

实用电工

速查手册

赵玲玲 周芬萍 曲国明 杨奎河 编
河北科学技术出版社



SHIYONG DIANGONG SUCHA SHOUCHE



责任编辑/李向海 封面设计/寇 著

◆速查手册系列◆

化学实验员速查手册

实用车工速查手册

实用铸工速查手册

实用电工速查手册

实用锻工速查手册

实用钳工速查手册

实用焊工速查手册

ISBN 7-5375-2503-X
TM·5 定价:19.00 元

ISBN 7-5375-2503-X



9 787537 525039 >

实用电工速查手册

赵玲玲 周芬萍 曲国明 杨奎河 编

河北科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

实用电工速查手册 / 赵玲玲等编. — 石家庄: 河北科学技术出版社, 2001

ISBN 7-5375-2503-X

I. 实… II. 赵… III. 电工-技术手册
IV. TM-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 069805 号

实用电工速查手册

赵玲玲 周芬萍 曲国明 杨奎河 编

河北科学技术出版社出版发行
(石家庄市和平西路新文里 8 号)

河北新华印刷一厂印刷

新华书店经销

2002 年 1 月第 1 版 2002 年 1 月第 1 次印刷
开本 850×1168 1/64 印张 7.75 字数 322 千字
印数: 1—3000 定价: 19.00 元

速查手册系列图书编委会

主 编：	赵地顺			
副主编：	李增民	毛 磊	李 军	李冀辉
编 委：	刘瑞玲	谭建波	李志勇	韩鹏彪
	朱金均	张双杰	王丽娟	胡云岩
	阎俊霞	王永明	张振文	刘利剑
	赵月静	赵玲玲	周芬萍	曲国明

前 言

随着科学技术不断进步，电器设备的应用日益广泛且不断更新，在电气设备中，不仅有传统的变压器、电机、开关电器等，而且有用国外技术和设备生产的新型电器产品，还有国内自己开发研制的电器新产品。为满足广大电工及相关技术人员在使用、维修和设计现代化工业电气设备时以及技术革新中的需要，我们编写了这本简明实用、查阅方便的小型电工手册。

本手册以厂矿企业常用的电气设备、控制设备等为主，以图表的形式，对这些产品和器件的技术性能、工作特性、适用范围、注意事项、常见故障及排除方法，作了较详细的介绍。

本手册的编写特点是科学性、实用性和新颖性并重，略去了烦琐的公式推导，文字叙述力求简明扼要、通俗易懂；技术数据大都采用表格化，以便于读者查找和对照。并且全书以两新为主导：一是编入了用国外技术生产的低压电器，低损耗系列变压器，Y系列异步电动机和新型特种电机；二是手册中的电气图形符号、电工计量单位等都采用了新颁布的国家标准。

该手册共分九章。主要内容包括：第一章，电工基本知识，主要介绍了常用电工基本定律、计算公式以及常用电工设备符号；第二章，常用电工仪器仪表，主要介绍了测量仪表的常识及电压、电流、功率等参数的测量；第三章，变压器，主要介绍了变压器的基本知识以及常用三相电力变压器、特殊变压器的技术指标、故障排除；第四章，电机，主要介绍了厂矿中常用的三相异步电动机、单相异步电动机及特殊用途电机的性能指标、技术数据、维修和保养；第五章，低压电器，主要介绍了低压电器的型号和分类以及常用低压电器的技术数据；第六章，电线电缆，主要介绍了裸电线、电磁线、绝缘线及电缆的性能指标和技术数据；第七章，照明，主要介绍了常用电光源和

常用灯具的相关数据和使用注意事项；第八章，常用电工材料，主要介绍了导电材料、磁性材料、绝缘材料、电阻合金材料及熔体材料的相关数据；第九章，安全用电与节约用电，主要介绍了触电防护、防雷保护、接地保护和接零保护及节约用电等内容。

其中第三、四、五、六、七章由赵玲玲同志编写；第一、二、八、九章由匡芬萍同志编写；第二章第三节、第四章第五节、第六章第四节和第八章第一节由曲国明同志编写；第四章第四节及部分章节电路图由杨奎河同志编写和绘制。全书由李增民教授主审。

本手册可供具有初中以上文化水平的电工、一般技工以及从事电气设备设计和维修的有关技术人员参考，也可作为考核和培训电工的参考书。

本手册在编写中难免有错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者
2001.11.10

目 录

第一章 电工基本常识	
一、常用电工基本定律及计算公式	1
1. 欧姆定律	1
2. 基尔霍夫定律	3
3. 电磁感应定律	4
4. 楞次定律	4
5. 左手定则	5
6. 右手定则	5
7. 安培环路定律	6
8. 焦耳-楞次定律	7
9. 磁路欧姆定律	7
10. 磁路基尔霍夫定律	8
11. 常用电工计算公式	8
二、部分常用物理量名称、符号及其单位	14
三、常用电工符号	20
第二章 常用电工仪器仪表	
一、万用表	44
1. 万用表的使用方法	44
2. 万用表使用注意事项	45
3. 万用表的常见故障	46
4. 部分万用电表的型号与规格	48
二、毫伏表	55
1. 毫伏表使用注意事项	56
2. 部分毫伏表的型号及规格	57
三、示波器	57
1. 示波器的组成	58
2. 示波器的技术性能	59
3. 示波器的使用方法	61
4. 示波器的使用步骤	68
四、信号发生器	70
1. XD7 低频信号发生器	70
2. YB1631 型功率函数发生器	71
五、测量仪表常识	76
1. 电工测量仪表常用符号及意义	76
2. 仪表的级别	77
3. 常用电工测量仪表的结构形式及特点	77
4. 常用仪表的系列代号与特征代号	80

六、电工测量	83
1. 直流电流的测量	83
2. 交流电流的测量	84
3. 直流电压的测量	85
4. 交流电压的测量	85
5. 直流电路功率的测量	86
6. 单相交流电路功率的测量	86
7. 单相交流电路功率因数的测量	87
8. 三相交流电路有功功率的测量	89
9. 三相交流电路无功功率的测量	90
10. 三相交流电路功率因数的测量	91
11. $1\Omega \sim 100k\Omega$ 电阻的测量	92
12. 低电阻的测量	94
13. 绝缘电阻和接地电阻的测量	97
14. 交流电能的测量	99

第三章 变压器

一、变压器的基本知识	101
1. 变压器各数据间的关系	101
2. 变压器的分类和各部分的作用	102

二、电力变压器	105
1. 电力变压器的技术数据	105
2. 电力变压器的选择	116
3. 电力变压器的维护与检修	117
三、特殊用途变压器	120
1. 调压器	120
2. 电压互感器	127
3. 电流互感器	131
4. 控制变压器	134

第四章 电机

一、三相异步电动机	142
1. 三相异步电动机的型号、结构特征及应用	142
2. 三相异步电动机的铭牌和技术指标	151
3. 三相异步电动机的维护和常见故障处理方法	153
二、几种常用三相异步电动机的型号和技术数据	157
1. Y系列 (IP44) 小型异步电动机	157
2. Y系列 (IP23) 小型三相异步电动机	162
3. YR系列 (IP44) 小型绕线转子三相异步电动机	164

4. YR 系列 (IP23) 小型 绕线转子三相异步电动 机	166
5. YZ、YZR 系列起重及 冶金用三项异步电 动机	168
三、单相异步电动机	171
1. 单相异步电动机的结 构	171
2. 单相异步电动机的型 号与技术数据	172
四、特殊用途电机	186
1. 交流弧焊机	186
2. 直流弧焊机	196
3. 电钻	200
4. 电磨	203
5. 控制微电机	206
五、直流电机	215

第五章 低压电器

一、低压电器的分类	226
二、低压电器的型号	228
三、常用低压电器	230
1. 刀开关和组合开关	230
2. 熔断器	236
3. 自动开关	242
4. 启动器	247
5. 电阻器和变阻器	253
6. 电磁铁	257
7. 继电器	261

8. 主令电器	269
---------------	-----

第六章 电线电缆

一、裸电线	276
1. 裸电线的型号、特性 和用途	276
2. 常用裸电线的规格	278
二、电磁线	293
三、绝缘电线	304
1. 绝缘电线的型号和用 途	305
2. 常用绝缘电线的技术 规格	306
四、电缆	311
五、电线电缆的安全 载流量	321

第七章 照明

一、照明基本知识	327
1. 照明基本术语	327
2. 向光源的分类和 特点	328
3. 照明质量	329
二、常用电光源和常用 灯具	332
1. 常用电光源	332
2. 常用灯具	343
3. 常用照明附件	346
4. 照明配电箱的安装	349

第八章 常用电工材料

一、导体材料	350
1. 导电金属	350
2. 铜和铝的型号、成分 和用途	352
3. 电工中常用合金	354
4. 电阻合金材料及熔体 材料	355
5. 电刷	373
二、磁性材料	386
1. 软磁材料	386
2. 硬磁材料	413
三、绝缘材料	418
1. 绝缘树脂	420
2. 绝缘漆及绝缘油	422

3. 层压制品	440
---------------	-----

第九章 安全用电与 节约用电

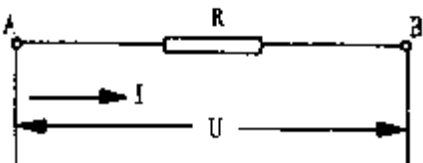
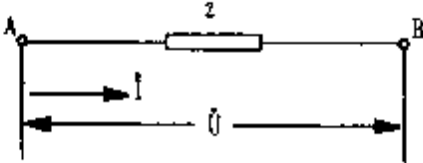
一、安全用电	452
1. 触电及其防护	452
2. 接地保护和接零保 护	457
3. 防雷保护	463
二、节约用电	467
1. 机床空载自动停车装 置	468
2. 用移相电容器提高功 率因数	469
3. 异步电动机同步化运 行	477

第一章 电工基本常识

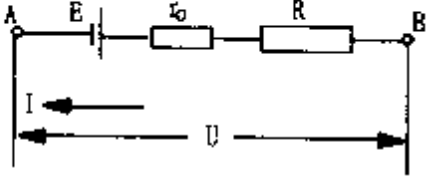
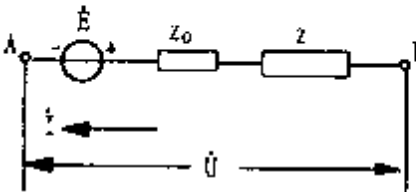
一、常用电工基本定律及计算公式

1. 欧姆定律

表 1-1 欧姆定律

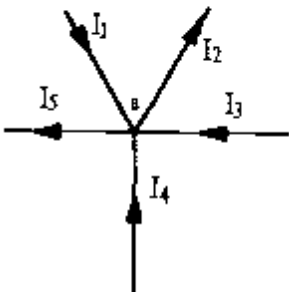
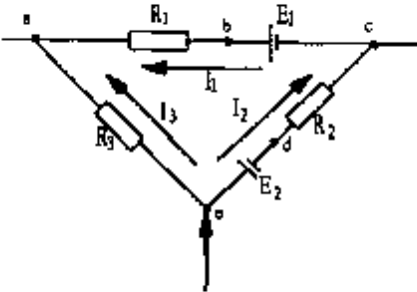
名称	直流电路中的欧姆定律	交流电路中的欧姆定律
定 律 内 容	<p>(1)一段无源电路欧姆定律, 如图所示。在此电路中, 电流、电压和电阻三者之间的关系可用下式表达:</p> $I = \frac{U}{R}$  <p style="text-align: center;">一段无源电路</p> <p>(2)一段含源电路欧姆定律, 如图所示。将电源内阻及电动势均计算在内时, 电路中的电流、电势、电阻及内阻间的关系可用下式表达:</p>	<p>(1)一段无源电路欧姆定律, 如图所示。在此电路中, 电流、电压和阻抗三者之间的关系可用下式表达:</p> $\dot{i} = \frac{\dot{U}}{Z}$  <p style="text-align: center;">一段无源电路</p> <p>(2)一段含源电路欧姆定律, 如图所示。将电源内阻抗及电动势均计算在内时, 电路中的电流、电势、电压、阻抗及内阻抗间的关系可用下式表达:</p>

续表

名称	直流电路中的欧姆定律	交流电路中的欧姆定律
定 律 内 容	$I = \frac{-E + U}{r_0 + R}$	$\dot{i} = \frac{-\dot{E} + \dot{U}}{z_0 + Z}$
	 <p style="text-align: center;">一段含源电路</p>	 <p style="text-align: center;">一段含源电路</p>
	<p>式中：I——电路中电流(A) U——电路的端电压(V) E——电源的电动势(V) R——电路的电阻(Ω) r_0——电源的电阻(Ω)</p>	<p>式中：\dot{i}——电路中电流复有效值(A) \dot{U}——电路的端电压复有效值(V) \dot{E}——电源的电动势复有效值(V) Z——电路的阻抗复有效值(Ω) z_0——电源的内阻抗复有效值(Ω)</p>

2. 基尔霍夫定律

表 1-2 基尔霍夫定律

名称	基尔霍夫第一定律	基尔霍夫第二定律
定律内容	对于任何节点而言，所有流入节点的电流之和等于流出该节点的电流之和，即 $\sum I_i = \sum I_o$	在任何一闭合回路中，各段电阻上电压降的代数和等于电动势的代数和，即 $\sum IR = \sum E$
定律的另一种形式	对于任何节点，流出（或流入）该节点的电流代数和恒等于零，即 $\sum I = 0$	从一点出发绕回路一周回到该点时，各段电压的代数和恒等于零，即 $\sum U' = 0$
图例	 <p>对节点 a 有如下关系： $\sum I = -I_1 + I_2 - I_3 - I_4 + I_5 = 0$</p>	 <p>对回路有如下关系： $\begin{aligned} \sum U' &= U_{ab} + U_{bc} + U_{cd} + U_{de} + U_{ea} \\ &= -I_1 R_1 - I_2 R_2 + I_3 R_3 + E_1 - E_2 = 0 \end{aligned}$</p>

3. 电磁感应定律

表 1-3 电磁感应定律

名称	电磁感应定律
内容	线圈中感应电动势的大小,与穿过该线圈的磁通量(Φ)对时间 t 的变化率及线圈匝数(N)的乘积成正比:
表达式	$e = N \frac{d\Phi}{dt}$
备注	式中: e —— 感应电动势 (V) Φ —— 磁通 (Wb) t —— 时间 (s) N —— 线圈匝数

4. 楞次定律

表 1-4 楞次定律

名称	楞次定律
内容	线圈中感应电动势的方向,总是企图使它所产生的感应电流的磁通反抗原有磁通的变化
表达式	$e = -N \frac{d\Phi}{dt}$
备注	式中: e —— 感应电动势 (V) Φ —— 磁通 (Wb) t —— 时间 (s) N —— 线圈匝数

5. 左手定则

左手定则又称电动机定则。它是确定载流导体在磁场中受力时，磁场方向、电流方向和载流导体受力方向三者之间关系的规则。如图 1-1 所示，伸开左手掌，使拇指和其他四指垂直，以手心迎着磁场的方向，使四指指向电流的方向，那么拇指所指向的便是导体受力的方向。

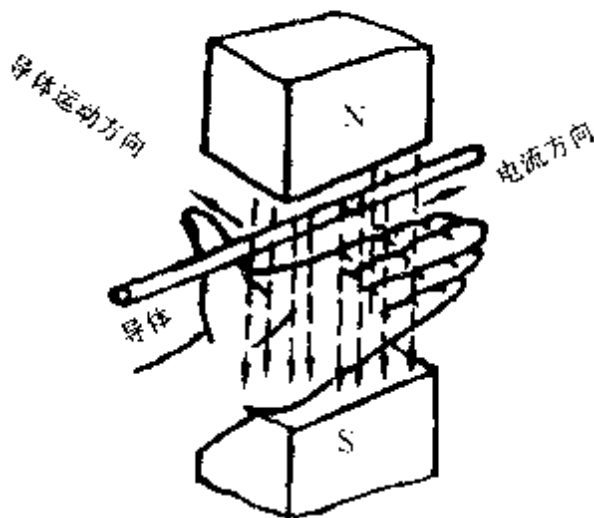


图 1-1 左手定则示意图

6. 右手定则

右手定则又称发电机定则。它是表示磁场方向、导体运动方向和感应电动势方向三者之间关系的规则。如图 1-2 所示，伸开右手掌，使拇指与其他四指垂直，并且都跟手掌在一个平面内，以手心迎着磁场的方向，使拇指指向导体运动的方向，那么四指的指向便是导体内感应电动势的方向。

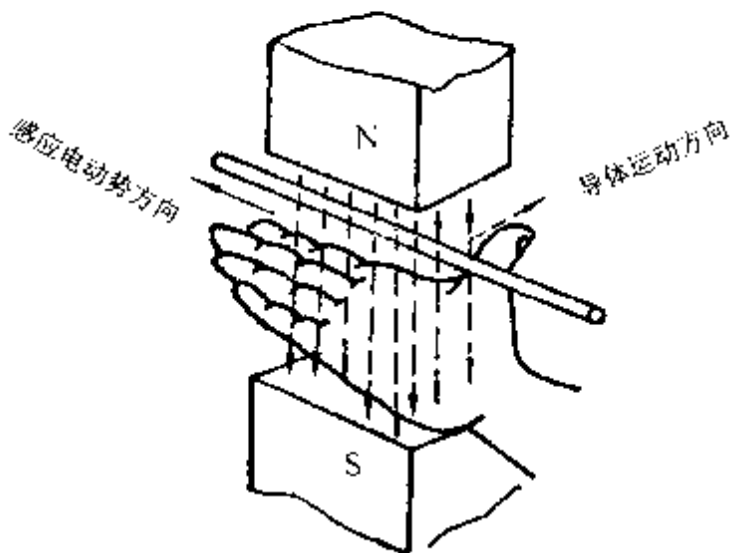


图 1-2 右手定则示意图

7. 安培环路定律

表 1 5 安培环路定律

名称	安培环路定律
内容	在通电导线周围产生磁场, 在磁场中, 不论媒质的分布如何, 磁场强度沿任意闭合路径的线积分等于穿过积分路径所限定面积的电流的代数和
表达式	$\oint H \cdot dl = \sum i$
备注	式中: H ——磁场强度 (A/m) i ——电流 (A) l ——闭合曲线长度 (m)

8. 焦尔-楞次定律

表 1-6 焦尔-楞次定律

名称	焦尔-楞次定律
内容	电流通过导体时的发热量，与电流的平方、导体电阻及电流流过的时间的乘积成正比
表达式	$Q = I^2 R t$
备注	式中：Q —— 热量 (J) R —— 电阻 (Ω) t —— 时间 (s) I —— 电流 (A)

9. 磁路欧姆定律

表 1-7 磁路欧姆定律

名称	磁路欧姆定律
内容	一段均匀的磁路，磁位差与磁通及磁阻的关系。
表达式	$\Phi = \frac{U_m}{R_m}$
备注	式中： Φ —— 磁通 (Wb) U_m —— 磁位差 (A) R_m —— 磁阻 (H^{-1}) 磁阻 R_m 是描述磁路特性的物理量，由于磁导率 μ (H/m) 不是常数，所以磁阻也不是一个常数。因此，一般仅用于作定性分析

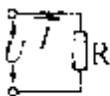
10. 磁路基尔霍夫定律

表 1-8 磁路基尔霍夫定律


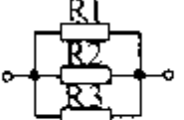
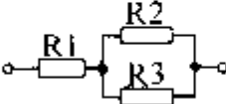
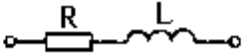
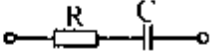
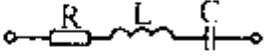
名称	第一定律	第二定律
内容与表达式	<p>穿出磁路节点的磁通代数和恒等于零</p> $\sum \phi = 0$	<p>以一特定的方向沿任一闭合磁回路，磁位差 $U_m (= \int H dl)$ 的代数和等于磁通势 $F_m (= NI)$，绕组匝数 N 与其中的电流 I 之积) 的代数和 $\sum U_m = \sum Hl = \sum NI$</p>
依据	磁通的连续性原理	全电流定律
注意事项	应包括穿出该节点的漏磁通	磁路两点间的磁位差与所取的路径有关

11. 常用电工计算公式

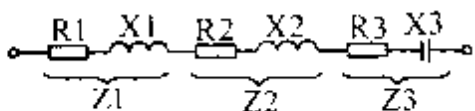
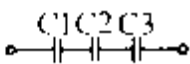
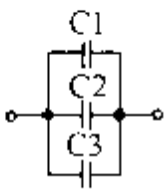
表 1-9 常用电工计算公式

项 目	公 式
直流电路中电压、电流、电阻之间的关系(欧姆定律)	 $I = \frac{U}{R}$
直流电路功率	$P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$
电阻与导体长度、横截面及材料性质的关系	$R = \rho \frac{l}{S}$
电阻与温度关系	$R_t = R_{20} [1 + \alpha(t - 20)]$


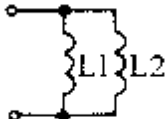
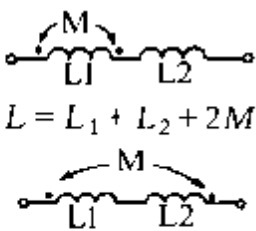
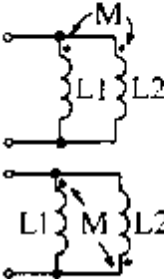
续表

项 目	公 式	
电阻串联的总值		$R = R_1 + R_2 + R_3$
电阻并联的总值		$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$
电阻复联的总值		$R = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$
电阻、电感串联的阻抗值	 $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$ <p>其中 $X_L = 2\pi fL$</p>	
电阻、电容串联的阻抗值	 $Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$ $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$	<p>式中</p> <ul style="list-style-type: none"> Z——阻抗(Ω) R——电阻(Ω) X_L——感抗(Ω) X_C——容抗(Ω) X——电抗(Ω) L——电感(H) C——电容(F) f——频率(Hz)
电阻、电感、电容串联的总阻抗值	 $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ $= \sqrt{R^2 + X^2}$ <p>其中 $X = X_L - X_C$</p>	

续表

项 目	公 式
阻抗串联的总值	 $Z = \sqrt{(R_1 + R_2 + R_3)^2 + (X_1 + X_2 - X_3)^2}$ $= \sqrt{R^2 + X^2}$ $R = R_1 + R_2 + R_3, X = X_1 + X_2 - X_3$ <p>注意: $Z \neq Z_1 + Z_2 + Z_3$</p>
电容串联的总值	 $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$
电容并联的总值	 $C = C_1 + C_2 + C_3$

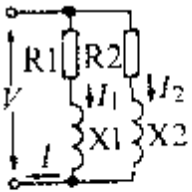
续表

项 目	公 式	
电感串联的总值	 $L = L_1 + L_2$	
电感并联的总值	 $L = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}$	
具有互感的电感串联的总值	 $L = L_1 + L_2 + 2M$ $L = L_1 + L_2 - 2M$	<p>式中 L——电感(H) M——互感(H)</p>
具有互感的电感并联的总值	 $L = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 - 2M}$ $L = \frac{L_1 L_2 + M^2}{L_1 + L_2 + 2M}$	

续表

项 目	公 式	
电阻星形三角形连接互换 星形化为三角形 三角形化为星形		$R_{12} = R_1 + R_2 + \frac{R_1 R_2}{R_3}$ $R_{23} = R_2 + R_3 + \frac{R_2 R_3}{R_1}$ $R_{31} = R_3 + R_1 + \frac{R_3 R_1}{R_2}$
		$R_1 = \frac{R_{12} R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$ $R_2 = \frac{R_{23} R_{12}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$ $R_3 = \frac{R_{31} R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$
交流电路中 电压、电流、阻 抗三者之间关系 (欧姆定律)	$I = \frac{U}{Z}$ $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$	式中 P——有功功率(W) Q——无功功率(Var) S——视在功率(V·A) cosφ——功率因数
交流电路功 率	$P = UI \cos \varphi = I^2 R$ $Q = UI \sin \varphi = I^2 X$ $S = UI = I^2 Z$ $\cos \varphi = \frac{R}{Z}, \sin \varphi = \frac{X}{Z}$	

续表

项 目	公 式
交流并联电 路的总电流	 $I = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + 2I_1 I_2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2)}$ $\varphi = \arctg \frac{I_1 \sin \varphi_1 + I_2 \sin \varphi_2}{I_1 \cos \varphi_1 + I_2 \cos \varphi_2}$ $\varphi_1 = \arctg \frac{X_1}{R_1}, \varphi_2 = \arctg \frac{X_2}{R_2}$ <p>式中 φ——总电流 I 与电压 U 之间的相角 φ_1——第一支路电流 I_1 与电压 U 之间的相角 φ_2——第二支路电流 I_2 与电压 U 之间的相角</p>
三相交流电 路中线电压与 相电压以及线 电流与相电 流的关系	<p>负载三角形(Δ)接法: $U_L = U_{LN}$</p> <p>$I_L = \sqrt{3} I_{LN}$ (负载对称时此式才成立)</p> <p>负载星形(Y)接法: $U_L = \sqrt{3} U_{LN}$ (有中线的时此式才成立,与负载是否对称无关) $I_L = I_{LN}$</p> <p>式中 U_L, I_L——线电压与线电流 U_{LN}, I_{LN}——相电压与相电流</p>
对称三相交 流电路功率	$P = \sqrt{3} UI \cos \varphi$ $Q = \sqrt{3} UI \sin \varphi$ $S = \sqrt{3} UI$ <p>式中 U——线电压(V) I——线电流(A) φ——相电压与相电流之间的相角差</p>

续表

项 目	公 式
直流电磁铁 吸引力	$F = 4B^2S \times 10^3$ 式中 F ——吸引力(N) B ——磁感应强度(T) S ——磁路的截面积(m^2)

二、部分常用物理量名称、符号及其单位

表 1-10 部分常用物理量名称、符号及其单位

物理量	量的名称	量符号	单位名称	单位符号
电 学 和 磁 学	电流	I	安[培]	A
	电荷[量]	Q	库[仑]	C
	电荷[体]密度	$\rho, (\eta)$	库[仑]每立方米	C/m^3
	电荷面密度	σ	库[仑]每平方米	C/m^2
	电场强度	E	伏[特]每米	V/m
	电位,(电势)	V, φ	伏[特]	V
	电位差,(电势差),电压	$U, (V)$	伏[特]	V
	电动势	E	伏[特]	V
	电通[量]密度,电位移	D	库[仑]每平方米	C/m^2
	电通[量],电位移通量	Ψ	库[仑]	C
	电容	C	法[拉]	F
	介电常数,(电容率)	ϵ	法[拉]每米	F/m
	真空介电常数,(真空电 容率)	ϵ_0	法[拉]每米	F/m
	电极化强度	P	库[仑]每平方米	C/m^2



续表

物理量	量的名称	量符号	单位名称	单位符号
电学和磁学	电偶极矩	$p, (p_e)$	库[仑]米	C·m
	电流密度, 面积电流	$J, (S)$	安[培]每平方米	A/m ²
	电流线密度, 线电流	$A, (a)$	安[培]每米	A/m
	磁场强度	H	安[培]每米	A/m
	磁位差, (磁势差)	U_m	安[培]	A
	磁通势, (磁位势)	F, F_m	安[培]	A
	磁通[量]密度, 磁感应强度	B	特[斯拉]	T
	磁通[量]	Φ	韦[伯]	Wb
	磁矢位, (磁矢势)	A	韦[伯]每米	Wb/m
	自感	L	亨[利]	H
	互感	M, L_{12}	亨[利]	H
	磁导率	μ	亨[利]每米	H/m
	真空磁导率	μ_0	亨[利]每米	H/m
	[面]磁矩	m	安[培]平方米	A·m ²
	磁化强度	$M, (H_i)$	安[培]每米	A/m
	磁极化强度	$J, (B_i)$	特[斯拉]	T
	[直流]电阻	R	欧[姆]	Ω
	[直流]电导	G	西[门子]	S
	电阻率	ρ	欧[姆]米	$\Omega \cdot m$
	电导率	γ, σ	西[门子]每米	S/m
	磁阻	R_m	每亨[利]	H ⁻¹
	磁导	$A, (P)$	亨[利]	H
	绕组的匝数	N	—	1
相数	m	—	1	

续表

物理量	量的名称	量符号	单位名称	单位符号
电 学 和 磁 学	极对数	p	—	1
	相[位]差,相[位]移	φ	弧度	rad
	阻抗,(复数阻抗)	Z	欧[姆]	Ω
	阻抗模,(阻抗)	$ Z $	欧[姆]	Ω
	电抗	X	欧[姆]	Ω
	[交流]电阻	R	欧[姆]	Ω
	品质因数	Q	—	1
	导纳,(复数导纳)	Y	西[门子]	S
	导纳模,(导纳)	$ Y $	西[门子]	S
	电纳	B	西[门子]	S
	[交流]电导	G	西[门子]	S
	功率,有功功率	P	瓦[特]	W
	无功功率	Q, P_Q	乏	Var
视在功率,(表观功率)	S, P_S	伏安	V·A	
电能[量]		焦[耳]或千瓦 [特][小]时	J或kW·h	
周 期	周期	T	秒	s
	时间常数	τ	秒	s
	频率	f, ν	赫[兹]	Hz
	转速	n	每秒	s^{-1}
			转每分	r/min
	角频率	ω	弧度每秒	rad/s
		每秒	s^{-1}	

续表

物理量	量的名称	量符号	单位名称	单位符号
光 学	发光强度	$I, (I_v)$	坎[德拉]	cd
	光通量	$\Phi, (\Phi_v)$	流[明]	lm
	光量	(Q, Q_v)	流[明]秒	lm·s
	[光]亮度	$L, (L_v)$	坎[德拉]每平方米	cd/m ²
	光出射度	$M, (M_v)$	流[明]每平方米	lm/m ²
	[光]照度	$E, (E_v)$	勒[克斯]	lx
	曝光量	H	勒[克斯]秒	lx·s
	光视效能	K	流[明]每瓦[特]	lm/W
	折射率	n	—	1

表 1-11 国际单位制的基本单位

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:[]内的字,是在不致混淆的情况下,可以省略的字,下同;
()内的字为前者的同义语,下同。

表 1-12 国际单位制的辅助单位

量的名称	单位名称	单位符号
[平面]角	弧度	rad
立体角	球面度	sr

表 1-13 国际单位制中具有专门名称的导出单位

量的名称	单位名称	单位符号	其他表示式例
频率	赫[兹]	Hz	s^{-1}
力,重力	牛[顿]	N	$kg \cdot m/s^2$
压力,压强,应力	帕[斯卡]	Pa	N/m^2
能[量],功,热量	焦[耳]	J	$N \cdot m$
功率,辐[射能]通量	瓦[特]	W	J/s
电荷[量]	库[仑]	C	$A \cdot s$
电压,电动势,电位,(电势)	伏[特]	V	W/A
电容	法[拉]	F	C/V
电阻	欧[姆]	Ω	V/A
电导	西[门子]	S	A/V
磁通[量]	韦[伯]	Wb	$V \cdot s$
磁通[量]密度,磁感应强度	特[斯拉]	T	Wb/m^2
电感	亨[利]	H	Wb/A
摄氏温度	摄氏度	C	K
光通量	流[明]	lm	$cd \cdot sr$
[光]照度	勒[克斯]	lx	lm/m^2
[放射性]活度	贝可[勒尔]	Bq	s^{-1}
吸收剂量	戈[瑞]	Gy	J/kg
剂量当量	希[沃特]	Sv	J/kg

表 1-14 用于构成十进倍数和分数单位的词头

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

三、常用电工符号

表 1-15 常用基本文字符号

设备、装置和元器件种类	名称	单字母符号	双字母符号	设备、装置和元器件种类	名称	单字母符号	双字母符号
组 件 部 件	分离元件放大器	A		非电量到电量变换器 或电量到非电量变换器	送话器	B	
	激光器	A			拾音器	B	
	调节器	A			扬声器	B	
	本表其他地方未规定的组 件、部 件	A			耳机	B	
	电 桥	A	AB		自整角机	B	
	晶体管放大器	A	AD		旋转变压器	B	
	集成电路放大器	A	AI		模拟和多级数字变换器或传感器(用作指示和测量)	B	
	磁放大器	A	AM		压力变换器	B	BP
	电子管放大器	A	AV		位置变换器	B	BQ
	印制电路板	A	AP		旋转变换器(测速发电机)	B	BR
	抽屉柜	A	AT		温度变换器	B	BT
	支架盘	A	AR		速度变换器	B	BV
	非电量到电量变换器或电量到非电量变换器	热电传感器	B			电容器	电容器
热电池		B		二进制元件	数字集成电路和器件	D	
光电池		B		延迟器件	延迟线	D	
测功计		B			双稳态元件	D	
晶体换能器		B			单稳态元件	D	
				存储器件	磁心存储器	D	

续表

设备、装置和元器件种类	名称	单字母符号	双字母符号	设备、装置和元器件种类	名称	单字母符号	双字母符号
存储器件	寄存器	D		发生器 发电机 电源	异步发电机	G	GA
	磁带记录机	D			蓄电池	G	GB
	盘式记录机	D			旋转式或固定式 变频器	G	GF
其他元器件	本年其他地方未规定的器件	E		信号器件	声响指示器	H	HA
	发热器件	E	EH		光指示器	H	HL
	照明灯	E	EL		指示灯	H	HL
	空气调节器	E	EV	继电器 接触器	瞬时接触继电器	K	KA
保护器件	过电压放电器件	F			瞬时有或无继电器	K	KA
	避雷器	F			交流继电器	K	KA
	具有瞬时动作的限流保护器件	F	FA		闭锁接触继电器 (机械闭锁或永磁铁式有或无继电器)	K	KL
	具有延时动作的限流保护器件	F	FR		双稳态继电器	K	KL
	具有延时和瞬时动作的限流保护器件	F	FS		接触器	K	KM
	熔断器	F	FU		极化继电器	K	KP
	限压保护器件	F	FV		簧片继电器	K	KR
发生器 发电机 电源	旋转发电机	G			延时有或无继电器	K	KT
	振荡器	G			逆流继电器	K	KR
	发生器	G	GS	电感器	L		
	同步发电机	G	GS	电抗器	L		
				电动机	L		
电动机	电动机	M		电动机	M		
	同步电动机	M	MS	同轴电动机	M	MS	
	可做发电机或电动机用的电机	M	MG	力矩电动机	M	MT	

续表

设备、装置和元器件种类	名称	单字母符号	双字母符号	设备、装置和元器件种类	名称	单字母符号	双字母符号
模拟元件	运算放大器	N		控制、记忆、信号电路的开关器件选择器	拨号接触器	S	
	混合模拟/数字器件	N			连接级	S	
测量设备 试验设备	指示器件	P			控制开关	S	SA
	记录器件	P			选择开关	S	SA
	积算测量器件	P			按钮开关	S	SB
	信号发生器	P			机电式有或无传感器(单级数字传感器)	S	
	电流表	P	PA		液体标高传感器	S	SL
	(脉冲)计数器	P	PC		压力传感器	S	SP
	电度表	P	PJ		位置传感器(包括接近传感器)	S	SQ
	记录仪器	P	PS		转速传感器	S	SR
	时钟、操作时间表	P	PT	温度传感器	S	ST	
电力电路的开关器件	断路器	Q	QF	变压器	电流互感器	T	TA
	电动机保护开关	Q	QM		控制电路电源用变压器	T	TC
	隔离开关	Q	QS		电力变压器	T	TM
电阻器	电阻器	R		磁稳压器	T	TS	
	变阻器	R		电压互感器	T	TV	
	电位器	R	RP				
	测量分路器	R	RS				
	热敏电阻器	R	RT				
	压敏电阻器	R	RV				











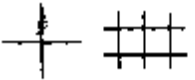
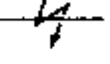
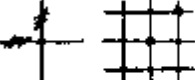
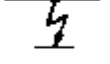

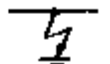

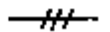
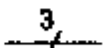
续表

设备、装置和元件种类	名称	单字母符号	双字母符号	设备、装置和元件种类	名称	单字母符号	双字母符号
调制器 变换器	鉴频器	U		端子 插头 插座	连接插头和插座	X	
	解调器	U			接线柱	X	
	变频器	U			电缆封端和接头	X	
	编码器	U			焊接端子板	X	
	交流器	U			连接片	X	XB
	逆变器	U		端子 插头 插座	测试插孔	X	XJ
	整流器	U			插头	X	XP
	电报译码器	U			插座	X	XS
			端子板		X	XT	
电子管 晶体管	气体放电管	V		电气操 作的机械 器件	气阀	Y	
	二极管	V			电磁铁	Y	YA
	晶体管	V			电磁制动器	Y	YB
	晶闸管	V			电磁离合器	Y	YC
	电子管	V	VE		电磁吸盘	Y	YH
	控制电路用电源的整流器	V	VC		电动阀	Y	YM
专输通道 波导 天线	导线	W		终端设备	电缆平衡网络	Z	
	电缆	W			混合变压器	压缩扩展器	Z
	母线	W		滤波器 均衡器		晶体滤波器	Z
	波导	W			网络	Z	
	波导定向耦合器	W					
	偶极天线	W					
	抛物天线	W					

表 1-16 常用辅助文字符号

名 称	文字符号	名 称	文字符号	名 称	文字符号
电流	A	反馈	FB	不接地保护	PU
模拟	A	正, 向前	FW	记录	R
交流	AC	绿	GN	右	R
自动	A, AUT	高	H	反	R
加速	ACC	输入	IN	红	RD
附加	ADD	增	INC	复位	R, RST
可调	ADJ	感应	IND	备用	RES
辅助	AUX	左	L	运转	RUN
异步	ASY	限制	L	信号	S
制动	B, BRK	低	L	起动	ST
黑	BK	闭锁	LA	置位, 定位	S, SET
蓝	BL	主	M	饱和	SAT
向后	BW	中	M	步进	STE
控制	C	中间线	M	停止	STP
顺时针	CW	手动	M, MAN	同步	SYN
逆时针	CCW	中性线	N	温度	T
延时 (延迟)	D	断开	OFF	时间	T
差动	D	闭合	ON	无噪声 (防 干扰) 接地	TE
数字	D	输出	OUT	真空	V
降	D	压力	P	速度	V
直流	DC	保护	P	电压	V
减	DEC	保护接地	PE	白	WH
接地	E	保护接地与 中性线共用	PEN	黄	YE
紧急	EM				
快速	F				

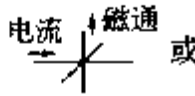
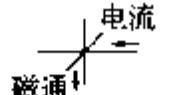
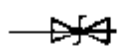
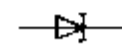
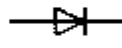

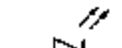
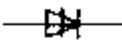

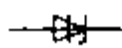
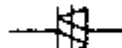
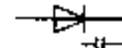

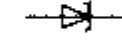

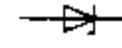
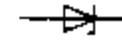
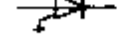
表 1-17 常用电工设备图形符号

图形符号	说明	图形符号	说明
—	直流		柔软导线
~	交流		屏蔽导线
≈	交直流		导线的连接
+	正极		导线, 母线, 线路
-	负极		导线的多线连接
	一般接地符号		端子 注: 必要时圆圈可画成圆黑点
	接机壳或底板		可拆卸端子
	故障 (用以表示假定故障位置)		导线的不连接
	线间绝缘击穿		导线的交叉连接
	导线对机壳绝缘击穿		导线或电缆的合并和分支
	导线对地绝缘击穿		电阻符号
	三根导线		
			






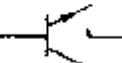

续表

图形符号	说明	图形符号	说明
	可调电阻变阻器		压敏极性电容器
	滑线式变阻器		电感器, 线圈绕组, 扼流圈
	滑动触点电位器		带铁心的电感器
	压敏电阻器		磁心有间隙的电感器
	热敏电阻器		带磁心连续可调的电感器 有两个抽头的电感器
	电容器一般符号		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
	极性电容器		
	可变电容器 可调电容器		可变电感器
	双联可调可变电容器 注: 可增加同调联数		铁氧体磁心 一个绕组的铁氧体磁心
	微调电容器		斜线可以被认为是反射器, 显示出电流与磁通方向的关系, 如下图所示:
	热敏极性电容器		


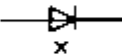

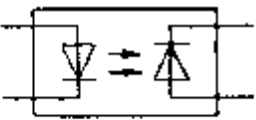
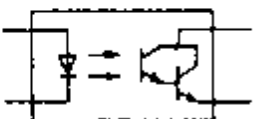
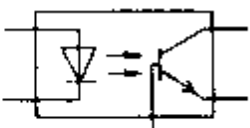
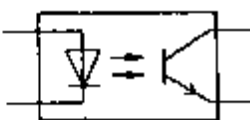
续表

图形符号	说明	图形符号	说明
	 <p>或</p> 		双向击穿二极管
			反向二极管 (单隧道二极管)
	半导体二极管一般符号		双向二极管 交流开关二极管
	发光二极管一般符号		反向阻断二极管晶体整流管
	利用温度效应的二极管		反向导通二极管晶体整流管
	注: θ 可以用 t 代替		双向二极管晶体整流管
	用作电容性器件的二极管 (变容二极管)		反向阻断三极管晶体整流管, N型控制极 (阳极侧受控)
	隧道二极管		反向阻断三极管晶体整流管, P型控制极 (阴极侧受控)
	单向击穿二极管		
	电压调整二极管 江崎二极管		可关断三极管晶体整流管, N型控制极 (阳极侧受控)




















续表

图形符号	说明	图形符号	说明
	可关断三极晶体 闸流管, P型控制 极(阴极侧受控)		有横向偏压基极 的NPN型半导体管
	反向阻断四极晶 体闸流管		N型沟道结型场 效应半导体管
	双向三极晶体闸 流管		注: 栅极与源极 的引线应绘在一直 线上
	二端双向晶体闸 流管		源极 栅极
	反向导通三极晶 体闸流管, N型控 制极(阳极侧受控)		漏极
	反向导通三极晶 体闸流管, P型控 制极(阴极侧受控)		P型沟道结型场 效应半导体管
	光控晶体闸流管		光敏电阻 具有对称导电性 的光电器件
	光控晶体闸流管		光电二极管 具有非对称导电 性的光电器件
	PNP型半导体管		光电池
	光控晶体闸流管		光电半导体管 (示出NPN型)
	NPN型雪崩半导 体管		半导体激光器
	具有P型基极单 结型半导体管		发光数码管
	具有N型基极单 结型半导体管		有四个欧姆接触 的霍尔发生器









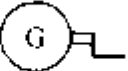
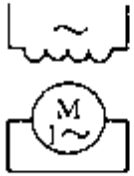
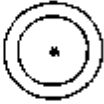
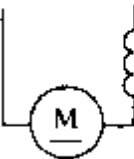
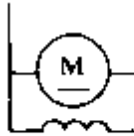
续表

图形符号	说明	图形符号	说明
	磁敏电阻器 (示出线性型)		1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
	磁敏二极管		示例: 3个独立绕组
	NPN型磁敏半导体管	6	6个独立绕组
	光电二极管型光耦合器	3~	②本符号也可用于表示各种外部连接的绕组 示例: 互不连接的三相绕组
	达林顿型光耦合器	m m~	m个互不连接的m相绕组
	光电三极管型光耦合器		两相四端绕组
	光耦合器 光隔离器 (示出发光二极管和光电管)		两相绕组
		×	中性点引出的四相绕组
		T	T形连接的三相绕组


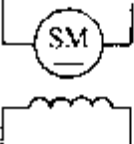
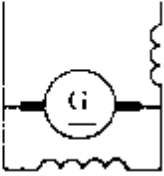
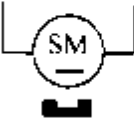
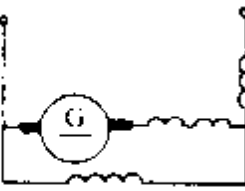

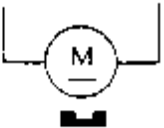

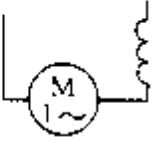
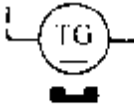
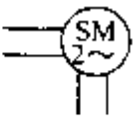


续表

图形符号	说明	图形符号	说明
	<p>三角形连接的三相绕组</p> <p>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>		集电环或换向器上的电刷
	<p>星形连接的三相绕组</p> <p>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>		直流发电机
	中性点引出的星形连接的二相绕组		直流电动机
	星形连接的六相绕组		交流发电机
	换向绕组或补偿绕组		交流电动机
	串励绕组		交直流变流机
	并励或他励绕组		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

续表

图形符号	说明	图形符号	说明
	圆感应同步器		水磁式直流力矩电动机
	直线感应同步器		交流力矩电动机
	直线电动机 一般符号		单相同步电动机
	步进电动机		单相永磁同步电动机
	手摇发电机 自整角机 注：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： 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		单相排斥电动机
			串励直流电动机
			并励直流电动机

续表

图形符号	说明	图形符号	说明
	他励直流电动机		电磁式直流电动机
	复励直流发电机的引出接线和电刷端子		永磁式直流电动机
	复励直流发电机的引出接线和电刷端子		交流侧速发电机
	永磁直流电动机		电磁式直流测速发电机
	单相交流串励电动机		永磁式直流测速发电机
	两相伺服电动机		三相笼型异步电动机
			单相笼型异步电动机

续表

图形符号	说明	图形符号	说明
	三相异步电动机		三绕组变压器
	永磁同步电动机		自耦变压器
	三相同步电动机 注：对多相步进电动机用多根出线表示，如四根线则表示，以此类推		电抗器、扼流圈
	铁心		电流互感器
	带间隙的铁心		脉冲变压器
	双绕组变压器 注：黑点表示对应端		屏蔽绕组的双绕组变压器
			在一个绕组中有抽头的变压器

续表

图形符号	说明	图形符号	说明
	耦合可变的 变压器		三相变 压器 星形-曲 折形连接
	三相变 压器 星形-三 角形连接		三相变 压器 星形-星 形连接
	具有 4 个 抽头 (不包 括主抽头) 的三相变 压器 星形-星 形连接		具有有载 的开三绕 相压器 变中性点 分三相中 变的性引 有中星形 线性的点 有中性引 出星形 形角 连三 接形
	单相变的 压器 器组成 三相变 压器 星形-三 角形连接		单相自耦 变压器
	具有有载 的开三绕 相压器 变中性点 分三相中 变的性引 有中星形 线性的点 有中性引 出星形 形角 连三 接形		三相自耦 变压器 星形 连接

续表

图形符号	说明	图形符号	说明
	可调压的 单相自耦变 压器		在 1 个铁 心口具有 2 个二次侧绕 组的电流互 感器
	单相感应 调压器		二次侧绕组 组有 3 个抽 头(包括的主 抽头)的电流 互感器
	三相感应 调压器		频敏变阻 器
	三相移相 器		分裂电抗 器
	电流互感 器		理想电流 源
	脉冲变压 器		理想电压 源
	具有 2 个 铁心和 2 个 二次侧绕组 的电流互感 器		直流交流 器

续表

图形符号	说明	图形符号	说明
	整流器		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
	桥式全波 整流器		蓄电池组 或原电池组
	逆变器		动合 (常 开) 触点 注: 本符 号也可以用 作开关一般 符号
	幅 - 频变 换器		动断 (常 闭) 触点
	频 · 幅变 换器		先断后合 的转换触点
	光电转换 器		中间断开 的双向触点
	电光转换 器		先合后断 的转换触点 (桥接)
	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		双动合触 点
			双动断触 点

续表

图形符号	说明	图形符号	说明
	当操作器被吸合时，暂时闭合的触点		触点其提到的 多触比点 组中触比点 他前释放的 断触点
	当操作器被释放时，暂时闭合的触点		当操作器被吸合时延的触点
	当操作器被吸合或释放时，暂时闭合的触点		当操作器被释放时延的触点
	多触点组中比其提到的触点		当操作器被释放时延的触点
	多触点组中比其提到的触点		当操作器被吸合时延的触点
	多触点组中比其提到的触点		吸合时延和延的触点
	多触点组中比其提到的触点		合时延的触点

续表

图形符号	说明	图形符号	说明
	有弹性 返回的 触点 闭合		位置开 关、动断 触点
	无弹性 返回的 触点 闭合		限位开 关、动断 触点
	有弹性 返回的 触点 断开		对2个 独立电 路的双 操作机 械限位 开关
	上边弹 性返回 下边无 返回断 开触 点中的 点		热敏开 关、动 触点 用途代 替
	手动的 符号		热敏开 关、动 触点 用途代 替
	按钮开 关 (不闭 锁)		热敏开 关、动 触点 用途代 替
	拉按钮 关、开 闭		热敏开 关、动 触点 用途代 替
	旋钮开 关、旋 钮旋转 闭		热敏开 关、动 触点 用途代 替
	位置开 关、动 触点 闭合		单极开 关
	限位开 关、动 触点 闭合		多极开 关




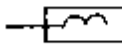




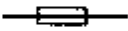

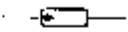

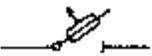






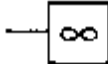

续表

图形符号	说明	图形符号	说明
	接触器 (在非动作位置触点断开)		带自动释放的启动器
	具有自动释放的接触器		星-三角启动器
	接触器 (在非动作位置触点闭合)		自耦变压器式启动器
	断路器		带可控整流器的调节-启动器
	隔离开关		操作器件一般符号
	具有中间断开位置的双向隔离开关		缓慢释放 (缓放) 继电器的线圈
	负荷开关 (负荷隔离开关)		缓慢吸合 (缓吸) 继电器的线圈
	具有自动释放的负荷开关		缓吸和缓放继电器的线圈
	步进启动器 注: 启动步数可以示出		快速继电器 (快吸和快放) 的线圈
	调节-启动器		








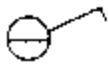







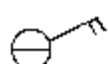





续表

图形符号	说明	图形符号	说明
	对交流不敏感继电器的线圈		无功功率表
	交流继电器的线圈		功率因数表
	机械谐振继电器的线圈		相位表
	机械保持继电器的线圈		频率表
	极化继电器的线圈		同步表 (同步指示器)
	剩磁继电器的线圈		转速表
	热继电器的驱动器件		示波器
	电压表		差动电压表
	无功电流表		检流计
			电能 (度) 表 (瓦特小时计)
			无功电能 (度) 表
			灯一般符号 信号灯一般符号

续表

图形符号	说明	图形符号	说明
	电警笛 报警器		电弧炉
	蜂鸣器		感应加热炉
	电铃		电解槽或电镀槽
	电喇叭		直流电焊机
	熔断器一般符号		交流电焊机
	避雷器符号		探伤设备一般符 号 注：星号“*” 必须用不同的字母 代替以表示不同的 探伤设备 X—X射线探伤 γ—γ射线探伤 S—超声波探伤 M—磁力探伤
	跌开式熔断器		热水器（示出引 线）
	熔断器式开关		风扇一般符号 （示出引线） 注：若不引起混 淆，方框可省略不 画
	熔断器式隔离开 关		
	熔断器式负荷开 关		
	电阻加热装置		

续表

图形符号	说明	图形符号	说明
	屏、台、箱、柜 一般符号		开关一般符号
	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		单极开关
	信号板、信号箱 (屏)		暗装
	照明配电箱 (屏) 注：需要时允许 涂红		密闭 (防水)
	事故照明配电箱 (屏)		防爆
	多种电源配电箱 (屏)		双极开关
	直流配电盘 (屏)		暗装
	交流配电盘 (屏)		密闭 (防水)
	带熔断器的插座		防爆
			三极开关
			暗装
			密闭 (防水)

续表

图形符号	说明	图形符号	说明
	防爆		探照型灯
	单极拉线开关		广照型灯 (配照型灯)
	单极双控双线圈关		防水防尘灯
	球形灯		投光灯一般符号
	局部照明灯		聚光灯
	矿山灯		泛光灯
	安全灯		荧光灯一般符号
	隔爆灯		三管荧光灯
	天棚灯		五管荧光灯
	花灯		防爆荧光灯
	弯灯		在专用电路上的事故照明灯
	壁灯		

第二章 常用电工仪器仪表

电工仪器仪表的产品型号很多、本章主要介绍常用电工仪器仪表，其中有万用电表、毫伏表、示波器、信号发生器；常用物理量的测量和电气测量仪表的连接。

一、万用电表

万用电表是电工经常使用的多用途仪表，可以用来测量交流、直流电压，直流电流和电阻。有的还可以测量交流电流、电感、电容、音频电平、小功率晶体管的直流放大倍数。因此称为万用电表，简称万用表。

万用电表的性能好坏主要是以灵敏度来表示。灵敏度是以测量电压时每伏若干欧 (Ω/V) 来衡量的。灵敏度越高，表明测量仪表对被测量电路的影响愈小，测量误差（不包括仪表本身的误差）也愈小。一般是 $1000 \sim 20000 \Omega/V$ 。

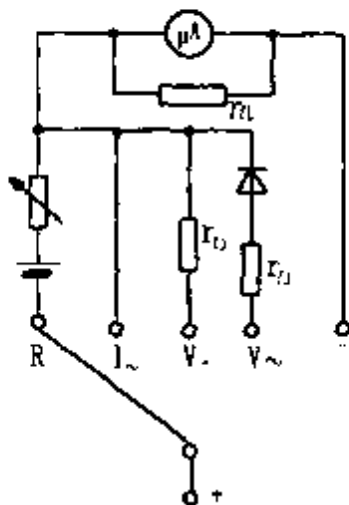


图 2-1 万用电表测量原理示意图

万用电表由表头、转换开关和测量线路组成。表头是万用表的测量机构，一般由磁电系表头组成。万用表中有许多测量线路，它是将被测电量转换成适合表头测量的直流电流，而这些测量线路是通过转换开关进行的，图 2-1 是万用表的简单测量原理图。

1. 万用表的使用方法

(1) 插孔的正确接线：应将红色和黑色测试棒的连接插头分别插入红色插孔（或标有“+”号）和

黑色插孔（或标有“-”号）。

(2) 用转换开关正确选择测量种类和量程：根据被测对象，首先选择测量种类。测量种类选择妥善后，再选择该种类的量程。

(3) 正确读数：万用表的标度盘上有多条标度尺，它们代表不同的测量种类。测量时应根据转换开关所选择的种类及量程，在对应的标度尺上读数，并应注意所选择的量程与标度尺上读数的倍率关系。

2. 万用电表使用注意事项

(1) 量程转换开关必须拨在需测挡位置，不能放错，严禁当转换开关置于电流挡或电阻挡去测电压，否则会损坏表头。

(2) 在测电流或电压时，如果对于被测电流、电压大小心中无数，应先拨到最大量程上试测，然后再拨到合适的量程上测量，以减少误差。但是不可带电转换量程。

(3) 在测量直流电压或直流电流时，必须注意仪表的极性。在测量电流时，应特别注意必须把电路断开，将表串接于电路之中。

(4) 测量 2500V 交流或直流高压时，要注意人身安全，测试棒应分别置于“2500V”及“-”插孔。

(5) 测量交流电压时须考虑到被测电压的波形。因为万用电表交流电压挡的刻度实际上是按照正弦电压经过整流后的平均值换算到交流有效值来刻度的，所以不能用它来测量非正弦量的有效值。非正弦量电压或电流的有效值一般可用电动式或电磁式仪表来测量。

(6) 测量电阻时必须将被测电路与电源切断，切勿在电路带电情况下测量电阻，当电路中有电容存在时必须先将电容短路放电，以免损坏仪表。电阻的量程应选得合适。在测低电阻时要注意接触电阻，在测高电阻（大于 10kΩ）时应注意不可加入并联电路

(7) 表上有 1 个零点调整电位器，这是供测量电阻时用的，测量时应先将测试棒短接，调节调整器后，指针应偏转到零，若无法调节指针到零点，则说明电池电压不足或内部接触不良。

(8) 每次测量完毕后，应将转换开关拨到空置挡或测交流电压最高一档。

(9) 万用电表的表头经检修后，一般将出现灵敏度下降现象，这

是由于拆取线圈时使永久磁铁的磁感应强度减小的缘故。为了减小这种影响，在取出线圈以前，应先用软铁将磁铁短路。

3. 万用电表的常见故障

表 2-1 万用电表的常见故障

故障位置	故障现象	可能原因
表头	摇动表头, 指针摆动不正常	(1) 支承部分轧住 (2) 游丝绞住 (3) 机械平衡不好 (4) 表头线圈断开或分流电阻断开
	无指示	(1) 表头被短路 (2) 表头线圈脱焊或动圈断路 (3) 表头串联的电阻损坏或脱焊 (4) 分挡开关未接通
直流电流挡	指针来回摆动不易停下	分流电阻断开
	各挡测量值偏高	(1) 与表头串联电阻变小 (2) 分流电阻偏高
	各挡测量值偏小	(1) 与表头灵敏度降低 (2) 与表头串联电阻值变大
直流电压挡	无指示	(1) 电压部分开关公用接点脱焊 (2) 最小量程挡附加电阻断线或损坏
	某量程挡不通, 其他量程挡通	转换开关接触不好或接触点与该挡附加电阻脱焊
	小量程误差大, 随量程增大误差变小	小量程的附加电阻有故障
	某量程挡显著不正确, 该挡前各挡正常, 该挡后随量程增大, 误差变小	该挡附加电阻有故障

续表

故障位置	故障现象	可能原因
变流电压挡	指针轻微摆动或指示极小	整流器被击穿
	读数小一半左右	整流元件损坏,全波整流变成半波整流
	各挡测量值偏低	整流元件反向电阻值变小
	小量程误差大,随量程增大误差变小	该挡附加电阻有故障
电阻挡	无指示	(1)转换开关公共接触点引线断开 (2)调整电位器中心焊接点引线脱焊 (3)电池无电压输出
	正负棒短路时指针调不到零位	(1)电池容量不足 (2)串联电阻值变大 (3)转换开关接触电阻增大
	调整零位时,指针跳跃不稳	(1)调零电位器接触不良 (2)调零电位器阻值选配不当(单位长度的电阻过大)
	某量程不通	(1)转换开关接触点接触不良 (2)串联电阻断开
	某量程误差很大	该挡分流电阻有故障

4. 部分万用电表的型号与规格

表 2-2 部分指针式万用电表的型号和规格

型号	测量范围		灵敏度 (Ω/V)	级别
500 型	直流电压(V)	0~2.5~10~50~250~500	20000	2.5
		2500	4000	5.0
	交流电压(V)	0~10~50~250~500	4000	5.0
		2500	4000	5.0
	直流电流(mA)	0~0.5~1~10~100~500		2.5
	电阻(Ω)	$\times 1, \times 10, \times 100, \times 1k, \times 10k$		2.5
音频电平(dB)	10~22		5.0	
MF14	直流电压(V)	0~2.5~10~25~100~250~500~1000	1000	1.5
		0~2.5	100	2.5
	交流电压(V)	10~25~100~250~500~1000	400	
	直流电流(mA)	0~1~2.5~10~25~100~250~1000~5000		1.5
	交流电流(mA)	0~2.5~10~25~100~250~1000~5000		2.5
电阻(Ω)	$\times 1, \times 10, \times 100, \times 1k$		1.5	

续表

型号	测量范围		灵敏度 (Ω/V)	级别
MF30	直流电压(V)	0~1~5~25	20000	2.5
		~100~500	5000	2.5
	交流电压(V)	0~100~500	5000	4.0
	直流电流(mA)	0~0.05~0.5~5~50~500		2.5
	电阻(Ω)	$\times 1, \times 10, \times 100, \times 1k, \times 10k$		2.5
	音频电平(dB)	-10~+22		4.0
MF368	直流电压(V)	0~0.5~2.5~10~50~250	20000	2.5
		~500~1500	9000	2.5
	交流电压(V)	0~2.5~10~50~250~500 ~1500	9000	5.0
	直流电流(mA)	0~0.05~2.5~25~250~ 2500		2.5
	电阻(Ω)	$\times 1, \times 10, \times 100, \times 1k, \times 10k$		2.5
	音频电平(dB)	-10~+22		5.0
	晶体管直流放大系数	0~1000		
MF368A	直流电压(V)	0~0.25~2.5~12.5~50~250	20000	2.5
		500~1000	9000	2.5
	交流电压(V)	0~10~50~250~500~ 1000	9000	5.0
	直流电流(mA)	0~0.05~5~50~500~ 5000		2.5
	交流电流(A)	0~0.5~5		
	音频电平(dB)	-10~22		5.0

续表

型号	测量范围		灵敏度 (Ω/V)	级别
MF-63	直流电压(V)	0~0.05	20	2.5
		~0.5~2.5~12.5~50	200	
		~125~500	20	
		1000~30000(带衰减器)	30	
	交流电压(V)	0~0.1	10	5.0
		~1~5~25~100	100	
		~250~1000	10	
	直流电流	0~5~50~100~250 μ A ~1.25~5~50~500mA~ 2.5A		2.5
	交流电流	10~100~200~500 μ A 2.5~10~100mA~1~5A		5.0
	电阻(Ω)	$\times 1, \times 10, \times 100, \times 1k,$ $\times 10k$		2.5
电容(μ F)	0~4000~20000		5.0	
音频电平(dB)	-20~+50		5.0	
晶体管 (锗或硅) 直流放大系数	0~300			
MF-12	直流电压(V)	0~0.075~3~7.5~15~30 ~150~300~600~30000 (带衰减器)	20	1.5
		交流电压(V)	0~3~7.5	1
		~15~30~150~300~600	2	

续表

型号	测量范围		灵敏度 (Ω/V)	级别
MF-12	直流电流	0~50~150~600 μ A ~3~15~60~300mA ~1.5~6~30A (带分流器)		1.5
	交流电流	0~3~15~60~300 ~1500mA~6~30A (带专用附件)		2.5
	电容(μ F)	0.005~20		2.5
	音频电平(dB)	-10~+12		

表 2-3 部分数字式万用电表的型号及规格

型号	指标	项 目						
		直流电压	交流电压	直流电流	交流电流	电 阻	电 容	频 率
DT830A	量 程	200mV~ 1000V	200mV~ 700V	20 μ A~ 20A	20 μ A~ 20A	200 Ω ~ 20M Ω	—	—
	准确度	$\pm(0.5\%+1d)$	$\pm(0.8\%+3d)$	$\pm(0.8\%+1d)$	$\pm(1.0\%+3d)$	$\pm(0.8\%+1d)$	—	—
	分辨力	100 μ V	100 μ V	0.1 μ A	0.1 μ A	0.1 Ω	—	—
DT840D	量 程	200mV~ 1000V	200mV~ 700V	200 μ A~ 20A	200 μ A~ 20A	200 Ω ~ 20M Ω	—	—
	准确度	$\pm(0.5\%+1d)$	$\pm(0.8\%+3d)$	$\pm(0.8\%+1d)$	$\pm(1.2\%+3d)$	$\pm(0.8\%+1d)$	—	—
	分辨力	100 μ V	100 μ V	0.1 μ A	0.1 μ A	0.1 Ω		

续表

型号	指标	项 目						
		直流电压	交流电压	直流电流	交流电流	电阻	电容	频率
DT8901	量 程	200mV~ 1000V	2~700V	2mA~ 2cA	20mA~ 20A	200Ω~ 200MΩ	2000pF~ 20μF	—
	准确度	±(0.5% +1d)	±(0.8% -3d)	±(0.8% +1d)	±(1.2% +3d)	±(0.8% +1d)	±(2.5% +3d)	—
	分辨力	100μV	1mV	1μA	10μA	0.1Ω	1pF	—
DT980	量 程	200mV~ 1000V	200mV~ 700V	20mA~ 10A	20mA~ 10A	200Ω~ 20MΩ	20nF~ 20μF	20~ 200kHz
	准确度	±(0.05% -3d)	±(0.8% +20d)	±(0.5% +2d)	±(1.0% +20d)	±(0.1% +2d)	±(2.0% +10d)	±(1% +20d)
	分辨力	10μV	10μV	1μA	1μA	0.01Ω	1pF	1Hz
DT1000	量 程	200mV~ 1000V	2~700V	2mA~ 20A	20mA~ 20A	200Ω~ 200MΩ	2nF~ 20μF	10Hz~ 20kHz
	准确度	±(0.05% +3d)	±(0.6% +5d)	±(0.5% +2d)	±(0.8% +10d)	±(0.15% +1d)	±(2.0% +10d)	±(1% +5d)
	分辨力	10μV	100μV	0.1μA	1μA	0.01Ω	0.1pF	1Hz
VC98	量 程	400mV~ 1000V	4~750V	400μA~ 10A	4mA~ 10A	400Ω~ 40MΩ	4000nF	4~ 4000kHz
	准确度	±(0.3% +1d)	±(0.8% +3d)	±(1.0% +2d)	±(1.5% +5d)	±(0.8% +2d)	±(2.0% +5d)	±(0.5% +3d)
	分辨力	100μV	1mV	100nA	1μA	0.1Ω	1nF	1Hz
VC90A	量 程	200mV~ 1000V	200mV~ 750V	20mA~ 10A	20mA~ 10A	200Ω~ 20MΩ	2nF~ 20μF	2Hz~ 2kHz
	准确度	±(0.5% +2d)	±(1.0% +3d)	±(0.8% +2d)	±(1.2% +3d)	±(0.8% +2d)	±(2.5% +3d)	±(0.5% +4d)
	分辨力	100μV	100μV	10μA	10μA	0.1Ω	1pF	1Hz

表 2-4 部分钳型指针式万用电表型号及规格

项 目 称	型 号						
	MG27	MG28	MG31	MG36	MG60	MG67	MG310
	测 量 范 围						
级 别	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	3.0
交流电 流(A)	0~10 ~50~250	0~5~25 ~50~100 ~250~500	0~5~25 ~50~125 ~250	0~50~100 ~250~500 ~1000	0~1~5 ~10	0~6~15 ~60~150 ~600~1500	0~6~15 ~60~150 ~300
交流电 压(V)	0~300 ~600	0~50 ~250~500	0~450	0~50 ~250~500	0~250 ~500	0~150 ~300~750	0~150 ~300~750
直流电 流(mA)	—	0~0.5~10 ~100	—	0~0.5~10 ~100	0~25 ~250	—	—
直流电 压(V)	—	0~50 ~250~500	—	0~50~250 ~500	0~250 ~500	0~75	0~75
电 阻 (Ω)	0~300	×10, ×100 ×1k	0~50k	×10, ×100 ×1k	×10, ×100 ×1k	0~1~100	0~1~100
备 注	—	—	—	测晶体管 放大倍数 0~250	—	配 8801 测 温传感器 可测温 -50~ +200℃	配 8801 测 温传感器 可测温 -50~ +200℃

表 2-5 部分钳型数字式万用电表型号及规格

型 号	指 标	项 目					
		直流电压	交流电压	直流电流	交流电流	电 阻	频 率
VC3212C	量 程	2~600V	2~600V	—	2~200A	2~2000kΩ	—
	准确度	±(1%+2d)	±(2%+5d)	—	±(1.5%-5d)	±(1.5%+5d)	—
	分辨力	1mV	1mV	—	1mA	1Ω	—
VC3214	量 程	2~600V	2~600V	—	20~400A	1~2kΩ	—
	准确度	±(1%+2d)	±(2%+5d)	—	±(1.5%+5d)	±(1%+2d)	—
	分辨力	1mV	1mV	—	10mA	1Ω	—
VC3216	量 程	2~600V	2~600V	—	20~600A	1~2kΩ	—
	准确度	±(1%+2d)	±(2%+5d)	—	±(1.5%+5d)	±(1%+2d)	—
	分辨力	1mV	1mV	—	10mA	1Ω	—
DM6266P	量 程	1000V	750V	—	200~1000A	200Ω~20kΩ	—
	准确度	±(0.5%+1d)	±(1%+4d)	—	±(2%+5d)	±(1%+1d)	—
	分辨力	1V	1V	—	100mA	0.1Ω	—
DM6015	量 程	200mV~1000V	200~750V	—	20~400A	200Ω~2000kΩ	—
	准确度	±(0.5%+1d)	±(1.2%+5d)	—	±(1%×20d)	±(1.2%+3d)	—
	分辨力	100μV	10mV	—	0.01A	0.1Ω	—

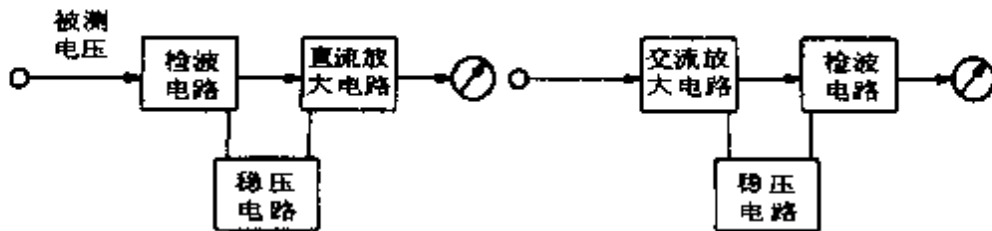
续表

型号	指标	项 目					
		直流电压	交流电压	直流电流	交流电流	电 阻	频 率
CM6100	量 程	200~750V	200~650V	200~ 1000A	200~ 1000A	1Ω~2kΩ	1Hz~2kHz
	准确度	±(0.5% +1d)	±(1% +5d)	±(1% +5d)	±(1% +10d)	±(0.5% +2d)	±(0.5% +3d)
	分辨力	100mV	100mV	100mA	0.1A	1Ω	1Hz

二、毫伏表

毫伏表是一种测量电压的电子仪器，具有灵敏度高，量程大，输入阻抗大，性能稳定等优点。

毫伏表通常有检波电路、放大电路、表头和稳压电源组成，如图 2-2a 为检波—放大式毫伏表原理框图，其特点是被测电压加到仪表输入端后，先检波，后放大。由于检波后的电压已是直流，所以频率测量范围可以达几十兆赫，但是被测电压未经放大就检波，在测量电压较小时外界干扰较大，因此只能做伏特表。图 2-2b 为放大—检波式毫伏表原理框图，其特点是被测电压先作交流放大，后检波，适



(a) 检波—放大式

(b) 放大—检波式

图 2-2 毫伏表原理框图

合于微弱电压的测量。

1. 毫伏表使用注意事项

(1) 选择合适的接地点。将仪表的外壳或将标有接地符号的输入端接地线。接地必须良好，以免人体电位引起寄生耦合而影响读数。“地线”可以用机房或实验室里的专用地线，也可接到交流电源的保安性地线。

(2) 机械调零。观察仪表的指针是否在零位，若不在零位，应调整仪表壳上的螺母，使指针指向零点。

(3) 电气调零。开电源后，先预热 15 分钟（电子管式），以使电路进入稳定工作。然后将输入端短路，如果看到指示不在零位，应调整面板上的“零点调整”旋钮，使指针指到零点。

(4) 将量程转换开关拨到所需要的测量范围并调零。

(5) 被测设备的机壳或“地线”接线端应与仪表接通。

(6) 在使用过程中，要经常检查电气调零是否准确，最好半小时或每次测量前检查一次。零点不准，会造成附加测量误差。

(7) 用于测量交流市电时，必须把转换开关置于 300V 挡。然后将仪表的标有接地符号的接线柱接电源中心线（地线），再将另一输入接地线柱接电源相线（火线）。倘若接反，会使电源短路。

(8) 如果不知道被测量电压的大小，应先把量程转换开关放在量程最大挡的位置上，然后逐挡下降，并尽可能使表针指示接近满度，以保证读数精确。

(9) 在测量低电压时，应该注意仪表的地线不能接错，否则会使信号短路，表针无指示。

(10) 当把量程开关置于较高灵敏度挡进行测量时，应将标有接地符号的接线柱先接地，然后再将另一接线柱接高电位。测量完毕时，应先拿掉高电位接线柱，然后再拿掉地线。

(11) 在测量 100mV 以下的电压时，测试接线不宜太长，否则会因有感应而引起测试误差。为了避免感应，可使用金属屏蔽线。

(12) 若被测电路、设备是平衡式的，则不宜采用不平衡式输入的仪表。

2. 部分毫伏表的型号及规格

表 2-6 部分毫伏表型号及规格

型号	级别	测量范围	频率范围	输入阻抗
DA-16D	3.0	0~1~3~10	5Hz~ 2MHz	1.5MΩ/45pF
AS2173		~30~100~300mV ~1~3~10~30 ~100~300V		2MΩ/45pF
XJ1910 (数字式)	3.0	0~200mV ~2~20~200V	25Hz~ 500kHz	1MΩ/50pF
AS1973 数字式	1.5	0~0.2~2~200mV ~2~20~200V	5Hz~ 1MHz	2MΩ/20pF
AS2174	3.0	0~0.3~1~3~10~30	5Hz~	10MΩ/30pF
AS2294		~100~300mV ~1~3~10~30~100V	1MHz	2MΩ/40pF
AS2271		0~1~3~10~30~100	10kHz~	≤1.5pF
JFJ-8D		~300mV ~1~3V	1GHz	
HFJ-8A		0~3~10~30~100 ~300mV~1~3V	5kHz~ 1GHz	

三、示波器

电子示波器是一种用途广泛的电子测量仪器，它可以把被测电压信号随时间变化的规律用图形显示出来。应用示波器，不仅可以直观而形象地观察被测物理量的变化全貌，而且可以通过它显示波形和测量电压、电流、时间、频率和相位等。

示波器的种类很多，有一般的单踪和双踪（可同时观察两个被测量）示波器，慢扫描示波器（可观察缓慢变化的被测量）、高灵敏度示波器（可观察微伏级的被测量）、数字存贮示波器（可将被测量存储起来）和取样示波器等。此外还有与微机结合的智能化高灵敏度示波器，它可存贮多个信号波形，并可对信号进行十余种方式的处

1. 示波器的组成

由于示波器的用途有所不同，因此种类也比较多。一般示波器的电路原理框图如图 2-3 所示。电源系统有电源变压器、整流及滤波电路组成，它提供各种不同的高低压电源，供示波管各电极和电路用。Y 轴和 X 轴偏转系统由衰减器和放大器组成，它的作用是将被测电压变换成大小合适的电压信号。衰减器通常是电阻电容分压器，改变分压比，可以得到被测电压不衰减、衰减为 1/10、和 1/100 等挡位，由面板上的衰减开关选择。

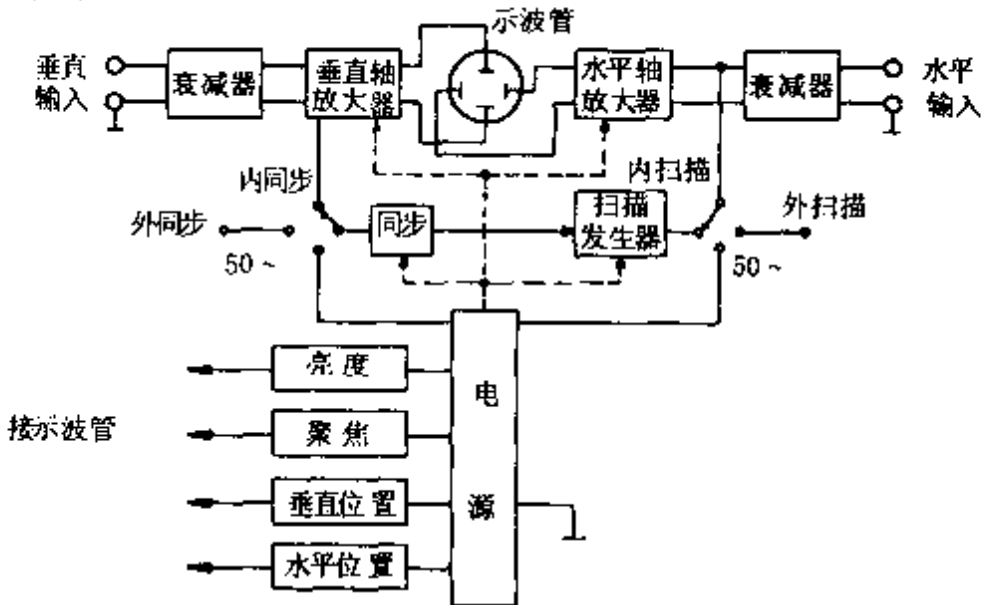


图 2-3 一般示波器的电路原理框图

扫描发生器即锯齿波发生器,实际上是由 1 个多谐振荡器加上 1 个整形电路组成,它的频率可利用面板上的“扫描范围”开关来调节。

2. 示波器的技术性能 (以 XJ-18 型为例)

XJ-18 型慢扫描示波器是一种扫描频率很低(扫描速度最慢可达 20s/cm),便携式示波器。它具有长余辉屏幕显示和慢扫描功能,时基轴采用触发扫描,并有自动触发扫描可与电视场扫描信号同步。能观察 500s 的全程扫描。Y 轴具有 DC~1MHz 的频带宽度和 50mV/cm 的灵敏度。另外,内附峰-峰值幅度为 50mV,频率为 1kHz 的方波校正信号,供 Y 轴灵敏度及时基扫描校准之用。

XJ-18 型慢扫描示波器对被测信号能满足定性量要求,可供科研、大专院校及工厂对一般低频电量缓慢变化的测量和观察,也适用于机床设备自动化程控的调试、维修和监视,也可作 X、Y 记录仪使用。

表 2-7 XJ-18 型示波器技术性能

项 目		技术性能
水 平 系 统	频带宽度	0(DC)~500kHz
	灵敏度	500mV/cm, 误差 $\pm 5\%$; 灵敏度微调范围: $> 10:1$
	输入阻抗	电阻 1M Ω , 电容 $\leq 30\mu\text{F}$
	扫描时间因数	在 5 $\mu\text{s}/\text{cm}$ ~20s/cm 间按 1-2-5 进位, 共 21 挡。误差: 除 5s/cm、20s/cm 两挡为 $\pm 10\%$ 外, 其余均为 $\pm 5\%$ 。扫描时间因数微调范围: $\geq 2.5:1$; 扫描线性误差: 5 $\mu\text{s}/\text{cm}$ ~0.5s/cm 挡间为 10%, 扩展: $\times 10$, 误差 $\pm 15\%$
	外触发输入阻抗	电阻 1M Ω , 电容 15pF
	触发信号频率范围及触发最小电压(幅度)	内触发: 0(DC)~1MHz; 外触发: 0(DC)~1MHz; 触发电压峰-峰值为 0.5V, 外触发最大峰-峰电压为 5V; 电视场: 对电视场信号能同步; 自动触发: 50Hz~1MHz 能同步

续表

项 目		技术性能
水平系统	触发极性	+ , -
	触发源	内、外
	触发方式	自动、触发、电视场
	扫描方式	常态、单次
垂直系统	频带宽度	0(DC)~1MHz;“拉-×5”时,0(DC)~1MHz
	瞬态响应	上升时间 $\leq 350\text{ns}$,上冲量 $\leq 3\%$ 。经10:1探头后(在10mV/cm)上升时间 $\leq 350\text{ns}$,上冲量 $\leq 3\%$; “拉-×5”时,上升时间 $\leq 350\text{ns}$,上冲 $\leq 3\%$
	输入灵敏度调节	由0.01V/cm至5V/cm,按1-2-5进位分挡,共九挡。误差 $\pm 5\%$;“拉-×5”时,为2mV/cm~1V/cm,分挡与0.01~5V/cm对应,误差 $\pm 10\%$ 。灵敏度微调范围 $\geq 2.5:1$
	输入阻抗	直接输入时,电阻为1M Ω ,电容小于30pF。 经10:1探头输入时,电阻为10M Ω ,电容 $\leq 15\text{pF}$
	最大允许输入电压峰-峰值	400V(DC+AC)
	校准信号	校准信号由机内产生,校准信号波形为方波; 峰-峰值为50mV,频率为1kHz, $\pm 1\%$
	示波管	型号为13SJ38D;荧光屏外形为矩形,其工作有效面积为6cm \times 10cm;余辉为长余辉
其他	使用电源220V(或110V) $\pm 10\%$, (50 ± 2) Hz;消耗功率约55VA	

3. 示波器的使用方法

XJ-18型慢扫描示波器的各个控制开关、按钮、旋钮装置如图2-4、图2-5、图2-6所示。其中图2-4是正面面板图，图2-5是右侧面板图，图2-6是左侧面板图。仪器常用的控制开关等部件安装在正面面板上。部分校准控制元件及机内校正信号安装在左、右两侧面板上。

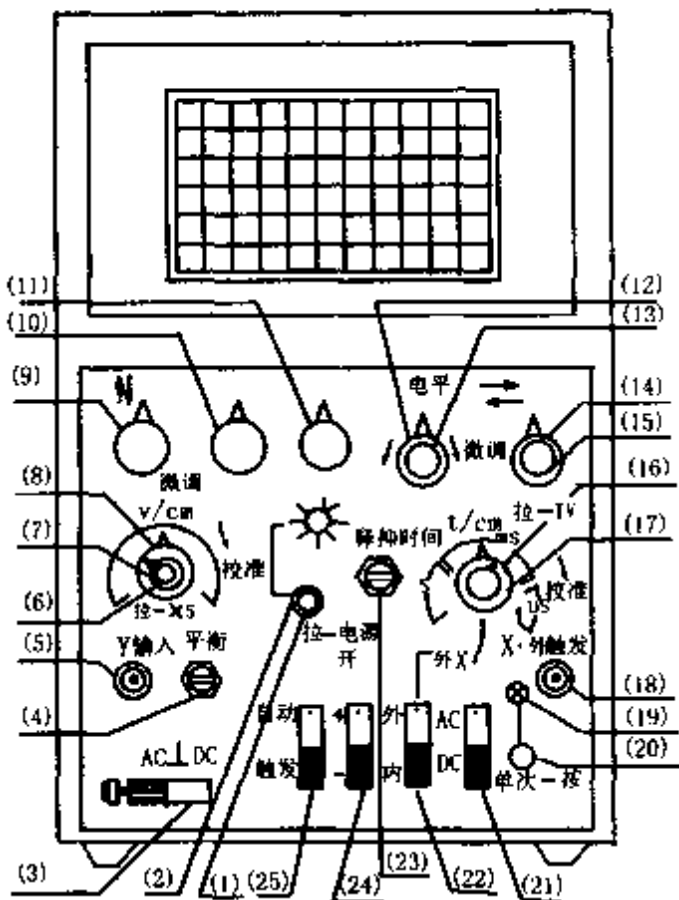


图 2-4 XJ-18 型示波器正面面板图

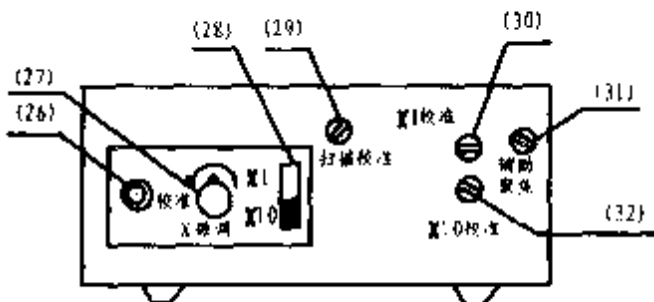


图 2-5 XJ-18 型示波器右侧面板图

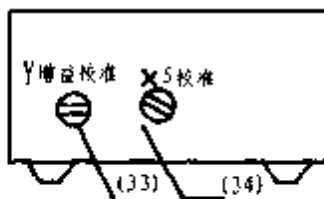


图 2-6 XJ-18 型示波器左侧面板图

表 2-8 XJ-18 型示波器面板控制装置及作用

序号	控制装置	作用
仪器正面面板 (图 2-4)		
(1)	电源开关	按拉式开关, 当开关拉出时, 仪器接通电源
(2)	辉度调节电位器	控制屏幕上光点或图形的亮度

续表

序号	控制装置	作 用
仪器正面面板 (图 2-4)		
(3)	垂直放大器输入耦合方式 (AC、 \perp 、DC) 选择开关	“AC”位置时为交流耦合,它隔断被测信号中的直流分量,使信号波形的位置不受直流电平的影响。“DC”位置为直流耦合,适用于观察各种缓慢变化的信号。“ \perp ”接地位置时,可确定输入端为零电位时光迹在屏幕上的基准位置
(4)	平衡电位器	使垂直放大系统的输入级电路中的直流电平保持平衡状态的调节装置
(5)	Y 输入插座	垂直放大系统的输入插座
(6)	拉 $\times 5$ 开关	垂直灵敏度扩展 5 倍的按拉开关,当开关拉出时垂直灵敏度提高 5 倍
(7)	灵敏度微调电位器	用来连续改变垂直放大器的增益,当此电位器的旋钮顺时针旋足至“校准”位置时,增益最大,并可通过“Y 增益校准电位器”(见图 2-6)来校准垂直灵敏度
(8)	垂直灵敏度 V/cm 选择开关	为步进式开关,此开关将垂直灵敏度自 0.01~5V/cm 按 1-2-5 进位分 9 档级,可根据被测信号的电压幅度,选择合适档级位置,使屏幕上的图形利于观察
(9)	垂直移位“ $\uparrow \downarrow$ ”电位器	用来调节屏幕上光点或信号波形在垂直方向上的位置。顺时针旋转此电位器的旋钮时波形上移,反之,波形下移

续表

序号	控制装置	作 用
仪器正面面板 (图 2-4)		
(10)	标尺亮度调节电位器	顺时针转动电位器旋钮时, 标尺亮度加亮, 反之则减弱
(11)	聚焦电位器	聚焦电位器可以与“辅助聚焦电位器”(图 2-5) 配合使用进一步提高光亮点或波形的清晰度
(12)	触发电平调节电位器	用来调节触发信号波形上触发点的相应电平值, 使在这一电平上启动扫描。电位器旋钮顺时针方向转动趋向信号波形的正向部分; 反之, 则趋向信号的负向部分
(13)	“拉-单次”开关	是一个按拉开关, 当开关拉出时, 可与“单次-按”开关配合完成单次扫描。当开关按入时, 不能进行单次扫描
(14)	水平移位“←→”电位器	用以调节屏幕上的点或信号在水平方向上的位置, 顺时针方向转动电位器旋钮时, 信号波形右移, 反之, 则左移
(15)	“拉-TV”开关	是一按拉开关, 当开关拉出时, 系统将自垂直放大器的被测电视信号通过积分电路使触发扫描与电视信号场频同步
(16)	扫描时间因数“r/cm”步进式选择开关	扫描时间因数的选择范围 $5\mu\text{s}/\text{cm} \sim 20\text{s}/\text{cm}$ 。按 1-2-5 进位分 21 档, 可根据被测信号频率的高低选择适当的档级

续表

序号	控制装置	作 用
仪器正面面板 (图 2-4)		
(17)	扫描时间因数 “微调”电位器	用于连续调节时间因数, 当该电位器旋钮顺时针转动时, 扫描时间因数减小, 转至满度即处于“校准”状态时, 可与“扫描校准”电位器 (图 2-5) 配合校准扫描时间因数
(18)	“X·外触发”插座	水平放大器外接信号及外触发信号的输入插座, 当水平放大器外接信号时, 需将“1/cm”开关置于“外×”位置, “内、外”开关置于“外”
(19)	单次扫描指示灯	当“拉-单次”开关拉出。按“单次-按”按钮开关时, 此指示灯亮, 表明准备单次扫描, 当“单次-按”按钮开关松开时, 此灯灭, 同时屏幕上显示一次扫描的信号波形
(20)	“单次-按”按钮开关	在“拉-单次”开关拉出时, 按下此开关, 作单次扫描的准备, 松开此开关时, 进行单次扫描
(21)	“AC、DC”选择关	触发耦合方式及外来信号水平输入 (X 输入) 耦合方式选择开关, 可选择直流 (DC) 输入或交流 (AC) 输入

