	Y/Y
				3∅1.45	9		23	111	
				5∅1.56	5		32.9	115	
				4∅1.45	7		26.3	111	
317 134 32228 32316	75/50 100/67			4∅1.56	7		40	116	Δ/Y
				3∅1.56	9		29	111	
				5∅1.56	6	2	45	116	
				4∅1.56	7	3	32	111	

5. 蓄电池供电的直流电动机

蓄电池供电的直流电动机,广泛应用于电动汽车、电瓶叉车、电瓶搬运车等。

(1) 结构与性能

结构形式按电机在车内所处位置,可做成卧式或立式,凸缘安装或底脚安装,封闭式或防护式。电动机安装在车厢外的则应选用封闭式,安装在车厢内的则可选用防护式,目前国内选用封闭式电动机较多。

该类型电动机的工作原理与普通用途直流电动机的工作原理相同。但由于电瓶车的运行特点是启动频繁且要求具有一定的爬坡能力,因此该类型电动机的性能特点是有较高的启动转矩和过载转矩,与一般直流电动机相比较,在同样的启动电流及过载电流倍数时,所获得的启动转矩和过载转矩值较大。例如,过电流为1.5倍额定电流时,过载转矩大约可达1.8倍额定转矩,甚至更大些,其值的大小取决于电动机的设计参数。

该类型电动机的过载能力,目前规定驱动电机允许过电流值为2倍额定电流,历时15s。油泵电机原则上不过载。今后新产品允许的过载能力按有关技术条件规定。

(2) 型号规格及主要技术数据

蓄电池供电的直流电动机型号规格及主要技术数据如表3-86所示。

表3-86 蓄电池供电的直流电动机型号规格

型号	功率 (kW)	电压 (V)	电流 (A)	转速 (r/min)	励磁 方式	工作 定额 (min)	重量 (kg)	最大外形尺寸 长×宽×高 (mm)
ZXQ-65/48	6.5	48	158	1 800	串	15	77	465×240×240
ZXQ-55/48	5.5	48	135	1 600	串	30	75	490×240×240
ZXQ-50/48	5	48	124	1 400	串	30	76	465×240×240

续 表

型 号	功率 (kW)	电压 (V)	电流 (A)	转速 (r/min)	励磁 方式	工作 定额 (min)	重量 (kg)	最大外形尺寸 长×宽×高 (mm)
ZXQ-45/48	4.5	48	112	1 300/1 500	串	60	82	500×240×240
ZXQ-40/30	4	30	168	720/960	串	30	115	500×310×380
ZXQ-13.5/30	4	30	186	920	串	3	50	383×220×220
	1.35	30	62	1 730	串	60		
	1.35	24	78	1 300	串	60		
ZXQ-25/40	3	48	78	1 500	串	60	65	521×240×240
	2.5	40	78	1 250	串			
ZXQ-12/48	1.2	48	34	1 800	复	30	30	340×175×175
	1.5	48	42	1 500	复	15		
	0.8	24	48	2 000	串	5		
ZXQ-7.5/8	0.625	24	38	2 800	串	60	11	270×155×140

6. 直流电机扩大机

直流电机扩大机又称功率扩大机,是一种特殊的直流发电机,它在自动控制系统中作功率放大元件,现以 ZKK 系列电机扩大机为例介绍。

(1) 常见故障及其检查方法

直流电机扩大机的常见故障及其检查方法如表 3-87 所示。

表 3-87 扩大机的常见故障及其检查方法

故障现象	可 能 原 因	检 查 方 法
空载电压不建立或电压低	<ol style="list-style-type: none"> 1. 控制绕组或交直轴回路断路 2. 控制绕组短路或内部接反 3. 换向器片间短路或电枢绕组元件短路 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 用万用表测量 2. 控制绕组短路可用万用表测量其电阻,控制绕组内部接反可用感应法检查 3. 可测量换向器片间电压或用开口变压器检查

续 表

故障现象	可能原因	检查方法
空载电压不建立或电压低	4. 交轴助磁绕组内部接反 5. 交轴助磁绕组首尾接反 6. 半节距交轴助磁绕组各线圈不对称 7. 电刷顺旋转方向偏移太多 8. 电枢个别元件并头错误 9. 交、直轴引线接错	4. 用感应法检查 5. 将该绕组两个端头 J_1 和 J_2 调换后保持控制电流不变, 若扩大机输出电压显著增高, 表明该绕组首尾接反 6. 补偿绕组瞬时通断 3~6V 直流电压, 在不对称交轴助磁绕组两端会出现明显的感应电势 7. 用感应法校电刷中性位置 8. 用测量换向器片间电压方法检查 9. 用调换相应的交、直轴引线检查
空载电压过高或自激	1. 电刷逆旋转方向偏移过多 2. 半节距交轴助磁绕组各线圈不对称	1. 用感应法校中性位置 2. 补偿绕组瞬时通断 3~6V 直流电压, 在不对称的交轴助磁绕组两端会出现明显的感应电势
剩磁电压高	1. 长期单方向过载使用 2. 运行中曾发生突然短路 3. 极端强励, 使铁心过于饱和	在控制绕组中加反方向强励或通以交流电流, 当用这两个方法仍不能消除剩磁电压时, 可采用交、直轴电刷瞬时短接的方法消除
空载电压正常但加负载后电压显著降低	1. 补偿绕组短路或补偿调节电阻短路 2. 补偿绕组首尾接反 3. 补偿绕组内部接反 4. 电枢绕组首尾接反	1. 测量电阻值 2. 将该绕组两个端头对换 3. 将该绕组两个端头对换, 加负载后, 电压仍过低 4. 将电枢绕组两个端头对换
加负载后输出电压过高或自激	1. 补偿调节电阻开路 2. 补偿绕组匝数过多 3. 电刷逆旋转方向偏移过多	1. 测量补偿调节电阻值 2. 可改变补偿绕组匝数或补偿调节电阻数值来处理 3. 用感应法校中性位置

续 表

故障现象	可能原因	检查方法
输出电压不稳定	1. 交轴电刷接触不良 2. 交流去磁绕组内部接反 3. 交流去磁绕组施加电压过高	1. 检查扩大机振动情况或目测各部位是否正常 2. 对内部接反的去磁绕组,加4V左右交流电压,在控制绕组两端会出现明显的感应电势 3. 检查交流去磁电压数值

(2) ZKK 系列电机扩大机主要技术数据

ZKK 系列电机扩大机的主要技术数据如表 3-88 所示;控制绕组数据如表 3-89 所示。

表 3-88 ZKK 系列电机扩大机主要技术数据

型号	额定输出功率 (kW)	额定电压 (V)	额定电流 (A)	额定转速 (r/min)	效率 (%)	外形尺寸 长×宽×高 (mm)	重量 (kg)	驱动用三相异步电动机
ZKK-3J	0.2	115	1.74	2 850		388×259×173	27	同轴,已装在同一机壳内
ZKK-5J	0.5	115	4.35	2 850		508×286×229	46	
ZKK-12J	1.2	115	10.4	2 900		611×314×259	69	
ZKK-25	1.2	115	10.4	1 450	68	524(594)×420×355	100	可配用 Y 系列或 JO2、JO3 系列三相异步电动机
		230	5.2					
	2.5	115	21.8	2 900	74			
		230	10.9					
ZKK-50	2.2	115	19.2	1 450	78	599(669)×240×355	125	
		230	9.6					
	4.5	230	19.6	2 900	80			
		115	30.4					
ZKK-70	3.5	230	15.2	1 450	78	667(755)×494×425	197	
		230	30.4					
	7.0	230	30.4	2 900	80			
		115	43.4					
ZKK-100	5.0	230	21.7	1 450	81	767(815)×494×425	227	
		230	43.5					
	10	230	43.5	2 900	84			
		115	47.8					
ZKK-110	11	230	47.8	1 450	82	929(1 045)×573×560	380	
ZKK-160	16	230	69.6	1 450	83	1 009(1 125)×573×560	520	
ZKK-250	25	230	108.7	1 450	85	880×765×735	780	
ZKK-500	50	460	108.7	1 450	88	960×765×735	980	

注:外形尺寸括号中的数字为双轴伸时的长度。

表 3-89 ZKK 系列电机扩大机控制绕组数据

型 号	控制绕组 编 号	控制绕组 分组编号	控制绕组数据			
			匝数	20℃时 电阻 (Ω)	额定 电流 (mA)	长期允 许电流 (mA)
ZKK-3J	3-2-1	K _I	2 600	1 000	20	120
		K _{II}				
	3-2-2	K _I	4 400	3 500	12	58
		K _{II}				
	3-3-3	K _I , K _{II}	2 200	1 950	24	58
		K _{III}	4 400	3 350	12	58
ZKK-5J	5-2-1	K _I	3 250	1 000	20	120
		K _{II}				
	5-2-2	K _I	5 300	3 000	12	70
		K _{II}				
	5-2-3	K _I	3 500	3 100	19	45
		K _{II}				
	5-2-4	K _I	700	45.4	94	560
		K _{II}				
	5-2-5	K _I	3 250	1 000	20	120
		K _{II}	700	40	94	560
ZKK-12J	12-2-1	K _I	2 900	1 030	22	190
		K _{II}				
	12-2-2	K _I	4 600	2 200	14	130
		K _{II}				

续 表

型 号	控制绕组 编 号	控制绕组 分组编号	控制绕组数据			
			匝数	20℃时 电阻 (Ω)	额定 电流 (mA)	长期允 许电流 (mA)
ZKK-12J	12-2-3	K _I	4 800	2 600	13	120
		K _{II}				
	12-3-4	K _I , K _{II}	3 000	1 550	22	145
		K _{III}	3 000	1 345	22	145
	12-3-5	K _I , K _{II}	2 350	1 340	28	125
		K _{III}	460	34.2	140	820
	12-3-6	K _I	500	161	130	190
		K _{II}	370	84	175	270
		K _{III}	740	72	88	600
	12-3-7	K _I	900	155	72	360
		K _{II}				
		K _{III}	1 350	367	48	240
	12-4-8	K _I , K _{II}	675	184	96	240
		K _{III} , K _{IV}	900	155	72	360
	12-2-9	K _I	1 300	166	50	500
		K _{II}				
	12-2-10	K _I	3 500	1 500	19	160
K _{II}						
12-2-11	K _I	6 000	4 100	11	100	
	K _{II}					

续 表

型 号	控制绕组 编 号	控制绕组 分组编号	控制绕组数据			
			匝数	20℃时 电阻 (Ω)	额定 电流 (mA)	长期允 许电流 (mA)
ZKK-12J	12-4-12	K _I , K _{II}	650	100	100	430
		K _{II} , K _{IV}	250	21	260	870
ZKK-25	25-2-1	K _I , K _{II}	3 400	985	23	200
	25-2-2	K _I , K _{II}	4 360	1 500	18	160
	25-2-3	K _I , K _{II}	6 600	3 310	12	110
	25-2-4	K _I , K _{II}	8 000	5 000	10	90
	25-3-5	K _I , K _{II}	2 600	1 065	29	150
		K _{II}	2 600	950	29	200
	25-4-6	K _I	500	37.2	150	720
		K _{II}	330	15.6	230	1 150
		K _{II} , K _{IV}	330	18.5	230	1 150
	25-4-7	K _I , K _{II}	1 300	340	58	230
		K _{II}	330	18.5	230	1 150
		K _{IV}	1 300	402	58	230
	25-4-8	K _{II}	330	18.5	230	1 150
		K _{IV}	1 200	792	63	110
		K _I	3 200	1 820	24	105
		K _{II}				
	25-4-9	K _{II}	2 800	1 500	27	120
K _{IV}						

续 表

型 号	控制绕组 编 号	控制绕组 分组编号	控制绕组数据			
			匝数	20℃时 电阻 (Ω)	额定 电流 (mA)	长期允 许电流 (mA)
ZKK-25	25-4-9	K _I	400	21.7	190	950
		K _{II}				
	25-4-10	K _{II}	500	131	150	250
		K _{IV}	1 500	1 000	50	100
		K _I	5 000	2 920	15	85
		K _{III}				
	25-4-11	K _I	1 300	340	58	225
		K _{III}	330	15.6	230	1 150
		K _{II} , K _{IV}	330	18.5	230	1 150
	25-4-12	K _I , K _{III}	3 600	1 835	22	100
		K _{II} , K _{IV}	3 600	2 165	22	100
	25-4-13	K _I , K _{III}	18	0.04	4 200	21 000
		K _{II} , K _{IV}	500	44.1	150	720
ZKK-50	50-2-1	K _I	3 420	1 000	22	200
		K _{II}				
	50-2-2	K _I	3 720	1 500	21	180
		K _{II}				
	50-2-3	K _I	6 600	3 920	12	110
		K _{II}				
50-4-4	K _I	380	24.8	195	975	

续 表

型 号	控制绕组 编 号	控制绕组 分组编号	控制绕组数据			
			匝数	20℃时 电阻 (Ω)	额定 电流 (mA)	长期允 许电流 (mA)
ZKK-50	50-4-4	K _Ⅱ	220	7.95	340	1 700
		K _Ⅲ	220	9.15	340	1 700
		K _Ⅳ				
	50-4-5	K _I	3 200	2 200	24	100
		K _Ⅱ				
		K _Ⅲ	220	9.15	340	1 700
		K _Ⅳ	1 200	930	63	100
	50-4-6	K _I	5 000	3 540	15	85
		K _Ⅱ				
		K _Ⅲ	100	4.16	750	2 000
		K _Ⅳ	500	44.7	150	720
	50-4-7	K _I	2 800	1 540	27	120
		K _Ⅱ				
		K _Ⅲ	2 800	1 770	27	120
		K _Ⅳ				
	50-4-8	K _I	1 710	460	44	220
		K _Ⅱ	1 710	465	44	220
		K _Ⅲ	1 710	535	44	220
		K _Ⅳ				
50-4-9	K _I	2 750	1 500	27	120	

续 表

型 号	控制绕组 编 号	控制绕组 分组编号	控制绕组数据			
			匝数	20℃时 电阻 (Ω)	额定 电流 (mA)	长期允 许电流 (mA)
ZKK-50	50-4-9	K _Ⅲ	2 750	1 500	27	120
		K _Ⅱ	2 300	1 000	33	165
		K _Ⅳ				
	50-4-10	K _Ⅰ	2 750	1 500	27	120
		K _Ⅲ				
		K _Ⅱ	1 260	300	60	300
		K _Ⅳ	400	30	190	950
	50-4-11	K _Ⅰ	1 300	410	58	210
		K _Ⅲ				
		K _Ⅱ	330	21.6	230	1 150
		K _Ⅳ	1 300	470	58	210
	50-4-12	K _Ⅰ	380	24.8	200	950
		K _Ⅱ	15	0.04	5 000	25 000
		K _Ⅲ				
		K _Ⅳ				
	50-4-13	K _Ⅰ	440	18.2	170	850
		K _Ⅱ	350	23	215	1 100
		K _Ⅲ	350	48	215	460
		K _Ⅳ	350	55.5	215	460
	50-4-14	K _Ⅰ	740	56.2	100	500

续 表

型 号	控制绕组 编 号	控制绕组 分组编号	控制绕组数据			
			匝数	20℃时 电阻 (Ω)	额定 电流 (mA)	长期允 许电流 (mA)
ZKK-50	50-4-14	K _{II}	250	16.4	300	1 100
		K _{III}	250	18.8	300	800
		K _{IV}	250	18.8	300	1 000
	50-4-15	K _I	3 300	1 800	23	115
		K _{II}				
		K _{III}	3 300	2 080	23	115
	K _{IV}					
	50-4-16	K _I , K _{II}	1 710	500	44	220
		K _{III} , K _{IV}				
	50-4-17	K _I	480	23.2	157	800
		K _{II}				
		K _{III}	1 000	365	75	200
K _{IV}						
ZKK-70	70-2-1	K _I	3 600	1 000	22	220
		K _{II}				
	70-2-2	K _I	4 200	1 500	19	190
		K _{II}				
	70-4-3	K _I	3 600	1 950	22	120
		K _{II}				
K _{III}		2 100	800	38	180	

续 表

型 号	控制绕组 编 号	控制绕组 分组编号	控制绕组数据			
			匝数	20℃时 电阻 (Ω)	额定 电流 (mA)	长期允 许电流 (mA)
ZKK-70	70-4-3	K _{IV}	330	24	240	960
	70-2-4	K _I	7 800	5 100	10	100
		K _{II}				
	70-3-5	K _I	1 300	200	61	370
		K _{II}				
		K _{III}				
	70-3-6	K _I	1 300	200	61	370
		K _{II}				
		K _{III}	650	94	120	480
ZKK-100	100-2-1	K _I	3 200	1 000	25	210
		K _{II}				
	100-4-2	K _I , K _{III}	230	8.16	350	1 600
		K _{II} , K _{IV}	460	37.2	175	800
	100-4-3	K _I , K _{III}	230	8.16	350	1 600
		K _{II} , K _{IV}	3 000	2 100	27	100
	100-4-4	K _I	230	8.16	350	1 600
		K _{II} , K _{IV}	460	37.2	175	800
		K _{III}	460	32.6	175	800
	100-2-5	K _I	3 920	1 415	20	200
K _{II}						

续 表

型 号	控制绕组 编 号	控制绕组 分组编号	控制绕组数据			
			匝数	20℃时 电阻 (Ω)	额定 电流 (mA)	长期允 许电流 (mA)
ZKK-100	100-2-6	K _I	7 200	4 750	11	110
		K _{II}				
	100-4-7	K _I	400	24	200	1 000
		K _{II}	230	9.5	350	1 600
		K _{IV}				
		K _{III}	230	8.16	350	1 600
	100-4-8	K _I	340	26.6	230	850
		K _{II}	720	73	110	550
		K _{III}	28	0.102	2 850	14 000
		K _{IV}	200	13.6	400	1 000
	100-4-9	K _I	3 000	2 190	27	90
		K _{III}	230	8.16	350	1 600
		K _{II}	3 000	2 100	27	100
		K _{IV}				
	100-4-10	K _I	500	38.5	160	740
		K _{III}				
		K _{II}	2 620	2 090	30	90
		K _{IV}				
	100-3-11	K _I	810	39.5	98	500
		K _{II}	2 500	1 050	32	160

续 表

型 号	控制绕组 编 号	控制绕组 分组编号	控制绕组数据			
			匝数	20℃时 电阻 (Ω)	额定 电流 (mA)	长期允 许电流 (mA)
ZKK-100	100-3-11	K _{II}	2 500	1 050	32	160
	100-4-12	K _I	1 530	500	52	210
		K _{III}				
		K _{II}	1 570	500	50	220
		K _{IV}				
ZKK-110	110-4-1	K _I	230	4.9	400	2 000
		K _{III}	460	19.6	200	1 000
		K _{II}	460	22.4	200	1 000
		K _{IV}				
	110-4-2	K _I , K _{III}	1 700	317	54	270
		K _{II} , K _{IV}	1 700	362	54	270
	110-4-3	K _I	230	4.9	400	2 000
		K _{III}				
		K _{II}	230	5.6	400	2 000
		K _{IV}	460	22.4	200	1 000
	110-4-4	K _I , K _{III}	230	4.9	400	2 000
		K _{II} , K _{IV}	3 800	2 200	24	120
	110-4-5	K _I	230	4.9	400	2 000
		K _{III}	1 700	317	54	270
		K _{II}	230	5.6	400	2 000

续 表

型 号	控制绕组 编 号	控制绕组 分组编号	控制绕组数据			
			匝数	20℃时 电阻 (Ω)	额定 电流 (mA)	长期允 许电流 (mA)
ZKK-110	110-4-5	K_{IV}	230	5.6	400	2 000
	110-2-6	K_I, K_{II}	1 600	150	58	580
	110-4-7	K_I, K_{III}	1 300	165	70	350
		K_{II}	200	3.9	460	2300
		K_{IV}	1 000	150	92	460
ZKK-160	160-4-1	K_I, K_{II}	230	8.16	400	2 000
		K_{II}, K_{IV}	3 250	2 000	28	140
	160-4-2	K_I, K_{III}	230	8.16	400	2 000
		K_{II}, K_{IV}	460	25	200	1 000
ZKK-250	250-3-1	K_I	1 240	43	121	846
		K_{II}	5 600	1 070	27	188
		K_{III}	7 500	1 050	20	140
ZKK-500	500-4-1	K_I	460	7.45	326	1 630
		K_{II}				
		K_{III}	230	2.09	652	3 260
		K_{IV}				

注：1. 控制绕组 20℃时电阻的容差为±10%。
2. 额定控制电流的容差为+10%。

(3) 直流弧焊电动发电机

① 型号及技术数据

常用直流弧焊电动发电机的型号及主要技术数据如表 3-90 所示。与弧焊发电机同轴的三相异步电动机的技术数据如表 3-91 所示。弧焊发电机电枢技术数据如表 3-92 所示。弧焊发电机的电刷规格如表 3-93 所示。

表 3-90 常用直流弧焊电动机主要技术数据

项 目	型 号	AX-320 (AT-320)	AX-320-1	AX1-165 (AB-165)	AX1-500 (AB-500)	AX3-300 (AG-300)	AX3-500 (AG-500)	AX1-300 (AR-300)	AX7-250	AX7-400
三相异步电动机	容量(kW)	14	12	6	26	10	26	10	10	20
	电压(V)	380	380	380	380	380	380	380	380	380
	电流(A)	27.6	24	12.3	50.9	20.8	51.5	20.8	20.8	40
直流弧焊发电机	暂载率(%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	转速(r/min)	1470	1430	2900	1470	2900	2900	2900	2900	2900
	功率因数	0.87	0.87	0.87	0.88	0.86	0.9	0.86	0.87	0.9
直流弧焊发电机	容量(kW)	7.5/8.4/9.6	7.5/8.4/9.6	3.9/5	16/20	6.9/9/11.3	16/20/24	6.9/9/11.3	7.5	14.4
	电流(A)	250/280/320	250/280/320	130/165	400/500	230/300/375	400/500/600	230/300/375	250	400
	暂载率(%)	100/75/50	100/75/50	100/60	100/65	100/65/40	100/65/40	100/60/35	60	60
直流弧焊发电机	空载电压(V)	50~80	50~85	40~60	60~90	68	75	55~80	60~90	60~90
	工作电压(V)	30	25~30	30	40	30	40	25~35	22~32	23~40
	电流范围(A)	45~320	45~320	40~200	120~600	35~375	60~600	45~375	60~300	80~500
机组效率(%)		53	53	52	54	52	54	52	50.5	53
	重量(kg)	560	510	200	960	235	415	250	290	370
外形尺寸(mm)		1202×600	1202×600	775×420	1400×740	862×500	1078×600	800×390	900×540	950×635
	长×宽×高	×992	×992	×700	×1100	×815	×805	×555	×820	×870

表 3-91 与弧焊发电机同轴

型 号 项 目	AX-320		AX-320-1		AX1-165	AX1-500	
容量(kW) 转速(r/min)	14 1 450		12 1 450		6 2 900	26 1 470	
定子铁心外径(mm) 定子铁心内径(mm)	333 200		333 200		246 130	368 230	
定子铁心长度(mm) 定子铁心槽数 气隙(mm)	108 36 0.5		88 36 0.5		100 24 0.5	130 36 0.55	
电压(V)	220 /380	380 /660	220 /380	380 /660	220/380	220 /380	380 /660
电流(A)	47.8 /27.6	27.6 /15.6	41.6 /24	24 /13.9	21.4 /12.4	88.2 /50.9	50.9 /29.4
电磁线直径(mm) 并线根数	1.68 2	1.81 1	1.56 1	1.68 1	∅1.3 2	1.62 2	1.74 2
每个线圈匝数 并联支路数	9 1	15 1	21 2	18 1	27 1	14 1	24 1
接法	△/Y		△/Y		△/Y	△/Y	
电磁线种类 线圈槽距	高强度漆包线 1~8		高强度漆包线 1~8		单玻璃丝漆包线 1~12,2~11	双玻璃丝包线 1~8	
线圈形式 线圈个数 定子一相抽头匝数	双层 叠绕 36 —		双层 叠绕 36 —		单层 链绕 12 —	双层 叠绕 36 —	

的三相异步电动机的技术数据

AX3-300		AX3-500		AX4-300	AX7-250	AX7-400
10 2 900		26 2 900		10 2 900	10 2 900	20 2 900
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	380 /660	220 /380	380 /660	380	380	380
36 /20.8	20.8 /12	89 /51.5	51.5 /29.8	20.8	20.8	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

表 3-92 弧焊发电机电枢技术数据

型 号	AX-320 AX-320-1	AX1-165	AX1-500	AX3-300	AX3-500	AX4-300	AX7-250	AX7-400
铁心外径(mm)	240	150	290	177	220	177	195	220
铁心长度(mm)	168+10×3 ^①	126	270+10×2 ^②	75	90	90	120	115
槽数	37	25	50	29	21	29	23	27
铜线截面(mm ²)	2.44×10.8	2×Ø2.95	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	聚酯高强 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

① 有三个辐向通风道,每个长 10mm。

② 有两个辐向通风道,每个长 10mm。

表 3 - 93 弧焊发电机的电刷规格

项 目	AX-320 AX-320-1		AXI-165	AXI-500	AX3-300	AX3-500	AX4-300	AX7-250	AX7-100
	牌 号	D104 (DS-4)	J201 (T-1)	D104 (DS-4)	D308 (DS-8)	D104 (DS-4)	S-6M (SQF-6)	J201 (T-1)	
尺寸(mm)	18×20×50		16×32×30	18×20×35	15×25×30	15×25×30	15×25×30	15×25×30	16×32×40
每台电刷数	10	8	20	8	20	8	8	8	12
牌 号	D104 (DS-4)								
尺寸(mm)	10×20×47	10×20×30	7×20×35						
每台电刷数	2	2	3						

② 常见故障及排除方法

直流弧焊发电机的常见故障及排除方法如表 3-94 所示。

表 3-94 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
电动机不启动,并发出嗡嗡响声	<ol style="list-style-type: none"> 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 	<ol style="list-style-type: none"> 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	<ol style="list-style-type: none"> 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 	<ol style="list-style-type: none"> 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	<ol style="list-style-type: none"> 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 	<ol style="list-style-type: none"> 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	<ol style="list-style-type: none"> 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 	<ol style="list-style-type: none"> 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. 检查电刷在刷握中的情况,电刷与刷盒的间隙不超过 0.3mm 4. 检修电刷架,调整、校正到正确位置

续 表

故 障	产生的原因	排 除 方 法
运转中,电刷有火花,随后全部换向器发热	5. 电刷边直线未与换向器边对准	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 0.03mm
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	1. 接触不良 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	1. 检查发火电刷接触表面并松开接线,仔细消除污物 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
电动机发出强烈的绝缘烧焦臭味	1. 电动机定子线圈层间短路 2. 线圈与外壳短路 3. 定、转子摩擦(声音不正常)	1. 修复层间绝缘或重新绕制线圈 2. 消除短路处 3. 校正转子中心线或磨去硅钢片突出部分
焊机无空载电压	1. 励磁绕组或线路中有断路处,电阻器接触不良或断线 2. 转子绕组短路 3. 极性转换开关接触不良 4. Y-△启动器辅助触点接触不良,使励磁加不上 5. 剩磁消失	1. 检查电路,排除故障 2. 消除短路处 3. 修复或更换极性转换开关 4. 修复,使之接触良好 5. 失磁故障,采用一正常弧焊发电机对该焊机进行充磁

续 表

故 障	产生的原因	排 除 方 法
变阻器手柄转动不灵或作任意圆周运动	1. 调整旋臂掉入电阻盘空挡被卡住 2. 手柄轴上固定指针螺钉松扣 3. 手柄上固定插销掉落	1. 取出变阻系统检查,如挡柱不起作用,可更换 2. 拧紧 3. 重新安装好
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,并联不当和各台型号、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

7. 起重及冶金用异步电动机

(1) JZ2、JZR2 系列电动机

JZ2 系列电动机的转子为鼠笼式,具有较高的转差率,适用于满压直接启动。其主要技术数据如表 3-95 所示。JZR2 系列电动机的转子为绕线式。其主要技术数据如表 3-96 所示。

(2) YZ、YZR 系列电动机

YZ、YZR 为新系列电动机。YZ 系列异步电动机的转子为鼠笼式,可满压直接启动。YZR 系列异步电动机的转子为绕线式。均适用各种起重机械及冶金辅助设备的电力拖动。YZ、YZR 新系列电动机的主要技术数据如表 3-97 和表 3-98 所示。

8. 电动葫芦用异步电动机

电动葫芦用锥形转子制动异步电动机,是一种自制动三相异步电动机。这种电动机运行可靠性较高,广泛应用在电动葫芦上。其有关技术数据和绕组数据如表 3-99 和表 3-100 所示。

表 3-95 JZ2 系列电动机主要技术数据

型号	额定功率 (kW)	额定电压 (V)	额定电流 (A)	转速 (r/min)	功率因数 (cosφ)	最大扭矩倍数	启动转矩倍数	转子转动惯量 (N·m ²)	总重 (kg)	外形尺寸 长×宽×高 (mm)
JZ2-11-6	2.2		6.4~7.0	890	0.70~0.74	2.5	2.5	0.87	49	560(475)×275×305
JZ2-12-6	3.5		9.8~9.9	890	0.73~0.76			1.30	64	615(530)×275×305
JZ2-21-6	5		12~14	900	0.73~0.79	2.5	2.5	2.12	80	675(564)×305×350
JZ2-22-6	7.5		18~19.5	900	0.75~0.83			2.98	100	728(617)×305×350
JZ2-31-6	11	380	25~27	910	0.79~0.80	2.8	2.8	5.71	135	768(650)×350×385
JZ2-31-8	7.5	(Y)	20.3~20.8	690	0.70~0.73	2.5	2.5	5.71		
JZ2-41-8	11		26~29	700	0.71~0.74	2.8	2.8	11.50	176	844(695)×400×442
JZ2-42-8	16		39~42	700	0.72~0.75			16.32	220	924(775)×400×442
JZ2-51-8	22		52~55	710	0.72~0.75	2.8	2.8	24.8	292	967(821)×460×518
JZ2-52-8	30		67~72	710	0.73~0.80			33.3	351	1 047(901)×460×518

注:1. 表中所列功率等数据是指负载持续率为 25% 时的数据。

2. 外形尺寸括号中的数字是单轴伸电机的长度。

表 3-96 JZR2 系列电动机主要技术数据

型号	额定功率 (kW)	额定电压 (V)	额定电流 (A)	转速 (r/min)	功率因数 (cosφ)	转子电流 (A)	转子开路电压 (V)	最大转矩倍数	转子转动惯量 (N·m ²)	总重 (kg)	外形尺寸 长×宽×高 (mm)
JZR2-11-6	2.2		6.6~7.1	900	0.70~0.73	12	138	2.5	1.0	74	682(600)×275×305
JZR2-12-6	3.5		10.3~10.5	910	0.69~0.73	12	207		1.44	82	737(650)×275×305
JZR2-21-6	5.0		13.2~15.2	925	0.70~0.76	19	190	2.5	2.25	98	799(687)×305×350
JZR2-22-6	7.5		18.8~19.8	935	0.70~0.76	19	272		3.08	119	852(740)×305×350
JZR2-31-6	11		27~29	950	0.75~0.76	33	225	2.5	6.15	160	884(770)×350×385
JZR2-31-8	7.5		21~22	700	0.67~0.70	32	164		6.15		
JZR2-41-8	11	380 (Y)	30~31	705	0.70~0.71	49	148	2.8	12.42	218	988(840)×400×442
JZR2-42-8	16		40~44	710	0.67~0.69	48	217		17.17	265	1 068(920)×400×442
JZR2-51-8	22		53~57	720	0.68~0.74	66	217	2.8	26.4	346	1 124(980)×460×518
JZR2-52-8	30		67~75	720	0.71~0.79	72	272		33.8	420	1 204(1 064)×460×518
JZR2-61-10	30		75~76	580	0.70~0.73	134	145		93.4	605	1 335(1 145)×620×652
JZR2-62-10	45		100	580	0.73	145	198	2.8	117.5	725	1 435(1 245)×620×652
JZR2-63-10	60		142	580	0.73	140	272		148.9	840	1 530(1 340)×620×652
JZR2-71-10	80		177~186	585	0.71~0.77	177	282		339.4	1 190	1 645(1 423)×770×833
JZR2-72-10	100		218~230	585	0.72~0.79	176	354	2.8	417.6	1 380	1 715(1 492)×770×833
JZR2-73-10	125		266~270	585	0.75~0.81	182	425		524	1 450	1 795(1 513)×770×833

注:1. 表中所列功率等数据是指负载持续率为 25% 时的数据。

2. 外形尺寸括号中的数字是单轴伸电机的长度。

3-97 YZ系列电动机主要技术数据

型号	额定功率(kW)	额定电压(V)	额定电流(A)	同步转速(r/min)	功率因数(cosφ)	最大扭矩倍数	启动转矩倍数	转子转动惯量(N·m ²)	电机中心高(mm)	外形尺寸长×宽×高(mm)
YZ-112M	1.5		4.2		0.76	2.0	2.0	0.8	112	505(420)×250×325
YZ-132MA	2.2	380(Y)	5.7	1 000	0.77	2.0	2.0	2.1	132	577(495)×285×355
YZ-132MB	3.7		9		0.79	2.0	2.0	2.3	132	577(495)×285×355
YZ-160MA	5.5		12.4		0.83	2.0	2.0	4.2		718(608)×325×410
YZ-160MB	7.5	380(Y)	16.7	1 000	0.83	2.3	2.3	5.3	160	718(608)×325×410
YZ-160L	11		24.2		0.83	2.3	2.3	7.1		762(650)×325×410
YZ-160L	7.5		17.8		0.77	2.3	2.3	7.1	160	762(650)×325×410
YZ-180L	11	380(Y)	25.4	750	0.81	2.3	2.3	12.5	180	800(685)×360×460
YZ-200L	15		33		0.80	2.5	2.5	23	200	928(780)×405×490
YZ-225M	22	380(Y)	46.1	750	0.83	2.5	2.5	30	225	998(850)×455×520
YZ-250MA	30		64.5		0.82	2.5	2.5	53	250	1 092(935)×515×565

注:1. 表中所列功率等数据,是指每个工作周期为10min,负载持续率为40%时的数据。

2. 外形尺寸括号中的数字是单轴伸电机的长度。

表 3-98 YZR 系列电动机的主要技术数据

型号	额定功率 (kW)	额定电压 (V)	额定电流 (A)	同步转速 (r/min)	功率因数 (cosφ)	转子电流 (A)	转子开路电压 (V)	最大转矩倍数	转子转动惯量 (N·m ²)	电机中心高 (mm)	外形尺寸 长×宽×高 (mm)
YZR-112M	1.5	380	4.6		0.78	10.9	100	2.3	1.1	112	670(590)×250×325
YZR-132MA	2.2	380 (Y)	5.9	1000	0.77	11.5	130	2.3	2.3	132	727(645)×285×355
YZR-132MB	3.7		9.2		0.79	13.6	180	2.3	2.5	132	727(645)×285×355
YZR-160MA	5.5	380	14.7		0.74	27.9	139	2.3	4.6		868(758)×325×410
YZR-160MB	7.5	380 (Y)	18	1000	0.80	26.4	185	2.5	5.8	160	868(758)×325×410
YZR-160L	11		24.6		0.81	28	249	2.5	7.6		912(800)×325×410
YZR-180L	15	380	33		0.80	43.5	216	2.8	15	180	980(870)×360×460
YZR-200L	22	380 (Y)	62	1000	0.84	74	200	2.8	25	200	1118(975)×405×490
YZR-225M	30						251	2.8	32	225	1190(1050)×455×520
YZR-250MA	37	380	70		0.88	91.5	249	2.8	58	250	1337(1195)×515×565
XZR-250MB	45	380 (Y)	85	1000	0.89	95	290	2.8	66	250	1337(1195)×515×565
YZR-280S	55		103		0.90	121.5	278	2.8	90	280	1438(1265)×575×655
YZR-280M	75						370	2.8	110	280	1489(1315)×575×655
YZR-160L	7.5	380	19.2		0.75	23.4	206	2.5	7.6	160	912(800)×325×410
YZR-180L	11	380 (Y)	26	750	0.79	41.2	172	2.5	15	180	980(870)×360×460
YZR-200L	15		33.3		0.79	53.4	178	2.8	26	200	1118(975)×405×490

续 表

型 号	额定 功率 (kW)	额定 电压 (V)	额定 电流 (A)	同步 转速 (r/min)	功率 因数 ($\cos\varphi$)	转子 电流 (A)	转子 开路 电压 (V)	最大 转矩 倍数	转子转 动惯量 ($N\cdot m^2$)	电机 中心高 (mm)	外形尺寸 长 \times 宽 \times 高 (mm)
YZR-225M	22	380	46.7		0.82	59	232	2.8	32	225	1 190(1 050) \times 455 \times 520
YZR-250MA	30	380 (Y)	76	750			275	2.8	58	250	1 337(1 195) \times 515 \times 565
YZR-250MB	37				0.83	69	328	2.8	70	250	1 337(1 195) \times 515 \times 565
YZR-280S	45						305	2.8	90	280	1 438(1 265) \times 575 \times 655
YZR-280M	55	380	110	750	0.84	92.5	360	2.8	110	280	1 489(1 315) \times 575 \times 655
YZR-315S	75	380 (Y)	174			164	295	2.8	275	315	1 562(1 390) \times 640 \times 720
YZR-315M	90				0.87		344	2.8	332	315	1 613(1 440) \times 640 \times 720
YZR-280S	37						150	2.8	140	280	1 438(1 265) \times 575 \times 655
YZR-280M	45	380		600			175	2.8	156	280	1 489(1 315) \times 575 \times 655
YZR-315S	55	380 (Y)	119		0.79	139	244	2.8	275	315	1 562(1 390) \times 640 \times 720
YZR-315M	75		163		0.79	149	308	2.8	330	315	1 613(1 440) \times 640 \times 720
YZR-355M	90		179		0.83	165	330	2.8	545		1 864(1 650) \times 740 \times 840
YZR-355LA	110	380 (Y)	215	600	0.84	173	388	2.8	650	355	1 934(1 720) \times 740 \times 840
YZR-355LB	132		268		0.82	167	475	2.8	730		1 934(1 720) \times 740 \times 840
YZR-400LA	160	380(Δ)		600			395	2.8	935	400	2 120(1 865) \times 855 \times 950
YZR-400LB	200						460	2.8	1 065		2 120(1 865) \times 855 \times 950

注:1. 表中所列功率等数据,是指每个工作周期为 10min,负载持续率为 40%时的数据。

2. 外形尺寸括号中的数字是单轴伸电机的长度。

表 3-99 锥形转子制动异步电动机主要技术数据

电机型号	额定功率 (kW)	额定电压 (V)	额定电流 (A)	额定转速 (r/min)	功率因数 (cosφ)	启动电流倍数	启动转矩倍数	制动转矩 (Nm)	重量 (kg)	外形尺寸 长×宽×高 (mm)	配电动机芦	
											起重量 (t)	用途
ZDY11-4	0.2	380 (Y)	0.7	1380	0.67	3.6	2.0		16	296×226×215	0.5、1	运行
ZDY12-4	0.4		1.3	1380	0.70	3.4	2.0		18	316×226×215	2、3	
ZDY21-4	0.8		2.2	1380	0.75	4.0	2.5		30	345×280×264	5、10	
ZD21-4	0.8	380 (Y)	2.2	1380	0.75	4.0	2.5	11	30	335×235×258	0.5	提升
ZD22-4	1.5		4	1380	0.76	4.0	2.5	20	38	373×242×264	1	
ZD31-4	3.0		7	1380	0.81	5.1	2.7	43	60	442×291×328	2	
ZD32-4	4.5	380 (Y)	10	1380	0.83	5.3	2.7	64	70	458×315×345	3	提升
ZD41-4	7.5		16.5	1400	0.84	5.7	3.0	100	115	550×360×410	5	
ZD51-4	13		28	1400	0.85	6.4	3.0	188	195	680×458×480	10	

注:表中所列功率等数据,是指负载持续率为25%时的数据。

表 3-100 锥形转子制动异步电动机绕组数据

电机型号	额定功率 (kW)	定子铁心		槽数		气隙 (mm)	定子绕组 (380Y)						
		外径 (mm)	内径 (mm)	长度 (mm)	定子		转子	并绕根数	线径 (mm)	槽距	每槽线数	绕组形式	并联路数
ZDY11-4	0.2	120	70	40	24	22	1	0.38	1-6	215	单层链式	1	44.4
ZDY12-4	0.4			60	24	22	1	0.47		145		22.5	
ZDY21-4	0.8	167	98	62	24	22	1	0.67	1~6	95	单层链式	1	8.4
ZD21-4													
ZD22-4	1.5	167	98	100	24	22	1	0.85	1~6	60	单层	1	3.99
ZD31-4	3.0	210	128	86	36	30	1	1.18	2(1~9)	34		交叉式	1
ZD32-4	4.5			112	36	30	2	0.95	1(1~8)	26	1.22		
ZD41-4	7.5	245	155	130	36	30	2	1.25	1~8	20	双叠	1	0.6
ZD51-4	13	280	175	165	36	30	2	1.12		28		0.25	

注: 1. 定子铁心内径是指定子铁心锥形内腔直径的平均值。

2. 导线采用高强度漆包线。

9. 部分家用电器用电动机

(1) 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,只有定子和定子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内。常用的有三种类型的单相异步电动机。

a. 阻抗(分相)启动(RSIR)型

结构简单,大部分电冰箱(输出功率150W以下)的压缩机组均采用此形式。如图3-14所示。

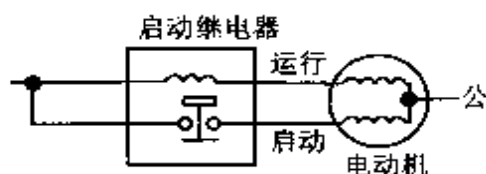


图3-14 阻抗分相启动型(RSIR)电动机的简化电路

b. 电容启动(CSIR)型 由于启动绕组上串联大容量电容器(45~100 μ F,视不同功率配用不同大小电容),使分相相位角差增大,启动转矩提高,因而启动性能好,适于较大输出功率(150W以上)的电动机。如图3-15所示。

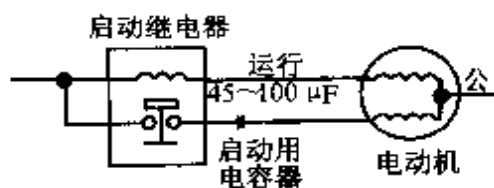


图3-15 电容启动型(CSIR)电动机的简化电路

c. 电容启动、电容运转(CSR)型

此种形式虽然使启动性能变好,且提高了电动机的效率,节省了电能,但成本增大,电容器故障多,故一般的电冰箱上较少用。如图3-16所示。

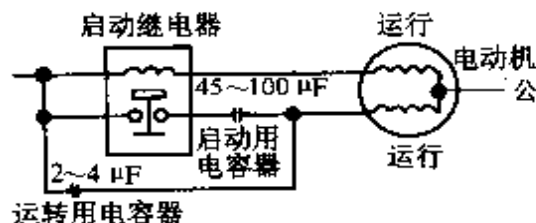


图3-16 电容启动、电容运转型(CSR)电动机的简化电路

② 国产电冰箱用压缩机组的电动机型号和技术数据

部分国产电冰箱用压缩机组的电动机型号和技术数据如表3-101所示。

③ 进口(电冰箱用)压缩机组的电动机型号和技术数据
部分进口(电冰箱用)压缩机组的电动机的型号和技术数据如表 3-102 所示。

表 3-101 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(V)	220		220		220	
额定电流(A)	1.4		0.9		1.2	
输出功率(W)	93		75		93	
额定转速(r/min)	1450		2850		2850	
定子绕组(采用 QF漆包线)	运行	启动	运行	启动	运行	启动
导线直径(mm)	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 { +140 -60	101	101 { +76 -25
绕组总匝数	4×375	4×123	2×470	2×370	2×379	2×220
绕组电阻值(Ω)	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
定子铁心槽数	32		24		24	
定子铁心叠厚 (mm)	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(V)	220		220		220	
额定电流(A)	1.1		1.6		1.6	
输出功率(W)	93		125		125	
额定转速(r/min)	2 850		1 450		1 450	
定子绕组(采用 QF漆包线)	运行	启动	运行	启动	运行	启动
导线直径(mm)	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			46	50
最大圈	113	117				
绕组总匝数	2×376	2×328	4×368	4×157	4×247	1×130
绕组电阻值(Ω)	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	9
最大圈	11	11				
定子铁心槽数	24		32		32	
定子铁心叠厚 (mm)	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(D)		FB-505		FB-517(II)	
额定电压(V)	220		220		220		220	
额定电流(A)	1.2~1.5		1.3~1.7		0.7		1.1	
输出功率(W)	93		93		65		93	
额定转速(r/min)	1450		1450		2860		2860	
定子绕组(采用 QF漆包线)	运行	启动	运行	启动	运行	启动	运行	启动
导线直径(mm)	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	68
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	2×248
绕组电阻值(Ω)	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
定子铁心槽数	32		32		24		24	
定子铁心叠厚 (mm)	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	
	QF-21-65		QF-21-100		QZD-3.4	
压缩机组 (冰箱)型号	QF-21-65		QF-21-100		QZD-3.4	
额定电压(V)	220		220		220	
额定电流(A)	0.7		0.8		0.6	
输出功率(W)	65		100		75(输入)	
额定转速(r/min)	2 850		2 850		2 850	
定子绕组(采用 QF漆包线)	运行	启动	运行	启动	运行	启动
导线直径(mm)	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	95(101)	64(45)	88	55	112	48
大 圈	105(113)	74(50)	114	59	137	188 ⁺¹²⁴ -64
最大圈	105(113)	87 ^(152⁺¹⁰⁷ -54)	114	195 ⁺¹²⁷ -68	137	141 ⁺¹⁰⁰ -41
绕组总匝数	2×441 (445)	2×242 (283)	2×441	2×354	2×474	2×413
绕组电阻值(Ω)					30.13	53.9
绕组槽节距:						
最小圈	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	11	11
定子铁心槽数	24		24		24	
定子铁心叠厚 (mm)	30±0.5		35±0.5		35	

注:1. 电动机均为电阻(分相)启动型;

2. ()中数据为经改进后的数据。表中数据,仅供维修参考。

表 3-102 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(V)	220~242		220	
额定电流(A)	1.0		0.91	
输出功率(W)	62		93	
额定转速(r/min)	2 850		2 850	
定子绕组(采用耐氟漆包线 QF)	运行	启动	运行	启动
导线直径(mm)	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	2×218	2×471	2×221
绕组电阻值(Ω)	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)启动		电阻(分相)启动	

续 表

生 产 厂	日本东芝公司		原苏联“波留沙-10”	
压缩机组 (冰箱)型号	KL-12M		JIXR-240	
额定电压(V)	220		220	
额定电流(A)	0.95			
输出功率(W)	80		135	
额定转速(r/min)	2 850		2 850	
定子绕组(采用 耐氟漆包线 QF)	运行	启动	运行	启动
导线直径(mm)	0.57	0.41	0.61	0.33
匝数:最小圈				
小 圈	80		64	34
中 圈	106		92	43
大 圈	110	128	108	139 { +98 -41
最大圈	118	130	120	140 { +98 -42
绕组总匝数	2×414	2×258	2×384	2×356
绕组电阻值(Ω)	8.5+8.5	20.5	15	44
定子槽数	24		24	
绕组槽节距:				
最小圈				
小 圈	5		5	5
中 圈	7		7	7
大 圈	9	9	9	9
最大圈	11	11	11	11
备 注	电容启动			

(2) 洗衣机用电动机

洗衣机用电动机一般采用单相电容运转异步电动机,其结构为开启式、自冷或自扇冷。洗衣机用电机的技术数据如表 3-103 所示;铁心及绕组数据如表 3-104 所示;电动机绕组展开图如图 3-17 和图 3-18 所示。

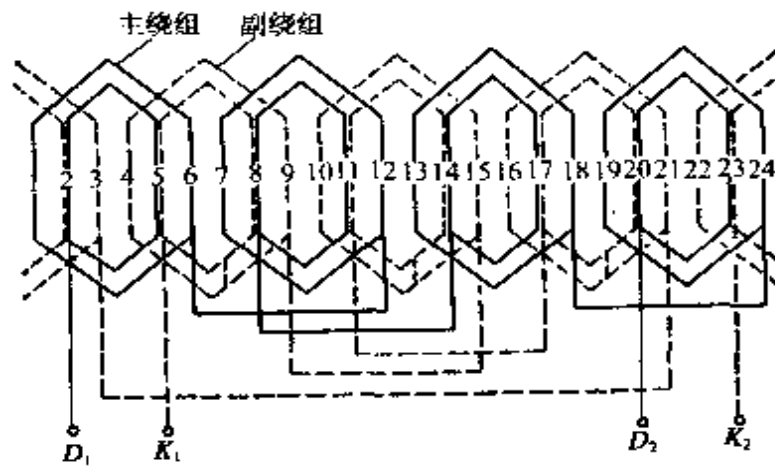


图 3-17 XDC-X-2
XDC-T-2 电动机绕组展开图

- 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“D₁”与“K₁”连接后作为“0”端
脱水电机“D₂”与“K₂”连接后作为“0”端

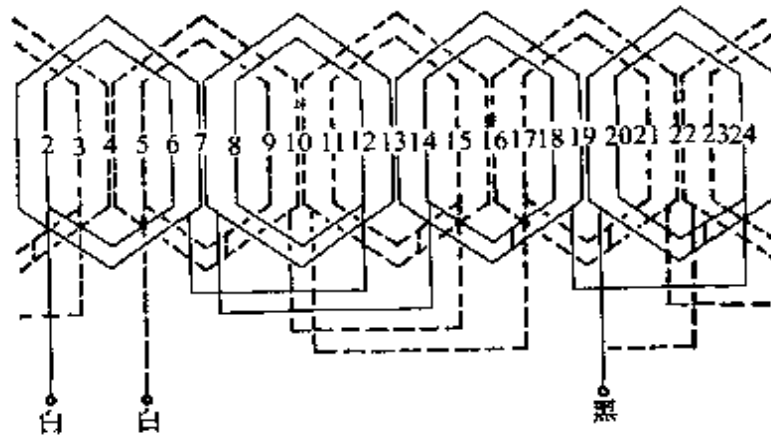


图 3-18 JXX-90B 电动机绕组展开图

表 3 - 103 洗衣机用电动机的技术数据

电动机 型号	额定 电压 (V)	额定输 出功率 (W)	额 定 电 流 (A)	额 定 转 速 (r/min)	外形尺寸 长×宽×高 (mm)	重 量 (kg)	电 容 (μ F)	用 途	电 动 机 生 产 厂	洗 衣 机	
										牌 号	生 产 厂
XDC-X-2	220	85	1.1	1 350	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
XDC-T-2		20	0.6		192×160×137	2.25	3	脱水			
JXX-90B	220	90	1.1	1 400	190×126×155	3.6	8	洗涤	上海微 型 电 机 厂	海 豚	上海微 型 电 机 厂
XD-90		90	0.9		190×130×170	4.3	8	洗涤			
XD-120		120	1.0		190×130×180	4.9	10				
XD-180		180	1.5		190×130×190	6.3	12				
XD-250		250	1.8		190×130×210	7.7	16		上海革 新 电 机 厂	洁 尔 灵	上海电 器 塑 料 厂

注：电容器的额定电压为交流 450V。

表 3-104 洗衣机用电动机的铁心及绕组数据

电动机 型号	额定输 出功率 (W)	定子铁心		槽 数		气 隙 (mm)	定子主绕组				定子副绕组			
		外径 (mm)	内径 (mm)	长度 (mm)	定子		转子	线径 (mm)	槽节距	匝数	电阻值 20℃ (Ω)	线径 (mm)	槽节距	匝数
XDC-X-2	85	方 形 101×101	68	39	24	34	0.38	1~6	170	33.7	0.35	4~9	170	38.8
	19			2~5			80	5~8	80					
XDC-T-2	20						0.25	1~6	310	109.2	0.19	4~9	455	276
JXX-90B	90	方 形 124×124	80	25	24	34	0.41	1~7	107	37	0.41	4~10	107	37
								2~6	214			5~9	214	
XD-90	90			30			0.42	1~6	220	32	0.42	4~9	220	32
								2~5	110			5~8	110	
XD-120	120	方 形 120×120	70	35	24	22	0.45	1~6	161	24.8	0.45	4~9	161	24.8
				45				2~5	118			5~8	118	
XD-180	180			60			0.53	1~6	160	18.5	0.53	4~9	160	18.5
								2~5	80			5~8	80	
XD-250	250			60			0.56	1~6	96	12.5	0.56	4~9	96	12.5
								2~5	69			5~8	69	
XD-90	90	方 形 107×107	65	35	24	30	0.38	1~6	200	38.4	0.38	4~9	200	38.4
				40				2~5	100			5~8	100	
XD-120	120			40			0.41	1~6	176	27	0.41	4~9	176	27
								2~5	88			5~8	88	

注：1. 相同型号的电动机的铁心及绕组数据，因制造厂不同或同一厂但制造时间不同而会有差异。
2. 表中所列数据供维修参考。

(3) 空调器用电动机

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。

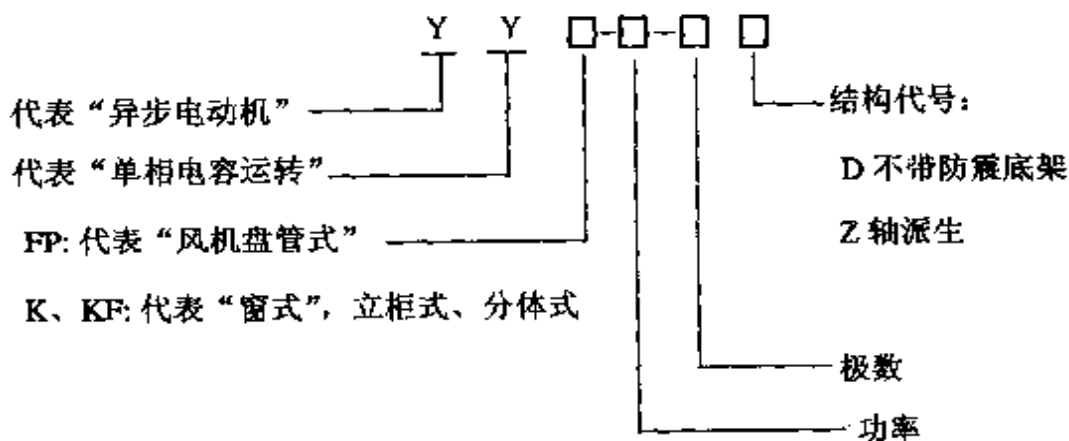
① 压缩机用电动机

空调器大多采用单相 220V 电源(也有用三相 380V 的),压缩机则相应地使用单相异步电动机或三相异步电动机。由于空调器工作环境特殊因而对电动机有特殊要求:

- i. 耐侵蚀性好,能耐制冷剂和润滑油。
- ii. 耐热性好。
- iii. 耐振动和冲击性能好。
- iv. 启动转矩大,启动性能好。
- v. 效率高,功率因数大,要求电动机出力大、重量轻。
- vi. 对电源波动的适应性好。

② 空调器风扇电动机

空调用风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、通风等风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:



空调用风扇电动机的性能参数如表 3-105 所示。YYKF-120-4 型空调风扇电动机铁心及绕组数据如表 3-106 和表 3-107 所示。

表 3-105 空调用电扇电动机性能参数

型 号	输出 功率 (W)	频率 (Hz)	效率 (%)	电压 (V)	转速(r/min)			启动 转矩 (Nm)	振 动 (mm/s)	噪 音 (dB)	电 容 器 (μ F/V)	配套空调器 制冷(热)量 [kJ(cal)/h]
					高速	中速	低速					
YYFP-10-6D	10	50	25	220	750	625	500	0.08	0.7	35	2/450	10 450(2 500)
YYFP-15-6D	15	50	28	220	820	700	580	0.11	0.7	35	2/450	12 540(3 000)
YYFP-25-6D	25	50	30	220	920	820	750	0.15	0.7	35	3/450	14 638(3 500)
YYK2-30-6Z	30	50	38	220	950	880	880	0.18	0.7	45	2.5/450	8 360(2 000)
YYFP-40-4D	40	50	50	220	1 250	1 100	1 100	0.16	0.7	45	2.5/450	12 540(3 000)
YYK-60-4D	60	50	52	220	1 350	1 150	1 150	0.24	1.2	50	2.5/450	12 540(3 000)
YYK-80-4	80	50	52	220	1 330	1 230	1 230	0.27	1.2	50	4/400	风 兼
YYK-100-4D	100	50	62	220	1 050	850	850	0.31	1.2	50	6/400	16 728(4 000)
YYK-100-6D	100	50	50	220	950	800	800	0.46	0.7	48	4.8/450	14 638~16 728 (3 500~4 000)
YYK-100-6GD	100	50	50	220	950	800	800	0.46	0.7	48	4.8/450	14 638~16 728 (3 500~4 000)
YYK-120-4	120	50	62	220	1 350	1 230	1 230	0.55	1.2	52	6/400	风 兼
YYKF-120-4	120	50	55	220 380	1 200	1 000	1 000	0.36	1.2	52	6/450 3/550	16 728(4 000) 12 540,14 638 (3 000,3 500)
YYK-250-4	250	50	60	380	1 300	1 200	1 100	0.63	1.2	55	3/550	20 900(5 000)

表 3-106 YYKF-120-4 型空调电扇电动机铁心数据

项目	外径	叠厚 (mm)	槽数	气隙 (mm)
定子铁心	∅139.8	40±1	36	0.3
转子铁心	∅182		44	

表 3-107 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 (mm)	Y (mm)	R (mm)	线径	匝数
220V	主绕组	1~9	68	76	8	∅0.42	139
		2~8	58	56	5		123
		3~7	50	38	3		88
	副绕组 I	3~8	50	42	3	∅0.31	88
		2~9	58	58	5		220
		1~10	68	76	8		280
	副绕组 II	2~9	58	58	5	∅0.31	220
		3~8	50	42	3		88
	调速绕组	1~9	68	76	8	∅0.42	35
		2~8	58	56	5		31
		3~7	50	38	3		24
	380V	主绕组	1~9	68	76	8	∅0.33
2~8			58	56	5	198	
3~7			50	38	3	143	
副绕组 I		3~8	50	42	3	∅0.29	175
		2~9	58	58	5		207
		1~10	68	76	8		216
副绕组 II		2~9	58	58	5	∅0.29	207
		3~8	50	42	3		175
调速绕组		1~9	68	76	8	∅0.29	58
		2~8	58	56	5		50
		3~7	50	38	3		36

注:220V 及 380V 绕组电磁线均为 QZ-2 聚酯漆包线,绝缘等级为 E 级。

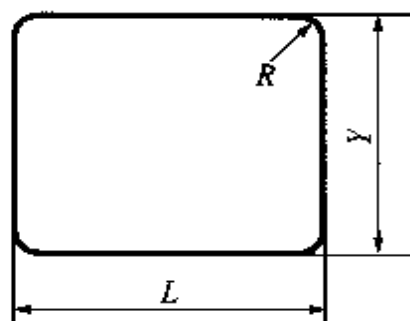


表 3-107 附图 YYKF-120-4 型电动机绕线模尺寸图

③故障原因及检查方法

压缩机组电动机不运转的原因及检查方法如表 3-108 所示。
风扇电动机不运转的原因及检查方法如表 3-109 所示。

表 3-108 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(启动时电压不得低于 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
启动继电器不良 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. 用起子压触点时能导通;触点被烧蚀或弹簧失去弹力等
启动电容器不良	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	测定端子间是否导通
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 3 - 109 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 的端子间导通
电扇电动机的线圈断路	测电扇电动机的引线间导通
电容器不良	选开关使电容器不接入回路,用手拨动风叶后电动机能旋转(电容器接入后不运转时)为电容器不良
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

第四章 变 压 器

第一节 变压器的基本知识

一、变压器的基本原理和额定数据

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。

图 4-1 为双圈式单相变压器原理图。

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

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。

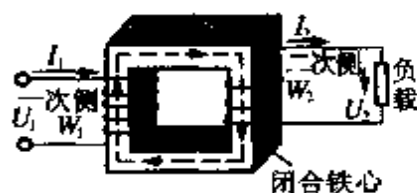


图 4-1 单相变压器的原理图

如果忽略绕组本身压降,则可认为 $U_1 \approx E_1, U_2 \approx E_2$, 于是

$$\frac{U_1}{U_2} \approx \frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1}{W_2}$$

假如两侧绕组没有漏磁,功率输送过程中又没有任何损失,则

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{U_2}{U_1} \approx \frac{W_2}{W_1}$$

变压器常用额定数据如下:

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 kVA 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 V 或 kV 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 A 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/Y₀-12、Y/△-11 标号中 Y 表示星形连接,△表示三角形连接,Y₀表示有中点引线的星形连接。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,只是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、135、180、240、320、420、560、750、1 000…(kW)。

10、20、30、40、50、63、80、100、125、160、200、250、315、400、500、630、800、1 000、1 250、1 600…(kW)。

(2) 变压器的高低压的电压等级:低压侧的电压一般采用 400/230V,即线电压为 400V、相电压为 230V;高压侧的电压有 3 000、3 150、3 300、6 000、6 300、6 600、10 000、13 200、35 000、60 000、110 000、220 000…(V)。

表 4-1 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	调压器	O	自耦
J	油浸	O	自耦	注:O 在前为降压 O 在后为升压	
G	干式	Y	移圈	S、D、 J、F、 FP、Z	同电力
S	三相	A	感应		
F	风冷	C	接触		
S	三绕组	P	强油循环		
FP	强油风冷	X	线端	干式变压器	
Z	有载	Z	中点	G Q H D、S	干式 加强的 防火 同电力
SP	强油水冷	C	串联		
T	成套	S、D、G、 F、J、Z	同电力	低电压变压器	
D	移动式	矿用变压器			
L	铝线	K	矿用变压器		
		D、G、S	同电力		
整流变压器		船用变压器		D	低电压
Z	整流变压器	S	防水	S	水冷
K	电抗器	D、G	同电力	D、J	同电力
J	电力机车用	电阻炉用变压器		串联变压器	
S、D、J、 F、FP	同电力	ZU	电阻炉用	C	串联
		S、D、 J、SP	同电力	S、D、 J、SP	同电力
启动变压器		电炉用变压器		消弧线圈	
Q	启动			X	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		
Y	试验	S、J、 FP、SP	同电力	L	滤波
D、J、G、S	同电力	封闭电弧炉用变压器		F	放大器
中频淬火用变压器				C	磁放大器
R	中频	BH	封闭电弧炉	T	调幅
G	同电力	S、J	同电力	TN	电压调整器
				TX	移相器

注:在变压器型号后面的数字部分中,斜线的左面表示额定容量(kW);斜线的右面表示一次侧的额定电压(kV)。

二、变压器的分类和结构

1. 变压器的分类

表 4-2 变压器的分类

分类法	类 别	细 分 类 别
安装地点	户内 户外	干式、环氧浇注式 油式、柱上式、平台式、一般户外
相数	单相 三相 三相变两相,或两相变三相	T形接法,V形接法
调压方式	无励磁调压 有载调压	
线圈数量	双线圈 三线圈 单线圈自耦	特殊整流变压器其分离的线圈有 多于三线圈者
冷却方式	油浸自冷 油浸风冷 油浸水冷 强油循环 干式自冷 干式风冷	扁管散热或片式散热,瓦楞油箱 附冷却风扇 附油水冷却器 有潜油泵 附风冷却器
导电体材质	铜导线 铝导线 半铜半铝	近年已发展为铝箔或铜箔产品
导磁体材质	冷轧硅钢片 热轧硅钢片	国外有磁铁玻璃体作铁心
使用要求	电炉用 整流用 矿用 船用 中频淬火 试验用 电讯用 电焊用	炼钢或炼电石、炼合金 牵引、传动、电解或高压整流 一般型和防爆型 中频加热 高压耐压试验 调幅变压器 电焊变压器

2. 铁心结构

铁心由铁柱和铁轭两部分组成。绕组套装在铁柱上,而铁轭用来使整个磁路闭合。

变压器铁心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 4-2、图 4-3 所示。

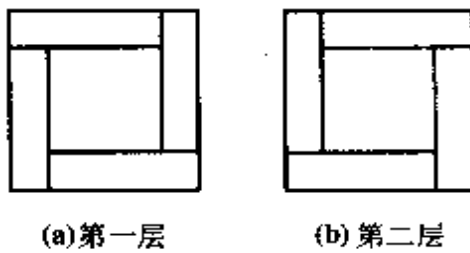


图 4-2 单相变压器铁心叠装图

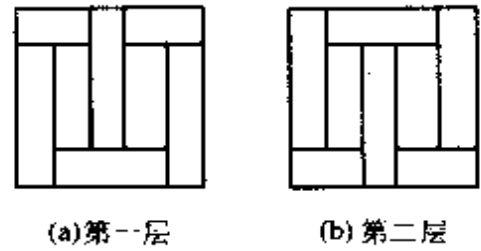


图 4-3 三相变压器铁心叠装图

3. 绕组结构

绕组有同心式和交叠式两种,如图 4-4 所示。

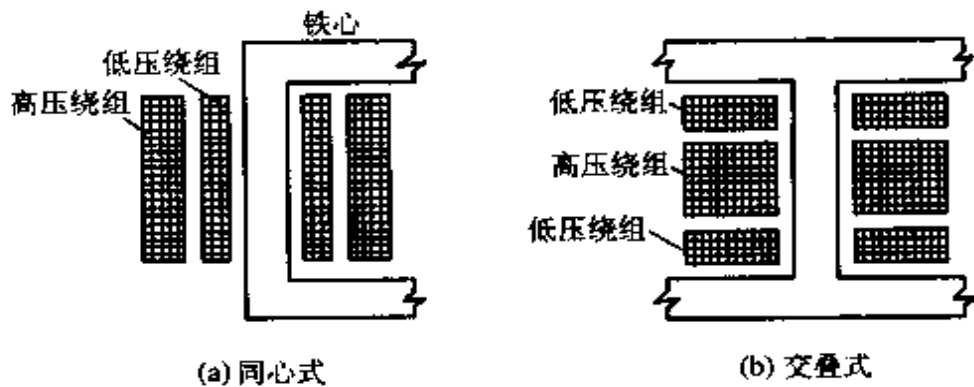


图 4-4 变压器绕组的结构

同心式和交叠式绕组具有不同的电气、机械及热的特性。如表 4-3 所示。同心式绕组结构简单,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。

表 4-3 同心式和交叠式绕组的特性

同心式	圆筒式	单层筒或双层筒式	制造工艺简单,机械强度、轴向承受短路能力较差。多用于电压低于 500V,容量为 10~750kW 变压器中
		多层筒式	用在容量为 10~560kW,电压为 10kV 以下的变压器中
	螺旋式	多用于大于 1000kW,不宜采用双层圆筒式绕组的变压器中	
	分段式	机械强度较好,制造工艺复杂,多用于每柱容量为 350kW 变压器的高压绕组中	
	连续式	机械强度较好,制造工艺复杂,多用于容量为 750kW,电压为 6kV 以上的大、中型变压器中	
交叠式			漏磁小,机械强度好,引线方便,多用于大于 400kW 的电炉变压器

三、变压器的连接组别和极性

1. 变压器的连接组别

对称的三相连接,通常有 Y、 Δ 、Z 三种接法。

变压器绕组的连接标记如图 4-5 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。

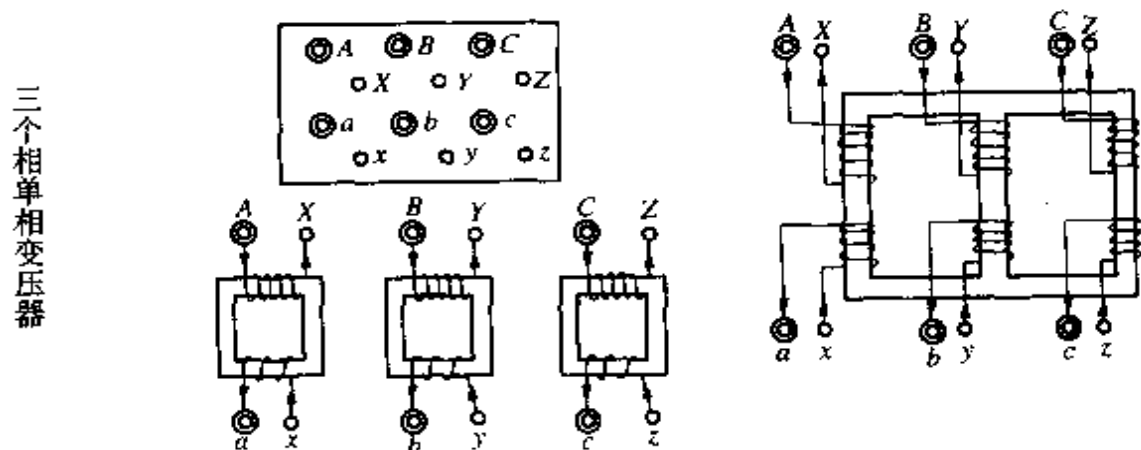
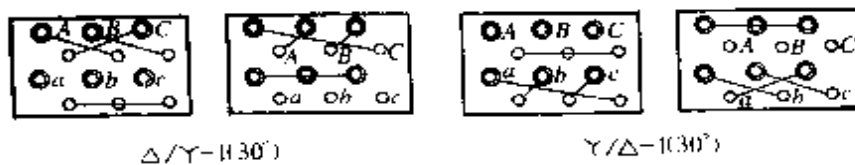


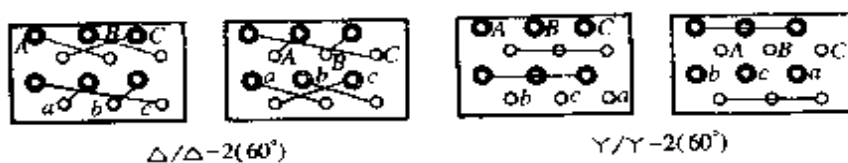
图 4-5 变压器绕组连接标记

以下列出的是变压器各种组别的连接方法。

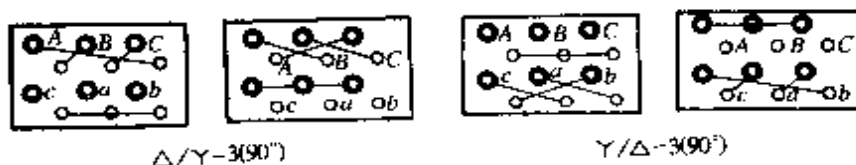
第一组



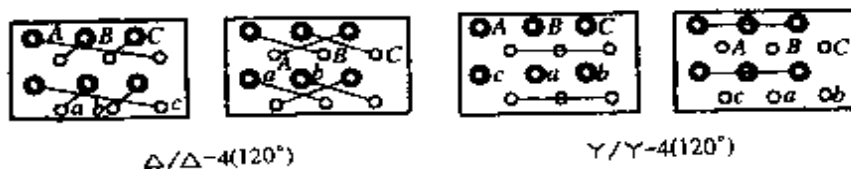
第二组



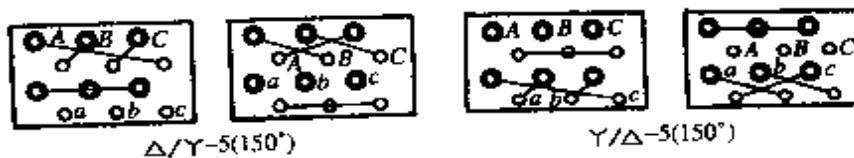
第三组



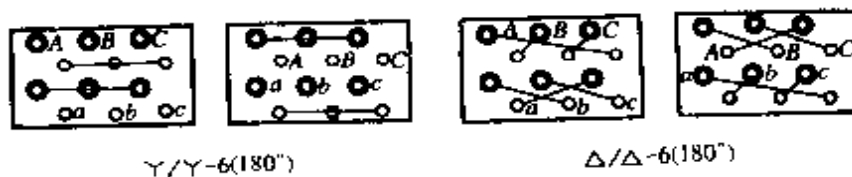
第四组



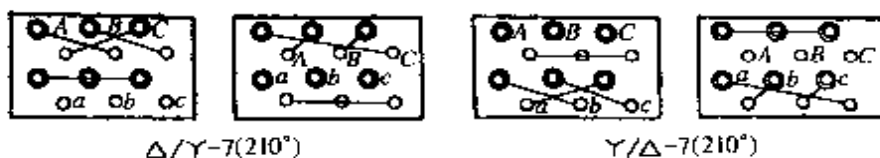
第五组



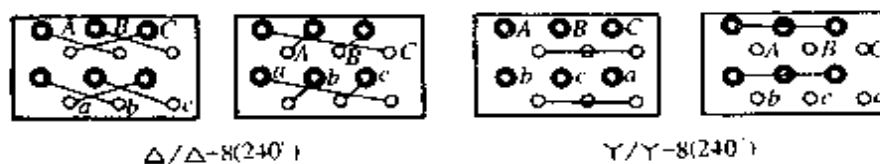
第六组



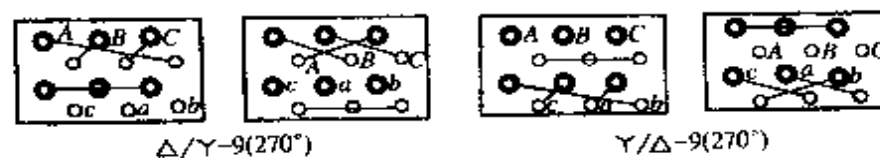
第七组



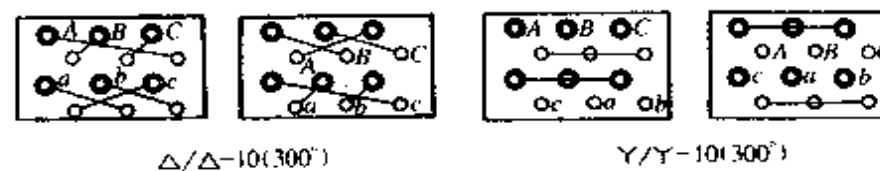
第八组



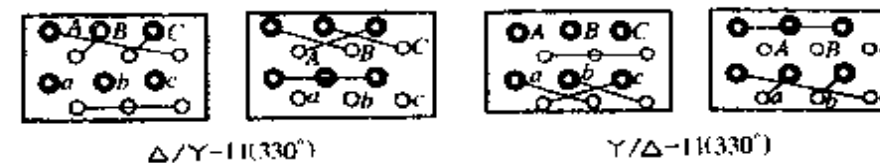
第九组



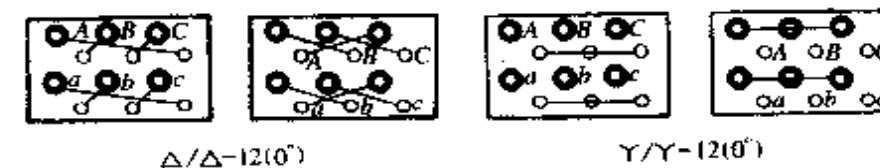
第十组



第十一组



第十二组



2. 三相变压器组别极性

各种接法变压器的三相极性有它一定的规律,表 4-4 列出了三相变压器组别极性的规律。

表 4-4 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^+b^-	b^+c^-	a^+c^-		+	-	a^-b^-	b^+c^-	a^+c^-
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。

第二节 电力变压器的技术数据

SJL 系列变压器的技术数据见表 4-5。

表 4-5 SJL 系列变

容量(kW)		20			30		
额定电压 (kV)	高压	10	6.3	6.0	10	6.3	6.0
	低压	0.4			0.4		
连接组		Y/Y ₀ -12			Y/Y ₀ -12		
阻抗压降(%)		4.5			4.5		
损耗 (W)	空载	174.4	159.2		228.5	204	
	短路	597	586	600	832	828	850
每匝电压(V/匝)		1.833	1.75		2.221	2.1	
重量 (kg)	总重	255			315		
	油重	76			85		
	器身重	133			170		
铁心	直径(mm)	95			105		
	铁柱截面 (cm ²)	58.32			71.46		
	铁柱中心 距(mm)	215			225		
	窗高(mm)	275			300		
	硅钢片重 (kg)	90.52			115.7		
高压绕组	规格(mm)	∅1.04	∅1.35	∅1.35	∅1.2	∅1.56	∅1.56
	型号	QZL			QZL		
高压绕组	总匝数	3 308	2 177	2 078	2 730	1 816	1 733
	并绕根数	1			1		
	导线净重 (kg)	12.7	13.93	13.3	14.98	16.8	16.05
低压绕组	规格 (mm)	2.44 ×6.4	2.63×6.4		2.63 ×9.3	3.05×8.6	
	型号	ZLB0.45			ZLB0.45		
	总匝数	126	132		104	110	
	并绕根数	1			1		
	导线净重 (kg)	5.77	6.59		8.3	9.52	
油箱内部尺寸 及外形尺寸(mm)		690×270×657 950×410×1060			730×280×687 980×460×1090		
散热面积(m ²)		1.597			2.3401		

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 ₀ -12			Y/Y ₀ -12			Y/Y ₀ -12	Y/Y ₀ -12			
4.5			4.5			6.5	4.5			6.5
335	305		546	527			830			
1 311	1 190	1 214	2 272	2 220	2 270		3 586	3 486	3 577	
2.75	2.625		3.787	3.725			5.021 7			
433			692				1 068			
108			157				234			
237			371				572			
115			135				155			
85.95			119.34				158.13			
250			285				315			
360			425				510			
160.62			249.8				386			
∅1.45	∅2.02	∅2.02	∅2.02	∅2.63	∅2.63		∅2.83	1.95 ×5.5	1.95 ×5.5	
QZL	ZL		ZL				ZL	ZLB0.45		
2 205	1 452	1 386	1601	1022	976		1207	758	724	
1			1				1			
19.85	24.7	23.3	31.45	34.1	32.2		51.3	53.6	51.1	
3.28 ×13.5	3.28×13.5		7.0×11.6				6.5×9.3			
ZLB0.45			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				1 010×380×987			
1 050×560×1 170			1 150×790×1 870				1 450×840×1 630			
3.667			5.909				8.923			

续

容量(kW)		320				560			
额定电压 (kV)	高压	10	6.3	6.0	35	10	6.3	6.0	35
	低压	0.4				0.4			
连接组		Y/Y ₀ -12				Y/Y ₀ -12			
阻抗压降(%)		4.5		6.5		4.5		6.5	
损耗(W)	空载	1 212				1 878			
	短路	5 702	5 476	5 595		9 000	8 615	8 840	
每匝电压(V/匝)		6.416 6				8.555			
重量 (kg)	总重	1 590				2 330			
	油重	318				453			
	器身重	826				1 198			
铁 心	直径(mm)	175				200			
	铁柱截面 (cm ²)	202.32				265.14			
	铁柱中心 距(mm)	335				370			
	窗高(mm)	610				705			
	硅钢片重 (kg)	555.4				819			
高压 绕组	规格(mm)	2.44 ×4.7	3.28 ×5.9		2.26 ×7.4	3.05×9.3			
	型号	ZLB0.45				ZLB0.45			
	总匝数	945	594	567		709	445	425	
	并绕根数	1				1			
	导线净重 (kg)	76.5	82.5	78.6		94.6	102.2	97.6	
低压 绕组	规格(mm)	3.8×13.5				4.4×14.5			
	型号	ZLB0.45				ZLB0.45			
	总匝数	36				27			
	并绕根数	2×2				2×3			
	导线净重 (kg)	39.5				63.2			
油箱内部尺寸 及外形尺寸(mm)		1 080×410×1 127 1 550×1 020×1 780				1 190×450×1 287 1 940×1 200×2 000			
散热面积(m ²)		14.882				24.17			

表

750						1 000			
10	6.3	6.0	35			10	6.3	6.0	
0.4			10.5	6.3	3.15	0.4			
Y/Y ₀ -12			Y/△-11			Y/Y ₀ -12			
4.5		6.5				4.5			
3 260			3 660			4 100			
11 500	10 810	11 030	11 470	11 390	11 420	11 440	13 890	13 450	13 260
11			11.111			12.833			
3 620		4 810	4 750			4 300			
870		1 660	1 620			1 030			
1 750		1 980	1 960			2 120			
230						245			
345.33						395.37			
430		490	500			450			
815		910	870			895			
1 240.7		1 334.7	1 363.7			1 505			
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	
ZLB 0.45			ZLB 0.45, 1.35			ZLB 0.45			
551	346	331	1 929	1 908		472	297	284	
1			1			1			
103	117	111	126.5	130		123.5	131.5	136	
4.1×11.6			3.8× 12.5	1.35 ×8.6	2.1 ×9.3	3.8×14.5			
ZLB 0.45			ZLB 0.45			ZLB 0.45			
21			21	945	567	283			
2×6			2×6	1	1	2			
90			91.5	81	81	81			
1 350×600×1 550			1680× 700×1965	1 680×700 ×1 925		1 400×630×1 715			
2 155×1 350×2 755			2300× 1380×3100	1 300×1 380 ×3 150		2 215×1 510×2 920			
30.85			31	30.9		36.8			

续 表

容量(kW)		1 000						
额定电压 (kV)	高压	10		6.0	35			
	低压	6.3	3.15	3.15	0.4	10.5	6.3	3.15
连接组		Y/Δ-11			Y/Y ₀ -12		Y/Δ-11	
阻抗压降(%)		5.5			6.5			
损耗(W)	空载	3 840			4 520	4 400		
	短路	13 620	13 600	13 540	13 500	14 190	13 310	13 720
每匝电压(伏/匝)		12.753			12.833	12.758	12.753	
重 量 (kg)	总重	4 180			5 630	5 570		
	油重	980			1 790	1 790		
	器身重	2 040			2 380	2 320		
铁 心	直径(mm)	245						
	铁柱截面(cm ²)	395.37						
	铁柱中心 距(mm)	475			510	520		
	窗高(mm)	770			975	935		
	硅钢片重(kg)	1 427			1 654	1 630		
高压 绕组	规格(mm)	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	1 654	1 664			
	并绕根数	1						
	导线净重(kg)	140	141.5	154.5	159			
低压 绕组	规格(mm)	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	18	823	494	247
	并绕根数	1	2		2×8	1		2
	导线净重(kg)	101	102.5	102.5	122	93	110	101.5
油箱内部尺寸 及外形尺寸(mm)		1 480×650×1 490 2 385×1 530×2 695			1 680 ×740 ×2 050 2 340 ×1 550 ×3 275	1 700×740×2 010 2 360×1 550×3 235		
散热面积(m ²)		37.25			37.24	37.2		

第三节 干式变压器

这里介绍电压低于 500V,容量在 5~100kW 范围内的中小型空气自冷式三相干式变压器。

1. 主要电气数据

- ① 额定容量 S_N (kVA)。
- ② 一、二次侧线电压 U_{1L} 、 U_{2L} (V)。
- ③ 绕组接法,如 Y/Δ_{-11} $Y/Y_{0.12}$ 等。

2. 计算步骤

(1) 一、二次侧电流、电压

① 一、二次侧线电流

$$I_L = \frac{S_N}{\sqrt{3}U_L} \text{ (A)}$$

② 一、二次侧相电流

$$\Delta \text{接法: } I = \frac{1}{\sqrt{3}} I_L \text{ (A)}$$

$$Y \text{接法: } I = I_L \text{ (A)}$$

③ 一、二次侧相电压:

$$\Delta \text{接法: } U = U_L \text{ (V)}$$

$$Y \text{接法: } U = \frac{1}{\sqrt{3}} U_L \text{ (V)}$$

(2) 铁心直径计算

铁心直径按下式确定:

$$D = K \sqrt[4]{S_{\#}} \text{ (mm)}。$$

式中： K ——经验系数，三相双圈变压器 $S_{\text{柱}} = \frac{S_N}{3}$ (kVA)，单相双圈变压器 $S_{\text{柱}} = \frac{S_N}{2}$ (kVA)。

根据计算结果，查表 4-6 选标准直径铁心。热轧涂漆硅钢片取叠片系数 $K_D = 0.91$ ，冷轧涂漆硅钢片 $K_D = 0.92$ 。从而可以确定铁心柱净截面积 S_C (cm²)。

(3) 铁轭截面的确定

为了减少空载电流，铁轭截面应当采用三相三柱式多级铁心截面。铁轭截面 S_Y 可按下式确定：

$$S_Y = 1.05 \sim 1.10 S_C \text{ (cm}^2\text{)}$$

(4) 铁轭高度 h_Y 的确定

$$h_Y = \frac{S_C}{K_D T} \text{ (cm)}$$

式中： K_D ——叠片系数；

T ——铁心叠片厚度 (cm)；

S_C ——铁心心柱净截面积 (cm²)。

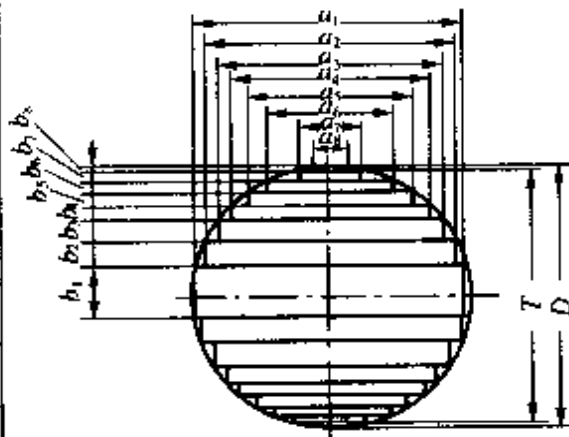
(5) 计算每匝电压 e_1

$$e_1 = 2.22 B_{mc} S_C \times 10^{-6} \text{ (V/匝)}$$

式中： B_{mc} ——铁心心柱磁通密度 (T)，可参考表 4-7 选取。

表 4-6 干式变压器铁心柱截面积及各级尺寸

外接圆直 径 D (mm)	视在面积(毛 面积) S'_c (cm ²)	净面积 S_c (cm ²) *		铁心柱宽度 (mm)								铁心柱厚度 (mm)								利用系 数 K_s
		0.91 S'_c	0.925 S'_c	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7	b_8	
70	34.30	31.21	31.56	65	60	50	35	20			26	5	6	6	3					66
75	39.90	36.31	36.71	70	65	55	40	25			27	5	7	6	4					71
80	45.30	41.32	41.68	75	65	55	40	25			28	9	6	5	4					76
85	51.00	46.41	46.92	80	70	60	45	25			28	10	6	6	4					80
90	57.75	52.55	53.13	85	75	65	50	30			29	10	7	6	5					85
95	64.30	58.52	59.16	90	80	65	50	30			30	11	9	5	5					90
100	70.95	64.57	65.27	95	85	70	55	30			31	11	9	6	6					95



* 系指在表中 S_c 前面的系数为叠片系数 K 。

续 表

外接圆直 径 D(mm)	视在面积(毛 面积) $S'_c(\text{cm}^2)$	净面积 $S_c(\text{cm}^2)^*$		铁心柱宽度(mm)								铁心柱厚度(mm)								利用系 数 K_s	
		$0.91S'_c$	$0.925S'_c$	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7	b_8		T
105	79.50	72.35	73.14	100	90	80	65	50	30			32	11	7	7	5	4			100	0.92
110	87.15	79.31	80.18	105	95	85	70	55	30			33	11	7	8	5	5			105	0.92
115	95.00	86.45	87.40	110	100	90	75	55	30			34	11	8	7	5	5			110	0.91
120	104.10	94.73	95.77	115	105	90	75	60	35			34	12	11	7	5	5			114	0.92
125	112.80	102.65	103.78	120	110	95	80	60	35			35	12	11	8	6	5			119	0.92
130	122.55	111.52	112.75	125	115	100	85	65	35			35	13	11	8	7	6			125	0.92
135	132.00	120.12	121.44	130	115	105	85	65	40			37	17	7	10	7	5			129	0.92
140	141.95	129.18	130.59	135	120	110	90	70	40			37	18	7	10	7	7			135	0.92
145	152.20	138.50	140.02	140	125	110	95	70	40			38	18	10	8	8	7			140	0.92
150	165.00	150.15	151.80	145	135	120	105	90	65	40		38	14	12	9	6	8	4		144	0.93
155	175.80	159.90	161.74	148	140	125	110	90	70	40		45	11	12	9	9	6	5		149	0.93
160	188.30	171.35	173.24	155	145	130	115	95	70	40		40	14	13	9	8	8	6		156	0.94
165	199.46	181.51	183.50	160	148	135	115	95	70	35		41	16	11	12	8	7	6		161	0.93
170	211.55	192.51	194.63	165	155	140	120	100	75	45		41	14	14	12	8	8	5		163	0.93
175	224.30	204.11	206.36	170	160	140	125	100	75	45		41	15	17	9	10	8	5		169	0.93
180	237.30	215.94	218.32	175	160	145	125	105	80	45		42	30	12	12	8	8	6		174	0.93
185	250.44	227.90	230.40	180	165	148	130	110	80	45		43	20	14	10	9	9	6		179	0.93
190	263.65	239.92	242.56	185	170	155	135	110	85	50		43	21	12	12	11	7	7		183	0.93
195	278.50	253.44	256.22	185	175	160	140	115	85	60		62	12	13	12	11	9	6		188	0.93
200	292.50	266.18	269.10	195	180	160	140	115	85	50		44	21	17	11	11	8	7		194	0.93

续表

外接圆直径 D(mm)	视在面积(毛面积) $S_c(\text{cm}^2)$	净面积 $S_c(\text{cm}^2)^*$		铁心柱宽度(mm)								铁心柱厚度(mm)								利用系数 K_s
		$0.95S_c$	$0.925S_c$	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7	b_8	
205	308.60	280.83	283.91	200	185	165	145	120	90	50	45	22	16	12	11	9	7	199	0.935	
210	322.08	293.09	296.31	200	185	170	148	120	90	55	64	18	11	13	12	9	6	202	0.93	
215	339.20	308.67	312.06	210	195	175	148	125	95	55	46	23	17	15	10	8	8	208	0.934	
220	353.60	321.78	325.31	210	200	180	155	130	95	55	66	13	17	15	11	10	7	212	0.93	
225	372.05	339.11	342.84	215	200	180	160	130	100	55	67	18	16	15	13	9	8	219	0.937	
230	387.10	352.26	356.13	220	205	185	160	135	100	55	67	19	16	14	10	11	8	223	0.93	
235	404.20	367.82	371.86	225	210	185	165	135	100	65	68	19	19	12	12	10	7	226	0.93	
240	422.90	384.84	389.07	230	215	195	170	140	105	65	69	19	17	14	13	11	7	231	0.935	
245	445.10	403.22	407.65	235	220	200	180	155	130	100	60	20	16	13	11	10	8	238	0.944	
250	460.90	419.42	424.03	240	225	210	185	165	135	100	60	20	13	16	10	11	9	242	0.94	
255	480.70	437.44	442.24	245	230	215	185	165	135	100	60	21	14	19	10	10	9	248	0.94	
260	500.34	455.31	460.31	248	235	220	195	170	140	105	65	17	14	16	13	11	9	252	0.942	
265	517.10	470.56	475.73	255	240	225	200	175	140	110	60	21	14	14	12	13	8	258	0.938	
270	539.60	491.04	496.43	260	245	225	205	175	145	110	65	19	18	13	15	11	9	262	0.942	
275	557.83	507.63	513.20	265	248	230	205	180	145	110	65	23	16	16	12	13	9	267	0.939	
280	581.06	528.76	534.58	270	255	235	210	180	148	115	65	21	19	16	15	11	9	272	0.944	
285	600.80	546.73	552.74	275	260	240	215	185	155	115	70	21	19	17	15	11	10	276	0.942	
290	621.90	565.93	572.15	280	265	245	220	185	155	120	70	21	19	16	17	12	9	282	0.942	
295	643.16	585.28	591.71	285	270	248	220	185	155	120	70	21	21	18	17	11	9	286	0.941	
300	663.20	603.51	610.14	290	275	255	225	195	160	115	70	21	19	20	15	13	12	291	0.938	

表 4-7 铁心心柱磁通密度 B_m 表

铁心材料	磁通密度(B_m)(T)	绝缘耐热等级
热轧钢片	1.2~1.35	B
	1.3~1.45	H
冷轧钢片	1.4~1.55	B
	1.5~1.65	H

(6) 一、二次侧线圈匝数的确定

一般先计算出低压线圈匝数,然后计算高压线圈匝数。低压线圈匝数:

$$W_2 = \frac{U_2}{e_1} (\text{匝}) (\text{取整数})$$

$$W_1 = \frac{U_1}{U_2} W_2 (\text{匝})$$

(7) 确定导线截面积 A

$$A = \frac{I}{j} (\text{mm}^2)$$

当选用圆线时,导线直径可按下式计算:

$$d = 1.13 \sqrt{\frac{I}{j}} (\text{mm})$$

式中: I ——相电流(A);

j ——电流密度(A/mm²),按表 4-8 选取;

d ——导线直径(mm);

A ——导线截面积(mm²)。

(8) 线圈结构形式的确定

线圈排列方式主要决定于阻抗电压、出线方式、绝缘结构是否合理等因素。干式变压器一般为双线圈变压器,二次侧或称低压侧电流较大,为了便于出线,应将二次线圈放在外面。线圈形式一般

为圆筒式、连续式、螺旋式等几种。低压圆筒式要求每层匝数相等，层数应为双数。一、二次侧线圈高度应相同，引出线在同一端面。

在结构上，要求线圈的高度低于铁心窗口高度，绕制时线圈两端应加绝缘端圈。线圈最大外径尺寸加上外线圈间的绝缘距离，应等于变压器铁心的中心距 M_0 （一般为 5 的倍数）。为了使线圈有良好的散热条件和合理的工艺布置，应考虑线圈层间留有足够的通风道。通风道尺寸按表 4-9 选取。圆筒式层间绝缘按表 4-10 选取。线圈尺寸（包括线规）的最后确定，应保证温升、损耗、阻抗电压等主要指标不超过有关标准规定的允许值。

表 4-8 干式变压器电流密度

线圈材料	电流密度 (A/mm ²)		绝缘耐压等级
	内线圈	外线圈	
铜导线	1.4~2.1	2~3	B(E)*
	2.4~3.6	2.8~4.3	H
铝导线	1.0~1.5	1.6~2.1	B
	1.5~2.1	1.8~2.3	H

* 系指 B(E)耐热绝缘等级中，B 级作为辅助绝缘，E 级作为主绝缘。

表 4-9 圆筒式线圈层间气道宽度

线圈高度(包括端圈)(mm)	轴向气道宽度(mm)
400 及以下	10
401~500	12
501~600	15
601~700	18

表 4-10 圆筒式线圈层间绝缘

两层间工作电压(V)	0.15 玻璃漆布张数
300 及以下	2~6
301~500	4~5

(9) 导线重量 G_d 的计算

$$G_d = 3g L_{CP} \cdot A \cdot W \times 10^{-6} \text{ (kg)} \text{ (单相变压器无系数 3)}$$

式中： g ——导线比重(铜线为 $8.9\text{kg}/\text{dm}^3$ ，铝线为 $2.7\text{kg}/\text{dm}^3$)；

L_{CP} ——线圈平均匝长(mm)， $L_{CP} = \pi d_{CP}$ ；

d_{CP} ——线圈平均直径(mm)；

A ——导线截面积(mm^2)；

W ——线圈总匝数。

按上式可分别求出一、二次侧导线重量。

(10) 铁心柱窗高 h_c 的确定

铁心柱窗高 h_c 为绕组的高度(线到线的高度)加上绕组到铁轭距离的 2 倍。试验电压在 5kV 以下的主绝缘距离，可参考图 4-6 和表 4-11 确定。

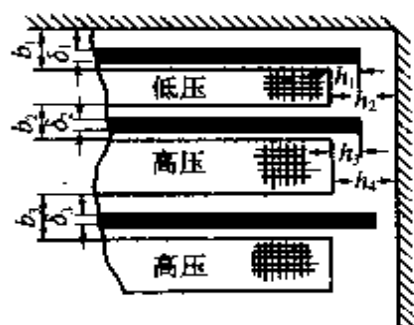


图 4-6 干式变压器主绝缘结构示意图

表 4-11 干式变压器主绝缘尺寸

电压等级 (kV)	试验电压 (kV)	绝缘耐 热等级	主绝缘尺寸(mm)									
			b_1	δ_1	h_1	h_2	b_2	δ_2	h_3	h_4	b_3	δ_3
≤ 1	3	B H	10	0		15	10	0		15	10	0
3	10	B	14	2.5~3	15	30	10	2.5~3	10	20	11	2
		H	15									
6	16	B	27	4	30	55	22	4	25	45	25	3
		H	30									
10	24	B	50	5	50	100	40	5	40	80	45	8
		H	52									

(11) 计算铁心重量 G_{Fe} ：

$$G_{Fe} = 3r_{Fe} \cdot h_c \cdot S_C \times 10^{-3} + 2r_{Fe} \cdot L \cdot S_Y \times 10^{-3} \text{ (kg)}$$

式中： r_{Fe} ——硅钢片比重，冷轧硅钢片 $r_{Fe} = 7.65(\text{kg}/\text{dm}^3)$ ，

热轧硅钢片 $r_{Fe} = 7.55(\text{kg}/\text{dm}^3)$ ；

L ——铁轭总长度(mm)。

实际购买硅钢片时,应放适当裕量。

第四节 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、二次侧共用同一个绕组,其变压比有固定的和可调的两种。降压启动中的自耦变压器的变压比是固定的,接触式调压器的变压比是可变的。自耦变压器具有结构简单、用料省、体积小等优点,但它在某些场合不宜使用,特别是不能用作行灯变压器。

下面我们对两种自耦变压器作个比较。如表 4-12。参照图 4-7、4-8。

表 4-12 自耦变压器与接触式调压器的比较

变压比是固定的自耦变压器	单相	$I_2 = I_1 + I$ (降压) $I_2 = I_1 - I$ (升压) $P_{S1} = U_1 I_1 \quad P_{S2} = U_2 I_2$	二次侧线电压是固定的
	三相	$I_2 = I_1 + I$ (降压) $I_2 = I_1 - I$ (升压) $P_{S1} = \sqrt{3}U_1 I_1 \quad P_{S2} = \sqrt{3}U_2 I_2$	二次侧电压是固定的
接触式调压器	单相	$I_2 = I_1 + I$ (降压) $I_2 = I_1 - I$ (升压) $P_{S1} = U_1 I_1 \quad P_{S2} = U_2 I_2$	二次侧电压可变。既可升压,也可降压。两次侧电压愈大,输出容量愈大,利用率愈高
	三相	$I_2 = I_1 + I$ (降压) $I_2 = I_1 - I$ (升压) $P_{S1} = \sqrt{3}U_1 I_1 \quad P_{S2} = \sqrt{3}U_2 I_2$	二次侧线电压可变。两次侧线电压愈大,输出容量愈大,利用率愈高

注:1. 表中 I_1, I_2 ——一、二次侧(线)电流(A); U_1, U_2 ——一、二次侧(线)电压(V);
 P_{S1}, P_{S2} ——一、二次侧视在功率。

2. 在低压时使用应注意,调压器不可使二次侧电流超过铭牌规定的额定电流值,不宜长期当作固定的自耦变压器来使用。

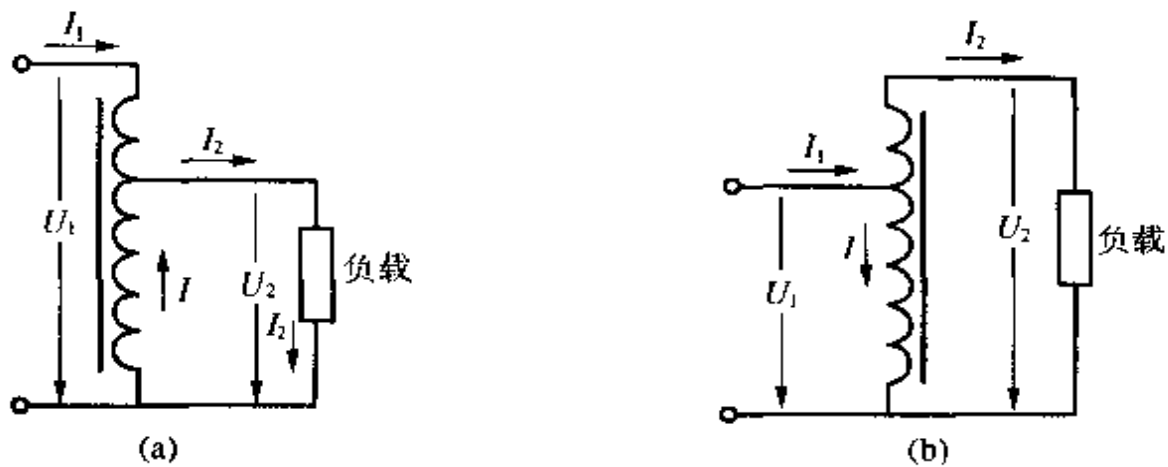


图 4-7 单相自耦变压器的电路

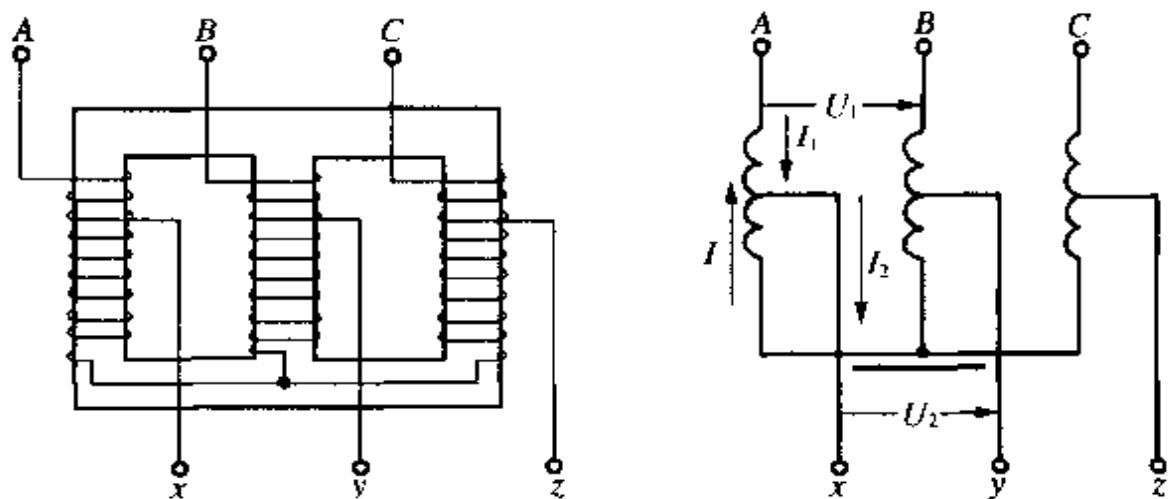


图 4-8 三相降压自耦变压器的电路

二、整流变压器

整流变压器是供整流设备用的电源变压器。它的任务就是将交流电压变换成一定大小和相数的电压,然后再经过整流元件整流,以满足直流输出的要求。

1. 整流变压器的特点

由于整流变压器在整流电路中作用的特殊性,使它还具有与

普通变压器不同的一些特点:

① 整流变压器的视在功率比直流输出功率大,除桥式电路外,二次侧的视在功率也比一次侧大。

② 整流变压器的外形较矮胖,其绕组和铁心等结构的机械强度也需加强。

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。

2. 整流变压器的计算

(1) 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 U_z 和电流 I_z ;直流电压调整率;交流电源输入电压 U_x 、电流 I_x 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) 接法

少数小容量整流变压器采用 Y/Y 接法。多数整流变压器都采用 Y/Δ (较小功率)或 Δ/Y (较大功率)的接法。或在铁心上附有闭合的第三绕组,大功率的变压器采用双反 Y 带平衡电抗器的接法。

(3) 二次侧相电压 U_{x2} :

根据直流输出电压 U_z 及整流电路形式,查表 4-13 可知二次侧相电压 U_{x2} ,一般, U_{x2} 应增加 5%~10%,对低电压、大电流的负载应再增加些。

(4) 根据直流输出电流 I_z 和整流电路形式,可由表 4-13 查得二次侧相电流 I_{x2} 。

(5) 计算或查表 4-13 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_{pj} :

$$P_{s1} = m_1 U_{xs1} I_{xs1} \times 10^{-3} \text{ (kVA)}$$

$$P_{s2} = m_2 U_{xs2} I_{xs2} \times 10^{-3} \text{ (kVA)}$$

$$P_{pj} = \frac{P_{s1} + P_{s2}}{2} \text{ (kVA)}$$

(6) 铁心和绕组的设计计算步骤和普通电力变压器相同,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。对油浸式变压器:

热轧 D43(0.35) $B_m = 1.3 \sim 1.4 \text{ T}$

冷轧 $B_m = 1.6 \sim 1.65 \text{ T}$

② 油面温升取低于电力变压器 5°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(绕组及铁心)如表 4-14 所示。

表 4-13 各种整流电路的参数表

电路名称	单相半波	单相全波	单相桥式(全波)	三相半波(星形零点)	三相星形桥式
整流电路图					
变压器绕组接法 (一次侧/二次侧)	/	/±	/	Y或Δ/Y	Y或Δ/Y
输出电压波形					
一次侧相电流 I_{s1}	$1.21K I_z$	$1.11K I_z$	$1.11K I_z$	$0.47K I_z$	$0.816K I_z$
二次侧相电压(有效值) U_{s2}	$2.22U_z + N_e$	$1.11U_z + N_e$	$1.11U_z + 2N_e$	$0.855U_z + N_e$	$0.427U_z + 2N_e$
二次侧相电流(有效值) I_{s2}	$1.57I_z$	$0.785I_z$	$1.11I_z$	$0.577I_z$	$0.816I_z$
一次侧容量 P_{s1}	$2.69U_z I_z$	$1.23U_z I_z$	$1.23U_z I_z$	$1.21U_z I_z$	$1.05U_z I_z$
二次侧容量 P_{s2}	$3.49U_z I_z$	$1.74U_z I_z$	$1.23U_z I_z$	$1.49U_z I_z$	$1.05U_z I_z$
平均计算容量 P_{s3}	$3.09U_z I_z$	$1.48U_z I_z$	$1.23U_z I_z$	$1.35U_z I_z$	$1.05U_z I_z$

注: e —硅元件正向压降; N —硅元件的串联只数; $K = \frac{U_z}{U_1}$ 。

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/yn	Y或Δ/*
输出电压波形		
一次侧相电流 $I_{x\alpha 1}$	$0.407K I_2$	$0.576K I_2$
二次侧相电压(有效值) $U_{x\alpha 2}$	$0.855U_2 + N_c$	$0.744U_2 + N_c$
二次侧相电流(有效值) $I_{x\alpha 2}$	$0.289 I_2$	$0.407 I_2$
一次侧容量 P_{s1}	$1.05U_2 I_2$	$1.28U_2 I_2$
二次侧容量 P_{s2}	$1.48U_2 I_2$	$1.81U_2 I_2$
平均计算容量 P_{pj}	$1.26U_2 I_2$	$1.43U_2 I_2$

表 4-14 部分三相干式整流变压器技术数据

容量(kVA)	2.5	10	15	25	30	40	45	50	60	100
整流电路形式	三相全桥	三相全桥	三相全桥	三相全桥	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
接线方式	Y/Δ	Y/Δ	Y/Δ	Y/Δ	Δ/Y-Δ	Y/Δ	Δ/Y-Y	Y/Δ	Y/Δ	Y/Y
直流电压(V)	36	70	70	110	12	170	12	170	275	240
直流电流(A)	30	130	200	200	1 500	200	2 500	250	200	400
电压(V)	248	376	376	376	450	289	480	376	220	220
匝数	376	284	234	183	196	117	160	130	70	38
电流(A)	3.5	9.55	14.6	22.7	18.7	45.2	27	43.5	100	165
线规	Ø1.35	Ø1.95	Ø2.83	Ø3.53	Ø4.1	2×(1.56) ×6.9	2.1 ×5.1	2×(1.35) ×6.9	3.05 ×14.5	2×(2.63) ×13.5
电压(V)	30	58.4	58.4	90.4	13.75	138.2	12.5	138.2	230	110
匝数	46	44	36	44	6	56	4	48	72	11
电流(A)	28.3	61.3	94.1	94.1	434	94.1	72.5	11.8	94	328
线规	Ø3.53	2×(1.682) ×6.4	2×(2.442) ×8	2×(2.83) ×6.9	(4.7×8) 并式三 并并联	2×(2.83) ×7.4	铜排 8×24	2×(2.83) ×9.3	3.05 ×14.5	2×(2.63) ×10 并式三 并并联
每匝电压(V/匝)	0.66	1.33	1.6	2.05	2.295	2.46	3	2.89	3.2	5.8
磁通密度(T)	1.1	1.1	1.1	1.13	1.14	1.13	1.14	1.1	1.13	1.22

续表

截面 (cm ²)	27	51.2	66.4	80.4	90.85	99.7	118.5	142	214
直径 D(mm)	Ø64	Ø92	Ø102	Ø112	Ø120	Ø125	Ø130	Ø146	Ø185
M(mm)	142	230	254	275	234	288	250	319	385
H(mm)	261	380	399	430	450	494	470	598	644
A(mm)	342	543	600	652	580	692	622	778	946
h(mm)	155	214	215	230	250	280	260	334	350
C(mm)	84	147	162	173	122	172	128	179	209

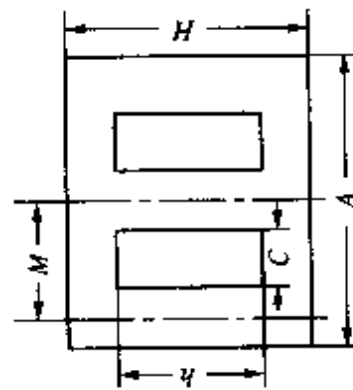
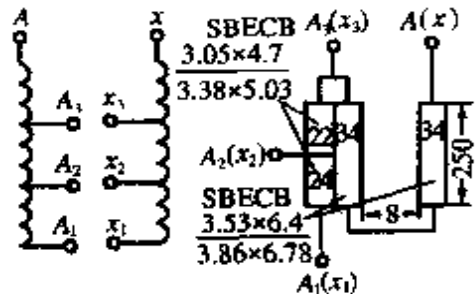
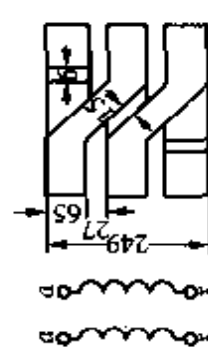
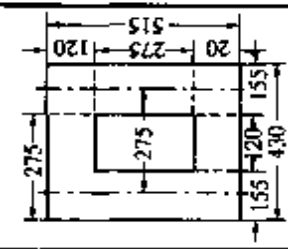


表 4-14 附图

三、盐浴炉变压器

表 4-15 ZUDGZ 系列单相盐浴炉变压器的技术数据

型号	开关位置	视在容量 (kVA)	一次侧 (380V)		二次侧 (3 匝)		磁通密度 (T)	铁心尺寸 (mm)				
			匝数	电流 (A)	接法	绕组连接与线规			电压 (V)	电流 (A)	绕组连接	
253	2	15.9	180	41.8	A_2-X_2 (串联)		6.35			0.555		
	3	21	136	55.4	A_3-X_3 (串联)		8.41	2500				0.735
	5	25	114	65.7	$A-X_1$ $X-A_1$ (并联)		10					0.875
	6*	31.8	90	83.6	$A-X_2$ $X-A_2$ (并联)		12.7					1.11
	7*	41.7	68	110	$A-X_3$ $X-A_3$ (并联)		16.7					1.405

续表

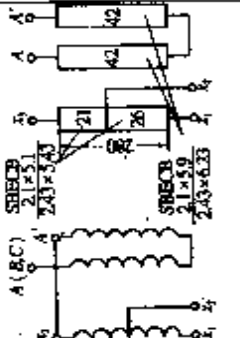
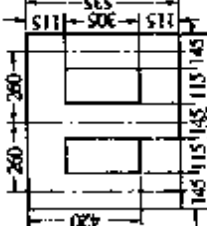
型号	开关位置	视在容量 (kVA)	一次侧 (380V)		二次侧 (3 匝)		磁通密度 (T)	铁心尺寸 (mm)			
			匝数	电流 (A)	接法	绕组连接与线规			电压 (V)	电流 (A)	绕组连接
353	1	19.2	210	32	A_1-X_1 (串联)		5.4	2250	 连接组别 I/I-12	0.445	$\varnothing 165$ D43-0.35 硅钢片
	2	19.6	184	51.5	A_2-X_2 (串联)		6.2	3150		0.512	
	3	22.7	158	59.7	A_3-X_3 (串联)		7.2	3150		0.594	
	4	40	132	105	$A-X_1$ (串联)		8.65	4630		0.713	
	5	50	105	132	$X-A_1$ (并联)		10.8	4630		0.89	
	6*	57.5	92	151	$A-A_3$ (并联)	 SBECB $\frac{2.1 \times 3}{4.4 \times 8.0}$ 4.8×8.4	12.4	4630		1.021	
	7*	66.7	79	175	$X-A_3$ (并联)	 SBECB $\frac{5.1 \times 9.3}{5.5 \times 9.7}$ 2 1 3	14.4	4630		1.19	
	8*	80	66	210	$X-A_4$ (并联)		17.3	4630		1.426	

续表

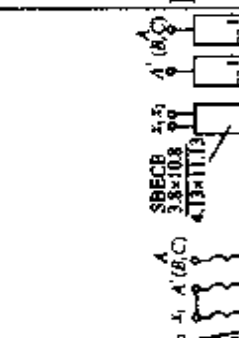
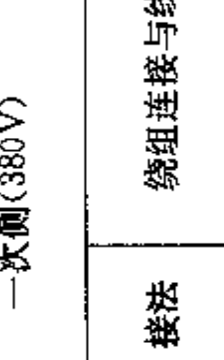

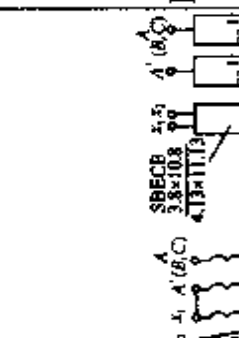
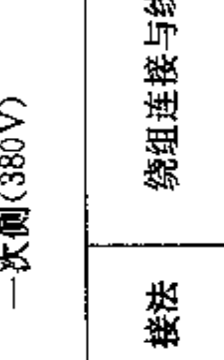
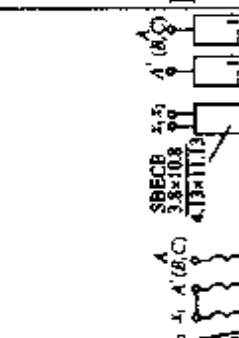
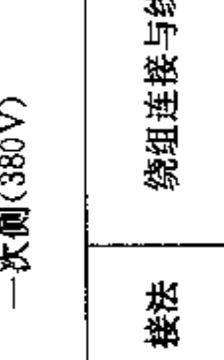
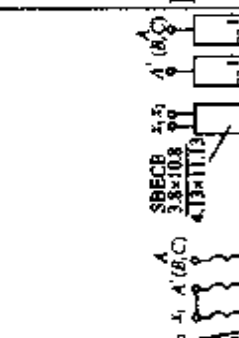
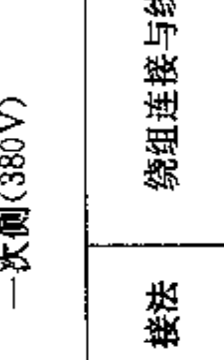
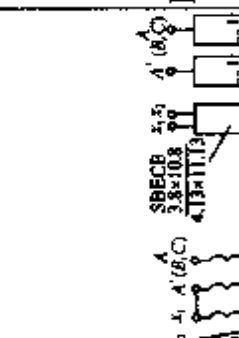
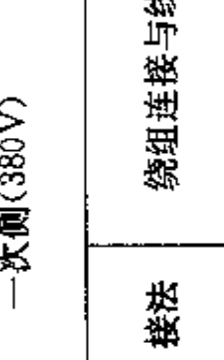
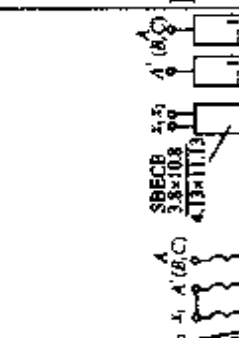
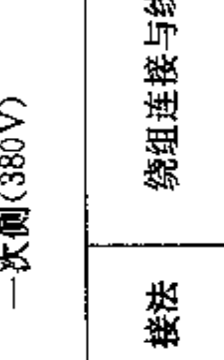
型号	开关位置	视在容量 (kVA)	一次侧 (380V)			二次侧 (3 匝)		磁通密度 (T)	铁心尺寸 (mm)
			匝数	电流 (A)	接法	绕组连接与线规	电压 (V)		
1003	1	57.5	101	87.4	X ₂ -Y ₂ -Z ₂			5.38	160 160 160 120 120 120 400
	2	70.8	83	107.6	X ₁ -Y ₁ -Z ₁			6.55 110	5.38
	3	89.5	65	136.4	A-B-C			8 5 110	6.55
	4	100	104	152	A-Z ₂			10.15 110	8.55
	5*	118	583	180	B-X ₂			11.35 110	9.3
	6*	140	65	212.7	C-Y ₂			13.74 900	11.37
				A-Z ₁	17.64 600	14.48		Ø165D43—0.35 硅钢片	
				ΔB-X ₁					
				C-Y ₁					
				A-C					
				B-A'					
				C-B					

注:开关位置有*者允许在每8h内使用不超过1.5h。

表 4-16 ZUSG2 系列三相盐浴炉变压器技术数据

型号	开关位置	视在容量 (kVA)	一次侧 (380V)		二次侧 (4 匝)		磁通密度 ($\times 10^{-4}$ T)	铁心尺寸 (mm)		
			匝数	电流 (A)	接法	绕组连接与线规			电压 (V)	电流 (A)
353	1	16.2	131	24.6	$X_1-Y_1-Z_1$ $X_2-Y_2-Z_2$ $X_3-Y_3-Z_3$		6.69	1400		$\varnothing 150D43-0.35$ 硅钢片
	2	20.2	105	30.8			8.35	1400		
	3	25.2	84	38.5			10.45	1400		
	5	28	131	42.7	11.6	1400	Y- Δ/Δ -11-12 连接组别			
	6*	35	105	53.3	14.48	1400				
	7*	43.8	84	66.7	18.1	1400				

绕组表

型号	开关位置	视在容量 (kVA)	一次侧(380V)			二次侧(3匝)			磁通密度 ($\times 10^{-4}$ T)	铁心尺寸 (mm)	
			匝数	电流 (A)	接法	绕组连接与线规	电压 (V)	电流 (A)			绕组连接
753	1	43.3	100	65.8	$X_2-Y_2-Z_2$ $X_1-Y_1-Z_1$ A-B-C		16.57	3800		5.430	
	2	52.8	82	80.2	A-Z ₂ B-X ₂ C-Y ₂		8.01	3800		6.620	
	3	66.7	65	101	A-Z ₁ B-X ₁ C-Y ₁		10.13	3800		8.370	
	4	75	100	114	A-C B-A' C-B		11.43	3800		9.400	
	5*	90	82	137			13.83	760		11.420	
	6*	105	65	159			17.83	445		14.500	

四、电抗器

电抗器是一种电感器件。主要用作限流、均流、滤波、无功补偿、移相、储能、调压、功率放大等。它可分为空心式、铁心式和饱和式三种类型。表 4-17 是三种电抗器的比较。

表 4-17 空心、铁心、饱和电抗器的特点

空心式电抗器	铁心式电抗器	饱和式电抗器
只有线圈,没有铁心。空气磁路的磁导率小,电感值也小,而且不存在饱和现象。电感是个常数,不随通过电抗器的电流大小而改变。主要用作限流用	由铁心和线圈组成。电感值比空心式电抗器大。在容量相同时,比空心式电抗器体积小	以较小的直流功率控制较大的交流负载。可以无级调整电压,调整负载功率,以及作为无触点的继电器。不适用于对波形有严格要求的场合。

五、电流互感器

电流互感器是将大电流转换为小电流的专用变压器。

(1) 外形结构(如图 4-9 所示)

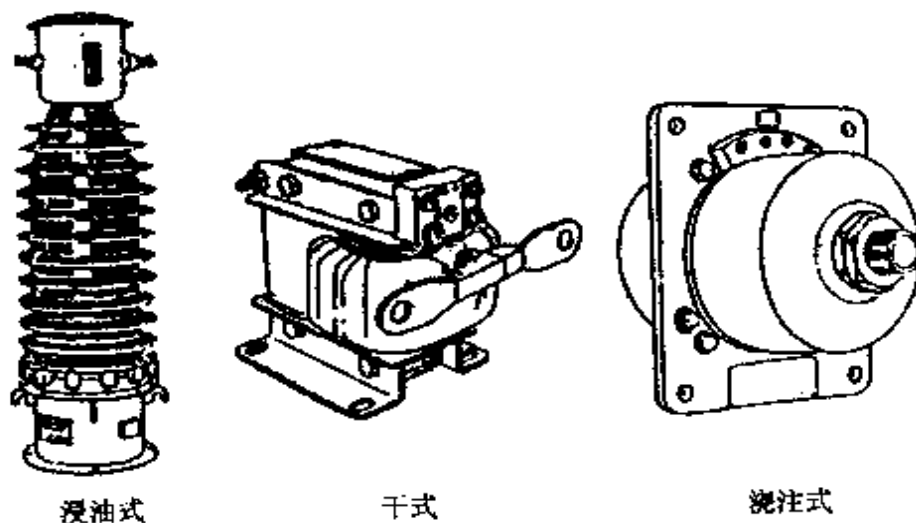


图 4-9 电流互感器的外形结构

(2) 电流互感器的型号表示(详见表 4-18)

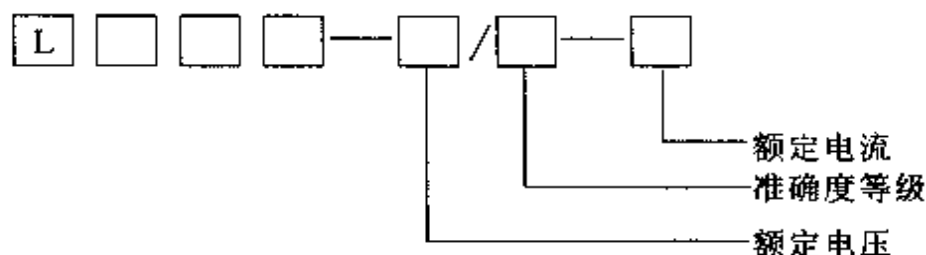


表 4-18 电流互感器的字母含义

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	装入式	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	户外装置	差动保护	过流保护	接地保护或加大容量	速饱和	改进型	加强型

常用电流互感器的型号与技术数据列于表 4-19。

表 4-19 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 (kV)	准确级别	额定容量 (VA)	一次侧电流 / 二次侧电流 (A/A)
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		750~5 000/5
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	1 000~5 000/5

续 表

名称	型号	主要规格和技术数据			
		额定电压 (kV)	准确级别	额定容量 (VA)	一次侧电流 / 二次侧电流 (A/A)
穿心汇流排式电流互感器	LM-0.5	0.5	3	20	800~1 000/5
贯穿式电流互感器	LDG-10	10	0.5~1~3		600~1 500/5
贯穿式电流互感器(加强式)	LDCQ-10	10	0.5~1~3		400~1 000/5
贯穿式电流互感器(差动保护)	LDCD-10	10	D~0.5~1~3		600~1 500/5
贯穿式电流互感器(加强式有差动保护)	LDCQD-10	10	D~0.5~1~3		600~1 000/5
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		5~300/5
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	额定负荷(Ω)	75~300/5
穿心汇流排式电流互感器	LMT1-0.5	0.5	D~1.2	1.6~1.2	7 500/5
母线式电流互感器	LYM1-0.5	0.5	1	0.8	2 000/5
线圈式电流互感器	LQG1-0.5TH	0.5	0.5	0.2	200 300/1
环氧树脂浇注电流互感器	LMZ-0.5	0.5	1	0.2	75~600/5
环氧树脂浇注电流互感器	LMJ-10	10	0.5~1~3	10/15	600~1 500/5
环氧树脂浇注电流互感器	LMJC-10	10	1/C	10/15	600~1 500/5
环氧树脂浇注电流互感器	LMJ-10A	10	0.5/3	15/30	600~1 500/5
环氧树脂浇注电流互感器	LMJC-10A	10	0.5/C	15/30	600~1 500/5
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	3/3	10/10	1/5

续 表

名称	型号	主要规格和技术数据			
		额定电压 (kV)	准确级别	额定容量 (VA)	一次侧电流 / 二次侧电流 (A/A)
环氧树脂浇注 电流互感器	LQJ-10A	10	0.5~1~3	15/30	5~400/5
环氧树脂浇注 电流互感器	LQJC-10A	10	0.5/C.1/C	15/30	75~400/5
环氧树脂浇注 电流互感器	LQJ-15	15	0.5/3	10/15	5~400/5
零序电流互感器	LJ- \varnothing 75	0.5			
35kV 电流互感器	LCW-35	35	0.5~3		15~1 000/5

注：(1) 额定电流比 15~1 000/5 系指 15/5、20/5、30/5、40/5、50/5、75/5、100/5、150/5、200/5、300/5、400/5、600/5、750/5、1 000/5。

(2) 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)、1 000、1 500、2 000、3 000、4 000、5 000、7 500、10 000、15 000、25 000A。

(3) 额定二次侧电流绝大多数为 5A。

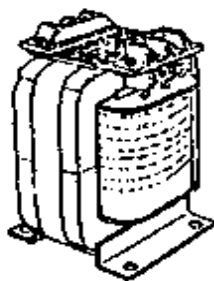
六、电压互感器

电压互感器是将高压转变为一定数值电压的专用变压器。

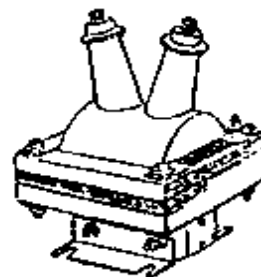
(1) 外形结构(如图 4-10 所示)



浸油式



干式



浇注绝缘式

图 4-10 电压互感器的外形结构

(2) 电压互感器的型号表示(详见表 4-20)

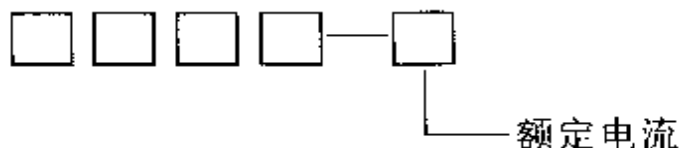


表 4-20 电压互感器型号字母的含义

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	串级结构	油浸式	干式	瓷箱式	浇注绝缘
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		

常用的电压互感器的型号与技术数据列于表 4-21。

七、电磁稳压器

电磁稳压器主要用于要求电压稳定较高的仪器设备。

1. 电磁稳压器的型号表示法

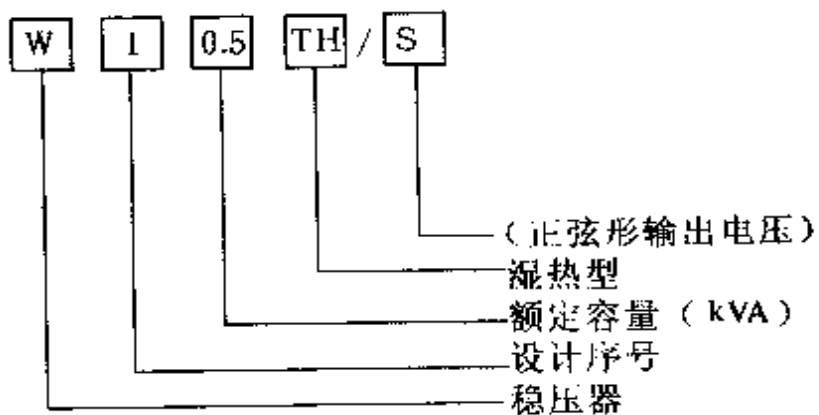


表 4-21 常用电压互感器技术数据

名称	型号	装置类别	额定电压(V)		额定容量(VA)			最大容量(VA)	绝缘形式
			原线圈	副线圈辅助线圈	0.5级	1级	3级		
单相双圈式电压互感器	JDG-0.5	户内	220	100	25	40	100	200	干式降底绝缘
单相双圈式电压互感器	JDG-0.5	户内	380	100	25	40	100	200	干式降底绝缘
单相双圈式电压互感器	JDG-0.5	户内	500	100	25	40	100	200	干式降底绝缘
船用电压互感器	JDG2-0.5H	户内	380	127		40	100		干式降底绝缘
船用电压互感器	JDG3-0.5	户内	380	100		15		60	干式降底绝缘
单相叠接式电压互感器	JDJ-6	户内	3 000	100	30	50	120	240	油浸式
单相叠接式电压互感器	JDJ-6	户内	6 000	100	50	80	200	400	油浸式
单相叠接式电压互感器	JDJ-10	户内	10 000	100	80	150	320	600	油浸式
三相双圈式电压互感器	JSJB-6	户内	3 000	100	50	80	200	400	油浸式带补偿绕组
三相双圈式电压互感器	JSJB-6	户内	6 000	100	80	150	320	640	油浸式带补偿绕组
三相双圈式电压互感器	JSJB-10	户内	1 000	100	120	200	480	960	油浸式带补偿绕组
三相三圈式电压互感器	JSJW-6	户内	3 000	100	50	80	200	400	油浸式五柱三绕组
三相三圈式电压互感器	JSJW-6	户内	6 000	100	80	150	220	640	油浸式五柱三绕组
三相三圈式电压互感器	JSJW-10	户内	10 000	100	120	200	480	960	油浸式五柱三绕组
三相三圈式电压互感器	JSJW-15	户内	13 800	100	120	200	480	960	油浸式五柱三绕组
三相三圈式电压互感器	JSGW-0.5	户内	380	100	50	80	200	400	干式
单相浇注式电压互感器	JDZ-6	户内	3 000	100	30	50	120		环氧树脂浇注
单相浇注式电压互感器	JDZ-6	户内	3 000 $\sqrt{3}$	100 $\sqrt{3}$	30	50	120		环氧树脂浇注
单相浇注式电压互感器	JDZ-6	户内	6 000	100	50	80	200		环氧树脂浇注
单相浇注式电压互感器	JDZ-6	户内	6 000 $\sqrt{3}$	100 $\sqrt{3}$	50	80	200		环氧树脂浇注
单相浇注式电压互感器	JDZ-10	户内	10 000	100	50	80	200		环氧树脂浇注
单相浇注式电压互感器	JDZ-10	户内	10 000 $\sqrt{3}$	100 $\sqrt{3}$	50	80	200		环氧树脂浇注
单相浇注式电压互感器	JDZ-15	户内	15 000	100	80	80	200		环氧树脂浇注

2. 电磁稳压器原理图

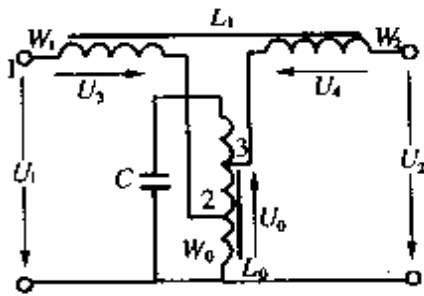


图 4-11 W1 系列电磁稳压器原理图

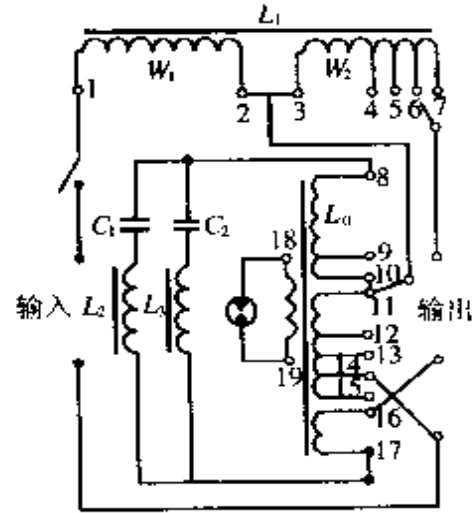
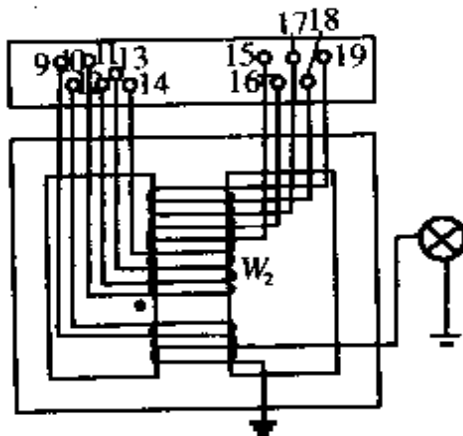
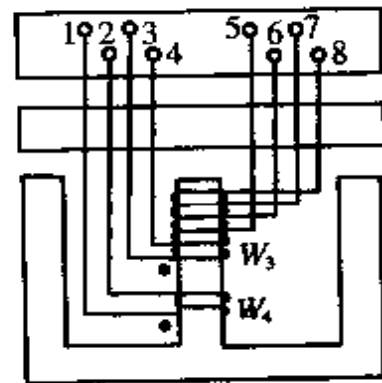


图 4-12 W1-0.05~2.5(TH)/S 电磁稳压器电路图

附： L_0 、 L_1 的铁心、绕组的结构图



(a) L_0 -饱和电抗器结构



(b) L_1 -非饱和电抗器结构

图 4-13 W1-0.05~2.5(TH)/S 电磁稳压器铁心绕组结构

3. 常用电磁稳压器的技术数据

表 4-22 电磁稳压器的技术数据

电磁稳压器型号	额定容量 (VA)	输入电压 (V)	网路电压工作范围 (V)	纯电阻负载时输出电压 (V)	额定负载电流 (A)	当纯电阻负载不变时被稳定电压的允许摆动	电容器 (μF)	电抗 (Ω)
W1-0.05 (TH)/(S)	50	50Hz 220	180~ 240	220 \pm 3% 110 \pm 3%	0.23/ 0.46	\pm 1%	10	319
W1-0.1 (TH)/(S)	100				0.46/ 0.92		5	792
W1-0.25 (TH)/(S)	250				1.14/ 2.28		10	318
W1-0.5 (TH)/(S)	500				2.3/ 4.6		10	320
W1-1 (TH)/(S)	1 000				4.6/ 9.2		10	{ 2并 } { 2串 } 319
W1-2.5 (TH)/(S)	2 500				220 \pm 3%		11.4	

八、控制变压器

控制变压器主要用于局部照明电源或控制电路的电源。现以BK系列单相控制变压器为例,介绍其铁心尺寸和部分技术数据。

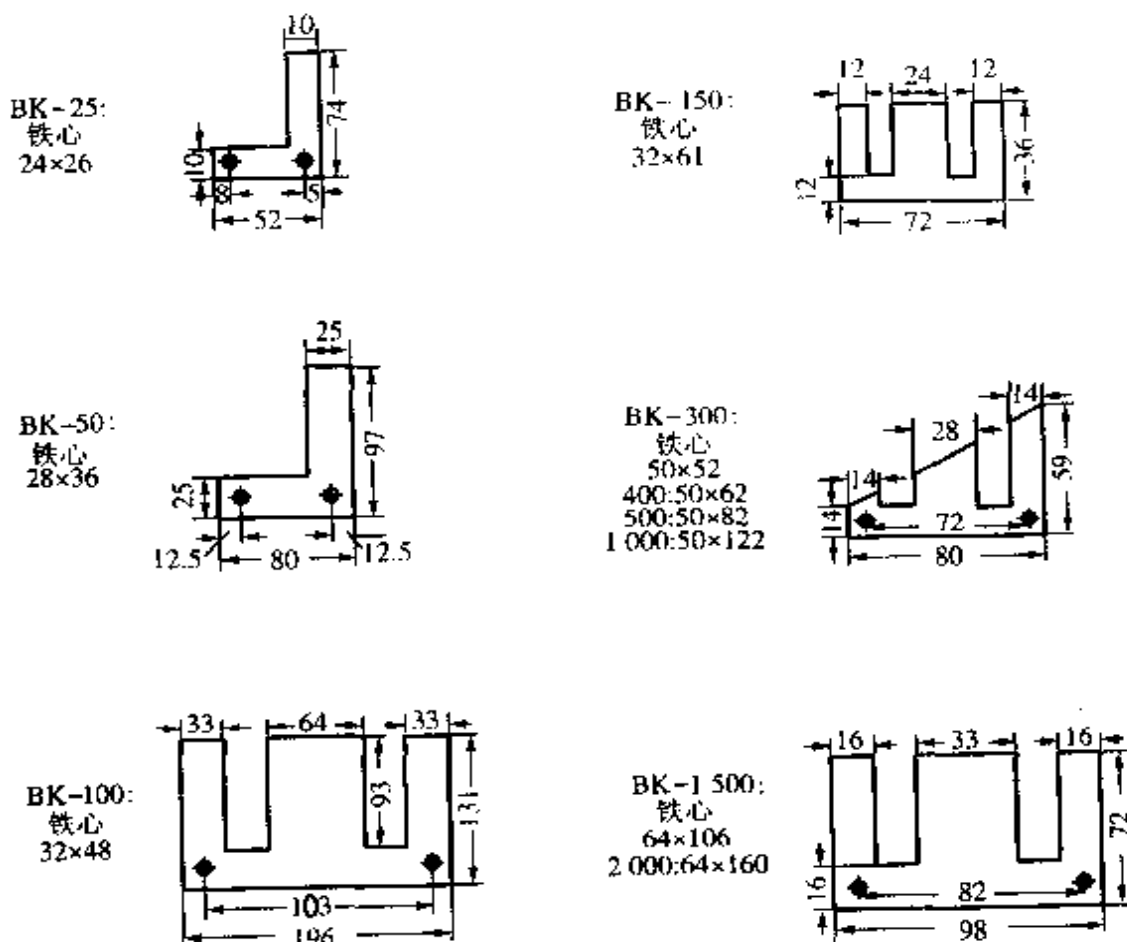


图 4-14 BK 系列单相控制变压器的铁心尺寸

表 4 - 23 BK 系列单相控制变压器的技术数据

总容量 (VA)	规 格	电压(V)	总匝数	导线直径 (mm)	导线重 (kg)
25	380/220-127-110 -36-24-12-6.3	380 220	2 265 1 368	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	
	230/220-127-110 -36-24-12-6.3	230 220	1 375 1 368	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	0.90 1.2	
	220/220-127-110 -36-24-12-6.3	220 220	1 315 1 368	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 1 368	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	1 410 147	0.29 0.90	0.18 0.15
	380/24	380 24	1 410 98	0.29 1.20	0.18 0.17
	380/12	380 12	1 410 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	1 410 480	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	1 410 496	0.29 0.47	0.28

续 表

总容量 (VA)	规 格	电压(V)	总匝数	导线直径 (mm)	导线重 (kg)
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	0.60 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
	380—220/36	380—220 36	760 78	0.90 1.62×2	1.20 0.76

续 表

总容量 (VA)	规 格	电压(V)	总匝数	导线直径 (mm)	导线重 (kg)
300	380/127--6.3--36	380 127 -6.3 36	760 258 78	0.72 1.00 0.90	0.78 0.70 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 36	440 260 78	0.90 1.00 0.90	0.8 0.73 0.73
	220/127-24	220 127 24	440 260 53	0.90 1.00 1.00	0.8 0.73 0.65
400	380/127-6.3-36	380 127 -6.3 36	524 177 54	0.80 1.20 0.90	1.06 0.90 0.16
	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 12	524 177 18	0.80 1.20 1.40	1.06 0.90 0.12
	380/12	380 12	524 17	0.80 2×3.15扁线	1.06 1.0
	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

续 表

总容量 (VA)	规 格	电压(V)	总匝数	导线直径 (mm)	导线重 (kg)
400	380/220-6.3-36	380 220	524 313	0.80 1.00	1.06 1.1
		-6.3 36	54	0.90	0.16
	380/127-6.3	380 127 -6.3	524 177	0.8 1.40	1.06 1.1
500	220/127-36	220 127 36	304 177 54	1.20 1.20 0.90	1.06 0.9 0.16
	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 ×2	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
	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

续 表

总容量 (VA)	规 格	电压(V)	总匝数	导线直径 (mm)	导线重 (kg)
500	220/36—24	220 36—24	252 43	1.20 1.62 ×4	1.2 1.5
	380/85—75—65	380	432	0.90	1.2
		85—75—65	99	2.02	1.2
	380/127—12	380 127 12	432 146 15	0.90 1.40 1.60	0.85 1.00
1 000	380/127	380 127	284 97	1.20 1.40 ×2	1.8 2.0
	380/220—36	380 220	284 170	1.20 1.62	1.38 1.25
		36	28	0.90	
	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	1.38 2.4
	380/127—6.3—36	380 127	284 97	1.20 1.40 ×2 0.90	1.8 2.0
		—6.3 36	28		0.10
	380/127—50—60	380 127	284 97	1.20 0.80	1.8 2.0
		50—60	46	2.02×2	1.2
	220/24	220	165	1.81	1.75
		24	20	10 mm ² 扁线	2.40
	220/127	220 127	165 97	1.81 1.40 ×2	1.75 2.0
	380/260—240—220	380	284	1.20	1.8
		260—240 —220	203	1.62	2.4
	380/280—260—240	380	284	1.20	1.8
280—260 —240		215	1.40	2.4	
220/320	220 320	184 275	1.81 1.40	2.0 2.75	
380/60—6.3	380	316	1.20	2.1	
	60—6.3	52	2×5 扁线	3.2	
380—220/36	380—220 36	316 36	1.20 1.81 ×4	2.5 2.4	
220/110	220 110	165 87	1.81 1.62 ×2	1.75 1.75	

续 表

总容量 (VA)	规 格	电压(V)	总匝数	导线直径 (mm)	导线重 (kg)
1 000	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
1 500	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	232 137 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	

表 4-24 BK1 系列单相控制变压器的部分技术数据

总容量 (VA)	规 格	电 压 (V)	容量分配 (VA)	匝 数	导线直径 (mm)	导线重 (kg)
25	220/36	220 36	25	1 460 263	0.25 0.55	0.092 0.087
	220/18	220 18	25	1 460 128	0.25 0.77	0.092 0.081 5
	220/6.3	220 6.3	25	1 160 44	0.25 1.35	0.092 0.084 5
	380/36	380 36	25	2 470 263	0.19 0.55	0.094 0.084
	380/18	380 18	25	2 470 128	0.19 0.77	0.094 0.077
	380/6.3	380 6.3	25	2 470 44	0.19 1.35	0.094 0.095
50	380-220/ 36-6.3	380 220 36 6.3	45 5	1 580 912 161 26	0.25 0.33 0.72 0.59	0.054 2 0.109 0.118 0.012 3
	220/36-6.3	220 36 6.3	45 5	912 161 26	0.33 0.72 0.59	0.109 0.115 0.012 3

续 表

总容量 (VA)	规 格	电 压 (V)	容量分配 (VA)	匝 数	导线直径 (mm)	导线重 (kg)
50	380/36—6.3	380 36 6.3	45 5	1 580 161 26	0.25 0.72 0.59	0.15 0.114 0.012 1
	380—220/127	380 220 127	50	1 580 912 568	0.25 0.33 0.41	0.054 2 0.109 0.138
	220/127	220 127	50	912 568	0.33 0.41	0.109 0.135
	380/127	380 127	50	1 580 568	0.25 0.41	0.15 0.133
	220/110	220 110	50	912 487	0.33 0.44	0.109 0.137
	220/60	220 60	50	912 265	0.33 0.59	0.109 0.131
	220/18	220 18	50	912 80	0.33 1.08	0.109 0.131
	380/110	380 110	50	1 580 487	0.25 0.44	0.15 0.134
	380/60	380 60	50	1 580 265	0.25 0.59	0.15 0.126
	380/18	380 18	50	1 580 265	0.25 1.08	0.15 0.126

九、音频输送变压器

音频输送变压器是有线广播中匹配扬声器音圈阻抗或用于远距离输送音频信号的专用变压器。分为自耦式、定压式、定阻式三种。其技术数据见表 4-25、4-26、4-27、4-28。

表 4-25 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 (mm)				
	标称 功率 (W)	电压 (V)	耐压 (kV)	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	KB	94	44	55	70	4

续 表

型 号	主 要 规 格					外形及安装尺寸 (mm)				
	标称 功率 (W)	电 压 (V)	耐压 (kV)	引出 端形 式	结构 形式	L	B	H	A	E
EB-15-3	15	0~30~60~90~ 120~180~240 ~300~360~420	1.5	螺钉	KB	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	73	4

表 4-26 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 (mm)					
	标称 功率 (W)	一次侧 电压(V)	二次侧 电压(V)	耐压 (kV)	引出 端形 式	结构 形式	L	B	H	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 4-27 定阻式输送变压器的变换接法

1~2W			3~5W			10~25W		
一次侧阻抗 (Ω)	接线端 (接扩音机)	串并连接法 (连接)	一次侧阻抗 (Ω)	接线端 (接扩音机)	串并连接法 (连接)	一次侧阻抗 (Ω)	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 4-28 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 (mm)				
	标称功率 (W)	一次侧阻抗 (kΩ)	二次侧阻抗 (Ω)	耐压 (kV)	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	3~5	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

续 表

型 号	主 要 规 格						外形及安装尺寸 (mm)				
	标称 功率 (W)	一次侧 阻抗 (kΩ)	二次侧 阻抗 (kΩ)	耐压 (kV)	引出 端形 式	结构 形式	L	B	H	A	E
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	8~12 ~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	8~12 ~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	8~12 ~16	1.5	螺钉	封闭	125	81	82		
ZB-3-1	3	2.5~5		1.5	焊片	夹式	77	28	35	64	

十、音频输出变压器

音频输出变压器是用于扩音机或收音机最末端与扬声器匹配的专用变压器。其技术数据见表 4-29。

表 4-29 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 (mm)				
	输出 功率 (VA)	一次侧 阻抗 (kΩ)	二次侧阻抗 (Ω)	结构 形式	L	B	H	A	E
CB-1-3	1	5	3.5	夹式	77	28	35	64	4
CB-1-4	1	5.5	3.5	夹式	77	28	35	64	4
CB-1-5	1	8	3.5	夹式	77	28	35	64	4

续 表

型 号	主 要 规 格				外形安装尺寸 (mm)				
	输出 功率 (VA)	一次侧 阻抗 (kΩ)	二次侧阻抗 (Ω)	结构 形式	L	B	H	A	E
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	55	44	44	4
CB-12-10	12	8	4~6~8~10~16	合扑式	66	55	44	44	4
CB-15-1	15	8	4~8~16~250	合扑式	75	62.5	50	62.5	4
CB-25-1	25	9	4~8~16~250	合扑式	75	62.5	50	62.5	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。

第五节 变压器的故障及其检修方法

表 4-30 变压器故障及其检修方法

故 障	可能原因	检修方法
1. 线圈绝缘老化	<ol style="list-style-type: none"> 经常过载 使用寿命已满 设计结构对热梯度考虑不周全 	外观检查
2. 线圈匝间、层间或段间短路(高压侧首部数层较多)	<ol style="list-style-type: none"> 负载有涌流现象,由于机械力损伤绝缘 大气过电压(少数由于内部过电压)产生电击穿 由于绝缘老化后产生 	空载试验时空载损耗及空载电流增大

续 表

故 障	可能原因	检修方法
3. 线圈崩坏,外线圈向辐射方向松散,线圈端圈向铁轭崩散	1. 产品经受短路电流冲击 2. 结构夹压不紧,机械强度差	外观变形;有断线时,一侧通电另一侧没有感应电压
4. 一、二次线圈间或线圈对地绝缘电阻下降	1. 潮气或水分侵入产品 2. 线端或引线有局部不正常通路 3. 油的介质损失角过高	摇表测得的绝缘电阻下降为原始值的70%或以下
5. 一、二次线圈间或线圈对地耐压击穿	1. 产品经受大气过电压 2. 设计的绝缘距离过小 3. 制造中有局部弱点	在绝缘电阻良好的基础逐步提高耐压试验值
6. 运行中异常发热,顶油温升超限	1. 负载超定额 2. 铁心与线圈间绝缘不良有起火现象 3. 大电流连接处的接触电阻过大	观察顶油温度或色谱分析

第五章 低压电器

第一节 低压电器产品型号

低压电器产品全型号表示法及代号的意义如下：

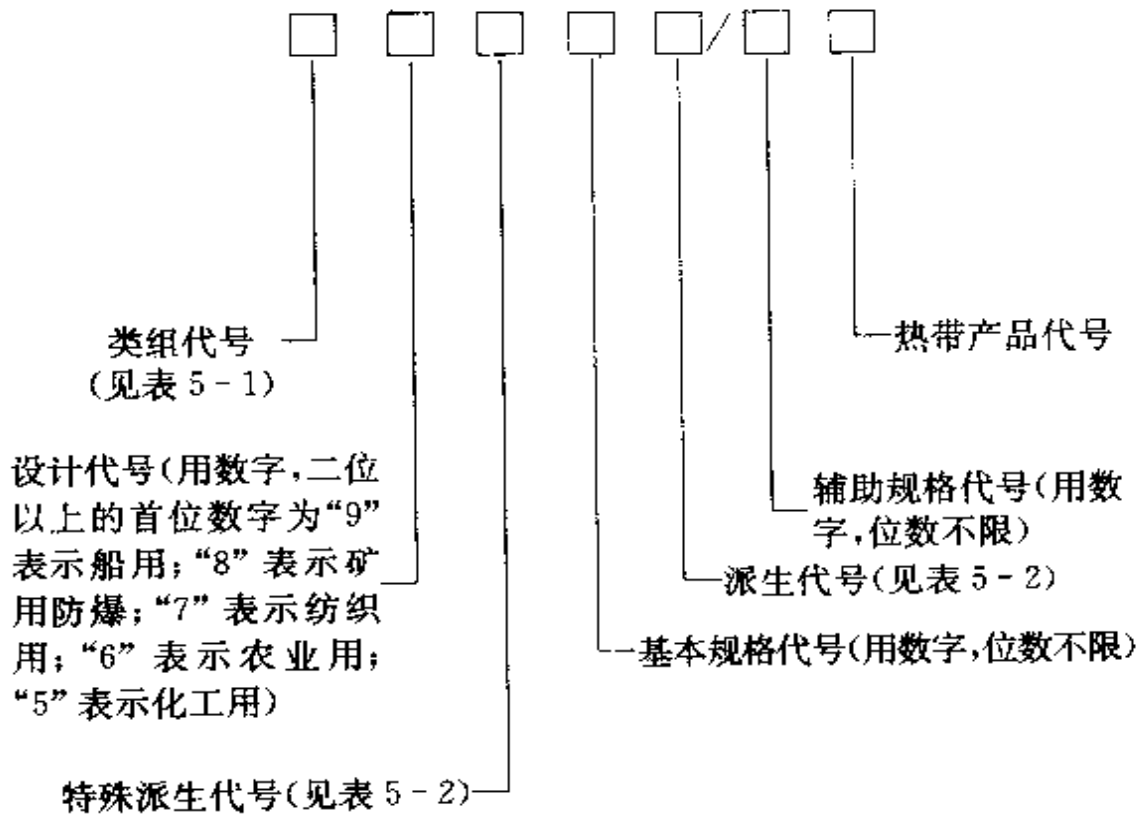


表 5-1 低压电器产品型号类组代号

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					熔断器式刀开关	刀形转换开关					其他	组合开关
熔断器	R			插入式			汇流排式			螺旋封闭式					快速料管式	有填充管式			限流	其他	自复式
断路器	D									灭磁					快速			框架式		其他	塑壳式
控制器	K					鼓形						平面				凸轮				其他	
接触器	C					高压			交流真空		灭磁	中频			时间通用	时间通用				其他	直流
启动器	Q							减压							手动		油浸		星三角	其他	综合
控制继电器	J				漏电					电流				热	时间通用	时间通用	温度		其他	中间	
主令电器	L	按钮						接近开关	主令控制器						主令脚踏开关	脚踏开关	旋钮	万能转换开关	行程开关	其他	

续 表

名称	代号	A	B	C	D	G	H	J	K	L	M	P	Q	R	S	T	U	W	X	Y	Z
电阻器	Z		板形冲片 元件			管形 元件								非线性 元件	烧结铸 铁元件				电阻 器	硅碳 电阻	
变阻器	B			旋臂 式						励磁		频敏启动			石墨	启动油浸 调速启动	液体启动	液体启动	滑线 式	其他	
调整器	T				电压																
电磁铁	M												牵引					起重		液压制 动	
其他	A		保护 器	插销	信号灯		接线 盒			电铃											

表 5-2 加注通用派生字母对照表

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 } 为热带产品代号,加注在全型号后 干热带 }
TA	

第二节 常用低压电器

一、刀开关和转换开关

1. 刀开关类别、型号表示法及适用场合

表 5-3 刀开关的类别、型号表示方法及适用场合

类别及名称	型号表示方法	适用场合	说明
开关板刀开关	<p>HD / HS / HH / DS</p> <p>—□— / —□— —□—</p> <p>—□— 额定电流</p> <p>—□— 极数 1—2—3 — — 单—二—三 极—极—极</p> <p>—□— 0—1— — 不带—带 灭—灭 弧—弧 罩—罩</p> <p>—□— 8—9— — 板前—板后 接—接 线—线 式—式</p> <p>无此位数字时，表示仅一种接线方式</p> <p>对于中央手柄式</p>	<p>中央手柄式：用于磁力站作隔离开关用</p> <p>侧面操作手柄式：用于动力箱</p> <p>中央正面杠杆操作机构式：用于正面操作、后面维修的开关柜中</p> <p>侧方正面操作机构式：用于正面两侧方操作、前面维修的开关柜中</p>	<p>HD11~14 为全国统一设计产品，可取代 HD1~3</p>
带有熔断器的刀开关 开启式负荷开关	<p>HK —□— —□—</p> <p>—□— 设计代号</p> <p>—□— 专门用途的文字符号</p> <p>—□— 开启式负荷开关 (胶盖瓷底刀开关)</p>	<p>用于低压线路中，作一般电灯、电阻和电热等回路的控制开关用，也可作为分支线路的配电开关用；三极开关适当降低容量，也可用于不频繁地直接启动及停止的小容量异步电动机</p>	<p>1. 常用 HK₁、HK₂ 系列，其中 HK₂ 系全国统一设计产品</p> <p>2. 刀开关熔丝应按产品说明书选择自备</p>

续 表

类别及名称	型号表示方法	适用场合	说 明
封闭式负荷开关(钢壳开关) 带有熔断器的刀开关	<p>HH—□—□/□—□</p> <p>封闭式负荷开关</p> <p>设计代号</p> <p>额定电流</p> <p>极数</p> <p>有中性接线柱 有Z字表示</p>	<p>有较大的分闸和合闸速度,常用于操作次数较多的小型异步电动机全压启动及线路末端的短路保护;带有中性接线柱的负荷开关,可作为照明回路的控制开关</p>	<p>1. 60A 以下者为 RC1A 型, 100A 以上者为 RT0 型</p> <p>2. HH3 可取代 HH2 型老产品。HH4 为全国统一设计产品,可取代同容量的其他系列老产品</p>
刀熔开关	<p>HR—3—□/□—□</p> <p>类组代号·刀开关和熔断器</p> <p>设计代号</p> <p>额定电流等级</p> <p>极数</p> <p>操作及方向</p> <p>“1”“2”“3”</p> <p>前面侧方操作前检修式</p> <p>前面中央操作后检修式</p> <p>侧面操作前检修式</p>	<p>可供配电系统中作为短路保护及电缆、导线过载保护用;在正常情况下,可供不频繁地手动接通和分断不大于其额定电流的电路,但不适于专门分合电动机</p>	<p>1. 熔断器为 RT0 系列有填料封闭管式</p> <p>2. HR3 为全国统一设计产品,可代替各种低压配电装置中刀开关和熔断器的组合电器</p>

2. 转换开关类别、型号表示法及适用场合

表 5-4 转换开关类别、型号表示方法及适用场合

类别及名称		型号表示方法	适用场合	说 明
HS 型刀形转换开关		表示方法同 HD 型刀开关,只是 HS 型为双投刀开关,而 HD 型为单投刀开关	同 HD 型刀开关	HS11~13 可取代 HD11~13 老系列,其技术参数与 HD11~13 共用一个部颁标准
手 拧 式 转 换 开 关	HZ 系列	<p>HZ5 — □ / □ □ □</p> <p>类组代号 设计代号 额定电流 控制电动机功率 定位特征代号 接线图编号</p>	作电流 60A 以下的机床线路中的电源开关,控制线路中的换接开关,以及电动机的启动、停止、变速、换向等	可代替 HZ1~13 系列产品
	HZ10 系列	<p>HZ10 — □ □ / □</p> <p>类组代号 设计代号 额定电流 类型 极数</p>	作电流 100A 以下的换接电源开关;三相电压的测量;调节电热电路中电阻的串并开关;控制不频繁操作的小型异步电动机正反转	<p>1. 可取代 HZ1、HZ2 等老产品</p> <p>2. HZ—10M 系列气密式的技术参数和规格均与之相同,用于一些耐腐蚀的特殊场合</p>

续 表

类别及名称		型号表示方法	适用场合	说 明
手 拧 式 转 换 开 关	LW2 系列	LW2 □ 设计代号 类型 类组代号	无字母 普 通型 H—钥匙型 Y—讯号灯 W—自复型 Z—定位自 复型 YZ—自复讯 号灯型	作电流在 10A 以 下的远距离控制开 关,或各种电气仪 表、微电机的转换 开关 可取代 LW1、 LW4 及 HZ3 等系 列老产品
	LW5 系列	LW 5—15 □ □ / □ 类组代号 设计代号 额定电 流 定位特 征代 号 接 线图 编 号 接 触系 统 挡 数	作电压 500V、电 流 15A 以下的主令 电器,测量仪表、控 制伺服电动机及交 直流辅助电路的转 换开关,其中 LW5 型 5.5kW 手动转 换开关可供 5.5kW 以下电动机的启 动、变速和换向用	可取代 LW1、 LW4、 HZ3 等系 列 转 换 开 关
	LW6 系列	LW 6—□ / □ — 类组代号 设计代号 基本规格代号 (用触 头座数 目表示) 辅助规格代号 接线圈编 号 热 带 产 品 代 号: TH 为 热 带 性	作电流 5A 以下 的机床及其他控制 电路中的控制开 关,也可不频繁控 制 380V、2kW 以 下的三相异步电 动机	

续 表

类别及名称		型号表示方法	适用场合	说 明
	LW X1 系列	LWX1—□□/□□—□□—□□ ①② ③④ ⑤⑥ ⑦	在电压 250V 和 电流 5A 以下的线 路中,作配电设备 远距离控制开关及 各种仪表的转换 开关	
其他 转换 开关	XH1— V A 换相 开关	XH1—V 为电压表 换相开关	XH1—V 用于电 压 500V 以下多相 电路中,换相检测 各相电压	
		XH1—A 为电流表 换相开关	XH1—A 用于 5A 以下的电流互 感器的次级中,换 相检测各相电流	

- 注:① 用拼音字母表示开关型号;无字母为手柄不可取出,带定位及限位;“Y”表示带信号灯手柄,有定位及限位;“H”表示手柄可取出,带定位及限位;“W”表示带自复机构;“Z”表示带自复机构及定位。
- ② 用数字表示凸轮形式,数字的个数(零除外)为凸轮总数,数字的排列次序依照凸轮型号从手柄前向按其装配的先后顺序列出(系指原始位置),即 1、1a、2、3、4、5、6、6a、7、8、9、20、40 等型。其中 20 型在转轴上有 90°自由行程;40 型有 45°自由行程,其余随轴传动。
- ③ 用拼音字母表示面板形式:“E”为方形;“Y”为圆形。
- ④ 用数字表示手柄形式,有 1、4、6、7、8 五种形式。
- ⑤ 表示定位器形式,“8”为 45°定位;90°定位则不表示。
- ⑥ 表示有无限位装置,有者以“×”表示,无者不表示。
- ⑦ 表示凸轮的排列形式。当凸轮原始位置不按标准形式排列时,以“A”表示为特殊形式排列。此项不标明则按标准型号排列。

3. 常用刀开关和转换开关

(1) HD11、HD13、HD14、HS11、HS13 开关板用刀开关

这两个系列的刀开关主要用于交流 50Hz,电压 380V 以下(直流 440V 以下),额定电流 1500A 以下的成套配电装置中,在额定电流下可作为不频繁地手控接通与分断交直流电路或作隔离开关用。

这两个系列的刀开关均为开启式,供低压成套配电装置用,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 5-5、5-6。

表 5-5 低压系列刀开关电流等级、结构形式及转换方向

型号	结构形式	转换方向	极数	额定电流等级(A)	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 5-6 低压系列刀开关主要技术数据

额定电流(A)	分断能力(A)		在交流 380V 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		1s 热稳定性电流(kA)
	交流 380V $\cos \varphi=0.7$	直流 220V $T=0.01s$		中央手柄式(kA)	杠杆操作式(kA)	
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

(2) HK1、HK2 胶盖瓷座闸刀开关和 HK1-P 开启式负荷开关

用于交流 50Hz, 电压 380V 以下(直流 440V 以下), 额定电流在 60A 以下的电气装置和电热、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和过载保护。当适当降低容量后, 也可作为小容量异步电动机不频繁直接启动及停止之用。其技术数据见表 5-7、5-8。

表 5-7 HK1、HK2 闸刀开关技术数据

型 号	额定电流 (A)	极数	额定电压 (V)	电动机 容量 (kW)	熔丝线径 (mm)	熔丝成分(%)		
						铅	锡	锑
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。

表 5-8 HK1-P 负载开关技术数据

额定电流 (A)	额定电压 (V)	极 数	极限分断能力				直接启动和分 断交流电动机 时, 推荐降低 容量值(kW)
			分断电流(A)		操作间隔 (s)	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) HH3、HH4 系列封闭式负荷开关

用于各种配电设备中,供不频繁地手动接通和分断负载电路,且具有短路保护。60A 以下等级的负荷开关可作为交流电动机(380V、15kW 以下)的不频繁接通与分断。其技术数据见表 5-9、5-10、5-11。

表 5-9 HH3、HH4 系列铁壳开关规格

型 号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	极数	熔 体			控 制 的 电 动 机 (kW)
				额定电流 (A)	材料	直径 (mm)	
HH3-15/2	220	15	2	6	紫铜丝	0.26	2
				10		0.35	
				15		0.46	
HH3-15/3	380	15	3	6	紫铜丝	0.26	3
				10		0.35	
				15		0.46	
HH3-30/2	220	30	2	20	紫铜丝	0.65	4.5
				25		0.71	
				30		0.81	
HH3-30/3	380	30	3	20	紫铜丝	0.65	7
				25		0.71	
				30		0.81	
HH3-60/2	220	60	2	40	紫铜丝	1.02	9.5
				50		1.22	
				60		1.32	
HH3-60/3	380	60	3	40	紫铜丝	1.02	15
				50		1.22	
				60		1.32	
HH3-100/2	250	100	2	80	紫铜丝	1.62	
				100		1.81	

续 表

型 号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	极数	熔 体			控制的电动机 (kW)
				额定电流 (A)	材料	直径 (mm)	
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 5-10 HH3 系列铁壳开关接通与分断能力及熔断器极限分断能力

额定 电流 (A)	接通与分断电流(A)			熔断器的极限分断能力(A)		
	交流 440V		直流 500V $L/R=0.006\sim 0.008s$	交流 440V		直流 500V $L/R=0.006\sim 0.008s$
	分断 电流	$\cos\varphi$		分断 电流	$\cos\varphi$	
15	60	0.4	22.5	1 000	0.8	500
30	120	0.4	45	2 000	0.8	2 000
60	240	0.4	90	4 000	0.8	4 000
100	250	0.8	150	5 000	0.4	5 000
200	300	0.8	300	5 000	0.4	5 000

表 5-11 HH4 系列负荷开关主要技术数据

型号	负荷 开关 额定 电流 (A)	熔体 额定 电流 (A)	熔体 材料	熔体 直径 d (mm)	接通分断能力			极限分断能力			用 途
					通断 能力 (A)	$\cos\varphi$	通断 次数	分断 能力 (A)	$\cos\varphi$	分断 次数	
HH4-15	15	6	软 铅 丝	1.08	60	0.5	10	500	0.8	2	作为手动 不频繁地接 通和分断有 负载的电路, 启动与分断 电动机以及 线路末端短 路保护之用
		10		1.25							
		15		1.98							
HH4-30	30	20	紫 铜 丝	0.61	120	0.5	10	500	0.7	2	
		25		0.71							
		30		0.8							
HH4-60	60	40	紫 铜 丝	0.92	240	0.4	10	3 000	0.6	2	
		50		1.07							
		60		1.2							

(4) HZ3 系列组合开关

用于交流 50Hz 或 60Hz、电压 500V 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启动、停止、换向、变速,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 220V

以下的直流电路中控制电磁吸盘用。其技术数据见表 5 - 12、5 - 13。

表 5 - 12 HZ3 系列组合开关的性能

型 号	额定电流(A)	电动机容量(kW)		
		220V	380V	500V
HZ3-133	10	2.2	3	3
HZ3-161	35	5.5	7.5	7.5

表 5 - 13 HZ3 系列组合开关的形式和用途

型 号	额定 电流 (A)	电动机容 量(kW)			罩 壳	面 板	手 柄 形 式	鼓 轮 节 数	安 装 地 点	重 量 (kg)	用 途
		220 V	380 V	500 V							
HZ3-131	10	2.2	3	3	有	—	普通	3	机床外部	0.92	控制电动机启 动、停止
HZ3-431	10	2.2	3	3	—	有	加长	3	机床内部	0.8	控制电动机启 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 V) 2.5 (220V)	—	—	—	—	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

(5) HZ10 系列组合开关

用于交流 50Hz、380V 以下，直流 220V 以下的电气设备接通或分断电路；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。其技术数据见表 5-14。

表 5-14 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 (A)				
			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	+	+	+	

续 表

型 号	类 型	极 数	额定电流(A)							
			10	25	60	100				
HZ10-□S/1 HZ10-□S/2 HZ10-□S/3	三位转换("S"表示)	1 2 3	+	+			+	+		
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-三角形启动用	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。

二、熔断器

1. 熔断器的类别及适用场合

表 5-15 熔断器的类别及适用场合

类别	型号及其含义	特点	适用场合	说明
RC 系列 瓷插式	$\text{RC1}(\text{A})-\square$ 类型 设计序号 熔断器额定电流	无特殊熄弧措施,极限分断能力较小,最大仅 3 000A(有效值)	一般用作分支电路短路保护	RC1A 为 RC1 系列的改进产品,性能有较大改善
RL 系列 螺旋式	$\text{RL}1\square$ 类型 设计序号 熔断器额定电流	极限分断能力提高,最大达 50 000A(有效值),并有较大的热惯性	用于配电网中作过载和短路保护,常用作电动机短路保护	
RM 系列 无填料 封闭管式	$\text{RM}\square-\square/\square$ 类型 设计序号 熔断器额定电流等级 额定电压等级	为可拆换式,结构简单,更换方便并具有一定的极限分断能力,最大可达 20 000A(有效值)	可在电力系统、配电网中作短路保护及防止连续过载用	RM7 可取代 RM1、RM2、RM3 和 RM10 等系列产品

续 表

类别	型号及其含义	特点	适用场合	说明
快速熔断器	RS0、RS3系列有填料管式 RS□—□/□ 类型 设计序号 熔体额定电流(有效值) 额定电压(有效值)	分断能力大, 具有较大的限流作用; 动作速度快; 过电压低	RS0 主要作硅整流管及其成套装置的保护; RS3 主要作为硅整流元件及其成套装置的保护	RS0 与 RS3 两系列结构完全相同。两者又都类似 RT0 系列的结构
	RLS系列螺旋式 RLS—□ 类型 额定电流	额定电流为 10A、50A 两个等级, 极限分断能力 40 000A(有效值)	用作硅元件、可控硅元件及其成套装置的内部短路保护或某些不允许过流的过载保护	其结构同 RL 系列
其他类型熔断器	RX1 型报警熔断器	通过 $1.3I_e$ 时, 1h 内动作; 通过 $2I_e$ 时, 在 30min 内应熔断	作为二次回路信号电源(灯光或警铃)接通之用, 以监视主回路工作	

续 表

类 别	型号及其含义	特 点	适用场合	说 明
其他类型熔断器	R1、R1A 系列熔断器	在持续通电 1h 内,通过 $1.5I_e$ 不熔断,通过 $2.1I_e$ 时必须熔断	用于直流或交流 250V 以下电流在 10A 的配电设备二次回路作短路过载保护	
	JBO 击穿式保险器	过电压发生,其间隙即行放电,将过电压限制在一定数值以下	通常用于 500V 以下工频低电网路中作过电压保护	
	RLF、BLF-1、BHC、ABLX-1、BLX 型熔断器		供无线电电子设备及仪器短路和过载保护用	

2. 常用熔断器

(1) RC1A 系列插入式熔断器

用于交流 50Hz、380V 的低压电路末端,作为电气设备的短路保护。其技术数据见表 5-16。

**表 5-16 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 (A)	熔丝的额定电流 (A)	短路分断电流 (A)	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、20	500		
15	15	1 500	0.7	
30	20、25、30			
60	40、50、60	3 000	0.6	
100	80、100			
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) 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。其技术数据见表 5-17、5-18。

表 5-17 RLS 系列螺旋式快速熔断器极限分断能力

型号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	熔体额定电流 (A)	短路分断 电流有效值	电路功率 因数
RLS-10	500V 以下	10	3、5、10	40kA	≥0.3
RLS-50		50	15、20、25、 30、40、50		
RLS-100		100	60、80、100		

表 5-18 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	5h 不断
1.3	1h 不断
1.75	1h 内断
4	<0.2s
6	<0.02s

(3) RL1 系列螺旋式熔断器

用于交流额定电压 500V, 额定电流 200A 以下的电路中, 作短路和过载保护, 常用于机床电路中, 其技术数据见表 5-19。

表 5-19 RL1 系列熔断器熔体规格与极限分断能力

型 号	额定电流 (A)	熔体电流等级 (A)	短路分断能力($\cos\varphi \geq 0.3$, 有效值)(A)	
			380V	500V
RL1-15	15	2、4、6、10、15	2 000	2 000
RL1-60	60	20、25、30、35、40、50、60	5 000	3 500
RL1-100	100	60、80、100		20 000
RL1-200	200	100、125、150、200		50 000

(4) RM10 系列无填料封闭管式熔断器

用于额定电压交流 500V 或直流 440V 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。其技术数据见表 5-20。

表 5-20 RM10 系列无填充料封闭管式熔断器技术数据

型 号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	熔体的额定电流等级 (A)	交流分断 能力(A)
RM10-15	交流 220、380 或 500 直流 220、 440	15	6、10、15	1 200
RM10-60		60	15、20、25、35、45、60	3 500
RM10-100		100	60、80、100、125、160、200	10 000
RM10-200		200	100、125、160、200	
RM10-350		350	200、225、260、300、350	
RM10-600		600	350、430、500、600	12 000
RM10-1 000		1 000	600、700、850、1 000	

(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、

导线及电气设备的短路保护及电缆、导线的过载保护。其技术数据见表 5-21。

表 5-21 RT0 系列熔断器技术数据

型 号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	熔体的额定电流等级 (A)	短路分断能力 (kA)	功率因数	直流时间常数 (s)
RT0-50	交流 380	50	5、10、15、20、30、40、50	交流 50 直流 25	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 50Hz、380V(直流 440V)以下,额定电流 600A 以下的电力网络中,作为电气设备的连续过载和短路保护用。其技术数据见表 5-22。

表 5-22 RM7 系列熔断器技术数据

熔管 额定 电流 (A)	电压 (V)	熔管内熔体 的电流规格 (A)	交流 380V 时分断能力		熔断电流* (额定电流倍数)		
			分断能力 (A)	电路功率 因数	通电时间 (h)	下限值	上限值
15	交流 220、 380 直流 220、 440	6、10、15	2 000	0.7	1	1.5	2.1
60		15、20、25、30、40、50、60	5 000	0.55	1	1.4	1.75
100		60、80、100	20 000	0.35	1	1.3	1.6
200		100、120、150、200	20 000	0.35	1	1.3	1.6
400		200、250、300、350、400	20 000	0.35	2	1.3	1.6
600		400、450、500、550、600	20 000	0.35	2	1.3	1.6

注：当周围介质温度为 $20^{\circ}\text{C} + 5^{\circ}\text{C}$ 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) 常用熔丝座

常用熔丝座的技术数据见表 5-23。

表 5-23 常用熔丝座的技术数据

型号	名称	适用的熔丝管		工作电压 (V)	额定电流 (A)	试验电压 (V)
		长度 (mm)	直径 (mm)			
BLF BLF-1	螺旋式熔丝座	45	6.5	400		1 500
BHC	插入式熔丝座	30	6.5	250	5	1 500
BLX	小型有槽螺旋式熔丝座	30	6.5	250		1 500
BLX-1	小型螺旋式熔丝座	20	5	250		1 000

三、自动开关

1. 自动开关类型、特点及适用场合

表 5-24 自动开关类型、特点及适用场合

类别	型号含义	产品系列	结构特点	适用场合	说明
框 架 式	<p>DW□-□/□□□</p> <p>↓ ↓ ↓ ↓</p> <p>框架式自动开关 设计代号 开关额定电流 极数</p> <p>①过电流脱扣器形式</p> <p>┌ 2 3 4</p>	DW5	<p>钢性框架,开关所有部件均装于上面。选择型配电自动开关多采用框架式,利用钟表机构、空气阻尼获得短延时特性,若有欠电压脱扣器,必须是延时的</p>	<p>具有瞬时和长、短延时三段保护特性,可选择型配电电源开关和电动机保护开关</p>	
		DW10	<p>600A 及以下的传动机构采用电磁传动,1000A 及以上一般采用电动机传动</p>	<p>过载短路均瞬时动作,可作非选择型配电开关和电动机保护开关</p>	
		DW15	<p>接线方式可分为板前板后两种。板后接线又可制成固定式和插入式两种。其辅助开关至少有三常开三常闭,以备开关本身、继电保护和讯号指示的需要</p>	<p>具有半导体式过流三段保护、热式过流二段保护,可作选择型和非选择型配电开关、低压大容量电动机直接启动和保护</p>	
		新系列		<p>额定电流可达 4000 A,可作主变压器和配电开关,具有选择性保护</p>	

续 表

类别	型号含义	产品系列	结构特点	适用场合	说 明
塑 料 外 壳 式	DZ□--□□/□□□□ 塑料外壳式自动开关 设计代号 额定电流 派生代号(如P为电动操作) 极数代号 脱扣器和辅助机构代号(用数字表示)	DZ5(B)型(单极)	主要部件均装在塑料外壳内。开关采用液压式电磁脱扣器和过载保护,动作特性稳定,只要更换线圈便可获得多种保护	主要作开关板控制线路、照明线路和过载、短路保护	DZ5E与DZ5结构和用途相同,容量增加
		DZ5、20型(3极)	胶木外壳,按钮伸出壳外。电磁脱扣器带有调节螺钉,调节瞬时脱扣器整定电流;热脱扣器的双金属片顶端有调节螺钉,以调整各极动作的同步性;操作机构上过载脱扣电流调节盘,可调节过载整定电流	作电动机及其他用电设备过载短路保护用,也可作不频繁操作的小容量电动机的直接启动器	
		DZ5-50型(3极)	塑料外壳,手柄操作。板前接线、板前安装。采用液压式电磁脱扣器,过载延时保护、短路瞬时动作	同 DZ5 - 20 型开关	
		DZ9 - 30 型(3极)	基本同 DZ5 - 50 型。接触系统采用单断点式银-氧化镉触头,动静触头均便于更换	基本与 DZ5 - 50 型相同	

续 表

类别	型号含义	产品系列	结构特点	适用场合	说明
塑料外壳式	<p>DZ□□□/□□□</p> <p>塑料外壳式自动开关 设计代号 额定电流 派生代号(如P为电动操作) 极数代号 脱扣器和辅助机构代号 (用数字表示)</p>	DZ10系列	外壳为热固性塑料压制,绝缘性能良好;陶瓷合金触头抗熔焊耐磨;脱扣器分复式、电磁式、热脱扣和无脱扣器四种。接线方式分板前、板后两种	在低压交流直流线路中作不频繁接通和分断电路用	DZ10可全部取代DZ1系列老产品
直流快速	<p>DS□—□□/□</p> <p>快速自动开关 设计代号 ② 额定电流代号 ③ 派生代号 ④ 额定电压代号</p>	DS7			单向动作
		DS8			单向动作
		DS10	开关本体、半导体脱扣器箱和储能电容器三部分组成,具有很高的断开速度,全部断开时间小于30ms	为直流电路中的整流机组、硅(可控硅)装置、馈电线路作过载、短路和逆流保护	单向动作、双向动作均可
		DS11			双向动作
限流架式	<p>DWX□—□/□</p> <p>框架式限流自动开关 设计代号 额定电流 用途代号 1. 保护电动机用 2. 配电线路用</p>	DWX15	触头系统多了一套斥开机构,全部断开时间约8~10ms,并装有快速电磁铁(过流脱扣器),调整在12I _e 时动作。保护特性借电流互感器和热继电器配合达到较高的热稳定性	可接通分断1000kVA及以上变压器的电力及电动机线路,供配电线路或电动机作非选择性的限流式保护	

续 表

类型	型号含义	产品系列	结构特点	适用场合	说 明
限流外壳式	<p>DZX□—□/□□□</p> <p>塑料外壳式限流自动开关</p> <p>设计代号</p> <p>额定电流</p> <p>极数</p> <p>⑤脱扣器代号</p> <p>⑤附件代号</p>	DZX10	<p>结构与一般塑料外壳式自动开关相似,但其静触头为斥力触头,可被电动力斥开。动作速度快,8~10ms 全部分断;限流特性好,其限流系数在 0.5 以下</p>	<p>作用与 DWX15 基本相同。可接通和分断 1000~2000 kVA 变压器的低压配电线路</p>	
漏电保护	<p>DZ15L—40/□□□</p> <p>塑料外壳式</p> <p>设计序号</p> <p>漏电开关派生代号</p> <p>额定电流(A)</p> <p>极数</p> <p>脱扣方式</p> <p>用途代号(1. 配电线路用 2. 保护电动机用)</p>	DZ15L—40	<p>过载保护采用液压式脱扣器,性能稳定,具有电动机保护和配电线路保护两种特性;其触头为新型银氧化磷触头材料,接触电阻小、耐磨并抗熔焊,能达到高分断能力自动开关的要求</p> <p>纯电磁式漏电保护,绝缘强度高,性能稳定</p>	<p>由于具有过载、短路、漏电和触电等多种保护性能,可在电路末端作机床、潜水泵、脱粒机、电热设备、电动气锤等用电设备的电源开关;其四极漏电开关还可在带有照明灯、电钻和其他电动工具的分支回路中,作分路配电开关</p>	

续 表

类型	型号含义	产品系列	结构特点	适用场合	说 明
漏 电 保 护	<p>DZ5—20L/□□□</p> <p>同上 额定 电流 (A) 漏电 开关 派生 代号 辅助 规格 代号 ·表示 方式 同上</p>	DZ5— 20L	复式加热的双金属式脱扣器作过载保护,具有电动机保护和配电线路保护两种特性,可在调节范围内整定,与所控制电动机工作电流相匹配	同 DZ15L—40,仅容量小一级,且无4极触头	

- 注: 1. 过电流脱扣器形式:1—只有瞬时动作;2—具有长延时及瞬时动作;3—具有长延时及短延时动作;4—具有长延时、短延时及瞬时动作。
 2. 额定电流代号:10表示1 000A;20表示2 000A;30表示3 000A。
 3. 派生代号:Z表示有极性正向开关;N表示有极性逆向开关;W表示无极性开关。
 4. 额定电压代号:8表示825V(包括750V);15表示1 500V。
 5. 见表5-24附表。

表 5-24 附表 DZX10 系列塑料外壳自动开关脱扣器代号及附件代号

附件种类 附件代号 脱扣方式	附件种类							
	不带附件	分励	辅助触头	欠压	分励辅助触头	分励欠压	二组辅助触头	欠压辅助触头
电磁脱扣器	20	21	22	23	24	25	26	27
复式脱扣器	30	31	32	33	34	35	36	37

2. 常用自动开关

(1) DS10 系列

用于直流1 500V以下,额定电流1 000~3 000A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。其技术数据见表5-25。

表 5-25 DS10 系列自动开关的技术数据

型 号		DS10-10Z/15	DS10-20Z/15	DS10-30Z/15
额定电压(V)		1 500	1 500	1 500
额定电流(A)		1 000	2 000	3 000
整定电流范围(A)		800~2 000	1 600~4 000	3 000~9 000
分断能力	使用电压(V)	825 1500	825 1500	825 1500
	短路电流稳态值(kA)	80 50	80 50	80 50
	短路电流初始上升率(A/s)	5×10^6 3×10^6	5×10^6 3×10^6	5×10^6 3×10^6
	实际分断电流(kA)	<40 <25	<40 <25	<40 <25

(2) DW10 系列

用于交流 50Hz、380V(直流 440V)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。其技术数据见表 5-26~5-30。

表 5-26 DW10 系列自动开关分类形式

分 类		型 号		DW10	DW10	DW10	DW10	DW10	DW10	DW10	
		-200	-400	-600	-1 000	-1 500	-2 500	-4 000			
极数 种类	二极式	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	三极式	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
进出线 方式	板前进出线	+	-	+	+	+	+	+	+	+	
	板后进出线		+	+	+	+	+	+	+	+	
	板前进线,板后出线		+	-	+	+	+	+	+	+	
	板后进线,板前出线		+	+	+	+	+	+	+	+	
操作 方式	直接手柄操作		+	+	-	+	+				
	杠杆 操作	高空操作				+	+				
		背面操作	+	+	+	+	+				
		正面操作	左侧	+	+	+	+	-			
			右侧	+	+	+	+	+			
电磁铁操作		+	+	+							
电动机操作					+	+	+	+			

续 表

分 类		型 号		DW10	DW10	DW10	DW10	DW10	DW10	DW10
				200	- 400	- 600	- 1 000	- 1 500	- 2 500	- 4 000
过电 流脱 扣器	保护方式过载和短 路时均瞬时动作		+	+	+	+	+	+	+	+
	安 装 数 量	二脱扣器式 (二极或三极)	+	+	+	+	+	+	+	+
		三脱扣器式 (三极)	+	+	+	+	+	+	+	+
失压 或分 励脱 扣器	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 5 - 27 DW10 系列自动开关技术数据

型 号	额定电流 (A)	过电流脱扣 器额定电流 (A)	瞬时过电流脱 扣器整定电流 (A)
DW10 - 200/2 DW10 - 200/3	200	60	60~90~180
		100	100~150~300
		150	150~225~450
		200	200~300~600
DW10 - 400/2 DW10 - 400/3	400	100	100~150~300
		150	150~250~450
		200	200~300~600
		250	250~375~750
		300	300~450~900
		350	350~525~1 050
		400	400~600~1 200
DW10 - 600/2 DW10 - 600/3	600	500	500~750~1 500
		600	600~900~1 800

续 表

型 号	额定电流 (A)	过电流扣扣 器额定电流 (A)	瞬时过电流脱 扣器整定电流 (A)
DW10 - 1 000/2 DW10 - 1 000/3	1 000	400 500 600 800 1 000	400~600~1 200 500~750~1 500 600~900~1 800 800~1 200~2 400 1 000~1 500~3 000
DW10 - 1 500/2 DW10 - 1 500/3	1 500	1 500	1 500~2 250~4 500
DW10 - 2 500/2 DW10 - 2 500/3	2 500	1 000 1 500 2 000 2 500	1 000~1 500~3 000 1 500~2 250~4 500 2 000~3 000~6 000 2 500~3 750~7 500
DW10 - 4 000/2 DW10 - 4 000/3	4 000	2 000 2 500 3 000 4 000	2 000~3 000~6 000 2 500~3 750~7 500 3 000~4 500~9 000 4 000~6 000~12 000

表 5-28 DW10 系列自动开关的短路分断能力

型 号	过电流脱扣器额定电流 (A)	主电路的热稳定性 ($A^2 \cdot s$)	断路器分断的最大短路电流 (A)	
			直流 440V $T \leq 0.01s$	交流 380V $\cos\phi \geq 0.4$
DW10-200	60	9×10^6	10 000	10 000
	100	12×10^6		
	150			
	200			
DW10-400	100		27×10^6	15 000
	150			
	200			
	250			
	300			
	350			
	400			
DW10-600	500	80×10^6	20 000	20 000
	600			
DW10-1000	400	160×10^6	20 000	20 000
	500	240×10^6		
	600	960×10^6		
	800			
1 000				
DW10-1500	1 500			
DW10-2500	1 000	$2 160 \times 10^6$	30 000	30 000
	1 500			
	2 000			
	2 500			
DW10-4000	2 000	$3 840 \times 10^6$	40 000	40 000
	2 500			
	3 000			
	4 000			

- 注: 1. 直流 440V 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. 封闭式的转换能力由试验决定。

表 5-29 DW10 系列自动开关的分励脱扣器的技术数据

项 目		电 压 (V)								
		50Hz 交 流				直 流				
		36	12	220	380	24	48	110	220	440
		需 要 功 率								
分励脱扣器		187	149	145	145	100	100	90	90	90
		VA	VA	VA	VA	W	W	W	W	W
失压脱扣器			40	40	40	-	-	10	10	10
			VA	VA	VA			W	W	W
电磁 铁操 作机 构	DW10-200	--	--	10	10	--	--	1 000	1 000	--
	DW10-400、600			kVA	kVA			W	W	
				20	20	--	--	3 000	3 000	--
				kVA	kVA			W	W	
电动 机操 作机 构	DW10-1 000、1 500	--	--	600	600	-	--	500	500	--
	DW10-2 500、4 000	--	--	W	W			W	W	
		--	--	1 100	1 100	--	--	1 000	1 000	--
				W	W			W	W	

- 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%。

表 5-30 DW10 系列自动开关的辅助触头实验条件

电流种类	电压(V)	接通电流(A)	断开电感负载(A)	断开电阻负载(A)
交流	380	50	5	5
直流	220	4	0.5	1

(3) D24-25(M) 自动开关

主要用于直流 220V，交流 50Hz，电压 380V 以下鼠笼式感应电动机控制电路的接通或断开电源。带有 1.6~2.5A 的过载和短路脱扣装置。其技术数据见表 5-31。

表 5-31 DZA-25(M) 自动开关技术数据

型号	额定电流 (A)	额定电压 (V)	极数	热脱扣器			电磁脱扣器		辅助触头			脱扣器类别	
				额定电流 (A)	整定电流范围 (A)	过电流动作时间	额定电流 (A)	瞬时动作整定范围 (A)	规格	电压 (V)	额定电流 (A)		
DZA-25/330	25	交流 380	3	1.6 2.5 4	1~1.6 1.6~2.5 2.5~4	+35°C +20°C	1.6 2.5 4	9.6~16 15~25 24~40	1 常开	交流 380	1	复式脱扣	
DZA-25/230			2	6.4 10 16 25	4~6.4 6.4~10 10~16 16~25	1.1 倍 1.35 倍 6 倍	1.6 2.5 4 6.4 10 16 25	从 1 到 10 s 不超过 30 min 不动作	38.4~64 60~100 96~160 150~250				1 常开
DZA-25/320	25	直流 220	3	没	有	有	1.6 2.5 4	9.6~16 15~25 24~40	1 常开	直流 220	1	电磁脱扣	
DZA-25/220			2				6.4 10 16 25	38.4~64 60~100 96~160 150~250	1 常闭				
DZA-25/310	25	交流 380	3	同 DZA-25(M)/330、DZA-25(M)/230			没	有	有	没	交流 380	1	热脱扣
DZA-25/210			2										
DZA-25/300			3										
DZA-25/200			2										

(4) DZ5 系列自动开关

主要用于直流 110V, 交流 50Hz, 电压 220V 以下的开关板控制电路、照明电路的过载和短路保护装置。其技术数据见表 5-32~5-34。

表 5-32 DZ5 系列保护式单极自动开关技术数据

型 号	触头 额定 电流 (A)	额定 电压 (V)	脱扣 器类 别	辅助触头 类 别	脱扣器额定电流(A)
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 5-33 DZ5 系列保护式单极自动开关的保护特性

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
1h 内不动作	20min 内动作	0.2~40s 内动作	小于 0.2s 动作

表 5-34 DZ5 系列保护式单极自动开关的分断能力

型 号	脱扣器额定电流(A)	最大分断电流(A)	
		交流 220V	$\cos \varphi=0.7$
DZ5-10	0.5	1 000	
	1、1.5、2、3、4、6	500	
	10	1 000	
DZ5-25		2 000	

四、控制器

1. 控制器的分类和用途

表 5-35 控制器的分类及用途

类别名称	型号含义	产品系列	特点	用途	说明
平面控制器	<p> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/> KP — 平面控制器 — 设计序号 — 额定电流 — 横梁移动全行程的时间 — A — 带控制继电器, B — 不带 — 线路图序号 </p>	KP1 - KP5	由手柄或伺服电动机通过带动其在触头上作往复运动,或由通机构使触头在平面上按顺序作旋转或往复运动	联接电阻,可成电动机中的电压电流和磁,从而达到调节电动机转速的目的	其中应用较多 KP5
鼓形控制器	<p> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/> KG — 鼓形控制器 — J — 交流, Z — 直流 — 设计序号 — 额定电流 — 线路特征代号 </p>	KGJ1 KGZ1	触头滑动摩擦,接触磨损大,操作频率低,分断能力差	用于冶金、起重或电动机上的启动、调速和换向	逐渐淘汰,可由凸轮控制器替代
凸轮控制器	<p> 型号表示方法有两种:其一 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/> KT — 凸轮控制器 — J — 交流, Z — 直流 — 设计序号 — 额定电流 — 线路特征代号 其二 <input type="checkbox"/> — <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/> KT — 凸轮控制器 — 设计序号 — 额定电流 — J — 交流, Z — 直流 — 线路特征代号 </p>	KTJ1 KTJ2 KTJ3 KTJ4 KTJ10 KTJ12 KTZ1 KTZ2	其手柄(柄)、外壳定机构、元件、换在绝上。使触头分触头积布置,装配方便	主要用于起重设备中控制交流或直流电动机的启动、停止、调速、换向和制动;也适用于要求其他电力驱动装置,如卷扬机、绞车、挖掘机、电车等	

2. 常用控制器的技术数据

表 5-36 KT10 系列凸轮控制器技术数据

型 号	位置数		额定 电流 (A)	控制器额定 功率(kW)		操作 力 (N)	机械 寿命 (百万 次)	每小时 操作次 数不 高于	分断能力 380V, $\cos \varphi$ =0.65 (A)
	左	右		220 (V)	380 (V)				
KT10-25J/1	5	5	25	7.5	11	50	3	600(超 过 时, 须 将 控 制 器 额 定 功 率 降 低 至 60%)	77.5
KT10-25J/2	5	5	25			50	3		
KT10-25J/3	1	1	25	3.5	5	50	3		
KT10-25J/5	5	5	25	2×3.5	2×5	50	3		
KT10-25J/6	5	5	25	7.5	11	50	3		
KT10-25J/7	1	1	25	3.5	5	50	3		
KT10-60J/1	5	5	60	22	30	50	3		
KT10-60J/2	5	5	60			50	3		
KT10-60J/3	1	1	60	11	16	50	3		
KT10-60J/5	5	5	60	2×7.5	2×11	50	3		
KT10-60J/6	5	5	60	22	30	50	3		
KT10-60J/7	1	1	60	11	16	50	3		

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。

表 5-37 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(A)		80	80	80	150
额定电压(V)		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(kW)	220V	22	*	2×7.5	60
	380V	30	*	2×11	100

续 表

型 号		KTJ1 - 80/1	KTJ1 - 80/2	KTJ1 - 80/5	KTJ1 - 150/1
转子 电路 触头	额定电流 (A)	80	80	50	150
	40%通电 率时的最 大电流(A)	120	2×120	2×75	225
辅助触头额定电流(A)		15	15	15	15
每小时最大操作次数		600	600	600	600
最大工作周期(min)		10	10	10	10
重量(kg)		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80A;辅助触头能分断交、直流15A。

五、接触器

1. 常用接触器的型号及适用场合

表 5-38 常用接触器的型号系列及适用场合

类别	型号含义	系 列	结 构 特 点	适 用 场 合	说 明
交流接触器	CJ □□ - □ / □ ↓ ↓ ↓ ↓ 交流接触器 灭弧方式 额定电流 极数 设计代号(数字表示)	CJ0-A	开启式,动作机构为直动式,触头皆为双断头	供远距离接通和分断交流电动机的一般任务用	CJ0-A为CJ0系列的改型产品

续 表

类别	型号含义	系 列	结 构 特 点	适 用 场 合	说 明
交 流 接 触 器	<p> CJ — □□ — □/□ 交流接触器 灭弧方式 额定电流 极数 设计代号(数字表示) </p>	CJ8	总体结构是40A及以下为主体布置;100A及以上为单面布置。触头系统皆为直动式,双断点,桥式结构	同上,不过额定电流比CJ0 A多100A和150A二级	产品有湿热带型
		CJ10	触头系统均为双断点式,磁系统均用E型铁心,40A以下为直动式,60A以上为转动式,并用迎击式弹簧缓冲,寿命较长	同CJ8系列,但具有重量轻、体积小、寿命长等优点	为在CJ0-A、CJ8系列基础上调整设计而成
		CJ10Z	外形尺寸同CJ10,不同的是采用了新型粉末冶金触头	供控制鼠笼式电动机正反转制动的双重任务用	若在该用CJ10Z的情况下用CJ10,则CJ10的电寿命仅为2万次

续 表

类别	型号含义	系 列	结 构 特 点	适 用 场 合	说 明
交 流 接 触 器	CJ □ — □ / □ □ 交流接触器 设计代号(数字表示) 灭弧方式 额定电流 极数	CJ12 CJ12B	接触器机构为条架式,平面布置在一扁钢上。CJ12主触头为单断点串联磁吹结构,配有纵缝式灭弧罩。CJ12B系列则为栅片去游离灭弧	适用于冶金轧钢、起重机械等重复短时工作制设备中,控制交流绕线型电机的启动、停止和反接	可取代CJ1、CJ2、CJ3等老系列产品
		CJ□	触头采用直动式双断点结构,紧凑,体积小,易于装配和更换,维修方便	在煤矿、石油、化工、绞车等设备上,用于启动大容量鼠笼式和绕线式电动机	电寿命达120万次以上,为目前低压电器中寿命最高者
直 流 接 触 器	CZ □ — □ / □ □ 直流接触器 设计序号 额定电流 常开主触头数量 常闭主触头数量	CZ0	150A及以下为主体布置整体式结构;250A及以上为平面布置整体结构。全系列均为板前接线,维修方便	供远距离接通与断开直流电力线路和频繁地启动、停止直流电动机及其换向或反接制动的一般任务用	可取代CZ1、CZ3、CZ5及CJ3等系列产品
		CZ0-40C	立体布置整体式结构,板前接线,无辅助触头	供远距离瞬时接通和断开高压断路器额定电	可取代CZ6、CZ9等老系列产品

续 表

类别	型号含义	系 列	结构特点	适用场合	说 明
直 流 接 触 器	CZ □ - □ / □ □ 直 流 接 触 器 设计序号 额定电流 常开主触头数量 常闭主触头数量	CZ0-40C	结构同上,不同的是带二常开、二常闭辅助触头	压至220V(允许至440V)的电磁操作机构及快速断路器的合闸线圈	
		CZ0-40CA			
		CZ16			供远距离接通和断开额定电压至660V、额定电流为1000A及1500A的直流动力线路用
中 频 接 触 器	CP 2 - □ □ / □ 中 频 接 触 器 设计序号 频率代号 电流等级 极数 1-1000Hz 2-2500Hz 8-8000Hz	CP2	由CJ12系列工频接触器改型而成,其结构与CJ12系列基本相同	供中频感应加热设备主回路、功率因数、调节电容量支路的远距断开用	接触器为单极时,工作电压不得超过750V,接触器为双极时,工作电压不得超过1500V

续 表

类别	型号含义	系 列	结构特点	适用场合	说 明
交流真空接触器	CZJ 1 - □ / □ 交流真空接触器 设计序号 额定电流 额定电压	CZJ1	采用了新型真空技术,触头间隙真空电弧不会外喷,介质恢复速度快;体积小,维修简单	适用于防爆、防腐、分断电容负载及电压在1000V以上的场合	

2. 常用交流接触器的主要技术数据

(1) CJ10 系列

用于 50 或 60Hz, 交流 550V, 电流 150A 以下电力电路的远距离接通与分断, 并适用于频繁地启动及控制交流电动机。

表 5-39 CJ10 系列交流接触器技术数据

型 号		CJ10 - 5	CJ10 - 10	CJ10 - 20	CJ10 - 40	CJ10 - 60	CJ10 - 100	CJ10 - 150
额定电流(A)		5	10	20	40	60	100	150
联锁触头额定电 流(A)		5	5	5	5	5	5	5
控制三相电 动机的最大 容量(kW)	220V	1.2	2.2	5.5	11	17	30	43
	380V	2.2	4	10	20	30	50	75
	500V	2.2	4	10	20	30	50	75
触头 接通 与分 断能 力	主 触 头	电压(V) 380×1.05 500×1.05						
		电流(A) 50 100 200 400 600 1 000 1 500 40 80 160 320 480 800 1 200						

续 表

型 号		CJ10 - 5	CJ10 - 10	CJ10 - 20	CJ10 - 40	CJ10 - 60	CJ10 - 100	CJ10 - 150
触头接通与分断能力	联锁触头	电压(V)	380×1.05 500×1.05					
		接通电流(A)	50 40					
	分断电流(A)	5 4						
	cosφ	0.35±0.05						
	接通与分断次数	20						
	每次间隔时间(s)	5						
	每次通电时间(s)	≠0.2						

(2) CJ12B 系列

用于 50Hz 交流 380V、600A 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,并适用于频繁地启动、停止和反转的交流电动机。

表 5-40 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(V)	380				
额定电流(A)	100	150	250	400	600
极数	2、3、4、5				
额定容量时每小时操作次数	600			300	
机械寿命(万次)	300			200	

续 表

型 号		CJ12B - 100	CJ12B - 150	CJ12B - 250	CJ12B - 400	CJ12B - 600
主触头	接通与 分断	电 流	25 倍额定电流			
		电 压	额定电压			
		$\cos\varphi$	0.65			
	电气寿命(万次)	15		10		
辅助触头	额定电压(V)	交流 380, 直流 220				
	额定电流(A)	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)	30				

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。

六、启动器

1. 启动器的类型及用途

表 5-41 启动器的类型及用途

类 型	型号系列	特 点	用 途
全压直接启动器	电 磁 QC	由交流接触器、热继电器、按钮等标准元件组成。带有外壳, 可逆式有电气及机械联锁, 具有过载、断相及失压保护性能	供远距离三相鼠笼式电动机的频繁直接启动、停止及可逆转换, 可适用不要求限制启动电流的各类机械及农田设备(如电力排灌、潜水泵、碾米机等); 供不频繁控制三相鼠笼式异步电动机的直接启动、停止, 尤适合于农村使用
	手 动 QS5 QZ610	用凸轮或按钮操作的锁扣机构来完成线路的分合动作。可带有热继电器、失压脱扣器和分励脱扣器等, 且操作不受电网电压波动的影响	

