

简明电工

实用手册

(修订版)

主 编 周小群
副主编 梁红兵 潘旺林
主 审 李建勇

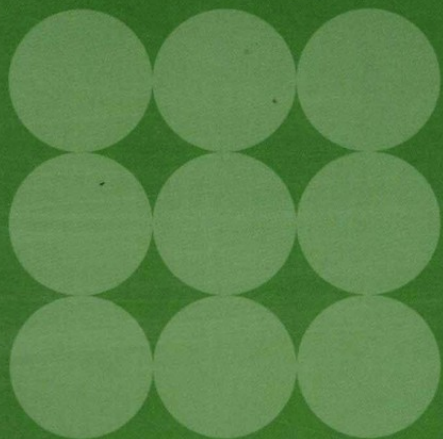
Jianming Diangong Shiyong Shouce
Jianming Diangong Shiyong Shouce



本书系统地介绍了最必要、最实用的电工知识和技术及产品资料、最有效的维护技术及最新的国家标准

APUTIME
时代出版

时代出版传媒股份有限公司
安徽科学技术出版社



Jianming Diangong Shiyong Shouce

责任编辑 / 刘三珊

POINT 圆点文化
知识论辩 · 生活·18

ISBN 978-7-5337-3468-8



9 787533 734688

定价：45.00元

简明电工实用手册

JIANMING DIANGONG SHIYONG SHOUCHE

修订版

主 编 周小群

副主编 梁红兵 潘旺林

主 审 李建勇



时代出版传媒股份有限公司
安徽科学技术出版社



图书在版编目(CIP)数据

简明电工实用手册(修订版)/周小群主编. —2版.
—合肥:安徽科学技术出版社,2012.1
ISBN 978-7-5337-3468-8

I. ①简… II. ①周… III. ①电工-技术手册
IV. ①TM-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 024805 号

简明电工实用手册(修订版)

周小群 主编

出版人:黄和平 选题策划:刘三珊 责任编辑:刘三珊
责任校对:程苗 责任印制:廖小青 封面设计:王艳
出版发行:时代出版传媒股份有限公司 <http://www.press-mart.com>
安徽科学技术出版社 <http://www.ahstp.net>
(合肥市政务文化新区翡翠路 1118 号出版传媒广场,邮编:230071)
电话:(0551)3533330

印制:合肥晓星印刷有限责任公司 电话:(0551)3358718
(如发现印装质量问题,影响阅读,请与印刷厂商联系调换)

开本:850×1168 1/32 印张:20.75 字数:790千
版次:2012年1月第2版 2012年1月第4次印刷

ISBN 978-7-5337-3468-8

定价:45.00元

版权所有,侵权必究

前 言

随着国民经济和现代科学技术的迅猛发展,我国电工的设计、制造、运行和控制技术发生了深刻的变革,一大批新原理、新材料、新结构、新工艺、新技术、新性能的产品得到广泛开发和应用,新的应用和新的需求同时也推动着电工技术本身的迅速发展。面对新的形势,广大从事电气工程技术工作的人员迫切需要知识更新,特别是学习和掌握与新的应用领域有关的新技能。为此,我们组织编写了《简明电工实用手册》。

本手册编委会邀请有关专家和教授就各自擅长的领域分工编写,编写时综合考虑实际需要和篇幅容量,在取材上,遵循实用和精练;在内容上,力争做到通俗易懂。手册系统地介绍了有关的最新国家标准、最必要的电工知识、最实用的产品资料、最有效的维护技术。本手册具有公式数据可靠、资料技术翔实、方法理论实用的特点。

本手册在编写过程中引用了大量的国内外有关书籍及产品样本中的数据、资料等,在此谨向有关作者、厂家和科研单位表示衷心的感谢!

本手册由上海电机技术学院周小群教授主编,副主编为上海电气集团潘旺林及上海电机厂梁红兵高级工程师。参加编写人员主要有徐国富、张军、王吉华、路明、王琳、王阳、汤德品、李群英、徐斌、袁伟军、高劲、钱叶斌、李斌、汪恕兵、冯伟国、高杰、章怡、潘达鸣、夏建国、陆琴桦、胡晓青等同志。全书最后由李建勇教授主审。

黄海平先生对校样进行审读,并提出修改建议,在此表示感谢。由于水平有限,书中错误在所难免,热忱欢迎读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 电工基础知识 1	
1 常用名词 1	
2 电工常用计算公式 3	
3 电工常用图形符号及文字符号 9	
3.1 电工常用图形符号 9	
3.2 电工常用文字符号 40	
第 2 章 常用电工仪器仪表 44	
1 概述 44	
1.1 常用电工仪器仪表分类 44	
1.2 电工仪表面板上的符号及意义 48	
1.3 电工仪表的型号表示方法 49	
2 常用电工测量及其仪表的选用 52	
2.1 电流和电压的测量 52	
2.2 电阻的测量 56	
2.3 功率和功率因数的测量 65	
2.4 电能的测量 71	
3 常用电工测量仪器 77	
3.1 电子交流电压表 77	
3.2 耐压泄漏测试仪 80	
3.3 接地电阻测试仪 84	
第 3 章 电动机 85	
1 概述 85	
1.1 电动机的型号及分类 85	
1.2 电动机的基本技术要求 87	
1.3 电动机型式及功率等级 95	
1.4 电动机常用计算公式 97	
2 三相异步电动机 101	
2.1 三相异步电动机分类 101	
2.2 三相异步电动机主要技术数据 106	
2.3 三相异步电动机的安装、运行及维护 122	
3 直流电动机 132	
3.1 直流电动机的分类及型号 132	
3.2 直流电动机主要技术数据 133	
3.3 直流电动机的运行、维护及保养 145	

4 微电机	150	2 常用低压电器	254
4.1 驱动微电机	150	2.1 刀开关和转换开关	254
4.2 控制微电机	175	2.2 熔断器	267
第4章 变压器	197	2.3 断路器	286
1 概述	197	2.4 接触器	299
1.1 变压器的主要技术 参数	197	2.5 启动器	310
1.2 变压器的分类及 结构	201	2.6 继电器	318
1.3 变压器的联结组别	207	2.7 主令电器	354
2 电力变压器	212	2.8 控制器	374
2.1 电力变压器的基本 数据	212	第6章 变配电及供电系统	380
2.2 电力变压器的运行	214	1 电力负荷及其计算	380
2.3 常用电力变压器的 技术数据	217	1.1 按需要系数法确定 计算负荷	381
3 小型及特种变压器	226	1.2 按二项式系数法确定 计算负荷	383
3.1 控制及局部照明变 压器	226	1.3 单相用电设备组 计算负荷的确定	383
3.2 整流变压器	228	1.4 工业企业总计算 负荷的确定	384
3.3 电抗器	234	1.5 家庭用电负荷的 计算	386
3.4 电流互感器	235	2 短路电流及其计算	388
3.5 电压互感器	241	2.1 短路的形式	388
3.6 接触调压器	243	2.2 无限容量系统三相短 路电流的计算	389
3.7 感应调压器	244	2.3 两相短路电流的 计算	393
第5章 低压电器	248	3 变配电及主接线图	394
1 概述	248	3.1 变配电所的选择	394
1.1 低压电器的分类及 应用	248	3.2 工厂变配电所的主接 线图	403
1.2 低压电器的型号及 意义	250	3.3 车间和小型工厂变电 所的主接线图	406
1.3 低压电器工作条件及 检修周期	253	3.4 工厂总降压变电所的	

主接线图	414	1.2 电阻器	473
4 工厂电力线路	419	1.3 电位器	476
4.1 工厂电力线路及其		1.4 敏感电阻器	479
接线方式	419	1.5 电容器	484
4.2 架空配电线路	421	2 半导体分立器件	487
4.3 电缆线路	424	2.1 分立器件	487
4.4 户内配电线路	433	2.2 集成电路	519
4.5 导线及电缆的选择	438	2.3 放大器	522
4.6 工厂电力线路的运			
行维护	440	第9章 电工材料	536
第7章 常用机械电气控制线路		1 导电材料	536
.....	444	1.1 裸电线	536
1 常用电动机的控制	444	1.2 绝缘电线	543
1.1 电机控制的一般		1.3 电缆	548
原则	444	1.4 电磁线	551
1.2 笼型异步电动机的		1.5 常用电刷制品	555
起动、调速及制动	444	1.6 常用电阻合金	557
1.3 他励直流电动机的起		2 绝缘材料	559
动和制动	453	2.1 绝缘材料的耐热	
2 常用电气控制电路	461	等级	560
2.1 启动控制电路	461	2.2 绝缘漆	560
2.2 步进、步退控制		2.3 绝缘浸渍纤维	
电路	464	制品	561
2.3 自动往返控制电路	465	2.4 电工用薄膜、粘带及	
2.4 具有连锁作用的		复合材料	562
控制电路	466	2.5 绝缘层压板制品	564
2.5 点动控制电路	467	2.6 绝缘云母制品	565
2.6 过流保护控制电路	467	2.7 绝缘子	566
2.7 制动控制电路	468	3 导磁材料	571
第8章 电子技术	471	3.1 软磁材料	571
1 常用电子元件	471	3.2 永磁材料	581
1.1 电阻器、电容器的型号		第10章 现代照明	587
命名及标志方法	471	1 照明基础知识	587
		1.1 常用名词术语	587

1.2 电光源的分类及主要 技术特性	589	5.3 送电及试灯	627
2 照明电光源	591	5.4 照明线路故障的 处理	628
2.1 白炽灯	591	5.5 照明灯具故障处理 方法	630
2.2 荧光灯	593		
2.3 节能型荧光灯	596		
2.4 荧光高压汞灯	599		
2.5 高压钠灯	601		
2.6 卤钨灯	602		
3 电气装置件	603	第 11 章 安全用电与节约用电 ...	635
3.1 开关	603	1 触电预防及急救	635
3.2 灯座	607	1.1 触电及其预防	635
3.3 插头与插座	610	1.2 触电的急救	637
3.4 线盒及其他器件	618	2 接地装置与防雷保护	638
4 普通电灯的安装	619	2.1 接地装置	638
4.1 白炽灯的安装	619	2.2 防雷保护	644
4.2 荧光灯的安装	623	3 防火与防爆	649
5 照明装置故障的处理 方法	625	3.1 电气灭火	649
5.1 照明装置故障处理 要点	625	3.2 电气防爆	650
5.2 照明电路的检查和 测试	626	4 静电防护	653
		4.1 静电的产生	653
		4.2 静电的特点及 危害	653
		4.3 静电的防护	654
		参考文献	655

第 1 章 电工基础知识

1 常用名词

常用名词及解释见表 1.1.1。

表 1.1.1 常用名词及解释

名 词	解 释
电源	能将其他形式的能量转换成电能的装置叫电源。如发电机、蓄电池和光电池等
负荷	又称负载,是指吸收功率的器件或者指器件输出的功率。如电动机、电灯、继电器等
电荷	电荷是指物体的带电质点。电荷有正电荷和负电荷两种。电荷之间存在着相互作用力,同性电荷相互排斥,异性电荷相互吸引。电荷存在着相互的作用力的大小与电荷的多少成正比,与电荷间距离的平方成反比
导体	具有良好的传导电流能力的物体称为导体。通常导体分为两类:像金属以及大地、人体等,称为第一类导体;像酸、碱、盐的水溶液以及熔融的电解质等,称为第二类导体
绝缘体	不善于传导电流的物体称为绝缘体
半导体	导电性能介于金属和绝缘体之间的物体。随着杂质含量及外界条件(光照、温度或压强等)的改变,半导体的导电性能会发生显著变化
电流	电荷的定向流动,它可以是正电荷、负电荷或正、负电荷同时做有规则的移动而形成的
电流密度	通过垂直于电荷流动方向的单位面积上的电流大小
电路	用导体把电源、用电元器件或设备连接起来,构成的电流通路称为电路
电压	在静电场中,将单位正电荷从 a 点移到 b 点过程中电场力所做的功,在数值上等于这两点间的电压。又称这两点间的电势差或电位差

续表

名 词	解 释
电压降	又称电位降。是指沿有电流通过的导体或在有电流通过的电路中电位的减小
电动势	将单位正电荷从负极通过电源内部移动到正极时非静电力所做的功。或者说,电源的电动势等于在外电路断开时电源两极间的电势差
感应电动势	分为动生电动势和感生电动势。动生电动势是指组成回路的导体(整体或局部)在恒定磁场中运动时使回路中磁通量发生变化而产生的电动势;感生电动势是指固定回路中磁场发生变化使回路磁通量改变而产生的电动势
电阻	通常解释为物质阻碍电流通过的能力。根据欧姆定律,导体两端的电压和通过导体的电流成正比,比值称为电阻
电阻率	表征物质导电的特性参数。电阻率越小,导电本领越强。导体的电阻率会受一些物理因素(如热、光、压力等)影响
电导	表征物质导电特性的物理量。它是电阻的倒数
电导率	电阻率的倒数
电容	表征导体或导体系容纳电荷的性能的物理量
电场	有能发生力的电状态存在的空间的一个区域。电场具有特殊的性质,当放进一个带电体时,这个带电体就会受到电场的作用
电场强度	电场强度是表示电场作用于带电物体上作用力大小和方向的一个物理量
电感	是自感与互感的统称。自感是指通过闭合回路的电流变化引起穿过它的磁通量发生变化而产生感应电动势的现象;互感是指一个闭合回路中电流变化使穿过邻近另一个回路中磁通量发生变化而在该回路中产生感应电动势的现象
直流电	电荷流动方向不随时间改变的电流
交流电	大小和方向随时间做周期性变动且在一个周期内平均值为零的电流称为交变电流,简称交流电
频率	周期的倒数
瞬时值	交流电在任一时刻的量值称为瞬时值
有效值	交流电在一个周期内的方均根值。亦即,将交流电通过一电阻在一个周期内消耗的能量,若与一直流电通过同一电阻在相同时间内消耗的能量相等,则此直流电的量值被定义为该交流电的有效值
感抗	交流电通过具有电感的电路时,电感阻碍电流流过的作用
容抗	交流电通过具有电容的电路时,电容阻碍电流流过的作用
阻抗	交流电通过具有电感、电容和电阻的电路时,电感、电容和电阻共同阻碍电流流过的作用

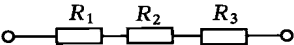
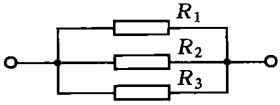
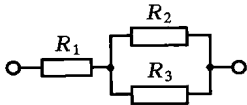
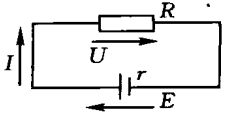
续表

名 词	解 释
相位	交流电是随时间按正弦规律变动的物理量,用公式可表示为 $i = I_m \sin(\omega t + \varphi)$ 式中, $\omega t + \varphi$ 称该交流电在某一瞬时 t 的相位,而 $\varphi(t=0)$ 称为初相。因相位常以角度表示,故又可称相角。 ω 称为角频率
相位差	两个频率相同的正弦交流电的初相位之差称为相位差或相角差
瞬时功率	指交流电路中任一瞬间的功率
视在功率	在具有电阻和电抗的电路中,电压与电流有效值的乘积称为视在功率
有功功率	交流电路功率在一个周期内的平均值称为平均功率,也称为有功功率。它实质上反映了电路从电源取得的净功率
无功功率	在具有电感或电容的电路中,反映电路与外电源之间能量反复授受的程度量值称为无功功率。实质上是指只与电源交换而不消耗的那部分能量
功率因数	是指有功功率与视在功率的比值
相电压	在三相交流系统中,任一根火线与中性线之间的电压叫做相电压
线电压	在三相交流系统中,任两根火线之间的电压叫做线电压
相电流	在三相负载中,每相负载中流过的电流叫做相电流
线电流	三相电源线各线中流过的电流叫做线电流
磁感应强度	在磁场中的某一点,单位正电荷以单位速度向着与磁场方向相垂直的方向运动时所受到的磁场力,称为这一点的磁感应强度
磁通量	亦即磁感应强度的通量
磁通(量)密度	指垂直于磁场的单位截面积上通过的磁通量。它与磁感应强度在数值上是一致的
磁阻	磁路对磁通量所起的阻碍作用
剩磁	铁磁物质在外磁场中被磁化,当外磁场消失后,铁磁物质仍保留一定的磁性,称作剩磁

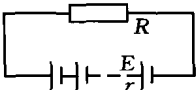
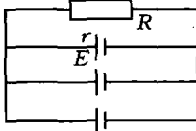
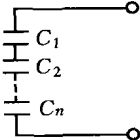
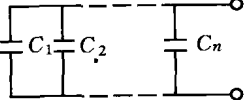
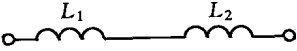
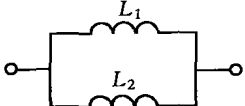
2 电工常用计算公式

电工常用计算公式见表 1.2.1。

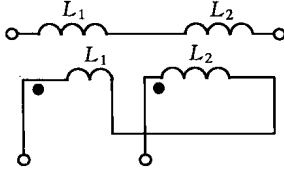
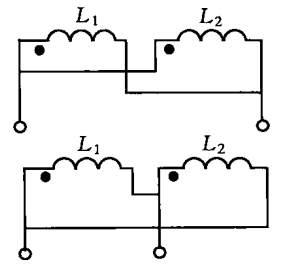
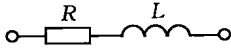
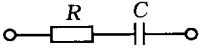
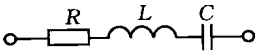
表 1.2.1 电工常用计算公式

项 目	公 式	
电流的计算	$I = \frac{Q}{t}$	Q ——电量(C); t ——时间(s); I ——电流(A)
电压的计算	$U = \frac{W}{Q}$	W ——电能(J); U ——电压(V)
欧姆定律	$I = \frac{U}{R}$	R ——电阻(Ω)
直流电路 功率	$P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$	P ——电功率(W)
电阻的计算	$R = \rho \frac{l}{S}$	l ——长度(m); S ——截面(mm^2); ρ ——电阻系数($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)
电阻与温度 的关系	$R_t = R_{20} [1 + \alpha(t - 20)]$	R_t, R_{20} —— $t^\circ\text{C}$ 和 20°C 时的电阻(Ω); α ——电阻温度系数($1/^\circ\text{C}$)
电阻串联		$R = R_1 + R_2 + R_3$
电阻并联		$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$
电阻复联		$R = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$
全电路欧姆 定律		E ——电源电动势(V); R ——负载电阻(Ω); r ——电源内阻(Ω)

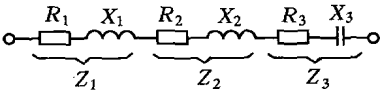
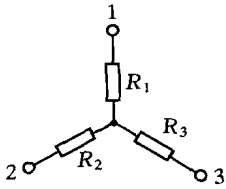
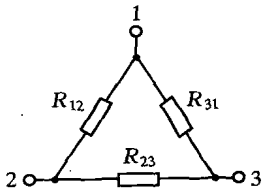
续表

项 目	公 式	
电池组串联		$I = \frac{nE}{R + nr}$ n ——电池数量
电池组并联		$I = \frac{E}{R + \frac{r}{n}}$
电功及电功率的计算	$W = QU = UI t = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t$ $P = \frac{W}{t} = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$ R ——电阻(Ω); t ——时间(s)	
焦耳-楞次定律	$Q = I^2 R t$	Q ——热量(J)
电容的计算	$C = \frac{Q}{U}$	Q ——电量(C); C ——电容(F)
电容串联		$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$
电容并联		$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$
线圈电感计算	$L = \frac{\varphi}{I} = \frac{W\Phi}{I}$ φ ——磁链(Wb); W ——线圈匝数; Φ ——磁通(Wb)	
无互感线圈串联		$L = L_1 + L_2$
无互感线圈并联		$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$

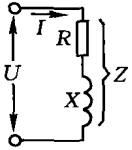
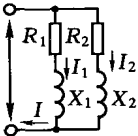
续表

项 目	公 式	
有互感线圈 串联		$L = L_1 + L_2 + 2M$ $L_1, L_2 \text{——线圈 1, 2 的自感(H)}$ $L = L_1 + L_2 - 2M$ $M \text{——线圈 1, 2 的互感(H)}$
有互感线圈 并联		$L = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 - 2M}$ $L = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 + 2M}$
电阻、电感串联	 $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$ <p>其中 $X_L = 2\pi fL$</p>	式中 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、电容串联	 $Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}, X_C = \frac{1}{2\pi fC}$	
电阻、电感、电 容串联	 $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ $= \sqrt{R^2 + X^2}$ <p>其中 $X = X_L - X_C$</p>	

续表

项 目	公 式	
阻抗串联	 $Z = \sqrt{(R_1 + R_2 + R_3)^2 + (X_1 + X_2 - X_3)^2}$ $= \sqrt{R^2 + X^2}$ $R = R_1 + R_2 + R_3, X = X_1 + X_2 - X_3$ 注意: $Z \neq Z_1 + Z_2 + Z_3$	
交流电路 T, ω, f 的关系	$T = \frac{1}{f}$ $\omega = 2\pi f$	f ——频率(Hz); T ——周期(s); ω ——角频率(rad/s)
交流电有效值和最大值的关系	$U_E = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}}$	$I_E = \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}}$
交流电平均值和最大值的关系	$U_A = \frac{2}{\pi} U_{\max}$	$I_A = \frac{2}{\pi} I_{\max}$
电阻星形、三角形连接互换	星形化为三角形	 $R_{12} = R_1 + R_2 + \frac{R_1 R_2}{R_3}$ $R_{23} = R_2 + R_3 + \frac{R_2 R_3}{R_1}$ $R_{31} = R_3 + R_1 + \frac{R_3 R_1}{R_2}$
	三角形化为星形	 $R_1 = \frac{R_{12} R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$ $R_2 = \frac{R_{23} R_{12}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$ $R_3 = \frac{R_{31} R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$

续表

项 目	公 式	
交流电路中电压、电流、阻抗三者之间关系 (欧姆定律)	 $I = \frac{U}{Z}$ $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$	式中 P ——有功功率(W); Q ——无功功率(var); S ——视在功率(V·A); $\cos\varphi$ ——功率因数
交流电路功率	$P = UI \cos\varphi = I^2 R$ $Q = UI \sin\varphi = I^2 X$ $S = UI = I^2 Z$ $\cos\varphi = \frac{R}{Z}, \sin\varphi = \frac{X}{Z}$	
交流并联电路的总电流	 $I = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + 2I_1 I_2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2)}$ $\varphi = \arctan \frac{I_1 \sin\varphi_1 + I_2 \sin\varphi_2}{I_1 \cos\varphi_1 + I_2 \cos\varphi_2}$ $\varphi_1 = \arctan \frac{X_1}{R_1}, \varphi_2 = \arctan \frac{X_2}{R_2}$	式中 φ ——总电流 I 与电压 V 之间的相角; φ_1 ——第一支路电流 I_1 与电压 V 之间的相角; φ_2 ——第二支路电流 I_2 与电压 V 之间的相角
三相交流电路中 中线电压与相电压 以及线电流与相电 流与相电流的关系	负载三角形(Δ)接法: $V_L = V_{LN}$ $I_L = \sqrt{3} I_{LN} \text{ (负载对称时此式才成立)}$ 负载星形(Υ)接法: $I_L = I_{LN}$ $V_L = \sqrt{3} V_{LN} \text{ (有中线时此式才成立, 与负载是否对称无关)}$ 式中 V_L, I_L ——线电压与线电流; V_{LN}, I_{LN} ——相电压与相电流	

续表

项 目	公 式
对称三相交流电路功率	$P = \sqrt{3}VI \cos\varphi$ $Q = \sqrt{3}VI \sin\varphi$ $S = \sqrt{3}VI$ 式中 V ——线电压(V); I ——线电流(A); φ ——相电压与相电流之间的相角
直流电磁铁吸引力	$F = 4B^2 S \times 10^3$ 式中 F ——吸引力(N); B ——磁感应强度(T); S ——磁路的截面积(m ²)
电动机额定转矩	$M = 9550 \frac{P}{n}$ 式中 M ——电动机额定转矩(N·m); P ——电动机额定容量(kW); n ——电动机转速(r/min)

3 电工常用图形符号及文字符号








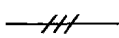
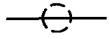
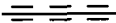
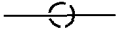
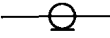
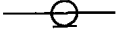





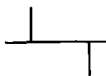

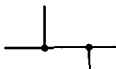

3.1 电工常用图形符号

电工常用图形符号见表 1.3.1 和 1.3.2。

表 1.3.1 电气原理图常用图形符号

新 符 号		旧 符 号	
名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
(1) 限定符号和常用的其他符号			
直 流		直流电	
交 流		交流电	
交直流		交直流电	
具有交流分量的 整流电流		脉动电流	
低频(工频)		低 频	
中频(音频)		中 频	
高频(超声频、 载频或射频)		高 频	
正 极	+	正极	+
负 极	-	负极	-
接地一般符号		接地一般符号	
无噪声接地 (抗干扰接地)			
保护接地			
接机壳或 接底板	形式 1 形式 2 	接机壳	 或

续表

新 符 号		旧 符 号	
名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
永久磁铁		永久磁铁 注:允许不注字母 N、S	N 
(2) 导线和连接器件			
导线、电缆和母线 一般符号		导线及电缆	
		母 线	
三根导线的单 线表示	 或 	三根导线的单 线表示	
屏蔽导线		屏蔽的导线或 电缆	 或 
同轴电缆		同轴电缆	
端 子		端 子	ϕ 或 
导线的连接	形式 1  形式 2 	导线的单分支	
导线的多线连接	形式 1  形式 2 	导线的双分支	 或 

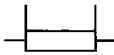
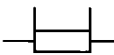
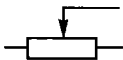
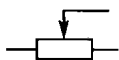
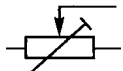
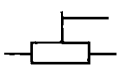












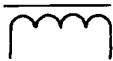
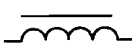

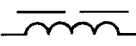
续表

新 符 号		旧 符 号	
名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
插头和插座		插接器 一般符号	 或
接通的连接片	形式 1 形式 2 	连接片	
断开的连接片		换 接 片	

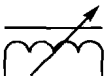

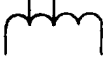

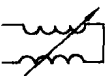
(3) 电阻器

电阻器的一般符号		电阻器的一般符号	
可变电阻器		变 阻 器	 或
压敏电阻器		压敏电阻	
热敏电阻器 注： θ 可用 t° 代替		热敏电阻	
滑线式变阻器		可断开电路的 电阻器	
有固定抽头的 电阻器		有抽头的 固定电阻	
带固定抽头的 可变电阻器		带抽头的 可变电阻	



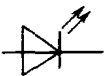
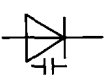

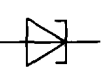

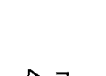
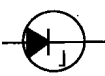

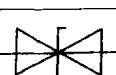

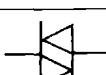

续表

新 符 号		旧 符 号	
名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
分 流 器		分 流 器	
滑动触点电位器		电位器的一般符号	
预调电位器		微调电位器	
(4) 电容器			
电容器的一般符号		电容器的一般符号	
极性电容器		有极性的 电解电容器	
可变电容器		可变电容器	 或 
微调电容器		微调电容器	 或 
(5) 电感器			
电感器、线圈、 绕组、扼流圈		电感线圈、绕组	
带磁心(铁心) 的电感器		有铁心的电感 线圈	
磁心(铁心)有间 隙的电感器		铁心有空气隙 的电感线圈	








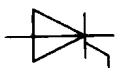









续表

新 符 号		旧 符 号	
名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
带磁心(铁心)连续可调的电感器			
有两个抽头的电感器	 或 	带抽头的电感线圈	
可变电感器			

(6) 半导体管

半导体二极管 一般符号		半导体二极管、 半导体整流器	
发光二极管			
变容二极管		变容二极管	
隧道二极管		隧道二极管	
单向击穿二极管 (稳压二极管)		雪崩二极管	
		稳压二极管	
双向击穿二极管 (双向稳压二极管)		双向稳压二极管	
双向二极管、 交流开关 二极管		双向二极管	

续表

新 符 号		旧 符 号	
名 称	图形符号	名 称	图形符号
PNP 型半导体管		PNP 型半导体管	
NPN 型半导体管		NPN 型半导体管	
集电极接管壳的 NPN 型半导体管			
三极晶体闸流管 注:没必要规定门 极类型时,用于表 示反向阻断 三极晶体闸流管		普通晶体闸流管	
反向阻断三极 晶体闸流管 (阴极侧受控)			
可关断三极 晶体闸流管 (阴极侧受控)			
具有 P 型双基极 单结型半导体管		P 型单结晶体管	
具有 N 型双基极 单结型半导体管		N 型单结晶体管	
P 型沟道结型 场效应 半导体管		P 沟道结型场效应 晶体管	
N 型沟道结型 场效应 半导体管		N 沟道结型场效应 晶体管	

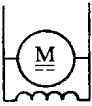
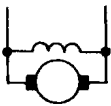


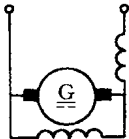
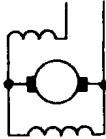
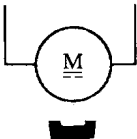

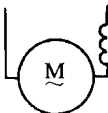
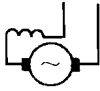
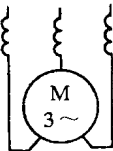

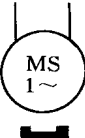

续表

新 符 号		旧 符 号	
名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
增强型单栅 P 沟道和衬底无引出线的绝缘栅场效应半导体管		增强型 P 沟道场效应晶体管	
增强型单栅 N 沟道和衬底无引出线的绝缘栅场效应半导体管		增强型 N 沟道场效应晶体管	
耗尽型单栅 P 沟道和衬底无引出线的绝缘栅场效应半导体管		耗尽型 P 沟道场效应晶体管	
耗尽型单栅 N 沟道和衬底无引出线的绝缘栅场效应半导体管		耗尽型 N 沟道场效应晶体管	
(7) 光电子、光敏器件			
光敏电阻		光敏电阻	
光敏二极管		光电二极管	
光电池		光电池	
PNP 型光敏半导体管			
光敏二极管型光耦合器			



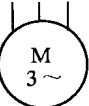

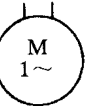

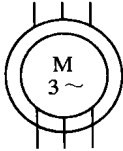
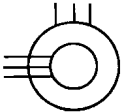



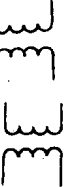


续表

新 符 号		旧 符 号	
名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
(8) 电机、变压器及变流器			
三角形连接的三相绕组		三角形连接的三相绕组	
开口三角形连接的三相绕组		开口三角形连接的三相绕组	
星形连接的三相绕组		星形连接的三相绕组	
中性点引出的星形连接的三相绕组		有中性点引出的星形连接的三相绕组	
星形连接的六相绕组		星形连接的六相绕组	
换向绕组或补偿绕组		换向绕组 补偿绕组	
串励绕组		串励绕组	
并励或他励绕组		并励或他励绕组	
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			
串励直流电动机		串励式直流电动机	

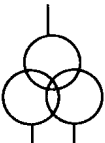
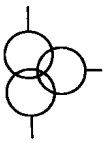

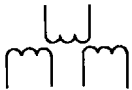






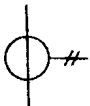



续表

新 符 号		旧 符 号	
名 称	图形符号	名 称	图形符号
并励直流电动机		并励式直流电机	
他励直流电动机		他励式直流电机	
复励直流发电机		复励式直流电机	
永磁直流电动机		永磁直流电机	
单向交流串励电动机		单向交流串励换向器电动机	
三相交流串励电动机		三相串励换向器电动机	
单相永磁同步电动机		永磁单相同步电动机	

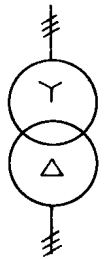
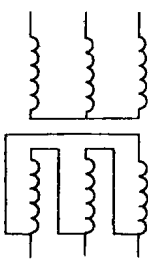

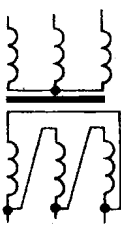

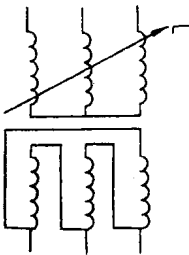

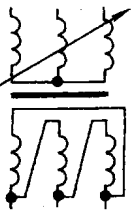
续表

新 符 号		旧 符 号	
名 称	图形符号	名 称	图形符号
三相永磁 同步电动机		永磁三相 同步电动机	
三相笼型异步 电动机		三相鼠笼异步 电动机	
单相笼型异步 电动机		单相鼠笼异步 电动机	
三相线绕转子 异步电动机		三相滑环异步 电动机	
变压器的铁心		变压器的铁心	
双绕组变压器 (黑点表示瞬 时电压极性)	形式 1  形式 2 	双绕组变压器	单线  多线 



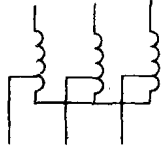
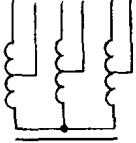



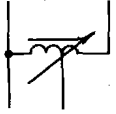


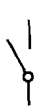

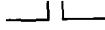
续表

新 符 号		旧 符 号	
名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
三绕组变压器	形式 1 	三绕组变压器	单线 
	形式 2 		多线 
单相自耦 变压器	形式 1 	单相自耦 变压器	单线 
	形式 2 		多线 
电抗器、扼流圈		电 抗 器	
电 流 互 感 器	形式 1 	单 次 级 绕 组 电 流 互 感 器	单 线 
	形式 2 		多 线 

续表

新 符 号		旧 符 号	
名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
三相变压器 星形—三角形连接	形式 1  形式 2 	有铁心的三相 双绕组变压器 绕组连接： 星形—三角形	单线  多线 
具有有载分接 开关的三相变 压器星形—三角形 连接	形式 1  形式 2 	可带负荷调整 有铁心的三相 双绕组变压器 绕组连接： 星形—三角形	单线  多线 

续表

新 符 号		旧 符 号	
名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
三相自耦变压器 星形联结	形式1 	有铁心的三相 自耦变压器,绕 组连接为星形	单线 
	形式2 		多线 
可调压的单相 自耦变压器	形式1 	连续调压有铁 心的单相自耦 变压器	单线 
	形式2 		多线 
(9) 开关控制和保护装置			
动合(常开)触点	形式1 	开关和转换 开关的动合 (常开)触头	
	形式2 	继电器的动合 (常开)触头	
		接触器(辅助触头)、 控制器的动合 (常开)触头	

续表

新 符 号		旧 符 号	
名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
动断(常闭)触点		开关和转换 开关的动断 (常闭)触头	
		继电器的动断 (常闭)触头	
		接触器(辅助触 头)、启动器、 控制器的动断 (常闭)触头	
先断后合的 转换触点		开关和转换开关的 切换触点	
		接触器和控制器的 切换触点	
		单极转换的 2个位置	
中间断开的 双向触点		单极转换开关的 3个位置	
先合后断的 转换触点(桥接)	形式 1	不切断转换 开关的触点	
	形式 2	继电器先合 后断的触点	
		接触器、启动器、 控制器的不切断 切换触点	

续表

新 符 号		旧 符 号	
名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
延时闭合的 动合触点		时间继电器延时闭合 的动合(常开)触点	
		接触器延时闭合的 动合(常开)触点	
延时断开的动 合触点		时间继电器延时开启 的动合(常开)触点	
		接触器延时开启的 动合(常开)触点	
延时闭合动断 (常闭)触点		时间继电器延时闭 合动断(常闭)触点	
		接触器延时闭 合动断(常闭)触点	
延时断开动断 (常闭)触点		时间继电器延时开 启动断(常闭)触点	
		接触器延时开 启动断(常闭)触点	
吸合时延时闭合和 释放时延时断开的 动合(常开)触点		时间继电器延时 闭合和延时开启 动合(常开)触点	
		接触器延时闭 合和延时开启 动合(常开)触点	
手动开关的 一般符号			
动合(常开)按钮 开关(不闭锁)		带动合(常开) 触点,能自动 返回的按钮	


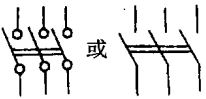


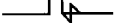



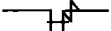
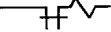






续表

新 符 号		旧 符 号	
名 称	图形符号	名 称	图形符号
动断(常闭)按钮 开关(不闭锁)		带动断(常闭)触点, 能自动返回的按钮	
带动断(常闭)和 动合(常开)触点的 按钮开关(不闭锁)		带动断(常闭)和 动合(常开)触点, 能自动返回的按钮	
拉拔开关 (不闭锁)			
旋钮开关、旋转 开关(闭锁)		带闭锁装置 的按钮	
液位开关		液位继电器触点	
位置开关,动合触点 限制开关,动合触点		与工作机械联 动的开关动合 (常开)触点	
位置开关,动断触点 限制开关,动断触点		与工作机械联 动的开关动断 (常闭)触点	
对两个独立电路 作双向机械操作的 位置或限制开关			





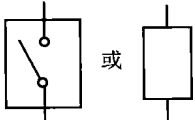







续表

新 符 号		旧 符 号	
名 称	图形符号	名 称	图形符号
热敏开关动合触头(θ 可用动作温度代替)		温度继电器动合(常开)触点	
具有热元件的气体放电管荧光灯启动器		荧光灯触发器	
惯性开关(突然减速而动作)		离心式非电继电器触点	
		转速式非电继电器触点	
单极四位开关	形式 1 形式 2	单极四位转换开关	
三极开关单线表示		三极开关单线表示	

续表

新 符 号		旧 符 号	
名 称	图形符号	名 称	图形符号
三极开关 多线表示		三极开关 多线表示	
接触器(在非动作 位置触点断开)		接触器动合 (常开)触点	
		带灭弧装置接触器 动合(常开)触点	
		带电磁吸弧线 圈接触器动合 (常开)触点	
接触器(在非动作 位置触点闭合)		接触器动断 (常闭)触点	
		带灭弧装置接触器 动断(常闭)触点	
		带电磁吸弧线 圈接触器动断 (常闭)触点	
负荷开关(负荷 隔离开关)		带灭弧罩的单线 三极开关	
		单线三极高压 负荷开关	
隔离开关		单极高压隔离 开关	
		单线三极高压 隔离开关	







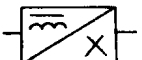

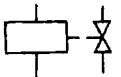

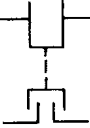
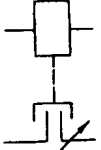

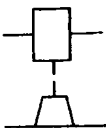
续表

新 符 号		旧 符 号	
名 称	图形符号	名 称	图形符号
具有自动释放的 负荷开关		自动开关的动合 (常开)触点	
断路器		自动开关的动合 (常开)触点	
		高压断路器	
电动机启动器 一般符号			
步进启动器			
调节—启动器			
带自动释放的 启动器			
可逆式电动机:直接 在线接触器式启动 器或满压接触器式 启动器			
星—三角启动器			
自耦变压器式 启动器			




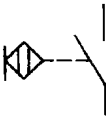








续表

新 符 号		旧 符 号	
名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
带可控整流器的 调节启动器			
操作器件的 一般符号	形式 1 形式 2 	接触器、继电器和 磁力启动器的线圈	 或
具有两个绕组的操作 器件组合表示法		双线圈接触器和 继电器的线圈	
具有两个绕组的操作 器件分离表示法	形式 1 	双线圈	
	形式 2 	有 n 线圈时相应 画出 n 个线圈	
缓慢释放(缓放) 继电器线圈		时间继电器 缓放线圈	
缓慢吸合(缓吸) 继电器线圈		时间继电器 缓吸线圈	
缓吸和缓放 继电器线圈			
快速继电器(快吸 和快放)的线圈			






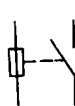
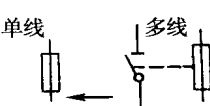


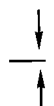




续表

新 符 号		旧 符 号	
名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
剩磁继电器线圈	形式 1  形式 2 		
过电流继电器线圈		过流继电器线圈	
欠电压继电器线圈		欠压继电器线圈	
电磁吸盘		电磁吸盘	
电磁阀		电磁阀线圈	
电磁离合器		电磁离合器	
电磁转差离合器或 电磁粉末离合器		电磁转差离合器或 电磁粉末离合器	
电磁制动器		电磁制动器	


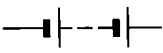
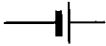















续表

新 符 号		旧 符 号	
名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
接近传感器			
接近开关动合触点			
接触传感器			
接触敏感开关 动合触点			
热继电器的驱动 元件(热元件)		热继电器热元件	
热继电器动断 (常闭)触点		热继电器常闭触头	
熔断器一般符号		熔断器	
供电端用粗线 表示的熔断器			
带机械连杆的 熔断器(撞击 器式熔断器)			

续表

新 符 号		旧 符 号	
名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
熔断器式开关		刀开关—熔断器	
熔断器式隔离开关		隔离开关—熔断器	
熔断器式 负荷开关			
具有独立报警 电路的熔断器		有信号的熔断器	
火花间隙		火花间隙	
双火花间隙			
避 雷 器		避雷器的 一般符号	
(10) 电 池			
原电池或蓄电池		原电池或蓄电池 注:允许不标注极性 符号	

续表

新 符 号		旧 符 号	
名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
蓄電池组或原電池组 注:注明电压值时 允许的画法	48V 	蓄電池组或原電池组 注:注明电压值时 允许的画法	 48V 
(11) 开关			
开关一般符号	形式 1  形式 2 	单极开关	 或 
(12) 测量仪表			
指示仪表 注:星号必须由 字母代替,例如 Hz—频率表 φ —相位表 $\cos\varphi$ —功率因数表			
电 流 表		安 培 表	
电 压 表		伏 特 表	
功 率 表		瓦 特 表	
电能表(瓦时计)		瓦 时 计	
检 流 计		检 流 计	

续表






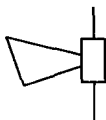
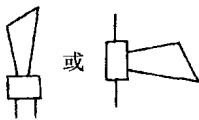


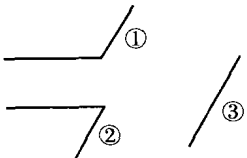

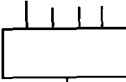







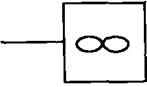



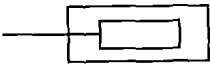
新 符 号		旧 符 号	
名 称	图 形 符 号	名 称	图 形 符 号
示波器		示波器	
(13) 灯和信号器件			
灯的一般符号		照明灯	
		信号灯	
电喇叭		电喇叭	
电铃		电铃一般符号	

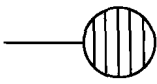



表 1.3.2 常用电力、照明布置图用图形符号

名 称	符 号	说 明
(1) 配线		
配线方向		①向上配线 ②向下配线 ③垂直通过配线
带配线的用户端		
配电中心		示出 5 根导线管





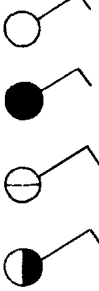
续表

名称	符号	说明
连接盒或接线盒		
(2) 配电箱		
配电箱一般符号		通用于屏、台、箱、柜
动力配电箱		或动力—照明配电箱
信号板、箱		
照明配电箱		需要时允许涂红
事故照明配电箱		
多种电源配电箱		
(3) 用电设备		
电风扇		若不引起混淆,方框可不画
空调器		未示出引线
电铃		
电钟		
电阻加热装置		




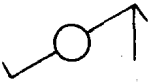
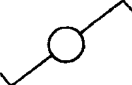


续表

名称	符号	说明
电热水器		
插座		插座或插孔的一般符号,表示一个极
单相插座		分别表示明装、暗装、密闭(防水)、防爆
单相三孔插座		分别表示明装、暗装、密闭(防水)、防爆

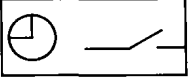


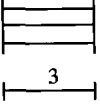





续表

名称	符号	说明
三相四孔插座		分别表示明装、暗装、密闭(防水)、防爆
多个插座		示出 3 个
带开关插座		装一单极开关
(5) 开关		
开关		开关一般符号
单极开关		分别表示明装、暗装、密闭(防水)、防爆

续表

名称	符号	说明
双极开关		分别表示明装、暗装、密闭(防水)、防爆
三极开关		分别表示明装、暗装、密闭(防水)、防爆
单极拉线开关		
单极双控拉线开关		
双控开关		单极三线
带指示灯开关		
多拉开关		如用于不同照度控制

续表

名称	符号	说明
定时开关		如用于延寿节能开关
(6) 照明灯		
灯		灯或信号灯的一般符号, 与电路图上符号相同
投光灯		
荧光灯		示例为 3 管荧光灯
应急灯		自带电源的事故照明灯装置
吸顶灯		
壁灯		
安全灯		
隔爆灯		

3.2 电工常用文字符号

3.2.1 基本文字符号

见表 1.3.3(摘自 GB7159—1987)。

表 1.3.3 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	热电传感器	B	
	激光器	A			热电池	B	
	调节器	A			光电池	B	
	本表其他地方 未规定的组 件、部件	A			测功计	B	
	电桥	A	AB		晶体换能器	B	
	晶体管放大器	A	AD		送话器	B	
	集成电路放大 器	A	AJ		拾音器	B	
	磁放大器	A	AM		扬声器	B	
	电子管放大器	A	AV		耳机	B	
	印制电路板	A	AP		自整角机	B	
	抽屉柜	A	AT		旋转变压器	B	
	支架盘	A	AR		模拟和多级数 字变换器或传 感器(用作指 示和测量)	B	
	电容器	电容器	C			压力变换器	B
二进制元件 延迟器件 存储器件	数字集成电路 和器件	D		位置变换器	B	BQ	
	延迟线	D		旋转变换器 (测速发电机)	B	BR	
	双稳态元件	D		温度变换器	B	BT	
	单稳态元件	D		速度变换器	B	BV	
	磁芯存储器	D		保护器件	过电压放电器件	F	
	寄存器	D			避雷器	F	
	磁带记录机	D			具有瞬时动作 的限流保护器 件	F	FA
	盘式记录机	D			具有延时动作 的限流保护器 件	F	FR
其他元器件	本表其他地方 未规定的器件	E			具有延时和瞬 时动作的限流 保护器件	F	FS
	发热器件	E	EH		熔断器	F	FU
	照明灯	E	EL		限压保护器件	F	FV
	空气调节器	E	EV				

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
发电机 电源	旋转发电机	G		模拟元件	运算放大器	N	
	振荡器	G			混合模拟/数字器件	N	
	发生器	G	GS	测量设备 试验设备	指示器件	P	
	同步发电机	G	GS		记录器件	P	
	异步发电机	G	GA		计算测量器件	P	
	蓄电池	G	GB		信号发生器	P	
	旋转式或固定式变频器	G	GF		电流表	P	PA
				(脉冲)计数器	P	PC	
				电能表	P	PJ	
信号器件	声响指示器	H	HA		记录仪器	P	PS
	光指示器	H	HL		时钟、操作时间表	P	PT
	指示灯	H	HL		电压表	P	PV
继电器 接触器	瞬时接触继电器	K	KA	电力电路的 开关器件	断路器	Q	QF
	瞬时有或无继电器	K	KA		电动机保护开关	Q	QM
	交流继电器	K	KA		隔离开关	Q	QS
	闭锁接触继电器(机械闭锁或永磁铁式有或无继电器)	K	KL	电阻器	电阻器	R	
	双稳态继电器	K	KL		变阻器	R	
	接触器	K	KM		电位器	R	RP
	极化继电器	K	KP		测量分路器	R	RS
	簧片继电器	K	KR		热敏电阻器	R	RT
	延时有或无继电器	K	KT		压敏电阻器	R	RV
	逆流继电器	K	KR				
电感器 电抗器	感应线圈	L		控制、记忆、信号电路的开关 器件选择器	拨号接触器	S	
	线路陷波器	L			连接器	S	
	电抗器(并联和串联)	L			控制开关	S	SA
电动机	电动机	M			选择开关	S	SA
	同步电动机	M	MS		按钮开关	S	SB
	可做发电机或电动机用的电机	M	MG		机电式有或无传感器(单级数字传感器)	S	
	力矩电动机	M	MT		液体标高传感器	S	SL
					压力传感器	S	SP
					位置传感器(包括接近传感器)	S	SQ
					转数传感器	S	SR
				温度传感器	S	ST	

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
变压器	电流互感器	T	TA	传输通道 波导 天线	导线	W	
	控制电路电源	T	TC		电缆	W	
	用变压器				母线	W	
	电力变压器	T	TM		波导	W	
	磁稳压器	T	TS		波导定向耦合器	W	
	电压互感器	T	TV		偶极天线	W	
				抛物天线	W		
调制器 变换器	鉴频率	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	
	变流器	U			连接片	X	XB
	逆变器	U			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	
				电磁阀	Y	YV	
				终端设备	电缆平衡网络	Z	
				混合变压器	压缩扩展器	Z	
				滤波器	晶体滤波器	Z	
			均衡器				
			限幅器	网络	Z		

3.2.2 常用辅助文字符号

见表 1.3.4(摘自 GB7159—1987)。

表 1.3.4 常用辅助文字符号

序号	文字符号	名称	序号	文字符号	名称	序号	文字符号	名称
1	A	电流	25	F	快速	49	PU	不接地保护
2	A	模拟	26	FB	反馈	50	R	记录
3	AC	交流	27	FW	正、向前	51	R	右
4	A AUT	自动	28	GN	绿	52	R	反
5	ACC	加速	29	H	高	53	RD	红
6	ADD	附加	30	IN	输入	54	R RST	复位
7	ADJ	可调	31	INC	增	55	RES	备用
8	AUX	辅助	32	IND	感应	56	RUN	运转
9	ASY	异步	33	L	左	57	S	信号
10	B BRK	制动	34	L	限制	58	ST	启动
11	BK	黑	35	L	低	59	S SET	置位、定位
12	BL	蓝	36	LA	闭锁	60	SAT	饱和
13	BW	向后	37	M	主	61	STE	步进
14	C	控制	38	M	中	62	STP	停止
15	CW	顺时针	39	M	中间线	63	SYN	同步
16	CCW	逆时针	40	M MAN	手动	64	T	温度
17	D	延时(延迟)	41	N	中性线	65	T	时间
18	D	差动	42	OFF	断开	66	TE	无噪声(防干扰)接地
19	D	数字	43	ON	闭合	67	V	真空
20	D	降	44	OUT	输出	68	V	速度
21	DC	直流	45	P	压力	69	V	电压
22	DEC	减	46	P	保护	70	WH	白
23	E	接地	47	PE	保护接地	71	YE	黄
24	EM	紧急	48	PEN	保护接地与 中性线共用			

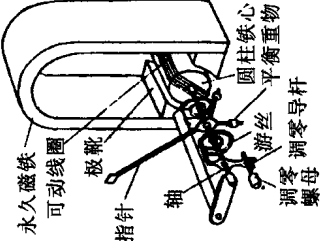
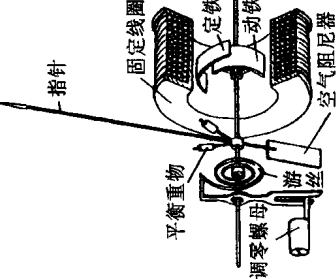
第 2 章 常用电工仪器仪表

1 概 述

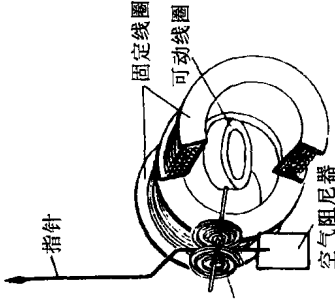
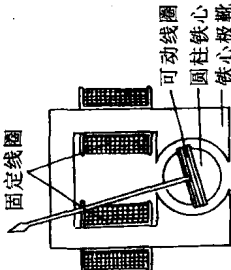
1.1 常用电工仪表分类

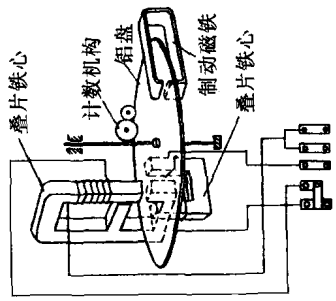
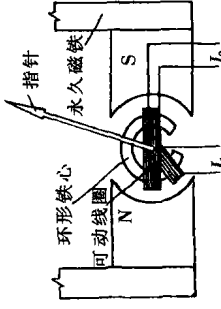
常用电工测量仪表的结构形式、工作原理及分类见表 2.1.1。

表 2.1.1 常用电工测量仪表的结构形式、作用原理及优缺点

结构形式	作用原理	原理结构图	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偏转。当与弹簧反作用力矩平衡时,便获得读数		<ol style="list-style-type: none"> 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 	<ol style="list-style-type: none"> 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		<ol style="list-style-type: none"> 1. 适用于交、直流测量 2. 过载能力强 3. 可无须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 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 标度不均匀 2. 准确度不高 3. 读数受外磁场影响

续表

结构形式	作用原理	原理结构图	优点	缺点
<p>电动式</p>	<p>仪表由固定线圈和活动线圈组成。当它们通有电流后,由于载流导体磁场间的相互作用(或者载流导体间的相互作用)而使活动线圈偏转。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类型仪表为高 3. 可用于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)的磁场中受力矩偏转。当与弹簧反作用力平衡时,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>

结构形式	作用原理	原理结构图	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场。铝盘在交变磁场的作用下,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,它和转变成比例,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>叠片铁心 计数机构 铝盘 制动磁铁 叠片铁心</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 转矩大,过载能力强 2. 受外界磁场影响小 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 只能用于一定频率的交流电 2. 准确度较低
流比计 (又叫比率计)	<p>在同一根转轴上装有两只交叉的线圈,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>指针 永久磁铁 S N 环行铁心 可动线圈 I_2 I_1</p>	<ol style="list-style-type: none"> 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) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 标度不均匀 2. 过载能力差

注:表中介绍的磁电式仪表是一种排斥式,另一种吸入式这里从略。

1.2 电工仪表面板上的符号及意义

电工仪表面板上常见符号及其意义见表 2.1.2。

表 2.1.2 电工仪表面板上常见符号及其意义

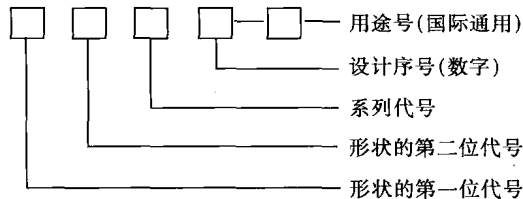
名 称	符 号	名 称	符 号
安培	A	乏	var
分贝	dB	瓦特	W
赫兹	Hz	功率因数	$\cos \varphi$
欧姆	Ω	交流线路或交流响应的测量机构	~
秒	s	直流和(或)交流线路和(或)直流和交流响应的测量机构	—
西门子	S	三相交流线路(通用符号)	3~
伏特	V	试验电压 500V	☆
伏安	V · A	试验电压高于 500V(例如 2kV)	☆
不经受电压试验的装置	☆	电磁系仪表	
标度盘垂直使用的仪表	⊥	电动系仪表	
标度盘水平使用的仪表	┌	铁磁电动系仪表	
标度盘相对水平面倾斜(例 60°)的仪表	∠60°	电动系比率表	
等级指数(例如 1),基准值为标度尺长	↓	铁磁电动系比率表	
等级指数(例如 1),基准值为指示值	①	感应系仪表	

续表

名 称	符 号	名 称	符 号
等级指数(例如 0.5),基准值为 量程	0.5	静电系仪表	
磁电系仪表		振簧系仪表	
磁电系比率表		分流器	
动磁系仪表		参阅单独文件	

1.3 电工仪表的型号表示方法

电工仪表的型号表示方法如下:



型号表示方法中各位数字及字母的含义见表 2.1.3 和表 2.1.4。

表 2.1.3 电工仪表的形状代号

形状第一位代号		形状第二位代号(外壳尺寸 mm)								
(面板最大尺寸)		0	1	2	3	4	5	6	8	9
1	150~200	160× 160— 150×150 Ⅲ	185× 185—120 Ⅰ	160× 130—D Ⅱ	160× 160—D Ⅰ			160× 80— 150×70 Ⅳ		
2	200~100	240× 240— B×B Ⅲ	220× 220— 210 Ⅲ	240× 200—D Ⅱ	240× 240—D Ⅰ	240× 120— A ₁ ×B ₁ Ⅳ		200× 160—D Ⅱ		
3	160~320	320× 320— B×B Ⅲ		320× 260—D Ⅱ	320× 320—D Ⅰ	320× 160— A ₁ ×B ₂ Ⅳ				

续表

形状第一位代号 (面板最大尺寸)		形状第二位代号(外壳尺寸 mm)								
		0	1	2	3	4	5	6	8	9
4	100~120	110× 110- 100× 100Ⅲ	110× 110- 100 I	120× 120- B×B Ⅲ	110× 85-60 Ⅱ	100× 80-D Ⅱ	120× 120-D I	120× 60- A ₁ ×B ₁ Ⅳ		
5	120~150	135× 135- 120 I	135× 110- 80 Ⅱ	130× 105- 70 Ⅱ						120× 100-D Ⅱ
6	80~100	85× 65-40 Ⅱ	80× 60-D Ⅱ	85× 85-80 I	80× 80-D I	80× 80-D I	85×70 V	100×80 V		80×25 V
7	50~30	60× 60- B×B Ⅲ	65× 65-6 I	85×65 V		60× 60-D I		60× 50-D Ⅱ	60×20 V	50×16 V
8	≤50	40× 40- B×B Ⅲ	40× 40-D I	30× 30-D I	20× 20-D I	10× 10-D I	40× 32.5-D Ⅱ	30×12	40×14 V	20×10 V

表 2.1.4 常用电工仪表的系列代号

名称	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	P	Q	S	T	U	X	Z
指示 仪表		谐振 振簧	磁电	电动			感应					整流	补偿	静电	双金	电磁	光电	电子
D电 能表	电流 小时 计	标准		单相		电压 小时 计		总耗	直流		打点 记录			三相 三线	三相 四线		无功	最高 需量
M各种 专用 复用 仪表						万用 表	形表				整流			交流				组合 成套 仪表
H仪 用互 感器					校验 装置	放大 器			电压		电流							

2 常用电工测量及其仪表的选用

2.1 电流和电压的测量

2.1.1 电流的测量

2.1.1.1 直流电流的测量 测量直流电流时,要注意仪表的极性和量程(见图 2.2.1)。在用带有分流器的仪表测量时,应将分流器的电流端钮(外侧 2 个端钮)接入电路中(见图 2.2.2),由表头引出的外附定值导线应接在分流器的电位端钮上。一般外附定值导线是与仪表、分流器一起配套的。如果外附定值导线不够长,可用不同截面和长度的导线替代,但应使替代导线的电阻等于 0.035Ω 。

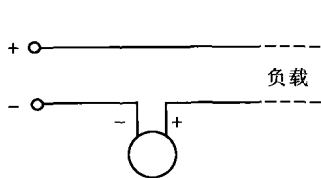


图 2.2.1 电流表直接接入法

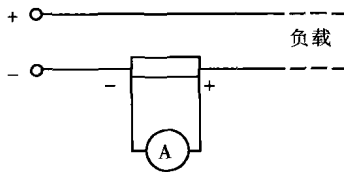


图 2.2.2 带有分流器的接入法

2.1.1.2 交流电流的测量 单相交流电流的测量接线如图 2.2.3、2.2.4 所示。

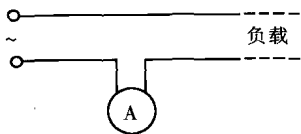


图 2.2.3 电流表直接接入法

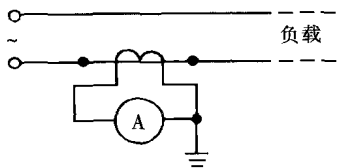


图 2.2.4 带有电流互感器的接入法

2.1.1.3 用钳形表测量交直流电流 在不拆断电路而需要测量电流的场合,可用钳形表进行测量。钳形表分为可测交流电流(例如 T-301、T-302、MG-24)和可测交、直流电流(例如 MG20、MG21)两类,有的还可测量电压(例如 T-302、MG-24)。

测量时只要将被测载流导线夹于钳口中,便可读数。

测量交流的钳形表实质上是由 1 个电流互感器和 1 个整流式仪表所组成,被测载流导线相当于电流互感器的一次侧绕组。

测量交直流的钳形表是 1 个电磁式仪表,放置在钳口中的被测载流导线作为励磁线圈,磁通在铁心中形成回路,电磁式测量机构位于铁心的缺口中间,受磁场的作用而偏转,获得读数。因其偏转不受测量电流种类的影响,所以可测量交直流。

图 2.2.5 是 T-302 型钳形交直流电压表的外形。

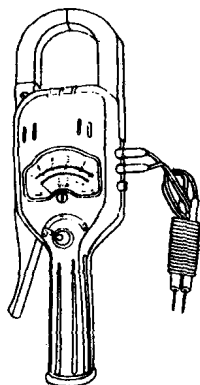


图 2.2.5 T-302 型钳形交直流电压表外形

钳形表的使用方法:

- (1) 进行电流测量时,被测载流导线的位置应放在钳口中央,以免产生误差。
- (2) 测量前应先估计被测电流或电压大小,选择合适的量程。或先选用较大量程测,然后再视被测电流、电压大小,减小量程。
- (3) 为使读数准确,钳口两个面应保证很好地接合。如有杂声,可将钳口重新开合一次。如果声音依然存在,可检查在接合面上是否有污垢存在。如有污垢,可用汽油擦干净。
- (4) 测量后一定要把调节开关放在最大电流量程位置,以免下次使用时,由于未经选择量程而造成仪表损坏。
- (5) 测量小于 5A 以下电流时,为了得到较准确的读数,在条件许可时,可把导线多绕几圈再放进钳口进行测量,但实际电流数值应为读数除以放进钳口内的导线根数。

2.1.2 电压的测量

2.1.2.1 直流电压的测量 进行直流电压测量时要注意仪表的极性(见图 2.2.6)和量程。在采用带有附加电阻的电压表测量时(见图 2.2.7),如果电源有接地的话,应将仪表接在近地端。

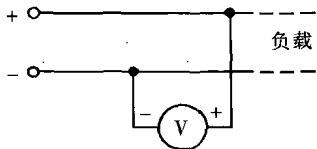


图 2.2.6 电压表的直接接入法

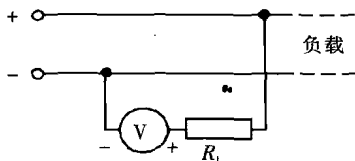


图 2.2.7 带有附加电阻的接法

2.1.2.2 交流电压的测量 单相交流电压的测量接线如图 2.2.8、2.2.9 所示。

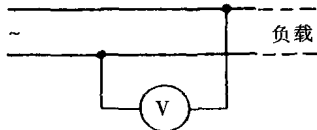


图 2.2.8 电压表的直接接入法

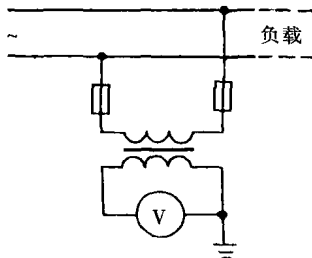


图 2.2.9 带有电压互感器的接入法

2.1.3 常用电流、电压钳形表的型号和规格

常用的直流电流、电压表有 1C、1KC、42C、59C、69C、85C、91C 等系列，常用的交流电流、电压表有 1T、6L、42L、44L、59L、69L、85L 等系列；常用的钳形电流电压表有 MG 系列等(见表 2.2.1)。

表 2.2.1 部分常用电流、电压表的型号及其规格

	型号	类型	级别	量程范围	备注
直 流	1C2- ∇	磁电式	1.5	1mA~10000A	75A 起外接 FL-2 分流器
				3~3000V	1000V 起附定值电阻器
	1KC- ∇	磁电式	2.5	1~500A	指针端有触点可与控制电路相连 20A 起外接分流器
				30~250V	
	6C2- ∇	磁电式	1.5	1mA~50A	75A 起外接分流器
				1.5~600V	
	42C3- ∇	磁电式	1.5	1mA~50A	75A 起外接分流器
				1.5~1500V	750V 起附定值电阻器
	44C2- ∇	磁电式	1.5	50 μ A~10A	15A 起外接分流器
				1.5~600V	
59C2- ∇	磁电式	1.5	50 μ A~10A	15A 起外接分流器	
			1~600V		
69C9- ∇	磁电式	2.5	50 μ A~10A	15A 起外接分流器	
69C13- ∇			1.5~600V	69C13- ∇ 指针可制成双向	
85C1- ∇	磁电式	2.5	50 μ A~10A	15A 起外接分流器	
			1.5~600V		
91C4- ∇	磁电式	5	50 μ A~50A	75A 起外接分流器	
			1.5~600V		
交 流	1T1- ∇	电磁式	2.5	0.5~200A 5~10000A	后者配用 5A 电流互感器
				15~600V 450~460000V	后者配用 100V 电压互感器
	6L2- ∇	整流式	1.5	0.5~50A	大于 50A 配用电流互感器 200~600V 配用 100V 电压 互感器
				3~150V 200~600V	
	42L6- ∇	整流式	1.5	0.5~50A	大于 50A 配用电流互感器 200~600V 配用 100V 电压 互感器
				3~150V 200~600V	
	44L1- ∇	整流式	1.5	0.5~20A	大于 20A 配用电流互感器 200~600V 配用 100V 电压 互感器
				3~150V 200~600V	
	59L1- ∇	整流式	1.5	0.5~20A	大于 20A 配用电流互感器 200~600V 配用 100V 电压 互感器
				3~150V 200~600V	
69L9- ∇	整流式	2.5	0.5~20A	大于 20A 配用电流互感器 200~600V 配用 100V 电压 互感器	
69L13- ∇			3~150V 200~600V		
85L1- ∇	整流式	2.5	0.5~20A	大于 20A 配用电流互感器 200~600V 配用 100V 电压 互感器	
			3~150V 200~600V		

续表

型号	类型	级别	量程范围	备注
MG20	电磁式	5	0~100A 0~200A	每个表备有多个表头,每个量程用一个表头适用于测量工作频率 50Hz、电压 600V 以下的交流和直流网络的电流
			0~300A 0~400A	
0~500A 0~600A				
0~800A				
0~750A 0~1000A				
MG21	电磁式	5	0~1500A	
MG3-1 (T-301)	电磁式	2.5	0~10~25~50~100~250A	适用于测 50Hz、600V 以下的交流电路
			0~10~25~100~300~600A	
			0~10~30~100~300~1000A	
			1~10~50~250~1000A	
0~300~600V				
MG3-2 \sqrt{A} (T-302)	电磁式	2.5	0~300~600V	
MG24 \sqrt{A}	整流式	2.5	0~5~25~50A	
			0~5~50~250A	
0~300~600V				
MG26 \sqrt{A}	整流式	5	0~5A 0~50A 0~250A	
			0~300V 0~600V	

2.2 电阻的测量

在电阻的测量中,由于被测电阻的阻值范围和性质不同,用同一种方法或仪表往往不能进行测量。在习惯上,常对 1Ω 以下的电阻称为小阻值电阻, $1\sim 10^6\Omega$ 称为中阻值电阻, $10^6\Omega$ 以上的电阻称为大阻值电阻,为了能准确测量,要根据不同情况和要求,选择不同的方法和仪表。

2.2.1 $1\Omega\sim 100k\Omega$ 电阻的测量

2.2.1.1 电压、电流表法 用电压、电流表法测电阻,其电阻值可以用下式来求得:

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

式中 R_x ——被测电阻;

U 、 I ——电压、电流表的读数。

如果 R_A 、 R_V 分别是电流表与电压表的内阻,图 2.2.10(a)的接线适用于 R_A 远小于 R_x 的情况,图 2.2.10(b)接线适用于 R_V 远大于 R_x 的情况。

此法测量时最好将电源电压调节到使电流为被测电阻工作时的情况,这样测

出的电阻将比较接近于实际使用情况(例如测白炽灯或电热器的电阻时,应将电压调节到额定值,这才表示工作时的电阻)。

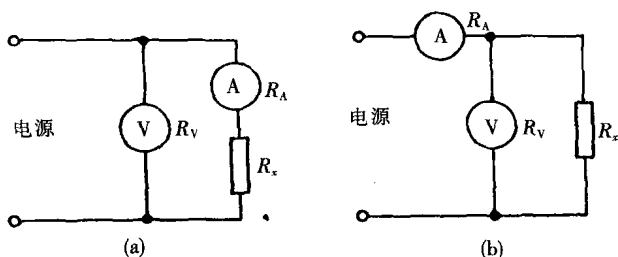


图 2.2.10 电压、电流表法测电阻的接线

(a) $R_A \ll R_x$ 时的接线 (b) $R_V \gg R_x$ 时的接线

2.2.1.2 万用表法 选择合适的电阻量程挡测量。

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

单臂电桥的电路原理如图 2.2.11 所示。图中 R_x 为被测电阻, G 为检流计, 如变动 R_1 、 R_2 、 R_3 数值, 可使检流计中通过的电流为零(指针不动), 电路达到平衡, 这时 R_1 、 R_2 、 R_3 与 R_x 的数值关系为

$$R_1 R_3 = R_2 R_x$$

或

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

R_1 、 R_2 叫比例臂, R_3 叫比较臂。在电桥中 R_1 、 R_2 实际上是做在一起的, 可用一个转换开关来变换 R_1/R_2 的比值。一般有 $\times 0.001$, $\times 0.01$, $\times 0.1$, $\times 1$, $\times 10$, $\times 100$, $\times 1000$ 七挡。 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。

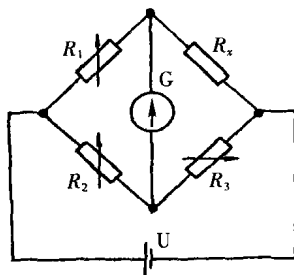


图 2.2.11 单臂电桥原理线路

QJ23 携带式直流单臂电桥的结构电路和外形如图 2.2.12 所示。

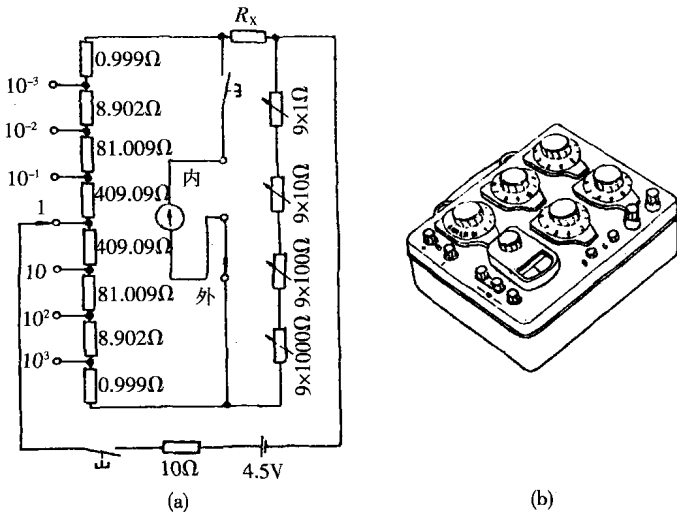


图 2.2.12 QJ23 携带式直流单臂电桥

(a) 内部结构电路 (b) 外形图

QJ23 电桥在测量不同范围的电阻时,比例臂的位置(倍率)和测量相对误差的关系如表 2.2.2 所示。

表 2.2.2 QJ23 电桥比例臂的倍率与相对误差关系

倍 率	R_x (Ω)	相对误差(%)
$\times 0.1, \times 1, \times 10$	$10^2 \sim 99990$	± 0.2
$\times 0.01$	$10 \sim 99.99$	± 0.5
$\times 100$	$10^5 \sim 999900$	± 0.5
$\times 0.001$	$1 \sim 9.999$	± 1
$\times 1000$	$10^6 \sim 9999000$	± 1

2.2.1.4 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) 测量端与被测电阻间的连接导线应尽量用截面较大、较短的导线,连接应该牢固,漆膜应刮净,避免采用线夹,以提高精确度和避免使检流计指针打坏。
- (4) 单臂电桥不适宜测量 0.1Ω 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,再断开电源,以免线圈的自感电动势打坏检流计。

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

(7) 电桥不用时应将检流计锁住,以免在搬移时震断吊丝。

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

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

2.2.2 低电阻的测量

在测量触头的接触电阻和直流机电枢绕组等的低值电阻时,中值电阻的单臂电桥测量方法就显得不够准确,因为连接引线的电阻与接头处的接触电阻这时不可忽略,而前述方法中这些电阻都包含在未知桥臂中被测量进去了,所以必须采用双臂电桥进行测量。

图 2.2.13 为 QJ103 型直流双臂电桥的结构电路。双臂电桥是在单臂电桥的基础上,设法消除连接引线与接触电阻的影响而构成的,为此电桥有两对测量端钮,一对叫电流端钮(用 C 标记),另一对叫电压端钮(用 P 标记),如图 2.2.13(a) 中的 C_1 、 C_2 、 P_1 、 P_2 。

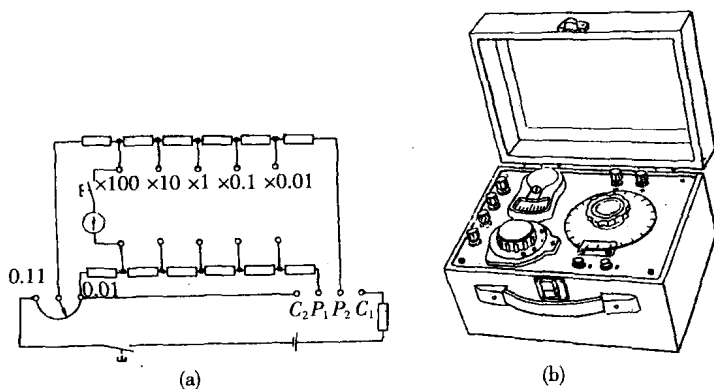


图 2.2.13 QJ103 型直流双臂电桥及电路

QJ103 电桥在测不同范围的电阻时,比例臂的位置(倍率)和测量相对误差的关系如表 2.2.3 所示。

表 2.2.3 QJ103 电桥比例臂的倍率与相对误差关系

倍 率	$R_x(\Omega)$	相对误差(%)
$\times 0.01$	0.0001~0.0011	± 20
$\times 0.1$	0.001~0.011	± 2
$\times 1$	0.01~0.11	± 2
$\times 10$	0.1~1.1	± 2
$\times 100$	1~11	± 2

在使用双臂电桥进行测量时,要注意被测电阻的电流端与电压端应相应地连接于电桥的电流端钮与电压端钮上。实际使用时往往被测电阻没有电流端与电压端,所以测量时应注意,要使被测电阻的电压端接在一对电流端的内侧(见图 2.2.14),切不可接错。

双臂电桥的其他使用注意事项基本上同单臂电桥。常用的单、双臂电桥型号与规格如表 2.2.4 所示。

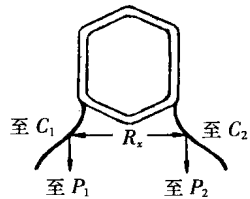


图 2.2.14 被测电阻电压端与电流端的接法

表 2.2.4 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%
			$10 \sim 99.99$ 0.5%
			$10^5 \sim 999900$ 0.5%
			$1 \sim 9.999$ 1.0%
			$10^6 \sim 9999000$ 1.0%
直流双臂电桥	QJ103	$10^{-4} \sim 11$	$0.0001 \sim 0.0011$ 20%
			$0.001 \sim 0.011$ 2%
			$0.01 \sim 0.11$ 2%
			$0.1 \sim 1.1$ 2%
			$1 \sim 11$ 2%
单双臂两用电桥	QJ19	单臂 $10^2 \sim 10^6$ 双臂 $10^{-5} \sim 10^2$	0.5%

2.2.3 绝缘电阻和接地电阻的测量

兆欧表(又叫摇表)是一种简便、常用的测量高电阻的直读式仪表。一般用来测量电路、电机绕组、电缆、电气设备等的绝缘电阻。

最常见的兆欧表是由作为电源的高压手摇发电机(交流或直流发电机)及指示读数的磁电式双动圈流比计组成。新型的兆欧表有用交流电作电源的或采用晶体管直流电源变换器及磁电式仪表来指示读数的。

用交流发电机和直流发电机做电源的兆欧表测量电阻的原理电路如图2.2.15所示。固定在同一轴上的两个线圈,其中一个线圈与附加电阻 R_1 串联,另一个线圈通过附加电阻 R_2 与被测电阻 R_x 串联。

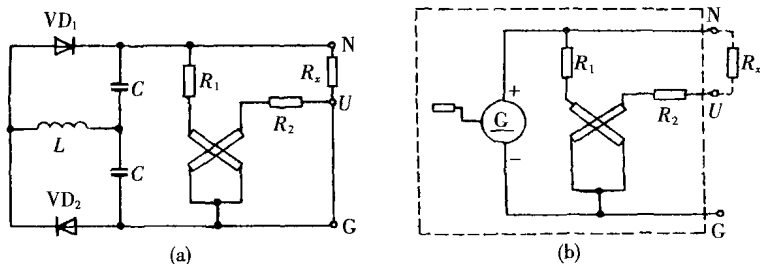


图 2.2.15 兆欧表原理图

(a) 交流发电机做电源 (b) 直流发电机做电源

几种常用的兆欧表外形如图 2.2.16 所示。

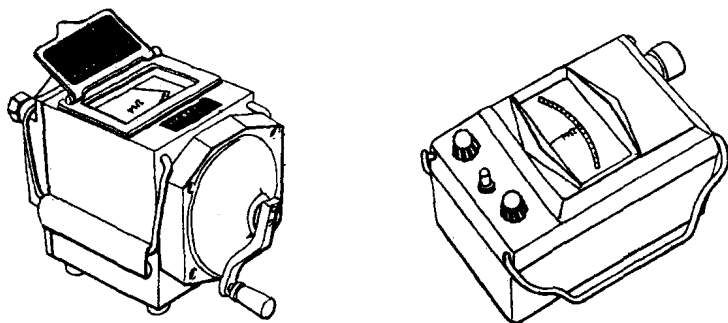


图 2.2.16 兆欧表的外形

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[见图 2.2.17(a)];在做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[见图 2.2.17(b)];测量电缆的缆芯对缆壳的绝缘电阻时,除将缆芯和缆壳分别接于“电路”和“接地”接线柱外,还要将电缆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[见图 2.2.17(c)]。

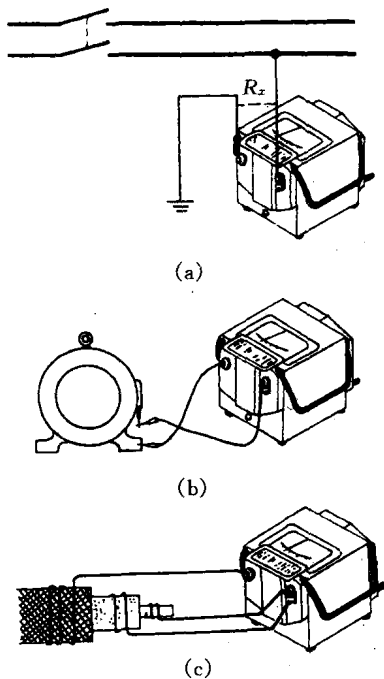


图 2.2.17 用兆欧表测量绝缘电阻的接法

兆欧表的使用注意事项:

(1) 在进行测量前后要先切断电源,被测设备一定要进行充分放电(需 2~3min),以保障设备及人身安全。

(2) 接线柱与被测设备间连接的导线不能用双股绝缘线或绞线,要用单股线分开单独连接,避免因绞线绝缘不良而引起误差。同样应保持表面清洁、干燥,以免引起误差。

(3) 测量前先将兆欧表进行一次开路 and 短路试验,检查兆欧表是否良好。若将两连接线开路,摇动手柄,指针应指在“ ∞ ”(无穷大)处,这时如再把两连接线短接一下,指针应指在“0”处,说明兆欧表是良好的,否则兆欧表是有误差的。

(4)摇动手柄时应由慢渐快,当出现指针已指零时就不能再继续摇动手柄,以防表内线圈发热损坏。

(5)为了防止被测设备表面漏泄电阻的影响,使用时应将被测设备的中间层接于保护环(G)端,如图 2.2.17(c)所示。

(6)兆欧表电压等级的选用,一般额定电压在 500V 以下的设备,选用 500V 或 1000V 的表;额定电压在 500V 以上的设备,选用 1000~2500V 的表。量程范围的选用,一般应注意不要使其测量范围过多地超出所需测量的绝缘电阻值,以免使读数产生较大的误差。例如一般测量低电压电器设备绝缘电阻时可选用 0~200M Ω 量程的表,测量高压电器设备或电缆时可选用 0~2000M Ω 量程的表。刻度不是从零开始,而是从 1M Ω 或 2M Ω 起始的,兆欧表一般不宜用来测量低压电器设备的绝缘电阻。

(7)禁止在雷电时或在邻近有带高压导体的设备处使用兆欧表进行测量。只有在设备不带电又不可能受其他电源感应而带电时才能进行测量。

常用兆欧表的型号与规格如表 2.2.5 所示。

表 2.2.5 常用兆欧表的型号与规格

型号	额定电压(V)	级别	量程范围(M Ω)	备注
0101	100	1.0	0~100	
2525	250	1.0	0~250	
5050	500	1.0	0~500	
1010	1000	1.0	0~1000	
ZC45-1	100	1.0	0~20	
ZC45-2	100	1.0	0~100	
ZC45-3	250	1.0	0~50	
ZC45-4	250	1.0	0~250	
ZC45-5	500	1.0	0~100	
ZC45-6	500	1.0	0~500	
ZC45-7	1000	1.0	0~1000	
ZC45-8	2500	1.0	0~2500	
ZC11D-1	100	1.0	0~500	
ZC11D-2	250	1.0	0~1000	
ZC11D-3	500	1.0	0~2000	
ZC11D-4	1000	1.0	0~5000	
ZC11D-5	2500	1.5	0~10000	
ZC11D-6	100	1.0	0~20	
ZC11D-7	250	1.0	0~50	
ZC11D-8	500	1.0	0~100	
ZC11D-9	50	1.0	0~200	
ZC11D-10	2500	1.5	0~2500	

续表

型号	额定电压(V)	级别	量程范围(M Ω)	备注
ZC59-1	100	1.0	0~100	袖珍型重约 1 kg, 外形尺寸 175 mm×98 mm×80 mm
ZC59-2	250	1.0	0~250	
ZC59-3	500	1.0	0~500	
ZC59-4	1000	1.0	0~1000	
ZC42-1	100	1.0	0~100	交流 220 V 供电
	250		0~200	
ZC42-2	250	1.0	0~200	
	500		0~500	
ZC42-3	500	1.0	0~500	
	1000		0~1000	
ZC52-1	250	1.0	0~250	交流 220 V 供电
ZC52	500		0~500	
	1000		0~1000	
ZC58-1	250	5.0	0~500	电源为 1.5 V 5 号电池 6 节 还可测交流电压 0~500 V 外形尺寸 162 mm×100 mm×45 mm, 重 0.42 kg
ZC58-2	500	5.0	0~1000	
ZC58-3	1000	5.0	0~2000	
PC20 (数字式)	500 1000	3.0	0~200 0~1000	还可测直流电压 0~200V, 0~1000V; 交流电压 0~200V, 0~750V 电源为 1.5 V 5 号电池 6 节 外形尺寸 162 mm×100 mm× 45 mm, 重 0.34kg
PC10 (数字式)	500 1000		1.0	0.05~2000 0.19~2000

工矿企业中有的电气设备如避雷针等必须可靠接地, 用来测量电气设备接地电阻用的仪表称接地电阻测试仪, 又称接地电阻表。若是用手摇发电机来提供检测电压的又称接地摇表。常用接地电阻表的型号与规格如表 2.2.6 所示。

表 2.2.6 常用接地电阻表的型号与规格

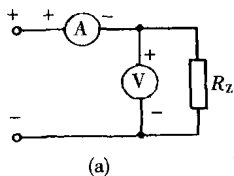
型号	测量范围 (Ω)	级别	最小分辨率 (Ω)	辅助接地探棒接地 电阻值(Ω)	备注
ZC29B-1	0~10	3.0	0.1	≤ 1000	接地摇表
	0~100		1	≤ 2000	
	0~1000		10	≤ 5000	
ZC29B-2	0~1	3.0	0.01	≤ 500	接地摇表
	0~10		0.1	≤ 1000	
	0~100		1	≤ 2000	
PC22	0~2	2.0	0.01	≤ 2000	数字式,3位液晶显示,2号电池(1.5V)8节
	2~20			≤ 5000	
	20~200			≤ 5000	
ZC54	0~10	5.0	0.1	≤ 2000	5号电池(1.5V)8节
	0~100		1	≤ 2000	
	0~1000		10	≤ 5000	

2.3 功率和功率因数的测量

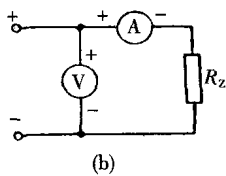
2.3.1 直流电路功率的测量

若按图 2.2.18 接线测量,功率 P 等于电压表与电流表读数的乘积,即 $P = UI$ 。图 2.2.18(a)适用于 R_V 远大于 R_x 的情况,图 2.2.18(b)适用于 R_A 远小于 R_Z 的情况, R_Z 、 R_V 、 R_A 分别为负载电阻、电压表内阻和电流表内阻。

若按图 2.2.19 接线测量,功率表的读数就是被测负载的功率。



(a)



(b)

图 2.2.18 用电压、电流表测量功率的电路

(a) $R_V \gg R_Z$ 时的接线 (b) $R_A \ll R_Z$ 时的接线

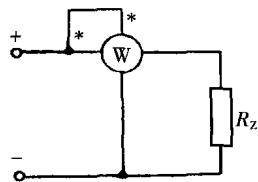


图 2.2.19 用功率表测量功率的电路

2.3.2 单相交流电路功率和功率因数的测量

2.3.2.1 有功功率的测量 功率表(又叫电力表或瓦特表)是一种电动式仪表,可用于测量直流电路和交流电路的功率。它有两组线圈,一组是固定的电流线圈

圈,一组是可动的电压线圈。它的指针偏转(读数)与电压、电流以及电压与电流之间的相角差的余弦的乘积成正比,因此可用它测量电路的功率。由于它的读数与电压、电流之间的相角差有关,因此电流线圈与电压线圈的接线必须按照规定的方式连接,才能获得正确的测量值。在仪表上注有*或±号的端点应接在一起,如图2.2.20(a)所示。

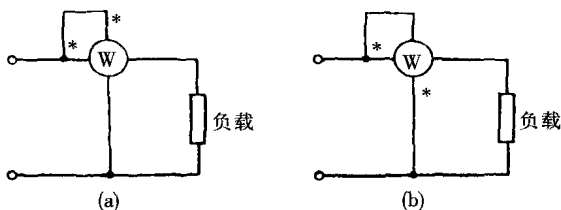


图 2.2.20 功率表测量的接线

(a) 正确的接线 (b) 不正确的接线

当需要对高压电路或大电流电路进行功率测量而功率表的量程不够时,可按图2.2.21接线。这时电路的功率为:

$$P = P_1 K_1 K_2$$

式中 P ——被测功率;

P_1 ——功率表的读数;

K_1 ——电流互感器一次侧电流与二次侧电流之比;

K_2 ——电压互感器的一次侧电压与二次侧电压之比。

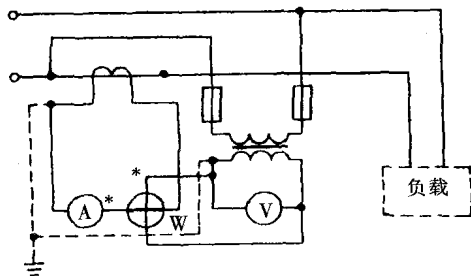


图 2.2.21 应用电流互感器和电压互感器

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2.2.22是以D26-W功率表(150~300~600V,5~10A)为例的功率表电压、电流线圈的接线。

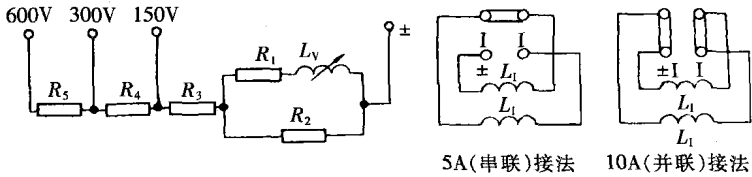


图 2.2.22 D26-W 型功率表电压、电流线圈接线原理图

L_V , 电压线圈 L_I , 电流线圈 $R_1 \sim R_5$, 附加电阻

2.3.2.2 功率因数的测量 单相功率因数表(又称相位表)是电动式流比计,其原理如图 2.2.23 所示。它有两个固定线圈 A , 另有两个互成某一角度并固定在同一支架上的可动线圈 B_1 和 B_2 , R_1 、 R_2 和 L 分别是附加电阻和电感。其特点是没有反作用弹簧(游丝),因此使用前仪表的指针可停留在任意位置。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(即负载电流)超前或落后端电压的相角 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与单相功率表相同,有*(或士)号的端点应连接在一起。它们的型号规格见表 2.2.7。

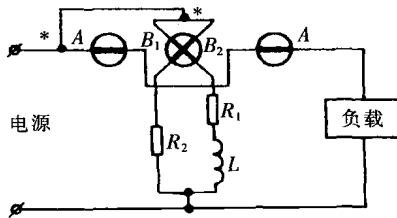
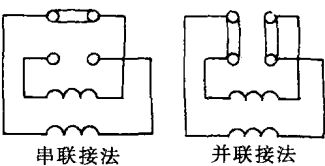


图 2.2.23 单相功率因数表连接图

表 2.2.7 常用单相功率表和单相功率因数表的型号与规格

型号	级别	电压量程范围(V)	电流量程范围(A)	电流线圈接线	备注
D19-W	0.5	150~300	0.5~1	<p>串联插接法</p>	
			2.5~5		
			5~10		

续表

型号	级别	电压量程范围(V)	电流量程范围(A)	电流线圈接线	备注
D26-W	0.5	75~150~300 125~250~500 150~300~600	0.5~1		
			1~2		
			2.5~5		
			5~10		
			10~20		
D26--cosφ	0.5	110~220	0.25~0.5		功率因数范围： -0.5~ 1~ +0.5
			0.5~1		
			1~2		
			2.5~5		
			5~10		
			10~20		
PS40	0.5	200~500	0.2~2		数字式， LED8 $\frac{1}{2}$ 位有 BCD 码 数字输 出，可 与计算 机连 接 功率量 程： 200~ 1000W； 2~ 10kW
			2~20		

2.3.3 三相交流电路功率和功率因数的测量

2.3.3.1 有功功率的测量

(1) 用单相功率表进行测量的接线如图 2.2.24 所示。

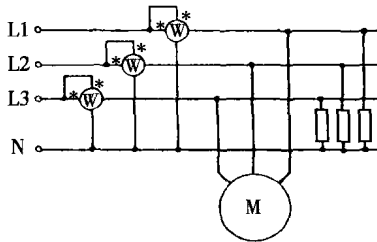


图 2.2.24 三相四线制电路功率的测量接线

$$P = P_1 + P_2 + P_3 \text{ (三瓦计法)}$$

要注意负载不对称的三相四线制不能用二瓦计法进行测量。在用二瓦计法（见图 2.2.25）进行测量时，某些情况下（与负载性质有关），如果发现功率表反偏转而无法读数时，可将该表的电流线圈接头反接（见图 2.2.26），但不可将电压线圈接头反接，以免引起静电误差甚至导致仪表损坏。这时所测得的功率应为两读数之差。

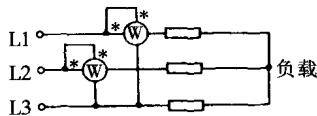


图 2.2.25 三相三线制电路功率的测量接线

$$P = P_1 + P_2 \text{ (二瓦计法)}$$

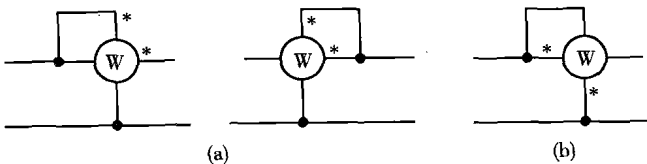


图 2.2.26 功率表的接线换接图

(a) 正确的换接 (b) 不正确的换接

(2) 用三相有功功率表进行测量的接线如图 2.2.27 所示。

三相有功功率表（又叫千瓦表）实际上相当于两个单相功率表组合在一起的铁磁电动式（或电动式）仪表，它有 2 个电压线圈和 2 个电流线圈，分别接于电路之中，其内部接法就是三相三线制中用单相功率表的二瓦计法。因此能用来测量三相电路的功率，但它只能测量三相三线制或对称三相四线制交流电路的功率。

仪表的接线如图 2.2.27 所示。当采用电压或电流互感器时，电路的实际功率

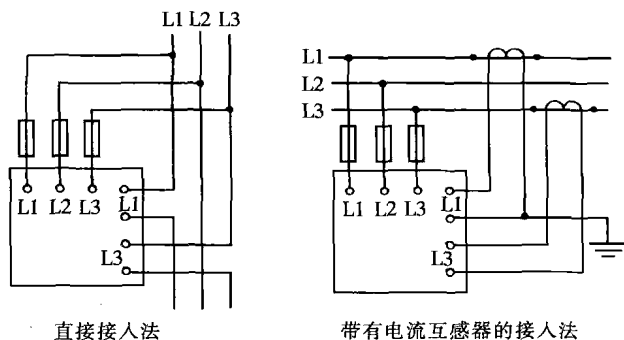


图 2.2.27 三相有功功率表的接线

P 为电表的读数 P_1 乘以电压互感器和电流互感器的比率。

即

$$P = P_1 K_1 K_2$$

2.3.3.2 无功功率的测量 按图 2.2.28 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。两个功率表读数之和就是电路的无功功率,单位为乏(var)。

用三相无功功率表(又叫千乏表)可以测量对称三相电路的无功功率,其结构相同于三相有功功率表,内部接线就是图 2.2.28 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(见图 2.2.27)。常用三相功率表的型号及规格见表 2.2.8。

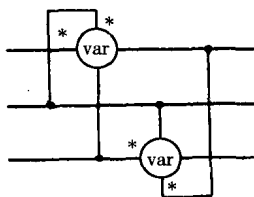


图 2.2.28 用两个单相功率表测量对称三相电路的无功功率的接线

表 2.2.8 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: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。

2.3.3.3 功率因数的测量 三相功率因数表(或称相位计)也是 1 个流比计,是专门用来测量三相对称电路(三线制、各相负载对称的电路)负载的功率因数的。

其原理连接图如图 2.2.29 所示。图中 A 为固定线圈(电流线圈)串接在 L1 相电路中,两个固定在同一支架上的线圈(电压线圈) B_1 、 B_2 分别跨接在线电压 L1、L2 相与 L1、L3 相间, R_1 与 R_2 为附加电阻。接法上,若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 (或负载的功率因数角 φ),于是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、规格见表 2.2.9。

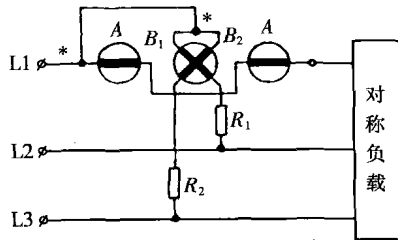


图 2.2.29 三相功率因数表原理连接图

表 2.2.9 常用三相功率因数表的型号及规格

名称	型号	级别	额定电压(V)	额定电流(A)
D31-cos φ	1.0	-0.5~1~+0.5	110	0.25~0.5 0.5~1
			220	1~2 2.5~5
			380	5~10 10~20
19D1-cos φ	2.5	-0.5~1~+0.5	127	5
			220	
			380	
45T1-cos φ	2.5	0~1~0	100	5
			127	
			220	
			直接接入 380V 配电压互感器	

2.4 电能的测量

2.4.1 直流电能的测量

直流电能 W 的测量可通过功率 P 测量的读数乘以时间 t 而得。

即

$$W = Pt$$

对于一般的直流电路的电能可用直流电能表(电度表)来测量。直流电能表属于电动式仪表。它有一组电压线圈和一组电流线圈,分别接于被测电路之中。DJ1型2.0级直流电能表接线方式如图2.2.30所示。

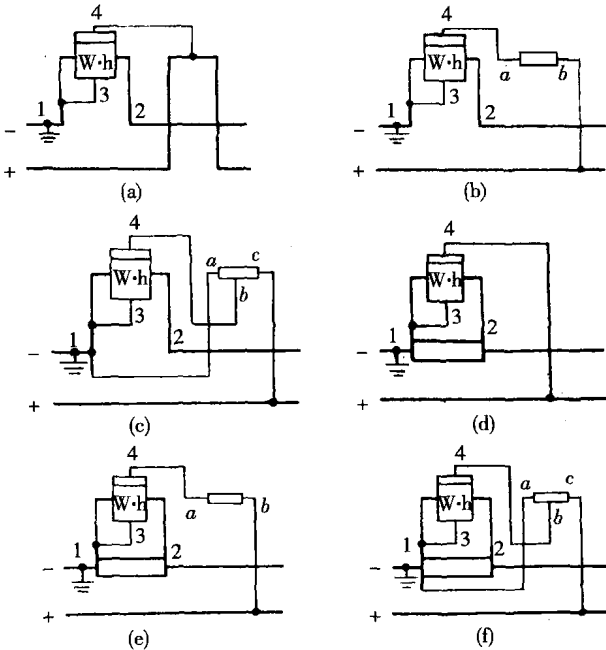


图 2.2.30 直流电能表的接线

- (a) 直接接入式直流电能表 (b) 经附加电阻接入式直流电能表
 (c) 通过分压器接入式直流电能表 (d) 通过分流器接入式直流电能表
 (e) 通过附加电阻、分流器接入式直流电能表
 (f) 通过分压器、分流器接入式直流电能表

2.4.2 交流有功电能的测量

单相有功电能表(单相瓦时表)可用来测量单相交流电路的有功电能。它是一种感应式仪表,主要由1个可旋转的铝盘和分别绕在铁心上的1个电压线圈与1个电流线圈所组成,其外形如图2.2.31所示。

三相三、四线交流电路的有功电能表的结构基本上与单相的相同,只是它具有二组(三线)或三组(四线)电压、电流线圈。三相三线电能表的外形如图2.2.32所示。

有功电能表的安装使用和注意事项:

(1) 电能表不允许安装在 10% 额定负载以下的电路中使用。

(2) 电能表在使用过程中, 电路上不允许经常短路或负载超过额定值的 125%。

(3) 在使用电压互感器和电流互感器时, 实际消耗的电能应为电能表的读数乘以电压互感器和电流互感器的变化值。

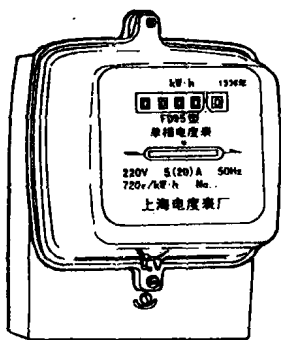


图 2.2.31 单相有功电能表



图 2.2.32 三相三线电能表

2.4.3 交流无功电能的测量

无功电能的测量与有功电能的测量配用在一起, 可算出用户的功率因数, 因此通过无功电能的测量可促使合理用电, 提高设备的利用率。

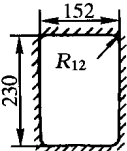
三相无功电能表可用来测量三相电路的无功电能。它的结构基本上同三相三线制有功电能表, 它具有两组电压、电流线圈。电表的可动部分的转矩正比于负载上的电压、电流以及它们相角差的正弦的乘积, 因而能计量无功电能。

部分电能表的型号与规格见表 2.2.10。

表 2.2.10 部分电能表的型号与规格

名称	型号	级别	额定电压 (V)	额定电流 (A)	备注
直流电能 (度)表	DJ1	2.0	6,12 48,110	5,10,20,30 50,75,100 125,150,300	可配用分流器、分压器 或附加电阻扩大量程
单相电能 (度)表	FD-95 ^A _B	2.0	220	2.5(10),5(20) 10(40),15(60) 20(80),30(100)	括号中为允许过载量 互感式为应用电流互感器
				1.5(6)互感式	另有 FD 系列其他型号
	DD862-4	2.0	220	2.5(10),5(20) 10(40),15(60) 20(80),40(100)	另有 DD 系列其他型号 等
				1.5(6)互感式	
三相三线 有功电能 (度)表	DS862-4	2.0	3×380	3×5(20) 3×10(40) 3×1.5(6)互感式	另有 DS 系列其他型号 等
三相三线 无功电能 (度)表	DX865-2	3.0	3×380	3×3(6)互感式	另有 DX 系列其他型号 等
	DX865-4			3×1.5(6)互感式	
	DX863-4	2.0	3×380	3×1.5(6)互感式	
三相四线 有功电能 (度)表	DT862-2	2.0	3×380/220	3×3(6)互感式	另有 DT 系列其他型号 等
	DT862-4			3×1.5(6)互感式	
				3×5(20)	
				3×10(40)	
				3×15(60)	
3×20(80)					
3×30(100)					
三相四线 无功电能 (度)表	DX862-2	3.0	3×380	3×3(6)互感式	另有 DX 系列其他型号 等
	DX862-4			3×1.5(6)互感式	
	DX864-2	2.0		3×3(6)互感式	
	DX864-4			3×1.5(6)互感式	

续表

名称	型号	级别	额定电压 (V)	额定电流 (A)	备注	
三相三线 嵌入式有 功电能 (度)表	DS862-2B	2.0	3×380	3×3(6)互感式	另有 DS、DX、DT 系列 其他型号例如 DX865-2S、DX862- 2S 分别为三相三线、四 线双向无功电能表,可 测电网中的感性和容性 无功电能 嵌入式电能表安装孔尺 寸如下 	
	DS862-4B			3×1.5(6)互感式		
三相三线 嵌入式无 功电能 (度)表	DX865-2B	3.0	3×380	3×3(6)互感式		
	DX865-4B			3×1.5(6)互感式		
三相四线 嵌入式有 功电能 (度)表	DT862-2B	2.0	3×380	3×3(6)互感式		
	DT862-4B			3×1.5(6)互感式		
	DT864-2B	1.0	3×380/220	3×3(6)互感式		
	DT864-4B			3×1.5(6)互感式		
三相四线 嵌入式无 功电能 (度)表	DX862-2B	3.0	3×380	3×3(6)互感式		
	DX862-4B			3×1.5(6)互感式		
	DX864-2B	2.0		3×3(6)互感式		
	DX864-4B			3×1.5(6)互感式		
三相四线 有功脉冲 电能(度) 表	DT864M-1	1.0	3×380/220	3×3(6) 3×1.5(6)	M 为无源脉冲电能表, 即需由外部输入直流工 作电压 5~12V,并注意 电压极性,以免损坏电表 YM 为有源脉冲电能 表,其脉冲部分的工作 电压,取自电表内部,用 户不必提供直流工作电压 可用于遥测电能并联机 组成控制调度系统	
	DT864YM-1					
	DT862M-1	2.0				
	DT862YM-1					
三相四线 无功脉冲 电能(度) 表	DX864M-1	2.0	3×380	3×3(6) 3×1.5(6)		
	DX864YM-1					
	DX862M-1	3.0				
	DX862YM-1					
三相四线 多功能电 能(度)表	DSD3-1	1.0	3×380/220	3×1.5(6)		该表是集电能表、脉冲 表、分时分表、需量表四表 功能于一体的具有电能 数据处理单元智能化电 能表,有专用接口可与 IBM-PC 机相连,可扩 展测试 87 个参数

2.4.4 单相有功电能表[单相电能(度)表]的安装和用秒表法校验

2.4.4.1 单相电能表的安装 单相电能表应安装在干燥、明净和震动小的地方,并应装在涂有防潮漆的方板上。安装时,方板的上沿离地最高不得超过2.2 m,下沿离地最低不得低于1.1 m。

电能表必须装得与地面垂直,否则会影响电能表的准确性。

电能表总线(指供电单位总保险盒到电能表与电能表到总开关的两段电线)应采用铜芯电线,它的截面积不得小于 1.5 mm^2 。

单相电能表共有4个连接桩头,从左至右按1、2、3、4编号(见图2.2.33)。接线方法一般有两种,一种是按号码1、3接进线,2、4接出线;另一种是按号码1、2接进线,3、4接出线。相线必须接入电表的电流线圈桩头,由于有些电表的接线方法特殊,具体的接线方法要参照电表接线桩头盖子上的接线图。

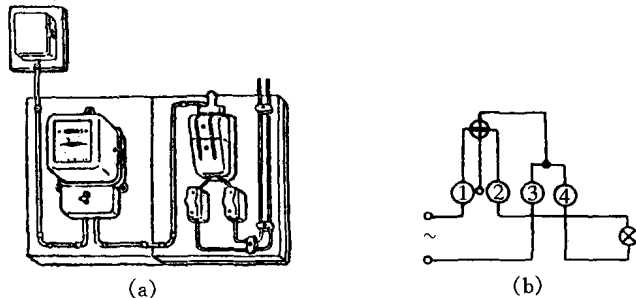


图 2.2.33 电能表接线

(a) 安装示意图 (b) 电能表接线图

若单相电能表无接线标志时,可做如下简易测定:将左面的第一桩头接到相线,然后用一只校验灯座,一头接至中性线,另一头分别搭其他3个桩头,由左至右按次测试,必有两个桩头亮度较暗,1个桩头较亮,这是因为电流线圈圈数少,导线粗,电阻小,所以灯泡较亮。另外两个桩头因是电压线圈导线细,圈数多,阻值大,所以灯泡较暗。此时就可以把中性线接到较暗的左边1只桩头上。

相线必须接在电流线圈和电压线圈连接的1个桩头上,否则会引起线圈的绝缘击穿。

2.4.4.2 用秒表法校验单相电能(度)表 在图2.2.33(b)的接线图中,用一个已知标准瓦数的白炽灯作负载,当电表铝盘旋转时,测得电能表铝盘每分钟的转数 n ,然后按以下公式进行校核:

$$P = \frac{60000 \times n}{K}$$

式中 n ——电能表铝盘每分钟的转数(r/min);
 K ——电能表的常数 $[\text{r}/(\text{kW} \cdot \text{h})]$,这在电能表的铭牌上可查得;
 P ——白炽灯的瓦数计算值。

3 常用电工测量仪器

3.1 电子交流电压表

3.1.1 概述

电子交流电压表是用来测量交流电压的仪器,一般用来测量高频电压,其指示值大多为有效值,但也有指示峰值或峰—峰值的,如脉冲电压表,其测量的频率一般从直流到数千兆赫,有时交流与直流并存;测量电压的上限一般在 1000V 以下,也有高达数千伏的,如示波器、显像管的直流供电电压;电压的下限一般为零点几伏或几毫伏。

在测量的过程中,电路本身的阻抗会对测量结果有很大影响,为了提高测量精度,应选用输入阻抗大、输入电容小的电压表。

早期生产的 GB-9 型、GB-9B 型真空管毫伏表及 DA-16 型交流电压表,其交流电压的频上限在 1MHz 以下,测量电压的范围为 1mV~300V;测量频率 10kHz~1GHz 的 DA-36 型超高频电压表,测量电压范围为 3mV~10V。

由于电子交流电压表种类繁多,现以应用较多的 DA-36 型超高频毫伏表为例,来系统介绍。该仪器采用全晶体管和集成电路,由固体斩波器和振荡器等组成输入放大器,整个电路是先检波后放大的方式进行工作的。当采用附件 L16 型三通接头和 50 Ω 终端负载进行电压测量时,其频响可达到较高的精度;若使用配件 GF2300 型低频探头,又将其低端扩展到 20Hz。

3.1.2 技术性能

(1)测量交流电压的频率范围:10kHz~1GHz,配用 GF2300 型探头时,下限扩展到 20Hz。

(2)测量交流电压范围:1mV~10V,共分 8 个量程:3mV、10mV、30mV、100mV、0.3V、1V、3V 和 10V。

(3)测量电压的定标误差:以 100kHz 为基准经内部校准后的定标误差不会超过满度值的 $\pm 3\%$,在 3mV 量程,不超过满度值的 $\pm 10\%$ 。

(4)频响误差:10kHz~100MHz	$\pm 4\%$
100~200MHz	$\pm 6\%$
200~500MHz	$\pm 8\%$

500~800MHz	±10%
------------	------

800MHz~1GHz	±15%
-------------	------

(5)输入阻抗与输入电容:在100kHz时,30mV量程以下,输入阻抗大于30kΩ;3V量程以下,输入阻抗大于100kΩ。在50MHz、3V量程以下,输入电阻大于50kΩ,输入电容小于2pF。

3.1.3 工作原理

如图2.3.1所示,电子交流电压表由六部分组成,被测电压由探头输入,经2AP31BXZ所组成的倍压检波电路后,输出直流电压加到分压器,经输入放大器放大后的直流电压推动表头,指示出被测电压的数值。负反馈电路是通过调节反馈系数使输入放大器有不同的闭环增益,作为3mV、10mV、30mV、100mV、300mV、1V、3V和10V各量程满度的调整。

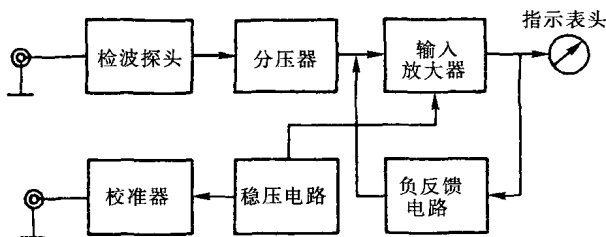


图 2.3.1 DA-36 型超高频毫伏表整机方框图

校准电路如图2.3.2所示。

由一个100kHz振荡频率、幅度稳定的电容三点式振荡器,经过精密电阻分压,输出3mV、10mV、30mV、100mV、300mV、1V、3V和5V 8种电压,供仪器在测量前进行校准满度的机内校准电压,10V量程只校准5V点。该仪器的校准电压由于波形失真较大,不可以校准其他型号的交流电压表。

3.1.4 使用方法

DA-36型超高频毫伏表的面板如图2.3.3所示。

(1)接通电源预热30min,3mV量程要预热1h。

(2)将探头插入校准插孔,但一定不要插到底,即不接触到校准电压,将零点校好,其目的是防止外界干扰破坏零点,尤其是3mV量程时更应注意;零点校准好后,将探头插到底,校好满度就可进行测量。

(3)测量30mV以下的电压时,要在后面板的接线柱上接好地线,而被测电路的地电位也接在此接线柱上,同时电源线的地线也要与电源的地线接好,否则由于被测电源与毫伏表之间存在电位差所产生的环路电流而使仪器的机内校准时的零

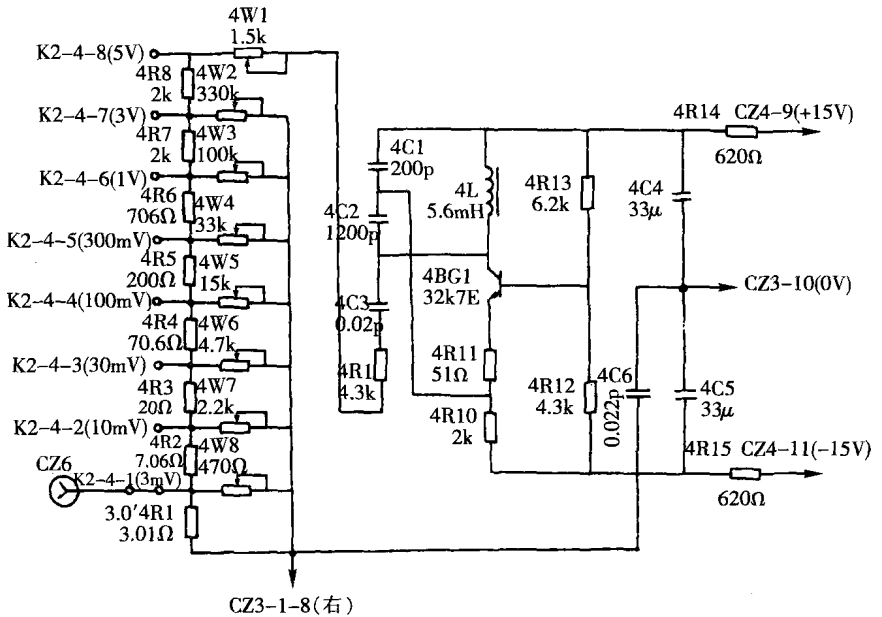


图 2.3.2 校准器电原理图

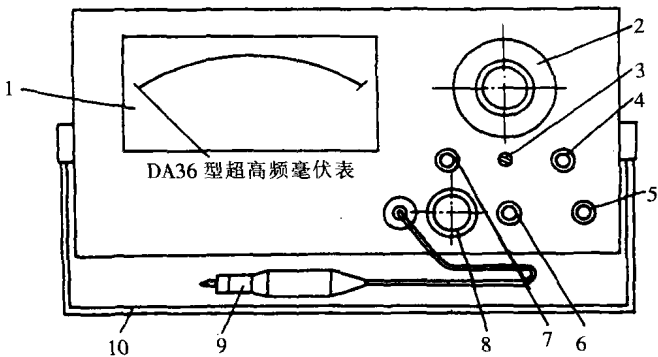


图 2.3.3 DA-36 型超高频毫伏表的面板略图

1. 指示表头 2. 量程开关 3. 零点微调 4. 零点调节 5. 电源开关
 6. 地线接线柱 7. 校准调节 8. 校准器输出座 9. 探头 10. 提手
- 点与探头接到波形被测点时的零点不一致,会产生变化增加测量误差。
 (4)在测量低频小电压时,要在探头上加上隔离罩。

(5)在测量 30MHz 以上的信号电压时,要用三通接头和终端负载进行测量,可提高测量精度。

(6)附件中的长探针可在 500MHz 以下的频率下使用,不影响测量精度。

(7)50Ω 的负载探头承受功率仅为 0.25W,故测量 3V 以上的电压时不要使用。

(8)测量频率低于 10kHz 的交流电压时,要换上 GF2300 型低频探头。

3.1.5 维护与修理

该仪器的使用和维修都比较方便,当更换固体斩波器和固体振荡器后,观察零点漂移,比较稳定后,即可认为该仪器的其他性能未受影响,可正常使用。

探头内的二极管 2AP31B 损坏时,应选用反向电阻大于 1MΩ 的二极管,要配対使用。

100kHz 振荡器和分压电路构成校准输出电压,需要进行定期(6 个月)校准,要用频率为 100kHz、失真度小、精度为 ±0.3% 的标准源进行校准。

3.2 耐压泄漏测试仪

3.2.1 概述

CY2674B、CY2674C 型耐压泄漏测试仪是用来测量各种电气产品的交流耐压及其泄漏电流的仪器,在泄漏电流测试时,由于采用了隔离变压器。可以测量被测电源的两个输入端在与市电不同联结情况下对地或对被测件保护端的泄漏电流。CY2674B 带有一组 0~5kV、0~5mA(AC)的耐压测试,可同时作泄漏和耐压测试。

3.2.2 特点

该仪器的测试方法符合 GB4798—1984 的要求(包括电压、采用隔离变压器、泄漏电流检测方法、泄漏电流检测仪的内阻要求等),具有分挡细、量程宽、自动控制、合格与不合格判别等特点,把所有测试项目的有关参数设置好后,按一次按钮就能自动地按规定完成所测项目,并指示出被测数值;另一个特点是反应速度快,比以往的仪器快一个数量级,因为机内除不需要快速的部分使用转换继电器外,其余均不使用继电器;本机还具有防止误操作功能,当操作出现错误时,自动报警与显示。

3.2.3 技术性能

- (1)泄漏测试电压:0~250V(AC)连续可调,误差为 ±3%FS。
- (2)耐压测试电压(CY2674C 不设置):电压为 0~5kV(AC),误差为 ±3%FS。
- (3)切断电流:分 0.5、1、2、4、8、10、20mA 七个挡,误差为 ±5%。
- (4)控制方式:开关控制单挡(不叠加)或多挡(叠加),此时叠加指标灯(ADD)

显示,叠加时最大 $\leq 27.5\text{mA}$ 。

- (5)时间控制(CY2674C 不设置): $0\sim 100\text{s}$,误差为 $\pm 5\% \text{FS}$ 。
- (6)泄漏电流测试功能:三挡:供电电源二极及保护端,开关控制。
- (7)具有合格(GOOD)与不合格(NG)判别功能。
- (8)隔离变压器,功率容量 $500\text{V}\cdot\text{A}$ 。
- (9)可连续工作时间为 16h ,预热时间 15min 。

3.2.4 使用操作注意事项

因该仪器产生高压,必须绝对注意安全。不允许将高压电接入外部电源,以免发生危险。

(1)本仪器使用 220V 、 50Hz 交流电,给本机供电的相序必须正确,不得有误,如图2.2.4所示。

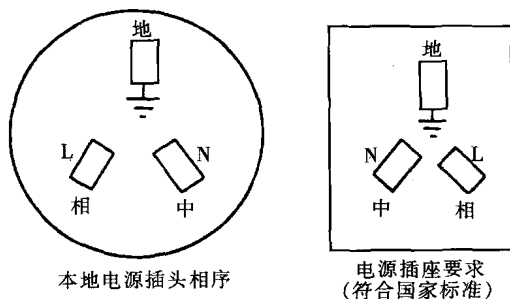


图 2.3.4 电源的相序

(2)仪器的接地端可靠的接入大地,否则一旦输出端与地线或电源线短路,外壳可能带有高压,危害操作者。

(3)操作者需戴上绝缘手套。

(4)接通电源或启动操作前,应将电压调节旋钮逆时针方向旋至“0”位。

(5)测试项目等作转换时,按一下复原键,测试线上的鳄鱼夹对高压无绝对的绝缘安全,有高压时不能触及。

(6)仪器启动后,高压未释放之前不能触及被测件、测量线、高压输出端;离开本仪器前必须切断电源。

(7)只有满足下列条件,才可以触及高压输出端和测试线:

①电压表指示为零。

②测试指标灯熄灭。

③高压输出端与地线间经过短路放电。

(8)突然事件发生时,立即切断电源开关,并将电源线从电源插座拔出。

(9)本机属高压仪器,应作短暂间歇使用,不宜作长时间、满负荷连续使用,更不允许将本仪器作高压电源连续、频繁地对负载进行充放电使用。

表 2.3.1 列出几种耐压测试仪的技术性能。

表 2.3.1 耐压测试仪的技术性能

序号	1	2	3	4
型号 名称	CY2674A 型 (CY2663D CY2663E) 耐压测试仪	CY2674B 型 耐压泄漏测试仪	CY2674C 型 泄漏测试仪	CY2674D 型 耐压泄漏测试仪
功能	AC 耐压	AC 耐压泄漏测试	AC 耐压泄漏测试	AC 耐压、耐压、动态耐压、大功率(2kVA)、泄漏测试
耐压测试电压误差	0 ~ 2.5kV ~ 5kV, ±4%FS	耐压: 0 ~ 5kV, ±3%FS 泄漏: ~242V	泄漏: 0~242V, ±3%FS	AC: 0~5kV, ±3%FS AC: 0~250kV, ±3%FS
切断电流及功率	0~10mA 连续调节 ±(5%+0.1mA)	AC: 0.5/1/2/4/8/10/ 20(mA) 最大 ≤ 28mA ± 5% 55 个点	AC: 0.5/1/2/4/8/10/ 20(mA) 七挡, ±5%	AC: 0.5/1/2/4/8/ 10/20(mA) 最大 ≤ 28mA ± 5%
时间控制	0~99s 任意调节及手控 ±0.5s	0~100s 任意调节及手控	0~100s 任意调节及手控, ±5%FS	0~100s 及手控
备注	不合格报警	符合 GB6587.7, 机内带隔离变压器 500V·A 具合格不合格报警及电流表指示电流	符合 GB6587.7, 机内带隔离变压器 500V·A 具合格不合格报警及电流表指示电流	符合 GB6587.7, 机内带隔离变压器 2kV·A 具合格不合格报警及电流表指示电流
序号	5	6	7	8
型号 名称	CY2663 型 耐压绝缘自动测试仪	CY2663A 型 耐压绝缘测试仪	CY2666 型 耐压测试仪	CY2661 型 耐压测试仪
功能	AC 耐压及绝缘自动转换测试	AC 耐压及绝缘测试仪	AC、DC 耐压	AC、DC 耐压
耐压测试电压误差	AC 0~2.5kV~5kV, ±3%FS	AC 0~2.5kV~5kV, ±3%FS	AC、DC 0~7.5kV~15kV, ±5%FS	AC、DC 0~2.5kV~5kV, ±3%FS

续表

序号	5	6	7	8	
切断电流及功率	AC: 0.5/1/2/4/8/10/100(mA) 最大 $\leq 28\text{mA} \pm 5\%$ 57个点, 变压器容量 500V·A	AC: 0.5/1/2/4/8/10/100(mA) 最大 $\leq 108\text{mA} \pm 5\%$ 57个点, 变压器容量 500V·A	AC, DC: 0~2~20mA 连续可调 $\pm 5\%$, 变压器容量 500V·A	0~2~20mA 连续可调 $\pm 5\%$, 变压器容量 500V·A	
时间控制	0~10s 任意调节及手控	0~100s 任意调节及手控	0~99s 任意调节及手控, $\pm 0.05\text{s}$	0~99s 任意调节及手控, $\pm 0.5\text{s}$	
备注	绝缘电阻: DC500V 0.5~1000M Ω , DC1000V 1~2000M Ω 具系统接口, 合格不合格, 报警输出及远控	绝缘电阻: DC500V 0.5~1000M Ω 具系统接口, 合格不合格报警输出及远控	具不合格报警、快速放电功能, 有较强的抗冲击保护能力	具不合格报警、快速放电功能, 有较强的抗冲击保护能力	
序号	9	10	11	12	13
型号名称	CY2662 型 耐压测试仪	CY2671 型 万能击穿装置	CY2671A 型 耐压测试仪	CY2672 型 自动高压击穿装置	CY2674 型 耐压泄漏测试仪
功能	AC, DC 耐压	AC, DC 耐压	AC, DC 耐压	AC, DC 耐压及绝缘测试	AC 耐压 泄漏测试
耐压测试电压误差	AC, DC 0~5kV~10kV, $\pm 3\%$ FS	0~6kV~12kV, $\pm 4\%$ FS, 分二档	AC, DC 0~6kV~12kV, $\pm 4\%$ FS	AC, DC 0~6kV, $\pm 5\%$ FS, 分三档	AC 0~5kV, $\pm 5\%$ FS, 泄 漏 242V
切断电流及功率	0~2~20mA, 连续调节 $\pm 5\%$, 变压器容量 500V·A	AC: 0~2~20~100(mA) DC: 0~2~20~50(mA) 连续可调节 $\pm 5\%$, 变压器容量 1.2kV·A	AC: 100mA DC: 50mA $\pm 5\%$ FS 变压器容量 1.2kV·A	0.5~20mA, $\pm 5\%$, 变压器容量 500V·A	0~20mA, $\pm 5\%$ FS(泄 漏电流) 0~10mA, $\pm 5\%$ (泄 漏电流)300W
时间控制	0~99s 任意调节及手控, $\pm 0.5\text{s}$	0~99s 任意调节及手控, $\pm 0.5\text{s}$	0~100s 任意调节及手控, $\pm 0.05\text{s}$	5s, 10s, 30s, 60s, $\pm (10\% + 0.5)\text{s}$, 手控	1s, 5s, 30s, 60s 及手控
备注	具有不合格报警、快速放电功能, 有较强的抗冲击保护能力	具有不合格报警、快速放电功能, 有较强的抗冲击保护能力	合格、不合格判别测试结果输出, 远控操作击穿报警	设有复原、击穿报警, 1~1000M Ω , $\pm 10\%$ (绝缘电阻)	(不带隔离变压器) 不合格报警 数字显示