续表

序号	控制装置	作 用
仪器正面面板 (图 2-4)		
(22)	“内、外”开关	触发源及 X 外接信号选择开关。当选择扫描触发信号的来源时,“内”为内触发,触发信号来自 Y 轴放大器。“外”即为外触发,信号来自外触发输入。当为 X 外接选择时 t/cm 开关置于外 X,本开关置于“外”,是外接信号加至水平放大器
(23)	释抑时间调节电位器	用以避免高频信号触发同步“死点”,调节“电平”旋钮仍不能使高频信号同步时,可适当调节“释抑时间”电位器,微调扫描信号频率使高频信号能同步
(24)	“+、-”开关	用来选择触发极性
(25)	“自动、触发”开关	触发方式选择开关。当置于“自动”时,即在没有信号时,扫描为自激状态,屏幕上出现一基线,在有信号时,扫描电路自动地换到触发状态,由信号触发扫描;当置于“触发”时,扫描电路处于待发状态,由信号触发扫描

仪器右侧面板 (图 2-5)

(26)	输出 (峰-峰值 50mV、1kHz) 插座	机器内的 50mV、1kHz 的方波校准信号由此输出,此信号可输入 Y 输入插座、校准垂直灵敏度及扫描时间因数
------	------------------------	---

续表

序号	控制装置	作 用
仪器右侧面板 (图 2-5)		
(27)	“X 微调” 电位器	用以连续改水平放大器的输入量, 当“X 微调” 逆时针旋足至“校准” 位置时, 输入量最大
(28)	扩展 “ $\times 10$ ” 开关	用以改变水平放大器的反馈电阻, 当开关拨向 “ $\times 10$ ” 位置时, 水平放大量提高 10 倍, 当开关拨向 “ $\times 1$ ” 位置时, 水平放大器不变
(29)	“扫描校正” 电位器	与扫描时间因数“微调” 电位器 (图 2-4) 配合, 校准扫描时间因数
(30)	“ $\times 1$ 校准” 电位器	水平放大器增益校准装置
(31)	“辅助聚焦” 电位器	与“聚焦” 电位器 (图 2-4) 配合使用, 调节电子束焦距, 进一步提高屏幕上光点或信号波形清晰度
(32)	“ $\times 10$ ” 校准电位器	扫描时间因数扩展 $\times 10$ 校准调节装置
仪器左侧面板 (图 2-6)		
(33)	“Y 增益校准” 电位器	与“V/cm” 开关及其微调电位器 (图 2-4) 配合, 校准垂直系统灵敏度
(34)	“ $\times 5$ 校准” 电位器	用来校准垂直系统处于扩展 “ $\times 5$ ” 即“拉 - $\times 5$ ” (图 2-4) 时的灵敏度

4. 示波器的使用步骤

(1) 使用前注意事项：仪器使用前要对仪器性能进行了解。对仪器各控制机构的作用及使用方法了解清楚。本仪器使用的示波管是长余辉示波管，在使用过程中要注意辉度处于中等程度。不能使光点长时间停留于一点，以免屏面灼伤。

(2) 使用：将仪器面板上的控制机件调节于表 2-9 所示的位置。

表 2-9 XJ-18 型示波器使用前面板控制机件位置

控制机件	调节面板	控制机件	调节面板
辉度电位器	顺时针旋足	电平电位器	旋至中间位置
聚焦调节钮	旋至中间位置	t/cm 开关	0.1ms 挡
辅助聚焦电位器	旋至中间位置	扫描时间因数微调电位器	校准位置
垂直移动电位器	旋至中间位置	+、- 开关	+
水平移动电位器	旋至中间位置	内外开关	内挡
V/cm 开关	0.01 挡	自动、触发开关	自动
灵敏度微调电位器	校准	AC、DC 开关	AC
AC_DC	AC		

接通电源，过 10~15 分钟，仪器已预热完毕进入工作状态，将机内 50mV、1kHz 的方波校正信号接入“Y 输入”插座，调节触发电平，使方波波形得到同步，然后将方波波形移至屏幕中间。若仪器性能正常，则此时屏幕显示的方波垂直幅度约为 5cm，方波周期在水平轴上的宽度为 10cm，如图 2-7 所示。

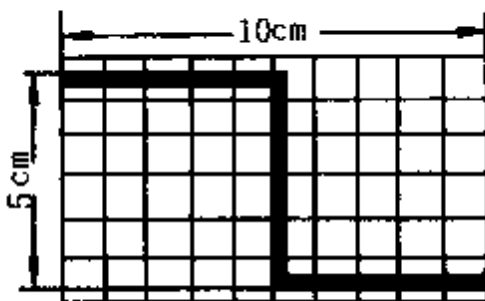


图 2-7 方波波形图

这时，仪器正常便可以开始工作，进行各种测试。

(3) 调整：仪器经过较长时间的使用或经过大修，一般应进行一次全面的调整，进行调整需具备的仪器及其主要性能见表 2-10。

表 2-10 调整大修后的示波器所需仪器

序号	仪器名称	主要性能
1	宽频带信号发生器	频宽：10Hz~5MHz 输出幅度 > 500mV 带输出畸变指示器
2	时标信号发生器	5 μ s~20s \pm 0.5%
3	万用电表	量程：0~50V, 0~500V 0~2500V, \pm 2.5% 内阻：20k Ω /V
4	交流电压表	0~300V, 1%
5	脉冲信号发生器	上升时间 \leq 10ms 上冲 \leq 1%
6	频率计数器	显示位数：5 位
7	高灵敏度双线示波器	轴 Y 灵敏度 \leq 1mV/cm
8	比较信号发生器	频率 1kHz, 幅度可调；误差为 \pm 0.5%

调整的内容：直流电源电压调整；Y轴放大器平衡调整；校准信号调整；Y轴衰减器及探头补偿调整；Y轴和X轴输入灵敏度的调整；扫描时间因数调整和扫描线性检查；触发信号频率范围及触发最小电压调整；频带宽度的调整；瞬时响应调整；单次扫描的调整。

XJ-18型慢扫描示波器除示波管外，全部为晶体管电路，具有体积小，重量轻和携带方便等优点，用途比较广泛。

四、信号发生器

信号发生器在检修、调试电子设备和仪器时是一个不可缺少的信号源。类型较多，今以常用的XD7低频信号发生器和YB-1631型功率函数发生器为例介绍。

1. XD7 低频信号发生器

XD7型为低频正弦波信号发生器，能产生从20Hz~200kHz非线性失真很小的正弦波振荡，除电压级输出外，并具有不小于5W的功率输出（20~Hz20kHz）。其工作原理如图2-8所示。

使用时可按需选择频段、阻抗，相应输出电压，若作为电压信号源用，可接于电压输出端。若作为功率信号源用，则接于功率输出

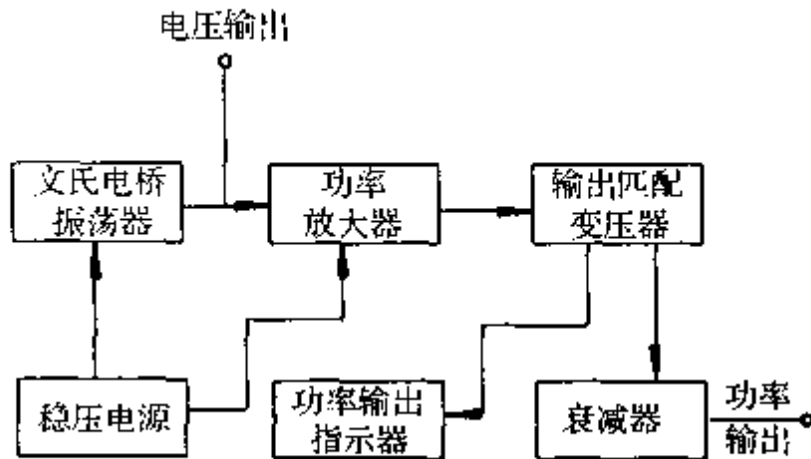


图 2-8 XD7 低频信号发生器框图

端，应避免输出端短路。匹配变压器接在功率放大器输出端，用来与 600Ω 、 $5k\Omega$ 阻抗配，以达到最大功率输出。如需平衡输出，可将面板上中间接线柱的接地片取下，接在两个红色接线柱即可，但与本机连接的其他仪器接在“地”地位。功率输出指示电压表在 $5k\Omega$ 输出时满度为 $160V$ ， 600Ω 输出时满度为 $70V$ ， 8Ω 输出时满度为 $7V$ 。

2. YB1631 型功率函数发生器

YB1631 型功率函数发生器由三角波发生器、方波发生器、正弦波整形电路信号发生器、测频电路功率放大器电路和稳压电源电路等组成。可产生多种信号，由六位数字显示信号的频率，该机频率连续可调，信号幅度不随频率变化，该机还可作为一个 $10MHz$ 频率计使用，是一个多功能的信号发生器。

表 2-11 YB1631 型功率函数发生器主要技术指标

项目	主要技术指标	
输出波形	方波、正弦波、三角波、锯齿波、矩形波	
信号幅度	分 2 档输出：30V、50V	
频率	1Hz~100kHz，配合占空比调节，频率下限可达 0.1Hz	
频率指标	$\pm 1\%$ $\pm 1\%$ 0.1Hz（外测频：0.1Hz~10MHz）	
功率输出	分 2 档输出：30V/2A；50V/1A.	
频率范围	正弦波	1Hz~100kHz
	其余	1Hz~10kHz
正弦失真	2%	$f < 20kHz$
	3%	$f > 20kHz$
幅度频率响应	$\leq 0.3dB$	1Hz~20Hz
	$\leq 0.5dB$	20~100kHz
占空比	0.1~0.9	

YB1631 型功率函数发生器面板控制功能如图 2-9 所示。

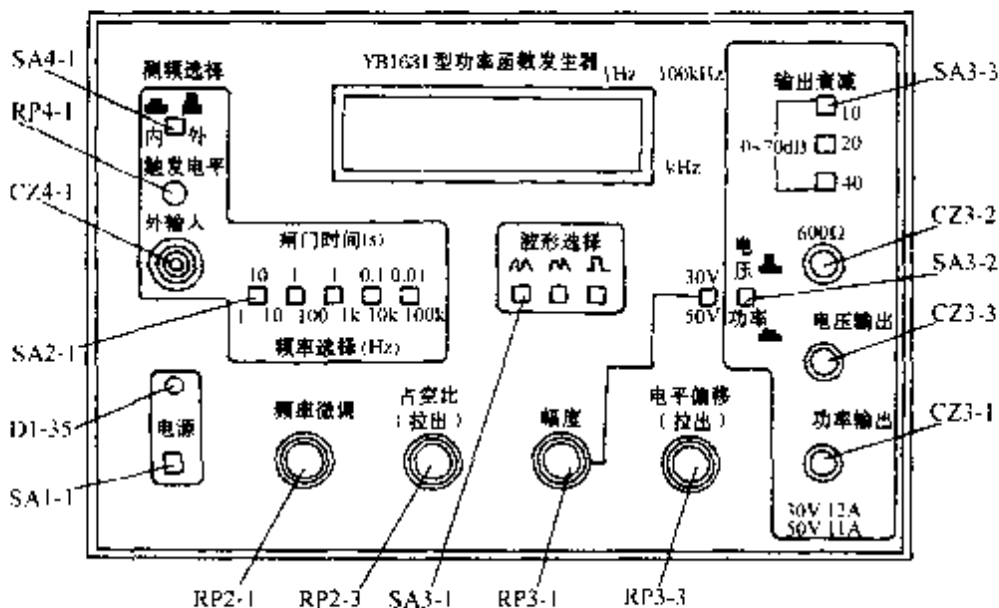


图 2-9 YB1631 型功率函数发生器面板

表 2-12 YB1631 型功率函数发生器面板控制功能

控制开关	作用
电源开关 SA1—1	仪器的电源开关，当按入时，电源接通，同时指示灯DI—35亮
频率选择开关 SA2—1	此开关具有双重作用，在开关按钮的下方，标注着信号的频率范围，共 5 挡，作为信号频率挡级的选择。当“测频选择”开关置于“外”时，此开关又作为计数外来信号的间隔时间，即闸门时间
频率微调 RP2—1	作为信号频率的细调，以调整任意信号频率的输出

续表

控制开关	作用
占空比 RP2-3	该电位器被拉出后有效，调节该控制器，可使三角波成为锯齿波、方波成为矩形脉冲波，但当该电位器拉出后，信号的频率将低 10 倍左右。若欲使频率不变，可将频率选择开关提高一档
波形选择开关 K3-1	选择输出信号，可输出三角波、正弦波、和方波三种基本信号。锯齿波和矩形波不被选择，由占空比配合调节
幅度选择开关 SA1-2	用以选择输出信号的幅度等级，当按钮未按入时最大输出幅度为 30V，在按入状态可达 50V。另外，当电压、功率输出选择开关 SA3-2 置于“功率”时，输出电流峰-峰值分别为 2A 和 1A
幅度微调 RP3-1	微调信号的输出幅度，与幅度选择开关 SA1 配合控制
输出衰减开关 SA3-3	电压信号的衰减开关，三挡均可自锁，可组成 0~70dB 衰减量，按 10dB 推进，电压输出信号从 CZ3-2 和 CZ3-3 输出，输出阻抗 600Ω
电压、功率输出选择开关 SA3-2	选择信号的输出方式，当开关未按入时，信号由电压方式输出，在按入状态，信号不经衰减网络，直接送到 CZ3-1 接线柱上，可向负载提供 1A 或 2A 的电流信号。功率输出时，因功放电路不可能输出较高频率分量的信号，所以当频率范围选择开关 SA2-1 置于 10~100kHz，且波形选择开关 SA3-1 置于方波时，无功率信号输出

续表

控制开关	作用
测频选择开关 SA4-1	按下时为置“内”，仪器作为信号源使用。弹出时为置“外”，仪器作为频率计测量外部电信号频率
外输入端钮 CZ4-1	当测频选择开关 SA4-1 置于“外”测频时，外部信号便由 CZ4-1 端钮输入。为了准确的测量，应选择合理的闸门时间，并可适当增大闸门时间，来获得尾数，提高速度，但最高位不得大于 1
电平偏移 RP3-3	如果对信号的直流分量有要求，将 RP3-3 拉出，然后通过电平偏移调整，可使用信号的直流分量在零以上或零以下
触发电平 RP4-1	可调整输出信号稳定度，使得到稳定的输出波形

表 2-13 部分函数信号发生器型号及规格

项目	型 号				
	AS1633	AS1631	AS1632	A101D	S101B
	规 格				
频率范围	0.1Hz~2.5MHz	0.4Hz~4MHz	0.2Hz~2MHz	0.2Hz~2MHz	
输出波形	正弦波、方波、三角波、锯齿波、脉冲				正弦波、方波、三角波

续表































项目	型 号				
	AS1633	AS1631	AS1632	A101D	SI01B
	规 格				
输出幅度 峰峰值	45V 均 方 根 (15V)	20V (开路) 10V (外接 50Ω)			
直流偏置	±10V				—
正弦波失真	1%				
方波前沿	≤100ns	≤50ns	≤100ns	≤100ns	
同步输出	TTL CMOS				—
VCF 功能	有				
测频范围	6 位 (能外接) 1Hz~10MHz	—			

注：AS1633 型为功率型信号发生器。

五、测量仪表常识

1. 电工测量仪表常用符号及意义

表 2-14 电工测量仪表常用符号及意义

名称	符号	名称	符号
磁电式		公共端钮 (万用表功率表等)	
磁电式比率计			
整流式		与屏蔽相连接 的端钮	
电动式			
电动式比率计		垂直安放使用	 或 
铁磁电动式		水平安放使用	 或 
铁磁电动式比率计		倾斜 60° 安放使用	
电磁式		仪器绝缘试验 电压 2000V	 2kV 或 
电磁式比率计			
静电式		准确度等级 1.0	 或 1.0
感应式		1 级防外磁场	
直流		A 级工作环境	
交流		注意! 遵照使用 说明书及质量合格 证明书规定	
交直流			
正端钮			
负端钮		50Hz	

2. 仪表的级别

仪表的级别数是指仪表测量时可能产生的误差占满刻度的百分之几。表示级别的数字越小，准确度越高。仪表一般分为 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5 和 4.0 七级。通常 0.1 和 0.2 级仪表用作标准表，0.5 级至 1.5 级仪表用于实验，1.5 级至 4.0 级仪表用于工程。应当注意，同一只仪表使用的量程恰当与否也会影响测量的准确度。用小量程测量比用大量程测量准确度高。所以通常选择量程时应使读数占满刻度 2/3 以上为宜。

3. 常用电工测量仪表的结构形式及特点

表 2-15 常用电工测量仪表的结构形式及特点

结构型式	作用原理	优点	缺点
磁电式 (又叫动圈式)	线圈处于永久磁铁的气隙磁场中，当线圈中有被测电流流过时，通有电流的线圈在磁场中受力并带动指针而偏转。当与弹簧反作用力矩平衡时，便获得读数	①标度均匀 ②灵敏度和准确度较高 ③读数受外界磁场的影响小	①表头本身只能用来测量直流（当采用整流装置后也可用来测量交流） ②过载能力差
电磁式 (又叫动铁式)	在线圈内有 1 块固定铁片和 1 块装在转轴上的动铁片，当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。由于同性相斥的缘故，动铁片便带动转轴一起偏转。当与弹簧反作用力矩平衡时，便获得读数	①适用于交、直流测量 ②过载能力强 ③可无需辅助设备而直接测量大电流 ④可用来测量非正弦量的有效值	①标度不均匀 ②准确度不高 ③读数受外磁场影响



续表

结构型式	作用原理	优点	缺点
<p>电动式</p>	<p>仪表由固定线圈和活 动线圈所组成。当它们 通有电流后，由于载流 导体磁场间的相互作用 (或者载流导体间的相互 作用) 因而使活动线圈 偏转。当与弹簧反作用 力矩平衡时，便获得读 数</p>	<p>①适用于交、 直流测量 ②灵敏度和 准确度比用于 交流的其他型 式仪表为高 ③可用来测 量非正弦量的 有效值</p>	<p>①标度不均 匀 ②过载能力 差 ③读数受外 磁场影响大</p>
<p>铁磁电 动式</p>	<p>作用原理基本上同电 动式，只是通有电流的 活动线圈是在励磁线圈 (绕在衔铁上的固定线 圈) 的磁场中受力偏转。 当与弹簧反作用力矩平 衡时，便获得读数。它 是为消除外界磁场对电 动式仪表读数的影响和 增加仪表的偏转力矩而 由电动式仪表改变而成 的</p>	<p>①适用于交、 直流测量 ②有较大的 转动力矩 ③较其他类 型仪表耐震动 ④受外界磁 场影响小 ⑤可做成广 角度的表</p>	<p>①标度不均 匀 ②准确度较 低</p>

续表

结构型式	作用原理	优点	缺点
感应式	<p>仪表由 1 个或数个绕在铁心上的线圈和铝盘组成。当线圈中通有交流电时，在气隙中便产生交变磁通。铝盘在交变磁通的作用下，感应产生涡流，此涡流在交变磁通的磁场中受力，于是使铝盘转动。由于制动磁铁和可动部分的铝盘相互作用产生了制动力矩，它和转速成比例，当转动力矩和制动力矩大小相等方向相反时转速达到平衡</p>	<p>① 转矩大，过载能力强 ② 受外界磁场影响小</p>	<p>① 只能用于一定频率的交流电 ② 准确度较低</p>
流比计 (又叫比率计)	<p>在同一根转轴上装有两支交叉的线圈，两线圈在磁场(磁电式流比计磁场由永久磁铁建立，电动式流比计磁场由另 1 个线圈建立)中所受的作用力矩相反。其偏转决定于 2 个线圈中流过的电流之比值 I_1/I_2，故叫流比计。因为这种仪表没有反作用力弹簧，不用时指针可停在任意位置</p>	<p>① 具有磁电式和电动式的某些优点 ② 可做成多种类型的仪表，例如兆欧表、相位表、频率表等 ③ 能消除外界的影响(如电压，频率的波动等)</p>	<p>① 标度不均匀 ② 过载能力差</p>

注：表中介绍的电磁式仪表是一种排斥式，另一种吸入式这里从略。

4. 常用仪表的系列代号与特征代号

表 2-16 常用仪表的系列代号

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

例：59L1-V 表示为整流式电压表：

其中5——形状的第一位代码，查表知外形最大尺寸在 120mm--150mm 之间。

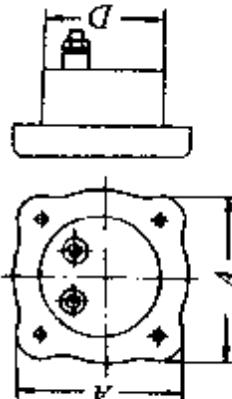
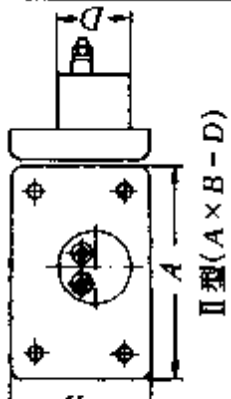
9——形状的第二位代码（“0”可省略）。查表知外形为其他型。

L——系列代号。查表知为整流。

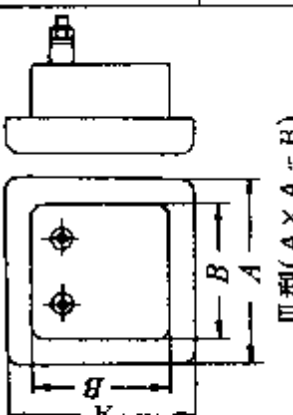
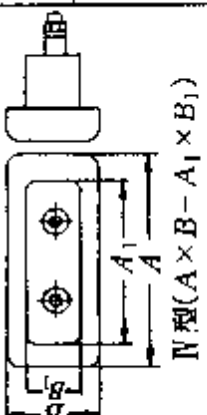
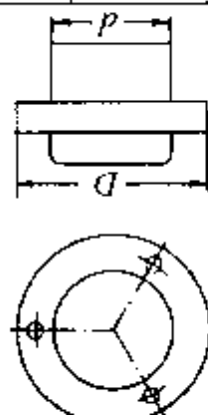
1——设计序号。

V——用途号。表示测电压。

表 2-17 常用仪表的形状及特征代号

外形形状	形状第一位 代号(面板最 大尺寸)(mm)	形状第二位代号(外壳尺寸特征)								
		0	1	2	3	5	6	9		
 <p>I型(A×A-D)</p>	1	150~200	160×160 -150 III	185×185 -120 I					160×160 -150×70 IV	其他
	2	200~400		220×220 -210 III						其他
 <p>II型(A×B-D)</p>	4	100~120	110×110 -100 II	110×110 -100 I				110×85 -60 II		其他

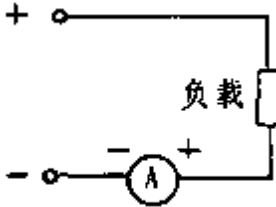
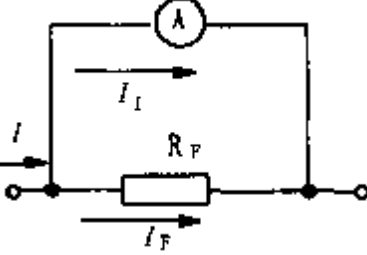
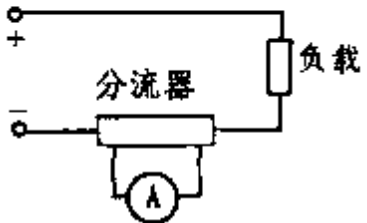
续表

外形形状	形状第一位代号(面板最大尺寸)(mm)	形状第二位代号(外壳尺寸特征)						
		0	1	2	3	5	6	9
 III型(A × A - B)	5	120~150	135 × 135 135 × 135 × 110 -80 II	130 × 105 -70 II				其他
	6	80~100	85 × 65 -40 II	85 × 85 -80 I		85~70 V	100~80 V	其他
 IV型(A × B - A ₁ × B ₁)	8	50~80		65 × 65 -60 I				其他
	9	50 及以下	30 × 30 -25	45 × 45 -40				其他
 V型(D - d)								

六、电工测量

1. 直流电流的测量

表 2-18 直流电流测量

名称	接线方式	说明
直接测量		<p>① 电流表与负载串联</p> <p>② 被测电流的流入端接电流表“+”接线端，流出端接“-”端</p> <p>③ 选择合适的量程，应使读数在仪表量程满刻度值的一半以上</p>
带有分流电阻的电流测量		<p>表头两端并联分流电阻 R_F 后，电流量程扩大了 K 倍</p> $K = 1 + \frac{R_I}{R_F} \quad I = I_1 K$ $R_F = \frac{R_I}{K - 1}$ <p>式中：I 是被测电流，I_1 是通过表头的电流，R_I 是表头内阻。 I_F 是通过分流电阻 R_F 的电流</p>
带有分流器的电流表		<p>① 测量时“电流接头”串接于被测的大电流电路中，“电位接头”与测量机构并联</p> <p>② 分流器标明“额定电流”和“额定电压”值，使用时注意</p> <p>③ 当测量机构的电压量限（即电流量限与内阻的乘积）等于分流器额定值时，加上分流器之后，它的电流量限等于分流器的额定值</p>

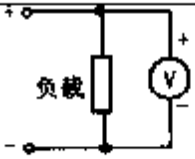
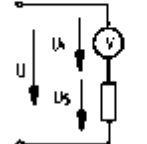
2. 交流电流的测量

表 2-19 交流电流的测量

名称	接线方式	说明
直接测量		① 电流表与负载串联 ② 选择合适的量程
改变线圈串、并联方式		将固定线圈分段，用连接片、转换开关来改变线圈的串、并联方式，以得到不同程度的量程 图中线圈并联时，电流量扩大一倍，可携式电流表可制成多量程
带有互感器的电流表		① 根据被测电流的大小，选择电流互感器的额定变流比 ② 电流互感器的额定电压应与线路电压相适应 ③ 电流互感器的次级和铁心必须可靠接地 ④ 电流互感器的次级绝对不允许开路，次级回路中不容许装熔丝 在带载情况下拆装仪表，必须先将次级绕组短路才能进行

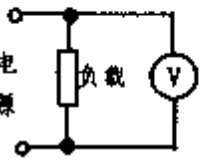
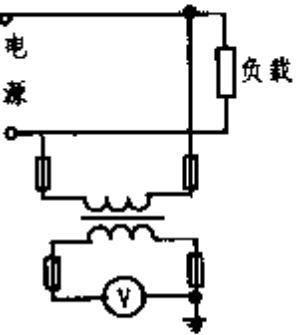
3. 直流电压的测量

表 2-20 直流电压测量

名称	接线方式	说明
直接测量		①直接电压表与被测负载并联； ②注意仪表的极性和量程；③电压表内阻越大，测量越精确
带有分压电阻的电压测量		串联分压电阻后，电压量程扩大 K 倍

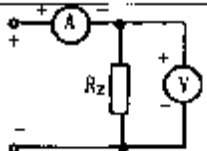
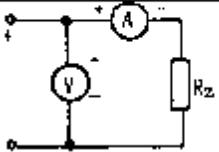
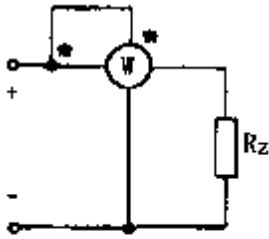
4. 交流电压的测量

表 2-21 交流电压测量

名称	接线方式	说明
直接测量		交流电压表的接线方式和量程选择则与直流电压表相同，交流电压表接线时不必考虑极性问题 交流电压内阻越大，测量越精确
带有电压互感器的电压测量		①在交流电压大于 600V 电路中，一般采用电压互感器将高压转变为一定数值的电压（通常为 100V），以供测量等使用 ②电压互感器的次级线圈在运行中不允许短路，否则将烧毁互感器 ③电压互感器的次级线圈、铁心和外壳都要可靠接地

5. 直流电路功率的测量

表 2-22 直流电路功率测量

名称	接线方式	说明
电压表、电流表读数 $P = UI$		适用 R_V 远大于 R_Z 的情况
		适用于 R_A 远小于 R_Z 的情况
功率表读数		功率表接线时其电流线圈的电源端钮必须与电源连接, 另一端与被测负载连接。电压线圈的电源端钮可与电流线圈的任何一端连接, 另一端钮与被测负载的另一端连接

6. 单相交流电路功率的测量

有功功率 $P = UI \cos \varphi$, 由于功率表的读数与电压、电流以及它们之间的相角差有关, 因此电流线圈与电压线圈的接线必须按照规定的方式连接才正确。在仪表上注有 * 或 + 号的端点应接在一起, 如图 2-10 所示。

当需要对高压电路或大电流电路进行功率测量而功率表的量程不够时, 可按图 2-11 接线。此时电路的功率 $P = P_1 K_1 K_2$

其中 P ——被测功率;

P_1 ——功率表的读数;

K_1 ——电流互感器一次侧电流与二次侧电流之比;

K_2 ——电压互感器一次侧电压与二次侧电压之比。



(a) 正确的接线 (b) 不正确的接线

图 2-10 功率表测量的接线

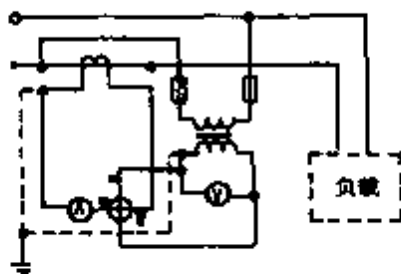
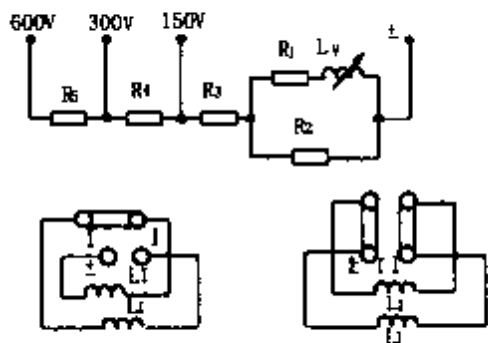


图 2-11 应用电流互感器和电压互感器测量单相交流电功率的电路

当测量低功率因数负载的有功功率时，为了减小误差，需采用低功率因数的功率表。图 2-12 是以 D26—W 功率表为例的功率表电压、电流线圈的接线图。

7. 单相交流电路功率因数的测量

单相功率因数表（又称相位表）的原理如图 2-13 所示。其特点是没有反作用弹簧，因此使用前仪表的指针可停留到任意位置。使用时两个可动线圈产生的力矩方向相反，仪表的设计使仪表接入电路并获得平衡时，其偏转角正比于电流超前或落后端电压的相位差 φ ，从而在仪表的刻度值上便可读得电路负载的功率因数 $\cos\varphi$ 值。单相功率因数表的接法如图 2-13 所示。



(a) 5 安 (串联) 接法 (b) 10 安 (并联) 接法
图 2-12 D26—W 型功率表电压、电流线圈接线原理图
 L_v . 电压线圈; L_j . 电流线圈; $R_1 \sim R_5$. 附加电阻

表 2-23 常用单相功率表的型号与规格

型号	级别	电压量程范围 (V)	电流量程范围 (A)	型号	级别	电压量程范围 (V)	电流量程范围 (A)
D19—W	0.5	150~300	0.5~1	D26—W	0.5	75~150~300	0.5~1
			2.5~5				1~2
			5~10				2.5~5
							5~10
						125~250~500	10~20
						150~300~600	

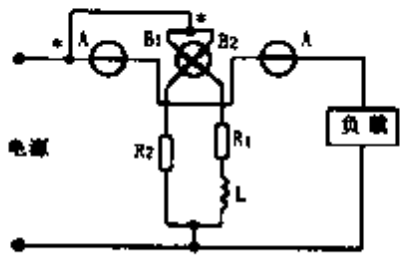


图 2-13 单相功率因数表接线原理图

8. 三相交流电路有功功率的测量

(1) 用单相功率表进行测量：如图 2-14 所示接线方式可测三相四线制电路功率，有功功率可按下式计算：

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

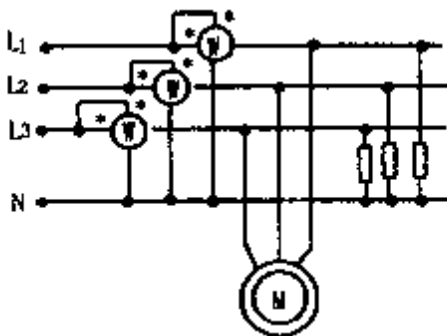
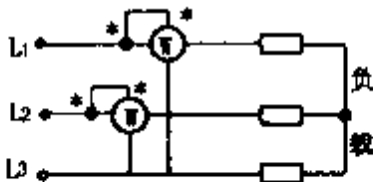


图 2-14 三相四线制电路有功功率的测量接线图

如图 2-15 所示，可用二瓦计法进行测量，有功功率可按下式计算：

$$P = P_1 + P_2$$



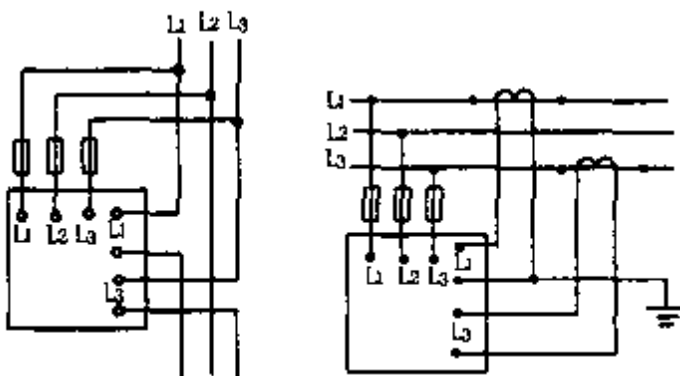
2-15 三相三线制电路有功功率的测量接线图

注意负载不对称的三相四线制不能用二瓦计法进行测量。

(2) 用三相有功功率表进行测量：三相有功功率表又称千瓦表，它只能用来测量三相三线制或对称三相四线制交流电路的功率。其接

线如图 2-16 所示。

当采用电压或电流互感器时，电路的实际功率 P 为电表读数 P_1 乘以电压互感器和电流互感器的比率，即： $P = P_1 K_1 / K_2$



a) 直接输入法 (b) 带有电流互感器的接入法

图 2-16 三相有功功率表的接线图

9. 三相交流电路无功功率的测量

(1) 用单相功率表进行测量：按图 2-17 接法用两个单相有功功率表可以测量对称三相交流电路的无功功率。两个功率表之和就是电路的无功功率，单位为乏 (Var)。

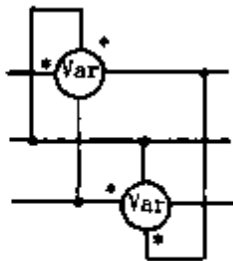


图 2-17 用 2 个单相功率表测量对称三相电路无功功率的接线图

(2) 用三相无功功率表表进行测量：三相无功功率表又叫千乏表，用来测量对称三相电路的无功功率，其结构相同于三相有功功率表，内部接线就是图 2-17 中的用两个单相功率表测量对称三相电路

的接法。仪表的接线相同于三相有功功率表的接法（图2-16）。常用三相功率表的型号及规格见表2-24。

表2-24 常用三相功率表的型号及规格

名称	型号	级别	额定电压 (V)	额定电流 (A)
三相有功功率表	1D1—W	2.5	100、127、220	5
三相有功功率表	1D5—W	2.5	127、220	5
三相有功功率表	19D1—W	2.5	127、220、380	5
三相无功功率表	1D1—Var	2.5	100、127、220	5
三相无功功率表	1D5—Var	2.5	127、220	5
三相无功功率表	19D1—Var	2.5	127、220、380	5

注意：当电压、电流量程不符或需扩大量程时，可配用电压或电流互感器。

10. 三相交流电路功率因数的测量

三相功率因数表又叫相位计，是专门用来测量三相对称电路负载的功率因数的。其原理接线图如图2-18所示。

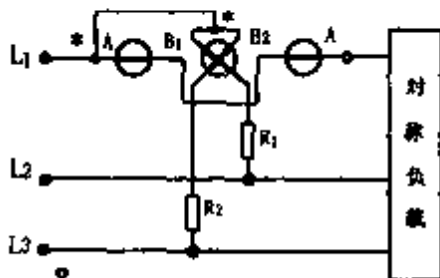


图2-18 三相功率因数表接线原理图

A. 电流线圈；B1、B2. 电压线圈；

R1、R2. 附加电阻

注意：如果电流线圈接头串接在L1相，则两个电压线圈必须依次接到L1、L2相和L1、L3相，不可接错（余类推）。仪表的设计使平衡时指针的偏转反映负载的相角 φ 。所以从仪表的刻度值上便可读得负载的功率因数 $\cos\varphi$ 。常用三相功率因数表的型号和规格见表2-25。

表 2-25 常用三相功率因数表的型号和规格

型 号	级别	功率因数范围	额定电压 (V)	额定电流 (A)
D31 - $\cos\varphi$	1.0	-0.5~1~+0.5	110 220 380	0.25~0.5 0.5~1 1~2 2.5~5 5~10 10~20
19D1 - $\cos\varphi$	2.5	0.5~1~+0.5	127 220 380	5
45T1 - $\cos\varphi$	2.5	0~1~0	100 127 220 直接接入 380V 配电压互感器	5

11.1 $\Omega \sim 100k\Omega$ 电阻的测量

(1) 电压、电流表法：如图 2-19 所示，被测电阻 R_x 可由电压表的读数 U 和电流表的读数 I 求得：

$$R_x = \frac{U}{I}$$

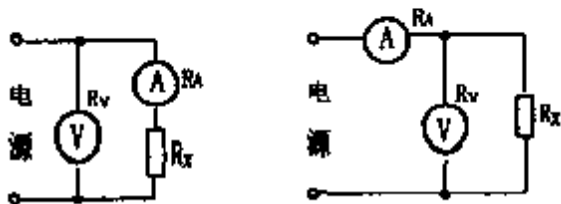
式中 R_x ——被测电阻

U 、 I ——电压电流表读数

此法测量时最好将电源电压调节到使电流为被测电阻工作时的情况，这样测出的电阻将比较接近于实际使用情况（例如测白炽灯或电热器的电阻时，应将电压调节到额定值，这才表示工作时的电阻）。

(2) 万用表法：选择合适的电阻量程挡测量。

(3) 单臂电桥（惠斯顿电桥）测量法：当需要精确地测量中值电阻时，往往采用单臂电桥进行测量。



(a) $R \ll R_x$ 时的接线 (b) $R_v \gg R_x$ 时的接线

图 2-19 电压、电流法测电阻的接线图

单臂电桥的原理电路如图 2-20 所示：

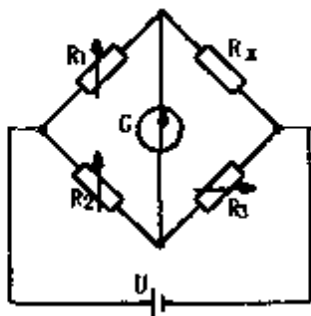


图 2-20 单臂电桥原理图

R_x · 被测电阻； G · 检流计； R_1 、 R_2 · 比例臂； R_3 · 比较臂；

调节 R_1 、 R_2 、 R_3 数值，可使检流计中通过的电流为零（指针不动），电路达到平衡，这时 R_1 、 R_2 、 R_3 与 R_x 的数值关系

$$R_1 R_3 = R_2 R_x$$

或

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} R_3$$

在电桥中 R_1 、 R_2 实际上是做在一起的，可用一个转换开关变换 R_1/R_2 的比值，一般有 $\times 0.001$ 、 $\times 0.01$ 、 $\times 0.1$ 、 $\times 1$ 、 $\times 10$ 、

$\times 100$ 、 $\times 1000$ 七挡。 R_3 一般有 $9 \times 1\Omega$ 、 $9 \times 10\Omega$ 、 $9 \times 100\Omega$ 、 $9 \times 1000\Omega$ 4 个读数盘。

(4) 单臂电桥使用注意事项：

① 根据被测电阻的大小，参照说明书上的表格选择相应的比例臂（倍率）。

② 电池电压偏低会影响电桥的灵敏度，所以如发现电池电压偏低时应调换。当采用外接电源时，必须注意极性且勿使电压超过规定值，否则有可能烧坏桥臂电阻。这时可在电源电路中串接 1 个可调保护电阻以便降压。

③ 测量端与被测电阻的连接导线应尽量用截面较大，较短的导线，连接应该牢固，漆膜应刮净，避免采用线夹，以提高精确度和避免使检流计指针打坏。

④ 单臂电桥不适宜测量 0.1Ω 以下的电阻。当用来测量小电阻（小于 1Ω ）时，应相应降低电压和缩短测量时间，以免使桥臂电阻发热损坏。

⑤ 在测量具有电感的电阻（例如电机或变压器绕组的电阻）时，应先接通电源再接通检流计的按钮；断开时应先断开检流计的按钮，再断电源，以免线圈的自感电动势打坏检流计。

⑥ 电桥的比较臂可作变电阻箱使用，但使用时应注意勿使用电流超过该桥臂的最大允许电流。

⑦ 电桥不用时应将检流计锁住，以免在搬移时震断吊丝。

⑧ 对有外接检流计端钮的电桥，在使用外接检流计时，应先将内检流计用短路片短路，并建议经过约 $5000 \sim 10000\Omega$ 保护电阻接入外接检流计。

⑨ 应保证桥臂接触点良好，如发现接触不良，可打开外壳，用蘸有汽油的纱布清洗，并旋转各旋钮，使接触面氧化层破坏，待接触稳定后，再涂一层薄薄的中性凡士林油。

12. 低电阻的测量

测量触头的接触电阻和直流电机电枢绕组等的低电阻时，必须采用双臂电桥进行测量。双臂电桥的实际电路，以 QJ103 携带式为例，

测量电阻范围 $0.001 \sim 11\Omega$ ，基本误差 $\pm 2\%$ 。其原理图如图 2-21，其面板示意图如图 2-22。

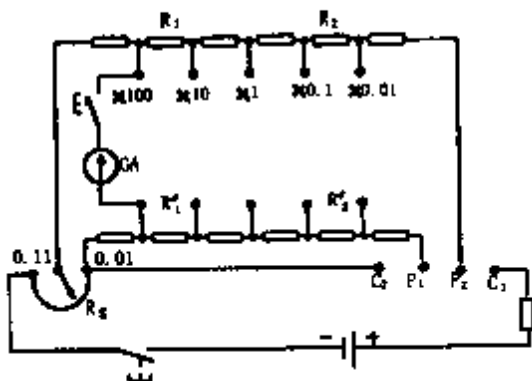


图 2-21 QJ103 型直流
双臂电桥原理图

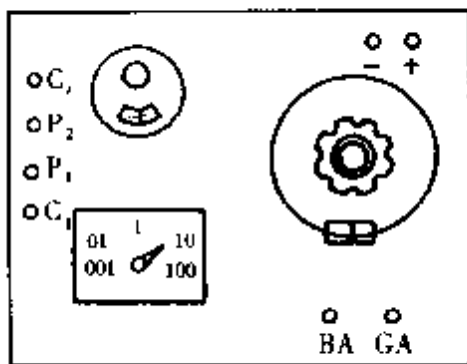


图 2-22 QJ103 型直流双臂电桥
面板示意图

其中电桥的桥臂 R_1 、 R_1' 、 R_2 、 R_2' 作为固定的比例臂，分为五档即 0.01 、 0.1 、 1 、 10 、 100 五种比例。 R_s 为滑线电阻，可在 $0.01 \sim 0.11\Omega$ 之间调节，面板上有相应的刻度。

在使用双臂电桥进行测量时，要注意被测电阻的电流端与电压相应地连接于电桥的电流端钮与电压端钮上。实际上使用时往往被测电阻没有电流端与电压端，所以测量时应注意，要使被测电阻的电压端接在 1 对电流端的内侧（图 2-23），切不可接错。

双臂电桥的其他使用注意事项基本同单臂电桥。常用的单、双臂电桥的型号与规格如表 2-26 所示。

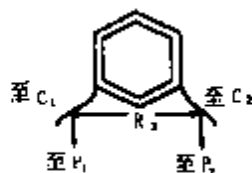


图 2-23 被测电阻电压端与电流的接法

表 2-26 单、双臂电桥的型号与规格

名称	型号	测量范围 (Ω)	误差 (Ω)
直流单臂电桥	QJ23	1~9999000	$10^2 \sim 99990$ 0.2%
			10~99.99 0.5%
			$10^5 \sim 999900$ 0.5%
			1~9.999 1.0%
			$10^6 \sim 9999000$ 1.0%
直流双臂电桥	QJ103	$10^{-4} \sim 11$	0.0001~0.0011 20%
			0.001~0.011 2%
			0.01~0.11 2%
			0.1~1.1 2%
			1~11 2%
单双臂两用电桥	QJ19	单臂 $10^2 \sim 10^6$ 双臂 $10^{-5} \sim 10^2$	0.5%

13. 绝缘电阻和接地电阻的测量

兆欧表是一种简便、常用的测量高电阻的直读式仪表。一般用来测量电路、电机绕组、电缆、电气等的绝缘电阻。

(1) 兆欧表的结构和工作原理：兆欧表的种类很多，但基本的结构相同，主要由一个磁电系的比率表 and 高压电源（常用手摇发电机或晶体管电路产生）组成。图 2-24 为兆欧表的外形图。图 2-25 是兆欧表的原理图。

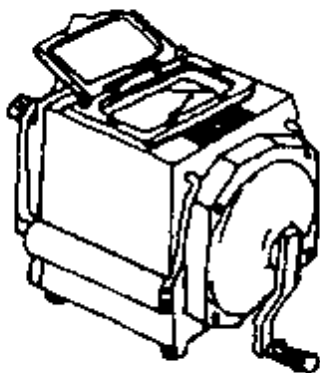


图 2-24 兆欧表的外形图

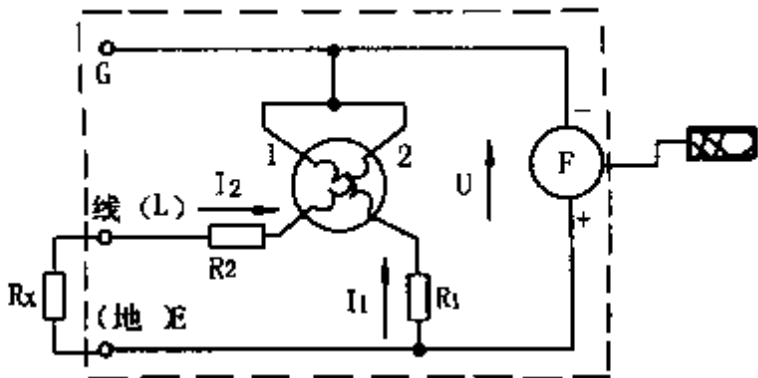


图 2-25 兆欧表的原理图

兆欧表上有 3 个分别标有接地 (N)、电路 (U) 和保护环 (G) 的接线柱。测量电路绝缘电阻时, 可将被测端接于“电路”的接线柱上, 而以良好的地线接于“接地”的接线柱上; 在作电机绝缘电阻测量时, 将电机绕组接于“电路”的接线柱上。机壳接于“接地”的接线柱上; 测量电缆的缆芯对缆壳绝缘电阻时, 除将缆芯和缆壳分别接于“电路”和“接地”接线柱外, 再将电缆壳芯和缆芯之间的内层绝缘物接“保护环”, 以消除因表面漏电而引起的误差。

(2) 兆欧表的使用和注意事项:

①对于额定电压在 500V 以下的电气设备, 应选用电压等级为 500V 或 1000V 的兆欧表; 额定电压 500V 以上的电气设备, 应选用 1000~2500V 的兆欧表。

②选用测量范围时, 应注意不要使兆表的测量范围过多的超出所测量的绝缘电阻, 以减少误差。

③测量前应将被测设备电源切断, 并进行短路放电, 以确保安全。被测对象的表面应清洁干燥。

④兆欧表与被测设备间的连接线应用单根绝缘分开连接。两根连接线不可缠绞在一起, 也不可与被测设备或地面接触, 以免导线绝缘不良而产生测量误差。

⑤测量前先将兆欧表进行一次开路 and 短路试验。摇动手柄达到稳定转速, 将“线”和“地”端钮上的连线开路, 指针应在“∞”处; 两连线接线短路时, 指针应指在“0”处, 以检验兆欧表是否良好。

⑥电力路线或照明线路测量绝缘电阻时, “E”端接大地, “L”端接电线, 所测的是电线与大地间的绝缘电阻。电动机的绝缘电阻测量时, E 端接电机的外壳, L 端接电阻的绕组。

对于电缆线路, 除了 E 端接缆壳, L 端接缆芯外, 还需将电缆壳芯之间的内层绝缘接于保护环端钮 G 上, 以消除因表面漏电而引起的误差。

⑦测量时, 摇动手柄的速度由慢逐渐加快, 并保持在每分钟 120 转左右的转速一分钟左右, 这时读数才是准确的结果。如果被测设备短路, 指针指零, 应立即停止摇动手柄, 以防表内线圈发热损坏。

⑧测量电容器、较长的电缆等设备绝缘电阻后，应将“线路”L的连接线断开，以免被测设备向兆欧表倒充电而损坏仪表。

⑨测量完毕后，在手柄未完全停止转动和被测对象没有放电之前，切不可用手触及被测对象的测量部分和进行拆线，以免触电。

14. 交流电能的测量

感应系电度表是测量交流电能的常用仪表。正确使用电度表，首先是正确选择额定电压，额定电流和精度。电度表额定电压与负载额定电压相符。电度表标定电流应大于或等于负载最大的电流。电度表的接线规则与功率表相同，即电流线圈与被测电路串联，电压线圈与被测电路并联，且它们的电源端钮必须接电源一方。电度表的接线方式见表 2—27。

电度表应安装在室内，选择干燥通风的地方，安装电度表的底板应放置在坚固耐火、不易振动的干墙上，电度表应垂直不倾斜。接线最好用铜线或铜接头引入。

直接接入式电度表窗口示数可直接读出用电数。电度表若配用互感器时，还需将窗口读到的电度数乘以互感器的倍率后，才是实际的电度数。

表 2—27 电度表的接线方式

名 称	接 线 方 式	
	直接接入式	经电流互感器接入式
单相交流电能的测量 以 DD862 型电度表为例		

续表

名 称	接 线 方 式	
	直接接入式	经电流互感器接入式
三相三线有功功率的测量 以 DS862 型电度表为例		
三相四线有功功率的测量 以 DT862 型电度表为例		
三相四线制电网无功电能的测量 以 DX862-2 型三相四线无功电度表为例		

第三章 变压器

变压器是输送交流电时所使用的一种变电压、变电流设备。最常见的是电力变压器，另外还有一些专用变压器，如调压器、电流互感器、电压互感器等。

一、变压器的基本知识

1. 变压器各数据间的关系

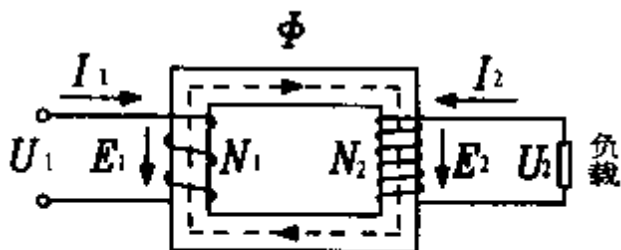


图 3-1 单相变压器示意图

N_1 ：初级绕组匝数； N_2 ：次级绕组匝数； U_1 ：初级绕组电压； U_2 ：次级绕组电压； E_1 ：初级绕组感应电动势； E_2 ：次级绕组感应电动势； K ：变压器的变压比。

$$E_1 = 4.44fN_1\Phi \times 10^{-8}(\text{V})$$

$$E_2 = 4.44fN_2\Phi \times 10^{-8}(\text{V})$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

$$U_1/U_2 = E_1/E_2 = N_1/N_2 = K$$

$K > 1$ 为降压变压器

$K < 1$ 为升压变压器

2. 变压器的分类和各部分的作用

表 3-1 变压器的分类

按相数不同	分为单相、三相、多相变压器
按绕组构成不同	分为双绕组、三绕组、自耦变压器
按铁心结构不同	分为心式、壳式变压器
按调压方式不同	分为无激磁调压、有载调压变压器
按冷却方式不同	可分为干式自冷、油浸自冷、油浸风冷、强迫油循环变压器
按用途不同	分为升压、降压、配电厂用变压器、特种变压器、仪用互感器、试验用高压变压器

除以上分类方法外,还可按电压等级分类,按变压器容量大小分类等。

表 3-2 变压器各部分的作用

名 称	作 用
铁 心	<p>铁心构成变压器的磁路,其作用是使变压器绕组之间磁耦合达最佳状态。铁心一般采用 0.35mm 厚的硅钢片叠装而成</p>
绕 组	<p>绕组构成变压器的电路,其作用是使变压器改变电压传输电能,绕组由绝缘铜线或铝线制成</p>
绝缘套管	<p>绝缘套管的作用是将高压和低压绕组由箱内引至箱外,套管通常用陶瓷制成,中间为导电杆,导电杆下端与引出线连接,上端与外电路相连,绕组电压等级愈高,绝缘套管外形尺寸愈大,结构也愈复杂</p>
分接开关	<p>分接开关是通过改变变压器高压绕组的抽头,来改变变压比进行调压。分接开关分为无激磁调压和有载调压两种,无激磁调压指变压器原、副绕组均断开电源停电后,处于无激磁状态下调节抽头;有载调压指变压器带负载不停电状态下调节抽头。一般配电变压器多为无激磁调压</p>

续表

名 称	作 用
防爆管	<p>防爆管也叫安全气道,它的作用是当变压器油箱内发生故障,油汽化,使油箱内压力剧增达一定数值时,管道上部出口处的一层玻璃薄膜或酚醛纸板破裂,使油汽流迅速喷出</p>
储油柜	<p>储油柜也叫油枕,它的作用是当变压器运行负载变化或周围环境温度变化,变压器油随之热胀冷缩变化时,可减少变压器油与大气的接触面积,以防止变压器油的过快衰老和受潮,油枕上部可以进行补油,下部可以放出污秽油垢</p>
吸湿器	<p>吸湿器的作用是使油枕内的油通过它与大气相连通时,由它吸收空气中的潮气和杂质,以保持绝缘油的良好性能</p>
气体继电器	<p>气体继电器装于变压器油箱与油枕的连接管之间,它的作用是当变压器油箱内发生故障,油汽化,轻度油汽流经过继电器后,上部干簧触点接通,发出信号,重度油汽流经过继电器后,下部干簧触点动作,接通变压器跳闸回路,切断变压器电源,从而起到保护变压器的作用</p>

除以上附属设备外,还有油箱、散热管、温度计和放油阀门等。

表 3-3 变压器铭牌上标出的变压器主要额定数据

名 称	含 义
额定电压 U_N	U_N 表示变压器各绕组在空载时额定分接下的电压值。其标准等级有：220V、380V、660V、10kV、60kV、110kV、220kV、330kV 等。考虑到负载时的电压降落，变压器输出电压通常较额定值高出 5% 左右，如 230V、400V
额定电流 I_N	I_N 表示各绕组在额定负载下的电流值，单位安培。在三相变压器中，如没有特殊说明，则都是指线电流
额定容量 S_N	S_N 表示在额定使用条件下变压器的输出能力，以视在功率千伏安表示。对三相变压器来说，额定容量是指三相容量之和。变压器的输出功率与负载的功率因数有关，选择变压器容量时，应按负载的视在功率来计算

二、电力变压器

1. 电力变压器的技术数据

(1) 10kV 级 S7 系列三相电力变压器：本系列产品为三相油浸自冷式铜线无激磁调压双绕组电力变压器。铁心采用优质晶粒取向冷轧硅钢，45°全斜切接缝无孔结构，绕组采用纸包扁铜线或漆包圆铜线，油箱有长方形和长圆形两种，油箱散热器形式有管式、片式和波纹式可供选择。该系列变压器适用于交流 50Hz 电力系统输配电中作为变换电压分配电能之用，可供户内或户外连续使用。

型号含义：S7—400/10

其中：

S——S 系列三相变压器 400——额定容量 (kVA)

7——设计序号 10——高压绕组额定电压 (kV)

表 3-4 10kV 级 S7 系列电力变压器技术数据

型号	额定容量 (kVA)	额定电压 (kV)		阻抗电压 (%)	联结组标号	空载电流 (%)			损耗 (kW)		质量 (kg)	外形尺寸 长×宽×高 (mm)
		高压	低压			空载	负载	空载	负载			
S7-10/10	10	6, 6.3, 10, 10.5, 11 调压 ±5%	0.4	4	Y, yno	3.5	0.08	0.36	220	850×590×1050		
S7-20/10	20					3.5	0.12	0.58	265	910×550×1080		
S7-30/10	30					2.8	0.15	0.80	330	950×780×1070		
S7-50/10	50					2.6	0.19	1.15	450	1050×810×1130		
S7-63/10	63					2.5	0.22	1.40	470	1010×790×1150		
S7-80/10	80					2.4	0.27	1.65	535	1095×805×1210		
S7-100/10	100					2.3	0.32	2.00	615	1210×825×1220		
S7-125/10	125					2.2	0.37	2.45	725	1265×845×1330		
S7-160/10	160					2.1	0.45	2.85	825	1400×840×1260		
S7-200/10	200					2.1	0.54	3.40	995	1240×1025×1350		
S7-250/10	250			2.0	0.64	4.00	1110	1280×1010×1460				
S7-315/10	315			2.0	0.76	4.80	1320	1310×1030×1480				
S7-400/10	400			1.9	0.92	5.80	1530	1720×1040×1570				
S7-500/10	500			1.9	1.08	6.90	1790	1760×1150×1690				
S7-630/10	630			1.8	1.30	8.10	2535	1860×1160×1800				
S7-800/10	800			1.5	1.54	9.90	2970	2240×1250×2420				
S7-1000/10	1000			1.2	1.80	11.60	3485	2355×1460×2470				
S7-1250/10	1250			1.2	2.20	13.80	4345	2460×1480×2740				
S7-1600/10	1600			1.1	2.65	16.50	4790	2555×1540×2670				
S7-315/10	315			4	D, yn11	2.0	0.76	4.80	1420	1340×1080×1580		
S7-400/10	400	1.9	0.92			5.80	1460	1645×985×1615				
S7-500/10	500	1.9	1.08			6.90	1870	1760×1090×1715				
S7-630/10	630	1.8	1.30			8.10	2620	1860×1160×1850				
S7-800/10	800	1.5	1.54			9.90	6230	2340×1325×2540				
S7-1000/10	1000	1.2	1.80			11.60	3590	2280×1300×2175				
S7-1250/10	1250	1.2	2.20			13.80	4280	2550×1500×2580				
S7-1600/10	1600	1.1	2.65			16.50	4650	2390×1665×2390				
S7-2000/10	2000	1.0	3.10			19.80	5650	2560×1550×2820				
S7-2500/10	2500	1.0	3.65			23.00						

续表

型号	额定容量 (kVA)	额定电压 (kV)		阻抗电压 (%)	联结组标号	空载电流 (%)	损耗 (kW)		质量 (kg)	外形尺寸 长×宽×高 (mm)		
		高压	低压				空载	负载				
S7-630/10	630	3, 15, 6.3	6.3	4.5	Y, dl	1.8	1.30	8.1	2530	1870×1160×1775		
S7-800/10	800						1.54	9.9				
S7-1000/10	1000						1.2	11.6			3330	2450×1470×2310
S7-1250/10	1250						1.2	13.8			3740	2510×1530×2380
S7-1600/10	1600						1.1	16.5				
S7-2000/10	2000						1.0	19.8			5340	2690×1680×2560
S7-2500/10	2500						1.0	23.0			6070	2720×1585×2715
S7-3150/10	3150						0.9	27.0			7990	2500×2690×2810
S7-4000/10	4000						0.8	32.0			9300	2930×2780×2850
S7-5000/10	5000						0.8	36.7			10130	2865×2790×3005
S7-6300/10	6300						0.7	41.0			13470	3080×2900×3220
SF7-8000/10	8000	10.5	6.3	10	YN, dl	0.7	10.0	45.0	15760	3150×3150×3055		
SF7-16000/10	16000			10.5	Y, ynl	0.7	15.0	120.0	24500	34500×3270×3015		

(2) 10kV级 SL7系列三相电力变压器：本系列产品为三相油浸自冷式铝线无激磁调压双绕组电力变压器。铁心采用优质晶粒取向冷轧硅钢片，45°全斜切接缝无孔结构，油箱为片状散热器。具有体积小、重量轻、损耗低、效率高的特点，是全国统一设计的节能产品。该系列变压器适用于交流 50Hz 工矿企业、城市和农村的动力和照明供电用。

型号含义：SL7-400/10

其中：

SL——SL 系列铝线三相变压器 7——设计序号

400——额定容量 (kVA) 10——额定电压 (kV)

表 3-5 10kV 级 SL7 系列三相电力变压器技术数据

型号	额定容量 (kVA)	额定电压 (kV)		阻抗电压 (%)	联结组标号	空载电流 (%)	损耗 (kW)		质量 (t)	外形尺寸 长×宽×高 (mm)				
		高压	低压				空载	负载						
SL7-30/10	30	6、 6.3、 10、 10.5 11 调 压 ±5%	0.4	4	Y, yn0	2.8	0.15	0.80	0.32	1010×620×1165				
SL7-50/10	50					2.6	0.19	1.15	0.48	1110×685×1285				
SL7-63/10	63					2.5	0.22	1.40	0.53	1150×690×1305				
SL7-80/10	80					2.4	0.27	1.65	0.59	1120×820×1330				
SL7-100/10	100					2.3	0.32	2.00	0.67	1150×830×1380				
SL7-125/10	125					2.2	0.37	2.45	0.79	1230×840×1380				
SL7-160/10	160					2.1	0.46	2.85	0.95	1340×860×16.0				
SL7-200/10	200					2.1	0.54	3.40	1.07	1290×870×1500				
SL7-250/10	250					2.0	0.64	4.00	1.24	1420×880×1770				
SL7-315/10	315					2.0	0.76	4.80	1.49	1420×1070×1700				
SL7-400/10	400					1.9	0.92	5.80	1.82	1510×1080×1855				
SL7-500/10	500					1.9	1.08	6.90	2.05	1610×1240×2040				
SL7-630/10	630					1.8	1.30	8.10	2.76	1840×1020×2120				
SL7-800/10	800					1.5	1.54	9.90	3.25	2040×1180×2760				
SL7-1000/10	1000					1.2	1.80	11.60	4.17	2130×1300×3025				
SL7-1250/10	1250					1.2	2.20	13.80	4.65	2355×1335×3060				
SL7-1600/10	1600					1.1	2.65	16.650	5.68	2620×1420×3290				
SL7-630/10	630					3.15 6.3	5.5	Y,dll						
SL7-800/10	800													
SL7-1000/10	1000													
SL7-1250/10	1250													
SL7-1600/10	1600													
SL7-2000/10	2000													
SL7-2500/10	2500													
SL7-3150/10	3150													
SL7-4000/10	4000													
SL7-5000/10	5000													
SL7-6300/10	6300													

续表

型号	额定容量 (kVA)	额定电压 (kV)		阻抗电压 (%)	联结组标号	空载电流 (%)	损耗 (kW)		质量 (t)	外形尺寸 长×宽×高 (mm)
		高压	低压				空载	负载		
SL7-630/10	630	6, 6.3 10,10	0.4	4.5	Y,yn0	3	1.30	8.10	2.75	1640×1310×2290
			6.3	4.5	Y,dll				2.94	2080×1250×2560
SL7-800/10	800		0.4	4.5	Y,yn0	2.5	1.54	9.90	3.31	2130×1330×2665
			6.3	5.5	Y,dll				3.16	2170×2000×2450
SL7-1000/10	1000		0.4	4.5	Y,yn0	2.5	1.80	11.60	4.14	2180×1360×2816
			6.3	5.5	Y,dll				3.59	2230×2010×2510
SL7-1250/10	1250		0.4	4.5	Y,yn0	2.5	2.20	13.80	5.03	2240×1470×2970
			6.3	5.5	Y,dll				4.14	2260×2030×2560
SL7-1600/10	1600		0.4	4.5	Y,yn0	2.5	2.65	16.50	6.00	2300×1660×3150
			6.3	5.5	Y,dll				4.94	2390×2140×2630
SL7-2000/10	2000	10	6.3	5.5	Y,dll	2.5	3.10	19.80	5.58	2390×1830×2700
SL7-2500/10	2500					2.2	3.65	23.00	6.69	2490×2020×2840
SL7-3150/10	3150					2.2	4.40	27.00	7.83	2580×2050×2490
SL7-4000/10	4000					2.2	5.30	32.00	9.04	2640×2070×3000
SL7-5000/10	5000					2.0	6.40	36.70	10.65	3340×2160×3190
SL7-6300/10	6300					2.0	7.50	41.00	12.71	3400×2300×3280

(3)10kV级 S8、SL8系列三相电力变压器:本系列产品 S8 系列、SL8 系列分别为三相油浸自冷式铜线、铝线无激磁调压双绕组电力变压器。该系列变压器适用于交流 50Hz 供配电系统中,变电站中供给动力和照明用。型号含义参见 S7 系列。

表 3-6 10kV 级 S8、SL8 系列三相电力变压器技术数据

型号	额定容量 (kVA)	额定电压 (kV)		阻抗 电压 (%)	联结组 标号	空载 电流 (%)	损耗(kW)		质量 (t)	外形尺寸 长×宽×高 (mm)
		高压	低压				空载	负载		
S8-400/10	400	6,	0.4	4	Y,yn0	1	0.80	4.3	1.73	1530×975×1610
S8-500/10	500	6.3,				1	0.96	5.1	1.92	1741×1078×1705
S8-630/10	630	10,		4.5	或 D, yn11	0.9	1.20	6.2	2.31	1630×1110×1770
S8-800/10	800	10.5,				0.8	1.40	7.5	2.68	2020×1180×2261
S8-1000/10	1000	11 调 压 ±5%				0.7	1.70	10.3	3.03	2020×1175×2248
S8-1250/10	1250	6, 6.3, 10, 10.5, 11 调 压 ±5%	4.5	Y,yn0 或 D, yn11	0.6	1.95	12.0	3.62	2030×1410×2340	
S8-1600/10	1600				0.6	2.40	14.5	4.42	2110×1435×2495	
SL8-400/10	400		4.0	Y, yn0	1.0	0.80	4.3			
SL8-500/10	500				1.0	0.96	5.1			
SL8-630/10	630				0.9	1.20	6.2			
SL8-800/10	800		4.5	或 D, yn11	0.8	1.40	7.5			
SL8-1000/10	1000				0.7	1.70	10.3			
SL8-1250/10	1250				0.6	1.95	12.0			
SL8-1600/10	1600				0.6	2.40	14.5			

(4) 10kV 级 S9 系列三相电力变压器：本系列产品的特点与 S7 系列产品相同。油箱结构有长圆形管式油箱，长方形油箱，片式散热器，也可用扁管式油箱。该系列产品是全国统一设计的新产品，也是目前国内技术经济指标先进的铜线系列低损耗节能配电变压器。该系列变压器适用于交流 50Hz 供配电系统中，作为变换电压分配电能之用，可在户内或户外连续使用。型号含义参见 S7 系列。

表 3-7 10kV 级 S9 系列三相电力变压器技术数据

型号	额定容量 (kVA)	额定电压 (kV)		阻抗电压 (%)	联结组标号	空载电流 (%)		损耗 (kW)		质量 (t)	外形尺寸 长×宽×高 (mm)
		高压	低压			空载	负载				
S9-30/10	30	6, 6.3, 10, 10.5, 11 调压 ±5%	0.4	4	Y, ynd 或 D, ynl1	2.1	0.13	0.60	0.34	990×650×1140	
S9-50/10	50					2.0	0.17	0.87	0.46	1070×690×1190	
S9-63/10	63					1.9	0.20	1.04	0.51	1090×710×1210	
S9-80/10	80					1.8	0.24	1.25	0.60	1210×700×1370	
S9-100/10	100					1.6	0.29	1.50	0.65	1220×800×1400	
S9-125/10	125					1.5	0.34	1.80	0.79	1310×850×1430	
S9-160/10	160					1.4	0.40	2.20	0.93	1340×870×1460	
S9-200/10	200					1.3	0.48	2.60	1.05	1380×980×1490	
S9-250/10	250					1.2	0.56	3.05	1.25	1410×1000×1540	
S9-315/10	315					1.1	0.67	3.65	1.43	1460×1010×1580	
S9-400/10	400					1.0	0.80	4.30	1.65	1500×1230×1630	
S9-500/10	500					1.0	0.96	5.10	1.90	1570×1250×1670	
S9-630/10	630					0.9	1.20	6.20	2.83	1850×1530×1980	
S9-800/10	800					0.8	1.40	7.50	3.22	2200×1550×2320	
S9-1000/10	1000	0.7	1.70	10.30	3.95	2280×1560×2480					
S9-1250/10	1250	0.6	1.95	12.00	4.65	2310×1910×2630					
S9-1600/10	1600	0.6	2.40	14.50	5.21	2350×1950×2700					

(5) 10kV 级 SZ7、SZL7 系列三相电力变压器：本系列产品中，SZ7 系列为铜线绕组，SZL7 系列为铝线绕组三相油浸自冷式有载调压双绕组电力变压器。在输配电系统中，当电网电压波动时可带负荷不停电的情况下进行调节，自动稳定输出电压。该系列变压器适用于交流 50Hz，户外连续使用。

型号含义:参见 SL 系列,这里的 SZ 表示有载调压三相变压器。

表 3-8 10kV 级 SZ7、SZL7 系列三相电力变压器技术数据

型号	额定容量 (kVA)	额定电压 (kV)		联结组标号	阻抗电压 (%)	空载电流 (%)	损耗(kW)		质量 (t)	外形尺寸 长×宽×高 (mm)						
		高压	低压				空载	负载								
SZ7-200/10	200	6, 6.3, 10, 10.5, 11, ± (4× 5%) ±(4 × 2.5 %)	0.4	Y, yn0	4	2.1	0.54	3.40	1.20	1360×910×1560						
SZ7-250/10	250						0.64	4.00	1.35	1520×910×1650						
SZ7-315/10	315						0.92	5.90	1.89	1620×1075×1810						
SZ7-400/10	400						0.92	5.80	1.89	1620×1075×1810						
SZ7-500/10	500						1.08	6.90	2.13	1645×1100×1875						
SZ7-630/10	630						4.5	1.8	1.40	8.50	2.99	1780×1210×1990				
SZ7-800/10	800											1.66	10.40	3.54	2130×1230×2535	
SZ7-1000/10	1000											1.7	1.93	12.18	3.99	2465×1250×2565
SZ7-1250/10	1250											1.6	2.35	14.49	4.45	2520×1380×2780
SZ7-1600/10	1600											1.5	3.00	17.30	5.31	2720×1700×2760
SZ7-2000/10	2000	1.0	3.50	21.00	6.62	2720×2800×2870										
SZL7-200/10	200	6, 6.3, 10, 10.5, 11, ± (4× 2.5 %)	0.4	Y, yn0	4	2.1	0.54	3.40	1.27	1780×910×1690						
SZL7-250/10	250						0.64	4.00	1.45	1820×1010×1805						
SZL7-315/10	315						0.76	4.80	1.70	1790×1040×1770						
SZL7-400/10	400						0.92	5.80	1.98	1970×1240×1985						
SZL7-500/10	500						1.08	6.90	2.22	2005×1250×2050						
SZL7-630/10	630						4.5	1.8	1.40	8.50	3.14	2085×1530×2340				
SZL7-800/10	800											1.66	10.40	3.07	2420×1740×2680	
SZL7-1000/10	1000											1.7	1.93	12.18	4.54	2170×1900×3100
SZL7-1250/10	1250											1.6	2.35	14.49	5.24	2530×1755×2995
SZL7-1600/10	1600											1.5	3.00	17.30	6.38	2560×1975×3120

(6)35kV级 S7 系列三相电力变压器:本系列产品特点同 10kV 级 S7 系列,只是高压绕组采用铜线,低压绕组采用铜箔或铜线绕制,具有体积小、重量轻、损耗低和噪音小的特点。该系列变压器适用于交流 50Hz 输变电系统中,作为变换电压分配电能之用,可供户内或户外连续使用。型号含义(参见 10kV 级 S7 系列)。

表 3-9 35kV 级 S7 系列三相电力变压器技术数据

型号	额定容量 (kVA)	额定电压 (kV)		阻抗电压 (%)	联结组标号	空载电流 (%)	损耗(kW)		质量 (t)	外形尺寸 长×宽×高 (mm)
		高压	低压				空载	负载		
S7-50/35	50	35 ± 5%	0.4	6.5	Y,yn0	2.8	0.265	1.35	0.45	1130×1030×1835
S7-100/35	100					2.6	0.37	2.25	1.02	1155×885×1730
S7-125/35	125					2.5	0.42	2.65	1.41	1310×995×2050
S7-160/35	160					2.4	0.47	3.15	1.46	1300×1465×2050
S7-200/35	200					2.2	0.55	3.70	1.27	1670×1000×1920
S7-250/35	250					2.0	0.64	4.40	1.69	1680×1120×1970
S7-315/35	315					2.0	0.76	5.30	1.97	1890×1030×2060
S7-400/35	400					1.9	0.92	6.40	2.60	1960×1180×2360
S7-500/35	500					1.9	1.08	7.70	2.73	2150×1200×2450
S7-630/35	630					1.8	1.30	9.20	3.22	2020×1220×2265
S7-800/35	800					1.5	1.54	11.00	3.66	2250×1240×2615
S7-1000/35	1000					1.4	1.80	13.50	4.40	2500×1280×2675
S7-1250/35	1250					1.2	2.20	16.30	4.78	2475×1275×2650
S7-1600/35	1600	1.1	2.65	19.50	5.71	2765×1600×2880				

续表

型号	额定容量 (kVA)	额定电压 (kV)		阻抗电压 (%)	联结组标号	空载电流 (%)			损耗 (kW)		质量 (t)	外形尺寸 长×宽×高 (mm)
		高压	低压			空载	负载	空载	负载			
S7-800/35	800	35 ±5%	3.15 6.3 10.5	6.5	Y, d11	1.5	1.54	11.0	3.71	2360×1250×2580		
S7-1000/35	1000					1.4	1.80	13.5	4.18	2580×1345×2580		
S7-1250/35	1250					4.3	2.20	16.3	4.54	2720×1420×2670		
S7-1600/35	1600					1.2	2.65	19.5	5.38	2620×1415×2755		
S7-2000/35	2000					1.1	3.40	19.8	6.13	2940×1450×2825		
S7-2500/35	2500					1.1	4.00	23.0	7.24	2500×2820×2865		
S7-3150/35	3150	35 或 ±5% 38.5	3.15 3.3 6.3 6.6 10.5 11	7	YN, d11	1.0	4.75	27.0	8.56	2690×2790×2960		
S7-4000/35	4000					1.0	5.65	32.0	10.02	2850×2810×3230		
S7-5000/35	5000					0.9	6.75	36.7	11.27	2900×2760×3320		
S7-6300/35	6300			0.9		8.20	41.0	14.00	3350×2840×3390			
S7-8000/35	8000			0.8		11.50	45.0	17.47	3930×3010×3290			
S7-10000/35	10000			0.8		13.60	53.0	19.84	3620×3030×3410			
S7-12500/35	12500	8	3.15 3.3 6.3 6.6 10.5 11	7.5	YN, d11	0.7	16.00	63.0	24.30	4110×3360×4560		
S7-16000/35	16000					0.7	19.00	77.0	26.10	3560×3470×3580		
S7-20000/35	20000					0.7	22.50	93.0	28.94	5410×3820×3870		
S7-25000/35	25000					0.6	26.60	110.0	32.10	423×4030×4350		
S7-31500/35	31500					0.6	31.60	132.0	48.30	4830×5100×3160		
S7-40000/35	40000									38.00	174.0	47.90

(7)35kV 级 SL7 系列三相电力变压器:本系列产品为三相油浸自冷式铝线无激磁调压双绕组电力变压器。铁心采用优质晶粒取向冷轧硅钢片,45 度全斜切接缝无孔结构,绕组采用纸包铝线或缩醛漆包铝线绕制而成。油箱箱体有椭圆形和长方形结构,油箱散热形式可分为管式、片式和波纹式。该系列变压器适用于交流电 50Hz 输配电系统中,作为变换电压分配电能之用,可供户内或户外连续使用。型号含义(参见 10kV 级 SL7 系列)。

表 3-10 35kV 级 SL7 系列三相电力变压器技术数据

型号	额定容量 (kVA)	额定电压 (kV)		阻抗电压 (%)	联结组标号	空载电流 (%)	损耗(kw)		质量 (t)	外形尺寸 长×宽×高 (mm)
		高压	低压				空载	负载		
SL7-50/35	50	35 ± 5%	0.4	6.5	Y, yn0	2.8	0.27	1.35	0.83	1145×935×1790
SL7-100/35	100					2.6	0.37	2.25	1.09	1185×985×1905
SL7-125/35	125					2.5	0.42	2.65	1.30	1200×980×2165
SL7-160/35	160					2.4	0.47	3.15	1.47	1310×980×2205
SL7-200/35	200					2.2	0.55	3.70	1.70	1730×990×2240
SL7-250/35	250					2.0	0.64	4.40	1.89	1815×1020×2310
SL7-315/35	315					2.0	0.76	5.30	2.37	1790×1230×2205
SL7-400/35	400					1.9	0.92	6.40	2.70	1820×1025×2330
SL7-500/35	500					1.9	1.08	7.70	2.81	2100×1340×2680
SL7-630/35	630					1.8	1.30	9.20	3.23	2080×1360×2770
SL7-800/35	800					1.5	1.54	11.00	4.20	2320×1410×2975
SL7-1000/35	1000					1.4	1.80	13.30	4.60	2375×1900×3095
SL7-1250/35	1250					1.2	2.20	16.30	5.47	2620×1310×3100
SL7-1600/35	1600					1.1	2.45	19.50	6.06	2450×1910×3240
SL7-2000/35	2000					1.4	3.40	19.80	6.24	2750×1870×2135
SL7-2500/35	2500	1.3	4.00	23.00	6.98	2520×1890×3170				

续表

型号	额定容量 (kVA)	额定电压 (kV)		阻抗电压 (%)	联结组别号	空载电流 (%)	损耗 (kW)		质量 (t)	外形尺寸 长×宽×高 (mm)
		高压	低压				空载	负载		
SL7-800/35	800	35 ± 5%	3.15, 6.3, 10.5	6.5	Y, d11	1.5	1.54	11.0	4.20	2605×1490×2875
SL7-1000/35	1000					1.4	1.80	13.5	4.60	238×1300×2900
SL7-1250/35	1250					1.3	2.20	16.3	5.47	2420×1705×3025
SL7-1600/35	1600					1.2	2.65	19.5	6.01	2690×1420×3035
SL7-2000/35	2000					1.1	3.40	19.8	6.24	2775×1350×2995
SL7-2500/35	2500					1.1	4.00	23.0	6.98	2590×2800×3032
SL7-3150/35	3150	35 ± 5%	7	7	Y, d11	1.0	4.75	27.0	8.78	2790×2820×3130
SL7-4000/35	4000					1.0	5.65	32.0	9.59	2840×2840×3460
SL7-5000/35	5000					0.9	6.75	36.0	11.00	3140×2880×3550
SL7-6300/35	6300					0.9	8.20	41.0	14.24	3040×3090×3665

2. 电力变压器的选择

(1) 容量的选择: 为了合理地确定变压器容量, 根据负载要求可按下列式计算: $S = P_{N1}/\eta_1\cos\varphi_1 + P_{N2}/\eta_2\cos\varphi_2 + \dots + S_1$

式中: S 表示变压器的容量(kVA); P_{N1} 、 P_{N2} ……分别表示第1台、第2台第……台电动机的额定功率(kW); η_1 、 η_2 ……分别表示第1台、第2台第……台电动机的效率; $\cos\varphi_1$ 、 $\cos\varphi_2$ ……分别表示第1台、第2台第……台电动机的功率因数; S_1 表示照明等其他低压用电设备总容量(kVA)。变压器容量选择时要考虑它在正常负载下的效率, 一般配电变压器在50%~70%额定负载时有最高效率, 升、降压主变压器根据工作要求可在接近于额定负载下有最高效率。另外, 还要考虑近期负载增长趋势、过载与寿命、一次投资、安装折旧费用的损耗大小等, 进行技术经济比较。

(2)结构型式的选择:配电变压器一般多选用三相心式两绕组油浸自冷式无激磁调压变压器。当电网电压波动较大,并希望输出电压较平稳时可选用有载调压变压器,对于防火要求较高的高层建筑、宾馆、医院、地下建筑、机场、矿山、地铁及防火车间等部门可采用难燃、防尘及耐潮的干式或环氧树脂浇注、SF₆ 气体绝缘变压器。通常多选用全国统一设计序号为 7 及以上的油浸自冷式、低损耗节能变压器。例如 S7、SL7 系列及以上新系列产品。

3. 电力变压器的维护与检修

电力变压器的维护:电力变压器应由专人维护,并定期进行维护、检修工作,其日常维护工作包括:

- 监视变压器是否额定运行,超差值是否在允许范围之内;
- 注意变压器运行声音是否正常,有无新的声响;
- 观察油位。储油柜油面高度不能低于油面线;
- 检查油温。油温不准超标;
- 检查是否有渗油、漏油现象;
- 查看油色有无异常变化;
- 检查套管有无裂痕和放电痕迹及其他异常现象;
- 接地线及其他附属设备的状况是否正常;

定期维护工作包括:

- 每月一次的外部检查;
- 每年一次的绝缘电阻、接地电阻和油的测定工作;
- 十年一次大修。

此外,在雷雨季节到来之前应进行预防性试验。

表 3-11 电力变压器常见故障、产生的原因及处理方法

常见故障	产生的原因	处理方法
铁心片间绝缘损坏	铁心片间绝缘老化;有局部损坏	吊出器身检查片间绝缘电阻,进行涂漆或补漆处理

续表

常见故障	产生的原因	处理方法
铁心片局部短路 与铁心局部熔毁	①铁心或铁轭螺杆的绝缘损坏 ②片间绝缘严重损坏 ③接地方法不正确,造成短路	①更换损坏的绝缘胶纸管 ②用直流电压电流法测片间绝缘电阻,找出故障点进行修理 ③纠正接地错误
不正常的响声或噪声	①铁心叠片中缺片或多片 ②铁心油道内或夹件下面有未夹紧的自由端 ③铁心的紧固零件松动	①补片或抽片确保铁心夹紧 ②将自由端用纸板塞紧压住 ③紧固松动的零件
线圈匝间短路	①变压器长期过载运行或发生短路故障,损伤了匝间绝缘 ②导线有毛刺、导线绝缘不完善、焊接不良或线圈压装使绝缘受损	①局部修理或补制线圈 ②吊出器身,加不超过15kV的电压做空载试验,找到损坏点后,进行针对性修理
线圈断线	①焊接不良 ②电动力破坏或烧断	①用摇表检查或通电检查法找到断点,选用适当的焊接方法重焊 ②处理方法同上

续表

常见故障	产生的原因	处理方法
线圈相间短路	①相间绝缘损坏或线圈变形相碰 ②绝缘油受潮 ③引线间或套管间短路	①用 2500V 摇表查找故障点, 并进行修补 ②采油样试验, 将油净化处理或换油 ③用摇表测量排除短路故障
线圈对地击穿	①主绝缘破损 ②绝缘油受潮	①用摇表检查对油箱绝缘电阻 ②试验油的击穿电压
分接开关触头烧伤	①触头压力不够接触不良 ②过电流	①检查并调整触头压力, 修整灼迹或更换触头 ②修整或更换触头
分接开关相间放电	过电压或开关绝缘受损	消除故障原因, 清除污垢
套管对地击穿	表面有污垢或套管破裂	清除污垢, 修理或更换套管
套管间放电	套管间不洁, 有杂物	清除杂物
绝缘油质变坏	绝缘油含杂质过量或变质	采样试验, 将油进行净化处理或换油

三、特殊用途变压器

1. 调压器

调压器是一类可以在一定范围内平滑无级地调节负载电压的交流电器，在结构和工作原理上都与变压器相似。类型主要包括接触调压器、移圈调压器、磁性调压器和感应调压器等。

表 3-12 各种调压器的用途和特点

型式	容量及电压范围	主要用途	特点
接触调压器	0.1~100kVA 500V 及以下	试验研究场所、 电信设备、家用 电器等	效率高、体积小、 重量轻、波形及调压 性能好
移圈调压器	25~2250kVA 10kV 及以下	试验变压器、 中小型整流设备 中等	调压范围大、空载 电流较大、效率较低
磁性调压器	50~1000kVA 10kV 及以下	电子轰击炉、 低压大电流输出 低等	调压范围随负载变 化、结构较复杂、非 额定运行时波形差、 便于实现自动控制
感应调压器	10~1000kVA 10kV 及以下	试验变压器、 中小型整流设备、 工业电炉等	调压范围大、波形 及调压性能好、结构 复杂、制造工艺与电 机相似

(1) 接触调压器：接触调压器其铁心结构分为环式、柱式两种。工作原理与一般自耦变压器一样。有单相的也有三相的。接触调压器的原理图见图 3-2，其技术数据见表 3-13。

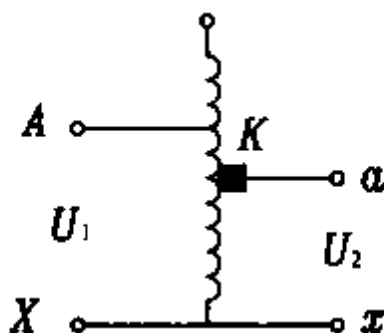


图 3-2 接触调压器原理图

表 3-13 接触调压器技术数据

型 号	额定输出容量 (kV)	相数	输入电压 (V)	输出电压 (V)	最大输出电流 (A)
TDGC-0.2/0.5	0.2	1	220	0~240①	0.84
TDGC-0.5/0.5	0.5	1	220	0~250	2
TDGC-1/0.5	1	1	220	0~250	4
TDGC-2/0.5	2	1	220	0~250	8

续表

型 号	额定输出容量 (kV)	相数	输入电压 (V)	输出电压 (V)	最大输出电流 (A)
TDGC-3/0.5	3	1	220	0~250	12
TDGC-4/0.5	4	1	220	0~250	16
TDGC-5/0.5	5	1	220	0~250	20
TDGC-10/0.5	10	1	220	0~250	40
TDGC-15/0.5	15	1	220	0~250	60
TDGC-20/0.5	20	1	220	0~250	80
TSGC-3/0.5	3	3	380	0~430	4
TSGCP-4/0.5②	4	3	220	0~230①	10.5
TSGC-4.5/0.5	4.5	3	380	0~380①	7
TSGC-6/0.5	6	3	380	0~430	8
TSGC-10/0.5	10	3	380	0~430	13.4
TSGC-15/0.5	15	3	380	0~430	20
TSGC-20/0.5	20	3	380	0~430	26.8

注：①为非标准产品；②频率为 400Hz，其余为 50Hz。

(2) 感应调压器：感应调压器适用于工业、农业、国防及科研等部门。作为调节电压的通用设备，它也有单相和三相两种类型。单相感应调压器原理图见图 3-3。常用的一些感应调压器的技术数据见表 3-14、表 3-15。