续 表

类型	型号系列	特 点	用 途
星-三角启动器	自 动 QX3 QX4	由交流接触器、热继电器、时间继电器、控制按钮等组成、有保护外壳；接触器主触头、热元件多接于三角形联接的内部，并具有过载、断相及失压保护作用	供三相鼠笼式异步电动机作星-三角启动、停止用；启动过程中，时间继电器能自动地将电动机定子绕组由星形转换为三角形联接
	手 动 QX1 QX2	用凸轮将结构相同的触头组件按顺序分合，实现电动机定子绕组的星-三角转换；有防护外壳和定位装置，但一般无过载及失压保护	供三相鼠笼式异步电动机作星-三角启动及停止
自耦减压启动器	自 动 XJ01 GFZ	由交流接触器、热继电器、时间继电器、控制按钮、自耦变压器等组合而成；借自耦变压器的不同抽头，可调节启动电流及启动转矩	供三相鼠笼式异步电动机作不频繁地降压启动及停止用，并具有过载、断相及失压保护
	手 动 QJ3	由启动触头、运转触头、手动操作机构、自耦变压器、保护元件和箱体等组成，有油浸式和空气式两种	
电抗减压启动器		由交流接触器、热继电器、控制按钮与电抗线圈组合而成；箱式结构	供三相鼠笼式异步电动机的减压启动用；启动时利用电抗器降压，以限制启动电流
电阻减压启动器	QJ7	分交、直流电阻减压启动器，两者均为箱式结构。交流电阻减压启动器系用交流接触器、热继电器、控制按钮等与电阻元件组合而成；直流电阻减压启动器系由手动操作机构、电刷形触头、变阻器、失压保护、机械联锁等组成	供三相鼠笼式异步电动机或小容量直流电动机的减压启动用。启动时用电阻元件降压，以限制启动电流

续 表

类型	型号系列	特 点	用 途
减压启动器	XJ1	由交流接触器、热继电器、时间继电器、控制按钮等标准元件组成,并带有信号灯及电流表,有防护外壳。具有过载、断相及失压保护作用。需与定子绕组有9个接线头的电动机配合使用	供三相鼠笼式异步电动机作延边三角形启动,在启动过程中,将电动机绕组接成延边三角形,启动完毕,自动换接成三角形
综合启动器	QZ73	由交流接触器、热继电器、熔断器、控制按钮、组合开关及变压器等标准元件组成,并带有行灯,具有保护外壳	供远距离直接控制三相鼠笼式异步电动机的启动、停止、过载、短路和失压保护用

2. 常用启动器

(1) QC12 系列磁力启动器

用于 50 或 60Hz 交流 500V, 150A 以下的电力电路中,供远距离直接控制三相异步电动机的启动、停止及正反向运转。

表 5-42 QC12 系列磁力启动器技术数据

型 号	热元件额定电流 (A)	热继电器 整定电流 调节范围 (A)	电动机的最 大容量(kW)			吸引线圈的 额定电压 (V)
			220 V	380 V	500 V	
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 50Hz 分 36、110、 220、380 四 种,交流 60 Hz 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	

(2) QJ3 系列手动自耦减压启动器

用于 50 或 60Hz, 交流 220~440V, 功率 75kW 以下的三相鼠笼式异步电动机的不频繁降压启动及停止。

表 5-43 QJ3 系列手动自耦减压启动器技术数据

电动机容量 (kW)			额定工作电流 (A)			热保护额定电流 (A)			最大启动时间 (s)
220 V	380 V	440 V	220 V	380 V	440 V	220 V	380 V	440 V	
	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	60
25	45	45	91	100	86	120	120	120	
30	55	55	108	120	104	160	160	160	
40	75	75	145	145	125	160	160	160	

(3) QX1 系列星-三角启动器

用于 50 或 60Hz 交流 380V、容量 30kW 以下的三相异步电动机, 作为星-三角启动及停止之用。

表 5-44 QX1 系列星-三角启动器技术数据

型号	容量等级(380V 时) (kW)	触头额定电流 (A)	允许接通负载			允许分断负载			电源接线端允许电流 (A)
			电压 (V)	电流 (A)	$\cos\varphi$	电压 (V)	电流 (A)	$\cos\varphi$	
QX1-13	13	16	380	16×4	≥ 0.4	380×0.25	16	≥ 0.4	26
QX1-30	30	40	380	40×4	≥ 0.4	380×0.25	40	≥ 0.4	60

(4) QZ73 系列综合磁力启动器

用于 50 或 60Hz 交流 500V、25A 以下的电力电路中,供远距离直接启动和停止容量达 12.5kW 的三相异步电动机用。

表 5-45 QZ73 系列综合磁力启动器技术数据

型 号	主触头 额定电流 (A)	辅助触头		电动机容量(kW)			
		数量	额定电流 (A)	127 V	220 V	380 V	500 V
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 5-46 QZ73 系列综合磁力启动器的热继电器及熔断器的配合

型 号	热继电器额定 电流(A)	整定电流调节 范围(A)	熔断器额定 电流(A)
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	4~4.6	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 25A 之热继电器用于 QZ73-3、5、7 启动器时,其整定电流不得大于 20A。

表 5-47 QZ73 系列综合磁力启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 (s)	每次 通电 时间 (s)
	电压 (V)	电流 (A)	电压 (V)	接通 电流 (A)	分断 电流 (A)				
QZ73 - 1~7	380×1.05	200	380×1.05	30	5	0.35±0.05	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	0.35±0.05	20	10	≥0.2
	500×1.05	200	500×1.05	16	2.7				

表 5-48 QZ73 系列综合磁力启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	—	—
HZ3-133 组合开关	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
BK-50 变压器	—	1	1	—	—	—	—	1	—	—
LA-10 控制按钮	—	—	—	—	—	2	2	—	—	2

七、继电器

1. 继电器的分类及用途

表 5-49 控制继电器的分类及用途

类 型	动作特点	主要用途
电压继电器	当与电源回路并联的励磁线圈电压达到规定值时动作	电动机失(欠)压保护和制动以及反转控制等,有时也作过压保护

续 表

类 型		动 作 特 点	主 要 用 途
电 流 继 电 器		当与电源回路串联的励磁线圈中通过的电流达到规定值时动作	电动机的过载及短路保护,直流电机磁场控制及失磁保护
中 间 继 电 器		实质上是电压继电器,但触头数量较多,容量较大	通过它中间转换,增加控制回路数或放大控制讯号
时 间 继 电 器		得到动作讯号后,其触头动作有一定延时	用于交直流电动机以时间原则启动或制动时的控制及各种生产工艺程序的控制等
热 继 电 器		由过电流通过热元件热弯曲推动机构动作	用于交流电动机的过载、断相运转及电流不平衡的保护等
温 度 继 电 器		当温度达到规定值时动作	用于电动机的过热保护或温度控制装置等
速 度 继 电 器 和 制 动 继 电 器			用于感应电动机的反接制动及能耗制动中
特 种 继 电 器	舌 簧 继 电 器	当舌簧片被磁化到规定值时动作	用于生产过程的自动控制和自动检测等
	极 化 继 电 器	当励磁线圈中通过的电流值和方向符合规定时动作	用于自动控制与调节系统中,作高灵敏的继电控制、放大和变流控制等
	脉 冲 继 电 器	当励磁线圈通过规定大小和方向的电流脉冲时即动作	用于要求功耗特别小的自动控制及检测通讯系统中

2. 常用继电器的主要技术数据

(1) JFZO 系列反接制动继电器

用于 50 或 60Hz, 交流 380V 以下的电路中。

表 5-50 JFZO 系列反接制动继电器技术数据

交 流					额定工作转速(r/min)		触头数量	
额定电压	额定电流	接通电流	分断电流	cosφ	JFZO-1	JFZO-2	动合	动断
380V	2A	3A	0.3A	≥0.4	300~1000	1000~3600	2	2

(2) JL12 系列过电流延时继电器

用于 50Hz 交流 380V(直流 440V)以下, 电流 5~300A 电路中, 作为起重机上交流绕线电动机或直流电动机的启动、过载、过流保护。

表 5-51 JL12 系列过电流延时继电器技术数据

型 号	线圈 额定 电流 (A)	电压(V)		触头 额定 电流 (A)	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	<3min (热态)	10±6s (热态)	<1~3s②
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 J14 系列过电流继电器。

2. ① 持续通电 1h 不动作, 为合格。② 当环境温度大于 0℃ 时, 动作时间 < 1s; 当环境温度小于 0℃ 时, 动作时间 < 3s。

(3) JAG 系列干簧继电器

表 5-52 JAG 系列干簧继

型号 规格	接触电阻 (Ω)		绕径数据			额定电 压或 电 流	吸合 电流 (mA)	释放 电流 (mA)
	H	Z	线径 (mm)	直流电阻 (Ω)	匝数			
JAG-2-1 $\frac{H}{Z}$ A	0.070.15		0.10	93±5%	22 00	6V	≤44	≥9
JAG-2-1 $\frac{H}{Z}$ B			0.07	370±5%	4 200	12V	≤22	≥4.5
JAG-2-1 $\frac{H}{Z}$ C			0.05	1 200±5%	7 000	24V	≤13.5	≥3
JAG-2-2 $\frac{H}{Z}$ A			0.14	140±5%	3 300	6V	≤28	≥7
JAG-2-2 $\frac{H}{Z}$ B			0.10	430±5%	5 200	12V	≤18	≥4
JAG-2-2 $\frac{H}{Z}$ C			0.07	1 700±5%	10 000	24V	≤9	≥2.2
JAG-2-3 $\frac{H}{Z}$ A			0.17	87±5%	2 500	6V	≤48	≥8
JAG-2-3 $\frac{H}{Z}$ B			0.12	320±5%	4 500	12V	≤25	≥4.5
JAG-2-3 $\frac{H}{Z}$ C			0.09	1 080±5%	8 500	24V	≤15	≥2.5
JAG-2-4 $\frac{H}{Z}$ A			0.17	87±5%	2 500	6V	≤48	≥8
JAG-2-4 $\frac{H}{Z}$ B			0.12	320±5%	4 500	12V	≤25	≥4.5
JAG-2-4 $\frac{H}{Z}$ C			0.09	1 080±5%	8 500	24V	≤15	≥2.5
JAG-4-1HA	0.15		0.07	370±10%	4 200	18mA	≤9	≥1.8
JAG-4-1HB			0.05	1 250±10%	7 000	10mA	≤5	≥1.1
JAG-4-1HC			0.04	2 900±10%	11 000	7mA	≤3.5	≥0.7
JAG-4-2HA	0.15		0.09	200±10%	2 600	32mA	≤16	≥3
JAG-4-2HB			0.07	520±10%	4 300	20mA	≤10	≥1.8
JAG-4-2HC			0.05	2 000±10%	7 300	12mA	≤6	≥10
JAG-4-3HA	0.150.15		0.11	130±10%	2 100	46mA	≤23	≥3.5
JAG-4-3HB			0.08	460±10%	3 600	26mA	≤13	≥2
JAG-4-3HC			0.05	2 180±10%	7 200	13mA	≤6.5	≥1
JAG-4-4HA	0.150.15		0.13	90±10%	1 600	60mA	≤30	≥4.5
JAG-4-4HB			0.10	270±10%	2 800	40mA	≤20	≥2.8
JAG-4-4HC			0.06	1 180±10%	4 800	20mA	≤10	≥1.6
JAG-5-2H-12V	0.5		0.27	50±10%	2 500	12V	≤130	35
JAG-5-2Z-12V								
JAG-5-2H-27V			0.17	310±10%	6 000	27V	≤55	≥14
JAG-5-2Z-27V								

注:1. H表示常开,Z表示转换;2. 吸合时间包括抖动在内;3. 工作位置可以任意。

电器技术数据

吸合时间 (ms)		释放时间 (ms)		环境温度 (°C)	触头负荷 (阻性)		寿命 (次)		装于簧管
H	Z	H	Z		H	Z	H	Z	
≤1.7	≤2.5	≤0.1		10~+55	24V 0.2A (直流)	24V 0.1A (直流)	10 ⁷	10 ⁶	1
≤1.7	≤2.5	≤0.1	≤1.0						
≤1.7	≤2.5	≤0.1							
≤2.5	≤3.5	≤0.2							2
≤2.5	≤3.5	≤0.2	≤1.0						
≤2.5	≤3.5	≤0.2							
≤3.5	≤4.5	≤0.5							3
≤3.5	≤4.5	≤0.5	≤1.0						
≤3.5	≤4.5	≤0.5							
≤4.5	≤5	≤0.8							4
≤4.5	≤5	≤0.8	≤1.0						
≤4.5	≤5	≤0.8							
≤0.9				-10~+55	12V 0.05A (直流)	12V 0.05A (直流)	10 ⁶		1
≤1.0		<1.0							2
≤1.1		<1.0		-10~+55	12V 0.05A (直流)	12V 0.05A (直流)	10 ⁶		3
≤1.2		<1.0							4
≤5.0	<1.0	<1.0		-10~+55	最大电压:300V (直流) 最大电流:2A 最大功率:200W		5×10 ⁴		2

(4) JR16 系列热继电器

用于 50Hz 交流 500V、160A 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保护作用。

表 5-53 JR16 系列热继电器技术数据

型 号	额定电流 (A)	热元件等级		联接导线规格
		额定电流 (A)	刻度电流调节范围 (A)	
JR16-20/3 JR16-20/3D	20	0.35	0.25~0.35	4mm ² 单股 塑料铜线
		0.50	0.32~0.50	
		0.72	0.45~0.72	
		1.1	0.68~1.1	
		1.6	1.0~1.6	
		2.4	1.5~2.4	
		3.5	2.2~3.5	
		5	3.2~5	
		7.2	4.5~7.2	
		11	6.8~11	
JR16-60/3 JR16-60/3D	60	22	14~22	16mm ² 多股 铜心橡皮软线
		32	20~32	
		45	28~45	
		63	40~63	
JR16-150/3 JR16-150/3D	150	63	40~63	35mm ² 多股铜 心橡皮软线
		85	53~85	
		120	75~120	
		160	100~160	

(5) JS11 系列时间继电器

用于 50Hz 交流 500V 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。

表 5-54 JS11 系列时间继电器技术数据

电源电压 (V)	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 (V)	持续电流 (A)	接通电流 (A)	分断电流 (A)	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 s 0~40 s 0~4 min 0~20 min 0~2 h 0~12 h 0~72 h	380	5	3	0.3	3	2	3	2	1	1

(6) JS14 晶体管时间继电器

用于 50Hz 交流 380V 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。

表 5-55 JS14 系列晶体管时间继电器技术数据

型号	延时范围 (s)	电源电压 (V)	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 50Hz 24、36、 127、220、 380	2 常开 2 常闭 或 1 常开 1 常闭	±5%	-10~40	约 1W
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					

(7) 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、中间继电器用。

表 5-56 JT3 系列直流电磁继电器触头技术数据

电流种类	电压 (V)	额定电流 (A)	负载电流(A)		
			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 5-57 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(s)		动作误差	触头数目	吸引线圈电压 (V)	消耗功率 (W)	固有动作时间 (s)
		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			±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-□□ /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					
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 0.8s。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)。

(8) JT4 系列交流电磁继电器

用于 50Hz 交流自动控制电路中,作为零电压、过电流、过电压及中间继电器用。

表 5-58 JT4 系列交流电磁继电器触头技术数据

电流种类	额定电流 (A)	电压 (V)	负载电流(A)		
			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 5-59 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 380V	75 VA	+		+	+
JT4-□□L 过电流继电器	吸引电流在线圈额定电流的 110%~350% 范围内调节	0.1~0.3	1 常开 1 常闭	5、10、 15、20、 40、80、 150、300 及 600A	5W	+		+	+
JT4-□□S (手动)过电流继电器									

续 表

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 - 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、 380V	75 VA	+		+	+

注:JT4-L、S过电流继电器已由JL14-J、JS代替。

(9) JXT 系列小型通用继电器

由直流或交流控制,适用于一般的自动装置、继电器保护装置、信号装置和通信设备中作为信号指示和启闭电路的元件。

表 5 - 60 JTX 系列小型通用继电器触头技术数据

电 压 (V)		电 流 (A)			
		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	4.6	4.3
	24	4.5	4	3	2.4
	220	1	0.5	1	

表 5-61 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 (mA)	备 注
		线径 (mm)	电阻 (Ω)	匝数				
交流 6V		0.31	5.5	505	5.1V		交流线圈 的匝数误 差为±5%	
12V		0.21	24	1 010	10.2V			
24V		0.15	92	2 020	20.4V			
36V		0.13	190	3 030	30.6V			
110V		0.08	1 600	9 260	93.5V			
127V		0.08	2 000	10 700	108V			
220V		0.05	7 500	18 500	187V			
直流 6V		0.21	40	1 535	51V	2.7V	直流线圈 的电阻在 20℃时,测 得电阻最 大波动< ±10%	
12V		0.15	150	2 875	10.2V	5.4V		
24V		0.11	570	5 475	20.4V	10.8V		
48V		0.08	2 230	10 700	40.8V	21.6V		
110V		0.05	10 000	22 000	93.5V	49.5V		
220V		0.04	20 000		187V	99V		
直流 20mA		0.07	3 000	13 000	18mA	8.1mA		
直流 40mA		0.11	500	5 400	36mA	6.2mA		

注:1. 继电器的释放值为额定值的 45%。2. 有 * 的继电器功耗≤2W。

(10) JZ7 系列中间继电器

用于 50 或 60Hz 交流 500V、电流 5A 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。

表 5-62 JZ7 系列中间继电器技术数据

型 号	触头额定电压 (V)	触头额定电流 (A)	触头数量		吸引线圈电压 (V)
			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

八、主令电器

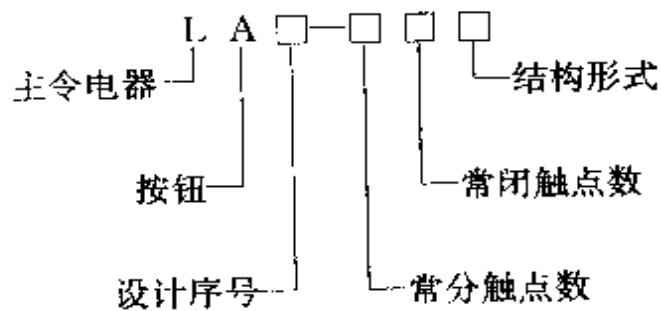
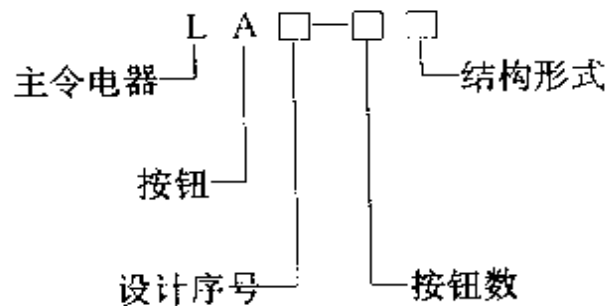
主令电器是专门发送动作命令的电器。主要用于闭合或分断控制电路,以发布命令或信号,控制电力系统的启动、运转或停止。

1. 控制按钮

(1) 用途

主要用于交流 50 或 60Hz,电压 500V(直流 440V)的远距离操作具有电磁线圈的电器。

(2) 型号及意义



结构形式符号的意义:

K—开启式;H—保护式;S—防水式;

F—防腐式;Y—钥匙式;X—旋转式;

J—紧急式;D—带灯式。

(3) LA 系列控制按钮技术数据

表 5-63 LA 系列控制按钮技术数据

型 号	规 格		结 构 形 式	触头对数		按 钮 钮数	按 钮 颜 色
	电 压 (V)	电 流 (A)		常 开	常 闭		
LA2	500	5	元件	1	1	1	黑、绿、红
LA9	380	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
LA10-3K	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

2. 行程开关

(1) LX19 系列行程开关

主要用于交流 50 或 60Hz、电压 380V(直流 220V)、电流 5A 以下的控制电路并将机械信号转变为电气信号来控制机械动作或程序。其技术数据见表 5-64。

表 5-64 LX19 系列行程开关技术数据

型 号	规 格		结 构	触点对数		工 作 行 程	超行程	触点转 换时间 (s)
	电压 (V)	电流 (A)		常 开	常 闭			
LX19K	380	5	元件	1	1	3mm	1mm	≤ 0.4
LX19-111	380	5	单轮,滚轮装在传动杆 内侧,能自动复位	1	1	$\sim 30^\circ$	$\sim 20^\circ$	≤ 0.4
LX19-121	380	5	单轮,滚轮装在传动杆 外侧,能自动复位	1	1	$\sim 30^\circ$	$\sim 20^\circ$	≤ 0.4
LX19-131	380	5	单轮,滚轮装在传动杆 凹槽内,能自动复位	1	1	$\sim 30^\circ$	$\sim 20^\circ$	≤ 0.4
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	$\sim 30^\circ$	$\sim 15^\circ$	≤ 0.4
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	$\sim 30^\circ$	$\sim 15^\circ$	≤ 0.4
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	$\sim 30^\circ$	$\sim 15^\circ$	≤ 0.4
LX19-001	380	5	无滚轮,仅经向传动 杆,能自动复位	1	1	$< 4\text{mm}$	3mm	≤ 0.4

(2) JLXK1-11 行程开关

用于交流 50 或 60Hz,电压 500V(直流 440V)以下的电路快速断开或换接。其技术数据见表 5-65。

表 5-65 JLXK1-11 行程开关技术数据

型 号	额定电压 (V)		额定电流 (A)	触点换接时间 (s)	动作行程 (mm)	超行程 (mm)	触点对数	
	交流	直流					常开	常闭
JLXK1-11A	500	440	5		1~2	0.3~0.5	1	1
JLXK1-11A ₂	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
JLXK1-11B ₂	500	440	5	≤0.04	1~2	0.3~0.5	1	1

3. LW5-15 系列万能转换开关

用于 50Hz、交流 380V(直流 220V)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 5.5kW 的三相交流电动机启动、换向及双速电动机的变速开关。其技术数据见表 5-66。

4. 主令控制器

(1) LK1 系列主令控制器

用于 50Hz、交流 380V(直流 440V)以下的电路中,作为起重机磁力控制屏的远程控制之用。其技术数据见表 5-67。

表 5-67 LK1 系列主令控制器技术数据

额定电流 (A)	接通、分断能力(A)					
	交 流		直 流			
	380V, cosφ=0.4		220V, L/R=0.05s		440V, L/R=0.05s	
	接通	分断	接通	分断	接通	分断
5	100	15	15	2	5	0.5

(2) LK5 系列主令控制器

用于 50Hz、交流 380V(直流 440V)以下的电路中,作各类型电力驱动装置的远程控制,可以控制需要较多控制电路的连锁与转换装置。其技术数据见表 5-68、5-69。

表 5-66 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	可控线圈 额定功率 (VA 或 W)	接 通				分 断				寿命 次数 (万次)	允许正 常操作 频率				
					电压 (V)	电流 (A)	功率 因数	时间 常数 (s)	电压 (V)	电流 (A)	功率 因数	时间 常数 (s)						
380V	15A	主令电路	交流	1 000	380	42	0.1		380	2.6	0.2			20	120 次/h			
										4.5								
					220	75			220	0.3			110			0.6		0.15
					24	8			220	0.4			220			0.4		
			48	9.4			90	0.05			48	1.9						
															24	3.7		
			1.0×380	6×12	三相 交流	—		0.6			0.17× 380	12	0.6					
																0.6		

表 5-68 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(kg)	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 LK5-227-6	1	2		1-0-1	8	带滚子的杠杆传动,可自复至零位
LK5-031/3-401 LK5-031/3-405	2	4		1-0-1	15	手柄直接操作,可自复至零位
LK5-051/6-816 LK5-051/6-1003	4 5	8 10	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
LK5-052/2-816 LK5-052/2-1003	4 5	8 10		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

表 5-69 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(A)	极限接通能力(A)		极限分断能力(A)			
		直流	交流	直 流			交 流
				110V	220V	440V	
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

第三节 低压电器常见故障及处理方法

一、低压电器常见故障及处理方法

表 5-70 自动开关常见故障及处理方法

	故障现象	产生原因	处理方法
1	手动操作自动开关,触头不能闭合	<ol style="list-style-type: none">1. 失压脱扣器电压失常或线圈烧坏2. 贮能弹簧变形,导致闭合力减小3. 反作用弹簧力过大4. 机构不能复位再扣	<ol style="list-style-type: none">1. 检查线路电压或更换线圈2. 更换贮能弹簧3. 重新调整4. 调整复位再扣接触面至规定值
2	电动操作自动开关,触头不能闭合	<ol style="list-style-type: none">1. 操作电源电压不符2. 电源容量不够3. 电磁铁拉杆行程不够4. 电动机操作定位开关失灵5. 控制器中整流管或电容器损坏	<ol style="list-style-type: none">1. 更换电源2. 增大操作电源容量3. 重新调整或更换拉杆4. 重新调整5. 更换
3	有一相触头不能闭合	<ol style="list-style-type: none">1. 一般自动开关的一相连杆断裂2. 限流开关斥开机构与连杆之间的角度变大	<ol style="list-style-type: none">1. 更换连杆2. 调整至原技术条件规定要求
4	分励脱扣器不能使自动开关分断	<ol style="list-style-type: none">1. 线圈短路2. 电源电压太低3. 再扣接触面太大4. 螺钉松动	<ol style="list-style-type: none">1. 更换线圈2. 更换电源电压或升高3. 重新调整4. 拧紧
5	失压脱扣器不能使自动开关分断	<ol style="list-style-type: none">1. 反力弹簧变小2. 如为贮能释放,则贮能弹簧变小3. 机构卡死	<ol style="list-style-type: none">1. 调整弹簧2. 调整贮能弹簧3. 消除卡死原因

续 表

	故障现象	产生原因	处理方法
6	启动电动机时自动开关立即分断	过电流脱扣器瞬时整定电流太小	1. 调整过电流脱扣器瞬时整定弹簧 2. 如为空气脱扣器,则可能阀门失灵或橡皮膜破裂,查明后更换
7	自动开关闭合后,一定时间(约 1 h)自行分断	1. 过电流脱扣器长延时整定值不对 2. 热元件或半导体延时电路元件变质	1. 重新调整 2. 更换
8	失压脱扣器有噪音	1. 反力弹簧力太大 2. 铁心工作面有油污 3. 短路环断裂	1. 重新调整 2. 清除油污 3. 更换衔铁或铁心
9	自动开关温升过高	1. 触头压力过分降低 2. 触头表面过分磨损或接触不良 3. 两个导电零件连接螺钉松动	1. 调整触头压力或更换弹簧 2. 更换触头或清理接触面,不能更换者只好更换整台自动开关 3. 拧紧
10	辅助开关发生故障	1. 辅助开关的动触桥卡死或脱落 2. 辅助开关传动杆断裂或滚轮脱落	1. 拨正或重新装好触桥 2. 更换传动杆和滚轮或更换整个辅助开关
11	半导体过电流脱扣器误动作使自动开关断开	在仔细寻找故障,确认半导体脱扣器本身无损坏后,在大多数情况下可能是外界电磁干扰	仔细找出引起误动作的原因,例如邻近大型电磁铁的操作,接触器的分断,电焊等,予以隔离或更换线路

表 5-71 接触器、继电器和磁力启动器的故障及处理方法

故障现象	产生原因	处理方法
机械或塑料件损坏	零件开裂、损坏,系受外力所致,安装孔不准,强行安装	1. 黏结破损部分 2. 清除外力 3. 安装孔位要准确
触头过热或灼伤	1. 触头弹簧压力太小 2. 触头上有油垢 3. 触头超行程过小 4. 触头的断开容量不够 5. 触头的开断次数过多 6. 电路中发生短路故障	1. 调整弹簧压力 2. 清除油垢 3. 调整行程 4. 改换大容量触头 5. 降低操作次数或改换操作频率高的触头 6. 清除电路的短路故障
动、静触头熔接在一起	1. 触头长期过热与灼伤 2. 触头断开容量不够 3. 触头的开断次数过多 4. 线圈电压过低,触头引起振动 5. 短路故障	1. 清除触头过热和灼伤原因 2. 更换大容量触头 3. 降低操作频率 4. 适当增大电压到额定值 5. 清除短路故障
衔铁吸引不上	1. 线圈断线或电源供电中断 2. 线圈烧毁 3. 衔铁或机械可动部分被卡死或粘住 4. 机械部分转轴生锈或歪斜 5. 线圈供电电压太低	1. 检查线路,更换或修理线圈 2. 电压不符换线圈,线圈短路换线圈 3. 清除障碍物 4. 去锈,上润滑油,调整位置或更换零件 5. 提高电压到额定值
接触器、继电器动作缓慢	1. 极面间隙过大 2. 电器的底板上部较下部凸出 3. 电器活动部分被粘住或阻碍 4. 继电器调整动作时间过长	1. 调整机械装置,减少间隙 2. 把电器装直 3. 清除阻碍物 4. 调整动作时间,制定要求值

续 表

故障现象	产生原因	处理方法
断电时衔铁不落下	<ol style="list-style-type: none">1. 触头间弹簧压力过小或断裂2. 电器底板下部较上部凸出3. 衔铁或机械可动部分被卡死4. 非磁性衬垫片被过度磨损或太薄(直流)5. 触头熔焊在一起6. 剩磁	<ol style="list-style-type: none">1. 调整触头压力、更换2. 装直电器3. 清除阻力4. 更换或加厚5. 找出熔焊原因,排除故障6. 退磁处理或更换铁心
线圈过热或烧毁	<ol style="list-style-type: none">1. 弹簧的反作用力过大2. 线圈额定电压与电路电压不符3. 线圈通电持续率与实际工作情况不符4. 线圈由于机械损伤或附加有导电尘埃而部分短路	<ol style="list-style-type: none">1. 调整压力2. 更换线圈3. 更换线圈4. 更换线圈,保持清洁
线圈损坏	空气潮湿或含有腐蚀性气体	换用涂有特种绝缘漆的线圈
电器有噪声	<ol style="list-style-type: none">1. 弹簧的反作用力过大2. 极面有污垢3. 极面磨损过度不平4. 磁系统歪斜5. 短路环断裂(交流)6. 衔铁与机械部分间连接销松脱	<ol style="list-style-type: none">1. 调整弹簧压力2. 清除污垢3. 修平极面4. 调整装配位置5. 重焊或更换6. 装好连接销

表 5-72 热继电器的故障及处理方法

故障现象	产生原因	处理方法
电气设备经常烧毁而热继电器不动作,或设备运行正常但热继电器经常动作	<ol style="list-style-type: none"> 1. 热继电器的额定电流比被保护设备的额定电流值过大 2. 热继电器调整值不对 3. 热继电器通过短路电流后产生永久性变形 4. 热继电器不清洁,久未校验 5. 热继电器的调整部位损坏 6. 有盖的热继电器未盖好盖子 7. 与外界接线螺钉未紧固或连接线直径不符合规定要求 8. 安装的地方、方向不符合要求 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 重选 2. 调整,将止钉铆紧 3. 调整或更换双金属元件 4. 清除灰尘,重新校验 5. 修理损坏元件,重新校验 6. 盖好 7. 紧固和换上符合要求的标准电线 8. 按规定安装
热继电器动作时快时慢	<ol style="list-style-type: none"> 1. 热继电器内部零件有松动 2. 在装配中弯折了双金属片 3. 通电时电流波动比较大 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 紧固 2. 热处理去掉内应力 3. 重新校验
热继电器接入后,主电路不通或控制电路不通	<ol style="list-style-type: none"> 1. 热元件烧毁 2. 接线螺钉未拧紧 3. 触头烧毛或动触头弹性消失,动、静触头不能接触 4. 调整旋钮或螺钉转不到合适位置 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 更换 2. 拧紧 3. 修理触头、触片 4. 调整到合适位置
热继电器无法调整或调整不到要求值	<ol style="list-style-type: none"> 1. 发热元件的发热量太小或装错了热元件号 2. 双金属片安装的方向反了,或双金属片用错,敏感系数太小 3. 热元件的发热量太大,或是装错了热继电器 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 更换电阻值比较大的热元件 2. 更换双金属片 3. 更换电阻值较小的热元件

表 5-73 自耦减压启动器的常见故障及处理方法

故障现象	产生原因	处理方法
启动器能合上,但是不能启动	<ol style="list-style-type: none">1. 启动电压太低,转矩不够2. 熔丝熔断3. 启动器与电动机不匹配	<ol style="list-style-type: none">1. 测量电路电压,将启动器抽头提高一级2. 检查熔丝,予以更换3. 重选
电动机启动太快	<ol style="list-style-type: none">1. 电动机的转矩太大: (1) 自耦变压器抽头电压太高 (2) 自耦变压器有一个或几个线圈短路2. 接线错误	<ol style="list-style-type: none">1. 调整抽头;检查自耦变压器中的短路线圈,更换线圈或重绕2. 检查电动机和启动器之间的接线,核对说明书接线图
自耦变压器有嗡嗡声	<ol style="list-style-type: none">1. 变压器的铁片未夹紧2. 变压器中有线圈接地	<ol style="list-style-type: none">1. 夹紧变压器的铁片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
启动器油箱里有特殊的吱吱声	触点上跳火花—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点
油箱发热	油里掺有水分	更换绝缘油
启动器里发出爆炸声,同时箱里冒烟(注意:这时可能有一根或几根熔丝熔断)	<ol style="list-style-type: none">1. 触点有火花2. 开关的机械部分与导体间的绝缘损坏或接触器接地	<ol style="list-style-type: none">1. 整修或更换触点2. 查出接地点予以消除

续 表

故障现象	产生原因	处理方法
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,继电器触点是否熔焊,线圈若已烧毁应予更换
电动机没有过载,但启动器的握柄却不能在运行位置上停留	<ol style="list-style-type: none"> 1. 欠压继电器吸不上或过载继电器之间的触点接触不良 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 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检查欠压继电器电源和接线是否有错,是否有卡住现象;检查过载继电器触点,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
联锁机构失灵	锁片锈牢或磨损	用锉刀整修或局部更换
线圈过热或烧毁	<ol style="list-style-type: none"> 1. 弹簧的反作用力过大 2. 线圈额定电压与电路电压不符 3. 线圈的通电持续率与实际工作情况不符 4. 线圈由于机械擦伤或附有导电尘埃而部分短路 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调整弹簧压力 2. 更换线圈 3. 更换线圈 4. 更换线圈并经常保持清洁
电器有噪声	<ol style="list-style-type: none"> 1. 弹簧的反作用力过大 2. 极面有污垢 3. 极面磨损过度而不平 4. 磁系统歪斜 5. 短路环断裂(交流) 6. 衔铁与机械部分间的连接销松脱 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调整弹簧压力 2. 清除污垢 3. 修正极面 4. 调整机械部分 5. 重焊或换短路环 6. 装好连接销

续 表

故障现象	产生原因	处理方法
衔铁吸不上	<ol style="list-style-type: none"> 1. 线圈断线或烧毁 2. 衔铁或机械可动部分被卡住 3. 机械部分转轴生锈或歪斜 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 轻微的可修理,无法修理的应更换线圈 2. 消除障碍物 3. 去锈,上润滑油或调换配件
接触器的动作缓慢	<ol style="list-style-type: none"> 1. 极面间间隙过大 2. 电器的底部上部较下部凸出 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调整机械部分,减小间隙 2. 把电器装直
断电时衔铁不落下	<ol style="list-style-type: none"> 1. 触点间弹簧压力过小 2. 电器的底板下部较上部凸出 3. 衔铁或机械部分被卡住 4. 非磁性衬垫片被过度磨损或太薄(直流) 5. 触点熔焊在一起 6. 剩磁 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调整触点压力 2. 装直电器 3. 去除障碍物 4. 更换或加厚垫片 5. 更换触点并研究原因 6. 更换铁心并退磁
手 控 电 器		
触点过热或烧毁	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电路电流过大 2. 触点压力不足 3. 触点表面不干净 4. 触点超行程过大 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 改用较大容量电器 2. 调整触点弹簧 3. 去除脏物 4. 更换电器
开关手柄转动失灵	<ol style="list-style-type: none"> 1. 定位机构损坏 2. 静触点的固定螺钉松脱 3. 电器内部落入杂物 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 修理或更换 2. 上紧固定螺钉 3. 去除障碍物

表 5-74 电磁铁的常见故障及处理方法

故障现象	产生原因	处理方法
线圈过热或烧毁	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电磁铁的牵引超载 2. 在工作位置上电磁铁极面之间有间隙 3. 制动器的工作方式与线圈的特性不符合 4. 线圈的额定电压与电路电压不符合 5. 线圈的匝数不够或有匝间短路 6. 三相电磁铁线圈的连接极性不对 7. 操作频率高于电磁铁的额定操作频率 8. 三相电磁铁一相线圈烧坏 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调整弹簧压力或调整重锤位置 2. 调整机械装置,消除间隙 3. 改用符合使用情况的电磁铁和线圈 4. 更换线圈 5. 增加匝数或更换线圈 6. 校正极性连接 7. 更换电磁铁或线圈 8. 重绕线圈
有较大的响声	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电磁铁过载 2. 极面有污垢、生锈 3. 衔铁吸合时未与铁心对正 4. 极面磨损不平 5. 短路环断裂 6. 衔铁与机械部分连接松脱 7. 三相电磁铁的某一线圈烧毁 8. 线圈电压太低 9. 三相电磁铁的线圈极性接法不对 10. 弹簧反力大于电磁铁平均吸力 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调整弹簧压力与重锤位置 2. 去掉污垢、锈斑 3. 纠正工作位置 4. 修正极面 5. 重焊或更换 6. 装好 7. 换线圈 8. 提高电压 9. 校正极性连接 10. 调整反力系统
机械磨损断裂	<p>电路电压过高、冲击力过大,衔铁振动,润滑不良,工作过于繁重</p>	<p>找出原因,针对性解决</p>

二、常用低压电器线圈参考数据

表 5-75 QC1 系列磁力启动器吸力线圈的数据

型 号	额定电压(V)	127	220	380	500
QC1-2/6	线径(mm)	0.25	0.20	0.15	0.13
QC1-2/8	匝数	1 600	2 700	4 700	6 100
QC1-3A/6	工作电流(A)	0.185	0.110	0.065	0.050
QC1-3A/8					
QC1-4/6	线径(mm)	0.83	0.64	0.47	0.44
QC1-4/8	匝数	490	850	1 470	1 935
	工作电流(A)	0.825	0.475	0.275	0.210
QC1-5A/6	线径(mm)	1.16	0.86	0.64	0.59
QC1-5A/8	匝数	400	700	1 200	1 580
	工作电流(A)	1.10	0.65	0.365	0.280

注:启动电流约为工作电流的 8~10 倍。

表 5-76 交流接触器线圈数据

型 号	电压(V)	线径(mm)	层×匝	总匝数	电阻(Ω)	铜重(kg)
CJ0-10	127	0.17		2 930	179	
	20	0.12		5 070	610	
	380	0.09		8 750	1 813	
CJ0-20	127	0.27		1 880	61.8	
	220	0.21		3 250	172	
	380	0.15		5 600	570	
CJ0-40	127	0.27		1 270	41.8	
	220	0.21		2 200	123	
	380	0.15		3 800	416	
CJ0-75	交流 110	0.62		605	5.9	
	交流 127	0.55		700	8.5	
	交流 220	0.41		1 210	26.5	
	交流 380	0.35		2 090	65.5	
	直流 110	0.41		610	13	
	直流 220	0.29		1 220	52	

续 表

型 号	电压 (V)	线径 (mm)	层×匝	总匝数	电阻 (Ω)	铜重 (kg)
CJ10-10A	380	0.09		8 750	1 796	
CJ10-20	380	0.16		5 660	519.5	
CJ10-40	380	0.18		3 600	319.6	
CJ10-80B	380	0.38		1 900	48.5	
CJ10-150B	380	0.44		1 300	26	
CJ12B-100	380	0.44		1 980		
CJ12B-150	380	0.49		1 250		
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	1 410	27	0.302
	交流 380	0.31 漆包	26×94	2 440	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	1 560	24	
	直流 220	0.35 漆包	45×67	3 000	98	
	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	1 130	13	
	交流 380	0.44	23×85	1 930	39	
CJ1-150A	交流 110	0.83	11×39	425	1.95	
CJ1-150B	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	1 470	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	1 560	24	
	直流 220	0.35	45×67	3 000	98	

续 表

型 号	电 压 (V)	线 径 (mm)	层×匝	总匝数	电 阻 (Ω)	铜 重 (kg)
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	0.333	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	
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	8×43	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	13.8	
	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	

续 表

型 号	电压 (V)	线径 (mm)	层×匝	总匝数	电阻 (Ω)	铜重 (kg)
CJ2 - 300	交流 110	1.88	9×24	212	0.368	1.55
	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	1.34
	交流 127	1.81	8×26	208	0.385	1.36
	交流 220	1.4	11×33	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	24×59	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 5 - 77 继电器线圈数据

型 号	电压(V)	线径(mm)	匝 数	电阻(Ω)
JT3/1	12	0.8	1 480	7.7
	24	0.55	2 995	31.2
	48	0.38	6 000	131
	110	0.25	13 490	682
	220	0.18	23 000	2 240
	440	0.13	36 000	6 415
JT3/3 JT3/5	12	0.53	800	8.8
	24	0.38	1 750	37.5
	48	0.27	2 800	118
	110	0.18	6 750	644
	220	0.12	12 500	2 650
	440	0.09	21 000	7 979
JT4 - P JT4 - A	110	0.59	925	8
	127	0.55	1 070	11.45
	220	0.41	1 850	35.6
	380	0.29	3 200	120
T4 - L	5	1.35	120	
	10	1.95	60	
	15	2.1	40	
	20	2.83	30	
	40	3.8	15	
JS3	12	0.77	640	4.8
	24	0.55	1 360	19.8
	48	0.38	2 400	73
	110	0.25	5 500	387
	220	0.18	11 000	1 505
	440	0.12	19 000	5 680

表 5-78 制动电磁铁线圈数据

型 式	通电持续率 (%)	电压 (V)	导线规格	匝数	电阻 (Ω)
MZD1 - 100	40	220	QZ0.69	660	8.1
		380	QZ0.49	1 165	28.1
	100	220	QZ0.59	850	14.2
		380	QZ0.44	1 500	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 5-79 MQ1 系列牵引电磁铁线圈数据

型号	吸力 (N)	电压 (V)	导线	线径 (mm)	匝数	线重 (kg)	通电持续率 (%)
MQ1-5101 6101	15	127	漆包	0.41	930	0.208	100
		220		0.31	1 610	0.183	
		380		0.23	2 800	0.181	
MQ1-5102 6102	30	127	漆包	0.47	780	0.28	10
		380		0.25	2 240	0.23	
MQ1-5111 6111	30	127	漆包	0.55	660	0.244	100
		220		0.41	1 150	0.232	
		380		0.31	2 000	0.232	
MQ1-5112 6112	50	127	漆包	0.62	510	0.25	10
		220		0.47	815		
		380		0.38	1 350	0.24	
MQ1-5121 6121	50	127	漆包	0.80	465	0.445	100
		220		0.62	805	0.458	
		380		0.44	1 390	0.39	
MQ1-5122 6122	80	127	漆包	0.90	352	0.35	10
		220		0.62	600	0.35	
		380		0.50	1 050	0.42	
MQ1-5131 6131	80	127	漆包	0.90	340	0.50	100
		220		0.72	590	0.54	
		380		0.51	1 020	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 5-80 522 型电压继电器技术数据

电压(V)	电阻(Ω)	线径(mm)	匝数	吸动电压不大于(V)	工作电流不大于(mA)
直流 6	16.1	0.31	900	4.2	385
直流 12	54	0.23	1 700	8.4	242
直流 24	288	0.15	3 940	16.8	88
直流 36	492	0.13	5 200	25.2	77
直流 110	3 920	0.08	14 500	77	31
直流 127	5 050	0.07	15 100	89	27
直流 220	13 650	0.06	28 000		
交流 6	2.42	0.51	345	5.1	770
交流 12	8.68	0.38	690	10.2	375
交流 24	33.2	0.27	1 385	20.4	205
交流 36	77.2	0.21	2 075	30.6	138
交流 110	758	0.12	6 325	93.5	44
交流 127	990	0.11	7 300	108	38.5
交流 220	2 800	0.09	12 650	187	22.5
交流 380	10 000	0.06	21 900	323	11

表 5-81 MQ1 系列电磁铁木心外形尺寸

型 号	宽度 (mm)			厚度 (mm)			高度 (mm)			外形图
	导轨 d_1	线圈 d_2	木心 d	铁心 b_1	线圈 b_2	木心 b	铁心 h_1	线圈 h_2	木心 h	
MQ1-5101	21.5	22.5	24.5	23.5	29	32	31	28.5 ^{+0.1}	26.5	
MQ1-5111	27.8	29 ^{+0.5}	30	28.5	35	37	33	31	28.5	
MQ1-5121	40	41 ⁻¹	43	33	39	43	39	36 ⁻¹	31.5	
MQ1-5131	40	41 ⁻¹	42.5	46	52	56.5	39	36 ⁺¹	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	43.5	
MQ1-6101	21.5	22.5	24.5	22.5	33	35.5	31	30	26.5	
MQ1-6111	27.8	27	30	25.5	34	39	33	31	20.5	
MQ1-6221	40	41 ⁺¹	43	33	46 ⁺¹	50	39	36 ⁻¹	34.5	
MQ1-6231	40	41 ⁺¹	42.5	46	59 ⁺¹	62.5	39	36 ⁻¹	34.5	

表 5 - 82 BP1 系列频敏变阻器线圈数据

线圈编号	线圈匝数				导线规格 (mm)	导线截面 (mm ²)
	抽头 1	抽头 2	抽头 3	抽头 4		
1632	16	14	12	5	2(2.83×5.9)	32.4
1650	16	14	12	5	2(2.83×9.3)	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	∅2.63	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	∅2.26	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	∅2.02	3.2
10005	100	90	80	32	∅2.63	5.43
10008	100	90	80	32	1.68×4.7	7.78
12504	125	112	100	40	∅2.26	4.01
12504	125	112	100	40	1.68×4.1	6.68
16003	160	140	125	50	∅2.02	3.2
16005	160	140	125	50	∅2.63	5.43

表 5 - 83 频敏变阻器常用铁心格规

铁心号	每片厚度 (mm)	每片重量 (kg)	窗口面积 (mm ²)	边宽 (mm)	铁心简图	片间距离 (mm)
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

第六章 变 配 电

第一节 电力系统概述

一、电力系统的组成

电能是现代人们生产和生活的重要能源,电能容易由其他形式的能转换而来,也能简单地转换成其他形式的能量。而且输送简单,取之方便,用之价廉,可以远距离控制、调节和测量,是现代化建设的基础。

1. 电力系统

由各级电压的电力线路将一些发电厂、变电所和电力用户联系起来的发电、输电、变电、配电和用电的整体,叫做电力系统。电力系统中各级电压的电力线路及输配电设备称为电力网。图6-1是电力系统的示意图。

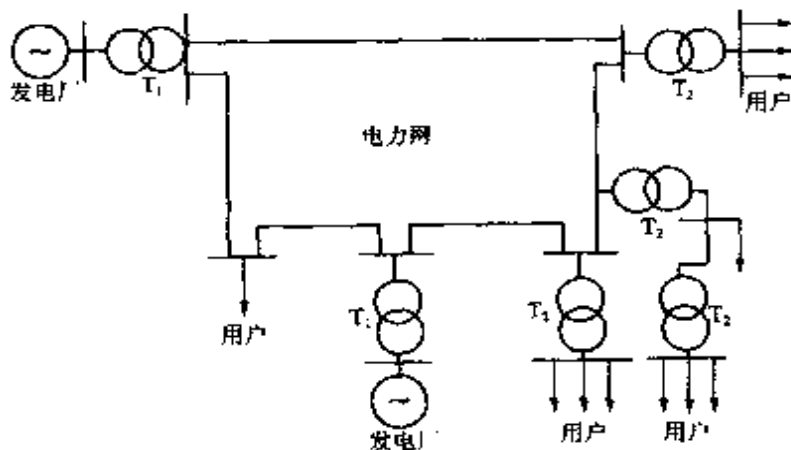


图 6-1 电力系统示意图

T₁—升压变压器 T₂—降压变压器

发电厂按所用的能源不同,可分为火力发电厂、水力发电厂、原子能发电厂以及风力、地热、太阳能发电厂等。在我国目前仍以火力发电厂和水力发电厂占主导地位,原子能发电厂也在积极发展。

2. 电力网

电力网是连接发电厂和用户的中间环节,按其功能可分为输电网和配电网两大部分。

包含输电线路的电网称为输电网,由 35kV 及以上电压的输电线路和与其连接的变电所组成,是电力系统的主要网络。

包含配电线路的电网称为配电网,由 10kV 及以下电压的配电线路和配电变电所组成,其作用是将电力分配到各类用户。

电力网按结构方式可分为开式电力网和闭式电力网。用户从一个方向得到电能的电力网称为开式电力网;从两个及两个以上方向得到电能的电力网称为闭式电力网。

通常又把电力网分为区域电力网和地方电力网。电压 110kV 以上的电力网称为区域电力网;电压 110kV 以下的电力网称为地方电力网。

3. 电力负荷

电力系统各级电力网上用电设备所需功率的总和称为用户的用电负荷。按照功率的性质用电负荷可分为有功负荷和无功负荷。

根据用户和负荷的重要程度,按对供电可靠性的要求,把电力负荷分为三级:

(1) 一级负荷 这种负荷若突然停电,将会引起人身伤亡或重大设备损坏,给国民经济造成重大经济损失,一级负荷最少由两个独立电源供电。

(2) 二级负荷 这种负荷若突然停电,将引起主要设备损坏,产生大量废品或大量减产。

(3) 三级负荷 指不属于一级负荷和二级负荷的负荷,停电后造成的损失不大者。

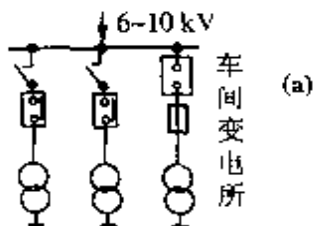
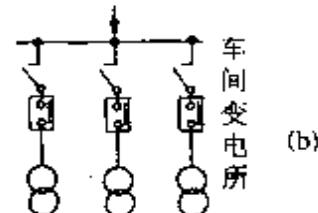
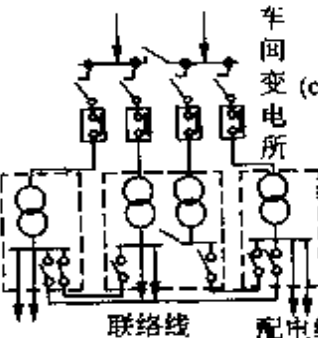
二、工矿企业供电系统

工矿企业供电的基本要求是安全、可靠、优质、经济。

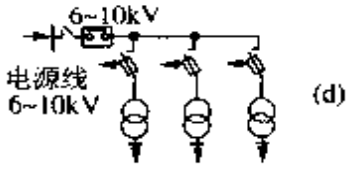
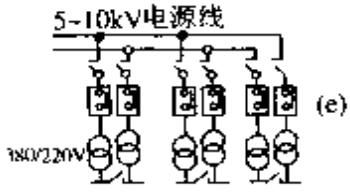
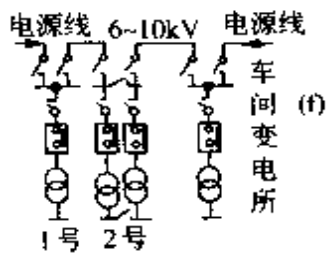
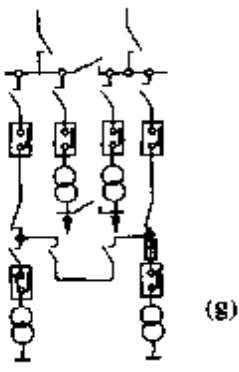
工矿企业供电系统由工矿企业降压变电所、高压配电线路、车间变配电所、低压配电线路及用电设备组成。

配电系统基本接线方式有放射式、树干式和环式,见表 6-1。

表 6-1 工业企业供电系统常用接线方案

名称	接线系统图示	优缺点	适用于负荷等级
放射式供电系统	<p>a. 简单放射式</p>  <p>6-10 kV 车间变电所 (a)</p>	<p>优点:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 线路敷设容易,维护方便 2. 运行中互不影响 3. 便于装置自动化 <p>缺点:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 高压开关设备用得较多 2. 投资较多 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 简单放射式接线一般只适用于三级负荷和个别二级负荷 2. 高压侧或低压侧有联络线时,可适用于二级负荷 3. 双电源、母线分段交叉供电,可适用于一级负荷
	<p>b. 高压侧或低压侧有联络线</p>  <p>6-10 kV 车间变电所 (b)</p>		
	<p>c. 两个独立电源的两条高压进线,母线分段双回路交叉供电</p>  <p>380V/220V 联络线 低压配电线 车间变电所 (c) 联络线 配电线</p>		

续 表

名称	接线系统图示	优缺点	适用于负荷等级
树干供电系统	<p>d. 树下式</p>  <p>(d)</p>	<p>优点:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 能减少线路的有色金属消耗 2. 采用高压开关数量较少, 如需装一台或二台高压开关柜, 也可与低压配电箱装在一个室内 3. 投资较少 <p>缺点:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 实现自动化或复杂差式供电可靠性较差 2. 简单树干式供电可靠性较差 3. 运行操作较复杂 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 树干式只适用于二级负荷 2. 双树干式和两端供电式, 可用于二级负荷, 当低压侧有联络线时, 甚至可用于一级负荷
	<p>e. 双树干式</p>  <p>(e)</p>		
	<p>f. 两端供电树干式</p>  <p>(f)</p>		
环形供电系统	<p>g. 双电源环形接线</p>  <p>(g)</p>	<p>实质上是两端供电的树干式接线, 其优点与两端供电系统相同</p> <p>多数环形接线采取“开口”运行方式</p>	<p>适用于二级负荷甚至一级负荷</p>

三、电力系统中性点运行方式

三相交流电力系统中,发电机和变压器的中性点有三种运行(接地)方式:中性点不接地、中性点经消弧线圈接地、中性点直接接地。前两种又称为中性点非有效接地,后一种又称为有效接地。

我国 3~10kV 系统大多采用中性点不接地的运行方式。当单相接地电容电流大于一定数值(3~10kV 电网中单相接地电容电流大于 30A, 20kV 以上电网中,单相接地电容电流大于 10A)时,则应采用中性点经消弧线圈接地方式。110kV 及以上的系统 and 380/220V 的低压配电系统,则一般采用中性点直接接地的运行方式。

1. 中性点不接地三相系统

由于输电线路与大地之间存在着电容,各相对地都有电容电流流过,其大小决定于线路对地电压和对地电容。因此当中性点不接地系统正常运行时,各相对地电容电流的数值相等而相位差为 120° ,它们的向量和等于零,中性点对地电位为零。当中性点不接地系统发生单相接地(如 C 相接地)时,中性点的对地电位不再是零,而是 $-U_c$,而未接地的 A、B 两相对地电压升高到相电压的 $\sqrt{3}$ 倍。

在中性点不接地的三相系统中,当一相接地后,各相间的电压大小和相位没有变化,电压的对称性没有破坏,因此,这样的系统一相接地后,还可以继续运行一段时间。允许继续运行时间最多不得超过 2h。

2. 中性点经消弧线圈接地的三相系统

由于中性点不接地的三相系统,发生单相接地故障时,虽然可以继续供电,但在单相接地时故障电流较大,如 35kV 系统大于 10A, 10kV 系统大于 30A 时,就不能继续供电。因此,在 35kV 三相系统中,广泛采用中性点经消弧线圈接地的方式。变压器中

性点经消弧线圈接地后,当发生单相接地故障时,可形成一个与接地电容电流大小接近相等,方向相反的感性电流相互补偿,使流经接地处的电流接近于零,从而消除接地处的电弧以及由它所产生的危害。

3. 中性点直接接地的三相系统

中性点直接接地的三相系统,也叫大电流接地系统。为了防止单相接地时,接地点通过较大的接地电流烧坏电气设备,故采取这种接地方式,因为当发生故障时,电网的继电保护瞬时动作,使开关跳闸,切除故障。

采取这种接地方式的主要优点是单相接地时中性点的电位接近于零,非故障相的对地电压接近于相电压,可以使电网的绝缘水平和造价降低。目前,我国对 110kV 及以上电力网都采用中性点直接接地。

第二节 电力负荷及其计算

一、电力负荷

新建一个企业,或者将现有的一个企业进行扩建或改建时,都必须进行电气设计。首先遇到的问题是如何估计企业的用电负荷,以便合理地选择变压器、导线、开关等电气设备。

用户的用电设备所取用的功率称为“负荷”。具体地说,“负荷”是指电气设备和线路中通过的功率或电流。

要掌握负荷情况,就要进行负荷计算。电力负荷计算的目的在于正确地选择供电系统中的各组成元件(电力变压器、开关设备及导线电缆等),计算电压损失,选择保护装置及无功功率补偿等。

对电力负荷的计算主要有三种方法:①需要系数法;②二项式系数法;③利用系数法。

表示电力负荷随时间变化情况的图形称为负荷曲线。负荷曲线绘在直角坐标轴内,其纵坐标表示负荷值,横坐标表示对应的时间。

负荷曲线分为有功负荷曲线和无功负荷曲线两种。根据横坐标的延续时间,负荷曲线又可分为日负荷曲线、月负荷曲线和年负荷曲线。

负荷率 是指在规定时间内的平均负荷与最大负荷的比值,即

$$K_{\text{有}} = \frac{P_p}{P_{\text{max}}}$$

$$K_{\text{无}} = \frac{Q_p}{Q_{\text{max}}}$$

式中, $K_{\text{有}}$ 、 $K_{\text{无}}$ ——分别表示有功负荷率和无功负荷率;

P_p 、 Q_p ——分别表示规定时间内的有功平均负荷和无功平均负荷;

P_{max} 、 Q_{max} ——在规定时间内有功或无功最大负荷。

计算负荷 是按发热条件选择电气设备的一个假定负荷。计算负荷产生的热效应和实际变动负荷产生的最大热效应应该相等。通常把根据半小时的平均负荷所绘制的负荷曲线上的最大负荷称为计算负荷。计算负荷是供电设计计算的基本依据。

二、按需要系数法确定计算负荷

适用于计算民用负荷、变电所和全厂负荷。

对于三相用电设备组,有功计算负荷

$$P_{js} = K_x \cdot \sum P_s (\text{kW})$$

无功计算负荷

$$Q_{js} = P_{js} \tan \varphi (\text{kvar})$$

视在计算负荷

$$S_{js} = \sqrt{P_{js}^2 + Q_{js}^2} (\text{kVA})$$

或者

$$S_{js} = \frac{P_{js}}{\cos \varphi} (\text{kVA})$$

计算负荷的电流

$$I_{js} = \frac{S_{js}}{\sqrt{3}U_e} (\text{A})$$

或者

$$I_{js} = \frac{P_{js}}{\sqrt{3}U_e \cos \varphi} (\text{A})$$

式中, $\sum P_s$ ——设备总容量(备用设备容量不计);

U_e ——三相用电设备的额定线电压;

K_x ——需要系数,数值见表 6-2;

$\cos \varphi$ 和 $\tan \varphi$ ——用电设备组计算负荷时功率因数及对应的正切值,数值见表 6-2。

三、按二项式系数法确定计算负荷

确定用电设备台数较少而容量差别相当大的低压分支线和干线的计算负荷时,需要系数法不适用,为此提出了二项式系数法(经验公式)。

1. 单相用电设备计算负荷的确定

有功计算负荷

$$P_{js} = bP_s + cP_n (\text{kW})$$

式中, P_s ——该用电设备组设备容量之和;

P_n ——该用电设备组中 n 台容量最大用电设备容量之和;

表 6-2 用电设备组的需要系数、二项式系数及功率因数

用电设备组名称	需要系数 K_x	二项式系数		最大容量设备 台数 n	$\cos \varphi$	$\tan \varphi$
		b	c			
大批和流水作业生产的热加工机床电动机	0.3~0.4	0.26	0.5	5	0.65	1.17
大批和流水作业生产的冷加工机床电动机	0.2~0.25	0.14	0.5	5	0.5	1.73
小批和单独生产的冷加工机床电动机	0.14~0.2	0.14	0.4	5	0.5	1.73
通风机、水泵、空压机及电动发电机组电动机	0.75~0.85	0.65	0.25	5	0.8	0.75
连续运输机械和铸造车间造型机械(非连锁的)	0.6~0.7	0.4	0.4	5	0.75	0.88
连续运输机械和铸造车间造型机械(连锁的)	0.65~0.7	0.6	0.2	5	0.75	0.88
锅炉房和机修、机械加工、装配等类车间的吊车($\epsilon = 25\%$)	0.1~0.15	0.06	0.2	3	0.5	1.73
铸造车间的吊车($\epsilon = 25\%$)	0.15~0.3	0.09	0.3	3	0.5	1.73
自动连续装料的电阻炉设备	0.6~0.8	0.7	0.3	2	0.95	0.33
非自动连续装料的电阻炉设备	0.6~0.7	0.5	0.5	1	0.95	0.33
低频感应电炉 ^①	0.65	—	—	—	0.7	1.02
实验室用的小型电热设备(电阻炉、干燥箱等)	0.7	—	—	—	1	0
高频感应电炉 ^②	0.8	—	—	—	0.87	0.57
电弧熔炉	0.9	—	—	—	0.87	0.57

续 表

用电设备组名称	需要系数 K_x	二项式系数		最大容量设备 台数 n	$\cos \varphi$	$\tan \varphi$
		b	c			
点焊机、缝焊机	0.35	—	—	—	0.6	1.33
对焊机、铆钉加热机	0.35	—	—	—	0.7	1.02
自动弧焊变压器	0.5	—	—	—	0.4	2.29
单头手动弧焊变压器	0.35	—	—	—	0.35	2.68
多头手动弧焊变压器	0.7~0.9	—	—	—	0.35	2.68
单头弧焊电动发电机组	0.35	—	—	—	0.6	1.33
多头弧焊电动发电机组	0.7~0.9	—	—	—	0.75	0.38
小型轧钢机	0.5~0.7	—	—	—	0.8	0.75
纺织机械	0.4~0.6	—	—	—	0.7	1.02
造纸机	0.35~0.5	—	—	—	0.7	1.02
生产厂房及办公室、试验室照明	0.8~1	—	—	—	1	0
变电所、仓库照明	0.5~0.7	—	—	—	1	0
宿舍(生活区)照明	0.6~0.8	—	—	—	1	0
室外照明	1	—	—	—	1	0
事故照明	1	—	—	—	1	0

注：① 低频感应电炉不带功率因数补偿装置时， $\cos \varphi = 0.35$ ， $\tan \varphi = 2.68$ 。

② 高频感应电炉不带功率因数补偿装置时， $\cos \varphi = 0.1$ ， $\tan \varphi = 9.95$ 。

b 、 c ——二项式系数，见表 6-2。

$$Q_{js} = P_{js} \cdot \tan \varphi \text{ (kvar)}$$

$$S_{js} = \sqrt{P_{js}^2 + Q_{js}^2} \quad \text{或} \quad S_{js} = \frac{P_{js}}{\cos \varphi} \text{ (kVA)}$$

$$I_{js} = \frac{S_{js}}{\sqrt{3}U_c} \quad \text{或} \quad I_{js} = \frac{P_{js}}{\sqrt{3}U_c \cos \varphi} \text{ (A)}$$

2. 多组用电设备计算负荷的确定

有功计算负荷

$$P_{js} = \sum (bP_s)_i + (cP_n)_{\max} (\text{kW})$$

无功计算负荷

$$Q_{js} = \sum (bP_s \tan \varphi)_i + (cP_n \tan \varphi)_{\max} (\text{kvar})$$

式中, $\sum (bP_s)_i$ ——所有各组有功负荷之和;

$\sum (bP_s \tan \varphi)_i$ ——所有各组无功负荷之和;

$(cP_n)_{\max}$ ——各组有功负荷中最大的一个;

$(cP_n \tan \varphi)_{\max}$ ——各组无功负荷中最大的一个。

视在计算负荷

$$S_{js} = \sqrt{P_{js}^2 + Q_{js}^2} (\text{kVA})$$

计算电流

$$I_{js} = \frac{S_{js}}{\sqrt{3}U_e} (\text{A})$$

四、单相用电设备组计算负荷的确定

在工业企业中,广泛地应用各种单相设备,如电焊机、小型试验设备和加热设备、低频感应加热炉、单相整流器、照明等。单相设备应尽可能三相均衡分配。

当单相用电设备总容量小于三相用电设备总容量的 15% 时,可直接按三相平衡计算。

当单相用电设备总容量大于三相用电设备总容量的 15%,且三相具有明显不对称时,应将其换算成相负荷后,选择负荷最大一相的设备乘 3,再同三相用电设备一起进行计算。

接于线电压的单相负荷换算为相电压的单相负荷的计算方法:

对于 a 相

$$P_a = P_{ab} p_{(ab)a} + P_{ca} p_{(ca)a} \text{ (kW)}$$

$$Q_a = P_{ab} q_{(ab)a} + P_{ca} q_{(ca)a} \text{ (kvar)}$$

对于 b 相

$$P_b = P_{ab} p_{(ab)b} + P_{bc} p_{(bc)b} \text{ (kW)}$$

$$Q_b = P_{ab} q_{(ab)b} + P_{bc} q_{(bc)b} \text{ (kvar)}$$

对于 c 相

$$P_c = P_{bc} p_{(bc)c} + P_{ca} p_{(ca)c} \text{ (kW)}$$

$$Q_c = P_{bc} q_{(bc)c} + P_{ca} q_{(ca)c} \text{ (kvar)}$$

式中, P_{ab} 、 P_{bc} 、 P_{ca} ——接于 ab、bc、ca 间线电压的负荷;

P_a 、 P_b 、 P_c ——换算为 a、b、c 相的有功负荷;

Q_a 、 Q_b 、 Q_c ——换算为 a、b、c 相的无功负荷;

$p_{(ab)a}$ 、 $q_{(ab)a}$ 、……——接于 ab 线电压的负荷换算至 a 相的有功及无功换算系数, 见表 6-3。

表 6-3 线电压单相负荷换算为相电压单相负荷的换算系数

换算系数	负 荷 功 率 因 数								
	0.35	0.4	0.5	0.6	0.65	0.7	0.8	0.9	1.0
$p_{(ab)a}$ 、 $p_{(bc)b}$ 、 $p_{(ca)c}$	1.27	1.17	1.0	0.89	0.84	0.8	0.72	0.64	0.5
$p_{(ab)b}$ 、 $p_{(bc)c}$ 、 $p_{(ca)a}$	-0.27	-0.17	0.0	0.11	0.16	0.2	0.28	0.36	0.5
$q_{(ab)a}$ 、 $q_{(bc)b}$ 、 $q_{(ca)c}$	1.05	0.86	0.58	0.38	0.3	0.22	0.09	-0.05	-0.29
$q_{(ab)b}$ 、 $q_{(bc)c}$ 、 $q_{(ca)a}$	1.63	1.44	1.16	0.96	0.88	0.8	0.67	0.53	0.29

五、工业企业总计算负荷的确定

为了向供电部门申请用电量或者选择电气设备和电线电缆, 都必须确定企业的总计算负荷。确定企业总计算负荷最常用的是全厂需要系数法和需要系数逐级算法。

1. 全厂需要系数法

全厂总有功计算负荷

$$P_{js} = K_{x\Sigma} \cdot \sum P_s (\text{kW})$$

全厂总无功计算负荷

$$Q_{js} = P_{js} \cdot \tan \varphi_{\Sigma} (\text{kvar})$$

全厂总视在计算负荷

$$S_{js} = \sqrt{P_{js}^2 + Q_{js}^2} (\text{kVA})$$

或者

$$S_{js} = \frac{P_{js}}{\cos \varphi_{\Sigma}} (\text{kVA})$$

式中, $K_{x\Sigma}$ ——全厂需要系数, 各类企业的需要系数参见表 6-4;

$\sum P_s$ ——全厂用电设备的总容量(不计备用设备的容量);

$\cos \varphi_{\Sigma}$ 和 $\tan \varphi_{\Sigma}$ ——全厂用电设备计算负荷时的功率因数及对应的正切值。

各类企业计算负荷时的功率因数参见表 6-4。

表 6-4 各类企业的全厂需要系数及功率因数

工厂类别	需要系数	功率因数	工厂类别	需要系数	功率因数
汽轮机制造厂	0.38	0.88	量具刃具制造厂	0.26	—
锅炉制造厂	0.27	0.73	电机制造厂	0.33	—
柴油机制造厂	0.32	0.74	石油机械制造厂	0.45	0.78
重型机械制造厂	0.35	0.79	电线电缆制造厂	0.35	0.73
机床制造厂	0.2	—	电器开关制造厂	0.35	0.75
重型机床制造厂	0.32	0.71	阀门制造厂	0.38	—
工具制造厂	0.34	—	铸管厂	0.5	0.78
仪器仪表制造厂	0.37	0.81	橡胶厂	0.5	0.72
滚珠轴承制造厂	0.28	—	通用机械厂	0.4	—

2. 需要系数逐级计算法

从用电末端算起, 首先确定用电设备组的计算负荷, 然后计算车间干线和车间变电所低压母线的计算负荷。再将车间变配电所低压母线的总计算负荷, 加上车间变压器的功率损耗值, 就得到车

间变电所高压侧的计算负荷。所有车间变配电所高压侧的计算负荷,加上厂内高压配电网络中的功率损耗值,就得到工业企业的总计算负荷。

如果企业有总降压变电所,则还需加上总降压变电所变压器的损耗。

在各级计算中,可适当计入一个同时系数 K_{Σ} 。对于车间干线,可取 $K_{\Sigma}=0.9\sim 1$;对于企业总变配电所母线,可取 $K_{\Sigma}=0.95\sim 1$ 。

当供电系统中装设无功功率补偿设备时,在计算负荷中应将无功补偿考虑在内。

第三节 短路电流及其计算

短路是电力系统中常见的、十分严重的故障。短路将使系统电压降低、回路中的电流大大增加,它不仅能破坏对用户的正常供电和电气设备的正常工作,也可能破坏电力系统的稳定运行和损坏电气设备。

在电力系统的设计和运行等工作中,往往需要对短路电流进行计算。如电气接线图的选定,电气设备的选择,继电保护装置的设计整定等。

一、概述

短路 电力系统短路是指系统中相与相之间或相与地之间(对大接地电流系统)通过金属导体、电弧或其他较小阻抗的非正常连接。

三相系统中短路的基本类型有三相短路、两相短路、单相接地短路和两相接地短路。三相短路是对称短路,此时三相电流和电压同正常情况一样,即仍然是对称的。其他类型的短路都是不对

称短路。

经验表明,在中性点直接接地的系统中,最常见的短路是单相短路,约占短路故障的65%~70%;两相短路约占10%~15%;两相接地短路约占10%~20%;三相短路约占5%。

因为一般系统中均已采取措施,使单相短路电流通常比三相短路电流小,两相短路电流通常也小于三相短路电流,所以在短路电流计算中以三相短路电流作为基本计算。

在短路电流计算中通常将电力系统区分为无限容量系统和有限容量系统。无限容量系统是指容量为无限大的电力系统,在该系统中,当发生短路时,母线电压维持不变,短路电流的周期分量不衰减。有限容量系统在发生短路时,母线电压要发生较大变化。

短路电流的计算方法,对无限容量系统,应用标幺制法、欧姆法及短路功率法。

对有限容量系统,常采用运算曲线法。

二、无限容量系统三相短路电流的计算

1. 标幺制

标幺制又称相对单位制。

在计算短路电流时,各电气量(如电流、电压、功率、阻抗等)可以用有名值表示,也可用标幺值表示。有名值多用于1000V以下的低压网络,标幺制则广泛用于高压网络。

标幺值又称相对值。即把取作基准的值当作1(或称为幺),同类的值与它进行比较得出的值,称为标幺值,即

$$\text{标幺值} = \frac{\text{实际有名值}}{\text{基准值(与实际值同单位)}}$$

电路参数的标幺值如下:

$$\text{容量标幺值} \quad S_* = \frac{S}{S_j}$$

$$\text{电压标么值} \quad U_* = \frac{U}{U_j}$$

$$\text{电流标么值} \quad I_* = \frac{I}{I_j}$$

$$\text{电抗标么值} \quad X_* = \frac{X}{X_j}$$

式中, S 、 U 、 I 、 X ——容量、电压、电流、电抗的有名值;

S_j 、 U_j 、 I_j 、 X_j ——容量、电压、电流、电抗的基准值。

短路电流计算中通常选定基准容量 S_j 和基准电压 U_j 。为计算方便,基准容量一般采用 100MVA。基准电压一般采用元件所在级的平均额定电压,即 $U_j = U_n$,常用电压、电流、电抗基准值见表 6-5。

表 6-5 常用电压、电流、电抗基准值表 ($S = 100\text{MVA}$)

基准电压(kV)	3.15	6.3	10.5	37	63	115	230
基准电流(kA)	18.3	9.16	5.50	1.56	0.92	0.502	0.251
基准电抗(Ω)	0.0995	0.397	1.10	13.7	39.55	132	530

基准电流 I_j 和基准电抗 X_j 可用下式导出:

$$I_j = \frac{S_j}{\sqrt{3}U_j}$$

$$X_j = \frac{U_j}{\sqrt{3}I_j} = \frac{U_j^2}{S_j}$$

$$X_* = \frac{\sqrt{3}I_*X}{U_j} = \frac{S_jX}{U_j^2}$$

采用标么值进行短路电流计算时,必须先将元件电抗的有名值或相对值按同一基准容量换算为标么值,其换算公式见表 6-6。

表 6-6 电路元件标么值有名值和短路功率变换公式

序号	元件名称	标么值	有名值(Ω)	短路功率(MVA)	符号说明
1	发电机(电动机)	$x_{*d} = \frac{x_d\%}{100} \cdot \frac{S_1}{S_c}$ $= x_d' \frac{S_1}{S_c}$	$x_d' = \frac{x_d\%}{100} \cdot \frac{U_c^2}{S_c}$	$S_d = \frac{100S_c}{x_d\%}$	S_c —发电机(电动机)或变压器的额定容量, MVA; x_d' —发电机(电动机)的超瞬变或次暂态电抗值; $x_d\%$ —发电机(电动机)的超瞬变电抗百分值; $u_d\%$ —短路电压百分值; $x_k\%$ —电抗器的电抗百分值; U_c —额定电压, kV; I_c —额定电流, kA; U_p —元件所在级平均电压, kV;
2	变压器	$R_{*k} = \Delta P_d \frac{S_1}{S_c^2} \times 10^{-3}$ $x_{*k} = \sqrt{Z_{*k}^2 - R_{*k}^2}$ $Z_{*k} = \frac{u_d\%}{100} \cdot \frac{S_1}{S_c}$ 当电阻略而不计时 $x_{*k} = \frac{u_d\%}{100} \cdot \frac{S_1}{S_c}$	$R_k = \frac{\Delta P_d}{3I_c^2} \times 10^{-3}$ $= \frac{\Delta P_d U_c^2}{S_c^2} \times 10^{-3}$ $x_k = \sqrt{Z_k^2 - R_k^2}$ $Z_k = \frac{u_d\%}{100} \cdot \frac{U_c^2}{S_c}$ 当电阻略而不计时 $x_k = \frac{u_d\%}{100} \cdot \frac{U_c^2}{S_c}$	$S_d = \frac{100S_c}{u_d\%}$	
3	电抗器	$x_{*k} = \frac{x_k\%}{100} \cdot \frac{U_c}{\sqrt{3}I_c} \cdot \frac{S_1}{U_p}$ $= \frac{x_k\%}{100} \cdot \frac{U_c}{I_c} \cdot \frac{I_c}{U_p}$	$x_k = \frac{x_k\%}{100} \cdot \frac{U_c}{\sqrt{3}I_c}$	$S_d = \frac{100\sqrt{3}I_c U_p^2}{x_k\% U_c}$	
4	线路	$x_* = x \frac{S_1}{U_p^2}$ $R_* = R \frac{S_1}{U_p^2}$		$S_d = \frac{U_p^2}{x}$	

续表

序号	元件名称	标么值	有名值(Ω)	短路功率(MVA)	符号说明
5	电力系统 (已知短路容量 S_{dk})	$x_{*x} = \frac{S_j}{S_{dk}}$	$x_x = \frac{U_p^2}{S_{dk}}$	$S_d = S_{dk}$	x, R —线路每相电阻值, 电阻值, Ω; S_{dk} —系统短路容量, MVA; S_j —基准容量, MVA; I_j —基准电流, kA; ΔP_d —变压器短路损耗, kW
6	基准电压相同, 从某一基准容量 S_{j1} 下的标么值 x_{*1} 换算到另一基准容量 S_j 下的标么值 x_* .	$x_* = x_{*1} \frac{S_{j1}}{S_j}$			
7	将电压 U_{p1} 下的 R_1, x_1 换算到另一电压 U_{p2} 下的电阻抗值 R_2, x_2		$R_2 = R_1 \frac{U_{p2}^2}{U_{p1}^2}$ $x_2 = x_1 \frac{U_{p2}^2}{U_{p1}^2}$		

2. 有名单位制

用有名单位制计算短路电流的总阻抗时,必须把各元件阻抗的相对值换算成欧姆值,并把短路电流内通过变压器互连的各电压级元件的欧姆值,都归算到短路点所在级平均额定电压下的欧姆值,换算公式见表 6-6。

3. 短路功率法

短路功率法是在有名制的基础上,仿照导纳运算的形式演变而来的。它以元件自身的短路功率代替阻抗进行网络变换,最后合并成一个总的短路功率,此功率即为所求的短路容量。

元件自身的短路功率是指假定该元件的一端接在无限容量电源上,另一端发生短路时,该元件消耗的视在功率。在用短路功率进行计算时,首先应将短路电路中各元件阻抗的相对值或欧姆值换算成相应的短路功率,其换算公式列在表 6-6 中。

4. 三相短路电流的计算公式(见表 6-7)

表 6-7 三相短路电流计算公式

序号	短路电流名称	标么值法	有名值法
1	三相短路电流有效值(kA)	$I_d^{(3)} = I_{\bullet} I_j = \frac{I_j}{X_{\bullet \Sigma}}$	$I_d^{(3)} = \frac{U_{pi}}{\sqrt{3}Z_{\Sigma}}$ 或 $I_d^{(3)} = \frac{U_{pi}}{\sqrt{3}X_{\Sigma}}$ (略去电阻)
2	三相短路容量(MVA)	$S_d^{(3)} = \sqrt{3}U_{pi}, I_d^{(3)} = \frac{100}{X_{\bullet \Sigma}}$	$S_d^{(3)} = \sqrt{3}U_{pi} I_d^{(3)}$ $R' = R \left(\frac{U_{pi}'}{U_{pi}} \right)^2$ R' 为换算后的电阻值 $X' = X \left(\frac{U_{pi}'}{U_{pi}} \right)^2$ X' 为换算后的电抗值 U_{pi}' 为换算到短路计算点的平均额定电压

续 表

序号	短路电流名称	标么值法	有名值法
3	无限大容量三相短路电流有效值(kA)	$I_d^{(3)} = I''^{(3)} = I_{0.2}^{(3)}$ $= I_d^{(3)} = I_d^{(3)}$	同左
4	短路冲击电流(高压侧三相短路时) [$K_g=1.8$]	$i_g^{(3)} = 2.55 I_d^{(3)} = \sqrt{2} K_g I_d^{(3)}$	同左
5	三相短路全电流有效值(高压侧三相短路时)[$K_g=1.8$]	$I_g^{(3)} = 1.52 I_d^{(3)}$ $= I_d^{(3)} \sqrt{1+2(K_g-1)^2}$	同左
6	短路冲击电流(1000kVA及以下变压器二次侧和低压电网三相短路时) [$K_g=1.3$]	$I_g^{(3)} = 1.84 I_d^{(3)} = \sqrt{2} K_g i_d^{(3)}$	同左
7	三相短路全电流有效值 [$K_g=1.3$]	$I_g^{(3)} = 1.09 I_d^{(3)}$ $= I_d^{(3)} \sqrt{1+2(K_g-1)^2}$	同左

注： X_{Σ} ——短路电路总电抗标么值； Z_{Σ} ——短路电路总阻抗；
 K_g ——冲击系数； R_{Σ} ——短路电路总电阻； X_{Σ} ——短路电路总电抗。

三、两相短路电流的计算

两相短路电流： $I_d^{(2)} = 0.866 I_d^{(3)}$ 。

无限容量系统中，

$$I_d^{(2)} = I''^{(2)} = I_{0.2}^{(2)} = I_{\infty}^{(2)}$$

$$i_g^{(2)} = 2.55 I_d^{(2)}$$

式中，右上角标(2)，表示两相短路时的有关参数；右上角标(3)，表示三相短路时的有关参数。

I_d ——短路电流有效值；

I' ——短路次暂态电流,即短路电流周期分量 i_i 在短路后第一个周期的有效值;

$I_{0.2}$ ——短路开始到 0.2s 时的三相短路电流有效值;

I_{∞} ——三相短路电流稳态有效值;

i_{cj} ——三相短路冲击电流,即短路电流第一周全电流峰值。

第四节 高压电气设备及其选用

高压电气设备是电力系统的重要设备,面广、量大,在电能生产、传输和分配过程中起着控制、保护和测量作用。它的性能直接影响到电力系统的稳定和安全运行。因此,对其正确使用和运行维护,在经济效益和社会效益诸方面都有重大意义。

高压电气设备种类很多,按照它在电力系统中的作用可以分为

- (1) 开关电器 如断路器、隔离开关、负荷开关、接地开关等。
- (2) 保护电器 如熔断器、避雷器。
- (3) 测量电器 如电压、电流互感器。
- (4) 限流电器 如电抗器、电阻器。
- (5) 成套电器与组合电器 如高压开关柜。
- (6) 其他 如电力电容器。

一、电弧的产生及灭弧方法

1. 电弧的产生

开关电器是依靠开关触头的分合来控制电路的。在开关触头分开的初期,如果触头间的电压大于 10~20V、电流大于 80mA,就会产生电弧,这种现象称为弧光放电。弧光放电是气体自持放电的一种形式。

触头间出现弧光放电,是由于气体(介质发生了游离)存在带正电荷的离子和带负电荷的电子。气体游离的形式有强电场发射、热

电子发射、热游离、碰撞游离,其中以碰撞游离和热游离为主。

当开关触头断开电路时,由于触头间的距离很小,其间电压虽然仅有几百至几千伏,但电场强度却很大;在触头分开的过程中,动静触头间的接触压力与接触面积不断下降和减小,使接触电阻迅速增大,导致接触处的温度升高。此时在强电场和高温的作用下,形成了强大电场发射和热电子发射,带电质点在运动过程中,不断同气体原子发生碰撞,使气体中性原子产生碰撞游离,带电质点的数量不断增加。带电质点与气体原子的相互碰撞,使接触处的温度显著增高,于是电流就以电弧的形态,在已分开的触点间持续流动。因此,电弧的形成过程,是一个连续的过程。最初,由阴极借强电场和热电子发射提供起始自由电子,然后由碰撞游离导致介质击穿而产生电弧,最后靠热游离来维持电弧。

与此同时,弧隙中还存在着去游离的因素。因为已游离的正负离子和电子在空间相遇时要复合,形成中性的气体分子,而密集的高温离子和电子要向周围扩散。结果,弧隙中的离子和电子的浓度要降低,电弧电阻增大,电弧电流减少,使游离大为削弱。

总之,电弧是游离与去游离的统一体。要想熄灭电弧,就应当抑制游离因素和加强去游离因素。

2. 灭弧方法

(1) 冷却灭弧法 用降低电弧温度的方法使电弧迅速熄灭。

(2) 速拉灭弧法 加速切断电路的动作,使触头间的电场强度迅速减弱,使电弧迅速熄灭。

(3) 短弧灭弧法 将长电弧切成短电弧,加速电弧熄灭。实际上,一般采用绝缘夹板夹着许多金属栅片组成灭弧栅,罩住开关触头的全行程。

(4) 狭缝灭弧法 利用狭缝窄沟灭弧,使电弧与固体介质接触,将电弧冷却,使其迅速熄灭。

(5) 气吹灭弧法 利用较冷的绝缘介质的气流来吹动电弧,

使电弧迅速扩散熄灭。

(6) 真空灭弧法 将开关触头置于真空容器中,当电流过零时即能熄灭电弧。

二、高压断路器

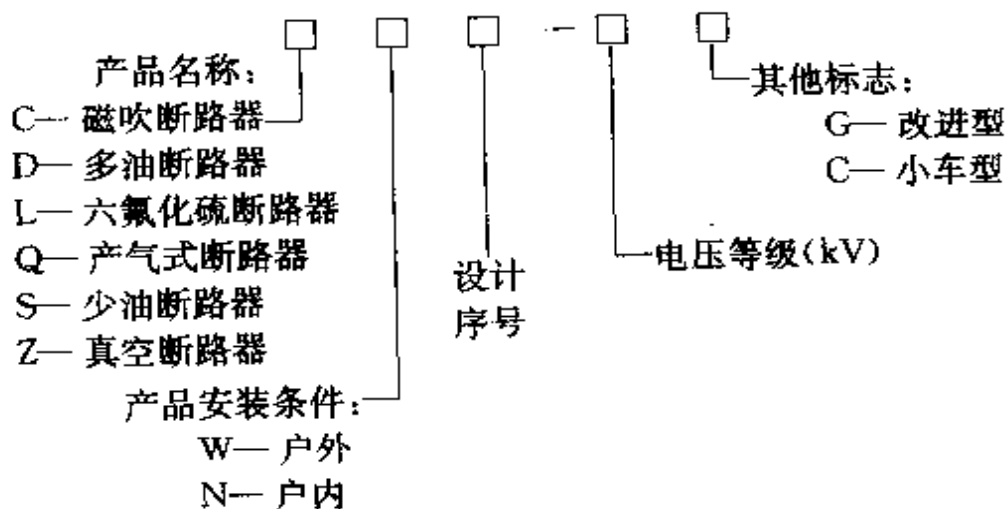
高压断路器又叫高压开关,是高压电气设备中最重要的电器。用于在高压装置中通断负荷电流,并在严重过载和短路时自动跳闸,切断过载电流和短路电流。为此,高压断路器具有相当完善的灭弧装置和足够大的切断电流的能力。

1. 高压断路器分类

高压断路器可分为高压油断路器(又叫高压油开关)、高压空气断路器(又叫高压空气开关)、高压真空断路器(又叫高压真空开关)等,如表 6-8 所示。

高压油断路器又分多油式和少油式两种。多油式的油除起灭弧作用外,还起到使带电体(即开关的触头、拉杆)和开关外壳之间的绝缘作用,故这种开关的外壳是不带电的,一般涂以灰色或黑色。少油式的油量很少,油仅起灭弧作用。其外壳一般是带电的,工作时千万不能触及,故涂以红色。

高压断路器的型号含义:



常用高压断路器的技术数据和安装使用见表 6-8~表 6-11。

表 6-8 各类断路器的分类及主要特点

类别	结构特点	技术性能	运行维护	主要使用场所
多油	触头系统及灭弧室安置在接地的油箱中,主要用油作为对地绝缘介质。结构简单,制造方便,易于加装单匝环形电流互感器及电容分压装置 不能实现积木式结构,耗钢耗油量大	额定电流不易做大,一般开断小电流时,燃弧时间较长,动作速度慢	运行经验较多,易于维护,噪音低 需要一套油处理装置	35kV 及以下变电所
少油	对地绝缘主要依靠固体介质,结构较简单,制造方便 若配用液压机构,工艺要求较高	积木式结构可做到任何使用电压等级,开断电流大,全开断时间短。加机械油吹后,可满足开断空载长线的要求 额定电流不易做得很大,但 35kV 以下,可加并联回路提高额定电流	运行经验较多,易于维护,噪音低 灭弧室油易劣化,需要一套油处理装置	各级电压的户内、外变电所,是生产量最大的品种
压缩空气	易于加装并联电阻 结构较复杂,工艺要求较高	额定电流和开断能力都可以做得很大,开断空载长线易于做到不重复击穿,动作快,开断时间短	检修方便,不检修间隔期长 噪音大,需一套空压机系统	110kV 及以上大容量发电站、变电所,发电机保护断路器及操作频繁的断路器

续 表

类别	结构特点	技术性能	运行维护	主要使用场所
六氟化硫	单压式结构简单 密封要求严,对工 艺和材料要求高	额定电流和 开断能力都可 以做得很大,各 种开断性能均 好。触头系统 在开断大小电 流时损耗均小, 断口电压可做 得高(例如单断 口 220kV)	不检修 间隔期长, 噪音低 检修前 准备工作 量较大,需 一套充放 气及过滤 装置	110kV 及以上大 容量变电 站及频繁 操作场所
真空	体积小,重量轻 灭弧室工艺及材 料要求较高	可连续多次 自动重合闸,能 进行频繁操作, 开断电容电流 性能好 断口电压不 易做得高	不需检 修灭弧室, 运行维护 简单。无 爆炸可能, 噪音小	35kV 及 以下户内 变电所及 工矿企业 中要求频 繁操作的 场所
固体产气	结构简单、重量 轻、制造方便	额定电流和 开断电流不易 做得大,断口电 压亦不易做高	易于维 护检修,噪 音大	35kV 及 以下户外 小容量变 电所
磁吹	结构较复杂,体 积、重量较大	特别适合频 繁操作 断口电压不 易做高(20kV 及以下)	检修方 便,不检修 间隔期长, 噪音小	20kV 及 以下户内 频繁操作 场所

表 6-9 高压多油断路器性能参数

名称	型号	额定电压 kV	额定电流 (A)	断流量 (MVA)			额定断流量 (kA)			极限通过 电流(kA)			热稳定电流 (kA)			固有分 时间 (s)	三相 油重 (kg)	总重 (kg)	使用操作 机构型号	使用说明
				3 (kV)	6 (kV)	10 (kV)	3 (kV)	6 (kV)	10 (kV)	峰值	有效 值	1s	5s	10s						
户内多油断路器	DN ₁ -10	10	200	50	100	100	9.7	9.7	9.7	25	15				6	0.07	0.1	50	100	直接启动 高压电 机,控制电 弧炼钢变压 器,也可切 断电容器组
		10	400	50	100	100	9.7	9.7	9.7	25	15				10	0.07	0.1	50	125	CS2、 CD2G
		10	600	50	100	100	9.7	9.7	9.7	25	15				10	0.07	0.1	50	125	
		10	800	50	100	100	9.7	9.7	9.7	25	15				10	0.07	0.1	50	130	
	DN ₃ -10	10	400	75	150	200	14.5	14.5	14.5	37	14.2		13		0.08	0.15	14	86	CS13* CD2	同上,并可 进行一次快速 自动重合闸
	DW ₄ -10	10	100 200 400	50			2.88		12.8	7.4	7.4	4.2	3	0.1			45	145	钩棒或 绳索操作	用于高压 配电线路的 控制和保护
	DW ₅ -10G	10	50 100 200	50			2.9		7.4	4.2	4.2	2.9	2.05				60	210	还装有重 锤式的重合 闸机构	装有脱扣装 置
	DW ₇ -10	10	30、50 75、100 200、400	25			1.5		5.6	2.3	1.8	1.6	1.13	0.2			55	135	钩棒或 绳索操作	具有延时 跳闸装置

续 表

名称	型号	额定电压 kV	额定电流 (A)	断流容量 (MVA)		额定断流量 (kA)			极限通过 电流(kA)		热稳定电流 (kA)		固有分 闸时间 (s)	合闸三 相油重 (kg)	总重 (kg)	使用操作 机构型号	使用说明
				3 (kV)	6 (kV)	10 (kV)	3	6	10	峰值	有效 值	1s					
户外多油断路器	DW ₆ -35	35	400	350	400	5.6	6.6	19	11	11	6	0.1	0.27	1 050	CS2、 CTD2 或 CT4-G	套管电流 互感器 4 组 (每相 2 个 LR-35 及 LRD-35), 适用于 35kV 输电系统和 的控制和 保护	
				400										1 068			
	DW ₈ -35	35	600 800 1 000	1 000	16.5	41	29	16.5 (4s)	0.07	0.3	380	1 300	CD11 -X				

* 表示开断电流不大于 6kA, 关合电流不大于 15kA, 同时必须保证开合速度不小于 0.5m/s, 必须保证一次合到底, 否则不能采用 CS_{1B}。35kV 及以下的断路器, 当断流容量符合要求时, 无需校验其动稳定和热稳定。

表 6-10 高压少油断路器性能参数

型号	额定电压(kV)	额定电流(A)	断流容量(MVA)			额定断流量		极限通过电流(kA)		热稳定电流(kA)			固有分闸时间(s)	合闸时间(s)	三相油重(kg)	总重(kg)	使用操作机构型号
			3(kV)	6(kV)	10(kV)	峰值	有效值	1s	5s	10s							
SN10-10I	10	600	100	200	350	20.2	52	30		20.2(4s)		0.05	0.2	6.5	104	CD13, CS2, CT4-G, (T)	
SN10-10II	10	1000	150	300	350	20.2	52	30		20.2(4s)		0.05	0.2	6.5	104	CD13, CS2, CT4-G, (T)	
SN10-10III	10	1000	150	300	500	28.9	74	42		28.9(4s)		0.05	0.2	8	120	CD13, CS2, CT4-G, (T)	
SN11-10/600-1000	10	600至1000	—	—	350	20	52	30		20	14					CD12	
SN9-10/900	10	600	—	—	250	14.4	36.8			14.4(4s)		0.05	0.2	5	85	CD13-G	
SN8-10/600	10	600			200	11.6	33	19		11.6(4s)		0.05	0.25	5	100	CD2或CT4-G	
SN3-10/2000	10	2000		300	500	29	75	43.5	43.5	30	21	0.14	0.5	20	600	CD3	
SN3-10/3000	10	3000		300	500	29	75	43.5	43.5	30	21	0.14	0.5	20	620	CD3	
SN4-10G/5000	10	5000		1800		105	300	173	173	120	85	0.15	0.65	50	2150	CD8, CD6-G, CT6-XG	

续表

型号	额定电压(kV)	额定电流(A)	断流容量(MVA)			额定断流量(kA)	极限通过电流(kA)		热稳定电流(kA)			固有分闸时间(s)	三相油重(kg)	总重(kg)	使用操作机构型号	
			3(kV)	6(kV)	10(kV)		峰值	有效值	1s	5s	10s					
SN4-20G/6000	20	6000		3000		87	300	173	173	120	85	0.15	0.65	50	2345	CD8、CD6-G、CT6-XG
SN4-20G/8000	20	8000		3000		87	300	173	173	120	85	0.15	0.65	55	2500	CD8、CD6-G
SN2-10/600	10	600		150	200		37	22		14.5(4s)		0.07	0.15		200	CT2或CT4-G
SW2-35	35	1000		1500		24.8	63.4	39.2		24.8(4s)		0.06	0.4	100	1200	CD8-XG或CT2-XG
SW2-35C	35	1500		1500		24.8	63.4	39.2		24.8(4s)		0.06	0.4	100	1200	CD8-XG或CT2-XG
SW3-35/600	35	600		400		6.6	17	9.8		6.6(4s)		0.06	0.12	37	663	液压机构(无型号)
SW4-35	35	1200		1000		16.5	42	24.8		16.5(4s)		0.08	0.35	51	1000	CD150
SW4-35C	35	1200		1000		16.5	42	24.8		16.5(4s)		0.08	0.35	51	1000	CD150

表 6-11 高压真空断路器、真空接触器性能参数

型 号	额定电压 (kV)	额定电流 (A)	断流容量 (MVA)	额定断流 流量 (kA)	极限通 过电流 (峰值) (kA)	热稳定 电流 (4s) (kA)	固有分 闸时间 (s)	合闸 时间 (s)	重量(kg)
QW 1-10	10	200	50	2.9	7.4	2.9	0.12		
ZN 2-10	10	600	200	11.6	30	11.6	0.05	0.2	75
ZN 3-10	10	600	100	8.7	20	8.7	0.05	0.15	75
CZG-150/6	6	150	15				0.036	0.1	26(不可逆) 75(可逆)
ZN 6-10	6	300	30		17.5	5	0.05	0.15	35

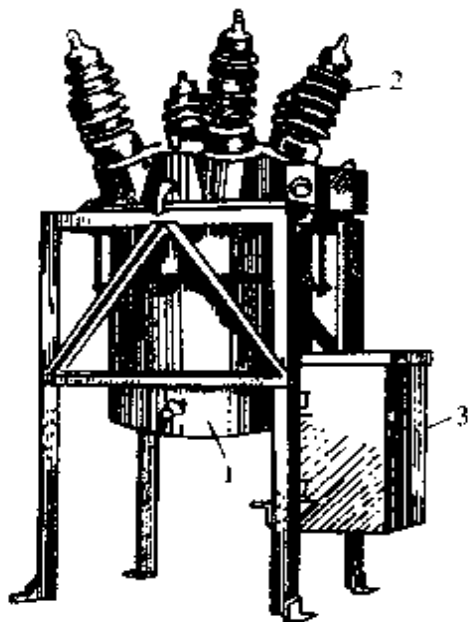


图 6-2 DW6—35 型多油断路器

1—油箱 2—电容套管绝缘子
3—操作机构

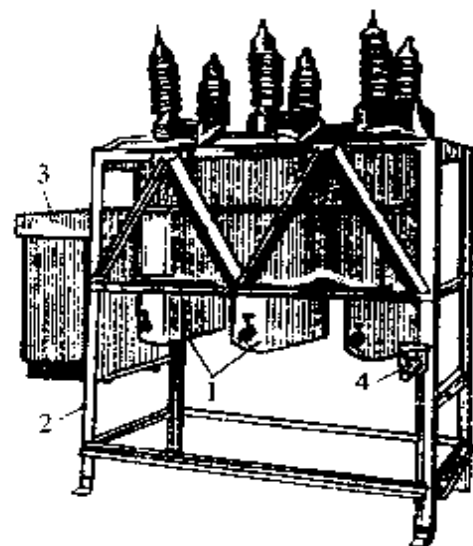
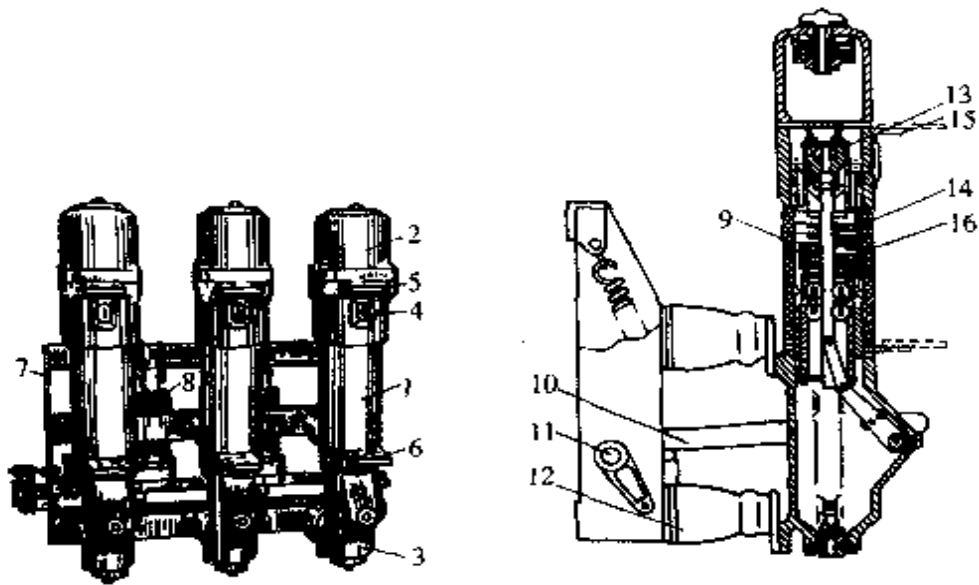


图 6-3 DW8—35 型多油断路器

1—油箱 2—角钢框架
3—操作机构 4—升降油箱用的交盘



(a) SN10-10 型少油断路器的外形 (b) SN10-10 型少油断路器剖面图

图 6-4 SN10—10 型少油断路器

- 1—油箱 2—上盖帽 3—铸铁底罩 4—油位指示器 5—上出线端
6—下出线端 7—金属框架 8—分闸弹簧 9—绝缘筒 10—绝缘拉杆
11—主轴 12—瓷瓶 13—静触头 14—动触头 15—出线端 16—灭弧室

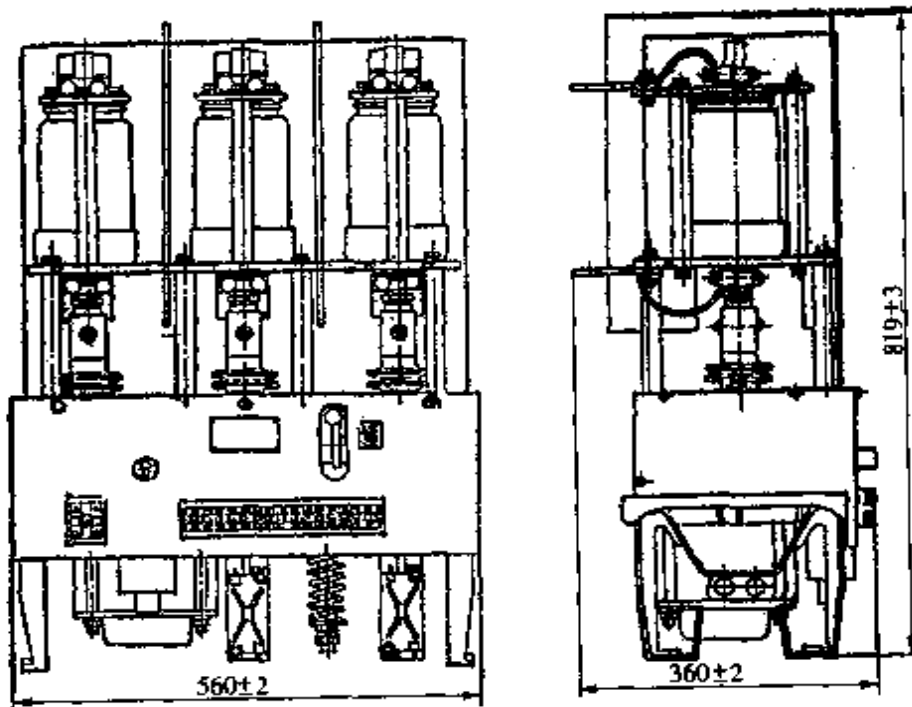
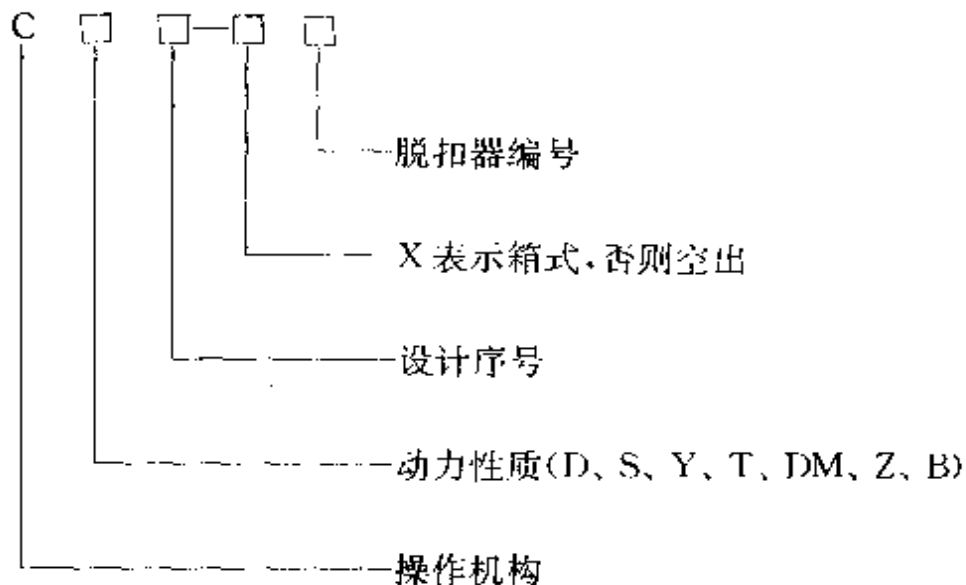


图 6-5 ZN3—10 型真空断路器外形图

2. 操作机构

(1) 操作机构型号意义



其中, D——表示电磁;

S——表示手动;

Y——表示液压;

T——表示弹簧储能;

DM——表示电动机;

Z——表示重锤;

B——表示爆炸机构。

例如, CS2 表示手动操作, 设计序号为 2, 具有 2 个过载瞬时脱扣器, 广泛用于 10kV 断路器上。

(2) 操作机构外形图, 如图 6-6 和图 6-7 所示。

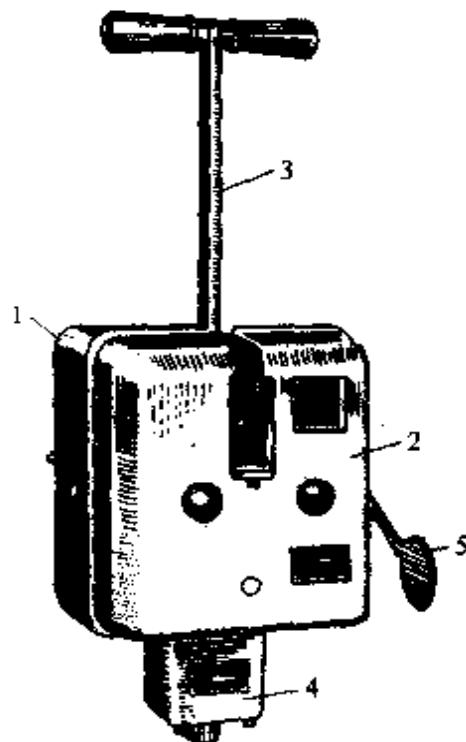


图 6-6 CS2 型手动操作机构

1-底座 2-箱盖 3-操作手柄
4-继电器箱 5-吊牌

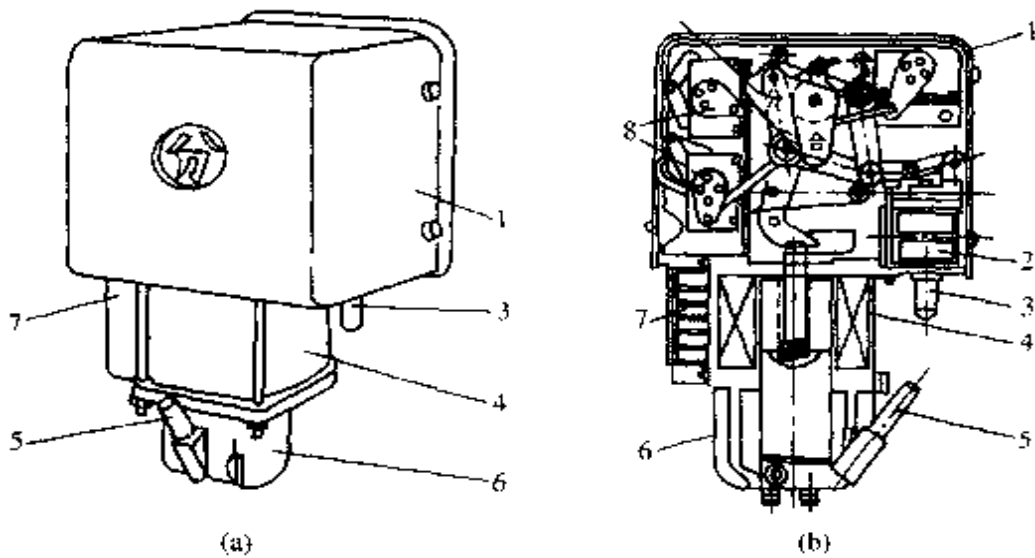


图 6-7 CD10 型电磁操作机构

1—外壳 2—跳闸线圈 3—手动跳闸按钮 4—合闸线圈
5—合闸手柄 6—缓冲底座 7—接线端子 8—开关

3. 高压断路器的选择

(1) 额定电压及频率 应按电网的电压及频率选用,额定电压应等于或大于电网电压。

(2) 额定电流 应按回路的最大工作电流(有效值)选择额定电流。

(3) 断流容量 系统在开关处的最大短路电流应小于开关允许断流值,并应留有裕度。

(4) 极限通过电流能力 是指由电流的力学作用所限制的电流值,有峰值和有效值两项规定。前者是后者的 1.7 倍。此项规定由制造厂给出,称为动稳定(极限),单位 kA。

(5) 热稳定电流 是指对短时间故障电流通过开关导体发热所作的限制。按规定由制造厂提供,一般给出 1s、5s 和 10s 的电流值。许多开关的 1s 热稳定电流值与动稳定值相同。

(6) 切断高压空载长线的的能力 切断 110kV 及以上空载长线时,线路的充电电流可能使触头间电弧重燃(再击穿),以致不能

断弧。各电压等级的开关适应开断空载长线的能力不同,见表6-12所示。

表6-12 断路器应能切断的空载长线电流

额定电压 (kV)	GB1984—80 规定的的数据			SD132—85 规定的的数据		
	空载电流 (A)	相当的输电线路长度 (km)		空载电流 (A)	相当的输电线路长度 (km)	
110	31.5	LGJQ-240 单导线	167	32	LGJQ-240 单导线	170
220	125	LQJQ—600 单导线	334	165	LGJQ—600 单导线	440
		2×LGJQ—600 双分裂	250		2×LGJQ—600 双分裂	330
330	315	2×LGJQ—600 双分裂	440	350	2×LGJQ—600 双分裂	487
500	—	—	—	500	3×LGJQ—600 三分裂	426

注:1. 国家标准《交流高压断路器》(GB1984—80)规定的的数据可视为断路器应能达到的水平。

2. 水电部部标准《交流高压断路器技术条件》(SD132—85)可视为进口设备的最低技术条件或国内优选设备签订技术协议可遵循的依据。

(7) 切断电容器组 切断电容器组时同一相断口触头间因有二倍工作电压而易于重燃,重燃或多次重燃将产生严重过电压,断路器不应发生重燃的容量范围见表6-13。

表6-13 开断电容器组的参考容量

电压等级 (kV)	额定开断电容电流 (A)	开断电容器组的参考容量 (kvar)
10	870	1 000~10 000
35	750	5 000~30 000
63	560	10 000~40 000

(8) 机械载荷的允许值见表 6-14。

表 6-14 断路器、隔离开关、负荷开关的机械荷载允许值
(应能承受值) 单位:kg

电压等级 (kV)	断 路 器				隔离开关水平拉力			负荷开关水平拉力
	额定电流时	纵水平拉力	横水平拉力	垂直力	双柱	三柱	单柱	
10kV 及以下		500	250	300	250	250		250
35~63	≤1 250	750	400	500	500	500		500
	>1 600	750	500	750				
110	≤2 000	1 000	750	750	750	750	1 000	750
	≥2 500	1 250	750	1 000				
220~300	~3 150	1 500	1 000	1 250	1 000	1 000	1 500	1 000
500		2 000	700	500				
300					1 500	1 500	2 000	

4. 断路器操作机构选择的一般技术要求

(1) 根据变电所的操作能源性质,断路器的操作机构可选用下列形式之一:

- a. 电磁操作机构;
- b. 弹簧操作机构;
- c. 液压操作机构;
- d. 气动操作机构。

凡新建和扩建的变电所不应采用手动操作机构。

(2) 操作机构的操作方式应满足实际运行工况的要求。

(3) 操作机构脱扣线圈的端子动作电压应满足:

- a. 低于额定电压的 30% 时, 应不动作。
- b. 高于额定电压的 65% 时, 应可靠动作。

(4) 采用电磁操作机构时, 对合闸电源有如下要求:

- a. 在任何运行工况下, 合闸过程中电源应保持稳定。
- b. 运行中电源电压如有变化, 其合闸线圈通流时, 端子电压不低于额定电压的 80% (在额定短路关合电流大于或等于 50kA 时不低于额定电压的 85%), 最高不得高于额定电压的 110%。

c. 当直流系统运行接线方式改变时(如直流电源检修采取临时措施以及环形母线开环运行等), 也应满足 b 项要求。

(5) 采用气动机构时, 对合闸压缩空气气源的压力要求基本保持稳定, 一般变化幅值不大于 $\pm 50\text{kPa}$ 。

(6) 液压操作机构及采用差压原理的气动机构应具有防“失压慢分”装置, 所谓“失压慢分”是指液压操作机构因某种原因压力降到零, 然后重新启动油泵打压时, 会造成断路器缓慢分闸。

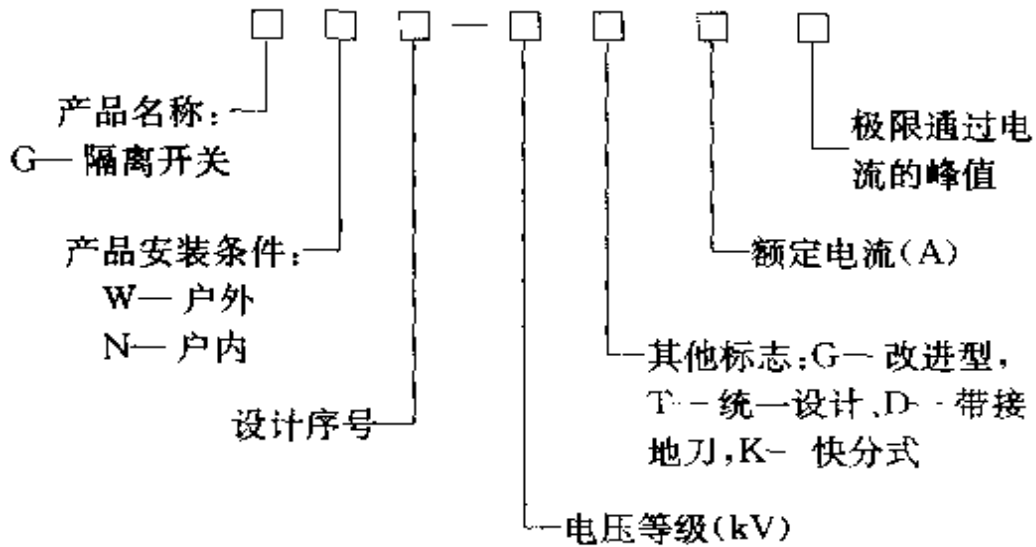
(7) 采用液压或气动机构时, 其工作压力大于 1MPa 时, 应有压力安全释放装置。

(8) 机构箱应具有防尘、防潮、防小动物进入及通风措施, 液压与气动机构应有加热装置和恒温控制措施。

三、高压隔离开关及其选用

隔离开关也叫刀闸, 用来隔离电压并造成明显的断开点, 以保证电气设备在检修或备用时, 与母线或其他正在运行的电气设备隔离。由于隔离开关没有特殊的灭弧装置, 因此必须在对应的断路器断路后, 才允许拉开或合上, 为了防止误操作, 隔离开关和油开关一般都装设有连锁装置(机械连锁或电气连锁)。

1. 高压隔离开关的型号含义



2. 常用高压隔离开关的技术数据和使用安装

常用高压隔离开关的技术数据和使用安装，见表 6-15 和表 6-16。

在选用高压隔离开关时，应根据安装地点选择相应的形式（户外型或户内型），并根据电源的额定电压和负荷大小选择适当的容量，校核能否适应短路时通过的电流值。GW1 型隔离开关属淘汰产品，尽量不要选用。

表 6-15 高压户内隔离开关性能参数

型 号	额定电压 (kV)	额定电流 (A)	极限通 过电流(kA)		5s 热稳 定电流 (kA)	操作机构 型 号	不带机构 重 量 (kg/组)
			峰值	有效值			
GN1-6/200	6	200	25		10		27
GN1-6/400	6	400	50		14		27
GN1-6/600	6	600	60		20		27
GN1-10/200	10	200	25		10		30

续 表

型 号	额定电压 (kV)	额定电流 (A)	极限通过电流(kA)		5s 热稳定电流 (kA)	操作机构 型 号	不带机构重量 (kg/组)
			峰值	有效值			
GN1 - 10/400	10	400	50		14		30
GN1 - 10/600	10	600	60		20		30
GN1 - 10/1000	10	1 000	80	47	26(10s)	CS6 - 2	20.5
GN1 - 10/2000	10	2 000	85	50	36(10s)	CS6 - 2	25
GN1 - 20/400	20	400	52	30	14		31
GN1 - 35/400	35	400	52	30	14		39.1
GN1 - 35/600	35	600	52	30	20		40.7
GN2 - 10/2000	10	2 000	85	50	36(10s)	CS6 - 2	80
GN2 - 10/3000	10	3 000	100	60	50(10s)	CS7	91
GN2 - 20/400	20	400	50	30	10(10s)	CS6 - 2	80
GN2 - 35/400	35	400	50	30	10(10s)	CS6 - 2	83
GN2 - 35/600	35	600	50	30	14(10s)	CS6 - 2	84
GN2 - 35T/400	35	400	52	30	14	CS6 - 2T	100
GN2 - 35T/600	35	600	64	37	25	CS6 - 2T	101
GN2 - 35T/1000	35	1 000	70	49	27.5	CS6 - 2T	
GN6 - 6T/200 GN8 - 6T/200	6	200	25.5	14.7	10	CS6 - 1T	23/-
GN6 - 6T/400 GN8 - 6T/400	6	400	52	30	14	CS6 - 1T	24/-
GN6 - 6T/600 GN8 - 6T/600	6	600	52	30	20	CS6 - 1T	24.6/-

续 表

型 号	额定电压 (kV)	额定电流 (A)	极限通过电流(kA)		5s 热稳定电流 (kA)	操作机构型号	不带机构重量 (kg/组)
			峰值	有效值			
GN6-10T/200 GN8-10T/200	10	200	25.5	14.7	10	CS6-1T	25.5/-
GN6-10T/400 GN8-10T/400	10	400	52	30	14	CS6-1T	26.5/-
GN6-10T/600 GN8-10T/600	10	600	52	30	20	CS6-1T	27/-
GN6-10T/1000 GN8-10T/1000	10	1 000	75	43	30	CS6-1T	50/-
GN10-20T/8000	20	8 000	250	145	80	CJ2	534
GN10-10T/3000	10	3 000	160	90	75	CS9 或 CJ2	43
GN10-10T/4000	10	4 000	160	90	80	CS9 或 CJ2	52
GN10-10T/5000	10	5 000	200	110	100	CJ2	124
GN10-10T/6000	10	6 000	200	110	105	CJ2	144

注:1. GN2 型的操作机构可装在隔离开关的左边或右边。安装时可分后联接与前联接两种。安装场所采用装于支柱、墙壁、天花板横梁或金属架上。其安装位置可以立装、斜装或卧装。

2. GN8 和 GN6 在结构上基本相同,只是 GN8 将支持绝缘子改为绝缘套管,GN8 根据每极绝缘套管的数量及方位不同有三种形式:Ⅱ型为一个套管,装在闸刀支座一侧;Ⅲ型为一个套管,装在静触头侧;Ⅳ型为两个套管,安装场所与方式同上。

表 6 - 16 高压户外隔离开关性能参数

型 号	额定电压 (kV)	额定电流 (A)	极限通过电流 (kA)		5s 热稳定电流 (kA)	操作机构型号	不带机构重量 (kg/组)	结构特点和使用说明
			峰值	有效值				
GW1 - 6/200	6	200	15	9	7	CS8 - 1	36	本开关是单极型, 三极使用时中间用管轴连接成一组
GW1 - 6/400	6	400	25	15	14	CS8 - 1	36	
GW1 - 10/200	10	200	15	9	7	CS8 - 1	60	
GW1 - 10/400	10	400	25	15	14	CS8 - 1	60	
GW1 - 10/600	10	600	35	21	20	CS8 - 1	63	
GW4 - 10/200	10	200	15		5	CS - 11	28.5	
GW4 - 10/400	10	400	25		10	CS - 11	29.4	
GW4 - 10/600	10	600	50		14	CS - 11	30	
GW4 - 35/600	35	600	50		14	CS - 11	195	双柱式隔离开关单极型, 三级使用时, 极间用水煤气管连起来 水平旋转分、合闸
GW4 - 35D/600	35	600	50		14	CS8 - 6D	195	
GW4 - 35/1000	35	1000	80		21.5	CS - 11	204	
GW4 - 35D/1000	35	1000	80		21.5	CS8 - 6D	204	
GW5 - 35G/600—1000	35	600 1000	50	29	14	CS - G	276	“V”字形结构, 三相隔离开关由三个单极组成, 中间通过钢管连接 两闸刀同时在与瓷瓶轴线垂直的平面内转动, 完成合、分闸动作
GW5 - 35GD/600—1000	35	600 1000	50	29	14	CS - G	276	
GW5 - 35GK/600—1000	35	600 1000	50	29	14	CS1 - XG (分闸时间 < 0.25s)	276	
GW7 - 10/400	10	400	25		14	操作棒操作	15	
GW8 - 35/400	35	400				CS8 - 5		

3. 隔离开关外形图

图 6-8 为 GN2-35T/400 型隔离开关外形图。

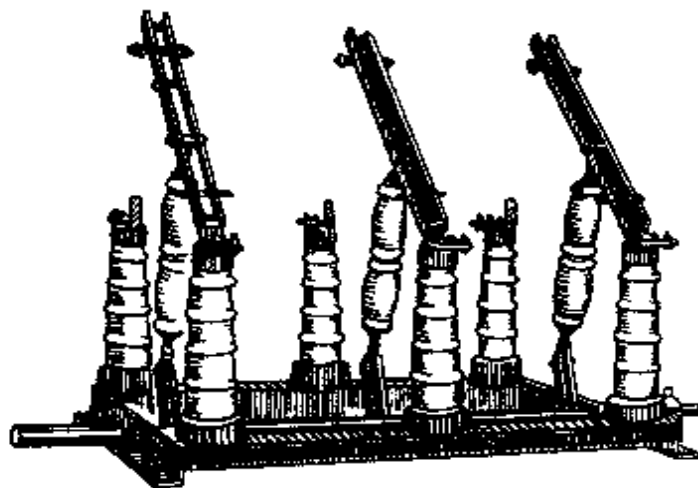


图 6-8 GN2—35T/400 型隔离开关

图 6-9 为 GN6—10T/400 型隔离开关外形图。

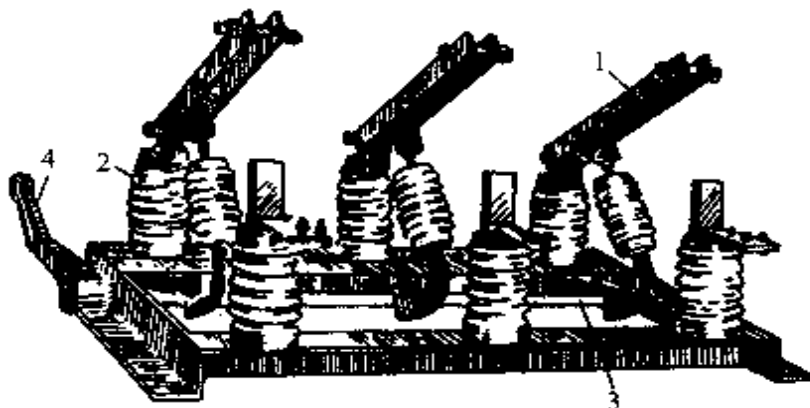


图 6-9 GN6—10T/400 型隔离开关

1—闸刀 2—绝缘子 3—传动轴 4—传动转杆

4. 高压隔离开关的运行与维护

隔离开关在运行中应进行巡视,运行前和运行后应进行检查和维护:

(1) 触头及连接点应无过热现象,负荷电流应在容量范围内。

(2) 检查瓷绝缘有无破损和放电现象。

(3) 操作机构的部件是否开焊、变形或锈蚀,轴销钉、紧固螺母等是否正常。

(4) 维护时应用细砂布打磨触头及接点,检查其紧密程度,并涂中性凡士林油。

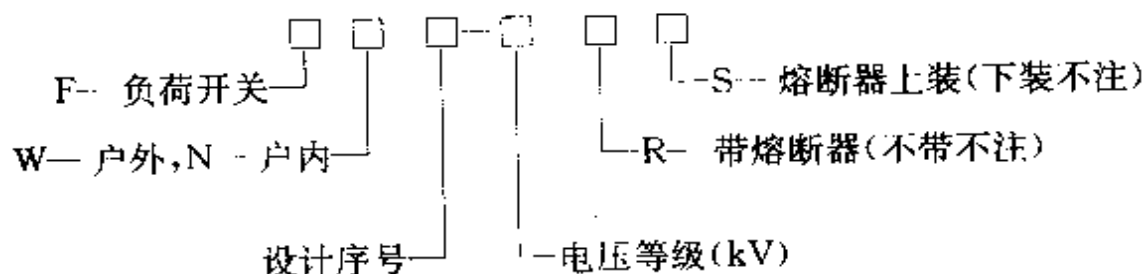
(5) 分闸、合闸过程应无卡住,触头中心要校准,三相要同时接触。

(6) 高压隔离开关严禁带负荷分闸、合闸,维修时应检查与断路器的联锁装置是否完好。

四、高压负荷开关及其选用

负荷开关是用来切断和闭合负荷电流的小容量断路器。就结构来说,它与隔离开关相似,在断路状态下有可见的断开点。它又有由固体产气物质造成的灭弧腔,当断开或接通负荷电流时,由于出现电弧的高温而使灭弧腔内的产气物质产生大量气体。此气体能将电弧冷却吹熄,从而起到灭弧作用。从这点来说它又与油开关相似,能接通和切断正常负荷电流。但它的灭弧能力不高,不能切断事故时的短路电流,所以要和高压熔断器共同配合使用,由后者来担当切断短路电流的作用。负荷开关一般用于6~10kV且不常操作的电路上。

1. 高压负荷开关的型号含义



2. 常用高压负荷开关的技术数据

常用高压负荷开关的技术数据,见表 6-17 和表 6-18。

表 6-17 户内型负荷开关性能参数

型 号	额定电压 (kV)	额定电流 (A)	最大开断 电流(A)		额定开 断容量 (MVA)		极限 通过 电流 (kA)	5s 热 稳定 电流 (kA)	闭合 电流 (峰 值) (kA)	操作 机构	重量 (kg)
			6 (kV)	10 (kV)							
FN2-10 FN2-10R	10	400	2 500	1 200	25		25	8.5	—	CS4、 CS4-T	44
FN3-10 FN3-10R	10	400	$\cos\varphi$ =0.15	$\cos\varphi$ =0.7	$\cos\varphi$ =0.15	$\cos\varphi$ =0.7	25	8.5	15	CS3、 CS3-T	
			850	1 450	15	25					
	6	400	850	1 950	9	20	25	8.5		CS2	

表 6-18 户外型负荷开关性能参数

型 号	额定电压 (kV)	额定电流 (A)	最大开 断电流 (A)	断流容量 (三相) (MVA)	极限通 过电流 (峰值) (kA)	5s 热 稳定 电流 (kA)	允许闭 合电流 (峰值) (kA)	操作 机构	重量(kg)	
									净重	油量
FW2-10G	10	100	1 500	—	14	7.8	—	绝缘棒 或 绳索	124	40
		200				7.8			124	
		400				12.7			128	
FW4-10	10	200 400	800	—	15	5	—	同上	97 114	60
FW5-10	10	200	400	—	10	6(4s)	—	同上	75	
FW3-35	35	200	100	—	7	5	7	CS10 -1		

3. 负荷开关的外形图

图 6-10 和图 6-11 分别为 FN2—10 和 FN3—10 型负荷开关外形图。

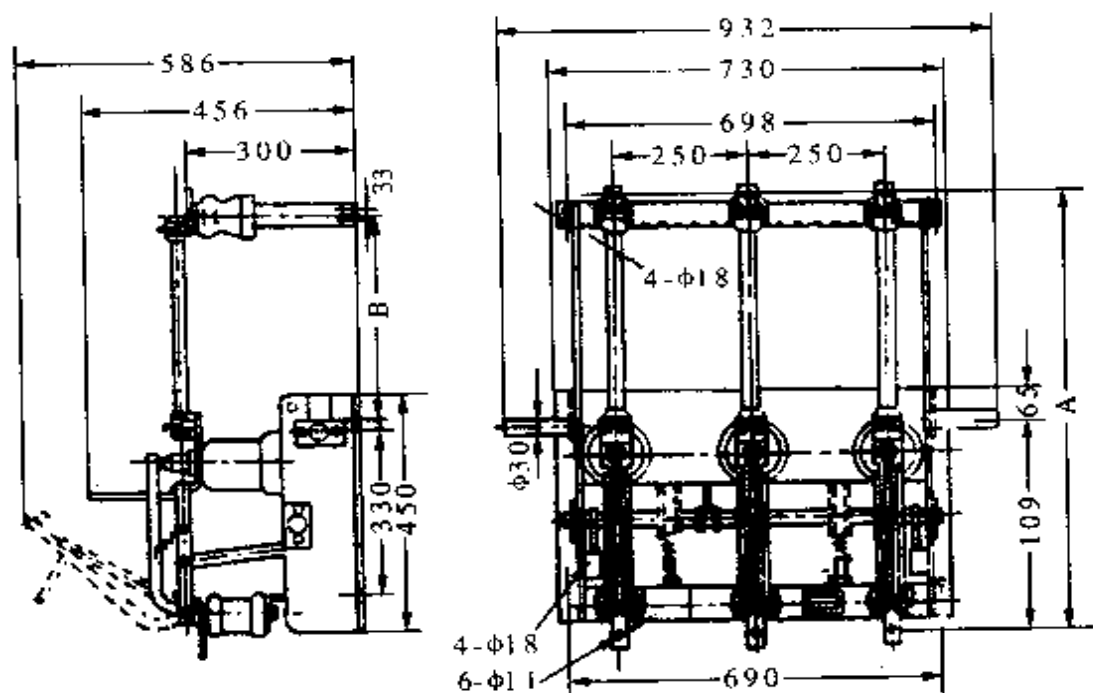


图 6-10 FN2-10(R)型外形图

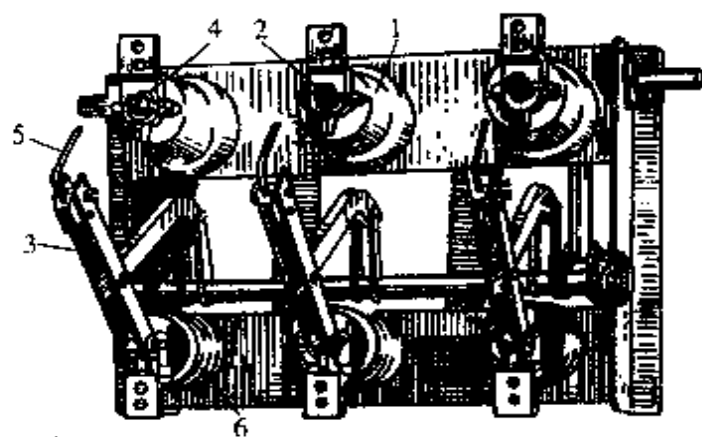


图 6-11 FN3—10 型负荷开关

1—环氧树脂绝缘子(汽缸) 2—灭弧喷嘴
3—闸刀 4—触座 5—灭弧动触头 6—瓷绝缘子

4. 高压负荷开关的选择

先根据额定电压和额定电流来选择,然后作短路稳定性和热稳定性校验。如果与熔断器配合使用,可不校验热稳定性。但选用熔断器的容量和熔体的容量时,应根据实际负荷电流大小来决定,即高压熔断器的最大开断容量要大于或等于短路电流计算中的次暂态短路电流容量。配手动操作机构的负荷开关,仅限于10kV 及以下的系统,其关合电流不大于8kA(峰值)。

5. 高压负荷开关的运行与维护

高压负荷开关在运行中应当注意的事项与高压隔离开关基本相同,但对它的灭弧装置在每次操作后的位置是否正确应特别注意。

对高压负荷开关的维护,可按工作刀闸、灭弧装置和传动装置三部分进行。工作刀闸的维护与隔离开关相同。传动装置维护的目的是保证其工作的稳定、灵活和可靠,当不存在变形及断裂等机械损伤时,主要是对各转动部位涂润滑油脂。

必须定期停电检查灭弧腔,及时清除损伤、漏气等。

FN2—10 型及 FN3—10 型负荷开关的维护检修期限,决定于灭弧触头和喷嘴的烧损程度。如烧损不严重,修整后即可使用。如烧损严重,开关的分断能力将降低,为保证开关的正常工作,必须更换这些零件。

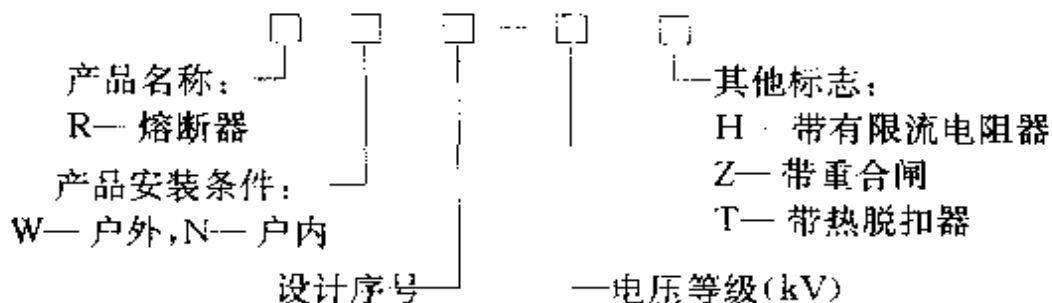
五、高压熔断器及其选用

1. 高压熔断器的作用

高压熔断器的作用是当过负荷或短路电流流过熔件时,由本身产生的热量将自己熔断,使电路断开,实现过载和短路保护。

熔断器的优点是结构简单、价格便宜、维护方便和体积小,因此,在中小型企业的电力系统中,较广泛地应用它来保护变压器和线路。

2. 高压熔断器的型号含义



3. 高压熔断器的选择

(1) 额定电压等级 一般的高压熔断器，可用于低于或相当其本身额定电压等级的电网中。但是，RN1 和 RN2 型熔断器，只能用在相当的额定电压等级的电网中，而不能用在较高或较低的额定电压等级的电网中。

(2) 熔断器、熔丝电流的选择 按下式选择通过熔断器电路的负荷电流(A)

$$I_{sj} \leq I_{Ej} \leq I_{Gj}$$

式中 I_{Ej} ——熔断器熔丝的额定电流(A)；

I_{Gj} ——熔断器的额定电流(A)。

当电路中有电动机时，应考虑熔丝应能承受启动电流，即

$$I_{Ej} \leq \frac{I_{sjmax}}{a}$$

式中 I_{sjmax} ——电路中出现启动电流时的最大负荷电流(A)；

a ——系数，对正常情况下启动的鼠笼式感应电动机的电路， a 可取 2.5；对频繁启动的鼠笼式感应电动机， a 可取 1.6~2.0。

按表 6-19 为变压器选择熔丝。该表已经考虑了空载变压器投入运行时的冲击电流。对于容量较大的 35kV 电力变压器的熔断器，其熔丝应按变压器的额定电流的 1.5 倍来选择。

(3) 熔断器的配合 装在电网各线段上的熔断器,应与上一段(电源侧)及下一段(负荷侧)熔断器相互配合,熔丝的额定电流最少应相差一级,以保证动作的选择性。装在变压器高压侧的熔断器,应与供电线路的继电保护装置相互配合,熔丝的熔断时间应小于电源侧的继电保护的動作时间。

(4) 切断能力 熔断器的断流容量必须大于该点短路时的短路功率,其最大切断电流应大于该点的三相短路电流。

表 6-19 RN1 型高压熔断器熔丝的额定电流与被保护变压器容量的配合

变压器的 额定电流 (A)	熔丝的 额定电流 (A)	被保护的变压器在下列电压时的 额定容量(kVA)		
		6kV	10kV	35kV
1	3	10	20	50
2	5	20	30	100
3	7.5	30	50	160
4	10	40	63	200
5	10	50	80	250
6	15	63	100	315
8	15	80	125	400
10	20	100	160	500
12	30	125	200	630
15	30	160	250	
19	40	200	315	
24	50	250	400	
30	50	315	500	
38	75	400	630	
48	75	500	800	
60	100	630	1 000	
77	100	800	1 250	
96	150	1 000	1 600	
120	200	1 250	2 000	
154	200	1 600		

4. 高压熔断器的分类

高压熔断器按使用场所的不同可分为户内式与户外式两大类。常用的户内式是 RN 型高压熔断器,户外式有 RW 型角形高压熔断器和 RW 型高压跌落式熔断器。

(1) RN 型高压熔断器

RN 型高压熔断器是有石英填料的封闭管式熔断器。利用充填于瓷质管壳中的石英砂细粒填料的冷却作用达到灭弧目的。熔件多数采用镀银的铜丝,铜丝上焊以锡珠作为降低熔点的溶剂。RN1 型高压熔断器的最大切断容量可达 200MVA,额定电压有 3、6、10、35kV 四种规格。RN1 型高压熔断器与高压负荷开关组合,可以分别作短路和过载保护。RN2 型高压熔断器的额定电流只有 0.5A 一种规格,但最大切断容量却可达 1 000MVA,适宜于作 6~10kV 母线侧电压互感器的保护。图 6-12 是 RN 型高压熔断器的外形和剖面图。

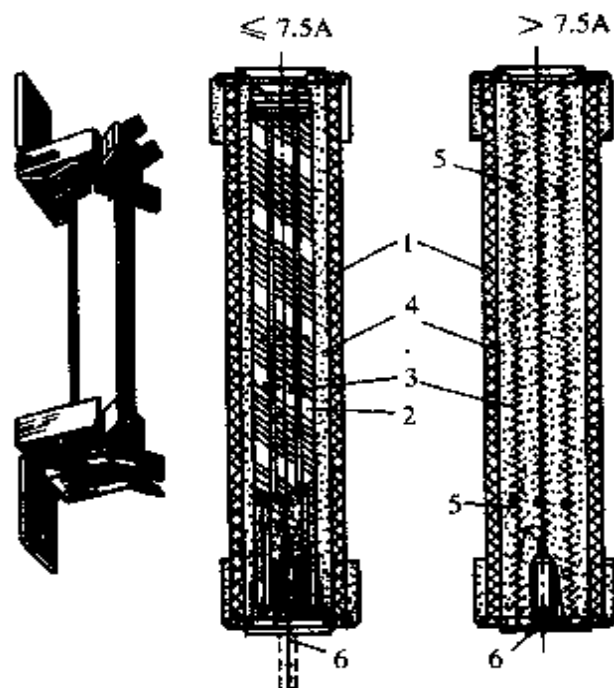


图 6-12 RN 型高压熔断器

1—管壳 2—瓷心 3—熔丝 4—石英砂 5—锡球 6—熔断指示器

户内式 RN 型高压熔断器的用途:RN1 型作为供电线路、变电站设备的过载与短路保护用;RN2 型作为电压互感器的短路保护用;RN3 型作为电力线路的短路保护用;RN4 作为直流配电装置过载和短路保护用,如用于直流电力机车的短路或过载保护,遇到振动时也能可靠地工作;RN5、RN6 型是在 RN1、RN2 型的基础上改进了外形,其体积小,重量轻,泄漏距离大,防污性能好,维护简单,更换方便,两者特性和技术数据相同,可互换。

(2) RW 型角形高压熔断器

RW 型角形高压熔断器的结构很简单,图 6-13 是 RW2-35 型角形高压熔断器。熔件 1 固定在两个向上成一定角度的金属杆 2 之间,外面罩上玻璃管 3,熔件一旦熔断管即炸毁,电弧由于电动力和空气向上流动的作用拉长而熄灭。这种熔断器的额定电流有 2、3、5、7.5A 四种,额定电压为 35kV。

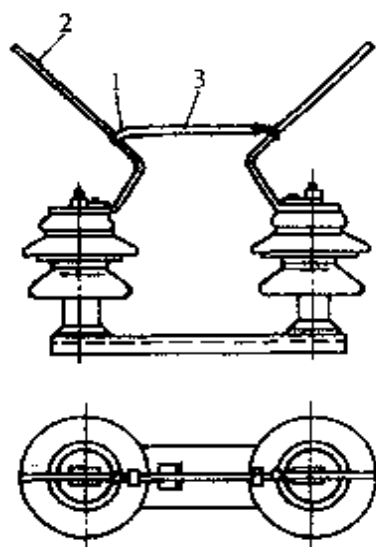


图 6-13 RW2—35 型角形高压熔断器

1—熔件 2—金属杆
3—玻璃管

(3) RW 型高压跌落式熔断器

常用的高压跌落式熔断器有 RW3—10 型和 RW4—10 型。

RW3 型高压跌落式熔断器,如图 6-14(a)所示,广泛用于 3~10kV 电网中。熔管 1 是用反白纸制的开口管,管内有石棉衬套。熔件穿过熔管,一端固定在下触头 2 上,另一端拉紧压板触头 3(压板触头绕轴转动一角度),利用这两个触头将熔管固定在金属支座 4 和鸭嘴罩 5 之间。熔件一旦熔断,压板触头在弹簧作用下弹出,熔管靠自身重量绕下端的轴跌落。可选用高压跌落熔断器保护 6~10kV、750kVA 以下的户外变配电所的开关和变压器。

图 6-14(b)为高压跌落式熔断器上配用的 6~10kV 熔丝。

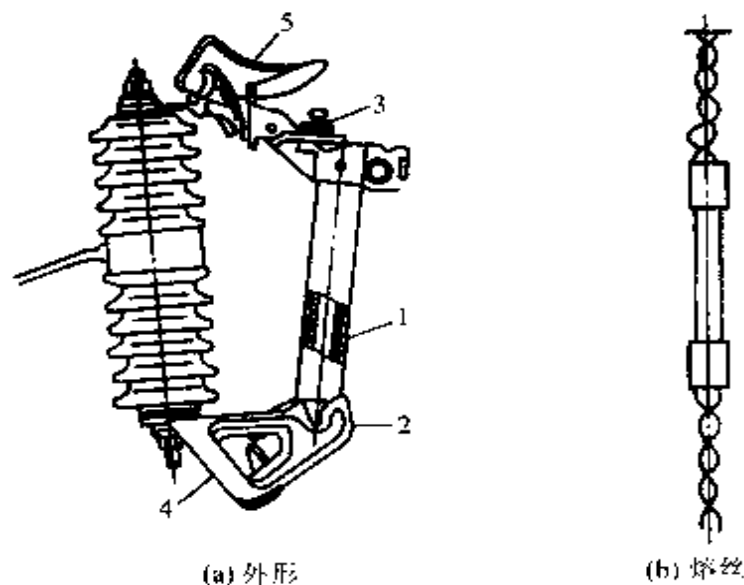


图 6-14 高压跌落式熔断器

熔件压接在铜绞线的中间,装于熔管内。安装时务必拉紧熔丝,否则会减少触头间的接触压力。我国生产的 6~35kV 熔丝额定电流等级规定为 3、5、7.5、10、15、20、30、40、50、75、100、150、200A 等。

RW3—10Z 型高压跌落式熔断器具有自动重合闸。所谓自动重合闸是一种能使已断开的线路自动地重新投入工作的装置。当线路上出现瞬时性的故障时,这种装置可保证不致长时间断电。RW3—10Z 型高压跌落式熔断器有两个熔管,当其中一个原来合闸熔管熔断跌落,另一个断开的熔管则自动弹起进行合闸。如果重合闸失败,它又重新断开。

RW4 型高压跌落式熔断器,用于 10kV 电压以下的配电网中,作为配电变压器和配电线路的保护。直接用分合熔丝管的方法来分合配电线路或变压器,切断变压器的空载电流或小负荷电流。

RW4 型高压跌落式熔断器熔管内衬以消弧管,熔件在负荷或短路故障作用下熔断时,在管内产生电弧。此刻管内壁产生大量气体,压力升高,气体高速向外喷出,当电流过零时电弧熄灭。

5. 常用高压熔断器的技术数据

表 6-20 常用高压熔断器的技术数据

名称	型号	额定电压 (kV)	额定电流 (A)	最大断流容量, 三相 (MVA)	配用的熔丝管额定电流 (A)
户内高压熔断器	RN1-3	3	20 100 200 400	200	2、3、5、7、7.5、10、15、20 30、40、50、75、100 150、200 300、400
	RN1-6	6	20 75 200 300	200	2、3、5、7.5、10、15、20 30、40、50、75 100、150、200 300
	RN1-10	10	20 50 100 200	200	2、3、5、7、7.5、10、15、20 30、40、50 75、100 150、200
	RN1-35	35	7.5 40	200	2、3、5、7.5 10、20、30、40
	RN2-10	3 6 10	0.5	500	0.5(TV用)
				1000	
	RN2-35	35	10 20 40	1000	10 20 40
RN3-3	3	50 75 200	200	2、3、5、7.5、10、15、20、30、 40、50 75 100、150、200	

续 表

名称	型号	额定电压 (kV)	额定电流 (A)	最大断流容量, 三相 (MVA)	配用的熔丝管额定电流 (A)
户内高压熔断器	RN3—6	6	50	200	2、3、5、7.5、10、15、20、30、40、50
			75		75
			200		100、150、200
户内高压熔断器	RN3—10	10	50	200	2、3、5、7.5、10、15、20、30、40、50
			75		75
			150		100、150
	RN3—35	35	75	200	2、3、5、7.5、10、15、20、30、40、50、75
户外跌落式高压熔断器	RW3—10	10	100	75	7.5、10、15、20、30
	RW4—10	10	100	200	40、50、75、100
	RW5—35	35	100	400	15、20、30、40、50 75、100

六、互感器及其选用

电压互感器和电流互感器是一种专用变压器。电压互感器是将高压转变为一定数值电压的专用变压器, 电流互感器是将大电流转换成小电流的专用变压器。有关其结构及线圈的绕制技术数据已在第四章中作了介绍。

这里介绍的是电压互感器和电流互感器应用的技术数据。

互感器是配电系统中供测量和保护用的设备。按其用途不同, 分为电压互感器和电流互感器。

1. 互感器的作用

(1) 电压互感器能将高电压变成标准的低电压(100V), 电流

互感器能将高压、低压线路中的大电流变成低压的标准小电流(5A),有利于测量仪表和继电器的标准化。

(2) 用来扩大仪表和继电器的使用范围。

(3) 将仪表和继电器同主电路隔离,避免主电路的高压直接引入仪表和继电器,还避免仪表和继电器的故障直接影响主电路,提高它们各自工作的安全性和可靠性,保证工作人员的安全。

2. 电压互感器

(1) 基本原理 基本原理如图 6-15 所示。它的一次线圈匝数很多,而二次线圈匝数很少。工作时,一次线圈并联在供电系统的一次电路中,而二次线圈并联于仪表和继电器的电压线圈。由于这些电压线圈的阻抗相当大,所以电压互感器在工作时接近空载状态。

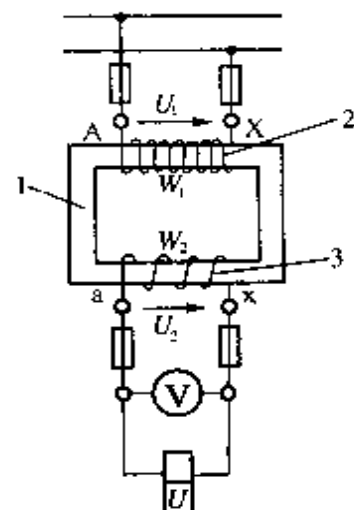


图 6-15 电压互感器的基本原理图

1. 铁心 2. 一次线圈
3. 二次线圈

(2) 用途

a. 测量高压侧的电压。测量三相电压时,可以每相装一个电压表。

b. 作为电度表的电压线圈的电源。

c. 供给继电器(如电压继电器线圈)的电源。

d. 作为开关操作机构或整流装置的电源。

电压互感器的准确度分为 0.2、0.5、1、3 四个等级。配电盘上的仪表一般使用 0.5~1 级;电度计量一般使用 0.5 级;继电保护一般使用 3 级。电压互感器的最大允许误差见表 6-21。电压互感器的准确等级与它的负载大小有关,只要其负载不超过额定容量,就可保证其准确度。

(3) 分类

按相数分为单相电压互感器和三相电压互感器;按安装场所

分为户内式和户外式；按绝缘方式分为干式及油浸式。

(4) 常用接线方案

图 6-16 为最常用的接线方案。

图 6-16(a)为只有一台单相电压互感器的接线，仪表、继电器接于线电压。

图 6-16(b)为两台单相电压互感器接成 V/V 形（即不完全星形），仪表、继电器接于 a-b、b-c 两个线电压。这种接线广泛应用在企业变配电所的 6~10kV 高压配电装置中。

表 6-21 电压互感器最大允许误差

准确度等级	最大电压误差(%)	最大角度误差(′)
0.2	±0.2	±10
0.5	±0.5	±20
1	±1	±40
3	±3	没有规定

图 6-16(c)为三个单相电压互感器接成 Y_0/Y_0 形，供给要求相电压的仪表、继电器及供给绝缘监察电压表（该表应按线电压选择）。

图 6-16(d)为三个单相线圈电压互感器或一个三相五心柱电压互感器接成 $Y_0/Y_0/\Delta$ （开口三角）形，接成 Y_0 形的二次线圈，供电给仪表、继电器及绝缘监察电压表。辅助二次线圈接成开口三角形，供电给监察绝缘的电压继电器。

(5) 使用注意事项

- a. 电压互感器的二次侧在工作时不得短路。
- b. 电压互感器的二次侧有一端必须接地（见图 6-16）。这是为了防止其一、二次间绝缘击穿时，一次侧的高电压窜入二次侧，危及人身和设备的安全。
- c. 电压互感器在联接时，要注意其一、二次线圈接线端子上的极性，见图 6-16。
- d. 电压互感器的一、二次侧一般都应装设熔断器作为短路保

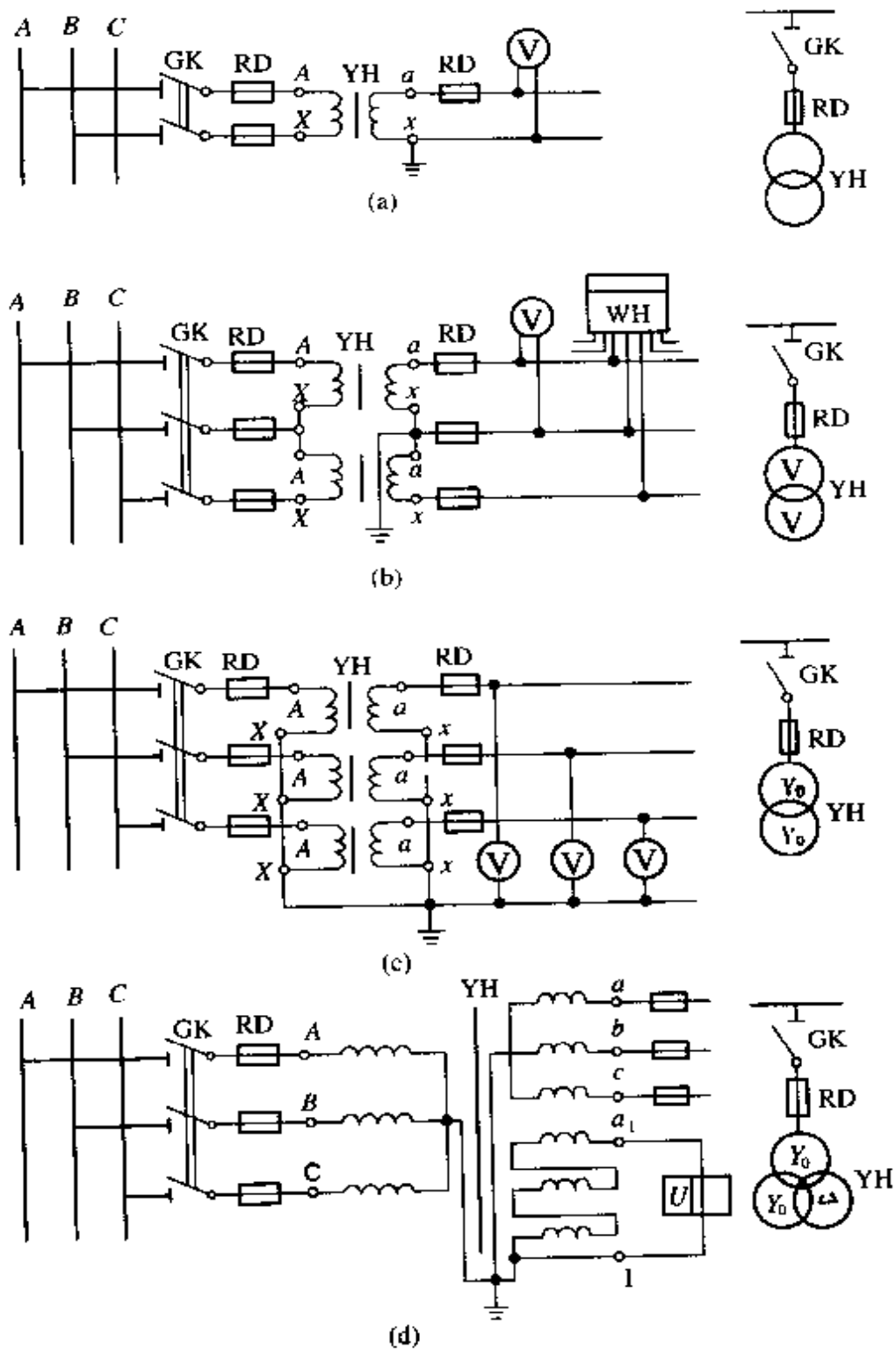


图 6-16 电压互感器在三相电路中的常用接线方案

护,同时其一次侧应装设隔离开关作为安全检修用(见图 6-16)。但作为移相电容器放电用的电压互感器一次侧,不装熔断器,这是由于移相电容器的安全放电要求所致。

(6) 电压互感器的技术性能和安装,见表 6-22~表 6-24 及图 6-17~图 6-20。

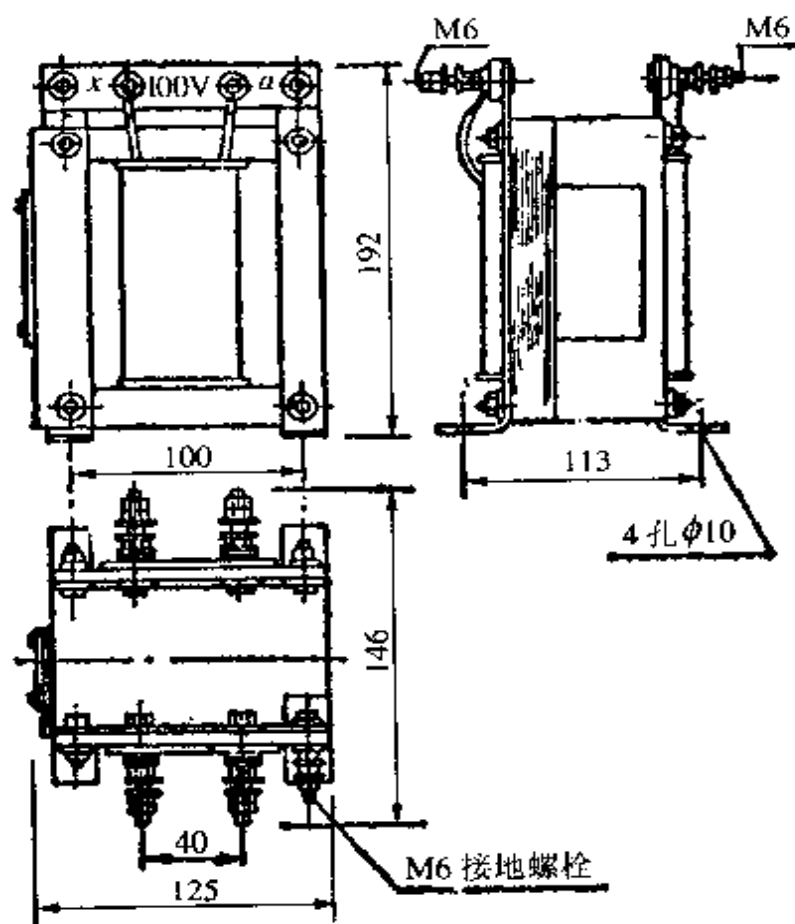


图 6-17 JDG(JDG1)-0.5 型电压互感器外形和安装尺寸

表 6-22 电压互感器的技术数据

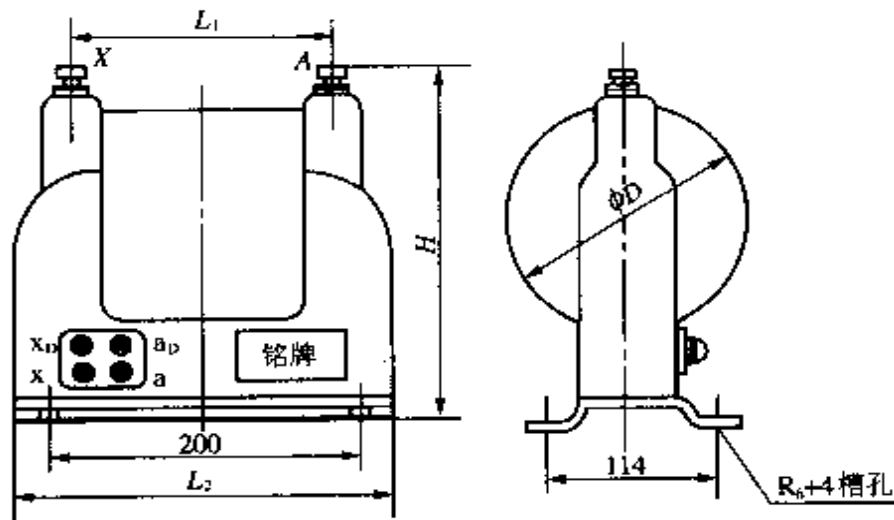
型号	额定电压(V)	额定容量(VA)			最大容量(VA)	接线方式	附注
		0.5级	1级	3级			
JDG-0.5	500/100	25	40	100	200		外形及安装尺寸见 图 6-17
JDZ1-6	3 000/100	25	40	100	200	1/1-12	可取代 JDJ 及 JSJB 型,外形及安装尺寸 见图 6-18
JDZ1-6	6 000/100	50	80	200	400	1/1-12	
JDZ1-10	10 000/100	50	80	200	400	1/1-12	
JDJ-6	3 000/100 6 000/100	30 50	50 80	120 200	240 400		
JDJ-10	10 000/100	80	150	320	640		
JDJ-35	35 000/100	150	250	600	1 200		
JDZJ1-6	$\frac{3\,000}{\sqrt{3}} / \frac{100}{\sqrt{3}} / \frac{100}{3}$	25	40	100	200	1/1/1-12	
JDZJ1-6	$\frac{6\,000}{\sqrt{3}} / \frac{100}{\sqrt{3}} / \frac{100}{3}$	50	80	200	400	1/1/1-12	
JDZJ1-10	$\frac{10\,000}{\sqrt{3}} / \frac{100}{\sqrt{3}} / \frac{100}{3}$	50	80	200	400	1/1/1-12	

续 表

型 号	额定电压(V)	额定容量(VA)			最大容量 (VA)	接线方式	附 注
		0.5级	1级	3级			
JDZJ-6	$\frac{1000}{\sqrt{3}} / \frac{100}{\sqrt{3}} / \frac{100}{3}$	30	50	100	200	1/1/1-12	用三台取代老产 品 JSJW 型,但不能 作单相运行,外形和 安装尺寸见图6-19
JDZJ-6	$\frac{3000}{\sqrt{3}} / \frac{100}{\sqrt{3}} / \frac{100}{3}$	30	50	100	200	1/1/1-12	
JDZJ-6	$\frac{6000}{\sqrt{3}} / \frac{100}{\sqrt{3}} / \frac{100}{3}$	30	50	100	200	1/1/1-12	
JDZJ-10	$\frac{10000}{\sqrt{3}} / \frac{100}{\sqrt{3}} / \frac{100}{3}$	40	60	150	300	1/1/1-12	
JDZJ-10	$\frac{11000}{\sqrt{3}} / \frac{100}{\sqrt{3}} / \frac{100}{3}$	40	60	150	300	1/1/1-12	用三台取代老产 品 JSJW 型,但不能 作单相运行
JDZJ-15	$\frac{13800}{\sqrt{3}} / \frac{100}{\sqrt{3}} / \frac{100}{3}$	40	60	150	300	1/1/1-12	
JDZJ-15	$\frac{15000}{\sqrt{3}} / \frac{100}{\sqrt{3}} / \frac{100}{3}$	40	60	150	300	1/1/1-12	
JDZJ-35	$\frac{35000}{\sqrt{3}} / \frac{100}{\sqrt{3}} / \frac{100}{3}$	150	250	600	1200	1/1/1-12	

表 6-23 JLSJW-10 型电压电流组合互感器性能表

准确级次	额定电压 (V)	额定电流比(A)	额定容量 (VA) 电压互感器部分	额定容量 (VA) 电流互感器部分	结构和使用说明
0.5	10 000/100	5/5、15/5、20/5、30/5、40/5、50/5、75/5、100/5、150/5、200/5	50	30	适用于农村户外变电站 由单相电压互感器及单相电流互感器组合而成三相。采用 V/V-12 接线, 见图 6-20(a) 外形及安装尺寸见图 6-20(b)



型 号	L_1	$\varnothing D$	L_2	H
JDZ1-6	169	140	248	233
JDZ1-6	185	150	273	253

图 6-18 JDZ1-6、10 型电压互感器外形和安装尺寸

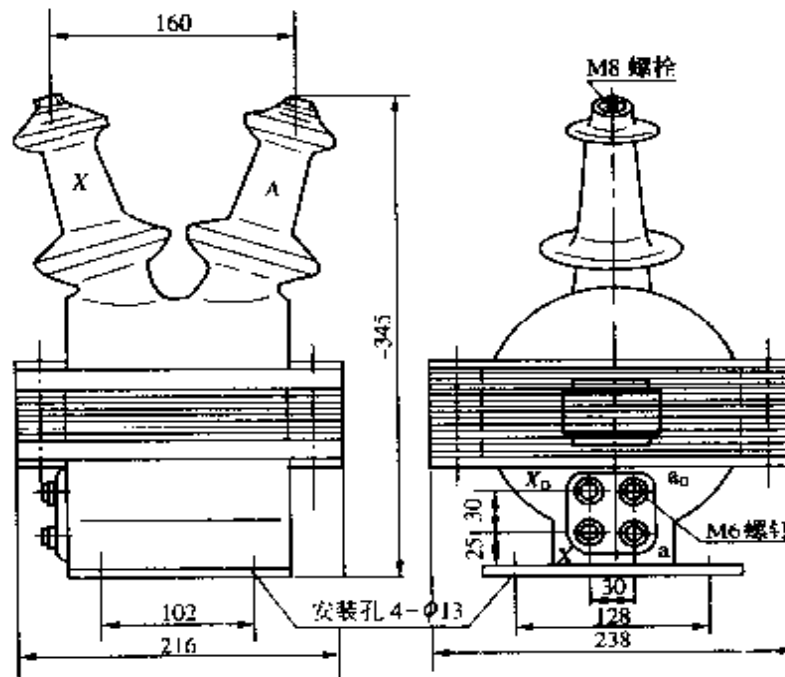
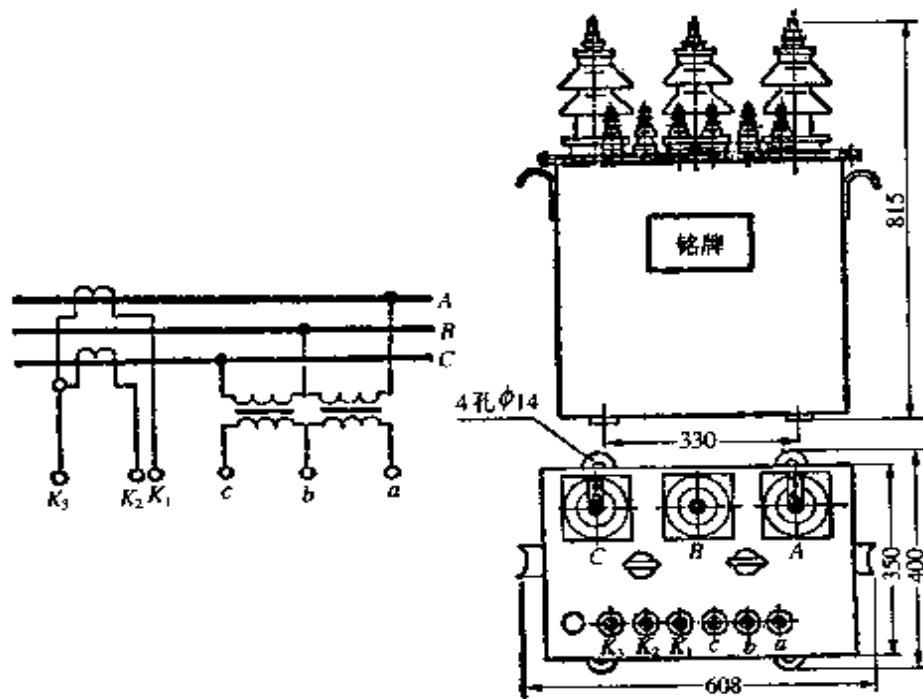


图 6-19 JDZJ-6、10 型电压互感器外形和安装尺寸



(a) 电压、电流组合互感器 V/V-12 接线 (b) JLSJW-10 型外形及安装尺寸

图 6-20 JLSJW-10 型电压电流组合互感器接线、外形和安装尺寸

3. 电流互感器

(1) 基本原理 电流互感器的原理如图 6-21 所示。它的原边除了为装在不同电压等级的电路上而有各种额定电压外,还可以有不同的额定电流,但它的副边的额定电流都是 5A,也就是说将电路中的大电流变成小电流,再供给测量仪表及继电器的串联线圈。这样可使仪表及继电器的结构简单,便宜,安全可靠。

电流互感器的一次电流 I_1 与二次电流 I_2 间存在着下列关系:

$$I_1 \approx \frac{W_2}{W_1} I_2 \approx K_i I_2$$

式中 $W_1、W_2$ —— 电流互感器一次(原边)和二次(副边)的线圈匝数;
 K_i —— 变流比,一般表示为一、二次电流比。

(2) 用途

- a. 测量高压侧的电流。
- b. 串入计费用度表的电流线圈。
- c. 供给继电器线圈的电源。
- d. 作为开关操作机构或整流装置的电源。

电流互感器在运行中由于励磁和损耗需要一部分电流,因而所测得的变流比不能在各种负荷下都符合额定的变流比。它的误差可按式计算:

$$\Delta I \% = \frac{KI_2 - I_1}{I_1} \times 100$$

式中 $\Delta I \%$ —— 变流比误差百分数;

I_1 —— 电流互感器原边线圈中的电流; I_2 —— 副边线圈中的电流;

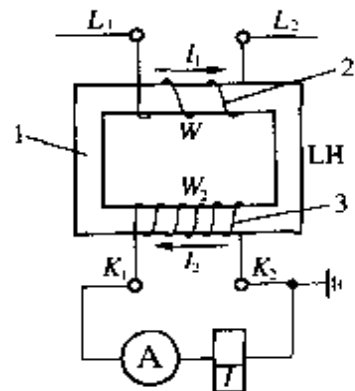


图 6-21 电流互感器原理图

- 1. 铁心
- 2. 一次线圈
- 3. 二次线圈

K ——变流比,电流互感器的原边额定电流与副边额定电流之比。

电流互感器在原边电流达到 1.2 倍额定电流时,如误差不超过 $\pm 0.2\%$,则该电流互感器即属于 0.2 级的准确级,余类推。

(3) 电流互感器的分类。按一次线圈的匝数分,有单匝式(母线式、心柱式、套管式)和多匝式(线圈式、线环式、串级式);按一次电压分,有高压和低压两大类;按准确度分,有 0.2、0.5、1、3、10 五个等级。单匝式只用在电流较大的一次电路中。

国产高压电流互感器多制成两个铁心和两个二次线圈的形式,分别接测量仪表和继电器,以满足测量仪表和继电保护的不同要求。电气测量对电流互感器的准确度要求较高,且要求在短路时仪表受的冲击小。因此,测量用电流互感器铁心在一次短路时应容易饱和,以限制二次电流的增长倍数。而保护用电流互感器铁心则在一次短路时不应饱和,使二次电流与一次电流成比例地增长,以适应保护灵敏度的要求。

(4) 接线方案 电流互感器在三相电路中有如图 6-22 所示的五种常见的接线方案。

a. 一相式接线:如图 6-22(a)所示,通常用在负荷平衡的三相电路中。电流表通过的电流反映一次电路某一相的电流。

b. 两相 V 形接线:如图 6-22(b)所示,又称为两相不完全星形接线,因为二次侧公共线中的电流等于另外两相电流之和,故又称作两相电流和接线。该接线的三个电流表分别反映三相电流。所以,不论负荷是否平衡,三相三线制电路中均可采用这种接线方式。

c. 两相电流差接线:如图 6-22(c)所示。常用于三相三线制电路的继电保护装置中,该接线的二次侧公共线中流过的电流等于其他两相电流之差。

d. 三相 Y 形接线:如图 6-22(d)所示,该接线中三个电流表分别反映三相电流。所以,广泛应用于负荷不论是否平衡的三

相三线制和三相四线制电路中,用于测量和继电保护。

e. 零序接线:如图 6-22(e)所示,这种接线的二次侧公共线中流过的电流等于三相电流之和,即 $I_a + I_b + I_c = I_0$,它反映的是零序电流,故该接线专门用在零序保护上。

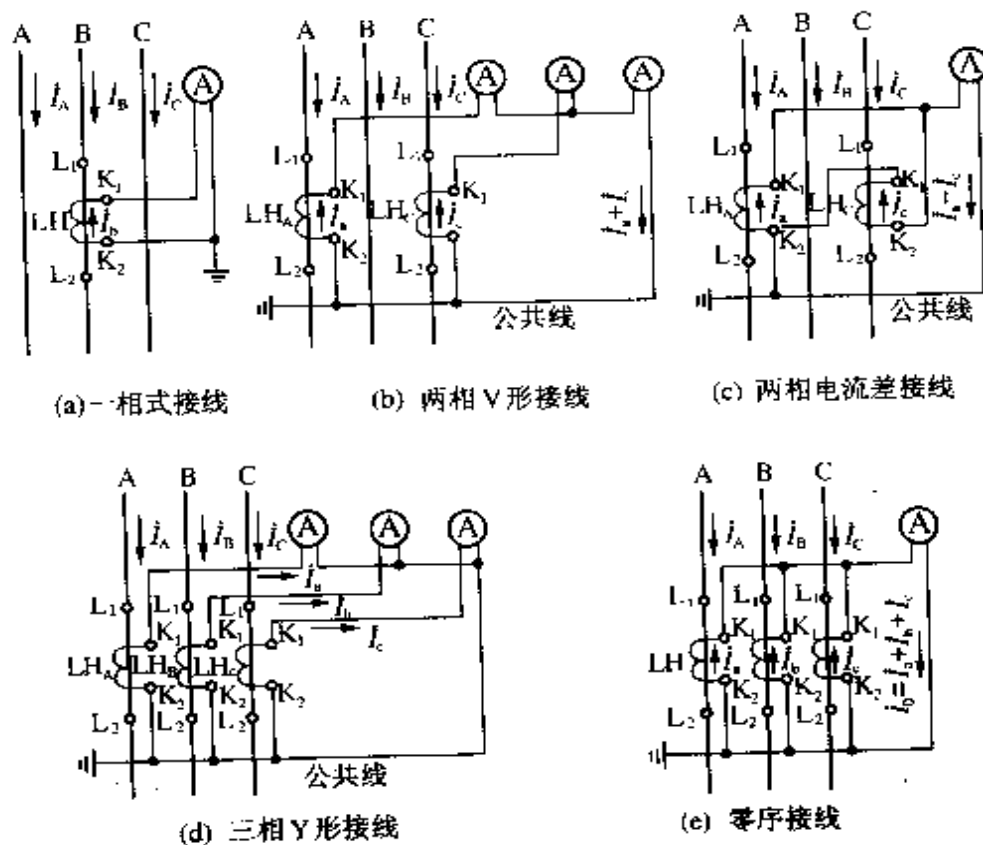


图 6-22 电流互感器在三相电路中的接线方案

(5) 使用注意事项

a. 电流互感器二次回路在工作时绝对不能开路,因为二次侧开路时其电流为零,故不能产生磁通去抵消一次侧磁通的作用,而二次侧能感应 1 000V 左右的电压,对人身和设备都很危险,铁心发热也很厉害。所以在拆卸仪表时,必须注意先将其二次线圈短接。

b. 电流互感器的二次侧有一端必须接地,防止其一、二次线圈绝缘击穿时,一次侧的高电压窜到二次侧,危及人身和设备的安全。

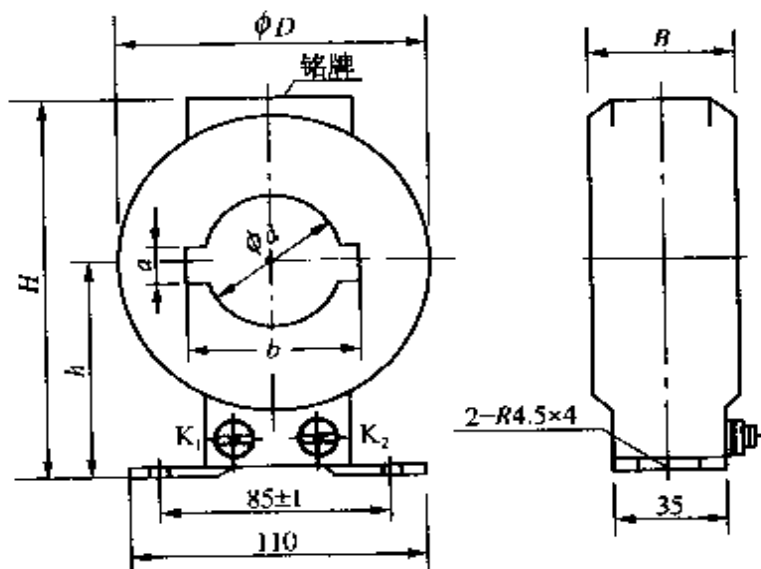
c. 电流互感器在联接时,要注意其一、二次线圈接线端子上的

极性。电流互感器一、二次线圈的接线端子上,都用“±”或字母标明了极性。我国一般用 L_1 和 L_2 标明一次线圈端子,用 K_1 和 K_2 标明二次线圈端子。 L_1 和 K_1 同一个极性, L_2 和 K_2 同一个极性。所谓“同极性”,就是在同一瞬间这两端同为高电位或同为低电位。如某一瞬间, L_1 比 L_2 电位高,则同一瞬间, K_1 也比 K_2 电位高。作为电流互感器,从电流方向来看,如果某一瞬间一次电流 I_1 是从 L_1 流向 L_2 ,则二次电流 I_2 是由 K_2 流向 K_1 。这种极性的标号法,也叫“减极性”标号法。接线时,一定要注意其极性的标号。否则,二次侧所接仪表、继电器中所通过的电流不是预想的电流,甚至会引起事故。

d. 电流互感器额定一次电流选择表见表 6-24。

(6) 电流互感器的技术性能和安装

a. 低压母线型电流互感器的技术性能和安装尺寸,分别见表 6-25和图 6-23 及图 6-24。



型 号	一次电流(A)	a	b
LMZJ1-0.5	500、600	9	53
LMZB1-0.5	500		
LMZJ1-0.5	800	12	63
LMZB1-0.5	600、800		

图 6-23 LMZ1(LMZJ1, LMZB1)-0.5 型电流互感器外形及安装尺寸

表 6-24 电流互感器额定一次电流选择表

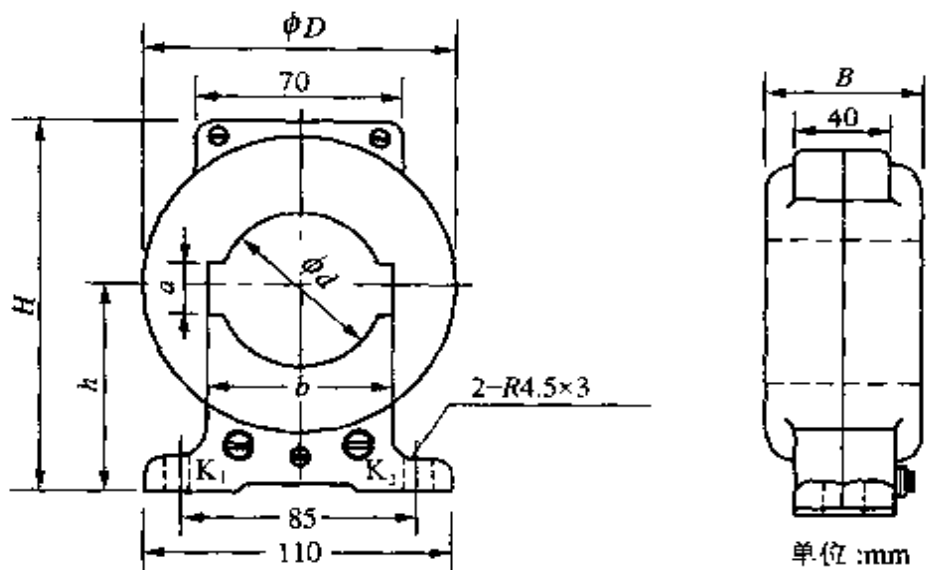
用电负荷 (kVA)	20~	35~	45~	60~	90~	125~	180~	250~	350~	450~	600~	850~	1 250~
	35	45	65	90	125	180	250	350	450	600	850	1 200	1 800
0.38 kV	75	100	150	200	300	400	500	600~	800~	1 000~	1 200~	2 000~	3 000
6 kV					20	30	30	40	50	75	100	150	200
10 kV					10	20	20	30	40	50	75	100	150
35 kV											20	30	40
一次额定电流 (A)													

用电负荷 (kVA)	1 800~	2 500~	3 500~	4 500~	5 500~	7 000~	8 000~	10 000~	13 000~	18 000~	25 000~	35 000~	
	2 500	3 500	4 500	5 500	7 000	9 000	10 000	14 000	17 000	23 000	35 000	45 000	
0.38 kV													
6 kV	300	400	500~	600~	750	1 000~	1 200~	1 500~	2 000	3 000	4 000	6 000	
10 kV	200	300	400	500	600	750	1 000	1 200	1 500	2 000	3 000	4 000	
35 kV	50	75	75~	100~	150	150~	200	200	300~	400~	600~	750~	1 000
一次额定电流 (A)													

表 6-25 低压母线型电流互感器的技术性能表

型号	额定一次电流(A)	一次安匝	额定二次负荷(Ω)			一次需要多绕的一次电流安培值	外形及安装尺寸图号
			0.5级	1级	3级		
LMZ1-0.5 LMK1-0.5	5、10、15、30、50、75、150	150				5~75	图 6-23
	20、40、100、200 300、400	200 300、400	0.2	0.3		20~100	图 6-24
LMZJ1-0.5 LMKJ1-0.5	5、10、15、30、50、75、150、300	300				5~150	图 6-23
	20、40、200、400	400	0.4	0.6		20~200	图 6-24
	500	500					
	600 800	600 800					
LMZB1-0.5 LMKB1-0.5	5、10、15、30、50、75、100、150、300	300				50~150	图 6-23 图 6-24
	20、40、200、400	400	0.4	0.6		20~200	
	500 600	500 600					
LMZB1-0.5 LMKB1-0.5 LMZJ1-0.5	800	800	0.4	0.6			图 6-23 图 6-24
	1 000、1 200、1 500、2 000、3 000		0.8	1.2			

注：1. LMZ1(LMZJ1、LMZB1)-0.5型电流互感器供500V及以下的交流线路中测量电流、电能及继电保护用，尤其适用于季节性负荷变动的农村路线。可取代LQ-0.5型、LQG-0.5型和LYM-0.5型(150~3 000A)电流互感器。
2. LMK1(LMKJ1、LMKB1)-0.5型电流互感器是新产品，可取代LQ-0.5型和LQG-0.5型电流互感器。



型号	电流比	D	d	H	h	B	a	b	重量 (kg)	
LMK1-0.5	5~150/5	100	30	117	67	45	—	—	0.82	
	200/5		—				—	0.75		
	300/5		—				—	0.78		
	400/5	105	45	122.5	70		—	—	0.73	
LMKJ1-0.5	5~30、50~150、 300/5	115	35	134.5	77	50	—	—	0.92(J1)	
			45				—	—	1.65(B1)	
LMKJ1-0.5 LMKJ1-0.5	40、200、400/5	114	40	132	75		54	—	—	1.04(J1)
								—	—	1.45(B1)
LMKJ1-0.5 LMKJ1-0.5	500、600/5	122	50	141	80	9		53	1.05(J1)	
						12		63	1.2(B1)	
	800/5								1.08(J1) 1.25(B1)	

注：一次电流在 400A 及以下的无母线槽 a 、 b 孔。

图 6-24 LMK(LMKJ1, LMKB1)-0.5 型电流互感器外形及安装尺寸

b. 低压线圈式电流互感器的技术性能和安装尺寸, 分别见表 6-26 和图 6-25。

表 6-26 低压线圈式电流互感器技术数据

型 号	额定一次电流(A)	额定二次电流(A)	额定电压(kV)	额定负荷(Ω)			1s 热稳定倍数	稳态倍数	外形及安装尺寸图号
				0.5 级	1 级	3 级			
LQ-0.5	5、10、15、30、40、50 75、100、150、200、300、400 600、750、800、1000	5	0.5	0.2			50	100	
LQG-0.5	5、10、15、20、30、40、50 75、100、150、200、300、400 600、750、800、1000	5	0.5	0.4	0.6		50	100	图 6-25
LQG2-0.5	10、15、20、30、40 50、75、100、150、300 400	5			0.6		50	100	
	600、800	5			0.6		50	70	

注：LQG2、LQG 为 LQ-0.5 的改进型，适用于安装在低压配电屏及低压配电设备中，作为测量电流、电能及继电保护用。

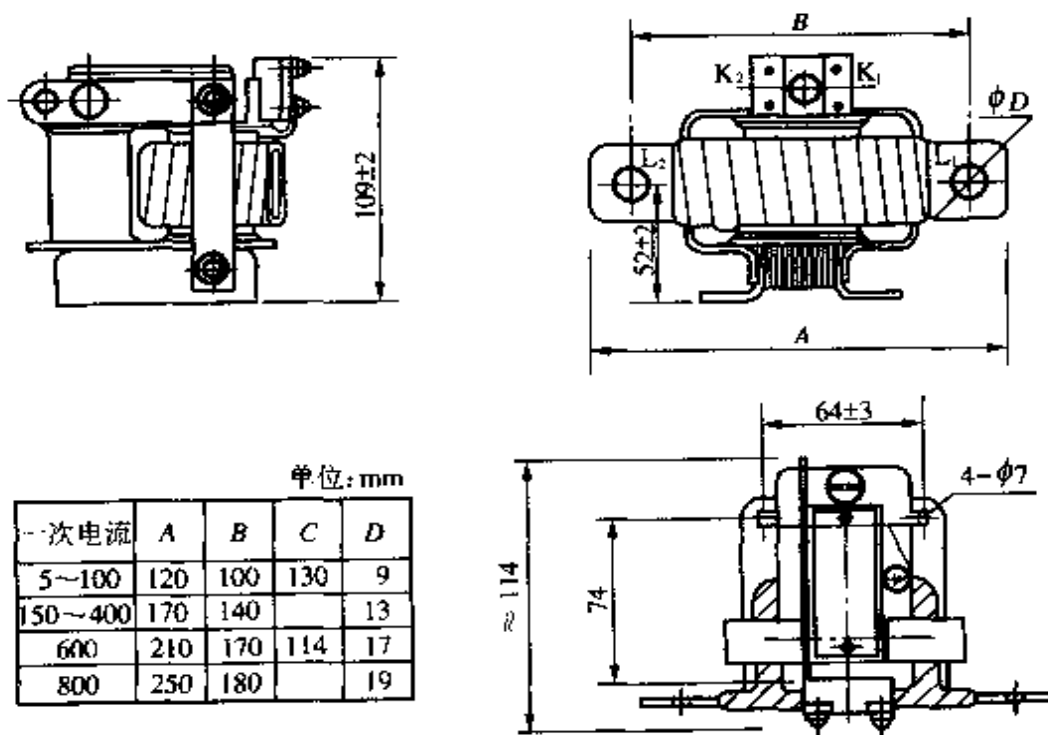


图 6-25 LQG-0.5 型电流互感器外形及安装尺寸图

c. LQJ-10 型电流互感器的技术性能和安装尺寸,分别见表 6-27 和图 6-26。

d. LFZ1(LFZJ1、LFZ2、LFZD2、LFZL2、LFZDL2)-10 型电流互感器的技术数据见表 6-28。

e. LDZ1(LDZJ1)-10 型电流互感器的技术性能和安装尺寸,分别见表 6-29 和图 6-27。

f. LMZ1(LMZD2)-10 型电流互感器技术性能和安装尺寸,分别见表 6-30 和图 6-28。

g. LFC-10, LFCQ-10, LFCQD-10, LFCQD-10 型电流互感器技术数据,见表 6-31。

表 6-27 LQJ-10 型电流互感器技术数据

型号	额定电流比 (A)	级次组合	第一铁心			第二铁心			额定负载时 10% 倍数	1s 热稳定倍数	动稳定倍数	
			准确级次	额定容量 (VA)	额定负荷 (Ω)	准确级次	额定容量 (VA)	额定负荷 (Ω)			5~100 (A)	150~400 (A)
LQJ-10	5~100/5	0.5/3	0.5		0.4	3		1.2	≥ 6	90	225	
	150~400/5	0.5/3	0.5		0.4	3		1.2	≥ 6	75		160
	5~400/5	0.5/1.0	0.5	15	0.6	1.0	30	1.2		65~70	150~200	150
		0.5/3	0.5	15	0.6	3	30	1.2	≥ 6			
	5~400/5	1.0/3	1.0	15	0.6	3	30	1.2	≥ 6	70~80	150~250	150~165
		1.0/1.0	1.0	15	0.6	1.0	15	0.6				

注:本型具有较小的外形尺寸,适用于交流 10kV 及以下的线路上,安装于各种配电装置内,供测量电流、电能及继电保护用。

表 6-28 LFZ1-10 型电流互感器的技术数据

型号	额定电流比	级次组合	二次额定负荷(Ω)				$1s$ 热稳定倍数	动稳定倍数
			0.5级	1级	3级	D级		
LFZ1-10	5、10、15、20、30、40、50、 75、100、150、200、300、 400/5	0.5/3、1/3	0.4	0.4	0.6	—	90(5~200A) 80(300A) 75(400A)	160(5~200A) 140(300A) 130(400A)
	5、10、15、20、30、40、50、 75、100、150、200/5	0.5/3、1/3	0.4	0.6	0.6	—	90	160
LFZJ1-10	20、30、40、50、75、100、 150、200/5	0.5/3、1/3	0.8	1.2	1	—		
	75、100、150、200/5	0.5/D、D/D	0.8	—	—	1.2		
LFZ2-10 LFZL2-10	5、10、15、20、30、40、50、 75、100、150、200、300、 400/5	0.5/3	0.4	—	0.6	—	120(5~200A) 80 (300A、400A)	210(5~200A) 160 (300A、400A)
	75、100、150、200、300、 400/5	0.5/D、D/D	0.8	—	—	1.2		

表 6-29 LDZ1(LCZJ1)-10 型电流互感器技术性能表

型号	额定电流比	级次组合	二次额定负荷(Ω)				1s 热稳定倍数	动稳定倍数
			0.5级	1级	3级	D级		
LDZ1-110	600、800、1000/5	0.5/3	0.4	—	0.6	—	50	90
	600、800、1000、1500/5	0.5/3、1/3	0.4	0.4	0.6	—	65(600A、800A) 55(1000A) 36(1500A)	120(600A、800A) 100(1000A) 65(1500A)
			0.4	0.6	0.6	—	80(300A) 75(400A) 60(500A) 50(600~1000A)	140(300A) 130(400A) 110(500A) 90(600~1000A)
			1.2	—	1.2	1.6	50	90
LDZJ1-10	600、800、1000、1200、1500/5	0.5/3、0.5/D、D/D	1.2	—	1.2	1.6	50	90
	600、800、1000、1500/5	D/0.5 D/D	1.2	—	—	1.6	65(600A、800A) 55(1000A) 36(1500A)	120(600A、800A) 100(1000A) 65(1500A)
			0.8	1.2	1	1.2	80(300A) 75(400A) 60(500A) 50(600~1500A)	140(300A) 130(400A) 110(500A) 90(600~1500A)
			1.2	1.6	1.2	1.6		

注:1. 互感器在额定负荷时其10%倍数对3级及D级均为15倍。
2. 级次组合的分子为第一铁心的准确级次,分母为第二铁心的准确级次。

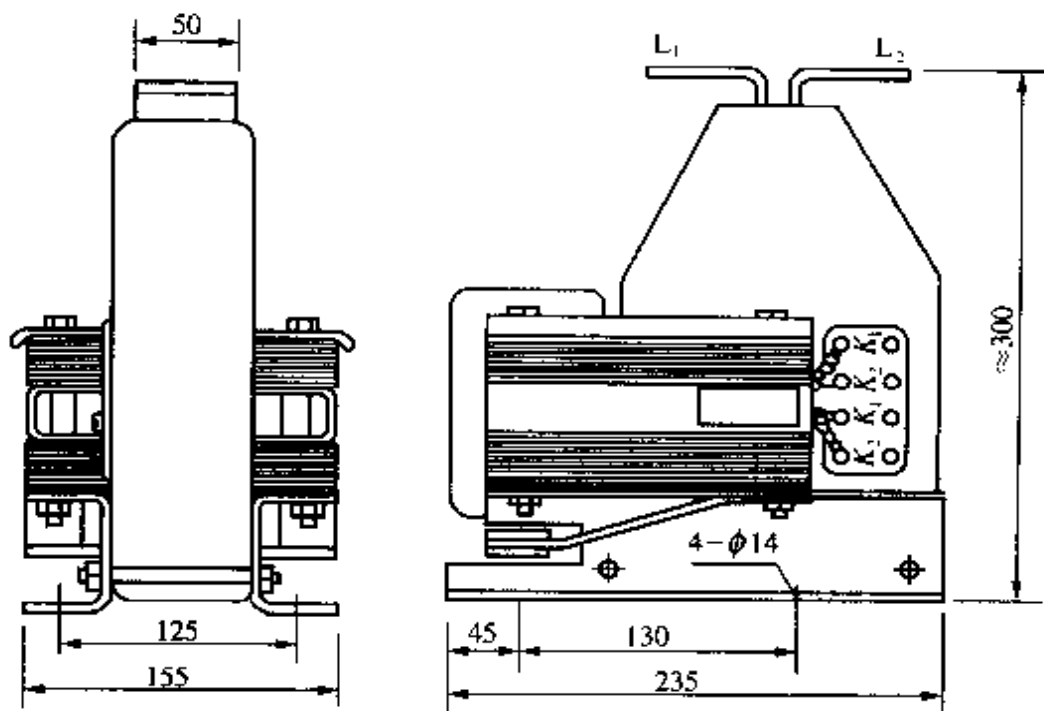
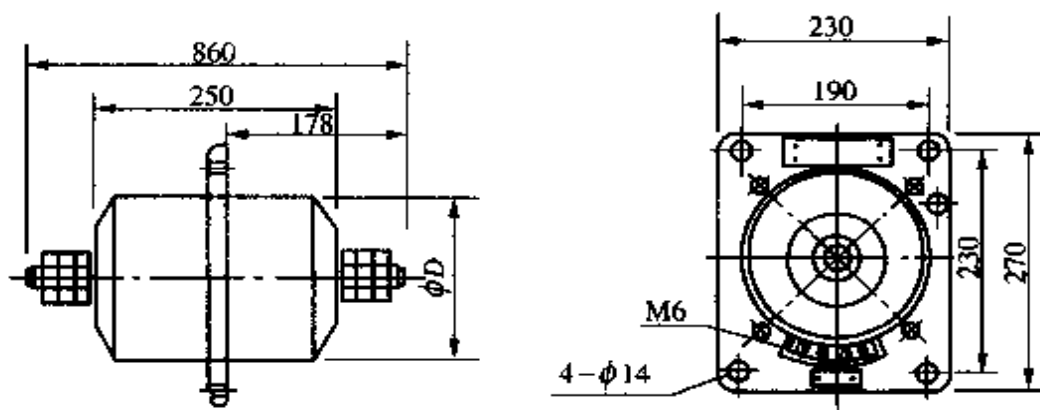


图 6-26 LQJ-10 型电流互感器外形及安装尺寸图



ϕD : LDZ1-10 为 $\phi 146$, LDZJ1-10 为 $\phi 80$

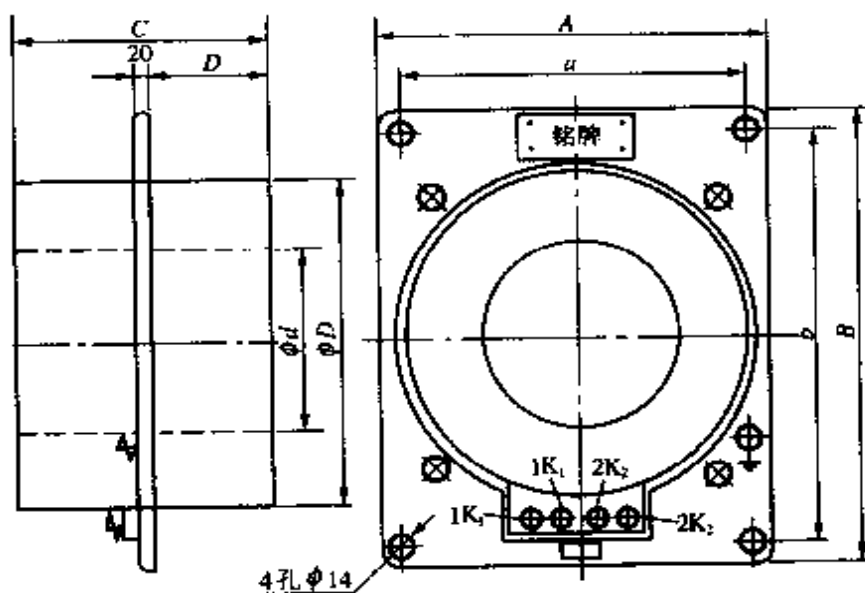
M: 300A - M16×1.5, 400A - M18×1.5, 500A - M20×1.5,
600A - M22×1.5, 800A - M25×1.5, 1000~1500A - M39×2

图 6-27 LDZ1(DLZJ1)-10 型电流互感器外形及安装尺寸图

表 6-30 LMZ1(LMZD2)型电流互感器技术数据

型 号	额定电流比	级次组合	准确级次	额定次级 负荷(Ω)	额定负荷时的 10%倍数
LMZ1-10	2 000、3 000/5	0.5/D	0.5(1)	1.6(2.4)	
			D	2	15
	4 000、5 000/5	D/D	0.5(1)	2(3)	
			D	2.4	15
LMZD2-10	1 200、1 500/5	0.5/D	0.5	1.2	
			D	1.6	15
	2 000、3 000、 4 000、5 000/5	D/D	0.5	2	
			D	2	15

注:互感器重量:3 000A 及以下约为 20~28kg,4 000~5 000A 约为 28~35kg。



型 号	一次额定电流(A)	A	a	B	b	C	D	$\varnothing D$	$\varnothing d$
LMZ1-10	2 000, 3 000	340	300	420	380	200	104	280	145
	4 000, 5 000							305	170
LMZD2-10	1200, 1 500, 2 000	330	290	385	345	240	102	262	135
	3 000	340	300	395	355			275	150
	4 000	385	345	440	400			320	193
	5 000	420	380	475	435			355	230

图 6-28 LMZ1(LMZD2)-10 型电流互感器外形及安装尺寸

表 6-31 LFC、LFCQ、LFCQD、LFCQD-10 型
电流互感器技术数据

型 号	额定电流比(A)	级次 组合	准确 级次	二次负荷(Ω)				10%倍数		1s 热 稳定 倍数	动稳 定倍 数
				0.5 级	1 级	3 级	D 级	二次 负荷 (Ω)	倍数		
LFC-10	5/5	0.5	0.5	0.6	1.3	3	0.6	14	75	50	
	7.5/5									75	
	10/5									100	
	15/5									155	
	20~40/5									165	
5~150/5、300/5 200/5、400/5									165		
LFC-10	5/5	1	1	0.6	1.6	0.6	12	80	105		
	7.5/5								150		
	10/5								200		
	15~300/5 400/5								250		
									14		
LFC-10	5/5	3	3		1.2	2.4	1.2	6	80	105	
	7.5/5									150	
	10/5									200	
LFC-10	15~300/5 400/5	3	3		1.2	2.4	1.2	6 7.5	80	250	
										250	
LFC-10	5/5	0.5/0.5	3		1.2	2.4	1.2	7.5	75	45	
	7.5/5									65	
	10/5									90	
	15/5	0.5/3	3		1.2	2.4	1.2	7.5	75	140	
	20~40/5									165	
	200/5、400/5									165	
	50~150/5、300/5									165	
LFC-10	5/5	1/1	3		1.2	2.4	1.2	6	80	90	
	7.5/5									130	
	10/5	1/3	3		1.2	2.4	1.2	6	80	175	
	15~300/2									250	
	400/5									250	

续 表

型 号	额定电流比(A)	级次 组合	准确 级次	二次负荷(Ω)				10%倍数		1s热 稳定 倍数	动稳 定倍 数
				0.5 级	1级	3级	D级	二次 负荷 (Ω)	倍数		
LFCQ-10	30~300/5	0.5		0.6				0.6	12	110	250
LFCQ-10	5/5 7.5/5 10/5 15~20/5 30~300/5	1	1		0.6	1.6		0.6	10	110	105 150 200 250 250
LFCQ-10	5/5 7.5~200/5	3				1.2	2.4	1.2	6	240	400 500
LFCQ-10	30~300/5	0.5/0.5	0.5	0.6				0.6	12	110	250
		0.5/1	0.5	0.6				0.6	12	110	250
			1		0.6			0.6	12	110	250
		0.5/3	0.5	0.6				0.6	12	110	250
		3				1.2		1.2	6	110	250
LFCQ-10	5/5 7.5/5	1/1 1/3	3		0.6			0.6	10	110	90 130
LFCQ-10	10/5 15~20/5 30~300/5	1/1 1/3	3		0.6	1.2	2.4	0.6	10 12	110	175 250
LFCD-10	75~400/5	D	D					0.6	12	75	165
		D/D	D					0.6	12	75	165
LFCD-10	75~400/5		D						12		
	75~150/5、300/5	D/0.5	0.5	0.6				0.6	15	75	160
	200/5、400/5				15						
	75~400/5		D						12	75	165
	75~300/5	D/1	1		0.6			0.6	12	80	250
	400/5								14		
	75~400/5	D/3	3					0.6	12	75	165
	75~500/5								6	80	250
400/5	7.5								80		

续 表

型 号	额定电流比(A)	级次组合	准确级次	二次负荷(Ω)				10%倍数		1s热稳定倍数	动稳定倍数
				0.5级	1级	3级	D级	二次负荷(Ω)	倍数		
LFCD-10	75~300/5	D	D					0.6	12	110	250
		D/D	D					0.6	12	110	250
		D/0.5	D					0.6	12	110	250
			0.5								
		D/1	D					0.6	12	110	250
			1								
D/3	D					0.6	12	110	250		
	3				1.2	1.2	6	240	500		

i. LJ1型及LJ- \varnothing 75型零序电流互感器:此种电流互感器为户内装置,供小接地电流系统中电缆(最大直径不超过75mm的三相电缆)接地保护用。与本型互感器连用的继电器为DL11/0.2型。当保护范围内有接地故障时,零序电流通过电缆在互感器二次回路中产生,使继电器动作。其技术数据见表6-32,外形及安装尺寸见图6-29。