3.3 接地电阻测试仪

3.3.1 概述

CY2512型接地电阻测试仪是用来测试家用电器、仪器仪表和一般用途电器设备机内的接地电阻的,它与耐压泄漏测试仪一起,对生产厂家所生产的电器设备的电气安全起到保证作用,满足电子产品的有关要求,满足IEC、JIS、UL、CSA等有关标准要求。

3.3.2 特点

采用交流电源自动调节测试电流,交流测试电流分10A和25A两挡。

3.3.3 技术性能

(1)测试电流:工作电流分10A、25A两挡,误差为 $\pm(3\%+1$ 个字)。

(2)电阻测量范围:0.001~0.600 Ω (10Ah);0.001~0.300 Ω (25Ah),误差为 $\pm(3\%+1$ 个字)。

(3)电阻预置值:0.001~0.999 Ω 三位拨盘开关。

(4)定时器:0~100s时间继电器,误差为 $\pm 5\%$ FS。

(5)功能:具有合格与不合格判别功能,具有复原与启动功能。

(6)持续工作时间为16h,预热时间为15min。

(7)电源:(220 $\pm 10\%$)V、(50 $\pm 5\%$)Hz,空载消耗功率约90V·A,最大功率约700V·A。

3.3.4 使用操作注意事项

(1)仪器必须可靠接地。

(2)必须使用仪器配用的三线电源线,且电源必须具备地线、相线(L)、零线(N),而且位置必须正确。

(3)使用仪器所配用的四端测量线,否则会引起测量误差。

(4)当仪器启动后,由于大电流(25A)对可能有较大接触电阻的部位产生过热,人体不要触及该部位,以免灼伤。

(5)该仪器不能作一般恒流源使用。

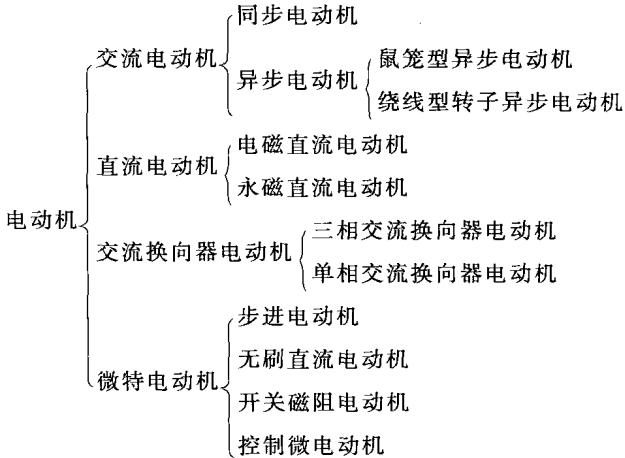
第3章 电动机

1 概述

1.1 电动机的型号及分类

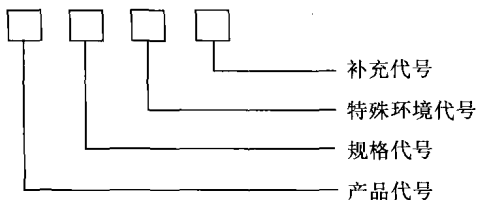
1.1.1 电动机的分类

电动机的主要类型如下：



1.1.2 电动机的产品型号

根据国家标准 JB/T8232—1995 的规定,产品型号由产品代号、规格代号、特殊环境代号和补充代号等四部分组成,并按下列顺序排列:



1.1.2.1 产品代号 产品代号由电机类型代号、电机特点代号、设计序号和励磁方式代号等4个小节顺序组成。

类型代号是用汉语拼音字母表征电动机各种类型,主要有:Y——异步电动机、T——同步电动机、Z——直流电动机、H——交流换向电动机、Q——潜水电泵和F——纺织用电机等。

特点代号是用汉语拼音字母表征电动机的性能、结构或用途,主要有:A——增安型、B——隔爆型。

设计序号是指电动机的产品设计顺序,用阿拉伯数字表示,对于第一次设计的产品,不标注设计序号。

1.1.2.2 规格代号 规格代号用中心高、铁心外径、机座号、机壳外径、轴伸直径、凸缘代号、机座长度、铁心长度、功率、电流等级、转速或极数等来表示。

主要系列的规格代号,按表3.1.1规定。

表 3.1.1 电动机系列的规格代号表示法

系列产品	规格代号
小型异步电动机	中心高(mm) — 机座长度(字母代号) — 铁心长度(数字代号) — 极数
中大型异步电动机	中心高(mm) — 铁心长度(数字代号) — 极数
小型同步电动机	中心高(mm) — 机座长度(字母代号) — 铁心长度(数字代号) — 极数
中大型同步电动机	中心高(mm) — 铁心长度(数字代号) — 极数
小型直流电动机	中心高(mm) — 机座长度(字母代号)
中型直流电动机	中心高(mm)或机座号(数字代号) — 铁心长度(数字代号) — 电流等级(数字代号)
大型直流电动机	电枢铁心外径(mm) — 铁心长度(mm)
分马力电动机	中心高(mm)或机壳外径(mm) — 机座长度(字母代号) — 铁心长度、电压、转速(均用数字代号)
交流换向器电机	中心高(mm)或机壳外径(mm) — 铁心长度、转速(均用数字代号)

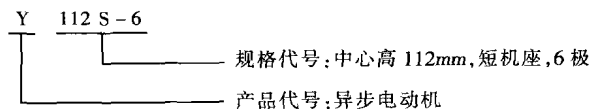
机座长度采用国际通用字母符号表示,S表示短机座,M表示中机座,L表示长机座。铁心长度按由短至长顺序用数字1、2、3…表示。凸缘代号采用国际通用字母符号FF(凸缘上带通孔)或FT(凸缘上带细孔)连同凸缘固定孔中心基圆直径的数值来表示。

1.1.2.3 特殊环境代号 电动机的特殊环境代号采用汉语拼音字母表示,主要有:G——“高”原用;H——“船”(海)用;W——户“外”用;F——化工防“腐”用;T——“热”带用;TH——“湿热”带用等。

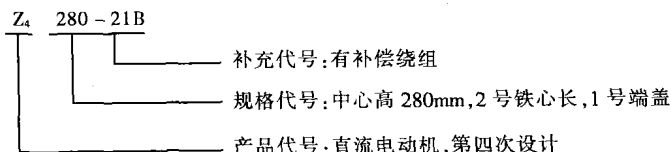
1.1.2.4 补充代号 仅适用于有此要求的电机。

1.1.2.5 产品型号示例

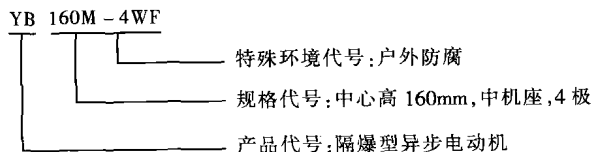
(1) 小型异步电动机



(2) 直流电动机



(3) 户外化工防腐用小型隔爆异步电动机



1.2 电动机的基本技术要求

国家标准 GB 755—2000(IEC34—1—1996)《旋转电机定额和性能》对电动机的运行条件有如下规定。

1.2.1 电动机额定运行的条件

- (1) 海拔高度不超过 1000m。
- (2) 环境空气最高温度随季节而变化,但不超过 40℃。
- (3) 环境空气最低温度为 -15℃。

(4)最湿月月平均最高相对湿度为 90%，同时该月月平均最低温度不高于 25℃。

(5)电动机运行期间电源电压波形的正弦性畸变率不超过 5%；当电源电压在额定值的 95%~105%变化，输出功率仍能维持额定值。

(6)当交流电动机的频率与额定值的偏差不得超过 $\pm 1\%$ ，输出功率应仍能维持额定值。

1.2.2 工作制与定额

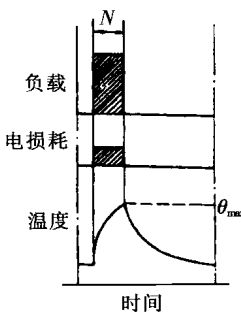
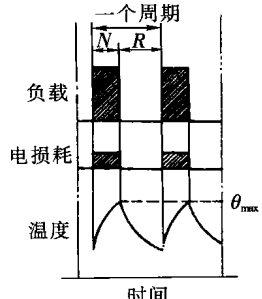
工作制和定额是设计和选择电动机的基础。

1.2.2.1 工作制 电动机的工作制共分 9 类，见表 3.1.2。

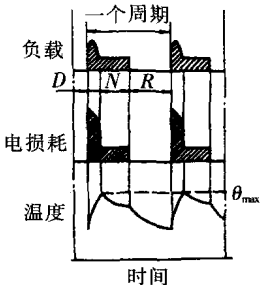
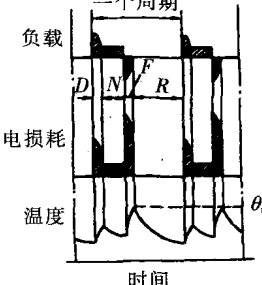
表 3.1.2 旋转电机的工作制

序号	名称	内容	图示
S1	连续工作制	在恒定负载下的运行时间足以达到热稳定	<p>N——在恒定负载下运行； θ_{\max}——达到的最高温度</p>

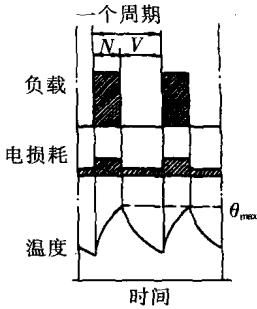
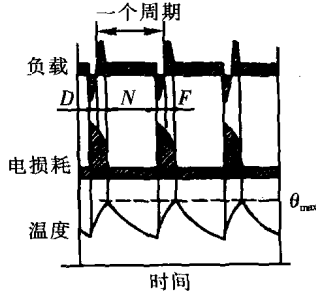
续表

序号	名称	内容	图示
S2	短时工作制	在恒定负载下按给定的时间运行,该时间不足以达到热稳定,随之即断,能停转足够时间,使电机再度冷却到与冷却介质温度之差控制在 2K 以内	 <p data-bbox="497 660 859 727"> N——在恒定负载下运行; θ_{\max}——在工作周期中达到的最高温度 </p>
S3	断续周期工作制	按一系列相同的工作周期运行,每一周期包括一段恒定负载运行时间和一段断能停转时间,每一周期的启动电流不致对温升产生显著影响	 <p data-bbox="497 1187 906 1305"> N——在恒定负载下运行;R——断能停转; θ_{\max}——在工作周期中达到的最高温度 负载持续率: $\frac{N}{N+R} \times 100\%$ </p>

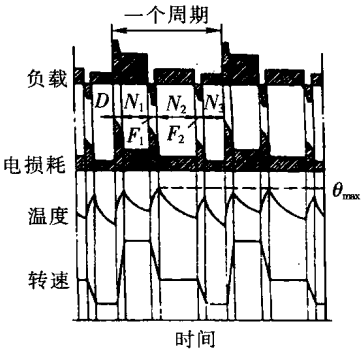
续表

序号	名称	内容	图示
S4	包括启动的断续周期工作制	按一系列相同的工作周期运行,每一周期包括一段对温升有显著影响的启动时间、一段恒定负载运行时间和一段断能停转时间	 <p> D——启动; N——在恒定负载下运行; R——断能停转; θ_{max}——在工作周期中达到的最高温度 负载持续率: $\frac{D+N}{D+N+R} \times 100\%$ </p>
S5	包括电制动的断续周期工作制	按一系列相同的工作周期运行,每一周期包括一段启动时间、一段恒定负载运行时间、一段快速电制动时间和一段断能停转时间	 <p> D——启动; N——在恒定负载下运行; F——电制动; R——断能停转; θ_{max}——在工作周期中达到的最高温度 负载持续率: $\frac{D+N+F}{D+N+F+R} \times 100\%$ </p>

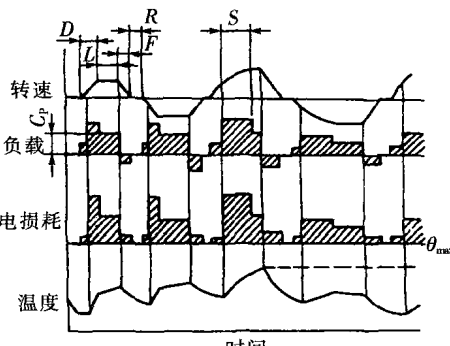
续表

序号	名称	内容	图示
S6	连续周期工作制	按一系列相同的工作周期运行,每一周期包括一段恒定负载运行时间和一段空载运行时间,但无断能停转时间	 <p> 一个周期 负载 电损耗 温度 时间 θ_{\max} </p> <p> N——在恒定负载下运行; V——空载运行; θ_{\max}——在工作周期中达到的最高温度 负载持续率: $\frac{N}{N+V} \times 100\%$ </p>
S7	包括电制动的连续周期工作制	按一系列相同的工作周期运行,每一周期包括一段启动时间、一段恒定负载运行时间和一段电制动时间,但无断能停转时间	 <p> 一个周期 负载 电损耗 温度 时间 θ_{\max} </p> <p> D——启动; N——在恒定负载下运行; F——电制动; θ_{\max}——在工作周期中达到的最高温度 负载持续率: 1 </p>

续表

序号	名称	内容	图示
S8	包括变速负载的连续周期工作制	按一系列相同的工作周期运行,每一周期包括一段在预定转速下恒定负载运行时间和一段或几段在不同转速下的其他恒定负载的运行时间,但无断能停转时间	 <p> D——加速; N_1, N_2, N_3——在恒定负载下运行; F_1, F_2——电制动; θ_{max}——在工作周期中达到的最高温度 </p> <p> 负载持续率: $\frac{D+N_1}{D+N_1+F_1+N_2+F_2+N_3} \times 100\%$ $\frac{F_1+N_2}{D+N_1+F_1+N_2+F_2+N_3} \times 100\%$ $\frac{F_2+N_3}{D+N_1+F_1+N_2+F_2+N_3} \times 100\%$ </p>

续表

序号	名称	内容	图示
S9	负载和转速非周期变化工作制	负载和转速在允许的范围内变化的非周期工作制,这种工作制包括经常过载,其值可远远超过满载	 <p>The diagram illustrates the S9 operating cycle with four stacked graphs over time. The top graph shows speed (ω) with phases D (start), L (variable load), F (braking), R (stop), C_p (full load), and S (overload). The second graph shows load as a shaded area. The third graph shows electrical loss as a shaded area. The bottom graph shows temperature, with a dashed line for θ_{max}.</p> <p>D——启动; L——在可变负载下运行; F——电制动; R——断能停转; C_p——满载; θ_{max}——达到的最高温度; S——过载运行</p>

1.2.2.2 定额 共分五类:

(1) 最大连续定额:是制造厂对电机所规定的可以作长期运行的负载和条件。

(2) 短时定额:是制造厂对电机所规定的可以作短时运行的负载时间和条件。电动机应在实际冷状态下启动,并在规定的时限内运行,该时限应为下列数值之一:10min,30min,60min或90min。

(3) 等效连续定额:是制造厂为简化试验而对电机所规定的负载和条件,按照这种负载与条件运行所达的热稳定与该电机的 S3~S9 工作制之一等效。

(4) 周期工作定额:是制造厂对电机所规定的可以按指定周期运行的负载和各种条件,这类定额电机的工作制应符合 S3~S8 中之一,每一工作周期的时间为10min。负载持续率应为下列数值之一:15%,25%,40%或60%。

(5) 非周期工作定额:是制造厂对电机所规定的在相应的变速范围内作非周期运行的变动负载(包括过载)和条件,这类定额电机的工作制应符合 S9。

1.2.3 空气冷却电动机的温升限值

空气冷却电动机的温升限值见表 3.1.3。

轴承的允许温度:滑动轴承(油温不高于 65℃时)允许温度为 80℃;滚动轴承(环境温度不超过 40℃时)允许温度为 95℃。

表 3.1.3 空气冷却电动机的温升(K)限值

绝 缘 等 级														
A			E			B			F			H		
温 度 计 法	电 阻 计 法	检 温 计 法	温 度 计 法	电 阻 计 法	检 温 计 法	温 度 计 法	电 阻 计 法	检 温 计 法	温 度 计 法	电 阻 计 法	检 温 计 法	温 度 计 法	电 阻 计 法	检 温 计 法
50	60	60	65	75	75	70	80	80	85	100	100	105	125	125

1.2.4 噪声限值

电动机的噪声限值分为 N 级(普通级)、R 级(一级)、S 级(优等级)和 E 级(低噪声级)4 个等级。R 级噪声限值比 N 级低 5dB, S 级比 N 级低 10dB, E 级比 N 级低 15dB。N 级的 A 计权声功率级电动机的噪声限值见表 3.1.4。如无其他规定,电机的噪声应符合 N 级要求。

表 3.1.4 电动机的噪声限值

类 别	I		I		I		I		I		I		I	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
转 速(r/min)	960 及以下		>960~ 1320		>1320~ 1900		>1900~ 2360		>2360~ 3150		>3150~ 3750			
功 率(kW)	声功率级(dB)(A)													
1.1 及以下	71	76	75	78	78	80	80	82	82	84	85	88	88	88
>1.1~2.2	74	79	78	80	81	83	83	86	85	88	89	91	89	91
>2.2~5.5	77	82	81	84	85	87	86	90	89	92	93	95	92	95
>5.5~11	81	85	85	88	88	91	90	94	93	96	97	99	96	99
>11~22	84	88	88	91	91	95	93	98	96	100	99	102	100	102
>22~37	87	91	91	94	94	97	96	100	99	103	101	104	101	104
>37~55	90	93	94	97	97	99	98	102	101	105	103	106	103	106
>55~110	94	96	97	100	100	103	101	105	103	107	104	108	104	108
>110~220	97	99	100	103	103	106	103	108	105	109	106	110	106	110
>220~630	99	101	102	105	106	108	106	110	107	111	107	112	107	112
>630~1100	101	103	105	108	108	111	108	112	109	112	109	114	109	114

注: I 类为无冷却风扇的开启式电机(IP22, IC00)或无外风扇的封闭式电机(IP44, IC041)。

II 类为有冷却风扇的开启式电机(IP22, IC01)或有外风扇的封闭式电机(IP44, IC411)。

1.2.5 振动限值

电动机的振动限值分为 N 级(普通级)、R 级(一级)、S 级(优等级),见表 3.1.5。

表 3.1.5 电动机的振动限值

安装方式	弹性						刚性	
轴中心线高(mm)	45~132		>132~225		>225~400		>400~630	
转速(r/min)	600~ 1800	>1800~ 3600	600~ 1800	>1800~ 3600	600~ 1800	>1800~ 3600	600~ 1800	>1800~ 3600
振动等级	振动速度有效值(mm/s)							
N	1.8		2.8		4.5		2.8	
R	0.71	1.12	1.12	1.8	1.8	2.8	1.12	1.8
S	0.45	0.71	0.71	1.12	1.12	1.8	0.71	1.12

1.3 电动机型式及功率等级

1.3.1 电动机的型式

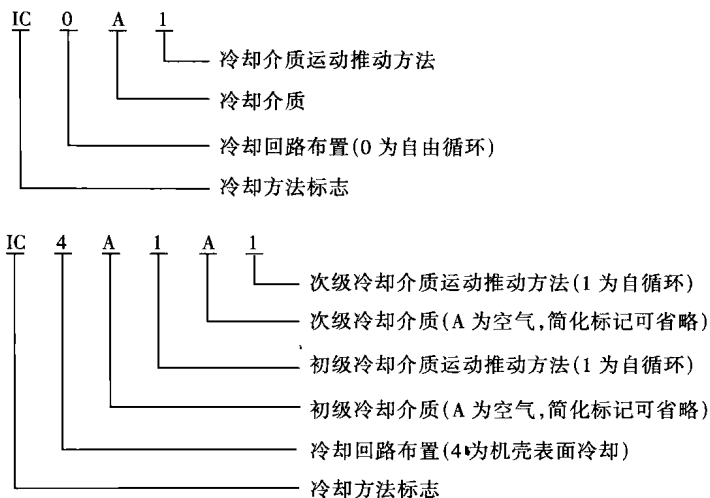
电动机的基本结构型式包括外壳防护分级(GB4942.1—2001)、冷却方法(GB/T1993—1993)和结构及安装型式(GB/T997—1981)。

1.3.1.1 电机外壳防护分级 防护等级的代号是由表征字母 IP(“国际防护”英文缩写)及附加两个表征数字组成,第一位数字表示第一种防护的各个等级,第二位数字表示第二种防护的各个等级。

第一种防护:防止人体触及接近壳内带电部分和触及壳内转动部件,以及防止固体异物进入电机,共分 6 个等级,表征数字为 0,1,2,3,4,5。其中 2——防护大于 12mm 固体;4——防护大于 1mm 固体;5——防尘。

第二种防护:防止由于电机进水而引起的有害影响,共分 9 个等级,表征数字为 0,1,2,3,4,5,6,7,8。其中 3——防淋水;4——防溅水;5——防喷水。常见的电动机防护等级有 IP23、IP44、IP54 和 IP55 等。

1.3.1.2 电机冷却方法 冷却方法的代号是由表征字母 IC(“国际冷却”英文缩写)和附加表征字母及数字组成。附加表征字母代表冷却介质,例如 A 表示冷却介质为空气,在简化标记中可以省略;F 表示冷却介质为氟立昂;H 表示冷却介质为氢气;W 表示冷却介质为水;U 表示冷却介质为油等。附加第一位数字表征冷却回路的布置,共分 10 种,用 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9 表征。附加第二位和第三位数字分别表征初级和次级冷却介质运动的推动方法,共分 10 种,用 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9 表征。常见的电动机冷却方法有:IC0A1 简化标记为 IC01,IC4A1A1 简化标记为 IC411 等。



1.3.1.3 电机结构及安装型式 电动机的结构及安装型式代号是由表征字母IM(“国际安装”英文缩写)和附加字母及1位或2位数字组成,附加字母B代表卧式安装,V代表立式安装。卧式安装的电机共有13种型式,立式安装的电机共有18种型式,常用的卧式安装型式有B3(只有底脚安装)、B5(只有凸缘安装)、B35(底脚和凸缘安装);常用的立式安装型式有V1(凸缘在底部安装)、V3(凸缘在顶部安装)、V5(轴伸向下,底脚安装在墙上)、V6(轴伸向上,底脚安装在墙上)、V15(底脚安装在墙上,凸缘在底部)、V36(底脚安装在墙上,凸缘在顶部)等,结构型式及示意图见图3.1.1。

结构型式	B34	B14	V18	V3	B6	B7	B8	V5
示意图								
机座号	63-112				63-160			
结构型式	V6	V15	V36	B5	B3	B35	V1	
示意图								
机座号	63-160			63-280	63-355			

图 3.1.1 结构型式及示意图

1.3.2 电动机的功率等级

根据国家标准《旋转电机尺寸和输出功率等级 第1部分:机座号50~400和凸缘号55~1080》,250kW及以下电动机的功率等级为0.12、0.18、0.25、0.37、0.55、0.75、1.1、1.5、2.2、3.0、4.0、5.5、7.5、11、15、18.5、22、30、37、45、55、75、90、110、132、160、200、250。该功率等级是采用IEC72文件所规定的第一数系数值,其中3.7用第二数系的3和4代替,与国外主要公司的同类产品保持一致,既有利于进口设备的国产化,又有利于出口需要。

对于250kW以上的电动机功率等级,则有280~10000kW共43个功率等级。

1.4 电动机常用计算公式

1.4.1 三相异步电动机的基本计算公式

1.4.1.1 旋转磁场的转速

$$n_1 = \frac{60f}{p}$$

式中 n_1 ——旋转磁场的转速(同步转速)(r/min);

f ——电源频率(Hz);

p ——极对数。

1.4.1.2 电动机的转速

$$n = (1-s)n_1 = (1-s)\frac{60f}{p}$$

式中 n ——电动机的转速(r/min);

s ——转差率。

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1} \times 100\%$$

在额定运转状态下, $s=2\% \sim 5\%$ 。交流异步电动机的转速与极数的关系如表3.1.6所示。

表 3.1.6 交流异步电动机的转速与极数的关系

极数	2	4	6	8	10
极对数	1	2	3	4	5
同步转速(r/min)	3000	1500	1000	750	600
额定转速(r/min)	2900左右	1450左右	960左右	730左右	570左右

1.4.1.3 电压、电动势和主磁通的关系

$$U_1 = E_1 = 4.44K_1 f N_1 \Phi$$

式中 U_1 ——电源电压(V);

E_1 ——定子每相绕组的感应电动势(V);

K_1 ——定子绕组系数, $K_1 < 1$;

f ——电源频率(Hz);

N_1 ——定子每相绕组串联的线圈匝数;

Φ ——旋转磁场的每极磁通最大值(Wb)。

国产异步电动机, 在空载时 $E_1 \approx 97\%U_1$, 在额定负载时 $E_1 \approx 92\%U_1$ 。

1.4.1.4 转子电参数

(1) 转子电源频率

$$f_2 = sf_1 \frac{n_1 - n}{n_1} f_1$$

式中 f_1 ——定子绕组外加电源频率(Hz);

s ——转差率。

(2) 转子感应电动势

$$E_2 = sE_{20} = S \times 4.44 K_2 F_1 N_2 \Phi$$

式中 K_2 ——转子绕组系数, $K_2 < 1$;

N_2 ——转子每相绕组的匝数;

Φ ——旋转磁场的每极磁通最大值(Wb);

E_{20} ——当转子静止时的感应电动势(V), 即 $n=0, s=1$ 时, $E_2 = E_{20}$ 。

(3) 转子相阻抗

$$Z_2 = \sqrt{R_2^2 + X_2^2} = \sqrt{R_2^2 + (sX_{20})^2}$$

式中 R_2 ——转子绕组每相电阻(Ω);

X_2 ——转子绕组每相电抗(Ω),

$$X_2 = sX_{20}$$

$$X_{20} = 2\pi f_1 L_2$$

式中 X_{20} ——转子静止时转子绕组的每相电抗(Ω);

L_2 ——转子每相绕组的漏电感(H)。

(4) 转子相电流

$$I_2 = \frac{E_2}{Z_2}$$

(5) 转子功率因数

$$\cos\varphi = \frac{R_2}{Z_2}$$

1.4.1.5 电磁转矩、额定转矩和过载能力

$$T = C_M \Phi I_2 \cos\varphi_2$$

式中 T ——电动机的电磁转矩(N·m);

C_M ——与电动机结构参数有关的常数；

Φ ——气隙磁场的每极磁通量(Wb)；

I_2 ——转子电流的折算值(A)；

$\cos\varphi_2$ ——转子每相电路的功率因数。

$$T = \frac{2T_m}{\frac{s}{s_m} + \frac{s_m}{s}}$$

$$T_m = \lambda_M T_n$$

$$T_n = 9550 \frac{P_n}{n_n}$$

$$s = s_n (\lambda_M + \sqrt{\lambda_M^2 - 1})$$

式中 P_n ——电动机额定功率(kW)；

n_n ——电动机额定转速(r/min)；

λ_M ——电动机过载倍数, $\lambda_M = 1.8 \sim 2.5$ ；

s_n ——电动机额定转差率。

1.4.1.6 损耗和效率

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

式中 ΔP ——电动机的损耗(kW)；

P_1 ——电动机的输入功率(kW)；

P_2 ——电动机的输出功率(kW)。

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100\% = \frac{P_1 - \Delta P}{P_1} \times 100\%$$

式中 η ——电动机的效率,通常当电动机的负载率为(0.75~0.8) P_n 时,效率最高。

1.4.2 直流电机基本计算公式

1.4.2.1 电动势方程式

$$E = C_e \Phi n$$

式中 E ——电枢电动势(V)；

C_e ——电机的电动势常数；

Φ ——每极气隙磁通(Wb)；

n ——电机转速(r/min)。

1.4.2.2 转矩方程式

$$T = C_T \Phi I_a$$

式中 T ——电机的电磁转矩($\text{N} \cdot \text{m}$);

C_T ——电机的转矩常数;

Φ ——每极气隙磁通(Wb);

I_a ——电枢电流(A)。

1.4.2.3 电动势平衡方程式

(1) 直流发电机电动势平衡方程式

$$U = E - R_a I_a$$

或

$$I_a = \frac{E - U}{R_a}$$

式中 U ——电枢端电压(V);

R_a ——电枢内阻(Ω);

I_a ——电枢电流(A)。

(2) 直流电动机电动势平衡方程式

$$U = E + R_a I_a$$

或

$$I_a = \frac{U - E}{R_a}$$

将 $E = C_e \Phi n$ 代入上式可得

$$I_a = \frac{U - C_e \Phi n}{R_a}$$

或

$$n = \frac{U - I_a R_a}{C_e \Phi}$$

1.4.2.4 直流电动机的额定转矩

$$T_n = 9550 \frac{P_n}{n_n}$$

式中 T_n ——直流电动机的额定转矩($\text{N} \cdot \text{m}$);

P_n ——直流电动机的额定功率(kW);

n_n ——电动机的额定转速(r/min)。

1.4.2.5 直流电动机转矩平衡方程式

$$T_E = T_0 + T_l$$

式中 T_E ——电动机的电磁转矩($\text{N} \cdot \text{m}$);

T_l ——负载转矩($\text{N} \cdot \text{m}$);

T_0 ——电动机的空载转矩($\text{N} \cdot \text{m}$)。

1.4.2.6 直流电动机机械特性方程

$$n = \frac{U}{C_e \Phi} - \frac{R_a}{C_e \Phi C_T \Phi} T_E$$

式中 n_0 ——理想空载转速, $n_0 = \frac{U}{C_e \Phi}$

由 $T_E = 0$ 时 $n = n_0$ 和 $T_E = T_n$ (额定转矩) 时, $n = n_n$ (额定转速), 可以在坐标系上确定出两点。根据这两点画出一条直线, 代表上述机械特性方程, 这条直线叫直流并励电动机的机械特性曲线。

1.4.2.7 过载系数

$$\lambda = \frac{I_{\max}}{I_n} = \frac{T_{\max}}{T_n}$$

式中 λ ——过载系数;

I_{\max} ——最大允许电流(A);

I_n ——额定电流(A);

T_{\max} ——最大允许转矩(N·m);

T_n ——额定转矩(N·m)。

2 三相异步电动机

2.1 三相异步电动机分类

三相异步电动机品种繁多, 一般可按转子结构、外壳防护等级、冷却方式、安装结构及安装型式等分类。

(1) 按转子结构分, 可分为鼠笼型和绕线型。

(2) 按防护等级分, 可根据国家标准 GB4942.1《旋转电机外壳防护分级 IP 代码》的有关规定。Y 系列三相异步电动机(基本系列)分为 IP44(封闭式)和 IP23(防护式)两种。

(3) 按冷却方式分, 可根据国家标准 GB/T 1993《旋转电机冷却方式》的有关规定。Y 系列三相异步电动机(基本系列)分为 ICO141(自扇冷却)和 ICO1(自冷式)两种。

(4) 按安装结构和安装型式分, 可根据国家标准 GB/T 1997《电机结构安装型式及代号》的有关规定。Y 系列三相异步电动机(基本系列)有 IMB3、IMB35 和 IMB5 等几种。

三相异步电动机的产品型号、用途及选型见表 3.2.1。

表 3.2.1 三相异步电动机的产品型号、结构特征及用途

序号	名称	型号		标准编号	结构特征	用途
		新	旧			
1	小型三相异步电动机(封闭式)	Y (IP44)	J02	ZBK22007—88 (H80~315) JB5274—91 (H355)	自扇冷却、封闭式结构,能防止灰尘、水滴大量进入电机内部	作一般用途的驱动源,即用于驱动对启动性能、调速性能及转差率无特殊要求的机器和设备;亦可用于灰尘较多、水土飞溅的场所
2	小型三相异步电动机(防护式)	Y (IP23)	J2	JB5271—91 (H80~H280) JB5272—91 (H315~H355)	自冷式、防护式结构,能防止水滴或其他杂物从与垂向呈60°角的范围内落入	同上,但必须用于周围环境较干净、防护要求较低的场所
3	变极多速三相异步电动机	YD (IP44)	JD02	ZBK26006—89	同 Y 系列(IP44)	同 Y 系列(IP44),驱动要求有 2~4 种分级变化转速的设备
4	高转差率三相异步电动机	YH (IP44)	JH02	JB/T6449—92	转子采用高电阻系数的铝合金,其余结构同 Y 系列(IP44)	用于传动飞轮力矩较大、具有冲击性负荷,启动及逆转次数较多的设备
5	高效率三相异步电动机	YX (IP44)		JB4053—85	同 Y 系列(IP44),只是改变了电磁参数;使用高导磁低损耗硅钢片等,以降低损耗,提高效率	用于驱动长期连续运行、负载率较高的设备
6	绕线转子三相异步电动机(封闭式)	YR (IP44)	JR02	JB/DQ3136—85	转子为绕线型的封闭式结构,能防止灰尘及水滴大量进入电机内部	用于驱动启动转矩高而启动电流小及需要小范围调速的设备,可用于周围灰尘多、水土飞溅、环境较恶劣的场所

续表

序号	名称	型号		标准编号	结构特征	用途
		新	旧			
7	绕线转子三相异步电动机(防护式)	YR (IP23)	JR ₂	JB5269—91 (H160~H280) JB5270—91 (H315~H355)	转子为绕线型的防护式结构,能防止水滴从与垂直方向呈60°角的范围内进入电机内部	同 YR(IP44),但必须在周围环境较干净、防护要求较低的场合使用
8	低振动、低噪声三相异步电动机	Y2C (IP44)	JJ02	JB/DQ3185—86	同 Y 系列(IP44)	用于驱动精密机床以及需要低噪声、低振动的各种机械设备
9	船用三相异步电动机	Y—H (IP44 或 IP54)	J02—H	JB5273—91	机座材料、接线盒结构符合船舶使用特点,其余同 Y 系列(IP44)	用于海洋、江河一般船舶上的机械传动
10	户外型三相异步电动机	Y—W (IP54 或 IP55)	J02—W	JB5275—91	在 Y 系列(IP44)结构基础上,加强结构材料、加强结构密封和采取零部件防腐蚀措施	用于户外中腐蚀环境的各种机械传动
		Y—WF1		同上	用于户外中腐蚀环境的各种机械传动装置	
11	化工防腐型三相异步电动机	Y—F (IP54 或 IP55)	J02—F	JB/DQ3202—86	同 Y—W 系列	用于经常或不定期在一种或一种以上化学腐蚀性质环境中的各种机械传动
12	隔爆型三相异步电动机	YB (IP44 或 IP55)	BJ02	JB3225—83	电动机必须符合有关防爆特殊技术要求,主要零部件要符合隔爆要求	用于煤矿井下固定设备的一般传动作为工厂有最大试验安全间隙不小于 II B 级,引燃温度不低于 T4 组的可燃性气体或蒸汽与空气形成的爆炸性混合物的设备传动

续表

序号	名称	型号		标准编号	结构特征	用途
		新	旧			
13	增安型三相异步电动机	YA (IP54)		JB2228—71	<p>电动机符合防爆性环境等通用要求及爆炸性环境增安型要求。</p> <p>1. 爆炸混合物自然极限温度不低于450℃时功率等级与机座号对应关系同Y系列(IP44)</p> <p>2. 爆炸混合物自然极限温度在200℃~300℃时功率等级与机座号对应关系比Y系列(IP44)降低一级</p>	适用于石油、化工、化肥、制药、轻纺等企业中具有二类爆炸危险的场所使用的各种机械传动
14	电磁调速三相异步电动机	YCT	JZT	JB/DQ3167—86	由Y系列(IP44)三相异步电动机与电磁滑差离合器组成	用于要求恒转矩或风机负载的无级调速传动。其控制功率小,调速范围较广,调速精度较高
15	傍磁式制动三相异步电动机	YEP (IP44)	JZD	JB/T6448—92	转子非轴伸端装有分磁块及制动装置并与电动机组成一体,其余结构同Y系列(IP44)	适用于频繁启动、制动的一般机械,作为起重运输机械,升降工作机械及其他要求迅速、准确停车的主传动或辅助传动用

续表

序号	名称	型号		标准编号	结构特征	用途
		新	旧			
16	电磁制动三相异步电动机	YEJ		JB/T6456—92	由 Y 系列 (IP44) 三相异步电动机与电磁制动器 (IP23) 组成	同上
17	齿轮减速三相异步电动机	YCJ	JTC	JB/T6449—92	由 Y 系列 (IP44) 电动机与齿轮减速器直接耦合而成	用作驱动低速、大转矩的设备,并只准使用联轴器或正齿轮连接
18	摆线针轮减速三相异步电动机	YXJ	JXJ	JB2982—81 (减速器标准)	由 Y 系列 (IP44) 电动机与摆线针轮减速器组合而成	同上
19	立式深井泵用三相异步电动机	YLB (IP44)	JLB32 DM JTM	JB/DQ3203—86	在电动机一端装有单列向心推力轴承,能承受一定的轴向力;转子轴为空心轴;在电动机另一端装有防逆盘以防电动机逆向旋转	驱动立式深井泵,为 广大农村及工矿企业 吸取地下水
20	起重冶金用三相异步电动机	YZ (IP44 或 IP54)	JZ2	JB3230—83	机座号 112~132 为封闭自冷式,其余为封闭自扇冷却。转子铸铝材料为高电阻铝锰合金。机座号 112~160 为圆柱轴伸;机座号 180~400 为圆锥轴伸;机座号 200 及以上的风扇端与轴伸端轴承型号、规格不同,绝缘等级为 FH 级	IP44—F 级绝缘电机 用于一般环境起重运 输机械传动 IP54—H 级绝缘电机 用于冶金辅助设备的 传动

续表

序号	名称	型号		标准编号	结构特征	用途
		新	旧			
21	起重冶金用三相异步电动机	YZR	JZR	JB/DQ3196—87	除转子为绕组型外,其余同上	同上
22	井用潜水三相异步电动机	YQS2	JQS YQS	GB2818—91	为充水式密封结构,即定子、转子、绕组、轴承均在水中长期工作。上下端各装水润滑径向滑动轴承,下端还装水润滑止推轴承,以承受轴间力及防止轴向窜动。电动机各上口接合面以“O”形密封圈或密封胶密封,同时在轴伸端装有防砂密封装置	与井用潜水泵配套组成井用潜水电泵,是农业灌溉、工矿企业供水和高原山区抽取地下水的先进动力设备
23	电动阀门用三相异步电动机	YDF (IP44)		JB2195—77	同Y系列(IP44)	用作驱动电动阀门、要求高启动转矩和最大转矩的场合
24	力矩三相异步电动机	YCJ		JB/T6297—92	强迫通风冷却;鼠笼转子铸铝,采用高电阻合金铝材料	用于要求恒张力、恒线速度传动(卷绕特性)或恒转矩传动(导辊特性)的场合

2.2 三相异步电动机主要技术数据

2.2.1 Y系列(IP44)小型三相异步电动机技术数据

见表 3.2.2 和表 3.2.3。

表 3.2.2 Y 系列(IP44)电动机技术数据

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
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
Y801-4	0.55	1.5	1390	73	0.76	6.0	2.0	2.3	17
Y802-4	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	6.5	2.0	2.3	25
Y90L-4	1.5	3.7	1400	79	0.79	6.5	2.2	2.3	26

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				
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
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	940	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

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				
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
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	0.80	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	2.0	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

表 3.2.3 Y 系列(IP44)三相异步电动机技术数据

功率 (kW)	极数	定子外径 (mm)	定子内径 (mm)	铁心长度 (mm)	气隙长度 (mm)		定子槽数	转子槽数	斜槽度	转子内径 (mm)	每槽线数	绕组型式	线规	跨距	并联支路数	绕组平均匝长 (mm)	
					f_d	d_1										f_d	d_1
0.75		120	67	65	0.3		18	16		26	111	单层交叉	1- ϕ 0.63	1~9		219.7	45
1.1			80	80							90		1- ϕ 0.71	2~10		234.7	
1.5		130	72	85	0.35					30	74		1- ϕ 0.85	11~18		248.3	45
2.2			110	110							58		1- ϕ 0.95			273.3	
3		155	84	100	0.4	24	20			38	40		1- ϕ 1.18	1~12		218.6	50.5
4		175	98	105	0.45						48	单层同心	1- ϕ 1.06	2~11	1	306.9	57.5
5.5		210	116	105	0.55				1	48	44		1- ϕ 0.90, 1- ϕ 0.95	1~16		342.5	73.5
7.5			125	125		30	26				37		1- ϕ 1.0, 1- ϕ 1.06	2~15		362.5	
11		260	150	125	0.65					60	28		2- ϕ 1.18, 1- ϕ 1.25	3~14		415.2	90.7
15	2		155	155							23		2- ϕ 1.12, 2- ϕ 1.18	1~14		445.2	
18.5		290	160	175	0.8					70	16		3- ϕ 1.12, 2- ϕ 1.18	2~13		485.2	75.5
22			180	180							28		2- ϕ 1.13, 2- ϕ 1.4			474.5	
30		327	182	210	1.0	36	28			75	24		2- ϕ 1.12, 2- ϕ 1.18	1~14		515.8	87
37			210	210							22	双	1- ϕ 1.4, 2- ϕ 1.5		2	545.8	20
45		368	210	210	1.1					80	22		3- ϕ 1.4, 1- ϕ 1.5			595.5	97.7
55		400	225	195	1.2						20	层	6- ϕ 1.4	1~16		614.5	102.8
75		445	255	225	1.5	42	34			85	14		7- ϕ 1.5			617.6	113.5
90			290	260				1.25			12		8- ϕ 1.5			831	25
110		520	300	290	1.8	48	40			95	9		13- ϕ 1.5	1~18		881	
132			340	340							8		16- ϕ 1.5			921	
160			380	380							7		21- ϕ 1.5				152

续表

功率 (kW)	极 数	定子外径 (mm)	定子内径 (mm)	铁心长度 (mm)		气 隙 长 度 (mm)	定子槽数	转子槽数	斜槽度	转子内径 (mm)	每槽线数	绕组型式	线 规	跨 距	并 联 支 路 数	绕组 半匝 长 (mm)		
				定子内径	定子外径											d_1 (mm)	f_a (mm)	
0.55	4	120	75	65	80	0.25	24	22		26	128	链式	1-φ0.56	1~6		163.3	21.3	
0.75				103							178.3							
1.1				81							191.7							
1.5				63							221.7							
2.2	4	155	98	105	120	0.3	32	32		38	41	单层交叉	2-φ0.71	1~9	1	224.2	26.8	
3				31							254.2							
4				46							264.8							
5.5				47							267.2							
7.5	4	210	136	115	160	0.4	36	26	1	48	35	2-φ1.06	2~10		312.2	37.7		
11				28							334.9							
15				22							374.9							
				32							395.5							
18.5	4	290	187	190	220	0.5	48	44	70	32	双层	2-φ1.18	1~11	2	425.5	44.5		
22				28						456								
30				24						475.7								
				46						510.7								
37	4	368	245	200	235	0.65	60	50	80	2-φ1.06	2-φ1.3	1~12	4	2	475.7	63.8		
45				20						537.6								
				2-φ1.4						3-φ1.3					537.6			
55				36												564.8		
75	4	400	260	240	325	0.7	60	50	85	2-φ1.25	2-φ1.3	1~14	4	4	564.8	77.3		
				26						649.8								
90		445	300	325		0.8			100	20	5-φ1.3				649.8			

续表

功率 (kW)	极数	定子外径 (mm)	定子内径 (mm)	铁心长度 (mm)	气隙长度 (mm)	定子槽数	转子槽数	斜槽度	转子内径 (mm)	每槽线数	绕组型式	线规	跨距	并联支路数	绕组平均半匝长 (mm)	
															d_1 (mm)	f_d (mm)
110	4	520	350	290	1.2	72	64	1	110	17	双层	2- ϕ 1.5	1~16	4	657	25
132				380						14		4- ϕ 1.4			747	
160	4	520	350	420	1.2	72	64	1	110	12	双层	8- ϕ 1.5	1~16	4	787	25
0.75				100						77		1- ϕ 0.67			183.1	
1.1	4	520	350	125	0.25	72	64	1	110	60	链	1- ϕ 0.75	1~16	1	208	25
1.5				100						53		1- ϕ 0.85			193.9	
2.2	4	520	350	110	0.3	72	64	1	110	44	链	1- ϕ 1.06	1~16	1	212.2	25
3				175						38		1- ϕ 0.85, 1- ϕ 0.9			227.2	
4	6	260	180	140	0.35	36	33	1	48	52	链	1- ϕ 1.06	1~6	2	257.2	15
5.5				180						42		1- ϕ 1.25			291.2	
7.5	6	260	180	145	0.4	36	33	1	60	38	链	2- ϕ 1.12	1~6	2	281.7	26.3
11				195						28		4- ϕ 0.95			331.7	
15	6	290	205	200	0.45	54	44	1	70	34	双	1- ϕ 1.5	1~9	2	363.3	20
18.5				195						32		1- ϕ 1.12, 1- ϕ 1.18			370.4	
22	6	327	230	220	0.5	54	44	1	75	28	双	2- ϕ 1.25	1~9	2	395.4	20
30				210						26		1- ϕ 1.3, 2- ϕ 1.4			408.4	
37	6	400	285	225	0.55	72	58	1	80	26	层	1- ϕ 1.12, 2- ϕ 1.18	1~12	3	454.1	25
45				215						28		2- ϕ 1.3, 1- ϕ 1.4			468.1	
55	6	445	325	260	0.65	72	58	1	100	22	层	1- ϕ 1.4, 2- ϕ 1.5	1~11	6	513.1	70
75				290						38		ϕ 1.3, 2- ϕ 1.4			572	
90	6	520	375	340	1.0	72	58	1	110	32	层	1- ϕ 1.4, 2- ϕ 1.5	1~11	6	622	70
110				340						32		1- ϕ 1.4, 2- ϕ 1.5			622	

续表

功率 (kW)	极 数	定子外 径 (mm)	定子内 径 (mm)	铁心长 度 (mm)	气 隙 长 度 (mm)	定子槽 数	转子槽 数	斜 槽 度	转 子 内 径 (mm)	每 槽 线 数	绕 组 型 式	线 规	跨 距	并 联 支 路 数	绕组 平均 匝 长 (mm)		
															d_1 (mm)	f_a (mm)	
132	6	520	375	380 450	1.0	72	58		110	28 24	双层	2- ϕ 1.4、2- ϕ 1.5 5- ϕ 1.5	1~11	6	662 732	25	70
2.2		210	148	110	0.35	48	44	1	48	38	链	1- ϕ 1.12	1~6	1	208.6	18.6	15
3	140																
4		260	180	110	0.4	48	44	1	60	49	式	1- ϕ 1.25	1~6	1	223.7	19.1	15
5.5	145																
7.5		290	205	195	0.45	54	58	1	70	30		2- ϕ 1.0	1~7	2	308.7	23.1	20
11	200																
15		327	230	195	0.5	54	58	1	75	38		1- ϕ 1.06、1- ϕ 1.12	1~7	2	336.6	23.8	20
18.5	170																
22	8	368	260	210	0.55	58	58	1	80	32	双	2- ϕ 1.4	1~7	2	328.8	30.2	20
30	210																
37		400	285	225	0.65	72	58	1	85	22		3- ϕ 1.3	1~9	4	405.0	34.4	25
45	225																
55		445	325	215	0.9	72	58	1	100	40	层	2- ϕ 1.3	1~9	8	412.7	39.3	25
75	215																
90		520	390	260	0.9	72	58	1	110	34		1- ϕ 1.4、1- ϕ 1.5	1~9	8	457.7	51	25
110	260																
				290	0.9	72	58	1	110	22		3- ϕ 1.0	1~9	8	522	712	25
	22																
				380	0.9	72	58	1	110	20		4- ϕ 1.4	1~9	8	612	712	25
	20																
				420	0.9	72	58	1	110	34		5- ϕ 1.4	1~9	8	652	712	25
	34																
				480	0.9	72	58	1	110	34		3- ϕ 1.5	1~9	8	712	712	25
	34																

2.2.2 Y系列(IP23)小型三相异步电动机技术数据

见表3.2.4和表3.2.5。

2.2.3 YR系列(IP44)小型绕线转子三相异步电动机技术数据

见表3.2.6。

2.2.4 YR系列(IP23)小型绕线转子三相异步电动机技术数据

见表3.2.7。

表 3.2.4 Y系列(IP23)电动机技术数据

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	
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	160
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	220
Y200M-2	45	2952	84.4	91	0.89	1.9	7.0	2.2	
Y200L-2	55	2950	100.8	91.5	0.89	1.9	7.0	2.2	310
Y225M-2	75	2955	137.9	91.5	0.89	1.8	7.0	2.2	380
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	465
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	
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	160
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	230
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

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				
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	1.8	6.5	2.0	
Y250M-6	55	983	104.2	91	0.87	1.8	6.5	2.0	465
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
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	465
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

表 3.2.5 Y 系列(IP23)三相异步电动机技术数据

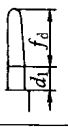
功率 (kW)	极 数	定 子 外 径 (mm)	定 子 内 径 (mm)	铁 心 长 度 (mm)	气 隙 长 度 (mm)	定 子 槽 数	转 子 槽 数	斜 槽 度	转 子 内 径 (mm)	每 槽 线 数	绕 组 型 式	线 规	跨 距	并 联 路 数	绕组 平 均 半 匝 长 (mm)	
															d_1 (mm)	f_d (mm)
15				100						24		2- ϕ 1.06、1- ϕ 1.12			383	64
18.5		290	160	125	0.8				70	20		1- ϕ 1.40、1- ϕ 1.50	1		408	
22				135						18		1- ϕ 1.50、1- ϕ 1.60			418	
30										32		2- ϕ 1.30	1~14		450	20
37		327	182	160	1.0				75	27		2- ϕ 1.40			474	71
45	2			155				1		24		2- ϕ 1.25、1- ϕ 1.30			504	
55		368	210	185	1.1				80	21		3- ϕ 1.40			534	79
75		400	225	185	1.2					18		3- ϕ 1.60		2	563	81
90				170					85	16		2- ϕ 1.30、3- ϕ 1.30			594	25
110		445	255	195	1.5					14		4- ϕ 1.50、1- ϕ 1.60	1~16		619	97
132		493	280	200	1.6				100	12		6- ϕ 1.50			651	

续表

功率 (kW)	极 数	定子外 径 (mm)	定子内 径 (mm)	铁 心 长 度 (mm)	气 隙 长 度 (mm)	定 子 槽 数	转 子 槽 数	斜 槽 度	转 子 内 径 (mm)	每 槽 线 数	绕 组 型 式	线 规	跨 距	并 联 路 数	绕组 半匝 长 (mm)		
															d_1 (mm)	f_a (mm)	
11			100							54		1- ϕ 1.18		2	298		38
15		290	130	0.55			70			42		1- ϕ 1.30			328		
18.5			150				18			18		1- ϕ 1.40		1	348		
22		327	210	135	0.65				75	36		2- ϕ 1.12	1~11		354	20	45
30			175			48	44			28		2- ϕ 1.30		2	394		
37		368	245	155	0.7				80	26	双 层 叠 绕	1- ϕ 1.12			398		49
45	4		185					1		22		2- ϕ 1.18			428		
55		400	260	185	0.8				85	40		1- ϕ 0.25	1~12	4	471		55
75			185							14		1- ϕ 1.30					
90		445	300	215	0.9		60		100	12		2- ϕ 1.25		2	489	25	60
110			200							24		3- ϕ 1.30	1~14		519		
132		493	330	240	1.0				110	40		4- ϕ 1.25		4	533		100
			240									4- ϕ 1.40			573		

续表

功率 (kW)	极数	定子外径 (mm)	定子内径 (mm)	铁心长度 (mm)		气隙长度 (mm)	定子槽数	转子槽数	斜槽度	转子内径 (mm)	每槽线数	绕组型式	线规	跨距	并联路数	绕组平均半匝长 (mm)	
				d_1	f_a											d_1	f_a
75	6	290	205	95	125	0.45	54	44	1	70	32	双层叠绕	1- ϕ 1.40	1~9	1	256	28
11				24		286											
15	6	327	230	155	135	0.50	54	44	1	75	44	双层叠绕	1- ϕ 1.40	1~9	2	300	32
18.5				36							330						
22	6	368	260	165	175	0.55	72	58	1	80	36	双层叠绕	2- ϕ 1.18	1~9	2	326	35
30				30							356						
37	6	400	285	175	195	0.65	72	58	1	85	30	双层叠绕	1- ϕ 0.18	1~12	3	398	42
45				28							408						
55	6	445	325	185	240	0.70	72	58	1	100	24	双层叠绕	2- ϕ 1.40	1~12	3	438	45
75				22							448						
90	6	493	360	240	18	0.70	72	58	1	110	18	双层叠绕	3- ϕ 1.40	1~12	3	503	49
90				18							503						



线表

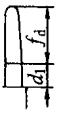
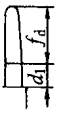
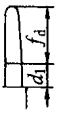
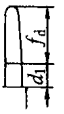
功率 (kW)	极 数	定 子 外 径 (mm)	定 子 内 径 (mm)	铁 心 长 度 (mm)	气 隙 长 度 (mm)	定 子 槽 数	转 子 槽 数	斜 槽 度	转 子 内 径 (mm)	每 槽 线 数	绕 组 型 式	线 规	跨 距	并 联 路 数	绕 组 平 均 半 匝 长 (mm)		
															d_1 (mm)	f_a (mm)	
5.5	8	290	205	95	0.45	54	50	1	70	42	双 层 叠 绕	1- ϕ 1.30	1~7	1	226	21	
7.5				125						32		32			1- ϕ 1.0、1- ϕ 1.06		
11	8	327	230	155	0.50	54	50	1	75	56	双 层 叠 绕	2- ϕ 0.90	1~7	2	267	24	
15				135						44		44			2- ϕ 1.0		
18.5	8	368	260	165	0.55	72	58	1	80	44	双 层 叠 绕	1- ϕ 1.6	1~9	4	289	26	
22				175						36		36			2- ϕ 1.25		
30	8	400	285	175	0.65	72	58	1	85	50	双 层 叠 绕	1- ϕ 1.40	1~9	4	351	31	
37				165						46		46			1- ϕ 1.06、1- ϕ 1.12		
45	8	445	325	195	0.70	72	58	1	100	38	双 层 叠 绕	1- ϕ 1.18、1- ϕ 1.25	1~9	4	385	32.5	
55				185						36		36			1- ϕ 1.30、1- ϕ 1.40		
75	8	493	360	240	0.70	72	58	1	110	28	双 层 叠 绕	1- ϕ 1.50、1- ϕ 1.60	1~9	4	445	36	
75				240						28		28			1- ϕ 1.50、1- ϕ 1.60		

表 3.2.6 YR 系列(IP44)电动机技术数据

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
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	82.5	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
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

表 3.2.7 YR 系列(IP23)电动机技术数据

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
YR160L1-4	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	57.7	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	
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	201.3	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	
YR200M-6	18.5	949	39	86.5	0.81	2.8	187	65	315
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	
YR250S-6	45	966	88	89	0.85	2.2	307	93	575
YR250M-6	55	967	105.7	89.5	0.86	2.2	359	97	
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	
YR160M-8	4	703	10.5	81	0.71	2.2	262	11	160
YR160L-8	5.5	705	14.2	81.5	0.71	2.2	243	15	
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	
YR200M-8	15	706	36.1	85	0.73	2.2	153	64	315
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	
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	
YR280M-8	75	725	152.1	90	0.82	2.2	359	131	

2.3 三相异步电动机的安装、运行及维护

2.3.1 电动机的安装

2.3.1.1 安装地点的选择 选择安装电动机的地点时一般应注意如下几点:

- (1) 尽量安装在干燥、灰尘较少的地方;
- (2) 尽量安装在通风较好的地方;
- (3) 尽量安装在较宽敞的地方,以便进行日常操作和维修。

2.3.1.2 电动机机座的安装 为了保证电动机能平稳地安全运转,必须把电动机牢固地安装在固定的底座上。电动机底座的选用方法是生产机械设备上有专供安装电动机固定底座的,电动机一定要安装在上面;无固定底座时,一般中小型电动机可用螺栓装置在固定的金属底板或槽轨上,也可以将电动机紧固在事先埋入混凝土基础内的地脚螺栓或槽轨上。

(1) 电动机底座基础的建造:电动机底座的基础一般用混凝土浇注而成,底座墩的形状如图 3.2.1 所示。座墩的尺寸要求; H 一般为 $100\sim 150\text{mm}$,具体高度应根据电动机规格、传动方法和安装条件来决定; B 和 L 的尺寸应根据底板或电动机机座尺寸来定,但四周一般要放出 $50\sim 250\text{mm}$ 裕度,通常外加 100mm ;基础的深度一般按地脚螺栓长度的 $1.5\sim 2$ 倍选取,以保证埋设地脚螺栓时,有足够的强度。

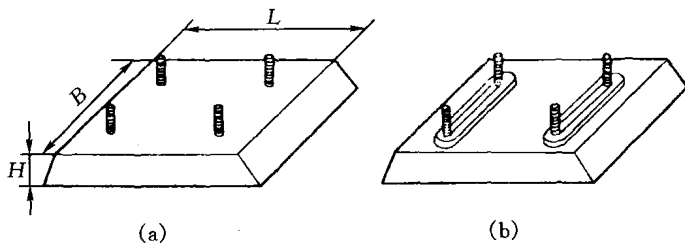


图 3.2.1 电动机的安装座墩

(a) 直接安装墩 (b) 槽轨安装墩

(2) 地脚螺栓的埋设方法:为了保证地脚螺栓埋得牢固,通常将地脚螺栓做成“人”字形或弯钩形,如图 3.2.2 所示。地脚螺栓埋设时,埋入混凝土的长度一般不小于螺栓直径的 10 倍,“人”字开口和弯钩形的长度是埋入混凝土内长度的一半左右。

(3) 电动机机座与底座的安装:为了防止振动,安装时应在电动机与基础之间垫衬一层质地坚韧的木板或硬橡胶防振物;4 个地脚螺栓上均要套上弹簧垫圈;拧紧螺母时要按对角交错次序逐步拧紧,每个螺母要拧得一样紧。

安装时还应注意使电动机的接线盒接近电源管线的管口,再用金属软管伸入接线盒内。

2.3.1.3 电动机的校正

(1)水平校正:电动机在基础上安放好后,首先检查水平情况。通常用水准仪(水平仪)来校正电动机的纵向和横向水平。如果不平,可用 $0.5\sim 5\text{mm}$ 的钢片垫在机座下,直至符合要求为止。注意:不能用木片或竹片来代替,以免在拧紧螺母或电动机运行中木片或竹片变形碎裂。校正好水平后,再校正传动装置。

(2)带传动的校正:用带传动时,首先要使电动机带轮的轴与被传动机器带轮的轴保持平行;其次两个带轮宽度的中心线应在一条直线上。若两个带轮的宽度相同,校正时可在带轮的侧面进行,将一根细线拉直并紧靠在两个带轮的端面,如图3.2.3所示,若细线均触到A、B、C、D四点,则带轮已校正好,否则应重新进行校正。

(3)联轴器传动的校正:以被传动的机器为基准调整联轴器,使两联轴器的轴线重合,同时使两联轴器的端面平行。

校准联轴器可用钢直尺进行校正,如图3.2.4所示。将钢直尺搁在联轴器上,分别测量纵向水平间隙 a 和轴向间隙 b ,再用手将电动机端的联轴器转动,每转 90° 测量一次 a 与 b 的数值。若各位置上测得的 a 、 b 值不同,应在机座下加垫或减垫。这样重复几次,调整后测得的 a 、 b 值在联轴器转动 360° 时不变即可。两联轴器容许轴向间隙 b 值应符合表3.2.8的规定。

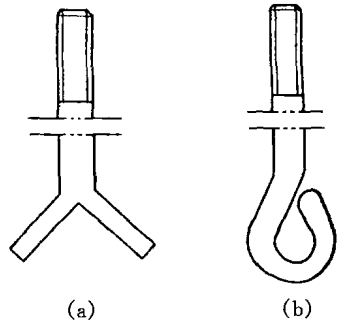


图 3.2.2 预埋的地脚螺栓

(a) 人字形 (b) 弯钩形

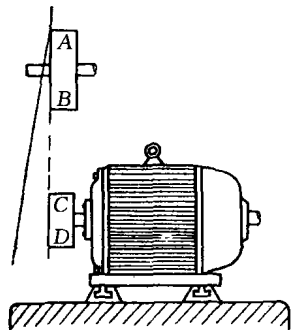


图 3.2.3 带轮传动的校正方法

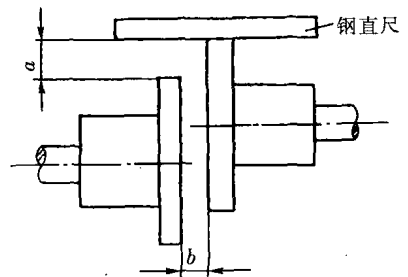


图 3.2.4 用钢直尺校正联轴器

表 3.2.8 两联轴器容许轴向间隙

联轴器直径(mm)	90~140	140~260	260~500
容许轴向间隙(mm)	2.5	2.5~4	4~6

(4) 齿轮传动的校正:电动机轴与被传动机器的轴应保持平行。两齿轮轴是否平行,可以通过塞尺检查两齿轮的间隙来确定,如间隙均匀,说明两轴已平行。否则,需重新校正。一般齿轮啮合程度可用颜色印迹法来检查,应使齿轮接触部分不小于齿宽的 $2/3$ 。

2.3.2 电动机的运行与维护

2.3.2.1 电动机启动前的准备和检查

(1) 新安装或长期停用的电动机启动前的检查

① 用兆欧表(俗称摇表)检查电动机绕组间和绕组对地的绝缘电阻。通常对额定电压 380V 的电动机,采用 500V 兆欧表测量,绝缘电阻应大于 $0.5\text{M}\Omega$, 否则应进行干燥处理。测试电动机绝缘电阻的方法如图 3.2.5 所示。测试前,应先将兆欧表进行校验,即将兆欧表测试端短路,并摇动兆欧表手柄(每分钟 120 转左右),看指针是否指在“0”位置上。然后将测试端开路,再摇动手柄,看指针是否指在“ ∞ ”位置上。测试时,要将兆欧表平置放稳,摇动手柄的速度要均匀。

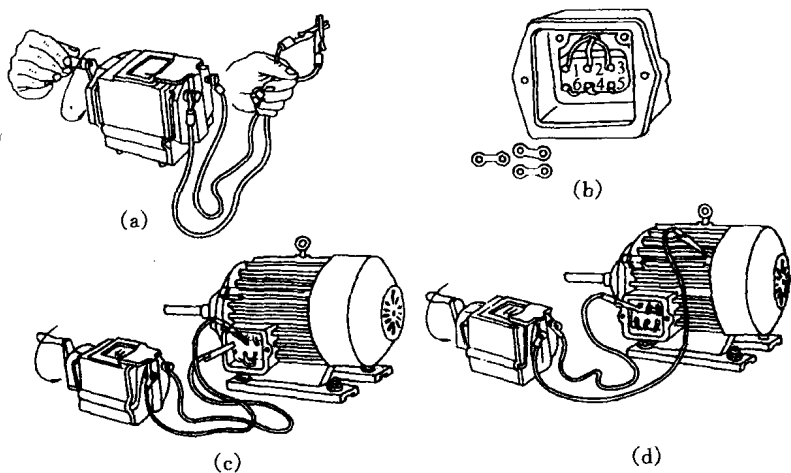


图 3.2.5 用兆欧表测试电动机绝缘电阻

(a) 校验兆欧表 (b) 拆去电动机接线盒中的连接片

(c) 测试电动机三相绕组间的绝缘电阻 (d) 测试电动机绕组对地(机壳)的绝缘电阻

②按电动机铭牌的技术参数,检查电动机的容量是否合适,检查电动机的额定电压、额定频率与电源电压及频率是否相符,接法是否与铭牌所标一致。

③检查电动机基础是否稳固,螺栓是否已拧紧。

④检查电动机轴承是否有油,滑动轴承是否达到规定油位。

⑤检查熔丝的额定电流是否符合要求;启动设备的接线是否正确;启动装置是否灵活,有无卡住现象;触头的接触是否良好。使用自耦变压器减压启动器时,还应检查自耦变压器抽头是否选得合适,自耦变压器减压启动器是否缺油,油质是否合格等。

⑥检查电动机机座、电源线钢管以及启动设备的金属外壳接地是否可靠。

⑦对于绕线转子三相异步电动机,还应检查集电环上的电刷及提刷装置是否灵活、正常,电刷接触是否良好,电刷压力是否合适。

以上工作结束后,还应做好以下检查。

(2)正常运行的电动机启动前的检查

①检查电源电压是否正常。对于 380V 电动机,电源电压不宜低于 360V 或高于 400V。

②检查线路的接线是否可靠,熔断器的安装是否正确,熔丝有无损坏。

③检查联轴器的连接是否牢固;传动带连接处是否良好,传动带松紧是否合适;机组转动是否灵活,有无摩擦、卡住、窜动等不正常的现象。

④检查机组周围有无障碍物或易燃物品等。

2.3.2.2 电动机启动时的注意事项

(1)操作人员应整理好自己的服装,以防卷入旋转机械;机组近旁不应有其他人员。

(2)拉、合闸时,操作人员应站在开关的侧面,以防被电弧烧伤;拉、合闸动作应迅速果断。

(3)使用星形—三角启动器和自耦减压启动器启动时,必须遵守操作程序。

(4)注意启动电动机与电源容量的配合。一台变压器同时为几台较大容量的异步电动机供电时,应对各台电动机的启动时间和顺序进行安排。不能同时启动,应根据容量由大到小逐台启动。

(5)电动机连续启动次数不能过多。电动机空载连续启动次数不能超过 3~5 次;经长时间工作,处于热状态下的电动机,连续启动不能超过 2~3 次。否则,电动机将可能过热损坏。

(6)合闸后如果电动机不转或转速很慢、声音不正常时,应迅速拉闸,查明原因并予以排除。

2.3.2.3 电动机运行中的监视和维护 对正常运行的异步电动机,要经常保持清洁,不允许有水滴、油滴或杂物落入电动机内部;要监视其运行中的电压、电

流、温度及可能出现的故障现象,并针对具体情况进行处理。

(1)电动机电压监视:三相异步电动机长期运行电压应不高于额定电压的10%,不低于额定电压的5%;三相电压不对称的差值也不应超过额定值的5%。否则应减载或调整电源。

(2)电动机电流的监视:电动机的运行电流(负载电流)不得超过铭牌上规定的额定电流。检查负载电流时,还应对照三相电流的大小,当三相电流不平衡的差值超过10%时,应停机处理。

(3)电动机温升的监视:监视温升是监视电动机运行状况的直接可靠的方法。当电动机的电压过低、电动机过载运行、电动机两相运行、定子绕组短路时,都会使电动机的温度不正常地升高。

所谓温升,是指电动机运行温度与环境温度(或冷却介质温度)的差值。例如环境温度(即电动机未通电的冷态温度)为30℃,运行后电动机的温度为100℃,测温升为70℃。如上所述,温升值反映了电动机运行中的发热状况,是电动机的运行参数。表3.2.9列出了各处绝缘等级的电动机不同部位的允许温度和温升。

表 3.2.9 三相异步电动机的最高容许温度和最大容许温升

电动机部件	绝缘等级	环境温度(℃)	最大容许温升(℃)	最高容许温度(℃)
定子绕组	A	40	55	95
	E	40	65	105
	B	40	70	110
定子铁心	A	40	60	100
	E	40	75	115
	B	40	80	120
滚动轴承		40	40	80
滑动轴承		40	55	95

表3.2.9所列温升都是环境温度为40℃下的值。若环境温度低于40℃,可允许保持表内温升值不变。但环境温度高于40℃时,应以最高允许温度为准,这时的允许温升应以允许温度减去环境温度得到。例如,环境温度为42℃,则B级绝缘定子绕组允许温升为 $110^{\circ}\text{C} - 42^{\circ}\text{C} = 68^{\circ}\text{C}$ (温度计法)。

对中小型电动机,常用酒精温度计进行温度测量。测量时,可用温度计靠紧被测轴承表面或定子铁心,读取表上温度示值。测绕组温度时,可旋下吊襟,把温度计插入吊襟螺孔内(温度计底部用金属箔包住)。读得的温度值为绕组表面温度,再加上15℃就是绕组的实际温度。

无温度计时,可在确定电动机外壳不带电后,用手背去试电动机外壳温度。若手能在外壳上停留而不觉得很烫,说明电动机未过热;若手不能停留,则说明电动机已过热。

(4)电动机运行中故障现象的监视:对运行中的异步电动机,应经常观察它的外壳有无裂纹、螺钉(栓)是否有脱落或松动、电动机有无异响或振动等。监视时,要特别注意电动机有无冒烟和异味出现,若嗅到焦糊味或看到冒烟,必须立即停机处理。

对轴承部位,要注意它的温度和响声。温度升高、响声异常,则可能是轴承缺油或磨损。

对于联轴器传动的电动机,若中心校正不好,会在运行中发出响声,并伴随着发生电动机的振动和联轴器螺栓胶垫的迅速磨损。这时应重新校正中心线。对于带传动的电动机,应注意传动带不应过松而导致打滑,但也不能过紧而使电动机轴承过热。

检查电动机及开关外壳是否漏电和接地不良。用验电笔检查电动机及开关外壳时,如发现金属外壳带电,说明设备已漏电,应立即停机处理。

2.3.2.4 异步电动机的定期维修 在电动机运行过程中,除了要加强日常维护外,为了保证电动机的安全运转和延长使用寿命,还应进行定期维修。定期维修可分为定期小修和定期大修两种。前者不拆开电动机,后者需把电动机全部拆开进行维修。

(1)定期小修:定期小修是对电动机的一般清理和检查,应经常进行。小修主要项目见表 3.2.10。

表 3.2.10 电动机定期小修检查项目表

项 目	检 查 内 容
清理电动机	1. 清除电动机外部的污垢 2. 测量绝缘电阻 3. 检查电动机外壳、风扇、风罩等有无损伤
检查和清理电动机接线部分	1. 清理接线盒污垢 2. 检查接线部分螺钉是否松动、损坏 3. 拧紧各连接点 4. 检查接地是否可靠
检查各紧固部分螺钉和接地线	1. 检查地脚螺栓是否紧固 2. 检查电动机端盖、轴承盖等螺钉是否紧固
检查传动装置	1. 检查传动装置是否可靠,传动带松紧是否适中 2. 检查传动装置是否良好,有无损坏
检查轴承	1. 检查轴承是否缺油,有无漏油 2. 检查轴承有无噪声及磨损情况
检查和清理启动设备	1. 清除外部污垢,检查触头有无烧伤 2. 检查接地是否可靠,测量绝缘电阻 3. 检查三相触头是否同时接触

(2)定期大修:异步电动机的定期大修应结合负载机械的大修进行。农用电动机结合农时,在每年冬季进行一次。对于工作环境灰尘多、潮湿、经常使用的电动机,应适当增加大修次数。大修主要项目见表 3.2.11。

表 3.2.11 电动机定期大修检查项目表

项 目	检 修 内 容
清理电动机启动设备	<ol style="list-style-type: none"> 1. 清除电动机表面及内部各部分的油泥和污垢 2. 清洗电动机轴承 3. 检查各零部件是否齐全,有无磨损
检查电动机绕组有无故障	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检查绕组有无接地、短路、断路现象 2. 检查转子有无断路 3. 检查绝缘电阻是否符合要求
检查电动机定、转子铁心是否相擦	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检查定、转子铁心有无松动或其他缺陷 2. 检查定、转子铁心是否有相擦痕迹,如有应修正
检查控制电器和测量仪表及保护装置	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检查控制电器触点是否良好,接线是否紧密可靠 2. 检查各种仪表是否良好 3. 检查保护装置、传动装置是否可靠
检查传动装置	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检查联轴器是否牢固 2. 检查连接螺钉有无松动 3. 检查传动带松紧程度是否合适,齿轮啮合是否良好
试车检查	<ol style="list-style-type: none"> 1. 测量绝缘电阻是否符合要求 2. 检查安装是否牢固 3. 检查各转动部分是否灵活 4. 检查电压、电流是否正常 5. 检查是否有不正常的振动和噪声

对拆开的电动机和启动设备进行清理时,要注意观察绕组绝缘情况。若绝缘为暗褐或深棕色,说明绝缘已经老化,对这种绝缘要特别注意不要碰撞使它脱落。若发现有脱落应进行局部绝缘修复和刷漆。

2.3.2.5 三相异步电动机的常见故障及其排除方法 异步电动机的故障是多种多样的,同一故障可能有不同的表面现象,而同样的表面现象也可能由不同的原因引起,因此,应认真分析,准确判断,及时排除。三相异步电动机的常见故障及其排除方法见表 3.2.12。

表 3.2.12 三相异步电动机的常见故障及其排除

常见故障	可能故障	排除方法
电动机空载不能启动	1. 熔丝熔断 2. 三相电源线或定子绕组中有一相断线 3. 刀开关或启动设备接触不良 4. 定子三相绕组的首尾端错接 5. 定子绕组短路 6. 转轴弯曲 7. 轴承严重损坏 8. 定子铁心松动 9. 电动机端盖或轴承盖组装不当	1. 更换同规格熔丝 2. 查出断线处,将其接好、焊牢 3. 查出接触不良处,予以修复 4. 先将三相绕组的首尾端正确辨出,然后重新连接 5. 查出短路处,增加短路处的绝缘或重绕定子绕组 6. 校正转轴 7. 更换同型号轴承 8. 先将定子铁心复位,然后固定 9. 重新组装,使转轴转动灵活
电动机不能满载运行或启动	1. 电源电压过低 2. 电动机带动的负载过重 3. 将三角形接法的电动机误看成星形接法 4. 笼型转子导条或端环断裂 5. 定子绕组短路或接地 6. 熔丝松动 7. 刀开关或启动设备的触点损坏,造成接触不良	1. 查明原因,待电源电压恢复正常后再使用 2. 减少带动的负载,或更换大功率电动机 3. 按照铭牌规定正确接线 4. 查出断裂处,予以焊接修补或更换转子 5. 查出绕组短路或接地处,予以修复或重绕 6. 拧紧熔丝 7. 修复损坏的触头或更换为新的开关设备
电动机三相电流不平衡	1. 三相电源电压不平衡 2. 重绕线圈时,使用的漆包线的截面积不同或线圈的匝数有错误 3. 重绕定子绕组后,部分线圈接线错误 4. 定子绕组有短路或接地 5. 电动机“单相”运行	1. 查明电压不平衡的原因,予以排除 2. 使用同规格的漆包线绕制线圈,更换匝数有错误的线圈 3. 查出接错处,并改接过来 4. 查出绕组短路或接地处,予以修复或重绕 5. 查出线路或绕组断线或接触不良处,并重新焊接好

续表

常见故障	可能故障	排除方法
电动机的温度过高	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电源电压过高 2. 欠电压满载运行 3. 电动机过载 4. 电动机环境温度过高 5. 电动机通风不畅 6. 定子绕组短路或接地 7. 重绕定子绕组时,线圈匝数少于原线圈匝数,或导线截面积小于原导线截面积 8. 定子绕组接线错误 9. 电动机受潮或浸漆后未烘干 10. 多支路并联的定子绕组,其中有一路或几路绕组断路 11. 在电动机运行中有一相熔丝熔断 12. 定、转子铁心相互摩擦(又称扫膛) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调整电源电压或待电压恢复正常后再使用电动机 2. 提高电源电压或减少电动机所带动的负载 3. 减少电动机所带动的负载或更换大功率的电动机 4. 更换特殊环境使用的电动机,或降低环境温度,或降低电动机的容量使用 5. 清理通风道里淤塞的泥土;修理被损坏的风叶、风罩;搬开影响通风的物品 6. 查出短路或接地处,增加绝缘或重绕定子绕组 7. 按原数据重新改绕线圈 8. 按接线图重新接线 9. 重新对电动机进行烘干后再使用 10. 查出断路处,接好并焊牢 11. 更换同规格熔丝 12. 查明原因,予以排除,或更换为新轴承
轴承过热	<ol style="list-style-type: none"> 1. 装配不当使轴承受外力 2. 轴承内无润滑油 3. 轴承的润滑油内有铁屑、灰尘或其他脏物 4. 电动机转轴弯曲,使轴承受到外界应力 5. 传动带过紧 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 重新装配电动机的端盖和轴承盖,拧紧螺钉,合严止口 2. 适量加入润滑油 3. 用汽油清洗轴承,然后注入新润滑油 4. 校正电动机的转轴 5. 适当放松传动带
电动机启动时熔丝熔断	<ol style="list-style-type: none"> 1. 定子三相绕组中有一相绕组接反 2. 定子绕组短路或接地 3. 工作机械被卡住 4. 启动设备操作不当 5. 传动带过紧 6. 轴承严重损坏 7. 熔丝过细 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 分清三相绕组的首尾端,重新接好 2. 查出绕组短路或接地处,增加绝缘,或重绕定子绕组 3. 检查工作机械和传动装置是否转动灵活 4. 纠正操作方法 5. 适当调整传动带 6. 更换为新轴承 7. 合理选用熔丝

续表

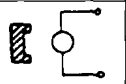
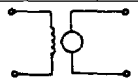
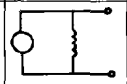
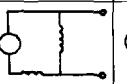
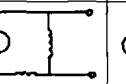
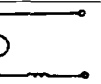
常见故障	可能故障	排除方法
运行中产生剧烈振动	1. 电动机基础不平或固定不紧 2. 电动机和被带动的工作机械轴心不在一条线上 3. 转轴弯曲造成电动机转子偏心 4. 转子或带轮不平衡 5. 转子上零件松弛 6. 轴承严重磨损	1. 校正基础板,拧紧底脚螺栓,紧固电动机 2. 重新安装,并校正 3. 校正电动机转轴 4. 校正平衡或更换为新品 5. 紧固转子上的零件 6. 更换为新轴承
运行中产生异常噪声	1. 电动机“单相”运行 2. 笼型转子断条 3. 定、转子铁心硅钢片过于松弛或松动 4. 转子摩擦绝缘纸 5. 风叶碰壳	1. 查出断相处,予以修复 2. 查出断路处,予以修复,或更换转子 3. 压紧并固定硅钢片 4. 修剪绝缘纸 5. 校正风叶
启动时保护装置动作	1. 被驱动的工作机械有故障 2. 定子绕组或线路短路 3. 保护动作电流过小 4. 熔丝选择过小 5. 过载保护时限不够	1. 查出故障,予以排除 2. 查出短路处,予以修复 3. 适当调大 4. 按电动机规格选配适当的熔丝 5. 适当延长
绝缘电阻降低	1. 潮气侵入或雨水进入电动机内 2. 绕组上灰尘、油污太多 3. 引出线绝缘损坏 4. 电动机过热后,绝缘老化	1. 进行烘干处理 2. 清除灰尘、油污后,进行浸渍处理 3. 重新包扎引出线 4. 根据绝缘老化程度,分别予以修复或重新浸渍处理
机壳带电	1. 引出线与接线板接头处的绝缘损坏 2. 定子铁心两端的槽口绝缘损坏 3. 定子槽内有铁屑等杂物未除尽,导线嵌入后即造成接地 4. 外壳没有可靠接地	1. 应重新包扎绝缘或套一绝缘管 2. 仔细找出绝缘损坏处,然后垫上绝缘纸,再涂上绝缘漆并烘干 3. 拆开每个线圈的接头,用淘汰法找出接地的线圈,进行局部修理 4. 将外壳可靠接地

3 直流电动机

3.1 直流电动机的分类及型号

直流电机的分类方法很多,按用途可分为直流电动机和直流发电机;按防护型式可分为开启式、防护式和封闭式等;按冷却方式可分为自通风、强迫通风(带骑式鼓风机或冷却器)和管道通风等;按结构类型可分为卧式、立式,机座带底脚或不带底脚,端盖带凸缘或不带凸缘等。不同励磁方式的直流电动机特性和用途见表 3.3.1。

表 3.3.1 直流电动机的特性和用途

励磁方式	永磁	他励	并励	稳定并励	复励	串励
励磁特征图						
启动转矩	启动转矩为额定转矩的 2 倍,也可制成为额定转矩的 4~5 倍	由于启动电流一般限制在额定电流的 2.5 倍以内,启动转矩为额定转矩的 2~2.5 倍,特殊设计的电机可达 3 倍			启动转矩较大,约为额定转矩的 4 倍,特殊设计的电机可达 4.5 倍,由复励程度决定	启动转矩很大,可达额定转矩的 5 倍左右
短时过载转矩	一般为额定转矩的 1.5 倍,也可制成为额定转矩的 3.5~4 倍	一般为额定转矩的 1.5 倍,带补偿绕组时可达额定转矩的 2.8 倍			比他励、并励电动机大,可达额定转矩的 3.5 倍左右	可达额定转矩的 4.5 倍
转速变化率	3%~15%	5%~20%			由复励程度决定,可达 30%	转速变化率很大,空载转速极高
调速范围	转速与电枢电压是线性关系,有较好的调速特性,调速范围较大	削弱磁场恒功率调速,转速比可达 1:2 至 1:4,特殊设计可达 1:8;他励时,可调节电枢电压,恒转矩向下调速范围较广			削弱磁场调速,可达额定转速的 2 倍	用外接电阻与串励绕组串联或并联;或将串励绕组串联或并联连接起来实现调速。调速范围较广

续表

励磁方式	永磁	他励	并励	稳定并励	复励	串励
用途	自动控制系统中作为执行元件及一般传动动力用,如力矩电动机	用于启动转矩稍大的恒速负载和要求调速的传动系统,如离心泵、风机、金属切削机床、纺织印染、造纸和印刷机械等			用于要求启动转矩较大,转速变化不大的负载,如拖动空气压缩机、冶金辅助传动机械等	用于要求很大的启动转矩、转速允许有较大变化的负载,如蓄电池供电车、起货机、起锚机、电车、电力传动机车等

3.2 直流电动机主要技术数据

3.2.1 Z2 系列直流电动机及其技术数据

3.2.1.1 概述 Z2 系列直流电机有发电机、调压发电机、电动机等,其工作方式为连续工作制。电机仅适用于正常的使用条件,即非湿热地区、非多尘及无有害气体场合,非严重过载或无冲击性过载的情况下。在海拔不超过 1000m、环境温度不超过 40℃ 工作条件下,能按额定功率正常运行。该系列电机外壳防护型式为防护式。

3.2.1.2 Z2 系列直流电动机技术数据 见表 3.3.2。

表 3.3.2 Z2 系列直流电动机技术数据

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	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	
51	10				220	—	53.4	—	222	126
52	13					—	68.7	—	365	148
Z2-51	10	110	—	—	107.5	—	—	144		

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	
Z2-61	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		
Z2-11	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			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	180	90	400	430	280			
72	22	232.6	115.4	370	370	320			
81	30	315.5	156.9	450	540	393			
82	40				208		770	443	
91	55				284		770	630	
92	75				385		870	730	
101	100	220	1800	1500	—	511	—	1070	970
102	125				635	940	1130		
111	160				810	1300	1350		
112	200				1010	1620	1410		

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	
Z2-21	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
Z2-92	40				110 220	1000	2000	423	210
101	55	220	1500	—	285.5		—	670	970
102	75		—	385	—		820	1130	
111	100		511	1150	1350				
112	125		635	1380	1410				
Z2-31	0.6	110	750	1500	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				46.6	23	176	190	175
62	5.5				62.9	31.3	197	293	196

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				
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				220	660	1200		289		920	1130
111	75								387		1000	1350
Z2-112	100								514			1510
Z2-91	17	220	660	1200	193	95.5	560	570	630			
92	22				242.5	119.7	610	650	730			
101	30				324.4	161.5	640	810	970			
102	40				431	214	930	1020	1130			
111	55					289		980	1350			
Z2-112	75	220	660	1200	—	387	—	1510				

3.2.2 Z4 系列直流电动机及其技术数据

3.2.2.1 概述 Z4 系列直流电动机是节能型产品,其性能符合 IEC 和德国国家标准 DIN57530 要求,适用于正常的使用条件,即非湿热带地区、非多尘及无有害气体场合。根据用户需要可以制成湿热带地区使用的电动机。

Z4 系列直流电动机比 Z2、Z3 系列具有更大的优越性,它可适用于静止整流电源供电,转动惯量小,有较好的动态性能,并能承受较高的负载变化率,适用于需要平稳调速、效率高、自动稳速、反应灵敏的控制系统。

该系列电动机的工作方式为连续工作制,在海拔不超过 1000m、环境温度不超过 40℃的工作条件下,能按额定功率正常运行。

3.2.2.2 Z4 系列直流电动机技术数据 见表 3.3.3。

表 3.3.3 Z4 系列直流电动机技术数据

型号	额定功率 (kW)	额定电压 (V)	额定电流 (A)	额定转速/最高转速 (r/min)	励磁功率 (W)	电枢回路电阻 (Ω)(20℃)	电枢电感 (mH)	磁场电感 (H)	外接电感 (mH)	效率 (%)	转动惯量 ($\text{kg}\cdot\text{m}^2$)	质量 (kg)
Z4-100-1	2.2	160	17.9	1500/3000	215	1.19	11.2	22	10	67.8	0.044	60
	1.5	160	13.4	1000/2000	315	2.2	21.4	13	13	58.5		
	4	440	10.7	3000/4000	250	2.85	26	18		80.1		
	2.2	440	6.5	1500/3000	250	9.23	86	18		70.6		
	1.5	440	4.8	1000/2000	250	16.8	163	18		63.2		
Z4-112/ 2-1	5.5	440	14.7	3000/4000	280	2.02	17.9	18		81.1	0.072	78
	3	440	8.7	1500/3000	280	6.26	59	17		72.8		
	2.2	440	7.1	1000/2000	335	11.7	110	13		63.5		
	3	160	24	1500/3000	335	0.79	7.1	13	9	69.1		
	2.2	160	19.6	1000/2000	335	1.5	14.1	13	20	62.1		
Z4-112/ 2-2	7.5	440	19.6	3000/4000	305	1.29	14	19		83.5	0.088	86
	4	440	11.3	1500/3000	260	4.45	48.5	24		76		
	3	440	9.3	1000/2000	275	7.94	83	14		67.3		
	4	160	31.4	1500/3000	375	0.575	6.2	14	9	72.3		
	3	160	24.8	1000/2000	375	0.934	10.3	14	9	66.8		

续表

型号	额定功率 (kW)	额定电压 (V)	额定电流 (A)	额定转速/ 最高转速 (r/min)	励磁 功率 (W)	电枢回 路电阻 (Ω)(20 $^{\circ}$ C)	电枢 电感 (mH)	磁场 电感 (H)	外接 电感 (mH)	效率 (%)	转动 惯量 ($\text{kg}\cdot\text{m}^2$)	质量 (kg)
ZA-112/ 4-1	5.5	160	42.7	1500/3000	375	0.392	3.85	6.8	6	73	0.128	84
	4	160	33.7	1000/2000	375	0.741	7.7	6.7	4	64.9		
	11	440	28.9	3000/4000	450	0.939	9	6.8		83.3		
	55	440	15.6	1500/2200	365	3.28	32	9.3		75.7		
ZA-112/ 4-2	4	440	12.3	1000/1400	365	5.95	63	9.1		68.7	0.156	94
	5.5	160	43.6	1000/2000	590	0.445	5.1	5.8		69.5		
	15	440	38.6	3000/4000	590	0.565	6.4	5.8	3	85.4		
	7.5	440	20.6	1500/2200	480	2.2	24.1	7.8		78.4		
ZA-132-1	5.5	440	16.1	1000/1500	590	4	42.5	5.8		71.9	0.32	123
	18.5	440	47.4	3000/4000	625	0.409	5.3	6.5		85.9		
	11	440	29.6	1500/2500	505	1.31	18.9	9		80.9		
	7.5	440	21.4	1000/1600	625	2.56	37.5	6.4		74.5		
ZA-132-2	22	440	55.3	3000/3600	535	0.223	3.65	10		88.3	0.4	142
	15	440	39.3	1500/2500	635	0.806	13.5	7.9		83.4		
	11	440	30.7	1000/1600	635	1.62	27.5	7.8		77.7		
	30	440	75	3000/3600	780	0.168	2.75	7.2		88.6		
ZA-132-3	18.5	440	48	1500/3000	780	0.558	9.8	7.1		84.7	0.48	162
	15	440	41	1000/1600	780	1.02	19.4	7		80.5		

续表

型号	额定功率 (kW)	额定电压 (V)	额定电流 (A)	额定转速/ 最高转速 (r/min)	励磁功率 (W)	电枢回路电阻 (Ω)(20 $^{\circ}$ C)	电枢电感 (mH)	磁场电感 (H)	外接电感 (mH)	效率 (%)	转动惯量 ($\text{kg}\cdot\text{m}^2$)	质量 (kg)
ZA-160-11	37	440	93.4	3000/3500	620	0.183	3.15	10		88.5	0.64	202
	22	440	58.8	1500/3000	740	0.62	10.4	7.7		82.6		
ZA-160-22	45	440	113	3000/3500	670	0.143	2.7	10		89.1	0.76	224
	18.5	440	51.1	1000/2000	810	0.915	17.7	7.9		79.4		
ZA-160-31	55	440	137	3000/3500	725	0.0967	2.07	11		90.2		
	30	440	77.8	1500/3000	725	0.376	8.3	10		85.7	0.88	250
ZA-180-11	22	440	59.2	1000/2000	870	0.675	15.2	8.2		81.7		
	37	440	95	1500/3000	975	0.263	4.9	7.67		86.5		
ZA-180-21	18.5	440	51.2	750/1900	1150	0.912	16.2	6.36		78.1	1.52	305
	15	440	43.8	600/2000	975	1.41	22.7	7.85		74.1		
ZA-180-21	75	440	185	3000/3400	1210	0.064	1.2	6.67		90.7		
	45	440	115	1500/2800	1230	0.217	4.7	6.3		87		
ZA-180-21	30	440	79	1000/2000	1060	0.423	9.2	7.96		83.7	1.72	335
	22	440	60.3	750/1400	1060	0.766	16.3	7.76		79.7		
ZA-180-21	18.5	440	52	600/1600	1210	0.973	19.9	6.96		76.8		
ZA-180-31	37	440	97.5	1000/2000	1350	0.346	6.8	6.34		83.6	1.92	370
	22	440	62.1	600/1250	1350	0.87	18.3	6.18		76.6		

续表

型号	额定功率 (kW)	额定电压 (V)	额定电流 (A)	额定转速/ 最高转速 (r/min)	励磁 功率 (W)	电枢回 路电阻 (Ω)(20 $^{\circ}$ C)	电枢 电感 (mH)	磁场 电感 (H)	外接 电感 (mH)	效率 (%)	转动 惯量 (kg·m 2)	质量 (kg)
42	90	440	221	3000/3200	1230	0.0504	0.82	8.10		91.3		
Z4-180-	41	440	140	1500/3000	1230	0.159	3.2	8.03		87.1	2.2	395
41	30	440	80.6	750/2250	1540	0.0495	11.3	5.61		81.1		
12	110	440	270	3000/3200	1260	0.0373	0.77	7.91		91.6		
11	45	440	117	1000/2000	1260	0.267	7.9	7.07		85.5		
Z4-200-	11	440	97.8	750/2000	1260	0.354	9.9	8.12		83.5	3.68	470
11	22	440	61.6	500/1350	925	0.839	23.3	12		78.6		
	75	440	188	1500/3000	1170	0.094	2.6	9.84		89.6		
Z4-200-21	30	440	82.1	600/1000	1190	0.563	15.3	9.3		80.4	4.2	515
32	132	440	332	3000/3200		0.0318	0.74	7.79		92.4		
31	90	440	224	1500/2800		0.0754	2.5	8.2		89.8		
31	55	440	140	1000/2000	1360	0.173	4.5	8.7		87.1	4.8	565
Z4-200-	31	440	118	750/1400		0.295	8	8.53		84.1		
31	37	440	99.5	600/1600		0.403	11.4	8.67		82		
31	30	440	82.7	500/750		0.575	16.5	8.44		79.5		

续表

型号	额定功率 (kW)	额定电压 (V)	额定电流 (A)	额定转速/ 最高转速 (r/min)	励磁功率 (W)	电枢回路电阻 (Ω)(20 $^{\circ}$ C)	电枢电感 (mH)	磁场电感 (H)	外接电感 (mH)	效率 (%)	转动惯量 ($\text{kg}\cdot\text{m}^2$)	质量 (kg)
ZA-225-11	110	440	275	1500/3000	1890	0.065	1.9	6.15		89.4		
	75	440	194	1000/2000	1260	0.151	4.6	11.3		86.5		
	55	440	145	750/1600	1890	0.239	8.1	5.9		84	5	680
	45	440	122	600/1800	1890	0.362	11.3	5.93		80.8		
	37	440	102	500/1600	1890	0.472	14.1	6.24		78.8		
ZA-225-21	55	440	147	600/1200	2130	0.262	8.9	5.66		82.4	5.6	735
	45	440	125	500/1400	2130	0.397	12.8	5.49		78.9		
ZA-225-31	135	440	325	1500/2400	1640	0.0562	1.4	9.75		90.5		
	90	440	227	1000/2000	2360	0.096	3.2	5.27		88	6.2	810
	75	440	195	750/2250	2360	0.153	4.8	5.56		85.1		
ZA-250-11	160	440	399	1500/2100	2560	0.0325	0.83	4.97		89.9	8.8	880
	110	440	280	1000/2000	1790	0.0866	2.3	8.14		88.1		
ZA-250-21	185	440	459	1500/2200	2400	0.0325	0.86	5.73		90.5		
	90	440	227	750/2250	2400	0.131	3.6	5.63		86.3	10	960
	75	440	197	600/2000	2400	0.171	4	6.13		84.1		
	55	440	147	500/1000	2400	0.256	5.8	6.08		82.2		

续表

型号	额定功率 (kW)	额定电压 (V)	额定电流 (A)	额定转速/ 最高转速 (r/min)	励磁 功率 (W)	电枢回 路电阻 (Ω)(20 $^{\circ}$ C)	电枢 电感 (mH)	磁场 电感 (H)	外接 电感 (mH)	效率 (%)	转动 惯量 (kg·m ²)	质量 (kg)
ZA-250-31	200	440	492	1500/2400	2200	0.0274	0.82	7.22		91.5		
	132	440	332	1000/2000	2200	0.0608	1.6	7.46		89.1	11.2	1060
	110	440	282	750/1900	2650	0.0957	2.6	5.66		86.9		
ZA-250-	220	440	540	1500/2400	2470	0.0235	0.69	6.74		91.7		
	160	440	401	1000/2000	2470	0.0484	1.4	6.93			12.8	1170
	90	440	234	600/2000	2990	0.138	4.4	4.65		85		
	75	440	199	500/1900	2470	0.181	4.8	7.13		83.5		
ZA-280-11	250	440	615	1500/2000	2540	0.0214	0.65	6.26		91.6	16.4	1230
	280	440	684	1500/1800	2880	0.0167	0.56	5.82		92.1		
ZA-280-	200	440	498	1000/2000	2880	0.0375	1.2	5.87		90.1	18.4	1350
	132	440	332	750/1600	2880	0.0649	2.2	5.77		88.6		
	110	440	282	600/1500	2880	0.0968	2.9	6		86.6		
ZA-280-	315	440	767	1500/1800	2700	0.0149	0.56	6.88		92.6		
	220	440	544	1000/2000	3210	0.0308	1	5.54		90.6		
	160	440	401	750/1700	3210	0.052	1.9	5.53		89.1	21.2	1500
	132	440	338	600/1200	3210	0.0829	2.4	5.81		86.8		
	90	440	234	500/1800	2700	0.137	5	6.61		85.4		

续表

型号	额定功率 (kW)	额定电压 (V)	额定电流 (A)	额定转速/最高转速 (r/min)	励磁功率 (W)	电枢回路电阻 (Ω)(20°C)	电枢电感 (mH)	磁场电感 (H)	外接电感 (mH)	效率 (%)	转动惯量 ($\text{kg}\cdot\text{m}^2$)	质量 (kg)
42	355	440	864	1500/1800	2990	0.0138	0.5	6.48		92.6		
42	250	440	616	1000/1800	3590	0.0249	0.9	5.21		91.1	24	1650
ZA-280-	41	440	463	750/1900	3590	0.0438	1.6	5.14		89.4		
41	110	440	282	500/1200	2510	0.0976	3.5	9		86.9		
12	280	440	687	1000/1600	3800	0.0224	0.33	5.07		91.6		
12	200	440	501	750/1900	3800	0.0436	0.6	4.97		89.4		
11	160	440	409	600/1900	2990	0.0692	0.96	7.53		87.4	21.2	1900
11	132	440	342	500/1600	2990	0.0971	1.7	7.01		86.3		
11	110	440	292	400/1200	2510	0.137	2.1	9.92		84.3		
22	315	440	773	1000/1600	4110	0.0188	0.25	5.51		91.5		
22	250	440	636	750/1600	4110	0.0337	0.54	5.11		89.6	24	2090
21	185	440	466	600/1600	4110	0.0518	0.83	5.13		88.5		
21	160	440	413	500/1500	4110	0.0758	1.1	5.18		86		
32	355	440	866	1000/1600	3840	0.0149	0.22	6.81		92.3		
32	280	440	700	750/1600	3840	0.0314	0.59	5.86		89.8	27.2	2300
32	200	440	501	600/1500	3840	0.0454	0.68	6.45		89.4		
31	132	440	343	400/1200	3840	0.0985	1.5	6.37		85.3		

续表

型号	额定功率 (kW)	额定电压 (V)	额定电流 (A)	额定转速/ 最高转速 (r/min)	励磁 功率 (W)	电枢回 路电阻 (Ω)(20 $^{\circ}$ C)	电枢 电感 (mH)	磁场 电感 (H)	外接 电感 (mH)	效率 (%)	转动 惯量 (kg·m 2)	质量 (kg)
42	400	440	972	1000/1600	3590	0.013	0.24	7.88		92.7		
42	315	440	770	750/1600	4590	0.0241	0.48	4.74		90.7		
Z4-315-	42	440	628	600/1600	4590	0.0369	0.63	4.98		89	30.8	2530
41	185	440	468	500/1500	3590	0.055	0.9	7.58		88.3		
41	160	440	416	400/1200	4590	0.0809	1.3	5.03		85.3		
12	450	440	1093	1000/1500	3690	0.0122	0.26	7.3		92.8		
12	355	440	874	750/1500	4490	0.0207	0.43	5.29		91.2		
Z4-355-	11	440	695	600/1600	4490	0.0291	0.66	5.29		90.2	42	2900
11	200	440	507	500/1500	1980	0.0536	1.1	18.6		88.9		
12	185	440	479	400/1200	4490	0.0683	1.1	5.71		85.9		
12	400	440	982	750/1600	4250	0.017	0.32	6.78		91.7		
22	315	440	782	600/1500	4250	0.0264	0.59	6.41		90.5	46	3180
Z4-355-	22	440	626	500/1600	3460	0.0373	0.91	8.84		89.5		
21	200	440	512	400/1200	3460	0.0586	1.2	9.27		87.5		
32	450	440	1098	750/1500	5840	0.0133	0.28	4.62		92.1		
32	355	440	875	600/1600	5300	0.0207	0.5	4.84		91	52	3500
Z4-355-	32	440	787	500/1500	5840	0.0289	0.65	4.5		89.5		
31	220	440	556	400/1200	3980	0.0467	0.96	8.26		88.4		
42	400	440	982	600/1600	6470	0.0171	0.37	4.35		91.2		
Z4-355-	42	440	890	500/1600	6470	0.0262	0.56	4.23		89.2	60	3850
42	250	440	627	400/1200	5460	0.0377	0.85	5.59		88.8		

3.3 直流电动机的运行、维护及保养

3.3.1 直流电动机主要零部件的保养

3.3.1.1 换向器的保养 换向器表面应是光洁的,不得有机械损伤或火花灼伤。若有轻微的灼伤痕出现,可用“00”号砂纸细细地在旋转换向器表面研磨。若出现严重灼伤痕或沟槽等现象,则必须重新车削换向器表面。车削前,应清除中心孔的污尘和毛刺,以保证换向器的同心度。车削时,车速选择高点,车刀要尖锐点。车好后用“00”号砂纸打光,使之表面粗糙度达 1.6~0.8。车好的换向器必须进行云母片下道工序,一般下刻 1.5~2mm,如图 3.3.1。最简单的工具可用细齿手工钢锯条,但要磨薄些,因为云母片厚度一般为 0.5~0.8mm,下刻时应仔细,不要拉毛换向片表面,下刻后换向片倒角,最后用“00”号砂纸在换向器表面上打光一下。

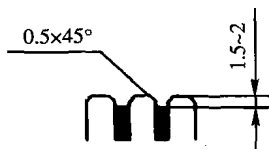


图 3.3.1 云母片下刻和换向片倒角

在车削、下刻、倒角或打光过程中,必须防止铜粉和云母粉尘进入电枢内部。加工完成后,必须用压缩空气将电枢内部吹净。

3.3.1.2 电刷的使用 电刷必须与换向器工作面有良好接触。电机电刷的正常压力为 12.2~27.0kPa。电刷与刷握框的配合不能过紧或过松,应有 0.1~0.3mm 的合适间隙,使电刷与换向器表面的接触有良好的跟随性。

电刷磨损或破碎后,须以相同牌号和尺寸的电机更换之。同一台电机切忌使用不同牌号电刷。更换新电刷后,需用“0”号砂纸,按电机旋转方向研磨电刷,如图 3.3.2 所示,以获得电刷与换向器工作表面的良好接触。研磨后,吹净炭粉,并使电机在轻载下运行一段时间,然后再逐渐增加负载至额定负载。

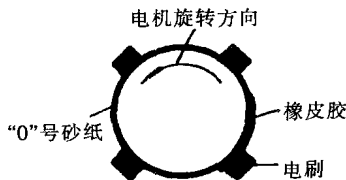


图 3.3.2 电刷研磨示意图

3.3.1.3 轴承的更换 在电机运行中,发现轴承有异常杂声,就应更换轴承。取下轴承的工具用三爪拉马。装轴承前,先用煤油清洗轴承盖内腔,然后用汽油擦干净,再加润滑脂,所加润滑脂量为轴承室空间的 2/3,不宜太多。用火油或汽油清洗轴承,再将轴承放到烘箱或油槽内(100℃)预热半小时,即刻将轴承轻轻套到轴上。

3.3.1.4 绝缘的干燥 如果用兆欧表测得冷态绝缘电阻低于 $1\text{M}\Omega$,则必须进行绝缘干燥处理。最简便的方法是打开电机的各通风窗,在励磁回路加 60% 额定励磁电压,线圈温度不宜超过 70°C ,在绝缘电阻连续稳定 4~5h 后,则可结束干燥处理。

3.3.2 使用前的准备及检查

(1) 擦除电机外表灰尘和积垢。打开风窗盖,拿去防尘纸,用压缩空气吹净电机内部灰尘。

(2) 转动电枢,检查转动是否灵活,有没有卡死现象,有无撞击或摩擦声。

(3) 检查刷架是否固定在规定的标记位置上,电刷压力是否正常,电刷在刷握内是否太紧或太松,电刷与换向器工作表面接触是否良好。

(4) 检查换向器工作表面的清洁度。如有油污,可用柔软的布或棉花蘸汽油擦除。

(5) 用兆欧表测量电机各绕组对机壳及各绕组相互间的绝缘电阻。如果低于 $1\text{M}\Omega$ 必须进行干燥处理。对额定电压小于 500V 直流电机,用 500V 兆欧表;对额定电压在 500~3000V 直流电机,则用 1000V 兆欧表。

(6) 检查电机接地装置是否可靠。

(7) 测量一下各绕组电阻值,以防电机有断线或短路现象。

3.3.3 直流电机的启动

对直流电动机的启动有三点要求:第一,启动电流不能太大,应为电动机所允许;其次,启动转矩要尽可能大些,必须大于负载的阻转矩(带负载启动时);第三,启动时间(即电动机从静止到稳定运行所经历时间)要短。

直流电动机的启动方法有三种:降压启动、电枢回路串电阻启动和直接启动。

3.3.3.1 降压启动 电枢回路与励磁回路由两套电源供电。启动前要满磁场,在启动过程中逐渐提高电枢电压,使转速逐渐上升。

3.3.3.2 电枢回路串电阻启动 在电枢回路串联一个可调节电阻箱。启动前调节电阻箱的电阻值至最大,在启动过程中逐渐减小电阻箱的电阻。

3.3.3.3 直接启动 在电枢两端直接加上额定电压使电动机启动,此种启动方法只适用 1kW 以下的电动机。

无论哪种启动方法,在启动时都应注意励磁绕组与电源接线可靠,并达到满磁场启动。串励电机不能空载启动。

3.3.4 直流电机运行中的维护

(1) 应经常保持清洁。不允许有水滴、油污落入电机内部。

(2) 不应有长时间的过载运行。在额定负载下,换向器的上火花应不超过 1½ 级。

(3)应经常检查轴承运行时温度,并倾听其转动声音是否均匀、正常。对有注放油孔的电机应定期加润滑脂。

(4)应注意电机运行时的温升变化情况。可经常用温度计检查电机进出口风温度和电机表面温度,如有异常,应停车检查。

(5)电机在运转中不应有摩擦声、尖叫声或其他杂声。如发现有不正常声音,应及时停车检查,消除故障后方可继续运行。

(6)电刷磨损不能过度。

(7)电机必须通风良好,进风和出风口必须保证畅通无阻。

3.3.5 直流电机火花等级的鉴别

直流电机正常运行时允许存在 1、 $1\frac{1}{4}$ 、 $1\frac{1}{2}$ 级换向火花,在偶然过电流或短时过转矩时可允许 2 级换向火花。关于直流电机换向火花的鉴别方法可按表 3.3.4 进行。

表 3.3.4 电刷下的换向火花等级(根据 GB755)

换向火花等级	电刷下的火花程度	换向器及电刷的状态
1	无火花	
$1\frac{1}{4}$	电刷边缘仅小部分($\frac{1}{8}$ 至 $\frac{1}{4}$ 刷边长)有断续的几点状火花	换向器上没有黑痕及电刷上没有灼痕
$1\frac{1}{2}$	电刷边缘大部分(大于 $\frac{1}{2}$ 刷边长)有连续的、较稀的颗粒状火花	换向器上有黑痕,但不发展,用汽油擦其表面即能除去,同时在电刷上有轻微灼痕
2	电刷边缘大部分或全部有连续的、较密的颗粒状火花,开始有断续的舌状火花	换向器上有黑痕,用汽油不能擦除,同时电刷上有灼痕;如短时出现这一级火花,换向器上不出现灼痕,电刷不致被烧焦或损坏
3	电刷整个边缘有强烈的舌状火花,伴有爆裂声音	换向器上黑痕较严重,用汽油不能擦除,同时电刷上有灼痕。如在这一火花等级下短时运行,则换向器上将出现灼痕,同时电刷将被烧焦或损坏

3.3.6 直流电动机的常见故障及处理方法

直流电动机发生故障后,应立即停机进行检修。表 3.3.5 列出了其常见的故障与处理方法。

表 3.3.5 直流电动机的常见故障与处理方法

故障现象	可能原因	处理方法
电 刷 下 火 花 过 大	1. 电刷与换向器接触不良	1. 研磨电刷接触面,并在轻载下运转 0.5~1h
	2. 刷握松动或装置不正	2. 紧固或纠正刷握装置
	3. 电刷与刷握配合太紧	3. 略微磨小电刷尺寸
	4. 电刷压力大小不当或不匀	4. 用弹簧秤校正电刷压力为 $1.5 \sim 2.5 \text{N/cm}^2$ (调整刷握弹簧压力或调换刷握)
	5. 换向器表面不光洁、不圆或有污垢	5. 清洁或研磨换向器表面
	6. 换向片间云母凸出	6. 换向器刻槽、倒角、再研磨
	7. 电刷位置不在中性线上	7. 调整刷杆座至原有记号之位置,或按感应法校正中性线位置
	8. 电刷磨损过度,或所用牌号及尺寸不符	8. 更换新电刷
	9. 过载	9. 恢复正常负载
	10. 电机底脚松动,发生震动	10. 紧固底脚螺钉
	11. 换向极绕组短路	11. 检查换向极绕组,修理绝缘损坏处
	12. 电枢绕组与换向器脱焊	12. 用毫伏表检查换向片间电压是否呈周期性出现,如某两片之间电压特别大,说明该处有脱焊现象,须重焊
	13. 检修时将换向极绕组接反	13. 用指南针试验换向极极性,并纠正(换向极与主极极性关系,顺电机旋转方向,发电机为 $n-N-s-S$,电动机为 $n-S-s-N$,其中大写字母为主极极性,小写字母为换向极极性)
	14. 电刷之间的电流分布不均匀	14. ①调整刷架等分;②按原牌号及尺寸更换新电刷
	15. 电刷分布不等分	15. 校正电刷等分
	16. 转子平衡未校好	16. 重校转子动平衡

续表

故障现象	可能原因	处理方法
电动机不能启动	1. 无电源 2. 过载 3. 启动转矩太小 4. 电刷接触不良 5. 电枢回路断路 6. 启动器与电机连接不正确	1. 检查线路是否完好, 启动器连接是否准确, 熔丝是否熔断, 励磁电压继电器是否动作 2. 减少负载 3. 检查所用启动器是否合适 4. 检查刷握弹簧是否松弛或改善接触面 5. 检查变阻器及电枢绕组是否断路, 更换绕组 6. 在电枢与电源接通前, 应先接通励磁绕组并使达到额定励磁电压值
电动机转速不正常	1. 电动机转速过高, 且有剧烈火花 2. 电刷不在正常位置 3. 电枢及磁场绕组短路 4. 串励电动机轻载或空载运转 5. 串励磁场绕组接反 6. 磁场回路电阻过大	1. 检查磁场绕组与启动器(或调速器)连接是否良好, 是否接错, 磁场绕组调速器内部是否断路 2. 按所刻记号调整刷杆位置 3. 检查是否短路(磁场绕组须每极分别测量电阻) 4. 增加负载 5. 纠正接线 6. 检查磁场变阻器和励磁绕组电阻, 并检查接触是否良好
电枢冒烟	1. 长时期过载 2. 换向器或电枢短路 3. 发电机负载短路 4. 电动机端电压过低 5. 电动机直接启动或反向运转过于频繁 6. 定、转子铁心相擦	1. 立即恢复正常负载 2. 用毫伏表检查是否短路, 是否有金属屑落入换向器或电枢绕组中 3. 检查线路是否有短路 4. 恢复电压至正常值 5. 使用适当的启动器, 避免频繁的反复运转 6. 检查电机气隙是否均匀, 轴承是否磨损
磁场线圈过热	1. 并励磁场绕组部分短路 2. 发电机转速太低 3. 磁场电压长期超过额定值	1. 分别测量每一绕组电阻, 修理或调换电阻特别低的绕组 2. 提高转速至额定值 3. 恢复端电压至额定值

续表

故障现象	可能原因	处理方法
其他	1. 机壳漏电 2. 并励(带有少量串励稳定绕组)电动机启动时反转,启动后又变为正转 3. 轴承漏油	1. ①电机绝缘电阻过低,用500V兆欧表测量绕组对地绝缘电阻如低于 $0.5M\Omega$,应加以烘干;②出线头碰壳;③出线板或绕组某处绝缘损坏,需修复;④接地装置不良,加以纠正 2. 串励绕组接反,互换串励绕组2个出线头 3. ①润滑脂加得太满(正常约为轴承室空间的2/3)或所用润滑脂质地不符合要求,需更正;②轴承温度过高(轴承如有不正常杂声应取出清洗检查换油,如钢珠或钢圈有裂纹,应予更换)

4 微电机

4.1 驱动微电机

驱动微电机品种繁多,按基本系列和派生系列两类产品进行分类,见表3.4.1和表3.4.2。

表 3.4.1 驱动微电机基本系列产品的种类及代号

种 类	产品名称	系列代号
微型 异步电动机	微型三相异步电动机	A
	微型单相电阻启动异步电动机	B
	微型单相电容启动异步电动机	C
	微型单相电容运转异步电动机	D
	微型单相电容启动与运转异步电动机	E
	微型单相罩极电动机	F
微型 同步电动机	微型磁阻式同步电动机	□
	微型三相磁滞式同步电动机	R
	微型单相磁滞式同步电动机	S
	微型永磁式同步电动机	Y

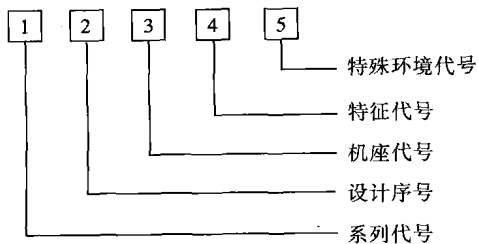
续表

种 类	产品名称	系列代号
换向器电动机	微型单相串励电动机	G
	微型交直流两用电动机	H
	微型并励电动机	K
	微型直流复励电动机	L
	微型永磁直流电动机	M

表 3.4.2 驱动微电机派生系列产品

产品名称	采用汉字	系列代号
多速微型电动机	多	<input type="checkbox"/> D
高启动转矩微型电动机	启	<input type="checkbox"/> Q
高滑率微型异步电动机	滑	<input type="checkbox"/> H
断续定额微型电动机	续	<input type="checkbox"/> X
短时定额微型电动机	时	<input type="checkbox"/> S
结构派生反应式同步电动机	同	<input type="checkbox"/> T
齿轮减速微型电动机	齿	<input type="checkbox"/> C
机床冷却用电泵	泵	<input type="checkbox"/> B
缝纫机用微型电动机	缝	<input type="checkbox"/> F
锥形转子微型电动机	锥	<input type="checkbox"/> Z
装入式微型电动机	入	<input type="checkbox"/> R
微型三相力矩电动机	矩	<input type="checkbox"/> J
稳速微型电动机	稳	<input type="checkbox"/> W
宽调速微型电动机	宽	<input type="checkbox"/> K
精密级微型电动机	密	<input type="checkbox"/> M

驱动微电机的型号命名方法：



示例:AO2 7124TH。

其中:AO2——系列代号,表示封闭式微型三相异步电动机系列、第二次新系列设计;

71——机座代号,表示电机轴中心高71mm;

24——特征代号,表示2号铁心长、四极;

TH——特殊环境代号,表示该产品适用于湿热带地区,各代号含义见表3.4.3。

表 3.4.3 特殊环境代号

名称	符号	名称	符号
“高”原用	G	“热”带用	T
“船”(海)用	H	“湿热”带用	TH
户“外”用	W	“干热”带用	TA
化工防“腐”用	F		

4.1.1 微型异步电动机

微型异步电动机主要作驱动用,按电源类别分为三相和单相两种。常用微型异步电动机的基本系列及产品规格见表3.4.4和表3.4.5。

表 3.4.4 常用微型异步电动机基本系列及代号

类别	推广使用的系列代号	被取代的系列产品代号	Y系列新型号
三相异步电动机	AO ₂	AO, JW, JLO	YS(异、三)
单相电阻启动异步电动机	BO ₂	BO, JZ, JLOE	YU(异、阻)
单相电容启动异步电动机	CO ₂	CO, JY, JLOR, JDX	YC(异、容)
单相电容运转异步电动机	DO ₂	DO, JX, JLOY	YY(异、运)
单相双值电容异步电动机	YL	—	YL
单相罩极异步电动机	FO*	—	—

注:目前尚未有统一设计系列产品。

表 3.4.5 微型异步电动机基本系列产品的规格

新系列			三相异步电动机		单相电阻启动异步电动机		单相电容启动异步电动机		单相电容运转异步电动机		单相双值电容异步电动机		老系列 ^①				
机座号	冲片外径 (mm)	铁心代号	同步转速 (r/min)										铁心代号	冲片外径 (mm)	机座号		
			3000		1500		3000		1500		3000					1500	
			电动机额定功率 (W)														
45	φ71	1	16	10					10	6			1	φ71	45		
		2	25	16/15 ^②					16/15	10/8			2				
50	φ80	1	40	25					25	16/15			1	φ80	50		
		2	60	40					40	25			2				
56	φ90	1	90	60					60	40			1	φ90	56		
		2	120	90					90	60			2				
63	φ96	1	180	120	90	60			120	90			1	φ102	63		
		2	250	180	120	90			180	120			2				
71	φ110	1	370	250	180	120	180	120	250	180	370	250	3				
		2	550	370	250	180	250	180		250	550	370					
80	φ128	1	750	550	370	250	370	250			750	550	1	φ120	71		
		2		750		370	550	370			1100	750	2				
90 S L	φ145						750	550			1500	1100	2	φ138	80		
							1100	750			2200	1500	1				
100L 1 2	φ155						1500	1100			3000	2200					
							2200	1500				3000					

注:①新系列指相应的 AO₂、BO₂、CO₂、DO₂ 及 YL 系列;老系列指 AO、BO、CO、DO 系列,无双值电容系列;

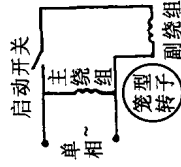
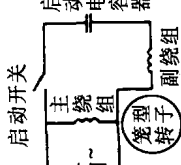
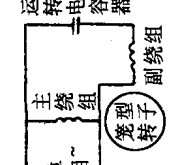
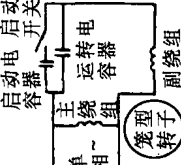
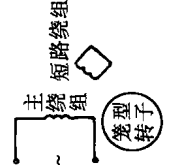
②斜线之前指新系列电机功率,之后指老系列电机功率。

4.1.1.1 结构性能及应用 微型三相异步电动机的基本原理、基本性能、基本结构与小型三相异步电动机完全一样,只是功率范围大小不同,单相异步电动机由于其供电电源是单相交流电,电源条件极其方便,应用领域非常广泛。

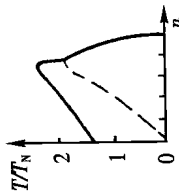
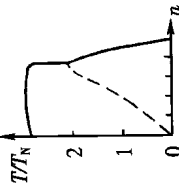
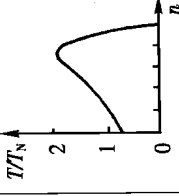
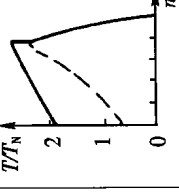
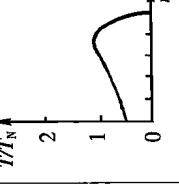
单相异步电动机的定子上通常都设置主、副两套绕组,副绕组回旋内或只串接启动开关,或串接电容器和启动开关,或只串接电容器,或两者兼而有之,或副绕组只是一个罩极线圈。由此单相异步电动机便形成五大基本系列:YU(电阻启动)、YC(电容启动)、YY(电容运转)、YL(双值电容)和 YJ(罩极)。微型单相异步电动机的结构、性能特点及其应用见表 3.4.6。

4.1.1.2 技术数据 微型单相异步电动机的基本系列有:YU、YC、YY 系列,其技术数据见表 3.4.7。

表 3.4.6 微型单相异步电动机的结构、性能特点及其应用

电动机类型	电阻启动	电容启动	电容运转	双值电容	罩极式
结构特点	<p>接在单相交流电源上，主、副两绕组，在空同错开 $\pi/2$ 电角度，主绕组电感较大，副绕组电路中串入启动开关触头，转子上有启动开关触头，转子上有启动开关(通常用离心开关)</p>	<p>接在单相交流电源上，主、副两绕组，在空同错开 $\pi/2$ 的电角度，主绕组电感大，副绕组电路中串入启动电容器，及启动开关触头，转子上有启动开关(通常用离心开关)</p>	<p>接在单相交流电源上，主、副两绕组，在空同错开 $\pi/2$ 的电角度，主绕组电感大，副绕组电路中串入启动电容器，与启动开关触头串联，转子上有启动开关(通常用离心开关)</p>	<p>接在单相交流电源上，主、副两绕组，在空同错开 $\pi/2$ 电角度，主绕组电感大，副绕组电路中串入启动电容器，与启动开关触头串联，转子上有启动开关(通常用离心开关)</p>	<p>主绕组接在单相交流电源上，可为凸极集中绕组，亦可为隐极分布绕组，副绕组为短路绕组(短路线)，又称罩极绕组，一般在磁极极面 $1/2 \sim 1/3$ 处开有一个或两个小槽，用以安置罩极绕组，转子上有罩极绕组</p>
接线原理图					

续表

电动机类型	电阻启动	电容启动	电容运转	双值电容	罩极式
工作原理	启动过程中,主、副两绕组同时工作,当转子转速上升至70%~85%同步转速时,副绕组被切除,由主绕组单独工作	启动过程中,主、副两绕组同时工作,当转子转速上升至70%~85%同步转速时,副绕组及启动电容器均被切除,由主绕组单独工作	启动及运行过程中,主、副两绕组同时工作	启动过程中,主、副绕组及两个电容器同时工作,当转子转速上升至70%~85%同步转速时,启动开关分断,切除启动电容器,其余部分始终参与工作	主绕组与罩极绕组在空间上有一定的相位差,其对应的磁通有一定的时间相位差,可形成椭圆磁场,两绕组始终同时工作
性能特点	具有中等堵转转矩,堵转电流较大	具有较高的堵转转矩,堵转电流中等	堵转转矩小,堵转电流小,有较高的效率及功率因数	具有较高的堵转转矩,较高的效率及功率因数,堵转电流中等	堵转转矩小,效率和功率因数低
机械特性曲线 $T/T_N = f(n)$					
输出转矩 倍数	T/T_N —	T/T_N —	T/T_N —	T/T_N —	T/T_N —
额定输出转矩	T_N —	T_N —	T_N —	T_N —	T_N —
转速	n —	n —	n —	n —	n —

续表

电动机类型	电阻启动	电容启动	电容运转	双值电容	罩极式
最大转矩 倍数	≥ 1.8	≥ 1.8	≥ 1.7	≥ 1.7	≥ 1.3
堵转转矩 倍数	0.8~1.7	2.0~3.0	0.30~0.60	1.7~1.8	0.3
堵转电流 倍数	6~9	4.5~6.5	4~5	4.5~6.5	
功率范围 (W)	60~1100	120~3700	6~2200	250~5500	4~8
机座号	63~90	71~132	45~90	71~132	
额定电压 (V)	220	220	220	220	220
同步转速 (r/min)	1500、3000	1000、1500、3000	1500、3000	1500、3000	1500、3000
典型应用	适用于小型机床、鼓风机、医疗器械等	适用于小型空气压缩机、制冷压缩机、农业机械、医疗器械及农业机械等需要高启动转矩的场合	适用于清水泵、电影放映机等对启动转矩要求不高而工作时间长、接近额定负载的场合	适用于机床、农副产品加工机械、空气压缩机、泵、医疗器械、建筑机械、日用电器等	适用于小型风扇、电动机模型及各种轻载启动的小功率电动设备