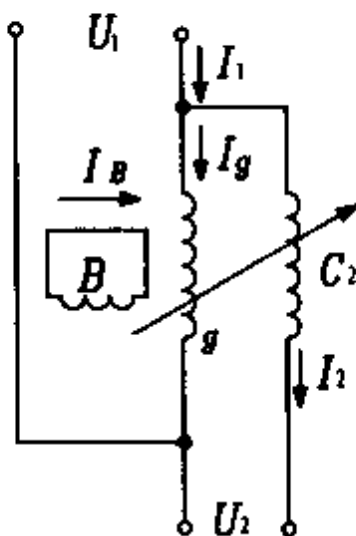


图 3-3 单相感应调压器的原理图

表 3-14 TDGA、TSGA 型干式自冷感应调压器的技术数据

型 号	额定输出容量 (kVA)	相数	输入电压 (V)	输入电流 (A)	负载电压 (V) ($\cos\phi=0.8$)	负载电流 (A)	空载电流 (%)	总损耗 (75℃) (W)
TDGA-10/0.5	10	1	220	54.2	0~400	25	15	500
			380	32.7	0~650	15.4	15	500
TDGA-16/0.5	16	1	380	49.9	200~500	32	10	500
TSGA-10/0.5	10	3	380	18.9	0~650	8.9	12.5	500
TSGA-16/0.5	16	3	380	29.7	0~650	14.2	12.5	700
			380	28.8	200~500	18.5	8.5	500
TSGA-25/0.5	25	3	380	44.6	200~500	28.9	8.5	700

注：频率 50Hz。

表 3-15 TDJA、TSJA 型油浸自冷感应调压器的技术数据

型 号	额定输出容量 (kVA)	相数	输入电压 (V)	输入电流 (A)	负载电压 (V) ($\cos\varphi=0.8$)	负载电流 (A)	空载电流 (%)	总损耗 (75℃) (W)
TDJA-16/0.5	16	1	220	80	0~400	40	13.5	1150
			380	51	0~650	24.6	13.5	1150
TDJA-25/0.5	25	1	220	136	0~400	62.5	13	1650
			380	79	0~650	38.5	13	1650
TDJA-25/0.5	25	1	380	76	200~500	50	9	1150
TDJA-40/0.5	40	1	380	122	200~500	80	8.5	1650
TDJA-50/0.5	50	1	220	264	0~400	125	12.5	2600
			380	154	0~650	77	12.5	2600
TDJA-75/0.5	75	1	220	398	0~400	187.5	12	3500
			380	231	0~650	115	12	3500

续表

型 号	额定输出容量 (kVA)	相数	输入电压 (V)	输入电流 (A)	负载电压 (V) ($\cos\varphi = 0.8$)	负载电流 (A)	空载电流 (%)	总损耗 (75°C) (W)
TDJA-100/0.5	100	1	220	537	0~400	250	11.5	4200
			380	312	0~650	154	11.5	4200
TSJA-25/0.5	25	3	380	45	0~650	22.2	13	1650
TSJA-32/0.5	32	3	380	58	0~420	44	13	2350
TSJA-40/0.5	40	3	380	72	0~350	35.5	12.5	2350
				70	200~500	46.5	8.5	1650
TSJA-50/0.5	50	3	380	88	0~500	58	12.5	2900
					0~650	44.5	12.5	2900
TSJA-63/0.5	63	3	380	111	200~500	72.8	8	2350
TSJA-75/0.5	75	3	380	132	0~500	87	12	3900
				139.5	0~650	66.5	12	3900
TSJA-100/0.5	100	3	380	181	0~500	116	11.5	4750
				178	0~650	89	11.5	4750

注：频率 50Hz。

2. 电压互感器

用来测量高电压的仪用变压器叫电压互感器。使用时把电压互感器的原边接在被测的高电压上，利用原副边匝数不同，把原边的高电压变换为副边的低电压，送到电压表或功率表的电压线圈进行测量。也可以用作控制信号，副边的额定电压都规定为 100V。原理图如图 3-4。

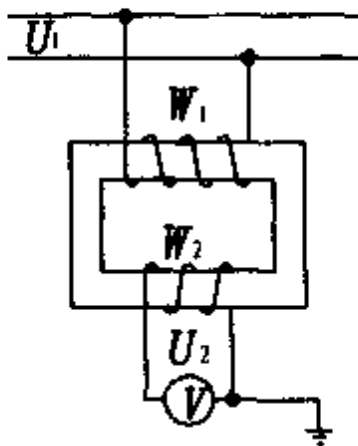


图 3-4 电压互感器的原理图

使用电压互感器的注意事项有：

- ①副边不许短路，电流互感器正常运行时接近空载，如副边短路，则副边电流变得很大，绕组将因过热而烧毁。
- ②副边要接地。

电压互感器的型号说明见表 3-16，常用的电压互感器的技术数据见表 3-17。

表 3-16 电压互感器的型号说明

字母排列次序	代号含义
1	J——电压互感器
2	D——单相 S——三相 C——串级式
3	J——油浸式 C——瓷箱式 Z——浇注式 G——干式 R——电容分压式
4	B——有 Z 形接线补偿线 J——接地保护 W——三线圈三相三柱旁轭式铁心结构
5	-次测试额定电压(kV)

表 3-17 常用的电压互感器的技术数据

型 号	额定电压 (V)			额定容量 (VA)		
	一次	基本二次	辅助二次	0.5 级	1 级	3 级
JDG-0.5	220	100		25	40	100
	380	100				
	500	100				
JDG ₁ -0.5	220	100		15	25	50
	380	100				
	500	100				
JDG ₄ -0.5	220	100		15	25	50
	380	100				
	500	100				
JDZ-6	1000	100		30 50	50 80	100 200
	3000	100				
	6000	100				
JDZ ₁ -6	3000	100		25 50	40 80	100 200
	6000	100				
JDZJ ₁ -6	3000/ $\sqrt{3}$	100/ $\sqrt{3}$	100/3	25 50	40 80	100 200
	6000/ $\sqrt{3}$	100/ $\sqrt{3}$	100/3			
JDJ-6	3000	100		30 50	50 80	120 200
	6000	100				
JDZ-10	1000	100		80	150	300
	1100	100				

续表

型 号	额定电压 (V)			额定容量 (VA)		
	一次	基本二次	辅助二次	0.5 级	1 级	3 级
JDZ ₁ -10	10000	100		50	80	200
JDZ ₂ -10	10000	100		90	150	300
JDJ-10	10000	100		80	150	320
JDZJ ₁ -10	$10000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	$100/3$	50	80	200
JDJJ 35	$35000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	$100/3$	150	250	600
	$35000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	$100/3$			
JDJJ ₁ -35	$35000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	$100/3$	150	250	500
JDJJ ₂ -35	$35000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	$100/3$	150	250	500
JDJJ ₂ -35	35000	100		150	250	500
JSGW-0.5	380	100	$100/3$	50	80	250
JSJB-6	3000	100		50	80	200
	6000	100		80	150	320
JSJB-10	1000	100		120	200	480

3. 电流互感器

电力系统中，测量高电压，大电流时使用的一种变压器叫做仪用互感器。测量大电流使用的仪用互感器叫电流互感器。测量时把被测的大电流送入电流互感器的原边，通过电流互感器变成副边的小电流再送到电流表或功率表的电流线圈中进行测量，有时也可以作为控制信号使用，副边的额定电流规定为5A或1A。使用电流互感器时注意事项有：

①副边不许开路。若要拆装仪表，应先通过短路开关将互感器付边短路。

②副边接地。

电流互感器的原理图如图3-5。

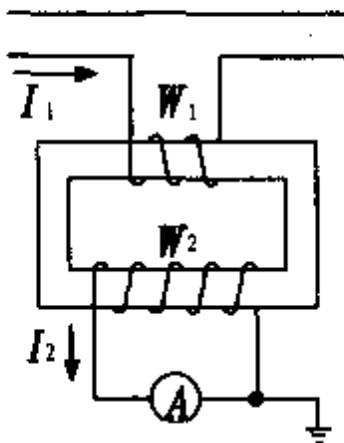


图3-5 电流互感器的原理图

型号说明:

1 2 3 4 5——6 / 7 8

其中:

5——设计序号

6——额定电压

7——准确度等级

8——额定电流

型号其他说明见表 3-18。

表 3-18 电流互感器的型号说明

字母排列次序	代号说明												
1	L——电流互感器												
2	<table border="0"> <tr> <td>A——穿墙式</td> <td>B——支持式</td> </tr> <tr> <td>C——瓷箱式</td> <td>D——单匝式</td> </tr> <tr> <td>F——多匝式</td> <td>J——接地保护</td> </tr> <tr> <td>M——母线式</td> <td>Z——支柱式</td> </tr> <tr> <td>Q——线圈式</td> <td>R——装入式</td> </tr> <tr> <td>Y——低压式</td> <td></td> </tr> </table>	A——穿墙式	B——支持式	C——瓷箱式	D——单匝式	F——多匝式	J——接地保护	M——母线式	Z——支柱式	Q——线圈式	R——装入式	Y——低压式	
A——穿墙式	B——支持式												
C——瓷箱式	D——单匝式												
F——多匝式	J——接地保护												
M——母线式	Z——支柱式												
Q——线圈式	R——装入式												
Y——低压式													
3	<table border="0"> <tr> <td>C——瓷绝缘的</td> <td>G——改进过的</td> </tr> <tr> <td>K——塑料外壳式</td> <td>L——电缆电容型</td> </tr> <tr> <td>M——母线式</td> <td>P——中频的</td> </tr> <tr> <td>S——速饱和的</td> <td>Z——浇注式</td> </tr> <tr> <td>W——户外式</td> <td></td> </tr> </table>	C——瓷绝缘的	G——改进过的	K——塑料外壳式	L——电缆电容型	M——母线式	P——中频的	S——速饱和的	Z——浇注式	W——户外式			
C——瓷绝缘的	G——改进过的												
K——塑料外壳式	L——电缆电容型												
M——母线式	P——中频的												
S——速饱和的	Z——浇注式												
W——户外式													
4	B 保护级												

表 3-19 常用电流互感器的技术数据

型 号	额定电压 (kV)	额定电流(A)		准确级次	额定负荷 (Ω)
		原线圈	副线圈		
LQ-0.5	0.5	5~1000	5	0.5	0.2
LQG-0.5	0.5	5~1000	5	0.5	0.4
				1	0.6
LQG ₂ -0.5	0.5	10~400	5	1	0.6
LMZ ₁ -0.5	0.5	5~400	5	0.5	0.2
				1	0.3
LMZJ ₁ -0.5	0.5	5~800	5	0.5	0.4
				1	0.6
LMZB ₁ -0.5	0.5	5~800	5	0.5	0.4
				1	0.6
				3	1.0
LM-0.5	0.5	800~1000	5	0.5~1	0.8
		1000~5000		3	
LDC-10	10	400~1500	5	0.5、1、3、D	0.8~2
LFC-10	10	5~400	5	0.5、1、3	0.6~1.2
LQJ-10	10	5~400	5	0.5	0.4
				1	0.6
				3	1.2
LA-10	10	5~1000	5	0.5	0.4
				1	0.4
				3	0.6

续表

型 号	额定电压 (kV)	额定电流(A)		准确级次	额定负荷 (Ω)
		原线圈	副线圈		
LAJ-10 LBJ-10	10	20~800	5	0.5、1、D	1、1、2.4
		1000~1500			1.6、1.6、3.2
		2000~6000			2.4、2.4、4.0
LR-35 LRD-35	35	50~600	5	1、3、10	0.4~4.0
LDZ-35	35	400~1000	5	0.5、1、D	0.3~2.4

4. 控制变压器

控制变压器是一种小型的干式变压器，主要用于机床、电器设备上，可作为安全照明、电器设备中控制电路的电源和指示灯、信号灯的电源。

表 3-20 BK 系列单相控制变压器的技术数据

名 称 总容量 (VA)	规格	电压 (V)	总匝数	导线直径 (mm)	导线质量 (导线重量) (kg)
25		380	2265	0.18	
		220	1368	0.21	
		380/220 ~ 127	789	0.27	
		127 ~ 110 -	688	0.29	
		36-24-12-	224	0.51	
		6.3	150	0.62	
		12	75	0.90	
6.3	39	1.20			

续表

名称 总容量 (VA)	规格	电压 (V)	总匝数	导线直径 (mm)	导线质量 (导线重量) (kg)
25		220	1315	0.21	
		220	1368	0.21	
		127	789	0.27	
		110	688	0.29	
		36	244	0.51	
		24	150	0.62	
		12	75	0.90	
		6.3	39	1.20	
50	380/36-6.3	380	1410	0.29	0.18
		36~6.3	147	0.90	0.15
	380/24	380	1410	0.29	0.18
		24	98	1.20	0.17
	380/12	380	1410	0.29	0.18
		12	49	1.00×2	0.17
	220/36	220	818	0.35	0.16
		36	147	0.90	0.15
	220/6.3	220	818	0.35	0.16
		6.3	25	1.10×2	0.12
220/12-6.3	220	818	0.35	0.16	
	12~6.2	49	1.00×2	0.17	
380/127-6.3	380	1410	0.29	0.18	
	127~6.3	480	0.47	0.15	

续表

名称 总容量 (VA)	规格	电压 (V)	总匝数	导线直径 (mm)	导线质量 (导线重量) (kg)
100	380/36-6.3	380	1010	0.40	0.29
		36~6.3	103	1.20	0.25
	380/220-36	380	1010	0.41	0.29
		220	615	0.35	0.18
		36	103	0.90	0.15
	380/127-12	380	1010	0.41	0.29
		127	344	0.47	0.12
		12	35	1.40	0.12
	380/24	380	1010	0.41	0.29
		24	69	1.62	0.28
220/127	220	584	0.51	0.25	
	127	344	0.62	0.22	
380/36-12	380	1010	0.41	0.23	
	36~12	103	1.20	0.25	
220/36	220	584	0.51	0.25	
	36	103	1.20	0.25	
380/12	380	1010	0.41	0.29	
	12	35	1.62×2	0.28	
220/12	220	584	0.51	0.25	
	12	35	1.62×2	0.25	

续表

名称 总容量 (VA)	规格	电压 (V)	总匝数	导线直径 (mm)	导线质量 (导线重量) (kg)
100	380/127-36	380	1010	0.41	0.29
		127	344	0.47	0.12
		36	103	0.90	0.15
	380/127-6.3	380	1010	0.41	0.29
		127~6.3	344	0.62	0.22
	220/24	220	584	0.51	0.25
		24	69	1.62	0.28
	220/6.3	220	584	0.51	0.25
		6.3	18	2.02×2	0.25
	380/36-24	380	1010	0.41	0.29
		36~24	103	1.62	0.25
	380/36-12	380	1010	0.41	0.29
36		103	0.90	0.16	
12		35	1.40	0.12	
380/12-6.3	380	1010	0.41	0.29	
	12~6.3	35	1.62×2	0.28	
220/36-6.3	220	584	0.51	0.25	
	36~6.3	103	1.20	0.25	
220/36-12	220	584	0.51	0.25	
	36	103	0.90	0.16	
	12	35	1.40	0.12	

续表

名称 总容量 (VA)	规格	电压 (V)	总匝数	导线直径 (mm)	导线质量 (导线重量) (kg)
100	380/127-6.3 -36	380 127-6.3	1010	0.41	0.29
			344	0.47	0.12
			103	0.90	0.15
150	380/36	380 36	802	0.51	0.38
			80	1.2×2	0.45
	220/36	220 36	465	0.72	0.40
			280	1.20×2	0.45
	380/127-6.3 -36	380 127-6.3 36	802	0.51	0.33
			274	0.62	0.30
			80	0.90	0.15
	380/220-36	380 220 36	802	0.51	0.38
			480 80	0.51 0.90	0.30 0.15
	380/36-12	380 36-12	802	0.51	0.38
			79	1.20×2	0.46
	380/127-6.3 -12	380 127-6.3 12	802	0.51	0.38
			274	0.62	0.30
27			1.40	0.15	
380/12	380 12	802	0.51	0.38	
		27	1.81/2	0.35	
220/6.3	220 6.3	465	0.72	0.40	
		16	2×0.5	0.35-	

续表

名称 总容量 (VA)	规格	电压 (V)	总匝数	导线直径 (mm)	导线质量 (导线重量) (kg)
150	380-220/36 -6.3	380~220	802	0.72	0.69
		36~6.3	80	1.20×2	0.45
	380/54-48 -36	380	808	0.51	0.38
		54~48~36	118	1.20×2	0.68
	380-220/127 -36	380~220	808	0.51	0.69
		127	274	0.62	0.30
220/36-24	36	80	0.90	0.15	
	220	465	0.72	0.40	
220/127-24	36~24	80	1.40×2	0.62	
	220	465	0.72	0.40	
380/127-36	127	258	1.00	0.70	
	36	78	0.90	0.16	
300	380/127-6.3	380	760	0.72	0.78
		127~6.3	258	1.20	0.75
	380/36-6.2	380	760	0.72	0.78
		36~6.3	78	1.62×2	0.76
380-220/36	380~220	760	0.90	1.20	
	36	78	1.62×2	0.76	

续表

名称 总容量 (VA)	规格	电压 (V)	总匝数	导线直径 (mm)	导线质量 (导线重量) (kg)
300	380/127-6.3 -36	380	760	0.72	0.78
		127-6.3	258	1.00	0.70
		36	78	0.99	0.16
	380-220/12	380-220	760	0.90	1.20
		12	26	1.81×4	0.78
		220/127-36	220	440	0.90
127	260		1.00	0.73	
	36	78	0.90	0.73	
400	380/127-6.3 -36	380	524	0.80	1.06
		127-6.3	177	1.20	0.90
		36	54	0.90	0.16
	220/36	220	304	1.20	1.06
		36	54	1.81×2	1.00
	380/36-6.3	380	524	0.80	1.06
		36-6.3	54	1.81×2	1.00
	380/127-12	380	524	0.80	1.06
		127	177	1.20	0.90
		12	18	1.40	0.12
380/220-6.3 -36	380	521	0.80	1.06	
	220-6.3	313	1.00	1.10	
	36	54	0.90	0.16	

续表

名称 总容量 (VA)	规格	电压 (V)	总匝数	导线直径 (mm)	导线质量 (导线重量) (kg)
400	380/127-6.3	380	524	0.80	1.06
		127~6.3	177	1.40	1.10
	220/127-36	220	304	1.20	1.06
127		177	1.20	0.90	
36		54	0.90	0.16	
500	380/127-36	380	432	0.90	1.20
		127	146	1.40	1.00
		36	43	0.90	0.16
	220/127-6.3	220	252	1.20	1.20
		127~6.3	146	1.62	1.30
	380/127-6.3 -36	380	432	0.90	1.20
		127~6.3	146	1.40	1.00
		36	43	0.90	0.16
	220/127-36	220	252	1.20	1.20
		127	146	1.40	1.00
		36	43	0.90	0.16
380-220/36	380~220	432	1.20	2.00	
	36	43	2.02×2	1.00	
380-220/127 -36	380~220	432	1.20	2.00	
	127	146	1.40	1.00	
	36	43	0.90	0.16	
220/36	220	252	1.20	1.20	
	36	43	2.02×2	1.00	

第四章 电机

一、三相异步电动机

异步电动机结构简单，运行可靠，效率较高，制造、使用和维修都较方便，大多数生产机械的动力机械均为异步电动机。它还能派生出各种防护型式，以适应不同的环境需要，并有较好的工作特性。它是各种电动机中应用最广，需要量最大的一种电机。

1. 三相异步电动机的型号、结构特征及应用

(1) 三相异步电动机的产品型号：三相异步电动机的产品型号由汉语拼音大写字母、国际通用符号和阿拉伯数字组成。产品型号组成形式为：

a — b — c

其中：
a — 产品代号
b — 规格代号
c — 特殊环境代号

① 产品代号：由异步电动机类型代号（Y），电机特点代号（用字母来表示）和设计序号（用数字来表示）等三个小节顺序组成，见表4-1。

② 规格代号：用中心高、铁心外径或机座号或凸缘号、机座长度、铁心长度、功率、转速或极对数等来表示。对中小型电动机机座长度可用国际通用符号来表示：S表示短机座；M表示中机座；L表示长机座。

表 4-1 产品代号表

序号	产品名称	产品代号	产品代号 汉字意义
1	异步电动机	Y	异
2	绕线转子异步电动机	YR	异绕
3	大型高速(快速)异步电动机	YK	异(快)
4	大型绕线转子高速(快速)异步电动机	YRK	异绕(快)
5	高启动转矩异步电动机	YQ	异起(快)
6	高转差率(滑率)异步电动机	YH	异滑
7	多速异步电动机	YD	异多
8	笼型转子立式异步电动机(大中型)	YL	异立
9	绕线转子立式异步电动机(大中型)	YRL	异绕立
10	精密机床用异步电动机(大中型)	YJ	异精
11	制动异步电动机(傍磁式)	YEP	异(制)傍
12	制动异步电动机(杠杆式)	YEG	异(制)杠
13	制动异步电动机(附加制动器式)	YFJ	异(制)加
14	锥形转子制动异步电动机	YEZ	异(制)锥
15	电磁调速异步电动机	YCT	异磁调
16	机械调速异步电动机	YJT	异机调
17	换向器(整流子)调速异步电动机	YHT	异换调
18	齿轮减速异步电动机	YCJ	异齿减
19	摆线针轮减速异步电动机	YXJ	异线减
20	行星齿轮减速异步电动机	YHJ	异行减
21	力矩异步电动机	YLJ	异力矩
22	装入式异步电动机	YUR	异(装)入
23	滚筒用异步电动机	YGT	异滚筒
24	频繁启动用异步电动机	YPQ	异频起

续表

序号	产品名称	产品代号	产品代号 汉字意义
25	辘道用异步电动机	YG	异辘
26	起重冶金用异步电动机	YZ	异重
27	起重冶金用绕线转子异步电动机	YZR	异重绕
28	起重冶金用绕线转子(管道通风式)异步电动机	YZRG	异重绕管
29	起重冶金用绕线转子(自带风机式)异步电动机	YZRF	异重绕风
30	起重冶金用制动异步电动机	YZE	异重(制)
31	起重冶金用减速异步电动机	YZJ	异重减
32	起重冶金用减速绕线转子异步电动机	YZRJ	异重绕减
33	电梯用异步电动机	YTD	异梯电
34	木工用异步电动机	YM	异木
35	中频异步电动机	YZP	异中频
36	电动阀门用异步电动机	YDF	异电阀
37	耐振用异步电动机	YN	异耐
38	震捣器用异步电动机	YUD	异(震)捣
39	管道泵用异步电动机	YGB	异管泵
40	立式深井泵用电动机	YLB	异立泵
41	井用(充水式)潜水异步电动机	YQS	异潜水
42	井用充油式潜水异步电动机	YQSY	异潜水油
43	井用潜油式异步电动机	YQY	异潜油
44	井用潜卤异步电动机	YQL	异潜卤
45	钻探用异步电动机	YTZ	异探
46	单相电容启动异步电动机	YDY	异单(容)
47	屏蔽式异步电动机	YP	异屏

续表

序号	产品名称	产品代号	产品代号 汉字意义
48	凿岩机用异步电动机	YI	异(岩)
49	轴流式局部扇风机(通风机)	YT	异(通)
50	防爆安全型异步电动机	YA	异安
51	防爆型异步电动机	YB	异爆
52	防爆通风型异步电动机	YF	异风
53	防爆安全型绕线转子异步电动机	YAR	异安绕
54	防爆型绕线转子异步电动机	YBR	异爆绕
55	防爆安全型高启动转矩异步电动机	YAQ	异安启
56	防爆型高启动转矩异步电动机	YEQ	异爆启
57	防爆安全型高转差(滑率)异步电动机	YAH	异安滑
58	防爆型高转差率(滑率)异步电动机	YBH	异爆滑
59	防爆安全型多速异步电动机	YAD	异安多
60	隔爆型多速异步电动机	YBD	异爆多
61	隔爆型制动异步电动机(傍磁式)	YEPP	异爆(制)傍
62	隔爆型制动异步电动机(杠杆式)	YEPP	异爆(制)杠
63	隔爆型制动异步电动机(附加制动器)	YEEJ	异爆(制)加
64	防爆安全型电磁调速异步电动机	YACT	异安磁调
65	防爆型电磁调速异步电动机	YBCT	异爆磁调
66	防爆安全型机械调速异步电动机	YAJT	异安机调
67	隔爆型机械调速异步电动机	YEJT	异爆机调
68	防爆安全型齿轮减速异步电动机	YACJ	异安齿减
69	隔爆型齿轮减速异步电动机	YECJ	异爆齿减
70	电梯用防爆安全型异步电动机	YATD	异安梯电
71	电梯用隔爆型异步电动机	YBTD	异爆梯电

续表

序号	产品名称	产品代号	产品代号 汉字意义
72	电动阀门用防爆安全型异步电动机	YADF	异安电阀
73	电动阀门用隔爆型异步电动机	YBDF	异爆电阀
74	震捣器用防爆安全型异步电动机	YAUD	异安(震)捣
75	管道泵用隔爆型异步电动机	YEGB	异爆(管)泵
76	隔爆型屏蔽式异步电动机	YBP	异爆屏
77	凿岩机用隔爆型异步电动机	YBI	异爆(岩)
78	隔爆型轴流式局部扇风机(通风机)	YBT	异爆(通)
79	链板运输机用隔爆型异步电动机	YBY	异爆运
80	较车用隔爆型异步电动机	YBJ	异爆绞
81	圆柱绞车用隔爆型异步电动机	YBH	异爆圆
82	立式深井泵用隔爆型异步电动机	YBLB	异爆立泵
83	起重冶金用隔爆型异步电动机	YHZ	异爆重

③特殊环境代号：用字母表示各种特殊环境条件，见表4-2，如果同时具备一个以上条件的则按表中顺序排列。

表4-2 特殊环境代号表

环境	“高”特 用	“船” (海)特 用	户“外” 特用	化工防 “腐”特 用	“热”特 用	“湿热” 特用	“干热” 特用
代号	G	H	W	F	T	TH	TA

(2) 三相异步电动机结构特征及用途：常用中小型三相交流异步电动机的型号，结构和应用场合，见表4-3。

表 4-3 三相交流异步电动机的型号特征及应用场合

名称	型号	结构型式	应用场合
防护式异步电动机	Y	防护式, 铸铁外壳, 铸铝转子	用于一般机器和设备上, 如拖动水泵, 鼓风机, 车床, 钻床等设备
封闭式异步电动机	Y	封闭式, 铸铁外壳上有散热筋, 外风扇吹冷, 铸铝转子	用途同上。一般用于灰尘较多, 水土飞溅的场所, 如球磨机, 碾米机, 磨粉机, 脱谷机等
防护式铝线异步电动机	Y—L	同 Y 系列防护式异步电动机, 电磁线用铝线	用途同 Y 系列防护式异步电动机
封闭式铝线异步电动机	Y—L	结构同 Y 系列封闭式异步电动机, 电磁线采用铝线	用途同 Y 系列封闭式异步电动机
防护式高启动转矩异步电动机	YQ	同 Y 系列防护式异步电动机	用于启动静止负荷或惯性负荷较大的机械, 如压缩机, 粉碎机等
封闭式高启动转矩异步电动机	YQ	结构同 Y 系列封闭式异步电动机	用途同上。一般用于灰尘较多, 水土飞溅的场所
防护式高滑率异步电动机	YH	结构同 Y 系列防护式异步电动机	适用于传动较大飞轮惯量和不均匀冲击负载的金属加工机械, 如锤击机, 剪切机, 冲压机, 延压机等, 也适用于小功率活塞压缩机, 小型绞车等

续表

名称	型号	结构型式	应用场合
封闭式高滑率异步电动机	YH	结构同 Y 系列封闭式异步电动机	用途同防护式高滑率异步电动机,一般用于灰尘较多,水土飞溅的场所
力矩异步电动机	YLJ	强迫通风式,铸铁外壳,鼠笼转子,转子导条采用高电阻材料	用于纺织,印染,造纸,电线电缆,橡胶,冶金等具有恒转矩负载特性的设备
防护式绕线转子异步电动机	YR	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转矩高的场合
防护式多速异步电动机	YD	同 Y 系列防护式异步电动机	同 Y 系列防护式异步电动机,用于要求 2~4 种速度的场合
封闭式多速异步电动机	YD	同 Y 系列封闭式多速异步电动机	同 Y 系列封闭式多速异步电动机,用于要求 2~4 种速度的场合
齿轮减速异步电动机	YCJ	由封闭型异步电动机和减速机两部分组成	用于要求低转速,大转矩的机械,例如运输,矿山,炼钢机械,造纸,制糖,化工搅拌机以及其他需要低转速的机械

续表

名称	型号	结构型式	应用场合
电磁调速异步电动机	YCT	由封闭式异步电动机和电磁转差离合器组成	用于纺织,印染,化工,造纸,船舶等要求变速的机械
整流子异步电动机	YHT	防护式,铸铁外壳,有手动调速或遥控调速两种	用途同电磁调速异步电动机,其负载效率和功率因数较高
化工防腐蚀异步电动机	Y—F	结构同 Y 系列封闭式异步电动机,采用密封及防腐措施	用途同 Y 系列封闭式异步电动机,一般在化肥,氯碱系统等化工厂的腐蚀环境中使用
户外用异步电动机	Y—W	结构同 Y 系列封闭式异步电动机	用于户外环境下不需加附加防护措施的传动机械上
船用防护式异步电动机	Y—H	结构同 Y 系列防护式异步电动机,机座由钢板焊成	用途同 Y 系列防护式异步电动机,一般使用在船舶上
船用封闭式异步电动机	Y—H	结构同 Y 系列封闭式异步电动机,机座由钢板焊成	用途同 Y 系列封闭式异步电动机,一般使用在船舶上
起重冶金用异步电动机	YZ	封闭式,铸铁外壳上有散热筋,外风扇吹冷,鼠笼铜条转子	用于起重机及冶金辅助机械

续表

名称	型号	结构型式	应用场合
起重冶金用绕线转子异步电动机	YZR	封闭式,铸铁外壳上有散热筋,外风扇吹冷,绕线转子	用于起重机及冶金辅助机械
起重冶金用绕线转子异步电动机(管道通风)	YZRG	管道通风冷却式绕线转子	用于钢铁冶炼及轧制的辅助设备上
防爆异步电动机	YB	防爆式,钢板外壳,铸铝转子	用于有爆炸性气体的场合
防爆异步电动机(小机座)	YB	防爆式,铸铁外壳上有散热筋	用于有爆炸性气体的场合
自制动异步电动机	YEZ	封闭式,电动机的定子内腔和转子外形都呈锥形	广泛用作单梁吊车及走行机构的动力,也适用于其他要求快速准确停车的机械,如卷扬机,橡胶化工机械,木工机械及机床的进给系统等
	YEP	封闭式,电动机定子铁心长于转子铁心。在对应长出部分的转子轴上装置了分磁铁	
	YEG	封闭式,定子铁心稍长于转子铁心。在定子长出部分的内圆处,装有若干半圆弧形衔铁	

续表

名称	型号	结构型式	应用场合
中型鼠笼转子异步电动机	Y	防护式或管道通风式, 铸铁外壳, 鼠笼转子	用于拖动各种不同机械, 如通风机, 压碎机, 水泵, 切削机床运输机械等, 可供厂矿做原动机用
中型绕线转子异步电动机	YR	防护式或管道通风式, 铸铁外壳, 绕线转子	
中型高速异步电动机	Y	防护式铸铁外壳, 铸铝转子	用于电力, 冶金, 炼焦, 化工及煤矿等部门的鼓风机, 水泵等机械

2. 三相异步电动机的铭牌和技术指标

表 4-4 电动机铭牌上标出的技术数据

名称	含义
型号	表示产品性能, 结构和用途的代号
额定功率	额定功率也叫额定容量, 它表示电动机在额定运行时(指电压, 频率和电流都为额定值)转轴上输出的机械功率。常用符号 P_N 代表, 单位为瓦(W)或千瓦(kW)
额定电压	电动机在额定运行时, 加在定子绕组线端的电压值。一般用符号 U_N 表示, 单位为伏(V)或千伏(kV)。通常铭牌上标有两个电压 380V 和 220V 两种。如果电源电压为 220V, 应将出线头接成三角形(Δ), 如果电源电压为 380V, 应将出线头接成星形(Y)
额定电流	电动机在额定运行时, 输入定子绕组的线电流值。一般用符号 I_N 表示, 单位为安(A)。通常铭牌上的电流有两个数值, 如 16.4/9.5A, 表示电压 220V 时是 16.4A, 380V 时是 9.5A

续表

名 称	含 义
额定频率	电动机在额定运行时,定子绕组应加的电源频率。一般用符号 f_N 表示,单位为赫兹(Hz)。我国规定的标准是 50Hz
额定转速	电动机在额定运行时的转速。一般用符号 n_N 表示,单位为转/分(r/min)
接法	表示电动机在额定电压下定子绕组接线方式,一般有星形(Y)和三角形(Δ)两种接法,两种接法下,线组所能承受的电压是不同的,因此必须按铭牌规定的方式接线,否则会损坏电动机
定额(工作方式)	表示电动机正常使用时容许连续运转的时间,一般分连续、短时和断续三种
绝缘等级	根据定子绕组所采用的绝缘材料和容许承受的不同温升而分的等级。中小型电动机的绝缘等级有 A、E、B、F、和 H 级
温升	电动机在运行时,绕组容许超出周围环境的最高温度,即绕组容许达到的最高温度与周围环境温度的温差
转子电压	绕线式异步电动机的定子绕组加有额定电压时,其转子不转动时两个滑环间的电压。单位为伏(V)
转子电流	绕线型异步电动机使用在额定功率时的转子电流,单位为安(A)
技术条件	就是对电动机各种指标的技术要求。“GB”为国家标准代号

表 4-5 三相异步电动机的技术指标

名 称	含 义
效率	电动机输出功率与输入功率之比,通常用百分数来表示。例如有一台 7.5kW 电动机,其输入功率为 8kW,则其效率为 $7.5/8 = 93.75\%$ 。效率越高,电动机的损耗越小
功率因数	电动机输入功率与视在功率之比,用 $\cos\varphi$ 表示。异步电动机在额定功率下运行时, $\cos\varphi$ 一般在 0.75~0.9 之间;空载运行时, $\cos\varphi$ 约为 0.2 左右。功率因数越高的电动机,发配电设备的利用率越高
启动电流	启动电流 I_s 是指电动机在启动瞬间的电流,常用它与额定电流之比的倍数来表示。异步电动机的启动电流一般是额定电流的 5.5~7 倍
启动转矩	启动转矩是指电动机启动时的输出转矩,常用它与额定转矩之比的倍数来表示。一般是额定转矩的 1~1.8 倍,单位 $N\cdot m$
最大转矩	最大转矩 M_{max} 是指电动机所能输出的最大转矩,也用它与额定转矩之比的倍数来表示。它说明电动机的过载能力。异步电动机的最大转矩一般是额定转矩的 1.8~2.2 倍,单位 $N\cdot m$

3. 三相异步电动机的维护和常见故障处理方法

(1) 三相异步电动机的维护:对三相异步电动机进行定期维护是消除隐患,防止事故的重要前提。一般电动机每年都要进行几次小修和一次大修。

小修项目:

- ①清除电动机外壳上的灰尘和污垢,以利于散热;
- ②检查电动机出线盒压线螺钉有无松动或烧伤变形;
- ③检查电动机端盖、地脚螺钉是否坚固,接地线是否联接可靠;
- ④拆下电动机轴承端盖,检查润滑油是否变脏、干涸,及时加油或换油;
- ⑤清扫启动设备,检查触点和接线头是否烧伤、电蚀,三相触头是否动作一致,接触良好。

大修项目：

①将电动机拆开，先用皮老虎或适当压力的压缩空气吹掉灰尘，再用干布擦净油污，擦完再吹干；

②刮去轴承旧油，将轴承放入柴油或汽油中洗刷干净，用干布擦干。洗净轴承盖，检查轴承完好情况，表面是否有伤痕及退火变蓝，完好或根据需要更换后加入新润滑油，油量不应太满，一般约占轴承容积的 1/3 至 2/3；

③检查绕组绝缘是否老化、变质、变脆，有无损伤和烧伤痕迹；

④用摇表检查电动机定子绕组和转子绕组各相之间和各相对铁心外壳之间的绝缘电阻。对额定电压为 380V 的电动机可采用 500V 的摇表进行测量，所测绝缘电阻在 0.5MΩ 以上即为合格，否则要进行烘干；

⑤检查定子和转子铁心有无磨损即变形需要修复。

(2) 三相异步电动机的常见故障及处理方法：三相异步电动机的常见故障、产生的原因及其相应的处理方法见表 4-6。

表 4-6 三相异步电动机的常见故障及处理方法

故障现象	产生原因	处理方法
电动机通电后不能转动，但无异响、无异味、无冒烟	①电源不通 ②熔丝烧断 ③控制线路接错	①检查电源开关、熔丝及接线盒是否有断点，并进行修复 ②检查熔丝型号，熔断原因，并更换新的熔丝 ③重接控制线路
电动机通电不能转动，然后熔丝烧断	①缺一相电源，或定子线路一相反接 ②定子绕组相间短路 ③定子绕组接地 ④熔丝截面过小 ⑤电源线断路或接地 ⑥定子绕组接线错误	①检查刀闸或电源回路，是否有一相未合好或有一相断路 ②查出断路点并修复 ③消除接地 ④更换熔丝 ⑤消除接地点 ⑥纠正接线错误

续表

故障现象	产生原因	处理方法
电动机通电后不能转动,有嗡嗡声	①定转子绕组有断线,或电源有一相失电 ②引出线接错,或绕组内部接反 ③电源回路接点松动,接触电阻大 ④电动机负载过大,或转子卡住 ⑤电源电压过低	①查明断点,并加以修复 ②检查绕组引出线并纠正错误 ③紧固松动点螺钉,并用万用表检查是否有假接,并加以修复 ④减载并消除机械故障 ⑤检查是否电源导线过细或绕组接法错误,改正错误
电动机启动困难,带额定负载时,转速低于额定转速较多	①电源电压过低 ②三角形接法误接成星形 ③笼型转子开焊或断裂 ④定子、转子局部线圈接错或接反 ⑤电机过载	①检测电源电压并校正 ②纠正接法 ③检查开焊或断点并修复 ④纠正错误接法 ⑤减载
电动机空载不平衡,三相相差大	①绕组首尾端接错 ②三相电源电压不平衡 ③绕组存在匝间断路、线圈反接等故障	①检查并校正 ②检测电源电压消除不平衡 ③消除故障
电动机空载电流平衡,但数值大	①电源电压过高 ②星形接法误接成三角形 ③气隙过大或不均匀	①检测电源电压并校正 ②纠正接法 ③更换转子调整气隙

续表

故障现象	产生原因	处理方法
电动机运行时 有异响	①定子转子绝缘低 ②轴承磨损或槽内有沙砾等杂物 ③定转子铁心松动 ④轴承缺油 ⑤风道堵塞或风扇磨风罩 ⑥定转子铁心相撞 ⑦电源电压过高或转子不平衡 ⑧定子绕组断路或接错	①修理绝缘 ②更换或修理轴承 ③检修定转子铁心 ④给轴承加油 ⑤清理风道,重新安装风罩 ⑥消除碰撞 ⑦检测电源电压消除不平衡 ⑧消除故障
电动机运行时 振动较大	①由于磨损轴承间隙较大 ②气隙不均匀 ③转子不平衡 ④转轴弯曲 ⑤铁心变形或松动 ⑥联轴器、皮带轮中心未校正 ⑦风扇不平衡 ⑧机壳强度不够 ⑨电动机地脚螺丝松动 ⑩笼型转子开焊或断裂,绕线转子断路 ⑪定子绕组故障	①检修或更换轴承 ②调整气隙 ③校正转子动平衡 ④校正转轴 ⑤校正铁心 ⑥重新校正 ⑦调整风扇 ⑧进行加固 ⑨紧固地脚螺丝 ⑩修复转子绕组 ⑪修复定子绕组

续表

故障现象	产生原因	处理方法
轴承过热	①润滑油过多或过少 ②油里含杂质 ③轴承内孔偏心,与轴或端盖配合不当 ④轴承盖与之相撞 ⑤电动机端盖与轴承盖未装平 ⑥轴承间隙过大或过小 ⑦转轴弯曲	①按规定加减润滑油 ②更换好的润滑油 ③调整配合 ④消除故障 ⑤重新装配 ⑥调整间隙 ⑦校正或更换转轴
电动机过热或冒烟	①电源电压过高,铁心过热 ②电源电压过低,带额定负载时,电流过大 ③定转子铁心相撞,电动机过载或频繁启动 ④笼型转子断条 ⑤电动机两相运行 ⑥电动机表面污垢多,通风道堵塞 ⑦风扇故障 ⑧定子绕组故障	①降低电源电压 ②提高电源电压或换粗线 ③调整定转子铁心,减载,控制启动次数 ④排除故障 ⑤恢复三相运行 ⑥清除污垢 ⑦排除故障 ⑧排除绕组故障

二、几种常用三相异步电动机的型号和技术数据

1. Y 系列 (IP44) 小型异步电动机

本系列产品是全封闭式自扇冷却笼型异步电动机,为全国统一设计的基本系列。安装尺寸和功率等级符合国际电工委员会 IEC 标准,该产品具有效率高、噪声低、振动小、坚固耐用和运行安全可靠等特点,它的定子绕组为 B 级绝缘。外壳防护等级为 IP44,适用于对转

速无特殊要求的机械设备上，如金属切削机床、通用机械和农用机械等。也可用于启动静止负载或惯性负载比较大的机械上，如压缩机、水泵、粉碎机等。电动机额定电压为 380V，额定频率为 50Hz。

型号含义：Y315L1—2

其中：

Y—Y 系列异步电动机 315—中心高 (mm)

L—长机座

1—铁心长度代号 2—极数

表 4-7 Y 系列 (IP44) 小型异步电动机的技术数据

型 号	额定功率 (kW)	满 载 时				堵转电流 额定电流	堵转转矩 额定转矩	最大转矩 额定转矩	质量 (kg)
		电 流 (A)	转 速 (r/min)	效 率 (%)	功 率 因 数				
Y801—2	0.75	1.8	2830	75	0.84	6.5	2.2	2.3	16
Y802—2	1.1	2.5	2830	77	0.86	7.0	2.2	2.3	17
Y90S—2	1.5	3.4	2840	78	0.85	7.0	2.2	2.3	22
Y90L—2	2.2	4.8	2840	80.5	0.86	7.0	2.2	2.3	25
Y100L—2	3.0	6.4	2880	82	0.87	7.0	2.2	2.3	33
Y112M—2	4.0	8.2	2890	85.5	0.87	7.0	2.2	2.3	45
Y132S1—2	5.5	11.1	2900	85.5	0.88	7.0	2.0	2.3	64
Y132S2—2	7.5	15	2900	86.2	0.88	7.0	2.0	2.3	70
Y160M1—2	11	21.8	2900	87.2	0.88	7.0	2.0	2.3	117
Y160M2—2	15	29.4	2930	88.2	0.88	7.0	2.0	2.3	125
Y160L—2	18.5	35.5	2930	89	0.89	7.0	2.0	2.2	147
Y180M—2	22	42.2	2940	89	0.89	7.0	2.0	2.2	180
Y200L1—2	30	56.9	2950	90	0.89	7.0	2.0	2.2	240
Y200L2—2	37	69.8	2950	90.5	0.89	7.0	2.0	2.2	255
Y225M—2	45	84	2970	91.5	0.89	7.0	2.0	2.2	309

续表

型号	额定功率 (kW)	满载时				堵转电流 额定电流	堵转转矩 额定转矩	最大转矩 额定转矩	质量 (kg)
		电流 (A)	转速 (r/min)	效率 (%)	功率 因数				
Y250M-2	55	103	2970	91.5	0.89	7.0	2.0	2.2	403
Y280S-2	75	139	2970	92	0.89	7.0	2.0	2.2	544
Y280M-2	90	166	2970	92.5	0.89	7.0	2.0	2.2	620
Y315S-2	110	203	2980	92.5	0.89	6.8	1.8	2.2	980
Y315M-2	132	242	2980	93	0.89	6.8	1.8	2.2	1080
Y315L1-2	160	292	2980	93.5	0.89	6.8	1.8	2.2	1160
Y315L2-2	200	365	2980	93.5	0.89	6.8	1.8	2.2	1190
Y80L-4	0.55	1.5	1390	73	0.76	6.0	2.0	2.3	17
Y80S-4	0.75	2	1390	74.5	0.76	6.0	2.0	2.3	17
Y90S-4	1.1	2.7	1400	78	0.78	6.8	2.0	2.3	25
Y90L-4	1.5	3.7	1400	79	0.79	6.5	2.2	2.3	26
Y100L1-4	2.2	5	1430	81	0.82	7.0	2.2	2.3	34
Y100L2-4	3.0	6.8	1430	82.5	0.81	7.0	2.2	2.3	35
Y112M-4	4.0	8.8	1440	84.5	0.82	7.0	2.2	2.3	47
Y132S-4	5.5	11.6	1440	85.5	0.84	7.0	2.2	2.3	68
Y132M-4	7.5	15.4	1440	87	0.85	7.0	2.2	2.3	79
Y160M-4	11.0	22.6	1460	88	0.84	7.0	2.2	2.3	122
Y160L-4	15.0	30.3	1460	88.5	0.85	7.0	2.2	2.3	142
Y180M-4	18.5	35.9	1470	91	0.86	7.0	2.0	2.2	174
Y180L-4	22	42.5	1470	91.5	0.86	7.0	2.0	2.2	192
Y200L-4	30	56.8	1470	92.2	0.87	7.0	2.0	2.2	253
Y225S-4	37	70.4	1480	91.8	0.87	7.0	1.9	2.2	294
Y225M-4	45	84.2	1480	92.3	0.88	7.0	1.9	2.2	327

续表

型 号	额定功率 (kW)	满 载 时				堵转电流 额定电流	堵转转矩 额定转矩	最大转矩 额定转矩	质量 (kg)
		电 流 (A)	转 速 (r/min)	效 率 (%)	功 率 因 数				
Y250M-4	55	103	1480	92.6	0.88	7.0	2.0	2.2	381
Y280S-4	75	140	1480	92.7	0.88	7.0	1.9	2.2	535
Y280M-4	90	164	1480	93.5	0.89	7.0	1.9	2.2	634
Y315S-4	110	201	1480	93	0.89	6.8	1.8	2.2	912
Y315M-4	132	240	1480	94	0.89	6.8	1.8	2.2	1048
Y315L1-4	160	289	1480	94.5	0.89	6.8	1.8	2.2	1105
Y315L2-4	200	361	1480	94.5	0.89	6.8	1.8	2.2	1260
Y90S-6	0.75	2.3	910	72.5	0.70	5.5	2.0	2.2	21
Y90L-6	1.1	3.2	910	73.5	0.72	5.5	2.0	2.2	24
Y100L-6	1.5	4	910	77.5	0.74	6.0	2.0	2.2	35
Y112M-6	2.2	5.6	940	80.5	0.74	6.0	2.0	2.2	45
Y132S-6	3.0	7.2	960	83	0.76	6.5	2.0	2.2	66
Y132M1-6	4.0	9.4	960	84	0.77	6.5	2.0	2.2	75
Y132M2-6	5.5	12.6	960	85.3	0.78	6.5	2.0	2.2	85
Y160M-6	7.5	17	970	86	0.78	6.5	2.0	2.0	116
Y160L-6	11	24.6	970	87	0.78	6.5	2.0	2.0	139
Y180L-6	15	31.4	970	89.5	0.81	6.5	1.8	2.0	182
Y200L1-6	18.5	37.7	970	89.8	0.83	6.5	1.8	2.0	228
Y200L2-6	22	44.6	970	90.2	0.83	6.5	1.8	2.0	246
Y225M-6	30	59.5	980	90.2	0.85	6.5	1.7	2.0	294
Y250M-6	37	72	980	90.8	0.86	6.5	1.8	2.0	395
Y280S-6	45	85.4	980	92	0.87	6.5	1.8	2.0	505
Y280M-6	55	104	980	92	0.87	6.5	1.8	2.0	566

续表

型 号	额定功率 (kW)	满 载 时				堵转电流 额定电流	堵转转矩 额定转矩	最大转矩 额定转矩	质量 (kg)
		电 流 (A)	转 速 (r/min)	效 率 (%)	功 率 因 数				
Y315S-6	75	141	980	92.8	0.87	6.5	1.6	2.0	850
Y315M-6	90	169	980	93.2	0.87	6.5	1.6	2.0	965
Y315L1-6	110	206	980	93.5	0.87	6.5	1.6	2.0	1028
Y315L2-6	132	246	980	93.8	0.87	6.5	1.6	2.0	1195
Y132S-8	2.2	5.8	710	80.5	0.71	5.5	2.0	2.0	66
Y132M-8	3	7.7	710	82	0.72	5.5	2.0	2.0	76
Y160M1-8	4	9.9	720	84	0.73	6.0	2.0	2.0	105
Y160M2-8	5.5	13.3	720	85	0.74	6.0	2.0	2.0	115
Y160L-8	7.5	17.7	720	86	0.75	5.5	2.0	2.0	140
Y180L-8	11	24.8	730	87.5	0.77	6.0	1.7	2.0	180
Y200L-8	15	34.1	730	88	0.76	6.0	1.8	2.0	228
Y225S-8	18.5	41.3	730	89.5	0.76	6.0	1.7	2.0	265
Y225M-8	22	47.6	730	90	0.78	6.0	1.8	2.0	296
Y250M-8	30	63	730	90.5	0.80	6.0	1.8	2.0	391
Y280S-8	37	78.7	740	91	0.79	6.0	1.8	2.0	500
Y280M-8	45	93.2	740	91.7	0.86	6.0	1.8	2.0	562
Y315S-8	55	114	740	92	0.80	6.5	1.6	2.0	875
Y315M-8	75	152	740	92.5	0.81	6.5	1.6	2.0	1008
Y315L1-8	90	179	740	93	0.82	6.5	1.6	2.0	1065
Y315L2-8	110	218	740	93.3	0.82	6.3	1.6	2.9	1195
Y315S-10	45	101	590	91.5	0.74	6.0	1.4	2.0	838
Y315M-10	55	123	590	92	0.74	6.0	1.4	2.0	960
Y315L2-10	75	164	590	92.5	0.75	6.0	1.4	2.0	1180

2. Y 系列 (IP23) 小型三相异步电动机

本产品是全国统一设计的小型鼠笼型异步电动机。安装尺寸和功率等级符合国际电工委员会 IEC 标准, 该产品具有噪声低、振动小、堵转转矩高, 外观美观和结构可靠等特点, 外壳防护等级为 IP23, 适用于对转速无特殊要求的机械设备上, 如金属切削机床、水泵、农用机械和运输机械等。型号含义 (见 Y315L1—2 型电机)。电动机额定电压为 380V, 额定频率为 50Hz。

表 4-8 Y 系列 (IP23) 小型三相异步电动机的技术数据

型 号	额定功率 (kW)	满 载 时				堵转转矩 额定转矩	堵转电流 额定电流	最大转矩 额定转矩	质量 (kg)
		转速 (r/min)	电流 (A)	效率 (%)	功率 因数				
Y160M—2	15	2928	29.3	88	0.88	1.7	7.0	2.2	160
Y160L1—2	18.5	2929	35.2	89	0.89	1.8	7.0	2.2	
Y160L2—2	22	2928	41.8	89.5	0.89	2.0	7.0	2.2	
Y180M—2	30	2938	56.7	89.5	0.89	1.7	7.0	2.2	
Y180L—2	37	2939	69.2	90.5	0.89	1.9	7.0	2.2	
Y200M—2	45	2952	84.4	91	0.89	1.9	7.0	2.2	310
Y200L—2	55	2950	100.8	91.5	0.89	1.9	7.0	2.2	
Y225M—2	75	2955	137.9	91.5	0.89	1.8	7.0	2.2	
Y250S—2	90	2966	164.9	92	0.89	1.7	7.0	2.2	
Y250M—2	110	2965	199.4	92.5	0.90	1.7	7.0	2.2	
Y280M—2	132	2967	238	92.5	0.90	1.6	7.0	2.2	750
Y160M—4	11	1459	22.4	87.5	0.85	1.9	7.0	2.2	160
Y160L1—4	15	1458	29.9	88	0.86	2.0	7.0	2.2	
Y160L2—4	18.5	1458	36.5	89	0.86	2.0	7.0	2.2	
Y180M—4	22	1467	43.2	89.5	0.86	1.9	7.0	2.2	
Y180L—4	30	1467	57.9	90.5	0.87	1.9	7.0	2.2	

续表

型 号	额定功率 (kW)	满 载 时				堵转转矩 额定转矩	堵转电流 额定电流	最大转矩 额定转矩	质量 (kg)
		转速 (r/min)	电流 (A)	效率 (%)	功率 因数				
Y200M—4	37	1473	71.1	90.5	0.87	2.0	7.0	2.2	
Y200L—4	45	1473	85.5	91	0.87	2.0	7.0	2.2	310
Y225M—4	55	1476	103.6	91.5	0.88	1.8	7.0	2.2	380
Y250S—4	75	1480	140.1	92	0.88	2.0	7.0	2.2	
Y250M—4	90	1480	167.2	92.5	0.88	2.2	7.0	2.2	190
Y280S—4	110	1482	202.4	92.5	0.88	1.7	7.0	2.2	
Y280M—4	132	1483	241.3	93	0.88	1.8	7.0	2.2	820
Y160M—6	7.5	971	16.7	85	0.79	2.0	6.5	2.0	
Y180L—6	11	971	23.9	86.5	0.78	2.0	6.5	2.0	150
Y180M—6	15	974	31	88	0.81	1.8	6.5	2.0	
Y180L—6	18.5	975	37.8	88.5	0.83	1.8	6.5	2.0	215
Y200M—6	22	978	43.7	89	0.85	1.7	6.5	2.0	
Y200L—6	30	975	58.6	89.5	0.85	1.7	6.5	2.0	295
Y225M—6	37	982	70.2	90.5	0.87	1.8	6.5	2.0	360
Y250S—6	45	983	86.2	91	0.86	.8	6.5	2.0	
Y250M—6	55	983	104.2	91	0.87	1.8	6.5	2.0	165
Y280S—6	75	986	140.8	91.5	0.87	1.8	6.5	2.0	
Y280M—6	90	986	166.8	92	0.88	1.8	6.5	2.0	820
Y160M—8	5.5	723	13.5	83.5	0.73	2.0	6.0	2.0	
Y160L—8	7.5	723	18.0	85	0.73	2.0	6.0	2.0	150
Y180M—8	11	727	25.1	86.5	0.74	1.8	6.0	2.0	
Y180L—8	15	726	34.0	87.5	0.76	1.8	6.0	2.0	215
Y200M—8	18.5	728	40.2	88.5	0.78	1.7	6.0	2.0	
Y200L—8	22	729	47.7	89	0.78	1.8	6.0	2.0	295

续表

型号	额定功率 (kW)	满载时				堵转转矩 额定转矩	堵转电流 额定电流	最大转矩 额定转矩	质量 (kg)
		转速 (r/min)	电流 (A)	效率 (%)	功率 因数				
Y225M-8	30	734	61.7	89.5	0.81	1.7	6.0	2.0	360
Y250S-8	37	735	76.3	90	0.80	1.6	6.0	2.0	
Y250M-8	45	736	92.8	90.5	0.79	1.8	6.0	2.0	165
Y280S-8	55	740	112.4	91	0.80	1.8	6.0	2.0	
Y280M-8	75	740	151	91.5	0.81	1.8	6.0	2.0	820

3. YR 系列 (IP44) 小型绕线转子三相异步电动机

本系列产品是在 Y 系列 (IP44) 小型异步电动机的基础上派生出来的一种小型绕线转子三相异步电动机。本系列产品由全国统一设计, 安装尺寸和功率等级符合国际电工委员会 IEC 标准, 该产品具有效率高、外观美观、结构可靠、维修方便和使用安全等特点。电动机定子为 B 级绝缘, 三角形接法, 广泛的应用于矿山、冶金、机械等需要小范围调速的装置上。型号含义 (见 Y315L1-2 型电机)。电动机额定电压为 380V, 额定频率为 50Hz。

表 4-9 YR 系列 (IP44) 小型绕线转子三相异步电动机的技术数据

型号	额定功率 (kW)	满载时				最大转矩 额定转矩	转 子		质量 (kg)
		转速 (r/min)	电流 (A)	效率 (%)	功率 因数		电压 (V)	电流 (A)	
YR132S1-4	2.2	1440	5.3	82.0	0.77	3.0	190	7.9	60
YR132S2-4	3	1440	7.0	83.0	0.78	3.0	215	9.4	70
YR132M1-4	4	1440	9.3	84.5	0.77	3.0	230	11.5	80
YR132M2-4	5.5	1440	12.6	86.0	0.77	3.0	272	13.0	95
YR160M-4	7.5	1460	15.7	87.5	0.83	3.0	250	19.5	130
YR160L-4	11	1460	22.5	89.5	0.83	3.0	276	25.0	155

续表

型 号	额定功率 (kW)	满 载 时				最大转矩 额定转矩	转 子		质量 (kg)
		转速 (r/min)	电 流 (A)	效 率 (%)	功 率 因数		电 压 (V)	电 流 (A)	
YR180L—4	15	1465	30.0	89.5	0.85	3.0	278	34.0	205
YR200L1—4	18.5	1465	36.7	89.0	0.86	3.0	247	47.5	265
YR200L2—4	22	1465	43.2	90.0	0.86	3.0	293	47.0	290
YR225M2—4	30	1475	57.6	91.0	0.87	3.0	360	51.5	380
YR250M1—4	37	1480	71.4	91.5	0.86	3.0	289	79.0	440
YR250M2—4	45	1480	85.9	91.5	0.87	3.0	340	81.0	490
YR280S—4	55	1480	103.8	91.5	0.88	3.0	485	70.0	670
YR280M—4	75	1480	140	92.5	0.88	3.0	354	128.0	800
YR132S1—6	1.5	955	4.17	78.0	0.70	2.8	180	5.9	60
YR132S2—6	2.2	955	5.96	80.0	0.70	2.8	200	7.5	70
YR132M1—6	3	955	8.20	80.5	0.69	2.8	206	9.5	80
YR132M2—6	4	955	10.7	82.0	0.69	2.8	230	11.0	95
YR160M—6	5.5	970	13.4	84.5	0.74	2.8	244	14.5	135
YR160L—6	7.5	970	17.9	86.0	0.74	2.8	266	18.0	155
YR180L—6	11	975	23.6	87.5	0.81	2.8	310	22.5	205
YR200L1—6	15	975	31.8	88.5	0.81	2.8	198	48.0	280
YR225M1—6	18.5	980	38.3	88.5	0.83	2.8	187	62.5	335
YR225M2—6	22	980	45.0	89.5	0.83	2.8	224	61.0	365
YR250M1—6	30	980	60.3	90.0	0.84	2.8	282	66.0	450
YR250M2—6	37	980	73.9	90.5	0.84	2.8	331	69.0	490
YR280S—6	45	985	87.9	91.5	0.85	2.8	362	76.0	680
YR280M—6	55	985	106.9	92.0	0.85	2.8	423	80.0	730

续表

型 号	额定功率 (kW)	满 载 时				最大转矩 额定转矩	转 子		质量 (kg)
		转速 (r/min)	电流 (A)	效率 (%)	功率 因数		电压 (V)	电流 (A)	
YR160M—8	4	715	10.7	82.5	0.69	2.4	216	12.0	135
YR160L—8	5.5	715	14.1	83.0	0.71	2.4	230	15.5	155
YR180L—8	7.5	725	18.4	85.0	0.73	2.4	255	19.0	190
YR200L1—8	11	725	26.6	86.0	0.73	2.4	152	46.0	280
YR225M1—8	15	735	34.5	88.0	0.75	2.4	169	56.0	265
YR225M2—8	18.5	735	42.1	89.0	0.75	2.4	211	54.0	390
YR250M1—8	22	735	48.1	89.0	0.78	2.4	210	65.5	450
YR250M2—8	30	735	66.1	89.5	0.77	2.4	270	69.0	500
YR280S—8	37	735	78.2	91.0	0.79	2.4	281	81.5	680
YR280M—8	45	735	92.9	92.0	0.80	2.4	359	76.0	800

4. YR 系列 (IP23) 小型绕线转子三相异步电动机

本系列产品是在 Y 系列 (IP23) 小型异步电动机的基础上派生出来的一种小型绕线转子三相异步电动机。本系列产品由全国统一设计。该产品具有效率高、外观美观、结构可靠、过载能力强等特点。电动机定子为 B 级绝缘，三角形接法，适用于配电容量不足，鼠笼型异步电动机不能顺利启动、启动时间较长和启动比较频繁的场合，能进行小范围调速的生产机械上，如压缩机、印刷机、传输机、纺织机等。型号含义 (见 Y315L1—2 型电机)。电动机额定电压为 380V，额定频率为 50Hz。

表 4-10 YR 系列 (IP23) 小型绕线转子三相异步电动机的技术数据

型 号	额定功率 (kW)	满 载 时				最大转矩 额定转矩	转 子		质量 (kg)
		转速 (r/min)	电 流 (A)	效率 (%)	功率 因数		电压 (V)	电 流 (A)	
YR160M-4	7.5	1421	16.0	84	0.84	2.8	260	19	160
YR160L-4	11	1434	22.6	86.5	0.85	2.8	275	26	
YR160L2-4	15	1444	30.2	87	0.85	2.8	260	37	
YR180M-4	18.5	1426	36.1	87	0.88	2.8	197	61	
YR180L-4	22	1434	42.5	88	0.88	3.0	232	61	
YR200M-4	30	1439	5.7	89	0.88	3.0	255	76	335
YR200L-4	37	1448	70.2	89	0.88	3.0	316	74	
YR225M1-4	45	1442	86.7	89	0.88	2.5	240	120	
YR225M2-4	55	1448	104.7	90	0.88	2.5	288	121	420
YR250S-4	75	1453	141.1	90.5	0.89	2.6	449	105	590
YR250M-4	90	1457	167.4	91	0.89	2.6	521	107	
YR280S-4	110	1458	201.8	91.5	0.89	3.0	349	196	
YR280M-4	132	1463	239.0	92.5	0.89	3.0	419	194	
YR160M-6	5.5	949	12.7	82.5	0.77	2.5	279	13	160
YR160L-6	7.5	949	16.9	83.5	0.78	2.5	260	19	
YR180M-6	11	940	24.2	84.5	0.78	2.8	146	50	
YR180L-6	15	947	32.6	85.5	0.79	2.8	187	53	315
YR200M-6	18.5	949	39	86.5	0.81	2.8	187	65	
YR200L-6	22	955	45.5	87.5	0.82	2.8	224	63	
YR225M1-6	30	955	59.4	87.5	0.85	2.2	227	86	
YR225M2-6	37	964	73.1	89	0.85	2.2	287	82	400
YR250S-6	45	966	88	89	0.85	2.2	307	93	

续表

型 号	额定功率 (kW)	满 载 时				最大转矩 额定转矩	转 子		质量 (kg)
		转速 (r/min)	电流 (A)	效率 (%)	功率 因数		电压 (V)	电流 (A)	
YR250M—6	55	967	105.7	89.5	0.86	2.2	359	97	575
YR280S—6	75	969	141.8	90.5	0.88	2.5	392	121	
YR280M—6	90	972	166.7	91	0.89	2.5	481	118	880
YR160M—8	4	703	10.5	81	0.71	2.2	262	11	
YR160L—8	5.5	705	14.2	81.5	0.71	2.2	243	15	160
YR180M—8	7.5	692	18.4	82	0.73	2.2	105	49	
YR180L—8	11	699	26.8	83	0.73	2.2	140	53	315
YR200M—8	15	706	36.1	85	0.73	2.2	153	64	
YR200L—8	18.5	712	44	86	0.73	2.2	187	64	
YR225M1—8	22	710	48.6	86	0.78	2.0	161	90	400
YR225M2—8	30	713	65.3	87	0.79	2.0	200	97	
YR250S—8	37	715	78.9	87.5	0.79	2.0	218	110	515
YR250M—8	45	720	95.5	88.5	0.79	2.0	264	109	
YR280S—8	55	723	114	89	0.82	2.2	279	125	850
YR280M—8	75	725	152.1	90	0.82	2.2	359	131	

5. YZ、YZR 系列起重及冶金用三相异步电动机

YZ 系列起重及冶金用三相异步电动机是由全国统一设计的节能新产品，其转子为鼠笼型，外壳防护等级为 IP44，电动机有 F 级和 H 级两种绝缘等级，具有良好的密闭性，过载能力强，机械强度高，能承受频繁启动和制动，并能在粉尘多，温度高的环境中工作。

YZR 系列起重及冶金用三相异步电动机也是由全国统一设计的节能新产品，其转子为绕线型，用于一般场所的外壳防护等级为 IP44，用于冶金使用场所的外壳防护等级为 IP54。电动机有 F 级和

H级两种绝缘等级，适用于驱动短时或断续机械负载，电动机过载能力强具有良好的密闭性，机械强度高，能承受频繁启动和制动，并能在粉尘多，温度高的环境中工作。可用于YZ系列三相异步电动机不能使用全压启动，电网容量不容许时的工作。型号含义（见Y315L1-2型电机）。电动机额定电压为380V，额定频率为50Hz。

表 4-11 YZ 系列起重及冶金用三相异步电动机的技术数据

型 号	额定功率 (kW)	额定电流 (A)	额定转速 (r/min)	满载时效 率 (%)	满载时功 率因数	堵转电流 额定电流	堵转转矩 额定转矩	最大转矩 额定转矩
YZ112M-6	1.5	4.2	920	71	0.76	4.76	2.45	2.7
YZ132M1-6	2.2	5.7	935	75.5	0.77	4.74	3.11	2.92
YZ132M2-6	3.7	9.0	912	79	0.79	4.67	3.03	2.79
YZ160M1-6	5.5	12.4	933	81	0.83	4.68	2.5	2.74
YZ160M2-6	7.5	16.7	948	82.5	0.825	5.27	2.38	2.35
YZ160L-6	11	24.2	953	83	0.83	5.1	2.73	3.25
YZ160L-8	7.5	17.8	705	83	0.77	5.51	2.46	2.7
YZ180L-8	11	25.4	694	81	0.81	5.12	2.62	2.5
YZ200Z-8	15	33	710	86	0.8	5.7	2.73	2.8
YZ225M-8	22	46.1	712	87	0.83	5.86	2.9	2.86
YZ250M-8	30	64.5	694	86	0.82	5.66	2.7	2.54

表 4-12 YZR 系列起重及冶金用三相异步电动机的技术数据

型 号	额定功率 (kW)	额定电压 (V)	额定电流 (A)	额定转速 (r/min)	满载时效 率 (%)	满载时功 率因数	最大转矩 额定转矩
YZR112M-6	1.5	380	4.6	866	62.9	0.789	2.3
YZR132M1-6	2.2	380	5.9	908	72.5	0.76	2.6
YZR132M2-6	3.7	380	9.2	908	77	0.798	2.7
YZR160M1-6	5.5	380	14.7	930	75.7	0.736	2.56
YZR160M2-6	7.5	380	18	940	79.4	0.796	2.78
YZR160L-6	11	380	24.6	945	83.7	0.817	2.47
YZR180L-6	15	380	33	962	85.7	0.806	3.0
YZR200L-6	22	380	49.5	964	86	0.8	2.88
YZR225M-6	30	380	62	962	88.3	0.833	3.3
YZR250M1-6	37	380	70	960	89.2	0.9	3.56
YZR250M2-6	45	380	85	965	90.6	0.89	3.0
YZR280S-6	55	380	103	969	91	0.904	3.1
YZR280M-6	75	380	138	969	90.4	0.887	3.4
YZR160L-8	7.5	380	19.2	705	79.8	0.746	2.73
YZR180L-8	11	380	26	700	81.05	0.773	2.65
YZR200L-8	15	380	33.3	712	86.2	0.789	2.94
YZR225M-8	22	380	46.7	715	87.4	0.82	2.96
YZR250M1-8	30	380	63.3	720	87.8	0.819	3.19
YZR250M2-8	37	380	76	720	89	0.83	3.13

续表

型 号	额定功率 (kW)	额定电压 (V)	额定电流 (A)	额定转速 (r/min)	满载时效率 (%)	满载时功率因数	最大转矩 额定转矩
YZR280S-8	45	380	95	723	88.1	0.776	3.1
YZR280M-8	55	380	110	725	89.5	0.84	2.95
YZR315S-8	75	380	134	727	89.5	0.87	2.74
YZR315M-8	90	380	174	720	90.2	0.881	3.13
YZR280S-10	37	380	84.8	572	87	0.763	2.72
YZR280M-10	45	380	103.8	560	85.6	0.782	3.16
YZR315S-10	55	380	119	580	89.3	0.793	3.11
YZR315M-10	75	380	163	579	89.7	0.794	3.45
YZR355M-10	90	380	179	589	92.1	0.825	3.33
YZR355L1-10	110	380	215	582	92.2	0.84	3.1
YZR355L2-10	132	380	268	588	92.4	0.816	3.48
YZR400L1-10	160	380	338	587	91.5	0.79	3.02
YZR400L2-10	200	380	427	588	92.2	0.77	2.85

三、单相异步电动机

1. 单相异步电动机的结构

单相异步电动机由定子，转子和机座三部分所组成。

定子由铁心和绕组所组成。铁心通常用 0.5mm 厚的硅钢片冲片叠压组装而成；绕组通常为单相绕组（罩级式启动）或两相绕组（裂相启动），即主绕组和副绕组，这两个绕组在空间上互差 90°电角度。定子绕组一般采用高强度漆包线绕制而成。

转子由铁心和绕组所组成。铁心材料与定子相同；绕组通常为铸铝鼠笼型。

机座通常由铸铁、铸铝或钢板焊接而成。铸铁机座通常带有散热

筋，铸铝机座不带散热筋而装有加强筋，以钢板结构机座最为轻巧和美观。

2. 单相异步电动机的型号与技术数据

(1) BO2 系列单相电阻启动异步电动机：本系列产品具有中等大小的启动转矩，启动电流较大，结构简单，运行可靠，维护方便。常见产品的功率为 60~370W，适用于驱动对启动转矩无特殊要求的机械，如小型机床、鼓风机和排风扇等。电动机额定电压为 220V，额定频率为 50Hz。

型号含义：BO2-6312

其中：

B——单相电阻启动异步电动机 O——全封闭式

2——设计序号 63——中心高 (mm)

1——铁心长度代号 2——极数

表 4-13 BO2 系列单相电阻启动异步电动机技术数据

型 号	额定功率 (W)	额定电流 (A)	转速 (r/min)	效率 (%)	功率因数	堵转转矩	堵转电流 (A)	最大转矩
						额定转矩		额定转矩
BO2-6312	90	1.09	2800	56	0.67	1.5	12	1.8
BO2-6322	120	1.36	2800	58	0.69	1.4	14	1.8
BO2-6314	60	1.23	1400	39	0.57	1.7	9	1.8
BO2-6324	90	1.64	1400	43	0.58	1.5	12	1.8
BO2-7112	180	1.89	2800	60	0.72	1.3	17	1.8
BO2-7122	250	2.40	2800	64	0.74	1.1	22	1.8
BO2-7114	120	1.88	1400	50	0.58	1.5	14	1.8
BO2-7124	180	2.49	1400	53	0.62	1.4	17	1.8
BO2-8012	370	3.36	2800	65	0.77	1.1	30	1.8
BO2-8014	250	3.11	1400	58	0.63	1.2	22	1.8
BO2-8024	370	4.24	1400	62	0.64	1.2	30	1.8

(2) CO2 系列单相电容启动异步电动机：本系列产品具有较大的启动转矩，较小的启动电流，结构简单，运行可靠，维护方便。可应用于要求启动转矩较大的生产机械上，如空气压缩机、机床、冰箱和洗衣机等。型号含义（见 BO2-6312 型电机）。电动机额定电压为 220V，额定频率为 50Hz。

表 4-14 CO2 系列电动机技术数据

型 号	额定功率 (W)	额定电流 (A)	转速 (r/min)	效率 (%)	功率因数	堵转转矩	堵转电流	最大转矩
						额定转矩	(A)	额定转矩
CO2-7112	180	1.89	2800	60	0.72	3.0	12	1.8
CO2-7122	250	2.40	2800	64	0.74	3.0	15	1.8
CO2-7114	120	1.88	1400	50	0.58	3.0	9	1.8
CO2-7124	180	2.49	1400	53	0.62	3.0	12	1.8
CO2-8012	370	3.36	2800	65	0.77	2.8	21	1.8
CO2-8022	550	4.65	2800	68	0.79	2.8	29	1.8
CO2-8014	250	3.11	1400	58	0.63	2.8	15	1.8
CO2-8024	370	4.24	1400	62	0.64	2.5	21	1.8
CO2-90S2	750	5.94	2800	70	0.82	2.5	37	1.8
CO2-90S4	550	5.57	1400	65	0.69	2.5	29	1.8
CO2-90LA	750	6.77	1400	69	0.73	2.5	37	1.8

(3) DO2 系列单相电容启动异步电动机：本系列产品的启动转矩较小，空载电流较大，但功率因数较高，结构简单，维护方便，运行性能良好，工作可靠，效率较高。广泛应用于驱动负载较小的记录仪表、风扇、小型机床和家电等。型号含义（见表 BO2-6312 型）。电动机额定电压为 220V，额定频率为 50Hz。

表 4-15 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)	额定电流 (A)	转速 (r/min)	效率 (%)	功率因数	堵转转矩	堵转电流	最大转矩
						额定转矩	(A)	额定转矩
DO2 4512	10	0.20	2800	28	0.80	0.60	0.8	1.8
DO2 4522	16	0.26	2800	35	0.80	0.60	1.0	1.8
DO2-4514	6	0.20	1400	17	0.80	1.0	0.5	1.8
DO2-4524	10	0.24	1400	24	0.80	0.60	0.8	1.8
DO2-5012	25	0.33	2800	40	0.85	0.60	1.5	1.8
DO2-5022	40	0.42	2800	48	0.90	0.50	2.0	1.8
DO2 5014	16	0.28	1400	44	0.80	0.60	1.0	1.8
DO2-5024	25	0.36	1400	38	0.82	0.50	1.5	1.8
DO2-5612	60	0.57	2800	53	0.90	0.50	2.5	1.8
DO2-5622	90	0.81	2800	56	0.90	0.35	3.2	1.8
DO2-5614	40	0.49	1400	45	0.82	0.50	2.0	1.8
DO2-5624	60	0.64	1400	50	0.85	0.50	2.5	1.8
DO2-6312	120	0.91	2800	63	0.95	0.35	5.0	1.8
DO2-6322	180	1.29	2800	67	0.95	0.35	7.0	1.8
DO2-6314	90	0.94	1400	51	0.85	0.35	3.2	1.8
DO2-6324	120	1.17	1400	55	0.85	0.35	5.0	1.8
DO2-7112	250	1.73	2800	69	0.95	0.35	10	1.8
DO2-7114	180	1.58	1400	59	0.88	0.35	7.0	1.8
DO2-7124	250	2.04	1400	62	0.90	0.35	10	1.8

(4) BO2、CO2、DO2 系列（延伸规格）单相异步电动机技术数据：电动机额定电压为 220V，额定频率为 50Hz。

表 4-16 BO2, CO2 系列电动机（延伸规格）技术数据

型 号	功率 (W)	电 流 (A)	转 速 (r/min)	效 率 (%)	功率因数	堵转转矩	堵转电流 (A)	最大转矩
						额定转矩		额定转矩
BO2-90S4	550	5.57	1400	65	0.69	1.1	38	1.8
BO2-90S2	750	5.94	2800	70	0.82	1.0	50	
BO2-90L4	750	6.77	1400	69	0.73	1.1	50	
BO2-90L2	1100	8.69	2800	72	0.82	0.8	90	
CO2-90L2	110	8.21	2800	72	0.84	2.5	55	1.8

表 4-17 DO2 系列电动机（延伸规格）技术数据

型号	功 率 (W)	电 流 (A)	转 速 (r/min)	效 率 (%)	功率因数	堵转转矩	堵转电流 (A)	最大转矩
						额定转矩		额定转矩
DO2-5034	40	0.55	1400	40	0.82		2	1.8
DO2-5032	60	0.57	1800	53	0.90	0.50	2.5	
DO2-5634	90	0.97	1400	49	0.85		3.2	1.8
DO2-5632	120	1.0	1800	62	0.90	0.50	5	
DO2-6334	180	1.58	1400	59	0.88		7	1.8
DO2-6332	250	2.04	1800	62	0.90	0.35	10	
DO2-7122	370	2.97	2800	63			10	1.8
DO2-7134	370	2.97	1400	63	0.90	0.35	10	
DO2-7132	550	4.27	2800	65			12	
DO2-8016	250	3.11	900	60	0.95	0.55	15	1.8
DO2-8014	370	2.97		63	0.90	0.35	10	1.8
DO2-8014	550	4.25	1400	64	0.92	0.40	15	

续表

型号	功率 (W)	电 流 (A)	转 速 (r/min)	效 率 (%)	功率因数	堵转转矩	堵转电流 (A)	最大转矩
						额定转矩		额定转矩
DC2-8012	370	3.3		64	0.95	0.60	21	
DC2-8012	550	4.27	2800	65	0.90	0.35	12	1.8
DC2-8012	750	4.98		72	0.95	0.33	20	
DC2-8026	370	4.24	900	60	0.95	0.45	21	1.8
DC2-8024	550	4.27		65	0.90	0.30	12	
DC2-8024	750	5.45	1400	68	0.92	0.35	20	1.8
DC2-8022	550	3.6	280	67	0.95	0.60	29	
DC2-8022	750	5.66	2800	67	0.90	0.35	18	
DC2-8022	1100	7.02	2800	75	0.95	0.33	30	
DC2-8034	750	5.66	1400	67	0.90	0.30	18	1.8
DC2-8032	750	4.9	2800	69	0.95	0.60	37	
DC2-8032	1100	8.05	2800	69	0.90	0.30	22	
DC2-9012	750	4.9	2800	70	0.95		37	
DC2-9022	1100	7.1	2800	72	0.95		50	1.8
DC2-9014	550	4.5	1400	65	0.85	0.60	29	
DC2-9024	750	5.8	1400	69	0.85		37	
DC2-90S2	1500	9.44	2800	76	0.95	0.30	45	
DC2-90L2	2000	13.7	2800	77	0.95	0.30	85	
DC2-90S4	1100	7.65	1400	71	0.92	0.35	30	1.6
DC2-90L4	1500	10.2	1400	73	0.92	0.30	40	

(5) YC系列单相电容启动异步电动机：本系列产品的特点是启动转矩大，适用于满载启动，启动后靠离心开关将启动绕组切断，靠主绕组运行。广泛应用于驱动各种小型机床、泵、磨面机、粉碎机和家用电器等。电动机的额定电压为220V，额定频率为50Hz。

型号含义：YC 80 12

其中：

YC——单相电容启动异步电动机 80 ——中心高 (mm)

1——铁心长度代号 2 ——极数

表 4-18 YC 系列单相电容启动异步电动机技术数据

型 号	功率 (W)	电 流 (A)	转 速 (r/min)	效 率 (%)	功 率 因 数	堵转转矩 额定转矩	堵转电流 (A)	最大转矩 额定转矩
YC7112	180	1.89	2800	60	0.72	3.0	12	1.8
YC7122	250	2.40		64	0.74	3.0	15	
YC7114	120	1.88	1400	50	0.58	2.8	9	1.8
YC7124	180	2.49		58	0.63	2.8	15	
YC8012	370	3.36	2800	65	0.77	2.8	21	1.8
YC8022	550	4.65		68	0.79	2.8	29	
YC8014	250	3.11	1400	58	0.63	2.8	15	1.8
YC8024	370	4.24		62	0.64	2.5	21	
YC90S2	750	6.09	2800	70	0.80	2.5	37	1.8
YC90L2	1100	8.68		72	0.80	2.5	60	
YC90S4	550	5.49	1400	66	0.69	2.5	29	1.8
YC90L4	750	6.87		68	0.73	2.5	37	

(6) YL 系列单相双直电容异步电动机：本系列产品的启动和运行性能优越，体积小，容量大，高效节能，广泛应用于驱动机床、泵、风机、冷冻机和家用电器等。电动机额定电压为 220V，额定频率为 50Hz。

型号含义：YL100L1-2

其中：

YL——单相双直电容异步电动机

100——中心高 (mm) L——长机座

1——铁心长度代号 2——极数

表 4-19 YL 系列单相双直电容异步电动机技术数据

型 号	功率 (kW)	电流 (A)	同步转速 (r/min)	效率 (%)	功率因数	堵转转矩 额定转矩	堵转电流 (A)	最大转矩 额定转矩
YL711-2	370	2.73	3000	67	0.92	1.8	16	1.7
YL712-2	550	3.88		70				
YL711-4	250	1.99	1500	62	0.92	1.8	12	1.7
YL712-4	370	2.81		65				
YL801-2	750	5.15	3000	72	0.92	1.8	29	1.7
YL802-2	1100	7.02		75				
YL801-4	550	4.00	1500	68	0.92	1.8	21	1.7
YL802-4	750	5.22		71				
YL90S-2	1500	9.44	3000	76	0.95	1.7	55	1.7
YL90L-2	2200	13.5		77				
YL90S-4	1100	7.21	1500	73	0.95	1.7	40	1.7
YL90L-4	1500	9.57		75				
YL100L1-2	3000	18.2	3000	79	0.95	1.7	110	1.7
YL100L1-4	2200	13.9	1500	76	0.95	1.7	80	1.7
YL100L2-4	3000	18.4		77				

(7) YU 系列单相电阻启动异步电动机：本系列产品的启动转矩较小，损耗较大，适用于驱动小型机床和鼓风机等。电动机的额定电压为 220V，额定频率为 50Hz。

型号含义：YU7112

其中：

YU——YU 系列单相电阻启动异步电动机

71——中心高 (mm)

1——铁心长度代号 2——极数

表 4-20 YU 系列单相电阻启动异步电动机技术数据

型 号	功率 (W)	电 流 (A)	转 速 (r/min)	效 率 (%)	功 率 因 数	堵转转矩 额定转矩	堵转电流 (A)	最大转矩 额定转矩
YU7112	180	1.89	2800	60	0.72	1.3	17	1.8
YU7122	250	2.40		64	0.74	1.1	22	
YU7114	120	1.88	1400	50	0.58	1.5	14	1.8
YU7124	180	2.49		53	0.62	1.4	17	
YU8012	370	3.36	2800	65	0.77	1.1	30	1.8
YU8022	550	4.65		68	0.79	1.0	42	
YU8014	250	3.11	1400	58	0.63	1.2	22	1.8
YU8024	370	4.24		64	0.64	1.2	30	
YU90S2	750	6.09	2800	70	0.80	0.8	55	1.8
YU90L2	1100	8.68		72	0.80	0.8	90	
YU90S4	550	5.49	1400	66	0.69	1.0	42	1.8
YU90L4	750	6.87		68	0.73	1.0	47	

(8) YY 系列单相电容运转异步电动机：本系列产品的启动转矩小，功率因数高，运转均匀。适用于驱动风扇，仪表和电子仪器等。电动机电压为 220V，频率为 50Hz。

型号含义：YY7122

其中：

YY——YY 系列单相电容运转异步电动机

71——中心高 (mm)

2——铁心长度代号 2——极数

表 4-21 YY 系列单相电容运转异步电动机技术数据

型 号	功率 (W)	电 流 (A)	转 速 (r/min)	效 率 (%)	功率因数	堵转转矩 额定转矩	堵转电流 (A)	最大转矩 额定转矩
YY7112 YY7122	370 550	2.73 3.88	2800	67 70	0.92	0.35	10 5	1.7
YY7114 YY7124	250 370	2.02 2.95	1400	61 62	0.92	0.35	7 10	1.7
YY8012 YY8022	750 1100	5.15 7.02	2800	72 75	0.95	0.32	20 30	1.7
YY8014 YY8024	550 1100	4.25 5.45	1400	64 68	0.92	0.35 0.32	15 20	1.7
YY90S2 YY90L2	1500 2200	9.44 13.67	2800	76 77	0.95	0.30	45 65	1.7
YY90S4 YY90L4	1100 1500	7.41 9.83	1400	71 73	0.95	0.32 0.30	30 45	1.7

(9) YJF 系列单相罩极异步电动机：本系列产品的特点是启动转矩较小，输出功率较低，结构简单运行可靠，噪声小和不受无线电干扰等，广泛应用于驱动负载转矩较小的仪器仪表、吹风机、换气扇、自动控制设备和家用电器等。电动机电压为 220V，频率为 50Hz。

型号含义：YJF-0.4

其中：

YJ——单相罩极异步电动机

F——方形 0.4——输出功率为 0.4W

表 4-22 YJF 系列单相罩极异步电动机技术数据

型 号	电压 (V)	频率 (Hz)	输出功率 (W)	效率 (%)	同步转速 (r/min)
YJF-0.4	220/110	50/60	0.4	5	3000/3600
YJF-0.6	220/110	50/60	0.6	7	3000/3600
YJF-1.0	220/110	50/60	1.0	8	3000/3600
YJF-1.6	220/110	50/60	1.6	10	3000/3600
YJF-2			2	11	
YJF-2.5	220/110	50/60	2.5	12	3000/3600
YJF-3			3	13	
YJF-4	220/110	50/60	4	14	3000/3600
YJF-5			5	15	
YJF-6	220/110	50/60	6	16	3000/3600
YJF-7			7	16.5	
YJF-8	220/110	50/60	8	17	3000/3600
YJF-9			9	17.5	
YJF-10			10	18	
YJF-4804	220/110	50/60	0.4	5	3000/3600
YJF-4808			0.8	5	
YJF-4810			1.0	8.3	
YJF-4820			2.0	9.7	

(10) 70YJ 系列单相罩极异步电动机：本系列产品的启动转矩小，输出功率小，结构简单，运行可靠。广泛应用于驱动电子设备的通风散热、空气滤清器、暖风器和家用电器等。电动机电压为 220V，频率为 50Hz。

型号含义：70YJ01

其中：

70 ——机座号 中心高 70mm
YJ ——单相罩极异步电动机
01 ——规格序号

表 4-23 70YJ 系列单相罩极异步电动机技术数据

型 号	电 压 (V)	输出功率 (W)	频 率 (Hz)	转 速 (r/min)	功率因数	效 率 (%)	堵转转矩 (mN·m)
70YJ01	220	1.6	50	2600	0.47	10	10.8
70YJ02	220	2.5	50	2500	0.50	10	10.8
70YJ03	110	4	50	2600	0.53	12	16.7
70YJ04	220	4	50	2500	0.53	12	16.7
70YJ05	110	1.6	50	2600	0.47	8	10.8
70YJ06	220	1.6	50	2600	0.47	8	10.8
70YJ07	110	1	50	2400	0.44	6	6.9
70YJ08	220	1	50	2400	0.44	6	6.8
70YJ09	110	6	50	2400	0.56	14	16.7
70YJ10	220	6	50	2400	0.56	14	16.7

(11) 90Z, R, Y 系列单相电阻启动, 电容启动, 电容运转异步电动机: 本系列产品具有振动小, 噪声低等特点, 适用于驱动小型机床, 医疗器械, 家用电器及要求振动低、噪声小的环境中。电动机电压为 220V, 频率为 50Hz。