表 6-32 LJ1型及LJ- \varnothing 75型零序电流互感器的技术数据

形 式	继电器型号	联接线电阻(Ω)	继电器的使用刻度(A)	继电器启动电流(A)	最高的保护灵敏度(A)	重 量(kg)
LJ1	DL11/0.2	1	0.1~0.2	0.1	~10	2
LJ- \varnothing 75						9

注: LJ1型零序电流互感器若用DD11/60型继电器(线圈并联)则一次动作电流小于3A。

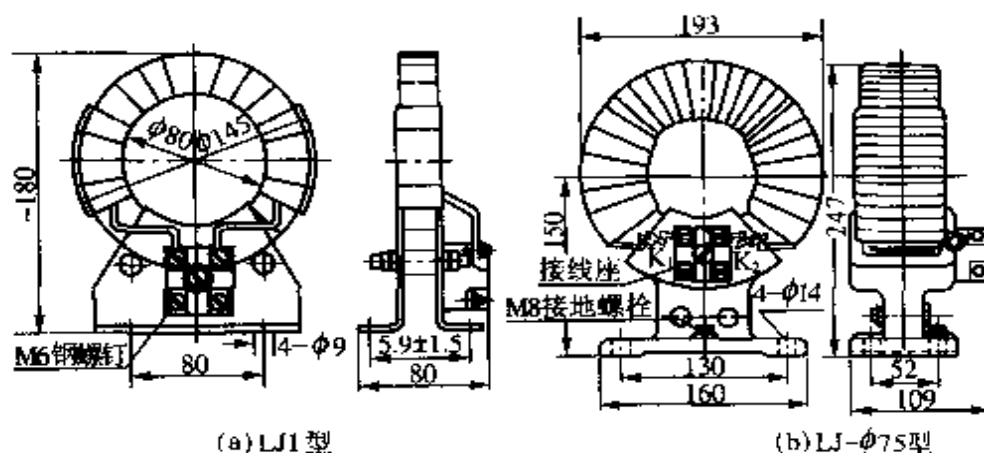
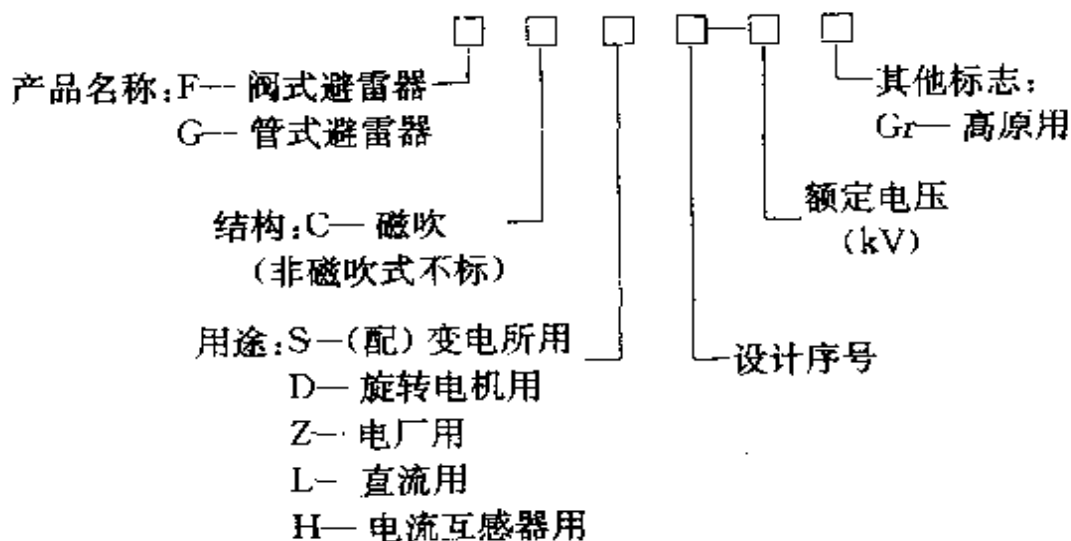


图 6-29 LJ1, LJ- ϕ 75 型电流互感器外形及安装尺寸

七、避雷器及其选用

关于防雷装置的原理将在第 13 章介绍,这里仅叙述变配电中常用的避雷器。避雷器有三种形式,即保护间隙、管式避雷器及阀式避雷器。避雷器的型号含义如下:



1. FS 型阀式避雷器

用于 3~10kV 配(变)电所,保护配电变压器和电缆头等电气设备免受大气过电压的危害。其技术数据见表 6-33,其外形及安装尺寸见图 6-30 和图 6-31。

表 6-33 FS 型阀式避雷器技术数据

型 号	额定 电压 (kV) 有效值	最大工 作电压 (kV) 有效值	灭弧 电压 (kV) 有效值	工频放电电压 (kV)有效值		冲击放电 电压(预 放电时间 为 1.5~ 20 μ s) 不大于 (kV,峰值)	10/20 μ s 的 冲击电流下 残压不大于 (kV,峰值)		泄漏电流	
				不小于	不大于		3kA	5kA	试验直 流电压 (kV)	μ A
FS-3	3	3.5	3.8	9	11	21	16	17	3(4)	
FS-6	6	6.9	7.6	16	19	35	28	30	6(7)	$\neq 10$
FS-10	10	11.5	12.7	26	31	50	47	50	10	

注:1. 括弧内数字为西安高压电瓷厂数据。

2. FS 系列 3~10kV 避雷器按设计改型顺序号有 FS1、FS2、FS3、FS4、FS5 型。

型 号	FS4-3	FS4-6	FS4-10
伞数	1	2	3
H(mm)	228	308	432
D(mm)	114		
重量(kg)	2.2	3.0	4.2

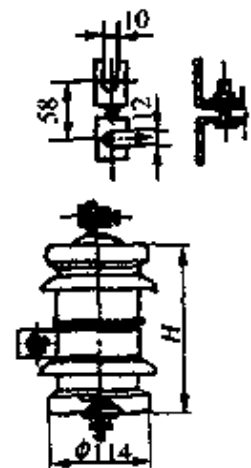
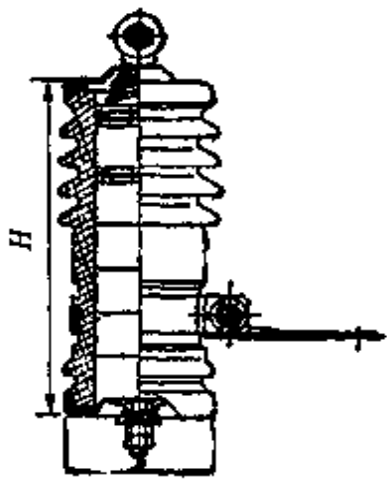


图 6-30 FS4-3-10 型避雷器外形及安装尺寸



型号	额定电压 (kV)	H (mm)	D (mm)	重量 (kg)
FS5-3	3	160		2.4
FS5-6	6	240	∅96	3.7
FS5-10	10	360		

图 6-31 FS5-3-10 型避雷器外形及安装尺寸

FS-0.22—0.5 型低压避雷器用来保护相应等级的交流电动机、电度表或配电变压器低压侧绝缘,以免雷击损坏。其技术数据见表 6-34,外形及安装尺寸见图 6-32 和图 6-33。

表 6-34 FS-0.22—0.5kV 低压阀式避雷器技术数据表

型号	额定电压 (kV) 有效值	灭弧电压 (kV) 有效值	工频放电电压 (kV) 有效值		冲击放电电压 预放电时间 1.5~10 μs (kV,峰值) 不大于	冲击电流 10/20 μs 下 3kA 残压 (kV,峰值) 不大于	整流电压 (kV)	泄漏电流 (μA)	重量 (kg)
			大小于	不大于					
FS-0.22	0.22	0.25	0.6	1.0	2.0	1.3	0.30	0~10	0.31
FS-0.38	0.38	0.50	1.1	1.6	2.7	2.6	0.60	0~10	1.3
FS-0.5 FS Σ -0.5	0.5	0.5	1.15	1.65	2.6	2.5	(0.5)	(≥ 5)	0.356

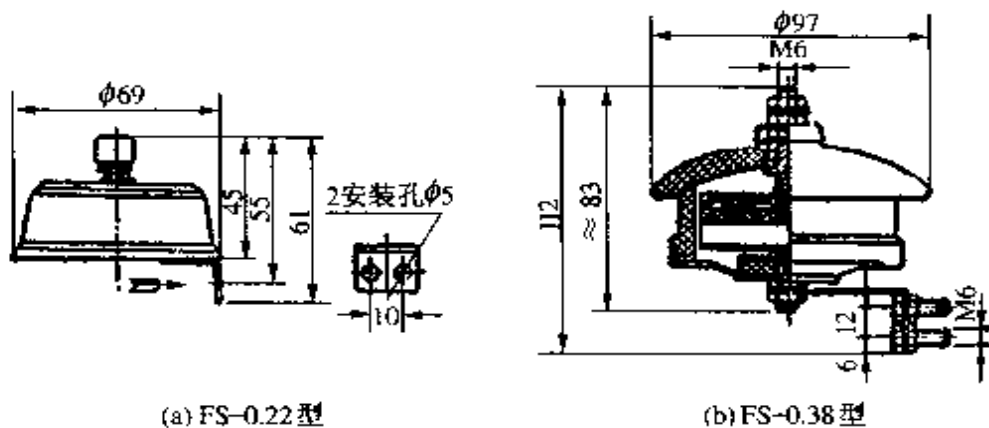


图 6-32 FS-0.22、FS-0.38 型低压阀式避雷器外形及安装尺寸

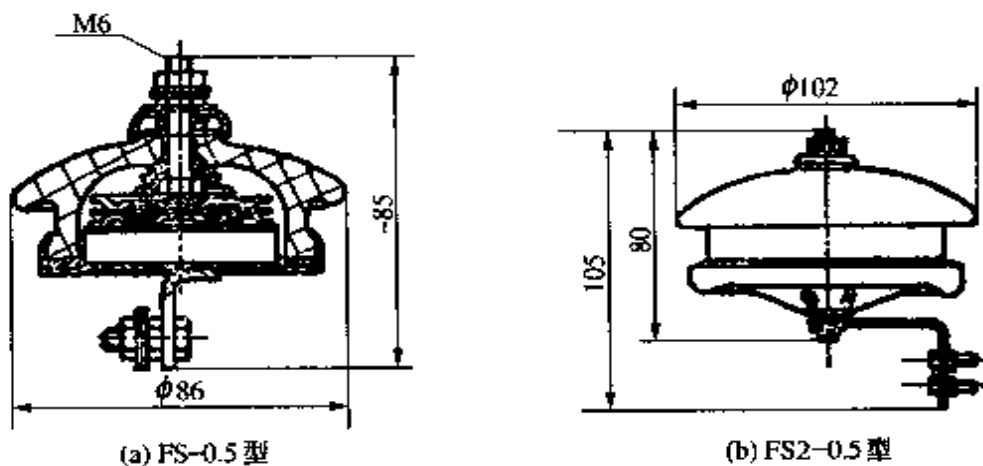


图 6-33 FS-0.5、FS2-0.5 型低压阀式避雷器外形及安装尺寸

2. FZ 型阀式避雷器

用于发电和变电站电气设备绝缘的保护,保护相应额定电压的交流变电设备的绝缘,免受大气过电压的损坏。其技术数据见表 6-35。

3. FCD 型磁吹阀式避雷器

用来保护相应电压等级的交流旋转电机的绝缘免受雷击损害。其技术数据见表 6-36,外形和安装尺寸见图 6-34 和图 6-35。

4. 管式避雷器

用于变电所进线段的线路上和两条线路交叉处等。其技术数

据见表 6-37。

表 6-35 FZ 型阀式避雷器技术数据

型号	额定电压 (kV)	最大工 作电压 (kV)	灭弧 电压 (kV, 有效值)	工频放电电压 (kV, 有效值)		预放电时间 1.5~2 μ s 时冲击放电电压 (kV, 峰值) 不大于	10/20 μ s 冲击电流下残压不大于 (kV, 峰值)		电导电流 (μ A)	
				不小于	不大于		5kA	10kA	直流试验电压 (kV)	μ A
FZ-3	3	3.5	3.8	9	11	20	14.5	16	4	400~600 450~650
FZ-6	6	6.9	7.6	16	19	30	27	30	6	400~600
FZ-10	10	11.5	12.7	26	31	45	45	50	10	417 \pm 10%
FZ-15	15	17.5	20.5	42	52	78	67	74	16	
FZ-20	20	23	25	49	60.5	85	80	88	20	
FZ-35	35	40.5	41	84	104	134	134	148		

表 6-36 FCD 型磁吹阀式避雷器技术数据

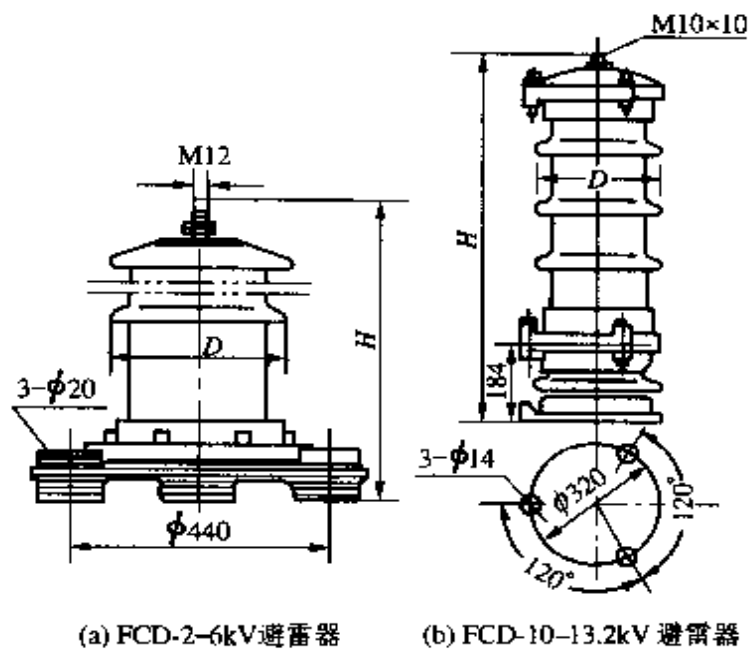
型号	额定电压 (kV, 有效值)	最大工 作电压 (kV, 有效值)	灭弧 电压 (kV, 有效值)	工频放电电压 (kV, 有效值)		预放电时间 1.5~2 μ s 时冲击放电电压 (kV, 峰值) 不大于	10/20 μ s 冲击电流下残压不大于 (kV, 峰值)		电导电流 (μ A)
				不小于	不大于		3kA	5kA	
FCD FCD3-3	3	3.5	3.8	7.5	9.5	9.5	9.5	10	50~100 10
FCD FCD3-6	6	6.9	7.6	15	18	19	19	20	50~100 10
FCD FCD3-10	10	11.5	12.7	25	30	31	31	33	50~100 10
FCD FCD3-13.2	13.2	15.2	16.7	33	39	40	40	43	50~100 10
FCD FCD3-15	15	15	19	37	44	45	45		50~100 10

5. GSW2 - 10 型无续流管式避雷器

适用于 10kV 配电线路中作为配电变压器、开关电器、电缆头、套管、电容器等电器设备的防雷保护。它的结构、性能比 FS - 10、FZ - 10 型阀式避雷器优越,例如,它不用阀片,没有串联电阻,故可承受较大的雷电流;它利用产气材料,使在电弧高温下产生大量气体以吹熄电弧;它的绝缘强度恢复快,可迅速实现无续流开断等。其技术数据见表 6 - 38,外形和安装尺寸见图 6 - 36 和图 6 - 37。

表 6 - 37 管型避雷器技术数据

型 号	额定电压 (kV)	隔离间隔数值 (cm)	灭弧管数值 (cm)	灭弧管内径 (cm)	冲击放电电压				工频放电电压 (kV)		额定断流能力 (kA)		外形尺寸 (mm) 直径 × 长	重量 (kg)
					负极性		正极性		干	湿	下限	上限		
					波前	最小	波前	最小						
GXS1 $\frac{35}{2-10}$	35	120	150	12	349.5	257	364	259.5	100	80	2	10		
GXS1 $\frac{6-10}{0.5-4}$	6 10	10 30	60 60	7 7	84 134	68.5 82	90.5 136	66 113	43.7 50.4	32.2 35	0.5	4		
GXS1 $\frac{6-10}{2-12}$	6 10	10 30	60 60	9 9	84 144	76.5 80	92 133	64 103	40.5 48	27 35	2	12	约 270 × 43	2.2
GXS1 $\frac{35}{0.5-4}$	35 35	120 120	175 175	7 7	360 410	225 304	363 405	186 240	118.8	104.8	0.5	4		



产品型号	额定电压 (kV)	主要尺寸(mm)	
		H	D
FCD-3	3	456	270
FCD-6	6	571	270
FCD-10	10	977	300
FCD-13.2	13.2	1 130	300

图 6-34 FCD 型避雷器外形和安装尺寸

型号	FCD3 -3	FCD3 -6	FCD3 -10	FCD3 -13.2	FCD3 -15
额定电压(kV)	3	6	10	13.2	15
伞数	1	2	3	4	5
H (mm)	180	330	450	530	580
D (mm)	∅146	∅146	∅146	∅146	∅146

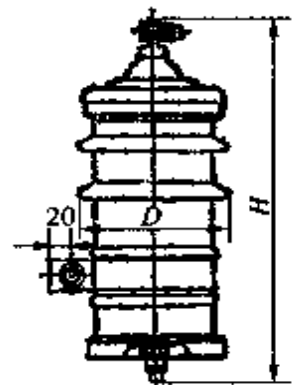


图 6-35 FCD3 型避雷器外形及安装尺寸

管式避雷器选用时注意事项：避雷器安装地点的短路容量不得大于 50MVA；与被保护设备的连接线长度不得大于 4m；与被保护设备同接于一个接地装置上，接地电阻一般不大于 12Ω ；避雷器喷口下方 0.5m 内不应有接地金属物或其他电气设备；保护配电变压器时，建议避雷器装于跌落熔断器内，即靠近变压器一侧。

表 6-38 GSW2-10 型无续流管式避雷器技术数据

额定电压 (kV)	最大工作电压 (kV)	预期短路电流 (kA)	内间隙距离 (mm)	外间隙距离 (mm)	冲击放电电压 1.5~2.0 μ s (kV, 峰值)	工频放电电压干、湿 (kV, 有效值)
10	11.5	≥ 2.9	63 ± 3	17 ± 1 (15)	≥ 60	≤ 26

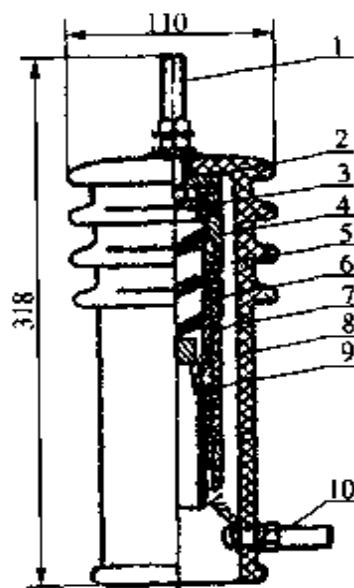


图 6-36 GSW2-10 型避雷器结构示意图

1. 螺栓(M10) 2. 帽 3. 弹簧 4. 屏蔽套
5. 外套 6. 心棒 7. 保护套 8. 瓷套
9. 喷口 10. 外电极

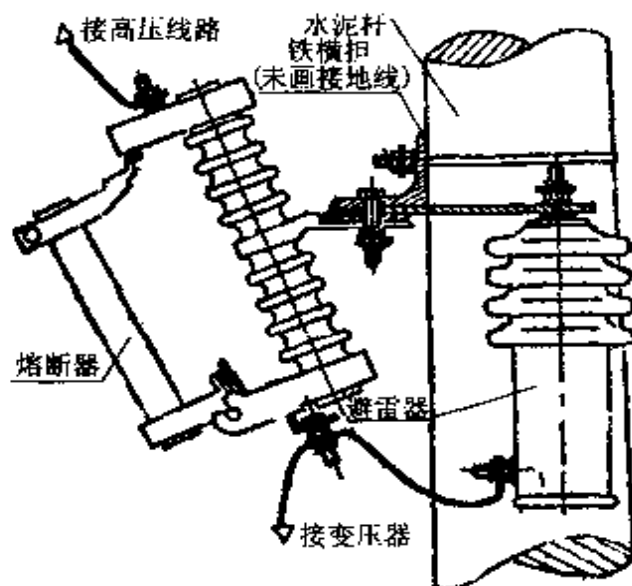


图 6-37 GSW2-10 型避雷器安装图

6. 避雷器选用的注意事项和防雷保护方式

选择阀式避雷器时,其额定电压应等于被保护设备的额定电压。阀式避雷器通常装在变电所的母线上。母线如果有可能分段运行时,必须每段母线都装一组避雷器。变电所的主要设备是变压器,而且它的绝缘水平又比其他电器低,因而阀式避雷器安装的位置应尽量靠近变压器。如果变压器远离装有避雷器的母线(一路进线,变压器容量为 5 600kVA 以下时,避雷器距变压器的距离应小于 5~10m),则应另装一组避雷器保护变压器。避雷器应尽量用最短的连接线接到配电装置总接地网上,在它的附近还应加装集中的接地装置,以免由于接地阻抗过大而引起避雷器上的残压增加,影响保护效果。

单用阀式避雷器保护电气设备还是不够的,由于阀式避雷器不允许通过太大的雷电流(一般不应超过 5kA),而且通过阀式避雷器的雷电波陡度也不允许太大。因此,除在变电所内部被保护设备近旁装阀式避雷器保护外,还要在进入变电所的线路上采取防护措施,以降低侵入波的峰值和陡度。

限制侵入波陡度的办法,是敷设一定长度的进线保护段,用避雷针或避雷线可靠地保护这段线路不受直击雷袭击,或者在变电所入口处装设电感线圈。

八、高压开关柜及其选用

高压开关柜是针对不同用途的接线方案,将一次、二次设备组合起来的一种高压成套配电装置,在发电厂和变配电所中作为控制发电机、电力变压器和电力线路用,也可以作为大型交流高压电动机的启动和保护用。它里面安装有高压开关设备,保护电器,监察测量仪表和母线等。

目前生产的高压开关柜,有固定式和手车式两种类型。

固定式开关柜,如 GG-1A 型开关柜,是在 GG-1 型的基础上部分改进设计的产品,其性能较差,体积较大。GG-10、GG-11、GG-15 等型是自行设计的新产品。由于它大量采用了 SN-10 等新型开关电器,因此具有性能好、体积小等优点。

手车式高压开关柜系将断路器等主要电器设备装在手车上,并可随手车拉出柜外检修。这样,既方便又安全,推入同类备用手车即可继续供电。有 GFC-3、GFC-10A、GFC-15 和 GC-1 等型。高压开关柜主要技术数据见表 6-39。

1. GG-1A 型固定式高压开关柜

主要电器设备:GG-1A 型高压开关柜,其内部设备已逐步以新代旧,如:用 SN-10 型取代 $SN\frac{1}{2}-10$ 型;用 LA、LAJ、CBJ、LDZ₁ 等新型电流互感器取代瓷绝缘电流互感器;用 JDZ 和 JDZJ 型浇注绝缘的电压互感器取代油浸绝缘电压互感器等。目前,GG-1A 型高压开关柜内所装电器设备的型号规格,很不一致,下面所列的“主要电器设备规范表”中的一次设备(表 6-40),与实际产品不尽相符,选用时要注意。

表 6-39 高压开关柜主要技术数据表

型号	结构形式	安装方式	断路器型号	操作机构	额定电流(A)	额定断流容量(MVA)		外形尺寸(mm) 宽×深×高	备注
						6kV	10kV		
GFC-1	手车封闭式	靠墙	SN ₁₀ -10G	CS2、CD2	400~900	200	350	1 000×1 520×2 132	淘汰产品
GFC-3	手车封闭式	高墙	SN8-10	CT7	400~900			630×1250×1900	正在整顿产品
GFC-10A	手车封闭式	高墙	SN ₁₀ ⁰ -10C	CD2	600~1 000	200 300	200 500	800×1 250×2 000	可取代GFC-1
GFC-10A	手车封闭式	高墙	SN10-10	CD10	600~1 000		350 500	760×1 240×1 960	可取代GFC-1
GFC-15	手车封闭式	高墙	SN10-10	CD10	400~1 000		300 500	700×1 250×2 000	可取代GFC-1
GC-1	手车封闭式	高墙	SN10-10	CD13	<1 000		300 500	800×1 400×2 100	
GH-1	活动封闭式	高墙	SN9-10G	CS13、CD13G	400~900		250 350	800×1 200×2 100	
GG-1A	固定式	靠墙	SN ₁₀ ¹ -10G	CS2、CD2	200~1 000	200	350	1 200×1 200×3 100	淘汰产品
GG-11	固定式	靠墙	SN10-10	CT7、CD13	400~1 000		250 500	1 100×1 175×2 500	可取代GG-1A
GG-15	固定式	靠墙	SN10-10	CD10	400~1 000		300 500	1 000×1 200×2 600	可取代GG-1A

表 6-40 GG-1A 型开关柜主要电器设备规范

名称	型号	额定电压 (kV)	额定电流 (A)	断流容量 (MVA)			额定断流量 (kA)	极限通过电流 kA		1s 热稳定电流 (kA)	单重 (kg)
				6kV	6kV	10kV		峰值	有效值		
少油断路器	SN3-10	10	2000	150	300	500	29	75	43.5	43.5	620
			3000								
	SN2-10G	10	600	100	200	350	20	52	30	30	200
	SN1-10G	10	600	100	200	200	20(3、6kV) 11.6(10kV)	52	30	30	170
负载开关	FN1-10	10	200				0.2 0.4	25	14.5	19	50
			400								
隔离开关	GN2-10	10	2000				85	50	114	85	
			3000								
	GN8-10 GN6-10	10	400				50	29	31.5	35/26.5	
			600								
			1000								

续表

名称	型号	额定电压 (kV)	额定电流 (A)	装用熔件额定电流 (A)	三相额定断流容量 (kVA)	分断极限短路电流时的限流值 (kA)	单重 (kg)
熔断器	RN1-3	3	20	2, 3, 5, 7.5, 10, 15, 20		6.5	6
			100	30, 40, 50, 75, 100		24.5	7
			200	150, 200		35	9
	RN1-6	6	20	2, 3, 5, 7.5, 10, 15, 20		5.2	6
			75	30, 40, 50, 75		14	7
			200	100, 150, 200		25	12
	RN1-10	10	20	2, 3, 5, 7.5, 10, 15, 20		4.5	7.5
			50	30, 40, 50		8.6	9
			100	75, 100		15.5	12.5
	RN2-10	10	3			500	6.5
			6			1 000	6.5
			10			1 000	6.5

续 表

名称	型号	额定电压 (kV)	额定电流 (A)	各级次动稳定倍数			1s 热稳定 倍数	端头允许负荷 (kg)		单重(kg)	
				0.5/3	D/0.5	1/3		L ₁ 端	L ₂ 端		
电流互感器	LMC-10	10	2000 3000				75	700	325	63	
	LDC-10	10	600	130		150	80			60	
			750	120	105	120	80			55	
			1000	90	90	100	80			50	
	LDCD-10	10	1500	66	66		80			35	
			600	130		150	80			60	
	LDCQ-10	10	750	120	105	120	80			55	
	LDCQD-10	10	1000	90	90	100	80			50	
	LQJ-10	10	5~100		225		90				16
			150~400		160		75				16
名称	型号	额定变比 kV/kV	试验电压 (V)	各级次额定容量 (VA)			最大容量 (VA)	线圈连 接方式		单重(kg)	
				0.5	1.0	3.0					
电压互感器	JDJ-6	3/0.1	24	30	50	120	240			23	
			32	50	80	200	400			23	
	JDJ-10	10/0.1	42	80	150	320	640			36.2	
			24	50	80	200	400			48	
	JSJB-6	6/0.1	32	80	150	320	640			48	
			42	120	200	480	960			105	
	JSJB-10	10/0.1	24	50	80	200	400			115	
			32	80	150	320	640			115	
	JSJW-6	6/0.1	32	80	150	320	640			115	
			42	120	200	480	960			190	
JSJW-10	10/0.1	42	120	200	480	960			190		

续 表

名称	型号	额定电压 (kV)	最大允许电压 (kV)	击穿电压(kV)		残余电压 冲击电流 3kA时不 高于(kV)	漏泄电流 (μ A)	单重(kg)				
				50Hz时	在1.5 μ s放电时间以上不大于							
避雷器	FCD-3	3	3.8	7.5~8.5	12	12		40				
	FCD-6	6	7.6	15~16.5	23	23		45				
	FCD-10	10	12.8	24~26.5	38	38	400~600	52				
	FZ-3	3	3.8	\leq 8.5	25	17		38				
	FZ-6	6	7.6	\leq 16	35	30		41				
	FZ-10	10	12.8	\leq 25	50	50		46				
	FS-3	3	3.8	\leq 8.5	25	17		9				
	FS-6	6	7.6	\leq 16	35	30	6	12				
	FS-10	10	12.8	\leq 25	50	50		16.5				
名称	型号	额定电压 (kV)	工作电压 (kV)	标称容量 (kvar)	单台 电路	电容 (μ F)	频率 (Hz)	工频试验电压 (kV)		单重(kg)		
								相间	对地			
电容器	RJ-3.3-10-1	3	3.3	10	单相	2.92	50	9.9	18	23		
	RJ-6.6-10-1	6	6.6	10	单相	0.73	50	19.8	25	24		
	RJ-11-10-1	10	11	10	单相	0.264	50	33	35	25		
名称	型号	额定电压 (kV)	极数	热脱扣器 额定电流 (A)	动作 倍数	开断短路电流幅值(kA)×允许开断次数					单重 (kg)	
						15A	20A	25A	30A	40A		50A
自动开关	DZ1-50/210	220	2	15,20,25,	1.3	1.6×8	2.0×7	2.4×6	2.8×5	3.2×4	3.6×3	1.15
	DZ1-50/310	~380	3	30,40,50	1.3	2.0×15	2.5×12	3.0×10	3.5×8	4.0×6	4.5×5	1.25

续表

名称	型号	额定电压 (kV)	一次线圈额定电流 (A)	额定容量		准确级次	10%误差饱和倍数	1s热稳定倍数	动稳定倍数	单重 (kg)
				VA	Ω					
电流互感器	LQG-0.5	0.5	10, 15, 20 30, 40, 50	15	0.15~0.6	1.0	6	50	70	3
名称	型号	额定容量 (kVA)	一次额定电压 (kV)	二次额定电压 (kV)	线圈连接方式	损耗 (W)		电压调整率 (%)	阻抗压降 (%)	单重 (kg)
						空载	短路			
电力变压器	SJ-20/6	20	6	0.4	Y/Y ₀ -12	180	600	3.1	5.5	365
	SJ-20/10	20	10	0.4		220	600	3.1	5.5	525
名称	型号	试验电压 (kV)	穿过电缆最大外径 (mm)	1s热稳定 (A)	额定二次电流 (A) (Z2为二次回路阻抗 Ω)	配用保护继电器型号		单重 (kg)		
						合闸电流 (A)	分闸电流 (A)			
电流互感器	LJ	2	$\phi 75$	200	24/Z2	DL-11/0.5	9			
名称	型号	被操作开关型号	合闸电流 (A)		分闸电流 (A)		单重 (kg)			
			220V	110V	220V	110V		48V	24V	
电动操作机构	CD3	SN3-10	78.5	157	2.5	5	190			
	CD2	SN ₁ -10G	97.5	195	2.5	5	55			

续 表

名称	型号	被操作开关 型号	各型脱扣器规格					电动机规格 (V)	单重 (kg)	
			合闸线圈	过流	过负荷	失压	分励			速饱和
			直流	1	2	3	4			5
手动操作机构	CS2 - □□□	SN ₂ - 10G		5~ 15A	5~ 15A ~4s	交流 110, 220, 380	直流 24, 48, 110, 220, 380 交流 110, 220, 380	3.5A	30	
手动操作机构	CS3T	FN1 - 10(R)		直流: 24, 48, 110, 220 交流: 127, 220					15	
手动操作机构	CS3	FN1 - 10(R)							15	
名称		型号	被操作开关型号		单重(kg)					
手动操作机构		CS7	GN2 - 10/3000		23					
		CS6 - 2	GN2 - 10/2000		7					
		CS6 - 1	GN6(8) - 10		3					
名称	型号	额定电压 (kV)	额定电流 (A)	试验电压 (kV)	灭弧电压 (kV)	额定温升 (°C)	I _s 热稳定 (kV)	抗弯破坏负荷 (kg)	单重 (kg)	
穿墙套管	CEM - 10	10	2 000	42	46	40		3 000	17.5	
		10	3 000					4 000	18.5	
	CB - 10/400	10	400					750	6.0	
	CB - 10/600	10	600					750	6.0	
	CB - 10/1 000	10	1 000					750	8.0	
支柱瓷瓶	ZA - 10Y	10						375	2.5	
	ZA - 10T	10						750	3.0	

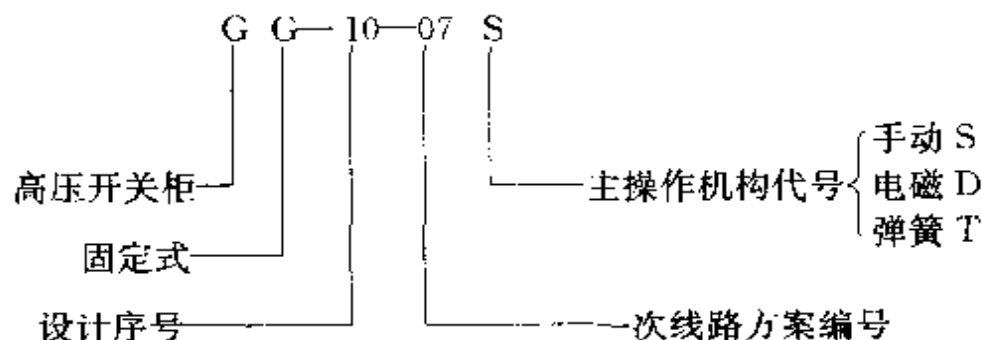
注: 6kV FN1 - 10R 型负荷开关系由 FN1 - 10 与 RN1 - 6/20、75、200 组成。
10kV FN1 - 10R 型负荷开关系由 FN1 - 10 与 RN1 - 10/20、50、100 组成。

表 6-40 附表 母线规格选用表

主开关额定电流(A)	母线规格(宽×厚,mm)	
	主 母 线	分 母 线
3 000	2(120×10)	2(120×10)
2 000	2(100×10)	2(100×8)
1 500	120×10	100×10
1 000	100×8	80×8
600	60×8	60×5
400 及以下	40×4	40×4

2. GG-10 型高压开关柜

GG-10 型高压开关柜型号含义:



GG10-07S 型高压开关柜的外形结构如图 6-38 所示。这种开关柜的柜体是用钢板及角钢焊接而成,背面无保护板,背墙安装。柜前共有两扇门,上面的大门安装继电器和测量仪表,背面接线,若要检修一次主要设备(如高压断路器)时,可以打开上面的大门。右下的检修门供检修线路隔离开关等用。

高压开关柜上安装了机械或电磁连锁机构,以确保高压隔离开关只有在同一电路的高压断路器断路(分闸)的情况下才能进行操作。机械连锁机构的原理示意如图 6-39 所示。图(a)是高压断路器处在分闸状态。这时与断路器传动机构联动的挡块离开锁

住隔离开关操作手柄的弹簧销钉，因而弹簧销钉可以拉出，即可自由操作隔离开关的开合。图中 3 就是弹簧销钉被拉出的情况。图 (b) 是高压断路器处在合闸状态。这时挡块挡住弹簧销钉，因而销钉无法拉开，也就无法操作隔离开关了。

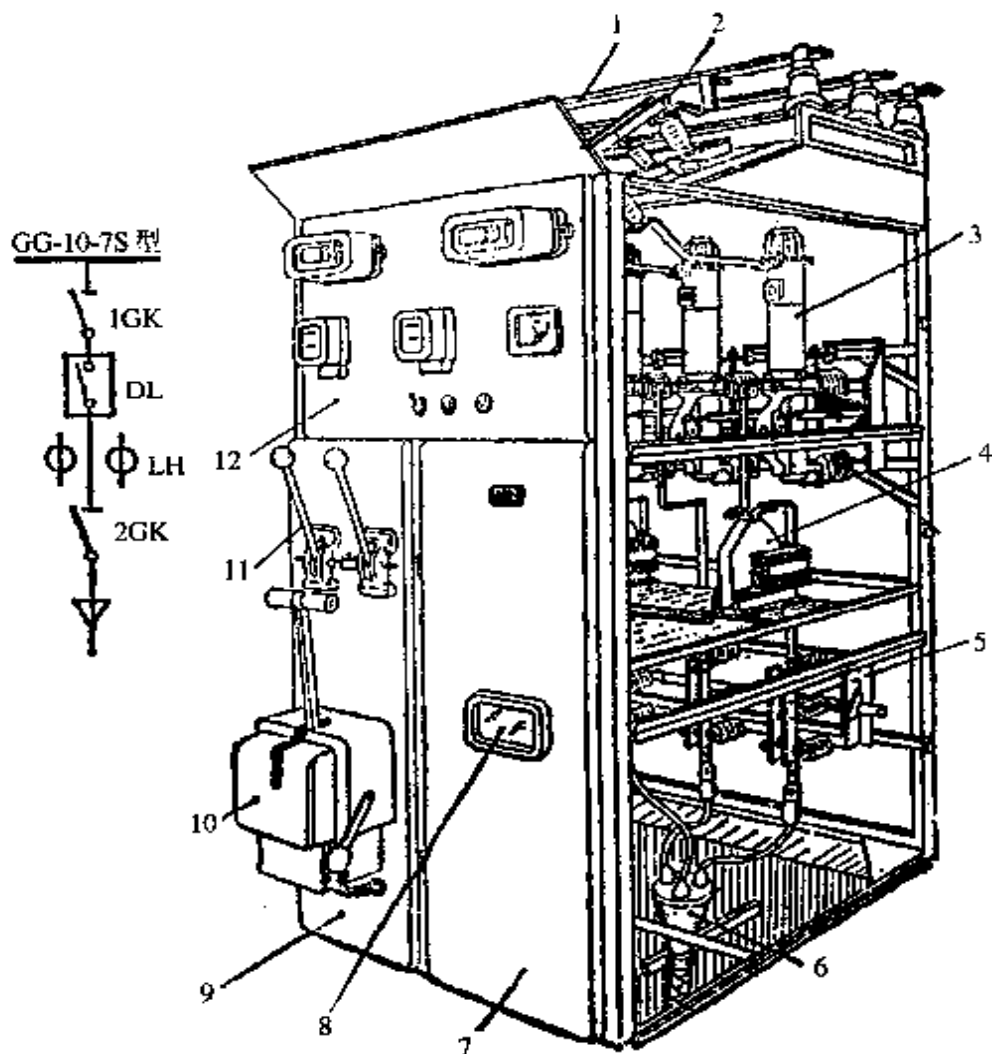
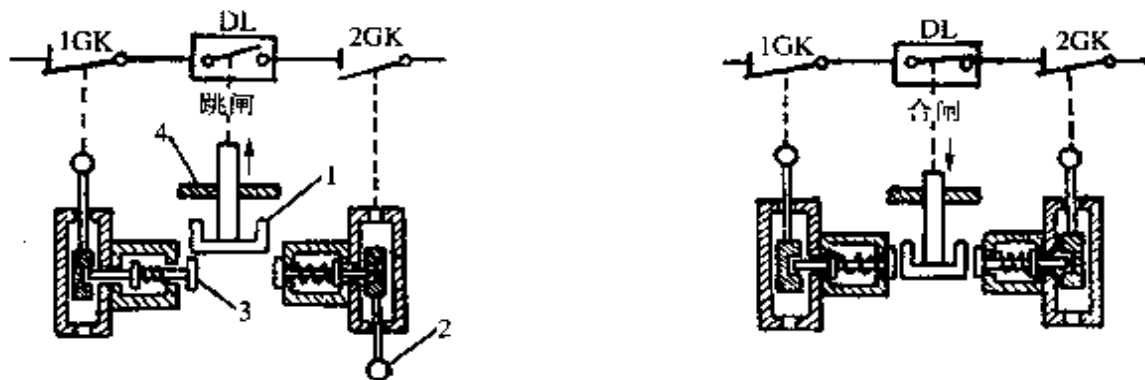


图 6-38 GG10-07S 型高压开关柜外形结构图(已抽去右面的防护板)

1. 母线(汇流排)
2. 高压隔离开关(1GK、GN8-10H 型)
3. 高压断路器(DL、SN₁₀-10 型)
4. 电流互感器(LH、LQJ-10 型)
5. 高压隔离开关(2GK、GN6-10H 型)
6. 电缆头
7. 检修门
8. 观察用玻璃窗
9. 操作板
10. 高压断路器操作机构(CS2 型)
11. 高压隔离开关操作机构(CS6 型)
12. 仪表继电器板(兼检修门)



(a) 断路器分闸后隔离开关可以进行操作 (b) 断路器合闸后隔离开关不可能操作

图 6-39 机械连锁机构原理示意图

1. 与断路器传动机构联动的挡块
2. 隔离开关操作手柄
3. 弹簧
4. 高压开关柜的面板

GG-10 型高压开关柜的一次线路方案与 GG-1A 同。

3. GFC-3 型手车式高压开关柜

用于 3~10kV 额定电流为 400、600、900A 和 50Hz 单母线系统,作为接受与分配电能和控制电机等用。开关柜可适用于周围空气相对湿度为 95%的场所。开关柜内装有 SN8-10 少油断路器。

开关柜固定的本体用钢板或绝缘板分成手车室、主母线室、电流互感器室及小母线室四个部分,并附装一块可以取出柜外的继电器板。固定的本体通过一次隔离触头接通手车的一次线路,通过插销插座接通手车和继电器板的二次线路。

图 6-40 系 GFC-3-01 型高压开关柜柜内布置图。

手车上推进机构的主要作用是,手车处在柜外时,如断路器处于合闸状态,手车不能推入柜内。手车推入柜内后,只有在试验位置和工作位置,开关才能合闸。如果未将断路器分断而拉动手车,则推进机构靠机械连锁能够自动将断路器跳闸。

根据需要,在双面排列时,开关柜的顶部可架设封闭式的母线桥。为了检修方便,开关柜应离墙安装。

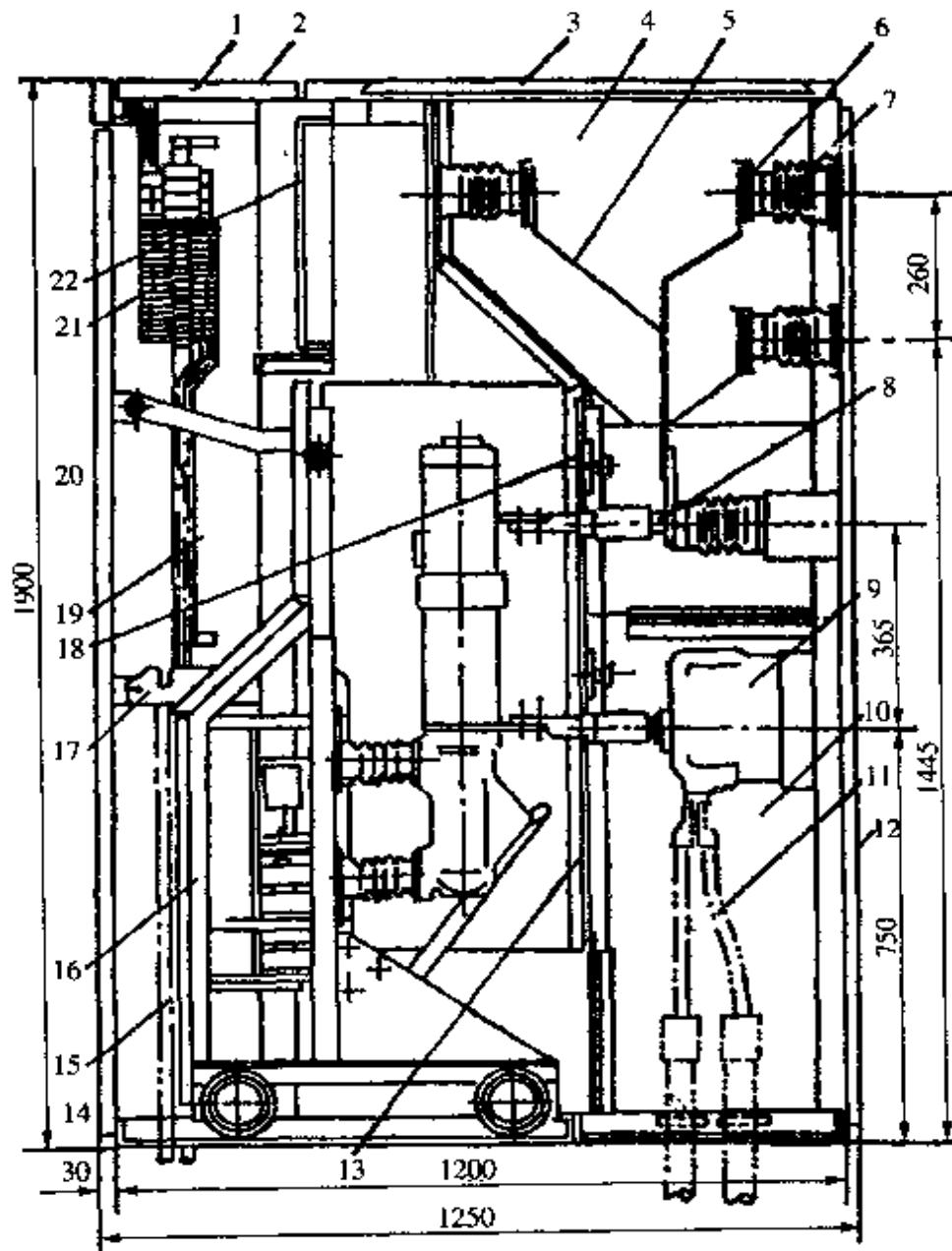


图 6-40 GFC-3-01 型柜内布置图

1. 小母线 2. 小母线室盖板 3. 主母线室上盖板
4. 主接线室 5. 分支母线 6. 主母线 7. 支撑瓷瓶
8. 一次静触头 9. 电流互感器 10. 电流互感器室
11. 电缆 12. 后面门 13. 手车室后隔板 14. 手车轨道
15. 二次电缆 16. 断路器手车 17. 位置板
18. 自动帘板 19. 手车室 20. 正面门 21. 二次端子排
22. 继电器板

主要电气设备规范见表 6-41。

表 6-41 GFC 型开关柜主要电气设备规范

名称	型式	额定电压 (kV)	额定电流 (A)	最高使用电压 11.5 kV 时开断电流 (kA)	极限通过电流峰值 (kA)	4s 热稳定电流 (kA)	配 CT7 型机构关合短路电流峰值 (kA)	合闸时间不大于 (s)	分闸时间不大于 (s)	开断电容器组 (A)	机械寿命 (次)
少油断路器	SN8-10I	10	600	11.6	65	23	30	0.25	0.1	580	3000
	SN8-10II	10	600 1000	23	65	23	59	0.25	0.1	580	3000

名称	型式	额定电压 (kV)	准确级次	二次负荷 (Ω)	10% 倍数	额定电流比	动稳定倍数	1s 热稳定倍数
电流互感器	LFX-10	10	0.5/3(D)	0.4/0.6	>15	5、10、15、20、30、45、50、75、100/5	225	90
						150、200/5	160	90
						300/5	160	80
						400/5	160	75
						600、750、800、1000/5	90	50

名称	型式	额定电压 (V)			额定容量 (VA)			最大容量 (VA)
		一次线圈	基本二次线圈	辅助二次线圈	0.5 级	1 级	3 级	
电压互感器	JDZJ-3	3000/ $\sqrt{3}$	100/ $\sqrt{3}$	100/3	30	50	80	200
	JDZJ-6	6000/ $\sqrt{3}$	100/ $\sqrt{3}$	100/3	50	80	200	400
	JDZJ-10	10000/ $\sqrt{3}$	100/ $\sqrt{3}$	100/3	50	80	200	400

名称	型式	额定电压 (V)		额定容量 (VA)			最大容量 (VA)
		一次线圈	二次线圈	0.5 级	1 级	3 级	
电压互感器	JDZ-3	3000	100	30	50	80	200
	JDZ-6	6000	100	50	80	200	400
	JDZ-10	10000	100	50	80	200	400

续 表

名称	型式	额定电压 (kV)	标称容量 (kvar)	电容 (μ F)	试验电压(kV)	
					相间	对地
电容器	YY3.15-10-1	3.15	10	3.21	5.8	13.6
	YY6.3-10-1	6.3	10	0.802	11.5	18.7

名称	型式	额定电压 (kV)	灭弧电压 有效值 (kV)	冲击放电 电压(1.5~ 2 μ s)峰值不 大于(kV)	工频放电电 压有效值 (kV)	残压(10~20 μ s) 峰值不大于(kV)	
						3kA	5kA
避雷器	FCD1-6	6	7.6	19	15~18	19	20
	FCD1-10	10	12.7	31	25~30	31	33
	FS3-3-3	3	3.8	21	9~11	16	17
	FS3-3-6	6	7.6	35	16~19	28	30
	FS3-3-10	10	12.7	50	26~31	47	50

名称	型式	额定电压 (kV)	三相额定 断流容量 (MVA)	额定 电流 (A)	熔丝额定电流(A)	当切断极限短路 电流时的最大电 流峰值(限流)
熔断器	RN1-3	3	200	20	2,3,5,7.5,10,15,20	6.5kA
	RN1-6	6	200	20	2,3,5,7.5,10,15,20	5.2kA
	RN1-10	10	200	20	2,3,5,7.5,10,15,20	4.5kA
	RN2-10	3	500			160A
	RN2-10	6	1000			300A
	RN2-10	10	1000			1000A

4. GFC-10A 型手车式高压开关柜

是在 GFC-3 型基础上研制的开关柜,外形尺寸略大于前者,内部结构更加合理。用于 3~10kV,额定电流为 600、1 000A,50Hz 单母线系统,作为接受与分配电能和控制电机等用。

开关柜系封闭式结构。整个柜由固定的本体和可移动的手车两部分组成。固定的本体用钢板或绝缘板分隔成手车室、主母线室、电流互感器室和仪表继电器室四个部分。柜的正面有上下两扇门,上门上可以装设指示仪表、操作开关、信号继电器和信号灯具,门内正中为摇门式继电器屏,左侧为熔断器和接线板,顶部为 15 路小母线座。下门内为手车室。柜的后面是上下两块封板,其上装有视察窗,通过视察窗可以观看一次隔离触头的接触情况。其上部是主母线室,下部是电流互感器电缆室。开关柜的内部布置见图 6-41。

手车用角钢焊成,顶部装有接地触头,上部有视察窗,能观看断路器的油位指示器,中部为推进机构,底部装有滚轮,能沿水平方向移动。手车分成断路器手车、电压互感器手车、电压互感器避雷器手车、电容器避雷器手车和熔断器手车五种。

为了保证断路器和隔离触头间的操作程序性,在柜内装有连锁装置。其作用为:断路器在合闸状态下,手车只能处于工作位置或试验位置。手车在工作位置与试验位置之间,断路器不能合闸。当手车固定在工作位置或试验位置时,如果未将断路器分断而拉动手车时,则机械连锁能够自动将断路器跳闸。

当手车从柜的正面推入柜内时,手车室后隔板上的帘板自动开启,一次动触头通过方孔与母线室及电流互感器室中所装的一次静触头对正,借助推进机构,将手车固定在工作位置或试验位置。手车固定在工作位置时,一次和二次触头都接通。而当手车由工作位置拉出,固定在试验位置时,一次触头分断,二次触头保持接通。手车拉出柜外时,二次触头分断,后隔板上的方孔被帘板

自动关闭。打开柜后面的上封板,可以检修主母线和一次隔离静触头。打开下封板,可以检修电流互感器、一次隔离静触头和电缆头。由于各室之间都是互相隔离的,因此在检修中是十分安全的。主要电气设备规范见表 6-42。

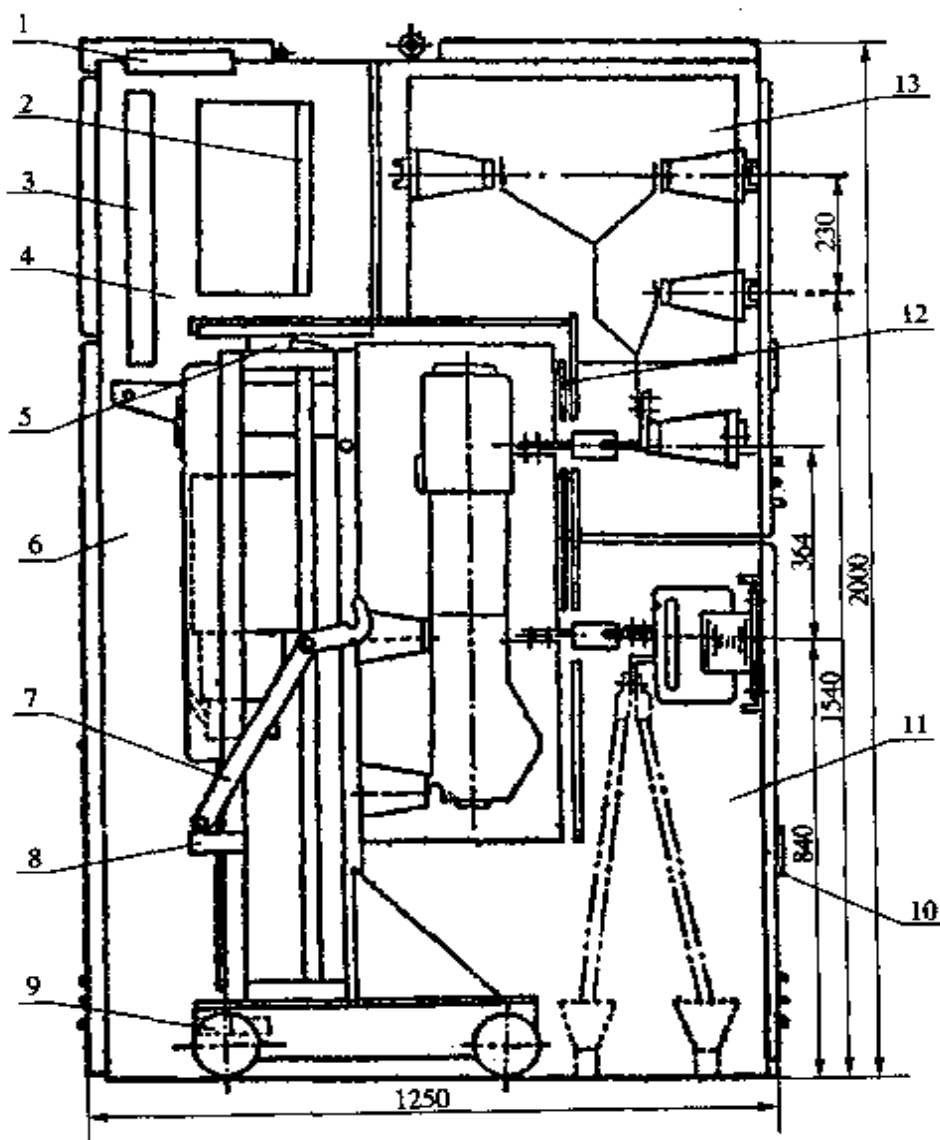


图 6-41 GFC-10A-01D 型内部布置图

1. 15 路小母线支座
2. 摇门式继电器屏(可装 DL-10 型 12 个)
3. 熔断器和接线板
4. 仪表继电器室
5. 接地触头
6. 手车室
7. 推进机构
8. 锁扣装置
9. 一次隔离触头
10. 视察窗
11. 电流互感器电缆室
12. 自动帘板
13. 主母线室

表 6-42 GFC-10A 型开关柜主要电气设备规范表

名称	型号	额定电压 (kV)	额定电流 (A)	额定电 压时断 流容量 (MVA)	最高工作 电压时的 最大开断 电流(自 动重合闸 同此) (kA)	极限通过 电流(kA)		4s 热稳 定电流 有效值 (kA)	最大关 合电流 峰值 (kA)	开断电 容器组 (kvar/A)
						峰 值	有 效 值			
少油 断路器	SN8 -10G	6	600	200	20	52	30	20	52	1000/580
		10	600	200	11.6	33	19	11.6	30	1000/580
	SN10 -10G	6	1000	300	28.9	74	42.8	28.9	74	
		10	1000	500	28.9	74	42.8	28.9	74	
名称	型号	额定 电压 (kV)	准确级次	二次负荷 (Ω)	10% 倍数 不低于	额定一次 电 流 (A)	动稳定 倍数	1s 热稳 定倍数		
电流 互感 器	LZJC-10	10	0.5/3** (C)	0.4/0.6	11.2	5~400*	150	75		
	600~800*					100	50			
	LZJC-10A			0.6~1.2	6.8	1000	90	50		
名 称	型 号	线圈动作电流(A)								
		合 闸			分 闸					
直流电磁 操作机构	CD2	110V	220V	24V	48V	110V	220V			
		195	97.5	24	12	5	2.5			

注: * 电流互感器额定一次电流分 3、10、15、20、30、40、50、75、100、150、200、300、400、600、800A。额定二次电流为 5A。

** C 为差动级,作继电保护用,其精度按 3 级考核。

第五节 工矿企业变配电所的接线和布置

一、变配电所位置的确定原则

变配电所担负着从电力系统接受电能、变换电压和分配电能的任务,是工矿企业供电系统的枢纽。正确选择变配电所的位置,对工矿企业供电系统的合理布局及提高供电质量关系极大。因此,必须根据工矿企业负荷的大小、级别、分布特点及工矿企业内部环境特征等因素进行全面考虑,并遵照下列原则,确定变配电所的位置:

① 变配电所位置应尽量设在负荷中心或靠近负荷中心,以减少配电线路长度,降低电压和电能的损耗。

② 进出线方便。

③ 交通条件好,便于变压器等大型设备的搬运。

④ 远离振动大的设备,避开污染源,有防止地下水、雨水和洪水浸淹措施。

⑤ 应与其他工业建筑物保持足够的防火间距。

⑥ 应留有扩建和发展的余地。

另外还应考虑在节约投资和运行维护方便的情况下,选择最佳位置。

二、变配电所的类型

对于大型工矿企业或用电负荷较大的中型工矿企业,变配电所分为总降压变电所和车间变电所。而一般的中小型工矿企业不设总降压变电所。现以车间变配电所为例,根据变压器的安装地点,把变配电所分为下列几种类型,如图 6-42 所示。

1. 车间附设变配电所

变压器室的一面或几面墙体与生产车间墙体共用,变压器室

的大门向生产车间外或墙体外开，如图 6-42 中的 1、2、3。这种类型适用于一般车间。

2. 车间内变配电所

变压器室位于车间内部的单独房间内，变压器室大门向车间内开。这种类型适合于负荷大而集中且布置比较稳定的大型车间厂房，如图 6-42 中的 4。

3. 独立变配电所

整个变配电所设在车间以外的单独建筑物内，如图 6-42 中的 5、6。这种类型适合于负荷较小而分散的中小型工矿企业，或为了远离易燃、易爆及腐蚀性物质的场所。

4. 地下变配电所

目前，国外有些工矿企业为了减少占地面积，把整个变配电所设置在地下设施内。但由于地下湿度大、散热条件差，大型设备搬运不方便，建造费用昂贵，现在国内采用还不多。

以上四种类型变配电所因变压器安装在室内，所以统称为户内变配电所。

5. 露天变配电所

变压器安装在露天的变电所，称为露天变配电所。变压器可安装在户外地面上，周围用栏栅或围墙保护；变压器也可安装在电杆上，低压配电设备安装在室内。这两种类型变电所投资小，适用于工矿企业生活区和负荷很小的工矿企业。

三、变配电所的主要电气设备

变配电所的电气设备主要有电力变压器、高压断路器、高压隔离开关、负荷开关、高压熔断器、电压互感器、电流互感器、并联电

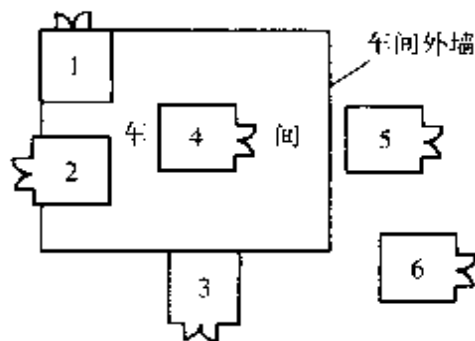


图 6-42 车间变配电所的类型

容器、母线、避雷器、继电保护装置和计量仪表等。

电力变压器是变配电所的核心设备,它的选用和维护十分重要,其他的主要电气设备将在后面章节中介绍。

电力变压器(简称变压器)是用来改变交流电压大小的电气设备。发电厂发出的电压最高不超过 20kV,要实现远距离高压输电,必须经过升压变压器把电压升高到规定数值后才能实现。高压输电线路将几万伏或几十万伏的高电压电能输送到负荷区后,经过降压变配电所将高电压降到适合用户使用的不同等级的低电压,以满足各类负荷的需要。变配电所使用的变压器都为降压变压器。

在变配电所的各种电气设备中,变压器的运行状况对供电的可靠性、经济性及电能质量起关键性的作用。因此,在整个供电过程中保证变压器的正常运行是非常重要的。

四、电气设备选择的一般原则

对变配电所的电气设备要求做到运行可靠、维护方便、技术先进、经济合理。如果对电气设备选择不当或对其工作情况估计不足,均能引起事故或停电;如果过分保守地选用电气设备,就会造成浪费。尽管各种电气设备各有特点,工作环境、装置地点和运行要求不同,但在选择这些电气设备时,都应遵守以下几项原则:

- ① 按正常工作条件选择电气设备的额定值。
- ② 按短路电流的热效应和电动力效应校验电气设备的热稳定性和动稳定性。
- ③ 按装置地点的三相短路容量校验开关电器的断流能力(遮断容量)。
- ④ 按装置地点、工作环境、使用要求及供货条件选择电气设备的适当形式。

这些原则概括起来就是:“按正常工作条件选择,按短路条件校验”。

1. 按正常工作条件选择电气设备

(1) 按额定电压选择电气设备

电气设备的额定电压就是铭牌上标出的电压。额定电压应符合设备装设点电网的额定电压,并应大于或等于正常工作时可能出现的最大工作电压,即

$$U_e \geq U_g$$

式中 U_e ——电气设备额定电压;

U_g ——电网额定电压。

一般情况下,电气设备可以长期在高于额定电压 10%~15% 的电压下工作。此电压称为最大工作电压。制造厂对电气设备除给出额定电压外,还给出了最大工作电压。只要电气设备在小于最大工作电压值的情况下工作,它的绝缘情况不会受到影响。

(2) 按额定电流选择电气设备

电气设备的额定电流就是铭牌上标出的电流,即在周围温度为 40℃ 时允许长期通过的最大工作电流。

电气设备的额定电流应不低于电路中在各种运行情况下可能出现的最大负荷电流,即

$$I_e \geq I_g$$

式中 I_e ——电气设备额定电流;

I_g ——最大负荷电流。

电气设备设计时取周围环境温度为 40℃。当周围环境温度超过 40℃ 时,由于冷却条件变差,必须适当降低允许通过的最大负荷电流。否则,将使设备温度升高,影响绝缘寿命。当周围温度高于 40℃ 时,可用下式近似地计算允许负荷电流,即

$$I_f = I_e \sqrt{\frac{t_n - t}{t_n - 40}}$$

式中 I_t ——气温为 t 时的允许负荷电流；
 t ——实际环境温度；
 I_e ——电气设备的额定电流；
 t_n ——电气设备个别部分在额定电流下的工作温度（如断路器触头的 t_n 为 75°C ）。

如果周围环境温度低于 40°C ，冷却条件变好，允许负荷电流可以略加增高。对于高压电气设备每降低 1°C ，允许负荷电流比额定电流增加 0.5% ，但增加总值不能超过额定电流的 20% 。

在选择电气设备时还应考虑到电气设备的装设环境。安装在户外的电气设备，工作条件比较差，经常受到风、雨、雪和尘埃的影响，因而户外和户内电气设备在构造上不相同。对于处在恶劣环境下的（例如，化工厂、水泥厂、沿海、矿井下等）户外电气设备和对于海拔较高地区的电气设备，应选用特殊绝缘结构或额定电压高一级的设备。

2. 按短路情况校验电气设备的动稳定性和热稳定性

按正常工作条件下的额定电压和额定电流选择的电气设备，还应按三相短路校验。

(1) 校验电气设备的动稳定性

当冲击短路电流通过电气设备时，会产生很大的电动力。在电动力的作用下，可能使电气设备某部分发生形变、熔接或遭到破坏。如果电气设备内部不产生妨碍继续正常工作的任何永久形变，触头不熔接，则认为其在动力方面是稳定的。通常，电气设备的动稳定性由制造厂用允许通过的极限电流有效值和峰值表示，即

$$I_{\max} \geq I_c \quad \text{或} \quad i_{\max} \geq i_c$$

式中 I_{\max} 、 i_{\max} ——电气设备允许通过的最大电流的有效值和峰值；
 I_c 、 i_c ——按三相短路计算所得的短路电流的有效值和峰值。

(2) 校验电气设备的热稳定性

当冲击短路电流通过电气设备时,不但产生很大的电动力,同时也产生很大的热量。热量可使电气温度升高,使设备的绝缘损坏。一般的金属导电材料均规定有短时发热的最高允许温度,见表 6-43。如果电气设备在短路电流冲击下引起的导体发热最高温度不超过表 6-43 所列的允许温度,则说明该电气设备在短路时是热稳定的。

表 6-43 导体材料短时发热的允许温度

导体种类和材料	(°C)
1. 母线及导线:铜	320
铝	220
钢(不和电器直接连接时)	420
钢(和电器直接连接时)	320
2. 油浸纸绝缘电缆:铜心 10kV 以下	250
铝心 10kV 以下	200
20~35kV	175
3. 充油纸绝缘电缆 60~330kV	150
4. 橡皮绝缘电缆	150
5. 聚氯乙烯绝缘电缆	120
6. 交联聚乙烯绝缘电缆:铜心	230
铝心	200
7. 有中间接头的电缆(不包括第 5 项)	150

校验高压电器(例如断路器、负荷开关、隔离开关、电抗器等)时应满足下式,即

$$I_{st}^2 \geq I_{\infty}^2 t_j$$

式中 I_t ——电气设备在时间 t 内的热稳定电流。该电流是指在时间 t 内(1s、4s、5s、10s)不使电器任何部分受热到超过规定的最大温度的电流；

t —— I_t 相对应的时间；

I_∞ ——短路稳态电流；

t_j ——假想时间^①。

选择开关电器时还应校验其断流能力。

选择电气设备时,还必须考虑装置地点和工作环境的要求,可选普通型、防爆型、湿热型、高原型、防污型、封闭型等不同形式。总之,经过选择、校验和比较,可选出合适的电气设备。

五、变配电所的主接线

变配电所的主接线(一次接线)指由各种开关电器、电力变压器、母线、电力电缆、并联电容等电气设备按一定次序连接的接受电能和分配电能的电路。它是电气设备选择及确定配电装置安装方式的依据,也是运行人员进行各种倒闸操作和事故处理的重要依据。

用规定的图例符号(表 6-44)表示主要电气设备在电路中连接的相互关系,称为电气主接线图。电气主接线图通常以单线图形式表示,在个别情况下。当三相电路中设备不对称时,则部分地用三线图表示。





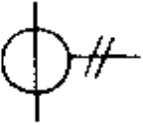







1. 对主接线的基本要求

主接线的确定,对供电系统的可靠供电和经济运行有非常密切的关系。因此,选择主接线应满足下列基本要求:


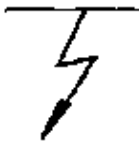

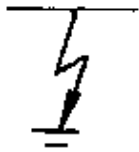

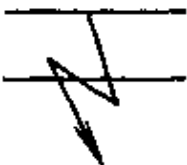


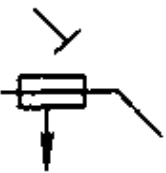

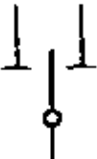
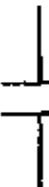


^① 短路电流随时间变化的规律很复杂,给热效应计算带来不便,因而需用等效的方法来解决。如果导体中短路电流产生的热效应,使短路稳态电流产生的热效应与其相等,则需要另一个时间 t_j , 此时间叫做假想时间。

- ① 根据用电负荷的要求,保证供电的可靠性和电能质量。
- ② 主接线应力求简单、明显,运行方式灵活,投入或切除某些设备或线路时操作方便。
- ③ 保证运行操作和维护人员及设备的安全,配电装置应紧凑合理,排列尽可能对称,便于运行值班人员记忆,便于巡视检查。

表 6-44 变配电所主接线的主要电气设备符号

设备名称	文字符号	图形符号	设备名称	文字符号	图形符号
变压器	T 或 TM		母 线	W	
自耦变 压器	TA		火花间隙	FV	
电流互 感器	TA		避雷器	F	
电压互 感器	TV		中性线	N	
电抗器	L		接 地	E	
分裂电 抗器	L		故 障	d	

续 表

设备名称	文字符号	图形符号	设备名称	文字符号	图形符号
断路器	QF		闪络、击穿		
负荷开关	Q		导线对地绝缘击穿		
隔离开关	QS		导线间绝缘击穿		
熔断器	FU		电动机	M	
跌开式熔断器	FU		发电机	G	
具有中间断开位置的双向隔离开关	QS		电容器	C	
熔断器式开关	FU		照明灯	EL	

- ④ 应使主接线的一次投资和运行费用经济合理。
- ⑤ 根据工矿企业的近期和长远规划,为将来发展留有余地。

在选择主接线时应全面考虑上述要求,进行经济技术比较,权衡利弊,特别要处理好可靠性和经济性这一对主要矛盾。

2. 主接线的基本形式

主接线的基本形式有单母线接线、双母线接线和桥式接线三种。

(1) 单母线接线

a. 单母线不分段主接线如图 6-43 所示。这种接线的优点是线路简单,使用设备少、造价低;缺点是供电的可靠性和灵活性差,在对母线或母线隔离开关进行故障检修时可造成用户停电。因此,它只适应于容量较小和对供电可靠性要求不高的中小型工矿企业。

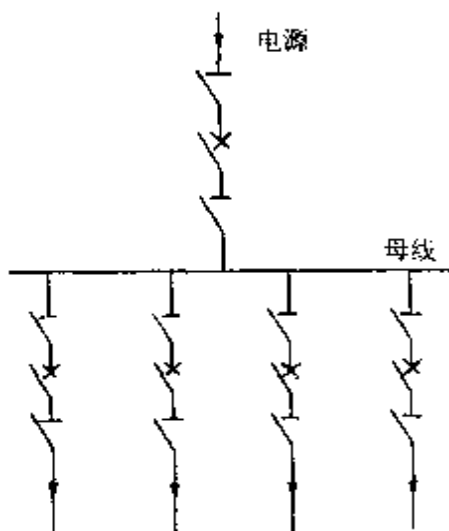


图 6-43 单母线不分段接线

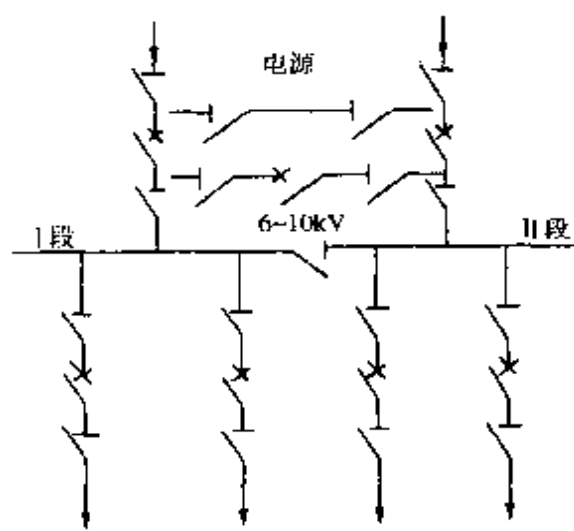


图 6-44 单母线分段接线

b. 单母线分段主接线如图 6-44 所示。单母线分段主接线克服了单母线不分段主接线的缺点,可根据电源的数目把母线分段运行,也可单母线不分段运行。它可向比较重要的一级、二级负荷用户供电。

单母线分段主接线除按图 6-44 方式接线外,对于配电线路较多、负荷性质较重要的主变电所或高压配电所,也可采用单母线分段带旁路母线式主接线,如图 6-45 所示。它的特点是把主母线用断路器分段,且有一旁路母线配合。当检修设备时可以利用

旁路母线供电,减少停电时间。

(2) 双母线主接线

双母线主接线克服了单母线主接线的缺点,两根母线互为备用,具有较高的可靠性和灵活性,适用于供电可靠性要求很高的大型工矿企业总降压变电所的 35~110kV 的母线系统和有重要高压设备负荷或有自备发电厂的 6~10kV 的母线系统(图 6-46)。

(3) 桥式主接线

桥式主接线实质上是单母线分段主接线的变形接线,适用于具有二回路电源进线、两台变压器终端的工矿企业总变电所,其特点是有一条跨接的“桥”。它比单母线分段主接线简单,可减少断路器的数量。根据“桥”的横连位置不同,可分为内桥和外桥两种接线形式。

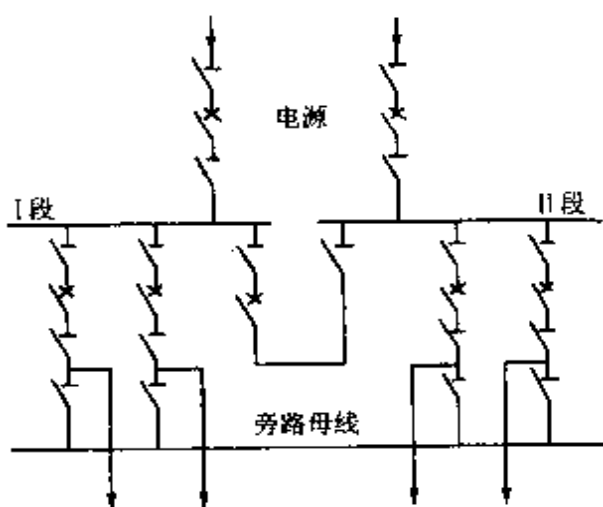


图 6-45 带旁路母线的单母线分段主接线

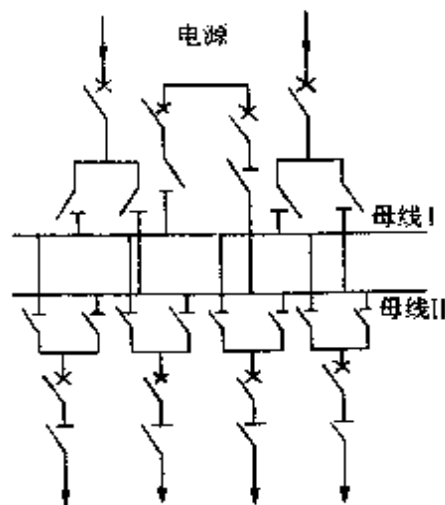


图 6-46 双母线主接线

a. 内桥主接线如图 6-47 所示。这种内接桥式的跨接桥靠近变压器侧,适用于 35kV 以上的长线路和变压器不需经常操作的系统。它可以提高输电线路的灵活性。例如,当线路 L1 发生故障进行检修时,把断路器 QF1 断开,此时可由线路 L2 通过跨接桥使变压器 T1 受电,而不致停电。当线路 L2 发生故障进行检修时,同

理可由 L1 供电。由于可靠性高,可向一级、二级负荷用户供电。

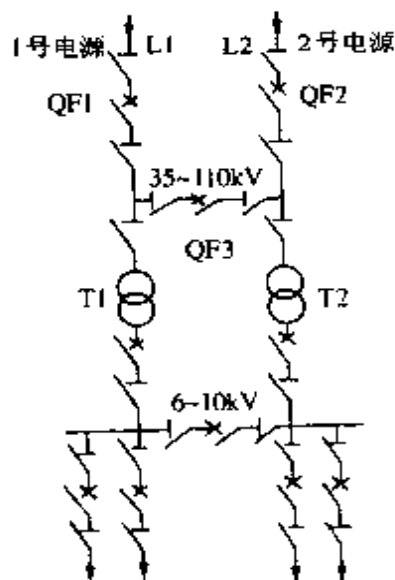


图 6-47 内桥主接线

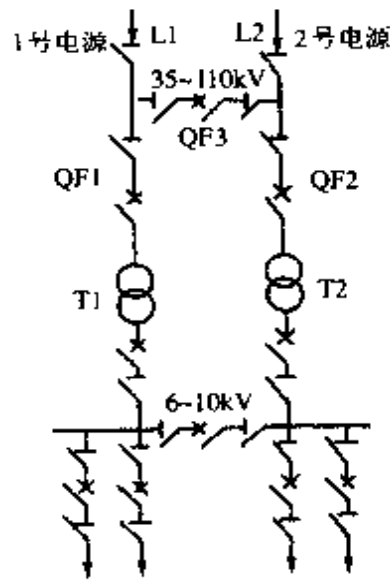


图 6-48 外桥主接线

b. 外桥主接线如图 6-48 所示。将跨接桥接在靠近线路侧,使变压器的切除和投入都比较方便。它适用于 35kV 以上供电线路较短且变压器需要经常操作的系统,可向一级、二级负荷用户供电。

六、工矿企业变配电所的布置

工矿企业变配电所可分为户外式和户内式。目前中小型工矿企业 6~10kV 变配电所多采用户内式结构。户内式变配电所主要由三部分组成:高压配电室、变压器室、低压配电室。此外,有的还设有高压电容器室和值班室。

1. 变配电所布置的总体要求

① 便于运行维护和检修。值班室一般应尽量靠近高低压配电室,特别是靠近高压配电室,且有直通门或有走廊相通。

② 运行要安全。变压器室的大门应向外开,并避开露天仓库,以利于在紧急情况下人员出入和处理事故。

③ 进出线方便。如果是架空线进线,则高压配电室宜位于进

线侧。户内变配电所的变压器一般宜靠近低压配电室。

④ 节约占地面积和建筑费用。当变配电所有低压配电室时,值班室可与其合并。但这时低压电屏的正面或侧面离墙不得小于 3m。

⑤ 高压电力电容器组应装设在单独的高压电容器室内,该室一般临近高压配电室,两室之间应砌防火墙。低压电力电容器柜要装在低压配电室内。

⑥ 留有发展余地,且不妨碍车间和工厂的发展。

在确定变配电所的总体布置方案时应因地制宜,合理设计。

图 6-49 为某车间变配电所平面图。

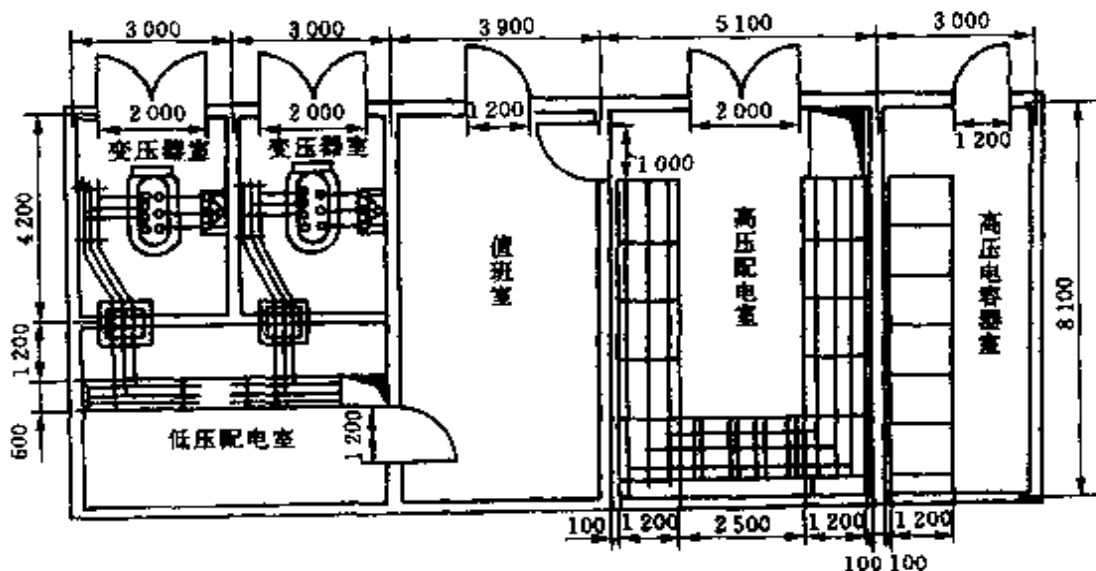


图 6-49 车间变配电所的平面图

2. 户内外配电装置和各部距离的要求

为保证供电系统运行中电气设备及人员的安全,以及检修维护和搬运方便,配电装置带电导体不同相间及相对地面应有一定距离,以保证正常运行或过电压时空气绝缘不会被击穿。这个距离称为电气间距。

由于户外配电装置受环境的影响,电气间距比户内配电装置要大。表 6-46 和表 6-47 分别表示户外、户内配电装置的最小

安全净距,即表中的 a_1 和 a_2 。最基本的电气距离为 a_1 ,其余各值是在 a_1 和 a_2 的基础上考虑运行维护、检修和搬运工具等活动范围计算而得的。例如表 6-46 中 b_1 ,表示带电部分至栅栏的净距。要防止运行人员手臂误入栅栏时发生触电事故,运行人员的手臂长度一般不大于 750mm,当电压为 35kV 时:

$$b_1 = a_1 + 750 = 300 + 750 = 1\ 050$$

又如 c 值,是指无遮栏裸导体至地(楼)面的高度,在这种高度下运行人员举手时不致发生触电事故。一般运行人员举手时高度不超过 2 300mm,为保证安全:

$$c = a_1 + 2\ 300 = 300 + 2\ 300 = 2\ 600$$

表 6-45 中,由于活动在户外,则要考虑 200mm 的施工误差,所以当电压为 35kV 时:

$$c = a_1 + 2\ 300 + 200 = 400 + 2\ 300 + 200 = 2\ 900$$

又如 d 值,考虑到检修人员的工具活动范围为 1 800mm,为保证安全:

$$d = a_1 + 1\ 800 = 400 + 1\ 800 + 200 = 2\ 400$$

表 6-45 户外配电装置最小安全净距 单位:mm

名 称	额定电压(kV)			
	1~10	35	110J	220J
带电部分至接地部分 (a_1)	200	400	900	1 800
不同相的带电部分之间 (a_2)	200	400	1 000	2 000
带电部分至栅栏 (b_1)	950	1 150	1 650	2 550
带电部分至网状遮栏 (b_2)	300	500	1 000	1 900
无遮栏裸导体至地面 (c)	2 700	2 900	3 400	4 300
不同时停电检修的无遮栏裸导体之间的水平净距 (d)	2 200	2 400	2 900	3 800

注:1. 110J、220J 分别指 110kV 及 220kV 中性点直接接地电力网。

2. 本表所列数值不适用于制造厂生产的成套配电装置。

表 6-46 户内配电装置最小安全净距 单位: mm

名 称	额定电压(kV)				
	1~3	6	10	35	110J
带电部分至接地部分(a_1)	75	100	125	300	850
不同相的带电部分之间(a_2)	75	100	125	300	900
带电部分至栅栏(b_1)	825	850	875	1 050	1 600
带电部分至网状遮栏(b_2)	175	200	225	400	950
带电部分至板状遮栏(b_3)	105	130	155	330	880
无遮栏裸导体至地面(c)	2 375	2 400	2 425	2 600	3 150
不同时停电检修的无遮栏裸导体之间 水平净距(d)	1 875	1 900	1 925	2 100	2 650
出线套管至户外通道路面(e)	4 000	4 000	4 000	4 000	5 000

注: 1. 110J 系指中性点直接接地的电力网。

2. 本表所列数值不适用于制造厂生产的成套配电装置。

在布置户内配电装置时还应注意屋顶距离(梁除外): 10kV 及以下电压, 不小于 0.8m; 35kV 电压不小于 1.0m; 110kV 电压不小于 1.5m。在布置过程中也要考虑到各种通道的宽度(见表 6-47)。

表 6-47 户内配电装置各种通道的最小宽度 单位: m

布置方式	通道方式		
	维护通道	操作通道	通往防爆间隔通道
一面有开关设备时	1.0	1.5	1.2
两面有开关设备时	1.2	2.0	1.2

3. 变配电所的结构

变配电所各室的结构应考虑到各种电气设备的类型、数量、放置方式、进出线的方式和方向等因素, 并考虑到运行维护方便以及通讯、防火等问题和将来的发展。

(1) 变压器室的结构

a. 变压器室的最小尺寸应根据变压器外形尺寸确定。变压器外壳与变压器四壁的距离应不小于表 6-48 所规定的数值。

表 6-48 变压器外壳与变压器四壁的最小距离 单位:m

变压器容量	320kVA 以下	400~1 000kVA	1 250kVA 以上
至后壁和侧壁净距	0.6	0.6	0.6
至大门净距	0.6	0.8	1.0

b. 变压器室大门尺寸按变压器推进面的外壳尺寸加上 0.5m 考虑。通风窗应分别设在变压器室的上下方,并应有防止雨、雪和小动物进入的网栅。

c. 变配电所装有两台三相变压器时,每台变压器应单独安装在变压器室内。

d. 变压器室的建筑属一级耐火等级建筑物,门窗材料应满足相应的防火要求。

(2) 配电室的结构

a. 配电室长度大于 7m 时应设两个门,长度超过 60m 时应在中间增加一个门。门向外开。

b. 配电室允许天然采光和自然通风,但要有防止雨、雪和小动物进入的措施。

c. 配电室应满足耐火等级。高压配电室应不低于二级,低压配电室应不低于三级。

d. 配电室内不应有与配电无关的管道通过,电缆出入口要密封。

第六节 供电系统二次回路电路图

二次回路也称为二次接线,它是由二次设备所组成的电气连

接回路。其任务是通过一次回路的监察、测量来反映一次回路的工作状态,并控制一次回路,保证其安全、可靠、经济、合理地运行。为了掌握二次回路的工作原理和整个电气设备的安装情况,用国家规定的电气系统图形符号和相应的文字符号表示二次设备(继电保护、测量仪表、控制开关、信号器具、继电器及自动装置等)的互相连接安装的电路图,称为二次回路电路图。

二次回路电路图可分为原理图、展开图和安装接线图三种。

一、原理接线图

原理接线图简称原理图,是表示二次回路构成原理的最基本的图。在图上所有的继电器及各种电器是以整体形式的图形符号表示的,不画出其内部接线,只画出其接点,用直线画出它们之间的相互联系。在原理图中各开关电器和继电器触点都是按照它们的正常状态表示的。所谓正常状态,是指开关电器在断开位置、无外力作用和继电器线圈中没有电流时的状态。

原理接线图的特点是一、二次回路画在一起,对所有设备具有一个完整的概念,因而清楚、形象地表明了继电保护、信号系统和操作控制等的接线和动作原理。

阅读原理接线图的顺序是从一次接线看电流的来源;从电流互感器的二次侧看短路电流出现后,能使哪个电流继电器动作,该继电器的触点闭合(或断开)后,又使哪个继电器启动。这样依次看下去,直至看到使断路器跳闸并发出信号为止。

原理接线图绘出的是二次回路中主要元件的工作概况,对简单的二次回路可以一目了然。但由于对二次接线的某些细节表示的不够全面、没有元件的内部接线、没有元件的端子号码和回路标号、导线的表示也仅是一部分,并且只表示出直流电源的极性,所以在线路设备比较复杂时,绘图、读图都很麻烦,缺陷和错误也不易发现和寻找,也不便于施工。因此,原理图多用于继电保护和

自动装置的原理分析或作为二次回路设计的原始依据,而在实际工作中用得较多的是展开接线图。

二、展开接线图

展开接线图简称展开图,展开图和原理图是一种接线的两种表示方法。

1. 展开图的特点

① 能把二次回路的设备展开表示,即分成交流电流回路、交流电压回路、直流回路、信号回路。

② 将同一设备的线圈和接点分别画在所属回路内;属于同一回路的线圈和接点,按照电路通过的顺序依次从左向右连接,结果就形成各条独立的电路,即所谓展开图的“行”;各行又按照设备动作的先后,由上而下垂直排列。

③ 对于同一设备的线圈和接点采用相同的文字符号表示。同样设备不止一个,还需加上数字序号。

④ 展开图的右侧,对应于电路处通常有文字说明,以表明回路的作用,便于阅读。

2. 展开图的阅读

(1) 要学会阅读展开图需掌握以下知识:

① 要了解各种控制器和继电器的简单结构和动作原理。否则,就不知道这些电器在什么情况下动作,动作时有什么特点。

② 展开图中设备都有国家统一规定的标准图形符号和文字标号。只有了解电路图中所用设备的图形符号及文字标号,才能看懂展开图。

③ 展开图中所示继电器接点和电气设备辅助接点的位置都是“正常状态”,即继电器线圈内未通电流、断路器没有动作时所处的状态。因此,所谓常开接点,就是继电器在未通电时,其接点是打开的;而所谓常闭接点,就是继电器在未通电时,其接点是闭合

的。另外要注意,有的接点具有延时的性能,如 DS 型时间继电器、DZS 型中间继电器,它们动作时其接点要经过一段时间(一般不超过几秒)才闭合或断开,这种接点符号与一般瞬时动作的接点符号是有区别的,读图时要特别注意。

(2) 阅读展开图的顺序

① 先读交流电路后读直流电路;

② 直流电流的流通方向是从左到右,即从电源正极经触点到线圈再回到电源负极,故展开图各行是从左向右阅读;

③ 设备的动作顺序是从上到下,从左到右。故整个电路图从上到下阅读。

3. 展开图的回路标号

在二次回路展开图中,对各个回路要进行标号。一是便于了解该回路的用途和性质,二是根据标号能正确连接,以便于安装施工和运行检修。

三、安装接线图

安装接线图中,各种仪表、电器、继电器及连接导线等,都必须按照它们的实际图形、位置和连接关系绘制。安装接线图包括屏面布置图、屏背面接线图和端子排图。

1. 屏面布置图

屏面布置图表示屏上设备的布置情况,要求按实际尺寸照一定的比例绘制,供屏面开孔及安装设备时用。

当工业企业变配电所在配电装置上采用就地控制方式时,控制设备和保护设备均装设在配电装置上,不另设控制屏和继电器屏。只有在采用复杂的继电保护,继电器在配电盘上布置不下时,才设继电器屏。同时在值班室内设置中央信号箱,监视运行情况。采用在控制室内集中控制方式时,控制室内应设置控制屏、继电器屏及中央信号屏。

二次设备的布置、排列应按照一定的顺序,例如国家标准规定:在继电器屏上,调整、检查工作较少的继电器布置在屏的上部,较多的布置在中部。一般按如下次序由上至下排列:电流、电压、中间、时间继电器等布置在屏的上部;方向、差动、重合闸继电器等布置在屏的中部;下部放置调试工作量较大的继电器及试验部件和连接片。在控制屏上,一般把电流表、电压表、频率表和功率表放在屏的上部位置,指示器、信号灯和控制开关等放在屏的中部位置。

2. 屏背面接线图

屏背面接线图是在屏上配线时所必需的图纸,也是施工和运行中的参考图。它标明了屏上各设备在屏背面引出端子间以及与端子排间的连接情况。

屏背面接线图是设想将屏的立体结构从屏背面向上和左右展开为屏背面、屏左侧、屏右侧、屏顶四部分绘制而成的平面图。

(1) 屏背部分,用来安装各种控制和保护设备。如仪表、控制开关、信号设备及继电器等。

(2) 屏侧部分,用来安装端子排(分右侧端子排和左侧端子排)。

(3) 屏顶部分,用来装设各种小母线、熔断器、附加电阻、小闸刀、警铃和蜂鸣器等,以便于操作和调整。小母线应按有关电气设计技术规程规定涂色,以判别小母线的性质和用途。

设备的接线柱编号必须正确;每个设备旁写明其型号和设备标志符号。屏背面接线图仅表示其电路的连接,所以只需表示出设备的相对位置,设备本身及设备间距离尺寸不必按比例画出。

3. 端子排图

端子排图是表示屏上需要装设的端子排数目、类型、排列次序以及屏上设备与屏顶设备、屏外设备连接情况的图纸。

第七节 继电保护

一、继电保护的功用和对它的基本要求

1. 继电保护概述

当某一设备或某一线路发生故障时,为了防止系统内事故扩大,保证非故障部分仍能连续供电,以及维持系统运行的稳定性,切除故障的时间必须是很短的,有时甚至要求短到百分之几秒(即几个周波),在这样短的时间内,要求运行值班人员及时发现故障,并将故障设备切除是不可能的。完成这种任务,只有靠装在每个电气设备和线路上具有保护作用的自动装置,即继电保护装置来完成。

继电保护装置是用来保护电力系统主要设备,反映电力系统电气设备发生的故障或不正常工作情况,而作用于断路器跳闸或发出信号的自动装置。

2. 继电保护的任務

① 当供、配电系统中被保护设备发生故障时,保护装置能自动发出指令,通过断路器将故障设备从系统中切除,以保证其他非故障部分的继续运行和防止故障设备进一步损坏。

② 当系统出现不正常运行状态时,保护装置能发出信号,以便使值班人员采取必要的措施,或过一段时间后切除故障设备。

③ 实现系统自动化和远动化,以及工业生产的自动控制。如继电保护与自动重合闸等自动装置配合工作,可使发生非永久性故障的设备恢复正常运行,从而提高系统供电的可靠性;当正常供电的电源因故突然中断时,通过继电保护和自动装置还可以迅速投入备用电源,使重要设备能继续获得供电。

3. 继电保护的基本要求

对继电保护装置在技术上有五个基本要求,简称“五性”:

① 可靠性。要求保护装置在需要它动作时能可靠地动作,不发生拒动。

② 安全性。要求保护装置在不需要它动作时可靠地不动作,不发生误动。

③ 选择性。要求继电保护在可能的最小范围内有选择性地切除故障,保证非故障部分继续运行。基本原则为上级与下级保护之间对所有故障都必须在灵敏度与动作时间上同时严格配合。

④ 灵敏性。要求保护装置对在保护范围内发生故障和正常时的电气量变化有一定的反应能力,以灵敏系数表示。

⑤ 速动性。要求继电保护在可能的最短时限切除故障或排除异常情况,限制故障扩大,减轻设备损伤。

4. 继电保护装置的灵敏系数

保护装置的灵敏系数,应根据不利的运行方式和故障类型进行计算,必要时,还应计及短路电流衰减的影响。

常见的不利运行方式,系指正常不利运行方式和一条线路或一台电力设备检修的运行方式。

灵敏系数的定义如下:

反映故障时参量增加而动作的保护装置的灵敏系数为

$$\text{灵敏系数} = \frac{\text{保护区内金属性短路时故障参量的最小计算值}}{\text{保护装置的动作值}}$$

反映故障时参量降低而动作的保护装置的灵敏系数为

$$\text{灵敏系数} = \frac{\text{保护装置的动作值}}{\text{保护区内金属性短路时故障参量的最大计算值}}$$

各类保护装置的灵敏系数,不宜低于表 6-49 所列数值。

表 6-49 继电保护最小灵敏系数

保护类型	组成元件	灵敏系数	备注
电流电压保护	电流元件和电压元件	1.5	个别情况下,灵敏系数可为 1.25
距离保护	任何类型的启动元件	1.5	线路末端短路电流应为阻抗元件精确工作电流的 1.5 倍以上
	第二段距离元件	1.25	
平行线路的横联差动方向保护和电流平衡保护	电流和电压启动元件	$\frac{2.0}{1.5}$	分子表示线路两侧均未断开前,其中一侧保护按线路中点短路计算的灵敏系数,分母表示一侧断开后,另一侧保护按对端短路计算的灵敏系数
中性点非直接接地电力网中的单相接地保护	零序电流元件	$\frac{1.5}{1.25}$	分子适用于架空线路的保护 分母适用于电缆线路的保护
	零序方向元件	2.0	
变压器、电动机和线路的纵联差动保护	差电流元件	2.0	
变压器和电动机的电流速断保护	电流元件	2.0	按保护安装处短路计算
后备保护	电流电压及阻抗元件	1.2	按相邻电力设备和线路末端短路计算

二、常用的保护继电器

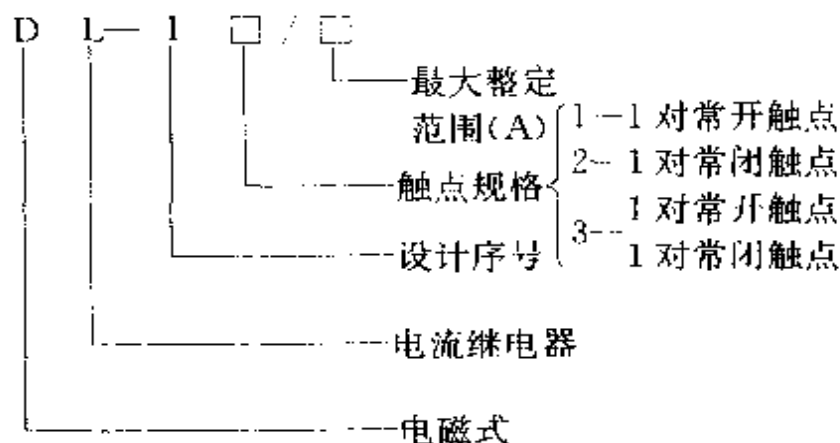
工业企业继电保护常用的保护继电器有电磁式电流继电器,时间继电器,中间继电器,信号继电器,电压继电器,感应式电流继电器等。

1. 电磁式电流继电器

这种继电器动作极其迅速,几乎是瞬时动作,常利用它对电流变化非常灵敏的特性,在继电保护中作启动元件。

(1) 型号、基本结构和技术参数

电磁式电流继电器的型号含义如下:



DL-10系列继电器的基本结构见图6-50。主要技术数据见表6-50。

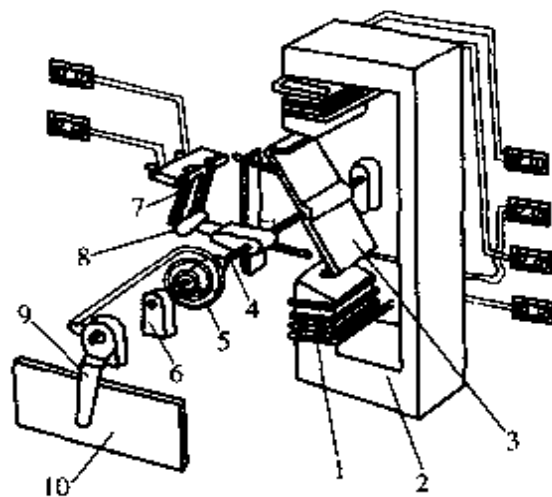


图6-50 DL-10系列电流继电器的内部结构

1. 线圈 2. 电磁铁 3. 钢舌片 4. 继电器轴 5. 反作用弹簧
6. 轴承 7. 静触点 8. 动触点 9. 继电器启动电流调节转杆
10. 标度盘(铭牌)

表 6-50 DL-10 系列电磁式电流继电器主要技术数据

型 号	整定范围 (A)	线圈串联(A)		线圈并联(A)		在第一整 定电流时 消耗的功 率(W)	接触点 规格		
		动作电流	热稳定性		动作电流			热稳定性	
			长期	1s				长期	1s
DL11/0.2 DL12/0.2 DL13/0.2	0.05~ 0.2	0.05~ 0.1	0.3	12	0.1~ 0.2	0.6	24	0.1	1 常开 1 常闭 1 常开 1 常闭
DL11/0.6 DL12/0.6 DL13/0.6	0.15~ 0.6	0.15~ 0.3	1	45	0.3~ 0.6	2	90	0.1	1 常开 1 常闭 1 常开 1 常闭
DL11/2 DL12/2 DL13/2	0.5~2	0.5~1	4	100	1~2	8	200	0.1	1 常开 1 常闭 1 常开 1 常闭
DL11/6 DL12/6 DL13/6	1.5~6	1.5~3	10	300	3~6	20	600	0.1	1 常开 1 常闭 1 常开 1 常闭
DL11/10 DL12/10 DL13/10	2.5~10	2.5~5	10	300	5~10	20	600	0.15	1 常开 1 常闭 1 常开 1 常闭
DL11/20 DL12/20 DL13/20	5~20	5~10	15	300	10~20	30	600	0.25	1 常开 1 常闭 1 常开 1 常闭
DL11/50 DL12/50 DL13/50	12.5~50	12.5~25	20	450	25~50	40	900	1	1 常开 1 常闭 1 常开 1 常闭

续 表

型 号	整定范围 (A)	线圈串联(A)			线圈并联(A)			在第一整 定电流时 消耗的功 率(VA)	触点 规格
		动作电流	热稳定性		动作电流	热稳定性			
			长期	1s		长期	1s		
DL11/100 DL12/100 DL13/100	25~100	25~50	20	450	50~100	40	900	2.5	1 常开 1 常闭 1 常开 1 常闭
DL11/200	50~200	50~100	20	450	100~200	40	900	10	1 常开
DL13/0.05	0.0125 ~0.05	0.0125~ 0.025	0.08	3.2	0.025~ 0.05	0.16	6.4	0.1	1 常闭 1 常开

(2) 工作原理(见图 6-50)

当继电器线圈 1 通过电流时,电磁铁 2 中产生磁通,力图使 Z 形的钢舌片 3 向凸出磁极偏转。与此同时,轴 4 上的反作用弹簧 5 又力图阻止钢舌片 3 偏转。当继电器线圈中的电流增大到使钢舌片所受的转矩大于弹簧的阻力矩时,钢舌片便被吸近磁极,使常开触点闭合,常闭触点断开,这就叫做继电器动作(或启动)。

(3) 技术参数

继电器线圈中使继电器动作的最小电流,叫做继电器动作电流,用 I_{dz} 表示。

在继电器动作后,减小线圈电流到一定值时,钢舌片在弹簧作用下返回起始位置。

继电器线圈中使继电器由动作状态返回起始位置的最大电流,叫做继电器的返回电流,用 I_f 表示。

继电器返回电流与动作电流的比值,称为继电器的返回系数,用 K_f 表示,即

$$K_f = \frac{I_f}{I_{dz}}$$

对于过电流继电器, K_f 总是小于1的。 K_f 越接近1,继电器越灵敏,一般返回系数为0.7~0.85。

(4) 电流调节

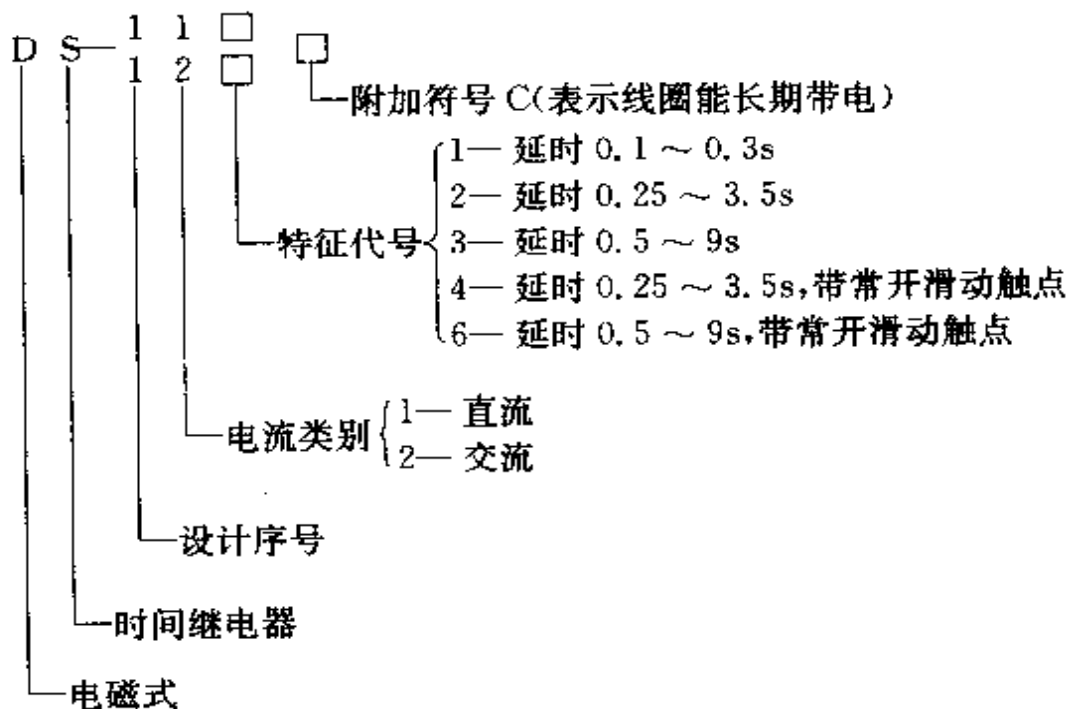
电磁式电流继电器的动作电流有两种调节方法。一种是平滑调节,即拨动图6-50中的调节转杆9来改变弹簧5的阻力矩。另一种是级进调节,即利用线圈1的串联或并联。当线圈由串联改为并联时,动作电流将增加一倍。反之,当线圈由并联改为串联时,动作电流将减小一半。

2. 电磁式时间继电器

它在继电保护装置中,使被控元件的动作获得一定的延时。

(1) 型号、基本结构和技术参数

电磁式时间继电器的型号含义如下:



常用的 DS - $\frac{110}{120}$ 系列电磁式时间继电器的基本结构如图

6-51所示,其技术数据见表6-51。

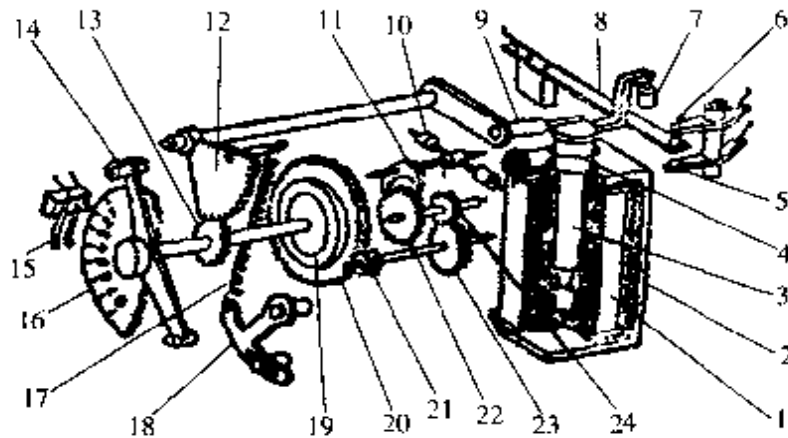


图 6-51 DS ¹¹⁰/₁₂₀ 系列时间继电器的内部结构

1. 线圈 2. 电磁铁 3. 可动铁心 4. 返回弹簧 5、6. 固定瞬时触点
7. 绝缘杆 8. 可动瞬时触点 9. 压杆 10. 平衡锤 11. 摆动卡
12. 扇形齿轮 13. 传动齿轮 14. 动主触点 15. 静主触点 16. 标度盘
17. 拉引弹簧 18. 弹簧拉力调节器 19. 摩擦离合器 20. 主齿轮
21. 小齿轮 22. 掣轮 23、24. 钟表机构的传动齿轮

表 6-51 DS-¹¹⁰/₁₂₀ 系列时间继电器主要技术数据

型 号	时间整定范围(s)	额定电压(V)	电流种类
DS-111C DS-112C DS-113C	0.1~1.3 0.25~3.5 0.5~9	24、48、110、220	直流
DS-111 DS-112 DS-113	0.1~1.3 0.25~3.5 0.5~9	24、48、110、220	直流
DS-121 DS-122 DS-123	0.1~1.3 0.25~3.5 0.5~9	100、110、127、220、380	交流
DS-115 DS-116	0.25~3.5 0.5~9	24、48、110、220	直流
DS-125 DS-126	0.25~3.5 0.5~9	100、110、127、220、380	交流

(2) 工作原理

当继电器的线圈通电时(参看图 6-51),铁心被吸入,使被挡住的一套钟表机构释放,同时换接瞬时触点,在拉引弹簧的作用下,经过整定时间,使主触点闭合。

继电器的时延(从线圈通电的瞬间起,到主触点闭合的一段时间),可借改变静、主触点的位置来调整。调整时间的范围,在标度盘上标出。

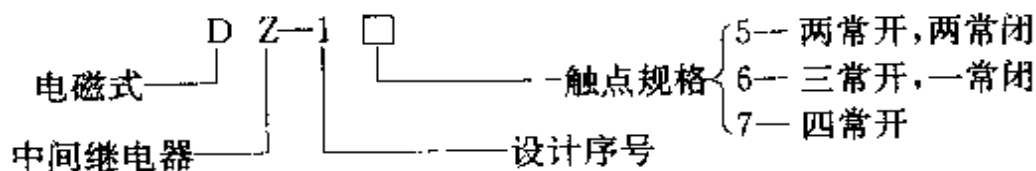
当继电器的线圈断电时,继电器在弹簧的作用下返回起始位置。

时间继电器的线圈通常不按长期接通额定电压来设计。因此,凡要长期接入电压的时间继电器,如 DS-111C、112C、113C 等型,应在时间继电器动作后,利用其常闭的瞬时触点的断开,使其线圈内串加电阻,以限制线圈的电流。

3. 电磁式中间继电器

用于各种保护和自动装置的交、直流电路作为辅助继电器,以弥补主继电器触点数量或触点容量的不足。

电磁式中间继电器的型号含义如下:



常用的 DZ-10 系列中间继电器的基本结构,如图 6-52 所示,其主要技术数据见表 6-52。

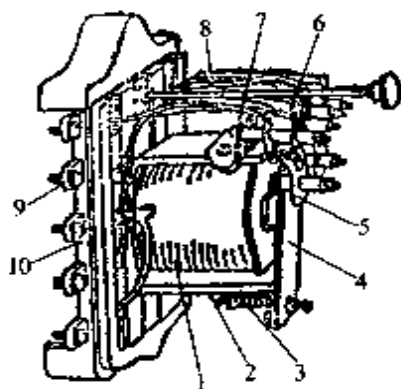


图 6-52 DZ-10 系列中间继电器的内部结构

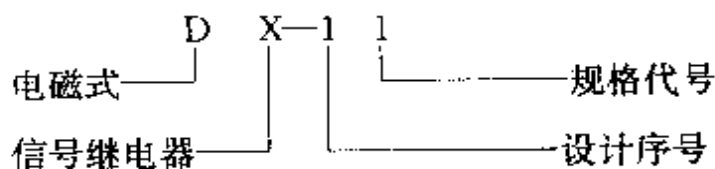
1. 线圈 2. 电磁铁 3. 弹簧 4. 衔铁 5. 动触点
6、7. 静触点 8. 接线 9. 接线端 10. 底座

表 6-52 DZ-10 系列中间继电器主要技术数据

技术数据							接点容量					
型号	额定电压 (V)	动作电压 (V) 不大于	返回电压 (V) 不小于	动作时间 (s) 不大于	功率消耗 (W) 不大于	接点数量		负荷	电压 (V)		最大断开电流 (A)	长期接通电流 (A)
						常开	常闭		直流	交流		
DZ-15	直 12 流 24 110 220	70%	2%	0.05	7	2	2	无感	220		1	5
							110			5		
DZ-16						3	1	有感 $T \leq 5 \times 10^{-3} s$	220		0.5	
									110		4	
DZ-17	4	0				220		5				
								110		10		

4. 电磁式信号继电器

它在保护装置中的作用是给出指示信号,故又称指示继电器。电磁式信号继电器的型号含义如下:



常用的 DX-11 型电磁式信号继电器的内部结构示意图见图 6-53,其主要技术数据见表 6-53。

工作原理如图 6-53 所示,正常状态下,继电器的信号牌被支持在衔铁上面。当线圈通电时,衔铁被吸向铁心而使信号牌落下,同时带动转轴旋转 90°,使固定在转轴上的动触点与静触点接通,从而接通信号回路,给予音响或灯光信号。要使信号停止,可旋

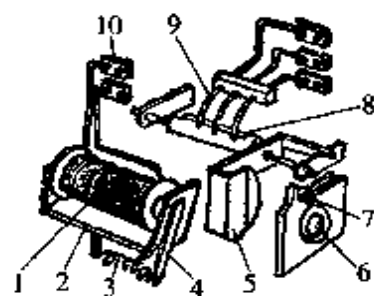


图 6-53 DX-11 型信号继电器的内部结构

1. 线圈 2. 电磁铁 3. 弹簧
4. 衔铁 5. 信号牌 6. 观察玻璃窗口 7. 复位旋钮 8. 动触点 9. 静触点 10. 接线端

动复位旋钮,断开信号回路。

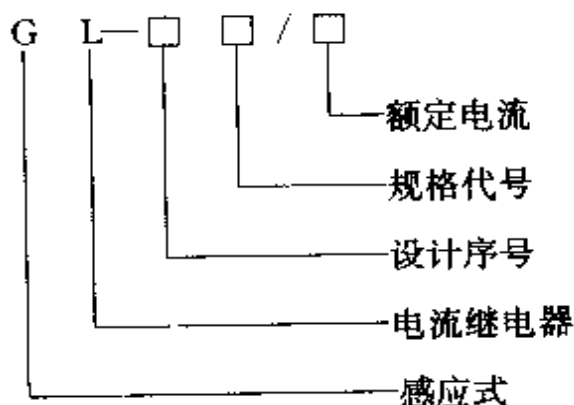
表 6-53 DX-11 信号继电器主要技术数据

电 流 型 继 电 器					电 压 型 继 电 器				
额定 电流 (A)	长期 电流 (A)	动作 电流 (A)	线圈 电阻 (Ω)	消耗 功率 (W)	额定 电压 (V)	长期 电压 (V)	动作 电压 (V)	线圈 电阻 (Ω)	消耗 功率 (W)
0.01	0.03	0.01	2 200	0.3	220	242	132	24 400	2
0.015	0.045	0.015	1 000		110	121	66	7 500	
0.025	0.075	0.025	320		48	53	29	1 440	
0.05	0.15	0.05	70		24	26.5	14.5	360	
0.075	0.225	0.075	30		12	13.5	7.5	87	
0.1	0.3	0.1	18						
0.15	0.45	0.15	8						
0.25	0.75	0.25	3						
0.5	1.5	0.5	0.7						
0.75	2.25	0.75	0.35						
1	3	1	0.20						

5. 感应式电流继电器

它兼有电磁式电流继电器、时间继电器、中间继电器和信号继电器的作用,故使用它可以简化继电保护装置。这种继电器广泛应用于工业企业供电系统中。

(1) 感应式电流继电器的型号含义如下:



常用的 GL- $\frac{10}{20}$ 系列感应式电流继电器的内部结构见图 6-54, 其主要技术数据见表 6-54。

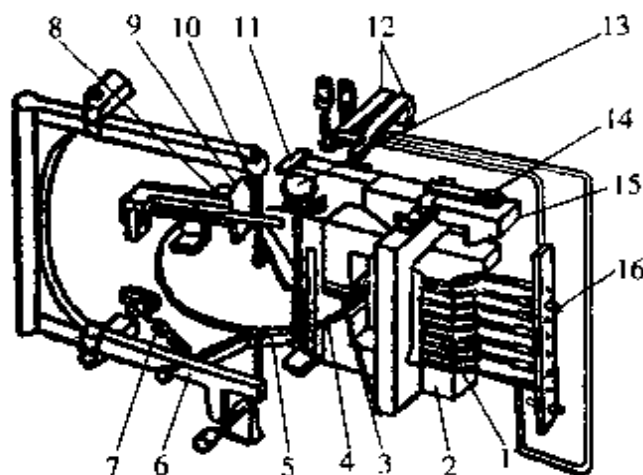


图 6-54 GL- $\frac{10}{20}$ 系列感应式电流继电器的内部结构

1. 线圈 2. 电磁铁 3. 短路环 4. 铝盘 5. 钢片 6. 框架 7. 调节弹簧
8. 制动永久磁铁 9. 扇形齿 10. 蜗杆 11. 扁杆 12. 继电器触点
13. 调节时限螺钉 14. 调节速断电流螺钉 15. 衔铁 16. 调节动作电流的插销

表 6-54 GL- $\frac{10}{20}$ 系列感应式电流继电器的主要技术数据

型 号	额定 电流 (A)	整 定 值		瞬动 电流 倍数	返回 系数
		动作电流(A)	10倍动作电 流时的动作 时间(s)		
GL-11/10-21/10	10	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	0.5, 1,	2~8	0.85
GL-11/5-21/5	5	2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5	2, 3, 4		
GL-12/10-22/10	10	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	2, 4, 8		
GL-12/5-22/5	5	2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5	12, 16		
GL-13/10-23/10	10	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	2, 3, 4		0.8
GL-13/5-23/5	5	2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5			
GL-14/10-24/10	10	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	8, 12, 16		
GL-14/5-24/5	5	2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5			
GL-15/10-25/10	10	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	0.5, 1		
GL-15/5-25/5	5	2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5	2, 3, 4		
GL-16/10-26/10	10	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	8, 12, 16		
GL-16/5-26/5	5	2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5			

(2) 动作特性:感应式电流继电器由两组元件构成(见图 6-54),一组是动作时间特性为“有限反时限”的感应元件。另一组是动作时间特性为“瞬时”(速断)的电磁元件。当继电器线圈中的电流不很大时,感应元件的动作时限与电流的平方成反比。线圈中的电流越大,铝盘转矩越大,转速越高,动作时限越短,这就是“反时限特性”,如图 6-55 所示曲线的 *ab* 段。

随着线圈电流的增大,铁心中的磁通逐渐达到饱和状态。这时尽管线圈电流增大,但作用于铝盘的转矩不增大,从而使动作时限也恒定不变。这一阶段的动作特性,叫做“定时限特性”,如图 6-55 所示曲线的 *bc* 段。

当线圈电流增大到速断电流时,电磁元件瞬时动作。这一阶段的动作特性,叫做“速断特性”,如图 6-55 所示曲线 *c'd* 的段。

GL- $\frac{10}{20}$ 系列继电器的这种有一定限度的反时限特性,总称为“有限反时限特性”。

(3) 动作调节:继电器感应元件的动作电流,可利用图 6-54 中的插销 16 改变线圈 1 的抽头(即匝数),来进行级进调节(粗调),也可以用改变框架弹簧 7 的拉力来进行平滑调节(细调)。

电磁元件的速断电流,可用螺钉 14 改变衔铁 15 与电磁铁 2 之间的气隙来调节。气隙越大,速断电流越大。

一般在调节螺钉 14 上标明的是动作电流倍数,即速断电流与整定的感应元件动作电流的比值。由于用螺钉调节气隙,准确度不高,而且衔铁不够灵敏,因此返回系数较低。

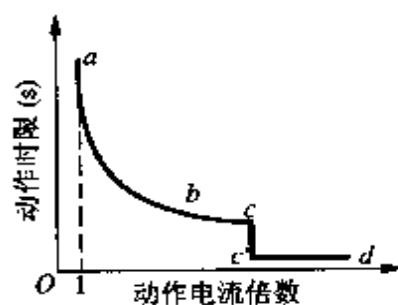


图 6-55 GL- $\frac{20}{10}$ 系列感应式
电流继电器的动作特性曲线

ab—反时限特性
bc—定时限特性
c'd—速断特性

感应元件的动作时限,可用螺杆 13 来改变挡板的位置,即改变扇形齿轮顶杆行程的起点,而使继电器的动作特性曲线上下移动。需注意,继电器时限调整螺杆的刻度尺,是以 10 倍整定电流的动作时限来标度的。其他电流值对应的实际动作时限,可从对应的动作特性曲线查得。

三、操作电源

操作电源是用来对断路器的分合闸回路、继电保护装置及其他控制、信号回路供电的电源。操作电源应能保证在正常情况下和事故发生的情况下不间断供电,当电网发生故障时,能保证继电保护和断路器可靠地动作,以及当断路器合闸时有足够的容量。一般操作电源分直流和交流两种。

1. 直流操作电源

直流操作电源过去一般均采用蓄电池加整流充电方式运行的充电机组,现在逐步被硅整流器所代替。但是仅采用硅整流器得到的直流电源,当电网发生故障时,因引起交流电源电压下降,而使直流电压也相应下降,造成继电保护装置不能动作。为了在电压下降时给予补偿,目前,在 35kV 总降压变配电所中,已广泛地采用硅整流器配合电容储能装置或复式整流装置的直流操作电源。实践证明,这两种操作电源投资少,设备简单,维护方便,基本上可以满足工矿变配电所操作方面的要求。

上述两种整流式直流电源,在系统正常运行时均由整流器供电。当系统发生故障时,交流电源电压大大降低,甚至消失,电容储能装置则利用电容器所储存的电能使开关自动跳闸。

下面对电容储能跳闸装置作简单的介绍。带电容储能装置的直流操作电源系统如图 6-56 所示。硅整流器 I 为合闸用的整流装置。因为断路器电磁操作机构的合闸功率很大,所以整流式直流电源系统中应装设合闸整流装置。在硅整流器 II 发生故障时,

它可以直接向控制母线供电。硅整流器Ⅱ只供给控制、保护及信号电源,不考虑合闸,在工矿企业中一般设计时选用 20A 的成套整流装置,直流电压为 220V。

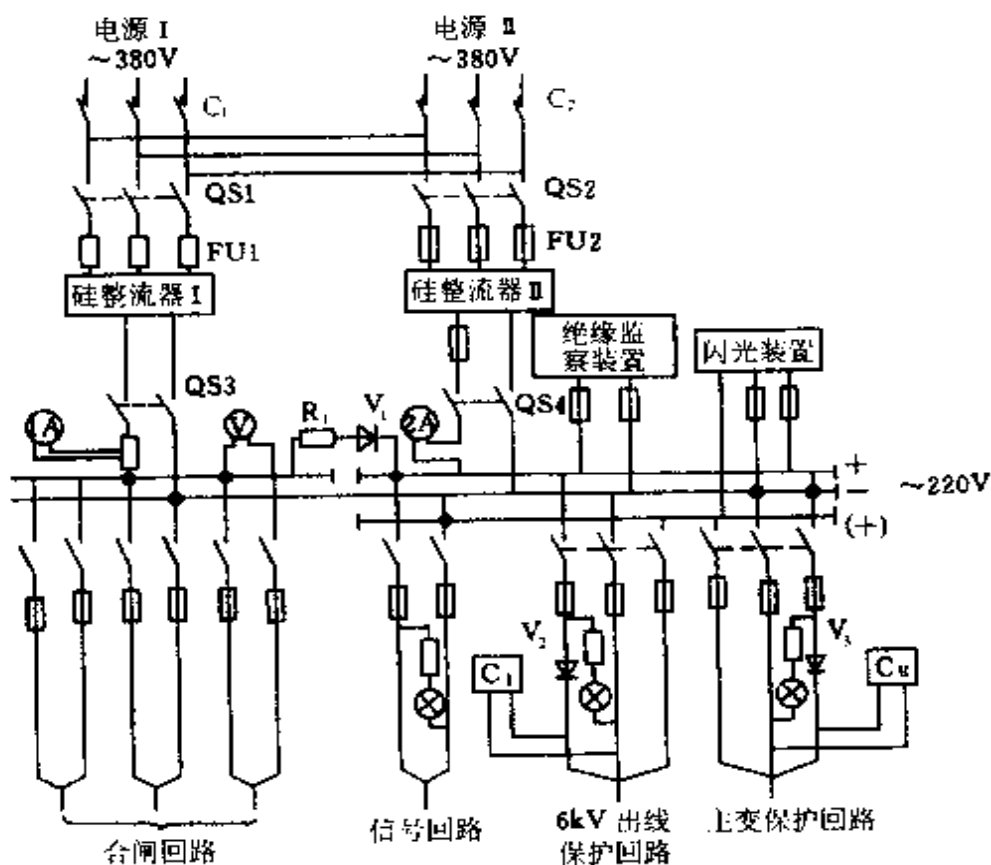


图 6-56 带电容储能装置的直流系统

在正常情况下两台硅整流器同时运行。为了避免在合闸操作或合闸回路断路时大电流通过硅整流器Ⅱ而造成破坏,所以一般均装设了逆止元件硅二极管 V1。

当电力系统发生短路故障时,直流电压因交流电源电压下降也相应下降,此时利用并联在保护回路中的电容器 C₁ 和 C₂ 所储存的能量来驱动继电保护并使断路器跳闸。

应该注意:

- ① 采用电容器储能措施以后,各断路器的直流控制系统中的

信号灯应分开由信号回路供电,使这些元件不消耗电容器的储电能量。在保护回路中装设逆止元件 V2 和 V3 的目的是为了当电源电压降低时,使电容的放电作用仅用来保护回路的电压,而不向其他与保护元件无关的元件放电。

② 若 6~10kV 出线发生故障,保护装置动作,但因断路器机构失灵而拒绝动作,由于跳闸回路长时直接通,电容器所储存的能量很快就消耗掉,以致引起后备作用的上一级保护装置(例如主变压器的过电流保护装置)无法进行动作。因此应将 6kV 或 10kV 出线断路器的保护电源与上一级断路器的保护电源分开。两个逆止元件(V2 和 V3)和两组电容器 C_I 和 C_{II} 分别接在两个保护回路中,使其分开供电,互相不影响。

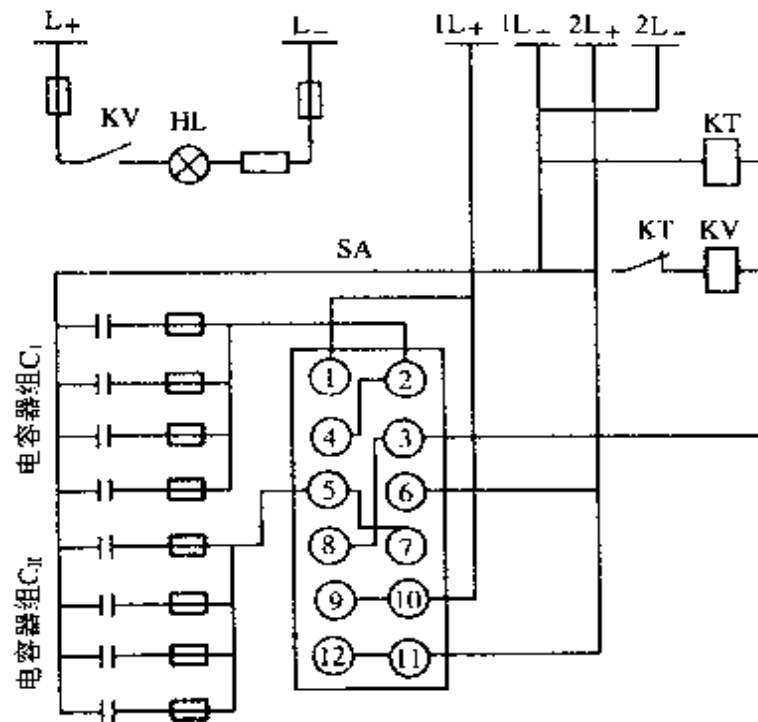
③ 若高压电动机低电压保护时限长(最长达 9~10s),需要同时跳闸的台数多,都由接在保护回路内的总电容器来供给操作电源,在技术上是无法做到的。因此对每个电动机的出线断路器都要装设跳闸专用电容器。

电容器储能装置中所采用的电容器,是电解电容器。由于电解电容器比较容易损坏(一般都是内部脱焊断路),因此当其损坏时电容器组的总电容量会逐渐下降,致使整个保护回路失去电压补偿作用,所以应该装设检查装置,以便定期检查。简易的测定电容器检查装置如图 6-57 所示。

当运行中的电容器与时间继电器 KT 接通后,立即通过 KT 放电,经过一定延时后 KT 接点闭合。此时如果电容器的线压大于电压继电器 KV 的整定值,KV 的启动接通指示灯 HL,HL 燃亮,则证明电容器的储电量满足正常要求。如线压小于 KV 的整定值,KV 不动作,HL 不亮,则表明电容量已降低,此时应该逐个检查并更换损坏了的电容器。

变配电所中带电容储能装置的直流系统一般采用两组电容器,但在检查装置时可以共用一套。正常运行时,两组电容器分别

接在两个保护回路中。当对电容器 C_{II} 进行检查时,通过转换开关 SA 将两个保护回路暂时合并共用 C_{II} 。反之,检查 C_I 时则共用 C_I 。在检查过程中,不考虑在此期间内恰好发生事故而断路器机构又失灵的情况。



SA 开关接点表

LW2-5·5·5/F4-X										
手柄和接点组型式	F4·X	5		5		5		5		
接点号		1-2	2-3	1-4	5-6	6-7	5-8	9-10	10-11	9-12
位置		1	2	1	5	6	5	9	10	9
检查 C_I	←		×			×			×	
工作	↑	×			×			×		
检查 C_{II}	→			×			×			×

图 6-57 电容器检查装置

继电器的整定按以下原则进行:首先确定时间继电器 KT 的整定值,一般为 1.5~2s,然后将电压继电器 KV 的整定值由小到

大调整,直到调整到 KV 不动作,就整定在比此值小 5~10V 处。

在整流式直流操作电源系统中,整流装置的交流侧电源应可靠、灵活。便于恢复供电,一般情况下应有两个独立电源。交流侧电源的具体接线方式,可以根据变配电所的具体情况来决定。

对于具有双电源、电压为 35kV 的总降压所,可以在电源进线断路器前装一台三相 50kVA、3.5/0.4kV 变压器作为主要供电电源,把接在 6~10kV 母线上的所用变压器作为备用电源。两个电源在低压侧可利用接触器进行自动切换。但应该注意:由于相位不同,不应使两台变压器低压侧有并联运行的现象出现。

对于双电源 6~10kV 的变配电所,可以在进线断路器前装设两台所用变压器作为交流供电电源(能进行自动切换)。这种接线方式,能满足进线断路器合闸的要求。对于 6~10kV 变配电所,可以直接由接在母线上的电力变压器供电。这种接线方式在变配电所全部停电后又恢复供电时,进线断路器电磁操作机构可用人工无载合闸。

运行经验证明,硅整流器较为可靠,不易发生故障,因此对于一些次要的中小型变配电所,可以采用单台硅整流器方案的电容储能直流操作电源。

2. 交流操作电源

交流操作电源投资少、成本低而且交流操作电源接线简单、便于操作管理,因此在中小型变配电所中被广泛采用。

交流操作电源可以取自电压互感器或电流互感器。

电压互感器二次侧安装一台 100/200V 的隔离变压器,就可以取得供给控制和信号回路的交流操作电源。但必须注意:断路保护装置的操作电源不能取自电压互感器。因为当发生短路时,母线上的电压显著下降,以致加到断路器跳闸线圈上的电压不能使操作机构动作,只有在发生故障或异常运行状态、母线电压无显著变化的情况下,保护装置的操作电源,才可以由电压互感器供

给,例如中性点不接地系统中的单相接地保护。

对于短路保护的保护装置,其交流操作电源取自电流互感器。在短路时短路电流本身就可以用来使断路器跳闸。

目前广泛采用的交流操作继电保护接线方式有以下几种:

(1) 直接动作的接线方式

直接动作的接线方式如图 6-58 所示。这种接线方式的特点是利用操作机构内的过流脱扣器直接动作于跳闸,不需要另外装设继电器,设备少、接线简单、易操作。但由于目前只生产 T1—6 型瞬时过电流脱扣器,所以这种接线方式只能适应于无时限过电流保护及电流速断保护。

(2) 利用继电器常闭接点分流跳闸线圈的接线方式

这种接线方式如图 6-59 所示。在正常情况下,继电器的常闭接点将跳闸线圈短接。短路时继电器动作,其常闭接点断开,于是电流互感器的二次侧短路电流全部流入跳闸线圈而使其动作。

这种接线方式简单、经济,但是继电器接点的容量要足够大,因为要用它来断开反映到电流互感器二次侧的短路电流。工矿企业中一般采用 KA—15、KA—16 型过电流继电器,就能满足要求(在电流不大于 150A 的情况下,继电器接点可以将这个电路分流接通与分流断开)。当继电器启动后,由于接入跳闸线圈,电流互感器的负载急剧增加,其误差增大,但只要二次侧电流仍能保持继电器的动作状态并能够使跳闸线圈可靠地动作,即使误差大也是

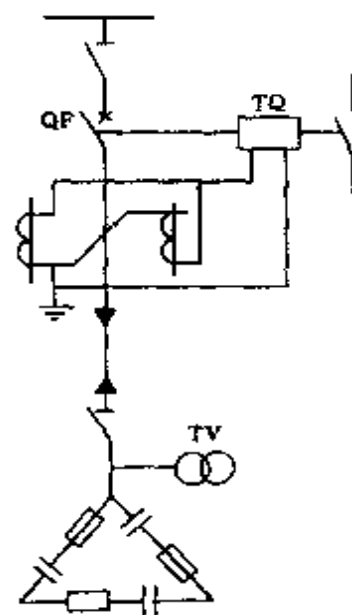
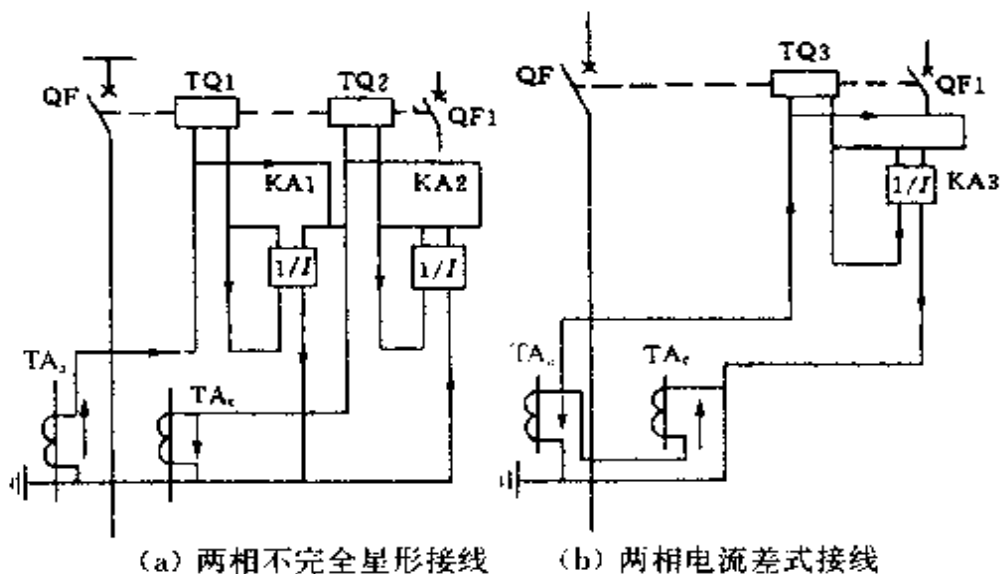


图 6-58 直接利用 T1—6 型过电流脱扣器原理图

QF—断路器;
TQ—跳闸线圈;
TV—放电用电压互感器

允许的。



(a) 两相不完全星形接线 (b) 两相电流差式接线
图 6-59 反时限过流保护的动作用原理
QF—高压断路器 QF1—断路器的辅助接点 TA_a、TA_c—电流互感器
KA1、KA2、KA3—感应式电流继电器 TQ1、TQ2、TQ3—跳闸线圈

第八节 工业企业电力线路

电力线路是电力系统的重要组成部分,担负着输送和分配电能的重要任务。

电力线路按电压高低分为高压线路(1kV 以上)和低压线路(1kV 以下)。按结构形式分为架空线路、电缆线路和户内配电线路。

一、架空配电线路

架空配电线路分为输电线、高压配电线和低压配电线三种。

电力网中,从发电厂将电能输送到变电所的高压架空电力线叫做输电线;电压等级一般为 35kV 及以上。

从变电站将电能送至配电用变压器的架空(或电缆)电力线,叫做高压配电线;电压等级一般为 10kV、6kV。

从配电变压器将电能送至各个用电点的低压电力线,称为低压配电线,按我国标准其电压等级一般为 0.38kV、0.22kV。

1. 架空线路导线允许的最小截面

架空线路导线截面的最小允许值见表 6-55。

表 6-55 架空线路导线最小允许截面 单位:mm

导线种类	35kV 线路	3~10kV 线路		3kV 以下线路
		居民区	非居民区	
铝绞线及铝合金线	35	35	25	16
钢心铝绞线	35	25	16	16
铜线		16	16	10(线径 3.2mm)

注:① 居民区指厂矿地区、港口、码头、火车站、城镇及乡村等人口密集地区。

② 非居民区指居民区以外的地区。此外,虽有车辆、行人或农业机械到达但未建房屋或房屋稀少地区,亦属非居民区。

2. 接户线导线允许的最小截面

所谓接户线,即是从低压电力线路到用户室外第一个支持点的一段线路,或由一个用户接到另一用户的架空线路(或电缆)。

接户线导线截面的最小允许值见表 6-56。

表 6-56 接户线导线截面的最小允许值

敷设方式	档 距(m)	最 小 截 面(mm ²)	
		绝缘铝线	绝缘铜线
自电杆引下	<10	4.0	2.5
	10~25	6.0	4.0
沿墙敷设	≤6	4.0	2.5

注:接户线档距不宜大于 25m,如有超过宜增设接户杆。

3. 架空配电线路的安全距离

架空配电线路与建筑物之间的允许最小距离见表 6-57。

表 6-57 导线与建筑物间的最小距离 单位:m

线路经过地区	线路电压(kV)		
	35	3~10	<3
导线跨越建筑物垂直距离(最大计算弧垂)	4.0	3.0	2.5
边导线与建筑物水平距离(最大计算风偏)	3.0	1.5	1.0

注:架空线路不应跨越屋顶为易燃材料的建筑物,对其他建筑物也应尽量不跨越。

架空配电线路与地面的最小距离见表 6-58。

表 6-58 导线与地面的最小距离 单位:m

线路经过地区	线路电压(kV)		
	35	3~10	<3
居民区	7.0	6.5	6.0
非居民区	6.0	5.5	5.0
交通困难地区	5.0	4.5	4.0

架空配电线路与街道行道树间的最小距离见表 6-59。

表 6-59 导线与街道行道树间的最小距离 单位:m

线路电压(kV)	35	3~10	<3
最大计算弧垂情况下的垂直距离	3.0	1.5	1.0
最大计算风偏情况下的水平距离	3.5	2.0	1.0

4. 钢筋混凝土电杆

电杆按其在线路上所起的作用,可分为直线杆、转角杆、耐张杆、终端杆和分支杆等。

钢筋混凝土电杆主要技术数据见表 6-60。

表 6-60 环形预应力钢筋混凝土电杆规格及制造用料表

梢径 (mm)	底径 (mm)	杆长 (m)	配用钢筋 (mm)	许用弯矩 (kg·m)	重量 (kg)	耗用材料	
						水泥 400(m ³)	钢材 (kg)
100	160	6	8×Ø5	320	148	0.057	8.07
100	180	6	8×Ø5	360	160	0.062	8.15
120	214	7	8×Ø6	550	270	0.1	13.4
150	243	7	12×Ø6	950	330	0.124	20.49
150	250	7.5	12×Ø6	990	365	0.135	21.84
150	257	8	12×Ø6	1 020	400	0.149	23.21
150	263	8.5	12×Ø6	1 075	430	0.16	24.65
150	270	9	16×Ø6	1 370	465	0.172	33.97
150	283	10	16×Ø6	1 475	540	0.2	37.94
170	277	8	12×Ø8	1 950	500	0.186	41.83
170	284	8.5	12×Ø8	2 020	540	0.2	44.6
170	290	9	12×Ø8	2 100	580	0.215	47.26
170	303	10	12×Ø8	2 200	675	0.25	52.55
170	317	11	12×Ø8	2 320	760	0.282	57.9
190	350	12	16×Ø8	3 470	940	0.345	84.06
190	390	9+6	12×Ø8 16×Ø8	3 600	9m 上杆 642 6m 下杆 630	0.238 0.233	58.7 53.83
190	430	12+6	16×Ø8 20×Ø8	4 400	12m 上杆 930 6m 下杆 715	0.345 0.265	83.56 54.75

为了更加经济合理地使用电杆,杆型和杆高的确定就显得格外重要。

根据电杆所处的不同地形和所起的作用,确定应该采用哪种

杆型,应尽量采用简单杆型,以降低工程造价。

电杆的长度应包括地上及埋入地下部分。

当使用针式绝缘子,长度计算如下:

$$L = a + f + h + c - b$$

式中 L ——电杆长度, m;

a ——由横担中心至杆顶的距离, m;

f ——最大弧垂, m;

h ——最大弧垂时导线对地面允许距离, m;

b ——针式绝缘子的高度, m;

c ——电杆埋入地下长度,取电杆长度的 $1/6$, m。

当采用悬式绝缘子,计算如下:

$$L = a + f + h + c + d$$

式中 L 、 a 、 f 、 h 、 c 同上式;

d ——悬式绝缘子的高度, m。

若是耐张杆,杆长计算如下:

$$L = a + f + h + c$$

高压配电线路的电杆,主杆杆长一般不小于 9m,低压配电线路的电杆,杆长一般为 7.5m。

5. 线路最小线间距离

架空线路导线间的最小距离见表 6-61。

表 6-61 架空线路导线间的最小距离

单位: m

电压 \ 档距 (m)	40 及以下	50	60	70	80	90	100
高 压	0.60	0.65	0.70	0.75	0.85	0.90	1.00
低 压	0.30	0.40	0.45	—	—	—	—

注:① 表中所列数值适用于导线的各种排列方式;

② 靠近电杆的两导线间的水平距离,对于低压线路不应小于 0.50m。

二、电缆线路

1. 电缆护层及适用场所

电缆外护层型号的含义见表 6-62。

表 6-62 电缆外护层型号含义

标 记	铠 装 层	标 记	外 被 层
0	无	0	无
1	—	1	纤维层
2	双钢带	2	聚氯乙烯套
3	细圆钢丝	3	聚乙烯套
4	粗圆钢丝	4	—

电缆外护层的适用场所见表 6-63。

表 6-63 各种电缆外护层及铠装的适用敷设场合

护套或外护层	铠 装 代号	敷 设 方 式							环 境 条 件					备 注	
		室 内	电 缆 沟	电 缆 桥 架	隧 道	管 道	竖 井	埋 地	水 下	火 灾 危 险	移 动	多 砾 石	一 般 腐 蚀		严 重 腐 蚀
裸铅护套(铅包)	无	Q	√	√	√	√	√			√					
一般橡套	无		√	√	√	√	√				√		√		
不延燃橡套	无	F	√	√	√	√	√			√	√		√		耐油
聚氯乙烯护套	无	V	√	√	√	√	√	√		√	√		√	√	
聚乙烯护套	无	Y	√	√	√	√	√	√			√		√	√	
普通外护层 (仅用于铅护套)	裸钢带	20	√	√	√	√				√					
	钢 带	2	√	√	√	○		√	√						
	裸细钢丝	30						√		√					
	细钢丝	3						○	√	○		√			
	裸粗钢丝	50						√		√					
	粗钢丝	5						○	√	○		√			

续 表

护套或外护层	铠装代号	敷设方式							环境条件				备注	
		室内	电缆沟	电缆桥架	隧道	管道	竖井	埋地	水下	火灾危险	移动	多砾石		一般腐蚀
一级防腐外护层	裸钢带	120	✓	✓	✓	✓				✓			✓	
	钢带	12	✓	✓	✓	○			✓			✓	✓	
	裸细钢丝	130						✓		✓			✓	
	细钢丝	13						○	✓	○		✓	✓	
	裸粗钢丝	150							✓		✓		✓	
	粗钢丝	15							○	✓	○		✓	✓
二级防腐外护层	钢带	22							✓		✓		✓	✓
	细钢丝	23							✓	✓	✓		✓	✓
	粗钢丝	25							○	✓	○		✓	✓
内铠装塑料 (全塑电缆)	钢带	22												
		29	✓	✓		✓			✓				✓	✓
	细钢丝	39							✓	✓	✓		✓	✓
	粗钢丝	59							✓		✓		✓	✓

- 注：①“✓”表示适用；“○”表示外被层为玻璃纤维时适用；无标记则不推荐采用。
 ②裸金属护套一级防腐外护层由沥青复合物加聚氯乙烯护套组成。
 ③铠装一级防腐外护层由衬垫层、铠装层、外被层组成。衬垫层由两个沥青复合物、聚氯乙烯带和浸渍皱纸带的防水组合层组成；外被层由沥青复合物、浸渍电缆麻(或浸渍玻璃纤维)和防止黏合的涂料组成。
 ④裸铠装一级防腐外护层的衬垫层与铠装一级外护层的衬垫层相同，但没有外被层。
 ⑤铠装二级防腐外护层的衬垫层与铠装一级外护层的衬垫层相同；钢带和细钢丝铠装的外被层由沥青复合物和聚氯乙烯护套组成；粗钢丝铠装的镀锌钢丝外面挤包一层聚氯乙烯护套或其他同等效能的防腐涂层，以保护钢丝免受外界腐蚀。
 ⑥如需要用于湿热带地区的防霉特种护层可在型号规格后加代号“TH”。
 ⑦单心钢带铠装电缆不适用于交流线路。

2. 电缆敷设的基本要求

根据国家标准 GB50168—92《电气装置安装工程电缆线路施

工及验收规范》，电缆敷设应符合以下规定：

① 电缆敷设时，不应损坏电缆沟、隧道、电缆井和人井的防水层。

② 三相四线制系统中应采用四心电力电缆，不应采用三心电缆另加一根单心电缆或以导线、电缆金属护套做中性线。

③ 并联使用的电力电缆其长度、型号、规格宜相同。

④ 电力电缆在终端头与接头附近宜留有备用长度。

⑤ 电缆各支持点间的距离应符合设计规范，当设计无规定时，不应大于表 6-64 中的数值。

表 6-64 电缆各支持点间的距离 单位：mm

电 缆 种 类		敷 设 方 式	
		水 平	垂 直
电 力 电 缆	全塑型	400	1 000
	除全塑型外的中低压电缆	800	1 500
	35kV 及以上高压电缆	1 500	2 000
控 制 电 缆		800	1 000

注：全塑型电力电缆水平敷设沿支架能把电缆固定时，支持点间的距离允许为 800mm。

⑥ 电缆的最小弯曲半径应符合表 6-65 中的规定。

表 6-65 电缆最小弯曲半径

电 缆 形 式		多 心	单 心
控制电缆		10D	
橡 皮 绝 缘 电 力 电 缆	无铅包、钢铠护套	10D	
	裸铅包护套	15D	
	钢铠护套	20D	

续 表

电 缆 形 式		多 心	单 心
聚氯乙烯绝缘电力电缆		10D	
交联聚乙烯绝缘电力电缆		15D	20D
油浸纸绝缘 电力电缆	铅包		30D
	铅 包	有铠装	15D
		无铠装	20
自容式充油(铅包)电缆			20D

注:表中 D 为电缆外径。

⑦ 黏性油浸纸绝缘电缆最高点与最低点之间的最大位差,不应超过表 6 - 66 中的规定,当不能满足时,应采用适应于高位差的电缆。

表 6 - 66 黏性油浸纸绝缘铅包电力电缆的最大允许敷设位差

电压(kV)	电缆护层结构	最大允许敷设位差(m)
1	无铠装	20
	铠装	25
6~10	铠装或无铠装	15
35	铠装或无铠装	5

⑧ 电缆敷设时,电缆应从盘的上端引出,不应使电缆在支架上及地面摩擦拖拉,电缆上不得有铠装压扁、电缆绞拧、护层折裂等未消除的机械损伤。

⑨ 用机械敷设电缆时的最大牵引强度宜符合表 6 - 67 中的规定。充油电缆总拉力不应超过 27kN。

表 6 - 67 电缆最大牵引强度 单位: N/mm²

牵引方式	牵引头		钢丝网套		
	铜心	铝心	铅套	铝套	塑料护套
允许牵引强度	70	40	10	40	7

⑩ 机械敷设电缆的速度不宜超过 15m/min, 110kV 及以上电缆或在较复杂的路径上敷设时, 其速度应适当放慢。

⑪ 在复杂的条件下用机械敷设大截面电缆时, 应进行施工组织设计, 确定敷设方法、线盘架设位置、电缆牵引方向, 并校核牵引力和侧压力, 还应配备敷设人员和机具。

⑫ 机械敷设电缆时, 应在牵引头或钢丝网套与牵引钢缆之间装设防捻器。

⑬ 110kV 及以上电缆敷设时, 转弯处的侧压力不应大于 3kN/m。

⑭ 油浸纸绝缘电力电缆在切断后, 应将端头立即铅封; 塑料绝缘电缆应有可靠的防潮封端; 充油电缆在切断后尚应符合下列要求:

a. 在任何情况下, 充油电缆的任一段都应有压力油箱保持油压。

b. 连接油管路时, 应排除管内空气, 并采用喷油连接。

c. 充油电缆的切断处必须高于邻近两侧的电 缆。

d. 切断电缆时不应有金属屑及污物进入电缆。

⑮ 敷设电缆时, 电缆允许敷设最低温度: 在敷设前 24h 内的平均温度以及敷设现场的温度不应低于表 6 - 68 的规定; 当温度低于规定值时, 应采取措 施。

表 6-68 电缆允许敷设最低温度

电缆类型	电缆结构	允许敷设最低温度(°C)
油浸纸绝缘电力电缆	充油电缆	-10
	其他油纸电缆	0
橡皮绝缘电力电缆	橡皮或聚氯乙烯护套	-15
	裸铅套	-20
	铅护套钢带铠装	-7
塑料绝缘电力电缆		0
控制电缆	耐寒护套	-20
	橡皮绝缘聚氯乙烯护套	-15
	聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套	-10

⑯ 电力电缆接头的布置应符合下列要求：

- a. 并列敷设的电缆,其接头位置宜相互错开。
- b. 电缆明敷时的接头,应用托板托置固定。
- c. 直埋电缆接头盒外面应有防止机械损伤的保护盒(环氧树脂接头盒除外),位于冻土层内的保护盒,盒内宜注以沥青。

⑰ 电缆敷设时应排列整齐,不宜交叉,应加以固定,并及时装设标志牌。

⑱ 标志牌的装设应符合下列要求：

- a. 在电缆终端头、电缆接头、拐弯处、夹层内、隧道及竖井的两端以及人井内等地方,电缆上应装设标志牌。
- b. 标志牌上应注明线路编号。当无编号时,应写明电缆型号、规格及起迄地点;并联使用的电缆应有顺序号。标志牌的字迹应清晰不易脱落。

c. 标志牌规格宜统一。标志牌应能防腐,挂装应牢固。

⑲ 电缆的固定,应符合下列要求：

- a. 在以下地方应将电缆加以固定：
 - i 垂直敷设或超过 45° 倾斜敷设的电缆在每个支架上；桥架上每隔 2m 处；
 - ii 水平敷设的电缆，在电缆首末两端及转弯处；电缆接头的两端处；当对电缆间距有要求时，每隔 5~10m 处；
 - iii 单心电缆的固定应符合设计要求。
- b. 交流系统的单心电缆或分相后的分相铅套电缆的固定夹具不应构成闭合磁路。
- c. 裸铅（铝）套电缆的固定处，应加软衬垫保护。
- d. 护层有绝缘要求的电缆，在固定处应加绝缘衬垫。

⑳ 沿电气化铁路或有电气化铁路通过的桥梁上明敷电缆的金属护层或电缆金属管道，应沿其全长与金属支架或桥梁的金属构件做好绝缘。

㉑ 电缆进入电缆沟、隧道、竖井、建筑物、盘（柜）以及穿入管子时，出入口应封闭，管口应密封。

3. 电缆埋地敷设时与其他设施的安全距离

电缆埋地敷设，电缆之间及至各种设施平行或交叉时的最小净距见表 6-69。

表 6-69 埋地敷设的电缆之间及至各种设施平行或交叉时的最小净距
单位：m

项 目	敷 设 条 件	
	平 行 时	交 叉 时
建筑物、构筑物基础	0.5	
电杆	0.6	
乔木	1.5	
灌木丛	0.5	
10 kV 以上电力电缆之间及其与 10kV 及以下和控制电缆之间	0.25	0.5(0.25)

续 表

项 目	敷 设 条 件	
	平行时	交叉时
10 kV 及以下电力电缆之间及其与控制电缆之间	0.1	0.5(0.25)
控制电缆之间	—	0.5(0.25)
通信电缆,不同使用部门的电缆	0.5(0.1)	0.5(0.25)
热力管沟	2.0	(0.5)
水管、压缩空气管	1.0(0.25)	0.5(0.25)
可燃气体及易燃液体管道	1.0	0.5(0.25)
铁路(平行时与轨道,交叉时与轨底,电气化铁路除外)	3.0	1.0
道路(平行时与路边,交叉时与路面)	1.5	1.0
排水明沟(平行时与沟边,交叉时与沟底)	1.0	0.5

注:① 表中所列净距,应自各种设施(包括防护外层)的外缘算起。

② 路灯电缆与道路灌木丛平行距离不限。

③ 表中括号内数字,是指局部地段电缆穿管,加隔板保护或加隔热层保护后允许的最小净距。

4. 电缆在隧道内敷设

电缆在隧道内敷设应符合下列要求:

① 电缆隧道长度大于 7m 时,两端应设出口(包括人孔井)。当两个出口间距离超过 75m 时,应增加出口。人孔井的直径不应小于 0.7m。

② 电缆隧道内应有照明,电压不应超过 36V,否则需采取安全措施。

③ 隧道内净高不应低于 1.9m,局部或与管道交叉处净高不宜低于 1.4m。

④ 电缆隧道应有防水措施,底部还应做成不小于 0.5% 的纵向排水坡度,而排水边沟向集水井也应有 0.5% 的坡度。

⑤ 隧道进入建筑物(或变电所)处、在变电所围墙处以及在长

距离隧道中每隔 100m 处,应设置带门的防火隔墙。该门应采用非燃烧材料或难燃材料制作,并应装锁。电缆过墙时的保护管两端应用阻燃材料堵塞。

⑥ 电缆隧道应尽量采用自然通风。当隧道内的电缆电力损失超过 $150\sim 200\text{W/m}$ 时,需考虑采用机械通风。

⑦ 电缆在隧道内敷设时,支架的长度不应大于 500mm。

⑧ 与电缆隧道无关的管线不得通过电缆隧道。电缆隧道与其他地下管线交叉时,应尽可能避免隧道局部下降。

电缆在隧道内敷设时的最小净距见表 6-70。

5. 电缆在电缆沟内敷设

电缆在电缆沟内敷设应符合下列要求:

① 屋内电缆沟的盖板应与屋内地坪相平,在容易积水积灰处,宜用水泥砂浆或沥青将盖板抹死。

② 屋外电缆沟的沟口宜高出地面 50mm,以减少地面排水进入沟内。但当盖板高出地面影响地面排水或交通时,可采用具有覆盖层的电缆沟,盖板顶部一般低于地面 300mm。

③ 屋外电缆沟在进入建筑物(或变电所)处,应设有防火隔墙。

④ 电缆沟一般采用钢筋混凝土盖板,盖板重量不宜超过 50kg。在屋内需经常开启的电缆沟盖板,宜采用花纹钢盖板。

⑤ 电缆沟应采取防水措施。底部还应做不小于 0.5% 的纵向排水坡度,并设集水坑(井)。积水的排出,有条件时可直接排入下水道,否则可经集水井用泵排出。电缆沟较长时,应考虑分段排水,每隔 50m 左右设置一个集水井。

⑥ 电缆在多层支架上敷设时,电力电缆应放在控制电缆的上层,但 1kV 以下的电力电缆可和控制电缆并列敷设。

当两侧均有支架时,1kV 以下的电力电缆和控制电缆,宜与 1kV 以上的电力电缆分别敷设于两侧支架上。盐雾地区或化学腐蚀地区的支架宜涂防腐漆或采用混凝土支架。

⑦ 电缆在沟内敷设时, 支架长度不宜大于 350mm。
电缆在电缆沟内敷设的最小净距见表 6-70。

表 6-70 电缆在电缆沟、隧道内敷设时的最小净距 单位:mm

敷 设 方 式		电缆隧道净高 ≥ 1900	电 缆 沟	
			沟深 ≤ 600	沟深 > 600
通道宽度	两边有支架时, 架间 水平净距	1000	300	500
	一边有支架时, 架与 壁间水平净距	900	300	450
支架层间的 垂直净距	电力电缆 35kV	250	200	200
	≤ 10 kV	200	150	150
	控制电缆	120	100	100
电力电缆间的水平净距(单心电 缆品字形布置时除外)		35 但不小于电缆外径		

6. 电缆穿管敷设

电缆穿保护管敷设, 保护管的内径应不小于电缆外径(包括外
护层)的 1.5 倍, 保护管弯曲半径为保护管外径的 10 倍, 且不小于
所穿电缆的最小允许弯曲半径。

电缆穿保护管的最小内径见表 6-71。

表 6-71 电缆穿保护管的最小内径

三心电缆心线截面(mm^2)			四心电缆心 线截面(mm^2)	保护管 最小内径 (mm)
1kV	6kV	10kV	≤ 1 kV	
≤ 70	≤ 25	—	≤ 50	50
95~150(95~120)	35~70(16~70)	≤ 50	70~120	70
185(150~185)	95~150(95~120)	70~120	150~185	80
240	185~240(150~240)	150~240	240	100

注: 表中括号内截面用于塑料护套电缆。

7. 电缆在桥梁上敷设

电缆在木桥上敷设时,应穿管敷设。在其他结构的桥上敷设时,应在人行道下设电缆沟或穿入由耐火材料制成的管道中。在人不易接触处,电缆可在桥上裸露敷设,但应采取防止太阳直接照射的措施。

桥梁架构与悬吊架设的电缆之间距离不应小于 0.5m。

此外,在经常受到震动的桥梁上敷设的电缆应有防震措施。桥墩两端和伸缩缝处的电缆,应留有松弛部分。

8. 电缆沿桥架敷设

电缆桥架敷设一般用于电缆数量较多或较集中的场所。

(1) 电缆桥架敷设应符合下列要求:

① 在室内采用电缆桥架敷设时,其电缆不应有黄麻或其他易延燃材料护层。

② 在有腐蚀或特别潮湿的场所采用电缆桥架敷设时,应根据不同的腐蚀介质采取相应的防护措施,并宜选塑料护套电缆。

③ 电缆桥架(梯架、托盘)水平敷设时的距地高度一般不宜低于 2.5m,垂直敷设时距地 1.8m 以下部分均应加金属盖板保护,但敷设在电气专用房间(如配电室、电气竖井、技术层等)内时除外。

④ 电缆桥架水平敷设时,宜按荷载曲线选取最佳跨距进行支持,跨距一般为 1.50~3m。垂直敷设时,其固定点间距不宜大于 2m。

⑤ 电缆桥架多层敷设时,其层间距离一般为:控制电缆间不应小于 0.2m;电力电缆间不应小于 0.3m;弱电电缆与电力电缆间不应小于 0.5m,如有屏蔽板可减至 0.3m;桥架上部距顶棚或其他障碍物不应小于 0.3m。

⑥ 几组电缆桥架在同一高度平行敷设时,各相邻电缆桥架间应考虑设置维护检修距离。

⑦ 在电缆桥架上可以无间距敷设电缆,电缆在桥架内横断面的填充率:电力电缆不应大于 40%;控制电缆不应大于 50%。

⑧ 下列不同电压、不同用途的电缆,不宜敷设在同一层桥架上:

- a. 1kV 以上和 1kV 以下的电缆;
- b. 同一路径的一级负荷供电的双路电源电缆;
- c. 应急照明和其他照明的电缆;
- d. 强电和弱电电缆。

若受条件限制需安装在同一桥架上时,应用隔板隔开。

(2) 电缆桥架与各种管道平行或交叉时,其最小净距应符合表 6-72 中的规定。

表 6-72 电缆桥架与各种管道的最小净距

管道类别		平行净距(m)	交叉净距(m)
一般工艺管道		0.4	0.3
具有腐蚀性液体(或气体)管道		0.5	0.5
热力管道	有保温层	0.5	0.5
	无保温层	1.0	1.0

电缆桥架不宜敷设在腐蚀性气体管道和热力管道的上方及腐蚀性液体管道的下方,否则应采取防腐、隔热措施。

(3) 电缆桥架内的电缆应在下列部位进行固定:

- ① 垂直敷设时,电缆的上端及每隔 1.5~2m 处。
- ② 水平敷设时,电缆的首尾两端、转弯及每隔 5~10m 处。

(4) 电缆桥架内的电缆应在首端、尾端、转弯及每隔 50m 处,设有编号、型号及起、止点等标记。

(5) 电缆桥架在穿过防火墙及防火楼板时,应采取防火隔离措施。

三、户内配电线路

1. 布线的基本要求和布线方式的选择

室内外布线应避免由外部热源产生的有害影响；防止在使用过程中因水的侵入或因进入固体物而带来的损害；应防止外部的机械损害；在有大量灰尘的场所，应避免由于灰尘聚集在布线上所带来的有害影响；应避免由于强烈日光辐射而带来的损害。

布线方式的选择应遵循下列条件：

- ① 符合场所的环境特征；
- ② 符合建筑物的特征；
- ③ 符合人与布线之间可接近的程度；
- ④ 应考虑短路可能出现的机械应力；
- ⑤ 在安装期间或运行中，布线可能遭受的其他应力（包括导线的自重）。

线路敷设方式按环境条件选择见表 6-73。

2. 钢索布线

钢索布线首先要根据环境不同而选用不同的钢索。屋内场所钢索的材料宜采用镀锌钢绞线；屋外布线及敷设在潮湿或有酸碱盐腐蚀的场所，应采取防腐蚀措施，如选用塑料护套钢索。

钢索所用钢绞线的截面，根据跨距、荷重和机械强度选择，最小截面不宜小于 10mm^2 （屋内场所吊挂重量较小时，也可用 3 股直径 4mm 的镀锌铁线）。钢索固定件应镀锌或涂防腐漆。钢索的安全系数不应小于 2.5。钢索两端需拉紧，且其弛度不应大于 100mm。跨距较大时应在钢索中间增加支持点，中间的支持点间距不应大于 12m。

钢索布线用绝缘导线明敷时，应采用瓷（塑料）夹、鼓形绝缘子或针式绝缘子固定在钢索上。用护套绝缘导线、电缆、金属管或硬质塑料管布线时，可直接固定在钢索上。采用瓷（塑料）夹的钢索

续表

导线类型	敷设方式	常用导线型号	环境性质																	
			干燥		潮湿	特别潮湿	高温	多尘	化学腐蚀	火灾危险区			爆炸危险区			户外	高层建筑	一般民用	进户线	
			生活	生产						21	22	23	1	2	10					11
电 缆	地沟内敷设	VLV、VV、 ZLQ、ZQ、 XLV、XV	✓		+		✓	+		+	+	+	+	+			+	✓	✓	
	支架明敷	VLV、VV、 YJLV、YJV	✓		✓		+	✓	+	+	+	+	+	+						+
	直埋地	VLV ₂₂ 、VV ₂₂ 、 YJLV ₃₃ 、 YJV ₂₂ 、 ZLQ ₂₂ 、ZQ ₂₂																✓		✓
	桥架敷设 支架明敷	各型号	✓		+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
架空电缆																				✓

注：表中“✓”推荐使用，“+”可以采用，无记号建议不用，“×”不允许使用。

- ① 应远离可燃物，且不应敷设在木质吊顶、墙壁上及可燃液体管道栈桥上。
- ② 应采用镀锌钢管并作好防腐处理。
- ③ 应采用铠装电缆。
- ④ 地沟内应埋砂并设排水措施。
- ⑤ 屋外架空用裸导体，沿墙用绝缘线。
- ⑥ 可用硬裸母线，但应连接可靠，尽量采用焊接；在 21 区和 23 区内，母线宜装防护罩，孔径不大于 12mm，在 22 区内应有防尘罩。

布线仅适用于屋内布线。

钢索上吊装金属管或硬质塑料管布线的支持点最大间距应符合表 6-74 中所列数值。吊装接线盒和管路的扁钢卡子宽度不应小于 20mm, 吊装接线盒的卡子不应少于 2 个。

在钢索上吊装护套线时, 用铝卡子直接敷设在钢索上, 其支持点间距不应大于 500mm, 卡子距接线盒不应大于 100mm; 用橡胶及塑料护套线时, 接线盒应用塑料制品。

在钢索上吊装瓷瓶布线时, 支持点间距不应大于 1.5m, 线间距离在屋内不小于 50mm, 在屋外不小于 100mm; 扁钢吊架终端应加镀锌铁丝拉线, 其直径不应小于 3mm。

表 6-74 钢索上吊装金属(或硬塑料)管支持点最大间距

布线类型	支持点最大间距(mm)	支持点距灯头盒(mm)
钢管、电线管	1 500	200
硬塑料管	1 000	150

3. 管子布线

穿管敷设的绝缘导线的电压等级不应低于 500V。

管子布线的管材选择如下:

① 明敷于潮湿环境或直接埋于素土内的金属管布线, 应采用焊接钢管(以下简称钢管)。明敷或暗敷于干燥环境的金属管布线, 可采用管壁厚度不小于 1.5mm 的电线钢管(以下简称电线管)。

② 在酸碱盐腐蚀的环境, 应采用硬聚氯乙烯管敷设。

③ 爆炸危险环境, 应采用镀锌钢管敷设(管子连接螺纹啮合不少于 5 扣, 用于 1 区时应有锁紧螺母; 用于 1 区、2 区管径 $\geq 32\text{mm}$ 时, 不少于 6 扣)。

多根导线同穿一根管时:3根及以上绝缘导线同穿一根管时,导线的总截面积不应大于管内净面积的40%(2根绝缘导线穿同一根管时,管内径不应小于2根导线直径之和的1.35倍),并应符合下列要求:

- ① 管子没有弯时的长度不超过30m;
- ② 管子有一个弯($90^{\circ}\sim 105^{\circ}$)时的长度不超过20m;
- ③ 管子有二个弯($90^{\circ}\sim 105^{\circ}$)时的长度不超过15m;
- ④ 管子有三个弯($90^{\circ}\sim 105^{\circ}$)时的长度不超过8m。

若长度超过上述要求时,应加设拉线盒、箱或加大管径。

不同回路、不同电压、不同电流种类的导线,不得穿入同一管内。但下述情况除外:

- ① 一台电机的所有回路(包括操作回路);
- ② 同一设备或同一流水作业线设备的电力回路和无防干扰要求的控制回路;
- ③ 无防干扰要求的各种用电设备的信号回路、测量回路和控制回路;
- ④ 同类照明的几个回路,但不应超过8根,工作照明和事故照明不得同管敷设;
- ⑤ 标称电压在50V以下的回路。

互为备用的线路不得共管。控制线和动力线共管时,当线路较长或弯头较多时,控制线截面不应小于动力线截面的10%。

管线埋地时不宜穿过设备基础。

管线明敷时(沿水平或垂直方向敷设),其固定点间最大间距不应大于表6-75中所列数值。

表 6-75 管线明敷时固定点间最大间距

单位:m

管子类别	管径(公称口径,mm)				
	15~20	25~32	38~40	50~51	63~100
钢管	1.5	2	2	2.5	3.5
电线管	1	1.5	2	2	2
硬塑料管	1	1.5	1.5	2	2

注:① 钢管的公称管径指内径,电线管和硬塑料管管径指外径。

② 钢管规格根据 GB3092-82《低压流体输送用焊接钢管》,电线管规格根据 GB3640-83《普通碳素钢电线套管》。

4. 线槽布线

线槽布线的要求如下:

① 线槽有塑料(PVC)线槽、金属线槽、地面线槽等。塑料线槽应为难燃型材料。

② 线槽内导线或电缆总截面积不应超过线槽内截面积的40%,载流导线不超过30根。

③ 金属线槽的吊装支架固定间距:直线段一般为1500~2000mm,在线槽始末端200mm处及线槽走向改变或转角处应加装支架。

5. 母线槽布线

母线槽布线的要求如下:

① 母线槽(又称封闭式母线、保护式母线、插接式母线等),一般适用于干燥、无腐蚀性气体、无冷热急剧变化的屋内。

② 母线槽至地面的距离不应小于2.2m,但安装在配电室、电机室、电气竖井等电气专用房间内时不受此限制。

③ 母线槽终端无引出、引入线时,端头应封闭。

④ 母线槽的引出支线不宜埋地敷设。

6. 常用绝缘电线的型号和用途

常用绝缘电线的型号、名称和主要用途见表 6-76。

表 6-76 常用绝缘电线的型号、名称和主要用途

型 号		名 称	主 要 用 途
铜心	铝心		
BX	BLX	棉纱编织橡皮绝缘电线	固定敷设用,可明敷或暗敷
BXF	BLXF	氯丁橡皮绝缘电线	固定敷设用,可明敷或暗敷,尤其适于户外
BBX	BBLX	玻璃丝编织橡皮绝缘电线	同 BX、BLX,但不宜穿管敷设
BXR		棉纱编织橡皮绝缘软线	室内安装要求较柔软时用
BV	BLV	聚氯乙烯绝缘电线	室内外电器、动力、照明用,固定敷设
BVV	BLVV	聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套电线	同 BV、BLV
BVR		聚氯乙烯软线	同 BV 型,安装要求较柔软时用
RVB		聚氯乙烯绝缘平型软线	日用电器、无线电设备和照明灯头接线
RVS		聚氯乙烯绝缘绞型软线	
RFB		丁腈聚氯乙烯复合物平型软线	适用于收音机、电风扇等日用电器的连接线
RFS		丁腈聚氯乙烯复合物绞型软线	适用室内照明灯头线等

第七章 常用机械电气控制线路

机床或其他生产机械的运动部件大多是由电动机来带动的,为完成一定的生产顺序,需对电动机的启动、停止、正反转及延时动作等进行控制,这一控制过程是由继电器、接触器等控制电器来实现的,其对应的控制线路可用原理图来描述。在原理图中,各种电器都用统一的符号来表示,且规定所有电器的触点均表示在起始情况下的位置,即在没有通电或没有发生机械动作时的位置。

由于继电器接触器控制系统中机械触点多、接线复杂、可靠性和灵活性较差,因此随着微型计算机日益广泛地应用,一些较为复杂的继电器接触控制系统中的若干控制环节已被一种新的工业控制器——可编程控制器(PLC)所代替,从而不但简化了线路,也大大地提高了系统的可靠性和灵活性。

本章先介绍常用的继电器控制线路,然后介绍可编程控制器(PLC)。

第一节 继电器控制线路中常用环节

一、点动控制线路

点动控制线路原理如图 7-1 所示。按下按钮 SB,1、3 两点接通,接触器 KM 线圈通电,接触器常开触点 KM 吸合,电动机接通电源,按照规定方向运转;当松开按钮 SB 时,1、3 两点断开,KM 线圈失压,KM 常开触点断开,电动机停止运转。这种线路常用于机床和行车等设备的步进或步退控制。

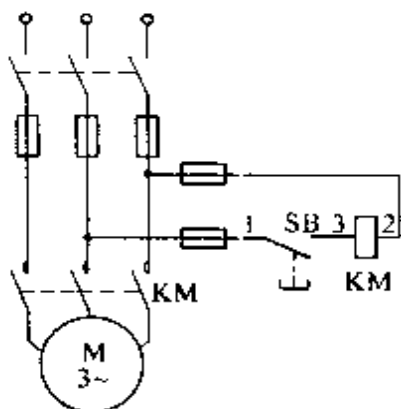


图 7-1 点动控制线路

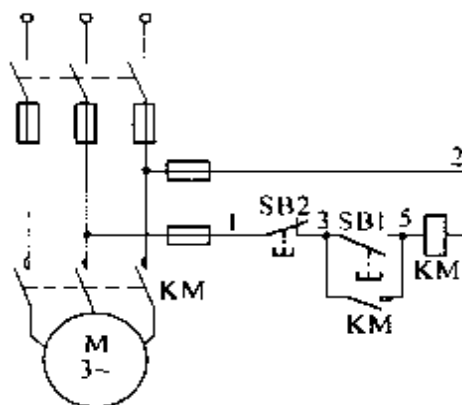


图 7-2 连动控制线路

二、连动控制线路

图 7-2 是一种控制电动机连续运转的线路图。当按下启动按钮 SB1 时,接触器线圈 KM 通电,接触器主回路常开触点(主触点)KM 闭合,电动机运转,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而起到自锁作用,使回路保持通路,线圈 KM 继续通电。按下按钮 SB2,使 1、3 之间触点 SB2 断开,回路即断路,接触器常开触点 KM 打开,电动机 M 停止运转。

三、正反转控制线路

图 7-3(a)是用辅助触点作连锁保护的正反转控制线路, KM1 与 KM2 两对常闭触点为连锁触点。当 KM1 动作后,其常闭触点打开,将 9 与 11 之间触点常闭 KM1 断开,此时如果按下 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。达到了使接触器 KM1 和 KM2 实现互锁的目的。

图 7-3(b)是利用按钮作连锁的原理图,当 KM1 启动后,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,电动机即向反方向运转。若将以上两种方法同时采用则效果更好,工作更可靠,其原理可参阅图 7-4。

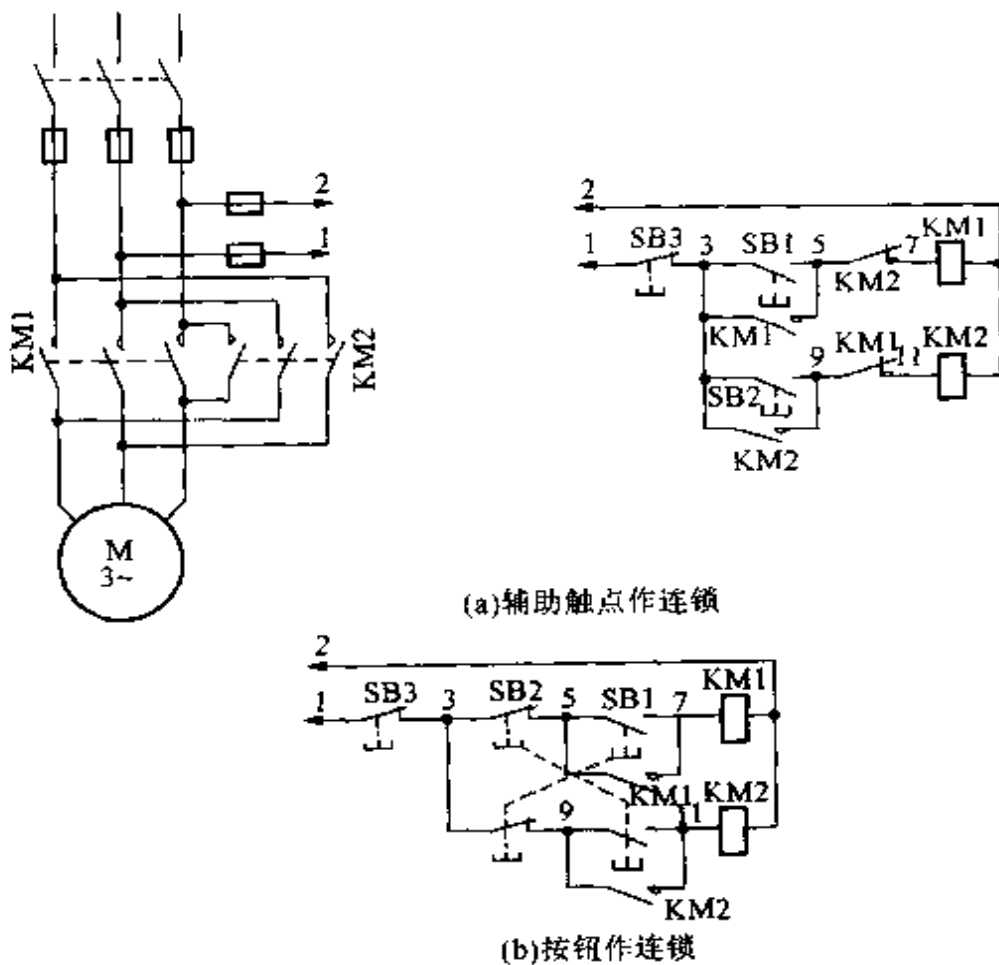


图 7-3 正反转控制线路

四、点动、连动混合的正反转控制线路

图 7-4 是点动、连动混合的正反转控制线路,这个线路是图 7-1与 7-3 的综合,它具有点动和连动的正反转控制功能,并具有按钮及触点连锁,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。

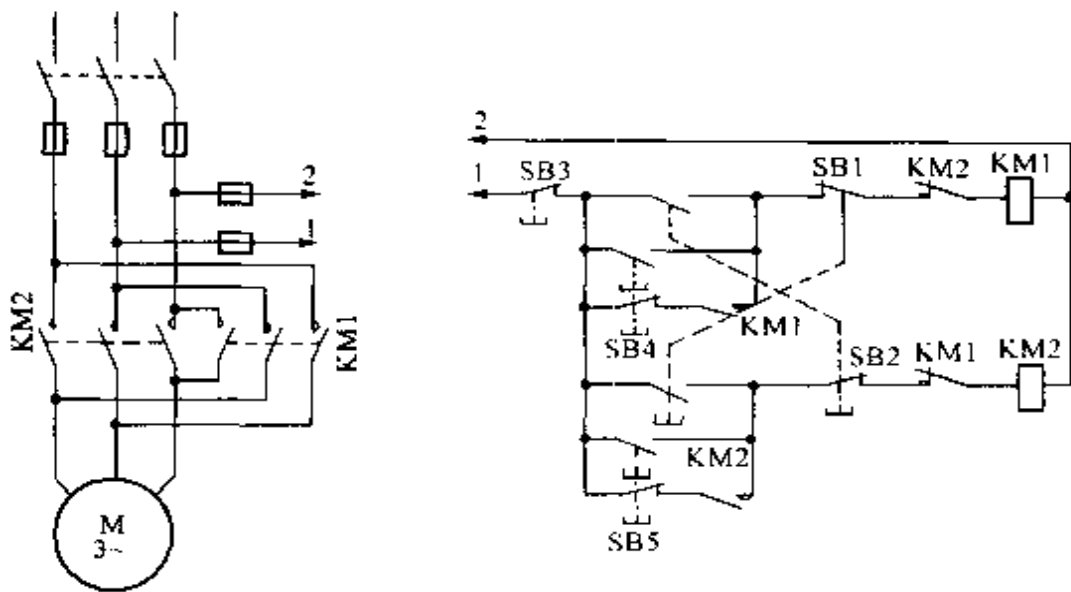


图 7-4 点动、连动混合的正反转控制线路

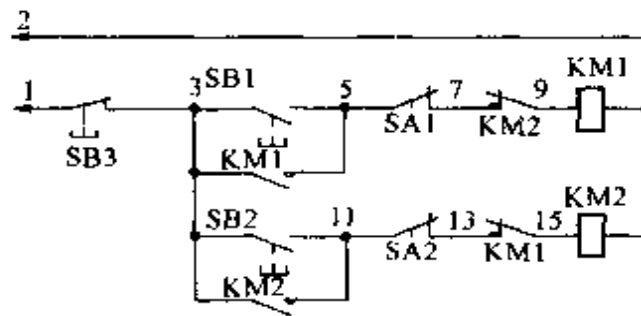
五、以行程开关作自动停止的正反转控制线路

图 7-5(a)是以行程开关作自动停止的控制线路图,其特点是能使设备每次启动后自动停止在预定的地点,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。当行至预定点时,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。

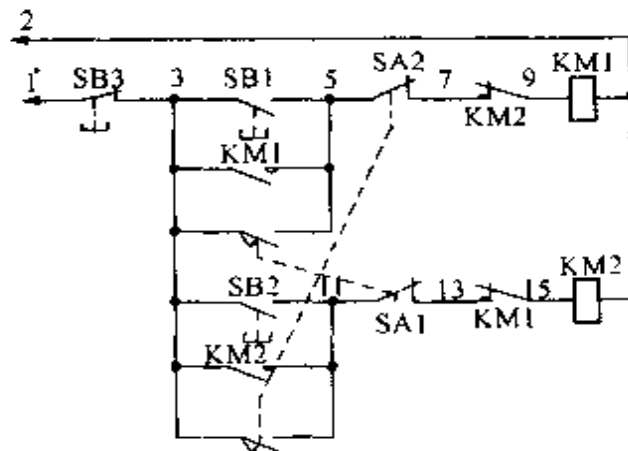
撞块的回程是依靠按反向按钮 SB2 来达到的,这时撞块脱离了行程开关,即 SA1 5 与 7 之间触点又闭合,为下一次工作行程作好准备。如料斗提升,它到达预定位置后,还需要有一段作业时再卸料等。

六、由行程开关实现的自动往返控制线路

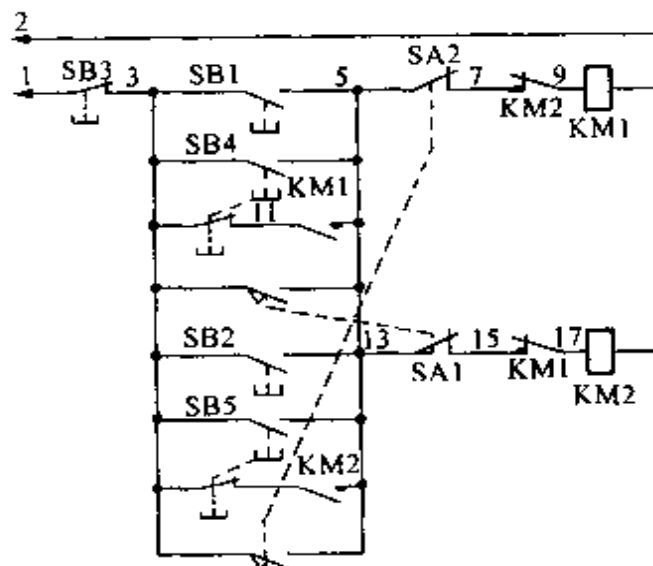
图 7-5(b)是由行程开关实现的自动往返控制线路图,它的



(a)以行程开关作自动停止的正反转控制线路



(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

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运动。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。

七、带有点动的自动往返控制线路

图 7-5(c)是在图(b)加入图 7-4 的点动部分，其工作原理与图 7-5(b)相同，点动部分仅供微调整用。

八、Y-Δ启动控制线路

前面所讨论的线路都属于控制小容量电动机直接启动，对于较大容量的电动机，就不可以直接启动。较大容量的电动机启动时需要采用降压启动方法，Y-Δ启动就是降压启动方法之一。

Y-Δ启动用于电动机电压为 380/660V，其绕组接法相应为 Δ/Y(或 380V，Δ接法)的较大容量电动机。启动时绕组为 Y 连接，待转速增加到一定程度时再改为 Δ 连接。这种启动方法可使每相定子绕组所受的电压在启动时降低到电路电压的 $1/\sqrt{3}$ (即 57.7%)，其电流为直接启动时的 $1/3$ 。由于启动电流的减小，启动转矩也同时减小到直接启动的 $1/3$ ，所以这种启动方法只能工作在空载或轻载启动的场合。

Y-Δ启动既有手柄操作的Y-Δ启动开关[图7-6(a)],也可用接触器、继电器等组成的启动装置,用按钮操作来达到同一目的[图7-6(b)、(c)]。

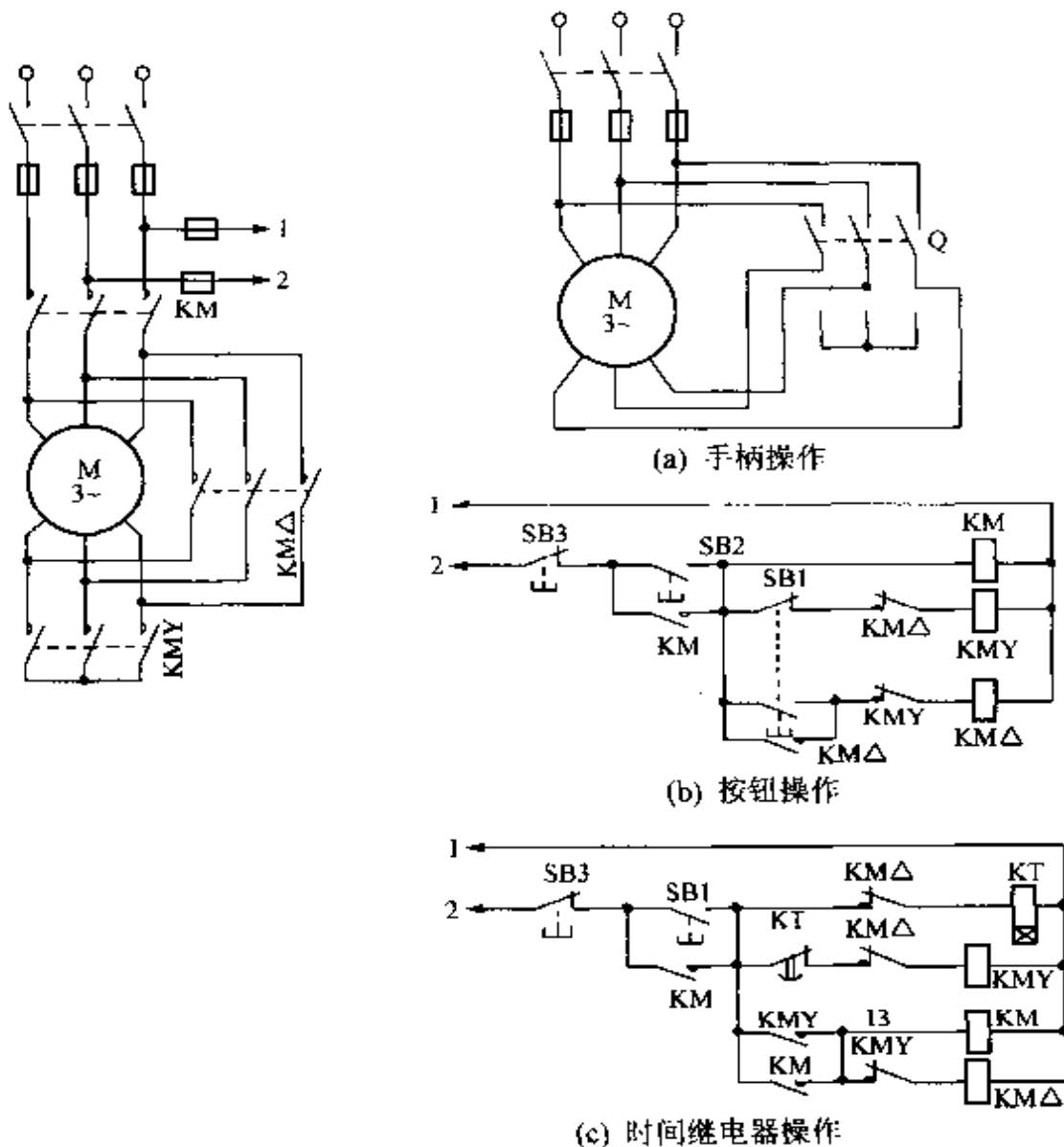


图7-6 Y-Δ启动控制线路

在图7-6(b)中,当按下SB1时,KM与KMY吸合,它们在主电路中的常开触点闭合,电动机接成Y启动。待转速增加到一

定程度再按下 SB1, KMY 释放, KM Δ 吸合, 电动机绕组即由 Y 改接成 Δ , 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 Δ , 延时继电器 KT 的动作时间根据需要的启动时间来整定, 它与电动机容量及启动时的负载情况有关。

九、自耦变压器启动控制线路

对 220/380V(Δ /Y) 较大容量的鼠笼式电动机, 在电源线电压为 380V 的情况下, 不能用 Y- Δ 方法启动, 可采用自耦变压器 (补偿启动器) 来实现降压启动, 采用这种方法启动时转矩也要减小, 并且还具有体积较大等缺点。

这种启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 7-7 所示。

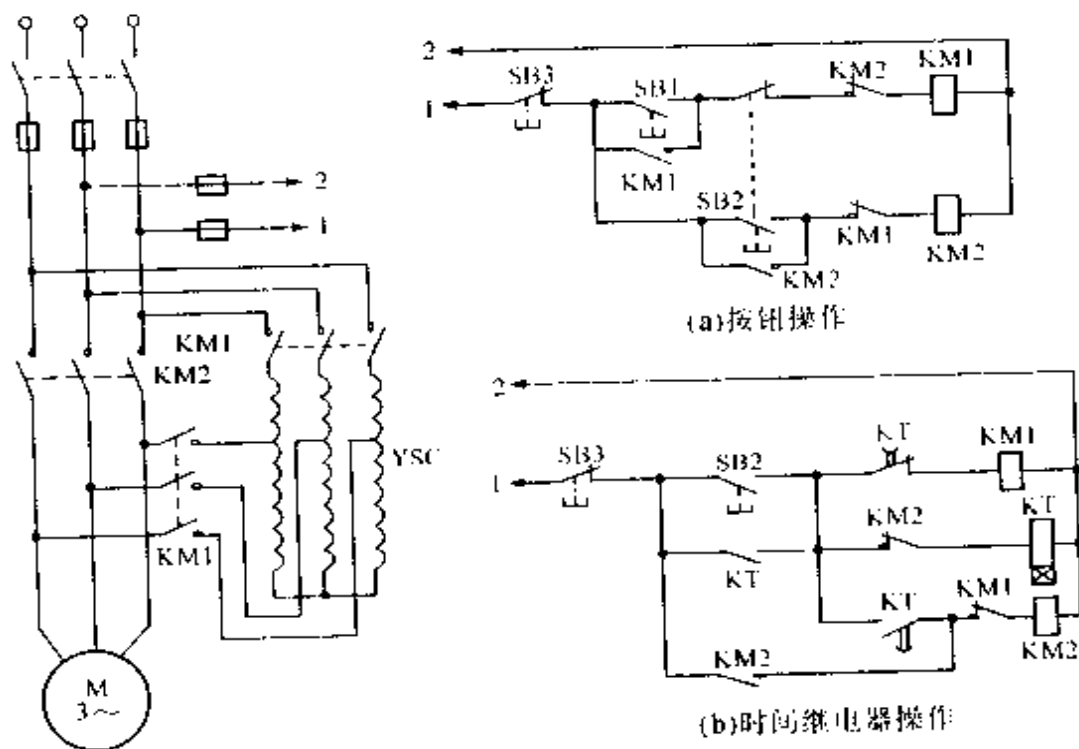


图 7-7 自耦变压器启动控制线路

十、延边三角形启动控制线路

图 7-8 是延边三角形的启动控制线路。当按下 SB2 时,交流接触器 KM1 动作,使 U1、V1、W1 与电源 L₂₁、L₂₂、L₂₃ 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 L₂₁ 相接;V1、U2 与 L₂₂ 相接;W1、V2 与 L₂₃ 相接。电动机呈△形连接进入正常运转。SB3 为停止按钮。

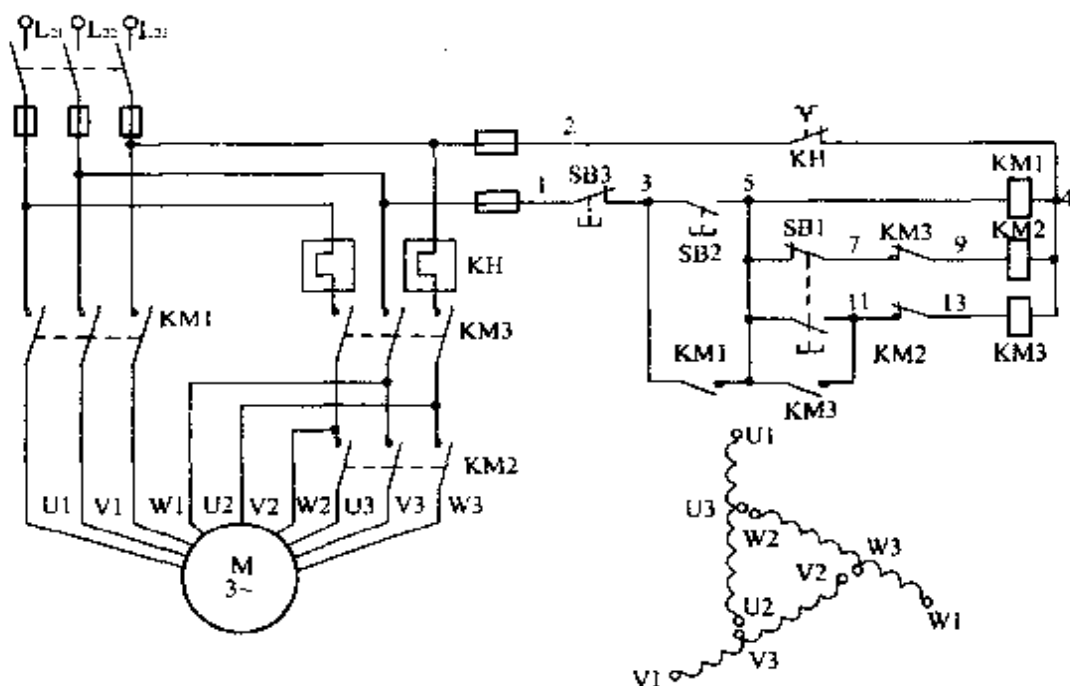


图 7-8 延边三角形启动控制线路

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 1/3~1/2 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 (A)	I_q/I_{mq} (%)	M_q (N·m)	M_q/M_{mq} (%)
JO2-52-2 10kW	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	67.2	40	64.5
JO2-62-4 17kW	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 13kW	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	1485	53
JO2-62-8 10kW	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	129	48

- 注：1. I_q ——启动电流； I_{mq} ——满压启动时启动电流； M_q ——启动转矩； M_{mq} ——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- Δ 启动性能。

十一、频敏变阻器启动

频敏变阻器实质上是一个铁心损耗非常大的三相电抗器，相当于一个等值阻抗。在电动机启动过程中，由于等值阻抗随转子启动电流中高频成分的减小而下降以达到自动变阻。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 7-9 所示。

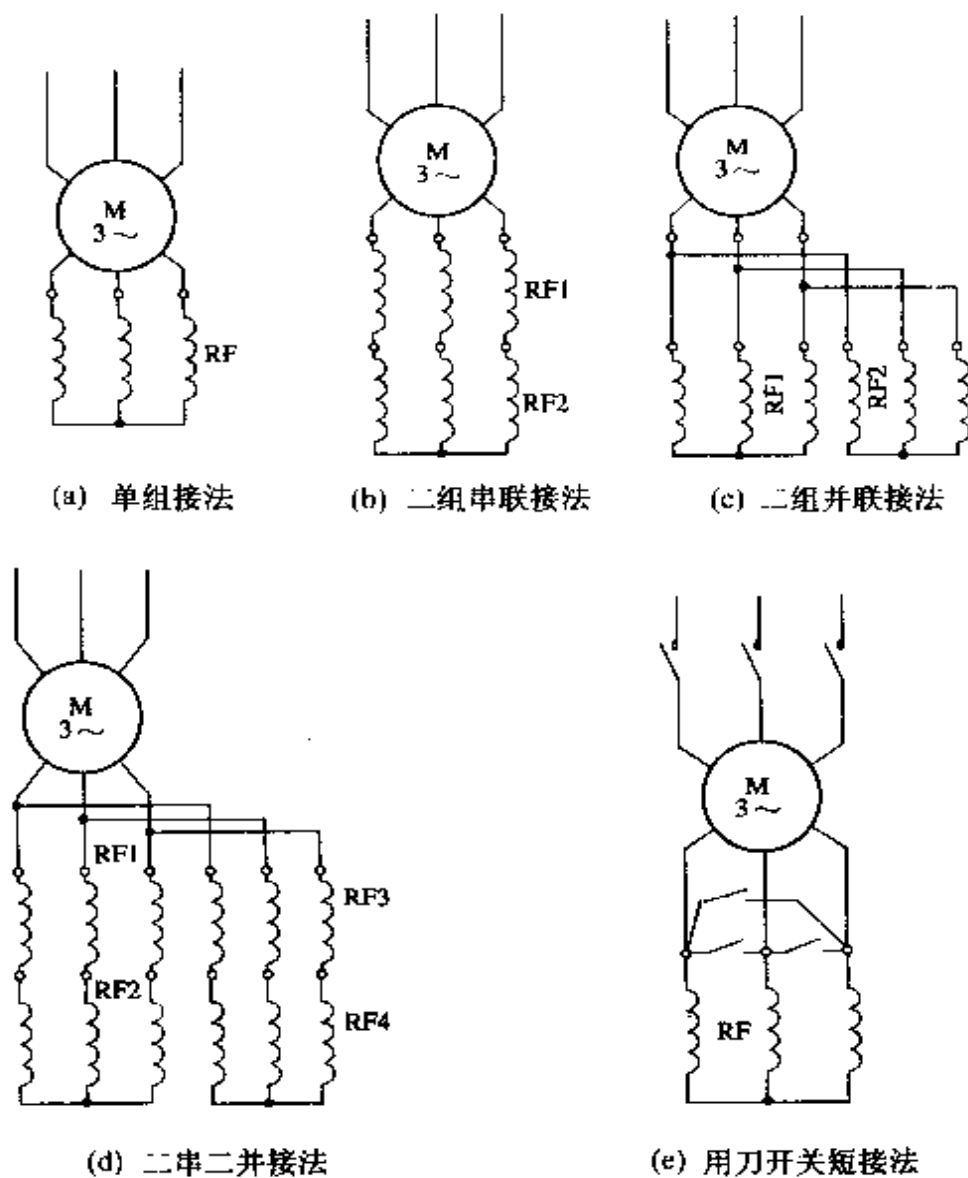


图 7-9 频敏变阻器启动线路接法

频敏变阻器在启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 7-9(e)]。

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 启动电流过大,启动太快,应增加匝数,可换接抽头,使用100%匝数。由于匝数增加启动电流减少,启动转矩也减少。

② 启动电流过小,启动转矩不够,启动太慢,应减少匝数,使用80%或更少的匝数。由于匝数减少使启动电流增大,启动转矩也增大。

③ 在刚启动时,启动转矩过大,机械有冲击,但启动完毕后稳定转速又太低(偶而启动用变阻器启动完毕短接时,冲击电流较大),可增加铁心气隙。由于增加气隙使启动电流略增,启动转矩略减,但启动完毕时转矩增大,这样提高了稳定转速。

十二、异步电动机的反接制动控制线路

对于三相异步电动机,为了使其在切断电源后,迅速停止运转,可采用图7-10所示的反接制动控制线路。

图7-10(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120r/min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120r/min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120r/min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1~3s。