表 3.4.7 微型单相异步电动机的技术数据表

机座号	功率 (W)	电流 (A)	转速 (r/min)	主要性能				定子铁心			气隙	槽数			主绕组			副绕组			槽满率 (%)	电容器容量 (μF)		
				效率 (%)	功率因数	启动电流 (A)	启动转矩 (倍)	最大转矩 (倍)	外径 (mm)	内径 (mm)		长度 (mm)	定子极数	转 子	线规	每极匝数	平均半匝长 (mm)	线规尺寸 (mm)	每极匝数	每极半匝长 (mm)			平均半匝长 (mm)	绕组布置图号
YU63.12	90	1.09	2800	56	0.67	12	1.5			50	45		18	0.45	436	132	0.33	192	132	1	77.3			
22	120	1.36	2800	58	0.69	14	1.4			50	54	0.25	18	0.50	357	141	0.35	182	140	1	76.6			
14	60	1.23	1400	39	0.57	9	1.7	1.8	96	58	45		30	0.42	315	97.3	0.31	127	93.5	3	78			
24	90	1.64	1400	43	0.58	12	1.5			58	54		30	0.45	270	166.3	0.35	117	103	3	77.4			
71.12	180	1.89	2800	60	0.72	17	1.3			58	50		18	0.56	297	148.2	0.38	167	148.5	1	75.3			
22	250	2.40	2800	64	0.74	22	1.1	1.8	110	58	62	0.25	18	0.63	235	160.2	0.40	156	160.6	1	75.1			
14	120	1.88	1400	50	0.58	14	1.5			67	50		30	0.53	224	109.4	0.33	124	109.4	3	78			
24	180	2.49	1400	53	0.62	17	1.4			67	62		30	0.60	183	121.4	0.35	102	121.4	3	78			
80.12	370	3.36	2800	65	0.77	30	1.1			67	58		18	0.71	206	170.4	0.45	136	171.3	1	66			
14	250	3.11	1400	58	0.63	22	1.2	1.8	128	77	58	0.25	30	0.71	158	126.4	0.40	104	126.4	3	72.8			
24	370	4.24	1400	62	0.64	30	1.2			77	75		30	0.85	124	143.9	0.47	89	143.4	3	78.5			
YC71.12	180	1.89	2800	60	0.72	12	3.0			58	50		18	0.56	297	148.2	0.38	247	158.3	5	78.3	75(220V)		
22	250	2.4	2800	64	0.74	15	3.0	1.8	110	58	62	0.25	18	0.63	235	160.2	0.47	204	170.3	5	78.2	75(220V)		
14	120	1.88	1400	50	0.58	9	3.0			67	50		30	0.53	224	109.4	0.35	145	120.2	4	78	75(220V)		
24	180	2.49	1400	53	0.62	12	3.0			67	62		30	0.60	183	121.4	0.38	124	132.2	4	78	75(220V)		
80.12	370	3.36	2800	65	0.77	21	2.8			67	58		18	0.71	206	170.4	0.53	206	182	5	77.4	100(220V)		
22	550	4.65	2800	68	0.79	29	2.8	1.8	128	67	75	0.25	18	0.85	159	187.6	0.56	154	192	5	77	150(220V)		
14	250	3.11	1400	58	0.63	15	2.8			77	58		30	0.71	158	126.4	0.47	133	139	4	72.8	100(220V)		
24	370	4.24	1400	62	0.64	21	2.5			77	75		30	0.85	124	143.4	0.50	134	155.8	4	78.5	100(220V)		

续表

机座号	功率 (W)	电流 (A)	转速 (r/min)	主要性能			定子铁心			槽数	主绕组			副绕组			槽满率 (%)	绕组布置图号	电容器 容量 (μF)		
				效率 (%)	功率 因数	启动 电流 (A)	启动 转矩 (倍)	最大 转矩 (倍)	外径 (mm)		内径 (mm)	长度 (mm)	气隙	定子 定转子	转 子	线规 尺寸 (mm)				每极 匝数	平均 半匝 长 (mm)
90.12	75	5.94	2800	70	0.82	37	2.5	77	70	0.30	24	18	1.0	147	198.2	0.63	133	211.2	5	76.6	200(220V)
14	550	5.7	1400	65	0.69	29	2.5	145	87	0.25	36	42	0.95	127	144.6	0.60	108	157.2	5	73.7	150(220V)
24	750	6.77	1400	69	0.73	37	2.5	87	90	0.25	36	42	1.06	96	165	0.63	120	177	6	77.7	150(220V)
YY56.12	60	0.57	2800	53	0.90	2.5	0.5	48	50				0.28	454	131.6	0.31	527	131.6	1	69.6	4(630V)
22	90	0.81	2800	56	0.90	3.2	0.35	48	50	0.25	24	18	0.33	363	131.6	0.31	467	131.6	1	69.2	4(630V)
56.14	40	0.49	1400	45	0.82	2.0	0.5	54	50				0.28	356	98.7	0.23	508	98.7	3	73.2	2(630V)
24	60	0.64	1400	50	0.85	2.5	0.5	54	50				0.31	348	98.7	0.28	339	98.7	3	78	4(630V)
63.12	120	0.91	2800	63	0.95	5.0	0.35	50	45				0.40	415	132	0.31	593	132	1	77.1	4(630V)
22	180	1.29	2800	67	0.95	7.0	0.35	50	54	0.25	24	18	0.45	320	140.7	0.33	427	140.7	1	69.8	6(630V)
63.14	90	0.94	1400	51	0.85	3.2	0.35	58	45				0.35	302	93.7	0.31	374	93.7	3	74.4	4(630V)
24	120	1.17	1400	55	0.85	5.0	0.35	58	54				0.40	259	106.3	0.31	365	106.3	3	78	4(630V)
71.12	250	1.73	2800	69	0.95	10	0.35	58	50				0.50	271	148.1	0.45	382	148.1	1	78.4	8(430V)
14	180	1.58	2400	59	0.88	7.0	0.35	110	67	0.25	24	30	0.42	206	109.4	0.38	330	109.4	3	77.6	6(430V)
24	250	2.40	1400	62	0.90	10	0.35	67	62				0.47	165	121.4	0.42	268	121.4	3	74.7	8(430V)

注:本表中绕组布置图见图 3.4.1。

4.1.1.3 微型异步电动机的使用和维修

选用微型异步电动机时可参考表 3.4.8。使用时注意:全封闭自冷式电动机工作时发出的热量需靠机壳外表面传导散热,因此应安装在金属底板上,而不适于安装在木板、橡皮或塑料板等不易导热的材料上。

表 3.4.8 选用微型异步电动机参考表

系列代号	电压 (V)	频率 (Hz)	功率范围 (W)	堵转转矩	最大转矩	堵转电流 (A)	应用举例
				额定转矩	额定转矩		
AO ₂	三相 380	50	10~750	2.2	2.4	6 倍额定电流	一般机械,需用三相电源
BO ₂	单相 220	50	60~370	1.1~1.7	1.8	9~30	小型机床、鼓风机、医疗器械等
CO ₂	单相 220	50	120~750	2.5~3	1.8	9~37	空气压缩泵、冰箱、磨粉机、医疗器械等
DO ₂	单相 220	50	6~250	0.35~1	1.8	0.5~10	电子仪器、仪表、风扇、医疗器械等
YL	单相 220	50	250~3000	1.7~1.8	1.6~1.8	12~110	小型机具、食品机械、小型机床、农业机械等

BO₂、CO₂ 系列电动机因装有离心开关装置,必须在触点闭合后才能变换转向,因此只能在停机或低速的状态下改变接线,才能变换电机转向。由于启动电容器及离心开关性能的限制,该系列电动机不宜作频繁的启动用。

DO₂ 单相电容运转电动机当负载过轻时,电容器的电压会较原设计值激增,副绕组中电流可能增加以致发热烧毁。因此该电动机不宜长期轻载使用。

60Hz 电动机若使用在 50Hz 的电源上,电流将显著增大,绕组甚至会发热烧毁。微型异步电动机故障及原因如表 3.4.9 所示。

表 3.4.9 微型异步电动机故障及原因

故障现象	故障原因(具体内容见表注)				
	CO ₂	BO ₂	DO ₂	罩极式	AO ₂
不启动	①②③④⑤	①②③⑤	①②④⑦⑩	①②⑦⑩⑪	①②⑨
空载能启动,但启动迟缓、转向不定	③④⑤	③⑤	④⑨		⑨

续表

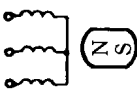
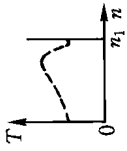
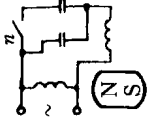
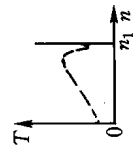
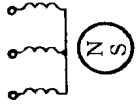
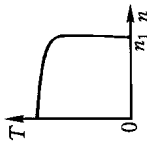
故障现象	故障原因(具体内容见表注)				
	CO ₂	BO ₂	DO ₂	罩极式	AO ₂
启动后剧烈升温甚至烧毁绕组	⑥⑧	⑥⑧	④⑧	⑧	⑧
启动后运行时很快发热	⑧	⑧	④⑧	⑧	⑧
不启动,帮助启动后转向不定且电动机很快过热	③④⑤⑧	③⑤⑧	④⑧⑨		⑧⑨
输入功率特大,电动机过热	⑦⑧⑩⑪	⑦⑧⑩⑪	⑦⑧⑩⑪	⑦⑧⑩⑪	
通电后电机不动,熔丝熔断	⑧⑫	⑧⑫	⑧⑫	⑧⑫	

注:①接线断路;②绕组断路;③离心开关底板上触点未接触,使启动绕组不通;④电容器坏;⑤启动绕组断路;⑥离心开关不断开,触点长时间接触;⑦电动机过载;⑧绕组短路或碰地;⑨一相或二相绕组断路;⑩轴承轧住;⑪固定部分和旋转部分相互摩擦等;⑫电动机引出线碰地。

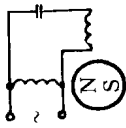
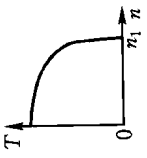
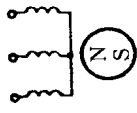
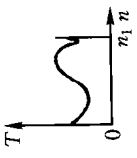
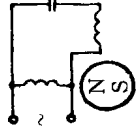
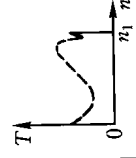

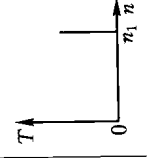
4.1.2 微型同步电动机

微型同步电动机常用形式有磁阻式(反应式)、磁滞式和永磁式。近年来又发展了电磁减速式及一些混合式结构。各种形式的性能特点和应用范围如表3.4.10所示。

表 3.4.10 微型同步电动机性能特点及典型应用

类别	系列代号	原理线路	机械特性 $T = f(n)$	性能特点			功率范围 (W)	转速 (r/min)	应用
				启动转矩 额定转矩	力能 指标	转速 特点			
三相磁阻同步电动机	TC			大 >2.2	不高	恒定	90~550	1500	用于功率较大的恒转速驱动,如摄影机、大型复印机、通讯设备、纺织机械、医疗器械的配合
单相磁阻同步电动机	TUC TUL TX			大 >1.8	不高	恒定	60~250	1500	用于单相电源的恒速驱动。TUC 广泛用于复印机、传真机等;TUL 用于启动转矩要求高,运行性能要求也高的仪器仪表表中
三相磁滞同步电动机	TZ			较大	较低	恒定	6~80	3000 1500	用于自动记录装置、音响装置、仪表陀螺等驱动

续表

类别	系列代号	原理线路	机械特性 $T = f(n)$	性能特点			功率范围 (W)	转速 (r/min)	应用
				启动转矩 额定转矩	力能 指标	转速 特点			
单相磁 滞同步 电动机	TZW			较大	较低	恒定	0.6~60	3000 1500	用于录音机、自动记录 装置、音响设备、仪器 表陀螺等驱动
三相异 步启动 永磁同步 电动机	FTY FTW			不大	高	恒定	250~4000	3000 1500	用于恒速连续工作机械 的驱动,如化纤、纺织 机械
单相异 步启动 永磁同步 电动机				不大	较高	恒定	0.15~6	250 375	用于恒速连续工作机械 的驱动,如化纤、纺织 机械
单相爪 极式永 磁同步 电动机	TY TYC TYD			小	低	恒定	<3	50 375 500	用于低速及恒速的驱动, 如转页式风扇、自动记 录仪表定时器等

4.1.2.1 磁阻同步电动机 曾名反应式同步电动机。国产三相及单相磁阻同步电动机的规格见表 3.4.11, 功率 60~550W 的电机其外形安装方式、安装尺寸、电压等级均与同机座号的一般用途微型异步电动机相同, 仅是磁阻同步电动机的功率比同机座号的异步电动机功率低一个功率等级。各系列磁阻同步电动机的结构及安装型式有 IMB3、IMB14、IMB34 和 IMB5 四种。表 3.4.12 为 TC、TUC、TUL 系列的磁阻同步电动机的性能数据。

表 3.4.11 磁阻同步电动机规格

中心高 (mm)	铁心代号	三相磁阻 同步电动机	单相电容启动磁阻 同步电动机	单相双值电容磁阻 同步电动机
		TC 系列	TUC 系列	TUL 系列
		1500r/min	1500r/min	1500r/min
80	2	550W	250W	—
	1	370W	180W	—
71	2	250W	120W	180W
	1	180W	90W	120W
63	2	120W	—	90W
	1	90W	—	60W

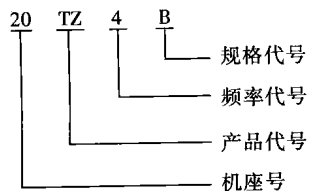
表 3.4.12 磁阻同步电动机性能数据

项 目		功率 (W)	三相磁阻同步 电动机 TC 系列	单相电容启动 磁阻同步电动机 TUC 系列	单相双值电容 磁阻同步电动机 TUL 系列
堵转转矩 额定转矩	堵转电流 额定电流	全部规格	2.5	3	1.2
		全部规格	6		
堵转电流(A)		250		25	
		180		19	13
		120		15	9
		90		12	7
		60			5
最大同步转矩(倍)	全部规格	1.6	1.4	1.4	
牵入转矩(倍)	全部规格	1.2	1.2	1.2	

续表

项 目	功率 (W)	三相磁阻同步 电动机 TC 系列	单相电容启动 磁阻同步电动机 TUC 系列	单相双值电容 磁阻同步电动机 TUL 系列
效率(%)	550	72		
	370	68		
	250	60	50	
	180	58	48	53
	120	52	40	48
	90	50	37	45
	60			40
功率因数	550	0.50		
	370	0.48		
	250	0.46	0.48	
	180	0.45	0.47	0.80
	120	0.43	0.45	0.79
	90	0.42	0.43	0.78
	60			0.77
振动(mm/s)	全部规格	1.8	2.8	2.8
噪声(dB)	250~550	70	70	70
	60~180	65	65	65

4.1.2.2 磁滞同步电动机 磁滞同步电动机型号的含义示例如下：



规格代号按相数和极数的分类见表 3.4.13;频率代号根据频率进行分类,即频率代号 5 为 50Hz 频率;频率代号 4 为频率 400Hz;结构派生产品则在型号后加 1、2、3、……电压派生产品则在型号后加 -1、-2、-3、……

表 3.4.13 规格代号按相数和极数的分类

相 数	3	2	1	1	3	2	1	1	2	1
极 数	2	2	2	2/4	4	4	4	4/8	6	6
规格代号	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K

磁滞同步电动机有两个显著的特点:一是在较高频率(400~1000Hz)下工作,其效率较高且单位质量的输出较大;二是转子的极数依赖于定子的极数自动形成。因此,磁滞电动机产品多设计为在较高电源频率下工作,可以改变定子绕组的极数或供电电源频率,从而实现有级或无级调速。

TZ 系列内转子磁滞同步电动机包括外径 12mm 至 110mm 共 9 个机座号,根据不同的频率、相数、电压等级共 53 个规格,汇集于表 3.4.14,主要技术数据如表 3.4.15。本系列电机的安装方式以凸缘定位、凹槽用压板压紧。

表 3.4.14 TZ 系列磁滞同步电动机规格

技术数据	类 别			
	低速		高速	
	单相	三相	单相	两相
电压(V)	12,110,220	380	12,36,115	20,36,115
功率(W)	0.4~90	2~120	1.6~8	2~12
转矩(mN·m)			0.11~0.39	0.11~0.49

表 3.4.15 TZ 系列磁滞同步电动机技术数据

型 号	额定电压(V)	相数	频率(Hz)	同步转速(r/min)	电 流(A)	启动转矩(mN·cm)	额定同步转矩(mN·cm)	输出 功率(W)	外形尺寸(mm)			质量(g)
									总长	机壳 外径	轴径	
12TZ4B	20	2	400	24000	0.1	11	11	0.27	41	12.5	2	20
20TZ4B	36	2	400	24000	0.11	40	40	0.98	46.5	20	2.5	50
20TZ4C	36	1	400	24000	0.15	30	30	0.73	46.5	20	2.5	50
28TZ4A	36	3	400	24000	0.5	120	120	3	56.5	28	3	140

续表

型 号	额定电压 (V)	相 数	频率 (Hz)	同步转速 (r/min)	电 流 (A)	启动转矩 (mN·cm)	额定同步转矩 (mN·cm)	输出 功率 (W)	外形尺寸(mm)			质量 (g)
									总长	机壳 外径	轴径	
28TZ4B	36	2	400	24000	0.4	120	120	3	56.5	28	3	140
28TZ4C	36	1	400	24000	0.45	96	96	2.4	56.5	28	3	140
28TZ4F	36	2	400	12000	0.4	160	160	2	56.5	28	3	140
28TZ4G	36	1	400	12000	0.3	130	130	1.6	56.5	28	3	140
28TZ4K	36	1	400	8000	0.3	150	150	1.2	56.5	28	3	140
28TZ4K1	115	1	400	8000	0.1	150	150	1.2	56.5	28	3	140
28TZ5C	12	1	50	3000	0.5	130	130	0.4	56.5	28	3	140
28TZ5C1	10	1	50	3000	0.3	64	64	0.2	56.5	28	3	110
36TZ4G	115	1	400	12000	0.16	240	240	3	68.5	36	4	200
36TZ4K	115	1	400	8000	0.18	300	300	2.5	68.5	36	4	200
36TZ5A	110	3	50	3000	0.13	490	490	1.5	68.5	36	4	200
36TZ5B	110	2	50	3000	0.08	490	490	1.5	68.5	36	4	200
36TZ5C21	110	1	50	3000	0.13	490	490	1.5	68.5	36	4	200
36TZ5E	110	3	50	1500	0.07	450	450	0.7	68.5	36	4	200
36TZ5C41	110	1	50	1500	0.1	260	260	0.4	68.5	36	4	200
36TZ5A	220	1	50	3000	0.06							
45TZ4G	115	1	400	1200	0.35	650	650	8	78.5	45	4	400
45TZ5A	220	3	50	3000	0.1	1630	1630	5	78.5	45	4	400
45TZ5B	220	2	50	3000	0.1	1470	1470	4.5	78.5	45	4	400
45TZ5A21	220	1	50	3000	0.1	1300	1300	4	78.5	45	4	400
45TZ5Z	110	3	50	1500	0.18	1630	1630	2.5	78.3	45	4	400
45TZ5C41	110	1	50	1500	0.18	1300	1300	2	78.3	45	4	400
50TZ500	120	3	500	1500	0.9			34	124.5	50	8	
50TZ500-1	130	3	500	1500	0.9	30000		34	124.5	50	8	
55TZ5A	220	3	50	3000	0.2	3900	3900	12	110	55	6	900

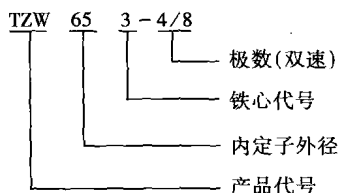
续表

型 号	额定电压 (V)	相 数	频率 (Hz)	同步转速 (r/min)	电 流 (A)	启动转矩 (mN·cm)	额定同步转矩 (mN·cm)	输出 功率 (W)	外形尺寸(mm)			质量 (g)
									总长	机壳 外径	轴径	
55TZ5B	220	2	50	3000	0.2	3250	3250	10	110	55	6	900
55TZ5A21	220	1	50	3000	0.2	3250	3250	10	110	55	6	900
55TZ5C-1	100	1	50	3000	0.44	2280	2280	7	110	55	6	900
55TZ5C-2	220	1	50	3000	0.2	3250	3250	10	110	55	6	900
55TZ5D	220	1	50	3000/ 1500	0.15	1630	1630	5/ 2.5	110	55	6	900
55TZ5E	220	3	50	1500	0.18	3900	3900	6	110	55	6	900
55TZ5F	220	2	50	1500	0.15	3250	3250	5	110	55	6	900
55TZ5A41	220	1	50	1500	0.15	3250	3250	5	110	55	6	850
55TZ523	380	3	50	3000	0.12			12	110	55	6	850
55TZ543	380	3	50	1500	0.11			6	110	55	6	900
70TZ54	220	3	50	3000	0.45	8450	8450	26	131	70	8	1900
70TZ5B	220	2	50	3000	0.4	6500	6500	20	131	70	8	1900
70TZ5A21	220	1	50	3000	0.4	6500	6500	20	131	70	8	1900
70TZ5D	220	1	50	3000/ 1500	0.3	3250	3250	10/ 5	131	70	8	1900
70TZ5E	220	3	50	1500	0.4	8450	8450	13	131	70	8	1900
70TZ5A41	220	1	50	1500	0.3	6500	6500	10	131	70	8	1900
70TZ523	380	3	50	3000	0.25			26	130			
70TZ5A23	380	3	50	3000	0			34	129	70	6	1700
70TZ543	380	3	50	1500	0.23			13	130	70	8	1700
70TZ5A3	380	3	50	1500				17	129	70	6	1700
90TZ5A	220	3	50	3000	0.7	19500		60	156	90	9	3500
90TZ5A21	220	1	50	3000	0.7	14700		45	156	90	9	3500
90TZ5D	220	1	50	3000/ 1500	0.45	7800		24/ 12	158	90	8	3500
90TZ5E	220	3	50	1500	0.9	26000		40	158	90	8	3500

续表

型号	额定电压 (V)	相数	频率 (Hz)	同步转速 (r/min)	电流 (A)	启动转矩 (mN·cm)	额定同步转矩 (mN·cm)	输出功率 (W)	外形尺寸 (mm)			质量 (g)
									总长	机壳外径	轴径	
90TZ5A41	220	1	50	1500	0.75	19500		30	158	90	9	3500
90TZ5H	220	1	50	1500/ 750	0.46	9800		15/ 7.5	158	90	9	3500
90TZ5	220	3	50	3000	0.4			30	127	90	10	
90TZ4A	115	3	400	8000	1.4			35	129.5	90	10	
90TZ523	380	3	50	3000	0.46			60	156	90	9	3500
90TZ543	380	3	50	1500	0.46			40	156	90	9	3500
110TZ5A	220	3	50	3000	1.4	39000	39000	120	187	110	10	7000
110TZ5A21	220	1	50	3000	1.5	29300	29300	90	184	110	11	7000
110TZ5D	220	1	50	3000/ 1500	1.0	15000	15000	46/ 23	184	110	11	7000
110TZ5E	220	3	50	1500	1.2	52000	52000	80	184	110	11	7000
110TZ5A41	220	1	50	1500	1.0	39000	39000	60	184	110	11	7000
110TZ5H	220	1	50	1500/ 750	0.8	19500	19500	30/ 15	184	110	11	7000
110TZ523	380	3	50	3000	1.0			120	184	110	11	6.5
110TZ543	380	3	50	1500	0.75			80	184	110	11	6.5
110TZ5A	220	3	50	500	0.65			15	232	110	15	
110TZ6A	120	2	60/ (50)	1200/ 600	0.61/ 0.32			39.4	168.5	110	12	
				1000/ 500	0.72/ 0.35			(48)				

TZW 系列磁滞同步电动机:为可逆转单相(电容分相)外转子式电动机。可供录音机、自动记录装置、音响装置及仪表的驱动用。其型号含义如下:



电机的外转子采用廉价材料,定子设置三相绕组,配合适当的分相电容作单相使用,图 3.4.1 为绕组接线图,对于双速电动机可通过改变定子接线来改变其极数,如图 3.4.2 所示。电机的技术数据如表 3.4.16 所示。

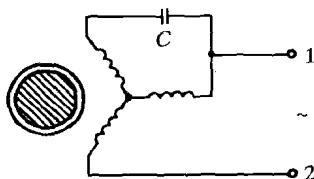


图 3.4.1 TZW 系列磁滞同步电动机接线图

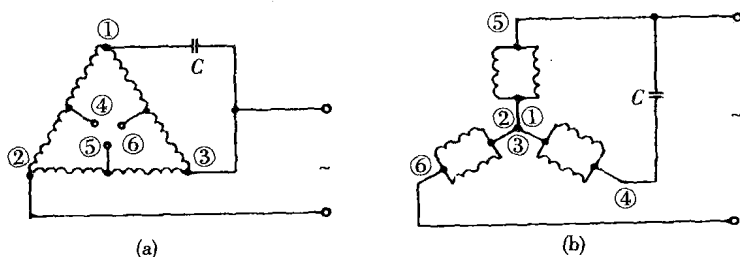


图 3.4.2 TZW 系列双速磁滞同步电动机接线图
(a)高速运行 (b)低速运行

表 3.4.16 TZW 系列外转子磁滞同步电动机技术数据

型 号	额定电压 (V)	频率 (Hz)	输出功率 (W)	同步转速 (r/min)	堵转	最大	输入功率 (W)	额定电流 (A)	噪声 (dB)	电容 (μ F)	外形尺寸 (mm)			质量 (kg)
					转矩 (mN·m)	同步转矩					总长	机壳外径	轴径	
TZW41-4	220	50	4	1500	31	31	35	0.2	50	3	70.5	63	6	0.5
TZW41-4/8	220	50		1500/750	20	20/10	30	0.2	50	2	80	65	4	0.6
TZW51-4	220	50	2.5	1500	31	21.5	30	0.15	50	2	70.5	75	6	0.65
TZW51-2/4	220	50	5/2.5	3000/1500	21.5	20	35	0.3	50	3	70.5	75	6	0.65
TZW653-4/8	220	50	7/3.5	1500/750	88/108	54	40/45	0.25/0.3	50	3/3.5	121	100	10	1.8
TZW654-2	220	50	15	3000	117	59	70	0.5	50	6	135	100	10	2.3
TZW654-4/8	220	50	10/5	1500/750	117/147	70	50/60	0.3/0.35	50	4/5	135	100	10	2.3
TZW754-4/8	220	50	18/9	1500/750	147/176	127	70/80	0.7	50	—	—	—	—	—

4.1.2.3 永磁同步电动机 永磁同步电动机的磁场系统由一个或多个永磁材料组成。根据启动方式的不同可分为异步启动(笼型转子)和自启动(爪极式)两类。另外还有一种磁滞启动永磁同步电动机,转子采用磁滞材料与永磁材料制成的混合式结构。

异步启动永磁同步电动机与异步电动机相比,它没有转差损耗;与换向器电动机相比,它没有碳刷与换向器;与磁阻同步电动机相比,它的效率和功率因数较高,电流消耗小。因此异步启动永磁同步电动机广泛应用在要求恒速或高效率的驱动装置。例如化学纤维工业用的高精密同步驱动装置,以及由逆变器供电的变频调速驱动装置,其功率由几十瓦到几千瓦,供电频率为20~300Hz。表3.4.17为纺织用FTY系列三相异步启动永磁同步电动机的产品数据,该系列产品除作为同步传动和按频率变化均匀调速外,还可满足化纤纺丝机的特殊要求。

表 3.4.17 FTY 及 FTW 三相异步启动永磁式同步电动机主要技术数据

型号	频率 范围 (Hz)	50Hz 额定数据							牵入同步转矩		
		功率 (W)	电压 (V)	转速 (r/min)	效率 (%)	功率 因数	启动 电流 额定 电流	启动 转矩 额定 转矩	最大 转矩 额定 转矩	牵入同 步转矩 额定 转矩	当一定 的负载 惯量时 转矩比
FTY-90-4	40~110	90	110	1500	72	0.72	7	1.4	1.4	$\frac{0.5}{0.25}$	$\frac{0.03}{0.07}$
FTY-120-4	40~110	120	110	1500	73	0.725	7	1.4	1.4	$\frac{0.5}{0.25}$	$\frac{0.04}{0.08}$
FTY-180-4	40~110	180	110	1500	75	0.73	7	1.4	1.4	$\frac{0.5}{0.25}$	$\frac{0.07}{0.16}$
FTY-250-4	40~110	250	110	1500	77	0.74	7	1.4	1.4	$\frac{0.5}{0.25}$	$\frac{0.10}{0.18}$
FTY-370-4	40~110	370	110	1500	81	0.745	7	1.4	1.4	$\frac{1.0}{0.5}$	$\frac{0.05}{0.20}$
FTY-550-4	40~110	550	110	1500	83	0.75	7	1.4	1.4	$\frac{1.0}{0.5}$	$\frac{0.10}{0.35}$
FTY-750-4	40~110	750	110	1500	84	0.76	7	1.4	1.4	$\frac{1.0}{0.5}$	$\frac{0.13}{0.45}$
FTY-60-6	25~70	60	220	1000	73	0.75	7	1.8	1.6	$\frac{0.5}{0.25}$	$\frac{0.04}{0.10}$
FTY-90-6	25~70	90	220	1000	74	0.75	7	1.8	1.6	$\frac{0.5}{0.25}$	$\frac{0.05}{0.11}$
FTY-120-6	25~70	120	220	1000	75	0.75	7	1.8	1.6	$\frac{0.5}{0.25}$	$\frac{0.10}{0.20}$
FTY-180-6	25~70	180	220	1000	77	0.78	7	1.8	1.6	$\frac{1.0}{0.5}$	$\frac{0.03}{0.15}$
FTY-250-6	25~70	250	220	1000	79	0.78	7	1.8	1.6	$\frac{1.0}{0.5}$	$\frac{0.08}{0.30}$
FTY-370-6	25~70	370	220	1000	81	0.75	7	1.8	1.6	$\frac{1.0}{0.5}$	$\frac{0.15}{0.50}$
FTW-22-2	80~400	300	80	3000	82	0.89	4.5		3.26		

注:FTY 型为内转子式永磁同步电动机,FTW 型为外转子式永磁同步电动机。

爪极式自启动永磁同步电动机通常转速为 500r/min、375r/min、250r/min,有些电动机本身带减速齿轮,则输出轴的转速较低。产品分为有定向装置和无定向装置两种,前者用于记录仪表,后者用于日用电器及一些定时机构中。其技术数据分别列于表 3.4.18 及表 3.4.19 中。

表 3.4.18 记录仪表用自启动永磁同步电动机技术数据

型 号	额定电压 (V)	频率 (Hz)	最大同步转矩 (mN·m)	同步转速 (r/min)	电流 (A)	外形尺寸 外径×长 (mm)
TYD-16	220	50	2.5	375	0.02	φ55×22.5
TDY-375	220	50	2.5	375	0.02	φ55×23
90TYD	220	50	120	60		φ90×122
45TRY	220	50	3	250	0.016	φ45×25
55TYB	220	50	8	375	0.018	φ55×55
55TYD	220	50	100	60	0.025	φ55×68
55TYX	220	50	2.5	375	0.018	φ55×19
TYC-60	220	50	2	60	0.024	φ37×50
TYC-1/1440	220	50	200	1/1440		

表 3.4.19 日用电器用自启动永磁同步电动机技术数据

型 号	额定电压 (V)	频率 (Hz)	最大同步转矩 (mN·m)	输出轴转速 (r/min)	电流 (A)	外形尺寸 外径×长 (mm)
TYC-30	220	50	80	30	0.02	φ50×28
TYC-5	220	50	300	5	0.02	φ50×28
TY-250	220	50	0.6	250	0.015	φ38×11


4.1.3 微型交流换向器电动机

交流换向器电动机适用于具有单相交流供电的场所,广泛用作小型机床、搅拌机、包装机、实验室设备、化工及医疗器械的驱动电机。它具有类似直流串励电动

机的机械特性,启动转矩大,过载能力强且能大范围地调节速度。但需注意避免电动机空载条件下运转,以免转速过高造成损害和危险。

4.1.3.1 类型、特点和用途 微型单相换向器电动机的类型、特点和用途如表 3.4.20 所示。

表 3.4.20 微型单相换向器电动机的类型、特点和用途

类型	型号	电源	特点	用途	电气原理图
单相串励电动机	G 系列 V 系列 (老产品)	单相交流	<ol style="list-style-type: none"> 1. 转速高,一般为 4000~12000r/min,最高可达 27000r/min; 2. 具有串励特性,启动转矩大,机械特性较弱,转速随负载增大而大幅度下降,而电动机功率变化不大; 3. 调速方便,调速范围宽; 4. 空载转速特别高,注意应避免空载条件下运行 	在工业上作驱动源,广泛用在食物搅拌器、吸尘器、家用缝纫机等家用电器上,电钻、电动工具上,以及在计算工具、精密机械、医疗器械、通讯及测量装置等方面作驱动源	
交直流两用电动机	SU 型	单相交直流	<p>除以上特点外,尚有:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 在相同的交流或直流电压条件下,电动机在额定负载时的转速值相同; 2. 在交流或直流供电时,电动机励磁绕组的匝数是不一样的 		
推斥电动机			很少采用,已逐渐被单相电容启动异步电动机所取代		

4.1.3.2 主要技术数据 G 系列、U 系列和 SU 型单相串励电动机的主要技术数据见表 3.4.21 至表 3.4.23。G 系列单相串励电动机的型号意义如下:

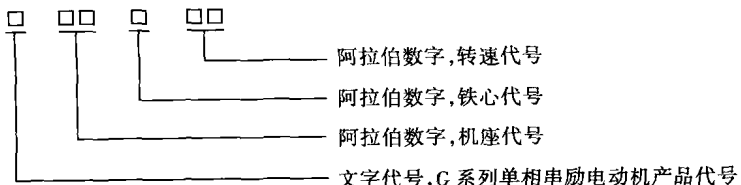


表 3.4.21 G 系列单相串动电动机的绕组数据

型 号	主 要 性 能				结 构 数 据					绕 组 数 据							
	功率 (W)	电压 (V)	转速 (r/ min)	电流 (A)	定子 外径 (mm)	定子 内径 (mm)	铁心 长度 (mm)	气隙 长度 (mm)	转子 槽数	定子 每极 匝数	转子 元匝 数	转子 总导 体数	换 向 器 片 数	实 槽 节 距	定子 线规	转子 线规	定 转 子 匝 数 比
G3614	8	220	4000	0.125	56	30	18	0.3	8	1010	214	10272	24	3	0.14	0.09	0.393
G3624	15	220	4000	0.208	56	30	30	0.3	8	685	137	6576	24	3	0.18	0.12	0.417
G3634	25	220	4000	0.324	56	30	38	0.3	8	536	104	4992	24	3	0.23	0.15	0.431
G3636	40	220	6000	0.418	56	30	38	0.3	8	470	77	3696	24	3	0.25	0.17	0.51
G3638	60	220	8000	0.52	56	30	38	0.3	8	445	62	2976	24	3	0.29	0.20	0.6
G36312	90	220	12000	0.775	56	30	38	0.3	8	366	47	2256	24	3	0.33	0.23	0.65
G4524	60	220	4000	0.62	71	39	40	0.35	12	362	51	3672	36	5	0.31	0.21	0.394
G45212	180	220	12000	1.3	71	39	40	0.35	12	192	25	1800	36	5	0.44	0.31	0.425
G4534	90	220	4000	0.907	71	39	50	0.35	12	290	39	2808	36	5	0.38	0.25	0.413
G4536	120	220	6000	1.02	71	39	50	0.35	12	240	33	2376	36	5	0.41	0.27	0.405
G4538	180	220	8000	1.36	71	39	50	0.35	12	195	26	1872	36	5	0.44	0.31	0.417
G45312	250	220	12000	1.8	71	39	50	0.35	12	167	19	1368	36	5	0.51	0.38	0.489
G5614	120	220	4000	1.145	90	50	35	0.5	13	266	42	3276	39	6	0.44	0.29	0.325
G5616	180	220	6000	1.51	90	50	35	0.5	13	243	31	2418	39	6	0.49	0.33	0.402
G5618	250	220	8000	1.95	90	50	35	0.5	13	226	24	1872	39	6	0.55	0.38	0.483
G5624	180	220	4000	1.7	90	50	50	0.5	13	195	29	2262	39	6	0.53	0.35	0.344
G5626	250	220	6000	2.05	90	50	50	0.5	13	179	22	1716	39	6	0.57	0.41	0.417
G5628	370	220	8000	2.81	90	50	50	0.5	13	166	17	1326	39	6	0.64	0.47	0.15
G5634	250	220	4000	2.32	90	50	65	0.5	13	152	22	1716	39	6	0.59	0.41	0.354
G5636	370	220	6000	3.02	90	50	65	0.5	13	144	16	1248	39	6	0.67	0.47	0.462
G5638	550	220	8000	4.05	90	50	65	0.5	13	123	12	936	39	6	0.77	0.55	0.526
G7114	370	220	4000	3.22	120	69	42	0.9	19	156	17	1938	57	9	0.09	0.49	0.322
G7116	550	220	6000	4.1	120	69	42	0.9	19	132	13	1482	57	9	0.77	0.55	0.356
G7124	550	220	4000	4.72	120	69	60	0.9	19	112	12	1361	57	9	0.83	0.59	0.328
G7126	750	220	6000	5.5	120	69	60	0.9	19	100	9	1026	57	9	0.93	0.64	0.39

表 3.4.22 U 系列单相串励电动机老产品的绕组数据

型 号	主要性能			结构数据					绕组数据									
	功率 (W)	电压 (V)	转速 (r/ min)	定子 外径 (mm)	定子 内径 (mm)	铁心 长度 (mm)	气隙 长度 (mm)	转子 槽数	定子 每极 匝数 W	转 子 每 匝 数	转 子 槽 体 数	转 子 总 导 体 数 N	元 件 或 换 向 片 数	实 槽 节 距	定子 线规 (mm)	转子 线规 (mm)	定 转 子 匝 数 比 $\frac{4W}{N}$	
U15/40-220	15	220	4000	65	33.5	36	0.45	10	740	110	440	4400	20	4	0.2	0.15	0.672	
U15/56-220D	15	220	5600	55	29	22	0.36	10	600	110	440	4400	20	4	0.19	0.13	0.543	
U30/40-220	30	220	4000	84	45.3	25	0.45	12	575	62	372	4464	36	5	0.25	0.18	0.515	
U40/36-24D	40	24	3600	84	45.3	38	0.45	12	76	7	28	336	24	5	0.86	0.64	0.905	
U40/36-110D	40	110	3600	84	45.3	38	0.45	12	350	34	136	1632	24	5	0.41	0.33	0.856	
U55/45-220D	55	220	4500	84	45.3	38	0.45	12	360	50	200	2400	24	5	0.38	0.25	0.6	
U80/50-110D	80	110	5000	84	45.3	60	0.45	12	220	13	78	936	36	5	0.49	0.41	0.94	
U80/50-220D	80	220	5000	84	45.3	60	0.45	12	435	27	162	1944	36	5	0.35	0.29	0.895	
U120/40-220	120	220	4000	94	51.6	60	0.55	16	220	23	138	2208	48	7	0.44	0.31	0.4	
U180/40-220	180	220	4000	94	51.6	75	0.55	16	160	20	120	1920	48	7	0.53	0.35	0.334	

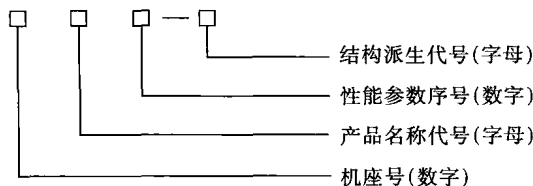
表 3.4.23 SU 型交直流两用串励电动机技术数据

型 号	主要性能					结构数据					绕组数据													
	电 压 (V)		输 出 功 率 (W)		转 矩 (N·cm)	转 速 (r/ min)	轴 伸 数	定 子 外 径	定 子 内 径	铁 心 长 度	气 隙 长 度	转 子 槽 数	定 子 磁 极 交 流 匝 数	定 子 磁 极 直 流 增 加 匝 数	转 子 每 元 件 匝 数	转 子 每 槽 体 数	转 子 总 导 体 数	元 件 数 或 换 向 器 片 数	实 槽 节 距	转 子 线 规	定 子 线 规			
	交 流	直 流	交 流	直 流	交 流																直 流	交 流	直 流	
SU-1	110	110	80	100	30.4	38.22	2500	1	94	51.6	60	0.55	16	111	209	320	12	72	1152	48	7	0.47	0.62	0.49
SU-1C								2																
SU-2	220	220	80	100	30.4	38.22	2500	1	94	51.6	60	0.55	16	219	441	660	25	150	2400	48	7	0.33	0.44	0.35
SU-2C								2																

4.2 控制微电机

控制微电机按其在控制系统中的用途和功能,可将其分成信号元件及功率元件两大类。

微型控制电机型号命名方法如下：



控制微电机机座号,如表 3.4.24 所示。

表 3.4.24 控制微电机机座号一览表

机座号	12	16	20	24	28	36	45	55	70	90	110	130
机座外径 (mm)	12.5	16	20	24	28	36	45	55	70	90	110	130

控制微电机的分类、功能和用途如表 3.4.25 所列。

表 3.4.25 控制微电机的分类、功能及用途

类别	产品名称	代号	产品分类	功能	用途
信号 测量 元件	自整角机	Z (自)	1. 力矩式自整角机 2. 控制式自整角机 3. 差动式自整角机 4. 多极自整角机	发送机与接收机成对运行,能使两者在非机械连接下完成角度的远距离传送、接收和变换	广泛应用在同步传动系统中作远距离指示用;以及在追随系统中做检测元件以实现自动指示角度、位置、距离和指令的目的
	旋转变压器	X (旋)	1. 正、余弦旋转变压器 2. 线性旋转变压器 3. 比例式旋转变压器 4. 多极旋转变压器	输出电压与转子的转角成正弦、余弦函数或在一定范围内的正比例关系	用作坐标变换、三角解算和角度数据的传输与移相。多极的旋变在多通道系统中做解算和检测元件
	测速发电机	C (测)	1. 直流测速发电机 2. 交流感应子式测速发电机 3. 交流同步测速发电机	输出电压与转速成严格的线性函数关系	用在控制系统检测转速、速度反馈作提高系统精度和稳定性的校正元件;或用作进行微分和积分的解算元件

续表

类别	产品名称	代号	产品分类	功能	用途
功率放大元件	伺服电动机	S (伺)	1. 直流伺服电动机 2. 交流伺服电动机	把输入电信号转换成转轴上角位移或角速度输出。可控性好	广泛用于自控、随动及计算装置中做执行元件;或普通驱动元件
	力矩电动机	L (力)	1. 直流力矩电动机 2. 交流力矩电动机(异步、同步)	输出转矩较大;能低速甚至堵转状态运行。反应速度快,机械特性和调节特性的线性度好	广泛应用在快速响应、位置精度和速度精度要求较高的伺服系统中做直接驱动负载的执行元件
	步进电动机	B (步)	1. 反应式步进电动机 2. 永磁式步进电动机 3. 混合式步进电动机	把输入电脉冲信号转换成相应的角位移或线位移。能按控制要求在很大范围内调节电机转速,且能快速启动、制动和反转	广泛应用于数字控制系统,且主要是在系统中做执行元件,并使系统大为简化

4.2.1 伺服电动机

伺服电动机是执行指令运动的电气机械元件,它是根据电气或电子控制的要求来完成伺服指令运动的。

随着军事电子装备和工业电气控制的发展对伺服控制、数字控制、运动控制的需要,伺服电动机的种类发展很快,常用的伺服电动机有直流伺服电动机、交流伺服电动机、无刷直流电动机、力矩电动机、步进电动机和开关磁阻电动机等。

4.2.3.1 直流伺服电动机 直流伺服电动机是自动控制系统中常用的一种电动机执行元件,在系统中将输入的直流电信号转换为转子转轴的机械运动,它具有线性的机械特性和调节特性、良好的快速响应和速度控制简便等特点。

直流伺服电动机分为电磁式和永磁式两种,电磁式按控制方式可分为电枢控制和磁场控制,SZ系列电磁式直流伺服电动机的技术数据见表3.4.26;SY系列永磁式直流伺服电动机的技术数据见表3.4.27。

表 3.4.26 SZ 系列电磁式直流伺服电动机的技术数据

型号	转矩 (mN·m)	转速 (r/min)	功率 (W)	电压 (V)		电流(A) (不大于)		外形尺寸 (mm)			质量 (kg)
				电枢	励磁	电枢	励磁	总长	外径	轴径	
36SZ01	16.66	3000	5	24		0.55	0.32	95	36	3/3	0.29
36SZ02	16.66	3000	5	27		0.47	0.3	95	36	3/3	0.29
36SZ03	16.66	3000	5	48		0.27	0.18	95	36	3/3	0.29
36SZ04	14.21	6000	9	24		0.85	0.32	95	36	3/3	0.29
36SZ05	14.21	6000	9	27		0.74	0.3	95	36	3/3	0.29
36SZ06	14.21	6000	9	48		0.4	0.18	95	36	3/3	0.29
36SZ07	14.21	6000	9	110		0.17	0.085	95	36	3/3	0.29
36SZ08	13.72	4500±10%	6.5	48	24	0.3	0.32	95	36	3/3	0.29
36SZ51	23.52	3000	7	24		0.7	0.32	101	36	3/3	0.32
36SZ52	23.52	3000	7	27		0.61	0.3	101	36	3/3	0.32
36SZ53	23.52	3000	7	48		0.33	0.18	101	36	3/3	0.32
36SZ54	20.09	6000	12	24		1.15	0.32	101	36	3/3	0.32
36SZ55	20.09	6000	12	27		1.0	0.3	101	36	3/3	0.32
36SZ56	20.09	6000	12	48		0.55	0.18	101	36	3/3	0.32
36SZ57	20.09	6000	12	110		0.22	0.1	101	36	3/3	0.32
36SZ58C	14.7	7000	11	27		1.6		101	36	3/3	0.32

续表

型号	转矩 (mN·m)	转速 (r/min)	功率 (W)	电压 (V)		电流(A) (不大于)		外形尺寸 (mm)			质量 (kg)
				电枢	励磁	电枢	励磁	总长	外径	轴径	
45SZ01	33.32	3000	10	24		1.1	0.33	104.7	45	4/3	0.45
45SZ02	33.32	3000	10	27		1.0	0.3	104.7	45	4/3	0.45
45SZ03	33.32	3000	10	48		0.52	0.17	104.7	45	4/3	0.45
45SZ04	33.32	3000	10	110		0.22	0.082	104.7	45	4/3	0.45
45SZ05	28.42	6000	18	24		1.6	0.33	104.7	45	4/3	0.45
45SZ06	28.42	6000	18	27		1.4	0.3	104.7	45	4/3	0.45
45SZ07	28.42	6000	18	48		0.8	0.17	104.7	45	4/3	0.45
45SZ08	28.42	6000	18	110		0.34	0.082	104.7	45	4/3	0.45
45SZ09C	21.56	≥6000	—	6		5.5		104.7	45	4/3	0.45
45SZ51	46.06	3000	14	24		1.3	0.45	112.7	45	4/3	0.53
45SZ52	46.06	3000	14	27		1.2	0.42	112.7	45	4/3	0.53
45SZ53	46.06	3000	14	48		0.65	0.22	112.7	45	4/3	0.53
45SZ54	46.06	3000	14	110		0.27	0.12	112.7	45	4/3	0.53
45SZ55	39.2	6000	25	24		2.0	0.45	112.7	45	4/3	0.53
45SZ56	39.2	6000	25	27		1.8	0.42	112.7	45	4/3	0.53
45SZ57	39.2	6000	25	48		1.0	0.22	112.7	45	4/3	0.53
45SZ58	39.2	6000	25	110		0.42	0.12	112.7	45	4/3	0.53
45SZ60	42.14	4200±10%	18.5	48	24	0.82	0.45	112.7	45	4/3	0.53
45SZ61C	22.54	3000±500	7	110		0.23	—	112.7	45	4/3	0.53

续表

型号	转矩 (mN·m)	转速 (r/min)	功率 (W)	电压 (V)		电流(A) (不大于)		外形尺寸 (mm)			质量 (kg)
				电枢	励磁	电枢	励磁	总长	外径	轴径	
55SZ01	64.68	3000	20	24	1.55	0.43	118	55	5/4	0.75	
55SZ02	64.68	3000	20	27	1.37	0.42	118	55	5/4	0.75	
55SZ03	64.68	3000	20	48	0.79	0.22	118	55	5/4	0.75	
55SZ04	64.68	3000	20	110	0.34	0.09	118	55	5/4	0.75	
55SZ05	54.88	6000	35	24	2.7	0.43	118	55	5/4	0.75	
55SZ06	54.88	6000	35	27	2.3	0.42	118	55	5/4	0.75	
55SZ07	54.88	6000	35	48	1.34	0.22	118	55	5/4	0.75	
55SZ08	54.88	6000	35	110	0.54	0.09	118	55	5/4	0.75	
55SZ09	42.14	8000~10000	40	110	0.66	0.09	118	55	5/4	0.75	
55SZ51	91.14	3000	29	24	2.25	0.49	128	55	5/4	0.9	
55SZ52	91.14	3000	29	27	2.0	0.44	128	55	5/4	0.9	
55SZ53	91.14	3000	29	48	1.15	0.24	128	55	5/4	0.9	
55SZ54	91.14	3000	29	110	0.46	0.097	128	55	5/4	0.9	
55SZ55	78.4	6000	50	24	3.45	0.49	128	55	5/4	0.9	
55SZ56	78.4	6000	50	27	3.1	0.44	128	55	5/4	0.9	
55SZ57	78.4	6000	50	48	1.74	0.24	128	55	5/4	0.9	
55SZ58	78.4	6000	50	110	0.74	0.097	128	55	5/4	0.9	
55SZ60	65.66	4200	29	48	24	1.25	0.49	128	55	5	0.9

续表

型号	转矩 (mN·m)	转速 (r/min)	功率 (W)	电压 (V)		电流(A) (不大于)		外形尺寸 (mm)			质量 (kg)
				电枢	励磁	电枢	励磁	总长	外径	轴径	
55SZ10/H4	54.88	6000	35	27		2.3	0.42	104.5	55	5	0.75
55SZ11C/H5	21.56	4500	10	12		2.5		153	55	6/5	0.75
55SZ51/H2	91.14	3000	29	24		2.25	0.49	128	55	6/5	0.9
55SZ56/H1	78.4	6000	50	27		3.1	0.44	116.5	55	6	0.9
55SZ59/H3	78.4	6000	50	27		3.1	0.44	116.5	55	6	0.9
55SZ61C/H1	149.94	3500±750	55	110		1.2		128	55	5/4	0.9
55SZ62C	64.68	3000±500	20	48		1.1		128	55	5/4	0.9
55SZ63C	64.68	3000±500	20	110		0.52		128	55	5/4	0.9
55SZ64C	64.68	3000±500	20	24		2.2		128	55	5/4	0.9
70SZ01	127.4	3000	40	24		3	0.5	143.5	70	6/5	1.5
70SZ02	127.4	3000	40	27		2.6	0.44	143.5	70	6/5	1.5
70SZ03	127.4	3000	40	48		1.6	0.25	143.5	70	6/5	1.5
70SZ04	127.4	3000	40	110		0.6	0.11	143.5	70	6/5	1.5
70SZ05	107.8	6000	68	24		4.8	0.5	143.5	70	6/5	1.5
70SZ06	107.8	6000	68	27		4.4	0.44	143.5	70	6/5	1.5
70SZ06/H1	107.8	6000	68	27		4.4	0.44	130	70	6/5	1.5
70SZ07	107.8	6000	68	48		2.4	0.25	143.5	70	6/5	1.5
70SZ08	107.8	6000	68	110		1.0	0.11	143.5	70	6/5	1.5
70SZ09	127.48	3000	40	175		3.0	0.25	143.5	70	6/5	1.5
70SZ09F	107.8	1800	20	220		0.23		130	70	6/5	1.5

续表

型号	转矩 (mN·m)	转速 (r/min)	功率 (W)	电压 (V)		电流(A) (不大于)		外形尺寸 (mm)			质量 (kg)
				电枢	励磁	电枢	励磁	总长	外径	轴径	
70SZ51	176.4	3000	55	24		4.0	0.57	153.5	70	6/5	1.7
70SZ52	176.4	3000	55	27		3.5	0.5	153.5	70	6/5	1.7
70SZ53	176.4	3000	55	48		1.9	0.31	153.5	70	6/5	1.7
70SZ54	176.4	3000	55	110		0.8	0.13	153.5	70	6/5	1.7
70SZ55	147	6000	92	24		6.0	0.57	153.5	70	6/5	1.7
70SZ56	147	6000	92	27		5.4	0.5	153.5	70	6/5	1.7
70SZ57	147	6000	92	48		3.0	0.31	153.5	70	6/5	1.7
70SZ58	147	6000	92	110		1.2	0.13	153.5	70	6/5	1.7
70SZ59	93.1	8000~10000	88	110		1.32	0.13	153.5	70	6/5	1.7
70SZ61/H3	176.4	3000	55	27		3.5	0.43	140	70	6	1.7
70SZ62/H2	397.88	6000	250	28		20		140	70	6	1.7
70SZ63/H3	147	6000	92	24		6.0	0.57	140	70	6	1.7
70SZ64	127.4	3000	40	160	175	0.46	0.074	153.5	70	6/5	1.7
70SZ65/H5	176.4	4500	83	36		3.0	4.0	151	70	6	1.7
70SZ101	166.6	7500~9500	148	110		1.95	0.12	165.5	70	6/5	2
70SZ101/H4	166.6	7500~9000	148	110		1.95	0.12	165.5	70	4.3	2
70SZ103	294	2750	85	48	24	3.0	0.7	165.5	70	6/5	2
70SZ104/H1	392	10000	410	27		35		165.5	70	6	2
70SZ105/H2	539	6000	338	28		22		152	70	6	2

续表

型号	转矩 (mN·m)	转速 (r/min)	功率 (W)	电压 (V)		电流(A) (不大于)		外形尺寸 (mm)			质量 (kg)
				电枢	励磁	电枢	励磁	总长	外径	轴径	
90SZ01	323.4	1500	50	110		0.66	0.2	161	90	8/6	2.8
90SZ02	323.4	1500	50	220		0.33	0.11	161	90	8/6	2.8
90SZ02M	323.4	1500	50	220		0.33	0.11	161	90	8/6	2.8
90SZ03	294	3000	92	110		1.2	0.2	161	90	8/6	2.8
90SZ03/H2	294	3000	92	110		1.2	0.2	161	90	8/6	2.8
90SZ04	294	3000	92	220		0.6	0.11	161	90	8/6	2.8
90SZ05	294	3000	92	24		6.1	0.8	161	90	8/6	2.8
90SZ10	294	3000	92	180	200	0.7	0.12	161	90	8/6	2.8
90SZ11	294	3000	92	36		4		161	90	8/6	2.8
90SZ12/H5	294	3000	100	27		6.1	0.9	191	90	8/6	2.8
90SZ51	509.6	1500	80	110		1.1	0.23	181	90	8/6	3.6
90SZ52	509.6	1500	80	220		0.55	0.13	181	90	8/6	3.6
90SZ52M	509.6	1500	80	220		0.55	0.13	181	90	—	3.6
90SZ53	480.2	3000	150	110		2.0	0.23	181	90	8/6	3.6
90SZ54	480.2	3000	150	220		1.0	0.13	181	90	8/6	3.6
90SZ55	509.6	1500	80	24		5.0	1.0	181	90	8/6	3.6
90SZ57	318.5	1500	500	220		3.7	0.13	181	90	8/6	3.6
90SZ58	318.5	1500	500	55	56	16.5		183	90	—	3.6
90SZ60	823.2	1500	130	60		4		165	90	8	3.6
90SZ61/H1	294	3000	92	48		2.9	0.48	168	90	12	3.6
90SZ62	509.94	3000	160	36		6.7		174	90	8	3.6
90SZ62/H4	570	3000	160	36		6.7	0.50	174	90	8/6	3.6
90SZ64	510	1000	54	180	200	0.48	0.14	174	90	8/6	3.6
90SZ65	510	1500		180	200	0.68	0.14	181	90	8/6	3.6
90SZ69	240	6000	150	220		1.0	0.15	165	90	8/6	3.6

续表

型号	转矩 (mN·m)	转速 (r/min)	功率 (W)	电压 (V)		电流(A) (不大于)		外形尺寸 (mm)			质量 (kg)
				电枢	励磁	电枢	励磁	总长	外径	轴径	
110SZ01	784	1500	123	110		1.8	0.27	204	110	10/8	5.8
110SZ02	784	1500	123	220		0.9	0.13	204	110	10/8	5.8
110SZ03	637	3000	200	110		2.8	0.27	204	110	10/8	5.8
110SZ04	637	3000	200	220		1.4	0.13	204	110	10/8	5.8
110SZ07	477.26	10000±750	500	110		7.2	0.42	204	110	10/8	5.8
110SZ10/H5	686	500	36	12		5.2	2.3	208	110	10	5.8
110SZ12	637	3000	200	160	190	2.0	0.15	204	110	10	5.8
110SZ13C/H10	318.71	6000	200	110		2.8		181	110	9/12	5.8
110SZ51	1176	1500	185	110		2.5	0.32	234	110	10/8	7.6
110SZ51/H7	1176	1500	185	110		2.5	0.32	234	110	12	7.6
110SZ52	1176	1500	185	220		1.25	0.16	234	110	10/8	7.6
110SZ52/H8	1176	1500	185	220		1.25	0.16	234	110	10	7.6
110SZ53	980	3000	308	110		4.0	0.32	234	110	10/8	7.6
110SZ53/H1	980	3000	308	110		4.0	0.32	243	110	10/8	7.6
110SZ53/H4	980	3000	308	110		4.0	0.32	234	110	10/8	7.6
110SZ53/H6	980	3000	308	110		4.0	0.32	226	110	14	7.6
110SZ54	980	3000	308	220		2.0	0.16	234	110	10/8	7.6
110SZ54M	980	3000	308	220		2.0	0.16	234	110	10/8	7.6
110SZ55	980	3000	308	24	20	1.3		234	110	10/8	7.6
110SZ56	1176	1000	123	110		1.7	0.32	234	110	10/8	7.6
110SZ56/H3	1176	1000	123	110		1.7	0.32	216	110	12	7.6
		1450±145	125	54	54	3.24	0.54	234	110	10/8	7.6
110SZ57	823.2	2000±200	172	54		4.5		234	110	10/8	7.6
110SZ59	1274	3000	400	96		6.1		234	110	10/8	7.6
110SZ59/H2	1274	3000	400	96		6.1		226	110	10	7.6
110SZ60	955.5	3000	300	110		4.0		216	110	10/8	7.6
110SZ61T	1146.6	750	90	110		1.3		220	110	10	7.6
110SZ62	96.1	3000	308	220	250	2		234	110	10	7.6
110SZ63/H12	574	3000	180	48		5.0	0.6	252	110	14/10	7.6

续表

型号	转矩 (mN·m)	转速 (r/min)	功率 (W)	电压 (V)		电流(A) (不大于)		外形尺寸 (mm)			质量 (kg)
				电枢	励磁	电枢	励磁	总长	外径	轴径	
130SZ01	2254	1500	355	110		4.4	0.28	270	130	14/12	11.8
130SZ01M	2255.52	1500	355	110		4.4	0.28	270	130	14	11.8
130SZ02	2254	1500	355	220		2.2	0.18	270	130	14/12	11.8
130SZ02M	2255.52	1500	355	220		2.2	0.18	270	130	14	11.8
130SZ03	1911	3000	600	110		7.6	0.28	270	130	14/12	11.8
130SZ03M	1911	3000	600	110		7.6	0.28	270	130	14/12	11.8
130SZ04	1911	3000	600	220		3.8	0.18	270	130	14/12	11.8
130SZ04M	1911	3000	600	220		3.8	0.18	270	130	14/12	11.8
130SZ06	2254	750	177	110		2.3	0.28	270	130	14/12	11.8
130SZ02/H6	2254	1500	355	220		2.2	0.18	324	130	14/12	11.8
130SZ02/H7	2254	1500	355	220		2.2	0.18	287	130	12	11.8
130SZ03M/H5	1911	3000	600	110		7.6	0.28	270	130	15/14	11.8
130SZ03/H1	1911	3000	600	110		7.6	0.28	258	130	14	11.8
130SZ05F/H1	1274	3000	400	110		5.4		242	130	14	14.5
130SZ07M/H1	1592.5	1500	250	220		1.6	0.18	242	130	14	14.5
130SZ08M/H1	1592.5	1500	250	180		1.8	0.3	242	130	14	14.5
130SZ09/H3	1911	2000	400	24		24		270	130	14	11.8
130SZ11	2254	1500	355	180	200	3.0	0.17	270	130	14/12	11.8
130SZ12	1911	3000±20%	600	180	200	5.0	0.17	270	130	14/12	12.6
130SZ13C	1900.2	2500±18%	500	160		5.0	5.0	270	130	14/12	12.6
130SZ13C/H10	1912.29	2500	500	160		5.0		270	130	14	12.6
130SZ14C	1912.29	1500	300	180		2.5		270	130	14	12.6
130SZ16/H10	1470.99	2000	300	90	220	4.7	0.18	270	130	14	12.6
130SZ17F/H12	1910	2000	400	24		25		244	130	13(齿轮)	12.6
130SZ19/H3	2255	750	177	80		3.3	0.4	258	130	带制动器	
130SZ6/H20	2868	2500	750	160	180	6		342	130	M8	
130SZ61T	2254	750	177	110		2.3	0.28	268	130	14	12.6
130SZ62JZ	1195.6	8000	1000	170		8	0.35	268	130	14	12.6
160SZ01	3920	1500	615	220				287	160	16	

注:上述产品型号中01~49为短铁心,51~99为长铁心,101~149为特长铁心,C为串励式,F为复励式,不注明者为他励(并励)式。

表 3.4.27 永磁直流伺服电动机 SY 系列的技术数据

型号	电压 (V)	电流(A) (不大于)	转矩 (mN·m)	转速 (r/min)	功率 (W)	允许顺 逆转差 (r/min)	外形尺寸(mm)			质量 (g)
							总长	外径	轴径	
20SY01	9	0.5	1.96	6000	1.2	300	66.2	20	2.5	60
20SY02	9	0.65	1.96	9000	1.8	400	66.2	20	2.5	60
20SY03	12	0.36	1.96	6000	1.2	300	66.2	20	2.5	60
20SY04	12	0.45	1.96	9000	1.8	400	66.2	20	2.5	60
20SY05	5	0.48	1.96	3000	0.6	300	62	20	2.5	60
20SY05H1	5	0.48	1.96	3000	0.6	300	62	20	3	60
20SY01T1	9	0.5	1.96	6000	1.2	300	61.2	20	2	60
20SY01T2	9	0.6	2.94	6000	1.8	300	66.2	20	2	60
24SY01	9	0.54	2.94	6000	1.8	300	66.7	24	3	95
24SY02	9	0.75	2.94	9000	2.8	400	66.7	24	3	95
24SY03	12	0.4	2.94	6000	1.8	300	66.7	24	3	95
24SY04	12	0.57	2.94	9000	2.8	400	66.7	24	3	95
24SY002	28	0.4	5.73	5500		<600	50.4	24	3	90
28SY001	27	0.35	9.80	3000		300	56.5	28	3	130
28SY002	27	0.55	9.80	6000		600	56.5	28	3	130
28SYWT	27	0.35	2.15	9000±200	2	400	59.5	28	4.58	140
28SY01	12	0.5	11	2500	2.5	55	39	28	3	160
28SY01	9	0.6	4.9	3000	1.5	200	73	28	3	130
28SY02	9	0.95	4.9	6000	3.1	300	73	28	3	130
28SY03	9	1.3	4.9	9000	4.6	400	73	28	3	130
28SY04	12	0.45	4.9	3000	1.5	200	73	28	3	130
28SY05	12	0.7	4.9	6000	3.1	300	73	28	3	130
28SY06	12	0.9	4.9	9000	4.6	400	73	28	3	130
28SY07	27	0.2	4.9	3000	1.5	200	73	28	3	130
28SY08	27	0.32	4.9	6000	3.1	300	73	28	3	130
28SY09	27	0.4	4.9	9000	4.6	400	73	28	3	130
28SY09A	27	0.4	4.9	9000	4.6	400	73	28	3/3	130
28SY09T	27	0.4	4.9	9000	4.6	400	73	28	3	130
28SY11	18	0.55	6.86	3000	2	150	73	28	3	115
28SY12	18	0.7	5.88	9000	5.5	400	73	28	3	115
28SY12H	18	0.7	5.88	9000	5.5	400	78	28	3	115

续表

型号	电压 (V)	电流(A) (不大于)	转矩 (mN·m)	转速 (r/min)	功率 (W)	允许顺 逆转差 (r/min)	外形尺寸(mm)			质量 (g)
							总长	外径	轴径	
28SY13/H2	24	0.36	4.9	6000±15%	3	300	73		齿轮 2.92	130
28SY51	9	0.9	7.84	3000	2.5	200	80	28	3	115
28SY52	9	1.3	7.84	6000	4.9	300	80	28	3	115
28SY53	9	1.8	7.84	9000	7.4	400	80	28	3	115
28SY54	12	0.65	7.84	3000	2.5	200	80	28	3	115
28SY55	12	1.0	7.84	6000	4.9	300	80	28	3	115
28SY56	12	1.3	7.84	9000	7.4	400	80	28	3	115
28SY57	27	0.27	7.84	3000	2.5	200	80	28	3	115
28SY58	27	0.42	7.84	6000	4.9	300	80	28	3	115
28SY59	27	0.58	7.84	9000	7.4	400	80	28	3	115
28SY59A	27	0.58	7.84	9000	7.4	400	80	28	3	115
28SY60T	9	0.90	7.84	≥2500	2	300	80	28	3	115
28SY61	18	0.70	9.80	3000	3	150	80	28	3	115
28SY62	12	0.08	10	1500	0.15	150	80	28	3	115
28SY62K1	12	0.08	10	1500	0.15	300	80	23	3	115
28SY59T	27	0.58	7.84	9000	7.4	400	80	28	3	115
30SYWT	26	0.85	6.86	9000±180	6.5		77.5	30	3	200
4DSY-1	8	4	13.23	7200	10		104.9	35	3	310
36SY01	12	0.85	11.76	3000	3.7	200	93	36	4	280
36SY02	12	1.4	11.76	6000	7.4	300	93	36	4	280
36SY03	12	1.8	11.76	9000	11	400	93	36	4	280
36SY04	27	0.35	11.76	6000	3.7	200	93	36	4	280
36SY05	27	0.65	11.76	6000	7.4	300	93	36	4	280
36SY06	27	0.9	11.76	9000	11	400	93	36	4	280
36SY03H1	12	1.8	11.76	9000	11	400	105	36	4	280

续表

型号	电压 (V)	电流(A) (不大于)	转矩 (mN·m)	转速 (r/min)	功率 (W)	允许顺 逆转差 (r/min)	外形尺寸(mm)			质量 (g)
							总长	外径	轴径	
36SY51	12	1.4	19.61	3000	6.2	200	99	36	4	320
36SY52	12	1.9	19.61	6000	12	300	99	36	4	320
36SY53	12	2.9	19.61	9000	19	400	99	36	4	320
36SY54	27	0.6	19.61	3000	6.2	200	99	36	4	320
36SY55	27	0.85	19.61	6000	12	300	99	36	4	320
36SY56	27	1.3	19.61	9000	19	400	99	36	4	320
36SY55H	27	0.85	19.61	6000	12	300	97	30	5	320
36SY55D	27	0.85	19.61	6000	12	300	99	36	4	310
45SY01	24	1	39.24	3000	12.5	300	88	45	5	500
45SY02	27	1.5	44.15	6000	27	600	88	45	5	500
45SY001	24	1.2	39.22	3000		300	76	45	4	
45SY003	27	1.6	39.22	6000		600	76	45	4	
45SY01	12	1.6	29.41	3000	9	200	103	45	4	490
45SY02	12	3.0	29.41	6000	19	300	103	45	4	490
45SY03	12	3.8	29.41	9000	28	400	103	45	4	490
45SY04	27	0.73	29.41	3000	9	200	103	45	4	490
45SY05	27	1.2	29.41	6000	19	300	103	45	4	490
45SY06	27	1.8	29.41	9000	28	400	103	45	4	490
45SY51	12	2.0	39.22	3000	12	200	110	45	4	490
45SY52	12	3.6	39.22	6000	25	300	110	45	4	550
45SY53	12	5.0	39.22	9000	37	400	110	45	4	550
45SY54	27	0.9	39.22	3000	12	200	110	45	4	550
45SY55	27	1.6	39.22	6000	25	300	110	45	4	550
45SY56	27	2.2	39.22	9000	37	400	110	45	4	550
45SY51H1	12	2.0	39.22	3000	12	200	108.5	45	5	550

4.2.3.2 两相交流伺服电动机 两相交流伺服电动机也是自动控制系统常用的一种电动执行元件,在系统中将输入的交流电信号转换为转子转轴的机械运动。

两相交流伺服电动机可分为不带阻尼元件补偿的和带阻尼元件补偿的两相伺服电动机,根据阻尼元件的不同又可分为黏性阻尼和惯性阻尼两种伺服电动机,阻尼补偿主要为了提高系统的稳定性,两相伺服电动机按转子结构可分为笼型转子和杯形转子,杯形转子又可分为非磁性和铁磁性两种。

SL系列笼型转子两相伺服电动机的技术数据见表3.4.28;ADP系列空心杯

型转子两相伺服电动机的技术数据见表 3.4.29。

表 3.4.28 SL 系列笼型转子两相伺服电动机的技术数据

型号	激磁电压 (V)	控制电压 (V)	频率 (Hz)	堵转转矩 (mN·m) (不小于)	空载转速 (r/min) (不小于)	输出功率 (W)	机电时间常数 (ms)	外形尺寸 (mm)			质量 (g)
								总长	外径	轴径	
12SL4G4	20	20	400	0.637	9000	0.16	12	41	12.5	2	20
16SL1	26	26	400	0.882	9000			29.0	16		
20SL4E6	36	36	400	1.96	5600	0.32	12	42	20	2.5	50
20SL4E4	36	36	400	1.764	9000	0.50	25	46.2	20	2.5	50
20SL4E4	36	36	400		8500	0.50	14	46.2	20	2.5	
20SL4E8	36	63	400		5600	0.32	12	47	20	2.5	50
20SL1	26	26	400	1.176	9000			29.4	20	2.5	
24SL1	26	26	400	1.96	9000			29	24		
20SL4G4	20	20	400	1.764	9000	0.50	25	46.2	20	2.5	
20SL4G6	20	20	400	1.96	5600	0.32	12	46.2	20	2.5	50
20SL02	36	36	400	1.47	6000	0.25	15	40.2	20	2.5	45
20SL5F2	26	26	50	1.764	2700	0.12	15	43	20	2.5	50
24SL4E4	115	40/20	400	1.96	9000	0.5	30	32	24	3	60
24SL4-6A	26	26/13	400	*147	48	0.18		65	24	4	100
24SLT330	26	26	400	2.15	6000	0.3		32	24	3	
24SLT440	18	18	400	0.98	9000	0.3		35	24	2.94	
28SL40	36	36/18	400	3.92	6000		25	54	28	3	
28SL41	115	36/18	400	3.92	6000		25	54	28	3	
28SL42	115	115/57.5	400	3.92	6000		25	54	28	3	
28SL43	115	36/18	400	4.90	6000		15	40	23	3	
28SL44	115	115/57.5	400	4.90	6000		15	40	28	3	
28SL45	36	36/18	400	4.90	6000		15	40	28	3	
28SL4-4A	115	115/57.5	400	5.5	9000	1.5	20	65	28	3	
28SL5-2A	36	36/18	50	5.0	2500	0.4	15	60	28	3	
28SL01	36	36	400	5.0	6000	1.0	20	56.5	28	3	160
28SL02	115	115	400	4.9	6000	1.0	20	56.5	28	3	140
28SL03	115	36	400	5.0	6000	1.0	20	56.5	28	3	160
28SL4B	36	36	400	5.39	9000	1.5	15	34	28	3	100
28SL4C	115	36	400	5.39	9000	1.5	15	34	28	3	100
28SL4D	115	115	400	5.39	6000	1.0	10	34	28	3	100
28SL4B6	115	115	400		6000	1.2	15	59	28	3	140
28SL4B6	115	115/57.5	400	5.39	6000	1.2	15	58.5	28	3	100
28SL4B8	115	115	400	5.88	4800	1.0	20	58.5	28	3	100

续表

型号	激磁电压 (V)	控制电压 (V)	频率 (Hz)	堵转转矩 (mN·m) (不小于)	空载转速 (r/min) (不小于)	输出功率 (W)	机电时 间常数 (ms)	外形尺寸(mm)			质量 (g)
								总长	外径	轴径	
28SL4E6	36	36	400	5.39	6000	1.2	10	58.5	28	3	140
28SL4E6	36	36/18	400	5.39	6000	1.2	15	58.5	28	3	100
28SL4E8	36	36	400	5.88	4800	1.0	20	58.5	28	3	100
28SL4A	115	115	400	5.39	9000	1.5	15	34	28	3	100
28SL4I6	115	36	400	5.39	6000	1.2	15	58.5	28	3	160
28SL5C2	110	110	50	4.9	2700	0.4	8	56.5	28	3	100
28SL04	115	26	400	6.0	6000	1.0	20	56.5	28	3	160
28SL51	36	36	50	9.0	2500	0.4	15	56.5	28	3	100
28SL5E2	36	36	50	5.0	2700	0.4	8	56.5	28	3	160
28SL5E2	36	36	50	4.9	2700	0.4	8	58.5	28	3	100
28SL5G2	20	20	50	4.9	2700	0.4	8	58.5	28	3	100
28SL4I8	115	36	400	5.39	6000	1.2	15	58.5	28	3	100
28SL4A6	115	115/57.5	400	5.88	6000	1.0	15	49	28	3	100
28SL4B6	36	36/18	400	5.88	6000	1.0	15	49	28	3	100
36SL01	36	36	400	9.0	4800	1.5	20	63.5	36	4	260
36SL02	115	115	400	8.82	4800	1.5	20	63.5	36	4	260
36SL03	115	36	400	9.0	4800	1.5	20	63.5	36	4	260
36SL04	36	36	400	7.0	9000	2.0	35	63.5	36	4	260
36SL05	115	115	400	7.0	9000	2.0	35	63.5	36	4	260
36SL06	115	36	400	7.0	9000	2.0	35	63.5	36	4	260
36SL4A	115	115	400	7.84	9000	2.5	20	44	36	4	170
36SL4A8	115	115/57.5	400	11.73	4800	1.8	20	65.5	36	4	190
36SL4B4	115	115	400	7.84	9000	2.5	35	70.5	36	4	170
36SL4B	36	36	400	7.84	9000	2.5	20	44	36	4	170
36SL4B8	36	36/18	400	11.76	4800	1.8	20	65.5	36	4	190
36SL4B8	115	115	400	10.78	4800	1.8	15	70.5	36	4	260
36SL4C8	115	36/18	400	11.76	4800	1.8	20	65.5	36	4	190
36SL4C	115	36	400	7.84	9000	2.5	20	44	36	4	170
36SL4D	115	115	400	10.78	4800	1.8	15	49.5	36	4	170
36SL4E8	36	36	400	10.78	4800	1.8	15	70.5	36	4	170
36SL4E	36	36	400	10.78	4800	1.8	15	49.5	36	4	170
36SL4E4	36	36	400	7.84	9000	2.5	35	70.5	36	4	170

续表

型号	激磁电压 (V)	控制电压 (V)	频率 (Hz)	堵转转矩 (mN·m) (不小于)	空载转速 (r/min) (不小于)	输出功率 (W)	机电时间常数 (ms)	外形尺寸 (mm)			质量 (g)
								总长	外径	轴径	
36SL4I8	115	36	400	10.78	4800	1.8	15	70.5	36	4	170
36SL4I4	115	36	400	7.84	9000	2.5	35	70.5	36	4	170
36SL5C2	110	110	50	10.78	2700	1.0	8	70.5	36	4	170
36SL5E2	36	36	50	10.78	2700	1.0	8	70.5	36	4	170
36SL5J2	110	20	50	10.78	2700	1.0	8	70.5	36	4	170
36SL51	36	36	50	9.0	2700	0.63	15	63.5	36	4	260
36SL52	110	110	50	8.82	2700	0.63	15	63.5	36	4	260
36SL53	110	36	50	9.0	2700	0.63	15	63.5	36	4	260
36SL4-4A	115	115/57.5	400	8.82	9000	2.5	35	63.5	36	4	260
36SL4-4B	115	115/57.5	400	13	9000	4	35	68	36	4	
36SL5-2A	36	36/18	50	11	2700	1	15	70.5	36	4	
36SLT110	115	115/57.5	400	9.8	4800	1.7		53	36	4	
36SLT120	115	36/18	400	9.8	4800	1.7		53	36	4	
45SL01	36	36	400	16.7	4800	2.5	20	73.5	45	4	450
45SL02	115	115	400	16.13	4800	2.5	20	73.5	45	4	450
45SL03	115	36	400	16.7	4200	2.5	20	73.5	45	4	450
45SL04	36	36	400	14.7	9000	4	30	73.5	45	4	450
45SL05	115	115	400	14.7	9000	4	30	73.5	45	4	450
45SL06		36	400	14.7	9000	4	30	73.5	45	4	435
45SL4B	115	36	400	16.66	9000	5.5	20	46.5	45	4	350
45SL4A	115	115	400	16.66	9000	5.5	20	46.5	45	4	350
45SL4B4	115	115	400	15.66	9000	40	20	80.5	45	4	450
45SL4B8	115	115	400	24.5	4800	4	20	81	45	4	450
45SL4B8	115	115	400	21.57	4800	4	20	80.5	45	4	350
45SL4B8	36	36/18	400	24.5	4600	2.5	15	71.5	45	4	360
45SL4A8	115	115/57.5	400	24.5	4800	2.5	15	71.5	45	4	360
45SL4C	115	115	400	24.5	4800	4	20	53	45	4	350
45SL4D	115	36	400	24.5	4800	4	20	58	45	4	350
45SL4E8	36	36	400	21.57	4800	4	20	80.5	45	4	450
45SL4E4	36	36	400	15.69	9000	6	40	80.5	45	4	350
45SL4I4	115	36	400	15.69	9000	6	40	80.5	45	4	450
45SL4I8	115	36	400	21.57	4800	4	20	80.5	45	4	350
45SL58	36	36	50	29.4	2700	2.5	30	73.6	45	4	450

续表

型号	激磁电压 (V)	控制电压 (V)	频率 (Hz)	堵转转矩 (mN·m) (不小于)	空载转速 (r/min) (不小于)	输出功率 (W)	机电时间常数 (ms)	外形尺寸(mm)			质量 (g)
								总长	外径	轴径	
45SL59	110	110	50	29.4	2700	2.5	30	73.5	45	4	450
45SL60	110	36	50	29.4	2700	2.5	30	73.5	45	4	450
45SL5C2	110	110	50	44.1	2700	4	15	80.5	45	4	450
45SL5C2	110	110	50	44.13	2700	4	5.5	80.5	45	4	450
45SL501	110	110/55	50	34.3	1200	2	25	60.5	45	4	350
45SL5D	220	220	50	31.36	1200	2	18	60.5	45	4	350
45SL5E2	36	36	50	44.13	2700	4	15	80.5	45	4	450
45SL5A	110	110	50	31.36	2400	3	25	60.5	45	4	350
45SL5B	220	220	50	31.36	2400	3	25	60.5	45	4	350
45SL5C4	110	110	50	53.93	1250	2.5	15	80.5	45	4	450
45SL5C	110	110	50	31.36	1200	2	25	60.5	45	4	350
45SL5H4	110	115	50	14.71	1250	4		80.5	45	4	450
45SL5J2	110	20	50	44.13	2700	4	15	80.5	45	4	450
45SL62P	115	115	400	17.65	4500		0.020	70	45	4	
45SL62P ₁	115	115/57.5	400	17.65	4500		0.020	58.8	45	4	
45SL4-4A	115	115/57.5	400	18	9000	5	30	63.5	45	4	
45SL4-4B	115	115/57.5	400	18	9000	5	30	63.5	45	4	
55SL4B4	115	115	400	39.22	9000	16	50	115	55	6	850
55SL4B8	115	115	400	53.92	4800	9.2	25	115	55	6	850
55SL5A	110	110	50	88.2	2400	8	20	87	55	6	800
55SL5A2	220	220	50	83.35	2700	8	15	115	55	6	850
55SL5A4	220	220	50	66.68	1250	2.5	15	115	55	6	850
55SL5B	220	220	50	88.2	2400	8	20	87	55	6	800
55SL5C	110	110	50	88.2	1200	5	15	87	55	6	800
55SL5C2G	110	110	50	98.07	2700	10	15	110	55	6	800
55SL5D	220	220	50	88.2	1200	5	15	87	55	6	800
55SL5C2	110	110	50	83.35	2700	8	15	115	55	6	850
55SL5H4	110	115	50		1200	0.65	15	76	55	6	500
55SL5K2	110	36/18	50	88.26	2700	6	15	115	55	6	800
55SL54	110	110	50	39.22	2700			115	55	6	850
55SL1	115	115	400	49	9000			60	55		
55SL54A	220	220	50	39.22	2700			115	55	6	
55SL57	110	110	50	70.61	2700	6.3	20	100	55	6	850

续表

型号	激磁电压 (V)	控制电压 (V)	频率 (Hz)	堵转转矩 (mN·m) (不小于)	空载转速 (r/min) (不小于)	输出功率 (W)	机电时间常数 (ms)	外形尺寸 (mm)			质量 (g)
								总长	外径	轴径	
55SL5-2A	220	220/110	50	85	2700	8	20	106	55	6	1000
55SL50	220	36	50	83.35	2800	8		106	55	6	1500
70SL5A2	220	220	50	176.4	2700	16	15	134	70	6	1500
70SL5C2	110	110	50	176.4	2700	16	15	134	70	6	1500
70SL4B4	115	115	400	68.64	9000	28	100	134	70	6	1000
72SL1	220	220	50	357.7	1460			130	80.8		
90SL5A8	220		50	820	740			176	90	11	
90SL55	220	220	50	294.21	2700	25	30	136	90	9	
110SL5	220		50	980	900			190	110	12	
110SL5C	110		50	1176.84	900			247	110	14	
55SL58	220		50	83.35	2700	8	30	106	55	6	1000

表 3.4.29 ADP 系列空心杯转子两相伺服电动机的技术数据

型号	励磁电压 (V)	频率 (Hz)	额定输出功率 (W)	额定转速 (r/min)	额定转矩 (mN·m)	控制电压 (V)	控制电流 (A)	外形尺寸 (mm)			质量 (kg)
								总长	外径	轴径	
ADP-1	120	500	3.7	9000	3.92	35	0.15	87	58	4	750
ADP-120	110	400	2.4	4000±40	5.88	110		100	50	4	650
	110	500	2.4	4000±40	5.88	110					
ADP-123	110	400	4.1	≥4000	9.81	110	0.27	90	50	4	550
	110	500	4.6	≥5000	8.83	110	0.2				
ADP-123B	110	400	8.9	≥6000	14.22	110	0.23	90	50	4	550
	110	500	9	≥7000	12.25	110	0.18				
ADP-202	110	400	1.5	6000	2.45	110	0.06	66.5	41	3	250
	110	500	1.3	6300	1.96	110	0.06				
ADP-261	120	330	12	6600	17.64	170	0.23	122.5	70	6	1400
ADP-262	110	50	9.5	1850	49	125	0.53	122.5	70	6	1600
ADP-263	110	500	24.5	6000	39.2	170	0.75	122.5	70	6	1600
ADP-263A	36	500	24.7	6000	39.2	275	0.55	122.5	70	6	1600
ADP-362	110	50	19	1950	93.1	125	0.65	135	85	8	2600
ADP-363	110	500	35	6000	55.86	120	1.2	144.5	85	8	2700
ADP-363A	36	500	46.4	6000	73.5	245	0.68	144.5	85	8	2700
ADP-363B	115	400		4000	56.88	50	1.0	150	95	8	2700
ADP-562	110	50	41	2000	196.2	160	0.73	173.5	112	10	5500
ADP-563A	6	500	61	6000	98.1	220	0.75	183	112	10	

4.2.3.3 无刷直流电动机 无刷直流电动机是一种新型电动机,最有发展前途,是电子技术和电动机相结合的机电一体化产品,从原理上讲无刷直流电动机相

当由电子换向来代替有刷直流电动机的机械换向,它由电动机本体、转子位置传感器和电子换向电路三部分构成,如图 3.4.3 所示。无刷直流电动机都是永磁式的,从结构上看相当于永磁直流电动机的“里翻外”,电枢绕组在定子上,转子是永磁磁极,无励磁绕组和电刷集电环;也可看成一种变流器供电的永磁交流同步电动机,因此从控制方式可分为方波驱动和正弦波驱动。

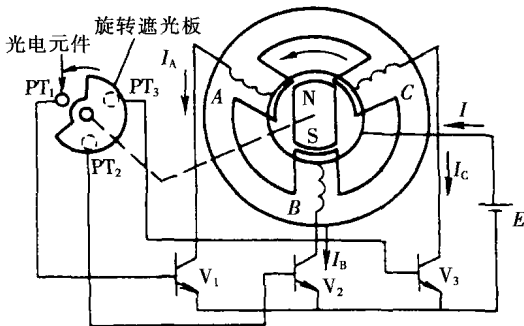


图 3.4.3 无刷直流电动机原理示意图

无刷直流电动机使用直流电源,具有与有刷直流伺服电动机相近的机械特性和调节特性,具备电子换向电路,各相电流换向与转子位置相关联。

无刷直流电动机有以下优点:机械特性线性度好,调速范围宽,启动转矩大;效率高,易控制;可靠性好,寿命长;无线电干扰小,噪声低;与电子控制结合,具有较大使用灵活性。

转子位置传感器主要有如下三类。磁敏式位置传感器:霍尔元件或霍尔集成电路;光电式位置传感器:发光二极管、光敏晶体管和隔光板组成;电磁式位置传感器:无刷旋转变压器或开口变压器,接近开关,铁磁谐振电路等。ZW 系列无刷直流电动机的主要技术数据见表 3.4.30。

表 3.4.30 ZW 系列无刷直流电动机的技术数据

型号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	额定转矩 (mN·m)	额定转速 (r/min)	旋转方向	外形尺寸 (mm)			备注
						总长	外径	轴径	
20ZWH-01	20	0.065	0.49×10^{-3}	1500	逆、顺时针	50.2	20	2	霍尔传感器
30ZW-1	24	0.8	9.8×10^{-3}	9000	逆时针	81	36	6	电磁式传感器
35ZW-2A	24	0.65	19.6×10^{-3}	2500	逆时针	77	36	4	电磁式传感器
45ZW-1A	24	0.90	24.5×10^{-3}	4500	逆时针	87	45	4	电磁式传感器
45ZW-1B	24	0.6	34.3×10^{-3}	2000	逆时针	90	45	4	电磁式传感器
45ZW-1C	24	0.9	34.3×10^{-3}	3000	逆、顺时针	87	45	4	电磁式传感器
45ZW-1D	24	0.9	34.3×10^{-3}	3000	逆时针	87	45	4	电磁式传感器

续表

型号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	额定转矩 (mN·m)	额定转速 (r/min)	旋转方向	外形尺寸(mm)			备注
						总长	外径	轴径	
45ZW-2	24	0.9	19.6×10^{-3}	4500	逆时针	75	45	4	电磁式传感器
55ZW-1	15	6.5	98×10^{-3}	4500	逆时针	125	55	6	电磁式传感器
55ZW-1B	15	7.0	0.167	2500	逆、顺时针	125	55	6	电磁式传感器
55ZW-2A	24	4.6	18.4×10^{-3}	8000	逆时针	118	55	6	电磁式传感器
55ZW-3A	12	2.0	58.8×10^{-3}	2000	逆时针	67.5	55	4/4	电磁式传感器
55ZWS-04	48	2.8	0.5	1500	逆、顺时针	158	55	9	电磁式传感器
70ZW-1	24	0.52	49×10^{-3}	1200	逆时针	69	70	5	电磁式传感器
70ZW-2	12	2.5	52.92×10^{-3}	1700	逆时针	60.5	70	6	电磁式传感器
75ZW-3A	24	0.8	0.147	500	逆时针	92	75	8	电磁式传感器
90ZW01	24	4.6	0.392	1500	逆时针	107	90	9	电磁式传感器
90ZW02	24		0.3	3000		92	90		电磁式传感器
90ZW-2A	27	5.0	0.392	2000	逆时针	120	90	9/6	电磁式传感器
130ZW-1	12	3.0	58.8×10^{-3}	2000	逆、顺时针	243	130	9.62	光电式传感器

注：额定转速容差： $\phi 70\text{mm}$ 及以下机座号为 $\pm 15\%$ ； $\phi 70\text{mm}$ 以上机座号为 $\pm 12\%$ 。

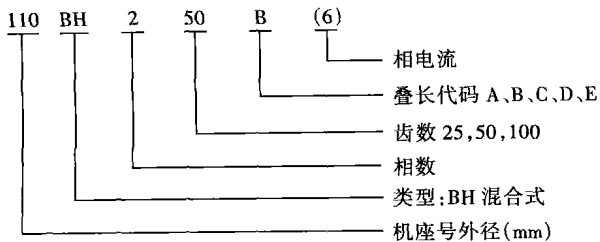
4.2.3.4 步进电动机 步进电动机是一种增量运动电磁执行元件，将数字脉冲信号转换成机械角位移或线位移，其位移量与输入脉冲信号有严格的对应关系，转速与脉冲频率成正比。

步进电动机有独特的优点：步距角误差累积；步距量不因电压和负载波动以及环境变化而受影响；启动快、调速范围广、定位精度高、控制性能好等，主要应用于开环控制系统。

步进电动机的种类有：磁阻式步进电动机(BC型)、永磁式步进电动机(BY型)和混合(永磁感应子)式步进电动机(BH型)。

混合式步进电动机具有步距小、运行频率高、消耗功率小等特点，是目前发展很快并最有应用前景的一种步进电动机。

混合式步进电动机的型号示例如下：



其技术数据见表 3.4.31。

表 3.4.31 二相混合式步进电动机的技术数据

电动机型号		整步 步距角 (°)	静态 相电流 (A)	相电阻 (Ω)	相电感 (mH)	保持转矩 (N·m)	转动惯量 (g·cm ²)	质量 (kg)
28	28BH225B	3.6	0.35	12.2	11.5	0.035	0.0012	0.1
45	45BH250A	1.8	1.2	2.45	12.8	0.28	0.083	0.3
	45BH250B		1.2	3.5	24.0	0.56	0.166	0.45
57 系列	57BH250B(1.5)		1.5	1.1	5.4	0.7	0.15	0.75
	57BH250B(3.0)		3.0	0.275	1.35	0.7	0.15	0.75
	57BH250C(1.5)		1.5	1.4	6.4	1.0	0.2	1.0
	57BH250C(3.0)		3.0	0.35	1.6	1.0	0.2	1.0
	57BH250E(1.5)		1.5	2.0	10.6	1.5	0.33	1.5
	57BH250E(3.0)		3.0	0.5	2.65	1.5	0.33	1.5
86 系列	86BH250A(2)		2	1.6	19	2.5	1.54	2.0
	86BH250A(3)		3	0.8	10.1	2.5	1.54	2.0
	86BH250A(4)		4	0.4	4.8	2.5	1.54	2.0
	86BH250A(6)		6	0.2	2.5	2.5	1.54	2.0
	86BH250B(2)		2	2.4	38	5.0	3.0	3.2
	86BH250B(3)		3	1.2	18.1	5.0	3.0	3.2
	86BH250B(4)		4	0.6	9.6	5.0	3.0	3.2
	86BH250B(6)		6	0.3	4.5	5.0	3.0	3.2
	86BH250C(3)		3	1.6	26.0	7.5	4.5	4.4
	86BH250C(6)	6	0.4	6.5	7.5	4.5	4.4	
110 系列	86BH250A1(3)	3	0.68	5.6	2.2	1.1	1.6	
	86BH250A1(6)	6	0.17	1.4	2.2	1.1	1.6	
	110BH250B(6)	6	0.45	8.33	12	9.7	6.4	
	110BH250C(6)	6	0.62	14.5	18	14.6	8.4	
	110BH250D(6)	6	0.76	15.1	24	19.5	10.4	
	110BH250B(12)	12	0.11	2.08	12	9.7	6.4	
130 系列	110BH250C(12)	12	0.16	3.8	18	14.6	8.4	
	110BH250D(12)	12	0.19	3.7	24	19.5	10.4	
	130BH250D(8)	8		0.66	15.8	28	37	12
	130BH250E(8)			0.78	16.7	35	46.3	15.1
	130BH250EH(8)			0.78	16.7	50	46.3	18

第4章 变 压 器

1 概 述

变压器是根据电磁感应原理制成的传输交流电能并可改变交流电压的静止电器。它广泛地应用于电力、电信和自动控制系统中。变压器种类繁多,分类方法有多种,按用途可分为输电、配电用变压器,电压、电流互感器,调压变压器,试验变压器,电焊机变压器,电炉变压器,整流变压器,电源变压器,控制变压器,静电除尘变压器,串联和并联电抗器,消弧线圈和接地变压器等;按相数可分为单相、三相和多相变压器;按冷却方式可分为干式、油浸和充气全密封式变压器,其中油浸变压器又分为油浸自冷、强油水冷、强油风冷等多种。

1.1 变压器的主要技术参数

1.1.1 额定容量 S_N

额定容量是指在额定工作条件下所能传输的视在功率,以额定电压和额定电流的乘积表示,单位为千伏安($kV \cdot A$)。对三相变压器而言,其额定容量为三相容量之和。

1.1.2 额定电压 U_N

原边额定电压指原边正常时所外加的电源电压;而副边额定电压是指原边施加额定电压时,副边绕组开路时副边的端电压。对三相变压器而言,额定电压是指线电压。

1.1.3 额定电流 I_N

在额定容量及额定电压(原、副边)条件下的原、副边电流,对三相变压器而言,指的是线电流。

三相变压器额定容量、额定电压和额定电流见表 4.1.1。

表 4.1.1 三相变压器额定容量、额定电压和额定电流

电 流 (A)	电压 (V)		400	3000	3150	3300	6000	6300	6600	10000
	容量(kV·A)									
20	28.9	3.85	3.67	3.5	1.92	1.83	1.75	1.16		
	16.7	2.22	2.12	2.02	1.11	1.06	1.01	0.67		
30	43.3	5.77	5.5	5.25	2.89	2.75	2.63	1.73		
	25	3.33	3.17	3.03	1.67	1.59	1.32	1		
40	57.7	7.7	7.33	7	3.85	3.67	3.5	2.31		
	33.3	4.44	4.23	4.04	2.22	2.12	2.02	1.33		
50	72.2	9.62	9.17	8.75	4.81	4.58	4.37	2.89		
	41.7	5.56	5.29	5.05	2.78	2.65	2.53	1.67		
63	90.9	12.1	11.6	11	6.06	5.77	5.51	3.64		
	52.5	7	6.67	6.36	3.5	3.33	3.18	2.1		
80	115.5	15.4	14.7	14	7.7	7.33	7	4.62		
	66.7	8.89	8.47	8.08	4.44	4.23	4.04	2.67		
100	144.3	19.2	18.3	17.5	9.62	9.17	8.75	5.77		
	83.3	11.1	10.6	10.1	5.55	5.29	5.05	3.33		
125	180.4	24.1	22.9	21.9	12	11.5	10.9	7.22		
	104.2	13.9	13.2	12.6	6.94	6.62	6.31	4.17		
160	230.9	30.8	29.3	28	15.4	14.7	14	9.24		
	133.4	17.8	16.9	16.2	8.89	8.47	8.08	5.33		
200	288.7	38.5	36.7	35	19.2	18.3	17.5	11.6		
	166.8	22.2	21.2	20.2	11.1	10.6	10.1	6.67		
250	360.8	48.1	45.8	43.7	24.1	22.9	21.9	14.4		
	208.4	27.8	26.5	25.3	13.9	13.2	12.6	8.33		
315	454.7	60.6	57.7	55.1	30.3	28.9	27.6	18.2		
	262.5	35	33.3	31.8	17.5	16.7	15.9	10.5		
400	577.4	77	73.3	70	38.5	36.7	35	23.1		
	333.3	44.4	42.3	40.4	22.2	21.2	20.2	13.3		
500	721.6	96.2	91.7	87.6	48.1	45.8	43.7	28.9		
	416.7	55.6	52.9	50.5	27.8	26.5	25.3	16.7		

续表

电 流 (A)	电压 (V)	400	3000	3150	3300	6000	6300	6600	10000	
		容量(kV·A)	231	1732	1819	1905	3464	3637	3811	5774
630		909.3	121.3	115.5	110.2	60.6	57.7	55.1	36.4	
		525	70	66.7	63.6	35	33.3	31.8	21	
800		1154.7	154	146.6	140	77	73.3	70	46.2	
		667.2	88.9	84.7	80.8	44.4	42.3	40.4	26.7	
1000		1443	192.4	183.3	175	96.2	91.7	87.5	57.7	
		8334	111.1	105.8	101	55.5	52.9	50.5	35.3	
1250		1804	240.6	229.1	218.7	120.3	144.6	109.4	72.2	
		1042	138.9	132.3	126.3	69.4	66.2	63.1	41.7	
1600		2310	301.9	293.3	280	154	146.6	140	92.4	
		1334	177.8	169.3	161.6	88.9	84.7	80.8	53.3	
电 流 (A)	电压 (V)	10500	11000	35000	38500	44000	60000	63000	66000	69000
		容量(kV·A)	6062	6351	60210	22230	25404	34640	36370	38110
20		1.1	1.05							
		0.64	0.61							
30		1.65	1.58							
		0.95	0.91							
40		2.2	2.1							
		1.27	1.21							
50		2.75	2.62	0.83	0.75					
		1.59	1.52	0.48	0.43					
63		3.47	3.31	1.04	0.95					
		2	1.91	0.6	0.55					
80		4.4	4.2	1.32	1.2					
		2.54	2.92	0.76	0.69					
100		5.5	5.25	1.65	15	1.31				
		3.18	3.03	0.95	0.87	0.76				
125		6.87	6.56	2.06	1.88	1.64				
		3.97	3.79	1.19	1.08	0.95				
160		8.8	8.4	2.64	2.4	2.1				
		5.08	4.85	1.52	1.39	1.21				
200		11	10.5	3.3	3	2.63				
		6.35	6.06	1.91	1.73	1.52				

续表

电 流 (A)	电压 (V)									
	10500	11000	35000	38500	44000	60000	63000	66000	69000	
容量(kV·A)	6062	6351	60210	22230	25404	34640	36370	38110	39838	
250	13.8	13.1	4.12	3.75	3.28					
	7.9	7.58	2.38	2.17	1.89					
315	17.3	16.5	5.2	4.73	4.14					
	10	9.55	3	2.73	2.39					
400	22	21	6.6	6	5.25					
	12.7	12.1	3.81	3.46	3.03					
500	27.5	26.2	8.25	7.5	6.56					
	15.9	15.2	4.76	4.33	3.79					
630	36.7	33.1	10.4	9.45	8.27	6.06	5.77	5.51	5.27	
	20	19.1	6	5.47	4.78	3.5	3.33	3.18	3.04	
800	44	42	13.2	12	10.5	7.7	7.33	7	6.69	
	25.4	24.2	7.62	6.93	6.06	4.44	4.23	4.04	3.86	
1000	55	52.5	16.5	15	13.1	9.62	9.17	8.75	8.37	
	31.8	30.3	9.53	8.66	7.57	5.55	5.29	5.05	4.83	
1250	68.7	65.6	20.6	18.8	16.4	12	11.5	10.9	10.5	
	39.7	37.9	11.9	10.8	9.47	6.94	6.62	6.31	6.04	
1600	88	84	26.4	24	21	15.4	14.7	14	13.4	
	50.8	48.5	15.2	13.9	12.1	8.89	8.47	8.1	7.73	

电 流 (A)	电压 (V)									
	3000	3150	3300	6000	6300	6600	10000	10500	11000	35000
容量(kV·A)	1732	1819	1905	3464	3637	3811	5774	6062	6351	20210
2000	384.9	366.6	350	192.4	183.3	175	115.5	110	105	33
	222.2	211.7	202	111.1	105.8	101	66.7	63.5	60.6	191
2500	481.2	458.2	437.4	240.6	229.1	218.7	144.4	137.5	131.2	41.2
	277.8	264.6	252.5	138.9	132.3	126.3	83.3	79.4	75.8	23.8
3150	606.2	577.4	551.1	303.1	288.7	275.6	181.9	173.3	165.3	52
	350	333.3	318.2	175	166.7	159.1	105	100	95.5	30
4000	769.8	733.2	700	384.9	366.6	350	231	220	210	66
	444.4	423.4	404.1	222.2	211.7	202	133.4	127	121.2	38.1
5000	962.3	916.5	874.8	481.2	458.2	437.4	288.7	275	262.4	82.5
	555.5	529.2	505.1	277.8	264.6	252.5	166.7	157.9	151.5	47.6
6300	1212.5	1155	1102	606.2	577.4	551.1	363.8	346.4	330.7	104
	700	666.6	636.4	350	333.3	318.2	210	200	191	60

续表

电 流 (A)	电压 (V)										
	3000	3150	3300	6000	6300	6600	10000	10500	11000	35000	
容量(kV·A)	1732	1819	1905	3464	3637	3811	5774	6062	6351	20210	
8000	1539.7	1466	1400	769.8	733.2	700	461.9	440	420	132	
	888.8	846.8	808.2	444.4	423.4	404.1	268.7	254	242.1	76.2	
10000	1924	1833	1750	962	916.5	875	577.4	550	525	165	
	1111	1058	1010	555	529	505	333.3	317.5	303	95.3	
12500	2406	2291	2187	1203	1146	1094	722	687	656	206.2	
	1389	1323	1263	694	662	631	416.7	397	378.8	119	
16000	3019	2933	2800	1540	1466	1400	924	880	840	264	
	1778	1693	1616	889	847	808	533.3	485	508	152.4	
20000				1924	1833	1750	1155	1100	1050	330	
				1111	1058	1010	666.7	635	606	190.5	
25000				2406	2291	2187	1444	1375	2312	412.4	
				1389	1323	1263	833.3	794	757.5	238	
31500				3031	2887	2756	1819	1733	1653	520	
				1750	1667	1591	1050	1000	965	300	
40000							2310	2200	2100	660	
							1334	1270	1212	381	
50000							2887	2750	2624	825	
							1667	1589	1515	476	
63000										1040	
										600	

1.2 变压器的分类及结构

1.2.1 变压器的分类及其型号

变压器分类的方法很多,按相数可分为单相和三相两种,前者多为小容量的变压器,后者大多是较大容量的以及电力变压器等。按绕组数目分为单圈式(自耦变压器)、双圈式(一般中小型电力变压器)以及多圈式(电源变压器)。按耦合的介质可分为空心变压器与铁心变压器两种,目前大多为铁心变压器。按铁心结构分成心式与壳式(图 4.1.1)。壳式变压器的铁轭包在绕组外面,导热性能较好,但制造

工艺复杂,除了很小的电源变压器外,目前已很少使用。心式变压器绕组包在铁心外面,制造工艺也较简单。按冷却介质不同又分为油浸变压器、干式变压器(空气冷却式)以及水冷变压器。干式变压器多用在低电压、小容量或用在防火防爆的场合,电压较高、容量较大的变压器多用油浸式或水冷式。电力变压器大多采用油浸式。

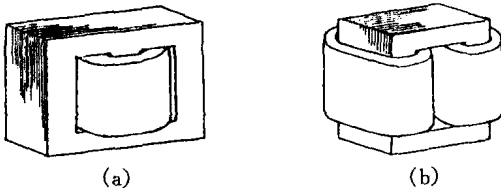
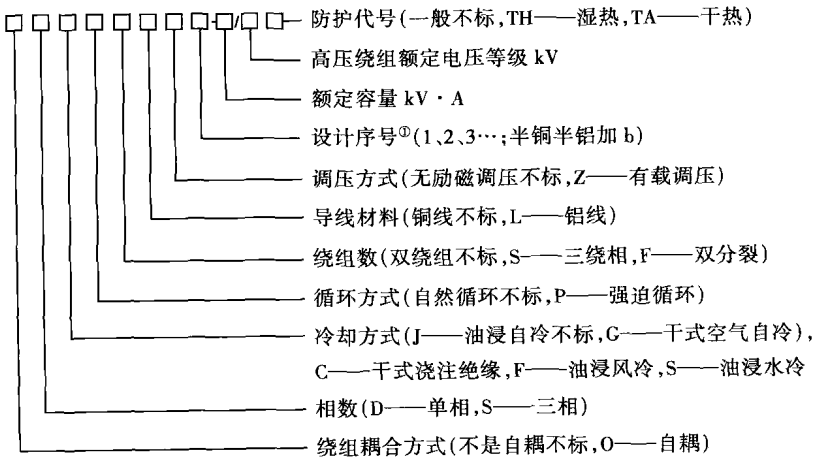


图 4.1.1 单相变压器铁心结构图

(a) 壳式 (b) 心式

变压器的任何一种分类包含不了变压器的全部特征,而在产品型号中往往要把所有主要的特征表达出来,因此变压器产品型号表示方法如下:



注:①7、8、9、10等:性能水平代号

变压器的具体型号及意义见表 4.1.2。

表 4.1.2 变压器的型号及意义

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

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

变压器产品型号举例：

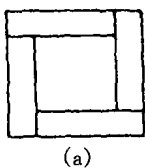
例 1: S9-1600/10 表示三相油浸自冷双绕组铜线、性能水平代号“9”、额定容量 1600kV·A, 高压额定电压等级 10kV 配电变压器。

例 2: OSFPSZ-120000/220 表示自耦三相风冷强迫油循环三绕组铜线有载调压、额定容量 120000kV·A, 高压额定电压等级为 220kV 电力变压器。

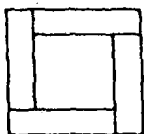
1.2.2 变压器的结构

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

变压器铁心一般采用交叠方式进行叠装, 应使上层和下层叠片的接缝互相错开, 如图 4.1.2、图 4.1.3 所示。



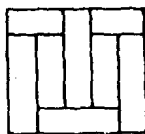
(a)



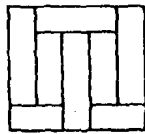
(b)

图 4.1.2 单相变压器铁心叠装图

(a) 第一层 (b) 第二层



(a)

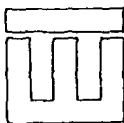


(b)

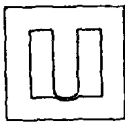
图 4.1.3 三相变压器铁心叠装图

(a) 第一层 (b) 第二层

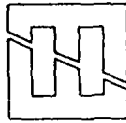
在微型变压器中, 为了简化工艺, 常采用如图 4.1.4 所示的叠片形状。互感器和单相小变压器 (<500W) 还有采用长条冷轧硅钢片卷成的卷片式铁心, 如图 4.1.5 所示为 C 形铁心; 图 4.1.6 为 R 形铁心; 图 4.1.7 为 O 形铁心。



(a)



(b)



(c)

图 4.1.4 微型变压器的叠片

(a) 山字形(或称正形) (b) 日字形 (c) F形

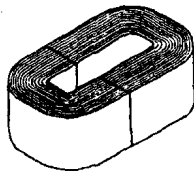


图 4.1.5 C形铁心

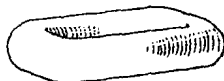


图 4.1.6 R形铁心



图 4.1.7 O形铁心

铁柱的断面形状必须从简化工艺和提高利用率两方面考虑。小型变压器可以采用正方形或长方形的铁柱的断面。较大容量的变压器,为了充分利用绕组内圆的空间,铁柱断面常采用多级阶梯形,如图 4.1.8 所示。当铁柱直径大于 350mm 时,为了改善铁心冷却,通常在铁柱中放置油道。

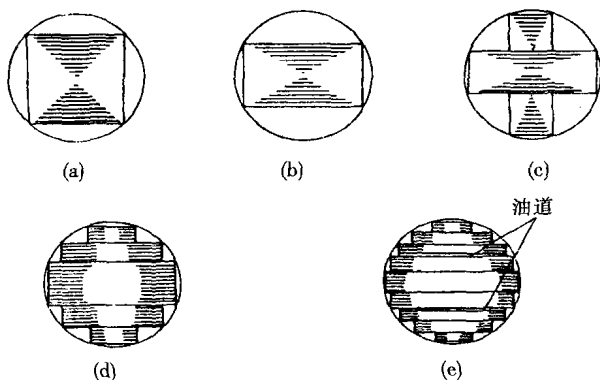


图 4.1.8 各种形状的铁柱断面

- (a) 方铁心 (b) 长方形铁心 (c) 十字形铁心
(d) 无油道多级铁心 (e) 有油道阶梯型多级铁心

铁轭的断面一般比铁柱大 5%~10%,以便减少励磁安匝和铁损耗。铁轭的断面形状有正方形、十字形、T 形和倒 T 形、多级阶梯形和同级阶梯形等,如图 4.1.9 所示。

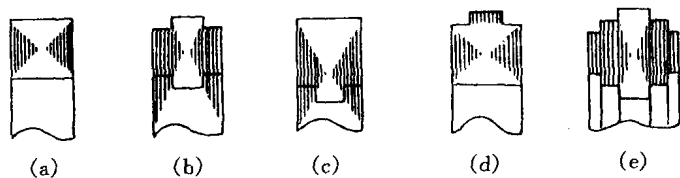


图 4.1.9 各种形状的铁轭断面

- (a) 方形 (b) 十字形 (c) T 形 (d) 倒 T 形 (e) 多级阶梯形

1.2.2.2 绕组结构 有同心式和交叠式两种,如图 4.1.10 所示。

多数电力变压器(1800kV·A 以下)都采用同心式绕组,即一次侧与二次侧绕组套装在同一个铁柱上。为便于绝缘起见,一般低压侧的绕组放在里面,高压侧的绕组套在外面。但容量较大而电流也很大的变压器,由于低压绕组引出线的工艺困难,也往往把低压侧放在高压侧的外面。交叠式绕组的高、低绕组是互相交叠放

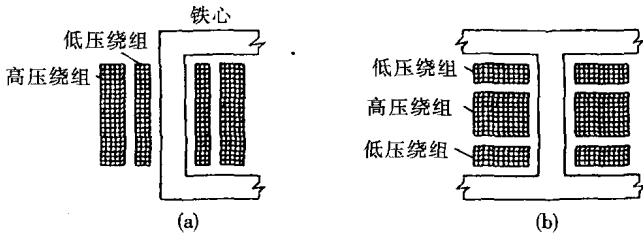


图 4.1.10 变压器绕组的结构

(a) 同心式 (b) 交叠式

置的,为便于绝缘,一般最上和最小的二组绕组都是低压绕组。交叠式的主要优点是漏抗小,机械强度好,引线方便。大于 $400\text{kV}\cdot\text{A}$ 的电炉变压器绕组就是采用这样的布置。

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

图 4.1.11(a)(b)所示皆为圆筒式绕组,线匝沿高度(轴向)绕制,如螺旋形状。它制造工艺简单,但机械强度、轴向承受短路能力都较差,所以大多用在电压低于 500V 、容量为 $10\sim 750\text{kV}\cdot\text{A}$ 的变压器中。图 4.1.11(c)为多层圆筒式绕组,用在容量为 $10\sim 560\text{kV}\cdot\text{A}$,电压为 10kV 及以下的变压器中。

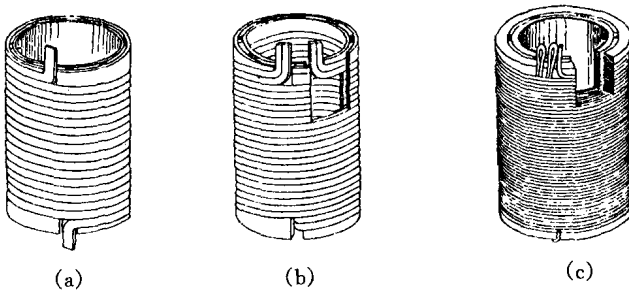


图 4.1.11 圆筒式绕组

(a) 单层筒式 (b) 扁线绕的双层筒式 (c) 圆线绕的多层筒式

图 4.1.12 所示为螺旋式绕组,它由若干并联导线沿径向平绕,轴向线匝间有油道,并具有较大的支撑面和冷却面,所以可应用在较大电流(300A 以上)的低压绕组中。为使并联导体电流均匀分配,在绕制过程中需进行换位。螺旋式绕组一般用在大于 $1000\text{kV}\cdot\text{A}$,而不宜采用双层圆筒式绕组的变压器中。

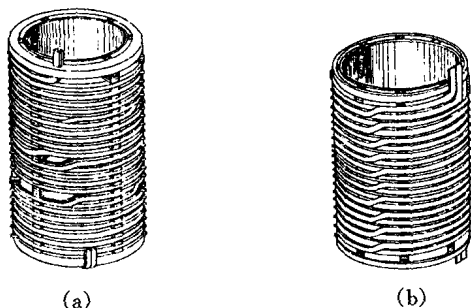


图 4.1.12 螺旋式绕组
(a) 单螺旋 (b) 双螺旋

图 4.1.13 是由若干个单独线段串成的分段式绕组。每个线段与圆筒式绕组相同,但比圆筒式机械强度高。因制造工艺复杂,一般用在每柱容量为 $350\text{kV}\cdot\text{A}$ 变压器的高压绕组中。

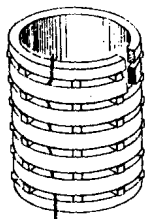


图 4.1.13 分段式绕组

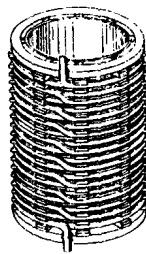


图 4.1.14 连续式绕组

图 4.1.14 是连续式绕组。连续式绕组绕制中无焊接接头,端部支撑面大,冷却油道通畅,所以机械强度较好,只是制造工艺较复杂。一般宜用在容量为 $750\text{kV}\cdot\text{A}$ 、电压为 6kV 以上的大、中型变压器中。

1.3 变压器的联结组别

对称的三相连接,通常有 Y、D、Z 三种接法,其中常用的是现行国家标准所规定的 Y,yn0(Y/Y₀-12)、Y,d11(Y/Δ-11)、YN,d11(Y₀/Δ-11)等三种。

变压器绕组连接的标记如图 4.1.15 所示,其中 A、B、C 代表变压器一次侧绕组的首端,X、Y、Z 代表一次侧绕组的尾端,a、b、c、x、y、z 分别代表二次侧绕组的首端和尾端。◎为同名端标记。

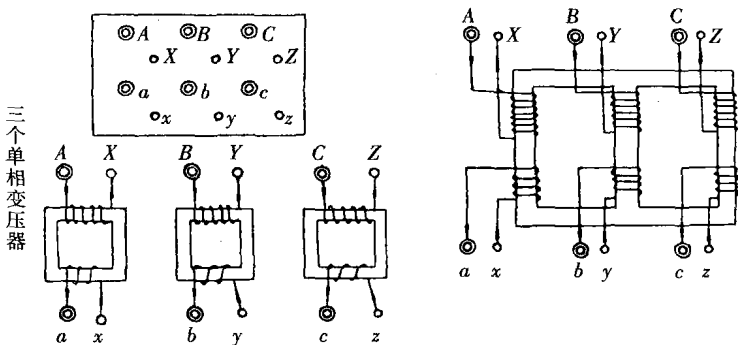


图 4.1.15 变压器绕组连接标记

各种联结组的一次侧电压与二次侧电压间的相角差,有的为 0° ,有的为 30° 的倍数。在时钟的表面上,每两相邻数字间有 30° 的角差,因此采用时钟表示联结组标号较为方便。

把变压器一次侧的线电压矢量 AB 作为时钟的长针(分针),它固定地指向钟面数字12上。把二次侧相应的线电压矢量 ab 作为时钟的短针(时针)。如果短针也指向12,则表示矢量 AB 与 ab 同相,按照钟表读数为12点钟。这种连接方法便记为0。例如我们经常遇到 $Y, y_0(Y/Y-12)$,它表示一次侧绕组用星形连接,二次侧绕组也用星形连接,如图4.1.16(a)所示,图4.1.16(b)所示为矢量图,其一次侧线电压与相应的二次侧线电压间的相角差为 0° 。

假如把 $Y, y_0(Y/Y-12)$ 的二次侧头尾互换[如图4.1.17(a)],那么二次侧线电压矢量 ab 便将与一次侧线电压矢量 AB 反相,用时钟表示时,短针将指向钟面数字6,这样的连接组便记为 $Y, y_6(Y/Y-6)$ 。

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

变压器各种组别的接线方法如图4.1.18所示。

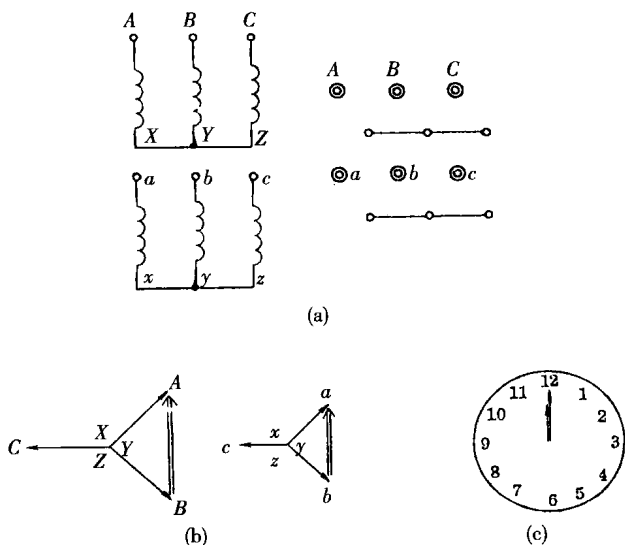


图 4.1.16 Y, y₀(Y/Y-12)连接的变压器

(a) Y, y₀(Y/Y-12)接线图 (b) 矢量图 (c) 时钟表示

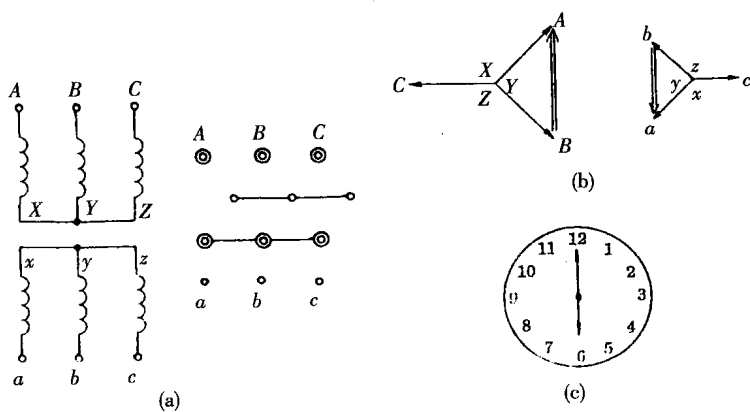
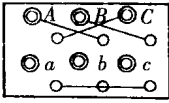


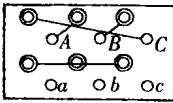
图 4.1.17 Y, y₆(Y/Y-6)连接的变压器

(a) Y, y₆(Y/Y-6)的接线图 (b) 矢量图 (c) 时钟表示

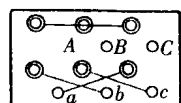
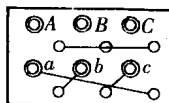
第一组



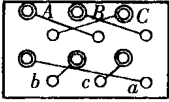
D, y1(Δ/Y-1) (30°)



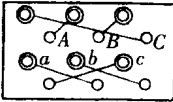
Y, d1(Y/Δ-1) (30°)



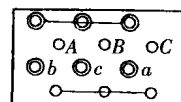
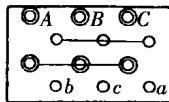
第二组



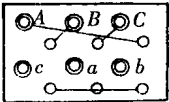
D, d2(Δ/Δ-2) (60°)



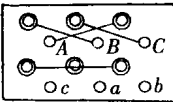
Y, y2 (Y/Y-2) (60°)



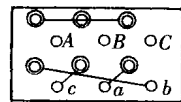
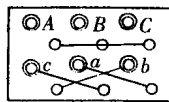
第三组



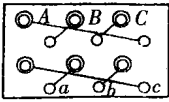
D, y3(Δ/Y-3) (90°)



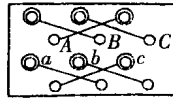
Y, d3 (Y/Δ-3) (90°)



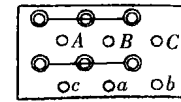
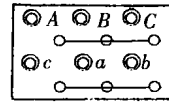
第四组



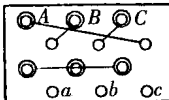
D, d4(Δ/Δ-4) (120°)



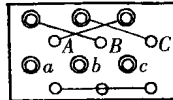
Y, y4 (Y/Y-4) (120°)



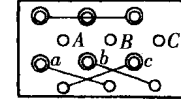
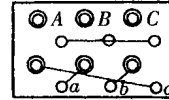
第五组



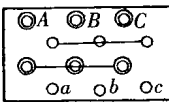
D, y5(Δ/Y-5) (150°)



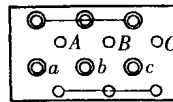
Y, d5 (Y/Δ-5) (150°)



第六组



Y, y6 (Y/Y-6) (180°)



D, d6(Δ/Δ-6) (180°)

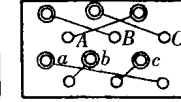
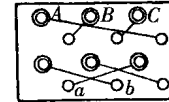
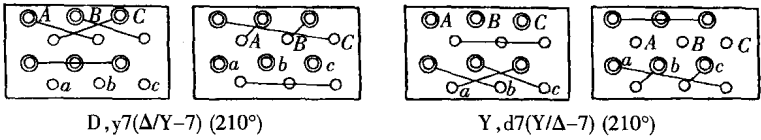
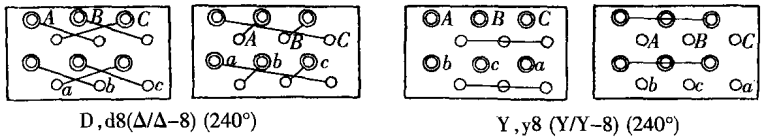


图 4.1.18 变压器各种组别的接线方法(一)

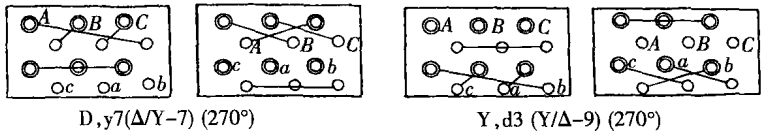
第七组



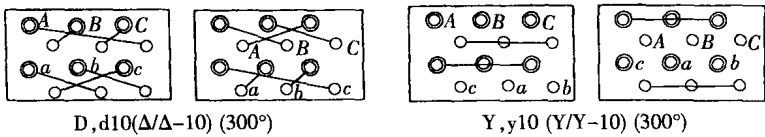
第八组



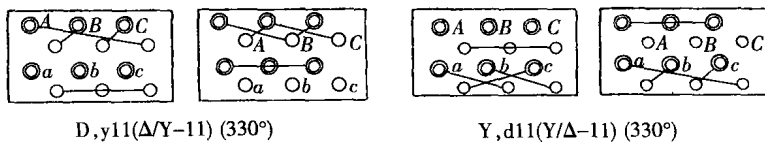
第九组



第十组



第十一组



第十二组

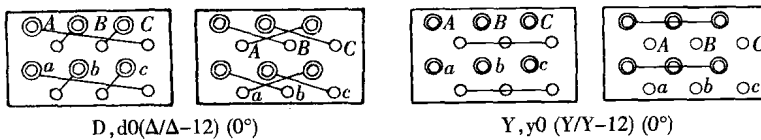


图 4.1.18 变压器各种组别的接线方法(二)