型号含义: 90 R 12

其中:

90——机座号 中心高 90mm

R——R—电容启动/Y—电容

1——铁心长度代号 2——极数

表 4-24 90Z, R, Y 系列异步电动机技术数据

型 号	额定功率	额定转速	效 率	功率因数	堵转转矩	最大转矩
	(W)	(r/min)	(%)		额定转矩	额定转矩
90Z12	180	2800	52	0.78	1.2~2.5	1.8~2.5
90Z22	250	2800	56	0.80		
90Z32	370	2800	60	0.81		
90Z14	120	1400	48	0.58		
90Z24	180	1400	52	0.59		
90Z34	250	1400	56	0.61		
90Z44	370	1400	60	0.63		
90Z16	90	950	42	0.54		
90Z26	120	950	46	0.56		
90Z36	180	950	50	0.58		
90Z46	250	950	56	0.60		
90R12	180	2800	52	0.78	2.5~4	1.8~2.5
90R22	250	2800	56	0.80		
90R32	370	2800	60	0.81		
90R14	120	1400	48	0.58		
90R24	180	1400	52	0.59		
90R34	250	1400	56	0.61		
90R44	370	1400	60	0.63		
90R16	90	950	42	0.54		
90R26	120	950	46	0.56		
90R36	180	950	50	0.58		
90R46	250	950	56	0.60		
90Y12	250	2800	66	0.88		
90Y22	370	2800	70	0.90		
90Y14	180	1400	57	0.88		
90Y24	250	1400	60	0.88		
90Y34	370	1400	63	0.89		
90Y16	120	950	47	0.85	0.3~0.8	1.6~2
90Y26	180	950	50	0.85		
90Y36	250	950	54	0.88		
90Y46	370	950	58	0.88		

(12) BYC 系列隔爆单相电容启动异步电动机: 本系列产品适用于 I 类 (煤矿井下固定式设备) 及 II 类 (工厂内), 有 II A、II B 级, 引燃温度不低于 T1 - T4 的可燃气或蒸气与空气形成的爆炸性混合物的场所。电动机电压为 220V, 频率为 50Hz。

型号含义: B YC 90 S - 2

其中:

B——隔爆型 YC——单相电容启动异步电动机

90——中心高 S——短机座

2——极数

表 4 - 25 BYC 系列隔爆单相电容启动异步电动机技术数据

型 号	功率 (W)	电 流 (A)	电 压 (V)	频率 (Hz)	同步转速 (r/min)	堵转转矩	堵转电流	最大转矩
						额定转矩	(A)	额定转矩
BYC90S-2	750	5.94	220	50	3000	2.5	37	1.8
		5.94/11.88	220/110					
BYC90L-2	1100	8.4	220	50	3000	2.5	60	1.8
		8.4/16.8	220/110					
BYC90S-4	550	5.57	220	50	1500	2.5	29	1.8
		5.57/11.15	220/110					
BYC90L-4	750	6.77	220	50	1500	2.5	37	1.8
		6.77/13.54	220/110					
BYC90S-6	250	4.2	220	50	1000	2.5	20	1.8
BYC90L-6	370	5.27	220	50	1000	2.5	20	1.8
BYC100L1-2	1500	11.24	220	50	3000	2.5	80	1.8
		11.24/22.47	220/110					
BYC100L2-2	2000	16.06	220	50	3000	2.5	120	1.8
		16.06/32.13	220/110					

续表

型 号	功率 (W)	电 流 (A)	电 压 (V)	频 率 (Hz)	同步转速 (r/min)	堵转转矩 额定转矩	堵转电流 (A)	最大转矩 额定转矩
BYC100L1 - 4	1100	$\frac{9.52}{9.52/19.03}$	$\frac{220}{220/110}$	50 (60)	1500	2.5	60	1.8
BYC100L2 - 4	1500	$\frac{12.45}{12.45/24.9}$	$\frac{220}{220/110}$	50 (60)	1500	2.5	80	1.8
BYC100L1 - 6	550	6.94	220	50 (60)	1000	2.5	35	1.8
BYC100L2 - 6	750	9.01	220	50 (60)	1000	2.2	45	1.8
BYC112M - 2	3000	$\frac{21.62}{21.62/43.24}$	$\frac{220}{220/110}$	50 (60)	3000	2.2	150	1.8
BYC112M - 4	2200	$\frac{17.54}{17.54/35.08}$	$\frac{220}{220/110}$	50 (60)	3000	2.5	120	1.8
BYC112M - 6	1100	12.21	220	50 (60)	1000	2.2	65	1.8
BYC132S - 2	3700	$\frac{26.3}{26.3/52.63}$	$\frac{220}{220/110}$	50 (60)	3000	2.2	175	1.8
BYC132S - 4	3000	$\frac{23.45}{23.45/46.9}$	$\frac{220}{220/110}$	50 (60)	1500	2.2	150	1.8
BYC132M - 4	3700	$\frac{28}{28/56}$	$\frac{220}{220/110}$	50 (60)	1500	2.2	175	1.8
BYC132M - 6	1500	14.74	220	50 (60)	1000	2.0	85	1.8
BYC132M1 - 6	2200	20.41	220	50 (60)	1000	2.0	125	1.8
BYC132M2 - 6	3000	26.68	220	50 (60)	1000	2.0	155	1.8

四、特殊用途电机

1. 交流弧焊机

(1) 交流弧焊机的结构与接线图：

①BX1 系列 (BS 系列) 交流弧焊机：BX1 系列弧焊机主要由三铁心柱的单相磁分路动铁式降压变压器组成。改变其次级绕组的匝数可实现焊接电流的粗调，改变中间动铁心的位置可改变变压器的漏磁，从而获得均匀调节的焊接电流。这种焊机的特点是体积较小，焊接时震动也较小，电弧较稳。其铁心结构如图 4-1 所示。



图 4-1 BX1 系列弧焊机的铁心结构

②BX2 系列 (BC 系列) 交流弧焊机：BX2 系列交流焊机是由变压器和电抗器同体组合成的电抗式交流弧焊机。变压器的铁心呈“日”字形，铁心上部装有电抗器的活动铁心。移动这一活动铁心来改变电抗，即可均匀地调节焊接电流。这类焊机体积大而重，小电流焊接时电弧不稳。其铁心结构如图 4-2 所示。

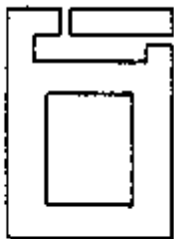


图 4-2 BX2 系列交流弧焊机的铁心结构

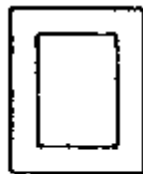


图 4-3 BX3 系列交流弧焊机的铁心结构

③BX3 系列 (BK 系列) 交流弧焊机：BX3 系列交流弧焊机是动圈式漏磁单相交流弧焊机，其铁心采用“口”字形。它可通过移动初级线圈与次级线圈的距离，改变磁耦合程度来达到调节焊接电流的目的。BX3 系列焊机的特点是避免了动铁心的震动，因而其电弧稳定。

其铁心结构如图 4-3 所示。

(2) 交流弧焊机的技术数据: 表 4-26 至表 4-31 分别给出了交流弧焊机的有关技术数据。

表 4-26 BX1 系列的性能数据

型 号	BX1-135	BX1-330	BX1-500	
初级额定电压 (V)	220 或 380	220 或 380	380	
额定容量 (kVA)	8.7	21	31	
各种暂载率时的 焊接电流 (A)	100%	110	260	400
	65%	135	330	—
	60%	—	—	500
	50%	150	—	—
	30%	—	450	—
电流调节范围 (A)	接法 I	25~85	50~180	50~385
	接法 II	50~150	160~450	115~680
次级空载电压 (V)	接法 I	75	70	—
	接法 II	60	60	60
次级工作电压 (V)	30	30	30	
功率因数	0.48	0.5	0.61	
效率 (%)	78	80	81.5	

表 4-27 BX1 系列的绕组数据

项 目		BX1-135		BX1-330		BX1-500
初级线圈	电压 (V)	220	380	220	380	380
	导线名称	双玻璃丝包线		双玻璃丝包线		双纱包扁铜线
	导线截面 (mm)	2.83 × 6.4	2.83 × 3.53	4.1 × 10	2.26 × 5.5	4.7 × 6.4
	并绕根数	1	1	1	2	2
	匝 数	132	232	80	138	每个线圈 48
	导线质量 (kg)	13	11	36.5	36.5	36.5
次级线圈	导线名称	裸扁铜线		裸扁铜线		裸扁铜线
	导线截面	3.8 × 8		5.1 × 13.5		4.7 × 16.8
	并绕根数	1		1		2
	匝 数	13		10		每个线圈 8
电抗线圈	导线名称	裸扁铜线		裸扁铜线		裸扁铜线
	导线截面	3.8 × 8		5.1 × 13.5		3.28 × 22
	并绕根数	1		1		2
	匝 数	40		23		16
	导线质量 (kg)	5.5		11.5		12.5

表 4-28 BX2 系列的性能数据

项 目 \ 型 号	BX2 - 500	BX2 - 700	BX2 - 1000
电源电压 (V)	220 或 380	220 或 380	220 或 380
次级空载电压 (V)	80	72	69
次级工作电压 (V)	45.5	43	42
额定暂载率 (%)	60	60	60
额定焊接电流 (A)	500	700	1000
电流调节范围 (A)	200~600	250~900	400~1200
额定输入容量 (kVA)	42	56	76
效率 (%)	87	87	90
功率因数	0.62	0.62	0.62
额定初级电流 (A)	190 或 110	245 或 147	340 或 196
空载电流 (A)	8 或 4.6	10.5 或 6	8.6 或 5
空载损失 (W)	350	400	500
质量 (重量) (kg)	445	500	560

表 4-29 BX2 系列的绕组数据

项 型 目 号		BX2-500 型				BX2-1000 型							
		初 级 线 圈	电压 (V)	220		380		220				380	
导线截面	3.53×10.8		3.53×6.4		4.4×14.5				4.4×8.6				
导线种类	双玻璃丝包线		双玻璃丝包线		双玻璃丝包线				双玻璃丝包线				
并联根数	2		2		2				2				
导线质量 (导线重量) (kg)	23.5		23.5		35.8				35.8				
线圈编号	I II		I II		I II		I II		I II		I II		
线圈匝数	25 25		43 43		19 19		19 19		33 33		33 33		
抽头标号	78 0		76 0	78 0	76 0	78 79 80 76 80 81	78 79 80 76 80 81	78 79 80 76 80 81	78 79 80 76 80 81	78 79 80 76 80 81	78 79 80 76 80 81	78 79 80 76 80 81	78 79 80 76 80 81
抽头匝数	0 25		0 25	0 43	0 43	0 17 19	0 17 19	0 17 19	0 17 19	0 29 33	0 29 33	0 29 33	0 29 33
次 级 线 圈	导线截面		4.1×12.5		4.1×12.5		4.4×22				4.4×22		
	导线种类	裸铜线		裸铜线		裸铜线				裸铜线			
	并联根数	2		2		2				2			
	导线质量 (导线重量) (kg)	13.5		13.5		22				22			
	线圈编号	I II		I II		I II		I II		I II		I II	
	线圈匝数	9 9		9 9		6 6		6 6		6 6		6 6	
抽头标号	0 45	0 46	0 45	0 46	0 45	0 46	0 45	0 46	0 45	0 46	0 45	0 46	
抽头匝数	0 9	0 9	0 9	0 9	0 6	0 6	0 6	0 6	0 6	0 6	0 6	0 6	

表 4-30 BX3 系列的性能数据

项 目	型 号	BX3-120			BX3-300			BX3-500		
		100	60	35	100	60	35	100	60	35
电源电压 (V)		220 或 380			220 或 380			220 或 380		
电流调节范围 (A)	接法 I	20~55			40~125			60~190		
	接法 II	50~160			115~400			170~670		
空载电压 (V)	接法 I	75			75			70		
	接法 II	65			60			60		
工作电压 (V)		25			30			30		
额定暂载率 (%)		60			60			60		
效率 (%)		81			83			87		
功率因数		0.45			0.53			0.52		
各暂载率时 (%)		100	60	35	100	60	35	100	60	35
输入容量 (kVA)		6.8	8.2	11	15.9	20.5	27.5	25.8	33.2	44.5
初级电流 (A)	220V	29.5	37.2	50	72.5	93.5	125	117	151	202
	380V	17	21.5	29	41.8	54	72	68	87.4	117
次级电流 (A)		93	120	160	232	300	400	388	500	670
质量 (重量) (kg)		100			190			280		

表 4-31 BX3 系列的绕组数据

项 目	BX3-120 型		BX3-300 型						BX3-500 型										
			I		II		I		II		I		II						
初 级 线 圈	电压 (V)	380						380						380					
	导线截面	1.81×2.44						2.44×4.1						3.53×5.5					
	导线种类	双玻璃丝包线						双玻璃丝包线						双玻璃丝包线					
	并联根数	1						1						1					
导线质量 (导线重量) (kg)	12.2						21						34						
线圈编号	I		II		I		II		I		II		I		II				
线圈匝数	310		310		180		180		140		140		140		140				
抽头标号	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
抽头匝数	0	268	310	0	268	310	0	144	180	0	144	180	0	124	140	0	124	140	
次 级 线 圈	导线截面	3.53×6.4						2.26×18						3.53×22					
	导线种类	双玻璃丝包线						双玻璃丝包线						双玻璃丝包线					
	并联根数	1						1						1					
	导线质量 (导线重量) (kg)	11.2						12						19.3					
线圈编号	I		II		I		II		I		II		I		II				
线圈匝数	60		60		30		30		23		23		23		23				
抽头标号	7	8	9	10	11	12	7	8	9	0	7	8	9	0	7	8	9	0	
抽头匝数	0	55	60	0	55	60	0	30	0	30	0	23	0	23	0	23	0	23	

(3) 交流弧焊机导线截面的选取:

表 4-32 交流弧焊机导线截面的选取

型 号	电源线 (mm ²)		焊接用电线 (mm ²)
	220V	380V	
BX-500	35	25	95
BX1-135	10	6	25
BX1-330	16	10	50
BX1-500	—	25	95
BX2-500	50	25	2×50
BX2-700	70	35	2×70
BX2-1000	95	50	2×95
BX2-2000	—	95	3×120
BX3-120	10	6	25
BX3-300	16	10	50
BX3-500	25	16	70

(4) 交流弧焊机的故障处理：表 4-33 列出了交流弧焊机的常见故障及处理方法。

表 4-33 交流弧焊机的常见故障及处理方法

常见故障	产生的原因	处理方法
焊机不起弧	①电源没有电压 ②焊机接线错误 ③焊机绕组有短路或断路 ④电源电压过低 ⑤电源线截面太小或焊接电缆截面太小	①检查刀闸开关和熔断器的接通情况及电源电压 ②检查初级和次级接线是否正确 ③检查绕线组情况 ④调整电源电压 ⑤选用截面足够的电缆

续表

常见故障	产生的原因	处理方法
焊机绕组过热	①焊机过载 ②焊机绕组短路 ③通风机工作不正常	①按规定的暂载率下的焊接电流值使用 ②重绕线圈，更换绝缘 ③检查通风机是否反转或停止运行
焊机铁心过热	①电源电压超过额定电压 ②铁心硅钢片短路 ③铁心夹紧螺杆及夹件的绝缘损坏 ④重绕初级线圈后，线圈匝数不足	①用电压表检查电源电压并与焊机规定电压相对照 ②清洗硅钢片，并重刷绝缘漆 ③更换绝缘材料 ④检查线圈匝数并验算各项电气技术数据进行相应调整
熔断丝经常熔断	①电源线有短路或接地 ②初级绕组或次级绕组短路	①检查电源线的情况 ②检查绕组情况，更换绝缘，重绕线圈
焊机外壳有麻电	①绕组接地 ②电源引线或焊接电缆碰外壳	①用兆欧表检查各绕组的绝缘电阻 ②检查电源引线和焊接电缆与接线端子板的连接情况

续表

常见故障	产生的原因	处理方法
焊机振动及响声过大	① 动铁心上的螺杆和拉紧弹簧松动或脱落 ② 自动动铁心或动圈的机构有故障 ③ 绕组短路	① 加固动铁心及拉紧弹簧 ② 检修自动机构如手柄、螺杆和电动机等 ③ 更换绝缘，重绕线圈
焊接电流不能调节	① 传动动铁心或动线圈的机构有故障 ② 重绕电抗器后，匝数不足，焊接电流不能较小调节	① 检修传动机构 ② 适当增加电抗器线圈匝数
调节手柄摇不动或动铁心、动线圈不能移动	① 调节机构上油垢多或已锈住 ② 移动路线上有障碍 ③ 调节机构已磨损	① 清洗或除锈 ② 清除障碍物 ③ 检修或更换磨损的零件
焊机绕组绝缘太低	① 线圈受潮 ② 线圈长期过热绝缘老化	① 在 100~110℃ 的烘干炉中烘干 ② 更换绝缘，重绕线圈

2. 直流弧焊机

(1) 直流弧焊机的结构:

①AX-320 (AT-320) 型直流弧焊机: AX-320 型直流弧焊机是三电刷裂极式弧焊机。焊机在空载时, 主极饱和而交极未饱和。负载时电枢反应磁场对交极产生去磁作用, 对主极几乎不发生作用。随着负载的增加, 发电机的总磁通减少, 工作电压下降, 产生下降的外特性。焊接电流的调节有粗、细调之分。移动刷架(三档位)是粗调。顺电机转向移电流减少, 反之增加。另外又可改变电路的电阻值进行电流的细调节。

②AX1-500 (AB-500) 型直流弧焊机: AX-500 型直流弧焊机属三电刷差复励式弧焊机, 它有四个主极和四个换向极, 并有串励和并励两组绕组, 并励绕组分布在所有主极上, 串励绕组分布在两个主极上。当负载增大时串励磁场增强, 从而削弱主磁场, 获得陡降的外特性。电流粗调分 300A 和 600A 两档, 电流细调可借助改变并励线圈的可变电阻来实现。使用时转动方向不可反向。小电流焊接时, 如果电弧不稳, 可串入镇流电阻器。

③AX3-300 (AG-300) 型直流弧焊机: AX3-300 型直流弧焊机兼具他励、并励和串励绕组的复励式弧焊机。在三个主极上有并励绕组, 另一主极上有他励绕组, 四个主极上有串励绕组。他励绕组由整流器供电。焊接电流也有粗、细调节。粗调是靠并励和他励绕组中的附加电阻接入或短路来实现, 细调则靠移动电刷位置来均匀调节。

(2) 直流弧焊机的技术数据:

表 4-34 与焊接发电机同轴的三相异步电动机的技术数据

项 目 \ 型 号	AXD-320	AX1-500	AX3-300	AX3-500	AX4-300
容量 (kW)	12	26	10	26	10
转速 (r/min)	1450	1470	2900	2900	2900

续表

项 目 \ 型 号	AXD-320		AX1-500		AX3-300		AX3-500		AX4-300
定子铁心外径 (mm)	333		368		246		327		246
定子铁心内径 (mm)	200		230		137.2		180		137.2
定子铁心长度 (mm)	88		130		144		170		122
定子铁心槽数	36		36		24		36		24
气隙 (mm)	0.5		0.55		0.6		0.8		0.6
电压 (V)	220/ 380	380/ 660	220/ 380	380/ 660	220/ 380	380/ 660	220/ 380	380/ 660	380
电流 (A)	41.6/ 24	24/ 13.9	88.2/ 50.9	50.9/ 29.4	36/ 20.8	20.8/ 12	89/ 51.5	51.5/ 29.8	20.8
电磁线直径 (mm)	1.56	1.68	1.62	1.74	1.35	1.25	1.81	1.56	1.3
并绕根数	1	1	2	2	3	2	4	3	2
每个线圈匝数	21	18	14	24	22	38	8	14	35
并联支路数	2	1	1	1	1	1	1	1	1
接线法	△/Y		△/Y		△/Y		△/Y		△
电磁线种类	高强度 漆包线		双玻璃 丝包线		单纱漆包线		单纱漆包线		高强度 漆包线
线圈节距	1~8		1~8		1~12, 2~11		1~18, 2~17		1~12, 2~11
线圈形式	双层叠式		双层叠式		单层链式		单层链式		单层链式
线圈个数	36		36		12		18		12
定子一相抽头匝数	—		—		11		6		—

表 4 - 35 焊接发电机的技术数据

项 目		焊接发电机的型号				
		AXD-320	AX1-500	AX3-300	AX3-500	AX4-300
二相异步电动机	容量 (kW)	14	26	10	26	10
	电压① (V)	380	380	380	380	380
	电流① (A)	27.6	50.9	20.8	51.5	20.8
	暂载率 (%)	100	100	100	100	100
	转速 (r/min)	1470	1470	2900	2900	2900
	功率因数	0.88	0.88	0.86	0.9	0.86
直流焊接发电机	容量 (kW)	7.5/8.4/9.6	16/20	6.9/9/11.3	16/20/24	6.9/9/11.3
	电流 (A)	250/280/320	400/500	230/300/375	400/500/600	230/300/375
	暂载率 (%)	100/75/50	100/65	100/65/40	100/65/40	100/60/35
	空载电压 (V)	60	73	68	75	55~80
	工作电压 (V)	30	40	30	40	25~35
	电流范围 (A)	45~320	120~600	35~375	60~600	45~375
机组效率 (%)		58	54	52	54	52

① 三相异步电动机的电压有 220/380V 及 380/660V 两种，表中仅列举 380V 时的电流值。

表 4-36 焊接发电机电枢的技术数据

项 目 \ 型 号	AXD-320	AX1-500	AX3-300	AX3-500	AX4-300
铁心外径 (mm)	240	290	177	220	177
铁心长度 (mm)	168+10× 3①	278+10× 2②	75	90	90
槽 数	37	50	29	21	29
铜线截面 (mm)	2.44×10.8	2.63×11.6	1.48×8- 1.81×8	3.28×11.6 +3.28×11.6	2.1×8
铜线绝缘层	玻璃丝带 半叠包一层	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
每台电机线圈数	73	100	87	63	87
每槽线圈数	2	2	3	3	3
每个线圈匝数	1	1	1	1	1
每槽导线数	4	4	6	6	6
线圈形式	叠绕前进	叠绕前进	单波滞后	单波滞后	单波滞后
线圈节距	1~19	1~13	1~8	1~6	1~8
换向片数	73	100	87	63	87
换向片节距	1~2	1~2	1~44	1~32	1~44

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 4 - 37 焊接发电机电刷的技术数据

项 目	型 号	AXD-320	AX1-500	AX3-300	AX3-500	AX4-300
	电刷牌号	DS-4	DS-4	DS-8	DS-8	DS-4
电刷尺寸 (mm)	18×20×50	18×20×35	15×25×30	18×20×35	15×25×30	
每台电机电刷数	10	20	8	20	8	
辅助电刷	电刷牌号	DS-4	DS-4	—	—	—
	电刷尺寸 (mm)	10×20×47	7×35	—	—	—
	每台电机电刷数	2	3	—	—	—

3. 电钻

单相电钻主要由电动机、减速箱、手柄、钻夹头及电源连接装置等部分组成。

单相电钻即交直流两用电钻，有 6、10、13、16 和 19mm 五种规格，对有色金属、塑料、木材等钻孔时，最大钻孔直径可相应增大 30%~50%。单相电钻具有在不同负载时有不同转速的特性，其空载转速比满载转速高 40%~50%。

电钻的钻夹头使用范围如下：

6mm 电钻钻夹头 0.8~6mm

10mm 电钻钻夹头 0.8~10mm

13mm 电钻钻夹头 2.5~13mm

16mm 电钻钻夹头 3~16mm

19mm 电钻采用 2 号莫氏圆锥套筒。

表 4-38 J1Z 型交直流两用串激电钻技术数据

型 号	最大钻 孔直径 (mm)	额定 电压 (V)	额定 电流 (A)	钻轴额 定转矩 (N·cm)	钻轴空 载转速 (r/min)	交流时 额定频 率(Hz)	钻夹头 类型
J1Z-6	6	220	0.91	90	14000	50	三爪夹头
		110	1.85	90	14000	50	三爪夹头
		36	5.6	90	14000	50	三爪夹头
J1Z-10	10	220	1.2	240	900	50	三爪夹头
		110	2.4	240	900	50	三爪夹头
J1Z-13	13	220	1.9	450	600	50	三爪夹头
		110	3.7	450	600	50	三爪夹头
		36	11.1	420	600	50	三爪夹头
J1Z-19	19	220	3.0	1200	420	50	2° 莫 氏锥柄

表 4-39 220V 交直流两用单相串励电钻的电磁参数

型 号	定 子		电 枢				
	线径 (mm)	每极 匝数	线径 (mm)	每槽 线数	每圈 匝数	绕组 型式	绕组 节距
J1Z-6	φ0.31	266	φ0.23	252	42	单叠	1~5
J1Z-10	φ0.38	196	φ0.27	156	20	单叠	1~6
J1Z-13	φ0.51	150	φ0.35	132	22	单叠	1~6
J1Z-16	φ0.62	140	φ0.41	102	17	单叠	1~7
J1Z-19	φ0.72	120	φ0.51	84	14	单叠	1~7

表 4-40 单相电钻常见故障及处理方法

常见故障	产生的原因	处理方法
电钻不能启动	①电源无电压或电源线不通 ②开关接触不良 ③电刷和整流子未接触 ④电枢绕组或定子线圈断路	①检修电源线路 ②检修或更换开关 ③调整电刷压力或更换电刷 ④在分别检查定转子线圈后确定修理或重绕
转速太慢	①电源电压太低 ②电枢绕组短路 ③电刷不在中性线上 ④轴承太紧或有脏物	①检查并调整电源电压 ②检查短路, 如有短路则进行重绕 ③校正电刷位置 ④精洗换油
电刷与整流子间火花较大	①电刷不在中性线上 ②定转子绕组短路或断路 ③电刷与整流子接触不良 ④整流子表面不平	①校正电刷位置 ②检查后确定修理或重绕 ③调整电刷压力、更换电刷或修磨电刷 ④车平整流子表面
电钻过热	①电钻超负荷 ②轴承发热 ③减速箱外表发热 ④定转子绕组发热	①减轻负荷 ②排除机械装备不良故障, 清洗换油, 注意润滑油的质量和用量 ③清洗减速箱, 更换润滑油, 调整齿轮配合 ④找出故障点, 进行针对性修理
在某一位 置不能启动	整流子与转子绕组连接处有两处以上断头	重新焊接

4. 电扇

电扇电动机一般可分为单相电容运转电动机和罩极式电动机两类。因为电容运转式电动机具有结构简单、启动性能较好、效率高等优点,所以得到了广泛应用。电容运转式电动机有主、副二个绕组,电容接在副绕组中,使副绕组回路的容抗大于感抗,电流 I_a 超前 \dot{U} 一个相角 φ_a ,而主绕组总是感性负载, I_m

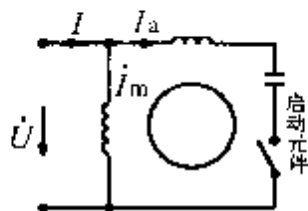


图 4-4 电扇电动机的运转原理图

总是落后 \dot{U} 一个相角 φ_m ,于是形成了圆形旋转磁场,产生启动转矩,使电机旋转起来。电容运转式电扇电动机的运转原理如图 4-4。

(2) 电扇的技术数据:

表 4-41 电扇的技术数据

类型	风叶直径 ^① (mm)	风量 (m ³ /min)	调速 档数	电动机额定参数					消耗每 一度电 可工作 小时数
				相数	型 式	电压 (V)	功率 (W)	转速 (r/min)	
台扇	200 (8英寸)	16	1-2	1	蔽极式	220	32	2200	31
	230 (9英寸)	20	1-2	1	蔽极式	220	38	2200	26
	250 (10英寸)	24	1-3	1	电容式	220	32	1250	31
	300 (12英寸)	34	3	1	电容式	220	46	1250	21.7
	350 (14英寸)	46	3	1	电容式	220	54	1250	18.5
	400 (16英寸)	60	3	1	电容式	220	66	1250	15
吊扇	900 (36英寸)	140	5-7	1	蔽极式	220	75	260	13
	1200 (48英寸)	215	5-7	1	电容式	220	75	260	13
	1400 (56英寸)	270	5-7	1	电容式	220	85	260	11.7
	1500 (60英寸)	300	—	1	电容式	220	90	—	11
落地扇	300 (12英寸)	34	3	1	电容式	220	46	1250	21.7
	400 (16英寸)	60	3	1	电容式	220	66	1250	15
	500 (20英寸)	360	—	3	全封闭、 感应式	380	360	1420	2.8
	500 (20英寸)	160	—	3	全封闭、 感应式	380	140	940	7
箱式 风扇	300 (12英寸)	42	3	1	电容式	220	54	1250	18.5

① 表中风叶直径指扇叶在旋转时所形成圆的最大直径。

表 4-42 电扇的性能数据

类别	规格 (mm)	极数	定子铁心				主绕组		副绕组		电容器 (μF)	节距	绕组型式	调速方法
			外径 (mm)	内径 (mm)	槽数	叠厚 (mm)	线径 (mm)	匝数	线径 (mm)	匝数				
电容式台扇	250	4	88	44.7	8	20	0.17	935×4	0.15	1020×2	1	1~3	双链	抽头
	250	4	78	44.5	16	20	0.15	1050×4	0.15	1050×4	1	1~4	单链	抽头
	300	4	88	44.7	8	26	0.17	634×4	0.19	620×2	1.5	1~3	双链	电抗器
	300	4	85.5	46.5	16	20	0.17	800×4	0.15	1100×2	1	1~4	单链	抽头
	350	4	88	44.7	8	32	0.23	560×4	0.19	790×4	1.2	1~3	双链	电抗器
	350	4	88.5	49	16	26	0.21	720×4	0.17	930×2	1.2	1~4	单链	电抗器
	400	4	88	44.7	8	32	0.23	530×4	0.17	890×4	1.2	1~3	双链	电抗器
	400	4	88	44.7	8	32	0.23	520×4	0.17	1000×2	1.2	1~3	双链	抽头
	400	4	88.5	49	16	35	0.23	570×4	0.19	720×4	1.2	1~4	单链	电抗器
	400	4	88.4	49	16	32	0.21	550×4	0.19	350×2	1.2	1~4	单链	抽头
罩板式台扇	200	2	59	28		32	0.19	1270×4						
	230	2	70	35		32	0.21	1100×2						
	300	4	88	44.7		32	0.27	510×4						
	400	4	108	51		32	0.47	450×4						
电容式吊扇	900	14	118	20	28	23	0.23	380×14	0.19	506×14	1	1~3	双链	
	1200	18	134.75	70.5	36	25	0.27	280×18	0.25	328×18	2	1~3	双链	
	1400	16	139	20	32	25	0.29	245×16	0.25	315×16	2	1~3	双链	
	1400	18	134.75	70.5	36	25	0.27	270×18	0.25	328×18	2.4	1~3	双链	
罩板式吊扇	900	12	123.6	51	12	30	0.38	550×6						

表 4-43 电扇常见故障及处理方法

常见故障	产生的原因	处理方法
电扇不能启动	①电源没有接通 ②电容器损坏 ③罩极绕组接触不良 ④定子绕组断路 ⑤电扇轴承太紧 ⑥电机装配不良	①检查电源线路 ②调换同规格的电容器 ③查找故障点并修理 ④接通断点或重绕 ⑤适当绞松轴承孔 ⑥重装, 保证同心度
电扇有时转有时不转	①调速开关接触不良 ②连接线有脱焊点 ③摇头零件配合过紧 ④定时器失灵 ⑤主、副绕组断路或碰线	①修理或更换开关 ②找出脱焊点重焊 ③针对性进行修理 ④更换定时器 ⑤修理或重绕
电扇要拨动一下才能启动	①电机副绕组断线 ②电容器短路、开路或接触不良	①找到断点重接或更换绕组 ②检查电容器, 如有损坏则可更换同规格的电容器
电扇发热	①电机定转子相擦 ②部分绕组短路 ③缺油或摇头不灵	①检查转轴、轴承进行针对性修理或更换, 装配时注意气隙的均匀性 ②重绕绕组 ③清洗换油或修理摇头机构
电扇风叶抖动	①叶片扭曲变形 ②转轴弯曲	①反复校正风叶和风叶顶部 ②校轴和换轴
台扇不会摇头	①牙杆损坏 ②齿轮损坏 ③转子轴蜗杆磨损 ④拉线松脱	①修理弹簧放好弹子或换牙杆 ②调换齿轮 ③调换新转子 ④固定好拉线

续表

常见故障	产生的原因	处理方法
电扇运转时有杂音	①电机定转子内空隙有杂物 ②定转子平面不齐 ③转子轴向移动量大 ④摇摆匙上下运动产生响声 ⑤轴承松或损坏 ⑥高速绕组铁片松动	①清除杂物 ②对齐定转子平面 ③适当垫层压布板或玻璃布板垫片 ④加垫圈 ⑤更换轴承 ⑥紧固铁片夹紧螺丝
电扇转速慢	①电源电压过低 ②部分线圈短路 ③绕组接头接反 ④绕组匝数过多或线径过细 ⑤电容器损坏 ⑥风叶严重变形，负载加重	①调整电压 ②修理或重绕 ③改正接头 ④检查数据重绕 ⑤更换电容器 ⑥校正风叶
电扇外壳带电	①电容器接线头碰壳 ②绝缘老化导线漏电 ③电源火线误接机壳	①固定好电容器 ②重绕绕组 ③检查并更改接线
电扇反转	①电容器损坏或接线错接 ②启动绕组开路 ③绕组方向接反	①调换电容器或调整接头 ②修理或重绕 ③重新接线

5. 控制微电机

控制微电机是指在自动控制系统中用作测量和比较元件、放大元件、执行和计算元件的旋转电机。它的容量一般从数百毫瓦到数百瓦。按其功能来分，它们可分为讯号元件和功率元件两大类。本节仅介绍常用的 ZKK 系列电机扩大机和 BF 系列步进电动机。

(1) ZKK 系列电机扩大机：电机扩大机又称功率扩大机，用作自动控制中的功率放大元件。ZKK 3~ZKK 12 扩大机与驱动机同轴；ZKK 25~ZK K500 为单轴伸或双轴伸的单独式电机。

表 4-44 ZKK 系列电机扩大机的技术数据

型 号	电机扩大机				
	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 (%)
ZKK12J	1.0	60	16.7	2900	
	1.2	115	10.4		
ZKK25	1.2	115	10.4	1450	68
		230	5.2		
	2.5	115	13.8	2900	74
		230	10.9		
ZKK50	2.2	115	19.2	1450	78
		230	9.6		
	4.5	230	19.6	2900	80
ZKK70	3.5	115	30.4	1450	78
		230	15.2		
	7.0	230	30.4	2900	80
ZKK100	5.0	115	43.4	1450	81
		230	21.7		
	10	230	43.5	2900	84
ZKK110	11	230	47.8	1450	82
ZKK160	16	230	69.6	1450	83
ZKK250	25	230	108.7	1450	85
ZKK500	50	230	108.7	1450	88

表 4-45 ZKK 系列电机

型号	控制绕组 编 号	控制 绕组 个数	控 制					
			K I			K II		
			绕组 匝数	20℃ 时 电阻 (Ω)	额定 控制 电流 (mA)	长期 允许 电流 (mA)	绕 组 匝 数	20℃ 时 电阻 (Ω)
ZKK12J	12-2-1	2	2900	1030	22	190	2900	1030
	12-2-2	2	4600	2200	14	130	4600	2200
	12-2-3	2	4800	2600	13	120	4800	2600
	12-3-4	3	3000	1550	22	145	3000	1550
	12-3-5	3	2350	1340	28	125	2350	1340
	12-3-6	3	500	161	130	190	370	84
	12-3-7	3	900	155	72	360	900	155
	12-4-8	4	675	184	96	240	900	155
	12-2-9	2	1300	166	50	500	1300	166
	12-2-10	2	3500	1500	19	160	3500	1500
	12-2-11	2	6000	4100	11	100	6000	4100
12-4-12	4	650	100	100	430	250	21	
ZKK25	25-2-1	2	3400	985	23	200	3400	985
	25-2-2	2	4360	1500	18	160	4360	1500
	25-2-3	2	6600	3310	12	110	6600	3310
	25-2-4	2	8000	5000	10	90	8000	5000
	25-3-5	3	2600	1065	29	150	2600	1065
	25-4-6	4	500	37.2	150	720	330	18.5
	25-4-7	4	1300	340	58	230	330	18.5
	25-4-8	4	3200	1820	24	105	330	18.5
	25-4-9	4	400	21.7	190	950	2800	1500
	25-4-10	4	5000	2920	15	85	500	131
	25-4-11	4	1300	340	58	225	330	18.5
	25-4-12	4	3600	1835	22	100	3600	2165
	25-4-13	4	18	0.04	4200	2100	500	44.1

扩大机的控制绕组数据

绕组数据									
		KⅢ				KⅣ			
额定控制电流 (mA)	长期允许电流 (mA)	绕组匝数	20℃时电阻 (Ω)	额定控制电流 (mA)	长期允许电流 (mA)	绕组匝数	20℃时电阻 (Ω)	额定控制电流 (mA)	长期允许电流 (mA)
22	190								
14	130								
13	120								
22	145	3000	1345	22	145				
28	125	460	34.2	140	820				
175	270	740	72	88	600				
72	360	1350	367	48	240				
72	360	675	184	96	240	900	155	72	360
50	500								
19	160								
11	100								
260	870	650	100	100	430	250	21	260	870
23	200								
18	160								
12	110								
10	90								
29	150	2600	950	29	200				
230	1150	330	15.6	230	1150	330	18.5	230	1150
230	1150	1300	340	58	230	1300	402	58	230
230	1150	3200	1820	24	105	1200	792	63	110
27	120	400	21.7	190	950	2800	1500	27	120
150	250	5000	2920	15	85	1500	1000	50	100
230	1150	330	15.6	230	1150	330	18.5	230	1150
22	100	3600	1835	22	100	3600	2165	22	100
150	720	18	0.04	4200	2100	500	44.1	150	720

型 号	控制绕组 编 号	控制 绕组 个数	控 制					
			K I			K II		
			绕组 匝数	20℃ 时 电阻 (Ω)	额定 控制 电流 (mA)	长期 允许 电流 (mA)	绕 组 匝 数	20℃ 时 电阻 (Ω)
ZKK50	50-2-1	2	3420	1000	22	200	3420	1000
	50-2-2	2	3720	1500	21	180	3720	1500
	50-2-3	2	6600	3920	12	110	6600	3920
	50-4-4	4	380	24.8	195	975	220	9.15
	50-4-5	4	3200	2200	24	100	220	9.15
	50-4-6	4	5000	3540	15	85	5000	3540
	50-4-7	4	2800	1540	27	120	2800	1770
	50-4-8	4	1710	460	44	220	1710	535
	50-4-9	4	2750	1500	27	120	2300	1000
	50-4-10	4	2750	1500	27	120	1260	300
	50-4-11	4	1300	410	58	210	330	21.6
	50-4-12	4	380	24.8	200	950	15	0.04
	50-4-13	4	440	18.2	170	850	350	23
	50-4-14	4	740	56.2	100	500	250	16.4
	50-2-15	4	3300	1800	23	115	3300	2080
50-2-16	4	1710	500	44	220	1710	500	
50-2-17	4	480	23.2	157	800	1000	365	
ZKK70	70-2-1	2	3600	1000	22	220	3600	1000
	70-2-2	2	4200	1500	19	190	4200	1500
	70-4-3	4	3600	1950	22	120	2100	800
	70-2-4	2	7800	5100	10	100	7800	5100
	70-3-5	3	1300	200	61	370	1300	200
	70-2-6	3	1300	200	61	370	1300	200
ZKK100	100-2-1	2	3200	1000	25	210	3200	1000

续表

绕组数据									
		KⅢ				KⅣ			
额定 控制 电流 (mA)	长期 允许 电流 (mA)	绕组 匝数	20℃ 时 电阻 (Ω)	额定 控制 电流 (mA)	长期 允许 电流 (mA)	绕组 匝数	20℃ 时 电阻 (Ω)	额定 控制 电流 (mA)	长期 允许 电流 (mA)
22	200								
21	180								
12	110								
340	1700	220	7.95	340	1700	220	9.15	340	1700
340	1700	3200	2200	23	100	1200	930	63	100
15	85	100	4.16	750	2000	500	44.7	150	720
27	120	2800	1540	27	120	2800	1770	27	120
44	220	1710	465	44	220	1710	535	44	220
33	165	2750	1500	27	120	2300	1000	33	165
60	300	2750	1500	27	120	400	30	190	950
230	1150	1300	410	58	210	1300	470	58	210
5000	25000	15	0.04	5000	25000	15	0.04	5000	25000
215	1100	350	48	215	460	350	55.5	215	460
300	1100	250	18.8	300	800	250	18.8	300	1000
23	115	3300	1800	23	115	3300	2080	23	115
44	220	1710	500	44	220	1710	500	44	220
75	200	480	23.2	157	800	1000	365	75	200
22	200								
19	190								
38	180	3600	1950	22	120	330	24	240	960
10	100								
61	370	1300	110	61	370				
61	370	650	94	120	480				
25	210								

型 号	控制绕组 编 号	控制 绕组 个数	控 制					
			K I				K II	
			绕组 匝数	20℃ 时 电阻 (Ω)	额定 控制 电流 (mA)	长期 允许 电流 (mA)	绕 组 匝 数	20℃ 时 电阻 (Ω)
ZKK100	100-4-2	4	230	8.16	350	1600	460	37.2
	100-4-3	4	230	8.16	350	1600	3000	2100
	100-4-4	4	230	8.16	350	1600	460	37.2
	100-2-5	2	3920	1415	20	200	3920	1415
	100-2-6	2	7200	4750	11	110	720	4750
	100-4-7	4	400	24	200	1000	230	9.5
	100-4-8	4	340	26.6	230	850	720	73
	100-4-9	4	3000	2190	27	90	3000	2100
	100-4-10	4	500	38.5	160	740	2620	2090
	100-3-11	3	810	39.5	98	500	2500	1050
100-4-12	4	1530	500	52	210	1570	500	
ZKK110	110-4-1	4	230	4.9	400	2000	460	22.4
	110-4-2	4	1700	317	54	270	1700	362
	110-4-3	4	230	4.9	400	2000	230	5.6
	110-4-4	4	230	4.9	400	2000	3800	2200
	110-4-5	4	230	4.9	400	2000	230	5.6
	110-2-6	2	1600	150	58	580	1600	150
	110-4-7	4	1300	165	70	350	200	3.9
ZKK160	160-4-1	4	230	8.16	400	2000	3250	2000
	160-4-2	4	230	8.16	400	2000	460	25
ZKK250	250-3-1	3	1240	43	121	846	5600	1070
ZKK500	500-4-1	4	460	7.45	326	1630	460	7.45

续表

绕组数据									
		KⅢ				KⅣ			
额定控制电流 (mA)	长期允许电流 (mA)	绕组匝数	20℃时电阻 (Ω)	额定控制电流 (mA)	长期允许电流 (mA)	绕组匝数	20℃时电阻 (Ω)	额定控制电流 (mA)	长期允许电流 (mA)
175	800	230	8.16	350	1600	460	37.2	175	800
27	100	230	8.16	350	1600	3000	2100	27	100
175	800	460	32.6	175	800	460	37.2	175	800
20	200								
11	110								
350	1600	230	8.16	350	1600	230	9.5	350	1600
110	550	28	0.102	2850	1400	200	13.6	400	1000
27	100	230	8.16	350	1600	3000	2100	27	100
30	90	500	38.5	160	740	2620	2090	30	90
32	160	2500	1050	32	160				
50	220	1530	500	52	210	1570	500	50	220
200	1000	460	19.6	200	1000	460	22.4	200	1000
54	270	1700	317	54	270	1700	362	54	270
400	2000	230	4.9	400	2000	460	22.4	200	1000
24	120	230	4.9	400	2000	3800	2200	24	120
400	2000	1700	317	54	270	230	5.6	400	2000
58	580								
460	2300	1300	165	70	350	1000	150	92	460
28	140	230	8.16	400	2000	3250	2000	28	140
200	1000	230	8.16	400	2000	460	25	200	1000
27	188	7500	1050	20	140				
326	1630	230	2.09	652	3260	230	2.09	652	3260

(2) BF 系列步进电动机：该系列步进电动机是一种将电脉冲信号转换成角位移的执行元件。它的定子做成多相的，转子做成多齿的，脉冲电源对定子各相绕组顺序供电，每加一个脉冲，步进电动机就前进一步。改变脉冲的数量、频率及接通次序便可获得所需要的运行特性。BF 系列电机具有调速范围广、启动速度快、能反转和制动、具有自锁能力、无输出转角定位精度的积累误差等优点。随着数字控制系统的发展，步进电动机的应用越来越广泛。

表 4-46 BF 系列步进电动机的技术数据

机座号	型号	相数	电压 (V)	电流 (A)	步距角 (°)	步距角误差 (′)	最大静转矩 (N·cm)	空载启动频率 (Hz)	千赫时启动转矩 (N·cm)
28	28BF3-6	3	27	0.15	6/3	30			
36	36BF3-6	3	27	1.5	3/1.5	15	6	2000	2
45	45BF3-3	3	27	0.35	3/1.5	15	5	400	2.5
	45BF3-3A	3	27	2		15	10	1500	
55	55BF3-3	3	60	4	3/1.5	15	30	3000	14
70	70BF3-3	3	60/12	3	3/1.5	15	70	1400	20
	70BF3-3	3	60/12	5	3/1.5	15	50	2000	
	70BF3-3A	3	60/12	5	3/1.5	15	90	1500	
	70BF3-3B	3	27	3	3/1.5	15	40	1800	
70	70BF3-3C	3	27	3		15	90	1500	14
	70BF5-3	5	60/12	3.5	3/1.5	15	30	3000	
	70BF5-4	5	60/12	3.5	4/2	18	22	1900	

续表

机座号	型号	相数	电压 (V)	电流 (A)	步距角 (°)	步距角误差 (′)	最大静转矩 (N·cm)	空载启动频率 (Hz)	千赫时启动转矩 (N·cm)
70	70BF5-4.5	5	60/12	3.5	4.5/2.25	20	25	1700	6
	70BF6-1.5	6	60/12	4.5	1.5/0.75	10	65	4500	35
90	90BF3-3	3	60/12	5	3/1.5	15	180	1000	25
	90BF3-1.5	3	60/12	4	1.5/0.75	10	200	1400	
110	110BF4-1.8	4	60/12	7	1.8/0.9	15	270	1200	55
	110BF4-1.8A	4	60/12	7	1.8/0.9	15	450	1000	
	110BF5-1.5	5	60/12	7	1.5/0.75	10	270	2000	55
	110BF5-1.5A	5	60/12	7	1.5/0.75	10	450	1500	
130	130BF3-3	3	60/12	7	3/1.5	15	350	1100	
	130BF6-1.5	6	80/12	8	1.5/0.75	13.5	500	1700	
	130BF6-1.5	6	80/12	10	1.5/0.75	13.5	700	1700	
160	160BF6-1.5	6	80/12	13	1.5/0.75	13.5	1000	1400	
	160BF6-1.5	6	80/12	15	1.5/0.75	13.5	2000	1200	
	160BF6-1.5	6	80/12	13	1.5/0.75	13.5	1000	1400	

五、直流电机

直流电机由定子、转子及其他零件所组成,基本工作原理和其他电机一样,是建立在电和磁的相互作用之上。直流电机除他励外应用广泛的是自励直流电机,自励直流电机又可分为串励、并励和复励三种接法。

直流电机的型号:型号是表示电机种类、性能、结构和用途而引用的产品代号,它为电机的使用、制造、设计等带来了方便。

如: Z2 - 21

其中:

Z——直流电机

2——第二次统一设计

2——机座号

1——铁心长度序号

直流电机的系列:直流电机的系列是指电机的结构和形状基本相似,而电压、转速、机座号等都用一定的标准等级,电机的功率也按一定的比例递增。我国直流电机的主要系列有 Z2、Z3、Z4、Z1)、ZF、Z1)2、ZF2、ZZ、ZQ 等。

表 4-47 Z2 系列直流发电机的技术数据

型号	额定功率 (kW)	额定电压 (V)	额定电流 (A)		效率 (%)		最大励磁功率(W)		原动机型号	质量 (kg)
			115V	230V	115V	230V	115V	230V		
额定转速 2850r/min										
Z2-21	1.1	115, 230	9.57	4.79	76	76.5	45	50	Y90S-2	48
22	1.7		14.8	7.39	79.5	80.5	58	62	Y90L-2	56
31	2.4		20.85	10.42	81	82	83	77	Y100L-2	65
32	3.2		27.8	13.9	82.5	83.5	125	120	Y112M-2	76
41	4.2		36.5	18.25	79.5	81.5	140	118	Y132S ₁ -2	88
42	6		52.2	26.1	82	83	147	135	Y132S ₂ -2	101
51	8.5		74	37	83.5	84.5	163	191	Y160M ₁ -2	126
52	11	230		47.8		85.5		196	Y160M ₂ -2	148
61	14			61		86		272	Y160L-2	175
62	19			82.6		87.5		241	Y180M-2	196

续表

型号	额定功率 (kW)	额定电压 (V)	额定电流 (A)		效率 (%)		最大励磁功率 (W)		原动机型号	质量 (kg)
			115V	230V	115V	230V	115V	230V		
额定转速 1450r/min										
Z2-22	0.8	115、 230	6.95	3.48	74	75	46	49	Y90S-4	56
31	1.1		9.56	4.78	75.5	76.5	63	71	Y90L-4	65
32	1.7		14.8	7.4	78	79	94	82	Y100L ₁ -4	76
41	2.4		20.9	10.45	76.5	77.5	115	115	Y100L ₂ -4	88
42	3.2		27.8	13.9	79	80.5	131	128	Y112M-4	101
51	4.2		36.5	18.25	80	81	156	157	Y132S-4	126
52	6		52.2	26.1	82	83	172	197	Y132M-4	148
61	8.5		74	37	83	84	222	174	Y160M-4	175
62	11		95.6	47.8	85	85.5	198	220	Y160L-4	196
71	14		121.7	61	85	85.5	380	360	Y180M-4	280
72	19		165	82.6	85.5	86	500	500	Y180L-4	320
81	26		226	113	86	86.5	530	540	Y200L-4	393
82	35	304	152	86.5	87	520	590	Y225M-4	443	
91	48	418	209	87	87.5	670	650	Y250M-4	630	
92	67			291		83		700	Y280S-4	730
101	90			391		88.5		690	Y315S-4	970
102	115	230	—	500	—	89	—	1200	Y315M ₁ -4	1130
111	145			631		89		1300	Y315M ₂ -4	1350
112	180			783		89.5		1500	Y355M ₁ -4	1410

续表

型 号	额定 功率 (kW)	额定 电压 (V)	额定电流 (A)		效 率 (%)		最大励磁 功率(W)		原动机型号	质量 (kg)
			115V	230V	115V	230V	115V	230V		
			额定转速 960r/min							
Z2-81	14	115, 230	121.8	60.9	81.5	82.5	550	540	Y200L ₁ -6	393
82	19		165	82.5	82.5	83.5	600	580	Y200L ₂ -6	443
91	26		226	113	84.5	85.5	650	620	Y225H-6	630
92	35		304	152	86	87	570	650	Y280S-6	730
101	48		418	209	86.5	87.5	740	800	Y280M-6	970
102	67		582	291	87	88	970	1000	Y315S-6	1130
111	90	230	—	391	—	88.5	—	990	Y315M ₁ -6	1350
112	115		—	500	—	89	—	1500	Y315M ₂ -6	1410

表 4-48 Z2系列直流电动机的技术数据

型 号	额定 功率 (kW)	额定 电压 (V)	额定 转速 (r/min)	最高转速 (r/min)	额定电流(A)		最大励磁 功率(W)		质量 (kg)
					110V	220V	110V	220V	
Z2-11	0.8	110 220	3000	3000	9.82	4.85	52	52	32
12	1.1				13	6.41	63	62	36
21	1.5				17.5	8.64	61	62	48
22	2.2				24.5	12.2	77	77	56
31	3				33.2	16.52	80	83	65
32	4				43.8	21.65	98	94	76
41	5.5				61	30.3	97	108	88
42	7.5				81.6	40.3	120	141	101

续表

型号	额定功率 (kW)	额定电压 (V)	额定转速 (r/min)	最高转速 (r/min)	额定电流 (A)		最大励磁功率 (W)		质量 (kg)
					110V	220V	110V	220V	
51	10	220	3000	3000	—	53.4	—	222	126
52	13				—	68.7	—	365	148
Z2-61	17	220	3000	3000	—	88.9	—	247	175
62	22					113.7		232	196
71	30					158.5		410	280
72	40					205.6		500	320
Z2-51	10	110			107.5	—	—	—	144
Z2-11	0.4	110, 220	1500	3000	5.47	2.71	39	43	32
12	0.6				7.74	3.84	60	62	36
21	0.8				9.96	4.94	65	68	48
22	1.1				13.2	6.53	88	101	56
31	1.5				17.6	8.68	103	94	65
32	2.2				25	12.35	131	105	76
41	3				34.3	17	116	134	88
42	4				44.8	22.3	170	170	101
51	5.5			61	30.3	154	165	126	
52	7.5			2400	82.2	40.8	242	260	148
61	10				108.2	53.8	260	260	175
62	13			140	68.7	246	264	196	
71	17			2250	180	90	400	430	280
72	22				232.6	115.4	370	370	320
81	30				315.5	156.9	450	540	393

续表

型号	额定功率 (kW)	额定电压 (V)	额定转速 (r/min)	最高转速 (r/min)	额定电流 (A)		最大励磁功率 (W)		质量 (kg)
					110V	220V	110V	220V	
82	40	220	1500	2250	-	208	770	443	
91	55			2000		284	770	630	
92	75			2000		385	870	730	
101	100			1800		511	1070	970	
102	125			1800		635	940	1130	
111	160			1500		810	1300	1350	
112	200			1500		1010	1620	1410	
Z2-21	0.4	110 220	1000	2000	5.59	2.75	60	67	48
22	0.6				7.69	3.81	64	70	56
31	0.8				10.02	4.94	88	88	65
32	1.1				13.32	6.58	83	100	76
41	1.5				18.05	8.9	123	130	88
42	2.2				25.3	12.7	172	160	101
51	3				34.5	17.2	125	165	126
52	4				45.2	22.3	230	230	148
61	5.5				60.6	30.3	190	283	175
62	7.5				82.6	41.3	325	193	196
71	10				111.5	54.8	300	370	280
72	13				142.3	70.7	430	420	320
81	17				185	92	460	510	393
82	22				238	118.2	570	500	443
91	30				319	158.5	650	540	630

续表

型号	额定功率 (kW)	额定电压 (V)	额定转速 (r/min)	最高转速 (r/min)	额定电流(A)		最大励磁功率(W)		质量 (kg)
					110V	220V	110V	220V	
Z2-92	40	110, 220		2000	423	210	620	620	730
101	55					285.5		670	970
102	75	220	1000	1500	—	385	—	820	1130
111	100					511		1150	1350
112	125					635		1380	1410
Z2 31	0.6				7.9	3.9	90	85	65
32	0.8				10.0	4.94	83	81	76
41	1.1				14.2	6.99	121	122	88
42	1.5				18.2	9.2	174	180	101
51	2.2				26.15	13	148	162	126
52	3				35.2	17.37	172	176	148
61	4	110			46.6	23	176	190	175
62	5.5				62.9	31.3	197	293	196
71	7.5	220	750	1500	85.2	42.1	310	350	280
72	10				112.1	55.8	340	440	320
81	13				145	72.1	460	480	393
82	17				187.2	93.2	500	560	443
91	22				239.5	119	580	590	630
92	30				323	160	620	770	730
101	40				425	212	820	900	970
102	55				—	289	—	920	1130

续表

型号	额定功率 (kW)	额定电压 (V)	额定转速 (r/min)	最高转速 (r/min)	额定电流(A)		最大励磁功率(W)		质量 (kg)
					110V	220V	110V	220V	
111	75	220				387		1000	1350
Z2-112	100					514			1510
Z2-91	17				193	95.5	560	570	630
92	22	110			242.5	119.7	610	650	730
101	30	220			324.4	161.5	640	810	970
102	40		660	1200	431	214	930	1020	1130
111	55					289		980	1350
Z2-112	75	220			—	387	—		1510

表 4-49 Z2系列调压发电机的技术数据

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 (%)	功率 (kW)	电流 (A)	功率 (kW)	电流 (A)	最大励磁功率 (W)	原动机型号	质量 (kg)
						110V		160V				
Z2-21	1.1			8.15	77	0.896	8.15	1.1	6.87	47	Y90S-2	48
22	1.5			11.1	79.5	1.23	11.1	1.5	9.38	60	Y90L-2	56
31	1.5	135	2850	16.3	81.5	1.8	16.3	2.2	13.8	120	Y100L-2	65
32	3			22.2	84	2.44	22.2	3	18.8	130	Y112M-2	76
Z2-41	4			29.6	80	3.26	29.6	4	25	202	Y132S ₁ -2	88
42	5.5			40.7	82	4.49	40.7	5.5	34.4	260	Y132S ₂ -2	101
51	7.5	135	2850	55.6	83.5	6.12	55.6	7.5	46.9	286	Y160M ₁ -2	126
52	10			74	85	8.15	74	10	62.5	250	Y160M ₂ -2	148

续表

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 (%)	功率 (kW)		电流 (A)		最大励磁功率 (W)	原动机型号	质量 (kg)
						110V	160V	110V	160V			
Z2-61	13			96.5	84	10.6	96.3	13	81.3		Y160L-2	180
Z2-21	0.6			4.44	69	0.49	4.44	0.6	3.75	63	Y90S-4	48
22	0.8			5.92	74	0.65	5.92	0.8	5	60	Y90S-4	56
31	1.1			8.15	75	0.9	8.15	1.1	6.88	115	Y90L-4	65
32	1.5			11.1	78.5	1.23	11.1	1.5	9.38	153	Y100L ₁ -4	76
41	2.2			16.3	76.5	1.8	16.3	2.2	13.8	216	Y100L ₂ -4	88
42	3			22.2	78.5	2.44	22.2	3	18.8	294	Y112M-4	101
51	4			29.6	79.5	3.26	29.6	4	25	300	Y132S-4	126
52	5.5			40.7	82	4.49	40.7	5.5	34.4	331	Y132M-4	148
		135	1450									
61	7.5			55.6	82.5	6.12	55.6	7.5	46.9	346	Y160M-4	175
62	10			74	84	8.15	74	10	62.5	446	Y160-4	196
71	13			96.4	84.5	10.6	96.4	13	81.3	600	Y180M-4	280
72	17			126	85.5	13.9	126	17	106	670	Y180L-4	320
81	22			163	86	17.9	163	22	137.5	720	Y200K-4	393
82	30			222	86.5	24.5	222	30	187.5	490	Y225S-4	443
91	40			296	87	32.5	296	40	250	520	Y225M-4	630
92	55			407	87.5	44.8	407	55	344	700	Y280S-4	730
Z2-21	1.1			4.07	78	0.9	4.07	1.1	3.44	50	Y90S-2	48
22	1.5			5.56	80	1.23	5.56	1.5	4.69	60	Y90L-2	56
31	2.2			8.15	82	1.8	8.15	2.2	6.88	121	Y100L-2	65
32	3			11.1	84.5	2.44	11.1	3	9.38	141	Y112M-2	76

续表

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 (%)	功率 (kW)	电流 (A)	功率 (kW)	电流 (A)	最大励磁功率 (W)	原动机型号	质量 (kg)
						110V		160V				
41	4	270	2850	14.8	81	3.26	14.8	4	12.5	185	Y132S ₁ -2	88
42	5.5			20.35	83	4.49	20.35	5.5	17.2	245	Y132S ₂ -2	101
51	7.5			27.8	84	6.12	27.8	7.5	23.4	294	Y160M ₁ -2	126
52	10			37	85.5	8.15	37	10	31.3	341	Y160M ₂ -2	148
61	13			48.1	86	10.6	48.1	13	40.7	394	Y9160M ₂ -2	175
62	17			63	87	13.9	63	17	53.2	494	Y180M-2	196
Z2-21	0.6			2.22	69.5	0.49	2.22	0.6	1.88	63	Y90S-4	48
22	0.8			2.96	75	0.65	2.96	0.8	2.5	52	Y90S-4	56
31	1.1			4.075	76	0.9	4.075	1.1	3.44	137	Y90L-4	65
32	1.5			5.55	79	1.23	5.55	1.5	4.69	157	Y100L ₁ -4	76
41	2.2			8.15	77	1.8	8.15	2.2	6.88	204	Y100L ₂ -4	88
42	3			11.1	79	2.44	11.1	3	9.38	300	Y112M-4	101
51	4			14.8	80.5	3.26	14.8	4	12.5	286	Y132S-4	126
52	5.5			20.4	83	4.49	20.4	5.5	17.2	374	Y132M-4	148
61	7.5			27.8	83	6.12	27.8	7.5	23.4	363	Y160M-4	175
Z2-62	10			270	1450	37	84.5	8.15	37	10	31.3	423
71	13	48.1	85			10.6	48.1	13	40.6	680	Y180M-4	280
72	17	63	86			13.9	63	17	53.1	700	Y180L-4	320
81	22	81.5	86.5			17.9	81.5	22	68.7	720	Y200L-4	393
82	30	111	87			24.5	111	30	93.75	490	Y225S-4	443
91	40	148	87.5			32.6	148	40	125	520	Y225M-4	630

续表

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 (%)	功率	电流	功率	电流	最大励磁功率 (W)	原动机型号	质量 (kg)
						(kW)	(A)	(kW)	(A)			
						110V		160V				
92	55			203.5	88	44.8	203.5	55	172	700	Y280S-4	730
101	75			278	88	61.2	278	75	234.5	790	Y280M-4	970
102	100			370.5	88.5	81.7	370.5	100	312.5	900	Y315S-4	1130
111	125			463	89	102	463	125	391	960	Y315M ₁ -4	1350
112	160			593	89.5	130.4	593	160	500	1240	Y315M ₂ -4	1410

第五章 低压电器

低压电器通常是指额定电压在 500 伏以下的电器，它在电能的生产、输送、分配和消耗过程中起着控制、保护及调节等作用，低压电器被广泛用于生产和日常生活中。

一、低压电器的分类

按照用途的不同，低压电器可分为低压配电电器和低压控制电器两大类。低压配电电器主要有刀开关、转换开关、熔断器、自动开关等。低压控制电器主要有接触器、启动器、主令电器、继电器、电磁铁、电阻器、控制器等。

表 5-1 低压配电电器的分类及用途

名 称	主要品种	用 途
刀开关	大电流刀开关 熔断器式刀开关 开关板用刀开关 负荷开关	主要用电路隔离，也能接通和分断额定电流
转换开关	组合开关 换向开关	用于两种以上电源或负载的转换和通断电路
自动开关	框架式自动开关 塑料外壳式自动开关 限流式自动开关 漏电保护自动开关	用于线路过载、短路或欠压保护，也可用作不频繁接通和分断电路
熔断器	有填料熔断器 无填料熔断器 快速熔断器 自复熔断器	用于线路或电气设备的短路和过载保护

表 5—2 低压控制电器的分类及用途

名 称	主要品种	用 途
接触器	交流接触器 直流接触器	主要用于远距离频繁启动或控制电动机以及接通和分断正常工作的电路
控制继电器	直流继电器 电压继电器 时间继电器 中间继电器 热继电器	主要用于控制系统中，控制其他电路或作主电路的保护
启动器	磁力启动器 减压启动器	主要用于电动机的启动和正反转控制
主令电器	按钮 限位开关 微动开关 万能转换开关	主要用于接通和分断控制电路
电阻器	铁基合金电阻	用于改变电路的电压、电流等参数或变电能为热能
变阻器	励磁变阻器 启动变阻器 频敏变阻器	主要用于发电机调压以及电动机的减压启动和调速
电磁铁	制动电磁铁 牵引电磁铁 起重电磁铁	用于起重、操纵或牵引机械装置
控制器	凸轮控制器 平面控制器	主要用于电器控制设备中转换主回路或励磁回路的接法，以达到电动机启动、换向和调速的目的

二、低压电器的型号

低压电器产品有各种各样的结构和用途，每一种类型的产品都有它的型号，产品全型号及意义如下：

1 2 3 —4 5 / 6 7

其中：

- 1——类组代号，用汉语拼音字母表示，最多三个汉语拼音字母。类组代号见表 5-3。
- 2——设计代号，用数字表示，位数不限。其中二位及二位以上的首位数字为“9”者表示船用，“8”表示防爆用，“7”表示纺织用，“6”表示农用，“5”表示化工用。
- 3——特殊派生代号，用汉语拼音字母表示，最好一位，表示全系列在特殊情况下变化的特征，一般情况无此代号。
- 4——基本规格代号，用数字表示。
- 5——派生代号，用汉语拼音字母表示，最好一位，表示系列内个别变化的特征，加注通用派生代号见表 5-4。
- 6——辅助规格代号，用数字表示。
- 7——热带产品代号。

类组代号与设计代号的组合，表示产品的系列。如 DW10 表示框架式自动开关第 10 个系列。表 5-3 代号一栏中从上往下竖着排列下来的 A、B、C……Z 表示低压电器产品组别，从左至右横排的 13 个字母 H、R、D……A 表示低压电器的十三大类产品，如 DW10 中的 D 代表自动开关类别，W 代表框架式组别。

型号示例：

① LA19-11 表示控制按钮，设计序号为 19，具有一对常开触头，一对常闭触头。

② DZ5-20/3 表示三极塑料外壳式自动开关（装置式自动开关），设计序号为 5，额定电流为 20A。

③ HK2-15/3 表示三极开启式负荷开关（胶盖瓷底闸刀开关），设计序号为 2，额定电流为 15A。

表 5-3 低压电器的类组代号

代号	H	R	D	K	C	Q	J	L	Z	B	T	M	A	
名称	刀开关和刀形转换开关	熔断器	自动空气断路器	控制 器	接触 器	启动 器	继电器	主令 电器	电阻 器	变阻 器	调整 器	电磁 铁	其他	
组	A					按钮 式	按钮							
	B								板形 元件				保护 器	
	C		插入式				磁力		冲片 元件	旋臂 式			插销	
	D	单投刀开关										电压 单相	灯	
	G					鼓形 高压			管形 元件					
	H	封闭式 负荷开关	汇流 排式											接线 盒
	J					交流 减压								
	K	开启式 负荷开关							主令 控制 器					
	L		螺旋式	照明				电流			励磁			
	M		密闭 管式	灭磁										
	P					平面 中频					频敏			
	Q										启动		牵引	
	R	熔断器式 刀开关						热						
	别	S	双投刀形 转换开关	快速	快速		时间 手动	时间	主令 开关	绕结 元件				二相
T		铁壳	有填料 管式		凸轮		通用	足踏 开关	铸铁 元件	启动 调速				
U							油浸	旋钮		油浸 启动				
W				万能式				温度 转换 开关		液体 启动			起重	
X			限流	限流			呈三 角	引程 开关	电阻 器	滑线 式				
Y		其他	其他	其他	其他	其他	其他	其他	其他	其他	其他			
Z		组合开关		装置式		直流	综合	中间						制动

表 5-4 低压电器的通用派生代号

派生字母	代 表 意 义
A、B、C、D…	改型设计
F	高返回、带分励脱扣
H	保护式、带缓冲装置
J	交流、防溅式
K	开启式
L	电流的
M	密封式、灭磁
N	可逆
P	电磁复位、防滴式、单相、两个电源、电压的
Q	防尘式、手车式
S	有锁住机构、手动复位、防水式、三相、三个电源、双线圈
T	干热带、湿热带通用
TA	干热带
TH	湿热带
W	无灭弧装置
Z	直流、自动复位、防震

三、常用低压电器

1. 刀开关和组合开关

(1) 刀开关：刀开关又称闸刀开关，广泛地用于各种配电设备和供电线路上，被用于非频繁地接通和分断容量不太大的低压供电线路上，以及作为电源的隔离开关。

刀开关及其与熔断器组合的产品可以分为：

- 刀开关和刀形转换开关；

- 开启式负荷开关（胶盖瓷底刀开关）；
- 封闭式负荷开关（铁壳开关）；
- 组合开关；
- 熔断器式刀开关。

其中每一类又有额定电流、极数、有无灭弧装置以及操作方式之分（除大电流刀开关由电动机操作外，多数采用手动操作）。

①开启式负荷开关：开启式负荷开关亦称胶盖瓷底刀开关，主要用于交流 50Hz，额定电压至 380V 的电路中，作为电气照明、电阻和电热等回路的控制开关，也可作为分支电路的配电开关。在降低容量的情况下，可作为小型异步电动机的非频繁启动控制开关。

主要系列产品有 HK1、HK2、TSW 和 HK1-P 等系列，HK1 和 HK2 系列式负荷开关的基本技术数据分别列于表 5-5 和表 5-6。

表 5-5 HK1 系列开启式负荷开关的技术数据

额定电流(A)	极数	额定电压(V)	控制异步电动机功率(kw)	熔体线径(mm)
15	2	220	1.5	1.45~1.59
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

注：熔体的成分为：铅 98%，锡 1%，铋 1%。

表 5-6 HK2 系列开启式负荷开关的技术数据

额定电流(A)	极数	额定电压(V)	控制交流异步电动机功率(kw)	熔体线径不大于(mm)
10	2	250	1.1	0.25
15	2	250	1.5	0.41
30	2	250	3.0	0.56
60	2	250	2.2	0.65

续表

额定电流(A)	极数	额定电压(V)	控制异步电动机功率(kw)	熔体线径(mm)
15	3	380(500)	2.2	0.45
30	3	380(500)	4	0.71
60	3	380(500)	5.5	1.12
10(倒顺)	2	250	1.1	
30(倒顺)	2	250	3.0	
60(倒顺)	2	250	2.2	
15(倒顺)	3	500	2.2	
30(倒顺)	3	500	4	
60(倒顺)	3	500	5.5	

注：熔体含铜量不少于 99.9%。

对于一般负荷，闸刀开关可以根据其额定电流和工作电压来选择，但由于它没有灭弧装置，开关易被电弧烧伤而引起接触不良，因此不宜用于经常分合的电路。在用于控制电动机时，因为启动电流是额定电流的 4~7 倍，所以要将开关降容使用，通常选择闸刀开关的额定电流为电动机额定电流的 3 倍。

安装闸刀开关时要垂直安装在电源板上，电源进线必须接于进线座上，并使进线座在上，出线座在下。

②铁壳开关：铁壳开关即封闭式负荷开关。常用的 HH 系列铁壳开关与开启式负荷开关相比，加装了速断弹簧，提高了触刀的通断速度，另外又在断口处设置了灭弧罩，采用了 U 形双断点触刀片，且外加铁（钢）壳保护与联锁装置。这不仅使铁壳开关的通断能量大大提高，而且也保证了安全用电。

铁壳开关适用于额定电压为 500V 以下、电流为 200A 以下的电路中，主要用于工矿企业动力配电、照明、电热和电力排灌，也可作为交流电动机的不频繁直接启动及停止用的控制开关。

常用的铁壳开关有 HH3 和 HH4 系列产品，表 5-7 和表 5-8 分

别给出了铁壳开关的技术数据。

表 5-7 HH3 系列封闭式负荷开关的技术数据

额定 电流 (A)	额定 电压 (V)	极数	触头极限接通及分断 能力 (A)		熔断器极限分断 能力 (A)	
			交流 440V		交流 440V	
			电流	cosφ	电流	cosφ
10	交流 440	2、3	40	0.4	500	0.8
15			60		1000	
20			80		1000	
30			120		2000	
60			240	4000		
100			250	5000	0.4	
200			300	5000		

表 5-8 HH4 系列封闭式负荷开关的技术数据

额定 电流 (A)	额定 电压 (V)	极 数	熔体主要参数			触头极限接 通分断能力 (A)		熔断器极 限分断能力 (A)	
			额定电流 (A)	材料	线径 (mm)	电流	cosφ	电流	cosφ
15	380	2 3	6	软铅丝	1.08	60	0.5	500	0.8
			10		1.25				
			15		1.98				
30			20	紫铜线	0.61	120	1500	0.7	
			25		0.71				
			30		0.80				
60	40	紫铜线	0.92	240	3000	0.6			
	50		1.07						
	60		1.20						

续表

额定 电流 (A)	额定 电压 (V)	极 数	熔体主要参数			触头极限接 通分断能力 (A)		熔断器极 限分断能力 (A)	
			额定电流 (A)	材料	线径 (mm)	电流	cosφ	电流	cosφ
100	440	3	60、80 100	RT10 系列熔 断器		300	0.8	50000	0.25
200			100、150、 200			600			
300			200、250、 300			900			
400			300、350、 400			1200			

在选用铁壳开关时，要考虑到它不带热保护和分断能力偏低的特点，来适当选配控制对象和负载大小。因此，控制照明和电热线路时，开关额定电流可按线路的额定电流来选，为保证电机的运行安全，60A以上的铁壳开关不宜用来控制电动机。控制电动机时，开关的额定电流可根据表5-9选择，也可用下式进行估算：

$$I_k = 1.5I_N$$

式中

I_k ——开关的额定电流 (A)

I_N ——电动机的额定电流 (A)

表 5-9 封闭式负荷开关与可控制电动机容量的配合

额定电流 (A)	可控电动机最大容量 (kW)		
	220V	380V	500V
10	1.5	2.7	3.5
15	2.0	3.0	4.5
20	3.5	5.0	7.0
30	4.5	7.0	10
60	9.5	15	20

铁壳开关在使用中，由于合闸不到位或动、静触头接触不良，使电动机运转烧损的故障时有发生，为此要经常注意检查、维修、及时更换已损坏的零部件，以确保电机的正常运行。

(2) 组合开关：组合开关在机床设备和其他电气设备中使用十分广泛，它具有体积小、接线方式多、使用方便等特点。与闸刀开关比较，灭弧性能有所改善，常用作接通或分断电路，测量三相电压，换接电源或负载，以及控制小容量电动机的正反转和星三角启动等。

HZ系列组合开关有HZ1、HZ2、HZ3、HZ4、HZ5、HZ10等系列产品，其中HZ1至HZ4属淘汰产品，HZ5系列是万能转换开关，HZ10系列组合开关是全国统一设计产品，它具有寿命长、使用可靠、结构简单等优点。表5-10给出了HZ10系列产品的技术数据。

表 5-10 HZ10 系列组合开关的技术数据

型号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	极数	极限操作电流 (A)		可控制电动机最大容量和额定电流①		额定电压及额定电流下的通断次数	
				接 通	分 断	容量 (kW)	额定电流 (A)	交流 $\cos\varphi$	
								≥ 0.8	≥ 0.3
HZ10—10	交流 380	6	单极	94	62	3	7	20000	10000
		10							
25		2、3	155	108	5.5	12			
60									
HZ10—100		100						10000	5000

①均指三极组合开关。

HZ10 系列组合开关应根据电源种类、电压等级、所需角头数和被控制的负载容量来选用。开关额定电流，一般为被控电动机额定电流的 1.5—2.5 倍。此外还要考虑功率因数和频率的影响，如果功率因数低了或是操作频率高了（每小时转接次数不宜超过 15—20 次），组合开关都要降容使用。在使用中不能用组合开关来分断故障电流，就是用于控制电动机正反转时，也要等电动机完全停稳后，才允许反方向接通。

2. 熔断器

熔断器是一种低压线路及电动机控制线路中作过载和短路保护的电器。熔断器与所保护的电路串联连接，当该电路发生过载或短路故障时，熔断器中的熔体便灼热而熔化，从而切断故障电流，完成保护任务。常用的低压熔断器有瓷插式、螺旋式、无填料封闭管式和有填料封闭管式等。

(1) 熔断器的结构与参数：熔断器主要由熔体（金属丝或金属片）、安装熔体的熔管（或熔座）和插头（连接用的接头）等三部分组成。

熔断器的三个基本参数：

① 额定电压：指熔断器分断后能长期承受的电压，一般等于或大于使用电气设备的额定电压。若超过额定电压使用，有可能出现电弧不能熄灭的危险。低压电力熔断器的额定电压有 110V、220V、380V、550V、600V、和 1140V 6 个电压等级。

② 额定电流：指熔断器能长期通过的电流。通过熔体的电流小于其额定电流时，熔体不会熔断；只有在超过其额定电流并达到熔断电流时，熔体才会发热熔断。熔断电流一般是熔体额定电流的两倍。电流越大，熔断越快。我国用于低压电网的电力熔断器的额定电流等级如表 5-11 所示。

表 5-11 熔断器的额定电流等级

熔断器的额定电流 (A)	熔体的额定电流 (A)
10	2、4、6、10
25	15、20、25
60	30、35、40、50、60
100	60、80、100
200	100、125、150、200
400	200、250、300、350、400
600	400、430、450、500、550、600
1000	700、800、900、1000

③断流能力：指熔断器能在故障条件下可靠地分断过载（或短路）的最大电流。对于电力熔断器，根据不同的需要有 20kA、25kA 和 50kA 等 5 个等级，快速熔断器有 25kA、50kA 和 100kA 等 3 个等级。

(2) 瓷插式熔断器：瓷插式熔断器即插入式熔断器。这种熔断器具有结构简单、价格便宜、更换熔体方便等优点，但熔化特性不稳定，被广泛用于低压线路和小容量（7.5kW 以下）电动机的短路保护，额定电流在 15A 及以下的熔断器（这时熔体均为软铅丝）对电动机兼有过载保护作用。

瓷插式熔断器的新型系列产品是 RC1A 系列，其主要技术数据见表 5-12。

表 5-12 RC1A 系列瓷插式熔断器的技术数据

熔断器额定电流 (A)	熔体额定电流 (A)	熔体材料	熔体直径或厚度 (mm)	极限分断能力 (A)	交流回路功率因数	断开次数
5	2	软铅丝	φ0.52	250	0.8	3 ⁰
	5		φ0.71			
10	2		φ0.52	500		
	4		φ0.82			
	6		φ1.08			
15	10		φ1.25	1500		
	15	φ1.98				
30	20	铜丝	φ0.61	1500	0.7	
	25		φ0.71			
	30		φ0.80			
60	40		φ0.92	3000	0.6	
	50		φ1.07			
	60		φ1.20			
100	80	φ1.55	3000	0.6		
	100	φ1.80				
200	120	变截面冲制铜片	0.2			
	150		0.4			
	200		0.6			

①断开次数是指熔断器在此规定次数的动作范围内能保证其技术性能。

(3) 螺旋式熔断器：螺旋式熔断器适用于交流 50Hz，380V 或直流 400V 的低压线路。主要由底座、瓷帽和熔体三部分组成。熔断管上盖中有一熔断指示器，当电路分断时，指示器跳出，通过瓷帽观察

可见。这种熔断器具有较高的分析能力，保护特性稳定，更换熔体方便，使用安全，常用的 RL1 系列熔断器有四个等级，其技术数据列于表 5-13 中。

表 5-13 RL1 系列螺旋式熔断器的技术数据

型 号	熔断器 额定电流 (A)	熔体额定电流 (A)	功率因数 $\cos\varphi \geq 0.3$ 时的极限分断能力 (A, 有效值)	
			380V	500V
RL1-15	15	2、4、6、10、15	2000	2000
RL1-60	60	20、25、30、35、 40、50、60	5000	3500
RL1-100	100	60、80、100	—	20000
RL1-200	200	100、125、150、 200	—	50000

(4) 无填料封闭管式熔断器：无填料封闭管式熔断器是一种可拆卸的熔断器。熔体熔断之后，用户可自行拆开，换上新熔体再使用，故适用于故障发生较多的场合。另外，它采用钢纸管（俗称反白管）作熔管，采用变截面锌片作熔体。当通过故障电流时，锌片几处狭窄部位同时熔断，形成很大间隙，灭弧容易，几无熔化的金属颗粒及高温气体喷出。与此同时，电弧热量能使钢纸管局部分解，产生气体，增加了开断时的管内压力，这都加速了电弧的熄灭，从而提高了分断能力。但在几次动作之后，熔管内层会逐渐变薄，灭弧效能和机械强度都会降低，为了工作可靠和防止爆炸，按规定 RM10 系列熔断器在切断过三次相当于断流能力的电流后必须换管，旧管可降容使用。

无填料封闭管式熔断器产品主要有 RM7 和 RM10 两个系列，它们适用于交流 50Hz，额定电压分别为 380V 和 500V 及直流 440V 的电网。按额定电流来分，它们都分为 6~7 个等级，表 5-14 给出了它们的熔管和熔体的额定电流。

表 5-14 RM7、RM10 系列熔断器的熔管和熔体规格

RM7 系列		RM10 系列	
熔管 (A)	熔体 (A)	熔管 (A)	熔体 (A)
15	6, 10, 15	15	6, 10, 15
60	15, 20, 25, 30, 40, 50, 60	60	15, 20, 25, 35, 45, 60
100	60, 80, 100	100	60, 80, 100
200	100, 125, 160, 200	200	100, 125, 160, 200
400	200, 240, 260, 300, 350, 400	350	200, 225, 260, 300, 350
600	400, 450, 500, 560, 600	600	350, 430, 500, 600
		1000	600, 700, 850, 1000

(5) 有填料封闭管式熔断器：低压电网的短路电流有时很大，必须使用极限分断能力大的 RTO 系列有填料封闭管式熔断器。它由熔管和底座两部分组成。管内装有工作熔体和指示器熔体，两者并联。当工作熔体熔断时，指示器熔体立即熔断，指示器弹出红色醒目的指示件，表示熔断信号。表 5-15 是 RTO 系列熔断器的基本技术数据。

表 5-15 RTO 系列有填料封闭管式熔断器的技术数据

熔管额定 电流 (A)	熔体额定电流 (A)	极限分断能力 (kA, 有效值)	
		380V $\cos\varphi > 0.3$	500V $\cos\varphi > 0.2$
50	5, 10, 15, 20, 30, 40, 50	50	25
100	30, 40, 50, 60, 80, 100		
200	80, 100, 120, 150, 200		
400	150, 200, 250, 300, 350, 400		
600	350, 400, 450, 500, 550, 600		
1000	700, 800, 900, 1000		—

(6) 快速熔断器：快速熔断器是一种与 RTO 系列熔断器结构相似的熔断器，它采用变截面的纯银片作熔体，电路短路时能快速切断短路电流。适用于频率为交流 50Hz，电压为 750V 或 750V 以下的电路，主要用作硅和可控硅整流元件及其成套装置的短路保护和过载保护。

目前，快速熔断器主要有 RSO 和 RS3 两个系列产品。RSO 系列用于大容量硅整流元件的短路保护，RS3 系列用于可控硅元件的短路保护。它们的基本技术数据分别如表 5-16 和表 5-17 所示。

表 5-16 RSO 系列有填料封闭管式快速熔断器的技术数据

额定电压 (V)	熔断器 额定电流 (A)	熔体额定 电流 (A)	$\cos\varphi > 0.3$ 时的极限分 断能力 (kA, 有效值)	熔断时间
250	50	30、50	50	1.1 I_n 时，4 小时内 不熔断 4 I_n 时，0.05 ~ 0.3 秒内熔断 6 I_n 时，100 ~ 500 安 产品在 0.02 秒内熔断 7 I_n 时，10 ~ 80 安产 品在 0.02 秒内熔断
	100	50、80		
	200	150		
	350	320		
	500	400、480		
500	50	30、50	40	1.1 I_n 时，5 小时内不熔断 3.5 I_n 时，0.06 秒内熔断 4 I_n 时，100 安以上产品在 0.02 秒内熔断 4.5 I_n 时，100 安及以下产 品在 0.02 秒内熔断
	100	50、80		
	200	150		
	350	320		
	500	400、480		

表 5-17 RS3 系列有填料封闭管式快速熔断器的基本技术数据

额定 电压 (V)	熔断器额 定电流 (A)	熔体额定 电流 (A)	极限分断能力		熔断时间
			电流 (kA, 有效值)	功率 因数	
500	50	10、15、 20、25、 30、40、50	25	0.3	1.1 I_n 时，5 小时内不熔断 3.5 I_n 时，0.06 秒内熔断 4 I_n 时，100 安以上产品在 0.02 秒内熔断
		80、100	50	0.5	4.5 I_n 时，100 安及以下产 品在 0.02 秒内熔断
	100				
	200 300	150、200 250、300			

(7) 熔断器的选用：熔断器的选用主要考虑两方面：

① 熔断器的选择：

· 熔断器类型的选择主要根据负载保护特性和短路电流大小来选。如电动机过载保护，宜选具有锌质熔体和铅锡合金熔体的熔断器；短路电流甚大的就要选用 RT0 系列熔断器；

· 熔断器额定电压必须大于或等于线路工作电压，额定电流必须大于或等于所装熔体的额定电流。

② 熔体额定电流的选择：

· 对变压器、电炉及照明等负载，熔体额定电流应稍大于负载额定电流。

· 对一台电动机，取熔体的额定电流为电动机额定电流（1.5～2.5）倍。所选系数与启动情况和熔体材料有关；轻载启动、启动时间短或熔体材料为铅锡合金（或锌）时，取 1.5；重载启动、启动时间长或频繁正反转时，系数取 2.5。

· 对几台电动机同时保护，则熔体额定电流为：

$$I_R = (1.5 \sim 2.5) I_{N_{\max}} + \sum I_N$$

式中 I_R ——熔体额定电流；

$I_{N_{\max}}$ ——容量最大的一台电动机的额定电流；

$\sum I_N$ ——其余各台电动机的额定电流之和。

3. 自动开关

自动开关又称自动空气开关或自动空气断路器，是一种可以自动切断故障电路的保护电器。当电路中发生短路、过载、失压等不正常现象时，它能自动切断电路，在正常条件下自动开关也可用作不频繁接通和断开电路以及控制电动机的启动和停止。自动开关是通过电磁脱扣器自动脱扣进行短路保护的，它不仅分断能力强，而且动作值可以调整，动作过后不需要像熔断器短路保护那样更换新的熔体，所以得到广泛的应用。

(1) 自动开关的类型：目前，生产中使用最多的自动开关有塑壳式（亦称装置式）和框架式（又称万能式）两种。塑壳式自动开关的常用型号有 DZ4-25、DZ5-20、DZ5-50 和 DZ10 系列；框架式自

动开关主要有 DW5、DW7、DW10 等几个系列。它们的主要技术数据分别见表 5-18 至表 5-21。

表 5-18 DZ4-25 系列自动开关的技术数据

型 号	额定电流 (A)	额定电压 (V)	极数	脱扣器类别	脱扣器 额定电流 (A)	
DZ4-25/330	25	380	3	复式脱扣器	1.6、2.5、4、 6.4、10、16、 25	
DZ4-25/230			2			
DZ4-25/320			3	电磁脱扣器		
DZ4-25/220			2			
DZ4-25/310			3	热脱扣器		
DZ4-25/210			2			
DZ4-25/300			3	无脱扣器		
DZ4-25/200			2			

表 5-19 DZ5-20、DZ5-50 系列自动开关的技术数据

型 号		主触头 额定电流 (A)	额定 电压 (V)	极数	脱扣器 型式	脱扣器 额定电流 (A)	辅助触头		
							型式	额定 电流 (A)	
DZ5-20	DZ5-20/330	20	380	3	复式	0.15、 0.2、0.3、 0.45、 0.65、1、 1.5、2.3、 4.5、6.5、 10、15、20	一常开及 一常闭	S	
	DZ5-20/230			2					
	DZ5-20/320			3	电磁式				
	DZ5-20/220			2					
	DZ5-20/310			3	热脱扣 器式				
	DZ5-20/210			2					
	DZ5-20/300			3	无脱扣器式				
	DZ5-20/200			2					