容量较大(4.5kW以上)的电动机采用反接制动时,须在主回

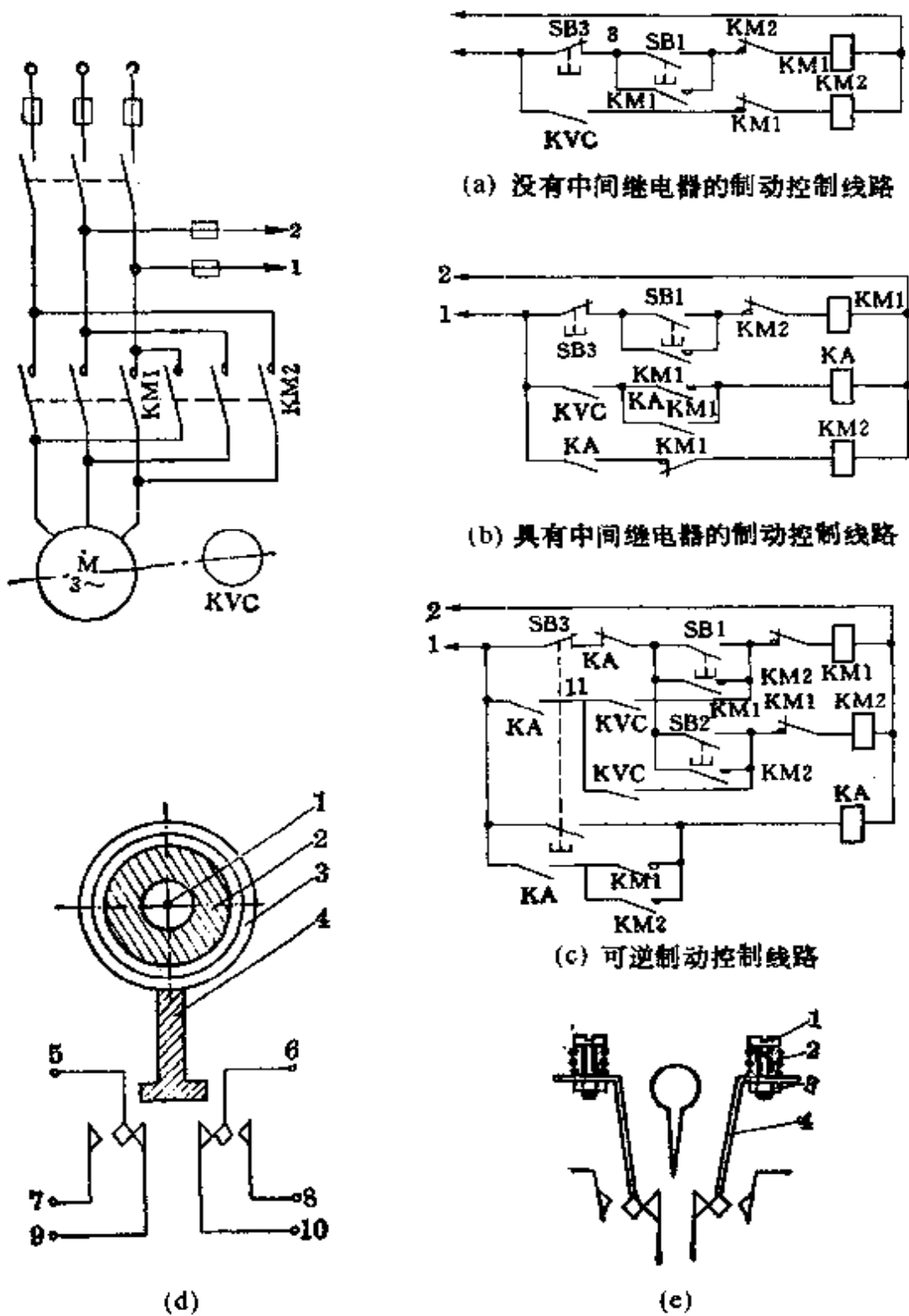


图 7-10 异步电动机的反接制动控制线路与速度继电器电路的原理及其调整

路中串联限流电阻,其实用线路如图 7-27 所示。

图 7-10(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 $120r/min$ 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 7-10(a)这种线路是不常采用的。

图 7-10(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 7-10(a)的不足。

图 7-10(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 7-10(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 $2\sim 3kW$ 时,启动与制动次数不太频繁的场所。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。 $10kW$ 以上的电动机就不太采用反接制动法。

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 7-10(d)所示。 $5\sim 10$ 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。

速度继电器是根据实际需要转速来调整的。在图 7-10(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。

十三、异步电动机的能耗制动控制线路

三相异步电动机的能耗制动控制线路如图 7-11 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。

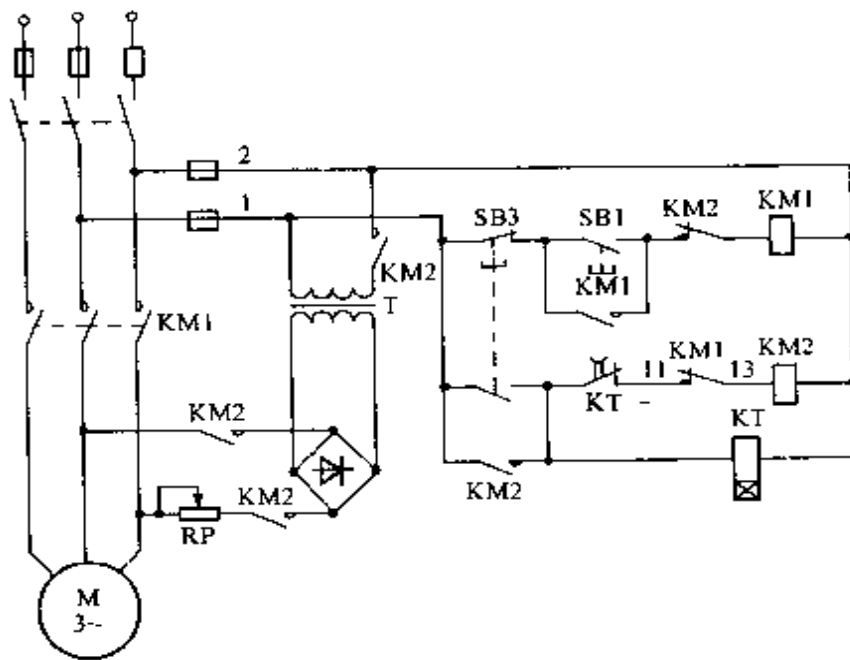


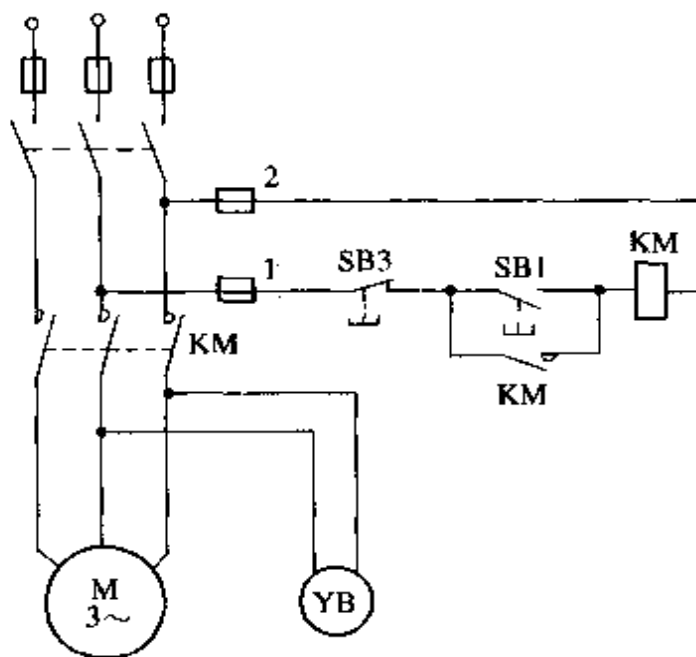
图 7-11 异步电动机能耗制动控制线路

直流电源由单相桥式整流器供给。电位器 RP 用来调节电流的大小从而调节制动的强度。

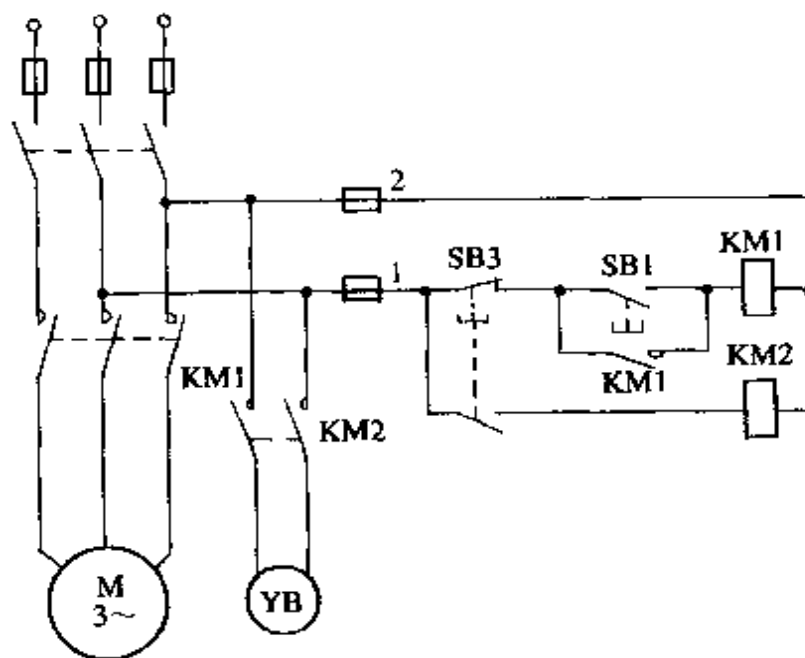
十四、异步电动机的机械制动控制线路

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。

图 7-12(a)是在切断电源的情况下才起制动作用的控制线



(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 7-12 机械制动控制线路

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 7-12(a)便不适用,而必须用图 7-12(b)的控制线路才能满足。在图 7-12(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。

十五、异步电动机的发电反馈制动(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时,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 7-13 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

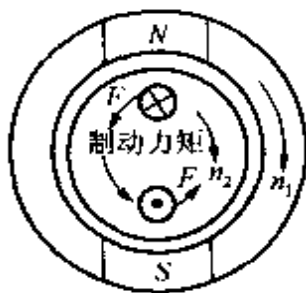


图 7-13 异步电动机的发电反馈制动原理

手定则电磁力 F 的方向与转子旋转的方向相反,限制了重物下降时的速度。实际上这时电动机已转入发电机运行,将重物的位能转换为电能反馈到电网里去。

十六、直流电动机的能耗制动控制线路

图 7-14 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。

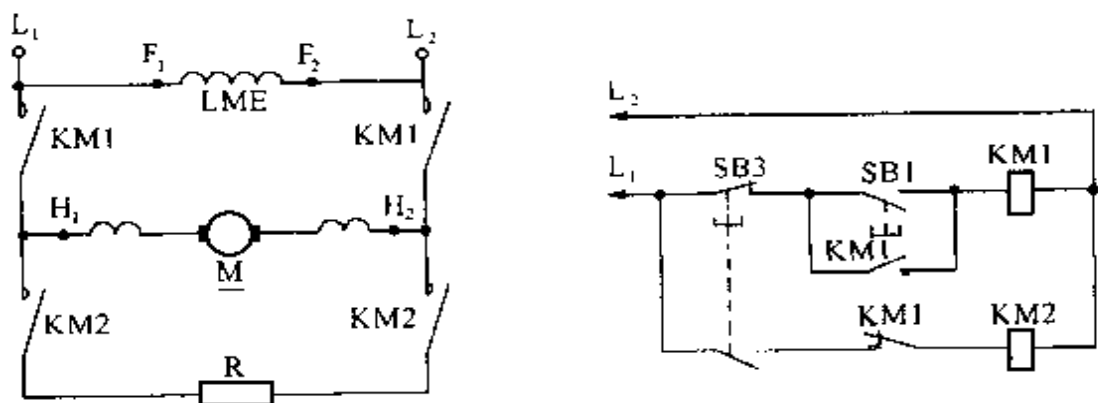


图 7-14 直流电动机能耗制动控制线路

十七、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 KH 串接在主电路中,如图 7-15 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 KH

断开,于是接触器 KM 释放,电动机即停止运转,以达到保护的
目的。

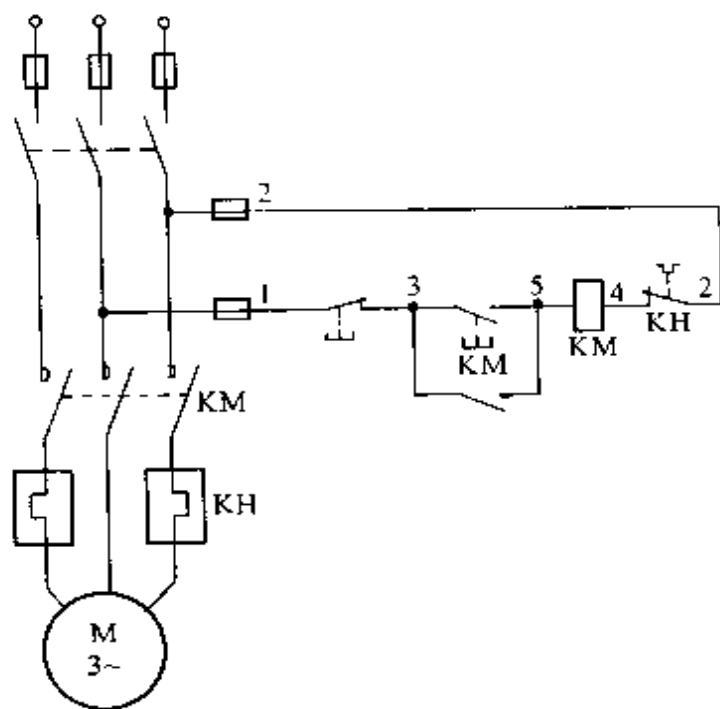


图 7-15 带有热继电器的保护控制线路

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 20min 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。

十八、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
7-16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。

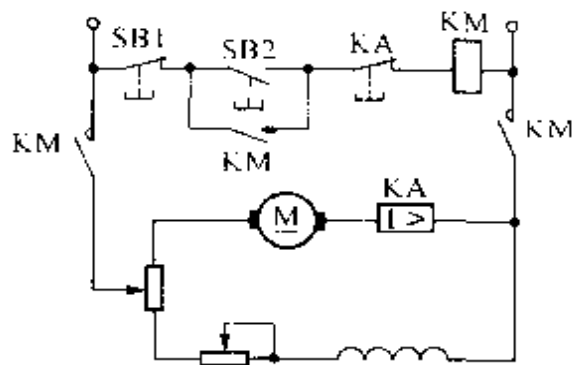


图 7-16 过电流继电器保护控制线路

十九、双速异步电动机的启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 7-17 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。

表 7-2 双速异步电动机并头方法

接 法	电 源 线	连 接 线 端
Δ	U ₁ V ₁ W ₁	—
Y _Y	U ₂ V ₂ W ₂	U ₁ V ₁ W ₁

双速电动机启动一般是用手柄操作双速开关（不能带负荷启动），另一种是用交流接触器将出线端连接，以改变转速 [图 7-17(a)]。

另一种场合需要 Δ 启动，然后自动地将速度加快投入Y_Y运转，从启动到运转这段时间可以有延时继电器来调节 [图 7-17(b)]。

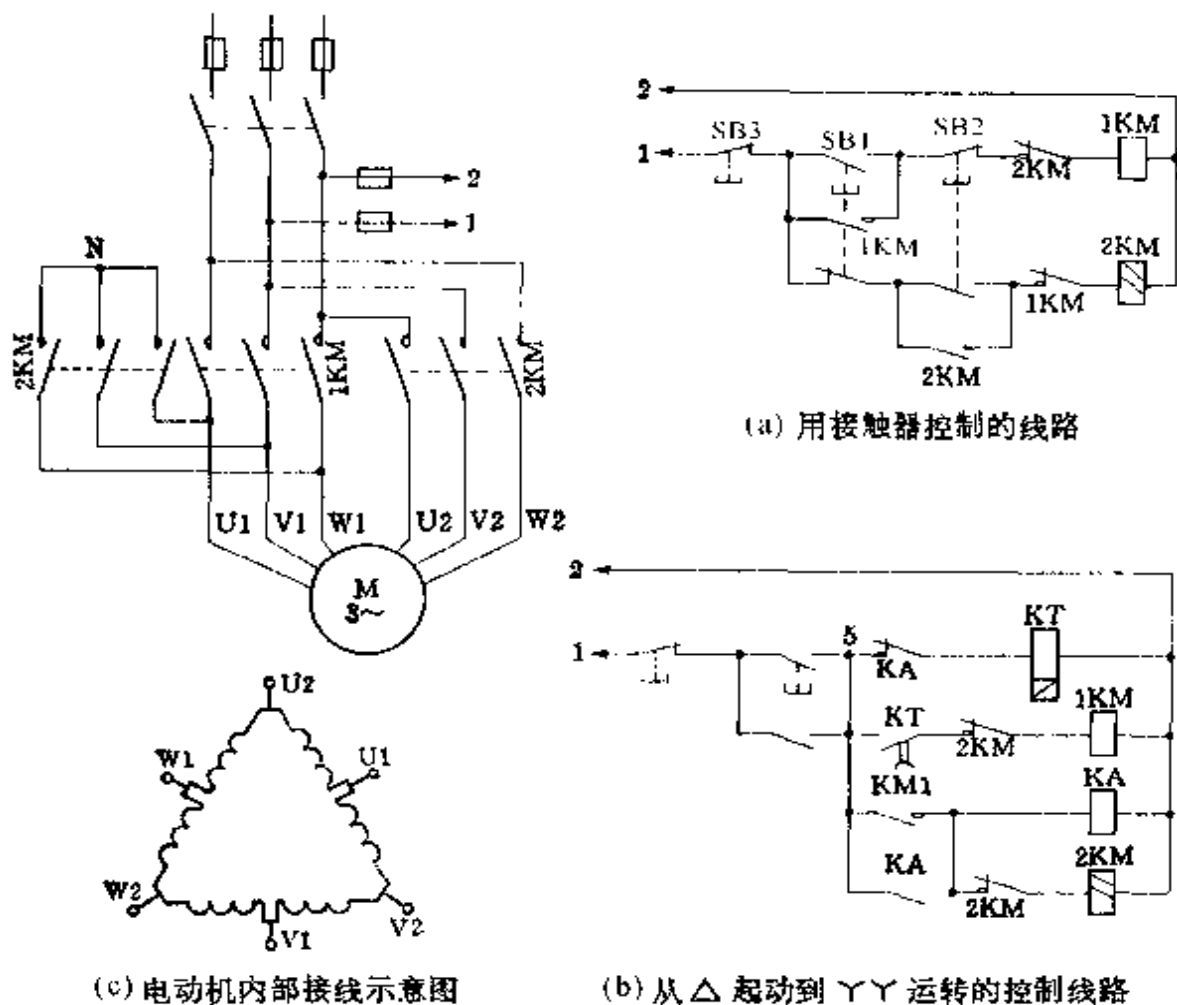


图 7 - 17 两种转速单绕组恒转矩三相交流电动机
内部接线示意图及其控制线路

二十、三速异步电动机的启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 - 18(a)是用交流接触器启动的线路,图 7 - 18(b)是用交

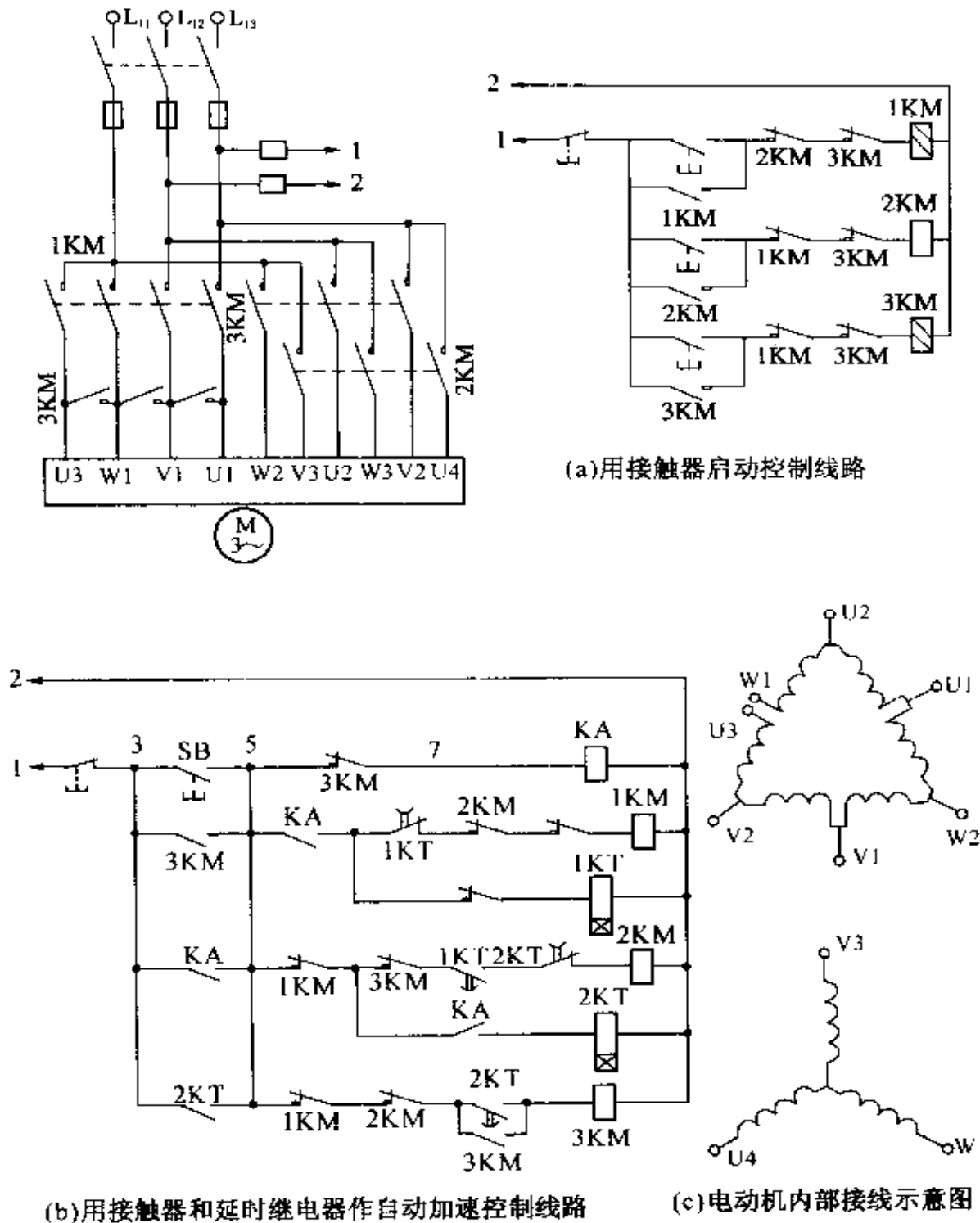


图 7-18 三速异步电动机启动和自动加速控制线路

流接触器和延时继电器作自动加速控制线路,图 7-18(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的并头方法。

表 7-3 三速异步电动机并头方法

转 速	电 源 线			并 头
	L ₂₁	L ₂₂	L ₂₃	
1	W1、U3	V1	U1	—
2	V3	W3	U4	—
3	W2	U2	V2	U1、V1、W1、U3

二十一、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 7-19(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°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 扳到闭合位置,接触器 KM1 吸合,电动机 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

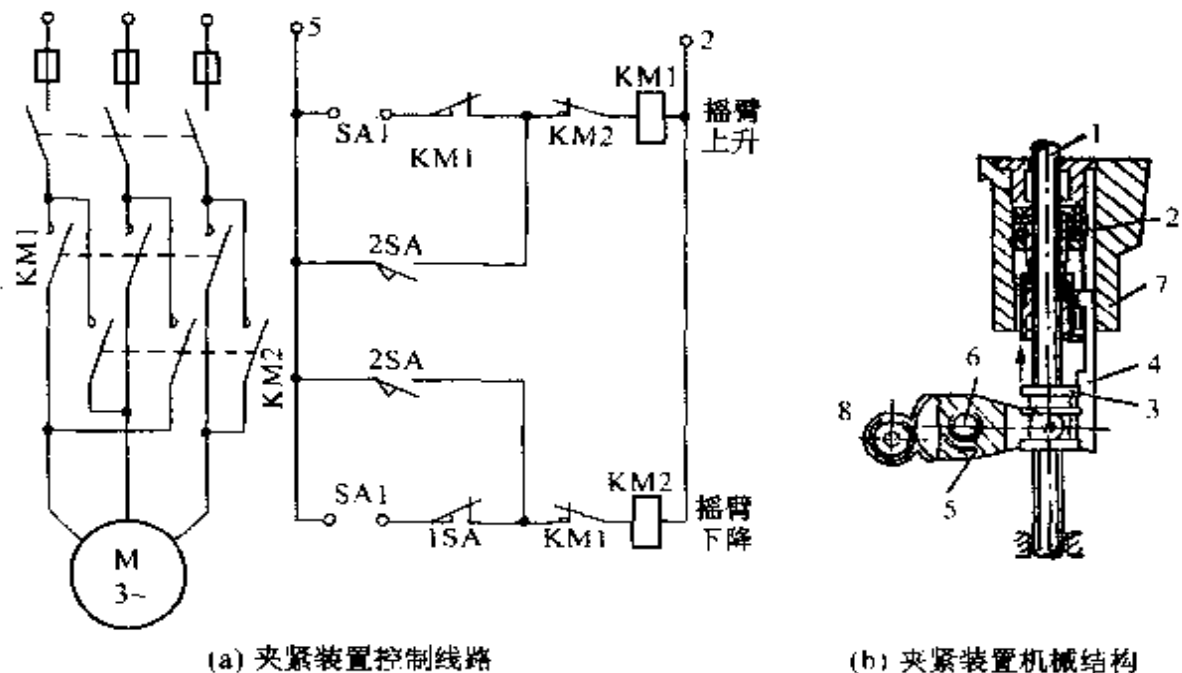


图 7-19 夹紧装置的控制

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 扳到闭合位置, 其过程与上升相似, 仅是方向相反而已。

图 7-19(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 旋转时, 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 7 联动,完成摇臂的夹紧动作,同时使传动条 4 与螺母 2 脱开而恢复到原始位置,并因拨叉 5 转动了 2SA 主轴“8”使升降电动机最后停止运转。

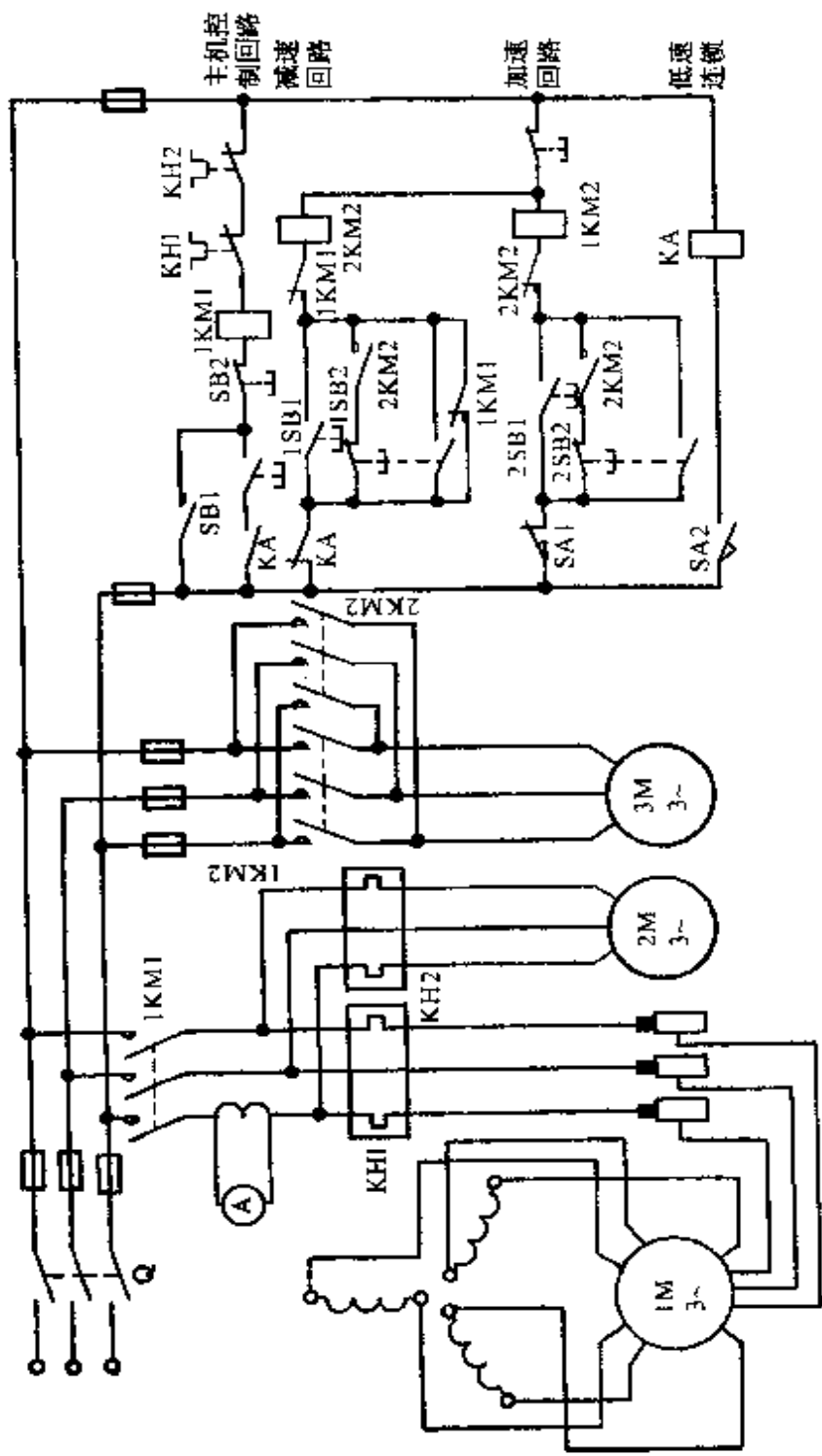
二十二、换向器变速电动机启动和速度调节控制线路

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 7-20 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,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 是在最低速度位置开始动作,即保证电动机只能在最低速度位置直接启动和切断“减速”接触器 2KM2;而另一只限位开关 SA2 是在最高速度位置开始动作,并切断“加速”接触器 1KM2。

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启动时,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 以直接启动。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方向一致。



行程开关	最低速度时	中间速度时	最高速度时
SA1	×	—	—
SA2	—	—	×

“×”表示动作 “—”表示不动作

图 7-20 换向器变速电动机启动和速度调节控制线路

第二节 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 7-21)是带有热继电器保护的
的控制线路。其基本原理参看图 7-2 和图 7-15。主轴正反向运
转是由机械结构来达到的。

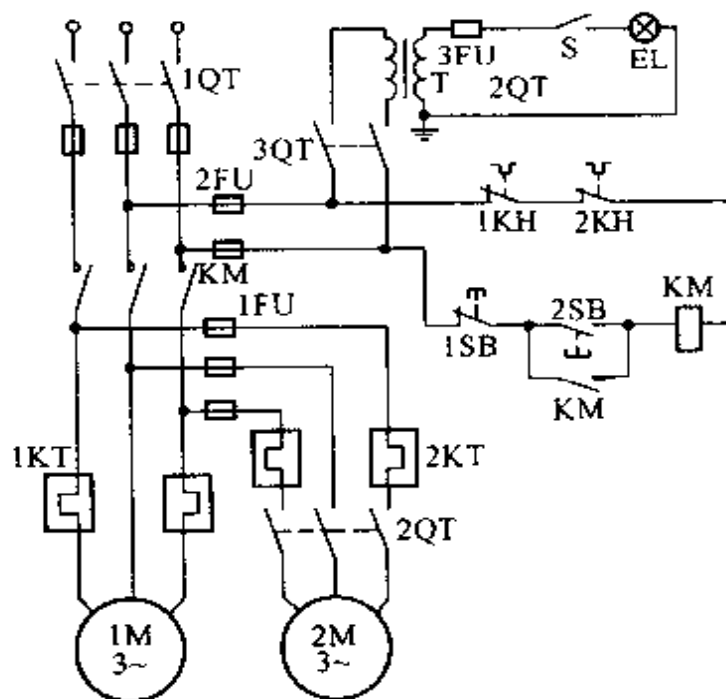


图 7-20 C620-1 普通车床控制线路

C620-1 普通车床的控制线路电器元件如表 7-4 所示。

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
1KH	热继电器	JR2-1 14.5A	T	照明变压器	BK-50 380/36V
2KH	热继电器	JR2-10.43A	EL	照明灯具	JC6-1
1QT	三相转换开关	HZ2-25/3	1SB, 2SB, 3SB	双挡按钮	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			

二、Y3150 滚齿机控制线路

Y3150 滚齿机控制线路(图 7-22)是由正反向点动、单向启动及限位装置三个环节组成。若极限开关触点 1SA 断开,机床便

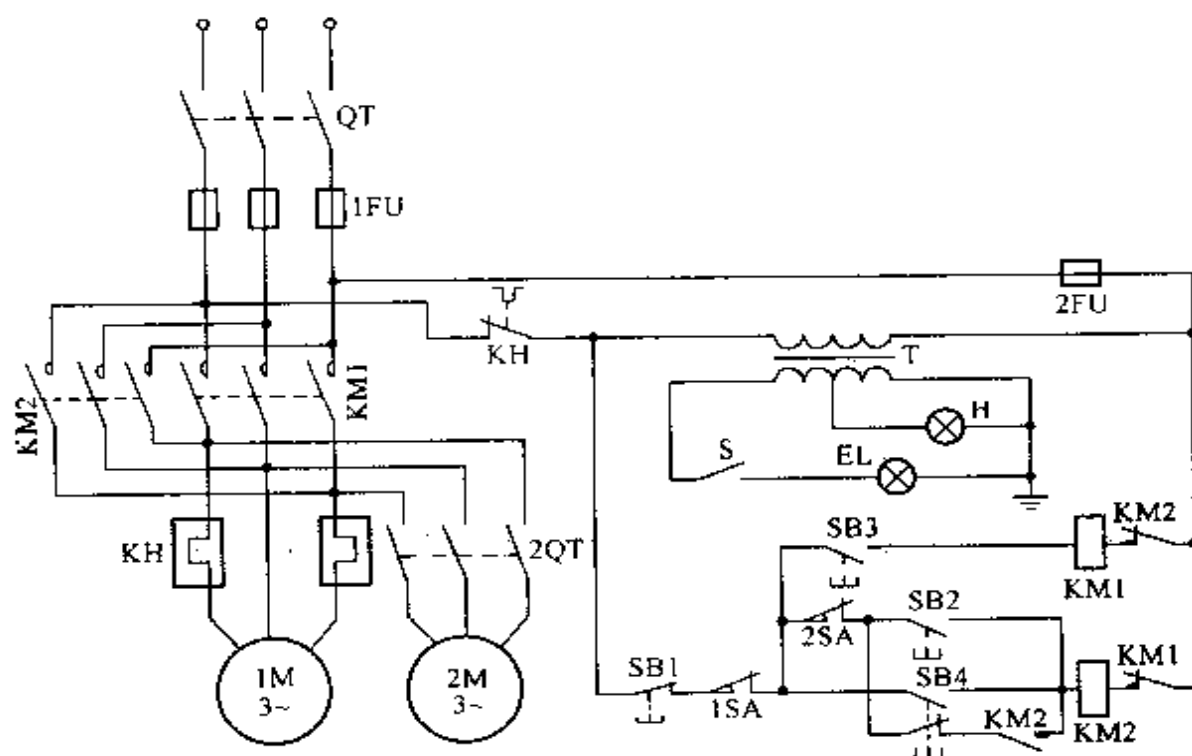


图 7-22 Y3150 滚齿机控制线路

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	启动按钮	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
KH	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-50 380/36/6.3V	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 7-23 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。

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

续 表

代 号	名 称	规 格
1FU	熔断器	RL1—60/30
1FU	熔断器	RL1—15/5
3FU	熔断器	小型管式 1A
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
1KH	热继电器	JR10—10 9.5A
2KH	热继电器	JR10—10 6.1A
1M	砂轮电机	4.5kW4 极装入式电动机
2M	冷却泵电机	JCB—22
3M	液压泵电机	JO42—4
1T	整流变压器	BK—400 220/145V
2T	照明变压器	BK—50 380/36V
KA	欠电流继电器	JT3—11L 1.5A
1SB	按钮(砂轮启动)	LA2
2SB	按钮(砂轮停止)	LA2
3SB	按钮(液压泵启动)	LA2
4SB	按钮(液压泵停止)	LA2
1X	插销(冷却泵)	CYO—36
2X	插销(退磁器)	三足插座 5A
3X	插销(吸铁盘)	CYO—35
YH	平面吸铁盘	110V/1.45A
UL	硅整流器	GZH1/200
1R	电阻器	GF50W/500Ω
2R	电阻器	6W/125Ω
3R	电阻器	GF50W/1 000Ω
C	电容器	5μF/600V
EL	工作台照明灯	
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 7-24 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。

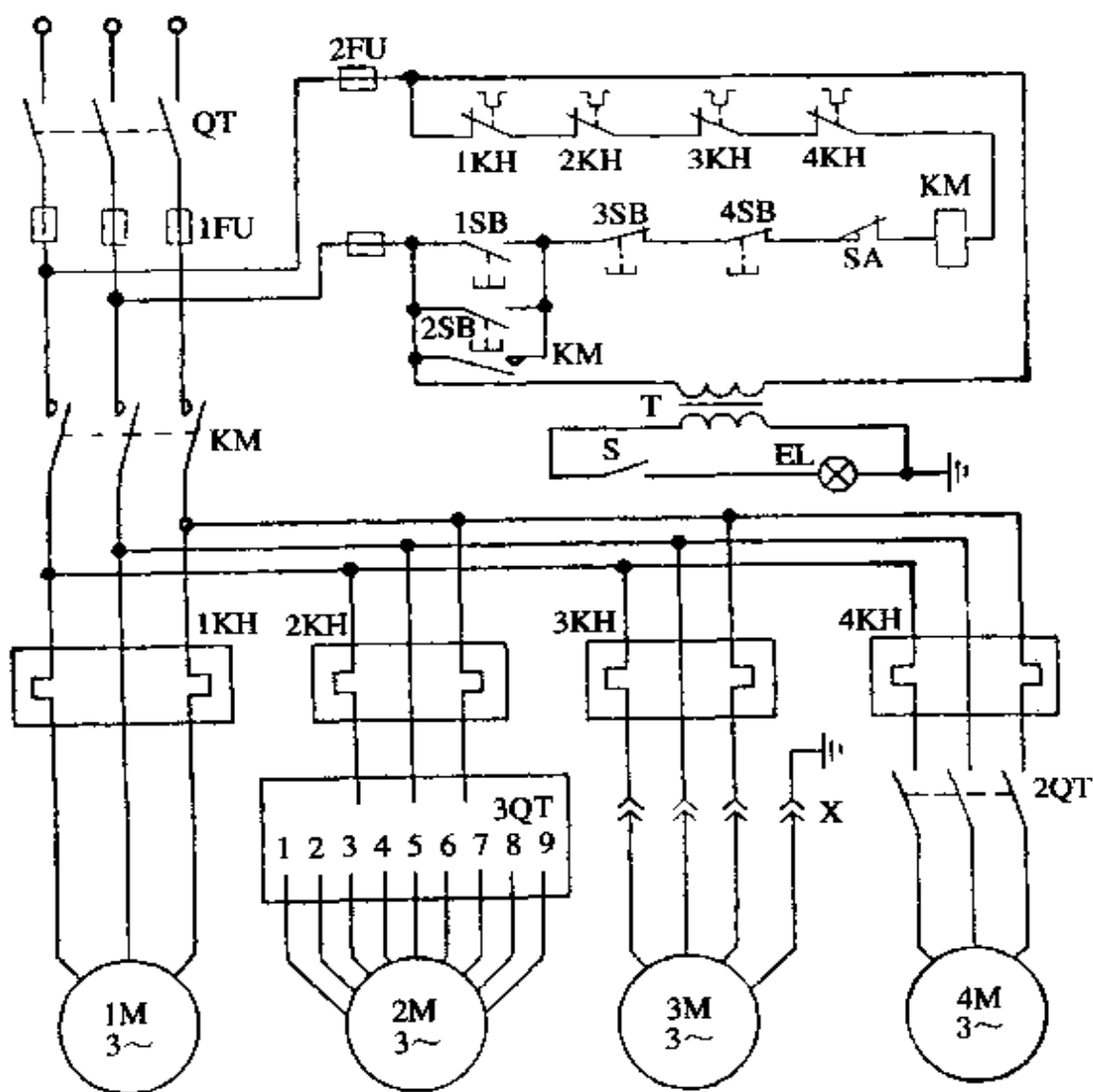


图 7-24 Y7131 齿轮磨床控制线路

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	750/1500/3000r/min
2QT	砂轮开关	HZ2-10/3			1.1/1.7/22kw
3QT	三速开关	HZ3-91A	3M	油泵电机	0.125kW
1FU	熔断器	RL1-15	4M	砂轮电机	JO2-11-20.8kW
2FU	熔断器	RL1-15	1SB	启动按钮	LA2
KM	交流接触器	CJO-20	2SB	启动按钮	LA2
1KH	热继电器	JR-20 4A	3SB	停止按钮	LA2
2KH	热继电器	JR-20 4A	4SB	停止按钮	LA2
3KH	热继电器	JR-20 0.64A	SA	微动开关	
4KH	热继电器	JR-20 1.6A	T	变压器	BK-50 380/36V
X	金属插座		EL	照明灯具	JC6-1
1M	减速箱电动机	JO2-22-41.5kW			

五、Z37 摇臂钻床控制线路

钻床控制线路(图 7-25)中电器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第一节。

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,

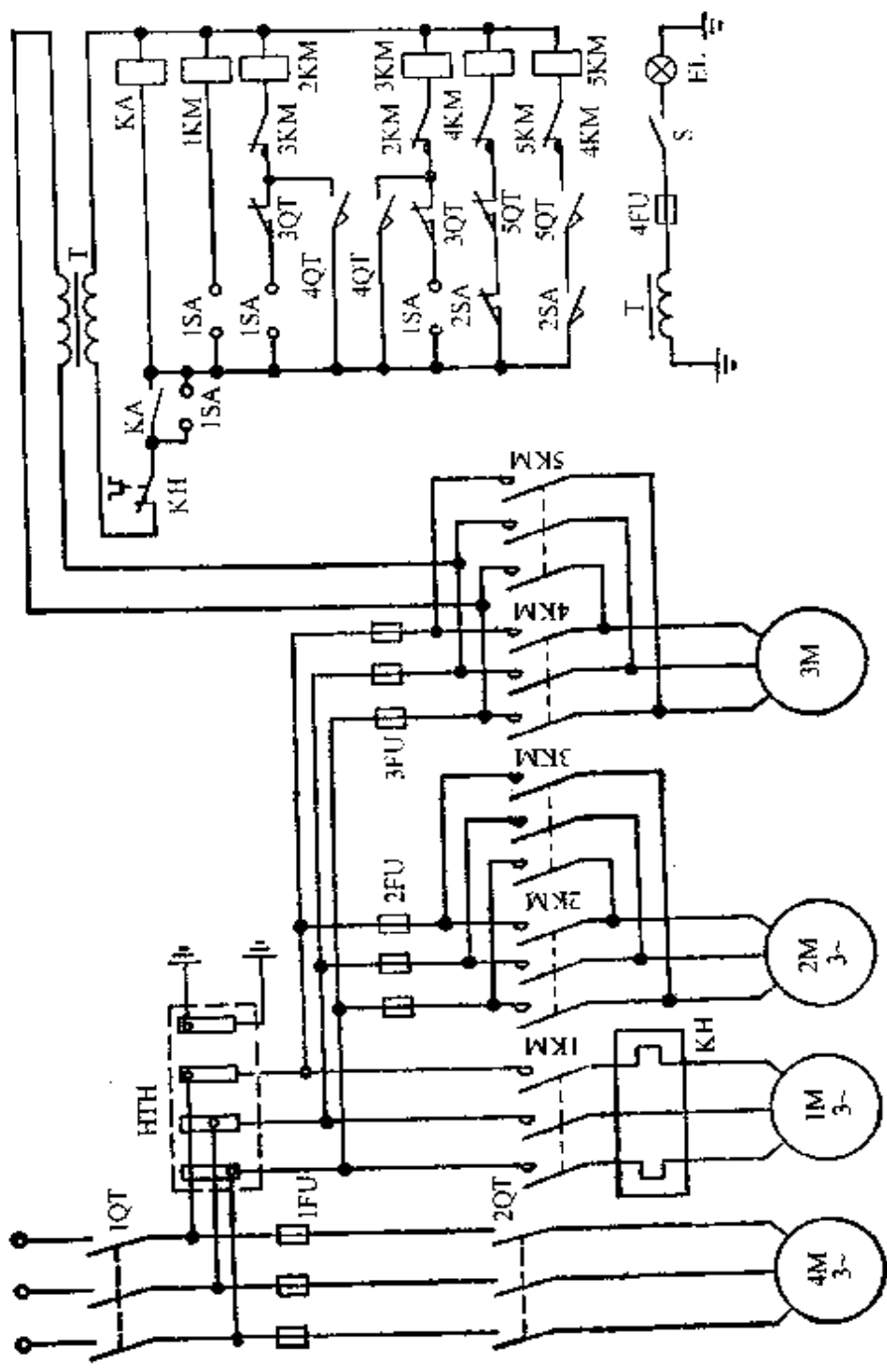


图 7-25 Z37 摇臂钻床控制线路

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是通过十字开关 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(连锁装置)。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					×

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

续 表

代 号	名 称	型 号
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
KH	热继电器	PT-1
1M	主轴电机	JOF-52-4 7kW
2M	升降电机	JOF-42-4 2.8kW
3M	立柱夹紧放松电机	JOF-31-4 0.6kW
4M	冷却泵电机	J4B-22 0.125kW
T	变压器	BK-150 380/127/36V
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 7-26)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. 主轴启动

主轴电动机 1M 是以接触器 1KM、2KM、3KM 和时间继电器 1KA 组成星三角启动、运转的。当按下主轴启动按钮 1SB1 或 1SB2(它们是并联的)时,接触器 1KM、4KM、时间继电器 1KT 同时吸合,主轴电动机即以星形接法启动。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

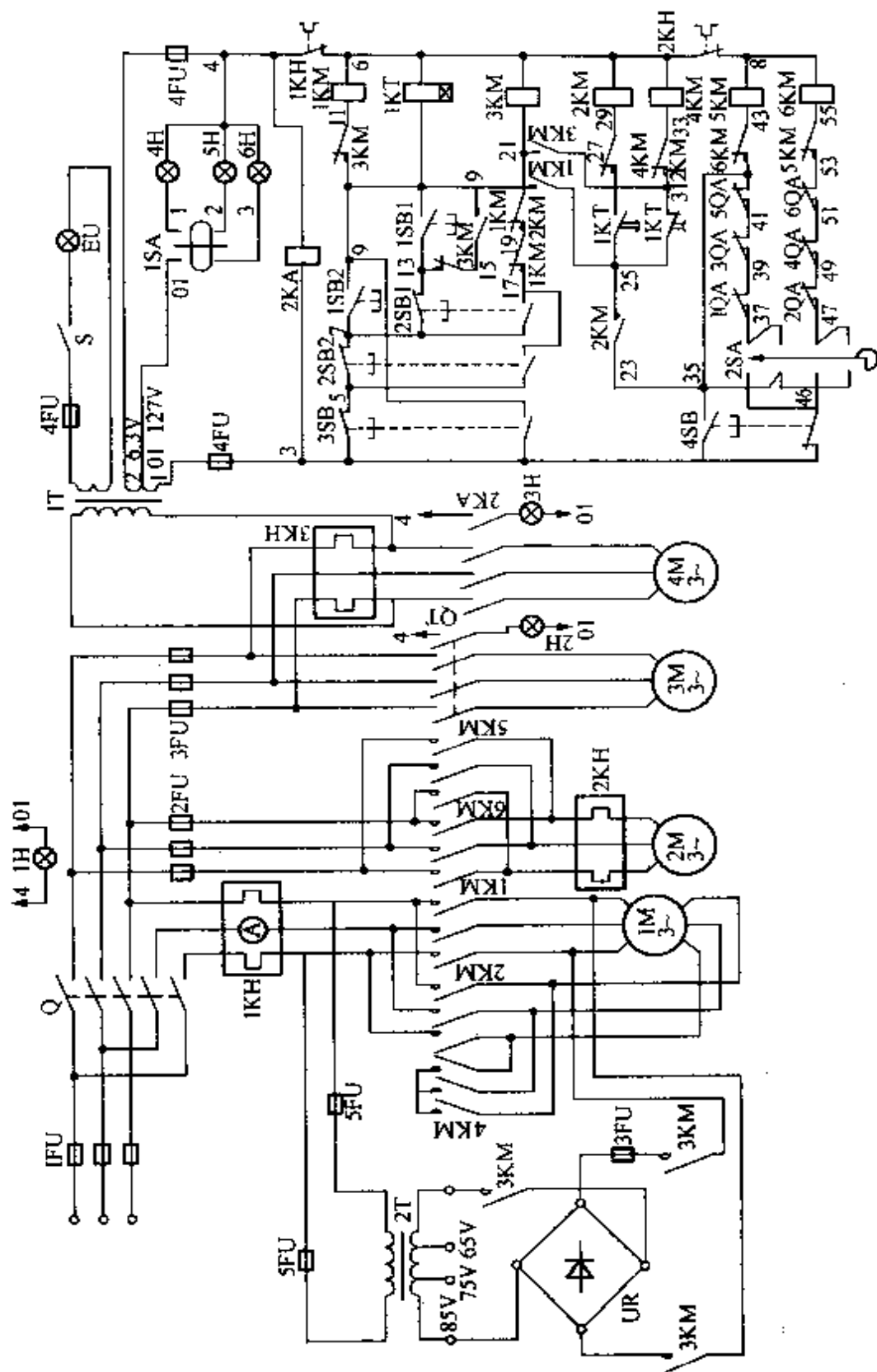


图 7-26 X53T 立式铣床控制线路

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,其原理可参阅第一节。

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启动,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→23→2SA3→47→2QA→49→4QA→51→6QA→53→5KM→55 经 6KM→8→2KH→6→1KH→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→2KH→6→1KH→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 它是在选速时进行的,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、后的移动仍旧是利用进给电动机 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 QT 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 进给选向开关的位置。

X53T 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	10kW/1 445r/min
2M	进给电机	3kW/1 430r/min
3M	冷却泵电机	DB-25B 0.15kW
4M	润滑泵电机	JWYB081-4P 0.025kW
1KM	主轴启动接触器	CJO-40
2KM	三角形启动接触器	CJO-40
3KM	主轴电机制动接触器	CJO-40
4KM	星形启动接触器	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
1KH	主轴电机热继电器	JRO-20 20A
2KH	进给电机热继电器	JR10-10 6.8A
3KH	润滑油电机热继电器	JR10-10 0.8A
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-150 380/36/127/6.3V
2T	整流变压器	BK-500 380/85/75/65V
1FU	总熔断器	RL1-60 35A
2FU	进给熔断器	RL1-15 15A
3FU	冷却泵熔断器	RL1-15 5A
4FU	控制线路熔断器	RL1-15 5A
5FU	硒整流变压器熔断器	RL1-15 15A
6FU	硒整流熔断器	RL1-15 15A
1KA	时间继电器	JS7-1
2KA	中间继电器	JZ7-44
1H	电源指示灯	6V
2H	冷却电泵指示灯	6V
3H	润滑油泵指示灯	6V
4~6H	工作台方向指示灯	6V
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 7-27)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

主轴电动机启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。由于机械性能的要求,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,其原理可参阅第一节。

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 29 与 31 之间的触点 2KM 连锁,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 31 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→1KH→6→2KH→8→3KH→10→4KM→14→3KM→43→5SA→31→2KM→29→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 31 之间触点 5SA 断开,于是 3KM 释放,工作台即停止行动。

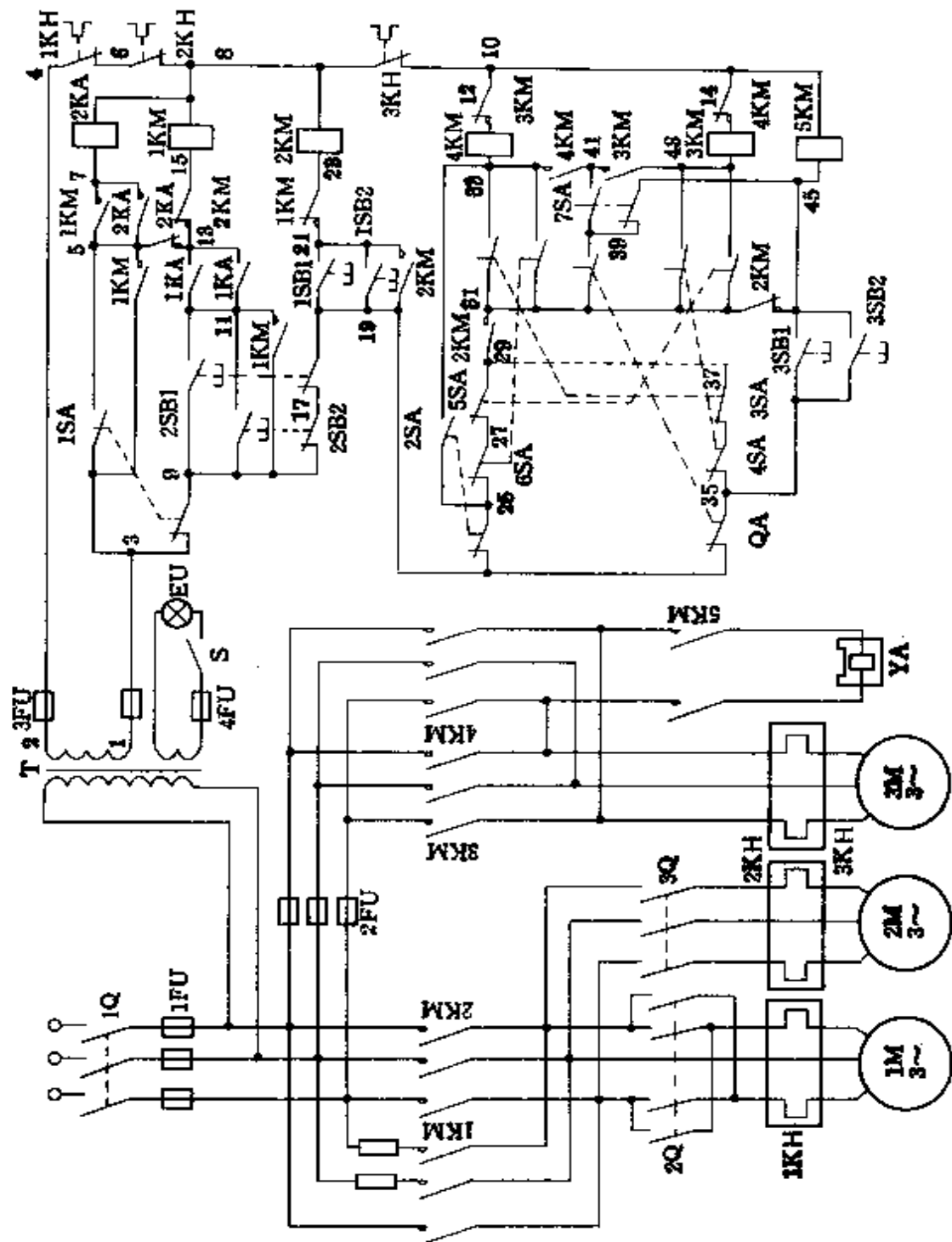


图 7-27 X62W 万能铣床控制线路

(2) 工作台下降 将操作手柄扳到“下面”位置时,机械杠杆将 31 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,31 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→1KH→6→2KH→8→3KH→10→4KM→14→3KM→43→4SA→31→2KM→29→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。

(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→1KH→6→2KH→8→3KH→10→3KM→12→4KM→33→2SA→25→6SA→27→5SA→29→3SA→37→4SA→35→QT→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,在变速时要将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 7-28)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 号撞块是不允许拆下的,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→1KH→6→2KH→8→3KH→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 号撞块时,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。

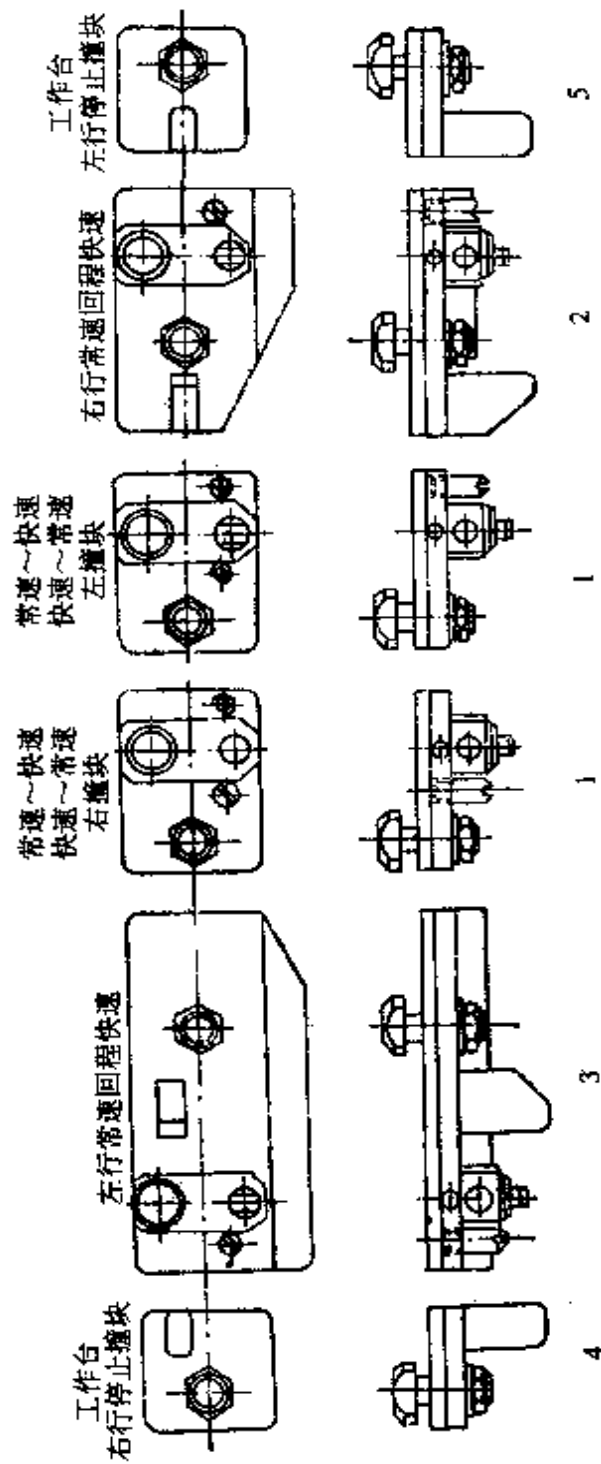


图 7-28 自动控制用撞块示意图

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。现以向右为起点加以说明。

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万能铣床的控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)	1A 0.45Ω
1KH	主轴电机热继电器	JR10-10 35A
2KH	冷却泵电机热继电器	JR10-10 0.45A
3KH	进给电机热继电器	JR2-1 14.2~14.8A
1KM	主轴制动接触器	CJO-40
2KM	主轴启动接触器	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 127V
YA	牵引电磁铁	380V150N
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-150 380/127/36V
QA	转换开关	HZ1-10/2 二极 10A
1SB	主轴启动按钮	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

续 表

代 号	名 称	型 号
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
S、EU	照明灯具	JC6-1
2KA	中间继电器	JZ7-44

八、T68 卧式镗床控制线路

T68 卧式镗床的控制线路如图 7-29 所示,其传动机构分为主轴旋转和进给与快速移动两个部分,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^①

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 3KT 控制主轴电动机 1M 的变速(1 500r/min 或 3 000 r/min)运转;继电器 1KA、2KA 控制主轴电动机 1M 的启动和停止;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 之间的开关触点 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

^① 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。

触器 2KM 吸合,其控制线路路径为:2→3FU→4→KH→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 120r/min 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→KH→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 120r/min 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 120r/min 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 120r/min 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 3 000r/min 工作时,只需通过手柄将 4SA17 与 19 之间触点闭合,时间继电器 3KT 吸合,主轴电动机 1M 通过 1 500r/min 而达到 3 000r/min。

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。

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 5.2/7kW 1 500/3 000r/min
2M	快速移动电机	J42-4 2.8kW 220/380V, 1 500r/min
Q	电源组合开关	HZ2-60/3
1FU	主回路熔断器	RL1-60 40A
2FU	快速回路熔断器	RL1-15 15A
3FU	控制回路熔断器	RL1-15 2A
4FU	照明电路熔断器	RL1-15 2A
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(150r/min)	CJO-20
5KM	主轴电机接触器(3 000r/min)	CJO-40
6KM	快速正转接触器	CJO-20
7KM	快速反转接触器	CJO-20
KH	主轴电机过载保护热继电器	JR2-1 14.5A
1KA	主轴正转中间继电器	JZ4-44
2KA	主轴反转中间继电器	JZ4-44
3KT	主轴高速延时启动继电器	JS7-2 整定值 7s
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-300 380/127/6/36V
S、EU	照明灯具	JC6-2
H	信号灯	DK1-0 6.3V2W 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	主轴反转启动按钮	LA2
4SB	主轴正转启动按钮	LA2

续 表

代号	名 称	型 号
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
3SA2	主轴速度变换限位开关	LX1-11K
4SA	接通高速限位开关(3 000r)	LX5-11
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	

第三节 可编程控制器(PLC)

可编程控制器(Programmable Logic Controller)简称 PLC,是在工业环境下应用的数字式电子装置。它使用可程序的存储器,在其内部存储、执行逻辑运算、顺序控制、计时、计数和算术运算等指令,通过数字式或模拟式的输入、输出组件控制机械设备或生产过程。

一、PLC 的结构与性能指标

1. 结构

PLC 的硬件结构如图 7-30 所示。

构成 PLC 的各部分作用如下:

(1) 主机 一般 PLC 的主机是个单片机,它由中央处理器

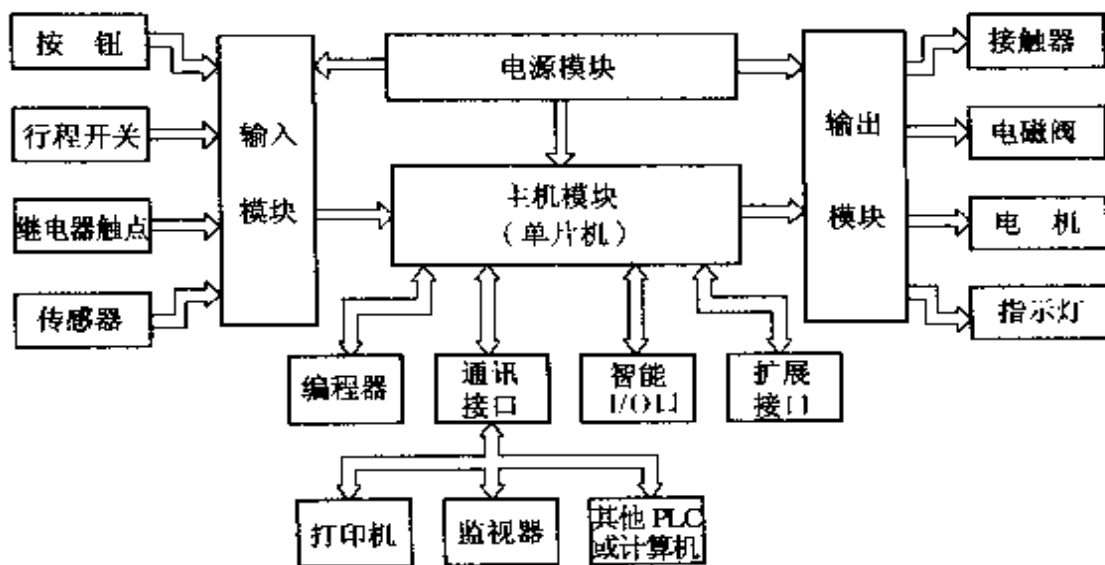


图 7-30 PLC 硬件结构框图

(CPU)、系统程序存储器(一般为只读存储器 ROM 或 EPROM)、用户程序存储器(使用随机存取存储器 RAM)、输入/输出(I/O)接口、编程器接口及一些其他特殊接口电路组成。

CPU 是管理控制 PLC 系统的核心部件,它进行系统自诊断,管理编程器等外部设备,对用户程序进行编译,执行用户程序,进行输入输出操作等工作。这些工作采用分时处理进行。

PLC 工作时,通过输入模块读入现场信号,CPU 按用户程序要求进行处理,处理结果通过输出模块送到控制外部设备,按用户要求工作。

主机内的存储器包括系统存储器和用户存储器。系统存储器存储系统管理和监控程序及对用户程序做编译工作。系统程序由厂家在制造时将其固化在 ROM 或 EPROM 内,用户不能修改。用户存储器内部分为程序区和数据区,程序区存放用户编写的控制程序,此程序可由用户修改、增删存储的内容,故使用 RAM 存储器。用户存储器的数据区用来存放输入、输出数据、中间变量,提供计时、计数器、寄存器及系统程序所使用和管理的系统状态和

标志信息。当 PLC 处在编程工作方式下,用户程序可通过编程器的键盘输入到 RAM 的指定区域。RAM 的容量由 PLC 机型的大小决定。

(2) 输入、输出模块 PLC 是在工业环境下进行工作的,为防止外界强电、磁干扰进入主机而引发误动作,在 PLC 的主机 I/O 接口与现场的输入、输出信号之间加入了由光电耦合电路组成的输入、输出模块,以保证主机与外界强电电路可靠隔离。

OMRON(立石)公司的 C 系列可编程控制器输入模块电路如表 7-18 中所示。输出模块电路如表 7-19 中所示。

PLC 的输入、输出模块还起着电平转换作用。输入模块将外部过程的信号转换成主机 I/O 接口要求的(TTL)信号电平。输出模块将主机 I/O 接口的(TTL)电平转换成外部过程所需的信号电平,以便驱动外部执行机构,如继电器、接触器,电磁阀、电动机等要求电压较高、电流较大的负载。

一台可编程控制器可以配置一个或几个输入、输出模块。一个模块能够接收及传送信号的数目称为输入、输出点数。输入、输出点数的总和称为可编程控制器的 I/O 点。例如,C20 有 28 个 I/O 点,其中 I 有 16 点,O 有 12 点。

PLC 的每个输入、输出点(称为端子)均有确定的地址(固定的编码)以便访问。

(3) 编程器 PLC 的编程器是一台专用的微机控制器,编程器上有键盘和显示屏。通过键盘输入用户程序和调试、删改、插入程序。输入的程序及执行的情况可在显示屏上显示出来,便于用户了解程序执行情况以及对 PLC 内有关组成器件的状态进行监视。

2. PLC 的规模与性能指标

PLC 产品的规模与性能由技术指标决定。PLC 的主要技术指标有:

输入、输出(I/O)点数

表 7-18 C 系列可编程控制器输入模块

项 目	直流输入(光电隔离)	交流输入(光电隔离)
电源电压	24V DC \pm 10%	100~120V AC \pm 10% 50/60Hz
输入阻抗	3k Ω	9.7k Ω (50Hz) 8k Ω (60Hz)
输入电流	7mA	10mA
ON 电压	15V DC	60V AC
OFF 电压	5V DC	20V AC
ON 延时	<2.5ms	<35ms
OFF 延时	<2.5ms	<55ms

电路图及端子接线图

输入模块电路

(100~120V) $R_1=3k\Omega$ $R_2=1.8k\Omega$ $C=0.01\mu F$

端子接线示意图

工作原理

外部输入的现场信号(如按钮、行程开关、各种传感器)的一端与输入模块的端子相连,另一端均接于电源。当外部信号接通后,电阻 R_2 上有 3V 左右的电压,通过光电耦合电路将输入信号状态(开关闭合为“1”,打开为“0”)经锁存器传送到主机

当信号输入后发光二极管通电,使输入模块面板上的相应指示灯点亮

表 7-19 C 系列可编程控制器输出模块

输出方式 项目	继电器输出	双向晶闸管输出 (大电流、高电压)	晶体管输出 (高速输出)
ON 延时	<15ms	<1.5ms	<1.5ms
OFF 延时	<15ms	<(负载周期的 $\frac{1}{2}+1$)ms	<1.5ms
最大开关容量	2A、250V AC、2A、24V DC(单点) 4A/4公共端,6A/8公共端	1A/点,85~250V AC 1.6~4A/4公共点	0.5A 5~24V DC
<p>电路图及端子连接图(为满足不同工业过程的需要,模块的输出电路有三种方式,即晶体管输出、双向晶闸管输出和继电器输出。这里的电路是继电器输出)</p>	<p>输出模块电路(继电器输出)</p> <p>输出模块端子接线</p>		
工作原理	<p>主机向输出模块的某一路输出信号后,该路输出继电器线圈通电,常开触点闭合,接通该触点所控制的外部负载电路</p>		

扫描速度(执行 1 000 步指令所用时间,以 ms/k 表示)

指令条数与功能

内部寄存器数量及类型

高性能或智能模块,如 A/D、D/A、速度控制、位置控制、温度控制或其他物理量转换、PID 模块、过程控制、高速计数器等(带有处理器系统的模块称为智能模块)

通讯能力

编程语言

表 7-20 给出了 PLC 的机型规模及性能分类。

表 7-20 PLC 的机型规模和性能

机 型 项 目	小 型	中 型	大 型
I/O 点数	<256 点	256~2 048 点	>2 048 点
CPU	单	双	多
扫描速度,ms/k	20~40	5~20	<5
存储器容量(字节)	<4KB	4~64KB	64KB~2MB
智能 I/O	有	有	有
通讯能力	有	有	有
指令及功能	主要进行逻辑运算,有的能进行模拟量处理,多用于逻辑控制和专一功能控制	除能进行逻辑运算外,还可进行复杂的算术运算;能进行开环及闭环控制,可用于设备的自动控制和过程控制,是应用较多的机型	能进行各种复杂运算,通过协处理器使之有接近小型计算机的功能,可用于过程控制或网络中的主站
编程语言	梯形图、语句表	梯形图、语句表、BASIC 等	梯形图、语句表、BASIC 等

二、常用 PLC 的型号规格及主要参数

1. 国产产品

(1) 机械部北京机械工业自动化研究所的 PLC 产品

① KB 系列(KB-20、KB-40)PLC:箱体式结构小型 PLC,可完成开关量的逻辑运算和控制,适用于传统机电设备改造或产品配套、机加工及装配线控制及食品、塑料、医药、纺织等工程,凡是用继电器柜的控制工程均可用这个系列 PLC 完成。

主要技术指标:

- 输入输出点数:KB-20、KB-20A, 20 点(入 12 点,出 8 点);KB-40、KB-40A, 40 点(入 24 点,出 16 点)
- 处理速度:平均 20ms/1K 字
- 存储器:CMOSRAM(镍镉电池保护,电池可自动充电)或 EPROM。可存 1 000 步用户程序
- 辅助继电器:592 个(其中有记忆功能的 256 个),包括内部继电器、计时器、计数器、移位寄存器、步控制器等,用户可自定义
- 计时器:设 0.1、1、10s 三个时标,计时范围 0.1~1 270s,与计数器联用计时范围更大
- 计数器:计数 1~127 次,可串联使用
- 输入类型:直流光隔输入,逻辑“0”有效(KB-20A、KB-40、KB-40A)或逻辑“1”有效(KB-20)
- 输出类型:普通继电器(交流 220V, 2A)、固态继电器(交流 220V, 5A)、晶体管(直流 24V, 2A)

② MPC-001 系列 PLC:模块式结构小型 PLC,可完成开关量的逻辑运算和控制,适用于自动化设备、食品、医药、造纸、塑料生产、机床配套、机械加工、装配线等场合使用。

主要技术参数:

- 存储量:用户程序 1 000 步(0~999)

- 存储器类型:CMOSRAM(镍镉电池保护,电池自动充电)或 EPROM

- 处理速度:平均 20ms/1K 字

- 辅助继电器:592 个,其中可掉电保持的为 256 个,包括内部继电器、计时器、计数器、移位寄存器、步控制器,使用时由用户定义

- 计时器:0.1~1 270s,设有三个时标(0.1s、1s、10s),具有外部预置数的功能

- 计数器:计数 1~127 次,可串联使用,具有外部预置数功能

- 输入输出点数:以 16 点为模,可以进行任意组合。其中 MPC-001A 为 9 槽箱体(最大 112 点),MPC-001B 为 7 槽箱体(最大 80 点),MPC-001C 为 6 槽箱体(最大 64 点)

- 输入输出类型:输入直流光隔,输入逻辑“0”有效或逻辑“1”有效

输出普通继电器 220V, 3A AC,晶体管 24V, 2A DC 任选

③ MPC-03 小型多功能 PLC:MPC-03 既有逻辑运算、计时、计数、移位、步控功能,可实现 KB 系列、MPC 系列能完成的功能,还具有数据采集、数据处理、码制变换、参数设定和高速计数功能及显示等功能,并具有联网通讯能力。

MPC-03 的指令系统与 KB 系列、MPC-001 系列的 PLC 兼容,并提供更多、更强的功能。

主要技术参数:

- 工作方式:存贮程序、循环扫描方式

- 存贮器类型:CMOSRAM(带电池保护)或 EPROM

- 程序步数:0~1 999 即 2 000 步

- 处理速度:平均小于 10ms/1K 字节

- 辅助继电器:896 点,其中具有掉电保护能力的 364 点(包括内部继电器、移位寄存器、步控制器及锁存器,使用时由用户

定义)

- 定时器:32个,定时范围0.1~1270s,设有0.1s、1s、10s
3个时标

- 内部数据寄存器:128字节
- 开关量I/O点:最大128点
- 模拟量输入:8路
- 模拟量输出:3路
- 高速计数:1点,计数频率 $\leq 5K$,计数范围0~65535,可有

两个预置值

- 通讯:采用主从式总线拓扑结构,主站可以带两个从站,站间采用RS-485接口,双绞线互连MPC-03系统可提供的配置单元:

- 16点输入单元:220V交流输入,24V直流输入
- 16点输出单元:220V,3A继电器输出;24V,2A晶体管输出;110V,1A、2A/220V,1A、2A晶闸管输出

- 混合输入(8)/输出(6)单元:24V直流输入,24V、2A输出
- A/D、D/A单元:0~5V,±5V,0~10V,±10V,

4~20mA

- 参数设定、显示单元:拨码输入,数码管显示
- 通讯单元和智能单元等

(2) 苏州市电子计算机厂可编程控制器产品

① 可编程控制器产品系列:

- 16~32个输入/输出点的固定式小型可编程控制器:
YZ-PC05系列

- 24~40个输入/输出点的模块式小型可编程控制器:
YZ-PC10系列

- 40~64个输入/输出点的模块式小型可编程控制器:
YZ-PC10A系列

- 64/112 个输入/输出点模块式小型可编程控制器：YZ-PC001A 系列(YZ-PC20)

- 168~512 个输入/输出点,10 路模拟量入/模拟量出,以 IBM/PC、XT 为编程器的模块式高档中型可编程控制器：YZ-PC30 系列

② YZ-PC10 主要技术性能：

- 工作方式 循环扫描方式
- 处理速度 1 000 程序步/20ms
- 定时器 0.1~1 270s。设有 0.1s、1s 和 10s 3 个时标。具有外部置数功能
- 计数器 1~127 次,可串联使用,具有外部置数功能
- 指令 有逻辑运算、输入/输出、定时、计数、移位寄存器、步控制器、锁存器、主控制、清除、结束等各类指令共 20 条
- 用户程序 放于用户 EPROM 或 RAM 中
- 辅助继电器 526 个,其中 256 个带有停电记忆功能

③ YZ-PC31A/B 中型可编程控制器：

YZ-PC31A 和 YZ-PC31B 中型可编程控制器,最多可控制 256/512 个输入输出点,包括模拟量输入输出,并配有定位控制模块和高速计数模块,软件功能齐全,使用方便,可用作各种行业机电一体化控制设备。

产品主要技术指标：	YZ-PC31A	YZ-PC31B
开关量 I/O(max)	256	512
模拟量 I/O(max)	32	64
用户存贮器(min)	4K 字节	8K 字节
扫描速度	15ms/1K 字	15ms/1K 字
通讯接口	RS-232	RS-232

MTBF(平均无故障工作时间)	>20 000h	>20 000h
工作温度	0~55℃	0~55℃

主要输入/输出功能:

开关量 I/O: 最多 256/512 点, 种类有 24V/48V DC 输出, 220V AC 输入, 24V DC 晶体管输出, 24V DC/220V AC 继电器输出, 220V AC 晶闸管输出。

模拟量 I/O: 最多 32/64 点, 1~5V 或 4~20mA 模拟量输入/输出。

定位控制: 控制二轴动作。

高速计数: 二通道加减计数。

2. 外国产品

(1) C 系列可编程控制器

C 系列 PLC 产品的型号规格如表 7-21 所示。

(2) 松下电工可编程控制器

日本松下电工有三个 PLC 系列产品, 即 FP1 系列(小型机)、FP3 系列(中型机)和 FP5 系列(大型机)。

FP1 系列产品主要参数如表 7-22 所示。

(3) NB 系列可编程控制器: NB 系列 PLC 型号规格如表 7-23 所示。

(4) GE 系列 PLC 产品

美国通用电气公司的 PLC 产品有 GE-I、GE-IP(小型机)、GE-III(中型机)和 GE-V(大型机)等多种系列。中、小型机技术性能如表 7-24 所示。

程序内存 1 000 指令字 扫描时间 8ms/K

内存类型 电容后备 RAM(保持时间 20~700ms)

(5) F 系列 PLC 产品

日本三菱公司在 1981 年推出的 F 系列小型 PLC 产品的基本技术性能如表 7-25 所示。

表 7-21 C 系列 PLC 型号规格

SYSMAC CPU 特点	输入/输出容量 (max)	用户程序容量 (指令行)	基本指令 执行时间	指令类型	内部数据区分配						
					SR	HR	TR	Timer/ counter	AR	LR	DM
C V 系列	1 024	62Kword	0.125~ 0.375 μ s	333 条	—	4 800	(TR0~TR7) 8	512	8 192	CPU BUS Link 4 096	24 576
	512	30Kword	0.15 ~0.45 μ s	170 条	—	4 800	8	512	8 192	4 096	8 192
C 系 列	2 048	30.8K	0.4~ 2.4 μ s	174 条	136	1 600	8	512	448	1 024	6 656
	1 024	30.8K	0.4~ 2.4 μ s	174 条	136	1 600	8	512	448	1 024	4 096
	480	6 974	0.75~ 2.25 μ s	145 条	136	1 600	8	512	448	1 024	2 000
	240	H 型: 2 878 P 型: 1 194	H 型: 0.75~2.25 μ s P 型: 4~17.5 μ s	H 型: 137 条 P 型: 37	H 型: 136 P 型: 16	H 型: 1 600 P 型: 160	8 (TR0~TR7)	H 型: 512 P 型: 48	H 型: 448 P 型: 448	H 型: 1 024 P 型: 1 024	H 型: 2 000 P 型: 64

表 7-22 FP1 系列 PLC 的型号规格

项 目	FP1—C16	FP1—C24	FP1—C40
I/O分配	8/8	16/8	24/16
最大I/O点数	32	104	120
扫描速度		1.6 μ s/步	
程序容量	900步	2720步	2720步
存储器类型	EEPROM RAM(备份电池)和 EPROM		
指令数	126	154	154
内部继电器	256	1008	1008
特殊继电器	64	64	64
定时/计数器	128	144	144
数据寄存器	256	1660	1660
串行通讯	—	1CH RS232C	1CH RS232C
高速计数	X ₀ 、X ₁ 为计数输入,可加/减计数,同时输入两路,计数频率最高为10kHz(单路输入时),X ₂ 为复位输入		

表 7-23 NB 系列 PLC 的型号规格

项 目	NB1 型 NB1-P24 NB1-P40 NB1-P56	NB2 型	
		NB2-P24 NB2 P36	NB2-P56 NB2-P90
I/O 分配	24 40 56 (自由配置)	24(12/12) 36(18/18)	56(28/28) 90(48/42)
最大 I/O 点数	302 318 334	32 44	334 368
扫描速度 基本指令 应用指令	0.7 μ s/步	10 μ s/步	0.7 μ s/步
	平均 100 μ s	平均 100 μ s	
程序容量	最大 8K 步	最大 1K 步	最大 8K 步
存储器类型	8K 步 RAM 内存 EPROM(或 EEPROM) 4K/8K 步	1K 步 RAM 内存 EPROM(或 EEPROM) 1K 步	8K 步 RAM 内存 EPROM (或 EEPROM)8K 步
指令种类 基本指令 应用指令	22 58	22 25	22 58
	512	64	512
输入输出继电器 X Y			
辅助继电器 保持 L 特殊 M	1 024	1 024	1 024
	1 024	512	1 024
	512	512	512

续表

项 目	NB1 型	NB2 型	
	NB1-P24 NB1-P40 NB1-P56	NB2-P24 NB2 P36	NB2-P56 NB2-P90
状态继电器 S	1 024	256	1 024
时间继电器 T	512	32	512
计数器 C	256	32	256
通用数据寄存器 D	1 024 字	64 字	1 024 字

表 7-24 GE 系列中小型 PLC 的型号规格

项 目	GE-I	GE-IP	GE-III
I/O 容量	112	168	400
存储器容量	1.7K	3.7K	4K
扫描速度	40ms/IK	10ms/IK	4.8 μ s/步
指令条数	29	57	57
定时/计数器	64	64	128
内部继电器	288 个(28 个有掉电保护)		368 个(64 个有掉电保护)
移位寄存器	128 步	128 步	128 个
数据寄存器	—	—	12 个
高速计数器	10kHz	10kHz	10kHz
模拟量 I/O 模块	—	—	有

表 7-25 F 系列小型 PLC 的基本技术性能

项 目		F-20M	F-40M
电 源	电 压	AC100~110V +10% -15% AC200~220V +10% -15%	50/60Hz
	功 耗	<11W	<25W
输 入	点 数	12+2 点(运转、停止用)	24+2 点(运转、停止用)
	输入形式	无电压、接点中 NPN 晶体管接点	
	电 流	80mA/DC24V	7mA/DC24V
输 出	点 数	8 点	16 点
	继电器型	电阻负载 2A/点, 电感负载 80VA/点, 电压 24V DC, 100V AC, 200V AC	
	双向体 SSR 型	电阻负载 1A/点, 4A/8 点, 电压 AC 100V, AC 200V 光电隔离, 开路漏电流 2mA/AC 200V	
	晶体管型	负载 1A/点, 4A/8 点, 电压 DC 24V 光电隔离	
计 时	点 数	8 点	16 点
	设定位置	2 位	3 位
计 数	设定范围	0.1~99 秒	0.1~999 秒
	点 数	8 点	16 点
计 数	设定方式	编程数字设定、复位优先	
	设定范围	1~99	1~999
特 点	计数器掉电保护		

续 表

项 目		F-20M	F-40M
编程步数容量 (用户存上方向容量)	数制	八进制	十进制
	数量	477	890
辅助继电器		64只(其中16只掉电保护)192只(其中64只掉电保护)	
演 算	指令	继电器记号方式(14种)	
	速度	100 μ s/步序(平均)	45 μ s/步序(平均)
可靠 性措 施和 情况	电池保护	锂电池,可连续使用五年,保持RAM程序	
	瞬时停电补偿	<20ms的瞬时停电,可不出错继续运转	
	抗电平干扰能力	1000V 1 μ s	
	耐振动能力	10~55Hz,0/5mm,最大2g	
	CPU出错自诊断	程序监视器(watch dog),求和校验(sumcheck)	
	电池电压监视	电压不足指示灯显示	
	环境温度	0~+55 $^{\circ}$ C(库存温度-15~+65 $^{\circ}$ C)	
	环境湿度	85%RH以下(无结露)	
	绝缘电阻	>5M(500V DC)	
	绝缘耐压	AC 1500V min	
外形尺寸	255 \times 80 \times 100(mm)	305 \times 110 \times 110(mm)	
重量	1.5kg	2.3kg	
一 般			

三菱公司于 1985 年推出 F2 系列,1987 年又推出 F1 系列产品。F1、F2 系列在 F 系列的基础上作了较大改进和提高,除了保留了 F 系列的原有功能外,还增加了许多功能。F1、F2 系列最显著的特点是能对模拟量进行处理和控制,可完成较为复杂的控制。

F1、F2 系列的性能和主要特点:

① F1、F2 系列的基本单元输入、输出点有 12、20、30、40、60 点五种规格,扩展单元输入、输出点有 10、20、40、60 点四种规格,经组合最多输入、输出点可达 120 点。F1、F2 系列外形尺寸、结构基本与 F 系列一致。

② F1 和 F2 系列的用户程序存储器容量大于 F 系列,达到 1 000 步。

③ F 系列中的 F-20M 的平均指令执行速度 $100\mu\text{s}/\text{步}$,F-40 系列的平均指令速度为 $45\mu\text{s}/\text{步}$,而 F1、F2 系列平均指令执行速度为 $12\mu\text{s}/\text{步}$,一般触点多为 $3.6\sim 5.4\mu\text{s}/\text{步}$,执行速度提高,采用主控、条件转移和中断功能块,可使反应时间短。

④ 有两个输入点可以抓住比扫描时间更短(等于 $200\mu\text{s}$),甚至低于 PC 通常扫描门槛的脉冲信号的瞬时输入信号,而不会产生延时问题。

⑤ 可以改变输入滤波器常数($0\sim 60\text{ms}$)。

⑥ 增加了八个定时器 T650~T657,设定值 $0.01\sim 99.9\text{s}$,最小设定单元为 0.01s ,从而满足要求计数精确度更高的场合。

⑦ 有直接输出功能,紧随数据比较之后,比较结果被直接引到一个外部输出。

⑧ 具有高速计数功能,增加了一个范围从 $0\sim 9\,999$ 的高速计数器,可对高达 $2\,000\text{Hz}$ 的信号进行计数,该计数器可高速运行,而与执行周期无关。

⑨ 设有 40 个“状态器”,用来存储机械工作过程的各种状态。“状态器”与步进梯形指令一起使用。用步进梯形指令实现步进控

制,顺序控制极为方便,可大大减少程序所需要的步数,进一步提高设计效率。

⑩ 具有对模拟量进行处理的功能,F1 系列这方面的功能指令多达 87 条,F2 系列也有 37 条。

⑪ 模拟量输入/输出单元 F2-6A-E,具有 4 路模拟量输入和 2 路模拟量输出,电流量或电压量均可。

⑫ F2 系列具有通讯功能,PC 之间可以互相联络,并行工作。

⑬ 可选用多种存储器存储程序,有 RAM、EPROM、EEPROM、普通录音带和软盘。

第八章 电子技术

第一节 常用电子元件

一、电阻器、电容器的型号命名及标志方法

1. 型号命名法

(1) 电阻器、电位器的型号命名方法见表 8-1。

表 8-1 电阻器、电位器的型号命名法

第一部分		第二部分		第三部分		第四部分
用字母表示主称		用字母表示材料		用数字或字母表示分类		用数字表示序号
符号	意义	符号	意义	符号	意义	
R	电阻器	T	碳膜	1	普通	
		P	硼碳膜	2	普通	
W	电位器	U	硅碳膜	3	超高频	
		H	合金膜	4	高阻	
		I	玻璃釉膜	5	高温	
		J	金属膜(箔)	7	精密	
		Y	氧化膜	8	· 高压或特殊函数	
		S	有机实心	9	特殊	
		N	无机实心	G	高功率	
		X	线绕	T	可调	
		R	热敏	X	小型	
		G	光敏	L	测量用	
		M	压敏	W	微调	
				D	多圈	

注：第三部分数字“8”：对于电阻器表示“高压”类，对于电位器表示“特殊函数”类。

(2) 电容器的型号命名方法见表 8-2。

表 8-2 电容器型号命名法

第一部分	第二部分				第三部分		第四部分
主 称	材 料				特 征		序 号
	符 号	意 义	符 号	意 义	符 号	意 义	
符号:C 意义: 电容器	C	高频瓷	Q	漆 膜	T	铁 电	用字母和数字表示
	T	低频瓷	H	纸膜复合	W	微 调	
	I	玻璃釉	D	铝电解	J	金属化	
	Y	云 母	A	钽电解	X	小 型	
	V	云母纸	G	金属电解	D	低 压	
	Z	纸 介	N	铌电解			
	J	金属化纸	O	玻璃膜	M	密 封	
	B	聚苯乙烯等非极性有机薄膜 涤纶等极性有机薄膜 其他材料电解			Y	高 压	
	L				C	穿心式	
	E				S	独 石	

2. 电阻器、电容器标志内容和标志方法

(1) 标志内容及排列次序

① 电阻器 商标；型号；额定功率；标称阻值及允许偏差；生产日期。

② 电容器 商标；型号；工作温度组别(必要时)；工作电压；标称容量及允许偏差；电容温度系数；生产日期。

(2) 标志方法

① 直标法 是用阿拉伯数字及文字符号单位在元件表面上直接标出元件主要参数和技术性能的有效值的标志方法。电阻值的单位用 Ω 、 $k\Omega$ 、 $M\Omega$ 表示，电容量的单位用 pF、 μF 、F 表示。允许偏差用百分数表示。

② 文字符号法 是用阿拉伯数字、文字符号或两者有规律的组合，在元件表面上标志出元件主要参数的标志方法。电阻值的

单位用 R($\approx\Omega$)、k($\approx k\Omega$)、M($\approx M\Omega$)、G($\approx 10^9\Omega$)、T($\approx 10^{12}\Omega$)表示,电容量的单位用 p($\approx pF$)、n($\approx nF$)、 μ ($\approx \mu F$)、m($\approx 10^{-3}F$)、F 表示。表示单位的文字符号在标称电阻值和标称电容量的标志中应置于代替小数点的位置。

标称电阻值及电容值的文字符号见表 8-3。

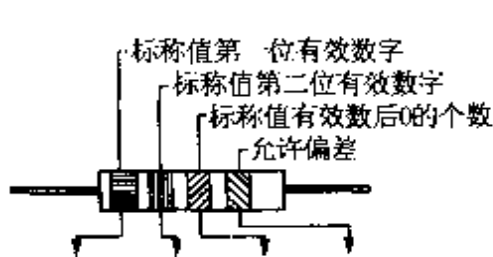
表 8-3 标称电阻值及标称电容值的文字符号及其组合

标称电阻值	文字符号	标称电阻值	文字符号	标称电容值	文字符号	标称电容值	文字符号
0.1 Ω	R10	1M Ω	1M0	0.1pF	p10	1 μF	1 μ 0
0.332 Ω	R332	3.32M Ω	3M32	0.332pF	p332	3.32 μF	3 μ 32
1 Ω	1R0	10M Ω	10M	1pF	1p0	10 μF	10 μ
3.32 Ω	3R32	33.2M Ω	33M2	3.32pF	3p32	33.2 μF	33 μ 2
10 Ω	10R	100M Ω	100M	10pF	10p	100 μF	100 μ
33.2 Ω	33R2	332M Ω	332M	33.2pF	33p2	332 μF	332 μ
100 Ω	100R	1G Ω	1G0	100pF	100p	1mF	1m0
332 Ω	332R	3.32G Ω	3G32	332pF	332p	3.32mF	3m32
1k Ω	1k0	10G Ω	10G	1nF	1n0	10mF	10m
3.32k Ω	3k32	33.2G Ω	33G2	3.32nF	3n32	33.2mF	33m2
10k Ω	10k	100G Ω	100G	10nF	10n	100mF	100m
33.2k Ω	33k2	332G Ω	332G	33.2nF	33n2	332mF	332m
100k Ω	100k	1T Ω	1T0	100nF	100n	1F	1F0
332k Ω	332k	3.32T Ω	3T32	332nF	332n	3.32F	3F32

注:电容器的工作电压及电阻器的额定功率均用数字及单位符号(V、kV、W)直标。

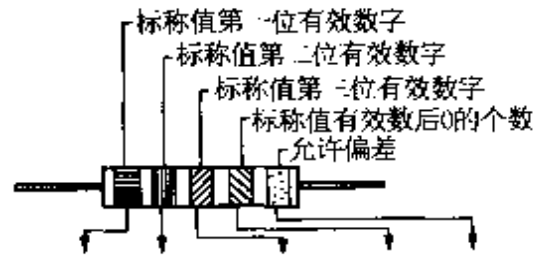
③ 色标法 用不同颜色的带或点在元件表面上标志出元件主要参数(标称值、工作电压、允许偏差)的标志方法。电阻器标称电阻值的单位为 Ω ,电容器标称电容量的单位为 pF。

轴向引出线(卧式)的电阻器、电容器色带(色点)的第一条(第一点)应靠近电阻器、电容器的一端,单向引出(立式)的电阻器、电容器色带(色点)应靠近没有引出线的一端。



颜色	第一有效数	第二有效数	倍率	允许偏差
黑	0	0	10^0	
棕	1	1	10^1	
红	2	2	10^2	
橙	3	3	10^3	
黄	4	4	10^4	
绿	5	5	10^5	
蓝	6	6	10^6	
紫	7	7	10^7	
灰	8	8	10^8	
白	9	9	10^9	+50% -20%
金			10^{-1}	±5%
银			10^{-2}	±10%
无色				±20%

图 8-1 两位有效数字的色标表示法



颜色	第一有效数	第二有效数	第三有效数	倍率	允许偏差
黑	0	0	0	10^0	
棕	1	1	1	10^1	±1%
红	2	2	2	10^2	±2%
橙	3	3	3	10^3	
黄	4	4	4	10^4	
绿	5	5	5	10^5	±0.5%
蓝	6	6	6	10^6	±0.25%
紫	7	7	7	10^7	±0.1%
灰	8	8	8	10^8	
白	9	9	9	10^9	
金				10^{-1}	
银				10^{-2}	

图 8-2 三位有效数字的色标表示法

二、电阻器

1. 电阻器的标称值

表 8-4 电阻器标称值系列

容许误差	系列代号	等级	标 称 值						
±5%	E ₂₄	I	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8
			2.0	2.2	2.4	2.7	3.0	3.3	3.6
			3.9	4.3	4.7	5.1	5.6	6.2	6.8
			7.5	8.2	9.1				
±10%	E ₁₂	II	1.0	1.2	1.5	1.8	2.2	2.7	3.3
			3.9	4.7	5.6	6.8	8.2		
±20%	E ₆	III	1.0	1.5	2.2	3.3	4.7	6.8	

注：表中数字乘以 $10^0, 10^1, 10^2, \dots$ 得出各种标称阻值。

2. 电阻器的额定功率

表 8-5 电阻器的额定功率

种 类	额 定 功 率 系 列 (W)												
线绕电阻	0.05	0.125	0.25	0.5	1	2	4	8	10	16	25	40	50
非线绕电阻	0.05	0.125	0.25	0.5	1	2	5	10	25	50	100		

3. 电阻器的符号表示

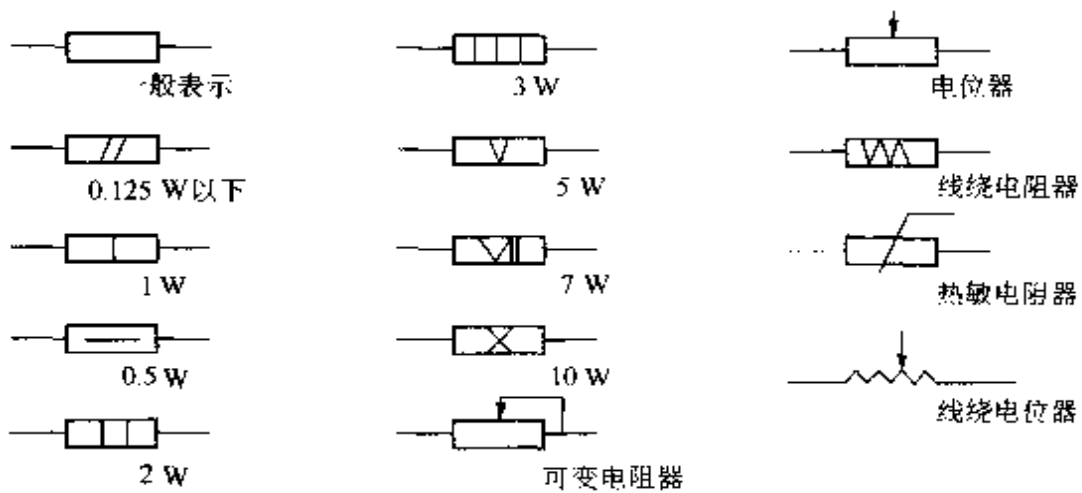


图 8-3 电阻器的图形符号表示

4. 电阻器的种类、特性和用途

表 8-6 电阻器的种类、特性和用途

种 类	特 性	用 途
线绕电阻器	耐高温,热稳定性好,温度系数小,电流噪声小。但分布电容、电感较大,阻值较低	电源电路中分压电阻器、泄放电阻器、电阻箱、精密测量仪器、电子计算机和无线电定位设备等
碳膜电阻器	电压稳定性好,高频特性好,固有噪声电动势小,具有负的温度系数,有较好的稳定性	可制成高频电阻器、精密电阻器,大功率电阻器。用于交、直流脉冲电路中

续 表

种 类	特 性	用 途
金属膜电阻器	体积比同功率碳膜电阻器小,耐热性能好,电压稳定性好,噪声小,温度特性好,具有较好的高频特性	可制成精密、高阻、高频、高压、高温的金属膜电阻器和供微波使用的各种不同形状衰减片
金属氧化膜电阻器	薄膜与基体结合牢固、耐酸、耐碱能力强、抗盐雾能力也较强、耐热性能很好,但阻值范围小于几百千欧,长期工作稳定性差	可制成几百千瓦的大功率电阻器
玻璃釉膜电阻器	温度系数小、噪声小,比功率高,稳定可靠,耐潮性好	用于电子手表中的小型玻璃釉电阻器,高压、高阻、精密玻璃釉电阻器等
合成碳膜电阻器	价格便宜,制作简单。但抗潮湿性差,电压稳定性差,频率特性差,固有噪声高	用于辐射探测器,微弱电流测试仪器中 可制成高阻、高压电阻器
有机实心电阻器	过负荷能力很强,可靠性高,价格低于薄膜电阻器 但固有噪声高,分布电容、电感大,电压与温度稳定性差	

5. 电阻器的选择与使用

(1) 电阻器的选择 应按用途选用合适的型号,并正确选取阻值及精度。对于电阻器额定功率的选择,应选得比实际耗散功率大一倍以上。除此之外,还应注意电阻器最高工作电压限制,每个电阻器都有一定的耐压值(如表 8-7),超过这个电压,电阻器就会损坏,在高压场合下使用时,高阻值电阻器的使用电压值更应小于最高工作电压。

表 8-7 非线绕电阻器的最高工作电压

单位:V

额定功率(W)	0.125	0.25	0.5	1.0	2.0
RT 型	150	350	500	700	1 000
RJ 型	200	250	350	500	750
RY 型	180	250	350	500	750
RS 型	/	/	300	450	600

注: $P < 2W$ 时, 电阻器能承受的脉冲电压为表中相应电压值的 2 倍;
 $P = 2W$ 时, 电阻器能承受的脉冲电压为表中相应电压值的 1.6 倍。

(2) 电阻器使用中的注意事项 电阻器在使用前应先对其进行人工老化, 以减少其不稳定性; 在焊接电阻器时应避免长时间受热而引起阻值变化, 电阻器的引线需要弯曲时, 应从根部留一定距离(一般大于 5mm)才弯曲, 以免折断或损伤引线。

三、电位器

电位器按电阻材料分为合金型(线绕)、合成型(实心)、薄膜型; 按用途分为普通电位器、精密电位器、功率电位器、微调电位器和专用电位器等; 按输出特性的函数关系分为线性和非线性电位器, 如图 8-4 所示; 按电位器轴的旋转角度和实际阻值变化的关系, 非线绕电位器可分为: 直线式(X)、指数式(Z)、对数式(D)

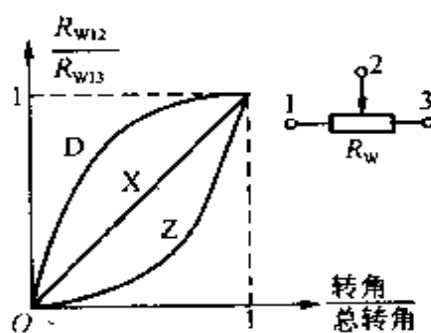


图 8-4 电位器的输出特性

电位器按调节机构的运动方式分为旋转式、直滑式; 按结构分的单联、多联、带开关和不带开关等。

1. 非线绕电位器(见表 8-8)。
2. 线绕电位器(见表 8-9)。

表 8-8 非线性绕电位器的型号和主要参数

型号、名称	品种代号	结构形式	阻值范围	阻值变化 [®] 曲线形式	功率 (W)	最大工作电压 (V)	开关载流量 (A)	电位器直径 (mm)	旋转角度
WT 型 合成碳膜 电位器	WT-3	双联异轴, 无开关	4.7kΩ~2.2MΩ	D、Z	0.1	100	1 (250V)	28.5	≥270°
	WT-k1	单联, 有开关							
	WT-k2	双联同轴, 有开关							
	WT-k3	双联异轴, 有开关	470Ω~4.7MΩ	X	0.25	150			
	WT-4	单联, 无开关							
	WT-k4	单联, 有开关							
WTH 型 合成碳膜 电位器	WTH-1	单联, 自由旋转	22kΩ~2.2MΩ	D、Z	0.5				
	WTH-2	单联, 可锁紧	470Ω~4.7MΩ	X	1 2	400 (0.5、 1W)			
				Z、D/D、 Z D、Z/X、 D、Z	0.5/ 0.5				
	WTH-3	双联, 自由旋转	每一联的阻 值应符合单 联的规定	D、Z/X X/X、D、 Z、X/X	0.5/1 0.5/2 1/1 2/2	500 (2W)		29	≥250°
	WTH-4	双联, 可锁紧							

续 表

型号、名称	品种代号	结构形式	阻值范围	阻值变化 ^② 曲线形式	功率(W)	最大工作电压(V)	开关载流量(A)	电位器直径(mm)	旋转角度
[WH5型]小型合成碳膜电位器	WH5-1	单联,自由旋转	4.7kΩ~2.2MΩ 470Ω~4.7MΩ	D、Z X	0.5 1	200 (0.5W)	—	18	≥270°
	WH5-2	单联,可锁紧							
	WH5-3	双联,自由旋转	每一联的阻值应符合单联的规定	Z、D/D、Z D、Z/X X/D、Z X/X	0.5/ 0.5 0.5/1 1/0.5 1/1	350 (1W)	—	20	≥300°
	WH5-4	双联,可锁紧							
[WH9型]合成碳膜电位器	WH9-1	单联,无开关	470Ω~4.7MΩ	X	0.25	150	—	20	≥300°
	WH9-2	双联,同轴,无开关							
	WH9-3	双联,异轴,无开关							
[WH9型]合成碳膜电位器	WH9-k1	单联,有开关	4.7kΩ~2.2MΩ	D、Z	0.1	100	0.5 (15V)	20	≥300°
	WH9-k2	双联,同轴,有开关							
	WH9-k3	双联,异轴,有开关							

续表

型号、名称	品种代号	结构形式	阻值范围	阻值变化 ^② 曲线形式	功率(W)	最大工作电压(V)	开关载流量(A)	电位器直径(mm)	旋转角度
WH15型合成碳膜电位器	WH15-1A ^①	无开关	1kΩ~1MΩ	X	0.125	100		17.5	≥240°
	WH15-1B								
[WH20型]合成碳膜电位器	WH15-k1 ^①	有开关	4.7kΩ~4.7MΩ	D、Z	0.05	75	0.2 (15V)	16	
	WH15-k2								
[WH20型]合成碳膜电位器	WH20A	直滑式	470Ω~4.7MΩ 4.7Ω~470kΩ	X Z、D	0.5 0.25	350 150			(滑动行程) ≥30mm
WS型有机实心底电位器	WS-1	非锁紧型 锁紧型 插接型	100Ω~4.7MΩ 1kΩ~1MΩ	X D、Z	0.5 0.25	350 250		13.6	≥270°
	WS-2 WS-3								

①注: WH15-1A和WH15-k1型电位器新设计时不采用。②X一直线式,Z一指数式,D一对数式。

表 8-9 线绕电位器的型号和主要参数

型号、名称	品种代号	结构形式	阻值范围	功率 (W)	最大工作电压 (V)	旋转角度
WX12 型 线绕电位器	WX12-11	单联,可锁紧	4.7Ω~15kΩ	1	100	300°±10°
	WX12-12	单联,自由旋转				
WX13 型 线绕电位器	WX13-11	单联,可锁紧	4.7Ω~15kΩ	1	100	300°±10°
	WX13-12	单联,自由旋转				
WX14 型 线绕电位器	WX14-11	单联,可锁紧	27Ω~22kΩ	3	200	300°±10°
	WX14-12	单联,自由旋转				
	WX14-31	双联,可锁紧				
	WX14-32	双联,自由旋转				
WX16 型 线绕电位器	WX16-11	单联,可锁紧	27Ω~22kΩ	5	320	300°±10°
	WX16-12	单联,自由旋转				
WX17 型 线绕电位器	WX17-11	单联,可锁紧	8.2Ω~8.2kΩ	25	250	280°±10°
	WX17-12	单联,自由旋转				
WX18 型 线绕电位器	WX18-11	单联,可锁紧	4.7Ω~10kΩ	1	100	280°±10°
	WX18-12	单联,自由旋转				

四、敏感电阻器

1. 型号命名法(见表 8-10)

表 8-10 敏感电阻器的型号意义

第一部分		第二部分		第三部分						
主 称		材 料		分 类						
符号	意义	符号	意 义	1	2	3	4	5	6	7
M	敏感电阻器	F	负温度系数热敏材料	普通	稳压	微波	旁热	测温	微波	测量
		Z	正温度系数热敏材料	普通	稳压			测温		
		G	光敏材料				可见光	可见光	可见光	

续 表

第一部分		第二部分		第三部分						
主 称		材 料		分 类						
符号	意义	符号	意 义	1	2	3	4	5	6	7
M	敏感 电阻 器	Y	压敏材料	碳化硅	氧化锌	氧化锌				
		S	湿敏材料							
		C	磁敏材料							
		L	力敏材料							
		Q	气敏材料							

注：① 表中“普通”是指工作温度在-55~+315℃范围内，无特殊技术和结构要求。
② 第四部分：用字母表示序号。

2. 热敏电阻器

热敏电阻一般用于需要温度补偿、温度测量、超温保护和振幅稳定等电路中。热敏电阻器的阻值随着温度的改变而显著变化。

对于负温度系数热敏电阻器的材料，其物理特性通常用热灵敏度指标 B 值来表示（见表 8-11），一般情况下，阻值高 B 值也大。负温度系数热敏电阻主要参数见表 8-12~表 8-14。

表 8-11 阻温特性代号、标称 B 值范围及电阻温度系数范围

阻温特性 代 号	标称 B 值范围 (K)	电阻温度系数范围 $\alpha_{25} \times 10^{-2} / ^\circ\text{C}$
E	1 980~2 420	-(2.23~2.72)
F	2 430~2 970	-(2.73~3.34)
G	2 970~3 630	-(3.34~4.09)
H	3 510~4 240	-(3.95~4.84)
I	4 230~5 170	-(4.76~5.83)
J	5 040~6 160	-(5.68~6.94)

表 8-12 普通用负温度系数热敏电阻

型 号	阻温特性代号	标称阻值范围	额定功率 (W)	测量功率 (mW)	时间常数 (s)	耗散常数 (mW/°C)	最高工作温度 (°C)
MF11	E	10Ω~100Ω	0.25	0.1	≤30	≥5	85
	F	110Ω~4.7kΩ					
	G	5.1kΩ~15kΩ					
MF12-1	I	1kΩ~430kΩ	0.25	0.04	≤10	≥3	125
	J	470kΩ~1MΩ					
MF12-2	I	1kΩ~100kΩ	0.5	0.07	≤20	≥5	125
	J	110kΩ~1MΩ					
MF12-3	H	56Ω~510Ω	1	0.2	≤60	≥12	125
	I	560Ω~5.6kΩ					
MF13	F	0.82kΩ~10kΩ	0.25	0.1	≤30	≥15	125
	G	11kΩ~300kΩ					
MF14	F	0.82kΩ~10kΩ	0.5	0.2	≤60	≥8	125
	G	11kΩ~300kΩ					
MF15	H	10kΩ~47kΩ	0.5	0.06	≤30	≥5	125
	I	51kΩ~1MΩ					
MF16	H	10kΩ~47kΩ	0.5	0.1	≤60	≥8	125
	I	51kΩ~1MΩ					

表 8-13 测量和控制用负温度系数热敏电阻

型 号	标称阻值 范 围	材料常数 B 值范围 (k)	阻值允许 偏差 (%)	测量 功率 (mW)	耗散 常数 (mW/°C)	时间 常数 (s)
MF51	$10\Omega \sim 10^6\Omega$	1 500~6 200	±5、10、20	0.02	0.5	5
MF52	$10\Omega \sim 10^6\Omega$	1 500~5 600		0.02	0.2	
MF53-1	2 890 Ω	3 515	±2	0.2	8	120
MF53-2	345 Ω	2 800	±2	0.2	8	120
MF53-3	1 000 Ω	2 970	±2	0.2	8	120

表 8-14 常用正温度系数热敏电阻器的型号、用途及特性

型 号	标称阻值	温度系数 (%/°C)	测量功率 (mW)	时间常数 (s)	耗散系数 (mW/°C)	工作温度 范围(°C)
MZ11-1	50 $\Omega \sim 560\Omega$	1~4	0.1	≤ 50	≥ 10	-40~ +85
MZ11-2	560 $\Omega \sim 5.6k\Omega$	2~6				
MZ11-3	5.6k $\Omega \sim 100k\Omega$	3~8				

3. 压敏电阻器

当电阻器外加电压增加到某一临界值时,其阻值急剧减小的电阻器称为压敏电阻器。它是利用半导体材料具有非线性特性原理制成的,因此也称非线性电阻器。

常用压敏电阻器主要有碳化硅压敏电阻器和氧化锌压敏电阻器两大类。

氧化锌压敏电阻器是一种新型的陶瓷半导体敏感元件,它的伏-安特性具有很高的非线性,类似背靠背连接的齐纳二极管,并具有比齐纳二极管大得多的能量吸收能力。由于氧化锌压敏电阻器的伏-安特性具有陡峭且对称,抑制电压及耐浪涌能力强,漏电流小,响应快,电压温度系数小,体积小,重量轻,寿命长,稳定可靠

等特点,因而被广泛用于电子、广播、通讯、化工、机械、交通、电力等领域作为各种电气设备的保护元件,抑制过电压和浪涌吸收。

(1) 压敏电阻的特性 压敏电阻的伏安特性见图 8-5,由图可见,它的特性类似两个反向对接的硒堆特性,但比硒堆特性更陡直,因此它比硒堆作过电压保护具有更好的特性。

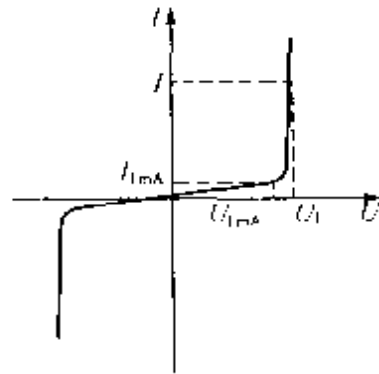


图 8-5 压敏电阻的伏安特性

(2) 压敏电阻的主要参数

标称电压 U_{1mA} : 漏电流为 $1mA$ 时元件两端的电压值。

通流容量: 在规定的波形下允许通过的浪涌峰值电流。

残压比: 放电电流达到允许值 I 时的电压 U_1 与 U_{1mA} 的比值。

(3) 压敏电阻的选择

① 标称电压 U_{1mA} 的选择: U_{1mA} 的下限由下式决定:

$$U_{1mA} \geq 1.8 \sim 2U_{DC} \text{ 或 } U_{1mA} \geq 2.2 \sim 2.5U_{AC}$$

式中 U_{DC} ——压敏电阻在直流电路中的最大工作电压;

U_{AC} ——压敏电阻在交流电路中的工作电压(有效值)。

U_{1mA} 的上限是由被保护设备的耐压决定的,应使压敏电阻在吸收过电压时,将残压抑制在设备(或半导体器件)的耐压以下。

② 通流容量的选择: 通流容量选择的原则是按实际产生的过电压能量来确定的,但实际计算很困难,一般按过电压类型去估算: 操作过电压保护可选 $3 \sim 5kA$; 大容量设备的保护可选 $10kA$; 抑制电火花可选 $3kA$ 以下; 防雷保护可选 $10 \sim 20kA$ 。

(4) 压敏电阻使用注意事项

① 压敏电阻应安装在被保护设备的附近,距被保护设备越近,接线越短,效果越好。

② 压敏电阻平均功率仅几瓦,若工作电压超过 U_{1mA} 值,数秒之内就可能发热损坏,甚至会解体炸裂,为了安全,可采取相应的保护措施,如与压敏电阻串联熔断器(熔体电流 5~20A)。但需要经常巡检,检查熔断器是否熔断,熔断了应及时更换熔丝。

(5) 压敏电阻部分型号及主要参数见表 8-15。

表 8-15 压敏电阻部分型号及主要参数

型号规格	标称电压 (V)	容许电 压偏差 (%)	通流 容量 (kA)	残压比		用途	
				U_{100A}	U_{3kA}		
				U_{1mA}	U_{1mA}		
MY31-33/0.5、1 MY31-47/0.5、1	33 47	±10	0.5 1	≤3.5		吸收过电压和浪涌电流	
MY31-68/1 MY31-68/3	68	±10	1 3	≤3	≤3.5		
MY31-100/1、3 MY31-150/1、3	100 150	±10	1 3	≤2.2	≤3		
MY31-220/1、3 MY31-300/1、3	220 300	±5	1 3	≤2	≤2.5		
MY31/3 MY31/5 MY31/10	470~1600	±5	3 5 10	≤1.8	≤2.2		
MY23/1 MY23/2 MY23/3 MY23/5	47~1000	±10	1 2 3 5				
MY23/10 MY23/15 MY23/20	56~820 100~680 330~680	±10	10 15 20				
MYP15~39 MYP47/560 MYP82/820	15~39 47~560 82~820	±10	0.05 0.1 0.2	$\frac{U_{10A}}{U_{1mA}} = 1.7$			高频 过电 压吸 收

五、电容器

1. 常用电容器的种类和特性(见表 8-16)

表 8-16 常用电容器种类和特性

种 类		特 性	种 类	特 性	
纸介电容器	纸介电容器	能制成容量大、体积小电容器,容量为 $1\sim 20\mu\text{F}$ 。但化学稳定性差,易老化;温度系数大;热稳定性差;吸湿性大	瓷介电容器	体积小,电容量大。稳定性甚佳,既能耐酸、碱、盐类,又能防水的侵蚀。耐热性能达到 $500\sim 600^{\circ}\text{C}$ 。有好的高压性能、绝缘性能。温度系数范围宽,可用作温度补偿。结构简单,原料来源充足。但机械强度低。宜用于高频电路	
	金属化纸介电容器	体积比纸介电容器小,具有自愈作用。但化学稳定性差,不适于高频电路,且介质均匀性差			
有机薄膜电容器	聚苯乙烯电容器	绝缘电阻大,损耗小、温度系数小,耐压强度高,比率体积小,化学稳定性高,制造工艺简单。但耐热、耐潮性较差	玻璃釉电容器	介质介电系数大,体积较小,适于较高温度下工作,抗湿性能好	
			云母电容器	绝缘性能很高,耐高温、介质损耗小、频率稳定性好、分布电感小	
	聚四氟乙烯电容器	在高温下连续工作(环境温度可从 $-55\sim +200^{\circ}\text{C}$);能承受各种强酸、强碱及王水而不腐蚀;不溶于各种有机、无机溶剂。绝缘电阻高;吸湿性小,力学性能好,但价格昂贵,不易制造	电解电容器	铝电解电容器	电容量大,受温度影响显著,容易产生漏电,但价格便宜
				钽电解电容器	体积小;漏电流小,工作温度可高达 200°C ;但价格昂贵
			真空电容器	容量较小,(从几皮法到几百皮法)耐压高,稳定性好,介质损耗很小	

2. 电容器的主要特性指标

表征电容器的主要技术参数有标称容量、允许误差和工作电压等,见表 8-17 和表 8-18。

表 8-17 常用固定电容的标称容量系列

电容类型	允许误差	容量范围	标称容量系列
纸介电容、金属化纸介电容、纸膜复合介质电容、低频(有极性)有机薄膜介质电容	±50%	100pF~1μF	1.0 1.5 2.2 3.3 4.7 6.8
	±10% ±20%	1μF~100μF	1 2 4 6 8 10 15 20 30 50 60 80 100
高频(无极性)有机薄膜介电容、瓷介电容、玻璃釉电容、云母电容	±5%		1.0 1.1 1.2 1.3 1.5 1.6 1.8 2.0 2.2 2.4 2.7 3.0 3.3 3.6 3.9 4.3 4.7 5.1 5.6 6.2 6.8 7.5 8.2 9.1
	±10%		1.0 1.2 1.5 1.8 2.2 2.7 3.3 3.9 4.7 5.6 6.8 8.2
	±20%		1.0 1.5 2.2 3.3 4.7 6.8
铝、钽、铌、钛电解电容	±10% ±20% +50% -20% +100% -20%	>1μF	1.0 1.5 2.2 3.3 4.7 6.8

表 8-18 常用固定电容的直流电压系列

1.6	4	6.3	10	16	25	32*	40	50	63	100	125*	160	250
300*	400	450*	500	630	1000								

* 只限电解电容用。

3. 电容器的选择要点

- ① 根据用途选择电容器(见表 8-19)。
- ② 使用中应注意的问题。

电容器在交流电路中,要注意所加的交流电压峰值一般不应超过

直流工作电压值的 60%，而且频率越高，它所能承受的电压越低。

对于电解电容器要注意正负极性。纸介或瓷介电容器常有内、外电极之分，表面有标志的表示外层，接线时应把此端接向低阻端，以达到屏蔽作用。

表 8-19 根据用途选择固定电容器参考表

用途	电容器种类	电容器形式	电容量	工作电压 (V)
高频旁路	陶瓷(I型)	圆片、穿心	8.2 μ F~1 000pF	500
	云母	钮式、热压	51 μ F~4 700pF	500
	玻璃膜	独石	100 μ F~3 300pF	500
	涤纶	叠片	100 μ F~3 300pF	400
	玻璃釉	独石	10 μ F~3 300pF	100
低频旁路与耦合	纸介	卷绕	0.001 μ F~0.5 μ F	500
	陶瓷(II型)	片型、穿心型	0.001 μ F~0.047 μ F	<500
	铝电解	密封	10 μ F~1 000 μ F	25~450
	涤纶	卷绕	0.001 μ F~0.047 μ F	400
滤波	铝电解	密封	10 μ F~3 300 μ F	25~450
	纸介	密封	0.01 μ F~10 μ F	1 000
	复合纸介	密封	0.01 μ F~10 μ F	2 000
	液体钽	密封	220 μ F~3 300 μ F	16~125
滤波器	陶瓷	片型、管型	100 μ F~4 700pF	500
	聚苯乙烯	热塑无感	100 μ F~4 700pF	500
	云母	钮式热塑压	51 μ F~4 700pF	500
调谐	陶瓷(I型)	片型、管型	1 μ F~1 000pF	500
	云母	钮式、热压	51 μ F~1 000pF	500
	玻璃膜	塑独石、叠片	51 μ F~1 000pF	500
	聚苯乙烯	热塑	51 μ F~1 000pF	<1 600
高频耦合	云母	钮式、塑压	470 μ F~6 800pF	500
	聚苯乙烯	无感热塑	470 μ F~6 800pF	400
	陶瓷(I型)	片型、管型	10 μ F~6 800pF	500

续 表

用 途	电容器种类	电容器形式	电 容 量	工作电压 (V)
电源输入 抗高频 干扰	纸介	密封、穿心式	0.001 μ F~0.22 μ F	<1 000
	陶瓷(II型)	圆片、穿心式	0.001 μ F~0.047 μ F	<500
	云母	压塑	0.001 μ F~0.047 μ F	500
	涤纶	密封或穿心式	0.001 μ F~0.1 μ F	<1 000
高频高压	陶瓷(I型)	瓶、筒、鼓、片	470 μ F~6 800pF	<12 000
	聚苯乙烯	热塑	180 μ F~4 000pF	<30 000
	云母	叠片、压塑	330 μ F~20 000pF	<10 000

六、继电器

1. 继电器的型号命名法

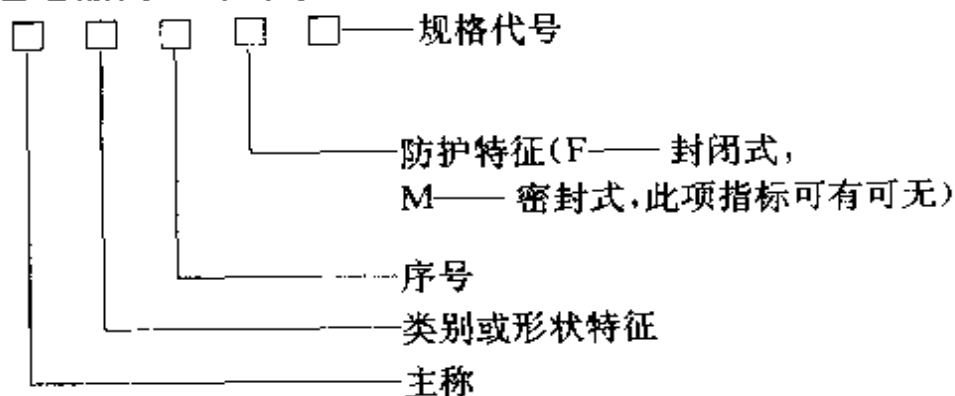


表 8-20 继电器的型号命名说明

名 称	基本型号	
	第一部分	第二部分
	主 称	类别或形状特征
时间继电器	JS(继时)	
舌簧继电器	JA(继簧)	G(干式)
小功率直流电磁继电器	JR(继弱)	W(微型)
中功率直流电磁继电器	JZ(继中)	C(超小型)

续 表

名 称	基本型号	
	第一部分	第二部分
	主 称	类别或形状特征
大功率直流电磁继电器	JQ(继强)	X(小型)
磁电继电器	JC(继磁)	W(微型)
温度继电器	JU(继温)	C(超小型)
特种继电器	JT(继特)	
脉冲继电器	JM(继脉)	X(小型)

注:交直流两用的电磁继电器归入直流电磁继电器类编制型号。

2. 常用继电器的特性数据

(1) 常用电磁继电器主要性能指标(表 8-21)。

表 8-21 常用电磁继电器主要性能指标

型 号	功耗 (W)	线圈额定 电压(V)	触点形式	触点负荷	外形尺寸 (mm)
JR-2	≤ 5		1~6 组 H、D、B 等	110V×0.2A DC	102×27 ×56.2
JR-14	灵敏度 <4		2~12 组 H、D、Z、B 等	60V×0.1A DC	71.5×24.5 ×55
JRX-9	≤ 1.5		二组 Z	30V×2A DC 115V×0.5A DC	∅21.5 ×25.5
JRX-10	1.5~2		一组 Z 一组 H	30V×2A DC 115V×0.2A AC	19.5×16.5 ×11
JRX-13F	≤ 0.6		二组 Z	110V×0.3A AC 28V×1A DC	35×20×26

续 表

型 号	功耗 (W)	线圈额定 电压(V)	触点形式	触点负荷	外形尺寸 (mm)
JZX-2F	直流 ≤ 3 交流 ≤ 4		2-6组 Z	36V \times 3A DC 220V \times 1A AC	43 \times 22 \times 52
JQX-10	直流 ≤ 2 交流 ≤ 3.5		2-6组 Z	220V \times 5A AC 28V \times 10A DC	35 \times 35 \times 54.5
JRX-27F	≤ 0.7	5, 12, 24, 36, 48, 60	2-6组 Z、 B等组合	60V \times 0.1A DC	25.5 \times 27.5 \times 32
JRX-25F	≤ 0.55	6, 9, 12, 24, 48, 60	2组 Z	27V \times 2A、 0.5A DC	31 \times 23 \times 10.5
JRX-28F	≤ 0.3	3, 12, 24	2组 Z	36V \times 1A DC	30 \times 20 \times 15
JRX-29F	≤ 0.5	6, 12, 24, 48, 60	4组 Z	27V \times 0.5A、 1A DC	27.5 \times 35.5 \times 10.5
JRC-19F	≤ 0.6	3, 6, 12, 24, 45	2组 Z	60V \times 0.2A DC	21 \times 10 \times 15.5
JRW-6M	≤ 0.5	6, 12, 27	2Z	27V \times 0.5A DC	\varnothing 8.5 \times 10
JMX-3M	矩形脉 冲电源	24, 36	2Z	27V \times 2A DC	21 \times 11 \times 24

(2) 干式舌簧继电器主要性能指标(见表 8-22)。

表 8-22 干式舌簧继电器主要性能指标

型 号	功耗 (W)	线 圈 额定值	触点形式	触点负荷	外形尺寸 (mm)
JAG-2	0.25~ 0.55	6, 12, 24V	1-4H 1-4Z	24V×0.2A(H) 24V×0.1A(Z)	多种规格
JAG-3	≤0.4	10, 15, 18mA DC	1-4D、H、 Z 等组合	24V×0.1A DC (灯载)	20×14×39 管∅3×20
JAG-4	0.12~ 0.47	7~ 60mA DC	1-4H	12V×0.05A DC	多种规格
JAG-5 (高压)	≤3	12, 27V	2H、2Z	220V×1A DC、AC	80×51×27 管∅8×50(Z)
JAG-6	≤0.36	9, 12, 24V	1H	12V×0.05ADC	∅9×25 管∅2.5×16
JAG-8	≤0.081	9mA	1H、1Z	24V×0.1A DC	∅14×30 管∅3×20
JAG-9	≤0.3	25mA DC	1H	24V×0.05A DC	∅7×20 管∅2.5×11

(3) 极化继电器主要技术参数(见表 8-23)。

表 8-23 极化继电器主要技术参数

型号	动作功 率(mW)	动作电流 (mA)	触点允许 电流(A)	触点额定 电压(V)	外形尺寸 (mm)
JH-1E	0.01~	0.045~	0.2	24	96.5×41 ×27.5
JH-2E	1.3	13.3			
JH-1s	0.06~	0.029~	0.2	24	
JH-2s	1.6	20			
JH-1Y	0.16~8	0.153~	0.2	24	
JH-2Y		154			
JH-4		≤7	0.06	120	63×31×115
JH-7	4~20		0.2	24	21×11×29

第二节 半导体分立器件

一、半导体分立元器件型号命名法

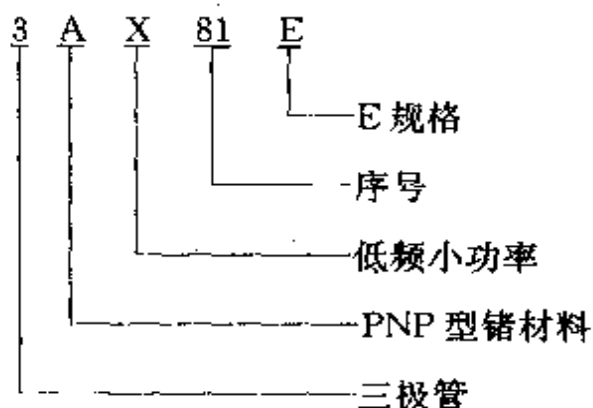
1. 国产半导体器件命名方法(见表 8-24)

表 8-24 由一~五部分组成的器件型号的符号及意义

第一部分		第二部分		第三部分				第四部分	第五部分
用数字表示电极数目		用汉语拼音字母表示器件的材料和极性		用汉语拼音字母表示器件的类别				用数字表示器件序号	用汉语拼音字母表示规格号
符号	意义	符号	意义	符号	意义	符号	意义		
2	二极管	A	N型锗材料	P	普通管	O	MOS场效应管		
		B	P型锗材料	W	稳压管	J	结型场效应管		
		C	N型硅材料	V	微波管	T	晶闸管整流器		
		D	P型硅材料	C	参量管	Y	体效应器件		
3	三极管	A	PNP型锗材料	Z	整流管	B	雪崩管		
		B	NPN型锗材料	L	整流堆	CS	场效应器件		
		C	PNP型硅材料	S	隧道管	BT	半导体特殊器件		
		D	NPN型硅材料	N	阻尼管	FH	复合管		
		E	化合物材料	U	光电器件	JG	激光器件		
截止频率 $\geq 3\text{MHz}$ 为高频管 截止频率 $< 3\text{MHz}$ 为低频管 耗散功率 $\geq 1\text{W}$ 为大功率管 耗散功率 $< 1\text{W}$ 为小功率管				K	开关管	PIN	PIN管		
				X	低频小功率管	QL	硅桥式整流器		
				G	高频小功率管	FG	发光二极管		
				D	低频大功率管	GR	红外发光二极管		
				A	高频大功率管	GD	光敏二极管		
						GT	光敏晶体管		
						AH	光耦合器		

注：场效应器件、半导体特殊器件、复合管、PIN管、激光等器件的型号命名只有第三、四、五部分。

例 1 锗材料低频小功率三极管 3AX81E。



2. 欧洲半导体分立器件型号命名方法

目前欧洲许多国家,例如,欧共体国家(德国、法国、意大利和荷兰等)和一些东欧国家(匈牙利、罗马尼亚、波兰和南斯拉夫等),一般都采用国际电子联合会标准半导体分立器件型号命名方法,其组成部分及意义见表 8-25。

除基本组成部分外,有时还加有后缀,对器件的特点进一步说明或进一步分类。按规定后缀用破折号与基本部分分开,常见的后缀有以下几种:

① 稳压二极管后缀的第一部分是字母,用于表示器件标称稳压值的容许误差范围,即 A 挡为 $\pm 1\%$, B 挡为 $\pm 2\%$, C 挡为 $\pm 5\%$, D 挡为 $\pm 10\%$, E 挡为 $\pm 15\%$ 。后缀的第二部分是数字,表示稳压管的标称稳定电压值,其中字母 V 表示单位是伏,字母 V 之前的数字为标准稳定电压的整数数值,字母 V 之后的数字为标称稳定电压的小数数值。

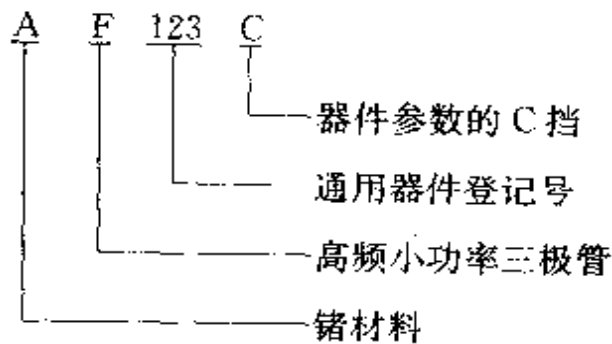
② 整流二极管型号的后缀是数字,直接标出器件的最大反向峰值耐压值,单位是 V。

③ 晶闸管型号的后缀也是数字,通常标出在最大反向峰值耐压和最大反向开、断电压中数值较小的那个电压。

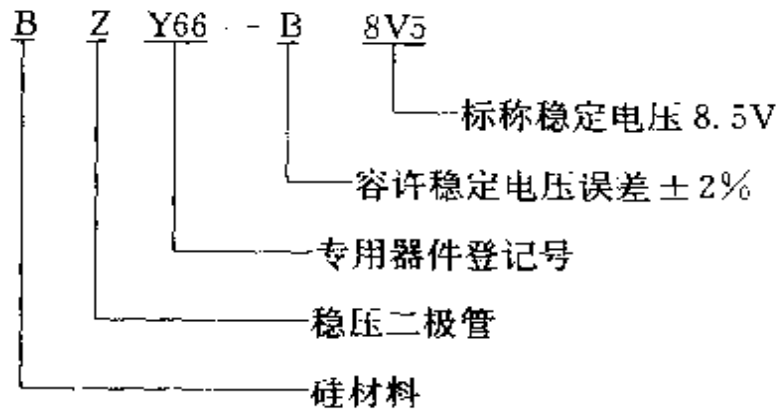
表 8-25 欧洲半导体分立器件型号命名方法

第一部分		第二部分			第三部分		第四部分	
符号	意义	符号	意义	符号	意义	符号	意义	
A	锗材料 (禁带为 0.6~1.0eV)	A	检波二极管, 开关二极管、混频二极管	M	封闭磁路中的霍尔元件		用数字或字母加数字表示登记号	
B	硅材料 (禁带为 1.0~1.3eV)	B	变容二极管	P	光敏器件			
C	砷化镓材料 (禁带大于 1.3eV)	C	低频小功率三极管 ($R_{\theta} > 15^{\circ}\text{C}/\text{W}$)	Q	发光器件			
D	砷化镓材料 (禁带小于 0.6eV)	D	低频大功率三极管 ($R_{\theta} \leq 15^{\circ}\text{C}/\text{W}$)	R	小功率晶闸管 ($R_{\theta} > 15^{\circ}\text{C}/\text{W}$)	三位数字		
R	复合材料	E	隧道二极管	S	小功率开关管 ($R_{\theta} > 15^{\circ}\text{C}/\text{W}$)			
		F	高频小功率管 ($R_{\theta} > 15^{\circ}\text{C}/\text{W}$)	T	大功率晶闸管 ($R_{\theta} \leq 15^{\circ}\text{C}/\text{W}$)			
		G	复合器件及其他器件	U	大功率开关管 ($R_{\theta} \leq 15^{\circ}\text{C}/\text{W}$)	一个字母二位数字		
		H	磁敏二极管	X	倍增二极管			
		K	开放磁路中的霍尔元件	Y	整流二极管			
		L	高频大功率三极管 ($R_{\theta} \leq 15^{\circ}\text{C}/\text{W}$)	Z	稳压二极管			
								表示同一型号的半导体器件按某一参数进行分挡的标志

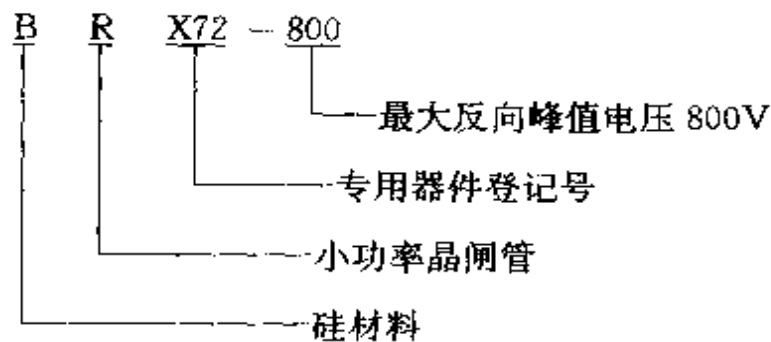
例 2 锗高频小功率三极管 AF123C。



例 3 硅稳压二极管 BZY66-B8V5。



例 4 小功率晶闸管 BRX72-800。



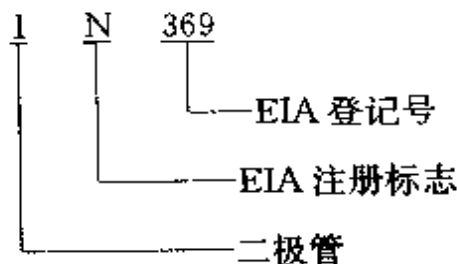
3. 美国半导体分立器件型号命名方法

美国半导体器件生产厂家的产品型号尚未完全统一,但美国电子工业协会(EIA)的电子元件联合技术委员会(JEDEC)制定了一个标准半导体分立器件型号命名方法,其组成部分及其意义见表 8-26。

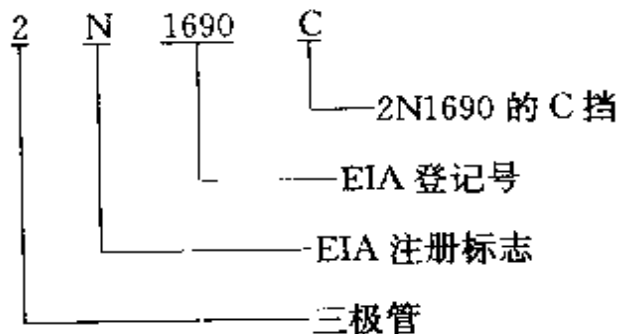
表 8-26 美国半导体分立器件型号命名方法

第一部分		第二部分		第三部分		第四部分		第五部分	
用符号表示 器件类别		用数字表示 PN 结数目		美国电子工业 协会(EIA) 注册标记		美国电子工业 协会(EIA) 登记号		用字母表示 器件分挡	
符号	意义	符号	意义	符号	意义	符号	意义	符号	意义
JAN 或 J —	军用品 非军用品	1 2 3 n	二极管 三极管 三个 PN 结器件 n 个 PN 结器件	N	该器件 已在美国 电子工业 协会(EIA) 注册	多位 数字	该器件 在美国电 子工业协 会(EIA) 注册	A B C D …	同一型 号的不同 挡别

例 5 非军用品二极管 1N369。



例 6 非军用品三极管 2N1690C。



4. 日本半导体分立器件型号命名方法

日本工业标准(JIS-C-7012)规定的日本半导体分立器件型号命名方法见表 8-27。

表 8-27 日本半导体分立器件型号命名方法

第一部分		第二部分		第三部分		第四部分		第五部分	
符号	意义	符号	意义	符号	意义	符号	意义	符号	意义
0	用数字表示器件有效电极数目或类型	S	日本电子工业协会 (JEIA) 注册标志	A	用字母表示器件使用材料极性和类型	多位数字	器件在日本电子工业协会 (JEIA) 的登记号	A	同一型号的改进型产品标志
1	光电二极管或三极管及包括上述器件的组合管		已在日本电子工业协会 (JEIA) 注册登记的半导体器件	B	PNP 高频晶体管			B	表示这一器件是原型的改进型
2	二极管			C	PNP 低频晶体管			C	号产品的改进型
3	三极管或具有三个电极的其他器件			D	NPN 高频晶体管			D	进型
:	具有四个有效电极的器件			F	NPN 低频晶体管			:	
n	具有 n 个有效电极的器件			G	P 控制极晶闸管				
				H	N 控制极晶闸管				
				J	N 基极单结晶体管				
				K	P 沟道场效应管				
				M	N 沟道场效应管				
					双向晶闸管				

二、晶体二极管

1. 二极管主要技术参数

最大平均整流电流 I_F 在规定的散热条件下,二极管长期运行允许通过的最大正向平均电流。

正向电压降 U_F 二极管通过额定正向电流 I_F 时,在管子两极间产生的电压降(平均值)。

最高反向工作电压 U_R 为反向击穿电压 U_B 的 $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3}$ 左右。

反向漏电流 I_R 二极管两端加反向电压 U_R 时,通过管子的反向漏电流。

最高工作频率 f_M 二极管正常工作时的最高工作频率。

不重复正向浪涌电流 I_{FSM} 由于电路异常情况引起的、并使结温超过额定结温的不重复性最大正向过载电流。

2. 晶体二极管的简易测试

二极管和其他晶体管的好坏和极性的判别,可以用指针式万用表进行简单的测试。测试时应用 $R \times 100$ 挡或 $R \times 1K$ 挡。若用 $R \times 1$ 挡,则流过管子的电流太大;用 $R \times 10K$ 挡时,则表内的电池电压太高,都会损坏管子。

晶体二极管的简易测试方法见表 8-28。

3. 常用晶体二极管的型号及技术数据

(1) 整流二极管

整流二极管因正向电流较大,故多采用硅材料面结合型结构,因而结间电容大,工作频率一般低于 $3kHz$ 。为使用方便,除单管外还有单相半桥式、桥式及高压整流堆等形式。

常用硅整流二极管的型号及技术数据见表 8-29,其外形见图 8-6。

常用硅桥式整流器的型号及主要技术数据见表 8-30。

表 8-28 晶体二极管简易测试方法

项 目	正向电阻	反向电阻
测 试 方 法		
测 试 情 况	<p>硅管：表针指示位置在中间或中间偏右一点；锗管：表针指示在右端靠近满度的地方（如上图所示）表明管子正向特性是好的 如果表针在左端不动，则管子内部已经断路</p>	<p>硅管：表针在左端基本不动，极靠近∞位置；锗管：表针从左端起一点，但不应超过满刻度的 $1/4$（如上图所示），则表明反向特性是好的 如果表针指在 0 位，则管子内部已短路</p>
极 性 判 别	<p>万用表一端（黑表笔）连接二极管的阳极，因为这端与万用表内电池正极相连</p>	<p>万用表一端（黑表笔）连接二极管的阴极</p>

表 8-29 常用硅整流二极管的型号及技术数据

型 号	U_R (V)	I_F (A)	U_F (V)	I_F (μA)	I_{FSM} (A)	T_{JM} ($^{\circ}C$)	外形图 (图 8-6)	主要用途
2CZ31	50~800	1	0.8	5	20	150	EM-1	通信设备及 仪表用电源
2CZ32	25~800 50~1 000	1.5		3	30			
2CZ33	50~600	1.2	0.93	10	80	130	EL-8	电视、收录 机电源
2CZ37	600						EL-8	彩电、仪器 开关电源
2CZ52	25~400	0.1	0.7	1	2		EA-3	
	25~800							
	50~1 000							

续 表

型 号	U_R (V)	I_F (A)	U_F (V)	I_F (μA)	I_{FSM} (A)	T_{JM} ($^{\circ}C$)	外形图 (图 8-6)	主要用途	
2CZ53	25~400	0.3	1	5	6	150	ED	通信设备仪器仪表及家用电器用稳压电源	
	25~800								
	500~1 000								
2CZ54	25~800	0.5		10	20		EE		
2CZ55	50~700	1							
	25~800								
	25~1 000								
25~1 400									
2CZ56	100~2 000	3		0.8	20		65		EF
2CZ57	25~1 000	5							
	25~2 000								
2CZ58	100~2 000	10	0.8	30	210	EG			
2CZ59	25~1 000	20					40	420	
	25~1 400								
	100~2 000								
2CZ82	25~800	0.1	1	5	2	EA			
2CZ84	25~800	0.5	0.8		15	130	DO		
	100~1 000								
2CZ85	100~600	1			30	140	DO		
	25~1 000								
2CZ86	100~600	2		1.2	3	140	DO		
2CZ87	100~600	3							
2DZ12	50~1 400	0.1	1	5	2	ED			
2DZ13		0.3			6		150		
2DZ14		0.5		10		EE			
2DZ15		1			20				
2DZ16		3	65	140		EF			
2DZ17		5			105				
			0.8	20					

表 8-30 常用硅桥式整流器的型号及技术数据

型 号	最高反向 工作电压 (峰值) U_R (V)	额定整 流电流 (平均值) I_0 (A)	正向压降 (单管) (平均值) U_F (V)	反向漏电 流(单管) (平均值) I_R (μ A)	不重复 正向浪 涌电流 I_{FSM} (A)	额定 结温 T_{JM} ($^{\circ}$ C)	主要用途
2CQ ₁	100	1	0.55	5	40	125	电视机、 仪表电源 单相半桥 整流
2CQ ₂	200						
2CQ ₃	200						
QL ₁	25~1 000	0.05	1.2	10	1	130	收音 机、录音 机、电视 机及仪器 仪表、电 子设备电 源单相桥 式整流
QL ₂		0.1			2		
QL ₃		0.2			4		
QL ₄		0.3			6		
QL ₅		0.5			10		
QL ₆		1		20			
QL ₇		2		15	40		
QL ₈		3		20	60		
QL ₉		5		20	100		
QL ₅₁	25~1 000	1	1.2	10		130	
QL ₅₂	25~1 000	0.05	1	10	20	130	
QL ₅₃		0.1					
QL ₅₄		0.2					
QL ₅₅		0.5					
QL ₅₆		0.1					
QL ₅₇		0.2					
QL ₅₈		0.3					
QL ₅₉		0.5					
QL ₆₀		1					
QL ₆₁		2					15
QL ₆₂		2		10	50	130	
QL ₇₅₋₄		600		2.5	1.1	10	50

整流二极管及整流堆的最高反向工作电压 U_R 一般分为 22 挡, 规格号顺序为 A~X, 相对应的反压为 25~3 000V, 详见表 8-31。

表 8-31 整流二极管最高反向工作电压规格 单位(V)

A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L
25	50	100	200	300	400	500	600	700	800	900
M	N	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
1 000	1 200	1 400	1 600	1 800	2 000	2 200	2 400	2 600	2 800	3 000

近年来, 有些塑封、玻璃整流二极管在外表面用色环表示最高反向工作电压, 常见的规格见表 8-32。带色环端为负端。

表 8-32 用色环表示整流二极管最高反向工作电压规格

色环	黑	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰
U_R (V)	50	100	200	300	400	500	600	700	800

(2) 检波二极管

检波二极管一般采用锗材料点接触型结构, 结间电容小, 工作频率高。其外形多采用玻璃封装 EA 型。

常用锗检波二极管的型号及技术数据见表 8-33。

表 8-33 常用锗检波二极管的型号及技术数据

型号	正向电流 I_F (mA)	反向工作 电压 U_R (V)	反向峰值 击穿电压 U_B (V)	反向直流 电流 I_R (μ A)	最大整流 电流 I_{OM} (mA)	截止频率 f (MHz)	外形图 (图 8-6)	检波 效率 η (%)
2AP1	≥ 2.5	≥ 10	≥ 40		≥ 16	150	玻璃 封装 EA 型	65
2AP2		≥ 25	≥ 45		≥ 25			
2AP3	≥ 7.5							
2AP4	≥ 5	≥ 50	≥ 75		≥ 16			
2AP5	≥ 2.5	≥ 75	≥ 110	≤ 200	≥ 16			
2AP6	≥ 1	≥ 100	≥ 150		≥ 12			
2AP7	≥ 5							
2AP8A	≥ 4	≥ 10	≥ 20	≤ 100	≥ 35	100		
2AP8B	≥ 6							
2AP9	≥ 8	≥ 10	≥ 20	≤ 200	≥ 5			

续 表

型号	正向电流 I_F (mA)	反向工作 电压 U_R (V)	反向峰值 击穿电压 U_B (V)	反向直流 电流 I_R (μ A)	最大整流 电流 I_{OM} (mA)	截止频率 f (Mfz)	外形图 (图8-6)	检波 效率 η (%)
2AP10	≥ 8	≥ 20	≥ 30	≤ 40			玻璃 封装 EA 型	
2AP11	≥ 10	≥ 10	≥ 10	≤ 200	≥ 25	40		
2AP12	≥ 90				≥ 40			
2AP13	≥ 10	≥ 30	≥ 30	≤ 200	≥ 20	40		
2AP14	≥ 30				≥ 30			
2AP15	≥ 60				≥ 30			
2AP16	≥ 30				≥ 20			
2AP17	≥ 10	≥ 100	≥ 100		≥ 15	40		
2AP18-1	≥ 100	≥ 50	≥ 50	≤ 100	≥ 100			
2AP18-2	≥ 150	≥ 75	≥ 75		≥ 120			
2AP18-3	≥ 200	≥ 100	≥ 100		≥ 150			
2AP21	≥ 50	≥ 7	≥ 10	≤ 200	≥ 50	150		
2AP18-3	≥ 200	≥ 100	≥ 100		≥ 150			
2AP30C	≥ 2	≥ 10	≥ 20	≤ 50	≥ 5	400		
2AP30D				≤ 30				
2AP30E			≥ 35	≤ 11				
2AP31A			≥ 25	≤ 30				
2AP31B			≥ 35	≤ 30				
2AP34A	≥ 5	≥ 60	≥ 75	≤ 20	≥ 50	60		
2AP60	≥ 4	≥ 35	≥ 40	≤ 75				
2AP90	≥ 2	≥ 20	≥ 30	≤ 100				
2AP110	≥ 3	≥ 40	≥ 50	≤ 40				
2AP188	≥ 5	≥ 35	≥ 40	≤ 33				
2AP261	≥ 0	≥ 35	≥ 40	≤ 70				

(3) 开关二极管

小功率开关二极管有两个系列：2AK 系列为点接触锗开关二极管，适用于中速开关电路；2CK 系列为平面硅开关二极管，适用

于高速开关电路。小功率开关二极管采用原电子工业部标准 EA 型或 ET 型外形封装。

常用小功率开关二极管的型号及技术参数见表 8-34。

表 8-34 常用小功率开关二极管的型号及技术参数

型号	最高反向工作电压 $U_{RM}(V)$	最大正向电流 $I_{OM}(mA)$	额定正向电流 $I_F(mA)$	正向压降 $U_F(V)$	反向恢复时间 $t_{rr}(ns)$	外形图 (图 8-6)
2AK1	10	≥ 150	—	≤ 1	≤ 200	EA 型
2AK2	20					
2AK3	30					
2AK5	40	≥ 200	≤ 0.9	≤ 150		
2AK6	50					
2AK7	30	—	≥ 10	≤ 1	≤ 150	
2AK9	40					
2AK10	50					
2AK11	30	≥ 250	—	≤ 0.7	≤ 150	
2AK13	40					
2AK14	50	—	≥ 3	≤ 1	≤ 150	
2AK15	12					
2AK16						$30 \sim 80$
2AK17						≤ 120
2AK18		30	≥ 250	—	≤ 0.65	≤ 100
2AK19	40					
2AK20	50					
2CK70A~E	A ≥ 20 B ≥ 30 C ≥ 40 D ≥ 50 E ≥ 60	≥ 10	≥ 10	≤ 0.8	≤ 3	ET 型
2CK71A~E		—	≥ 20		≤ 4	
2CK72A~E			≥ 30		≤ 4	
2CK73A~E		≥ 50	≥ 50	≤ 1	≤ 5	
2CK74A~D		≥ 100	≥ 100			
2CK75A~D		≥ 150	≥ 150			
2CK76A~D		≥ 200	≥ 200		≤ 10	
2CK77A~D		≥ 300	≥ 250			
2CK78A~D		≥ 400	≥ 270			
2CK79A~D		≥ 500	≥ 280			
2CK80A~D		≥ 600	≥ 300			
2CK81A~D		≥ 700	≥ 320			

续 表

型号	最高反向 工作电压 U_{RM} (V)	最大正 向电流 I_{OM} (mA)	额定正 向电流 I_F (mA)	正向 压降 U_F (V)	反向恢 复时间 t_{π} (ns)	外形图 (图 8-6)
2CK82A~E	A \geq 10 B \geq 20 C \geq 30	\geq 30	\geq 10	\leq 1	\leq 5	EA 型 或 ET 型
2CK83A~F	D \geq 40 E \geq 50					
2CK84A~F	A \geq 30 B \geq 60 C \geq 90	—	\geq 50	\leq 1	\leq 150	EA 型
2CK85A~D	D \geq 120 E \geq 150		\geq 100		\leq 50	
2CK86	F \geq 180		\geq 10		\leq 5	EA 或 ET 型

(4) 普通二极管

常用硅普通二极管的型号及技术数据见表 8-35

表 8-35 常用硅普通二极管的型号及技术数据

型 号	最高反向 工作电压 U_R (V)	额定正向 整流电流 I_F (mA)	正向 电压降 U_F (V)	反 向 漏电流 I_R (μ A)	外形图 (图 8-6)				
2CP1A 2CP1 2CP2 2CP3 2CP4 2CP5 2CP1E 2CP1G	50 100 200 300 400 500 600 800	500	\leq 1	\leq 5 (25 $^{\circ}$ C)	EE 型				
2CP6 2CP6A 2CP6B 2CP6C 2CP6D 2CP6E 2CP6F	50 100 200 300 400 600 800					100	\leq 1	\leq 5 (25 $^{\circ}$ C)	玻璃封装 EA 型

续 表

型 号	最高反向 工作电压 U_R (V)	额定正向 整流电流 I_F (mA)	正向 电压降 U_F (V)	反 向 漏电流 I_R (μ A)	外形图 (图 8-6)
2CP10 2CP11 2CP12 2CP13 2CP14 2CP15 2CP16 2CP17 2CP18 2CP19 2CP20 2CP20A	25 50 100 150 200 250 300 350 400 500 600 800	100	≤ 1	≤ 5 (25°C)	玻璃封装 EA 型
2CP21A 2CP21 2CP22 2CP23 2CP24 2CP25 2CP26 2CP27 2CP28	50 100 200 300 400 500 600 700 800	300	≤ 1.2	≤ 5 (25°C)	ED 型 或 EL 型
2CP31 2CP31A 2CP31B 2CP31C 2CP31D 2CP31E 2CP31F 2CP31G 2CP31H 2CP31I	25 50 100 150 200 250 300 350 400 500	250	≤ 1	≤ 5 (25°C)	EE 型

4. 晶体二极管的选用及使用注意事项

(1) 晶体二极管的种类较多, 在使用时首先要根据使用的场合, 选择合适的管子, 因此对常用二极管的性能要有基本的了解。

① 普通二极管, 如 2AP1~2AP9、2CP1~2CP20 等, 适用于高频检波、限幅和小电流整流等。

② 整流二极管,如 2CZ50~2CZ85、2DZ10~2DZ20 等,适用于不同功率的整流。

③ 开关二极管,如 2AK1~2AK4、2CK1~2CK19 等,适用于电子线路中的脉冲控制和开关电路。

(2) 二极管在电路中所承受的反向峰值电压和正向电流都不能超过管子的额定值。对于容性负载的线路,管子的额定整流电流应降低 20% 使用。对于有感性元件的电路,管子的反向工作电压应比线路工作电压大 2 倍左右。

三、稳压二极管

1. 稳压二极管的主要技术参数

(1) 稳定电压 U_Z 在稳压范围内,通过管子的反向电流为规定值时,在管子两极间产生的电压降。

(2) 最大工作电流 I_{ZM} 在最大耗散功率下,稳压管允许通过的反向电流。

(3) 最大耗散功率 P_{ZM} 在给定的使用条件下,稳压管允许承受的最大功率。 $P_{ZM} \approx U_Z I_{ZM}$ 。

(4) 动态电阻 R_Z 在测试电流下,稳压管两端电压微变量与通过管子电流微变量的比值。

(5) 稳定电流 I_Z 测试反向电参数时,给定的反向电流。

2. 稳压二极管的型号及技术数据

常用硅稳压二极管的型号及技术参数见表 8-36。

具有温度补偿作用的稳压管型号及技术参数见表 8-37。该类稳压管具有电压温度系数低的特点,可用于精密稳压电路,作基准电压源。

具有双向限幅功能的稳压管型号及技术参数见表 8-38。该类稳压管可用于要求对信号进行限幅的电路中。

表 8-36 常用硅稳压二极管的型号及技术数据

型号	最大耗散功率 P_{TM} (W)	最大工作电流 I_{ZM} (mA)	稳定电压 U_Z (V)	稳定电流 I_Z (mA)	动态电阻 R_Z (Ω)	电压温度系数 C_{TV} $10^{-4}/^{\circ}\text{C}$	外形
2CW50	0.25	83	1~2.8	10	≤ 50	≥ -9	ED型 或 EA型
2CW51		71	2.5~3.5		≤ 60	≥ -8	
2CW52		55	3.2~4.5		≤ 70	≥ -8	
2CW53		41	4~5.8		≤ 50	-6~4	
2CW54		38	5.5~6.5		≤ 30	-3~5	
2CW55		33	6.2~7.5		≤ 15	≤ 6	
2CW56		27	7~8.8		≤ 20	≤ 7	
2CW57		26	8.5~9.5		≤ 25	≤ 8	
2CW58		23	9.2~10.5	5	≤ 30	≤ 9	
2CW59		20	10~11.8		≤ 40		
2CW60		19	11.5~12.5	3	≤ 50	≤ 9.5	
2CW61		16	12.2~14		≤ 60		
2CW62		14	13.5~17		≤ 70		
2CW63		13	16~19		≤ 75		
2CW64		11	18~21		≤ 80		
2CW65		10	20~24		≤ 85		
2CW66		9	23~26		≤ 90	≤ 10	
2CW67		9	25~28		≤ 95		
2CW68		8	27~30		≤ 100		
2CW69		7	28~33				
2CW70		32~36	5	≤ 6	≤ 7	ED型 或 EA型	
2CW71	6	35~40		≤ 10	≤ 8		
2CW72	29	7~8.8		≤ 12	≤ 8		
2CW73	25	8.5~9.5		≤ 15	≤ 9		
2CW74	23	9.2~10.5		≤ 18	≤ 9.5		
2CW75	21	10~11.8		≤ 21			
2CW76	20	11.5~12.5					
2CW77	18	12.2~14					
2CW78	14	13.5~17	50	≤ 5	≥ -9		
2CW100	1	330		1~2.8	≤ 25	≥ -8	
2CW101		280		2.5~3.5	≤ 30	-6~4	
2CW102		220		3.2~4.5	≤ 20	-3~5	
2CW103		165		4~5.8	30	≤ 15	
2CW104		150	5.5~6.5				

续 表

型 号	最大 耗散 功率 P_{ZM} (W)	最大 工作 电流 I_{ZM} (mA)	稳定 电压 U_z (V)	稳定 电流 I_z (mA)	动态 电阻 R_z (Ω)	电压温 度系数 C_{TV} $10^{-4}/^{\circ}\text{C}$	外 形		
2CW105	1	130	6.2~7.5	30	≤ 7	≤ 6	FD 型		
2CW106		110	7~8.8		≤ 5	≤ 7			
2CW107		100	8.5~9.5		20	≤ 10		≤ 8	
2CW108		95	9.2~10.5	≤ 12					
2CW109		83	10~11.8	≤ 15					
2CW110		76	11.5~12.5	≤ 20		≤ 9			
2CW111		66	12.2~14						
2CW112		58	13.5~17	10	≤ 35	10			
2CW113		52	16~19		≤ 40				
2CW114		47	18~21		≤ 45	≤ 11			
2CW115		41	20~24		≤ 50				
2CW116		38	23~26		≤ 55				
2CW117		35	25~28		≤ 60				
2CW118		33	27~30		≤ 80				
2CW119		30	29~33	5	≤ 90	≤ 12			
2CW120		27	32~36		≤ 110				
2CW121		25	35~40		≤ 130				
2CW130		3	660	3~4.5	100	≤ 20		≥ -8	EE 型
2CW131			500	4~5.8		≤ 15		-6~4	
2CW132			460	5.5~6.5		≤ 12		-3~5	
2CW133			400	6.2~7.5		≤ 6		≤ 6	
2CW134	330		7~8.8	≤ 5		≤ 7			
2CW135	310		8.5~9.5	≤ 7	≤ 8				
2CW136	280		9.2~10.5	≤ 9					
2CW137	250		10~11.8	50	≤ 12	≤ 9			
2CW138	230		11.5~12.5		≤ 14				
2CW139	200		12.2~14		≤ 16	≤ 10			
2CW140	170		13.5~17	≤ 25					
2CW141	150		16~19	30	≤ 30	≤ 11			
2CW142	140		18~21		≤ 35				
2CW143	120		20~24		≤ 40				
2CW144	110		23~26		≤ 45				
2CW145	100		25~28		≤ 55				
2CW146	100		27~30	≤ 60					
2CW147	3		90	29~33	15		≤ 70		
2CW148			80	32~36			≤ 80		
2CW149		75	35~40	≤ 90					

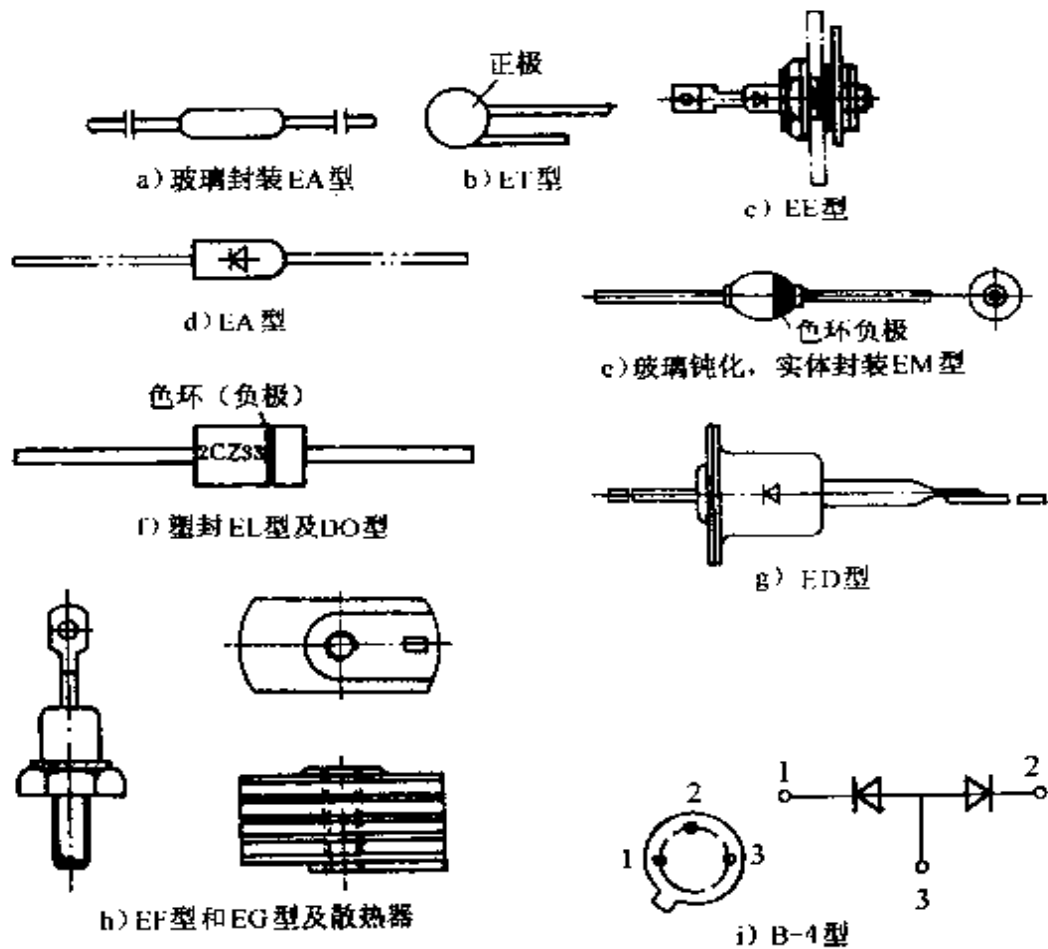


图 8-6 半导体二极管外形图

表 8-37 硅平面温度补偿稳压管参数

型号	最大耗散功率 P_{ZM} (W)	最大工作电流 I_{ZM} (mA)	稳定电压 U_Z (V)	稳定电流 I_Z (mA)	动态电阻 R_Z (Ω)	电压温度系数 C_{TV} $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	外形
2DW230 2DW231	0.2	30	5.8~6.6	10	≤ 25	1501	B-4型
2DW232 2DW233 2DW234 2DW235 2DW236			5.8~6.6		≤ 15		
			6~6.5	10	≤ 10	151	

表 8-38 硅平面双向限幅稳压管参数

型 号	最大耗散功率 P_{ZM} (W)	最大工作电流 I_{ZM} (mA)	稳定电压 U_Z (V)	稳定电流 I_Z (mA)	动态电阻 R_Z (Ω)	正反向电压差 (V)	外形
2DW \varnothing 6	0.2	31	5.5~5.6	10	≤ 30	≤ 0.3	D-4型
2DW \varnothing 7		27	6.4~7.6		≤ 25		
2DW \varnothing 8		24	7.4~8.6		≤ 15		
2DW \varnothing 9		21	8.4~9.6		≤ 20		
2DW \varnothing 10		18	9.4~11.1		≤ 20		
2DW \varnothing 12		15	10.9~13.1		≤ 25		
2DW \varnothing 14		13	12.9~15		≤ 30		

3. 稳压管的选用

在选用稳压管时,还应注意管子的稳压电压受温度的影响。一般来说,稳压值高于 6V 的管子,温度系数 C_{TV} 为正值;低于 6V 的管子,温度系数 C_{TV} 为负值;而 6V 左右的管子, C_{TV} 接近于零,即稳压值受温度影响最小。在稳压要求比较严格的场合,应选用 2DW230~2DW236 稳压管作为基准电压用。

4. 稳压管的使用注意事项

(1) 一般情况下,稳压管不能并联使用,因为稳压值的微小差别会引起稳压电流分配极不均匀,这样电流大的稳压管会过载而烧毁。

(2) 稳压电流相近的稳压管可以串联使用,其稳定电压为各稳压管稳定电压之和。

四、晶体三极管

1. 三极管的主要技术参数

(1) 直流参数

① 共发射极直流放大系数 h_{FE} (或 $\bar{\beta}$) 在共发射极电路中,当

集电极电压 U_{CE} 和集电极电流 I_C 为规定值时, I_C 与 I_B 之比, 即

$$h_{FE} = \frac{I_C}{I_B}。$$

② 集电极—发射极反向截止电流 I_{CEO} 基极开路, 集电极—发射极间的电压为规定值时的集电极电流。一个管子的 I_{CEO} 大约是集电极—基极反向截止电流 I_{CBO} 的 $(H\beta)$ 倍

(2) 交流参数

① 共发射极交流电流放大系数 h_{fe} (或 β) 在共发射极电路中, 输出电流 I_C 与输入电流 I_B 的变化量之比, 即 $h_{fe} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$ 。

② 共发射极截止频率 f_β 当电流放大系数 h_{fe} (或 β) 因频率增高而下降到低频(1kHz)值的 0.707, (即下降 3dB) 时的频率。

③ 特征频率 f_T 因频率增高, 电流放大系数下降到 1 时的频率。

(3) 极限参数

① 集电极最大允许电流 I_{CM} 当三极管参数变化不超过规定值时, 集电极所允许承受的最大电流。

② 集电极—发射极反向击穿电压 $U_{(BR)CEO}$ 基极开路, 集电极与发射极间最大允许电压。

③ 集电极最大允许耗散功率 P_{CM} 保证参数在规定范围内变化的最大集电极耗散功率。

2. 晶体三极管的简易测试

(1) 三极管电极的判别方法 见表 8-39。

(2) 三极管极型的判别方法

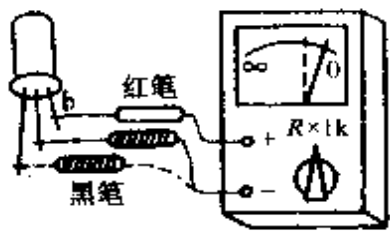
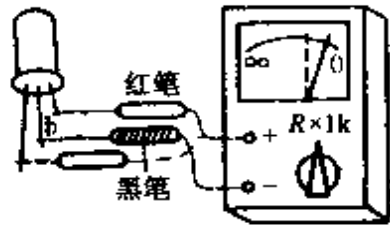
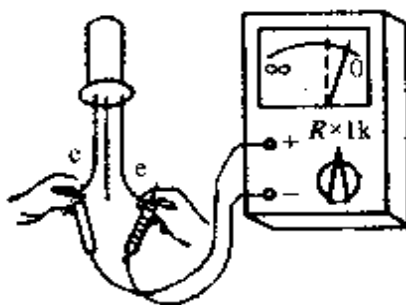
用万用表判别三极管是 PNP 型还是 NPN 型时, 可参看表 8-39 中“第一步判断基极”一栏。

(3) 三极管是硅管或锗管的判别方法

用万用表的 $R \times 100$ 挡或 $R \times 1k$ 挡, 测量管子发射极—基极

间的正向电阻,若表针指示的位置在表盘的中间或中间偏右一点,则被测的管子是硅管;若表针指示的位置在表盘右端靠近满刻度的地方,则被测的管子是锗管。

表 8-39 三极管电极的判别方法

项 目	方 法	说 明
第 一 步 判 别 基 极 PNP 型 三 极 管		<p>可把三极管看作两个二极管来分析。将万用表的+端(红笔)接某一管脚,用一端(黑笔)分别接另外两管脚。这样可有三组(每组二次)读数,当其中一组二次测量的阻值均小时(指针指在右端),则+端所连接的管脚即为 PNP 型管子的基极</p>
NPN 型 三 极 管		<p>方法同上,但以一端(黑笔)为准,用+端(红笔)分别接另外两管脚,当其中一组二次测量的阻值均小时,则一端所连接的管脚为 NPN 型管子的基极</p>
第 二 步 判 别 集 电 极		<p>将万用表两个表笔接到管子的另外两脚,用嘴含住基极(利用人体电阻实现偏置),看准表针位置,再将表笔对调,重复上述测试,比较两次指针位置,对于 PNP 型管子,阻值小的一次,正端所接的即为集电极;对于 NPN 型管子,阻值小的一次,负端所接的即为集电极</p>

3. 常用晶体三极管的型号及技术数据

表 8-40 常用锗 PNP 型低频小功率三极管的型号及技术数据

型 号	极 限 参 数			直 流、交 流 参 数			外形图 (图 8-7)			
	P_{CM} (mW)	I_{CM} (mA)	$U_{(BR)CEO}$ (V)	I_{CEO} (μ A)	f_{β} (KHz)	h_{fe}				
3AX51A、B	100	100	12	≤ 500	≥ 500	25~80	C 型			
3AX51			C	18				≤ 300		
			D	24						
3AX52A、B			150	150				12	≤ 550	≥ 500
3AX52	C	18			≤ 300					
	D	24								
3AX53	200	200			12	≤ 800	≥ 500	40~180	B 型	
			B	18	≤ 700					
			C	24						
3AX54			A	160	35					≥ 500
	B	45								
3AX54	C	160	60		≥ 500	25~120	B 型			
	D		70							
3AX55	500	500	20	≤ 1200				≥ 200		D 型
			B							
			C		45					
3AX31			125	125	6	≤ 10	≥ 200			
	A	12			≤ 800					
	B	18			≤ 600					
	C	21			≤ 400					
3AX31D、E	125	125	12	≤ 600	≥ 200	40~180	C 型			
3AX31F			30							
3AX81	200	200	10	≤ 1000	≥ 6	40~270	B-3 型			
			B	15	≤ 700			≥ 8		

注： T_{jM} 均为 75℃。

表 8-41 常用硅(NPN型)高频小功率三极管的型号及技术数据

型 号	极 限 参 数			直 流 参 数			交 流 参 数	
	$U_{(BR)CEO}$ (V)	P_{CM} (mA)	I_{CM} (mA)	I_{CEO} (μA)	h_{FE}	$U_{CE(sat)}$ (V)	f_T (MHz)	
3DG100	A	≥ 20	100	20	≤ 0.01	≥ 30	≤ 1	≥ 150
	B	≥ 30						≥ 300
	C	≥ 20						≥ 150
	D	≥ 30						≥ 300
3DG101	A	≥ 15					≥ 150	
	B	≥ 20					≥ 300	
	C	≥ 30					≥ 150	
	D	≥ 15					≥ 300	
	E	≥ 20					≥ 150	
	F	≥ 30					≥ 300	
3DG102	A	≥ 20					≥ 150	
	B	≥ 30					≥ 300	
	C	≥ 20					≥ 150	
	D	≥ 30					≥ 300	
3DG103	A	≥ 20					≥ 500	
	B	≥ 30					≥ 700	
	C	≥ 20	≥ 150					
	D	≥ 30	≥ 300					
3DG ₁₀₁ 111	A	≥ 15	300	50	≤ 0.1	≥ 30	≤ 0.35	≥ 150
	B	≥ 30						≥ 300
	C	≥ 45						≥ 150
	D	≥ 15						≥ 300
	E	≥ 30						≥ 150
	F	≥ 45						≥ 300
3DG112	A	≥ 20					≥ 500	
	B	≥ 30					≥ 700	
	C	≥ 20					≥ 150	
	D	≥ 30					≥ 300	

续 表

型 号	极 限 参 数			直 流 参 数			交流参数 f_T (MHz)	
	$U_{(BR)CEO}$ (V)	P_{CM} (mA)	I_{CM} (mA)	I_{CEO} (μA)	h_{FE}	$U_{CE(sat)}$ (V)		
3DG ₁₂₀ 121	A	≥ 30	500	700	≤ 0.01	≥ 20	≤ 0.5	≥ 150
	B	≥ 45						≥ 300
	C	≥ 30						≥ 500
	D	≥ 45						≥ 700
3DG122	A	≥ 30	500	50	≤ 0.5	≥ 20	≤ 0.35	≥ 1000
	B	≥ 45						≥ 1500
	C	≥ 30						≥ 1000
	D	≥ 45						
3DG123	A	≥ 20	700	100	≤ 0.5	≥ 20	≤ 0.35	≥ 500
	B	≥ 45						≥ 300
	C	≥ 30						
	D	≥ 45						
3DG130	A	≥ 20	100	200	≤ 0.5	≥ 20	≤ 0.35	≥ 1000
	B	≥ 30						
	C	≥ 40						
	D	≥ 25						
3DG131	A	≥ 25	100	15	≤ 0.1	≥ 20	≤ 0.35	≥ 400
	B	≥ 35						≥ 600
								≥ 80
3DG132	A	≥ 25	100	20	≤ 0.1	≥ 10	≤ 0.25	≥ 2500
	B	≥ 35						
3DG140		≥ 10	100	15	≤ 0.1	≥ 20	≤ 0.35	≥ 400
3DG141		≥ 10	100	15	≤ 0.1	≥ 20	≤ 0.35	≥ 600
3DG142		≥ 10	100	15	≤ 0.1	≥ 20	≤ 0.35	≥ 80
3DG144		≥ 10	100	20	≤ 0.1	≥ 10	≤ 0.25	≥ 2500

注：本表中以上各三极管的外形图均为 B-3 型，如图 8-7。

表 8-42 硅高频高反压小功率三极管的型号及技术数据

型 号		极 限 参 数			直 流 参 数			交 流 参 数
		$U_{(BR)CE}$ (V)	P_{CM} (mW)	I_{CM} (mA)	I_{CEO} (μA)	$U_{CE(sat)}$ (V)	h_{FE}	f_T (MHz)
3DG160	A~D	200~500	300	20	≤ 0.1	≤ 0.5	≥ 10	≥ 10
3DG170	A~E	60~220	500	50	≤ 0.5	≤ 0.5	≥ 20	≥ 50
	F~J							≥ 100
3DG180	A~G	60~300	700	100	≤ 1	≤ 0.8	≥ 20	≥ 50
	H~N							≥ 100
3DG181	A~E	60~220	700	200	≤ 2	≤ 0.8	≥ 20	≥ 50
	F~I							≥ 100
3DG182	A~E	60~220	700	300	≤ 1	≤ 1	≥ 10	≥ 50
	F~J							≥ 100
3DG160	A~C	60~140	300	20			≥ 25	≥ 100
	D~E	180~220						≤ 0.5
3CG170	A~C	60~140	500	50	≤ 0.5		≥ 25	≥ 100
	D~E	180~220						≤ 0.5
3CG180	A~D	100~220	700	100	≤ 1	≤ 0.8	≥ 15	≥ 50
	E~H							≥ 150

注:表中三极管的外形图为 B-3 型,如图 8-7。

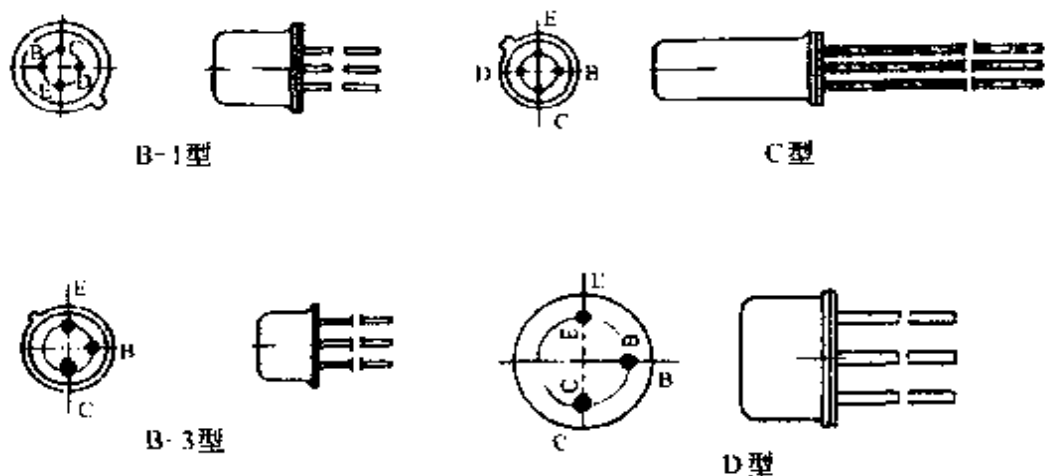


图 8-7

表 8-43 锗(PNP型)高频小功率三极管的型号及技术数据

型 号		极 限 参 数			直 流、交 流 参 数			外形图 (图 8-7)
		P_{CM} (mW)	I_{CM} (mA)	$U_{(BR)CEO}$ (V)	I_{CEO} (μ A)	f_T (MHz)	h_{fe}	
3AG53	A	50	10	15	≤ 200	≥ 30	30~200	
	B					≥ 50		
	C			25		≥ 100		
	D					≥ 200		
	E					≥ 300		
3AG54	A	100	30	15	≤ 300	≥ 30	30~200	
	B							≥ 50
	C							≥ 100
	D							≥ 200
	E							≥ 300
3AG55	A	150	50		≤ 500	≥ 100	B型	
	B					≥ 200		
	C					≥ 300		
3AG56	A	50	10	10	≤ 200	≥ 25	40~270	
	D					≥ 65	40~	
	F					≥ 120	180	
3AG80	A	50	10	12	≤ 50	≥ 300	20~150	
	C					≥ 400		
	E			15		≥ 600		
3AG87	A	300	50	20	≤ 50	≥ 300	20~150	
	B					≥ 500		
	D					≥ 700		
3AG95	A	150	30	20	≤ 50	≥ 500		
	B					≥ 700		
	C					≥ 1000		

表 8-44 常用硅低频小功率三极管的型号及技术数据

型 号	极 限 参 数			直 流、交 流 参 数			外形图 (图 8-8)
	P_{CM} (mW)	I_{CM} (mA)	$U_{(BR)CEO}$ (V)	I_{CEO} (μ A)	h_{FE}	$U_{CE(sat)}$ (V)	
200 3DX201 A 202	300	300	≥ 12	≤ 2	55~400	≤ 0.5	TO-92 (S-1) B型 或 S-2、 S-3 型
200 3DX201 B 202			≥ 18				
200 3CX201 A 202	300	300	≥ 12	≤ 1	55~400	≤ 0.5	TO-92 (S-1) B型 或 S-2、 S-3 型
200 3CX201 B 202			≥ 18				
3DX203 3CX203	500	500	15		40~400		
3DX204 3CX204	700	700	15~40		55~400	≤ 0.5	TO-126
DX201 CX201	100	200	20~40		40~400		SOT-23
DX203 CX203	200	500					
DX211 CX211	200	30					
3DX211 3CX211	200	50	12				TO-92

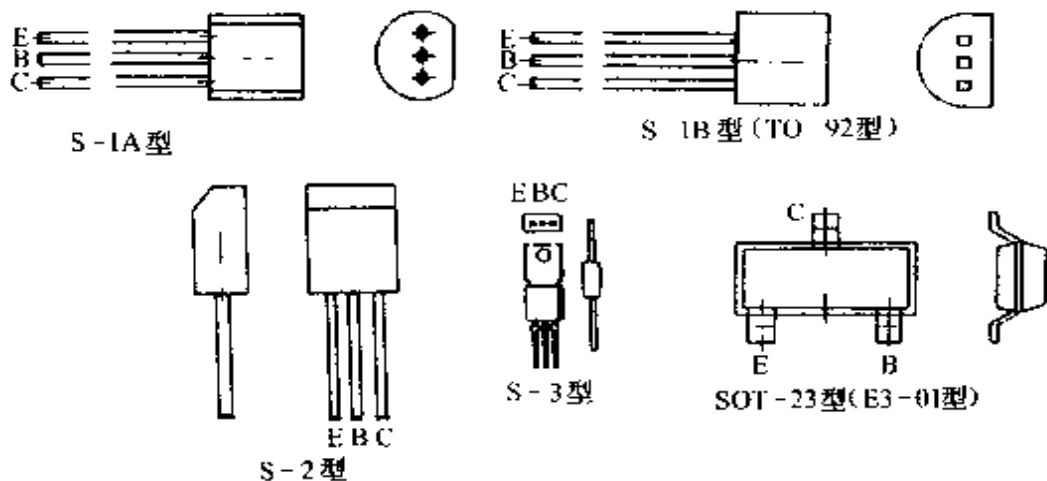


图 8-8

表 8-45 常用硅(NPN型)低频大功率三极管的型号及技术数据

型号	极限参数		直 流 参 数				开 关 参 数		外形图 (图 8-9)	
	P_{CM} (W)	I_{CM} (A)	T_{JM} (°C)	$U_{(BR)CEO}$ (V)	$U_{(BR)CBO}$ (V)	I_{CEO} (mA)	$U_{CE(sat)}$ (V)	h_{FE}		t_f (μ s)
3DD200	30	3		≥ 250	≥ 100		≤ 1.5	30~120	≤ 1	F 型
3DD201		8		≥ 320	≥ 150			40~120		
3DD202	50	3		A ≥ 1100	≥ 500		≤ 3	7~30	≤ 1.2	
				B ≥ 1400	≥ 600					
3DD203	10	1	150	≥ 100	≥ 60		≤ 0.6	50~200		
3DD204	30	3				≤ 0.5				
3DD205	15	1.5		A ≥ 200	≥ 100		≤ 1	40~200		
				B ≥ 300	≥ 150					
3DD206	25			≥ 800	≥ 400			≥ 30		
3DD207	30	3			≥ 30		≤ 1.5	40~250		
					≥ 300					
3DD208	50			≥ 300	≥ 300	≤ 0.1	≤ 2	30~250		

表 8-46 锗(PNP)低频大功率三极管的型号及技术数据

型号	极限参数			直流参数					交流参数		外形图 (图 8-9)
	P_{CM} (W)	I_{CM} (A)	R_{Tj} ($^{\circ}C/W$)	$U_{(BR)CEO}$ (V)	$U_{(BR)ES}$ (V)	I_{CBO} (mA)	I_{CEO} (mA)	$U_{(CE)sat}$ (V)	h_{FE}	f_{β} (MHz)	
3AD50	A	3		50	18			≤ 0.6			F型
	B			60	24			≤ 0.8			
	C			70	36						
3AD51	A	10	3.5	50	18	≤ 0.3	≤ 2.5	≤ 0.35		≥ 4	圆形
	B			60	24						
	C			70	30						
3AD52	A	2		50	18			≤ 0.5			F型
	B			60	24						
	C			70	30						
3AD53	A	6		50	18	≤ 0.5	≤ 12	≤ 1	20~140	≥ 2	F型
	B			60	24			≤ 10			
	C			70	30						
3AD54	A	20	1.75	50	18	≤ 0.4		≤ 0.35			圆形
	B			60	24			≤ 6			
	C			70	30			≤ 8			
3AD55	A	5		50	18			≤ 0.35		≥ 3	F型
	B			60	24			≤ 6			
	C			70	30			≤ 8			
3AD56	A	15	0.7	60	30	≤ 0.8	≤ 0.7	≤ 1			方形
	B			80	45						
	C			100	60						

注: 1. h_{FE} 色标分档为: 棕 20~30; 红 30~40; 橙 40~60; 黄 60~90; 绿 90~100。

2. T_{jM} 均为 90 $^{\circ}C$ 。

表 8-47 硅 NPN/PNP 型开关三极管的型号及技术数据

型 号	极限参数		直 流 参 数			交 流 参 数				外形图 (图 8-7)	
	P_{CM} (mW)	I_{CM} (mA)	$U_{(BR)CEO}$ (V)	$U_{(BR)CEO}$ (V)	$U_{(BR)CEO}$ (V)	I_{CEO} (μ A)	I_{CBO} (μ A)	h_{fe}	f_T (MHz)		t_{on} (ns)
3DK100	100	30	A	≥ 20	≥ 15					≤ 20	≤ 35
			B	≥ 15	≥ 10						≤ 25
			C	≥ 30	≥ 20						≤ 60
3DK101	200	40	A	≥ 20	≥ 15	≤ 0.1	≤ 0.1	25~180	≥ 300	≤ 40	≤ 40
			B	≥ 30	≥ 25						≤ 50
			C	≥ 20	≥ 15						≤ 35
3DK102	300	50	A	≥ 20	≥ 15	≤ 0.1	≤ 0.1			≤ 40	≤ 50
			B	≥ 30	≥ 25						≤ 35
			C	≥ 20	≥ 15						≤ 65
			D	≥ 30	≥ 25						≤ 230
3DK103			A	≥ 20	≥ 15				≥ 200	≤ 50	≤ 130
			B	≥ 40	≥ 30						≤ 280
			C	≥ 60	≥ 45						
3DK104		400	A	≥ 75	≥ 60	≤ 1	≤ 1			≤ 100	≤ 65
			B	≥ 100	≥ 80						≤ 25
			C	≥ 75	≥ 60						≤ 130
			D	≥ 100	≥ 80						≤ 280
3DK105			A	≥ 40	≥ 30	≤ 0.5	≤ 0.5			≥ 25	≤ 280
			B	≥ 60	≥ 45						

续表

型号	极限参数		直流参数				交流参数				外形图 (图8-7)
	P_{CM} (mW)	I_{CM} (mA)	$U_{(BR)CEO}$ (V)	$U_{(BR)CEO}$ (V)	I_{CEO} (μ A)	I_{CEO} (μ A)	h_{fe}	f_T (MHz)	t_{on} (ns)	t_{off} (ns)	
3DK105	700	500	C	≥ 40	≥ 30				≤ 25	130	B型
			D	≥ 60	≥ 45					≤ 280	
3DK106	600		A	≥ 40	≥ 30	≤ 0.5	≤ 1		≤ 30	≤ 130	
			B	≥ 60	≥ 45					≤ 280	
			C	≥ 40	≥ 30					≤ 130	
			D	≥ 60	≥ 45					≤ 280	
3DK107	800		A	≥ 40	≥ 30	≤ 0.5		≤ 30	≤ 130		
			B	≥ 60	≥ 45				≤ 280		
			C	≥ 40	≥ 30				≤ 130		
			D	≥ 60	≥ 45				≤ 280		
3CK110	300	50	A	≥ 20	≥ 15	≤ 0.2	≤ 0.2		≤ 50	60~	
			S	50	45					110	
			E							80~	
3CK112	500	200	A	≥ 20	≥ 15	≤ 0.5	≤ 0.5	25~	150~	60~	
			S	50	45					110	
			E							80~	
3CK120	700	700	A	≥ 20	≥ 15	5	10		≤ 50	120~	
			S	50	45					160	
			E								

表 8-48 常用功率达林顿管的型号及技术数据

型号	型 号	P_{CM} (W)	I_{CM} (A)	T_{JM} (°C)	$U_{(BR)/CEO}$ (V)	$U_{(BR)/CBO}$ (V)	I_{CEO} (mA)	$V_{CE(sat)}$ (V)	h_{FE}	外形图 (图 8-9)
NPN 高压系列	YZ121A~F	20	5		A≥300		≤1.5	≤2.5	红 500~1 000	F 型
	YZ123A~F	50	10		B≥400		≤2		黄 1 000~2 000	
	YZ125A~F	75	12.5		C≥500		≤3	≤3	绿 >2 000	
	YZ127A~F	100	15		D≥600					
	YZ129A~F	150	20		E≥700					
	YZ161A~F	200	25		F≥800					
	YZ163A~F	300	30							
PNP 低压系列	YZ31A~F	20	4		A≥30	D≥110	≤1.5		红 500~1 000	F 型
	YZ33A~F	50	6	150	B≥50	E≥150	≤2	≤2.5	黄 1 000~2 000	
	YZ35A~F	75	10		C≥80	F≥200	≤2.5	≤2.5	绿 2 000~4 000	
	YZ37A~F	100	12.5				≤3		紫 4 000~6 000 白>6 000	
NPN 低压系列	YZ17A~F	0.75	0.5				0.1	≤1.5	红 500~1 000	图 8-7 B 型
	YZ18A~F	1	0.75				≤1		黄 1 000~2 000	
	YZ19A~F	5	1		A≥30		≤1.5	≤2	绿 2 000~4 000	
	YZ20A~F	10	2	150	B≥50		≤2		紫 4 000~6 000	
	YZ21A~F	20	5		C≥80		≤1.5	≤2	白>6 000	
	YZ23A~F	50	10		D≥110		≤2			
	YZ25A~F	75	12.5		E≥150		≤3			
	YZ27A~F	100	15		F≥200					
	YZ29A~F	150	20							
YZ61A~F	200	25								
YZ63A~F	300	30								

表 8-49 硅 NPN/PNP 低、高压大功率开关三极管的型号及技术数据

型号	极限参数			直流参数			交流参数		开关参数			外形图 (图 8-9)
	P_{CM} (W)	I_{CM} (A)	$U_{(BR)CEO}$ (V)	$U_{CE(sat)}$ (V)	I_{CEO} (mA)	h_{FE}	f_T (MHz)	t_{on} (μ s)	t_s (μ s)	t_f (μ s)		
3DK29A~D	1	0.5	15~30	0.5	0.1	25~180	400	0.015	0.03~0.08	0.01	G型 或 F型	
3DK35B~F	10	3	50~200	0.25	0.5			0.25	0.4	0.1		
3DK36B~H	30	5	50~130	0.5	0.7			0.3	0.6	0.15		
3DK37B~H	50	7.5	50~200	0.5	1	≥ 20		0.3	0.6	0.15		
3DK ³⁸ ₃₉ B~H	100	15	50~200	0.7	3			0.5	0.7	0.3		
3DK03	30	3	30~160	0.4		≥ 15	15	0.3		0.5		
3DK12	50	5	30~160	0.4								
3DK08	60	7.5		0.5								
3DK32	75	10		0.5			10	0.6		1		
3DK33	100	20	40~160	0.8			5	0.8		1.2		
3CK01	5	1				≥ 10		0.3		0.5		
3CK02	10	2		0.6			4			0.6		
3CK03	20	3						0.4				
3CK05	50	5	30~100	0.7		≥ 15	3					
3CK010	75	10						0.5		0.8		
3CK015	100	15						0.6		0.8		

续表

型号	极限参数			直流参数		交流参数		开关参数			外形图 (图8-9)
	P_{CM} (W)	I_{CM} (A)	$U_{(BR)CEO}$ (V)	$U_{CE(sat)}$ (V)	I_{CBT} (mA)	h_{FE}	f_T (MHz)	t_{on} (μ s)	t_s (μ s)	t_f (μ s)	
3CK5A~E	5	1.5	15~50	0.8	0.05	≥ 25	50	0.08		0.2	G型 或 F型
3CK10A~E	1	1	20~70	1	0.01		100	0.06		0.15	
3DKG3	50	3			0.1					0.8	
3DKG5	100	5	300~900	15	0.2	10				1.4	
3DKG10	150	10								2	
3DKG208	12	5	700			6			10	0.7	
3DKG208A	12	7.5					7				
3DKG536	50	8	480	5		15	5				
3DKG3236	60	5	400	0.6		≥ 15	8				
3DKG326A	75	6	400	1.5		25	10	0.5	3.5	0.5	
3DKG6547	75	15	400	1.5		6~30	10	1	4	0.7	
3DKG48B			600					0.5	1.5	0.2	
3DKG23		30	325	0.35~1		8		0.55	1.7	0.26	
3DKG22	250	40	250	0.5~1.5		10	8	1.3	2	0.5	
3DKG20		50	125	0.3~0.6				1.5	1.2	0.3	

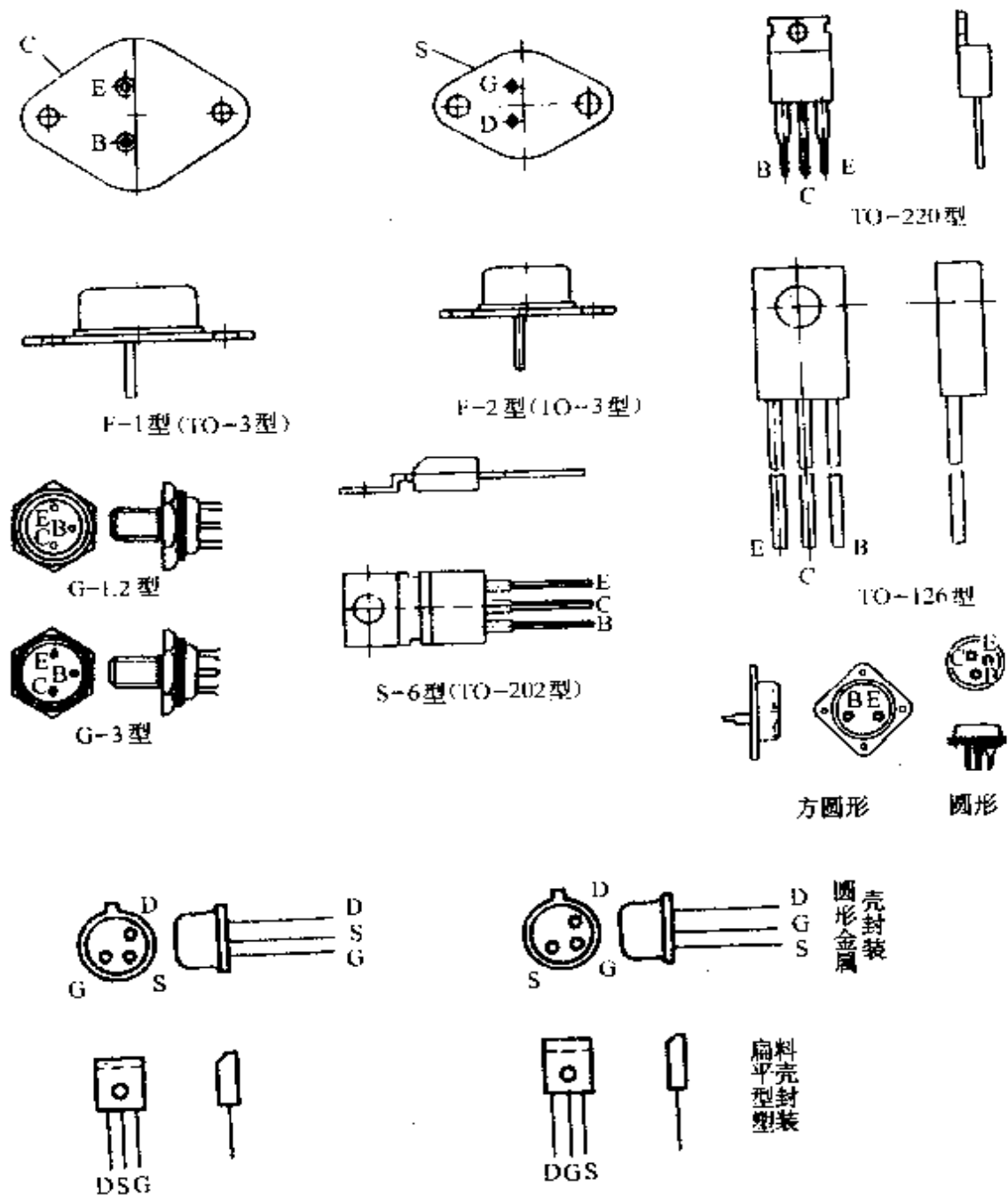


图 8-9 晶体三极管、场效应管外形图

4. 晶体三极管的选用及使用注意事项

(1) 根据使用场合和电路性能, 选择合适类型的三极管。

① 用于高、中频放大和振荡用的三极管, 应考虑工作在高频

段时,仍要有较高的功率和稳定的工作状态,因此要选用特征频率 f_T 较高和极间电容较小的高极管。

② 用于前置放大用的三极管,为了充分发挥这一级三极管的最大效能,应选放大倍数 β 较大的管子,同时还应考虑尽量选用穿透电流 I_{CEO} 较小的管子,以便管子工作更加稳定。

(2) 根据电路要求和已知工作条件选择三极管,即确定三极管几个主要参数: $U_{(BR)CEO}$ I_{CM} P_{CM} 、 β 和 f_T 等,选择这些参数的原则见表 8-50。

表 8-50 晶体三极管主要参数的选译

参 数	$U_{(BR)CEO}$	I_{CM}	P_{CM}	β	f_T
选择原则	$\geq E_c$ (电源电压)	$\geq (2\sim 3) I_c$	$\geq P_o$ (输出电压)	40~100	$\geq 3f$
说 明	若是电感性负载: $U_{(BR)CEO} > 2E_c$	I_c 为管子的工作电流	甲类功放: $P_{CM} \geq 3P_o$ 甲乙类功放: $P_{CM} \geq \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{5}\right) P_o$	β 太高容易引起自激振荡,稳定性差	f 为工作频率

(3) 工作于开关状态的三极管除应考虑三极管的开关参数外,还要注意:因 $U_{(BR)CEO}$ 一般较低,所以应考虑是否要在基极回路加保护线路,以防止发射结击穿;当集电极带电感性负载(如继电器),必须加保护线路(如续流二极管),以防止线圈反电势损坏三极管。

(4) 功率放大管在耗散功率较大时,应加散热片。散热片应垂直安装,以利于空气自然对流。

五、场效应管

1. 主要技术参数

(1) 夹断电压 $U_{GS(off)}$ (U_P) 在规定的漏源电压 U_{DS} 下,使沟

道夹断的栅源电压 U_{GS} 值, 或使漏源电流 I_{DS} 下降到规定值时的栅源电压 U_{GS} 。

(2) 饱和漏电流 I_{DSS} 在栅源短路(即 $U_{GS} = 0V$), 漏源电压 U_{DS} 足够大时的漏源电流。

(3) 开启电压 U_T 在规定的漏源电压 U_{DS} 下, 使漏源电流 I_{DS} 达到规定值(一般是零附近)时的栅源电压 U_{GS} 值。

(4) 最大栅源电压 $U_{GS(BR)}$ 栅源极间所能承受的最高电压, 超过此电压值时管子将损坏。

(5) 正向跨导 $g_m(g_{ms})$ 在共源电路中, 栅源输入电压每变化 $1V$ 所引起漏源输出电流的变化量。它是表征场效应管电压控制能力的重要参数。

表 8-51 常用结型、MOS 场效应管的特点、用途及外形

类别	结型场效应管			MOS 场效应管		增强型 MOS 管
	3DJ2	3DJ6	3DJ7	3D01	3D04	3C01
特点及用途	用于高频、线性放大和斩波电路	具有低噪声、稳定性高的优点, 适用于低频、低噪声线性放大器	具有高输入阻抗、高跨导、低噪声和稳定性高等优点	具有高输入阻抗、低噪声、动态范围大的特点, 适用于直流放大、阻抗变换和斩波器	工作频率较高, 大于 $100MHz$, 可作电台、雷达中线性高频放大或混频放大	具有高输入阻抗, 零栅压下接近截止状态, 用于开关、小信号放大、工业及通信电路中

2. 常用场效应管的型号、特性参数

表 8-52 和表 8-53 分别列出 N 沟道结型和耗尽型场效应管的型号、参数。

表 8-52 N 沟道结型场效应管的型号及技术数据

型号	饱和漏源电流 $I_{DS(sat)}$ (mA)	夹断电压 $U_{GS(off)}$ (V)	栅源绝缘电阻 r_{GS} (Ω)	正向跨导 g_m (μS)	最高振荡频率 f_M (MHz)	最大漏源电压 $U_{DS(max)}$ (V)	最大栅源电压 $U_{GS(max)}$ (V)	最大耗散功率 P_{DM} (mW)	最大漏源电流 I_{DSM} (mA)	主要用途
3DJ2	D	<0.35	$\geq 10^2$	≥ 2000	≥ 300	>20	>20	100	15	100 MHz 放大
	E	0.3~1.2								
	F	1~3.5								
	G	3~6.5								
	H	6~10								
3DJ4	D	<0.35	$\geq 10^8$	≥ 1000	≥ 30	>20	>20	100	15	低频 低噪声 放大
	E	0.3~1.2								
	F	1~3.5								
	G	3~6.5								
	H	6~10								
3DJ6	D	<0.35	$\geq 10^8$	≥ 1000	≥ 30	>20	>20	100	15	30 MHz 放大
	E	0.3~1.2								
	F	1~3.5								
	G	3~6.5								
	H	6~10								
3DJ7	D	<0.35	$\geq 10^8$	≥ 3000		>20	>20	100	15	30 MHz 放大
	E	<1.2								
	F	1~3.5								
G	3~11									