2 电力变压器

2.1 电力变压器的基本数据

2.1.1 油浸式电力变压器额定电压组合

油浸式电力变压器额定电压组合见表 4.2.1。

表 4.2.1 油浸式电力变压器额定电压组合

容量 (kV·A)	电压组合(kV)		联结组标号
	高压	低压	
30~1600	6, 10	0.4	Y, yn0
630~6300	6, 10	3.15, 6.3	Y, d11
50~1600	35	0.4	Y, yn0
800~31500	35(38.5)	3.15~10.5 (3.3~11)	Y, d11 (YN, d11)

2.1.2 双绕组变压器常用的联结组

双绕组变压器常用的联结组见表 4.2.2。

表 4.2.2 双绕组变压器常用的联结组

联结组	相量图和接线图	特性及应用
单相 I, I ₀		用于单相变压器时没有单独特性,不能接成 Y, y 联结的三相变压器组,因此时三次谐波磁通完全在铁心中流通,三次谐波电压较大,对绕组绝缘极为不利;能接成其他联结的三相变压器组
三相 Y, yn0		绕组导线填充系数大,机械强度高,绝缘用量少,可以实现三相四线制供电,常用于小容量三相三柱式铁心的配电变压器上。但有三次谐波磁通(数量上不是很大),将在金属结构中引起涡流损耗
三相 Y, zn11		在二次或一次侧遭受冲击过电压时,同一心柱上的两个半绕组的磁通势互相抵消,一次侧不会感应过电压或逆变过电压,适用于防雷性能高的配电变压器上,但二次绕组需增加 15.5% 的材料用量

续表

联结组	相量图和接线图	特性及应用
三相 Y, d11		二次侧采用三角形连接, 三次谐波电流可以循环流动, 消除了三次谐波电压, 中性点不引出, 常用于中性点非有效接地的大、中型变压器上
三相 YN, d11		特性同上, 中性点引出, 一次侧中性点是稳定的, 用于中性点有效接地的大型高压变压器上

2.1.3 变压器的温升限值

变压器的温升限值见表 4.2.3。

表 4.2.3 变压器的温升限值

型式	部位	温升限值(°C)
油浸式	绕组: 绝缘耐热等级 A	65 (电阻法测量值)
	顶层油	55 (温度计测量值)
	铁心本体	使相邻绝缘材料不受损伤的温升
	油箱及结构件表面	80
干式	绕组: 绝缘耐热等级 A	60
	E	75
	B	80 (均为电阻法的测量值)
	F	100
	H	125
	C	150
	铁心和其他部分	使铁心本体和其他部分不受损伤的温升

2.1.4 电力变压器调压方式和范围

电力变压器调压方式和范围见表 4.2.4。

表 4.2.4 电力变压器调压方式和范围

方式	额定电压 (kV)	调压范围 (%)	分接间隔 (%)	级数	常用调压形式	分接开关
无励磁 调压	6~63 ^①	±5	5	3	中性点、中部调压	中性点、中部开关
	35~220 ^②	±2×2.5	2.5	5	中部调压	中部开关
有载 调压	6.10	±4×2.5	2.5	9	中性点、中部调压	有载或选择开关
	35	±3×2.5	2.5	7	中性点、中部调压	有载或选择开关
	63~220	±8×1.25	1.25	17	中性点调压	有载开关

注:①35kV级是6300kV·A及以下,63kV级是6300kV·A以下;

②35kV级是6300kV·A以上,63kV级是6300kV·A及以上。

2.1.5 变压器外部绝缘的最小距离

变压器外部绝缘的最小距离见表4.2.5。

表 4.2.5 变压器外部绝缘的最小距离

电压等级 (kV)	套管带电部分之间		套管带电部分对地间	
	海拔 ≤1000m	海拔 1001~2500m	海拔 ≤1000m	海拔 1001~2500m
6	80	95	80	95
10	110	130	110	130
15	150	180	150	180
35	300	350	320	370
110	840	970	880	1100

2.2 电力变压器的运行

2.2.1 并联运行

几台变压器一、二次绕组端子各自并联的运行称为并联运行,此时,应满足以下三个条件:

(1)联结组相同。若不同,在一定条件下可以改变其线端排列而使其相同。在Ⅰ~Ⅳ各组(表4.2.6)中改变端子排列顺序,使低压(或高压)相位移动120°,则在同一组中均能使组别变换。在不同组间,相应地对调两个相别,偶数组Ⅰ、Ⅱ中线电压相位不变,组别不变;奇数组Ⅲ、Ⅳ中则使原来的右行结线变为左行结线,以顺时针2h改变,组间亦可变换组别,见表4.2.7。

表 4.2.6 三相变压器同组中联结组别的端子变换法

组类	组别	相位移(°)	联结组合	极性	线端排列
偶数组 I	0	0	Y, y D, d D, z	相同	A, B, C a, b, c
	4	120			A, B, C c, a, b
	8	240			A, B, C b, c, a
偶数组 II	6	180	Y, y D, d D, z	相反	A, B, C a, b, c
	10	300			A, B, C c, a, b
	2	60			A, B, C b, c, a
奇数组 III	11	330	Y, d D ⁰ , y Y, z	相同	A, B, C a, b, c
	3	90			A, B, C c, a, b
	7	210			A, B, C b, c, a
奇数组 IV	5	150	Y, d D ⁰ , y Y, z	相反	A, B, C a, b, c
	9	270			A, B, C c, a, b
	1	30			A, B, C b, c, a

注:①此处 D 形结线为左行结线,其余 D、d、z 形结线均为右行结线。

表 4.2.7 Y, d, Y, z 组合奇数组 III、IV 间联结组别的端子变换法

线端排列	组别变换	
A, B, C a, b, c	11, 3, 7	5, 9, 1
C, B, A (A, C, B 或 B, A, C) c, b, a (a, c, b 或 b, a, c)	1, 5, 9	7, 11, 3

(2)电压比相同。若不同,可在任何一台都不会过载时可以并联运行,但应避免空载运行。

(3)阻抗电压相同。如不同,在任何一台都不会过载时也可并联运行,这就宜于使容量大的变压器的阻抗电压偏小一些,以改善负载的分配。

2.2.2 过载运行

考虑正常温度变化而相对应的允许过载率 K_2 和允许运行时间,见表 4.2.8。表中 $K_2 \leq 1.5$ 为正常过载运行, $K_2 > 1.5$ 为事故过载运行,而等效起始负载率 K_1 是把实际日负载曲线简化为直角曲线而得到的,如图 4.2.1 所示。

表 4.2.8 油浸式变压器过载运行时的允许过载率 K_2

(1)油浸自冷和风冷,热时间常数 3h													
等效起始负载率 K_1		0.50			0.70			0.90			1.00		
冷却介质温度(°C)		0	20	40	0	20	40	0	20	40	0	20	40
过载时间 t_2 (h)	0.5	+	+	1.77	+	1.93	1.58	+	1.69	—	1.93	—	—
	2	1.73	1.53	1.30	1.67	1.46	1.18	1.58	1.32	—	1.52	—	—
	6	1.37	1.21	1.01	1.35	1.18	0.96	1.32	1.12	—	1.30	—	—
	24	1.16	1.00	0.82	1.16	1.00	0.82	1.16	1.00	—	1.16	—	—

(2)强油循环风冷和水冷,热时间常数 2h													
等效起始负载率 K_1		0.50			0.70			0.90			1.00		
冷却介质温度(°C)		0	20	40	0	20	40	0	20	40	0	20	40
过载时间 t_2 (h)	0.5	1.73	1.57	1.39	1.68	1.51	1.31	1.60	1.41	—	1.55	—	—
	2	1.45	1.30	1.14	1.42	1.27	1.10	1.38	1.21	—	1.36	—	—
	6	1.26	1.12	0.97	1.26	1.11	0.95	1.24	1.09	—	1.23	—	—
	24	1.14	1.00	0.84	1.14	1.00	0.84	1.14	1.00	—	1.14	—	—

注：“+”表示 $K_2 > 2.0$

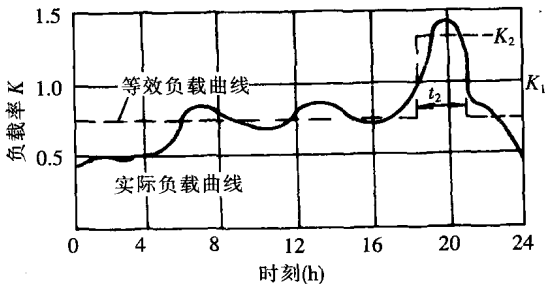


图 4.2.1 变压器日负载曲线图

2.2.3 短路运行

短路后绕组的最大平均温度 θ_1 应小于绕组最大允许平均温度 θ_2 (见表 4.2.9)。

$$\theta_1 = \theta_0 + a\delta^2 t \times 10^{-3} (\text{°C})$$

式中 θ_0 ——绕组起始温度,油浸风冷、油浸水冷、干式 B 级和 H 级绝缘时分别为 105°C、95°C、120°C 和 165°C;

a —— $(\theta_0 + \theta_2)/2$ 的函数,见表 4.2.10;

δ ——短路电流密度(A/mm²);

t ——短路持续时间(s),如果没有特殊情况,短路持续时间为 2s。

表 4.2.9 短路后绕组平均温度最大允许值 θ_2

变压器型式	绝缘等级	θ_2 (°C)	
		铜	铝
油浸式	A	250	200
干式	A	180	180
	B	250	200
	C	350	200
	F、H	350	—

表 4.2.10 a 的数值

$1/2(\theta_0 + \theta_2)$	a		$1/2(\theta_0 + \theta_2)$	a	
	铜	铝		铜	铝
140	7.41	16.5	220	8.99	—
160	7.80	17.4	240	9.39	—
180	8.20	18.3	260	9.78	—
200	8.59	19.1			

2.3 常用电力变压器的技术数据

常用电力变压器的主要技术数据见表 4.2.11 至表 4.2.20。

表 4.2.11 6~10kV 级 S7 系列低损耗配电变压器的主要技术数据

额定容量 (kV·A)	额定电压(kV)		联结组 标号	阻抗 电压 (%)	空载 电流 (%)	损耗(W)		质量(kg)			外形尺寸(mm) 长×宽×高	轨距 (mm)
	高压	低压				空载	负载	器身	油	总		
30				4.0	2.8	150	800	185	87	317	950×770×1135	400
50				4.0	2.6	190	1150	275	125	480	1080×830×1255	400
63	6.0			4.0	2.5	220	1400	300	135	525	1080×720×1230	550
80	6.3			4.0	2.4	270	1650	335	150	590	1120×810×1330	550
100	10			4.0	2.3	320	2000	390	170	685	1150×830×1380	550
125	10.5	0.4	Y, yn0	4.0	2.2	370	2450	420	205	790	1300×840×1540	550
160	11		Y, yn0	4.0	2.1	460	2850	520	245	945	1340×860×1660	550
200				4.0	2.1	540	3400	595	270	1070	1380×870×1700	550
250				4.0	2.0	640	4000	690	305	1235	1420×880×1770	660
315				4.0	2.0	760	4800	830	360	1470	1470×900×1870	660
400				4.0	1.9	920	5900	985	450	1790	1530×1230×2000	660
500				4.0	1.9	1080	6900	1140	495	2050	1610×1240×2040	660
630				4.5	1.8	1300	8100	1580	713	2760	1670×1520×2300	820
800				4.5	1.5	1540	9900	1830	815	3200	2005×1730×2640	820
1000				4.5	1.2	1800	11600	2250	1048	3980	2150×1610×2900	820
1250				4.5	1.2	2200	13800	2620	1147	4650	2180×1830×2945	820
1600				4.5	1.1	2650	16500	3120	1332	5620	2235×2050×3150	820
2000				5.5	1.0	3100	19800	3190	1220	5430	2660×1630×2790	1070
2500	10			5.5	1.0	3650	23000	3710	1450	6330	2670×2140×2860	1070
3150	10.5	3.15	Y, d11	5.5	0.9	4400	27000	4200	1610	7560	2730×2150×3130	1070
4000	11	6.3		5.5	0.8	5300	32000	4840	1885	8775	2830×2310×3190	1070
5000				5.5	0.8	6400	36700	5930	2120	10270	2750×2510×3330	1070
6300				5.5	0.7	7500	41000	7220	2410	12130	2885×2540×3510	1070

注:1. 本系列产品为铝绕组变压器,系淘汰产品,列此仅供修理与改造时参考。

2. 系全国统一设计的产品。

表 4.2.12 35kV 级 S7 系列低损耗变压器的主要技术数据

额定容量 (kV·A)	额定电压(kV)		联结组 标号	阻抗 电压 (%)	空载 电流 (%)	损耗(W)		质量(kg)			外形尺寸(mm) 长×宽×高	轨距 (mm)
	高压	低压				空载	负载	器身	油	总		
50				6.5	2.8	265	1350	385	331	830	1145×935×1790	660
100				6.5	2.6	370	2250	540	390	1090	1185×995×1905	660
125				6.5	2.5	420	2650	590	505	1300	1200×980×2165	660
160				6.5	2.4	470	3150	680	570	1465	1310×980×2205	660
200				6.5	2.2	550	3700	810	635	1695	1770×1200×2240	660
250				6.5	2.0	640	4400	910	690	1890	1815×1020×2310	660
315	35		Y, yn0	6.5	2.0	760	5300	1055	760	2185	1960×1020×2460	660
400		0.4		6.5	1.9	920	6400	1270	835	2510	2080×1100×2620	820
500	38.5			6.5	1.9	1080	7100	1445	925	2810	2100×1340×2680	820
630				6.5	1.8	1300	9200	1680	1030	3225	2080×1360×2770	820
800				6.5	1.5	1540	11000	2165	1280	4200	2320×1410×2975	820
1000				6.5	1.4	1800	13500	2300	1435	4594	2375×1900×3095	820
1250				6.5	1.2	2200	16300	2720	1590	5470	2410×1710×3170	1070
1600				6.5	1.1	2650	19500	3150	1715	6060	2450×1910×3240	1070
2000				6.5	1.1	3400	19800	3300	1630	6240	2775×1350×2995	1070
2500	35	6.3	Y, dl1	6.5	1.1	4000	23000	3800	1770	6980	2620×1890×3170	1070
3150				7	1.0	4150	27000	4450	2150	8680	2730×2860×3260	1070
4000	38.5	10.5		7	1.0	5650	32000	5020	2320	9590	2920×2200×3590	1070
5000				7	0.9	6750	36700	5900	2590	11000	2880×2430×3690	1070
6300				7.5	0.9	8200	41000	7230	2910	13340	3110×2940×3760	1475

注:1. 本系列产品为铝绕组变压器,系淘汰产品,列此仅供修理与改造时参考。

2. 系全国统一设计的产品。

表 4.2.13 6~10kV 级 S7 系列低损耗变压器的主要技术数据

额定容量 (kV·A)	额定电压(kV)		联结组 标号	阻抗 电压 (%)	空载 电流 (%)	损耗(W)		质量(kg)			外形尺寸(mm) 长×宽×高	轨距 (mm)
	高压	低压				空载	负载	器身	油	总		
10				4	2.8	70	340	80	60	200	950×400×975	400
20				4	2.8	110	580	120	65	255	960×600×1075	400
30				4	2.8	150	800	145	80	320	1065×730×1100	400
50				4	2.6	190	1150	219	96	415	980×740×1175	400
63	6			4	2.5	220	1400	245	110	480	1095×755×1195	550
80	6.3			4	2.4	270	1650	290	120	545	1070×760×1225	550
100	10			4	2.3	320	2000	315	130	580	1115×600×1230	550
125	10.5			4	2.2	370	2450	396	154	725	1380×500×1430	550
160	11			4	2.1	460	2850	475	182	855	1435×500×1530	550
200		0.4	Y,yn0	4	2.1	540	3400	568	209	1002	1555×400×1530	550
250				4	2.0	640	4000	625	216	1090	1660×500×1570	660
315				4	2.0	760	4800	745	261	1327	1620×1000×1630	660
400				4	1.9	920	5800	885	305	1565	1610×980×1710	660
500				4	1.9	1080	6900	1005	365	1850	1705×900×1750	660
630				4.5	1.8	1300	8100	1407	527	2520	1830×1000×1994	820
800				4.5	1.5	1540	9900	1635	590	2885	2325×1160×2245	820
1000				4.5	1.2	1800	11600	2057	796	3690	1910×1170×2560	820
1250				4.5	1.2	2200	13800	2280	879	4210	2300×1190×2595	820
1600				4.5	1.1	2650	16500	2725	960	4920	2350×1200×2685	820
630				4.5	1.8	1300	8100	1450	553	2550	1860×1160×2010	820
800				5.5	1.5	1540	9900	1550	663	2920	2325×1160×2245	820
1000				5.5	1.2	1800	11600	1840	705	3310	1910×1170×2560	820
1250	6			5.5	1.2	2200	13800	2280	880	4225	2300×1190×2600	820
1600	6.3	3.15		5.5	1.1	2650	16500	2465	901	4580	2350×1200×2685	820
2000	10	6.3	Y,d11	5.5	1.0	3100	19800	2830	1282	5570	2620×1400×2105	1070
2500	10.5			5.5	1.0	3650	23000	3445	1314	6405	2720×1480×2650	1070
3150	11			5.5	0.9	4400	27000	3990	1685	7940	2530×2760×2715	1070
4000				5.5	0.8	5300	32000					1070
5000				5.5	0.8	6400	36700					1070
6300				5.5	0.7	7500	41000					1070

注:1. 本系列产品为铝绕组变压器,系淘汰产品,列此仅供修理与改造时参考。

2. 非全国统一设计的产品。

3. 全国各制造厂的产品其主要技术数据可能略有不同,表中所列数据仅供参考。

表 4.2.14 35kV 级 S7 系列低损耗变压器的主要技术数据

额定容量 (kV·A)	额定电压(kV)		联结组 标号	阻抗 电压 (%)	空载 电流 (%)	损耗(W)		质量(kg)			外形尺寸(mm) 长×宽×高	轨距 (mm)	
	高压	低压				空载	负载	器身	油	总			
50	35	0.4	Y,yn0	6.5	2.8	265	1350	260	310	780	1135×935×1730	660	
100				6.5	2.6	370	2250	385	340	956	1140×1075×1860	660	
125				6.5	2.5	420	2650	465	378	1135	1175×1080×1930	660	
160				6.5	2.4	470	3150	550	580	1450	1230×1180×2170	660	
200				6.5	2.2	550	3700	670	464	1495	1265×1125×2020	660	
250				6.5	2.0	640	4400	820	517	1735	1350×1145×2070	660	
315				6.5	2.0	760	5300	845	530	1815	1640×1150×2150	660	
400				38.5	6.5	1.9	920	6400	1025	602	2140	1795×1100×2110	820
500				6.5	1.9	1080	7700	1415	830	2890	2300×1257×2400	820	
630				6.5	1.8	1300	9200	1540	900	3145	2210×1050×2415	820	
800				6.5	1.5	1540	11000	2040	1005	3910	2500×1100×2695	820	
1000				6.5	1.4	1800	13500	2070	1104	4305	2500×1230×2270	820	
1250	6.5	1.2	2200	16500	2328	1171	4800	2540×1280×2785	1070				
1600	6.3	3.15	Y,yn0	6.5	1.1	2650	19500	2735	1265	5450	2505×1320×2915	1070	
2000				6.5	1.1	3400	19800	3147	1479	6185	2560×1330×2970	1070	
2500				6.5	1.1	4000	23000	3590	1525	6680	2640×1320×2960	1070	
3150				7	1.0	4750	27000	4230	1939	8430	2800×2880×2940	1070	
4000				7	1.0	5650	32000	5190	2252	10060	3690×2870×3280	1070	
5000				7	0.9	6750	36700	5970	2480	11190	2800×2600×3370	1070	
6300				7.5	0.9	8200	41000	7870	2845	13540	2930×2740×3625	1475	

注:1.本系列产品为铜绕组变压器,系淘汰产品,列此仅供修理与改造时参考。

2.非全国统一设计的产品。

3.全国各制造厂的产品其主要技术数据可能略有不同,表中所列数据仅供参考。

表 4.2.15 10kV 级 S9 系列低损耗配电变压器的主要技术数据

额定容量 (kV·A)	额定电压 (kV)		联结组 标号	阻抗 电压 (%)	空载 电流 (%)	损耗(W)		质量(kg)			外形尺寸(mm) 长×宽×高	轨距 (mm)
	高压	低压				空载	负载	器身	油	总		
30				4	2.1	130	600	165	105	355	990×650×1110	400
50				4	2.0	170	870	260	115	470	1095×750×1170	400
63				4	1.9	200	1040	280	130	515	1100×800×1170	550
80				4	1.8	240	1250	340	145	605	1185×820×1220	550
100	6			4	1.6	290	1500	380	160	670	1240×855×1253	550
125	6.3	0.4	Y,yn0	4	1.5	340	1800	440	175	760	1350×890×1284	550
160	10			4	1.4	400	2200	530	195	895	1390×930×1340	550
200				4	1.3	480	2600	605	215	1010	1450×915×1390	550
250				4	1.2	560	3050	730	250	1200	1520×985×1400	660
315				4	1.1	670	3650	555	275	1385	1560×1020×1415	660
400				4	1.0	800	4300	1010	320	1640	1610×1075×1630	660
500				4	1.0	960	5100	1155	360	1880	1690×1250×1720	660
630				4.5	0.9	1200	6200	1720	610	2830	1880×1530×1870	820
800				4.5/5.5	0.8	1400	7500	1965	690	3260	2050×1590×2340	820
1000			Y,yn0	4.5/5.5	0.7	1700	10300	2180	865	3820	2250×1670×2480	820
1250			Y,d11	4.5/5.5	0.6	1950	12000	2615	985	4525	2310×1750×2630	1070
1600				4.5/5.5	0.6	2400	14500	2960	1145	5185	2350×1875×2700	1070

注:1.本系列产品系1995年在S9系列变压器基础上开发的新S9系列变压器。

2.该系列变压器主要技术指标与S9系列变压器基本相同,但产品结构作了重大调整与改进,使其经济性更好。

表 4.2.16 DN8-M、SN7 和 SN8 系列农用变压器的主要技术数据

型号	额定容量 (kV·A)	额定电压(kV)		联结组 标号	空载电流 (%)	阻抗电压 (%)	损耗(W)		质量(kg)		
		高压	低压				空载	负载	铁心	油	总
DN8-M	5			II 0	5.0	2.5/3.5	40	160	21.2	30	105
	10	6			4.0		60	275	30.2	30	125
	16	10	$\frac{2 \times 0.24}{0.24}$		3.5		85	400	41.4	35	150
	20	10.5			3.0		100	480	41.4	40	170
	30				2.7		135	680	—	—	—

续表

型号	额定容量 (kV·A)	额定电压(kV)		联结组 标号	空载电流 (%)	阻抗电压 (%)	损耗(W)		质量(kg)		
		高压	低压				空载	负载	铁心	油	总
SN7	20	0.4	6	Y,yn0	3.1	4.0	125	650	55.5	60	225
	30						145	850	76.4	65	270
	50						180	1250	103.2	70	340
	63						205	1500	131	85	400
	80						255	1800	151	100	470
	100						305	2150	171	105	530
	125						350	2550	207	125	625
	160						435	3100	256	145	730
	200						505	3680	—	—	—
	250						590	4300	—	—	—
	315						695	5100	—	—	—
	400						855	6100	—	—	—
	500						1000	7500	—	—	—
	SN8						20	0.4	6	Y,yn0	3.1
30		125	800	71.3	65	270					
50		170	1150	97.8	70	345					
63		200	1400	112.4	80	380					
80		240	1650	140.6	90	455					
100		280	2050	160.3	100	515					
125		320	2450	182.5	110	585					
160		380	2850	228	135	710					
200		445	3680	280.4	160	830					
250		530	4300	321.4	180	950					
315		645	5100	384	230	1170					
400		770	6100	463	265	1375					
500		910	7500	539.5	295	1575					

注:1. 本表所列农用变压器为全国统一设计产品。

2. 该系统变压器损耗比(负载损耗/空载损耗)较大,在保证总损耗符合现行国家标准前提下,适当的减小了空载损耗,增加了负载损耗,可减少农村用户的电能损耗。

3. 三相变压器为不吊心检查结构,并采取了防盗措施。

表 4.2.17 S9B 系列箔式绕组低损耗配电变压器的主要技术数据

额定容量 (kV·A)	额定电压(kV)		联结组 标号	阻抗 电压 (%)	空载 电流 (%)	损耗(W)		质量(kg)		外形尺寸(mm) 长×宽×高	轨距 (mm)
	高压	低压				空载	负载	油	总		
315	6			4	1.1	670	3650	225	1310	1460×880×1540	550
315 ^①				4	1.1	670	3650	230	1320	1330×1040×1540	550
400				4	1.0	800	4300	250	1520	1420×1050×1610	660
500				4	1.0	960	5100	290	1780	2180×1070×1650	660
630				4.5	0.9	1200	6200	375	2145	1600×1100×1705	660
630 ^①	6.3	0.4	Y, yn0	4.5	0.9	1200	6200	370	2130	1600×1154×1705	660
800	10			4.5	0.8	1400	7500	390	2380	1870×1120×1960	660
1000	4.5			0.7	1700	10300	450	2750	2290×1420×2000	820	
1250	4.5			0.6	17500	12000	520	3340	2570×1450×2070	820	
1600	4.5			0.6	2400	14500					

注:1. 该变压器的低压绕组为箔式绕组结构。

2. 与绕线式绕组相比有着较好的经济指标。

3. 该系列产品采用片式散热器冷却结构。

表 4.2.18 全密封式低损耗配电变压器的主要技术数据(一)

额定容量 (kV·A)	额定电压(kV)		联结组 标号	阻抗 电压 (%)	空载 电流 (%)	损耗(W)		质量 (kg)	外形尺寸(mm) 长×宽×高	轨距 (mm)			
	高压	低压				空载	负载						
50	6.0			4	2.6	190	1150	450	1120×680×1080	400			
63				4	2.5	220	1400						
80				4	2.4	270	1650	555	1190×700×1120	550			
100				4	2.3	320	2000	570	1160×700×1150	550			
125				4	2.2	370	2450	665	1270×730×1250	550			
160				4	2.1	460	2850	780	1270×730×1250	550			
200				6.3	4	2.1	540	3400	850	1255×715×1315	550		
250				10	0.4	Y, yn0	4	2.0	640	4000	1085	1400×810×1370	660
315				10.5	4	2.0	760	4800	1155	1420×840×1370	660		
400				11	4	1.9	920	5800	1550	1430×820×1510	660		
500				4	1.9	1080	6900	1800	1460×820×1570	660			
630				4.5	1.8	1300	8100	2040	1670×960×1525	660			
800				4.5	1.5	1540	9900	2370	1800×1100×1610	820			
1000				4.5	1.2	1800	11600	2730	1780×1230×1570	820			
1250				4.5	1.2	2200	13800						
1600	4.5	1.2	2650	16500									

注:本系列变压器的主要性能指标(空载损耗、负载损耗及空载电流等)为 S7 型产品水平。

表 4.2.19 S8—M 系列密封式配电变压器的主要技术数据

额定容量 (kV·A)	额定电压 (kV)		联结组 标号	阻抗 电压 (%)	空载 电流 (%)	损耗(W)		质量(kg)					
	高压	低压				空载	负载	硅钢片	铜导 线	油箱 及附件	器身	油	总
30	10	0.4	Y, yn0	4	2.5	140	800	75.1	34.5	80	125	75	280
50				4	2.4	190	1150	101.1	54.6	100	180	75	355
63				4	2.3	220	1400	117.7	59.3	110	205	85	400
80				4	2.2	250	1650	135.6	74.3	125	240	95	460
100				4	2.1	290	2000	158.5	83.3	140	280	100	520
125				4	2.0	340	2450	182	99	170	325	115	610
160				4	1.9	390	2850	219.4	121.5	195	390	130	715
200				4	1.8	470	3400	270.9	133.5	215	465	150	830
250				4	1.7	570	4000	321.5	148	260	540	180	980
315				4	1.6	680	4800	391.7	167.9	300	645	205	1150
400				4	1.5	810	5800	464	195.8	355	760	255	1370
500				4	1.4	970	6900	539.4	236.6	425	890	290	1605
630				4.5	1.3	1150	8100	690.2	283.2	520	1120	375	2015
800				4.5	1.2	1400	9900	811.1	337.3	630	1320	450	2400
1000				4.5	1.1	1650	11600	958.7	413.1	720	1580	505	2805
1250				4.5	1.0	1950	13800	1148.6	477.3	855	1870	600	3325
1600	4.5	0.9	2350	16500	1346.4	597.6	1045	2235	700	3980			

注:1. 本系列变压器的空载损耗比 S7 型配电变压器平均下降 11.8%。

2. 采用密封式储油柜进行油保护,以防变压器油老化。

3. 本系列产品具有较好的经济指标。

表 4.2.20 薄绝缘树脂浇注干式变压器的主要技术数据

额定容量 (kV·A)	额定电压(kV)		阻抗电压 (%)	损耗(W)		噪声水平 (dB)	质量 (kg)	外形尺寸(mm) 长×宽×高
	高压	低压		空载	负载			
50	10	0.4	4	370	920	48	450	960×680×920
80			4	490	1230	48	600	980×680×1050
100			4	570	1500	50	680	1020×680×1100
125			4	600	1785	50	740	1030×680×1150
160			4	740	2100	52	860	1050×680×1200
200			4	770	2500	52	1150	1100×680×1250
250			4	900	2950	52	1200	1120×680×1300
315			4	1080	3500	52	1300	1150×740×1370
400			4	1210	4200	54	1450	1200×740×1400
500			4	1440	5100	54	1750	1300×740×1460
630			4	1620	5900	56	2050	1320×740×1600
800			6	1900	7480	58	2400	1360×920×1750
1000			6	2200	9000	58	2700	1400×920×1900
1250			6	2600	10750	60	3350	1510×920×1990
1600			6	3100	13000	60	4070	1610×920×2070

- 注:1. 该系列为引进葡萄牙技术生产的产品。
2. 该产品具有质量轻、损耗小、局部放电小,不开裂和抗短路能力强等特点。

3 小型及特种变压器

3.1 控制及局部照明变压器

3.1.1 局部照明变压器

局部照明变压器主要用于机床和其他机械设备的低压照明电源,也可用于需要相应电压的其他场合,有BZ、BJZ、JMB等系列产品。DJMB2系列产品是全国统一设计产品。BJZ、JMB系列产品主要技术数据见表4.3.1和表4.3.2。

表 4.3.1 BJZ 系列照明变压器主要技术数据

额定容量 (V·A)	相数	额定电压(V)		质量 (kg)	外形尺寸(mm)		
		初级	次级		长×宽×高		
50	单相	220,380	12,36	4.2	155×145×128		
100				4.2	168×180×135		
150				5.7	168×180×135		
200				6.8	168×180×135		
250							
300				9.0	226×196×175		
400				10.7	226×196×175		
500				12.5	241×206×210		
1000				22	265×227×257		
2000				30	283×260×264		
3000				42	245×285×305		
4000				55	390×300×340		
5000				62	390×300×340		
500				三相	220,380	36,127, 220	
1000							
1500							
2000							
2500							
3000							

表 4.3.2 JMB 系列机床照明变压器主要技术数据

型 号	额定容量 (V·A)	额定电压(V)		外形尺寸(mm) 长×宽×高
		初级	次级	
JMB-50	50	220,380	12/24/36, 12,24,36	270×210×175
JMB-100	100			270×210×175
JMB-250	250			340×270×255
JMB-500	500			340×270×255
JMB-1000	1000			340×270×255
JMB-50TH	50			150×300×170
JMB-100TH	100			160×300×195
JMB-250TH	250			190×340×220
JMB-500TH	500			210×335×235
JMB-1000TH	1000			225×275×295
JMB-3000TH	3000	220,380	12,24,36	425×320×505
JMB-5000TH	5000			458×347×657
JMB-8000TH	8000			478×344×722
JMB-12000TH	12000			518×404×772

DJMB2 系列产品为 B 级绝缘,温升限值为 80K,采取用冷轧硅钢片制作的心式全斜接缝铁心,空载损耗显著降低,有明显的节能效果,具有性能好、体积小和质量轻的特点,其主要技术数据见表 4.3.3。

表 4.3.3 DJMB2 系列局部照明变压器主要技术数据

额定容量 (kV·A)	额定电压(V)		空载损耗 (W)	负载损耗 (W)	空载电流 (%)	阻抗电压 (%)	外形尺寸(mm) 长×宽×高
	初级	次级					
0.05			2	5	40	10	177×139×79
0.10			3	10	30	10	212×139×93
0.15		36	4	13.5	25	9	212×139×93
0.20		(36-24) ^②	5	15	22	7.5	212×139×93
0.25	380	(36-24-12) ^②	6	18	22	7.5	212×139×93
0.3			7	20	30	7.2	191×198×201
0.4	220	(36-12) ^②	8	24	25	6.7	191×198×201
0.5		(36-24-12-6) ^②	10	26	20	6	191×198×201
1.0	380-220 ^①	127	15	35	12	5.1	221×220×251
2.0		(127-110) ^②	23	55	9	3.5	241×262×281
3.0		(127-36) ^②	30	75	8	2.8	271×285×301
4.0			39	99	7	2.6	321×305×361
5.0			47	99	7	2.6	321×315×361

注:①可以是两个电压均是满容量的,也可以是380V在220V处抽头;

②“括号”内为派生规格,系用抽头式;

③“括号”内为派生规格,这两种电压各占容量的50%。

3.1.2 控制变压器

控制变压器用作电气控制线路的电源或指示电路的电源,有BK、BKC、JBK3-C和DBK2系列。其中DBK2系列为全国统一设计产品。

DBK2系列产品性能特点与DJMB2系列产品完全一样,是低损耗产品,主要技术数据可见表4.3.3,仅外形尺寸略有差异。

3.2 整流变压器

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

3.2.1 整流变压器的特点

由于整流变压器在整流电路中作用的特殊性,使它还具有与普通变压器不同的一些特点:

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

(2)整流变压器的外形较矮胖,其绕组和铁心等结构的机械强度也需加强。

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

(4)整流变压器二次侧可能产生异常的过电压,因此要加强绝缘。

3.2.2 整流变压器的计算

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

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

(3)二次侧相电压 U_{x2} :根据直流输出电压 U_z 及整流电路形式,查表 4.3.4 可知二次侧相电压 U_{x2} ,一般, U_{x2} 应增加 5%~10%,对低电压、大电流的负载应再增加些。

(4)根据直流输出电流 I_x 和整流电路形式,可由表 4.3.4 查得二次侧相电流 I_{x2} 。

(5)计算或查表 4.3.4 得一、二次侧的视在容量 P_{s1} 和 P_{s2} ,最后求得整流变压器的标称(平均)容量 P_{pj} :

$$P_{s1} = m_1 U_{x1} I_{x1} \times 10^{-3} (\text{kV} \cdot \text{A})$$

$$P_{s2} = m_2 U_{x2} I_{x2} \times 10^{-3} (\text{kV} \cdot \text{A})$$

$$P_{pj} = \frac{P_{s1} + P_{s2}}{2} (\text{kV} \cdot \text{A})$$

(6)铁心和绕组的设计计算步骤和普通电力变压器相同,有些参数可根据经验选择:

①整流变压器磁通密度取低于电力变压器。对油浸式变压器:

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

冷轧 $B_m = 1.6 \sim 1.65 \text{T}$

②油面温升取低于电力变压器 5°。

③导线电流密度适当取低,使绕组的温升和短路损耗不超过预定值。部分整流变压器的技术数据(绕组及铁心)如表 4.3.5、图 4.3.1 所示。

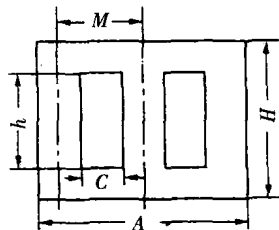


图 4.3.1 铁心外形图

表 4.3.4 各种整流

电路名称	单相半波	单相全波	单相桥式(全波)
整流电路图			
变压器绕组接法 (一次侧/二次侧)	/	/ -	/
输出电压波形			
一次侧相电流 I_{xa1}	$1.21KI_z$	$1.11KI_z$	$1.11KI_z$
二次侧相电压 (有效值) U_{xa2}	$2.22U_z + N_c$	$1.11U_z + N_c$	$1.11U_z + 2N_c$
二次侧相电流 (有效值) I_{xa2}	$1.57I_z$	$0.785 I_z$	$1.11I_z$
一次侧容量 P_{s1}	$2.69 U_z I_z$	$1.23 U_z I_z$	$1.23 U_z I_z$
二次侧容量 P_{s2}	$3.49 U_z I_z$	$1.74 U_z I_z$	$1.23 U_z I_z$
平均计算容量 P_{pj}	$3.09 U_z I_z$	$1.48 U_z I_z$	$1.23 U_z I_z$

注: e —— 硅元件正向压降; N —— 硅元件的串联只数; $K = \frac{U_2}{U_1}$ 。

电路的参数表

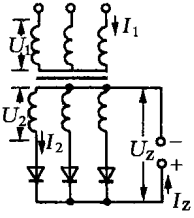
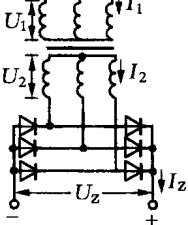
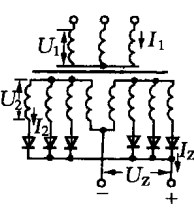
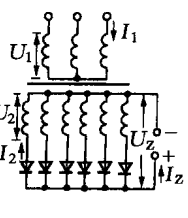

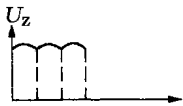
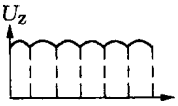
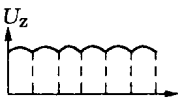

三相半波(星形零点)	三相星形桥式	六相双反星形	六相星形半波
			
Y 或 Δ/Y	Y 或 Δ/Y	Y 或 $\Delta/$ 	Y 或 $\Delta/ *$
			
0.47KI _z	0.816KI _z	0.407KI _z	0.576KI _z
0.855U _z + N _e	0.427U _z + 2N _e	0.855U _z + N _e	0.744U _z + N _e
0.577I _z	0.816I _z	0.289I _z	0.407I _z
1.21 U _z I _z	1.05 U _z I _z	1.05 U _z I _z	1.28 U _z I _z
1.49 U _z I _z	1.05 U _z I _z	1.48 U _z I _z	1.81 U _z I _z
1.35 U _z I _z	1.05 U _z I _z	1.26 U _z I _z	1.43 U _z I _z

表 4.3.5 部分三相干式整流变压器技术数据

容量(kV·A)	2.5	10	15	25	30	40	45	50	60	100
整流电路形式	三相全桥	三相全桥	三相全桥	三相全桥	双反星形	三相全桥	双反星形	三相全桥	三相全桥	三相全桥 桥中线
接线方式										
直流电压(V)	36	70	70	110	12	170	12	170	275	240
直流电流(A)	30	130	200	200	1500	200	2500	250	200	400
一次侧电压(V)	248	376	376	376	450	289	480	376	220	220
一次侧匝数	376	284	234	183	196	117	160	130	70	38
一次侧电流(A)	3.5	9.55	14.6	22.7	18.7	45.2	27	43.5	100	165
一次侧线规(相)	$\phi 1.35$	$\phi 1.95$	$\phi 2.83$	$\phi 3.53$	$\phi 4.1$	$2 \times (1.56 \times 6.9)$	2.1×5.1	$2 \times (1.35 \times 6.9)$	$2 \times (1.35 \times 14.52 \times 13.5)$	
二次侧电压(V)	30	58.4	58.4	90.4	13.75	138.4	12.5	138.2	230	110
二次侧匝数	46	44	36	44	6	56	4	48	72	11
二次侧电流(A)	28.3	61.3	94.1	94.1	434	94.1	72.5	11.8	94	328
二次侧线规(相)	$\phi 3.53$	$2 \times (1.69 \times 6.4)$	$2 \times (2.44 \times 8)$	$2 \times (2.83 \times 6.9)$	4.7×8 并式三 并并联	$2 \times (2.83 \times 7.4)$	8×24 铜排	$2 \times (2.83 \times 9.3)$	3.05×14.5	$2 \times (2.63 \times 10)$ 并式三 并并联

续表

容量(kV·A)	2.5	10	15	25	30	40	45	50	60	100
整流电路形式	三相全桥	三相全桥	三相全桥	三相全桥	双反星形	三相全桥	双反星形	三相全桥	三相全桥	三相全桥中线
接线方式										
每匝电压(V/匝)	0.66	1.33	1.6	2.05	2.295	2.46	3	2.89	3.2	5.8
磁通密度(T)	1.1	1.1	1.1	1.13	1.14	1.13	1.14	1.1	1.13	1.22
铁心尺寸	截面(cm ²)	27	51.2	66.4	80.4	90.85	99.7	118.5	142	214
	直径D(mm)	φ64	φ92	φ102	φ112	φ120	φ125	φ130	φ146	φ185
	M(mm)	142	230	254	275	234	288	250	312	319
	H(mm)	261	380	399	430	450	494	470	542	598
	A(mm)	342	543	600	652	580	692	622	752	778
	h(mm)	155	214	215	230	250	280	260	308	334
C(mm)	84	147	162	173	122	172	128	184	179	209

3.3 电抗器

从本质上讲,电抗器就是一种电感元件,用于电网、电路中,起限流、稳流、无功补偿、移相等作用。电抗器分为空心电抗器和铁心电抗器两大类。

空心电抗器主要用作限流、滤波、阻波等元件,分为绝缘胶束包绕式、水泥柱固体绝缘夹持式。一般做成干式、固体绝缘夹持式,也可以做成油浸式。

从理论上讲,并联电抗器既可由空心电抗器充当,也可由铁心电抗器充当,但实际上很难制造出大容量、高电压的空心电抗器。

铁心式并联电抗器是为高压电网提供感性无功补偿,改善功率因数,并限制电网终端电压升高,保护用电设备的一种电抗器。

表 4.3.6 列出串联电抗器额定端电压及其相关参数,表 4.3.7 列出电抗器噪声限值,表 4.3.8 和表 4.3.9 分别列出串联电抗器和并联电抗器的主要技术数据。

表 4.3.6 串联电抗器额定端电压及其相关参数

系统额定电压 (kV)	配套并联电容器的额定电压 (kV)	每相并联电容器串联台数	电抗器额定端电压(kV)			
			额定电抗率			
			4.8%	6%	12%	13%
6	$6.6/\sqrt{3}$	1	0.183	0.229		
	$7.2/\sqrt{3}$	1			0.499	0.540
10	$11/\sqrt{3}$	1	0.305	0.381		
	$12/\sqrt{3}$	1			0.831	0.901
35	11	2	1.056	1.320		
	12	2			2.880	3.120

表 4.3.7 电抗器噪声限值

电抗器额定容量 (kvar)	额定电流时声级水平 (dB)	电抗器额定容量 (kvar)	额定电流时声级水平 (dB)
<80	48	500~<800	58
180~<125	50	800~<1000	60
125~<200	52	1000~<1600	62
200~<315	54	>1600	64
315~<500	56		

注:三次和五次谐波电流含量不大于基波的 35%,总电流有效值不大于 1.2 倍额定电流时,其声级最大限值表中值再加 6dB。

表 4.3.8 额定电抗率和并联电容器组容量时的串联电抗器额定容量(kvar)

并联电容器组容量		630	800	1000	1250	1560	2000	2500	3150	4000	5000	6300	
三相	额定电抗率 (%)	4.8%	30	38	48	60	75	96	120	150	190	240	300
		6%	38	48	60	75	96	120	150	190	240	300	380
		12%	75	96	120	150	190	240	300	380	480	600	750
		(13%)	82	105	130	165	210	260	325	410	520	650	820
单相	(%)	4.8%									80	100	130
		6%									80	100	130
		12%							100	130	160	200	250
		(13%)							110	140	175	220	275
并联电容器组容量		3000	10000	12500	15600	20000	25000	31500	40000	50000	63000		
三相	额定电抗率 (%)	4.8%	380	480	600	750	960	1200	1500	1900			
		6%	480	600	750	960	1200	1500	1900				
		12%	960	1200	1500	1900							
		(13%)	1050	1300	1650								
单相	(%)	4.8%	130	160	200	250	320	400	500	630	800	1000	
		6%	160	200	250	320	400	500	630	800	1000	1300	
		12%	320	400	500	630	800	1000	1300				
		(13%)	350	430	550	690	870	1100					

注:①35kV三相电抗器的最小容量为120kvar;

②35kV单相电抗器的最小容量为80kvar;

③63kV级只提供安装于绝缘台架上的电抗器;

④(13%)尽量不同。

表 4.3.9 三相油浸自冷铁心式并联电抗器主要技术数据

型号	系统电压 (kV)	额定容量 (kvar)	额定电流 (A)	工频感抗 (Ω)	损耗 (kW)	噪音 (dB)	绕组 平均温升 (K)
BKS-30000/10	10.5	30000	1650	3.85	176.7	77	36.95
BKS-20000/63	66	20000	175	225	106.3	69	33.74
BKS-45000/35	38.5	45000	675	33	160	72	38
BKS-60000/35	38.5	60000	900	24.7	196	77	39
BKD-20000/330	$363/\sqrt{3}$	20000	95.4	2196	71	72	39
BKD-30000/330	$363/\sqrt{3}$	30000	143	1464	99	74	39
BKD-50000/500	$550/\sqrt{3}$	50000	157.5	2017	120	78	36
BKD-50000/500	$525/\sqrt{3}$	50000	165	1837.5	120	78	36

3.4 电流互感器

3.4.1 工作原理

电流互感器是将高压供电系统中的电流或低压供电系统中的大电流变换成低

压标准的小电流(一般是 5A 或 1A)。常用的电流互感器是电磁式电流互感器,是按电磁感应原理进行工作的。另有光电式电流互感器,目前尚处于开发阶段。

图 4.3.2 示出了电磁式电流互感器的工作原理。其一次绕组串接在电力线路中,二次绕组接测量仪表或继电保护、自动控制装置,接近于短路状态。一是绕组电流就是线路的电流,其大小取决于线路的负荷,与互感器的二次负荷无关。当线路电流,即一次绕组的电流发生变化时,通过电磁感应,互感器的二次电流随

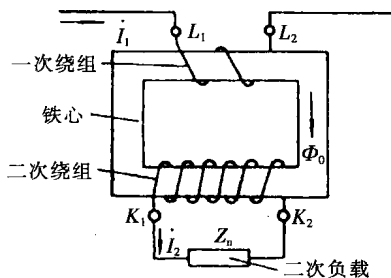


图 4.3.2 电磁式电流互感器的工作原理

之成比例地做相应变化。由于电力线路中的电流一般都很大,因此,电流互感器的一次绕组匝数比较少,而二次绕组的匝数比较多。通过选择适当的匝数比,可以将数值不同的较大一次电流变换为较小的标准的二次电流。

电磁式电流互感器正常运行时,磁势是互相平衡的,其励磁安匝很小。如果二次出现开路时,一次安匝就会全部用于励磁,这时铁心将处于高度饱和状态,造成铁心的损耗大大增加,温度也急剧升高。尤其是在二次绕组上会感应出很高的电压,危及人员安全。另外,由于铁心中的剩磁还会影响互感器的误差,因此,无论是在试验时还是运行时,电流互感器的二次绕组一定不能开路。

3.4.2 分类及型号

电流互感器的分类方法与电压互感器相同,型号字母的代表意义及排列见表 4.3.10。

35kV 级及以下电流互感器的技术数据列于表 4.3.11 至表 4.3.14 中。

表 4.3.10 电流互感器产品型号字母的代表意义

序号	类别	含义	代表的字母
1	产品	电“流”互感器	L
2	结构型式	套管式(装“入”式)	R
		支“柱”式	Z
		线“圈”式	Q
		贯穿式(“复”匝)	F
		贯穿式(“单”匝)	D
		“母”线型	M
		“开”合式	K
		倒立式	V
“链”型	A		

续表

序号	类别	含义	代表的字母
3	绕组外绝缘介质	变压器油 空气(“干”式) “气”体 “瓷” 浇“注”成型固体 绝缘“壳”	— G Q C Z K
4	结构特征及用途	带有“保”护级 带有“保”护级(暂“态”误差)	B BT(只用于套管式)
5	油保护方式	带金属膨胀器 不带金属膨胀器	— N

表 4.3.11 全国统一设计的 10kV 电流互感器的主要技术数据

型号	额定电压 (kV)	额定 电流比 (A)	额定二次 负荷(V·A)			10% 级倍数	热稳定 倍数	动稳定 倍数	外形尺寸 (mm)			质量 (kg)
			0.5 级	1 级	3 级				长	宽	高	
LFZB6-10	10	5~300/5	10		15	10	81.6~150	146~382	412	220	315	22.3
LFZJB6-10		100~300/5				15	15~81.6		440	220		
LDZB6-10	10	400~500/5	20		30	63~78.7	160~200	43	265	215	19.3	
		600~1500/5	30		40	28.7~52.5	73~183					
LZB6-10	10	5~300/5	10		15	10	81.6~150	146~382	300	200	260	23.6
LZJB6-10		100~1500/5				15	27.3~150	49.3~382			260~275	
LMZB6-10	10	1500~2000/5	50		50	15			354	298	192	27
		3000~4000/5	60		60						243	
LZZQB6-10	10	100~300/5	15		20	15	148~445	266~800	264	220	265	28
		400~500/5	20		40		89~111	160~200				
		600~800/5	30		40		55.6~74	100~133				
		1000~1500/5	30		40		40.6~61	73~110				

表 4.3.12 10kV 电流互感器的主要技术数据

型 号	额定电压 (kV)	额定电流比 (A)	准确级次	额定二次负荷(V·A)						10%倍数	热稳定倍数	动稳定倍数	外形尺寸 (mm)			质量 (kg)	
				0.5级	1级	3级	10级	B级	C级				D级	长	宽		高
LQJ-10	10	5~400/5	0.5	10						60	150	235	159	300	15.5		
			3		15											10	
LQJC-10	10	5~400/5	0.5	10						60	150	235	159	300	15.5		
			C				15		15								
LA-10	10	5~300/5	0.5,1	10						90	160	490	200	270	11		
			3		15				≥ 10								
LAJ-10	10	20~300/5	0.5,1	25						120	215	510	200	285	14		
			D				15		≥ 10								
LFZ1-10	10	5~300/5	0.5	10						90	160	490	200	285	14		
			3		15				≥ 10								
LDZ1-10	10	400~1000/5	0.5,1	10						50	90	276	236	360	16.5		
			3		15				≥ 10								
LDZJ1-10	10	400~1500/5	1,0.5	20						50	90	325	290	380	17		
			D				40		≥ 15								
LFS-10	10	5~1000/5	0.5	10						40~80	75~200	232	140	210	13		
			3		15				≥ 10								
LFSB-10	10	75~1000/5	0.5	10						40~80	70~160	293~313	150	212	18		
			B				40		≥ 10								
LZJC-10	10	5~1000/5	0.5	10					15	50~75	90~150	231~235	135	272	14.5		
			C				15										
LZJC-10	10	1500/5	0.5	15						30	60	230	140	250	12.7		
			C				30		9								
LZJC-10A	10	5~1000/5	0.5	15						50~75	90~150	231~235	135	272	14.5		
			C				30		9								

表 4.3.13 0.5kV 电流互感器的主要技术参数

型 号	额定电压 (kV)	额定电流比 (A)	额定二次负荷(V·A)			外形尺寸(mm)			质量 (kg)		
			0.5 级	1 级	3 级	长	宽	高			
LQG-0.5	0.5	5~100/5	10	15		126	120	105	2		
		150~400/5				110	170	105	2		
		600~800/5				110	225	105	2.6		
LYM-0.5	0.5	750~2000/5		20	750/5 为 20	240	130	250	10		
		3000/5				287	130	297	12		
		4000~5000/5				287	130	297	15		
		7500/5		20		365	167	360	28		
		10000/5				365	167	360	35		
		15000/5		50		365	166	460	47		
		20000/5				404	152	617	72		
LMK-0.5	0.5	5~400/5	5	7.5		112	48	117			
LMZ1-0.5		5~200/5	5	7.5		110	42	114	0.9		
		300~400/5				110	42	120	0.9		
LMZJ1-0.5	0.5	5~500/5	10	15		110	42	128	1.2		
		600/5				110	47	128	1.15		
		800/5				110	47	138	1.17		
		1000~1500/5	20	30	50	174	44	195	1.5		
		2000~3000/5				216	55	237	3.3		
LM-0.5	0.5	75~200/5			5	94	46	105	0.87		
		300~600/5				5	104	46	113	0.8	
		800~2000/5				20	800/5 为 20	220	106	270	7.2
		3000~5000/5						285	146	350	12.3
LN2-0.5	0.5	15~250/5	5 级 5V·A	1~3	0.6~2.5	64	66	75	0.32		

表 4.3.14 35kV 电流互感器的主要技术数据

型号	额定电压 (kV)	额定电流比 (A)	准确 级次	额定二次负荷 (V·A)					10% 倍数	热稳定 倍数	动稳定 倍数	外形尺寸 (mm)			质量 (kg)
				0.5 级	1 级	3 级	10 级	B 级				C 级	D 级	长	
LCW-35	35	15~1000/5	0.5 D	50					5	65	100	700	600	1080	250
					50										
LCWD-35	35	15~750/5	0.5 D	30					15	65	150	700	600	1080	250
								20	35						
		1500/5	0.5 D	30					15	65	100	700	600	1080	250
								20	50						
LCWD1-35	35	15~1500/5	0.5 D	50					<6	30~ 75	77~ 143	φ425×900			113
								50	≥15						
LCZ-35	35	20~1000/5	0.5 B	50	50				10	65	141~ 212	400	250	535	45
						20			27						
LR-35 LRD-35	35	50~150/5	50~75/5 低于 10 级, 100~150/5 为 10 级 20V·A									φ168/ φ90×182			13.5
		100~300/5	200/5 为 10 级 25V·A, 300/5 为 3 级 20V·A 或 10 级 25V·A												
		100~600/5	400/5 为 3 级 30V·A 或 10 级 100V·A, 600/5 为 1 级 15V·A												

3.4.3 安装、运行及维护

3.4.3.1 安装中的注意事项 安装电流互感器必须按照 GBJ232-1982《电气装置安装工程施工及验收规范》中的有关规定。此外还应特别注意到:

(1) 必须通过产品的接地螺栓或接地板将产品底座或油箱可靠接地,不得用安装互感器的地脚螺栓代替接地螺栓使用。

(2) 电容型绝缘的地屏接地端子必须可靠接地,确保运行中地屏处于地电位。

(3) 必须保证电流互感器的二次回路有一点是接地的。

(4) 二次绕组必须与负荷确切连接,不接负荷的空闲二次绕组必须用截面积足够的导线可靠保证与地短接,绝不允许开路。

3.4.3.2 运行和维护中的注意事项 运行中及在试验中,要防止二次绕组开路,其他注意事项同电压互感器的要求。

3.5 电压互感器

3.5.1 工作原理

电压互感器的特点是容量很小,其负荷(即测量仪表和继电器电压线圈的阻抗,此阻抗很大,因而二次电流很小)通常是恒定的。在正常运行时,电压互感器接近于空载状态。因为电压互感器本身阻抗很小,二次侧一旦短路,电流将随之剧增,线圈有烧毁的危险。由于电压互感器一次侧与电路直接连接,其二次绕组和零序电压绕组的一端必须接地,以免在线路发生故障时,二次绕组上感应出高电位危及仪表、继电器和人身的安全。

3.5.2 分类及型号

3.5.2.1 分类 有多种分类法,一般有以下几种。

- (1) 按用途分:分为测量用和保护用。
- (2) 按装置种类分:分为户内和户外。
- (3) 按绝缘介质分:分为干式绝缘、油绝缘、浇注绝缘、气体绝缘等。
- (4) 按相数分:分为单相和三相。
- (5) 按绕组数分:分为双绕组和多绕组。

3.5.2.2 型号 电压互感器的型号字母的代表意义及排列顺序如表 4.3.15 所示。

35kV 级及以下电压互感器主要技术数据见表 4.3.16 及表 4.3.17。

表 4.3.15 电压互感器产品型号字母的代表意义

序号	类别	含义	代表的字母
1	产品	电“压”互感器	J
2	相数	“单”相 “三”相	D S
3	绕组外绝缘介质	变压器油 空气(“干”式) 浇“注”成型固体 “气”体	— G Z Q
4	结构特征及用途	带剩余(零序)电压绕组 三柱带“补”偿绕组 “五”柱三绕组 “串”级式带剩余(零序)电压绕组 测量和保护“分”开的二次绕组	X B W C F
5	油保护方式	带金属膨胀器 不带金属膨胀器	— N

表 4.3.16 0.5~35kV 电压互感器的主要技术数据

型 号	额定电压(V)			额定负荷 (V·A)			极限 负荷 (V·A)	外形尺寸 (mm)			质量 (kg)
	一次绕组	二次绕组	零序 绕组	0.5 级	1 级	3 级		长	宽	高	
JDG-0.5	220,380,400,500	100		25	40	100	200	126	150	194	8
JDG4-0.5 JDZ-6	200,220,380,500	100		15	25	50	100	118	98	142	3.6
	1000,3000	100		30	50	100	200	203	188	271	15
	6000			50	80	200	300				
JDZJ-10	10000	100		80	120	300	500	243	216	343	25
JDZ-15	15000	100		80	120	300	500	243	216	375	30
JDZJ-6	$1000/\sqrt{3}, 3000/\sqrt{3},$ $6000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	100/3	30	50	100	200	203	188	271	15
JDZJ-10	$10000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	100/3	40	60	150	300	243	216	343	25
JDZJ-15	$15000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	100/3	40	60	150	300	243	216	375	30
JDJ-35	35000	100		150	250	600	1200	860	730	1110	250
JDJJ-35	$35000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	100/3	150	250	600	1200	878	680	1110	230
JDJ ₂ -35	35000	100		150	250	500	1000	750	445	980	110
JDJJ ₂ -35	$35000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	100/3	150	250	500	1000	434	445	1035	95

表 4.3.17 全国统一设计的 6~35kV 电压互感器的主要技术数据

型 号	额定电压(V)			额定负荷 (V·A)			极限 负荷 (V·A)	外形尺寸 (mm)			质量 (kg)
	一次绕组	二次绕组	剩余电压 绕组	0.5 级	1 级	3 级		长	宽	高	
JDZ6-3,6,10	3000	100		25	40	100	200	181	173	235	18.5
	6000			50	80	200	400	214	188	274	
	10000			214	200	302					
JDZX6-3,6,10	$3000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	100/3	25	40	100	200	181	173	254	19.2
	$6000/\sqrt{3}$			50	80	200	400	214	188	280	
	$10000/\sqrt{3}$			214	200	302					
JD6-35	35000	100		150	250	500	1000	970	520	1142	143
JDX6-35	$35000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	100/3	150	250	500	1000	520	490	1285	126

3.5.3 安装、运行和维护

3.5.3.1 安装中的注意事项 安装电压互感器必须按照 GBJ232—1982《电气装置安装工程施工及验收规范》的规定,此外还应特别注意到:

(1) 必须通过产品的接地螺栓或接地板将产品底座或油箱可靠接地,不得用安装互感器的地脚螺栓代替接地螺栓使用。

(2) 接地电压互感器一次绕组的接地端子(N端)必须可靠接地,确保一次绕组的接地端处于地电位。

(3) 各二次绕组和剩余电压绕组的一端必须可靠接地,以免发生故障时在这些绕组上出现高电压。

3.5.3.2 运行和维护中的注意事项

(1) 运行中以及在试验过程中要防止二次绕组发生短路。

(2) 装有金属膨胀器的油浸式互感器,在取油样时要认真记录放出的油量,并按制造厂的使用说明书的要求添入合格的绝缘油,以免产品内部压力不正常或油位指示不正确;运行中要注意相同运行条件下的互感器的油面指示是否有差异;若个别产品差异较大,则应及时查找原因,以免发生事故。

(3) 测量串级式电压互感器的介质损耗率($\tan\delta$)有不同的方法,为了便于和出厂值作比较,应采用制造厂使用说明书中推荐的方法。

(4) 气体绝缘电压互感器运行中应定期检测 SF_6 。气体压力和含水量并按需要补充 SF_6 气体。

3.6 接触调压器

接触调压器是应用得最广的调压器,它是借助于电刷在绕组导线的磨光表面上接触位置的变化,而获得电压比连续可调的一种自耦变压器。

接触调压器有 TDGC、TSGC 型,TDGC2、TSGC2型,TDGC2J、TSGC2J 型。其中 TDGC、TSGC型调压器由于损耗高、性能差,已明令禁止使用。TDGC2J、TSGC2J 型产品为新设计的经济型产品,与 TDGC、TSGC 型产品相比,其损耗值有明显下降,与 TDGC2、TSGC2 型产品相比,虽损耗有所增加,但成本可显著下降,易于被用户接受。该产品的主要技术数据如表 4.3.18 所列。

表 4.3.18 TSGC2J 和 TDGC2J 型接触调压器主要技术参数

额定容量 (kV·A)	相数	额定输入电压 (V)	输出电压范围 (V)	额定输出电流 (A)	损耗(W)		空载电流 (A)	损耗变动量 (W)	最大电压降(V) ($\cos\varphi_2=1$)
					空载	负载 (75°C)			
0.2	1	220	0~250	0.8	6.5	7.5	0.18	1.4	5
0.5				2	13	20	0.36	2.6	
1				4	18	28	0.55	4	
2				8	25	42	0.65	6	
3				12	28	80	0.85	7.2	
4				16	33	100	0.90	7.5	
5				20	40	130	1.00	8	
3	3	250	0~430	4	54	84	0.55	12	9
6				8	75	126	0.65	18	
9				12	84	240	0.85	21.6	
12				16	99	300	0.90	22.5	
15				20	120	390	1.00	24	

3.7 感应调压器

感应调压器是一种在工业上应用比较广泛的调压器,它是一种结构与绕线式异步电动机类似,而能量转换关系与变压器类似的特种电器设备。

感应调压器的主要技术数据如表 4.3.19、表 4.3.20 和图 4.3.3 所示。

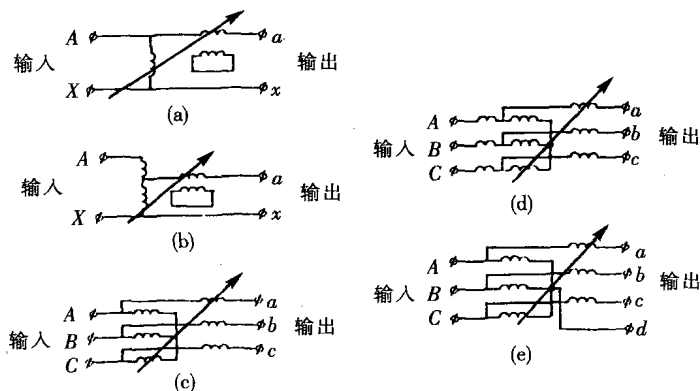


图 4.3.3 调压器绕组连接图

(a)单相 (b)单相降压 (c)三相 (d)三相降压 (e)三相中性点引出

表 4.3.19 干式自冷感应自动调压器的基本规格及额定数据

产品型号	额定容量 (kV·A)	相数	频率 (Hz)	额定输入电压 (V)	输入电压范围 (%)	额定输出电压 (V)	稳压精度 (%)	额定输出电流 (A)	总损耗 (75℃) (W)	空载电流 (A)	调压器绕组连接图	调压器接线方式									
TNDGA-14	10	1	50	220	±20 +10 -15	220	±1	45.5	400	6.7	图 4.3.3 (a)	反接									
	63.6							正接													
TNDGA-22.5	16							220				±20 +10 -15	220	±1	72.7	560	10	图 4.3.3 (a)	反接		
	102														正接						
TNSGA-22.5	16							3				50	380	±20 +10 -15	380	±1	24.3	630	3.4	图 4.3.3 (c)	反接
	34.2																正接				
TNSGA-35	25	380	±20 +10 -15	380	±1	38	900		5	图 4.3.3 (c)	反接										
	53.2					正接															

表 4.3.20 油浸自冷感应自动调压器的基本规格及额定数据

产品型号	额定容量 (kV·A)	相数	频率 (Hz)	额定输入电压 (V)	输入电压范围 (%)	额定输出电压 (V)	稳压精度 (%)	额定输出电流 (A)	总损耗 (75℃) (W)	空载电流 (A)	调压器绕组连接图	调压器接线方式							
TND A-35	25	1	50	220	±20 +10 -15	220	±1	114	1000	11.5	图 4.3.3 (a)	反接							
	159							正接											
TND A-56	40							220				±20 +10 -15	220	±1	182	1400	17.5	图 4.3.3 (a)	反接
	255														正接				
TND A-90	63							220				±20 +10 -15	220	±1	286	2000	25.8	图 4.3.3 (a)	反接
	409														正接				

续表

产品型号	额定容量 (kV·A)	相数	频率 (Hz)	额定输入电压 (V)	输入电压范围 (%)	额定输出电压 (V)	稳压精度 (%)	额定输出电流 (A)	总损耗 (75℃) (W)	空载电流 (A)	调压器绕组连接图	调压器接线方式
TNSA-56	40	3	50	380	±20 +10 -15	380	±1	60.8	1600	5.6	图 4.3.3 (c)	反接
	56							85.1			图 4.3.3 (e)	正接
TNSA-90	63			380	±20 +10 -15	380	±1	95.7	2240	8.5	图 4.3.3 (c)	反接
	90							137			图 4.3.3 (e)	正接
TNSA-140	100			380	±20 +10 -15	380	±1	152	3150	12.5	图 4.3.3 (c)	反接
	140							213			图 4.3.3 (e)	正接
TNSA-225	160			380	±20 +10 -15	380	±1	243	4500	19	图 4.3.3 (c)	反接
	225							342			图 4.3.3 (e)	正接
TNSA-350	250			380	±20 +10 -15	380	±1	380	6300	28	图 4.3.3 (c)	反接
	350							532			图 4.3.3 (e)	正接
TNSA-560	400			380	±20 +10 -15	380	±1	608	9000	42.5	图 4.3.3 (c)	反接
	560							851			图 4.3.3 (e)	正接
TNSA-900	630			380	±20 +10 -15	380	±1	957	12500	63	图 4.3.3 (c)	反接
	900							1367			图 4.3.3 (e)	正接
TNSA-1400/6	1000			6000	±20 +10 -15	6000	±1	962	18000	8	图 4.3.3 (c)	反接
	1400							135			图 4.3.3 (e)	正接

续表

产品型号	额定容量 (kV·A)	相数	频率 (Hz)	额定输入电压 (V)	输入电压范围 (%)	额定输出电压 (V)	稳压精度 (%)	额定输出电流 (A)	总损耗 (75℃) (W)	空载电流 (A)	调压器绕组连接图	调压器接线方式
TNSA-1400/10	1000	3	50	10000	±20	10000	±1	57.5	19000	5	图 4.3.3 (c)	反接
	1400				+10 -15		±1	80.8			图 4.3.3 (e)	正接
TNSA-2250/6	1600			6000	±20	6000	±1	154	25000	11.8	图 4.3.3 (c)	反接
	2250				+10 -15		±1	217			图 4.3.3 (e)	正接
TNSA-2250/10	1600			10000	±20	10000	±1	92.4	26500	7.5	图 4.3.3 (c)	反接
	2250				+10 -15		±1	130			图 4.3.3 (e)	正接
TNSA-3500/6	2500			6000	±20	6000	±1	241	35500	18	图 4.3.3 (c)	反接
	3500				+10 -15		±1	337			图 4.3.3 (e)	正接
TNSA-3500/10	2500			10000	±20	10000	±1	144	37500	11.2	图 4.3.3 (c)	反接
	3500				+10 -15		±1	202			图 4.3.3 (e)	正接
TNSA-3500/6	3500			6000	±10	6000	±1	337	25000	11.8	图 4.3.3 (c) 图 4.3.3 (e)	正接
TNSA-3500/10	3500			10000	±10	10000	±1	202	26500	7.5	图 4.3.3 (c) 图 4.3.3 (e)	正接
TNSA-5600/6	5600			6000	±10	6000	±1	539	35500	18	图 4.3.3 (c) 图 4.3.3 (e)	正接
TNSA-5600/10	5600			10000	±10	10000	±1	323	37500	11.2	图 4.3.3 (c) 图 4.3.3 (e)	正接

第5章 低压电器

1 概 述

1.1 低压电器的分类及应用

低压电器的额定电压等级范围,随着工农业生产的不断发展和供电系统容量不断扩大,有相应提高的趋势,同时电子技术也将日益广泛用于低压电器中。

根据低压电器在电气线路中所处的地位和作用,可归纳为低压配电电器和低压控制电器两大类。低压电器主要产品品种及其应用见表 5.1.1。

表 5.1.1 低压电器的分类和用途

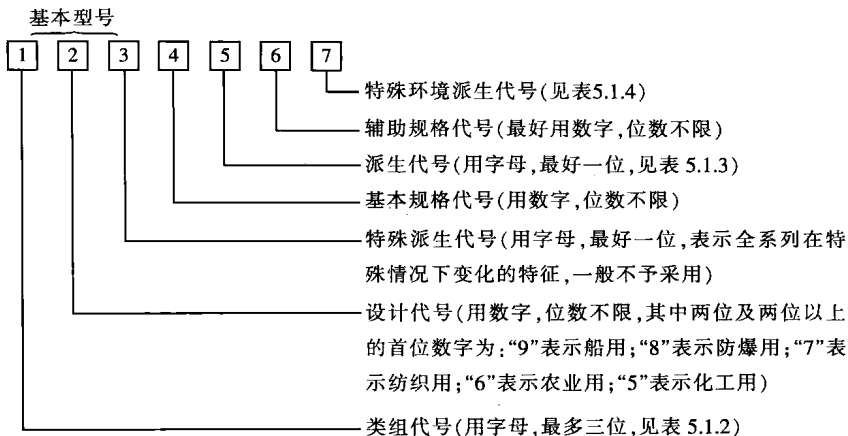
分类	名称	主要品种	用 途
配 电 电 器	断 路 器	万能式空气断路器 塑料外壳式断路器 限流式断路器 直流快速断路器 灭磁断路器 漏电保护断路器	用作交、直流线路的过载、短路或欠电压保护,也可用于不频繁通断操作电路。灭磁断路器用于发电机励磁电路保护,漏电保护断路器用于人身触电保护
	熔 断 器	有填料封闭管式熔断器 保护半导体器件熔断器 无填料密闭管式熔断器 自复熔断器	用作交、直流线路和设备的短路和过载保护
配 电 电 器	刀 开 关	熔断器式刀开关 大电流刀开关 负荷开关	用作电路隔离,也能接通与分断电路额定电流
	转 换 开 关	组合开关 换向开关	主要作为两种及以上电源或负载的转换和通断电路用

续表

分类	名称	主要品种	用途
控制 电 路	接触器	交流接触器 直流接触器 真空接触器 半导体接触器	用作远距离频繁地启动或控制交直流电动机以及接通、分断正常工作的主电路和控制电路
	控制继电器	电流继电器 电压继电器 时间继电器 中间继电器 热过载继电器 温度继电器	在控制系统中,作控制其他电器或作主电路的保护之用
	启动器	电磁启动器 手动启动器 农用启动器 自耦减压启动器 Y- Δ 启动器	用作交流电动机的启动或正反向控制
	控制器	凸轮控制器 平面控制器	用于电气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
	主令电器	按钮 限位开关 微动开关 万能转换开关	用作接通、分断控制电路,以发布命令或用作程序控制
	电阻器	铁基合金电阻器	用作改变电路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	用作发电机调压以及电动机的平滑启动和调速
	电磁铁	起重电磁铁 牵引电磁铁 制动电磁铁	用于起重操纵或牵引机械装置

1.2 低压电器的型号及意义

我国低压电器全型号表示方法及其意义如下：



类组代号与设计代号的组合表示产品的“系列”,类组代号的汉语拼音字母方案的首两位字母规定见表 5.1.2。由于国外引进产品进入中国市场和国内企业自己命名的电器产品的出现,国内低压电器全型号的表示方法发生了变化,应引起注意。如西门子公司的接触器 3TB 系列,常熟开关厂的塑壳断路器 CM1 系列等。

表 5.1.1.2 低压电器型号的分类代号

代号	名称	A	B	C	D	G	H	J	K	L	M	P	Q	R	S	T	U	W	X	Y	Z
H	刀开关 和转换 开关				刀开 关		封闭 式负 荷开 关		开启 式负 荷开 关					熔断 器式 刀开 关	刀形 转换 开关					其他	组 合 开 关
R	熔断器			插入 式			汇流 排式			螺旋 式	封闭 管式					有填 料管 式				其他	塑 料 外 壳 式
D	断路器									照明	灭磁				快速			框架 式		其他	
K	控制器					鞍形						平面				凸轮				其他	直 流
C	接触器					高压		交流				中频			时间	通用				其他	综 合
Q	启动器							减压							手动		油浸			其他	中 间
J	控制继 电器									电流				热	时间	通用		温度		其他	

续表

代号	名称	A	B	C	D	G	H	J	K	L	M	P	Q	R	S	T	U	W	X	Y	Z
L	主令电器	按钮						接近开关	主令控制开关							足踏开关	旋钮	万能转换开关	行程开关	其他	
Z	电阻器		板形元件	冲片元件	铁铂铝带元件	管形元件									烧结元件	铸铁元件			电阻器	其他	
B	变阻器											频敏	启动		石墨	启动调整	油浸启动	液体启动	槽线式	其他	
T	调整器				电压																
M	电磁铁				单相								牵引		三相			起重		液压	制动
A	其他		触电保护器	插销	信号灯									接线盒							

表 5.1.3 通用派生代号表

派生字母	代表意义
A、B、C、D…	结构设计稍有改进或变化
J	交流、防溅式
Z	直流、自动复位、防振、重任务
W	无灭弧装置
N	可逆
S	有锁住机构、手动复位、防水式、三相、三个电源、双线圈
P	电磁复位、防滴式、单相、两个电源、电压
K	开启式
H	保护式、带缓冲装置
M	密封式、灭磁
Q	防尘式、手车式
L	电流的
F	高返回、带分励脱扣

1.3 低压电器工作条件及检修周期

1.3.1 低压电器正常工作条件

(1)海拔高度不超过 2500m。

(2)周围空气温度

①不同海拔高度的最高空气温度,见表 5.1.4。

表 5.1.4 不同海拔高度的最高空气温度

海拔高度(m)	$h \leq 1000$	$1000 < h \leq 1500$	$1500 < h \leq 2000$	$2000 < h \leq 2500$
最高空气温度 ($^{\circ}\text{C}$)	40	37.5	35	32.5

②最低空气温度

a. $+5^{\circ}\text{C}$ (适用于水冷电器);

b. -10°C (适用于某些特定条件的电器,如电子式电器及部件等);

c. -25°C ;

d. -40°C (订货时指明)。

(3)空气相对湿度:最湿月份的月平均最大相对湿度为 90%,同时该月的平均最低温度为 25°C ,并考虑到温度变化发生在产品表面上的凝露。

(4)对安装方法有规定或动作性能受重力影响的电器,其安装倾斜度应不大于 5° 。

(5)无显著摇动和冲击振动的地方。

(6)在无爆炸危险的介质中,且介质中无足以腐蚀金属和破坏绝缘的气体与尘埃(含导电尘埃)。

(7)在没有雨雪侵袭的地方。

1.3.2 常用低压电器的检修周期

常用低压电器的检修周期见表 5.1.5。

表 5.1.5 常用低压电器的检修周期

名 称	频繁工作的检修周期		一般的检修周期	
	大修	小修	大修	小修
断路器	6个月	3个月	1~2年	6个月
按钮	6个月	1个月	—	1个月
刀形开关	2~3年	6个月	2~3年	6个月
万能转换开关	3个月	15天	1年	1个月
控制器	6个月	15天	1年	1个月
限位开关	3个月	15天	6个月	1~2个月
电磁式继电器	1年	15天	1年	1个月
接触器	1年	15天	1年	1个月
熔断器	—	15天	—	1个月
电磁闸	6个月	7天	6个月	15天
电动气阀	—	7天	—	15天
电阻器	1年	3个月	1年	3个月
变阻器	6个月	1个月	6个月	2个月

2 常用低压电器

2.1 刀开关和转换开关

刀开关主要用在负载切除以后,将线路与电源隔开,以保证检修人员的安全,也可以接通和分断额定电流。

2.1.1 刀开关和转换开关的类型及使用场合

表 5.2.1 刀开关和转换开关的类型及使用场合

类别	系列型号	使用场合	说 明
开关板刀开关	HD(单投) HS(双投)	中央手柄式:用作隔离开关 侧面操作手柄式:用于动力箱 中央正面杠杆操作机构式:用于正面操作, 后面维修的开关柜中 侧方正面操作机构式:用于正面两侧操作、 前面维修的开关柜中	HD11~14 为全国统一设计产品,可取代 HD1~3
带有熔断器的刀开关	开启式负荷开关 HK	用于低压线路中,作一般电灯、电阻和电热等回路的控制开关用,也可作为分支线路的配电开关用;三极开关适当降低容量,可用于不频繁地控制小容量异步电动机启动与停止	HK1 系列全国统一设计产品 刀开关熔丝应按产品说明书选择自备
	封闭式负荷开关 HH	有较大的分闸和合闸速度,常用于操作次数较多的小型异步电动机全压启动及线路末端的短路保护;带有中性接线柱的负荷开关可作为照明回路的控制开关	HH4 为全国统一设计产品,可取代同容量的其他系列老产品 60A 以下者为 RC1A 型, 100A 以上者为 RT0 型
	刀熔开关 HR	可供配电系统中作为短路保护及电缆、导线过载保护用;还可用于不频繁地接通和分断不大于其额定电流的电路,但不适用于控制电动机	HR3 为全国统一设计产品,可代替低压配电中刀开关和熔断器的组合电器 熔断器为 RT0 系列有填料封闭管式
组合开关 HZ	HZ5 作电流 60A 以下的机床线路的电源开关;控制线路中的转换开关以及电动机的启动、停止、变速、换向等 HZ10 作电流 100A 以下的换接电源开关;三相电压的测量;调节电热电路中电阻的串接开关;控制不频繁操作的小容量异步电动机的正反转	HZ5 可代替 HZ1~13 系列产品 HZ10 为全国统一设计产品,可取代 HZ1、HZ2 等老产品 HZ-10M 系列气密式,用于一些有腐蚀性气体的场合	

2.1.2 常用刀开关及转换开关

2.1.2.1 HK1、HK2 胶盖瓷座闸刀开关 一般作电灯、电热、电阻等回路的控制开关用,也可作为分支线路的控制开关用。三极开关在适当降低容量使用时,也可以作为异步电动机的不频繁直接启动和停止之用。HK1、HK2 闸刀开关技术数据如表 5.2.2。

表 5.2.2 HK1、HK2 闸刀开关技术数据

型号	额定电流 (A)	极数	额定电压 (V)	控制电动机 容量(kW)	熔丝直径 ^① (mm)	熔丝成分(%)		
						铅	锡	锑
HK1	15	2	220	1.5	1.45~1.59	98	1	1
	30			3.0	2.30~2.52			
	60			4.5	3.36~4.00			
	15	3	380	2.2	1.45~1.59			
	30			4.0	2.30~2.52			
	60			5.5	3.36~4.00			
HK2	10	2	220	1.1	0.25	铜丝 (含铜量不少于 99.9%)		
	15			1.5	0.41			
	30			3.0	0.56			
	15	3	380	2.2	0.45			
	30			4.0	0.71			
	60			5.5	1.12			

注:①刀开关的熔丝不随产品供应。

2.1.2.2 HD11~HD14、HS11~HS13 系列刀开关 本系列开关用于交流 50Hz、额定电压 380V、直流额定电压 440V、额定电流 1500A 及以下低压成套配电装置中,作为不频繁地手动接通和分断交直流电路或作隔离开关用。其结构为开启式,其中:

- (1)HD11、HS11 用于磁力站中,仅作隔离开关用;
- (2)HD12、HS12 用于正面两侧方操作、前面维修的开关柜中;
- (3)HD13、HS13 用于正面操作、后面维修的开关柜中;
- (4)HD14 用于动力配电箱中。

其中带灭弧罩的刀开关可以切断额定电流以下的负荷电路。各系列刀开关分

类见表 5.2.3, HD13-400/31 刀开关外形见图 5.2.1。

表 5.2.3 各系列刀开关分类

型号	结构型式	转换方向	极数	额定电流等级 (A)
HD11-□/□8	中央手柄式	单投	1,2,3	100,200,400
HD11-□/□9				100,200,400,600,1000
HD12-□/□1	侧方正面杠杆操作机构式	单投	2,3	100,200,400,600,1000
HD12-□/□0				100,200,400,600,1000,1500
HD13-□/□1	中央正面杠杆操作机构式	单投	2,3	100,200,400,600,1000
HD13-□/□0				100,200,400,600,1000,1500
HD14-□/□31	侧面操作手柄	单投	3	100,200,400,600
HD14-□/□30				100,200,400,600
HS11	中央手柄式	双投	1,2,3	100,200,400,600,1000
HS12	侧方正面杠杆操作机构式	双投	2,3	100,200,400,600,1000
HS13	中央正面杠杆操作机构式	双投	2,3	100,200,400,600,1000

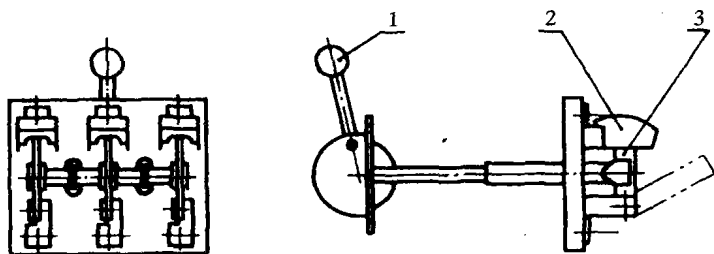
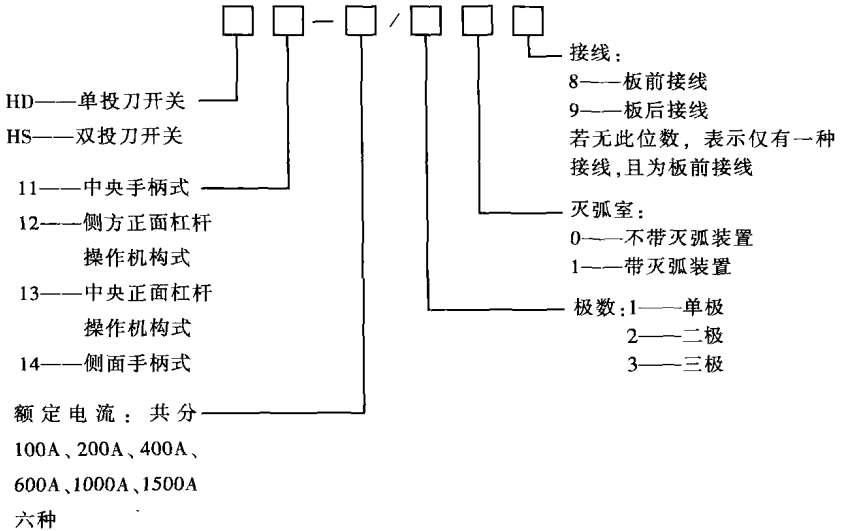


图 5.2.1 HD13-400/31 刀开关外形图

1. 操作手柄 2. 灭弧罩 3. 动触刀

型号说明:



2.1.2.3 HH3、HH4 系列铁壳开关 适用于工矿企业、农村电力灌溉和电热、照明等各种配电设备中，供不频繁手动接通和分断负载电路使用，具有短路保护，也可作为交流异步电动机的不频繁启动和停止之用。其主要技术参数如表 5.2.4~表 5.2.6 所示，结构如图 5.2.2 所示。开关极数：2、3 极。

表 5.2.4 HH3 系列铁壳开关熔体规格及所控制的电动机容量

开关额定电流 (A)		15			30			60			100		200
熔体	额定电流 (A)	6	10	15	20	25	30	40	50	60	80	100	200
	熔丝直径 (mm)	0.26	0.35	0.46	0.65	0.71	0.81	1.02	1.22	1.32	1.62	1.81	
	材料	紫铜丝											紫铜片
控制的电动机容量 (kW)	220V	2.0			4.5			9.5					
	380V	3.0			7			15					
	500V	4.5			10			20					

表 5.2.5 HH4 系列铁壳开关熔体规格

开关额定电流(A)		15			30			60		
熔体	额定电流(A)	6	10	15	20	25	30	40	50	60
	熔丝直径(mm)	1.08	1.25	1.98	0.61	0.71	0.80	0.92	1.07	1.20
	材料	软铅丝			紫铜丝					

表 5.2.6 HH3、HH4 系列铁壳开关接通和分断能力、熔断器分断能力

额定 电流 (A)	接通与分断电流(A)			熔断器极限分断能力(A)		
	AC 440V		DC500V, $L/R=0.006\sim 0.008s$	AC 440V		DC500V, $L/R=0.006\sim 0.008s$
	$\cos\varphi$	分断电流		$\cos\varphi$	分断电流	
15	0.4	60	22.5	0.8	1000	500
30	0.4	120	45	0.8	2000	2000
60	0.4	240	90	0.8	4000	4000
100	0.6	250	150	0.4	5000	4000
200	0.8	300	300	0.4	5000	5000

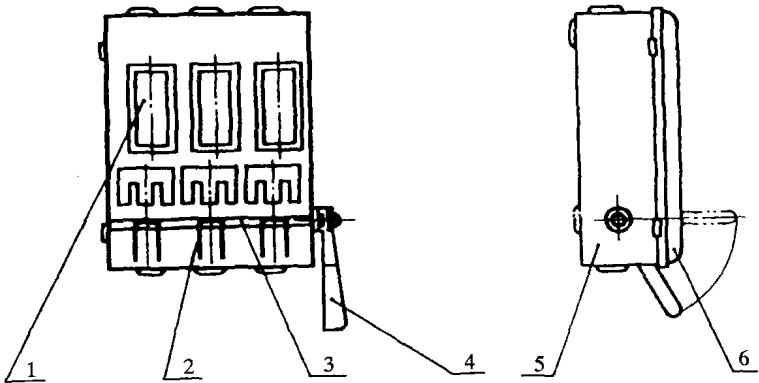


图 5.2.2 HH4-60 铁壳开关结构简图(左为去盖示意图)

1. RC1A 熔断器 2. 动触刀 3. 轴 4. 操作手柄 5. 壳体 6. 盖

2.1.2.4 HR11 系列熔断器式开关 适用于工业电气设备的配电系统中,作为手动不频繁地接通与分断负载电路及线路的过载保护。其主要技术数据如表

5.2.7 所示,外形见图 5.2.3。

表 5.2.7 HR11 系列熔断器式开关主要技术数据

型号规格	额定工作电压 (V)	额定工作电流 (A)	额定接通与分断电流(A)						极限分断能力 (kA) $\cos\varphi=0.25$
			接通电流			分断电流			
			AC-22	AC-23	AC-22	AC-23			
HR11-100	100		300	400	300	320	50		
HR11-200	AC 200	$\cos\varphi$	600	$\cos\varphi$ 800	$\cos\varphi$ 600	$\cos\varphi$ 640			
HR11-315	415	=0.65	945	=0.35 1000	=0.65 945	=0.35 800			
HR11-400			1200	1300	1200	1000			

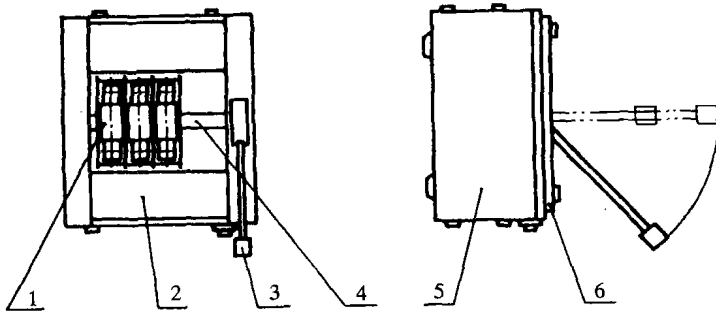
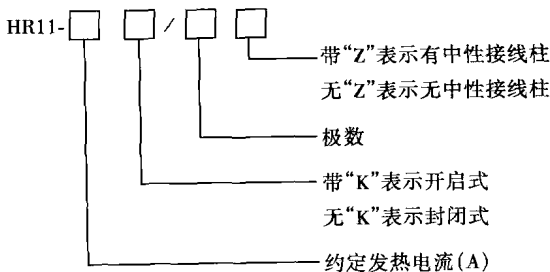


图 5.2.3 HR11 熔断器式开关结构简图(左为去盖示意图)

1. RT15 熔断器 2. 挡板 3. 操作手柄 4. 横梁 5. 壳体 6. 盖

型号说明:



2.1.2.5 HR3 系列熔断器式开关 在工矿企业配电网络中,作为电气设备及线路的过载和短路保护用,以及正常供电情况下不频繁地接通和分断电路。其主要技术数据如表 5.2.8 所示。

型号说明:

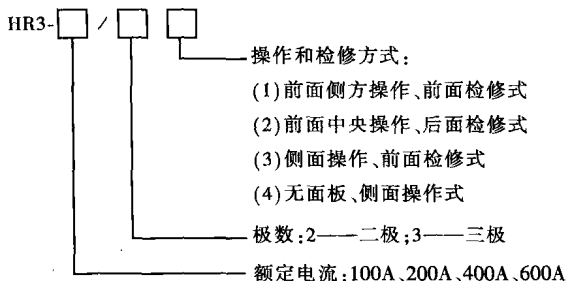


表 5.2.8 HR3 系列熔断器式开关主要技术数据

型号规格	刀开关分断能力(A)		熔断器极限分断能力(有效值)(A)	
	AC380V $\cos\varphi \geq 0.6$	DC440V $T=0.0045s$	AC380V $\cos\varphi=0.3$	DC440V $T=0.15\sim 0.02s$
HR3-100	100	100	50000	25000
HR3-200	200	200		
HR3-400	400	400		
HR3-600	600	600		

2.1.2.6 HR5 系列熔断器式隔离开关 主要用于有高短路电流的配电电路和电动机电路中,作为电源开关的隔离开关和应急开关,并对电路进行保护。一般不作为直接开闭单台电动机之用。

开关如配上带有熔断撞击器的熔断体时,当熔断体熔断,撞击器弹出,通过传动轴,触动开关侧面的 LX19K 行程开关,即发出信号或切断电动机控制回路,防止电路断相运行事故。其主要技术数据如表 5.2.9 所示,外形见图 5.2.4。

型号说明:

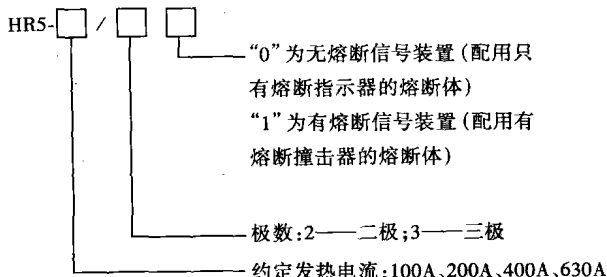


表 5.2.9 HR5 系列熔断器式隔离开关主要技术数据

型号规格			HR5-100	HR5-200	HR5-400	HR5-630
额定绝缘电压(V)			AC660			
额定电流(A)			100	200	400	630
额定接通 与分断能力 (A)	380V $\cos\varphi=0.35$ AC-23	接通	1000	1600	3200	5040
		分断	800	1200	2400	3780
	660V $\cos\varphi=0.65$ AC-23	接通	800	1200	2400	3780
		分断	300	600	1200	1890
额定熔断短路电流(有效值)(kA)			50			
最大预期电流(峰值)(kA)			100			
配用熔断器型号 ^①			NT00	NT1	NT2	NT3
辅助开关数据	额定电压(V)		AC380			
	额定电流(A)		5			
	控制功率(V·A)		300			

注:①当开关用于电动机电路中,允许配用额定电流大于开关额定电流的熔断体。

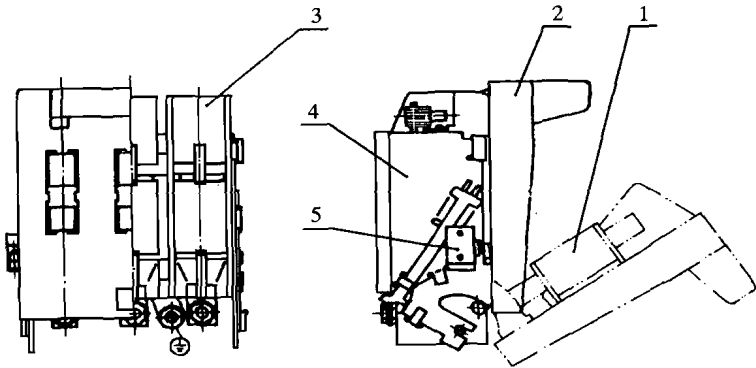


图 5.2.4 HR5-200/31 熔断器式隔离开关结构简图

2.1.2.7 HG1 系列熔断器式隔离器 适用于具有高短路电流的配电电路和

电动机电路中,作为电源隔离器和电路保护用。其主要技术数据如表 5.2.10 所示。

表 5.2.10 HG1 系列熔断器式隔离器主要技术数据

约定发热电流(A)		20	32	63
额定熔断短路电流(kA)		50		
机械寿命(次)		3000		
辅助触头	额定电压(V)	AC380		
	约定发热电流(A)	5		
	额定控制容量(V·A)	300		
熔断指示 微动开关	额定电压(V)	AC220		
	约定发热电流(A)	1		
配用熔断体的尺码		10×38	14×51	22×58

熔断器式隔离器配用交流 380V、RT14 有填料封闭管式圆筒形熔断体。当 32A 和 63A 隔离器配用带撞针的熔断体时,具有断相保护的功能。

2.1.2.8 HD18 系列空气式隔离器 适用于工矿企业低压配电系统以及冶炼、电解、电镀、交通、整流设备中,主要用于负载切除以后将线路与电源隔离,以保证检修人员的安全。其额定工作电压为交流 50Hz、1200V 及以下,或直流 1500V 及以下,额定工作电流为 2500A、4000A。主要技术数据如表 5.2.11 所示。

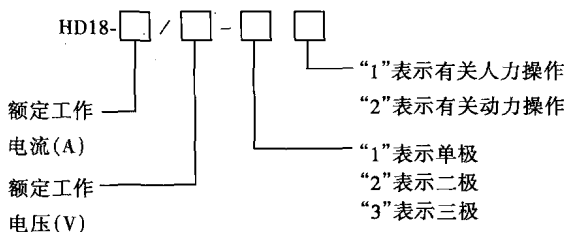
表 5.2.11 HD18 系列空气式隔离器主要技术数据

额定工作 电流(A)	额定绝缘 电压(V)	极数	操作 ^① 方式	工频耐压 试验电压 (有效值) (V)	短时耐受 电流(1s, 有效值) (kA)	额定限制 短路电流 (峰值) (kA)	机械寿命 (次)
AC ₂₅₀₀ DC	DC1500	单极	手	5000	50	105	1000
			电				
	AC1200	二极	手	4200			
			电				
AC1200	三极	手	4200				
		电					
AC ₄₀₀₀ DC	DC1500	单极	手	5000	80	176	
			电				
	AC1200	二极	手	4200			
			电				
AC1200	三极	手	4200				
		电					

注：①“手”为有关人力操作，“电”为有关动力操作。

其安装地点周围环境的污染等级为3级，安装类别为Ⅲ类。隔离器均附有3常开、3常闭的辅助开关。

型号说明：



2.1.2.9 HZ10 系列组合开关 适用于交流 50Hz、380V 及以下，直流 220V 及以下的电气线路中，作接通或分断电路，换接电源和负载，测量三相电压，调节电加热器的串、并联，控制小型异步电动机正反转用。本系列开关不能作为频繁操作的手动开关。其主要技术数据如表 5.2.12 所示。

表 5.2.12 HZ10 系列组合开关主要技术数据

类 型	型 号	极 数	层 数	接 线	额 定 电 流 (A)			
					10	25	60	100
同时通断 (“J”表示机床用开关)	HZ10-□/1	1	1	*	√	√	√	√
	HZ10-□/2	2	2		√	√	√	√
	HZ10-□/3	3	3		√	√	√	√
	HZ10-□/4	4	4		√	√	√	√
	HZ10-□/2J	2	*		√	√	√	
	HZ10-□/3J	3	7		√	√	√	
交替通断 (分母上的第一位数字是表示 起点时的接通路数；第二 位数字是表示通断的总路 数)	HZ10-□/12		2	*	√	√		
	HZ10-□/13		3		√	√		
	HZ10-□/14		4		√	√		
	HZ10-□/24		4		√	√		
	HZ10-□/25		5		√	√		
	HZ10-□/26		6		√	√		

续表

类 型		型 号	极数	层数	接线	额定电流(A)			
						10	25	60	100
两位转换 ("P"表示) (其中"有一位断路"的 操动机构有限位装置)	有 一 位 断 路	HZ10-□P/1	1	1	*	√	√		
		HZ10-□P/2	2	2		√	√	√	√
		HZ10-□P/3	3	3		√	√	√	√
		HZ10-□P/4	4	4		√	√		
	有 二 位 断 路	HZ10-□P/B1	1	1		√	√		
		HZ10-□P/B2	2	2		√	√		
		HZ10-□P/B3	3	3		√	√		
		HZ10-□P/B4	4	4		√	√		
	无 断 路	HZ10-□P/01	1	1		√	√		
		HZ10-□P/02	2	2		√	√	√	
		HZ10-□P/03	3	3		√	√	√	
		HZ10-□P/04	4	4		√	√		
三位转换 ("S"表示)	HZ10-□S/1	1	2	*	√	√			
	HZ10-□S/2	2	4		√	√	√	√	
	HZ10-□S/3	3	6		√	√	√	√	
四位转换 ("G"表示)	HZ10-□G/1	1	2	*	√	√			
	HZ10-□G/2	2	4		√	√			
	HZ10-□G/3	3	6		√	√			
测量三相电压的电压表用	HZ10-03 (HZ10-3X)	3	3	*	√				
测量三相四线电压的电压表用	HZ10-04	4	4	*	√				
换接两电阻单接、串联或并联、单接用	HZ10-□R2		1	*	√	√			
换接两电阻并联、单接及串联用	HZ10-□R3		2	*	√	√	√		
换接三电阻单接、双并、三并用	HZ10-□R4								

续表

类 型	型 号	极数	层数	接线	额定电流(A)			
					10	25	60	100
控制 JO2 电动机正反转用 (操动机构有限位装置)	HZ10-□N/3 HZ10-□/N/3X	3	3	*	√	√		
星形—三角形启动用	HZ10-□X/3	3	6	*		√	√	
特 殊 规 格	HZ10-□/E6		5	*		√		
	HZ10-□/E7		5					
	HZ10-□/E8		4			√		
	HZ10-□/E29		4			√		
	HZ10-□/E35		4					
	HZ10-□/E41		3			√		
	HZ10-□/E62		4			√	√	√

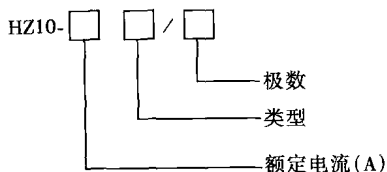
注:①表中“√”表示有此规格。括号内的型号,是区别改进产品设计后暂用的型号,类型中未注操动机构形式的均为无限位的。

②表中未列入而不超过9层的种类产品,均可依次编排型号。

③表中所列各种规格,均可派生为船用及湿热型组合开关。

④表中带“*”项可参见产品样本。

型号说明:



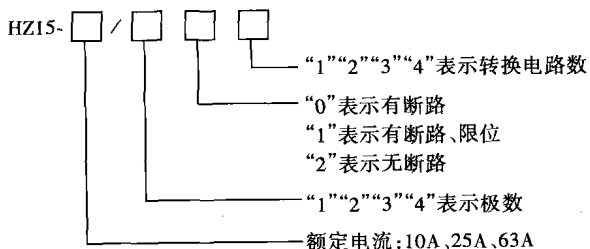
2.1.2.10 HZ15 系列组合开关 适用于交流 50Hz 或 60Hz、380V 及以下,直流 220V 及以下的电气线路中,供手动不频繁地接通或分断电路,转换电路用。亦可直接开闭小容量交流电动机。其主要技术数据如表 5.2.13 所示。

表 5.2.13 HZ15 系列组合开关的额定接通和分断能力

电 流 种 类	使用类别		约定发 热电流 (A)	接通			分断						
				试验 电流 (A)	试验 电压 (V)	功率因数 $\cos\varphi\pm 0.05$	试验 电流 (A)	试验 电压 (V)	功率因数 $\cos\varphi\pm 0.05$				
交 流	作为配电 电器用	AC-20	10	30	420	0.65	30	420	0.65				
		AC-21	25	75			75						
		AC-22	30	190			190						
	作为控制 电动机用	AC-3	10(3) ^①	30			24						
			25(5.5) ^①	55			44						
电 流 种 类	使用类别		约定发 热电流 (A)	接通			分断						
				试验 电流 (A)	试验 电压 (V)	时间常数 $T\pm 1.5\%$ (ms)	试验 电流 (A)	试验 电压 (V)	时间常数 $T\pm 1.5\%$ (ms)				
直 流	DC-20		10	15	242	1	15	242	1				
			25	38			38						
			63	95			95						
	DC-21												

注：①10A、25A 开关在分别控制容量不大于 1.1kW、2.2kW 的交流电动机时，其工作电流分别为 3A、5.5A。

型号说明：



2.2 熔断器

熔断器是一种低压配电电器，在配电装置中起到保护电路的作用，它由熔体、底座、载熔体组成，底座和载熔体的组合又称为支持件。

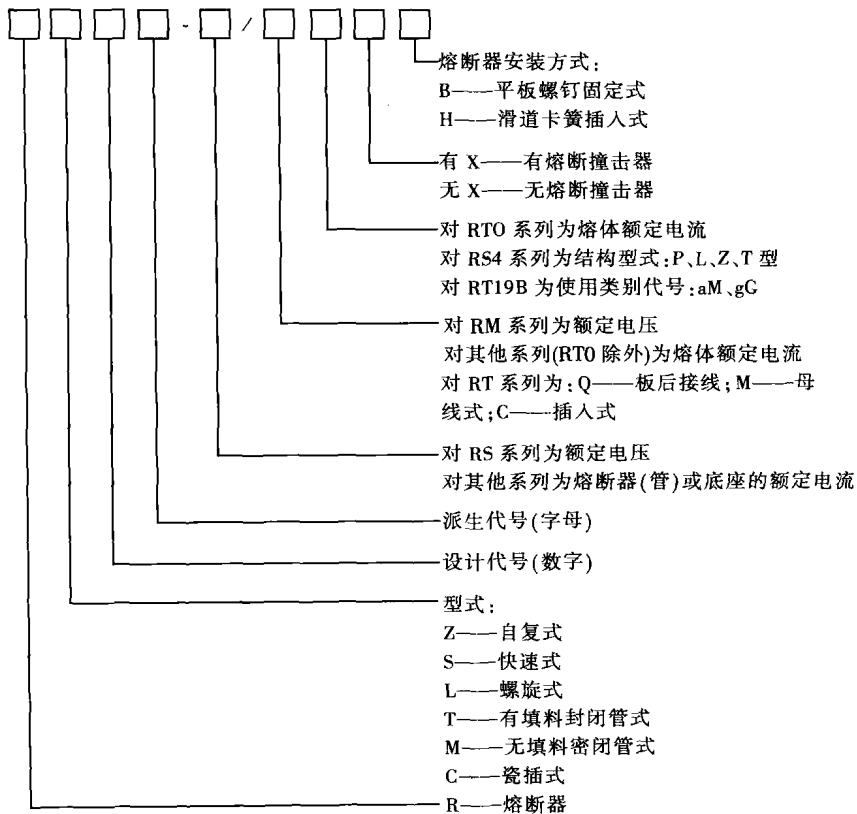
2.2.1 熔断器的分类及型号

熔断器的类型及适用场合见表 5.2.14。

表 5.2.14 熔断器的类型及适用场合

类型	特点	适用场合	说明
RC1 系列 半封闭插 入式	无特殊熄弧措施,极限分断能力较小,最大仅 3000A(有效值)	适用于额定电流至 200A 的线路末端或分支电路中作为电缆及电气设备的短路保护	RC1A 为 RC1 系列的改进产品,性能有较大改善
RL 系列 有填料封 闭螺旋式	使用石英砂填料,极限分断能力有所提高,最大可达 50000A(有效值),并有较大的热惯性	用于配电线路中作为过载及短路保护,也常用于机床控制线路,以保护电动机	
RM 系列 无填料密 闭管式	结构简单,为可拆换式,更换熔体方便,并具有一定的极限分断能力,最大可达 20000A(有效值)	用于电力网络,配电设备中,作短路保护和防止连续过载之用	RM7 可取代 RM1、RM2、RM3 和 RM10 等系列产品
RT0 系列 有填料封 闭管式	具有高分断能力,极限分断能力可达 50000A(有效值);安秒特性较稳定,有限流特性;有红色醒目熔断指示器,便于识别故障电路	用于要求较高、短路电流较大的电力网络或配电装置中,作为电缆、导线、电机、变压器及其他电气设备的短路保护和电缆、导线的过载保护	
RT10、 RT11 系列 有填料封 闭管式	极限分断能力大,可达 50000A(有效值),有熔断显示器,便于识别故障电路	适用于额定电流 100A 及以下的电力网络和配电装置中,作为电缆、导线及电气设备的短路保护和电缆、导线的过载保护	
快速熔断器	RLS 系列螺旋式	动作速度快、分断能力大,极限分断能力可达 50000A(有效值),可在带电压(不带负载)下,不用工具可安全更换熔体	用于额定电流至 100A 的电路中,作硅整流元件、晶闸管及其成套装置的短路保护或某些不允许过电流的过载保护
	RS0、RS3 系列有填料封闭管式	分断速度快,分断能力大,具有较大的限流作用	RS0 适用于交流额定电压 750V 及以下,额定电流 480A 及以下电路中,作硅整流元件及其成套装置的短路保护 RS3 适用于交流额定电压 1000V 及以下,额定电流 700A 及以下电路中,作晶闸管及其成套装置的短路保护 RS0、RS3 亦可在某些不允许过电流的电路中,作过载保护

熔断器的型号及含义如下：



例如，RT15—100/63 即有填料封闭管式熔断器，设计代号为 15，熔断器额定电流为 100A，熔体额定电流为 63A。

2.2.2 熔断器的技术数据

熔断器的技术数据分别见表 5.2.15 至表 5.2.24。

表 5.2.15 RC1A 型瓷插式熔断器的技术数据

型号	熔断器 额定电 流 I_N (A)	额定 电压 U_N (V)	熔体额 定电 流 I_N (A)	熔体 直径 d (mm)	熔体 材料 及 牌 号	极限分 断电 流 (有效 值) I_{cu} (A)	$\cos\varphi$	飞弧距 离(\leq) l (mm)	拔出 力 F (N)			
RC1A-5	5	三相 380 或 单相 220	2	0.46	熔断 铅丝 GB3132	300	0.4± 0.05	10	9.81~24.5			
RC1A-10	10		5	0.46		2		0.46	500	15	19.6~49.0	
			4			0.71						
			6			0.98						
			8			1.02						
			10			1.25						
RC1A-15	15		6	1.02		10		1.51	20	20	19.6~49.0	
			12	1.67								
			15	1.98								
RC1A-30	30		20	0.60		TR 圆 铜线 GB3953		1500	0.4± 0.05	30	39.2~117.7	
RC1A-60	60		25	0.71				30		0.8	60	49.0~117.7
			40	0.93								
			50	1.06								
			60	1.20								
RC1A-100	100		60	1.30		TR 圆 铜线 GB3953		3000	90	127.5~245.1		
		80	1.56									
		100	1.80									
RC1A-200	200	120	—	T2 铜 带熔片	140	196.1~343.2						
		150	—									
		200	—									

- 注:①约定试验时间 t_c 为 1;
 ②约定熔断电流为 $2I_N$;
 ③约定不熔断电流为 $1.3I_N$;
 ④断开次数为两次;
 ⑤断开过电压峰值不大于 2800V;
 ⑥燃弧时间小于 0.1s;
 ⑦分断后绝缘电阻大于 $0.1M\Omega$ 。

表 5.2.16 RL 系列螺旋式熔断器的技术数据

技术数据 型号	额定电压 U_N (V)	熔断器 额定电 流 I_N (A)	熔体额定电流 I_{Nr} (A)	约定不熔 断电流 I_{nt} (A)	约定熔断 电流 I_t (A)	极限分 断电流 (kA)	$\cos\phi$	分断后 绝缘电 阻不小 于(M Ω)		
RL1-15	交流 380 直流 440	15	2,4,6,10	$1.5 I_{Nr}$	$2.1 I_{Nr}$	25	0.35	0.5		
			15	$1.4 I_{Nr}$	$1.75 I_{Nr}$					
RL1-60		60	20,25,30	$1.4 I_{Nr}$	$1.75 I_{Nr}$					
			35,40,50,60	$1.3 I_{Nr}$	$1.6 I_{Nr}$					
RL1-100		100	60	$1.3 I_{Nr}$	$1.6 I_{Nr}$				50	0.25
			80,100	$1.3 I_{Nr}$	$1.6 I_{Nr}$					
RL1-200		200	100,125,150,200	$1.3 I_{Nr}$	$1.6 I_{Nr}$					
RL1B-15		交流 380	15	2,4,5,6,10,15	—	—	25		0.35	
RL1B-60			60	20,25,30,35,40,50,60	—	—				
RL1B-100			100	60,80,100	—	—	50		0.25	
RL5		交流 660	16	1,2,4,6,10	$1.5 I_{Nr}$	$2.1 I_{Nr}$	7		≤ 0.3	1.5
		交流 1140		16	$1.4 I_{Nr}$	$1.75 I_{Nr}$	5			
RL6-25	交流 500	25	2,4,6,10,16,20,25	$2 \leq I_{Nr} < 16$ $1.5 I_{Nr}$	$2.1 I_{Nr}$ (≤ 4) $1.9 I_{Nr}$ (< 16)	50	0.1~ 0.2			
RL6-63			63	35,50,63	$16 \leq I_{Nr} < 63$ $1.5 I_{Nr}$					
RL6-100		100	80,100	$63 \leq I_{Nr} < 160$ $1.25 I_{Nr}$	$16 I_{Nr}$					
RL6-200		200	125,160,200	$160 \leq I_{Nr} < 200$ $1.26 I_{Nr}$						
RL7-25	交流 660	25	2,4,6,10,16	$1.5 I_{Nr}$	$1.9 I_{Nr}$	25				
			20,25	$1.25 I_{Nr}$	$1.6 I_{Nr}$					
RL7-63		63	35,50,63							
RL7-100	100	80,100								
RL8-16	交流 380	16	2,4,6,10,16	⑥	⑥	50				
RL8-63		63	20,25,35,50,63							
RL8-16 [Ⓢ] Sa		16	2,4,6,10,16							
RL8-63 [Ⓢ] Sa		63	20,25,35,50,63							

注:①约定试验时间 t_c 为 1h;

②断开过电压(峰值) $<2U_N$;

③RL1 系列可用于直流 440V,60A 以下极限分断能力为 5kA,80~200A 极限分断能力为 10kA,回路参数时间常数 T 为 15~20ms;

④2A 的约定熔断电流为 $0.21I_{Nr}$;

⑤Sa 表示汇流排连接方式;

⑥过电流选择比为 1.6:1,特性误差为 15%。

表 5.2.17 RLS 系列螺旋式快速熔断器的技术数据

技术参数 型号	额定电压 $U_N(V)$	熔断器 额定电 流 $I_N(A)$	熔体额定电流 $I_{Nr}(A)$	约定不熔 断电流 I_{nt}	约定熔断 电流 I_f	极限分 断能力 I_{cw} (kA)	$\cos\varphi$	断开过 电压峰 值 $U_m(V)$	分断后 绝缘电 阻不小 于(M Ω)
RLS1-10	交流 500	10	3、5、10			50	0.1~ 0.2	$<2U_N$	0.5
RLS1-50		50	15、20、25、30、40、 50						
RLS1-100		100	60、80、100						
RLS2-30		30	16、20、25、30	$1.25I_{Nr}^{①}$	$1.6I_{Nr}^{②}$				
RLS2-63		63	35(45)、50、63	$1.25I_{Nr}$	$1.6I_{Nr}$				
RLS2-100		100	(75)、85、(90)、 100						

注:①约定不熔断电流,16A 时为 $1.5I_{Nr}$;

②约定熔断电流,16A 时为 $1.9I_{Nr}$ 。

表 5.2.19 有填料封闭管式熔断器的技术数据

技术参数 型号	额定电压 U_N (V)	熔断器 额定电 流 I_N (A)	熔体 额定电 流 I_{Nr} (A)	约定 试验 时间 t_c (h)	约定不熔 断电流 I_{af}	约定熔 断电流 I_f	极限分 断电流 (kA)		回路 参数		断开过 电压 峰值 U_m (V)	分断后 绝缘电 阻不小 于(M Ω)
							交流	直流	$\cos\varphi$	T (ms)		
RT0-50		50	5、10、15、20、30、40、50	1								
RT0-100		100	30、40、50、60、80、100									
RT0-200		200	80、100、120、150、200									
RT0-400	交流 380 直流 440	400	150、200、250、300、350、 400				50	25	0.1~ 0.2	15~ 20	<2800	0.1
RT0-600		600	350、400、450、500、550、 600									
RT0-1000		1000	700、800、900、1000	2	1.3 I_{Nr}	1.6 I_{Nr}						
RT0-200	交流 1140	200	30、60、80、100、120、160、 200	1								
RT5-100	交流 660 交流 1140	100	30、60、80、100	1								
RT5-200		200	120、160、200 30、60、80、100、120、160、 200									
RT9-20	交流 500	20	2.4、6.8、10、16、20	1								
RT9-32		32	2.4、6.8、10、16、20、25、32									
RT9-63		63	10、16、20、25、32、40、50、 63									

续表

技术参数 型号	额定电压 U_N (V)	熔断器 额定电 流 I_N (A)	熔体 额定电流 I_{Nr} (A)	约定 试验 时间 t_c (h)	约定不熔 断电流 I_{mf}	约定熔 断电流 I_t	极限分 断电流 (kA)		回路 参数 $\cos\varphi$	断开过 电压 峰值 U_m (V)	分断后 绝缘电 阻不小 于(M Ω)
							交流	直流			
RT10-20		20	6、10、15、20								
RT10-30	交流 380	30	20、25、30	1	$1.3 I_{Nr}$	$1.6 I_{Nr}$	50	25	≤ 0.25	≥ 20	0.5
RT10-60	直流 440	60	30、40、50、60								
RT10-100		100	60、80、100								
RT11-100		100	60、80、100								
RT11-200	交流 380	200	100、120、150、200	1	$1.3 I_{Nr}$	$1.6 I_{Nr}$	50	25	$0.1 \sim 0.2$	≥ 20	0.5
RT11-300	直流 440	300	200、250、300								
RT11-400		400	300、350、400								
RT12-20		20	2、4、6、10、16、20								
RT12-32	交流 415	32	20、25、32	1	$1.2 I_{Nr}$	$1.6 I_{Nr}$	80	—	$0.1 \sim 0.2$	—	
RT12-63		63	32、40、50、63								
RT12-100		100	63、80、100								

续表

技术参数 型号	额定电压 U_N (V)	熔断器 额定电 流 I_N (A)	熔体 额定电流 I_{Nt} (A)	约定 试验 时间 t_c (h)	约定不熔 断电流 I_{nt}	约定熔 断电流 I_f	极限分 断电流 (kA)		回路 参数		断开过 电压 峰值 U_m (V)	分断后 绝缘电 阻不小 于(M Ω)
							交流	直流	$\cos\varphi$	T (ms)		
RT14-20		20	2,4	1	$1.5 I_{Nt}$	$2.1 I_{Nt}$	—	—	—	—	—	—
			6,10		$1.5 I_{Nt}$	$1.9 I_{Nt}$						
			16,20		$1.4 I_{Nt}$	$1.75 I_{Nt}$						
RT14-32	交流 380	32	2,4	1	$1.5 I_{Nt}$	$2.1 I_{Nt}$	100	—	0.1~ 0.2	—	—	—
			6,10		$1.5 I_{Nt}$	$1.9 I_{Nt}$						
			16,20,25		$1.4 I_{Nt}$	$1.75 I_{Nt}$						
RT14-63		63	32	1	$1.3 I_{Nt}$	$1.6 I_{Nt}$	—	—	—	—	—	—
			10		$1.5 I_{Nt}$	$1.9 I_{Nt}$						
			16,20,25		$1.4 I_{Nt}$	$1.75 I_{Nt}$						
RT15-100	交流 415	100	32,40,50,63	①	$1.3 I_{Nt}$	$1.6 I_{Nt}$	100	—	0.1~ 0.2	—	—	—
			40,50,63,80,100		$1.4 I_{Nt}$	$1.75 I_{Nt}$						
			125,160,200		$1.25 I_{Nt}$	$1.6 I_{Nt}$						
RT15-200		200		3								
RT15-315		315										
RT15-400		400										

注:① $I_{Nt} \leq 63A$ 时, t_c 为 1h; $63 < I_{Nt} \leq 160A$, t_c 为 2h; $160 < I_{Nt} \leq 400A$ 时, t_c 为 3h。

表 5.2.20 RT16(NI^⓪)型和 RT17型熔断器的技术数据

型 号	RT16(NI ₀₀) - 00	RT16(NI ₀) - 0	RT16(NI ₁) - 1	RT16(NI ₂) - 2	RT16(NI ₃) - 3	RT17 ^⓪ (NI ₄)
底座型号	SIST101	SIST160	SIST201	SIST401	SIST601	SIST1001
底座额定电流 I_N (A)	160	160	250	400	630	100
熔体额定电流 I_{Nt} (A)	4、6、10、16、20、 25、32、35、40、 50、63、80、100、 125、160	6、10、16、20、 25、32、35、40、 50、63、80、100、 125、160	80、100、125、 160、200、224、 250	125、160、200、 224、250、300、 315、355、400	315、355、400、 425、500、630	800、1000
额定电压 U_N (V)	500、660 ^⓪					380
额定分断能力 (kA)	500V 时为 120、660V 时为 50					
$\cos\varphi$	0.1~0.2					
约定试验时间 t_c (h)						4
约定不熔断电流 I_d (A)						
约定熔断电流 I_f (A)						

注: ①NT 为引进产品原型号。

②RT16-00 中的 125A、160A; RT16-0 中的 125A、160A; RT16-1 中的 224A、250A; RT16-2 中的 355A、400A; RT16-3 中的 500A、630A 等八种规格无 660V。

③RT17 是国内未引进 NT4 而统一设计的, 相当于 NT4。

表 5.2.21 RT19(aM)、RT19B 系列有填料封闭管式圆筒形熔断器的技术数据

型号	代号	尺码 (mm)	交流 额定 电压 U_N (V)	支持 件	额定电流 I_N (A)		额定分断 能力		额定功率(W)		
					熔 断 体		I (kA)	$\cos\varphi$	支持 件或 底座 额定 接受 功率	熔断体额定 耗散功率	
										gG	aM
RT19-16 (aM ₁)		8×31	500	16	2.4、6、8、10、16		50	0.1~ 0.2			≤2.5
RT19-40 (aM ₃)		14×51		40	2.4、6、8、10、16、20、25、 32、40						≤5
RT19B-16	1	8×32	380	16	2.4、6、8、10、12、16				≥2.5	≤2.5	≤1
RT19B-25	2	10×38		25	2.4、6、8、10、12、16、20、 25				≥3	≤3	≤1.2
RT19B-40	3	14×51		40	4.6、8、10、12、16、20、25、 32、40				≥5	≤5	≤3
RT19B-125	4	22×58		125	10、12、16、20、25、32、40、 50、63、80、100、125				≥9	≤9.5	≤7

表 5.2.22 RT20 系列有填料封闭管式刀型触头熔断器的技术数据

型号	额定 电压 U_N (V)	底座 绝缘 电压 U_i (V)	额定电流 I_N (A)		额定分断能力		质量(kg)		
			熔 体	底座	I (kA)	$\cos\varphi$	熔体	底座	
								单极	3极
RT20-000	500	630	4、6、10、16、20、25、 32、40、50、63、80、100	与 00 号 通用	120	0.1~0.2	0.13	—	—
RT20-00			125、160	160			0.19	0.23	0.46
RT20-1			80、100、125、160、 200、(224)、250	250			0.44	0.64	0.22
RT20-2			125、160、200、(224)、 250、315、(355)、400	400			0.68	0.67	—
RT20-3			315、(355)、400、 (425)、500、630	630			0.95	0.92	—

表 5.2.23 有填料封闭管式快速熔断器的技术数据

技术参数 型号	额定电压 U_N (V)	熔断器 额定电 流 I_N (A)	熔体 额定电 流 I_{Nt} (A)	过电 流倍 数	功率 因数 $\cos\varphi$	平均 熔化 时间 t (s)	平均 熔断 时间 t_Q (s)	平均全 部断 开 时间 t_{Qd} (s)	平均 熔化 I^2t ($A^2 \cdot s$)	平均全 部断 开 I^2t ($A^2 \cdot s$)	极限分断能力		不熔 断时 间 $1.1I_{Nr}$	熔断时间不大于 (s)
											对称 有效 值 (kA)	功率 因数 $\cos\varphi$		
RSO-250/50		50	30	6	0.74	0.013	0.016	0.016	119	419	50	>0.3	4h内 时为0.05 ~0.3	7 I_{Nr} 时 为0.02
				10	0.27	0.004	0.0089	280	710					
RSO-250/100		100	50	6	0.66	0.014	0.018	0.018	401	1129	50	>0.3	4h内 时为0.05 ~0.3	6 I_{Nr} 时 为0.02
				10	0.28	0.0036	0.0076	634	1420					
RSO-250/200	交流 250	200	150	6	0.69	0.009	0.015	0.015	2128	3112	200	>0.3	4h内 时为0.05 ~0.3	6 I_{Nr} 时 为0.02
				10	0.28	0.0038	0.0135	1876	5333					
RSO-250/350		350	350	6	0.69	0.0118	0.016	0.016	8326	11156	350	>0.3	4h内 时为0.05 ~0.3	6 I_{Nr} 时 为0.02
				10	0.56	0.004	0.015	7280	15897					
RSO-250/500		500	400,480	6	0.70	0.005	0.0085	0.0085	25662	40555	500	>0.3	4h内 时为0.05 ~0.3	6 I_{Nr} 时 为0.02
				10	0.27	0.0028	0.0074	26665	71610					
RSO-500/50		50	30	—	—	—	—	—	—	—	50	>0.3	4h内 时为0.05 ~0.3	6 I_{Nr} 时 为0.02
				6	0.74	0.0205	0.036	732	1066					
RSO-500/100		100	50	10	0.27	0.0045	0.02	0.02	332	1173	100	>0.3	4h内 时为0.05 ~0.3	6 I_{Nr} 时 为0.02
				6	0.74	0.0155	0.02	1340	1126					
RSO-500/500	交流 500	500	80	10	0.27	0.004	0.02	0.02	850	2912	500	>0.3	4h内 时为0.05 ~0.3	6 I_{Nr} 时 为0.02
				6	0.74	0.0155	0.02	1340	1126					
RSO-500/100		100	80	10	0.27	0.004	0.02	0.02	850	2912	100	>0.3	4h内 时为0.05 ~0.3	6 I_{Nr} 时 为0.02
				6	0.70	0.019	0.04	3575	8079					
RSO-500/100		100	80	10	0.27	0.004	0.017	0.017	1863	6140	100	>0.3	4h内 时为0.05 ~0.3	6 I_{Nr} 时 为0.02
				6	0.74	0.0155	0.02	1340	1126					