续表

型 号	主触头 额定电流 (A)	额定 电压 (V)	极数	脱扣器 型式	脱扣器 额定电流 (A)	辅助触头	
						型式	额电 电流 (A)
DZ5—50	50	500、 380	3	液压式	10、15、 20、25、 30、40、50	一常开、 一常闭、 二常开、 二常闭 无辅助触 头	5

注：二极开关的外形尺寸与三极相同，其中间一极是没有的。

表 5-20 DZ10 系列自动开关的基本技术数据

额定 电流 (A)	复式脱扣器		电磁脱扣器		极限分断电流 (A)	
	额定电流 (A)	动作电流 整定倍数	额定电流 (A)	动作电流 整定倍数	380V	500V
100	15	10	15	10	7000	6000
	20		20			
	25		25			
	30		30		9000	7000
	40		40			
	50	50	12000	10000		
	60	100			6~10	
	80					
	100					

续表

额定 电流 (A)	复式脱扣器		电磁脱扣器		极限分断电流 (A)	
	额定电流 (A)	动作电流 整定倍数	额定电流 (A)	动作电流 整定倍数	380V	500V
250	100	5~10	250	2~6	30000	25000
	120	4~10				
	140	3~10		2.5~8		
	170					
	200					
	250					
600	200	3~10	400	2~7	50000	40000
	250					
	300					
	350		600	2.5~8		
	400					
	500			3~10		
	600					

表 5-21 DW10 系列自动开关的技术数据

型 号	额定电流 (A)	过电流脱扣器 额定电流 (A)	过电流瞬时脱扣 器的整定电流 (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	150~225~450
		200	200~300~600
		250	250~375~750
		300	300~450~900
		350	350~525~1050
	400	400~600~1200	
DW10—600/2 DW10—600/3	600	400	400~600~1200
		500	500~750~1500
		600	600~900~1800
DW10—1000/2 DW10—1000/3	1000	400	400~600~1200
		500	500~750~1500
		600	600~900~1800
		800	800~1200~2400
		1000	1000~1500~3000

注：过电流脱扣器动作电流对整定值的偏差不大于±10%。

(2) 自动开关的选择：选择自动开关时应从下列几方面来考虑：

①自动开关的额定电压和额定电流应大于电路的正常工作电压和工作电流；

②热脱扣器的额定电流（整定电流）应与所控制的电动机额定电流或负载额定电流一致；

③电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流应大于负载电路正常工作时的尖峰电流。对于控制电动机的 DZ 系列自动开关，为使电机启动时自动开关不动作，应满足

$$I_Z \geq K I_{st}$$

式中 I_Z ——瞬时脱扣整定电流（出厂时一般整定为热脱扣器额定电流的 10 倍）；

I_{st} ——电动机启动电流；

K ——安全系数，可取 1.7。

④要求有过载延时、短路瞬时保护特性时，选用塑壳式自动开关（但不能带失压脱扣），框架式自动开关兼有过载和短路保护（都是瞬时动作式）。

（3）自动开关的安装和维护：自动开关应按规定垂直安装，来自电源的连接线应接在自动开关灭弧室的一端，负载连接线则接在脱扣器的一端。使用前应抹去内部防锈油脂，以免影响动作值，工作时应保持灭弧罩完好无损，整定值一经调好就不允许随意更动，此外，应定期（半年）给操作机构加润滑油，检查各动作值。在分析短路电流以后，要及时擦拭或细心修理触头（忌用砂纸）。

4. 启动器

启动器是供电动机启动用的一种控制电器。由于电动机的启动方式不同，所以选用的启动器类型也不同。我国目前常用的启动器主要有磁力启动器、星三角启动器、自耦减压启动器、延边三角形启动器和电阻与电抗减压启动器等。功能完备的启动器具有过载、失压或短路保护装置，是多种标准电器的组合体。

（1）磁力启动器：75kW 及以下的鼠笼式异步电动机直接启动时使用最广的启动设备是磁力启动器，磁力启动器由交流接触器和热继电器组合而成。从结构上看，磁力启动器有开启式和保护式两类，每一类又有可逆式和不可逆式、带热继电器和不带热继电器之分，分类情况见表 5-22。

表 5-22 QC8、QC10 磁力启动器的结构分类

代 分 号 类	开 启 式				保 护 式			
	不可逆		可 逆		不可逆		可 逆	
	无热继电器	带热继电器	无热继电器	带热继电器	无热继电器	带热继电器	无热继电器	带热继电器
容量等级/ 分类代号		□/2	□/3	□/4	□/5	□/6	□/7	□/8

选用磁力启动器时，应从以下两方面来考虑：

①根据使用要求，选择相适应的结构型式。如用于冲击振动剧烈的场合，应选用带有机械联锁装置的启动器或自行增设机械联锁装置，以保证运行安全。

②根据所控制的电动机的功率来确定所选用的磁力启动器的等级。

表 5-23 至表 5-25 分别给出了常用磁力启动器的基本技术数据。

表 5-23 QC8 系列磁力启动器的基本技术数据

型 号	额定 电流(A)	热继电器 型号	热元件 额定电流 (A)	热继电器整定 电流调节范围 (A)	可控制异 步电动机 的最大功 率(kW)
					380V
QC8-2	10	JR15-10/2	0.35	0.25~0.35	4
			0.50	0.32~0.50	
			0.72	0.45~0.72	
			1.10	0.68~1.10	
			1.60	1.00~1.60	
			2.40	1.50~2.40	
			3.50	2.20~3.50	
			5.00	3.20~5.00	
			7.20	4.50~7.20	
			*11.0	6.80~11.0	

续表

型 号	额定 电流(A)	热继电器 型号	热元件 额定电流 (A)	热继电器整定 电流调节范围 (A)	可控制异 步电动机 的最大功 率(kW)
					380V
QC8-3	20	JR15-40/2	11 16 *24	6.80~11.0 10~16 15~24	10
QC8-4	40	JR15-40-2	24 33 *45	15~24 22~33 30~45	20
QC8-6	100	JR9-300	86 *125	56~86 85~125	50
QC8-7	150	JR9-300A	125 *176	85~125 124~176	75

注：①带有*号的热元件配用在保护式启动器中时，因受启动器温升所限，其使用电流不应大于启动器额定电流。

②内部装置交流接触器均为CJ8系列。

表 5-24 QC10 系列磁力启动器的基本技术数据

型 号	额定电 流(A)	热继电器 型号	热元件 额定电流 (A)	热继电器整定 电流调节范围 (A)	可控制 异步电 动机的 最大功 率(kW)
					380V
QC10-2	10	JR-15-10	0.35	0.25~0.30~0.35	4
			0.50	0.32~0.40~0.50	
			0.72	0.45~0.60~0.72	
			1.10	0.68~0.90~1.10	
			1.60	1.10~1.30~1.60	
			2.40	1.50~2.00~2.40	
			3.50	2.20~2.80~3.50	
			5.00	3.20~4.00~5.00	
			7.20	4.50~6.00~7.20	
			11.00	6.80~9.00~11.00	
QC10-3	20	JR15-40	11.00	6.80~9.00~11.00	10
QC10-4	40		16.00	10~13~16	
			24	15~20~24	
QC10-5	60	JR15-100	33	22~27.5~33	30
			45	30~37.5~45	
			50	32~40~50	
QC10-6	100	JR15-100	72	45~60~72	50
QC10-7	150		100	60~80~100	
			110	68~90~110	
			150	100~125~150	75

表 5-25 QC12 系列磁力启动器的基本技术数据

型 号	额定电 流(A)	热元件 额定电流 (A)	热继电器整定 电流调节范围 (A)	可控制 异步电 动机的 最大功 率(kW)
				380V
QC12-1	5	0.35	0.25~0.35	2.2
		0.50	0.32~0.50	
		0.72	0.45~0.72	
		1.10	0.68~1.10	
		1.60	1.00~1.60	
		2.40	1.50~2.40	
		3.50	2.20~3.50	
QC12-2	10	5.00	3.20~5.00	4
		0.35	0.25~0.35	
		0.50	0.32~0.50	
		0.72	0.45~0.72	
		1.10	0.68~1.10	
		1.60	1.00~1.60	
		2.40	1.50~2.40	
		3.50	2.20~3.50	
		5.00	3.20~5.00	
		7.20	4.50~7.20	
11.0	6.80~11.0			
QC12-3	20	11.0	6.80~11.0	10
		16.0	10.0~16.0	
		22.0	14.0~22.0	

续表

型 号	额定电 流(A)	热元件 额定电流 (A)	热继电器整定 电流调节范围 (A)	可控制 异步电 动机的 最大功 率(kW)
				380V
QC12-4	40	22.0	14.0~22.0	20
		32.0	20.0~32.0	
		45.0	28.0~45.0	
QC12-5	60	45.0	28.0~45.0	30
		63.0	40.0~63.0	
QC12-6	100	85.0	53.0~85.0	50
		120	75.0~120	
QC12-7	150	120	75.0~120	75
		160	100~160	

(2) 星三角启动器：通过改变电动机定子绕组的接线来达到限制启动电流的启动器是星三角启动器，按三角形接法直接启动时的启动电流如果为额定电流的6~7倍，则采用星形启动后启动电流仅为额定电流2~2.3倍，启动转矩也降为原来按三角形接法直接启动时的1/3，大大减轻了启动对电网的冲击。所应注意的是被启动的电动机必须具有六个出线端子，正常运行时为三角形接法。采用星三角启动时，虽有结构最简单的优点，可是这种方法只适用于无载或者轻载启动的场合，且启动器的最高操作频率不能超过每小时30次，这就使其应用范围受到了某些限制。

星三角启动器的系列产品有QX1、QX2、QX3和QX4等系列，其中QX1、QX2系列均为手动式，QX3、QX4系列是具有过载及失压保护的自动式。它们的基本技术数据列于表5-26。

5-26 常用星三角启动器的技术数据

型 号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	可控制电 动机的最 大功率 (kW)	热元件额 定电流 (A)	热元件整 定电流调 节范围 (A)	时间继电 器整定近 似值 (s)
			380V			
QX1-13	380	16	13			
QX1-30	380	40	30			
QX2-13	500	12	13			
QX2-30	500	36	30			
QX3-13	500	12.5	13	11 16 22	6.8~11 10~16 14~22	
QX3-30	500	28	30	32 45	20~32 28~45	
QX4-17	380	26 33	13 17		15 19	11 13
QX4-30	380	42.5 58	22 30		25 34	15 17
QX4-55	380	77 105	40 55		45 61	20 24
QX4-75	380	142	75		85	30

注：QX4系列的热元件整定电流调节范围为近似值。

5. 电阻器和变阻器

以下介绍的电阻器和变阻器主要用于电动机的启动、制动及转速调节等。

(1) 电阻器：电阻器主要用于交流频率 50Hz、电压至 500V 及直

流电压至 400V 的电路中。在选用电阻器时，要考虑三个参数要求，即额定电流，额定电阻和工作制。工作制分长期、反复短时和短时工作制。

ZX1 系列电阻器由铸铁电阻元件组合而成，ZX2 系列电阻器由康铜带绕元件组成。电阻器的主要技术数据见表 5-27、表 5-28。

表 5-27 ZX1 系列电阻器的主要技术数据

型 号	+ 20℃ 时的电阻值(Ω)						额定 电流 (冷态 值) (A)	电阻元件 型号及 数量	
	总的	每 极 的							
		1	2	3	4	5			
ZX1 - 1/5	0.10	0.03	0.02	0.02	0.03		215	ZT ₁ 型	20
ZX1 - 1/7	0.14	0.042	0.028	0.028	0.042		181		20
ZX1 - 1/10	0.20	0.06	0.04	0.04	0.06		152		20
ZX1 - 1/14	0.28	0.084	0.056	0.056	0.084		128		20
ZX1 - 1/20	0.40	0.12	0.08	0.08	0.12		107		20
ZX1 - 1/28	0.56	0.163	0.112	0.112	0.168		91		20
ZX1 - 1/40	0.80	0.24	0.16	0.16	0.24		76		20
ZX1 - 1/55	1.10	0.33	0.22	0.22	0.33		64		20
ZX1 - 1/80	1.60	0.48	0.32	0.32	0.48		54		20
ZX1 - 1/110	2.20	0.66	0.44	0.44	0.66		46	20	
ZX1 - 2/38	1.52	0.456	0.304	0.304	0.228	0.228	55	ZT ₂ 型	40
ZX1 - 2/54	2.16	0.648	0.432	0.432	0.324	0.324	46		40
ZX1 - 2/75	3.0	0.9	0.6	0.6	0.45	0.45	39		40
ZX1 - 2/105	4.2	1.26	0.84	0.84	0.63	0.63	33		40
ZX1 - 2/140	5.6	1.68	1.12	1.12	0.84	0.84	29		40
ZX1 - 2/200	8.0	2.4	1.6	1.6	1.2	1.2	24		40

注：当温度每增高 100℃ 时，电阻值约增加 10%。

表 5-28 ZX2 系列电阻器的主要技术数据

型号	+20℃时的电阻值(Ω)		额定电 流(A)	电阻元 件匝数	电阻线直 径和尺寸 (mm)	电阻元件 型号及 数量	
	总的	每片电 阻元件					
ZX2-1/0.2	2.0	0.2	42	15	10×1.0	ZB ₁ 型	10
ZX2-1/0.25	2.5	0.25	37	15	10×0.8		10
ZX2-1/0.33	3.3	0.33	32	15	10×0.6		10
ZX2-1/0.4	4.0	0.4	29	15	10×0.5		10
ZX2-1/0.5	5.0	0.5	26	15	10×0.4		10
ZX2-1/0.66	6.6	0.66	23	15	10×0.3		10
ZX2-2/0.7	7	0.7	22.3	2×36	2.0	ZB ₂ 型	10
ZX2-2/0.9	9	0.9	19.9	2×36	1.8		10
ZX2-2/1.1	11	1.1	17.7	2×36	1.6		10
ZX2-2/1.45	14.5	1.45	15.4	2×36	1.4		10
ZX2-2/1.95	19.5	1.95	13.8	2×36	1.2		10
ZX2-2/2.8	28	2.8	11.2	74	2.0		10
ZX2-2/3.5	35	3.5	10.1	74	1.8		10
ZX2-2/4.4	44	4.4	8.9	74	1.6		10
ZX2-2/5.8	58	5.8	7.7	74	1.4		10
ZX2-2/8	80	8	6.6	74	1.2		10
ZX2-2/12	120	12	5.4	112	1.2		10
ZX2-2/18	180	18	4.4	112	1.0		10
ZX2-2/21.6	216	21.6	4.0	112	0.9		10
ZX2-2/27.6	276	27.6	3.5	112	0.8		10
ZX2-2/37	370	37	3.1	150	0.8		10
ZX2-2/48	480	48	2.7	150	0.7		10
ZX2-2/68	680	68	2.3	150	0.6		10
ZX2-2/96	960	96	1.9	150	0.5		10
ZX2-2/140	1400	140	1.6	150	0.4		10
ZX2-2/188	1880	188	1.4	150	0.35		10
ZX2-2/260	2600	260	1.2	150	0.3	10	

(2) 变阻器:变阻器包括启动变阻器,频敏变阻器和励磁变阻器等。

启动变阻器可在不断开电路的情况下逐级地或均匀地改变电阻值,从而达到启动,调节等目的;频敏变阻器主要用于绕线型异步电动机的启动;励磁变阻器是利用电阻值的变化来改变电机励磁绕组电流的电器,以调节发电机的电压或电动机的转速。

变阻器常用的系列产品有 BT1 系列启动调速变阻器;BP 系列频敏变阻器;HL1 系列励磁变阻器。表 5-29 为 BT1 系列启动调速变阻器的技术数据,表 5-30 为 BL1 系列励磁变阻器的技术数据。

表 5-29 BT1 系列电阻器的主要技术数据

型 号	额定电流 (A)	保护装置型号		级 数	
		接触器	继电器	启动	调速
BT1-3/1 BT1-3/2	40	CZ8-40/00	JL1-01	6	10
BT1-12/3 BT1-12/4 BT1-12/5	100	CZ8-100/00		7	15
BT1-24/6 BT1-24/7 BT1-24/8	200	CZ8-200/00		10	20
BT1-3/1 BT1-3/2	40	CZ8-40/00		6	10
BT1-12/3 BT1-12/4 BT1-12/5	100	CZ8-100/00		7	15
BT1-24/6 BT1-24/7 BT1-24/8	200	CZ8-200/00		10	20

表 5-30 BL1 系列励磁变阻器的技术数据

型 号	容量 (W)	极限电流 (A)	级 数		传动 装置	重量 (kg)
			不开路 接线	带开路 接线		
BL1-300P	300	15	32	30	小手轮	6.5
BL1-450P	450	15	32	30		8.0
BL1-650P	650	15	40	38		11.5
BL1-900P	900	15	60	58		15.5
BL1-1200P	1200	15	64	62		24.0
BL1-1800P	1800	15	64	62		28.0
BL1-2400P	2400	15	64	62		32.0
BL1-2500P	2500	25	120	118		43.0
BL1-3500P	3500	25	120	118		45.0
BL1-4500P	4500	25	142	140		48.0

6. 电磁铁

(1) 牵引电磁铁：牵引电磁铁常被用于各种机床及自动化系统中，主要用作远距离操作和控制各种机构，如在液压和气压操作系统中用来控制阀门。它的吸力一般在 10~250N 范围内。

MQ1 系列牵引电磁铁在结构上分为推动式和拉动式两种，其基本技术数据列于表 5-31，基本参数应符合表 5-32 的规定。

表 5-31 MQ1 系列牵引电磁铁的基本技术数据

型 号	额定吸力 (N)	额定行程 (mm)	通电持续率 (%)	操作次数 (次/小时)
MQ1 - 5101	15	20	100	600
MQ1 - 5111	30	25	100	600
MQ1 - 5121	50	25	100	200
MQ1 - 5131	80	25	100	200
MQ1 - 5141	150	50	100	200
MQ1 - 5151	250	30	100	200
MQ1 - 6101	15	20	100	600
MQ1 - 6111	30	25	100	600
MQ1 - 6121	50	25	100	200
MQ1 - 6131	80	25	100	200
MQ1 - 5102	30	20	10	400
MQ1 - 5112	50	25	10	400
MQ1 - 5122	80	25	10	400
MQ1 - 5132	150	25	10	400
MQ1 - 6102	30	20	10	400
MQ1 - 6112	50	25	10	400
MQ1 - 6122	80	25	10	400
MQ1 - 6132	150	25	10	400

表 5-32 MQ1 型系列牵引电磁铁基本参数

型 号	电磁铁线圈参数	额定电压 (V)	
		220	380
MQ1-5101	线径 (mm)	0.29	0.23
	圈数 (匝)	1820	3240
MQ1-5111	线径 (mm)	0.41	0.31
	圈数 (匝)	1090	1850
MQ1-5121	线径 (mm)	0.55	0.41
	圈数 (匝)	880	1480
MQ1-5131	线径 (mm)	0.67	0.51
	圈数 (匝)	627	1075
MQ1-5141A	线径 (mm)	1.16	0.86
	圈数 (匝)	416	720
MQ1-5151A	线径 (mm)	1.68	1.30
	圈数 (匝)	245	426
MQ1-6101	线径 (mm)	0.29	0.23
	圈数 (匝)	1720	2980
MQ1-6111	线径 (mm)	0.41	0.31
	圈数 (匝)	1070	1758
MQ1-6121	线径 (mm)	0.55	0.44
	圈数 (匝)	840	1330
MQ1-6131	线径 (mm)	0.67	0.53
	圈数 (匝)	605	980

(2) 制动电磁铁：制动电磁铁一般与瓦式制动机配合使用，在电力传动装置中，可对电动机进行机械制动，以达到准确停车的目的。

制动电磁铁按衔铁行程，可分为长行程和短行程两种，常用的 MZD1 系列制动电磁铁为交流单相制动电磁铁，属短行程类，其基本

技术数据见表 5-33。它的线圈数据见表 5-34。

表 5-33 MZD1 系列转动式制动电磁铁的基本技术数据

型 号	电磁铁的转矩 (N·cm)		衔铁的重 力转矩 (N·cm)	额 定 回 转 角 (°)	额定回转角 下制动杆的 行程 (mm)
	TD-40%	TD-100%			
MZD1-100	550	300	50	7.5	3
MZD1-200	4000	2000	360	5.5	3.8
MZD1-300	10000	4000	920	5.5	4.4

表 5-34 MZD1 系列制动电磁铁的线圈数据

· 型 号	通电持 续率 (%)	电压 (V)	线 圈 参 数		
			导线材料	导线尺寸 (mm)	匝数
MZD1-100	40	220	OZ 型高强度聚酯漆 包圆铜线	φ0.69	660
		380		φ0.49	1165
	100	220		φ0.59	850
		380		φ0.44	1500
MZD1-200	40	220	SBEC 型圆线	φ1.68	266
		380	QQSBC 型单玻璃	φ1.25	460
	100	220	丝包高强度漆包圆 线	φ1.5	342
		380		φ1.12	604
MZD1-300	40	220	SBECB 型扁线	2.83×3.8	147
		380	SBEC 型双玻璃丝	φ2.26	295
	100	220	包圆线	φ2.63	219
		380	SBECB 型圆线	1.81×2.63	336

7. 继电器

继电器是一种常用的控制电器,具有输入端和输出端。输入端通常是电压、电流等电量,也可以是温度、压力等非电量。而输出端是继电器接点的动作,当输入控制量变化到某一预定值时,被控制量发生预定的突变(如接通或断开),起着控制、保护、调节及传输等作用。

继电器广泛地用于电动机或线路地保护以及各种机械的自动控制,常用的继电器有电流继电器、中间继电器、时间继电器、热继电器等。

(1) 电流继电器: JL14 系列交直流电流继电器用于交流电压 380V 及 380V 以下,直流电压 440V 及 440V 以下的控制线路中作过电流或欠电流继电器之用。JL15 电流继电器主要用于电流为 1200A 以下的一次回路中,作为电力传动系统的过电流保护元件。基本技术数据分别见表 5-35、表 5-36。

表 5-35 JL14 系列电流继电器的技术数据

型 号	吸引电流 调节范围	释放电流 调节范围	吸引线圈 (A)	触头数	用 途
JL14-□□Z JL14□□ZS	70% ~ 300% I_N		1, 1.5, 2.5, 5, 10, 15, 25, 40, 60, 100, 150,	二常开 或二常闭	直流过 电流继电 器
JL14□□ZQ	30% ~ 65% I_N	10% ~ 20% I_N	300, 600, 1200, 1500		直流欠 电流继电 器
JL14-□□J JL14- □□JS	110% ~ 400% I_N		1, 1.5, 2.5, 5, 10, 15, 25, 40, 60, 100, 150, 300, 600, 1200	或一常 开一常闭	交流过 电流继电 器
JL14- □□JG	110% ~400% I_N		1, 1.5, 2.5, 5, 10, 15, 25, 40, 60, 100, 150, 300, 600	一常开 或常闭	高返回 系数交流 过电流继 电器

注:表中 I_N 为吸引线圈额定电流。

表 5-36 JL15 系列电流继电器的技术数据

型 号	触头通断能力(A)								触头数量	动作电流调节范围	线圈参数
	接 通				分 断						
	交流 380 V	直 流			交流 380 V	直 流					
		110V	220V	440V		110V	220V	440V			
JL15□/S	12	4	2	1	1.2	0.6	0.3	0.15	2 常开 2 常闭	80%~300% I_N	电压线圈: 交流 380V 直流 440V 电流线圈: 1.5, 2.5, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 150, 250, 400, 800, 1200 A
JL15□/Z	12	4	2	1	1.2	0.6	0.3	0.15	1 常开 1 常闭	120%~140% I_N	

(2) 中间继电器：中间继电器是电压继电器的一种，它由于触头

较多，触头容量较大，因此可以通过中间继电器来增加控制回路或放大信号。将多个中间继电器组合起来，还能构成具有各种逻辑运算和计算功能的电路。

中间继电器的种类很多。常用的型号有 JZ7 和 JZ15 系列两种。JZ7 系列中间继电器的基本技术数据见表 5-37。

表 5-37 JZ7 系列中间继电器的技术数据

型 号	触头额定电压 (V)	触头额定 电流 (A)	触头数量	
			常 开	常 闭
JZ7-44	500	5	4	4
JZ7-62	500	5	6	2
JZ7-80	500	5	8	0

注：①操作频率：1200 次/小时

②通电持续率 40%。

(3) 时间继电器：时间继电器在接受信号后，需要经过一定的时间它的执行部分才会动作。可以是延迟触头闭合，也可以是延迟触头断开。它可广泛地用来控制生产过程中按时间原则约定的工艺程序。

时间继电器的种类很多，如电磁式时间继电器、空气阻尼式时间继电器、电子式时间继电器、电动式时间继电器、热双金属片式时间继电器等。

时间继电器在选择时，主要依据控制电路所需要的延时触头的延时方式、延时触头的数目和瞬时触头数目以及吸引线圈的电压等级。同时还要根据对延时精度的要求，电源质量的好坏和环境温度的变化等来决定选用哪种类型的时间继电器。表 5-38 给出了 JS7-A 时间继电器的技术数据，表 5-39、表 5-40 给出了 JS20 晶体管时间继电器的有关技术数据。

表 5-38 JS7-A 时间继电器的技术数据

型 号	触 头 参 数							
	数 量						380V 及 $\cos\varphi = 0.3 \sim 0.4$ 时通断电流 (A)	
	通电延时		断电延时		瞬动			
	常开	常闭	常开	常闭	常开	常闭	接 通	分 断
JS7-1A	1	1			1	1	3	0.3
JS7-2A	1	1			1	1		
JS7-3A			1	1				
JS7-4A			1	1	1	1		

注：①在通电持续率为 40% 时，最大操作频率为 600 次/小时；
②重复误差 $\leq 15\%$ ；

表 5-39 JS20 晶体管时间继电器的技术数据

型 号	延时动作的 切换触头对数		安装方式	线路形式	延时范围 (S)
	通电 延时	断电 延时			
JS20-□/00	2		装置式 面板式 装置式	采用单 晶体管 延时线路	0.1-300
JS20-□/01					
JS20-□/02					
JS20-□/03	1		装置式 面板式 装置式	采用场 效应管延 时线路	0.1-3600
JS20-□/04					
JS20-□/05					
JS20-□/10	2		装置式 面板式 装置式	采用场 效应管延 时线路	0.1-3600
JS20-□/11					
JS20-□/12					
JS20-□/13	1		装置式 面板式 装置式	采用场 效应管延 时线路	0.1-3600
JS20-□/14					
JS20-□/15					
JS20-□D/00			装置式 面板式 装置式	采用场 效应管延 时线路	0.1-180
JS20-□D/01					
JS20-□D/02					

注：①工作电压：交流：36V、110V、127V、220V、380V；
直流：24V、48V、110V。

② D——方框中为规格，以“秒数”表示，D表示断电延时型。

表 5-40 JS20 时间继电器的触头接通与分断电流

触头工作电压 (V)		带瞬动触头		不带瞬动触头	
		电阻性负载	电感性负载	电阻性负载	电感性负载
交流	220	7.5	3	5	2
	380	3	1.5	2	1
直流		1	0.5	1	

(4) 热继电器：电动机在运行过程中往往会因过载而导致绕组温度过高，从而缩短电机寿命甚至烧毁电机，所以对电机要进行可靠的过载保护。热继电器正是电动机过载保护的常用电器。

热继电器的种类很多，但目前使用较普遍的是双金属片式热继电器其系列产品有 JR0、JR15、JR16 等，表 5-41 至表 5-43 给出了它们有关的技术数据。

表 5-41 JR0 热继电器的技术数据

型 号	额定电流 (A)	热 元 件 等 级	
		热元件额定电流 (A)	刻度电流调节范围 (A)
JR0-20/3 JR0-20/31)	20	0.35	0.25~0.35
		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
		5.0	3.2~5.0
		7.2	4.5~7.2
		11.0	6.8~11
		16.0	10~16
22.0	14~22		

续表

型 号	额定电流 (A)	热 元 件 等 级	
		热元件额定电流 (A)	刻度电流调节范围 (A)
JR0-40	40	0.64	0.40~0.64
		1.0	0.64~1.00
		1.6	1.0~1.6
		2.5	1.6~2.5
		4.0	2.5~4.0
		6.4	4.0~6.4
		10.0	6.4~10
		16.0	10~16
		25.0	16~25
JR0-60/3 JR0-60/3D	60	40.0	25~40
		22.0	14~22
		32.0	20~32
		45.0	28~45
		63.0	40~63
JR0-150/3 JR0-150/3D	150	63.0	40~63
		85.0	53~85
		120.0	75~120
		160.0	100~160

注：①JR0-40 为二极，其余均为三极。

②除 JR0-40 外，均具有差动式断相保护机构。

表 5-42 JR15 热继电器的技术数据

型 号	热元件 编号	热元件 额定电流 (A)	整定电流范围 (A)
JR15-10/2	1	0.35	0.25--0.30--0.35
	2	0.50	0.32--0.40--0.50
	3	0.72	0.45--0.60--0.72
	4	1.1	0.68--0.90--1.1
	5	1.6	1.0--1.3--1.6
	6	2.4	1.5--2.0--2.4
	7	3.5	2.2--2.8--3.5
	8	5.0	3.2--4.0--5.0
	9	7.2	4.5--6.0--7.2
	10	11.0	6.3--9.0--11.0
JR15-40/2	11	11.0	6.8--9.0--11.0
	12	16.0	10.0--13.0--16.0
	13	24.0	15.0--20.0--24.0
	14	33.0	22.0--28.0--35.0
	15	45.0	30.0--37.5--45.0
JR15-100/2	16	50	32--40--50
	17	72	40--60--72
	18	100	60--80--100
JR15-150/2	19	110	68--90--110
	20	150	100--125--150

表 5-43 JR16 热继电器的技术数据

型 号	热元件 编号	热元件 额定电流 (A)	整定电流范围 (A)
JR16-20/3 JR16-20/3D	1	0.35	0.25~0.3~0.35
	2	0.5	0.32~0.4~0.5
	3	0.72	0.45~0.6~0.72
	4	1.1	0.68~0.9~1.1
	5	1.6	1.0~1.3~1.6
	6	2.4	1.5~2.0~2.4
	7	3.5	2.2~2.8~3.5
	8	5.0	3.2~4.0~5.0
	9	7.2	4.5~6.0~7.2
	10	11.0	6.3~9.0~11.0
	11	16.0	10.0~13.0~16.0
	12	22.0	14.0~18.0~22.0
JR16-60/3 JR16-60/3D	13	22.0	14.0~13.0~22.0
	14	32.0	20.0~26.0~32.0
	15	45.0	28.0~36.0~45.0
	16	63.0	40.0~50.0~63.0
JR16-150/3 JR16-150/3D	17	63.0	40.0~50.0~63.0
	18	85.0	53.0~70.0~85.0
	19	120.0	75.0~100.0~120.0
	20	160.0	100.0~130.0~160.0

(5) 速度继电器：速度继电器又称反接制动继电器，可以用来实现电机的反接制动。使用时其常开触头串接于控制电路中，转子部分与电机同轴安装。机床上常用的速度继电器有 JY1 和 JFZO 两种类型。表 5-44 给出了它们有关的技术数据。

表 5-44 JY1 和 JFZO 型速度继电器的技术数据

型 号	触头额定电压 (V)	触头额定电流 (A)	触 头 数 量		额定工作转速 (r/min)
			正转时动作	反转时动作	
JY1	380	2	1 组转换触头	1 组转换触头	100~3600
JFZO					300~3600

(6) 压力继电器：压力继电器常与其他的电器相配合，来控制机床设备中的油压、气压、水压等液压控制系统。使设备正常工作，不至损坏。

常用的压力继电器有 YJ、TE52、YT-1226 等系列，表 5-45 给出了 YJ 系列压力继电器有关的技术数据。

表 5-45 YJ 系列压力继电器的技术数据

型 号	额定电压 (V)	长期工作电流 (A)	分断功率 (VA)	控制压力 (10 ⁵ P)	
				最大控制压力	最小控制压力
YJ-0	交流	3	380	6	2
YJ-1	380			2	1

8. 主令电器

主令电器是用于闭合、断开回路中电流的电器，可以发布命令或

进行程序控制，按其职能来分主要有控制按钮、微动开关、万能转换开关、行程开关及主令控制器等。

(1) 控制按钮：控制按钮适用于接通或断开交流电压至 500V 直流电压至 440V 的各种电磁开关的控制电路。如接通或断开空气电磁启动器、接触器、继电器的线圈回路，作为遥控之用。常用的控制按钮有 LA2 型、LA4 型、LA18 型、LA19 型等，LA2 型结构较坚固；LA4 型由控制按钮元件组成，有双钮和三钮，开启式和保护式之分；LA18 型采用积木式三面拼接装配基座触头数量最多；LA19 型内装有信号灯可供交直流线路作信号指示。它们有关的技术数据分别列于表 5-46 至表 5-48。

表 5-46 LA2 型控制按钮的技术数据

额定电压 (V)	额定持续电流 (A)	触头数量
交流 500 直流 400	5	常分、常合

表 5-47 LA18 型控制按钮的技术数据

型号	规格		结构型式	触头数量		按钮颜色
	电压 (V)	电流 (A)		常分	常合	
LA18-22	500	5	元件	2	2	红、绿、黑或白
LA18-44	500	5	元件	4	4	红、绿、黑或白
LA18-66	500	5	元件	6	6	红、绿、黑或白
LA18-22J	500	5	元件(紧急式)	2	2	红
LA18-22Y	500	5	元件(钥匙式)	2	2	——
LA18-66Y	500	5	元件(钥匙式)	2	2	——
LA18-22X ₃	500	5	元件(旋钮式)	2	2	黑

续表

型号	规格		结构型式	触头数量		按钮颜色
	电压 (V)	电流 (A)		常分	常合	
LA18-44X	500	5	元件(旋钮式)	4	4	黑
LA18-66X	500	5	元件(旋钮式)	6	6	黑
LA18-44J	500	5	元件(紧急式)	4	4	红
LA18-66J	500	5	元件(紧急式)	6	6	红

表 5-48 LA19 型控制按钮的技术数据

型号	规格		结构型式	触头数量		按钮颜色
	电压 (V)	电流 (A)		常分	常合	
LA19-11	500	5	元件	1	1	红、绿、蓝、白或绿
LA19-11J	500	5	元件(紧急式)	1	1	红
LA19-11D	500	5	元件(带指示灯)	1	1	红、黄、蓝、白或绿
LA19-11DJ	500	5	元件(带指示灯、紧急式)	1	1	红
LA19-11H	500	5	元件(保护式)	1	1	—
LA19-11DH	500	5	元件(带指示灯、保护式)	1	1	—

(2)微动开关:微动开关是作为机械信号转换为电气信号的元件,用以通断控制电路。其有关的技术数据列于表 5-49 中。

表 5-49 常用微动开关技术数据

型号	型式	额定电压 (V)	额定电流 (A)	工作压力 (kg)	工作行程 (mm)	触头数量	
						常开	常闭
JW-11	基型	交流 380	3	0.15~0.35	0.8~1.2	1	1
JWL ₁ -11	带轮			0.2~0.4	0.8~1.2	1	1
JWL ₂ -11	带轮			0.04~0.08	4.3~6.8	1	1
JWL ₂ -22	带轮 二个基型			0.06~0.16	4.3~6.8	2	2
JLXW ₃ -11	单断点	交流 380	3	0.01~0.04	0.5~1.5	1	1
JLXW ₃ -11D ₁	单断点			0.02~0.06	3~9	1	1
JLXW ₃ -11D ₂	单断点			0.03~0.12	3.5~10	1	1
JLXW ₃ -22S	双断点			0.08~0.25	3~9	1	1
JXW-11	半开启式	交流 500 直流 440	5	≥0.5	≥1.5	1	1
JLXS3	双断点	交流 500 直流 220	5	0.25~0.5	1.5	1	1

(3) 万能转换开关：万能转换开关是一个多段式控制多回路的电器，一般用于断路器操作机构的分合闸控制，线路的选择，小容量电动机的控制以及配电板上电表的换相测量等。

常用的万能转换开关是 LW 系列，LW5、LW6 等是新产品，其中 LW5 可取代 LW1、LW4、HZ3 等老产品。表 5-50 给出了 LW5、LW6 系列万能转换开关有关的技术数据。

表 5-50 LW5、LW6 系列万能转换开关技术数据

型号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	双断点触头技术数据					
			接 通			分 断		
			电压 (V)	电流 (A)	cos ϕ	电压 (V)	电流 (A)	cos ϕ
LW5	交流 500	15	24			24		
			48			48		
			110	30	0.3--	110	30	0.3--
			220	20	0.4	220	20	0.4
			380	15		380	15	
			400			400		
LW6	交流 380	5	500	10		500	10	
			380	5		380	0.5	

(4) 行程开关:行程开关是将机械位移转换为电信号的电器,它可以限制机械的运动,还可以实现程序的控制。行程开关有微动开关、操作机构及外壳等组成。类型有直动式、转动式、组合式等。常用的行程开关有 LX5、LX19 系列。它们的技术数据如表 5-51、表 5-52。

表 5-51 LX5 型行程开关的技术数据

型 号	结构型式	触头数量		工作行程 (mm)	触头转换 时间 (s)
		常分	常合		
LX5-11	元件、微动	1	1	0.2~0.5	≤0.04
LX5-11Q/1	微动、带有防 尘外壳	1	1	1~2	≤0.04
LX5-11D	元件、有胶木 钮、微动	1	1	0.2~0.5	≤0.04

注: LX5 型行程开关规格均为 380V, 3A。

表 5-52 LX19 型行程开关的技术数据

型 号	结构型式	触头数量		工作行程	超行程	触头转换时间 (s)
		常分	常合			
LX19-K	元件	1	1	3mm	1mm	≤0.04
LX19-001	无滚轮	1	1	<4mm	>3mm	≤0.04
LX19-111	单轮	1	1	≈30°	≈20°	≤0.04
LX19-121	单轮	1	1	≈30°	≈20°	≤0.04
LX19-131	单轮	1	1	≈30°	≈20°	≤0.04
LX19-212	双轮	1	1	≈30°	≈15°	≤0.04
LX19-222	双轮	1	1	≈30°	≈15°	≤0.04
LX19-232	双轮	1	1	≈30°	≈15°	≤0.04

注：LX19 系列行程开关规格均为 380V5A。

(5) 主令控制器：主令控制器主要用于电气传动装置，这些装置按一定顺序分合触头，以达到发布命令或与其他控制线路联接转换的目的。常用主令控制器的技术数据见表 5-53。

表 5-53 常用主令控制器的技术数据

型 号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	位置数	控制回路数	操作力 (N)	操作频率 (次/小时)	交流分断能力 (cosφ=0.35)		
							电压 (V)	接通电流 (A)	分断电流 (A)
LK14	交流 500	15	6	6~12	40~50	600	500	100	15
LK15		10					380		10
LK16		10					35		1200

注：LK14、LK15、LK16 可取代 LK1 系列。

(6) 足踏开关：足踏开关主要用于剪切、冲压、点焊等机床设备的控制回路中，足踏开关常用的产品是 LTI 系列。LTI 系列足踏开关的分类和常用技术数据分别见表 5-54 和表 5-55。

表 5-54 LTI 系列足踏开关的分类

型 号	回路数	踏 板 形 式
LTI-02	2	双踏板一左一右，当踏下左踏板时，断开左边触头，踏下右踏板时，则断开右边的触头，同时也断开左边的触头
LTI-1	2	单脚踏板，当踏下脚踏板时，闭合左边触头，而断开右边触头

表 5-55 LTI 系列足踏开关的技术数据

额定电压 (V)	长期容许电流 (A)	接通电流 (A)	感应负载时的分断电流 (A)
220	10	50	10
380			
500			

第六章 电线电缆

电线和电缆的用途是输送和传导电流。按所用的材料不同可分为铜线、铝线、钢芯铝线、钢线、镀锌铁线等；按构造分有裸线、绝缘电线、电磁线、电缆等；按性质分，有硬线和软线两种。硬线是未经退火处理的，抗拉强度大；软线是经退火处理的，抗拉强度差。常用的金属导电材料要求电阻低，机械强度高，一般场合多用铜和铝。

一、裸电线

裸电线按所用材料不同可分为单金属线、合金线、双金属线等；按结构和用途不同，可分为圆单线、裸绞线、裸型线、裸软接线等四个系列。

1. 裸电线的型号、特性和用途

表 6-1 裸电线的型号、特性和用途

类别	名称	型号	特 性	用 途
圆线	圆铜线	TY TR	硬线的抗拉强度比软线大一倍；半硬线有一定的抗拉强度和延伸率；软线的延伸率高	硬线主要用作架空导线；半硬线、软线主要用作电缆及电磁线的线芯，也可用作其他电器制品
	圆铜线	LY LYB LR		
	镀锡圆铜线	TRX	具有很好的耐蚀性与焊接性能，并起铜线与被覆绝缘（如橡皮）之间的隔离作用	电线、电缆用线芯，屏蔽层及电器制品

续表

类别	名称	型号	特性	用途
绞线	铝绞线	LJ	导电性、机械性好,钢芯铝绞线比铝绞线的拉断力大一倍左右	用于高压、低压的架空电力线路
	钢芯铝绞线	GLJ		
型线	扁铜线	TBY TBR	铜、铝扁线和母线的机械特性和圆线相同。扁线、母线的结构形状均为矩形,仅在规格尺寸和公差上有所区别	铜、铝扁线主要用于电机、电器等线圈或绕组;铜、铝母线主要作汇流排用,亦用于其他电器制品
	扁铝线	LBY LBBY LBR		
	铜母线	TMY TMR		
	铝母线	LMY LMR		
软接线	铜电刷线	TS TSX TSR TSXR	多股铜线或镀锡铜线绞制,柔软,耐振动,耐弯曲	电刷连接线
	铜软绞线	TJR	柔软	引出线、接地线、整流器和晶闸管等电气设备部件连接用线
	铜编织线	TZ TZX TZXP	柔软	小型电炉和电气设备等连接线
	软铜编织线	QC	柔软	汽车、拖拉机蓄电池连接线

2. 常用裸电线的规格

表 6-2 圆铝、铜单线的规格

直径 d (mm)	截面积 S (mm ²)	铝			铜		
		每 1km 的净重 W_l (kg/km)	20℃ 时每 1km 的 直流电阻 R_l (Ω/km)	75℃ 时每 1km 的 直流电阻 R_l (Ω/km)	每 1km 净重 W_l (kg/km)	20℃ 时每 1km 的 直流电阻 R_l (Ω/km)	75℃ 时每 1km 的 直流电阻 R_l (Ω/km)
0.05	0.00196				0.0175	8970	11060
0.06	0.00283				0.0252	6210	7660
0.07	0.00385				0.0342	4570	5640
0.08	0.00503				0.0447	3500	4320
0.09	0.00636				0.0565	2760	3410
0.10	0.00785				0.0698	2240	2770
0.11	0.00950				0.0845	1854	2290
0.12	0.01131				0.1005	1556	1918
0.13	0.0133				0.1179	1322	1630
0.14	0.0154				0.1368	1142	1410
0.15	0.01767				0.157	995	1227
0.16	0.0201				0.179	875	1080
0.17	0.0227				0.201	775	956
0.18	0.0255				0.226	690	852
0.19	0.0284				0.262	620	765
0.20	0.0314	0.085	901	1100	0.279	560	692

续表

直径 d (mm)	截面积 S (mm ²)	铝			铜		
		每 1km 净重 W_l (kg/km)	20℃ 时每 1km 的 直流电阻 R_l (Ω/km)	75℃ 时每 1km 的 直流电阻 R_l (Ω/km)	每 1km 净重 W_l (kg/km)	20℃ 时每 1km 的 直流电阻 R_l (Ω/km)	75℃ 时每 1km 的 直流电阻 R_l (Ω/km)
0.21	0.0346	0.097	820	1000	0.308	506	628
0.23	0.0415	0.112	682	835	0.369	424	524
0.25	0.0491	0.133	577	705	0.436	359	443
0.27	0.0573	0.155	494	604	0.509	307	379
0.29	0.0661	0.178	428	524	0.587	266	329
0.31	0.0755	0.204	375	458	0.671	233	285
0.33	0.0855	0.231	331	405	0.760	206	254
0.35	0.0962	0.260	294	360	0.855	183	226
0.38	0.1134	0.306	250	305	1.008	156.0	191.3
0.41	0.1320	0.357	214	262	1.170	133.0	164
0.44	0.1521	0.411	186	227	1.352	116.0	142.5
0.47	0.1735	0.469	163	199.5	1.54	101.0	125.0
0.49	0.1886	0.509	150	188.5	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

续表

直径 d (mm)	截面积 S (mm ²)	铝			铜		
		每 1km 净重 W_1 (kg/km)	20℃ 时每 1km 的 直流电阻 R_1 (Ω/km)	75℃ 时每 1km 的 直流电阻 R_2 (Ω/km)	每 1km 净重 W_2 (kg/km)	20℃ 时每 1km 的 直流电阻 R_3 (Ω/km)	75℃ 时每 1km 的 直流电阻 R_4 (Ω/km)
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	0.985	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 d (mm)	截面积 S (mm ²)	铝			铜		
		每 1km 净重 W_1 (kg/km)	20℃ 时每 1km 的 直流电阻 R_1 (Ω/km)	75℃ 时每 1km 的 直流电阻 R_2 (Ω/km)	每 1km 净重 W_2 (kg/km)	20℃ 时每 1km 的 直流电阻 R_3 (Ω/km)	75℃ 时每 1km 的 直流电阻 R_4 (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	13.00
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
1.63	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	5.88	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	4.39	5.41

续表

直径 d (mm)	截面积 S (mm ²)	铝			铜		
		每 1km 净重 W_l (kg/km)	20℃时每 1km的 直流电阻 R_l (Ω/km)	75℃时每 1km的 直流电阻 R_l (Ω/km)	每 1km 净重 W_l (kg/km)	20℃时每 1km的 直流电阻 R_l (Ω/km)	75℃时每 1km的 直流电阻 R_l (Ω/km)
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	3.21	4.00
2.83	6.29	16.98	4.50	5.50	55.9	2.80	3.45
3.05	7.31	19.75	3.88	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

注：表中计算公式如下：

$$\text{每 1km 的净重 } \{W_l\}_{\text{kg/km}} = \{\rho\}_{\text{g/cm}^3} \cdot \{S\}_{\text{mm}^2}$$

其中铜的密度为 8.9g/cm³；铝密度为 2.7g/cm³

$$\text{每 1km 的直流电阻 } \{R_l\}_{\Omega/\text{km}} = 1000 \{\rho\}_{\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{cm}^3} / \{S\}_{\text{mm}^2}$$

其中，

温度 $t = 20^\circ\text{C}$ 时 铜的电阻率为 $0.0175\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

铝的电阻率为 $0.0283\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

温度 $t = 75^\circ\text{C}$ 时 铜的电阻率为 $0.0217\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

铝的电阻率为 $0.0346\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

数值方程中 $|\sigma|$ 、 $|\rho|$ 表示 σ 、 ρ 的数值，各数值的下标指明该数值是以何单位计量的。下角 l 代表长度。故 W_l 和 R_l 表示线质量①和线电阻。

表 6-3 铝绞线和钢芯绞线的规格

标称截面 (mm^2)	铝线根数及 单线直径 (mm)	钢线根数及 单线直径 (mm)	电线外径 (mm)	20℃时 直流电阻 (Ω/km) 不小于	线质量 (kg /km)	安全载 流量 (A)
LJ 型硬铝绞线						
16	7×1.70		5.1	1.847	4.35	93
25	7×2.12		6.36	1.188	67.6	120
35	7×2.12		7.5	0.854	94.0	150
50	7×3.00		9.0	0.593	135	190
70	7×3.55		10.65	0.424	190	234
95	19×2.5		12.5	0.317	257	290
95	7×4.14		12.42	0.311	258	—
120	19×2.80		14.0	0.253	323	330
150	19×3.15		15.57	0.200	409	388
185	19×3.50		17.5	0.162	504	440
240	19×3.98		19.9	0.125	652	—
300	37×3.20		22.4	0.0996	822	—

① 国家标准规定：形容词“线”加在量的名称之前，表示该量被长度除所得之商。

续表

标称截面 (mm ²)	铝线根数及 单线直径 (mm)	钢线根数及 单线直径 (mm)	电线外径 (mm)	20℃时 直流电阻 (Ω/km) 不小于	线质量 (kg /km)	安全载 流量 (A)
400	37×3.70		25.90	0.0745	1099	—
500	37×4.14		28.98	0.0595	1376	—
600	61×3.55		31.95	0.0491	1669	—

GLJ 型钢芯铝绞线

10	6×1.5	1×1.5	4.50	2.774	42.9	—
16	6×1.8	1×1.8	5.4	1.926	61.7	97
25	6×2.2	1×2.2	6.6	1.289	92.2	124
35	6×2.8	1×2.8	8.4	0.796	149	150
50	6×3.2	1×3.2	9.6	0.609	195	195
70	6×3.8	1×3.8	11.4	0.432	275	242
95	28×2.07	7×1.8	13.68	0.315	401	295
95	7×4.14	7×1.8	13.68	0.312	398	295
120	28×2.30	7×2.0	15.2	0.255	495	335
120	7×4.6	7×2.0	15.2	0.253	492	335
150	28×2.53	7×2.2	17.0	0.211	598	393
185	28×2.88	7×2.5	19.0	0.163	774	450
240	28×3.22	7×2.8	21.28	0.130	969	540
300	28×3.80	19×2.0	25.2	0.0935	1348	—
400	28×4.17	19×2.2	27.68	0.0778	1626	—

表 6-4 镀锌铁线的规格

直径 (mm)	直径公差 (mm)	截面 (mm ²)	线质量 (kg/km)	最大电阻 (Ω/km) (20℃时)	抗张力 (N)	伸长率 (%)
6.0	0.13	28.27	220.5	4.691	9895	12
5.5	0.13	23.76	185.3	5.581	8316	12
5.0	0.13	19.64	153.2	6.753	6874	12
4.5	0.10	15.90	124.0	8.341	5565	10
4.0	0.10	12.57	98.05	10.55	4400	10
3.5	0.10	9.621	75.04	13.78	3367	10
3.2	0.08	8.042	62.73	16.49	2815	10
2.9	0.08	6.605	51.52	20.08	2312	10
2.6	0.06	5.309	41.41	24.98	1858	7
2.3	0.06	4.155	32.41	31.92	1454	7
2.0	0.06	3.142	24.51	42.21	1100	7
1.8	0.06	2.545	19.85	52.11	890.3	7
1.6	0.05	2.011	15.69	65.95	703.9	7

表 6-5 铝母线的标

尺寸 (mm)	厚度 a	4	4.5	5	5.6	6.3	7.1	8	9	10	
宽度 b	正负偏差 (mm)	0.2			0.3				0.4		
16	0.5	64.0	72.0	80.0	89.6	100.8	113.6	128.0	144.0	160.0	
18		72.0	81.0	90.0	100.8	113.4	127.8	144.0	162.0	180.0	
20		80.0	90.0	100.0	112.0	126.0	142.0	160.0	180.0	200.0	
22.4		89.6	100.8	112.0	125.4	141.1	159.0	179.2	201.6	224.0	
25		100.0	112.5	125.0	140.0	157.5	177.5	200.0	225.0	250.0	
28	0.7	112.0	126.0	140.0	156.8	176.4	198.8	224.0	252.0	280.0	
31.5		126.0	141.8	157.5	176.4	198.5	223.7	252.0	283.5	315.0	
35.5		142.0	159.8	177.5	198.8	223.7	252.1	284.0	319.5	355.0	
40		160.0	180.0	200.0	224.0	252.0	284.0	320.0	360.0	400.0	
45		180.0	202.5	225.0	252.0	283.5	319.5	360.0	405.0	450.0	
50	200.0	225.0	250.0	280.0	315.0	355.0	400.0	450.0	500.0		
56	0.9	224.0	252.0	280.0	313.6	352.8	397.6	448.0	504.0	560.0	
63		252.0	283.5	315.0	352.8	396.9	447.3	504.0	567.0	630.0	
71		—	—	355.0	397.6	447.3	504.1	568.0	639.0	710.0	
80		—	—	400.0	448.0	504.0	568.0	640.0	720.0	800.0	
90		—	—	450.0	504.0	567.0	639.0	720.0	810.0	900.0	
100		—	—	500.0	560.0	630.0	710.0	800.0	900.0	1000.0	
112		—	—	—	—	705.6	795.2	896.0	1008.0	1120.0	
125	—	—	—	—	787.5	887.5	1000.0	1125.0	1250.0		

注：①表列计算截面面积 $A = a \times b$ ；

②有圆角时 $A = (a \times b - 0.858r^2) (\text{mm}^2)$ ，允许简化为：

绕组用铝母线 $A = (a \times b - 1.3) (\text{mm}^2)$ ；

其他用有圆角铝母线 $A = (a \times b - 0.5) (\text{mm}^2)$ 。

称尺寸 (mm) 及计算面积 (mm²)

11.2	12.5	14	16	18	20	22.4	25	28	31.5
			0.5						
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
224.0	250.0	—	—	—	—	—	—	—	—
250.9	280.0	—	—	—	—	—	—	—	—
280.0	312.5	350.0	400.0	—	—	—	—	—	—
313.6	350.0	392.0	448.0	—	—	—	—	—	—
352.8	393.8	441.0	504.0	567.0	630.0	705.6	787.5	882.0	992.3
397.6	443.8	497.0	568.0	639.0	710.0	795.2	887.5	994.0	1118.3
448.0	500.0	560.0	640.0	720.0	800.0	896.0	1000.0	1120.0	1260.0
504.0	562.5	630.0	720.0	810.0	900.0	—	—	—	—
560.0	625.0	700.0	800.0	900.0	1000.0	—	—	—	—
627.2	700.0	784.0	896.0	1008.0	1120.0	—	—	—	—
705.6	787.5	882.0	1008.0	1134.0	1260.0	—	—	—	—
795.2	887.5	994.0	1136.0	—	—	—	—	—	—
896.0	1000.0	1120.0	1280.0	—	—	—	—	—	—
1008.0	1125.0	1260.0	1440.0	—	—	—	—	—	—
1120.0	1250.0	1400.0	1600.0	—	—	—	—	—	—
1254.4	1400.0	—	—	—	—	—	—	—	—
1400.0	1562.5	—	—	—	—	—	—	—	—

表 6-6 TJR.1 型、TJRX.1 型裸铜软绞线的规格

截面积 (mm ²)		结 构 组 成		计算 外径 (mm)	直流电阻 (20℃时不大于) (Ω/km)		计算线 质 量 (kg/km)
标称	计算	单线 总数	股数×根数/ 单线直径(mm)		TJR-1	TJRX-1	
0.06	0.055	7	7/0.10	0.30	330.5	349.8	0.51
0.12	0.124	7	7/0.15	0.45	146.6	155.2	1.14
0.2	0.212	12	12/0.15	0.62	85.8	90.8	1.96
0.3	0.283	16	16/0.15	0.71	64.2	68.0	2.61
0.4	0.377	12	12/0.30	0.83	48.2	51.0	3.49
0.5	0.503	16	16/0.20	0.94	36.1	38.3	4.65
0.75	0.789	19	19/0.23	1.15	23.0	24.4	7.30
1	1.01	19	19/0.26	1.30	18.0	19.0	9.33
1.5	1.53	19	19/0.32	1.60	11.9	12.6	14.13
2	2.04	49	7×7/0.23	2.07	8.91	9.43	18.82
2.5	2.60	49	7×7/0.26	2.34	6.99	7.40	24.06
4	3.94	49	7×7/0.32	2.88	4.61		36.44
6	5.85	49	7×7/0.39	3.51	3.11		54.08
10	10.03	84	12×7/0.39	4.86	1.77		92.71
16	15.84	84	12×7/0.49	6.11	1.15		146.5
25	25.08	133	19×7/0.49	7.35	0.72		231.9
35	35.14	133	19×7/0.58	8.70	0.52		324.9
50	48.30	133	19×7/0.68	10.20	0.38		446.6
70	68.64	189	27×7/0.68	12.55	0.26		634.6
95	94.06	259	37×7/0.68	12.28	0.19		869.7

续表

截面面积 (mm ²)		结构组成		计算 外径 (mm)	直流电阻 (20℃时不大于) (Ω/km)		计算线 质量 (kg/km)
标称	计算	单线 总数	股数×根数/ 单线直径(mm)		TJR-1	TJRX-1	
120	117.67	324	27×12/0.68	17.38	0.15		1088
150	150.94	266	14×19/0.85	18.76	0.12		1396
185	183.85	324	27×12/0.85	21.73	0.099		1700
240	251.95	444	37×12/0.85	24.72	0.072		2330
300	291.10	513	27×19/0.85	26.15	0.062		2691
400	398.92	703	27×19/0.85	29.75	0.046		3688
500	498.30	703	37×19/0.95	33.25	0.036		4607

注：6mm²及以下规格的电线，允许一次束制成品。

表 6-7 TJR.2 型、TJRX.2 型裸铜软绞线的规格

截面面积 (mm ²)		结构组成		计算 外径 (mm)	直流电阻 (20℃时不大于) (Ω/km)		计算线 质量 (kg/km)
标称	计算	单线 总数	股数×根数/ 单线直径(mm)		TJR-2	TJRX-2	
6	5.94	189	7×27/0.20	3.69	3.06	3.24	54.9
10	10.12	322	7×46/0.20	4.89	1.80	1.91	93.5
16	15.18	483	7×3×23/0.20	7.75	1.20	1.27	140.3
25	25.29	805	7×5×23/0.20	9.72	0.72	0.76	233.8
35	36.95	1176	7×4×42/0.20	11.59	0.49	0.52	341.6
50	46.19	1470	7×5×42/0.20	12.96	0.39	0.41	427.0

表 6-8 TJR.3 型、TJRX.3 型裸铜软绞线的规格

截面面积 (mm ²)		结构组成		计算 外径 (mm)	直流电阻 (20℃时不大于) (Ω/km)		计算线 质量 (kg/km)
标称	计算	单线 总数	股数×根数/ 单线直径(mm)		TJR-3	TJRX-3	
0.012	0.014	7	7/0.05	0.15	1298.6	1374.4	0.127
0.03	0.027	7	7/0.07	0.21	673.3	712.6	0.248
0.06	0.058	15	15/0.07	0.33	313.4	331.7	0.534
0.12	0.12	30	30/0.07	0.45	151.5	160.3	1.07
0.2	0.22	56	56/0.07	0.61	82.6	87.4	1.99
0.3	0.33	77	7×11/0.07	0.87	60.6	64.1	2.74
0.4	0.40	105	7×15/0.07	0.99	45.5	48.2	3.73
0.5	0.51	133	7×19/0.07	1.05	35.6	37.7	4.73
0.75	0.75	196	7×28/0.07	1.35	24.2	25.6	6.97
1	1.00	259	7×37/0.07	1.47	18.2	19.3	9.21
1.5	1.35	350	7×50×/0.07	1.77	13.5	14.3	12.45
2.5	2.43	630	7×3×30/0.07	2.90	7.48	7.92	22.41
4	4.04	1050	7×5×30/0.07	3.64	4.50	4.76	37.35
6	5.66	1470	7×7×30/0.07	4.04	3.21	3.40	52.28
10	9.45	1204	7×4×43/0.10	5.79	1.92	2.03	87.40
16	16.20	2064	12×4×43/0.10	8.02	1.12	1.19	149.8
25	24.73	3150	7×3×3×50/0.10	11.71	0.74	0.78	228.7
35	32.97	4200	7×4×3×50/0.10	13.12	0.55	0.58	304.9
50	49.46	6300	14×3×3×50/0.10	17.23	0.37	0.39	457.3
70	74.21	4200	12×7×50/0.15	15.73	0.24	0.25	685.8

续表

截面面积 (mm ²)		结构组成		计算 外径 (mm)	直流电阻 (20℃时不大于) (Ω/km)		计算线 质量 (kg/km)
标称	计算	单线 总数	股数×根数/ 单线直径(mm)		TJR-3	TJRX-3	
95	95.42	5400	27×4×50/0.15	18.75	0.19	0.20	881.7
120	117.51	6650	19×7×50/0.15	18.93	0.15	0.16	1086
150	143.13	8100	27×6×50/0.15	23.30	0.13	0.14	1323
185	173.17	9800	14×14×50/0.15	24.59	0.10	0.11	1600
240	228.83	12950	37×7×50/0.15	26.50	0.079	0.084	2131
300	296.92	9450	27×7×50/0.20	31.07	0.061	0.065	2745

表 6-9 TZ.1 型铜编织线规格

截面面积 (mm ²)		结构组成 股数×根数×套数/ 单线直径 (mm)	宽 度 (mm) 不大于	厚 度 (mm) 不大于	直流电阻 (20℃时 不大于) (Ω/km)	计算线 质量 (kg/km)
标称	计算					
16	16.59	24×22×1/0.02	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

续表

截面面积 (mm ²)		结构组成 股数×根数×套数/ 单线直径 (mm)	宽 度 (mm) 不大于	厚 度 (mm) 不大于	直流电阻 (20℃时 不大于) (Ω/km)	计算线 质 量 (kg/km)
标称	计算					
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 +36×44×2/0.02	40	—	0.055	4004
500	500.71	24×40×10/0.20 +48×44×3/0.02	45	—	0.044	5007
630	633.43	24×40×10/0.20 +48×44×5/0.02	50	—	0.034	6334
800	766.15	24×40×10/0.20 +48×44×7/0.02	55	—	0.029	7661

表 6-10 TZ-2 型、TZX-2 型铜编织线规格

截面面积 (mm ²)		结构组成 股数×根数 ×套数/ 单线直径(mm)	宽 度 (mm) 不大于	厚 度 (mm) 不大于	直流电阻 (20℃时不大于) (Ω/km)		计算线 质 量 (kg/km)
标称	计算				TZ-2	TZX-2	
4	3.39	48×4×1/0.15	9	1.0	6.45	6.83	34
6	5.09	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	2.23	102
16	16.69	48×20×1/0.15	22	2.0	1.29	1.37	170

续表

截面面积 (mm ²)		结构组成 股数×根数 ×套数/ 单线直径(mm)	宽度 不大于 (mm)	厚度 不大于 (mm)	直流电阻 (20℃时不大于) (Ω/km)		计算线 质量 (kg/km)
标称	计算				TZ-2	TZX-2	
					25	25.44	
35	33.93	48×20×2/0.15	26	3.2	0.64	0.68	340
50	50.89	48×20×3/0.15	28	4.8	0.43	0.46	509
70	71.25	48×28×3/0.15	36	5.0	0.31	0.33	713
95	95.00	48×28×4/0.15	40	6.0	0.23	0.24	950
120	118.74	48×28×5/0.15	42	7.0	0.18	0.19	1187

注：TZ1 - 4型斜纹铜编织线；TZX2 - 4型斜纹镀锡铜编织线。

表 6-11 TZ-3 型、TZX-3 型铜编织线规格

截面面积 (mm ²)		结构组成 股数×根数 ×套数/ 单线直径(mm)	宽度 不大于 (mm)	厚度 不大于 (mm)	直流电阻 (20℃时不大于) (Ω/km)		计算线 质量 (kg/km)
标称	计算				TZ-3	TZX-3	
					4	3.96	
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

二、电磁线

电磁线是具有绝缘层的导线，用以绕制线圈或绕组，故又称为绕

组线。电磁线的种类很多，按绝缘层和用途可分为漆包线、绕包线、无机绝缘电磁线和特种电磁线等。

表 6-12 漆包线的型号、特点和用途

类型	名称	型号	耐热温度 (°C)	特点	主要用途
油性漆包线	油性漆包圆铜线	Q	105	①漆膜均匀 ②介质损耗角正切小 ③耐刮性、耐溶剂性差	用作中、高频线圈及仪表、电器的线圈
缩醛漆包线	缩醛漆包圆铜线	QQ-1 QQ-2	120	①热冲击性耐刮性优 ②耐水解性能良 ③漆膜受卷绕应力,易产生裂纹(浸渍前须在120°C左右加热1小时以上,以消除应力)	用于微电机、普通中小电机绕组和油浸变压器的线圈及电器仪表用线圈
	缩醛漆包圆铝线	QQL-1 QQL-2			
	彩色缩醛漆包圆铜线	QQS-1 QQS-2			
	缩醛漆包扁铜线	QQB			
	缩醛漆包扁铝线	QQLB			
聚氨酯漆包线	聚氨酯漆包圆铜线	QA-1 QA-2	120	①着色性好,可制成不同颜色的漆包线 ②能直接焊接,不需刮去漆膜 ③在高频条件下,介质损耗角正切小	主要用于要求Q值稳定的高频线圈和仪表用的微细线圈

续表

类型	名称	型号	耐热温度 (℃)	特点	主要用途
				④过负载性能差	
环氧 漆包 圆铜 线	环氧漆包 圆铜线	QH-1 QH-2	120	①耐水解性、耐潮湿性、耐酸腐蚀和耐油性好 ②弹性、耐刮性较差,不适用于高速自动绕线工艺	用于油浸变压器的线圈和耐化学药品腐蚀耐潮湿电机的绕组
聚酯 漆包 线	聚酯漆包 圆铜线 聚酯漆包 圆铝线 彩色聚酯 漆包圆铜 线 聚酯漆包 扁铜线 聚酯漆包 扁铝线	QZ-1 QZ-2 QZL-1 QZL-2 QZS-1 QZS-2 QZB QZLB	130	①软化击穿性能好 ②在干燥和潮湿条件下,耐电压击穿性能好 ③耐水解性差 ④与聚氯乙烯、氯丁橡胶等含氯高分子化合物不相容	用于制作中小电机的绕组、干式变压器和电器仪表的线圈

续表

类型	名称	型号	耐热温度 ($^{\circ}\text{C}$)	特点	主要用途
聚酯亚胺漆包线	聚酯亚胺漆包圆铜线 聚酯亚胺漆包扁铜线	QZY-1 QZY-2 QZYB	155	①耐电压击穿性能、热冲击性能及软化击穿性能好 ②在含水密封系统中易水解 ③与聚氯乙烯、氯丁橡胶等含氯高分子化合物不相容	用于制作高温电机和致冷装置中电机的绕组以及干式变压器和电器仪表的线圈
聚酰胺亚胺漆包线	聚酰胺-亚胺漆包圆铜线 聚酰胺-亚胺漆包扁铜线	QXY-1 QXY-2 QXYB	200	①耐化学药品腐蚀性能好 ②耐热性、耐刮性、热冲击软化击穿性以及耐击穿电压性能好 ③与聚氯乙烯、氯丁橡胶等含氯的高分子化合物不相容	用于制作高温重负荷电机、牵引电机、致冷设备的电机绕组、干式变压器和电器仪表的线圈
聚酰胺亚胺漆包线	聚酰胺亚胺漆包圆铜线 聚酰胺亚胺漆包扁铜线	QY-1 QY-2 QYB	220	①耐辐射性能、耐溶剂及化学药品腐蚀性能好 ②耐热性能、耐低温性能、软化击穿及热冲击性能好 ③漆膜受卷绕应力容易产生裂纹 ④在含水密封系统中易水解	用于耐高温电机、干式变压器、密封式继电器及电子元件

续表

类型	名称	型号	耐热温度 ($^{\circ}\text{C}$)	特点	主要用途
特种 漆包 线	自黏直 焊漆包圆 铜线	QAN	120	①不需要剥去漆膜可 直接焊接,在一定温度下 能自行粘合 ②过负载能力差	用于制作微型电机 线圈和电子元件、无骨 架的线圈
	环氧白 黏性漆包 圆铜线	QHN	120	①耐油性良好 ②不需浸渍处理,在一 定温度条件下能自行粘 合成型 ③弹性、耐刮性能较 差,不适用于高速自动绕 线工艺 ④系热塑性自粘层,易 在溶剂中溶解	用于制作仪表和电 器的线圈,无骨架的线 圈
	缩醛自 黏性漆包 圆铜线	QQN	120	①热冲击性能良好 ②能自行粘合成型 ③易在溶剂中溶解	用于制作仪表和电 器的线圈,无骨架的 线圈
	聚酯自 黏性漆包 圆铜线	QZN	130	①耐击穿电压性能好 ②能自行粘合成型 ③易在溶剂中溶解	用于制作仪表和电 器的线圈,无骨架的线 圈

续表

类型	名称	型号	耐热温度 (℃)	特点	主要用途
特种 漆包 线	无磁性 聚氨酯漆 包圆铜线	QATWC	120	①直接焊接 ②在高频条件下,介 质损耗角正切小 ③线中的铁含量极 低,对感应磁场所起的 干扰作用极微 ④过负载能力较差	用于制作精密仪表 和电器的线圈,如直流 计、磁通表、测震仪等 的线圈
	耐氟里 昂漆包圆 铜线	OF	105	①在密闭装置中能 耐潮、耐制冷剂 ②漆膜受卷绕应力 易产生裂纹	用于制作空调设备 和制冷设备电机等的 绕组

表 6-13 主要圆铜、铝电磁线的规格和最大外径 (mm)

导线标称 直径 ^①	漆包线最大外径 ^②		玻璃丝包线 最大外径		丝包线最大外径				
	薄漆层	厚漆层	单玻璃丝 包漆包线	双玻璃 丝包线	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
0.015	0.025								
0.020	0.035								
0.025	0.040								
0.030	0.045								
0.040	0.055								
0.050	0.065				0.16	0.14	0.18	0.14	0.18

续表

导线标称 直径 ^①	漆包线最大外径 ^②		玻璃丝包线 最大外径		丝包线最大外径				
	薄漆层	厚漆层	单玻璃丝 包漆包线	双玻璃 丝包线	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
0.060	0.080	0.090			0.17	0.15	0.19	0.16	0.20
0.070	0.090	0.100			0.18	0.16	0.20	0.17	0.21
0.080	0.100	0.110			0.19	0.17	0.21	0.18	0.22
0.090	0.110	0.120			0.20	0.18	0.22	0.19	0.23
0.100	0.125	0.130			0.21	0.19	0.23	0.20	0.24
0.110	0.135	0.140			0.22	0.20	0.24	0.21	0.25
0.120	0.145	0.150			0.23	0.21	0.25	0.22	0.26
0.130	0.155	0.160			0.24	0.22	0.26	0.23	0.27
0.140	0.165	0.170			0.25	0.23	0.27	0.24	0.28
0.150	0.180	0.190			0.26	0.24	0.28	0.25	0.29
0.160	0.190	0.200			0.28	0.26	0.30	0.28	0.32
0.170	0.200	0.210			0.29	0.27	0.31	0.29	0.33
0.180	0.210	0.220			0.30	0.28	0.32	0.30	0.34
0.190	0.220	0.230			0.31	0.29	0.33	0.31	0.35
0.200	0.230	0.240			0.32	0.30	0.35	0.32	0.36
0.210	0.240	0.250			0.33	0.32	0.36	0.33	0.37
0.230	0.265	0.280			0.36	0.35	0.39	0.36	0.41
0.250	0.290	0.300		0.49	0.38	0.37	0.42	0.38	0.43
(0.270)	0.310	0.320							
0.280	0.320	0.330			0.41	0.40	0.45	0.41	0.46

续表

导线标称 直径 ^①	漆包线最大外径 ^②		玻璃丝包线 最大外径		丝包线最大外径				
	薄漆层	厚漆层	单玻璃丝 包漆包线	双玻璃 丝包线	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
(0.290)	0.330	0.340							
0.310	0.350	0.360			0.44	0.43	0.48	0.44	0.49
0.330	0.37	0.39			0.47	0.46	0.51	0.48	0.53
0.350	0.39	0.41			0.49	0.48	0.53	0.51	0.55
0.380	0.42	0.44			0.52	0.51	0.56	0.53	0.58
0.400	0.44	0.46			0.54	0.53	0.58	0.55	0.60
0.420	0.46	0.48			0.56	0.55	0.60	0.57	0.62
0.450	0.49	0.51			0.59	0.58	0.63	0.60	0.65
0.470	0.51	0.58			0.61	0.60	0.65	0.62	0.67
0.500	0.54	0.56			0.64	0.63	0.68	0.65	0.70
0.530	0.58	0.60	0.73	0.79	0.67	0.67	0.72	0.69	0.74
0.560	0.61	0.63	0.76	0.82	0.70	0.70	0.75	0.72	0.77
0.600	0.65	0.67	0.80	0.86	0.74	0.74	0.79	0.76	0.81
0.630	0.68	0.70	0.83	0.89	0.77	0.77	0.83	0.79	0.84
0.670	0.72	0.75	0.88	0.93	0.82	0.82	0.87	0.85	0.90
(0.690)	0.74	0.77							
0.710	0.76	0.79	0.93	0.98	0.86	0.86	0.91	0.89	0.94
0.750	0.81	0.84	0.97	1.02	0.91	0.91	0.97	0.94	1.00
(0.770)	0.83	0.86							
0.800	0.86	0.89	1.02	1.07	0.96	0.96	1.02	0.99	1.03

续表

导线标称直径 ^①	漆包线最大外径 ^②		玻璃丝包线最大外径		丝包线最大外径				
	薄漆层	厚漆层	单玻璃丝包漆包线	双玻璃丝包线	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
(0.830)	0.89	0.92							
0.850	0.91	0.94	1.07	1.12	1.01	1.01	1.07	1.04	1.10
0.900	0.96	0.99	1.12	1.17	1.06	1.06	1.12	1.09	1.15
(0.930)	0.99	1.02							
0.950	1.01	1.04	1.17	1.22	1.11	1.11	1.17	1.14	1.20
1.000	1.07	1.11	1.25	1.29	1.17	1.18	1.21	1.22	1.28
1.060	1.14	1.17	1.31	1.35	1.23	1.25	1.31	1.28	1.34
1.120	1.20	1.23	1.37	1.41	1.29	1.31	1.37	1.34	1.40
1.180	1.26	1.29	1.43	1.47	1.35	1.37	1.43	1.40	1.46
1.250	1.33	1.36	1.50	1.54	1.42	1.44	1.50	1.47	1.53
1.300	1.38	1.41	1.55	1.59	1.47	1.49	1.55	1.52	1.58
(1.350)	1.43	1.46							
1.400	1.48	1.51	1.65	1.69	1.57	1.59	1.65	1.62	1.68
(1.450)	1.53	1.56							
1.500	1.58	1.61	1.75	1.81	1.67	1.69	1.75	1.72	1.78
(1.560)	1.64	1.67							
1.600	1.69	1.72	1.87	1.91	1.78	1.80	1.87	1.83	1.90
1.700	1.79	1.82	1.97	2.01	1.88	1.90	1.97	1.93	2.00
1.800	1.89	1.92	2.07	2.11	1.98	2.00	2.07	2.03	2.10
1.900	1.99	2.02	2.17	2.21	2.08	2.10	2.17	2.13	2.20

续表

导线标称 直径 ^①	漆包线最大外径 ^②		玻璃丝包线 最大外径		丝包线最大外径				
	薄漆层	厚漆层	单玻璃丝 包漆包线	双玻璃 丝包线	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
2.000	2.09	2.12	2.27	2.31	2.18	2.20	2.27	2.23	2.30
2.12	2.21	2.24	2.39	2.48	2.30	2.32	2.39	2.35	2.42
2.24	2.33	2.36	2.51	2.60	2.42	2.44	2.51	2.47	2.54
2.36	2.45	2.48	2.63	2.72	2.54	2.56	2.63	2.59	2.66
2.50	2.59	2.62	2.77	2.86	2.68	2.70	2.77	2.73	2.80
2.65				3.01					
2.80				3.16					
3.00				3.37					
3.15				3.52					
3.35				3.72					
3.55				3.92					
3.75				4.12					
4.00				4.37					
4.25				4.63					
4.50				4.88					
4.75				5.13					
5.00				5.38					
5.30				5.68					
5.60				5.98					
6.00				6.38					

①所有括号内的规格，系漆包线的保留规格，不推荐使用；

②油性漆包线的最大外径，基本上相当于薄漆层漆包线的最大外径。

表 6-14 圆铜、铝电磁线的直流电阻

导线标称直径 (mm)	直流电阻(Ω/m) 不大于		导线标称直径 (mm)	直流电阻(Ω/m) 不大于	
	铜	铝		铜	铝
0.020	68.69	—	0.530	0.08231	0.1333
0.025	42.07	—	0.560	0.07357	0.1191
0.030	30.53	—	0.600	0.06394	0.1035
0.040	16.26	—	0.630	0.05790	0.09374
0.050	10.08	—	0.670	0.05109	0.08272
0.060	6.851	11.09	(0.690)	0.04813	0.07793
0.070	4.958	8.027	0.710	0.04608	0.07460
0.080	3.754	6.077	0.750	0.04120	0.06670
0.090	2.940	4.760	(0.770)	0.03904	0.06321
0.100	2.465	3.933	0.800	0.03612	0.05847
0.110	2.019	3.268	(0.830)	0.03351	0.05425
0.120	1.683	2.724	0.850	0.03192	0.05168
0.130	1.424	2.306	0.900	0.02842	0.04601
0.140	1.221	1.977	(0.930)	0.02658	0.04304
0.150	1.059	1.714	0.950	0.02546	0.04122
0.160	0.9264	1.500	1.000	0.02294	0.03714
0.170	0.8175	1.332	1.060	0.02058	0.0331
0.180	0.7267	1.177	1.120	0.01839	0.02978
0.190	0.6503	1.053	1.180	0.01654	0.02678
0.200	0.5853	0.9476	1.250	0.01471	0.02382
0.210	0.5296	0.8038	1.300	0.01358	0.02199

续表

导线标称直径 (mm)	直流电阻(Ω/m) 不大于		导线标称直径 (mm)	直流电阻(Ω/m) 不大于	
	铜	铝		铜	铝
	0.230	0.4399		0.7117	(1.350)
0.250	0.3708	0.6003	1.400	0.01169	0.01892
(0.270)	0.3282	0.5330	(1.450)	0.01088	0.01762
0.280	0.3053	0.4943	1.500	0.01016	0.01645
(0.290)	0.2839	0.4596	(1.560)	0.009384	0.01519
0.310	0.2473	0.4004	1.600	0.008915	0.01443
0.330	0.2173	0.3519	1.700	0.007860	0.01277
0.350	0.1925	0.3119	1.800	0.007024	0.01137
0.380	0.1626	0.2632	1.900	0.006297	0.01019
0.400	0.1463	0.2369	2.000	0.005677	0.009191
0.42	0.1324	0.2144	2.120	0.005047	0.008171
0.450	0.1150	0.1861	2.240	0.004516	0.007311
0.470	0.1052	0.1703	2.360	0.004065	0.006581
0.500	0.09269	0.1501	2.500	0.003648	0.005906

注：①漆包圆铝线规格为 0.06~2.50mm；

②括号内规格为不推荐的保留规格。

三、绝缘电线

绝缘电线的绝缘有塑料和橡胶两类，均用于交流 500V 和直流

1000V 及以下线路中。

1. 绝缘电线的型号和用途

表 6-15 绝缘电线的型号和用途

名 称	型号	主要用途
聚氯乙烯绝缘铜芯线 聚氯乙烯绝缘铜芯软线 聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套 铜芯线 聚氯乙烯绝缘铝芯线 聚氯乙烯绝缘铝芯软线 聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套 铝芯线	BV BVR BVV BLV BLVR BLVV	主要用于交流 500V 及以下的电气设备和照明装置的情况,其中 BVR 型软线适用于要求比较柔软电线的场合使用
聚氯乙烯绝缘平型铜芯软线 聚氯乙烯绝缘绞型铜芯软线	RVB RVS	用于交流电压 250V 及以下的移动式日用电器的联接线
聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套 铜芯软线	RVZ	用于交流电压 500V 及以下的移动式日用电器的联接线
复合物绝缘平型软线 复合物绝缘绞型软线	RFB RFS	用于交流电压 250V 或直流 500V 及以下的照明灯座、各种日用电器、无线电设备等的联接线
铝芯氯丁橡皮绝缘铝芯线	BLXF	用于交流电压 500V 及以下或直流 1000V 及以下的城市或农村户内外明敷、架空、穿管固定敷设的照明及电器设备电路

2. 常用绝缘电线的技术规格

表 6-16 BV 型、BLV 型聚氯乙烯绝缘铜芯线、铝芯线的规格

标称截面 (mm ²)	导电线 芯根数	最大外径 (mm)		参考载流量 (A)			
		单芯	双芯	BV		BLV	
				单芯	双芯	单芯	双芯
0.8	1	2.6	2.6×5.2	17	13	13	10
1	1	2.8	2.8×5.6	20	16	15	12
1.5	1	3.0	3.0×6.0	25	21	19	16
2.5	1	3.7	3.7×7.4	34	26	26	22
4	1	4.2	4.2×8.4	45	38	35	29
6	1	5.0	5.0×10	56	47	43	36
8	7	5.6	5.6×11.2	70	58	54	45
10	7	6.6	6.6×13.2	85	72	66	56
16	7	7.8	—	113	96	87	73
25	7	9.6	—	146	123	112	95
35	7	10.9	—	180	151	139	117
50	19	13.1	—	225	188	173	145
75	19	14.9	—	281	240	220	185
95	19	17.3	—	350	294	254	214

表 6-17 BVR 型、BLVR 型聚氯乙烯绝缘铜芯软线、铝芯软线的规格

标称截面 (mm ²)	导电线 芯根数	最大外径 (mm)		参考载流量 (A)			
		单芯	双芯	BVR		BLVR	
				单芯	双芯	单芯	双芯
0.8	7	2.8	2.8×5.6	17	13	13	10
1	7	3.0	3.0×6.0	20	16	15	12
1.5	7	3.3	3.3×6.6	25	21	19	16

续表

标称截面 (mm ²)	导电线 芯根数	最大外径 (mm)		参考载流量 (A)			
		单芯	双芯	BVR		BLVR	
				单芯	双芯	单芯	双芯
2.5	19	4.0	4.0×8.0	34	26	26	22
4	19	4.6	4.6×9.2	45	38	35	29
6	19	5.5	5.5×11.0	56	47	43	36
8	19	5.7	5.7×11.4	70	58	54	45
10	49	6.7	6.7×13.4	85	72	66	56
16	49	8.5	—	113	96	87	73
25	98	11.1	—	146	123	112	95
35	133	12.2	—	180	151	139	117
50	133	14.3	—	225	188	173	145

注：表中参考载流量，是在环境温度 25℃、载流芯温度 75℃ 条件下，架空敷设的载流量。不同环境温度时的载流量修正系数为：

环境温度(℃)	5	10	15	20	25
修正系数	1.255	1.172	1.118	1.060	1.0
环境温度(℃)	30	35	40	45	
修正系数	0.9354	0.8660	0.7906	0.7071	

表 6-18 BVV 型、BLVV 型聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套铜芯线、铝芯线的规格

标称 截面 (mm ²)	导电 线芯 根数	最大外径(mm)			参考载流量(A)					
		单芯	双芯	三芯	BVV			BLVV		
					单芯	双芯	三芯	单芯	双芯	三芯
1	1	4.1	4.1×6.7	4.3×9.5	20	16	13	15	12	10
1.5	1	4.4	4.4×7.2	4.6×10.3	25	21	16	19	16	12
2.5	1	4.8	4.8×8.1	5.0×11.5	34	26	22	26	22	17
4	1	5.3	5.3×9.1	5.5×13.1	45	38	29	35	29	23
5	1	6.3	6.3×10.7	6.7×15.7	51	43	33	39	33	26
6	1	6.5	6.5×11.3	6.9×16.5	56	47	36	43	36	28
8	7	7.9	7.9×13.6	8.3×19.4	70	59	46	54	45	35
10	7	8.4	8.4×14.5	8.8×20.7	85	72	55	66	56	43

表 6-19 RVZ 型聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套铜芯软线的规格

标称 截面 (mm ²)	导电 线芯 根数	最大外径(mm)			参考载流量(A)		
		二芯 (圆形)	三芯	四芯	二芯	三芯	四芯
0.2	12	5.0	5.2	5.6			
0.3	16	5.6	5.9	6.3			
0.4	23	6.0	6.3	6.8			
0.5	28	6.1	6.4	6.9			
0.6	34	6.3	6.5	7.1			
0.7	40	6.6	6.9	7.5			

续表

标称截面 (mm ²)	导电线芯 根数	最大外径(mm)			参考载流量(A)		
		二芯 (圆形)	三芯	四芯	二芯	三芯	四芯
0.8	45	7.0	7.4	8.1			
1	32	7.8	8.2	8.6	16	13	13
1.5	48	8.3	8.8	9.5	21	16	16
2	64	9.5	10.1	10.8	24	19	19
2.5	77	9.7	10.2	11.9	26	22	22
3	49	11.2	11.9	13.0	28	26	26
4	77	12.0	12.7	13.9	38	29	29
5	98	13.7	14.5	15.7	43	33	33
6	77	14.3	15.1	16.5	47	36	36

表 6-20 RVB 型聚氯乙烯绝缘平型铜芯线、
RVS 型聚氯乙烯绝缘绞型铜芯软线的规格

标称截面 (mm ²)	导电线芯 根数	最大外径(mm)		参考载流量 (A)
		RVB	RVS	
0.2	12	2.0×4.0	4.0	4
0.3	16	2.1×4.2	4.2	6
0.4	23	2.2×4.4	4.4	8
0.5	28	2.3×4.6	4.6	10
0.6	34	2.4×4.8	4.8	12
0.7	40	2.7×5.4	5.4	14
0.8	45	2.8×5.6	5.6	17

续表

标称截面 (mm ²)	导电线芯 根 数	最大外径(mm)		参考载流量 (A)
		RVB	RVS	
1	32	2.9×5.8	5.8	20
1.5	48	3.3×6.4	6.4	25
2	64	3.8×7.6	7.6	30
2.5	77	3.9×7.8	7.8	34

表 6-21 RFB 型复合物绝缘平型软线、
RFS 型复合物绝缘绞型软线的规格

标称截面 (mm ²)	导电线芯 根 数	最大外径(mm)		参考载流量 (A)
		RFB	RFS	
0.2	12	2.0×4.0	2.0	4
0.3	16	2.1×4.2	2.1	6
0.4	23	2.2×4.4	2.2	8
0.5	28	2.3×4.6	2.3	10
0.6	34	2.4×4.8	2.4	12
0.7	40	2.7×5.4	2.7	14
0.8	45	2.8×5.6	2.8	17
1.0	32	2.9×5.8	2.9	20
1.5	48	3.2×6.4	3.2	25

注：见表 6-17 注。

四、电 缆

表 6-22 电缆的型号、名称及用途

名 称	型号	主 要 用 途
轻型通用橡套软电 缆	YQ	主要用于连接交流电压 250V 及以下的 轻型移动电气设备
	YQW	主要用于连接交流电压 250V 及以下的 轻型移动电气设备, 并具有一定的耐 油、耐气候性能
中型通用橡套软电 缆	YZ	主要用于连接交流 500V 及以下的各 种移动电气设备
	YZW	主要用于连接交流 500V 及以下的各 种移动电气设备, 并具有一定的耐油、 耐气候性能
重型通用橡套软电 缆	YC	主要用途同 YZ, 并能承受较大的机 械外力作用
	YCW	主要用途同 YZ, 并具有耐气候和一 定的耐油性能
电焊机用橡套铜芯 软电缆	YH	用于供电焊机二次侧接线及连接电焊 钳
电焊机用橡套铝芯 软电缆	YHL	
铜芯聚氯乙烯绝缘 聚氯乙烯护套控制电 缆	KVV KVVP	用来供交流额定电压 450/750V 及以 下控制、监视回路及保护线路等场合。 另外 KVVP 型控制电缆还具有屏蔽作 用
聚氯乙烯绝缘聚氯 乙烯护套电力电缆	VV VLV	主要用途是固定敷设, 用来供交流 500V 及以下或直流 1000V 以下的电力 电路使用