续表

型号	号	饱和漏源电流 $I_{IS(sat)}$ (mA)	夹断电压 $U_{GK(off)}$ (V)	栅源绝缘电阻 r_{GS} (Ω)	正向跨导 g_m (μS)	最高振荡频率 f_M (MHz)	最大漏源电压 $U_{DS(BR)}$ (V)	最大栅源电压 $U_{GS(BR)}$ (V)	最大耗散功率 P_{DM} (mW)	最大漏源电流 I_{DSM} (mA)	主要用途
3DJ7	H	10~18	< -9	$\geq 10^7$	≥ 6000	≥ 90	>20	>20	100	15	30 MHz 高跨导
	I	17~25									
	J	24~35									
3DJ8	F	1~3.5	< -9	$\geq 10^7$	≥ 6000	≥ 90	>20	>20	100	15	30 MHz 高跨导
	G	3~11									
	H	10~18									
	I	17~25									
	J	24~35									
3DJ9	K	35~70	< -7	$\geq 10^7$	≥ 4000	≥ 800	>20	>20	100	15	400 MHz 放大
	F	1~3.5									
	G	3~6.5									
	H	6~11									
3DJ3	J	10~18	< -9	$\geq 10^5$	≥ 4000		>20	>20	100	30	<50 Ω 低阻 开关
	A										
	B										
3DJ5	C		< -5	$\geq 10^5$	≥ 7000		>20	>20	100	30	<50 Ω 低阻 开关
	E	<1.2									
	F	1~3.5									
	G	3~6.5									
3DJ5	H	6~10	< -7	$\geq 10^5$	≥ 12000		>20	>20	100	40	对管

续表

型号	号	饱和漏源电流 $I_{DS(sat)}$ (mA)	夹断电压 $U_{GS(off)}$ (V)	栅源绝缘电阻 r_{GS} (Ω)	正向跨导 g_m (μS)	最高振荡频率 f_M (MHz)	最大漏源电压 $U_{DS(max)}$ (V)	最大栅源电压 $U_{GS(max)}$ (V)	最大耗散功率 P_{DM} (mW)	最大漏源电流 I_{DSM} (mA)	主要用途
3DJ15	F	1~3.5	< -55		>3000				100	10	88~108MHz 调频段 放大
	G	3~7			8000						
	H	6~11			8000						
3DJ15	I	10~18			8000				100	10	同上
	J	16~30			>3000						
3DJ17	F	1~3.5	< -5.5		>3000		>20	>20	200	20	100MHz 放大
	G	3~11			6000						
	H	10~18									
3CJ1	I	17~25	< -4		>300			25	100		30MHz 放大
	J	24~65			>500						
	D	<0.35			>1000						
	E	0.3~1.2			>1500						
	F	1~3.5			>2000						
3CJ1	G	3~6.5	< -9								
	H	10~20									

(P沟道结型场效应管)

表 8-53 常用 N 沟道耗尽型 MOS 场效应管的型号及技术数据

型 号	饱和漏源电流 $I_{DSS(sat)}$ (mA)	夹断电压 $U_{GS(off)}$ (V)	栅源绝缘电阻 r_{GS} (Ω)	正向跨导 g_m (μS)	最高振荡频率 f_M (MHz)	最大漏源电压 $U_{DS(100)}$ (V)	最大栅源电压 $U_{GS(100)}$ (V)	最大耗散功率 P_{DM} (mW)	最大漏源电流 I_{DSM} (mA)	相近型号	主要用途
3DO1	D	≤ 0.35	$\geq 10^8$	≥ 1000	≥ 90	≥ 20	> 40	100		3DO7 3DO7H 3DO12 3DO13	30 MHz 放大
	E	0.3~1.2									
	F	1~3.5									
	G	3~6.5									
	H	6~10									
3DO2	D	< 0.35	$\geq 10^8$	≥ 4000	≥ 800	≥ 20		25	15	3DO9 3DO9H 3DO16 3DO17	400 MHz 放大
	E	< 1.2									
	F	1~3.5									
	G	3~11									
	H	10~25									
3DO4	D	≤ 0.35	$\geq 10^8$	≥ 2000	≥ 300	≥ 20	≥ 25	100		3DO8 3DO8H 3DO14 3DO15	100 MHz 放大
	E	0.3~1.2									
	F	1~3.5									
	G	3~6.5									
	H	6~10.5									
I	10~15										

3. VMOS 大功率场效应管

VMOS 大功率管是近十多年来新出现的大功率半导体器件,其主要优点是:因为是多子导电,没有双极型晶体管少子的存储效应,故开关速度可达纳秒(ns)级;漏极电流呈负温度特性,有自镇流作用,无二次击穿现象;易制成耐压高、电流大的器件。目前,VMOS 场效应管已被广泛地应用于开关电源及变频电源中。

VMOS 大功率管的特性参数见表 8-54。

4. 使用注意事项

由于 MOS 管输入阻抗非常高,在栅极上感应出来的电荷很难泄放,电荷的累积使电压升高,易使管子尚未使用就已击穿。因此 MOS 管在使用时必须注意下列几点。

① 保存时应将三个电极短路;焊接时应先焊源极,后焊栅极和漏极,焊牢后才能将短路线去掉。最好利用电烙铁的余热焊接。

② 测试安装时所用的仪器、电烙铁及设备必须接地。使用四引线的 MOS 管,其 S_s 端应接地。

③ 在要求输入阻抗较高的阻抗变换器的电路中,必须采取严格的防潮措施和保持电极及线路上的清洁,以免降低输入阻抗。

六、发光二极管

1. 型号命名方法

发光二极管型号命名部标如下:

第一位	第二位	第三位	第四位	第五位	第六位
FG	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
型号	材料	颜色	封装形式	外形	序号

$X_2 \sim X_6$ 各位代号的内容见表 8-55。

表 8-54 VMOS 大功率管特性参数表

参数名称	漏源击穿电压	漏极电流	漏极电流(连续工作)最大值	漏源电阻	漏极功耗	极性		外形见图
						$U_{DS(BR)min}$	I_D	
符 号	$U_{DS(BR)min}$	I_D	$I_{D\text{ cont max}}$	r_{DS}	P_D			8-9
单 位	(V)	(A)	(A)	(Ω)	(W)			
MTP1N100	1 000	0.5	1	10	75	N		塑封 TO-220AB 向上: GDS
MTP3N100	1 000	1.5	3	7	75	N		
MTP2N90	900	1	2	8	75	N		
MTP4N90	900	2	4	5	125	N		
MTP3N80	800	1.5	3	7	75	N		
MTP1N60		0.5	1	12	75	N		
MTP2N60		1	2	6	75	N		
MTP3N60		1.5	3	2.5	75	N		
MTP6N60	600	3	6	1.2	125	N		
MTP1N50		0.5	1	8	50	N		
MTP2N50		1	2	4	75	N		
MTP2P50	500	1	2	6	75	P		
MTP3N50		1.5	3	3	75	N		
MTP4N50		2	4	1.5	75	N		

续表

参数名称	漏源击穿电压	漏极电流	漏极电流(连续工作)最大值	漏源电阻	漏极功耗	极性	外形见图	
符号	$U_{IS(BR)min}$	I_D	$I_{Dcont max}$	r_{DS}	P_D	N沟道 P沟道	8-9	
单位	(V)	(A)	(A)	(Ω)	(W)			
MTP12N10		6	12	0.18	75	N	塑封 TO-220AB 向上 GDS	
MTP12P10	100	6	12	0.3	75	P		
MTP20N10		10	20	0.15	100	N		
MTP25N10		12.5	25	0.085	125	N		
MTP5N05		2.5	5	0.6	50	N		
MTP7N05		3.5	7	0.4	50	N		
MPT10N05		5	10	0.28	75	N		
MTP12N05		6	12	0.3	75	N		
MTP14N05	50	7	14	0.1	40	N		
MTP15N05		7.5	15	0.16	75	N		
MTP16N05		8	16	0.08	40	N		
MTP25N05		12.5	25	0.08	100	N		
MTE20N60	600	10	20	0.25	250	N		装配式基 座与漏极 相连
MEP40N60		20	40	0.13	500			
MTE25N50	500	12.5	25	0.2	250	N		
MTE50N50		25	50	0.1	500			
MTE30N40	400	15	30	0.15	250	N		
MTE60N40		30	60	0.08	500			

通 号

表 8-55 半导体发光二极管型号命名方法

文种	汉语拼音	阿 拉 伯 数 字				
全称	FG	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆
内容	型 号	材 料	颜 色	封装形式	外 形	序 号
代 号 意 义 说 明	“发光”两 字汉语拼 音的第一 个字母	1:GaAsP (磷砷化镓) 2:GaAsAl (砷铝镓) 3:GaP (磷化镓) 4:GaAs (砷化镓)	0:红外 1:红 2:橙 3:黄 4:绿 5:蓝 6:复合 7:靛 8:紫 9:紫外、黑、白	1:无色透明 2:无色散射 3:有色透明 4:有色散射	0:圆形 1:长方形 2:符号形 3:三角形 4:方形 5:组合形 6:特殊形	由原电 子工业部 标准化所 统一给出

2. 发光二极管的电气特性及主要技术参数

(1) 电气特性

① 伏安特性 发光二极管的伏安特性曲线与普通小功率二极管相比,除正向死区电压稍高外(1~2V,材质不同,压降亦不同),其他完全相同,不再重述。

② 电流-亮度特性 发光二极管的电流-亮度特性曲线见图 8-10。由图可见,当工作电流约在 25mA 以内时,亮度与电流呈线性关系,超过 25mA 时,多数管子的亮度与电流不再呈线性关系,但不会趋于饱和,少数管子的亮度要趋于饱和(如红色光 GaP 管)。

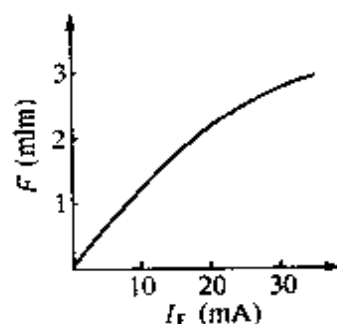


图 8-10 发光二极管
电流-亮度特性曲线

(2) 主要技术参数

发光二极管的技术参数包括电学和光学两类参数。

主要电学参数,如最大功耗 P_M 、最大工作电流 I_{FM} 、正向压降 U_F 及反向耐压 U_R 等,与普通二极管的参数意义相似,不再重述。

主要光学参数,有发光波长 λ 、发光亮度 F 等,其意义请参阅有关光学基本知识。

(3) 常用发光二极管的型号及技术数据

常用发光二极管的型号及技术数据见表 8-56 和表 8-57。

表 8-56 部分砷化镓红外发光二极管的型号及技术数据

型 号	工作电流	正向压降	发射功率	反向耐压	发光峰值波长
	I_F	U_F	P	U_R	λ_p
	mA	V	mW	V	μm
HG401 HG402 HG403	30	≤ 1.5	1~1.5 1.5~2.0 2.0~2.5	≥ 5	
HG411 HG412 HG413	30	≤ 1.5	1~1.5 1.5~2.0 2.0~2.5	≥ 5	
HG501 HG502 HG503 HG504 HG505	200	≤ 1.6	10~20 21~30 31~40 41~50 51~60		0.93
HG521 HG522 HG523 HG524 HG525 HG526 HG527 HG528	300	< 2.0	100~150 151~200 201~250 251~300 301~400 401~500 501~550 551~600		0.93

表 8-57 常用发光二极管的型号及技术数据

型 号	发光材料	发光颜色	发光波长	光通量	最大功耗	最大工作电流	反向耐压	正向压降										
			λ	F	P_M	I_{PM}	U_R	U_F										
			\AA	mlm	mW	mA	V	V										
FG114001 FG114002 FG114003 FG114004 FG114006 FG114007 FG114101 FG114501 FG114602	磷 砷 化 镓 GaAsP	红 色	6 500	1~1.5	60	30	≥ 5	≤ 2										
1~1.5				100	50													
4~6				250	120													
1~1.5				60	30													
FG314001 FG314002 FG314003 FG314004 FG314006 FG314007 FG314101 FG314501 FG314602				磷 化 镓 GaP	红 色	7 000			1~1.5	60	30	≥ 5	≤ 2.5					
4~6									250	120								
1~1.5									60	30								
FG344001 FG344002 FG344003 FG344004 FG344006 FG344007 FG344101 FG344501 FG344602									磷 化 镓 GaP	绿 色	5 650			1~1.5	60	30	≥ 5	≤ 2.5
75														35				
4~6	250	120																
1~1.5	60	30																
FG334001 FG334002 FG334003	磷 化 镓 GaP	黄 色					1~1.5	60						30	≥ 5	≤ 2.5		
4~6							250	120										

3. 正负极性的判别

有金属底座的管子,靠近销口的管脚为正极。管子的正负极也可用万用表的电阻挡去判别。但应注意,它的正向电阻值比普通二极管的阻值要稍大些。

七、光电晶体管

光电晶体管是利用 PN 结的光电效应将光信号转变成电信号的半导体器件。具有灵敏度高、响应速度快、体积小和寿命长等特点,广泛用于可见光、红外光的检测及光电转换等自动控制电路中。

光电晶体管的种类较多,本节只介绍常用的 PN 结型硅光电二极管和 NPN 型硅光电三极管的特性、型号、参数及应用。

1. 光电晶体管的特性及主要技术参数

(1) 特性

① 硅光电二极管的主要特性

a. 波长特性曲线

硅光电二极管对不同波长的光,其响应的灵敏度是不同的,由图 8-11 可见,它对入射光谱响应的范围是 $0.4\sim 1.1\mu\text{m}$,响应灵敏度最大的入射光的波长称为峰值波长。硅光电二极管的峰值波长在 $0.9\mu\text{m}$ 左右。

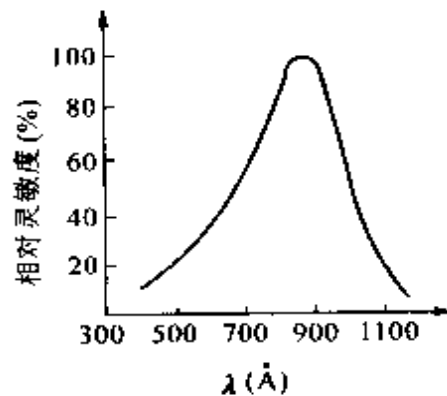


图 8-11 硅光电二极管的波长特性曲线

b. 输出特性曲线

硅光电二极管在一定反向工作电压下,受到光照后即可产生光电流,由图 8-12 可见,光电流与外加电压关系不大,只随入射光的强度呈线性变化。

② 硅光电三极管主要特性

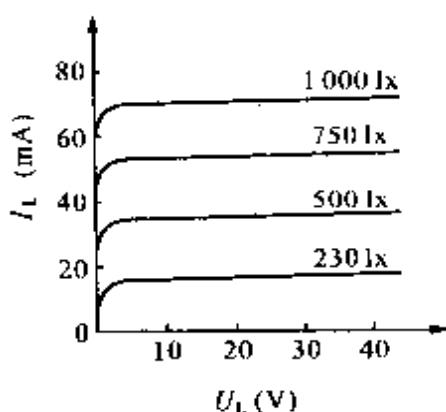


图 8-12 硅光电二极管的输出特性曲线

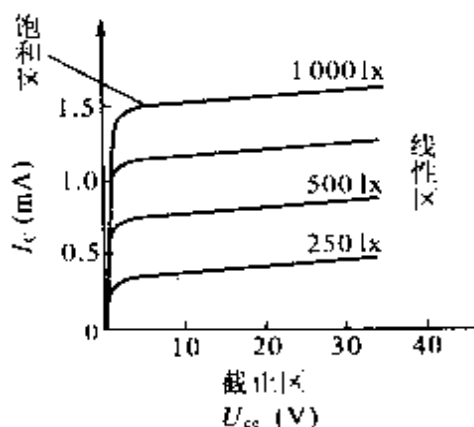


图 8-13 硅光电三极管的输出特性曲线

a. 波长特性曲线 硅光电三极管的波长特性曲线与硅光电二极管的相同,不再重述。

b. 输出特性曲线 见图 8-13。

硅光电三极管的输出特性与普通三极管的输出特性相似。

(2) 主要技术参数

① 硅光电二极管的主要参数

a. 最高工作电压 U_{max} 硅光电二极管在无光照条件下,反向漏电流不超过一定值时所加的最大反向电压值。 U_{max} 值高的管子,性能较稳定。

b. 暗电流 I_D 硅光电二极管在无光照条件下,加一定反向工作电压时,流过管子的反向漏电流。显然, I_D 越小越好, I_D 小的管子性能稳定,噪声低,检测弱信号能力强。但 I_D 随环境温度变化很大,环境温度升高 $30\sim 40^\circ\text{C}$ 时, I_D 一般将增大 10 倍。

c. 光电流 I_L 硅光电二极管受到一定光照时,在一定反向工作电压下产生的电流值。在小信号下, I_L 随入射光的强度呈线性变化。

d. 结电容 C_j 硅光电二极管 PN 结结间的电容随偏压的增大而减小,使用时,在条件允许下尽量提高偏压,使 C_j 减小,有利

于工作频率的提高。

② 硅光电三极管的主要参数

a. 最高工作电压 $U_{(RM)CE}$ 硅光电三极管在无光照条件下, E、C 极间漏电流不超过一定值 ($I_{CE} = I_D$) 时, 所加的工作电压值。

b. 击穿电压 $U_{(BR)CE}$ 硅光电三极管在无光照条件下, 漏电流不超过一定值 ($I_{CE} = 0.5 \mu A$) 时, E、C 极间所能加的最大电压值。显然 $U_{(BR)CE} > U_{(RM)CE}$ 。

c. 暗电流 I_D 无光照条件下, E、C 极间加一定工作电压 $U_{CE} = U_{(RM)CE}$ 时, E、C 极间的漏电流。 I_D 一般小于 $0.3 \mu A$, 但 I_D 随环境温度变化较大。

d. 光电流 I_L 硅光电三极管受到一定光照时, 在一定正向工作电压下的 I_{CE} 值。

e. 最大允许功耗 P_M 在一定温度下 ($+25^\circ C$), 最大允许功耗 $P_M = U_{CE} I_{CE}$ 是一常数, 但超过 $+25^\circ C$ 时, P_M 随温度升高而线性下降。

2. 常用光电晶体管的型号及技术数据

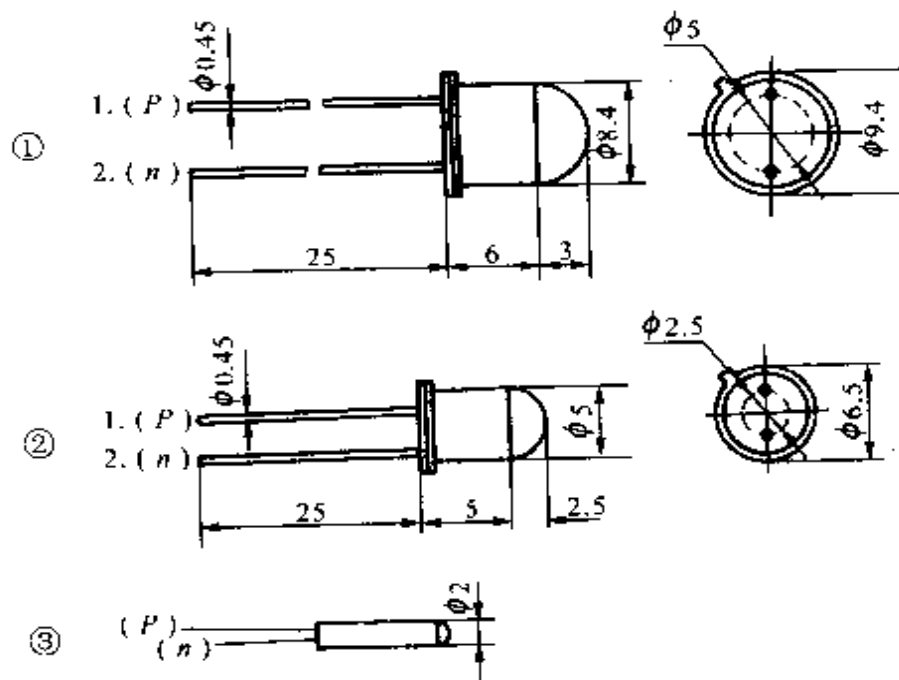
(1) 常用光电二极管的型号及技术数据见表 8-58。

表 8-58 常用光电二极管的型号及技术数据

型 号	最高工作电压	暗电流	光电流	峰值波长	结电容	外形图
	U_{max}	I_D	I_L	λ_p	C_j	
	V	μA	μA	Å	nF	
测试条件	$I_R = I_D$ $H < 0.1 \mu m/cm^2$	$U = U_{max}$	$U = U_{max}$ $H = 1000 l_x$		$U = U_{max}$ $f \leq 5 MHz$	
2CU1A 2CU1B 2CU1C 2CU1D 2CU1E	10 20 30 40 50	≤ 0.2	≥ 80	8 800	≤ 5	①

续 表

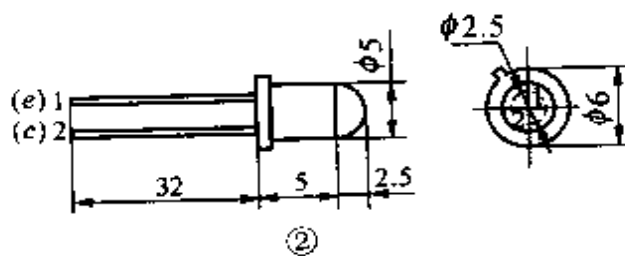
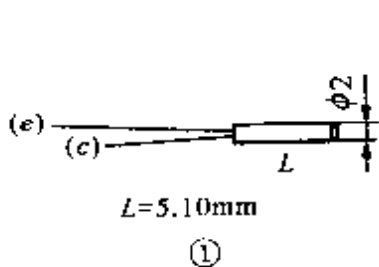
型 号	最高工作电压	暗电流	光电流	峰值波长	结电容	外形图
	U_{max}	I_D	I_L	λ_p	C_j	
	V	μA	μA	\AA	nF	
2CU2A 2CU2B 2CU2C 2CU2D 2CU2E	10 20 30 40 50	≤ 0.1	≥ 30	8 800	≤ 5	②
2CU5A 2CU5B 2CU5C	10 20 30	≤ 0.1	≥ 10	8 800	≤ 2	③



(2) 常用光电三极管的型号及技术数据见表 8-59。

表 8-59 常用光电三极管的型号及技术数据

型 号	击穿电压	最高工作电压	暗电流	光电流	峰值波长	最大功耗	外形图
	$U_{(BR)CE}$	$U_{(RM)CE}$	I_D	I_L	λ_P	P_M	
	V	V	μA	mA	\AA	mW	
测试条件	$I_{CE}=0.5 \mu A$	$I_{CE}=I_D$	$U=U_{(RM)CE}$	$U_{CE}=10V$ $H=1000lx$			
3DU51	≥ 15	≥ 10	≤ 0.2	≤ 0.5	8 800	30	①
3DU52	≥ 45	≥ 30		≥ 1.0			
3DU53	≥ 75	≥ 50	≥ 2.0				
3DU54	≥ 45	≥ 30					
3DU55	≥ 45						
3DU11	≥ 15	≥ 10	≤ 0.3	0.5~1	8 800	30	②
3DU12	≥ 45	≥ 30	≤ 0.2			50	
3DU13	≥ 75	≥ 50				100	
3DU14	≥ 150	≥ 100		30			
3DU21	≥ 15	≥ 10	≤ 0.3	1~2		50	
3DU22	≥ 45	≥ 30	≤ 0.2			100	
3DU23	≥ 75	≥ 50				30	
3DU24	≥ 150	≥ 100		50			
3DU31	≥ 15	≥ 10	≤ 0.3	≥ 2		100	
3DU32	≥ 45	≥ 30	≤ 0.3				
3DU33	≥ 75	≥ 50					
3DU42							
3DU62	≥ 45		≤ 1.0				
3DU82							



3. 光电晶体管的应用

光电晶体管广泛应用于光信号的检测和光电信号转换的电路中,对于灵敏度要求较高的光控电路应选用光电三极管;如要求检测器的噪声低、随温度变化小的电路,应选用光电二极管。

(1) 光电二极管基本应用电路

见图 8-14。图中 E 为工作电压,光电二极管应反接在电路中,它输出的电流随光照信号的强弱而变化,电流在负载电阻 R_L 上的电压降就反映了光照信号的强度。光电二极管可以看作恒流源,要想提高输出电压的幅度,可增大电阻 R_L ,但 R_L 的增大,会使 $R_L C_j$ 时间常数增大,使输出的频率特性变坏,所以 R_L 值的选择要兼顾输出幅度和频率特性两个方面。

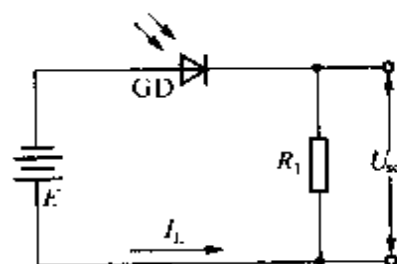


图 8-14 硅光电二极管基本应用路线

图 8-15 所示是最简单的实用光控电路,图(a)是亮通控制线路,光电二极管 GD 接在射极跟随器 T_1 的基极偏置电路中, T_2 是功放管,直接驱动小型继电器 J。无光照时,GD 管阻抗很高, T_1 无基极电流而截止。有光照时 GD 管有光电流输出, R_2 上压降增大,使 T_1 、 T_2 相继导通,J 得电动作。图(b)是暗通控制线路,各

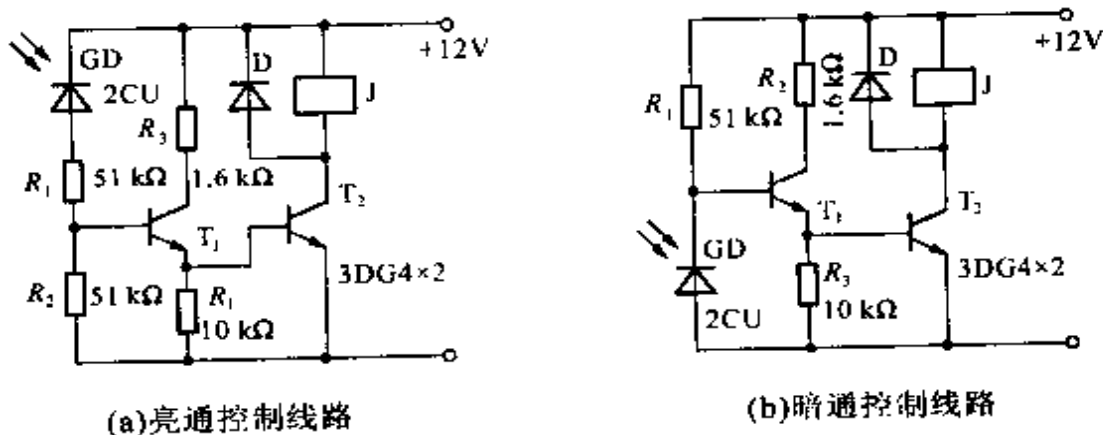


图 8-15 实用光控电路

元件的作用同上,工作原理读者可自行分析。

(2) 光电三极管实际应用电路

与光电二极管应用的电路相同,但它是正向接在电路中的,即它的发射极 E 接在光电二极管 N 极接点处,集电极 C 接在光电二极管 P 极接点处(这里的光电二极管和光电三极管都是硅材料制成的)。还应注意,光电三极管的光电流比光电二极管的要大,因此同一光控电路使用光电三极管时,工作电流要适当调整。

此外,光电三极管还广泛应用于光电耦合器。

八、光电耦合器

光电耦合器由发光器和受光器两部分组成,并封装在一个管壳内。输入端有电信号时,发光器发光,受光器受到光照后产生光电流,由输出端输出,但器件的输入端与输出端在电气上却是隔离的。它具有抗干扰能力强、隔离性能好等优点,广泛应用于电信号耦合、电平匹配、光电开关和电位隔离等多种模拟和数字电路中。

1. 光电耦合器的特性及主要技术参数

(1) 特性

光电耦合器的特性主要有输入特性、输出特性和传输特性。现以二极管-三极管光电耦合器为例,说明这些特性。

① 输入特性 光电耦合器的输入端是发光二极管,因此它的输入特性可用发光二极管的伏安特性来表示,它与普通二极管的伏安特性基本一样,但有两点不同:一是正向死区较大,可达 $0.9\sim 1.1\text{V}$,外加电压大于这个数值时,二极管才能发光;二是反向击穿电压很小,只有 6V 左右,使用时要特别注意输入端的反向电压不能大于 6V 。

② 输出特性 光电耦合器的输出端是光电三极管,因此光电

三极管的伏安特性就是它的输出特性。

(2) 主要技术参数

光电耦合器的参数可分为三类,即输入特性参数、输出特性参数和传输特性参数。其中,前二类参数与光电二极管、三极管的意义一样,不再说明。现将传输特性中有关参数说明如下。

① 电流传输比 CTR 在直流工作状态下,光电耦合器输出电流 I_L 或 I_{CE} 与发光二极管注入电流 I_F 之比,称为电流传输比 CTR 。

② 隔离阻抗 R_g 是指光电耦合器输入端与输出端之间的绝缘电阻,一般在 $10^9 \sim 10^{11} \Omega$ 之间。

③ 极间耐压 U_g 是指光电耦合器输入端与输出端之间的绝缘电压,一般都在 500V 以上。

2. 常用光电耦合器的型号及技术数据

常用光电耦合器的型号及技术数据见表 8-60 和表 8-61。

3. 光电耦合器的应用及使用注意事项

(1) 光电耦合器的几种典型应用电路

① 光电耦合器组成的线性电路,见图 8-16。

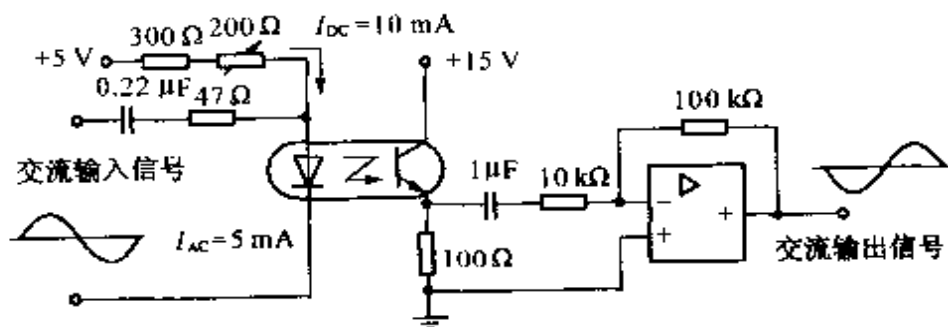


图 8-16 光电耦合器组成的线性电路

图 8-16 中,光电耦合器工作在线性区,它不仅可以耦合交流信号,还起到对输入、输出回路的电位隔离和电平匹配等作用。

表 8-60 光电耦合器 GD310、320 系列部分型号及技术参数

型号	最大工作 电流 I_{FM} (mA)	正向电压 U_F (V)	反向耐 压 U_R (V)	暗电 流 I_D (μ A)	光 电 流 I_L (μ A)	最 高 工 作 电 压 U_L (V)	传 输 比 CTR (%)	隔 离 阻 抗 R_R (Ω)	极 间 电 压 U_g (V)
GD311	50	≤ 1.3	> 5	≤ 0.1	1~2	25	10~20	10^{11}	500
GD312					2~4		20~40		
GD313					4~6		40~60		
GD314					6~8		60~80		
GD315					8~10		80~100		
GD316					10~12		100~120		
GD317					12~15		120~150		
GD318					15 以上		150 以上		
GD321	50	≤ 1.3	> 5	≤ 0.1	1~2	25	10~20	10^{11}	500
GD322					2~4		20~40		
GD323					4~6		40~60		
GD324					6~8		60~80		
GD325					8~10		80~100		
GD326					10~12		100~120		
GD327					12~15		120~150		
GD328					15 以上		150 以上		

② 光电耦合器组成的开关电路,见图 8-17。

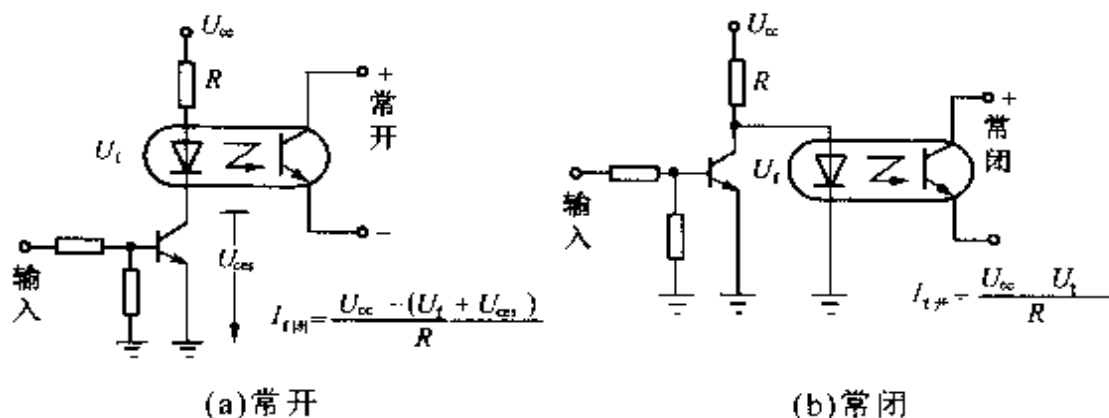


图 8-17 光电耦合器组成的开关电路

这种开关电路的特点是控制灵敏、电路功耗小,有关动作电流的计算见图中公式。

表 8-61 光电耦合器 GD210、GO 系列部分型号及技术参数

型号	输入特性		输出特性				传输特性			
	正向压降 (V)	最大正向电流 (mA)	饱和压降 (V)	暗电流 (μA)	最高工作电压 (V)	最大功率 (mW)	电流传输比 (%)	出入间耐压 (V)	上升时间 (μs)	下降时间 (μs)
GD211	≈ 1.3	50	≤ 0.4	≤ 0.1	≤ 50	50	0.5~0.75	500	≤ 3	1.5
GD212							0.75~1			
GD213							1~2			
GD214							1.5~2			
GD215							2~3			
GO101							≥ 30			
GO102	30~60	30~60								
GO103	≥ 60	≥ 60								
GO211	≥ 30	75	≤ 1.5	≥ 60	10~30	75	10~30	1 000	≤ 50	≤ 50
GO212					30~60		30~60			
GO213					≥ 60		≥ 60			

(2) 使用时的注意事项

① 常用的光电耦合器有两种结构,即由发光二极管与光电二极管组合的耦合器(简称二极管-二极管光电耦合器)和由发光二极管与光电三极管组合的耦合器(简称二极管-三极管光电耦合器),见图 8-19 中所示管脚图。这两种结构的光电耦合器接入电路时应注意:输入端接法是一样的,但输出端接法却不同,前者应反接在电路中,与光电二极管接法相同;后者应顺接在电路中,与普通三极管 C、E 极接法相同。

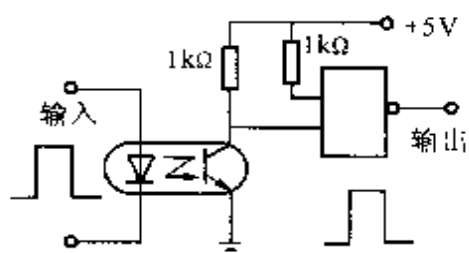


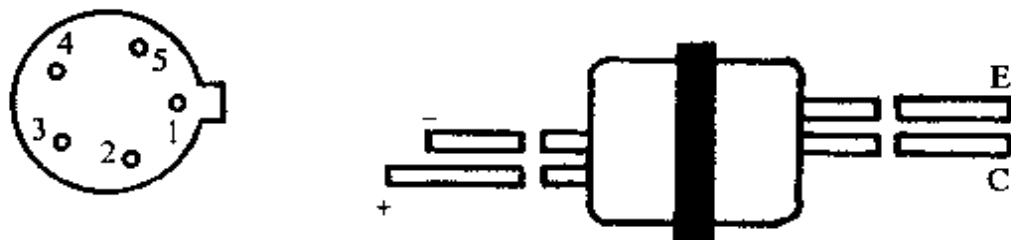
图 8-18 光电耦合器组成的施密特电路

② 耦合器的输入端是发光二极管,它的反向击穿电压很低,只有 6V 左右,使用时应外加反向保护二极管。工作时各参数不应超过其允许值。

③ 光电耦合器大多数参数受温度影响较大,在使用时要注意环境温度的变化。

4. 常用光电耦合器的结构和外部引线排列

图 8-19 示出了几种常用光电耦合器的结构和外部引线排列。



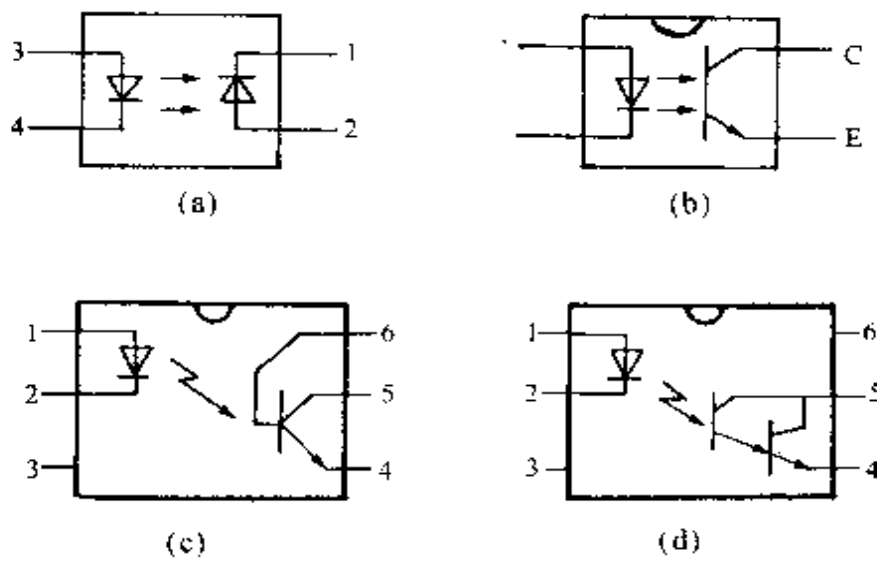


图 8-19 几种常用光电耦合器的结构和引脚

九、固态继电器 SSR

固态继电器(SOLID STATE RELAY)简称 SSR。它是采用固体元件组装而成的一种新颖的无触点开关器件,具有许多独特的优点。

1. 固态继电器的性能特点

器件的输入端仅要求很小的控制电流(可小到几毫安),与 TTL、HTL、CMOS 等集成电路具有良好的兼容性,而输出端则采用大功率晶体管或双向晶闸管来接通或断开负载电源。由于 SSR 的接通和断开没有机械接触部件,因此该器件具有工作可靠、开关速度快、工作频率高、寿命长、噪声低等特点,目前已在许多自动控制装置中代替了常规的机电式继电器(简称 MER),而且还用于 MER 无法应用的领域,例如计算机接口电路,数据处理系统的终端装置,数字程控装置,测量仪表中的微电机控制,各种调温、控温装置,工作频繁的交通信号灯开关以及一些耐潮、耐腐蚀的特殊装置和防爆场合之中。

2. 使用 SSR 注意事项

① SSR 的负载能力会随温度升高而下降,因此,在使用温度较高情况下,选用时必须留有一定余量。

② 当 SSR 断开和接通电感性负载时,在其输出端必须加接 RM 压敏电阻,其额定电压的选择可以取电源电压有效值的 1.9 倍。

③ 因为组成 SSR 的内部电子元件均具有一定漏电流,其值通常在 5~10mA,故在使用时,尤其是在开断小功率电机和变压器时,容易产生误动作。

④ 使用 SSR 时,切忌负载两端短路,以免损坏器件。

⑤ 对针孔焊接式 SSR 和触发用 SSR,使用时要注意焊接温度应不大于 260℃,焊接时间不大于 10s。

3. SSR 的主要参数

交流 SSR 主要参数见表 8-62,直流 SSR 主要参数见表 8-63。

表 8-62 AC-SSR 主要参数

主要参数	V23103-S 2192-B402	G30-202P	GTJ-1AP	GTJ-2.5AP
开关电流(A)	2.5	2	1	2.5
开关电压范围(V)	24~280	75~250	30~220	30~220
控制电压(V)	3~30	3~28	3~30	3~30
控制电流(mA)	<30		<30	<30
断态漏电流(mA)	4.5	10	<5	<5
通态压降(V)	1.6	1.6	1.8	1.8
过零电压(V)	±30		±15	±15
绝缘电阻(Ω)	10 ¹⁰	10 ⁸	10 ⁹	10 ⁹

表 8-63 DC-SSR 主要参数

主要参数	± 675	GTJ-0.5DP	GTJ-1DP
开关电流(A)	3	0.5	1
开关电压范围(V)	4~55	24	24
控制电压(V)	10~32	6~30	6~30
控制电流(mA)	12(tmax)	3~30	3~30
断态漏电流(μA)	4 000	10	10
通态压降(V)	2(2A时)	1.5(1A时)	1.5
开通时间(μs)	500	200	200
关断时间(ms)	2.5	1	1
绝缘电阻(Ω)		10 ⁹	10 ⁹

4. SSR 的应用线路

(1) 触发用 SSR 驱动大功率半波负载线路如图 8-20 所示。

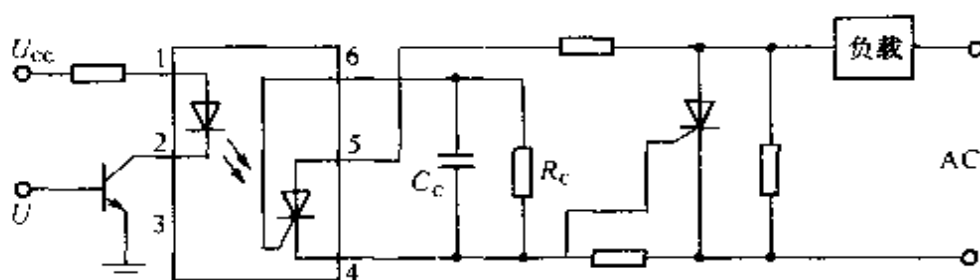


图 8-20 SSR 驱动大功率半波负载

(2) 光耦光控晶闸管电路原理线路如图 8-21 所示。

(3) AC-SSR 的基本使用电路如图 8-22 所示。

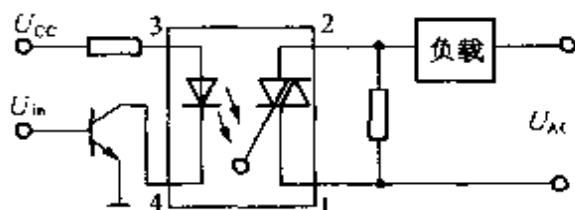


图 8-21 光耦光控晶闸管电路

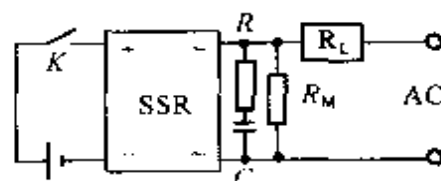


图 8-22 AC-SSR 电路

(4) 用 TTL 驱动 SSR 电路如图 8-23 所示。

(5) 用 CMOS 驱动 SSR 电路如图 8-24 所示。

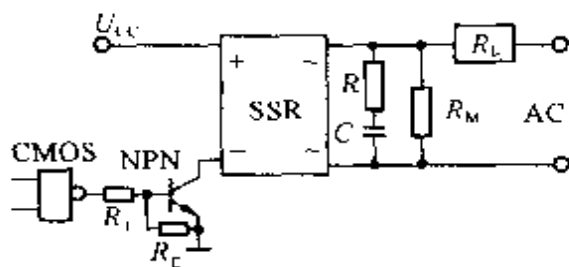
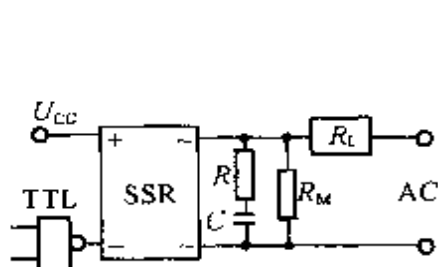


图8-23 用 TTL 驱动 SSR 电路 图 8-24 用 CMOS 驱动 SSR 电路

(6) DC-SSR 驱动大功率负载另一种电路如图 8-25 所示。

(7) DC-SSR 驱动高压大功率负载电路如图 8-26 所示。

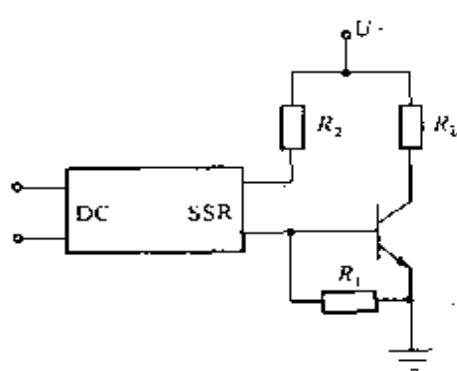
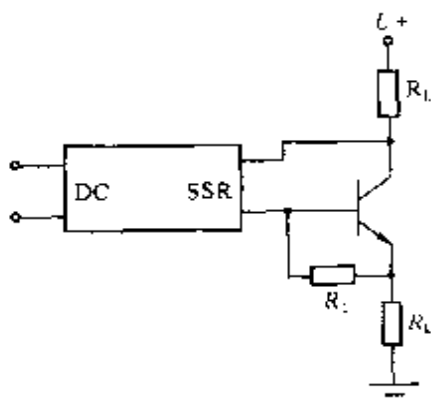


图 8-25 DC-SSR 驱动大功率
负载接法 2

图 8-26 DC-SSR 驱动高
压大功率负载

(8) SSR 驱动 SCR 接法如图 8-27 所示。

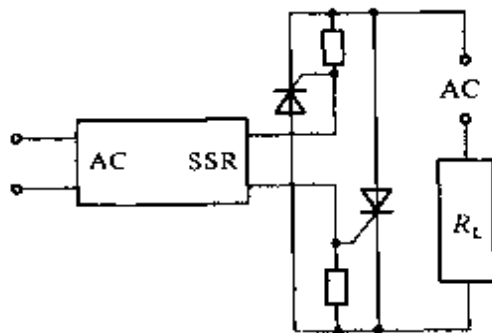


图 8-27 SSR 驱动 SCR 接法

第三节 晶闸管及其应用

一、晶闸管的型号及技术参数

晶闸管(简称可控硅,其英文缩写为 SCR)具有单向导电性能,但与硅整流元件的特性又有区别,区别在于它的整流电压是可以控制的,而且能以毫安级的电流控制很大的整流功率,具有响应快、效率高、体积小等优点,现广泛应用于可控整流、无触点开关、变频等电力线路及控制系统中。

1. 晶闸管的特性及型号命名方法

(1) 特性

晶闸管有导通和关断两种工作状态,这两种工作状态是随阳极电压、电流和控制极电流等条件的变化而转变的。转化的条件见表 8-64。

晶闸管的工作状态和相互间的变化,还可用其阳极伏安特性曲线来表示,见图 8-28。

表 8-64 晶闸管“导通”与“关断”的相互转化条件

从关断转化为导通的条件	维持导通的条件	从导通转化为关断的条件
1. 阳极电位比阴极电位高 2. 控制极有足够正向电压和电流	1. 阳极电位比阴极电位高 2. 阳极电流大于维持电流	1. 阳极电流小于维持电流 2. 阳极电位比阴极电位低
以上两条件必须同时具备	以上两条件必须同时具备	具备其中一个条件就可以

(2) 型号命名方法

根据 JB1144-75 规定,国产晶闸管型号由五部分组成:

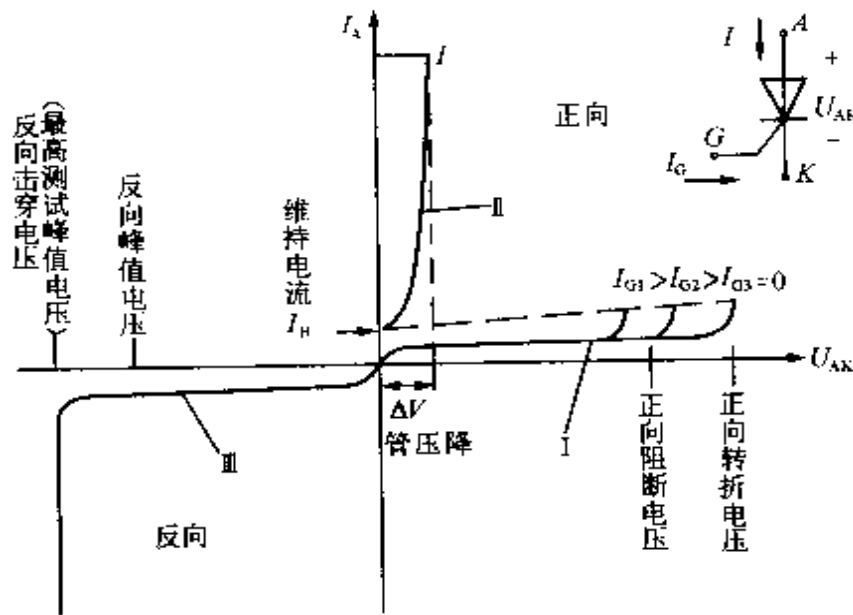
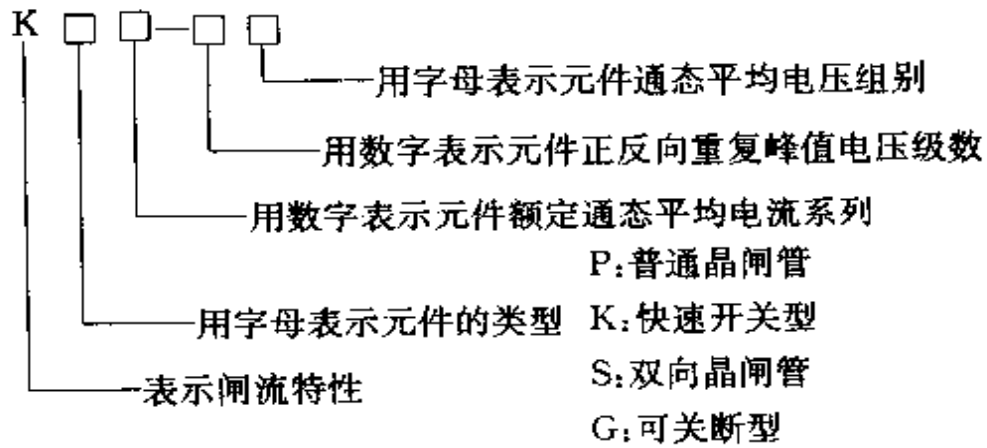


图 8-28 晶闸管阳极伏安特性曲线

型号中的系列、级数和组别的划分方法如下:

① 按额定通态平均电流分系列

系 列	通态平均电流(A)	系 列	通态平均电流(A)
KP1	1	KP200	200
KP5	5	KP300	300
KP10	10	KP400	400
KP20	20	KP500	500
KP30	30	KP600	600
KP50	50	KP800	800
KP100	100	KP1 000	1 000

② 按正反向重复峰值电压分级

级 别	正反向重复峰 值电压(V)	级 别	正反向重复峰 值电压(V)	级 别	正反向重复峰 值电压(V)
1	100	8	800	20	2 000
2	200	9	900	22	2 200
3	300	10	1 000	24	2 400
4	400	12	1 200	26	2 600
5	500	14	1 400	28	2 800
6	600	16	1 600	30	3 000
7	700	18	1 800		

③ 按通态平均电压分组

组别	通态平均电压 (V)	组别	通态平均电压 (V)	组别	通态平均电压 (V)
A	$U_T \leq 0.4$	D	$0.6 < U_T \leq 0.7$	G	$0.9 < U_T \leq 1.0$
B	$0.4 < U_T \leq 0.5$	E	$0.7 < U_T \leq 0.8$	H	$1.0 < U_T \leq 1.1$
C	$0.5 < U_T \leq 0.6$	F	$0.8 < U_T \leq 0.9$	I	$1.1 < U_T \leq 1.2$

示例:KP600-16C 表示正反向重复峰值电压为 1 600V、额定通态平均电流为 600A、通态平均电压在 0.5~0.6V 的普通晶闸管整流元件。

2. 晶闸管的主要技术参数及简易测试

(1) 晶闸管额定值的定义

① 通态平均电流 $I_{T(AV)}$ 通态电流在一个整周期内的平均值。

② 通态方均根电流 $I_{T(RMS)}$ 通态电流在一个整周期内的方均根值。

③ 断态重复峰值电压 U_{DRM} 晶闸管两端出现的重复断态电压最大瞬时值,包括所有的重复瞬态电压,但不包括所有的不重复瞬态电压。

④ 反向重复峰值电压 U_{RRM} 晶闸管两端出现的重复最大瞬时值反向电压,包括所有的重复瞬态电压,但不包括所有的不重复瞬态电压。

⑤ 断态不重复峰值电压 U_{DSM} 晶闸管两端出现的任何不重复最大瞬时值的瞬变断态电压。 U_{DSM} 可按下列关系得到: $U_{DRM} = 0.8U_{DSM}$ 。

⑥ 反向不重复峰值电压 U_{RSM} 晶闸管两端出现的任何不重复最大瞬时值的瞬态反向电压。 U_{RSM} 可按下列关系得: $U_{RRM} = 0.8U_{RSM}$ 。

⑦ 通态电流临界上升率 di/dt 在规定条件下,晶闸管能承受而无有害影响的最大通态电流上升率。

⑧ 门极反向峰值电压 U_{RGM} 门极反向电压的最大瞬时值,包括所有的门极反向瞬态电压。约为 5V 左右。

⑨ 门极正向峰值电压 U_{FGM} 门极正向电压的最大瞬时值,包括所有的门极正向瞬态电压。

⑩ 门极正向峰值电流 I_{FGM} 包括所有门极正向瞬态电流的

最大瞬时值门极正向电流。

(2) 晶闸管特性参数的定义

① 通态(峰值)电压 U_{TM} 晶闸管通以 π 倍或规定倍数额定通态平均电流值时的瞬态峰值电压。

② 断态重复峰值电流 I_{DRM} 晶闸管加上断态重复峰值电压时的峰值电流。

③ 反向重复峰值电流 I_{RRM} 晶闸管加上反向重复峰值电压时的峰值电流。

④ 维持电流 I_H 使晶闸管维持通态所必需的最小主电流。

⑤ 门极触发电流 I_{GT} 使晶闸管由断态转入通态所必需的最小门极电流。

⑥ 门极触发电压 U_{GT} 产生门极触发电流所必需的最小门极电压。

⑦ 断态电压临界上升率 du/dt 在规定条件下,不导致从断态到通态转换的最大主电压上升率。

(3) 简易测试

① 万用表判别法 用 $R \times 1k$ 的电阻挡测阳极与阴极间的正反向电阻,若阻值都相当大(正向电阻为几百千欧以上,反向电阻为无穷大),则说明阳、阴极间的阻抗是正常的;如果阻值不大(例如数十欧~数百欧)或为零,则说明元件的性能不好或内部短路。

用 $R \times 1\Omega$ 挡测门极与阴极间的电阻,正反向阻值一般为数十欧时为正常情况,但对于 10A 以下小功率晶闸管,G、K 极间正向阻值一般为数百欧,反向阻值一般为数百欧~数千欧。若阻值为零或无穷大,则说明门极与阴极已短路或断路。

② 示灯判别法 用示灯判别晶闸管好坏的原理、步骤及结果见表 8-65。

表 8-65 示灯判别晶闸管的方法

原理图	步骤	现象	结果
<p>说明: E 为示灯电源, ZD 为 6V 白炽灯, A、K、G 分别为被测晶闸管的阳极、阴极和门极</p>	E 加在 A、K 两极, A、G 未短接	ZD 发亮	KP 已坏
	E 加在 A、K 两极, A、G 短接后	ZD 仍不亮	KP 已坏
	E 加在 A、K 两极, A、G 短接后又断开	ZD 一直亮	KP 好的
	E 加在 A、K 两极, A、G 短接后又断开	A、G 短接时 ZD 亮, A、G 断开后 ZD 灭	KP 已坏

3. 普通晶闸管的型号及技术数据

- (1) 普通晶闸管主要额定值和特性参数见表 8-66、8-67。
- (2) 快速晶闸管的额定值和特性参数见表 8-68、8-69。
- (3) 双向晶闸管的部分型号和主要参数见表 8-70。
- (4) 可关断可控硅的部分型号和主要参数见表 8-71。
- (5) 国产常用电力半导体电桥模块型号和规格见 8-72。

二、晶闸管整流电路及其电量关系

用晶闸管可以组成多种可控整流电路,常用的整流电路及其基本电量关系见表 8-73。

三、晶闸管的选择

首先应根据使用场合及负载特点,选择合适的整流电路。常用的晶闸管整流电路的特点及适用场合,见表 8-74。

整流电路选定后,还应根据负载情况和使用条件,选择晶闸管的型号。选择的依据主要是确定晶闸管的“额定电压”(反向重复

表 8-66 普通晶闸管主要额定值

额 定 值 型 号	通态 平均 电流 $I_{T(AV)}$ A	断态、反向重复 峰值电压 $U_{DRM}、U_{RRM}$ V	I^2t		浪涌电流 上限值 I_{TSM} A	正 极 正 向 峰 电 压 U_{FGM} V	正 极 正 向 峰 电 流 I_{FGM} A	通态电 流临 界上 升率 di/dt A/ μ s
			低	高				
			$A^2 \cdot s$					
KP1	1	50~1 600	0.85	1.8	19	6		
KP3	3		7.2	15	56			
KP5	5		20	40	90			
KP10	10	100~2 000	85	180	190	10		
KP20	20		280	720	380			
KP30	30		720	1 600	560			
KP50	50	100~2 400	2 000	5 000	940		1	25~50
KP100	100	100~3 000	8.5×10^3	18×10^3	1.9×10^3	10	2	25~100
KP200	200		31×10^3	72×10^3	3.8×10^3			50~
KP300	300		0.7×10^5	1.6×10^5	5.6×10^3		3	200
KP400	400		1.3×10^5	2.8×10^5	7.5×10^3			50~
KP500	500	100~3 000	2.1×10^5	4.4×10^5	9.4×10^3	16		300
KP600	600		2.9×10^5	6.0×10^5	11×10^3		4	50~
KP800	800		5.0×10^5	11×10^5	15×10^3			50~
KP1 000	1 000		8.5×10^5	18×10^5	19×10^3			500

注:1. I^2t 为 I_{TSM} 正弦波底宽 10ms 的积分值。2. 工作结温上限(T_{jm})称为最高工作结温或额定结温。当 $I_T \leq 50A$ 时, T_j 为 $-40 \sim 100^\circ C$; 当 $I_T \geq 100A$ 时, T_j 为 $-40 \sim 125^\circ C$ 。

表 8-67 普通晶闸管特性参数

型号	通态平均电流	通态峰值电压	断态、反向重复峰值电流	维持电流	门极触发电流	门极触发电压	门极不触发电压	断态电压临界上升率
	$I_{T(AV)}$ A	U_{TM} V	I_{TSM}, I_{RRM} mA	I_H mA	I_{GT} mA	U_{GT} V	U_{GO} V	du/dt V/ μ s
KP1	1	≤ 2.0	≤ 3	≤ 10	≤ 20	≤ 2.5		
KP3	3	≤ 2.2	≤ 8	≤ 30	≤ 60			25~800
KP5	5			≤ 60				
KP10	10		≤ 10	≤ 100	≤ 100	≤ 3		
KP20	20							
KP30	30	≤ 2.4	≤ 20	≤ 150	≤ 150		≥ 0.2	50~1000
KP50	50			≤ 250				
KP100	100		≤ 40	≤ 200	≤ 250	≤ 3.5		
KP200	200							
KP300	300	≤ 2.6	≤ 50	≤ 300	≤ 350	≤ 4		100~1000
KP400	400							
KP500	500		≤ 60	≤ 400	≤ 450			
KP600	600							
KP800	800		≤ 80	≤ 500				
KP1000	1000							

表 8-68 快速晶闸管的额定值

额定 型号	通态平均 电流 $I_{T(AV)}$ (A)	浪涌电 流上 限 值 I_{TSM} (A)	断态、反 向 重 复 电 压 U_{DRM}, U_{RRM} (V)	P_t		门极正 向 峰 值 电 压 U_{RGM} (V)	门极正 向 峰 值 电 流 I_{RGM} (A)	门极反 向 峰 值 电 压 U_{RGM} (V)	门极平 均 功 率 $P_{G(AV)}$ (W)	通态电 流界 上 升 率 di/dt (A/ μ s)		
				低	高							
KK1	1	18	100~200	0.72	1.62	6		5				
KK3	3	54		6.6	15	10						
KK5	5	90		18	41							
KK10	10	180		73	165							
KK20	20	360		293	660	20					A	
KK30	30	540		660	1 487					0.5	A, B	
KK50	50	900		1 836	4 131		1			2	B, C	
KK100	100	1.8×10^3		7.3×10^3	17×10^3	10	2			3	B, C, D	
KK200	200	3.0×10^3		22×10^3	46×10^3		3			3		
KK300	300	4.6×10^3		0.52×10^5	1.0×10^5		3					
KK600	600	9.0×10^3		2×10^5	4.1×10^5	16					E, F G, H	
KK1000	1 000	15×10^3	6.2×10^5	11×10^5								

注: A=25, B=50, C=100, D=150, E=200, F=300, G=500, H=1 000。

表 8-69 快速晶闸管的特性参数

通态平均电流 $I_{T(AV)}$	通态峰值电压 U_{TM}	断态重复峰值电流 I_{DRM}	反向重复峰值电流 I_{RRM}	维持电流 I_H	门极触发电流 I_{GT}	门极触发电压 U_{GT}	门极不触发电压 U_{GD}	断态电压临界上升率 du/dt	电路换向关断时间 t_q	门极控制开通时间 t_g	壳热阻 $R_{\theta c}$
(A)	(V)	(mA)	(mA)	(mA)	(mA)	(V)	(V)	(V/ μ s)	(μ s)	(μ s)	($^{\circ}$ C/W)
1	≤ 2.6	≤ 8	≤ 3	≤ 10	≤ 30	≤ 2.5	≥ 0.2				—
3	≤ 2.6	≤ 8	≤ 8	≤ 40	≤ 60	≤ 2.5	≥ 0.2				≤ 4.0
5	≤ 2.6	≤ 8	≤ 8	≤ 70	≤ 70	≤ 3	≥ 0.2				≤ 3.0
10	≤ 2.6	≤ 10	≤ 10	≤ 150	≤ 100	≤ 3	≥ 0.2		R, S, T	< 4	≤ 1.6
20	≤ 2.6	≤ 10	≤ 10	≤ 150	≤ 100	≤ 3	≥ 0.2				≤ 1.0
30	≤ 2.6	≤ 20	≤ 20	≤ 200	≤ 100	≤ 3	≥ 0.2				≤ 0.7
50	≤ 2.6	≤ 20	≤ 20	≤ 250	≤ 250	≤ 3	≥ 0.2				≤ 0.4
100	≤ 3.0	≤ 40	≤ 40	≤ 250	≤ 250	≤ 3.5	≥ 0.2	C, D, E, F, G	R, S, T, U, V, X	< 6	≤ 0.20
200	≤ 3.0	≤ 40	≤ 40	≤ 250	≤ 250	≤ 3.5	≥ 0.2				≤ 0.11
300	≤ 3.0	≤ 50	≤ 50	≤ 350	≤ 350	≤ 3.5	≥ 0.2				≤ 0.08
400	≤ 3.2	≤ 50	≤ 50	≤ 350	≤ 350	≤ 4	≥ 0.3				≤ 0.05
500	≤ 3.2	≤ 60	≤ 60	≤ 450	≤ 350	≤ 4	≥ 0.3		R, S, T, U, V, X, Y, Z	< 8	≤ 0.04
600	≤ 3.2	≤ 60	≤ 60	≤ 450	≤ 350	≤ 4	≥ 0.3				≤ 0.035
800	≤ 3.2	≤ 80	≤ 80	≤ 550	≤ 450	≤ 4	≥ 0.3				≤ 0.026
1000	≤ 3.2	≤ 120	≤ 120	≤ 550	≤ 450	≤ 4	≥ 0.3				≤ 0.020

注: 1. 擎住电流 I_L 、接触热阻 F_{CS} 由制造厂给出上限值, 恢复电荷 Q_r 需要时由制造厂给出。

2. du/dt 项中, C=100, D=200, E=500, F=800, G=1000, 都为下限值。

3. t_q 项中, R \leq 10, S \leq 15, T \leq 20, U \leq 25, V \leq 30, X \leq 40, Y \leq 50, Z \leq 60。

表 8-70 双向可控硅的部分型号和主要参数

型号	额定通态电流 I_T (A)	断态重复峰值电流 I_{TSM} (mA)	断态重复峰值电压 U_{TSM} (V)	通态平均电压 U_T (V)	控制极触发电压 U_{GT} (V)	控制极触发电流 I_{GT} (mA)	维持电流 I_H (mA)	浪涌电流 I_{TSM} (A)	转折电流 I_s (mA)	断态电压临界上升率 du/dt (V/ μ s)	换向电流临界下降率 (di/dt) (A/ μ s)	冷却方式
KS5	5	≤ 5	100~1600		≤ 3	5~100		43		≥ 20	$\geq 0.2\%$	
KS20	20	≤ 10	100~1600	1.2	≤ 3	5~200	< 60	170	≤ 60	≥ 20	$\geq 0.2\%$	自冷
KS50	50	≤ 10	100~1600	1.2	≤ 3	≤ 150	< 60	420	≤ 60	≥ 20	$\geq 0.2\%$	强迫风冷
KS200	200	≤ 20	100~1600	1.2 $U_{T1}+U_{T2}$	≤ 4	10~400	< 120	1700		≥ 50	$\geq 0.2\%$	强迫风冷
KS400	400	≤ 25	100~1600	$U_{T1}-U_{T2}$ ≤ 0.5	≤ 4	20~400	实测值	3400		≥ 50	$\geq 0.2\%$	水冷或风冷
KS500	500	≤ 25	100~1600	$U_{T1}+U_{T2}$ ≥ 2.5 $U_{T1}-U_{T2}$ ≤ 0.5	≤ 4	20~400	实测值	4200		≥ 50	$\geq 0.2\%$	水冷或风冷

注：外形与 KP 型相同。

表 8-71 可关断可控硅器件的部分型号和主要参数

型号	额定正向峰值电流 I_F (A)	正向阻断峰值电压 U_{TRF} (V)	反向峰值电压 U_{PR} (V)	正向平均漏电流 I_{Ft} (mA)	反向平均漏电流 I_{Rt} (mA)	最大正向压降 U_F (V)	控制极触发电压 U_G (V)	控制极触发电流 I_G (mA)	维持电流 I_H (mA)	控制极可关断电压 U_{Gto} (V)	控制极可关断电流 I_{Gto} (A)	控制极最大正向电压 U_{Gm} (V)	控制极反向击穿电压 U_{Gcr} (V)	开通时间 t_{on} (μ s)	关断时间 t_{off} (μ s)	电压上升率 du/dt (V/ μ s)	工作频率 f (kHz)	关断增益 B_{off}		
KG3	3										≤ 1.5								2~20	
KG5	5	30~	30~								≤ 2.5					≥ 50	≤ 30			
KG8	8	1 400	1 400								≤ 4									
KG10	10										≤ 5									

表 8-72 国产常用电力半导体电桥模块型号和规格


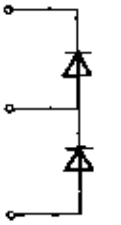
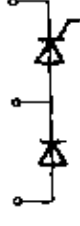
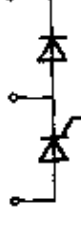
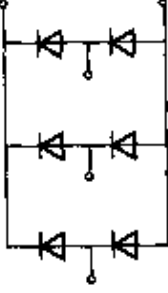
型号	规格	型号	规格
MTC 系列晶闸管 晶闸管桥臂模块 	25A 200~1800V 40A 200~1800V 55A 200~1800V 70A 200~1800V 90A 200~1800V 110A 200~1800V 130A 200~1800V 160A 200~1800V	MDC 系列整流管 桥臂模块 	25A 200~2200V 40A 200~2200V 55A 200~2200V 70A 200~2200V 90A 200~2200V 110A 200~2200V 130A 200~1800V 160A 200~1800V
MFC(A)共阳  MFC(C)共阴  晶闸管/整流管 桥臂模块	25A 200~1800V 40A 200~1800V 55A 200~1800V 70A 200~1800V 90A 200~1800V 110A 200~1800V 130A 200~1800V 160A 200~1800V	DF 系列三相桥式 整流模块 	20A 200~1800V 30A 200~1800V 40A 200~1800V 60A 200~1800V
触发模块		三相半控桥移相式触发模块 MKJZ3 三相全控桥移相式触发模块 MKJZ6	

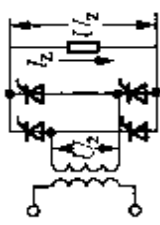
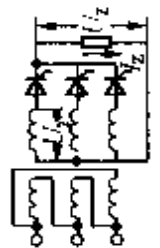
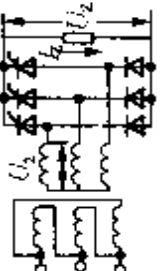
表 8-73 晶闸管整流电路及其电量关系

整流电路名称	单相半波	单相全波	单相半控桥
电 路 图			
电压(空载) 直流输出	全导通($\alpha=0$) U_{z0}	$0.9U_z$	$0.9U_z$
	某一移相角 α 时的 U_z	$\frac{1+\cos\alpha}{2}U_{z0}$	$\frac{1+\cos\alpha}{2}U_{z0}$
元件反向工作峰值电压	电阻性负载 ^①	—	$\frac{1+\cos\alpha}{2}U_{z0}$
	电感性负载 ^②	—	$\cos\alpha U_{z0}$
移相范围	电阻性负载 ^①	$0\sim 180^\circ$	$0\sim 180^\circ$
	电感性负载 ^②	$0\sim 90^\circ$ ($\alpha > 90^\circ$ 逆变状态)	$0\sim 90^\circ$ ($\alpha > 90^\circ$ 逆变状态)
$\alpha=0$ 时输出电压 脉冲系数 S ^③	1.57	0.667	0.657

续 表

整流电路名称		单相半波	单相全波	单相半控桥	
流过元件电流 ($\alpha=0$)	电阻负载	$1I_z$	$0.5I_z$	$0.5I_z$	
	电感负载	$0.5I_z$	$0.5I_z$	$0.5I_z$	
	有效值	电阻负载	$1.57I_z$	$0.785I_z$	$0.785I_z$
		电感负载	$0.707I_z$	$0.707I_z$	$0.707I_z$
	最大值	电阻负载	$3.14I_z$	$1.57I_z$	$1.57I_z$
		电感负载	—	$1I_z$	$1I_z$
元件电压计算系数 K_{UV}		1	2.83	1.41	
元件电流计算系数 K_I		1	0.45	0.45	
整流电压计算系数 K_{UV}		0.45	0.9	0.9	
变压器侧相电流计算系数 K_I		1.57	0.707	1	
功率因数 $\lambda(u=0)$		—	$0.9\cos\alpha$	$\frac{0.450(1+\cos\alpha)}{1-\frac{\alpha}{\pi}}$	

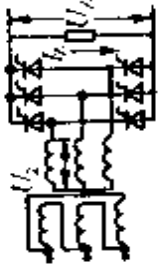
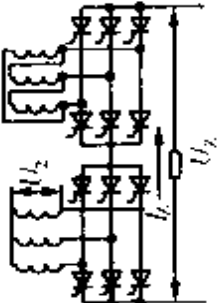
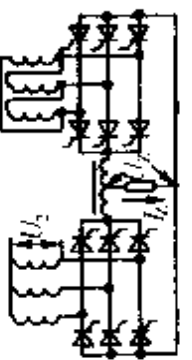
续 表

整流电路名称	单相全控桥	三相半波	三相半控桥
电 路 图			
电压(空载) 直流输出	全通导($\alpha=0$) U_{z0}	1. $1.17U_z$	2. $3.4U_z$
	电阻性负载 ^①	$\cos \alpha U_{z0} (0 \leq \alpha \leq 30^\circ)$ $0.557 [1 + \cos(\alpha + 30^\circ)] U_{z0}$ ($30^\circ \leq \alpha \leq 150^\circ$)	$\frac{1 + \cos \alpha}{2} U_{z0}$
	电感性负载 ^②	$\cos \alpha U_{z0}$	$\frac{1 + \cos \alpha}{2} U_{z0}$
元件反向工作峰值电压	1. $4.1U_2 (1.57U_{z0})$	2. $4.5U_2 (2.90U_{z0})$	2. $4.5U_2 (1.05U_{z0})$
移相范围	电阻性负载 ^①	$0 \sim 150^\circ$	$0 \sim 180^\circ$
	电感性负载 ^②	$0 \sim 90^\circ$ ($\alpha > 90^\circ$ 逆变状态)	$0 \sim 180^\circ$ ($\alpha > 90^\circ$ 逆变状态)

续表

整流电路名称	单相全控桥	三相半波	三相半控桥
$\alpha=0$ 时输出电压脉动系数 S^0	0.667	0.25	0.057
平均值	电阻负载	$0.333I_z$	$0.333I_z$
	电感负载	$0.333I_z$	$0.333I_z$
有效值	电阻负载	$0.58I_z$	$0.58I_z$
	电感负载	$0.577I_z$	$0.577I_z$
最大值	电阻负载	$1.21I_z$	$1.05I_z$
	电感负载	$1I_z$	$1I_z$
元件电压计算系数 K_{UV}	1.41	2.45	2.45
元件电流计算系数 K_{π}	0.45	0.367	0.367
整流电压计算系数 K_{UV}	0.9	1.17	2.34
变压器阀侧相电流计算系数 K_{IV}	1	0.577	0.816
功率因数 $\lambda(u=0)$	$0.900\cos\alpha$	$0.826\cos\alpha$	$\alpha \leq \frac{\pi}{3}: 0.47(1+\cos\alpha)$

续表

整流电路名称	三相全控桥	双三相桥串联	双三相桥带平衡电抗器
电路图			
电压(空载) 直流输出	全导通($\alpha=0$) U_{Z0}	$4.68U_L$	$2.34U_L$
	电阻性负载 ^① 某一移相角 α 时的 U_L	$\cos \alpha U_{Z0} (0^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ)$ $[1 + \cos(\alpha + 60^\circ)] U_{Z0}$ ($60^\circ \leq \alpha \leq 120^\circ$)	$\cos \alpha U_{Z0} (0^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ)$ $[1 + \cos(\alpha + 60^\circ)] U_{Z0}$ ($60^\circ \leq \alpha \leq 120^\circ$)
	电感性负载 ^②	$\cos \alpha U_{Z0}$	$\cos \alpha U_{Z0}$
元件反向工作峰值电压	$2.45U_L (1.05U_{Z0})$	$0.524U_{Z0}$	$2.45U_L (1.50U_{Z0})$
移相范围	电阻性负载 ^①	$0 \sim 120^\circ$	$0 \sim 120^\circ$
	电感性负载 ^②	$0 \sim 90^\circ$ ($\alpha > 90^\circ$ 逆变状态)	$0 \sim 90^\circ$ ($\alpha > 90^\circ$ 逆变状态)

续 表

整流电路名称	三相全控桥	双三相桥串联	双三相桥带平衡电抗器
$\alpha=0$ 时输出电压脉动系数 $S^{\text{①}}$	0.057	0.014	0.014
流过元件电流 ($\alpha=0$)	平均值	电阻负载	0.333 I_z
		电感负载	0.333 I_z
	有效值	电阻负载	0.58 I_z
		电感负载	0.577 I_z
	最大值	电阻负载	1.05 I_z
		电感负载	1 I_z
元件电压计算系数 K_{UT}	2.45	2.45	2.45
元件电流计算系数 K_{IT}	0.367	0.367	0.183
整流电压计算系数 K_{UV}	2.34	4.68	2.34
变压器阀侧相电流计算系数 K_{IV}	0.816	0.816	0.408
功率因数 λ ($\alpha=0$)	0.955($\cos \alpha$)	0.985 $\cos \alpha$	0.985 $\cos \alpha$

注:① 电阻性负载是指电阻负载或带续流二极管电感负载。

② 电感性负载是指无续流二极管的电感负载。

③ $S = \frac{\text{交流分量的基波(或最低次谐波)的振幅值}}{\text{直流分量(即平均值)}}$

表 8-74 常用晶闸管整流电路的特点比较及适用场合

整流电路	元件数量	晶闸管输出电压峰值	晶闸管正向平均电流/输出电流	变压器利用系数	输出电压系数	电网侧电流畸变因数	适用电压、容量范围和场合
单相半波	一个 (最少)	3.14 (最大)	1 (最大)	32.3% (最小)	1.57 (最大)		对电压波形要求不高的低压、小功率负载。如台灯调光电路
单相全波	二个 (较少)	3.14 (最大)	0.5 (一般)	67.5% (较小)	0.667 (一般)	0.9 (一般)	$U_z \leq 50V, P_z \leq 5kW$ 的小负载,因要有中点抽头的变压器,故应用不多
单相半控桥	二极管各两个 (一般)	1.57 (较小)	0.5 (一般)	81% (较大)	0.667 (一般)	0.9 (一般)	$U_z \leq 230V, P_z \leq 10kW$ 指标较好,应用较多,如小容量直流传动设备
单相全控桥	四个 (较多)	1.57 (较小)	0.5 (一般)	81% (较大)	0.667 (一般)	0.9 (一般)	$U_z \leq 230V, P_z \leq 10kW$ 的小负载,因晶闸管元件较多,应用较少
三相半波	三个 (一般)	2.09 (一般)	0.373 (较小)	74% (一般)	0.25 (较小)	0.827 (严重)	$U_z \leq 230V, P_z \leq 50kW$ 直流传动和电极励磁设备,但畸变因数严重,应用不多
三相半控桥	二极管各三个 (较多)	1.05 (小)	0.373 (较小)	95% (大)	0.057 (小)	0.955 (较小)	$P_z \leq 200kW$ 的直流传动、电解电源等设备,各项指标较好,应用较多
三相全控桥	六个 (多)	1.05 (小)	0.373 (较小)	95% (大)	0.057 (小)	0.955 (较小)	$P_z > 1000kW$ 的各种中小功率的直流传动设备,因能用于可逆线路,故应用广

续表

整流电路	元件数量	晶闸管两端电压的整定值	晶闸管正向平均输出电流	变压器系数	输出电压脉动系数	电网侧电流畸变因数	适用电压、容量范围和场合
双三相桥串联	十二个 (最多)	0.524 (最小)	0.373 (较小)	97% (最大)	0.014 (最小)	0.985 (最小)	$P_z > 1000\text{kW}$ 、电压又较高的负载、晶闸管需要串联处、如大功率高压直流传动设备
双三相桥带平衡电抗器	十二个 (最多)	1.05 (小)	0.186 (最小)	97% (最大)	0.014 (最小)	0.985 (最小)	$P_z > 1000\text{kW}$ 、电流又较大的负载、为电解、电镀和大量的直流传动设备、因要平衡电抗器，故设备体积较大
说明	晶闸管元件少、相触系统维护方便、投资少	输出电流元件越低的元件，对大电流元件，可避免不必要的串联	输出电流元件越低的元件，对大电流元件，可避免不必要的串联	变压器系数越大，同样的功率计算，容量越小，因而经济	脉动率越小，交流成分少	畸变因数越大，说明对电网品质影响越小，这对大功率的供电尤为重要	应根据负载情况选用合适的整流电路。如小功率负载，可用单相半控桥；大中功率电动机负载可用三相全控桥；大功率电动机负载或低压大电流负载，可用双相桥带平衡电抗器线路

注：1. 表中各参数是在全导通及负载是纯电阻情况下的计算值。
2. 变压器利用系数=整流器输出功率/变压器计算容量。

峰值电压) U_{RRM} 和“额定电流”(通态平均电流) $I_{T(AV)}$ 。

1. 晶闸管额定电压 U_{RRM} 的计算

$$U_{RRM} \geq (2 \sim 3) \frac{K_{UT} U_{U\phi}}{n_s K_U} \quad (V)$$

式中 K_{UT} ——电压计算系数(见表 8-73);

$U_{U\phi}$ ——整流变压器二次侧相电压;

n_s ——晶闸管串联数;

K_U ——均压系数,一般取 0.8~0.9。串联数多,触发性能较差时, K_U 应取上述范围中的较小值,当不串联时, $K_U=1$ 。

“2~3”为电压裕量系数,考虑操作和事故过电压的影响,在选择元件额定电压时,应留有 2~3 倍的电压裕量。

2. 晶闸管元件额定电流 $I_{T(AV)}$ 的计算

$$I_{T(AV)} \geq (1.0 \sim 2.0) \frac{K_{IT} I_{Zmax}}{K_I n_p} \quad (A)$$

式中 K_{IT} ——电流计算系数(见表 8-73);

I_{Zmax} ——最大整流电流, A;

n_p ——晶闸管并联数;

K_I ——均流系数,一般取 0.8~0.9。并联数多,触发性能较差时, K_I 应取上述范围中的较小值,当元件不并联时, $K_I=1$ 。

1.0~2.0 为电流储备系数,对于 50~100A 的元件,储备系数可小些;对于 200A 以上的元件,储备系数应大些。储备系数的大小还应考虑元件的冷却条件和负载过载情况等。

选择晶闸管时还应考虑以下因素:

① 环境温度的影响 元件的 $I_{T(AV)}$ 是指环境温度为 40℃ 的情况,超过 40℃ 时元件的容量要降低一些。

② 冷却方式的影响 50A 以上的元件必须采取强迫风冷(或水冷),若风速低于标准要求,或采用自然冷却时,容量必须降低。

③ 元件导通较小时对于电阻性负载,容许输出的整流电流比全导通时要相应地减少,即元件的容量要降低使用。

四、晶闸管的保护

1. 过载和短路保护

用快速熔断器(简称快熔)作短路保护:当整流装置内部或外部出现短路电流时,快熔能迅速切断故障电路,这是保护硅元件的有效方法。根据快熔在整流电路中安装的位置(见图 8-29),选择快熔熔体额定电流的方法也有所不同。

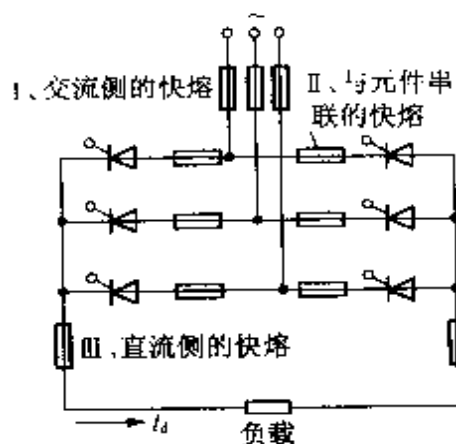


图 8-29 快熔在整流电路中的位置

(1) 交流侧快熔选择

$$I_{RD} \geq K_{IV} I_{zmax}$$

式中 I_{RD} ——熔体额定电流;

K_{IV} ——变压器二次侧相电流计算系数,见表 8-73。

I_{zmax} ——最大整流电流。

(2) 与硅元件串联的快熔选择

$$1.57 I_{T(AV)} \geq I_{RD} \geq I_{A(RMS)}$$

式中 $I_{T(AV)}$ ——硅元件额定电流(通态平均电流);

I_{RD} ——快熔熔体额定电流(有效值);

$I_{A(RMS)}$ ——通过硅元件的实际工作电流(有效值),它与整流电流 I_z 的关系见表 8-73。

(3) 直流侧快熔的选择

$$I_{RD} \geq I_{zmax}$$

2. 过电压保护

晶闸管整流装置产生过电压的原因主要有操作过电压、换相过电压和事故过电压。对于不同原因的过电压应采用不同的保护方法。

(1) 操作过电压保护 在整流变压器二次侧和直流输出端接入阻容保护或压敏电阻保护,见图 8-30。有关参数计算可查表 8-75~表 8-77。

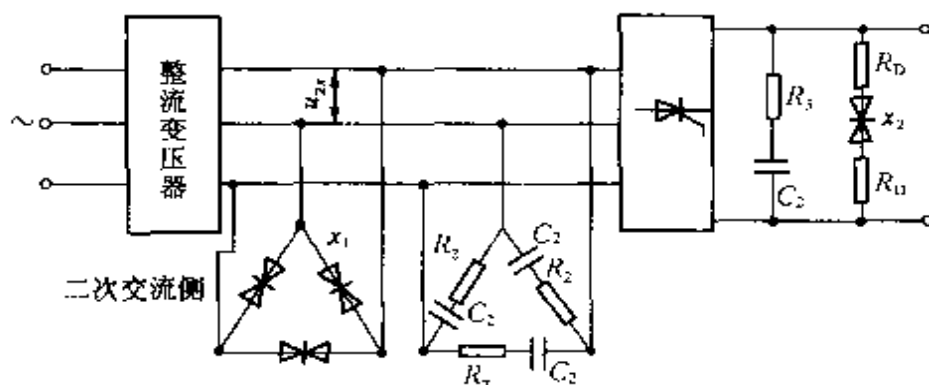


图 8-30 晶闸管整流装置操作过电压保护电路

表 8-75 小容量整流器交流侧阻容保护参数估算公式

整流变压器容量	电容 C_2 (μF)	电阻 R_2 (Ω)	变压器连接形式	电容 Δ 连接时 K 值	电容 Y 连接时 K 值
单相 200 VA 以下	$C_2 = 700 \frac{S_T}{U_{ARM}^2}$	$R_2 = \sqrt{\frac{U_z}{I_z C_2 f}}$	Y/Y—一次侧 中点不接地	150	450
单相 200 VA 以上	$C_2 = 400 \frac{S_T}{U_{ARM}^2}$		Y/ Δ —一次侧 中点不接地	300	900
三相 5 000 VA 以下	$C_2 = K \frac{S_T}{U_{ARM}^2}$		其他接法	900	2 700

注:符号说明: S_T ——变压器等值容量(VA); U_{ARM} ——臂的反向工作峰值电压(V); U_z ——整流输出电压(V); I_z ——整流输出电流(A); f ——电源频率(Hz); K ——系数,见本表右边的值。

表 8-76 大容量整流器交流侧阻容保护参数估算公式

电路连接形式	电容 C_2 (μF)	电阻 R_2 (Ω)	电阻容量 P_R (W)
单相桥式	$C_2 = 2.9 \times 10^4 \frac{\zeta I_U}{f U_{U_0}}$	$R_2 = 0.3 \frac{U_{U_0}}{\zeta I_U}$	$P_R = (0.25 \zeta I_U)^2 R_2$ $P_R = (0.2 \zeta I_U)^2 R_2$
三相桥式	$C_2 = 10^4 \frac{\zeta I_U}{f U_{U_0}}$	$R_2 = 0.3 \frac{U_{U_0}}{\zeta I_U}$	
三相零式	$C_2 = 8 \times 10^3 \frac{\zeta I_U}{f U_{U_0}}$	$R_2 = 0.36 \frac{U_{U_0}}{\zeta I_U}$	
双星形带平衡电抗器	$C_2 = 7 \times 10^3 \frac{\zeta I_U}{f U_{U_0}}$	$R_2 = 0.42 \frac{U_{U_0}}{\zeta I_U}$	

注：① 表内公式是以 RC 作星形连接为依据，当 RC 作三角形连接时，电容 C_2 应取星形连接计算值的 1/3，而电阻 R_2 应取 3 倍。
② U_{U_0} 、 U_{U_0} —变压器二次侧相电压(V)； I_U —变压器二次侧电流(A)； ζ —变压器励磁电流对额定电流的标么值，一般为 0.02~0.05。

表 8-77 直流侧阻容保护参数估算公式

电路连接形式	电容 C_3 (μF)	电阻 R_3 (Ω)
单相桥式	$C_3 = 12 \times 10^4 \frac{\zeta I_U}{f U_{U_0}}$	$R_3 = 0.25 \frac{U_{U_0}}{\zeta I_U}$
三相桥、三相零式 双星形带平衡电抗器	$C_3 = 7 \times 10^4 \frac{\zeta I_U}{f U_{U_0}}$	$R_3 = 0.1 \frac{U_{U_0}}{\zeta I_U}$

(2) 换相过电压保护 在硅元件两端并联 RC 阻容电路，见图 8-31。它不仅抑制换相过电压，还有抑制 du/dt 的作用，因此是保护硅元件不可缺少的措施之一，参数估计见表 8-78。

表 8-78 换相过电压保护参数估计值

元件容量(A)	5	10	20	50	100	200	500
C_4 (μF)	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.50	1.0
R_4 (Ω)	10~30						

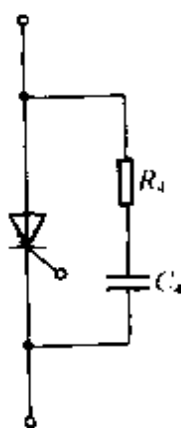


图 8-31 硅元件换相过电压阻容保护电路

表 8-75~表 8-78 中的电阻的功率可按式估算:

$$P_R \geq \frac{RU^2}{R^2 + X_C^2}$$

式中 U ——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的有效值, V;

R ——阻容保护电阻, Ω ;

X_C ——阻容保护电容容抗 $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$, Ω ;

f ——阻容保护两端电压的频率, Hz。

3. 事故过电压保护

可以用硒堆作过电压保护,也可用金属氧化物压敏电阻(简称压敏电阻),它体积小,抑制过电压能力强,能承受大的浪涌电流冲击,但在正常工作时只有很小的漏电流通过,损耗很小,可用在大、中、小容量的交流装置中,有效地抑制各种情况的过电压。

五、单结晶体管

单结晶体管是具有一个 PN 结和两个基极的半导体器件(又称双基极二极管)。它具有负阻特性,峰值电流大,稳定性好,广泛应用于触发及振荡电路中。

1. 单结晶体管的特性、主要技术参数及电极判别

单结晶体管有三个电极:发射极 e 、第一基极 b_1 和第二基极 b_2 (离 e 极较近)。其内部结构、符号及等效电路,见图 8-32。

在两基极 b_1 、 b_2 间加上电压 U_{bb} 时, A 点电压由电阻 R_{b1} 、 R_{b2} 分压决定:

$$U_A = \frac{R_{b1}}{R_{b1} + R_{b2}} U_{bb} = \frac{R_{b1}}{R_{bb}} U_{bb} = \eta U_{bb}$$

式中 η 称为分压比,是单结晶体管内部结构所决定的常数,其值

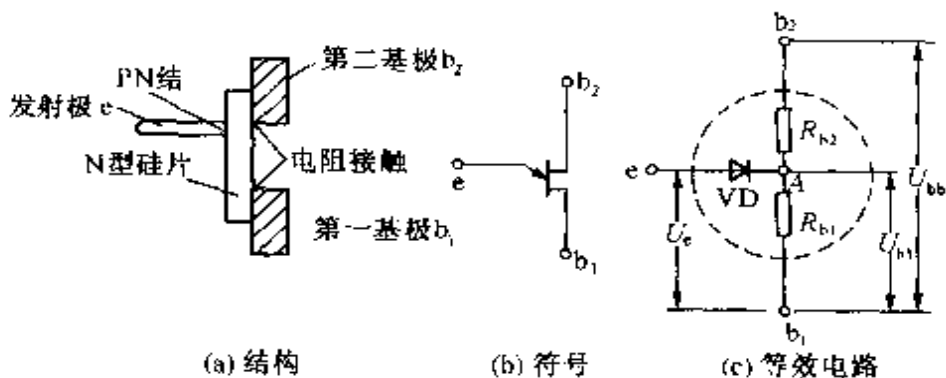


图 8-32 单结晶体管的结构、符号及等效电路

一般在 0.3~0.9 之间。

(1) 特性

单结晶体管的伏安特性曲线见图 8-33。

(2) 主要技术参数

① 基极间电阻 R_{BB} 发射极开路时,基极 b_1 、 b_2 之间的电阻一般为 2~10k Ω 。

② 分压比 η 由管子内部结构决定的常数,一般为 0.3~0.9。

③ 射-基极间反向电压 U_{EB10} 基极 b_2 开路,在额定反向电流时,发射极 e 与基极 b_1 间的反向耐压值。

④ 发射极饱和压降 U_{ES} 在最大发射极电流下,e、 b_1 极间的压降。

⑤ 反向电流 I_{EB10} b_2 极开路,在额定反向电压 U_{EB10} 下,e、 b_1 极间的反向电流。

⑥ 峰点电流 I_P 单结晶体管刚开始导通时,峰点电压时的发

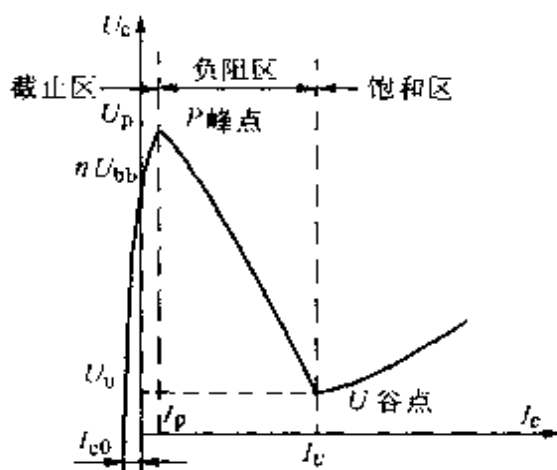


图 8-33 单结晶体管的伏安特性曲线

射极电流。

(3) 电极判别

单晶体管的三个电极,可用万用表的欧姆挡进行判别,其步骤如下:

① 确定发射极 e 因发射极 e 对基极 b_1 和 b_2 相当于二极管的 PN 结,用万用表测 e 对 b_1 或 b_2 间的正反向阻值时相差是很大的,而 b_1 和 b_2 间相当于一个固定电阻,万用表测得的正反向阻值应是一样的,利用上述原理可找到发射极 e。

② 确定基极 b_1 和 b_2 因 b_2 极靠近 e 极,一般来说,测得的 e 极对 b_2 极间的正向阻值 $R_{e b_2}$ 比 e 极对 b_1 极间的正向阻值 $R_{e b_1}$ 要小,由此可区分基极 b_1 和 b_2 。

2. 常用单晶体管的型号及技术数据

常用单晶体管的型号及技术数据见表 8-79。

3. 单晶体管的应用

利用单结管的负阻特性,可以组成多种振荡及定时脉冲电路,图 8-34 是最基本的单结管振荡电路,称为弛张振荡器。它是由一个单晶体管和 RC 充放电路等组成,这种振荡器线路简单,频率调节范围大,受温度影响小,是单晶体管应用最典型的电路。

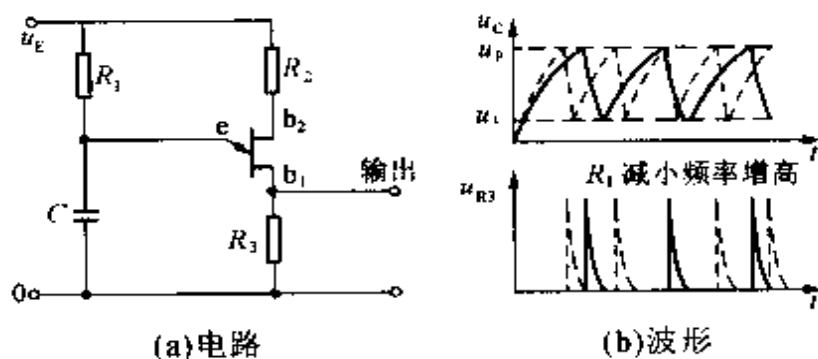
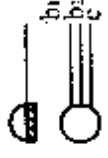
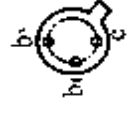
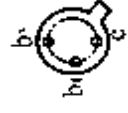



图 8-34 单晶体管弛张振荡器

表 8-79 常用单结晶体管的型号及技术数据

型号	分压比 η	基极间 电阻 R_{BB} (k Ω)	E-B 间 反向电流 I_{EB0} (μ A)	饱和压降 U_{ES} (V)	峰点电流 I_P (μ A)	谷点电流 I_V (mA)	谷点电压 U_V (V)	耗散功率 P_{12M} (mW)	管脚图				
BT31A	0.3~0.55	3~6	≤ 1	≤ 4	≤ 2	≤ 1.5	≤ 3.5	100					
BT31B		5~12											
BT31C	3~6												
BT31D	5~12												
BT31E	3~6												
BT31F	5~12												
BT32A	0.3~0.55	3~6		≤ 1				≤ 4.5	≤ 2	≤ 1.5	≤ 3.5	250	
BT32B		5~12											
BT32C	3~6												
BT32D	5~12												
BT32E	3~6												
BT32F	5~12												
BT33A	0.3~0.55	3~6	≤ 1		≤ 4.5	≤ 2	≤ 1.5	≤ 3.5				250	
BT33B		5~12											
BT33C	3~6												

续表

型号	分压比 η	基极间电阻 R_{BB} (k Ω)	E-B间反向电流 I_{EB0} (μ A)	饱和压降 U_{ES} (V)	峰点电流 I_p (μ A)	谷点电流 I_v (mA)	谷点电压 U_v (V)	耗散功率 P_{ISM} (mW)	管脚图
BT33D	0.45~0.75	5~12							
BT33E	0.65~0.90	3~6							
BT33F		5~12							
BT35A	0.45~0.90	2~5	$\geq 30V^*$				≤ 3.5	400	
BT35B			$\geq 60V^*$						
BT35C	0.3~0.90	4.5~12	$\geq 30V^*$						
BT35C			$\geq 60V^*$		≤ 5	≤ 5	≤ 5		
BT35D	0.3~0.55	3~6							
BT37A		5~12							
BT37B	0.4~0.75	3~6							
BT37C		5~12	≤ 1					700	
BT37E	0.65~0.90	3~6							
BT37F		5~12							

注：*为E-B间反向电压

振荡周期

$$T = R_1 C \ln \frac{1}{1-\eta}$$

表 8-80 单结晶体管弛张振荡器的调整

参 数	取 用 范 围	作 用
R_1 (M Ω)	$\frac{U-U_U}{I_p} > R_1 > \frac{U-U_U}{I_U}$ 0.01~3	如过大,单结管达不到峰点电压; 如过小,单结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 ——单结晶体管峰点电流 I_U ——单结晶体管谷点电流
R_2 (Ω)	200~600	用作温度补偿
R_3 (Ω)	50~1 000	影响输出脉冲幅度和宽度
C (μ F)	0.047~0.5	影响振荡频率和输出脉冲的宽度

六、晶闸管触发电路

晶闸管触发脉冲可由各种脉冲信号发生器来产生,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4.26V,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 μ s,低电平应小于0.2V。

1. 简单触发电路

(1) 硅稳压管触发电路 图8-35为硅稳压管触发电路。具有简单、经济等特点。移相范围 $<180^\circ$ 。

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 D_2 、电阻 R 对电容 C 充电,电容电压逐渐上升,到 α_1 点,电容电压充到稳压管的稳定电压 U_{D1} ,稳压管击穿而导通,产生脉冲电流 i_g ,触发晶闸管,因而晶闸管在 α_1 点导通。晶闸管一旦导通,它的端电压 U_v 立即降到很小(≈ 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。

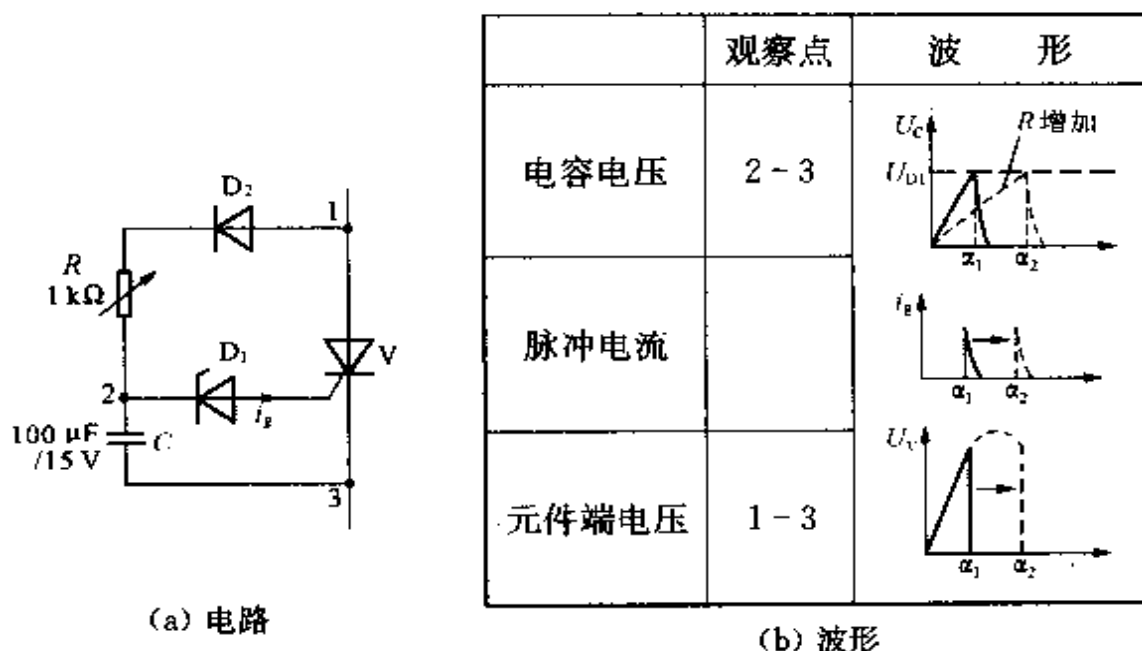


图 8-35 硅稳压管触发电路

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 α_1 增加至 α_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。

(2) 双向触发二极管触发电路 图 8-36 是由电阻、电容和双向触发二极管组成的双向晶闸管触发电路。电路结构简单,可用于要求不高的交流负载调压控制电路中。

当电容电压充电至双向触发二极管的触发电压(约 16V)时,双向触发二极管导通,电容 C 向双向晶闸管迅速放电,使双向晶闸管导通。改变电阻 R 值,即可改变充电到双向触发二极管触发电压的时间,达到改变控制角的目的。

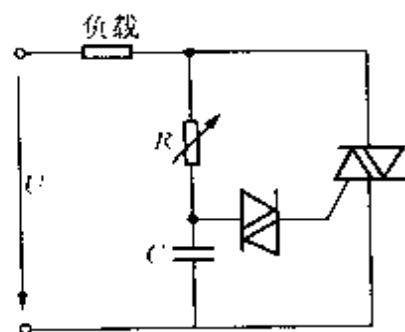


图 8-36 双向晶闸管触发电路

2. 单结晶体管触发电路

晶体管作可变电阻移相的单结晶体管触发电路,如图 8-37 所示,由同步变压器 T 降压后,二极管 $D_1 \sim D_4$ 桥式全波整流,经 R_1 限流、稳压管 D_5 削波后成为梯形波。为使直流电源有 23~24 V 的电压,电路采用了两只 D_6 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[电路选用 80~90V]。晶体管 T_1 作放大用, T_2 与 C 组成 RC 移相电路。当 T_1 基极的控制信号 u_g 增大时, T_1 的 I_{b1} 也增大,则 R_2 上的压降变大, T_2 的 i_{b2} 增大使 T_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 T_3 的峰点电压 U_p 时, T_3 被击穿而导通,此时 C 经 R_6 放电,这时产生一输出脉冲。当 C 两端电压放电到达小于 T_3 的谷点电压 U_v 时,则 U_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 U_g 的大小,就可以改变 C 的充电电压上升到 U_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($130^\circ \sim 150^\circ$), T_3 的输出功率有限,输出脉冲也较窄,对感性负载及 100A 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 $< 150^\circ$ 。

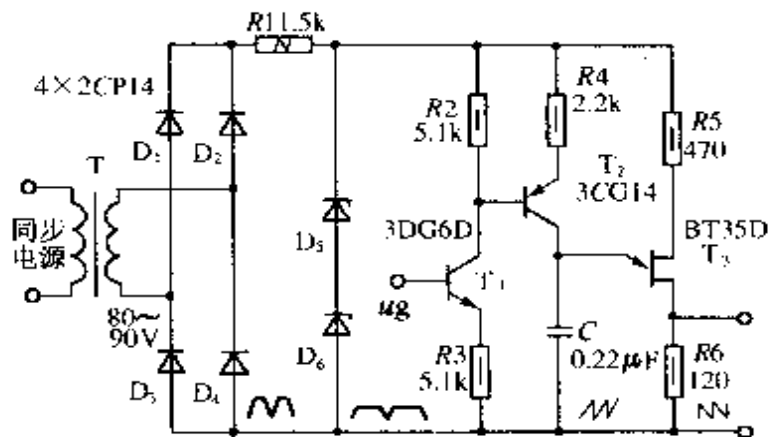


图 8-37 晶体管作可变电阻移相单结晶体管触发电路

3. 集成触发电路

集成化触发电路具有体积小、温漂小、移相线性度好、性能稳定可靠等优点。其中 KC08 等系列可控硅过零触发电路能使双向可控硅的开关过程在电源电压为零或电流为零的瞬间进行触发，不但减小了负载的瞬态浪涌和射频干扰，也提高了可控硅的使用寿命。

KC 系列集成触发器的典型应用电路如图 8-38~8-45 所示。

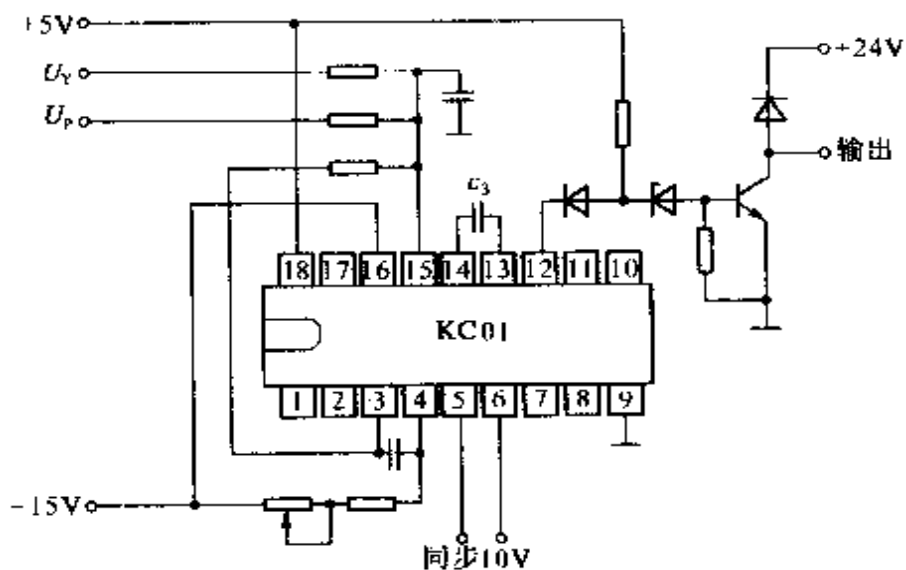


图 8-38 KC 01 集成触发电路

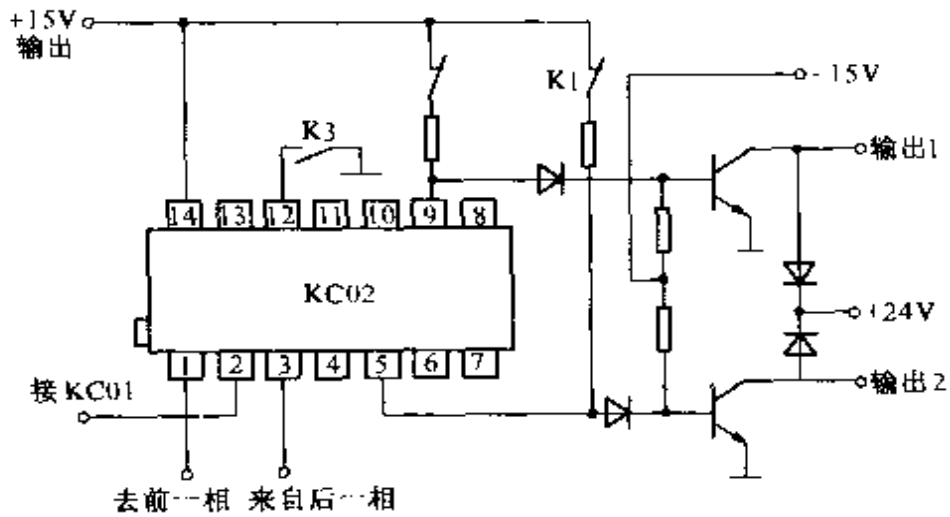


图 8-39 KC 02 集成触发电路

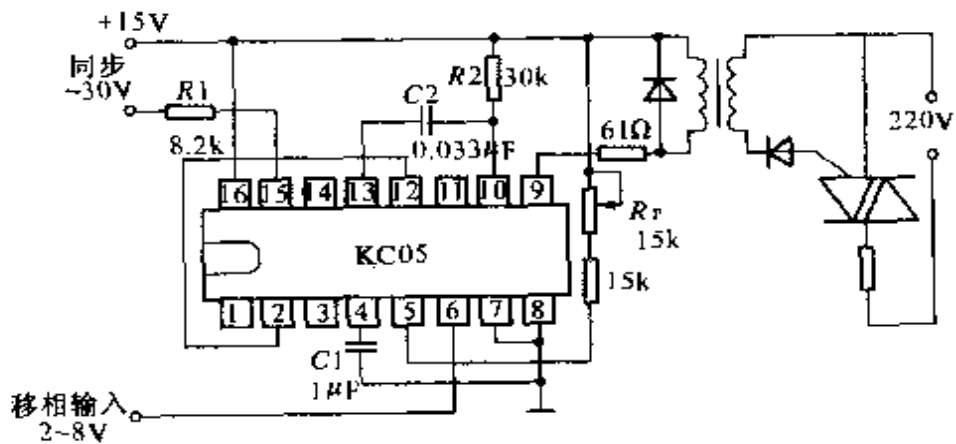


图 8-40 KC 05 集成触发电路

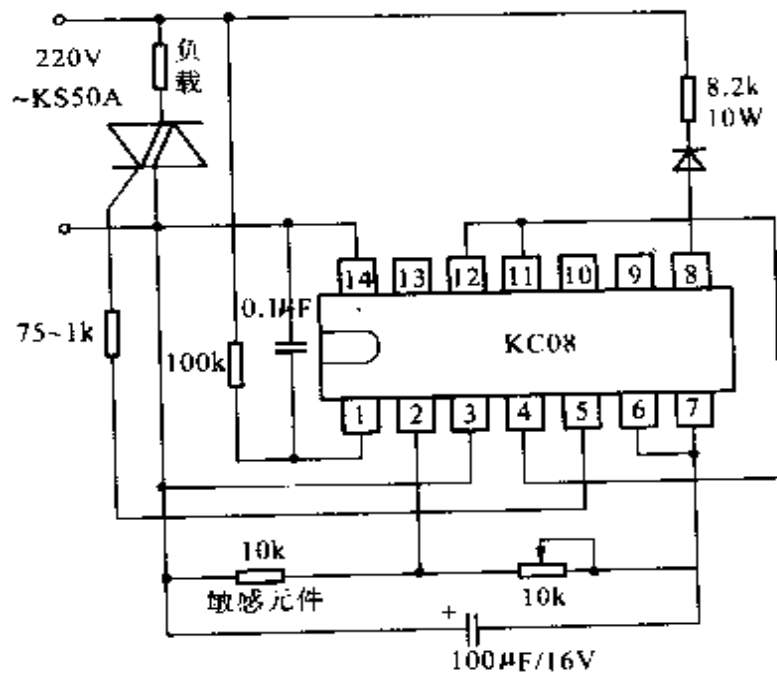


图 8-41 KC08 集成触发电路

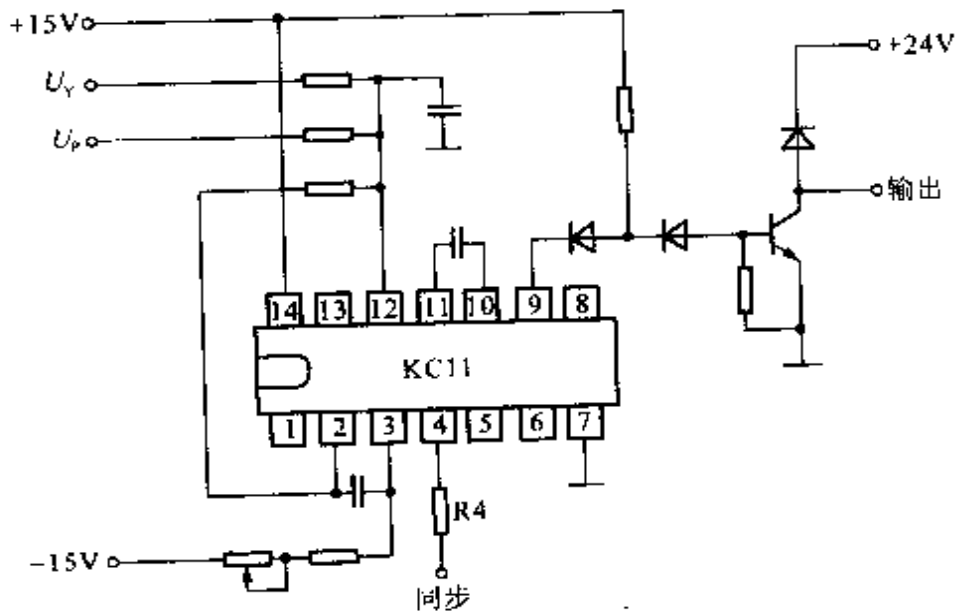


图 8-42 KC11 集成触发电路

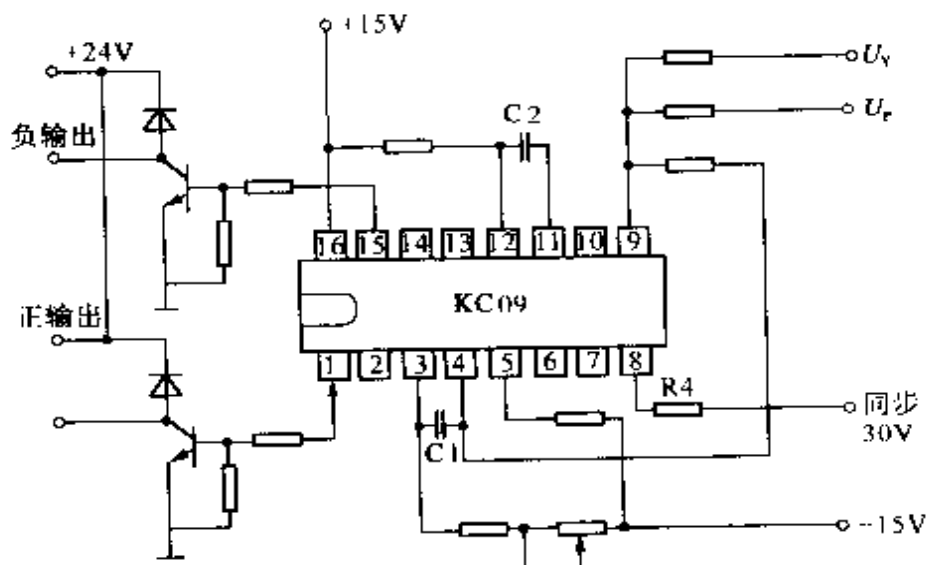


图 8-43 KC09 集成触发电路

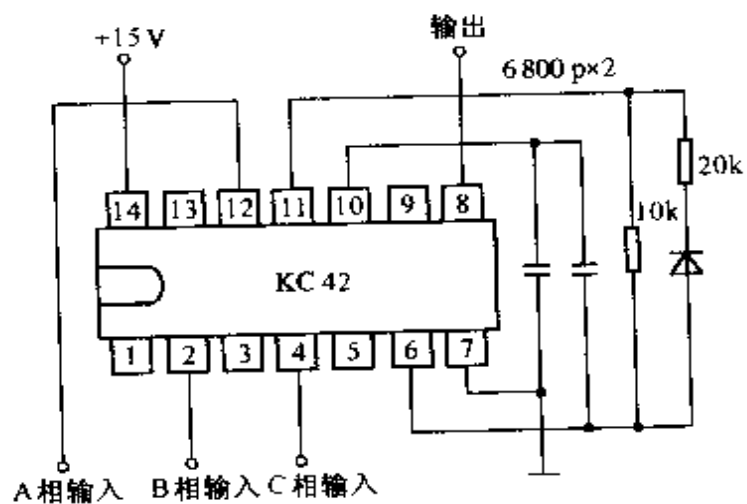


图 8-44 KC42 集成触发电路

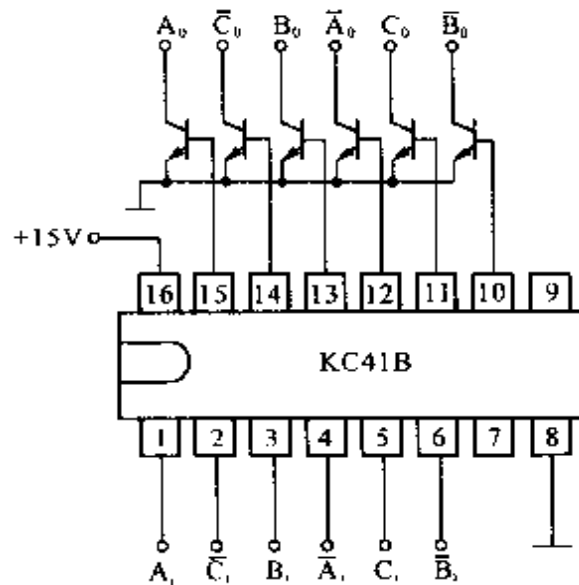


图 8-45 KC 41 集成触发电路

七、触发电路的输出环节

1. 输出环节的作用

为了实现触发电路与晶闸管主电路的隔离作用,触发电路往往通过脉冲变压器 T_r 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8-46)常常接有以下一些元件(或接有其中一部分元件)。

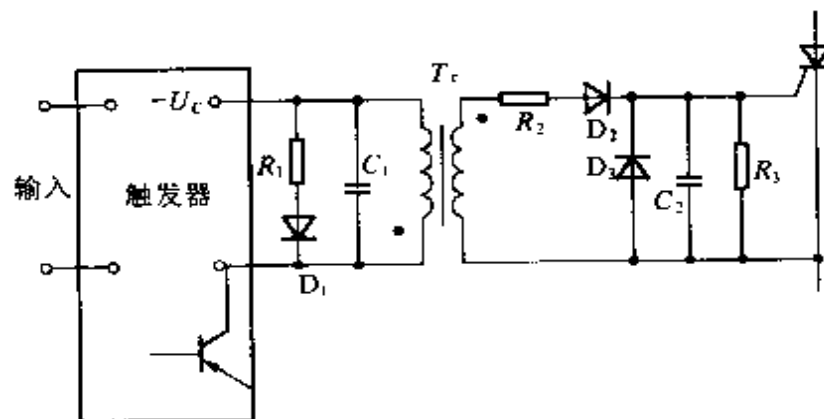


图 8-46 触发电路的输出环节

① R_1 、 C_1 、 D_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 D_2 、 D_3 保证只有正脉冲输出至控制极,负脉冲被 D_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。

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) 铁心截面 S 和一次侧绕组匝数 N_1 的确定

$$N_1 S = \frac{U_1}{\Delta B} \times 10^{12} (\text{cm}^2 \cdot \text{匝})$$

式中 U_1 ——变压器一次侧脉冲的幅值(V)(对一般的晶体管触发电路,即为电源电压 U_c ,对单结管触发电路可取为单结管的峰点电压 $U_p = \eta U_{\text{IB}}$);

ΔB ——铁心磁通密度增量(T),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。一般铁氧体磁环,取为 0.1~0.3T。冷轧硅钢片取为 0.4~0.5T。热轧硅钢片取为 0.7~0.8T;

脉冲宽度用 τ (s)表示。

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心截面后,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 U_g (V)和最大触发电流 I_g (A)的乘积,即 $P=U_g I_g$ (W)。

(2) 二次侧绕组匝数 N_2 的确定

$$N_2 = N_1 \frac{U_2}{U_1}$$

U_2 是二次侧空载脉冲幅值(V)。从有关表中可查得晶闸管最大触发电压(直流)为 3~4V。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 U_2 取为 6~10V。

(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,铁心截面要越大,绕组匝数要越多。这时为了减小截面和匝数应选择 ΔB 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。

八、晶闸管应用实例

图 8-47 为由晶闸管组成的滑差电动机单机无级恒速控制电路。

[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 D1 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 π 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 T_2 进行放大,在 T_2 的负载电阻 R_3 上得到放大的控制信号输入触发器。 D_2 、 D_3 对输入信号实行正反向限幅,避免 T_2 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 T_2 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 α 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 T_2 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。

第四节 模拟集成电路

一、半导体集成电路型号命名方法

根据国标 GB3430—82,我国半导体集成电路型号由五个部分组成,各部分的符号及意义见表 8-81。

表 8-81 半导体集成电路型号各组成部分的意义

第零部分		第一部分		第二部分	第三部分		第四部分	
用字母表示器件符合国家标准		用字母表示器件的类型		用阿拉伯数字表示器件的系列和品种代号	用字母表示器件的工作温度范围		用字母表示器件的封装	
符号	意义	符号	意义		符号	意义	符号	意义
C	中国 制造	T	TTL		C	0~70℃	W	陶瓷扁平
		H	HTL		E	-40~85℃	B	塑料扁平
		E	ECL		R	-55~85℃	F	全密封扁平
		C	CMOS		M	-55~125℃	D	陶瓷直插
		F	线性放大器		∴		P	塑料直插
		D	音响、电视电路				J	黑陶瓷直插
		W	稳压器				K	金属菱形
		J	接口电路				T	金属圆形
		B	非线性电路				∴	
		M	存储器					
μ	微型机电路							
∴								

二、集成运算放大器

1. 集成运算放大器的种类

集成运放发展很快,品种繁多,已有以下几大系列:

- ① 通用型集成运算放大器;
- ② 低功耗型集成运算放大器;
- ③ 高精度型集成运算放大器;
- ④ 高速型集成运算放大器;
- ⑤ 宽带型集成运算放大器;
- ⑥ 高输入阻抗型集成运算放大器;
- ⑦ 高压型集成运算放大器;
- ⑧ 其他集成运算放大器。

上述集成运放每个系列产品都具有其自身的性能特点和适用

范围,现仅对应用范围最广的通用型集成运放作简单介绍。

2. 集成运算放大器主要参数

① 输入失调电压 U_{10} 集成运放输出直流电压为零时,两输入端之间所加的补偿电压称为输入失调电压, U_{10} 是运算放大器不平衡程度的标志,其值越小越好。

② 输入失调电流 I_{10} 当运放输出直流电压为零时,两输入端偏置电流之差称为输入失调电流。

③ 输入偏置电流 I_{IB} 当运放的输出直流电压为零时,两个输入端偏置电流的平均值称为输入偏置电流。

④ 差模开环直流电压增益 A_{uO} 当运放开环工作,输出不带负载和工作在线性区内时,输出电压变化 ΔV_O 与差模输入电压变化 ΔV_I 之比称为差模开环电压增益。常以分贝(dB)为单位。

⑤ 共模抑制比 K_{CMR} 运放工作在线性区时,其差模电压增益 A_{uO} 与共模电压增益 A_{uC} 之比称为共模抑制比。常以分贝(dB)为单位。

⑥ 输出峰-峰电压 U_{OPP} 在特定的负载条件下,运放输出的最大不失真电压峰-峰值。

⑦ 最大共模输入电压 U_{ICM} 当运放的共模抑制特性显著变坏(有时规定为下降6dB)时的共模输入电压称为最大共模输入电压。

⑧ 最大差模输入电压 U_{ICM} 运放两输入端所允许加的最大电压差。当差模输入电压超过此值时,运放输入极晶体管的结将被击穿。

⑨ 开环带宽 BW 运放开环电压增益值从直流增益下降3dB时所对应的信号频率称为开环带宽。

⑩ 差模输入阻抗 Z_{id} 运放工作在线性区时,两输入端的电压变化量与对应的输入端电流变化量之比称为差模输入阻抗。有时也称为输入阻抗,在低频时表现为输入电阻 R_i 。

⑪ 输出阻抗 Z_o 运放工作在线性区时,输出端信号电压变化量与对应的电流变化量之比称为输出阻抗。在低频时表现为输出电阻 R_o 。

⑫ 静态功耗 P_D 运放输入端无信号输入,输出端不接负载时,运放所消耗的电源功率称为静态功耗。

表 8-82 通用集成运算放大器的型号及技术参数

型号	输入失调电压 U_{io} (mV)	输入失调电流 I_{io} (μ A)	输入偏置电流 I_{ib} (μ A)	最大输出电压 U_{opp} (V)	开环电压增益 A_{od} (dB)	共模抑制比 K_{CMR} (dB)	静态功耗 P_D (mW)	输入电阻 R_i (k Ω)	开环带宽 BW (kHz)	最大共模输入电压 U_{icm} (V)	最大输入差模电压 U_{idm} (V)	电源电压范围 U_{SR} (V)	外引线排列	国外同类产品型号
F005B	A	≤ 8	≤ 0.4	≤ 2	≤ 10	≥ 80	≥ 65	≤ 150	≥ 50	≥ 10	$\geq \pm 8$	$\pm 9 \sim \pm 13$	Y_{82} D_{82}	μ A709
	B	≤ 5	≤ 0.2	≤ 1.2	≤ 10	≥ 80	≥ 70	≤ 120	≥ 500	≥ 7	± 12	$\pm 9 \sim \pm 18$	Y_{101}	
	C	≤ 2	≤ 0.1	≤ 0.7	≤ 12	≥ 86	≥ 80	≤ 85	≥ 300		± 12			μ A741 LM741
F006B	A	≤ 10	≤ 0.3	≤ 1	≤ 10	≥ 86	≥ 70	≤ 120	≥ 500	≥ 7	± 12	$\pm 9 \sim \pm 18$	Y_{81} D_{81}	
	B	≤ 5	≤ 0.2	≤ 0.5	≤ 10	≥ 94	≥ 80	≤ 75	≥ 500		± 12	± 18	Y_{101}	
	C	≤ 2	≤ 0.1	≤ 0.3	≤ 12	≥ 94	≥ 90	≤ 85	≥ 300		± 12			
CF741	A	≤ 10	≤ 0.3	≤ 1	≤ 10	≥ 86	≥ 70	≤ 120	≥ 500	≥ 7	± 12	$\pm 9 \sim \pm 18$	Y_{81} D_{81}	
	B	≤ 5	≤ 0.2	≤ 0.5	≤ 10	≥ 94	≥ 80	≤ 75	≥ 500		± 12	± 18	Y_{101}	
	C	≤ 2	≤ 0.1	≤ 0.3	≤ 12	≥ 106	≥ 90	≤ 85	≥ 300		± 12			
F008B	A	≤ 10	≤ 0.3	≤ 0.8	≤ 10	≥ 86	≥ 80	≤ 120	≥ 500		± 12	± 18	Y_{101}	
	B	≤ 5	≤ 0.2	≤ 0.5	≤ 10	≥ 96	≥ 90	≤ 75	≥ 500		± 12	± 18	Y_{101}	
	C	≤ 2	≤ 0.1	≤ 0.3	≤ 12	≥ 100	≥ 90	≤ 85	≥ 300		± 12			
8FC4B	A	≤ 10	≤ 0.5	≤ 1	18	≥ 80	≥ 70	≤ 120	≥ 1000		± 13		Y_{12}	
	B	≤ 5	≤ 0.2	≤ 0.5	24	≥ 94	≥ 80	≤ 85	≥ 300		± 12			
	C	≤ 2	≤ 0.05	≤ 0.2	24	≥ 94	≥ 80	≤ 85	≥ 300		± 12			

续表

型号	输入失调电压 U_{io} (mV)	输入失调电流 I_{io} (μ A)	输入偏置电流 I_{ib} (μ A)	最大输出电压 U_{opp} (V)	开环电压增益 A_{uo} (dB)	共模抑制比 K_{CMR} (dB)	静态功耗 P_D (mW)	输入电阻 R_i (k Ω)	转换速率 SR (V/ μ s)	最大共模输入电压 U_{ICM} (V)	最大输入差模电压 U_{IDM} (V)	电源电压范围 U_{SR} (V)	外引线排列	国外同类产品型号
F101/201 301	≤ 0.7 ≤ 2	$\leq 1.5n$ $\leq 3n$	$\leq 30n$ $\leq 70n$	± 14	≥ 100	≥ 90	≤ 54	≥ 4000 ≥ 2000		± 13 ± 15	± 30		Y ₈₃	LM101/201 LM301
F107/207 F307	≤ 0.7 ≤ 2	$\leq 1.5n$ $\leq 3n$	$\leq 30n$ $\leq 70n$	± 14 ± 14		≥ 96 ≥ 90	≤ 54	≥ 4000 ≥ 2000					Y ₈₂	LM101/201 LM307
F358*	± 2	± 3	45	$V^+ \pm 1.5$	100	85	≤ 60			$V^+ \pm 1.5$	32	单 32 双 ± 12	Y ₈₆ D ₈₆	LM358
CF747	1	20	80	± 13	106	95	50	2M	0.5	± 13	± 30	± 22	Y ₁₀₂ D ₁₄₁	LM747
CF1558	1	30	200	± 13	106	90	70	1M	± 20 -12	± 13	± 30	± 22	Y ₈₆ D ₈₆	MC1558 LM1558
CF4558	1	20	80	± 13	106	90	70	2M	1.6	± 13			Y ₈₆ D ₈₆	MC4558
F4156	0.5	15	60	± 13	100	80	135	0.5M	1.6	± 14	± 30	± 20	D ₁₄₂	RM4156
F324* 5G6324	± 2	± 5	-45	$V^+ - 2$	100	70	≤ 45			$V^+ \pm 1.5$	32	$\pm 1.5 \sim$ ± 15	D ₁₄₂	LM324
F348	1	4	30		104	90	72	2.5M	0.5	± 12	± 36	± 18	D ₁₄₂	LM348

*: 可单电源使用。表中以“3”开头的型号温度范围为 $0 \sim +70^\circ\text{C}$ ，改为“2”开头的型号温度范围为 $-25 \sim +85^\circ\text{C}$ ，改为“1”开头的温度范围为 $-55 \sim +125^\circ\text{C}$ 。

表 8-83 特殊功能集成运算放大器的型号及技术参数

型号	输入失调电压 U_{10} (mV)	输入失调电流 I_{10} (pA)	输入偏置电流 I_{1B} (pA)	最大输出电压 U_{opp} (V)	开环电压增益 A_{00} (dB)	共模抑制比 K_{CMR} (dB)	静态功耗 P_D (mW)	输入电阻 R_i (Ω)	转换速率 SR (V/ μ s)	单位增益带宽 GB (MHz)	最大共模输入电压 U_{CM} (V)	最大差模输入电压 U_{DM} (V)	电源电压范围 U_{SK} (V)	外引线排列	国外同类产品型号	备注
F080 F081	2	5	30	± 13.5	106	86	50	10^{12}	13	3	± 12	± 30	± 18	D_{81} Y_{81}	TL080 TL081	JFET 输入
F082 F084	2	5	30	± 13.5	106	86	95 190	10^{12}	13	3		± 30	± 18		TL082 TL084	双运放 四运放
CF3130 F3130	8	0.5	5	+13.3 ~ +0.002	110	90	150	1.5×10^{12}	30	15	$V_+ +8$ ~ $V_- -0.5$	± 8	5~16 ± 2.5 ~ ± 8	Y_{84}	CA3130	可单电源 MOSFET
F357	3	3	30	± 12	106	100	150	10^{12}	50	20	± 16	± 30	± 18		LF357	
F507	0.5	15nA	15nA	± 12	100	100	90	500M	35	35	± 11	± 12	± 5 ~ ± 20	Y_{85}	AD507	高速 宽带
CF347	5	20	50	± 13	100	100	240	10^{12}	13	4	+15 -12	± 30	± 18		LF347 μ A774	四运放
高输入阻抗													宽 带			

续表

型号	输入失调电压 U_v (mV)	输入失调电流 I_b (pA)	输入偏置电流 I_B (pA)	最大输出电压 U_{opp} (V)	开环电压增益 A_{vo} (dB)	共模抑制比 K_{CMR} (dB)	静态功耗 P_D (mW)	输入电阻 R_i (Ω)	转换速率 SR (V/ μ s)	单位增益带宽 GB (MHz)	最大共模输入电压 U_{iCM} (V)	最大差模输入电压 U_{iDM} (V)	电源电压范围 U_{sk} (V)	外引线排列	国外同类产品型号	备注
F1436	5	5nA	15nA	± 22	114	110	146	10M	2	1	$V_+ - (V_- - 3)$	$\pm(V_+ + V_- - 3)$	± 34		MCI436	
F344	2	1nA	8nA	± 25	105	90	112		2.5	1	± 34	68	± 34	Y_{84}	LM344	
F318	4	30nA	150nA	± 13	106	100	150	3M	70	15	± 15	< 1	± 20	Y_8	LM318	
F772	2	20nA	150nA	± 13	110	96	150		65	12.5	± 16	± 30	± 18	Y_8	μ A772	
F444	3	5	10	± 13	100	95	24	10^{12}	1	1	± 15	± 30	± 18		LF444	JFET 四运放
CF76222	15	0.5	1	± 4.9	102	91	1	10^{12}	0.16	0.48	$\pm V_s$	$\pm(V_+ - V_-)$	$\pm 0.5 \sim \pm 8$		ICL7622	CMOS 双运放
																低功耗

表 8-84 圆形封装型集成运算放大器外引线排列

封 形	装 式	型 号	正电 源端	负电 源端	同相 输入	反相 输入	输出 端	调 零		相位 补偿
								固定端	中心端	
8 脚	Y _{B1}	F080, LF 系列, F007, μ A741 TL080, F081, F357, F1436, CF741	7	4	3	2	6	1, 5	4 (10K)	
	Y _{B2}	F307, LM307, F005, μ A709	7	4	3	2	6			*
	Y _{B3}	F301, μ A748, LM101, μ A101	7	4	3	2	6	1, 5		1-8
	Y _{B4}	F344, LM344/144, CF3130	7	4	3	2	6	1, 5	4	1-8
	Y _{B5}	F507, AD507	7	4	3	2	6	1, 5	7	8-6
10 脚	Y _{B6}	F082, TL082, F358, LM358, LF353, F442, F1558, μ A749	8	4	3 5	2 6	1 7	双运放		
	Y ₁₀₁	F006, F008	8	5	4	3	7	2, 6	5	9-10
	Y ₁₀₂	μ A747, F747, LM747, CF747	2 8	5 5	4 6	3 7	1 9	双运放		

* : F005、 μ A709 的相位补偿端为:1-8, 5-6。

表 8-85 双列直插型集成运算放大器外引线排列

封 形	装 式	型 号	正电 源端	负电 源端	同相 输入	反相 输入	输出 端	调 零		相位 补偿	
								固定端	中心端		
8 脚	D ₈₁	F080, LF 系列, F007, μ A741, TL080, F081, F357, F1436, CF741	7	4	3	2	6	1, 5	4 (10K)		
			7	4	3	2	6				
			7	4	3	2	6	1, 5		1—8	
	D ₈₆	F082, TL082, F358, LM358, LF353, F442, F1558, LM2904, μ A772	8	4	3	2	1	7	双运放		
			13	4	2	1	12	3, 14	4		
			9	4	6	7	10	5, 8			
14 脚	D ₁₄₁	μ A747, 747A, C, E 双运放	4	11	3	2	1	2	7	四运放	
			4	11	5	6	6	9	8		
	D ₁₄₂	F324, RC4156, μ A124/224/324, LM324, μ A348, 3303, 3403, TL084, LF347, 444, F348, LM348, TLC274	4	11	3	2	1	2	7		
			4	11	10	9	8	13	14		

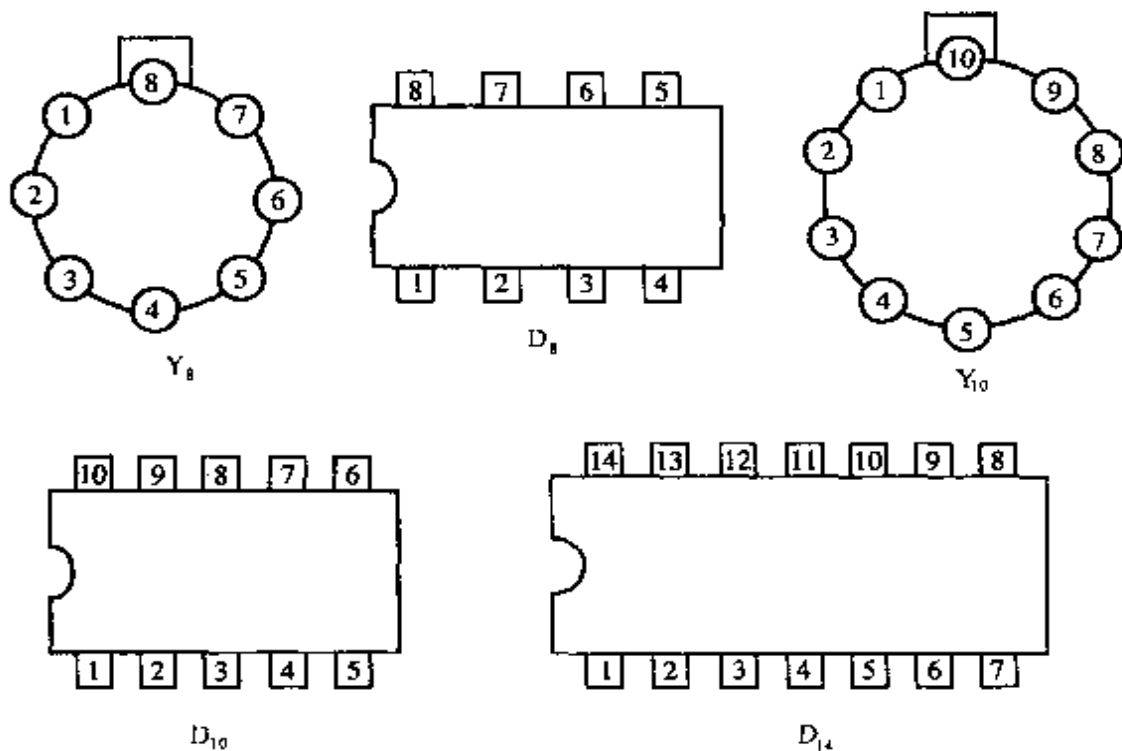


表 8-84, 85 附图 集成电路外引线排列图

三、电压比较器

1. 常用电压比较器型号及技术参数

(见表 8-86)

2. 常用电压比较器外引线排列

(见表 8-87)

3. 典型应用

(1) 调零、选通及增大输入范围电路

图 8-48 示出的基本电路在各种应用电路中一般都会用到。选通输入端接低电平时,电压比较器输出高电平,而不受输入电压状态的影响,电路处于禁止状态。选通端加高电平时,比较器正常工作,其输出状态取决于输入的差分信号电压。

表 8-86 常用电压比较器型号及技术参数

型号	封装形式	电源电压范围 U_{SR} (V)	共模输入电压范围 U_{ICR} (V)	最大差模输入电压 U_{IIM} (V)	输入失调电压 U_{IO} (mV)	输入失调电流 I_{IO} (nA)	输入偏置电流 I_{IB} (nA)	输出低电平 U_{OL} (V)	输出端吸入电流 I_{SINK} (mA)	响应时间 t_R (ns)	静态功耗 P_C (mW)	备注
F311	D_8	0~5; ± 18	+13.8 -14.7	± 30	2	6	100	0.4	8	200	135	LM311(OC)*
F319 CJ0319	D_{141}	$V_+ - V_- \leq 36$ 0~5;	± 13	± 15	2	80	250	0.4	3.2	80	165	LM319(OC) 双比较器
F339 CTO339	D_{143}	2~36; $\pm 1 \sim \pm 18$	$V_+ - 1.5 \sim 0$	36	± 2	± 5	25	0.25	16	300		LM339(OC) 四比较器
CJ0393 DG393	D_8	2~36 $\pm 1 \sim \pm 18$	$V_+ - 1.5 \sim 0$	36	± 2	± 5	25	0.25	16	300		LM393(OC)
CJ1414	D_{142}	+14 -7	± 7 (最大)	± 5	1	1 200	25mA	-0.5	2.5	30	180	LM1414 双高速
FX2901	D_{143}	2~36 $\pm 1 \sim \pm 18$	$V_+ - 1.5 \sim 0$	36	± 2	± 5	25	<0.4	16	300	24	LM2901(OC) 四比较器

*：“OC”表示集电极开路输出，在 $V_+ - OUT$ 之间应加上拉电阻。

表 8-87 常用电比较器外引线排列

封 形	装 式	型 号	正电 源端	负电 源端	接 地 端	同相 输入	反相 输入	同相 输出	反相 输出	选 通 端	调 零	
											固定端	中心端
8 脚圆 形、双列 直插	Y ₈ D ₈	LM111, 311, F311, LF311	8	4	1	2	3	7		6	5, 6	8
		LM360	8	4	5	3	2	7	6			
		LM393, 2903, CJO393 FX393, DG393	8	4		3 5	2 6	1 7				
14 脚双 列直插	D ₁₄	LM119, 219, 319, F319 CJO319	11	6	8 3	9 4	10 5	7 12				
		LM1414, CJ1414	10 3	7 14	11	5 12	6 13	8 1		9 2		
		F339, CJO339, FX2901 LM139, 239, 339, 2901, 3302, F3302	3		12	5 7 9 11	4 6 8 10	2 1 14 13				

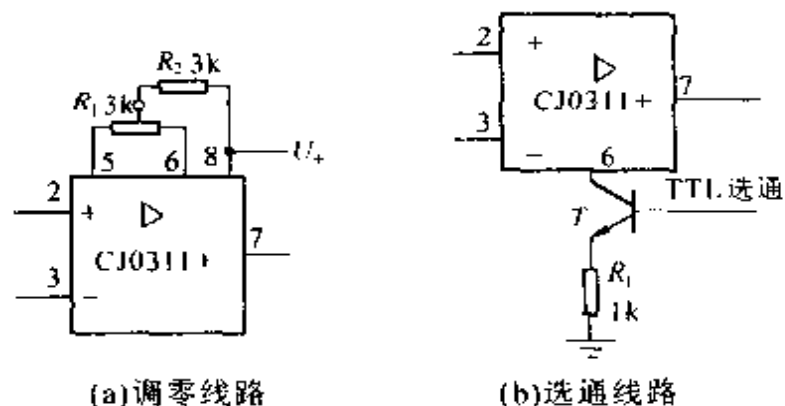


图 8-48 CJ0311 使用时的基本线路图

(2) 双电源使用

注意图中电源的接法。它们是以零电平为参考电平(过零比较器)驱动 MOS 电路的形式。集电极输出时,7 端应有上拉电阻。

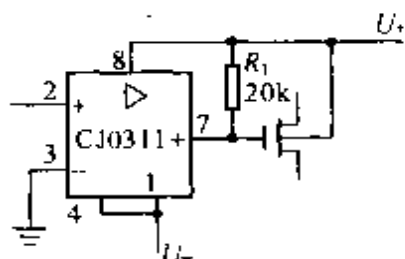


图 8-49 驱动 MOS 电路

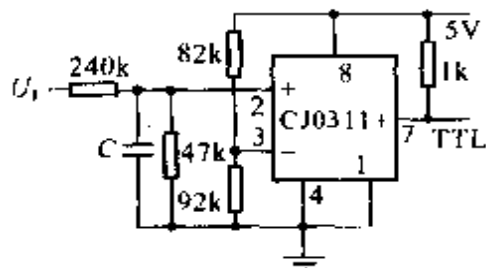


图 8-50 CJ0311 与 TTL 电路之间的接口

(3) 单电源使用

图 8-50 所示电路可作高电平—TTL 电路之间的接口。输入信号可以是 0~30V 之间变化的逻辑电平,为此比较器输入端加了电阻分压电路。电容 C 可加快电路的转换速度,并能消除电流尖峰的干扰。

(4) 射极输出使用

图 8-51(a)为可判别磁性传感器的输入信号电路。

图 8-51(b)为带有选通的电路。注意:选通端不能直接接地。

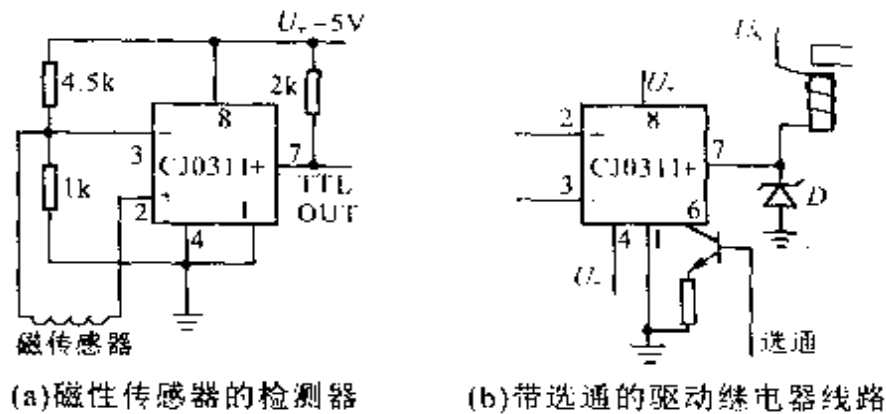


图 8-51 CJ0311 的应用二例

四、集成稳压器

1. 三端固定输出电压稳压块

(1) W78 系列三端固定正输出稳压块

该系列稳压块内部有过流、过热和调整管安全工作区保护，以防过载而损坏。从输出 5V~24V，分 9 挡（见表 8-88）。输出偏差为 ±4%。一般不需外接元件即可工作，有时为改善性能也加少量元件。W78 系列又分三个子系列，即 W78××、W78M×× 和 W78L××。其差别只在输出电流和外形：W78×× 为 1.5A，W78M×× 为 0.5A，W78L×× 为 0.1A。其外形见图 8-52 和图 8-53。

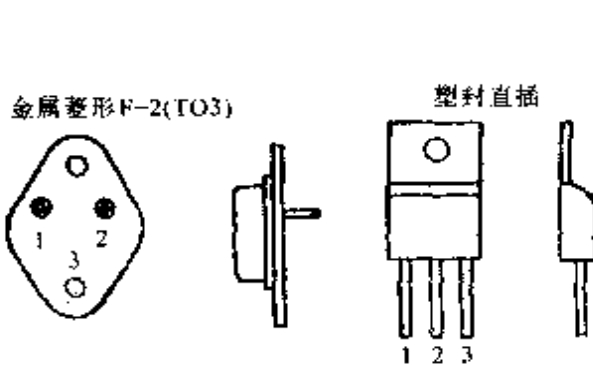


图 8-52 W78, W79, W78M, W79M 系列集成稳压电路的外形图

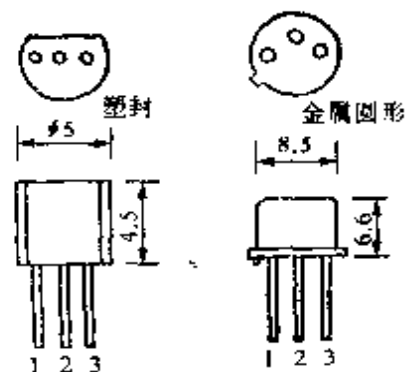


图 8-53 W78L、W79L 系列集成稳压电路的外形图

表 8 - 88 W7800、W7900 系列三端集成稳压电路参数

参 数 名 称	输出 电压	电压 调整率	电 流 调整率	噪 声 电 压	最 小 压 差	输 出 电 阻	峰 值 电 流	输 出 温 漂
符 号	U_o	S_v	S_i (mV) $5\text{mA} \leq I_o$	U_N	$U_1 - U_o$	R_o	I_{OM}	S_T
型 号	(V)	(%/V)	$\leq 1.5\text{A}$	(μV)	(V)	(m Ω)	(A)	(mV/ $^{\circ}\text{C}$)
W7805	5	0.007 6	40	10	2	17	2.2	1.0
W7806	6	0.008 6	43	10	2	17	2.2	1.0
W7808	8	0.01	45	10	2	18	2.2	
W7809	9	0.009 8	50	10	2	18	2.2	1.2
W7810	10	0.009 6	50	10	2	18	2.2	
W7812	12	0.008	52	10	2	18	2.2	1.2
W7815	15	0.006 6	52	10	2	19	2.2	1.5
W7818	18	0.01	55	10	2	19	2.2	1.8
W7824	24	0.011	60	10	2	20	2.2	2.4
W7905	-5	0.007 6	11	40	2	16		1.0
W7906	-6	0.086	13	45	2	20		1.0
W7908	-8	0.01	26	45	2	22		
W7909	-9	0.009 1	30	52	2	26		1.2
W7912	-12	0.006 9	46	75	2	33		1.2
W7915	-15	0.007 3	68	90	2	40		1.5
W7918	-18	0.01	110	110	2	46		1.8
W7924	-24	0.011	150	170	2	60		2.4

W78、W78M 和 W78L 系列稳压块的主要参数分别见表 8-89、表 8-90 和表 8-91 的上半部分。

表 8-89 W78M00、W79M00 系列三端集成稳压电路参数

参 数 名 称	输出 电压	电压 调整率	电流 调整率	噪声 电压	最小 压差	输出 电阻	峰值 电流	输出 温漂
符 号	U_O	S_V	S_I (mV) $5\text{mA} \leq I_O$	U_N	$U_I - U_O$	R_O	I_{OM}	S_T
型 号	(V)	(%/V)	$\leq 0.5\text{A}$	(μV)	(V)	($\text{m}\Omega$)	(A)	($\text{mV}/^\circ\text{C}$)
W78M05	5	0.003 2	20	40	2	40	0.7	1.0
W78M06	6	0.004 8	20	45	2	50	0.7	1.0
W78M08	8	0.005 1	25	52	2	60	0.7	
W78M09	9	0.006 1	25	65	2	70	0.7	1.2
W78M10	10	0.005 1	25	70	2		0.7	
W78M12	12	0.004 3	25	75	2	100	0.7	1.2
W78M15	15	0.005 3	25	90	2	120	0.7	1.5
W78M18	18	0.004 6	30	100	2	140	0.7	1.8
W78M24	24	0.003 7	30	170	2	200	0.7	2.4
W79M05	-5	0.007 6	7.5	25	-2	40	0.65	1.0
W79M06	-6	0.008 3	13	45	-2	50	0.65	1.0
W79M08	-8	0.006 8	90	59	-2	60	0.65	
W79M09	-9	0.006 8	65	250	-2	70	0.65	1.2
W79M12	-12	0.004 8	65	300	-2	100	0.65	1.2
W79M15	-15	0.003 2	65	375	-2	120	0.65	1.5
W79M18	-18	0.008 8	68	400	-2	140	0.65	1.8
W79M24	-24	0.009 1	90	400	-2	200	0.65	2.4

表 8-90 W78L00、W79L00 系列三端集成稳压电路参数

参 数 名 称	输出 电压	电压 调整率	电流 调整率	噪声 电压	最小 压差	输出 电阻	峰值 电流	输出 温漂
符 号	U_o	S_v	$S_r(\text{mV})$ $1\text{mA} \leq I_o$	U_N	$U_1 - U_o$	R_o	I_{OM}	S_T
型 号	(V)	(%/V)	$\leq 0.1\text{A}$	(μV)	(V)	($\text{m}\Omega$)	(A)	($\text{mV}/^\circ\text{C}$)
W78L05	5	0.084	11	40	1.7	85		1.0
W78L06	6	0.0053	13	50	1.7	100		1.0
W78L09	9	0.0061	100	60	1.7	150		1.2
W78L10	10	0.0067	110	65	1.7			1.2
W78L12	12	0.008	120	80	1.7	200		
W78L15	15	0.0066	125	90	1.7	250		1.5
W78L18	18	0.02	130	150	1.7	300		1.8
W78L24	24	0.02	140	200	1.7	400		2.4
W79L05	-5		60	40	1.7	85		1.0
W79L06	-6		70	60	1.7	100		1.0
W79L09	-9		100	80	1.7	150		1.2
W79L12	-12		100	80	1.7	200		1.2
W79L15	-15		150	90	1.7	250		1.5
W79L18	-18		170	150	1.7	300		1.8
W79L24	-24		200	200	1.7	400		2.4

(2) W79 系列三端负输出稳压块

W79 系列与 W78 系列相比,除了输出电压极性(见表 8-90)、输出引脚(见图 8-52 和图 8-53)不同外,其他特点和电压分挡都相同。

2. 三端可调输出电压稳压块

(1) W117/217/317 系列三端可调正电压输出稳压块

W117/217/317 系列稳压块能在输出电压为 1.25~37V 的范围内连续可调,外接元件只需一个固定电阻和一只电位器。其芯片内也有过流、过热和安全工作区保护。

表 8-91 W78、W79 系列稳压器的极限参数

系 列	W78、W78M	W78L	W79、W79M	W79L
极限参数				
最大输入电压 $U_{I\max}$ (V)	35($U_o = 5 \sim 18V$) 40($U_o = 24V$)	30 ($U_o = 5 \sim 9V$) 35 ($U_o = 12 \sim 18V$) 40 ($U_o = 24V$)	-35 ($U_o = -5 \sim -18V$) -40 ($U_o = -24V$)	-30 ($U_o = -5 \sim -9V$) -35 ($U_o = -12 \sim -18V$) -40 ($U_o = -24V$)
结温范围 T_i (°C)	I类: $-55 \sim +150^\circ\text{C}$ 金属封装 II类: $-25 \sim +150^\circ\text{C}$ 金属封装 III类: $0 \sim +125^\circ\text{C}$ 塑料封装			
功耗 (足够散热片) P_n (W)	金属菱形 F-2 封装, $P_n \geq 15W$, 见图 8-52 金属菱形 F-1 封装, $P_n \geq 7.5W$, 见图 8-52 塑料直插 S-7 封装, $P_n \geq 7.5W$, 见图 8-52 金属圆壳 B-3D 封装, $P_n \geq 0.5W$, 见图 8-53			

W117/217/317 型输出电流为 1.5A, W117M/217M/317M 为 0.5A, W117L/217L/317L 为 0.1A。各 117 型、217 型和 317 型分 I 类、II 类和 III 类产品。它们的外形与 W78 各系列相同,可参阅图 8-52 和图 8-53。

(2) W137/237/337 系列三端可调负电压输出稳压块

W137/237/337 各系列参数、封装与 W117/217/317 各系列一一对应,仅输出电压为负。

各系列外引脚排列见表 8-92。

表 8-92 集成稳压器的外引脚排列

型 号	金 属 封 装			塑 料 封 装		
	输入	公共端*	输出	输入	公共端*	输出
W78	1	3	2	1	2	3
W78M	1	3	2	1	2	3
W78L	1	3	2	3	2	1
W79	3	1	2	2	1	3
W79M	3	1	2	2	1	3
W79L	3	1	2	2	1	3
W117/217/317	2	1	3	3	1	2
W117/217/317M	2	1	3	3	1	2
W117/217/317L	1	2	3	3	1	2
W137/237/337	3	1	2	2	1	3
W137/237/337M	3	1	2	2	1	3
W137/237/337L	3	1	2	3	1	2

* 可调输出稳压块为调整端。

(3) 大电流集成稳压器的参数

表 8-93 几种大电流稳压器的参数

型号	输出电流 (A)	输出电压 (V)	引出线	封装
LM323	3	5		T03 F-2 见图 8-52
μ A78H05	5	5	1 输出端	
μ A78H12	5	12	2 输入端	
μ A78H15	5	15	3 公共端	
μ A78P5	10	5		
LM350K LM338K	3 5	1.2~37 1.2~37	1 调整端 2 输入端 3 输出端	T03
LM396K	10	1.2~15	1 输出端 2 调整端 3 输入端	F-2

4. 集成稳压器的应用

(1) 固定标准电压输出

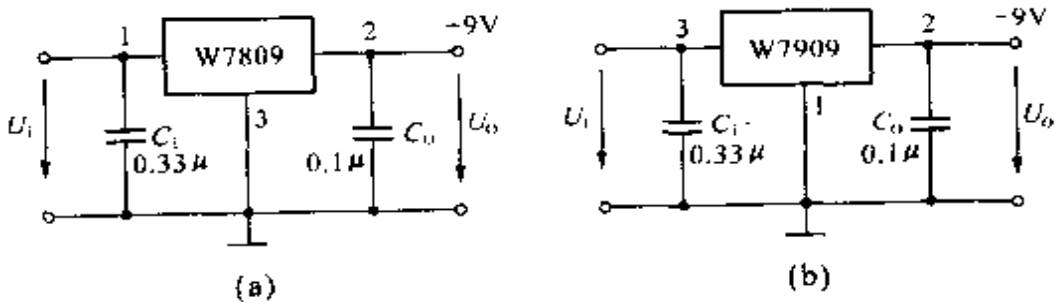


图 8-54 固定标准电压输出电路

(2) 提高输出电压

图 8-55 为用 W78 $\times\times$ 稳压块组成的提高输出电压的应用电路,其输出电压为

$$U_o = U_{\times\times} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + I_Q R_2$$

式中 U_{xx} 为 W78 $\times\times$ 的标称电压；

I_Q 为 W78 $\times\times$ 的静态工作电流，一般 $I_Q < 10\text{mA}$ 。

一般应选取流过 R_1 的电流 $> 5I_Q$ ，则输出电压可近似为

$$U_o \approx U_{xx} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

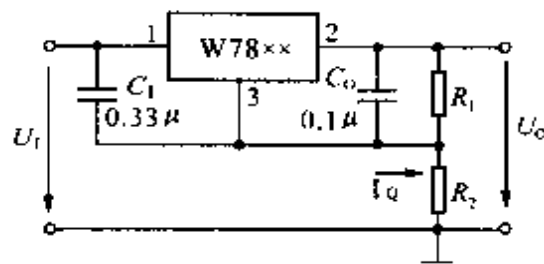


图 8-55 提高输出电压电路

为克服稳压器静态电流 I_Q 的影响，采用图 8-56 所示电路，其输出电压在 7~30V 可调。

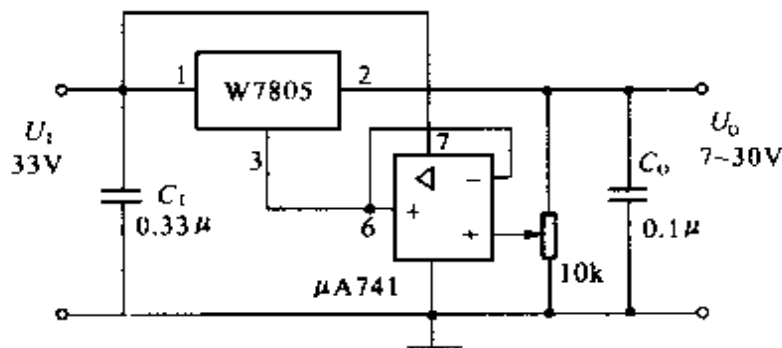


图 8-56 7~30V 可调输出电压电路

(3) 扩展输出电流

W78 $\times\times$ 最大输出电流为 1.5A，如需要的电流超过 1.5A 时，可外接功率管加以扩展，如图 8-57 所示，图中

$$R = \frac{U_{BE}}{I_R - \frac{1}{\beta} I_C}$$

I_R 为 W78 $\times\times$ 标称输出电流; I_C 为功率管集电极电流。

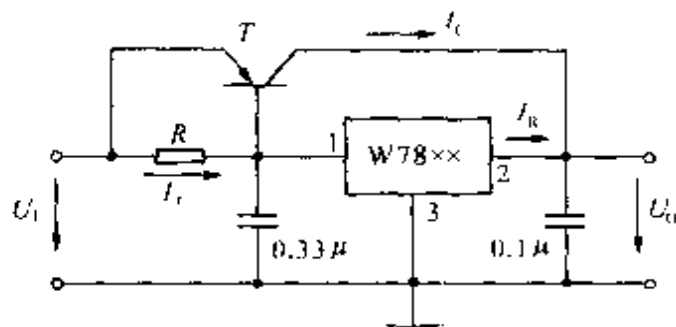


图 8-57 扩展输出电流电路

图 8-58 为具有对功率管 T_1 过流保护的电路。

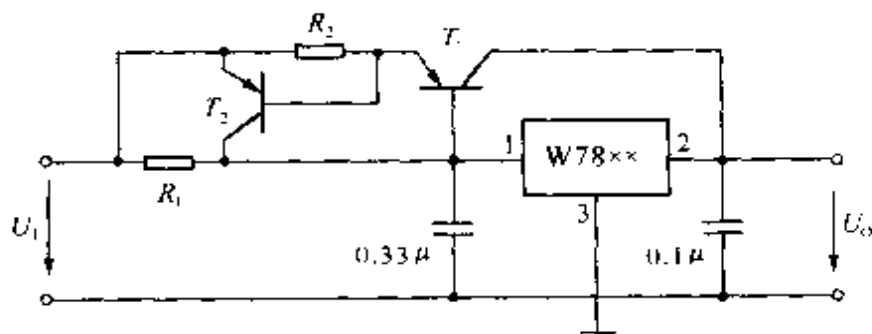


图 8-58 具有外接过流保护的电路

(4) 正、负电压输出电路

为用 W7800 与 W7900 组成的正、负输出电压电路。

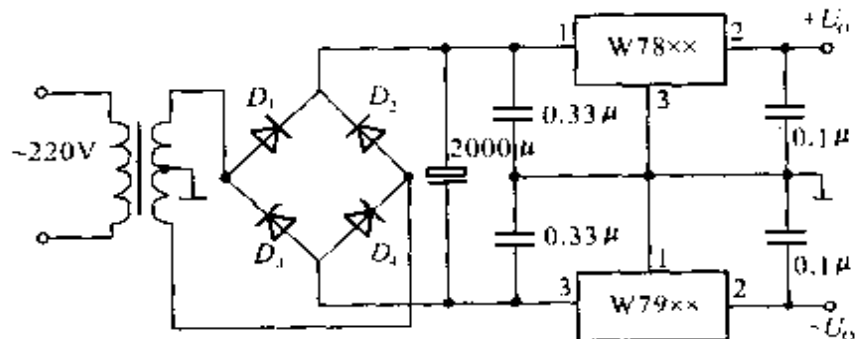


图 8-59 W7800、W7900 组成正、负输出电压电路

(5) 典型应用电路

图 8-60 及图 8-61 分别为 W317 及 W337 典型应用电路。

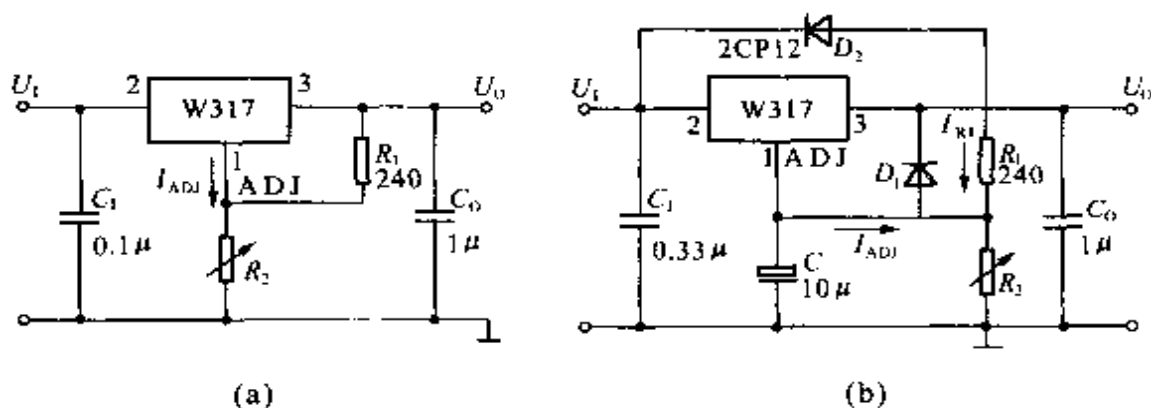


图 8-60 CW317 典型应用电路

图 8-60 及图 8-61 中的 D_1 是为了防止因输入短路, C 放电而损坏稳压器内部调整管 eb 结而接入的; D_2 是为了防止因输出短路, C 放电损坏稳压器放大管 eb 结而接入的。

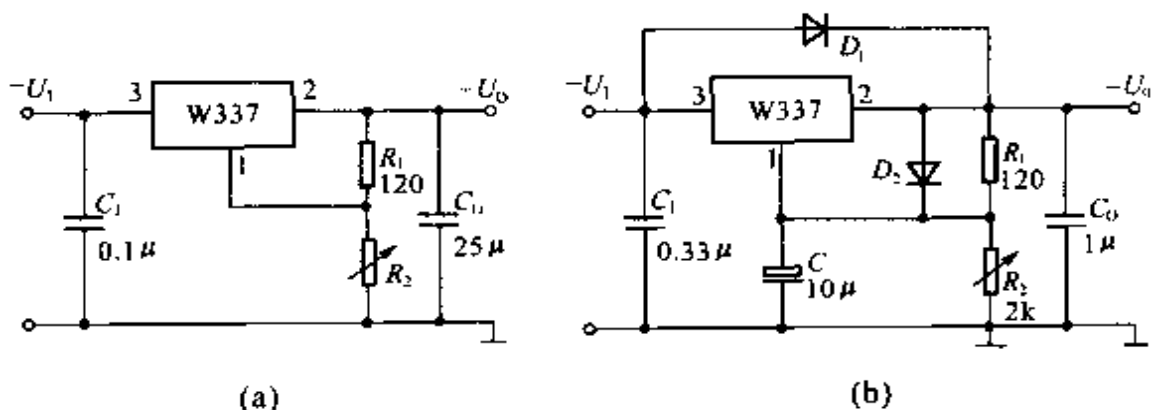


图 8-61 CW117/CW217/CW317、CW337 典型应用电路及管脚排列

五、霍尔集成电路

霍尔集成电路作为磁-电转换器件,用作直接变换时,可测量磁感应强度和电流强度,检测磁场和磁体的移动等;用作间接变换时,可以以磁为媒介,不用接触点,把位置、速度、旋转之类的非电量信息变为

电信号,所以霍尔电路的应用十分广泛,可以用在以磁为媒介的各种各样的传感器中,并可直接驱动 DTL、TTL、MOS 等集成电路。

1. 霍尔集成电路的性能特点

- ① 无触点,这是主要的优点。
- ② 长寿命,无磨损部分。寿命是半永久性的。
- ③ 高可靠,可与 TTL 等电路相媲美。
- ④ 无火花,不产生干扰噪声。
- ⑤ 无自激振荡,抗干扰能力强。
- ⑥ 工作频率范围宽(0~100kHz)。
- ⑦ 温度性能好。
- ⑧ 抗污染能力强,除了磁体外,任何物体的存在都不影响其正常工作。
- ⑨ 输出可直接驱动 TTL 和 MOS 电路,输出信号数字化,可以直接与计算机接口,实现了传感技术的数字化,是理想的数字传感器。
- ⑩ 构造简单,坚固、体积小、耐冲击。

2. 霍尔集成电路的型号与参数

表 8-94 列出了 SH 型霍尔开关集成电路的型号和参数。表 8-95 列出了霍尔电路的国内外型号对照表。

3. SH 型霍尔开关集成电路的应用

(1) 驱动发光二极管 将发光二极管作为负载,连接到开关的输出端上。电源电压为+12V。为了使通导电流保持在 50mA 这个最大值,必须将限流电阻 R 与发光二极管串接在一起,如图 8-62 所示。

如果发光二极管的压降为 1.4V,则 $R = (12V - 1.4V) / 0.05A = 212\Omega$ 。最接近的电阻标称值为 220 Ω 。

(2) 负载为 TTL 对于负载为 TTL7400 系列来说,其驱动能力是没问题的。当 UGN-3020T 导通时,将有 1.6mA 的最大电流。为了驱动 TTL7400 系列,UGN-3020T 将吸入这一电流,如图 8-63 所示。

表 8-94 SH 型霍尔开关集成电路型号和参数

型号	截止电源电流 I_{CCH} (mA)	导通电源电流 I_{CCL} (mA)	输出低电平 U_{OL} (V)	输出管击穿电压 $U_{(BR)CEO}$ (V)	高电平输出电流 I_{OH} (μ V)	导通磁感应强度 $B(H \rightarrow L)_{max}$ (G_S) $^{\text{①}}$	截止磁感应强度 $B(L \rightarrow H)_{min}$ (G_S) $^{\text{①}}$
SH112A						800	
SH112B				≥ 20		600	100
SH112C						400	
SH112D					≤ 10	200	50
SH113A	≤ 5	≤ 8	≤ 0.4			800	
SH113B				≥ 30		600	100
SH113C						400	
SH113D						200	50
测试条件	$U_{CC} = 5V$					$U_{CC} = 5V$	
	输出空载	$I_{OL} = 12mA$	$I_C = 200\mu A$		$U_o = 10V$	输出满负载	
	$B = 0$	$B = 2kG_s$					

注：工作环境： $T_s = -20 \sim +75^{\circ}C$ ；电源电压： $U_{CC} = 4 \sim 6V$ 。

$^{\text{①}}1G_s = 10^{-4}T$ 。

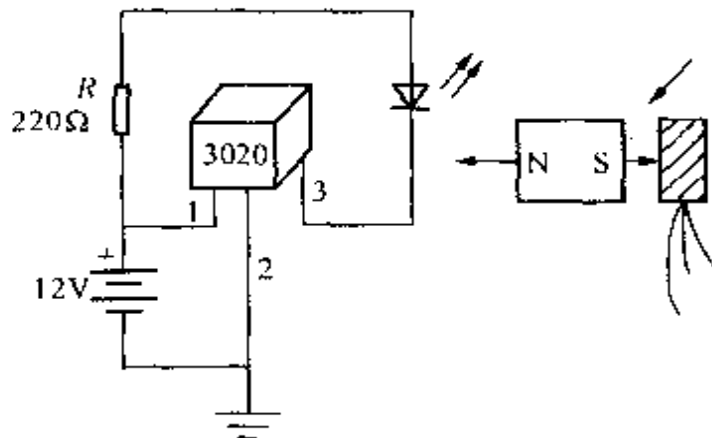


图 8-62 霍尔开关驱动发光二极管

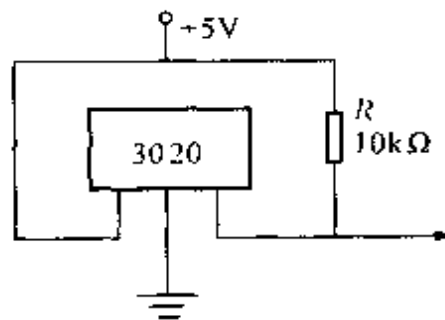


图 8-63 霍尔开关驱动 TTL

(3) 驱动 4A 大电流的直流负载 当 UGN-3030T 启动时，基极驱动电流便与晶体管 2N5812 脱离。这时，它的集电极电流便通过 56Ω 的电阻流入晶体管 2N3055 的基极。2N3055 导通，驱动 4A 的负载。2N3055 为大功率管，如图 8-64 所示。

表 8-95 霍尔电路国内外型号对照表

名称	型号	参考型号	国外对应型号	生产厂
霍尔开关电路	CS839	DN839	DN839	南京半导体厂
	CS837	DN837	DN837	
	CS6839		DN6839	
	CS6837		DN6837	

续 表

名 称	型 号	参 考 型 号	国 外 对 应 型 号	生 产 厂
霍尔线性电路	CS835 CS6835		DN835 DN6835	南京半导体厂
可变电源霍尔 开关电路		SL - N3019T/ 3020T	UGN3019T/ 3020T	上海半导体 十六厂
低功耗霍尔 开关电路	CSN3020/ CSS3020 CSN3030/ CSS3030		UGN3020/ UGS3020 UGN3030/ UGS3030	南京半导体厂
超灵敏霍尔 开关电路	CSN3040		UGN3040	南京半导体厂

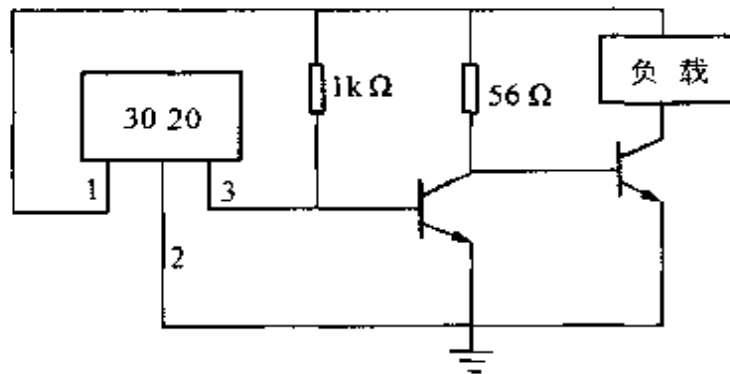


图 8 - 64 霍尔开关驱动 4A 直流负载

第五节 数字集成电路

一、TTL 集成电路

目前国产 TTL 电路共有五个系列：T1000(标准系列)、T2000(高速系列)、T3000(肖特基系列)、T4000(低功耗肖特基系列)和 T000 系列。这五个系列的主要区别仅在典型门的平均传输延迟

时间和平均功耗这两个参数有所不同,其他电参数和外引线排列则基本相同,用户可根据要求选择功能相同的系列电路互为代用,但要注意 t_{pd} 、 P 、 f_{max} 能否满足要求。

国产 TTL 电路系列分类及基本特点,见表 8-98。

1. 典型参数

国产 TTL 门电路和触发器的规范参数,见表 8-96 ~ 8-102。

为了保证电路工作可靠和延长电路使用期限,各系列电路应确保在表 8-97 所推荐的工作条件下工作,而且不允许超过表 8-96 所规定的电路极限参数值。

表 8-96 TTL 电路的极限参数

参数名称	符 号	最 大 极 限
存储温度	T_{ST}	$-65 \sim +150^{\circ}\text{C}$
结 温	T_j	$-55 \sim +125^{\circ}\text{C}$
输入电流	U_{IN}	多射极输入电压 $-0.5 \sim 5.5\text{V}$, T4000 的肖特基二极管输入电压 $-0.5\text{V} \sim +15\text{V}$
输入电流	I_i	$-3.0 \sim +5.0\text{mA}$
电源电压	U_{CC}	7V

表 8-97 各类 TTL 电路的推荐工作条件

参数名称	符号	I 类			II 类			III 类		
		最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值
电源电压	U_{CC}	4.5	5.0	5.5	4.75	5.0	5.25	4.75	5.0	5.25
环境温度	T_A	-55	25	125	-40	25	85	0	25	70

表 8-98 国产 TTL 电路系列分类及基本特点

系 列 参 数 特 点	T1000	T2000	T3000	T4000	T000	
					中速	高速
对应国外系列	SN54/74	SN54H/74H	SN54S/74S	SN54LS/74LS		
平均传输延迟 时间/每门 t_{pd} (ns)	10	6	3	9.5	15	8
平均功耗/每门 \bar{P} (mW)	10	22	19	2	20	35
最高工作频率 f_{max} (MHz)	35	50	125	45	20	40
输入电流 I_n/I_{IH} (mA/ μ A)	-1.6/40	-2/50	-2/50	-0.4/20	-1.6/50	-2/100
驱动负 载能力 输出电流 I_{OL}/I_{OH} (mA/ μ A)	16/-400	20/-500	20/-1000	8/-400	12.8/-400	16/-800
基本特点	输入二极 管钳位、图腾 柱输出	输入二极 管钳位, 达林 顿图腾柱 输出	肖特基结 构, 开关速 度快	低功耗肖 特基结构	与 T3000 线路类 似, 但没有肖特基结 构, 而是用普通晶 体管	

表 8-99 TTL 中速“与非”、“与或门”门电路常温参数规范参考表

$T_s = 25^\circ\text{C}$ $U_{CC} = 5\text{V}$ $N_s = 8$

参数名称及符号	截止电源电	通源电	输入短路电	输入漏流	输出短路电	输出漏流	输出高平电	输出低平电	平延时间
	I_{cch}	I_{ccl}	I_{sc}	I_{ic}	I_{os}	I_{oh}	U_{OH}	U_{OL}	t_{pd}
单位	mA	mA	mA	μA	mA	μA	V	V	ns
测试条件	$U_{in} = 0\text{V}$	输入端 悬空 输出端 空载	$U_{in} = 0\text{V}$	$U_{in} = 5\text{V}$	$U_{in} = 0\text{V}$ $U_{O1} = 0\text{V}$	$U_{in} = 0\text{V}$ $U_{O1} = 5\text{V}$	$U_{in} = 1.8\text{V}$ $I_{O1} = 0.16\text{mA}$	$U_{in} = 1.8\text{V}$ $I_{O1} = 12.8\text{mA}$	$f = 2\text{MHz}$ $N_0 = 8$ $C_L = 21\text{pF}$
单“与非”门	≤ 5	≤ 10	≤ 1.6	≤ 20	≤ 80	≤ 50	2.7~4.2	≤ 0.35	≤ 30
双“与非”门	≤ 10	≤ 20	≤ 1.6	≤ 20	≤ 80	≤ 50	2.7~4.2	≤ 0.35	≤ 30
“与或门”门	≤ 6	≤ 10	≤ 1.6	≤ 20	≤ 80	≤ 50	2.7~4.2	≤ 0.35	≤ 40

注： I_{O1} 作为参考参数。

表 8-100 TTL 中速 D 型触发器常温参数规范参考表

$T_s = 25^\circ\text{C}$ $V_{CC} = 5\text{V}$

参数名称及符号	输入短路电流 I_{sc} (R、S、D)	输入短路电流 I_{sc} (S _D 、CP)	输入短路电流 I_{sc} (RD)	输入漏电流 I_{lr} (R、S、D)	输入漏电流 I_{lr} (S _D 、CP)	输入漏电流 I_{lr} (R _D)	输出短路电流 I_{ox} $\bar{Q}(Q)$	输出漏电流 I_{OH} $\bar{Q}(Q)$	输出高电平 U_{OH} $\bar{Q}(Q)$	输出低电平 U_{OL} $\bar{Q}(Q)$	最高工作频率 f_m
单位	mA	mA	mA	μA	μA	μA	mA	μA	V	V	MHz
测试条件	$U_{in} = 0\text{V}$	$U_{in} = 0\text{V}$	$U_{in} = 0\text{V}$	$U_{in} = 5\text{V}$	$U_{in} = 5\text{V}$	$U_{in} = 5\text{V}$	$U_{RD}(S_D) = 0\text{V}$ $U_O = 0\text{V}$	$U_{RD}(S_D) = 0\text{V}$ $U_O = 5\text{V}$	$U_{RD}(S_D) = 0\text{V}$ $I_O = 160\mu\text{A}$	$U_{RD}(S_D) = 0\text{V}$ $I_O = 12\text{mA}$	$I_O = 12\text{mA}$ $C_L = 15\text{pF}$
单 D 触发器	≤ 1.5	≤ 3.0	≤ 4.5	≤ 20	≤ 40	≤ 60	≤ 60	≤ 100	3~4	≤ 0.35	≥ 5
双 D 触发器	≤ 20	≤ 3.0	≤ 4.5	≤ 20	≤ 40	≤ 60	≤ 60	≤ 100	3~4	≤ 0.35	≥ 5

注: I_{ox} 作为参考数。

表 8-101 TTL 中速 J-K 触发器常温参数规范参考表

$T_s = 25^\circ\text{C}$ $V_{CC} = 5\text{V}$

参数名称及符号	输入短路电流 I_{sc} (J、K)(S、R、CP)	输入漏电流 I_{le} (J、K)	输入漏电流 I_{ie} (R、S)	输入电流 I_{ie} (CP)	输出短路电流 I_{os} \bar{Q} (Q)	输出漏电流 I_{oh} \bar{Q} (Q)	输出电平 U_{oh} \bar{Q} (Q)	输出电平 U_{ol} \bar{Q} (Q)	最高工作频率 f_m
单位	mA	μA	mA	mA	μA	μA	V	V	MHz
测试条件	$U_{in} = 0\text{V}$	$U_{in} = 0\text{V}$ 其他输入端接地	$U_{in} = 5\text{V}$ 其他输入端接地	$U_{in} = 5\text{V}$ 其他输入端接地	$U_{R(s)} = 0\text{V}$ $U_o = 0\text{V}$	$U_{R(s)} = 0\text{V}$ $U_o = 5\text{V}$	$U_{R(s)} = 0\text{V}$	$U_{R(s)} = 0\text{V}$ $I_o = 12\text{mA}$	$I_o = 12\text{mA}$ $C_L = 15\text{pF}$
单 J-K 触发器	≤ 1.5	≤ 20	≤ 60	≤ 80	≤ 60	≤ 100	3~4	≤ 0.35	≥ 5
双 J-K 触发器	≤ 1.5	≤ 20	≤ 60	≤ 80	≤ 60	≤ 100	3~4	≤ 0.35	≥ 10

注： I_{os} 作为参考数。

表 8-102 HTTL 电路常温参数规范参考表

电源电压 (V)	输入电流		输出电压		信号线阻值		传输延长时间	
	I_{IH} (μA)	I_{IL} (mA)	U_{OH} (V)	U_{OL} (V)	"0" (Ω)	"1" (Ω)	t_{pLH} (ns)	t_{pHL} (ns)
+15	6	1.4~1.6	≥ 11.5	≤ 1.5	140	1.6k	220~260	110

注：HTL J-K 触发器的 $t_{pLH} < 390(\text{ns})$ ， t_{pHL} 为 180~400(ns)。

2. TTL 集成电路型号命名规则

(1) 我国 TTL 电路型号命名规则

① T0000 系列 T0000 系列集成电路型号命名方法符合国标 GB3430—82, 型号中各部分的意义见表 8-81。第零部分“C”表示中国制造, 在国内常被省略。我国 TTL 电路 T0000 系列与国际系列对应情况见表 8-98。

② T0000 系列 T000 系列型号的组成及含义说明如下。

例 $\frac{T}{[1]}$ $\frac{063}{[2]}$ $\frac{A}{[3]}$ $\frac{B}{[4]}$

说明:

[1] 表示 TTL 集成电路

[2] 表示系列品种代号

[3] 表示参数分挡

A: 低挡

B: 高挡

[4] 表示封装形式

A: 陶瓷扁平

B: 塑料扁平

C: 陶瓷双列直插

D: 塑料双列直插

(2) 国外主要公司 TTL 集成电路型号命名规则

① (美国) 国家半导体公司 (NATIONAL SEMICONDUCTOR)

例 $\frac{DM}{[1]}$ $\frac{74}{[2]}$ $\frac{LS}{[3]}$ $\frac{161}{[4]}$ $\frac{N}{[5]}$

说明:

[1] 表示国家半导体公司单片数字电路

[2] 表示工作温度范围

74, 80, 81, 82, 85, 87, 88: $0 \sim +70^{\circ}\text{C}$;
54, 70, 71, 72, 75, 77, 78, 93, 96: $-55 \sim +125^{\circ}\text{C}$;
83, 86, 9: $0 \sim +75^{\circ}\text{C}$ 。

[3] 表示系列

(空白):标准系列

H:高速系列

L:低功耗系列

LS:低功耗肖特基系列

S:肖特基系列

[4] 表示品种代号

[5] 表示封装形式

D:玻璃-金属双列直插

F:玻璃-金属扁平

J:低温陶瓷双列直插

N:塑料双列直插

W:低温陶瓷扁平

② (美国)德克萨斯公司(TEXAS)

例 $\frac{\text{SN}}{[1]} \quad \frac{74}{[2]} \quad \frac{\text{LS}}{[3]} \quad \frac{195}{[4]} \quad \frac{\text{J}}{[5]}$

说明:

[1] 表示德克萨斯公司标准电路

[2] 表示工作温度范围

54: $-55 \sim +125^{\circ}\text{C}$

74: $0 \sim +70^{\circ}\text{C}$

[3] 表示系列

ALS:先进的低功耗肖特基系列

AS:先进的肖特基系列

(空白):标准系列

- H: 高速系列
- LS: 低功耗肖特基系列
- L: 低功耗系列
- S: 肖特基系列
- [4] 表示品种代号
- [5] 表示封装形式
- J: 陶瓷双列直插
- T: 金属扁平
- N: 磁料双列直插
- W: 陶瓷扁平

③ (美国)摩托罗拉公司(MOTOROLA)

例 $\frac{MC}{[1]}$ $\frac{74}{[2]}$ $\frac{196}{[3]}$ $\frac{P}{[4]}$

说明:

- [1] 表示摩托罗拉公司封装的集成电路
- [2] 表示工作温度范围
4, 20, 30, 40, 72, 74, 83: 0~+75℃;
5, 21, 31, 43, 82, 54, 93: -55~+125℃。
- [3] 表示品种代号
- [4] 表示封装形式
F: 陶瓷扁平
L: 陶瓷双列直插
P: 塑料双列直插

④ (日本)日立公司(HITACH)

例 $\frac{HD}{[1]}$ $\frac{74}{[2]}$ $\frac{LS}{[3]}$ $\frac{191}{[4]}$ $\frac{P}{[5]}$

说明:

- [1] 表示日立公司数字集成电路

- [2] 表示工作温度范围
74: $-20\sim+75^{\circ}\text{C}$
- [3] 表示系列
(空白): 标准系列
LS: 低功耗肖特基系列
S: 肖特基系列
- [4] 表示品种代号
- [5] 表示封装形式
(空白): 玻璃—陶瓷双列直插
P: 塑料双列直插

3. 常用 TTL 集成电路型号和外引线功能端排列图

常用 TTL 集成电路型号见表 8-103, 外引线功能端排列图见图 8-65。

4. TTL 集成电路一般使用规则

(1) 各类集成电路应在推荐的工作条件下工作, 不允许超过规定的电路极限参数值, 参见表 8-96。

(2) 电路的各输入端不能直接与高于 $+5.5\text{V}$ 和低于 -0.5V 的低内阻电源连接。

(3) 不允许将电路输出端与低内阻电源直接相连; 使用集电极开路输出电路时, 必须通过合适的外接电阻。

(4) 具有图腾柱或达林顿输出结构的电路, 不允许并联使用, 只有三态或集电极开路输出结构的电路才可以并联使用。

(5) 集电极开路输出的门电路中, 输出管的击穿电压一般在 10V 以上, 只要在输出管的允许的驱动能力和击穿电压范围内, 就可任意选用工作电压值, 用作电平转换接口或驱动指示灯等。

(6) 门电路和触发器不使用输入端应作如下处理:

① TTL、HTL 电路的输入端悬空时具有高电平的逻辑功能。与门电路的不使用输入端可以悬空, 但决不允许带开路长线,

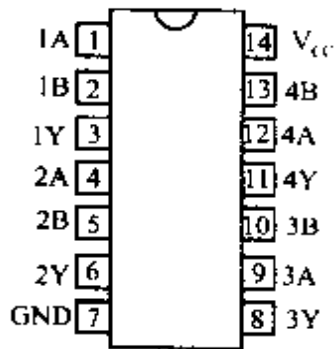
以免产生“低频效应”，造成工作失常。最好是将与门电路不使用输入端直接连到电源 U_{CC} 上；也可通过一个不小于 $1k\Omega$ 的电阻连到 U_{CC} 上，还可并联到已使用的输入端上。

② 或门电路的不使用输入端应直接接地；也可并联到该电路中已使用的输入端上。

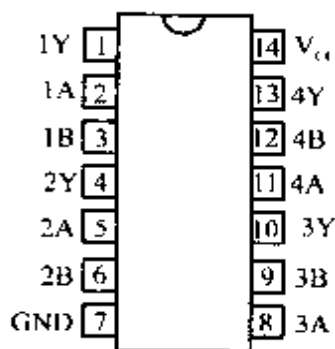
③ 触发器不使用的输入端不能悬空。不使用的置位、复位端，可直接连到电源 U_{CC} 上；也可通过一个不小于 $1k\Omega$ 的电阻连到 U_{CC} 上。

表 8-103 74 系列 TTL 功能、型号对照表(外引线图 8-65)

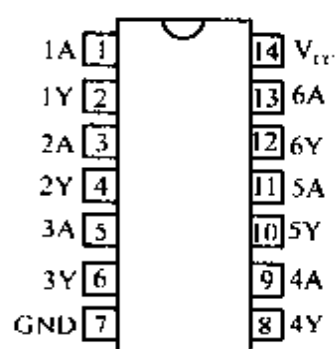
名 称	型 号	参考型号	外引线 图号	备 注
四 2 输入与非门	74LS00	T4000	①	$Y = \overline{A \cdot B}$
四 2 输入与非门(O、C)	74H01	T2001	①	$Y = \overline{A \cdot B}$
四 2 输入或非门	74LS02	T4002	②	$Y = \overline{A + B}$
四 2 输入与非门(O、C)	74LS03	T4003	①	$Y = \overline{AB}$
六反相器	74LS04	T4004	③	$Y = \overline{A}$
六反相器(O、C)	74LS05	T4005	③	$Y = \overline{A}$
六高压输出反相缓冲器/驱动器(O、C)	7406	T1006	③	
六高压输出缓冲器/驱动器(O、C)	7407	T1007	③	$Y = A$
四 2 输入与门	74LS08	T4008	①	
四 2 输入与门(O、C)	74LS09	T4009	①	
三 3 输入与非门	74LS10	T4010	④	$Y = \overline{A \cdot B \cdot C}$
三 3 输入与门	74LS11	T4011	④	$Y = A \cdot B \cdot C$
三 3 输入与非门(O、C)	74LS12	T4012	④	
双 4 输入与非门(有斯密特触发器)	74LS13	T4013	⑤	
六反相器(有斯密特触发器)	74LS14	T4014	③	
三 3 输入与门(O、C)	74LS15	T4015	④	



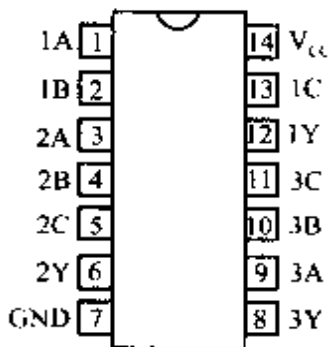
① $Y = \overline{A \cdot B}$
或 $Y = A + B$



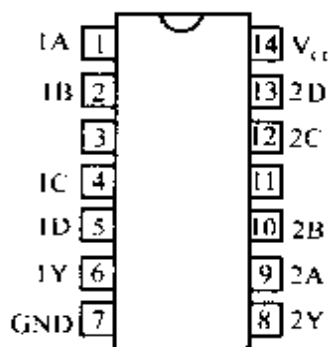
② $Y = \overline{A + B}$



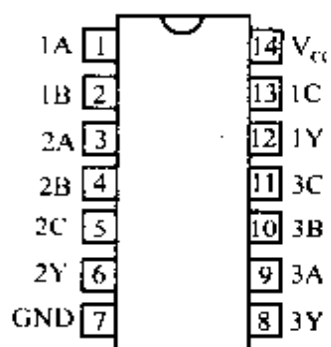
③ $Y = \overline{A}$
或 $Y = A$



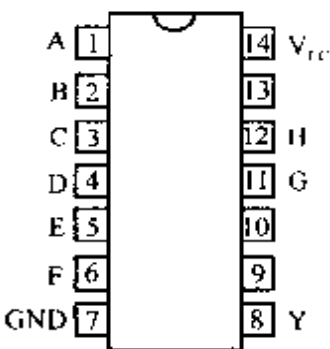
④ $Y = \overline{A \cdot B \cdot C}$
或 $Y = A + B + C$



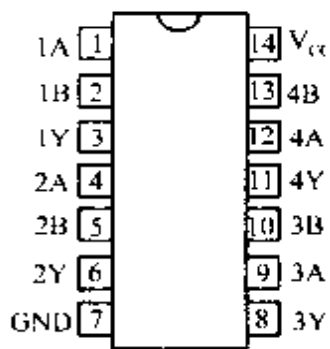
⑤ $Y = \overline{\overline{A} \cdot \overline{B} \cdot \overline{C} \cdot \overline{D}}$
或 $Y = \overline{A \cdot B \cdot C \cdot D}$



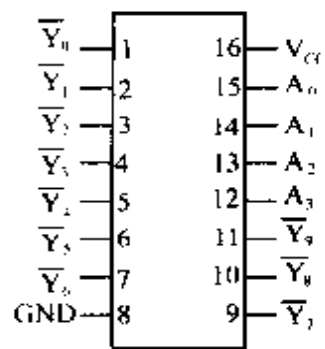
⑥ $Y = \overline{A + B + C}$



⑦ $Y = \overline{A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E \cdot F \cdot G \cdot H}$



⑧ $Y = A + B$



⑨ $A_0 \sim A_3$ 译码地址输入端
 $\overline{Y_0} \sim \overline{Y_9}$ 十进制输出端

图 8-65 常用集成门电路外引线图

续 表(外引线图 8-66)

名 称	型 号	参考型号	外引线 图号	备 注
六反相缓冲器/驱动器(O、C15V)	7416	T1016	③	
六正相缓冲器/驱动器(O、C15V)	7417	T1017	③	
双 4 输入与非门	74LS20	T4020	⑤	
双 4 输入与门	74LS21	T4021	⑤	
双 4 输入与非门(O、C)	74LS22	T4022	⑤	
四 2 输入与非门(O、C)	74LS26	T4026	①	
三 3 输入或非门	74LS27	T4027	⑥	
四 2 输入或非缓冲器	74LS28	T4028	②	
8 输入与非门	74LS30	T4030	⑦	
四 2 输入或门	74LS32	T4032	⑧	
四 2 输入或非缓冲器(O、C)	74LS33	T4033	②	
四 2 输入与非缓冲器	74LS37	T4037	①	
四 2 输入与非缓冲器(O、C)	74LS38	T4038	①	
双 4 输入与非缓冲器	74LS40	T4040	⑤	
ECD 码十进制译码器	74LS42	T4042	⑨	
BCD-七段译码器/驱动器 (有上拉电阻)	74LS47 74LS48	T4048	① ②	A: 输入 \bar{Y} : 输出 $\overline{BI}/\overline{RBO}$ 灭灯输入 /动态灭零输出 \overline{LT} 灯测试输入端
BCD-七段译码器/驱动器 (OC 输出)	74LS49	T4049	②	\overline{RBI} 动态灭零输入
双上升沿 D 触发器	74LS74	T4074	③	有预置、清零端
四 2 输入异或门	74LS86	T4086	④	
二-五-十进制计数器	74LS90	T4090	⑤	有置 0、置 9 端
4 位移位寄存器	74LS95	T4095	⑥	并行存取
双下降沿 J-K 触发器(有 清除端)	74LS107		⑦	
双上升沿 J-K 触发器(有 预置、清除端)	74LS109	T4109	⑧	

续 表(外引线图 8-66)

名 称	型 号	参考型号	外引线 图号	备 注
双下降沿 J-K 触发器(有 预置、清除端)	74LS112	T4112	⑨	
双下降沿 J-K 触发器(有 预置、公共清除、公共时 钟端)	74LS114	T4114	⑩	
可重触发单稳态触发器(有 清除端)	74LS122	T4122	⑪	R_{ext} 、 C_{ext} 外接 电阻、电容端
双重触发单稳态触发器(有 清除端)	74LS123	T4123	⑫	TR ₊ 上升沿触发 TR ₋ 下降沿触发
四总线缓冲器(3S)	74LS125	T4125	⑬	
四总线缓冲器(3S, EN 高电 平有效)	74LS126	T4126	⑬	EN: 三态允许端
四 2 输入与非门(有施密特 触发器)	74LS132	T4132	⑭	ST: 选通端
3 线- 8 线译码器	74LS138	T4138	⑮	$A_0 \sim A_2$: 译码地 址输入端
双 2 线- 4 线译码器	74LS139	T4139	⑯	
4 线- 10 线译码器/驱动器 (BCD 输入, OC)	74LS145	T4145	⑰	
10 线- 4 线优先编码器 (BCD 码输出)	74LS147	T4147	⑱	$\overline{IN}_1 \sim \overline{IN}_9$ 编码 输入端
8 线- 3 线优先编码器	74LS148	T4148	⑲	\overline{Y}_{EX} 扩展端, Y_n 选通输出端
8 选 1 数据选择器	74LS151	T4151	⑳	
双 4 选 1 数据选择器(有选 通输入端)	74LS153	T4153	㉑	\overline{W} 反码数据输出端
双 2 线- 4 线译码器(有公共 地址输入端)	74LS155	T4155	㉒	
四 2 选 1 数据选择器(有公 共选通输入端)	74LS157	T4157	㉓	

续 表(外引线图 8 - 66)

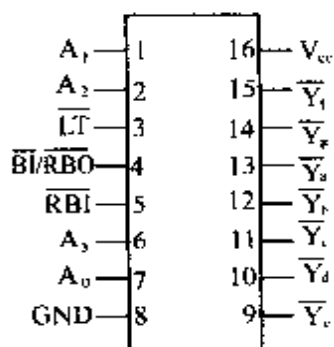
名 称	型 号	参考型号	外引线 图号	备 注
十进制同步计数器(异步清除)	74LS160	T4160	⑳	\overline{CR} 异步清零输入 \overline{LD} 同步并行置入控制端
4位二进制同步计数器(异步清除)	74LS161	T4161	㉑	CT_P 、 CT_T 计数控制端
十进制同步计数器(同步清除)	74LS162	T4162	㉒	CO 进位输出端
4位二进制同步计数器(同步清除)	74LS163	T4163	㉓	
十进制同步加/减计数器	74LS168	T4168	㉔	U/\overline{D} 加减计数方式控制端
4位二进制同步加/减计数器	74LS169	T4169	㉕	
4×4 寄存器阵(OC)	74LS170	T4170	㉖	A_{R0} 、 A_{R1} 读地址输入端, A_{W0} 、 A_{W1} 写地址输入端
4位D型寄存器(3S)	74LS173	T4173	㉗	\overline{EN}_R 、 \overline{EN}_W 读、写允许端
六上升沿触发D触发器	74LS174	T4174	㉘	
四上升沿触发D触发器	74LS175	T4175	㉙	
十进制同步加/减计数器	74LS190	T4190	㉚	CO/BO 进位/借位输出端, \overline{CT} 计数控制端
4位二进制同步加/减计数器	74LS191	T4191	㉛	\overline{LD} 异步并行置入控制端, \overline{RC} 行波时钟输出端
十进制同步加/减计数器(双时钟)	74LS192	T4192	㉜	$\overline{U}/\overline{D}$ 加/减计数方式控制端
4位双向移位寄存器(并行存取)	74LS194	T4194	㉝	CT_D 减计数时钟输入端(上升沿有效)

续 表(外引线图 8-66)

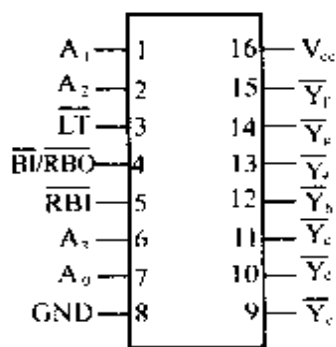
名 称	型 号	参考型号	外引线 图号	备 注
二-五-十进制计数器(可预置)	74LS196	T4196	⑳	CT_U 加减数时钟输入端(上升沿有效)
二-八-十六进制计数器(可预置)	74LS197	T4197	㉑	D_{SL} 左移串行数据输入端
双单稳态触发器(有施密特触发器)	74LS221	T4221	㉒	D_{SR} 右移串行数据输入端
八反相缓冲器/线驱动器/线接收器(3S,两组控制)	74LS240	T4240	㉓	M_0, M_1 工作方式控制端
八缓冲器/线驱动器/线接收器(3S,两组控制)	74LS244	T4244	㉔	CR 异步清除端
八双向总线发送器/接收器(3S)	74LS245	T4245	㉕	
4线-七段译码器/驱动器(BCD输入,0, C, 15V)	74LS247	T4247	①	
4线-七段译码器/驱动器(BCD输入,有上拉电阻)	74LS248	T4248	②	
双4选1数据选择器(3S)	74LS253	T4253	③	
四2选1数据选择器(3S)	74LS257	T4257	④	

续 表(外引线图 8-66)

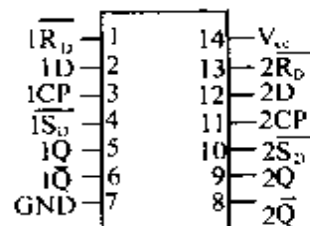
名 称	型 号	参考型号	外引线 图号	备 注
二-五-十进制计数器	74LS290	T4290	⑳	\overline{CP}_0 = 内容时钟 输入端, \overline{CP}_1 五(或 八)分频时钟输 入端
二-八-十六进制计数器	74LS293	T4293	㉑	\overline{EN}_A 、 \overline{EN}_B 三态允 许端
4 位 2 选 1 数据选择器(寄 存器输出)	74LS298	T4298	㉒	1A~8A A 总线 端, 1B~8B B 总 线端
8 线-3 线优先编码器	74LS348	T4348	㉓	M 方向控制端, M =1, A→B; M=0, B→A
双 4 选 1 数据选择器(有选 通输入端,反码输出)	74LS352	T4352	㉔	R_{0A} 、 R_{0B} , 异步复 位端, S_{0A} 、 S_{0B} 异步 置 9 端
双 4 选 1 数据选择器(3S, 反码输出)	74LS353	T4353	㉕	Λ_0 、 A_1 选择输入 端, 1 \overline{ST} 、2 \overline{ST} 选 通输入端
六总线驱动器(3S,反码 输出)	74LS365	T4365	㉖	$\overline{IN}_0 \sim \overline{IN}_7$ 编码输入 端, \overline{Y}_{EX} 扩展输出
六总线驱动器(3S,两组 控制)	74LS367	T4367		Y_S 输出选通端, 1 \overline{W} 、2 \overline{W} 反码数据 输出端
八 D 锁存器(3S,锁存允许 输入有回环特性)	74LS373	T4373	㉗	LE 锁存允许端 D_0 ~ D_3 并行数据输 入端
八上升沿 D 触发器(3S,时 钟输入有回环特性)	74LS374	T4374	㉘	D_0 串行数据输入 端, Q_{CA} 级联输出 端
八上升沿 D 触发器(Q 端 输出)	74LS377	T4377	㉙	
双 4 位二进制计数器(异步 清除)	74LS393	T4393	㉚	
4 位可级联移位寄存器(3S, 并行存取)	74LS395	T4395	㉛	$\overline{SH}/\overline{LD}$ 移位控制/ 置入控制端



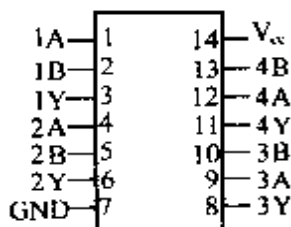
① 74LS47
74LS247



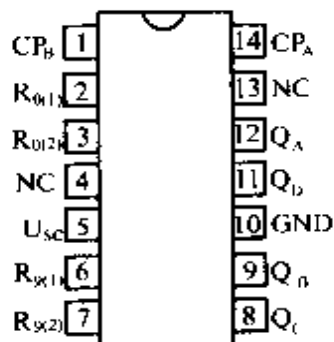
② 74LS48、49
74LS248



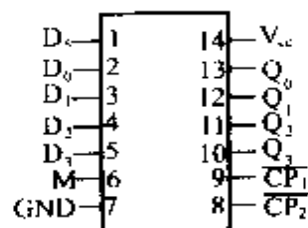
③ 74LS74



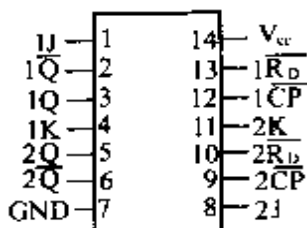
④ 74LS86



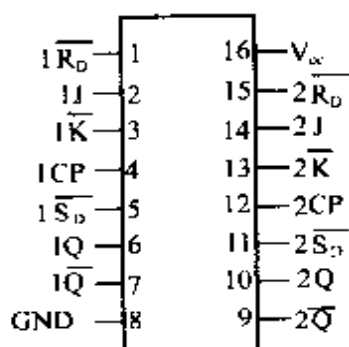
⑤ 74LS90



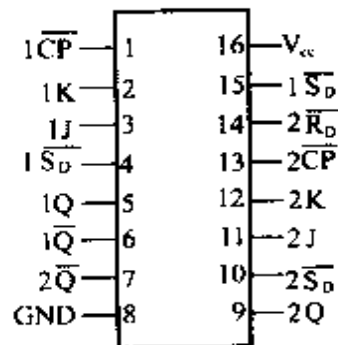
⑥ 74LS95



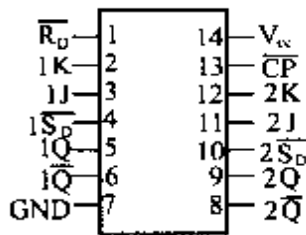
⑦ 74LS107



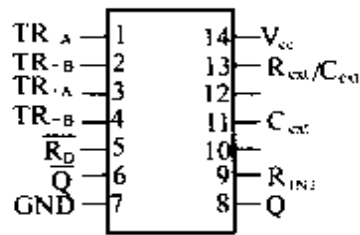
⑧ 74LS109



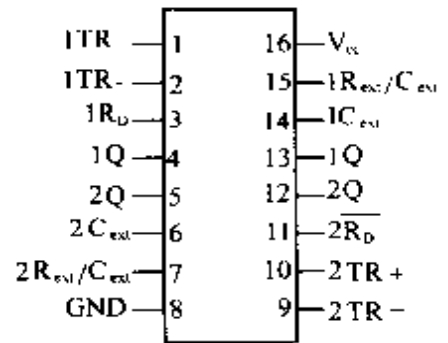
⑨ 74LS112



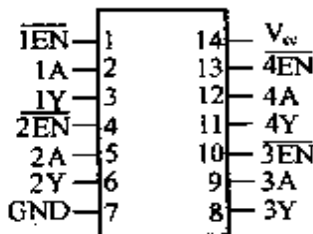
⑩ 74LS114



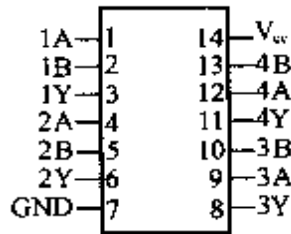
⑪ 74LS122



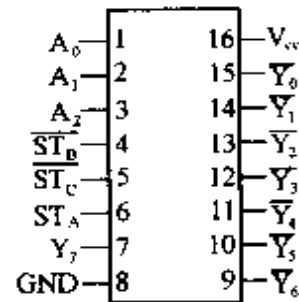
⑫ 74LS123 74LS221



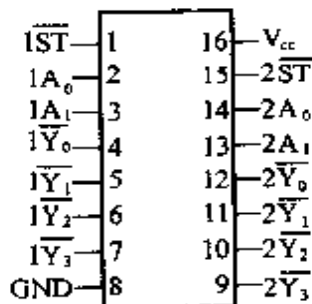
⑬ 74LS125
74LS126(EN
代替图中 \overline{EN})



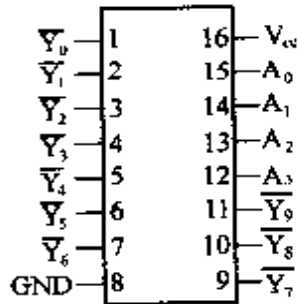
⑭ 74LS132



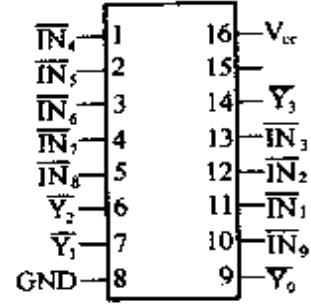
⑮ 74LS138



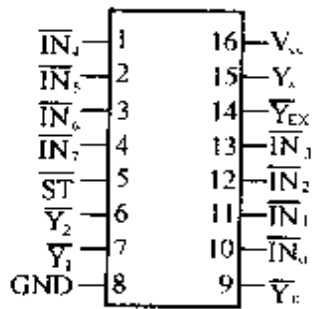
⑯ 74LS139



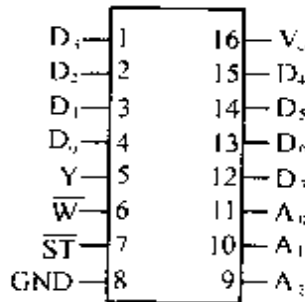
⑰ 74LS145



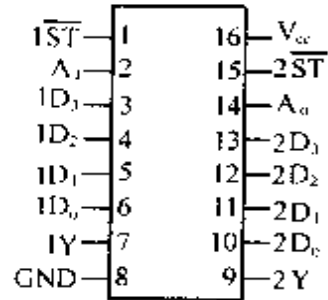
⑱ 74LS147



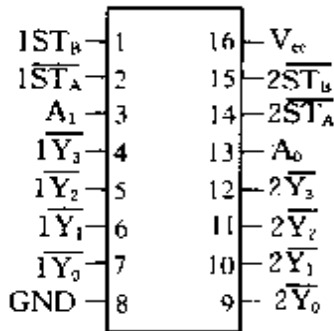
⑲ 74LS148
74LS348 (以
 \overline{EN} 代替图中
 \overline{ST})



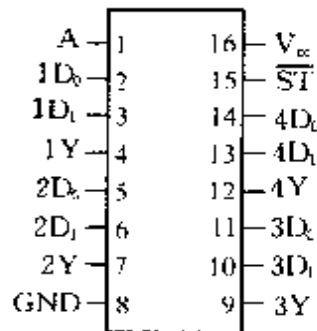
⑳ 74LS151



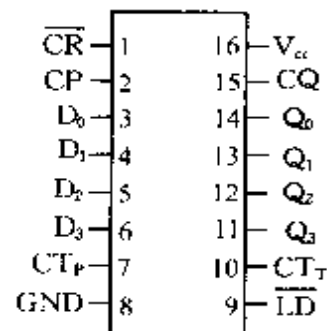
㉑ 74LS153、352
74LS253、353 (以
 \overline{EN} 代替 \overline{ST})



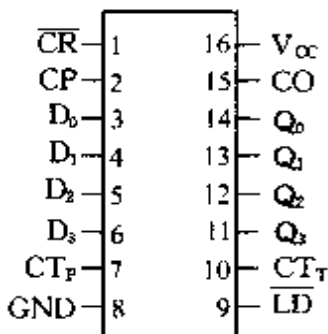
㉒ 74LS155



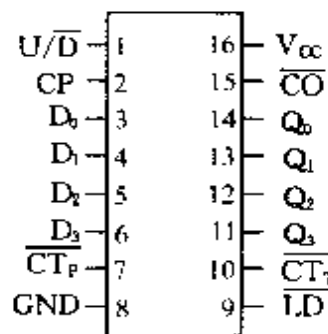
㉓ 74LS157
74LS257 (\overline{EN}
代替 \overline{ST})



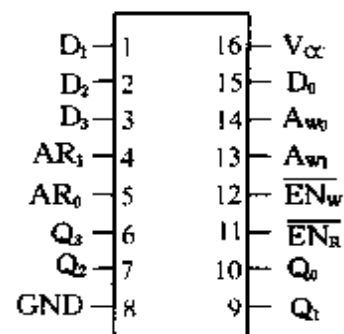
㉔ 74LS160



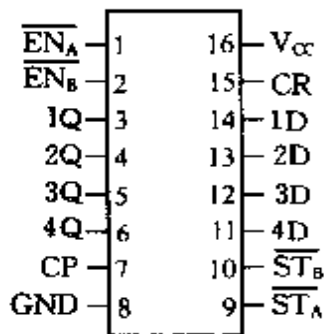
㉕ 74LS161、
162、163



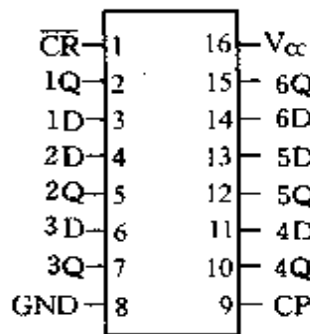
㉖ 74LS168、169



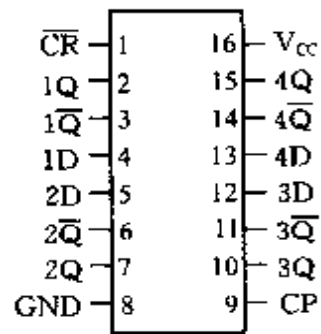
㉗ 74LS170



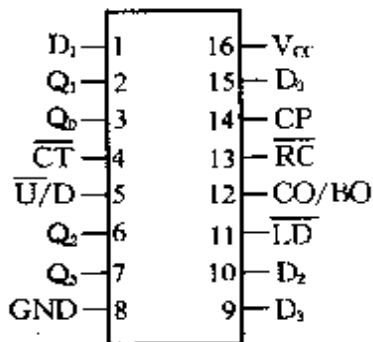
⑳ 74LS173



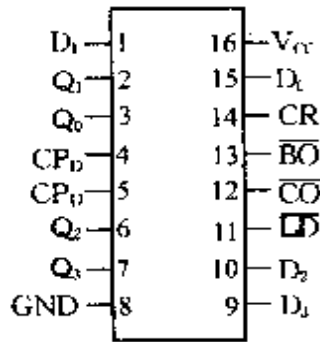
㉑ 74LS174



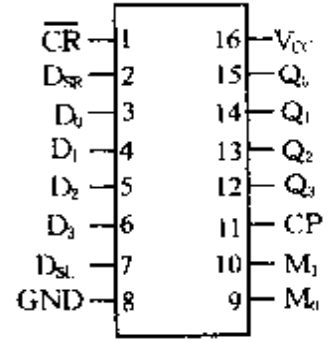
㉒ 74LS175



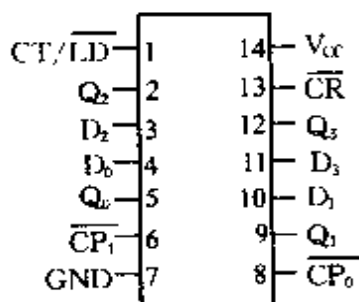
㉓ 74LS190
74LS191



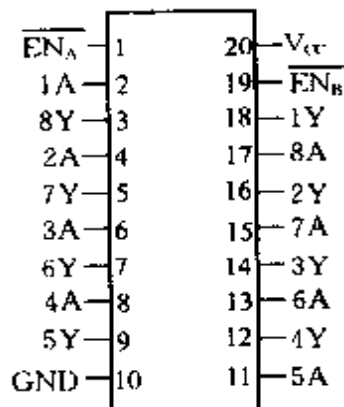
㉔ 74LS192
74LS193



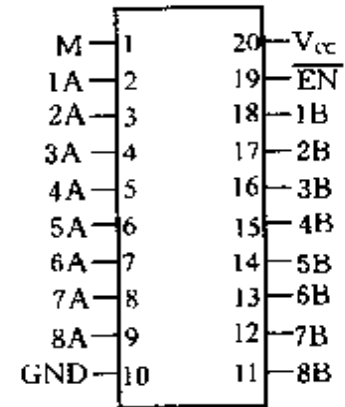
㉕ 74LS194



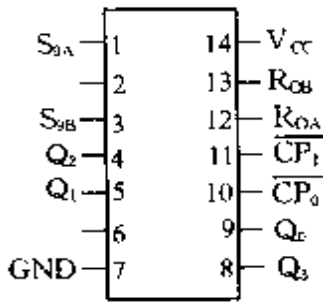
㉖ 74LS196、
197



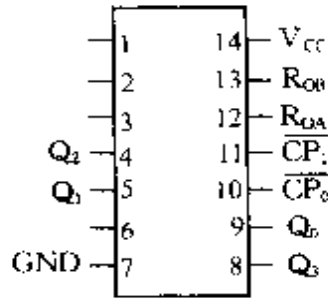
㉗ 74LS240
74LS244



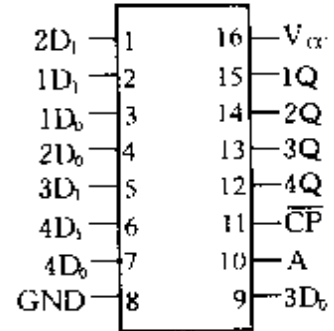
㉘ 74LS245



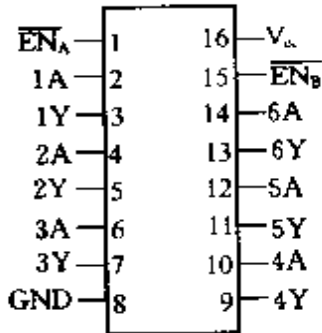
③⑦ 74LS290



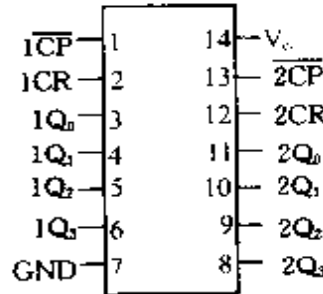
③⑧ 74LS293



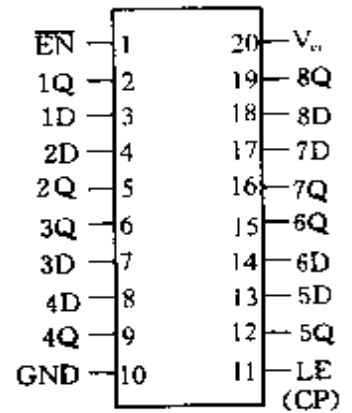
③⑨ 74LS298



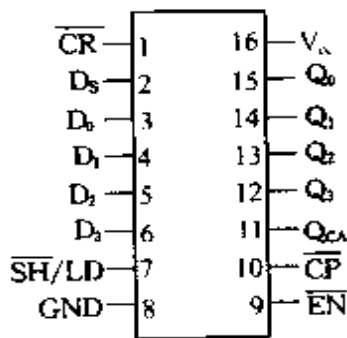
④⑩ 74LS365
74LS366



④① 74LS393



④② 74LS373
74LS374
74LS377
74LS273



④③ 74LS395

图 8-66 常用 TTL 集成电路外引线图

二、CMOS 集成电路

1. CMOS 集成电路简介

CMOS 电路是互补对称金属氧化物半导体集成电路的简称,与双极型集成电路相比,具有以下特点。

① 功耗低,电路静态功耗在微瓦数量级,只是双极型集成电路的 $1/10\sim 1/100$ 。

② 工作电源电压范围宽,可在 $3\sim 15\text{V}$ 内工作,因此选择电源电压灵活方便,并易于和 TTL、HTL 电路连接。

③ 抗干扰能力强,能力大于 $1.5\sim 6\text{V}$ (TTL 仅为 $0.8\sim 1\text{V}$),约为电源电压的 45% 。

④ 输入阻抗高,扇出能力大。CMOS 电路输入阻抗大于 $10^8\Omega$,输入电流消耗几乎为零,通常一个输出端可带动 50 个输入端,因此扇出能力是 TTL 电路的 $4\sim 5$ 倍。

另外 CMOS 电路还具有制造工艺简单、集成度高、工作温度范围大等一系列优点,因此被广泛应用于微型计算机、自动化仪器仪表及其他自动化控制设备中。

2. CMOS 集成电路典型参数

CMOS 门电路、触发器静态典型参数,见表 8-104。

3. 我国和国外各主要公司 CMOS 电路型号命名说明

(1) 国产 CMOS 电路型号命名规则

国产 CMOS 电路产品分为两大系列:

① 工作电压为 $3\sim 18\text{V}$ 的 CC4000 系列,型号命名符合国标 GB3430-82 规定,该系列外引线端功能排列顺序与国际相应序号的品种一致。

② 工作电压为 $7\sim 15\text{V}$ 的 C000 系列,型号命名按原电子工业部颁标准 SJ611-72 的规定,其引出端功能排列符合 SJ1527-79 标准的规定。但 C000 系列产品现在已不多用,不再介绍。

表 8-104 CMOS 门电路、触发器静态典型参数($T_a=25^\circ\text{C}$)

名称	符号	测试条件			参数		单位	备注
		U_a (V)	U_i (V)	U_{DD} (V)	最小值	最大值		
静态电流	I_{DD}		0/5	5		0.25	μA	门电路
			0/10	10		0.50		
			0/15	15		1.00		
输入低电 平电流	I_{OL}	0.4	0/5	5	0.51		mA	门电路 和触发器
		0.5	0/10	10	1.3			
		1.5	0/15	15	3.1			
输出高电 平电流	I_{OH}	4.6	0/5	5	-0.51		mA	
		9.5	0/10	10	-1.3			
		13.5	0/15	15	-3.1			
输入电流	I_i		0/18	18		± 0.1	μA	
输出低电 平电压	U_{OL}		0/5	5		0.05	V	门电路 和触发器
			0/10	10		0.05		
			0/15	15		0.05		
输出高电 平电压	U_{OH}		0/5	5	4.95		V	
			0/10	10	9.95			
			0/15	15	14.95			
输入低 电平电压	U_{IL}	0.15/4.5		5		1.5(1.0)	V	门电路 和触发器 括号中参 数为反相 器的
		1/9		10		3(2.0)		
		1.5/13.5		15		4(2.5)		
输入高 电平电压	U_{IH}	0.5/4.5		5	3.5(1)		V	
		1/9		10	7(8)			
		1.5/13.5		15	11(12.5)			
静态电流	I_{DD}		0/5	5		1(5)	μA	触发器,括 号中参数 为 CC4508
			0/10	10		2(10)		
			0/15	15		4(20)		
正向触 发电压	U_{T+}			5	2.2	3.6	V	
				10	4.6	7.1		
				15	6.8	10.8		
负向触 发电压	U_T			5	0.9	2.8	V	触发器, 仅对 CC
				10	2.5	5.2		
				15	4	7.5		
滞后电压	ΔU_T			5	0.3	1.6	V	4093、CC 40106
				10	1.2	3.4		
				15	1.6	5		

(2) 国际各主要公司 CMOS 电路型号说明

国际各主要公司 CMOS 电路产品型号中的品种代号与我国 C4000 系列产品型号的代号大致相同,只是各公司产品型号的前缀有所不同。国际 CMOS 电路主要生产公司和产品型号前缀,见表 8-105。凡是品种代号后四位数字相同的产品,其逻辑功能和外引线功能端的排列就完全一致,可以直接互换。

例 国产型号 RCA MOTA
 CC4002 CD4002 MC14002

品种代号的后四位数字 4002 相同,表示双 4 输入或非门,这三种型号的 CMOS 电路可以直接互换。

4. 常用 CMOS 集成电路型号、逻辑功能及外引线功能端排列

常用 CMOS 集成电路型号、逻辑功能及外引线功能端排列,见表 8-106~表 8-110 和图 8-67。

表 8-105 国际 CMOS 电路主要生产公司和产品型号前缀

国 别	公司名称	简 称	型号前缀
美 国	美国无线电公司	RCA	CD...
	摩托罗拉半导体公司	MOTA	MC...
	国家半导体公司	NSC	CD...
	仙童公司	FSC	F...
	德克萨斯仪器公司	TI	TP...
	固态科学公司	SSS	SCL...
	特里达因公司		MM...
	哈里斯公司		HD...
日 本	东芝公司	TOSJ	TC...
	冲电气工业股份公司	OKI	MSM...
	日本电气公司	NEC	μ PD...
	日立公司		HD...
	富士通公司		MB...
荷 兰	飞利浦公司		HFE...
加拿大	密特尔公司		MD...