续表

技术参数 型号	额定电压 U_N (V)	熔断器 额定电 流 I_N (A)	熔体额定电流 I_N (A)	过电 流倍 数	功率 因数 $\cos\varphi$	平均 熔化 时间 t (s)	平均全 部断开 时间 t_Q (s)	平均全 部熔化 I^2t ($A^2 \cdot s$)	平均全 部断开 I^2t ($A^2 \cdot s$)	极限分断能力		不熔 断时 间 $1.1I_N$	熔断时间不大于 (s)
										对称 有效 值(kA)	功率 因数 $\cos\varphi$		
RS4-500 (RSF)	交流 500		20, 30, 50, 80, 100, 150, 200, 250, 300, 320, 350, 480, 500, 600, 700, 750, 1000, 1200, 1400, 1500, 1600, 2000, 2100, 2250, 2300, 3200, 4000, 4600							峰值 160	0.1 ~ 0.2		
RS4-800 (RSF)	交流 800		10, 20, 30, 40, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 320, 350, 480, 500, 600, 700, 750, 1000, 1200, 1400, 1500, 1600, 2000, 2100, 2250, 2300, 3000, 4000, 4600							240	0.1 ~ 0.2		

表 5.2.24 RS6(NGT)系列半导体器件保护熔断器的技术数据

技术参数 型号	管号	额定 电压 $U_N(V)$	熔 断 体				额定分断能力							
			额定 电流 $I_N(A)$	质量 (kg)	额定 功耗 (W)	外形尺寸 (mm) 宽×高×深	电压 $U(V)$	预期 电流 (kA)	$\cos\phi$	截断 电流 (kA)	熔断 $I^2t(A^2\cdot s)$			
RS6-00	00	交流 380 800	25	0.18	8.6	29×100×47.5	380			1.3~9.4	0.00043~0.014			
			32		9.9									
			40		11.3									
			50		13.2									
			63		15.7									
			80		18.7									
			100		22.6									
			125		27.0									
			100		34							800	7~16	0.00097~0.030
			125		36									
160	40													
200	46													
250	55													
RS6-1	1	交流 380 660 1000			48×140×48	380	0.1~0.2	7~16	0.008~0.060					
						660								
						1000								
						4.4~13				0.013~0.091				
						7~16					0.010~0.070			

续表

技术参数 型号	管号	额定电压 $U_N(V)$	熔断体				额定分断能力				
			额定 电流 $I_N(A)$	质量 (kg)	额定 功耗 (W)	外形尺寸 (mm) 宽×高×深	电压 $U(V)$	预期 电流 (kA)	$\cos\varphi$	截断 电流 (kA)	熔断 $I^2t(A^2\cdot s)$
RS6-2	2	交流 380 660 1000	200	0.69	47	58×140×58	380			11~23	0.05~0.22
			250		53						
			280		56						
			315		62						
			355		67						
			400		75						
RS6-3	3	交流 380 600 1000	355	0.92	65	67×140×67	380			16~23	0.21~0.71
			400		72						
			450		75						
			500		83						
			560		92						
			630		105						

2.2.3 熔断器的选用要点

2.2.3.1 普通熔断器的选用

(1) 根据被保护负载的性质和短路电流的大小,选择具有相应分断能力的熔断器。例如,车间配电网路的保护用熔断器的选用,因网络短路电流一般较大,因此选用具有高分断能力的熔断器,甚至要有限流作用,如 RT0 系列熔断器。电动机过载保护可选用 RL 系列熔断器;经常发生故障线路的保护可选用“可拆式”熔断器,如 RL、RM 等熔断器;在容易着火或有毒气的地方,可选用封闭式熔断器。

(2) 根据网络电压选用相应电压等级的熔断器。

(3) 根据被保护负载的性质和容量,选择熔体的额定电流。

① 对于变压器、电热器和电灯等较平稳的负载,熔体额定电流应大于或等于实际负载电流。

② 对于输配电线路,熔体额定电流应小于或等于线路的安全电流。

③ 对于电动机过载保护和正常启动保护,熔体的额定电流可按下式选择:

对单台电动机的保护,应采用:

$$I_{nR} = KI_{nM}$$

式中 I_{nR} ——熔体额定电流;

I_{nM} ——电动机额定电流;

K ——系数,一般取 1.5~2.5。

对于数台电动机的保护,应采用:

$$I_{nR} = KI_{nMmax} + \sum I_{nM}$$

(4) 根据熔体的额定电流等级,确定熔管的额定电流等级。

(5) 在配电系统中,各级熔断器应互相配合,以实现保护的选择性。

(6) 熔断器的保护特性必须与被保护对象的安全热特性相匹配。

2.2.3.2 快速熔断器的选用

(1) 熔断器接入线路方式:快速熔断器接入整流电路的方式有接入交流侧、接入整流桥臂和接入直流侧等三种。接入方式不同,熔体额定电流的选择方式亦不同。因此,要根据接入方式来选择熔断器。

(2) 熔断器熔体额定电流的选择

① 在整流电路中,熔体额定电流的选择应按下列情况选用:

接入交流侧时,其熔体额定电流 I_{nR} 可按下式计算:

$$I_{nR} \geq K_1 I_{2max}$$

式中 I_{2max} ——实际使用的最大整流电流;

K_1 ——系数,一般在 0.5~1.5。

接入整流桥臂与硅元件串联时,电流 I_{nR} 应为:

$$1.57I_{nG} \geq I_{nR} \geq I_A$$

式中 I_{nG} ——硅整流元件额定电流的平均值；
 I_A ——桥臂的实际最大工作电流(有效值)。

接入直流侧时,其电流

$$I_{nR} \geq I_{2max}$$

②在晶闸管整流电路中,熔体额定电流的选择如下:

接入交流侧时,其电流

$$I_{nR} \geq K_1 I_{2max}$$

式中 K_1 ——系数,见表 5.2.25。

表 5.2.25 K_1 系数数值

整流电路的形式	单相半波	单相全波	单相桥式	三相半波	三相桥式	双星形六相
K_1	1.57	0.785	1.11	0.575	0.816	0.29

接入整流桥臂和直流侧,其电流 I_{nR} 的选择方法与整流电路的相同。

(3)熔断器额定电压的选择:快速熔断器的额定电压应根据熔断器在熔断后所承受的实际电压来确定。接入直流侧时,其额定电压应是所在线路直流电压的 1.4~2倍,才能安全可靠地使用。

(4)熔断器的允通能量 I^2t 值,要小于硅整流元件的允通能量 I^2t 值。

2.3 断路器

断路器又称自动开关,接入供、配电线路中,用作线路的过载、短路、漏电或欠压保护。在正常情况下,也可用作不频繁地接通和分断线路。

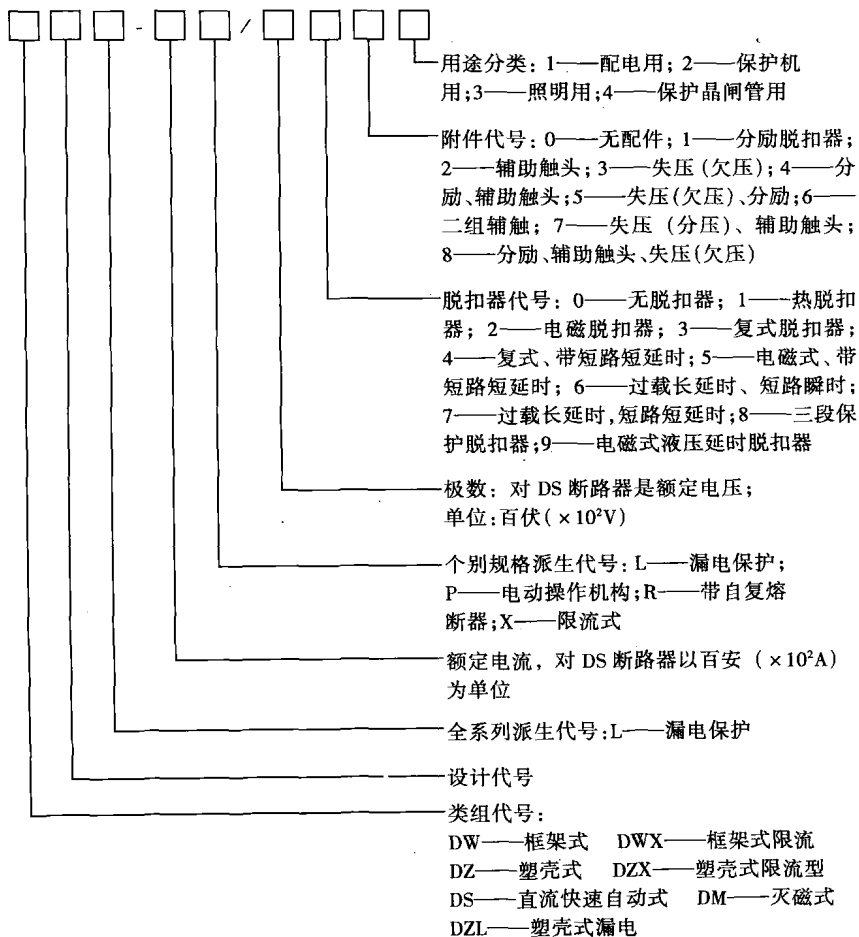
2.3.1 断路器的类型及使用场合

断路器的类型及使用场合见表 5.2.26。

表 5.2.26 断路器类型和适用场合

类别	产品系列	适用场合	
万能式	DW5 系列	有配电用和保护电动机用两种,分别作配电线路电源设备和电动机的过载、短路和欠电压保护;在正常条件下亦可分别作为电路的不频繁转换和电动机的不频繁启动之用	
	DW10 系列	用于低压交直流配电线路中,作过载、短路及欠电压保护,在正常条件下,亦可作不频繁转换电路之用	
	DW15 系列	用于交流电压至 1140V、电流至 1500A 的电路中作配电和电动机保护用。有配电用开关和保护电动机用开关两种,分别用作配电线路电源设备和电动机的过载、短路及欠电压保护;在正常条件下,亦可分别作电路的不频繁转换和电动机的不频繁启动之用	
	新系列	用作主变压器和电路配电开关,额定电流可达 4000A,具有选择性保护	
塑料外壳式	DZ5 系列	DZ(B)5 型(单极)	主要作开关板控制线路及照明线路的过载和短路保护
		DZ5-20 型(3极)	作电动机和其他电气设备的过载及短路保护,也可作小容量电动机不频繁地起停操作和线路转换之用
		DZ5-50 型(3极)	与 DZ5-20 相同,但容量比 DZ5-20 大一级,并可用于交流 500V 及以下电路中
	DZ10 系列	在低压交直流线路中,作不频繁接通和分断电路用;该开关具有过载和短路保护装置,用以保护电气设备、电机和电缆不因过载或短路而损坏	
	DZ6、DZ12、DZ13 型	主要用于照明线路中,作线路过载和短路保护,以及作线路不频繁分断和接通之用	
	DZ15 系列	作为配电、电动机、照明线路的过载和短路保护及晶闸管交流侧的短路保护用,亦可作为线路不频繁转换及电动机不频繁启动用	
	SO60 系列	该系列开关为引进技术的小型开关,适用于交流 50Hz、60Hz,电压 415V 及以下的线路中,作照明线路、电动机的过载和短路保护用	
限流式	DWX15 系列框架式	具有快速断开和限制短路电流上升的特点,适用于可能发生特大短路的低压网络中,作配电和保护电动机之用;在正常条件下亦可作线路的不频繁转换和电动机的不频繁启动用	
	DZX10 系列塑料外壳式	在集中配电、变压器并联运行或采用环形供电时,要求高分断能力的分支线路中,作为线路和电源设备的过载、短路和欠电压保护;在正常条件下,亦可作线路的不频繁转换之用	
直流快速	DS7~DS9 系列	单向动作	用于大容量直流机组、硅整流供电装置和晶闸管整流装置等直流供电线路中,作过载、短路和逆流保护
	DS10 系列	双向均可动作	
	DS11、DS12 系列	双向动作	
漏电保护	DZ15L 型	适用于电源中性点接地的电路,作漏电保护,亦可作线路和电动机的过载及短路保护,还可作线路的不频繁转换和电动机的不频繁启动用	
	DZ5-20L 型	与 DZ15L 相同,但容量比 DZ15L 小一级,额定电流仅 20A,且无 4 极触头	

断路器的型号及含义：



2.3.2 断路器的技术数据

断路器的技术数据见表 5.2.27 至表 5.2.40。

表 5.2.27 DW15 系列及 DW15C 系列万能式断路器的技术数据

型号	额定电压 U_N (V)	壳架 电流 I_m (A)	极 数	脱扣器额定电流 I_N (A)		380V 极 限通断能 力(kA)	机械 寿命 (次)	电寿命 (次)	瞬时分断 时间(ms)
				热-磁型	电子型				
DW15-200	1140	200	3	100,160,200, 315,400 315,400,630	100,200	20	20000	2000	30
DW15-400	380、	400			200,400	25	10000	1000	
DW15-630	660	630			315,400,630	30	10000	1000	
DW15-1000	380	1000		630,800,1000 630,800,1000,1600 1600,2000,2500 2500,3000,4000	630,800,1000	40	5000	500	40
DW15-1600		1600			630,800,1000,1600	40			
DW15-2500		2500			1600,2000,2500	60	4000		
DW15-4000		4000			2500,3000,4000	80			
DW15C-200	380、 660、 1140 380	200	3	100,160,200 315,400 315,400,630 630,800,1000 800,1000,1600 1600,2000,2500 2500,3000,4000	100,200	20	20000	2000	30
DW15C-400		400			200,400	25	10000	1000	
DW15C-630		630			315,400,630	30	10000	1000	
DW15C-1000		1000			630,800,1000	40	5000	500	
DW15C-1600		1600			800,1000,1600	40			
DW15C-2500		2500			1600,2000,2500	60			
DW15C-4000		4000			2500,3000,4000	80			

表 5.2.28 DWX15 系列及 DWX15C 系列断路器的技术数据

型号	额定电压 U_N (V)	额定电流 I_N (A)	额定通断能力(kA) ($\cos\varphi=0.25$)	限流系数	机械寿命 (次)	电寿命(次)		脱扣器 型式	外形尺寸(mm) 宽×高×深	质量(kg)
						电动 机用	配电用			
DWX15-200 -400 -630	380	200	50	<0.6	20	10	5	热式	240×418×330	手动:23 电动:26.5
		400	50		10	5	2.5			
		630	70		10	5	2.5			
DWX15C-200 -400 -630	660	200	50	<0.6	20	10	5		329.2×483×538	
		400			10	5	2.5			
		630			10	5	2.5			

表 5.2.29 DW16 系列万能式断路器的技术数据

型号	壳架 等级 额定电流 I_m (A)	额定电流 I_N (A)	额定短路通断能力(kA)		额定接地通断能力(kA) $\cos\varphi=0.5$	电弧 距离 (mm)	长延时电流 整定调节范 围(A)	瞬时过电流脱扣器 电流整定值(A)		额定接地 动作电流			
			AC380V $\cos\varphi=0.25$	AC380V $\cos\varphi=0.5$				AC380V $\cos\varphi=0.5$	电子 式	电磁 式	电子 式	电磁 式	
													AC380V $\cos\varphi=0.25$
DW16-400	400	100					$(0.64\sim 1)I_N$	$(3\sim 6)I_N$	$(5\sim 10)I_N$	$0.3I_N$	$0.5I_N$		
		160					64~100	300~600	500~1000				
		200					102~160	480~960	800~1600	48	80	24	40
		250	30 (25)	2.1×30	4.8	250	128~200	600~1200	1000~2000	60	100	30	50
		315					160~250	750~1500	1250~2500	75	125	38	63
		400					202~315	945~1890	1575~3150	95	158	48	79
DW16-630	630	315					256~400	1200~2400	2000~4000	120	200	60	100
		400	30 (25)	2.1×30	7.5	250	202~315	945~1890	1575~3150	95	158	48	79
		630					256~400	1200~2400	2000~4000	120	200	60	100
							403~630	1890~3780	3150~6300	189	315	90	158

注:括号内为某电器厂数据。

表 5.2.30 DW17(ME)系列万能式断路器的技术数据

型 号	额定电压 U_N (V)	额定电流 I_N (A)	分断能力 I_{cu} (kA)		接通能力 (kA) (AC660V 峰值)	I_s 短时 耐受电流 (kA)	分断时间 (ms)	机械寿命 (次)	电寿命 (次)
			AC	DC					
			660V	440V					
DW17-630	AC380 660 DC440	630	50	30	105	30	30	20000	1000
DW17-800		800							
DW17-1000		1000							
DW17-1250		1250	80	40	180	50	30	10000	500
DW17-1600		1600							
DW17-1605		1900							
DW17-2000		2000	80	40	180	80	40	30000	1500
DW17-2500		2500							
DW17-2505		2900							
DW17-3200		3200				100			
DW17-3205		3900							
DW17-4000		4000							
DW17-4005		5000							

表 5.2.31 DW18 系列万能式断路器的技术数据

型 号	额定电压 U_N (V)	壳架电 流 I_{nm} (A)	脱扣器额定 电流 I_N (A)	分断能 力(kA) (有效 值)	接通能 力(kA) (峰值)	I_s 耐 受电 流(A)	最大全 分断时 间(s)	合闸 时间 (s)	机械 寿命 (次)	电寿 命 (次)
DW18-1000	660 380	1000	1000-800-600	30	63	42	0.04	0.05	15000	3500
DW18-1600			500-400-300							
			200-160-120							
DW18-2500		2500	1600-1280-900	42	88.2	50	0.04	0.05	15000	3500
			1000-800-600							
DW18-3200		3200	500-400-300	50	105	65	0.04	0.05	15000	3500
			2500-2000-1500							
			3200-2560-1920							
				2000-1600-1200						
				1000-800-600						

表 5.2.32 DZ5 系列塑壳式断路器的技术数据

型号	额定电压 U_N (V)	壳架电流 I_{nm} (A)	脱扣器 型式	脱扣器额定电流 I_N (A)	辅助触头	额定通断能力 I_{cu} (A)
DZ5-20	AC380	20	复式	0.15、0.2、0.3、0.45、0.65	1NC+1NO	1500
			电磁式	1、1.5、2、3、4、5、6.5		
			热式	10、15、20		
DZ5-50		50	液压式	10、15、20、25、30、40、50	1NO、1NC 2NO、2NC	2500

表 5.2.33 DZ12 系列塑壳断路器的技术数据

型号	额定电压 U_N (V)	壳架 电流 I_{nm} (A)	脱扣器额定电流 I_N (A)	极数	分断 能力 I_{cu} (kA)	漏电动 作电流 (mA)	漏电 不动作 电流 (mA)	电寿命(次)		
								有载	无载	总数
DZ12-60	AC120	60	6、10、15、20、 30、40、50、60	1	5					
	AC120/240				3					
	AC240/415		15、20、30、40、 50、60	2	5					
	AC120/240				2.5					
	AC240		15、20、30、40、 50、60	2	3					
	AC240/415				2.5					
	AC240		15、20、30、40、 50、60	3	3					
	AC415				3					
DZ12L-60	AC240		15、20、30、40、 50、60	2	4.5	$I_{\Delta n}=0.03$	$0.5I_{\Delta n}$			

表 5.2.34 DZ15 系列塑壳断路器的技术数据

型号	额定电压 U_N (V)	壳架电流 I_{am} (A)	脱扣器 额定电流 I_N (A)	短路通 断能力 (kA)	机械 寿命 (次)	漏电动 作电流 (mA)	漏电不 动作电 流(mA)	漏电 脱扣 时间 (s)	外形尺寸 宽×高×深 (mm)	质量 (kg)
DZ15-40/1 DZ15-40/2 DZ15-40/3 DZ15-40/4	220/ 380	40	6、10、16、 20、25、 32、40	3	15000				27×134×88 53×134×88 78×134×88 103×134×88	
DZ15-63/1 DZ15-63/2 DZ15-63/3 DZ15-63/4	220/ 380	63	10、16、20、 25、32、40、 50、63	5					30×147×95 66×147×95 96×147×95 126×147×95	
DZ15-100/3 DZ15-100/4		100	80、100	6						
DZ15L-40/3 DZ15L-40/4	220/ 380	40	6、10、16、 20、25、32、 40	3	10000	30、50、 75、100	15、25、 40 25、40、 50	≤0.1	78×194×88 103×194×88	1.2
DZ15L-63/3 DZ15L-63/4	380	63	10、16、20、 25、32、40、 50、63	5		30、50、 75、100	15、25、 40、50	≤0.1	96×227×95 126×227×95	1.4
DZ15L-100/3 DZ15L-100/4		100	63、100	5		50、75、 100	25、40、 50	<0.1	96×227×95 126×227×95	
DZ15LE-63/3 DZ15LE-63/4 DZ15LE-100/3 DZ15LE-100/4	380	63 100	6、10、16、 25、32、40、 50、63 80、100	6 6	8000					

表 5.2.35 DZ20 系列塑壳断路器的技术数据

型 号	壳架等 级额定 电流 I_{nm} (A)	额定工作电压 U_N (V)	断路器额定电流 I_N (A)	额定极限 短路分断 能力(有效 值)(kA)		极数	漏电 动作 电流 (A)	漏电 不动 作电 流 (A)
				380V	660V			
DZ20C-160	160	AC400 (380)	16、20、32、40、50、63、80、 100、125、160	12		3		
DZ20C-250	250		100、125、160、180、200、250	15				
DZ20C-400	400		100、125、160、180、200、 250、315、350、400	20	20			
DZ20C-630	630		400、500、630	20				
DZ20Y-100	100	AC380、DC220 AC660	16、20、32、40、50、63、80、100	18		2、3		
DZ20Y-200	200	AC380、660 DC220	125、160、180、200、225	25	12			
DZ20Y-400	400		200、250、315、350、400	30	15			
DZ20Y-630	630		400、500、630	30	20			
DZ20Y-800	800		630、700、800	30	20			
DZ20Y-1250	1250	AC380、DC220	630、700、800、1000、1250	30	50			
DZ20J-100	100	AC400(380) DC220	16、20、30、40、50、63、80、100	35		2、3、 4		
DZ20J-200	200	AC380、DC220	63、80、100、125、160、180、200、225	42		2、3		
DZ20J-400	400		250、315、350、400	42		2、3、 4		
DZ20J-630	630		250、315、350、400、500、630	42		2、3		
DZ20J-1250	1250		630、700、800、1000、1250	65		2、3		
DZ20G-100	100	AC380 DC220	16、20、32、40、50、63、80、100	100		2、3		
DZ20G-200	200	100、125、160、180、200、225						
DZ20G-400	400	250、315、350、400						
DZ20L-400	400	AC380	200、250、315、350、400	30		3、4	0.1、 0.2	0.05、 0.1

续表

型 号	壳架等级额定 电流 I_{nm} (A)	额定工作电压 U_N (V)	断路器额定电流 I_N (A)	额定极限 短路分断 能力(有效 值)(kA)		极数	漏电动 作电 流 (A)	漏电 不动 作电 流 (A)
				380V	660V			
DZ20C-160W DZ20Y-100W DZ20J-100W DZ20C-250W DZ20Y-200W DZ20J-200W DZ20G-100W DZ20G-200W DZ20C-400W DZ20Y-400W DZ20J-400W DZ20G-400W DZ20C-630W DZ20Y-630W DZ20J-630W								
基本参数同上,加一吸弧块,飞弧距离为零								
DZ20CL-160 DZ20YL-100 DZ20CL-250 DZ20YL-200								
基本参数同上,派生漏电,漏电动作电流 50~500mA 分级可调								
DZ20Y-630E								
基本参数同上,带电子脱扣器								

表 5.2.36 DZ23 系列塑壳断路器的技术数据

型 号	额定电压 U_N (V)	壳架等级额定 电流 I_{nm} (A)	额定电流 I_N (A)			额定 分断 能力 I_{cu} (kA)	电寿命 (次)	外形及安装尺寸 (mm)	质量 (kg)
			B 型	C 型	D 型				
DZ23-40/1 DZ23-40/2	220/380	40	6、10、 16、20、 25、32	0.5、1、 2、3、4、 6、10、 16、20、 25、32、 40	按用 户要 求	6	$I_N \leq 25A$ 为 20000; $I_N > 25A$ 为 4000	嵌入宽度: 18×极数 总高度:68.5 盖:45 适用安装轨: TH35-7-5 或 TH35-15	约 0.12× 极数
DZ23-40/3 DZ23-40/4	380								

表 5.2.37 DZ45 系列塑壳断路器的技术数据

型 号	壳架等级额定 电流 I_{nm} (A)	极限通断 能力 I_{cu} (kA)	型 号	壳架等级额定 电流 I_{nm} (A)	极限通断 能力 I_{cu} (kA)
DZ45-100L	100		DZ45-225M	225	50
DZ45-225L	225	35	DZ45-400M	400	65
DZ45-100M	100		DZ45-630M	630	

表 5.2.38 DZ108 系列塑壳断路器的技术数据

型号	额定绝缘电压 U_N (V)	极数	额定电流 I_N (A)	额定短路分断能力		寿命(次)(120次/h)		最大外形尺寸 (mm) $A \times B \times C$	
				I_{cu} (kA)		电机保护及起动机型			
				380V	660V	配电保护型	电寿命		机械寿命
DZ108-20	660	3	0.16、0.25、0.4、0.63、 1.1、1.6、2.5、3.2、4.5、 6.3、8、10、12.5、16、20	1.5	1.0	4000	3 × 10 ⁴	5000	54 × 82 × 87.5
DZ108-32	750	3	1.6、2.5、4、6、3、10、 12.5、16、20、25、32	10	3	4000	10 × 10 ⁴	5000	54 × 110 × 105
DZ108-63	750	3	10、16、25、32、40、50、63	7.5			3 × 10 ⁴	1500	70 × 160 × 115.5

表 5.2.39 DZL25 系列塑壳漏电断路器的技术数据

型号	额定电压 U_N (V)	额定电流 I_N (A)	短路通断能力 I_{cu} (kA)	额定漏电动作 电流 ^① (mA)	额定漏电动作 电流 ^① (mA)	额定漏电动作 电流 ^① (mA)	漏电动断 能力(kA)	电气机 械寿命 (次)	
									100/200/500两档
DZL25-32	380	6、10、16、20、25、32	8	15、30、50	8、15、25	1	1	8000	
DZL25-63		25、32、40、50、63	5	30、50、100	15、25、50	1.5			
DZL25-100		50、63、80、100	6	50/100/200	25/50/100	2			
DZL25-200	380	80、100、125、160、180、200	10	50/100/200	25/50/100	3	100/200/500两档	50/100/200两档	50、100

注：①有斜杠(/)处为分级可调，否则不可调。

表 5.2.40 CMI 系列塑壳断路器的技术数据

型号	壳架 电流 $I_{\text{sm}}(\text{A})$	额定 电流 $I_{\text{N}}(\text{A})$	极数	额定绝 缘电压 $U_i(\text{V})$	额定工 作电压 $U_{\text{N}}(\text{V})$	飞弧 距离 $l(\text{mm})$	分断能力(kA)			操作性能		外形尺寸(mm)				
							交流 400V I_{cu}	交流 690V I_{cs}	I_{cs}	通 电 次 数	不 通 电 次 数	宽	长	高		
CMI-63L	63	(6)、10、16、 20、25、32、 40、50、63	3	交流 500	交流 400	0	25	18	—	—	—	—	78	135	73.5	
																50
CMI-63M			3/4				50	35	—	—	—	—	—	—	—	
CMI-100			2 ^①		交流	≤ 50	50	35	—	—	6000	8500	65	150	86	
CMI-100C		(10)、16、	3	—	400	—	25	18	—	—	—	—	92	150	68	
CMI-100L	100	20、25、32、 40、50、63、 80、100														35
CMI-100M			3/4		—	0(≤ 50)	50	35	20/—	10/—	—	—	92	122	150	86
CMI-100H			3		交流	—	85	50	—	—	—	—	92	150	86	
CMI-160C			3	—	400, 交流	—	25	18	—	—	—	—	107	165	86	
CMI-160L	160	160、125 140、160														35
CMI-160M			3/4		690	—	50	35	20/—	10/—	—	—	107/142	165	103	
CMI-160H			3		—	—	85	50	—	—	—	—	107	165	103	

续表

型号	壳架 电流 $I_{mm}(A)$	额定 电流 $I_N(A)$	极数	额定绝 缘电压 $U_i(V)$	额定工 作电压 $U_N(V)$	飞弧 距离 $l(mm)$	分断能力(kA)				操作性能		外形尺寸(mm)					
							交流 400V I_{cu}	I_{cs}	交流 690V I_{cu}	I_{cs}	通电 次数	不通 电次数	宽	长	高			
CM1-160		100、125、	2 ^①	交流 800	交流 400	≤ 50	50	35	—	—	3000	7000	75	165	103			
225		140、160、	3				25	18	—	—	—	—	—	—	107	165	86	
CM1-225C	225	180、200、					50	35	20/—	10/—	—	—	—	—	—	107/142	165	103
CM1-225L		225					85	50	—	—	—	—	—	—	—	107	165	103
CM1-225M							3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
CM1-225H			3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
CM1-400C		225、250、	3	交流 800	交流 400、 690	≤ 100	35	25	—	—	—	—	150	257	105			
CM1-400L	400	315、350、	3/4				50	35	—	—	2000	4000	—	—	150/198	—	—	
CM1-400M		400	3				65	42	20	10	—	—	—	—	150	257	106.5	
CM1-400H			3				100	65	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
CM1-630C		400、500、	3				35	25	—	—	—	—	—	—	182	—	—	
CM1-630L	630	630	3/4				50	35	—	—	1500	4000	—	—	182/240	270	110	
CM1-630M			3	65	42	20	10	—	—	—	—	182	—	—				
CM1-630H			3	100	65	—	—	—	—	—	—	210	275	107				
CM1-800M	800	630、700、	3	—	—	—	75	50	30	15	1000	2500	210	275	107			
CM1-800H		800					100	65	—	—	—	—	—	—	—	210	275	107

注：①2极为220V。

2.3.3 断路器的选用

断路器的选用要注意以下几点:

- (1) 断路器的额定电压 \geq 线路额定电压。
- (2) 断路器的额定电流与过电流脱扣器的额定电流 \geq 线路计算负载电流。
- (3) 断路器的额定短路通断能力 \geq 线路中最大短路电流,注意进出线端的短路通断能力是否相等。
- (4) 断路器欠电压脱扣器额定电压=线路额定电压。
- (5) 选择配电断路器需考虑短延时短路通断能力和延时梯级的配合。
- (6) 选择电动机保护用断路器需考虑电动机的启动电流并使其在启动时间内不动作。笼型感应电动机的启动电流按8~15倍额定电流计算。
- (7) 直流快速断路器需考虑过电流脱扣器的动作方向(极性)、短路电流上升率 di/dt 。
- (8) 漏电保护断路器需选择合理的漏电动作电流和漏电不动作电流。注意能否断开短路电流,如不能断开短路电流则需和适当的熔断器配合使用。
- (9) 灭磁断路器选用时需考虑发电机的强励电压、励磁线圈的时间常数、放电电阻及断开强励电流的能力。

2.4 接触器

接触器主要用作远距离及频繁地接通和分断正常工作的主电路,交、直流电动机或大容量的控制回路。

2.4.1 接触器的类型及使用场合

接触器的类型及使用场合见表5.2.41。

表 5.2.41 接触器的类型及使用场合

类别	产品系列	使用场合
交流接触器	传统产品 CJ8 系列 CJ10 系列 CJ12 系列 CJ15 系列	CJ8、CJ10 系列适用于三相感应电动机的远距离启动、停止、换向、变速、星—三角启动等情况,并作频繁操作 CJ12 系列主要用于轧钢、纺织、起重机等电气设备方面,供远距离接通与分断电路之用,并适用于频繁启动及控制交流电动机 CJ15 系列主要用于工频无芯感应炉控制设备,作为远距离接通和分断电力线路用
	换代产品 CJ20 系列	主要供远距离接通与分断线路及频繁地启动和控制电动机,并适用于和热继电器或电子式保护装置组成电磁启动器

续表

类别	产品系列	使用场合
直流接触器	传统在用产品	CZ0 系列主要用于额定电压 440V、额定电流至 600A 的直流电力线路,控制直流电动机的换向或反接制动,如用于冶金、机床等电气控制设备中
	CZ0 系列	CZ3 系列适用于直流 220V 及以下转换控制电路(如电器的电压线圈、伺服电动机等)、纯电阻负载电路(如照明、电阻、电炉等)、信号电路及励磁电路
	CZ3 系列	CZ16 系列主要供远距离接通与分断额定电压至 600V、额定电流 1000A、1500A 的直流电力线路用
	CZ16 系列	CZ17 系列用于直流电压 24~48V、额定电流 150A 的直流电路中,作蓄电池搬运车及铲车等直流电动机的启动、调速和换向之用
	CZ17 系列	
低压真空接触器	传统在用产品 CKJ 系列 换代产品 CKJ5 系列	适用于交流 50Hz、电压至 1140V 的电力线路中,供远距离频繁地接通和分断电路用,并适宜于与其他保护装置组成磁力启动器,用于频繁地启动和停止电动机

2.4.2 接触器的技术数据

- (1) 交流接触器的技术数据见表 5.2.42 至表 5.2.48。
 (2) 真空接触器的技术数据见表 5.2.49 至表 5.2.53。
 (3) 直流接触器的技术数据见表 5.2.54 至表 5.2.60。

表 5.2.42 CJ12 系列交流接触器的技术数据

型号	额定电压 U_N (V)	额定电流 I_N (A)	极数	控制电机最大功率 (kW)	接通与分断电流 $\cos\varphi=0.35$		操作频率(次/h)		电寿命 AC-2 类 (万次)	机械寿命 (万次)	10s 热稳定 电源	动稳定 电流值	辅助触头 额定电流 (A)	质量 (kg)
					接通 100 次	分断 20 次	额定容量时	短时降容时						
CJ12-100	380	100	2,3 4,5	50	$12I_N$	$10I_N$	600	2000	15	300	不小于 $7I_N$	不小于 $20I_N$	10	8
CJ12-150		150	75	12.5										
CJ12-250		250	125	17.5										
CJ12-400		400	200	$10I_N$	$8I_N$	300	1200	10	200	29				
CJ12-600		600	300	$10I_N$	$10I_N$	600	2000	15	300	50				
CJ12-100Z		100	50	12.5										
CJ12-150Z		150	75	17.5										
CJ12-250Z		250	125	10	$8I_N$	300	1200	10	200	29				
CJ12-400Z		400	200	10	$8I_N$					50				
CJ12-600Z		600	300	10	$8I_N$					50				

注: CJ12F 系派生纵缝灭弧结构, CJ12JA 系派生节电型, CJ12M 系派生灭磁性, CJ12S 系派生带电磁锁扣型, 以上基本参数同 CJ12 基本型。

表 5.2.43 CJ15 系列交流接触器的技术数据

型 号	额定电压 U_N (V)	额定电流 I_N (A)	辅助触头 额定电流 (A)	机械寿命 (万次)	操作频率 (次/h)	吸引线圈额定电压 (V)
CJ15-1000	500、1000	1000		30	60	交流 220 或交流 380(50Hz)
CJ15-2000	500、1000	2000	10	30	60	
CJ15-4000	1000	4000		30	50	

表 5.2.44 CJ16 系列交流接触器的技术数据

型 号	额定 绝缘 电压 U_i (V)	额定 工作 电压 U_N (V)	额定 发热 电流 I_{th} (A)	AC-6b 下的额 定工作 电流 I_N (A)	长期工 作制下 的额定 工作电 流 I_N (A)	额定控 制容量 (kvar)	控制线圈 功率(W)		机械 寿命 (万次)	电寿命 (万次)	质量 (kg)	限制 合闸 涌流 能力	
							吸合	启动					
CJ16-25			25	17	25	12	12	80	100	10	0.59	$I \leq 20I_N$	
CJ16-32			32	23	32	16	12	80		(操作			0.59
CJ16-40	500	380	40	29	40	20	12	80		频率			0.59
CJ16-63			63	43	63	30	22	145		90次/h)			1.20

表 5.2.45 CJ20 系列交流接触器的技术数据

型 号	额定绝 缘电压 U_i (V)	额定工 作电压 U_N (V)	约定发 热电流 I_{th} (A)	断续周期工作制下的 额定工作电流 I_N (A)				AC-3 额定控 制功率 (KW)	不间断工 作制下的 额定工作 电流(A)	660V AC-3 操作频 率(次/h)
				AC-1	AC-2	AC-3	AC-4			
CJ20-10	660	220	10	10		10	10	2.2	10	600
		380				10	10	4		
		660				5.2	5.2	4		
CJ20-16	660	220	16	16		16	16	4.5	16	
		380				16	16	7.5		
		660				13	13	11		
CJ20-25	660	220	32	32		25	25	5.5	32	
		380				25	25	11		
		660				14.5	14.5	13		
CJ20-40	660	220	55	55		40	40	11	55	
		380				40	40	22		
		660				25	25	22		
CJ20-63	660	220	80	80	63	63	63	18	80	
		380			63	63	63	30		
		660			40	40	40	35		
CJ20-100	660	220	125	125	100	100	100	28	125	
		380			100	100	100	50		
		660			63	63	63	50		
CJ20-160	660	220	200	200	160	160	160	48	200	
		380			160	160	160	85		
		660			160	100	100	85		
CJ20-160/11	1140	1140	200	200	80	80	80	85	200	
CJ20-250	660	220	315	315	250	250	250	80	315	
		380			250	250	250	132		
CJ20-250/06	660	660	315	315	200	200	200	190		
CJ20-400 CJ20-400/06	660	220	400	400	400	400	400	115	400	300
		380			400	400	400	200		
		660			250	250	250	200		
CJ20-630 CJ20-630/06	660	220	630	630	630	630	630	175	630	
		380			630	630	630	300		
		660			400	400	400	350		
CJ20-630/11	1140	1140	630	630	400	400	400	400	630	120

表 5.2.46 CJ32 系列交流接触器的技术数据

型 号	额定 绝缘 电压 U_i (V)	额定 工作 电压 U_N (V)	额定 工作 电流 I_N (A)	约定 发热 电流 I_{th} (A)	控制电动机 最大功率(kW) (AC-3)			吸引线圈电压 (V)	消耗 功率 (W)	电寿命(万次) (AC-3) $600h^{-1}$		机械 寿命 (万次)	质量 (kg)
					220V	380V	660V			I 类	II 类		
					2.2	4	4						
CJ32-10	660	220	10	10	2.2	4	4	24、36、	2.2	100	20	1000	0.26
CJ32-25			25	32	5.5	11	13	110、127、	2.8				0.44
CJ32-45			45	55	13	22	22	220、380	4.5				1.16

表 5.2.47 LC1-D(CJX4) 系列交流接触器的技术数据

型 号	额定工 作电 流 I_N (A)		可控三相电机功率(kW)						约定 发热 电 流 (A)	可接 通最 大电 流 (A)	可断开最大电流 (A)			电寿命 (万次)		机械 寿命 ($\times 10^6$ 次)
	AC3	AC4	220V	380V	415V	440V	660V	440V			500V	660V	AC3	AC4		
LC1-D09	9	4	2.2	4	4	4	5.5	25	250	250	175	85	200	20	20	
LC1-D12	12	5	3	5.5	5.5	5.5	7.5	25	250	250	175	85	200	20~15	20	
LC1-D16	16	7	4	7.5	9	9	7.5	32	300	300	250	120	200	20~7	20	
LC1-D18	18	7	4	7.5	9	9	7.5	32	300	300	250	120	200	20~7	20	
LC1-D25	25	10	5.5	11	11	11	15	40	450	450	400	180	200	15~7	20	
LC1-D32	32	13	7.5	15	15	15	18.5	50	550	550	480	200	200	15~7	20	
LC1-D40	40	16	11	18.5	22	22	30	60	800	800	800	400	200	10~7	20	
LC1-D50	50	20	15	22	25	30	33	80	900	900	900	500	200	7	20	
LC1-D63	63	25	18.5	30	37	37	37	80	1000	1000	1000	630	160	7~6	20	
LC1-D80	80	32	22	37	45	45	45	125	1100	1100	1100	640	160	7~5	10	
LC1-D95	95	45	25	45	45	45	45	125	1200	1200	1200	700	160	7~5	10	

注: LC1-D 系列系引进法国 TE 公司的产品, 国内对应型号为 CJX4-09~95。

表 5.2.48 CJ40 系列交流接触器的技术数据

型 号	框架 代号	额定 绝缘 电压 U_i (V)	额定 工作 电压 U_N (V)	约定 发热 电流 I_{th} (A)	断续周期工作制下额定电流 I_N (A)				AC-3 类 负荷下控 制的功率 (kW)	不间断工 作制下的 额定电流 I_N (A)
					AC-1 类负荷	AC-2 及 AC-3 类负荷	AC-4 类负荷			
CJ40-63	125	690	220	80	80	80	63	63	18.5	80
			380				63	63	30	
			660				63	63	55	
220			80				80	22		
380			80				80	37		
660			63				63	55		
CJ40-80		125	690	220	125	125	100	100	30	125
				380			100	100	45	
				660			80	80	75	
220				125			125	37		
380				125			110	55		
660				80			80	75		
CJ40-100	250	690	220	250	250	160	160	45	250	
			380			160	160	75		
			660			125	125	110		
220			200			200	55			
380			200			200	90			
660			125			125	110			
CJ40-125		250	690	220	250	250	200	200	75	250
				380			250	250	75	
				660			250	250	132	
220				125			125	110		
380				125			125	110		
660				125			125	110		
CJ40-160	500	690	220	500	500	315	315	90	500	
			380			315	250	160		
			660			315	250	300		
220			400			400	110			
380			400			315	220			
660			315			315	300			
CJ40-200		500	690	220	500	500	500	500	150	500
				380			500	400	280	
				660			315	315	300	
220				500			500	150		
380				500			400	280		
660				315			315	300		
CJ40-250	500	690	220	500	500	315	315	90	500	
			380			315	250	160		
			660			315	250	300		
220			400			400	110			
380			400			315	220			
660			315			315	300			
CJ40-315		500	690	220	500	500	500	500	150	500
				380			500	400	280	
				660			315	315	300	
220				500			500	150		
380				500			400	280		
660				315			315	300		
CJ40-400	500	690	220	500	500	315	315	90	500	
			380			315	250	160		
			660			315	250	300		
220			400			400	110			
380			400			315	220			
660			315			315	300			
CJ40-500		500	690	220	500	500	500	500	150	500
				380			500	400	280	
				660			315	315	300	
220				500			500	150		
380				500			400	280		
660				315			315	300		

续表

型号	框架代号	额定绝缘电压 U_i (V)	额定工作电压 U_N (V)	约定发热电流 I_{th} (A)	断续周期工作制下额定电流 I_N (A)			AC-3类 负荷下控 制的功率 (kW)	不间断 工作制下 的额定电 流 I_N (A)			
					AC-1 类负荷	AC-2及AC-3 类负荷	AC-4 类负荷					
CJ40-630	800	690	220	800	630	630	630	200	630			
			380			630	500	335				
			660			500	500	475				
CJ40-800			800		690	220	800	800	800	800	250	800
						380			800	630	450	
						660			500	500	475	
CJ40-125/11	125	1140		1140		125		125	40	40	55	125
CJ40-250/11	250			1140		250		250	80	80	110	250
CJ40-500/11	500			1140		500		500	160	160	220	500
CJ40-1000/11	1000		1140	1000	1000	400	—	600	1000			

表 5.2.49 CKG1 系列真空接触器的技术数据

型号	额定绝缘电压 U_i (V)	额定电流 I_N (A)	额定工作电 压 U_N (V)	极限分断 能力(A)	操作频率 (次/h)	电寿命 (万次)	机械寿命 (万次)
CKG1-250/6	7200	250	6000	4000	23	AC-3;50	100
CKG1-400/6		400				AC-4;3	
						AC-3;3	
						AC-4;1	

表 5.2.50 CKG2 系列真空接触器的技术数据

型号	额定 电压 U_N (kV)	额定 电流 I_N (A)	额定通断 能力(A)		极限分 断能力 (A)	额定操 作频率 (次/h)	机械 寿命 (万次)	电寿命 (万次)		工频 耐压 (kV)	冲击 耐压 (kV)
			接通	分断				AC-3	AC-4		
CKG2-400	6	400	$10I_e$ (100 次)	$8I_e$ (25 次)	4500 (3次)	600	100	25	1	25	45

表 5.2.51 CKG3 系列真空接触器的技术数据

型 号	额定电压			额定 电 流 I_N (A)	主触头参数			极限分断能 力(A)	机械 寿命 (万次)	电寿命 (万次)
	主电路 U_N (kV)	控制 电路 U_N (V)	辅助 回路 U_N (V)		终压力 F (N)	开路 L_a (mm)	超程 L_b (mm)			
CKG3-160/6	6	交流 220	交流 220、380	160	>85	3 ± 0.3	32 ± 0.2	4000 ($\cos\phi =$ 0.6 ± 0.05)	100	30
CKG3-250/6		直流 220	直流 220	250						

表 5.2.52 CKJ5 系列真空接触器的技术数据

型 号	额定 电压 U_N (V)	额定 电 流 I_N (A)	控制电动 机容量 (kW)	额定操作频 率(次/h)		电寿命 (万次)		机械 寿命 (万次)	外形尺寸 (mm) 宽×高×深
				AC-3	AC-4	AC-3	AC-4		
CKJ5-250	1140	250	375	600	120	60	6	300	182×204×178
CKJ5-400		400	600				2		216×216×188
CKJ5-600		600	1000				0.5	30	346×263×218

表 5.2.53 CKJ7~8 系列真空接触器的技术数据

型 号	额定电压 U_N (V)	额定电流 I_N (A)	额定通断能 力(A)		极限分断 能力 (A)	额定操 作频率 (次/h)	机械 寿命 (万次)	电寿命(万次)	
			接通	分断				AC-3	AC-4
CKJ7-125	660	125	$10I_N$	$8I_N$	2500(3次)	600	300	60	6
CKJ7-160		160	(100 次)	(25 次)	4500(3次)				
CKJ7-250		250			4500(3次)				
CKJ8-125	1140	125	$10I_N$	$8I_N$	3000(3次)	600	300	60	6
CKJ8-315		315	(100 次)	(25 次)	5000(3次)				2.5
CKJ8-400		400			6000(3次)				2

表 5.2.54 CZO 系列直流接触器的技术数据

型 号	额定电压 U_N (V)	额定电流 I_N (A)	额定操作频率 (次/h)	主触头型式及数目		辅助触头型式及数目		机械寿命 (万次)	电寿命 (万次)		
				常开	常闭	常开	常闭				
CZO-40/02	440 ^②	40 ^①	600	0	2	2	2	300	30		
CZO-40/20			1200	2	0			500	50		
CZO-100/01		100	600	0	1	2	1	300	30		
CZO-100/10			1200	1	0	2	2	500	50		
CZO-100/20			1200	2	0	2	2	500	50		
CZO-150/01		150	600	0	1	2	1	300	30		
CZO-150/10			1200	1	0	2	2	500	50		
CZO-150/20			1200	2	0	2	2	500	50		
CZO-250/01		440 ^②	250	0	1	5 ^③	300	30			
CZO-250/10				1	0						
CZO-250/20				2	0						
CZO-400/01				0	1						
CZO-400/10				400	600					1	0
CZO-400/20				2	0						
CZO-600/10		600	1	0							
CZO-40C											
CZO-40D											
CZO-100C											

注:①额定电流为40A的接触器用于控制小电流回路,为了保证可靠灭弧,其灭弧线圈分为1.5A、2.5A、5A、10A、20A、40A六种,按工作电流选择。

②额定电流为100A(双极)、150A、250A、400A、600A 带常开主触头的可提高至660V使用,但寿命要相应降低。

③其中一对为固定常开,另外四对常开常闭可任意组合,如要求将常开改为常闭时,只需将左、右静触头对调再将动触桥移上一格并翻转180°即可,反之亦然。

表 5.2.55 CZ2 系列直流接触器的技术数据

型 号	额定电压 U_N (V)	额定电流 I_N (A)	额定控制电压 U (V)	最大操作频率 (次/h)	接通时间 (s)	分断时间 (s)	外形尺寸(mm) 宽×高×深
CZ2-2500 CZ2-2500A	DC600	2500	220、110	240	0.5 0.26	0.15 0.12	500×950×492

表 5.2.56 CZ10 直流接触器的技术数据

型 号	额定电流 $I_N(A)$	额定电压 $U_N(V)$	机械寿命 (万次)	电寿命 (万次)	主回路通断能力(次)				
					$U=1.05U_N$ $I=2.5I_N$ $T \leq 5ms$	$U=1.05U_N$ $I=5I_N$ 电阻负载			
CZ10-4000	4000	1000	20	4	50	5			
型 号	辅助触头通断能力						辅助触头 组成	过载脱扣器整 定电流(A)	
	额定 电流 (A)	电 流 种类	额定 电压 (V)	接通 电流 (A)	分断电流(A)				通断 次数
电阻 负载					电感负载				
CZ10-4000	20	AC	380	100	10	10 ($\cos\phi=0.3\sim$ 0.4)	20	三常开三 常闭,另有一 对常开 触头供过 载保护时 自用	4000~10000 (用户无特殊 要求时,按 4000A、7000A、 10000A 三点整 定)
		DC	110	15	5	2.5 ($T=50\sim 100ms$)			
			220	8	2	1 ($T=50\sim 100ms$)			

表 5.2.57 CZ16 系列直流接触器的技术数据

型 号	额定电压 $U_N(V)$	额定电流 $I_N(A)$	吸引线圈 额定电压 (V)	消耗功率 (W)		固有动作时间 (s)		机械 寿命 (万次)
				启动瞬间	吸合以后	吸合	释放	
CZ16-1000/10	660	1000	110、220	495	38	0.22	0.06	50
CZ16-1500/10		1500		745	80	0.15	0.04	

表 5.2.58 CZ17 系列直流接触器的技术数据

型 号	额定电压 $U_N(V)$	额定电流 $I_N(A)$	操作频率 (次/h)	机械寿命 (万次)	触头型式及数目		带灭 弧罩
					常开	常闭	
CZ17-150W/10	24~48	150	600	100	1	1	带 不带 不带
CZ17-150/11							
CZ17-150/10							

表 5.2.59 CZ18 系列直流接触器的技术数据

型 号	额定电压 U_N (V)	额定电流 I_N (A)	操作频率(次/h)				辅助触头			机械寿命 (万次)	电寿命 (AC-3) (万次)	外形尺寸 (mm) 宽×高×深
			DC -2	DC -3	DC -4	DC -5	常开	常闭	约定 电流 (A)			
CZ18-40/10 CZ18-40/20	440	40								500	50	119×166×114
CZ18-80/10 CZ18-80/20		80	1200	1200	600	600	2	2	6			135×185×160
CZ18-160/10 CZ18-160B/10	440	160								500	50	131×271×226
CZ18-315/10 CZ18-315B/10		315	600	600	300	300	2	2	10	300	30	150×345×272
CZ18-630/10 CZ18-630B/10		630										180×405×335
CZ18-1000/10	440	1000	600	600	300	300	2	2	10	300	30	—

表 5.2.60 CZ21 系列直流接触器的技术数据

型 号	额定绝缘电压 U_i (V)	额定工作电压 U_N (V)	断续周期工作制下的额定工作电流 I_N (A)	约定发热电流 I_{th} (A)	额定控制功率 (kW)	辅助触头数目	外形尺寸 (mm) $A \times B \times C$
CZ21-16	440	110	16	25	1.5	2 常开 2 常闭	92×102×112
		220			3		
		440			6		
CZ22-63	440	110	63	80	7.5	2 常开 2 常闭	116×142×156
		220			13		
		440			22		

2.4.3 接触器的选用

- (1) 额定电压的选择: 接触器的额定电压应大于或等于负载的额定电压。
- (2) 额定电流的选择: 接触器的额定电流应大于或等于电动机(或负载)的额定

电流。如果接触器用作电动机的频繁启动或反接制动时,其接通电流很大,为防止触头的烧蚀和过早损坏,应将接触器的额定电流降低一级使用。

(3)操作频率的选择:操作频率就是指接触器每小时通断的次数。当通断电流较大及通断频率过高时,会引起触头严重发热,甚至熔焊。一般产品说明上是有规定的,操作频率若超过规定数值,应选用额定电流大一级的接触器。

(4)线圈额定电压的选择:吸引线圈的额定电压应与所控电路的额定电压一致,通常采用380V或220V,如果从安全角度考虑,必须用较低电压时也可以选用36V,110V或127V,但要通过变压器对接触器的线圈供电。

2.5 启动器

启动器是主要用作交流电动机的启动、停止和可逆运转控制的电器。

2.5.1 启动器的类型及使用场合

启动器的类型及使用场合见表5.2.61,启动器的特性及优缺点对比见表5.2.62。

表5.2.61 启动器的类型及使用场合

类别	产品系列	使用场合
直接 启动器	QC0系列	主要用于远距离直接启动和在额定运转时断开容量分别为10kW、20kW的交流笼型电动机。启动器的吸引线圈可兼作失电压保护用,带有热继电器的启动器能对电动机的过载起保护作用
	QC8系列	用于远距离直接控制三相笼型电动机启动、停止及反向运转,并具有失电压保护作用,带热继电器的启动器具有保护作用
	QC10系列	用于远距离直接控制三相笼型异步电动机启动、停止、可逆运转,当电压消失时,启动器起失电压保护作用。带热继电器的启动器具有过载保护作用,启动器由CJ10交流接触器与JR15热继电器组成
	QC12系列	用于远距离直接控制笼型电动机启动、停止、反向运转,在线路电压消失时可兼作失电压保护用,带有热继电器的启动器,能对电动机的过载起保护作用,启动器由CJ10交流接触器和JR16热继电器组成

续表

类别	产品系列		使用场合
直接启动器	手动启动器	QC系列 QC20系列	主要用于远距离控制三相笼型异步电动机启动、停止及正反转运转,带热继电器的启动器具有电动机的过载保护及断相运转保护作用,其接触器在电网电压消失时兼作失电压保护
		QS6系列	适用于交流50Hz、额定电压380V、功率2.2kW以下的三相异步电动机的直接启动和停止
	综合启动器	QZ610系列 (农用工)	适用于三相笼型异步电动机作不频繁直接启动及停止,启动器带有热继电器,能对电动机的过载单相运转起保护作用,该启动器亦适用于农业机械及潜水泵作保护启动器用
		QZ73系列	用于远距离直接启动、停止、功率至13kW的三相笼型电动机,启动器有短路、过载、失电压等保护
减压启动器	星-三角启动器	QX1系列(手动型)	用于交流50Hz、电压至380V、功率至1.5kW的三相异步电动机的直接启动、停止及逆转
		QX3系列(自动型)	用于功率至30kW的三相笼型异步电动机的启动、停止。在启动过程中,通过双金属时间继电器,能自动将所控制的电动机定子绕组由星形连接启动后换接至三角形连接。启动器带有热继电器作过载保护,其接触器能在电网电压消失时兼作失电压保护
		QX4系列	适用于交流380V、功率75kW以下,运行时定子绕组接成三角形的三相笼型异步电动机减压启动。利用定子绕组由星形至三角形换接的方法,以改善电动机启动时对供电网络的影响
		QX10系列	用于三相笼型异步电动机星形、三角形换接启动及停止用,在启动过程中,启动器通过双金属时间继电器控制电动机的定子绕组由星形连接转换至三角形连接
	无触点减压启动器	QJW6系列	用于笼型异步电动机作减压启动及停止用,也可用于绕线转子异步电动机的启动、停止及调压调速,以及作为三相交流功率调节器使用,实现对负载功率的连续控制,并具有短路、三相过载及断相保护
自耦减压启动器	QJ系列 (手动型)	QJ3系列	用于三相笼型异步电动机不频繁启动及停止,并装有过载脱扣器和失电压脱扣等保护装置
		QJ10系列	适用于三相笼型异步电动机作不频繁减压启动及停止。利用自耦变压器降低电压的方法以改善电动机启动时对输电电网的影响,并带有过载、断相、欠电压保护装置
	XJ01系列(自动型)		

表 5.2.62 常用启动器启动的特性及优缺点对比

对比项目		直接 (全压) 启动器	减压启动器				
			星—三角 启动器	延边星—三 角启动器	自耦减压启动器		
					抽头		
				50%	65%	80%	
启动 特性	启动时电动机端电压	U_N	$0.58U_N$ (相电压)	$(0.7\sim 0.8)$ U_N	$0.5U_N$	$0.65U_N$	$0.8U_N$
	启动时电动机电流	I	$0.33 I$	取 $\approx 0.7 I$	$0.5 I$	$0.65 I$	$0.8 I$
	启动转矩	T	0.33	≈ 0.49	0.25	0.42	0.64
优 缺 点 对 比	启动电压	恒定	恒定	恒定	不变		
	启动电流	最大	小	中等	可用较小的启动电流 获得较大的力矩		
	启动转矩	最大	小	较小			
	启动对电源电压的影响	最大	小	较小	较小		
	启动对机械的冲击	最大	小	较小	较小		
	启动过程中转矩变化情况	得到充分 加速力矩	转矩增 加不大	转矩有增加	转矩有增加		
	最大转矩	大	大	一般	一般		
	电动机启动时间	最短	较长	较短	较短		
	线路复杂性	最简单	简单	复杂	最复杂		
价格	最便宜	便宜	一般	最贵			

2.5.2 常用启动器的主要技术数据

2.5.2.1 常用电磁启动器 常用电磁启动器的主要技术数据见表 5.2.63 至表 5.2.65。

表 5.2.63 QC10 系列启动器的主要技术数据

型 号	额定 电流(A)	吸引线圈 额定电压 (V)	所控制电动机最大 功率(kW)		启动器 等 级	类型	有无热 保 护
			220 V	380 V			
QC10-1/2	5	交 流 50Hz, 36、110、127、 220、380; 直 流 48、110、220	1.2	2.4	1	不可逆	有
QC10-1/3						可逆	无
QC10-1/4						可逆	有
QC10-1/5						不可逆	无
QC10-1/6						不可逆	有
QC10-1/7						可逆	无
QC10-1/8						可逆	有
QC10-2/2						10	交 流 50Hz, 36、110、127、 220、380; 直 流 48、110、220
QC10-2/3	可逆	无					
QC10-2/4	可逆	有					
QC10-2/5	不可逆	无					
QC10-2/6	不可逆	有					
QC10-2/7	可逆	无					
QC10-2/8	可逆	有					
QC10-3/2	20	交 流 50Hz, 36、110、127、 220、380; 直 流 48、110、220	5.5	10	3	不可逆	有
QC10-3/3						可逆	无
QC10-3/4						可逆	有
QC10-3/5						不可逆	无
QC10-3/6						不可逆	有
QC10-3/7						可逆	无
QC10-3/8						可逆	有
QC10-4/2	40	交 流 50Hz, 36、110、127、 220、380; 直 流 48、110、220	11	20	4	不可逆	有
QC10-4/3						可逆	无
QC10-4/4						可逆	有

表 5.2.64 QC12 系列启动器的主要技术数据

型 号	额定 电流(A)	吸引线圈 额定电压(V)	控制电动机最大 功率(kW)		启动器 等 级	热继电器整定电 流调节范围(A)
			220 V	380 V		
QC12-1	5	交流 50Hz、36、 110、220、380	1.2	2.2	1	0.25~0.35 0.32~0.50 0.45~0.72 0.66~1.10 1.00~1.60 1.50~2.40 2.20~3.50 3.20~5.00

续表

型 号	额定 电流(A)	吸引线圈 额定电压(V)	控制电动机最大 功率(kW)		启动器 等 级	热继电器整定电 流调节范围(A)
			220 V	380 V		
QC12-2	10	交流 50Hz, 36、 110、220、380	2.2	4	2	0.25~0.35 0.32~0.50 0.45~0.72 0.68~1.40 1.00~1.60 1.5~2.40 2.2~3.50 3.2~5.00 4.50~7.20 6.80~11.0
QC12-3	20		5.5	10	3	0.80~11.0 10.0~16.0 14.0~22.0
QC12-4	40		11	20	4	14.0~22.0 20.0~32.0 28.0~45.0
QC12-5	60		17	30	5	28.0~45.0 40.0~63.0
QC12-6	150		29	50	6	53.0~85.0 75.0~120
QC12-7	150		47	75	7	75~120 100~160

表 5.2.65 QC20 系列启动器的主要技术数据

型 号	额定 电流(A)	结构 型式	控制电动机最大 功率(kW)		启动器 等 级	热继电器整定 电流调节范围 (A)
			220 V	380 V		
QC20-1H/1 QC20-2H/1 QC20-3H/1 QC20-4H/1	15	保护式	4	7.5	1	0.25~0.35 0.32~0.5 0.45~0.72 0.68~1.1 1.00~1.6 1.5~2.4 2.2~3.5 3.2~5.0 4.5~7.2 6.8~11.0 10.0~16.0

续表

型 号	额定 电流(A)	结构 型式	控制电动机最大 功率(kW)		启动器 等 级	热继电器整定 电流调节范围 (A)
			220 V	380 V		
QC20-1H/2 QC20-2H/2 QC20-3H/2 QC20-4H/2	32	保护式	10	17	2	10.0~16.0 14.0~22 22~35
QC20-1K/3 QC20-2K/3 QC20-3K/3 QC20-4K/3	63	开启式	17	30	3	20~32 28~45 40~63
QC20-1K/4 QC20-2K/4 QC20-3K/4 QC20-4K/4	80	开启式	22	40	4	40~63 53~85

2.5.2.2 常用手动启动器 常用手动启动器的主要技术数据见表 5.2.66。

表 5.2.66 QS6 型手动启动器的主要技术数据

型 号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	控制电动机功率 (kW)	常开触头数
QS6	交流 220,	6	0.75	2 对
	380	4	1.5	3 对

2.5.2.3 常用综合启动器 常用综合启动器的主要技术数据见表 5.2.67、表 5.2.68。

表 5.2.67 QZ610 系列启动器的主要技术数据

型 号	额定电流 (A)	额定电压 (V)	控制电动机功率 (kW)	热继电器整定 电流调节范围(A)
QZ610-4RF,FW	10	380	1.1, 1.5, 2.2, 3, 4	1.5~2.4 2.2~3.5 3.2~5.0 4.5~7.2 6.8~11.2
			5.5, 7.5, 10	6.0~11.0 10.0~16.0 14.0~22.0
QZ610-10RF,RW	20			14.0~22.0 20.0~32.0 28.0~45.0
QZ610-17RF,RW	40	13, 17		

表 5.2.68 QZ73 系列启动器的主要技术数据

型 号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	控制电动机功率(kW)			辅助触头	
			127V	220V	380V	数量	额定电流 (A)
QZ73-1	380	20	1	1.8	3.2	2 常开 2 常闭	5
QZ73-2		20	—	—	3.2		
QZ73-3		20	—	—	10		
QZ73-4、6		20	1	1.8	3.2		
QZ73-5、7		20	3.2	5.8	10		
QZ73-8、9、10		40	4	7	10		

2.5.2.4 常用星-三角启动器 常用星-三角启动器的主要技术数据见表 5.2.69 至表 5.2.71。

表 5.2.69 QX1 系列星-三角启动器的主要技术数据

型 号	额定电流 (A)	额定电压 (V)	正常操作接通能力			正常操作断开能力		
			电压 (V)	电流 (A)	功率因数 不小于	电压 (V)	电流 (A)	功率因数 不小于
QX1-13N1/415	10	380	380	6×10	0.4	380×0.16	10	0.4
QX1-30	40	380	380	4×10	0.4	380×0.25	40	0.4

表 5.2.70 QX3 系列星-三角启动器的主要技术数据

型 号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	功率因数	控制电动机功率(kW)	
				220V	380V
QX3-13	380×1.05	16×10	0.35+0.05	7.5	13
QX3-30	380×1.05	35×10		16	30

表 5.2.71 QX4 系列星-三角启动器的主要技术数据

型 号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	可供启动的电动机功率 (kW)	热继电器电流整定近似值 (A)
QX4-17	380	26、33、	13、17、	15、19、
QX4-30		42.5、50、	22、30、	25、34、
QX4-55		77、105、	40、55、	45、61、
QX4-75		142	75	85

2.5.2.5 无触点减压器 无触点减压器的主要技术数据见表 5.2.72。

表 5.2.72 QJW 无触点减压器的主要技术数据

型 号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	控制电动机功率(kW)			最大允许启动 电流(A)
			笼型异步 电动机	绕线转子异 步电动机	电阻负载	
QJW6	380	80	22	40	50	200

2.5.2.6 常用自耦减压启动器 常用自耦减压启动器的主要技术数据见表 5.2.73。

表 5.2.73 QJ10 系列自耦减压启动器的主要技术数据

U_N (V)	380							
控制电动机功率(kW)	10	13	17	22	30	40	55	75
通断能力	$1.05U_N, \cos\varphi=0.4; 8I_N 20$ 次							
过载保护整定电流(A)	20.5	25.7	34	43	58	77	105	142
最大启动时间(s)	30		40			60		
电寿命(次)	接通 $U_N, 4.5I_N, \cos\varphi=0.4$; 分断 $1/6U_N, I_N, \cos\varphi=0.4$ 条件下; 5000 次							
机械寿命(万次)	1							
接线	自耦变压器有 $65\%U_N$ 及 $80\%U_N$ 二档抽头							
失电压保护特性	$\geq 75\%U_N$ 启动器能可靠工作, $\leq 35\%U_N$ 启动器保证脱扣, 切断电源							
过载及断相保护	$120\%U_N$ 不大于 20min 动作, 断相时, 另二相电流达 $115\%I_N$ 时在 20min 内动作							

2.5.3 启动器的选用

启动器应根据负载性质, 是否要求限制启动电流和启动时的机械冲击进行选择。

(1) 对于不要求限制启动电流和启动时的机械冲击的场合, 都可以选择全电压直接启动器。

(2) 对于要求限制启动电流的场合, 则可根据负载性质选择不同类型的启动器。

① 当负载性质为无载或轻载启动时, 应选择 Y- Δ 启动器、电阻启动器及电抗启动器;

② 当负载转矩与转速平方成比例时, 应选择自耦减压启动器、延边三角形启动器及电抗启动器;

③ 当负载性质为摩擦负载时, 应选择延边三角形启动器、电阻启动器及电抗启动器;

④ 当遇到阻矩小的惯性负载时, 应选择 Y- Δ 启动器, 延边三角形启动器、自耦减压启动器及电抗启动器。

(3)对于要求减小启动时的机械冲击的场合应根据不同负载性质的需要,选择不同类型的启动器。

- ①对于摩擦负载,应选择电阻启动器;
- ②对于恒转矩负载,应选择电阻启动器及电抗启动器;
- ③对于重力负载,应选择电抗启动器;
- ④对于恒重负载,应选择电抗启动器。

2.6 继电器

继电器是一种自动控制电器。当给继电器输入电压、电流和频率等电量或温度、压力和转速等非电量并达到规定值时,继电器动作,接通和分断所控制或保护的电路。继电器被广泛用于电力拖动控制、电力系统保护以及各类遥控和通信系统中。

2.6.1 控制继电器的分类及用途

控制继电器的分类及用途见表 5.2.74。

表 5.2.74 控制继电器的分类及用途

类 型	动 作 特 点	主 要 用 途
电压继电器	当与电源回路并联的励磁线圈电压达到规定值时动作	电动机失(欠)压保护和制动以及反转控制等,有时也作过压保护
电流继电器	当与电源回路串联的励磁线圈中通过电流达到规定值时动作	电动机的过载及短路保护,直流电机磁场控制及失磁保护
中间继电器	实质上是电压继电器,但触头数量较多,容量较大	通过它中间转换,增加控制回路数或放大控制讯号
时间继电器	得到动作讯号后,其触头动作有一定延时	用于交直流电动机以时间原则启动或制动时的控制及各种生产工艺程序的控制等
热继电器	由过电流通过热元件热弯曲推动机构动作	用于交直流电动机的过载、断相运转及电流不平衡的保护等
温度继电器	当温度达到规定值时动作	用于电动机的过热保护或温度控制装置等
速度继电器和制动继电器		用于感应电动机的反接制动及能耗制动中
特种继电器	舌簧继电器	当舌簧片被磁化到规定值时动作
	极化继电器	当励磁线圈中通过的电流值和方向符合规定时动作
	脉冲继电器	当励磁线圈通过规定大小和方向的电流脉冲时即动作

2.6.2 热继电器

2.6.2.1 热继电器结构特点

热继电器结构特点 热继电器是在电动机等电气设备过载时起保护作用的一种自动控制电器。它具有结构简单、体积小、价格低和保护特性较好等优点,应用非常广泛。

常用的热继电器有JR16、JR20等系列产品,热继电器的外形如图5.2.7所示。

热继电器的整定电流是指热继电器长期不动作的电流。整定电流的大小可以通过电流调节装置来调整。过载电流与动作时间的关系,即热继电器的保护特性见表5.2.75。

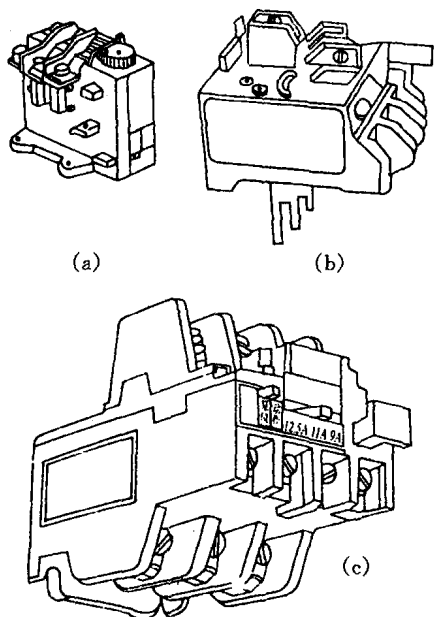


图 5.2.7 热继电器的外形

(a)JR0、JR16系列 (b)JRS系列 (c)T系列

表 5.2.75 热继电器保护特性

整定电流倍数	动作时间	起始状态
1	长期不动作	从冷态开始
1.2	小于 20min	从热态开始
1.5	小于 2min	从热态开始
6	大于 5s	从冷态开始

注:热态是指热元件已被加热至稳定状态。

2.6.2.2 热继电器主要技术数据 热继电器主要技术数据见表5.2.76所列国内外热继电器产品典型数据汇总表。

表 5.2.76 国内外热继电器产品的典型数据汇总表

序号	国别	公司或生产厂	热继电器型号	额定绝缘电压 (V)	额定电流 (A)	整定电流被限(A)	热元件		动作特性			允许温度范围 (°C)	复位方式		耐冲击	耐振动			
							整定电流调节比	每相最大功率 (W)	三相	断相	温度补偿		手动	自动					
1	德国	SIEMENS (西门子)	3UA50	AC660 DC800	14.5	0.1~14.5	1.45~1.6	2.4	IEC292-1	IEC292-1	有	-25 ~ +55	有	8g					
			3UW10		14.5	0.1~14.5	1.45~1.6	2.4									无	无	
			3UA52		25	0.1~25	1.56~1.6	2.4									IEC292-1	有	
			3UW13		25	0.1~25	1.56~1.6	2.4									无	无	
			3UA54		36	4~36	1.44~1.6	3									IEC292-1	有	
			3UW15		36	4~36	1.44~1.6	3									无	无	
			3UA58		80	16~80	1.23~1.6	3									IEC292-1 VDE0660	IEC292-1	有
			3UW17		80	16~80	1.23~1.6	3									无	无	
			3UA59		63	0.1~63	1.26~1.6	4											
			3UA62		180	55~180	1.19~1.45	7											
			3UA66		400	80~400	1.56~1.58	12										IEC292-1	
			3UA68		630	320~630	1.5~1.6	22											
			3UA70		12	0.1~12	1.43~1.6	23											

续表

序号	国别	公司或 生产厂家	热继电器 器型号	控制触头			动作 指示 功能	动作灵活性 检查	常闭触头 断开按钮	与接线 器连接		动作 机构	主双金属片 厚×宽× 有效长 (mm)	辅主双金 属片 厚×宽× 有效长 (mm)	杠杆 杆宽×高×深 比 (mm)	体积尺寸 (mm)	质量 (kg)	备注		
				数量	额定 电流 (A)	额定工作 电流 (AC)(A)				组 分 立 式	对热 元件用 位置 (安装 后)									
1	德 国 (西门子公司)	SIEMENS	3UA50	1NO+1NC	6	6	有			有	前后式	翻转拉簧式	0.85×8×36	0.4×5.50形	1	45×81.5×110	0.14	NO:常开触头		
			3UW10	1CO	6	6	无			有	前后式	翻转拉簧式	0.85×8×36	0.4×5.50形	1	45×81.5×110	0.14	NC:常闭触头		
			3UA52	1NO+1NC	6	6	有			有	前后式	翻转拉簧式	0.85×8×36	0.4×5.50形	1	45×81.5×110	0.14	CO:转换触头		
			3UW13	1CO	6	6	无			有	前后式	翻转拉簧式	0.85×8×36	0.4×5.50形	1	45×81.5×110	0.14			
			3UA54	1NO+1NC	6	1.15	6	有			有	前后式	翻转拉簧式	0.85×8×36	0.4×5.50形	1	45×81.5×110	0.2		
			3UW15	1CO	6	6	无			有	前后式	翻转拉簧式	0.85×8×36	0.4×5.50形	1	45×81.5×110	0.2			
			3UA58	1NO+1NC	6	1.1	6	有			有	前后式	翻转拉簧式	1×12×44	0.4×5.50形	1	60×87.5×127	0.4		
			3UW17	1CO	6	6	无			有	前后式	翻转拉簧式	1×12×44	0.4×5.50形	1	60×87.5×127	0.4			
			3UA59		6	1	6	有			无	前后式	翻转拉簧式	0.85×8×36	0.4×5.50形	1	45×87.5×110	0.28		
			3UA62		6	6	6	有			有	前后式	翻转拉簧式	1.4×15×40.5	0.4×5.50形	1	104×60×132	0.7		
			3UA66	1NO+1NC	6	6	6	有			无	前后式	翻转拉簧式							带专用电
			3UA68		6	6	6	有			无	前后式	翻转拉簧式							流互感器
			3UA70		6	6	6	有			有	左右式	锁扣压簧式							

续表

序号	国别	公司或热继电器生产厂	热继电器型号	额定绝缘电压(V)	额定电流(A)	整定电流极限(A)	热元件		动作特性		允许温度范围(°C)	复位方式		耐冲击耐振动
							整定电流调节比	每相最大功率(W)	三相	断相		温度补偿	手动	
2	德国	ABB	T16	AC660	16	0.11~17.6	1.15~1.38	2.1	IEC292-1 VDE0660	IEC292-1	-25~ +50	有	有	6~10g 50Hz 20ms ± 1mm
			T25		25	0.17~35	1.26~1.57							
			T45		45	0.25~45	1.56~1.73	3.57						
			T85		85	6~100	1.56~1.75	8						
			T105		105	36~115	1.4~1.5	8.99						
			T170		170	90~200	1.43~1.45	8.19						
			T250		250	100~400	1.57~1.6							
			T370		370	100~500	1.57~1.61							
			b7		12	0.12~12	1.43~1.55	1.7						
			b7-1		12	0.12~12	1.43~1.55	1.7						
3	德国	AEG	b27	AC660 DC750	32	0.12~32	1.43~1.54	2.3	IEC292-1 VDE0660	IEC292-1	-25~ +60	有	有	
			b27-1		32	15~32	1.43~1.53	2.3						
			b27-2		17	11~47	1.54	2.3						

续表

序号	国别	公司或生产厂家	热继电器型号	额定绝缘电压(V)	额定电流(A)	整定电流极限(A)	热元件		动作特性		允许温度范围(°C)	复位方式		耐冲击耐振动
							整定电流调节比	每相最大功率(W)	三相	断相		温度补偿	手动	
3	德国	AEG	b67	AC660	62	15~62	1.45~1.54	5.5	IEC292-1 VDE0660	IEC292-1	-20 ~ +60	有	有	
			b207		180	42~180	1.46~1.5	15						
			b200	200	100~200	2	22	-20 ~ +55			有	有		
			b400	400	200~400	2								
			b721W	720	125~720	1.6~1.61		-20 ~ +60			有	有		
			bW17	17	0.8~17	1.43~1.54								
			bW37	32	15~32	1.45~1.53		-20 ~ +60			有	有		
			bW47	46	30~46	1.53								
			bW77	80	42~80	1.43~1.48		-20 ~ +60			有	有		
			bW117	120	80~120	1.5								
			bW207	210	120~210	1.4~1.5		-20 ~ +60			有	有		
			bW320	320	50~320	1.56~1.6								

续表

序号	国别	公司或生产厂家	热继电器型号	额定绝缘电压 (V)	额定电流 (A)	整定电流极限 (A)	热元件		动作特性			允许温度范围 (°C)	复位方式		耐冲击	耐振动
							整定电流调节比	每相最大功率 (W)	三相	断相	温度补偿		手动	自动		
4	法国	Telemecanique	LR1-D09	AC660	10	0.1~10	1.43~1.6	2.3	IEC292-1 IEC292-1	有	-20 ~ +60	有	有	有		
			LR1-D12		13	10~13	1.3	2.3								
			LR1-D16		18	13~18	1.38	2.3								
			LR1-D25		25	18~25	1.39	2.3								
			LR1-D40		40	22~40	1.33~1.39	4								
			LR1-D63		66	38~66	1.16~1.32	4								
			LR1-D80		80	66~80	1.21	4								
			RA1		105	75~105	1.4	7.6								
			HA75105		125	95~125	1.32	6								
			RA1		160	100~160	1.6									
			HA95125		200	125~200	1.6									
			LR1-F160		250	160~250	1.56									
			LR1-F200		315	200~315	1.58									
			LR1-F250													
LR1-F315																

续表

序号	国别	公司 或 生产 厂	控制触头			动作 指示 功能	常闭触头 常开按钮	与接线 器连接 方式		动作 机构	主双金属片 厚×宽× 有效长 (mm)	辅主双金 属片 厚×宽× 有效长 (mm)	杠 比	体积尺寸 宽×高×深 (mm)	质量 (kg)	备注
			数量	约定 发热 电流 (A)	额定工作 电流 I _N (AC)(A)			分 立 式	组 合 式							
		LRI - D09	1NO + INC	10				有	前后式		1×8×35	0.4×5×30	2.25	44×60×90	0.12	
		LRI - D12	1NO + INC	10				有	前后式		1×8×35	0.4×5×30	2.25	44×60×90	0.12	
		LRI - D16	1NO + INC	10				有	前后式		1×8×35	0.4×5×30	2.25	44×60×90	0.12	
		LRI - D25	1NO + INC	10				有	前后式		1×8×35	0.4×5×30	2.25	44×60×90	0.12	
		LRI - D40	1NO + INC	10				有	前后式		1.2×10×44	0.4×5×30	2.25	75×76×115	0.34	
		LRI - D63	1NO + INC	10				有	前后式		1.2×10×44	0.4×5×30	2.25	75×76×115	0.34	
		LRI - D80	1NO + INC	10	4(220V)			有	前后式		1.2×10×44	0.4×5×30	2.25	75×76×115	0.45	
		RA1 - GA75105	有	10	3(380V) 2(500V)			有	前后式	锁扣压 簧式				134×124×123	1.16	
		RA1 - HA95125	有	10				无	无左右式					159×124×143	1.35	
		LRI - F160	有	10				无	无左右式					126×161×171	2.6	
		LRI - F200	有	10				无	无前后式					126×161×171	2.75	带专用电 流互感器
		LRI - F250	有	10				无	无前后式					171×182×206	3.96	
		LRI - F315	有	10				无	无前后式					171×182×206	3.97	

4 法国
Telemecanique
Ue

续表

序号	国别	公司或生产厂家	热继电器型号	额定绝缘电压(V)	额定电流(A)	整定电流极值(A)	热元件		动作特性		允许温度范围(°C)		复位方式		耐冲击	耐振动			
							整定电流调节比	每相最大功率(W)	三相	单相	温度补偿	有	无	手动			自动		
4	法国	Telemecanique	LRI - F400	AC660	400	250~400	1.6				有	-20~+60	有	无					
			LRI - F500		500	315~500	1.59			有	-20~+60	有	无						
			LRI - F630		630	400~630	1.58		IEC292-1	有	-20~+60	有	无						
			LRI - F800		800	500~800	1.6			有	-20~+60	有	无						
			LRI - F1000		1000	630~1000	1.59		IEC292-1	有	-20~+60	有	无						
5	日本	松下(National)	FT-20	AC660	18	0.6~18	1.5~1.66	2.5~3			有			有					
			FT-20A		34	18~34	1.42~1.55	3.4~3.5		有									
			FT-65		80	24~80	1.63~1.66	3.7~4.4		有									
			FT-65A		95	60~95	1.58	3.8	IEC292-1	有									
			TR0		13	0.1~13	1.4~1.6	1.6	JIS8325 JEM1355	有	-5~+50	有	有						
6	日本	富士(FOJI)	RCa3737-1C	AC600	18	0.125~18	1.2~1.5	3.1		无	有	-5~+50	有	有					
			RCa3737-1CH		18	0.125~18	1.2~1.5	3.1		无	有	有							
			TR-1S		26	0.1~26	1.3~1.6			无	有	有							

续表

序号	国别	公司或 生产者	热继电器 型号	控制触头			动作指示功能	动作 灵活性 检查	常闭触头 断开按钮	与接线 器连接 方式	动作机 构对热 元件相 位置 (安装 后)	主双金属片 厚度×宽× 有效长 (mm)	辅双金属片 厚度×宽× 有效长 (mm)	杠 杆 比	体积尺寸 宽×高×深 (mm)	质量 (kg)	备注
				数量	约定 发热 电流 (A)	额定工作 电流 I_N (AC)(A)											
4	法国	Telemecanique	LRI - F400	10	10	4(220 V)	无			有	无	有	有	有	有	有	带专 用电 流互 感器
			LRI - F500	10	10	3(380V)											
			LRI - F630	10	10	2(500V)											
			LRI - F800	10	10												
			LRI - F1000	10	10												
5	日本	松下 (National)	FT - 20	6(NO) 4(NC)	2(220V, NO) 1.5(440V, NO)		无	有	无	无	无	有	有	有	有	有	
			FT - 20A	6(NO) 4(NC)	1.5(220V, NC) 1(220V, NC)												
			FT - 65	6(NO) 4(NC)													
			FT - 65A	6(NO) 4(NC)													

续表

序号	国别	公司或生产厂	热继电器型号	控制触头			动作指示功能	动作灵活性检查	常闭触头断开按钮	与接线盒安装连接方式	动作机构	主双金属片厚×宽×有效长 (mm)	辅助双金属片厚×宽×有效长 (mm)	杠杆比	体积尺寸 宽×高×深 (mm)	质量 (kg)	备注			
				数量	约定发热电流 (A)	额定工作电流 I _N (AC)(A)														
6	日本	富士 (FOJIT)	TR0	3	0.3	0.3	0.3	有	有	无	左右式			50×50×70	0.1					
					0.07															
			RCa3737-1C	0.3	0.035	有	有	无	左右式			翻转式				68×43.5×70	0.1			
					0.3															
			RCa3737-1CH	4.5	2.25	有	有	有								68×58×71	0.2		2或3极	
					1.75															
			TR-1S											68×45.5×89	0.19					

续表

序号	国别	公司或 生产厂	热继电器 器型号	额定绝 缘电压 (V)	额定电 流(A)	整定电 流极 限(A)	热元件		动作特性	允许温 度范围 (°C)	复位 方式		耐 振 动	
							整定电 流调 节比	每相最 大功率 (W)			三 相	断 相		温 度 补 偿
6	日本	富士 (FOJIT)	TR-2	AC600	36	6~36	1.44~1.57	3.5	无 IEC292-1 JIS8325 JEM1355	-5~ +50	有	有		
			TR-3		67	12~67	1.43~1.5	3.5						
			TR-4		80	12~80	1.43~1.5	3.5~4						
			TR-6		125	45~125	1.46~1.49	6.5						
			TR-8		185	45~185	1.46~1.49	6.5~10						
			TR-10		240	85~240	1.46~1.5	8						
			TR-10H		240	85~240	1.46~1.5	8						
			TR-12		450	160~450	1.5	10						
			TR-12H		450	160~450	1.5	10						
			TR-14		600	240~600	1.5	12						
			TR-14H		600	240~600	1.5	12						
			ACJa-1		26	0.1~26	1.3~1.6							有
			TK-1S		26	0.1~26	1.3~1.6							

续表

序号	国别	公司或生产厂	热继电器型号	控制触头		动作指示功能	动作灵活性检查	常因触头断开按钮	与接线器安装方式		动作机构对热元件相对位置(安装后)	动作机构	主双金属片厚×宽×有效长(mm)	辅双金属片厚×宽×有效长(mm)	杠杆比	体积尺寸 宽×高×深 (mm)	质量 (kg)	备注	
				约定发热电流(A)	额定工作电流 I_N (A)				组合式	分立式									
6	日本	富士 (FOJII)	TR-2						有	有					78×70×89.5	0.2	2或 3极		
			TR-3						有	有					88×61.5×94	0.3			
			TR-4							有	有					88×82×95	0.38		
			TR-6							有	有					118×69×105	0.65		
			TR-8							有	有					118×101×105	0.95		
			TR-10			2.25 (220V)					有	有					148×145×173	1.8	
			TR-10H	100	4.5	1.75 (550V)		有		有	有	左右式	翻转拉簧式			148×145×173	2.2		
			TR-12							有	有					200×164×197	3.1		
			TR-12H							有	有					200×164×197	3.3		
			TR-14							有	有					197×82×186.5	3.5		
			TR-14H							有	有					197×82×186.5	4		
			ACJ _a -1							无	有					68×61.5×89	0.19		
			TK-1S							有	有					1×8×40.50.6×5×23	1.6	68×45.5×89	0.22

续表

序号	国别	公司或 生产厂	热继电器 器型号	额定绝 缘电压 (V)	额定 电流 (A)	整定电 流极 限(A)	热元件		动作特性			允许温 度范围 (°C)		复位 方式		耐 冲击	耐 振动	
							整定电 流调 节比	每相最 大功率 (W)	三相	断相	温度 补偿	手 动	自 动					
6	日本	富士 (FOJI)	TK-2	AC600	40	4~40	1.42~1.5		IEC292-1 JIS8325 JEM1355	有	有	-5~+50	有					
			TK-3		80	7~80	1.43~1.5											
			TK-4		80	18~80	1.43~1.5											
			TK-6		160	45~160	1.46~1.49											
			TK-8		185	65~185	1.46~1.49											
			TK-10		240	85~240	1.46~1.5											
			TK-10H		240	85~240	1.46~1.5											
			TK-12		450	160~450	1.5											
			TK-12H		450	160~450	1.5											
			TK-14		600	240~600	1.5											
			TK-14H		600	240~600	1.5											

续表

序号	国别	公司或生产厂	热继电器型号	控制触头		动作指示功能	动作灵活性检查	常闭触头断开按钮	与接线端子连接方式	动作机构对热元件相对位置(安装后)	动作机构	主双金属片厚×宽×有效长(mm)	辅双金属片厚×宽×有效长(mm)	杠杆比	体积尺寸 宽×高×深 (mm)	质量 (kg)	备注	
				约定发热电流(A)	额定工作电流 I_N (A)													
6	日本	富士(FUJII)	TK-2						有						78×70×89.5	0.21		
			TK-3						有							88×61.5×94	0.32	
			TK-4							有						88×82×94	0.4	
			TK-6							有						118×69×105	0.68	
			TK-8		2.25					有						118×101×105	0.98	
			TK-10	100	4.5			有		有						148×130×182.5	2.1	
			TK-10H							有						148×145×182.5	2.5	
			TK-12							有						173×170×206.5	3.4	
			TK-12H							有						200×164×206.5	3.6	
			TK-14							有						197×171×186.5	3.8	
			TK-14H							有						197×182×186.5	4.3	

翻转拉簧式

续表

序号	国别	公司或生产厂	热继电器型号	额定绝缘电压(V)	额定电流(A)	整定电流极限(A)	热元件		动作特性			允许温度范围(°C)	复位方式		耐冲击	耐振动		
							整定电流调节比	每相最大功率(W)	三相	断相	温度补偿		手动	自动				
6	日本	富士(FUJII)	JRS1-12	AC660	12	0.11~12.51.36~1.532.2~2.9		有	IEC292-1	IEC292-1	有	-10~+55	有	无				
			JRS1-25						JB3909 断相动作 电流倍数 1.1	有	有		有					
7	中国		JR9-300AD	AC660	300	24~310	1.35~1.587~11.7	有	IEC292-1	IEC292-1	有	-25~+40	有	无	有			
			JR20-10						JB2457	有	有		有					
			JR20-16															
			JR20-25															
			JR20-63															
			JR20-160															
			JR20-250															
			JR20-400															
JR20-630																		
									JB8627	JB8627	有		有	有				

续表

序号	国别	公司或生产厂家	热继电器型号	控制触头			动作指示功能	动作灵活性检查	常闭触头断开按钮	与接线器安装方式		动作机构对热元件位置(安装后)	动作机构	主双金属片厚×宽×有效长(mm)	辅双金属片厚×宽×有效长(mm)	杠杆比	体积尺寸宽×高×深(mm)	质量(kg)	备注	
				数量	约定发热电流(A)	额定工作电流(A)				分立式	组合式									
6	日本	富士(FOJI)	JRS1-12	1NO+1NC	4(220V)	6	3(380V)	有	有	有	有	前后式	锁扣相压簧式	0.9×12×37	0.4×5.2×30	44×67×92	0.14			
			JRS1-25	1NC	2(500V)	6	3(220V) 2(380V)	有	无	有	有	无	上下式	翻转压簧式	1×14×44.5	0.34×7.5×40(四片)	154×171×84	1.2	带短路保护	
7	中国		JR20-10	1NO+1NC	6	常开	1.6(220V) 1.0(380V)	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有
			JR20-16																	
			JR20-25																	
			JR20-63																	
			JR20-160																	
			JR20-250																	
JR20-400																				
JR20-630																				

注:3UA系列、T系列及LR1-D系列热继电器,我国已引进技术批量生产。

2.6.2.3 热继电器的选用

(1) 热继电器热元件的整定电流范围应包容电动机的额定电流,即热继电器整定电流范围的中值为电动机的额定电流,若选用整定电流不可调节的热继电器,其整定电流与电动机的额定电流之差,不应超过 $\pm 5\%$ 。

(2) 热继电器的过载动作特性必须与被保护电动机的允许发热特性相匹配。

(3) 按电动机使用时的接线不同,选用合适的热继电器:

① 当电动机绕组为星形连接时,可选用二相或三相不带断相保护的热继电器;

② 当电动机绕组为三角形连接时,如热继电器接入线电流线路内,须选用带有断相保护的热继电器;如果热继电器接入相电流线路内,亦可选用不带断相保护的三相热继电器。

(4) 用于保护反复短时工作制电动机的热继电器,应考虑其允许的操作频率,热继电器每小时允许的操作次数可根据电动机的启动参数、通电持续率及负载电流等因素决定,复合加热的热继电器在反复短时工作制下每小时允许的操作次数可按图 5.2.9 所示的速查曲线选用;间接加热的热继电器每小时允许的操作次数比按图 5.2.9 速查曲线选用的次数稍高;当电动机每小时操作次数较高时,可选用带速饱和 and 电流互感器的热继电器。

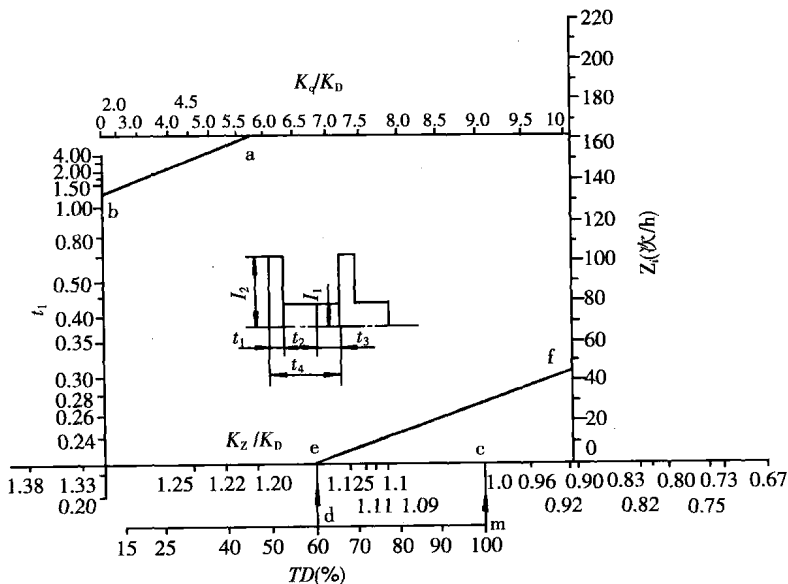


图 5.2.9 反复短时工作的热继电器每小时允许的操作次数

图 5.2.9 中符号及意义见表 5.2.77。

表 5.2.77 符号及意义

序号	符号	意 义	计算式(取值)
1	k	选用系数	$0.8 \sim 0.9^{①}$
2	K_q	电动机启动电流倍数	$K_q = I_q / I_N$
3	K_D	电动机负载电流倍数	$K_D = I_p / I_N$
4	t_1	电动机启动时间(s)	
5	I_N	电动机额定电流(A)	
6	TD	通电持续率(%)	$TD = \frac{t_1 + t_2}{t_4} \times 100\%$
7	I_Z	热继电器整定电流(A)	
8	K_Z	热继电器整定电流倍数	$K_Z = I_Z / I_N^{②}$
9	I_q	电动机启动电流(A)	
10	I_F	电动机负载电流(A)	

注:①取 $k=0.9$;② I_N ,热继电器额定电流。

2.6.3 温度继电器

温度继电器是一种保护继电器,当被保护部分的温度达到某规定值时而动作的继电器,按感温元件不同,分为双金属片型和热能电阻型两种,可用于电动机、发电机、变压器等的过热保护,也可用于温度自动控制装置。

与热继电器相比,使用温度继电器保护电动机能充分利用电动机的过载能力,当电动机频繁启动、反复短时工作制操作频率过高,或电动机虽未过电流,但由于电网电压过高、电动机进风口被堵塞等情况下,热继电器不能起到有效保护作用时,温度继电器能使电动机得到良好的保护。

温度继电器的技术性能见表 5.2.78 至表 5.2.80。

表 5.2.78 温度继电器的技术数据

温度继电器型号	额定动作温度(°C)	整定温度误差(°C)	低于动作温度的复位温度(°C)	寿命(千次)	温度继电器型号	额定动作温度(°C)	整定温度误差(°C)	低于动作温度的复位温度(°C)	寿命(千次)
JW6-50	50	±3	5~20	1	JW2-105H	105	±5	5~25	1
JW4-60/1	60	±1~±5	≤5	>10	JW3-105	105	±2	5~20	1
JW4-60/3	60	±1~±5	≤5	>10	JW6-105	105	±5	5~33	1
JW6-60	60	±3	5~20	1	JW4-110/1	110	±1~±5	≤5	>10
JW4-70/1	70	±1~±5	≤5	>10	JW4-110/3	110	±1~±5	≤5	>10
JW4-70/3	70	±1~±5	≤5	>10	JW2-115H	115	±5	5~25	1
JW6-70	70	±5	5~20	1	JW3-115	115	±2	5~20	1
JW2-80H	80	±5	5~20	1	JW6-115	115	±5	5~33	1
JW4-80/1	80	±1~±5	≤5	>10	JW4-120/1	120	±1~±5	≤5	>10
JW4-80/3	80	±1~±5	≤5	>10	JW4-120/3	120	±1~±5	≤5	>10
JW6-80	80	±5	5~33	1	JW2-125H	125	±8	5~30	1
JW4-90/1	90	±1~±5	≤5	>10	JW6-125	125	±8	5~33	1
JW4-90/3	90	±1~±5	≤5	>10	JW3-130	130	±3	5~20	1
JW6-90	90	±5	5~33	1	JW4-130/1	130	±1~±5	≤5	>10
JW2-95H	95	±5	5~20	1	JW4-130/3	130	±1~±5	≤5	>10
JW3-95	95	±2	5~20	1	JW2-135H	135	±8	5~30	1
JW4-100/1	100	±1~±5	≤5	>10	JW6-135	135	±8	5~33	1
JW4-100/3	100	±1~±5	≤5	>10	JW2-160H	160	±10	5~40	1
JW6-100	100	±5	5~33	1					

表 5.2.79 JW7 系列温度继电器的技术数据

型号	额定电压(V)	额定断开温度(°C)	额定断开温度允差(°C)	复位温度	触头容量
JW7	AC:220	60、70、80、90、100、 110、120、130、140、150	±5 ±8	低于额定断开 温度 20°C 以上	AC220V5A

表 5.2.80 JW7AM 系列温度继电器的技术数据

型号	额定电压(V)	额定断开温度(°C)	额定断开温度允差(°C)	复位温度	触头容量
JW7AM	AC:220	75、80、85、90、95、 100、105、110、115、 120、125、130、135、 140、145、150	±5 ±8	低于额定断开 温度 20°C 以上	AC220V14A

2.6.4 电磁式继电器

电磁式继电器是一种利用电磁铁的吸力作用而动作的继电器,它具有与反应外界一定输入信号的感应机制相应的电磁系统,以及与被控制电路实现“通”“断”控制的执行机制相应的触头系统。输入量和输出量一般是电压,电流等电量,当输入量的变化达到规定值时,输出量发生预定的阶跃变化,实现对小容量交流或直流电路的控制。

2.6.4.1 电磁式继电器的分类 作为自动、远动、遥控、遥测等基本自动化元件的电磁式继电器广泛用于电气传动和生产过程自动化的控制系统中,它的品种繁多,在同一磁系统结构上加上不同的线圈或阻尼线圈就可以分别构成多种型号、多种用途的产品。按其动作原理分类见表 5.2.81。

表 5.2.81 继电器按动作原理分类

名称	动作原理	主要用途
电压继电器	当电路中端电压达到规定值时动作	用于电动机失压、过压和欠压保护以及制动和反转控制等
电流继电器	当电路中通过的电流达到规定值时动作	用于电动机的过载和短路保护,直流电机磁场控制或失磁保护
中间继电器	同电压继电器	用于传播和放大信号,或将信号传给数个有关控制元件
时间继电器	利用电磁阻尼、空气阻尼、电子线路、同步电动机齿轮减速等使得到信号至触头动作具有一定时间间隔	用于绕线转子电动机以时间为原则启动时切换电阻的加速继电器,笼型异步电动机 Y-△启动、能耗制动及控制各种生产工艺程序等
高返回系数继电器	同电压继电器	利用保护及控制直流电机励磁回路及绕线转子电动机反接制动时的反接继电器

续表

名称	动作原理	主要用途
水银式继电器	利用水银开关的偏转、永磁或电磁驱动水银开关内部铁心或水银开关内气体受热膨胀等使水银流动实现通断	用于自动控制系统中,特别适用于化工腐蚀环境
干簧继电器	利用干簧管内簧片在永磁或电磁力作用下产生磁吸力而动作	用于通信、检测、计算技术、自动远动控制、行程控制等
自锁继电器	机械式自锁继电器有吸持和复位两个电磁系统,依靠机械锁扣自锁 磁自锁继电器只需在线圈中通以一定方向、一定大小的电流脉冲实现通断	用于自动控制系统中的记忆元件

2.6.4.2 电磁式继电器的主要技术性能

(1)额定参数:继电器的工作电压(电流)、吸合电压(电流)和释放电压(电流)视不同的继电器而不同。

(2)吸合时间和释放时间:按继电器的动作快慢一般分瞬时动作和延时动作两种。

(3)额定工作制:继电器的工作制有 8h 工作制、不间断工作制、断续周期工作制和短时工作制四种。

(4)触头的通断能力:按使用类别分类,触头通断能力是随着控制对象的容量及用途不同而有差异。

(5)机械寿命和电寿命:机械寿命和电寿命是继电器的主要技术指标。

(6)灵敏度:继电器的灵敏度是指它感应强弱不同的信号能力,一般是指继电器动作(吸合)所需要的最小功率。

(7)整定值:电磁式继电器的动作参数可用反作用弹簧来进行整定,对应于某一动作参数的吸力特性必须位于对应的反力特性之上,反力特性变化后对应的动作参数亦将改变。

(8)返回系数:返回系数是继电器释放值与动作值的比值系数,它是反映吸力特性与反力特性配合紧密程度的一个参数,并综合比较了动作值与释放值的差异性。不同用途的继电器,要求的返回系数也不同。

2.6.4.3 几种典型电磁式继电器的技术数据

(1)通用继电器:它是一种具有良好的通用性、系列性的电磁式继电器,在同一磁系统结构上加上不同的线圈或阻尼线圈就可以分别构成中间继电器、电压继电器、欠电流继电器、高返回系数继电器、时间继电器(短延时),它在电力拖动线路和自动控制装置中作控制继电器用,在直流电机励磁回路中起保护和控制作用,在交流绕线转子异步电动机的反接制动线路中用作反接继电器。通用继电器的技术数

表 5.2.84 JT4 系列交流通用继电器的技术数据

型 号	吸引线圈参数			触头参数				复位方式	返回系数	用途
	额定电压(或电流)	电压(或电流)可调整范围	消耗功率	额定电压(V)	额定电流(A)	数 量				
						常开	常闭			
JT4-□□P 零电压(或中间)继电器	交流 110V、127V、220V、380V 等 4 种	吸引电压 (60% ~ 85%) U_N 释放电压 (10% ~ 35%) U_N	75VA	交流 380 直流 110 220	10	2	— 2	自动	用于交流控制线路中,作为电压、电流、中间继电器	
JT4-□□I 过电流继电器	交流 5A、10A、15A、20A、40A、80A、150A、300A、600A 等 9 种	吸引电流 (110% ~ 350%) I_N	5W							1
JT4-□□S 手动过电流继电器								手动		0.1 ~ 0.3
JT4-□□A 过电压继电器	交流 110V、220V、380V 等 3 种	吸引电压 (105% ~ 120%) U_N	75VA			1	1	自动		0.1 ~ 0.3
JT4-□□J 过电流继电器	交流 5A、10A、15A、20A、40A、50A、80A、100A、150A、200A、300A、400A、600A 等 13 种	吸引电流 (75% ~ 200%) I_N	5W			2	— 2	自动		0.1 ~ 0.3
						1	1			

表 5.2.85 JT9、JT10 系列高返回系数直流继电器的技术数据

型号	线圈参数				触头参数				返回系数	
	额定电压 $U_N(V)$	动作电压	额定电流 $I_N(A)$	动作电流	消耗功率 (W)	数量		断开容量 (感性/A)		
						常开	常闭	直流 110V		直流 220V
JT9	直流 12、24、48、110、220、440 等 6 种	(30% ~ 50%) U_N	直流 1.5、2.5、5、10、25、50、100、150、300、600、900、1200 等 12 种	(30% ~ 70%) I_N	约 12	1	1	0.6	0.15	<0.7
JT10	直流 12、24、48、110、220、500 等 6 种	(35% ~ 55%) U_N	直流 1.5、2.5、5、10、20、40、80、150、300、600、1500 等 11 种	300A 以下 (35% ~ 70%) I_N ，600A 以上 (28% ~ 45%) I_N	约 12	1	1	4	2	<0.65

表 5.2.86 JT18 系列直流电磁式通用继电器的技术数据

型号	额定绝缘电压 $U_i(V)$	类别	规格额定电压 $U_N(V)$ 或额定电流 $I_N(A)$	调整为额定值的(%)		断电延时 (s)	通断能力 (A)	电寿命 (万次)	机械寿命 (万次)
				吸引	释放				
JT18-11	440	直流电压 (中间)	24V、48V、110V、 220V、440V	30 ~ 50 30 ~ 65	7 ~ 20 10 ~ 20	0.3 ~ 5	交流 380V $\cos\varphi=0.7$ 通断 46; 直流 220V 通断感性负载 $T_{0.45} =$ 300ms	50	可更换部分: 300 不可更换部分: 1000
JT18-22		直流欠电压	1.6A、2.5A、4A、6A、 10A、16A、25A、40A、 63A、100A、160A、 250A、400A、630A、 24V、48V、110V、 220V、440V						
JT18B-□□ JT18B-□□/1 JT18B-□□/3 JT18B-□□/5		时间	12V、24V、48V、75V、 110V、220V、440V						

表 5.2.87 JTX 系列小型通用继电器的技术数据

电流种类	规格	触头数量	线圈参数			吸引值 不大于	释放值 不小于	工作电流 (mA)
			线径(mm)	电阻(Ω)	匝数			
交流	6V	一对转换, 二对转换 或三对转 换	0.31	5.5	505	5.1V		415
	12V		0.21	24	910	10.2V		208
	24V		0.15	92	2020	20.4V		102
	36V		0.13	90	3830	30.6V	—	69
	110V		0.08	1600	9260	93.5V		24.2
	127V		0.08	2000	10700	108V		19
	220V		0.05	7500	18500	187V		11.5
直流	6V		0.21	40	1535	5.1V	2.7V	150
	12V		0.15	50	2875	10.2V	5.4V	80
	24V		0.11	570	5475	20.4V	10.8V	42
	48V		0.08	2230	10700	40.8V	21.6V	21.5
	110V		0.05	10000	22000	93.5V	49.5V	11
	220V		0.04	20000	22000	187V	99V	11
	20mA		0.07	3000	13000	18mA	8.1mA	—
	20mA	0.11	500	5430	36mA	16.2mA	—	

(2) 电流继电器: 主要用作绕线转子异步电动机或直流电动机的启动、过载、过电流保护, 高返回系数电流继电器主要用作交流异步电动机的堵转保护。电流继电器的技术数据见表 5.2.88 至表 5.2.91。

表 5.2.88 JL12 系列交直流电流继电器的技术数据

型 号	线圈额定电流(A)	触 头 参 数		动作时间
		电压(V)	额定电流(A)	
JL12-5	5	交流 380 直流 440	5	I_N 时不动作 $1.5I_N$ 时 < 3min 动作 $2.5I_N$ 时 $(10 \pm 6)s$ 动作 $6I_N$ 时 < 1~3s 动作
JL12-10	10			
JL12-15	15			
JL12-20	20			
JL12-30	30			
JL12-40	40			
JL12-60	60			
JL12-75	75			
JL12-100	100			
JL12-150	150			
JL12-200	200			
JL12-300	300			

表 5.2.89 JL14 系列交直流电流继电器的技术数据

电源种类	型号	线圈额定电流(A)	电流调节范围		触头参数			复位方式	用途
			吸引	释放	电压(V)	电流(A)	触头数		
直流	JL14-□□Z	1、1.5、2.5、5、10、15、25、40、	(70%~300%) I_N		440	5	1 常开	手动	直 流 过 (欠) 电 流 保 护
	JL14-□□ZS	60、100、150、					1 常闭		
	JL14-□□ZQ	300、600、1200、1500	(30%~65%) I_N	(10%~20%) I_N	2 常开	2 常闭	欠电流		
交流	JL14-□□J	1、1.5、2.5、5、10、15、25、40、	(110%~400%) I_N		380	5	1 常开	手动	交 流 过 (欠) 电 流 保 护
	JL14-□□JS	60、100、150、300、600、1200					1 常闭		
	JL14-□□JG	1、1.5、2.5、5、10、15、25、40、60、100、150、300、600	(110%~400%) I_N	2 常开	2 常闭	高返回系数			

注：型号栏 Z 表示直流；J 表示交流；S 表示手动复位；Q 表示欠电流；G 表示高返回系数。

表 5.2.90 JL15 系列电流继电器的技术数据

型 号	额定电压 U_N (V)	约定发热电 流 I_{th} (A)	线圈额定电 流 I_N (A)	接线 方式	复位 方式	触头 组合	返回 系数	电寿命 (万次)	机械寿命 (万次)
JL15-1.5	交流:380 直流:440	5	1.5	板前 接线	自动和 手动	四种： 1 常闭； 2 常闭； 1 常开； 2 常开； 2 常闭	交流： 0.25 直流： 0.15	50	控 制 用 100， 保 护 用 50
JL15-2.5			2.5						
JL15-5			5						
JL15-10			10						
JL15-15			15						
JL15-20			20						
JL15-30			30						
JL15-40			40						
JL15-60			60	板后 接线					
JL15-80			80						
JL15-100			100						
JL15-150			150						
JL15-250			250						
JL15-300			300						
JL15-400			400						
JL15-600			600						
JL15-800	800								
JL15-1200	1200								

表 5.2.91 JL18 系列过电流继电器的技术数据

型号	额定电压 U_N (V)	线圈 额定 电流 I_N (A)	触头主要额定参数			调整 范围	动作 误差值	操作 频率 (次/ h)	电寿 命 (万 次)	机械 寿命 (万 次)	复位 方式	外形尺寸 (mm) (宽×高 ×深)
			发热 电流 (A)	工作 电流 (A)	控制 容量							
JL18-1.0		1.0										
JL18-1.6		1.6										
JL18-2.5		2.5									77×	
JL18-4.0		4.0									120×105	
JL18-6.3		6.3										
JL18-10	交流: 380 直流: 220	10	10	交流: 2.0 直流: 0.27	交流: 1000 $V \cdot A$ 直流: 60W	交流吸合: (110% ~ 350%) I_N 直流吸合: (70% ~ 300%) I_N	$\pm 10\%$	12	10	10	自动 及 手动	
JL18-16		16										
JL18-25		25										
JL18-40		40										
JL18-63		63										
JL18-100		100										
JL18-160		160										
JL18-250		250										
JL18-400		400										
JL18-630		630										

(3)中间继电器:在控制电路中起信号放大作用或将信号同时传输给数个有关控制元件起增加控制回路数的作用。中间继电器技术数据见表 5.2.92 至表 5.2.96。

表 5.2.92 JZ7 系列中间继电器的技术数据

型号	吸引线圈		消耗 功率 (V·A)	触头参数				动作值或 整定值	操作 频率 (次/h)	电寿命 (万次)	机械 寿命 (万 次)
	额定电压(V)			额定 电流 (A)	触头数		通断能力				
	交流	直流			常开	常闭					
JZ7-22	12、24、36、 48、110、 127、220、 380、420、 440、500	—	吸持 功率 为 12, 启动 功率 为 75	5	2	2	直流:220V,接 通 0.2A,分断 0.2A 交流:1.05 × 380V; 接通 50A,分断 5A, $\cos\varphi=0.4$ 时 1.05 × 440V, 接通 2A,分断 0.25A, $T =$ 0.05s	吸引线 圈工作 电压范 围: 85% ~ 105%	1200	100	300
JZ7-41					4	1					
JZ7-42					4	2					
JZ7-44					4	4					
JZ7-53					5	3					
JZ7-62					6	2					
JZ7-80					8	0					

表 5.2.95 CA2-DN1 系列交流中间继电器的技术数据

型号	额定绝缘电压 (V)	约定发热电流 (A)	线圈参数				寿命 (万次)		触头数
			吸合电压 U_S/U_N	释放电压 U_S/U_N	吸合功率 (V·A)	保持功率/功耗 (V·A/W)	机械	电气	
CA2-DN140	660	10	0.85~1.1	0.3~0.6	70	8/1.8~2.7	2000	200	4 常开
CA2-DN131			$\cos\varphi$	$\cos\varphi$					3 常开 1 常闭
CA2-DN122			=0.8	=0.3					2 常开 2 常闭

注:CA2-DN1 为引进法国 TE 公司产品型号,国内对应型号为 JZC3。

表 5.2.96 MA-A 系列中间继电器的技术数据

型号	额定电压 (V)	约定发热电流 (A)	线圈额定电压 (V)	动作电压	释放电压	线圈功耗 (V·A)	动作时间 (ms)	机械寿命 (万次)	电寿命 (万次)	操作频率 (次/h)
MA306A MA406A MA415A	AC:220、110 DC:24	6 6 15	24、100/ 110、200/ 220、380、 400	<80%	7%~30%	8	30	1000	50	1800

(4)时间继电器:是在电路中起着按时间控制作用的继电器,当它的感测部分接受输入信号后,经过一定时间延时,它的执行机构才会动作,并输出信号以操纵控制回路。时间继电器的技术数据见表 5.2.97 至表 5.2.107。

表 5.2.97 JS10 型电动式时间继电器的技术数据

型号	额定工作电压 (V)	线圈消耗功率 (V·A)	延时范围	复位时间 (s)
JS10	交流:110、127、 220、380	12	10s~2min 20s~4min 30s~6min 1~12min 2~24min 4~48min	≤1

表 5.2.98 JS11 系列时间继电器的技术数据

型 号	吸引线 圈电压 (V)	触头额 定电压 (V)	触头额 定电流 (A)	延时触头				瞬动触头		延时范围	
				通电延时		断电延时		常开 常闭			
				常开	常闭	常开	常闭				
JS11-11	交流: 110、 127、 220、 380	380	5	3	2			1	1	0.4~8s	
JS11-11B										2~40s	
JS11-21										10~240s	
JS11-21B										1~20min	
JS11-31										5~120min	
JS11-31B										0.5~12h	
JS11-41										3~72h	
JS11-41B											
JS11-51											
JS11-51B											
JS11-61										交流: 110、 127、 220、 380	380
JS11-12	2~40s										
JS11-12B	10~240s										
JS11-22	1~20min										
JS11-22B	5~120min										
JS11-32	0.5~12h										
JS11-32B	3~72h										
JS11-42											
JS11-42B											
JS11-52											
JS11-52B											
JS11-62											
JS11-62B											
JS11-72											
JS11-72B											

表 5.2.99 JS14A、JS14S 系列晶体管时间继电器的技术数据

型 号	额定电压 (V)	延时范围		重复 误差	延时 误差	机械寿命 (万次)	电寿命 (万次)	备注
		数字	延时(s)					
JS14A-A JS14A-P JS14A-Y JS14S	AC:36、110、127、 220、380 DC:24、48、110、220 AC:36、110、220 DC:24、48、110	1	0.1~1	±3%	±10%	60	10	JS14S 无 240 规格
		5	0.5~5					
		10	1~10					
		30	3~30					
		60	6~60					
		120	12~120					
		180	18~180					
		240	24~240					
		300	30~300					
600	60~600							
900	90~900							

表 5.2.100 JS20 系列晶体管式时间继电器的技术数据

型号	延时触头		瞬动触头	额定工作电压 (V)	安装方式	延时整定方式	延时范围(s)
	通电延时	断电延时					
JS20-□/00	2			交流: 36、110、 127、220、380 直流: 24、48、 110	装置式	无波段 开 关	通电延时 1、5、10、 30、60、120、 180、240、 300、600、 900 断电延时 1、 5、10、30、 60、120、180
JS20-□/01	2				面板式		
JS20-□/02	2				外接式		
JS20-□/03	1		1		装置式带瞬动触头		
JS20-□/04	1		1		面板式带瞬动触头		
JS20-□/05	1		1		外接式带瞬动触头		
JS20-□/10	2				装置式	带波段 开 关	
JS20-□/11	2				面板式		
JS20-□/12	2				外接式		
JS20-□/13	1		1		装置式带瞬动开关		
JS20-□/14	1		1		面板式带瞬动开关		
JS20-□/15	1		1		外接式带瞬动开关	无波段 开 关	
JS20-□D/00		2			装置式		
JS20-□D/01		2			面板式		
JS20-□D/02		2			外接式		

表 5.2.101 JS25 系列时间继电器的技术数据

型号	延时方式	额定电压 (V)		延时范围	延时规格
		AC	DC		
JS25-T	通电延时	36、110(127)、 220、380	24、48、 110、220	7.5s~17h	6 挡 42 种
JS25-D	间隔定时				
JS25-F	分断延时				
JS25-M	通电延时脉冲型				
JS25-C	重复循环延时				
JS25-S	闪烁型				
JS25-X	Y-△型				

表 5.2.102 JS27、JS27A 系列时间继电器的技术数据

型号	工作方式	有无带中间继电器	输出触头	工作电压 (V)	延时时间 (s)	重复延时误差 ^①
JS27-□ JS27A-□	吸合延时	无	1 常开	AC: 至 380 DC: 至 220	JS27: “1”0.3~1.5 “2”1.0~5.0 “3”2.0~10.0 “4”5.0~30.0	JS27: ≤5% JS27A: “1”≤±0.02s “2”≤±0.2s
JS27-□/1 JS27A-□/1	吸合延时	有	3 常开 4 常闭			
JS27-□D JS27A-□D	释放延时	无	1 常开		“5”15.0~60.0	
JS27-□D/1 JS27A-□D/1	释放延时	有	4 常开 4 常闭		JS27A: “1”0.1~9.99 “2”1.0~99.9	

注:①JS27 以相对误差表示;JS27A 以绝对误差表示。

表 5.2.103 JS38 系列数字显示时间继电器的技术数据

型号	延时范围代号	延时范围	额定电压 (V)		整定值 延时误差	重复延时 误差	消耗功率 (W)
			交流	直流			
JS38	1	0.1~9.9s	24,36,110, 127,220,380	12,24,48, 110,220	≤1%	≤1%	<3
	2	1~99s					
	3	0.1~9.9min					
	4	1~99min					

表 5.2.104 JSCF 系列电子式时间继电器的技术数据

型号	额定电压 (V)	延时范围	输出触头数量	触头控制容量 (V·A)		延时 重复 误差 (%)	复位 时间 (s)	机械 寿命 (次)	电寿命 (次)
				感性负载 $\cos\varphi=0.4$ $L/R=7ms$	阻性负载				
JSCF-1	AC:50/60Hz;	0.1~240s	2 转换	AC:110 DC:240	AC:380 DC:120	<1 ±10ms	0.5	10 ⁷	5×10 ⁵
JSCF-2	24,36,110,	1~40s							
JSCF-3	127,220,380	6s~240min							
JSCF-4	DC:24,48,110	18s~12h							

表 5.2.105 JSZ22 系列电子式时间继电器的技术数据

型号	延时方式	触点型式	电源(V)	延时范围(s)	延时精度(%)	外形尺寸(mm) A×B×C	安装方式
JSZ22-160SA	通电延时	无触点	10~264	0.06~160	2.5	90×20×67	卡轨安装 35mm
JSZ22-160SF	断电延时	1H	(AC/DC)	各挡			

表 5.2.106 JSZ3(ST3PA) 超级时间继电器的技术数据

型号	额定电压(V)		额定电流(A)	消耗功率	延时范围	复位时间(ms)	允许动作频率(次/h)	重复误差	电寿命(万次)	机械寿命(万次)
	AC	DC								
JSZ3	100	24	3	AC: 100V, 2.2V·A 200V, 2.9V·A DC: 24V, 1.2W	0.05~0.5s	平均: 60 最大: 100	1800	±0.5% ±1.0ms 以下	100 以上 (AC; 110V, 3A, 电阻 负载时)	5000 以上
	110				0.5~5s					
	200				5~30s					
	220				30s~3min					

表 5.2.107 JSK4、JSK 系列空气式延时继电器的技术数据

型号	额定绝缘电压(V)	约定发热电流(A)	延时范围(s)	延时重复误差	延时稳定性误差	延时触头数量	瞬动触头数量	机械寿命(×10 ⁶ 次)
JSK4-3/1 JSK-3/2	660	10	0.1~3	±5%	+30% ^①	1 常开 1 常闭	2 常开 2 常闭	2.5
JSK4-30/1 JSK-30/2			0.1~30					
JSK4-180/1 JSK-180/2			10~180					

注: ①经过 2.5×10^6 次动作后延时平均值比开始的整定值允差。

2.6.4.4 电磁式继电器的选择

(1) 中间继电器的选择一般情况下根据负载电流、电压等级和触头数量来选择。

(2) 时间继电器的选择要从以下几个方面考虑:

①类型选择。凡是对延时要求不高的场合一般采用精度较差、价格较低的时

间继电器,例如 JS7-A 系列时间继电器;反之,如对延时要求较高则可采用精度较高的如 JS11、JS20 或 7PR 系列时间继电器。

②延时方式的选择。时间继电器有通电延时型和断电延时型两种,要根据控制线路的要求来选择适用的延时方式的时间继电器。

③线圈电压的选择。要根据控制线路电压来选择时间继电器吸引线圈的电压。

④电源参数变化时时间继电器的选择。在电源电压波动大的情况下采用空气阻尼或电动式时间继电器比采用电子式为好,而在电源频率波动大的情况下不宜采用电动式时间继电器,在温度变化较大的地方则不宜采用空气阻尼式时间继电器。

(3) 通用及电流继电器的选择要按继电器的类别不同分别选择。

①过电流继电器的选择

- a. 过电流继电器线圈的额定电流应大于或等于电动机的额定电流。
- b. 过电流继电器的触头种类、数量、额定电流应满足控制电路的要求。
- c. 过电流继电器的动作电流一般为电动机额定电流的 1.7~2 倍,频繁启动时为电动机额定电流的 2.25~2.5 倍。

②欠电流继电器的选择

- a. 欠电流继电器线圈的额定电流应大于或等于直流电动机励磁绕组额定电流。
- b. 欠电流继电器吸合动作电流应小于或等于直流电动机励磁绕组的额定电流的 80%。
- c. 欠电流继电器的释放动作电流应小于直流电动机最小励磁电流的 80%。

③欠电压继电器的选择

- a. 欠电压继电器线圈的额定电压应等于电源电压。
- b. 欠电压继电器的触头种类、数量应满足控制线路的要求。

2.7 主令电器

2.7.1 主令电器的分类和用途

主令电器主要是用作接通和分断控制电路,以发布命令或信号达到对电力传动系统的控制或实现程序控制的电器,它的类型主要有按钮、行程开关、万能转换开关和主令开关。

2.7.1.1 按钮 它是一种短时接通或分断小电流电路的电器,它不是直接去控制主电路的通断,而是在控制电路中发出“指令”去控制接触器、继电器等电器,再由接触器、继电器等去控制主电路。按钮可以做成很多型式,以满足不同的控制或操作需要,结构型式有钥匙式、旋钮式、紧急式、掀钮式、保护式、防水式、防腐式、带灯式等。

按钮还可用不同颜色代表不同的意义,使用人员可根据颜色来辨别和操作。按钮的颜色代表的意义及典型用途见表 5.2.108。常用的中英文按钮标牌名称对照见表 5.2.109。

表 5.2.108 按钮颜色代表的意义

颜色	代表意义	典型用途
红	停车、开断	一台或多台电动机的停车 机器设备的一部分停止运行 磁力吸盘或电磁铁的断电 停止周期性的运行
	紧急停车	紧急开断 防止危险性过热的开断
绿或黑	启动、工作、点动	控制回路励磁 辅助功能的一台或多台电动机开始启动 机器设备的一部分启动 激励磁力吸盘装置或电磁铁 点动或缓行
黄	返回的启动、移动出界、正常工作循环	在机械已完成一个循环的始点,机械元件返回,掀黄色按钮的功能可取消预置的功能
白或蓝	以上颜色所未包括的特殊功能	与工作循环无直接关系的辅助功能控制 保护继电器的复位