表 6-23 通用橡套软电缆的规格

型号	标称截面 (mm ²)	导电线芯根数	最大外径 (mm)				电缆主芯的直流电阻不大于 (Ω/km)
			单芯	双芯	三芯	四芯	
YQ	0.3	16	—	5.5	5.8	—	66.3
YQW	0.5	28	—	6.5	6.8	—	37.8
	0.75	42	—	7.4	7.8	—	25.0
	YZ	0.5	28	—	8.3	8.7	9.5
YZW	0.75	42	—	8.8	9.4	10.5	24.8
	1	32	—	9.1	9.6	10.8	18.3
	1.5	46	—	9.7	10.7	11.4	12.2
	2.0	64	—	10.9	11.5	12.6	9.14
	2.5	77	—	13.2	14.0	15.0	7.59
	4	77	—	15.2	16.0	17.6	4.49
	6	77	—	16.7	18.1	19.4	2.97
YC	2.5	49	8.1	13.9	14.6	16.6	7.06
YCW	4	49	8.7	15.0	17.0	18.0	4.66
	6	49	9.3	17.4	18.3	19.5	3.13
	10	84	12.5	22.7	23.9	24.9	1.83
	16	84	13.8	25.1	26.5	28.2	1.16
	25	133	17.3	32.1	33.9	36.0	0.732
	35	133	18.6	34.8	36.8	38.6	0.522
	50	133	21.8	38.7	43.4	45.8	0.380
	70	189	24.1	45.8	48.4	51.5	0.267
	95	259	26.3	50.1	53.1	56.8	0.195
	120	259	30.4	53.5	56.7	60.0	0.156

表 6-24 YH 型电焊机用橡套铜芯软电缆和 YHL 型电焊机用橡套铝芯软电缆的规格

标称截面 (mm ²)	导电线芯根数	电缆最大外径 (mm)	参考质量 (参考重量) (kg/km)
YH 型			
10	322	9.1	135
16	513	10.7	206
25	798	12.6	300
30	1121	14.0	412
50	1596	16.2	576
70	999	19.4	811
95	1332	21.1	1065
120	1702	24.5	1345
150	2109	26.2	1634
YHL 型			
16	228	10.7	102
25	342	12.6	135
35	494	14.0	184
50	703	16.2	251
70	999	19.3	354
95	1332	21.1	456
120	1702	24.5	567
150	2109	26.2	670
185	2590	28.8	808

表 6-25 KVV 型、KVVV 型钢芯聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套控制电缆的规格

型号	额定电压 (V)	导体标称截面 (mm ²)						
		0.75	1.0	1.5	2.5	4	6	10
		芯 数						
KVV	450/750	2-61				2-14		2-10
KVVV								

表 6-26 KVV 型电缆的主要技术数据

芯数×截面 (mm ²)	导体结构根数/单线直径 (mm)	70℃ 最小绝缘电阻 (MΩ·km)	芯数×截面 (mm ²)	导体结构根数/单线直径 (mm)	70℃ 最小绝缘电阻 (MΩ·km)
2×0.75	1/0.97	0.012	12×0.75	7/0.37	0.014
2×0.75	7/0.37	0.014	14×0.75	1/0.97	0.012
3×0.75	1/0.97	0.012	14×0.75	7/0.37	0.014
3×0.75	7/0.37	0.014	16×0.75	1/0.97	0.012
4×0.75	1/0.97	0.012	16×0.75	7/0.37	0.014
4×0.75	7/0.37	0.014	19×0.75	1/0.97	0.012
5×0.75	1/0.97	0.012	19×0.75	7/0.37	0.014
5×0.75	7/0.37	0.014	24×0.75	1/0.97	0.012
7×0.75	1/0.97	0.012	24×0.75	7/0.37	0.014
7×0.75	7/0.37	0.014	27×0.75	1/0.97	0.012
8×0.75	1/0.97	0.012	27×0.75	7/0.37	0.014
8×0.75	7/0.37	0.014	30×0.75	1/0.97	0.012
10×0.75	1/0.97	0.012	30×0.75	7/0.37	0.014
10×0.75	7/0.37	0.014	37×0.75	1/0.97	0.012
12×0.75	1/0.97	0.012	37×0.75	7/0.37	0.014

续表

芯数×截面 (mm ²)	导体结构 根数/单线 直径(mm)	70℃ 最小 绝缘电阻 (MΩ·km)	芯数×截面 (mm ²)	导体结构 根数/单线 直径(mm)	70℃ 最小 绝缘电阻 (MΩ·km)
61×0.75	1/0.97	0.012	24×1.0	1/1.13	0.011
44×0.75	7/0.37	0.014	24×1.0	7/0.43	0.013
48×0.75	1/0.97	0.012	27×1.0	1/1.13	0.011
48×0.75	7/0.37	0.014	27×1.0	7/0.43	0.013
52×0.75	1/0.97	0.012	30×1.0	1/1.13	0.011
52×0.75	7/0.37	0.014	30×1.0	7/0.43	0.013
61×0.75	1/0.97	0.012	37×1.0	1/1.13	0.011
44×0.75	7/0.37	0.014	37×1.0	7/0.43	0.013
7×1.0	1/1.13	0.011	44×1.0	1/1.13	0.011
7×1.0	7/0.43	0.013	44×1.0	7/0.43	0.013
8×1.0	1/1.13	0.011	48×1.0	1/1.13	0.011
8×1.0	7/0.43	0.013	48×1.0	7/0.43	0.013
10×1.0	1/1.13	0.011	52×1.0	1/1.13	0.011
10×1.0	7/0.43	0.013	52×1.0	7/0.43	0.013
12×1.0	1/1.13	0.011	61×1.0	1/1.13	0.011
12×1.0	7/0.43	0.013	61×1.0	7/0.43	0.013
14×1.0	1/1.13	0.011	2×1.5	1/1.38	0.011
14×1.0	7/0.43	0.013	2×1.5	7/0.52	0.010
16×1.0	1/1.13	0.011	3×1.5	1/1.38	0.011
16×1.0	7/0.43	0.013	3×1.5	7/0.52	0.010
19×1.0	1/1.13	0.011	4×1.5	1/1.38	0.011
19×1.0	7/0.43	0.013	4×1.5	7/0.52	0.010

续表

芯数×截面 (mm ²)	导体结构 根数/单线 直径(mm)	70℃ 最小 绝缘电阻 (MΩ·km)	芯数×截面 (mm ²)	导体结构 根数/单线 直径(mm)	70℃ 最小 绝缘电阻 (MΩ·km)
5×1.5	1/1.38	0.011	37×1.5	1/1.13	0.011
5×1.5	7/0.52	0.010	37×1.5	7/0.52	0.010
2×1.0	1/1.13	0.011	44×1.5	1/1.13	0.011
2×1.0	7/0.43	0.013	44×1.5	7/0.52	0.010
3×1.0	1/1.13	0.011	48×1.5	1/1.13	0.011
3×1.0	7/0.43	0.013	48×1.5	7/0.52	0.010
4×1.0	1/1.13	0.011	52×1.5	1/1.13	0.011
4×1.0	7/0.43	0.013	52×1.5	7/0.52	0.010
5×1.0	1/1.13	0.011	61×1.5	1/1.13	0.011
5×1.0	7/0.43	0.013	61×1.5	7/0.52	0.010
14×1.5	1/1.13	0.011	2×2.5	1/1.78	0.010
14×1.5	7/0.52	0.010	2×2.5	7/0.68	0.009
16×1.5	1/1.13	0.011	3×2.5	1/1.78	0.010
16×1.5	7/0.52	0.010	3×2.5	7/0.68	0.009
19×1.5	1/1.13	0.011	4×2.5	1/1.78	0.010
19×1.5	7/0.52	0.010	4×2.5	7/0.68	0.009
24×1.5	1/1.13	0.011	5×2.5	1/1.78	0.010
24×1.5	7/0.52	0.010	5×2.5	7/0.68	0.009
27×1.5	1/1.13	0.011	7×1.5	1/1.38	0.011
27×1.5	7/0.52	0.010	7×1.5	7/0.52	0.010
30×1.5	1/1.13	0.011	8×1.5	1/1.38	0.011
30×1.5	7/0.52	0.010	8×1.5	7/0.52	0.010

续表

芯数×截面 (mm ²)	导体结构 根数/单线 直径(mm)	70℃最小 绝缘电阻 (MΩ·km)	芯数×截面 (mm ²)	导体结构 根数/单线 直径(mm)	70℃最小 绝缘电阻 (MΩ·km)
10×1.5	1/1.38	0.011	3×4	1/2.25	0.0085
10×1.5	7/0.52	0.010	3×4	7/0.85	0.0077
12×1.5	1/1.38	0.011	4×4	1/2.25	0.0085
12×1.5	7/0.52	0.010	4×4	7/0.85	0.0077
24×2.5	1/1.78	0.010	5×4	1/2.25	0.0085
24×2.5	7/0.68	0.009	5×4	7/0.85	0.0077
27×2.5	1/1.78	0.010	7×4	1/2.25	0.0085
27×2.5	7/0.68	0.001	7×4	7/0.85	0.0077
30×2.5	1/1.78	0.010	8×4	1/2.25	0.0085
30×2.5	7/0.68	0.009	8×4	7/0.85	0.0077
37×2.5	1/1.78	0.010	10×4	1/2.25	0.0085
37×2.5	7/0.68	0.009	10×4	7/0.85	0.0077
44×2.5	1/1.78	0.010	7×2.5	1/1.78	0.010
44×2.5	7/0.68	0.009	7×2.5	7/0.68	0.009
48×2.5	1/1.78	0.010	8×2.5	1/1.78	0.010
48×2.5	7/0.68	0.009	8×2.5	7/0.68	0.009
52×2.5	1/1.78	0.010	10×2.5	1/1.78	0.010
52×2.5	7/0.68	0.009	10×2.5	7/0.68	0.009
61×2.5	1/1.78	0.010	12×2.5	1/1.78	0.010
61×2.5	7/0.68	0.009	12×2.5	7/0.68	0.009
2×4	1/2.25	0.0085	14×2.5	1/1.78	0.010
2×4	7/0.85	0.0077	14×2.5	7/0.68	0.009

续表

芯数×截面 (mm ²)	导体结构 根数/单线 直径(mm)	70℃最小 绝缘电阻 (MΩ·km)	芯数×截面 (mm ²)	导体结构 根数/单线 直径(mm)	70℃最小 绝缘电阻 (MΩ·km)
16×2.5	1/1.78	0.010	2×6	7/1.04	0.0065
16×2.5	7/0.68	0.009	3×6	1/2.76	0.0070
19×2.5	1/1.78	0.010	3×6	7/1.04	0.0065
19×2.5	7/0.68	0.009	4×6	1/2.76	0.0070
8×6	1/2.76	0.0070	4×6	7/1.04	0.0065
8×6	7/1.04	0.0065	5×6	1/2.76	0.0070
10×6	1/2.76	0.0070	5×6	7/1.04	0.0065
10×6	7/1.04	0.0065	7×6	1/2.76	0.0070
12×6	1/2.76	0.0070	7×6	7/1.04	0.0065
12×6	7/1.04	0.0065	2×10	7/1.35	0.0065
14×6	1/2.76	0.0070	3×10	7/1.35	0.0065
14×6	7/1.04	0.0065	4×10	7/1.35	0.0065
12×4	1/2.25	0.0085	5×10	7/1.35	0.0065
12×4	7/0.85	0.0077	7×10	7/1.35	0.0065
14×4	1/2.25	0.0085	8×10	7/1.35	0.0065
14×4	7/0.85	0.0077	10×10	7/1.35	0.0065
2×6	1/2.76	0.0070			

表 6-27 KVVP 型电缆的主要技术数据

芯数×截面 (mm ²)	导体结构 根数/单线 直径(mm)	70℃ 最小 绝缘电阻 (MΩ·km)	芯数×截面 (mm ²)	导体结构 根数/单线 直径(mm)	70℃ 最小 绝缘电阻 (MΩ·km)
2×0.75	7/0.37	0.014	24×0.75	7/0.37	0.014
3×0.75	7/0.37	0.014	27×0.75	7/0.37	0.014
4×0.75	7/0.37	0.014	30×0.75	7/0.37	0.014
5×0.75	7/0.37	0.014	37×0.75	7/0.37	0.014
7×0.75	7/0.37	0.014	44×0.75	7/0.37	0.014
8×0.75	7/0.37	0.014	48×0.75	7/0.37	0.014
10×0.75	7/0.37	0.014	52×0.75	7/0.37	0.014
12×0.75	7/0.37	0.014	61×0.75	7/0.37	0.014
14×0.75	7/0.37	0.014	2×1.0	7/0.43	0.013
16×0.75	7/0.37	0.014	3×1.0	7/0.43	0.013
19×0.75	7/0.37	0.014	4×1.0	7/0.43	0.013
44×1.0	7/0.43	0.013	5×1.0	7/0.43	0.013
48×1.0	7/0.43	0.013	7×1.0	7/0.43	0.013
52×1.0	7/0.43	0.013	8×1.0	7/0.43	0.013
61×1.0	7/0.43	0.013	10×1.0	7/0.43	0.013
2×1.5	7/0.52	0.010	12×1.0	7/0.43	0.013
3×1.5	7/0.52	0.010	14×1.0	7/0.43	0.013
4×1.5	7/0.52	0.010	16×1.0	7/0.43	0.013
5×1.5	7/0.52	0.010	19×1.0	7/0.43	0.013
7×1.5	7/0.52	0.010	24×1.0	7/0.43	0.013
8×1.5	7/0.52	0.010	27×1.0	7/0.43	0.013
10×1.5	7/0.52	0.010	30×1.0	7/0.43	0.013

续表

芯数×截面 (mm ²)	导体结构 根数/单线 直径(mm)	70℃最小 绝缘电阻 (MΩ·km)	芯数×截面 (mm ²)	导体结构 根数/单线 直径(mm)	70℃最小 绝缘电阻 (MΩ·km)
37×1.0	7/0.43	0.013	24×1.5	7/0.52	0.010
24×2.5	7/0.68	0.009	27×1.5	7/0.52	0.010
27×2.5	7/0.68	0.009	30×1.5	7/0.52	0.010
30×2.5	7/0.68	0.009	37×1.5	7/0.52	0.010
37×2.5	7/0.68	0.009	44×1.5	7/0.52	0.010
44×2.5	7/0.68	0.009	48×1.5	7/0.52	0.010
48×2.5	7/0.68	0.009	52×1.5	7/0.52	0.010
52×2.5	7/0.68	0.009	61×1.5	7/0.52	0.010
61×2.5	7/0.68	0.009	2×2.5	7/0.68	0.009
2×4	7/0.85	0.0077	3×2.5	7/0.68	0.009
3×4	7/0.85	0.0077	4×2.5	7/0.68	0.009
4×4	7/0.85	0.0077	5×2.5	7/0.68	0.009
5×4	7/0.85	0.0077	7×2.5	7/0.68	0.009
7×4	7/0.85	0.0077	8×2.5	7/0.68	0.009
8×4	7/0.85	0.0077	10×2.5	7/0.68	0.009
10×4	7/0.85	0.0077	12×2.5	7/0.68	0.009
12×4	7/0.85	0.0077	14×2.5	7/0.68	0.009
14×4	7/0.85	0.0077	16×2.5	7/0.68	0.009
12×1.5	7/0.52	0.010	19×2.5	7/0.68	0.009
14×1.5	7/0.52	0.010	2×6	7/1.04	0.0065
16×1.5	7/0.52	0.010	3×6	7/1.04	0.0065
19×1.5	7/0.52	0.010	4×6	7/1.04	0.0065

续表

芯数×截面 (mm ²)	导体结构 根数/单线 直径(mm)	70℃最小 绝缘电阻 (MΩ·km)	芯数×截面 (mm ²)	导体结构 根数/单线 直径(mm)	70℃最小 绝缘电阻 (MΩ·km)
5×6	7/1.04	0.0065	3×10	7/1.35	0.0065
7×6	7/1.04	0.0065	4×10	7/1.35	0.0065
8×6	7/1.04	0.0065	5×10	7/1.35	0.0065
10×6	7/1.04	0.0065	7×10	7/1.35	0.0065
12×6	7/1.04	0.0065	8×10	7/1.35	0.0065
14×6	7/1.04	0.0065	10×10	7/1.35	0.0065
2×10	7/1.35	0.0065			

五、电线电缆的安全载流量

表 6-28 塑料绝缘电线和橡皮绝缘电线 (铜、铝)
的安全载流量

标称截面 (mm ²)	塑 料 绝 缘 线												
	明线敷设		穿 管 敷 设						护 套 线				
			二 根		三 根		四 根		二 芯		三 及 四 芯		
	铜	铝	铜	铝	铜	铝	铜	铝	铜	铝	铜	铝	
0.2	3								3			2	
0.3	5								4.5			3	
0.4	7								6			4	
0.5	8								7.5			5	
0.6	10								8.5			6	
0.7	12								10			8	
0.8	15								11.5			10	

续表

标称截面 (mm ²)	塑料绝缘线											
	明线敷设		穿管敷设						护套线			
			二根		三根		四根		二芯		三及四芯	
铜	铝	铜	铝	铜	铝	铜	铝	铜	铝	铜	铝	
1	18		15		14		13		14		11	
1.5	22	17	18	13	16	12	15	11	18	14	12	10
2	26	20	20	15	17	13	16	12	20	16	14	12
2.5	30	23	26	20	25	19	23	17	22	19	19	15
3	32	24	29	22	27	20	25	19	25	21	22	17
4	40	30	38	29	33	25	30	23	33	25	25	20
5	45	34	42	31	37	28	34	24	37	28	28	22
6	50	39	44	34	41	31	37	28	41	31	31	24
8	63	48	56	43	49	39	43	34	51	39	40	30
10	75	55	68	51	56	42	49	37	63	48	48	37
16	100	75	80	61	72	55	64	49				
20	110	85	90	70	80	65	74	56				
25	130	100	100	80	90	75	85	65				
35	160	125	125	96	110	84	105	75				
50	200	155	163	125	142	109	120	89				
70	255	200	202	156	182	141	161	125				
95	310	240	243	187	227	175	197	152				
120												
150												
185												
240												

续表

标称截面 (mm ²)	塑料绝缘线											
	明线敷设		穿管敷设						护套线			
			二根		三根		四根		二芯		三及四芯	
铜	铝	铜	铝	铜	铝	铜	铝	铜	铝	铜	铝	
300												
400												
500												
0.2									3		2	
0.3									4		3	
0.4									5.5		3.5	
0.5									7		4.5	
0.6									8		5.5	
0.7									9		7.5	
0.8									10.5		9	
1	17		14		13		12		12		10	
1.5	20	15	16	12	15	11	14	10	15	12	11	8
2	24	18	18	14	16	12	15	11	17	15	12	10
2.5	28	21	24	18	23	17	21	16	19	16	16	13
3	30	22	27	20	25	18	23	17	21	18	19	14
4	37	28	35	26	30	23	27	21	28	21	21	17
5	41	31	39	28	34	26	30	23	33	24	24	19
6	46	36	40	31	38	29	34	26	35	26	26	21
8	58	44	50	40	45	36	40	31	44	33	34	26
10	69	51	63	47	50	39	45	34	54	41	41	32
16	92	69	74	56	66	50	59	45				

续表

标称截面 (mm ²)	塑料绝缘线											
	明线敷设		穿管敷设						护套线			
			二根		三根		四根		二芯		三及四芯	
	铜	铝	铜	铝	铜	铝	铜	铝	铜	铝	铜	铝
20	100	78	83	65	74	60	68	52				
25	120	92	92	74	83	69	78	60				
35	148	115	115	88	100	78	97	70				
50	185	143	150	115	130	100	110	82				
70	230	185	186	144	168	130	149	115				
95	290	225	220	170	210	160	180	140				
120	355	270	260	200	220	173	210	165				
150	400	310	290	230	260	207	240	188				
185	475	370										
240	580	445										
300	670	520										
400	820	630										
500	950	740										

注：①线芯最高的工作温度：塑料绝缘线为 70℃；橡皮绝缘线为 65℃。

②电线周围环境温度为 35℃。在实际空气温度高于 35℃ 的地方，导线安全载流量应按校正系数表乘以校正系数。

校正系数表

周围空气温度 (℃)		35	40	45	50	55
校正系数	塑料绝缘线	1.00	0.93	0.85	0.76	0.66
	橡皮绝缘线	1.00	0.91	0.82	0.71	0.58

表 6-29 通用橡套软电缆的安全载流量

主线芯截面 (mm)	载 流 量 (A)								
	YQ, YQW		YZ, YZW			YC, YCW			
	二芯	三芯	二芯	三芯	四芯	单芯	二芯	三芯	四芯
0.3	7	6	—	—	—	—	—	—	—
0.5	11	9	12	10	9	—	—	—	—
0.75	14	12	14	12	11	—	—	—	—
1	—	—	17	14	13	—	—	—	—
1.5	—	—	21	18	18	—	—	—	—
2	—	—	26	22	22	—	—	—	—
2.5	—	—	30	25	25	37	30	26	27
4	—	—	41	35	36	47	39	34	34
6	—	—	53	45	45	52	51	43	44
10	—	—	—	—	—	75	74	63	63
16	—	—	—	—	—	112	98	84	84
25	—	—	—	—	—	148	135	115	116
35	—	—	—	—	—	183	167	142	143
50	—	—	—	—	—	226	208	176	177
70	—	—	—	—	—	289	259	224	224
95	—	—	—	—	—	353	318	273	273
120	—	—	—	—	—	415	371	316	316

注：线芯长期允许工作温度为 +65℃，周围环境温度为 +25℃，不同环境温度时载流量的换算系数如下表：

换 算 系 数

环境温度 (℃)	15	20	25	30	35	40
换算系数	1.12	1.06	1.00	0.94	0.87	0.79

表 6-30 直接敷设在地中的低压绝缘电线的安全载流量

标称截面 (mm ²)	双芯电缆		三芯电缆		四芯电缆	
	铜	铝	铜	铝	铜	铝
1.5	13	9	13	9	—	—
2.5	22	16	22	16	22	16
4	35	26	35	26	35	26
6	52	39	52	39	52	39
10	88	66	83	62	74	56
16	123	92	105	79	101	75
25	162	122	140	105	132	99
35	198	148	167	125	154	115
50	237	178	206	155	189	141
70	286	214	250	183	233	174
95	334	250	299	224	272	204
120	382	287	343	257	308	231
150	440	330	382	287	347	260
185	—	—	431	323	396	297
240	—	—	—	—	448	336

注：①表中的安全载流量为线芯最高工作温度 80℃，地温 30℃ 时的数据。在实际地温不是 30℃ 的地方，电缆的安全载流量应乘以修正系数：

地温 (℃)	10	15	20	25	30	35	40
修正系数	1.18	1.14	1.10	1.05	1.0	0.95	0.89

②几条电缆平行敷设（电缆外皮间距为 200mm）时，电缆的安全载流量应乘以并列系数：

电缆条数	1	2	3	4	5	6	7	8
并列系数	1.00	0.92	0.87	0.84	0.82	0.81	0.80	0.79

第七章 照 明

工农业生产和人们的日常生活都离不开照明。实践表明，合理地选择和利用照明是保护视力、提高生产力的必要条件。

一、照明基本知识

1. 照明基本术语

(1) 光通量：光源在单位时间内，向周围空间发射出的使人引起视觉的能量，称为光通量，也称为光功率。它的单位是流明 (lm)，符号为 Φ 。

(2) 发光强度：点光源在某一方向上单位立体角内所辐射出去的光通量，称为光源在该方向上的发光强度。发光强度简称光强。符号为 I ，计算公式为 $I = \Phi / \omega$ (ω 为给定方向上的立体角)，单位为坎德拉 (cd)， $1\text{cd} = 1\text{lm}/\text{Sr}$ 。在某一方向上发光强度为 1 的点光源，在该方向单位立体角内发射出去的光通量为 1lm。

(3) 亮度：发光体在给定方向单位投影面上的发光强度，称为亮度。即它是在某一方向上单位投影面积在单位立体角内发出的光通量。亮度的符号为 L ，其计算公式为 $L = I/S$ ，单位为 cd/m^2 。

(4) 照度：被照射物体单位面积上所接受的光通量称为照度，符号为 E ，其计算公式为 $E = \Phi/S$ ，单位为勒克斯 (lx)。一般在阅读时所需的照度为几十个 lx，使用 25W 白炽台灯或 8W 日光台灯就可达到这个要求；如果使用 20W 或 40W 挂式日光灯，灯管与桌面的垂直距离应分别为 100cm 或 160cm；如果使用 25W 或 60W 挂式白炽灯，灯泡与桌面的垂直距离应为 30cm 或 55cm。

应注意照度与发光强度或亮度的区别，照度是指投射到被照物体单位面积上光通量的多少，而发光强度或亮度则是研究发光体发射出去的光通量的多少，是由光源本身的性质所决定的。

2. 电光源的分类和特点

(1) 电光源的分类：常用照明电光源按发光原理和所使用的发光物质分类见表 7-1。

表 7-1 常用电光源的分类

分 类		额定功率 范围 (W)	发光效率 (lm/W)	平均寿命 (h)	
热辐射光源	白炽灯	10~1000	6.5~19	1000	
	卤钨灯	500~2000	19.5~21	1500	
气体放电光源	金属	荧光灯	6~125	25~67	2000~3000
		高压汞灯	50~1000	30~50	2500~5000
		高压钠灯	250、400	90~100	3000
	惰性气体	氙灯(管形)	1500~100000	20~37	500~1000
		汞氙灯			
		氙灯			
		霓虹灯			
	金属卤化物	钠铊铟灯 镒灯	400~1000	60~80	2000

(2) 电光源的特点：

①白炽灯：它是靠电流加热灯丝至白炽状态而发光。其优点是光色好，寿命较长，无须配件，使用方便。其缺点是电源电压变化会影响灯泡寿命和光效，灯丝温度高，耐震性差。白炽灯适用于照度要求较低，开关次数频繁的场所。

②荧光灯：它是靠汞蒸气放电导致管壁荧光物质发光。其优点是效率高，寿命长，发光表面温度低。其缺点是功率因数低，需镇流器，起辉器等附件。荧光灯适用于照度要求高，需辨别色彩的室内照明。

③高压汞灯：也叫高压水银荧光灯，其发光原理与荧光灯相同。其优点是效率高，寿命长，耐震。其缺点是功率因数低，启动时间长，不能连续启闭（时间间隔 5~10 分钟）。它适用于悬挂高度 5m

以上的大面积室内外照明。

④高压钠灯：它是由于高压钠蒸气放电而发光。其优点是光效极高，寿命长，透雾性好。其缺点是电源电压变化会影响光效、光色，易引起灯自灭，功率因数低，需要镇流器等附件。它适用于街道、广场等大面积照明，悬挂高度在 6m 以上。

⑤氙灯：它是一种弧光放电灯，氙灯分为长弧和短弧两种。其优点是光色接近日光，光谱能量分布不随电流而变化，寿命长，发光效率高。其缺点是需要启动触发器和冷却设备。适于要正确辨色的广场，车站，码头，大型车间等大面积照明，悬挂高度在 10m 以上。

⑥金属卤化物灯：它是靠各种不同的金属蒸气而发出各种不同光色的灯，有钠铊灯，镝灯等几种。其优点是光色好，光效高。其缺点是电压波动会影响光效，光色，电压波动较大时会自灭。适用于广场照明，悬挂在 6m 以上。

3. 照明质量

合适的照度有利于保护视力，提高劳动生产率 and 产品质量。

表 7-2 一般照明照度参考表

建筑物名称	最低照度 (lx)	
	白炽灯	荧光灯
仪器装配间		100
精密仪器装配间		100
理化实验室		150
天平室	50~60	100~120
计量室	50~60	100~120
锅炉房	15	
水泵房	20	
汽车库	10	
成品库、材料库	10	
工具库	10	

续表

建筑物名称	最低照度 (lx)	
	白炽灯	荧光灯
露天堆场	0.2	
办公室、值班室	30	60
阅览室、会议室	40	80
设计室、绘图室	50	100
图书室、资料室	30	60
打字室	60	120
晒图室、装订室	40	80
医疗室、保健站	40	80
商店	20	
托儿所、幼儿园	20	
浴池	15	
厕所、更衣室	10	
走道、楼梯	5	
家属宿舍	10	
单身宿舍	15	
食堂	15	
学校教室	40	80
机加工车间：加工区	20	
装配区	40	
锻工车间：准备工段	15	
加热炉装卸处	20	
锻压机模面	40	
热处理车间：一般区	20	

续表

建筑物名称	最低照度 (lx)	
	白炽灯	荧光灯
炉口、淬火槽	10	
高频电炉间	10	
木工车间：机床区	20	
装配区	40	
机修车间：机床区	20	
磨刀间	40	
电修车间：绕线装配	40	
修理区	20	
电镀车间：镀槽区	30~40	80
酸洗间	20	50
抛光间	40	100
电机房	20	50
喷漆车间：油漆区	40	80
调漆区	20	
喷沙间：	20	
铸工车间：型沙工段	10	
熔化、浇铸	40	
泥芯、造型	40	
焊接车间	40	
精密加工车间	40	100
试验间	40	100

照度的均匀度一般是以场所的最低照度和最高照度之比或最低照度和平均照度之比来衡量。在采用一般照度时，生产厂房的照明均匀度不得低于表 7-3 数据。

表 7-3 照明均匀度参考表

厂房的工作性质	最低均匀度 E_{\min}/E_{\max}	平均均匀度 E_{\min}/E_{av}
精密工作	0.3	0.7
粗糙工作	0.2	0.4

二、常用电光源和常用灯具

1. 常用电光源

(1) 白炽灯:

表 7-4 白炽灯的光通量

额定功率 (W)	光通量 (lx)	额定功率 (W)	光通量 (lx)
15	101	150	1845
25	198	200	2660
40	340	300	4350
60	540	500	7700
100	1050	1000	17000

表 7-5 常用电灯开关的选用

名 称	额定电流 (A)	适用范围
拉线开关	3	户内一般场所
顶装式拉线开关	3	户内吊装式灯座
防水拉线开关	5	户外一般场所或户内有水汽,有漏水等严重潮湿的场所
平开关	3 5 10	户内一般场所

续表

名 称	额定电流 (A)	适用范围
台灯开关	1	台灯和移动式电具
	2	
	3	
暗装开关	5	采用暗设管线线路的建筑物
	10	

注：表中各电灯开关的相关的额定电压为 250V。

表 7-6 常用灯座的选用

名 称	适用范围
插口吊灯座	户内一般场合的地方
插口平灯座	户内一般场合的平装灯
螺口吊灯座	集体场所的一般户内吊式灯；民用户内潮湿环境或公用场合的吊式灯
螺口平灯座	集体场所的一般户内平装灯；民用户内潮湿环境或公用场合的平装灯
螺口防水吊灯座	户外吊式灯，或户内有水汽，漏水场所的吊式灯
螺口防水平灯座	户外平装灯，或户内较潮湿，有漏水场所的平装灯
螺口安全吊灯座	户内人体易触及场所的吊式灯，或户内潮湿，导电地面等场所的吊式灯
螺口安全平灯座	户内人体易触及场所的平装灯，或户内潮湿，导电地面等场所的平装灯，或行灯

注：表中各灯座额定电压为 250V，额定电流为 3A。

白炽灯的安装：安装白炽灯时，为了安全，每个用户都要安装熔断器，作为断路保护用。开关应接在相线（俗称的火线）上，这样开关断开时，灯头就不带电。对于螺口灯座，还应将中性线（零线）与螺纹圈连接，将来自开关的相线与中心簧片连接，吊灯的导线应采用

绝缘软线，并应注意在挂线盒及灯座罩盖内将导线打结，以免导线线芯直接承受吊灯的重量而拉断。

表 7-7 白炽灯常见故障及处理方法

常见故障	产生的原因	处理方法
灯泡不发光	①灯丝断裂 ②灯座或开关触点接触不良 ③熔丝烧毁 ④线路开路	①更换灯泡 ②修复触点,无法修复时,应换好的 ③更换熔丝 ④修复线路
灯光时亮时灭	①灯座或开关触点(或接线)松动,或因表面存在氧化层 ②电源电压波动(通常由附近大工业容量负载经常启动引起) ③熔丝接触不良	①修复松动的触点或接线,去除氧化层后重新接线 ②更换配电变压器,增加容量 ③重新安装
灯泡发光强烈	灯丝局部短路	更换灯泡
烧断熔丝	①灯座或挂线盒连接处两线头互碰 ②熔丝太细 ③负载过大 ④线路短路 ⑤胶木灯座两触点间胶木严重烧毁	①重新接好线头 ②正确选配熔丝规格 ③减轻负载 ④修复线路 ⑤更换灯座
灯光暗红	①线路导线太长太细,线压降太大 ②灯座、开关接触不良,或导线连接处接触电阻增加 ③灯座、开关或导线对地严重漏电	①缩短线路长度,或更换较大截面的导线 ②修复接触不良的触点,重新连接接头 ③更换完好的灯座、开关或导线

(2) 荧光灯: 荧光灯由灯管、启辉器和镇流器等三部分组成。灯管由灯丝、玻璃管等组成, 灯管的形状有直管形、环形和U形。启辉器主要由氖泡、电容器、电极、外壳等组成。镇流器是个带有铁心的电抗线圈, 接线时与灯管串联。表7-8、表7-9分别给出了荧光灯的有关技术数据。

表7-8 直管荧光灯的技术数据

型 号	额定电压 (V)	功率 (W)	工作电压 (V)	工作电流 (A)	起动电流 (A)	光通量 (lm)	平均寿命 (h)	主要尺寸(mm)		
								直径 D	全长 L	管长 L ₁
YZ4RR	220	4	35	0.11		70	700	16	150	134
YZ6RR		6	55	0.14		160	1500		226	210
YZ8RR		8	60	0.15		250			302	288
YZ10RR		10	45	0.25		410		26	345	330
YZ15RR		15	51	0.33	0.44	580	3000	34.1	451	437
YZ20RR		20	57	0.37	0.50	930				604
YZ30RR		30	81	0.405	0.56	1550	5000	38.5	909	894
YZ40RR		40	103	0.45	0.65	2400				1215
YZ65RR		65	110	0.67	1.00	4170		—	1514.2	1500
YZ80RR		80	99	0.87	1.30	4725	3000	40.5	1514.2	1500
YZ85RR		85	120	0.80	1.30	5225				1778.0
YZ100RR		100	—	1.50	1.80	5000	2000	38.0	1215	1200
YZ125RR		125	149 ± 15	0.94	—	6250				40.5

注: ①RR—为日光色;

②表中所列功率为灯管本身的耗电量。

表 7-9 环形和 U 形荧光灯的技术数据

型 号	功率 (W)	外形尺寸 (mm)						额定参数				平均寿命 (h)
		D	D ₁	L	L ₁	φ	d	启动电流 (mA)	工作电流 (mA)	灯管压降 (V)	光通量 (lm)	
URR-30	30			417	410	38	20	560	350	89	1550	2000
URR-40	40			626	619	38	20	650	410	108	2200	
CRR-20	20	207	145			32		500	350	60	930	
CRR-30	30	308	244			32		560	350	89	1350	
CRR-40	40	397	33			32		650	410	108	2200	
YU15RR	15			170±5	163±5	25±1.5	≤130	440	300	50	405	
YU30RR	30			415±5	408±5	25±1.5	≤130	560	360	108	1165	1000
YH20RR	20	≤227	175 ⁺¹ ₋₅					500	300	78	698	

注：“U”表示“U”形；“C”表示圆形。

表 7-10 荧光灯的常见故障及处理方法

常见故障	产生的原因	处理方法
灯管不亮	①启辉器损坏,或与基座接触不良 ②灯座接触不良,或电路线头松动 ③镇流器绕组或管内灯丝断裂或脱落 ④没有电源	①先旋动启辉器,试看是否发亮;再检查线头是否脱落,排除后仍不发亮,应更换启辉器 ②重新安装灯管,或重新连接已松动的线头 ③用万用表低电阻档测量绕组和灯丝是否断路;20W及以下灯管一端断丝,将该端的两脚短路,仍可使用 ④验明是否停电或熔丝烧断

续表

常见故障	产生的原因	处理方法
灯管两端发亮,中间不亮	启辉器接触不良,或内部小电容击穿,或基座线头脱落,或启辉器已损坏	接上列方法 1 检查;小电容击穿,将其剪去后,可继续使用
启辉困难(灯管两端不断闪烁,中间不亮)	①电源电压太低 ②启辉器规格不配套 ③环境气温太低 ④镇流器不配套,启辉电流过小 ⑤灯管衰老	①调整电压或缩短电源线路,使电压保持在额定值 ②换上配套的启辉器 ③可用热毛巾在灯管上来回烫熨(但应注意安全,灯架和灯座处不可触及和受潮) ④换上配套的镇流器 ⑤更换灯管
灯光闪烁或管内有螺旋形滚动光带	①启辉器或镇流器连接不良 ②镇流器不配套,工作电流过大 ③新灯管暂时现象 ④灯管质量不佳	①接好连接点 ②换上配套的镇流器 ③使用一段时间后会自行消失 ④更换质量好的灯管
灯管两端发黑	①灯管衰老 ②启辉不佳 ③电压过高 ④镇流器不配套	①更换灯管 ②排除启辉系统故障 ③调整电压 ④换上配套的镇流器
镇流器声音异常	①铁心叠片松动 ②绕组内部短路(伴随过热现象) ③电源电压过高	①紧固铁心 ②更换绕组或整个镇流器 ③调整电压

注意事项：

●安装时，应注意使镇流器和启辉器与灯管的功率一致。采用开启式灯座时，应用细绳将灯管两端绑扎在灯架上，以防灯管坠落；

●荧光灯最忌频繁启动，频繁启动会使寿命缩短；

●荧光灯电源电压的变化不宜超过±5%，否则会影响灯的光效和寿命；

●荧光灯最佳工作环境温度 $18^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$ ，环境温度过高或过低都会影响启动困难和光效下降。

(3) 高压汞灯：高压汞灯主要是利用高压汞气放电而发光，其工作原理与普通荧光灯一样，也要与一个镇流器相配套使用。高压汞灯的品种很多，常用的有荧光高压汞灯、自镇流高压汞灯和反射高压汞灯三种。荧光高压汞灯的结构特点是在玻璃壳内表面涂敷荧光粉；自镇流高压汞灯是一种复合光源，利用汞放电管、钨丝和荧光质三种发光要素同时发光，其中钨丝兼作镇流器；反射高压汞灯是在玻璃壳内表面上部镀有铝反射层。

表 7-11 高压汞灯的技术数据

型号	额定电压 (V)	功率 (W)	工作电压 (V)	启动电压 (V)	启动电流 (A)	工作电流 (A)	稳定时间 (min)	光通量 (lm)	主要尺寸 (mm)		平均寿命 (h)	灯头型号
									直径 D	全长 L		
荧光高压汞灯	220	50	95	不大于 180	1.0	0.62	5~10	1500	56	140	2500	F27/27
		80	110		1.3	0.85		2800	71	165		
		125	115		1.8	1.25		4750	81	184		E27/35×30
		175	130		2.3	1.50		7000	91	215		
		250	130		3.7	2.15	4~8	10500	91	227	5000	E40/45
		400	135		5.7	3.25		20000	122	292		
		700	140		10.0	5.45		35000	152	358		E40/75
		1000	145		13.7	7.50		50000	182	400		

续表

型号	额定电压 (V)	功率 (W)	工作电压 (V)	启动电压 (V)	启动电流 (A)	工作电流 (A)	稳定时间 (min)	光通量 (lm)	主要尺寸 (mm)		平均寿命 (h)	灯头型号
									直径 D	全长 L		
自镇流型	220	100	180	180	0.56	0.46	4~8	1150	60	154	2500	E27/35×30
		160			0.95	0.75		2560	81	184		
		250			1.70	1.20		4900	91	227	3000	E40/45
		400			2.70	1.90		9200	122	310		
		450			3.50	2.25		11000	122	292		
		750			6.00	3.55		22500	152	370		
反射型	220	50	95	180	1.0	0.62	4~8	1230	81	152	3000	E27
		80	110		1.3	0.85		2300	101	179		
		125	115		1.8	1.25		3900	127	198		
		400	135		5.7	3.25		16500	182	300	6000	E40

注意事项:

●使用高压汞灯时,当高压汞灯的功率在 125W 及以下时,应配用 E27 型瓷质灯座;当功率在 175W 及以上时,应配用 E40 型瓷质灯座;

●镇流器必须与灯泡的功率相配合,并安装在灯具附近、人体触及不到的位置,同时注意有利于散热和防雨;

●电源电压波动不宜过大,若电源电压突然降低 5%,将会使灯熄灭;

●外玻璃破碎后,应及时更换。因为灯虽然能点亮,但大量紫外线会灼伤人的眼睛和皮肤;

●高压汞灯再启动时间长,所以不适用在启闭频繁和要求迅速点燃的场所;

●破碎灯管要妥善处理,防止汞中毒。

(4) 高压钠灯:高压钠灯是一种钠蒸气放电灯,其辐射光源的波长集中在人眼感受较灵敏的范围。适用于工厂车间、广场等大型公共

场所。

表 7-12 高压钠灯的技术数据

型 号	额定电压 (V)	功率 (W)	工作电压 (V)	工作电流 (A)	启动电流 (A)	光通量 (lm)	平均寿命 (h)	显色指数 R_a	主要尺寸 (mm)		灯头型号
									直径 D	全长 L	
普通直管型	220	35	90	0.53	0.75	2250	16000	23	38	154	E27
		50		0.76	1.1	4000				160	
		70		0.98	1.35	6000					
		100	100	1.2	1.8	9000	18000	25	47	170	E40
		150		1.8	2.7	16000				210	
		250		3.0	4.5	28000				257	
		400	4.6	7.0	48000	24000	285				
		1000	110	10.3	15.5	130000	67	380			
		漫射椭球普通型	220	35	90	0.53	0.75	2150	16000	23	71
50	0.76			1.1		3500	160				
70	0.98			1.35		5600					
100	100			1.2	1.8	8500	18000	25	91	170	E40
150				1.8	2.7	14500				227	
250				3.0	4.5	25000				122	
400	4.6			7.0	46000	167	410				
1000	110			10.3	17.4			120000			

注意事项：

●高压钠灯必须配用相应规格的镇流器，否则会造成启动困难或缩短使用寿命；

●电源电压波动不宜超过正负 5%，因为当电源电压上升时，由于管压增大而容易引起灯自灭；当电源电压降低时，光通亮减少。显色

较差；

●高压钠灯外壳温度很高，所以必须配备具有良好散热性能的灯具，以利于散热；

●高压钠灯启动时间长，不宜于用在频繁启动和快速启动的场合。

(5) 氙灯：氙灯是利用高压氙气放电来发光的-一种弧光放电灯，氙灯放电时产生的白光接近连续光谱，和太阳光十分相似，故有“小太阳”之称。氙灯分为长弧和短弧两种，常用的管形氙灯属于长弧氙灯。

表 7-13 管形氙灯的技术数据

型 号	功率 (W)	额定电压 (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)			功率因数
							外径 D	全长 L	发光体长度 L ₁	
XG1500	1500	~ 220	60	20	30000	1000	32	350	110	0.4
XG3000	3000		220	13~18	72000		15±1	700	590	
XG6000	6000		24.5~30	14400	21±1		1000	800		
XG10000	10000		41~50	270000	26±1		1500	1050		
XG20000	20000		84~100	580000	38±1		1800	1300		
XG20000	20000	~ 380	380	47.5~58	580000	500	28±1	2500	2000	0.9
XG50000	50000			118~145	1550000		45±1	3400	2700	
XSG4000	4000	~ 220	220	15~20	140000	500	25±3	450±10	250	
XSG6000	6000			23~31	220000					

注意事项：

●因为氙灯有强紫外线辐射，所以安装高度一般不低于 20m；

●电源电压波动不宜超过正负 5%，否则会引起灯自灭；

●由于灯管温度很高，所以灯头和灯座引入线应采用耐高温材料；

●灯管要保持清洁，防止高温下形成污斑，从而降低灯管的透明度；

度；

●灯管应水平安装。

(6) 金属卤化物灯：金属卤化物灯是在高压汞灯的基础上加入某些金属卤化物制成的一种新型光源。适当选择金属卤化物并控制其比例，可制成不同光色的金属卤化物灯。

表 7-14 金属卤化物灯的技术数据

型 号	额定电压 (V)	功率 (W)	工作电压 (V)	工作电流 (A)	启动电流 (A)	光通量 (lm)	平均寿命 (h)	主要尺寸 (mm)		灯头型号
								直径 D	全长 L	
管形镇灯	220	175	130	1.5		9625	1000	49	185	E40
		400	135	3.6	5.5	24000		61	283	
		1000	130	8.3	13.0	70000		91	370	
	380	2000	220	10.3	16.0	150000	5000	111	450	
		3500	270	18.0	28.0	280000		122	485	
管形碘化钨灯	220	250	135	2.15		13750	1000	91	235	E40
		400	135	3.6	5.7	24000		65	300	
		1000	130	8.3	13.0	70000		500	111	
	380	3500	220	18.0	28.0	280000	122		485	
钨钨灯	220	400	115	3.7	5.7	22000	700	91	235	E40
		1000	135	7.5	13.0	50000	500	120	285	
钠钨灯	220	400	135	3.25	5.7	28000	1000	91	227	E40

注意事项：

●电源电压波动不宜超过正负 5%，否则会引起灯自灭；

●必须配用相应规格的镇流器，否则会造成启动困难或缩短使用寿命；

●金属卤化物灯的外壳温度很高，所以必须配备具有良好散热性能的灯具，以利于散热。

2. 常用灯具

表 7-15 常用灯具的类型及代号

类 型	代 号	类 型	代 号
民用建筑灯具	M	防爆灯具	B
工矿灯具	G	医疗灯具	Y
公共场所灯具	Z	摄影灯具	X
船用灯具	C	舞台灯具	W
水面水下灯具	S	农用灯具	N
航空灯具	H	军用灯具	J
陆上交通灯具	L		

表 7-16 工矿灯种及代号

灯 种	代 号	灯 种	代 号
标志灯	B	机床灯	J
厂房照明灯	C	投光灯	T
工作台灯	G	应急灯	Y
行灯	H	未列入类	W

表 7-17 常用工厂灯具的技术数据及用途

灯具型号	灯具名称	型式	灯泡功率 (W)	灯头型式	用 途
GC1-□	配照型工厂灯	开启	60~200	E27	工厂、车间、一般性仓库及公共场所的照明
GC3-□	广照型工厂灯	开启	60~200	E27	室内外靠墙壁近的车间操作场地、货垛要道的固定照明

续表

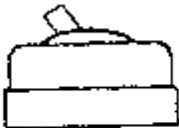
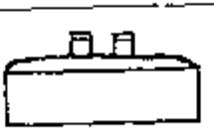
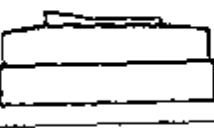



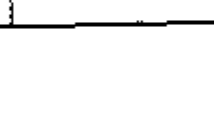
灯具型号	灯具名称	型式	灯泡功率 (W)	灯头型式	用途
GC5—□	深照型工厂灯	开启	60~500	E27, FA0	适用于厂房、加工车间及大型机床作固定照明
GC7—□	斜照型工厂灯	开启	60~100	E27	适用于室内外画廊、广告牌等作固定照明
GC9—□	广照型防水、防尘灯	防水式	60~200	E27	适用于室内多尘多水的操作场所的照明
GC11—□	广照型防水、防尘灯(有保护罩)	防水式	60~200	E27	适用于室内多尘多水的操作场所的照明
GC15—□	散照型防水、防尘灯	防水式	60~200	E27	适用于室内外多水、多尘、多气的操作场所的照明
GC17—□	圆球型工厂灯	防水式	100~200	E27	适用于精密仪表、装配车间及工厂厂房、办公室或水蒸气密度不大的操作场所固定照明
GC19—□	双罩型工厂灯	保护式	60~200	E27	适用于工厂厂房、大礼堂、车间、会客室、资料阅览室等光线柔和的室内照明
GC21—□	配照型吊灯	开启式	60~200	E27	室内外移动性工作场所作临时照明
GC22—□	广照型防水、防尘灯	防水式	60~200	E27	适用于室内多水、多尘的厂房或露天场所等移动性照明
GC23—□	深照型吊灯	开启	60~300	E27, FA0	适用于工厂、车间、运动场及其他室内外场所的照明
GC26—□ E H	局部深照型照明灯	开启	600~100	E27	E型适用于精密仪器、仪表、装配、检修工作台局部照明。H型适用于剧场、影院广告及光荣榜等作局部照明

续表

灯具型号	灯具名称	型式	灯泡功率 (W)	灯头型式	用途
GC28	防潮灯	开启	150~500	E27, E40	适用于一般工厂、矿山等潮湿的车间、工作场地等照明
GC29	防震行车灯	开启	500	E40	供安装在工厂、矿山、码头、仓库等行车及起重机上作操作照明
GC30	胶柄手提灯	开启	40	E27	供工厂及其它场所的临时性检修安装等照明
GC31	扁形防潮灯	开启	40~60	E27	适用于工厂、仓库、隧道等湿度较大或具有水蒸气的车间作一般照明
GC32	手提消防灯	开启	30	F27	适用于火灾场所作施救照明,但不得用于具有操作危险性介质的场合
GC33	防潮灯	防水式	60~100	E27	适用于工厂及车间或其它有潮湿的场所照明
GC34	搪瓷防潮灯	防水式	150	E27	适用于一般潮湿车间及有少量腐蚀性气体的车间照明
GC39	深照型防震灯	保护式	400~1000	E40	适用于高度为12~20m,伴有震动性的高大厂房及行车运行照明
GC57	防腐蚀灯	保护式	钠灯 110~250 汞灯 125~250	E27, E40	适用于化工、电镀车间、含酸、碱等腐蚀性气体场所
GC75~GC78	高大厂房工厂灯	开启	250~1000	E40	适用于现代化高大厂房、大型仓库等场所
GC108—□	块板面照明灯	开启	250~400	E40	适用于悬挂高度为6m以上的大型厂房、体育馆和仓库照明
GC109	宽光束小型块板灯	开启	125~175	E27	适用于高度6m以下的车间、操作室、商场、会堂等照明

3. 常用照明附件

表 7-18 常用开关技术数据

名称	规格	外形	用途	种类
单连平开关 (单投、单极)	6~10A, 250V		一般照明开关、 用电器具开关	胶木
双连平开关 (双投)	6A, 250V		两开关控制一 盏灯	胶木
二位平开关 (又叫双把开 关)	6A 250V		分别控制两盏 灯	胶木
跷板式平开关	4~6A 250A		两开关控制一 盏灯	塑料
带指示灯跷 板式平开关	4~6A 250V		一般照明及电 器开关,有指示 灯便于夜间找 到开关位置	塑料
跷板式 单控暗开关	10A 250V		一般照明开关, 固定安装在墙上	塑料
跷板式 双控、双联, 单控、双联, 双控暗开关	10A 250V		一般照明开关, 分别控制两盏 灯或同时控制 两盏灯	塑料

续表








名称	规格	外形	用途	种类
挂线盒带拉线开关	3A 250V		一般照明开关, 固定安装在棚上	胶木 瓷质
拉线开关	3A 250V		一般照明开关, 固定安装在墙上	胶木 瓷质
跷板式床开关	4A 250V		作悬垂装置, 便于在床上启闭电灯	胶木
台灯开关	2A 250V		用于台灯, 作电源开关	胶木
电铃平按钮	4A, 250V		用于门外及车船等, 作警声讯号开关	胶木

表 7-19 常用插座技术数据

名称	规格	外形图	用途和特点
单相二极插座(圆形)	10A, 250V		固定安装在室内墙上供二极插头联接电源用
单相二极插座(矩形)			

续表










名称	规格	外形图	用途和特点
双用插座	10A 250V		可配插二极扁脚或圆脚插头
单相三极插座	10A, 15A, 250V		固定安装在墙上, 供三极插头联接电源用
			
三相四极插座	10A, 15A 25A 380V		固定安装在墙上, 供三相四极插头联接电源用
移动式二极三分路插座(又叫三极插座)			用导线连接插头, 插入固定的二极插座以引取电源, 可同时作三路分线
			可配二极扁插或圆插头 亦可作固定安装

表 7-20 常用插头技术数据

名称	规格	外形图	用途和特点
二极插头	6A, 10A, 250V		单相二极电器用作电源连接
三极插头	6A, 10A, 15A, 250V		供单相三极电源连接, 10A 及以上的插头出线口都应有压线装置
三相四极插头	15A, 25A, 380V		供三相动力电器设置作电源连接

4. 照明配电箱的安装

照明配电箱的中心距地面高度为 1.5m;

照明配电箱不应装在灰尘多、潮湿或有腐蚀性的地方;

铁管穿入箱内的长度为 20~30mm, 管子头要上好管子垫和管子保护帽;

盘后面的鸡爪子线要整齐, 接头要焊牢, 用橡皮带和黑胶布包好;

金属照明配电箱和金属盘应可靠接地, 其接地电阻不应大于 10Ω 。

第八章 常用电工材料

电器、电机工程中所用的材料，很多与电、磁有密切的关系。这些具有特定电、磁性能的材料，称为电工材料。

一、导体材料

1. 导电金属

表 8-1 导电纯金属的性能

金 属	抗拉强度 (MPa)	电阻率(20℃) ($10^{-8}\Omega\cdot\text{m}$)	电阻温度系数(20℃) ($10^{-3}/\text{C}$)
Ag	156.8~176.4	1.59	3.80
Cu	196~215.6	1.69	3.93
Au	127.4~137.2	2.40	3.40
Al	68.6~78.4	2.65	4.23
Na		4.60	5.40
Mo	686~980	4.77	3.30
W	980~1176	5.48	4.50
Zn	107.8~147	6.10	3.70
Ni	392~490	6.90	6.0
Fe	245~323.4	9.78	5.0
Pt	137.2~156.8	10.5	3.0
Sn	14.7~26.5	11.4	4.20
Pb	9.8~29.4	21.9	3.90
Hg		95.8	0.89

表 8-2 导电纯金属的主要特性和用途

名称	主要特性	主要用途
银	有最好的导电性和导热性,抗氧化性好,易压力加工,焊接性好	航空导线、耐高温导线、射频电缆等导体和镀层,瓷电容器极板等
铜	有好的导电性和导热性,良好的耐蚀性和焊接性,易压力加工	各种电线、电缆用导体,母线和载流零件等
金	导电性仅次于银和铜,抗氧化性特好,易压力加工	电子材料等特殊用途等
铝	有良好的导电性、导热性、抗氧化性和耐蚀性,密度小,易压力加工	各种电线、电缆用导体,母线和载流零件电缆护层等
钠	密度特小,延伸性好,熔点低,活性大,易与水作用	有可能做实用的导体
钨	有高的硬度和抗拉强度,耐磨,熔点高,性脆,高温易氧化,需特殊加工	超高温导体,电焊机电极,电子管栅极丝及支架等
钨	抗拉强度和硬度很高,耐磨,熔点高,性脆,高温易氧化,需特殊加工	电光源灯丝,电子管灯丝及电极,超高温导体和电焊机电极等
锌	耐蚀性好	导体保护层和干电池阴极等
镍	抗氧化性好,高温强度高,耐辐照性好	高温导体保护层,高温特殊导体,电子管阳极和阴极等零件

续表

名称	主要特性	主要用途
铁	机械强度高,易压力加工,电阻率比铜大6~7倍,交流损耗大,耐蚀性差	在输送功率不大的线路上作广播线、电话线和爆破线等
铂	抗氧化性和抗化学剂性特好,易压力加工	精密电表及电子仪器的零件等
锡	塑性高,耐蚀性好,强度和熔点低	导体保护层,焊料和熔丝等
铅	塑性高,耐蚀性好,强度大,熔点低	熔丝,蓄电池极板和电缆护层等
汞	液体,沸点为356.90℃,加热易氧化,蒸气对人体有害	汞弧整流器,汞灯和汞开关等

2. 铜和铝的型号、成分和用途

表 8-3 铜的型号、成分和用途

型号	含铜量 (%)	杂质含量不大于 ($\times 10^{-3}\%$)										
		铋	锑	砷	铁	镍	铅	锡	硫	磷	锌	氧
T1	99.95	2	2	2	5	2	5	2	5	1	5	20
T2	99.90	2	2	2	5	2	5	2	5		5	60
T3	99.70	2	5	10	50	200	10	50	10	-	-	100
T4	99.50	3	50	50	50	200	50	50	10	-	-	100
用途	T ₁ 用作导电和高纯度合金 T ₃ 用作一般铜材和合金						T ₂ 用作导电和高纯度合金 T ₄ 用作一般铜材和合金					

表 8-4 铝的型号、成分和用途

型号	含铝量 (%)	杂质含量 不大于 (%)					用途
		铁	硅	铁+硅	铜	总和	
L1	99.70	0.16	0.16	0.26	0.01	0.3	制造铝箔、夹皮层铝合金之皮层、电缆及导电体,特殊用途及化学工业用铝合金
L2	99.60	0.25	0.18	0.36	0.01	0.4	
L3	99.50	0.30	0.25	0.45	0.015	0.5	制造电缆、导电体及铝合金
L4	99.30					0.7	制造具有高的可塑性、导热性及良好可焊性的构件及零件
L5	99.00	0.50	0.45	0.90	0.02	1	制造电缆、导电体及中间合金
L6	98.80					1.2	同 L4

表 8-5 换向器用铜的型号和性能

产品型号	产品名称	技术指标
TPT	梯形铜排	梯形铜排的布氏硬度不低于 80 度
TYTP	银铜梯排	银铜梯排的布氏硬度不低于 95 度
TPT	梯形铜排	梯形铜排夹角 α 根据样板制造
TYPT	银铜梯排	梯形铜排两底边的弯曲度每米不超过 5mm

注：银铜梯排用含银量为 0.1%~0.2% 的银铜合金制成。

3. 电工中常用合金

表 8-6 导电铜合金的品种及性能

分类	合金名称	性 能				
		电导率① (% IACS)	抗拉强度 (MPa)	硬度 HB	延伸率 (%)	软化温度 (℃)
1	银铜 (Cu-0.1Ag)	96	343~441	95~110	2~4	280
	铁铜 (Cu-0.1Fe-0.03P)	92	402~451	100~120	7~10	425
	镉铜 (Cu-1Cd)	85	588	100~115	2~6	280
	铬铜 (Cu-0.5Cr)	85	490	110~130	15	500
	锆铜 (Cu-0.2Zr)	90	392~471	120~130	10	480
	铈铜 (Cu-0.5Cr-0.15Zr)	80	539	140~160	10	520
2	镍铈铜 (Cu-4Ni ₂ -Si)	55	588~686	150~180	6	450
	铈铈铜 (Cu-0.3Be-1.5Co)	50	735~883	210~240	5~10	400
	铁钴锡铜(Cu-1.5Fe-0.8Co-0.6Sn)	50	588~686	150~180	5~10	475
3	铍铜 (Cu-2Be-0.3Cu)	22~25	1275~1442	350~420	1~2	400
	钛铜 (Cu-4,5Ti)	10	883~1079	300~350	2	450
	镍锡铜 (Cu-9Ni-6Sn)	11	1177~1373	350~400	2	450
	锡磷青铜 (Cu-7Sn-0.2P)	10~15	686~883	200~250	7	300
	硅锰青铜 (Cu-1Mn-3Si)	11~13	637~735	150~200	2~5	350
	锌白铜 (Cu-15Ni-20Zn)	8~10	785~922	230~270	2	300

①据 1913 年国际电工学会规定,退火工业纯铜在 20℃ 时的电阻率等于 $0.017241\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ 为标准电阻率,以 100% IACS 表示。

表 8-7 导电铝合金的品种及性能

分类	合金名称	性 能				
		电导率 (% IACS)	抗拉强度 (MPa)	硬度 HB	伸长率 (%)	软化温 度(℃)
铝 合 金	铝镁硅 (Al-0.5~0.9Mg- 0.3~0.7Si)	>53	294~353		4	
	铝镁(Al-0.65~0.9Mg)	53~56	226~255		2	
	铝镁铁 (Al-0.5~0.8Fe-0.2Mg)	58~61	113~127		>15	
	铝锆(Al-0.1Zr)	58~60	177~186		2	
	铝硅(Al-0.5~1Si)	50~53	255~324		0.5~1.5	

表 8-8 发电机转子槽楔及转子风扇常用的铝合金主要机械特性

材料名称	极限强度 σ_b (MPa)	屈服点 σ_s (MPa)	伸长率 δ (%)	断面收缩率 ψ (%)	硬度 (HB)
LX12CZ 硬铝合金	470	330	17	1	105
QA1-4-4 铝铁镍青铜	750	≥550	15	45	224

4. 电阻合金材料及熔体材料

(1)电阻合金材料:电阻合金材料是用以制作各种电阻元件的重要材料之一,广泛用于电机、电器、仪器、仪表及电子产品中。

表 8-9 常用电阻合金材料的品种、性能及用途

类别	名称	主要成分 (%)	电阻率 20℃ ($\times 10^{-6}$ $\Omega \cdot m$)	电阻温度系数		对铜热 电动势 ($\mu V/^\circ C$)	密度 (g/cm^3)	抗拉强度 $\times 10^6$ (N/mm^2)	特点	用途简介
				α ($10^{-6}/^\circ C$)	β ($10^{-6}/^\circ C^2$)					
调 节 元 件 用	康铜 (6J40)	镍 39~41 锰 1~2 铜余量	0.48	-40~+40		-45	8.9	392~588	抗氧化性良 好	敏 作 用 后 方 调 电 阻 器 仪 表 中 可 电 等
	新康铜 (6J11)	锰 10.5~12.5 铝 2.5~4.5 铁 1.0~1.6 铜余量	0.49	(20~200℃) -40~+40	2	8.0	392~539	抗氧化性致 廉铜略差, 价 较低廉		
	镍铬	镍 20~23 铜余量	1.13	≈ 70		3.5~4	8.4	637~784	焊接性能致 好	
	镍铬铁	镍 15~18 镍 55~61 铁余量	1.2~ 1.15	≈ 150		<1	8.2	637~784	焊接性能致 好	
	铁铬铝	镍 12~15 铝 3.5~5.5 铁余量	1.25	≈ 120		3.5~ 4.5	7.4	588~735	焊接性能致 差	
电 工 仪 器 用 精 密 元 件 用	通用 型 锰 铜	1级 锰 11~13 镍 2~3 铜余量	0.47	-3~+5	-0.7~0	≤ 1	8.4	392~539	电阻稳定性阻 焊接性能致 高、抗氧化 性好、抗 差	电阻对温度 曲线致平坦, 温度范围内 的阻值误差比 通用型阻值小
		2级		-5~+10						
		3级		-10~+20						
	硅锰铜	锰 8~10 硅 1~2 铜余量	0.35	-3~+5	0~0.25	≤ 1	8.4	392~539		

续表

类别	名称	主要成分 (%)	电阻率 20℃ ($\times 10^{-6}$ $\Omega \cdot m$)	电阻温度系数		对铜热 电动势 ($\mu V/^\circ C$)	密度 (g/cm^3)	抗拉强度 (N/mm^2) > 10 ⁶	特点	用途 简介
				a (10~50℃) (10 ⁻⁶ /℃ ²)	β (10~50℃) (10 ⁻⁶ /℃ ²)					
精密元件用 高电阻合金	F1级	锰8~10 硅1~2 铜余量	0.35	-5~+10	-0.25~0	≤ 2	8.7	392~539	电阻对温度 曲线较平坦, 在 允许的阻值误 差比F2级小	仪表电 作仪的元 用器中阻 分及电计 准中阻等
	F2级	锰11~13 铜2~5 铜余量	0.44	0~+40	-0.7~0	≤ 2	8.4	392~539	电阻量高 温度比用型 级高	
	镍铬铂铁	铂18~20 铝1~3 铁1~3 铜余量	1.33	-20~+20		≤ 2	8.1	784~980	机械强度高, 耐摩性好, 焊接性较差	
	镍铬铂铜	铂18~20 铂2~4 铜1~3 铁余量	1.33	-20~+20		≤ 2	8.1	784~980	焊接性比 镍铬铂铁略好, 铂铜铂铁略 差同上	
	镍铬锰硅	铂17~19 锰2~4 硅1~4 铜余量	1.35	-20~+20		≤ 2	8.1	784~980	焊接性能比 镍铬铂铜略好, 余同上	
	镍铬铂钨	铂17~19 铂3~5 钨3~5 锰余量	1.70	-30~+30		≤ 5	8.1	≈ 1568	焊接性能较 差	
	镍铬铂铂	铂34~37 铂7~10 铂、铜余量	1.90	-50~+50		≤ 7		≈ 1568	焊接性能较 好	

注: 表中列参数: 新康铜合金引自 GB6149-85; 康铜、锰铜引自 GB6145-85; 镍铬、镍铂铁、铁铂铂引自 GB1234-85。

表 8-10 锰铜、康铜规格

圆线标称直径 (mm)	截面积 (mm ²)	每米电阻值 (Ω/m)				每米标称质量 (g/m)			
		锰铜	F ₁ 锰铜	F ₂ 锰铜	康铜	锰铜	F ₁ 锰铜	F ₂ 锰铜	康铜
0.200	0.03142	15.0	11.1	14.0	15.3	0.265	0.273	0.264	0.279
0.212	0.03530	13.3	9.92	12.5	13.6	0.298	0.307	0.297	0.313
0.224	0.03941	11.9	8.88	11.2	12.2	0.333	0.343	0.331	0.350
0.250	0.04909	9.57	7.13	8.96	9.78	0.414	0.427	0.412	0.436
0.280	0.06158	7.63	5.68	7.15	7.80	0.520	0.536	0.517	0.547
0.315	0.07793	5.73	4.49	5.65	6.16	0.658	0.678	0.655	0.692
0.355	0.09898	4.51	3.54	4.45	4.85	0.835	0.861	0.831	0.879
0.400	0.1257	3.55	2.79	3.50	3.82	1.06	1.09	1.06	1.12
0.450	0.1590	2.81	2.20	2.77	3.02	1.34	1.38	1.34	1.41
0.500	0.1963	2.27	1.78	2.24	2.44	1.66	1.71	1.65	1.74
0.560	0.2463	1.91	1.42	1.79	1.95	2.08	2.14	2.07	2.19
0.630	0.3117	1.51	1.12	1.41	1.54	2.63	2.71	2.62	2.77
0.710	0.3959	1.19	0.884	1.11	1.21	3.34	3.44	3.33	3.52
0.750	0.4418	1.06	0.792	0.996	1.09	3.73	3.84	3.71	3.92
0.800	0.5027	0.935	0.696	0.875	0.955	4.24	4.37	4.22	4.46
0.850	0.5674	0.828	0.617	0.775	0.846	4.79	4.94	4.77	5.04
0.900	0.6362	0.739	0.550	0.692	0.755	5.37	5.53	5.34	5.65

续表

圆线标称直径 (mm)	截面积 (mm ²)	每米电阻值 (Ω/m)				每米标称质量 (g/m)			
		锰钢	F ₁ 锰钢	F ₂ 锰钢	康铜	锰钢	F ₁ 锰钢	F ₂ 锰钢	康铜
0.950	0.7088	0.663	0.494	0.621	0.677	5.98	6.17	5.95	6.29
1.000	0.7854	0.598	0.446	0.560	0.611	6.63	6.83	6.60	6.79
1.060	0.8825	0.533	0.397	0.499	0.544	7.45	7.68	7.41	7.84
1.120	0.9852	0.477	0.355	0.447	0.487	8.32	8.57	8.28	8.75
1.180	1.094	0.430	0.320	0.402	0.439	9.23	9.51	9.19	9.71
1.250	1.227	0.383	0.285	0.359	0.391	10.4	10.7	10.3	10.9
1.320	1.368	0.343	0.256	0.322	0.351	11.5	11.9	11.5	12.2
1.400	1.539	0.305	0.227	0.286	0.312	13.0	13.4	12.9	13.7
1.500	1.767	0.266	0.198	0.249	0.272	14.9	15.4	14.8	15.7
1.600	2.011	0.234	0.174	0.219	0.239	17.0	12.5	16.9	17.9
1.700	2.270	0.207	0.154	0.194	0.211	19.2	19.7	19.1	20.2
1.800	2.545	0.185	0.138	0.173	0.189	21.5	22.1	21.4	22.6
1.900	2.835	0.166	0.123	0.155	0.169	23.9	24.7	23.8	25.2
2.00	3.142	0.150	0.111	0.140	0.153	26.5	27.3	26.4	27.9
2.12	3.530	0.133	0.0992	0.125	0.136	29.8	30.7	29.7	31.3
2.24	3.941	0.119	0.0888	0.112	0.122	33.3	34.3	33.1	35.0
2.36	4.374	0.107	0.0800	0.101	0.110	36.9	38.1	36.7	38.8
2.50	4.909	0.957	0.0713	0.0896	0.0978	41.4	42.7	41.2	43.6

续表

圆线标称直径 (mm)	截面积 (mm ²)	每米电阻值 (Ω/m)				每米标称质量 (g/m)			
		锰铜	F ₁ 锰铜	F ₂ 锰铜	康铜	锰铜	F ₁ 锰铜	F ₂ 锰铜	康铜
2.65	5.515	0.0852	0.0635	0.0798	0.0870	46.6	48.0	46.3	49.0
2.80	6.158	0.0763	0.0568	0.0715	0.0780	2.0	53.6	51.7	54.7
3.00	7.069	0.0665	0.0495	0.0622	0.0679	59.7	61.5	59.4	62.8
3.15	7.793	0.0603	0.0449	0.0565	0.0616	65.8	67.8	65.5	69.2
3.35	8.814	0.0533	0.0397	0.0499	0.0545	74.4	76.7	74.0	78.3
3.55	9.898	0.0475	0.0354	0.0445	0.0485	83.5	86.1	83.1	87.9
3.75	11.04	0.0426	0.0317	0.0398	0.0435	93.2	96.1	92.8	98.1
4.00	12.57	0.0374	0.0279	0.0350	0.0382	106	109	106	112
4.25	14.17	0.0331	0.0247	0.0310	0.0338	120	123	119	126
4.50	15.90	0.0296	0.0220	0.0277	0.0302	134	138	134	141
4.75	17.72	0.0265	0.0198	0.0248	0.0271	150	154	149	157
5.00	19.63	0.0239	0.0178	0.0224	0.0244	166	171	165	174
5.30	22.06	0.0213	0.0159	0.0199	0.0218	186	192	185	196
5.60	24.63	0.0191	0.0142	0.0179	0.0195	208	214	207	219
6.00	28.27	0.0166	0.0124	0.156	0.0170	239	246	238	251
6.30	31.17	0.0151	0.0112	0.0141	0.0154	263	271	262	277

注：本表所列数据按下列密度及电阻率计算所得：

锰铜(6J12) 电阻率 $0.47\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ，密度 $8.44\text{g}/\text{cm}^3$ 。

F₁ 锰铜(6J8) 电阻率 $0.35\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ，密度 $8.70\text{g}/\text{cm}^3$ 。

F₂ 锰铜(6J13) 电阻率 $0.44\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ，密度 $8.40\text{g}/\text{cm}^3$ 。

康铜(6J40) 电阻率 $0.48\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ，密度 $8.88\text{g}/\text{cm}^3$ 。

表 8-11 镍铬、镍铬铁、铁铬铝、新康铜规格

圆线标称直径 (mm)	截面积 (mm ²)	每米电阻值 (Ω/m)				每米标称质量 (g/m)			
		镍铬	镍铬铁	铁铬铝	新康铜	镍铬	镍铬铁	铁铬铝	新康铜
0.200	0.03142	34.70	35.65	39.79	15.6	0.2639	0.2576	0.2325	0.2513
0.212	0.03530	30.88	31.73	31.41	13.9	0.2965	0.2895	0.2612	0.2824
0.224	0.03941	27.66	28.42	31.72	12.4	0.3310	0.3231	0.2916	0.3153
0.250	0.04909	22.21	22.82	25.46	9.98	0.4123	0.4025	0.3632	0.3927
0.280	0.06158	17.70	18.19	20.30	7.96	0.5172	0.5049	0.4557	0.4926
0.315	0.07793	13.99	14.37	16.04	6.29	0.6546	0.6390	0.5767	0.6234
0.355	0.09898	11.01	11.32	12.63	4.95	0.8314	0.8116	0.7325	0.7918
0.400	0.1257	8.674	8.913	9.947	3.90	1.056	1.030	0.9299	1.005
0.45	0.1590	6.853	7.042	7.860	3.08	1.336	1.304	1.177	1.272
0.50	0.1963	5.551	5.704	6.546	2.50	1.649	1.610	1.453	1.571
0.56	0.2463	4.588	4.669	5.075	1.99	2.069	2.020	1.823	1.970
0.63	0.3117	3.625	3.689	4.010	1.57	2.618	2.556	2.307	2.494
0.71	0.3959	2.854	2.905	3.157	1.24	3.326	3.247	2.930	3.167
0.75	0.4418	2.558	2.603	2.829	1.11	3.711	3.623	3.269	3.534
0.80	0.5027	2.248	2.288	2.487	0.975	4.222	4.122	3.720	4.021
0.85	0.5674	1.991	2.027	2.203	0.864	4.767	4.653	4.199	4.540
0.90	0.6362	1.776	1.808	1.965	0.770	5.344	5.217	4.708	5.089
0.95	0.7088	1.594	1.622	1.763	0.691	5.954	5.812	5.245	5.671
1.00	0.7854	1.439	1.464	1.592	0.624	6.597	6.440	5.812	6.283

续表

圆线标称直径 (mm)	截面积 (mm ²)	每米电阻值 (Ω/m)				每米标称质量 (g/m)			
		镍铬	镍铬铁	铁铬铝	新康铜	镍铬	镍铬铁	铁铬铝	新康铜
1.06	0.8825	1.280	1.303	1.416	0.555	7.413	7.236	6.530	7.060
1.12	0.9852	1.147	1.167	1.269	0.497	8.276	8.079	7.291	7.882
1.18	1.093	1.033	1.052	1.143	0.448	9.186	8.967	8.093	8.749
1.25	1.227	0.9208	0.937	1.019	0.399	10.31	10.06	9.081	9.817
1.32	1.368	0.826	0.840	0.913	0.358	11.50	11.22	10.13	10.95
1.40	1.539	0.734	0.747	0.812	0.318	12.93	12.62	11.39	12.32
1.50	1.767	0.639	0.651	0.707	0.277	14.84	14.49	13.08	14.14
1.60	2.011	0.562	0.572	0.622	0.244	16.89	16.49	14.88	16.08
1.70	2.270	0.498	0.507	0.551	0.216	19.07	18.61	16.80	18.16
1.80	2.545	0.444	0.452	0.491	0.193	21.38	20.87	18.83	20.36
1.90	2.835	0.399	0.406	0.441	0.173	23.82	23.25	20.98	22.68
2.00	3.142	0.360	0.366	0.398	0.156	26.39	25.76	23.25	25.13
2.12	3.530	0.320	0.326	0.354	0.139	29.65	28.95	26.12	28.24
2.24	3.941	0.287	0.292	0.317	0.124	33.10	32.31	29.16	31.53
2.36	4.374	0.258	0.263	0.286	0.112	36.74	35.87	32.37	34.99
2.50	4.909	0.230	0.234	0.255	0.998	41.23	40.25	36.32	39.27
2.65	5.515	0.205	0.209	0.227	0.0888	46.33	45.23	40.81	44.12
2.80	6.158	0.184	0.187	0.203	0.0796	51.72	50.49	45.57	49.26
3.00	7.069	0.160	0.163	0.177	0.0693	59.38	57.96	52.31	56.55

续表

圆线标称直径 (mm)	截面积 (mm ²)	每米电阻值 (Ω/m)				每米标称质量 (g/m)			
		镍铬	镍铬铁	铁铬铝	新康铜	镍铬	镍铬铁	铁铬铝	新康铜
3.15	7.793	0.146	0.148	0.160	0.0629	65.46	63.90	57.67	62.34
3.35	8.814	0.129	0.130	0.142	0.0556	70.04	72.28	65.22	70.51
3.55	9.898	0.115	0.116	0.126	0.0495	83.14	81.16	73.25	79.18
3.75	11.04	0.103	0.104	0.113	0.444	92.76	90.57	81.73	88.36
4.00	12.57	0.0907	0.0915	0.0995	0.0390	105.6	103.0	92.99	100.5
4.25	14.17	0.0804	0.0811	0.0881	0.0346	119.2	116.3	105.0	113.5
4.50	15.90	0.0717	0.0723	0.0786	0.0308	133.6	130.4	117.7	127.2
4.75	17.72	0.0643	0.0649	0.705	0.0276	148.9	145.3	131.1	141.8
5.00	19.63	0.0581	0.0586	0.0637	0.0250	164.9	161.0	145.3	157.1
5.30	22.06	0.0517	0.0521	0.0567	0.0222	185.3	180.9	163.3	176.5
5.60	24.63	0.0463	0.0467	0.0508	0.0199	206.9	202.0	182.3	197.2
6.00	28.27	0.0403	0.0407	0.0442	0.0173	237.5	231.8	209.2	226.2
6.30	31.17	0.0366	0.0369	0.0401	0.0157	261.8	255.6	230.7	249.4

注:本表所列数据按下列密度及电阻率计算所得:

镍铬 电阻率 $\Phi 0.2 \sim 0.5$ 为 $1.09 \times 10^{-6} \Omega \cdot m$, 密度 $8.4 g/cm^3$;

$> \Phi 0.5 \sim 3.0$ 为 $1.13 \times 10^{-6} \Omega \cdot m$;

$> \Phi 3.0$ 为 $1.14 \times 10^{-6} \Omega \cdot m$ 。

镍铬铁 电阻率 $\Phi 0.2 \sim 0.5$ 为 $1.12 \times 10^{-6} \Omega \cdot m$, 密度 $8.2 g/cm^3$;

$> \Phi 0.5$ 为 $1.15 \times 10^{-6} \Omega \cdot m$ 。

铁铬铝 电阻率为 $1.25 \times 10^{-6} \Omega \cdot m$, 密度 $7.4 g/cm^3$ 。

新康铜(6J11) 电阻率为 $0.49 \times 10^{-6} \Omega \cdot m$, 密度 $8 g/cm^3$ 。



表 8-12 康铜带规格及每米标称电阻值(Ω/m)

宽度 厚度 (mm)	6.3	8.0	10.0	12.5	16.0	20.0	25.0	31.5	40.0
0.180	0.450								
0.200	0.405								
0.224	0.362	0.285							
0.250	0.324	0.255	0.196						
0.280	0.289	0.228	0.175						
0.315	0.257	0.203	0.155	0.124					
0.355	0.228	0.180	0.138	0.110					
0.400	0.203	0.160	0.122	0.0980	0.0765				
0.450	0.180	0.142	0.109	0.0871	0.0680	0.0544	0.0435		
0.500	0.162	0.128	0.0980	0.0784	0.0612	0.0490	0.0392		
0.560	0.145	0.114	0.0875	0.0700	0.0547	0.0437	0.0350		
0.630	0.129	0.101	0.0777	0.0622	0.0486	0.0389	0.0311		
0.710	0.114	0.899	0.0690	0.0552	0.0431	0.0345	0.0276		
0.800	0.101	0.0798	0.0612	0.0490	0.0383	0.0303	0.0245	0.0194	
0.900	0.0901	0.0709	0.0544	0.0435	0.0340	0.0272	0.0218	0.0173	

续表

厚度 (mm) \ 宽度 (mm)	6.3	8.0	10.0	12.5	16.0	20.0	25.0	31.5	40.0
1.000	0.0811	0.0638	0.0490	0.0392	0.0306	0.0245	0.0196	0.0155	0.0122
1.120	0.0724	0.0570	0.0437	0.0350	0.0273	0.0219	0.0175	0.0139	0.0109
1.200	0.0675	0.0532	0.0408	0.0327	0.0255	0.0204	0.0163	0.0130	0.0102
1.250	0.0648	0.0511	0.0392	0.0313	0.0245	0.0196	0.0157	0.0124	0.00980
1.400	0.0579	0.0456	0.0350	0.0280	0.0219	0.0175	0.0140	0.0111	0.00875
1.500	0.0540	0.0426	0.0327	0.0261	0.0204	0.0163	0.0131	0.0104	0.00816
1.600	0.0507	0.0399	0.0306	0.0245	0.0191	0.0153	0.0122	0.00972	0.00765
1.800	0.0450	0.0355	0.0272	0.0218	0.0170	0.0136	0.0109	0.00864	0.00680
2.000	0.0405	0.0319	0.0245	0.0196	0.0153	0.0122	0.0098	0.00777	0.00612

注：①计算电阻值时，带材的有效面积是把厚度与宽度之积乘以如下圆角系数：

宽度大于 10mm，乘 0.98；

宽度小于或等于 10mm，乘 0.94。

②新康铜电阻值按上表，相应数据乘以 $\frac{0.49}{0.48}$ 。

③铁铬铝电阻值按上表，相应数据乘以 $\frac{1.25}{0.48}$ 。

表 8-13 新康铜线、带在 ZX2 板形电阻器中的应用数据

电阻器型号	20℃时电阻值 (Ω)		额定 电流 (A)	电阻 元件 匝数	电阻材 料尺寸 (mm)	配用电阻元件	
	总电阻	每片元 件电阻				型号	数量
ZX2-1/0.2	2.0	0.2	42	15	10×1.0	ZB1	10
ZX2-1/0.25	2.5	0.25	37		10×0.8		
ZX2-1/0.33	3.3	0.33	32		10×0.6		
ZX2-1/0.4	4.0	0.4	29		10×0.5		
ZX2-1/0.5	5.0	0.5	26		10×0.4		
ZX2-1/0.66	6.6	0.66	23		10×0.3		
ZX2-2/0.7	7	0.7	22.3	2×36	2.0	ZB2	10
ZX2-2/0.9	9	0.9	19.9		1.8		
ZX2-2/1.1	11	1.1	17.7		1.6		
ZX2-2/1.45	14.5	1.45	15.4		1.4		
ZX2-2/1.95	19.5	1.95	13.8		1.2		
ZX2-2/2.8	28	2.8	11.2	74	2.0		
ZX2-2/3.5	35	3.5	10.1		1.8		
ZX2-2/4.4	44	4.4	8.9		1.6		
ZX2-2/5.8	58	5.8	7.7		1.4		
ZX2-2/8	80	8	6.6		1.2		
ZX2-2/12	120	12	5.4	112	1.2		
ZX2-2/18	180	18	4.4		1.0		
ZX2-2/21.6	216	21.6	4.0		0.9		
ZX2-2/27.6	276	27.6	3.5		0.8		

续表

电阻器型号	20℃时电阻值 (Ω)		额定 电流 (A)	电阻 元件 匝数	电阻材 料尺寸 (mm)	配用电阻元件	
	总电阻	每片元 件电阻				型号	数量
ZX2-2/37	370	37	3.1	150	0.8	2B ₂	10
ZX2-2/48	480	48	2.7		0.7		
ZX2-2/68	680	68	2.3		0.6		
ZX2-2/96	960	96	1.9		0.5		
ZX2-2/140	1400	140	1.6		0.4		
ZX2-2/188	1880	188	1.4		0.35		
ZX2-2/260	2600	260	1.2		0.3		

表 8-14 铁铬铝带材料在 ZX15 系列电阻器中应用数据

电阻器 型 号	允许 电流 (A)	总电阻 (Ω)	电 阻 元 件 参 数				
			配用电阻 元件型号	电 阻 带			
				截面(mm ²)	质量(kg)	匝数	材料
ZX15-5	215	0.10	ZY- 0.08	2(1.6×15)	1.1	2×12	铬 13 铝 4
ZX15-7	181	0.14	ZY- 0.112	2(1.6×15)	1.5	2×16	
ZX15-10	152	0.20	ZY- 0.16	2(1.5×10)	0.9	2×16	
ZX15-14	128	0.30	ZY- 0.24	2(1.5×10)	1.25	2×24	
ZX15-20	107	0.40	ZY- 0.08	2(1.6×15)	1.1	2×12	

续表

电阻器 型号	允许 电流 (A)	总电阻 (Ω)	电 阻 元 件 参 数				
			配用电阻 元件型号	电 阻 带			
				截面(mm^2)	质量(kg)	匝数	材料
ZX15-28	91	0.56	ZY-0.112	2(1.6 \times 15)	1.5	2 \times 16	铁
ZX15-40	76	0.80	ZY-0.16	2(1.5 \times 10)	0.9	2 \times 16	铬
ZX15-55	64	1.2	ZY-0.24	2(1.5 \times 10)	1.25	2 \times 24	铝
ZX15-89	54	1.6	ZY-0.32	1.6 \times 15	1.18	24	螺旋形 绕制
ZX15-110	46	2.1	ZY-0.42	2(1.1 \times 10)	1.32	2 \times 32	
ZX15-75	39	3.0	ZY-0.62	1.5 \times 10	0.8	30	
ZX15-105	33	4.2	ZY-0.84	1.1 \times 10	0.66	32	
ZX15-140	29	5.6	ZY-1.12	0.8 \times 8	0.255	21	
ZX15-200	24	8.0	ZY-1.6	0.8 \times 8	0.35	30	
ZX15-280	20	11.0	ZY-2.2	0.8 \times 6	0.3	32	

(2)熔体材料:熔体是熔断器的主要部件,当通过熔断器的电流大于规定值时,熔体在熔断器本身产生的热量作用下,即熔断,从而自动地(或通过灭弧填料和熔管等配合)短开电路,达到保护电力线路和电气设备的目的。

常用的熔体材料有银、铜、铝、锡、铅锌等。熔点为 60~200℃ 的低熔点合金通常均由不同成分的铋、镉、锡、铅等元素组成。

表 8-15 低熔点合金的成分和熔点

化学成分(%)					熔点 (℃)
铋	铅	锡	镉	汞	
20	20	—	—	60	20
50	27	13	10	—	72
52	40	—	8	—	92
53	32	15	—	—	96
54	26	—	20	—	103
29	43	28	—	—	132
—	32	50	18	—	145
50	50	—	—	—	160
15	41	44	—	—	164
33	—	67	—	—	166
20	—	80	—	—	200

表 8-16 铅熔丝的熔断电流

直径(mm)	截面积 (mm ²)	近似英规 线号	额定工作 电流(A)	熔断电流(A)
0.08	0.005	44	0.25	0.5
0.15	0.018	38	0.50	1.0
0.20	0.031	36	0.75	1.5