表 8-106 常用 CMOS 门电路、触发器的型号、
逻辑功能及外引线功能端排列

类别	器件名称	型号	外引线功能端排列图
或非门	四 2 输入或非门	CC4001	见图 8-67
	双 4 输入或非门	CC4002	
	三 3 输入或非门	CC4025	
	8 输入或非/或门	CC4078	
与非门	四 2 输入与非门	CC4011	
	双 4 输入与非门	CC4012	
	三 3 输入与非门	CC4023	
	8 输入与非/与门	CC4068	
或 门	四 2 输入或门	CC4071	
	双 4 输入或门	CC4072	
	三 3 输入或门	CC4075	
与 门	三 3 输入与门	CC4073	
	四 2 输入与门	CC4081	
	双 4 输入与门	CC4082	
反相器	六反相器	CC4069	
缓冲/ 变换器	六反相缓冲/电平转换器	CC4049	
	六缓冲/电平转换器	CC4050	
组合门	双 2 路 2-2 输入与或非门	CC4085	
	4 路 2-2-2 输入与或非门	CC4086	
R-S 触发器	四 R-S 锁存器(3S)	CC4043	
	四 R-S 锁存器(3S)	CC4044	
主从 D 触发器	双上升沿 D 触发器	CC4013	
	六上升沿 D 触发器	CC40174	
JK 触发器	双上升沿 JK 触发器	CC4027	
	上升沿 JK 触发器	CC4095	
	上升沿 JK 触发器(有 J、 \bar{K})	CC4096	
单稳态触发器	双可重触发单稳触发器	CC4098	
施密特触发器	四 2 输入与非门(有施密特触发器)	CC4093	
	六反相(有施密特触发器)	CC40106	

表 8-107 国产 CMOS 计数器品种、型号一览表

计数器	异步	二-十六任意进制计数器——C186	
		7 位二进制串行计数器——CC4024	
		12 位二进制串行计数器——CC4040	
		14 位二进制串行计数器——CC4060	
	加计数	二-十进制同步加计数器——C180, CC4518	
		4 位二进制同步加计数器——C183, CC4520	
	减计数	可预置的二-十进制同步 1/N 计数器——C182, CC4522	
		可预置的 4 位二进制同步 1/N 计数器——C185, CC4526	
	同步	可预置的加/减计数器	单时钟 { 二-十进制——C188, CC4510 4 位二进制——C189, CC4516
			双时钟 { 二-十进制——C181, CC40192 4 位二进制——C184, CC40193
可预置的加计数器		二-十进制——CC40160	
		4 位二进制——CC40161	
计数/分配器	{ 八进制——CC4022 十进制——CC4017, C187		

表 8-108 国产 CMOS 开关和数据选择器的类别、型号和功能特点一览表

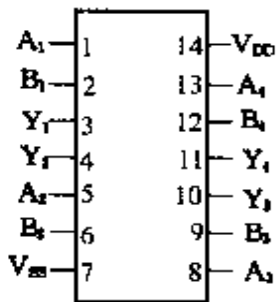
类别	型号	名称	特点
模拟开关	C544 CC4066	四双向模拟开关	四组独立开关,双向传输
多路模拟开关	C541 CC4051	单八路模拟开关	电平位移,双向传输,地址选择
	C542 CC4052	双四路模拟开关	电平位移,双向传输,地址选择
	C543 CC4053	三组二路模拟开关	电平位移,双向传输,地址选择
	CC4067	单十六路模拟开关	双向传输,地址选择
	CC4097	双八路模拟开关	双向传输,地址选择
	CC14529	双四路/单八路模拟开关	双向传输,地址选择
数据选择器	C540 CC4019	四与或选择器	双选一
	CC4512	八路数据选择器	地址译码
	CC14539	双四路数据选择器	地址译码

表 8-109 CMOS 译码器的型号、品种和特点一览表

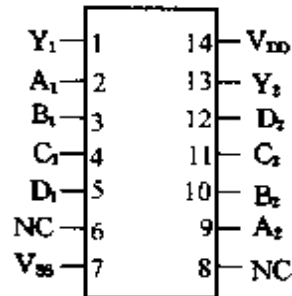
类别	型号	器件名称	特点
显示译码器	CC14547	BCD - 7 段译码/大电流驱动器	大电流输出
	C306 CC4055	BCD - 7 段译码/液晶驱动器	无电平位移 含电平位移
	CC4511 CC14513 CC14543 CC14544	BCD - 锁存/7 段译码/驱动器	反相器输出,有消隐输入 反相器输出,自清零 异或门输出,有消隐输入 异或门输出,自清零
	CC40110	十进制加/减计数/锁存/7 段译码/驱动器	含进位、借位功能
	CC4026 CC4033	十进制计数/7 段译码器	含不受控制的“c”段输出 含灯测试功能
	数码译码器	C301 CC4028	BCD 码 - 十进制码译码器
C304		十进制码 - BCD 码译码器	“0~9”操作编码
CC4514 C300 CC4515		4 位锁存/4 线 - 16 线译码器	输出“1”电平有效 输出“0”电平有效
CC4555 CC4556		双二进制 4 选 1 译码器/分离器	输出“1”电平有效 输出“0”电平有效

表 8-110 CMOS 移位寄存器品种、型号一览表

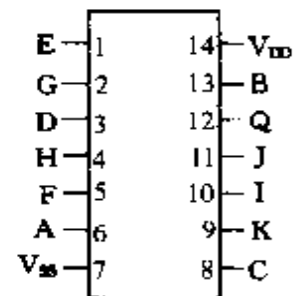
型号	逻辑功能	位数	触发方式	移位方向	参考型号
CC4015	串入——并出/串出	4	上升沿	右移	C423
CC4014 CC4021	串入/并入——串出	8	上升沿	右移	
CC4035 CC40194 CC40195	并入/串入——并出/ 串出	4	上升沿	左、右移	C422
CC4034		8	上升沿	左、右移	



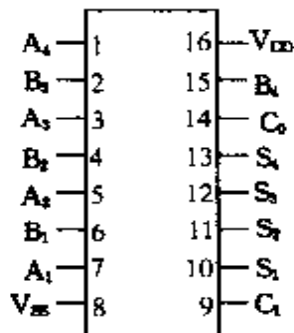
① CC4001



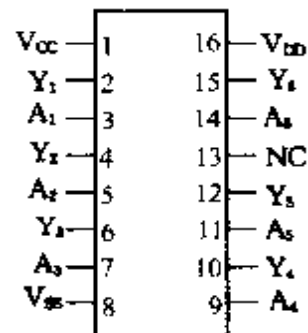
② CC4002
C424



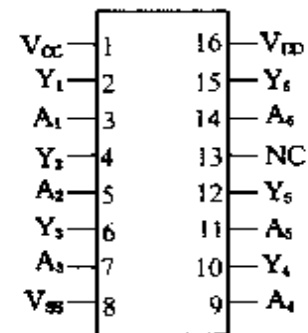
③ CC4007
C042



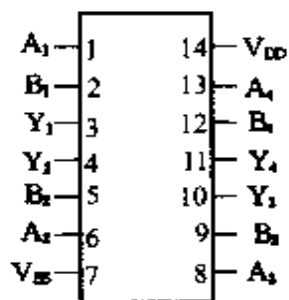
④ CC4008
C662



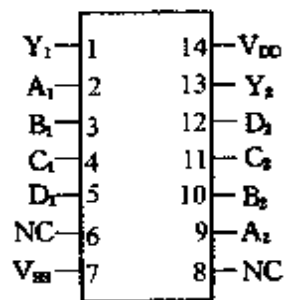
⑤ CC4009



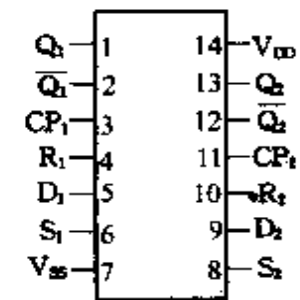
⑥ C4010



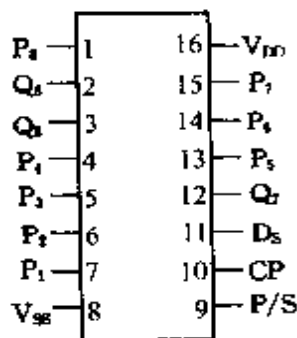
⑦ CC4011



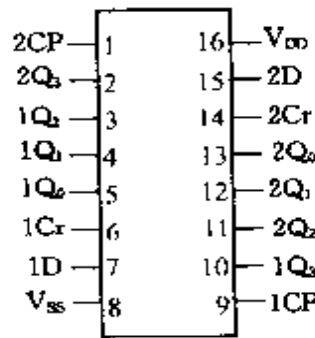
⑧ CC4012



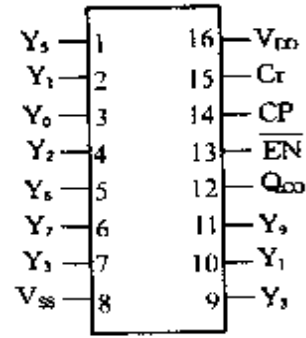
⑨ CC4013



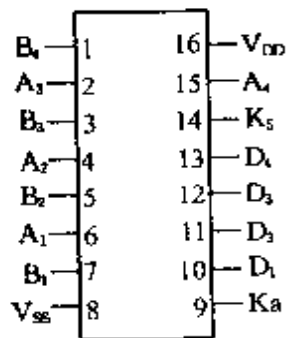
⑩ CC4014
CC4021



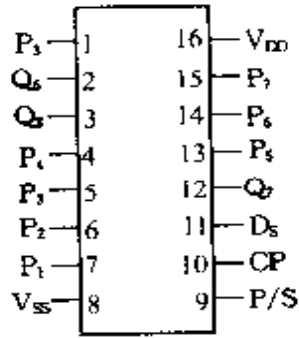
⑪ CC4015
C423



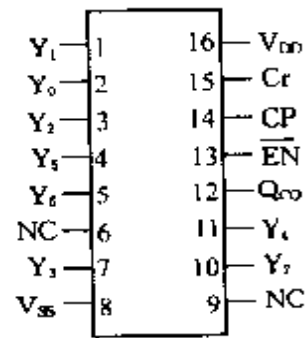
⑫ CC4017
C487



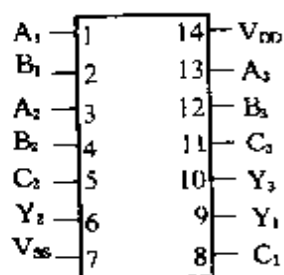
⑬ CC4019
C540



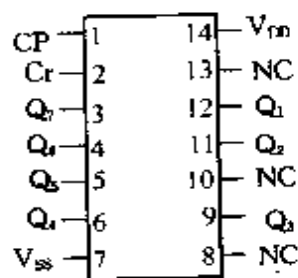
⑭ CC4021
CC4014



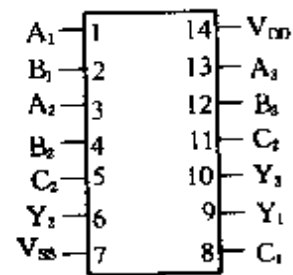
⑮ C4022



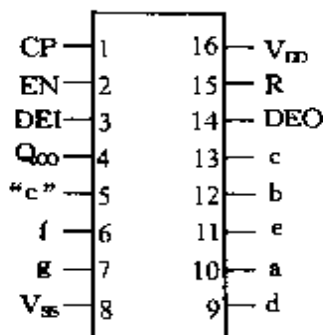
⑯ CC4023



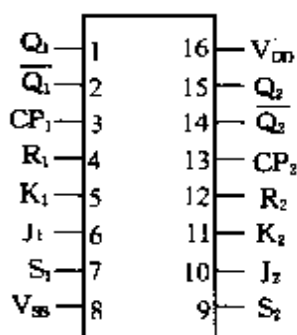
⑰ CC4024



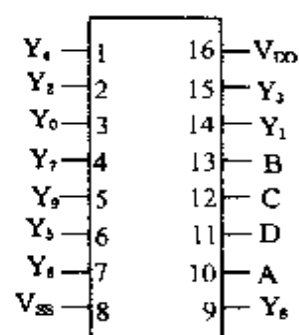
⑱ CC4025



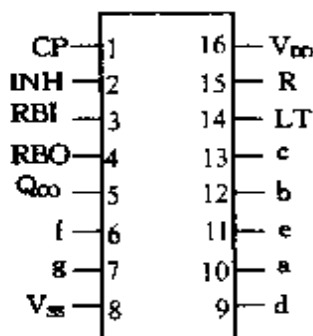
⑲ CC4026



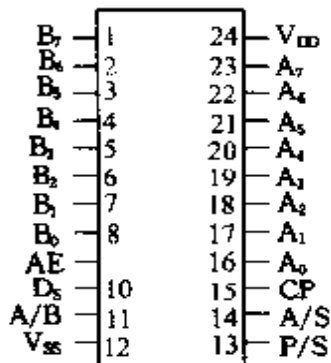
⑳ CC4527
J690



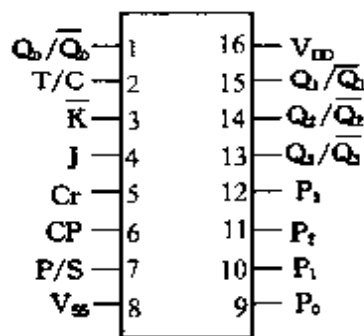
㉑ CC1028
C301



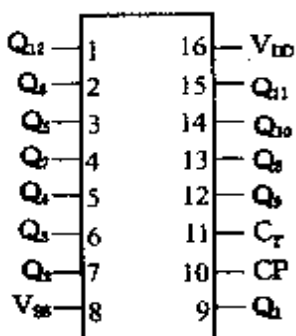
㉒ CC4033



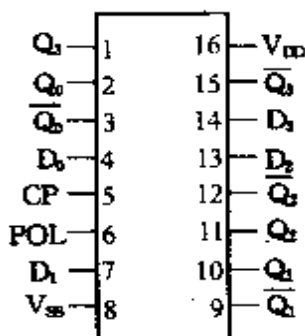
㉓ CC4034



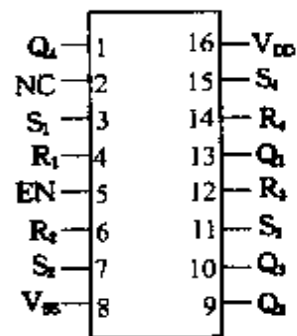
㉔ CC4035



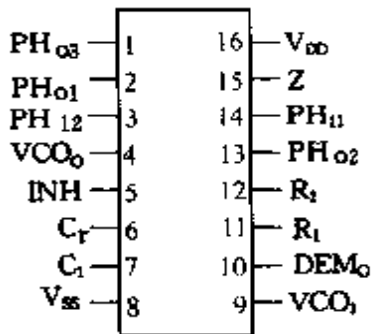
㉕ CC4040



㉖ CC4042
C421

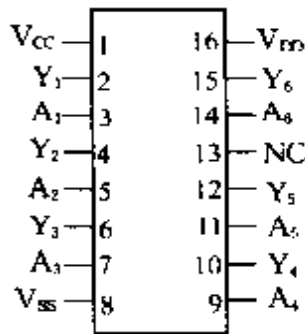


㉗ CC4044

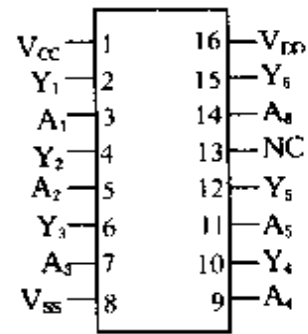


⑳ CC4046

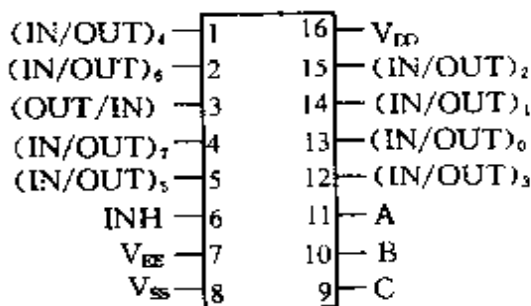
J691



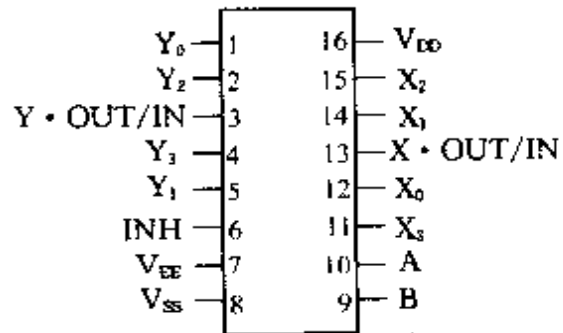
㉑ CC40495



㉒ CC4050

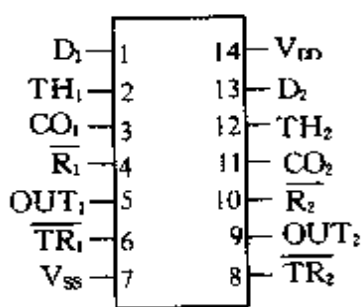


㉓ CC4051, C542

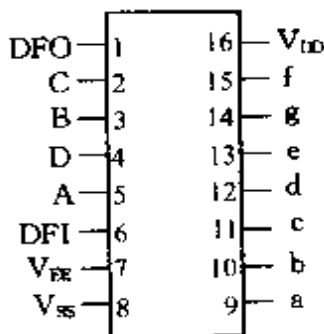


㉔ CC4052

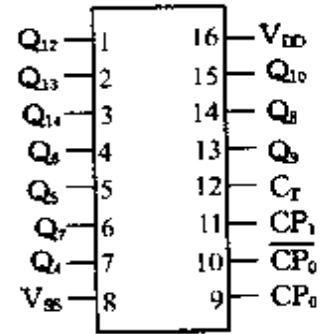
C542



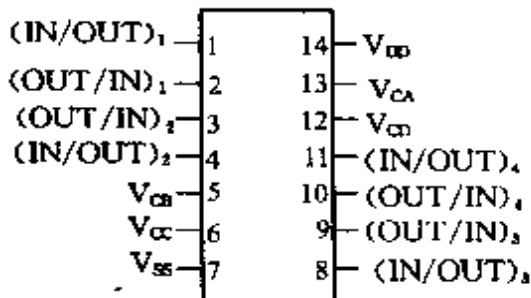
㉕ CC7556



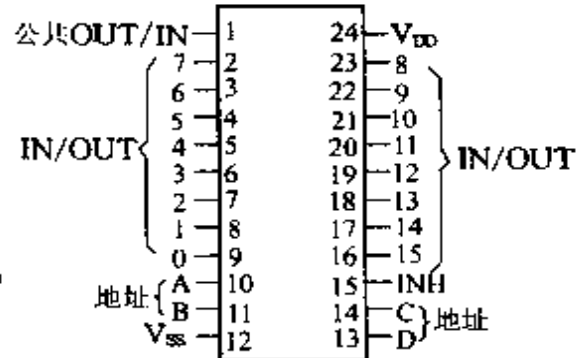
㉖ CC4055



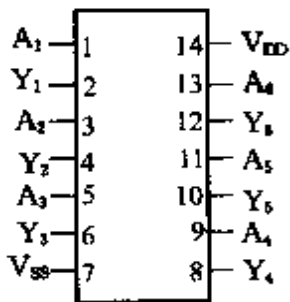
㉗ CC4060



③⑥ CC4066, C544

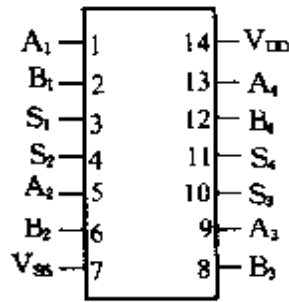


③⑦ CC4067

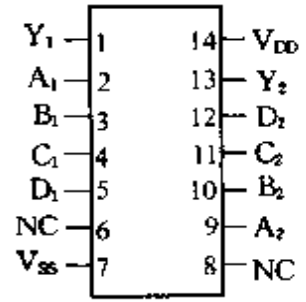


③⑧ CC4069

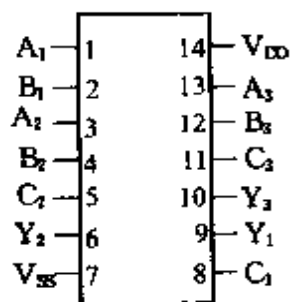
C033



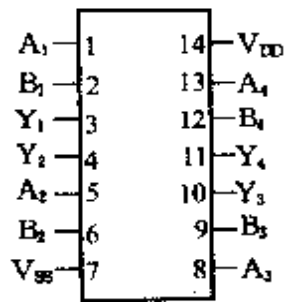
③⑨ CC4070



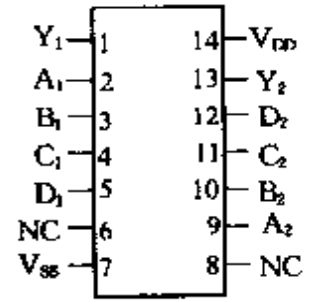
④⑩ CC4072



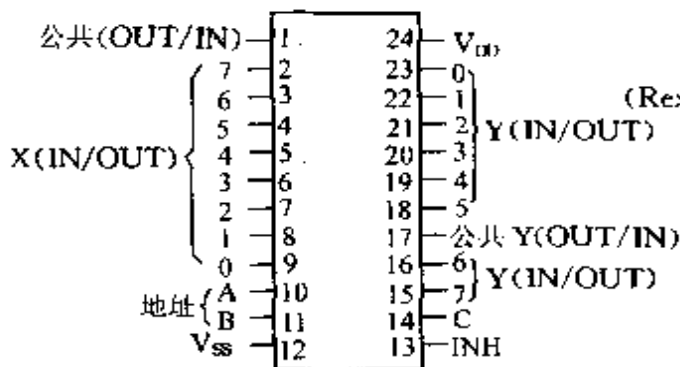
④⑪ CC4073



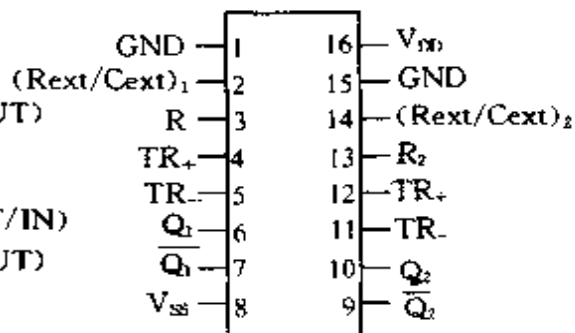
④⑫ CC4081



④⑬ CC4082

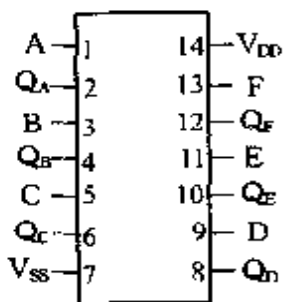


④④ CC4097

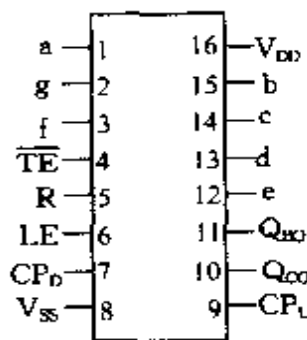


④⑤ J1210

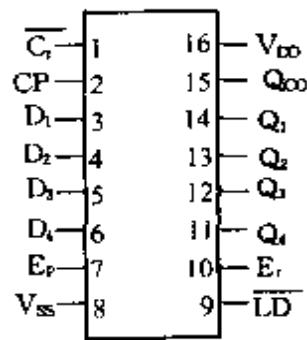
CC4098, CC14528



④⑦ CC40106

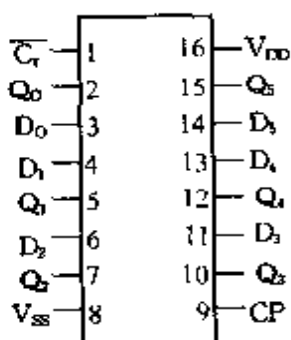


④⑧ CC40110

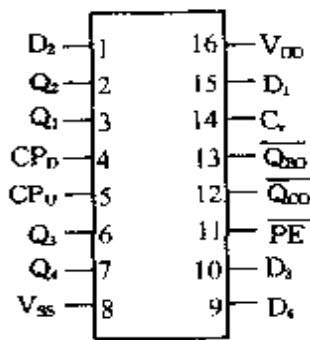


④⑨ CC40160

CC40161



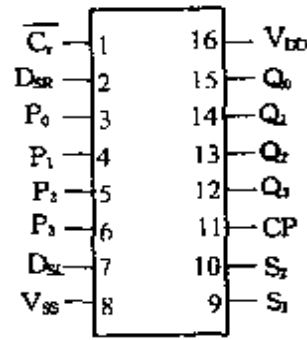
⑤⑩ CC40174



⑤⑪ CC40192,

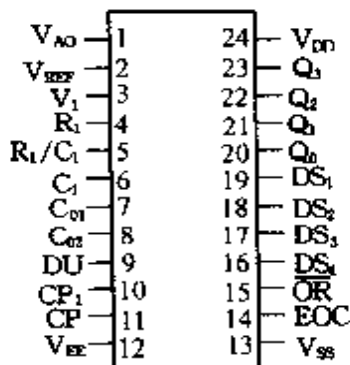
CC40193

CI81, CI84

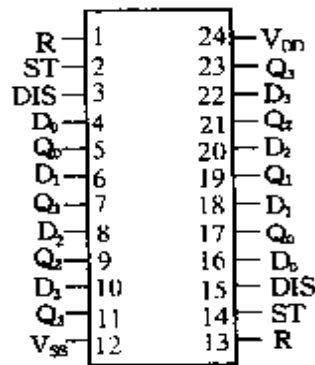


⑤⑫ CC40194

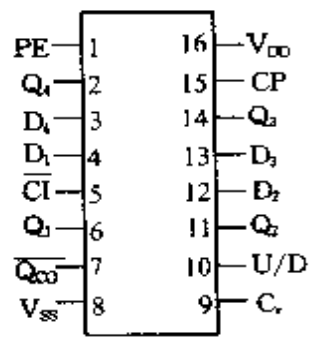
C422



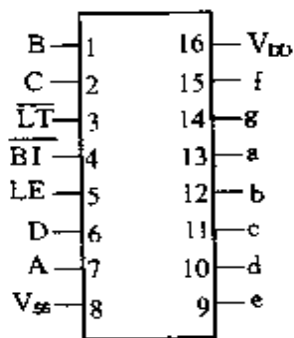
⑤③ CC14433



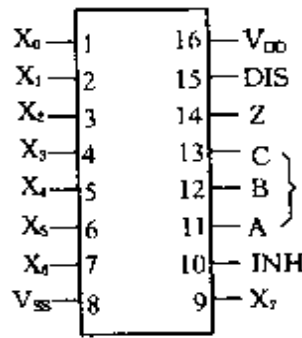
⑤④ CC4508



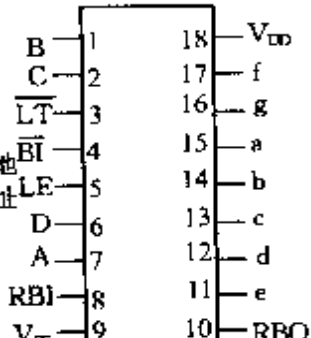
⑤⑤ CC4510, C188
C18, CC4516



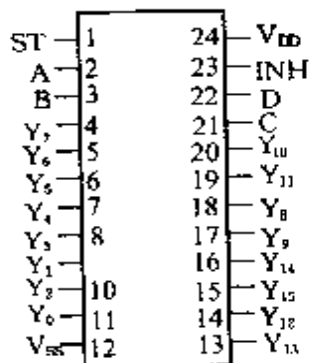
⑤⑥ CC14511



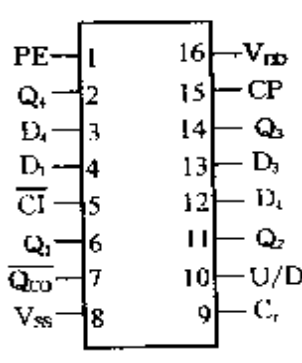
⑤⑦ CC4512
(CC14512)



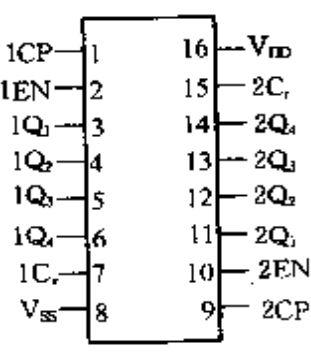
⑤⑧ CC14513



⑤⑨ CC4514
CC4515,
C300



⑥⑩ CC4516
(CC14516),
C189



⑥⑪ CC4518,
CC4520

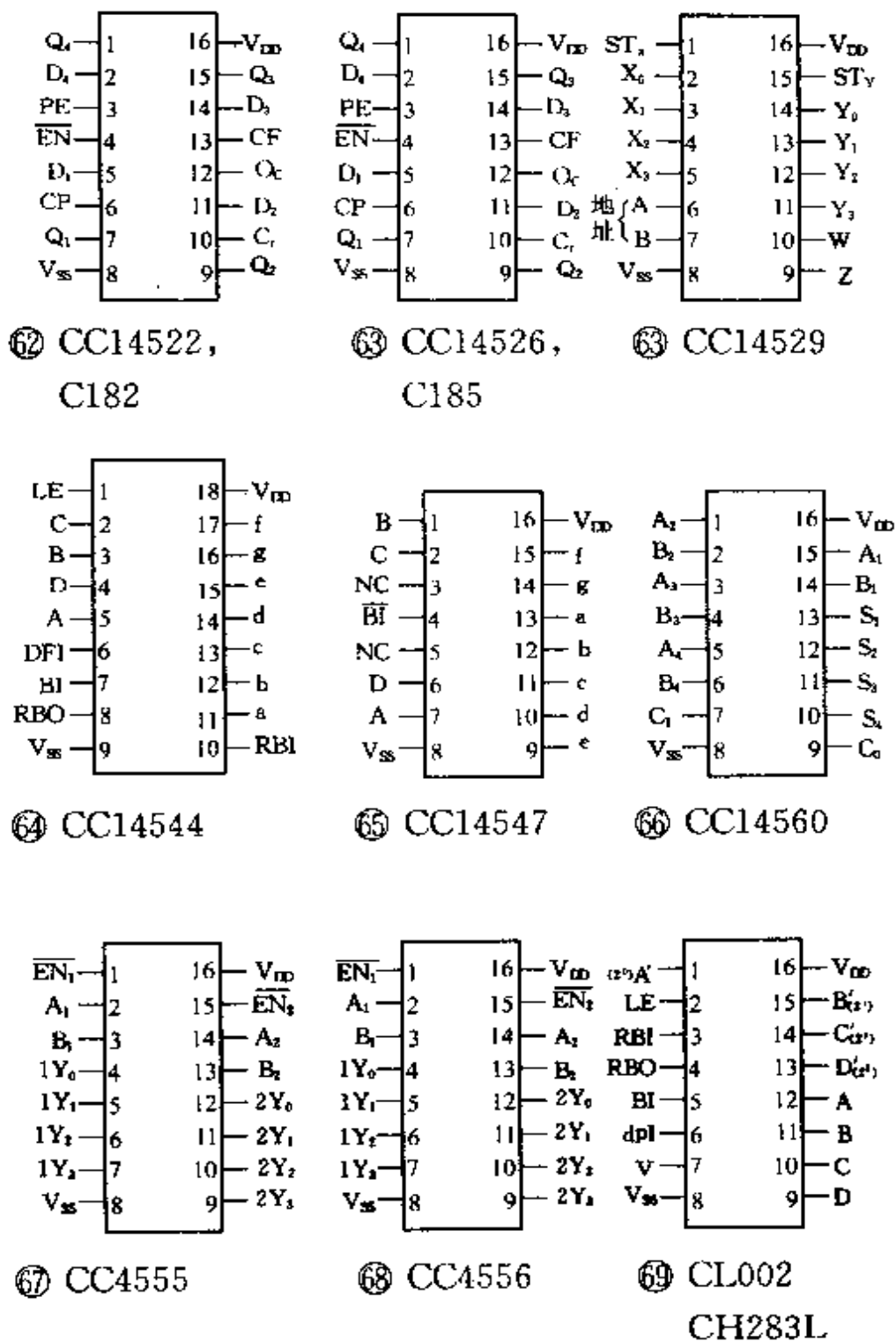


图 8-67 CMOS 集成电路外引线排列图

三、数字集成电路的应用

1. 不同系列逻辑门之间的连接

不同系列逻辑门相连时,有些逻辑门(比如 CMOS 和 HCMOS)可以直接相连,有些逻辑门之间在连接时,则需要加接一些电路或元件。

(1) TTL 与 HCMOS 系列之间的接口

HCMOS 可以直接驱动 TTL 系列集成电路, HCMOS 的逻辑电平可以符合 TTL 的需要。但是 TTL 系列则不可以直接驱动 HCMOS 电路,这是由于 TTL 的 U_{OHmin} 约为 2.4~2.7V,而 HCMOS 的 U_{IHmin} 约为 3.15V,标准 CMOS 为 3.5V 之故。解决的办法之一是采用 54/74HCT 系列电路,这种电路的输入与 TTL 电路的输出可以完全兼容。解决的办法之二是采用上拉电阻的办法加以解决,参见图 8-69。

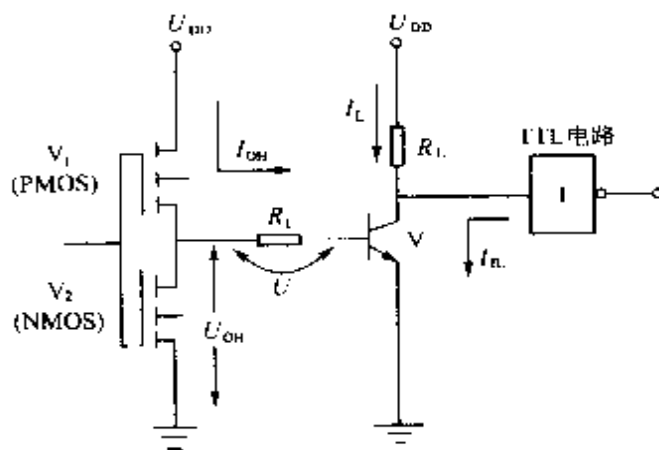


图 8-68 CMOS 电路驱动 TTL 电路的连接电路图

(2) TTL 与 CMOS 系列之间的接口

一般 CMOS 电路的 $I_{OH}=0.16\text{mA}$, $I_{OL}\geq 0.44\text{mA}$, 因此,它既不能提供出大电流也不允许灌入大电流。标准的 TTL 中速电路输入高电平电流 $I_{IH}\leq 40\mu\text{A}$, 输入低电平电流 $I_{IL}\leq 1.6\text{mA}$ 。因此用 CMOS 电路驱动 TTL 电路(除大功率 CMOS 电路外)往往会

感到困难。两者配用时,必须用分立晶体管来缓冲 TTL 电路的大电流。图 8-68 为 CMOS 电路驱动 TTL 电路的连接电路。

TTL 电路驱动 CMOS 电路时,前者输出高电平 U_{OH} 约为 2.4 V(后者最小输入高电平约为 3.5V),所以当将两者直接使用时,TTL 的输出高电平有可能不足以推动 CMOS 电路。为了提高输出电平,可如图 8-69 所示,在 TTL 电路的输出端和电源 U_{DD} 之间接入上拉电阻 R_p 。 R_p 值由 V_3 的输出漏电流 I_{OR} 所决定。 R_p 一般取 3~5k Ω (I_{OR} 约为 250 μ A)。

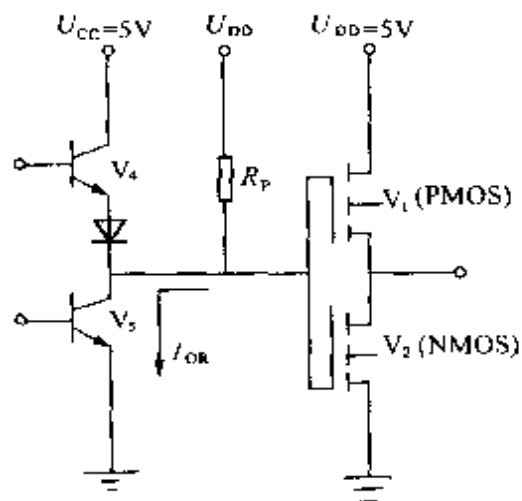


图 8-69 TTL 电路驱动 CMOS (HCMOS) 电路的连接电路图

2. TTL 集成电路与分立元件电路的连接

(1) TTL 与晶体管电路的连接

当 TTL 电路要去驱动比它能承受更大的负载电流或电压时,就需要通过 TTL 电路来驱动晶体管电路,如图 8-70 所示。

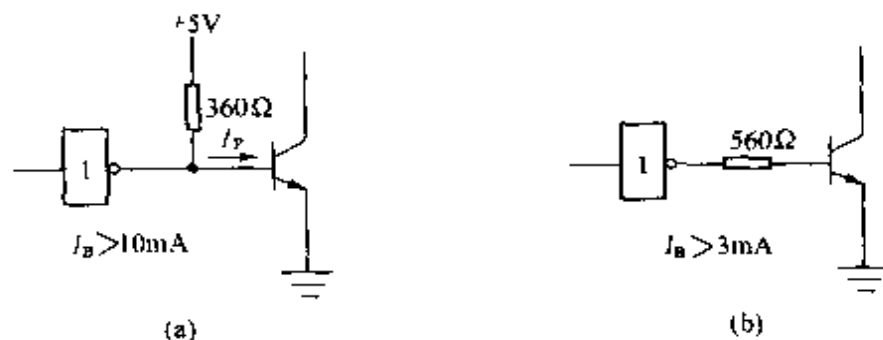
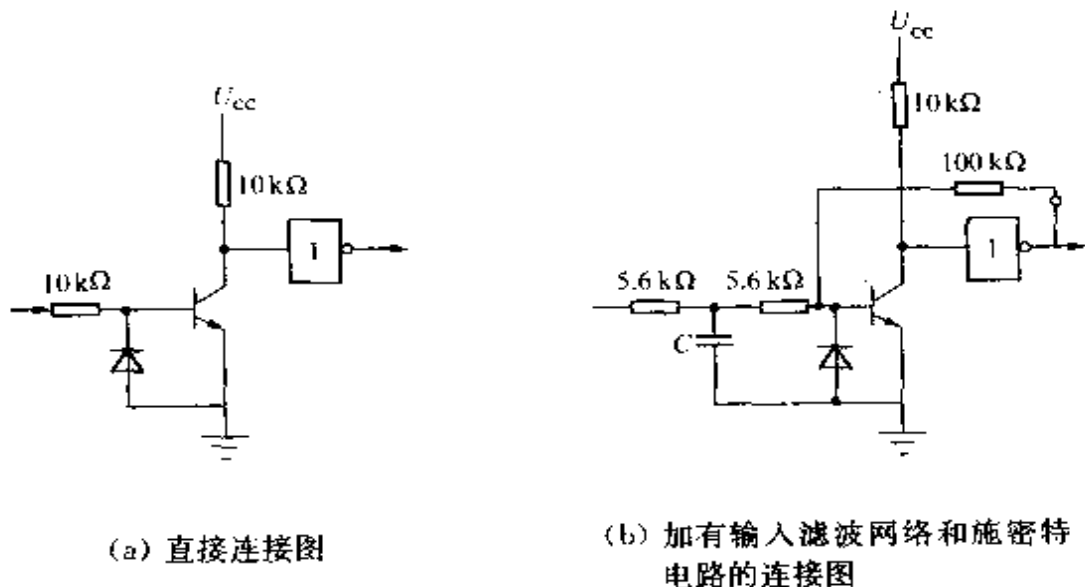


图 8-70 TTL 驱动晶体管电路的连接电路图

(a) 集电极开路门驱动晶体管 (b) 推拉输出门驱动晶体管

图 8-71 为晶体管驱动 TTL 的实例。输入信号摆幅可以超过 $\pm 10V$ 。图 8-71(b) 中采用 RC 输入滤波器以减少噪声影响,并通过正反馈连接以获得准确的 TTL 的电平。



(a) 直接连接图

(b) 加有输入滤波网络和施密特电路的连接图

图 8-71 晶体管驱动 TTL 电路的连接电路图

(2) 驱动电磁继电器

驱动电磁继电器的连接电路,如图 8-72 所示。图中 V 为过压保护二极管。

(3) 驱动晶闸管

驱动晶闸管的连接电路,如图 8-73 所示。图中当 U_1 为正半周时, TTL 门输出使二极管 V 的 G 点输出为高电平,即 V 导通,晶闸管 3CT 因控制极电位升高而触发通导。

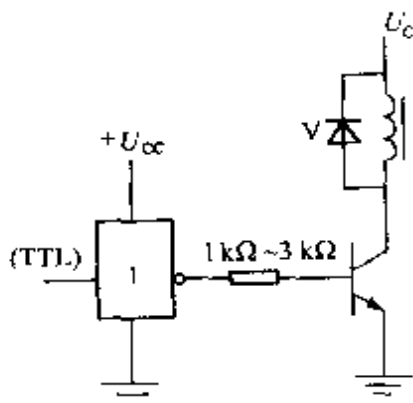


图 8-72 TTL 电路驱动电磁继电器的电路图

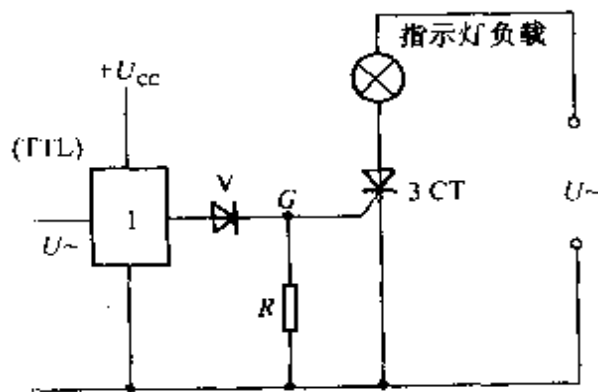


图 8-73 TTL 电路驱动晶闸管的连接电路图

(4) 驱动发光二极管(LED)或数码管

其连接电路如图 8-74 所示。LED 正常发光时必须流过几毫安或几十毫安电流。



图 8-74 TTL 电路驱动发光二极管的连接电路图

$R_1 \quad 820\Omega \sim 1k\Omega \quad R_2 \approx 620\Omega$

3. 应用电路实例

(1) 单位驱动 LCD 和多位驱动 LCD

图 8-75(a)和(b)为单位驱动 LCD 的连接图。图 8-76 为多位驱动 LCD 连接图。

C036 和 CC4055 为驱动液晶显示的专用译码电路,输入 BCD 码数据,输出驱动 7 段字形。C036 输入级无电平位移线路,和 CMOS 电路电平相容;CC4055 输入级则包含电平位移线路。

图 8-75 中各位的 DFI 端连接到低频方波对称信号,DFO 端分别接到本位的 LCD 公共电极。

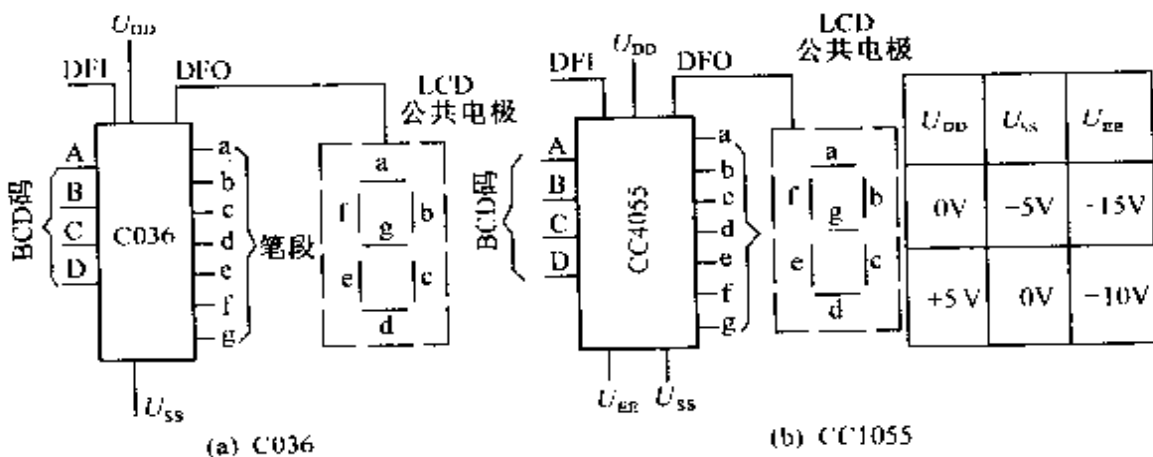


图 8-75 单位驱动 LCD 电路

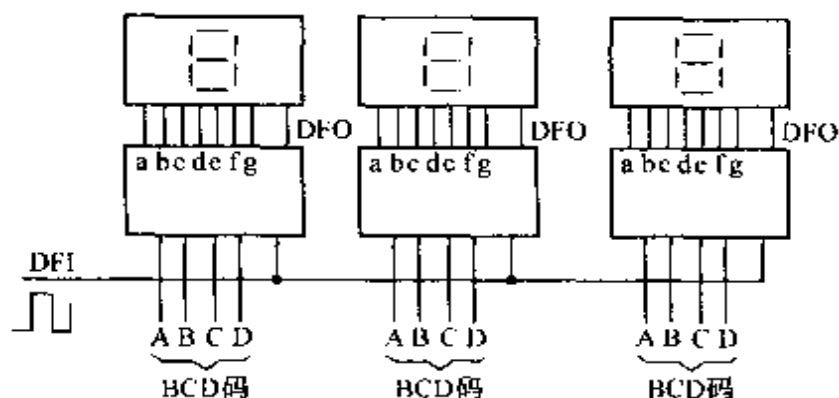


图 8-76 多位驱动 LCD 连接图

(2) 驱动一位和多位 LED

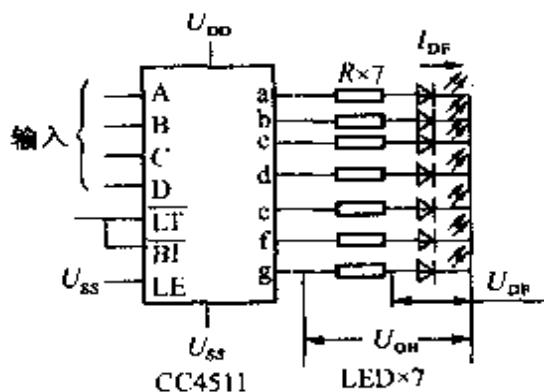
图 8-77(a)和(b)分别为驱动一位 LED 和多位 LED 连接图。

四种(CC4511, CC14513, CC14543, CC14544)BCD-锁存/7段译码器可以直接驱动荧光数码管、半导体发光二极管及白炽灯显示器。

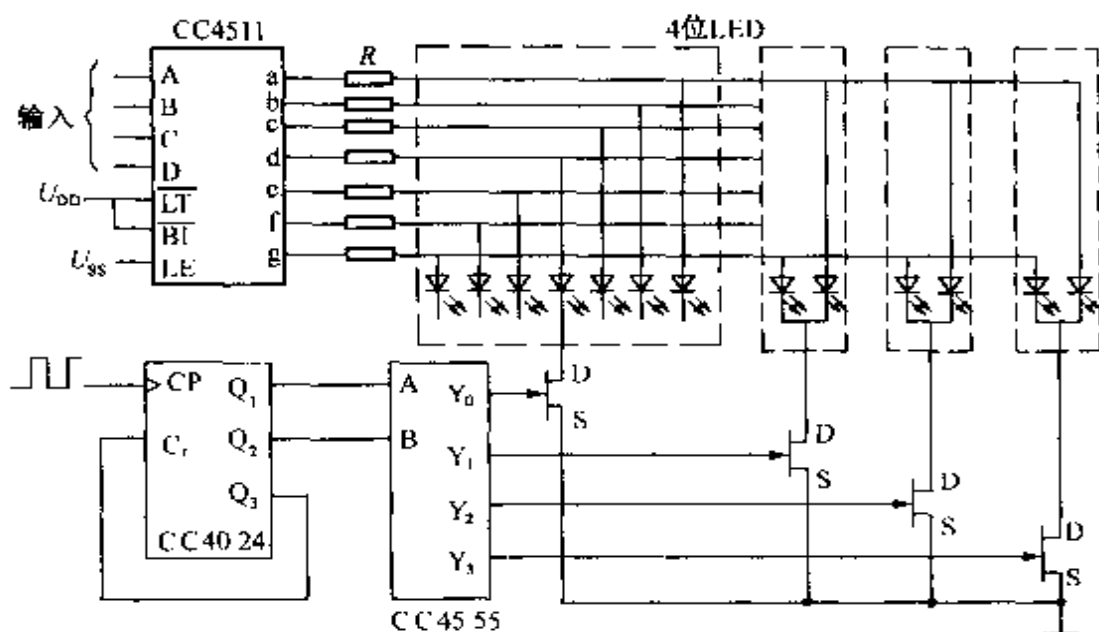
图 8-77a 中,电阻 R 为限流电阻,调节 R 值可变更 LED 工作电流的大小,从而调节 LED 的亮度。 R 值由下式确定

$$R = \frac{U_{OH} - U_{DF}}{I_{DF}}$$

式中 U_{OH} 为 CC4511 输出高电平; U_{DF} 为 LED 正向工作电压; I_{DF} 为 LED 的正向电流。



(a) 驱动一位 LED



(b) 动态驱动多位 LED

图 8-77 LED 驱动电路

第六节 集成定时器及其应用

定时器是一种将模拟电路与逻辑电路巧妙结合在一起的中规模集成电路。只要在其外部配上适当的 R 、 C 元件,就可以构成单稳、多谐振荡器和施密特触发器等,因而在检测、控制、报警等方面有着广泛的应用。

定时器按其电路结构来分有 CMOS 型(CC7555 和 CC7556)和双极型(NE555 和 NE556)两种。其中 CC7555 和 NE555 为单定时器电路,而 CC7556 和 NE556 为双定时器电路,它包括像 CC7555(或 NE555)那样的两个独立单元。图 8-78 为 CC7555、NE555 和 CC7556、NE556 的引出端功能图,其引出端功能符号说明如表 8-111 所示,功能如表 8-112 所示。

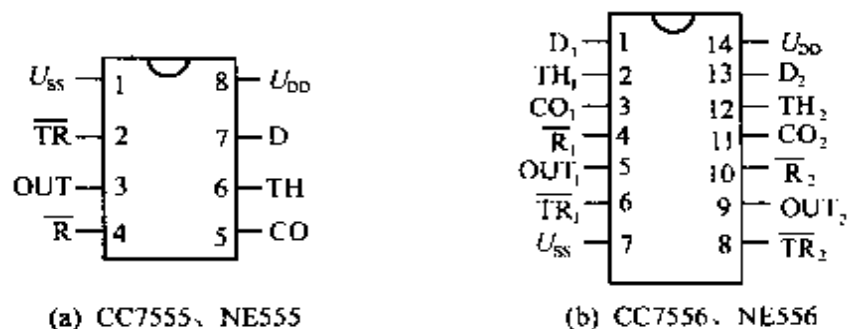


图 8-78 定时器电路引出端功能图

表 8-111 引出端功能符号说明

符 号	功 能	符 号	功 能
\overline{TR}	低触发端	TH	阈值端
OUT	输出	D	放电端
\overline{R}	复位	CO	控制端

表 8-112 定时器功能表

TH	\overline{TR}	\overline{R}	OUT	D
X	X	低	低	接通
$> \frac{2}{3} U_{DD}$	$> \frac{1}{3} U_{DD}$	高	低	接通
$< \frac{2}{3} U_{DD}$	$> \frac{1}{3} U_{DD}$	高	原状态	原状态
X	$< \frac{1}{3} U_{DD}$	高	高	关断

CC7555、CC7556 和 NE555、NE556 定时器主要性能比较见表 8-113 所示。

1. 单稳态触发器

图 8-79 为 555 定时器组成的单稳态触发器。

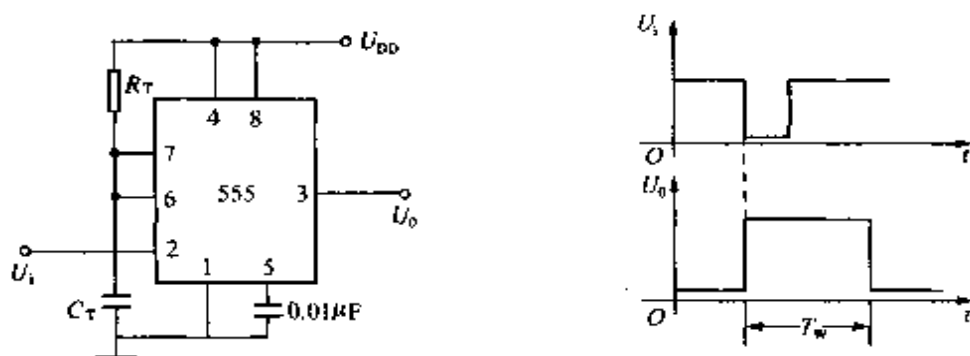


图 8-79 单稳态触发器, $T_w = 1.1R_T C_T$

表 8-113 CC7555、CC7556 和 NE555、NE556 主要性能比较

参 数	CC7555	CC7556	NE555	NE556
电源电压	3~18V		4.5V~18V	
静态电流	80 μ A	160 μ A	10mA	
触发电流	50pA		250nA	
上升及下降时间	40ns		100ns	
输出驱动能力	1mA		200mA	
吸收电流	3.2mA		10mA	
输出转换时电源 电流尖峰	2~3mA, 控制端为高阻 抗, 故不需加退耦电容		300~400mA, 需加退 耦电容	

2. 多谐振荡器

图 8-80 为 555 定时器构成的多谐振荡器

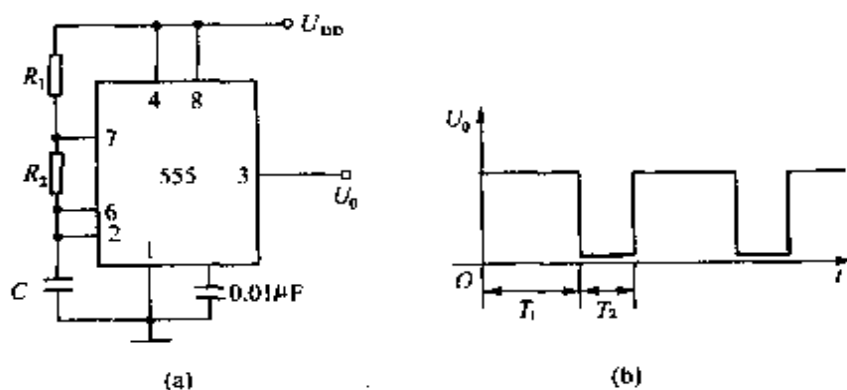


图 8-80 多谐振荡器

$$\begin{aligned} \text{振荡周期} \quad T_1 &= 0.7(R_1 + R_2)C & T_2 &= 0.7R_2C \\ T &= T_1 + T_2 = 0.7(R_1 + 2R_2)C \end{aligned}$$

3. 施密特触发器

图 8-81 是由 555 定时器组成的施密特触发器电路。输入信号加于 TH 和 $\overline{\text{TR}}$ 端, 施密特触发器的正向阈值电压为 $\frac{2}{3}U_{\text{DD}}$, 而负向阈值电压为 $\frac{1}{3}U_{\text{DD}}$, 其滞后电压 ΔU_T 则是两者之差, 即 $\frac{1}{3}U_{\text{DD}}$ 。如果在电压控制端 CO 施加直流电压, 则可调节 ΔU_T 值。

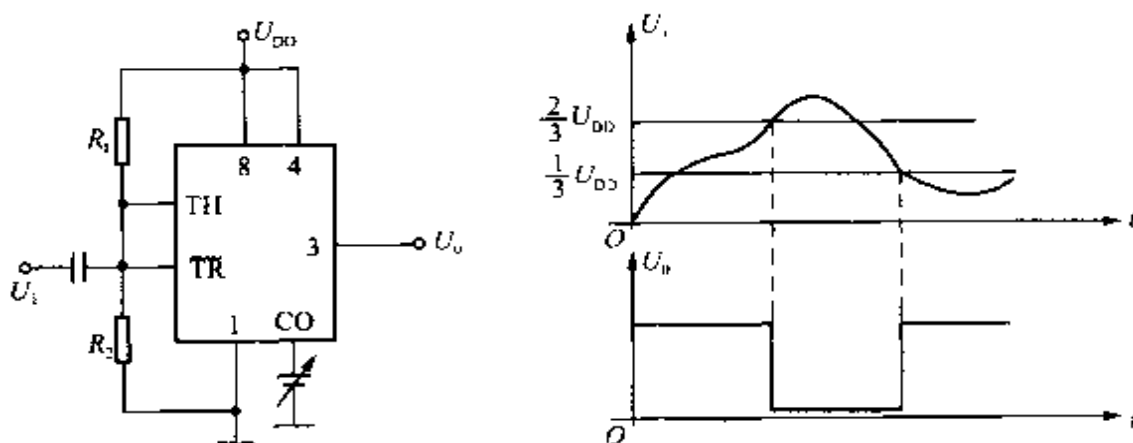


图 8-81 施密特触发器

4. 模拟声响发生器

图 8-82 为由两个 555 定时器组成的模拟声响发生器。选择定时元件, 使多谐振荡器 A 的振荡频率为 1Hz, 振荡器 B 的振荡频率为 1KHz, 当振荡器 A 的③脚输出 U_{o1} 为高电平时, 振荡器 B 振荡; 当 U_{o1} 输出为低电平时, 振荡器 B 复位, 停止振荡。因此扬声器将发出“呜……呜”的间歇声响。

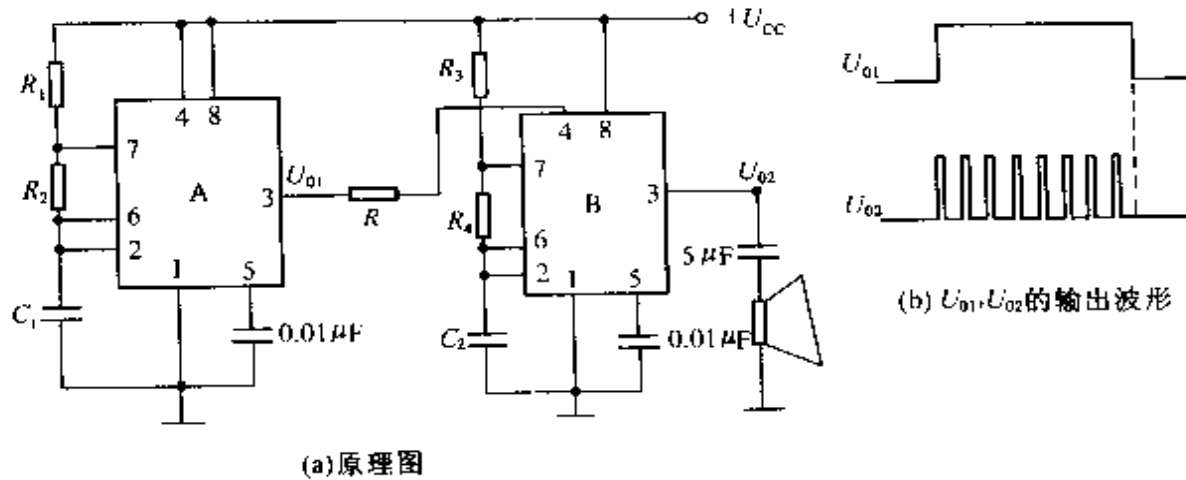


图 8 82 模拟声响发生器

第九章 照 明

照明是人们在工作、生活中不可缺少的物质条件之一。各种场合对照明的不同要求是由各类照明器来实现的。照明器是由光源和灯具两部分组成的,目前广泛应用的光源是电光源,灯具包括灯座、灯罩及有关附件。选购照明器时必须遵循节约、高效、合理、安全的原则。

第一节 照明技术中的基本术语

表 9-1 照明技术中的基本术语

术 语	定 义	符 号	单 位
光源	通常是指能够发出可见光的发光体。一般有天然和人工光源两种,天然光源如太阳;人工光源在照明技术中主要是电光源		
光通量	光源发出的辐射作用于人眼所能感觉的辐射功率	Φ	lm (流明)
发光强度	光源在一给定方向上单位立体角内辐射的光通量	I	cd (坎德拉)
光亮度	光源表面一点在一给定方向上的发光强度	L	cd/m^2
照度	受照射平面内单位面积上所接收的光通量	E	lx (勒克司)

续 表

术 语	定 义	符号	单位
光效	电光源消耗 1W 功率时所辐射出的光通量		lm/W
色温	光源辐射的光谱分布(颜色)与黑体在温度 T 时所发出的光谱分布相同,则温度 T 称为光源的色温(度)	T	K
显色性和显色指数	光源能显现被照物体颜色的性能称为光源的显色性 通常将日光的显色指数定为 100,而将光源显现的物体颜色与日光下同一物体显现的颜色相符合的程度,称为该光源的显色指数	R_a	
频闪效应	当光源的光通量变化频率与物体的转动频率成整数倍时,人眼就感觉不到物体在运动,这叫频闪效应		
眩光	由于光亮度分布不适当或变化范围太大,或在空间和时间上存在极端的亮度对比,以致引起不舒适和降低观察物体能力的视觉条件		
局部照明和一般照明	为某些特定地点增加照度而设置的照明称为局部照明 不考虑某些局部特殊的需要,为整个工作场所而设置的照明称为一般照明		
配光曲线	照明器(光源和灯罩等组合)在空间各个方向上光强分布情况,绘制在坐标图上的图形		
照明器效率	照明器的光通量与光源的光通量的比值(由于灯罩在配光时会吸收一部分光通量,因此照明器效率一般在 0.5~0.9 之间)		

续 表

术 语	定 义	符 号	单 位
保护角	发光体(或灯丝)最边缘点和照明器出光口连线与发光体(或灯丝)中心的水平线之间的夹角(在图 9-1 中,保护角为 r , 因 $\tan r = \frac{2h}{D+d}$, 所以 $r = \arctan \frac{2h}{D+d}$)		

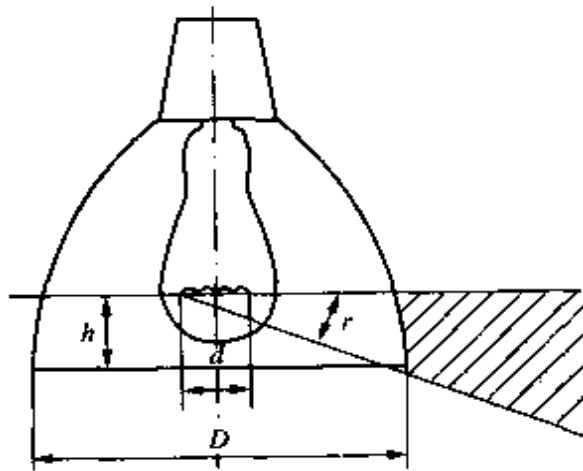


图 9-1

第二节 电光源

一、电光源的分类及技术数据

表 9-2 常用照明光源的代号

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
L	卤钨灯	J	金属卤化物灯
G	汞灯	H	混合光源

表 9-3 常用电光源的种类、发光原理、特点及其应用

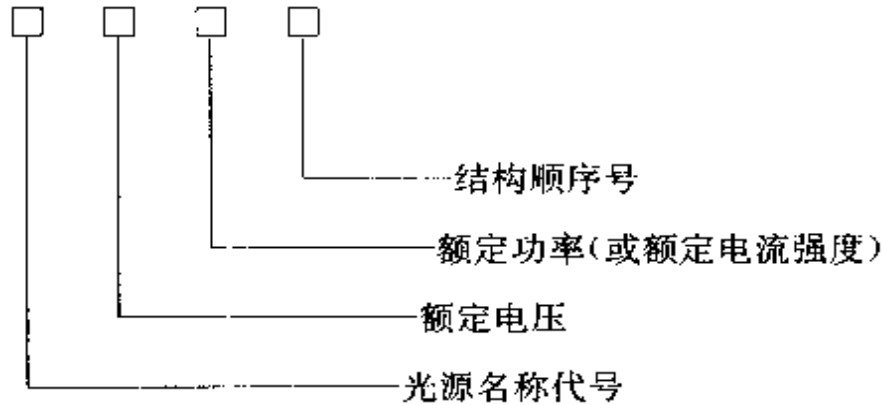
类	类别		发光原理	特点	应用
	类	种			
热辐射光源	钨丝白炽灯	钨丝白炽灯(白炽灯)	白炽状态钨丝高温热辐射	结构简单,使用方便,光色好,寿命较长;效率低,耐震性差	广泛
		卤钨循环白炽灯(卤钨灯)	在钨丝白炽灯中充入微量卤蒸气,利用循环提高发光效率	体积小,使用方便,光色好,寿命长,效率较高;灯座温度偏高	厂前区、校重要工作室
气体放电光源	汞灯	低压汞灯(荧光灯)	汞蒸气放电导致管壁荧光物质发光	效率较高,寿命长;功率因数低,需附件	广泛
		高压汞灯(荧光高压汞灯)		同上。还有:耐震;启动时间长,不能连续启动	大面积场所
	钠灯	低压钠灯	低压钠蒸气放电发光	效率高;成本高,显色性差	
		高压钠灯	高压钠蒸气放电发光	效率较高,寿命长,透雾性好;功率因数低,需附件,随电压波动变化大	道路、广场
	惰性气体	氙灯(管形氙灯、超高压球形氙灯),汞氙灯(管形汞氙灯)	气体放电发光	光色好,寿命长,效率高;对附件要求高,有一定要求	广场、车站、码头、大型车间等
		霓虹灯			指示灯、广告灯
金属卤化物灯	钠铊铟灯、镓灯	金属蒸气放电发光	效率高、光色好;随电压波动变化大	广场、大车间	

表 9-4 常用照明电光源的主要技术数据

光源名称	普通照明灯泡	卤钨灯	荧光灯	荧光高压汞灯	管形氙灯	高压钠灯	金属卤化物灯
额定功率范围(W)	10~1 000	500~2 000	6~125	50~1 000	1 500~100 000	250、400	400~1 000
光效(lm/W)	6.5~19	19.5~21	25~67	30~50	20~37	90~100	60~80
平均寿命(h)	1 000	1 500	2 000~3 000	2 500~5 000	500~1 000	3 000	2 000
一般显色指数 R_a	95~99	95~99	70~80	30~40	90~94	20~25	65~85
启动稳定时间	瞬时	瞬时	1~3s	4~8min	1~2s	4~8min	4~8min
再启动时间	瞬时	瞬时	瞬时	5~10min	瞬时	10~20min	10~15min
功率因数 $\cos\varphi$	1	1	0.33~0.7	0.44~0.67	0.4~0.9	0.44	0.4~0.61
频闪效应	不明显						
表面亮度	大	大	小	较大	大	较大	大
电压变化对光通量影响	大	大	较大	较大	较大	大	较大
环境温度对光通量影响	小	小	大	较小	小	较小	较小
耐震性能	较差	差	较好	好	好	较好	好
所需附件	无	无	镇流器、起辉器	镇流器	镇流器、触发器	镇流器	镇流器、触发器

二、白炽(热辐射)光源

白炽(热辐射)光源型号表示及其意义:



白炽(热辐射)的光源名称及其代号见表 9-5。

表 9-5 部分白炽(热辐射)光源名称及其代号

代 号	光 源 名 称	代 号	光 源 名 称
PZ	普通照明灯泡	DL	梨形电源指示灯泡
PZS	双螺旋普通照明灯泡	HW	红外线灯泡
PZF	反射型普通照明灯泡	JG	聚光灯泡
SX	水下灯泡	JZ	局部照明灯泡
SY	摄影灯泡	KZ	矿区照明灯泡
WY	无影灯泡	KZM	氦气照明灯泡
WZ	微型指示灯泡	LF	复印卤钨灯泡
XX	专用小型灯泡	LHW	红外线卤钨灯泡
XZ	小型指示灯泡	LJS	石英聚光卤钨灯泡
CS	彩色灯泡	LJY	硬质玻璃聚光卤钨灯泡
DC	槌形电源指示灯泡	LZG	管形照明卤钨灯

续 表

代 号	光源名称	代 号	光源名称
DQ	球形电源指示灯泡	DZ	锥形电源指示灯泡
DY	圆柱形电源指示灯泡		

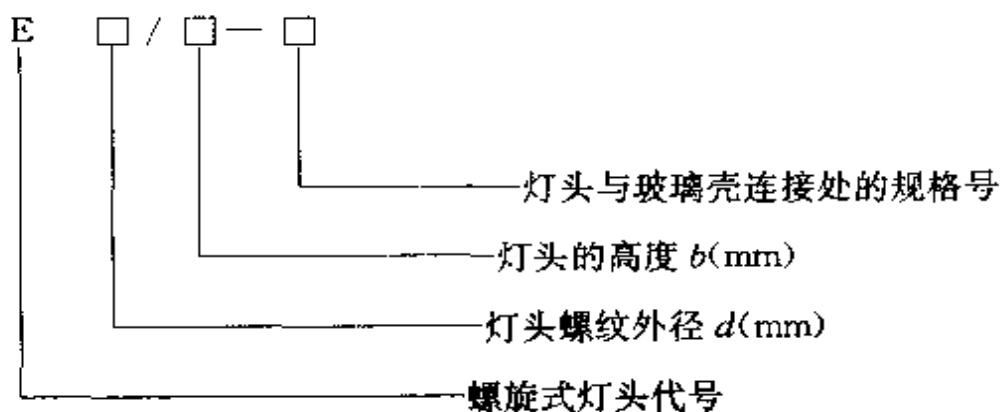
1. 白炽灯泡

普通照明灯泡和局部照明灯泡的部分技术数据见表 9-6。

红外线灯泡和无影灯泡的部分技术数据见表 9-7。红外线灯泡玻璃壳内壁涂有反射层,可将红外线集中向一个方向辐射。

部分指示灯泡的技术数据见表 9-8。

螺旋式灯头型号表示:



插口式灯头型号表示:

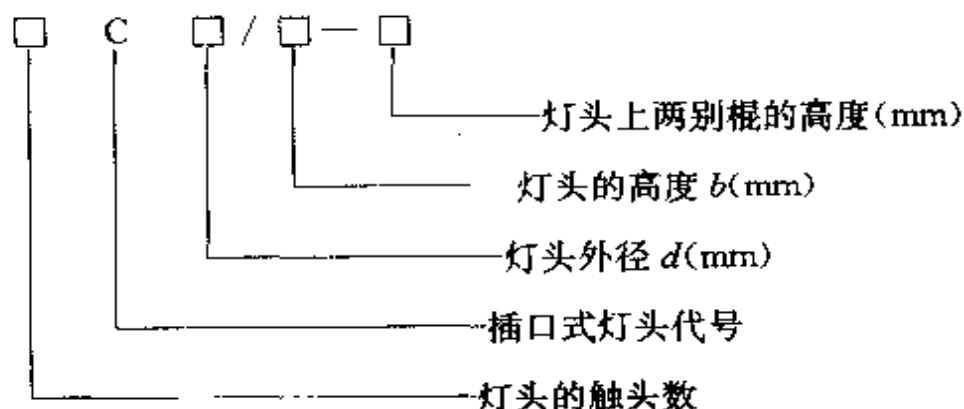


表 9-6 普通照明灯泡及局部照明灯泡的技术数据

灯泡型号	额定值			外形主要尺寸 (mm)						灯头型号
	电压 (V)	功率 (W)	光通量 (lm)	D (\leq)	螺旋式灯头		插口式灯头			
					L	H	L	H		
PZ220-10	220	10	65	61	107±3	-	-	-	-	E27/27-1 或 2C22/25-2
PZ220-15		15	110							
PZ220-25		25	220							
PZ220-40		40	350							
PZ220-60		60	630							
PZ220-75		75	850							
PZ220-100	100	1250	71	125±4	90±4	116±4	83±4			
PZ220-150	220	150	2090	81	170±5	125±5	160±5	120±5	-	E27/35-2 或 2C22/30-3
PZ220-200		200	2920							
PZ220-300		300	4610							
PZ220-500		500	8300							
PZ220-1000		1000	18600							
JZ6-10		6	10							
JZ6-20	20		240	61	107±3	105±3	75±3			
JZ12-10	12	10	91	61	107±3	77±3	105±3	75±3	-	E27/27-1 或 2C22/25-2
JZ12-15		15	170							
JZ12-20		20	200							
JZ12-25		25	300							
JZ12-30		30	350							
JZ12-40		40	500							
JZ12-60	60	850								

续表

灯泡型号	额定值			外形主要尺寸 (mm)					灯头型号
	电压 (V)	功率 (W)	光通量 (lm)	D (\leq)	螺旋式灯头		插口式灯头		
					L	H	L	H	
JZ12-100	12	100	1600	71	125 \pm 4	90 \pm 4	123.5 \pm 4	88.5 \pm 4	E27/27-1 或 2C22/25-2
JZ36-15	36	15	135	61	107 \pm 3	77 \pm 3	105 \pm 3	75 \pm 3	
JZ36-25		25	200						
JZ36-40		40	460						
JZ36-60		60	800						
JZ36-100		100	1550						

注: 1. 灯泡的玻璃可根据需要制成磨砂、乳白色及内涂白色的玻壳, 但其光参数将较上表所列降低一定数值; 一般磨砂玻壳降低 3%, 乳白色玻壳降低 25%; 内涂白色玻壳降低 5%。

2. 除表所列规格外, 尚有额定电压为 24 及 110、127、230、240V 等各种规格。

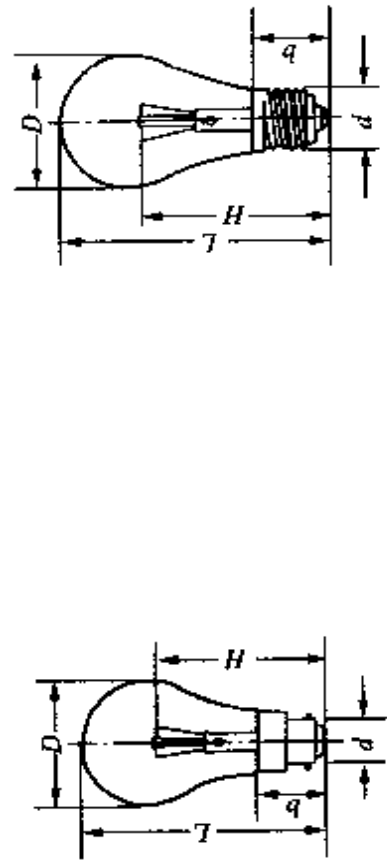


图 9-2 普通照明灯泡及局部照明灯泡

表 9-7 部分红外线灯泡和无影灯泡的技术数据

灯泡型号	额 定 值			主要尺寸(mm)			平均寿命 (h)	灯头型号
	电压 (V)	功率 (W)	光通量 (lm)	$D \leq$	L	L'		
HW110-250	110	250		127	190 ± 7	156 ± 7	2 000	E27/65-3
HW110-400		400		132	182 ± 5			
HW220-250	220	250		127	190 ± 7			
HW220-500		500		132	182 ± 5			
WY220-100	220	100	1 250	81	110 ± 3	80 ± 3	1 000	E27
WY220-150		150	2 090		120 ± 3			

注：1. 无影灯泡除表列规格外，尚有额定电压有 6V、6/8V、24V 等各种规格。

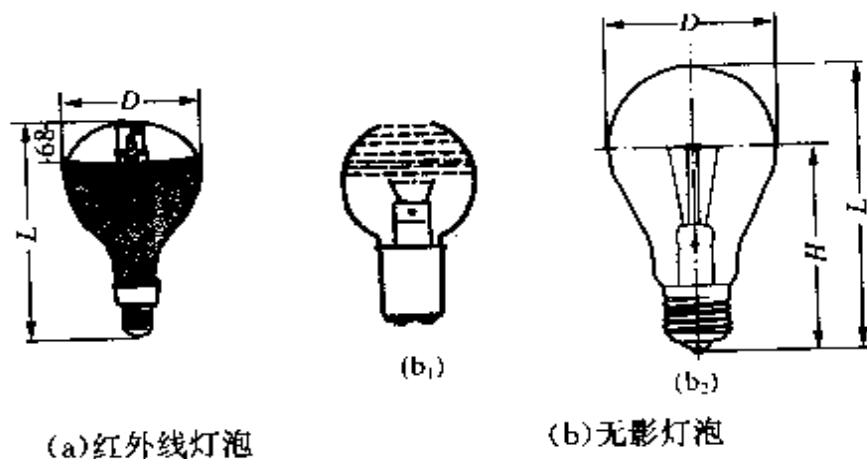


图 9-3

表 9-8 部分小型指示灯泡的技术数据

灯泡型号	额定值		光通量 (lm)	主要尺寸(mm)		平均寿命 (h)	灯头型号
	电压 (V)	电流 (A)		$D \leq$	L		
WZ3-0.3	3	0.3		7.3	16.5	200	E518-1
WZ6.3-0.05	6.3	0.05		5.5	1000 17	1000	
WZ6.3-0.12		0.12					
WZ6.3-0.2		0.2	500				
WZ6.3-0.3		0.3	100				
WZ12-0.1		12	0.1		5.5	17	
XZ2.5-0.5	2.5	0.5	5	15	28	500	1C9/14-1
XZ6.3-0.15	6.3	0.15	5	10	29	2000	E10/13-1
XZ6.3-0.25		0.25	7.5	12	24	800	
XZ6.3-0.3		0.3	13	10	29		
XZ12-0.1	12	0.1	6	7.2	23	1300	1C7/11-A
XZ24-0.2	24	0.2	25	12	24	80	E10/13-1
XZ36-0.12	36	0.12	15	10	29	400	1C9/14-1

注:1. 除表列电压值外,尚有多种电压规格:1V、1.5V、2V、2.5V、3.5V、4V、6V、8V、10V、14V、18V、19V、26V等。

2. 玻璃壳除无色外,尚有红、黄、蓝、绿、白色等。

3. 外形全长尺寸与灯头型号相关联,除表列型号外,尚有其他型号。

表 9-9 部分电源指示灯泡的技术数据

灯泡型号	额定值		光通量 (lm)	主要尺寸(mm)		平均寿命 (h)	灯头型号	
	电压 (V)	功率 (W)		$D \leq$	L			
DC36-10	36	10	52	31	61±2	1 500	E27/27-1	
					59±2		2C22/25-2	
DC220-15	220	15	100	30	63	1 000	E27/27-1	
DL36-10	36	10	52	26	51±2	1 500	E14/25-2	
					47±2		2C15/19-1	
DL220-15	220	15	65		51±2		E14/25-2	
					47±2		2C15/19-1	
DQ12-5	12	5	26	21	37	1 500	2C15/19-1 或 1C15/19-1	
DQ24-10	24	10	52					
DY24-10	24	10	52				59±2	E14/25-2
							54±2	2C15/19-1
DY110-8	110	8	40	59±2	E14/25-2			
				54±2	2C15/19-1			
DY220-15	220	15	70	77±2	E14/25-2			
				84	2C22/25-2			
DZ36-8	36	8	40	20	50±2	1 500	E12/22-2	
					46±2		1C15/19-1	
DZ127-15	127	15	75		50±2		E12/22-2	
					46±2		1C15/19-1	
DZ220-15A	220	15	65	24	54±2	1 500	E12/22-2	
				50±2	2C15/19-1			

注:1. 除表列电压值外,尚有多种电压规格:48V、60V等。
2. 外形全长尺寸与灯头型号相关联,除表列型号外,尚有其他型号。

2. 卤钨灯

表 9-10 部分管形卤钨灯的技术数据

灯管型号	额 定 值			色温 (K)	平均 寿命 (h)	主要尺寸(mm)		安 装 方式
	电压 (V)	功率 (W)	光通量 (lm)			$D \leq$	L	
LZG220-500	220	500	9 750	2 700 / 2 900	1 500	12	177	夹式
LZG220-1000		1 000	21 000				210±2	顶式
LZG220-1500		1 500	31 500			293±2	顶式	
						310	夹式	
LZG220-2000		2 000	42 000			293±2	顶式	
			310	夹式				
LZG110-500	110	500	10 250	3 100~ 3 200	50	12	123±2	顶式
LZG30-500	30		14 500			18	46±2	插脚

- 注:1. 灯脚有三种形式,如图(a)、(b)、(c)所示,(a)配用 Fa4 型灯头,(b)配用 R7S 型灯头。
2. 直接与电源线相连,不需任何附件。灯脚与灯座保持良好接触,引线须采用耐高温导线,近灯座处导线用瓷管套套住。
3. 正常工作时,管壁温度在 500~700℃,但不允许人工冷却,安装时要注意散热和防雨,最好采用配套的金属灯架,灯管周围不能放置易燃物。
4. 为了保证正常使用的效果和寿命,灯管的工作位置应保持水平,倾斜不大于 4°;电源电压的波动不超过±2.5%;应避免剧烈震动和撞击。

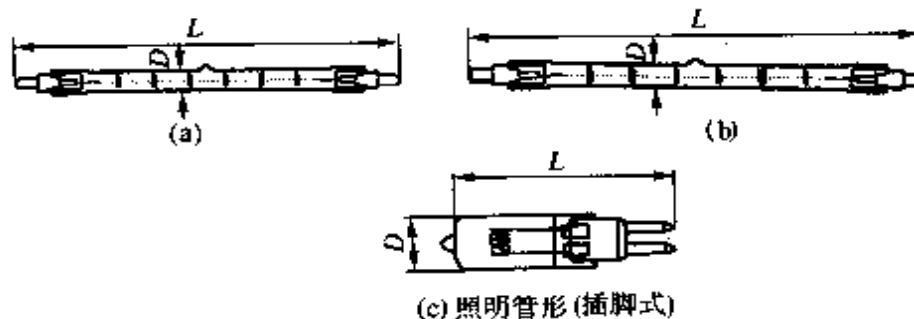
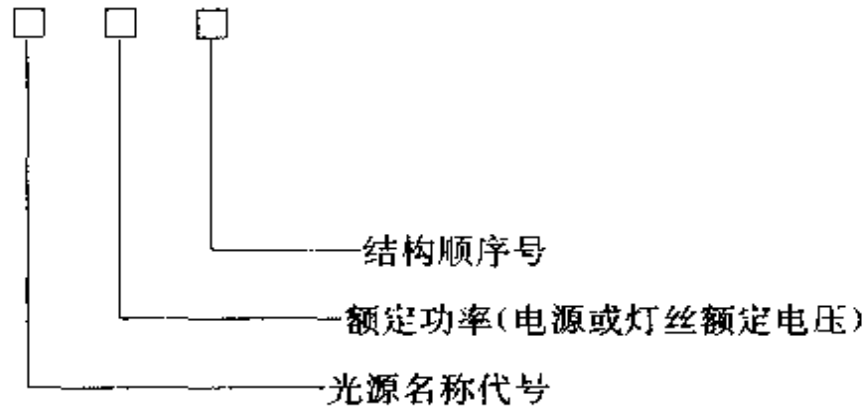


图 9-4

三、气体放电光源

气体放电光源型号表示及其意义：



气体放电光源名称及其代号见表 9-11。

表 9-11 部分气体放电光源的名称及其代号

代号	光源名称	代号	光源名称
DDG	管形镝灯	NTY	钠铊铟灯
DDQ	球形镝灯	TY	铊铟灯泡
GG	高压汞灯泡	XFL	封闭式冷光束氙灯
GGQ	球形超高压汞灯	XG	管形氙灯
GGU	U形紫外线高压汞灯	XMZ	直管形脉冲氙灯
GGY	荧光高压汞灯泡	XQ	球形氙灯
GGZ	直管形紫外线高压汞灯	XSG	管形水冷氙灯
GXG	管形汞氙灯	XSQ	球形水冷氙灯
GXQ	球形超高压氙灯	YH	环形荧光灯管
GYF	反射荧光高压汞灯泡	YHG	黑光荧光灯管
GYZ	自整流荧光高压汞灯泡	YU	U形荧光灯管
KG	高压氙灯管	YZ	直管形荧光灯管
KNG	管形钪钠灯	YZZ	自整流荧光灯管
NG	高压钠灯泡	ZW	紫外线灯管
NH	氙氙辉光灯泡		

1. 荧光灯

表 9-12 直管形荧光灯的技术数据

灯管型号	额定功率 (W)	电源电压 (V)	工作电压 (V)	工作电流 (mA)	启动电压 (V)	启动电流 (mA)	光通量 (lm)	平均寿命 (h)	主要尺寸 (mm)			灯头型号
									D	L	L ₁	
YZ4	4	220	35	110	190	170	10	700	15.5±0.8	150	134	2RC-14
YZ6	6		55	135		180±20	150	2000		210±1		
YZ8	8		65	145		200±20	250	285±1				
YZ15	15	220	52	320	190	440	580	3000	38	451	436	2RC-35
YZ20	20		60	350		460	970			589		
YZ30	30		95	350		560	1550			894		
YZ40	40	220	108	410	190	650	2400	2000	38	1215 1200		
YZ100	100		87	1500		1800	5500			2000		
YZ15S	15		58	300		500	665			3000	451	
YZ30S	30	220	96	320	190	560	1700	3000	25	909	894	

注: 1. 电源电压波动不宜超过额定电压的±5%, 减少不必要的开关次数, 以保证使用寿命。

2. 必须与相应的镇流器和起辉器相配合使用。

3. 灯管内壁涂上不同荧光粉后会发出不同光色, 可制成日光式、冷白色、暖白色、粉红色等。日光色荧光灯色温为 6500K; 冷白色色温为 4800K; 暖白色色温为 2700K。

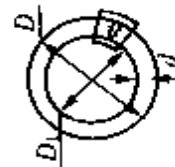
4. 型号中“S”表示细管, 除直管形外, 还有异型: U形、环形等。

表 9-13 部分环形和 U 形荧光灯的技术数据

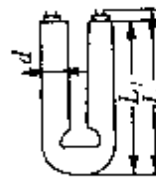
灯型号	额定功率 (W)	电源电压 (V)	工作电压 (V)	工作电流 (mA)	启动电流 (mA)	光通量 (lm)	平均寿命 (h)	主要尺寸 (mm)					
								D	D ₁	L	L ₁	d	
YZ20	20	220	60	350	500	970	2 000	207	143	—	—	—	32
YZ30	30		95	350	560	1 550		308	244	—	—	—	
YZ40	40		108	410	650	2 200		397	333	—	—	—	
YU30	30		80	350	560	1 550		—	—	417.5	410	—	
YU40	40		108	410	650	2 200		—	—	620.5	619	—	



直管形荧光灯



环形荧光灯



U形荧光灯

图 9-5

表 9-14 镇流器的技术数据

配用灯管功率 (W)	电源电压 (V)	工作电压 (V)	工作电流 (mA)	启动电压 (V)	启动电流 (mA)	最大功率损耗 (W)	功率因数
6	220	203	140±5	215	180±10	4	0.34
8		200	150±10		190±10		0.38
15		202	330±30		440±10	8	0.33
20		196	350±30		460±10		0.36
30		180	360±30		560±10		0.5
40		165	410±30		650±10		0.53
100		185	1 500±100		1 800±10	20	0.37

注：镇流器主要由铁心和线圈组成，实质上是一只铁心电感线圈。它有两出线端和四出线端（常辅助起辉线圈）两种。镇流器有两个作用：① 启动时，由起辉器配合感生很高电势，连同电源电压使汞蒸气产生放电；② 工作时用来维持灯管的稳定的工作电流。

表 9-15 起辉器的技术数据

配用灯管功率 (W)	额定电压 (V)	正常启动		欠压启动		启辉电压 (V)	使用寿命 (次)
		电压 (V)	时间 (s)	电压 (V)	时间 (s)		
4~8	220	220	1~4	180	<15	>135	5 000
15~20							
30~40							
100				200	2~5		

注：1. 起辉器主要是由静触片和由双金属片弯成的动能片两个电极组成，这两个电极装在一个充有氖气的玻璃泡中；另有一纸质电容并联在两极上，起保护作用。

2. 起辉器规格应根据灯管的功率大小选用。

荧光灯的接线图：

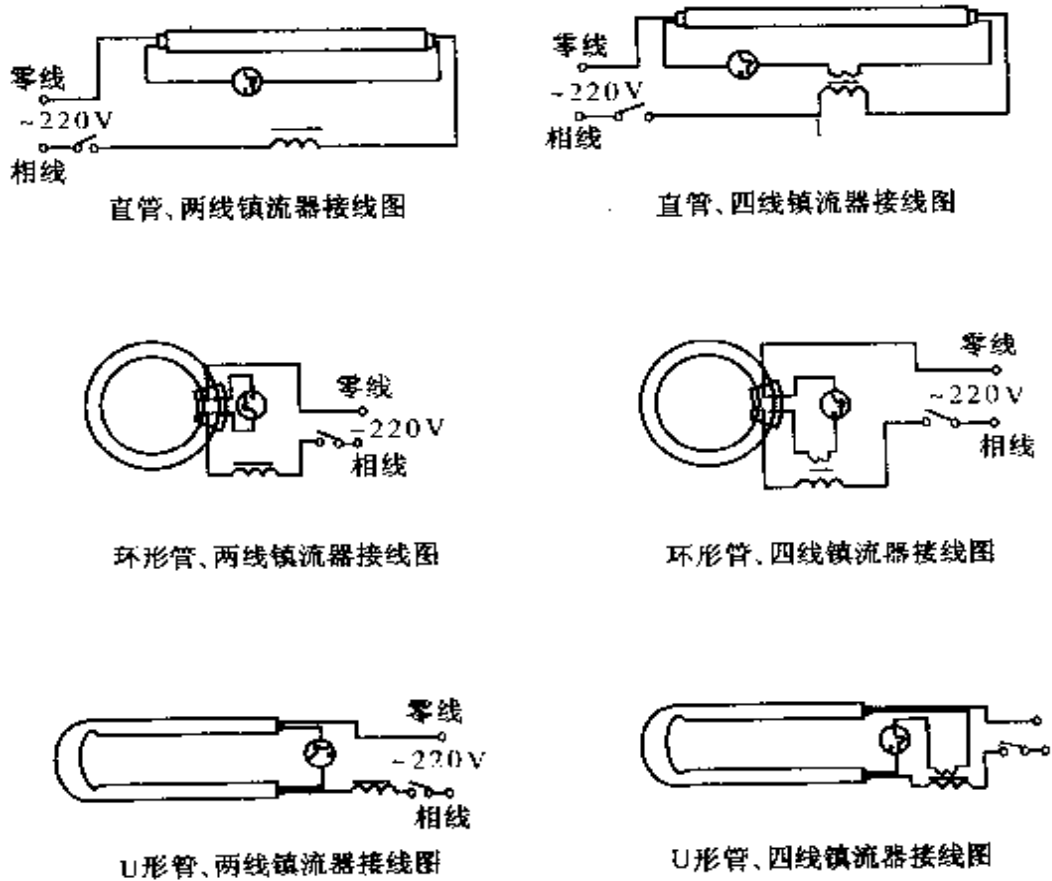


图 9-6

荧光灯不但一般显色性较差,而且具有明显的频闪效应,不利于安全生产,所以机械车间较少采用。为消除频闪效应,可在一个灯具内安装两根或三根荧光灯管,每个灯管分别接到不同相的线路上。

荧光灯线路中的镇流器是一感抗元件,功率因数较低,如果加装一电容器,可提高功率因数(如图 9-7 所示)。加接电容器的容量如表 9-16 所示。

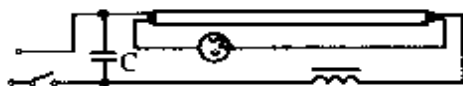


图 9-7

表 9-16 荧光灯电容器规格

电容器量值(μF)	电 压 (V)	配用荧光灯管功率(W)
2.5	110/220	20
3.75		30
4.75		40

采用电子镇流器的荧光灯接线图如图 9-8 所示。电子镇流器具有节能、高效、功率因数高(>0.9)的性能。

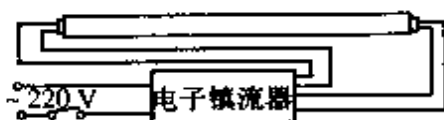


图 9-8

2. 高压汞灯

荧光高压汞灯(俗称高压水银灯)是一种自热式热阴极高压水银弧光放电灯。它有三种类型:镇流器式、自镇流式、反射式。

图 9-9 为几种高压汞灯的外形图。图 9-10 为高压汞灯的接线图。

部分高压汞灯的技术数据见表 9-17~表 9-19。

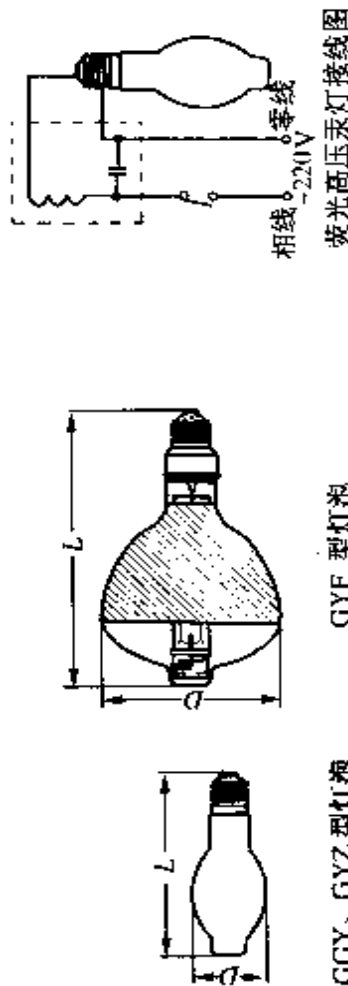
表 9-17 部分荧光高压汞灯的技术数据

灯泡型号	额定功率 (W)	电源电压 (V)	工作电压 (V)	工作电流 (A)	启动电压 (V)	启动电流 (A)	光通量 (lm)	启动时间 (min)	再启动时间 (min)	色温 (K)	平均寿命 (h)	主要尺寸 (mm)		灯头型号
												D	L	
GGY50	50	220	95±15	0.62	180	1.0	1 575	5~10	5~10	5 500	3 500	56	130±5	E27/27-1
GGY80	80		110±15	0.85		1.3	2 940					71	165±5	
GGY125	125		115±15	1.25		1.8	4 990	81			184±7	E27/35-2		
GGY175	175		130±15	1.50		2.3	7 350	91			211±7			
GGY250	250			2.15		3.7	11 025	122			300±10	E40/75-3		
GGY400	400			3.25		5.7	21 000				358±10			
GGY700	700			5.45		10.0	35 000	182			400±10	E40/78-3		
GGY1000	1 000			7.50		13.7	50 000				400±10			
GYZ160	160			0.75		6.0	2 560	152			370	E40 装配式		
GYZ250	250		220	1.20		1.7	4 900	91			227	E40/45-1		
GYZ450	450		2.25	3.5	11 000	122	292	E40/55-2						
GYF400	400	135±15	3.25	5.7	16 500	182	300±10	E40/75-3						

注: 1. 电源电压波动不能超过额定电压的 5%, 电压降低 5% 时灯会自灭。使用时可采用调压或稳压措施。

2. 以垂直安装为宜, 并注意散热和防雨。

3. GYZ 为自整流灯泡, 不必配用镇流器。GGY 和 GYF 需配用与其功率规格相同的镇流器, 见表 9-14。



GGY、GYZ型灯泡

GYF 型灯泡

荧光高压汞灯接线图

图 9-9

图 9-10

表 9-18 荧光高压汞灯镇流器的技术数据

型号	配用灯泡功率 (W)	电源电压 (V)	工作电压 (V)	工作电流 (A)	启动电流 (A)	额定电压时功率损耗 (W)	阻抗 (Ω)	功率因数 $\cos\phi$
GYZ50	50	220	177	0.62 ± 0.05	1.00 ± 0.08	10	285	0.44
GYZ80	80		172	0.85 ± 0.06	1.30 ± 0.10	16	202	0.51
GYZ125	125		168	1.25 ± 0.10	1.80 ± 0.125	25	134	0.55
GYZ175	175		150	1.50 ± 0.12	2.30 ± 0.15	26.25	100	0.61
GYZ250	250		2.15 ± 0.15	3.70 ± 0.25	37.5	70		
GYZ400	400		146	3.25 ± 0.25	5.70 ± 0.40	40	45	0.64
GYZ700	700		144	5.45 ± 0.45	10.0 ± 0.70	70	26.5	
GYZ1000	1000		139	7.50 ± 0.60	13.70 ± 1.0	100	18.5	0.67
GYF400	400		146	3.25 ± 0.25	5.70 ± 0.4	40	45	0.61

表 9-19 晒图用高压汞灯的技术数据

灯泡型号	额定电压 (V)	额定功率 (W)	工作电压 (V)	工作电流 (A)	启动电流 (A)	稳定时间 (min)	光通量 (lm)	平均寿命 (h)	主要尺寸 (mm)		灯头型号
									D	L	
GG400	220	400	135	3.25	5.7	10~15	14 000	3 000	50	335	E40
GG500		500		4.3	7.65		17 500				
GG51500		1 500					76 000		41	1 360	
GG52000		2 000									
GG53000	380	3 000	780	4.4			100 000	1 000	20	1 380	

注: 1. GGS 型还需配用漏磁变压器, 且需套在硬质玻璃管内使用。

2. 工作时有较大剂量紫外线辐射, 应加防护措施。

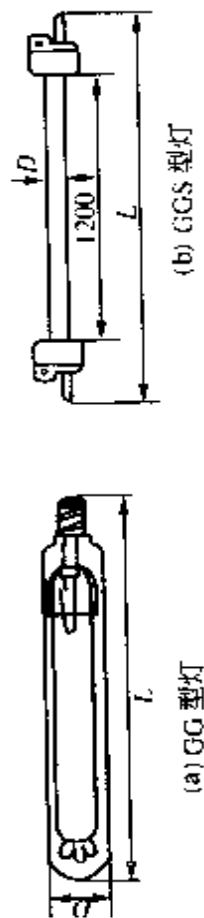


图 9-11

3. 氙灯

氙灯有长弧氙灯和短弧氙灯两种。前者是高压氙放电灯,后者是超高压氙放电灯。长弧氙灯的功率较大,但光效较低;短弧氙灯的发光体小、亮度高、发光稳定。

氙灯的冷却方式有自然冷却和水冷却两种。

使用氙灯时需配用相应规格的氙灯触发器,产生高频高压脉冲来点燃氙灯,一旦氙灯引燃后,触发器就停止工作。氙灯触发器有变压器火花型触发器和振动子型触发器两类。

部分氙灯的外形图如图 9-12 所示。

部分氙灯的技术数据如表 9-20 所示。

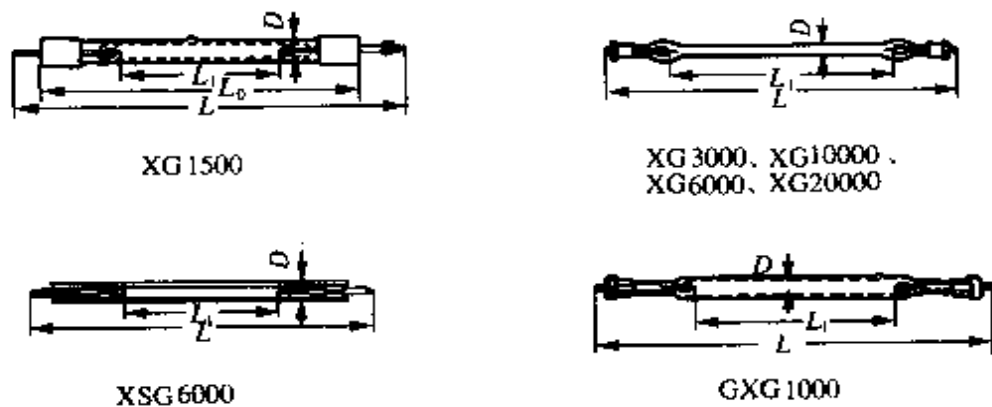


图 9-12

表 9-20 管形氙灯、水冷氙灯、汞氙灯及其配用的触发器的技术数据

型 号	灯 管							触 发 器				功率 因数 $\cos\phi$	
	额定 功率 (W)	电源 电压 (V)	工作 电压 (V)	工作 电流 (A)	光通量 (lm)	平均 寿命 (h)	主要 尺寸 (mm)			型 号	输入 电压 (V)		输出 电压 (kV)
							D	L	发光体 长度 L_1				
XG1500	1 500		60	20	30 000		32	350	110	XC-SL.5A			0.4
XG3000	3 000			13~18	72 000		15±1	700	590	XC-3A		20	
XG6000	6 000	~220	220	24.5~30	144 000	1 000	21±1	1 000	800	SQ-10	~220		
XG10000	10 000			41~50	270 000		26±1	1 500	1 050	XC-10A		30	
XG20000	20 000			84~100	580 000		38±1	1 800	1 300	XC-S20A		45	
XG20000	20 000	~380	380	47.5~58	580 000		28±1	2 500	2 000	SQ-20	~380		0.6
XG50000	50 000			118~145	1 550 000		45±1	3 400	2 700	SCH-50			
XSG4000	4 000	~220	220	15~20	140 000	500	25±3	450±10	250	DWC-3	~220		
XSG6000	6 000			23~31	220 000								
GXG1000	1 000		145	7.5	34 000	1 000	15	410±10	220	SFH	~220		

注:1. 氙灯の色温为 5 500~6 000K。

4. 高压钠灯和低压钠灯

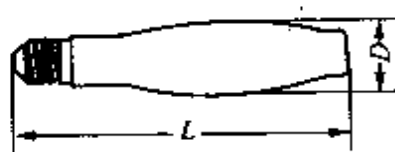
低压钠灯是低压钠蒸气放电灯,光效可达 200lm/W,主要发射黄色光,显色性差。高压钠灯的最高光效约为 120lm/W,这时色温约 2 100K,显色指数约为 20。钠灯使用的镇流器必须与其功率相匹配;若借用相同功率的荧光高压汞灯的镇流器,则实际功率低于额定功率。高压钠灯的功率因数较低(0.44),为提高功率因数,可配用合适的电容器。

表 9-21 部分高压钠灯的技术数据

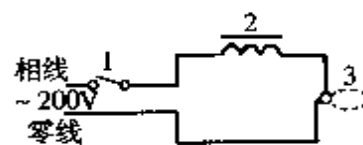
型号	额定功率 (W)	电源电压 (V)	工作电压 (V)	工作电流 (A)	启动电压 (V)	启动电流 (A)	光通量 (lm)	稳定时间 (min)	再启动时间 (min)	主要尺寸 (mm)		灯头型号
										D	L	
NG215	215	220	100±20	2.45	190	3.7	16 125	4~8	10~30	62	280	E40/45 -1
NG250	250		100 ⁺²⁰ ₋₁₀	3.0		5.0	20 000				260	
NG360	360		100±20	3.85		5.7	32 400					
NG400	400		100±20	4.6		6.5	38 000					

注:1. 电源电压的波动不应超过额定电压的 5%。

2. 钠灯有较强的紫外线辐射,应加玻璃罩,或悬挂高度应在 6m 以上。



高压钠灯



1- 电源开关; 2- 专用镇流器;

3- 高压钠灯

高压钠灯接线图

图 9-13

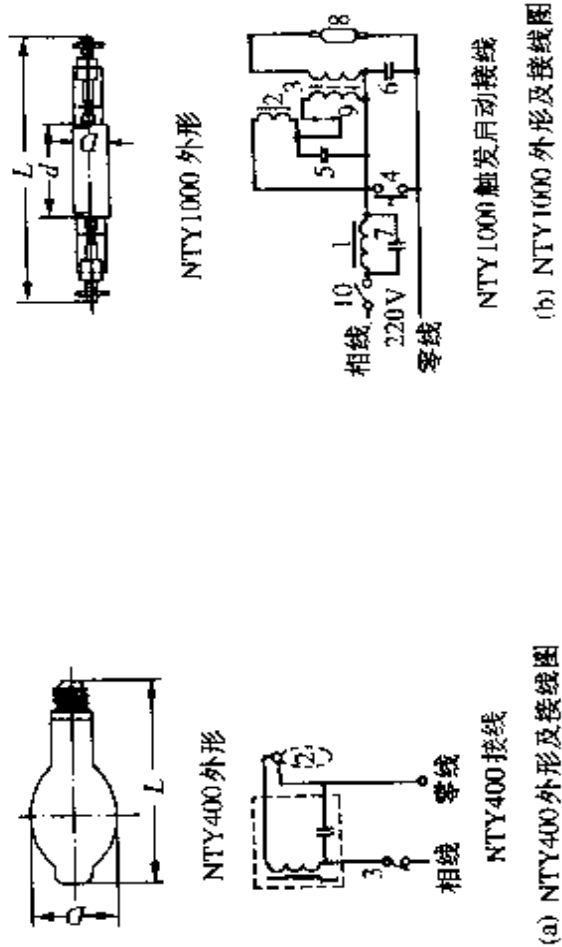
四、金属卤化物灯

金属卤化物灯的品种很多,但目前用于照明的是钠铊铟灯和镝灯。

表 9-22 部分钠铊镆灯的技术数据

型号	电源电压 (V)	额定功率 (W)	工作电压 (V)	工作电流 (A)	启动电压 (V)	启动电流 (A)	稳定时间 (min)	再启动时间 (min)	光通量 (lm)	主要尺寸 (mm)		灯头型号	功率因数 $\cos\varphi$
										D	L		
NTY400	220	400	135±15	3.25	180	5.7	4~8	10~15	28 000	91	227±7	E40/45-1	0.61
		1 000	90±10	10~12.5		15~16	5~8		60 000 ~70 000	23	170~200		

注: 1. 钠铊镆灯的色温为 5 000~6 500K, 一般显色指数 $R_a \approx 65 \sim 70$ 。
2. NTY400 和 NTY1000 灯外形及接线图均不相同, 见下图。



(a) NTY400 外形及接线图

(b) NTY1000 外形及接线图

图 9-14

表 9-23 部分输灯的技术数据

灯泡型号	电源电压 (V)	额定功率 (W)	工作电压 (V)	工作电流 (A)	启动电压 (V)	启动电流 (A)	光通量 (lm)	色温 (K)	显色指数 R_a	主要尺寸 (mm)		灯头型号
										D	L	
DDG400	220 380	400	216	2.7	340	5	36 000	6 000	85	120	300	E40/45-1
DDG1000	220	1 000	130	8.3	200	13	70 000	1 000 ~6 000	70	91	370	E40
DDG2000	380	2 000	220	10.3	340	16	150 000	1 000 ~6 000	75	111	450	
DDG3500	380	3 500	220	18	340	28	280 000	1 000 ~6 000	80	122	485	
DDG3500(A)	380	3 500	220	18	340	28	280 000	1 000 ~5 500	70	122	485	

注: 1. 这种灯启动后到稳定的时间较长, 约为 10min; 再启动的时间也较长, 约为 15min。

2. 必须与相应的镇流器、触发器或漏磁变压器相配套使用。
3. 灯管应垂直点燃, 辅助电极一端应在上方。

第三节 灯 具

灯具是灯罩和灯座及其连接件的总称。灯具的物理特征包括配光曲线、效率和保护角,它们主要取决于灯罩的形状、材质以及灯具悬挂的高度等因素。此外,灯具还有固定光源和保护光源(不受外力、潮湿和有害气体等的侵害)的作用。

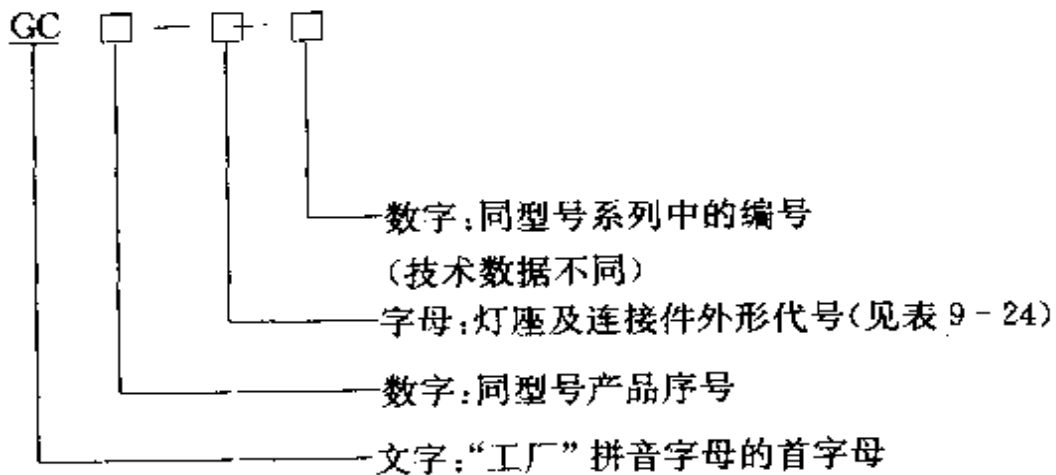
灯具的种类很多,通常以其工作的对象和性质进行分类。这里主要介绍工厂灯具和常用照明灯具。

目前,国内生产的灯具尚无统一的型号、规格及外形尺寸。下面我们仅以某一地区或生产厂的产品为代表作简略的介绍。

一、工厂常用灯具

工厂常用灯具也可以用于一般公共场所的照明。

工厂灯具型号表示(上海地区):



工厂常用灯具的分类见表 9-24。

工厂常用灯具的部分灯罩的技术数据如表 9-25 所示;灯座及连接件外形代号如表 9-26 所示。一种灯罩与不同形式的灯座及连接件相组合,可形成一种型号的系列产品。

表 9-24 工厂常用灯具的分类

类 型		定 义
按光强分布特性分	正弦型	光强分布是角度的正弦函数,且当 $\theta=90^\circ$ 时光强最大
	广照型	最大光强分布在 $50^\circ\sim 90^\circ$ 之间,可在较广的面积上形成均匀的照度
	漫射型	在各个方向上发光强度大致相等
	配照型	光强分布是角度的余弦函数,且当 $\theta=0^\circ$ 时光强最大
	深照型	最大光强分布在 $0^\circ\sim 40^\circ$ 之间,光通量集中在狭小的范围内
按结构特点分	开启型	光源(灯泡)可与外界的介质直接接触
	保护型	光源被透明罩包护,但内外的空气仍能流通
	密闭型	光源被透明罩包护,内外空气不能流通
	防水型	光源被透明罩包护,接合处采用密封填料,可防水、汽、尘等侵入
	防爆型	光源被强力透明罩包护,能承受足够的压力,可在有爆炸危险介质的场所使用

表 9-25 部分工厂常用灯具的灯罩的技术数据

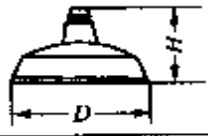

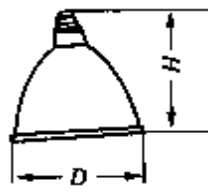

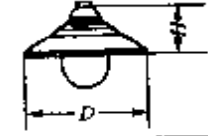

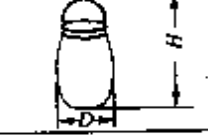
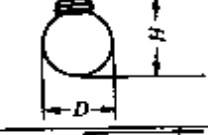
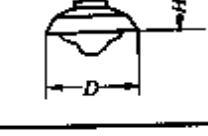
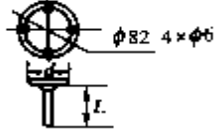
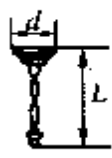
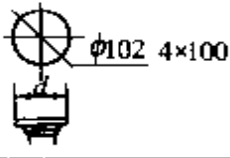
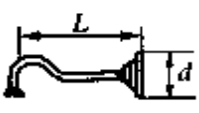
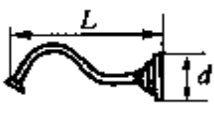


名称	系列型号	配用光源			外形尺寸 (mm)		图 示
		功率 (W)	电压 (V)	灯头	D	H	
配照型	GC1	60~100	220	E27	355	200	
		150~200			406		
广照型	GC3	60~100	220	E27	355	140	
		150~200			406	150	
深照型	GC5	60~100	220	E27	220	235	
		150~200			250	260	
		300		E40	310	310	
		300~500			350	340	
斜照型	GC7	60	220	E27	220	256	
		100			250	285	
广照型 防水防尘	GC9	60~100	220	E27	355	300~	
		150~200			420	330	
广照型 防水防尘 (加网)	GC11	60~100	220	E27	355	305~	
		150~200			420	330	
散照型 防水防尘	GC15	60~100	220	E27	130	255~	
		150~200			150	305~	
圆球型	GC17	100	220	E27	204	280~	
		200			254	315	
双罩型	GC19	60~100	220	E27	355	210~	
		150~200			406	270	

表 9-26 工厂常用灯具的几种连接件的代号和外形尺寸

名 称	代号	外形尺寸(mm)		图 示
		<i>d</i>	<i>L</i>	
直吊杆	A	100	300 500 750 1 000	
吊链	B	100	300 500 750 1 000	
吸顶	C			
90°弯杆	D	100	300 350 400	
60°弯杆	E	100	300 350 400	
30°弯杆	F	100	300 350 400	
90°直弯杆	G	100	300 350 400	

注：北京地区灯具连接件代号表示如下：G—杆式，W—弯式（ W_1 为 30° ， W_2 为 60° ， W_3 为 90° ），L—链式，D—吊式，Z—座式。

二、卤钨灯灯具

卤钨灯灯罩一般由金属板或搪瓷制成，有的罩内还装有反射器(板)。金属板通常采用经过阳极氧化处理的铝板。搪瓷罩通常

用于室外或有腐蚀性气体的场所。按光强分布特性分类,卤钨灯具也可分为配照型、深照型、斜照型(有 20° 斜角)等。常见的几种灯具外形见图9-15,部分外形尺寸见表9-27。

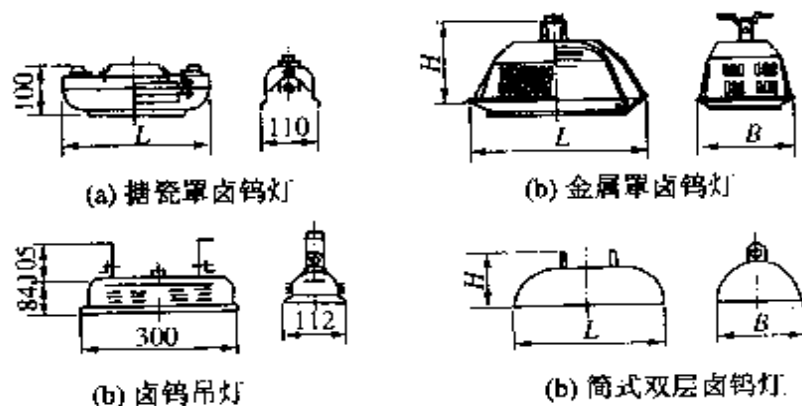


图9-15 常用卤钨灯具外形图

表9-27 几种卤钨灯具外形尺寸

型 号	灯管功率 (W)	工作 电压 (V)	外形尺寸(mm)			对应图号
			L	B	H	
LTP-500-1	500	220	320	220	100	图9-15(a)
LTP-1000-1	1 000		370	270	230	
LTS-1000-1	1 000		520	529	420	
LTX-500-1	500		320	220	100	
LTX-1000-1	1 000		320	520	150	
LTX-2000-1	2 000		520	520	330	
LJP-500-1	500		260	150	172	图9-15(b)
LJS-1000-1	1 000		314	120	204	
LJX-500-1	500		259	163	210	
DD1-1000	1 000					图9-15(c)
TD6-500	500		245			图9-15(d)
TD6-1000	1 000		300			
TD6-2000	2 000		380			

* 这里为厂家型号,仅供参考。

三、荧光灯灯具

荧光灯灯具的壳体常用的有金属和搪瓷两种，一般地壳体内可安装镇流器、起辉器和灯座等附件。灯罩有的用经阳极氧化处理的铝板，有的用经镀铬抛光的铁板，有的用内表面白色搪瓷材料。几种常用的荧光灯灯具见表 9-28 和图 9-16。

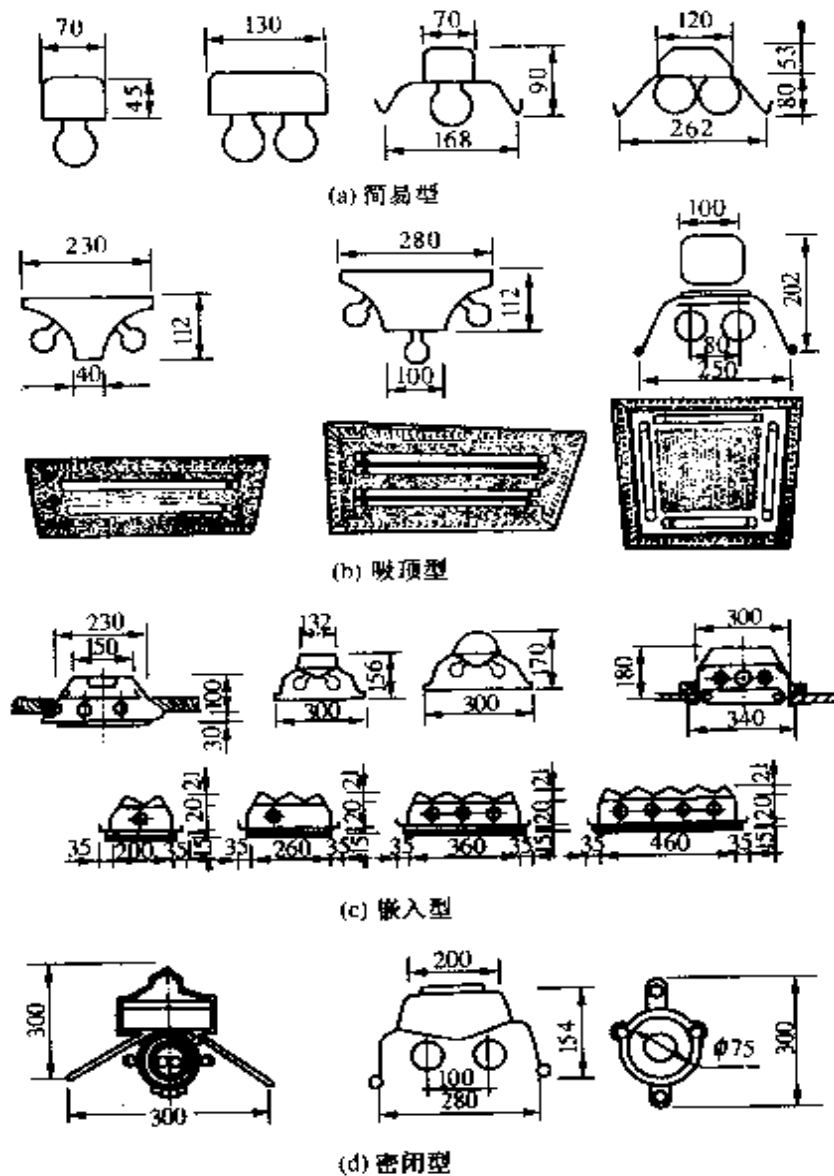


图 9-16 部分荧光灯的外形

表 9-28 几种常用荧光灯灯具的技术数据

形式	每支灯管功率 (W)	工作电压 (V)	外形尺寸 (mm)				特点及用途	
			L	B	b	H		
筒易型	20	220/110	480				结构简单 一般照明用	
	30		980					
	40		1 280					
三角罩	40	220/110	1 300	265			顶部不易集结灰尘,有聚光作用,用于食品加工、纺织车间等场所	
				360				
吸顶型	40	220/110	1 334	230				
				280				
			1 470	570				
				820				
			1 470					
	220	1 350	400	300	200	设有隔栅和磨砂玻璃侧光罩,用于需大面积照明的工作场所		
嵌入型	40	220/110	1 300	302	88	155	设有磨砂玻璃罩 用于精密加工车间、礼堂等场所	
				B' 262				
				370	150			
				B' 330				
			1 380	340		180		设有隔栅
				B' 300				

续 表

形式	每支灯管功率 (W)	工作电压 (V)	外形尺寸 (mm)				特点及用途	
			L	B	b	H		
嵌入型	40	220	1 395	230	150		设有磨砂玻璃罩	
			1 420	270	141		设有磨砂玻璃罩	
				B'200				
				330				
				B'260				
				430				
				B'360				
				530				
B'460								
悬吊型	40	220/110	1 300	205	100	202	166	分别设有双吊杆、单吊杆、吊链、挂壁四种形式
				306			设有双吊杆和吊链两种形式	
	20		700					为中心单吊杆形式
	30		1 000	250	100	202		车间等工作场所的环境照明用
	40		1 300					
	40			260		100		设有双吊杆和吊链两种形式
				300		170		用于工厂、商店、学校及会议室、实验室等场所
				204	81	156		只是外壳为梯形,与上面的灯具性能完全一致
	300		132					
	密闭型		40	220/110	1 380	280	200	154
1 300								
1 350		300				300		

续 表

形式	每支灯管功率 (W)	工作电压 (V)	外形尺寸 (mm)				特点及用途
			L	B	b	H	
栅格型	40	220/110	1320	300		205	可连接成发光带
组合型	40	220					灯体用铝合金型材制成,有方体和圆管形式,经电化工艺处理。接头用工程塑料制成,有直二通、90°三通、三通、120°三通、六通等规格,可组长直光带、多组正方形、六边辐射形等几何图形的照明灯 用于商场、会议室、接待室、家庭居室
	30						
	20						

四、防爆灯灯具

表 9-29 部分防爆灯灯具的技术数据

名称	型号	配用光源				特点及用途
		名称	功率 (W)	电压 (V)	灯头	
隔爆型 防爆灯	dNGD215	钠灯	215	200	E40	用于存在引爆能力为 II A、II B 级、引燃温度为 T ₁ ~T ₄ 级的厂房、油库等场所
	/250	汞灯	250			
	dGBD250	汞灯	250			
	/300	白炽灯	300			
矿用 防爆灯	KBB-60	白炽灯	60	127	E27	用于有瓦斯或煤尘爆炸危险的场所的连续照明
矿用增安 型防爆灯	KAB-60					用于有油气场所、变电站、井底车场等场所

续 表

名 称	型 号	配 用 光 源				特 点 及 用 途
		名 称	功 率 (W)	电 压 (V)	灯 头	
增安型 防爆灯	eB-200	白炽灯	200	220	E27	用于有引燃温度 T_2 级 可燃气体与空气形成爆炸 性混合物的工作场所
手提型 防爆灯	dB4-60	白炽灯	40~60	36	E27	用于在引燃温度 $T_1 \sim$ T_4 级可燃气体、蒸汽与空 气形成爆炸性混合物的工 作场所作检修照明和移动 照明
隔爆型 荧光 防爆灯	BPYD-A	荧光 灯管	30	220		用于有引燃温度 $T_1 \sim$ T_4 级可燃介质爆炸危险 的工厂、油库、加油站等 场所
	40					
	60					
	80					
隔爆型 快速启 动荧光 防爆灯	YB3e- 40KS	荧光 灯管	40	220		快速启动装置能在低温 下瞬时启动,用于有汽油 的工作场所
防腐型 防爆灯	BF-N	高压 钠灯	100			安装形式有吸顶式(管 吊式)、吸壁式、立柱式 用于引燃温度 $T_1 \sim T_4$ 级爆炸性危险场所和有腐 蚀性介质的环境
			150			
	BF-G	高压 汞灯	125			
			175			

注:防爆灯灯具分为 I 型(煤矿用)和 II 型(工厂用); II 型根据表面温度最高允许
值分为 T_1 (450℃)、 T_2 (300℃)、 T_3 (200℃)、 T_4 (135℃)、 T_5 (100℃)和 T_6
(85℃)六级。

五、投光灯灯具

表 9-30 部分投光灯灯具的技术数据

型 号	配用光源			外形尺寸(mm)			特点及用途	
	名称	功率(W)	电压(V)	D	L	H		
TG1	白炽灯	300	220/ 110	445	385 (410)	590	防水式,分有网、无网两种 用于船舶、铁路、矿山、建筑工地等	
TG2		500		525	415 (460)	660		
TG7 - II	A	400	220	400 (直径)	480	300	水平旋转角为±180°,俯仰角为±90° 用于船舶、车站、广场、建筑工地及大楼立面照明用	
	B							高压钠灯
	C							镝灯
	D							铊钠灯
	E	250	高压汞灯 高压钠灯					
TG14	白炽灯	1 000	220/ 110	480	410	620	防溅性 用于码头、矿山、铁道、建筑工地、广场、货栈及作警卫探照等远距离照明	
TG24	镝灯	2 000	380	705	595	990	显色指数高、发光效率高,光束宽;水平旋转角±90°,俯仰角±40° 用于需电视转播、摄影的体育场馆、大厅等	
TG19	管形氙灯	10 000	220	664	223	558	与 SF-AI 触发器配套使用 用于机场、码头、船坞、建筑工地、矿山、铁路、船舶、广场等场所作大面积照明用	

续 表

型 号	配用光源			外形尺寸(mm)			特点及用途
	名称	功率(W)	电压(V)	D	L	H	
TG20	DK-178 灯泡	150	220	250	160	330	用于厂矿、工程等检修及仓库警卫作照明
TG22				275	210	365	
TG95	卤钨灯	300		210	180	155	特殊的反射器产生漫反射光,光线柔和用于商场、大厅和广告照明
		500					
镝灯	150						
TGFX ₁₂	镝灯	3 500	380	840	950	890	显色指数高,发光效率高,光束宽;水平旋转角为±40°,垂直旋转角为0°~—60° 用于体育场馆等对 照明要求高的场所
TQB —150 —1		100~ 150	220	480	595		安装时嵌入墙壁内 用于室内不宜安装灯具的场所

六、高大建筑物灯具

表 9-31 部分高大建筑物灯具的技术数据

名 称	型 号	配 用 光 源				特点及用途
		名 称	功 率(W)	电 压(V)	灯 头	
敞开式 块板 面灯	GC125-A GC125-A1	高压汞灯	125 250	220		反射器采用高纯铝外表涂二氧化硅薄膜的块板结构,具有光效高、眩光少等特点 用于车间、库房、体育馆、会堂等场所
		高压钠灯	110 150 250			
		钨钠灯	250			
		镝灯				

续 表

名 称	型 号	配 用 光 源				特 点 及 用 途
		名 称	功 率 (W)	电 压 (V)	灯 头	
块板 面灯	GC108	高压汞灯	400	220		特点同上 用于 6m 以上的 厂房、大厅、体育场 馆等场所
		高压钠灯				
		钠铊铟灯				
		镝灯		380		
块板面 混光灯	GC-108E	高压汞灯	400	220	E40	灯具特点同上；采 用高压汞、钠光源混 光，显色性提高 用于车间、库房、 大厅等场所
		高压钠灯	400			
		高压汞灯	400			
		高压钠灯	250			
小型块 板灯	GC109	金属卤素灯	≤150	220	E27	反射器特点同上； 具宽光束；可吊杆式 或挂壁式安装 用于 6m 以下的 车间、操作室、会堂、 商场、候车室、电站、 体育房等场所
		高压钠灯	≤100			
		高压汞灯	≤125			
		白炽灯	≤200		E40	
		金属卤素灯	175			
		高压钠灯	150			
		高压汞灯	175			
高大厂 房灯	GC75(广照)	高压汞灯 钠铊铟灯 镝灯	250	220 或 380	E40	用于高大厂房、大 型仓库等场所
	GC76(狭照)		~			
	GC77(中照)		1000			
	GC78(斜口)					

七、建筑灯具

这里介绍的是一般建筑物内常用照明灯具及路灯、庭园灯
灯具。

表 9-32 部分建筑灯灯具的技术数据

类别	型号	配用光源			外形尺寸(mm)			备注	
		名称	功率(W)	电压(V)	D	d	H		
吸顶灯	JXD1-1	白炽灯	60	220	φ203	φ90	276		
	JXD3-2	白炽灯	100	220	φ312	φ290	180	JXD2~6 结构基本相同,灯罩外形不同	
	JXD-9	白炽灯	60	220	方 267		114	还有双连、四连、八连等形式;也有长方形的	
嵌入式吸顶灯	JXD316-D	28W 双 D 灯	36	220	300	272	90		
	JXD30-A	荧光灯	5×20	220	方 794		265	尚有 6×20W、8×30W、10×40W 等规格	
	JXD72-A	白炽灯	100	220	φ193		240		
	JXD20-	A	白炽灯	4×100	220	方 620		264	采用 48 片硬质棱镜玻璃片
		B	荧光灯	φ0					
JXD26-C	环形荧光灯	30 40	220	φ500		250			
吸壁灯	JXB50	荧光灯	15	220	460	102	108		
	JXB302-3	白炽灯	2×60	220	600	95	170		
	JXB24	白炽灯	2×40	220	332		220	类似这种结构的灯具,已有各种灯罩和连接件组成的各型号款式	
吊灯	吊线灯	白炽灯		220				灯罩具有各种形状	
	吊链灯	白炽灯							
	JDDH44	白炽灯	3×60	220	680		1 120	花饰吊灯,具有不同灯罩、连接支架	

续 表

类别	型号	配用光源			外形尺寸(mm)			备注
		名称	功率(W)	电压(V)	D	d	H	
路 灯		白炽灯	60~ 200	220	300~ 425			马路弯灯,有 长臂、短臂之分
	JTY23	高压汞灯	125	220				可用两泡、三泡 和四泡为一组,组 合成各种几何图 形,安装在灯柱上
	JTY24		~					
	JTY25		400					
柱 灯	JTY9	白炽灯	100~ 200	220	450~ 1 000	100~ 165	860~ 1 600	有单泡、两 泡、三泡、五泡、 七泡等组成各 种图形,安装在 灯柱上;灯罩为 各种艺术造型

八、灯座

灯座材料有瓷质、胶木和金属三种。瓷质灯座可用于较潮湿的场所,胶木和金属灯座则必须用于干燥的场所。常用灯座大致分为插口式和螺旋式两种。它们的技术数据如表 9-33 所示。

表 9-33 灯座的技术数据

类别	代号	最高工作电压(V)	最大工作电流(A)	最大额定功率(W)
螺口灯座	E10	50	2.5	25
	E14	250		50
	E27		4	300
	E40		10	1 000
			20	2 000

续 表

类 别	代 号	最高工作电压(V)	最大工作电流(A)	最大额定功率(W)
插口灯座	1C9	50	2.5	25
	1C15	250		40
	1C15A			
	2C15			
	2C15A			
	2C22		4	300

注：表中的电压、电流和功率是限制灯座使用范围的三个独立的参数。

第四节 照明器的选用

一、工业企业照明的照度标准值

在国家建委 1979 年颁布的《工业企业照明设计标准》中，对工业企业照明的照度系列分级为 2500、1500、1000、750、500、300、200、150、100、75、50、30、20、10、5、3、2、1、0.5、0.2lx。

工业企业中一般生产车间和工作场所上的最低照度值见表 9-34~9-36。

照明器使用期间，光源的光效会逐渐降低，灯具、被照场所的墙壁等会被沾污，因而工作面上的光通量会减少。所以，在进行照明设计时，应将表 9-34~9-36 中的最低照度值乘上一个规定的照度补偿系数值(K)。照度补偿系数见表 9-37。

表 9-34 一般生产车间和工作场所工作面上的最低照度值

序号	车间和工作场所	视觉工作等级	最低照度值(lx)		
			混合照明	混合照明中的一般照明	一般照明
1	金属机械加工车间： 一般 精密	Ⅱ乙	500	30	—
		Ⅰ乙	1000	75	—
2	机电装配车间： 大件装配 精密小件装配	Ⅱ乙	500	50	—
		Ⅰ乙	1000	75	—
3	机电装配试车： 地面 试车台	Ⅵ	—	—	30
		Ⅱ乙	500	50	—
4	焊接车间： 弧焊 一般接触焊 一般划线 精密划线	Ⅴ	—	—	50
		Ⅴ	—	—	50
		Ⅳ乙	—	—	75
		Ⅱ甲	750	50	—
5	钣金车间	Ⅴ	—	—	50
6	冲压剪切车间	Ⅳ乙	300	30	—
7	锻工车间	Ⅹ	—	—	30
8	热处理车间	Ⅵ	—	—	30
9	铸工车间： 熔化、浇铸 型砂处理、清理 造型	Ⅹ	—	—	30
		Ⅵ	—	—	20
		Ⅵ	—	—	50
10	木工车间： 机床区 锯木间 木模区	Ⅲ乙	300	30	—
		Ⅴ	—	—	50
		Ⅳ甲	300	30	—

续 表

序号	车间和工作场所	视觉工作等级	最低照度值(lx)		
			混合照明	混合照明中的一般照明	一般照明
11	表面处理车间:				
	电镀槽间	V	—	—	50
	酸洗间	VI	—	—	30
	抛光间	III甲	500	30	—
	电源(整流器)室	VII	—	—	30
12	喷漆车间	V	—	—	50
13	喷砂车间	VI	—	—	30
14	电修车间:				
	一般	IV甲	300	30	—
	精密	III甲	500	50	—
15	理化实验室、计量室	III乙	—	—	100
16	动力站:				
	压缩机房	VI	—	—	30
	泵房	VII	—	—	20
	风机房	VI	—	—	20
	乙炔发生器房	VII	—	—	20
	锅炉旁、煤气站的操作层	VII	—	—	20
17	配、变电所:				
	变压器室	VII	—	—	20
	高低压配电室	VI	—	—	30
18	控制室:				
	一般控制室	IV乙	—	—	75
	主控制室	II乙	—	—	150
19	热工仪表控制室	III乙	—	—	100
20	电话站:				
	人工交换台、转接台	V	—	—	50
	蓄电池室	VII	—	—	20

续 表

序号	车间和工作场所	视觉工作等级	最低照度值(lx)		
			混合照明	混合照明中的一般照明	一般照明
21	广播站(室)	IV乙	—	—	75
22	仓库:				
	大件贮存	IX	—	—	5
	中小件贮存	VIII	—	—	10
	精细件贮存	VII	—	—	20
	工具库	VI	—	—	30
23	乙炔瓶库、氧气瓶库、电石库	VIII			10
24	汽车库:				
	停车间	VIII	—	—	10
	充电室	VII	—	—	20
	检修间	VI	—	—	30

- 注: 1. 混合照明中的一般照明,其照度为该等级混合照明照度的5%~10%,但不宜低于20lx。
 2. 当采用气体放电灯作为一般照明时,在经常有人工作的车间,其照度值不宜低于30lx。
 3. 冲压剪切车间和造型工部的照度为已提高了一级的照度。

表 9-35 工业企业辅助建筑的最低照度值

序号	房间名称	一般照明的最低照度(lx)	规定照度的平面距地面的高度(m)
1	设计室	100	0.8
2	阅览室	75	0.8
3	办公室、会议室、资料室	50	0.8
4	医务室	50	0.8
5	托儿所、幼儿园	30	0.4~0.5
6	食堂	30	0.8
7	车间休息室、单身宿舍	30	0.8
8	浴室、更衣室、厕所	10	0
9	通道、楼梯间	5	0

表 9-36 厂区露天工作场所和交通运输线的最低照度值

序号	工作种类和地点	最低照度 (lx)	规定照度的平面
1	露天工作:		
	视觉要求较高的工作	20	工作面
	用眼睛检查质量的金属焊接	10	工作面
	用仪器检查质量的金属焊接	5	工作面
	间断的检查仪表	5	工作面
	装卸工作	3	地面
	露天堆场	0.2	地面
2	道路:		
	主干道	0.5	地面
	次干道	0.2	地面
3	站台:		
	视觉要求较高的站台	3	地面
	一般站台	0.5	地面
4	码头	3	地面

表 9-37 照度补偿系数

序号	环境污染特征	生产车间和工作场所举例	照度补偿系数(K)		照明器 擦洗次数 (次/月)
			白炽灯、荧光灯、 荧光灯、汞灯	卤钨灯	
1	清洁	仪器、仪表的装配车间, 电子元器件的装配车间, 实验室,办公室,设计室	1.3	1.2	1
2	一般	机械加工车间,机械装 配车间,织布车间	1.4	1.3	1
3	污染 严重	锻工车间,铸工车间,碳 化车间,水泥厂球磨车间	1.5	1.4	2
4	室外		1.4	1.3	1

注:照度补偿系数也有用照明器的减光系数来代替,它的数值为 $1/K$ 。

二、工业企业用灯具类型的选择

表 9-38 工业企业用灯具类型的一般选择

使用场所	灯具类型
空气较干燥和少尘的车间	开启型各种灯具(按车间的建筑特性、工作面的布置和照度的需要,可采用广照型、配照型或深照型等灯具,也可选择不同类型的光源)
空气潮湿和多尘的车间	防水(防尘)型、密闭型
有易燃、易爆介质的车间	防爆型(见表 9-29)
一般办公室、会议室	开启型、闭合型
门厅、走廊等场所	闭合型
广场、露天工作场所	密闭型
厂区路灯	开启型、闭合型

表 9-39 工业企业照明设计标准

识别对象的最小尺寸 $d(\text{mm})$	视觉工作分类		亮度对比	最低照度(lx)	
	等	级		混合照明	一般照明
$d \leq 0.15$	I	甲	小	1 500	
		乙	大	1 000	
$0.15 < d \leq 0.3$	II	甲	小	750	200
		乙	大	500	150
$0.3 < d \leq 0.6$	III	甲	小	500	150
		乙	大	300	100
$0.6 < d \leq 1.0$	IV	甲	小	300	100
		乙	大	200	75
$1 < d \leq 2$	V			150	50

续 表

识别对象的最小尺寸 $d(\text{mm})$	视觉工作分类		亮度对比	最低照度(lx)	
	等	级		混合照明	一般照明
$2 < d \leq 5$	VI				30
$d > 5$	VII				20
一般观察生产过程	VIII				10
大件贮存	IX				5
有自行发光材料的车间	X				30

- 注：1. 一般照明的最低照度，是指单独使用的照明距墙 1m(小面积房间为 0.5m)距地面为 0.8m 的假定工作面上的最低照度。
2. 混合照明的最低照度一般是工作面上的最低照度。

表 9-40 一般车间和工作场所工作面上的最低照度

车间和工作场所	视觉工作等级	最低照度(lx)			单位容量 (W/m ²)
		混合照明	混合照明中的一般照明	一般照明	
金属机械加工车间					
一般	II乙	500	30		9
精密	I乙	1000	75		22
机电装配车间					
大件装配	II乙	500	50		11
精密小件装配	I乙	1000	75		17
机电装配试车					
地面	V乙			30	7
试车台	II乙	500	50		11
焊接车间					
弧焊	V			50	10
一般接触焊	V			50	10
一般划线	IV乙			75	15
精密划线	II甲	750	50		11
钣金车间	V			50	10
冲压剪切车间	IV乙	300	30		9
锻工车间	X			30	7

续 表

车间和工作场所	视觉 工作 等级	最低照度(lx)			单位容量 (W/m ²)
		混合照明	混合照明中 的一般照明	一般照明	
热处理车间	VI			30	7
铸工车间					
熔化、浇铸	X			30	7
型砂处理、清理	VI			20	5
造型	VI			50	10
木工车间					
机床区	III乙	300	30		9
锯木区	V			50	10
木模区	IV甲	300	30		9
表面处理车间					
电镀槽间	V			50	10
酸洗间	VI			30	7
抛光间	III甲	500	30		9
电源(整流器)室	VI			30	7
喷漆车间	V			50	10
喷砂车间	VI			30	7
电修车间					
一般	IV甲	300	30		9
精密	III甲	500	50		11
理化实验室计量室	III乙			100	20
动力站					
压缩机房	VI			30	7
泵房	VI			20	5
风机房	VI			20	5
乙炔发生器房	VI			20	5
锅炉房煤气站的操 作房	VI			20	5
配、变电所					
变压器室	VI			20	5
高低压配电室	VI			30	7
控制室					
一般控制室	IV乙			75	15

续 表

车间和工作场所	视觉工作等级	最低照度(lx)			单位容量(W/m ²)
		混合照明	混合照明中的一般照明	一般照明	
主控制室	II乙			150	30
热工仪表控制室	III乙			100	20
电话站					
人工交换台转接台	V			50	10
蓄电池室	VI			20	5
广播站(室)	IV乙			75	15
仓库					
大件贮存	IX			5	2
中小件贮存	VIII			10	3
精细件贮存	VII			20	5
工具库	VI			30	7
乙炔瓶库氧气瓶库电					
石库	VIII			10	3
汽车库					
停车间	VII			10	3
充电间	VI			20	5
检修间	VI			30	7

表 9-41 工业企业辅助建筑的最低照度

名 称	一般照明的最低照度(lx)	规定照度的平面
设计室	100	距地 0.8m 的水平面
阅览室	75	
办公、会议、资料室	50	
医务室	50	
托儿所、幼儿园	30	距地 0.4~0.5m 的水平面
食堂	30	距地 0.8m 的水平面
车间休息室、单身宿舍	30	
浴室、更衣室、厕所	10	地面
通道楼梯间	5	

表 9-42 厂区露天场所和交通线的最低照度

工作种类和地点	最低照度 (lx)	规定照度平面
露天工作:		
视觉要求较高的工作	20	工作面
用眼睛检查质量的金属焊接	10	工作面
用仪器检查质量的金属焊接	5	工作面
间断的检查仪表	5	工作面
装卸工作	3	地面
露天堆场	0.2	地面
道路:		
主干道	0.5	地面
次干道	0.2	地面
站台:		
视觉要求较高的站台	3	地面
一般站台	0.5	地面
码头	3	地面

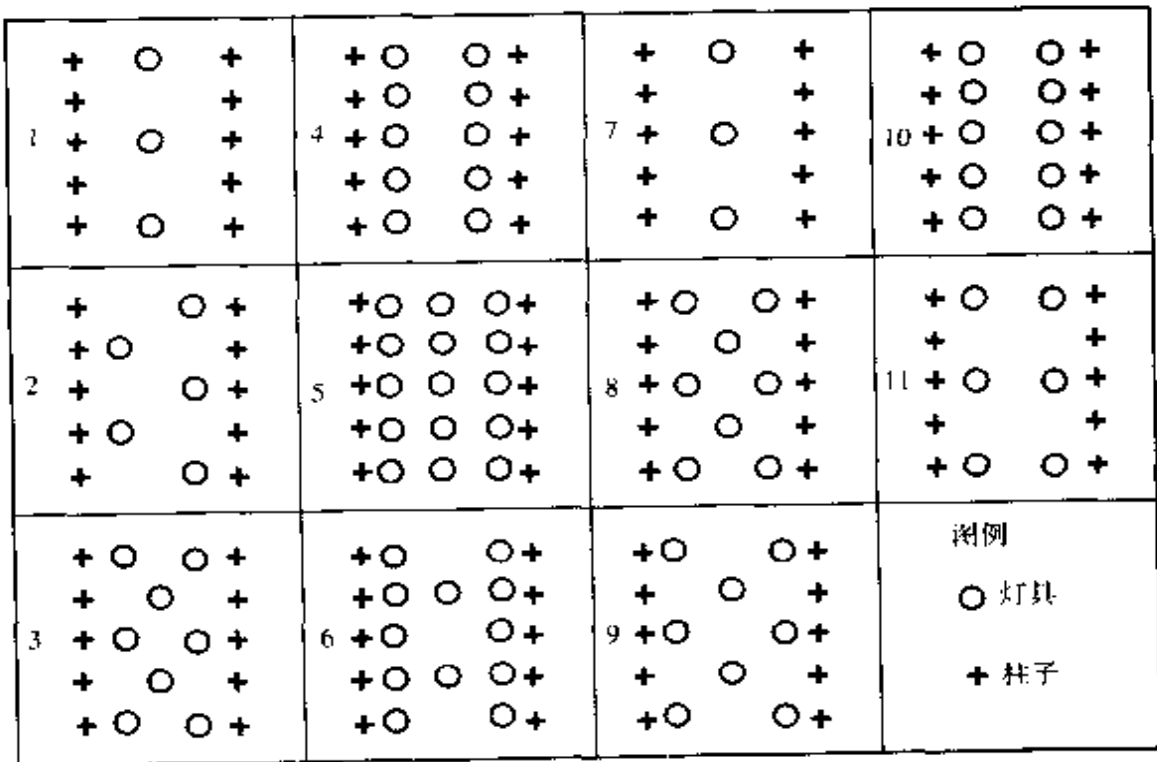


表 9-43 照明负荷计算

	支线功率	干线功率	三相负荷不均匀功率
公式	$P_s = P_l$	$P_s = K_s P_l$	$P_s = K_s \cdot 3P_l$
字母意义	P_l : 支线上装灯容量(kW)	P_s : 支线上装灯容量(W) K_s : 需要系数(见附表)	K_s : 需要系数(见附表) P_s : 最大一相的装灯容量
说明	1. 荧光灯由于镇流器的功率损耗, 计算功率增加约 20%。 2. 荧光高压汞灯由于镇流器的功率损耗, 计算功率增加约 8%。 3. 照明线路允许压降 5%~10%。		

附表 照明线路电流近似值及熔片选择

照明线路形式	功率因数	计算电流(A)	熔片电流(A)
220V 二线白炽灯线路	1.0	$I_s = 4.55P_s$	$I_d \geq I_s$
380V 四线白炽灯线路	1.0	$I_s = 1.52P_s$	$I_d \geq I_s$
220V 二线荧光灯线路	0.6	$I_s = 7.6P_s$	$I_d \geq I_s$
220V 二线非自镇流高压汞灯线路	0.6	$I_s = 7.6P_s$	$I_d \geq 1.2I_s$
380V 四线非自镇流高压汞灯线路	0.6	$I_s = 2.5P_s$	$I_d \geq 1.2I_s$
380V 四线白炽灯, 高压汞灯混合照明		$I_s = 2P_s$	$I_d \geq 1.2I_s$

注: 1. 荧光灯及高压汞灯线路按无电容补偿计算。
2. 混合照明线路按白炽灯与高压汞灯容量比为 1:1 时考虑。

三、室内一般照明的布置

目前, 室内照明普遍采用自然照明和人工照明两种方法。人工照明又常以电光源为主。室内照明器的布置, 主要与房间的结构和光学特性以及对照明的要求等因素有关, 通常有两种基本方案, 即均匀布置和选择布置。

在照明布置过程中, 要进行照度计算。照度计算有两方面的含义: ①已知工作场所要求的照度, 照明器的类型及布置方案, 房

间结构及光学特性,环境污染程度,计算确定每一照明器的容量及总容量(或照明器的数量);②已知照明器的类型及布置方案,照明器的容量,计算工作面的照度,检验是否符合照度标准的要求。照度计算的有关数据可参阅《工业企业常用灯具照明设计计算图表》等资料。下面给出一些常用的技术数据。

室内一般照明器离地面的最低悬挂高度见表 9-44。

部分常用灯具的适用高度见表 9-45。

一些灯具适用光源的种类见表 9-46。

单位建筑面积照明用电量估算见表 9-47。

荧光高压汞灯与白炽灯功率对照见表 9-48。

照明器较合理布置的距高比(L/h)见表 9-49。

工作面上的平均照度与规定的最低照度的比值称为最小照度系数(Z)。一些照明器的最小照度系数见表 9-50。

某些墙壁、顶棚和地面的反射系数参考值见表 9-51。

表 9-44 室内一般照明器离地面的最低悬挂高度

光源种类	灯具形式	灯具保护角(°)	灯泡(管)容量(W)	最低悬挂高度(m)
白炽灯	带搪瓷反射器	10~30	100 及以下	2.5
			150~200	3.0
			300~500	3.5
			500 以上	4.0
白炽灯	乳白玻璃漫射罩		100 及以下	2.0
			150~200	2.5
			300~500	3.0
荧光高压汞灯	带搪瓷反射器	10~30	250 及以下	5.0
	带铝抛光反射器		400 及以上	6.0
卤钨灯	带搪瓷反射器	30 及以上	500	6.0
	带铝抛光反射器		1 000~2 000	7.0

续 表

光源种类	灯具形式	灯具保护角 (°)	灯泡(管) 容量(W)	最低悬挂 高度(m)
荧光灯	不带反射器		40 及以下	2.0
金属卤化物灯	带搪瓷反射器	10~30	400	6.0
	带铝抛光反射器	30 以上	1 000 及以下	14.0 以上 ^注
高压钠灯	带搪瓷反射器	10~30	250	6
	带铝抛光反射器		400	7

注:1 000W 金属卤化物灯有紫外线防护措施时,悬挂高度可适当降低。

表 9-45 部分常用灯具的适用高度

灯具类型	适用高度 (m)	灯具类型	适用高度 (m)
配照型	4~6	高纯铝深照型	15~30
搪瓷深照型	6~30	大面积照明(顶灯)	18~30
搪瓷斜照型(壁灯)	6~10	大面积斜照型(壁灯)	14 及以上

表 9-46 一些灯具适用光源的种类

灯具安装形式	适用光源	备注
坐灯头式	白炽灯	60W 以下
吸顶式	白炽灯、荧光灯、碘钨灯、荧光高压汞灯	
固定吊线式	白炽灯、荧光灯	100W 以下
移动吊线式	白炽灯	60W 以下
吊链式	白炽灯、荧光灯、碘钨灯、荧光高压汞灯	
吊管式	白炽灯、荧光灯、碘钨灯、荧光高压汞灯	
壁式	白炽灯、荧光灯	
防水吊灯头式	白炽灯	40W 以下
防水三通吊式	白炽灯、荧光高压汞灯	

表 9-47 单位建筑面积照明用电量估算表

序号	建筑物名称	单位容量 (W/m ²)	序号	建筑物名称	单位容量 (W/m ²)
1	金工车间	6	14	各种仓库(平均)	5
2	装配车间	9	15	生活间	8
3	工具修理车间	8	16	锅炉房	4
4	金属结构车间	10	17	机车库	8
5	焊接车间	8	18	汽车库	8
6	锻工车间	7	19	住宅	4
7	热处理车间	8	20	学校	5
8	铸钢车间	8	21	办公楼	5
9	铸铁车间	8	22	单身宿舍	4
10	木工车间	11	23	食堂	4
11	实验室	10	24	托儿所	5
12	煤气站	7	25	商店	5
13	压缩空气站	5	26	浴室	3

注:表内数字按白炽灯计算,仅供粗略估算时参考。

表 9-48 荧光高压汞灯与白炽灯功率对照表

荧光高压汞灯(W)	白炽灯(W)	荧光高压汞灯(W)	白炽灯(W)
125	150	250	300
175	200	400	500

注:表中的数值关系与照明器的布置方式有关,仅供参考。

表 9-49 照明器较合理布置的距离比(L/h)

照明器类型	L/h		单行布置 时房间最 大宽度
	多行布置	单行布置	
配照型、广照型、双罩配照型工厂灯	1.8~2.5	1.8~2.0	1.2h
深照型、乳白玻璃罩吊灯	1.6~1.8	1.5~1.8	1.0h
防爆灯、圆球灯、吸顶灯、防水防尘灯、防潮灯	2.3~3.2	1.9~2.5	1.3h
栅格荧光灯具	1.2~1.4	1.2~1.4	0.75h
荧光灯(余弦配光)	1.4~1.5		

注：1. 距离比中的距离(L)是指照明器间的距离，高度(h)是指照明器的计算高度。当照明器单行均匀布置时，L即为两照明器间的距离；当照明器为多行均匀布置时， $L = \sqrt{L_1 L_2}$ ， L_1 为每行中两照明器间距离， L_2 为每两行照明器间的距离。

2. 表中给出的数值，是使工作面达到最低照度值时的合理的L/h值。

3. 表中的前一个数字为首选值，后一个数字为允许值。

表 9-50 一些照明器的最小照度系数(Z)

照明器类型	举例	L/h			
		0.8	1.2	1.6	2.0
配照型	搪瓷配照型灯	1.20	1.15	1.25	1.50
深照型	搪瓷深照型灯	1.15	1.09	1.18	1.44
漫射型	乳白玻璃圆球灯	1.0	1.0	1.18	1.18

注：L/h值见表9-49。

表 9-51 某些墙壁、顶棚和地面的反射系数参考值

反 射 面 性 质	反射系数(%)
墙壁、顶棚抹灰后刷白,窗子装白色帘布	70
墙壁、顶棚刷白,窗子未装帘布或装深色帘布 顶棚刷白,房间潮湿 墙壁、顶棚未刷白,但干净、光亮	50~60
墙壁、顶棚水泥抹面,有窗子 墙壁、顶棚为木料 墙壁、顶棚糊有浅色纸 红砖墙	30
灰砖墙	20
墙壁、顶棚积有大量灰尘 无帘布的玻璃窗 墙壁、顶棚糊有深色纸 广漆地面	10
钢板地面	10~30
混凝土地面	10~25
沥青地面	11~12

第十章 电工材料

第一节 电线与电缆

一、裸电线

电工常用导电材料主要是金属及其制品,目前用得最多的还是铜、铝制品,也有各种金属的复合材料。裸电线是指仅有金属导体而无绝缘层的电线。

裸电线的分类、型号、特性及主要用途见表 10-1。

表 10-1 裸电线的分类、型号、特性及主要用途

分类	名称	型号	截面范围 (mm ²)	主要用途	备注
裸 单 线	硬圆铝单线	LY	0.06~6.00	硬线主要作架空线用。半硬线和软线作电线、电缆及电磁线的线心用;亦可作电机、电器及变压器绕组用。	可用 LY、LR 代替
	半硬圆铝单线	LYB			
	软圆铝单线	LR			
	硬圆铜单线	TY	0.02~6.00	用作小电流、大跨度的架空线	具有良好的耐腐蚀性
	软圆铜单线	TR			
裸 绞 线	镀锌铁线		1.6~6.0		
	铝绞线	LJ	10~600	用作高、低压架空输电线	
	铝合金绞线	HLJ			
	钢心铝绞线	LGJ	10~400	用于拉力强度较高的架空输电线	
防腐钢心铝绞线	LGJF	25~400			

续 表

分类	名称	型号	截面范围 (mm ²)	主要用途	备注
裸绞线	硬铜绞线	TJ		用作高、低压架空输电线	可用铝制品代替
	镀锌钢绞线	GJ	2~260	用作农用架空线或避雷线	
裸型线	硬铝扁线 半硬铝扁线 软铝扁线	LBY LBBY LBR	a: 0.80 ~7.10 b: 2.00 ~35.5	用于电机、电器设备绕组	
	硬铝母线 软铝母线	LMY LMR	a: 4.00 ~31.50 b: 16.00 ~125.00	用于配电设备及其他电路装置中	
	硬铜扁线 软铜扁线	TBY TBR	a: 0.80 ~7.10 b: 2.00 ~35.00	用于安装电机、电器、配电设备	
	硬铜母线 软铜母线	TMY TMR	a: 4.00 ~31.50 b: 16.00 ~125.00		
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		用于电机、电器及仪表线路上连接电刷	
	铜软绞线	TJR		电气装置、电子元器件连接线	
	镀锡铜软绞线	TJRX			
	铜编织线	TZ			
	镀锡铜编织线	TZX			

圆铝单线与圆铜单线的电气性能见表 10-2。

表 10-2 铝与铜圆单线的电气性能

型 号		电阻系数 20℃ ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$) 不大于	电阻温度 系数 20℃ ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)	密 度 (g/cm^3)	线膨胀 系 数 ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)
LY		0.029 0	0.004 03	2.703	0.000 023
LYB 与 LR		0.028 3	0.004 07		
TY	直径 1.00mm 以下	0.017 96	0.003 77	8.89	0.000 017
	直径 1.01~6.00mm 时	0.017 77	0.003 81		
TR		0.017 241	0.003 93		

圆铝单线与圆铜单线的机械性能见表 10-3。

表 10-3 铝与铜圆单线的机械性能

性能 型号 单线 直径(mm)	抗拉强度 \geq (N/mm^2)					伸长率 \geq (%)				
	LY	LYB	LR	TY	TR	LY	LYB	LR	TY	TR
0.06~0.20	177			421~	200	0.5	1.0	8		10
0.21~0.50				415						
0.51~0.70				414~						
0.71~1.00				412						
1.01~1.50	167	93	69	411~	210	1.2	2.0	15	0.5~	25
1.51~2.00				400						
2.01~2.50				399~						
2.51~3.00	157	138	93	389		1.5	2.5	18	1.0~	30
3.01~3.50				386~						
3.51~4.00	147			379		2.0	3.0	20	1.2~	
4.01~5.00				370~						
5.01~6.00				368						
				365~					1.3~	
				357					1.4~	
									1.5~	
									1.7	

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 73N/mm²。

一些常用的裸电线的技术数据见表 10-4~10-18。

表 10-4 常用圆铝、铜单线的规格

直径 (mm)	截面积 (mm ²)	铝			铜		
		计算质量 (kg/km)	直流电阻 20℃ (Ω/km)	直流电阻 75℃ (Ω/km)	计算质量 (kg/km)	直流电阻 20℃ (Ω/km)	直流电阻 75℃/ (Ω/km)
0.05	0.001 96				0.017 5	8 970	11 060
0.06	0.002 83				0.025 2	6 210	7 660
0.07	0.003 85				0.034 2	4 570	5 640
0.08	0.005 03				0.044 7	3 500	4 320
0.09	0.006 36				0.056 5	2 760	3 410
0.10	0.007 85				0.069 8	2 240	2 770
0.11	0.009 50				0.084 5	1 854	2 290
0.12	0.011 31				0.100 5	1 556	1 918
0.13	0.013 3				0.117 9	1 322	1 630
0.14	0.015 4				0.136 8	1 142	1 410
0.15	0.017 67				0.157	995	1 227
0.16	0.020 1				0.179	875	1 080
0.17	0.022 7				0.202	775	956
0.18	0.025 5				0.226	690	852
0.19	0.028 4				0.262	620	765
0.20	0.031 4	0.085	901	1 100	0.279	560	692
0.21	0.034 6	0.097	820	1 000	0.308	506	628
0.23	0.041 5	0.112	682	835	0.369	424	524
0.25	0.049 1	0.133	577	705	0.436	359	443
0.27	0.057 3	0.155	494	604	0.509	307	379
0.29	0.066 1	0.178	428	524	0.587	266	329
0.31	0.075 5	0.204	375	458	0.671	233	285
0.33	0.085 5	0.231	331	405	0.760	206	254
0.35	0.096 2	0.260	294	360	0.855	183	226
0.38	0.113 4	0.306	250	305	1.008	156.0	191.3

续 表

直径 (mm)	截面积 (mm ²)	铝			铜		
		计算质量 (kg/km)	直流电阻 20℃ (Ω/km)	直流电阻 75℃ (Ω/km)	计算质量 (kg/km)	直流电阻 20℃ (Ω/km)	直流电阻 75℃/ (Ω/km)
0.41	0.132 0	0.357	214	262	1.170	133.0	164
0.44	0.152 1	0.411	186	227	1.352	116.0	142.5
0.47	0.173 5	0.469	163	199.5	1.54	101.0	125.0
0.49	0.188 6	0.509	150	183.5	1.68	93.3	115.0
0.51	0.204	0.550	138.6	169.5	1.81	86.0	106.2
0.53	0.221	0.600	128.0	156.5	1.98	79.4	98.2
0.55	0.238	0.643	119.0	145.5	2.12	73.7	91.2
0.57	0.255	0.689	111.0	135.5	2.27	68.8	85.2
0.59	0.273	0.734	103.6	127	2.42	64.2	79.5
0.62	0.302	0.813	93.8	114.7	2.68	58.0	72.0
0.64	0.322	0.868	88.0	107.5	2.86	54.5	67.4
0.67	0.353	0.950	80.2	98.0	3.13	49.6	61.5
0.69	0.374	1.01	75.7	92.5	3.32	47.0	58.0
0.72	0.407	1.10	69.5	85.0	3.62	43.0	53.3
0.74	0.430	1.16	65.8	80.5	3.82	40.6	50.5
0.77	0.466	1.26	60.7	74.4	4.14	37.6	46.5
0.80	0.503	1.36	56.3	68.9	4.47	34.9	43.1
0.83	0.541	1.46	52.4	64.0	4.81	32.4	40.1
0.86	0.581	1.57	48.7	59.6	5.16	30.2	37.3
0.90	0.636	1.72	44.5	54.5	5.66	27.5	34.1
0.93	0.679	1.83	41.7	51.7	6.04	25.8	31.9
0.96	0.724	1.95	39.1	47.8	6.43	24.3	30.0
1.00	0.785	2.12	36.1	44.1	6.98	22.3	27.6
1.04	0.849	2.28	33.3	40.9	7.55	20.7	25.6
1.08	0.916	2.47	30.9	37.8	8.14	19.20	23.7
1.12	0.983	2.65	28.8	35.1	8.75	17.80	22.0
1.16	1.057	2.85	26.8	32.8	9.40	16.6	20.6

续 表

直径 (mm)	截面积 (mm ²)	铝			铜		
		计算质量 (kg/km)	直流电阻 20℃ (Ω/km)	直流电阻 75℃ (Ω/km)	计算质量 (kg/km)	直流电阻 20℃ (Ω/km)	直流电阻 75℃/ (Ω/km)
1.20	1.131	3.05	25.0	30.6	10.05	15.50	19.17
1.25	1.227	3.31	23.1	28.2	10.91	14.3	17.68
1.30	1.327	3.58	21.5	26.1	11.80	13.2	16.35
1.35	1.431	3.86	19.8	24.2	12.73	12.30	14.10
1.40	1.539	4.15	18.4	22.5	13.69	11.40	13.90
1.45	1.651	4.45	17.15	20.9	14.70	10.60	13.13
1.50	1.767	4.77	16.00	19.6	15.70	9.33	12.28
1.56	1.911	5.15	14.80	18.1	17.0	9.18	11.35
1.62	2.06	5.56	13.73	16.8	18.32	8.53	10.5
1.68	2.22	5.98	12.75	15.6	19.7	7.90	9.78
1.74	2.38	6.40	11.95	14.54	21.1	7.37	9.12
1.81	2.57	6.95	11.00	13.45	22.9	6.84	8.45
1.88	2.78	7.49	10.2	12.45	24.7	6.31	7.80
1.95	2.99	8.06	9.46	11.60	26.5	5.83	7.26
2.02	3.20	8.65	8.85	10.8	28.5	5.50	6.78
2.10	3.46	9.34	8.18	10.0	30.8	5.11	6.27
2.26	4.01	10.83	7.05	8.63	35.7	4.30	5.41
2.44	4.68	12.64	6.05	7.40	41.6	3.76	4.63
2.63	5.43	14.65	5.22	6.37	48.3	3.24	4.00
2.83	6.29	16.98	4.50	5.50	55.9	2.80	3.45
3.05	7.31	19.75	3.38	4.74	65.0	2.41	2.97
3.28	8.45	22.8	3.35	4.10	75.1	2.08	2.57
3.53	9.79	26.4	2.89	3.54	87.0	1.80	2.22
3.80	11.34	30.6	2.49	3.05	100.8	1.55	1.915
4.10	13.20	35.6	2.14	2.62	117.3	1.332	1.642
4.50	15.90	43.0	1.78	2.18	141.4	1.108	1.362
4.80	18.1	48.9	1.56	1.91	160.9	0.973	1.198
5.20	21.2	57.4	1.33	1.627	188.8	0.827	1.020

表 10-5 镀锡圆铜软单线的技术数据

线径范围 (mm)	抗拉强度 (N/mm ²) 不少于	伸长率(%) 不小于	电阻率 20℃ (Ω·mm ² /m) 不大于	20℃时电阻 温度系数 (1/℃)
0.03~0.08	196.1	8	0.0179	0.00385
0.09~0.15		12		
0.16~0.30		15		
0.31~0.50				
0.51~0.70		20	0.0176	
0.71~2.00	205.9			
2.01~4.00	212.7	25		

表 10-6 镀锌铁线(单股)的技术数据

直径 (mm)	直径公差 (mm)	计算截面 (mm ²)	单位质量 (kg/km)	直流电阻 20℃ (Ω/km)	抗张力 (kN)	伸长率 (%)
6.0	0.13	28.27	220.5	4.691	9.895	12
5.5	0.13	23.76	185.3	5.581	8.316	12
5.0	0.13	19.64	153.2	6.753	6.874	12
4.5	0.10	15.90	124.0	8.341	5.565	10
4.0	0.10	12.57	98.05	10.55	4.400	10
3.5	0.10	9.621	75.04	13.78	3.367	10
3.2	0.08	8.042	62.73	16.49	2.815	10
2.9	0.08	6.605	51.52	20.08	2.312	10
2.6	0.06	5.309	41.41	24.98	1.858	7
2.3	0.06	4.155	32.41	31.92	1.454	7
2.0	0.06	3.142	24.51	42.21	1.110	7
1.8	0.06	2.545	19.85	52.11	0.8903	7
1.6	0.05	2.011	15.69	65.95	0.7039	7

表 10-7 TJ 型裸钢绞线技术数据

标称截面 (mm ²)	结构尺寸 根数/线径 (mm)	成品外径 (mm)	直流电阻 20℃ (Ω/km)	拉断力 (×10 ⁵ N)	重量 (kg/km)
16	7/1.70	5.10	1.140	5.86	143
25	7/2.12	6.36	0.733	8.90	222
35	7/2.50	7.50	0.527	12.37	309
50	7/3.00	9.00	0.366	17.81	445
70	19/2.12	10.60	0.273	24.15	609
95	19/2.50	12.50	0.196	33.58	847
120	19/2.80	14.00	0.156	42.12	1062
150	19/3.15	15.75	0.123	51.97	1344
185	37/2.50	17.50	0.101	65.39	1650
240	37/2.85	19.95	0.078	84.97	2145
300	37/3.15	22.05	0.063	101.21	2620
400	61/2.85	25.65	0.047	140.09	3540

注:拉断力是指首次出现任一单线断裂时的拉力。

表 10-8 LJ 型裸铝绞线技术数据

标称截面 (mm ²)	导线结构 根数/直径 (mm)	实际铝 截面 (mm ²)	导线 直径 (mm)	直流电阻 20℃ (Ω/km)	拉断力 (kN)	单位 重量 (kg/km)	安全载流量 (A)**		
							70℃	80℃	90℃
10	3/2.07	10.1	4.56	2.896	1.63	27.6	64	76	86
16	7/1.70	15.9	5.10	1.847	2.57	43.5	83	98	111
25	7/2.12	24.7	6.36	1.188	4.00	67.6	109	129	147
35	7/2.50	34.4	7.50	0.854	5.55	94.0	133	159	180
50	7/3.00	49.5	9.00	0.593	7.50	135	166	200	227
70	7/3.55	69.3	10.65	0.424	9.90	190	204	246	280
95	19/2.50	93.3	12.50	0.317	15.10	257	244	296	338
95*	7/4.14	94.2	12.42	0.311	13.40	258	246	298	341
120	19/2.80	117.0	14.00	0.253	17.80	323	280	340	390
150	19/3.15	148.1	15.75	0.200	22.50	409	323	395	454

续 表

标称 截面 (mm ²)	导线结构 根数/直径 (mm)	实际铝 截面 (mm ²)	导线 直径 (mm)	直流电阻 20℃ (Ω/km)	拉断力 (kN)	单位 重量 (kg/km)	安全载流量 (A)**		
							70℃	80℃	90℃
185	19/3.50	182.8	17.50	0.162	27.80	504	366	450	518
240	19/3.98	236.4	19.90	0.125	33.70	652	427	528	610
300	37/3.20	297.6	22.40	0.099 6	45.20	822	490	610	707
400	37/3.70	397.8	25.90	0.074 5	56.70	1 099	583	732	851
500	37/4.14	498.1	28.98	0.059 5	71.00	1 376	667	842	982
600	61/3.55	603.8	31.95	0.049 1	81.50	1 669	747	949	1 110

* 某些规格,一种截面有两种导线绞合结构。以下各表均同。

** 安全载流量的环境温度校正系数见下面的附表。

附表 安全载流量的环境温度校正系数

导线工 作温度 (℃)	环 境 温 度 (℃)										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90	1.342	1.304	1.265	1.225	1.183	1.140	1.095	1.049	1.000	0.949	0.894
80	1.414	1.369	1.323	1.275	1.225	1.173	1.118	1.061	1.000	0.935	0.866
70	1.528	1.472	1.414	1.354	1.291	1.225	1.155	1.080	1.000	0.913	0.816

表 10-9 LGJ 型钢心铝绞线技术数据

标称 截面 (mm ²)	结构 根数/直径 (mm)		截面(mm ²)		直径(mm)		直流 电阻 20℃ (Ω/km)	拉断 力 (kN)	单位 重量 (kg/km)	载流量(A)		
	铝	钢	铝	钢	导线	钢心				70℃	80℃	90℃
10	6/1.50	1/1.5	10.6	1.77	4.50	1.5	2.774	3.67	42.9	65	77	87
16	6/1.80	1/1.8	15.3	2.54	5.40	1.8	1.926	5.30	61.7	82	97	109
25	6/2.20	1/2.2	22.8	3.80	6.60	2.2	1.289	7.90	92.2	104	123	139
35	6/2.80	1/2.8	37.0	6.16	8.40	2.8	0.796	11.90	149	138	164	183
50	6/3.20	1/3.2	48.3	8.04	9.60	3.2	0.609	15.50	195	161	190	212
70	6/3.80	1/3.8	68.0	11.3	11.40	3.8	0.432	21.30	275	194	228	255
95	28/2.07	7/1.8	94.2	17.8	13.68	5.4	0.315	34.90	401	248	302	345
95	7/4.14	7/1.8	94.2	17.8	13.68	5.4	0.312	33.10	398	230	272	304

续 表

标称 截面 (mm ²)	结构 根数/直径 (mm)		截面(mm ²)		直径(mm)		直流 电阻 20℃ (Ω/km)	拉断 力 (kN)	单位 重量 (kg/km)	载流量(A)		
	铝	钢	铝	钢	导线	钢心				70℃	80℃	90℃
120	28/2.30	7/2.0	116.3	22.0	15.20	6.0	0.255	43.10	495	281	344	394
120	7/4.60	7/2.0	116.3	22.0	15.20	6.0	0.253	40.90	492	256	303	340
150	28/2.53	7/2.2	140.8	26.6	16.72	6.6	0.211	50.80	598	315	387	444
185	28/2.88	7/2.5	182.4	34.4	19.02	7.5	0.163	65.70	774	368	453	522
240	28/3.22	7/2.8	228.0	43.1	21.28	8.4	0.130	78.60	969	420	520	600
300	28/3.80	19/2.0	317.5	59.7	25.20	10.0	0.0935	111.00	1348	511	638	740
400	28/4.17	19/2.2	382.4	72.2	27.68	11.0	0.0778	134.00	1626	570	715	832

注:防腐型钢心铝绞线标称截面 25~400mm² 的规格、线心结构同 LGJ。

表 10-10 常用铜、铝扁线、母线技术数据

型 号	电阻系数 20℃, ≤ (Ω·mm ² /m)	电阻温度 系数 20℃ (1/℃)	抗拉强度 ≥ (N/mm ²)	伸长率 ≥ (%)	布氏硬度 ≥ (HB)
TMR TBR	0.01748	0.00395	210	35	
TMY TBY	0.01790	0.00385	250		65
LMR LBR	0.02830	0.00410	75	20	
LMY	0.02900	0.00403	120	3	
LBY	0.02900	0.00403	120	1.5	
LBBY	0.02830	0.00410	100	3	

表 10-11 长方形截面的铜、铝母线安全载流量

母线尺寸 宽×厚 (mm)	安全载流量 (A)					
	铜 排			铝 排		
	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	1 530	1 970	765	1 190	1 510
60×8	1 160	1 900	2 460	900	1 480	1 920
60×10	1 300	2 250	2 900	1 015	1 770	2 330
80×6	1 300	1 860	2 390	1 010	1 430	1 850
80×8	1 490	2 300	2 970	1 160	1 800	2 310
80×10	1 670	2 730	3 510	1 300	2 120	2 730
100×6	1 590	2 170	2 790	1 250	1 700	2 200
100×8	1 830	2 690	3 460	1 430	2 100	2 680
100×10	2 030	3 180	4 090	1 600	2 520	3 200
120×8	2 110	2 990	3 820	1 670	2 330	2 970
120×10	2 330	3 610	4 580	1 820	2 820	3 610

注：1. 几片母线中间的距离应等于金属母线一片的厚度。

2. 表中的安全载流量,是根据最高工作温度为 70℃、周围空气温度为 35℃规定的,在实际空气温度不是 35℃的地方,其安全载流量应乘以下面附表中的校正系数。

附表 校正系数

周围空气 温度℃	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 10-12 常用扁铝、

$a \backslash b$	0.90	1.00	1.08	1.16	1.25	1.35	1.45	1.56	1.68	1.81	1.95	2.10
2.10	1.72	1.89	2.06	2.23	2.42	2.63	2.84	3.07	3.32	3.59	—	3.92
2.26	1.86	2.05	2.23	2.41	2.62	2.84	3.07	3.32	3.59	3.83	—	—
2.44	2.03	2.23	2.43	2.62	2.84	3.08	3.33	3.60	3.89	4.21	4.55	4.64
2.63	2.20	2.42	2.63	2.84	3.08	3.34	3.60	3.80	4.21	4.55	4.92	5.04
2.83	2.38	2.62	2.85	3.07	3.33	3.61	3.89	4.20	4.54	4.91	5.31	5.46
3.05	—	2.84	3.08	3.33	3.60	3.91	4.21	4.55	4.91	5.31	5.74	5.93
3.28	—	3.07	3.33	3.60	3.89	4.22	4.55	4.91	5.30	5.73	6.19	6.41
3.53	—	3.32	3.60	3.89	4.20	4.56	4.91	5.30	5.72	6.18	6.67	6.93
3.8	3.25	3.59	3.89	4.20	4.54	4.92	5.30	5.72	6.17	6.67	7.20	7.50
4.1	—	3.89	4.22	4.55	4.92	5.33	5.74	6.19	6.68	7.21	7.79	8.13
4.4	—	4.19	4.54	4.89	5.29	5.73	6.17	6.65	7.18	7.75	8.37	8.76
4.7	—	4.49	4.87	5.24	5.67	6.14	6.61	7.12	7.79	8.30	8.96	9.39
5.1	—	4.89	5.30	5.71	6.17	6.68	7.19	7.75	8.36	9.02	9.74	10.20
5.5	—	5.29	5.73	6.17	6.67	7.22	7.77	8.37	9.03	9.75	10.50	11.10
5.9	—	5.69	6.16	6.63	7.17	7.76	8.35	8.99	9.70	10.50	11.30	11.90
6.4	—	6.19	6.70	7.21	7.79	8.43	9.07	9.77	10.60	11.40	12.30	12.90
6.9	—	6.69	7.24	7.79	8.42	9.11	9.79	10.60	11.40	12.30	13.30	14.00
7.4	—	7.19	7.78	8.37	9.04	9.78	10.50	11.30	12.60	13.30	14.20	15.00
8.0	—	7.79	8.43	9.07	9.79	10.60	11.40	12.30	13.20	14.40	15.40	16.30
8.6	—	8.39	9.08	9.77	10.60	11.40	12.30	13.20	14.20	15.50	16.60	17.60
9.3	—	—	—	—	—	12.40	13.30	14.30	15.40	16.60	17.90	19.00
10.0	—	—	—	—	—	—	—	15.40	16.60	17.90	19.30	20.50
10.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19.30	20.90	22.20
11.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	23.90
12.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25.80
13.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

- 注: 1. 表中 a 代表厚度, b 代表宽度, 单位以 mm 计算。
 2. 表中数值系计算截面值 (mm^2), 所列数值已考虑圆角。
 3. 表中粗线以下亦为铝扁线规格, 其最小截面为 $1.0 \times 2.44 = 2.23 \text{mm}^2$ 。