表 5.2.109 常用中英文按钮标牌名称对照

序号	标牌名称		序号	标牌名称	
	英文	中文		英文	中文
1	ON	通	14	RESET	复位
2	OFF	断	15	UP	上升
3	START	启动	16	DOWN	下降
4	STOP	停止	17	OPEN	开关
5	INCH	点动	18	CLOSE	关
6	RUN	运转	19	LEFT	左
7	FORWARD	正转(向前)	20	RIGHT	右
8	REVERSE	反转(向后)	21	HIGH	高
9	FAST	高速	22	LOW	低
10	SECOND	中速	23	TEST	试验
11	SLOW	低速	24	JOG	微动
12	HAND	手动	25	ACKNOWLEDGE	受信
13	AUTO	自动	26	EMERG STOP	紧急停

2.7.1.2 行程开关 主要用于将机械位移转变为电信号,用来控制机械动作或用作程序控制和限位控制。结构型式主要有按钮式、单轮旋转式、双轮旋转式等。

2.7.1.3 万能转换开关 主要用作控制线路的转换,电气测量仪表的转换以及配电设备的远距离控制,亦可用于小容量电动机的启动、制动换向及变速控制。

2.7.1.4 主令控制器 主要用作频繁地按顺序操纵多个控制回路,并通过接触器来实现控制电动机的启动。

2.7.2 主令电器的技术数据

(1)按钮的技术数据见表 5.2.110 至表 5.2.120。

(2)行程开关的技术数据见表 5.2.121 至表 5.2.124。

(3)主令控制器的技术数据见表 5.2.125 至表 5.2.131。

表 5.2.110 LA2、4、10、12、14、15 系列控制按钮的技术数据

型号	规格	结构型式	触头数量 常开 常闭 分合	外壳材料	按钮		外形尺寸 (mm) 长×宽×高
					钮数	颜色 标志	
LA2	500V5A	开启式	1 1		1	黑、红及绿	40×40×54.5
LA4-2K	500V5A	开启式	1		2		108×74×54.5
LA4-3K	500V5A	开启式	1		3		148×74×54.5
LA4-2H	500V5A	保护式	1		2		120×74×71
LA4-3H	500V5A	保护式	1		3		163×74×71
LA7	24V 48V 110V× 2.5A 220V× 2.5A	电磁自 持式	1 1		1		54×63×131
LA10-1	500V5A	单体 元件	1 1		1	黑、绿或红	62×58×72.5
LA10-1K	500V5A	开启式	1 1	铸铝合 金	1	黑、绿或红 启动或停止	62×58×72.5
LA10-2K	500V5A	开启式	2 2	铸铝合 金	2	黑、红或 绿、红 启动-停止	62×58×110
LA10-3K	500V5A	开启式	3 3	铸铝合 金	3	黑、绿、红 向前-向后-停 止	62×58×145
LA10-1H	500V5A	保护式	1 1	薄钢板	1	黑、绿或红 启动或停止	60×58×68
LA10-2H	500V5A	保护式	2 2	薄钢板	2	黑、红或 绿、红 启动-停止	60×58×105
LA10-3H	500V5A	保护式	3 3	薄钢板	3	黑、绿、红 向前-向后-停 止	60×58×144

续表

型号	规格	结构型式	触头数量 常开 常闭	外壳材料	按钮			外形尺寸 (mm) 长×宽×高
					按钮数	颜色	标志	
LA10-1S	500V5A	防水式	1 1	铸铝合金	1	黑、绿或红	启动或停止	66×82×110
LA10-2S	500V5A	防水式	2 2	铸铝合金	2	黑、绿、红	启动—停止	66×82×144
LA10-3S	500V5A	防水式	3 3	铸铝合金	3	黑、绿或 绿、红	向前—向后—停 止	66×82×180
LA10-2F	500V5A	防腐式	2 2	黑酚醛 塑粉压制	2	黑、红或 绿、红	启动—停止	66×80×144
LA12-11	500V5A	紧急式	1 1		1	黑、绿或红		
LA12-11J	500V5A		1 1		1	红		
LA12-22	500V5A		2 2		1	黑、绿或红		
LA12-22J	500V5A		2 2		1	红		
LA14-1	220V10A 220V10A		2 2		1	白色		
LA15	500V5A		1 1		1	红、黄、绿 或白		

表 5.2.111 LA18 系列控制按钮的技术数据

型号	触头对数	结构型式	按钮颜色	额定电压 (V)		额定控制容量 (V·A) (W)		额定发热电流 (A)		绝缘电压 (V)	外形尺寸 (mm)																								
				交流	直流	交流	直流	交流	直流																										
普通型		常开																																	
湿热带型		常开																																	
LA18-22	2	2	红、绿 黄、 白、黑	380	220	300	60	5	5	2400 (交流 50Hz 历时 1min, 0≤海拔 高度≤ 500m)	一般式: 48×36 ×143 紧急式: 48×36 ×154 旋钮式: 48×36 ×161 钥匙式: 48×36 ×161																								
LA18-44	4	4																																	
LA18-66	6	6																																	
LA18-22J	2	2	红									380	220	300	60	5	5	2400 (交流 50Hz 历时 1min, 0≤海拔 高度≤ 500m)	一般式: 48×36 ×143 紧急式: 48×36 ×154 旋钮式: 48×36 ×161 钥匙式: 48×36 ×161																
LA18-44J	4	4																																	
LA18-66J	6	6																																	
LA18-22X ₂	2	2	黑																	380	220	300	60	5	5	2400 (交流 50Hz 历时 1min, 0≤海拔 高度≤ 500m)	一般式: 48×36 ×143 紧急式: 48×36 ×154 旋钮式: 48×36 ×161 钥匙式: 48×36 ×161								
LA18-22X ₃	2	2																																	
LA18-44X	4	4																																	
LA18-66X	6	6	黑																									380	220	300	60	5	5	2400 (交流 50Hz 历时 1min, 0≤海拔 高度≤ 500m)	一般式: 48×36 ×143 紧急式: 48×36 ×154 旋钮式: 48×36 ×161 钥匙式: 48×36 ×161
LA18-22Y	2	2																																	
LA18-44Y	4	4																																	
LA18-66Y	6	6	锁芯 本色	380	220	300	60	5	5	2400 (交流 50Hz 历时 1min, 0≤海拔 高度≤ 500m)	一般式: 48×36 ×143 紧急式: 48×36 ×154 旋钮式: 48×36 ×161 钥匙式: 48×36 ×161																								
LA18-22Y	2	2																																	
LA18-44Y	4	4																																	
LA18-66Y	6	6																																	

表 5.2.112 LA19 系列控制按钮的技术数据

型 号		触头		按钮 结构 型式	按钮 颜色	额定电压 (V)		额定控 制容量		额定发热 电流(A)		绝缘 电压 (V)	指示灯		外形尺寸 (mm) 长×宽×高
		常 开	常 闭			交 流	直 流	交流 (V·A)	直流 (W)	交流	直流		电 压 (V)	功 率 (W)	
LA19-11		1	1	一般式	红、绿、黄、白、黑	80	220			5	5	6.3 12 24			56×32 ×45
LA19-11D		1	1	带灯式	红、绿、黄、白										65×32 ×45
LA19-11J		1	1	紧急式	红、绿										68×32 ×45
LA19-11DJ		1	1	紧急带灯式											77×32 ×45
LA19-11A	LA19-11ATH	1	1	一般式	红、绿、蓝、黄、白、黑	380	220	300	60	5	5	2400 (交流 50Hz 历时 1min, 0 ≤ 海 拔高 度 ≤ 500m)	6	<1	59×35 ×47
LA19-11A/J	LA19-11A/JTH	1	1	紧急式	红										65×35 ×47
LA19-11A/D	LA19-11A/DTH	1	1	带灯式	红、绿、蓝、黄、白、黑										74×35 ×47
LA19-11A/DJ	LA19-11A/DJTH	1	1	紧急带灯式	红	80×35 ×47									

注：主要生产家有上海第二机床电器厂、遵义长征电器四厂等。

表 5.2.113 LA20 系列控制按钮的技术数据

型	号	触头		结构	按钮	额定电压		额定容量	额定发热		绝缘	指示灯		外形尺寸	标志	
		对数	常开			(V)	(V)		交流	直流		电压	电压			功率
普通型	LA 型	通	热	带	型	色	交流	直流	交流	直流	(V)	(V)	(W)	长	宽	高
LA 型	LA 型	型	型	型	式	色	(V)	(V)	(V, A)	(W)	(A)	(A)	(W)	×	×	×
20-11	20-11TH	1	1	一般式	红、绿、蓝、黄、白、黑									67×43		
20-22	20-22TH	2	2											92×43		
20-11D	20-11DJTH	1	1	带指示	红、绿、蓝、黄、白							6	<1	67×43		
20-22D	20-22DJTH	2	2	灯式										92×43		
20-11J	20-11JTH	1	1	紧急式	红						2400			77×43		
20-22J	20-22JTH	2	2								(交流			102×43		
20-11DJ	20-11DJTH	1	1	紧急带	红		380	220	300	60	5	5		77×43		
20-22DJ	20-22DJTH	2	2	指示灯式									<1	102×43		
20-2K	20-2KTH	2	2	开启式	白、红或绿、红									77×44×52		启动—停止
20-3K	20-3KTH	3	3											95×44×52		向前—向后—停止
20-2H	20-2HTH	2	2	保护式	白、红或绿、红									78×48×52		启动—停止
20-3H	20-3HTH	3	3											101×48×52		向前—向后—停止

表 5.2.114 LA30 系列控制按钮的技术数据

名称	型号	额定电压 (V)	额定控制容量 (V·A 或 W)	额定发热电流 (A)	触头对数		按钮颜色	机械寿命 (万次)	电寿命 (万次)		说明																					
					常开	常闭			交流	直流																						
一般按钮	LA30-11	交流 380 直流 220	交流 300 直流 60	5	1	1	红、黄、绿、白、黑、蓝	300	60	20	按下按钮时,常闭触头先分开,常开触头后闭合,释放按钮时,由复位弹簧把按钮恢复到原位																					
	LA30-22				2	2																										
	LA30-33				3	3																										
	LA30-44				4	4																										
蘑菇按钮	LA30-11M				交流 380 直流 220	交流 300 直流 60	5					1	1	红、黄、绿、蓝、黑	300	60	20	动作同一般按钮														
	LA30-22M											2	2																			
	LA30-33M											3	3																			
	LA30-44M											4	4																			
锁扣按钮	LA30-11K											交流 380 直流 220	交流 300 直流 60	5					1	1	红、黄、绿、蓝、黑	10	10	10	按下按钮,常闭触头分开,常开触头闭合,并能自行锁住。复位时,旋钮得顺时针旋转 90°							
	LA30-22K																		2	2												
	LA30-33K																		3	3												
	LA30-44K																		4	4												
带灯按钮	LA30-11D																		交流 380 直流 220	交流 300 直流 60	5					1	1	红、黄、绿、白、蓝	300	60	20	动作同一般按钮
	LA30-22D																									2	2					
	LA30-33D																									3	3					
	LA30-44D																									4	4					
带灯蘑菇按钮	LA30-11D/M	交流 380 直流 220	交流 300 直流 60	5				1	1	红、黄、绿、白、蓝	300															60	20	动作同一般按钮				
	LA30-22D/M							2	2																							
	LA30-33D/M							3	3																							
	LA30-44D/M							4	4																							

续表

名称	型号	额定电压 (V)	额定控制容量 (V·A 或 W)	额定发热电流 (A)	触头对数		按钮颜色	机械寿命 (万次)	电寿命 (万次)		说明	
					常开	常闭			交流	直流		
旋钮按钮	LA30-11X/2	交流 380 直流 220	交流 300 直流 60	5	1	1	白	10	10	10	有二位置、三位置两种。顺时针旋转 90° 时,常闭触头先闭合,常开触头后闭合,不能自动复位,若要复位,需反时针旋转 90°。当旋钮指示在中间位置时,全部分开,当反时针方向旋转时常闭触头闭合;若顺时针旋转,常开触头闭合。在其初始位置的中间位置时,都能进行	
	LA30-22X/2				2	2						
	LA30-33X/2				3	3						
	LA30-44X/2				4	4						
	LA30-11X/3				1	1						
	LA30-22X/3				2	2						
	LA30-33X/3				3	3						
	LA30-44X/3				4	4						
钥匙按钮	LA30-11Y	交流 380 直流 220	交流 300 直流 60	5	1	1	白	10	10	10		只能用钥匙进行二位置操作,在其初始位置和终止位置能拔出钥匙
	LA30-22Y				2	2						
	LA30-33Y				3	3						
	LA30-44Y				4	4						
杠杆按钮	LA30-11G	交流 380 直流 220	交流 300 直流 60	5	1	1	黑	100	60	20	在 360° 范围内,向任一方扳动转 30°,常闭触头分开,常开触头闭合,由操作力移于自动复位	
	LA30-22G				2	2						
	LA30-33G				3	3						
	LA30-44G				4	4						

注:带灯按钮指示灯的电压为 6V,功率为 1W。

表 5.2.115 LA32、LA38、LA101 系列控制按钮的技术数据

型 号	额定 绝缘 电压 (V)	额定 发热 电流 (A)	交 流		直 流		指示灯电 压或功耗	电寿命 (万次)	触头 对数	额定控 制容量 (V·A)	生产 厂家
			额定 电压 (V)	额定 电流 (A)	额定 电压 (V)	额定 电流 (A)					
LA32-□□	660	10	660	1.1	440	0.36	白炽灯： D ₁ -6V D ₂ -24V 氖灯： D ₃ -110V D ₄ -220V D ₅ -380V	一般钮、 蘑菇钮、 灯钮：20	2 动合 2 动断 3 动合 3 动断 4 动合 4 动断 5 动合 5 动断 6 动合 6 动断		上海 天 沪 电 器 厂
LA32-□□M/1											
LA32-□□DM/1											
LA32-□□M/2											
LA32-□□Y/2											
LA32-□□Y/3											
LA32-□□ZS/1											
LA32-□□ ZS/2											
LA32-□□ DS/□											
LA32-□□ DJ/□											
LA32-□□D*J											
LA32-□□D*S											
LA32-□□ZF/1											
LA32-□□ZF/2											
LA32-□□ZF/3											
LA32-□□ZF/DB											
LA32-□□ZF/CB											
LA32-□□FN											
LA32-□□DFN											
LA32-□□FS/2											
LA32-□□FSX/2											
LA32-□□FSX/3											
LA32-2K											
LA32-3KC											
LA32-2H											
LA32-3H											
LA32-□□X/2											
LA32-□□X/3											

续表

型 号	额定 绝缘 电压 (V)	额定 发热 电流 (A)	交 流		直 流		指示灯电 流或功耗	电寿命 (万次)	触头 对数	额定控 制容量 (V·A)	生产 厂家
			额定 电压 (V)	额定 电流 (A)	额定 电压 (V)	额定 电流 (A)					
LA38-11	380	10	AC-11	AC-11	DC-11	DC-11	≤20mA 功耗: 0.5~ 1.65W	50	1 动合		江阴长 江电子 实业总 公司
LA38-22			220	4.5	110	0.6			1 动断		
LA101 系列		5	220	1.36	110	0.55			动断, 动合触 头对数 1~6		沈阳按 钮开关 厂
			380	0.8	220	0.3					
			660	0.45	440	0.15					

表 5.2.116 LAY1 系列控制按钮技术数据

型 号	额定电压 (V)		额定 电流 (A)	常开、 常闭触头 组合形式	钮头 颜色	外形尺寸 (mm)	安装尺寸 (mm)	结构型式
	交流	直流						
LAY1-□□	380	220	5	11,01、10、 22,02、20、 12,21	红、黄、 绿、黑	50×47×81	1-M30	平钮
LAY1-□□	380	220	5	33,03、30、 13,31、23、 32,44、04、 40,34、43、 14,41、24、 42	红、黄、 绿、黑	5×47×125	1-M30	平钮
LAY1-□□/1	380	220	5	11,01、10、 22,02、20、 12,21	红、黄、 绿、黑	50×47×92	1-M30	高护罩一般 钮
LAY1-□□/1	380	220	5	33,03、30、 13,31、23、 32,44、04、 40,14、41、 24,42、34、 43	红、黄、 绿、黑	50×47×136	1-M30	高护罩一般 钮

续表

型 号	额定电压 (V)		额定 电流 (A)	常开、 常闭触头 组合形式	钮头 颜色	外形尺寸 (mm)	安装尺寸 (mm)	结构型式
	交流	直流						
LAY1-□□J/2	380	220	5	01,02	红	50×47×94	1-M30	紧急钮(蘑菇头/φ40)
LAY1-□□J/2	380	220	5	03,04	红	50×47×138	1-M30	紧急钮(蘑菇头/φ40)
LAY1-□□J/3	380	220	5	01,02	红	φ62×96	1-M30	紧急钮(蘑菇头/φ60)
LAY1-□□J/3	380	220	5	03,04	红	φ62×140	1-M30	紧急钮(蘑菇头/φ40)
LAY1-□□J/4	380	220	5	01,02	红	φ82×99	1-M30	紧急钮(蘑菇头/φ80)
LAY1-□□J/4	380	220	5	03,04	红	φ82×140	1-M30	紧急钮(蘑菇头/φ80)
LAY1-□□D	380	220	5	11,01,10、 22,02,20、 12,21	红、黄、 绿、蓝、 无色	50×47×95	1-M30	带灯钮
LAY1-□□D	380	220	5	33,03,30、 13,31,23、 32,44,04、 40,14,41、 24,42,34、 43	红、黄、 绿、蓝、 无色	50×47×138	1-M30	带灯钮
LAY1-□□DJ/2	380	220	5	01,02	红	50×47×96	1-M30	带灯紧急钮 (蘑菇头φ40)
LAY1-□□DJ/2	380	220	5	03,04	红	50×47×139	1-M30	带灯紧急钮 (蘑菇头φ40)
LAY1-□□DJ/3	380	220	5	01,02	红	φ32×98	1-M30	带灯紧急钮 (蘑菇头φ30)
LAY1-□□DJ/3	380	220	5	03,04	红	φ32×141	1-M30	带灯紧急钮 (蘑菇头φ30)
LAY1-□□X	380	220	5	11,22	—	50×47×110	1-M30	旋钮(二位式)
LAY1-□□X	380	220	5	33,44	—	50×47×154	1-M30	旋钮(二位式)
LAY1-□□X/7	380	220	5	11,22	—	50×47×110	1-M30	旋钮(三位式)
LAY1-□□X/7	380	220	5	33,44	—	50×47×154	1-M30	旋钮(三位式)

续表

型 号	额定电压 (V)		额定 电流 (A)	常开、 常闭触头 组合形式	钮头 颜色	外形尺寸 (mm)	安装尺寸 (mm)	结构型式
	交流	直流						
LAY1-□□SX	380	220	5	11,22	—	50×47×118	1-M30	点动旋钮二点式
LAY1-□□SX	380	220	5	33,44	—	50×47×162	1-M30	点动旋钮二点式
LAY1-□□SX/7	380	220	5	11,22	—	50×47×118	1-M30	点动旋钮三点式
LAY1-□□SX/7	380	220	5	33,44	—	50×47×162	1-M30	点动旋钮三点式
LAY1-22XZ/8	380	220	5	22	—	50×47×119	1-M30	选择钮 1 型
LAY1-44XZ/8	380	220	5	44	—	50×47×163	1-M30	选择钮 1 型
LAY1-22XZ/9	380	220	5	22	—	50×47×119	1-M30	选择钮 2 型
LAY1-44XZ/9	380	220	5	44	—	50×47×163	1-M30	选择钮 2 型
LAY1-22XZ/10	380	220	5	22	—	50×47×119	1-M30	选择钮 3 型
LAY1-44XZ/10	380	220	5	44	—	50×47×163	1-M30	选择钮 3 型

表 5.2.117 LAY3 系列控制按钮的技术数据

额定电压 (V)	额定电流 (A)	电寿命 (万次)	机械寿命 (万次)	指示灯	安装孔中心最小尺寸 (mm)
交流： 660、380、220、 110、48	交流： 1.6、2.5、 4.5、6.8	交流：60	一般式： 300 旋钮式、 钥匙式： 10	氖灯为交流 220V 或 380V，白炽灯 为交、直流 6V	一般式、旋转式：65/50 钥匙式、带灯式：65/50 蘑菇头式：φ35 80/80 φ60 100/100 自锁式：φ35 80/80 φ60 100/100
直流： 220、110、48、24	直流： 0.3、0.6、 1.3、2.5	直流：30	自锁式：5		

表 5.2.118 LAY3 系列控制按钮品种及辅助规格代号

代号	品种(或派生)代号							辅助规格代号				
	D	D/N	M	X	Y	ZS	不表示	X/2、Y/2	X/3、Y/3	M/1-ZS/1	M/2-ZS/2	
意义	白 炽 灯 式	带 氛 灯 式	蘑 菇 式	旋 钮 式	钥 匙 式	自 锁 式	一 般 式	二 位 置	三 位 置	φ35	φ60	

表 5.2.119 LAY5 系列控制按钮的技术数据

序号	参数名称	参 数 值
1	额定绝缘电压	660V
2	额定工作电压	AC:380V DC:220V
3	约定发热电流	10A
4	额定工作电流	AC:1.9A DC:0.3A
5	额定控制功率	AC-11:380V 1.9A 720W DC-11:220V 0.3A 66W (AC-11 为控制交流电磁铁,DC-11 为控制直流电动机)
6	额定操作频率	按钮开关为 1200 次/h, 钥匙钮、旋钮、自锁钮为 3000 次/h
7	触头接触电阻	≤25mΩ
8	绝缘电阻	1.5MΩ
9	接线端可连接导线	1(或 2 根), 软(或硬)线 0.5~1.05mm ²
10	机械寿命	一般蘑菇头式, 带灯式为 1×10 ⁶ 次, 其他 0.3×10 ⁶ 次
11	电寿命	AC:0.6×10 ⁶ 次 DC:0.3×10 ⁶ 次
12	环境温度	-5~+40℃
13	符合标准	IEC-337-1.2; NFC63-140; VDE0660, GB1497-1985 标准
14	按钮或灯罩颜色	1-红, 2-绿, 3-黑, 4-黄, 5-蓝, 6-白, 7-无色透明

表 5.2.120 RA10 系列弱电控制按钮的技术数据

型 号	结构特征	钮头颜色	灯泡电压 (V)	按钮 钮数	外形尺寸(mm)			说 明
					长	宽	高	
RA10-22/F1	带灯 自复式	白、红、 浅黄、 淡绿、 天蓝	6、12、 18、24、 48、60	1	44	50	86	1. 按钮接通和分断电流 为 0.2A(电阻性负载) 2. 按钮触头接触电阻 0.05Ω 3. 最高操作次数为 30 次/min 4. 按钮机械寿命 10 万 次
RA10-22/F2				2	93			
RA10-22/F4				4	143			
RA10-22/F6				6	193			
RA10-22/F8				8	243			
RA10-22/F10				10	293			
RA10-22/F12				12	343			
RA10-22/Z1	带灯 自锁式	白、红、 浅黄、 淡绿、 天蓝	6、12、 18、24、 48、60	1	44	50	86	
RA10-22/Z2				2	93			
RA10-22/Z4				4	143			
RA10-22/Z6				6	193			
RA10-22/Z8				8	243			
RA10-22/Z10				10	293			
RA10-22/Z12				12	343			

表 5.2.121 LX19 系列行程开关的技术数据

型 号	额定电压 (V)交流/直流	额定 电流 (A)	触头转 换时间 (s)	动作力 (N) 小于	行程/超程 (mm) 或角度	触头 对数	外形 尺寸 (mm)	结 构 型 式
LX19K LX19-001 LX19-101				9.8 14.7 14.7	2~3.5/1 2~4/3 2~4/3		35×38×15 88×52×35 102×45×43	元件、直动、开 启式、直动式、 无滚轮、自动复 位 同 LX19 - 001
LX19-111 LX19-121 LX19-131	380/220	5	≤0.04	19.8	-30°/-20°	常 开 与 常 闭	128×52×54	传动杆内侧单 滚轮转动式,自 动复位 传动杆外侧单 滚轮转动式、自 动复位 传动杆凹槽内 侧,单滚轮转动 式,自动复位
LX19-212 LX19-222								U形传动杆内 侧双滚轮转动 式,非自动复位 U形传动杆外 侧双滚轮转动 式,自动复位
LX19-232				19.8	-30°/-15°		130×52×54	双滚转动式(U 形传动杆内外 侧各一滚轮,非 自动复位)

表 5.2.122 JLXK₁ 系列、LXK₃ 系列行程开关的技术数据

型 号	额定电压 (V)		额定电流 (A)		动作行程 (mm) 或角度	动作力 (N)	操作 频率 (次/h)	机械 寿命 (万次)	电寿命 (次)	生产 厂家					
	DC	AC	DC	AC											
LX21 *	220	380	5	5	≤30°	≤20	1200	200	2000	苏州 机床 电器 厂、 江西 低压 电器 厂					
JLXK ₁ -111	220	380	5	5	12°~15°	1	1200								
JLXK ₁ -111M					12°~15°	1									
JLXK ₁ -211					12°~15°	1.5									
JLXK ₁ -211M					12°~15°	1.5									
JLXK ₁ -311					1~3	2									
JLXK ₁ -311M					1~3	2									
JLXK ₁ -411					1~3	2									
JLXK ₁ -411M					1~3	2									
LXK ₃ -20S/Z	220	220	DC-11	AC-11	1.7~2.2	2400	100	AC: 15万 DC: 3万	苏州 机床 电器 厂						
LXK ₃ -20S/L										380	220V	380V	18~24°		
LXK ₃ -20S/B															
LXK ₃ -20S/J															
LXK ₃ -20S/D															
LXK ₃ -20S/H ₁			110	110	110V									220V	70°~80°
LXK ₃ -20S/H ₂															
LXK ₃ -20S/H ₃			0.3	1.4											
LXK ₃ -20S/H ₄															

表 5.2.123 LX22 系列行程开关的技术数据

型 号	额定 电流 (A)	额定电压 (V)		所控 制的 电路数	每小时 最多操 作次数	质量 (kg)	结构型式及操作方式
		交流	直流				
LX22-11 LX22-12	20	500	400	1 2	150	0.85	带滚轮的垂直单臂操作,操作臂转动30°时,触头即进行切换,外力消失后,操作臂又在弹簧作用下复原。适用于惰性行程不太大的平移机构
LX22-21 LX22-22	20	500	400	1 2	150	0.90	带滚轮的叉形操作臂操作,用定位轮和定位弹簧定位,两个转换位置,适用于惰性行程较大的平移机构
LX22-31 LX22-32	20	500	400	1 2	150	4	通电十字连接板与生产机械的转动部分连接,钢绳荷重式。适用于提升机构,最大提升高度达70m
LX22-41 LX22-42	20	500	400	1 2	150	0.90	结构型式同 LX22-2 型,三叉形操作臂操作,三个转换位置。适用于要求三个操作位置的平移机构
LX22-51 LX22-52	20	500	400	1 2	150	1.50	封闭防水式
LX22-61 LX22-62	20	500	400	1 2	150	0.90	结构型式同 LX22-2 型,双臂操作,两个转换位置,适用于速度较大的平移机构

表 5.2.124 LX33 系列行程开关的技术数据

型 号	额定电压 (V)		额定 发热 电流 (A)	操作 频率 (次/h)	电寿命 (万次)	机械 寿命 (万次)	防护 等级	外形尺寸(mm) 长×宽×高	结构型式
	交流	直流							
LX33-1	380	220	10	300	20	100	IP44	125×175×160	杆形操作臂, 自动 复位式 叉形操动臂, 非自 动复位式 重锤式、旋转式
LX33-2								235×170×160	
LX33-3								260×160×155	
LX33-4								265×170×178	

表 5.2.125 LK4 系列主令控制器的技术数据

型 号	额定电压 (V)	约定发热 电流(A)	控制 电路数	操作频率 (次/h)	机械寿命 (万次)	电寿命 (万次)	结 构 型 式
LK4-024	AC50Hz380; DC440	15	2	1200	100	AC:20 DC:10	保护式, 有一组凸 轮 转轴装配, 架设于滚 珠轴上
LK4-044			4				
LK4-054			6				
LK4-028/1			2				保护式, 装有减速器
LK4-028/2			2				
LK4-048/1			4				
LK4-048/2			4				
LK4-058/1			6				
LK4-058/2			6				
LK4-148/3			8				保护式, 具有两组凸 轮 轴装配, 架设于滚珠 轴上经过减速器与 操纵机构连接
LK4-148/4			8				
LK4-168/3			16				
LK4-168/4			16				
LK4-188/3			24				
LK4-188/4			24				
LK4-658/4			5				
LK4-658/5			5				
LK4-658/6	5						
LK4-658/7	5						

表 5.2.126 LK5 系列主令控制器的技术数据

型 号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	控制 电路数	结 构 型 式
LK5-027-1	AC380 DC440	10	2	手柄直接操作,可自复至零位
LK5-051/6-816			8	手柄直接操作,可自复至零位,带正齿轮传动装置,1:2的手柄,每一位有定位装置
LK5-051/6-1003			10	
LK5-052/2-816			8	带正齿轮传动装置,1:2的与杠杆相连的摇臂,无固定的位置
LK5-052/2-1003			10	

表 5.2.127 LK15 系列主令控制器的技术数据

型 号	额定电压(V)	额定电流(A)	控制电路数
LK15-6	交流 500 直流 440	15	6
LK15-8			8
LK15-10			10
LK15-12			12

表 5.2.128 LK17 系列主令控制器的技术数据

型 号	额定电压 (V)	约定发热 电流(A)	额定控 制容量	接通能力 (A)	分断能力 (A)	机械寿命 (万次)	电寿命 (万次)	开关 挡位数
LK17-2	AC380 DC220	10	AC1000V·A; DC180W	AC:42 DC:57	AC:2.6 DC:0.8	300	AC:60 DC:30	1~6
LK17-3								
LK17-4								
LK17-5								
LK17-6								
LK17-7								
LK17-8								
LK17-9								
LK17-10								
LK17-11								
LK17-12								

表 5.2.129 LK18 系列凸轮非调整式主令控制器的技术数据

型 号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	控制容量	操作频率 (次/h)	机械寿命 (万次)	电寿命 (万次)	外形尺寸(mm) 宽×高×深
LK18-10K LK18-10KL LK18-10L	380、 220	AC380V;2.6 220V;4.5; DC220V;0.4; 110V;0.8	AC; 1000V·A; DC90W	1200	300	AC-11; 100 DC-11; 60	243×88×150 190×208×160
LK18-10B	AC380 DC220	2.6 4.5				100	—
LK18-10B/□L	AC380 DC220	0.4 0.8				60	—
LK18A-10□	改型设计,性能同上						

表 5.2.130 LS2 系列主令开关的技术数据

型 号	额定电压(V)	额定电流(A)	控制电路数	结构型式
LS2-2 LS2-3	AC380	10		二个转换位置 三个转换位置
LS2D-2 LS2D-3			2 3	

表 5.2.131 LT6 型脚踏开关的技术数据

型 号	额定电压 (V)	额定工作电流(A)	额定工作功率(V·A)	约定发热电流(A)	最小操动力 (N)	电寿命 (万次)	机械寿命 (万次)
LT6-5	至 380	0.79	300	5	30	30	100

2.7.3 主令电器的选用

2.7.3.1 按钮的选用 具体见以下几项:

- (1) 根据使用场合选择按钮的种类,如开启式、保护式、防水式、防腐式等;
- (2) 根据用途选用合适的型式,如手把旋钮式、钥匙式、紧急式、带灯式等;
- (3) 按控制回路的需要,确定不同的按钮数,如单钮、双钮、三钮、多钮等;

(4)按工作状态指示和工作情况的要求,选择按钮和指示灯的颜色。

2.7.3.2 行程开关的选用 具体见以下几项:

(1)根据应用场合及控制对象选择。有一般用途行程开关和起重设备用行程开关;

(2)根据安装环境选择防护型式,如开启式或保护式;

(3)根据控制回路的电压和电流选择系列;

(4)根据机械与行程开关的传力与位移关系选择合适的头部型式。

2.7.3.3 非调整式主令控制器的选用

(1)使用环境:一般均为防护式,防护等级为IP11,仅适用于室内,有些用于室外,应另加防雨措施;

(2)电路数及操作挡位:控制电路有6、8、10、12四种,操作挡位有1~6挡;

(3)开闭表的特征:全系列的主令控制器规格很多,由于开闭表及操作挡位不一,选用时应查看样本选择符合要求的触头开闭表,然后根据开闭表的规格确定产品型号。

2.7.3.4 调整式主令控制器的选用

(1)使用环境:使用于室外应采用防水式(LK4-658),用于室内则采用其他各种规格;

(2)控制电路数:全系列主令控制器的电路数有2、5、6、8、16、24等规格,一般选择时总留有若干电路空着作备用;

(3)减速器传动比:LX4系列的减速器传动比,有1:5、1:20、1:30、1:36、1:16.65等几种型式。其中1:16.65的传动比为凸轮鼓串联型。

2.8 控制器

在电气控制设备中,控制器主要用作转换主回路或励磁回路的接法和改变回路中的电阻值,以达到电动机的启动、转向和调速等目的的电器。

2.8.1 控制器的分类及用途

控制器的分类及用途见表5.2.132。

表 5.2.132 控制器的分类及用途

类别名称	型号含义	产品系列	特点	用途	说明
平面控制器	<p> <input type="checkbox"/> 线路图序号 <input type="checkbox"/> A—带控制继电器 <input type="checkbox"/> B—不带 <input type="checkbox"/> 横梁移动全行程的时间 <input type="checkbox"/> 1—10 A <input type="checkbox"/> 2—25 A <input type="checkbox"/> 设计序号 <input type="checkbox"/> 额定电流 <input type="checkbox"/> 平面控制器 KP </p>	KP1—KP5	由手柄或伺服电机通过传动机构带动触头，使其在平面静触头上按顺序作旋转或往复运行	连接电阻，可成电动电阻器，可调节电路中的电压、电流和励磁，从而达到调节电动机转速的目的	其中以 KP5 应用较多
鼓形控制器	<p> <input type="checkbox"/> 线路特征代号 <input type="checkbox"/> 设计序号 <input type="checkbox"/> 额定电流 <input type="checkbox"/> Z—直流 <input type="checkbox"/> J—交流 <input type="checkbox"/> 鼓形控制器 KG </p>	KGJ1 JTZ1	触头滑动摩擦，接触磨损大，操作频率低，分断能力差	用于冶金、起重或电车上的电动机启动、调速和换向	逐渐淘汰，可由凸轮控制器替代
凸轮控制器	<p> 型号表示方法有两种：其一 <input type="checkbox"/> 线路特征代号 <input type="checkbox"/> 额定电流 <input type="checkbox"/> 设计序号 <input type="checkbox"/> Z—直流 <input type="checkbox"/> J—交流 <input type="checkbox"/> 凸轮控制器 KT 其二 <input type="checkbox"/> 线路特征代号 <input type="checkbox"/> Z—直流 <input type="checkbox"/> J—交流 <input type="checkbox"/> 额定电流 <input type="checkbox"/> 设计序号 <input type="checkbox"/> 凸轮控制器 KT </p>	KTJ1 KTJ2 KTJ3 KTJ4 KTJ12 KTJ10 KTZ1 KTZ2	其手轮(柄)、外壳定位机构、接触元件、凸轮转换装置均装在绝缘方轴上。不同形状的凸轮，可使一系列的触头组按规定顺序接通分断电路。触头采用积木式，双排布置，结构紧凑，装配方便	主要用于起重设备中控制交流或直流电动机的启动、停止、调速、换向和制动；也适用于要求相同的其他电力驱动装置，如卷扬机、绞车、挖掘机、电车等	

2.9.2 控制器主要技术数据

2.9.2.1 凸轮控制器

(1)KT10 系列凸轮控制器

KT10 系列凸轮控制器适用于交流 50Hz、电压至 380V 的电路中,主要作为三相感应电动机的启动、调速、换向之用,也可应用于类似要求的其他动力驱动系统中。

接触系统由转动式单断点触头元件及钢质灭弧罩等组成。控制器的定位由定位棘轮、定位杠杆、定位弹簧实现,控制器为保护式,有钢板外壳,上下基座由铸铁制成。

控制电动机类型及台数见表 5.2.133,主要技术参数见表 5.2.134。

表 5.2.133 KT10 系列控制电动机类型

型 号	KT10— ²⁵ ₆₀ J/1	KT10— ²⁵ ₆₀ J/2	KT10— ²⁵ ₆₀ J/5	KT10— ²⁵ ₆₀ J/3
控制电动机 类型及台数	1 台 绕线型电动机	2 台 绕线型电动机		笼型电动机

表 5.2.134 KT10 系列主要技术参数

产品型号	挡位 数		额定 工作 电压 (V)	主回路 (定子回路 转子回路) I_e (A)	控制器 额定功率 (kW)		电寿命 (万次)	辅助回路			额定 操作 频率 (次/h)	通电 持续 率 TD	机械 寿命 (万次)
	左	右			220V	380V		额定 发热 电流 (A)	控制 功率 (VA)	电寿命 (万次)			
KT10-25J/1	5	5	380	25	7.5	11	5	5	300	20	600 ^③	40%	150 ^④
KT10-25J/2					②	②							
KT10-25J/3	1	1			3.5	5							
KT10-25J/5					2×3.5	2×5							
KT10-60J/1	5	5		60	22	30							
KT10-60J/2													
KT10-60J/3	1	1			11	16							
KT10-60J/5	5	5			2×7.5	2×11							

注:①其中零位触头、电阻回路触头 75 万次后允许更换。

②由定子回路接触器功率定。

③当操作频率超过额定值须相应降低控制器的额定功率。

(2)KT14 系列凸轮控制器

KT14 系列凸轮控制器适用于交流 50Hz、电压至 380V 的电路中,主要作为起重机电流电动机的启动和换向之用。本控制器具有可逆对称的电路,适用于起重机的平移机构和升降机构,也能作同类型性质电动机的启动、换向和调整之用。

KT14 凸轮控制器根据所控制的电动机型式及数量不同,有:

KT14-25J/1、KT14-60J/1 型控制器为控制 1 台三相绕线型感应电动机;

KT14-25J/2、KT14-60J/2 型控制器为同时控制 2 台三相绕线型感应电动机;

KT14-25J/3 型控制器为控制 1 台三相笼型感应电动机;

KT14-60J/4 型控制器为同时控制 2 台三相绕线型感应电动机,但不带定子电路的触头。

KT14 主要技术参数见表 5.2.135。

表 5.2.135 KT14 系列主要技术数据

型号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	工作位置数		在通电持续率为 25% 时所能控制的电动机		额定操作频率 (次/h)	最大工作周期 (min)	质量 (kg)
			向前 (上升)	向后 (下降)	转子最大电流 (A)	最大功率 (kW)			
KT14-25J/1	380	25	5	5	32	11	600	10	14.5
KT14-25J/2	380	25	5	5	2×32	2×5.5	600	10	18.2
KT14-25J/3	380	25	1	1	32	5.5	600	10	13.5
KT14-60J/1	380	60	5	5	80	30	600	10	15
KT14-60J/2	380	60	5	5	2×32	2×11	600	10	18.2
KT14-60J/4	380	60	5	5	2×80	2×30	600	10	15

注:1. 额定电流是指定子电路的触头参数。

2. 最大控制功率是指 JZR2 系列电机,若 YZR 及其他系列电机则可根据电机的定子及转子电流选择型号。

3. 控制器的机械寿命在操作频率 600 次/h 的情况下,不大于 150×10^4 次。

4. 控制器的操作力不小于 49N。

(3)KTJ1 系列凸轮控制器

KTJ1 系列凸轮控制器适用于交流 50Hz、额定电压至 380V 的电路中,用作起重机电流电动机的启动、停止、调速、换向和制动。也适用于有相同要求的其他电力驱动系统中。其中 KTJ1-50/1、KTJ1-80/1、KTJ1-80/3 用作控制 1 台绕线型电动机;KTJ1-50/2、KTJ1-80/2、KTJ1-50/5、KTJ1-80/5 用作控制 2 台绕线型电动机;KTJ1-50/3 用作控制笼型电动机。

主要技术参数见表 5.2.136,其额定操作频率 600 次/h,辅助触头最大电流 15A(KTJ1-50/2、KTJ1-80/3 无)。

表 5.2.136 KTJ1 系列主要技术参数

型 号	额定 电流 (A)	额定 电压 (V)	工作位置数		在通电率为40% 时所控制的电动机		转子电路触头 电流(A)		操作力 (N)	质量 (kg)
			向前 (上升)	向后 (下降)	最大功率(kW)		额定 通电流=40% 电流	最大 电流		
					220V	380V				
KTJ1-50/1	50	380	5	5	11	16	50	75	68.6	28
KTJ1-50/2			5	5	①	①				28
KTJ1-50/3			1	1	7.5	11				28
KTJ1-50/5			5	5	2×5	2×7.5	50	2×75		34
KTJ1-80/1	80	380	6	6	22	22	80	120	68.6	34
KTJ1-80/2			6	6	2	②	80	2×120		34
KTJ1-80/3			6	6	22	30				35
KTJ1-80/5			5	5	2×7.5	2×11	80	2×75		36

注:①由定子回路接触功率而定。

②无定子电路触头。

(4)KTJ6 系列凸轮控制器

KTJ6 系列凸轮控制器适用于交流 50Hz,电压至 380V,电流至 63A 的电路中,主要作为起重机交流电动机的启动、制动、调速和换向之用。

控制器为保护式。32A、63A 接触组件选用同一外形尺寸的躯壳,32A 躯壳用酚醛塑料压制,63A 用三聚氰胺耐弧塑料压制。由双断点触头和灭弧装置等构成接触组件,采用插叠积木式布置在转轴两侧,与转轴凸轮的配合,以迫使接触组的触头开闭符合分合的要求。操纵位置挡数为 1~5 挡。控制器内由棘轮机构、凸轮、接触组(件)及支架组成。

主要技术参数见表 5.2.137。控制器手柄操作力:25A 不大于 4N,60A 不大于 5N。

表 5.2.137 KTJ6 系列主要技术参数

型 号	额定 电压 (V)	额定 电流 (A)	工作位置		在通电持续率为 25%时所控制的 电动机		额定 操作 频率 (次/h)	通断能力 418V $\cos\varphi=0.65$		机械 寿命 (万次)	AC-2 电寿命 (万次)	质量 (kg)
			向前 (上升)	向后 (下降)	定转子 最大电流	最大功率 (kW)		接通	分断			
KTJ6-25/1	380	32	5	5	32	12.5	600	128	128	150	9	8
KTJ6-25/2	380	32	5	5	32	2×6.3	600			25次	25次	150
KTJ6-25/3	380	32	1	1	32	8	600			150	9	8
KTJ6-60/1	380	63	5	5	80	32	600	252	252	150	9	9
KTJ6-60/2	380	63	5	5	80	2×16	600			25次	25次	150
KTJ6-60/3	380	63	5	5	80	2×25	600			150	9	9

(5)KTJ15 系列凸轮控制器

KTJ15 系列凸轮控制器用于交流 50Hz, 额定工作电压至 380V, 额定电流至 63A 的主电路中, 以改变绕线式电动机定子电路的相序和转子回路的电阻值, 来控制电动机的启动、调速、制动和反向。

主要技术参数见表 5.2.138, 其手柄操作力不大于 40N, 辅助触头额定工作电流 2.6A, AC-11 电寿命 60 万次。

表 5.2.138 KTJ15 系列的主要技术参数

型 号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	最多控制挡位		最多触头元件数		控制电动机功率 (kW)	通断能力 418V $\cos\varphi=0.65$		机械寿命 (万次)	AC-2 电寿命 (万次)	操作力 (N)
			左	右	主电路	辅助电路		接通	分断			
KTJ15-32	380	32	6	6	12	3	15	128	128	300	7.5	40
KTJ15-63		63					30	252	252			

2.9.2.2 平面控制器 KP3 系列平面控制器用于直流电压至 250V、额定电流至 350A, 是一种手动操作的盘式双杆电池换接器, 在电站运行情况下用来改变电池组接入电池的数量, 以便在放电时保持直流母线电压不改变及在蓄电池充电时保持电流。

平面控制器的动、静触头转换装置为平面布置的, 手轮转动时, 动、静触头进行接通与分断控制电器, KP3 系列平面控制器主要技术数据见表 5.2.139。

表 5.2.139 KP3 系列平面控制器主要技术数据

型 号	额定电压(V)	额定电流(A)	手轮操作转矩(N·m)	
			小臂	大臂
KP3-200	不大于 250 (直流)	200	25	54
KP3-350			30	60

2.9.3 控制器的选用

正确选用控制器不能只按铭牌上的规定, 还要了解控制对象的工作情况, 如电动机的容量、型式、额定电压、额定电流和工制等, 如用于冶金企业等场合, 控制器往往具有操作频率高、环境温度高、粉尘大等特点。在选用时应留有一定裕量。

除选用的控制器控制功率应大于电动机的功率外, 对于各种控制器的控制线路也应注意其特点。

第 6 章 变配电及供电系统

1 电力负荷及其计算

电力系统各级电力网上用电设备所需功率的总和称为用户的用电负荷。按照功率的性质,用电负荷可分为有功负荷和无功负荷。

根据用户和负荷的重要程度,按对供电可靠性的要求,把电力负荷分为三级。

(1)一级负荷(first order load):一级负荷为中断供电将造成人身伤亡者或者中断供电将在政治、经济上造成重大损失者。如重大设备损坏,重大产品报废,用重要原料生产的产品大量报废,国民经济中重点企业的连续生产过程被打乱、需长时间才能恢复等。

在一级负荷中,当中断供电将发生中毒、爆炸和火灾等情况,以及特别重要场所的不允许中断供电的负荷,应视为特别重要的负荷。

(2)二级负荷(second order load):二级负荷为中断供电将在政治、经济上造成较大损失者。如主要设备损坏,大量产品报废,连续生产过程被打乱、需长时间才能恢复,重点企业大量减产等。

(3)三级负荷(third order load):三级负荷为一般电力负荷,指所有不属于上述一、二级负荷者。

供电系统要能够可靠地正常运行,就必须正确地选择系统中的所有元件,包括电力变压器、开关设备和导线电缆等。元件除应满足工作电压和频率的要求外,最重要的是满足负荷电流的要求,因此有必要对系统中各个环节的电力负荷进行统计计算。

通过负荷的统计计算求出的、用以按发热条件选择供电系统中各个元件的负荷值,称为计算负荷(calculated load)。根据计算负荷选择电气设备和导线电缆,如以计算负荷连续运行,其发热温度不会超过允许值。

我国普遍采用的确定用电设备组计算负荷的方法,主要是需要系数法和二项式系数法。需要系数法是国际上通用的确定计算负荷的方法,最为简便实用。二

项式系数法的应用局限性较大,但在确定设备台数较少而容量差别悬殊的分支干线的计算负荷时,较之需要系数法合理,且计算也较简单。

1.1 按需要系数法确定计算负荷

适用于计算民用负荷、变电所和全厂负荷。

对于三相用电设备组,有功计算负荷:

$$P_{js} = K_x \cdot \sum P_s \text{ (kW)}$$

无功计算负荷:

$$Q_{js} = P_{js} \tan \varphi \text{ (kvar)}$$

视在计算负荷:

$$S_{js} = \sqrt{P_{js}^2 + Q_{js}^2} \text{ (kV} \cdot \text{A)}$$

或者

$$S_{js} = \frac{P_{js}}{\cos \varphi} \text{ (kV} \cdot \text{A)}$$

计算负荷的电流:

$$I_{js} = \frac{S_{js}}{\sqrt{3}U_c} \text{ (A)}$$

或者

$$I_{js} = \frac{P_{js}}{\sqrt{3}U_c \cos \varphi} \text{ (A)}$$

式中 $\sum P_s$ ——设备总容量(备用设备容量不计);

U_c ——三相用电设备的额定线电压;

K_x ——需要系数,数值见表 6.1.1;

$\cos \varphi$ 和 $\tan \varphi$ ——用电设备组计算负荷时功率因数及对应的正切值,数值见表 6.1.1。

表 6.1.1 用电设备组的需要系数、二项式系数及功率因数数值

用电设备组名称	需要系数 K_x	二项式系数		最大容量 设备台数 n	$\cos \varphi$	$\tan \varphi$
		b	c			
大批和流水作业生产的热加工机床电动机	0.3~0.4	0.26	0.5	5	0.65	1.17
大批和流水作业生产的冷加工机床电动机	0.2~0.25	0.14	0.5	5	0.5	1.73
小批和单独生产的冷加工机床电动机	0.14~0.2	0.14	0.4	5	0.5	1.73
通风机、水泵、空压机及电动发电机组电动机	0.75~0.85	0.65	0.25	5	0.8	0.75

续表

用电设备组名称	需要系数 K_x	二项式系数		最大容量 设备台数 n	$\cos\varphi$	$\tan\varphi$
		b	c			
连续运输机械和铸造车间造型机械(非连锁的)	0.6~0.7	0.4	0.4	5	0.75	0.88
连续运输机械和铸造车间造型机械(连锁的)	0.65~0.7	0.6	0.2	5	0.75	0.88
锅炉房和机修、机械加工、装配等类车间的吊车($\epsilon=25\%$)	0.1~0.15	0.06	0.2	3	0.5	1.73
铸造车间的吊车($\epsilon=25\%$)	0.15~0.3	0.09	0.3	3	0.5	1.73
自动连续装料的电阻炉设备	0.6~0.8	0.7	0.3	2	0.95	0.33
非自动连续装料的电阻炉设备	0.6~0.7	0.5	0.5	1	0.95	0.33
低频感应电炉 ^①	0.65	—	—	—	0.7	1.02
实验室用的小型电热设备(电阻炉、干燥箱等)	0.7	—	—	—	1	0
高频感应电炉 ^②	0.8	—	—	—	0.87	0.57
电弧熔炉	0.9	—	—	—	0.87	0.57
点焊机、缝焊机	0.35	—	—	—	0.6	1.33
对焊机、铆钉加热机	0.35	—	—	—	0.7	1.02
自动弧焊变压器	0.5	—	—	—	0.4	2.29
单头手动弧焊变压器	0.35	—	—	—	0.35	2.68
多头手动弧焊变压器	0.7~0.9	—	—	—	0.35	2.68
单头弧焊电动发电机组	0.35	—	—	—	0.6	1.33
多头弧焊电动发电机组	0.7~0.9	—	—	—	0.75	0.38
小型轧钢机	0.5~0.7	—	—	—	0.8	0.75
纺织机械	0.4~0.6	—	—	—	0.7	1.02
造纸机	0.35~0.5	—	—	—	0.7	1.02
生产厂房及办公室、试验室照明	0.8~1	—	—	—	1	0
变电所、仓库照明	0.5~0.7	—	—	—	1	0
宿舍(生活区)照明	0.6~0.8	—	—	—	1	0
室外照明	1	—	—	—	1	0
事故照明	1	—	—	—	1	0

注:①低频感应电炉不带功率因数补偿装置时, $\cos\varphi=0.35$, $\tan\varphi=2.68$ 。②高频感应电炉不带功率因数补偿装置时, $\cos\varphi=0.1$, $\tan\varphi=9.95$ 。

1.2 按二项式系数法确定计算负荷

在确定用电设备台数较少而容量差别相当大的低压分支线和干线的计算负荷时,需要系数法不适用,为此提出了二项式系数法(经验公式)。

1.2.1 单相用电设备计算负荷的确定

有功计算负荷:

$$P_{js} = bP_s + cP_n \quad (\text{kW})$$

式中 P_s ——该用电设备组设备容量之和;

P_n ——该用电设备组中 n 台容量最大用电设备容量之和;

b, c ——二项式系数,见表 6.1.1。

$$Q_{js} = P_{js} \cdot \tan\varphi \quad (\text{kvar})$$

$$S_{js} = \sqrt{P_{js}^2 + Q_{js}^2} \quad \text{或} \quad S_{js} = \frac{P_{js}}{\cos\varphi} \quad (\text{kV} \cdot \text{A})$$

$$I_{js} = \frac{S_{js}}{\sqrt{3}U_e} \quad \text{或} \quad I_{js} = \frac{P_{js}}{\sqrt{3}U_e \cos\varphi} \quad (\text{A})$$

1.2.2 多组用电设备计算负荷的确定

有功计算负荷:

$$P_{js} = \sum (bP_s)_i + (cP_n)_{\max} \quad (\text{kW})$$

无功计算负荷:

$$Q_{js} = \sum (bP_s \tan\varphi)_i + (cP_n \tan\varphi)_{\max} \quad (\text{kvar})$$

式中 $\sum (bP_s)_i$ ——所有各组有功负荷之和;

$\sum (bP_s \tan\varphi)_i$ ——所有各组无功负荷之和;

$(cP_n)_{\max}$ ——各组有功负荷中最大的一个;

$(cP_n \tan\varphi)_{\max}$ ——各组无功负荷中最大的一个。

视在计算负荷:

$$S_{js} = \sqrt{P_{js}^2 + Q_{js}^2} \quad (\text{kV} \cdot \text{A})$$

计算电流:

$$I_{js} = \frac{S_{js}}{\sqrt{3}U_e} \quad (\text{A})$$

1.3 单相用电设备组计算负荷的确定

在工业企业中,广泛地应用各种单相设备,如电焊机、小型试验设备和加热设备、低频感应加热炉、单相整流器、照明等。单相设备应尽可能三相均衡分配。

当单相用电设备总容量小于三相用电设备总容量的 15% 时,可直接按三相平衡计算。

当单相用电设备总容量大于三相用电设备总容量的 15%,且三相具有明显不对称时,应将其换算成相负荷后,选择负荷最大一相的设备乘 3,再同三相用电设备一起进行计算。

接于线电压的单相负荷换算为相电压的单相负荷的计算方法如下。

对于 a 相:

$$P_a = P_{ab} p_{(ab)a} + P_{ca} p_{(ca)a} \quad (\text{kW})$$

$$Q_a = P_{ab} q_{(ab)a} + P_{ca} q_{(ca)a} \quad (\text{kvar})$$

对于 b 相:

$$P_b = P_{ab} p_{(ab)b} + P_{bc} p_{(bc)b} \quad (\text{kW})$$

$$Q_b = P_{ab} q_{(ab)b} + P_{bc} q_{(bc)b} \quad (\text{kvar})$$

对于 c 相:

$$P_c = P_{bc} p_{(bc)c} + P_{ca} p_{(ca)c} \quad (\text{kW})$$

$$Q_c = P_{bc} q_{(bc)c} + P_{ca} q_{(ca)c} \quad (\text{kvar})$$

式中 P_{ab} 、 P_{bc} 、 P_{ca} ——接于 ab、bc、ca 间线电压的负荷;

P_a 、 P_b 、 P_c ——换算为 a、b、c 相的有功负荷;

Q_a 、 Q_b 、 Q_c ——换算为 a、b、c 相的无功负荷;

$p_{(ab)a}$ 、 $q_{(ab)a}$ 、……——接于 ab 线电压的负荷换算至 a 相的有功及无功换算系数,见表 6.1.2。

表 6.1.2 线电压单相负荷换算为相电压单相负荷的换算系数

换算系数	负荷功率因数								
	0.35	0.4	0.5	0.6	0.65	0.7	0.8	0.9	1.0
$p_{(ab)a}, p_{(bc)b}, p_{(ca)c}$	1.27	1.17	1.0	0.89	0.84	0.8	0.72	0.64	0.5
$p_{(ab)b}, p_{(bc)c}, p_{(ca)a}$	-0.27	-0.17	0.0	0.11	0.16	0.2	0.28	0.36	0.5
$q_{(ab)a}, q_{(bc)b}, q_{(ca)c}$	1.05	0.86	0.58	0.38	0.3	0.22	0.09	-0.05	-0.29
$q_{(ab)b}, q_{(bc)c}, q_{(ca)a}$	1.63	1.44	1.16	0.96	0.88	0.8	0.67	0.53	0.29

1.4 工业企业总计算负荷的确定

为了向供电部门申请用电量或者选择电气设备和电线电缆,都必须确定企业的总计算负荷。确定企业总计算负荷最常用的是全厂需要系数法和需要系数逐级计算法。

1.4.1 全厂需要系数法

全厂总有功计算负荷:

$$P_{js} = K_{rx} \cdot \sum P_s \text{ (kW)}$$

全厂总无功计算负荷

$$Q_{js} = P_{js} \cdot \tan\varphi_x \text{ (kvar)}$$

全厂总视在计算负荷

$$S_{js} = \sqrt{P_{js}^2 + Q_{js}^2} \text{ (kV} \cdot \text{A)}$$

或者

$$S_{js} = \frac{P_{js}}{\cos\varphi_x} \text{ (kV} \cdot \text{A)}$$

式中 K_{rx} ——全厂需要系数,各类企业的需要系数参见表 6.1.3;

$\sum P_s$ ——全厂用电设备的总容量(不计备用设备的容量);

$\cos\varphi_x$ 和 $\tan\varphi_x$ ——全厂用电设备计算负荷时的功率因数及对应的正切值。

各类企业计算负荷时的功率因数参见表 6.1.3。

表 6.1.3 各类企业的全厂需要系数及功率因数

工厂类别	需要系数	功率因数	工厂类别	需要系数	功率因数
汽轮机制造厂	0.38	0.88	量具刀具制造厂	0.26	—
锅炉制造厂	0.27	0.73	电机制造厂	0.33	—
柴油机制造厂	0.32	0.74	石油机械制造厂	0.45	0.78
重型机械制造厂	0.35	0.79	电线电缆制造厂	0.35	0.73
机床制造厂	0.2	—	电器开关制造厂	0.35	0.75
重型机床制造厂	0.32	0.71	阀门制造厂	0.38	—
工具制造厂	0.34	—	铸管厂	0.5	0.78
仪器仪表制造厂	0.37	0.81	橡胶厂	0.5	0.72
滚珠轴承制造厂	0.28	—	通用机械厂	0.4	—

1.4.2 需要系数逐级计算法

从用电末端算起,首先确定用电设备组的计算负荷,然后计算车间干线和车间变电所低压母线的计算负荷。再将车间变配电所低压母线的总计算负荷加上车间变压器的功率损耗值,就得到车间变电所高压侧的计算负荷。所有车间变配电所高压侧的计算负荷加上厂内高压配电网络中的功率损耗值,就得到工业企业的总计算负荷。

如果企业有总降压变电所,则还需加上总降压变电所变压器的损耗。

在各级计算中,可适当计入一个同时系数 K_{Σ} 。对于车间干线,可取 $K_{\Sigma} = 0.9 \sim 1$;对于企业总变配电所母线,可取 $K_{\Sigma} = 0.95 \sim 1$ 。

当供电系统中装设无功功率补偿设备时,在计算负荷中应将无功补偿考虑在内。

1.5 家庭用电负荷的计算

随着我国居民生活水平的逐步提高,家用电器的使用也越来越广泛,家庭用电量的增长非常迅速。在相当长的时间内会继续下去。

家用电器工作时具有一定的特殊性。它主要表现在:

- (1)用电时间相对比较集中,持续时间较短;
- (2)个别大功率家用电器工作的连续性,如电冰箱和空调器等;
- (3)部分家用电器由于季节变化而呈现相互的排斥性。

家用电器工作的上述特点决定了在计算实际的家庭用电负荷时,既要考虑用电高峰期间家用电器的使用容量,又要考虑连续使用的家用电器的容量,还要考虑实际投入使用的家用电器的容量。城市家庭拥有的家用电器及其耗电量可参考表 6.1.4。

表 6.1.4 城市家庭电器类别及耗电量

家用电器类别	额定功率(W)	估计年用电时间(h)	估计年耗电(kW·h)
照明灯具	200	1000	200
风扇、排气扇	160	500	80
组合音响	160	450	72
彩色电视机	80	1200	96
录像机、VCD	80	500	40

续表

家用电器类别	额定功率(W)	估计年用电时间(h)	估计年耗电(kW·h)
洗衣机	300	150	45
家用空调器	1200	1000	1200
电炒锅	1500	600	900
电烤箱	1000	250	250
微波炉	800	500	400
电热水器	1500	800	1200
电饭煲	1000	300	300
电熨斗	300	150	45
其他	300	600	180

$$P_N = 8580\text{W}$$

家庭用电的需用系数一般应取为 0.3~0.5, 家庭用电安装容量愈大, 则需用系数愈应取下限值。一般需用系数取为 0.4。

根据家庭用电安装容量和需用系数, 可计算用电负荷 P 和计算电流 I (用电功率因数取 0.85), 并可以此作为选择导线及电气元件等配电设计的依据。

$$P = K_x P_N = 0.4 \times 8580 = 3432(\text{W})$$

$$I = \frac{P}{U \cos \varphi} = \frac{3432}{220 \times 0.85} \approx 18.35(\text{A})$$

式中 K_x ——需用系数, 取为 0.4;

P_N ——家庭用电的安装容量(W);

P ——计算用电负荷(W);

U ——相电压, 220V;

$\cos \varphi$ ——功率因数, 取为 0.85。

2 短路电流及其计算

工厂供电系统要求正常地不间断地对用电负荷供电,以保证生产和生活的正常进行。但是由于各种原因,也难免出现故障,而使系统的正常运行遭到破坏。系统中最常见的故障就是短路(short circuit)。短路就是指不同电位的导电部分之间的低阻性短接。

短路后,短路电流(short-circuit current)比正常电流大得多。在大电力系统中,短路电流可达几万安甚至几十万安。如此大的短路电流可对供电系统产生极大的危害:短路将使系统电压降低、回路中的电流大大增加,它不仅能破坏对用户的正常供电和电气设备的正常工作,也可能破坏电力系统的稳定运行和损坏电气设备。

由此可见,短路的后果是十分严重的,因此必须尽力设法消除可能引起短路的一切因素;同时需要进行短路电流计算,以便正确地选择电气设备,使设备具有足够的动稳定性和热稳定性,以保证在发生可能有的最大短路电流时不致损坏。为了选择切除短路故障的开关电器、整定短路保护的继电保护装置和选择限制短路电流的元件(如电抗器)等,也必须计算短路电流。

2.1 短路的形式

在三相系统中,可能发生三相短路、两相短路、单相短路和两相接地短路。

三相短路,用文字符号 $K^{(3)}$ 表示,如图6.2.1(a)所示。两相短路,用 $K^{(2)}$ 表示,如图6.2.1(b)所示。单相短路,用 $K^{(1)}$ 表示,如图6.2.1(c)(d)所示。两相接地短路,一般用 $K^{(1,1)}$ 表示,如图6.2.1(e)(f)所示;它实质上是两相短路,因此也可用 $K^{(2)}$ 表示。

上述的三相短路,属对称性短路。其他形式的短路,属不对称性短路。

电力系统中,发生单相短路的概率最大,而发生三相短路的可能性最小。但是从用户这方面来说,一般是三相短路的电流最大,造成的危害也最严重。为了使电力系统的电气设备在最严重的短路状态下也能可靠地工作,在选择和校验电气设备用的短路计算中,常以三相短路计算为主。

在短路电流计算中通常将电力系统区分为无限容量系统和有限容量系统。无限容量系统是指容量为无限大的电力系统,在该系统中,当发生短路时,母线电压维持不变,短路电流的周期分量不衰减。有限容量系统在发生短路时,母线电压要发生较大变化。

短路电流的计算方法:对无限容量系统,应用标么制法、欧姆法及短路功率法;对有限容量系统,常采用运算曲线法。

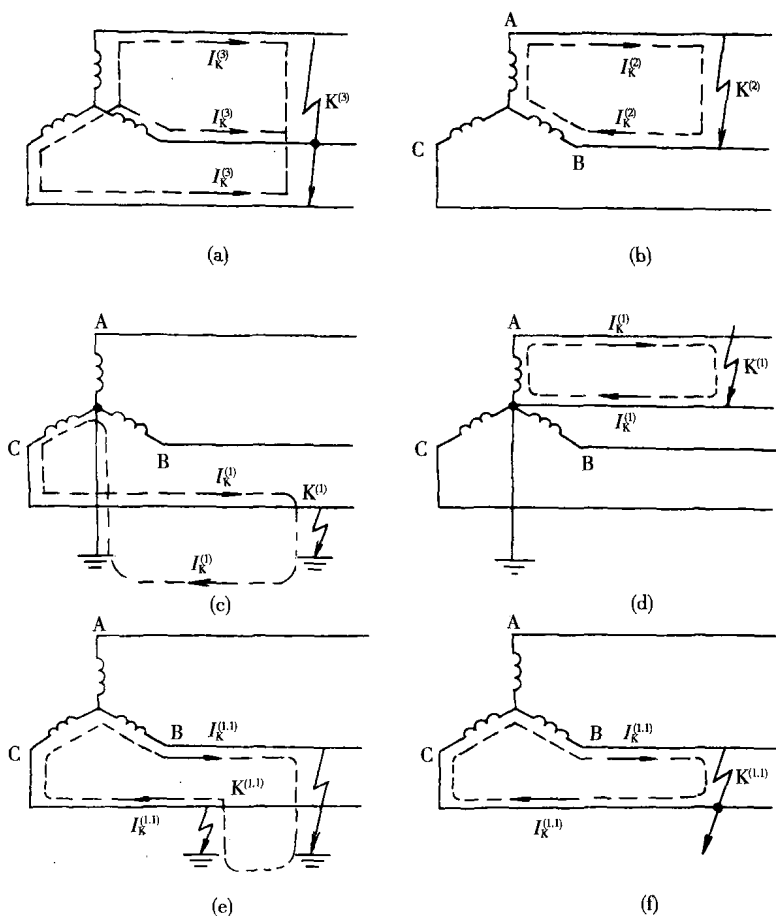


图 6.2.1 短路的类型

(a)三相短路 (b)两相短路 (c)(d)单相短路 (e)(f)两相接地短路

(注:虚线表示短路电流路径)

2.2 无限容量系统三相短路电流的计算

2.2.1 标幺制

标幺制又称相对单位制。在计算短路电流时,各电气量(如电流、电压、功率、阻抗等)可以用有名值表示,也可用标幺值表示。有名值多用于 1000V 以下的低

压网络,标么制则广泛用于高压网络。

标么值又称相对值。即把取作基准的值当做1(或称为么),同类的值与它进行比较得出的值,称为标么值,即:

$$\text{标么值} = \frac{\text{实际有名值}}{\text{基准值(与实际值同单位)}}$$

电路参数的标么值如下:

$$\text{容量标么值} \quad S_* = \frac{S}{S_j}$$

$$\text{电压标么值} \quad U_* = \frac{U}{U_j}$$

$$\text{电流标么值} \quad I_* = \frac{I}{I_j}$$

$$\text{电抗标么值} \quad X_* = \frac{X}{X_j}$$

式中 S, U, I, X ——容量、电压、电流、电抗的有名值;

S_j, U_j, I_j, X_j ——容量、电压、电流、电抗的基准值。

短路电流计算中通常选定基准容量 S_j 和基准电压 U_j 。为计算方便,基准容量一般采用 $100\text{MV} \cdot \text{A}$ 。基准电压一般采用元件所在级的平均额定电压,即 $U_j = U_{pj}$,常用电压、电流、电抗基准值见表 6.2.1。

表 6.2.1 常用电压、电流、电抗基准值表 ($S=100\text{MV} \cdot \text{A}$)

基准电压(kV)	3.15	6.3	10.5	37	63	115	230
基准电流(kA)	18.3	9.16	5.50	1.56	0.92	0.502	0.251
基准电抗(Ω)	0.0995	0.397	1.10	13.7	39.55	132	530

基准电流 I_j 和基准电抗 X_j 可用下式导出:

$$I_j = \frac{S_j}{\sqrt{3}U_j}$$

$$X_j = \frac{U_j}{\sqrt{3}I_j} = \frac{U_j^2}{S_j}$$

$$X_* = \frac{\sqrt{3}I_* X}{U_*} = \frac{S_* X}{U_*^2}$$

采用标么值进行短路电流计算时,必须先将元件电抗的有名值或相对值按同一基准容量换算为标么值,其换算公式见表 6.2.2。

表 6.2.2 电路元件标么值、有名值和短路功率变换公式

序号	元件名称	标么值	有名值(Ω)	短路功率(MV·A)	符号说明
1	发电机(电动机)	$x_d^* = \frac{x_d\%}{100} \cdot \frac{S_j}{S_e}$ $= x_d\% \frac{S_j}{S_e}$	$x_d = \frac{x_d\%}{100} \cdot \frac{U_e^2}{S_e}$	$S_d = \frac{100S_e}{x_d\%}$	S_e ——发电机(电动机)或变压器的额定容量, MV·A; x_d ——发电机(电动机)的超瞬变或次暂态电抗值; $x_d\%$ ——发电机(电动机)的超瞬变电抗百分值;
2	变压器	$R_{*b} = \Delta P_d \frac{S_j}{S_e^2} \times 10^{-3}$ $x_{*b} = \sqrt{Z_{*b}^2 - R_{*b}^2}$ $Z_{*b} = \frac{u_d\%}{100} \cdot \frac{S_j}{S_e}$ 当电阻略而不计时 $x_{*b} = \frac{u_d\%}{100} \cdot \frac{S_j}{S_e}$	$R_b = \frac{\Delta P_d}{3I_e^2} \times 10^{-3}$ $= \frac{\Delta P_d U_e^2}{S_e^2} \times 10^{-3}$ $x_b = \sqrt{Z_b^2 - R_b^2}$ $Z_b = \frac{u_d\%}{100} \cdot \frac{U_e^2}{S_e}$	$S_d = \frac{100S_e}{u_d\%}$	$u_d\%$ ——发电机电压百分值; $u_d\%$ ——短路电压百分值; $x_k\%$ ——电抗器的电抗百分值;
3	电抗器	$x_{*k} = \frac{x_k\%}{100} \cdot \frac{U_e}{\sqrt{3}I_e} \cdot \frac{S_j}{U_p^2}$ $= \frac{x_k\%}{100} \cdot \frac{U_e}{I_e} \cdot \frac{I_j}{U_p}$	$x_k = \frac{x_k\%}{100} \cdot \frac{U_e}{\sqrt{3}I_e}$	$S_d = \frac{100\sqrt{3}I_e U_p^2}{x_k\% U_e}$	U_e ——额定电压, kV; I_e ——额定电流, kA; U_p ——元件所在级平均电压, kV;
4	线路	$x_* = x \frac{S_j}{U_p^2}$ $R_* = R \frac{S_j}{U_p^2}$		$S_d = \frac{U_p^2}{x}$	x, R ——线路每相电抗值, 电阻值, Ω ;
5	电力系统(已知短路容量 S_{dx})	$x_{**} = \frac{S_j}{S_{dx}}$	$x_* = \frac{U_p^2}{S_{dx}}$	$S_d = S_{dx}$	S_{dx} ——系统短路容量, MV·A; S_j ——基准容量, MV·A;
6	基准电压相同, 从某一基准容量 S_{j1} 下的标么值 x_{*1} 换算到另一基准容量 S_j 下的标么值 x_*	$x_* = x_{*1} \frac{S_j}{S_{j1}}$			I_j ——基准电流, kA; ΔP_d ——变压器短路损耗, kW
7	将电压 U_{p1} 下的 R_1, x_1 换算到另一电压 U_{p2} 下的阻抗值 R_2, x_2		$R_2 = R_1 \frac{U_{p2}^2}{U_{p1}^2}$ $x_2 = x_1 \frac{U_{p2}^2}{U_{p1}^2}$		

2.2.2 有单位制

用有单位制计算短路电流的总阻抗时,必须把各元件阻抗的相对值换算成欧姆值,并把短路电流内通过变压器互联的各电压级元件的欧姆值,都归算到短路点所在级平均额定电压下的欧姆值,换算公式见表 6.2.2。

2.2.3 短路功率法

短路功率法是在有名制的基础上,仿照导纳运算的形式演变而来的。它以元件自身的短路功率代替阻抗进行网络变换,最后合并成一个总的短路功率,此功率即为所求的短路容量。

元件自身的短路功率是指假定该元件的一端接在无限容量电源上,另一端发生短路时,该元件消耗的视在功率。在用短路功率进行计算时,首先应将短路电路中各元件阻抗的相对值或欧姆值换算成相应的短路功率,其换算公式列在表 6.2.2 中。

2.2.4 三相短路电流的计算公式

三相短路电流的计算公式见表 6.2.3。

表 6.2.3 三相短路电流计算公式

序号	短路电流名称	标么值法	有名值法
1	三相短路电流有效值(kA)	$I_d^{(3)} = I_{\infty d} I_j = \frac{I_j}{X_{\Sigma}}$	$I_d^{(3)} = \frac{U_{pj}}{\sqrt{3}Z_{\Sigma}}$ 或 $I_d^{(3)} = \frac{U_{pj}}{\sqrt{3}X_{\Sigma}}$ (略去电阻)
2	三相短路容量(MV·A)	$S_d^{(3)} = \sqrt{3}U_{pj} \cdot I_d^{(3)} = \frac{100}{X_{\Sigma}}$	$S_d^{(3)} = \sqrt{3}U_{pj} I_d^{(3)}$ $R' = R \left(\frac{U'_{pj}}{U_{pj}} \right)^2$ R'为换算后的电阻值 $X' = X \left(\frac{U'_{pj}}{U_{pj}} \right)^2$ X'为换算后的电阻值 U'_{pj}为换算到短路计算点的平均额定电压
3	无限大容量三相短路电流有效值(kA)	$I_{\infty}^{(3)} = I^{(3)''} = I_d^{(3)}$ $= I_{\infty}^{(3)} = I_d^{(3)}$	同左

续表

序号	短路电流名称	标么值法	有名值法
4	短路冲击电流(高压侧三相短路时) [$K_{cj}=1.8$]	$I_{cj}^{(3)} = 2.55 I_d^{(3)} = \sqrt{2} K_{cj} I_d^{(3)}$	同左
5	三相短路全电流有效值(高压侧三相短路时) [$K_{cj}=1.8$]	$I_{\infty}^{(3)} = 1.52 I_d^{(3)}$ $= I_d^{(3)} \sqrt{1+2(K_{cj}-1)^2}$	同左
6	短路冲击电流(1000kV·A及以下变压器二次侧和低压电网三相短路时) [$K_{cj}=1.3$]	$I_{cj}^{(3)} = 1.84 I_d^{(3)} = \sqrt{2} K_{cj} I_d^{(3)}$	同左
7	三相短路全电流有效值 [$K_{cj}=1.3$]	$I_{\infty}^{(3)} = 1.09 I_d^{(3)}$ $= I_d^{(3)} \sqrt{1+2(K_{cj}-1)^2}$	同左

注: X_{Σ} ——短路电路总电抗标么值; Z_{Σ} ——短路电路总阻抗; K_{cj} ——冲击系数; R_{Σ} ——短路电路总电阻; X_{Σ} ——短路电路总电抗。

2.3 两相短路电流的计算

两相短路电流: $I_d^{(2)} = 0.866 I_d^{(3)}$

无限容量系统中

$$I_d^{(2)} = I^{(2)''} = I_{0.2}^{(2)} = I_{\infty}^{(2)}$$

$$i_{cj}^{(2)} = 2.55 I_d^{(2)}$$

式中 右上角标(2),表示两相短路时的有关参数;右上角标(3),表示三相短路时的有关参数。

I_d ——短路电流有效值;

I'' ——短路次暂态电流,即短路电流周期分量 i_z 在短路后第一个周期的有效值;

$I_{0.2}$ ——短路开始到 0.2s 时的三相短路电流有效值;

I_{∞} ——三相短路电流稳态有效值;

I_{cj} ——三相短路冲击电流,即短路电流第一个周期的全电流峰值。

3 变配电及主接线图

3.1 变配电所的选择

3.1.1 变配电所所址的选择

变配电所所址的选择,应根据下列要求并经技术、经济分析比较来确定。

(1)尽量靠近负荷中心,以降低配电系统的电能损耗、电压损耗和有色金属消耗量。

(2)进出线方便,特别是要考虑便于架空进出线。

(3)靠近电源侧,特别是在选择工厂总变配电所时要考虑这一点。

(4)设备运输方便,以便运输电力变压器和高低压开关柜等大型设备。

(5)不应设在有剧烈振动或高温的场所。

(6)不宜设在多尘或有腐蚀性气体的场所;当无法远离时,不应设在污染源盛行风向的下风侧。

(7)不应设在厕所、浴室或其他经常积水场所的正下方,且不宜与上述场所相邻。

(8)不应设在有爆炸危险环境的正上方或正下方,且不宜设在有火灾危险环境的正上方或正下方。当与有爆炸或火灾危险环境的建筑物毗连时,应符合现行国家标准《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》(GB50058—1992)的规定。

(9)不应设在地势低洼和可能积水的场所。

3.1.2 变配电所总体布置的要求

变配电所的总体布置,应满足以下要求:

3.1.2.1 便于运行维护和检修 有人值班的变配电所,一般应设单独的值班室。值班室应尽量靠近高低压配电室,且有门直通。如果值班室靠近高压配电室有困难时,值班室可经走廊与高压配电室相通。值班室亦可与低压配电室合并,但在放置值班工作桌的一面或一端,低压配电装置到墙的距离不应小于3m。

主变压器室应靠近交通运输方便的马路侧。条件许可时,可单设工具材料室或维修室。昼夜值班的变配电所,宜设休息室。有人值班的独立变配电所,宜设有厕所和给排水设施。

3.1.2.2 保证运行安全 值班室内不得有高压设备。值班室的门应朝外开,高低压配电室和电容器室的门应朝值班室开或朝外开。

油量为100kg及以上的变压器应装设在单独的房间内。变压器室内的大门应朝马路开,但应避免朝向露天仓库;在炎热地区,应避免朝西开门。

高压电容器组一般应装设在单独的房间内,若数量较少时,可装设在高压配电室内。低压电容器组可装设在低压配电室内,若数量较多时,宜装设在单独的房间内。

所有带电部分离墙和离地的尺寸以及各室维护操作通道的宽度,均应符合有关规程的要求,以确保运行安全。

3.1.2.3 便于进出线 如果是架空进线,则高压配电室宜位于进线侧。考虑到变压器低压出线通常是采用矩形裸母线,因此变压器的安装位置(户内式变电所即为变压器室)宜靠近低压配电室。低压配电室宜位于其低压架空出线侧。

3.1.2.4 节约土地和建筑费用 值班室可与低压配电室合并,这时低压配电室面积应适当增大,以便安置值班桌或控制台,以满足值班工作要求。

高压开关柜的数量不多于6台时,可与低压配电屏设置在同一房间内,但高压柜与低压屏间距应不小于2m。

不带可燃性油的高低电压配电装置和非油浸的(即干式)电力变压器,当环境允许时,可相互靠近布置在车间内。

高压电容器柜数量较少时,可装设在高压配电室内。周围环境正常的变电所,宜采用露天或半露天变电所。高压配电所应尽量与邻近车间变电所合建。

3.1.2.5 适应发展要求 变压器室应考虑到扩建时有更换大一级容量变压器的可能。高低电压配电室内均应留有适当数量开关柜(屏)的备用位置。既要考虑到变配电所留有扩建的余地,又要不妨碍工厂或车间今后的发展。

3.1.3 变配电所总体布置的方案

变配电所总体布置的方案,应因地制宜,合理设计。布置方案的最后确定,应通过几个方案的技术经济比较来加以选定。

3.1.3.1 6~10/0.4kV 车间变电所的布置方案示例 装有一台或两台6~10/0.4kV 配电变压器的独立式变电所布置示例如图6.3.1(a)(户内式)和图6.3.1(b)(户外式)所示。装有两台配电变压器的附设式变电所布置示例如图6.3.1(c)所示;只有一台配电变压器的附设式变电所布置示例如图6.3.1(d)所示。露天或半露天变电所布置示例如图6.3.1(e)(f)所示。

3.1.3.2 10kV 高压配电所及附设车间变电所布置方案示例 图6.3.2所示为10kV 配电所及附设车间变电所布置示例。图6.3.3是图6.3.6和图6.3.7所示高压配电所及其附设2号车间变电所的平面图和剖面图。

3.1.3.3 35/10kV 的总降压变电所布置方案示例 图6.3.4是总降压变电所单层布置方案示例。图6.3.5是总降压变电所双层布置方案示例。

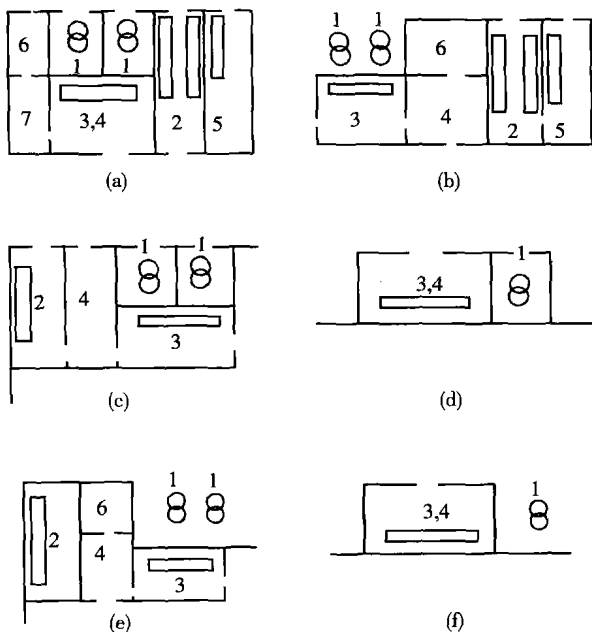


图 6.3.1 6~10/0.4kV 车间变电所的布置方案示例

- (a) 独立式, 变压器在室内
- (b) 独立式, 变压器在室外
- (c) 附设式, 有专门值班室
- (d) 附设式, 只一台变压器
- (e) 露天或半露天式, 有高低压配电室和值班室
- (f) 露天或半露天式, 只有低压配电室兼值班室

- 1. 变压器室, 或露天、半露天变压器装置
- 2. 高压配电室
- 3. 低压配电室
- 4. 值班室
- 5. 高压电容器室
- 6. 维修间或工具间
- 7. 休息室或生活间

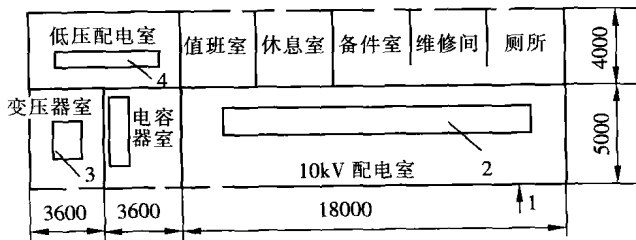
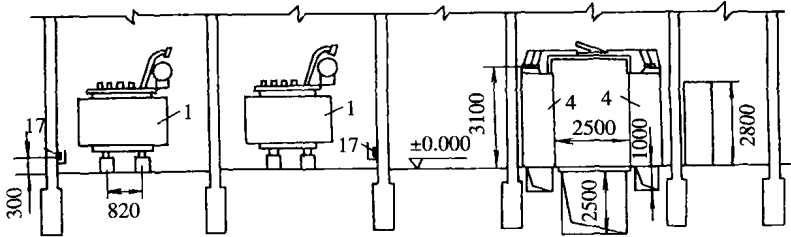
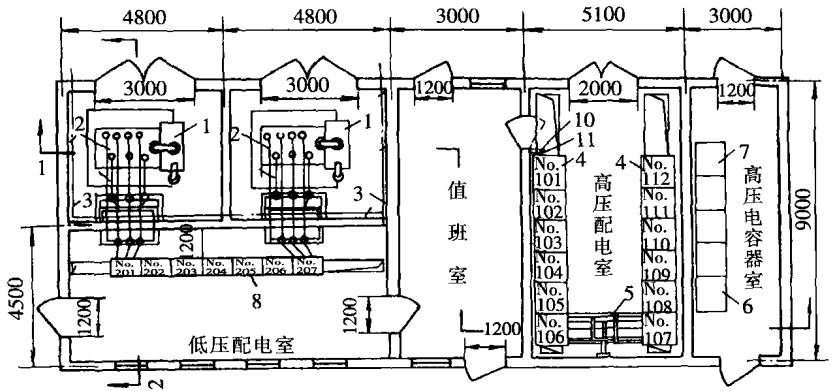
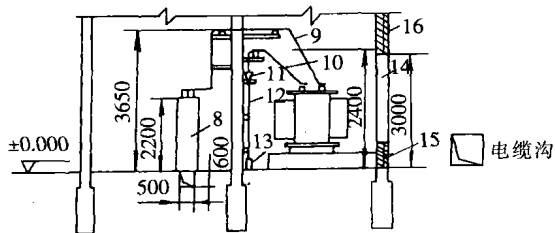


图 6.3.2 10kV 配电所及附设车间变电所布置方案示例

- 1. 10kV 电缆进线
- 2. 10kV 高压开关柜
- 3. 10/0.4kV 配电变压器
- 4. 380V 低压配电屏



1-1 剖面图



2-2 剖面图

图 6.3.3 图 6.3.6 和图 6.3.7 所示企业高压配电所及其附设 2 号车间变电所的平面图和剖面图

1. S9-800/10 型电力变压器 2. PEN 线 3. 接地线 4. GG-1A(F)型高压开关柜 5. GN6 型高压隔离开关 6. GR-1 型高压电容器柜 7. GR-1 型电容器放电柜 8. PGL2 型低压配电屏 9. 低压母线及支架 10. 高压母线及支架 11. 电缆头 12. 电缆 13. 电缆保护管 14. 大门 15. 进风口(百叶窗) 16. 出风口(百叶窗) 17. 接地线及其固定钩

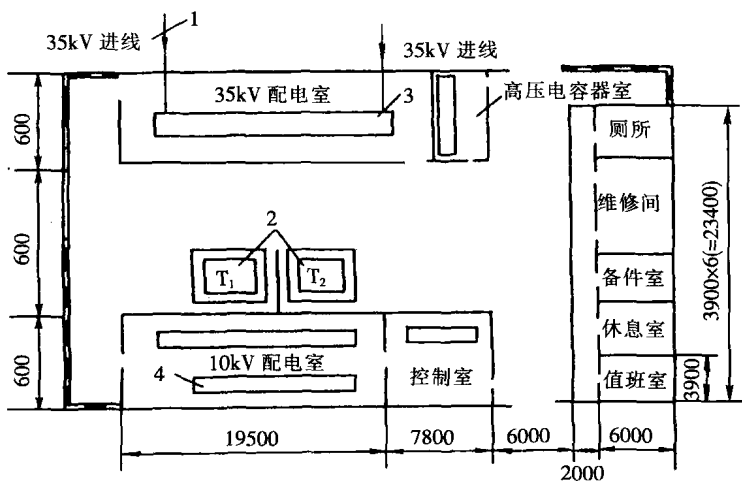
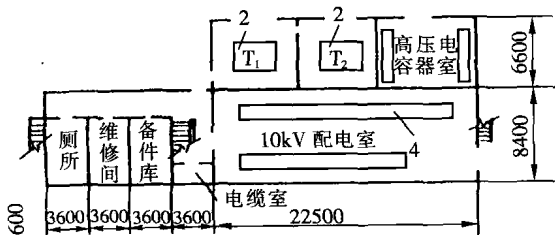
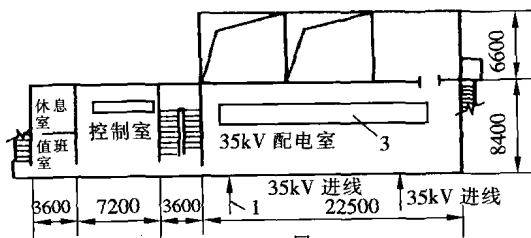


图 6.3.4 35/10kV 总降压变电所单层布置方案示例

1. 35kV 架空进线 2. 主变压器(4000kV·A) 3. 35kV 高压开关柜 4. 10kV 高压开关柜



一层



二层

图 6.3.5 35/10kV 总降压变电所双层布置方案示例

1. 35kV 架空进线 2. 主变压器(6300kV·A) 3. 35kV 高压开关柜 4. 10kV 高压开关柜

3.1.4 变配电所的结构

3.1.4.1 变压器室和室外变压器台的结构

(1)变压器室的结构。变压器室的结构型式,决定于变压器的型式、容量、放置方式、主接线方案及进出线的方式和方向等诸多因素,并应考虑运行维护的安全以及通风、防火等问题。考虑到发展,变压器室宜留有更换大一级容量的可能性。

对可燃油浸式变压器的变压器室,GB50053—1994《10kV及以下变电所设计规范》规定,变压器外廓与变压器墙壁和门的最小净距应如表 6.3.1 所示,以确保变压器的安全运行和便于运行维护。

表 6.3.1 可燃油浸变压器外廓与变压器室墙壁和门的最小净距

变压器容量(kV·A)	100~1000	1250及以上
变压器外廓与后壁、侧壁净距(mm)	600	800
变压器外廓与门净距(mm)	800	1000

注:摘自 GB50053—1994。

可燃油浸变压器室的耐火等级应为一级,非燃或难燃介质的电力变压器室的耐火等级不应低于二级。

可燃油浸变压器室若位于容易沉积可燃粉尘、可燃纤维的场所,或变压器室附近有粮、棉及其他易燃物大量集中的露天场所,或者变压器室下面有地下室时,变压器室应设置容量为 100%变压器油量的挡油设施,或设置容量为 20%变压器油量的挡油池并设置能将油排到安全处所的设施。

变压器室的门要向外开。室内只设通风窗,不设采光窗。进风窗设在变压器室前门的下方,出风窗设在变压器室的上方,并应有防止雨、雪及蛇、鼠类小动物从门、窗及电缆沟等进入室内的设施。通风窗的面积,根据变压器的容量、进风温度及变压器中心标高至出风窗中心标高的距离等因素确定。变压器室一般采用自然通风。夏季的排风温度不宜高于 45℃,进风和排风的温度差不宜大于 15℃。通风窗应采用非燃烧材料。

变压器室的布置方式,按变压器推进方向,分为宽面推进式和窄面推进式两种。

变压器室的地坪,按通风要求,分为地坪抬高和不抬高两种型式。变压器室的地坪抬高时,通风散热更好,但建筑费用增加。变压器容量在 630kV·A 及以下的变压器室地坪,一般不抬高。

(2)室外变压器台的结构。露天或半露天变电所的变压器四周应设不低于 1.7m高的固定围栏(或墙)。变压器外廓与围栏(墙)的净距不应小于 0.8m,变压器底部距地面不应小于 0.3m,相邻变压器外廓之间的净距不应小于 1.5m。

当露天或半露天变压器供给一级负荷用电时,相邻的可燃油浸变压器的防

火净距不应小于5m。若小于5m时,应设置防火墙。防火墙应高出变压器油枕顶部,且墙两端应大于挡油设施两侧各0.5m。

3.1.4.2 配电室、电容器室和值班室的结构

(1)高低压配电室的结构。高低压配电室的结构型式,主要决定于高低压开关柜(屏)的型式、尺寸和数量,同时要考虑运行维护的方便和安全,留有足够的操作维护通道,并且要照顾今后的发展,留有适当数量的备用开关柜(屏)的位置,但占地面积不宜过大,建筑费用不宜过高。

高压配电室内各种通道的最小宽度,按 GB50053—1994 规定,如表 6.3.2 所示。

表 6.3.2 高压配电室内各种通道的最小宽度

开关柜布置方式	柜后维护通道 (mm)	柜前操作通道(mm)	
		固定式柜	手车式柜
单列布置	800	1500	单车长度+1200
双列面对面布置	800	2000	双车长度+900
双列背对背布置	1000	1500	单车长度+1200

注:①固定式开关柜为靠墙布置时,柜后与墙净距应大于50mm,侧面与墙净距应大于200mm。

②通道宽度在建筑物的墙面遇有柱类局部凸出时,凸出部位的通道宽度可减少200mm。

③当电源从柜后进线且需在柜正背后墙上另设隔离开关及其手动操作机构时,柜后通道净宽不应小于1.5m;当柜背面的防护等级为IP2X时,可减为1.3m。

低压配电室内成列布置的低压配电屏,其屏前后通道的最小宽度,按 GB50053—1994 规定,如表 6.3.3 所示。

表 6.3.3 低压配电室内屏前后通道最小宽度

配电屏型式	配电屏布置方式	屏前通道(mm)	屏后通道(mm)
固定式	单列布置	1500	1000
	双列面对面布置	2000	1000
	双列背对背布置	1500	1500
抽屉式	单列布置	1800	1000
	双列面对面布置	2300	1000
	双列背对背布置	1800	1000

注:①当建筑物墙面遇有柱类局部凸出时,凸出部位的通道宽度可减少200mm。

②当低压屏正背面墙上另设有开关和手动操作机构时,屏后通道净宽不应小于1.5m;当屏背面的防护等级为IP2X时,可减为1.3m。

低压配电室的高度,应与变压器室综合考虑,以便变压器低压出线。当配电室与抬高地坪的变压器室相邻时,配电室高度不应小于4m;与不抬高地坪的变压器室相邻时,配电室高度不应小于3.5m。为了布线需要,低压配电屏下面也应设电缆沟。

高压配电室的耐火等级不应低于二级;低压配电室的耐火等级不应低于三级。高压配电室宜设不能开启的自然采光窗,窗台距室外地坪不宜低于1.8m;低压配电室可设能开启的自然采光窗。配电室临街的一面不宜开窗。高低压配电室的门应向外开,相邻配电室之间有门时,其门应能双向开启。配电室也应设置防止雨、雪和蛇、鼠类小动物从采光窗、通风窗、门、电缆沟等进入室内的设施。配电室的顶棚、墙面及地面的建筑装饰应少积灰和不起灰,顶棚不应抹灰。长度大于7m的配电室应设两个出口,并宜布置在配电室的两端。长度大于60m时,宜增加一个出口。

(2)高低压电容器室的结构。高低压电容器室采用的电容器柜,通常都是成套型的。按GB50053—1994规定,成套电容器柜单列布置时,柜正面与墙面距离不应小于1.5m;双列布置时,柜面之间距离不应小于2.0m。

高压电容器室的耐火等级不应低于二级,低压电容器室的耐火等级不应低于三级。

电容器室应有良好的自然通风,通风量应根据电容器允许温度,按夏季排风温度不超过电容器所允许的最高环境温度计算。当自然通风不能满足排热要求时,可增设机械排风。电容器室应设温度指示装置。电容器室的门也应向外开。电容器室也应设置防止雨、雪和蛇、鼠类小动物从采光窗、通风窗、门、电缆沟等进入室内的设施。

(3)值班室的结构。值班室的结构型式,要结合变配电所的总体布置和值班制度全盘考虑,以利于运行维护。值班室要有良好的自然采光,采光窗宜朝南。在采暖地区,值班室应采暖,采暖计算温度为18℃。采暖装置宜采用排管焊接。在蚊子和其他昆虫较多的地区,值班室应装纱窗、纱门。值班室通往外边的门(除通往高低压配电室等的门外),应朝外开。

3.1.5 变电所主变压器台数和容量的选择

3.1.5.1 变电所主变压器台数的选择

选择主变压器台数时应考虑下列原则:

(1)应满足用电负荷对供电可靠性的要求。对供有大量一、二级负荷的变电所,应采用两台变压器,以便一台变压器发生故障或检修时,另一台变压器能对一、二级负荷继续供电。对只有二级负荷而无一级负荷的变电所,也可以只采用一台变压器,但必须在低压侧敷设与其他变电所相连的联络线作为备用电源,或另有自备电源。

(2)对季节性负荷或昼夜负荷变动较大而宜于采用经济运行方式的变电所,也可考虑采用两台变压器。

(3)除上述两种情况外,一般车间变电所宜采用一台变压器。但是负荷集中而容量相当大的变电所,虽为三级负荷,也可采用两台或多台变压器。

(4)在确定变电所主变压器台数时,应适当考虑负荷的发展,留有一定的余地。

3.1.5.2 变电所主变压器容量的选择

(1)只装一台主变压器的变电所。主变压器容量 S_T (设计中一般概略地当做其额定容量 $S_{N.T}$) 应满足全部用电设备总计算负荷 S_{30} 的需要,即

$$S_T \approx S_{N.T} \geq S_{30}$$

(2)装有两台主变压器的变电所。每台主变压器容量 S_T (一般概略地当做 $S_{N.T}$) 应同时满足以下两个条件:

①任一变压器单独运行时,宜满足总计算负荷 S_{30} 的 60%~70% 的需要,即

$$S_T \approx S_{N.T} = (0.6 - 0.7) S_{30}$$

②任一变压器单独运行时,应满足全部一、二级负荷 $S_{30(I+II)}$ 的需要,即

$$S_T \approx S_{N.T} \geq S_{(I+II)}$$

(3)车间变电所主变压器的单台容量上限。车间变电所主变压器的单台容量,一般不宜大于 $1000\text{kV} \cdot \text{A}$ (或 $1250\text{kV} \cdot \text{A}$)。这一方面是受以往低压开关电器断流能力和短路稳定度要求的限制;另一方面也是考虑到可以使变压器更接近于车间负荷中心,以减少低压配电线路的电能损耗、电压损耗和有色金属消耗量。现在我国已能生产一些断流能力更大和短路稳定度更好的低压开关电器,如 DW15、ME 等型低压断路器等。因此,如果车间负荷容量较大、负荷集中且运行合理时,也可以选用单台容量为 1250 (或 1600)~ $2000\text{kV} \cdot \text{A}$ 的配电变压器,这样可减少主变压器台数及高、低压开关电器和电缆等。

对居住小区变电所内的油浸式变压器单台容量,不宜大于 $630\text{kV} \cdot \text{A}$ 。这是因为油浸式变压器容量大于 $630\text{kV} \cdot \text{A}$ 时,按规定应装设瓦斯保护,而该变压器电源侧的断路器往往不在变压器附近,因此瓦斯保护很难实施。而且如果变压器容量增大,相应供电半径也增大,势必造成供电末端电压偏低,给居民生活带来不便,例如荧光灯启辉困难、电冰箱不能启动等。

(4)适当考虑负荷的增长。应适当考虑今后 5~10 年电力负荷的增长,留有一定的余地,同时可考虑变压器一定的正常过负荷能力。

最后必须指出:变电所主变压器台数和容量的最后确定,应结合变电所主接线方案的选择,对几个较合理方案作技术经济比较,择优而定。

3.2 工厂变配电所的主接线图

3.2.1 概述

主接线图(main connection diagram)也就是主电路图(main circuit diagram),是表示系统中电能输送和分配路线的电路图。而用来控制、指示、测量和保护主电路(即一次电路)及其中设备运行的电路图,称为二次接线图(secondary connection diagram),或称二次电路图或二次回路图。

对工厂变配电所的主接线方案有下列基本要求:

(1)安全。应符合国家标准和有关技术规范的要求,能充分保证人身和设备的安全。例如在高压断路器的电源侧及可能反馈电能的负荷侧,必须装设高压隔离开关;对低压断路器也一样,在其电源侧及可能反馈电能的负荷侧,必须装设低压刀开关。

(2)可靠。应满足各级电力负荷对供电可靠性的要求。例如对一、二级重要负荷,其主接线方案应考虑两台主变压器,且一般应为双电源供电。

(3)灵活。应能适应供电系统所需的各种运行方式,便于操作维护,并能适应负荷的发展,有扩充改建的可能性。

(4)经济。在满足上述要求的前提下,应尽量使主接线简单,投资少,运行费用低,并节约电能和有色金属消耗量,应尽可能选用技术先进又经济适用的节能产品。

3.2.2 高压配电所的主接线图

高压配电所担负着从电力系统受电并向各车间变电所及某些高压用电设备配电的任务。

图 6.3.6、图 6.3.7 是某中型工厂供电系统中高压配电所及其附设 2 号车间变电所的主接线图。

3.2.2.1 电源进线

这个配电所有两路 10kV 电源进线,一路是架空线路 WL1,另一路是电缆线路 WL2。最常见的进线方案是,一路电源来自发电厂或电力系统变电站,作为正常工作电源,而另一路电源来自邻近单位的高压联络线,作为备用电源。

电力工业部 1996 年发布施行的《供电营业规则》规定:“对 10kV 及以下电压供电的用户,应配置专用的电能计量柜(箱);对 35kV 及以上电压供电的用户,应有专用的电流互感器二次线圈和专用的电压互感器二次连接线,并不得与保护、测量回路共用。”因此在这两路电源进线的主开关柜之前,各装有一台高压计量柜(图中 No. 101 和 No. 112 柜,也可在进线主开关柜之后),其中的电流互感器和电压互感器专用来连接计费电能表。

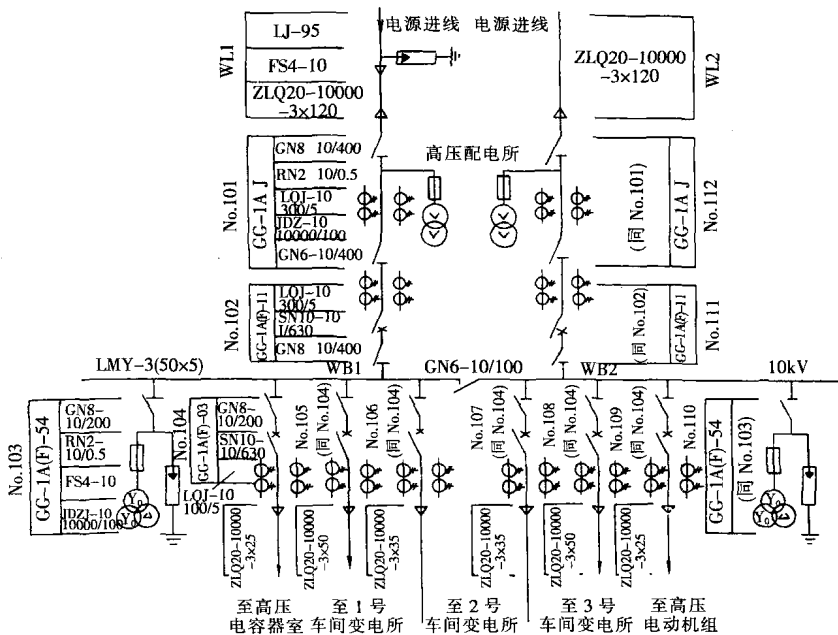


图 6.3.6 某高压配电所主接线图

考虑到进线断路器在检修时有可能两端带有或有电,因此为保证断路器检修时的人身安全,断路器两侧均装有高压隔离开关。

3.2.2.2 母线

高压配电所的母线,通常采用单母线制。如果是两路电源进线,则采用以高压隔离开关或高压断路器(其两侧装隔离开关)分段的单母线制。

图 6.3.1 所示高压配电所通常采用一路电源工作、一路电源备用的运行方式,因此母线分段开关通常是闭合的,高压并联电容器组对整个配电所的无功功率都进行补偿。如果工作电源进线发生故障或进行检修时,在切除该进线后,投入备用电源即可使整个配电所恢复供电,如果采用备用电源自动投入装置(auto-put-into device of reserve-source 简称 APD,汉语拼音缩写 BZT),则供电可靠性可进一步提高。

为了测量、监视、保护和控制主电路设备的需要,每段母线上都接有电压互感器,进线和出线上均串联有电流互感器。高压电流互感器均有二个二次绕组,其中一个接测量仪表,另一个接继电保护。为了防止雷电过电压侵入配电所时击毁其中的电气设备,各段母线上都装设了避雷器。避雷器与电压互感器同装在一个高

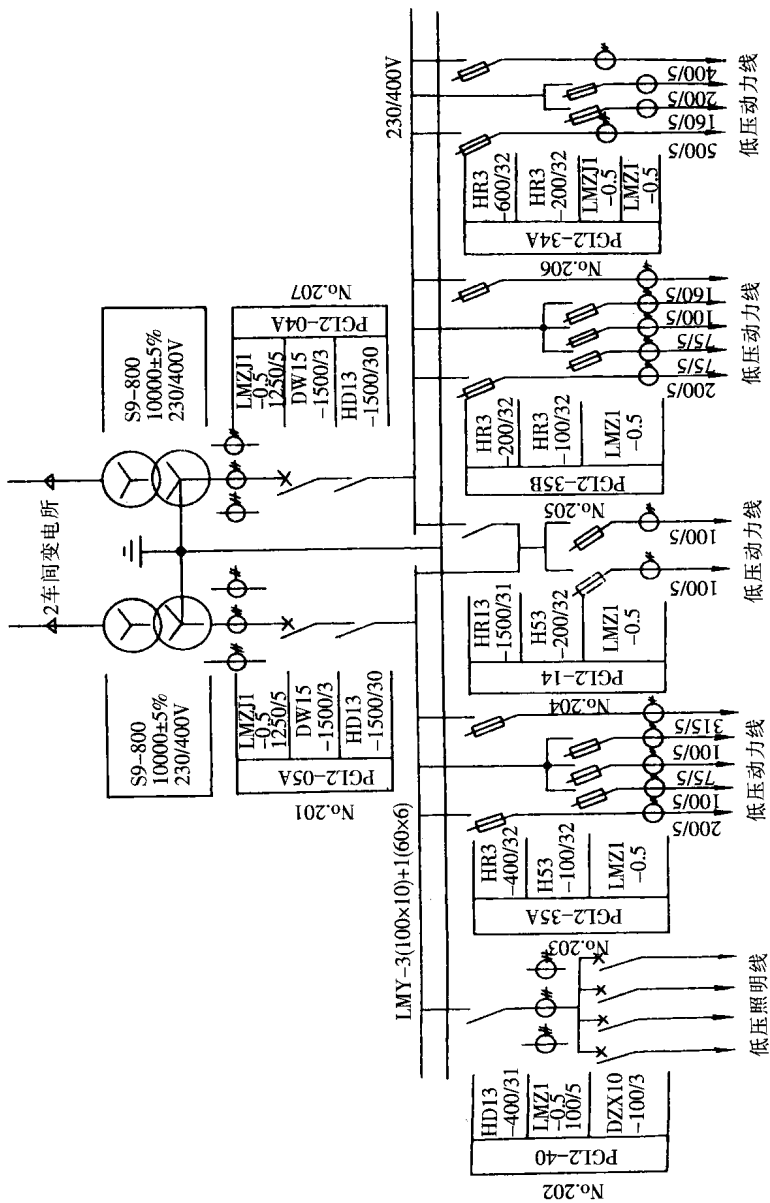


图 6.3.7 2 号车间变电所主接线图

压柜内,且共用一组高压隔离开关。

3.2.2.3 高压配电出线

这个配电所共有六路高压出线。有两路分别由两段母线经隔离开关—断路器配电给2号车间变电所。有一路由左段母线WB1经隔离开关—断路器供1号车间变电所;另一路由右段母线WB2经隔离开关—断路器供3号车间变电所。此外,有一路由左段母线WB1经隔离开关—断路器供无功补偿用的高压并联电容器组,还有一路由右段母线WB2经隔离开关—断路器供一组高压电动机用电。所有出线断路器的母线侧均加装了隔离开关,以保证断路器和出线的安全检修。

图6.3.6所示变配电所主接线图,是按照电能输送的顺序来安排各设备的相互连接关系的,这种绘制方式的主接线图,称为“系统式”主接线图。这种简图多在运行中使用。变配电所运行值班用的模拟电路盘上绘制的一般为这种系统式主接线图。这种主接线图全面、系统,但并不反映其中成套配电装置之间的相互排列位置。

在供电工程设计中往往采用另一种绘制方式的主接线图,是按高压或低压成套配电装置之间的相互连接和排列位置而绘制的主接线图,称为“装置式”主接线图。例如图6.3.6的高压配电所主接线图,按“装置式”绘制就如图6.3.8、图6.3.9所示。装置式主接线图中,各成套配电装置的内部设备和接线以及各装置之间的相互连接和排列位置一目了然,因此这种简图最适合安装施工使用。

3.3 车间和小型工厂变电所的主接线图

车间变电所和一些小型工厂变电所,是将6~10kV降为一般用电设备所需低压220/380V的终端变电所。它们的主接线相当简单。从车间变电所高压侧的主接线来看,分两种情况:

(1)有工厂总降压变电所或高压配电所的车间变电所,其高压侧的开关电器、保护装置和测量仪表等,一般都安装在高压配电线路的首端,即安装在总变、配电所的高压配电室内,而车间变电所只设变压器室(室外为变压器台)和低压配电室,其高压侧大多不装开关,或只装简单的隔离开关—熔断器(室外则装跌开式熔断器)、避雷器等,如图6.3.10所示。由图6.3.10可以看出,凡是高压架空进线,无论变电所为户内式还是户外式,均须装设避雷器以防雷电沿架空线侵入变电所;而采用高压电缆进线时,避雷器则装设在电缆首端(图上未示出),而且避雷器的接地端要连同电缆的金属外皮一起接地。如果变压器高压侧为架空线加一段引入电缆的进线方式(如图6.3.6中的进线WL1),则变压器高压侧仍应装设避雷器。

(2)工厂内无总变、配电所时,其车间变电所往往就是工厂的降压变电所,其高压侧的开关电器、保护装置和测量仪表等,都必须配备齐全,所以一般要设置高压配电室。在变压器容量较小、供电可靠性要求较低的情况下,也可不设高压配电

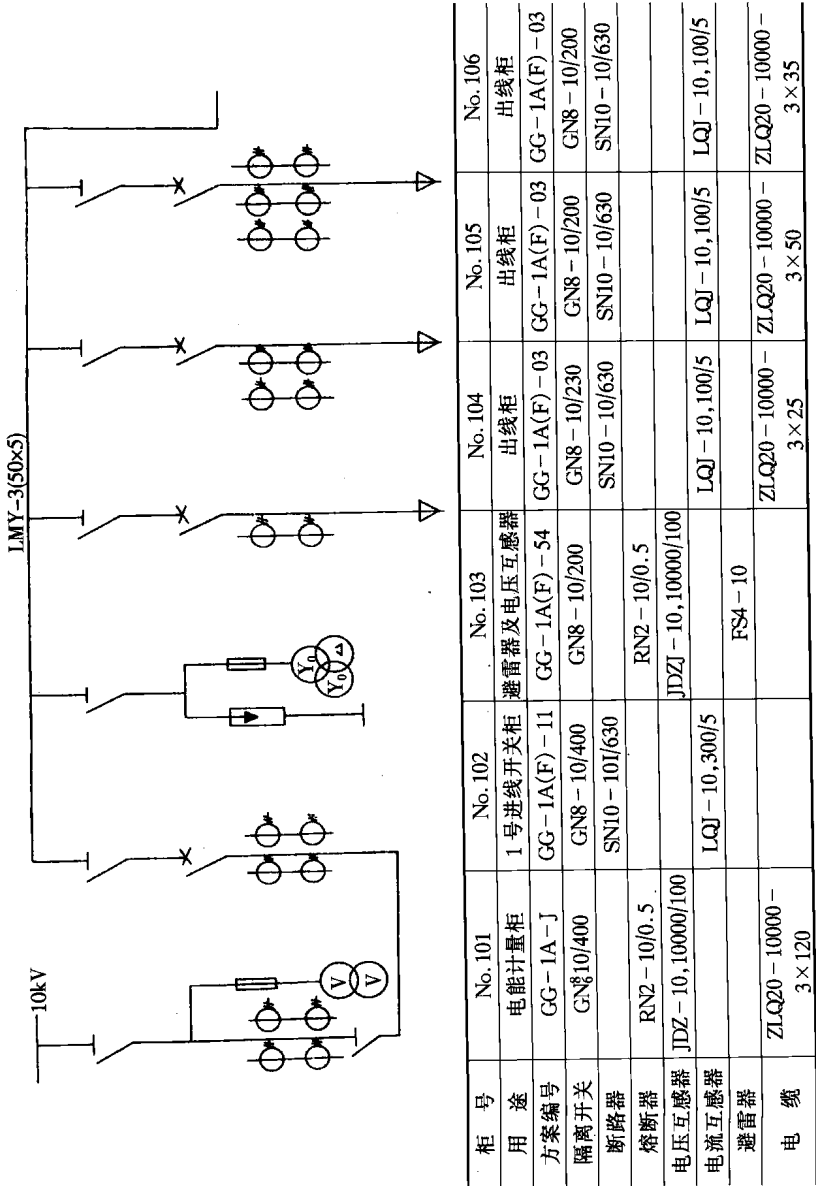
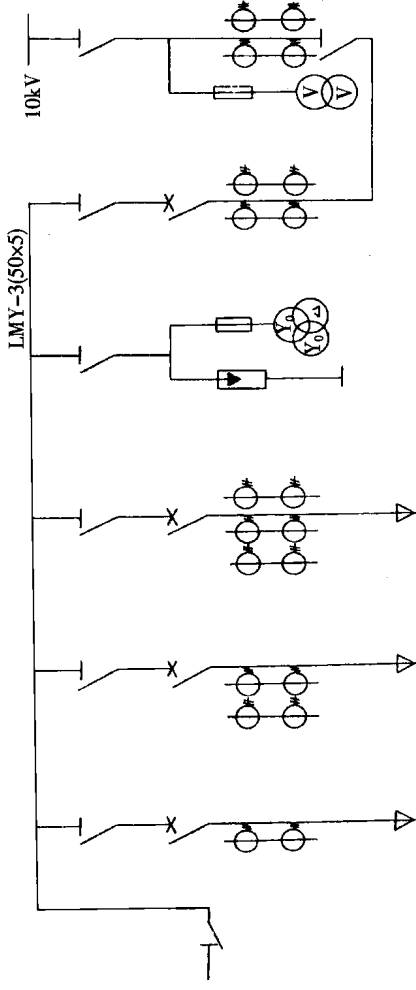


图 6.3.8 某高压配电所装置或主接线图(一)



母线隔离开关 GN6-10/400	No. 107	No. 108	No. 109	No. 110	No. 111	No. 112
	出线柜	出线柜	出线柜	避雷器及电压互感器	2号进线开关柜	电能计量柜
	GG-1A(F)-03	GG-1A(F)-03	GG-1A(F)-03	GG-1A(F)-54	GG-1A(F)-11	GG-1A-J
	GN8-10/200	GN8-10/200	GN8-10/200	GN8-10/200	GN8-10/400	GN ₆ -10/400
	SN10-10/630	SN10-10/630	SN10-10/630	SN10-10/630	SN10-10/630	
				RN2-10/0.5		RN2-10/0.5
			JDZJ-10,10000/100			JDZ-10,10000/100
	LQJ-10,100/5	LQJ-10,100/5	LQJ-10,100/5		LQJ-10,300/5	
	ZLQZ20-10000-3×35	ZLQZ20-10000-3×50	ZLQZ20-10000-3×35	FS4-6		ZLQZ20-10000-3×120

图 6.3.9 某高压配电所装置或主接线图(二)

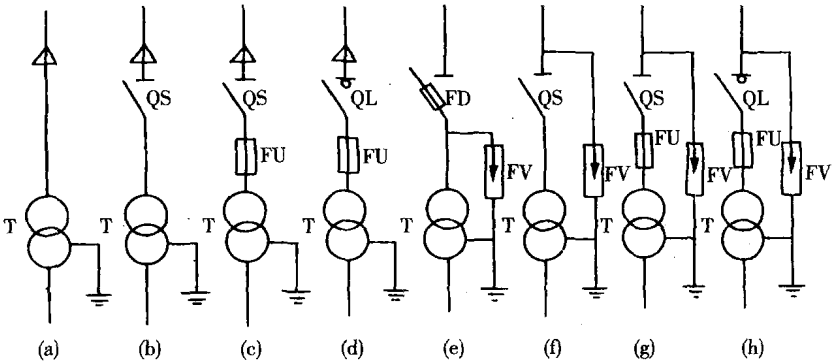


图 6.3.10 车间变电所高压侧主接线方案(示例)

(a)高压电缆进线,无开关 (b)高压电缆进线,装隔离开关 (c)高压电缆进线,装隔离开关—熔断器 (d)高压电缆进线,装负荷开关—熔断器 (e)高压架空进线,装跌开式熔断器和避雷器 (f)高压架空进线,装隔离开关和避雷器 (g)高压架空进线,装隔离开关—熔断器和避雷器 (h)高压架空进线,装负荷开关—熔断器和避雷器
 QS——隔离开关 QL——负荷开关 FD——跌开式熔断器
 FV——阀式避雷器 FU——熔断器

室,其高压熔断器、隔离开关、负荷开关或跌开式熔断器等,就装设在变压器室(室外为变压器台)的墙上或电杆上,而在低压侧计量电能;或者其高压开关柜不多于6台时,高压开关柜也可装在低压配电室内,在高压侧计量电能。

下面介绍小型工厂变电所几种较常见的主接线方案(以下主接线图中均未绘出电能计量柜接线)。

3.3.1 只装有一台主变压器的小型变电所主接线图

只有一台主变压器的小型变电所,其高压侧一般采用无母线的接线。根据其高压侧采用的开关电器不同,有以下三种比较典型的主接线方案:

3.3.1.1 高压侧采用隔离开关—熔断器或户外跌开式熔断器的变电所主接线图 如图 6.3.11 所示,这种主接线受隔离开关和跌开式熔断器切断空载变压器容量的限制,一般只用于 500 kV·A 及以下容量的变电所中,这种变电所相当简单经济,但供电可靠性不高,当主变压器或高压侧停电检修或发生故障时,整个变电所要停电。由于隔离开关和跌开式熔断器不能带负荷操作,因此变电所停电和送电操作的程序比较复杂,稍有疏忽,还容易发生带负荷拉闸的严重事故,而且在熔断器熔断后,更换熔体需一定时间,从而在故障排除后恢复供电的时间延长,更影响了供电的可靠性。这种主接线只适于三级负荷的小型变电所。

3.3.1.2 高压侧采用负荷开关—熔断器的变电所主接线图 如图 6.3.12 所示,由于负荷开关能带负荷操作,从而使变电所停电和送电操作比上述主接线(图 6.3.11)要简便灵活得多,也不存在带负荷拉闸的问题。在发生过负荷时,负荷开关可有热脱扣器进行保护,使开关跳闸。但在发生短路故障时,仍是熔断器熔断。因此这种主接线仍然存在供电可靠性不高的问题,一般也只用于三级负荷的小型变电所。

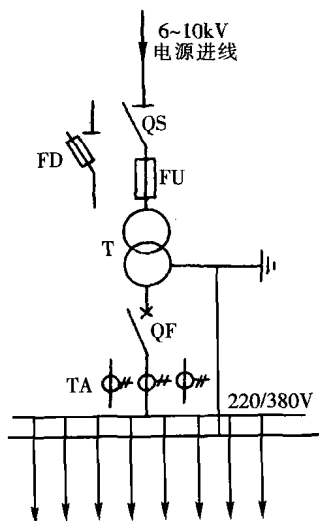


图 6.3.11 高压侧采用隔离开关—熔断器或跌落式熔断器的变电所主接线图

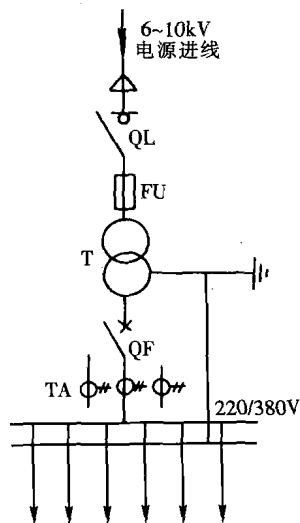


图 6.3.12 高压侧采用负荷开关—熔断器的变电所主接线图

3.3.1.3 高压侧采用隔离开关—断路器的变电所主接线图 如图 6.3.13 和图 6.3.14 所示,图 6.3.13 是高压侧采用隔离开关—断路器的变电所主接线。由于采用了高压断路器,因此变电所的停、送电操作十分灵活方便,同时高压断路器都配有继电保护装置,在变电所发生短路或过负荷时均能自动跳闸,而且在故障和异常情况消除后,又可直接迅速合闸,从而使恢复供电的时间大大缩短。如果配备自动重合闸装置(auto-reclosing device,简称 ARD,汉语拼音缩写为 ZCH),则供电可靠性更进一步提高。但是由于只有一路电源进线,一般也只用于三级负荷,但供电容量较大。

图 6.3.14 所示变电所主接线有两路电源进线,则供电可靠性相应提高,可供二级负荷。如果低压侧还有联络线与其他变电所相连,或者另有备用电源时,还可供少量一级负荷。

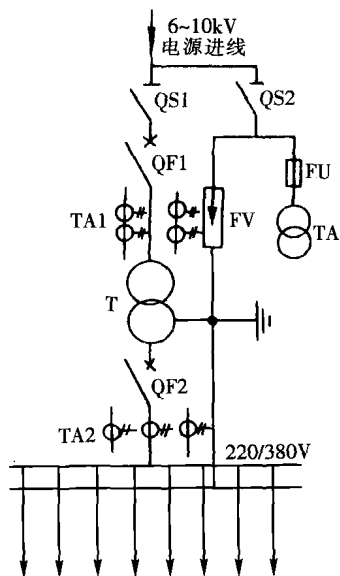


图 6.3.13 高压侧采用隔离开关一断路器的变电所主接线图

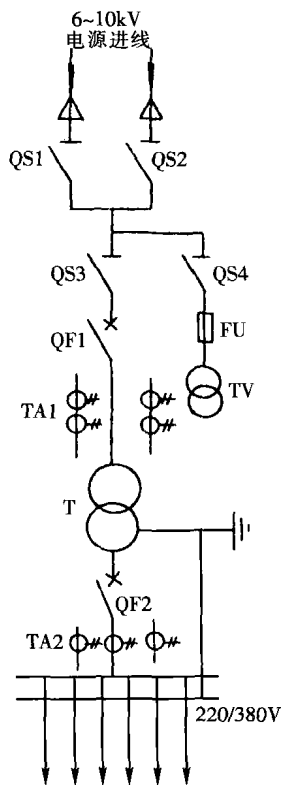


图 6.3.14 高压双回路进线的一台主变压器变电所主接线图

3.3.2 装有两台主变压器的小型变电所主接线图

3.3.2.1 高压侧无母线、低压单母线分段的双台主变压器变电所主接线图

如图 6.3.15 所示,这种主接线的供电可靠性较高。当任一主变压器或任一电源进线停电检修或发生故障时,该变电所通过闭合低压母线分段开关,即可迅速恢复对整个变电所的供电。如果两台主变压器低压主开关采用电磁合闸或电动机合闸的万能式低压断路器,并装设互为备用的备用电源自动投入装置(APD),则任一主变压器低压主开关因电源失压而跳闸时,另一主变压器低压主开关和低压母线分段开关将在 APD 作用下自动合闸,恢复整个变电所的正常供电。这种主接线可供一、二级负荷。

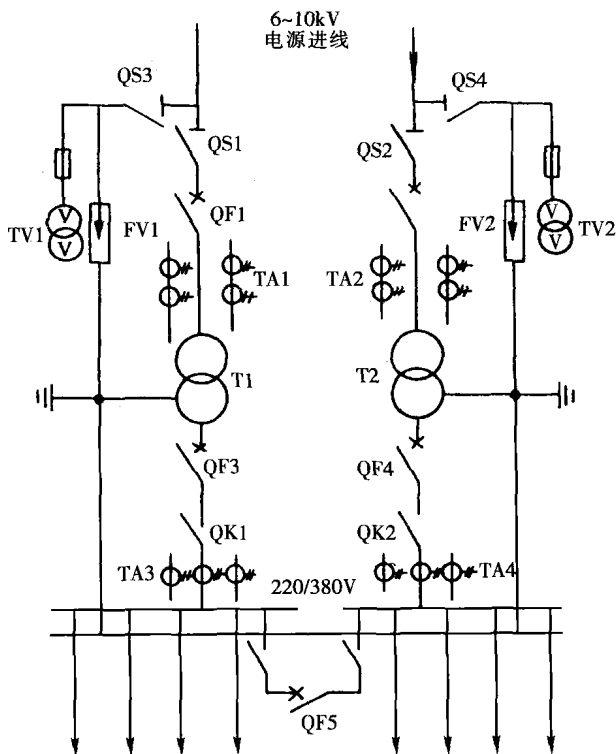


图 6.3.15 高压侧无母线、低压单母线分段的
双台主变压器变电所主接线图

3.3.2.2 高压侧单母线、低压单母线分段的变电所主接线图 如图 6.3.16 所示,这种主接线适用于装有两台(或多台)主变压器或者具有多路高压出线的变电所。其供电可靠性也较高,任一主变压器检修或发生故障时,通过切换操作,可很快恢复整个变电所的供电。但是高压母线或者电源进线检修或发生故障时,整个变电所都要停电。如果有与其他变电所相连的低压或高压联络线时,供电可靠性则可大大提高。无联络线时,这种主接线可供二、三级负荷,而有联络线时,则可供一、二级负荷。