续表

直径(mm)	截面积 (mm ²)	近似英规 线号	额定工作 电流(A)	熔点电流(A)
0.22	0.038	35	0.80	1.6
0.25	0.049	33	0.90	1.8
0.28	0.062	32	1.00	2.0
0.29	0.066	31	1.05	2.1
0.32	0.080	30	1.10	2.2
0.35	0.096	29	1.25	2.5
0.36	0.102	28	1.35	2.7
0.40	0.126	27	1.50	3.0
0.46	0.166	26	1.85	3.7
0.52	0.212	25	2.00	4.0
0.54	0.229	24	2.25	4.5
0.60	0.283	23	2.50	5.0
0.71	0.400	22	3.00	6.0
0.81	0.52	21	3.75	7.5
0.98	0.75	20	5	10
1.02	0.82	19	6	12
1.25	1.23	18	7.5	15
1.51	1.79	17	10	20

续表

直径(mm)	截面积 (mm ²)	近似英规 线号	额定工作 电流(A)	熔点电流(A)
1.67	2.19	16	11	22
1.75	2.41	15	12	24
1.98	3.08	14	15	30
2.40	4.52	13	20	40
2.78	6.07	12	25	50
2.95	6.84	11	27.5	55
3.14	7.74	10	30	60
3.81	11.4	9	40	80
4.12	13.33	8	45	90
4.44	15.48	7	50	100
4.91	18.93	6	60	120
5.24	21.57	4	70	140

铅熔丝的成分为：铅 \geq 98%，锑0.3%~1.5%。

表 8-17 铜丝的熔断电流

直径(mm)	截面积 (mm ²)	近似英规 线号	额定电流(A)	熔断电流(A)
0.234	0.043	34	4.7	9.4
0.254	0.051	33	5.0	10.0
0.274	0.059	32	5.5	11.0

续表

直径(mm)	截面积 (mm ²)	近似英规 线号	额定电流(A)	熔断电流(A)
0.295	0.068	31	6.1	12.2
0.315	0.078	30	6.9	13.8
0.345	0.093	29	8.0	16.0
0.376	0.111	28	9.2	18.4
0.417	0.137	27	11.0	22
0.457	0.164	26	12.5	25
0.508	0.203	25	15.0	29.5
0.559	0.245	24	17.0	34
0.60	0.283	23	20.0	39
0.70	0.385	22	25	50
0.80	0.500	21	29	58
0.90	0.60	20	37	74
1.00	0.80	19	44	88
1.13	1.00	18	52	104
1.37	1.50	17	63	125
1.60	2.00	16	80	160
1.76	2.50	15	95	190
2.00	3.00	14	120	240

续表

直径(mm)	截面积 (mm) ²	近似英规 线号	额定电流(A)	熔断电流(A)
2.24	4.00	13	140	280
2.50	5.00	12	170	340
2.73	6.00	11	200	100

5. 电刷

电刷是用于电机的换向器或集电环上传导电流的滑动接触件。电刷选用得是否恰当对于电机的正常运行有很大关系。一般的选择原则是根据电刷的电流密度、滑环或换向器的圆周速度(转速或角速度)就可以在电刷技术特性表中找到所需的电刷种类,再结合电机的特性(额定电压、额定电流)和运行条件(连续、断续、短时)就可以决定电刷的具体型号。

常用的电刷可分成石墨电刷、电化石墨电刷和金属石墨电刷三种。各种电刷的特性及标准尺寸见表 8-18 和表 8-19,如果对原机使用的电刷型号和尺寸不详可见表 8-20 至表 8-24 进行选购。国内外电刷牌号对照表见表 8-25。

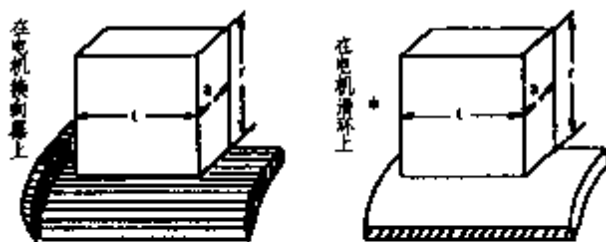
表 8-18 电刷技术性能及工作条件

类别	型号		电阻率 (分接触 法)(Ω ·mm ² /m)	压入法 硬度 (N/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 (mm) 不大 于	工作条件		
	新	旧						额定电 流密度 (A/ cm ²)	允许圆 周速度 (m/s)	电刷使用 单位压力 (N/cm ²)
石墨 电刷	S3	S-3	8~20	100~350	1.5~2.3	0.25	0.2	11	25	2.0~2.5
	S6M	SQF-6	15~25	40~70	1.2~2.2	0.25	0.15	12	70	1.5~2.0
	S26		100~150	150~250	2~3.5	0.25	0.15	8	35	2.0~2.5

续表

类别	型号		电阻率 (分接触 法)(Ω \cdot mm ² /m)	压入法 硬度 (N/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 (mm) 不大 于	工作条件		
	新	旧						额定电 流密度 (A/ cm ²)	允许圆 周速度 (m/s)	电刷使用 单位压力 (N/cm ²)
电 化 石 墨 电 刷	D104	DS-4	6~16	30~90	2~3	0.2	0.25	12	40	1.5~2.0
	D172	DS-72	10~16	50~100	2.4~3.4	0.25	0.2	12	70	1.5~2.0
	D172 NM		10~20	50~100	2.4~3.4	0.2	0.2	12	70	1.5~2.0
	D213	DS-13	22~40	100~500	2.5~3.5	0.25	0.15	10	40	2.0~4.0
	D214	DS-14	22~36	170~340	2~3	0.25	0.15	10	40	2.0~4.0
	D252	DS-52	12~22	120~240	2~3.2	0.23	0.15	12	45	2.0~2.5
	D308	DS-8	31~50	220~440	1.9~2.9	0.25	0.15	10	40	2.0~4.0
	D374 B	DS- 74B	45~70	250~500	2.3~3.5	0.25	0.15	12	50	2.0~4.0
	D374 N		45~75	250~500	2.3~3.5	0.2	0.15	12	60	2.0~4.0
	D376 N	DS-76	50~75	200~400	2.5~3.5	0.25	0.15	12	50	2.0~4.0
		50~80	200~400	2.5~3.5	0.2	0.15	12	60	2.0~4.0	
金 属 石 墨 电 刷	J102	TS-2	0.1~ 0.35	60~140	0.3~0.7	0.2	0.4	20	20	1.8~2.3
	J105	TSQ-A	\leq 0.25	60~200	\leq 0.4	0.25	0.8	20	20	1.8~2.3
	J164	TS-64	0.05~ 0.15	60~180	0.1~0.3	0.2	0.7	20	20	1.8~2.3
	J201	T-1	1~6	120~350	1~2	0.25	0.18	15	25	1.5~2.0
	J203	T-3	5~12	90~280	1.4~2.2	0.25	0.15	12	20	1.5~2.0
	J204	TS-4	0.2~ 1.3	150~360	0.6~1.6	0.2	0.3	15	20	2.0~2.5
	J205	TSQ-5	1~12	80~280	\leq 2	0.25	0.5	15	35	1.5~2.0
	J213	TS-103	0.2~1	100~280	0.6~1.6	0.2	0.3	15	20	2.0~2.5

表 8-19 电刷尺寸 (mm)



t	a													
	2	2.5	3	(3.5)	4	(4.5)	5	(5.5)	6.5	8	10	12.5	16	20
	r													
1.6	5 6.5	5 6.5												
2	*	5 6.5	5 6.5	5 6.5 8	5 6.5 8									
2.5		*	5 8 10	5 8 10	8 10	8 10	8 10 12.5							
3		10	*		8 10 12.5	8 10 12.5	8 10 12.5	8 10 12.5	12.5 16					

续表

t	a													
	2	2.5	3	(3.5)	4	(4.5)	5	(5.5)	6.5	8	10	12.5	16	20
3.5	r													
				*	8 10 12.5	8 10 12.5	8 12.5 16	8 16 20	12.5 16 20					
4	8 10	8 10	8 10	8 10	*		10 16 20	8 12.5 20	10 16 20	16 20	16 20	16 20		
4.5						*	8 12.5 20	10 16 20	12.5 16 20	12.5 16 20	16 20	16 20	16 20	
5		10 12.5	10 12.5	10 12.5	10 12.5	10 12.5	*	10 16	10 12.5 16	10 12.5 16	12.5 16 20	16 20	16 20	20 25

续表

t	a												
	(4.5)	5	(5.5)	6.5	8	10	12.5	16	20	25	32	40	50
	r												
5.5			*	12.5 16	12.5 16 20	16 20	16 20 25	20 25	25				
6.5	2.5	12.5 16	16	*	20 25	20 25	20 25 32	20 25 32	25 32	32	40	40	
8		16 20	16 20	20	*	20 25 32	20 25 32	25 32	25 32 40	32 40 50	40 50		
10			16 20	16 20 25	25 25 32	*	20 32 40	25 32 40	25 32 40	25 32 40 50	40 50 60	50 60	

续表

t	a												
	(4.5)	5	(5.5)	6.5	8	10	12.5	16	20	25	32	40	50
	r												
12.5				20 25	25 32	25 32	*	25 32 40	32 40 50	32 40 50	40 50 60	50 60 80	60 80
16				20 25	25 32	32 40	32 40	*	32 40 50	32 40 50	40 50 60	40 50 60	60 80
20					25 32	25 32 40	32 40 50	32 40 50	*	32 40 50 60	40 50 60	40 50 60	60 80

续表

z	a												
				6.5	8	10	12.5	16	20	25	32	40	50
	r												
25					32	32	32	32	32				
						40	40	40	40			40	40
								50	50	*		50	50
32													
						40	40	40	40	40			
						50	50	50	50	50	*	50	
40													
							40	40					
							50	50	40	50	50	*	80
							60	60	50	60	60		100
									60	80	80		125
										100	100		

注：①表中加括弧者为不推荐值，用户应尽量避免；

②表中“*”系正方形截面电刷，不予采用。

表 8-20 同步发电机和调相机常用的电刷

同步发电机和 调相机滑环用	电刷的工作条件		可采用的电刷			
	电流密度 (A/cm ²)	圆周速度 (m/s)	旧型号		新型号	
			正常的	代用的	正常的	代用的
低圆周速度的	<8	<15	DS-4	S-4	D104	S3
中等圆周速度的	10~20	<25	DS-72	DS-4	D172	D104
高圆周速度的	>20	<75	DS-72	DS-79	D122	D104

表 8-21 直流发电机常用的电刷

电机类型	电刷的工作条件		可采用的电刷			
	电流密度 (A/cm ²)	圆周速度 (m/s)	旧型号		新型号	
			正常的	代用的	正常的	代用的

直流发电机、单枢变流机的换向器

小容量(20~30kW), 电压 110~220V	<9	<15	DS-14	DS-52	D214	D252
中等容量和大容量、电压 110~220V、负载均匀、换向正常	<10	20~25	DS-4	DS-52	D214	D252

续表

电机类型	电刷的工作条件		可采用的电刷			
	电流密度 (A/cm ²)	圆周速度 (m/s)	旧型号		新型号	
			正常的	代用的	正常的	代用的

直流发电机、单枢变流机的换向器

中等容量和大容量、电压 110~440V、负荷有冲击、换向稍困难	<12	<60	DS-72	DS-14	D172	D214
----------------------------------	-----	-----	-------	-------	------	------

同步电机励磁机的换向器

小容量的	<8	<15	DS-14	DS-4	D214	D104
负载较高的	<10	20~25	S-3	DS-4	S3	D104

特殊直流发电机用换向器

快速的	<12	<60	DS-72	DS-74B	D-172	D374B
电焊用的			DS-8	T-1	D308	J201

表 8-22 专用和特殊直流电机常用的电刷

专用和特殊直流电机类型	电刷的工作条件		可采用的电刷			
	电流密度 (A/cm ²)	圆周速度 (m/s)	旧型号		新型号	
			正常的	代用的	正常的	代用的
ZKD 型高速直流电动机			DS-74B DS-14 DH-112		D374B D214 D312	
ZKK 系列电机扩大机			DS-8	DS-52	D308	D252
电动工具及其他类似用途的小型电动机 (电压 110~220V) 交流整流子电机: 整流子端 (换向较困难) 滑环端	<10	<15	DS-8	DS-52	D308	D252
			DH-112 TS-64	DS-74 TS-2	D312 J164	J102

表 8-23 异步电动机和单枢变流机的滑环常用的电刷

异步电动机和单枢变流机的滑环	电刷的工作条件		可采用的电刷			
	电流密度 (A/cm ²)	圆周速度 (m/s)	旧型号		新型号	
			正常的	代用的	正常的	代用的
电刷的电流密度较高的	>12	20~40	TS-64	TS-4	J164	J204
电刷的电流密度正常的	<10	<20	DS-52	DS-14	D252	D214
圆周速度较高的	<10	<60	DS-74B	DS-72	D374B	D172

表 8-24 汽车电机电刷

定货 编号	电刷 型号	规格 (mm)	单重 (g)	结构 型式	导线截 面积 (mm ²)	导线 长度 (mm)	其他	适用电机
401	D252	6.4×16×21	5	T ₅	1.5	60	绝缘套管 (各半)	F-330 汽车发电机
402	D252	6.5×22.3×23.5	7	T ₅	1.5	60		F-31 汽车发电机
403	J213	8.8×19.2×14	20	T ₉	4	100	绝缘套管 无接头 (长瓣)	ST-8、ST-9 型汽车启动机
405A	J213		16	T ₉	4	55	绝缘套管 (短瓣)	
405B	J213		16	T ₉	4	55	无套管 (短瓣)	
406	J204	12×32×27	55	T ₆	6	62	顶部有槽	ST-700、ST-710 型汽车启动机
407A	J213	10×18×20	20	T ₉	2.5	50	绝缘套管 (各半)	ST-60、ST-62 型汽车启动机
407B	J205	10×18×20	18	T ₉	2.5	50		ST-604、ST-614 型汽车启动机
408	J204	7×16×20	13	T ₃	4	40	顶部有槽	ST-812 型汽车启动机

续表

定货 编号	电刷 型号	规格 (mm)	单重 (g)	结构 型式	导线截 面积 (mm ²)	导线 长度 (mm)	其他	适用电机
409	J201	5×7×14	3	T ₃	0.5	35		JF11、12 硅整 流汽车发电机 (长沙)
410	D252	5×7×14	2	T ₃	0.5	35		JF11、12 硅整 流汽车发电机 (上海)
411	D104	7×16×23	6	T ₃	1.5	60	绝缘套管 (各半)	F-33 汽车发 电机

表 8-25 国产与国外部分电刷牌号对照表

序号	国产	原苏联	英国	原民主 德国	原联邦 德国	捷克和斯 洛伐克	日本	其他
1	TS-64	MT-64	CM1	M603				MC-2666
	TS-2	MT-2	CM2	M509	EN10	G75		OMC
	TS	MT	CM0				MH-30	MC-0
	TS-51	MTC	CM				MH-31	S3 (美) MC-2
2	TS-4	MT-4	CM5H	M594	FN150	CG-4	MH-33 MH-34	

续表

序号	国产	原苏联	英国	原民主 德国	原联邦 德国	捷克和斯 洛伐克	日本	其他
3	TSQ-4 TSQ-5 T-1 T-6	MTC-17 MTC-5 M-1 M-6	CMS	M604	EN60	CG-50	MH-33	MM63R
4	T-3 T-20	M-3 M-20	CM6 CM9	M549	RW3		MH-35	
5	TSQ-A	MCC-A						
6	S-3	T-3	A、B	G189 G274 GWC 195		CF-1-3 MM31G		
7	DS-4 DS-72	ЭГ-4 ЭГ-72	E22			EGA EG MM44F	C4 C6	EC(法)
8	DS-8	ЭГ-8	EG-3	E335 E149	RE-1	MM41F		H·C·C258 (美) HC-125
9	DS-14 DS-13	ЭГ-14 ЭГ-13	EG-12 EF-14	E87 EKG	6818 8611		CH-45	

续表

序号	国产	原苏联	英国	原民主 德国	原联邦 德国	捷克和斯 洛伐克	日本	其他
9	DS-74	ЭГ-72	EG6749		8698			
	DS-52	ЭГ-52	EG8565	E98	RF59		EC-41·B	BC-97·B (法)
10	DS-20	ЭГ-20						
11	DS-83-2	ЭГ-83-2	HM-5					
	DS-79	ЭГ-79	HM-6					
			HM-3					
12	TQ-2	T-2	BB-6	AM·KG	SI·W	QS·P10		
	TQS-2	YT-2	CA		K135	836		P450
	S-1	T-1						

二、磁性材料

磁性材料按其特性和用途可分为软磁材料和硬磁材料（又称永磁材料）两大类。

1. 软磁材料

软磁材料具有狭长的磁滞回线。磁导率高，矫顽力和剩磁感应强度都很小，回线所包围的面积较小，因而磁滞损耗较小。它主要用在电机、电器和变压器上作铁心导磁回路，以及用于继电器、电工仪器、仪表、脉冲变压器的磁心部件。常用的软磁材料有电工硅钢片、电工纯铁、铁镍合金和铁、铝、硅合金及软磁铁氧体。

(1) 电工硅钢片：电工硅钢片是电工中最重要的软磁材料，使用量占磁性材料的90%以上。主要用于电机、电器、变压器、仪表及电信等工业部门。

表 8-26 电工硅钢板分类用途和标称尺寸 (mm)

分 类	合金等级	含硅量 (%)	新牌号/ 旧牌号	公称厚度 (mm)	厚度允许偏差	同板差允许值	公称宽度 公称长度	宽度偏差	长度偏差	主要用途					
											厚度 (mm)	厚度允许偏差	同板差允许值	公称宽度 公称长度	宽度偏差
热轧硅钢板	低硅	≤2.8	DR/D2, D3, D4	0.5	±0.05	0.06	600×1200 670×1340 750×1500 810×1620	≤+8/ 750	≤+25/ 1500	大、中、小型直流电机, 中、小型交流电机, 微特电机, 扼流圈					
	高硅	>2.8									>+10/ 750	>+30/ 1500			
热轧变压器钢片	高硅	3.1~ 4.55	DR/D3, D4	0.35	±0.04	0.05	860×1720 900×1800 1000×2000	>+10/ 750	1500	大型交流电机、电力变压器、互感器、调压器、电抗器、磁放大器					
											中磁场	±0.02	0.04	双方协议	音频变压器、音频变流机、电信工业
											高磁场	±0.02	0.03		
冷轧取向电工钢带	高硅	3.81~ 4.8	DQ41 DR41 DQ41	0.2 0.1 0.35	±0.02	0.04 0.03	双方协议	上偏差 +1.0 下偏差 0	上偏差 +10 下偏差 0	发电机 电动机 巨型发电机 电力变压器 电信工业					
											冷轧无取向电工钢带 (片)	±0.06 ±0.05 ±0.03	0.04 0.03 0.02	双方协议	音频变压器、音频变流机、电信工业
											冷轧取向电工钢带 (片)	±0.03 ±0.03 ±0.03	0.03 0.03 0.03		
											冷轧无取向电工钢带 (片)	±0.03 ±0.03 ±0.03	0.03 0.03 0.03	双方协议	音频变压器、音频变流机、电信工业

注: 新牌号表示的意义如下:

DR——表示电工用热轧硅钢板; “DR”后数字——横线以后数字为铁损值的100倍, 横线以后数字为厚度值的100倍。G——表示频率400Hz时在强磁场下检验的钢板; 不含“G”牌号则在频率50Hz时在强磁场下检验的钢板。例如: 牌号DR280-35即为厚0.35mm的热轧硅钢薄板。

DW——冷轧无取向电工钢带 (片); DQ——冷轧取向电工钢带 (片); G——高磁感。字母后的数字意义同上; “DR”后数字的意义。例如: 牌号DW440-35表示厚度0.35mm无取向冷轧电工钢带。

表 8-27 热轧硅钢片的电磁性能

牌 号		厚度 (mm)	最大单位铁损 (W/kg)		最小磁感应强度 (T)		
旧	新		$P_{1.0/50}$	$P_{1.5/50}$	B_{25}	B_{50}	B_{100}
D ₁₁		1.0	5.30	12.00	1.53	1.63	1.76
D ₁₁		0.5	3.20	7.40	1.53	1.63	1.76
D ₁₂		1.0	5.00	11.50	1.50	1.62	1.75
D ₁₂		0.5	2.80	6.50	1.50	1.62	1.75
D ₁₃		0.5	2.70	6.20	1.49	1.61	1.74
D ₂₁		1.0	4.40	10.00	1.48	1.59	1.73
D ₂₁		0.5	2.50	6.10	1.48	1.59	1.73
D ₂₁		0.35	2.00	5.00	1.48	1.59	1.73
D ₂₂	DR530	0.5	2.20	5.30	1.51	1.61	1.74
D ₂₃	DR510	0.5	2.10	5.10	1.54	1.64	1.76
D ₂₄	DR490	0.5	2.00	4.90	1.56	1.66	1.77
D ₂₅	DR420	0.5	1.80	4.20	1.54	1.64	1.76
D ₂₆	DR400	0.5	1.65	4.00	1.54	1.64	1.76
D ₃₁	DR440	0.5	2.00	4.40	1.46	1.57	1.71
D ₃₁	DR360	0.35	2.10	3.60	1.46	1.57	1.71
D ₃₂	DR405	0.5	1.80	4.00	1.50	1.61	1.74
D ₃₂	DR325	0.35	1.40	3.20	1.50	1.61	1.74
D ₄₁	DR360	0.5	1.60	3.60	1.45	1.56	1.68
D ₄₁	DR320	0.35	1.35	3.20	1.45	1.56	1.68
D ₄₂	DR315	0.5	1.35	3.15	1.45	1.56	1.68
D ₄₂	DR280	0.35	1.15	2.80	1.45	1.56	1.68
D ₄₃	DR290	0.5	1.20	2.90	1.43	1.54	1.66
D ₄₃	DR255	0.35	1.05	2.50	1.43	1.54	1.66
D ₄₄	DR265	0.5	1.10	2.65	1.44	1.55	1.67
D ₄₄	DR225	0.35	0.90	2.20	1.43	1.54	1.66

注：表中 $P_{1.0/50}$ 、 $P_{1.5/50}$ 分别为 50Hz，磁感应强度为 1.0，1.5T 时的铁损，下同。

表 8-28 高频热轧硅钢片的性能参数

新牌号	旧牌号	厚度 (mm)	最小磁感应强度 (T)			最大单位铁损 (W/kg)		最小 弯曲 次数	密度 (g/cm ³)
			B ₅	B ₁₀	B ₂₅	P _{7.5/400}	P _{10/400}		
DR1750G-35		0.35	1.23	1.32	1.44	10.00	17.50	1	7.55
DR1250G-20	DG41	0.20	1.21	1.30	1.42	7.20	12.50	2	7.55
DR1100G-10		0.10	1.20	1.29	1.40	6.30	11.00	3	7.55

注：表中 B 右下角数值为场强 (A/cm)，P 右下角为磁感应强度/频率 (T/Hz)。

表 8-29 中、弱磁场热轧硅钢片的性能参数

牌 号	厚度 (mm)	不同场强下最小磁感应强度 (T)							最 小 弯 曲 次 数	电阻系数 (Ω·mm ² /m)	
		B _{0.002}	B _{0.004}	B _{0.1}	B _{0.5}	B ₁	B ₅	B ₁₀			B ₂₅
DR41	0.35				0.028	0.48	0.80	1.23	1.32	1.5	0.57
	0.20				0.025	0.47	0.78	1.12	1.30	3	
	0.10				0.023	0.45	0.77	1.20	1.29	4	
DR41	0.35	1.5× 10 ⁻⁴	3.3× 10 ⁻⁴	8.0× 10 ⁻⁴						1.5	
	0.20	1.6× 10 ⁻⁴	3.5× 10 ⁻⁴	8.2× 10 ⁻⁴						3	
	0.10	1.7× 10 ⁻⁴	3.8× 10 ⁻⁴	8.5× 10 ⁻⁴						4	

注：表中 B 右下角数值为场强，单位为 A/cm。

表 8-30 常用热轧硅钢片

磁感应 强度 B (T)	铁 损 (W/kg)					
	DR320-35	DR280-35	DR255-35	DR225-35	DR360-35	DR325-35
1.1	1.64	1.45	1.28	1.1	1.09	0.95
1.11	1.68	1.48	1.31	1.13	1.10	0.967
1.12	1.71	1.50	1.33	1.15	1.12	0.984
1.13	1.74	1.53	1.35	1.18	1.14	1.00
1.14	1.77	1.55	1.37	1.2	1.16	1.02
1.15	1.80	1.58	1.40	1.22	1.18	1.04
1.16	1.84	1.61	1.43	1.25	1.20	1.05
1.17	1.88	1.64	1.45	1.27	1.22	1.07
1.18	1.92	1.67	1.48	1.3	1.24	1.09
1.19	1.96	1.71	1.51	1.32	1.26	1.10
1.20	2.0	1.75	1.54	1.35	1.28	1.12
1.21	2.04	1.78	1.57	1.37	1.30	1.14
1.22	2.08	1.81	1.60	1.39	1.33	1.16
1.23	2.12	1.84	1.62	1.41	1.35	1.18
1.24	2.15	1.87	1.65	1.43	1.38	1.20
1.25	2.18	1.90	1.68	1.45	1.40	1.22
1.26	2.21	1.94	1.70	1.48	1.43	1.23
1.27	2.25	1.98	1.73	1.51	1.45	1.25
1.28	2.28	2.02	1.75	1.54	1.48	1.27
1.29	2.32	2.05	1.78	1.57	1.50	1.29
1.30	2.36	2.08	1.80	1.60	1.52	1.31

的铁损和励磁特性

励磁容量 (V·A/kg)			接缝处励磁容量 (V·A/cm ²)	
DR320 DR280 DR255 DR225	DR360 - 35	DR325 - 35	DR320 DR280 DR255 DR225	DR360 DR325 - 35
6.51	3.70	3.06	0.79	0.22
6.78	3.80	3.21	0.83	0.23
7.06	3.90	3.36	0.86	0.25
7.37	4.02	3.50	0.90	0.27
7.71	4.16	3.65	0.94	0.29
8.05	4.30	3.80	0.98	0.31
8.41	4.50	3.95	1.02	0.34
8.77	4.70	4.10	1.06	0.37
9.16	4.88	4.24	1.10	0.40
9.58	5.04	4.39	1.14	0.43
10.0	5.20	4.54	1.18	0.47
10.46	5.48	4.78	1.22	0.50
10.92	5.76	5.02	1.27	0.53
11.39	6.06	5.26	1.33	0.56
11.87	6.38	5.50	1.39	0.61
12.35	6.70	5.75	1.45	0.64
12.91	7.02	5.99	1.51	0.67
13.47	7.34	6.23	1.57	0.72
14.1	7.70	6.47	1.63	0.77
14.8	8.10	6.71	1.69	0.80
15.5	8.50	6.95	1.75	0.85

续表

磁感应 强度 B (T)	铁 损 (W/kg)					
	DR320-35	DR280-35	DR255-35	DR225-35	DR360-35	DR325-35
1.31	2.40	2.11	1.84	1.63	1.55	1.33
1.32	2.45	2.13	1.88	1.65	1.59	1.35
1.33	2.49	2.16	1.92	1.68	1.61	1.37
1.34	2.54	2.19	1.95	1.70	1.64	1.39
1.35	2.58	2.22	1.88	1.72	1.66	1.42
1.36	2.62	2.25	2.02	1.75	1.69	1.44
1.37	2.66	2.28	2.05	1.78	1.71	1.46
1.38	2.70	2.32	2.08	1.82	1.74	1.48
1.39	2.74	2.36	2.12	1.86	1.77	1.50
1.40	2.78	2.40	2.15	1.9	1.79	1.52
1.41	2.82	2.44	2.19	1.92	1.81	1.54
1.42	2.86	2.48	2.22	1.95	1.84	1.57
1.43	2.90	2.52	2.25	1.98	1.86	1.59
1.44	2.94	2.56	2.28	2.00	1.89	1.61
1.45	2.98	2.60	2.32	2.02	1.91	1.64
1.46	3.02	2.64	2.35	2.06	1.94	1.66
1.47	3.07	2.68	2.38	2.10	1.97	1.681
1.48	3.12	2.72	2.42	2.14	2.00	1.704
1.49	3.17	2.76	2.46	2.18	2.03	1.727
1.50	3.2	2.8	2.50	2.2	2.05	1.75

续表

励磁容量 (V·A/kg)			接缝处励磁容量 (V·A/cm ²)	
DR320 DR280 DR255 DR225	DR360 - 35	DR325 - 35	DR320 DR280 DR255 DR225	DR360 DR325 - 35
16.3	8.82	7.27	1.81	0.90
17.1	9.14	7.58	1.87	0.94
18.0	9.50	7.90	1.93	0.99
19.0	9.90	8.21	1.99	1.04
20.0	10.3	8.53	2.06	1.10
21.2	10.74	8.84	2.14	1.15
22.4	11.18	9.16	2.22	1.20
23.6	11.62	9.47	2.30	1.26
24.8	12.06	9.79	2.38	1.31
26.0	12.5	10.1	2.46	1.37
27.4	12.98	10.6	2.55	1.41
28.8	13.46	11.2	2.65	1.48
30.3	13.96	11.7	2.75	1.54
31.9	14.48	12.3	2.85	1.60
33.5	15.0	12.8	2.95	1.66
35.3	15.56	13.3	3.05	1.72
37.1	16.12	13.88	3.15	1.80
39.0	16.62	14.42	3.25	1.87
41.2	17.06	14.96	3.35	1.94
43.6	17.5	15.5	3.45	1.98

表 8-31 DR1250G-20 (DG41-0.2) 硅钢片磁化曲线数据

B (T)	H (A/cm)	B (T)	H (A/cm)	B (T)	H (A/cm)	B (T)	H (A/cm)	B (T)	H (A/cm)
1.20	2.40	1.35	10.5	1.50	38.2	1.65	94	1.80	185
1.21	2.70	1.36	11.6	1.51	41.4	1.66	99	1.81	193
1.22	3.00	1.37	13.2	1.52	44.2	1.67	104	1.82	201
1.23	3.33	1.38	14.6	1.53	47	1.68	109	1.83	208
1.24	3.60	1.39	16.1	1.54	50	1.69	114	1.84	215
1.25	3.90	1.40	17.6	1.55	53	1.70	119	1.85	222
1.26	4.30	1.41	19.6	1.56	56	1.71	124	1.86	231
1.27	4.70	1.42	21.6	1.57	60	1.72	130	1.87	239
1.28	5.10	1.43	23.5	1.58	64	1.73	137	1.88	247
1.29	5.60	1.44	25.2	1.59	68	1.74	143	1.89	255
1.30	6.20	1.45	27.1	1.60	72	1.75	150	1.90	263
1.31	6.80	1.46	29.0	1.61	76	1.76	156	1.91	272
1.32	7.50	1.47	31.2	1.62	80	1.77	162	1.92	281
1.33	8.40	1.48	33.2	1.63	84	1.78	170	1.93	290
1.34	9.50	1.49	36.0	1.64	89	1.79	178	1.94	300

表 8-32 冷轧无取向硅钢片的电磁性能

牌 号	厚度 (mm)	最大单位铁损 (W/kg)		最小磁感应强度 (T)		最小叠 装系数 (%)	密度 (g/cm ³)
		$P_{1.0/50}$	$P_{1.5/50}$	B_{25}	B_{50}		
DW270-35	0.35	1.1	2.70	1.43	1.58	94	7.60
DW310-35	0.35	1.25	3.10	1.49	1.60	94	7.65
DW360-35	0.35	1.45	3.60	1.50	1.61	94	7.65
DW435-35	0.35	1.75	4.35	1.54	1.65	95	7.70
DW500-35	0.35	2.05	5.00	1.54	1.65	95	7.75
DW550-35	0.35	2.30	5.50	1.55	1.66	96	7.75
DW315-50	0.50	1.25	3.15	1.48	1.58	95	7.60
DW360-50	0.50	1.45	3.60	1.49	1.60	95	7.65
DW400-50	0.50	1.65	4.00	1.50	1.61	95	7.65
DW465-50	0.50	1.95	4.65	1.54	1.65	96	7.70
DW540-50	0.50	2.30	5.40	1.54	1.65	96	7.75
DW620-50	0.50	2.70	6.20	1.55	1.66	96	7.75
DW800-50	0.50	3.50	8.00	1.58	1.69	96	7.80
DW1050-50	0.50	4.60	10.50	1.58	1.69	96	7.85
DW1300-50	0.50	5.70	13.00	1.58	1.69	96	7.85
DW1550-50	0.50	6.75	15.50	1.58	1.69	96	7.85

表 8-33 冷轧取向硅钢片的电磁性能

牌号	厚度 (mm)	最大单位铁损 (W/kg) $P_{1.5/50}$	最小磁感应强度 (T) B_{10}	密度 (g/cm ³)
DQ122G-30	0.30	1.22	1.88	7.65
DW133G-30	0.30	1.33	1.88	7.65
DW133-30	0.30	1.33	1.79	7.65
DQ147-30	0.30	1.47	1.77	7.65
DW162-30	0.30	1.62	1.74	7.65
DQ179-30	0.30	1.79	1.71	7.65
DW196-30	0.30	1.96	1.68	7.65
DW126G-35	0.35	1.26	1.88	7.65
DQ137G-35	0.35	1.37	1.88	7.65
DQ151-35	0.35	1.51	1.77	7.65
DQ166-35	0.35	1.66	1.74	7.65
DQ183-35	0.35	1.83	1.71	7.65
DW200-35	0.35	2.00	1.68	7.65
DW230-35	0.35	2.30	1.63	7.65

表 8-34 冷轧晶粒取向硅钢片的电磁性能

牌号	厚度 (mm)	矫顽力 (A/m)	最大单位铁损 (W/kg)		最小磁感应强度 (T)					
			$P_{1.0/400}$	$P_{1.5/400}$	$B_{0.4}$	$B_{0.8}$	B_2	B_4	B_{10}	B_{25}
DG ₁	0.20	—	12.0	27	0.6	0.9	1.2	1.35	1.55	1.7
DG ₂	0.20	—	11.0	25	0.8	1.0	1.3	1.42	1.60	1.75
DG ₃	0.20	—	10.0	23	0.9	1.1	1.4	1.5	1.66	1.82
DG ₄	0.20	—	9.0	21	1.0	1.2	1.5	1.57	1.7	1.84
DG ₁	0.08 0.10	36	10.0	22	0.6	0.9	1.2	1.35	1.55	1.7
DG ₂	0.08 1.10	32	8.5	19	0.8	1.0	1.3	1.42	1.6	1.75
DG ₃	0.08 1.10	28	7.5	17	0.9	1.1	1.4	1.5	1.66	1.82
DG ₄	0.08 1.10	26	7.0	16	1.0	1.2	1.5	1.57	1.7	1.84
DG ₁	0.05	36	10.0	21	0.6	0.9	1.2	1.35	1.55	1.7
DG ₂	0.05	34	8.5	19	0.8	1.0	1.3	1.42	1.60	1.75
DG ₃	0.05	32	7.5	16	0.9	1.1	1.4	1.5	1.66	1.82
DG ₄	0.05	32	7.0	15	1.0	1.2	1.5	1.57	1.7	1.84

注： $P_{1.0/400}$ 、 $P_{1.5/400}$ 分别表示 400Hz、1.0T 和 1.5T 时的铁损。
 $B_{0.4}$ 、 $B_{0.8}$ 、 B_2 、 B_4 、 B_{10} 、 B_{25} 分别表示磁场强度为 40、80、200、400、800、1000、2500A/m 时的磁感应强度。

表 8-35 国内外部分硅钢片的代用牌号

厚度	中国牌号		德国 DIN (1973)	日 本		美国 AISI	英国 BS (1973)
	新	旧		NSC (1975)	JIS (1975)		
0.5		D ₂₁	V260-50A	H23	S23	M45	G630
	DR530-50	D ₂₂	V230-50A	H20	S20	—	—
	DR510-50	D ₂₃	—	—	—	M43	G500
	DR490-50	D ₂₄	V200-50A	H18	S18	—	G450
	DR400-50	D ₂₆	V170-50A	H14	S14	M36	G400
0.35		D ₂₁	—	H20	S20	—	—
		D ₂₇	—	H14	S14	M36	G335
		D ₂₈	V130-35A	H12	S12	M22	G315
0.5	DR360-50	D ₄₁	V150-50B	—	—	—	—
	DR315-50	D ₄₂	V135-50B	—	—	—	—
	DR290-50	D ₄₃	V125-50B	—	—	—	—
	DR265-50	D ₄₄	V110-50B	—	—	—	—
0.35	DR320-35	D ₄₁	V130-35B	—	—	—	—
	DR280-35	D ₄₂	V110-35B	—	—	—	—
	DR255-35	D ₄₃	V100-35B	—	—	—	—
	DR225-35	D ₄₄	V90-35B	—	—	—	—

表 8-36 国内外部分冷轧硅钢片的代用牌号对照

厚度 (mm)	中国牌号	德国 DIN (1973)	日 本		美国 AISI	英国 BS (1973)
			NSC (1975)	JIS (1975)		
0.35	DW1270-35	V110-35A	H10	—	M19	G265
0.35	DW310-35	V130-35A	H12	S12	M22	G315
	DW360-35	—	H14	S14	M36	G335
	DW435-35	—	H18	S18	M43	—
	DW500-35	—	H20	S20	—	—
	DW550-35	—	H23	S23	—	—
0.5	DW315-50	V135-50A	H10	—	M19	—
	DW350-50	V150-50A	H12	S12	M22	G355
	DW400-50	V170-50A	H14	S14	M36	G400
	DW465-50	V200-50A	H18	S18	M43	G450
	DW540-50	V230-50A	H20	S20	—	G500
	DW620-50	V260-50A	H23	S23	M45	G630
	DW800-50	V360-50A	H30	S30	M47	G800
0.30	DQ122G-30	—	Z8H	—	—	—
	DQ133-30	—	Z9	G09	—	—
	DQ147-30	VM97-30	Z10	G10	M5	30M5
	DQ162-30	—	Z11	G11	M6	30M6
	DQ179-30	—	Z12	G12	M7	—
	DQ196-30	—	Z13	G13	M8	—
0.35	DQ126G-35	—	Z8H	—	—	—
	DQ137G-35	—	Z9H	—	—	—
	DQ151-35	—	Z10	G10	M5	—
	DQ166-35	VM111-35	Z11	G11	M6	35M6
	DQ183-35	—	Z12	G12	M7	35M7
	DQ200-35	—	Z13	G13	M8	—

表 8-37 部分国内外常用硅钢片的铁损和磁化容量

磁通密度 (T)	DQ166-35 (中国) Z11 (日本)		DQ151-35 (中国) Z10 (日本)		M6, M6 X (法国)		M5 (法国)		33号 (英国)		DQ230-35 (中国)		
	铁损 $\frac{(W/kg)}{0.35}$	磁化容量 $\frac{A}{cm}$ (V·A/kg)	铁损 $\frac{(W/kg)}{0.35}$	磁化容量 $\frac{A}{cm}$ (V·A/kg)	铁损 $\frac{(W/kg)}{0.35}$	铁损 $\frac{(W/kg)}{0.35}$	铁损 $\frac{(W/kg)}{0.35}$	铁损 $\frac{(W/kg)}{0.35}$	铁损 $\frac{(W/kg)}{0.35}$	铁损 $\frac{(W/kg)}{0.35}$	铁损 $\frac{(W/kg)}{0.35}$	铁损 $\frac{(W/kg)}{0.35}$	磁化容量 $\frac{A}{cm}$ (V·A/kg)
1.43	0.93	0.34	1.82	0.298	0.88	1.01	0.95	0.93	2.26	1.353	2.26	9.43	
1.44	1.0	0.345	1.89	0.3	0.89	1.02	0.96	0.94	2.34	1.374	2.34	9.84	
1.45	1.02	0.35	1.91	0.306	0.91	1.04	0.98	0.955	2.42	1.395	2.42	10.25	
1.46	1.08	0.36	1.98	0.312	0.92	1.06	0.99	0.97	2.5	1.416	2.5	10.66	
1.47	1.05	0.365	2.01	0.318	0.94	1.07	1.01	0.98	2.58	1.437	2.58	11.07	
1.48	1.07	0.372	2.1	0.324	0.95	1.09	1.02	0.995	2.66	1.458	2.66	11.48	
1.49	1.09	0.379	2.15	0.33	0.97	1.11	1.04	1.01	2.74	1.479	2.74	11.89	
1.5	1.1	0.385	2.21	0.337	0.99	1.13	1.06	1.025	2.82	1.5	2.82	12.3	
1.51	1.12	0.396	2.3	0.343	1.0	1.15	1.07	1.04	2.943	1.529	2.943	12.95	
1.52	1.13	0.407	2.38	0.35	1.02	1.16	1.09	1.06	3.066	1.558	3.066	13.6	
1.53	1.15	0.418	2.47	0.358	1.04	1.18	1.11	1.08	3.189	1.587	3.189	14.25	
1.54	1.17	0.426	2.56	0.366	1.06	1.2	1.13	1.1	3.312	1.616	3.312	14.9	
1.55	1.19	0.436	2.7	0.374	1.08	1.22	1.15	1.12	3.435	1.645	3.435	15.55	

续表

磁通密度 (T)	DQ166-35 (中国) Z11 (日本)				DQ151-35 (中国) Z10 (日本)				M6、M6 X (法国)		M5 (法国)		33号 (英国)		DQ230-35 (中国)		
	铁损 (W/kg) 0.35	磁化容量 (V·A/kg)		铁损 (W/kg) 0.35	磁化容量 (V·A/kg)	铁损 (W/kg) 0.35	磁化容量 (V·A/kg)	铁损 (W/kg) 0.35	磁化容量 (V·A/kg)	铁损 (W/kg) 0.35	磁化容量 (V·A/kg)	铁损 (W/kg) 0.35	磁化容量 (V·A/kg)	铁损 (W/kg) 0.35	磁化容量 (V·A/kg)	铁损 (W/kg) 0.35	磁化容量 (V·A/kg)
		A cm	A cm														
1.56	1.21	0.45	2.82	1.1	0.382	1.24	2.42	1.165	1.14	3.588	1.674	16.2	1.14	3.588	1.674	16.2	
1.57	1.23	0.463	3.0	1.12	0.392	1.26	2.54	1.18	1.155	3.681	1.703	16.85	1.155	3.681	1.703	16.85	
1.58	1.25	0.475	3.16	1.14	0.4	1.28	2.7	1.2	1.18	3.804	1.732	17.5	1.18	3.804	1.732	17.5	
1.59	1.28	0.486	3.35	1.16	0.413	1.3	2.85	1.22	1.2	3.927	1.761	18.15	1.2	3.927	1.761	18.15	
1.6	1.3	0.502	3.55	1.17	0.425	1.32	2.0	1.25	1.22	4.05	1.79	18.8	1.22	4.05	1.79	18.8	
1.61	1.32	0.52	3.8	1.19	0.436	1.35	2.25	1.27	1.24	4.925	1.831	20.12	1.24	4.925	1.831	20.12	
1.62	1.34	0.54	4.05	1.21	0.45	1.37	3.45	1.29	1.26	4.54	1.872	21.44	1.26	4.54	1.872	21.44	
1.63	1.37	0.56	4.4	1.24	0.47	1.39	3.7	1.32	1.29	4.785	1.913	22.76	1.29	4.785	1.913	22.76	
1.64	1.39	0.58	4.7	1.25	0.485	1.41	4.0	1.34	1.31	5.05	1.954	24.08	1.31	5.05	1.954	24.08	
1.65	1.42	0.61	5.0	1.27	0.5	1.44	4.32	1.36	1.34	5.275	1.995	25.4	1.34	5.275	1.995	25.4	
1.66	1.44	0.644	5.4	1.29	0.524	1.46	4.7	1.39	1.36	5.52	2.036	26.72	1.36	5.52	2.036	26.72	
1.67	1.46	0.686	5.9	1.31	0.554	1.49	5.0	1.42	1.38	5.765	2.077	28.04	1.38	5.765	2.077	28.04	
1.68	1.49	0.736	6.4	1.33	0.59	1.51	5.5	1.44	1.41	6.01	2.118	29.36	1.41	6.01	2.118	29.36	

续表

磁通密度 (T)	DQ166-35 (中国) Z11 (日本)		DQ151-35 (中国) Z10 (日本)		M6、M6 X (法国)	M5 (法国)	33号 (英国)	DQ230-35 (中国)		
	铁损 $\frac{W/kg}{0.35}$	磁化容量 $\frac{A}{cm}$ (V·A/kg)	铁损 $\frac{W/kg}{0.35}$	磁化容量 $\frac{A}{cm}$ (V·A/kg)	铁损 $\frac{W/kg}{0.35}$	铁损 $\frac{W/kg}{0.35}$	铁损 $\frac{W/kg}{0.35}$	铁损 $\frac{W/kg}{0.35}$	铁损 $\frac{W/kg}{0.35}$	磁化容量 $\frac{A}{cm}$ (V·A/kg)
1.69	1.52	0.79	1.36	0.62	1.54	1.47	1.44	2.159	6.255	30.68
1.70	1.54	0.85	1.39	0.67	1.56	1.49	1.46	2.2	6.5	32
1.71	1.57	0.91	1.42	0.71	1.6	1.52	1.48	2.252	6.95	34.55
1.72	1.6	1.0	1.45	0.77	1.63	1.55	1.51	2.304	7.4	37.1
1.73	1.63	1.1	1.48	0.83	1.66	1.58	1.54	2.356	7.85	39.65
1.74	1.66	1.2	1.5	0.9	1.69	1.61	1.57	2.408	8.3	42.2
1.75	1.69	1.3	1.53	1.0	1.72	1.64	1.6	2.46	8.75	44.75
1.76	1.72	1.46	1.57	1.1	1.75	1.67	1.64	2.512	9.2	47.3
1.77	1.75	1.63	1.6	1.2				2.564	9.65	49.85
1.78	1.79	1.8	1.63	1.35				2.616	10.1	52
1.79	1.83	2.0	1.67	1.5				2.668	10.55	54.95
1.80	1.87	2.25	1.7	1.66				2.72	11	57.5

(2) 电工纯铁：电工纯铁的含铁量高达 99.9%。由于纯铁的电阻率太小，涡流损耗太大，一般轧制成不大于 4mm 厚的板材，用于直流或脉动成分不大电器和电信元件中作为导磁铁心。

表 8-38 电工纯铁的牌号、规格及用途

种类	牌号	规格	用途
原料纯铁	DT1、DT2	纯铁材料断面小于 250mm ² ，纯铁薄板最大厚度为 4mm	不保证磁时效的磁性元件和炉料（DT1 为一般；DT2 为高纯度）
铝镇静纯铁	DT3、DT3A、DT4		不保证磁时效的一般电磁元件
硅铝镇静纯铁	DT5、DT5A		
铜镇静纯铁	DT4、DT4E、DT4C		在一定时效工艺不保证无时效的电磁元件
硅铝镇静纯铁	DT6、DT6A、DT6E、DT6C		在一定时效工艺下保证无时效，磁性范围较稳定的电磁元件

表 8-39 电工纯铁的牌号和性能

牌号	等级	试样状态	最大磁导率 μ_m (H/m) $\times 10^{-3}$ 不小于	矫顽力 H_c (A/m) 不大于	不同场强下的 磁感应强度 (T)				
					B_5	B_{10}	B_{25}	B_{50}	B_{100}
DT1, DT2 DT3, DT4 DT5, DT6	普级	不退火	7.5	93	1.4	1.5	1.62	1.71	1.80
DT3A, DT4A DT5A, DT6A	高级		10.00	72					
DT4E DT6E	特级		12.50	48					
DT4C DT6C	超级		18.75	32					
DT1, DT2 DT3, DT4 DT5, DT6	普级	退火	7.5	96	1.45	1.55	1.65	1.75	1.85
DT3A, DT4A DT5A, DT6A	高级		8.75	80					
DT4E, DT6E	特级		11.25	56					
DT4C, DT6C	超级		15.00	32					

注：表中 B_5 、 B_{10} 、 B_{25} 、 B_{50} 、 B_{100} 分别表示磁场强度为 5、10、25、50、100 A/cm 时的磁感应强度

(3) 铁镍合金：铁镍合金与其他磁性材料相比，优点是在低磁场下有极高的磁导率和很低的矫顽力。

表 8-40 铁镍合金理化性能及主要用途

种类	牌号	主要化学成分 (%)		物理性能			主要用途
		镍	铜	电阻率 ($\mu\Omega \cdot \text{cm}$)	密度 (g/cm^3)	居里点温度 ($^{\circ}\text{C}$)	
1J50 类	1J46 1J50 1J54	36~50		45	8.20	500	中小功率变压器、扼流圈和控制微电机等铁心
1J51 类	1J51 1J52 1J34	34~50		45	8.20	500	中小功率的, 高灵敏度磁放大器, 中小功率脉冲变压器和记忆元件
1J65 类	1J65 1J67	65 左右					中等功率的磁放大器和扼流圈, 计算机的记忆元件。但合金的电阻率低, 不宜在较高的频率下使用
1J79 类	1J79 1J80 1J83 1J76	74~80	3.8~4.1	55	8.60	450	在低磁场下使用的高灵敏性小型功率变压器, 小功率磁放大器, 继电器, 扼流圈和磁屏蔽等
1J85 类	1J85 1J86 1J77	80 81 77	4.8~5.2	56	8.85	400	仪表和电讯工业中作扼流圈、音频变压器、高精度电桥变压器、互感器、磁放大器以及精密电表中的动片和定片

表 8-41 冷轧铁镍带材在不同频率下的交流磁性性能

牌号	频率 (Hz)	厚度 (mm)	初始磁导率 $\times 10^{-3}$ (H/m)	最大磁导率 $\times 10^{-3}$ (H/m)	磁感应强度为 80 A/m			铁损 (W/kg)			
					矫顽力 (A/m)	磁感应强度 (T)	剩磁比 B_r/B_m	P10	P12	P14	
1J50	50	0.35	5.2~15.6	39.4~56.3	16~25.6	0.975~1.25	0.815~0.935				
		0.10	4.08~10.6	51~81.8	10.4~17.6	1.08~1.20	0.83~0.92	0.195~0.36	0.31~0.68	0.61~1.85	
		0.35	7.3~7.6	12.3~16.9							
1J51	400	0.10	4.13~10.4	31.8~53.3	18.4~31.2	1.08~1.20	0.87~0.92	3.10~5.50	4.95~9.20	9.35~14.0	
		0.10	4~10.4	22.9~40.2	24.8~41.6	1.08~1.20	0.90~0.92	8.55~15.5	13~23.5	22.5~38.5	
		0.10	3.31~7.9	24.5~31.6	40.8~67.2	0.94~1.15	0.92~0.97	30.5~63	51~105	78.5~147	
		0.05			19.2~29.6	1.25~1.47	0.93~0.99	2.13~4.12	2.54~5.37	2.98~10.5	
1J79	800	0.02			20~28.8	1.40~1.50	0.94~0.98	2.83~3.98	3.71~5.20	4.93~6.73	
		0.05			22~31.6	1.25~1.47	0.93~0.99	4.25~9.25	5.10~11.9	5.95~23.2	
		0.02			22.4~31.2	1.4~1.5	0.945~0.98	6.20~8.46	8.17~11.1	10.9~16	
		0.05			29.6~30.6	1.245~1.44	0.94~0.995	21.4~25.6	28.1~35.8	36.1~50.8	
1J79	200	0.02			26.4~32	1.35~1.47	0.995~0.98	18.2~24.2	23.9~30.3	31.8~53.8	
		0.35	21.2~56.3	83.3~114	10.4~15.6	0.71~0.80	0.79~0.84				
		0.10	22.5~50	143~236	1.6~6.64	0.71~0.78	0.68~0.85				
		0.35	11.5~18.8	24.8~36.8	43.2~59.2	0.67~0.78	0.79~0.92				
800	400	0.10	20~40	58.8~123	4.8~14.4	0.71~0.78	0.75~0.85				
		0.10	18.8~33.8	36.4~81.8	8.0~24	0.70~0.78	0.78~0.87				
		0.10	12.5~22.3	11.9~45.7	19.2~48	0.70~0.77	0.85~0.89				

(4) 铁铝合金：铁铝合金有很高的电阻率，比重小、硬度高、耐磨性好。用铁铝合金制成的器件涡流损耗小，重量轻。

表 8-42 铁铝合金牌号、规格及主要用途

牌号	含铝量 (%)	厚度 (mm)	特性	主要用途	物理性能		
					电阻率 ($\mu\Omega \cdot \text{cm}$)	密度 (g/cm^3)	居里点温度 ($^{\circ}\text{C}$)
1J6	5.5~6.0	0.35	在铁铝合金中有最高的饱和磁感应强度 (1.25~1.35T) 其磁性能不如硅钢片, 但有较好的耐腐蚀性	微电机、电磁阀等铁心	70 (退火后)	7.2	730
1J12	11.6~12.4	0.2~0.5	其磁导率和饱和磁感应强度介于 1J6 与 1J16 之间, 与 1J50 属同类型合金。有高的电阻率和抗应力、耐辐射等	控制微电机、中等功率的音频变压器、脉冲变压器和继电器铁心	100 (退火后)	6.7	655
1J13	12.8~14.0		与纯镍比, 其饱和磁感应强度高, 矫顽力低, 饱和磁致伸缩系数相接近, 但抗腐蚀性不如纯镍	水声和超声器件, 如超声清洗、超声探伤、研磨、焊接等器件	90 (退火后) 125~130 (淬火后)	6.6	510

续表

牌号	含铝量 (%)	厚度 (mm)	特 性	主要用途	物理性能		
					电阻率 ($\mu\Omega\cdot\text{cm}$)	密度 (g/cm^3)	居里点温度 ($^{\circ}\text{C}$)
1J16	15.5~ 16.3	0.10	在铁铝合金中, 其磁导率最高 (0.0625 ~ 0.125h/m), 矫顽力最低 (1.6~2.4A/m), 但饱和磁感应强度不高	在低磁场下工作的小功率变压器、磁放大器、互感器、磁屏蔽等	140~160 (淬火后)	6.5	400
		0.20					
		0.35					
		0.50					

(5) 软磁锰锌铁氧体: 软磁锰锌铁氧体是常用的软磁铁氧体。其性能见表 8-43。表中所指磁导率一般是在 25°C 左右测得的。任意温度 T 时的磁导率可用下列式子计算

$$\mu_T = \mu_{T1} [1 + \alpha (T - T1)]$$

式中: μ_{T1} ——在温度 T1 时测得的磁导率, 一般 T1 = 25°C;
 α ——温度系数。

常用软磁铁氧体使用环境温度为 -55~+88°C, 当工作温度超过居里点后, 磁导率迅速下降。由于它电阻率高达 $1\Omega\cdot\text{cm}$ 以上, 适用于 100~500kHz 高频磁场工作。多用作中频和高频的变压器、高频焊接变压器、脉冲和开关电源变压器、低通滤波器及可控电流上升率限制电感的铁心等。

常用软磁铁氧体的制品有 G 型 (双罐型)、E 型 (双 E 型)、U 型 (双 U 型)、H 型 (环型)。

①G 型 (双罐型) 磁心制品, 每两个相同的罐组成一副磁心。G 型磁心外形尺寸见表 8-44。

②E 型 (双 E 型) 磁心制品。E 型磁心分为 EF (中柱为方形)

和 EY 型（中柱为圆形）两种。电工常用 EF 型，每两只 EF 型组成一副铁心。EF 型磁心外形尺寸见表 8-45。

③U 型（双 U 型）磁心制品。U 型磁心上下截面近似矩形，UF 两边柱为方形、UY 两边为圆形，两个 U 型组成一副磁心。U 型磁心外形尺寸见表 8-46。

④H 型（环型）磁心制品。H 型磁心的外形为环形，每环单独成为一个磁心。H 型磁心的线圈不能先绕好再套磁心，而是穿到环型的磁心上再穿绕。因此绕线工艺不如 G、E 和 U 型容易。

表 8-43 常用软磁铁氧体性能

牌号 (旧牌号)	初始相对磁导率 μ_r ①	温度系数 α (10^{-6} / $^{\circ}\text{C}$) ②	比损耗系数		饱和磁感应强度 B_s (T)	矫顽力 H_c (A/m)	居里点 T_c ($^{\circ}\text{C}$)	密度 ρ (g/cm^3)	适用频率 (MHz)	制品型式
			$\text{tg}\delta/\mu$ (10^{-6})	f (MHz)						
R1K (MX1000)	1000	4	≤ 40	0.1	0.34	32	120	4.7	0.5	G, E U, H
R1-5KB	1500	1.5	≤ 13	0.1	0.41	20	180	4.8	0.5	E, U
R2K (MX2000)	2000	2	≤ 30	0.1	0.34	32	120	4.8	0.5	E, H
R2KX (MX2000)	2000	1	≤ 7.5	0.1	0.35	20	180	4.8	0.5	G, H
R2.5KB	2500				0.45	16	230	4.8		E, U
R4K (MX4000)	4000	1	≤ 15	0.1	0.34	24	120	4.85	0.2	G, E, H
R6K (MX6000)	6000	1	≤ 10	0.01	0.32	20	120	4.9	0.2	E, H

续表

牌号 (旧牌号)	初始相对磁导率 $\mu_r^{\text{①}}$	温度系数 α ($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) ^②	比损耗系数		饱和磁感应强度 B_S (T)	矫顽力 H_c (A/m)	居里点 T_c ($^{\circ}\text{C}$)	密度 ρ (g/cm^3)	适用频率 (MHz)	制品型式
			$\text{tg}\delta/\mu$ (10^{-6})	f (MHz)						
R10K (MX10000)	10000	0.5	≤ 7	0.01	0.32	12	110	4.0	0.1	H

①相对误差范围 $\pm 20\%$ ；②适用于 $20 \sim 55^{\circ}\text{C}$ 。

表 8-44 G 型磁心外形尺寸 (mm)

型号	外径	线圈最大外径	线圈最小内径	中心安装孔径	每副磁心高度	线圈最大高度	出线槽宽
G9	$9.6^{+0.6}$	$7.5_0^{+0.5}$	$3.9_0^{+0.3}$	2~2.2	$6.6^{+0.6}$	$3.6_0^{+0.6}$	1.6
G11	$11.5^{+0.6}$	$9.0_0^{+0.5}$	$4.7_0^{+0.3}$	2~2.2	$7.0^{+0.6}$	$4.4_0^{+0.6}$	1.6
G14	$14.5^{+0.6}$	$11.5_0^{+0.7}$	$6.1_0^{+0.3}$	2.9~3.2	$9.0^{+0.6}$	$5.6_0^{+0.8}$	2.0
G18	$18.6^{+1.0}$	$14.8_0^{+0.8}$	$7.7_0^{+0.5}$	2.9~3.2	$11.2^{+0.6}$	$7.2_0^{+0.8}$	3.0
G22	$22.0^{+1.0}$	$17.8_0^{+1.0}$	$9.4_0^{+0.5}$	4.3~4.7	$14.0^{+0.6}$	$9.2_0^{+0.8}$	3.0
G26	$26.2^{+1.2}$	$21.2_0^{+1.0}$	$11.6_0^{+0.7}$	5.3~5.7	$16.6^{+0.6}$	$11_0^{+1.0}$	3.0
G30	$30.7^{+1.2}$	$24.9_0^{+1.2}$	$13.6_0^{+0.7}$	5.3~5.7	$19.4^{+0.8}$	$13_0^{+1.0}$	3.5
G36	$36.5^{+1.5}$	$29.8_0^{+1.5}$	$16.2_0^{+0.8}$	5.3~5.7	$22.2^{+0.8}$	$14.6_0^{+1.2}$	3.5
G42	$43.4^{+1.7}$	$38.5_0^{+1.7}$	$17.7_0^{+0.8}$	5.3~5.7	$27.0^{+0.8}$	$17.4_0^{+1.2}$	3.5
G48	$48.3^{+1.7}$	$40.0_0^{+1.7}$	$20.0_0^{+0.8}$	5.3~5.7	$30.4^{+0.8}$	$20.4_0^{+1.2}$	4.0

表 8-45 EF 型磁心外形尺寸 (mm)

型号	中柱宽×磁心厚	磁心宽	每副高	窗口 宽×高
EF3A	$3^{0}_{-0.5} \times 3^{0}_{-0.5}$	$12^{0}_{-1.2}$	$12^{0}_{-1.8}$	$2.5^{+0.65}_{0} \times 8^{+1}_{0}$
EF3B	$3^{0}_{-0.5} \times 4^{0}_{-0.5}$			
EF4A	$4^{0}_{-0.5} \times 4^{0}_{-0.5}$	$16^{0}_{-1.2}$	$16^{0}_{-1.8}$	$3.0^{+0.7}_{0} \times 10^{+1}_{0}$
EF4B	$4^{0}_{-0.5} \times 5.7^{0}_{-0.6}$			
EF5A	$5^{0}_{-0.6} \times 5^{0}_{-0.6}$	$20^{0}_{-1.8}$	$21^{0}_{-1.8}$	$4.0^{+0.85}_{0} \times 13^{+1}_{0}$
EF5B	$5^{0}_{-0.6} \times 6.7^{0}_{-0.8}$			
EF6A	$6^{0}_{-0.8} \times 6^{0}_{-0.8}$	$24^{0}_{-1.5}$	$24^{0}_{-2.6}$	$5.0^{+1}_{0} \times 16^{+1.2}_{0}$
EF6B	$8^{0}_{-0.8} \times 8^{0}_{-0.8}$			
EF7A	$7^{0}_{-0.8} \times 7^{0}_{-0.8}$	$30^{0}_{-1.8}$	$30^{0}_{-2.6}$	$5.5^{+1.1}_{0} \times 18^{+1.2}_{0}$
EF7B	$7^{0}_{-0.8} \times 9.3^{0}_{-0.8}$			
EF9A	$9^{0}_{-0.8} \times 9^{0}_{-0.8}$	$36^{0}_{-2.2}$	$36^{0}_{-2.6}$	$7.0^{+1.2}_{0} \times 22^{+1.6}_{0}$
EF9B	$9^{0}_{-0.8} \times 12^{0}_{-1}$			
EF12A	$12^{0}_{-1} \times 12^{0}_{-1}$	$43^{0}_{-2.4}$	$43^{0}_{-3.2}$	$8.0^{+1.4}_{0} \times 28^{+1.6}_{0}$
EF12B	$12^{0}_{-1} \times 16^{0}_{-1.2}$			
EF17A	$17^{0}_{-1.2} \times 17^{0}_{-1.2}$	$55^{0}_{-2.8}$	$55^{0}_{-3.6}$	$10^{+1.6}_{0} \times 36^{+1.6}_{0}$
EF17B	$17^{0}_{-1.2} \times 22.7^{0}_{-1.4}$			
EF20A	$20^{0}_{-1.4} \times 20^{0}_{-1.4}$	$65^{0}_{-3.1}$	$65^{0}_{-4.4}$	$11.5^{+1.85}_{0} \times 43^{+2}_{0}$
EF20B	$20.7^{0}_{-1.4} \times 26^{0}_{-1.8}$			
EF28A	$28^{0}_{-1.8} \times 28^{0}_{-1.8}$	85^{0}_{-4}	$84^{0}_{-4.8}$	$13.5^{+2.15}_{0} \times 58^{+2.6}_{0}$
EF36A	$36^{0}_{-2} \times 36^{0}_{-2}$	$110^{0}_{-4.6}$	$110^{0}_{-5.6}$	$18^{+7.5}_{0} \times 74^{+3.8}_{0}$

表 8-46 U 型磁心外形尺寸 (mm)

型 号	边 柱	每副磁心高	窗 口 高 × 宽
UY10	φ10	49.2	32 × 13.6
UY12-1	φ12	63	43 × 17.2
UY12-2	φ12	46	26 × 22
UY12	φ12	46	26 × 24
UY13	φ13	62	42 × 15.5
UY13D	φ13	46	26 × 15.5
UY14	14 × 14	67	38 × 31
UY16-1	φ16	56	32 × 26
UY16	φ16	60	30 × 30

表 8-47 H 型磁心外形尺寸 (mm)

型 号	外 径	内 径	环 厚
H5 × 2 × 2	5 ± 0.4	2 ± 0.3	2 ± 0.3
H7 × 4 × 3	7 ± 0.5	4 ± 0.3	3 ± 0.3
H8.5 × 4.5 × 3	8.5 ± 0.5	4.5 ± 0.3	3 ± 0.3
H10 × 6 × 5	10 ± 0.5	6 ± 0.4	5 ± 0.4
H12.5 × 5 × 5	12.5 ± 0.6	5 ± 0.4	5 ± 0.4
H16 × 8 × 4	16 ± 0.6	8 ± 0.5	4 ± 0.3
H18 × 8 × 5	18 ± 0.6	8 ± 0.5	5 ± 0.4
H20 × 10 × 5	20 ± 0.8	10 ± 0.5	5 ± 0.4
H22 × 11 × 5	22 ± 0.8	11 ± 0.5	5 ± 0.4
H26 × 16 × 5	26 ± 0.8	16 ± 0.5	5 ± 0.4
H31 × 18 × 7	31 ± 1.0	18 ± 0.6	7 ± 0.5
H58 × 37 × 20	58 ± 1.2	37 ± 0.9	20 ± 0.7
H68 × 38 × 20	68 ± 1.5	38 ± 0.9	20 ± 0.7
H80 × 42 × 20	80 ± 1.7	42 ± 1.0	20 ± 0.7
H100 × 45 × 20	100 ± 2.1	45 ± 1.0	20 ± 0.7
H120 × 60 × 20	120 ± 2.4	60 ± 1.3	20 ± 0.7

示例：磁环 R2K - H80 × 38 × 20，2 只。表示磁环材料为 R2K，外形尺寸为 H80 × 38 × 20 型，数量为 2 只。

2. 硬磁材料

硬磁材料又称永磁材料。它具有大面积的磁滞回线特性，矫顽力和剩磁感应强度都很大。这种材料在外磁场中充磁，撤除外磁场后仍能保留较强的剩磁，形成恒定持久的磁场。主要用作储藏和提供磁能的永久磁铁。

常用的永磁材料可分为铸造铝镍钴系永磁材料、粉末烧结铝镍系永磁材料、铁氧体永磁材料、稀土永磁材料及塑性变形永磁材料等。

(1) 铝镍钴系材料：

①铸造铝镍钴系永磁材料：铸造铝镍钴系永磁合金材料的剩磁较大，磁感应温度系数很小，居里点温度高，其矫顽力和最大磁能积在永磁材料中可达到中等以上水平，组织结构稳定，它是目前电机工业应用很广泛的一种永磁材料。

表 8-48 铸造铝镍钴系永磁合金材料的磁性能

类别	牌 号	最大磁能密度 (BH) _{max} (kJ/m ³)	剩磁 B _r (T)	矫顽力		相对回复磁导率 μ _r (10 ⁶ H/m)	密度 ρ (g/cm ³)	备 注	
				H _{CB} (kA/m)	H _{CJ} (kA/m)				
最 小 值				典 型 值					
铸 造 铝 镍 钴 系	LN9	9.0	0.68	30	32	6.0~7.0	6.9	等轴晶	各向性
	LN10	9.6	0.60	40	43	4.5~5.5	6.9		
	LNG12	12.0	0.70	40	43	6.0~7.0	7.0		
	LNG16	16.0	0.78	52	54	5.0~6.0	7.0	等轴晶	各向性
	LNG34	34.0	1.20	44	45	4.0~5.0	7.3		
	LNG37	37.0	1.20	48	49	3.0~4.5	7.3		
	LNG40	40.0	1.25	48	49	2.5~4.0	7.3	半柱晶	各向性
	LNG44	44.0	1.25	52	53	2.5~4.0	7.3		
	LNG52	52.0	1.30	56	57	1.5~3.0	7.3	柱晶	各向性
	LNGT28	28.0	1.00	58	59	3.5~5.5	7.3	等轴晶	
LNGT32	32.0	0.80	100	102	2.0~3.0	7.3			
LNGT38	38.0	0.80	110	112	1.5~2.5	7.3			
LNGT60	60.0	0.90	110	112	1.5~2.5	7.3	柱晶	各向性	
LNGT72	72.0	1.05	112	114	1.5~2.5	7.3			
LNGT36J	36.0	0.70	140	148	1.5~2.5	7.3	等轴晶		

②粉末烧结铝镍钴永磁合金材料：粉末烧结铝镍钴永磁合金材料无铸造缺陷，磁性能略低，特性与铸造铝镍钴系永磁材料相似。适宜作体积小或要求工作磁通均匀性高的磁体。其表面光洁，不需要磨削加工，密度小，原材料消耗低。

表 8-49 粉末烧结铝镍钴永磁合金材料的磁性能

类别	牌 号	最大磁能密度 (BH) _{max} (kJ/m ³)	剩磁 B _r (T)	矫顽力		相对回复磁导率 μ _r (10 ⁶ H/m)	密度 ρ (g/cm ³)	备 注
				H _{CB} (kA/m)	H _{CJ} (kA/m)			
				最 小 值				
粉末烧结铝镍钴系	FLN8	8.0	0.52	40	43	4.5~5.5	6.7	各向同性
	FLNG12	12.0	0.70	40	43	6.0~7.0	7.0	
	FLNG28	28.0	1.05	46	47	4.0~5.0	7.0	各向异性
	FLNG34	34.0	1.12	47	48	3.0~4.5	7.0	
	FLNG31	31.0	0.76	107	111	2.0~4.0	7.0	
	FLNGT33J	33.0	0.65	136	150	1.5~3.5	7.0	

注：①牌号名称系根据 GB4754—84 的规定；

②居里点 (T_c)：1031~1180K；

③温度系数：在 273~373K (即 0~100℃) 时

(i) α(B_r) = 0.02%/K；

(ii) α(H_{CJ}) = 0.03%~0.07%/K。

(2) 铁氧体永磁铁：铁氧体永磁材料的矫顽力很高，但剩磁较小，其最大磁能积不大，但最大回复磁能积却较大，故适宜作动态工作的永磁体。由于剩磁小、磁感应温度系数很高，不宜用于测量仪表。

表 8-50 铁氧体永磁材料磁性能

材料牌号		剩余磁感应强度 (B _r) (T)	矫顽力 H _{CB} (kA/m)	最大磁能密度 (BH) _{max} (kJ/m ³)	温度范围 (℃)
新	旧				
Y10T	H10	≥0.2	128~160	6.4~9.6	-40~+85

续表

材料牌号		剩余磁感应强度 (B_r) (T)	矫顽力 H_{c2} (kA/m)	最大磁能密度 (BH) _{max} (kJ/m ³)	温度范围 (°C)
新	旧				
Y15	—	0.28~0.86	128~192	14.3~17.5	-40~+85
Y20	H25	0.32~0.38	128~192	18.3~21.5	
Y25	—	0.35~0.39	152~208	22.3~25.5	
Y30	H35	0.38~0.42	160~216	26.3~29.5	
Y35	H40	0.40~0.44	176~224	30.3~33.4	
Y15H	HC30	≥0.31	232~248	≥17.5	
Y20H	HC32	≥0.34	248~264	≥21.5	
Y25BH	—	0.36~0.39	176~216	23.9~27.1	
Y30BH	—	0.38~0.40	224~240	27.1~30.3	

注：①永磁铁氧体牌号组成：Y——代表永磁铁氧体材料；阿拉伯数字——材料的 (BH)_{max} 值取整数；T——同性材料；H——高 BH_c 材料；B——高 B_r 材料；

②标记示例：牌号为 Y10T 的永磁铁氧体，其标记为：永磁铁氧体 Y10TSJ285—77（即其永磁铁氧体材料及技术条件应符合电子工业部标准 SJ285—77 的规定）。

表 8-51 铁氧体永磁材料其他参考性能

材料牌号	电阻率 ρ ($\Omega \cdot \text{cm}$)	密度 d (g/cm^3)	居里点 T_c (°C)	回复磁导率 μ_r ($10^6 \text{H}/\text{m}$)	剩磁温度系数 αB_r (10^{-2}°C^{-1})	线膨胀系数 γ (10^{-6}°C^{-1})
Y10T	$10^4 \sim 10^8$	4.0~4.9	450	1.05~1.3	-0.18~-0.20	+9~15
Y15	$10^4 \sim 10^8$	4.5~5.1	450~460	1.05~1.3	-0.18~-0.20	+9~15
Y20	$10^4 \sim 10^8$	4.5~5.1	450~460	1.05~1.3	-0.18~-0.20	+9~15
Y25	$10^4 \sim 10^8$	4.5~5.1	450~460	1.05~1.3	-0.18~-0.20	+9~15
Y30	$10^4 \sim 10^8$	4.5~5.1	450~460	1.05~1.3	-0.18~-0.20	+9~15
Y35	$10^4 \sim 10^8$	4.5~5.1	450~460	1.05~1.3	-0.18~-0.20	+9~15
Y15H	$10^4 \sim 10^8$	4.5~5.0	460	1.05~1.3	-0.18~-0.20	+9~15
Y20H	$10^4 \sim 10^8$	4.5~5.0	460	1.05~1.3	-0.18~-0.20	+9~15
Y25BH	$10^4 \sim 10^8$	4.5~5.0	460	1.05~1.3	-0.18~-0.20	+9~15
Y30BH	$10^4 \sim 10^8$	4.5~5.0	460	1.05~1.3	-0.18~-0.20	+9~15

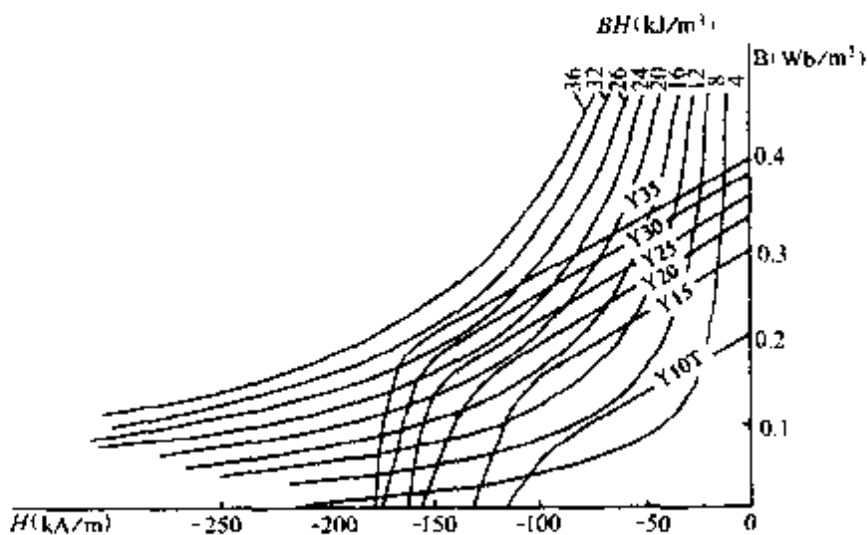


图 8-1 永磁铁氧体退磁曲线 (一)

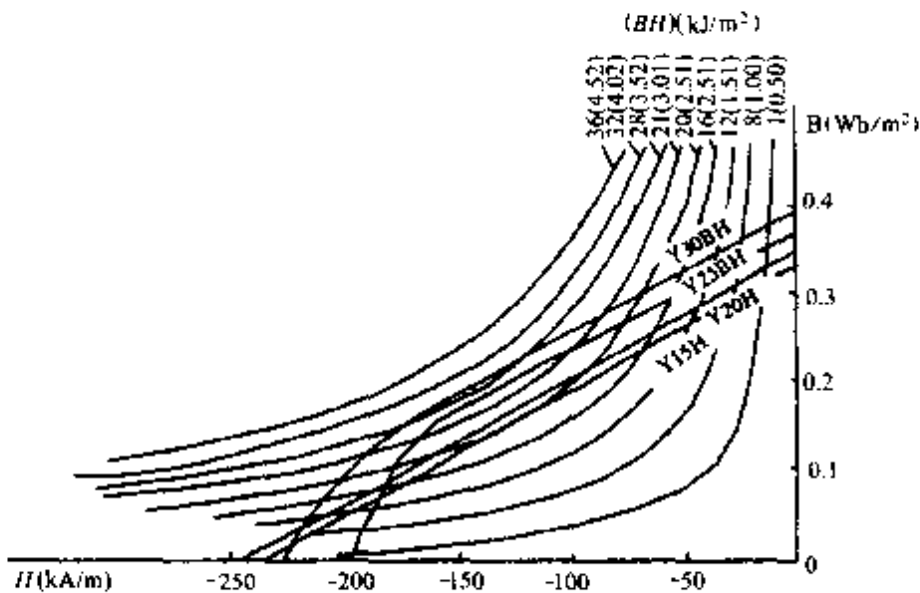


图 8-2 永磁铁氧体退磁曲线 (二)

(3) 稀土钴永磁材料：稀土钴永磁材料是由部分稀土金属和钴形成的一种金属间化合物。它具有高矫顽力和高磁能积的优异磁性能，用它制成的永磁零件体积小、重量轻、性能稳定。适于作微型或薄片状永磁体。此类材料与铝镍钴永磁材料相比，其居里温度低，磁感应温度系数较大，不宜在高于 200℃ 温度下工作。

表 8-52 稀土钴永磁材料的主要磁性能

性能 牌号	磁剩 B_r (最小值) (mT)	磁通密度矫顽力 H_cB (最小值) (kA/m)	内禀矫顽力 H_cJ (最小值) (kA/m)	最大磁能积 $(BH)_{max}$ (kJ/mm ³)
XGS80/36	60	320	360	64~88
XGS96/40	700	360	400	88~104
XGS112/96	730	520	960	104~120
XGS128/120	780	560	1200	120~135
XGS144/120	840	600	1200	135~150
XGS160/96	880	640	960	150~183
XGS196/96	960	690	960	183~207
XGS196/40	980	380	400	183~200
XGS208/44	1020	420	440	200~220
XGS240/46	1070	440	460	220~250

注：稀土钴永磁材料的牌号由四部分组成，第一部分 XG 表示稀土钴永磁材料；第二部分 S 表示材料的制造特征是烧结；第三和第四部分用斜线“/”隔开，斜线左方表示最大磁能积标称值，斜线右方表示内禀矫顽力最小值。

表 8-53 稀土钴永磁材料的参考性能

性能 牌号	平均温度 系数 (0~100℃) $\frac{\Delta B_r / B_r}{\Delta T}$ (10 ⁻² ℃ ⁻¹)	居里温度 T_c (℃)	密度 ρ (g/cm ³)	相对回复 磁导率 μ_r (10 ⁶ H/m)	韦氏硬度 HV	线膨胀 系数 α	电阻率 ρ (Ω·cm)
XGS80/36	-0.09	450~500	7.8~8.0	1.10	450~500	10	5×10 ⁻⁴
XGS96/40	-0.09	450~500	7.8~8.0	1.10	450~500	10	5×10 ⁻⁴
XGS112/96	-0.05	700~750	8.0~8.3	1.05~1.10	450~500	10	5×10 ⁻⁴
XGS128/120	-0.05	700~750	8.0~8.3	1.05~1.10	450~500	10	5×10 ⁻⁴
XGS144/120	-0.05	700~750	8.0~8.3	1.05~1.10	450~500	10	5×10 ⁻⁴
XGS160/96	-0.05	700~750	8.0~8.1	1.05~1.10	450~500	10	5×10 ⁻⁴
XGS196/96	-0.05	700~750	8.1~8.3	1.05~1.10	450~500	10	5×10 ⁻⁴
XGS196/40	-0.03	800~850	8.3~8.5	1.00~1.05	500~600	12.7	9×10 ⁻⁶
XGS208/44	-0.03	800~850	8.3~8.5	1.00~1.05	500~600	12.7	9×10 ⁻⁶
XGS240/46	-0.03	800~850	8.3~8.5	1.00~1.05	500~600	12.7	9×10 ⁻⁶

三、绝缘材料

电阻系数大于 10⁹Ω·cm 的材料在电工技术上叫做绝缘材料。它的作用是在电气设备中把电位不同的带电部分隔离出来。因此绝缘材料应具有良好的介电性能，即具有较高的绝缘电阻和耐压强度，并能避免发生漏电、爬电或击穿等事故；其次耐热性能要好，其中尤其以不因长期受热作用（热老化）而产生性能变化最为重要；此外还应具有良好的导热性、耐潮和有较高的机械强度以及工艺加工方便等特点。

表 8-54 绝缘材料的耐热等级

级别	绝缘材料类别	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溶化点较低的塑料（脲醛树脂）	90
A	工作于矿物油中的 Y 级材料；用油或油树脂复合胶浸过的 Y 级材料；漆包线、漆布、漆丝的绝缘及油性漆、沥青漆等	105
E	聚脂薄膜和 A 级材料复合、玻璃布、油性树脂漆、聚乙烯醇缩醛高强度漆包线、乙酸乙烯耐热漆包线	120
B	聚脂薄膜、经合适树脂粘合式浸渍涂覆的云母、玻璃纤维、石棉等，聚脂漆、聚脂漆包线	130
F	以有机纤维材料补强和石棉带补强的云母片制品、玻璃丝和石棉、玻璃漆布、以玻璃丝布和石棉纤维为基础的层压制品；以无机材料作补强和石棉带补强的云母粉制品；化学热稳定性较好的聚脂和醇酸类材料，复合硅有机聚脂漆	155
H	无补强或以无机材料为补强的云母制品、加厚的 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	不采用任何有机黏合剂及浸渍的无机物，如石英、石棉、云母、玻璃和电瓷材料等	180 以上

1. 绝缘树脂

绝缘树脂属于高分子化合物，是绝缘材料的重要组成部分。

表 8-55 电绝缘树脂的种类、特性和用途

名称	种类	用途	特 性				可溶于
			击穿强度 (kV/mm)	电阻率 ($\Omega\cdot\text{cm}$)	介质损耗角 正切 $\text{tg}\delta$	相对介电 常数	
天然树脂	虫胶 (漆片)	虫胶酒精溶液、作云母制品的胶黏剂及涂刷绝缘零件，还可配制半导体漆	12~30	$10^{15} \sim 10^{16}$	0.01	3.5	酒精、 碱和硼酸
	松香	制造油漆和复合胶浸渍电纸绝缘、作酚醛、聚脂等树脂的组成部分，配制绝缘漆干燥剂	10~15	$10^{15} \sim 10^{16}$			酒精、 汽油、苯、 松节油、 植物油、 丙酮、矿 物油
酚醛树脂	热固性 酚醛树脂	制造各种塑料粉、层压卷制品、瓷漆和浸渍漆，还可以配制耐高温绝缘漆和弹性胶	12~16	$10^{11} \sim 10^{12}$	0.06~0.10 (50Hz)	5~6.5 (50Hz)	溶于酒 精，热处理 后有变化
	热塑性 酚醛树脂				0.015~0.03 (10 ⁶ Hz)	4.5~5.0 (10 ⁶ Hz)	
苯胺树脂		高介电性能的塑料和纸底层压制品的胶黏剂					二氯乙 烯、乙 醇、糠醇和 环己烷
二聚胺树脂		制造耐电弧塑料、绝缘浸渍漆、覆漆以及作为灭电弧层压制品的胶黏剂和涂层					只溶于水
聚脂树脂	供制 薄膜用	中小型电机、电容器及无线电装置中的绝缘	15~18	$10^{13} \sim 10^{14}$	0.03 (50Hz) 0.016~0.026 (10 ⁶ Hz)	3~4 (50Hz) 2.0~4.1 (10 ⁶ Hz)	
	供浇注	浇注后具有较好弹性和机械强度					
	醇酸 树脂	制造浸渍漆、覆盖漆、漆包线漆及柔软云母制品的胶黏剂					

续表

名称	种类	用途	特 性				可溶于
			击穿强度 (kV/mm)	电阻率 ($\Omega \cdot \text{cm}$)	介质损耗角 正切 tg δ	相对介电 常数	
环氧树脂	双酚 A型	浇注绝缘、玻 璃层压制品的 黏剂, 配制漆包 线漆、浸渍漆和 覆盖漆	16	$10^{13} - 10^{14}$	0.0013 (50Hz) 0.019 (10^6 Hz)	3.9 (50Hz) 3.7 (10^6 Hz)	
	线型	电压在 18kV 以上大容量电机 浸渍和黏合					
	酚醛脂 环族	配制浸渍漆、 胶黏剂、灌注胶 等, 用于高压绝 缘子等					
有机硅树脂		供作不同温度 下的浸渍漆、覆 盖漆和胶黏剂	18	$10^{14} - 10^{16}$	0.001 - 0.03 (50Hz) 0.003 - 0.05 (10^6 Hz)	2.88 - 5 (50Hz) 2.9 - 5 (10^6 Hz)	
聚酰胺脂		供制绝缘材 料, 作防护涂 层及特殊用途的 电膜和涂层, 作 有机硅漆和漆包 线的代用材料	110	$10^{15} - 10^{16}$	0.01 - 0.05 (10^6 Hz)	3	
聚乙 烯	通用	用于各种电 缆、高频电容器、 无线电装置的绝 缘, 还可制成薄 膜、乳液漆及弹 性体等, 用于防 化学腐蚀的电气 设备	40		0.0005 (10^6 Hz)	2.5 (10^6 Hz)	
	文联						
芳香 酰胺 树脂		供制高温浸渍 漆、漆包线漆、玻 璃漆布、玻璃制 板、耐蚀绝缘等 制品, 耐热等级 为 H、C 级					

续表

名称	种类	用途	特性					
			击穿强度 (kV/mm)	电阻率 ($\Omega \cdot \text{cm}$)	介质损耗角 正切 $\tan \delta$	相对介电 常数	可溶于	
聚苯醚树脂		供制浸渍漆、玻璃漆布、玻璃和云母板等制品		10^{15}				
聚氯乙炔		用于电线电缆的外包绝缘,还供制绝缘板、管、棒、薄膜和漆等	14-20	$10^{14} - 10^{16}$	0.03~0.08 (50Hz) 0.03~0.05 (10^6 Hz)	3-5		
聚苯乙烯		供作无线电绝缘零件,电容器面漆、薄膜、覆盖漆及浇注绝缘	20~35	$10^{17} - 10^{18}$	0.0001 - 0.0003	2.45 - 2.65		
聚四烯树脂		供制薄膜、塑料、板、棒、管等绝缘零部件	60	10^{16}	2.5×10^{-4}	1.8~2.2		

2. 绝缘漆及绝缘油

(1) 绝缘漆: 绝缘漆按用途可分为浸渍漆、表面漆、覆盖漆等。浸渍漆又分为有溶剂漆和无溶剂两大类。

表 8-56 有溶剂浸渍漆的品种、组成及用途

名称	型号	主要组成	耐热等级	用途
三聚氰胺醇酸漆	1032 1038 A30-1	油改性醇酸树脂、丁醇改性三聚氰胺树脂, 溶剂二甲苯、200号汽油	B	电机浸渍漆
环氧酯漆	1033 A30-2	干性植物油酸、环氧树脂、丁醇改性三聚氰胺树脂, 溶剂二甲苯、丁醇	B	耐潮性好, 适于电机浸渍漆