铜线的规格及截面积

3.26	2.44	2.63	2.83	3.05	3.28	3.53	3.8	4.1	4.4	4.7	5.1	5.5	<i>a</i>	<i>b</i>
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.10
4.63	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.36
—	5.37	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.44
5.46	5.94	6.44	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.63
5.92	6.43	—	7.53	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.83
6.41	6.96	7.54	8.15	8.72	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.05
6.93	7.52	8.15	8.80	9.51	10.30	—	—	—	—	—	—	—	—	3.28
7.50	8.13	8.80	9.51	10.30	11.10	12.00	12.9	—	—	—	—	—	—	3.53
8.11	8.79	9.51	10.30	11.10	12.00	—	13.90	—	—	—	—	—	—	3.8
8.79	9.52	10.30	11.10	12.00	13.00	14.00	15.10	15.90	—	—	—	—	—	4.1
9.46	10.20	11.10	12.00	12.90	13.90	15.00	16.20	17.10	18.50	—	—	—	—	4.4
10.10	11.00	11.90	12.80	13.80	14.90	16.10	17.40	18.40	—	21.2	—	—	—	4.7
11.00	11.90	12.90	13.90	15.10	16.20	17.50	18.90	20.0	21.5	—	25.1	—	—	5.1
11.90	12.90	14.00	15.10	16.30	17.50	18.90	20.4	21.7	23.3	25.0	27.2	—	—	5.5
12.80	13.90	15.00	16.20	17.50	18.90	20.3	21.9	23.3	25.1	26.8	29.2	—	—	5.9
14.00	15.10	16.30	17.60	19.00	20.5	22.1	23.8	25.3	27.3	29.2	31.7	34.3	—	6.4
15.10	16.30	17.70	19.00	20.6	22.1	23.1	25.7	27.4	29.5	31.5	34.3	37.1	—	6.9
16.20	17.60	19.00	20.4	22.1	23.6	25.6	27.6	29.4	31.7	33.9	36.8	39.8	—	7.4
17.60	19.00	20.5	22.1	23.9	25.1	27.7	29.9	31.9	34.3	36.7	39.9	43.1	—	8.0
18.90	20.5	22.1	23.8	25.7	27.7	29.9	32.2	34.4	36.9	39.5	43.0	46.4	—	8.6
20.50	22.2	24.0	25.8	27.9	30.0	32.3	34.8	37.2	40.0	42.8	46.5	50.3	—	9.3
22.1	23.9	25.8	27.8	30.0	32.3	34.8	37.5	40.1	43.1	46.1	50.1	54.1	—	10.0
23.9	25.9	27.9	30.1	32.4	34.9	37.6	40.5	43.4	46.6	49.9	54.2	58.5	—	10.8
25.7	27.8	30.0	32.3	34.9	37.5	40.5	43.6	46.7	50.1	53.6	58.3	62.9	—	11.6
27.8	30.0	32.4	34.9	37.6	40.5	43.6	47.0	50.4	54.1	57.9	62.9	67.9	—	12.5
—	32.4	35.0	37.7	40.7	43.8	47.2	50.8	54.5	58.5	62.6	68.0	73.4	—	13.5
—	34.9	37.6	40.5	43.7	47.1	50.6	54.6	58.6	62.9	67.3	74.1	78.9	—	14.5

表 10-13 铜母线

截面 (mm ²) 宽度 <i>b</i>	厚度 <i>a</i>							
	4.0	4.5	5.0	5.6	6.3	7.1	8.1	9
16	—	—	—	—	—	—	—	—
18	—	—	—	—	—	—	—	—
20	—	—	—	—	—	—	—	—
22.4	—	—	—	—	—	—	—	—
25	—	—	—	—	—	—	200.0	225.0
28	—	—	—	—	—	—	224.0	252.0
31.5	—	—	—	—	198.5	223.7	252.0	283.5
35.5	—	—	177.5	198.8	223.7	252.0	284.0	319.5
40	160.0	180.0	200.0	224.0	252.0	284.0	320.0	360.0
45	180.0	202.5	225.0	252.0	283.5	319.5	360.0	405.0
50	200.0	225.0	250.0	280.0	315.0	355.0	400.0	450.0
56	224.0	252.0	280.0	313.0	352.8	397.6	448.0	504.0
63	252.0	283.5	315.0	352.8	396.9	447.3	504.0	567.0
71	284.0	319.5	355.0	397.6	447.3	504.1	568.0	639.0
80	320.0	360.0	400.0	448.0	504.0	568.0	640.0	720.0
90	360.0	405.0	450.0	504.0	567.0	639.0	720.0	810.0
100	400.0	450.0	500.0	560.0	630.0	710.0	800.0	900.0
112	—	—	—	—	—	795.2	896.0	1 008.0
125	—	—	—	—	—	887.5	1 000.0	1 125.0

注：1. 表列计算截面 $F=a \times b$ 。

2. 有圆角时 $F=(a \times b - 0.858r^2) \text{mm}^2$ ，允许简化为：绕组用铜母线 $F=(a \times b - 1.3) \text{mm}^2$ ，其他有圆角铜母线 $F=(a \times b - 0.5) \text{mm}^2$ 。

规格及截面积

10	11.2	12.5	14	16	18	20	22.4	25	28	31.5
—	179.2	200.0	224.0	256.0	—	—	—	—	—	—
—	201.6	225.0	252.0	288.0	—	—	—	—	—	—
200.0	224.0	250.0	280.0	320.0	360.0	400.0	—	—	—	—
224.0	250.9	280.0	313.6	358.4	403.2	448.0	—	—	—	—
250.0	280.0	312.5	350.0	400.0	450.0	500.0	560.0	625.0	—	—
280.0	313.6	350.0	392.0	448.0	504.0	560.0	627.2	700.0	—	—
315.0	352.8	393.8	441.0	504.0	567.0	630.0	705.6	787.5	882.0	992.3
355.0	397.6	443.8	497.0	568.0	639.0	710.0	795.2	887.5	994.0	1 118.3
400.0	448.0	500.0	560.0	640.0	720.0	800.0	896.0	1 000.0	1 120.0	1 260.0
450.0	504.0	562.5	630.0	720.0	810.0	900.0	—	—	—	—
500.0	560.0	625.0	700.0	800.0	900.0	1 000.0	—	—	—	—
560.0	627.2	700.0	784.0	896.0	1 008.0	1 120.0	—	—	—	—
630.0	705.6	787.5	882.0	1 008.0	1 134.0	1 260.0	—	—	—	—
710.0	795.2	887.5	994.0	1 136.0	—	—	—	—	—	—
800.0	896.0	1 000.0	—	—	—	—	—	—	—	—
900.0	1 008.0	1 125.0	—	—	—	—	—	—	—	—
1 000.0	1 120.0	1 250.0	—	—	—	—	—	—	—	—
1 120.0	1 254.4	1 400.0	—	—	—	—	—	—	—	—
1 250.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表 10-14 铝母线规格及截面积

截面 (mm ²) 厚度 a 宽度 b	3	4	5	6	8	10	12	15	20
10	30	40	50	60	—	—	—	—	—
12	36	48	60	72	—	—	—	—	—
15	45	60	75	90	120	150	—	—	—
20	60	80	100	120	160	200	240	—	—
25	75	100	125	150	300	250	300	375	—
30	90	120	150	180	240	300	360	450	600
40	120	160	200	240	320	400	480	600	800
50	150	200	250	300	400	500	600	750	1 000
60	—	240	300	360	480	600	720	900	1 200
80	—	—	400	480	640	800	960	1 200	—
100	—	—	500	600	800	1 000	1 200	—	—
120	—	—	—	720	960	1 200	1 440	—	—

注：表中粗线范围内为常用规格。

表 10-15 铜软电刷线技术数据

标称截面面积 (mm ²)	计算截面面积 (mm ²)	股数×根数 ×线径 (mm)	计算外径 (mm)		直流电阻 20℃ (Ω/km) 不大于	参考重量 (kg/km)		伸长率 (%) 不小于
			TSR	TSXR		TSR	TSXR	
0.16	0.165	7×12×0.05	0.65		113.00	1.6		15
0.3	0.302	7×22×0.05	1.0		61.60	2.9		
0.5	0.518	12×22×0.05	1.4		37.20	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	19×67×0.05	3.0	3.8	7.70	24.1		

表 10-16 铜软绞线技术数据
TJR1 型、TJRX1 型

截面面积 (mm ²)		结构组成 股数×根数/ 单线直径(mm)	外径 (mm)	直流电阻 20℃ (Ω/km) ≤		参考重量 (kg/km)
标称	计算			TJR1	TJRX1	
0.06	0.055	1×7/0.10	0.30	330.5	349.8	0.51
0.12	0.124	1×7/0.15	0.45	146.6	155.2	1.14
0.2	0.212	1×12/0.15	0.62	85.8	90.8	1.96
0.3	0.283	1×16/0.15	0.71	64.2	68.0	2.61
0.4	0.377	1×12/0.30	0.83	48.2	51.0	3.49
0.5	0.503	1×16/0.20	0.94	36.1	38.3	4.65
0.75	0.789	1×19/0.23	1.15	23.0	24.4	7.30
1	1.01	1×19/0.26	1.30	18.0	19.0	9.33
1.5	1.53	1×19/0.32	1.60	11.9	12.6	14.13
2	2.04	7×7/0.23	2.07	8.91	9.43	18.82
2.5	2.60	7×7/0.26	2.34	6.99	7.40	24.06
4	3.94	7×7/0.32	2.88	4.61		36.44

续 表

截面面积 (mm ²)		结构组成 股数×根数/ 单线直径(mm)	外 径 (mm)	直流电阻 20℃ (Ω/km)≤		参考重量 (kg/km)
标称	计 算			TJR1	TJRX1	
6	5.85	7×7/0.39	3.51	3.11		54.08
10	10.03	12×7/0.39	4.86	1.77		92.71
16	15.84	12×7/0.49	6.11	1.15		146.5
25	25.08	19×7/0.49	7.35	0.72		231.9
35	35.14	19×7/0.58	8.70	0.52		324.9
50	48.30	19×7/0.68	10.20	0.38		446.6
70	68.64	27×7/0.68	12.55	0.26		634.6
95	94.06	37×7/0.68	14.28	0.19		869.7
120	117.67	27×12/0.68	17.38	0.15		1088
150	150.94	14×19/0.85	18.76	0.12		1396
185	183.85	27×12/0.85	21.73	0.099		1700
240	251.95	37×12/0.85	24.72	0.072		2330
300	291.10	27×19/0.85	26.15	0.062		2691
400	398.92	27×19/0.85	29.75	0.046		3688
500	498.30	37×19/0.95	33.25	0.036		4607

TJR2型、JTRX2型

截面面积 (mm ²)		结构组成 股数×根数/ 单线直径(mm)	计算外径 (mm)	直流电阻 20℃ (Ω/km)≤		参考重量 (kg/km)
标称	计 算			TJR2	TJRX2	
6	5.94	7×27/0.20	3.69	3.06	3.24	54.9
10	10.12	7×46/0.20	4.89	1.80	1.91	93.5
16	15.18	7×3×23/0.20	7.75	1.20	1.27	140.3
25	25.29	7×5×23/0.20	9.72	0.72	0.76	233.8
35	36.95	7×4×42/0.20	11.59	0.49	0.52	341.6
50	46.19	7×5×42/0.20	12.96	0.39	0.41	427.0

TJR3型、TJR3型

截面面积 (mm ²)		结构组成 股数×根数/ 单线直径(mm)	外 径 (mm)	直流电阻 20℃ (Ω/km)≤		参考重量 (kg/km)
标称	计 算			TJR3	TJR3	
0.012	0.014	1×7/0.05	0.15	1 298.6	1374.4	0.127
0.03	0.027	1×7/0.07	0.21	673.3	712.6	0.248
0.06	0.058	1×15/0.07	0.33	313.4	331.7	0.534
0.12	0.12	1×30/0.07	0.45	151.5	160.3	1.07
0.2	0.22	1×56/0.07	0.61	82.6	87.4	1.99
0.3	0.33	7×11/0.07	0.87	60.6	64.1	2.74
0.4	0.40	7×15/0.07	0.99	45.5	48.2	3.73
0.5	0.51	7×19/0.07	1.05	35.6	37.7	4.73
0.75	0.75	7×28/0.07	1.35	24.2	25.6	6.97
1	1.00	7×37/0.07	1.47	18.2	19.3	9.21
1.5	1.35	7×50/0.07	1.77	13.5	14.3	12.45
2.5	2.43	7×3×30/0.07	2.90	7.48	7.92	22.41
4	4.04	7×5×30/0.07	3.64	4.50	4.76	37.35
6	5.66	7×7×30/0.07	4.04	3.21	3.40	52.28
10	9.45	7×4×43/0.10	5.79	1.92	2.03	87.40
16	16.20	12×4×43/0.10	8.02	1.12	1.19	149.8
25	24.73	7×3×3×50/0.10	11.71	0.74	0.78	228.7
35	32.97	1×4×3×50/0.10	13.12	0.55	0.58	304.9
50	49.46	14×3×3×50/0.10	17.23	0.37	0.39	457.3
70	74.21	12×7×50/0.15	15.73	0.24	0.25	685.8
95	95.42	27×4×50/0.15	18.75	0.19	0.20	881.7
120	117.51	19×7×50/0.15	18.93	0.15	0.16	1 086
150	143.13	27×6×50/0.15	23.30	0.13	0.14	1 323
185	173.17	14×14×50/0.15	24.59	0.10	0.11	1 600
240	228.83	37×7×50/0.15	26.50	0.079	0.084	2 131
300	296.92	27×7×50/0.20	31.07	0.061	0.065	2 745

表 10-17 铜编织线技术数据
TZ1 型

截面面积 (mm ²)		结构组成 股数×根数× 套数/单线直径 (mm)	宽度 (mm) ≤	厚度 (mm) ≤	直流电阻 20℃ (Ω/km) ≤	参考重量 (kg/km)
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	20	-	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	180.08	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

TZ2 型、TZX2 型

截面面积 (mm ²)		结构组成 股数×根数× 套数/单线直径 (mm)	宽度 (mm) ≤	厚度 (mm) ≤	直流电阻 20℃(Ω/km)≤		参考重量 (kg/km)
标称	计算				TZ2	TZX2	
4	3.39	48×4×1/0.15	9	1.0	6.45	6.83	34
6	5.09	48×6×1/0.15	12	1.2	4.29	4.54	51
10	10.18	48×12×1/0.15	20	1.4	2.15	2.28	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	1 187

TZ3 型、TZX3 型

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

TZ4 型、TZX4 型

0.03	0.047	8×3/0.05	0.50	464.9	492.0	0.47
0.06	0.063	8×4/0.05	0.55	346.8	367.0	0.63
0.12	0.092	8×3/0.07	0.65	237.5	251.4	0.92
0.2	0.185	16×3/0.07	0.95	118.1	125.0	1.85
0.3	0.308	16×5/0.07	1.30	70.94	75.10	3.08

注：TZ4、TZX4 铜编织线的中心有一根天然丝线。

表 10-18 英美线规对照表

线规号	相当于线规号的线径 (mm)		线规号	相当于线规号的线径 (mm)	
	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)。

二、电磁线

电磁线是一种具有绝缘层的金属导线,用于绕制电工产品中的线圈或绕组,因此又称绕组线。它分为漆包线、绕包线、无机绝缘电磁线和特种电磁线四类。

漆包线 以漆膜为绝缘层;漆膜均匀、光滑柔软,有利于线圈的自动化绕制;广泛应用于中小型或微型电工产品中。

绕包线 用天然丝、玻璃丝、绝缘纸或合成薄膜等材料紧密绕包在导电线心上形成绝缘层,或在漆包线上再绕包一层绝缘层;一般用于大中型电工产品中,例如,绕制大型电机、变压器的绕组或线圈。

无机绝缘电磁线 采用陶瓷、玻璃膜、氧化铝膜等无机材料并经有机绝缘漆浸渍烘干填孔形成绝缘层;具有耐高温、耐辐射等特点;主要供绕制在高温、辐射等场合使用的电机、电器、电工仪表的绕组和线圈。

特种电磁线 具有特殊的绝缘结构和性能,供某些有特殊要求的电工产品用。

漆包线的型号、规格、特点及主要用途见表 10-19。

铜漆包线的电性能数据见表 10-20。

绕包线的型号、规格、特点及主要用途见表 10-21。

无机绝缘电磁线的型号、规格、特点及主要用途见表 10-22。

特种电磁线的型号、规格、特点及主要用途见表 10-23。

圆电磁线的规格数据见表 10-24。

漆包扁线的规格数据见表 10-25。

高频绕组线规格数据见表 10-26。

玻璃丝包中频绕组线规格数据见表 10-27。

扁绕组软电线规格数据见表 10-28。

表 10-19 漆包线的型号、规格、特点及主要用途

类别	名称	型号	耐热等级 ℃	规格范围 (mm)	特点	主要用途
油性漆包线	油性漆包圆铜线	Q	A (105)	0.02~2.50	1. 漆膜均匀,介质损耗角小 2. 耐溶剂性和耐刮性差	中、高频线圈及仪表、电器等线圈
	缩醛漆包圆铜线 缩醛漆包圆铝线 彩色缩醛漆包圆铜线 缩醛漆包扁铜线 缩醛漆包扁铝线	QQ-1 QQ-2 QQL-1 QQL-2 QQS-1 QQS-2 QQB QQLB	E (120)	0.02~2.50 0.06~2.50 0.02~2.50 a: 0.8~5.60 b: 2.0~18.0	1. 热冲击性、耐刮性和耐水解性能好 2. 漆膜受卷绕应力易产生裂纹(浸渍前须在 120℃ 左右加热 1h 以上,以消除应力)	普通中小型电机、微电机绕组和油浸变压器的线圈、电器仪表等线圈
聚氨酯漆包线	缩醛漆包扁铝合金线		E	a: 0.8~5.60 b: 2.0~18.0	同上,抗拉强度比铝线大,可承受线圈在短路时较大的应力	大型变压器线圈和换位导线
	聚氨酯漆包圆铜线 彩色聚氨酯漆包圆铜线	QA-1 QA-2	E	0.015~1.00	1. 在高频条件下介质损耗角小,可以直接焊接,不需刮去漆膜 2. 着色性好 3. 过负载性能差	要求 Q 值稳定的高频线圈、电视机线圈和仪表用的微细线圈

续表

类别	名称	型号	耐热等级 °C	规格范围 (mm)	特点	主要用途
环氧漆包线	环氧漆包圆铜线	QH-1	E	0.06~2.50	1. 耐水解性、耐潮性、耐酸碱腐蚀和耐油性良好 2. 弹性、耐刮性较差	油浸变压器的线圈和耐化学腐蚀、耐潮湿电机的绕组
		QH-2				
聚酯漆包线	聚酯漆包圆铜线	QZ-1	B (130)	0.02~2.50 0.06~2.50 0.06~2.50 a: 0.8~5.60 b: 2.0~18.0	1. 在干燥和潮湿条件下,耐电压击穿性能好 2. 软化击穿性能好 3. 耐水解性、热冲击性较差	通用中小电机的绕组,干式变压器和电器仪表的线圈
	聚酯漆包圆铝线	QZ-2				
	彩色聚酯漆包圆铜线	QZL-1				
	聚酯漆包扁铜线	QZL-2				
	聚酯漆包扁铝线	QZS-1				
	聚酯漆包扁铝线	QZS-2				
聚酯漆包扁铝合金线	聚酯漆包扁铝合金线	QZB	B	a: 0.8~5.60 b: 2.0~18.0	同上,抗拉强度比铝线大,可承受线圈在短路时较大的应力	干式变压器线圈
		QZLB				
聚酯亚胺漆包线	聚酯亚胺漆包圆铜线	QZY-1	F (155)	0.06~2.50 a: 0.8~5.60 b: 2.0~18.0	1. 在干燥和潮湿条件下,耐电压击穿性能好 2. 热冲击性能、软化击穿性能好 3. 在含水密封系统中易水解	高温电机和制冷装置中电机的绕组,干式变压器和电器仪表的线圈
	聚酯亚胺漆包扁铜线	QZY-2				
聚酯亚胺漆包线	聚酯亚胺漆包扁铜线	QZYB				

漆 表

类别	名称	型号	耐热等级 ℃	规格范围 (mm)	特点	主要用途
聚酰胺 酰亚胺 漆包线	聚酰胺亚胺漆 包圆铜线 聚酰胺酰亚胺漆 包扁铜线	QXY-1 QXY-2 QXYB	C(200)	0.06~2.50 a:0.8~5.60 b:2.0~18.0	1. 耐热性、热冲击及耐刮性好 2. 在干燥和潮湿条件下耐击穿电压高 3. 耐化学药品腐蚀性性能优	高温重负荷电机、牵引电机、制冷设备电机的绕组,干式变压器和电器仪表的线圈以及密封式电机、电器绕组
聚酰胺 漆包线	聚酰胺漆包圆铜线 聚酰胺漆包扁铜线	QY-1 QY-2 QYB	C	0.02~2.50 a:0.8~5.60 b:2.0~18.0	1. 漆膜的耐热性是目前最好的一种 2. 软化击穿及热冲击性优,能承受短时过载负荷 3. 耐低温性、耐辐射性好 4. 耐溶剂及化学药品腐蚀性好 5. 耐碱性较差	耐高温电机、干式变压器、密封式继电器及电子元件
特种 漆包线	自黏直焊漆包圆铜线	QAN	E	0.10~0.44	在一定温度、时间条件下不需刮去漆膜,可直接焊接,同时不需浸渍处理,能自行黏合成形	微型电机、仪表的线圈和电子元件、无骨架的线圈

漆 表

类别	名称	型号	耐热等级 ℃	规格范围 (mm)	特点	主要用途
特 种 漆 包 线	环氧自黏性漆包圆铜线	QHN	E	0.10~0.51	1. 不需浸渍处理,在一定温度条件下,能自行黏合成形 2. 耐油性好 3. 耐刮性较差	仪表和电器的线圈、无骨架的线圈
	缩醛自黏性漆包圆铜线	QQN	E	0.10~1.00	1. 能自行黏合成形 2. 热冲击性能良	
	聚酯自黏性漆包圆铜线	QZN	B	0.10~1.00	1. 能自行黏合成形 2. 耐电击穿电压性能优	
	无磁性聚氨酯漆包圆铜线	QATWC	E	0.02~0.2	1. 漆包线中铁的含量极低,对感应磁场所起干扰作用极微 2. 在高频条件下介质损耗角小 3. 不需剥去漆膜即可直接焊接	精密仪表和电器的线圈,如直镜式检流计、磁通表、测试仪等的线圈

注:1. 上表“规格范围”一栏中,圆线规格以线心直径表示,扁线以线心窄边(a)及宽边(b)长度表示。
2. 在“型号”一栏中,“-1”表示1级漆膜(薄漆膜)“-2”表示2级漆膜(厚漆膜)。

表 10-20 铜漆包线的电性能数据

铜心标称直径 (mm)	直流电阻 20℃ (Ω/m)	允许载流量 (A)			聚酯漆包线击穿电压 (V)不小于
		$j=1.8$ A/mm ² 时	$j=2.5$ A/mm ² 时	$j=3.5$ A/mm ² 时	
0.015	—	—	—	—	
0.020	68.69	—	—	—	
0.025	42.07	—	—	—	
0.030	30.53	—	0.001 8	—	
0.040	16.26	—	0.003 1	—	
0.050	10.08	—	0.004 9	—	400
0.06	6.851	0.005 0	0.007 1	0.009 9	500
0.07	4.958	0.006 9	0.009 6	0.013 4	
0.08	3.754	0.009 0	0.012 5	0.017 5	
0.09	2.940	0.011 3	0.015 9	0.022 2	
0.10	2.365	0.014 0	0.019 6	0.027 4	
0.11	2.019	0.016 9	0.023 7	0.033 2	600
0.12	1.683	0.020 2	0.028 2	0.039 5	
0.13	1.424	0.023 7	0.033 1	0.046 3	
0.14	1.221	0.027 4	0.038 4	0.053 7	
0.15	1.059	0.031 5	0.044 1	0.061 7	
0.16	0.926 4	0.035 8	0.050 2	0.070 1	900
0.17	0.817 5	0.040 5	0.056 6	0.079 2	
0.18	0.726 7	0.045 4	0.063 5	0.088 8	
0.19	0.650 3	0.050 5	0.070 8	0.098 9	
0.20	0.585 3	0.056 0	0.078 4	0.109 6	
0.21	0.529 6	0.061 7	0.086 4	0.120 8	1 200
0.23	0.439 6	0.074 1	0.103 7	0.144 9	
0.25	0.370 8	0.087 5	0.122 5	0.171 3	
(0.27)	0.328 2	0.102 9	0.143 1	0.200 0	
0.28	0.305 2	0.109 8	0.153 7	0.214 8	
(0.29)	0.283 9	0.118 4	0.164 6	0.230 2	1 200
0.31	0.247 3	0.134 5	0.188 4	0.263 3	

续 表

铜心标称直径 (mm)	直流电阻 20℃ (Ω/m)	允许载流量 (A)			聚酯漆包线击穿电压 (V)不小于	
		$j=1.8$ A/mm ² 时	$j=2.5$ A/mm ² 时	$j=3.5$ A/mm ² 时		
0.33	0.217 3	0.152 5	0.213 4	0.298 4	1 200	
0.35	0.192 5	0.171 5	0.240 1	0.335 7		
0.38	0.162 6	0.202 2	0.283 0	0.395 7		
0.40	0.146 3	0.224 0	0.313 6	0.438 4		
0.42	0.132 4	0.247 0	0.345 7	0.483 3		
0.45	0.115 0	0.283 5	0.396 9	0.554 9		
0.47	0.105 2	0.309 3	0.433 0	0.605 3		
0.50	0.092 69	0.350 0	0.490 0	0.685 0		
0.53	0.082 31	0.393 3	0.550 6	0.769 7		1 500
0.56	0.073 57	0.439 0	0.614 7	0.859 3		
0.60	0.063 94	0.505 4	0.705 6	0.986 4		
0.63	0.057 90	0.555 7	0.777 9	1.087 5		
0.67	0.051 09	0.628 5	0.879 8	1.230 0		
(0.69)	0.048 13	0.671 2	0.933 0	1.304 2		
0.71	0.046 08	0.705 7	0.988 0	1.381 2		
0.75	0.041 20	0.787 5	1.102 5	1.541 3	1 800	
(0.77)	0.039 04	0.836 1	1.162 3	1.624 8		
0.80	0.036 12	0.896 0	1.254 4	1.753 6		
(0.83)	0.033 51	0.971 5	1.350 4	1.887 9		
0.85	0.031 92	1.011 5	1.416 1	1.979 7		
0.90	0.028 42	1.134 0	1.587 6	2.219 4		
(0.93)	0.026 58	1.219 7	1.695 4	2.370 1		
0.95	0.025 46	1.263 5	1.768 9	2.472 0		
1.00	0.022 94	1.400 0	1.960 0	2.740 0		2 400
1.06	0.020 58	1.573 0	2.202 3	3.078 7		
1.12	0.018 39	1.756 2	2.458 6	3.437 1		
1.18	0.016 54	1.949 4	2.729 1	3.815 2		
1.25	0.014 71	2.187 5	3.062 5	4.281 3		

续 表

铜心标称直径 (mm)	直流电阻 20℃ (Ω/m)	允许载流量 (A)			聚酯漆包线击穿电压 (V) 不小于
		$j=1.8$ A/mm ² 时	$j=2.5$ A/mm ² 时	$j=3.5$ A/mm ² 时	
1.30	0.013 58	2.366 0	3.312 4	4.630 6	2 400
(1.35)	0.012 82	2.569 7	3.572 1	4.993 7	
1.40	0.011 69	2.744 0	3.841 6	5.870 4	
(1.45)	0.010 88	2.961 0	4.116 0	5.754 0	
1.50	0.010 16	3.150 0	4.410 0	6.165 0	
(1.56)	0.009 384	3.431 9	4.770 6	6.669 2	
1.60	0.008 915	3.584 0	5.017 6	7.014 4	3 000
1.70	0.007 933	4.046 0	5.664 4	7.918 6	
1.80	0.007 064	4.536 0	6.350 4	8.877 6	
1.90	0.006 331	5.054 0	7.075 6	9.891 4	
2.00	0.005 706	5.600 0	7.840 0	10.960 0	
2.12	0.0050 95	6.292 2	8.809 0	12.314 7	
2.24	0.004 557	7.024 6	9.834 5	13.748 2	
2.36	0.004 100	7.797 4	10.916 4	15.260 7	
2.50	0.003 648	8.750 0	12.250 0	17.125 0	

注：括号内为保留规格。

表 10-21 绕包线的型号、规格、特点及主要用途

类别	名称	型号	耐热等级 (℃)	规格范围 (mm)	特点	主要用途
纸包线	纸包圆铜线	Z	A (105)	1.0~5.60	1. 在油浸变压器中作线圈, 耐电压击穿性能好 2. 绝缘纸易破损 3. 价廉	用于油浸变压器绕组
	纸包圆铝线	ZL		1.0~5.60		
	纸包扁铜线	ZB		a: 0.9~5.60		
	纸包扁铝线	ZLB		b: 2.0~18.0		

续 表

类别	名称	型号	耐热等级 (°C)	规格范围 (mm)	特点	主要用途	
玻璃丝包线及玻璃丝包漆包线	双玻璃丝包圆铜线	SBEC	B (130)	0.25~6.0	1. 过负载性好 2. 耐电晕性好 3. 玻璃丝包漆包线耐潮湿性好	用于电机、仪器、仪表等电工产品中绕组	
	双玻璃丝包圆铝线	SBELC					
	双玻璃丝包扁铜线	SBECB		a: 0.9~5.60 b: 2.0~18.0			
	双玻璃丝包扁铝线	SBELCB					
	单玻璃丝包聚酯漆包扁铜线	QZSBCB					
	单玻璃丝包聚酯漆包扁铝线	QZS-BLCB					
	双玻璃丝包聚酯漆包扁铜线	QZS-BECB					
	双玻璃丝包聚酯漆包扁铝线	QZS-BELCB					
	单玻璃丝包聚酯漆包圆铜线	QZSBC					E (120)
	硅有机漆双玻璃丝包圆铜线	SBEG		H (180)			0.25~6.0 a: 0.9~5.60 b: 2.0~18.0
硅有机漆双玻璃丝包扁铜线	SBEGB						
双玻璃丝包聚酰亚胺漆包扁铜线	QYS-BEGB						
单玻璃丝包聚酰亚胺漆包扁铜线	QYSBGB						

续 表

类别	名称	型号	耐热等级(°C)	规格范围(mm)	特点	主要用途
丝包线	双丝包圆铜线	SE	A	0.05 ~ 2.50	1. 绝缘层的机械强度较好 2. 油性漆包线的介质损耗角小 3. 丝包漆包线的电性能好	用于仪表、电讯设备的线圈绕组以及采矿电缆的线心等
	单丝包油性漆包圆铜线	SQ				
	单丝包聚酯漆包圆铜线	SQZ				
	双丝包油性漆包圆铜线	SEQ				
	双丝包聚酯漆包圆铜线	SEQZ				
	双丝包聚酯漆包圆铜线	SEQZ				
薄膜绕包线	聚酰亚胺薄膜绕包圆铜线 聚酰亚胺薄膜绕包扁铜线	Y YB	(330)	2.5~6.0 a: 2.5~5.6 b: 2.0~16.0	1. 耐热和耐低温性好 2. 耐辐射性好 3. 高温下耐压击穿性好	用于高温、有辐射等场所的电机绕组及干式变压器线圈

表 10-22 无机绝缘电磁线的型号、规格、特点及主要用途

类别	名称	型号	规格范围(mm)	长期工作温度(°C)	特点	主要用途
氧化膜线	氧化膜圆铝线	YML YMLC	0.05~5.0 a:1.0~4.0	以氧化膜外涂绝缘漆的涂层性质确定工作温度	1. 槽满率高 2. 耐辐射性好 3. 弯曲性、耐酸、碱性差 4. 击穿电压低 5. 不用绝缘漆封闭的氧化膜耐潮性差	起重电磁铁、高温制动器、干式变压器线圈，并用于需耐辐射场合
	氧化膜扁铝线	YMLB YMLBC	b:2.5~6.3			
	氧化膜铝带(箔)	YMLD	厚0.08~1.00 宽20~900			

续 表

类别	名称	型号	规格范围 (mm)	长期工作 温度(°C)	特点	主要用途
玻璃膜绝缘 微细线	玻璃膜绝缘 微细锰铜线	BMTM-1 BMTM-2 BMTM-3	6~8 μ m 2~5 μ m	-40~ +100	1. 导体电阻 的热稳定性好 2. 能适应高 低温的变化 3. 弯曲性差	适用于 精密仪 器、仪表 的无感电 阻和标准 电阻元件
	玻璃膜绝缘 微细镍铬线	BMNG				
陶瓷绝缘线		TC	0.06 ~ 0.50	500	1. 耐高温性 能好 2. 耐化学腐 蚀性、耐 辐射性好 3. 弯曲性差 4. 击穿电压 低 5. 耐潮性差	用于高 温以及有 辐射场合 的电器线 圈等

表 10-23 特种电磁线的型号、规格、特点及主要用途

产品名称	型号	规格范围 (mm)	耐温等级 (°C)	特点	主要用途
单丝包高频 绕组线	SQJ	由多根 漆包线绞 制成线心	Y(90)	1. Q值大 2. 系多根漆包 线组成,柔软 性好,可降低 趋肤效应 3. 耐潮性差	要求 Q 值稳定和介 质损耗角正 切小的仪表 电器线圈
双丝包高频 绕组线	SEQJ				

续 表

产品名称	型号	规格范围 (mm)	耐温等级 (°C)	特 点	主要用途
玻璃丝包中 频绕组线	QZJBSB	宽 2.1~8.0 高 2.8~12.5	B(130) H(180)	1. 系多根漆包 线组成,柔软 性好,可降低 趋肤效应 2. 嵌线工艺简 单 3. 弯曲性能差	用于 1 000 ~8 000Hz 的中频变频 机绕组
扁绕组软电线	MBMB MEBMR	宽 1.6~8.0 高 2.8~12.5			
换位导线	QQLBH	a 边 1.56~ 3.82mm b 边 4.7~ 10.8mm	A(105)*	1. 简化绕制线 圈工艺 2. 无循环电流, 线圈内涡流 损耗小 3. 弯曲性能差	大型变压 器线圈
聚氯乙烯绝 缘潜水电机绕 组线	QQV	线心截面 0.6 ~11.0mm ²	Y	1. 耐水性能较 好 2. 绕制线圈时 易损伤绝缘 层	潜水电机 绕组
聚乙烯绝缘 尼龙护套湿式 潜水电机绕 组线		线心截面 0.5 ~7.5mm ²	Y	1. 耐水性良好 2. 护套机械强 度高	潜水电机 绕组

* 系指在油中或用浸渍漆处理后的耐温等级。

表 10-24 圆电磁线的规格数据

铜导线规格		聚酯漆包线		丝漆包线最大外径 (mm)						玻璃丝包线最大外径 (mm)		纸包线绝缘层厚度 (mm)
线径 (mm)	标称截面 (mm ²)	最大外径 (mm)	计算质量 (kg/km)	双丝包线	单丝包油性漆包线	双丝包油性漆包线	单丝包聚酯漆包线	双丝包聚酯漆包线	单玻璃丝包漆包线	双玻璃丝包漆包线		
0.05	0.001 964	0.065	0.018 0	0.16	0.14	0.18	0.14	0.18			0.18	
0.06	0.002 83	0.080	0.028 0	0.17	0.15	0.19	0.16	0.20			0.20	
0.07	0.003 85	0.090	0.038 0	0.18	0.16	0.20	0.17	0.21			0.21	
0.08	0.005 03	0.100	0.049 0	0.19	0.17	0.21	0.18	0.22			0.22	
0.09	0.006 36	0.110	0.062 0	0.20	0.18	0.22	0.19	0.23			0.23	
0.10	0.007 85	0.125	0.075 0	0.21	0.19	0.23	0.20	0.24			0.24	
0.11	0.009 50	0.135	0.091 0	0.22	0.20	0.24	0.21	0.25			0.25	
0.12	0.011 31	0.145	0.107 3	0.23	0.21	0.25	0.22	0.26			0.26	
0.13	0.013 27	0.155	0.125 3	0.24	0.22	0.26	0.23	0.27			0.27	
0.14	0.015 39	0.165	0.145	0.25	0.23	0.27	0.24	0.28			0.28	
0.15	0.017 67	0.180	0.166	0.26	0.24	0.28	0.25	0.29			0.29	
0.16	0.020 1	0.190	0.188	0.28	0.26	0.30	0.28	0.32			0.32	
0.17	0.022 7	0.200	0.212	0.29	0.27	0.31	0.29	0.33			0.33	
0.18	0.025 4	0.210	0.237	0.30	0.28	0.32	0.30	0.34			0.34	
0.19	0.028 4	0.220	0.263	0.31	0.29	0.33	0.31	0.35			0.35	
0.20	0.031 4	0.230	0.290	0.32	0.30	0.35	0.32	0.36			0.36	
0.21	0.034 6	0.240	0.320	0.33	0.32	0.36	0.33	0.37			0.37	
0.23	0.041 5	0.265	0.383	0.36	0.35	0.39	0.36	0.41			0.41	
0.25	0.049 1	0.290	0.452	0.38	0.37	0.42	0.38	0.43			0.43	
0.28	0.061 6	0.320	0.564	0.41	0.40	0.45	0.41	0.46			0.46	

续 表

铜导线规格		聚酯漆包线		丝漆包线最大外径 (mm)						玻璃丝包线最大外径 (mm)		纸包线绝缘层厚度 (mm)
线径 (mm)	标称截面 (mm ²)	最大外径 (mm)	计算质量 (kg/km)	双丝包线	单丝包油性漆包线	双丝包油性漆包线	单丝丝包聚酯漆包线	双丝丝包聚酯漆包线	单玻璃丝包漆包线	双玻璃丝包漆包线		
0.31	0.075 5	0.35	0.690	0.44	0.43	0.48	0.44	0.49				
0.33	0.085 5	0.37	0.780	0.47	0.46	0.51	0.48	0.53				
0.35	0.096 2	0.39	0.876	0.49	0.48	0.53	0.51	0.55				
0.38	0.113 4	0.42	1.030	0.52	0.51	0.56	0.53	0.58				
0.40	0.125 7	0.44	1.165	0.54	0.53	0.58	0.55	0.60				
0.42	0.183 5	0.46	1.290	0.56	0.55	0.60	0.57	0.62				
0.45	0.159 0	0.49	1.415	0.59	0.58	0.63	0.60	0.65				
0.47	0.173 5	0.51	1.570	0.61	0.60	0.65	0.62	0.67				
0.50	0.196 4	0.54	1.834	0.64	0.63	0.68	0.65	0.70				
0.53	0.221	0.58	2.010	0.67	0.67	0.72	0.69	0.74	0.73	0.79		
0.56	0.246	0.61	2.269	0.70	0.70	0.75	0.72	0.77	0.76	0.82		
0.60	0.283	0.65	2.581	0.74	0.74	0.79	0.76	0.81	0.80	0.86		
0.63	0.312	0.68	2.813	0.77	0.77	0.83	0.79	0.84	0.83	0.89		
0.67	0.353	0.72	3.199	0.82	0.82	0.87	0.85	0.90	0.88	0.93		
0.71	0.396	0.76	3.575	0.86	0.86	0.91	0.89	0.94	0.93	0.98		
0.75	0.442	0.81	3.998	0.91	0.91	0.97	0.94	1.00	0.97	1.02		
0.80	0.503	0.86	4.569	0.96	0.96	1.02	0.99	1.05	1.02	1.07		
0.85	0.567	0.91	5.189	1.01	1.01	1.07	1.04	1.10	1.07	1.12		
0.90	0.636	0.96	5.865	1.06	1.06	1.12	1.09	1.15	1.12	1.17		
0.95	0.709	1.01	6.711	1.11	1.11	1.17	1.14	1.20	1.17	1.22		

续 表

铜导线规格		聚酯漆包线		丝漆包线最大外径 (mm)						玻璃丝包线最大外径 (mm)		纸包线绝缘层厚度 (mm)	
线径 (mm)	标称截面 (mm ²)	最大外径 (mm)	计算质量 (kg/km)	双丝包线	单丝包油性漆包线	双丝包油性漆包线	双丝包油性漆包线	单丝包油性漆包线	单丝包聚酯漆包线	双丝包聚酯漆包线	单玻璃丝包漆包线	双玻璃丝包漆包线	
1.00	0.785	1.07	7.156	1.17	1.18	1.24	1.22	1.22	1.28	1.28	1.25	1.29	*
1.06	0.882	1.14	8.245	1.23	1.25	1.31	1.28	1.28	1.34	1.34	1.31	1.35	
1.12	0.958	1.20	8.910	1.29	1.31	1.37	1.34	1.34	1.40	1.40	1.37	1.41	
1.18	1.094	1.26	9.782	1.35	1.37	1.43	1.40	1.40	1.46	1.46	1.43	1.47	
1.25	1.227	1.33	11.10	1.42	1.44	1.50	1.47	1.47	1.53	1.53	1.50	1.54	
1.30	1.327	1.38	12.00	1.47	1.49	1.55	1.52	1.52	1.58	1.58	1.55	1.59	
1.35	1.431	1.43	12.90										
1.40	1.539	1.48	13.90	1.57	1.59	1.65	1.62	1.62	1.68	1.68	1.65	1.69	
1.50	1.767	1.58	15.99	1.67	1.69	1.75	1.72	1.72	1.78	1.78	1.75	1.81	
1.60	2.01	1.69	18.40	1.78	1.80	1.87	1.83	1.83	1.90	1.90	1.87	1.91	
1.70	2.27	1.79	20.37	1.88	1.90	1.97	1.93	1.93	2.00	2.00	1.97	2.01	
1.80	2.54	1.89	22.81	1.98	2.00	2.07	2.03	2.03	2.10	2.10	2.07	2.11	
1.90	2.84	1.99	25.40	2.08	2.10	2.17	2.13	2.13	2.20	2.20	2.17	2.21	
2.00	3.14	2.09	28.20	2.18	2.20	2.27	2.23	2.23	2.30	2.30	2.27	2.31	
2.12	3.53	2.21	31.40	2.30	2.32	2.39	2.35	2.35	2.42	2.42	2.39	2.48	
2.24	3.94	2.33	36.00	2.42	2.44	2.51	2.47	2.47	2.54	2.54	2.51	2.60	**
2.36	4.37	2.45	41.23	2.54	2.56	2.63	2.50	2.50	2.66	2.66	2.63	2.72	
2.50	4.91	2.59	44.51	2.68	2.70	2.77	2.73	2.73	2.80	2.80	2.77	2.86	

* 铜(铝)心标称直径在 1.00~2.12mm 时,绝缘层标称厚度有 0.30、0.45、0.80mm 三种。

** 铜(铝)心标称直径在 2.24~5.60mm 时,绝缘层厚度有 0.30、0.45、0.80、1.20、1.80、4.25mm 六种。

表 10-25 漆包扁线

mm		窄 边 尺 寸 a																
		0.80*	0.85	0.90*	0.95	1.00*	1.06	1.12*	1.18	1.25*	1.32	1.40*	1.50	1.60*	1.70	1.80*	1.90	2.00*
		$r = \frac{1}{2}a$				$r = 0.5mm$				$r = 0.65mm$								
宽 边 尺 寸 b	2.00*	1.463		1.626		1.785		2.025		2.285		2.585						
	2.12		-		-		-		-		-		-		-		-	
	2.24*	1.655		1.842		2.025		2.294		2.585		2.921		3.369				
	2.36		-		-		-		-		-		-		-		-	
	2.50*	1.863		2.076		2.285		2.585		2.910		3.285		3.785		4.137		
	2.65		-		-		-		-		-		-		-		-	
	2.80*	2.103		2.346		2.585		2.921		3.285		3.705		4.265		4.677		5.237
	3.00		-		-		-		-		-		-		-		-	
	3.15*	2.383		2.661		2.935		3.313		3.723		4.195		4.825		5.307		5.937
	3.35		-		-		-		-		-		-		-		-	
	3.55*	2.703		3.021		3.335		3.761		4.223		4.755		5.465		6.027		6.737
	3.75		-		-		-		-		-		-		-		-	
	4.00*	3.063		3.426		3.785		4.265		4.785		5.385		6.185		6.837		7.637
	4.25		-		-		-		-		-		-		-		-	
	4.50*	3.463		3.876		4.285		4.825		5.410		6.085		6.985		7.737		8.637
	4.75		-		-		-		-		-		-		-		-	
	5.00*	3.863		4.326		4.785		5.385		6.035		6.785		7.785		8.637		9.637
	5.30		-		-		-		-		-		-		-		-	
	5.60*	4.343		4.866		5.385		6.057		6.785		7.625		8.745		9.717		10.84
	6.00		-		-		-		-		-		-		-		-	
	6.30*	4.903		5.496		6.085		6.841		7.660		8.605		9.865		10.98		12.24
	6.70		-		-		-		-		-		-		-		-	
	7.10*			6.216		6.885		7.737		8.660		9.725		11.15		12.42		13.84
	7.50				-		-		-		-		-		-		-	
	8.00*					7.785		8.745		9.785		10.99		12.59		14.04		15.64
	8.50						-		-		-		-		-		-	
	9.00*							9.865		11.04		12.39		14.19		15.84		17.64
	9.50								-		-		-		-		-	
10.0*									12.29		13.79		15.79		17.64		19.64	
10.6										-		-		-		-		
11.2*											15.47		17.71		19.80		22.04	
11.8												-		-		-		
12.5*													19.79		22.14		24.64	
13.2														-		-		
14.0*															24.84		27.64	
15.0																-		
16.0*																	31.64	

* 优先数 R20 系列。

的规格数据

窄 边 尺 寸 a																	
2.12	2.24*	2.36	2.50*	2.65	2.80*	3.00	3.15*	3.35	3.55*	3.75	4.00*	4.25	4.50*	4.75	5.00*	5.30	5.60*
r0.65mm		r0.8mm						r1.0mm									
说明： 0.95 R40系列 1.00* R20系列 1.785 $a \times b$ 为 R20×R20 优先规格的标称截面 mm ² $a \times b$ 为 R20×R40或 R40×R20的中间规格标称截面 mm ² - $a \times b$ 为 R40×R40的不推荐规格																	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	6.693	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	7.589	-	8.326	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	8.597	-	9.451	-	10.65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	9.717	-	10.70	-	12.05	-	13.63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	10.84	-	11.95	-	13.45	-	15.20	-	17.20	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	12.18	-	13.45	-	15.13	-	17.09	-	19.33	-	21.54	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	13.75	-	15.20	-	17.09	-	19.30	-	21.82	-	24.34	-	27.49	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	15.54	-	17.20	-	19.33	-	21.82	-	24.66	-	27.54	-	31.09	-	34.64	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	17.56	-	19.45	-	21.85	-	24.65	-	27.85	-	31.14	-	35.14	-	39.14	-	43.94
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	19.80	-	21.95	-	24.65	-	27.80	-	31.40	-	35.14	-	39.64	-	44.14	-	49.54
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	22.04	-	24.45	-	27.45	-	30.95	-	34.95	-	39.14	-	44.14	-	49.14	-	55.14
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	24.73	-	27.45	-	30.81	-	34.73	-	39.21	-	43.94	-	49.54	-	55.14	-	61.86
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	27.64	-	30.70	-	34.45	-	38.83	-	43.83	-	49.14	-	55.39	-	61.64	-	69.14
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	31.00	-	34.45	-	38.65	-	43.55	-	49.15	-	55.14	-	62.14	-	69.14	-	77.54
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	35.48	-	39.45	-	44.25	-	49.85	-	56.25	-	63.14	-	71.14	-	79.14	-	88.74

表 10-26 高频绕组线规格数据

规格 直径×根数	最大外径(mm)		规格 直径×根数	最大外径(mm)	
	SQJ	SEQJ		SQJ	SEQJ
0.05×3	0.21	0.25	0.07×49	0.81	0.87
0.05×5	0.25	0.30	0.08×3	0.29	0.33
0.05×7	0.27	0.32	0.08×5	0.34	0.39
0.05×10	0.34	0.39	0.08×7	0.37	0.41
0.05×16	0.39	0.43	0.08×40	0.36	0.92
0.05×21	0.43	0.48	0.10×5	0.40	0.45
0.06×7	0.30	0.35	0.10×7	0.45	0.50
0.06×12	0.39	0.44	0.10×10	0.57	0.62
0.06×14	0.41	0.46	0.10×12	0.58	0.64
0.06×16	0.44	0.49	0.10×14	0.62	0.67
0.07×3	0.26	0.30	0.10×21	0.73	0.78
0.07×5	0.31	0.35	0.10×28	0.87	0.92
0.07×7	0.34	0.38	0.11×10	0.61	0.66
0.07×10	0.43	0.48	0.11×12	0.63	0.68
0.07×12	0.44	0.49	0.12×7	0.51	0.56
0.07×14	0.47	0.52	0.12×12	0.67	0.73
0.07×16	0.49	0.54	0.15×7	0.60	0.65
0.07×21	0.54	0.59	0.15×21	1.00	1.06
0.07×24	0.60	0.65	0.17×7	0.66	0.71
0.07×28	0.64	0.69	0.19×7	0.72	0.77
0.07×35	0.69	0.74	0.19×10	0.94	1.00

表 10-27 玻璃丝包中频绕组线规格数据

a(mm)	2.1	2.4	2.8	3.3	3.8	4.4	5.1	5.9	6.9
b(mm)	根数/漆包线直径(mm)								
2.8	19/0.49	19/0.53	19/0.57	—	—	—	—	—	—
3.3	19/0.53	19/0.57	19/0.62	19/0.67	—	—	—	—	—
3.8	19/0.57	19/0.62	19/0.67	19/0.72	37/0.55	—	—	—	—
4.4	19/0.62	19/0.67	19/0.72	37/0.55	37/0.59	37/0.64	—	—	—
5.1	—	19/0.72	37/0.58	37/0.59	37/0.64	37/0.68	37/0.74	—	—
5.9	—	—	37/0.59	37/0.64	37/0.68	37/0.74	61/0.62	61/0.67	—
6.9	—	—	—	37/0.68	37/0.74	61/0.62	61/0.67	61/0.72	61/0.77
8.0	—	—	—	—	61/0.62	61/0.67	61/0.72	61/0.77	—
9.3	—	—	—	—	—	61/0.72	61/0.77	—	—

注:绝缘厚度(A-a)不大于0.33mm;(B-b)不大于0.40mm。

表 10-28 扁绕组软电线规格数据

b(mm)	1.6	1.8	2.1	2.4	2.8	3.3	3.6	4.4	5.1	5.9	6.9	8.9
a(mm)	截面(mm ²)											
2.8	3.6	4.2	4.7	5.5	6.3	—	—	—	—	—	—	—
3.3	4.2	4.7	5.5	6.3	7.4	8.6	—	—	—	—	—	—
3.8	—	5.5	6.3	7.4	8.6	9.9	11.5	—	—	—	—	—
4.4	—	—	7.4	8.6	9.9	11.5	13.4	15.5	—	—	—	—
5.1	—	—	—	9.9	11.5	13.4	15.5	18.0	21.0	—	—	—
5.9	—	—	—	—	13.4	15.5	18.0	21.0	24.3	28.2	—	—
6.9	—	—	—	—	—	18.0	21.0	24.3	28.2	32.6	38.0	—
8.0	—	—	—	—	—	—	24.3	28.2	32.6	38.0	44.0	51.2
9.3	—	—	—	—	—	—	—	32.6	38.0	44.0	51.2	59.6
10.8	—	—	—	—	—	—	—	—	44.0	51.2	59.6	69.0
12.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	59.6	69.0	80.0

注：绝缘层厚度，MBMB 为 $0.65 \pm 0.05\text{mm}$ ；MEBMR 为 $0.85 \pm 0.05\text{mm}$ 。

三、通用绝缘电线

电气装备用绝缘电线分为通用绝缘电线和专用绝缘电线两大类。通用绝缘电线包括橡皮、塑料绝缘电线、软线以及屏蔽电线；专用绝缘电线包括汽车用低压电线和高压点火线、电机电器引接线、航空等特殊用电线以及补偿导线等。

橡皮、塑料绝缘电线型号、特性及主要用途见表 10-29。

BX、BLX、BV、BLV 型绝缘电线技术数据见表 10-30。

BVV、BLVV 型绝缘电线技术数据见表 10-31。

橡皮、塑料绝缘软线型号、特性及主要用途见表 10-32。

橡皮、塑料绝缘软线的直流电阻见表 10-33。

RVB、RFB、RVS、RFS 型绝缘软线技术数据见表 13-34。

RV、RVV 型绝缘软线规格数据见表 10-35。

常用聚氯乙烯绝缘屏蔽电线型号、规格及主要用途见表 10-36。

表 10-29 橡皮、塑料绝缘电线型号、特性及主要用途

产品名称	型号	计算截面积 (mm ²)	工作电压 (V)	长期工作温度(不超过)(°C)	用途
铝心氯丁橡皮线 铜心氯丁橡皮线 铝心橡皮线 铜心橡皮线 铜心橡皮软线	BLXF BXF BLX BX BXR	2.5~95 1.5~95 0.75~35 0.75~35 0.75~16	交流:500 直流: 1000	+65	适用于电气设备及照明装置固定敷设
铜心聚氯乙烯绝缘电线 铝心聚氯乙烯绝缘电线 铜心聚氯乙烯绝缘软电线 铜心聚氯乙烯护套圆形电线 铝心聚氯乙烯护套圆形电线 铜心聚氯乙烯绝缘护套平型电线 铝心聚氯乙烯绝缘护套平型电线	BV BLV BVR BVV BLVV BVVB BLVVB	0.5~1.0, 1.5~400 2.5~400 2.5~70 0.75~10, 1.5~3.5 2.5~10 0.75~10 2.5~10	交流: 300~450 直流: 450~750	+70	适用于各种交流、直流电器装置,电工仪器、仪表、电讯设备,动力及照明线路固定敷设
铜心耐热 105°C 聚氯乙烯绝缘电线	BV-105	0.5~6		+105	
农用地下直埋铝心聚氯乙烯绝缘电线	NLYV NLYV-H NLYV-Y NLYY	4.0~95	交流:450 直流:750	+65	一般地区 一般及寒冷地区 白蚁活动地区 一般及寒冷地区
农用地下直埋铝心聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套电线	NLVV NLVV-Y	4.0~95			一般地区 白蚁活动地区
丁腈聚氯乙烯复合物绝缘电线 丁腈聚氯乙烯复合物绝缘软线	BVF BVFR	0.75~6 0.75~70	交流: 500 直流: 1000		适用于电器、仪表等装置作连接线
纤维和聚氯乙烯绝缘电线 纤维和聚氯乙烯绝缘软线	RSV BSVR		交流:250 直流:500		适用于电器、仪表等固定敷设的线路接线

表 10-30 BX、BLX、BV、BLV 型绝缘电线技术数据

标称截面 (mm ²)	线心结构 根数/ 单线直径 (mm)	最大外径(mm)				单位重量 (kg/km)				直流电阻值不大于 (+20℃)(Ω/km)				参考载流量(A) (单心导线工作 温度 65℃)			
		BX		BLV		BX	BLX	BV		BLV	BX	BLX	BV	BLV	BX	BLX	BV
		1心	2心	1心	2心			1心	2心								
0.75	1/0.97	4.4	2.4	2.4×4.8	21.8			10.65	21.30	6.08	2.16	24.9		24.9	18		16
1	1/1.13	4.5	2.6	2.6×5.2	25.0			13.40	26.84	7.21	14.42	18.4		18.4	21		19
1.5	1/1.37	4.8	3.3	3.3×6.6	30			20.60	41.20	11.48	22.96	12.5		12.5	27	19	24
2.5	1/1.76	5.2	3.7	3.7×7.4	41	26.2		30.53	61.06	15.47	30.94	7.50	12.3	7.50	33	27	32
4	1/2.24	5.8	4.2	4.2×8.4	58.9	34.5		45.61	91.23	21.19	42.38	4.60	7.59	4.60	45	35	42
6	1/2.73	6.3	4.8	4.8×9.6	78.8	42.6		64.46	128.9	29.22	56.44	3.11	5.13	3.11	58	45	55
10	7/1.33	8.1	6.6	6.6×13.2	131.9	73.0		112.09	224.2	51.16	102.32	1.83	3.05	1.83	85	65	75
16	7/1.70	9.4	7.8		196.9	97.3		174.34		74.81		1.12	1.87	1.12	110	85	105
25	7/2.12	11.2	9.6		287.2	142.3		268.30		114.5		0.722	1.20	0.722	145	110	138
35	7/2.50	12.4	10.9		397.7	182.4		364.91		149.3		0.519	0.864	0.519	180	138	170
50	19/1.83		13.2					513.72		208.6		0.357	0.594	0.357	230	175	215
70	19/2.12		14.7					699.8		271.1		0.266	0.443	0.266	285	220	265
95	19/2.50		17.3					945.4		362.8		0.191	0.318	0.191	345	265	325
120	37/2.00		18.1					1161.3		435.3		0.153	0.255	0.153	400	310	375
150	37/2.24		20.1					1461.3		544.6		0.122	0.204	0.122	470	380	430
185	37/2.50		22.2					1796.1		661.5		0.0982	0.163	0.0982	540	420	490

表 10-31 BVV、BLVV 型绝缘电线技术数据

标称截面 (mm ²)	线心结构 (根数/线径 (mm))	绝缘厚度 (mm)	护套厚度		最大外径 (mm)			参考载流量 (A)					
			单、双心	三心	单心	双心	三心	BVV			BLVV		
								单	双	三	单	双	三
1.0	1/1.13	0.6	0.7	0.8	4.1	4.1×6.7	4.3×9.5	20	16	13	15	12	10
1.5	1/1.37	0.6	0.7	0.8	4.4	4.4×7.2	4.6×10.3	25	21	16	19	16	12
2.5	1/1.76	0.6	0.7	0.8	4.8	4.8×8.1	5.0×11.5	34	26	22	26	22	17
4.0	1/2.24	0.6	0.7	0.8	5.3	5.3×9.1	5.5×13.1	45	38	29	35	29	23
5.0	1/2.50	0.8	0.8	1.0	6.3	6.3×10.7	6.7×15.7	51	43	33	39	33	26
6.0	1/2.73	0.8	0.8	1.0	6.5	6.5×11.3	6.9×16.5	56	47	36	43	36	28
8.0	7/1.20	0.8	1.0	1.2	7.9	7.9×13.6	8.3×19.4	70	59	46	54	45	35
10.0	7/1.33	0.8	1.0	1.2	8.4	8.4×14.5	8.8×20.7	85	72	55	66	56	43

表 10-32 橡皮、塑料绝缘软线型号、特性及主要用途

产品名称	型号	计算截面积 (mm ²)	工作电压 (V)	长期工作温度(不超过) (°C)	用途
铜心聚氯乙烯绝缘连接软电线	RV	0.3~1 1.5~7.0	交流: 250 直流: 500	+70	适用于各种交流、直流移动电器、电工仪器、家用电器、电讯设备、小型电动工具、动力及照明装置的连接
铜心聚氯乙烯绝缘平型连接软电线	RVB	0.3~1.0			
铜心聚氯乙烯绝缘绞型连接软电线	RVS	0.3~0.75			
铜心聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套圆形连接软电线	RVV	0.5~0.75 0.75~2.5	交流: 500 直流: 1000		
铜心聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套平型连接软电线	RVVB	0.5~0.75 0.75			

续 表

产品名称	型号	计算截面积 (mm ²)	工作电压 (V)	长期工作温度(不超过) (°C)	用途
铜心耐热 105°C聚氯乙烯绝缘连接软电线	RV-105	0.5~6	交流: 250 直流: 500	+105	
丁腈聚氯乙烯复合物绝缘平型软线 丁腈聚氯乙烯复合物绝缘绞型软线	RFB RFS	0.12~2.5		+70	适用于各种移动电器、无线电设备和照明灯座等接线
编织橡皮绝缘平型软线 编织橡皮绝缘绞型软线	RXB RXS			+65	适用于日用电器、照明电源线等

表 10-33 橡皮、塑料绝缘软线的直流电阻

导线截面 (mm ²)	直流电阻(Ω/km)(20°C)									
	RFS	RFB	RV、RV-105		RVS		RVB		RVV	
			铜心	镀锡铜心	铜心	镀锡铜心	铜心	镀锡铜心	铜心	镀锡铜心
0.012	—	—	1 360	1 390	—	—	—	—	—	—
0.03	—	—	693	709	—	—	—	—	—	—
0.06	—	—	339	347	—	—	—	—	—	—
0.12	150	146	145	154	149	158	145	154	148	157
0.2	87.0	84.9	84.9	89.9	87.0	92.1	84.9	89.9	86.6	91.7
0.3	65.3	63.7	63.6	67.3	65.2	69.0	63.6	67.3	64.9	68.7
0.4	45.4	44.3	44.3	46.9	45.4	48.1	44.3	46.9	45.2	47.8
0.5	37.3	36.4	36.4	38.5	37.3	39.5	36.4	38.5	37.1	39.3
0.75	24.9	24.3	24.3	25.7	24.9	26.3	24.3	25.7	24.8	26.2
1	18.3	17.9	17.8	18.9	18.3	19.4	17.8	18.9	18.2	19.3
1.5	12.2	11.9	11.9	12.6	12.2	12.9	11.9	12.6	12.1	12.9
2	9.17	8.96	8.96	9.48	9.18	9.72	8.95	9.48	9.14	9.67
2.5	7.63	7.44	7.44	7.88	7.63	8.08	7.44	7.88	7.59	8.04
4	—	—	4.40	4.66	—	—	—	—	4.49	4.75
6	—	—	2.91	3.08	—	—	—	—	2.97	3.14

表 10-34 RVB、RFB、RVS、RFS 型绝缘软线技术数据

标称截面 (mm ²)	线心结构 心数×根数/线径 (mm)	最大外径(mm)		参考载流量 (A)(250~ 500V, 65℃)	计算质量 (kg/km)	
		RVB RFB	RVS RFS		RVB	RVS
0.12	2×7/0.15	1.6×3.2	3.2	4	6.32	6.48
0.20	2×12/0.15	2.0×4.0	4.0	5.5	10.1	10.4
0.30	2×16/0.15	2.1×4.2	4.2	7	11.9	12.2
0.40	2×23/0.15	2.3×4.6	4.6	8.5	15.1	15.5
0.50	2×28/0.15	2.4×4.8	4.8	9.5	17.3	17.8
0.75	2×42/0.15	2.9×5.8	5.8	12.5	25.3	26.0
1.00	2×32/0.20	3.1×6.2	6.2	15	30.6	31.4
1.50	2×48/0.20	3.4×6.8	6.8	19	41.4	42.4
2.00	2×64/0.20	4.1×8.2	8.2	22	55.8	57.2
2.50	2×77/0.20	4.5×9.0	9.0	26	66.0	67.7

表 10-35 RV、RVV 型绝缘软线规格数据

标称 截面 (mm ²)	线心结构 根数/线径 (mm)	成品外径(mm)						计算质量(kg/km)					
		RV	RVV					RV	RVV				
			2心	3心	4心	5心	6心		2心	3心	4心	5心	6心
0.12	7/0.15	1.4	4.5	4.7	5.1		5.5	2.59	17.4	20.5	24.4	23.9	28.0
0.20	12/0.15	1.6	4.9	5.1	5.5	5.5	6.0	3.69	21.1	25.4	30.6	30.8	36.4
0.30	16/0.15	1.9	5.5	5.8	6.3	6.4	7.0	5.18	26.7	32.5	39.6	40.8	48.4
0.40	23/0.15	2.1	5.9	6.3	6.8	7.0	7.6	6.72	31.5	38.9	47.8	50.2	59.7
0.50	28/0.15	2.2	6.2	6.5	7.1	7.3	7.9	7.77	34.7	43.1	53.2	56.5	73.6
0.75	42/0.15	2.7	7.2	7.6	8.3	9.1	9.9	11.60	46.7	59.1	73.7	86.5	103
1.0	32/0.20	2.9	7.5	7.9	9.1	9.5	10.4	14.1	53.5	68.4	92.7	101	121
1.5	48/0.20	3.2	8.2	9.1	9.9	10.4	11.4	19.4	67.3	94.4	118	132	157
2.0	64/0.20	4.1	10.3	11.0	12.0	12.7	14.2	27.9	101	130	164	184	232
2.5	77/0.20	4.5	11.2	11.9	13.1	14.3	15.7	33.0	117	151	191	226	270
4.0	77/0.26	5.3	12.8	14.1	15.5	—	—	50.7	163	226	286	—	—
6.0	77/0.32	6.6	15.8	16.8	18.5	—	—	77.1	246	325	416	—	—

表 10-36 常用聚氯乙烯绝缘屏蔽电线型号、规格及主要用途

产 品 名 称	型 号	长期工作温度 (不超过)(℃)	计算截面积 (mm ²)④	用 途
聚氯乙烯绝缘屏蔽电线 (金属线)	BVP	+65	0.03~ 0.75①	适用于 交流额定 电压 250V 及以下的 电器、仪 表、电讯 电子设备 及自动化的屏蔽 线路
耐热 105℃ 聚氯乙烯绝 缘屏蔽电线(金属线)	BVP— 105	+105		
聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯 护套屏蔽电线(话筒线)	BVVP	+65		
聚氯乙烯绝缘屏蔽软线 (金属线)	RVP	+65	0.03~ 1.5①	
耐热 105℃ 聚氯乙烯绝 缘屏蔽软线(金属线)	RVP— 105	+105	0.03~ 0.75①	
聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯 护套屏蔽软线(话筒线)	RVVP	+65	0.03~ 1.5② 0.03~ 1.0③	

注：① 有一心，二心椭圆，二心等三种。

② 有一心、二心椭圆，二心、四心等四种。

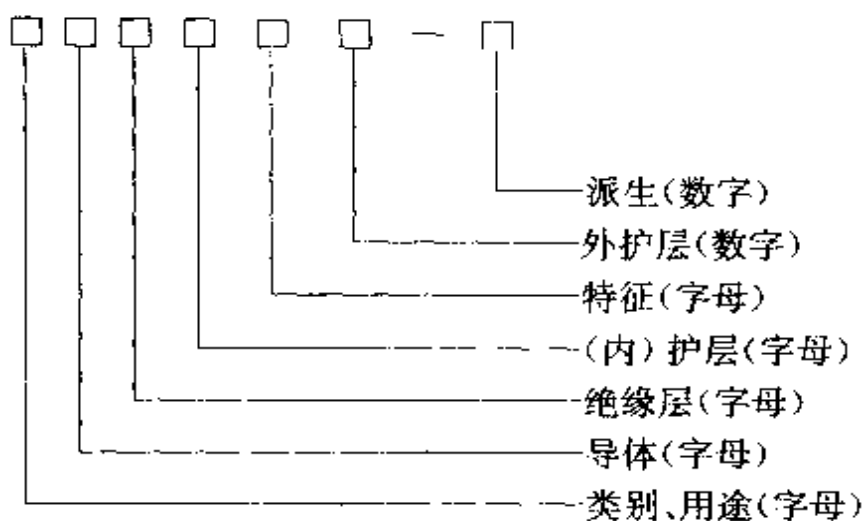
③ 有五、六、七、十心等四种。

④ 各种线心均有镀锡铜心和不镀锡铜心两种。

四、电缆

电缆按其用途可分为电气装备用电缆、电力电缆和通信电缆等。电气装备用电缆用作各种电气装备、电动工具、仪器和日用电器的移动式电源线；电力电缆用于输配电网网络干线中；通信电缆用作有线通信(例如，电话、电报、传真、电视广播等)线路，按结构类型分为对称通信电缆和同轴通信电缆。

电缆产品型号组成如下：



- 注: 1. 电力电缆以不同绝缘层列为类别; 通信、信号及控制电缆以及其他电缆大部均以用途列为类别。
2. “派生”以区别具体型号中不同品种; 电力电缆不同耐压等级的区别; 高频电缆不同频率的区别; 石油电缆的拉断力以及各种电缆中不同使用温度的区别等, 均在有关型号后面附有代表数字, 以示区别。
3. 为了减少型号字母及数字, 作为产品中常用材料或习惯用材料等字母可以省去, 如电缆用铜心线即不列其代号“T”; 电力电缆不列“力”的代号; 一般电压的电缆不加“低”字的代号, 而对高压则均用“G”字加以说明。

电缆产品型号组成中的汉语拼音字母代号见表 10-37, 数字代号见表 10-38。

电气装备用电缆分类见表 10-39。

通用橡套电缆的型号、特性及主要用途见表 10-40, 规格数据见表 10-41。

电焊机用电缆 YH(铜心)和 YHL(铝心)的技术数据见表 10-42。

控制、信号电缆型号、特性及主要用途见表 10-43。

常用电力电缆的品种及代表型号见表 10-44。

油渍纸绝缘电力电缆型号及主要用途见表 10-45。

塑料绝缘电缆型号及主要用途见表 10-46。

橡皮绝缘电缆型号及主要用途见表 10-47。

三心电力电缆长期允许载流量见表 10-48。

电力电缆在环境温度变化时载流量的校正系数见表 10-49。
 电力电缆在空气中多根并列时载流量的校正系数见表 10-50。
 电力电缆在土壤中多根并列敷设时载流量的校正系数见表 10-51。

电力电缆在不同土壤热阻系数时载流量的校正系数见表 10-52。

对称通信电缆部分品种及主要用途见表 10-53。

同轴通信电缆部分品种及主要用途见表 10-54。

表 10-37 电缆产品型号组成中的汉语拼音字母代号

拼音字母	类别、用途	导体	绝缘层	(内)护层	特征
A	A 安装线				
B	B 绝缘电线 B 接线棒 BC 补偿线		B 聚苯乙烯 B 玻璃丝 BM 玻璃膜	B 编织 BL 玻璃丝 编织涂蜡克 BM 棉纱编织	B 扁, 平形
C	C 船用电缆 C 电车线 CH 船用电话电缆		C 醇酸浸渍		C 重型 C 自承式 C 瓷质 CY 充油
D	D 接线端子 DC 电气化运输车辆 用电线 DK 电抗器电缆				D 带形 D 不滴流 D 鼎足式
E					E 双层 E 话务员耳 机用

续 表

拼音字母	类别、用途	导体	绝缘层	(内)护层	特征
F	F 飞机用电线		F 丁聚复合物 F 聚四氟乙烯	F 丁聚复合物	F 防腐 F 分相护层
G	G 钢(铁)线 G 高压电线电缆 G 接线套管 GL 铝包钢线 GT 铜包钢线	G 钢(铁)	G 硅有机漆浸渍	GW 皱纹钢管	G 沟形 G 高压 G 倒挂式
H	H 市内电话电缆 HB 电话线 HE 长途对称通信电缆 HJ 局用电线 HL 铝合金线 HO 干线同轴通信电缆 HP 配线电缆 HR 电话软线 HU 矿用电话电缆 HW 野外通信线	HL 铝合金线		H 橡皮护层 HD 耐寒橡皮护层 非燃性橡皮护层 HY 耐油橡皮护层 (HF)非燃性橡套	H 电焊机用 H 环氧树脂
J	J 电机引出线	J 钢 铜加强线			J 加强型,加厚型 J 绞合 J 交流 J 交换机用

续 表

拼音字母	类别、用途	导体	绝缘层	(内)护层	特征
K	K 控制电缆				K 空心 K 扩径
L	L 铝线 L 电缆中间连接盒	L 铝线		L 棉纱编织涂蜡克 L 铝护层 LW 皱纹铝管	L 铸铝
M	M 母线 M 线包电磁线		M 棉纱		
N	N 农用电线电缆 N 户内电缆终端盒 NH 农用电话线			N 尼龙	N 自粘性 N 尼龙
P	P 信号电缆				P 屏蔽型 P 排状 P 贫油型 P 鱼泡式
Q	Q 汽车用电线 Q 漆包线 QA 聚胺酯漆包线 QH 环氧漆包线 QQ 缩醛漆包线 QXY 聚酰胺酰亚胺漆包线 QZ 聚酯漆包线 QZY 聚酯亚胺漆包线 QY 聚酰亚胺漆包线		Q 绝缘漆	Q 铅护层	Q 轻型
R	R 日用电器用软线				R 软,软结构

续 表

拼音字母	类别、用途	导体	绝缘层	(内)护层	特征
S	S 射频电缆 S 电刷线 S 丝包电磁线 SB 无线电装置电线		S 丝 SB 玻璃丝 SR 人造丝 ST 天然丝		S 双纹型 S 扇型 S 塑料
T	T 铜线 T 天线	T 铜线 TY 银铜			T 梯形 T 耐热 T 套管式
U	U 矿用电线 UB 矿用爆破线 UC 矿山采掘机电线 UM 矿工帽灯线 UZ 矿山电站用电线				
V	V 塑料电缆(聚氯乙烯电缆)		V 聚氯乙烯 VF 丁聚复合物	V 聚氯乙烯	V 聚氯乙烯
W	W 探测电缆 W 户外电缆终端盒 WB 油泵用电线 WC 海上探测电缆 WE 野外探测电缆 WT 井下探测电缆				W 户外
X	X 橡皮电缆		X 橡皮 X 纤维 XD 丁基橡皮 XF 氟丁橡皮 XG 硅橡皮		X 镀锡

续 表

拼音字母	类别、用途	导体	绝缘层	(内)护层	特征
Y	Y 移动电缆 Y 交联聚乙烯电缆		Y 聚乙烯 YF 泡沫聚乙烯 YM 氧化膜 YJ 交联聚乙烯	Y 聚乙烯	Y 圆形 Y 硬,硬结构 YB 半硬 YD 镀银
Z	Z 纸包电缆 Z 纸包电磁线 Z 接线柱		Z 纸绝缘		Z 综合型 Z 直流 Z 中型 Z 编织

表 10-38 电缆产品型号组成中的数字代号

数字	防腐等级	外护层	屏蔽层
0		相应的裸外护层	
1	一级防腐	麻被外护层 双层钢带铠装	
2	二级防腐		
3		单层细钢丝铠装	
4		双层细钢丝铠装	
5		单层粗钢丝铠装	
6		双层粗钢丝铠装	
31			镀锌钢丝编织
32			镀锡钢丝编织

表 10-39 电气装备用电缆分类

类别	系列	类别	系列
通用电线电缆	橡皮、塑料绝缘电线 橡皮、塑料绝缘软(电)线 通用屏蔽绝缘电线 通用橡套电缆	仪器仪表用电线电缆	热工仪表用电缆 电工电子仪器仪表用电缆 医疗仪器用电缆
		交通运输用电线电缆	汽车、拖拉机用电缆 机床、车辆用电缆 航空电缆 船用电缆
信号控制电缆	通用橡套控制电缆 野外控制电缆 电梯电缆	地质勘探和采掘用电线电缆	检测电缆 钻探电缆 油田生产用电缆 采掘用电线电缆(矿用电缆)
电机、电器用电线电缆	电机电器引接线 电焊机用电缆 潜水电机用防水橡套电缆 电光源用电线电缆 无机绝缘高温电缆		直流高压软电缆

表 10-40 通用橡套电缆的型号、特性及主要用途

名称	型号	工作电压 (交流) (V)	长期最高 工作温度 (°C)	主要用途及特性
轻型橡套电缆	YQ	250	65	轻型移动电器设备和日用电器电源线
	YQW			同上。具有耐气候和一定的耐油性能
中型橡套电缆	YZ	500		各种移动电气设备
	YZW			同上。具有耐气候和一定的耐油性能
重型橡套电缆	YC			同 YZ。能承受较大的机械外力作用
	YCW			同上。具有耐气候和一定的耐油性能

表 10-41 通用橡套电缆的规格数据

型号	标称截面 (mm ²)	线心结构 心数×根数/线径(mm)	最大外径 (mm)	主心直流电阻 不大于(Ω/km)
YQ YQW	0.3	2×16/0.15	5.5	66.3
		3×16/0.15	5.8	
	0.5	2×16/0.15	6.5	37.8
3×16/0.15		6.8		
YZ YZW	0.75	2×16/0.15	7.4	25.0
		3×16/0.15	7.8	
		2×42/0.15 3×42/0.15 3×42/0.15+1×42/0.15	8.8 9.3 10.5	
	1.0	2×32/0.20	9.1	18.3
		3×32/0.20	9.6	
		3×32/0.20+1×32/0.20	10.8	
1.5	2×48/0.20	9.7	12.2	
	3×48/0.20	10.7		
	3×48/0.20+1×32/0.20	11.4		
2.5	2×77/0.20	13.2	7.59	
	3×77/0.20	14.0		
	3×77/0.20+1×48/0.20	15.0		
4	2×77/0.26	15.2	4.49	
	3×77/0.26	16.0		
	3×77/0.26+1×77/0.20	17.6		
6	2×77/0.32	16.1	2.97	
	3×77/0.32	18.1		
	3×77/0.32+1×77/0.26	19.4		

续 表

型号	标称截面 (mm ²)	线心结构 心数×根数/线径(mm)	最大外径 (mm)	主心直流电阻 不大于(Ω/km)
YC YCW	2.5	1×49/0.26	8.1	7.06
		2×49/0.26	13.9	
		3×49/0.26	14.6	
		3×49/0.26+1×49/0.20 注	16.6	
	4.0	1×49/0.32	8.5	4.66
		2×49/0.32	15.0	
		3×49/0.32	17.0	
		3×49/0.32+1×49/0.26 注	18.0	
	6.0	1×49/0.39	9.3	3.13
2×49/0.39		17.4		
3×49/0.39		18.3		
3×49/0.39+1×49/0.32 注		19.5		

注:3心+1心(接地线)。

表 10-42 YH、YHL 电焊机电缆技术数据

标称截面 (mm ²)	线心结构 (根数/线径(mm))		最大外径 (mm)		参考载流量 (A)		线心直流电阻 (Ω/km)	
	YH(铜心)	YHL(铝心)	YH	YHL	YH	YHL	YH	YHL
10	322/0.20		9.1		80		1.77	
16	513/0.20	228/0.30	10.7	10.7	105	80	1.12	1.92
25	798/0.20	342/0.30	12.6	12.6	135	105	0.718	1.28
35	1 121/0.20	494/0.30	14.0	14.0	170	130	0.551	0.888
50	1 596/0.20	703/0.30	16.2	16.2	215	165	0.359	0.624
70	999/0.30	999/0.30	19.3	19.3	265	205	0.255	0.439
95	1 332/0.30	1 332/0.30	21.1	21.1	325	250	0.191	0.329
120	1 702/0.30	1 702/0.30	24.5	24.5	380	295	0.150	0.258
150	2 109/0.30	2 109/0.30	26.2	26.2	435	340	0.121	0.208
185		2 590/0.30		28.8				0.169

表 10-43 控制、信号电缆型号、特性及主要用途

品 种	名 称	型 号		工作电压 (V)	长期工作 最高温度 (°C)	主 要 用 途
		铜心	铝心			
控 制 电 缆	聚氯乙烯绝缘 和护套控制电缆	KVV	KLVV			敷设在室 内, 电缆沟 中, 管道内及 地下
	聚乙烯绝缘聚氯 乙烯护套控制电缆	KYV	KLYV			
	橡皮绝缘聚氯 乙烯护套控制 电缆	KXV	KLXV			
	橡皮绝缘氯丁 护套控制电缆	KXF				
	橡皮绝缘耐寒 塑料护套控制电 缆	KXVD	KLXVD	交流 500	65	同上, 耐寒 性较好
	聚乙烯绝缘耐寒 塑料护套控制电缆	KYVD	KLYVD	直流 1 000		
	聚氯乙烯绝缘 和护套内钢带铠 装控制电缆	KVV ₂	KLVV ₂			敷设在室 内, 电缆沟 中, 管道内及 地下, 能承受 较大的机械 外力作用, 但 不能承受 拉力
	聚乙烯绝缘聚 氯乙烯护套内钢 带铠装控制电缆	KYV ₂	KLYV ₂			
	橡皮绝缘聚氯 乙烯护套内钢带 铠装控制电缆	KXV ₂	KLXV ₂			

续 表

品 种	名 称	型 号		工作电压 (V)	长期工作 最高温度 (°C)	主要用途			
		铜心	铝心						
信号电缆	聚氯乙烯绝缘 和护套信号电缆	PVV		交流 250 直流 500	65	敷设在室内、电缆沟中、管道内及地下			
	聚乙烯绝缘聚氯乙烯护套信号电缆	PYV							
	聚氯乙烯绝缘和护套内钢带铠装信号电缆	PVV ₂₉				同上, 能承受较大的机械外力作用, 但不能承受拉力			
	聚乙烯绝缘聚氯乙烯护套内钢带铠装信号电缆	PVV ₂₉							
控制软电缆	聚乙烯绝缘和护套控制软电缆	KVVR		交流 250	65	移动式电器, 仪表, 电讯器材及遥控设备装置连接用			
	橡皮绝缘氯丁橡胶套控制软电缆	KXFR							
纸橡皮绝缘控制电缆	铜心纸绝缘铅包裸钢带铠装控制电缆	KZQ ₂₀		交流 250 直流 500	80	敷设在室内、沟道中及管道内, 能承受大的拉力作用			
	铜心橡皮绝缘裸铅包电缆	KXQ					同上	65	敷设在室内、沟道中及管道内, 且对电缆应没有振动和机械损伤, 对铅护层没有腐蚀的地方
	铜心橡皮绝缘铅包裸钢带铠装控制电缆	KXQ ₂₀							

表 10-44 常用电力电缆的品种及代表型号

绝缘类别	电缆名称	电压等级 (kV)	允许最高工作温度(℃)	代表产品型号
油浸纸绝缘电缆	1. 普通粘性浸渍电缆 统包型 分相铅(铝)包型	1~35	1~3kV;80 6kV;65 10kV;60 20~35kV;50	ZLL、 ZL、 ZLQ、 ZQ、 ZLLF、 ZLQF、 ZQF
	2. 不滴流电缆 统包型 分相铅(铝)包型	1~35	1~3kV;80 6kV;80 10kV;65 20~35kV;65	ZLQD、 ZQD ZLLDF、 ZQDF
	3. 自容式充油电缆	110~750	75~80	ZQCY
	4. 钢管充油电缆	110~750	80	
	5. 钢管压气电缆	110~220	80	
	6. 充气电缆	35~220	75	
塑料绝缘电缆	7. 聚氯乙烯电缆	1~10	65	VLV、 VV
	8. 聚乙烯电缆	6~220	70	YLV、 YV
	9. 交联聚乙烯电缆	6~220	10kV 及以下 90 20kV 及以下 80	YJLV、 YJV
橡皮绝缘电缆	10. 天然-丁苯橡皮电缆	0.5~6	65	XLQ、 XQ、
	11. 乙丙橡皮电缆	1~35	80	XLV、 XV、
	12. 丁基橡皮电缆	1~35	80	XLHF、 XLF
气体绝缘电缆	13. 压缩气体绝缘电缆	220~500	90	
新型电缆	14. 低温电缆			
	15. 超导电缆			

表 10-45 油渍纸绝缘电力电缆型号及主要用途

品种	单心和多心统包型		外护层种类	主要用途	规格范围
	铝心	铜心			
油渍纸绝缘铅包电力电缆	ZLQ	ZQ	裸铝护套	敷设在室内,隧道及沟(管)中,对电缆应没有机械外力作用,对铝护套有中性环境	电压: 1~35kV 心数: 1~4 标称截面: 单心: 25~800mm ² 多心: 25~240mm ²
	ZLQ1	ZQ1	麻被层	同上	
	ZLQ2 (ZLQF2)	ZQ2 (ZQF2)	钢带铠装 外麻被	直埋于土壤中,能承受机械外力,不能承受大的拉力	
	ZLQ20 (ZLQF20)	ZQ20 (ZQF20)	裸钢带铠装	敷设在室内,隧道及沟(管)中,其余同 ZLQ2	
	ZLQ3	ZQ3	细钢丝铠装 外麻被	敷设在土壤中,能承受机械外力并能承受相当的拉力	
	ZLQ30	ZQ30	裸细钢丝铠装	敷设在室内及矿井中,其余同 ZLQ3	
	ZLQ5 (ZLQF5)	ZQ5 (ZQF5)	粗钢丝铠装, 外麻被	敷设在水中,能承受较大的拉力	
	ZLL	ZL	裸铝护套	敷设在室内、隧道及沟(管)中,对电缆应没有机械外力,对铝护套有中性环境	
	ZLL11	ZL11	一级防腐 麻被层	同 ZLL,但可用于对铝护套有腐蚀的环境	
	ZLL12	ZL12	一级防腐 钢带铠装外 麻被	直埋在对铝护层有腐蚀的土壤中能承受较大的机械外力,但不能承受拉力	

续 表

品种	单心和多心统包型		外护层种类	主要用途	规格范围
	铝心	铜心			
油浸纸绝缘铝包电力电缆	ZLL120	ZL120	一级防腐 裸钢带铠装	敷设在铝护层有腐蚀的室内、隧道及沟管中,其余同 ZLL12	电压: 1~35kV 心数: 1~4 标称截面: 单心: 25~ 800mm ² 多心: 25~ 240mm ²
	ZLL13	ZL13	一级防腐 细钢丝铠装 外麻被	敷设在铝护层有腐蚀的土壤和水中,能承受机械外力和相当的拉力	
	ZLL130	ZL130	一级防腐 裸细钢丝铠装	敷设在铝护层有腐蚀的室内、隧道及矿井中,其余同 ZLL13	
	ZLL15	ZL15	一级防腐 粗钢丝铠装	敷设在铝护层有腐蚀的水中,能承受较大的拉力	
	ZLL22	ZL22	二级防腐 钢带铠装	敷设在铝护层和钢带或钢丝均有严重腐蚀的环境中	
	ZLL23	ZL23	二级防腐 细钢丝铠装		
	ZLL25	ZL25	二级防腐 粗钢丝铠装		
不滴流浸渍剂纸绝缘电力电缆	ZLQD3	ZQD3	细钢丝铠装 外麻被	敷设在土壤中,能承受机械外力,并且能承受相当的拉力	
	ZLQD30	ZQD30	裸钢丝铠装	敷设在室内、隧道及矿井中,其余同 ZLQD3	
	ZLQD5	ZQD5	粗钢丝铠装, 外麻被	敷设在水中,能承受较大的拉力	

注: 括号内的型号为分相铅包型。

表 10-46 塑料绝缘电缆型号及其主要用途

型 号		护层种类	主 要 用 途	规格范围
铝心	铜心			
VLV	VV	聚氯乙烯护套, 无铠装层	敷设在室内、隧道及沟管中, 不能承受机械外力的作用	电压: 1~6kV 心数: 1~4 标称截面: 单心: 1~ 800mm ² 多心: 1~ 300mm ²
VLV29	VV29	内钢带铠装, 聚氯乙烯护套	直埋在土壤中, 能承受机械外力, 不能承受大的拉力	
VLV30	VV30	聚氯乙烯护套, 裸细钢丝铠装	敷设在室内、矿井中, 能承受机械外力和相当的拉力	
VLV39	VV39	内细钢丝铠装聚氯乙烯护套	敷设在水中, 能承受相当的拉力	
VLV50	VV50	聚氯乙烯护套裸粗钢丝铠装	敷设在室内、矿井中, 能承受较大的拉力	
VLV59	VV59	内粗钢丝铠装, 聚氯乙烯护套	敷设在水中, 能承受较大的拉力	
YJLV	YJV	交联聚乙烯绝缘聚氯乙烯护套电力电缆	敷设在室内外、隧道内须固定在托架上、混凝土管组或电缆沟中以及允许在松散的土壤中直埋。不能承受机械外力作用, 但可经受一定的敷设牵引	电压: 6~35kV 标称截面: 单心: 16~ 500mm ² 多心: 16~ 240mm ²
YJLVF	YJVF	交联聚乙烯绝缘, 分相聚氯乙烯护套电力电缆	同上	
YJLV29	YJV29	交联聚乙烯绝缘, 聚氯乙烯护套内钢带铠装电力电缆	敷设在地下, 能承受机械外力作用, 但不能承受大的拉力	

续 表

型 号		护层种类	主 要 用 途	规格范围
铝心	铜心			
YJLV30	YJV30	交联聚乙烯绝缘、聚氯乙烯护套裸细钢丝铠装电力电缆	敷设在室内、隧道及矿井中,能承受机械外力作用,并能承受相当的拉力	电压: 6~35kV 心数: 1与5心 标称截面: 单心: 16~ 500mm ² 多心: 16~ 240mm ²
YJLV39	YJV39	交联聚乙烯绝缘、聚氯乙烯护套内细钢丝铠装电力电缆	敷设在水中或具有落差较大的土壤中,能承受相当的拉力	
YJLV50	YJV50	交联聚乙烯绝缘、聚氯乙烯护套裸粗钢丝铠装电力电缆	敷设在室内、隧道内及矿井中,能承受机械外力作用,并能承受较大的拉力	
YJLV59	YJV59	交联聚乙烯绝缘、聚氯乙烯护套内粗钢丝铠装电力电缆	敷设在水下、竖井中,能承受较大的拉力	

表 10-47 橡皮绝缘电缆型号及其主要用途

品种	型 号		外护层种类	敷 设 场 合	规格范围
	铝心	铜心			
橡皮绝缘铅包电力电缆	XLQ	XQ	无外护层	敷设在室内,隧道及沟管中。不能承受机械外力和振动,对铅层应有中性环境	电压: 0.5~6kV 心数: 1~4 标称截面: 单心: 1.5~ 500mm ² 多心: 1.5~ 185mm ²
	XLQ2	XQ2	钢带铠装,外麻被	直埋设在土壤中,能承受机械外力;不能承受大的拉力	
	XLQ20	XQ20	裸钢带铠装	敷设在室内,隧道及沟管中。其余同XLQ2	

续 表

品种	型 号		外护层 种类	敷 设 场 合	规格范围
	铝心	铜心			
橡皮绝缘 聚氯乙烯 护套电力 电缆	XLV	XV	无外护层	敷设在室内,隧道 及沟管中。不能 承受机械外力	电压: 0.5~6kV 心数: 1~4 标称截面: 单心: 1.5~ 500mm ² 多心: 1.5~ 185mm ²
	XLV29	XV29	内钢带铠 装	敷设在地下,能承 受一定的机械外 力作用,但不能承 受大的拉力	
橡皮绝缘 聚氯乙烯 护套电力 电缆	XLF	XF	无外护层	敷设于要求防燃烧 的场合其余同 XLV	

表 10-48 三心电力电缆长期允许载流量(A)

导 线 截 面 (mm ²)	6kV 聚氯乙烯绝 缘聚氯乙烯护套电 缆(VV, VLV 型)				10kV 油浸纸绝缘铅 套电力电缆(ZQ22、 ZLQ22、ZQ32、 ZLQ32 等)				10kV 交联聚乙烯 绝缘电缆(YJV、 YJLV 等)			
	空气中敷设		直埋敷设		空气中敷设		直埋敷设		空气中敷设		直埋敷设	
	铜心	铝心	铜心	铝心	铜心	铝心	铜心	铝心	铜心	铝心	铜心	铝心
10	55	42	58	44								
16	73	56	76	58	75	60	75	60	121	94	118	92
25	96	74	98	75	100	80	100	75	158	123	151	117
35	118	90	121	93	125	95	120	95	190	147	180	140
50	146	112	148	114	155	120	150	115	231	180	217	169
70	177	136	177	136	190	145	180	140	280	218	260	202
95	218	167	213	164	230	180	215	165	335	261	307	240
120	251	194	243	187	265	205	245	185	388	303	348	272
150	292	224	278	213	305	235	280	215	445	347	394	308
185	333	257	312	241	355	270	315	240	504	394	441	344
240	392	301	359	278	420	320	365	280	587	461	504	396




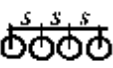
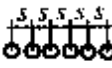


注:1. 导线工作温度为 80℃,环境温度为 25℃。

2. 土壤热阻系数为 120℃·cm/W。

表 10-49 电力电缆环境温度变化时载流量的校正系数

导线工作温度(°C)	不同环境温度下的载流量校正系数								
	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C	45°C
80	1.17	1.13	1.09	1.04	1	0.954	0.905	0.853	0.798
65	1.22	1.17	1.12	1.06	1	0.935	0.865	0.791	0.707
60	1.25	1.20	1.13	1.07	1	0.926	0.845	0.756	0.655
50	1.34	1.26	1.18	0.99	1	0.895	0.775	0.663	0.447

表 10-50 电力电缆在空气中多根并列时载流量的校正系数

电缆根数	1	2	3	4	6	4	6
排列方式							
电缆中心距	$s=d$	$s=2d$	$s=3d$	$s=2d$	$s=2d$	$s=2d$	$s=2d$
	1	0.9	0.85	0.82	0.80	0.80	0.75
	1	1	0.98	0.95	0.90	0.90	0.90
	1	1	1	0.98	0.96	1	0.96

注：本表系产品外径相同时的载流量校正系数， d 为电缆电缆外径。当电线电缆外径不同时， d 值建议取各电缆外径的平均值。

表 10-51 电力电缆在土壤中多根并列敷设时载流量的校正系数

电缆间净距(mm)	并列埋设根数											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
100	1	0.90	0.85	0.80	0.78	0.75	0.73	0.72	0.71	0.70	0.70	0.69
200	1	0.92	0.87	0.84	0.82	0.81	0.80	0.79	0.79	0.78	0.78	0.77
300	1	0.93	0.90	0.87	0.86	0.85	0.85	0.84	0.84	0.83	0.83	0.83

表 10-52 电力电缆在不同土壤热阻系数时载流量的校正系数

导线截面(mm ²)	土壤热阻系数(C·cm/W)				
	60	80	120	160	200
2.5~16	1.06	1	0.90	0.83	0.77
25~95	1.08	1	0.88	0.80	0.73
120~240	1.09	1	0.86	0.78	0.71
备注	潮湿地区土壤				干燥地区土壤

表 10-53 对称通信电缆部分品种及主要用途

系列	品种	代表型号	使用频率	规格 (线径单位:mm)	主要用途
市内电话电缆	纸绝缘绞市内电话电缆	HQ 裸铅护套型	音频	线径:0.4、0.5、0.6、0.7 对数:5~1200	城市内和近距离通信用,其敷设环境由外护层决定
		HQ1 铅护套麻被保护层型			
		HQ2 铅护套钢带铠装型			
		HQ3 铅护套细钢丝铠装型			
		HQ5 铅护套粗钢丝铠装型			
	聚乙烯绝缘聚氯乙烯护套自承式市内电话电缆	HYVC		线径:0.5 对数:5~100	城市内和近距离通信用,可直接架空敷设
长途对称通信电缆	纸绝缘星绞低频通信电缆	HEQ 裸铅护套型	音频	线径:0.8、0.9、1.0、1.2 组数:12~37	电话、电报收发讯台(站)到终端机室的线路,铁路区段通信线路等用
		HEQP 铅护套钢带铠装型			
		HEQ2 铅护套钢带铠装型			
		HEQP2 铅护套钢带铠装型			
		HEQ3 铅护套细钢丝铠装型			
		HEQP3 铅护套细钢丝铠装型			
		HEQ5 铅护套粗钢丝铠装型			
		HEQP5 铅护套粗钢丝铠装型			
		HEL 裸铝护套型			
		HELP 铅护套二级外护			
		HEL22 铅护套二级外护			
		HELP22 层钢带铠装型			

续表

系列	品种	代表型号	使用频率	规格 (线径单位:mm)	主要用途	
长途对称通信电缆	泡沫聚乙烯绝缘低频通信电缆	HEYFLW11 皱纹铝护套一级外护层型	音频	线径:0.8、0.9、1.0、1.2 组数:12~37	电话、电报收发讯台(站)到终端机室的线路,铁路区段通信线路等用	
		HEQZ 裸铝护套型				
		HEQZ2 铝护套带铠装型				
	纸绝缘低频通信电缆	HEQZ5 铝护套粗钢丝铠装型		线径:0.7、0.8、0.9、1.0、1.2、1.4 电缆中元件有对绞组、加强绞组、屏蔽对绞组、星绞组、加强星绞组和六线组等,电缆可由不同数量的各种元件组成	低频长途通信、无线电遥控和广播用	
		HELZ 裸铝护套型				
		HELZ15 裸铝护套粗钢丝铠装一级外护层型				
	纸绝缘高频通信电缆	HELZ22 铝护套带铠装二级外护层型		高频组:12~252 kHz	线径:1.2 组数:4组、7组	多路载波长途通信线路用
		HEQ-252 252 kHz 裸铝护套型				
		HEQZ-252 252 kHz 铝护套粗带铠装型				
		HEQ-252 252 kHz 铝护套粗钢丝铠装型				
纸绝缘高频通信电缆	HEL-252 252 kHz 裸铝护套型	~252 kHz	线径:1.2 组数:1组、3组			
	HEL22-252 252 kHz 铝护套粗带铠装二级外护层型					
	HEL15-252 252 kHz 铝护套粗钢丝铠装一级外护层型					

表
缆

系列	品 种	代 表 型 号	使用率	规 格 (线径单位:mm)	主 要 用 途
长途对称通信电缆	泡沫聚乙烯高频通信综合电缆	HDYFLWZ12 皱纹铝护套 钢带铝装一级外护层型	高频组: 12 ~ 252 kHz	线径:0.9、1.2 高频组数:3、4 低频组数:4~11	高频组供多路载波长途通信线路用,低频组用途同低频对称通信电缆
		HDYFLZ22 平铝护套钢带铝装二级外护层型		线径:1.2 高频组数:3 低频组数:11	
	纸绝缘综合高频电缆	HDLZ11 纸绝缘铝护套裸一级外护层型	252 kHz	线径:2.0	多路载波长途通信线路用
		HDLZ22 纸绝缘铝护套钢带铝装二级外护层型			
	铝心单频四对称通信电缆	HELLV-252 252 kHz 纸绝缘平铝护套聚氯乙烯外护层型	252kHz 聚苯乙烯绳带绝缘铅护套型	线径:1.2 组数:4	联接市内电话电缆至配线架(或分线箱)用
		聚苯乙烯绳带高频对称电缆			
电话设备用电缆	聚氯乙烯配线电缆(或叫成端电缆)	HPVV 聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套型	线径:0.5 对数:5~404	线径:0.5 心数:12~210	
		HJVV 聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套型 HJVVP 聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套屏蔽型			

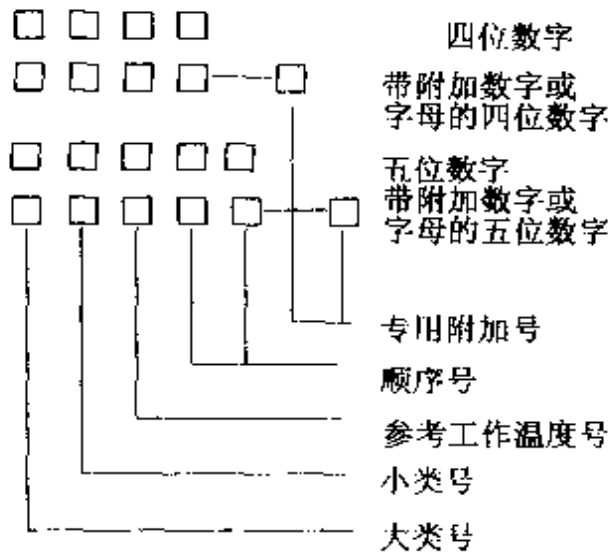
表 10-54 同轴通信电缆部分品种及主要用途

品 种	代表型号	使用频率	主要用途	规 格
小同轴 综合通 信电 缆 (1.2/4.4 同轴对)	HOYPLWZ 皱纹铝护 套型 HOYPLZ平 铝护套型 HOYQZ25 铅护套相钢 丝铠装二级 外护层型	小同轴对： 1.4MHz以下 高频组：根 据具体使用 情况而定	小同轴对 供较多话路 的载波长途 通信用 高频组供 多路载波长 途通信用 低频组供 各种低频业 务通信用	缆心有四种规格： (1) 4同轴对+3高 频组+信号线 (2) 4同轴对+4高 频组+9低频 组+信号线、组 (3) 4同轴对+3高 频组+12低频 组+信号线 (4) 8同轴对+2低 频组+信号线、 组
中同轴 综合通 信电 缆 (2.6/9. 5同轴 对)	HOYDQZ 裸铅护套型 HOYDQZ22 铅护套钢带 铠装二级外 护层型 HOYDQZ25 铅护套粗钢 丝铠装二级 外护层型	中同轴对： 9MHz以下 高频组：根 据具体使用 情况而定	中同轴对 供大通路载 波长途通信 用；也可传 输电视及其 他信息 高频组供 多路载波长 途通信用	缆心有两种规格： (1) 4同轴对+4高频 组+1低频组+ 信号线 (2) 8同轴对+8高频 对+7低频组

第二节 绝缘材料

绝缘材料又称电介质，其电阻率大于 $10^2 \Omega \cdot \text{cm}$ 。它可以用来隔带电的或不同电位的导体，还可起着散热冷却、机械支撑以及储能、灭弧和防潮等作用。

绝缘材料型号命名组成如下：



- 注：1. 云母制品型号中，没有附加数字的为白云母制品，有附加数字的：1 为粉云母制品、2 为金云母制品、3 为鳞片云母制品。
2. 复铜箔板的产品顺序号，奇数为单面复铜箔，偶数为双面复铜箔。
3. 如含有杀菌剂或防霉剂的产品，在型号最后附加字母“T”。

表 10-55 绝缘材料大、小类代号

代 号		名 称	代 号		名 称
大类	小类		大类	小类	
1		漆、树脂和胶类：	2		浸渍纤维制品类：
	0	有溶剂浸渍漆类		0	棉纤维漆布类
	1	无溶剂浸渍漆类		1	
	2	覆盖漆类		2	漆绸类
	3	瓷漆类		3	合成纤维漆布类
	4	胶粘漆、树脂类		4	玻璃纤维漆布类
	5	熔敷粉末类		5	混合纤维漆布类
	6	硅钢片漆类		6	防电晕漆布类
	7	漆包线漆类		7	漆管类
	8	胶类		8	绑扎带类
	9			9	

代 号		名 称	代 号		名 称
大类	小类		大类	小类	
3		层压制品类:	5		云母制品类:
	0	有机底材层压板类		0	云母带类
	1			1	柔软云母板类
	2	无机底材层压板类		2	塑性云母板类
	3	防电晕及导磁层压板类		3	
	4	复铜箔层压板类		4	云母带类
	5	有机底材层压管类		5	换向器云母板类
	6	无机底材层压管类		6	衬垫云母板类
	7	有机底材层压棒类		7	云母箔类
	8	无机底材层压棒类		8	云母管类
9		9			
4		塑料类:	6		薄膜、粘带和复合制品类:
	0	木粉填料塑料类		0	薄膜类
	1	其他有机物填料塑料类		1	薄膜类
	2	石棉填料塑料类		2	
	3	玻璃纤维填料塑料类		3	薄膜粘带类
	4	云母填料塑料类		4	橡胶及织物粘带类
	5	其他矿物塑料填料类		5	
	6	无填料塑料类		6	薄膜绝缘纸及薄膜玻璃
	7			7	布复合箔类
	8			8	薄膜合成纤维纸复合箔类
9		9	多种材料复合箔类		

表 10-56 绝缘材料参考工作温度号

序 号	1	2	3	4	5	6
参考工作温度(℃)	105	120	130	155	180	>180

绝缘材料按其正常运行条件下允许的最高工作温度的分级，

称为耐热等级,见表 10-57。

常用电工绝缘漆的主要技术数据和用途见表 10-58。

在绝缘浸渍纤维制品中,常用漆布的品种、组成和用途见表 10-59,常用漆布的技术数据见表 10-60,常用浸渍漆与漆布的相容性见表 10-61;常用漆管的技术数据见表 10-62。

在绝缘层压制品中,常用绝缘层压板(管、棒)的品种、特性和用途见表 10-63;覆铜箔层压板(即俗称的印刷电路板)技术数据及用途见表 10-64。

常用云母制品型号、技术数据及用途见表 10-65。

常用绝缘薄膜的规格、技术数据及用途见表 10-66,薄膜复合制品的规格、技术数据及用途见表 10-67;常用粘带的规格、技术数据及用途见表 10-68。

绝缘子是用来支持导体并使其绝缘的器件,包括电站、电器绝缘子和线路绝缘子两大类,线路绝缘子又分为高压线路绝缘子和低压线路绝缘子。电站、电器绝缘子电气性能见表 10-69。

户内、外(铜导体)穿墙套管技术数据见表 10-70。

户内、外(铝排)穿墙套管技术数据见表 10-71。

户内、外支柱绝缘子的型号和技术数据见表 10-72。

在高压线路绝缘子中,针式瓷绝缘子型号和技术数据见表 10-73。

高压线路星形、耐污悬式绝缘子型号和技术数据见表 10-74。

高压线路蝶式瓷绝缘子型号和技术数据见表 10-75。

高压线路瓷横担绝缘子型号和技术数据见表 10-76。

高压线路拉紧绝缘子型号和技术数据见表 10-77。

在低压线路绝缘中,针式、蝶形、鼓形绝缘子型号和规格见表 10-78。

通讯线路绝缘子型号和规格见表 10-79。

低压布线瓷夹板型号和规格见表 10-80。

低压布线瓷管型号和规格见表 10-81。

表 10-57 绝缘材料耐热等级

级别	绝 缘 材 料	极限工作温度(℃)
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,以及易于热分解和熔点较低的塑料(脲醛树脂)	90
A	工作于矿物油中的和用油或树脂复合胶浸过的 Y 级材料,漆包线,漆布,漆丝的绝缘及油性漆、沥青漆等	105
E	聚酯薄膜和 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	聚酯薄膜、经合适树脂粘合式浸渍涂复的云母、玻璃纤维、石棉等,聚酯漆、聚脂漆包线	130
F	以有机纤维材料补强和石棉带补强的云母片制品,玻璃纤维和石棉,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不带补强的云母附制品,化学热稳定性较好的聚酯和醇酸类材料,复合硅有机聚酯漆	155
H	无补强或以无机材料为补强的云母制品、加厚的 F 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 10-58 常用电工绝缘漆的主要技术数据和用途

名称	型号	溶剂	干燥类型和条件			耐热等级	特性和用途
			类型	温度(℃)	时间(h)		
沥清漆	1010 1011	200号溶剂油二甲苯	烘干	105±2	6 3	A	黑色。用于浸渍电机转子和定子线圈及其他不耐油的电器零部件
耐油性清漆	1012	200号溶剂油	烘干	105±2	2	A	黄至褐色。具有良好的耐油性。适用于浸渍电机、电器线圈
醇酸清漆	1030	甲苯及二甲苯	烘干	120±2	2	B	黄至褐色。具有较好的耐油性及耐电弧性。适用于浸渍电机、电器线圈以及作覆盖漆和胶粘剂
三聚氰胺醇酸浸渍漆	1032	200号溶剂油二甲苯	烘干	105±2	2	B	黄至褐色。干透性、耐油性、耐热性、耐电弧性和附着力好。浸渍电机电器线圈,可用于湿热地区
三聚氰胺环氧树脂浸渍漆	1033	二甲苯乙醇等	烘干	120±2	2	B	黄至褐色。耐水、耐油、热弹性好。用于浸渍在湿热地区的线圈或作电机电器等部件的表面覆盖层
无溶剂浸渍漆	515 —1 515 —2		烘干	130	1/6	B	有良好的防潮、防霉性和介电机械性能,适宜浸渍电器线圈

续 表

名称	型号	溶剂	干燥类型和条件			耐热等级	特性和用途
			类型	温度 (°C)	时间 (h)		
沥青覆盖漆	1210 1211	二甲苯 200号 溶剂油	烘干 气干	105± 2 20±2	10 3	A	黑色。耐潮湿、耐温度变化、干燥快。适用于电机线圈的覆盖
醇酸覆盖漆	1230	二甲苯 200号 溶剂油	烘干			B	有较好的热弹性,附着力大。适用于电磁线纤维绝缘的浸涂等
醇酸灰瓷漆	1320 1321	甲苯 二甲苯	烘干 气干	105± 2	3 24	E	灰色。漆膜坚硬、光滑、强度高、耐矿物油、耐电弧,适用于电机、电器线圈的覆盖
硅有机覆盖漆	1350	二甲苯	烘干	180	3	H	红色。耐热性高,适用于H级电机,电器线圈作表面覆盖层,可先在110~120°C下预热,然后在180°C下烘干
油性硅钢片漆	1610 1611	煤油	烘干	210± 2	≥ 0.2	A	此系高温(450~550°C)快干漆,漆膜坚硬,耐油和水。适于作电机、电器设备中硅钢片间的绝缘
聚酯漆包线漆	1730					B	具有高的介电性能、高耐磨性,用于涂制聚酯漆包线

表 10-59 常用漆布的品种、组成和用途

名称	型号	组成		耐热等级	特性和用途
		底材	绝缘漆		
油性漆布(黄漆布)	2010 2012	白细布	油性漆	A	2010 柔软性好,但不耐油,可用于一般电机、电器的衬垫或线圈绝缘。2012 耐油性好,可用于有变压器油或汽油气侵蚀的环境中工作的电机、电器的衬垫或线圈绝缘
油性漆绸(黄漆绸)	2210 2212	薄绸	油性漆	A	具有较好的电气性能和良好的柔软性。 2210 适用于电机、电器薄层衬垫或线圈绝缘;2212 耐油好,适用于有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
油性玻璃漆布 (黄玻璃漆布)	2412	无碱玻璃布	油性漆	E	耐热性较 2010、2012 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
沥青醇酸玻璃漆布	2430	无碱玻璃布	沥青醇酸漆	B	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
醇酸玻璃漆布	2432	无碱玻璃布	醇酸三聚氰胺漆	B	耐油性较好,并具有一定的防霉性,可用作油浸变压器、油断路器线圈绝缘
醇酸玻璃-聚酯 交织漆布	2432-1	无碱玻璃布 玻璃纤维聚酯 纤维交织布	醇酸三聚 氰胺漆	B	具有良好的弹性和韧性,较高的机械性能、电气性能和耐热性,并具有一定的防霉性和耐油性,可代替漆绸作电器线圈绝缘
醇酸薄玻璃漆布	—	无碱玻璃布	醇酸三聚 氰胺漆	B	具有良好的弹性和韧性,较高的机械性能、电气性能和耐热性,并具有一定的防霉性和耐油性,可代替漆绸作电器线圈绝缘
醇酸薄玻璃-聚酯 交织漆布	—	无碱玻璃布 玻璃纤维聚酯 纤维交织布	醇酸三聚 氰胺漆	B	具有良好的弹性和韧性,较高的机械性能、电气性能和耐热性,并具有一定的防霉性和耐油性,可代替漆绸作电器线圈绝缘

续表

名称	型号	组成		耐热等级	特性和用途
		底材	绝缘漆		
环氧玻璃漆布	2433	无碱玻璃布	环氧树脂	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
环氧玻璃-聚酯交织漆布	2433-1	玻璃纤维聚酯纤维交织布	环氧树脂	H	具有较高的耐热性,良好的柔软性,耐霉、耐油和耐寒性好。适用于H级电机、电器的衬垫和线圈绝缘
有机硅玻璃漆布(硬型)	2450 2451	无碱玻璃布	有机硅漆	H	具有较高的耐热性,良好的柔软性,耐霉、耐油和耐寒性好,适用于H级特种电器线圈绝缘
有机硅薄玻璃漆布	—	无碱玻璃布	有机硅漆	H	具有较高的耐热性,良好的柔软性和耐寒性。适用于特种用途的低压电机端部绝缘和导线绝缘
硅橡胶玻璃漆布	2550	无碱玻璃布	甲基硅橡胶瓷漆	C	具有很高的耐热性,良好的电气性能,耐溶剂和耐辐照性好,但较脆。适用于工作温度高于200℃的电机槽绝缘和端部衬垫绝缘,以及电器线圈和衬垫绝缘
有机硅防电晕玻璃漆布	2650	无碱玻璃布	有机硅防电晕瓷漆	H	具有稳定的低电阻率,耐热性好。适用于作高压电机定子线圈防电晕材料
聚酯玻璃漆布	2440	无碱玻璃布	聚酯漆		

表 10-60 常用漆布的技术数据

漆布名称	型号	标准厚度 (mm)	拉伸强度 (N/10mm宽)		击穿电压(最小)(kV)			体积电阻率 (最小)($\Omega \cdot m$)	
			径向 (最小)	45°向 (最小)	室温	高温下 (105±2°C)	延伸6% (45°向)	室温	受潮后 (40°C)
油性漆布	2010	0.15~0.30	60~90	35~55	6.0~10.0	4.0~7.0	—	—	—
	2012	0.15~0.30	60~90	35~55	6.5~11.0	4.4~7.5	4.2~7.0	—	—
油性漆绸	2210	0.04~0.15	10~30 (中值)	7~22 (中值)	4.8~8.7(中值) (0.08~0.15mm)	3.0~5.8(中值) (0.08~0.15mm)	2.7~6.1(中值) (0.08~0.15mm)	1.0×10 ¹³ 1.0×10 ¹⁰	1.0×10 ¹⁰ 1.0×10 ¹⁰
	2212	0.04~0.15	10~30 (中值)	7~22 (中值)	1.0~9.8 (中值)	1.0~7.4(中值) (0.06~0.15mm)	2.7~6.1(中值) (0.08~0.15mm)	1.0×10 ¹³ 1.0×10 ¹⁰	1.0×10 ¹⁰ 1.0×10 ¹⁰
醇酸玻璃漆布	2432	0.1~0.25	65~131	40~80	5.0~10.0 (中值)	2.5~5.0	3.0~6.0(参考) (0.12~0.25mm)	—	—
聚酯玻璃漆布	2440	0.1~0.25	70~120	40~80	5.0~9.0	2.5~4.5 (155±2°C)	3.0~4.5	—	—
有机硅玻璃漆布	2450	0.1~0.25	70~120	40~80	5.0~9.0	2.0~3.5 (180±2°C)	2.5~3.5 延伸3% (45°向)	—	—
	2451	0.1~0.25	70~120	40~80	5.0~9.0	2.0~3.5 (180±2°C)	—	—	—

表 10-61 常用浸渍漆与漆布的相容性

漆	布	浸 渍 漆								
		油性漆- 石油溶 剂	醇酸漆- 苯类溶 剂	醇酸酚 漆-苯 溶剂	醇酸三 胺漆- 石油溶 剂	环氧树 漆-苯 溶剂	聚脂 漆- 苯类溶 剂	有机硅 漆- 苯类溶 剂	二苯醚 漆- 酮类溶 剂	聚酰亚 胺漆- 强溶 剂
油性漆布		优	良	良	良	良	○	○	○	○
沥青醇酸玻璃漆布		良	良	良	良	可	○	○	○	○
醇酸玻璃漆布		良	优	优	优	良	○	○	○	○
环氧玻璃漆布		○	良	良	良	优	○	○	○	○
有机硅玻璃漆布		○	○	○	○	○	良	可	○	○
硅橡胶玻璃漆布		○	○	○	○	○	○	可	○	○
聚酰亚胺玻璃漆布		○	○	○	○	○	○	○	○	可

注：相容性顺序是：优、良、可。“○”表示不推荐。

表 10-62 常用漆管的技术数据及用途

名称	型号	耐热等级	内径规格 (mm)	击穿电压不低于(kV)				特性和用途
				常态	缠绕后	受潮后	热态	
聚氯乙 烯玻璃漆 管	2731	B	0.5, 0.7, 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 23, 25, 27	5~7	4~6	2.5~4	—	具有优良的弹性和一定的电 气性能、机械性能和耐化学性。 适于作电机、电器和仪器等设备 引出线和连接线绝缘
醇酸玻 璃漆管	2730	B	1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 27	5~7	2~6	2.5~5	—	具有良好的电气性能和机械 性能,耐油性和耐热性好,但弹 性稍差。可代替油性漆管作电 机、电器和仪表等设备引出线和 连接线绝缘
有机硅 玻璃漆管	2750	H	1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 5, 6, 7, 8	4~7	1.5~4	2~6	—	具有较高的耐热性和耐潮性, 良好的电气性能。适于作 H 级 电机、电器等设备的引出线和连 接线绝缘
硅橡胶玻 璃漆管	2751	H	1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 23, 25, 27	4~9	—	2~7	3~7 (180℃)	具有优良的弹性,耐热性和耐 寒性,电气性能和机械性能良 好。适用于在-60~-180℃工 作的电机、电器和仪表等设备的 引出线和连接线绝缘
油性漆管	2710	A		5~7	2~6	1.5~5	—	具有良好的电气性能和弹性, 但耐热性、耐潮性和耐霉性差。 可作电机、电器和仪表等设备引 出线和连接线绝缘

表 10-63 常用的绝缘层压板(管、棒)的品种、特性和用途

名称 (标准)	旧型号 (参考)	型号	耐热 等级	击穿电压(kV/mm)		特性和用途
				垂直层向	平行层向	
酚醛层 压纸板	3020~ 3022	PFCP1	E	13~25	35①	机械用,比其他纸板机械性能高,正常温度下介电性能差 工频高压用,油中电气强度高,正常温度下介电性能好 电气和机械用,正常温度下介电性能好 电气和机械用,高温下介电性能稳定 同 PFCP4,且耐燃性很好 电气和机械用,高湿下介电性能好 同 PFCP1,但在较低温度下冲剪性好
		PFCP2				
		PFCP3				
		PFCP4				
		PFCP5				
		PFCP6				
		PFCP7				
酚醛层 压布板	3025 3027	PFCC1	E	0.5~1mm: 4~8	≥15 — 20	机械用(粗布) 机械和电气用(粗布) 机械用(粗布),适用于作小零件 机械和电气用(粗布),适用于作小零件
		PFCC2				
		PFCC3				
		PFCC4				
酚醛层 压玻璃 布板	3230	PFGC1	B	20②	10~32	机械性能、耐水和耐热性比纸板、布板好,但粘合强度低。 可在变压器油中使用
		EPGC1	F	0.5~1mm:22 1.1~2mm:20 2.1mm以上:18	≥30	中等温度下,机械强度极高、高温下介电性能稳定 与 EPGC1 相似,具有耐燃性 高温下机械强度高,介电性能稳定 与 EPGC3 相似,具有耐燃性
EPGC2						
EPGC3						
EPGC4						

注:① 平行层耐压于 90±2℃,变压器油中,试样标称厚度最大 3mm。

② 垂直层耐压于 90±2℃,变压器油中 1h,试样标称厚度最小 3mm。

表 10-64 覆铜箔层压板技术数据及用途

名 称	酚醛纸覆铜箔板	环氧酚醛玻璃布覆铜箔板
型号	3 420(双面)、3 421(单面)	3 440(双面)、3 441(单面)
耐热等级	E	F
抗弯强度(N/cm ²)	10 000	30 000
粘合面表面电阻(Ω) 常态时 受潮后	10 ⁶ ~10 ¹³ 10 ⁸	>10 ¹² 10 ¹⁰ ~10 ¹² (浸水后)
平行层向绝缘电阻(Ω) 常态时 受潮后	>10 ⁸ >10 ⁸	>10 ¹⁰ >10 ⁸ (浸水后)
介质损耗角正切(10 ⁶ Hz) 常态时 受潮后	0.04 0.06	0.03 0.04(浸水后)
表面击穿电压(kV) 常态时 受潮后	1.5 1.2	2.0 1.5(浸水后)
耐浸焊性在(260±2)℃的焊锡中保持 10s 在(240±2)℃的焊锡中保持 20s	不起泡、分层、开裂	
特性和用途	具有高的抗剥强度,较好的机械性能、电气性能和机械加工性。适于作无线电、电子设备和其他设备中的印刷电路板	具有较强的抗剥强度和机械强度,电气性能和耐水性好。用于制造工作温度较高的无线电,电子设备及其他设备中的印刷电路板

表 10-65 常用云母制品型号、技术数据及用途

类别	名称	型号	耐热等级	厚度规格 (mm)	击穿强度 (kV/mm) (常态)	抗张力 (N)	体积电阻率 ($\Omega \cdot \text{cm}$)		特性及主要用途
							常态	受潮 48h	
柔软云母板	醇酸纸柔软云母板	5130	B		15~30		$>10^{12}$	$>10^{10}$	常态下柔软,较高机械强度,用于一般电机槽绝缘及匝间绝缘性能,用途同 5131,价格低廉
	醇酸玻璃柔软云母板	5131	B	0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.40, 0.50 等	16~25		$>10^{12}$	$>10^{10}$	
	醇酸玻璃柔软粉云母板	5131-1	B		16~25		—	—	
	有机硅柔软云母板	5150	H		>20		$>10^{12}$	$>10^{10}$	
	有机硅玻璃柔软云母板	5151	H		16~28		$>10^{12}$	$>10^{10}$	
塑型云母板	醇酸塑型云母板	5230	B	0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.40, 0.50, 0.60, 0.70, 0.80, 1.00, 1.20	25~50		$>10^{12}$	$>10^{12}$	可塑性能良好,适用于电机换向器 V 塑环和电器绝缘复杂结构件与 5230 相同,但含胶量少
	虫胶塑型云母板	5231	B		25~47		$>10^{13}$	$>10^{12}$	
	醇酸塑型云母板	5235	B		25~50		$>10^{13}$	$>10^{12}$	
	有机硅塑型云母板	5250	H		25~50		$>10^{13}$	$>10^{11}$	

绝缘表

类别	名称	型号	耐热等级	厚度规格 (mm)	击穿强度 (kV/mm) (常态)	抗张力 (N)	体积电阻率 ($\Omega \cdot \text{cm}$)		特性及主要用途
							常态	受潮 48h	
换向器云母板	虫胶换向器云母板	5535	B	0.40 ~ 1.50 (相隔 0.05)	18~35		—	—	具有较高的机械强度, 适于作直流电机换向器铜片间绝缘
	虫胶换向器金云母板	5535-2	B		>18		—	—	
	环氧换向器粉云母板	5536-1	B		20~40		—	—	
衬垫	磷酸胺换向器金云母板	5560-2	H	0.15, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6	>18		5× 10 ¹² ~ 10 ¹³	5× 10 ¹¹ ~ 10 ¹¹	具有较高的耐热性, 适于作温升较高的直流电机换向器铜片间绝缘
	醇酸衬垫云母板	5730	B		20~40		>10 ¹³	>10 ¹²	
	虫胶衬垫云母板	5731	B		20~40		>10 ¹³	>10 ¹²	

续表

类别	名称	型号	耐热等级	厚度规格 (mm)	击穿强度 (kV/mm) (常态)	抗张力 (N)	体积电阻率 ($\Omega \cdot \text{cm}$)		特性及主要用途
							常态	受潮 48h	
云母板	有机硅衬垫云母板	5755	H	0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 5.0等	20~50		5×10^{12} 10^{10} $\sim 10^{13}$	5×10^{10} 10^{10} $\sim 10^{11}$	具有较高的耐热性, 适于作 H 级电机、电器的衬垫绝缘
	有机硅衬垫金云母板	5755-2	H		>20		5×10^{12} 10^{10} $\sim 10^{13}$	5×10^{10} 10^{10} $\sim 10^{11}$	具有较高的耐热性, 用于耐高温的仪器和电器中作衬垫绝缘
	磷酸胺衬垫金云母板	5760-2	C		>10		5×10^{12} 10^{10} $\sim 10^{13}$	5×10^{10} 10^{10} $\sim 10^{11}$	具有较高的耐热性, 用于耐高温的仪器和电器中作衬垫绝缘

绝缘表

类别	名称	型号	耐热等级	厚度规格 (mm)	击穿强度 (kV/mm) (常态)	抗张力 (N)	体积电阻率 ($\Omega \cdot \text{cm}$)		特性及主要用途
							常态	受潮 48 小时	
云母带	沥青绸云母带	5032	B		16~15	50~60			常态下柔软,介电性能高,作线圈绕包绝缘易嵌线,可作为高压电机主绝缘 拉伸强度高,挥发物含量低,适于电机线圈绝缘 适于高压电机的线圈绝缘 常态下具有柔软性,所含胶粘剂处于B级阶段,应用时最终固化,可用于大、中型高压电机的线圈绝缘,是一种新型绝缘材料
	沥青玻璃云母带	5034	B	0.10, 0.13,	16~25	50~100			
	醇酸绸云母带	5432	B	0.14,	16~25	50~100			
	醇酸玻璃云母带	5434	B	0.15, 0.16,	16~25	70~140			
	环氧玻璃粉云母带	5438 -1	B	0.14	24~45	100~ 200			
云母箔	环氧玻璃粉云母箔	5836 -1	B	0.15, 0.20	25~50				在 $110 \pm 5^\circ\text{C}$ 下处理 15 min, 具有良好的可塑性。适用于各种电机、电器的卷烘式绝缘零件

表 10-66 常用绝缘薄膜的规格、技术数据及用途

名称	分类	耐热等级	规格厚度 (mm)	抗张强度 (N/mm ²)		击穿强度 (kV/mm)		体积电阻率 (Ω·cm)		主要用途
				纵向	横向	常态	热态	常态	热态	
聚酯薄膜	定向	E	0.006~0.10	150~210	150~200	130~230	100~180 (130℃)	10 ¹⁶ ~10 ¹⁷	10 ¹³ ~10 ¹⁴	可用作低压电机、电器线圈匝间、端部包扎绝缘,衬垫绝缘,电磁线绕组包绝缘,E级电机槽绝缘和电容器介质
聚四氟乙烯薄膜	定向	C	0.01~0.10	>30	>30	>60 (直流)		10 ¹⁶ ~10 ¹⁷		可用作工作温度为-60~250℃电容器介质,电器、仪表等的层间衬垫绝缘和耐热导线、电缆、电磁铁绝缘
	半定向	C	0.04~0.12	>15	>15	>50 (直流)		>10 ¹⁶		
	不定向	C	0.02~0.50	>10	>10	>40 (直流)		10 ¹⁵ ~10 ¹⁶		
聚萘酯薄膜		F	0.02~0.10	140~250	210~250	≥210	155 (155℃)	≥10 ¹⁶		可用作F级电机槽绝缘、导线绕组包绝缘和线圈端部绝缘

续表

名称	分类	耐热等级	规格厚度 (mm)	抗张强度 (N/mm ²)		击穿强度 (kV/mm)		体积电阻率 (Ω·cm)		主要用途
				纵向	横向	常态	热态	常态	热态	
芳香族 聚酰胺 薄膜		H	0.03~	90~	80~	90~	87	10 ¹³ ~		可用作 E、H 级电机槽绝缘
			0.06	120	110	130	(180°C)	10 ¹⁴		
聚酰亚胺 薄膜		C	0.03~	≥100	≥100	≥100	≥80	≥10 ¹⁵	≥10 ¹²	可用作 H 级电机、微电机槽绝缘, 电机、电器绕组和起重电磁铁外包绝缘以及导线绕包绝缘
			0.05			≥100	(200°C)			

表 10-67 薄膜复合制品的规格、技术数据及用途

名称	型号	耐热等级	规格厚度 (mm)	抗张力(N)		击穿电压(kV)			体积电阻率($\Omega \cdot \text{cm}$)			主要用途	
				纵向	横向	常态	弯折	受潮后	热态	常态	受潮后		热态
聚酯薄膜 绝缘纸复 合箔	6520	E	0.15~ 0.30	180~ 330	120~ 300	6.5~ 12	6~ 12	4.5~ 12	—	10^{14} ~ 10^{15}	10^{12} ~ 10^{13}	10^{11} ~ 10^{13}	用于 E 级电机 槽绝缘、端部层间 绝缘
聚酯薄膜 玻璃漆布 复合箔	6530	B	0.17~ 0.24	250~ 330	200~ 300	8~ 12	6~ 8	6~ 10	—	10^{14} ~ 10^{15}	10^{12} ~ 10^{14}	10^{11} ~ 10^{12}	用于 B 级电机槽 绝缘、端部层间绝缘、 匝间和衬垫绝缘。可 用于湿热地区
聚酯薄膜 聚酯纤维 低复合箔	DND	B	0.20~ 0.25	180~ 270	150~ 220	10~ 12	9~ 12	8~ 12	8~11 (130°C)	10^{14} ~ 10^{15}	10^{12} ~ 10^{13}	10^{12} ~ 10^{14}	同上
聚酯薄膜 芳香族聚 酰胺纤维 纸复合箔	NMN	F	0.25~ 0.30	>90	>70	10~ 11	9~ 11	11	8~9 (155°C)	10^{15}	10^{14}	10^{14}	用于 F 级电机 槽绝缘、端部层间 绝缘、匝间和衬垫 绝缘
聚酰胺 薄膜芳香 族聚酰胺 纤维纸复 合箔	NHN	H	0.25~ 0.30	130~ 280	100~ 210	7~ 12	6~ 11	7~ 9	—	10^{14} ~ 10^{15}	10^{13} ~ 10^{14}	10^{11} ~ 10^{15}	同上,但适用于 H 级电机

表 10-68 常用粘带的规格、技术数据及用途

名称	厚度 (mm)	抗张强度 (N/mm ²) (纵向)	击穿强度(kV/mm)			体积电阻率($\Omega \cdot \text{cm}$)			特性和用途
			常态	弯折后	热态	常态	受潮后	热态	
聚酰亚胺薄膜 胶粘带	0.045 ~ 0.07	108~ 125	190~ 210		130~ 150 (180°C)	$\geq 10^{15}$	$\geq 10^{15}$	$\geq 10^{12}$ (180°C)	对铜有良好的粘接性,成型温度 高,有良好的抗燃性。可在 180°C 下长期使用。适用于耐高温电机、 电器线圈绝缘
聚酯薄膜粘带	0.055~ 0.17		>100						耐热性较好,机械强度高。可用 作半导体元件密封绝缘和电机线 圈绝缘
硅橡胶玻璃粘 带		>200 _①	3~5 _②			10^{13} ~ 10^{14}	10^{12} ~ 10^{13}		耐热性,耐寒性,耐潮性较好,电 气性能、机械性能较好,柔软性较 好,用于电机电器线圈绝缘和导线 连接绝缘
有机硅玻璃粘带	0.15	>80 _①	>0.6 _②			$>10^{11}$		$>10^{12}$	同上,柔软性稍差
环氧玻璃粘带	0.17	>120 _①	>5 _②	3.8		$>10^{14}$	$>10^{13}$	$>10^{12}$ (130°C)	具有较高的电气性能和机械性 能。供作变压器铁心绑扎材料,属 B 级绝缘
聚酰亚胺薄膜 F46 粘带	0.048 0.050	>80	>90						在 350~380°C、30min 熔融成型。 适于作电工导线绕组包绝缘材料

注:①抗张力(N)②击穿电压(kV)。

表 10-69 电站、电器绝缘子电气性能

额定电压 (kV)	最高工作 电压 (kV)	工频试验耐压 有效值(不小于) (kV)			50%全波冲击 耐压幅值 (不小于) kV	载波冲击 耐压幅值 (不小于) (kV)
		干	湿	击穿		
6	6.9	36	26	58	60	73
10	11.5	47	34	75	80	100
35	40.5	110	85	176	195	240

表 10-70 户内、外(铜导体)穿墙套管技术数据

产品型号	额定 电压 (kV)	额定 电流 (A)	抗弯 破坏 负荷 (kN)	总长 (mm)	泄漏距 离(不 小于) (mm)	安装处 直径 (mm)	法兰安装 尺寸(mm)		导体 规格 (mm)
							孔数 孔径	中心距	
CB CWB -10/400	10	400	7.50	450	230	100	2/12	165	40×3
				580		108	2/18	175	M14×1.5
CB CWB -10/600	10	600	7.50	450	230	100	2/12	165	40×6
				580		108	2/18	175	M20×1.5
CB CWB -10/1000	10	1000	7.50	480	230	100	2/12	165	M30×2/
				600		108	2/18	175	M30×2
CB CWB -10/1500	10	1500	7.50	480	230	100	2/12	165	M39×3
				610		108	2/18	175	M30×3
CC CWC -10/1000	10	1000	12.50	655	350	145	4/15	□150	M30×2
				670		140	4×18	□155	
CC CWC -10/1500	10	1500	12.50	655	350	145	4/15	□150	M39×3
				670		140	4/18	□155	
CC CWC -10/2000	10	2000	12.50	675	350	145	4/15	□150	M45×3
				700		140	4/18	□155	
CB CWB -35/400	35	400	7.50	925	595	180	4/15	□200	M14×1.5
				980					

续 表

产品型号	额定电压(kV)	额定电流(A)	抗弯破坏负荷(kN)	总长(mm)	泄漏距离(不小于)(mm)	安装处直径(mm)	法兰安装尺寸(mm)		导体规格(mm)
							孔数 孔径	中心距	
CB CWB -35/600	35	600	7.50	925 980	595	180	4/15	□200	M20×1.5
CB CWB -35/1 000	35	1 000	7.50	945 1 000	595	180	4/15	□200	M30×2
CB CWB -35/1 500	35	1 500	7.50	945 1 010	595	180	4/15	□200	M39×3

注:1. C 为户内铜导体,CW 为户外铜导体。

2. □表示 4 孔中心距均相同。

表 10-71 户内、外(铝排)穿墙套管技术数据

产品型号	抗弯破坏负荷(kN)	总长(mm)	安装处直径(mm)	法兰安装尺寸(mm)		接线端子尺寸(mm)		
				孔数/孔径	中心距	片数/宽×长×厚	孔数/孔径	中心距
CLB -6/250	750	420	115	2/13	175	1/30×74×4	2/11	30
CLB -6/400	750	420	115	2/13	175	1/40×74×4	2/11	30
CLB -6/600	750	460	115	2/13	175	1/40×94×8	2/13	40
CLB CWLB --10/250	750	505 525	115	2/13	175	1/30×74×4	2/11	30
CLB CWLB --10/400	750	505 525	115	2/13	175	1/40×74×4	2/11	30
CLB CWLB -10/600	750	545 565	115	2/13	175	1/40×94×8	2/13	40
CLB CWLB -10/1 000	750	520 600	148	4/13	□150	1/60×83×12 1/60×113×12	4/14	30
CLB CWLB -10/1 500	750	520 600	148	4/13	□150	2/60×83×12 2/60×113×12	4/14	30
CLC CWLB -10/2000	1 250	620 650	200	4/15	□200	2/100×123×10 2/100×133×10	4/18	50

续 表

产品型号	抗弯破坏负荷(kN)	总长(mm)	安装处直径(mm)	法兰安装尺寸(mm)		接线端子尺寸(mm)			
				孔数/孔径	中心距	片数/宽×长×厚	孔数/孔径	中心距	
CLB CWLБ	-35/250	750	980	225	4/15	□200	1/30×74×4	2/11	30
CLB CWLБ	-35/400	750	980	225	4/15	□200	1/40×74×4	2/11	30
CLB CWLБ	-35/600	750	1 020	225	4/15	□200	1/50×94×6	2/13	40
CLB CWLБ	-35/1 000	750	1 020	225	4/15	□200	2/40×94×8	2/13	40

注:CL 为户内铝导体,CWL 为户外铝导体。

表 10-73 高压线路针式瓷绝缘子型号和技术数据

型 号	额定电压(kV)	主要尺寸(mm)				泄漏距离(不小于)(mm)	工频电压(kV)			抗弯破坏负荷(kN)
		瓷件高度	瓷件直径	螺纹直径	安装长度		干闪络	湿闪络	击穿	
P-6T	6	90	125	M16	35	160	50	28	65	14
P-6M	6	90	125	M16	140	160	50	28	65	14
P-10T	10	105	145	M16	35	195	60	32	78	14
P-10M	10	105	145	M16	140	195	60	32	78	14
P-15T	15	120	190	M20	40	300	75	45	98	14
P-15M	15	120	190	M20	140	300	75	45	98	14
P-20T	20	165	228	M20	45	400	86	57	111	13.5
P-20M	20	165	228	M20	180	400	86	57	111	13.5
P-35T	35	200	280	M20	45	600	120	80	156	13.5
P-35M	35	200	280	M20	210	600	120	80	156	13.5
PQ-10T	10	133	140	M20	40	195	70	45	110	
PQ-10M	10	133	140	M20	140	195	70	45	110	
PQ-35T	35	245	305	M22	45	700	140	90	185	
PQ-35M	35	245	305	M22	225	700	140	90	185	

注:P-高压线路针式瓷绝缘子;PQ-加强绝缘高压线路针式瓷绝缘子;短划后的数字为额定电压数;数字后:T-铁担,M-木担。

表 10-72 户内、外支柱绝缘子的型号和技术数据

型号	额定电压 (kV)	抗弯破坏强度 (N)	产品高度 (mm)	最大外径 (mm)	上附件安装尺寸 (mm)		下附件安装尺寸 (mm)		
					中孔	圆周孔数/孔径	中心距	孔数/孔径	中心距
ZA-6Y	6	3 750	165	86	M10	2/M6	36	1/M12	
ZB-6Y	6	7 500	185	106	M16	2/M10	46	1/M16	
ZA-6T	6	3 750	165	86	M10	2/M6	36	2/12	135
ZB-6T	6	7 500	180	106	M16	2/M10	46	2/15	175
ZC-10F	10	12 500	125						
ZD-10F	10	20 000	235	150	M16	4/M12	∅76	4/15	155
ZD-20F	20	20 000	315	170	M18	4/M12	∅76	4/18	175
ZL-35/400Y	35	4 000	380						
ZL-35/800	35	8 000	400						
ZNA-10MM	10	3 750	125	82		2/M8	18	1/M12	
ZN-10/400	10	4 000	120						
ZNB-10MM	10	7 500	125	100	M16			1/M16	
ZN-10/800N	10	8 000	120						
ZN-10/1600	10	16 000	170						
ZPA-6	6	3 750	170	140		2/M8	36	2/12	50
ZPB-10	10	5 000	188	160		2/M8	36	2/12	70
ZPD-10	10	20 000	210	250		4/M12	∅120	4/15	∅120

绝缘表

型号	额定电压 (kV)	抗弯破坏强度 (N)	产品高度 (mm)	最大外径 (mm)	上附件安装尺寸(mm)			下附件安装尺寸(mm)	
					中孔	圆周孔数/孔径	中心距	孔数/孔径	中心距
ZPC1-35	35	12 500	400	370		4/M12	∅140	4/15	∅140
ZS-35/400	35	4 000	400	145		4/14	∅140	4/14	∅140
ZS-35/800	35	8 000	420	165		4/M12	∅140	4/14	∅180
ZS-60/400	60	4 000	760	170		4/M12	∅140	4/14	∅180
ZSX-110/400	110	4 000	1 060						

注: Z—户内外胶装支柱绝缘子, ZL—户内联合胶装支柱绝缘子, ZN—户内内胶装支柱绝缘子, ZP—户外针式支柱绝缘子, ZS—户外直立式棒式支柱绝缘子, ZSX—户外悬挂式棒式支柱绝缘子

表 10-74 高压线路星形、耐污悬式绝缘子型号和技术数据

型 号	机电破坏负荷 (kN)	主要尺寸(mm)			工频电压(kV)			泄漏距离 (不小于) (mm)
		高度	伞径	钢脚直径	干闪络	湿闪络	击穿	
X-3C	40	146	200	14	60	30	90	220
X-4.5	60	146	255	16	75	45	110	290
X-4.5C	60	146	255	13C	75	45	110	290
XP-7	70	146	255	16	80	50	120	320
XP-7C	70	146	255	13C	80	50	120	290
XP-10	100	146	255	16	75	45	110	290
XP-21	210	170	280	24	75	45	120	290
XP-30	300	195	320	24	75	45	120	
XWP1-6	60	160	255	16			120	
XWP1-6C	60	160	255	13C			120	
XWP1-7	70	160	255	16			120	
XWP1-10	100	160	280	16			120	
XWP1-16	160	160	280	20			120	
XHP1-6	60	160	255	16			120	
XHP1-10	100	160	160	16			120	
XAP1-16	160	160	160	20			120	

注:1. X—普通型星形悬式绝缘子 XWP—双层耐污悬式绝缘子
XAP—大盘径型耐污悬式绝缘子 XP—高压线路星形悬式
绝缘子 XHP—钟罩伞耐污悬式绝缘子。

2. 字母后的数字表示设计序号。

3. 后面数字表示负荷吨数,加上 C 表示槽形连接(球型连接不表示)。

表 10-75 高压线路蝶式瓷绝缘子型号和技术数据

型号	额定电压 (kV)	主要尺寸(mm)			工频电压(kV)			机械破坏负荷 (kN)	泄漏距离 (mm)
		高度	外径	内孔径	干闪络	湿闪络	击穿		
E-3	3	130	135	26	30	15	39	12	100
E-6	6	145	150	26	50	26	65	20	130
E1-6	6	175	100	26	50	26	65		
E-10	10	175	180	26	60	32	78	20	180
E1-10	10	210	100	26	60	32	78		

注: E—高压蝶式绝缘子, E1—改进型。

表 10-76 高压线路瓷横担绝缘子型号和技术数据

型 号	50%冲击 闪络电压 (kV)	工频湿闪 络电压 (kV)	爬电 距离 (mm)	弯曲破 坏负荷 (N)	主要尺寸 (mm)			工作 电压 (kV)
					绝缘 距离	安装 孔径	线槽 宽度	
SC-185	185	50	320	2 500	315	18	22	10
SC-185Z	185	50	320	2 500	315	18	22	10
SC-210	210	60	380	2 500	365	18	22	10
SC-210Z	210	60	380	2 500	365	18	22	10
SC-280	280	100	600	3 500	490	22	26	35
SC-280Z	280	100	600	3 500	490	22	26	35
S-185	185	50	320	2 500	315	18	22	10
S-185Z	185	50	320	2 500	315	18	22	10
S-210	210	60	380	2 500	365	18	22	10
S-210Z	210	60	380	2 500	365	18	22	10
S-380	380	160	1 060	5 000	700	22	26	35
S-380Z	380	160	1 060	5 000	700	22	26	35
S-450	450	180	1 250	5 000	820	22	26	35
S-450Z	450	180	1 250	5 000	820	22	26	35

注:型号说明:S—胶装式瓷横担绝缘子;SC—全瓷式瓷横担绝缘子;短划后为特征数字,以50%全波冲击闪络电压 kV 数表示;数字后为安装方式代号 Z—直立式,水平式不表示。

表 10-77 高压线路拉紧绝缘子型号和技术数据

型号	主要尺寸(mm)			机械破 坏强度 (kN)	工频电压(kV)			泄漏 距离 (mm)
	高度	外径	内径		干闪络	湿闪络	耐压	
J-4.5	90	64	14	45	25	14	15	41
J-5.3	105	73	22	53	30	16	20	48
J-9	140	86	25	90	35	18	25	57
J-4.5	90	69	14	45	30	17	15	54
J-5.3	136	83	19	53	35	20	20	70
J-9	172	89	25	90	40	24	25	76
J-2	72	53		20				

注:J—拉紧绝缘子。前三种为四角拉紧,第4~6种为八角拉紧,第7种为蛋形拉紧。

表 10-78 低压线路针式、蝶形、鼓形瓷绝缘子型号和规格

型 号		机械破坏 负荷(kN)	主要尺寸(mm)			参考质量 (kg)
			直径	高度	孔径	
针 式	PD-1 T	8	80	80	M16	
	M					
	PD-2 T	5	70	66	M12	
	M					
	W					
PD-1-1	10	88	110	M16		
PD-1-2	8	71	90	M12		
PD-1-3	3	54	71	M10		
蝶 形	ED-1	12	120	100	22	1.0
	ED-2	15	90	80	20	0.5
	ED-3	10	75	65	16	0.25
	ED-4	5	60	50	16	0.15
鼓 形	G-25		22	25	7	0.03
	G-38	1	30	38	8	0.06
	G-50	2.5	36	50	9	0.14
	G-60		45	60	10	0.2

注：T—铁担直脚，M—木担直脚，W—弯脚。

表 10-79 通讯线路绝缘子型号和规格

型号	绝缘电阻 值(MΩ)	抗剪破坏 负荷(N)	主要尺寸(mm)				参考重量 (kg)
			高度	直径	孔径	安装长度	
TK-2			75	55	—	—	0.25
TK-2T			75	55	M10	30	0.32
TK-2M	20 000	3 000	75	55	M10	85	0.38
TK-2W			75	55	10	55	0.38
TK-4			95	60	—	—	0.35
TK-4T			95	60	M12	30	0.53
TK-4M	40 000	6 000	95	60	M12	110	0.59
TK-4W			95	60	12	70	0.59

注：T—通信线路绝缘子；K—胶装式；后面字母 T—铁担；M—木担；W—弯脚。

表 10-80 低压布线瓷夹板型号和规格

型 号	主 要 尺 寸 (mm)					线槽数	参考重量 (kg)
	长度	宽度	高度	孔径	线槽宽		
N-240	40	20	20	6	6	2	0.034
N-25	5	22	24	7	6	2	0.044
N-364	64	27	29	7	8	3	0.95
N-376	76	30	29	7	8	3	0.125

注: N—低压布线瓷夹板; 末两位数字表示长度, 中间一位数字表示线槽数。

表 10-81 低压布线瓷管型号和规格

型 号	主 要 尺 寸 (mm)				备 注
	长度	外径	内径	包头外径	
UWA-9	305	15	9		1. 型号说明: 第一、二位字母: U—瓷管 W— 弯 Z—直 B— 包头 第三位字母: A—12" B—6" 2. 弯管长度指直管 端面到弯管中心 线的距离
UZA-9	305	15	9		
UWA-12	305	20	12		
UZA-12	305	20	12		
UWA-19	305	29	19		
UZA-19	305	29	19		
UWA-25	305	36	25		
UZA-25	305	36	25		
UWA-38	305	51	38		
UZA-38	305	51	38		
UWB-9	152	15	9		
UZB-9	152	15	9		
UWB-12	152	20	12		
UZB-12	152	20	12		
UWB-19	152	29	19		
UZB-19	152	29	19		
UWB-25	152	36	25		
UZB-25	152	36	25		
UWB-38	152	51	38		
UZB-38	152	51	38		
UBA-19	305	29	19	38	
UBA-25	305	36	25	48	
UBA-38	305	51	38	66	
UBA-51	305	66	51	84	

第三节 磁性材料

磁性材料通常分为软磁材料和硬磁材料(永磁材料)两大类。

一、软磁材料

软磁材料主要有电工纯铁、硅钢片、导磁合金和铁氧体等。软磁材料的主要品种、牌号、特点和应用范围见表 10-82。

电工用纯铁牌号和性能见表 10-83。

硅钢片的分类、牌号、规格和主要用途见表 10-84。

部分冷轧硅钢片技术数据见表 10-85。

部分热轧硅钢片技术数据见表 10-86。

部分铁镍导磁合金技术数据见表 10-87。

常用软磁锌锰铁氧体技术数据见表 10-88。

表 10-82 软磁材料品种、牌号、特点和应用

品 种	参考牌号	主 要 特 点	应 用 范 围
电工用 纯铁	DT3~DT6 DT3A~DT6A DT4E DT6E DT4C DT6C	含碳量在 0.04% 以下,饱和磁感应强度高,冷加工性好,但电阻率低,铁损高,有磁时效现象	用于直流或脉动成分不大的电器中作为导磁铁心
硅钢片	见表 10-84	含 0.8~4.5% 的硅。与电工纯铁相比,电阻率增高,铁损降低,磁时效基本消除,但导热系数降低,硬度提高,脆性增大	电机、变压器、继电器、互感器、开关等产品的铁心

续 表

品 种		参考牌号	主 要 特 点	应 用 范 围
导磁合金	铁镍合金	IJ50 IJ51 IJ79	导磁率大,但饱和磁通密度不如硅钢片,耐腐蚀性好	常用于高或中频电感、变压器、磁放大器、微特电机和仪表作为铁心,也可用作电讯器件的磁屏
	铁铝合金	IJ6 IJ12 IJ16	与铁镍合金相比,电阻率高,比重小,但磁导率降低,随着含铝量增加,硬度和脆性增大,塑性变差	
铁氧体	软磁锰锌铁氧体	R1K R1.5KB R2K R2.5KB R4K R6K R10K	电阻系数高达 $100\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$,适用的交变磁场频率在 $100\sim 500\text{kHz}$ 范围内	中、高频变压器、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心

表 10-83 电工纯铁牌号和性能

牌 号	等 级	最大磁导率不小于 ($\times 10^3\text{H/m}$)	矫顽力不大于 (A/m)	磁感应强度(T)						
				B_{200}	B_{300}	B_{500}	B_{1000}	B_{2500}	B_{5000}	B_{10000}
DT3、DT4	普级	7.50	96	1.20	1.30	1.40	1.50	1.62	1.71	1.80
DT3A、DT4A	高级	8.75	72							
DT4E	特级	11.3	43							
DT4C	超级	15.0	32							

注:牌号末位字母表示:A—高级,E—特级,C—超级,无字母为普级。

表 10-84 硅钢片分类、牌号、规格和主要用途

分 类		牌 号	标称厚度 (mm)	主 要 用 途	
热轧硅钢片	热轧电机钢片	D11、D12	1.0、0.50	中小型发电机和电动机	
		D21、D22、D23、D24	0.50	要求损耗小的发电机和电动机	
		D31、D32	0.50	中小型发电机和电动机	
		D41、D42、D43、D44	0.50	控制微电机、大型汽轮发电机	
热轧硅钢片	热轧变压器钢片	D31、D32	0.35、	电焊变压器、扼流圈	
		D41、D42、D43	0.35、0.50	电抗器和电感线圈	
冷轧硅钢片	无取向	电机用	W21、W22	0.50	大型直流电机、大中小型交流
			W32、W33	0.50	大型交流电机
		变压器用	W21、W22	0.50	电焊变压器、扼流圈
			W32、W33	0.35、0.50	电力变压器、电抗器
	单取向	电机用	Q3、Q4、Q5、Q6	0.35、0.50、	大型发电机
			D310、D320、D330、D340	0.50	
		变压器用	G1、G2、G3、G4	0.05、0.08、	中、高频发电机、微电机
			Q3、Q4、Q5、Q6	0.35	
			D310、D320、D330、D340	0.35	
			G1、G2、G3、G4	0.05、0.08、	
			0.2	电源变压器、高频变压器、脉冲	
			0.2	变压器、扼流圈	

表 10-85 部分冷轧硅钢片技术数据

牌号	标称厚度 (mm)	最小磁密(T)			最大铁损(W/kg)			最小 弯折 次数	密度 (g/cm ³)
		B ₁₀	B ₂₅	B ₅₀	P _{10/50}	P _{15/50}	P _{17/30}		
无 取 向	0.50		1.54	1.64	2.30	5.3		5	7.75
			1.52	1.62	2.00	4.7			
			1.50	1.60	1.60	3.6			
	0.35				1.40	3.3			
					1.25	3.1			
			1.48	1.58	1.05	2.7			

续 表

牌号		标称厚度 (mm)	最小磁密(T)			最大铁损(W/kg)			最小弯折次数	密度 (g/cm ³)
			B ₁₀	B ₂₅	B ₅₀	P _{10/50}	P _{15/50}	P _{17/50}		
单取向	Q3	0.35	1.67	1.80	1.86	0.70	1.6	2.3	3	7.65
	Q4		1.72	1.85	1.90	0.60	1.4	2.0		
	Q5		1.76	1.88	1.92	0.55	1.2	1.7		
	Q6		1.77	1.92	1.96	0.44	1.1	1.51		

表 10-86 部分热轧硅钢片技术数据

新 牌 号	旧 牌 号	厚度 (mm)	最小磁密(T)			最大铁损 (W/kg)		最小 弯曲 次数	密度(g/cm ³)	
			B ₂₅	B ₅₀	B ₁₀₀	P _{10/50}	P _{15/50}		酸洗过	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		1.54	1.64	1.76	2.10	5.10			
DR490-50	D24		1.56	1.66	1.77	2.00	4.90			
DR450-50	D24/25					1.85	4.50			
DR420-50	D25		1.54	1.64	1.76	1.80	4.20			
DR400-50	D26					1.65	4.00			
DR400-50	D31		1.46	1.57	1.71	2.00	4.40	4	7.65	—
DR405-50	D32		1.50	1.61	1.74	1.80	4.05			
DR300-50	D41		1.45	1.56	1.68	1.60	3.60	1	7.55	—
DR315-50	D42					1.35	3.15			
DR290-50	D43		1.44	1.55	1.67	1.20	2.90			
DR265-50	D44					1.10	2.65			
DR360-35	D31	0.35	1.46	1.57	1.71	1.60	3.60	5	7.65	—
DR325-35	D32		1.50	1.61	1.74	1.40	3.25			
DR320-35	D41		1.45	1.56	1.68	1.35	3.20	1	7.55	—
DR280-35	D42					1.15	2.80			
DR255-35	D43		1.44	1.54	1.66	1.05	2.55			
DR225-35	D44					0.90	2.25			

表 10-87 部分铁氧体磁合金技术数据

牌号(成分%, 余量铁)	厚度(mm)	频率范围 (Hz)	在 0.8A/m 磁场 强度中的导磁率 (H/m)	最大相对 导磁率 ($\times 10^3$)	H=80A/m 时		B=1T 时铁损 (W/kg)
					矫顽力(A/m)	磁密(T)	
1J50 (Ni49~51)	A 级 0.02~2.50	50~2000	2.8~5.0	20~45	24~9.6	0.94~	0.195~
	B 级 0.02~0.35		2.8~5.9	25~52	20~8.8	1.25	
1J51(Ni49~51)	0.005~0.10	400~2000	—	25~60	24~14.4	1.25~	2.13~
						1.50	
1J79 (Ni78~80, Mo3.8~4.1)	A 级 0.005~3.00 B 级 0.02~0.35	50~2000	15~26.3	70~200	4.8~1.2	0.67~7.80	—
			22.5~32.5	100~220	2.4~0.96		

表 10-88 常用软磁锌锰铁氧体技术数据

牌 号 (旧牌号)	初始 相对 导磁率 (±20%)	比温度 系数 (20~55℃) (1×10 ⁻⁶)	比损耗系数		饱和 磁密 (T)	矫顽 力 (A/m)	居里 点 (℃)	密度 (g/ cm ³)	适用 频率 (MHz)
			$\frac{100}{\mu}$ (×10 ⁻⁶)	f (MHz)					
R1K (M×1000)	1 000	4	≤40	0.1	0.34	32	120	4.7	0.5
R1.5KB	1 500	1.5	≤13	0.1	0.41	20	180	4.8	0.5
R2K (M×2000)	2 000	2	≤30	0.1	0.34	32	120	4.8	0.5
R2KX (MXD2000)	2 000	1	≤7.5	0.1	0.35	20	180	4.8	0.5
R2.5KB	2 500				0.45	16	230	4.8	
R4K (M×4000)	4 000	1	≤10	0.1	0.34	24	120	4.85	0.2
R6K (M×6000)	6 000	1	≤10	0.01	0.32	20	120	4.9	0.2
R10K (M×10000)	10 000	0.5	≤7	0.01	0.32	12	110	4.9	0.1

二、硬磁材料

硬磁材料主要有铝镍钴系永磁材料、铁氧体永磁材料、稀土钴永磁材料和塑性变形永磁材料等。

铝镍钴系永磁材料技术数据及用途见表 10-89。

铁氧体永磁材料技术数据见表 10-90。

常用稀土永磁材料技术数据见表 10-91。

铁铬钴类和永磁钢类材料技术数据见表 10-92。

铁钴钕类材料技术数据见表 10-93。

表 10-89 铝镍钴系永磁材料技术数据及用途

类别	牌号名称	代号	特征	剩余磁感 应强度 (T)	矫顽力 (kA/m)	最大磁 能积 (kJ/m ³)	回 复 磁导率 ($\times 10^{-6}$ H/m)	磁温 度 系 数 ($\% ^\circ\text{C}^{-1}$)	居里点 ($^\circ\text{C}$)	主要用途
铸造铝镍钴系	铝镍 8	LN8	各向同性	0.45	57	8.0	7.5~8.5 7.5~8.5	-0.022	760	一般磁电式仪 表、永磁电机、磁 分离器、微电机、 里程表
	铝镍 10	LN10		0.60	36	10.0				
	铝镍钴 13	LNG13		0.68	48	13.0				
	铝镍钴 20	LNG20	热磁处 理各相 异性	0.90	52	20	4.6~6.0 4.0~5.7 3.0~4.5 3.0~4.5 3.0~4.5 2.5~4.0	-0.016 -0.016 -0.020 -0.020 -0.020 -0.025	890 890 850 850 850 850	精密磁电式仪 表、永磁电机、流 量计、微电机、磁 性支座、传感器、 扬声器、微波器 件
	铝镍钴 32	LNG32		1.20	44	32				
	铝镍钴 32H	LNG40		1.10	56	32				
	铝镍钴 40	LNGT32		1.25	48	40				
	铝镍钴钽 32			0.8	100	32				
	铝镍钴钽 40			0.72	140	40				
	铝镍钴 52	LNG52	定向结 晶各相 异性	1.30	56	52	3.0~4.5	-0.016	890	精密磁电式仪 表、永磁电机、微 电机、地震检波 器、磁性支座、扬 声器、微波器件
	铝镍钴 60			1.35	60	60	3.0~4.5	-0.020	890	
	铝镍钴钽 56	LNGT56		0.95	104	56	3.0~4.5	-0.025	850	
	铝镍钴钽 70			0.90	145	70		-0.020		
	铝镍钴钽 72	LNGT72		1.05	111	72	2.5~4.0	-0.025	850	
	铝镍钴钽 80		1.08	120	85	2.5~3.8		850		

续表

类别	牌号名称	代号	特征	剩余磁感 应强度 (T)	矫顽力 (kA/m)	最大磁 能积 (kJ/m ³)	回 复 磁 导 率 (10 ⁻⁶ H/ m)	磁温 度 系 数 (%°C ⁻¹)	居里点 (°C)	主要用途
粉末 烧结 铝镍 钴系	烧结铝镍 9		各向同性	0.5	35	9	7.5~8.5		760	微电机、永磁 电机、继电器、小 型仪表
	铝镍钴 25		热磁处理	1.05	46	25	4.0~5.4		890	
	铝镍钴钛 28		各相异性	0.70	95	28				

表 10-90 铁氧体永磁材料技术数据

牌号名称	特征	剩余磁感 应强度 (T)	矫顽力 (kA/m)	回复磁 导率 ($\times 10^{-6}$ H/m)	最大磁 能积 (kJ/m ³)	磁温度 系数 ($\% ^\circ\text{C}^{-1}$)	居里点 ($^\circ\text{C}$)
铁氧体 10T	各向同性	0.20	128~169		6.4~9.6		
铁氧体 15		0.28~0.36	128~192		14.3~17.5		
铁氧体 20		0.32~0.38	128~192		18.3~21.5	-0.18~	
铁氧体 25		0.35~0.39	152~208	1.3~1.6	22.3~25.5	-0.20	450
铁氧体 30	各向异性	0.38~0.42	160~216		26.3~29.5		
铁氧体 35		0.40~0.44	176~224		30.3~33.4		

表 10-91 常用稀土永磁材料技术数据

牌号	剩余磁感应强度 (最小值)(mT)	磁通密度矫顽力 (最小值)(kA/m)	内禀矫顽力 (最小值)(kA/m)	最大磁能积 (kJ/m ³)
XGS80/36	600	320	360	64~88
XGS96/40	700	360	400	88~104
XGS112/96	730	520	960	104~120
XGS128/120	780	560	1 200	120~135
XGS140/120	840	600	1 200	135~150
XGS160/96	880	640	960	150~180
XGS196/96	960	690	960	183~207
XGS196/40	980	380	400	183~200
XGS208/44	1 020	420	440	200~220
XGS240/46	1 070	440	460	220~250

表 10-92 铁铬钴类和永磁钢类材料技术数据

类别	牌号名称	剩余磁感 应强度 (T)	矫顽力 (kA/m)	最大磁能积 (kJ/m ³)	回复磁导率 ($\times 10^{-6}$ H/m)	磁温度系数 (% $^{\circ}$ C ⁻¹)	居里点(°C)
铁铬钴类	铁铬钴 15	0.85	44	13.5~16.0	6.9~8.0	-0.052 -0.035	
	铁铬钴 30	1.10	48	27~35	5.0~6.0	-0.045	
永磁钢类	ZJ63	5.2	0.95	5			
	2J64	5.2	1.0	5.2			
	2J65	8	0.85	6.8			
	2J27	20.7	1.0	21			

表 10-93 铁钴钒类材料技术数据

牌号名称	丝 材			带 材		
	剩余磁感应强度(T)	矫顽力(kA/m)	磁能积(kJ/m ³)	剩余磁感应强度(T)	矫顽力(kA/m)	磁能积(kJ/m ³)
2J11	≥1.0	≥24	≥24	≥1.0	≥17.5	≥19.2
2J12	≥0.85	≥27.9	≥24	≥0.75	≥24	≥19.2
2J13	≥0.7	≥31.8	≥24	≥0.6	≥27.9	≥18.5

第四节 特种电工合金

一、电阻材料

电阻材料按其用途,可分为调节元件用电阻合金、精密元件用电阻合金、电位器用电阻合金和传感器元件用电阻合金等。

常用电阻合金的技术数据及其特点见表 10-94。

几种常用电阻合金的规格及其电阻、重量见表 10-95。

二、熔丝

铜熔丝的额定电流和熔断电流见表 10-96。

铅熔丝的额定电流和熔断电流见表 10-97。

三、电热材料

电热材料主要是电热合金,用于制作各种电热器具和电阻加热设备中的发热元件。

常用电热合金规格、性能与特点见表 10-98。

常用电热合金在不同温度下的电阻率修正系数见表 10-99。

四、热电偶材料

热电偶材料主要用于温度的测量和调节。

常用中温热电偶材料的特性和用途见表 10-100。

热电偶用补偿导线见表 10-101。

表 10-94 常用电阻合金的技术数据及其特点

品 种	主要成分(%)	电阻率 (20℃) ($\Omega \cdot$ mm ² /m)	电阻温 度系数 ($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	对铜热 电动势 ($\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$)	密 度 (g/cm ³)	熔 点 ($^{\circ}\text{C}$)	抗拉强度 (MPa)	伸张率 (%)	最高工 作温度 ($^{\circ}\text{C}$)	特 点
康铜	Ni39~41 Mn1~2 Cu余量	0.48	-40~40	15	8.88	1260	≥ 400	≥ 15	500	抗氧 化性 能 良 好
新康铜	Mn10.8~12.5 Al2.5~4.5 Fe1.0~1.6 Cu余量	0.49	-40~40 (20~ 200℃)	2(0~ 100℃)	8	970	≥ 250	≥ 15	500	抗氧 化性 能 略 差 于 康 铜, 价 较 廉
镍铬	Cr20~23 Ni余量	1.13	≈ 70	3.5~4	8.4	1390	≥ 650	≥ 20	500	焊 接 性 能 较 差
镍铬铁	Cr15~18 Ni55~61 Fe余量	1.15	≈ 150	<1	8.2		≥ 650	≥ 20	500	焊 接 性 能 较 差
铁铬铝	Cr12~15 Al4~6 Fe余量	1.25	≈ 120	3.5~4.5	7.4	1500	≥ 600	≥ 16	500	焊 接 性 能 较 差

续 表

品 种	主要成分(%)	电阻率 (20℃) ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)	电阻温 度系数 ($10^{-6}/\text{℃}$)	对铜热 电动势 ($\mu\text{V}/\text{℃}$)	密 度 (g/cm^3)	熔 点 ($^{\circ}\text{C}$)	抗拉强度 (MPa)	伸张率 (%)	最高工 作温度 ($^{\circ}\text{C}$)	特 点
锰 铜	Mn1~13 Ni2~3 Cu余量	0.47	-3~+5	1	8.44	960	≥ 100			
			-5~+10							
			-10~+20							

表 10-95 常用电阻合金的规格及其电阻、重量

线径(mm)	截面积(mm ²)	每米电阻值(Ω/m)				每米重量(g/m)			
		康	铜	锰	铬	康	铜	锰	铬
0.020	0.000 314	1 528		1 496	3 470	0.002 79		0.002 65	0.002 64
0.025	0.000 491	978		957	2 220	0.004 36		0.004 14	0.004 12
0.030	0.000 707	679		665	1 542	0.006 28		0.005 97	0.005 94
0.040	0.001 257	382		374	867	0.011 16		0.010 61	0.010 56
0.050	0.001 964	244		239	555	0.017 44		0.016 57	0.016 49
0.060	0.002 83	169.8		166.2	386	0.023 9		0.023 9	0.023 8
0.070	0.003 85	124.7		122.1	283	0.032 5		0.032 5	0.032 3
0.080	0.005 03	95.5		93.5	217	0.042 4		0.042 4	0.042 2
0.090	0.006 36	75.5		73.9	171.3	0.053 7		0.053 7	0.053 4
0.100	0.007 85	61.1		59.8	138.8	0.066 3		0.066 3	0.066 0
0.110	0.009 50	50.5		49.5	114.7	0.080 2		0.080 2	0.079 8
0.120	0.011 31	42.4		41.6	96.4	0.095 5		0.095 5	0.095 0
0.130	0.013 27	36.2		35.4	82.1	0.112 0		0.112 0	0.111 5
0.140	0.015 39	31.2		30.5	70.8	0.129 9		0.129 9	0.129 3
0.150	0.017 67	27.2		26.6	61.7	0.149 1		0.149 1	0.148 4
0.160	0.020 1	23.9		23.4	54.2	0.169 7		0.169 7	0.168 9
0.170	0.022 7	21.1		20.7	48.0	0.191 6		0.191 6	0.190 7
0.180	0.025 4	18.86		18.47	42.8	0.215		0.215	0.214

续表

线径(mm)	截面积(mm ²)	每米电阻值(Ω/m)				每米重量(g/m)			
		康	铜	锰	镍	康	铜	锰	镍
0.190	0.0284	16.93	16.58	16.58	38.4	0.239	0.239	0.239	0.238
0.200	0.0314	15.28	14.96	14.96	34.7	0.265	0.265	0.265	0.264
0.210	0.0346	13.86	13.57	13.57	31.5	0.292	0.292	0.292	0.291
0.230	0.0415	11.55	11.31	11.31	26.2	0.351	0.351	0.351	0.349
0.250	0.0491	9.78	9.57	9.57	22.2	0.436	0.436	0.436	0.412
0.280	0.0616	7.80	7.63	7.63	17.70	0.547	0.547	0.520	0.517
0.310	0.0755	6.36	6.23	6.23	14.44	0.670	0.670	0.637	0.634
0.330	0.0855	5.61	5.50	5.50	12.74	0.760	0.760	0.722	0.718
0.350	0.0962	4.99	4.89	4.89	11.33	0.854	0.854	0.812	0.808
0.380	0.1134	4.23	4.14	4.14	9.61	1.007	1.007	0.957	0.953
0.400	0.1257	3.82	3.74	3.74	8.67	1.116	1.116	1.061	1.056
0.420	0.1385	3.46	3.39	3.39	7.87	1.230	1.230	1.169	1.164
0.450	0.1590	3.02	2.96	2.96	6.86	1.412	1.412	1.342	1.336
0.470	0.1735	2.77	2.71	2.71	6.28	1.541	1.541	1.464	1.457
0.500	0.1964	2.44	2.39	2.39	5.55	1.744	1.744	1.657	1.649
0.530	0.221	2.18	2.13	2.13	4.94	1.959	1.959	1.862	1.853
0.560	0.246	1.949	1.908	1.908	4.43	2.19	2.19	2.08	2.07
0.600	0.283	1.698	1.662	1.662	3.86	2.51	2.51	2.39	2.38

续 表

线径(mm)	截面积(mm ²)	每米电阻值(Ω/m)				每米重量(g/m)				
		康 铜	锰 铜	镍 铬	康 铜	锰 铜	镍 铬	康 铜	锰 铜	镍 铬
0.630	0.312	1.540	1.508	3.50	2.77	2.63	2.62			
0.670	0.353	1.361	1.333	3.09	3.13	2.98	2.96			
0.710	0.396	1.212	1.187	2.75	3.52	3.34	3.33			
0.750	0.442	1.086	1.064	2.47	3.92	3.73	3.71			
0.800	0.503	0.955	0.935	2.17	4.46	4.24	4.22			
0.850	0.567	0.846	0.828	1.921	5.04	4.79	4.77			
0.900	0.636	0.755	0.739	1.713	5.65	5.37	5.34			
0.950	0.709	0.677	0.663	1.538	6.29	5.98	5.95			
1.000	0.785	0.611	0.598	1.388	6.97	6.63	6.60			
1.060	0.882	0.544	0.533	1.235	7.84	7.45	7.41			
1.120	0.958	0.487	0.477	1.106	8.75	8.32	8.28			
1.180	1.094	0.439	0.430	0.977	9.71	9.23	9.19			
1.250	1.227	0.391	0.383	0.888	10.90	10.36	10.31			
1.300	1.327	0.362	0.354	0.821	11.79	11.20	11.15			
1.400	1.539	0.312	0.305	0.708	13.67	12.99	12.93			
1.500	1.767	0.272	0.266	0.617	15.69	14.91	14.84			
1.600	2.01	0.239	0.234	0.542	17.85	16.97	16.89			
1.700	2.27	0.211	0.207	0.480	20.16	19.16	19.07			

续表

线径(mm)	截面积(mm ²)	每米电阻值(Ω /m)			每米重量(g/m)		
		康铜	锰铜	镍铬	康铜	锰铜	镍铬
1.800	2.54	0.1886	0.1847	0.428	22.6	21.5	21.4
1.900	2.84	0.1693	0.1658	0.384	25.2	23.9	23.8
2.000	3.14	0.1528	0.1496	0.347	27.9	26.5	26.4
2.120	3.53	0.1360	0.1331	0.309	31.3	29.8	29.7
2.240	3.94	0.1218	0.1193	0.277	35.0	33.3	33.1
2.360	4.37	0.1097	0.1074	0.249	38.8	36.9	36.7
2.500	4.91	0.0978	0.0957	0.222	43.6	41.4	41.2
2.600	5.31	0.0904		0.205	47.1		44.6
2.800	6.16	0.0780		0.1770	54.7		51.7
3.000	7.07	0.0679		0.1542	62.8		59.4
3.100	7.55	0.0636		0.1441	67.0		63.4
3.300	8.55	0.0561		0.1274	76.0		71.8
3.500	9.62	0.0499		0.1133	85.4		80.8
3.800	11.34	0.423		0.0961	100.7		95.6
4.000	12.57	0.0382		0.0867	111.6		105.3
4.200	13.85	0.0346		0.0787	123.0		116.4
4.500	15.90	0.0302		0.0685	141.2		133.6
4.700	17.35	0.0277		0.0628	154.1		145.7
5.000	19.64	0.0244		0.0555	174.4		164.9

表 10-96 铜焊丝的额定电流和熔断电流

直径(mm)	标称截面 (mm ²)	额定电流 (A)	熔断电流 (A)	直 径 (mm)	标称截面 (mm ²)	额定电流 (A)	熔断电流 (A)
0.234	0.043	4.7	9.4	0.70	0.385	25	50
0.254	0.051	5	10	0.80	0.5	29	58
0.274	0.059	5.5	11	0.90	0.6	37	74
0.295	0.068	6.1	12.2	1.00	0.8	44	88
0.315	0.078	6.9	13.8	1.13	1.0	52	104
0.345	0.093	8	16	1.37	1.5	63	125
0.376	0.111	9.2	18.4	1.60	2	80	160
0.417	0.137	11	22	1.76	2.5	95	190
0.457	0.164	12.5	25	2.00	3	120	240
0.508	0.203	15	29.5	2.24	4	140	280
0.559	0.245	17	34	2.50	5	170	340
0.60	0.283	20	39	2.73	6	200	400

表 10-97 铅焊丝的额定电流和熔断电流

直 径 (mm)	标称截面 (mm ²)	额定电流 (A)	熔断电流 (A)	直 径 (mm)	标称截面 (mm ²)	额定电流 (A)	熔断电流 (A)
0.08	0.005	0.25	0.5	0.98	0.75	5	10
0.15	0.018	0.5	1.0	1.02	0.82	6	12
0.20	0.031	0.75	1.5	1.25	1.23	7.5	15
0.22	0.038	0.8	1.6	1.51	1.79	10	20
0.25	0.049	0.9	1.8	1.67	2.19	11	22
0.28	0.062	1	2	1.75	2.41	12	24
0.29	0.066	1.05	2.1	1.98	3.08	15	30
0.32	0.080	1.1	2.2	2.40	4.52	20	40
0.35	0.096	1.25	2.5	2.78	6.07	25	50
0.36	0.102	1.35	2.7	2.95	6.84	27.5	55
0.40	0.126	1.5	3	3.14	7.74	30	60
0.46	0.166	1.85	3.7	3.81	11.40	40	80
0.52	0.212	2	4	4.12	13.33	45	90
0.54	0.229	2.25	4.5	4.44	15.48	50	100
0.60	0.283	2.5	5	4.91	18.93	60	120
0.71	0.40	3	6	5.24	21.57	70	140
0.81	0.52	3.75	7.5				

表 10-98 常用电热合金规格、性能与特点

品种	线 材		带 材		最高使用温度 (°C)	延伸率不小于 (%)	熔点约值 (°C)	密度 (g/cm ³)	特 点	使用说明
	直径 (mm)	20°C电阻率 (Ω·mm ² /m)	厚度 (mm)	20°C电阻率 (Ω·mm ² /m)						
镍铬类	0.1~0.5 >0.5	1.12±0.05	≤0.8	1.11±0.05	1150	20	1390	8.2	高温强度高于铁铬铝, 高温抗氧化性及耐温略低于铁铬铝, 电阻率较高, 奥氏体组织, 基本无磁性, 加工性能良好	使用条 件基本与 铁铬铝相 同。适用 于工作温 度1000°C 以下的中 温加热设 备
			>0.8~3.0	1.14±0.05						
			>3.0	1.15±0.05						
Cr20Ni80	>0.5~3.0 >3.0	1.09±0.05 1.13±0.05 1.14±0.05	≤0.8	1.09±0.05	1200	20	1400	8.4		
			>0.8~3.0	1.13±0.05						
			>3.0	1.14±0.05						
Cr30Ni70	0.1~0.5 >0.5	1.18±0.05 1.20±0.05	≤0.8	1.18±0.05	1250	20	1380	8.1		
			>0.8~3.0	1.19±0.05						
			>3.0	1.20±0.05						
铁铬铝类	全部尺寸	1.25±0.08 1.41±0.07 1.42±0.07 1.45±0.07 1.53±0.07	全部尺寸	1.25±0.08	1000	16	1450	7.4	高温抗氧化性及耐温高于镍铬, 高温强度低于镍铬, 电阻率高, 铁素体组织有磁性, 高温长期使用颗粒易长大呈脆性	使用温度 高, 能设计 加工成各种 形状元件, 功率范围 广, 能适应 高精度控温
				1.41±0.07						
				1.42±0.07						
				1.45±0.07						
				1.53±0.07						

表 10-99 常用电热合金在不同温度下的电阻率修正系数

品种	型号	温度 (°C)													
		20	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300
铁铬铝合金	ICr13Al4	1.000	1.006	1.019	1.031	1.049	1.073	1.103	1.133	1.146	1.156	1.163	1.170	1.176	
	oCr25Al5	1.000	1.001	1.003	1.007	1.013	1.027	1.039	1.043	1.046	1.049	1.051	1.053	1.056	1.060
	oCr13Al6Mo2	1.000	1.001	1.001	1.007	1.014	1.028	1.048	1.053	1.058	1.060	1.064	1.066	1.069	
	oCr27Al7Mo2	1.000	0.995	0.992	0.989	0.988	0.988	0.989	0.987	0.987	0.986	0.986	0.986	0.986	0.986
镍铬合金	Cr15Ni60	1.000	1.013	1.029	1.046	1.062	1.074	1.078	1.083	1.089	1.097	1.105			
	Cr20Ni80	1.000	1.006	1.016	1.024	1.031	1.035	1.026	1.019	1.017	1.021	1.028	1.038		

注:电阻率修正系数 $C_t = \rho_t / \rho_{20}$, 式中: ρ_t —温度 $t^\circ\text{C}$ 时的电阻率; ρ_{20} — 20°C 时的电阻率。

表 10-100 常用中温热电偶材料的特性和用途

热电偶材料 (主要成分%)		工作温度(°C)		主要特点	主要用途
正极	负极	短期最高 工作温度	推荐工作 温度		
钯铂 31 金 14 (Pd53Pt3 1Au14)	金钯(35) (Au65 Pd35)	1 370	600~ 1 300	稳定性、抗震 性及使用寿命 均优越	涡轮发动机 的燃气温度及 其他要求耐震 性及稳定性高 的温度测量
镍 铬 (Ni90.5 Cr9.5)	镍 硅 (Ni97.5 Si2.5)	1 300	600~ 1 250	在廉价金属 热电偶中具有 最好的抗氧化 性能	有色金属熔 炼,各种高温热 处理炉、加热炉 及航空、石油化 工等高温测量
镍 铬 (Ni90.5 Cr9.5)	镍 铝 (Ni95Al2 Mn2Si1)	1 200	600~ 1 000	有良好的抗 氧化性能,耐中 子辐照	可用于核场 中测温,余同上
镍 钴 (Ni77.5 Co17.5Al2 Mo2Si1)	镍 铝 (Ni94.5 Al3Mo1.5 Si1)	1 000	300~ 800	在 300°C 以 下热电势很小, 可不用自由端 温度修正,缺点 是整个温度范 围内热电势小	航空发动机 排气温度测量
镍 铁 (Ni87 Fe13)	硅考铜 (Cu56 Ni41 Mn2Si1)	900	300~ 600	小于 100°C 时热电势趋向 于零。可不用 自由端温度修 正	飞机火警讯 号系统的敏感 元件和航空发 动机排气温度 测量
铁 (Fe100)	康 铜 (Cu55 Ni45)	800	300~ 600	热电势与热 电势率较高,价 格较廉,在真空 中可长期使用。 缺点是在潮湿 空气中易氧化	石油、化工等 生产中测量

续 表

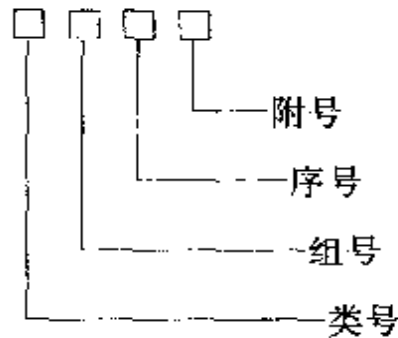
热电偶材料 (主要成分%)		工作温度(°C)		主要特点	主要用途
正极	负极	短期最高 工作温度	推荐工作 温度		
镍 铬 (Ni90.5 Cr9.5)	考 铜 (Cu56.5 Ni43 Mn0.5)	800	0~ 600	在常用热电偶材料中,它具有最高热电势和热电势率,耐腐蚀性及耐热性比铁-康铜优良	
镍 铬 (Ni90.5 Cr9.5)	康 铜 (Cu55 Ni45)	800	0~600	耐中子辐照,其热电势和热电势率比镍铬-考铜热电偶小,其他性能基本相同	
铜 (Cu100)	康 铜 (Cu55 Ni45)	300	0~ 300	均匀性和稳定性都好,在潮湿空气中有抗蚀性	

表 10-101 热电偶用补偿导线

补偿导线 型 号	配用热电偶	补偿导线合金丝		绝缘层着色	
		正 极	负 极	正 极	负 极
SC	铂铑 10-铂	SPC(铜)	SNC(铜镍)	红	绿
KC	镍铬-镍硅	KPC(铜)	KNC(康铜)	红	蓝
KX	镍铬-镍硅	KPX(镍铬)	KNX(镍硅)	红	黑
EX	镍铬-铜硅	EPX(镍铬)	ENX(铜镍)	红	棕
JX	铁-铜镍	JPX(铁)	JNX(铜镍)	红	紫
TX	铜-铜镍	TPX(铜)	TNX(铜镍)	红	白
线心型式	线心标称面积(mm ²)	心股数		单线直径(mm)	
单股线心	0.5	1		0.8	
	1.0	1		1.13	
	1.5	1		1.37	
	2.5	1		1.76	

第五节 电 刷

电刷型号的组成及含义如下：



类号：

S—石墨电刷

D—电化石墨电刷

J—金属石墨电刷

组号：电化石墨电刷中

1—石墨基

2—焦炭基

3—炭墨基

4—木炭基

序号：以数字表示

附号：用于区别型号相同而某些性能不同的电刷

常用电刷的类型、特征和主要用途见表 10-102。

常用电刷技术数据见表 10-103。

金属石墨电刷中

1—不带粘结剂的铜电刷

2—带粘结剂的铜电刷

表 10-102 常用电刷的类型、特征和主要用途

类别	型号对照		基本特征	主要应用范围
	新	旧		
石墨电刷	S3	S-3	硬度较低, 润滑性较好	换向正常、负荷均匀、电压为 80~120V 的直流电机
	S4	S-4	以天然石墨为基体、树脂为粘结剂的高阻石墨电刷, 硬度和摩擦系数较低	换向困难的电机, 如交流整流子电动机, 高速微型直流电机
	S6	S-6	多孔、软质石墨电刷, 硬度低	汽轮发电机的集电环, 80~230V 的直流电机
电化石墨电刷	D104	DS-4	硬度低, 润滑性好, 换向性能好	一般用于 0.4~200kW 直流电机, 充电用直流发电机, 轧钢用直流发电机, 汽轮发电机、绕线转子异步电动机集电环, 电焊直流发电机等
	D172	DS-72	润滑性好, 摩擦系数低, 换向性能好	大型汽轮发电机的集电环, 励磁机, 水轮发电机的集电环, 换向正常的直流电机
	D202	DS-2a	硬度和机械强度较高, 润滑性好, 耐冲击振动	电力机车用牵引电动机, 电压为 120~400V 的直流发电机
	D207		硬度和机械强度较高, 润滑性好, 换向性能好	大型轧钢直流电机, 矿用直流电机
	D213	DS-13	硬度和机械强度较高	汽车、拖拉机的发电机, 具有机械振动的牵引电动机
	D214 D215	DS-14	硬度和机械强度较高, 润滑、换向性能好	汽轮发电机的励磁机, 换向困难、电压在 200V 以上的带有冲击性负荷的直流电机, 如牵引电动机, 轧钢电动机
	D252	DS-52	硬度中等, 换向性能好	换向困难、电压为 120~440V 的直流电机, 牵引电动机, 汽轮发电机的励磁机

续 表

类别	型号对照		基本特征	主要应用范围
	新	旧		
电化石墨电刷	D308 D309	DS-8	质地硬,电阻系数较高,换向性能好	换向困难的直流牵引电动机,角速度较高的小型直流电机,以及电机扩大机
	D373			电力机车用直流牵引电动机
	D374	DS-74D	多孔,电阻系数高,换向性能好	换向困难的高速直流电机,牵引电动机,汽轮发电机的励磁机,轧钢电动机
	D479			换向困难的直流电机
金属石墨电刷	J101 J102 J164	TS TS-2 TS-64	高含铜量,电阻系数小,允许电流密度大	低电压、大电流直流发电机,如:电解、电镀、充电用直流发电机,绕线转子异步电动机的集电环
	J104 J104A			低电压,大电流直流发电机,汽车、拖拉机用发电机
	J201	T-1	中含铜量,电阻系数较高含铜量电刷大,允许电流密度较大	电压在 60V 以下的低电压、大电流直流发电机,如:汽车发电机,直流电焊机,绕线转子异步电动机的集电环
	J204	TS-4		电压在 40V 以下的低电压,大电流直流电机,汽车辅助电动机,绕线转子异步电动机的集电环
	J205	TSQ-5		电压在 60V 以下的直流发电机,汽车、拖拉机用直流起动电动机,绕线转子异步电动机的集电环
	J206	T-6		电压为 25~80V 的小型直流电机
	J203 J220	T-3 T-20	低含铜量,与高、中含铜量电刷相比,电阻系数较大,允许电流密度较小	电压在 80V 以下的大电流充电发电机,小型牵引电动机,绕线转子异步电动机的集电环

表 10-103 常用电刷技术数据

类别	型号	电阻率 (分接触法) ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)	压入法 硬度 (kg/mm^2)	一对电刷的 接触电压降 (V)	摩擦 系数 不大于	50小时磨 损不大于 (mm)	工作条件			
							额定电 流 (A/ cm^2)	允许圆周 速 (m/s)	电刷使用 单位压力 (gf/cm^2)	
石墨电刷	S3	8~20	10~35	1.5~2.3	0.25	0.2	11	25	200~250	
	S6M	15~25	4~7	1.2~2.2	0.25	0.15	12	70	150~200	
	S26	100~150	15~25	2~3.5	0.25	0.15	8	35	200~250	
电化石 墨电刷	D104	6~16	3~9	2~3	0.2	0.25	12	40	150~200	
	D172	10~16	5~10	2.4~3.4	0.25	0.2	12	70	150~200	
	D172NM	10~20	5~10	2.4~3.4	0.2	0.2	12	70	150~200	
	D213	22~40	10~50	2.5~3.5	0.25	0.15	10	40	200~400	
	D214	22~36	17~34	2~3	0.25	0.15	10	40	200~400	
	D252	12~22	12~24	2~3.2	0.23	0.15	12	45	200~250	
	D308	31~50	22~44	1.9~2.9	0.25	0.15	10	40	200~400	
	D374B	45~70	25~50	2.3~3.5	0.25	0.15	12	50	200~400	
	D374N	45~75	25~50	2.3~3.5	0.2	0.15	12	60	200~400	
	D376	50~75	20~40	2.5~3.5	0.25	0.15	12	50	200~400	
	D376N	50~80	20~40	2.5~3.5	0.2	0.15	12	60	200~400	
	金属石 墨电刷	J102	0.1~0.35	6~14	0.3~0.7	0.2	0.4	20	20	180~230
		J105	≤ 0.25	6~20	≤ 0.4	0.25	0.8	20	20	180~230
J164		0.05~0.15	6~18	0.1~0.3	0.2	0.7	20	20	180~230	
J201		1~6	12~35	1~2	0.25	0.18	15	25	150~200	
J203		5~12	9~28	1.4~2.2	0.25	0.15	12	20	150~200	
J204		0.2~1.3	15~36	0.6~1.6	0.2	0.3	15	20	200~250	
J205		1~12	8~28	≤ 2	0.25	0.5	15	35	150~200	
J213	0.2~1	10~28	0.6~1.6	0.2	0.3	15	20	200~250		

注:①压入法硬度(即洛氏硬度),是用直径为7.94mm的钢球压入试件测定。对中等硬度的试件,载荷60,预压10;对较软试件,载荷30,预压10。② $1\text{gf}/\text{cm}^2=98.0665\text{Pa}$ 。

第十一章 电加热元件及设备

第一节 概 述

电热材料用来制造各种电阻加热设备中的发热元件,把电能变为热。它们在高温下应具备良好的抗氧化性能。

电热材料有金属材料和非金属材料两大类。金属材料有电热合金和高熔点纯金属。非金属材料有石墨、碳化硅、二硅化钼等。

常用电热材料及元件的类别与特点如表 11-1 所示。

表 11-1 常用电热材料及元件的类别、品种、工作温度、特点和用途

类别	品 种		发热体工作温度(°C)		特点和用途
			常 用	最 高	
材 料	镍 铬 合 金	Cr20Ni80	1 000~1 050	1 150	1. 电阻率较高 2. 加工性能好,可拉成细丝 3. 高温强度较好,用后不变脆,适用于移动式设备上 4. 具有奥氏体组织,基本上无磁性
		Cr15Ni60	900~950	1 050	

续 表

类别	品 种		发热体工作温度(°C)		特点和用途
			常 用	最 高	
材 料	铁 铬 铝 合 金	1Cr13Al4	900~950	1 100	1. 抗氧化性能比镍铬好 2. 电阻率比镍铬高, 密度较小, 用料省 3. 不用镍, 价格低廉 4. 高温强度低, 且用后变脆, 适用于各种固定式设备 5. 加工性能稍差 6. 具有铁素体组织, 有磁性
		0Cr13Al6Mo2	1 050~1 200	1 300	
		0Cr25Al5	1 050~1 200	1 300	
0Cr27Al7Mo2		1 200~1 300	1 400		
材 料	高 熔 点 纯 金 属	铂 Pt	1 300~1 400	1 600	1. 铂可在空气中使用, 但其氧化物在高温下挥发, 影响使用寿命, 钨、钼须在惰性气体、真空及氢中使用, 钼除不适用于氢以外, 其他同钨、钼 2. 电阻率较低, 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) 3. 材料价高 4. 适于实验室或特殊电炉
		钼 Mo		1 800	
钽 Ta		2 200			
钨 W	2 400				
		石墨 C		3 000	1. 电阻率较低(须配大电流低电压调压器) 2. 适于真空或保护气氛中使用
元 件		硅碳棒 硅碳管 SiC	1 250~1 400	1 500	1. 高温强度高 2. 硬而脆 3. 元件间的电阻值一致性较差 4. 易老化, 电阻随使用时间延长而增大(须配调压装置)

续 表

类别	品 种	发热体工作温度(°C)		特点和用途
		常 用	最 高	
元 件	硅钼棒 MoSi ₂	1 500~1 600	1 700	<ol style="list-style-type: none"> 1. 表面有 SiO₂ 保护膜, 抗氧化性能好, 无老化现象 2. 正向电阻温度系数较大(须配调压装置, 开始加热时, 须降低电压, 防止电流过大) 3. 室温下具硬而脆性, 1 350°C 开始变软, 而有延展性 4. 不宜在 800°C 以下长期使用, 因不能形成较好的氧化膜
	管状电加热元件	550°C 以下 (介质温度)		<ol style="list-style-type: none"> 1. 结构简单, 不易氧化, 不怕震动, 寿命长 2. 可直接在液体中加热, 热效率较高 3. 机械强度高, 可弯成各种形状 4. 拆装方便, 使用安全 5. 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 6. 必须在规定的加热介质和工作温度下使用

常用电热材料的物理及机械性能见表 11-2。

常用电热材料在不同温度下的电阻率修正系数 C_t ($C_t = \frac{\rho_t}{\rho_{20}}$) 见

表 11-3。

表 11-2 常用电热材料的物理及机械性能

性 能 种 类	镍铬合金		铁铬铝合金				铂	钨	钼	钨	硅碳棒
	Gr20Ni 80	Cr15Ni 60	1Cr13 Al4	0Cr13A 16Mo2	0Cr25 Al5	0Cr27A 17Mo2					
密度 (g/cm ³)	8.4	8.2	7.4	7.2	7.1	7.1	21.5	19.3	16.6	10.2	3.1~3.2
线膨胀系数 (20~1000°C) ×10 ⁻⁶ /°C	14	13	15.4	15.6	16	16	8.9	5.9	6.5	6.1	5(20~ 1500°C)
比热容 (J/kg·°C)	439.6	460.5	479.9	494.0	494.0	0.118	0.0317	0.034	0.034	0.075	0.17
传热系数 (×1.163 W/m ² ·°C)	14.4	10.8	12.6	11.7	11.0	10.8	59.4	126	46.8	126	20
熔点约 值(°C)	1400	1390	1450	1500	1500	1520	1773	3450	2996	2622	
抗张强度 (N/mm ²)	650 ~800	650 ~800	600 ~750	700 ~850	650 ~800	70 ~80	16 ~18	110	30 ~45	80 ~120	4~5 (抗折)
伸长率(%)	≥20	≥20	≥12	≥12	≥12	≥10					
反复弯曲 次数	—	—	≥5	≥5	≥5	≥5					
20°C时电 阻率 (Ω·mm ² /m)	1.09 ±0.05	1.12 ±0.05	1.26 ±0.08	1.40 ±0.10	1.40 ±0.10	1.50 ±0.10	0.106	0.0549	0.124	0.0563	1000左右 (1400°C)

注:反复弯曲次数按 GB2976-86“金属线材缠绕松解试验”进行。

表 11-3 常用电热材料在不同温度下的电阻系数修正系数 $C_t (C_t = \frac{\rho_t}{\rho_{20}})$

温度(°C)	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1900	2100	2300	2500	2700	2900	
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	1.028	1.033												
	Cr15Ni60	1.000	1.013	1.023	1.046	1.062	1.074	1.079	1.083	1.089	1.097	1.05													
铁铬铝合金	1Cr13Al4	1.000	1.004	1.013	1.027	1.041	1.062	1.080	1.114	1.128	1.135	1.142													
	0Cr13Al8M2	1.000	1.001	1.003	1.007	1.014	1.028	1.048	1.053	1.057	1.060	1.063	1.066	1.069											
	0Cr25Al5	1.000	1.002	1.007	1.013	1.022	1.035	1.056	1.063	1.068	1.072	1.076	1.079	1.082											
	0Cr27Al7M2	1.000	0.997	0.994	0.992	0.992	0.992	0.992	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	4.08	4.33	4.58	4.81	5.03	5.25								
	Mo	1.000	1.362	1.822	2.28	2.74	3.20	3.66	4.12	4.58	5.06	5.58	6.11	6.64	7.18	7.71	8.24	8.79	9.34	10.43	11.51	12.61	13.73		
	Te	1.000	1.275	1.621	1.980	2.31	2.65	2.99	3.34	3.68	4.02	4.35	4.67	4.96	5.23	5.50	5.77	6.03	6.29	6.80	7.30	7.78	8.23	8.70	9.13
	W	1.000	1.352	1.801	2.28	2.79	3.32	3.85	4.39	4.94	5.49	6.05	6.62	7.19	7.78	8.36	8.96	9.56	10.16	11.40	12.65	13.94	15.25	16.58	17.95
硅碳棒元件	1400°C时电阻率在600~1400Ω·mm ² /m范围内变化,室温至900°C时电阻率由大变小,900°C至1450°C则由小变大																								
硅钼棒元件	1.00	1.40	2.00	2.60	3.32	4.08	4.96	5.84	6.80	7.76	8.80	9.76	10.80	11.84	12.84	13.92	14.92	16.00							

常用电热材料在各种气氛中的最高使用温度见表 11-4。

表 11-4 常用电热材料在各种气氛中的最高使用温度(°C)

材 料 气 氛	铁铬铝合金		镍铬合金 Cr20Ni80	硅碳棒	硅钼棒
	0Cr13Al6Mo2 0Cr25Al5	0Cr27Al7Mo2			
空 气	1 300	1 400	1 150	1 500	1 700
氢 气	1 250	1 350	1 150	1 200	1 400
分解氢	1 150	1 250	1 100	1 200	1 400
燃烧氢	1 000	1 000	1 100	1 200	1 400
氮 气	950	950	1 100	1 200	1 500
含硫氧 化性气氛	1 050	1 150	不适宜	1 350	1 600
吸热式气体	1 100	1 200	950	1 350	1 350
放热式气体	1 150	1 250	1 050	1 350	1 350
真 空 (1.33×10^{-5} Pa 以下)	1 100	1 150	1 100	不适宜	1 250

第二节 电热合金材料规格与性能

镍铬及铁铬铝合金的化学成分见表 11-5。

表 11-5 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	
镍铬合金	Gr20Ni80	余	20 ~23	≤1.0	≤0.5	—	0.6 ~1.6	0.10	0.7	0.025	0.030
	Gr15Ni60	55 ~61	15 ~18	余	≤0.5	—	0.5 ~1.6	0.10	1.5	0.025	0.030
铁铬铝合金	1Cr13Al4	≤0.6	12 ~15	余	3.5 ~5.5	—	≤1.0	0.12	0.7	0.025	0.030
	0Cr13Al6Mo2	≤0.6	12.5 ~14	余	5~7	1.5 ~2.5	≤1.0	0.06	0.7	0.025	0.030
	0Cr25Al5	—	23 ~27	余	4.5 ~6.5	—	≤0.6	0.06	0.7	0.025	0.030
	0Cr27Al7Mo2	≤0.6	26.5 ~27.8	余	6~7	1.8 ~2.2	≤0.4	0.05	0.2	0.025	0.030

镍铬及铁铬铝合金产品规格见表 11-6。

表 11-6 镍铬及铁铬铝合金产品规格

形 状	状 态	规 格 (mm)
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 5~200
	热轧	厚度 2.0~7.0, 宽度 15~250

Cr20Ni80 型镍铬合金线材的重量、长度及电阻换算表见表 11-7。

表 11-7 Cr20Ni80 型镍铬合金线材的重量、长度及电阻换算表

直径 (mm)	截面积 (mm ²)	每 米 表面积 (cm ²)	每 米 重 量 (kg)	每千克 长 度 (m)	20℃ 时每米 电 阻 (Ω)	20℃ 时每欧 长 度 (m)	20℃ 时每欧 表 面积 (cm ²)
0.50	0.196 3	15.71	0.001 640	606	5.55	0.180 1	2.83
0.60	0.283	18.85	0.002 38	421	3.86	0.259	4.89
0.70	0.385	22.0	0.003 23	310	2.83	0.353	7.76

续 表

直径 (mm)	截面积 (mm ²)	每 米 表面积 (cm ²)	每 米 重 量 (kg)	每千克 长度 (m)	20℃ 时每米 电 阻 (Ω)	20℃ 时每欧 长 度 (m)	20℃ 时每欧 表面积 (cm ²)
0.80	0.503	25.1	0.004 22	237	2.17	0.461	11.59
0.90	0.636	28.3	0.005 34	187.1	1.713	0.584	16.50
1.00	0.785	31.4	0.006 59	152.3	1.387	0.721	22.7
1.10	0.950	34.6	0.007 98	125.3	1.147	0.872	30.1
1.20	1.131	37.7	0.009 50	105.3	0.963	1.038	39.1
1.40	1.539	44.0	0.012 93	77.3	0.708	1.412	62.1
1.50	1.767	47.1	0.014 84	67.4	0.617	1.621	76.4
1.60	2.01	50.3	0.016 38	59.2	0.542	1.845	92.7
1.80	2.54	56.5	0.021 4	46.7	0.428	2.33	132.0
2.00	3.14	62.8	0.026 4	37.9	0.347	2.88	181.0
2.20	3.80	69.1	0.031 9	31.3	0.287	3.49	241
2.50	4.91	78.5	0.041 2	24.3	0.222	4.50	354
2.80	6.16	88.0	0.051 7	19.34	0.176 9	5.65	497
3.00	7.07	94.2	0.059 4	16.84	0.154 2	6.49	611
3.50	9.62	110.0	0.080 8	12.38	0.113 3	8.83	971
4.00	12.57	125.7	0.105 6	9.47	0.086 7	11.53	1 450
4.50	15.90	141.4	0.133 6	7.49	0.068 6	14.59	2 060
5.00	19.63	157.1	0.164 9	6.06	0.055 5	18.01	2 830
5.50	23.8	172.8	0.199 6	5.01	0.045 8	21.8	3 770
6.00	28.3	188.5	0.237	4.21	0.038 6	25.9	4 890
6.50	33.2	204	0.279	3.59	0.032 9	30.4	6 220
7.00	38.5	220	0.323	3.09	0.028 3	35.3	7 760

Cr15Ni60 镍铬合金线材的重量、长度及电阻换算表见表 11-8。

表 11-8 Cr15Ni60 镍铬合金线材的重量、长度及电阻换算表

直径 (mm)	截面积 (mm ²)	每米 表面积 (cm ²)	每米 重量 (kg)	每千克 长度 (m)	20℃ 时每米 电阻 (Ω)	20℃ 时每欧 长度 (m)	20℃ 时每欧 表面积 (cm ²)
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

续 表

直径 (mm)	截面积 (mm ²)	每 米 表面积 (cm ²)	每 米 重 量 (kg)	每千克 长 度 (m)	20℃ 时每米 电 阻 (Ω)	20℃ 时每欧 长 度 (m)	20℃ 时每欧 表 面积 (cm ²)
6.00	28.3	188.5	0.232	4.31	0.0396	25.2	4.760
6.50	33.2	204	0.272	3.68	0.0337	29.6	6.050
7.00	38.5	220	0.316	3.17	0.0291	34.4	7.550

1Cr13Al4 型铁铬铝合金线材的重量、长度及电阻换算表见表 11-9。

表 11-9 1Cr13Al4 型铁铬铝合金线材的重量、长度与电阻换算表

直径 (mm)	截面积 (mm ²)	每 米 表面积 (cm ²)	每 米 重 量 (kg)	每千克 长 度 (m)	20℃ 时每米 电 阻 (Ω)	20℃ 时每欧 长 度 (m)	20℃ 时每欧 表 面积 (cm ²)
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	156.8
2.20	3.80	69.1	0.0281	35.6	0.332	3.02	208