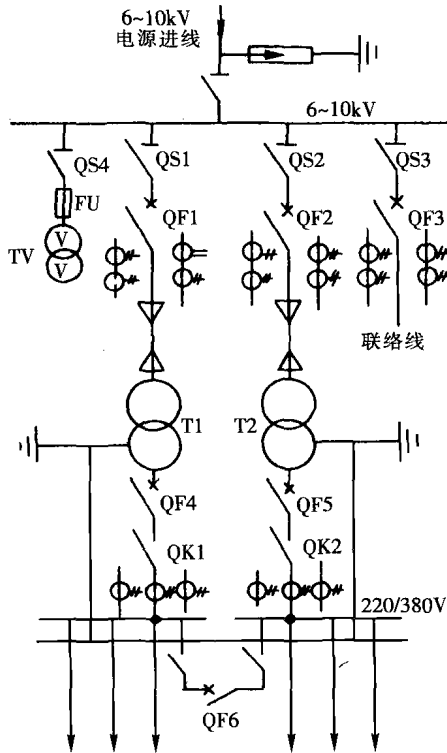


图 6.3.16 高压侧单母线、低压单母线分段的变电所主接线图

3.3.2.3 高、低压侧均为单母线分段的变电所主接线图 如图 6.3.17 所示, 这种主接线的高压分段母线, 正常时可以接通运行, 也可以分段运行。当一台主变压器或一路电源进线停电检修或发生故障时, 通过切换操作, 可迅速恢复整个变电所的供电, 因此其供电可靠性相当高, 可供一、二级负荷。

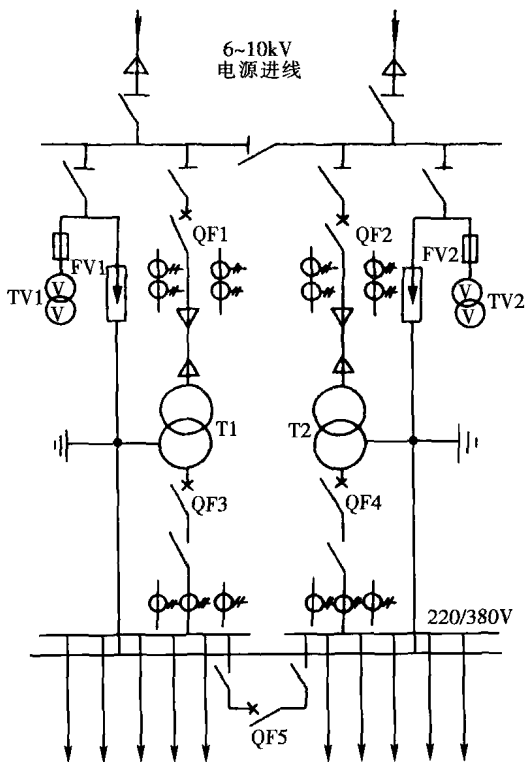


图 6.3.17 高、低压侧均为单母线分段的变电所主接线图

3.4 工厂总降压变电所的主接线图

对于电源进线电压为 35kV 及以上的大中型工厂,通常是先经工厂总降压变电所降为 6~10kV 的高压配电电压,然后经车间变电所,降为一般低压用电设备所需的电压,如 220/380V。

下面介绍工厂总降压变电所较常见的几种主接线方案。为了使主接线简明起见,图上省略了包括电能计量柜在内的所有电流互感器、电压互感器和避雷器等一次设备。

3.4.1 只装有一台主变压器的总降压变电所主接线图

通常采用一次侧无母线、二次侧为单母线的主接线,如图 6.3.18 所示。其一

次侧采用高压断路器作为主开关。其特点是简单经济,但供电可靠性不高,只适于三级负荷的工厂。

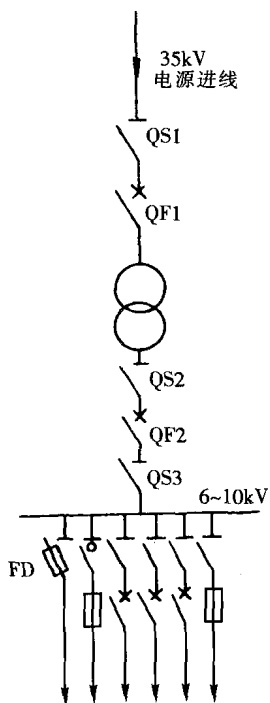


图 6.3.18 只装有一台主变压器的总降压变电所主接线图

3.4.2 装有两台主变压器的总降压变电所主接线图

3.4.2.1 一次侧采用内桥式接线、二次侧采用单母线分段的总降压变电所主接线图 如图 6.5.13 所示,这种主接线其一次侧的高压断路器 QF10 跨接在两路电源进线之间,犹如一座桥,而且处在线路断路器 QF11 和 QF12 的内侧,靠近变压器,因此称之为内桥式接线。这种主接线的运行灵活性较好,供电可靠性较高,适用于一、二级负荷的工厂。如果某路电源例如 WL1 线路停电检修或发生故障时,则断开 QF11,投入 QF10(其两侧 QS 先行闭合),即可由 WL2 恢复对变压器 T1 的供电。这种内桥式接线多用于电源线路较长因而发生故障和停电检修的机会较多、并且变电所的变压器不需经常切换的总降压变电所。

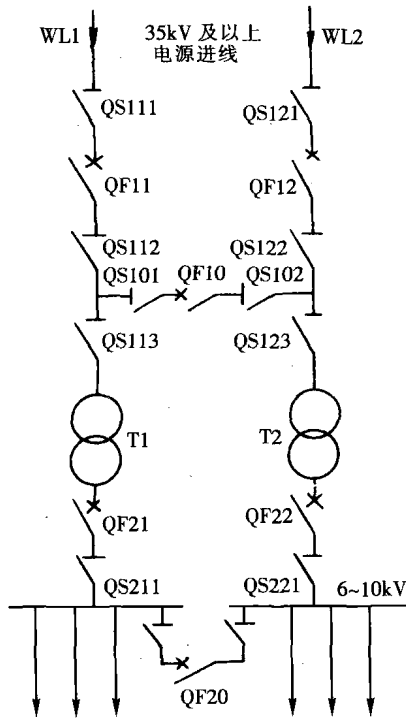


图 6.3.19 一次侧采用内桥式接线的总降压变电所主接线图

3.4.2.2 一次侧采用外桥式接线、二次侧采用单母线分段的总降压变电所主接线图 如图 6.3.20 所示,这种主接线其一次侧的高压断路器 QF10 也跨接在两路电源进线之间,但处在线路断路器 QF11 和 QF12 的外侧,靠近电源方向,因此称之为外桥式接线。这种主接线的运行灵活性也较好,供电可靠性同样较高,适用于一、二级的工厂。但是这种外桥式接线与内桥式接线适用的场合有所不同。如果某台变压器例如 T1 停电检修或发生故障时,则断开 QF11,投入 QF10(其两侧 QS 先行闭合),使两路电源进线又恢复并列运行。这种外桥式接线适用于电源线路较短而变电所昼夜负荷变动较大、适于经济运行需经常切换变压器的总降压变电所。当一次电源线路采用环形接线时,也宜于采用这种接线,使环形电网的穿越功率不通过进线断路器 QF11 和 QF12,这对改善线路断路器的工作及其继电保护的整定都极为有利。

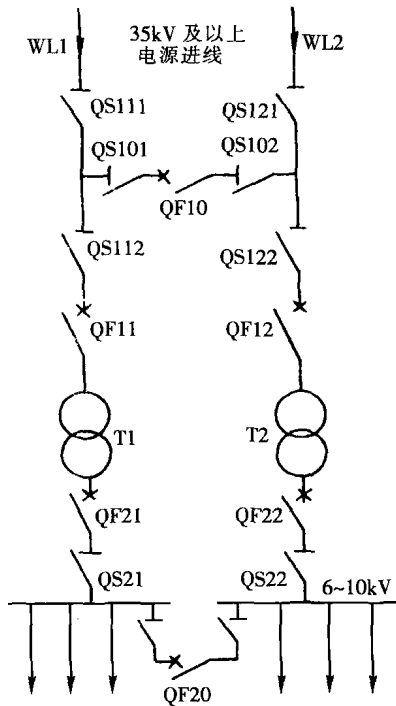


图 6.3.20 一次侧采用外桥式接线的总降压变电所主接线图

3.4.2.3 一、二次侧均采用单母线分段的总降压变电所主接线图 如图 6.3.21 所示,这种主接线兼有上述内桥式和外桥式两种接线的运行灵活性的优点,但所用高压开关设备较多,投资较大。可供一、二级负荷,适于—、二次侧进出线较多的总降压变电所。

3.4.2.4 一、二次侧均采用双母线的总降压变电所主接线图 如图 6.3.22 所示,采用双母线接线较之采用单母线接线,供电可靠性和运行灵活性大大提高,但开关设备也相应大大增加,从而大大增加了初期投资,所以双母线接线在工厂变电所中很少采用,它主要用于电力系统的枢纽变电站。

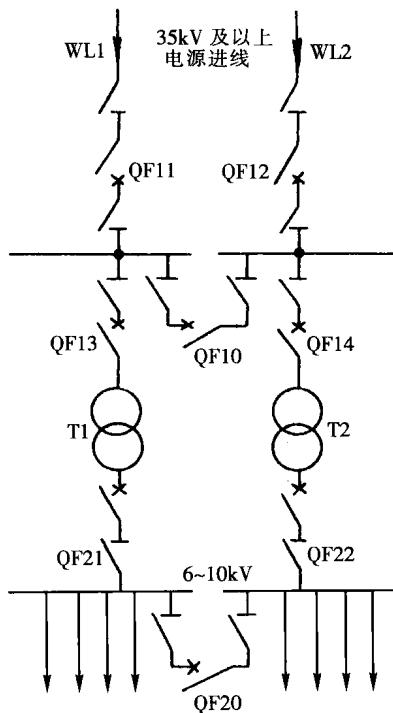


图 6.3.21 一、二次侧均采用单母线分段的总降压变电所主接线图

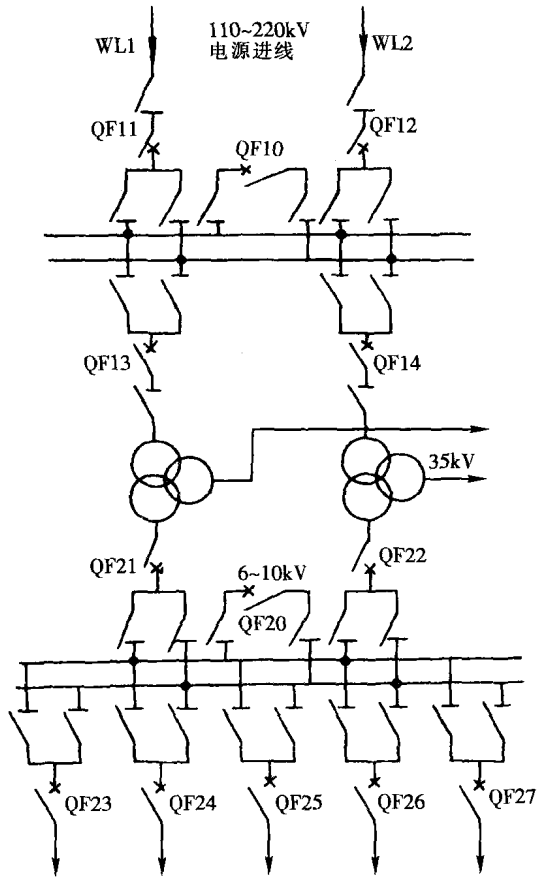


图 6.3.22 一、二次侧均采用双母线的总降压变电所主接线图

4 工厂电力线路

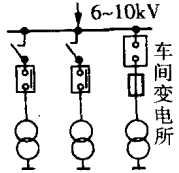
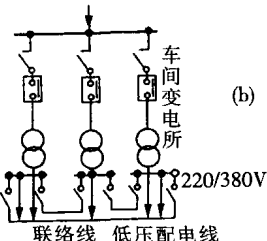
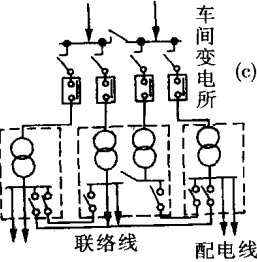
4.1 工厂电力线路及其接线方式

电力线路(electric power line)是电力系统的重要组成部分,担负着输送和分配电能的重要任务。

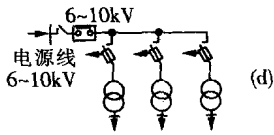
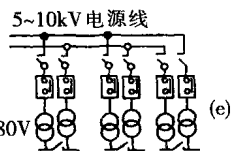
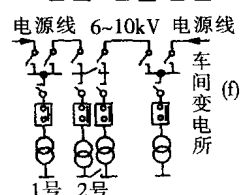
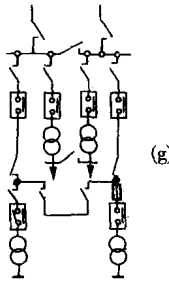
电力线路按电压高低分,有高压线路和低压线路。高压线路指1kV以上电力线路,低压线路指1kV及以下电力线路。也有的将1kV以上至10kV或35kV的电力线路称为中压线路,而将220kV或330kV及以上的电力线路称为超高压线路。本书一般以1kV以上泛指“高压”。

工厂的高压线路有放射式(radio type)、树干式(trunk type)和环形(ringlike type)等基本接线方式,见表6.4.1。

表6.4.1 工业企业供电系统常用接线方式

名称	接线系统图示	优缺点	适用于负荷等级
a. 简单放射式	 <p style="text-align: center;">(a)</p>		
b. 高压侧或低压侧有联络线	 <p style="text-align: center;">(b)</p>	优点: 1. 线路敷设容易,维护方便; 2. 运行中互不影响; 3. 便于装置自动化	1. 简单放射式接线一般只适用于三级负荷和个别二级负荷;
c. 两个独立电源的两条高压进线,母线分段双回路交叉供电	 <p style="text-align: center;">(c)</p>	缺点: 1. 高压开关设备用得较多; 2. 投资较多	2. 高压侧或低压侧有联络线时,适用于二级负荷; 3. 双电源、母线分段交叉供电,适用于一级负荷

续表

名称	接线系统图示	优缺点	适用于负荷等级
树干供电系统	 <p>(d)</p>	<p>优点:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 能减少线路的有色金属消耗量; 2. 采用高压开关数较少,如需装一台或二台高压开关柜,也可与低压配电屏装在一个室内; 3. 投资较少 <p>缺点:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 实现自动化适应性差或复杂; 2. 简单树干式供电可靠性较差; 3. 运行操作较复杂 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 树干式只适用于三级负荷; 2. 双干线式和两端供电树干式,可适用于二级负荷,当低压侧有联络线时,甚至可以使用于一级负荷
	 <p>(e)</p>		
	 <p>(f)</p>		
环形供电系统	 <p>(g)</p>	<p>实质上是两端供电的树干式接线,其优点与两端供电的树干式系统相同</p> <p>多数环形接线采取“开口”运行方式</p>	<p>适用于二级负荷甚至一级负荷</p>

4.2 架空配电线路

架空配电线路分为输电线、高压配电线和低压配电线三种。

电力网中,从发电厂将电能输送到变电所的高压架空电力线叫做输电线。电压等级一般为 35kV 及以上。

从变电站将电能送至配电用变压器的架空(或电缆)电力线,叫做高压配电线。电压等级一般为 10kV、6kV。

从配电变压器将电能送至各个用电点的低压电力线,称为低压配电线,按我国

标准其电压等级一般为 0.38kV、0.22kV。

4.2.1 架空线路导线允许的最小截面

架空线路导线截面的最小允许值见表 6.4.2。

表 6.4.2 架空线路导线最小允许截面 (mm²)

导线	35kV 线路	3~10kV 线路		3kV 以下线路
		居民区	非居民区	
铝绞线及铝合金线	35	35	25	16
钢芯铝绞线	35	25	16	16
铜线		16	16	10(线径 3.2mm)

注:1.居民区指厂矿地区、港口、码头、火车站、城镇及乡村等人口密集地区。

2.非居民区指居民区以外的地区。此外,虽有车辆、行人或农业机械到达但未建房屋或房屋稀少地区,亦属非居民区。

4.2.2 接户线导线允许的最小截面

所谓接户线,即是从低压电力线路到用户室外第一个支持点的一段线路,或由一个用户接到另一个用户的架空线路(或电缆)。接户线导线截面的最小允许值见表 6.4.3。

表 6.4.3 接户线导线截面的最小允许值

敷设方式	挡距(m)	最小截面(mm ²)	
		绝缘铝线	绝缘铜线
自电杆引下	<10	4.0	2.5
	10~25	6.0	4.0
沿墙敷设	≤6	4.0	2.5

注:接户线挡距不宜大于 25m,如有超过宜增设接户杆。

4.2.3 架空配电线路的安全距离

架空配电线路与建筑物之间的允许最小距离见表 6.4.4。

表 6.4.4 导线与建筑物间的最小距离 (m)

线路经过地区	线路电压(kV)		
	35	3~10	<3
导线跨越建筑物垂直距离(最大计算弧垂)	4.0	3.0	2.5
边导线与建筑物水平距离(最大计算风偏)	3.0	1.5	1.0

注:架空线路不应跨越屋顶为易燃材料的建筑物,对其他建筑物也应尽量不跨越。

架空配电线路与地面的最小距离见表 6.4.5。

表 6.4.5 导线与地面的最小距离 (m)

线路经过地区	线路电压(kV)		
	35	3~10	<3
居民区	7.0	6.5	6.0
非居民区	6.0	5.5	5.0
交通困难地区	5.0	4.5	4.0

架空配电线路与街道行道树间的最小距离见表 6.4.6。

表 6.4.6 导线与街道行道树间的最小距离 (m)

线路电压(kV)	35	3~10	<3
最大计算弧垂情况下的垂直距离	3.0	1.5	1.0
最大计算风偏情况下的水平距离	3.5	2.0	1.0

4.2.4 钢筋混凝土电杆

电杆按其在线路上所起的作用,可分为直线杆、转角杆、耐张杆、终端杆和分支杆等。钢筋混凝土电杆主要技术数据见表 6.4.7。

表 6.4.7 环形预应力钢筋混凝土电杆规格及制造用料表

梢径 (mm)	底径 (mm)	杆长 (m)	配用钢筋 (mm)	许用弯矩 (kg·m)	质量 (kg)	耗用材料	
						水泥 400(m ³)	钢材 (kg)
100	160	6	8× ϕ 5	320	148	0.057	8.07
100	180	6	8× ϕ 5	360	160	0.062	8.15
120	214	7	8× ϕ 6	550	270	0.1	13.4
150	243	7	12× ϕ 6	950	330	0.124	20.49
150	250	7.5	12× ϕ 6	990	365	0.135	21.84
150	257	8	12× ϕ 6	1020	400	0.149	23.21
150	263	8.5	12× ϕ 6	1075	430	0.16	24.65
150	270	9	16× ϕ 6	1370	465	0.172	33.97
150	283	10	16× ϕ 6	1475	540	0.2	37.94
170	277	8	12× ϕ 8	1950	500	0.186	41.83
170	284	8.5	12× ϕ 8	2020	540	0.2	44.6
170	290	9	12× ϕ 8	2100	580	0.215	47.26
170	303	10	12× ϕ 8	2200	675	0.25	52.55
170	317	11	12× ϕ 8	2320	760	0.282	57.9
190	350	12	16× ϕ 8	3470	940	0.345	84.06
190	390	9+6	12× ϕ 8	3600	9m 上杆 642	0.238	58.7
			16× ϕ 8		6m 下杆 630	0.233	53.83
190	430	12+6	16× ϕ 8	4400	12m 上杆 930	0.345	83.56
			20× ϕ 8		6m 下杆 715	0.265	54.75

为了更加经济合理地使用电杆,杆型和杆高的确定就显得格外重要。

根据电杆所处的不同地形和所起的作用,确定应该采用哪种杆型,应尽量采用简单杆型,以降低工程造价。

电杆的长度应包括地上及埋入地下部分。

当使用针式绝缘子时,长度计算如下:

$$L = a + f + h + c - b$$

式中 L ——电杆长度(m);

a ——由横担中心至杆顶的距离(m);

f ——最大弧垂(m);

h ——最大弧垂时导线对地面允许距离(m);

b ——针式绝缘子的高度(m);

c ——电杆埋入地下长度,取电杆长度的 $1/6$ (m)。

当采用悬式绝缘子时,计算如下:

$$L = a + f + h + c + d$$

式中 L, a, f, h, c 同上式;

d ——悬式绝缘子的高度(m)。

若是耐张杆,杆长计算如下:

$$L = a + f + h + c$$

高压配电线路的电杆,主杆杆长一般不小于9m,低压配电线路的电杆,杆长一般为7.5m。

4.2.5 线路最小线间距离

架空线路导线间的最小距离见表6.4.8。

表 6.4.8 架空线路导线间的最小距离 (m)

电压 \ 档距(m)	40 及以下	50	60	70	80	90	100
高压	0.60	0.65	0.70	0.75	0.85	0.90	1.00
低压	0.30	0.40	0.45	—	—	—	—

注:1.表中所列数值适用于导线的各种排列方式;

2.靠近电杆的两导线间的水平距离,对于低压线路不应小于0.50m。

4.3 电缆线路

4.3.1 电缆外护层及适用场所

电缆外护层型号的含义见表6.4.9。

表 6.4.9 电缆外护层型号含义

标记	铠装层	标记	外被层
0	无	0	无
1	—	1	纤维层
2	双钢带	2	聚氯乙烯套
3	细圆钢丝	3	聚乙烯套
4	粗圆钢丝	4	—

电缆外护层的适用场所见表 6.4.10。

表 6.4.10 各种电缆外护层及铠装的适用敷设场合

护套或外护层	铠装	代号	敷设方式							环境条件				备注			
			室内	电缆沟	电缆桥架	隧道	管道	竖井	埋地	水下	火灾危险	移动	多砾石		一般腐蚀	严重腐蚀	
裸铅护套 (铅包)	无	Q	√	√	√	√	√					√					
一般橡胶套	无		√	√	√	√	√						√		√		
不延燃橡胶套	无	F	√	√	√	√	√					√	√		√		耐油
聚氯乙烯护套	无	V	√	√	√	√	√		√			√	√		√	√	
聚乙烯护套	无	Y	√	√	√	√	√		√				√		√	√	
普通外护层 (仅用于 铅护套)	裸钢带	20	√	√	√	√						√					
	钢带	2	√	√	√	○		√	√								
	裸细钢丝	30						√				√					
	细钢丝	3						○	√	√	○		√				
	裸粗钢丝	50						√			√						
一级防腐 外护层	粗钢丝	5						○	√	√	○		√				
	裸钢带	120	√	√	√	√						√			√		
	钢带	12	√	√	√	○				√			√	√			
	裸细钢丝	130						√			√			√			
	细钢丝	13						○	√	√	○		√	√			
	裸粗钢丝	150						√			√			√			
二级防腐 外护层	粗钢丝	15						○	√	√	○		√	√			
	钢带	22							√		√		√		√		
	细钢丝	23						√	√	√	√		√		√		
内铠装塑料 (全塑电缆)	粗钢丝	25						○	√	√	○		√		√		
	钢带	22 29	√	√		√			√		√		√		√		
	细钢丝	39						√	√	√	√		√		√		
	粗钢丝	59						√		√	√		√		√		

- 注:1.“√”表示适用;“○”表示外被层为玻璃纤维时适用;无标记则不推荐采用。
- 裸金属护套一级防腐外护层由沥青复合物加聚氯乙烯护套组成。
 - 铠装一级防腐外护层由衬垫层、铠装层、外被层组成。衬垫层由两个沥青复合物、聚氯乙烯带和浸渍皱纹纸带的防水组合层组成;外被层由沥青复合物、浸渍电缆麻(或浸渍玻璃纤维)和防止黏合的涂料组成。
 - 裸铠装一级防腐外护层的衬垫层与铠装一级外护层的衬垫层相同,但没有外被层。
 - 铠装二级防腐外护层的衬垫层与铠装一级外护层的衬垫层相同;钢带和细钢丝铠装的外被层由沥青复合物和聚氯乙烯护套组成;粗钢丝铠装的镀锌钢丝外面挤包一层聚氯乙烯护套或其他同等效能的防腐涂层,以保护钢丝免受外界腐蚀。
 - 如需要用于湿热带地区的防霉特种护层可在型号规格后加代号“TH”。
 - 单芯钢带铠装电缆不适用于交流线路。

4.3.2 电缆敷设的基本要求

根据国家标准 GB50168—1992《电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范》,电缆敷设应符合以下规定:

- (1)电缆敷设时,不应损坏电缆沟、隧道、电缆井和人井的防水层。
- (2)三相四线制系统中应采用四芯电力电缆,不应采用三芯电缆另加一根单芯电缆或以导线、电缆金属护套做中性线。
- (3)并联使用的电力电缆其长度、型号、规格宜相同。
- (4)电力电缆在终端头与接头附近宜留有备用长度。
- (5)电缆各支持点间的距离应符合设计规范,当设计无规定时,不应大于表 6.4.11 中的数值。

表 6.4.11 电缆各支持点间的距离 (mm)

电 缆 种 类		敷 设 方 式	
		水平	垂直
电力电缆	全塑型	400	1000
	除全塑型外的中低压电缆	800	1500
	35kV 及以上高压电缆	1500	2000
控制电缆		800	1000

注:全塑型电力电缆水平敷设沿支架能把电缆固定时,支持点间的距离允许为 800m。

- (6)电缆的最小弯曲半径应符合表 6.4.12 中的规定。

表 6.4.12 电缆最小弯曲半径

电 缆 形 式		多 芯	单 芯
控制电缆		10D	
橡皮绝缘 电力电缆	无铅包、钢铠护套	10D	
	裸铅包护套	15D	
	钢铠护套	20D	
聚氯乙烯绝缘电力电缆		10D	
交联聚乙烯绝缘电力电缆		15D	20D
油浸纸绝缘 电力电缆	铅包		30D
	铅包	有铠装	20D
		无铠装	20
自容式充油(铅包)电缆			20D

注:表中 D 为电缆外径。

(7)黏性油浸纸绝缘电缆最高点与最低点之间的最大位差,不应超过表 6.4.13 中的规定,当不能满足时,应采用适应于高位差的电缆。

表 6.4.13 黏性油浸纸绝缘铅包电力电缆的最大允许敷设位差

电压(kV)	电缆护层结构	最大允许敷设位差(m)
1	无铠装	20
	铠装	25
6~10	铠装或无铠装	15
35	铠装或无铠装	5

(8)电缆敷设时,电缆应从盘的上端引出,不应使电缆在支架上及地面摩擦拖拉,电缆上不得有铠装压扁、电缆绞拧、护层折裂等未消除的机械损伤。

(9)用机械敷设电缆时的最大牵引强度应符合表 6.4.14 中的规定。充电电缆总拉力不应超过 27kN。

表 6.4.14 电缆最大牵引强度 (N/mm²)

牵引方式	牵引头		钢丝网套		
	铜芯	铝芯	铅套	铝套	塑料护套
允许牵引强度	70	40	10	40	7

(10)机械敷设电缆的速度不宜超过 15m/min,110kV 及以上电缆或在较复杂

的路径上敷设时,其速度应适当放慢。

(11)在复杂的条件下用机械敷设大截面电缆时,应进行施工组织设计,确定敷设方法、线盘架设位置、电缆牵引方向,并校核牵引力和侧压力,还应配备敷设人员和机具。

(12)机械敷设电缆时,应在牵引头或钢丝网套与牵引钢缆之间装设防捻器。

(13)110kV及以上电缆敷设时,转弯处的侧压力不应大于 3kN/m 。

(14)油浸纸绝缘电力电缆在切断后,应将端头立即铅封;塑料绝缘电缆应用可靠的防潮封端;充油电缆在切断后尚应符合下列要求:

①在任何情况下,充油电缆的任一段都应有压力油箱保持油压;

②连接油管路时,应排除管内空气,并采用喷油连接;

③充油电缆的切断处必须高于邻近两侧的电缆;

④切断电缆时不应有金属屑及污物进入电缆。

(15)敷设电缆时,电缆允许敷设最低温度:在敷设前24h内的平均温度以及敷设现场的温度不应低于表6.4.15的规定;当温度低于规定值时,应采取保护措施。

表 6.4.15 电缆允许敷设最低温度

电缆类型	电缆结构	允许敷设最低温度(°C)
油浸纸绝缘电力电缆	充油电缆	-10
	其他油纸电缆	0
橡皮绝缘电力电缆	橡皮或聚氯乙烯护套	-15
	裸铅套	-20
	铅护套钢带铠装	-7
塑料绝缘电力电缆		0
控制电缆	耐寒护套	-20
	橡皮绝缘聚氯乙烯护套	-15
	聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套	-10

(16)电力电缆接头的布置应符合下列要求:

①并列敷设的电缆,其接头位置宜相互错开;

②明敷电缆时其接头应用托板托置固定;

③直埋电缆接头盒外面应有防止机械损伤的保护盒(环氧树脂接头盒除外),位于冻土层内的保护盒,盒内宜注以沥青。

(17)电缆敷设时应排列整齐,不宜交叉,应加以固定,并及时装设标志牌。

(18)标志牌的装设应符合下列要求:

①在电缆终端头、电缆接头、拐弯处、夹层内、隧道及竖井的两端以及人井内等地方,电缆上应装设标志牌。

②标志牌上应注明线路编号。当无编号时,应写明电缆型号、规格及起讫地

点;并联使用的电缆应有顺序号。标志牌的字迹应清晰不易脱落。

③标志牌规格宜统一。标志牌应能防腐,挂装应牢固。

(19)电缆的固定,应符合下列要求:

①在以下地方应将电缆加以固定:

- a. 垂直敷设或超过 45° 倾斜敷设的电缆在每个支架上;桥架上每隔 2m 处;
- b. 水平敷设的电缆,在电缆首末两端及转弯处;电缆接头的两端处;当对电缆间距有要求时,每隔 5~10m 处;
- c. 单心电缆的固定应符合设计要求。

②交流系统的单心电缆或分相后的分相铅套电缆的固定夹具不应构成闭合磁路。

③裸铅(铝)套电缆的固定处,应加软衬垫保护。

④护层有绝缘要求的电缆,在固定处应加绝缘衬垫。

(20)沿电气化铁路或有电气化铁路通过的桥梁上明敷电缆的金属护层或电缆金属管道,应沿其全长与金属支架或桥梁的金属构件做好绝缘。

(21)电缆进入电缆沟、隧道、竖井、建筑物、盘(柜)以及穿入管子时,出入口应封闭,管口应密封。

4.3.3 电缆埋地敷设时与其他设施的安全距离

电缆埋地敷设,电缆之间及其至各种设施平行或交叉时的最小净距见表 6.4.16。

表 6.4.16 埋地敷设的电缆之间及其至各种设施平行或交叉时的最小净距 (m)

项 目	敷设条件	
	平行时	交叉时
建筑物、构筑物基础	0.5	
电杆	0.6	
乔木	1.5	
灌木丛	0.5	
10kV 以上电力电缆之间及其与 10kV 及以下和控制电缆之间	0.25	0.5(0.25)
10kV 及以下电力电缆之间及其与控制电缆之间	0.1	0.5(0.25)
控制电缆之间	—	0.5(0.25)
通信电缆,不同使用部门的电缆	0.5(0.1)	0.5(0.25)
热力管沟	2.0	(0.5)
水管、压缩空气管	1.0(0.25)	0.5(0.25)
可燃气体及易燃液体管道	1.0	0.5(0.25)
铁路(平行时与轨道,交叉时与轨底,电气化铁路除外)	3.0	1.0
道路(平行时与路边,交叉时与路面)	1.5	1.0
排水明沟(平行时与沟边,交叉时与沟底)	1.0	0.5

注:1.表中所示净距,应自各种设施(包括防护外层)的外缘算起。

2. 路灯电缆与道路灌木丛平行距离不限。
3. 表中括号内数字,是指局部地段电缆穿管,加隔板保护或加隔热层保护后允许的最小净距。

4.3.4 电缆在隧道内敷设

电缆在隧道内敷设应符合下列要求:

(1) 电缆隧道长度大于 7m 时,两端应设出口(包括人孔井)。当两个出口间距离超过 75m 时,应增加出口。人孔井的直径不应小于 0.7m。

(2) 电缆隧道内应有照明,电压不应超过 36V,否则需采取安全措施。

(3) 隧道内净高不应低于 1.9m,局部或与管道交叉处净高不宜低于 1.4m。

(4) 电缆隧道应有防水措施,底部还应做成不小于 0.5% 的纵向排水坡度,而排水边沟向集水井也应有 0.5% 的坡度。

(5) 隧道进入建筑物(或变电所)处、在变电所围墙处以及在长距离隧道中每隔 100m 处,应设置带门的防火隔墙。该门应采用非燃烧材料或难燃材料制作,并应装锁。电缆过墙时的保护管两端应用阻燃材料堵塞。

(6) 电缆隧道应尽量采用自然通风。当隧道内的电缆电力损失超过 150~200W/m 时,需考虑采用机械通风。

(7) 电缆在隧道内敷设时,支架的长度不应大于 500mm。

(8) 与电缆隧道无关的管线不得通过电缆隧道。电缆隧道与其他地下管线交叉时,应尽可能避免隧道局部下降。

电缆在隧道内敷设时的最小净距见表 6.4.17。

表 6.4.17 电缆在电缆沟、隧道内敷设时的最小净距 (mm)

敷设方式		电缆隧道净高 ≥ 1900	电缆沟	
			沟深 ≤ 600	沟深 > 600
通道宽度	两边有支架时,架间水平净距	1000	300	500
	一边有支架时,架与壁间水平净距	900	300	450
支架层间的垂直净距	电力电缆 35kV	250	200	200
	≤ 10 kV	200	150	150
	控制电缆	120	100	100
电力电缆间的水平净距 (单心电缆品字形布置时除外)		35 但不小于电缆外径		

4.3.5 电缆在电缆沟内敷设

电缆在电缆沟内敷设应符合下列要求:

(1)屋内电缆沟的盖板应与屋内地坪相平,在容易积水积灰处,宜用水泥砂浆或沥青将盖板抹死。

(2)屋外电缆沟的沟口宜高出地面 50mm,以减少地面排水进入沟内。但当盖板高出地面并影响地面排水或交通时,可采用具有覆盖层的电缆沟,盖板顶部一般低于地面 300mm。

(3)屋外电缆沟在进入建筑物(或变电所)处,应设有防火隔墙。

(4)电缆沟一般采用钢筋混凝土盖板,盖板质量不宜超过 50kg。在屋内需经常开启的电缆沟盖板,宜采用花纹钢盖板。

(5)电缆沟应采取防水措施。底部还应做不小于 0.5% 的纵向排水坡度,并设集水坑(井)。积水的排出,有条件时可直接排入下水道,否则可经集水井用泵排出。电缆沟较长时,应考虑分段排水,每隔 50m 左右设置一个集水井。

(6)电缆在多层支架上敷设时,电力电缆应放在控制电缆的上层,但 1kV 以下的电力电缆可和控制电缆并列敷设。

当两侧均有支架时,1kV 以下的电力电缆和控制电缆,宜与 1kV 以上的电力电缆分别敷设于两侧支架上。盐雾地区或化学腐蚀地区的支架宜涂防腐漆或采用混凝土支架。

(7)电缆在沟内敷设时,支架长度不宜大于 350mm。

电缆在电缆沟内敷设的最小净距见表 6.4.17。

4.3.6 电缆穿管敷设

电缆穿保护管敷设,保护管的内径应不小于电缆外径(包括外护层)的 1.5 倍,保护管弯曲半径为保护管外径的 10 倍,且不小于所穿电缆的最小允许弯曲半径。

电缆穿保护管的最小内径见表 6.4.18。

表 6.4.18 电缆穿保护管的最小内径

三芯电缆芯线截面 (mm ²)			四芯电缆芯线截面 (mm ²)	保护管最小内径 (mm)
1kV	6kV	10kV	≤1kV	
≤70	≤25	—	≤50	50
95~150(95~120)	35~70(16~70)	≤50	70~120	70
185(150~185)	95~150(95~120)	70~120	150~185	80
240	185~240(150~240)	150~240	240	100

注:表中括号内截面用于塑料护套电缆。

4.3.7 电缆在桥梁上敷设

电缆在木桥上敷设时,应穿管敷设。在其他结构的桥上敷设时,应在人行道下设电缆沟或穿入由耐火材料制成的管道中。在人不_易接触处,电缆可在桥上裸露敷设,但应采取防止太阳直接照射的措施。

桥梁架构与悬吊架设的电缆之间距离不应小于0.5m。

此外,在经常受到震动的桥梁上敷设的电缆应有防震措施。桥墩两端和伸缩缝处的电缆,应留有松弛部分。

4.3.8 电缆桥架敷设

电缆桥架敷设一般用于电缆数量较多或较集中的场所。

(1)电缆桥架敷设应符合下列要求:

①在室内采用电缆桥架敷设时,其电缆不应有黄麻或其他易延燃材料护层。

②在有腐蚀或特别潮湿的场所采用电缆桥架敷设时,应根据不同的腐蚀介质采取相应的防护措施,并宜选塑料护套电缆。

③电缆桥架(梯架、托盘)水平敷设时的距地高度一般不宜低于2.5m,垂直敷设时距地1.8m以下部分均应加金属盖板保护,但敷设在电气专用房间(如配电室、电气竖井、技术层等)内时除外。

④电缆桥架水平敷设时,宜按荷载曲线选取最佳跨距进行支撑,跨距一般为1.5~3m。垂直敷设时,其固定点间距不宜大于2m。

⑤电缆桥架多层敷设时,其层间距离一般为:控制电缆间不应小于0.2m;电力电缆间不应小于0.3m;弱电电缆与电力电缆间不应小于0.5m,如有屏蔽板可减至0.3m;桥架上部距顶棚或其他障碍物不应小于0.3m。

⑥几组电缆桥架在同一高度平行敷设时,各相邻电缆桥架间应考虑设置维护检修距离。

⑦在电缆桥架上可以无间距敷设电缆,电缆在桥架内横断面的填充率:电力电缆不应大于40%,控制电缆不应大于50%。

⑧下列不同电压、不同用途的电缆,不宜敷设在同一层桥架上:

- a. 1kV以上和1kV以下的电缆;
- b. 同一路径的一级负荷供电的双路电源电缆;
- c. 应急照明和其他照明的电缆;
- d. 强电和弱电电缆。

若受条件限制需安装在同一桥架上时,应用隔板隔开。

(2)电缆桥架与各种管道平行或交叉时,其最小净距应符合表6.4.19中的规定。

表 6.4.19 电缆桥架与各种管道的最小净距

管道类别		平行净距(m)	交叉净距(m)
一般工艺管道		0.4	0.3
具有腐蚀性液体(或气体)管道		0.5	0.5
热力管道	有保温层	0.5	0.5
	无保温层	1.0	1.0

电缆桥架不宜敷设在腐蚀性气体管道和热力管道的上方及腐蚀性液体管道的下方,否则应采取防腐、隔热措施。

(3) 电缆桥架内的电缆应在下列部位进行固定:

① 垂直敷设时,电缆的上端及每隔 1.5~2m 处。

② 水平敷设时,电缆首尾两端、转弯及每隔 5~10m 处。

(4) 电缆桥架内的电缆应在首端、尾端、转弯及每隔 50m 处,设有编号、型号及起、止点等标记。

(5) 电缆桥架在穿过防火墙及防火楼板时,应采取防火隔离措施。

4.4 户内配电线路

4.4.1 布线的基本要求和布线方式的选择

室内外布线应避免由外部热源产生的有害影响;防止在使用过程中因水的侵入或因进入固体物而带来一定的损害;应防止外部的机械损害;在有大量灰尘的场所,应避免由于灰尘聚集在布线上所带来的有害影响;应避免由强烈日光辐射而带来的损害。

布线方式的选择应遵循下列条件:

(1) 符合场所的环境特征;

(2) 符合建筑物的特征;

(3) 符合人与布线之间可接近的程度;

(4) 应考虑短路可能出现的机械应力;

(5) 在安装期间或运行中,布线可能遭受的其他应力(包括导线的自重)。

线路敷设方式按环境条件选择见表 6.4.20。

表 6.4.20 线路敷设方式按环境条件选择

导线类型	敷设方式	常用导线型号	环境性质																		
			干燥	特别潮湿	高潮温	多尘	化学腐蚀	火灾危险区			爆炸危险区				户外	高层建筑	一般民用	进户线			
			生活	生产	潮湿	潮湿	高温	多尘	化学腐蚀	21	22	23	1	2					10	11	
塑料护套线	直敷配线	BLVV, BVV	√	√	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	+	√	×	
	绝缘线	瓷夹(塑料卡)	BLV, BV、 BLX, BX	√	√	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	+	×	
		鼓形绝缘子		+	√	√	√	+	+	+	+	×	×	×	×	+				×	
		蝶针式绝缘子		×	√	√	√	√	+	+	+	+	×	×	×	×	√ ^⑤				√
		钢管明敷		+	+	+	+	+	+	+	+	√	√	√	√	√	√	√	+	√	√
		钢管埋地		√	√	√	√	√	+	√	√	√	√	√	√	√	√	+	+	√	√
		电线管明敷		+	+	+	×	+	+	×	+	+	+	×	×	×	×			√	√
		硬塑料管明敷		+	√	√	√	√	√	+	+	+	×	×	×	×					+
		硬塑料管埋地		+	+	+	+	+	+	√				×	×	×	×	+			+
		波纹管敷设		√	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×	×			√
线槽配线	√	√	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	√	√		
裸导体	瓷瓶明敷	LJ, TJ	×	√	+		√	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	
		LMY, TMY									+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×
母线槽	支架明敷	各型号	√	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
电缆	地沟内敷设	VLV, VV、 ZLQ, ZQ、 XLV, XV	√	+			√	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	√	
	支架明敷	VLV, VV、 YJLV, YJV	√	√	√	+	√	√	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	直埋地	VLV ₂₂ 、VV ₂₂ 、 YJLV ₂₂ 、 YJV ₂₂ 、 ZLQ ₂₂ 、ZQ ₂₂																	√	√	
	桥架敷设	各型号	√	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	√	+	
架空电缆	支架明敷																	√	√		

注：表中“√”推荐使用，“+”可以采用，无记号建议不用，“×”不允许使用。

①应远离可燃物，且不应敷设在木质吊顶、墙壁上及可燃液体管道栈桥上。

②应采用镀锌钢管并作好防腐处理。

- ③应采用铠装电缆。
- ④地沟内应埋砂并设排水措施。
- ⑤屋外架空用裸导体,沿墙用绝缘线。
- ⑥可用硬裸母线,但应连接可靠,尽量采用焊接;在 21 区和 23 区内,母线宜装防护罩,孔径不大于 12mm,在 22 区内应有防尘罩。

4.4.2 钢索布线

钢索布线首先要根据环境不同而选用不同的钢索。屋内场所钢索的材料宜采用镀锌钢绞线;屋外布线及敷设在潮湿或有酸碱盐腐蚀的场所,应采取防腐蚀措施,如选用塑料护套钢索。

钢索所用钢绞线的截面,根据跨距、荷重和机械强度选择,最小截面不宜小于 10mm^2 (屋内场所吊挂重量较小时,也可用 3 股直径 4mm 的镀锌铁线)。钢索固定件应镀锌或涂防腐漆。钢索的安全系数不应小于 2.5。钢索两端需拉紧,且其弛度不应大于 100mm。跨距较大时应在钢索中间增加支持点,中间的支持点间距不应大于 12m。

钢索布线用绝缘导线明敷时,应采用瓷(塑料)夹、鼓形绝缘子或针式绝缘子固定在钢索上。用护套绝缘导线、电缆、金属管或硬质塑料管布线时,可直接固定在钢索上。采用瓷(塑料)夹的钢索布线仅适用于屋内布线。

钢索上吊装金属管或硬质塑料管布线的支持点最大间距应符合表 6.4.21 中所列数值。吊装接线盒和管路的扁钢卡子宽度不应小于 20mm,吊装接线盒的卡子不应少于 2 个。

表 6.4.21 钢索上吊装金属(或硬塑料)管支持点最大间距

布线类型	支持点最大间距(mm)	支持点距灯头盒(mm)
钢管、电线管	1500	200
硬塑料管	1000	150

在钢索上吊装护套线时,用铝卡子直接敷设在钢索上,其支持点间距不应大于 500mm,卡子距接线盒不应大于 100mm;用橡胶及塑料护套线时,接线盒应用塑料制品。

在钢索上吊装瓷瓶布线时,支持点间距不应大于 1.5m,线间距离在屋内不小于 50mm,在屋外不小于 10mm;扁钢吊架终端应加镀锌铁丝拉线,其直径不应小于 3mm。

4.4.3 管子布线

穿管敷设的绝缘导线的电压等级不应低于 500V。

管子布线的管材选择如下:

- (1)明敷于潮湿环境或直接埋于素土内的金属管布线,应采用焊接钢管(以下

简称钢管)。明敷或暗敷于干燥环境的金属管布线,可采用管壁厚度不小于1.5mm的电线钢管(以下简称电线管)。

(2)在酸碱盐腐蚀的环境,应采用硬聚氯乙烯管敷设。

(3)爆炸危险环境,应采用镀锌钢管敷设(管子连接螺纹啮合不少于5扣,用于1区时应有锁紧螺母;用于1区、2区管径 $\geq 32\text{mm}$ 时,不少于6扣)。

多根导线同穿一根管时:3根及以上绝缘导线同穿一根管时,导线的总截面积不应大于管内净面积的40%(2根绝缘导线穿同一根管时,管内径不应小于2根导线直径之和的1.35倍),并应符合下列要求:

- (1)管子没有弯时的长度不超过30m;
- (2)管子有一个弯($90^\circ\sim 105^\circ$)时的长度不超过20m;
- (3)管子有两个弯($90^\circ\sim 105^\circ$)时的长度不超过15m;
- (4)管子有三个弯($90^\circ\sim 105^\circ$)时的长度不超过8m。

若长度超过上述要求时,应加设拉线盒、箱或加大管径。

不同回路、不同电压、不同电流种类的导线,不得穿入同一管内。但下述情况除外:

- (1)一台电机的所有回路(包括操作回路);
- (2)同一设备或同一流水作业线设备的电力回路和无防干扰要求的控制回路;
- (3)无防干扰要求的各种用电设备的信号回路、测量回路和控制回路;
- (4)同类照明的几个回路,但不应超过8根,工作照明和事故照明不得同管敷设;
- (5)标称电压为50V以下的回路。

互为备用的线路不得共管。控制线和动力线共管时,当线路较长或弯头较多时,控制线截面不应小于动力线截面的10%。

管线埋地时不宜穿过设备基础。

管线明敷时(沿水平或垂直方向敷设),其固定点间最大间距不应大于表6.4.22中所列数值。

表 6.4.22 管线明敷时固定点间最大间距 (m)

管子类别	管径(公称口径,mm)				
	15~20	25~32	38~40	50~51	63~100
钢管	1.5	2	2	2.5	3.5
电线管	1	1.5	2	2	2
硬塑料管	1	1.5	1.5	2	2

注:①钢管的公称管径指内径,电线管和硬塑料管管径指外径。

②钢管规格根据 GB3092—1993《低压流体输送用焊接钢管》,电线管规格根据 GB3640—1988《普通碳素钢电线套管》。

4.4.4 线槽布线

线槽布线的要求如下:

(1)线槽有塑料(PVC)线槽、金属线槽、地面线槽等。塑料线槽应为难燃型材料。

(2)线槽内导线或电缆总截面积不应超过线槽内截面积的40%,载流导线不超过30根。

(3)金属线槽的吊装支架固定间距:直线段一般为1500~2000mm,在线槽始末端200mm处及线槽走向改变或转角处应加装支架。

4.4.5 母线槽布线

母线槽布线的要求如下:

(1)母线槽(又称封闭式母线、保护式母线、插接式母线等),一般适用于干燥、无腐蚀性气体、无冷热急剧变化的屋内。

(2)母线槽至地面的距离不应小于2.2m,但安装在配电室、电机室、电气竖井等电气专用房间内时不受此限制。

(3)母线槽终端无引出、引入线时,端头应封闭。

(4)母线槽的引出支线不宜埋地敷设。

4.4.6 常用绝缘电线的型号和用途

常用绝缘电线的型号、名称和主要用途见表6.4.23。

表 6.4.23 常用绝缘电线的型号、名称和主要用途

型 号		名 称	主要用途
铜芯	铝芯		
BX	BLX	棉纱编织橡皮绝缘电线	固定敷设用,可明敷或暗敷
BXF	BLXF	氯丁橡皮绝缘电线	固定敷设用、可明敷或暗敷,尤其适于户外
BBX	BBLX	玻璃丝编织橡皮绝缘电线	同 BX、BLX,但不宜穿管敷设
BXR		棉纱编织橡皮绝缘软线	室内安装要求较柔软时用
BV	BLV	聚氯乙烯绝缘电线	室内外电器、动力、照明用,固定敷设
BVV	BLVV	聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套电线	同 BV、BLV
BVR		聚氯乙烯软线	同 BV 型,安装要求较柔软时用
RVB		聚氯乙烯绝缘平型软线	日用电器、无线电设备和照明灯头接线
RVS		聚氯乙烯绝缘绞型软线	
RFB		丁腈聚氯乙烯复合物平型软线	适用于收音机、电风扇等日用电器的连接线
RFS		丁腈聚氯乙烯复合物绞型软线	适用室内照明灯头线等

4.5 导线及电缆的选择

4.5.1 按使用环境及敷设方式选择

按环境选择导线、电缆及其敷设方式见表 6.4.24。

表 6.4.24 按环境选择导线、电缆及其敷设方式

环境特征	线路敷设方式	常用导线、电缆型号
正常干燥环境	绝缘线瓷珠、瓷夹板或铝皮卡子明配线 绝缘线、裸线绝缘子明配线 绝缘线穿管明敷或暗敷 电缆明敷或放在沟中	BBLX、BLV、BLVV BBLX、BLV、LJ、LMY BBLX、BLV ZLL、ZLL11、VLV、 YJV、YJLV、XLV、ZLQ
潮湿和特别潮湿的环境	塑料线绝缘子明配线(敷设高度>3.5m) 绝缘线穿塑料管、钢管明敷或暗敷 电缆明敷	BBLX、BLV BBLX、BLV ZLL11、VLV、YJV、XLV
多尘环境(不包括火灾及爆炸危险尘埃)	绝缘线绝缘子明配线 绝缘线穿钢管明敷或暗敷 电缆明敷或放在沟中	BBLX、BLV、BLVV BBLX、BLV ZLL、ZLL11、VLV、 YJV、XLV、ZLQ
有腐蚀性的环境	绝缘线绝缘子明配线 绝缘线穿塑料管明敷或暗敷 电缆明敷	BLV、BLVV BBLX、BLV、BV VLV、YJV、ZLL11、XLV
有火灾危险的环境	绝缘线绝缘子明配线 绝缘线穿钢管明敷或暗敷 电缆明敷或放在沟中	BBLX、BLV BBLX、BLV ZLL、ZLQ、VLV、 YJV、XLV、XLHF
有爆炸危险的环境	绝缘线穿钢管明敷或暗敷 电缆明敷	BBX、BV ZL120、ZQ20、VV20

4.5.2 按载流量选择

导线、电缆所允许载流量必须大于或等于线路中的计算电流值。

4.5.3 按电压损失选择

为了保证用电设备正常运行,其端子处电压损失允许值对于电动机及一般无特殊要求的用电设备为 $\pm 5\%$ (以额定电压的百分数表示)。

对于少数距电源(变电所等)较远的电动机,如电动机端电压低于额定值的 95% 时,仍能保证电动机温升符合(GB755—2000 电机基本技术要求)规定,且堵转

转矩、最小转矩、最大转矩均能满足传动要求时,则电动机的端电压可低于95%,但不得低于90%。电压损失的计算方法如下:

对于三相平衡负荷,线路上接有多个负荷时

$$\Delta U\% = \frac{\sqrt{3}}{10U_n} \sum_1^n (IR \cos\varphi + IX \sin\varphi)$$

对于直流线路或单相交流线路($\cos\varphi=1$)电压损失为

$$\Delta U\% = \frac{2}{10\gamma AU_p^2} \sum PL$$

式中 U_n ——额定线电压(kV);

I ——各段线路中的计算电流(A);

R, X ——各段线路电阻和感抗(Ω);

L ——各段线路长度(km);

P ——有功负荷(kW);

A ——导线截面(mm^2);

U_p ——额定相电压(kV);

γ ——电导率(S/m),铜线 $\gamma=53 \times 10^6$ S/m,铝线 $\gamma=32 \times 10^6$ S/m(温度为25℃时值)。

4.5.4 按动、热稳定选择

母线的动稳定校验:

$$\lambda_c < \lambda_a$$

$$\lambda_c = 1.76 \frac{l^2}{aW} [i_i^{(3)}] \times 10^{-2}$$

式中 λ_c ——母线计算机械应力(N/cm^2);

λ_a ——母线允许机械应力(N/cm^2),铜母线为 $14000 \text{N}/\text{cm}^2$,铝母线为 $7000 \text{N}/\text{cm}^2$;

W ——抗弯矩(cm^3),当母线横放时为 $0.167bh^2$,当母线竖放时为 $0.167hb^2$;

l ——支持绝缘子间距离(cm);

a ——母线相间中心距离(cm);

b ——母线厚度(cm);

h ——母线宽度(cm);

$i_i^{(3)}$ ——三相短路冲击电流峰值(kA)。

电缆的热稳定校验:

$$A_{\min} = \frac{I_{\infty}}{K} \sqrt{t_c}$$

式中 A_{\min} ——电缆所需最小截面(mm^2);

I_{∞} ——短路稳态电流(A)；

t_e ——假想时间(s)，对无限容量电力系统供电时，三相短路电流的假想时间 $t_e = t + 0.05$ (s) (t 为短路持续时间，它是保护继电器整定动作时间与开关动作时间之和，0.05 为考虑短路电流非周期分量的影响)；

K ——系数，对铜芯电缆为 165，铝芯电缆为 95。

4.5.5 按机械强度选择

按机械强度选择绝缘导线线芯的最小截面见表 6.4.25。

表 6.4.25 绝缘导线线芯的最小截面

用 途	线芯的最小截面积(mm ²)		
	铜芯软线	铜线	铝线
照明用灯头引下线			
民用建筑、屋内	0.4	0.5	1.5
工业建筑、屋内	0.5	0.8	2.5
屋外	1.0	1.0	2.5
移动式用电设备			
生活用	0.2		
生产用	1.0		
架设在绝缘支持件上的绝缘导线， 其支持点间距为 1m 以下，屋内		1.0	1.5
屋外		1.5	2.5
2m 及以下，屋内		1.0	2.5
屋外		1.5	2.5
6m 及以下		2.5	4.0
12m 及以下		2.5	6.0
穿管敷设的绝缘导线	1.0	1.0	2.5

注：用链吊或管吊的屋内照明灯具，其灯头引下线为铜芯软线时，可适当减少截面。

4.6 工厂电力线路的运行维护

4.6.1 架空线路的运行维护

4.6.1.1 一般要求 对厂区架空线路，一般要求每月进行一次巡视检查。如遇大风大雨及发生故障等特殊情况时，得临时增加巡视次数。

4.6.1.2 巡视项目

(1) 电杆有无倾斜、变形、腐蚀、损坏及基础下沉等现象。如有，应设法修理或更换。

- (2)沿线路的地面是否堆放有易燃、易爆和强腐蚀性物品。如有,应设法挪开。
 - (3)沿线路周围有无危险建筑物。应尽可能保证在雷雨季节和大风季节里,这些建筑物不致对线路造成损坏。
 - (4)线路上有无树枝、风筝等杂物悬挂。如有,应设法清除。
 - (5)拉线和板桩是否完好,绑扎线是否紧固可靠。如有缺陷,应设法修理或更换。
 - (6)导线的接头是否接触良好,有无过热发红、严重氧化、腐蚀或断脱现象,绝缘子有无破损和放电现象。如有,应设法修理或更换。
 - (7)避雷装置的接地是否良好,接地线有无锈断情况。在雷雨季节到来之前,应重点检查,以确保防雷安全。
 - (8)其他危及线路安全运行的异常情况。
- 在巡视中发现的异常情况,应记入专用记录簿内,重要情况应及时汇报上级,请示处理。

4.6.2 电缆线路的运行维护

4.6.2.1 一般要求 电缆线路大多是敷设在地下的,要做好电缆线路的运行维护工作,就要全面了解电缆的敷设方式、结构布置、线路走向及电缆头位置等。对电缆线路,一般要求每季进行一次巡视检查,并应经常监视其负荷大小和发热情况。如遇大雨、洪水及地震等特殊情况及发生故障时,得临时增加巡视次数。

4.6.2.2 巡视项目

- (1)电缆头及瓷套管有无破损和放电痕迹;对填充有电缆胶(油)的电缆头,还应检查有无漏油溢胶现象。
- (2)对明敷电缆,还应检查电缆外皮有无锈蚀、损伤,沿线支架或挂钩有无脱落,线路上及附近有无堆放易燃易爆及强腐蚀性物品。
- (3)对暗敷及埋地电缆,应检查沿线的盖板和其他保护设施是否完好,有无挖掘痕迹,路线标桩是否完整无缺。
- (4)电缆沟内有无积水或渗水现象,是否堆有杂物及易燃、易爆物品。
- (5)线路上各种接地是否良好,有无松脱、断股和腐蚀现象。
- (6)其他危及电缆线路安全运行的异常情况。

在巡视中发现的异常情况,应记入专用记录簿内,重要情况要及时汇报上级,请示处理。

4.6.3 车间配电线路的运行维护

4.6.3.1 一般要求 要搞好车间配电线路的运行维护工作,必须全面了解车间配电线路的布线情况、结构型式、导线型号规格及配电箱和开关、保护装置的位置等,并了解车间负荷的要求、大小及车间变电所的有关情况。对车间配电线路,有专门的维护电工时,一般要求每周进行一次巡视检查。

4.6.3.2 巡视项目

(1)检查导线的发热情况。例如裸母线在正常运行时的最高允许温度一般为 70°C 。如果温度过高时,将使母线接头处氧化加剧,接触电阻增大,运行情况迅速恶化,最后可能引起接触不良或断线。所以一般要在母线接头处涂以变色漆或示温蜡,以检查其发热情况。

(2)检查线路的负荷情况。如果线路过负荷,可引起导线过热,对绝缘导线,其过热还可能引发火灾,十分危险。因此运行维护人员要经常注意线路的负荷情况,除了可从配电屏上的电流表指示了解外,还可用钳形电流表来测量线路的负荷电流。

(3)检查配电箱、分线盒、开关、熔断器、母线槽及接地保护装置的运行情况,着重检查接线有无松脱、瓷瓶有无放电破损等现象,并检查螺栓是否紧固。

(4)检查线路上和线路周围有无影响线路安全的异常情况。绝对禁止在带电的绝缘导线上悬挂物体,禁止在线路近旁堆放易燃、易爆物品。

(5)对敷设在潮湿、有腐蚀性物质旁的线路和设备,要定期进行绝缘检查,绝缘电阻(相间和相对地)一般不得低于 $0.5\text{M}\Omega$ 。

在巡视中发现的异常情况,应记入专用记录簿内,重要情况要及时汇报上级,请示处理。

4.6.4 线路运行中突然停电的处理

电力线路在运行中,如遇突然停电,可按不同情况分别处理。

(1)当进线没有电压时,说明是电源(电网)方面暂时停电。这时总开关不必拉开,但出线开关应全部拉开,以免突然来电时,用电设备同时启动,造成过负荷和电压骤降,影响供电系统的正常运行。

(2)当双回路进线中的一回路进线停电时,应立即进行切换操作(又称倒闸操作),将负荷特别是其中重要负荷转移给另一回路进线供电。

(3)厂区架空线路发生故障使开关跳闸时,如果开关的断流容量允许,可以试合一次,争取尽快恢复供电。由于架空线路的多数故障是暂时性的,所以多数情况下可以试合成功,恢复供电。如果试合失败,开关再次跳闸,说明架空线路上的故障尚未清除,这时应该对架空线路故障进行停电隔离检修。

(4)对放射式线路中某一支线上的故障检查,可采用“分路合闸检查”的方法。如图6.4.1所示供电系统,假设故障出现在线路WL8上,由于保护装置失灵或选择配合不当,致使线路WL1的开关越级跳闸。分路合闸检查故障的步骤如下:①将出线WL2~WL6的开关全部断开,然后合上WL1的开关,由于母线WB1正常,因此合闸成功。②依次试合WL2~WL6的开关,结果除WL5的开关因其分支线WL8存在故障又跳开外,其余出线开关均试合成功,恢复供电。③将分支线WL7~WL9的开关全部断开,然后合上WL5的开关。④依次试合WL7~WL9

的开关,结果只 WL8 的开关因线路上存在故障又自动跳开外,其余线路均恢复供电。这种分路合闸检查故障的方法,可将故障范围逐步缩小,迅速找出故障线路,并迅速恢复其他完好线路的供电。

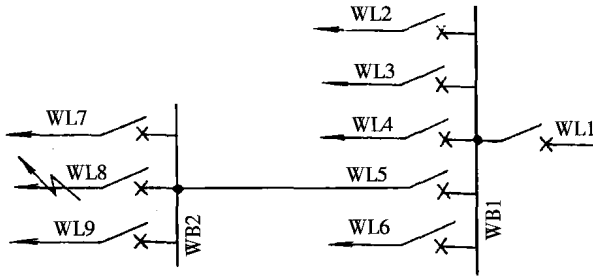


图 6.4.1 供电系统分路合闸检查故障说明图

第 7 章 常用机械电气控制线路

1 常用电动机的控制

1.1 电机控制的一般原则

通常对电动机的一般控制原则大致有如下几点:

(1)行程控制原则:根据生产机械运动部件的行程或位置,利用位置开关来控制电动机的工作状态称为行程控制原则。

(2)时间控制原则:利用时间继电器按一定时间间隔来控制电动机的工作状态称为时间控制原则。如:在电动机的降压启动、制动及变速过程中,利用时间继电器按一定的时间间隔改变线路的接线方式,以自动完成电动机的各种控制要求。

(3)速度控制原则:根据电动机的速度变化,利用速度继电器等电器来控制电动机的工作状态称为速度控制原则。反映速度变化的电器有多种,直接测量速度的电器有:速度继电器、小型测速发电机;间接测量电动机速度的,对于直流电动机用其感应电动势来反映,通过电压继电器来控制;对于交流绕线转子异步电动机可用转子频率来反映,通过频率继电器来控制。

(4)电流控制原则:根据电动机主回路电流的大小,利用电流继电器来控制电动机的工作状态称为电流控制原则。如机床横梁夹紧机构的自动控制线路,它是按行程控制原则和电流控制原则组成的。其位置开关用于夹紧与放松的检查,而电流继电器用于根据电动机电流大小来检查夹紧力的大小。

1.2 笼型异步电动机的启动、调速及制动

1.2.1 笼型异步电动机的启动

电动机从静止开始,使速度上升到额定转速为止的全过程称为启动,这个过程应根据各种不同情况而异(为几分之一秒到十几秒),笼型异步电动机的启动分直接(全压)启动和减压启动两种方式。

1.2.1.1 直接启动 这种启动方式所用的控制设备简单、经济、可靠,启动时间短,但启动电流大,可达额定电流的4.5~7倍。一般情况下,电动机的容量在10kW以下时可直接启动。

直接启动用控制设备如下:

(1)刀开关。常用胶盖瓷底刀开关(开启式负荷开关)。通常按不小于电动机额定电流的3倍来选择刀开关的额定电流。该类开关可用来控制5.5kW以下的电动机。

(2)负荷(铁壳)开关。用来控制15kW以下的电动机,常按电动机额定电流的两倍值来选用。

(3)组合开关。组合开关需与熔断器配合使用。开关的额定电流及可控制电动机的功率关系,见表7.1.1。

表 7.1.1 HZ 系列开关的额定电流及可控制电动机的功率

型 号	HZ5-10	HZ5-20	HZ5-40	HZ5-60	HZ10-10/3	HZ10-25/3
额定电流(A)	10	20	40	60	10	25
可控制电动机功率(kW)	1.7	4	7.5	10	3	5.5

(4)断路器。断路器装有短路和过载保护用的脱扣器,可代替刀开关及负荷开关控制笼型异步电动机的直接启动。

(5)电磁启动器。电磁启动器是由交流接触器、热继电器及金属外壳等组成,可供远距离直接控制笼型异步电动机启动。电磁启动器品种繁多,功能较全,可按需要选用。

1.2.1.2 减压启动 当电动机的启动电流受到限制时,则按允许启动电流、启动转矩决定减压启动。这种启动方式是通过一些专用设备,使加到电动机上的电压降低,以减少启动电流,待电动机的转速达到或接近额定转速时,再通过控制设备将电动机换接到额定电压下进行工作。常用的专用设备有自耦变压器、电抗器、电阻器等。

这种启动方式只适用于异步电动机的轻载或空载启动。常用的减压启动有如下几种方式:

(1)串电阻(或电抗)减压启动:这种启动方式是当电动机启动时在其定子回路中串入启动电阻,而启动过程中电阻是逐渐被短路切除,从而使电动机最后在全电压下正常运行。

(2)自耦变压器减压启动:该启动方式适用于容量较大电动机的启动,它通常用于对启动转矩要求较高的场合,利用自耦变压器来降低加在电动机定子绕组上的电压,从而达到限止启动电流的目的。常分手动控制和自动控制两种。手动控制自耦变压器减压启动是启动时把开关放在“启动”位置,此时电动机定子绕组与

变压器的二次侧连接,电动机进行减压启动,待电动机的转速上升到一定值时,再将开关迅速扳到“运行”位置,使自耦变压器脱离电源,此时电动机直接与电源相连,在额定电压下正常运行。

1.2.2 笼型异步电动机的调速

交流电动机的调速方式由改变电源频率 f ,极对数 P 及转差率 S 均可得到预期的结果。

1.2.2.1 变频调速 该方式必须有专门的变频设备;若电源电压不变,单纯改变电源频率,则气隙磁通要发生变化,将影响转矩的变化,为保持转矩不变,就要同时改变电压。变频调速需要一套复杂的设备,投资较多,但由于它可以节约电能,因此,它是今后发展的方向。

变频调速是一种理想的高频率、高性能的传动系统,它适用于异步电动机,使其在整个工作范围内保持在正常的小转差率下运转。由于电力电子及微电子技术的发展,静止变频调速技术在国内外其适用的领域中得到了广泛的应用。

变频调整方案适用于零点几千瓦至上万千瓦电动机,能满足各种生产机械的要求。

静止变频可分为交—交变频及交—直—交变频两大类。交—直—交变频又可分为电压型及电流型两大类,如图 7.1.1 和图 7.1.2 所示。交—交变频多为电压型,也有少量采用电流型的,其比较特点见表 7.1.2 及表 7.1.3。

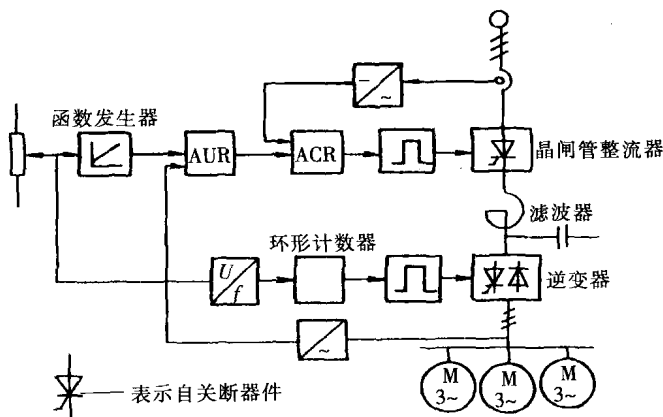


图 7.1.1 交—直—交电压型变频调速系统框图

AUR. 电压调节器 ACR. 电流调节器

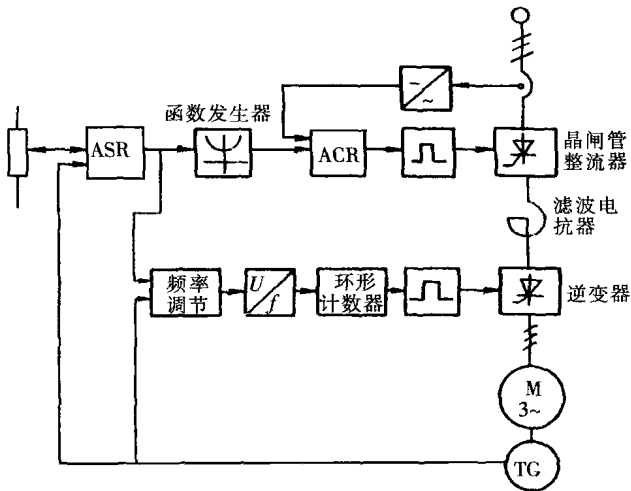


图 7.1.2 转差频率控制转速闭环电流型变频调速系统框图

表 7.1.2 交—交变频器及交—直—交变频器主要特点比较

变频器类型	交—交变频器(电压型)	交—直—交变频器
比较内容		
换能方式	一次换能,效率较高	二次换能,效率略低
换流方式	电源电压换流	强迫换流或负载换流
元件数量	较多	较少
元件利用率	较低	较高
调频范围	输出最高频率为电源频率的 $1/3 \sim 1/2$ ^①	频率调节范围较宽
电源功率因数	较低	如用可控整流桥调压,则低频低压时功率因数较低,如用斩波器或是 PWM 方式调压,则功率因数高
适用场合	低速大功率传动	各种传动装置,稳频稳压电源和不断电源

注:①指一般的采用电源电压换流的交—交变频器。

表 7.1.3 电流型与电压型交—直—交变频器主要特点比较

变频器类型 比较内容	电 流 型	电 压 型
直流滤波环节	电抗器	电容器
输出电压波形 ^①	取决于负载,当为异步电机时,近似正弦形	矩形
输出电流波形 ^②	矩形	取决于逆变器电压与负载电动机电势,有较大的谐波分量
输出动态阻抗	大	小
再生制动	方便,主回路不需附加设备	需要在电源侧设置反并联逆变器
过电流及短路保护	容易	困难
动态特性	快	较慢,如用 PWM 则快
对晶闸管要求	耐压高,对关断时间无严格要求	耐压一般可较低,关断时间要求短
线路结构	较简单	较复杂
适用范围	单机,不频繁切换的多机传动	多机传动,稳频稳压电源及不间断电源

注:①均指简单的三相桥式逆变器,既不用 PWM(脉宽调制控制),也不用多重叠加。

1.2.2.2 变极调速 交流电动机的转速与极数有关,因此把电动机的定子绕组按不同的极数与电网相连,便可得到不同的转速。用变极方式改变转速的方法,一般只适用于笼型异步电动机,这是由于变极必须在定子、转子间同时进行,该类电动机转子是笼型,其极数可随定子极数的改变而自动改变,变极只需在定子上进行即可。常把磁极对数可变的电动机称作多速电动机。

(1)常用的变极调速:通常改变定子绕组接线的方法很多,但机床加工中多用:

- ①绕组从单星形变为双星形;
- ②绕组从三角形改接成双星形。

以上两种变极方式都得到同一结论:使磁极对数减少一半,转速则增加一倍。但电动机的机械特性和允许的负载却不同了。

(2)变极调速的方式:变极调速一般是将定子绕组从串联改为反接或并联,从而改变磁极对数,其变化示意图如图 7.1.3 所示。

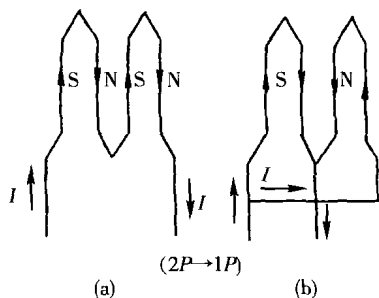


图 7.1.3 改变极对数的接线方式

1.2.2.3 电磁转差调速 它是由笼型异步电动机、电磁转差离合器、测速发电机及晶闸管控制装置组成。电磁转差离合器由电枢与磁极两部分组成，见图 7.1.4。

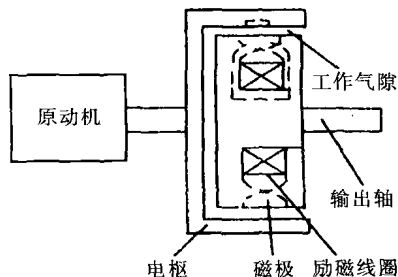


图 7.1.4 YCT 型电磁调速电动机结构图

当磁极内的励磁线圈通上直流电时，电枢和磁极间就有磁通相连，并在周围建立起磁场。在切割磁力线时所产生的涡流与磁极的磁场相互作用产生转矩，使磁极以原电动机方向旋转。由于其转速低于电枢转速，两者转速上有差值，故称“电磁转差离合器”。电磁转差调速电动机能在调速范围内保持额定转矩不变，属恒转矩无级变速。电磁离合器在高速时的传递效率为原电动机额定效率的 80%~85%，在转速低时，其输出功率相应降低，因此该电动机只适用于恒转矩负载的设备上。该调速电动机能在规定的调速范围内均匀地、连续地无级调速。电动机运行时，对于负载的变动，由控制系统自动调节离合器的励磁电流，使转速基本上保持不变。产品规定变化率不大于 3%，定义为：

$$\text{转速变化率} = \frac{10\% \text{ 额定负载时的转速} - \text{额定负载时转速}}{\text{额定负载时的最高转速}}$$

1.2.2.4 交流换向器电动机调速 常用三相换向器电动机的绕组接线见图 7.1.5。

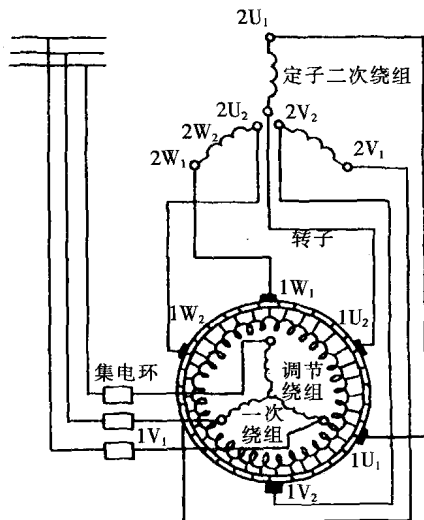


图 7.1.5 交流换向器电动机绕组接线

交流换向器电动机的转子上设有两组绕组，即一次绕组与调节绕组，一次绕组的电源由集电环引入，调节绕组接于换向片上；定子上设有二次绕组并与换向器上的碳刷连接。各碳刷组相隔 120° 电角度，可借铁轭作用在换向器上往返移动。如移动各相中的两组碳刷，使其在一块换向片上重合，则二次绕组被短接，此时，若将电源由集电环送入转子，即产生旋转磁场，定子绕组即有感应电流，因定子不能旋转，故将转子推向与旋转磁场相反方向移动，使电动机启动。电动机启动后，移动换向器上的电刷，就可控制电动机的转速。该类电动机具有恒转矩特性，能在规定的转速范围内作均匀连续无级调速。电动机的转矩—转速曲线接近并励特性，当速度调节到某一数值后，运行比较稳定。由人工操作手轮或用伺服电动机作远距离操纵来调节电动机的转速。调节手轮改变换向器上每对同相电刷的距离，从而达到调节转速的目的。

1.2.3 笼型异步电动机的制动

1.2.3.1 反接制动 当需要电动机迅速停止转动时，可将其定子三相绕组任意两相反接，这时电动机旋转磁场的方向改变了，所产生的转矩方向也随之改变，可使转速迅速下降。当电动机的转速接近零时，必须立即切断电源，否则会使电动

机进入反向启动。这种制动法的制动作用强烈,停车迅速,但制动准确度不高,在制动时会出现很大的电流和机械冲击。为了限制制动电流,可以在电动机定子回路中串入制动电阻。

反接制动的电气控制见图 7.1.6。

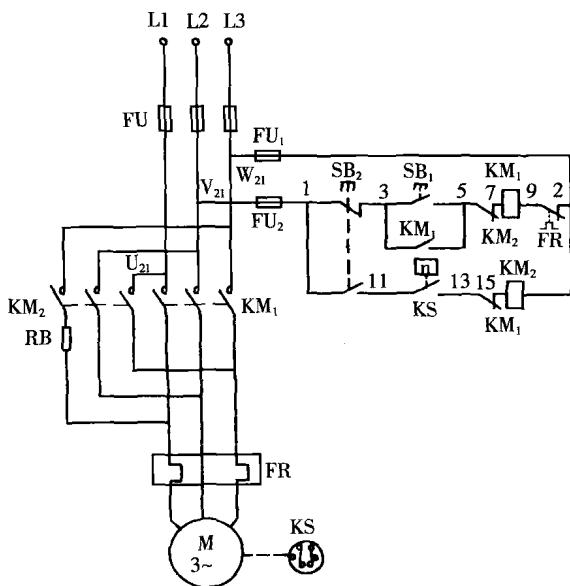


图 7.1.6 异步电动机单向启动反接制动控制

1.2.3.2 能耗制动 这种制动方法是在切断电动机交流电源之后,立即在定子绕组内通入一恒定的直流,从而建立起一个不变的制动转矩,使电动机迅速停止转动。其电路如图 7.1.7(a)所示。

能耗制动时的机械特性如图 7.1.7(b)所示,从图中可以看出,制动转矩不是常数,不按直线变化,而具有和电动状态下的机械特性相似的曲线形状。

1.2.3.3 电容动力制动 这种制动方式是在电动机正常工作时,就给一组较大容量的电容器充电,当切断交流电动机的电源瞬间,立即将电容器与定子绕组并联,使电容器对绕组放电;放电电流产生一个制动转矩,使电动机停止运行。其电路见图 7.1.8。

这种制动方式线路简单,效果良好,但所需电容器的耐压要高(一般要 600V)、容量要大(如 0.6kW 的交流电动机制动电容器需 1200 μ F),因此它仅适用于 1kW 以下的小容量电动机的制动。

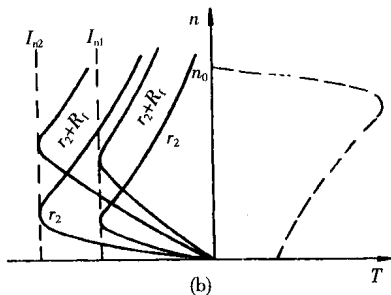
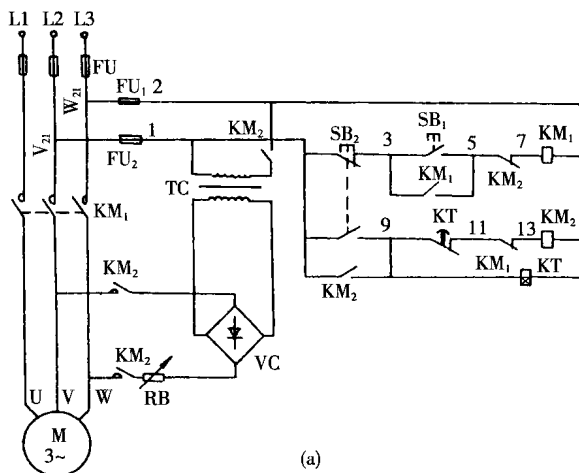


图 7.1.7 异步电动机能耗制动电路

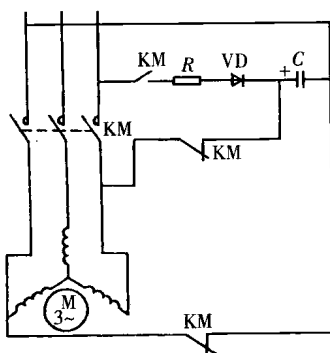


图 7.1.8 电容动力制动电路图

1.2.3.4 电容器制动 这种制动方法是以自励发电制动和能耗制动为基础。当电动机从电网上断开瞬间,电动机定子绕组与电容器并联,由于转子有剩磁和惯性,使异步电动机运转在自励发电状态,从而获得发电制动转矩。在自励电压建立起来的一瞬间,将电容器和定子绕组短接,使电动机定子绕组流过一股恒定电流,从而获得能耗制动转矩。电容器制动电路如图7.1.9所示。

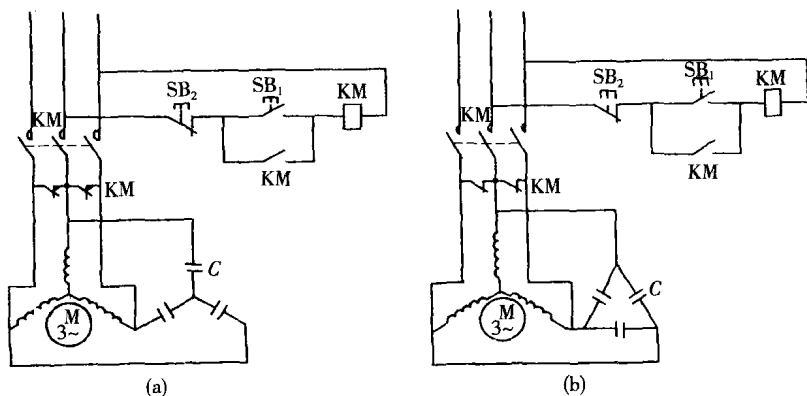


图 7.1.9 电容器制动电路
(a)星形连接 (b)三角形连接

电容器接成三角形时

$$C = 4.85 I_0 K$$

电容器接成星形时

$$C = 14.5 I_0 K$$

式中 C ——电容器容量(μF);

I_0 ——电机空载电流(一般电动机为额定电流的35%~50%)(A);

K ——强迫系数,制动效果选取4~6。

1.3 他励直流电动机的启动和制动

1.3.1 直流电动机的启动

直流电动机的启动,通常有两种方法:

(1)当直流电源可调(如用晶闸管整流装置)时,先在低电压下启动,随着转速 n 的升高,产生反电动势($E=C_e n$),再逐步提高电压,就可达到限制启动电流的目的。用手动调电压 U 时,要注意调节速度应适当,因为电流 I 由 U 和 E 的差值决定,如 U 调得太快, E 的增长跟不上(由于惯性作用), I 仍会很大。反之,电流限制得太小,又会使启动转矩减小,启动过程太慢。

(2)对没用可调直流电源的场所,可以在电枢回路中串接电阻来限制启动电流。在电枢串有电阻时,机械特性有明显变化。启动电阻越大,特性也就越软,它与横坐标的交点所决定的启动电流也就越小。启动开始时,由于此时 $n=0$,电动机不转,所以启动电流也就是堵转电流。如果启动后,将启动电阻一下子全部切除,则如图 7.1.10 所示,由 a 点切到 b 点,冲击电流仍会很大。为了避免这种情况,通常采用逐级切除启动电阻的方法。图 7.1.11 所示为两级启动时的特性, T_1 、 T_2 分别称为尖峰(最大)转矩和换接(最小)转矩,启动过程中, n 和 T 沿着箭头方向在各条特性上变化。

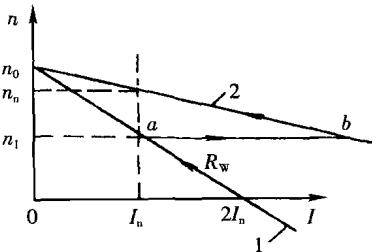


图 7.1.10 一级启动机械特性

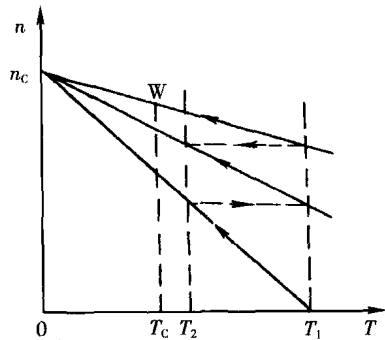


图 7.1.11 两级启动机械特性

不难看出,启动级数越多, T_1 、 T_2 越与平均转矩 $T=(T_1+T_2)/2$ 接近,启动过程就较为平稳。但这样所需的控制设备也就较多。目前,除在 10kW 以下小容量电动机中采用启动变阻器做成较多的级数(5~7)外,其余电器控制线路中,启动段大都为三级。

图 7.1.12 是三级启动的线路原理图,启动过程中,接触器 KM_1 、 KM_2 、 KM_3 依次将外接电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 短接,其启动特性如图 7.1.11 所示。

多级启动时, T_1 、 T_2 的数值需按照电动机的具体启动条件决定,一般原则是保持每一级的最大转矩 T_1 、(或最大电流 I_1)不超过电机的允许值;而每次切换电阻时的 T_2 (或 I_2)基本相同。通常选用的原则是

$$T_1 = (1.6 \sim 2.0)T$$

$$T_2 = (1.1 \sim 1.2)T$$

确定了 T_1 、 T_2 后,可以用解析法或图解法计算出所需的启动电阻。

1.3.2 直流电动机的制动

从能量转换观点看,电动机有两种运转状态,即电动状态和制动状态。电动状态是电动机最基本的工作状态,其特点是电动机所发出的转矩 T 的方向与转速 n

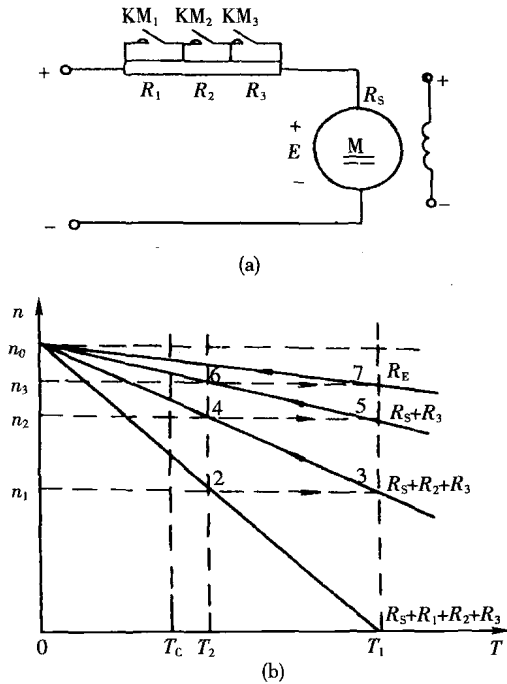


图 7.1.12 三级启动线路及机械特性

(a)启动线路 (b)机械特性

的方向相同。如图 7.1.13(a)所示起重机提升重物,此时电动机由电源输入电能变为机械能,使重物 G 以速度 v 上升。但是,电动机也会工作在发出转矩 T 与转速 n 方向相反的状态,如图 7.1.13(b),这就是制动运转状态。

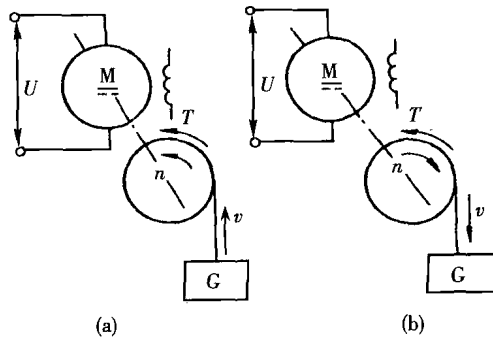


图 7.1.13 起重机提升及制动状态

要求电动机工作在制动状态下的情况是：

(1) 为了使重物稳速下降,电动机必须发出与转速方向相反的转矩,以吸收或消耗重物的机械位能,否则在重力的作用下重物下降的速度将越来越快。

(2) 当生产机械要由高速运转迅速地降到低速或者生产机械要求迅速停车时,也需要电动机发出与旋转方向相反的转矩,来吸收或消耗机械能,使它迅速制动。用电机的制动状态来限制位能负载的运动速度,使重物下降时电动机的转速不变,这属于稳定的制动状态;而降速或停车制动时,电动机的速度是变化的,则属于过渡的制动运转状态。这两种制动状态的区别在于转速是有变化的,而它们的共同点则是:电动机发出的转矩 T 与其转速 n 的方向相反,用电动机来吸收或消耗机械能(位能或动能)。

在直流他励电动机的运行中,可以用三种方法得到制动运转状态,即:能耗制动、再生制动及反接制动。

① 能耗制动。在电动机旋转时,把电机电枢与电源脱离(此时励磁绕组仍接在电源上),在电枢回路中串联外加电阻,然后从头到尾短接起来,便能得到能耗制动状态的特性曲线[见图 7.1.14(b)]。由于机械惯性作用,已停电的电动机仍在旋转,磁通 Φ 和转速 n 的存在,使电枢绕组上继续有感应电动势 $E(E=K_e\Phi n)$,其方向与电动状态方向相同。感应电动势 E 在电枢及所串电阻 R 回路内产生电流 I ,该电流方向与电动状态下由电源 U 极性所决定的电枢电流方向相反。此时,磁通 Φ 方向未变,因而转矩 T 方向将与转速 n 的方向相反,成为制动转矩。这时由工作机械的机械能带动电动机发电,使拖动系统储存的机械能转变成电能送到电阻(电枢电阻 R_a 和制动电阻 R_b)上,转化成热量消耗掉,故称之为“能耗”制动。

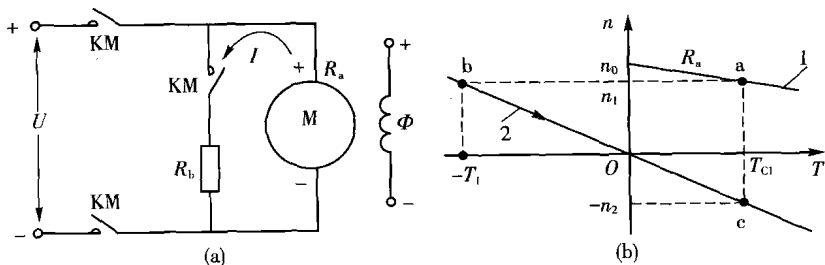


图 7.1.14 能耗制动

能耗制动与正常接线的不同之处在于电枢不接电源,相当于 $U=0$,此时(能耗制动状态)的机械特性方程式为, $n = -T(R_a + R_b)/(K_e K_m \Phi^2)$,取不同的制动电阻 R_b 会得到不同的特性曲线(见图 7.1.15)。

图 7.1.14(b)中曲线 2 通过原点,且位于第二和第四象限(呈直线状)。若电动机带动的是反抗性负载,它只具有惯性能量(动能),能耗制动的作用是消耗掉拖

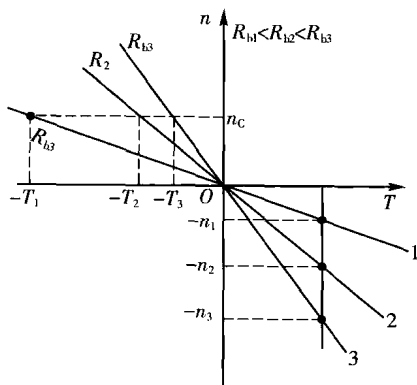


图 7.1.15 不同斜率的特性

动系统积蓄的动能,使电动机迅速停车。它的制动过程是这样,设电动机原来运行在 a 点,转速为 n_1 ,刚开始制动时 n_1 不变,但制动特性为直线 2,工作点由 a 点转移到 b 点,这时电动机的转矩为负值 ($-T_1$),是制动转矩。在制动转矩和负载转矩共同作用下,拖动系统减速,电动机工作点沿特性 2 的箭头方向变化。随着转速 n 的下降,制动转矩也逐渐减少,直至 $n=0$ 为止。

如果是位能负载,在制动到 $n=0$ 时,重物还将拖着电动机反转,直至运行到特性 2 与 $T_c = T_{cl}$ 负载线的交点 c 时,电动机才以 $-n_2$ 转速稳定运转。这时电动机的转矩和电动状态时相同,而转速和电动状态时相反,电动机处于制动状态。所以,能耗制动通常应用于拖动系统需要迅速而准确地停车(属于过渡的制动运转)及起重重物恒速下放(稳定的制动运转)。

改变制动电阻 R_b 的大小,可得到图 7.1.15 所示的特性,说明在一定负载转矩 T_c 作用下,不同值的制动电阻 R_b 便有不同的稳定转速 ($-n_1$ 、 $-n_2$ 、 $-n_3$);或在一定转速 n_c 下,可使制动电流与制动转矩不同 ($-T_1$ 、 $-T_2$ 、 $-T_3$)。 R_b 愈小,制动特性愈平,即制动转矩愈大,制动效果愈强烈。但为避免电流过大,制动电阻 R_b 的最小值应使制动电流不超过电动机允许的最大电流。

②再生制动。这种制动状态发生在电动机为正常接法,而转速 n 大于理想空载转速 n_0 的情况。当 $n > n_0$ 时,感应电动势 E 高于电源电压 U ,而电枢中电流 I 的方向由 $I = (U - E) / R = -(E - U) / R$ 决定。所以,当 $E > U$ 时,电流方向便与电动状态时相反,电流 I 由电动机流向电源(见图 7.1.16)。转矩方向也由于电流方向的改变而变得与电动运行状态时相反,即转矩 T 的方向与转速 n 的方向相反。这时工作机械带动电动机发电,把机械能变成电能,向电源馈送。“再生”就是指有电能送回给电源,有时也叫发电回馈制动。

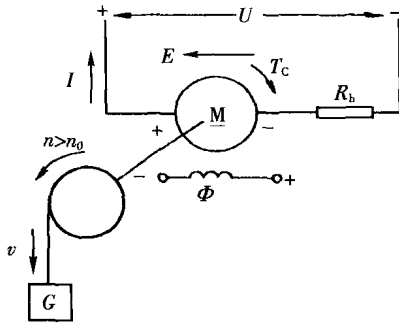


图 7.1.16 再生制动原理

由于接线方法没有改变,电磁关系也未变,因而再生制动的机械特性方程式与电动状态时相同,只是此时运行的特点是 $n > n_0$,得出的 T 与 I 均是负值,机械特性曲线是电动运转特性向 $-T$ 方向延长,即在第二象限(反转时则在第四象限),见图 7.1.17 中的实线部分所示。

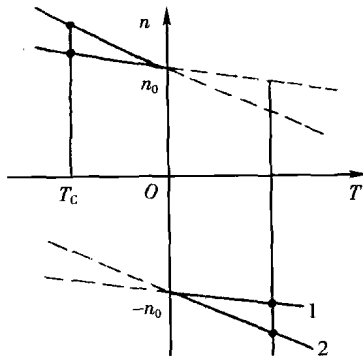


图 7.1.17 再生制动特性

在用降低电动机电枢电压方法来降低速度的过程中,便会出现再生制动状态。例如,原来电压 U_1 ,相应特性为图 7.1.18 直线 1,在某一负载下以 n_1 在电动状态下运转。当电压降为 U_2 时,对应的理想空载转速为 n_{02} ,特性变为直线 2。但开始转速不能突变,此时 $E_1 = K_e \Phi n_1$,便大于 U_2 ,电流反向,运行点由 a 转换到 b,从 b 点到 n_{02} 这段特性上,电动机进行再生制动,转速逐渐降低,直到 c 点,电动机又以 n_2 在电动状态下稳定运行。

同样,电动机在弱磁状态用增加磁通 Φ 的方法来降速时,也能获得过渡的再生制动状态,来实现迅速降速的目的。再生制动还应用于使起重机稳速下降重物。

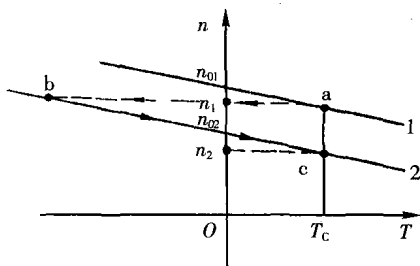


图 7.1.18 降速再生制动

设电动机正转时是提升重物,若改变加在电枢上的电压极性(相应的理想空载转速为 $-n_0$,特性在第三象限),则电动机反转,电动转矩和负载转矩共同使重物下降。这时下降速度将愈来愈快,使电枢反电动势 $E=C_e n$ 增加,电枢电流 $I=(U-E)/(R_a+R_b)$ 减少,电动机转矩 $T=C_m I$ 亦减少。当 $-n=-n_0$ 时, $I=0, T=0$,但重物仍在重力作用下继续加速。当 $|n|>|n_0|$ 后, $E>U, I$ 改变方向,电动机转矩复为正值,其方向与负载转矩相反,以减少重物的加速,直至两个转矩相平衡,重物以很高的稳定转速下降,电动机处于稳定制动状态运转,特性位于第四象限。如在电枢回路串进附加电阻,则特性斜率增加(见图 7.1.18 直线 2),在一定负载转矩作用下,稳定转速具有较高的数值。

③反接制动。有两种方法能得到反接制动,即倒拉反接和电源反接。

④倒拉反接制动。这时电动机按正常接法,其实际转速 n 的方向与由电机接法所决定理想空载转速 n_0 的方向相反,电动机工作在机械特性的第四象限。

这种制动常用在控制位能负载的下降速度,使之不致在重物作用下有愈来愈大的加速度。图 7.1.19(a)为直流电动机吊重物的接线图。当电枢回路附加制动电阻为 R_b ,负载转矩为 T_c 时,电动机以转速 n_1 拖动重物上升,电动机作电动运转。如果要下降重物,可在电枢回路中将附加制动电阻加大到 R_{b3} ,使特性变为直线 3,见图 7.1.19(b),电动机的稳定运行点由 a 变为 c(工作点在特性的第四象限),重物便以 $-n_3$ 的速度下降。改变附加制动电阻的值,就能得到不同的下降速度。图中的特性 2(附加制动电阻为 R_{b2})正好使负载转矩为 T_c 的重物静止不动(d 点)。

电动机进入倒拉制动状态的过程如下:在电阻由 R_{b1} 增大至 R_{b3} 的瞬间,由于电枢电流 I 减少[图 7.1.19(b)上工作点由 a 至 b],负载转矩 T_c 大于电动机转矩 T ,电动机被负载拖动减速,反电动势 $E=C_e n$ 随之减小,工作点沿特性 3 箭头方向变化。在这个过程中,电枢电流 $I=(U-E)/(R_a+R_b)$ 又随之增大。当 $n=0$ 时,电动机转矩 T 仍不能与负载转矩 T_c 平衡,电动机在负载拖动下,开始反向旋转, n 和 E 变为负值,反电动势 E 与电源电压 U 同相,这时电枢电流 $I=(U+E)/(R_a+$

R_b)和电动机转矩 T 都将继续增加,直至 T 与 T_c 平衡(工作在 c 点)为止,转速稳定于 $-n_3$ 上。反接制动中,电动平衡关系为

$$U + E = I(R_a + R_b)$$

两边同乘 I 后,得

$$U_1 + E_1 = I^2(R_a + R_b)$$

这表明,电源供给的电功率 U_1 和位能负载产生的电功率 E_1 ,都作为能耗 $I^2(R_a + R_b)$ 消耗在电枢电阻 R_a 和制动电阻 R_b 上,见图 7.1.19。

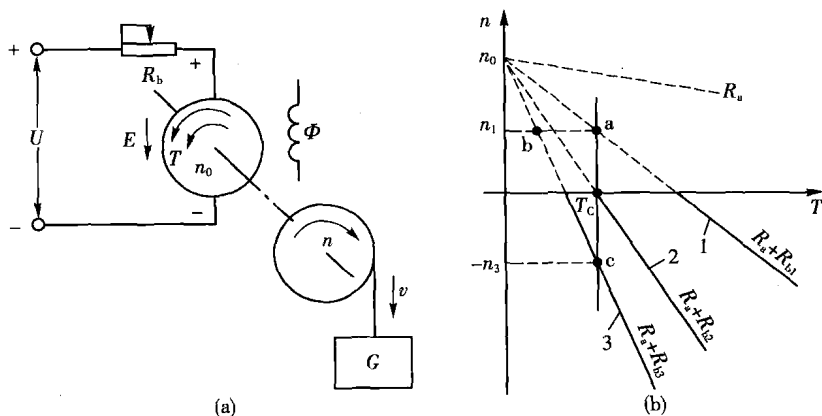


图 7.1.19 倒拉制动

倒拉反接制动的机械特性与电动状态时相同,即 $n = U/C_e - (R_a + R_b) I / C_e$,只是此时 $I(R_a + R_b) > U$,所以 n 为负值,特性曲线在第四象限[见图 7.1.20 (b)]的实线部分。

⑤电源反接制动。当突然改变电枢电压的极性时,电动机便处于制动状态。如图 7.1.20(a)所示,设接触器 KM_1 接通时,电动机正转,当将 KM_1 分断时, KM_2 立即接通,外加电压 U 变成与电动势 E 方向一致,电枢电流便反向,从而产生制动转矩,使电动机迅速减速以至反转。在反转之前,整个过程都处于电源反接制动状态。

制动过程特性见图 7.1.20(b),其中虚线 1 为反接前电动状态的机械特性,在负载转矩为 T_c 时,电动机稳定工作在 a 点。当反接后,因为 U 的极性反了,其理想空载转速 n_0 方向相反(为负值),即得到新的机械特性线 2。反接时,由于电枢回路中电感很小,电流 I 和转矩 T 的方向可近似地看成瞬时改变,而电动机的转速 n 由于机械惯性,还保持在 a 点时的值,因而电机运行在特性曲线的 b 点上,电动机发出与转速 n 方向相反的转矩 $-T_c$ 。这个转矩与负载转矩共同作用,使电动机迅速制动。特性线 2 上实线部分是反接运转的部分。如果转速降到零(对应 c

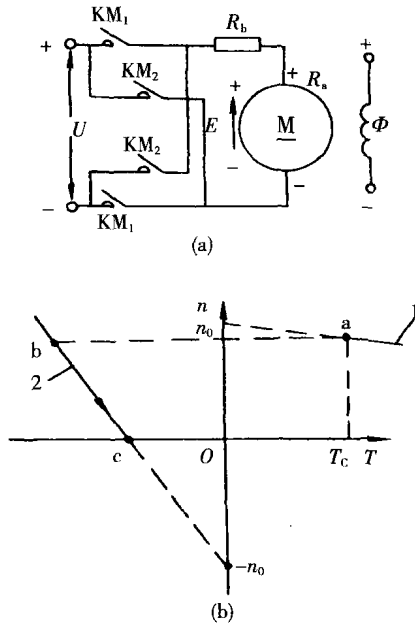


图 7.1.20 反接制动

点)时,电枢还不从电源中切除,电机将会向反方向启动而进入反向运行的制动状态。

电源反接制动时电流很大,一般应用在有要求迅速减速、停车和反向的场合和要求经常正反转的机械上。

2 常用电气控制电路

2.1 启动控制电路

2.1.1 单向直接启动控制电路

图 7.2.1 是单向直接启动控制电路图。合上开关 QS 后,掀启动按钮 SB_2 ,控制电路通过停止按钮 SB_1 、启动按钮 SB_2 、接触器 KM 线圈、热继电器 FR 的常闭触头接通电源。接触器 KM 线圈得电动作,使它接在电动机 M 电源电路中的常开主触头闭合,电动机 M 通电而启动,同时它的另一常开辅助触头闭合,短接启动按钮 SB_2 。这样,松开按钮 SB_2 后,接触器 KM 线圈仍通过这一常开辅助触头的闭合接

通电源,电动机继续运行。这一过程通常称为自锁(又称自保持)。

停车只需撤停止按钮 SB_1 , 则接触器 KM 线圈的电源回路就被切断而断电, 其常开主触头恢复常开状态, 断开电源, 电动机 M 就停下来。同时, 自锁的常开辅助触头也断开。此后, 松开停止按钮 SB_1 , 它恢复到常闭状态, 接触器 KM 线圈仍旧断电, 并恢复到原来状态, 为下一次撤 SB_2 启动做好准备。

图 7.2.1 中左边串联在主回路里 FR 是热继电器的发热元件。当电动机过载时, 经过一段时间, 发热元件 FR 在过电流作用下温度大大升高, 双金属片弯曲, 从而引起热继电器常闭触头断开, 切断控制电路电源, 使电动机停止运转。

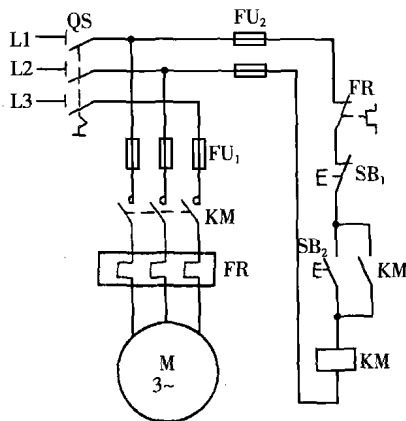


图 7.2.1 单向直接启动控制电路

2.1.2 正反向直接启动控制电路

电动机由于生产机械的要求,经常要能正、反转。反映在生产实际上,就是要前进、后退、向上、向下或向左、向右。

电动机的正、反转,实质上就是在三相供电的电源中任意交换两相的接线,改变定子回路旋转磁场方向(在直流电动机中,是改变电枢供电电源的极性)。常用两只接触器来交换电源回路导线的接法。

图 7.2.2 是正、反向直接启动控制电路图。在电动机回路中接入正、反向接触器 KM_1 、 KM_2 。在电路中,为防止正、反向接触器同时接通形成电源短路,将反向接触器 KM_2 的常闭辅助触头接入正向接触器 KM_1 的线圈回路中,保证仅当反向接触器 KM_2 失电的情况下,其常闭辅助触头闭合时,正向接触器 KM_1 才能接通。同理,在反向接触器 KM_2 的线圈中接入正向接触器 KM_1 的常闭辅助触头,亦即采用电气联锁的方法。此外,把按钮 SB_2 的常闭触头接入反向接触器 KM_2 的线圈回路中,保证在正向启动时,由按钮 SB_2 的常闭触头切断反向接触器 KM_2 的回路。同样,在反转时也采用这种机械联锁接法。

2.1.3 电动机定子回路接入电阻器启动的控制电路

图 7.2.3 是电动机定子回路接入电阻器启动的控制电路。撤按钮 SB_2 , 接触器 KM_1 、时间继电器 KT 线圈相继得电动作, KM_1 的常开主触头闭合, 使电机接入电阻器 R 降压启动, 时间继电器 KT 按预先整定的时间延时闭合, 使接触器 KM_2

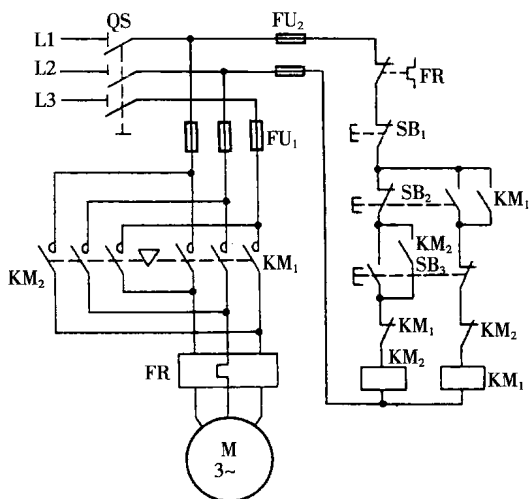


图 7.2.2 正、反向直接启动控制电路

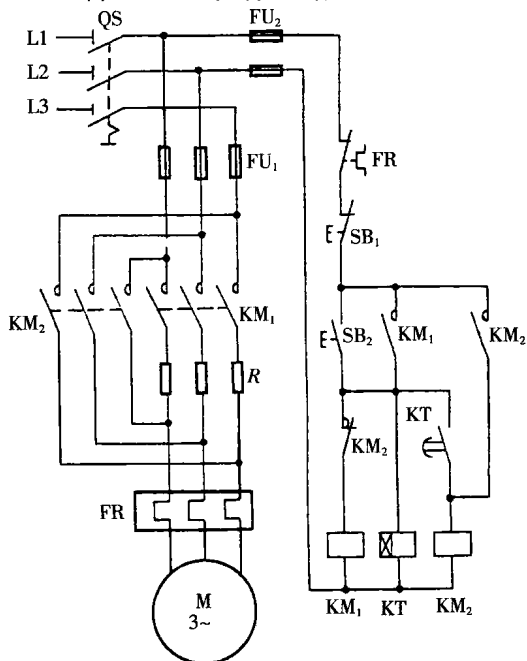


图 7.2.3 定子回路接入电阻器启动的控制电路

线圈得电动作, KM_2 的常开主触头闭合。电动机接入电源电压正常运转。由于接触器 KM_2 的常闭触头断开接触器 KM_1 的线圈回路, 使接触器 KM_1 和时间继电器 KT 线圈相继断电, 控制电路进入正常运行工作状态。

2.1.4 电动机转子接入电阻器的启动控制电路

图 7.2.4 是绕线式感应电动机转子回路接入电阻器启动的控制电路。它是在电动机转子回路中接入电阻器。电阻器分成 n 级, 按一定的时间间隔自动(或手动)相继切除启动电阻, 逐级升速到额定状态。撤按钮 SB_2 , 接触器 KM_1 得电动作, 电动机从电网得到额定电压启动。同时, 由于控制回路中接触器 KM_1 的常开触头的闭合, 经过时间继电器 $KT_1 \sim KT_3$ 的延时, 相继接通接触器 $KM_2 \sim KM_4$, 这样, 电动机转子回路的电阻被一级一级地切除, 直到转子回路启动电阻全部切除为止, 电动机进入稳定运行状态。

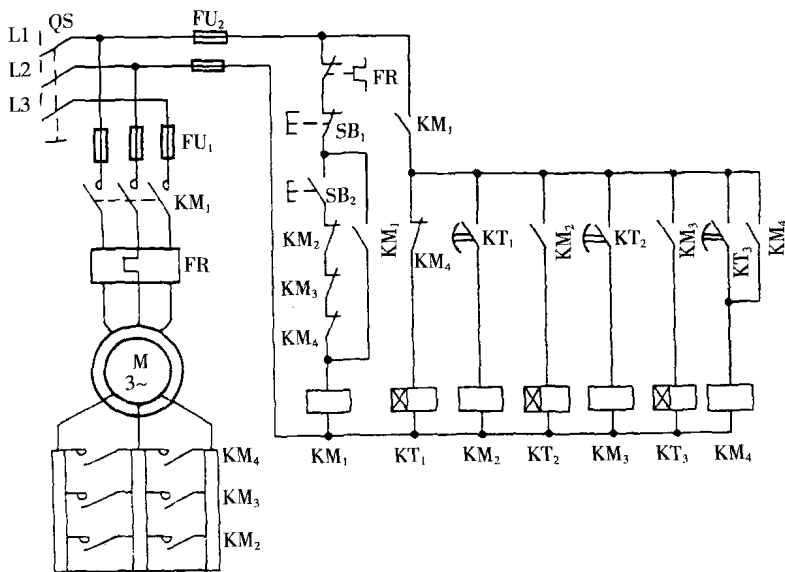


图 7.2.4 绕线式感应电动机转子回路接入电阻器启动的控制电路

2.2 步进、步退控制电路

步进、步退控制电路又称正、反向点动控制电路。

图 7.2.5 就是步进、步退控制电路, 启动按钮上没有并联自锁触头, 一松开按钮, 电动机就停车。

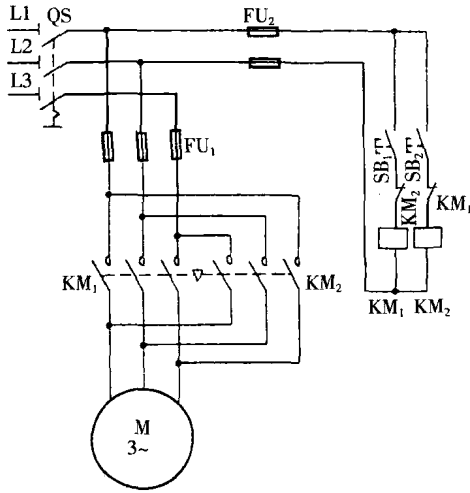


图 7.2.5 步进、步退控制电路

2.3 自动往返控制电路

在生产中,有些机械需要不断往复循环地运行。就电气而言,满足这种要求,常设计自动往返控制电路。有的采用按时间控制,有的采用按行程控制。

图 7.2.6 所示自动往返循环控制电路,就是按行程开关切换电路来换向的,行程开

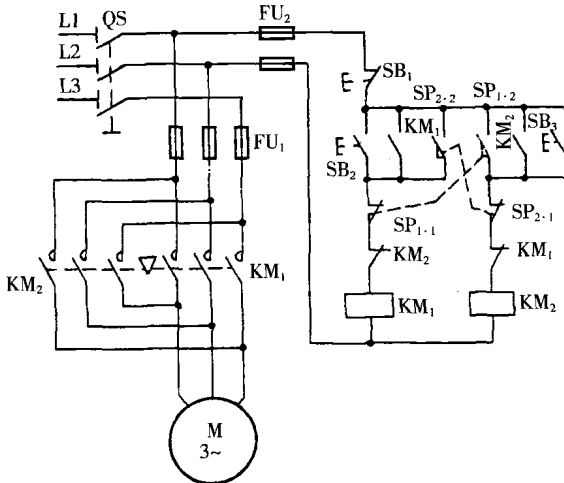


图 7.2.6 自动往返循环控制电路

关安装在要换向的位置,利用运动部件的碰块来转换行程开关触头的开闭状态。

当电动机正向运动,运动部件带着碰块到达行程开关 SP_1 位置时,碰块撞击 SP_1 ,它的常闭触头 $SP_{1.1}$ 切断接触器 KM_1 的线圈回路,使电动机 M 正向转动停止。它的常开触头 $SP_{1.2}$ 闭合,而串联在 KM_2 线圈回路中的常闭触点 SP_2 和 KM_1 都处在常闭位置。所以, KM_2 线圈通电动作,电动机 M 开始反向转动,运行部件开始反向运动。当运动部件带着碰块位移到 SP_2 开关位置时,相似于上述过程,电动机 M 又转入到正向转动。

利用两只带有常闭、常开触头各一对的自动复位的限位开关,就能完成自动往返的运动。

2.4 具有联锁作用的控制电路

在生产中,往往要求某些机构的运动要在符合某些条件时才能运行。尤其在流水线加工中,往往要求当上一道工序加工完毕,才能进行下道工序的加工。有的设备需要先鼓风冷却、先开油泵使油路循环,或者先启动水泵保证冷却用水等之后,才能启动。此时,都可采用联锁电路来达到目的。一般常用的联锁控制有继电器式、圆盘式、顺序控制器等形式。

图 7.2.7 是简单的联锁电路图。电动机 2M 仅在电动机 1M 启动后才能启动,掀按钮 SB_3 则接触器 KM_1 得电动作,电动机 1M 启动,在接触器 KM_2 线圈电

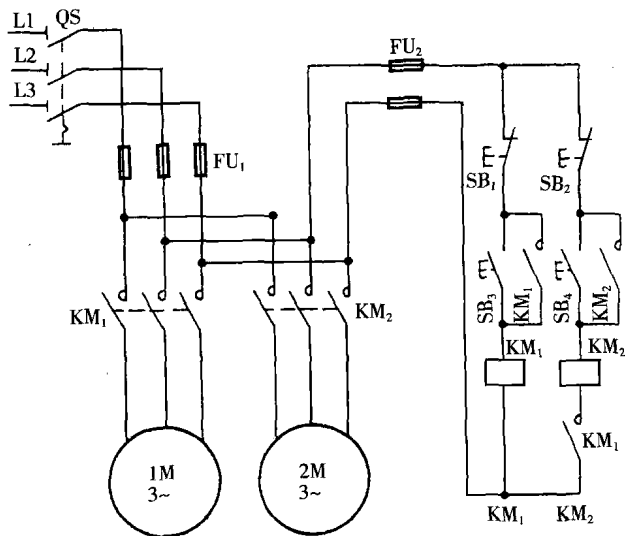


图 7.2.7 具有联锁作用的控制电路

路中的接触器 KM_1 常开触头闭合,此时撤 SB_4 接触器 KM_2 得电动作,电动机 2M 才能启动。停止按钮 SB_1 使电动机 1M、2M 同时停车; SB_2 只能停止 2M。

2.5 点动控制电路

具有点动的正、反向控制电路,是正、反向直接启动控制电路和步进、步退控制电路的综合。电路如图 7.2.8 所示。图中正、反向直接启动是由按钮 SB_2 和 SB_3 来实现的,而正、反向的点动是由按钮 SB_4 和 SB_5 来完成的。撤按钮 SB_2 ,接触器 KM_1 得电而使电动机 M 正转。松开按钮 SB_2 ,接触 KM_1 的线圈电压由按钮 SB_2 的常闭触头、 KM_1 接触器的自保持触头来提供。而撤按钮 SB_4 , KM_1 接触器线圈得电吸合,电动机正转,此时按钮 SB_4 的常闭触点将接触器 KM_1 的自保持触头电路断开,因而一松开按钮 SB_4 ,接触器 KM_1 线圈就失电,电动机停止转动。

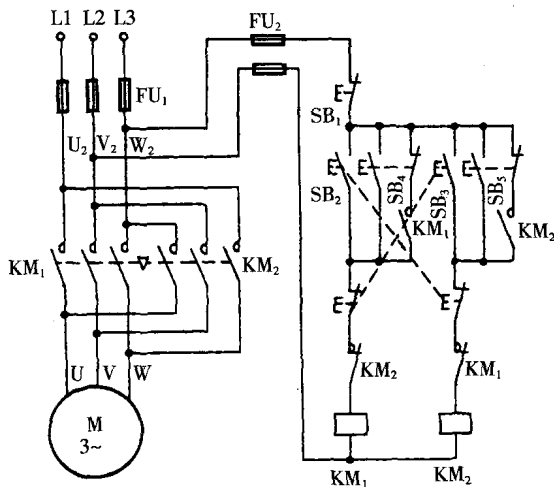


图 7.2.8 带点动的正、反向启动控制电路

2.6 过流保护控制电路

电动机的长期过电流,会损害电动机。所以,在电动机的电路中,常设置过电流保护,如行车过流保护等。当电动机定子绕组电流超过整定值时,接在主电路上的过电流继电器立即动作,其控制触点切断控制电路。

在一些夹紧机构中,常利用过电流来检测电机夹紧过程中松紧程度。当夹紧到一定的程度,自动停下电动机。图 7.2.9 就是夹紧机构的控制电路图。

撤按钮 SB_1 时,因为 SQ_1 是被其他零件压合的,接触器 KM_1 动作,电动机启

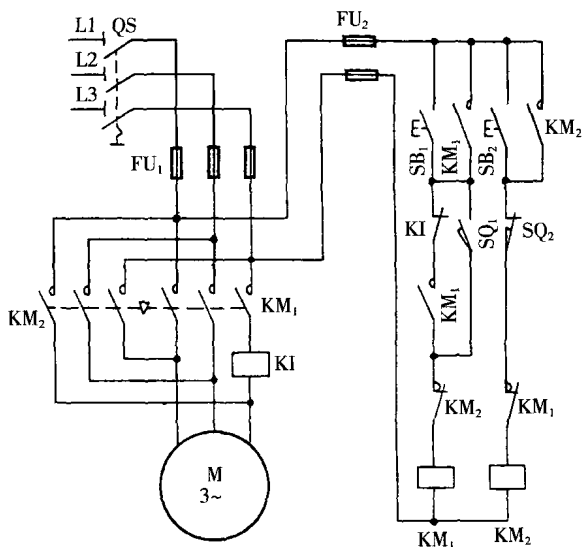


图 7.2.9 具有过流保护的 control 电路

动,开始夹紧过程。此时,虽然电动机的启动电流会断开电流继电器 KI 的触头,但是由于 SQ_1 压着是有一个过程的,压的零件松开有一定的行程,故不影响夹紧过程的进行。当电动机启动后,其电流降下来, KI 电流继电器闭合。此时,即使 SQ_1 在过一段时间后松开,电动机 M 仍进行夹紧,但自 SQ_1 松开后开路,当夹紧机构夹紧到一定程度,电动机电流再次上升到过电流继电器动作的电流时,电流继电器 KI 的触头断开接触器 KM_1 线圈的电源,电动机即停止运行。

按钮 SB_2 是放松用的。电动机夹紧后, SQ_2 是闭合的, 撤 SB_2 时,接触器 KM_2 动作,电动机反转到一定的位置, SQ_2 被压合,接触器 KM_2 线圈断电,电动机 M 停车。

利用过电流保护的电动机,要求电流速定值准确,以防电动机过热。

当流过过电流继电器线圈的电流超过某一限定值时,它就动作。因而过电流继电器常用做短路保护和过载保护,并能自动复位。

2.7 制动控制电路

2.7.1 感应电动机反接制动的控制电路

为使电动机快速停车,在感应电动机停车时,常采用反接制动。

感应电动机的反接制动,就是对按某一方向转动的电机采用定子回路交换两

相电源的办法,使电动机产生反向力矩,加快停车。

图 7.2.10 是感应电动机带反接制动的控制电路。电动机正、反向启动,与一般的启动相同。设电动机在正向转动,正向接触器 KM_1 已得电动作。撤按钮 SB_3 , 接触器 KM_3 动作,其常闭触头断开 KM_2 线圈的电源,电动机失电, KM_3 的常开触头闭合,使反向接触器 KM_2 通过速度继电器 KS_2 得电动作,电动机反向转动。同时 KM_3 在主电路的常闭触头断开,电动机就在接入电阻器的情况下进行反接制动,一直到电动机的转速降低于某一数值后,速度继电器 KS 的 KS_2 触点分开,切断 KM_2 的电源,电动机就在断开电源的情况下停下来,同时, KM_2 的常开触头断开 KM_3 线圈的电源,电动机电路中的电阻 R 重新被短接。

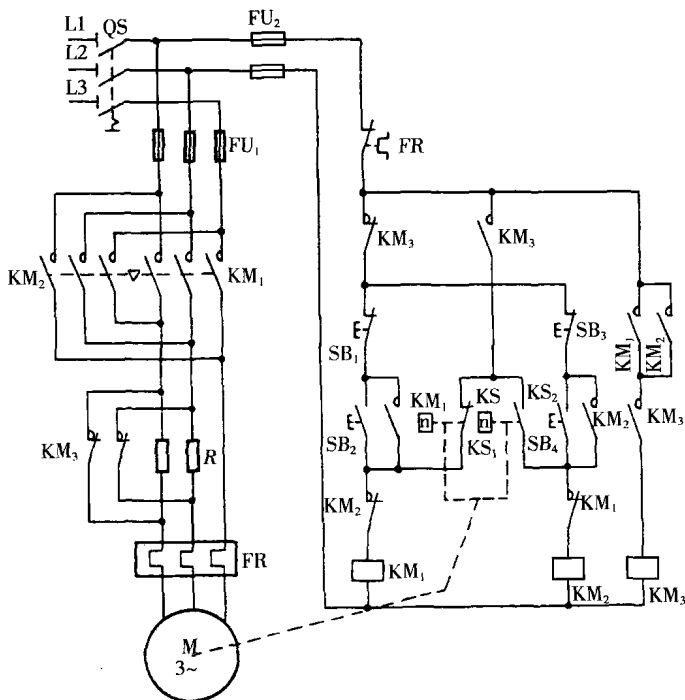


图 7.2.10 感应电动机带反接制动的控制电路

速度继电器相似于感应电机转动的原理,转子永久磁铁转动所产生的旋转磁场,与定子回路感应电势相作用,使定子以一定的滑差随转子转动。定子的转动带动杠杆去断开触头。速度继电器控制的反接制动电动机制动时间为 $1 \sim 3s$ 。4.5kW 以上的电动机实现反接制动,常接入限流电阻。一般地说,速度继电器的调