续表

名称	型号	主要组成	耐热等级	用途
环氧醇酸漆	H30-6 8340	醇酸树脂与环氧树脂共聚物, 三聚氰胺树脂	B	电机绕组浸渍漆
环氧少溶剂漆	H30-9	环氧树脂、桐油酸酐, 溶剂二甲苯、乙醇混合物。固含量 > 70%	B	电机浸渍漆
聚酯浸渍漆	155 Z30-2	丁醇醚化甲酚、甲醛树脂改性对苯二甲酸聚酯树脂, 溶剂二甲苯、丁醇	F	F 级中、小型低压电机电器浸渍漆, 尤适宜高速电机转子线圈浸渍用
酚醛改性聚酯漆	155-1	亚麻油与甘油的甘油酯、对苯二甲酸二甲酯乙二醇经缩聚而成, 溶剂二甲苯、丁醇	F	电机浸渍漆, 耐热性优良与漆包线相容性较好
亚胺环氧漆	F130	环氧树脂、酸酐、亚胺树脂, 溶剂二甲苯、丁醇	F	电机浸渍漆, 粘结强度高与漆包线相容性较好
有机硅漆	1053 8703	有机硅树脂、溶剂二甲苯	H	电机浸渍漆, 耐热 180℃
改性有机硅漆	1054 SP931 W30-P	聚酯改性有机硅树脂, 溶剂甲苯、二甲苯与正丁醇 (7:3) 的溶液	H	H 级电机电器浸渍漆, 固化温度低
聚酰胺酰亚胺漆	D004 PAI-Z H71 190	聚酰胺酰亚胺树脂, 溶剂二甲基乙酰胺, 稀释剂二甲苯	H	适于耐高温电机浸渍漆

表 8-57 有溶

性能名称		三聚氰胺醇漆 1032	环氧酯漆 1033	环氧醇酸 E30-6	环氧少溶剂漆 H30-9	聚酯漆 155	酚醛改性聚酯漆 155-1
黏度(s)(4号粘度计) 20±1℃		30~60	30~70	20~35	20~35	20~50	20~50
固体含量 (%)		47	47	45	70	45	45
干燥时间 (h)		1.5~2 (105℃)	1~2 (120℃)	≤1.5 (105℃)	2 (150℃)	≤3 (130℃)	3 (130℃)
耐热性 (h) 不少于		30 (150℃)	50 (150℃)	60 (150℃)	—	30 (150℃)	—
击穿强度 (kV/cm)	常态	70~95	70~95	60~95	80	65	65
	热态	—	—	—	—	35 (155℃)	35 (155℃)
	受潮后	—	—	—	—	50	—
	浸水后	40~55	40~60	30~55	40	—	50
体积电阻率 (Ω·cm)	常态	—	10 ¹⁴ ~10 ¹⁵	—	10 ¹⁴	10 ¹⁴	10 ¹⁴
	热态	—	10 ¹² ~10 ¹³ (130℃)	—	—	10 ¹⁰	10 ¹⁰
	受潮后	—	—	—	—	10 ¹²	—
	浸水后	—	10 ¹³ ~10 ¹⁴	—	10 ¹³	—	10 ¹²
耐热等级		B	B	B	B	F	F

剂漆的性能

亚胺环 氧漆 F130	有机硅漆 1053	改性有机 硅漆 931 1054	聚酰胺酰 亚胺漆 PAI-Z	亚胺改性 醇酸漆 F55	亚胺改性 聚酯漆 H-71 (9116)	三聚氰 胺醇酸 快干漆 1038
20~45	30~65	20~60	50~90	80~90 (23℃)	65~75 (23℃)	23 (23℃)
42	50	50~55	30	48~50	45~47	50
1 (130℃)	1.5~2 (200℃)	≤1 (180℃)	≤1/6 (180℃)	—	—	0.5 (105℃)
—	200 (200℃)	75 (200℃)	200 (200℃)	—	—	30 (150℃)
90	65~100	90	90~110	≥60	≥60	116
40 (155℃)	30~45 (200℃)	30 (200℃)	80~90 (180℃)	≥50 (155℃)	≥60 (180℃)	76 (130℃)
—	40~90	70	80~90	≥40	≥50	—
40	—	—	—	—	—	85
10 ¹⁵	10 ¹⁴ ~10 ¹⁵	10 ¹⁵	10 ¹⁴ ~10 ¹⁵	≥10 ¹⁵	≥10 ¹⁵	6.6×10 ¹⁵
10 ¹⁴	10 ¹¹ ~10 ¹⁴	10 ¹¹	10 ¹³ ~10 ¹⁴	—	—	—
—	10 ¹² ~10 ¹⁴	10 ¹⁴	—	—	<	—
10 ¹²	—	—	10 ¹³ ~10 ¹⁴	10 ¹³	<10 ¹⁵	2.2×10 ¹⁵
F	H	H	H	F	H	B

表 8-58 无溶剂漆的品种、组成及用途

名 称	主 要 组 成	耐热等级	特性和用途
环氧无溶剂漆 110	6101 环氧树脂, 桐油酸酐, 松节油酸酐, 苯乙烯	B	黏度低, 击穿强度高, 贮存稳定性好。可用于沉浸小型低压电机、电器线圈
不饱和聚酯沉浸漆 J844-K	环氧改性不饱和聚酯树脂促进剂等	B-F	黏度低, 固化较快, 贮存稳定性好。可用于沉浸小型低压电机
环氧无溶剂漆 9102	618 或 6101 环氧树脂, 桐油酸酐, 70 酸酐, 903 或 901 固化剂, 环氧丙烷丁基醚	B	挥发物小, 固化较快。可用于滴浸小型低压电机、电器线圈
环氧无溶剂漆 111 8611	6101 环氧树脂, 桐油酸酐, 苯乙烯二甲基咪唑乙酸盐	B	黏度低, 固化快, 击穿强度高。可用于滴浸小型低压电机、电器线圈
环氧无溶剂漆 H30-5	苯基苯酚环氧树脂, 桐油酸酐, 二甲基咪唑	B	黏度低, 固化快, 击穿强度高。可用于滴浸小型低压电机、电器线圈
环氧无溶剂漆 594 型	618 环氧树脂, 594 固化剂, 环氧丙烷丁基醚	B	黏度低, 体积电阻高, 贮存稳定性好。可用于整浸中型高压电机、电器线圈
环氧无溶剂漆 9101	618 环氧树脂, 901 固化剂, 环氧丙烷丁基醚	B	黏度低, 固化较快, 体积电阻高, 贮存稳定性好。可用于沉浸中型高压电机、电器线圈
环氧聚酯无溶剂漆 H30-11	环氧树脂, 聚酯树脂, 苯乙烯	B	固化快, 体积电阻较高, 可用于沉浸小型低压电机、电器线圈
环氧聚酯无溶剂漆 H30-18	环氧树脂, 聚酯树脂, 苯乙烯	B	黏度低, 固化较快, 贮存稳定性好, 可用于沉浸小型低压电机、电器线圈

续表

名 称	主 要 组 成	耐热等级	特性和用途
环氧聚酯酚醛无溶剂漆 5152-2	6101 环氧树脂、丁醇改性甲酚甲醛树脂, 不饱和聚酯、桐油酸酐、过氧化二苯甲酰、苯乙烯、对苯	B	黏度低, 击穿电压高, 贮存稳定性好。用于沉浸小型低压电机、电器线圈
环氧无溶剂滴浸漆 J1132-D	环氧树脂、酸酐、促进剂	B	固化快, 体积电阻高, 贮存稳定性好。可适于滴浸小型电机、微型电机
环氧聚酯无溶剂漆 D023, 上 1130	环氧树脂、不饱和聚酯、酚醛树脂、苯乙烯等	B	击穿强度高, 贮存稳定性好, 可适于沉浸中小型低压电机、电器线圈
不饱和聚酯绝缘漆滴浸 J844-D	环氧改性不饱和聚酯树脂、促进剂等	B-F	黏度较低, 固化快, 贮存稳定性好。可用于滴沉浸小型低压电机、电器线圈
环氧树脂快干漆 J831	环氧树脂、酸酐、促进剂等	B	同上特性, 适用于沉浸低压电机、电器线圈
环氧聚酯无溶剂漆 EIU, 112, 上 1140	不饱和聚酯亚胺树脂、618 和 6101 环氧树脂、桐油酸酐过氧化二苯甲酰、苯乙烯对苯二酚	F	黏度低, 挥发物少, 击穿电压高, 贮存稳定性好。用于沉浸小型 F 级电机、电器线圈
不饱和聚酯环氧无溶剂漆 319-2802, FT1052(9110)	二甲苯树脂耐热不饱和聚酯、环氧树脂、苯乙烯	B-F	黏度低, 电气性能较好, 贮存稳定性好。可用于沉浸 B-F 级绝缘低压电机、电器线圈
环氧亚胺无溶剂漆 D021	聚酰亚胺、环氧树脂等	F	黏度低, 体积电阻高, 贮存稳定性好, 可用于沉浸 F 级电机、电器线圈
亚胺-环氧无溶剂滴浸漆 D020	亚胺-环氧树脂组成双组份无溶剂漆, 甲、乙组份分包装	F-H	同上特性。适于 F-H 级滴浸电机耐辐射、耐氟里昂

表 8-59 无溶剂漆的性能

性能名称	环氧无溶剂漆 110	不饱和聚酯树脂漆 J844-K	环氧无溶剂漆 9102	环氧无溶剂漆 8611	环氧漆 FE0-5	环氧漆 594 型	环氧漆 9101	环氧漆 FE0-11	环氧漆 FE0-18	环氧酯 5152-2
黏度 (s) (4号黏度计)	30~70 (20℃)	20~90 (20℃)	110~240 (20℃)	30~60 (20℃)	85~100 (25℃)	19~25 (60℃)	40~65 (20℃)	120~240 (20℃)	50~70 (25℃)	15~20 (25℃)
固化时间 (min)	—	10 (140℃)	14~17 (130℃)	8~12 (120℃)	15~20 (130℃)	5~10 (200℃)	30~60 (140℃)	6~12 (120℃)	10~20 (140℃)	—
贮存稳定性 (月) (h)	4	6	24	30	—	12	6	—	6	3
击穿强度 (kV/mm)	常 态	>20	—	70~90	80~95	>40	20~30	20~35	25~35	70~95
	热 态	—	—	—	—	—	—	15~25 (120℃)	—	—
体积电阻率 ($\Omega \cdot \text{cm}$)	常 态	>10 ¹⁴	10 ¹⁴ ~10 ¹⁵	10 ¹⁴ ~10 ¹⁵	<10 ¹⁵	>10 ¹⁶	10 ¹⁶ ~10 ¹⁷	10 ¹³ ~10 ¹⁴	10 ¹³ ~10 ¹⁴	10 ¹⁴ ~10 ¹⁵
	热 态	>10 ¹⁰	—	10 ¹¹ ~10 ¹²	—	10 ¹² ~10 ¹³ (130℃)	10 ¹³ ~10 ¹⁵	10 ¹⁰ ~10 ¹¹	10 ¹⁰ ~10 ¹¹	—
浸水后	10 ¹² ~10 ¹⁵	>10 ¹²	—	10 ¹² ~10 ¹⁴	>10 ¹⁸	—	>10 ¹⁵	10 ¹¹ ~10 ¹²	10 ¹¹ ~10 ¹²	10 ¹² ~10 ¹⁴
介电损耗 角正切 50Hz	常 态	—	—	—	—	0.025~	0.027~	—	—	—
	热 态	—	—	—	—	0.01 1.015~ 0.03	0.02 0.01~ 0.05	—	—	—
耐热等级	R	B-F	B	B	B	B	B	B	B	B

续表

性能名称	环氧树脂漆 J1132-D	环氧聚酯漆 D023	不饱和聚酯 滴漆漆 J844D	环氧快干漆 J831	环氧酯漆 EPU	环氧聚酯漆 112
黏度 (s) (4号黏度计)	≥120 (25℃)	≥60 (25℃)	30~100 (25℃)	45 (25℃)	20~50 (25℃)	60 (25±1℃)
固化时间 (min)	13 9.5 (120℃)(130℃)	60 (140℃)	6 (140℃)	12 (130℃)	—	—
贮存稳定性 (月)	6	6	6	6	6	3
击穿强度 (kV/mm)	— — —	70 — 40	20 — —	20 16 (130℃) 18	70~120 >30 (-155℃) 40~90	70 — 40
体积电阻率 (Ω·cm)	10 ¹⁵ 10 ¹⁰ (130℃) 10 ¹³	10 ¹⁴ — 10 ¹²	10 ¹⁴ 10 ⁹ (155℃) 10 ¹³	10 ¹⁴ 10 ¹⁰ (130℃) 10 ¹³	10 ¹⁵ ~10 ¹⁶ 10 ¹⁰ ~10 ¹¹ (155℃) 10 ¹⁴ ~10 ¹⁵	10 ¹¹ 10 ¹²
介质损耗角 正切(50Hz)	— —	— —	— —	— —	0.03 —	— —
耐热等级	B	B	B-F	B	F	F

续表

性能名称	环氧不饱 和聚酯漆 802	环氧不饱 和聚酯漆 319-2	环氧亚胺漆 D021	环氧亚胺 漆漆 D020	环氧聚酯 无溶剂漆 E-1130	环氧聚酯 无溶剂漆 上 1140	不饱 和聚酯 无溶剂漆 FT1052 (9110)
黏度(s) (4号黏度计)	40~60 (25℃)	30~60 (25℃)	20~70	80~150, 30~70 (60℃), (80℃)	30~90	30~80	—
胶化时间(min) 贮存稳定性(月)	— 6	180 (155℃) 6	— 6	— 6	10 (130℃) 6	10 (140℃) 6	— —
击穿强度 (kV/mm)	常态	20~80	30	25	>20	>20	50
	热态	—	—	—	>10 (130℃)	>10 (155℃)	30 (155℃)
	浸水后	—	—	—	>15	>15	30 (受潮后)
体积电 阻率 (Ω·cm)	常态	10 ¹⁴	10 ¹⁵	>10 ¹⁵	>10 ¹⁵	10 ¹⁵	10 ¹⁵
	热态	10 ¹⁰ ~10 ¹¹ (155℃)	10 ¹¹ (155℃)	10 ¹¹ (180℃)	>10 ¹¹ (130℃)	10 ¹¹	10 ¹¹ (155℃)
	浸水后 (受潮后)	10 ¹³	10 ¹⁴	10 ¹⁰	>10 ¹⁵	10 ¹⁴	>10 ⁹
介质损耗角 正切(50Hz)	常态	—	—	—	—	—	≤0.402
	热态	—	—	—	—	—	≤0.2 (155℃)
耐燃等级	B-F	F	F	F-H	B	F	F

注：贮存期指各漆组份分包装。

表 8-60 常用覆盖漆的品种、组成及用途

名称	型号	标准编号	主要组成	耐热等级	特性和用途
晾干醇酸漆	1231 C31-1	JB875-66	干性植物油或脂肪酸改性邻苯二甲酸季戊四醇酸树脂、干燥剂	B	晾干或低温干燥,漆膜的弹性、电气性能、耐气候性和耐油性较好。用于覆盖电器或绝缘零部件
晾干醇酸灰瓷漆	1321 C32-9	JB877-66	油改性醇酸树脂、干燥剂、颜料	B	晾干或低温干燥。漆膜硬度较高,耐电弧性和耐油性好。用于覆盖电机、电器线圈及绝缘零部件表面修饰
醇酸灰瓷漆	1320 C32-8	JB877-66	油改性醇酸树脂、颜料	B	烘焙干燥,漆膜坚硬、机械强度高,耐电弧性和耐油性好。用于覆盖电机、电器线圈
晾干环氧酯漆	9120 H31-3		干性植物油酸与环氧酯化物、干燥剂	B	晾干或低温干燥。干燥快,漆膜附着力好,耐潮、耐油和耐气候性好,有弹性。用于覆盖电器或绝缘零部件。可用于湿热地区
环氧酯灰瓷漆	163 H31-4		环氧树脂酯化物、氨基树脂、防霉剂	B	烘焙干燥,漆膜硬度大,耐潮、耐霉、耐油性好。用于覆盖电机、电器线圈,可用于湿热地区
晾干环氧酯灰瓷漆	164 H31-2		环氧树脂酯化物、颜料、干燥剂、防霉剂	B	晾干或低温干燥,漆膜坚硬,耐潮、耐霉、耐油性好,用于覆盖电机、电器线圈及绝缘零部件表面修饰,可用于湿热地区
环氧聚酯铁红瓷漆	6341 H31-7		环氧树脂、酚醛树脂、己二酸聚酯树脂	B	烘焙干燥,漆膜附着力强,耐潮、耐霉、耐油性好,用于覆盖电机、电器线圈,可用于湿热地区
晾干有机硅红瓷漆	167		有机硅树脂、醇酸树脂、颜料	H	晾干或低温干燥,漆膜耐热性高,电气性能好。用于覆盖耐高温电机、电器线圈或绝缘零部件表面修饰
有机硅红瓷漆	1350 W32-3		有机硅树脂、颜料	H	烘焙干燥,漆膜耐热性、电气性能比 167 好。且硬度大,耐油。用途同晾干有机硅红瓷漆

表 8-61 常用

性能名称		晾干醇酸漆 1231	晾干醇酸 灰瓷漆 1321
黏度(s)(4号黏度计)(20±1℃)		47~80	90~150
固体含量(%)不小于		47	—
酸值(mgKOH/g)		10~18	—
硬度(摆式硬度计)		—	0.15~0.35
细度(刮板细度计)(μm)不小于		—	30
干燥时间(h)		10~20 (20℃)	20~24 (20℃)
吸水率(%)		—	5~8
耐热性(h)(150±2℃)		>6	1~5
耐油性(h)		—	—
于温度 105±2℃ 变压器油中, 不 小于耐电弧(s)		24 —	24 4~8
击穿强度 (kV/mm)	常态 热态	70~95 45~60 (130℃)	30~40 —
	受潮后 浸水后	— 30~60	— 8~20
表面电阻 (Ω)	常态 热态	— —	>10 ¹³ —
	受潮后 浸水后	— —	— >10 ¹⁰

覆盖漆的性能

醇酸灰 瓷漆 1320	晾干环 氧酯漆 9120	环氧酯 灰瓷漆 163	晾干环 氧酯灰 瓷漆 164	晾干有 机硅 红瓷漆 167	有机硅 红瓷漆 32—3
90~110 — —	50~70 45 9~15	60~240 55 —	120~420 45 —	>40 55 —	0~80 60 —
0.35~0.65 30 2~3 (105℃)	— — <24 (25℃)	— 30 <2 (120℃)	— 30 <24 (25℃)	— — <24 (20℃)	— 30 <2 (120℃)
4~5 >10	— >6	3~5 10~20	<5 1~5	— >80	>80
24 4~8	24 —	24 —	— —	— —	24 —
30~60 —	30~60 —	35~45 —	>30 —	>30 —	>40 >16 (180℃)
— 10~30	— 8~20	— 10~20	— >10	10 —	— >16
>10 ¹³ —	— —	>10 ¹³ —	>10 ¹¹ —	>10 ¹² —	>10 ¹³ >10 ¹⁰ (180℃)
— >10 ¹⁰	— —	— >10 ¹¹	— >10 ⁹	>10 ¹⁰ —	— >10 ¹¹

表 8-62 表面漆及防锈剂

材料名称	型号	用途及性能特点
表面装饰漆	G04-9	气干或 50℃、1~3h 干燥，适用于一般环境的电机
过氯乙烯外用磁漆		
丙烯酸磁漆	115	气干，适用于一般环境的电机
聚氨酯清漆	S01-15 (7511)	双组份，用前混合，气干，适用于湿热带电机
氨基烘漆	A05-9	105~120℃，2h 干燥，适用于湿热带电机
铁红环氧酯底漆	H06-2	气干，适用于金属件防锈作底漆用
防锈油酯	901	短期防锈
	201	长期防锈
	F20-1	防锈层较薄，便于复核零件尺寸

(2) 绝缘油：绝缘油分为矿物油和合成油两大类。

表 8-63 常用矿物油的品种和性能

性能名称	变压器油		开关油 (45号变压器油)	电容器油	电 缆 油		备 注
	10号	25号			低压电缆油 ^① (DL-1) (DL-1H)	高压电缆油 (DL-Z)	
运动黏度 (m ² /s) 0℃	—	—	—	—	—	(20~50) × 10 ⁻⁶	
20℃	<30	20~30	<30	37~45	—	(8~18) × 10 ⁻⁶	
50℃	7.5~9.6	8.5~9.6	6~9.6	9~12	25~27 (100℃)	(3.5~6) × 10 ⁻⁶	
闪点℃ (闭口)	135~160	135~155	135~145	135~175	250~265 ^②	>125	
凝固点℃	-12~-10	-28~-25	-47~-45	-48~-45	-13~-12	<-45	
酸值 (mgKOH/g)	0.006~0.05	0.004~0.05	0.003~0.05	0.003~0.02	0.003~0.1	<0.008~0.01 (115℃, 96h)	
灰分(S)	0.001~0.005	0.002~0.005	0.003~0.005	0.0015	—	—	
残碳(%)	—	—	—	—	0.5~0.6	—	
苛性钠抽出 量	1~2	<2	2	1	—	—	

续表

性能名称	变压器油		电容器油	电 缆 油		备 注
	10号	25号		低压电缆油 ^① (DL-1) (DL-1H)	高压电缆油 (DL-Z)	
透明度(5℃ h)	透明	透明	透明	—	—	注—把油样注— 入直径30— 40mm的玻— 璃量筒内,冷— 却至5℃时— 应当透明
抗氧化安定性,						
氧化后沉淀物(%)	0.01~0.1	0.06~0.1	0.02~0.10	—	—	
氧化后酸值 (mgKOH/g)	0.02~0.35	0.04~0.35	0.048~0.35	—	—	
电阻率($\Omega \cdot \text{cm}$)20℃	—	—	$10^{14} \sim 10^{15}$	—	—	
100℃	—	—	$> 10^{13}$	—	—	

续表

性能名称	变压器油		开关油 (45号变压器油)	电容器油	电缆油		备注
	10号	25号			低压电缆油 ^① (DL-1) (DL-1H)	高压电缆油 (DL-Z)	
介质损耗角 正切	20℃	0.0005~0.005	—	—	—	—	—
	70℃	0.0025~0.025	—	—	—	—	—
	100℃, 50Hz	—	—	<0.005	—	<0.0015 ^④	—
	100℃, 10 ³ Hz	—	—	<0.002	—	—	—
老化后	—	—	—	—	0.03~0.12 ^② (150℃, 48h)	<0.004 ^④ (115℃, 96h)	—
相对介电系 数	—	—	—	2.1~2.3	—	—	—
20℃, 50Hz	—	—	—	2.1~2.3	—	—	—
10 ³ Hz	—	—	—	200~230	140~160 ^③	—	—
击穿强度 (KV/cm)	160~180	180~210	—	—	—	—	200

注: ①DL-1为自石油分馏精制而得的油, DL-1H为重合油, 重合油残碳允许不大于0.8%。
 ②开口法闪点。③测试前油样允许在100℃真空干燥2h。④测试前油样允许用真空干燥
 或过滤法处理。

表 8-64 合成油的主要性能

性能名称	十二烷基苯	硅 油			聚异丁烯 (电容器用)	三氯联苯
		甲基硅油	苯甲基硅油	乙基硅油		
密度(20℃h)	0.8627~0.8647	0.930~ 0.975 ^①	1.01~1.08 ^①	0.95~1.06	0.86	1.370 ^②
运动粘度 (m ² /s)	20℃ (6.5~8.5) × 10 ⁻⁶	9~1050 × 10 ⁻⁶⁰	100~200 × 10 ⁻⁶⁰	(8~550) × 10 ⁻⁶	(13820) × 10 ⁻⁶	—
	50℃ (3.0~4.0) × 10 ⁻⁶	—	—	—	97(100℃)	—
闪点(开口)(℃)	125~133 ^②	155~300	280~300	110~250	165~175	173
凝固点(℃)	-69~-65	-65~-50	-45~-40	<-60	-10	-23
酸值 (mgKOH/g)	常态	0.004~0.008		<0.01	0.3	0.0025
	115℃ 96h 老化后	0.004~0.008				

续表

性能名称	十二烷基苯	硅 油			聚异丁烯 (电容器用)	三氯联苯
		甲基硅油	苯甲基硅油	乙基硅油		
电阻率 ($\Omega \cdot \text{cm}$)	常态	$< 10^{14}$	$> 10^{14}$	$> 2.5 \times 10^{13}$	10^{17}	
	100°C			$> 1.0 \times 10^{13}$	10^{14} (125°C)	8×10^{12}
介质损耗 角正切	常态	$< 3.0 \times 10^{-4}$	$< 3.0 \times 10^{-4}$	$< 3.0 \times 10^{-4}$	(1~9) $\times 10^{-5}$	
	100°C			$< 8.0 \times 10^{-4}$	10^{-4} (125°C)	3×10^{-3} -8×10^{-3} (90°C)
	115°C 96h 老化后					
相对介电系数	常态	> 2.6	2.6~2.8	2.35~2.65	2.15~2.3	5.6
	125°C			—	2.0~2.1	5.0 (89°C)
击穿强度 (kV/cm)	240	150~180	> 180	150~180		59.3 ^③

注:①25°C时测得;②闭口法;③在60°C测得。

3. 层压制品

层压制品是由天然或合成纤维纸、布，浸或涂胶后经热压卷制而成。成型材料主要有：层压板、层压管和层压棒。

表 8-65 酚醛层压纸板的特点和主要用途

型 号	性能特点	主要用途
3020	电气性能高	电气性能要求高的电机、电器设备中，作绝缘结构零部件。可在变压器油中使用
3021	机械性能高	机械性能要求高的电机、电器设备中，作绝缘结构零部件。可在变压器油中使用
3022	有一定的耐潮湿性能	可作为在潮湿条件下工作的电气设备的绝缘
3023	介质损失小	适用无线电、电气设备中作绝缘结构零部件
(企) 9301	色泽美观、有较高的机械性能和电气性能	适用于电机电器设备中作绝缘结构零部件和装饰品。可在变压器中使用
(企) 324	有良好的冲剪性	适用于电讯、无线电设备中作绝缘零部件
(企) 329	有较好的抗劈强度和较好的机械加工性能	适用于电器设备中做绝缘零部件。可在变压器油中使用

续表

型 号	性能特点	主要用途
(企)上 3022-2	有较好的机械 冲剪性能和电气 性能	适用于高频、无线电和电讯等装 置中
(企)上 6075	有一定的机械 冲剪性能和电气 性能	适用于电讯、无线电的电位器中 作绝缘零部件

表 8-66 酚醛层压纸板的电气性能

型 号	平行层向绝 缘电阻不低 于(Ω)		平行层向耐 压(kV)[变压 器油中耐压 5min, 温度 (20 ± 5) $^{\circ}\text{C}$ 时]	垂直层向耐压(kV) [变压器油中耐压 5min 温度 (20 ± 5) $^{\circ}\text{C}$ 时]			
	常态	受潮后		板 厚(mm)			
				0.2~1.0	1.1~2	2.1~3	3 以上经 面加工者
3020	10^{10}	10^8	16	25	22	19	19
3021	10^9	10^7	14	16	15	13	13
3022	10^{10}	(浸盐 水后) 10^7	14	17	16	14	14
3023	10^{11}	(浸盐 水后) 10^8		33kV/mm	27 kV/mm	25 kV/mm	25 kV/mm
(企) 9301			14				

续表

型 号	平行层向绝缘电阻不低于(Ω)		平行层向耐压(kV)[变压器油中耐压5min,温度(20±5)℃时]	垂直层向耐压(kV) [变压器油中耐压5min 温度(20±5)℃时]			
				板 厚(mm)			
	常态	受潮后		0.2~1.0	1.1~2	2.1~3	3 以上经面加工者
(企)324				17	16	14	14
(企)329	10 ^K		(板厚 10mm 及以上)14	16	15	13	13
(企)1.3022-2				14	12	11	11
(企)上6075				板厚(mm)		耐压(kV)	
				1		17	
				2		32	
				3		42	

表 8-67 酚醛层压纸板的厚度 (单位: mm)

型 号	标 称 厚 度
3020	0.2,0.3,0.4,0.5,0.6,0.8,1.0,1.2,1.5,1.8,2.0~8.0(相隔 0.5),9.0~40(相隔 1),42~50(相隔 2)
3021	0.2,0.3,0.4,0.5,0.6,0.8,1.0,1.2,1.5,1.8,2.0~8.0(相隔 0.5),9.0~40(相隔 1),42~50(相隔 2)
3022	0.5,0.6,0.8,1.0,1.2,1.5,1.8,2.0~8.0(相隔 0.5),9.0~40(相隔 1),42~50(相隔 2)
3023	0.4,0.5,0.6,0.8,1.0,1.2,1.5,1.8,2.0~4.0(相隔 0.5)

续表

型 号	标 称 厚 度
(企)9301	0.2,0.3,0.4,0.5,0.6,0.8,1.0,1.2,1.5,1.8,2.0~8.0(相隔0.5),9.0~40(相隔1),42~50(相隔2)
(企)324	0.5,0.6,0.7,0.8,1.0,1.2,1.5,1.6,1.8,2.0~4.0(相隔0.5)
(企)329	0.5,0.8,1.0,1.2,1.5,1.8,2.0~8.0(相隔0.5),9.0~50(相隔1)
(企)上 3022-2	0.2,0.3,0.4,0.5,0.6,0.8,1.0,1.2,1.5,1.8,2.0~4.0(相隔0.5)
(企)上 6075	0.5,0.6,0.8

表 8 68 酚醛层压布板的特点和主要用途

名 称	型 号	性能特点	主要用途
酚醛层压布板	3025	机械性能高	机械、电机、电器设备中作绝缘结构零部件。可在变压器油中使用
酚醛层压布板	3027	具有一定的电气性能	
三聚氰胺层压布板	(企)上 3137	有良好的耐电弧性	作少油断路器灭弧结构材料
酚醛层压布板	(企)上 3321-1	有较高的电气性能和耐潮性	适用于电讯仪表等电气设备中作绝缘配件

表 8-69 层压布板的电气性能

型 号	平行层向绝缘电阻 不低于(Ω)		垂直层向击穿强度(kV/mm) [(90±2)℃ 变压器油中]不低于			
	常态时	受潮后	板 厚(mm)			
			0.5~1.0	1.1~2.0	2.1~3.0	3.0 以上经 一面加工
3025			4.0	3.0	2.0	2.0
3027 (企)上	10^{10}	10^7	8.0	6.0	5.0	5.0
3137 (企)上	10^{10}	10^8	4.0	3.5	2.0	2.0
3321-1		10^8	3.5	3.5	3.5	3.5

表 8-70 层压玻璃布板的特点和主要用途

型号与名称	性能特点	主要用途
3230 酚醛 层压玻璃布 板	有一定的电气 性能和机械性能	适用于电器设备中,作绝缘结构零 部件,并可在变压器油中使用
3231 苯胺 酚醛层压玻 璃布板	具有较高的电 气性能	适用于电器设备中,作绝缘结构零 部件,并适于潮湿环境和变压器油中 使用
3232 酚醛 层压玻璃布 板	具有高的机械 性能和电气性能	适用于电器设备中,作绝缘结构零 部件,并适于潮湿环境和变压器油中 使用
3240 环氧 酚醛层压玻 璃布板	具有高的机械 性能和电气性能	适用于电器设备中,作绝缘结构零 部件,可在潮湿环境和变压器油中使 用

型号与名称	性能特点	主要用途
3250 有机硅环氧层压玻璃布板	具有较高的机械强度、耐热性和电气性能	适用于 H 级电机电器中作槽楔、垫块和其他绝缘零件
3251 有机硅层压玻璃布板	有较高的耐热性	适用于 H 级电机电器绝缘
(企) 331 酚醛层压玻璃板	在较高温度下具有良好的电气性能	适用于工作温度 155℃ 以下的电机、电器设备中
(企) 338 二苯醚层压玻璃布板	具有优良的耐热性能和机械性能。可耐辐射、耐腐蚀、能自熄	可作 H 级电机、电器的绝缘结构件
(企) 322 有机硅层压玻璃布板	有较高的耐热性能和电气性能	可长期在 350℃ 下使用或短期在 400℃ 下使用的高频绝缘结构材料
(企) D321 聚酰胺亚胺层压玻璃布板	具有高的耐热性能和优异的电气、物理和机械性能，并有耐辐射性	可以在 H 级电机、电器设备中应用
(企) 333 聚酰胺亚胺层压玻璃布板	具有高的耐热性能和优异的电气、物理、机械性能，并具有耐辐射性	可在 H 级电机、电器设备中使用

表 8-71 层压玻璃布板的电气性能

型号	表面电阻系数 不低于(Ω)		电阻率不低于 ($\Omega\cdot\text{cm}$)		介质损耗 $\text{tg}\delta$, 不高于		垂直板层击穿强度 (kV/mm)	
	常态	受潮后	常态	受潮后	50Hz	10^6 Hz	板厚(mm)	
3230	10^{11}	10^{10}	10^{10}	10^9			0.5~1	1.1~2.0, 2.1~3.0 3以上, 经一面加工者
3231	10^{12}	10^{10} (浸水)	10^{12}	10^{10} (浸水)			于(90±2)℃变压器油中试验 14 12 10 10	
3232	10^{11}	10^9 (水煮)	10^{11}	10^9 (水煮)			于(90±2)℃变压器油中试验 22 20 18 18	
3240	10^{13}	10^{11} (浸水)	10^{13}	10^{11} (浸水)	0.05		于(90±5)℃变压器油中试验 18 16 14 14	
3250	10^{13}	10^{11}	10^{13}	10^{11}	0.04 0.3(受潮)		于(90±2)℃的变压器油中试验 22 20 18 18	
3251	10^{12}	10^{10}	10^{12}	10^{10}	0.05 (180±5℃时)		10 10 8 8	
(企)331	10^{12}	10^{10}	10^{12}	10^{10}	0.06		12	
(企)338	10^{13}	10^{11}	10^{13}	10^{11}	0.03(常态) 0.2(受潮)		18(常态), 12(受潮后)	
(企)322						0.01		
(企)D321	10^{13}		10^{14}		0.05	0.05	20(常态), 15(250℃下)	
(企)333	10^{13}		10^{14}		0.05	0.05	20(常态), 15(220℃下)	

表 8-72 层压玻璃布板的厚度

型号	标 称 厚 度(mm)
3230	0.5,0.8,1.0,1.2,1.5,1.8,2.0~7.0(相隔 0.5), 0.8~30(相隔 1),32~50(相隔 2)
3231 3232	0.5,0.8,1.0,1.2,1.5,1.8,2.0~10(相隔 0.5),11 ~30(相隔 1),32~50(相隔 2)
3240	0.2,0.3,0.5,0.8,1.0,1.2,1.5,1.8,2.0~7.0(相隔 0.5),8~30(相隔 1),32~60(相隔 2),65~80(相隔 5)
3250	0.5,0.8,1.0,1.2,1.5,1.8,2.0~7.0(相隔 0.5), 8.0~30(相隔 1)

表 8-73 覆铜箔层压板的特点、性能及用途

名称	型号	组成		耐热等级	特性 and 用途	
		基材	胶黏剂			
覆铜箔环氧 纸层压板	CEPCP -21	纤维素 纤维纸	浸以环氧树脂经热 压成电工绝缘纸层压 板;其一面或双面覆以 铜箔	E	通用型。主要用于 制造无线电、电 子设备、仪器仪表 及其他电气设备中 的印制电路板 自熄性,用途同上	
	CEPCP -22F					
	CPCPCP -01	浸以酚醛树脂经热 压而成电工绝缘纸层 压板;其一面或双面覆 以铜箔	E			
	CPCPCP -02					
覆铜箔酚醛 纸层压板	CPCPCP -03	纤维素 纤维纸		浸以酚醛树脂经热 压而成电工绝缘纸层 压板;其一面或双面覆 以铜箔	E	其中 01, 03, 05F, 07F 为热冲孔 性 其中 02, 04, 06F, 08F 为冷冲孔 性 01, 02 具高电性能 03, 04 具一般 电性能为经济型 05, 06F 具高电 性能, 自熄性 07, 08F 具一般 电性能, 自熄性
	CPCPCP -04					
	CPCPCP -05F					
	CPCPCP -06F					
	CPCPCP -07F -08F					

续表

名称	型号	组成		标称厚度 (mm)	耐热 等级	特性和用途
		底材	胶粘剂			
覆铜箔环氧 玻璃布层压板	CEPGC -31	无碱玻璃布	浸以环氧树脂经热 压成电工绝缘玻璃布 层压板,有一面或双面 覆以铜箔	0.2~6.4 同上规 定	F	用途同上,通用型 自熄型
	CEPGC -32F					
防电晕环氧 玻璃布板		无碱玻璃布	加有导电材料的环 氧酚醛树脂		F	具有较稳定的低 电阻,适于作高压 电机槽部的防晕材 料
覆铜箔膜柔 性板	P151	电解铜 箔聚脂薄 膜	复合而成	0.2, 0.5, 0.8, 1.0, 1.2, 1.6, 2.0	F	高度可挠性、重 量轻。适用于电子 表、照相机、计算 机、传真机、分析测 量仪器等
	P152	电解铜 箔聚酰亚 胺薄膜				

①标称厚度 0.7mm 和 1.5mm 用于有金属化孔和印制插头的边缘连接的板。

表 8-74 层压管的品种、型号、特性和用途

品种	型号	耐热等级	特性和用途
酚醛纸管	3520	E 级	电气性能好,适于作电机、电器绝缘结构件。可在变压器油中使用
	3522	F 级	电气性能好,介质损耗较小。适于作无线电和电信装置中的绝缘结构件
	3523	E 级	具有良好的机械加工性。适于作电机、电器绝缘结构件,可在变压器油中使用
酚醛布管	3526	E 级	具有较高的机械强度和一定的电气性能,适用于作电机、电器绝缘结构件,可在变压器油中使用
环氧酚醛 玻璃布管	3640	B、F 级	具有高的电气性能和机械强度,耐潮性和耐热性较好。适于作电机、电器绝缘结构件,可在高电场强度、潮湿环境或变压器油中使用
有机硅玻 璃布管	3650	H 级	具有高的耐热性,耐潮性好。适于作 H 级电机、电器绝缘结构件

表 8-75 层压板的品种、用途及性能

名称 (型号)	耐热 等级	相对 密度	吸水 率 (%)	耐油 性 (C)	抗弯 强度 (MPa)	抗张 强度 (MPa)	平行层间 绝缘电阻 (Ω)		平行层间击穿 电压(kV) (在变压器油中)	特性和用途
							常态	浸水后		
酚醛纸棒 3720	E	1.25	—	105	100~250	70~160	$>10^{102}$	—	(20±5)℃(90±2)℃ —	具有一定的电气性能和机械性能。适用于电机、电器及其他电工设备的绝缘结构件,并可在变压器油中使用。
酚醛布棒 3721	E	1.25	<10.0	—	120~180	80~170	$>10^5$	—	10~40	具有较好的电气性能和机械性能。适用于电机、电器及其他电工设备中的绝缘结构件,并可在变压器油中使用。
环氧酚醛 玻璃布棒 3840	B、 F	1.75~2.0	—	—	350~560	200~420	$10^{10} \sim 10^{12}$	$10^7 \sim 10^{10}$	— 15~30	具有良好的电气性能和机械性能。适用于电机、电器及其他电工设备中的绝缘结构件,可在湿热地区或变压器油中使用。

①在变压器油中4h;②系内电阻率($\Omega \cdot \text{cm}$);③电极间距离为10mm。
注:表中品种贮存期均为18个月。

第九章 安全用电与节约用电

“电”具有“看不见，听不到，闻不着”的特点，因此稍有不慎，就可能造成触电事故，所以要安全用电。而电能又是国家的宝贵资源，因此还要节约用电。

一、安全用电

1. 触电及其防护

(1) 触电：人体组织中有 60% 以上是含有导电物质的水分组成。因此当人体接触设备的带电部分并形成电流通路时，就会有电流通过人体从而触电。触电对人体伤害的严重程度，与电流的大小、电流通过人体的时间、电流通过人体的途径、电流的频率以及人体的状况等多种因素有关。

根据一般经验，如大于 10mA 的交流电流或大于 50mA 的直流电流流过人体时，就有可能危及生命。我国规定安全电压为 36V、24V 及 12V 三种（视场所潮湿程度而定）。

表 9-1 人体通过不同大小电流时的反应

电流 (mA)	50Hz 交流电	直流电
0.5~1.5	手指开始感觉发麻	无感觉
2~3	手指感觉强烈发麻	无感觉
5~7	手指肌肉感觉痉挛	手指感灼热和刺激
8~10	手指关节与手掌感觉痛，手已难于脱离电源，但尚能摆脱电源	感灼热增加
20~25	手指感觉剧痛，迅速麻醉，不能摆脱电源，呼吸困难。	灼热更增，手的肌肉开始痉挛

续表

电流 (mA)	50Hz 交流电	直流电
50~80	呼吸困难, 心房开始震颤	强烈灼痛, 手的肌肉痉挛, 呼吸困难
90~100	呼吸麻醉, 持续 3min 后或更长时间后, 心脏麻醉或心房停止跳动	呼吸麻痹

(2) 防止触电的安全措施:

①使用各种电气设备时, 应严格遵守操作规程和注意事项。

②尽量不要带电工作, 特别是在危险的场所(如工作地很狭窄, 工作地周围有对地电压在 250V 以上的导体等), 禁止带电工作。如果必须带电工作时, 应采取必要的安全措施(如戴绝缘手套或穿绝缘橡胶靴, 附近其他导体或接地处都应用橡胶布遮盖, 并需有专人监护等)。

③安装电气设备时, 应加装保护接地装置。带电的部分应当有防护罩或采用连锁保护装置。

④各种电气设备, 尤其是移动式电器设备, 应当定期检查和维修。在全部停电或部分停电的电气设备上工作时, 工作人员正常活动地区与带电设备之间有一定安全距离并且进行验电, 验明设备确实无电后, 应立即将其短路接地, 而且悬挂标示牌, 如在电闸上挂“禁止合闸, 有人工作”牌, 在隔离栏上挂“止步, 高压危险”牌等。

表 9-2 工作人员正常活动范围与带电设备的安全距离

电压等级 (kV)	≤10(13.8)	20~35	44	60~110	154	220	330	500
安全距离 (m)	0.35	0.60	0.90	1.50	2.00	3.00	4.00	5.00

表 9-3 设备不停电时的安全距离

电压等级 (kV)	≤10(13.8)	20~35	44	60~110	154	220	330	500
安全距离 (m)	0.70	1.00	1.20	1.50	2.00	3.00	4.00	5.00

表 9-4 高压验电器规格及其参数

额定电压 (kV)	工作电压 (V)	启辉电压 (V)	全长 (mm)
6~10	<10000	2000	1085 ± 10
35	35000	8000	1290 ± 10

表 9-5 低压验电器规格及性能

型号	名称	测量电压 范围 (V)	总 长 (mm)	氖气管 长度 (mm)	炭 质 电 阻		
					长度 (mm)	阻值 (MΩ)	功率 (W)
108	测电改锥	100~550	140 ± 3		10 ± 1	≥20	1
111	笔型测电 改锥		125 ± 3		15 ± 1		0.5
505	测电笔	100~2000	116 ± 3	33 ± 2	15 ± 1	≥20	0.5
301	测电器 (矿用)		170 ± 1	10 ± 1	1		

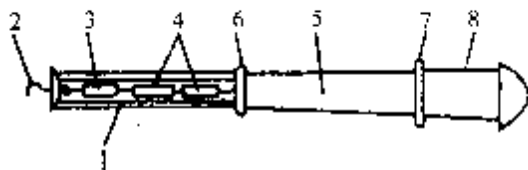


图 9-1 高压验电器

1. 空心管；2. 金属挂钩；3. 氖气灯管；4. 电容器；
5. 绝缘柄；6. 接地螺钉；7. 护环；8. 护柄



图 9-2 测电笔

⑤对电气设备加装性能可靠的漏电保护装置。

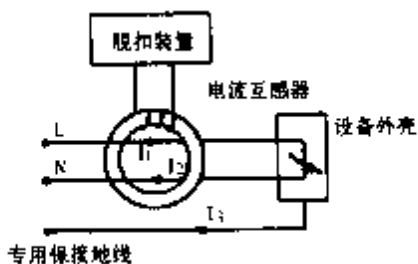


图 9-3 漏电保护器原理图

表 9-6 部分漏电保护装置型号参数

名称	型号	规格 (额定电流) (A)	额定 电压 (V)	短路 通断 能力 (A)	额定漏 电动作 电流 (mA)	额定漏 电不动 电电流 (mA)	额定漏 电动作 时间 (s)
漏电保护器	JDLK20 (DZL18)	6, 10, 16, 20	220	500	30	15	<0.1
	DZL18-20/2 双钮						
	DZL18-20/2 过压						
	DZ12L-60E1/2	单 极 6~60A	220	500	30	15	<0.1
	DZ12L-60E1/2	单极 二线 6~60A					
	DZ12L-60E2/2	二极二线 6~60A	380	500	30	15	<0.1
	DZ12L-60E2/3	二极三线 6~60A					
	DZ12L-60E3/4	三极四线 6~60A	380	7000	150	75	<0.15
DZ12L-250/330	120, 150, 170,						
DZ12L-250/430	200, 250						
漏电脱扣器	DZ47L-ZC45/1	单 极 1~10	220	5000	30	15	<0.1
	DZ47L-ZC45/2	二 极 15~32	380	5000	50	25	<0.1
	DZ47L-ZC45/3	三极三线 40~60	380	5000	75	40	<0.1
	DZ47L-ZC45/4	三极四线 40~60	380	5000	75	40	<0.1
漏电断路器	DZ15LD-40/390	三极三线 32	380	3000	75	40	<0.1
	DZ15LD-40/390	三极四线 40	380	3000	75	40	<0.1
	DZ15LD-63/390	三极三线 63	380	5000	75	40	<0.1
	DZ15LD-63/490	三极四线 63	380	5000	75	40	<0.1
	DZ15LD-100/390	二极三线 100	380	7000	75	40	<0.1
	DZ15LD-100/490	三极四线 100	380	7000	75	40	<0.1

2. 接地保护和接零保护

(1) 接地保护：接地保护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。防止因电气设备绝缘损坏时，外壳带电（漏电），使人体遭受触电危险，它适用于电源中性点不接地的低压系统。

接地保护的作用原理如图 9-4 所示，若将接地电阻 R_d 限制在适当的范围内，即可将通过人体的电流限制在安全范围。

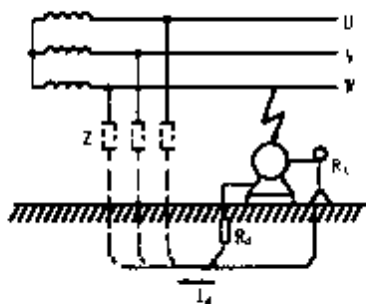


图 9-4 接地保护的保安作用

表 9-7 接地电阻的最大允许值

接地装置名称	接地电阻的最大允许值(Ω)
保护接地 (PE) (对低压电力设备)	4
交流中性点接地 (PEN) (对低压电力设备)	4
常用的共同接地 (低压电力设备)	4
单台容量或并列运行总容量小于 100kVA 的变压器，发电机及其所供电的电气设备的交流工作接地和共同接地	10
PE 或 PEN 线的重复接地	如重复接地在三处以上，允许每一处不大于 30
3~10kV 线路在居民区中钢筋混凝土杆的接地	10
防静电接地	100

表 9-8 电力设备接地电阻容许值

接地装置种类		工频接地电阻容许值 (Ω)	备注
1000V 以上的高压设备	大接地短路电流系统 ($I \geq 500A$)	一般情况	$R \leq 2000/I$
		$I > 4000A$	可取 $R \leq 0.5$
	小接地短路电流系统 ($I < 500A$)	高低压设备共用的接地装置	$R \leq 120/I$, 一般不应大于 10
		高压设备单独用的接地装置	$R \leq 250/I$, 一般不应大于 10
1000V 以下的低压设备	中性点直线接地系统	发电机或变压器的工作接地	$R \leq 4$
		零线上的重复接地	$R \leq 10$
	中性点不接地系统	一般情况	$R \leq 4$
		发电机或变压器容量不大于 100kVA	可取 $R \leq 4$
利用大地作导线的电气设备	永久性工作接地	$R \leq 50/I$	低压电网禁止使用大地作导线
	临时性工作接地	$R \leq 100/I$	

(2) 接零保护：接零保护就是在电源中性点接地的低压系统中，把电气设备的金属外壳、框架与中性线（零线）相连接。防止因电气设备绝缘损坏，而使人体遭受触电危险。

接零保护的工作原理如图 9-5 所示，当某一相线因绝缘损坏而碰外壳时，将构成相线对零线的回路，由于零线电阻很小，则短路电流很大；能使线路上的保护装置迅速动作，切断电源，排除故障。

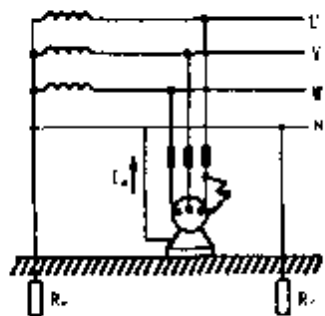


图 9-5 接零保护的保安作用

接零保护应用要注意几个问题：

①接零保护使用于三相四线制，中性点有直接接地的低压电力系统。

②在 1kV 以下的同一系统中，不应将一部分电气设备外壳采用接零保护，另一部分电气设备采用接地保护。

③系统中性点接地电阻一般应 $R_d \leq 10\Omega$

④零线上不准装设开关和熔断器。

接地和接零其作用不同，有可分为保护接地、工作接地、重复接地和接零。

表 9-9 各种接地方式与接零装置的特点、方式及作用

名称	方式和特点	作用
保护接地	将电气设备正常情况不带电的金属外壳、框架等，用接地装置与大地可靠地连接	降低电气设备因绝缘损坏时其金属外壳的对地电压，避免人体触及，发生触电事故
工作接地	把电力系统中某一点直接或通过特殊装置（如消弧线圈、电抗器、电阻等）用接地装置与大地可靠地连接	降低人体的接触电压，迅速切断故障设备，降低电气设备和输电线路的绝缘要求，以提高电气设备运行的可靠性

续表

名称	方式和特点	作用
接零	将电气设备的金属外壳、框架等与中性点直接接地系统中的零线相连接	在电气设备的绝缘损坏时，产生单相短路，从而使保护设备，像断路器、熔断器等迅速动作，断开故障设备，保护人身安全
重复接地	将零线上的一处或多处，通过接地装置与大地再次可靠地连接	系统发生碰壳或接地时，降低零线的对地电压，零线断裂时，减轻故障程度

(3) 接地体、接地线和接零线的选择：

①接地体的选择：接地体有自然接地体和人工接地体。

自然接地体是指利用建筑物的金属构架、电缆外皮和非可燃气体、液体管道，因其与大地有可靠连接而作为的接地体，但只能用于一般要求不高的地方，在要求高的地方，就要采用人工接地。

人工接地体常用钢管、角钢、圆钢和扁钢等制作。人工接地体的最小尺寸见表 9-10。

②接地线的选择：接地线必须用裸导线、扁钢、圆钢等，但不准在地下用裸铝导体（线）作为接地线。接地线的最小、最大截面积见表 9-11。

③接零线的选择：接零线的选择要根据线路中相线的电导决定，一般接零干线的电导不能小于相线电导的 1/2，接零支线不能小于相线电导的 1/3。

表 9-10 人工接地体的最小尺寸

名称	建筑物内	室外	地下
圆钢直径 (mm)	5	6	8
扁钢截面 (mm ²)	24	48	48
扁钢厚 (mm)	3	4	4
角钢厚 (mm)	2	2.5	4
钢管壁厚 (mm)	2.5	2.5	3.5

表 9-11 接地线的最小、最大截面

接地线类别		最小截面 (mm ²)	最小截面 (mm ²)
铜	移动电具引线的接地线心	生活用 0.2	25
		生产用 1.0	
	绝缘铜线	1.5	
	裸铜线	4.0	
铝	绝缘铝线	2.5	35
	裸铝线	6.0	
扁钢	户内：厚度不小于 3mm	24.0	100
	户外：厚度不小于 4mm	48.0	
圆钢	户内：直径不小于 5mm	相当于 19.6	100
	户外：直径不小于 6mm	相当于 28.3	

(4) 接地体和接地线的安装:

①所有电气设备应该接地的部分, 都应直接与接地体或它的接地干线连接。不允许把几部分接地的部分用接地线串联起来再与接地体连接。

②接地体绝不能少于 2 根, 以提高可靠性。常用的是几根埋设成一排或一圈, 并在其上端用扁钢或圆钢连成一体。

③接地体要有足够的埋设深度。一般接地体顶端应在地面以下 0.5~0.8m 处, 水平埋设时应在深 0.5~1.0m 处。

④接地体要有足够的机械强度, 接地体之间连接要可靠。最好用焊接或压接, 用焊接时, 搭接长度应等于方形断面宽度的 2 倍或圆形断面直径的 6 倍。用压接时, 应在接地线端加金属夹头与接地极夹牢, 金属夹头与接地极相接的一面镀锡, 接地极连接夹头的地方应当擦干净。或在接地极熔焊接地螺栓, 并用垫圈、螺母使接地线与接地极可靠地连接。

⑤人工接地极的最小尺寸应符合表 9-12 规定。接地体与建筑物的距离应大于 1.5m, 接地体与独立避雷针的接地体的距离应大于 3m, 接地体之间相互距离应大于 2.5m。

⑥接地体埋在地下部分不应涂漆, 以免接地电阻过大。地上部分应涂漆。

⑦接地线必须整根线, 中间不许有接头。

⑧同一电气系统中, 不允许一部分设备接零; 另一部分设备接地。

⑨接地装置安装完毕, 应测其电阻值要达到对系统和设备规定的接地电阻允许值(见表 9-7 和表 9-8)再与设备连接。

⑩接地装置在正常运行中, 应定期进行检查测试, 每年至少一次。

表 9-12 人工接地极的最小尺寸

接地极类别	圆钢	角钢	钢管	
最小尺寸(mm)	直径 16	40×40×4	壁厚 2.5	内径 13

3. 防雷保护

雷电是大气放电的一种自然现象,这种放电,大部分是在云层与云层之间或云层内进行的,只有小部分是云层对地发生的。雷云对地的电压可达数千万到上亿伏特,雷电流的幅值也有数万至数十万安,但持续的时间极短,约为几十微秒。在放电的同时伴随着雷鸣与闪电。当这种放电触及到建筑物、电气设备和人畜时,将造成严重破坏和伤亡,这就是“直接雷击”。建筑物等除了受直接雷击以外,其金属部分,由于静电感应等原因,还可以使它们感应带电,电位升高,以致于金属导体之间发生火花放电,引起爆炸、火灾或人畜触电而死。这种现象叫做“感应雷放电”。再有由雷电的电磁作用产生高电压沿架空电路引入房屋,可以击穿电气设备的绝缘或直接造成人身伤亡事故等。

为了预防雷害,必须根据需要安装防雷装置,以及采取其他防护措施,以保证安全。防雷装置有避雷针、避雷器等。

(1) 避雷针装置:避雷针装置是用来保护一般建筑物和一些设备,防止遭到直接雷击和静电雷击的有效装置。它由金属制成,包括接闪器(针头)、引下线和接地体三部分。避雷针装置比保护设备或建筑物高,它的保护范围与其高度、支数有关。

当雷云临近建筑物或设备时,它所感应的静电荷,可以经过导雷线引向尖端而放电与雷电相互中和,因而可以避免发生雷击,假使遇到直接雷击,避雷针也能够安全地把雷电导入大地,这样使建筑物或设备不致遭受损害。

表 9-13 避雷针的最小尺寸

使用材料	针的长度(m)	针的最小直径(mm)
圆钢	≤1	12
钢管		20
圆钢	1~2	16
钢管		25

表 9-14 接地引线最小尺寸

使用材料		最小尺寸(mm)
圆钢	一般情况	直径 8
	烟囱上	直径 12
扁钢	一般情况	厚度 4(截面积 48mm ²)
	烟囱上	厚度 4(截面积 100mm ²)

表 9-15 接地体材料及其最小尺寸

材 料	最小尺寸(mm)
圆钢	直径 10
扁钢	厚度 4(截面积 100 mm ²)
角钢	厚度 4
钢管	壁厚 3.5

单根避雷针的保护范围像帐篷状,它的边界线是双曲线(图 9-6)。

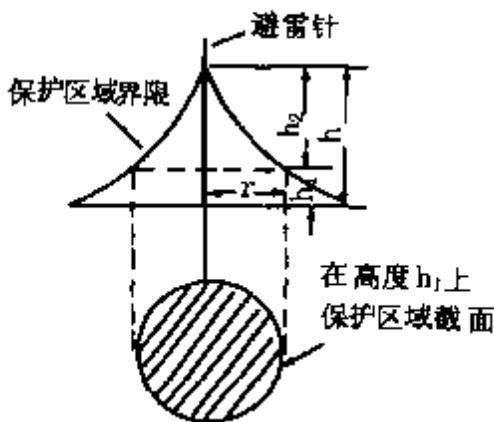


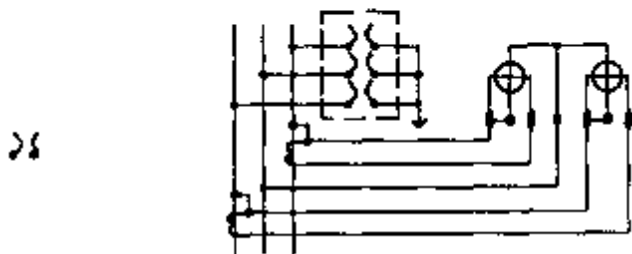
图 9-6 单根避雷针的保护区域
 h . 避雷针高度; h_1 . 被保护物高度;
 h_2 . 避雷针有效高度; r . 保护半径

(2) 避雷器装置: 在电器设备上并联避雷器装置可以保护电气设备。令保护设备放电电压低于设备绝缘耐压, 一旦出现对电气设备危险的过电压, 保护设备就会放电从而使电气设备得到保护。

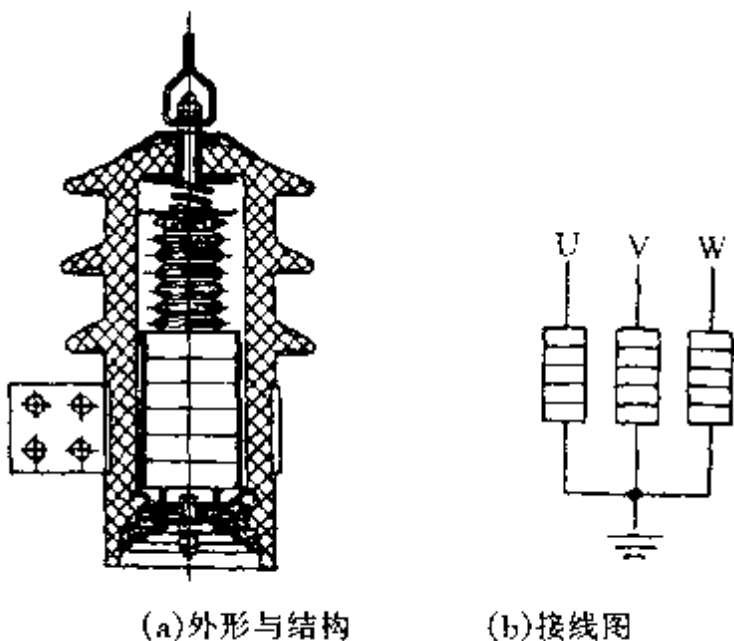
① 羊角间隙避雷器: 为防止电度表遭雷电的侵袭, 经验证明, 可以采用直径为 0.71mm 的铜线弯成羊角状间隙, 如图 9-7(a) 所示, 其间隙距离约 $2\sim 3\text{mm}$, 铜线长度可以任意决定。

当有过电压侵入时, 羊角间隙放电(能自动消弧), 将雷电引入大地, 保护了电度表。三相电度表采用羊角间隙避雷器如图 9-7(b) 所示, 图中虚线方框表示用表罩或铁箱罩住, 羊角间隙有瓷夹板固定。这种避雷器极为简单、经济、装置容易、效果良好。

② 阀型避雷器: 阀型避雷器的外形与结构能及在线路上接线图如图 9-8 所示, 它的主要元件是火花间隙和阀片电阻, 阀片是用特种碳化硅做成的。当有雷电过电压保护时, 火花间隙被击穿而放电, 阀片



(a)羊角间隙避雷器 (b)接线图
图 9-7 羊角间隙避雷器及其接线图



(a)外形与结构 (b)接线图
图 9-8 阀型避雷器外形与结构及其接线图

电阻下降，将雷电引入大地，这样就保护了电气设备。在正常情况时，火花间隙不会被交流电压所击穿，阀片电阻较高。因为它和阀门相似，能够自动限制电流，所以这种避雷器称为阀型避雷器。

根据放电间隙有无并联电阻(有电阻并联时,可使每个放电间隙的电压均匀,改善消弧性能),可分为没有并联电阻的 FS 型和有并联电阻的 FZ 型,以及有并联电阻和并联电容器的 LJ 型等三种。它们分别用在保护小容量和大中容量的配电装置,以及用在保护发电机、电动机等旋转电机。

(3)防护雷电的其他措施:

①为了避免由雷电所引起的静电感应作用而形成的火花放电,必须将被保护物的金属部分可靠接地。

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过火花放电的危害,必须使处在雷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雷电放电时所形成的高电位由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,因而有造成触电、火灾、爆炸的危险。要避免发生这种现象,电缆和避雷针的接地之间最少应相距 10m。同样,电气设备保护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,应将接户最后一块支持物上的绝缘子铁脚接地。

⑤严禁在装有避雷针的构筑物上架设通信线、广播线和低压线。

二、节约用电

节约用电对一个企业来说,首先要使用电设备在规定的经济指标内正常运行。这就需要更新陈旧的效率低的设备,并根据负载合理选配它们的容量来使用,以避免不必要的浪费。通常电机的容量应选择比负载功率大 10% 左右为合适。

常用的电动机节电措施有:

(1)对转速不变的负载,可根据负载轻重采取绕组星-三角变换或采用晶闸管进行无级调压以降低电动机电源电压。

(2)对转速可变的负载,可采用调速节电措施。笼型异步电动机可采用变级对数调速和变频调速。线绕式电机则可采用晶闸管串级调速

来替代效率低的串电阻调速。也可在恒速运转的异步电动机与负载之间装电磁滑差离合器,通过调节离合器励磁电流的大小来实现调速。

除此之外,下面介绍几种常用的节约用电方法。

1. 机床空载自动停车装置

在金属切削工艺过程中,由于装拆工件、调换工具、校圆以及卡量尺寸等辅助工作,使机床电动机的空载运行时间几乎要占整个生产时间的50%左右。而电动机空载时的功率因数很低,约小于0.2,根据测定计算,电动机在起动时的耗电量不会超过电动机空载运行15~20s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)砂轮脚踏开关的接线(半自动停车装置):在图9-9中,脚踏开关SB一般装在砂轮的旁边,当砂轮磨工件时,只要工作人员一踏开关SB,电磁开关的线圈KM便立即通电,其触点KM闭合,电动机就运转。工作完毕后,如果工作人员离开砂轮,脚踏开关SB自动断开,电磁开关电源被切断,砂轮电动机便停止运转。

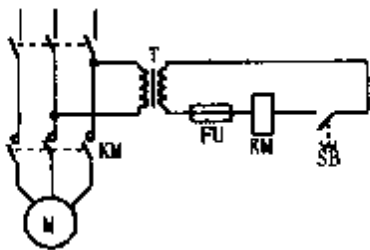


图 9-9 砂轮脚踏开关的接线图

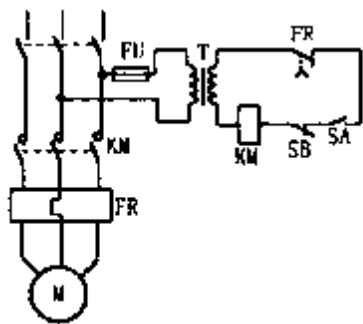


图 9-10 齿轮车床空载自动停车电路图

(2) 齿轮车床空载自动停车装置：在图 9-10 中，当车床离合器置于停止位置时，限位开关 SB 被打开，电磁开关 KM 的线圈立即断电，使电动机停止运行。这样，即可消除车床的空载运转以节约电能。如果离合器被置于工作位置时，限位开关 SB 复回原位，使电磁开关 KM 合上，电动机立即起动，车床即可进行工作。

2. 用移相电容器提高功率因数

目前，工业企业和民用建筑中大量的用电设备是感应电动机、电力变压器和一些照明设备等，使电网中滞后无功负荷的比重甚大，有的可占全厂的 80% 以上。为提高电力系统及负荷的功率因数，调整电压能力和稳定性，可用并联电容器的方法来实现。这种电容器叫做移相电容器或电力电容器。

(1) 移相电容器容量的图算法与表格法：在电网内装置移相电容器的目的，是补偿电网内的无功功率，以提高功率因数。但是，在一昼夜时间内无功功率是变化不定的。因此，需要经常根据无功功率的变化情况，计算出所需的补偿容量，以便分组接入移相电容器，使其在所需的功率因数下运行。

若将功率因数 $\cos\varphi_1$ 提高到 $\cos\varphi_2$ 可计算移相电容器的补偿容量 Q (kW)

$$Q = P_{pj} (\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2)$$

式中 P_{pj} ——平均有功功率 (kW)

$\operatorname{tg}\varphi_1$ 、 $\operatorname{tg}\varphi_2$ ——分别对应于 $\cos\varphi_1$ 、 $\cos\varphi_2$ 时的数值。

为了避免烦琐的计算，简便起见，可用图算法。

举例：现有平均功率为 $P_{pj} = 75\text{kW}$ ，如必须将原有功率因数 $\cos\varphi_1 = 0.4$ 提高到 $\cos\varphi_2 = 0.9$ ，求所需接入的移相电容器的补偿容量。

解：如图 9-11 所示，在标尺 A 上找到 0.9 的点①，在标尺 B 上找到 0.4 的点②，连接①和②两点，并延长到标尺 C 交于点③（此点为每千瓦所需的补偿容量，若不需要时可以不读它的数值）。再在标尺 D 上找到 75kW 的点④，再连接③、④两点延长与标尺 E 交于点⑤，读取的⑤数据即得所需电容器的补偿量为 135kW。

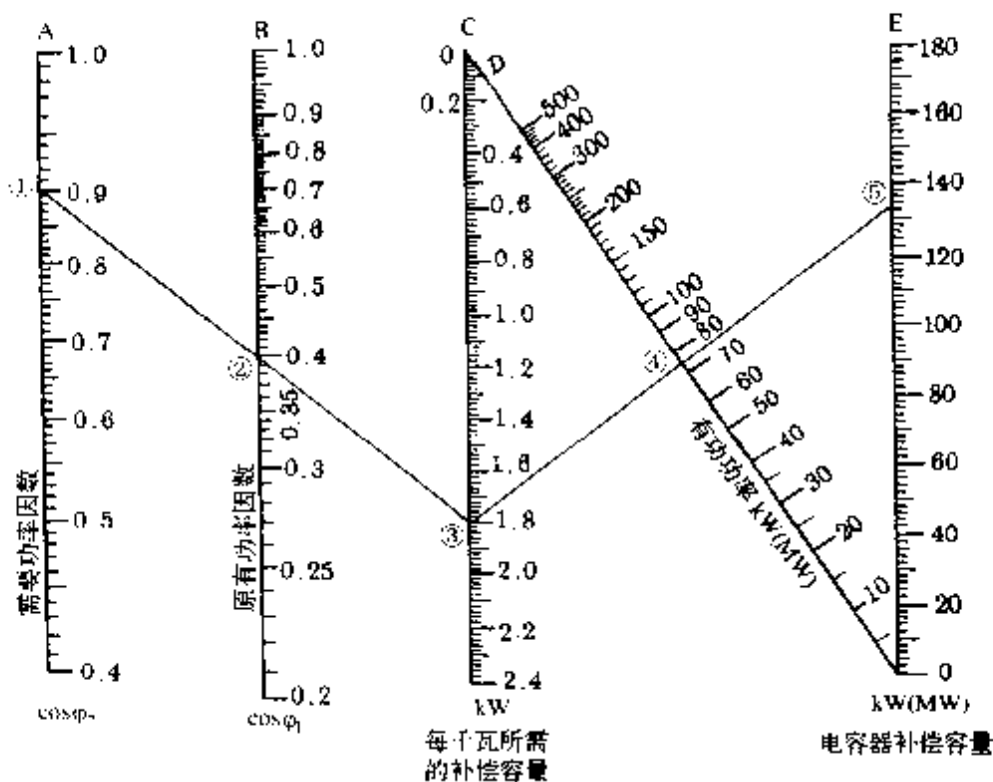


图 9-11 补偿电容器的容量图算法

除了用图算法之外，查表 9—16 也可以知道所需补偿的电容器的补偿容量。由电容器的补偿容量 Q 求取并联电容 C 值的公式如下：

$$C = \frac{Q \times 10^3}{n\omega U^2} \quad (\mu F)$$

- 式中 Q —电容器的补偿容量 (kW)
 n —相数 (三相=3, 单相=1)
 ω —角频率 (工频 $\omega = 314 \text{rad/s}$)
 U —电网线电压 (kV)

表 9-16 每千瓦有功功率所需的电容器补偿容量 (kW)

改进前 功率因数	改进后 功率 因数	0.80	0.82	0.84	0.85	0.86	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96	0.98	1.00
		0.40	1.54	1.60	1.65	1.67	1.70	1.75	1.81	1.87	1.93	2.00	2.09
0.42	1.41	1.47	1.52	1.54	1.57	1.62	1.68	1.74	1.80	1.87	1.96	2.16	
0.44	1.29	1.34	1.39	1.41	1.44	1.50	1.55	1.61	1.68	1.75	1.84	2.04	
0.46	1.18	1.23	1.28	1.31	1.34	1.39	1.44	1.50	1.57	1.64	1.73	1.93	
0.48	1.08	1.12	1.18	1.21	1.23	1.29	1.34	1.40	1.46	1.54	1.62	1.83	
0.50	0.98	1.04	1.09	1.11	1.14	1.19	1.25	1.31	1.37	1.44	1.53	1.73	
0.52	0.89	0.94	1.00	1.02	1.05	1.10	1.16	1.21	1.28	1.35	1.44	1.64	
0.54	0.81	0.86	0.91	0.94	0.97	1.02	1.07	1.13	1.20	1.27	1.36	1.56	
0.56	0.73	0.78	0.83	0.86	0.89	0.94	0.99	1.05	1.12	1.19	1.28	1.48	
0.58	0.66	0.71	0.76	0.79	0.81	0.87	0.92	0.98	1.04	1.12	1.20	1.41	
0.60	0.58	0.64	0.69	0.71	0.74	0.79	0.85	0.91	0.97	1.04	1.13	1.33	
0.62	0.52	0.57	0.62	0.65	0.67	0.73	0.78	0.84	0.90	0.98	1.06	1.27	
0.64	0.45	0.50	0.56	0.58	0.61	0.66	0.72	0.77	0.84	0.91	1.00	1.20	
0.66	0.39	0.44	0.49	0.52	0.55	0.60	0.65	0.71	0.78	0.85	0.94	1.14	
0.68	0.33	0.38	0.43	0.46	0.48	0.54	0.59	0.65	0.71	0.79	0.88	1.08	
0.70	0.27	0.32	0.38	0.40	0.43	0.48	0.54	0.59	0.66	0.73	0.82	1.02	
0.72	0.21	0.27	0.32	0.34	0.37	0.42	0.48	0.54	0.60	0.67	0.76	0.96	
0.74	0.16	0.21	0.26	0.29	0.31	0.37	0.42	0.48	0.54	0.62	0.71	0.91	
0.76	0.10	0.16	0.21	0.23	0.26	0.31	0.37	0.43	0.49	0.56	0.65	0.85	
0.78	0.05	0.11	0.16	0.18	0.21	0.26	0.32	0.38	0.44	0.51	0.60	0.80	
0.80	—	0.05	0.10	0.13	0.16	0.21	0.27	0.32	0.39	0.46	0.55	0.75	
0.82	—	—	0.05	0.08	0.10	0.16	0.21	0.27	0.34	0.41	0.49	0.70	

续表

改进前 功率因数 \ 改进后 功率因数	0.80	0.82	0.84	0.85	0.86	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96	0.98	1.00
0.84	—	—	—	0.03	0.05	0.11	0.16	0.22	0.28	0.35	0.44	0.65
0.85	—	—	—	—	0.03	0.08	0.14	0.19	0.26	0.33	0.42	0.62
0.86	—	—	—	—	—	0.01	0.11	0.17	0.23	0.30	0.39	0.59
0.88	—	—	—	—	—	—	0.06	0.11	0.18	0.25	0.34	0.54
0.90	—	—	—	—	—	—	—	0.06	0.12	0.19	0.28	0.49

(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，使线路上损耗增大，同时导线截面也增大。因为电容器是一种储能元件，在电网中电源虽经切断，电容器两端仍然带电，因此必须接入放电回路以保安全，(如图 9-12)因电压不同，其接线方法也不尽相同。如果电源电压较高时，电流表必须用电流互感器不可直接接入。

对于低压电容器可以选用 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。

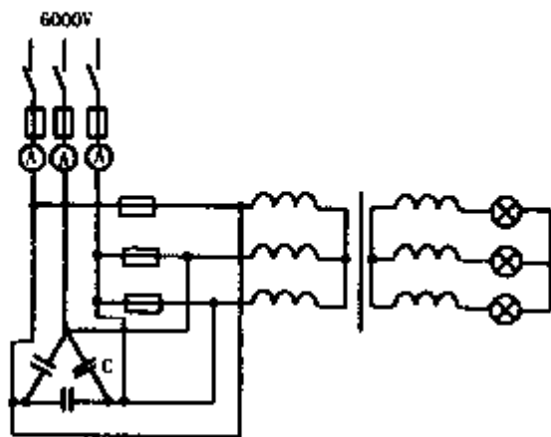


图 9-12 移相电容器的接线方式

表 9-17 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 (μF)	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
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

表 9-18 电容器的故障及处理方法

故障现象	可能原因	处理方法
发 热	①接头螺丝松动,产生拉弧 ②频繁起闭,反复承受浪涌电流作用 ③长期过电压运行,造成过载 ④环境温度超过允许值	①定期检查,并拧紧螺丝 ②静电电容器已经投入运行,不应频繁起闭,除非线路退出运行时,才切断静电电容器 ③调换电压较高的电容器 ④贴示温片,以便及早察觉温升异常(一般贴 80℃ 示温片)增加降温设施,保证室温不超过 40℃

续表

故障现象	可能原因	处理方法
渗油	① 保养不善,外壳防腐漆脱落,有锈蚀点 ② 在搬运中,瓷套管与外壳交接处碰伤,造成裂纹;或在旋紧接头螺丝时用力过猛扭伤,造成裂纹;或元件本身质量差,及装配不善	① 经检查找出锈蚀点,修补漏点,并重新涂刷新漆 ② 裂纹微微渗油,可在渗油裂纹处,用肥皂嵌入以利暂用,但如已成裂缝发现漏油,应重换瓷套或调换电容器
变形(即鼓肚)	① 由于漏油,空气侵入使内部介质膨胀 ② 使用期已到 ③ 本身质量差	均需立即调换
短路击穿	① 本身质量差 ② 小动物如老鼠等钻入接头间(因接头间距200nm左右)造成短路击穿 ③ 瓷瓶平面上积灰太多,产生相间拉弧或对地拉弧短路击穿 ④ 长期超电压运行,造成过载,引起发热,使绝缘过早老化,短路击穿	① 调换新电容器 ② 接头周围加装防护罩 ③ 定期清理积尘,保证电容器表面清洁 ④ 限制超压运行,一般不允许超过额定电压的5%

(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低, 在放电电路上经 30s 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

器组时必须计算电容器放电电路的电阻值。

电容器在外电路上的放电电流，取决于电容器两端的电压 U 、电容器的电容量 C 、放电电路的电阻 R 和电感 L 等因素。

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} 时所经历的时间为

$$t_{aq} = 2.3RC \lg \frac{1.41V}{U_{aq}} \quad (\text{s})$$

如果放电电流为振荡电流则

$$t_{aq} = 4.6 \frac{L}{R} \lg \left(\frac{1.41V}{U_{aq}} \right) \quad (\text{s})$$

式中 U ——电源电压 (V)

U_{aq} ——安全电压值 (V) 采用 65V

R ——放电电阻 (Ω)

C ——每相的电容 (F)

L ——放电电路的电感 (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，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。下面举例说明。

举例 1 线电压 380V，总容量为 150kW 接成三角形联结的电容器组，放电电路是由 220V、25W 的白炽灯组成（见图 9-13），试计算其放电电阻。

解：由已知参数可求得，每相的电容为：

$$C = \frac{Q \cdot 10^3}{3\omega U^2} = \frac{150 \times 10^3}{3 \times 314 \times 0.38^2} = 1100 \mu\text{F}$$

式中 Q ——移相电容器总容量 (kW)；

ω ——角频率 (rad/s)；

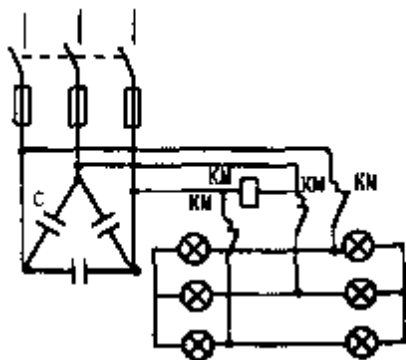


图 9-13 例 1 接线图

U —电网线电压 (kV)。

而白炽灯在正常发亮时的电阻为

$$R = \frac{220^2}{25} = 1936\Omega$$

当电容器组停止运行时，因常闭触点闭合，通过一组星形联结的三相白炽灯而放电。由于电容器是三角形联结，而放电电阻是星形联结，计算时必须化为相应的对称电路，将放电电阻折算成相应的三角形联结时的数值，每相放电电阻为

$$R = \frac{3 \times 1936}{2} \approx 2904\Omega$$

事实上，放电电路的电感很小，可以略去不计，那么从

$$t_{dq} = 2.3RC \lg \frac{1.41U}{U_{dq}}$$

可以算出电容器组放电到安全电压 65V 所经历的放电时间为

$$t_{dq} = 2.3 \times 2904 \times 1100 \times 10^{-6} \lg \frac{1.41 \times 380}{65} = 6.7s$$

从计算知道放电时间小于 30s 合乎要求，因此放电电阻可以使用。

举例 2 电压为 6kV、补偿容量为 1000kW、成三角形联结的三相电容器组，放电电路是由接成 V 形的两个单相电压互感器所组成 (见图 9-14)，电压互感器的一次侧的电阻是 1970Ω，电感是 1910H，试计算放电电阻。

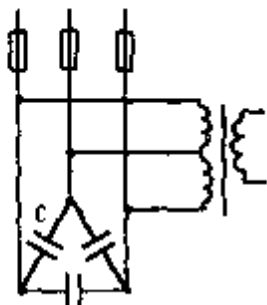


图 9-14 例 2 接线图

解 由于放电电阻是一种非对称的联结法，所以应该根据实际电路进行计算。三角形联结时，每相的电容为

$$C = \frac{1000 \times 10^3}{3 \times 314 \times 6^2} = 29.5\mu F$$

在非对称电路中，因为电容器是三角形联结法，所以放电电路的计算电容为 $3C/2 = 1.5 \times 29.5 = 44\mu F$ (如果电容器是星形联结法，则为 $C/2$)。放电电路是由两个绕组串联，所以放电电路的参数为

$$R = 2 \times 1970 = 3940\Omega,$$

$$L = 2 \times 1910 = 3820\text{H}$$

$$\text{所以 } \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{3820 \times 10^6}{44}} = 9300\Omega$$

而 $3940 < 2 \times 9300$, 也就是 $R < 2 \sqrt{\frac{L}{C}}$, 放电电流是以振荡电流形式出现的。

$$\text{所以 } t_{\text{dq}} = 4.6 \frac{L}{R} \lg \frac{1.41U}{U_{\text{dq}}} = \frac{4.6 \times 3820}{3940} \lg \frac{1.41 \times 6000}{65} = 9.4\text{s}$$

即 t_{dq} 小于 30s, 放电电阻完全合乎要求。

3. 异步电动机同步化运行

绕线转子异步电动机同步化运行节电效果是很显著的, 因为它直接在用户端进行补偿, 这样可减少无功功率流动, 减少电力线路有功功率损失和末端电压偏移。同步化后还可以使电动机少消耗一些无功功率, 甚至可以把异步电动机改变为容性负载, 变吸收电网无功功率为向电网发出无功功率。

改装绕线转子异步电动机同步化较简单, 电动机本身不需做大的改动, 只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。

(1) 变压器整流方式的选择: 图 9-15 中, 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电路; 对需要励磁电流大于 400A 的则采用六相双反星形整流回路。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 $U_{\text{相}}$:

$$U_{\text{相}} = \frac{U_D K_1 K_2}{K} \\ = \frac{1.23 U_2 e S K_1 K_2}{K}$$

式中: U_D ——励磁电压 (V) $= 1.23 U_2 e S$

$U_2 e$ ——转子额定电压 (V)

S ——额定转差率

K_1 ——电压波动系数，取 1.1

K_2 ——二次压降损失系数，取 1.05

K ——整流系数，三相桥式取 1.35，六相双反星形取 1.17

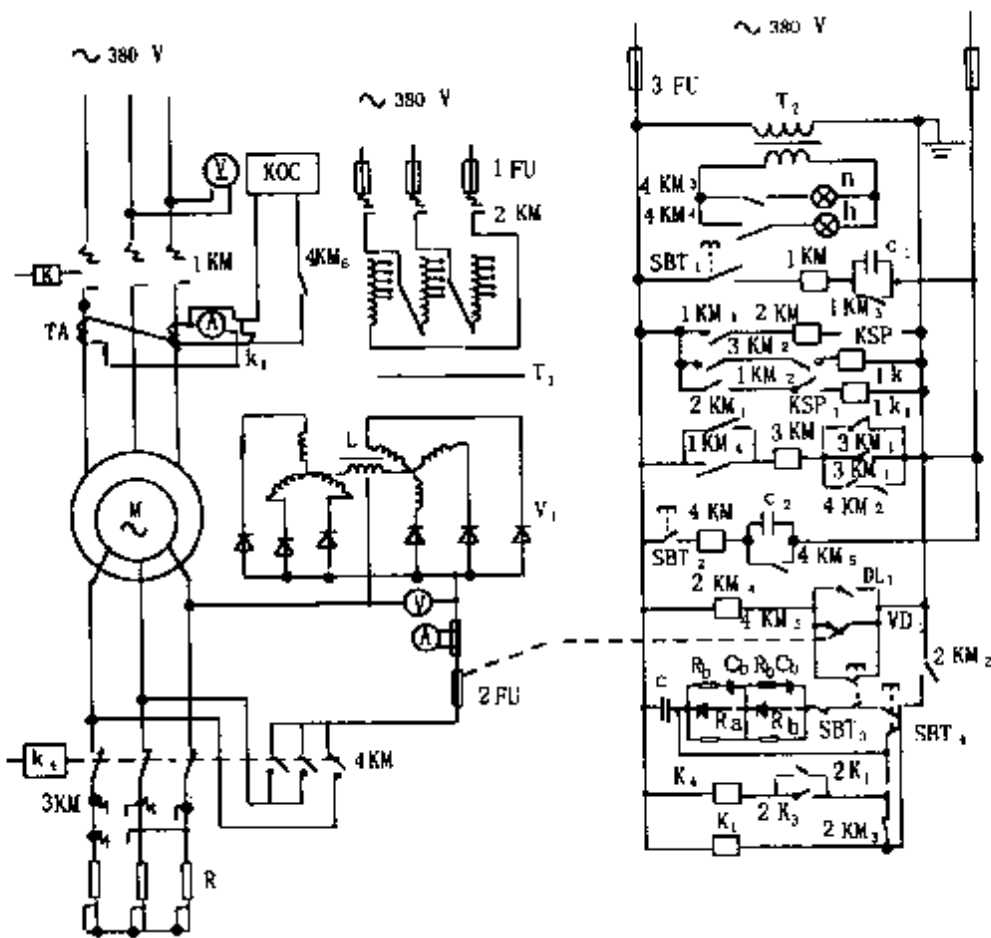


图 9-15 同步化的原理及控制线路

②次级相电流 $I_{相}$

三相桥式： $I_{\text{相}} = 0.472 I_D$ $I_D = 0.472 \sqrt{2} I_{2e}$ (A)

六相双反星形： $I_{\text{相}} = 0.289 I_D$ $I_D = 0.289 \sqrt{2} I_{2e}$ (A)

式中： I_D —励磁电流 (A) = $\sqrt{2} I_{2e}$ (A)

I_{2e} —转子额定电流 (A)

③容量 S

三相桥式： $S_T = 3U_m I_m \times 10^{-3}$ (kVA)

六相双反星形： $S_T = 6U_m I_m \times 10^{-3}$ (kVA)

(2) 电气控制动作顺序：图 9-15 电器控制动作顺序是：启动异步运行、同步运转、停止运行及过载或失步保护。

①启动：按下启动按钮 SBT₁，使 1KM 有电而闭主回路，电机在接入频敏电阻 R 下启动，1KM 各辅助的触点 1KM₁，1KM₂，1KM₃，1KM₄ 相继动作。

- 1KM₃ 常闭触点打开，使 1KM 断电，但是由于 1KM 有机械连锁，仍使 1KM 处于闭合状态。

- 1KM₁ 闭合，2KM 有电，整流变压器投入。

- 1KM₂ 闭合，KSP 有电，经过延时（现规定为 8s）动作，闭合 KSP，1K 有电动作。

②异步运行：1KM₄ 闭合，1K₁ 闭合，3KM 有电动作，使转子短路，异步状态下运行。

- 3KM₂ 断开，KSP 断电，1K 断电，1K₁ 断开。

- 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，由于有机械连锁，使 4KM 仍处于闭合状态。同时：

- 4KM₁ 打开，断开 KST 回路。

- 4KM₂ 打开，使 3KM 断电。

- 4KM₃ 打开，绿灯灭，4KM₄ 闭合，红灯亮。

- 4KM₂ 打开，4KM₆ 闭合，过流继电器 KOC 接入。

④停止运行:

·按 SBT₄, 电容 C₂ 向 K 放电, K₁ 有电, 1KM 脱扣。

·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过载或失去保护: 当电动机过载或失步时, KOC 动作或 2FU 熔断, KOC₁ 或 2FU 所装置的微动开关闭合使 2K 有电工作。

·使 2K₂ 打开, 2K₃ 闭合, 电容 C₃ 向 K₄ 放电。

·K₄ 动作解除 4KM 机械连锁, 4KM 脱落。

·2K₁ 闭合, 3KM 有电闭合, 电动机恢复异步状态动作。

表 9-19 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	自制
1KM	交流接触器	300A, 380V	1	
2KM	交流接触器	CJO-20, 220V	1	
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/2X12~14V, Δ/Y	1	
T ₂	指示灯变压器	220V/6~12V, 5VA	1	

续表

符号	名称	规格	数量	备注
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	
IFU	螺旋熔断器	RL1-60A, 500V	3	
2FU	快速熔断器	RSO380A	2	并联
3FU	瓷插熔断器	RC1A, 380V/5A	2	
R _a	电阻	100Ω, 6W	2	
R _b	电阻	4.5kΩ, 20W	2	
C ₁ 、C ₂	消弧电容	8μF, 630V	2	
C ₃	电解电容	220μF, 500V DC	1	
C ⁰	电容	CZ-T0.2μF, 400V	2	
V-	直流电压表	1C2-V, +30~0~-30V	1	
V~	交流电压表	1T1-V, 500V	1	
A~	交流电流表	1T1-A, 400A	1	
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

续表

符号	名称	规格	数量	备注
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