续 表

直径 (mm)	截面积 (mm ²)	每 米 表面积 (cm ²)	每 米 重 量 (kg)	每千克 长 度 (m)	20℃ 时每米 电 阻 (Ω)	20℃ 时每欧 长 度 (m)	20℃ 时每欧 表面积 (cm ²)
2.50	4.91	78.5	0.036 3	27.5	0.257	3.90	305
2.80	6.16	88.0	0.045 6	21.9	0.205	4.89	429
3.00	7.07	94.2	0.052 3	19.12	0.178 2	5.61	529
3.50	9.62	110.0	0.071 2	14.05	0.131 0	7.63	840
4.00	12.57	125.7	0.093 0	10.75	0.1002	9.98	1 254
4.50	15.90	141.4	0.117 7	8.50	0.079 2	12.62	1 785
5.00	19.63	157.1	0.145 3	6.88	0.064 2	15.58	2 450
5.50	23.8	172.8	0.175 8	5.69	0.0530	18.90	3 270
6.00	28.3	188.5	0.209	4.78	0.044 6	22.5	4 240
6.50	33.2	204	0.246	4.07	0.038 0	26.3	5 370
7.00	38.5	220	0.285	3.51	0.032 7	30.6	6 730

0Cr13Al6Mo2 型铁铬铝电热合金线材的重量、长度及电阻换算表见表 11-10。

表 11-10 0Cr13Al6Mo2 型铁铬铝电热合金线材的重量、长度、电阻换算表

直径 (mm)	截面积 (mm ²)	每 米 表面积 (cm ²)	每 米 重 量 (kg)	每千克 长 度 (m)	20℃ 时每米 电 阻 (Ω)	20℃ 时每欧 长 度 (m)	20℃ 时每欧 表面积 (cm ²)
0.50	0.196 3	15.71	0.001 413	708	7.13	0.140 2	2.20
0.60	0.283	18.85	0.002 04	490	4.95	0.202	3.81
0.70	0.385	22.0	0.002 77	361	3.64	0.275	6.04
0.80	0.503	25.1	0.003 62	276	2.78	0.859	9.03

续 表

直径 (mm)	截面积 (mm ²)	每米 表面积 (cm ²)	每 米 重 量 (kg)	每千克 长 度 (m)	20℃ 时每米 电 阻 (Ω)	20℃ 时每欧 长 度 (m)	20℃ 时每欧 表面积 (cm ²)
0.90	0.636	28.3	0.004 58	212	2.20	0.454	12.86
1.00	0.785	31.4	0.005 65	177	1.783	0.561	17.61
1.10	0.950	34.6	0.006 84	146	1.474	0.679	23.5
1.20	1.131	37.7	0.008 14	122.9	1.238	0.808	30.5
1.40	1.539	44.0	0.011 08	90.3	0.910	1.099	48.4
1.50	1.767	47.1	0.012 72	78.6	0.792	1.262	59.5
1.60	2.01	50.3	0.014 47	69.1	0.697	1.436	72.2
1.80	2.54	56.5	0.018 36	54.5	0.549	1.821	102.9
2.00	3.14	62.8	0.022 6	42.5	0.446	2.24	140.8
2.20	3.80	69.1	0.027 4	36.5	0.368	2.71	187.8
2.50	4.91	78.5	0.035 4	28.2	0.285	3.51	275
2.80	6.16	88.0	0.044 4	22.5	0.227	4.40	388
3.00	7.07	94.2	0.050 9	19.65	0.198 0	5.05	476
3.50	9.62	110.0	0.069 3	14.43	0.145 5	6.87	756
4.00	12.57	125.7	0.090 5	11.05	0.111 4	8.98	1 128
4.50	15.90	141.4	0.114 5	8.73	0.088 1	11.36	1605
5.00	19.63	157.1	0.141 3	7.08	0.071 3	14.02	2 200
5.50	23.8	172.8	0.171 4	5.83	0.058 8	17.00	2 940
6.00	28.3	188.5	0.204	4.90	0.049 5	20.2	3 810
6.50	33.2	204	0.239	4.18	0.042 2	23.7	4 830
7.00	38.5	220	0.277	3.61	0.036 4	27.5	6 040

0Cr25Al5 型电热合金线材的重量、长度及电阻换算表见表 11-11。

表 11-11 0Cr25Al5 型电热合金线材的重量、长度、电阻换算表

直径 (mm)	截面积 (mm ²)	每米 表面积 (cm ²)	每米 重量 (kg)	每千克 长度 (m)	20℃ 时每米 电阻 (Ω)	20℃ 时每欧 长度 (m)	20℃ 时每欧 表面积 (cm ²)
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

续 表

直径 (mm)	截面积 (mm ²)	每 米 表面积 (cm ²)	每 米 重 量 (kg)	每千克 长 度 (m)	20℃ 时每米 电 阻 (Ω)	20℃ 时每欧 长 度 (m)	20℃ 时每欧 表面积 (cm ²)
5.50	23.8	172.8	0.169 0	5.92	0.058 8	17.00	2 940
6.00	28.3	188.5	0.201	4.98	0.049 5	20.2	3 810
6.50	33.2	204	0.236	4.24	0.042 2	23.7	4 830
7.00	38.5	220	0.273	3.66	0.036 4	27.5	6 040
8.00	50.3	251	0.357	2.80	0.027 8	35.9	903 0

0Cr27Al7Mo2 型电热合金线材的重量、长度、电阻换算表见表 11-12。

表 11-12 0Cr27Al7Mo2 型电热合金线材的重量、长度、电阻换算表

直径 (mm)	截面积 (mm ²)	每 米 表面积 (cm ²)	每 米 重 量 (kg)	每千克 长 度 (m)	20℃ 时每米 电 阻 (Ω)	20℃ 时每欧 长 度 (m)	20℃ 时每欧 表面积 (cm ²)
0.50	0.196 3	15.71	0.001 394	717	7.64	0.130 9	2.06
0.60	0.283	18.85	0.002 01	498	5.30	0.188 7	3.56
0.70	0.385	22.0	0.002 73	366	3.90	0.257	5.64
0.80	0.508	25.1	0.003 57	280	2.98	0.335	8.42
0.90	0.636	28.3	0.004 52	221	2.36	0.424	11.99
1.00	0.785	31.4	0.005 57	179.5	1.911	0.523	16.43
1.10	0.950	34.6	0.006 75	148.1	1.579	0.633	21.9
1.20	1.131	37.7	0.008 03	124.5	1.326	0.754	28.4
1.40	1.539	44.0	0.010 93	91.5	0.975	1.026	45.1
1.50	1.767	47.1	0.012 55	79.7	0.849	1.178	55.5
1.60	2.01	50.3	0.014 27	70.1	0.746	1.340	67.4

续 表

直径 (mm)	截面积 (mm ²)	每 米 表面积 (cm ²)	每 米 重 量 (kg)	每千克 长 度 (m)	20℃ 时每米 电 阻 (Ω)	20℃ 时每欧 长 度 (m)	20℃ 时每欧 表面积 (cm ²)
1.80	2.54	56.5	0.018 03	55.5	0.588	1.700	96.1
2.00	3.14	62.8	0.022 3	44.8	0.478	2.09	131.4
2.20	3.80	69.1	0.027 0	37.0	0.395	2.53	174.9
2.50	4.91	78.5	0.034 9	28.7	0.305	3.27	257
2.80	6.16	88.0	0.043 7	22.9	0.244	4.11	361
3.00	7.07	94.2	0.050 2	19.92	0.212	4.71	444
3.50	9.62	110.0	0.068 3	14.64	0.155 9	6.41	706
4.00	12.57	125.7	0.089 2	11.21	0.119 3	8.38	1 054
4.50	15.90	141.4	0.112 9	8.86	0.094 3	10.60	1 499
5.00	19.63	157.1	0.139 4	7.17	0.076 4	13.09	2 060
5.50	23.8	172.8	0.169 0	5.92	0.063 0	15.87	2 740
6.00	28.3	188.5	0.201	4.98	0.053 0	18.87	3 560
6.50	33.2	204	0.236	4.24	0.045 2	22.1	4 510
7.00	38.5	220	0.273	3.66	0.039 0	25.7	5 640
8.00	50.3	251	0.357	2.80	0.029 8	33.5	8 420

第三节 硅碳电热元件

硅碳电热元件是用碳化硅作原料,经高温再结晶形成,它由发热部和冷端两部分组成。它有棒状和管状等形状。分成粗端部、等直径、三相型、槽型、螺纹管等结构。

一、粗端部型(CG型)硅碳棒

它是由空心管状发热部和两端加粗的冷端组成的一种电热元件,发热部表面额定温度为 1 450℃。此种硅碳棒外形尺寸如图 11-1 所示。

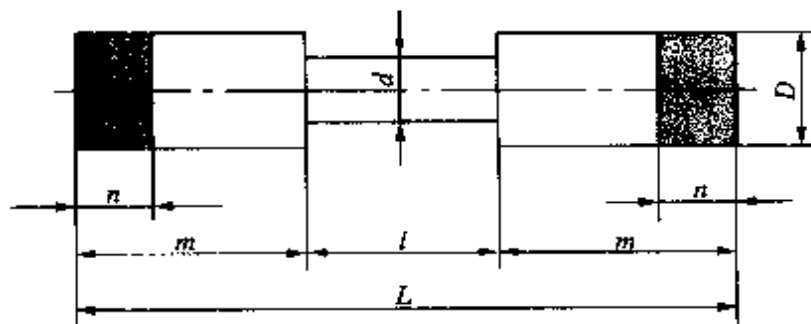


图 11-1 CG 型硅碳棒尺寸标志方法($d/l/m$)

D —冷端部直径 d —发热部直径 m —冷端部长度
 n —喷铝部长度 L —元件总长度 l —发热部长度

粗端部型硅碳棒电热元件尺寸、阻值及负荷见表 11-13。

表 11-13 粗端部型硅碳棒电热元件尺寸、阻值及负荷

规格 $d/l/m$	各部尺寸(mm)						发热部表面 面积 (cm^2)	1 400 ℃时 电阻 (Ω)	炉温(表面负荷) 下许用负荷 (元件温度 1 450℃)(W)			
	发热部		冷端		喷铝 长度 n	全长 L			1 100℃	1 200℃	1 300℃	1 400℃
	d	l	D	m					(26.3)	(20.5)	(13.4)	(4.41)
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	338	123.2
8/100/130	8	100	14	130	30	360	25.1	2.4	660	515	338	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	1 189	927	609	222
8/180/150	8	180	14	150	30	480	45.2	4.4	1 189	927	609	222

续 表

规格 $d/l/m$	各部尺寸(mm)						发热部 表面积 (cm^2)	1400 °C时 电阻 (Ω)	炉温(表面负荷) 下许用负荷 (元件温度1450°C)(W)			
	发热部		冷端		喷铝 长度 n	全长 l			1100°C	1200°C	1300°C	1400°C
	d	l	D	m					(26.3)	(20.5)	(13.4)	(4.41)
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	1158	432
14/200/350	14	200	22	350	40	900	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	250	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
14/600/250	14	600	22	250	40	1100	264	5.2	6940	5410	3560	1296
14/600/350	14	600	22	350	40	1300	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

续 表

规格 $d/l/m$	各部尺寸(mm)						发热部 面积 (cm^2)	1 400 ℃时 电阻 (Ω)	炉温(表面负荷) 下许用负荷 (元件温度 1 450℃)(W)			
	发热部		冷端		喷铝 长度 n	全长 L			1 100℃	1 200℃	1 300℃	1 400℃
	d	l	D	m					(26.3)	(20.5)	(13.4)	(4.41)
18/400/350	18	400	28	350	50	1 100	226	2.3	5 940	4 630	3 040	1 110
18/400/400	18	400	28	400	50	1 200	226	2.3	5 940	4 630	3 040	1 110
18/500/250	18	500	28	250	50	1 000	283	2.7	7 440	5 800	3 810	1 390
18/500/350	18	500	28	350	50	1 200	283	2.7	7 440	5 800	3 810	1 390
18/500/400	18	500	28	400	50	1 300	283	2.7	7 440	5 800	3 810	1 390
18/600/250	18	600	28	250	50	1 100	339	3.4	8 920	6 950	4 570	1 664
18/600/350	18	600	28	350	50	1 300	339	3.4	8 920	6 950	4 570	1 664
18/600/400	18	600	28	400	50	1 400	339	3.4	8 920	6 950	4 570	1 664
18/800/250	18	800	28	250	50	1 300	452	4.6	11 890	9 270	6 090	2 220
18/800/350	18	800	28	350	50	1 500	452	4.6	11 890	9 270	6 090	2 220
25/300/400	25	300	38	400	70	1 100	236	1.0	6 210	4 840	3 180	1 159
25/400/400	25	400	38	400	70	1 200	314	1.3	8 260	6 440	4 230	1 542
25/600/500	25	600	38	500	70	1 600	471	2.0	12 390	9 660	6 340	2 310
25/800/500	25	800	38	500	70	1 800	628	2.6	16 520	12 870	8 460	3 080
30/1 000/400	30	1 000	45	400	100	1 800	942	1.7	24 800	19 310	12 690	4 630
30/1 000/500	30	1 000	45	500	100	2 000	942	1.7	24 800	19 310	12 690	4 630
30/1 500/400	30	1 500	45	400	100	2 300	1 414	2.6	37 200	29 000	19 050	6 940
30/1 500/500	30	1 500	45	500	100	2 500	1 414	2.6	37 200	29 000	19 050	6 940
30/2 000/500	30	2 000	45	500	100	3 000	1 885	3.4	49 600	33 600	25 400	9 260
30/2 000/650	30	2 000	45	650	100	3 300	1 885	3.4	49 600	33 600	25 400	9 260
40/2 000/500	40	2 000	60	500	100	3 000	2 510	2.8	66 000	51 500	33 800	12 320
40/2 000/650	40	2 000	60	650	100	3 300	2 510	2.8	66 000	51 500	33 800	12 320

二、等直径型(DG型)硅碳棒

它是由三段等直径的空心棒状管经特殊工艺加工而成。发热部表面额定温度为 1 500℃,其外形尺寸如图 11-2 所示,规格见表 11-14。

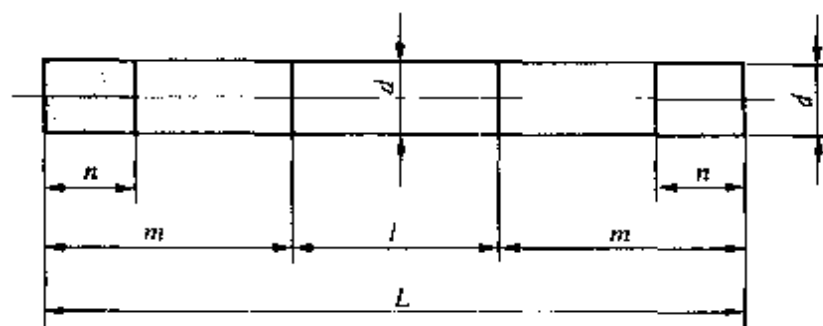


图 11-2 DG 型硅碳棒尺寸标志方法($d/l/m/d$)

d —发热部直径 D —接线端直径
 l —发热部长度 n —喷铝部长度
 m —接线端长度 L —元件总长度

表 11 - 14DG 型硅碳棒

标称规格 $d/l/m/d$ (mm)	各部尺寸(mm)					全长 L
	发热部 直径	发热部长度	冷端部 长度	冷端部 直径	喷铝 长度	
	d	l	m	D	n	
10/100/100/10	10	100	100	10		300
10/100/150/10		100	150			400
10/150/100/10		150	100			350
10/150/150/10		150	150		450	
10/200/100/10		200	100		400	
10/200/150/10		200	150		20	500
10/250/150/10		250	150		550	
12/150/100/12	12	150	100	12		350
12/150/150/12		150	150			450
12/200/100/12		200	100			400
12/200/150/12		200	150		500	
12/200/200/12		200	200		600	
12/250/250/12		250	250		750	
12/300/150/12		300	150		600	
12/300/250/12	300	250	800			
14/150/150/14	14	150	150	14		450
14/150/200/14		150	200			550
14/180/600/14		180	600			25
14/180/150/14		180	150		480	
14/200/100/14		200	100		400	
14/200/200/14		200	200		600	
14/200/250/14		200	250		750	
14/250/200/14	250	200	650			

规格尺寸及电参数表

发热部 表面积 (cm ²)	1 200~50℃时 电阻范围 (Ω)	每支硅碳棒在下列炉温时 允许负荷(W) (发热部表面温度 1 450℃)				
		1100℃	1200℃	1300℃	1350℃	1400℃
31.4	1.0~2.2	754	659	440	314	188
31.4	1.0~2.2	754	659	440	314	188
47.1	1.6~3.4	1 130	989	659	471	283
47.1	1.6~3.4	1 130	989	659	471	283
62.8	2.0~4.4	1 507	1 319	879	628	377
62.8	2.0~4.4	1 507	1 319	879	628	377
78.5	2.6~5.6	1 884	1 649	1 099	785	471
56.4	1.1~2.5	1 354	1 184	790	564	338
56.4	1.1~2.5	1 354	1 184	790	564	338
75.2	1.5~3.3	1 805	1 579	1 053	752	451
75.2	1.5~3.3	1 805	1 579	1 053	752	451
75.2	1.5~3.3	1 805	1 579	1 053	752	451
94	1.9~4.0	2 256	1 974	1 316	940	564
112.8	2.3~4.9	2 707	2 369	1 579	1 128	677
112.8	2.3~4.9	2 707	2 369	1 579	1 128	677
66	1.2~3.5	1 584	1 386	924	660	396
66	1.2~3.5	1 584	1 386	924	660	396
79	1.4~4.0	1 896	1 659	1 106	790	474
79	1.4~4.0	1 896	1 659	1 106	790	474
88	1.1~2.3	2 112	1 848	1 232	880	528
88	1.1~2.3	2 112	1 848	1 232	880	528
88	1.1~2.3	2 112	1 848	1 232	880	528
110	1.4~3.0	2 640	2 310	1 540	1 100	660

续

标称规格 $d/l/m/d$ (mm)	各部尺寸(mm)					全长 L
	发热部 直径	发热部长度	冷端部 长度	冷端部 直径	喷铝 长度	
	d	l	m	D	n	
14/250/250/14	14	250	250	14	25	750
14/300/250/14		300	250			800
14/300/350/14		300	350			1 000
14/400/250/14		400	250			900
14/400/350/14		400	350			1 100
14/500/250/14		500	250			1 000
14/500/350/14		500	350			1 200
14/600/250/14		600	250			1 100
14/600/350/14		600	350			1 300
16/300/200/16		16	300			200
16/300/250/16	300		250	800		
16/300/350/16	300		350	1 000		
16/400/250/16	400		250	900		
16/400/350/16	400		350	1 100		
16/500/250/16	500		250	1 000		
16/500/350/16	500		350	1 200		
16/600/250/16	600		250	1 100		
16/600/350/16	600		350	1 300		
20/200/250/20	20		200	250	20	50
20/250/250/20		250	250	700		
20/300/250/20		300	250	800		
20/300/350/20		300	350	1 000		
20/400/250/20		400	250	900		

表

发热部 表面积 (cm ²)	1 200~50℃时 电阻范围 (Ω)	每支硅碳棒在下列炉温时允许负荷(W) (发热部表面温度 1 450℃)				
		1 100℃	1 200℃	1 300℃	1 350℃	1 400℃
110	1.4~3.0	2 640	2 310	1 540	1 100	660
132	1.6~3.5	3 168	2 772	1 848	1 320	796
132	1.6~3.5	3 168	2 772	1 848	1 320	796
176	2.1~4.7	4 224	3 696	2 464	1 760	1 056
176	2.1~4.7	4 224	3 696	2 464	1 760	1 056
220	2.2~5.9	5 280	4 620	3 080	2 200	1 320
220	2.2~5.9	5 280	4 620	3 080	2 200	1 320
264	3.1~7.0	6 336	5 544	3 696	2 640	1 584
264	3.1~7.0	6 336	5 544	3 696	2 640	1 584
150.7	1.2~2.6	3 617	3 165	2 110	1 507	904
150.7	1.2~2.6	3 617	3 165	2 110	1 507	904
150.7	1.2~2.6	3 617	3 165	2 110	1 507	904
201	1.5~3.5	4 824	4 221	2 814	2 010	1 206
201	1.5~3.5	4 824	4 221	2 814	2 010	1 206
251.2	2.0~4.4	6 029	5 275	3 517	2 512	1 507
251.2	2.0~4.4	6 029	5 275	3 517	2 512	1 507
301.4	2.4~5.2	7 234	6 394	4 220	3 014	1 808
301.4	2.4~5.2	7 234	6 394	4 220	3 014	1 808
125.6	0.5~1.2	3 014	2 638	1 758	1 256	753
157	0.7~1.4	3 768	3 297	2 198	1 570	942
188.4	0.8~1.8	4 522	3 956	2 638	1 884	1 130
188.4	0.8~1.2	4 522	3 956	2 638	1 884	1 130
251.2	1.1~2.5	6 029	5 275	3 517	2 512	1 507

续

标称规格 $d/l/m/d$ (mm)	各部尺寸(mm)					全长 L
	发热部 直径	发热部长度	冷端部 长度	冷端部 直径	喷铝 长度	
	d	l	m	D	n	
20/400/350/20	20	400	350	20	50	1 100
20/500/250/20		500	250			1 000
20/500/350/20		500	350			1 200
20/600/250/20		600	250			1 100
20/600/350/20		600	350			1 300
25/300/300/25	25	300	300	25	50	900
25/300/400/25		300	400			1 100
25/400/400/25		400	400			1 200
25/500/400/25		500	400			1 300
25/600/400/25		600	400			1 400
30/500/400/30	30	500	400	30	50	1 300
30/600/400/30		600	400			1 400
30/1 000/500/30		1 000	500			2 000
30/1 000/750/30		1 600	750			3 100
35/700/500/35		700	500			1 700
35/800/450/35	35	800	450	35	70	1 700
35/100/500/35		1 000	500			2 000
35/130/350/35		1 300	350			2 000

表

发热部 表面积 (cm ²)	1 200~50℃时 电阻范围 (Ω)	每支硅碳棒在下列炉温时允许负荷(W) (发热部表面温度 1 450℃)				
		1 100℃	1 200℃	1 300℃	1 350℃	1 400℃
251.2	1.1~2.5	6 029	5 275	3 517	2 512	1 507
314	1.4~3.1	7 536	6 594	4 396	3 140	1 884
314	1.4~3.1	7 536	6 594	4 396	3 140	1 884
376.8	1.7~3.9	9 043	7 913	5 275	3 768	2 261
376.8	1.7~3.9	9 043	7 913	5 275	3 768	2 261
235.5	0.6~1.2	5 652	4 946	3 297	2 355	1 413
235.5	0.6~1.2	5 652	4 946	3 297	2 355	1 413
314	0.8~1.6	7 536	6 594	4 396	3 140	1 884
392.5	1.0~2.0	9 420	8 243	5 495	3 925	2 355
471	1.1~2.3	11 304	9 891	6 594	4 710	2 826
471	0.6~1.3	11 304	9 891	6 594	4 710	2 826
565.2	0.7~1.6	13 565	11 869	7 913	5 652	3 391
942	1.2~2.6	22 608	19 782	13 188	9 420	5 652
1 507.2	1.9~4.2	36 173	31 651	21 101	15 072	9 043
769.3	0.7~1.3	18 463	16 155	10 770	7 693	4 615
879.2	0.7~1.4	21 101	18 463	12 309	8 792	5 275
1 099	0.8~1.6	26 376	23 079	15 386	10 990	6 594
1 428.7	1.1~2.3	34 289	30 003	20 002	14 287	8 572

三、单螺纹硅碳管

单螺纹硅碳管外形尺寸如图 11-3。

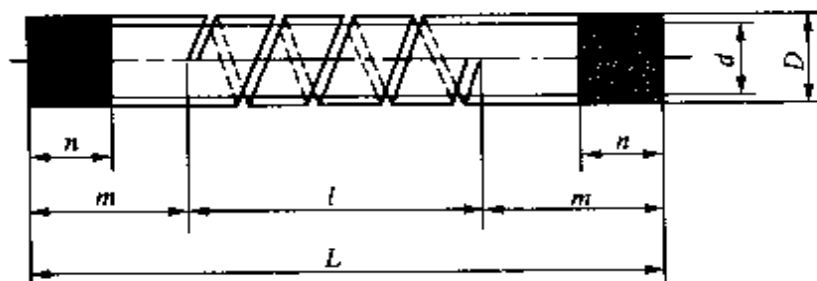


图 11-3 单螺纹硅碳管尺寸标志方法($D/d \times l/m$)

d —硅碳管内径 D —硅碳管外径 l —螺纹带长度
 m —冷端长度 n —喷铝部长度 L —元件总长度

单螺纹硅碳管的尺寸、阻值及许用负荷见表 11-15。

表 11-15 单螺纹硅碳管的尺寸、阻值及许用负荷

规格 $D/d \times l/m$	各部尺寸(mm)							1 400 °C时 电阻 (Ω)	炉温(表面负荷) 下许用负荷 (元件温度 1 450°C)(W)			
	直径		螺纹 带 长度 l	冷 端 长度	喷 铝 长度	全 长	发热 部表 面积 (cm^2)		1 100°C	1 200°C	1 300°C	1 400°C
	D	d							(26.3)	(20.5)	(13.4)	(4.4)
40/30×200/100	40	30	200	100	30	400	251	3~6	6 600	5 150	3 380	1 232
40/30×300/100	40	30	300	100	30	500	377	5~8	9 920	7 730	5 080	1 851
40/30×400/100	40	30	400	100	30	600	503	7~10	13 230	10 310	6 780	2 470
50/40×300/100	50	40	300	100	35	500	471	4~7	12 390	9 660	6 340	2 310
50/40×400/100	50	40	400	100	35	600	628	6~9	16 520	12 870	8 460	3 080
50/40×500/100	50	40	500	100	35	700	785	8~11	20 600	16 090	10 570	3 850
60/50×400/100	60	50	400	100	40	600	754	5~7	19 830	15 460	10 160	3 700
60/50×500/100	60	50	500	100	40	700	942	7~10	24 800	19 310	12 690	4 630
60/50×600/100	60	50	600	100	40	800	1 131	9~12	29 700	23 200	15 230	5 550
70/60×500/100	70	60	500	100	45	700	1 100	7~10	28 900	22 600	14 820	5 400
70/60×600/100	70	60	600	100	45	800	1 319	8~11	34 700	27 000	17 770	6 480

续 表

规格 $D/d \times l/m$	各部尺寸(mm)							1 400 ℃时 电阻 (Ω)	炉温(表面负荷) 下许用负荷 (元件温度 1 450℃)(W)			
	直径		螺纹 带 长度 l	冷 端 长度	喷 铝 长度	全 长	发热 部表 面积 (cm^2)		1 100℃	1 200℃	1 300℃	1 400℃
	D	d							(26.3)	(20.5)	(13.4)	(4.41)
70/60×700/100	70	60	700	100	45	900	1 539	9~12	40 500	31 500	20 700	7 560
80/70×600/100	80	70	600	100	50	800	1 508	7~10	39 700	30 900	20 300	7 400
80/70×700/100	80	70	700	100	50	900	1 759	8~11	46 300	36 100	23 700	8 640
80/70×800/100	80	70	800	100	50	1 000	2 010	9~12	52 900	41 200	27 100	9 870
90/80×600/100	90	80	600	100	55	800	1 696	7~10	44 600	34 800	22 800	8 330
90/80×700/100	90	80	700	100	55	900	1 979	8~11	52 000	40 600	26 700	9 720
90/80×800/100	90	80	800	100	55	1 000	2 260	9~12	59 400	46 300	30 400	11 100
100/90×600/100	100	90	600	100	60	800	1 885	7~10	49 600	38 600	25 400	9 260
100/90×700/100	100	90	700	100	60	900	2 200	8~11	57 900	45 100	29 600	10 800
100/90×800/100	100	90	800	100	60	1 000	2 510	9~11	66 000	51 500	33 800	12 320

四、硅碳元件的选用估算

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_2 算出每根碳化硅棒的功率

$$P = \frac{P_2}{N}$$

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

$$d = \frac{P \times 10^2}{P_{\text{bm}} n l} \text{ (mm)}$$

式中 P_{bm} ——碳化硅棒的单位表面功率(W/cm^2);

- d ——碳化硅棒直径(mm)；
 l ——工作段长度(mm)；
 P ——每根碳化硅棒的功率(W)。

$$U = \sqrt{PR} \text{ (V)}$$

$$R = \frac{\rho_d}{\pi d^2 / 4} \text{ (\Omega)}$$

式中 ρ_d ——碳化硅棒工作温度下的电阻率($\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$)；
 P ——每根碳化硅棒的功率(W)。

五、硅碳电热元件的表面负荷值

电热元件的作用是把电能转变为热能,通过传导、对流及辐射,向炉内散发。其散发能力一般用单位表面负荷表示,简称表面负荷,即元件表面每平方厘米的瓦数(W/cm^2)。

碳化硅元件的表面负荷 P_{bm} 可用以下经验公式算出:

$$P_{\text{bm}} = 5 \left[\left(\frac{T_1}{1000} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{1000} \right)^4 \right] \text{ (W/cm}^2\text{)}$$

式中 T_1 ——电热元件的绝对温度(K)；
 T_2 ——炉内绝对温度。

一般把所需炉温加上 $50^\circ\text{C} \sim 100^\circ\text{C}$ 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 11-16 或图 11-4 中查出。

表 11-16 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 ($^\circ\text{C}$)	炉 温 ($^\circ\text{C}$)												
	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										

续 表

元件 温度 (°C)	炉 温 (°C)												
	1 000	1 050	1 100	1 150	1 200	1 250	1 300	1 350	1 400	1 450	1 500	1 550	1 600
1 200	10.41	8.23	5.78	3.04									
1 250	13.77	11.60	9.15	6.41	3.37								
1 300	17.47	15.29	12.84	10.10	7.06	3.70							
1 350	21.6	19.38	16.93	14.19	11.15	7.78	4.09						
1 400	26.0	23.9	21.4	18.67	15.63	12.26	8.57	4.48					
1 450	30.9	28.8	26.3	23.6	20.5	17.17	13.47	9.39	4.91				
1 500	36.3	34.1	31.7	28.9	25.9	22.5	18.82	14.73	10.26	5.35			
1 550	42.1	39.9	37.5	34.7	31.7	28.3	24.6	20.5	16.05	11.15	5.80		
1 600	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。

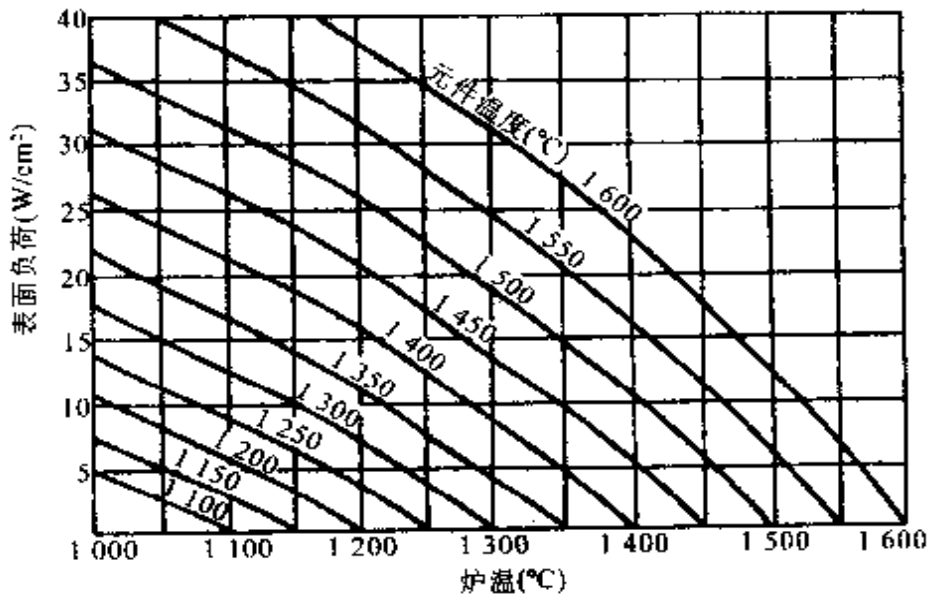


图 11-4 表面负荷对元件温度和炉内温度的关系曲线

六、硅碳元件使用注意事项

① 硅碳元件在长期使用过程中,由于材料的氧化,其电阻值

逐渐增大,因此在使用过程中须配用调压器调节供电电压以保持设备所需功率。

设定容许硅碳元件使用过程中电阻可能因老化而增至初始电阻的 4 倍,根据 $U=\sqrt{PR}$ 计算,则调压器的调节范围上限应为起始使用电压的 2 倍。

② 硅碳棒的接线方式可采用并联、串联、三角形或星形以及其他形式的接线方式,但并联优于串联,负荷易平衡。应尽量避免串联支数过多的接法,因串联支数过多容易产生老化速度不一,炉内温度不匀的弊病,常规使用方法是先串联,老化后(电阻增大)再改为并联或其他接线方式。

第四节 硅钼棒电热元件

硅钼棒电热元件是由二硅化钼粉用粉末冶金方法经挤压成形,高温烧结而成。根据其外形可分为“U”形棒和直形棒两种。棒的两端较粗的是冷端,端头喷铝为连接部分,以安装导电接线夹;棒的中间较细为热端,是发热部分。冷端一端头磨成锥形后与热端采用氩弧焊焊成一体。

硅钼棒的尺寸如图 11-5 所示。

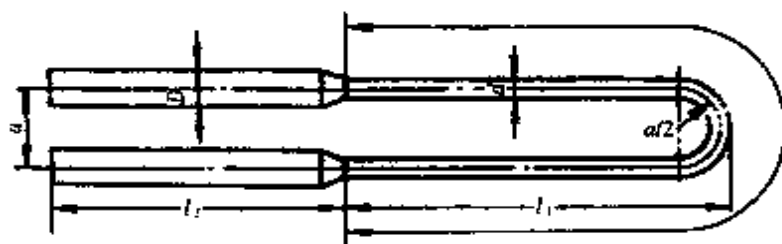


图 11-5 硅钼棒尺寸

发热体总长:

$$l = 2 \left(l_1 - \frac{a}{2} - \frac{d}{2} \right) + \frac{1}{2} \pi a \text{ (mm)}$$

图中 d 、 D 与 a 的规格范围如表 11-17 所示。

表 11-17 d 、 D 与 a 的规格范围

产品规格	l (mm)	a (mm)	D (mm)	d (mm)
φ6/13	≤300	40,50	13	6
	>300	50		
φ9/18	≤300	40,50,60	18	9
	>300	50,60		

一、硅钼棒的表面负荷

图 11-6 为硅钼棒的表面负荷及元件温度与炉内温度的关系曲线。图中大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。

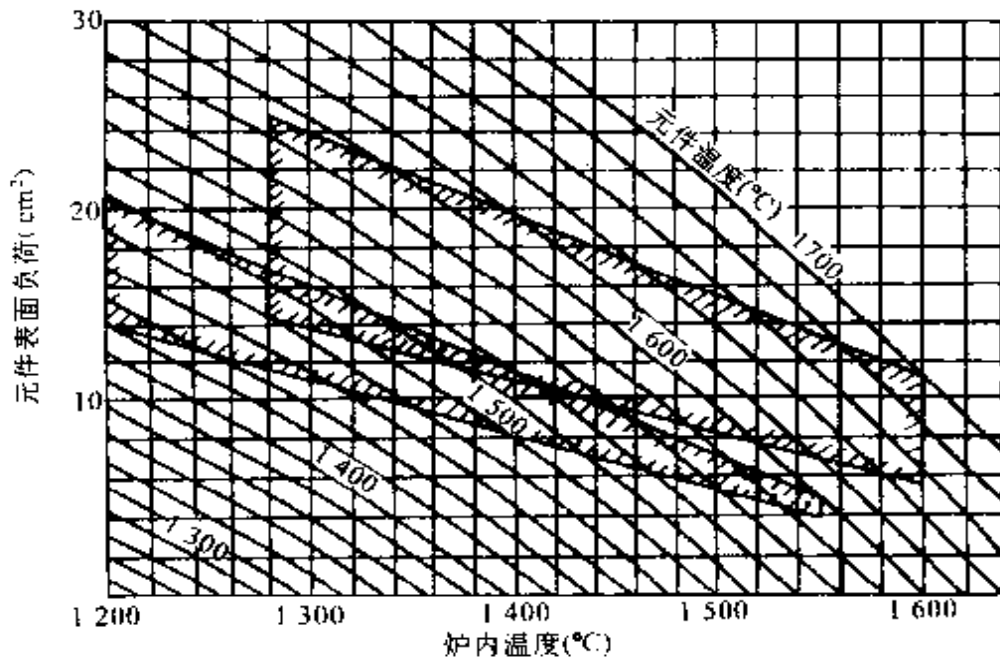


图 11-6 硅钼棒元件表面负荷、元件温度与炉内温度之间关系曲线

表 11-18 $\phi 6/13$ 毫米 ($a=50\text{mm}$) 硅钼棒规格 (电流 130A)

		150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	
l_2	l_1																			
	l_2	323	423	523	623	723	823	923	1023	1123	1223	1323	1423	1523	1623	1723	1823	1923	2023	
	r	0.0434	0.0569	0.0703	0.0837	0.0972	0.1100	0.1241	0.1375	0.1509	0.1644	0.1778	0.1913	0.2047	0.2181	0.2316	0.2450	0.2585	0.2719	
	U_R	5.6	7.4	9.1	10.9	12.6	14.4	16.1	17.9	19.6	21.4	23.1	24.9	26.6	28.4	30.1	31.8	33.6	35.3	
	P_R	734	961	1188	1415	1642	1869	2096	2323	2550	2777	3005	3232	3459	3686	3913	4140	4367	4594	
150	r	0.0472	0.0607	0.0741	0.0875	0.1010	0.1144	0.1279												
	U_1	6.1	7.9	9.6	11.4	13.1	14.9	16.6												
	P_1	799	1026	1253	1480	1707	1934	2161												
200	r	0.0485	0.0620	0.0754	0.0888	0.1023	0.1157	0.1292	0.1426	0.1560	0.1695	0.1829	0.1964							
	U_1	6.3	8.1	9.8	11.6	13.3	15.1	16.8	18.6	20.3	22.1	23.8	25.6							
	P_1	821	1048	1275	1502	1729	1956	2183	2410	2637	2864	3092	3319							
250	r	0.0498	0.0633	0.0767	0.0901	0.1036	0.1170	0.1305	0.1439	0.1573	0.1708	0.1842	0.1977	0.2111	0.2245	0.2380	0.2514	0.2649	0.2783	
	U_1	6.4	8.2	9.9	11.7	13.4	15.2	16.9	18.7	20.4	22.2	23.9	25.7	27.4	29.2	30.9	32.6	34.4	36.1	
	P_1	842	1069	1296	1523	1750	1977	2204	2431	2658	2885	3113	3340	3567	3794	4021	4248	4475	4702	
300	r	0.0511	0.0646	0.0780	0.0914	0.1049	0.1183	0.1318	0.1452	0.1586	0.1721	0.1855	0.1990	0.2124	0.2258	0.2393	0.2527	0.2662	0.2796	
	U_1	6.6	8.4	10.1	11.9	13.6	15.4	17.1	18.9	20.6	22.4	24.1	25.9	27.6	29.4	31.1	32.8	34.6	36.3	
	P_1	864	1091	1318	1545	1772	1999	2226	2453	2680	2907	3135	3362	3589	3816	4043	4270	4497	4724	
350	r	0.0524	0.0659	0.0793	0.0927	0.1062	0.1196	0.1331	0.1465	0.1599	0.1734	0.1868	0.2003	0.2137	0.2271	0.2406	0.2540	0.2675	0.2809	
	U_1	6.8	8.6	10.3	12.1	13.8	15.6	17.3	19.1	20.8	22.6	24.3	26.1	27.8	29.6	31.3	33.0	34.8	36.5	
	P_1	886	1113	1340	1567	1794	2021	2248	2475	2702	2929	3157	3384	3611	3838	4065	4292	4519	4746	

续 表

	l_1	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
l_2	l_2	323	423	523	623	723	823	923	1023	1123	1223	1323	1423	1523	1623	1723	1823	1923	2023
	r	0.0434	0.0569	0.0703	0.0837	0.0972	0.1109	0.1241	0.1375	0.1509	0.1544	0.1778	0.1913	0.2047	0.2181	0.2315	0.2450	0.2585	0.2719
	U	5.6	7.4	9.1	10.9	12.6	14.4	16.1	17.9	19.6	21.4	23.1	24.9	26.6	28.4	30.1	31.8	33.6	35.3
	P	734	961	1188	1415	1642	1869	2096	2323	2550	2777	3005	3232	3459	3686	3913	4140	4367	4594
400	r	0.05360	0.06710	0.08050	0.09390	0.10740	0.12080	0.13430	0.14770	0.16110	0.17460	0.18800	0.20150	0.21490	0.22830	0.24180	0.25520	0.26870	0.28210
	U	6.9	8.7	10.4	12.2	13.9	15.7	17.4	19.2	20.9	22.7	24.4	26.2	27.9	29.7	31.4	33.1	34.9	36.6
	P	907	1134	1361	1588	1815	2042	2269	2496	2723	2950	3178	3405	3632	3859	4086	4313	4540	4767
450	r	0.06840	0.08180	0.09520	0.10870	0.12210	0.13550	0.14900	0.16240	0.17590	0.18930	0.20280	0.21620	0.22960	0.24310	0.25650	0.27000	0.28340	
	U	8.9	10.6	12.4	14.1	15.9	17.6	19.4	21.1	22.9	24.6	26.4	28.1	29.9	31.6	33.3	35.1	36.8	
	P	1156	1383	1610	1837	2064	2291	2518	2745	2972	3200	3427	3654	3881	4108	4335	4562	4789	
500	r	0.06970	0.08310	0.09650	0.11000	0.12340	0.13690	0.15030	0.16370	0.17720	0.19060	0.20410	0.21750	0.23090	0.24440	0.25780	0.27130	0.28470	
	U	9.1	10.8	12.6	14.3	16.1	17.8	19.6	21.3	23.1	24.8	26.6	28.3	30.1	31.8	33.5	35.3	37.0	
	P	1178	1405	1632	1859	2086	2313	2540	2767	2994	3222	3449	3676	3903	4130	4357	4584	4811	
550	r	0.08440	0.09780	0.11130	0.12470	0.13820	0.15160	0.16500	0.17850	0.19190	0.20540	0.21880	0.23220	0.24570	0.25910	0.27260	0.28600		
	U	10.9	12.7	14.4	16.2	17.9	19.7	21.4	23.2	24.9	26.7	28.4	30.2	31.9	33.6	35.4	37.1		
	P	1426	1653	1880	2107	2334	2561	2788	3015	3243	3470	3697	3924	4151	4378	4605	4832		
600	r	0.08570	0.09910	0.11260	0.12600	0.13950	0.15290	0.16630	0.17980	0.19320	0.20670	0.22010	0.23350	0.24700	0.26040	0.27390	0.28730		
	U	11.1	12.9	14.6	16.4	18.1	19.9	21.6	23.4	25.1	26.9	28.6	30.4	32.1	33.8	35.6	37.3		
	P	1448	1675	1902	2129	2356	2583	2810	3037	3265	3492	3719	3946	4173	4400	4627	4854		

续 表

l_2	l_1	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	
		l_2	323	423	523	623	723	823	923	1023	1123	1223	1323	1423	1523	1623	1723	1823	1923	2023
l_2	r_R	0.0434	0.0569	0.0703	0.0837	0.0972	0.1100	0.1241	0.1375	0.1509	0.1644	0.1778	0.1913	0.2047	0.2181	0.2316	0.2450	0.2585	0.2719	
	U_R	5.6	7.4	9.1	10.9	12.6	14.4	16.1	17.9	19.6	21.4	23.1	24.9	26.6	28.4	30.1	31.8	33.6	35.3	
	P_R	734	961	1188	1415	1642	1869	2096	2323	2550	2777	3005	3232	3459	3686	3913	4140	4367	4594	
650	r	0.1004																		
	U	13.1	14.8	16.6	18.3	20.1	21.8	23.6	25.3	27.1	28.8	30.6	32.3	34.0	35.8	37.5				
	P	1696	1923	2150	2377	2604	2831	3058	3286	3513	3740	3967	4194	4421	4648	4875				
700	r	0.1016																		
	U	13.2	14.9	16.7	18.4	20.2	21.9	23.7	25.4	27.2	28.9	30.7	32.4	34.1	35.9	37.6				
	P	1718	1945	2172	2399	2626	2853	3080	3308	3535	3762	3989	4216	4443	4670	4897				
750	r	0.1298																		
	U	15.9	18.6	20.4	22.1	23.9	25.6	27.4	29.1	30.9	32.6	34.3	36.1	37.8						
	P	2194	2421	2648	2875	3102	3330	3557	3784	4011	4238	4465	4692	4919						
800	r	0.1311																		
	U	17.1	18.8	20.6	22.3	24.1	25.8	27.6	29.3	31.1	32.8	34.5	36.3	38.0						
	P	2215	2442	2669	2896	3123	3351	3578	3805	4032	4259	4486	4713	4940						

注:表中尺寸单位均为 mm,电阻、电压和功率单位分别为 Ω 、V 和 W;炉内温度 1500°C。表面负荷 12W/cm²,元件热端温度 1625°C,冷端平均温度 800°C。

表 11-19 $\varnothing 9/18$ 毫米 ($a=60\text{mm}$) 硅铝棒规格 (电流 238A)

l_1		150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	
l		325	425	525	625	725	825	925	1025	1125	1225	1325	1425	1525	1625	1725	1825	1925	2025	
l_2	r	0.01940	0.02540	0.03140	0.03730	0.04330	0.04930	0.05530	0.06120	0.06720	0.07320	0.07910	0.08510	0.09110	0.09710	0.10300	0.10900	0.11500	0.12100	
	U_R	4.6	6.0	7.5	8.9	10.3	11.7	13.2	14.6	16.0	17.4	18.8	20.3	21.7	23.1	24.5	26.0	27.4	28.8	
	P_R	1099	1438	1776	2114	2453	2791	3129	3468	3806	4144	4482	4821	5159	5497	5836	6174	6512	6851	
r		0.02140	0.02740	0.03340	0.03930	0.04530	0.05130	0.05730	0.0632											
U_L		5.1	6.5	8.0	9.4	10.8	12.2	13.7	15.1											
P_L		1213	1552	1890	2228	2567	2905	3243	3582											
r		0.02210	0.02810	0.03410	0.04000	0.04600	0.05200	0.05800	0.0639											
U_L		5.2	6.6	8.1	9.5	10.9	12.3	13.8	15.2											
P_L		1250	1589	1927	2265	2604	2942	3280	3619											
r		0.02270	0.02870	0.03470	0.04000	0.04600	0.05200	0.05800	0.06450	0.07050	0.07650	0.08240	0.08840	0.09440	0.1004					
U_L		5.4	6.8	8.3	9.7	11.1	12.5	14.0	15.4	16.8	18.2	19.6	21.1	22.5	23.9					
P_L		1288	1627	1965	2303	2642	2980	3318	3657	3995	4333	4671	5010	5348	5686					
r		0.02340	0.02940	0.03540	0.04130	0.04730	0.05330	0.05930	0.06520	0.07120	0.07720	0.08310	0.08910	0.09510	0.10110	0.10700	0.11300	0.11900	0.1250	
U_L		5.6	7.0	8.5	9.9	11.3	12.7	14.2	15.6	17.0	18.4	19.8	21.3	22.7	24.1	25.5	27.0	28.4	29.8	
P_L		1326	1665	2003	2341	2680	3018	3356	3695	4033	4371	4709	5048	5386	5724	6063	6401	6739	7078	
r		0.03010	0.03610	0.04200	0.04800	0.05400	0.06000	0.06590	0.07190	0.07790	0.08380	0.08980	0.09580	0.10180	0.10780	0.11370	0.11970	0.1257		
U_L		7.1	8.6	10.0	11.4	12.8	14.3	15.7	17.1	18.5	19.9	21.4	22.8	24.2	25.6	27.1	28.5	29.9		
P_L		1703	2041	2379	2718	3056	3394	3733	4071	4409	4747	5086	5424	5762	6101	6439	6777	7116		

续表

l_2	l_1	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	
	l	325	425	525	625	725	825	925	1025	1125	1225	1325	1425	1525	1625	1725	1825	1925	2025
400	r	0.0194	0.0254	0.0314	0.0373	0.0433	0.0493	0.0553	0.0612	0.0672	0.0732	0.0791	0.0851	0.0911	0.0971	0.1030	0.1090	0.1150	0.1210
	U_L	4.6	6.0	7.5	8.9	10.3	11.7	13.2	14.6	16.0	17.4	18.8	20.3	21.7	23.1	24.5	26.0	27.4	28.8
	P_L	1099	1438	1776	2114	2453	2791	3129	3468	3806	4144	4482	4821	5159	5497	5836	6174	6512	6851
450	r	0.0307	0.0367	0.0426	0.0486	0.0546	0.0606	0.0665	0.0725	0.0785	0.0844	0.0904	0.0964	0.1024	0.1084	0.1143	0.1203	0.1263	
	U_L	7.3	8.8	10.2	11.6	13.0	14.5	15.9	17.3	18.7	20.1	21.6	23.0	24.4	25.8	27.3	28.7	30.1	
	P_L	1741	2079	2417	2756	3094	3432	3771	4109	4447	4785	5124	5462	5800	6139	6477	6815	7154	
500	r	0.0374	0.0433	0.0493	0.0553	0.0613	0.0672	0.0732	0.0792	0.0851	0.0911	0.0971	0.1031	0.1091	0.1151	0.1211	0.1271		
	U_L	8.9	10.3	11.7	13.1	14.6	16.0	17.4	18.8	20.2	21.7	23.1	24.5	25.9	27.4	28.8	30.2		
	P_L	2117	2455	2794	3132	3470	3809	4147	4485	4823	5162	5500	5838	6177	6515	6853	7193		
550	r	0.0381	0.0440	0.0500	0.0560	0.0620	0.0679	0.0739	0.0799	0.0858	0.0918	0.0978	0.1038	0.1097	0.1157	0.1217	0.1277		
	U_L	9.1	10.5	11.9	13.3	14.8	16.2	17.6	19.0	20.4	21.9	23.3	24.7	26.1	27.6	29.0	30.4		
	P_L	2154	2492	2831	3169	3507	3846	4184	4522	4860	5199	5537	5875	6214	6552	6890	7229		
550	r	0.0440	0.0500	0.0560	0.0620	0.0680	0.0740	0.0800	0.0860	0.0920	0.0980	0.1040	0.1100	0.1160	0.1220	0.1280			
	U_L	10.6	12.0	13.4	14.9	16.3	17.7	19.1	20.5	22.0	23.4	24.8	26.2	27.7	29.1	30.5			
	P_L	2530	2869	3207	3545	3884	4222	4560	4898	5237	5575	5913	6252	6590	6928	7267			
600	r	0.0453	0.0513	0.0573	0.0633	0.0692	0.0752	0.0812	0.0871	0.0931	0.0991	0.1051	0.1111	0.1171	0.1231	0.1291			
	U_L	10.8	12.2	13.6	15.1	16.5	17.9	19.3	20.7	22.2	23.6	25.0	26.4	27.9	29.3	30.7			
	P_L	2568	2907	3245	3583	3922	4260	4598	4936	5275	5613	5951	6290	6628	6966	7305			

续 表

l_2		150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	
	l	325	425	525	625	725	825	925	1025	1125	1225	1325	1425	1525	1625	1725	1825	1925	2025	
l_2	r_R	0.0194	0.0254	0.0314	0.0373	0.0433	0.0493	0.0553	0.0612	0.0672	0.0732	0.0791	0.0851	0.0911	0.0971	0.1030	0.1090	0.1150	0.1210	
	U_R	4.6	6.0	7.5	8.9	10.3	11.7	13.2	14.6	16.0	17.4	18.8	20.3	21.7	23.1	24.5	26.0	27.4	28.8	
	P_R	1099	1438	1776	2114	2453	2791	3129	3468	3806	4144	4482	4821	5159	5497	5836	6174	6512	6851	
650	r	0.0460																		
	U_L	11.0	12.4	13.8	15.3	16.7	18.1	19.5	20.9	22.4	23.8	25.2	26.6	28.1	29.5	30.9				
	P_L	2806	2945	3283	3621	3960	4298	4636	4974	5313	5651	5989	6328	6666	7004	7343				
700	r	0.0467																		
	U_L	11.1	12.5	13.9	15.4	16.8	18.2	19.6	21.0	22.5	23.9	25.3	26.7	28.2	29.6	31.0				
	P_L	2644	2983	3321	3659	3998	4336	4674	5012	5351	5689	6027	6366	6704	7042	7381				
750	r	0.0473																		
	U_L	11.3	12.7	14.1	15.6	17.0	18.4	19.8	21.2	22.7	24.1	25.5	26.9	28.4	29.8	31.2				
	P_L	2682	3021	3359	3697	4036	4374	4712	5050	5389	5727	6065	6404	6742	7080	7419				
800	r	0.0480																		
	U_L	11.4	12.8	14.2	15.7	17.1	18.5	19.9	21.3	22.8	24.2	25.5	27.0	28.5	29.9	31.3				
	P_L	2719	3058	3396	3734	4073	4411	4749	5087	5426	5764	6102	6441	6779	7117	7456				

注：同表 11-18。

表 11-18 和表 11-19 分别列出了 $\phi 6/13\text{mm}$ ($a=50\text{mm}$) 和 $\phi 9/18\text{mm}$ ($a=60\text{mm}$) 两种类型中各种长度、规格在操作点 O (图 11-6 中炉温 $t_1=1500^\circ\text{C}$, 表面负荷 $P_{\text{bm}}=12\text{W}/\text{cm}^2$, 元件温度 $t_2=1625^\circ\text{C}$) 时, 每支元件的电流 I 、电阻 r 、电压 U 和功率 P 值。

二、硅钼棒选用的估算

计算每支元件的热端功率 P

$$P = I^2 \rho_t \frac{4l_2}{1000\pi d^2} = \frac{P_{\text{bn}} \pi d l}{100}$$

式中 ρ_t 为发热端在 1650°C 时电阻率, 可查得 $P_{20^\circ\text{C}} = 0.25 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$, $C_t = 15.19$, 得

$$\rho_t = C_t P_{20^\circ\text{C}} = 15.19 \times 0.25 = 3.8 (\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m})$$

硅钼棒的热端、冷端及每支元件的参数计算公式见表 11-20。

表 11-20 硅钼棒的热端、冷端及每支元件的参数计算公式

电 阻	热端 $r_R = 3.8 \frac{4l}{1000\pi a^2}$	冷端 $r_L = 1.7 \frac{2 \times 4l}{1000\pi D^2}$	每支 $r = r_R + r_L$
电 压	热端 $U_R = I r_R$	冷端 $U_L = I r_L$	每支 $U = U_R + U_L$
功 率	热端 $P_R = U_R I$	冷端 $P_L = U_L I$	每支 $P = P_R + P_L$

将 $d=6\text{mm}$ 和 9mm 代入下式

$$I = \frac{\pi}{2\sqrt{10}} \sqrt{\frac{d^3 \rho_{\text{bm}}}{\rho_t}}$$

可分别得出: $I=130\text{A}$ 和 238A 。

假定元件的冷端平均温度为 800°C , 可查出 $C_t = 6.8$, 故冷端的电阻率

$$\rho_L = C_1 \rho_{20^\circ\text{C}} = 6.8 \times 0.25 = 1.7 (\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m})$$

用表 11-20 中公式可以算出每支元件的 r 、 U 和 P 值。

根据电炉的实际尺寸,从表 11-18 或表 11-19 选定一种合适的规格,并把所需电炉总功率 P_2 除以选定规格的每支功率 P ,算出元件支数 Z (在三相电路中,须把 Z 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。

三、硅钼棒使用注意事项

① 硅钼棒加热元件用于电炉时,其安装方法有垂直吊挂和水平安装两种。在一般情况下,硅钼棒元件用于电炉中时多为垂直吊挂。当需要水平安装时,电炉连续使用最高工作温度不得超过 1550°C 。

② 当元件在 $400 \sim 800^\circ\text{C}$ 温度范围内长期使用时,会破坏元件表面的石英玻璃层而使元件发生低温氧化,因而不能在此温度长期使用。

第五节 管状电热元件

管状电热元件又称电热管,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 11-7 所示。管状电热元件的选用如表 11-21 所示。

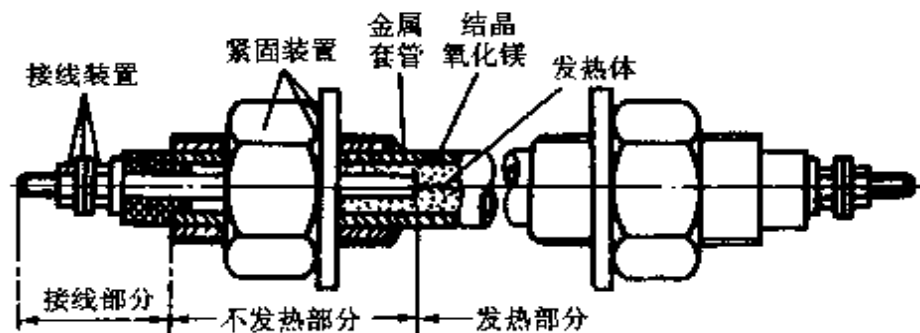


图 11-7 管状电热元件结构示意图

表 11-21 管状电热元件的选用

型号	加热介质	管子材料	表面负荷 (W/cm ²)	工作温度 (°C)	每支元件 的功率(kW)	
					220V	380V
JGQ	非流动空气	#10 钢 1Cr18Ni9Ti	1.2~1.8 1.2~3.0	300 500 (管子温 度 800°C)	0.5~1.5	2~3
	流动空气 (风速>6m/s)	#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	36V 0.2~1.5 55V 0.2~0.3 110V 0.4~0.5 220V 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		

各种型号的管状电热元件的技术数据见表 11-22~表 11-30。

表 11-22 JGQ 型管状电热元件的技术数据

型 号	电 压 (V)	功 率 (kW)	外形尺寸(mm)			每支重量 (kg)
			总长 A	B	C	
JGQ1-220/0.5	220	0.5	490	330	—	1.25
JGQ1-220/0.75	220	0.75	690	530	—	1.60
JGQ2-220/1.0	220	1.0	490	330	200	1.83
JGQ2-220/1.5	220	1.5	690	530	400	2.62
JGQ3-380/2.0	380	2.0	590	430	300	3.43
JGQ3-380/2.5	380	2.5	690	530	400	4.00
JGQ3-380/3.0	380	3.0	790	630	500	4.50
JGQ4-220/0.8	220	0.8	800	128	53	1.20
JGQ4-220/1.0	220	1.0	1 000	128	53	1.42
JGQ4-220/1.2	220	1.2	1 200	128	53	1.65
JGQ4-220/1.4	220	1.4	1 400	128	53	1.87
JGQ5-220/0.7	220	0.7	860	660	100	0.97
JGQ5-220/0.8	220	0.8	1 260	860	200	0.40
JGQ5-220/0.9	220	0.9	1 560	960	300	1.72
JGQ5-220/1.1	220	1.1	1 860	1 160	350	2.04
JGQ5-220/1.2	220	1.2	2 060	1 260	400	2.26
JGQ5-220/1.3	220	1.3	2 260	1 260	500	2.48
JGQ5-220/1.5	220	1.5	2 560	1 560	500	2.80
JGQ6-36/0.25	36	0.25	260	120	70	—
JGQ6-55/0.25	55	0.25	260	120	70	—
JGQ6-55/0.3	55	0.3	340	200	70	—
JGQ6-110/0.4	110	0.4	390	250	70	—
JGQ6-110/0.5	110	0.5	440	300	70	—
JGQ6-220/0.6	220	0.6	660	500	70	—

表 11-23 JGY 型管状电热元件的技术数据

型 号	功 率 (kW)	电 压 (V)	总长 A (mm)	B 浸入油中长度 (mm)	每支重量 (kg)
JGY2-220/1	1	220	307	230	1.45
JGY2-220/2	2	220	507	430	1.90
JGY2-220/3	3	220	707	630	2.35
JGY2-220/4	4	220	922	845	2.83
JGY4-220/5	5	220	697	620	2.45
JGY4-220/6	6	220	807	730	2.70
JGY4-220/8	8	220	1 007	930	3.05
JGY3-220/1	1	220	625	595	0.77
JGY3-220/2	2	220	825	795	1.01
JGY3-220/3	3	220	925	895	1.13
JGY3-220/4	4	220	1 125	1 095	1.37

表 11-24 JGS1 型管状电热元件的技术数据

型 号	电 压 (V)	功 率 (kW)	外形尺寸(mm)				每支重量 (kg)
			总长 A	B 最低液面	C	每根引 出棒长	
JGS1-380/1	380	1	440	360	340	230	2.00
JGS1-380/2	380	2	480	400	380	230	2.15
JGS1-380/3	380	3	580	500	480	230	2.53
JGS1-380/4	380	4	675	575	490	255	2.80
JGS1-380/5	380	5	775	675	540	255	3.08
JGS1-380/6	380	6	870	770	560	255	3.33
JGS1-380/7	380	7	875	755	660	275	3.50

表 11-25 JGS2 型管状电热元件的技术数据

型 号	电 压 (V)	功 率 (kW)	外形尺寸(mm)			每支 重量 (kg)
			总长 A	B 浸入水中尺寸	C	
JGS2-220/1	220	1	330	275	—	0.50
JGS2-220/2	220	2	480	425	—	0.67
JGS2-220/3	220	3	390	335	250	0.83
JGS2-220/4	220	4	515	460	375	1.13
JGS2-220/5	220	5	640	585	500	1.43

表 11-26 JGS3 型管状电热元件的技术数据

型 号	电 压 (V)	功 率 (kW)	外形尺寸(mm)				每支 重量 (kg)
			总长 A	B 浸入水 中尺寸	∅D	引出棒长	
JGS3-220/0.5	220	0.5	145	100	60	60	0.40
JGS3-220/1	220	1	175	130	60	70	0.48
JGS3-220/1.5	220	1.5	200	155	60	70	0.65
JGS3-220/2	220	2	250	205	60	125	0.70
JGS3-220/2.5	220	2.5	120	75	80	90	0.55

表 11-27 JGS4 型管状电热元件的技术数据

型 号	电 压 (V)	功 率 (kW)	外形尺寸(mm)						每支 重量 (kg)
			A	B	C	引出棒	∅	H	
JGS4-220/1	220	1	435	405	380	200	12	50	0.50
JGS4-220/2	220	2	585	555	530	200	12	50	0.73
JGS4-220/3	220	3	785	755	730	200	12	50	0.98
JGS4-380/4	380	4	700	670	625	225	16	80	1.60
JGS4-380/5	380	5	850	820	775	225	16	80	1.93
JGS4-380/6	380	6	1075	1045	1000	250	16	80	2.41
JGS4-380/7	380	7	1225	1195	1150	250	16	80	2.73

表 11-28 JGX1、JGJ1 型管状电热元件的技术数据

型 号	电 压 (V)	功 率 (KW)	外形尺寸(mm)				每支 重量 (kg)
			A	B 最低液面	每根引 出棒长度	总 长	
JGX1-380/2	380	2	800	550	635	2 315	4.0
JGX1-380/3	380	3	1 080	830	635	2 875	4.9
JGX1-380/4	380	4	1 380	1 130	635	3 475	6.0
JGX1-380/5	380	5	1 800	1 450	735	4 315	7.5
JGX1-380/6	380	6	2 100	1 750	735	4 915	8.7
JGX1-380/7	380	7	2 500	2 150	735	5 710	9.7
JGJ1-380/2	380	2	800	550	635	2 315	3.7
JGJ1-380/3	380	3	1 080	830	635	2 875	4.5
JGJ1-380/4	380	4	1 380	1 130	635	3 475	5.4
JGJ1-380/5	380	5	1 800	1 450	735	4 315	6.8
JGJ1-380/6	380	6	2 100	1 750	735	4 915	7.6
JGJ1-380/7	380	7	2 500	2 150	735	5 710	9.0

表 11-29 JGX2、JGJ2 型管状电热元件的技术数据

型 号	电 压 (V)	功 率 (KW)	外形尺寸(mm)				每支 重量 (kg)
			A	B 最低液面	每根引出 棒长度	总 长	
JGX2-380/2	380	2	540	430	260	2 315	3.7
JGX2-380/3	380	3	680	570	400	2 875	4.7
JGX2-380/4	380	4	850	650	530	3 475	5.4
JGX3-380/5	380	5	770	570	460	4 315	7.2
JGX3-380/6	380	6	870	670	560	4 915	8.0
JGX3-380/7	380	7	1020	820	685	5 710	9.0
JGJ2-380/2	380	2	540	430	260	2 315	3.5
JGJ2-380/3	380	3	680	570	400	2 875	4.4
JGJ2-380/4	380	4	850	650	530	3 475	5.1
JGJ3-380/5	380	5	770	570	460	4 315	7.0
JGJ3-380/6	380	6	870	670	560	4 915	7.8
JGJ3-380/7	380	7	1 020	820	685	5 710	8.7

表 11-30 JGM3 型管状电热元件的技术数据

型 号	总长 L (mm)	发热长 L_1 (mm)	电 压 (V)	功 率 (kW)	重 量 (kg)
JGM3-220/0.3	150±10	80	220	0.3	0.25
JGM3-220/0.5	200±10	130	220	0.5	0.29
JGM3-220/0.8	300±10	230	220	0.8	0.44
JGM3-220/1.0	350±10	280	220	1.0	0.49
JGM3-220/1.2	450±10	380	220	1.2	0.67
JGM3-220/1.5	550±20	180	220	1.5	0.83
JGM3-220/1.8	650±20	580	220	1.8	0.97
JGM3-220/2.2	750±20	680	220	2.2	1.16
JGM3-220/2.6	850±20	780	220	2.6	1.25
JGM3-220/3.0	1 000±20	930	220	3.0	1.53
JGM3-220/3.2	1 100±20	1 030	220	3.2	1.56

一、JGW 型远红外电热管

JGW 型远红外电热管的外形见图 11-8, 规格及外形尺寸见表 11-31。

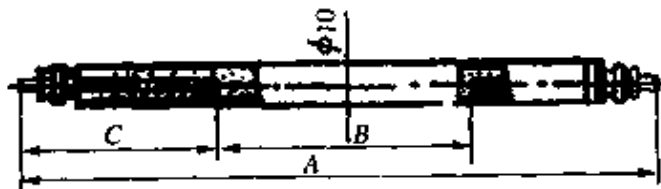


图 11-8 JGW 型电热管的外形

表 11-31 JGW 型电热管的规格及外形尺寸

型 号	电 压 (V)	功 率 (kW)	外形及安装尺寸(mm)			重 量 (kg)
			A	B	C	
JGW1-220/0.5	220	0.5	860	660	100	0.89
JGW1-220/0.65		0.65	1 260	860	200	1.32
JGW1-220/0.75		0.75	1 560	960	300	1.64
JGW1-220/0.9		0.9	1 860	1 160	350	1.96
JGW1-220/1.0		1.0	2 060	1 260	400	2.18

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。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。

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见表 11-4。

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 11-9 所示。

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、



图 11-9 电热板外形

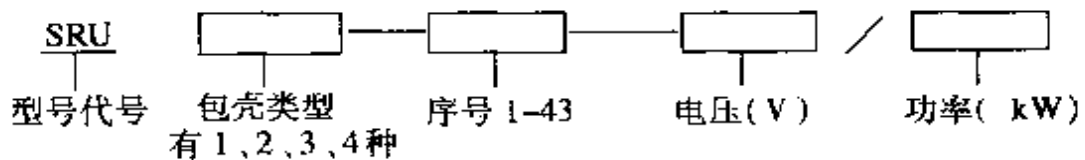
烘箱中用来干燥木纤维、烘漆等；可作为红外线发生器；可熔铅、熔锡、熔蜡等；还可以作为实验室加热器和食品工业中烘面包、饼干等用。电热板的规格及外形尺寸见表 11-32。

表 11-32 电热板的规格及外形尺寸

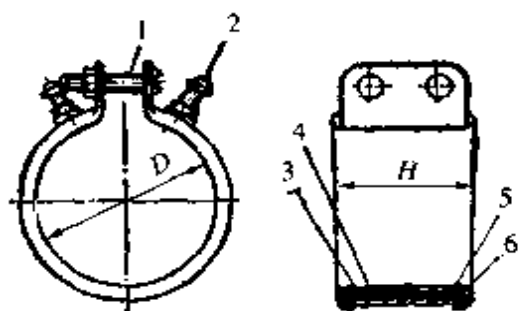
尺寸(mm)	150×300×12				
电压(V)	220				
功率(W)	200	400	600	800	1 000

第六节 电 热 圈

电热圈用于塑料机械、挤出机及管道加热,外壳为金属板材,发热材料为镍铬或铁铬铝电热合金材料,用云母片做绝缘骨架。有圆形、半圆形、弧形、平面及异形等多种。其中的一种电热圈型号组成如下:



电热圈的外形见图 11-10,规格及技术参数见表 11-33 和表 11-34。



1. 紧固螺钉 2. 接线螺钉 3. 外层金属包壳
4. 电热丝 5. 云母片 6. 内层金属包壳

图 11 - 10 电热圈的结构图

表 11 - 33 单包壳电热圈的规格及技术参数

型 号	内 径 D (mm)	高 度 H (mm)	最大功率 P (W)
SRU1.2-1	42	30	120
SRU1.2-2	45	30	130
SRU1.2-3	50	30	150
SRU1.2-4	53	30	160
SRU1.2-5	53	40	200
SRU1.2-6	53	50	250
SRU1.2-7	60	30	170
SRU1.2-8	60	40	250
SRU1.2-9	60	50	300
SRU1.2-10	65	30	180
SRU1.2-11	65	40	250
SRU1.2-12	70	40	280
SRU1.2-13	70	50	350
SRU1.2-14	75	30	220
SRU1.2-15	75	40	300

续 表

型 号	内径 D (mm)	高度 H (mm)	最大功率 P (W)
SRU1. 2-16	80	30	230
SRU1. 2-17	80	40	300
SRU1. 2-18	80	50	380
SRU1. 2-19	90	30	250
SRU1. 2-20	90	40	350
SRU1. 2-21	90	50	450
SRU1. 2-22	100	50	500
SRU1. 2-23	100	60	600
SRU1. 2-24	110	40	400
SRU1. 2-25	110	50	530
SRU1. 2-26	110	60	650
SRU1. 2-27	115	40	450
SRU1. 2-28	115	50	550
SRU1. 2-29	120	40	450
SRU1. 2-30	120	50	600
SRU1. 2-31	120	60	700
SRU1. 2-32	130	40	500
SRU1. 2-33	130	50	600
SRU1. 2-34	140	40	530
SRU1. 2-35	140	50	650
SRU1. 2-36	140	60	800
SRU1. 2-37	150	40	550
SRU1. 2-38	150	50	700
SRU1. 2-39	160	40	600
SRU1. 2-40	160	50	750
SRU1. 2-41	160	60	900
SRU1. 2-42	170	50	800
SRU1. 2-43	170	60	1 000

表 11-34 双包壳电热圈的规格及技术参数

型 号	内径 D (mm)	高度 H (mm)	最大功率 P (W)
SUR3.4-1	70	50	350
SUR3.4-2	70	70	500
SUR3.4-3	80	50	400
SUR3.4-4	80	70	550
SUR3.4-5	90	50	450
SUR3.4-6	90	70	650
SUR3.4-7	100	50	500
SUR3.4-8	100	70	700
SUR3.4-9	110	50	550
SUR3.4-10	110	70	800
SUR3.4-11	115	50	550
SUR3.4-12	115	70	800
SUR3.4-13	115	90	1 000
SUR3.4-14	120	50	600
SUR3.4-15	120	70	850
SUR3.4-16	120	90	1 000
SUR3.4-17	130	50	600
SUR3.4-18	130	70	850
SUR3.4-19	130	90	1 100
SUR3.4-20	140	50	650
SUR3.4-21	140	70	900
SUR3.4-22	140	90	1 200
SUR3.4-23	150	50	700
SUR3.4-24	150	70	1 000
SUR3.4-25	150	90	1 300
SUR3.4-26	170	50	800
SUR3.4-27	170	70	1 100
SUR3.4-28	170	90	1 500

第七节 远红外加热(辐射)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。其原理是根据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相适应的远红外线后能产生自燃效应,由于这种效应直接产生在物体内部,所以能快速有效的加热物体。一般有机高分子物质的振动波谱约在 $3\sim 100\mu\text{m}$ 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 $3\sim 100\mu\text{m}$ 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:它粘结在基体上,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:它是用来安装发热体或涂层的。

远红外辐射元件的形状一般分管状、灯状和板状三种,如图 11-11 所示,也可以根据需要而特制。金属管状辐射元件的结构如图 11-12 所示。

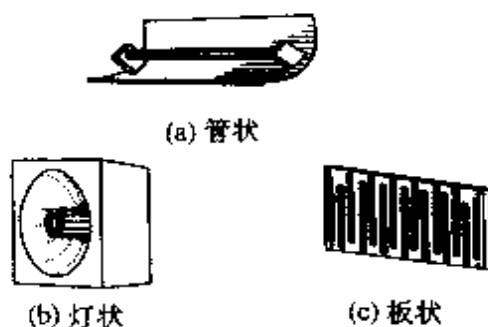
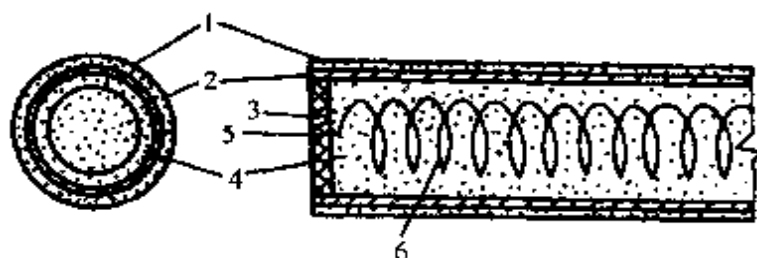


图 11-11 三种标准的远红外辐射元件



1—远红外辐射涂料 2—锕管 3—绝缘端盖
4—氧化镁 5—电阻丝 6—发热体元件

图 11-12 金属管状辐射元件的结构

远红外辐射加热技术应用范围大体可分为四大类：

- 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见表 11-35～表 11-43。

表 11-35 常用的远红外涂料

元素	氧化物	碳化物	氮化物	硼化物
B	B ₂ O ₃	B ₄ C	BN	CrB-Cr ₃ B ₄
Cr	Cr ₂ O ₃	Cr ₃ C ₂	CrN	
Si	SiO ₂	SiC	SiN	
Ti	TiO ₂	TiC	TiN	TiB ₂
Zr	ZrO ₂	ZrC	ZrN	ZrB ₂
Al	Al ₂ O ₃			
Fe	Fe ₂ O ₃			
Mn	MnO ₂			
Ni	Ni ₂ O ₃			
Co	Co ₂ O ₃			

表 11-36 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 11-37 氟化镁系远红外涂料配比表(按重量%)

MgF_2	ZrO_2	TiO_2	NiO	BnO_2	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 11-38 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_2	80	40	30	30	30	30	30	79.8
SiC				10		10		
ZrO_2	8			10	30	30	10	
MgO	7	10	30	10	10	10	10	
CaO	5			10				
Fe_2O_3				10			10	
TiO_2		40		10		15	10	
Cr_2O_3			20	10				
TiC			10		10	5		
BN		10	10		10	5		
WC					10	5		

续 表

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
Mo ₃ B ₄								
CN							10	
V ₂ O ₅							10	
C								20.2

表 11-39 各种涂料的辐射波谱范围

涂料系列名称	辐射波谱范围(μm)	涂料系列名称	辐射波谱范围(μm)
铝系远红外	5~40	稀土复合氧化物系远红外	3~50
氟化镁系远红外	2~25	碳化硅(金刚砂)远红外	0.8~10
氧化钴系远红外	1~10	高硅分子筛远红外	2.6~3 5.5~6.5 8~12.5
氧化硅系远红外	3~50		
钛—锆系远红外	5~50		
铁系远红外	2~9		

表 11-40 常用远红外黏结剂配方

原料名称	基材种类(按重量比)	
	陶瓷复合物	金属
中性水玻璃	1	
有机硅酸盐		1
填 料	1	1
水	适量	适量

表 11-41 合金电阻带(波长 3~50 μm)远红外辐射器规格

型 号	单件额定功率 (kW)	单件额定电压 (V)	单件额定电流 (A)	冷态电阻 (Ω)	电阻带功率密度 (W/cm ²)	尺寸 (mm) (长×宽×高)
DYF-220/55-1.6-A	1.6	55	29.1	1.88	1.1	680×1000×80
DYF-380/63-3-A	3.0	63	47.4	1.33	2.91	750×460×80
DYF-220/73.7-3-4-A	4.0	73.3	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	1200×14000×80
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 11-42 远红外高温板式辐射器(波长 0.7~20 μm)主要技术性能

名 称	额定电压 (V)	额定功率 (kW)	介质使用温度 ($^{\circ}\text{C}$)	外形尺寸 (mm)	重 量 (kg)
HDO-13J	73.3	13	800	612×406×170	12
HDO-6J	36	6	800	612×203×170	7

表 11-43 碳化硅远红外加热器(波长大于 4 μm)

型 号	规 格(mm)	名称	功率(W)	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	330×240×18		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	

续 表

型 号	规 格(mm)	名 称	功 率(W)	说 明
JRQ-K61	250×170×40	加热器	800~1 000	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		1 000~1 200	
JRQ-K63	330×240×40		2 000~2 500	
JRQ-K64	736×196×50		2 500	
JRQ-K65	1 410×52×28		1 200	
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	1 000×25×10		800~1 000	
JRG-6	1 200×25×10		1 000	
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	加热圈	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		1 000	
HC-08	φ80×100		1 000	
HC-09	φ90×100		1 000	
HC 10	φ100×100		1 200	
HC-11	φ120×100		1 500	
2SK-1	290×180×50		800	
2SK-2	290×180×50		1 000	
2SK-3	290×180×50		1 200	

第八节 电热元件的焊接与连接方法

一、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。

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,焊接时不用溶剂。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 680~750℃下进行消除内应力退火(用各种方法将焊接处烧红 10min 左右即可)。电流数值可参考表 11-44。

表 11-44 根据不同材料尺寸应用的电流数值

带材厚度(mm)	线材直径(mm)	电流(A)
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

1. 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 11-13~图 11-18。

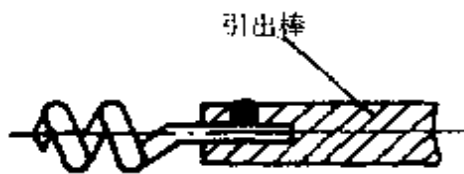


图 11-13 引出棒钻中心后焊接法($\varnothing 2\text{mm}$ 以上电热丝适用)

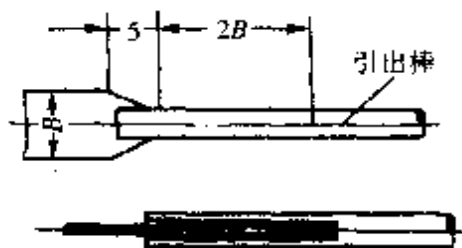


图 11-14 引出棒开槽与电热元件带材焊接法

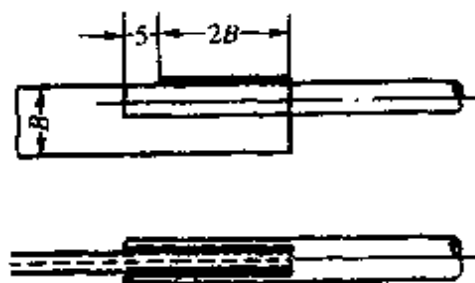


图 11-15 电热元件带材与引出棒的焊接方法

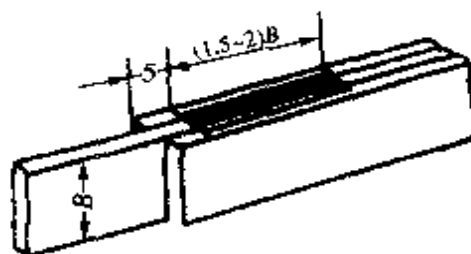


图 11-16 电热元件带材与引出带的焊接方法

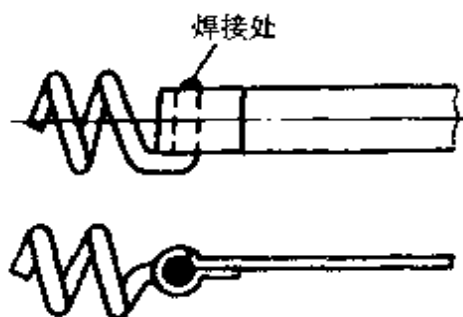


图 11-17 电热丝与引出带的焊接方法



图 11-18 电热丝与引出带的焊接方法

2. 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,或者超过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,因此焊接处与其它部

分的尺寸力求一致,这在实际施工上是困难的。我们应该尽量避免焊接,或者选用适当的形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 11-19 所示。

3. 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 $700^{\circ}\text{C} \sim 800^{\circ}\text{C}$ 时加热校直,然后用图 11-19 所示的方法焊接。带状元件断裂时,也可以将断头处先加热到 $700^{\circ}\text{C} \sim 800^{\circ}\text{C}$,校直 3 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。

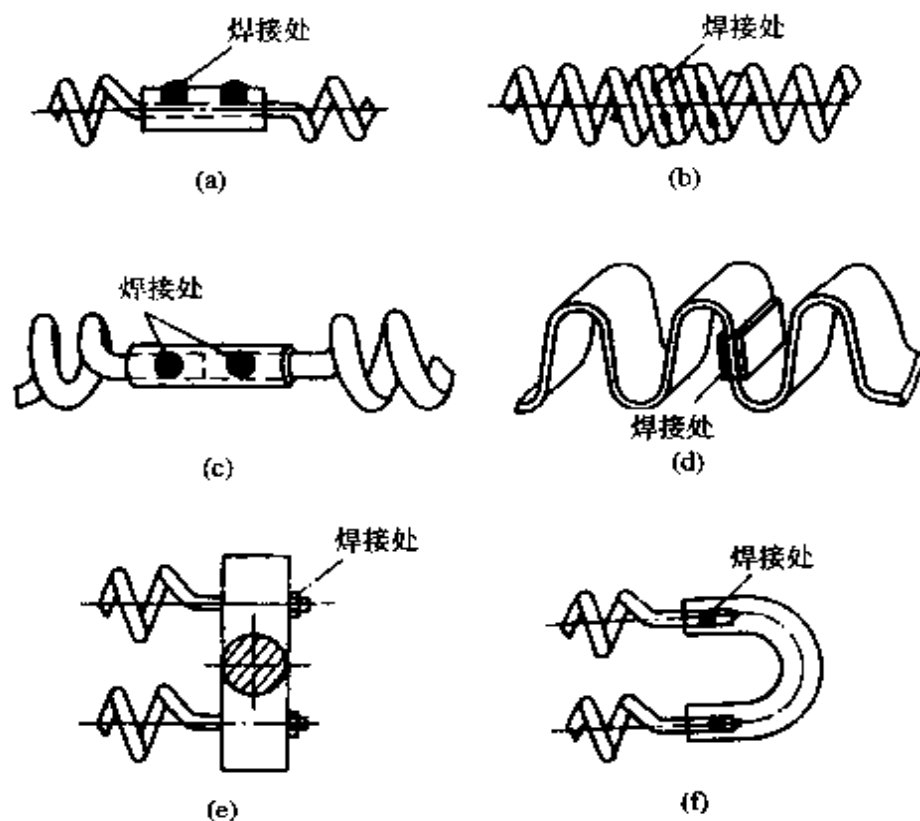


图 11-19 电热元件的焊接法


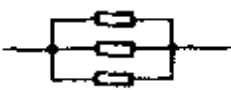
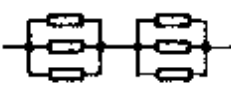
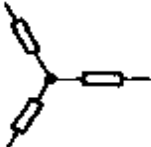
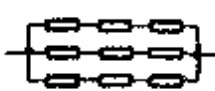

二、电热元件连接方法(供电电压)的选择

常用的电阻炉、小功率(5kW~10kW)电热设备都使用单相220V或380V,对于温度较低的电炉也可设计成三相380V;大于10kW的电热元件一般均采用三相380V。



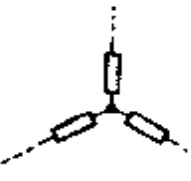

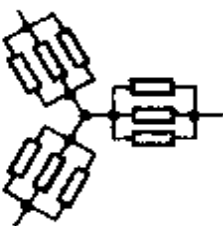
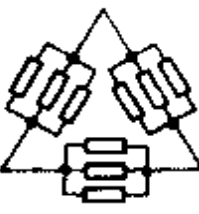
每组加热元件以30~60kW为宜,即每相10~20kW(相应的电热元件直径为4~6mm),在设计时可根据总功率,用几组并联方式来达到上述参数。

一般连接方式可参阅表11-45。

表 11-45 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 (Ω)	功率 (kW)
串联	+		n	$R = nr$	$P = \frac{U^2}{10^3 nr}$
并联	//		n	$R = \frac{r}{n}$	$P = \frac{nU^2}{10^3 r}$
串—并联 (n 组并联, 每组由 m 个串联)	+—//		m, n	$R = \frac{mr}{n}$	$P = \frac{nU^2}{10^3 mr}$
星形	Y		3	$R = r$	$P = \frac{U^2}{10^3 r}$
并联—串联 (n 组串联, 每组由 m 个并联)	//—+		m, n	$R = \frac{nr}{m}$	$P = \frac{mU^2}{10^3 nr}$
三角形	Δ		3	$R = \frac{r}{3}$	$P = \frac{3U^2}{10^3 r}$

续 表

元件连接法	符号	连接简图	元件数	等值电阻 (Ω)	功 率 (kW)
双星形	YY		6	$R = \frac{r}{2}$	$P = \frac{2U^2}{10^3 r}$
双三角形	$\triangle\triangle$		6	$R = \frac{r}{2}$	$P = \frac{6U^2}{10^3 r}$
串联星形 (由 n 个串联, 组成三组, 作星形连接)	$+-Y$		$3n$	$R = nr$	$P = \frac{U^2}{10^3 nr}$
串联三角形 (由 n 个串联, 组成三组, 作三角形连接)	$+-\triangle$		$3n$	$R = \frac{nr}{3}$	$P = \frac{3U^2}{10^3 nr}$
并联—星形 (n 个并联, 组成三组, 连成星形)	$//--Y$		$3n$	$R = \frac{r}{n}$	$P = \frac{nU^2}{10^3 r}$
并联—三角形 (n 个并联, 组成三组, 连成三角形)	$//--\triangle$		$3n$	$R = \frac{r}{3n}$	$P = \frac{3nU^2}{10^3 r}$

第九节 热 电 偶

热电偶广泛用于测量和控制温度,其优点是精度高、结构简单、使用方便。

热电偶是由两根成分不同,但具有一定热电特性的材料(热电极)焊接一端构成的。热电偶的焊接端称为工作端或热端,测温时将它插测温部位,其温度为 t_1 ;另一端为自由端或冷端,其温度为 t_2 。如果两端的温度不同($t_1 > t_2$)在回路中将产生热电动势,即可由指示仪表 M 显示出来,如图 11-20 所示。

主要热电偶材料的特点和用途见表 11-46,热电偶主要规格见表 11-47,常用热电偶的热电势见表 11-48。

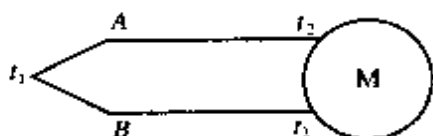


图 11-20 热电偶
测温原理示意图

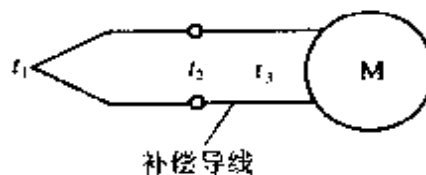


图 11-21 热电偶连接
补偿导线的电路

各种温度仪表的刻度,都是按照热电偶冷端处于 0°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。为了消除这个影响,在工业上常采用补偿导线法,如图 11-21 所示。

常用补偿导线的性能与用途见表 11-49。

表 11-46 主要热电偶材料的特点和用途

热电偶材料 (主要成分%)		工作温度(°C)		容许误差	主要特点	主要用途
		短期工作 最高温度	推荐工 作温度			
铂铑 40 (Pt60 Rh40)	铂铑 20 (Pt80 Rh20)	1850	1600~1800	≤600°C: ±3°C >600°C: ±0.5%t	具有良好的化学稳定性、热稳定性 性和高温抗氧化性。适用于真空 (短期使用)、惰性及氧化性气氛 中。不能用于还原性气氛或含有 铅、锌等金属蒸气和磷、硫、砷等 金属蒸气的气氛,一般不必进行自 由端温度校正	用于测 量 1800°C高温
铂铑 20 (Pt80 Rh20)	铂铑 5 (Pt95 Rh5)	1770	1300~1600	≤600°C: ±3°C >600°C: ±0.5%t	晶粒长大的倾向性少,稳定性 好。气氛适用情况同上,一般不必 进行自由端温度修正	用于钢水温度、 各种高温热处理 炉、加热炉及其他 高温测量
铂铑 10 (Pt90 Rh10)	铂 (Pt100)	1600	1000~1300	≤600°C: ±2.4°C >600°C: ±0.4%t	精度较高,稳定性和重现性较 好,可作一、二、等标准温度传递。 气氛适用情况同上	各种金属熔炼、高 温热处理炉、加热炉 及其他高温测量
镍铬 (Ni90.5 Cr9.5)	镍硅① (Ni97.5 Si2.5)	1300	600 ~ 1250	≤600°C: ±2.4°C >600°C: ±0.4%t	在较廉价金属热电偶中具有最 好的抗氧化性能。适用于真空(短 期使用)惰性及氧化性气氛。磷、 硫及硅会影响其寿命	有色金属熔炼、各 种高温热处理炉、加 热炉及航空、石油 化工等高温测量

续表

热电偶材料 (主要成分%)		工作温度(°C)		容许误差	主要特点	主要用途
		短期工作 最高温度	推荐工 作温度			
正极 镍铬 (Ni90.5 Cr9.5)	负极 镍铝② (Ni95Al2 Mn2Si1)	1200	600 ~ 1000	≤600°C: ±2.4°C >600°C: ±0.4%/t	有良好抗氧化性能,能耐 中子辐照。气氛适用情况 同上	可用于核场中 测温,余同上
铁 (Fe100)	康铜 (Cu55 Ni45)	800	300 ~ 600	≤400°C: ±3°C >400°C: ±0.75%/t	热电势与热电势率较高, 价格较廉,在真空中可长期 使用。缺点是在潮湿空气 中易生锈。在500°C以上易 氧化。气氛适用情况同上	石油、化工等生 产中测温
镍铬 (Ni90.5 Cr9.5)	考铜③ (Cu56.5 Ni43 Mn0.5)	800	0~600	≤400°C: ±4°C >400°C: ±1%/t	在常用热电偶材料中,它具 有最高热电势和热电势率。 耐腐蚀性及耐热性比铁—康铜 优良。气氛适用情况同上	石油、化工等生 产中测温
镍铬 (Ni90.5 Cr9.5)	康铜 (Cu55 Ni45)	800	0~600	≤400°C: ±4°C>400°C: ±1%/t	耐中子辐照,其热电势和 热电势率比镍铬—考铜热 电偶小,其他性能基本相 同。适用气氛同上	石油、化工等生 产中测温
铜 (Cu100)	康铜④ (Cu55 Ni45)	300	0~300	-40~100°C: ±0.8°C 100~300°C: ±0.75%/t 精密级的误差减半	均匀性和稳定性都较好。 在潮湿空气中具有抗蚀性。 气氛适用情况同上	石油、化工等生 产中测温

注:①分度号:EU-2;②分度号:EU-2;③分度号:EA-2;④分度号:CK。

表 11-47 热电偶主要规格

型 号	适用范围	保护管材料	惰性 时间 (min)	总长度 (mm)	插入深度 (mm)	工作 压力 (Pa)
铂铑—铂热电偶						
WRP-110	测 1300℃ 以下加热炉 温度	耐高温瓷	8	475、725 975、1 225 1 475、1 975	300、300 500、500 750、750	接近 1 大气压
镍铬—镍铝热电偶						
WRN-110	测量 900℃ 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	500、750 1 000、1 250 1 500、2 000	300、300 500、500 750、1 000	接近 1 大气压
WRN-111	测 量 1 000℃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	500、750 1 000、1 250 1 500、2 000 2 500、3 000	300、300 500、500 750、1 000 1 250、1 500	接近 1 大气压
WRN- 112X	测量 800℃ 以下加热炉 中气体或液 体的温度	耐热不 锈钢	1.5	450、650 900、1 150 2 150	300、500 750、1 000 2 000	0.003
WRN-210	测量 800℃ 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 1 150	150、300 500、750、 1 000	0.006

续 表

型 号	适用范围	保护管材料	惰性时间 (min)	总长度 (mm)	插入深度 (mm)	工作压力 (Pa)
镍铬-镍铝热电偶						
WRN-610X	测量温度在 600°C 以下以及流速小于 80m/s 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		3 200		接近 1 大气压
镍铬-考铜热电偶						
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 1 000、1 250 1 500、2 000 2 500、3 000	300、300 500、500 750、1 000 1 250、1 500	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、650 800、1 150 2 150	300、500 750、1 000 2 000	0.003
WRK-210	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 1 150	150、300 500、750 1 000	0.010
WRK-610X	测量 600°C 以下流速小于 80m/s 蒸汽和水的温度	耐热不锈钢	1.5	250、300 450	100、150 300	0.100

表 11-48 常用热电偶的热电势

热端温度 $t(^{\circ}\text{C})$	冷端温度为 0°C 时热电偶的热电势(mV)								
	康铜—铜	康铜—银	康铜—铁	镍—碳	镍—镍铬合金	康铜—镍铬合金	铂铑40—铂铑20	铂铑20—铂铑5	铂铑10—铂
-200	-5.46	—	-7.50	—	—	—	—	—	—
-100	-3.32	—	-4.40	—	—	—	—	—	—
0	0	0	0	—	0	0	—	—	—
20	0.76	0.78	—	—	0.82	1.25	—	—	0.113
100	4.1	4.12	5.15	1.76	4.07	5.62	0.041	0.074	0.643
200	8.8	8.84	10.48	4.17	8.12	11.08	0.093	0.268	1.436
300	14.1	14.1	15.77	6.54	12.22	19.09	0.161	0.569	2.315
400	19.9	19.77	20.96	8.38	16.32	26.48	0.250	0.966	3.250
500	26.3	25.79	26.12	10.28	20.62	34.18	0.363	1.447	4.220
600	—	32.15	31.47	12.50	24.87	41.95	0.505	2.005	5.222
700	—	—	37.15	15.29	29.12	50.02	0.678	2.633	6.256
800	—	—	43.25	18.30	33.12	57.94	0.884	3.327	7.322
900	—	—	49.26	21.80	37.27	65.75	1.124	4.084	8.421
1 000	—	—	—	25.63	41.45	—	1.397	4.902	9.556
1 100	—	—	—	29.79	45.62	—	1.703	5.767	10.723
1 200	—	—	—	34.35	49.77	—	2.041	6.678	11.915
1 300	—	—	—	—	—	—	2.409	7.633	13.116
1 400	—	—	—	—	—	—	2.806	8.618	14.313
1 500	—	—	—	—	—	—	3.228	9.619	15.504
1 600	—	—	—	—	—	—	3.667	10.622	16.688
1 700	—	—	—	—	—	—	4.119	11.613	—
1 800	—	—	—	—	—	—	4.572	—	—

表 11-49 常用补偿导线的性能与用途

品 种	热电势(mV)					往复电阻 值①(Ω)	补偿导线极 性及绝缘 皮颜色标志		配用热电偶
	100℃	150℃	200℃	300℃	400℃				
铜-铜镍 0.6(Cu- CuNi0.6)	0.643 (±0.023)	1.025 (+0.024 -0.055)	1.436 (±0.064)	2.315 (±0.072)	3.250 (±0.072)	<0.04	铜(+) 铜镍(-)	红(+) 绿(-)	铂铑 10 (+) 铂(-)
镍铬-考铜 (NiCr10- CuNi43Mn0.5)	6.95 (±0.30)	10.69 (±0.38)	14.66 (±0.43)	22.90 (±0.43)	31.48 (±0.43)	<1.25	镍铬(+) 考铜(-)	红(+) 黄(-)	镍铬(+) 考铜(-)
铜-康铜 (Cu-CuNi40 -Mn1.5)	4.10 (±0.15)	8.13 (±0.20)	8.13 (±0.23)	12.21 (±0.23)	16.40 (±0.23)	<0.684	铜(+) 康铜(-)	红(+) 蓝(-)	镍铬(+) 镍硅(-) (镍铝)
铜-铜镍 1.8(Cu- CuNi1.8)	1.35 (±0.05)	2.05 (±0.09)	2.96 (±0.11)	4.61 (±0.16)	6.37 (±0.16)	<0.04	铜(+) 铜镍(-)	红(+) 白(-)	铂铑 5(+) 铂铑 20(-)

注:①补偿导线的往复电阻值是指当温度为 20℃、长度各为 1m、截面积各为 1mm²、时的两导线总阻值。

第十节 电加热设备

若对一般使用的电加热方式进行分类,则可分为电阻加热、电弧加热、感应加热、介质加热、红外线加热、微波加热、电子束加热、等离子加热等。与之相应就有各种各样的电加热设备。限于篇幅,这里仅介绍电阻加热设备——电阻炉。

电阻炉按加热方式可分为间接加热式和直接加热式。间接加热式有采用铁铬合金、镍铬合金、钼等金属加热元件和碳化硅、碳等非金属加热元件的电阻炉及盐溶炉。直接加热式有石墨化炉、碳化硅制造炉、流动粒子炉和铁管的集肤电流发热管、铜线退火炉、钢棒锻造加热炉、玻璃熔炼炉等。

在确定电阻炉功率时,要考虑炉子形式、被加热物体的量和加热温度等因素。加热元件要按温度、用途和气氛等适当选择。一般工作温度 1000°C 以下的炉子,采用镍铬或铁铬铝加热元件。温度更高时,采用碳化硅或高温铁铬铝等。

下面列举几种电阻炉的例子。

一、箱式电阻炉

RJX 型箱式电阻炉如图 11-22 所示。

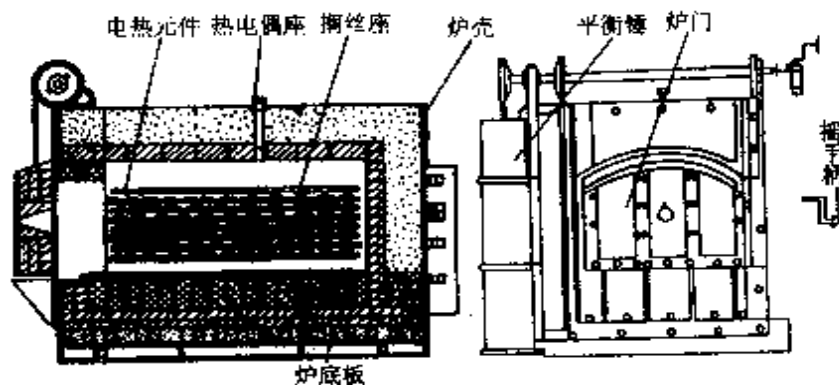


图 11-22 RJX 型箱式电阻炉

RJX 型箱式电阻炉规格见表 11 - 50

表 11 - 50 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(kW)	15	30	45	75
额定电压(V)	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/Δ	Y/Δ	YY/ΔΔ
最高工作温度(°C)	950	950	950	950
工作室尺寸				
长(mm)	650	950	1 200	1 800
宽(mm)	300	450	600	900
高(mm)	250	450	500	600
最大生产率(kg/h)	50	125	200	350
相(或组)电阻				
冷态(Ω)	2.8~3.08	4.19~4.61	1.4~1.57	3.35~3.68
热态(Ω)	2.94~3.23	4.4~4.84	1.47~1.61	3.52~3.87
电阻丝直径(d)(mm)	4	4.5	5.5	5
螺旋中径(D)(mm)	35	30	35	35
侧面加热器节距(S)(mm)	8.5	10	20.2	15.8
底部加热器节距(S)(mm)	8.5	10	20.2	16
相(或组)展开长度(m)	29	55	25.1	54.3
全台所需长度(m)	29×3	55×3	25.1×6	54.3×6
全台所需重量(kg)	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)(mm)	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(W/cm ²)	1.36	1.35	1.63	1.54
外形尺寸				
长(mm)	1 559	1 971	2 300	3 050
宽(mm)	1 382	1 601	1 950	2 410
高(mm)	1 642	1 944	2 140	2 230

二、RJJ 系列井式电阻炉

结构如图 11-23 所示。

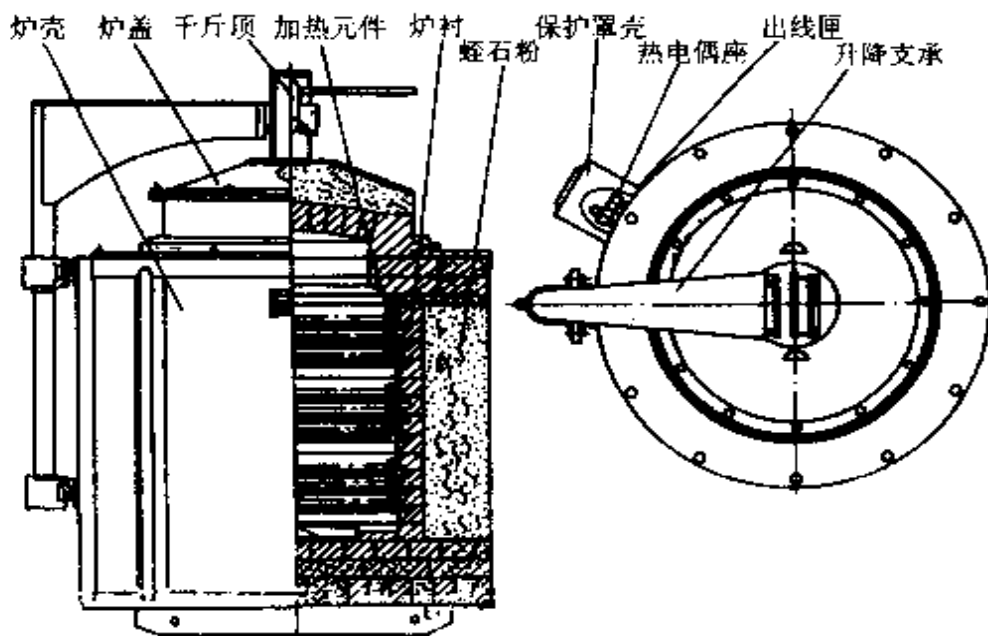


图 11-23 RJJ 系列井式电阻炉

RJJ 型井式电阻炉规格见表 11-51。

表 11-51 RJJ 型井式电阻炉规格

电炉型号	RJJ-30-9	RJJ-70-9
额定功率(kW)	30	70
额定电压(V)	380/220	380/220
相数	3	3
电阻丝连接方法	Y/Δ	YYY/ΔΔΔ
最高工作温度(℃)	950	950
工作容积尺寸		
直径(mm)	450	600
深度(mm)	800	2 500
最大生产率(kg/h)	140	330

续 表

电炉型号	RJJ-30-9	RJJ-70-9			
相(或组)电阻					
冷态(Ω)	4.19	4.84	4.84	6.55	3.28
热态(Ω)	~4.61	~5.3	~5.3	~7.2	~3.6
	4.4	5.07	5.07	6.87	3.44
	~4.84	~5.57	~5.57	~7.55	~3.77
电阻丝直径(d)(mm)	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
螺旋节距(S)(mm)	12.4	14.3	19	14.2	14.2
螺旋中径(D)(mm)	35	35	35	35	35
相(或组)展开长度(m)	55	63.5	63.5	86	43
全台所需总长度(m)	55×3	63.5×3	63.5×3	86×2	43×2
全台所需重量(kg)	22.7	21.5	21.5	19.4	9.7
引出棒件数(根)	6	6	6	4	4
引出棒(直径×长度) (mm)	12×440	12×486	12×486	12×486	12×486
表面功率(W/cm^2)	1.29	0.97	0.97	0.53	0.53
外形尺寸					
长(mm)	1 350			1 860	
宽(mm)	1 610			2 090	
高(mm)	2 053			4 809	

三、SRJX 型与 SRJG 型电阻炉规格

表 11-52 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 (kW)	12	4	3	2	3	1.5
电源电压 (V)	380	220	220	220	220	220
相数	3	1	1	1	1	1

续 表

电炉型号		SRJX-12-9	SRJX-4-9	SRJX-3-9	SRJX-2-9	SRJG-3-9	SRJG-1.5-9
电阻丝连接方法		Y	并	并	并	并	
最高工作温度(℃)		1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
工作室尺寸	长(mm)	500	325	275	250		
	宽(mm)	300	200	150	100	直径 150	直径 100
	高(mm)	200	125	100	75	250	150
相(每根)电阻	冷态(Ω)	11.2	22.4	29.9	44.8	29.9	29.9
	热态(Ω)	12.1	24.2	32.27	48.4	32.27	32.27
电阻丝直径(mm)		2.2	1.3	1.0	0.9	1.0	1.0
螺旋内径(mm)		10	5.5	5	5	5	5
每根展开长度(m)		30.4	21.2	16.8	20.4	16.8	16.8
全台所需长度(m)		30.4×3	21.2×2	16.8×2	20.4×2	16.8×2	16.8
全台所需重量(kg)		2.46	0.4	0.38	0.185	0.38	0.19
表面功率(W/cm ²)		1.9	2.31	2.84	1.74	2.84	2.84

SRJX 和 SRJG 电阻炉的炉胆分别如图 11-24 和 11-25 所示。

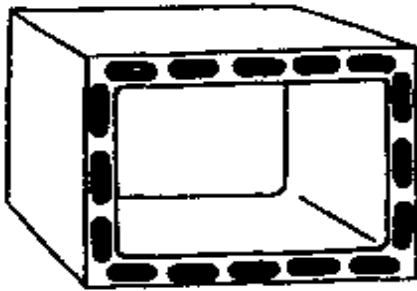


图 11-24 SRJX 电炉炉胆

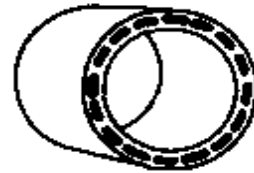


图 11-25 SRJG 电炉炉胆

电炉丝配用电炉盘的规格见表 11-53。

表 11-53 电炉丝配用电炉盘的规格

圆形电炉盘规格 (mm)	配用电炉丝 (W)	方(矩)形电炉盘规格 (mm)	配用电炉丝 (W)
		50×200	500~600
		75×120	500~600
75	200~300	100×150	700~800
100	400	100×200	800~1 000
125	500	125×225	1 000~1 500
140	600	140×275	1 000~1 500
150	700~800	150×165	1 500
165	600~1 200	175×300	1 500~2 000
185	1 500	175×400	2 000~2 500
200	1 500~2 000	200×200	1 200~1 500
250	3 000	200×500	3 000~4 000
300	4 000	275×275	2 000~2 500
370	4 500	300×300	2 500~3 000
520	6 000	125×125	600~700
		140×140	800~1 000
600	6 000	325×650	4 000~5 000

四、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 11-26 所示。电极采用低碳钢,用低压(30V 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。

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%,所以可忽略不计。

炉子功率的确定:

1. 根据热效率计算

$$P = \frac{100 \times P_{yx}}{\eta} (\text{kW})$$

式中 P ——炉子总功率(kW);

P_{yx} ——炉子有效功率(kW);

η ——热效率(%),

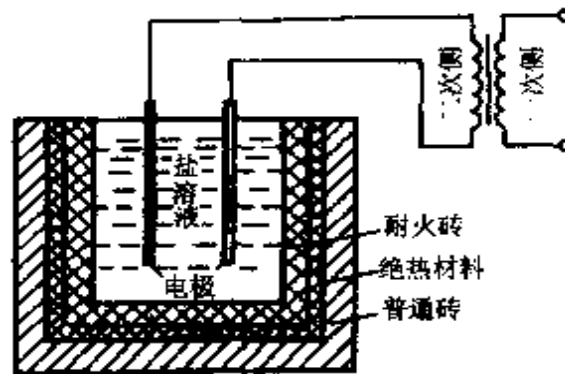


图 11-26 盐浴炉结构示意图

热效率随炉内温度变化,如表 11-54。

表 11-54 随温度而改变的炉子热效率

炉内温度(°C)	500	800	1 000	1 300
热效率 η (%)	55	45	40	35

2. 根据熔盐体积计算

$$P=KV(\text{kW})$$

式中 P ——炉子总功率(kW)；

K ——系数,它随熔盐体积与炉内温度而定(见表 11-55)；

V ——熔盐体积(L)。

表 11-55 根据熔盐体积与炉内温度决定系数值 K

熔盐体积(L)	炉内温度(°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 $100\text{A}/\text{cm}^2$,每对电极的功率不大于 60kW 。

第十二章 安全用电与节约用电

第一节 触电及其预防

一、触电

触电后果与通过人体的电流的强度、途径和持续时间有关。不同强度的电流对人体的作用情况如表 12-1 所示。

表 12-1 不同强度的电流对人体的作用情况

电流(mA)	作用程度
1.0~3.5	有感觉,但无疼痛
3.5~4.5	触电部位疼痛,手指肌肉轻微痉挛抽搐
5~10	全手疼痛,失去活动能力,手臂抽搐,肌肉痉挛
11~12	剧烈疼痛,剧烈抽搐
13~14	难于自主摆脱电源,但头脑尚清醒
15~20	不能控制手的动作,不能自主摆脱电源,剧疼,麻痹
20 以上	昏迷,呼吸停止,心脏停跳,死亡

注:以上各项均指双手触及 50Hz 交流电源情况。

二、触电的形式

常见的触电形式有如下几种:

1. 人与带电体直接接触

(1) 双相触电 人体同时接触两根相线引起的触电,如图

12-1所示。人体承受线电压,是最危险的触电。

(2) 单相触电 人体触及一根相线引起的触电。人体承受相电压。又分为中性点接地系统的单相触电(如图 12-2 所示)和中性点不接地系统的单相触电(如图 12-3 所示)。



图 12-1 双相触电

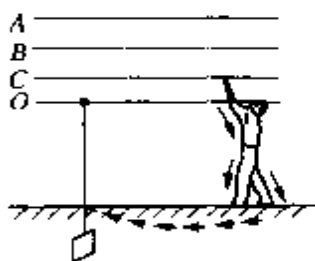


图 12-2 中性点接地系统的单相触电

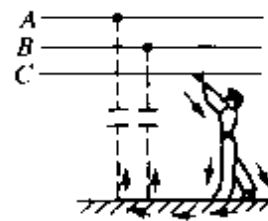


图12-3 中性点不接地系统的单相触电

(3) 漏电 电气设备的外壳因导线绝缘损坏而带电,若人体接触外壳,就会发生触电。

2. 与带电体未直接接触

(1) 与带电体的距离小于安全距离 当人体与带电体的空气间隙小于最小安全距离时,由于空气被击穿,而造成触电。

(2) 跨步电压触电 高压线断落时,着地点周围地面上的电位差较大。当人走进这一区域时,将受到跨步电压的作用,若跨步电压较高,就会发生触电事故。

(3) 雷击 发生雷雨时,人身遭受雷击,实质上也是一种触电现象。雷电是自然界的一种放电现象,多数发生在雷云之间,也有一小部分发生在雷云对地或地面物体之间,当人体处于放电的途径中,就可能遭到雷击。

三、安全电压

(1) 安全电压的定义: 为防止触电事故而采用的由特定电源供电的电压系列。这个电压系列的上限值,在正常和故障情况下,任何两导体间或任何一导体与地之间均不得超过交流(50Hz~

500Hz)有效值 50V。

(2) 安全电压的等级:我国安全电压标准见表 12-2。

表 12-2 我国安全电压标准

安全电压(交流有效值)(V)		选用举例
额定值	空载上限值	
42	50	在没有高度触电危险的场所(如干燥、无导电粉末、地板为非导电性材料的场所)选用
36	43	在有高度触电危险的场所(如相对湿度达 75%,有导电性粉末和有潮湿的地板场所)选用
24 12 6	29 15 8	在有特别触电危险的场所(如在相对湿度达 100%、有腐蚀性蒸气、导电性粉末、金属地板和场房等情况下),根据特别危险的程度选用 24V、12V 和 6V 电压

四、预防触电的基本措施

- (1) 加强电气知识和安全用电的宣传教育,做到家喻户晓。
- (2) 使用各种电气设备时,应严格遵守使用规程。
- (3) 电气设备的安装要符合规格,并定期检查和维修。

电气装置、设备要按照规格配置;安装、施工要符合质量标准。加装保护接地装置。不要用绝缘不良甚至损坏的灯头、开关、导线进行安装。带电的部分应当有防护罩或者放在不易接触的地方,或者利用联锁装置,当人进入危险区时,能自动切断电源。

(4) 根据生产现场情况,使用 12~36V 的安全电压。

(5) 尽量不带电工作。在危险场所,应严禁带电工作。在 250V 以上危险场所必须带电操作时,应使用各种安全工具,如绝

缘手套、绝缘靴、绝缘棒、绝缘钳、绝缘板,并有专人监护。

(6) 电气设备工作时如遇断电,应立即拉闸,等来电后重新启动运转。

(7) 电气设备停电检修,要挂上“有人工作、不准合闸”的警告牌,并有人监视。

第二节 触电的急救

触电急救的要点是动作迅速,救护得法。发现有人触电,首先要尽快使触电者脱离电源,然后根据触电者的具体情况,进行相应的救治。

一、脱离电源

发现有人触电,首先应尽快采取正确的方法断开电源。

1. 低压触电事故

(1) 如果触电地点附近有电源开关或电源插销,可立即拉开开关或拔出插销,断开电源。如果周围有几个开关,一定要拉断触电者所接触的那条线路的开关,切不可在慌乱之下拉错开关。对于拉线开关和平开关只能控制一根线,有可能只切断零线,而火线并未切断,没有达到真正切断电源的目的。

(2) 开关离现场较远,及时切断电源有困难时,可用干燥的木棒、竹杆等不导电的东西将触电者身上的电线挑开。挑开电线有困难时,则可用带木柄的斧头、铁锹将电线砍断。或者用干木板等绝缘物插入触电者身下,以隔断电流。

(3) 当电线搭落在触电者身上或被压在身下时,可用干燥的衣服、手套、木板等绝缘物作为工具,拉开触电者或拉开电线,使触电者脱离电源。

(4) 如触电者的衣服是干燥的,电线又没有紧缠在身体上,可

以用一只手抓住他的衣服,拉离电源。

2. 高压触电事故

(1) 立即通知有关部门停电。

(2) 戴上绝缘手套,穿上绝缘靴,用绝缘等级等于或高于触电电路的电压等级的绝缘工具拉开高压开关。使触电者脱离电源。

在使触电者脱离电源过程中,要遵循下列注意事项:

① 防止触电者脱离电源后可能造成的摔伤。特别是触电者位于高处,应防止触电者从高处摔下,加重伤势。

② 救护人员不可以直接用手或其他金属及潮湿的物体作为救护工具,救护人员最好单手操作,以防自己触电。

二、现场急救方法

当触电者脱离电源以后,应当根据触电者的具体情况,立即进行急救。现场应用的急救方法有人工呼吸法和心脏挤压法。

1. 人工呼吸法

人工呼吸法是在触电者呼吸停止后应用的急救方法。

施行人工呼吸前,应当迅速将触电者身上妨碍呼吸的衣领、上衣、领带等解开,并且迅速取出触电者口腔内妨碍呼吸的食物、脱落的假牙、血块、粘液等,以避免堵塞呼吸道。

人工呼吸法中有口对口呼吸法、俯卧压背法、仰卧压胸法,其中以口对口人工呼吸法的效果最好,而且简单易学。

(1) 口对口呼吸法(单人实施) 掰开触电者的嘴后,一手捏住其鼻孔,对其口吹气,使之吸气,放松鼻孔,让触电者自动排气,如此反复进行,成年人每分钟大约吹气 12 次。万一触电者的嘴掰不开,可以从鼻孔吹气。如图 12-4 所示。

(2) 俯卧压背法 使触电者伸直俯卧,一手弯曲在枕头下,脸侧向一方,下垫柔软物体,另一只手朝前伸直,救护者跨跪在触电者臀部,双手放在触电者下肋骨上,用自身重量压下,使触电者呼



图 12-4 口对口呼吸法

吸,约 2s 后迅速放手,每隔两分钟一次。如图 12-5 所示。



图 12-5 俯卧压背呼吸法

(3) 仰卧压胸法 使触电者仰卧,抬高颈部,使头部后仰,拉出舌头以利呼吸。使其两臂弯曲压在前胸两侧,不需用力,使其呼吸,约 2s。然后,将其两手向上拉直引向头后部,使之吸气,约 2s。如图 12-6 所示。

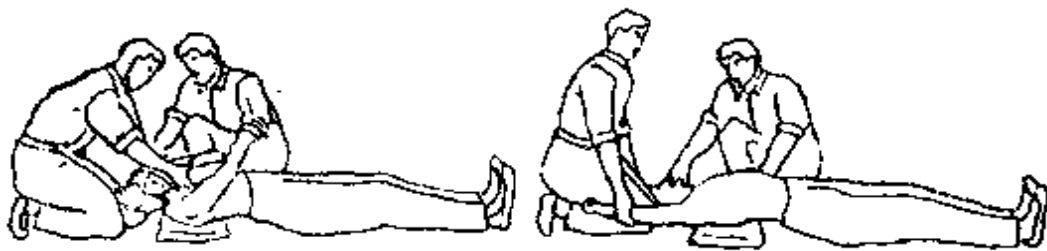


图 12-6 仰卧压胸呼吸法

2. 胸外心脏挤压法

触电者的心脏已经停止跳动,就应该用胸外心脏挤压法促使

心脏跳动起来。

使触电者脸朝天躺在地上或木板上,头后仰,如图 12-7 所示。救护者双手相叠,掌根放在触电者两乳头之间略下一点,用掌根向下压 3~4cm,每分钟 60~80 次左右,每次挤压后掌根迅速放松。对儿童用一只手进行,每分钟 100 次左右。



图 12-7 胸外心脏挤压法

以上几种方法对症使用,若触电者心跳和呼吸均已停止,则人工呼吸和心脏挤压法可以同时使用。

用人工呼吸和胸外心脏挤压方法急救,往往需要很长时间,一定要不怕疲劳,坚持抢救,不能中断休息。经过一定时间抢救后,若触电者面色好转,口唇潮红,瞳孔缩小,心跳和呼吸正常,四肢可以活动,这时可暂停抢救,进行观察。如果不能维持正常心跳和呼吸,必须再进行抢救,不能中断,直到医务人员接替为止。

三、外伤处理

对于不危及生命的轻度外伤,可以放在触电急救之后处理。对于危及生命的严重外伤,应当与人工呼吸和胸外心脏挤压等急救措施同时进行处理。

为了减轻伤口的感染,可以采用食盐水或温开水冲洗伤口,再使用干净的绷带、布类包扎。如果伤口出血,应设法止血。

高压触电时,往往会造成严重的烧伤。为了减少伤口感染和便于及时治疗,最好用酒精擦洗后予以包扎。

第三节 接地与接零

电气接地和接零技术是防止人身触电和限制事故范围的一种安全措施。接地的种类很多,有工作接地、重复接地、保护接地、屏蔽接地、信号接地、功率接地等。下面介绍保护接地。

一、保护接地与保护接零

1. 保护接地

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。

保护接地的作用在于:电气设备的绝缘一旦击穿,发生漏电,保护接地可将其外壳对地电压限制在安全电压以内,以防止人身触电事故。

2. 保护接零

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、框架与零线相连接,称为保护接零,如图 12-8 所示。

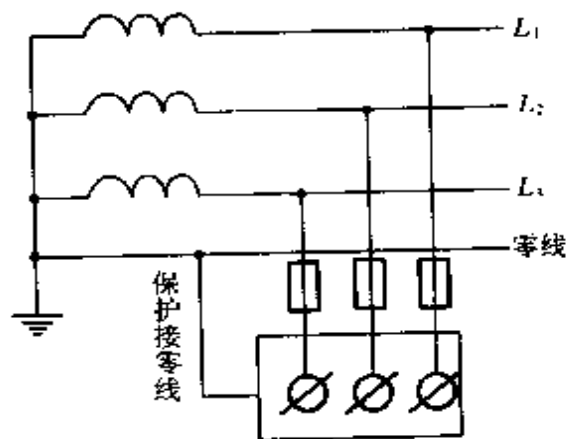


图 12-8 保护接零

保护接零的作用在于:如果电气设备的绝缘损坏而碰壳,由于零线的电阻很小,故短路电流很大,这将使电路中保护开关动作或使电

路中保护熔丝断开,切断电源,这时外壳不带电,从而避免触电危险。

应当指出,在保护接零用的零线上,决不允许装熔断器或开关。这一点对于家用电器的接零保护来说特别重要。

二、接地的使用范围

保护接地适用于各种不接地电网,包括交、直流不接地电网,低、高压不接地电网等。凡是因绝缘破坏或其他原因而可能出现危险电压的金属部分,均应实行保护接地。

(1) 电机、变压器、照明器具、携带式或移动式用电器具和其他电器的金属底座和外壳。

(2) 电气设备的传动装置。

(3) 室内、外配电装置的金属构架和靠近带电部分的金属遮栏和金属门。

(4) 配电、控制和保护用的盘、台、箱的框架。

(5) 交、直流电力电缆的接线盒和终端盒的金属外壳及电缆的金属护层和穿线的钢管。

(6) 架空线路和架空地线的金属杆塔及装在杆塔上的开关、电容器等的外壳和支架。

(7) 电流互感器和电压互感器的二次线圈。

(8) 工作电压超过安全电压而未采用隔离变压器的手持电动工具或移动式电气设备的外壳。

(9) 避雷器、保护间隙、避雷针和耦合电容器的底座。

(10) 铠装控制电缆的外皮;非铠装保护电缆的1~2根屏蔽心线。

(11) 民用电器的金属外壳,如电风扇、洗衣机、电冰箱,等等。

但需注意以下几点:

① 在保护接零的系统中,电气设备不可再接地保护。这是因为:当接地的电气设备绝缘损坏而与外壳相碰时,由于大地的

电阻较大,保护开关或保护熔丝可能不会断开,于是电源中性点电位升高,以致使所有接零的电气设备都带电,反而增加触电危险性。

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。否则,当电气装置的绝缘损坏碰壳而造成一相短路时,将会引起公用电网供电系统严重的不平衡现象。

③ 在由同一台变压器供电的线路中,不允许一部分电气设备采用接地保护,而另一部分电气设备采用接零保护措施。

三、接地装置的安装

接地装置是指埋入地下的金属接地体和接地线的总称。

1. 接地体

接地体又称接地极。接地体又分自然接地体和人工接地体。

(1) 自然接地体 埋设在地下与土壤有紧密接触的金属管道(有可燃或易燃介质的管道除外);建筑物的金属结构以及埋在地下的电缆金属外皮等。

(2) 人工接地体 由钢材或镀锌材料制成的形状各异的钢条。最简单的一种人工接地体是垂直圆钢管。

在一般情况下,人工接地体多采用垂直埋设,所使用钢材的最小尺寸见表 12-3。

表 12-3 人工接地体的最小尺寸

钢材形式	屋 内	屋 外	地 下
圆钢 直径(mm)	5	6	8
扁钢 截面(mm ²)	24	48	48
厚度(mm)	3	4	4
角钢 厚度(mm)	2	2.5	4
钢管 管壁厚度(mm)	2.5	2.5	3.5

2. 接地线

可采用绝缘导线或裸导线(包括扁钢、圆钢),禁止在地下用铝导体(铝线或铝排)作为接地线或接地极,以免被腐蚀。接地线的最小截面见表 12-4。

表 12-4 接地线的最小截面

接地线类别		最小截面(mm ²)
绝缘铜线		1.5
裸铜线		4.0
绝缘铝线		2.5
裸铝线		6.0
多股软铜线 (携带式用电设备用)		1.5
扁钢	户内(厚度大于 3mm)	24
	户外(厚度大于 4mm)	48
圆钢	户内(直径大于 5mm)	20
	户外(直径大于 6mm)	28

3. 接地电阻

接地电阻越小越好。为了安全,规定了各种接地系统的最大允许接地电阻值,如表 12-5。接地电阻的阻值,虽有一些经验公式可作估算,但最好采用实际测量。

表 12-5 接地电阻的最大允许值

接地系统名称	接地电阻最大允许值(Ω)
保护接地(低压电力设备)	4
交流中性点接地(工作接地)	4
常用低压电力设备共同接地	4
小容量(100kVA 以内)系统工作接地	10
PE 或 PEN 线重复接地	10
3~10kVA 线路在居民区中钢筋混凝土杆的接地	10
防静电接地	100

4. 接地装置的安装方法

(1) 接地体要有足够的埋设深度。在埋设人工接地体之前,应先挖一个深约 1m 的坑,然后将接地体打入地下,上端露出坑底约 0.2m,供连接接地线用。接地体打入地下的深度应不小于 2m。在特殊场合下,如深度不能达到 2m,而且接地电阻值不能满足要求,则应在接地体周围放置食盐、木炭并加水,以减少接地电阻。接地装置安装完毕后,应用土填埋好。对于多岩石地区,接地体可水平埋设,埋设深度通常不应小于 0.6m。

(2) 为提高可靠性,垂直的人工接地体不宜少于 2 根,相互间的距离以 2.5~3m 为宜,且它们的上端应用扁钢或圆钢连成一个整体。

注意在地下的接地体不应涂漆,以免接地电阻过大。

(3) 接地体连接要可靠。接地体各部分之间一般都用焊接,而且扁钢搭焊长度应为宽度的 2 倍,圆钢搭焊长度应为直径的 6 倍。

接地线与接地体的连接应焊接或压接,连接处应便于检查。接地线与电气设备的连接,可焊接或螺栓连接,在使用螺栓连接时,应拧紧,防止松动。

(4) 两台及多台电气设备的接地线必须分别与接地装置连接,不允许把几台电气设备的接地线串联连接后再接地,以免其中一台设备的接地线拆下时,造成该设备之前的各台设备失去接地。

(5) 接地装置安装完毕后,应该用接地电阻测量仪测试其接地电阻。测试结果应符合各种接地方式所规定的电阻值。

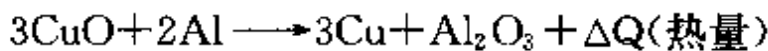
(6) 接地装置在正常运行中,应定期进行检查和测试,每年至少一次,天然接地体在设备检修后应检查其接地线连接部分是否接触可靠,导线是否折断。

第四节 接地施工新工艺——泰卡威特工艺

一、泰卡威特工艺的原理

运用以扁钢和钢管为主要材料的接地施工,可以通过电焊、风焊的方法来完成,而以多股铜质绞合导线为主要材料的接地施工,就可以通过名为泰卡威特的焊接方法得以轻易地实现。与沿用老方法相比,新工艺加快了施工周期,适用性强,消除了散股现象,最主要的是提高了施工质量和效率。

泰卡威特工艺是一种分子焊接工艺,它完全不同于惯常使用的机械压力式连接,主要原理是利用铝热反应。其基本化学反应方程式如下:



从反应方程式中可以看出,药剂氧化-还原反应的结果得到了还原铜(金属铜)和热量。金属铜是进行焊接所需要的连接原料,而反应时所产生的大量热量,正是焊接本身融熔金属时所需的热量。当药剂激烈反应完毕后,焊接就完成了。焊接原理如图12-9所示。

泰卡威特焊接法的最大特点是提供了十分良好的电气传导性能。这种工艺从总体上来说仍属于焊接式工艺。工艺操作过程中,会发生金属融熔现象,融熔金属使工件成为一体;同时,工件与焊材又是同一种材料。由于这两个因素的作用,极大地降低了连接件的传导阻碍系数,并能维持连接头使之长时间运行不腐蚀、不松散,安全可靠。

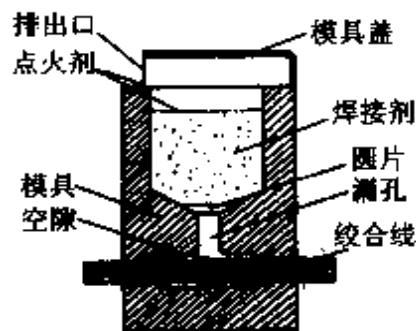


图 12-9 焊接原理图

二、泰卡威特工艺的施工操作

1. 工具和材料

(1) 模具 模具(图 12-10)是由疏松的石墨制成的,是泰卡威特焊接工艺的主要操作工具。模具分立模和贴模两种:立模用于导线与导线之间的焊接;贴模则主要用于导线与钢结构之间的焊接。

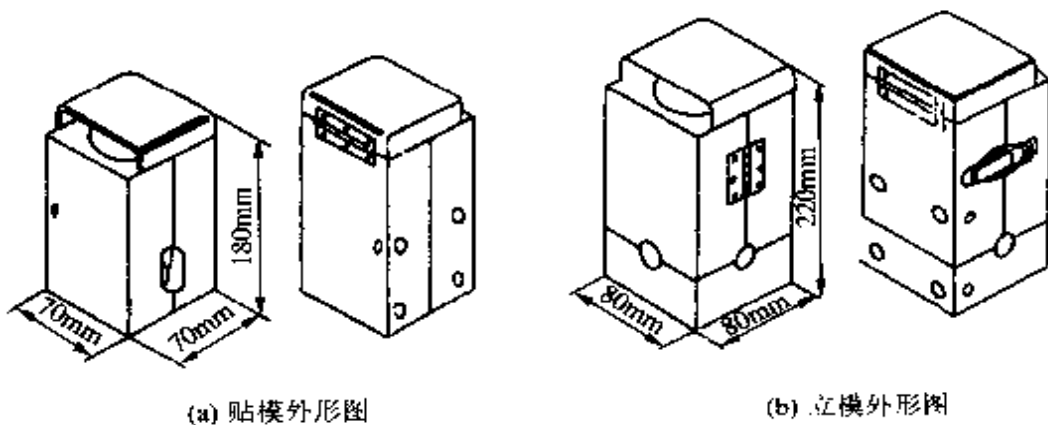


图 12-10 焊接模具

(2) 圆片 圆片的材料是钢质的。按直径分类有多种规格,其作用是保持粉剂在适当位置,使之不落人焊接腔,并控制金属的熔化。使用时注意圆片的规格分类。

(3) 泰卡威特焊接粉剂 焊接粉剂是一种细粒状混合物,主要成分是铜的氧化物和金属铝,此外还有金属锡等物质,起助焊和去渣作用。粉剂采用塑料罐密封盒装,分多种规格包装。

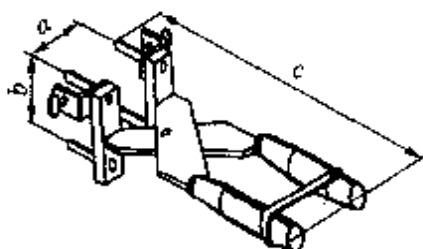
(4) 点火粉剂 点火粉剂起引燃和置换作用,主要成分是铝、铜氧化物和钙氧化物等。点火粉剂一般都装在焊接粉剂罐内的底部,并经过压实处理,不会和焊接粉剂混淆。点火药剂一般约为 0.5g。另外也配有罐装点火粉剂,以备急用。

(5) 夹持器 夹持器(图 12-11)手柄可以开合并锁紧,起固定和夹持模具作用,分小号(S型)和中号(M型)两种 小号用于贴模的夹持和固定,中号用于立模的夹持和固定。

(6) 火石枪 火石枪(图 12-12)是点火的工具。

2. 操作前的准备工作

(1) 模具的准备工作 每次使用模具之前,必须用棉织物将模具内壁粘附的残留熔渣清理掉。擦干模具内外壁上的水分。



S 型: $a=50\text{mm}$;
 $b=50\text{mm}$; $c=230\text{mm}$
M 型: $a=59\text{mm}$;
 $b=59\text{mm}$; $c=240\text{mm}$

图 12-11 夹持器

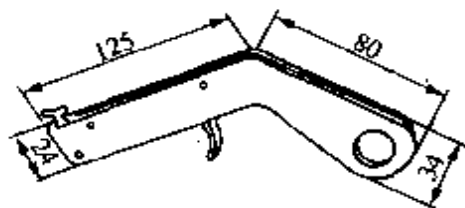


图 12-12 火石枪

(2) 导线的预处理 检查导线上是否存在锈蚀,如有应刮去。用易挥发的溶剂擦去导线表面黏附着的油污,并在焊接操作前让溶剂完全蒸发掉。如果导线有绝缘外皮,剥去外皮的长度(从导线末端开始计算)应在 50mm 以上。变形的导线会给模具造成过度的压力,所以进入模具区段的导线,必须在操作前将其弄平直方可操作。

3. 焊接操作

(1) 选择与导线外径相配的模具,装上夹持器,将已准备完毕的导线放入模具中(图 12-13a)。导线间留约 2mm 空隙。

(2) 合上模具并锁定夹持器(图 12-13b),从模具漏孔中检查导线末端是否在中心位置,相互之间的位置是否适当。如未达到要求,则需整理一次。然后将小圆片轻轻落下,并使小圆片正好盖住漏孔。

(3) 将泰卡威特焊接粉剂小心地轻轻倒入模具,并仔细地将药面弄平(图 12-13c)。

(4) 将泰卡威特点火粉剂小心、均匀地撒在焊接粉剂上面,并在模具排出口处倒成一小堆,因为这样才能够被引燃。然后盖上盖子。

(5) 点火前的检查。确定导线是否被模具箍住,因为如有空隙就会导致金属溶液的泄漏,破坏焊接效果。如果有空隙,则用薄铜带或封泥填塞住。

确认模具的盖子是否盖上,以确保火焰只从排出口喷到外面。必要时,可用不易燃烧的材料做一个保护挡板以保护人和物。但须注意,绝不能把保护挡板压在排出口上。

检查模具与地面是否垂直,稍稍的倾斜是允许的,但倾斜角度最多不宜超过 10° 。

(6) 点火。按一切要求做好准备工作后,即可点火。用专用的火石枪对准排出口处的点火剂打火(图 12-13d)。注意,点火不能用其他类型的火石枪和粉剂。

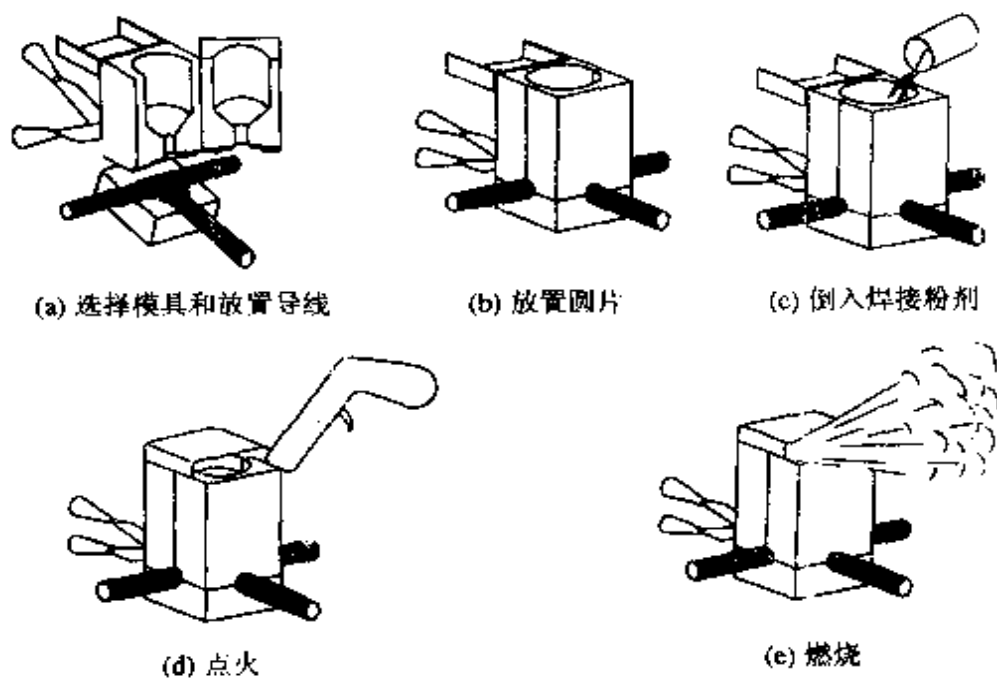


图 12-13 泰卡威特焊接操作

(7) 拆模。点火后即发生激烈的燃烧反应(图 12-13e)。燃烧结束后约 10s 或稍长一些时间后,即可打开盖子。等焊接点上的红色消退后释放夹持器,退下夹持器,取出连接件(图 12-14),焊接就算完成了。注意,此时连接件依然非常热,不要用手直接接

触,以免烫伤。连接件浇口上的渣棒,可用锤子轻轻敲击。

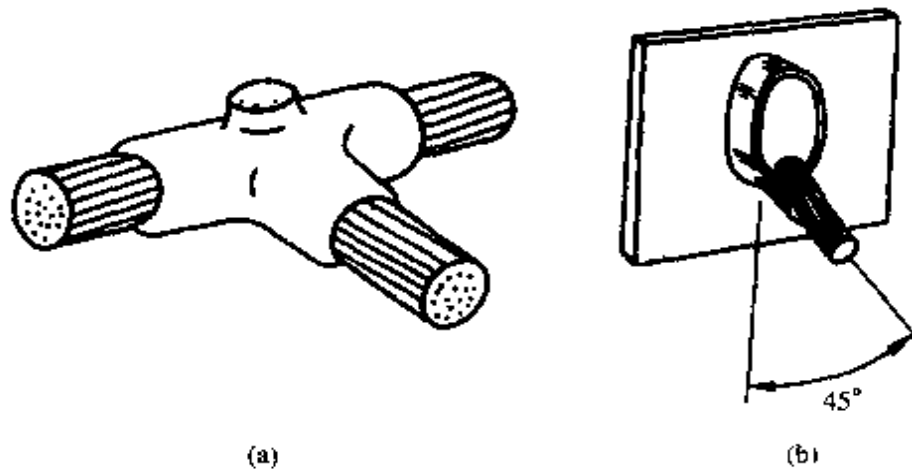


图 12-14 连接件外形图

第五节 防火和防爆

电气火灾爆炸事故主要包括下列两个方面:一是由电气原因引起周围环境危险物品燃烧爆炸;二是某些电气装置,(如变压器、油断路器)有充油的密闭容器,在故障情况下,油燃烧、爆炸。

电气火灾爆炸事故的特点是:蔓延快,发生几率大,损失严重。因此,做好防火防爆工作至关重要。

一、电气火灾和爆炸的原因

总的来说,除设备缺陷、安装不当等设计和施工方面的原因外,在电气用具和设备运行中,由电流产生的热量、电火花或电弧则是引起电气火灾和爆炸的直接原因。

1. 电气设备过热

引起过热的情况:①短路;②过载;③接触不良;④散热不良。

2. 电火花和电弧

电火花包括工作电火花、事故电火花和机械碰撞电火花。电

火花是由电极间击穿放电形成的。电弧是由大量密集的电火花汇集而成,其温度可达 3 000~6 000℃。因此,电火花和电弧不仅能引起可燃物燃烧,还能使金属熔化、飞溅,构成危险的火源。

二、防火和防爆措施

1. 合理选用电气设备

(1) 防爆电气设备依其结构和防爆性能分为 9 种类型,这 9 种类型的标志见表 12-6 防爆电气设备标志。

表 12-6 防爆电气设备标志

类 型	标 志	类 型	标 志	类 型	标 志
增安型	e	正压型	p	木质安全型	i
隔爆型	d	充砂型	q	浇封型	m
充油型	o	无火花型	n	气密型	h

(2) 电气设备的选用 按危险场所的类别(如有爆炸性危险、火灾危险的场所)和等级选用电气设备。

(3) 危险场所的电气线路导线的选择,参照表 12-7。

表 12-7 电气线路导线的选择

场所类别	导线及安装方式
干燥无尘	绝缘导线暗敷设或明敷设
潮湿	有保护的绝缘导线明敷设或绝缘导线穿管敷设
高温	耐热绝缘导线穿瓷管、石棉管或沿低压绝缘子敷设
腐蚀性	耐腐蚀的绝缘导线(铅包导线)明敷设或耐腐蚀的穿管敷设

2. 合理选用保护装置

合理选用保护装置是防火防爆重要措施,也是提高防火防爆自动化程度的重要措施。除接地或接零装置外,火灾或爆炸性危险场所应有比较完善的短路、过载等保护装置。

3. 保持设备正常运行

① 为防止电气设备过热,应保持电压、电流和温升等不超过允许值。

② 保持电气设备绝缘良好。

③ 在运行中,保持各导电部分连接可靠,接触良好。

④ 保持设备清洁。

⑤ 保持防火间距。屋外变、配电装置,与建筑物、堆场之间的防火间距应不小于表 12-8 的规定。

表 12-8 屋外变、配电装置与建筑、堆场的防火间距

建筑物、堆场名称	变压器总油量(t)		
	<10	10~50	>50
民用建筑(m)	15~25	20~30	25~35
丙、丁、戊类生产厂房和库房(m)	12~20	15~25	20~30
甲、乙类生产厂房(m)	25		
甲类库房(m)	25~40		
稻草、麦秸、芦苇等易燃材料堆物(m)	50		
易燃液体贮罐(m)	25~50		

⑥ 通风。

⑦ 接地。爆炸场所的接地(或接零)要求,较一般场所为高。

⑧ 采用耐火防火设施。

⑨ 采用密封防爆措施。

⑩ 堵塞危险漏洞。

第六节 静电防护

一、静电的产生

在生产和生活中,静电可由以下原因产生:

(1) 摩擦带电 物体相互摩擦时,发生接触位置的移动和电荷的分离,从而产生静电。

(2) 剥离带电 相互密切结合的物体使其剥离时引起电荷分离,从而产生静电。

(3) 流动带电 利用管路输送液体,液体与管壁等固体接触时,在液体和固体的接触面上形成双电层,随着液体流动,双电层中的一部分电荷被带走,从而产生静电。

(4) 喷出带电 粉体类、液体类和气体类从截面很小的开口处喷出时,这些流体与喷口摩擦,同时流体本身分子之间又互相碰撞,产生大量静电。

(5) 冲撞带电 粉体类的粒子之间或粒子与固体之间的冲撞会形成极快的接触和分离,从而产生静电。

(6) 破裂带电 当固体类或粉体类物体破裂时,出现电荷的分离,破坏了正负电荷的平衡,从而产生静电。

(7) 飞沫带电 喷在空间的液体类,由于扩展分散和分离出现许多小滴组成的新液面,从而产生静电。

(8) 滴下带电 液滴坠落分离时出现电荷分离,从而产生静电。

(9) 感应带电 在带电的高压架空线与地面之间,或在变电站高压带电设备的附近,都有电场存在。在电场中放入一个与大地绝缘的导体,根据静电感应原理,导体会带电,从而产生静电。

二、静电的特点

(1) 静电电压一般很高,有时可达数万伏。

(2) 静电能量释放时可产生火花。若静电所产生的火花能量大于周围物质的最小引燃能量时,便会引起燃烧或爆炸。

三、静电危害

(1) 由静电的放电作用可引起爆炸及火灾。例如,引起可燃、

易燃性液体起火或爆炸。引起易燃性气体爆炸或起火。引起某些粉尘爆炸起火。

(2) 高的静电电压使人遭电击,或引起元件损坏或电子装置误动作,例如,MOS型IC元件损坏,或使用该元件的装置失灵。

(3) 静电妨碍生产的正常进行。例如,使纤维发生缠结、吸附尘埃等。或者使粉尘吸附于设备;使纸张不齐、不能分开,从而影响印刷的工作效率。

四、静电的防护

1. 控制静电的产生

(1) 通过选材抑制两种互相接触或摩擦的物体产生静电。实验上可得出如表12-9所示的静电序列。

表 12-9 二种静电典型序列

序列号	1	2	3	4	5	6
材 料	玻 璃	头 发	尼 龙	羊 毛	人造纤维	绸
材 料	乙基塞璐珞	酪 朊	帕司派克司	塔夫塔尔	硬橡胶	醋酸塞璐珞
序列号	7	8	9	10	11	12
材 料	人造丝	混纺布	纸 浆	黑橡胶	涤纶	维尼纶
材 料	玻 璃	金 属	聚苯乙烯	聚乙烯	聚四氟乙烯	硝酸塞璐珞

序列号差别越大的两种材料摩擦时所产生的静电电荷量越大。在工业生产中可选用序列号接近的两种材料,以便减少物料上的静电电荷量。

(2) 采用管道输送易燃易爆物料或高电阻率液体时,控制物料流速,以减少静电的产生。

(3) 某些粉尘在加工或储运中会产生大量静电电荷,限制盛

装这些粉尘的容器的体积,控制粉尘数量,可减少爆炸的危险。

(4) 向容器内灌注高电阻液体时,防止液体飞溅和冲击。

(5) 在低导电性物质(如化纤、橡胶、塑料)中掺入少量导电物质,以增加其导电性,减少静电的产生。

2. 加速静电的泄漏和中和

(1) 静电接地,将静电电荷泄漏到大地。

(2) 涂敷导电覆盖层后接地。

(3) 采用导电性地面,使人体静电便于泄漏。

(4) 增湿,有助于非金属材料的静电泄漏。

(5) 浸涂化学抗静电剂。在塑料表面或化纤衣料表面外涂抗静电剂,在一段时间内有助于静电泄漏。

(6) 安装静电消除器。静电消除器是一种离子发生器,用它产生的离子去中和物体上所带的静电。例如,感应式静电消除器,由一组放电针组成,放在带静电物体的附近,放电针接地。当物体上产生静电时,针尖上出现感应电荷,静电累积到一定程度后,两者放电中和,消除静电。

第七节 防雷保护

雷击是一种自然灾害,它不但能造成设备或设施的损坏,造成大规模停电,而且能引起火灾或爆炸,甚至能危及人身安全。

据估计,雷云的电位约为1万到10万kV,雷电流的幅值可达数kA至数百kA。虽然雷电放电的持续时间只有几十微秒,但具有很大的破坏力,因此,必须采取有效措施,防止或减少雷害事故的发生。

根据雷电产生和危害特点的不同,雷电大体可以分为直击雷、雷电感应、球雷、雷电侵入波等几种形式。

如果雷云较低,周围又没有带异性电荷的雷云,就在地面凸出物

上感应出异性电荷,形成与地面凸出物之间的放电,这就是直击雷。

雷电感应也叫做感应雷,分静电感应和电磁感应两种。静电感应是由于雷云接近地面,在地面凸出物顶部感应出大量异性电荷所致。电磁感应是由于雷击后巨大的雷电流在周围空间产生迅速变化的强大磁场所致。这种磁场能在附近的金属导体上感应出很高的电压。

球雷是一种球形发红光或白光的火球,直径多在 20cm 左右,以每秒钟数米的速度运动,可从门、窗、烟囱等通道侵入室内,造成多种危害。

雷电侵入波是由于雷击而在架空线路或空中金属管道上产生的冲击电压沿线路或管道向两个方向迅速传播的雷电波。其传播速度约为 $300\text{m}/\mu\text{s}$ (在电缆中约为 $150\text{m}/\mu\text{s}$)。

目前,防止直击雷比较有效的措施是采用避雷针、避雷线、避雷网、避雷带和避雷器。

一、避雷针

避雷针主要用于保护露天配电装置,易燃建筑物,烟囱和冷水塔等。

避雷针可作为接闪器。接闪器是利用其高出被保护物的突出部位把雷电引向自身,然后通过引下线和接地装置把雷电流泄入大地,以此保护被保护物免遭雷击。

避雷针的保护范围是有限的,保护半径与其高度有关,单支避雷针的保护范围见图 12 - 15。

通常,根据实际需要的避雷针保护高度 h_x 和半径 r_x 来计算避雷针的高度 h ,再按这个高度来装置避雷针。一般,要进行几次计算才能求得比较精确的避雷针高度 h 的值。

避雷针的高度算法如下:

对单支避雷针,其保护范围可看做一折线圆锥形(参看图

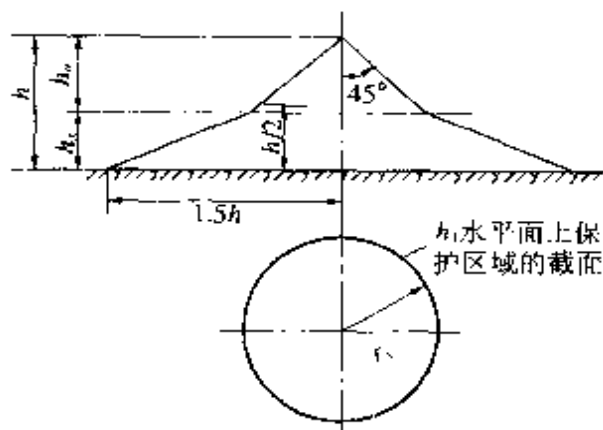


图 12 - 15 单支避雷针的保护区域

12 - 15), 其中, h 为避雷针高度(m); h_x 为被保护物的高度(m); h_e 为避雷针的有效高度(m)。

避雷针在地面上的保护半径 $r = 1.5h$ 。

在 h_x 的平面上的保护半径 r_x :

当 $h_x \geq h/2$ 时, $r_x = (h - h_x)P$

当 $h_x < h/2$ 时, $r_x = (1.5h - 2h_x)P$

式中 P ——高度影响系数, $h \leq 30\text{m}$ 时 $P = 1$, $h > 30\text{m}$ 时, $P = \frac{5.5}{\sqrt{h}}$ 。

由于雷电放电途径受很多因素的影响, 要想保证被保护物绝对不遭受雷击是很困难的, 一般只要求避雷针的保护范围内被击中的概率在 0.1% 以下即可。

避雷针一般用镀锌圆钢或钢管制成。针长在 1m 以下者, 圆钢直径不得小于 12mm, 钢管直径不得小于 20mm; 针长 1~2m 者, 圆钢直径不得小于 16mm, 钢管直径不得小于 25mm。装在烟囱上方的避雷针, 由于烟有腐蚀作用, 宜采用直径 20mm 以上的圆钢。

二、避雷线、避雷网和避雷带

避雷线、避雷网和避雷带实际上都是接闪器。避雷线主要用来保护电力线路, 一般采用截面积不小于 35mm^2 的镀锌钢绞线。

避雷网和避雷带主要用来保护建筑物。

避雷网和避雷带的保护范围无需进行计算。避雷网网路的大小可取 $6 \times 6\text{m}$, $6 \times 10\text{m}$, $10 \times 10\text{m}$, 视具体情况而定。避雷带相邻两带之间的距离以 $6 \sim 10\text{m}$ 为宜。此外,对于易受雷击的屋角、屋脊、檐角、屋檐及其他建筑物边角部位,可专设避雷带保护。

避雷网和避雷带可以采用镀锌圆钢或扁钢。圆钢直径不得小于 8mm ;扁钢厚度不得小于 4mm ,截面不得小于 48mm^2 。另外,装在烟囱上方时,圆钢直径不得小于 12mm ,扁钢厚度不得小于 4mm ,而且截面不得小于 100mm^2 。

三、避雷器

避雷器有羊角间隙避雷器、阀型避雷器和管型避雷器之分。主要用来保护电力设备,也用作防止高压侵入室内的安全措施。

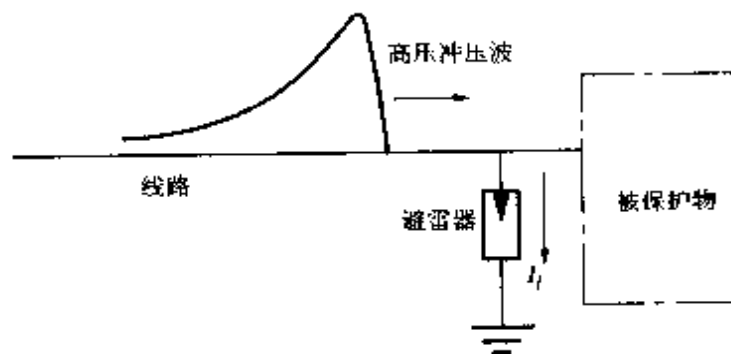


图 12-16 避雷器保护原理

避雷器保护原理如图 12-16 所示。避雷器设在被保护物的引入端。其上端接在线路上,下端接地。正常时,避雷器的间隙保持绝缘状态,不影响系统的运行。当因雷击,有高压冲击波沿线路袭来时,避雷器间隙击穿而接地,从而强行切断冲击波。这时,能够进入被保护物的电压仅是雷电流通过避雷器及其引线和接地装置产生的所谓残压。雷电流通过以后,避雷器间隙又恢复绝缘状态,以便系统正常运行。

1. 羊角间隙避雷器

它又称为保护间隙避雷器。保护间隙的原理结构如图 12-17 所示。主要由镀锌圆钢制成的主间隙和辅助间隙组成。主间隙做成羊角形状,留有 2~3mm 的间隙,水平安装,以便其间产生电弧时,因空气受热而上升,被推移到间隙的上方,电弧被拉长而熄灭。因主间隙暴露在空气中,比较容易短接,所以加上辅助间隙,防止意外短路。

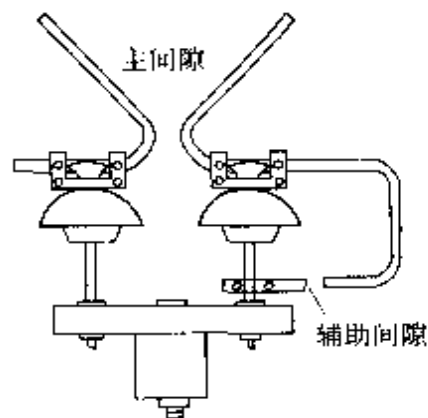


图 12-17 保护间隙的结构原理

羊角间隙避雷器结构简单、经济、安装容易,保护效果良好,是防止电度表被雷击的有效装置。

2. 阀型避雷器

阀型避雷器的种类及特点如表 12-10 所示。

表 12-10 阀型避雷器的种类及特点

系列名称及型号		结构特点	主要用途
普通 阀型	配电所型 FS	仅有间隙和阀片(碳化硅)	用作配电变压器、电缆头、柱上开关等设备的防雷
	变电所型 FZ	仅有间隙和阀片(碳化硅),但间隙带有均压电阻,以改善熄弧能力	用作变电所电气设备的防雷
磁吹 阀型	变电所型 FCZ	仅有间隙和阀片(碳化硅),但间隙加磁吹灭弧元件,使熄弧能力大增	用在 330kV 及以上变电所电气设备的防雷或低绝缘设备的防雷
	旋转电机型 FCD	仅有间隙和阀片(碳化硅),但部分间隙还并联电容器,以改善伏安特性	用作旋转电机的防雷

续 表

系列名称及型号		结构特点	主要用途
氧化 锌型	配电所型 FYS 变电所型 FYZ	采用非线性特性极好的 氧化锌阀片,无间隙	用作 380V 及以下设 备的防雷,如配电变压 器低压侧、低压电机、 电度表等
直流磁 吹型	FCL	与 FS 型类	用作保护直流电机

在普通阀型中,FS-10 阀型避雷器的结构如图 12-18 所示。瓷套内主要由一些串联的火花间隙和一些串联电阻阀片组成。每个火花间隙均由两个黄铜电极和一个云母垫圈组成。其云母垫圈厚 0.5~1.0mm。电阻阀片是用特殊碳化硅制成的饼形元件,其电阻随着通过电流的不同而在很大范围内变化。由于电阻阀片和火花间隙的配合作用,避雷器很象一个阀门,对雷电流,阀门打开,便泄入地下;而对工频电流,阀门关闭,迅速切断。故此,把它叫做阀型避雷器。

氧化锌避雷器是不用间隙的避雷器,它利用氧化锌片的优良的非线性伏安特性,低压时呈高阻性,而高压时电阻变得很小,可以将雷电流引入地下,雷电过后又能恢复高阻状态。

各种阀型避雷器主要技术数据见表 12-11、12-12、12-13。

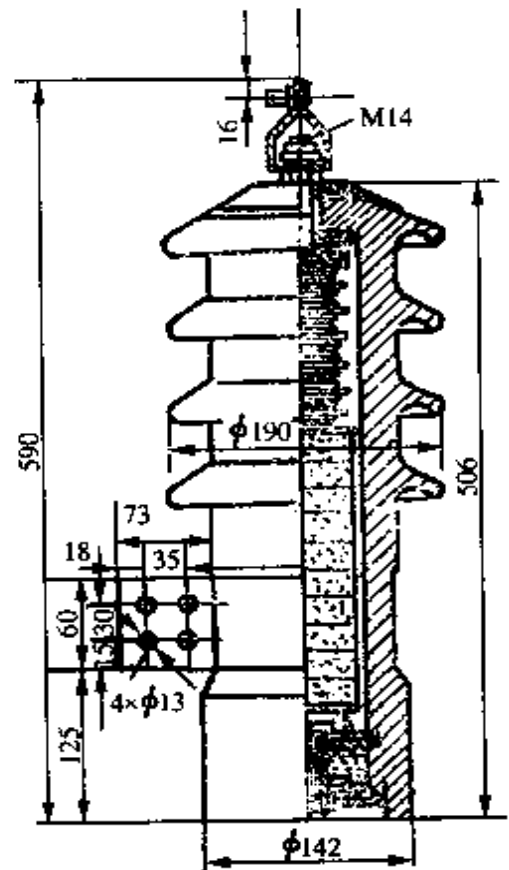


图 12-18 FS-10 阀型避雷器

表 12-11 电站用普通阀型避雷器主要技术数据

型号	额定电压 (有效值) (kV)	灭弧电压 (有效值) (kV)	工频放电电压 (有效值) (kV)	冲击放电电压 (峰值)不大于 (kV)	残压(峰值)不大于(kV)	
					3kA	5kA
FZ-3	3	3.8	9~11	20	13.5	14.8
FZ-6	6	7.6	16~19	30	27	30
FZ-10	10	12.7	26~31	45	45	50
FZ-15	15	20.5	41~49	73	67	74
FZ-20	20	25	51~61	85	81.5	90
FZ-30	30	25	56~67	110	81.5	90
FZ-35	35	41	82~98	134	134	148
FZ-40	40	50	102~122	163	163	
FCZ _A -35	35	41	70~85	112	108	
FCZ-30	30	41	85~100	134		134
FCZ ₂ -110J	110	100	170~195	285	260	

表 12-12 磁吹式阀型避雷器主要技术数据

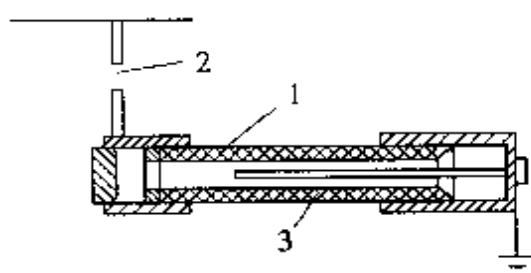
型号	额定电压 (有效值) (kV)	灭弧电压 (有效值) (kV)	工频放电电压 (有效值)(kV)	冲击放电电压 (峰值)不大于(kV)	残压(峰值)不大于(kV)	
					3kA	5kA
FCD-2	2	2.3	4.5~5.7	6	6	6.4
FCD-3	3	3.8	7.5~9.5	9.5	9.5	10
FCD-4	4	4.6	9~11.4	12	12	12.8
FCD-6	6	7.6	15~18	19	19	20
FCD-10	10	12.7	25~30	31	31	33
FCD-8	13.8	16.7	33~39	40	40	43
FCD-15	15	19	37~44	45	45	49

表 12-13 氧化锌避雷器主要技术数据

型 号	额定电压 (kV)	最大工作电压 (kV)	动作电压 (kV)	冲击电流残压 (峰值)(5kV) (kV)
FYS-3	3	3.8	5.4	13.5
FYS-6	6	7.6	11	25
FYS-10	10	12.7	18	45
FYS-35	35	41	59	126
FYZ-3	3	3.8	5.4	—
FYZ-6	6	7.6	11	—
FYZ-10	10	12.7	18	45
FYZ-35	35	41	59	126
FY ₁ -3	3	3.8	5.6	17
FY ₁ -6	6	7.6	11	30
FY ₁ -10	10	12.7	19	50

3. 管型避雷器

管型避雷器的原理结构如图 12-19 所示。主要由灭弧管和内、外间隙组成。灭弧管用胶木或塑料制成,在高电压冲击下,内、外间隙击穿,雷电流泄入大地。随之而来的工频电流也产生强烈的电弧,燃烧灭弧管内壁产生大量气体从管口喷出,很快吹灭电弧。外间隙的作用是防止灭弧管受潮时发生闪络而导致避雷器误动作,并使管子正常时与工作电压隔离。



1—外间隙 2—内间隙 3—灭弧管
图 12-19 管型避雷器的原理结构

管型避雷器主要技术数据如表 12-14 所示。

表 12-14 管型避雷器主要技术数据

型号	额定电压 (kV)	最大允许工频电压有效值 (kV)	极限切断电流有效值 (kV)		工频放电电压 (kV)		2 μ s 冲击放电电压不大于 (kV)	间隙距离 (mm)		灭弧管内径 (mm)
			下限	上限	干	湿		隔离间隙	灭弧间隙	
GXW $\frac{6}{0.5-3}$	6	6.9	0.5	3	27	27	60	10~15	130	8~8.5
GXW $\frac{6}{2-8}$	6	6.9	2	8	27	27	60	10~15	130	9.5~10
GXW $\frac{10}{0.8-4}$	10	11.5	0.8	4	33	33	75	15~20	130	8.5~9
GXW $\frac{10}{2-7}$	0	11.5	2	7	33	33	75	15~20	130	10~10.5
GXW $\frac{35}{0.7-3}$	35	40.5	0.7	3	105	70	210	100~150	175	8~9
GXW $\frac{35}{1-5}$	35	40.5	1	5	105	70	210	100~150	175	10~11
GSW-10	10	11.5	—	—	—	—	—	17~18	63 \pm 3	—

管型避雷器结构简单,但保护性能不如阀型避雷器好,可用于要求不太高的场合,或者作为辅助防雷装置。

四、防雷电的其他措施

(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进行可靠地接地。

(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,必须使处在雷电流的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,为了要避免发生这种现象,电缆和避雷针的接地极之间最少应该相距 10m。同样,电气设备保护接地装置和避雷针的接地极,也应相距 10m。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。

第八节 节约用电

电能是一种优质、清洁、方便、高效的能源,是国民经济和人民生活必不可少的。节约电能具有重大的经济效益、社会效益和环境效益。节约电能可以有效地缓和电力供需矛盾,保证我国经济持续、快速、健康地发展,而且节电也是爱护资源,保护环境的有力措施。目前,电气设备节电技术措施很多,限于篇幅,仅举以下几个例子供作参考。

一、用移相电容器提高功率因数

1. 功率三角形与功率因数

交流异步电动机、变压器、交流电焊机等电气设备,是根据电磁感应原理工作的。在交流电路中,当接上这些电气设备时,由电源供给的电功率,一部分用来使电气设备正常运行,也就是把电能变成其他形式的能量,这部分功率是用电设备实际消耗的功率,称为有功功率,用符号 P 表示。另一部分为电感性用电负载建立交变磁场而在电源和电感性负载之间往返的电功率,称为无功功率,用符号 Q 表示。

有功功率和无功功率的矢量和称为视在功率,用符号 S 表示。由有功功率 P 、无功功率 Q 与视在功率 S 组成的三角形,叫做功率三角形,如图 12-20 所示。

在功率三角形中,有功功率 P 和视在功率 S 的比值 $\cos \varphi$ 称为功率因数,又叫力率。用公式表示为

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}$$

角度 φ 叫功率因数角。

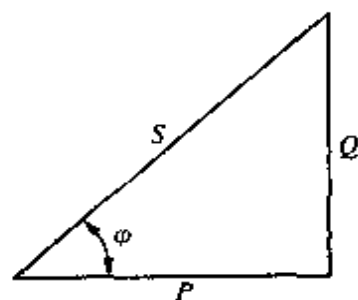


图 12-20 功率三角形

由功率三角形可以看出,在一定的有功功率下,当用电企业所需要的无功功率越大,其视在功率也越大。为满足用电的需要,供电线路和变压器的容量也越大。这样,不仅增加供电投资和负担,而且也造成企业用电的浪费。可见,企业的总功率因数偏低,导致无功功率的需要量增大,将对电力系统产生许多不良影响。

2. 用移相电容器提高功率因数

为提高电力系统及负载的功率因数。可采用并联电容器的方

法来实现。这种电容器叫移相电容器或电力电容器。

(1) 电容器容量的计算

用电容器改善功率因数,可以节电,但是电容性负荷过大,会引起电压升高,带来不良影响。所以,应适当选择电容器的安装容量。通常电容器的补偿容量可按下式确定:

$$Q_c = P_p (\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2)$$

式中 Q_c ——所需的补偿容量(kvar)(var 为无功功率单位,即无功伏安);

$\tan\varphi_1, \tan\varphi_2$ ——补偿前、后平均功率因数角的正切;

P_p ——一年中最大负荷月份的平均有功负荷(kW)。

当计算电容器容量时,应考虑实际运行电压与额定电压可能不同,电容器能补偿的实际容量将低于额定容量。

当电容器实际运行电压不等于额定电压时,应按下式进行换算:

$$Q'_c = Q_c \left(\frac{U}{U_e} \right)^2$$

式中 Q'_c ——电容器在实际运行电压时的容量(kvar);

Q_c ——电容器的额定容量(kvar),指的是额定电压下的无功容量;

U_e ——电容器的额定电压(kV);

U ——电容器的实际运行电压(kV)。

$\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2 = q_c$ 称为补偿率,或者称为比补偿功率,可由表 12-15 查出。

表 12-15 比补偿功率 q_c (kvar/kW) 值

补偿前 $\cos\varphi_1$	补偿后 $\cos\varphi_2$												
	0.7	0.75	0.80	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96	0.98	1.00
0.30	2.16	2.30	2.42	2.48	2.53	2.59	2.65	2.70	2.76	2.82	2.89	2.98	3.18
0.35	1.66	1.80	1.93	1.98	2.03	2.08	2.14	2.19	2.25	2.31	2.38	2.47	2.68
0.40	1.27	1.41	1.54	1.60	1.65	1.70	1.76	1.81	1.87	1.93	2.00	2.09	2.29
0.45	0.97	1.11	1.24	1.29	1.34	1.40	1.45	1.50	1.56	1.62	1.69	1.78	1.99
0.50	0.71	0.85	0.98	1.04	1.09	1.14	1.20	1.25	1.31	1.37	1.44	1.53	1.73
0.52	0.62	0.76	0.89	0.95	1.00	1.05	1.11	1.16	1.22	1.28	1.35	1.44	1.64
0.54	0.54	0.68	0.81	0.86	0.92	0.97	1.02	1.08	1.14	1.20	1.27	1.36	1.56
0.56	0.46	0.60	0.73	0.78	0.84	0.89	0.94	1.00	1.05	1.12	1.19	1.28	1.48
0.58	0.39	0.52	0.66	0.71	0.76	0.81	0.87	0.92	0.98	1.04	1.11	1.20	1.41
0.60	0.31	0.45	0.58	0.64	0.69	0.74	0.80	0.85	0.91	0.97	1.04	1.13	1.33
0.62	0.25	0.39	0.52	0.57	0.62	0.67	0.73	0.78	0.84	0.90	0.98	1.06	1.27
0.64	0.18	0.32	0.45	0.51	0.56	0.61	0.67	0.72	0.78	0.84	0.91	1.00	1.20
0.66	0.12	0.26	0.39	0.45	0.49	0.55	0.60	0.66	0.71	0.78	0.85	0.94	1.14
0.68	0.06	0.14	0.33	0.38	0.43	0.49	0.54	0.60	0.65	0.72	0.79	0.88	1.08
0.70		0.08	0.27	0.33	0.38	0.43	0.49	0.54	0.60	0.66	0.73	0.82	1.02
0.72		0.03	0.22	0.27	0.32	0.37	0.43	0.48	0.54	0.60	0.67	0.76	0.97
0.74			0.16	0.21	0.26	0.32	0.37	0.43	0.48	0.55	0.62	0.71	0.91
0.76			0.11	0.16	0.21	0.26	0.32	0.37	0.43	0.50	0.56	0.65	0.86
0.78			0.05	0.11	0.16	0.21	0.27	0.32	0.38	0.44	0.51	0.60	0.80
0.80				0.05	0.10	0.16	0.21	0.27	0.33	0.39	0.46	0.55	0.75
0.82					0.05	0.10	0.16	0.22	0.27	0.33	0.40	0.49	0.70
0.84						0.05	0.11	0.16	0.22	0.28	0.35	0.44	0.65
0.86							0.66	0.11	0.17	0.23	0.30	0.39	0.59
0.88								0.06	0.11	0.17	0.25	0.33	0.54
0.90									0.06	0.12	0.19	0.28	0.48
0.92										0.06	0.13	0.22	0.43
0.94											0.07	0.16	0.36

(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,做到无功就地补偿。这样可以改善电压质量,减少输电导线截面和降低电能损耗。如果集中装在总电源处,虽然也能提高功率因数,但在功率因数低的负载线路上仍有很大的无功电流使线路损耗增大,导线截面也增大。因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以保安全。因电压不同,其接线方法也不尽相同。如果电压在 1000V 以下,低压电容器组接线如图 12-21 所示。而电压在 1000V 以上高压电容器组接线方式如图 12-22 所示。

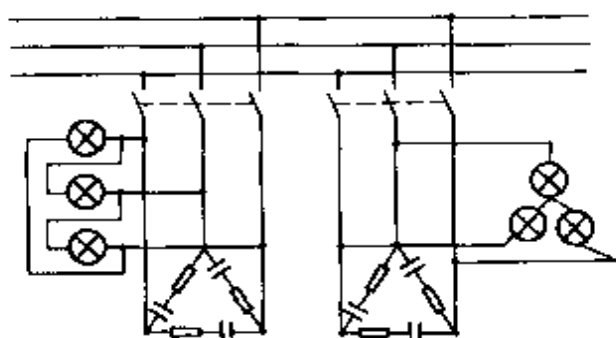


图 12-21 1000V 以下低
压电容器组接线

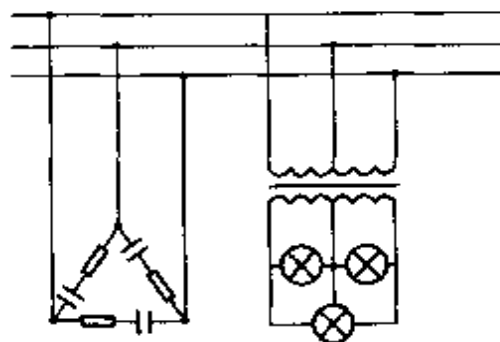


图 12-22 1000V 以上
高压电容器组接线

对于低压电力电容器可选用 YY 型、YL 型、YY₃、YL₃ 型进行组装,还可选用 BJ-1X、BJ-2X、BJ-3、BJF-3 等低压成套电容器柜进行组装。YY 型电力电容器的技术指标见表 12-16。

表 12-16 电力电容器的技术指标

型 号	额定电压 (kV)	标称容量 (kvar)	标称电容 (μ F)	额定频率 (Hz)
YY0.23-4-3	0.23	4	240	50
YY0.23-4-1	0.23	4	240	50
YY0.4-10-3	0.4	10	200	50

续 表

型 号	额定电压 (kV)	标称容量 (kvar)	标称电容 (μ F)	额定频率 (Hz)
YY0.4-11-3	0.4	11	220	50
YY0.4-10-1	0.4	10	200	50
YY0.525-10-3	0.525	10	116	50
YY0.525-10-1	0.525	10	116	50
YY0.525-9-3	0.525	9	104	50
YY1.05-10-1	1.05	10	29	50
YY3.15-10-1	3.15	10	3.21	50

(3) 移相电容器放电电阻的计算

为保证操作的安全,在安装移相电容器时规定:不论电容器的额定电压高或低,在放电电路上经 30 秒放电后,电容器两端的电压不应超过 65V。所以,在安装和维护电容器组时必须计算放电电路的电阻值。

当放电电路电感很小,而接近于零时,其电容器两端电压 U 降到安全值 U_{aq} 时所需的时间为:

$$t_{\text{aq}} = 2.3RC \lg \frac{1.41}{U_{\text{aq}}} (\text{s})$$

如果放电电流为振荡电流则:

$$t_{\text{aq}} = 4.6 \frac{L}{R} \lg \frac{1.41}{U_{\text{aq}}} (\text{s})$$

式中 U 为电源电压(V); U_{aq} 为安全电压值(V),采用 65V; R 为放电电阻(Ω); C 为每相的电容(F); L 为放电电路电感(H)。

通常 380V 以下的低压电容器组放电电路都采用白炽灯组成,如图 12-23 所示,而 3kV 至 11kV 的高压电容器组放电电路则多半采用接成“V”形的单相电压互感器或三相互感器,如图 12-24 所示。

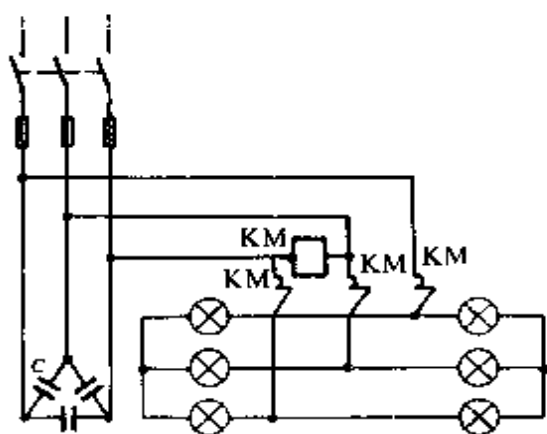


图 12-23 低压电容器组放电电路接线图

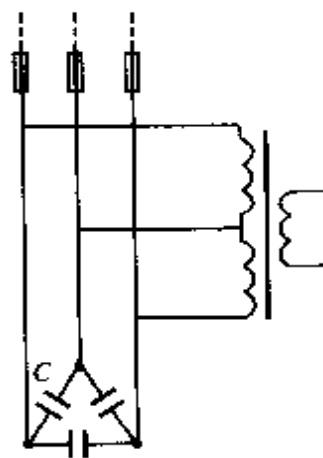


图 12-24 高压电容器组放电电路接线图

二、无功功率自动补偿控制器

无功功率自动补偿控制器是工矿企业、变电所或配电系统中采用的进行最佳无功补偿的装置。它能根据功率因数的变化，自动切换补偿电容器。JK12-10 型低压无功功率自动补偿装置的工作原理如图 12-25 所示。线路控制器的电压信号取自三相交流

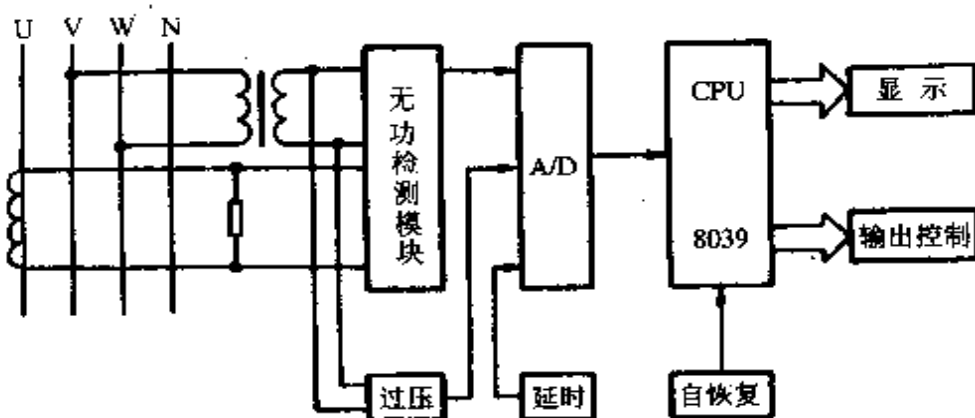


图 12-25 JKL2-10 型低压无功功率自动补偿器原理图

系统总进线中的 V、W 相线电压，电流信号取自 U 相电流互感器的副边，经无功检测模块转成直流电信号送 A/D 变换后到 CPU

进行处理,然后,根据负载的大小,自动接入或切断补偿电容器数量。其外围端子接线如图 12-26 所示。图中 $C_1 \sim C_{10}$ 为外接电容补偿屏。此装置还具有过压保护、数字显示功能。

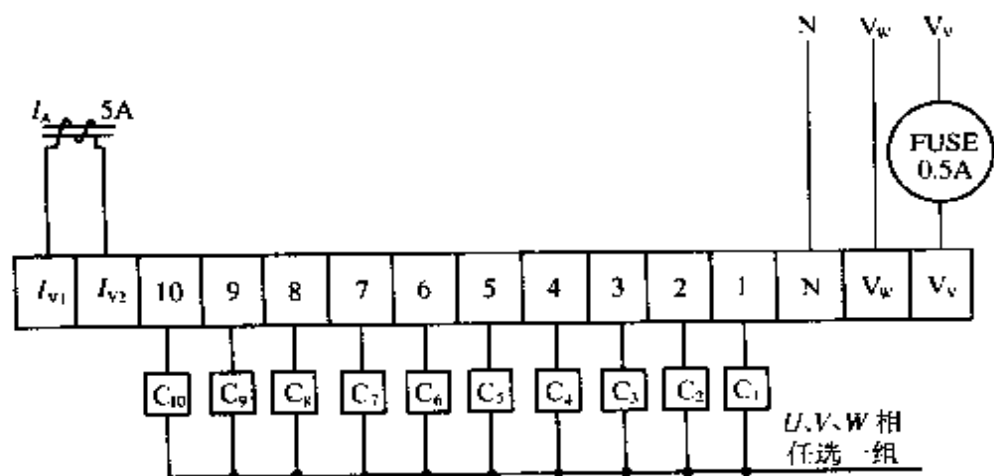


图 12-26 JKL2-10 型低压无功功率自动补偿器端子接线图

三、异步电动机同步化运行

绕线式感应电动机的转子,在起动完毕后通入直流电流,将转子牵入同步,作同步电动机运行,称为异步电动机同步化。

异步电动机同步化运行节电效果显著,因为这是直接在用户端进行补偿,可以减少无功功率流动,减少电力线路有功功率损失和末端电压偏移。同步化运行后还可以使电动机少消耗一些无功功率,甚至向电网输送无功功率。

改装绕线转子异步电动机使之同步化比较简单,电动机本身不需要做大的改动,只需将接线方式改变一下即可,但需增加一套低电压大电流设备和控制设备。

同步化的工作原理及控制线路如图 12-27 所示。

1. 变压器整流方式的选择

整流方式的选择是:对于励磁电流小于 400A 的绕线转子异步电动机多采用三相桥式整流回路;对需要励磁电流大于 400A

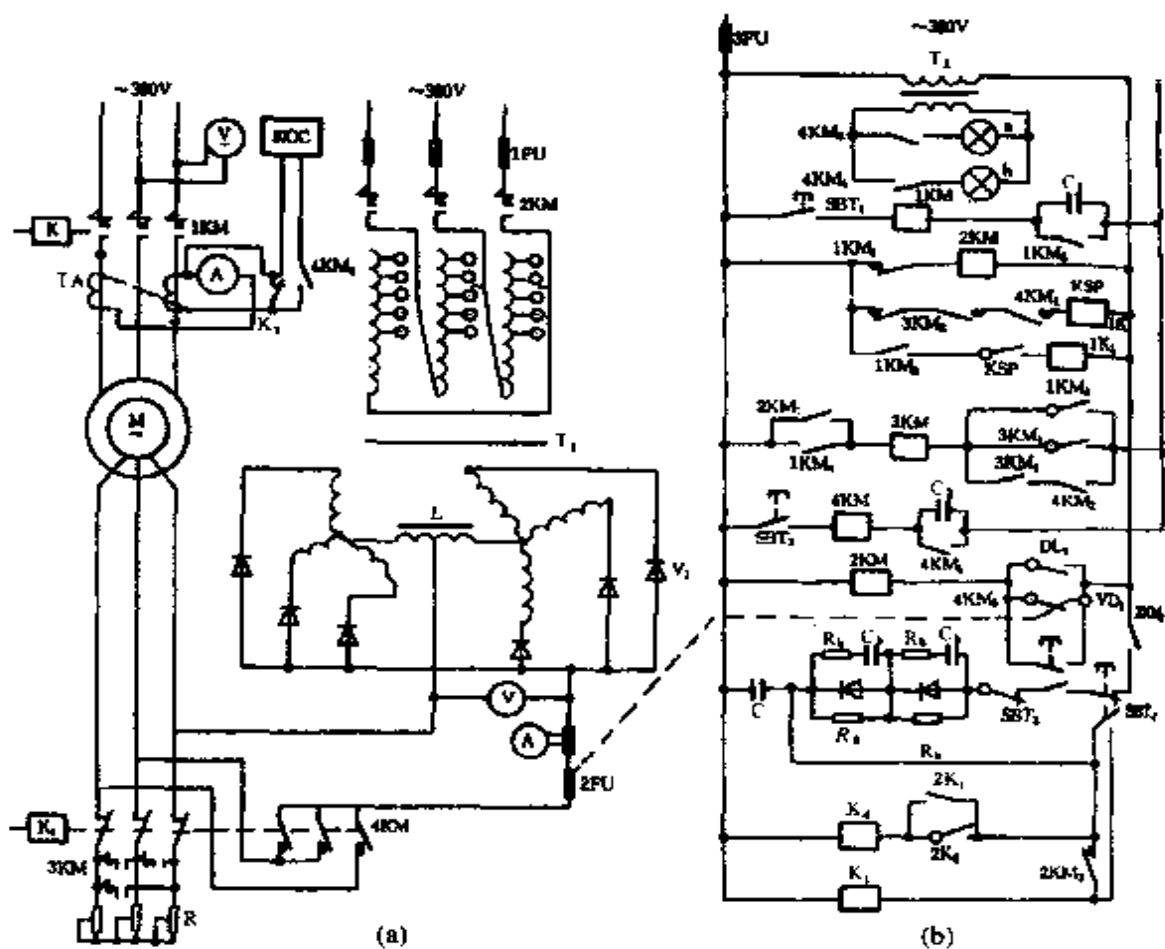


图 12-27 同步化的原理及控制线路

的则采用六相双层反星形整流回路。其整流变压器的次级相电压、相电流及容量,可用下列公式计算:

(1) 次级相电压 $U_{\text{相}}$

$$U_{\text{相}} = \frac{U_D K_1 K_2}{K} = \frac{1.23 U_{2e} S K_1 K_2}{K}$$

式中 U_D 为励磁电压 (V), $U_D = 1.23 U_{2e} S$; U_{2e} 为转子额定电压 (V); S 为额定转差率; K_1 为电压波动系数, 取 1.1; K_2 为二次降压损失系数, 取 1.05; K 为整流系数, 三相桥式取 1.35, 六相双反星形取 1.17。

(2) 次级相电流 $I_{\text{相}}$

三相桥式:

$$I_{\text{相}}=0.472, I_{\text{D}}=0.472\sqrt{2}I_{2\text{e}}(\text{A})$$

六相双反星形:

$$I_{\text{相}}=0.289, I_{\text{D}}=0.289\sqrt{2}I_{2\text{e}}(\text{A})$$

式中 I_{D} 为励磁电流(A), $I_{\text{D}}=\sqrt{2}I_{2\text{e}}$; $I_{2\text{e}}$ 为转子额定电流(A)。

(3) 容量 S

三相桥式:

$$S_{\text{T}}=3U_{\text{m}}I_{\text{m}}\times 10^{-3}(\text{kVA})$$

六相双反星形:

$$S_{\text{T}}=6U_{\text{m}}I_{\text{m}}\times 10^{-3}(\text{kVA})$$

2. 电气控制动作顺序

图 12-27 中电气控制动作顺序是:启动异步运行、同步运行、停止运行及过载或失步保护。

(1) 启动

按下启动按钮 SBT_1 , 使 1KM 有电而关闭主回路, 电机在接入频敏电阻 R 下启动, 1KM 各辅助的触点 1KM_1 、 1KM_2 、 1KM_3 、 1KM_4 相继动作。

① 1KM_3 常闭触点打开, 使 1KM 断电, 但是由于 1KM 有机械联锁, 仍使 1KM 处于闭合状态。

② 1KM_1 闭合, 2KM 有电, 整流变压器投入。

③ 1KM_2 闭合, KSP 有电, 经过延时(现整定为 8S)动作, 闭合 KSP , 1K 有电动作。

(2) 异步运行

1KM_4 闭合, 1K_1 闭合, 3KM 有电动作, 使转子短路, 异步状态下运行。

① 3KM₂ 断开, KSP 断电, 1K 断电, 1K₁ 断开。

② 3KM₁ 闭合, 使 3KM 处于自保持闭合状态, 电动机仍异步运行。

(3) 同步运行

按同步运行按钮 SBT₂, 4KM 有电动作, 电动机同步运行, 4KM 的各辅助触点 4KM₁、4KM₂、4KM₃、4KM₄、4KM₅、4KM₆、4KM₇ 相继动作。4KM₅ 断开, 4KM 断电, 由于有机械联锁, 使 4KM 仍处于闭合状态。同时:

① 4KM₁ 打开, 断开 KST 回路。

② 4KM₂ 打开, 使 3KM 断电。

③ 4KM₃ 打开, 绿灯灭, 4KM₄ 闭合, 红灯亮。

④ 4KM₇ 打开, 4KM₆ 闭合, 过流继电器 KOC 接入。

(4) 停止运行

① 按 SBT₁, 电容 C₂ 向 K 放电, K₁ 有电, 1KM 脱扣。

② 2KM 断开, 2KM₁ 闭合, 电容 C₃ 向 K₄ 放电, K₄ 有电, 4KM 脱扣, 电动机断电停止运行。

(5) 过载或失步保护

当电动机过载或失步时, KOC 动作或 2FU 熔断, KOC 或 2FU 所装置的微动开关闭合使 2K 有电工作。

① 使 2K₂ 打开, 2K₃ 闭合, 电容 C₃ 向 K₄ 放电。

② K₄ 动作, 解除 4KM 机械联锁, 4KM 脱落。

③ 2K₁ 闭合, 3KM 有电闭合, 电动机恢复异步状态动作。

异步电动机同步化线路元件见表 12-17。

表 12-17 异步电动机同步化线路元件表

符号	名称	规格	数量	备注
M	交流电动机	JR116-6, 135kW/380V	1	
1KM	交流接触器	300A, 380V	1	

续 表

符 号	名 称	规 格	数 量	备 注
2KM	交流接触器	CJO-20,220V	1	自制
3KM	交流接触器	CJ10-150,380V	1	
4KM	交流接触器	300A,380V	1	
R	频敏变阻器	BP-703	1	
1K,2K	交流继电器	CJO-10,220V	2	
KST	时间继电器	JSB-1,0~60s,220V	1	
KOC	过流继电器	DL-13,10~20A	1	
SMT	微动开关		1	
K ₁	1K 脱扣线圈	直流 220V	1	
K ₄	4K 脱扣线圈	直流 220V	1	
T ₁	整流变压器	380V/2×12~14V,△/Y	1	并联
T ₂	指示灯变压器	220V/6~12V,5VA	1	
V ₁	硅元件	2CZ-200A/500V	6	
V ₂	硅元件	2CZ-5A/400V	2	
SBT ₁	启动按钮	LA19-11D	1	
SBT ₂	同步运行按钮	LA19-11D	1	
SBT ₃	恢复异步按钮	LA19-11D	1	
SBT ₄	停车按钮	LA19-11D	1	
TA	电流互感器	LQG-0.5,400/5A	2	
1FU	螺旋熔断器	RL1-60A,500V	3	
2FU	快速熔断器	RSO380A	2	
3FU	瓷插熔断器	RC1A,380V/5A	2	
R _a	电阻	100Ω,6W	2	
R _b	电阻	5.5kΩ,20W	2	
C ₁ C ₂	消弧电容	8μF,630V	2	
C ₃	电解电容	220μF,500V DC	1	
C ₆	电容	CZ-T0.2μF,400V	2	
\underline{V}	直流电压表	1C2-V, +30~0~-30V	1	
\overline{V}	交流电压表	1T1-V,500V	1	
\overline{A}	交流电流表	1T1-A,400A	1	

续 表

符 号	名 称	规 格	数 量	备 注
A	直流电流表	KZ-A, 1.5kA	1	外附分流器
n	异步运行指示灯	6.3V, 0.15A	1	按钮自带
h	同步运行指示灯	6.3V, 0.15A	1	按钮自带
L	平衡电抗器			自制

四、电焊机自动开关

电焊机是一种焊接和熔化金属的设备。耗电多,品种有数百,使用面广量大,因此,对电焊机采取节电措施,意义重大。

在电焊机上加装一些开关和某些控制元件,就成为自动开关。下面介绍几个电焊机自动开关的例子。

1. 交流电焊机节约空载电流的自动开关

无触点式交流电焊机自动开关工作原理如图 12-28 所示。

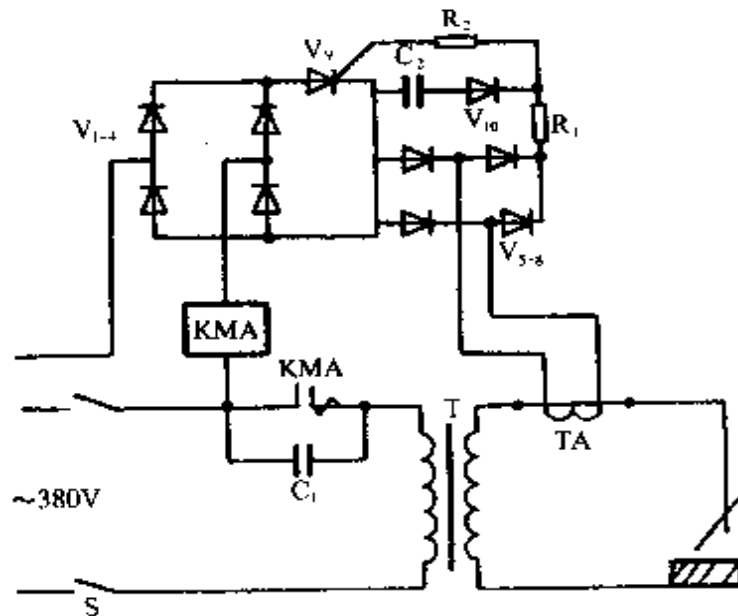


图 12-28 交流电焊机自动开关工作原理图

当合上电源开关 S, KMA 交流接触器尚未吸合时, 380V 电压

经过 C_1 , 加在电焊机的一次侧(初级), 在二次侧(次级)将感应出 20~40V 的电压。当焊条与被焊体接触时, 电流互感器(TA)上就感应出 1~1.5V 电压。此电压经过桥式整流, 并经 R_1 、 R_2 限流去触发晶闸管 V_9 。 V_9 导通后, 使接触器 KMA 线圈通电, 其主触点闭合, C_1 被短接, 电焊机开始工作。此时, TA 电压升高, 稳压管 V_{10} 被反向击穿, 对 C_2 充电。如果电焊机短时停焊时, C_2 经稳压管 V_{10} 正向和 R_2 对 V_9 的控制极放电, 使 V_9 导通, KMA 暂不释放。待 C_2 放电完毕时, V_9 关断, KMA 释放, 电焊机就自动停电。

此装置调试简单, 只要调整 C_2 和 R_2 的大小来达到晶闸管 V_9 的正常导通值即可。 R_2 不宜太大, 否则, 影响 V_9 的正常触发。

在选择晶闸管 V_9 时, 要选其触发电压低和触发电流小的管子。无触点式交流电焊机自动开关所使用元件及其规格见表 12-18。

表 12-18 元件及其规格表

序号	代号	名称	型号及规格	数量	备注
1	S	闸刀开关		1	
2	T	焊接变压器	BX1-330	1	
3	KMA	交流接触器	CJ10-40	1	
4	TA	电流互感器	LQG-0.5, 300V/5A	1	
5	V_9	可控硅	KP-5.5A/400V	1	
6	V_{10}	稳压二极管	2CW12	1	
7	V_{1-4}	二极管	2CZ1A, 500V	4	
8	V_{5-8}	二极管	2CP14	4	
9	C_1	电容器	4 μ F, 630V	1	
10	C_2	电解电容器	6000 μ F, 15V	1	
11	R_1	电阻	51 Ω , 5W	1	
12	R_2	电阻	510 Ω , 0.25W	1	

2. 硅整流直流电焊机空载自停装置

硅整流直流电焊机空载自停装置工作原理如图 12-29 所示。

极再经限流电阻 R_2 加到三极管 V_{13} 的基极上, 负极与 V_{14} 的发射极相连, 则 V_{14} 导通。高灵敏继电器 KT_1 得电, 其常闭接点断开, 时间继电器 KT_2 线圈失电, 其接点 KT_2 闭合, 交流接触器 KMA 得电, 其主接点 K_1 闭合, 硅整流直流焊机带电工作, 此时电流互感器 TA 次级感应电压使 V_{14} 处于导通, 保证了焊机的正常工作。当停焊时间不超过 10s 时, 时间继电器常闭延时接点不断开, 可再次焊接。当停焊时间超过 10s 后, 时间继电器常闭接点断开, 使交流接触器 KMA 线圈失电, 其主接点 K_1 断开, 切断焊机电源。

控制回路与晶体管放大回路电源由控制变压器 T_3 供给。次级经桥式整流, C_1 滤波后供给高灵敏继电器电路 KT_1 和三极管 V_{14} 。其元件见表 12-19。

表 12-19 元件参数表

符 号	名 称	型 号 规 范	数 量	备 注
T_1	硅整流电焊机	GXF-300 型, 3 相, 380V, 19.5kV·A	1 台	
V_{1-6}	硅整流管	2CZ200A/200V	6	电铃 变压器 代
TA	电流互感器	低压 200/5~300/5	1	
T_3	控制变压器	220V/10V	1	
KMA	交流接触器	CJ-10-40, 380V, 40A	1	
KT_2	交流时间继电器	JS7 型, 220V, 0~60s	1	
C_{1-3}	电容器	4 μ F, 500V	3	
C_{4-5}	电容器	20 μ F, 400V	2	
R_1	电阻器	300 Ω , 1W	1	
R_{2-3}	电阻器	10k Ω , 1 Ω	2	
V_{12}	稳压管	2CW15	1	
V_{11}	整流二极管	2CP12	1	
V_{14}	三极管	3DD4	1	
KT_1	高灵敏继电器	144 型	1	
QK	刀开关	380V, 50A	1	
S	开关	220V	1	

五、逆变式电焊机

逆变式电焊机是继晶体管与晶闸管逆变技术之后,采用场效应管的逆变新技术,因其空载电流小,效率高,与老式电焊机相比可节电 30%~40%以上,并节约铜材、硅钢片达 90%以上,因此体积小,重量减轻为 1/10。随着大功率的 VMOS 管的出现,它逐渐得到推广和应用。单管逆变式电焊机的工作原理如图 12-30 所示。

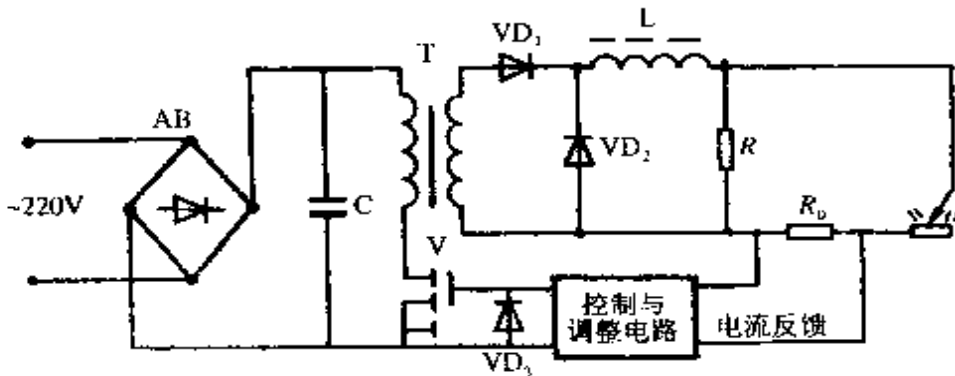


图 12-30 逆变式弧焊整流器原理线路图

图中交流 220V 电源经桥式整流电路 AB 及电容 C 滤波可得到约 300V 直流电压, T 为高效变压器, 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的(例 50kHz)交流方波。经高频变压器 T 传递和降压,并经 VD_1 、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 V 截止时, L 所储能量通过续流二极管 VD_2 释放,负载得到连续的能量供应。 R_0 为电流反馈取样电阻,用来调整高频脉冲宽度、提高焊接质量。控制与调整电路一般采用 LM3524 脉冲调制集成块。ZX7V-MOS 系列逆变式电焊机技术参数见表 12-20。

表 12-20 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	A	125	250	315	400
	焊接电流调节范围	A	20~125	40~250	50~315	60~400
	空载电压	V	50	60	65	65
	工作电压	V	25	30	32.6	36
	额定暂载率	%	60	60	60	60
	额定输出功率	kW	3	7.5	10	14.4
	功率因数		≥ 0.95	≥ 0.95	≥ 0.95	≥ 0.95
效率	%	90	90	90	90	
输入	电源电压	V	220	380	380	380
	电源相数		单相	三相	三相	三相
	空载电流	A	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
	频率	Hz	50	50	50	50
	额定电流	A	13	15	17	22
	额定容量	kW	3.5	8.3	11.1	16
重量	kg	10	15	25	30	
外形尺寸	mm	350×150 ×200	400×160 ×250	450×200 ×300	560×240 ×355	

六、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、校圆以及测量尺寸等辅助工作,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 15~20s 钟所消耗的数值。因此当辅助工作时间超过 15~20s 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的电路

图 12-31 中,当车床离合器置于停止位置时,限位开关 TA 被打开,电磁开关 JC 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 TA 复回原位,使电磁开关 JC 合上,电动机立即起动,车床即可进行工作。

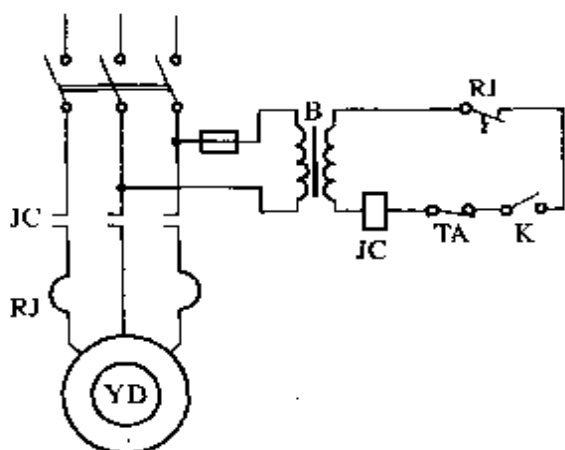


图 12-31 齿轮车床空载自动停车电路图

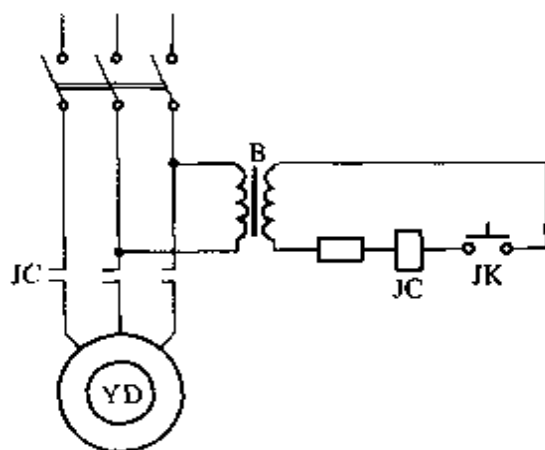


图 12-32 砂轮脚踏开关接线图

2. 砂轮脚踏开关的接线(半自动停车装置)

在图 12-32 中,脚踏开关 JK 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 JK,电磁开关的线圈 JC 便立即通电,其触点 JC 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 JK 自动开断,电磁开关电源被切断,砂轮电动机便停止运转。