整值在 1200~2000r/min 时分断触头。借改变拉力的作用力,可以改变分断触头的转速值。

反接制动常有较大的发热现象,频繁操作时要慎重。在制动时,若所接速度继电器失灵,会引起反向启动。

2.7.2 感应电动机的动力制动控制电路

为了使电动机在转动中能准确停车,常采用动力制动。

感应电动机的动力制动,就是在电动机从电网切除电源后,向定子绕组内通入直流电,直流电形成的磁场与它在转子里产生的感应电流作用形成制动力矩。

图 7.2.11 是感应电动机的动力制动控制电路。电动机需停车时,掀按钮 SB₁,接触器 KM₁ 线圈断电,电动机失电。同时相继接通接触器 KM₂ 和时间继电器 KT。接触器 KM₂ 得电,其常开触头接通直流电源,将直流电源通入电动机定子回路时进行制动。经过一定的时间(由 KT 的整定值决定),KT 的常闭触头断开 KM₂ 线圈电源,切断向定子回路供给的直流电源,制动结束,同时 KT 也断电。

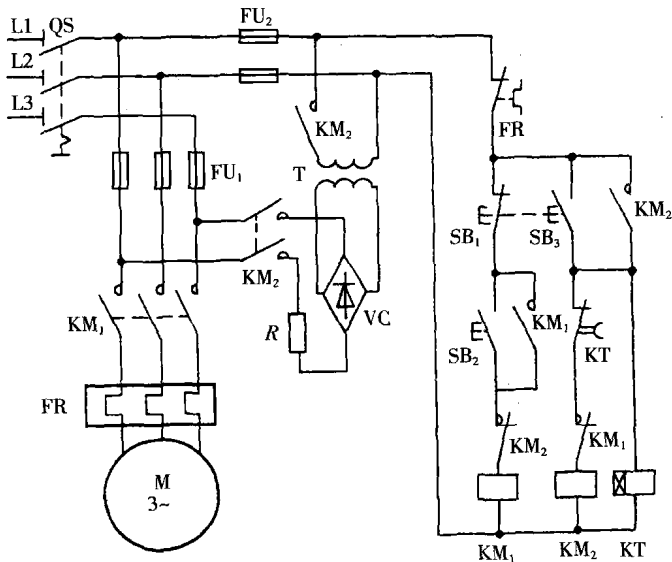


图 7.2.11 感应电动机动力制动控制电路

感应电动机的动力制动所采用的直流电源可由整流得到,它通入定子回路常为二相,其电流值约为电动机额定电流的 1.5 倍。

电动机动力制动可以用于频繁制动的场合。

第8章 电子技术

1 常用电子元件

1.1 电阻器、电容器的型号命名及标志方法

1.1.1 型号命名法

1.1.1.1 电阻器、电位器的型号命名方法 命名方法见表 8.1.1。

表 8.1.1 电阻器、电位器的型号命名方法

第一部分		第二部分		第三部分	
用字母表示主称		用字母表示材料		用数字或字母表示分类	
符号	意义	符号	意义	符号	意义
R	电阻器	T	碳膜	1	普通
		P	硼碳膜	2	普通
W	电位器	U	硅碳膜	3	超高频
		H	合金膜	4	高阻
		I	玻璃釉膜	5	高温
		J	金属膜(箔)	7	精密
		Y	氧化膜	8	高压或特殊函数
		S	有机实心	9	特殊
		N	无机实心	G	高功率
		X	线绕	T	可调
		R	热敏	X	小型
		G	光敏	L	测量用
M	压敏	W	微调		
				D	多圈

注：第三部分数字“8”，对于电阻器表示“高压”类，对于电位器表示“特殊函数”类。

1.1.1.2 电容器的型号命名方法 命名方法见表 8.1.2。

表 8.1.2 电容器型号命名法

第一部分	第二部分				第三部分	
主称	材料				特征	
	符号	意义	符号	意义	符号	意义
符号:C 意义:电容器	C	高频瓷	Q	漆膜	T	铁电
	T	低频瓷	H	纸膜复合	W	微调
	I	玻璃釉	D	铝电解	J	金属化
	Y	云母	A	钽电解	X	小型
	V	云母纸	G	金属电解	D	低压
	Z	纸介	N	钨电解	M	密封
	J	金属化纸	O	玻璃膜	Y	高压
	B	聚苯乙烯等非极性有机薄膜			C	穿心式
	L	涤纶等极性有机薄膜			S	锆石
	E	其他材料电解				

1.1.2 电阻器、电容器标志内容和标志方法

1.1.2.1 标志内容及排列次序

(1)电阻器。商标;型号;额定功率;标称阻值及允许差;生产日期。

(2)电容器。商标;型号;工作温度组别(必要时);工作的电压;标称容量及允许偏差;电容温度系数;生产日期。

1.1.2.2 标志方法

(1)直标法:是用阿拉伯数字及文字符号单位在元件表面上直接标出元件主要参数和技术性能的有效值的标志方法。电阻值的单位用 Ω 、 $k\Omega$ 、 $M\Omega$ 表示,电容量的单位用 pF 、 μF 、 F 表示。允许偏差用百分数表示。

(2)文字符号法:是用阿拉伯数字、文字符号或两者有规律的组合,在元件表面上标志出元件主要参数的标志方法。电阻值的单位用 $R(\approx\Omega)$ 、 $k(\approx k\Omega)$ 、 $M(\approx M\Omega)$ 、 $G(\approx 10^9\Omega)$ 、 $T(\approx 10^{12}\Omega)$ 表示,电容量的单位用 $p(\approx pF)$ 、 $n(\approx nF)$ 、 $\mu(\approx \mu F)$ 、 $m(\approx 10^{-3}F)$ 、 F 表示。表示单位的文字符号在标称电阻值和标称电容量的标志中应置于代替小数点的位置。

标称电阻值及标称电容值的文字符号及其组合分别见表 8.1.3 和表 8.1.4。

表 8.1.3 标称电阻值文字符号及其组合

标称电阻值	文字符号	标称电阻值	文字符号	标称电阻值	文字符号	标称电阻值	文字符号
0.1 Ω	R10	1M Ω	1M0	0.332 Ω	R332	3.32M Ω	3M32
1 Ω	1R0	10M Ω	10M	3.32 Ω	3R32	33.2M Ω	33M2
10 Ω	10R	100M Ω	100M	33.2 Ω	33R2	332M Ω	332M
100 Ω	100R	1G Ω	1G0	332 Ω	332R	3.32G Ω	3G32
1k Ω	1k0	10G Ω	10G	3.32k Ω	3k32	33.2G Ω	33G2
10k Ω	10k	100G Ω	100G	33.2k Ω	33k2	332G Ω	332G
100k Ω	100k	1T Ω	1T0	332k Ω	332k	3.32T Ω	3T32

表 8.1.4 标称电容值文字符号及其组合

标称电容值	文字符号	标称电容值	文字符号	标称电容值	文字符号	标称电容值	文字符号
0.1pF	p10	1 μ F	1 μ 0	0.332pF	p332	3.32 μ F	3 μ 32
1pF	1p0	10 μ F	10 μ	3.32pF	3p32	33.2 μ F	33 μ 2
10pF	10p	100 μ F	100 μ	33.2pF	33p2	332 μ F	332 μ
100pF	100p	1mF	1m0	332pF	332p	3.32mF	3m32
1nF	1n0	10mF	10m	3.32nF	3n32	33.2mF	33m2
10nF	10n	100mF	100m	33.2nF	33n2	332mF	332m
100nF	100n	1F	1F0	332nF	332n	3.32F	3F32

注：电容器的工作电压及电阻器的额定功率均用数字及单位符号(V、kV、W)直标。

(3)色标法。用不同颜色的带或点在元件表面上标志出元件主要参数(标称值、工作电压、允许偏差)的标志方法。电阻器标称电阻值的单位为 Ω ，电容器标称电容量的单位为pF。

轴向引出线(卧式)的电阻器、电容器色带(色点)的第一条(第一点)应靠近电阻器、电容器的一端，单向引出(立式)的电阻器、电容器色带(色点)应靠近没有引出线的一端。

1.2 电阻器

1.2.1 电阻器的标称值

电阻器的标称值见表 8.1.5。

表 8.1.5 电阻器标称值系列

容许误差	系列代号	等级	标称值
±5%	E ₂₄	I	1.0、1.1、1.2、1.3、1.5、1.6、1.8、2.0、2.2、2.4、2.7、3.0、3.3、3.6、3.9、4.3、4.7、5.1、5.6、6.2、6.8、7.5、8.2、9.1
±10%	E ₁₂	II	1.0、1.2、1.5、1.8、2.2、2.7、3.3、3.9、4.7、5.6、6.8、8.2
±20%	E ₆	III	1.0、1.5、2.2、3.3、4.7、6.8

注：表中数字乘以 $10^0, 10^1, 10^2, \dots$ 得出各种标称阻值。

1.2.2 电阻器的额定功率

电阻器的额定功率见表 8.1.6。

表 8.1.6 电阻器的额定功率

种类	额定功率系列(W)
线绕电阻	0.05、0.125、0.25、0.5、1、2、4、8、10、16、25、40、50、75、100、150、250、500
非线性绕电阻	0.05、0.125、0.25、0.5、1、2、5、10、25、50、100

1.2.3 电阻器的符号表示

电阻器的符号表示方法见图 8.1.1。

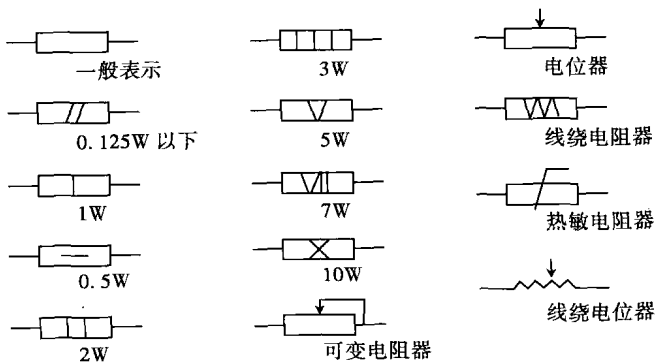


图 8.1.1 电阻器的图形符号表示

1.2.4 电阻器的种类、特性和用途

电阻器的种类、特性和用途见表 8.1.7。

表 8.1.7 电阻器的种类、特性和用途

种 类	特 性	用 途
线绕电阻器	耐高温,热稳定性好,温度系数小,电流噪声小。但分布电容、电感较大,阻值较低	用于电源电路中分压电阻器、泄放电阻器、电阻箱、精度测量仪器、电子计算机和无线电定位设备等
碳膜电阻器	电压稳定性好,高频特性好,固有噪声电动势小,具有负的温度系数,有较好的稳定性	可制成高频电阻器、精密电阻器、大功率电阻器,用于交、直流脉冲电路中
金属膜电阻器	体积比同功率碳膜电阻器小,耐热性能好,电压稳定性好,噪声小,温度特性好,具有较好的高频特性	可制成精密、高阻、高频、高压、高温的金属膜电阻器和供微波使用的各种不同形状衰减片
金属氧化膜电阻器	薄膜与基体结合牢固、耐酸、耐碱能力强、抗盐雾能力也较强、耐热性能很好,但阻值范围小于几百千欧,长期工作稳定性差	可制成几百千瓦的大功率电阻器
玻璃釉电阻器	温度系数小,噪声小,比功率高,稳定可靠,耐潮性好	用于电子手表中的小型玻璃釉电阻器,可制成高压、高阻、精密玻璃釉电阻器
合成碳膜电阻器	价格便宜,制作简单。但抗潮湿性差,电压稳定性差,频率特性差,固有噪声高	用于辐射探测器、微弱电流测试仪器中,可制成高阻、高压电阻器
有机实心电阻器	过负荷能力很强,可靠性高,价格低于薄膜电阻器 但固有噪声高,分布电容、电感大,电压与温度稳定性差	

1.2.5 电阻器的选择与使用

1.2.5.1 电阻器的选择 应按用途选用合适的型号,并正确选取阻值及精度。对于电阻器额定功率的选择,应选得比实际耗散功率大一倍以上。除此之外,还应注意电阻器最高工作电压限制,每个电阻器都有一定的耐压值(如表 8.1.8),超过这个电压,电阻器就会损坏。在高压场合下使用时,高阻值电阻器的使用电压

值更应小于最高工作电压。

表 8.1.8 非线性绕电阻器的最高工作电压(V)

额定功率(W)	0.125	0.25	0.5	1.0	2.0
RT 型	150	350	500	700	1000
RJ 型	200	250	350	500	750
RY 型	180	250	350	500	750
RS 型	—	—	300	450	600

注： $P < 2W$ 时，电阻器能承受的脉冲电压为表中相应电压值的 2 倍；

$P = 2W$ 时，电阻器能承受的脉冲电压为表中相应电压值的 1.6 倍。

1.2.5.2 电阻器使用中的注意事项 电阻器在使用前应先对其进行人工老化，以减少其不稳定性；在焊接电阻器时应避免长时间受热而引起阻值变化，电阻器的引线需要弯曲时，应从根部留一定距离（一般大于 5mm）再弯曲，以免折断或损伤引线。

1.3 电位器

电位器按电阻材料分为合金型（线绕）、合成型（实心）、薄膜型；按用途分为普通电位器、精密电位器、功率电位器、微调电位器和专用电位器等；按输出特性的函数关系分为线绕和非线绕电位器，如图 8.1.2 所示；按电位器轴的旋转角度和实际阻值变化的关系，非线绕电位器可分为：直线式（X）、指数式（Z）和对数式（D）。

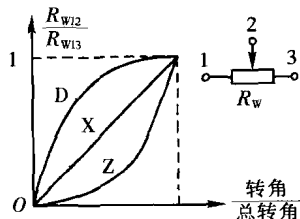


图 8.1.2 线绕和非线绕电位器

电位器按调节机构的运动方式分为旋转式、直滑式；按结构分为单联、多联、带开关和不带开关等。

1.3.1 非线绕电位器

非线绕电位器的型号和主要参数见表 8.1.9。

表 8.1.9 非线绕电位器的型号和主要参数

型号名称	品种代号	结构形式	阻值范围	阻值变化 ^② 曲线形式	功率(W)	最大工作电压(V)	开关载流量(A)	电位器直径(mm)	旋转角度
WT 型合成碳膜电位器	WT-3	双联异轴,无开关	4.7kΩ~2.2MΩ 470Ω~4.7MΩ	D、Z X	0.1	100	1 (250V)	28.5	≥270°
	WT-K1	单联,有开关							
	WT-K2	双联同轴,有开关							
	WT-K3	双联异轴,有开关							
	WT-4	单联,无开关							
	WT-K4	单联,有开关							
WTH 型合成碳膜电位器	WTH-1	单联,自由旋转	22kΩ~2.2MΩ 470Ω~4.7MΩ	D、Z X	0.5 1 2	400(0.5W、1W) 500(2W)	—	29	≥250°
	WTH-2	单联,可锁紧							
	WTH-3	双联,自由旋转							
	WTH-4	双联,可锁紧							
		每一联的阻值应符合单联的规定							
		Z、D/D、ZD、Z/X 0.5/0.5 0.5/1 0.5/2 X/X、D 1/1 Z、X/X 2/2							
[WH5型] 小型合成碳膜电位器	WH5-1	单联,自由旋转	4.7kΩ~2.2MΩ 470Ω~4.7MΩ	D、Z X	0.5 1	200 (0.5W)	—	18	≥270°
	WH5-2	单联,可锁紧							
	WH5-3	双联,自由旋转							
	WH5-4	双联,可锁紧							
		每一联的阻值应符合单联的规定							
		Z、D/D、Z D、Z/X X/D、Z X/X 1/1							

续表

型号名称	品种代号	结构形式	阻值范围	阻值变化 ^① 曲线形式	功率(W)	最大工作电压(V)	开关载流量(A)	电位器直径(mm)	旋转角度
[WH9型] 合成碳膜电 位器	WH9-1	单联,无开关	470kΩ~4.7MΩ	X	0.25	150	—	20	≥300°
	WH9-2	双联,同轴,无开关							
	WH9-3	双联,异轴,无开关							
[WH9型] 合成碳膜电 位器	WH9-K1	单联,有开关	4.7kΩ~2.2MΩ	D、Z	0.1	100	0.5 (15V)	20	≥300°
	WH9-K2	双联,同轴,有开关							
	WH9-K3	双联,异轴,有开关							
WH15型合 成碳膜电 位器	WH15-1A ^①	无开关	1kΩ~1MΩ	X	0.125	100	—	17.5	≥240°
	WH15-1B ^①		4.7kΩ~4.7MΩ						
	WH15-K1 ^①	有开关	—	D、Z	0.05	75	0.2(15V)	16	
	WH15-K2								
[WH20型] 合成碳膜电 位器	WH20A	直滑式	470Ω~4.7MΩ	X	0.5	350	—		(滑行程) ≥ 30mm
			4.7Ω~470kΩ						
WS型有机 实心电位器	WS-1	非锁紧型	100Ω~4.7MΩ 1kΩ~1MΩ	X	0.5	350	—	13.6	≥270°
	WS-2	锁紧型							
	WS-3	插接型							

注:①WH15-1A和WH15-K1型电位器新设计时不采用;

②X——直线式,Z——指数式,D——对数式。

1.3.2 线绕电位器

线绕电位器的型号和主要参数见表 8.1.10。

表 8.1.10 线绕电位器的型号和主要参数

型号、名称	品种代号	结构形式	阻值范围	功率(W)	最大工作电压(V)	旋转角度
WX12 型线绕电位器	WX12-11	单联,可锁紧	4.7Ω~15kΩ	1	100	300°±10°
	WX12-12	单联,自由旋转				
WX13 型线绕电位器	WX13-11	单联,可锁紧	4.7Ω~15kΩ	1	100	300°±10°
	WX13-12	单联,自由旋转				
WX14 型线绕电位器	WX14-11	单联,可锁紧	27Ω~22kΩ	3	200	300°±10°
	WX14-12	单联,自由旋转				
	WX14-31 WX14-32	双联,可锁紧 双联,自由旋转				
WX16 型线绕电位器	WX16-11	单联,可锁紧	27Ω~22kΩ	5	320	300°±10°
	WX16-12	单联,自由旋转				
WX17 型线绕电位器	WX17-11	单联,可锁紧	8.2Ω~8.2kΩ	25	250	280°±10°
	WX17-12	单联,自由旋转				
WX18 型线绕电位器	WX18-11	单联,可锁紧	4.7Ω~10kΩ	1	100	280°±10°
	WX18-12	单联,自由旋转				

1.4 敏感电阻器

1.4.1 型号命名法

敏感电阻器的型号意义见表 8.1.11。

表 8.1.11 敏感电阻器的型号意义

第一部分		第二部分		第三部分							
主 称		材 料		分 类							
符号	意义	符号	意义	1	2	3	4	5	6	7	
M	敏感 电阻器	F	负温度系数热敏材料	普通	稳压	微波	旁热	测温	微波	测量	
		Z	正温度系数热敏材料	普通			稳压	测温			
		G	光敏材料				可见光	可见光	可见光		
		Y	压敏材料	碳化硅	氧化锌	氧化锌					
		S	湿敏材料								
		C	磁敏材料								
		L	力敏材料								
		Q	气敏材料								

注：①表中“普通”是指工作温度在 $-55\sim+315^{\circ}\text{C}$ 范围内，无特殊技术和结构要求；

②第三部分：用字母表示序号。

1.4.2 热敏电阻器

热敏电阻一般用于需要温度补偿、温度测量、超温保护和振幅稳定等电路中。热敏电阻器的阻值随着温度的改变而显著变化。

对于负温度系数热敏电阻器的材料，其物理特性通常用热灵敏度指标 B 值来表示（见表 8.1.12），一般情况下，阻值高 B 值也大。负温度系数热敏电阻主要参数见表 8.1.13 至表 8.1.15。

表 8.1.12 阻温特性代号、标称 B 值范围及电阻温度系数范围

阻温特性代号	标称 B 值范围(K)	电阻温度系数范围 $\alpha_{25} \times 10^{-2}/^{\circ}\text{C}$
E	1980~2420	-(2.23~2.72)
F	2430~2970	-(2.73~3.34)
G	2970~3630	-(3.34~4.09)
H	3510~4240	-(3.95~4.84)
I	4230~5170	-(4.76~5.83)
J	5040~6160	-(5.68~6.94)

表 8.1.13 普通用负温度系数热敏电阻

型号	阻温特性代号	标称阻值范围	额定功率(W)	测量功率(mW)	时间常数(s)	耗散常数(mW/°C)	最高工作温度(°C)
MF11	E	10Ω~100Ω	0.25	0.1	≤30	≥5	85
	F	110Ω~4.7kΩ					
	G	5.1kΩ~15kΩ					
MF12-1	I	1kΩ~430kΩ	0.25	0.04	≤10	≥3	125
	J	470kΩ~1MΩ					
MF12-2	I	1kΩ~100kΩ	0.5	0.07	≤20	≥5	125
	J	110kΩ~1MΩ					
MF12-3	H	56kΩ~510Ω	1	0.2	≤60	≥12	125
	I	560Ω~5.6kΩ					
MF13	F	0.82kΩ~10kΩ	0.25	0.1	≤30	≥15	125
	G	11kΩ~300kΩ					
MF14	F	0.82kΩ~10kΩ	0.5	0.2	≤60	≥8	125
	G	11kΩ~300kΩ					
MF15	H	10kΩ~47kΩ	0.5	0.06	≤30	≥5	125
	I	51kΩ~1MΩ					
MF16	H	10kΩ~47kΩ	0.5	0.1	≤60	≥8	125
	I	51kΩ~1MΩ					

表 8.1.14 测量和控制用负温系数热敏电阻

型号	标称阻值范围	材料常数 B 值范围(k)	阻值允许偏差(%)	测量功率(mW)	耗散常数(mW/°C)	时间常数(s)
MF51	10~10 ⁶ Ω	1500~6200	±5,10,20	0.02	0.5	5
MF52	10~10 ⁶ Ω	1500~5600		0.02	0.2	
MF53-1	2890Ω	3515	±2	0.2	8	120
MF53-2	345Ω	2800	±2	0.2	8	120
MF53-3	1000Ω	2970	±2	0.2	8	120

表 8.1.15 常用正温度系数热敏电阻器的型号、用途及特性

型号	标称阻值	温度系数(10 ⁻² /°C)	测量功率(mW)	时间常数(s)	耗散系数(mW/°C)	工作温度范围(°C)
MZ11-1	50~560Ω	1~4	0.1	≤50	≥10	-40~+85
MZ11-2	560Ω~5.6kΩ	2~6				
MZ11-3	5.6~100kΩ	3~8				

1.4.3 压敏电阻器

当电阻器外加电压增加到某一临界值时,其阻值急剧减小的电阻器称为压敏电阻器。它是利用半导体材料具有非线性特性原理制成的,因此也称非线性绕电阻器。

常用压敏电阻器主要有碳化硅压敏电阻器和氧化锌压敏电阻器两大类。

氧化锌压敏电阻器是一种新型的陶瓷半导体敏感元件,它的伏-安特性具有很高的非线性,类似背靠背连接的齐纳二极管,并具有比齐纳二极管大得多的能量吸收能力。由于氧化锌压敏电阻器的伏-安特性具有陡峭且对称,抑制电压及耐浪涌能力强,漏电流小,响应快,电压温度系数小,体积小,质量小,寿命长,稳定可靠等特点,因而被广泛用于电子、广播、通讯、化工、机械、交通、电力等领域作为各种电气设备的保护元件,抑制过电压和浪涌吸收。

1.4.3.1 压敏电阻的特性 压敏电阻的伏安特性见图 8.1.3,由图可见,它的特性类似两个反向对接的硒堆特性,但比硒堆特性更陡直,因此它比硒堆做过电压保护具有更好的特性。

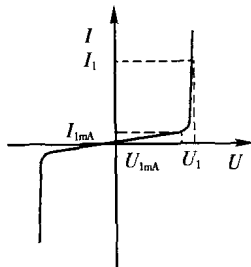


图 8.1.3 压敏电阻的伏安特性

1.4.3.2 压敏电阻的主要参数 标称电压 U_{1mA} : 漏电流为 1mA 时元件两端的电压值。

通流容量: 在规定的波形下允许通过的浪涌峰值电流。

残压比: 放电电流达到允许值 I_1 时的电压 U_1 与 U_{1mA} 的比值。

1.4.3.3 压敏电阻的选择

(1) 标称电压 U_{1mA} 的选择: U_{1mA} 的下限由下式决定:

$$U_{1mA} \geq 1.8 \sim 2U_{DC} \text{ 或 } U_{1mA} \geq 2.2 \sim 2.5U_{AC}$$

式中 U_{DC} ——压敏电阻在直流电路中的最大工作电压;

U_{AC} ——压敏电阻在交流电路中的工作电压(有效值)。

U_{1mA} 的上限是由被保护设备的耐压决定的,应使压敏电阻在吸收过电压时,将残压抑制在设备(或半导体器件)的耐压以下。

(2) 通流量的选择: 通流量选择的原则是按实际产生的过电压能量来确定的, 但实际计算很困难, 一般按过电压类型去估算; 操作过电压保护可选 $3\sim 5\text{kA}$; 大容量设备的保护可选 10kA ; 抑制电火花可选 3kA 以下; 防雷保护可选 $10\sim 20\text{kA}$ 。

1.4.3.4 压敏电阻使用注意事项

(1) 压敏电阻应安装在被保护设备的附近, 距被保护设备越近, 接线越短, 效果越好。

(2) 压敏电阻平均功率仅几瓦, 若工作电压超过 $U_{1\text{mA}}$ 值, 数秒之内就可能发热损坏, 甚至会解体炸裂。为了安全, 可采取相应的保护措施, 如与压敏电阻串联熔断器(熔体电流 $5\sim 20\text{A}$)。但需要经常巡检, 检查熔断器是否熔断, 熔断了应及时更换熔丝。

1.4.3.5 压敏电阻部分型号及主要参数 见表 8.1.16。

表 8.1.16 压敏电阻部分型号及主要参数

型号规格	标称电压 (V)	容许电压偏差 (%)	通流量 (kA)	残压比		用途
				$U_{100\text{A}}$	$U_{3\text{kA}}$	
				$U_{1\text{mA}}$	$U_{1\text{mA}}$	
MY31-33/0.5,1	33	± 10	0.5	≤ 3.5		吸收 过电 压和 浪涌 电流
MY31-47/0.5,1	47		1			
MY31-68/1	68	± 10	1	≤ 3	≤ 3.5	
MY31-68/3			3			
MY31-100/1,3	100	± 10	1	≤ 2.2	≤ 3	
MY31-150/1,3	150		3			
MY31-220/1,3	220	± 5	1	≤ 2	≤ 2.5	
MY31-300/1,3			3			
MY31/3	470~1600	± 5	3	≤ 1.8	≤ 2.2	
MY31/5			5			
MY31/10			10			
MY23/1	47~1000	± 10	1	—	—	
MY23/2			2			
MY23/3			3			
MY23/5			5			
MY23/10	56~820	± 10	10	—	—	
MY23/15	100~680		15			
MY23/20	330~680		20			
MYP15~39	15~39	± 10	0.05	$\frac{U_{10\text{A}}}{U_{1\text{mA}}}=1.7$	高频过 电压吸收	
MYP47/560	47~560		0.1			
MYP82/820	82~820		0.2			

1.5 电容器

1.5.1 常用电容器的种类和特性

常用电容器的种类和特性见表 8.1.17。

表 8.1.17 常用电容器的种类和特性

种类	特性	种类	特性	
纸介电容器	能制成容量大、体积小的电容器,容量为 $1 \sim 20 \mu\text{F}$ 。但化学稳定性差,易老化,温度系数大,热稳定性差,吸湿性大	瓷介电容器	体积小,电容量大。稳定性甚佳,既能耐酸、碱、盐类,又能防水的侵蚀。耐热性能达到 $500 \sim 600^\circ\text{C}$ 。有好的高压性能、绝缘性能。温度系数范围宽,可用作温度补偿。结构简单,原料来源充足,但机械强度低。宜用于高频电路	
	体积比纸介电容小,具有自愈作用。但化学稳定性差,不适于高频电路,且介质均匀性差		介质介电系数大,体积较小,适于较高温度下工作,抗湿性能很好	
有机薄膜电容器	聚苯乙烯电容器 绝缘电阻大,损耗小、温度系数小,耐压强度高,比率体积小,化学稳定性高,制造工艺简单。但耐热、耐潮性较差	玻璃釉电容器	绝缘性能很高,耐高温、介质损耗小、频率稳定性好、分布电感小	
		云母电容器		
有机薄膜电容器	聚四氟乙烯电容器 在高温下连续工作(环境温度可从 $-55 \sim +200^\circ\text{C}$)。能承受各种强酸、强碱及王水而不腐蚀,不溶于各种有机、无机溶剂。绝缘电阻高,吸湿性小,力学性能好,但价格昂贵,不易制造	电解电容器	铝电解电容器	电容量大,受温度影响显著,容易产生漏电,但价格便宜
			钽电解电容器	体积小,漏电流小,工作温度可高达 200°C ,但价格昂贵
		真空电容器	容量较小(从几皮法到几百皮法),耐压高,稳定性好,介质损耗很小	

1.5.2 电容器的主要特性指标

表征电容器的主要技术参数有标称容量、允许误差和工作电压等,其参数见表 8.1.18 和表 8.1.19。

表 8.1.18 常用固定电容的标称容量系列

电容类型	允许误差(%)	容量范围	标称容量系列
纸介电容、金属化纸介电容 纸膜复合介质电容、低频(有极性)有机薄膜介质电容	±50	100pF~1μF	1.0、1.5、2.2、3.3、4.7、6.8
	±10 ±20	1μF~100μF	1、2、4、6、8、10、15、20、30、50、60、80、100
高频(无极性)有机薄膜介电容、瓷介电容、玻璃釉电容、云母电容	±5	—	1.0、1.1、1.2、1.3、1.5、1.6、1.8、2.0、2.2、2.4、2.7、3.0、3.3、3.6、3.9、4.3、4.7、5.1、5.6、6.2、6.8、7.5、8.2、9.1
	±10	—	1.0、1.2、1.5、1.8、2.2、2.7、3.3、3.9、4.7、5.6、6.8、8.2
	±20	—	1.0、1.5、2.2、3.3、4.7、6.8
铝、钽、铌、钛电解电容	±10 ±20 +50 -20 +100 -20	≥1μF	1.0、1.5、2.2、3.3、4.7、6.8

表 8.1.19 常用固定电容的直流电压系列

1.6、4.6、3、10、16、25、32*、40、50、63、100、125*、160、250、300*、400、450*、500、630、1000

注：* 只限电解电容用。

1.5.3 电容器的选择要点

(1) 根据用途选择电容器(见表 8.1.20)。

(2) 使用中应注意的问题：电容器在交流电路中，要注意所加的交流电压峰值一般不应超过直流工作电压值的 60%，而且电容器频率越高，它所能承受的电压越低。

对于电解电容器要注意正负极性。纸介或瓷介电容器常有内、外电极之分，表面有标志的表示外层，接线时应把此端接向低阻端，以达到屏蔽作用。

表 8.1.20 根据用途选择固定电容器参考表

用 途	电容器种类	电容器形式	电 容 量	工作电压 (V)
高频旁路	陶瓷(I型)云母 玻璃膜涤纶玻璃釉	圆片、穿心	$8.2\mu\text{F}\sim 0.22\text{pF}$	500
		钮式、热压	$51\mu\text{F}\sim 4700\text{pF}$	500
		锆石	$100\mu\text{F}\sim 3300\text{pF}$	500
		叠片	$100\mu\text{F}\sim 3300\text{pF}$	400
		锆石	$10\mu\text{F}\sim 3300\text{pF}$	100
低频旁路与耦合	纸介陶瓷(II型) 铝电解涤纶	卷绕	$0.001\mu\text{F}\sim 0.5\mu\text{F}$	500
		片型、穿心式	$0.001\mu\text{F}\sim 0.047\mu\text{F}$	<500
		密封	$10\mu\text{F}\sim 1000\mu\text{F}$	25~450
		卷绕	$0.001\mu\text{F}\sim 0.047\mu\text{F}$	400
滤波	铝电解纸介复 合纸介液体钽	密封	$10\mu\text{F}\sim 3300\mu\text{F}$	25~450
		密封	$0.01\mu\text{F}\sim 10\mu\text{F}$	1000
		密封	$0.01\mu\text{F}\sim 10\mu\text{F}$	2000
		密封	$220\mu\text{F}\sim 3300\mu\text{F}$	16~125
滤波器	陶瓷聚苯乙烯云母	片型、管型	$100\mu\text{F}\sim 4700\text{pF}$	500 500
		热塑无感	$100\mu\text{F}\sim 4700\text{pF}$	
		钮式热塑压	$51\mu\text{F}\sim 4700\text{pF}$	
调谐	陶瓷(I型)云母 玻璃膜聚苯乙烯	片型、管型	$1\mu\text{F}\sim 1000\text{pF}$	500
		钮式、热塑、独石、 叠片热塑	$51\mu\text{F}\sim 1000\text{pF}$	500
			$51\mu\text{F}\sim 1000\text{pF}$	500
			$51\mu\text{F}\sim 1000\text{pF}$	<1600
高频耦合	云母聚苯乙烯 陶瓷(I型)	钮式、塑压	$470\mu\text{F}\sim 6800\text{pF}$	500
		无感热塑	$470\mu\text{F}\sim 6800\text{pF}$	400
		片型、管型	$10\mu\text{F}\sim 6800\text{pF}$	500
电源输入抗高频干扰	纸介陶瓷(II型) 云母涤纶	密封、穿心式	$0.001\mu\text{F}\sim 0.22\mu\text{F}$	<1000
		圆片、穿心式	$0.001\mu\text{F}\sim 0.047\mu\text{F}$	<500
		压塑	$0.001\mu\text{F}\sim 0.047\mu\text{F}$	500
		密封或穿心式	$0.001\mu\text{F}\sim 0.1\mu\text{F}$	<1000
高频高压	陶瓷(I型)聚苯 乙烯云母	瓶、筒、鼓、片	$470\mu\text{F}\sim 6800\text{pF}$	<12000
		热塑	$180\mu\text{F}\sim 4000\text{pF}$	<30000
		叠片、压塑	$330\mu\text{F}\sim 20000\text{pF}$	<10000

2 半导体分立器件

2.1 分立器件

2.1.1 半导体分立器件型号命名方法

半导体分立器件型号命名方法见表 8.2.1 和表 8.2.2(摘自 GB249—1989)。

表 8.2.1 由第一至第五部分组成的器件型号的符号意义

第一部分		第二部分		第三部分		第四部分	第五部分
用阿拉伯数字表示器件的电极数目		用汉语拼音字母表示器件的材料和极性		用汉语拼音字母表示器件的类别		用阿拉伯数字表示序号	用汉语拼音字母表示规格号
符号	意义	符号	意义	符号	意义		
2	二极管	A	N型, 锗材料	P	小信号管	—	—
		B	P型, 锗材料	V	混频检波管		
		C	N型, 硅材料	W	电压调整和电压基准管		
		D	P型, 硅材料	X	参量管		
3	三极管			Z	整流管	—	—
				L	整流管		
				S	隧道管		
				K	开关管		
				X	低频小功率晶体管 ($f_a < 3\text{MHz}$, $P_c < 1\text{W}$)		
				G	高频小功率晶体管 ($f_a < 3\text{MHz}$, $P_c < 1\text{W}$)		
D	低频大功率晶体管 ($f_a < 3\text{MHz}$, $P_c \geq 1\text{W}$)	—	—				
A	高频大功率晶体管 ($f_a \geq 3\text{MHz}$, $P_c \leq 1\text{W}$)						
T	闸流管						
Y	体效应管						
B	雪崩管						
J	阶跃恢复管						

表 8.2.2 由第三至第五部分组成的器件型号的符号及其意义

第三部分		第四部分	第五部分
用汉语拼音字母表示器件的类别		用阿拉伯数字表示序号	用汉语拼音字母表示规格号
符 号	意 义		
CS ^①	场效应晶体管		
BT	特殊晶体管		
FH	复合管		
PIN	PIN 管		
ZL	整流管阵列		
QL	硅桥式整流器		
SX	双向三极管		
DH	电流调整管		
SY	瞬态抑制二极管		
GS	光电子显示器		
GF	发光二极管		
GR	红外发射二极管		
GJ	激光二极管		
GD	光敏二极管		
GT	光敏晶体管		
GH	光耦合器		
GK	光开关管		
GL	摄像线阵器件		
GM	摄像面阵器件		

注：①4CS 表示双绝缘栅场效应晶体管。

2.1.2 晶体二极管

2.1.2.1 二极管的伏安特性 如图 8.2.1 所示。

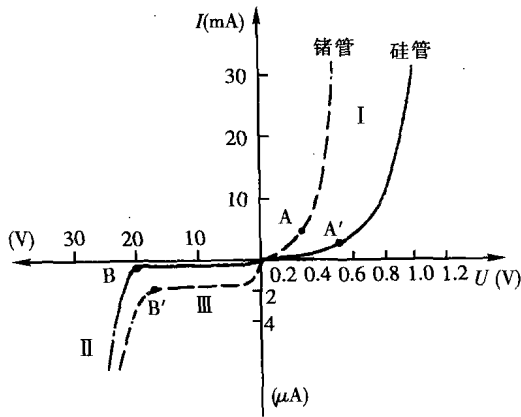


图 8.2.1 二极管的伏安特性

I. 正向特性 II. 反向特性 III. 反向击穿特性

2.1.2.2 二极管主要技术参数 如表 8.2.3 所示。

表 8.2.3 二极管主要技术参数

参数	名称	定义
I_F	最大整流电流	二极管长期运行时,允许通过的最大正向平均电流
U_F	正向电压降	二极管通过额定正向电流(I_F)时,在管子两极间产生的电压降(平均值)
I_R	反向漏电流	二极管两端施加规定的反向电压(U_R)时,通过管子的反向漏电流
V_R	最高反向工作电压	允许长期加在二极管反向的恒定电压值
V_B	反向击穿电压	发生反向击穿时的电压值
I_{FSM}	不重复正向浪涌电流	一种由于电路异常情况(如故障)引起的,并使结温超过额定结温的不重复性最大正向过载电流
I_{OM}	最大正向电流	二极管正常工作时,通过的最大正向电流

注:详见 SJ1400—1978(半导体器件参数符号)。

2.1.2.3 常用晶体二极管的技术数据

(1) 整流二极管和桥式整流器的型号及技术数据见表 8.2.4 至表 8.2.7。

表 8.2.4 常用硅整流二极管的型号及技术数据

型 号	$U_R(V)$	$I_F(A)$	$U_F(V)$	$I_R(\mu A)$	$I_{FSM}(A)$	主要用途			
2CZ31	50~800	1	0.8	5	20	通信设备及仪表用电源			
2CZ32	25~800	1.5		3	30				
	50~1000								
2CZ33	50~500							电视、收录机电源	
2CZ37	600	1.2	0.93	10	80	彩电、仪器开关电源			
2CZ52	25~400	0.1	0.7	1	2				
	25~800								
	50~1000								
2CZ53	25~400	0.3	1	5	6				
	25~800								
	50~1000								
2CZ54	25~800	0.5	1	10	10				
2CZ55	50~700	1					10	20	
	25~800								
	25~1000								
2CZ56	100~2000	3	0.8	20	65	通信设备、仪器仪表及家用电器稳压电源			
	2CZ57	25~1000					5	105	
		25~1400							
2CZ58	100~2000	10	30	210	420				
	2CZ59	25~1000					20	40	
		25~1400							
2CZ82	100~2000	0.1	1	5	2				
	2CZ84						25~800	0.5	15
							100~1000		
2CZ85	100~600	1	1.2	3	30				
	25~1000								
2CZ86	100~600	2	3	3	30				
2CZ87	100~600	3							
2Z12	50~1400	0.1	1	5	20	通信设备、仪器仪表、稳压电源			
2Z13		0.2			6				
2Z14		0.5			10				
2Z15		1	20						
2Z16		3	0.8	20	65				
2Z17		5			105				

表 8.2.5 常用硅桥式整流器的型号及技术数据

型号	U_R (V)	I_O (A)	U_F (V)	I_R (μ A)	I_{FSM} (A)	主要用途
QL1	25~1000	0.05	1.2	10	1	收音机、录音机、电视机及仪器仪表、电子设备电源单相桥式整流
QL2		0.1			2	
QL3		0.2			4	
QL4		0.3			6	
QL5		0.5			10	
QL6		1			20	
QL7		2			40	
QL8		3			60	
QL9		5			100	
QL51		1			10	
QL52		0.05	1	10	20	
QL53		0.1				
QL54		0.2				
QL55		0.5				
QL56		0.1				
QL57		0.2				
QL58		0.3				
QL59		0.5				
QL60		1				
QL61		2				
QL62	2	10				50

注： I_O 为额定整流电流(平均值)。

表 8.2.6 整流二极管最高反向工作电压(V)规格

A	B	C	D	F	G	H	I	J	K	L
25	50	100	200	300	400	500	600	700	800	900
M	N	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000

表 8.2.7 用色环表示整流二极管最高反向工作电压规格

色环	黑	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰
U_R (V)	50	100	200	300	400	500	600	700	800

(2) 检波二极管的型号及技术数据见表 8.2.8。

表 8.2.8 常用锗检波二极管的型号及技术数据

型号	I_F (mA)	U_R (V)	U_B (V)	I_R (mA)	I_{OM} (mA)	f (MHz)
2AP1	≥ 2.5	≥ 10	≥ 40		≥ 16	150
2AP2		≥ 25	≥ 45		≤ 200	
2AP3	≥ 7.5	≥ 50	≥ 75	≥ 16		
2AP4	≥ 5	≥ 75	≥ 110	≤ 200	≥ 12	
2AP5	≥ 2.5	≥ 100	≥ 150	≤ 200	≥ 35	
2AP6	≥ 1	≥ 10	≥ 20	≤ 100	≥ 35	
2AP7	≥ 5			≤ 100		
2AP8A	≥ 4	≥ 10	≥ 20	≤ 100	≥ 35	
2AP8B	≥ 6			≤ 100		
2AP9	≥ 8	≥ 10	≥ 20	≤ 200	≥ 5	
2AP10	≥ 8	≥ 20	≥ 30	≤ 40		
2AP11	≥ 10	≥ 10	≥ 10	≤ 200	≥ 25	40
2AP12	≥ 90				≥ 40	
2AP13	≥ 10	≥ 30	≥ 30	≤ 200	≥ 20	40
2AP14	≥ 30				≥ 30	
2AP15	≥ 60				≥ 20	
2AP16	≥ 30				≥ 50	
2AP17	≥ 10				≥ 100	
2AP18-1	≥ 100	≥ 50	≥ 50	≤ 10	≥ 100	40
2AP18-2	≥ 150	≥ 75	≥ 75		≥ 120	
2AP18-3	≥ 200	≥ 100	≥ 100		≥ 150	
2AP21	≥ 50	≥ 7	≥ 10	≤ 200	≥ 50	150
2AP28-3	≥ 200	≥ 100	≥ 100		≥ 150	
2AP30C	≥ 2	≥ 10	≥ 20	≤ 50	≥ 5	400
2AP30D				≤ 30		
2AP30E			≥ 35	≤ 11		
2AP31A			≥ 25	≤ 30		
2AP31B			≥ 35	≤ 30		
2AP34A	≥ 5	≥ 60	≥ 75	≤ 20	≥ 50	
2AP60	≥ 4	≥ 35	≥ 40	≤ 75		
2AP90	≥ 2	≥ 20	≥ 30	≤ 100		
2AP110	≥ 3	≥ 40	≥ 50	≤ 40		
2AP188	≥ 5	≥ 35	≥ 40	≤ 33		
2AP261	≥ 0	≥ 35	≥ 40	≤ 70		

注： f 为截止频率。

(3)普通二极管的型号及技术数据见表 8.2.9。

表 8.2.9 常用硅普通二极管的型号及技术数据

型 号	U_R (V)	I_F (mA)	U_F (V)	I_R (μ A)
2CP1A	50	500	≤ 1	$\leq 5(25^\circ\text{C})$
2CP1	100			
2CP2	200			
2CP3	300			
2CP4	400			
2CP5	500			
2CP1E	600			
2CP1G	800			
2CP6	50	100	≤ 1	$\leq 5(25^\circ\text{C})$
2CP6A	100			
2CP6B	200			
2CP6C	300			
2CP6D	400			
2CP6E	600			
2CP6F	800			
2CP10	25			
2CP11	50			
2CP12	100			
2CP13	150			
2CP14	200			
2CP15	250			
2CP16	300			
2CP17	350			
2CP18	400			
2CP19	500			
2CP20	600			
2CP20A	800			
2CP21A	50	300	≤ 1.2	$\leq 5(25^\circ\text{C})$
2CP21	100			
2CP22	200			
2CP23	300			
2CP24	400			
2CP25	500			
2CP26	600			
2CP27	700			
2CP28	800			

续表

型 号	U_R (V)	I_F (mA)	U_F (V)	I_R (μ A)
2CP31	25	250	≤ 1	≤ 5 (25°C)
2CP31A	50			
2CP31B	100			
2CP31C	150			
2CP31D	200			
2CP31E	250			
2CP31F	300			
2CP31G	350			
2CP31H	400			
2CP31I	500			

2.1.3 稳压二极管

2.1.3.1 稳压二极管的伏安特性 如图 8.2.2 所示。

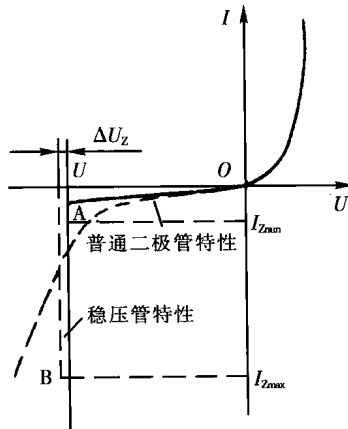


图 8.2.2 稳压二极管的伏安特性

2.1.3.2 稳压二极管的主要技术参数 见表 8.2.10。

表 8.2.10 稳压二极管的主要技术参数

参 数	名 称	定 义
U_Z	稳定电压	在稳压范围内,通过管子的反向电流为规定值时,在管子两极间产生的电压降
I_{ZM}	最大工作电流	在最大耗散功率下,稳压管允许通过的反向电流
P_{ZM}	最大耗散功率	在给定的使用条件下,稳压管允许承受的最大功率, $P_{ZM}=U_Z I_{ZM}$
R_Z	动态电阻	在测试条件下,稳压管两端电压微变量与通过管子电流微变量的比值
C_{TV}	电压温度系数	在测试条件下,稳定电压的相对变化与环境温度的绝对变化的比值
I_Z	稳定电流(反向测试电流)	测试反向电参数时,给定的反向电流
I_R	反向漏电流	两端施加规定的反方向电压(U_R)时,通过管子的反向漏电流
U_F	正向压降	通过额定电流时,两极间所产生的电压降

注:详见 SJ1400—1978《半导体器件参数符号》。

2.1.3.3 常用稳压二极管的技术数据 见表 8.2.11 及表 8.2.12。

表 8.2.11 常用 N 型硅稳压二极管的型号及技术数据

型 号	P_{ZM} (W)	I_{ZM} (mA)	U_Z (V)	R_{Z1} (Ω)	I_{Z1} (mA)	R_{Z2} (Ω)	I_{Z2} (mA)	I_R (mA)	U_F (V)	C_{TV} ($10^{-4}/^{\circ}\text{C}$)
2CW50	0.25	83	1.0~2.8	300	1	50	10	≤ 10	—	≥ -9
2CW51		71	2.5~3.5	400		60	10	≤ 5	—	≥ -9
2CW52		55	3.2~4.5	550		70	10	≤ 2	—	≥ -8
2CW53		41	4.0~5.8	550		50	10	—	≤ 1	$-6\sim 4$
测试条件	—	—	$I_Z=I_{Z2}$	$I_Z=I_{Z1}$	$I_Z=I_{Z2}$	$U_R=$ 0.5V	$U_R=$ -1V	$I_F=$ 100mA	—	—
2CW54	0.25	38	5.5~6.5	500	1	30	10	—	≤ 0.5	$-3\sim 5$
2CW55		33	6.2~7.5	400		15	10	—	≤ 0.5	≤ 6
2CW56		27	7.2~8.8	400		15	5	—	≤ 0.5	≤ 7
2CW57		26	8.5~9.5	400		20	5	—	≤ 0.5	≤ 8
2CW58		23	9.2~10.5	400		25	5	—	≤ 0.5	≤ 8
2CW59		20	10~11.8	400		30	5	—	≤ 0.5	≤ 9
2CW60		19	11.5~12.5	400		40	5	—	≤ 0.5	≤ 9
2CW61		16	12.2~14	400		50	3	—	≤ 0.5	≤ 9.5
2CW62		14	13.5~17	400		60	3	—	≤ 0.5	≤ 9.5

续表

型号	P_{ZM} (W)	I_{ZM} (mA)	U_Z (V)	R_{Z1} (Ω)	I_{Z1} (mA)	R_{Z2} (Ω)	I_{Z2} (mA)	I_R (mA)		U_F (V)	C_{TV} ($10^{-4}/^{\circ}\text{C}$)
2CW63		13	16~19	400		70	3	—	≤ 0.5		≤ 9.5
2CW64		11	18~21	400		75	3	—	≤ 0.5		≤ 10
2CW65		10	20~24	400		80	3	—	≤ 0.5		≤ 10
2CW66		9	23~26	400		85	3	—	≤ 0.5		≤ 10
2CW67		9	25~28	400		90	3	—	≤ 0.5		≤ 10
2CW68		8	27~30	400		95	3	—	≤ 0.5		≤ 10
2CW69		7	29~33	400		95	3	—	≤ 0.5		≤ 10
2CW70	0.25	7	32~36	400	1	100	3	—	≤ 0.5	1	≤ 10
2CW71		6	35~40	400		100	3	—	≤ 0.5		≤ 10
2CW72		29	7.0~8.8	12		6	5	—	≤ 0.1		≤ 7
2CW73		25	8.5~9.5	18		10	5	—	≤ 0.1		≤ 8
2CW74		23	9.2~10.5	25		12	5	—	≤ 0.1		≤ 8
2CW75		21	10~11.8	30		15	5	—	≤ 0.1		≤ 9
2CW76		20	11.5~12.5	35		18	5	—	≤ 0.1		≤ 9
2CW77		18	12.2~14	35		18	5	—	≤ 0.1		≤ 9.5
2CW78		14	13.5~17	45		21	5	—	≤ 0.1		≤ 9.5
测试条件	—	—	$I_Z = I_{Z2}$	$I_Z = I_{Z1}$		$I_Z = I_{Z2}$		$U_R =$ 0.5V	$U_R =$ -1V	$I_F =$ 100mA	—
2CW100		330	1.0~2.8	≤ 300		15	50	≤ 10	—		≥ -9
2CW101		280	2.5~3.5	≤ 400		25	50	≤ 10	—		≥ -9
2CW102		220	3.2~4.5	≤ 500		30	50	≤ 5	—		≥ -8
2CW103		165	4.0~5.8	≤ 550		20	50	—	≤ 1		-6~-4
2CW104		150	5.5~6.5	≤ 400		15	30	—	≤ 0.5		-3~-5
2CW105		130	6.2~7.5	≤ 400		7	30	—	≤ 0.5		≤ 6
2CW106		110	7.0~8.8	≤ 400		5	30	—	≤ 0.5		≤ 7
2CW107		100	8.5~9.5	≤ 400		10	20	—	≤ 0.5		≤ 8
2CW108	1	95	9.2~10.5	≤ 400	1	12	20	—	≤ 0.5	≤ 1	≤ 8
2CW109		83	10~11.8	≤ 400		15	20	—	≤ 0.5		≤ 9
2CW110		76	11.5~12.5	≤ 400		20	20	—	≤ 0.5		≤ 9
2CW111		66	12.2~14	≤ 400		20	20	—	≤ 0.5		≤ 10
2CW112		58	13.5~17	≤ 400		35	10	—	≤ 0.5		≤ 10
2CW113		52	16~19	≤ 400		40	10	—	≤ 0.5		≤ 11
2CW114		47	18~21	≤ 400		45	10	—	≤ 0.5		≤ 11
2CW115		41	20~24	≤ 400		50	10	—	≤ 0.5		≤ 11
2CW116		38	23~26	≤ 400		55	10	—	≤ 0.5		≤ 11
2CW117		35	25~28	≤ 400		60	10	—	≤ 0.5		≤ 11

续表

型号	P_{ZM} (W)	I_{ZM} (mA)	U_Z (V)	R_{Z1} (Ω)	I_{Z1} (mA)	R_{Z2} (Ω)	I_{Z2} (mA)	I_R (mA)		U_F (V)	C_{TV} ($10^{-4}/^{\circ}\text{C}$)
2CW118		33	27~30	≤ 400		80	5	—	≤ 0.5		≤ 11
2CW119	1	30	29~33	≤ 400	1	90	5	—	≤ 0.5	≤ 1	≤ 12
2CW120		27	32~36	≤ 400		110	5	—	≤ 0.5		≤ 12
2CW121		25	35~40	≤ 400		113	5	—	≤ 0.5		≤ 12
测试条件	—	—	$I_Z = I_{Z2}$	$I_Z = I_{Z1}$		$I_Z = I_{Z2}$		$U_R =$ 0.5V	$U_R =$ -1V	$I_F =$ 200mA	—
2CW130		660	3.0~4.5	≤ 250		≤ 20	100	5	—		≥ -8
2CW131		500	4.0~5.8	≤ 300		≤ 15	100	—	≤ 0.5		-6~4
2CW132		460	5.5~6.5	≤ 250		≤ 12	100	—	≤ 0.5		-3~5
2CW133		400	6.2~7.5	≥ 200		≤ 6	100	—	≤ 0.5		≤ 6
2CW134		330	7.0~8.8	≤ 200		≤ 5	50	—	≤ 0.5		≤ 7
2CW135		310	8.5~9.5	≤ 200		≤ 7	50	—	≤ 0.5		≤ 8
2CW136		280	9.2~10.5	≤ 200		≤ 9	50	—	≤ 0.5		≤ 8
2CW137		250	10~11.8	≤ 200		≤ 12	50	—	≤ 0.5		≤ 9
2CW138		230	11.5~12.5	≤ 200		≤ 14	50	—	≤ 0.5		≤ 9
2CW139	3	200	12.2~14	≤ 200	3	≤ 16	50	—	≤ 0.5	≤ 1	≤ 10
2CW140		170	13.5~17	≤ 200		≤ 25	30	—	≤ 0.5		≤ 10
2CW141		150	16~19	≤ 200		≤ 30	30	—	≤ 0.5		≤ 11
2CW142		140	18~21	≤ 200		≤ 35	30	—	≤ 0.5		≤ 11
2CW143		120	20~24	≤ 200		≤ 40	30	—	≤ 0.5		≤ 11
2CW144		110	23~26	≤ 200		≤ 45	30	—	≤ 0.5		≤ 11
2CW145		105	25~28	≤ 200		≤ 55	15	—	≤ 0.5		≤ 11
2CW146		100	27~30	≤ 200		≤ 60	15	—	≤ 0.5		≤ 11
2CW147		90	29~33	≤ 200		≤ 70	15	—	≤ 0.5		≤ 12
2CW148		80	32~36	≤ 200		≤ 80	15	—	≤ 0.5		≤ 12
2CW149		75	35~40	≤ 200		≤ 90	15	—	≤ 0.5		≤ 12
测试条件	—	—	$I_Z = I_{Z2}$	$I_Z = I_{Z1}$		$I_Z = I_{Z2}$		$U_R =$ 0.5V	$U_R =$ -1V	$I_F =$ 300mA	—

表 8.2.12 常用 P 型硅稳压二极管的型号及技术数据

型号	P_{ZM} (W)	I_{ZM} (mA)	U_Z (V)	R_{Z1} (k Ω)	I_{Z1} (mA)	R_{Z2} (k Ω)	I_{Z2} (mA)	I_R (mA)	U_F (V)	C_{TV} ($10^{-4}/^{\circ}\text{C}$)
2DW64	1	5	180~200	≤ 1	1	≤ 1100	20	≤ 0.5	≤ 1	≤ 12
2DW80		65	38~45			≤ 35				
2DW81		50	42~55			≤ 40				
2DW82		45	52~65			≤ 40				
2DW83		40	62~75			≤ 45				
2DW84		35	70~85			≤ 60				
2DW85		30	80~95			≤ 150	8			
2DW86	3	25	90~110			≤ 250				
2DW87			100~120			≤ 280				
2DW88	20	110~130	≤ 370							
2DW89		120~145	≤ 550							
2DW90	19	135~155	≤ 600							
2DW91	18	145~165	≤ 650							
2DW92	17	155~175	≤ 700							
2DW93	15	165~190	≤ 800							
2DW94			180~200			≤ 920				

2.1.4 晶体三极管

2.1.4.1 晶体三极管的特性、工作状态和主要技术参数

(1) 三极管的特性: 如图 8.2.3 所示。

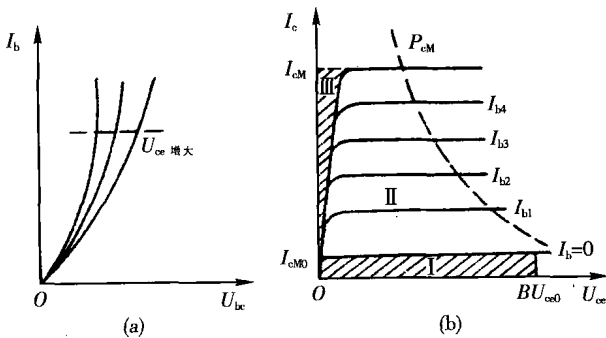


图 8.2.3 三极管的特性曲线

(a) 输入特性 (b) 输出特性

(2) 三极管的工作状态: 如表 8.2.13 所示。

表 8.2.13 晶体三极管的三种工作状态及数量关系

工作状态	截止状态	放大状态	饱和状态
PNP 型	<p>约-0.3 ~-0.5V</p>	<p>约-0.2 ~-0.3V</p>	<p>小于 -0.3V</p>
NPN 型	<p>约+0.3 ~+0.5V</p>	<p>约+0.5 ~+0.7V</p>	<p>大于 +0.7V</p>
参数范围	$I_b \leq 0$ (I_b 为负), 其实际方向与图中所示相反, 即与放大和饱和状态时的 I_b 方向相反	$I_b > 0$, 其实际方向如图所示	$I_b > \frac{E_c}{\beta R_c}$
	锗管的 U_{be} 在 $-0.3 \sim -0.2$ V 内 硅管的 U_{be} 在 $-0.3 \sim -0.5$ V 内	锗管的 U_{be} 在 $-0.2 \sim 0.3$ V 内 硅管的 U_{be} 在 $+0.5 \sim +0.7$ V 内	锗管的 U_{be} 比 -0.3 V 更小 硅管的 U_{be} 大于 $+0.7$ V
	$I_c \leq I_{ceo}$ 锗管: 几十至几百微安 硅管: 几微安以下	$I_c = \beta I_b + I_{ceo}$	$I_c > \frac{E_c}{\beta R_c}$
	$U_{ce} = E_c$	$U_{ce} = E_c - I_c R_c$	$U_{ce} \approx 0.2 \sim 0.3$ V (管子饱和压降)
工作状态和特点	当 $I_b \leq 0$ 时, I_c 很小 (小于 I_{ceo}) 三极管相当于开断, 电源电压 E_c 几乎全部加在管子两端	I_b 从 0 逐渐增大, I_c 也按一定比例增加, 管子起放大作用, 微小的 I_b 的变化能引起 I_c 较大幅度的变化	I_c 不再随 I_b 的增加而增大, 管子两端压降很小, 电源电压 E_c 几乎全部加在负载电阻 R_c 上

(3) 三极管的主要技术参数:见表 8.2.14 所示。

表 8.2.14 三极管的主要技术参数

参 数	名 称	定 义	
直 流 参 数	H_{fe}	共发射极直流放大系数	在共发射极电路中,当集电极电压 U_{ce} 和集电极电流 I_c 为规定值时, I_c 与 I_b 之比, $H_{fe} = I_c / I_b$
	I_{ceo}	集电极—发射极反向截止电流	基极开路,基电极—发射极间的电压为规定值时的集电极电流
	I_{cbo}	集电极—基极反向截止电流	发射极电路,集电极—基极间的电压为规定值时的集电极电流
	BU_{ceo}	集电极—发射极反向击穿电压	基极开路时,集电极与发射极间最大允许电压
	BU_{cbo}	集电极—基极反向击穿电压	发射极开路时,集电极与基极间最大允许电压
交 流 参 数	h_{fe} (或 β)	共发射极交流电流放大系数	在共发射极电路中,输出电流 I_c 与输入电流 I_b 的变化量之比, $h_{fe}(\beta) = \Delta I_c / \Delta I_b$
	f_{Hfe}	共发射极截止频率	当 h_{fe} 因频率增高而下降到低频(1kHz)值的 0.707,即下降到 3dB 时的频率
	f_T	特征频率	因频率增高, h_{fe} 下降到 1 时的频率
极 限 参 数	I_{cm}	集电极最大允许电流	当三极管参数变化不超过规定值时,集电极所允许承受的最大电流
	R_{th}	热阻	单位功率所产生的温差
	P_{cm}	集电极最大允许耗散功率	保证参数在规定范围内变化的最大集电极耗散功率

注:详见 SJ1400—1978《半导体器件参数符号》。

2.1.4.2 常用晶体三极管的型号及技术数据

(1) 常用低频小功率三极管的型号与技术数据:见表 8.2.15。

表 8.2.15 常用硅低频小功率三极管的型号及技术数据

型 号	极 限 参 数		直 流 参 数					H_{fe}
	P_{CM} (mW)	I_{CM} (mA)	BU_{ceo} (V)	BU_{cbo} (V)	I_{cbo} (μA)	I_{ceo} (μA)	I_{ebo} (μA)	
200 3DX201A 202	300	300	≥ 12	≥ 4	≤ 1	≤ 2	≤ 1	55~400
200 3DX201B 202			≥ 18					
200 3CX201A 202	300	300	≥ 12	≥ 4	≤ 0.5	≤ 1	≤ 0.5	55~400
200 3CX201B 202			≥ 18					
3DX203 3CX203	500	500	15		5			40~400
3DX204 3CX204	700	700	15~40	—	5			55~400
DX201 CX201	100	200	20~40		500			40~400
DX203 CX203	200	500			5MA			
DX211 CX211	200	30			50			
3DX211 3CX211	200	50		12	0.05			

(2)常用高频小功率三极管的型号及技术数据:见表 8.2.16 至表 8.2.19。

表 8.2.16 锗 (PNP 型) 高频小功率三极管的型号及技术数据

型号		极限参数		直流参数				交流参数			
		P_{cM} (mW)	I_{cM} (mA)	BU_{cbo} (V)	BU_{ceo} (V)	I_{cbo} (μ A)	I_{ceo} (μ A)	f_T (MHz)	h_{fe}		
3AG53	A	50	10		15		≤ 200	≥ 30			
	B							≥ 50			
	C				25			≥ 100			
	D							≥ 200			
	E							≥ 300			
3AG54	A	100	30	25		≤ 5	≤ 300	≥ 30	30~200		
	B							≥ 50			
	C				15			≥ 100			
	D							≥ 200			
	E							≥ 300			
3AG55	A	150	50			≤ 8	≤ 500	≥ 100			
	B							≥ 200			
	C							≥ 300			
3AG56	A	50	10	20	10	≤ 7	≤ 200	≥ 25	40~270		
	B									≥ 50	
	C									≥ 65	
	E1									≥ 80	
	E2									≥ 100	
	F									≥ 120	
										≥ 300	
3AG80	A				12	≤ 5		≥ 300			
	B									≥ 400	
	C							25		15	≥ 600
	D										≥ 300
	E										≥ 500
3AG87	A	300	50			≤ 50	≤ 50	≥ 300	20~150		
	B									≥ 500	
	C									≥ 700	
	D									≥ 500	
3AG95	A	150	30	30	20	≤ 3		≥ 500			
	B									≥ 700	
	C									≥ 1000	

表 8.2.17 硅(NPN型)高频小功率三极管的型号及技术数据

型号		极限参数		直流参数				交流参数												
		P_{cM} (mW)	P_{cM} (mA)	BU_{cbo} (V)	BU_{ceo} (V)	I_{cbo} (μA)	I_{ceo} (μA)	h_{fe}	f_T (MHz)											
3DG100	A	100	20	≥ 30	≥ 20	≤ 0.01	≤ 0.01	≥ 30	≥ 150											
	B			≥ 40	≥ 30				≥ 300											
	C			≥ 30	≥ 20				≥ 150											
	D			≥ 40	≥ 30				≥ 300											
3DG101	A			≥ 20	≥ 15				≤ 0.1	≤ 0.1	≥ 30	≥ 150								
	B			≥ 30	≥ 20							≥ 300								
	C			≥ 40	≥ 30							≥ 150								
	D			≥ 20	≥ 15							≥ 300								
3DG102	E			≥ 30	≥ 20	≤ 0.1	≤ 0.1	≥ 30				≥ 150								
	F			≥ 40	≥ 30							≥ 300								
3DG103	A			≥ 30	≥ 20							≤ 0.1	≤ 0.1	≥ 30	≥ 150					
	B			≥ 40	≥ 30										≥ 300					
	C			≥ 30	≥ 20				≥ 500											
	D			≥ 40	≥ 30				≥ 700											
3DG101 111	A			300	50				≥ 20	≥ 15	≤ 0.1				≤ 0.1	≥ 30	≥ 150			
	B								≥ 40	≥ 30							≥ 300			
	C	≥ 60	≥ 45						≥ 150											
	D	≥ 20	≥ 15						≥ 300											
	E	≥ 40	≥ 30						≥ 500											
	F	≥ 60	≥ 45						≥ 700											
3DG112	A	≥ 30	≥ 20						≤ 0.1	≤ 0.1							≥ 30	≥ 150		
	B	≥ 40	≥ 30															≥ 300		
	C	≥ 30	≥ 20															≥ 500		
	D	≥ 40	≥ 30															≥ 700		
3DG120 121	A	500	700			≥ 40	≥ 30	≤ 0.01										≤ 0.01	≥ 30	≥ 150
	B					≥ 60	≥ 45													≥ 300
	C			≥ 40	≥ 30	≥ 150														
	D			≥ 60	≥ 45	≥ 300														

续表

型号		极限参数		直流参数				交流参数
		P_{cM} (mW)	P_{cM} (mA)	BU_{cbo} (V)	BU_{ceo} (V)	I_{cbo} (μ A)	I_{ceo} (μ A)	h_{fe}
3DG122	A	500	700	≥ 40	≥ 30	≤ 0.1	≤ 0.2	≥ 500
	B			≥ 60	≥ 45			
	C			≥ 40	≥ 30			
	D			≥ 60	≥ 45			
3DG123	A	500	50	≥ 30	≥ 20	≤ 0.1	≤ 0.5	≥ 1000
	B			≥ 40	≥ 30			≥ 1500
	C			≥ 40	≥ 30			≥ 1000
3DG130	A	700	500	≥ 40	≥ 30	≤ 0.5	≤ 1	≥ 500
	B			≥ 60	≥ 45			
	C			≥ 40	≥ 30			
	D			≥ 60	≥ 45			
3DG131	A	700	100	≥ 30	≥ 20	≤ 0.5	≥ 20	≥ 1000
	B			≥ 40	≥ 30			
	C			≥ 50	≥ 40			
3DG132	A	700	200	≥ 30	≥ 25	≤ 0.5	≥ 20	≥ 1000
	B			≥ 40	≥ 35			
3DG140	A	100	15	≥ 15	≥ 10	≤ 0.1	≤ 0.1	≥ 400
	B							≥ 600
	C							≥ 800
3DG141	A	100	15	≥ 15	≥ 10	≤ 0.1	≤ 0.1	≥ 600
	B							≥ 800
	C							≥ 4000
3DG142	A	100	15	≥ 15	≥ 10	≤ 0.1	≤ 0.1	≥ 800
	B							≥ 4000
	C							≥ 2500
3DG143	A	100	15	≥ 15	≥ 10	≤ 0.1	≤ 0.1	≥ 4000
	B							≥ 2500
	C							≥ 2000
3DG144	A	100	15	≥ 15	≥ 10	≤ 0.1	≤ 0.1	≥ 4000
	B							≥ 2500
	C							≥ 2000
3DG145	A	100	15	≥ 15	≥ 10	≤ 0.1	≤ 0.1	≥ 4000
	B							≥ 2500
	C							≥ 2000

续表

型号	极限参数		直流参数					交流参数	
	P_{cM} (mW)	P_{cM} (mA)	BU_{cbo} (V)	BU_{ceo} (V)	I_{cbo} (μA)	I_{ceo} (μA)	h_{fe}	f_T (MHz)	
3DG146	A	20	≥ 15	≥ 10			≥ 10		
	B								
	C								
3DG148	A	15					≥ 10	≥ 5000	
	B								
	C								
3DG149	A	20	≥ 12	≥ 10				≥ 7000	
	B								
3DG152	A		≥ 30	≥ 15	≤ 0.1		≥ 15	≥ 1200	
	B								
	C								
3DG153	A	200						≥ 5000	
	B								
	C								
	D								
3DG154	A		≥ 20	≥ 10			≤ 10	≥ 6000	
	B								
	C								
3DG155	A	700						≥ 5500	
	B								
	C								
3DG156	A	150						≥ 700	
	B								
	C								
	D								

表 8.2.18 硅(PNP型)高频小功率三极管的型号及技术数据

型号		极限参数		直流参数				交流参数			
		P_{cM} (mW)	I_{cM} (mA)	BU_{cbo} (V)	BU_{ceo} (V)	I_{cbo} (μ A)	I_{ceo} (μ A)	h_{fe}	f_T (MHz)		
2CG100	A	100	30	≥ 15	≥ 4	≤ 0.1	≤ 0.1	≥ 25	≥ 100		
	B			≥ 25							
	C			≥ 45							
3CG101	A	≥ 15	≥ 700								
	B	≥ 30									
	C	≥ 45									
3CG102	A	15	20	≥ 12					≥ 15	≥ 700	
	B			≥ 800							
	C										≥ 1000
	D										
3CG103	A	300	50						≥ 15	≥ 700	
	B			≥ 1000							
	C				≥ 1200						
	D					≥ 1500					
3CG110	A	300	50				≥ 15	≥ 100			
	B			≥ 30							
	C			≥ 45							
3CG111	A	300	50	≥ 15	≥ 200						
	B			≥ 30							
	C			≥ 45							
3CG112	A	300	50	≥ 15	≥ 100						
	B			≥ 30							
	C			≥ 45							
3CG113	A	300	50	≥ 15	≥ 700						
	B			≥ 900							
3CG114	A	300	40	≥ 15	≥ 700						
	B			≥ 900							
3CG120	A	500	100	≥ 15	≥ 200						
	B			≥ 30							
	C			≥ 45							
3CG121	A	500	100	≥ 15	≥ 200						
	B			≥ 30							
	C			≥ 45							
3CG122	A	500	100	≥ 15	≥ 500						

续表

型号		极限参数		直流参数				交流参数	
		P_{cM} (mW)	I_{cM} (mA)	BU_{cbo} (V)	BU_{ceo} (V)	I_{cbo} (μA)	I_{ceo} (μA)	h_{fe}	f_T (MHz)
3CG122	B	500	100	≥ 25					≥ 500
	C			≥ 45					
	D			≥ 15					
	E			≥ 25					
	F			≥ 45					
3CG130	A	700	300	≥ 15	≥ 4	≤ 0.1	≤ 0.1	≥ 25	≥ 800
	B			≥ 30					
	C			≥ 45					
3CG131	A	700	300	≥ 15	≥ 4	≤ 0.1	≤ 0.1	≥ 25	≥ 800
	B			≥ 30					
	C			≥ 45					
3CG132	A	100	20	≥ 15	≥ 4	≤ 0.1	≤ 0.1	≥ 25	≥ 700
	B			≥ 15					≥ 900
3CG140	A	100	20	≥ 12	≥ 4	≤ 0.1	≤ 0.1	≥ 25	≥ 1000
	B			≥ 12					≥ 1000

续表

型号		极限参数		直流参数				交流参数			
		P_{cM} (mW)	I_{cM} (mA)	BU_{cbo} (V)	BU_{ceo} (V)	I_{cbo} (μ A)	I_{ceo} (μ A)	h_{fe}	f_T (MHz)	t_{on} (ns)	t_{off} (ns)
3CK120	A	500	200	≥ 20	≥ 15	≤ 0.5	≤ 0.5	25~	150~	≤ 300	60~
	S										110
3CK121	A	700	700	≥ 50	≥ 45	5	10	180	450	≤ 50	80~
	S										200
3CK130	A	700	700	≥ 50	≥ 45	5	10	180	450	≤ 50	120~
	S										160
	E										

(3)常用低频大功率三极管的型号及技术数据:见表 8.2.20 和表 8.2.21。

表 8.2.20 锗(PNP型)低频大功率三极管的型号及技术数据

型号		极限参数			直流参数					交流参数
		P_{cM} (W)	I_{cM} (A)	R_{th} ($^{\circ}$ C/W)	BU_{cbo} (V)	BU_{ceo} (V)	I_{cbo} (mA)	I_{ceo} (mA)	h_{fe}	fh_{fe} (MHz)
3AD50	A	10	3	3.5	50	18	≤ 0.3	≤ 2.5	20~140	≥ 4
	B				60	24				
	C				70	36				
3AD51	A	10	2	3.5	50	18	≤ 0.3	≤ 2.5	20~140	≥ 4
	B				60	24				
	C				70	30				
3AD52	A	10	2	3.5	50	18	≤ 0.3	≤ 2.5	20~140	≥ 4
	B				60	24				
	C				70	30				
3AD53	A	20	6	1.75	50	18	≤ 0.5	≤ 12	20~140	≥ 2
	B				60	24		≤ 10		
	C				70	30		≤ 8		
3AD54	A	20	5	1.75	50	18	≤ 0.4	≤ 8	20~140	≥ 3
	B				60	24		≤ 6		
	C				70	30		≤ 8		
3AD55	A	20	5	1.75	50	18	≤ 0.4	≤ 8	20~140	≥ 3
	B				60	24		≤ 6		
	C				70	30		≤ 8		
3AD56	A	50	15	0.7	60	30	≤ 0.8	≤ 0.7	20~140	≥ 3
	B				80	45				
	C				100	60				

注： h_{fe} 色标分挡为棕 20~30，红 30~40，橙 40~50，黄 60~90，绿 90~100。

表 8.2.21 硅(NPN型)低频大功率三极管的型号及技术数据(外延平面)

型号	极限参数			直流参数					色标分挡
	P_{cM} (W)	I_{cM} (A)	R_{th} ($^{\circ}C/W$)	BU_{cbo} (V)	BU_{ceo} (V)	I_{cbo} (mA)	I_c (A)	h_{fe}	
3DD50A~E	1	1	100	A挡 ≥ 30	3	≤ 0.4	0.5	≥ 10	①
3DD51A~E		0.5							
3DD52A~E		2							
3DD53A~E	1								
3DD54A~E	5	C挡 ≥ 80	≥ 3	≤ 1	1.5				
3DD55A~E	3								
3DD56A~E	10					D挡 ≥ 110	≥ 3		≤ 1.5
3DD57A~E	1.5								
3DD58A~E	20	E挡 ≥ 150	≥ 5	2					
3DD59A~E	5								
3DD60A~E	25				①				
3DD61A~E	7.5	2	≥ 3	≤ 2		5			
3DD62A~E	50								
3DD63A~E	5								
3DD64A~E	75	10	1.33	≥ 3	≤ 3	7.5	≥ 10	①	
3DD65A~E		7							
3DD66A~E		7							
3DD67A~E	100	15	1	≥ 3	≤ 5	10		①	
3DD68A~E		9							
3DD69A~E		9							
3DD70A~E	9	②							
		①							

注： h_{fe} 色标分挡为①棕 10~20，红 20~30，橙 30~40，黄 >40，②棕 10~20，红 20~30，橙 >30。

(4)常用高频大功率三极管的型号及技术数据：见表 8.2.22 至表 8.2.24。

表 8.2.22 锗(PNP型)高频大功率三极管的型号及技术数据

型号	极限参数		直流参数				交流参数
	P_{cM} (W)	I_{cM} (mA)	BU_{cbo} (V)	BU_{ceo} (V)	I_{cbo} (μ A)	h_{fe}	$f_{h_{fe}}$ (MHz)
3AA7	1	500	≥ 75	≥ 3	≤ 100	≥ 30	≥ 140
3AA8			≥ 60	≥ 25			≥ 120
3AA9							
3AA10			≥ 75	≥ 35			≥ 80

表 8.2.23 硅(PNP型)高频大功率三极管的型号及技术数据

型号	极限参数		直流参数					交流参数
	P_{cM} (W)	I_{cM} (A)	BU_{cbo} (V)	BU_{ceo} (V)	I_{cbo} (μ A)	I_{ceo} (mA)	h_{fe}	f_T (MHz)
3CA1A~F	1	0.1	A \geq 30 B \geq 50 C \geq 80 D \geq 100 E \geq 130 F \geq 150		5~10	0.05~0.1	≥ 20	50
3CA2A~F	2	0.25			10~50			
3CA3A~E	5	0.5	A \geq 30 B \geq 50 C \geq 80 D \geq 100 E \geq 150		50~100	0.2~0.5	≥ 10	30
3CA4A~E	7.5	1			0.5~1mA	1~1.5		
3CA5A~E	15	1.5			0.5~1mA	1~2		
3CA6	20	2		40~120		1.5~3	≥ 10	10
3CA7	30	2.5		30~130		5		
3CA8	40	3		30~130				
3CA9	50	4		30~110		7		

续表

型号		极限参数		直流参数				交流参数	
		P_{cM} (W)	I_{cM} (A)	R_{th} ($^{\circ}C/W$)	BU_{cbo} (V)	BU_{ceo} (V)	I_{ceo} (mA)	h_{fe}	fh_{fe} (MHz)
3DA152	A	3	0.3	—	—	≥ 30	≤ 0.2	30~250	≥ 10
	B					≥ 100			
	C					≥ 150			
	D					≥ 200			
	E					≥ 250			
	F					≥ 30			≥ 50
	G					≥ 100			
	H					≥ 150			
	I					≥ 200			
	J					≥ 250			

2.1.4.3 晶体三极管主要参数的选择 见表 8.2.25。

表 8.2.25 晶体三极管主要参数的选择

参数	BU_{ceo}	I_{cM}	P_{cM}	β	f_T
选择原则	$\geq E_c$ (电源电压)	$\geq (2\sim 3)L_c$	$\geq P_o$ (输出功率)	40~100	$\geq 3f$
说明	若是电感性负载： $U_{ceo} \geq 2E_c$	I_c 为管子的 工作电流	甲类功放： $P_{cM} \geq 3P_o$ 。 乙类功放： $P_{cM} \geq \left(\frac{1}{3} \sim \frac{1}{5}\right) P_o$	β 太容易 引起自激 振荡，稳定 性差	f 为工作频 率

2.1.5 场效应晶体管

2.1.5.1 场效应管的符号和伏安特性 见表 8.2.26。

表 8.2.26 场效应管的符号和伏安特性

结构类型	工作方式	符号	电压极性		转移特性	输出特性
			U_P 或 U_T	U_{DS}		
绝缘栅 N 沟道	耗尽型		(-)	(+)		
	增强型		(+)	(+)		

续表

结构类型	工作方式	符号	电压极性		转移特性	输出特性
			U_P 或 U_T	U_{DS}		
绝缘栅P沟道	耗尽型		(+)	(-)		
	增强型		(-)	(-)		
结型P沟道	耗尽型		(+)	(-)		
结型N沟道	耗尽型		(-)	(+)		

2.1.5.2 场效应管主要技术参数 见表 8.2.27。

表 8.2.27 场效应管主要技术参数

参数	名称	定义
U_P	夹断电压	在耗尽型中,使沟道夹断,漏极电流 I_{DS} 等于零的栅压
U_T	开启电压	在增强型中,原先没有沟道,使沟道开通出现漏极电流 I_{DS} 的栅压
I_{DSS}	饱和漏源电流	当栅源电压 $U_{GS} = 0$ 时的漏极电流
g_m	跨导	漏极电压固定时,漏极电流增量和栅源电压增量之比,即 $g_m = \Delta I_{DS} / \Delta U_{GS} U_{DS} = \text{常数}$; g_m 一般为 $1 \sim 5 \text{ A/V}$
R_{DS}	漏极输出电阻	当 U_{GS} 一定时,在饱和区内 ΔU_{DS} 和 ΔI_{DS} 之比,一般约几十至几百千欧
R_{GS}	输入电阻	栅源 PN 结反向偏置时反向电阻;结型管为 $10^7 \sim 10^8 \Omega$, MOS 管达 $10^9 \sim 10^{10} \Omega$
BU_{GS}	最大栅源电压	栅源极间所能承受的最高电压
BU_{DS}	最大漏源电压	漏源极间所能承受的最高电压
I_{DSM}	最大漏源电流	漏源极间所能承受的最大电流
f_M	最高振荡频率	在规定条件下,使场效应管振荡的最高频率
P_{DM}	漏极最大允许耗散功率	保证参数在规定范围内变化的最大漏极耗散功率

注:详见 SJ1400—1978《半导体器件参数符号》。

2.1.5.3 常用场效应管的特点和用途 见表 8.2.28。

表 8.2.28 常用场效应管的特点和用途

类别	结型场效应管			MOS 场效应管		增强型 MOS 管
	3DJ2	3DJ6	3DJ7	3DO1	3DO4	
特点及用途	用于高频、线性放大和斩波电路等	具有低噪声、稳定性高的优点,适用于低频、低噪声线性放大器	具有高输入阻抗、高跨导、低噪声和稳定性高等优点	具有高输入阻抗、低噪声、动态范围大的特点,适用于直流放大、阻抗变换和斩波器	工作频率较高、大于 100MHz,可作电台、雷达中线性高频放大或混频放大	具有高输入阻抗,零栅压下接近截止状态,用于开关、小信号放大、工业及通信

2.1.5.4 常用场效应管的型号及技术数据 见表 8.2.29 至表 8.2.31。

表 8.2.29 N 沟道结型场效应管的型号及技术数据

型号		I_{DSS} (mA)	U_P (V)	R_{GS} (Ω)	g_m (μS)	f_M (MHz)	BU_{DS} (V)	BU_{GS} (V)	P_{DM} (mW)	I_{DSM} (mA)	主要用途
3DJ2	D	<0.35		$>10^2$	>2000	≥ 300	>20	>20	100	15	100MHz 放大
	E	0.3~1.2	$< -4 $								
	F	1~3.5									
	G	3~6.5									
	H	6~10	$< -9 $								
3DJ4	D	<0.35		$>10^8$	>1000	≥ 30	>20	>20	100	15	低频低噪声放大
	E	0.3~1.2	$< -3 $								
	F	1~3.5									
	G	3~6.5									
	H	6~10	$< -6 $								
3DJ6	D	<0.35		$>10^8$	>1000	≥ 30	>20	>20	100	15	30MHz 放大
	E	0.3~1.2	$< -4 $								
	F	1~3.5									
	G	3~6.5									
	H	6~10	$< -9 $								
3DJ7	D	<0.35		>3000	≥ 90						
	E	<1.2	$< -4 $								
	F	1~3.5									
	G	3~11									
	H	10~18									
	I	17~25	$< -9 $								
J	24~35										

续表

型号	I_{DSS} (mA)	U_P (V)	R_{GS} (Ω)	g_m (μS)	f_M (MHz)	BU_{DS} (V)	BU_{GS} (V)	P_{DM} (mW)	I_{DSM} (mA)	主要用途
3DJ8	F	1~3.5	$>10^7$	>6000	≥ 90			100	15	30MHz 高跨导
	G	3~11								
	H	10~18								
	I	17~25								
	J	24~35								
	K	35~70								
3DJ9	F	1~3.5	$< -9 $	>4000	≥ 800					400MHz 放大
	G	3~6.5								
	H	6~11								
	J	10~18								
3DJ3	A		$< -9 $	$>10^5$	≥ 4000			30	40	$<50\Omega$ 低 阻开关
	B				≥ 7000					
	C				≥ 12000					
3DJ5	E	<1.2	$< -5 $	≥ 2000		>20	>20	100×2		对管
	F	1~3.5								
	G	3~6.5								
	H	6~10								
3DJ15	F	1~3.5	$< -5.5 $	≥ 3000	8000			100	10	88~ 108MHz 调频段 放大
	G	3~7								
	H	6~11								
	I	10~18								
	J	16~30								
3DJ17	F	1~3.5	$< -5.5 $	≥ 3000	6000			200	20	100MHz 放大
	G	3~11								
	H	10~18								
	I	17~25								
	J	24~65								

2.1.6 单结晶体管

2.1.6.1 单结晶体管伏安特性 见图 8.2.4。

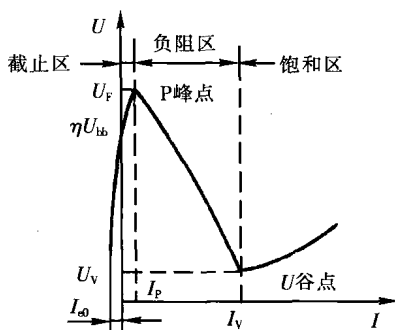


图 8.2.4 单结晶体管伏安特性

2.1.6.2 单结晶体管主要技术参数 见表 8.2.32。

表 8.2.32 单结晶体管主要技术参数

参数	名称	定义
R_{bb}	基极间电阻	发射极开路时,基极 b_1 、 b_2 之间的电阻,一般为 $2\sim 10k\Omega$
η	分压比	由管子内部结构决定的常数,一般为 $0.3\sim 0.9$
U_{eb10}	射-基极间反向电压	基极 b_2 开路,在额定反向电流时,发射极 e 与基极 b_1 之间的反向耐压值
U_{cs}	发射极饱和压降	在最大发射极电流下, e 、 b_1 极间的压降
I_{cb10}	反向电流	b_2 极开路,在额定反向电压 U_{eb10} 下, e 、 b_1 极间反向电流
I_P	峰点电流	单结晶体管刚开始导通时,峰点电压时的发射极电流
I_V	谷点电流	单结晶体管从负阻区到饱和区时的电流
U_V	谷点电压	单结晶体管随电流增加而电压减小的最小值
P_{b2M}	耗散功率	保证参数在规定范围内变化的耗散功率

注:详见 SJ1400—1978《半导体器件参数符号》。

2.1.6.3 常用单结晶体管的型号及技术数据 见表 8.2.33。

表 8.2.33 常用单结晶体管的型号及技术数据

型号	γ	R_{bb} (k Ω)	I_{eb10} (μ A)	U_{es} (V)	I_P (μ A)	I_V (mA)	U_V (V)	P_{b2M} (mW)				
BT31A	0.3~0.55	3~6	≤ 1	≤ 4	≤ 2	≤ 1.5	≤ 3.5	100				
BT31B		5~12										
BT31C	0.45~0.75	3~6										
BT31D		5~12										
BT31E	0.65~0.90	3~6										
BT31F		5~12										
BT32A	0.3~0.55	3~6										
BT32B		5~12										
BT32C	0.45~0.75	3~6										
BT32D		5~12										
BT32E	0.65~0.90	3~6										
BT32F		5~12										
BT33A	0.3~0.55	3~6										
BT33B		5~12										
BT33C	0.45~0.75	3~6										
BT33D		5~12										
BT33E	0.65~0.90	3~6										
BT33F		5~12										
BT35A	0.45~0.90	2~5	$\geq 30V^{\text{①}}$	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 4	400				
BT35B			$\geq 60V^{\text{①}}$									
BT35C	0.30~0.90	4.5~12	$\geq 30V^{\text{①}}$									
BT35D			$\geq 60V^{\text{①}}$									
BT37A	0.3~0.9	3~6	≤ 1						≤ 1	≤ 1	≤ 4	700
BT37B		5~12										
BT37C	0.4~0.75	3~6										
BT37D		5~12										
BT37E	0.55~0.90	3~5										
BT37F		5~12										

注:①为 e、b 间反向电压。

2.2 集成电路

2.2.1 半导体集成电路型号命名方法

半导体集成电路型号命名方法见表 8.2.34(摘自 GB3430—1989)。

表 8.2.34 半导体集成电路型号的五个组成部分的符号及意义

第0部分		第一部分		第二部分		第三部分		第四部分	
用字母表示器件符合国家标准		用字母表示器件的类型		用阿拉伯数字和字符表示器件的系列和品种代号		用字母表示器件的工作温度范围		用字母表示器件的封装	
符号	意义	符号	意义			符号	意义	符号	意义
C	符合国家标准	T	TTL 电路			C	0~70℃	F	多层陶瓷扁平
		H	HTL 电路			G	-25~70℃	B	塑料扁平
		E	ECL 电路			L	-25~85℃	H	黑瓷扁平
		C	CMOS 电路			E	-40~85℃	D	多层陶瓷双列扁平
		M	存储器			R	-55~85℃	J	黑瓷双列直插
		μ	微型机电路			M	-55~125℃	P	塑料双列直插
		F	线性放大器					S	塑料单列直插
		W	稳压器					K	金属菱形
		B	非线性电路					T	金属圆形
		J	接口电路					C	陶瓷芯片载体
		AD	A/D 转换器					E	塑料芯片载体
		DA	D/A 转换器					G	网格阵列
		D	音响、电视电路						
		SC	通讯专用电路						
		SS	敏感电路						
SW	钟表电路								

2.2.2 数字集成电路

2.2.2.1 数字集成电路的主要性能参数 见表 8.2.35。

表 8.2.35 数字集成电路的主要性能参数

参 数	单 位	定 义
静态功率	mW	每个电路在静态下的功率损耗
平均传输延迟时间	ns	在输出信号由高变低和由低变高的两种情况下,电路输入信号变化到输出信号变化的时间间隔平均值
噪声容限	V	在保证电路输出逻辑值不变的前提下,电路输入端能承受对标准逻辑电平的最大偏离值
扇出系数		通常是指一门电路能够驱动同类门电路(负载)的最大数目
供电电压	V	集成电路的额定电源电压

注:详见 GB3431.1—1982《半导体集成电路文字符号 电参数文字符号》。

2.2.2.2 各种数字集成逻辑门性能参数 见表 8.2.36。

表 8.2.36 各种数字集成逻辑门性能参数

参 数 类 型	静态功耗 (mW)	平均传输 延迟时间 (ns)	抗干扰能力	扇出系数	供电电压 (V)
DTL	8	30	较强	8	5
TTL	10	10	较强	10	5
HTL	55	90	最强	10	15
ECL	40	2	较弱	25	-5.2
I ² L	0.01	25	弱	3	>0.8
PMOS	1	300	较强	20	-24
NMOS	1.5	250	较强	20	≤15
CMOS	0.01	40	强	50	3~15

2.2.3 模拟集成电路

2.2.3.1 集成运算放大器的主要性能参数 见表 8.2.37。

表 8.2.37 集成运算放大器的主要性能参数

参数	名称	定义
U_{io}	输入失调电压	集成运放输出直流电压为零时,两输入端之间所加的补偿电压
I_{io}	输入失调电流	当运入输出直流电压为零时,两端输入端偏置电流之差
I_{ib}	输入偏置电流	当运放的输出直流电压为零时,两个输入端偏置电流的算术平均值
A_{VD}	差模开环直流电压增益	当运放开环工作,输出不带负载和工作在线性区内时,输出电压变化 ΔU 与差模输入电压变化 ΔU_i 之比, $A_{VD} = \Delta U_o / \Delta U_i$
K_{CMR}	共模抑制比	运放工作在线性区时,其差模电压增益 A_{VD} 与共模电压增益 A_{VC} 之比, $K_{CMR} = A_{VD} / A_{VC}$
U_{oDD}	最大输出电压	在特定的负载下,运放输出的最大不失真电压
U_{iCM}	最大共模输入电压幅度	当运放的共模抑制特性显著变坏(有时规定为下降 6dB)时的模输入电压幅度
U_{iDM}	最大差模输入电压	运放两输入端所允许加的最大电压差
B_w	开环带宽	运放开环电压增益值从直流增益下降到 3dB 时所对应的信号频率
Z_{iD}	差模输入阻抗(有时也称为输入阻抗)	运放工作在线性区时,两输入端的电压变化量对应的输入端电流变化量之比,在低频时表现为输出电阻 R_i
Z_e	输出阻抗	运放工作在线性区时,输出端信号电压变化量与对应的电流变化量之比,在低频时表现为输出电阻 R_o
P_D	静态功耗	运放输入端无信号输入,输出端不接负载时,运放所消耗的电源功率
U_{SR}	电源电压范围	供电电源的电压范围

注:详见 GB3431.1—1982《半导体集成电路文字符号 电参数文字符号》。

2.2.3.2 集成运算放大器的类型 见表 8.2.38。

表 8.2.38 集成运算放大器的类型

分 类	典型产品	特征参数范围
低增益通用型	F001、5G922、GB301、8FC1	$A_{VD} < 70\text{dB}$
中增益通用型	F003、F005、FC3、F004、5G23、8FC2	$A_{VD} = 70 \sim 90\text{dB}$
高增益通用型	F006、F007、8FC3、5G24	$A_{VD} > 90\text{dB}$
低功耗型	F010、5G26、FC54、XFC75	电源电压范围： $\pm 6 \sim \pm 18\text{V}$ ， $\pm 3 \sim \pm 18\text{V}$ 功耗 $\leq 15\text{mW}$
高速型	F052、F054、XFC76、4E321、5G27	$S_R < 50\text{V}/\mu\text{s}$ (S_R 为电压转换速率)
高增益低漂移型	4E325、4E326、5G312、XFC78	$A_{VD} > 100\text{dB}$ $\frac{\Delta U_{io}}{\Delta T} < 1\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ $\frac{\Delta I_{io}}{\Delta T} < 0.2\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
斩波型	5G7650	$\frac{\Delta U_{io}}{\Delta T} < 0.05\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ $\Delta U_{io} = \pm 5\mu\text{V}$
高输入阻抗型	5G28	$I_{io} = 10\text{nA}$ $R_i = 10^{10}\Omega$

注：按所加电源数目，运算放大器可分成双电源和单电源两类，本表所列均为双电源。

2.3 放大器

2.3.1 放大器的主要技术指标

2.3.1.1 增益 见图 8.2.5，其中 U_o/U_i 、 I_o/I_i 及 $U_o I_o/U_i I_i$ 分别称为电压增益、电流增益及功率增益。当用 dB 表示增益的单位时，其定义为

$$\text{电压增益} \quad A_U = 20\lg \frac{U_o}{U_i} \quad (\text{dB})$$

$$\text{电流增益} \quad A_I = 20\lg \frac{I_o}{I_i} \quad (\text{dB})$$

$$\text{功率增益} \quad A_P = 10\lg \frac{U_o I_o}{U_i I_i} \quad (\text{dB})$$

2.3.1.2 放大器的输入、输出阻抗 见图 8.2.5。

$$\text{输入阻抗} \quad Z_i = \frac{U_i}{I_i}$$

输出阻抗

$$Z_o = \frac{\dot{U}_o}{\dot{I}_o}$$

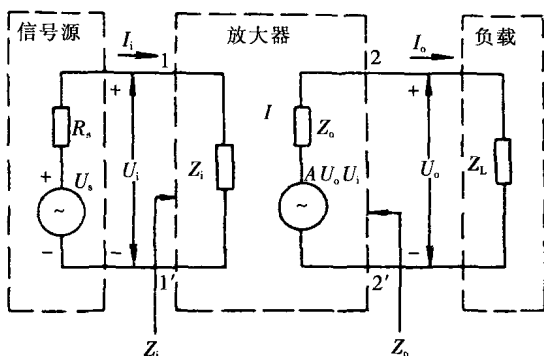


图 8.2.5 放大器的增益

2.3.2 晶体三极管基本放大电路

2.3.2.1 放大器的三种组态 见表 8.2.39。

表 8.2.39 晶体三极管三种基本放大电路的接法和性能

电路名称	共发射极电路	共集电极电路 (射极输出电路)	共基极电路
电路原理图 (PNP 型)			
输出与输入 电压的相位	反相	同相	同相
输入阻抗	较小(几百欧)	大(几百千欧)	小(几十欧)
输出阻抗	较大(几十千欧)	小(几十欧)	大(几百千欧)
电流放大倍数	大(几十到两百倍)	大(几十到两百倍)	<1
电压放大倍数	大(几百~千倍)	<1	较大(几百倍)
功率放大倍数	大(几千倍)	小(几十倍)	较大(几百倍)
频率特性	较差	好	好
稳定性	差	较好	较好
失真情况	较大	较小	较小
对电源要求	采用偏置电路,只需一个电源	采用偏置电路,只需一个电源	需要两个独立电源
应用范围	放大、开关等电路	阻抗变换电路	高频放大、振荡

2.3.2.2 常用偏置电路静态工作点的计算 见表 8.2.40。

表 8.2.40 常用偏置电路静态工作点的计算

偏置电路名称	电路形式	特点	静态工作点计算
固定偏置电路		<p>电路结构简单,调试方便,但静态工作点会随管子参数和环境温度的变化而变化,只适用于要求不高和环境温度变化不大的场合</p>	$I_b \approx \frac{U_{cc}}{R_b}$ $I_c = \beta I_b$ $U_{ce} = U_{cc} - I_c R_c$
分压器式电流负反馈偏置电路		<p>利用 R_{b1}、R_{b2} 组成的分压器以固定基极电位。利用 R_c 使发射极电流 I_c 基本不变。静态工作点基本不受更换管子和环境温度改变的影响,属于工作点稳定的偏置电路</p>	$I_b = \frac{R_{b2} U_{cc}}{R_{b1} + R_{b2}} - U_{be}$ $\cdot \frac{1}{(1 + \beta) R_e}$ $I_c = \beta I_b$ $U_{ce} \approx U_{cc} - I_c (R_c + R_e)$ $U_{be} \approx 0.7V$
集电极-基极偏置电路		<p>利用 $I_b \propto U_{ce}$ 来达到稳定静态工作点的目的</p>	$I_c \approx \frac{U_{cc}}{R_c + \frac{R_b + R_c}{\beta}}$ $I_b = \frac{I_c}{\beta}$ $U_{ce} = U_{cc} - (I_c + I_b) R_c$
自举偏置电路		<p>属于射极输出器的偏置形式,故输入电阻很高,且由于 C_3、R_{b3} 的作用,使输入电阻增高</p>	$I_c = \frac{\beta(U_b - U_{be})}{R_b + R_{b3} + R_c(1 + \beta)}$ $I_b = \frac{I_c}{\beta}$ $U_{ce} \approx U_{cc} - I_c R_c$ <p>其中</p> $U_b = U_{cc} \frac{R_{b2}}{R_{b1} + R_{b2}}$ $R_b = R_{b1} // R_{b2}$ $U_{be} \approx 0.7V$

2.3.3 场效应管放大电路

2.3.3.1 结型场效应管三种放大电路 见表 8.2.41。

表 8.2.41 结型场效应管三种放大电路的形式及性能比较

形式	共源	共漏	共栅
电路图			
输入电阻 R_i	$R_G // R_{C_S} \approx R_G$	$= R_1 // R_2$	R_i 很低 $\approx 1/g_m$
输出电阻 P_o	$R_L // R_{D_S} \approx R_L$	$\approx R_L$	$\approx R_L$
电压放大倍数 K	$\approx -g_m R_L$	≈ 1	$\approx -g_m R_L$
特点	输入阻抗高、电压增益大，应用最广，但高频特性差	输入阻抗高、输出阻抗低，适用于阻抗变换，如缓冲放大器，电压跟随器等	输入阻抗低，输出阻抗较高，频率特性好，常用于高频放大

2.3.3.2 场效应管常用偏置电路 见表 8.2.42。

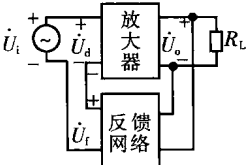
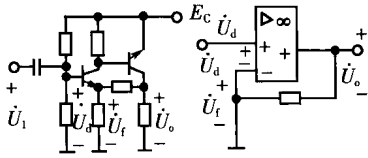
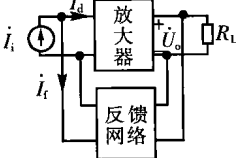
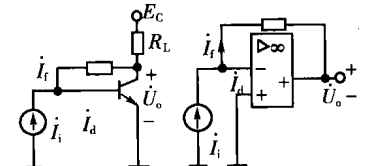
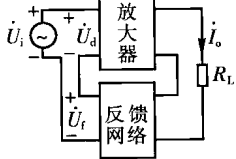
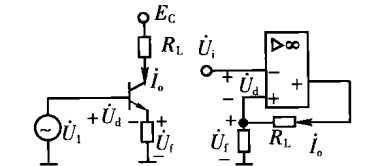
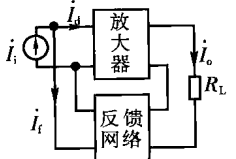
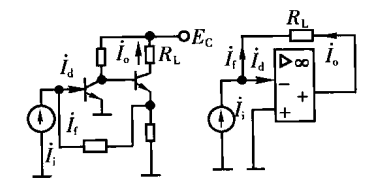
表 8.2.42 场效应管常用偏置电路

名称	固定偏压电路	自偏压电路	分压器式自偏压电路
电路图			
说明	静态时 $U_{GS} = -E_G$ ，因需电源 E_G ，故不常用	静态时 $U_{GS} = -I_D R_S$ ，只适用于耗尽型场效应管负栅压运行，不能用于增强型场效应管	静态时 $U_{GS} = \frac{R_{G2}}{R_{G1} + R_{G2}} \cdot U_{DD} - I_D R_S$ ，此偏置电路的优点是参数的选择范围大，输入电阻高，故应用较广

2.3.4 放大电路中的反馈

2.3.4.1 负反馈放大器的四种基本类型 见表 8.2.43。

表 8.2.43 负反馈放大器的四种基本类型

反馈类型	具体电路举例	可稳定的输入输出电阻	输入电阻	输出电阻
电压串联负反馈 		输出 电压	提高	减小
电压并联负反馈 			减小	减小
电流串联负反馈 		输出 电流	提高	增加不多
电流并联负反馈 			减小	减小

注：四种反馈均可使通频带增宽，并改善非线性失真。

2.3.4.2 负反馈放大器的增益 表达式如下：

$$\dot{A}_f = \frac{\dot{X}_o}{\dot{X}_i} = \frac{\dot{A}}{1 + \dot{A}\dot{F}}$$

式中 \dot{A}_f ——反馈放大器增益；

\dot{A} ——基本放大器增益；

\dot{F} ——反馈系数， $\dot{F} = \dot{X}_f / \dot{X}_o$ ；

\dot{X}_o 、 \dot{X}_i 、 \dot{X}_f ——放大器输出、输入和反馈电量。

不同反馈类型的 \dot{A}_f 、 \dot{A} 、 \dot{F} 见表 8.2.44。

表 8.2.44 不同类型的 \dot{A}_f 、 \dot{A} 和 \dot{F}

代号	电压串联	电压并联	电流串联	电流并联
\dot{A}_f	\dot{U}_o / \dot{U}_f (无量纲)	\dot{U}_o / \dot{i}_f (Ω)	\dot{i}_o / \dot{U}_f (S)	\dot{i}_o / \dot{i}_f (无量纲)
\dot{A}	\dot{U}_o / \dot{U}_d (无量纲)	\dot{U}_o / \dot{i}_d (Ω)	\dot{i}_o / \dot{U}_d (S)	\dot{i}_o / \dot{i}_d (无量纲)
\dot{F}	\dot{U}_f / \dot{U}_o (无量纲)	\dot{i}_f / \dot{U}_o (S)	\dot{U}_f / \dot{i}_o (Ω)	\dot{i}_f / \dot{i}_o (无量纲)

注：表中 \dot{U}_d 和 \dot{i}_d 是基本放大器的净输入电压和电流。

当 $|\dot{A}\dot{F}| \gg 1$ 时的放大器，称为深反馈放大器，它的 $\dot{A}_f = 1/\dot{F}$ ，即增益的大小与放大器本身无关，只与反馈网络的参数有关。深反馈放大器还具有 $\dot{X}_i \approx \dot{X}_f$ 、 \dot{X}_d (放大器净输入电量) ≈ 0 的特点。 $|1 + \dot{A}\dot{F}|$ 称为反馈深度，通常以分贝表示，即 $\lg|1 + \dot{A}\dot{F}|$ (dB)。

2.3.4.3 负反馈对放大器性能的影响

(1) 能提高增益稳定性。若因某种原因使基本放大器产生 $\Delta A/A$ 的相对变化量，则加负反馈后增益的相对变化量 $\Delta A_f/A_f$ 将减小。

(2) 减小非线性失真。在相同的输出幅度下，加负反馈后的非线性失真系数 D_f 小于无负反馈时的失真系数 D 。

(3) 能展宽通频带。

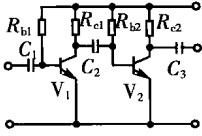
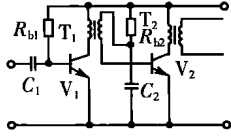
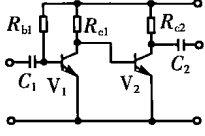
(4) 抑制放大器的内部噪声。

(5) 可改变放大器的输入输出阻抗。串联负反馈增大输入阻抗；并联负反馈减小输入阻抗。电压负反馈减小输出阻抗；电流负反馈增大输出阻抗。

2.3.5 放大器的耦合

2.3.5.1 耦合方式 见表 8.2.45。

表 8.2.45 多级放大器耦合方式

名称	阻容耦合	变压器耦合	直接耦合
电路形式			
耦合元件	电容 C_2	变压器	直接耦合
特点	各级静态工作点互不影响,但由于低频段容抗增大而使放大倍数下降	各级工作点互不影响,频带窄,但体积和质量大	传输效率高,频率响应好,但各级静态工作相互影响

2.3.5.2 多级放大器的分析方法 图 8.2.6 所示两级阻容耦合放大器电压放大倍数。

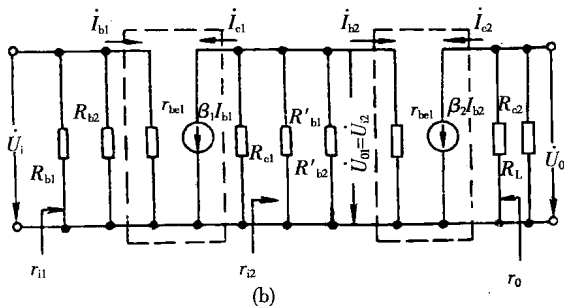
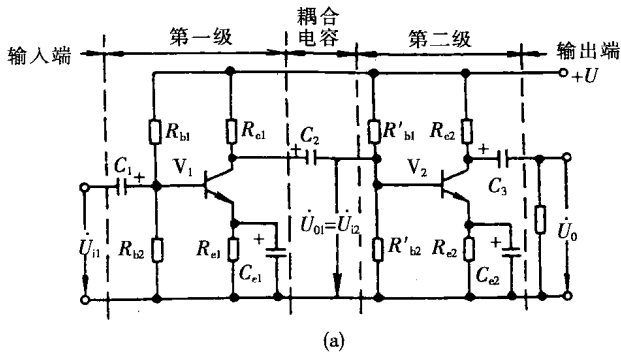


图 8.2.6 两级阻容耦合放大器

其中

$$A_U = A_{U1} A_{U2}$$

$$A_{U1} = -\beta_1 \frac{R'_{L1}}{r_{be1}} = -\beta_1 \frac{R_{c1} // r_{i2}}{r_{be1}}$$

$$(r_{i2} = R'_{b1} // R'_{b1} // r_{be2})$$

$$A_{U2} = -\beta_2 \frac{R'_{L2}}{r_{be2}} = -\beta_2 \frac{R_{c2} // R_L}{r_{be2}}$$

输入电阻

$$r_i = \frac{U_i}{I_i} = r_{i1} = R_{b1} // R_{b2} // r_{be1}$$

输出电阻

$$r_o \approx R_{c2}$$

2.3.6 直流放大器

2.3.6.1 差动放大器 典型电路如图 8.2.7 所示。设晶体管 V_1 、 V_2 的输入、输出特性十分接近,且 $R_{c1} = R_{c2} = R_c$, $R_{b1} = R_{b2} = R_b$, 则静态时 $I_{c1} = I_{c2} = I_c = I_o/2$ 。对于图 8.2.7(a)的电路 $I_o = (E_c - U_{be})/R_c$; 而对于图 8.2.7(b)的电路 $I_o = (U_b - U_{be})/R_{c3}$ 。

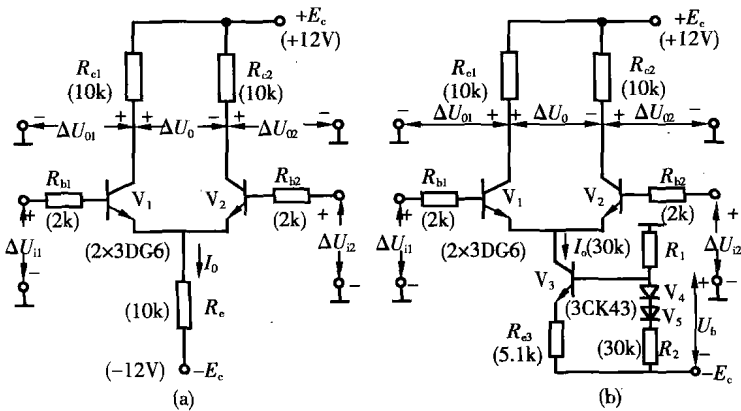


图 8.2.7 差动放大器

(a) 普通的差动放大器 (b) 具有恒流源的差动放大器

差模信号

$$\Delta U_d = \Delta U_{i1} - \Delta U_{i2}$$

共模信号

$$\Delta U_c = (\Delta U_{i1} + \Delta U_{i2})/2$$

单端和双端输出时的差模和共模电压增益、输出阻抗,见表 8.2.46。

差动放大器在 $|U_{b1} - U_{b2}| < 26\text{mV}$ 的范围内,输入和输出间基本上是线性关系,并有

$$\frac{\Delta I_c}{\Delta(U_{b1} - U_{b2})} = \frac{I_o}{4U_T}$$

的关系,式中 $U_T = 26\text{mV}$ (室温时)。即

$$\frac{\Delta U_c}{U_{b1} - U_{b2}} \propto I_0$$

表 8.2.46 差分放大器的电压增益和输出阻抗

形式	差模电压增益	共模电压增益	输出阻抗
单端输出	$A_{d1} = \frac{\Delta U_{o1}}{\Delta U_{i1} - \Delta U_{i2}} = \frac{\beta R_c}{2(R_b + r_{be})}$ $A_{d2} = \frac{\Delta U_{o2}}{\Delta U_{i1} - \Delta U_{i2}} = \frac{\beta R_c}{2(R_b + r_{be})}$	$A_{c1} = A_{c2} = \frac{-\beta R_c}{R_b + r_{be} + (1 + \beta) 2R_b}$ [图 8.2.7(a) 电路] $A_{c1} = A_{c2} \approx 0$ [图 8.2.7(b) 电路]	R_c
双端输出	$A_{d02} = \frac{\Delta U_o}{\Delta U_{i1} - \Delta U_{i2}} = \frac{-\beta R_c}{R_b + r_{be}}$	$A_{c12} \approx 0$	$2R_c$

2.3.6.2 直流功率放大器 图 8.2.8 示出采用通用运算放大器 F007 的直流功率放大电路。该电路能向 8Ω 的负载输出 $30W$ 的功率,带宽可达 $100kHz$,电压增益为 10,非线性失真系数小于 0.2% 。

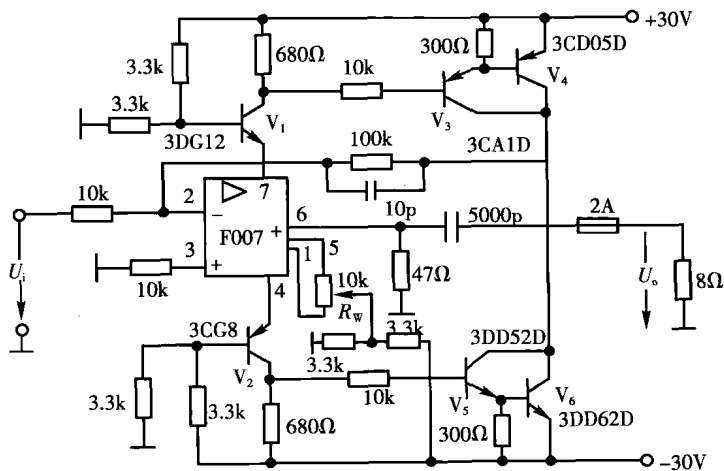


图 8.2.8 用运算的放大器组成的直流功率放大器
 R_w ——输出调零电位器

2.3.7 集成运算放大器

2.3.7.1 运算放大器的三种基本接法 见表 8.2.47。

表 8.2.47 运算放大器的三种接法

名称	电路图	电压放大倍数	输入阻抗	输出阻抗
反相输入		$A_{Uf} = -\frac{R_f}{R_1}$	$r_{if} \approx R_1$	
同相输入		$A_{Uf} \approx 1 + \frac{R_f}{R_1}$	$r_{if} = r_i(1 + A_U F_U)$ 其中 $F_U = \frac{R_1}{R_1 + R_f}$	$r_{of} = \frac{r_o}{1 + A_U F_U}$ 其中 r_o 为基本运算放大器的输出电阻,
差动输入		$A_{Uf} \approx -\frac{R_f}{R_1}$ (当 $\frac{R_f}{R_1} = \frac{R_3}{R_2}$ 时)	差模: $r_{if} = R_1 + R_2$ 共模: $r_{if} = (R_1 + R_f) // (R_2 + R_3)$	$F_U = \frac{R_1}{R_1 + R_f}$

2.3.7.2 同相和反相运放的外部调整电路 为了消除 U_{10} 和 I_{10} 在输出端产生误差电压,放大器应有调零装置。设有内部调零电路的不同型号的放大器,应按有关器件手册采取不同的布线方法。无内部调零装置的,可采用图 8.2.9 所示的外部调零电路。

2.3.8 低频功率放大器

2.3.8.1 变压器耦合单边功率放大器 变压器耦合单边功率放大器如图 8.2.10 和图 8.2.11 所示。

(1) 静态工作点:因输出变压器一次侧绕组的直流电阻极小,且 R_c 很小,故直流负载线是从横轴上 $u_{ce} = U_{cc}$ 一点出发向上的垂直线(图 8.2.11)。静态工作点应不超过功放管的功率线并尽量极限使用,通常工作电流 I_c 可按下式选择

$$I_c = \frac{0.8 P_{cM}}{U_{cc}}$$

(2) 交流负载线:当交流信号输入时,集电极电路呈出的交流等效电阻

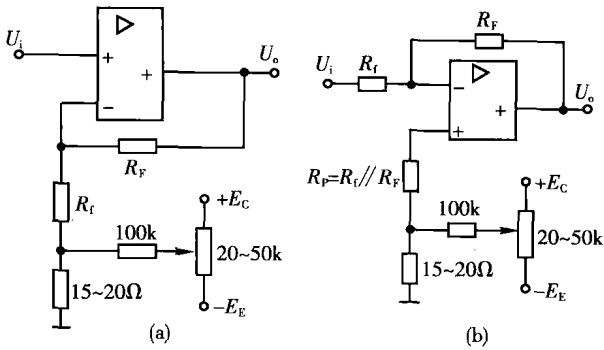


图 8.2.9 同相和反相运放的外部调零电路
(a)同相 (b)反相

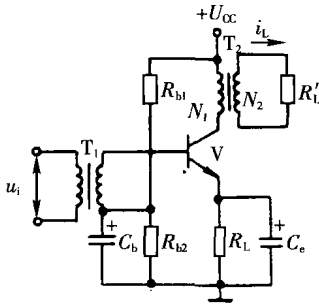


图 8.2.10 单边功率放大器原理图

$$R_L' = K^2 R_L = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 R_L$$

所以通过 Q 点作斜率为 $-\frac{1}{R_L'}$ 的交流负载线。在不超越功耗线的前提下, 为了获得最大功率输出, 选择交流负载线斜率(可通过改变输出变压器的匝数比 K 实现), 以满足交流输出电流、电压的幅值

$$I_{cm} = I_c$$

$$U_{cem} \approx U_{cc}$$

这时放大器的不失真输出功率最大。

(3) 输出功率和效率

理想输出功率:

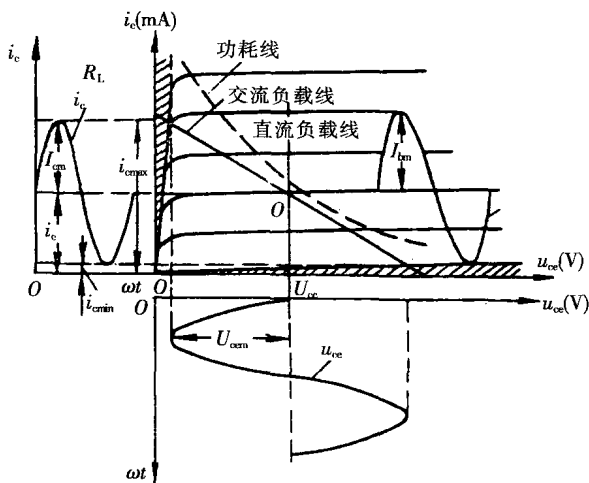


图 8.2.11 单边功率放大器图解

$$P_0 = \frac{U_{cem}}{\sqrt{2}} \times \frac{I_{cm}}{\sqrt{2}} \approx \frac{U_{cc}}{\sqrt{2}} \times \frac{I_c}{\sqrt{2}} = \frac{1}{2} U_{cc} I_c$$

电源供给放大器的直流功率:

$$P_E = U_{cc} I_c$$

理想效率:

$$\eta = \frac{P_0}{P_E} = \frac{\frac{1}{2} U_{cc} I_c}{U_{cc} I_c} = 50\%$$

考虑变压器损耗等因素,实际效率只有 30% 左右。

(4) 功率管集电极电压最大值

$$U_{cem} = 2U_{cc}$$

(5) 选择功放管条件

$$P_{cm} \geq (3 \sim 4) P_0$$

$$BU_{ceo} > 2.2U_{cc}$$

2.3.8.2 推挽功率放大器 如图 8.2.12 所示,其中 R_{b1} 、 R_{b2} 和 R_c 组成偏置电路,使 V_1 、 V_2 管有较小的静态电流,以减小交流失真。由于静态电流较小,所以电源供给的静态直流功率也小。

当有信号输入时,通过输入变压器 T_1 ,分别向晶体管 V_1 和 V_2 提供幅值相同相位相反的信号,使 V_1 和 V_2 轮流导通,从而二个半波电流 i_{c1} 、 i_{c2} 分别经过输出变压器 T_2 合成后送给负载 R_L ,所以 R_L 上获得的仍然是完整的正弦输出信号。显

然,每一只功放管在整个信号周期中只工作半个周期,这种工作状态称为甲乙类状态。

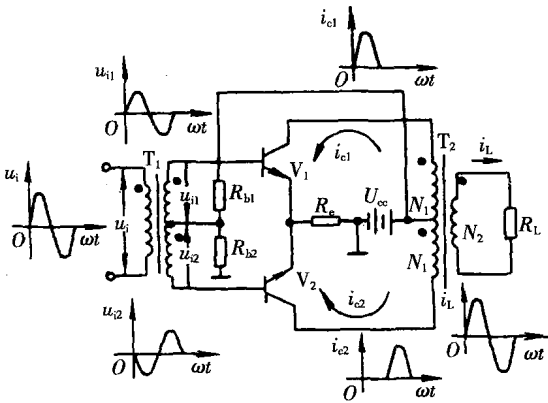


图 8.2.12 推挽功率放大器

(1) 输出功率和效率

理想输出功率:

$$P_0 \approx \frac{1}{2} \frac{U_{cc}^2}{R'_L}$$

$$R'_L = K^2 R_L, K = \frac{N_1}{N_2}$$

电源供给的直流功率:

$$P_E = \frac{2}{\pi} \frac{U_{cc}^2}{R'_L}$$

理想效率:

$$\eta = \frac{P_0}{P_E} = \frac{\pi}{4} = 78.5\%$$

考虑到变压器的损耗等因素,实际功率约为 60%。

(2) 选择功放管的条件

$$P_{cm} \geq 0.2 P_0$$

$$BU_{ceo} > 2.2 U_{cc}$$

2.3.8.3 互补对称功率放大器

采用一个电源的互补对称电路如图 8.2.13 所示。图中 V_2 和 V_3 构成互补对称输出管。电容 C 起隔直作用。降压电阻 R_2 两端的直流电压降 $I_{c1} R_2$ 给 V_2 和 V_3 提供一个合适的偏置,以克服交流失真。 C_2 起交流旁路作用,以保证在有输入信号时,加到 V_2 和 V_3 的交流信号相同, R_{c1} 是 V_1 的集电极电阻。

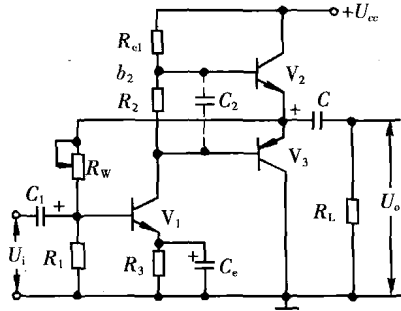


图 8.2.13 一个电源的互补对称电路

在输出较大时,常采用复合管代替互补管,其典型电路如图 8.2.14 所示。图中 V_2 和 V_4 组成 NPN 型复合管,复合管电流放大系数近似等于 V_2 和 V_4 的电流放大系数的乘积,即 $\beta_{2.4} \approx \beta_2 \beta_4$; V_3 和 V_5 也组成 PNP 型复合管,且 $\beta_{3.5} \approx \beta_3 \beta_5$ 。该电路增加了由 R_3C_3 构成“自举电路”,起到增大互补电路的输出幅度的作用。

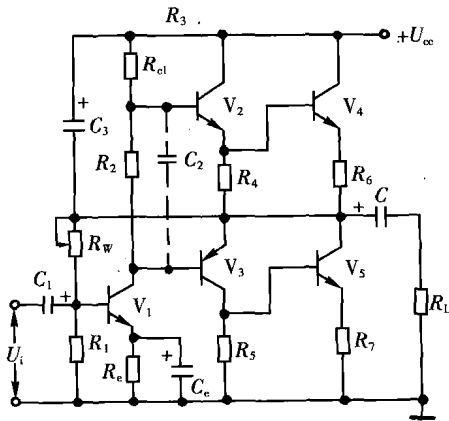


图 8.2.14 一个电源的复合互补对称电路

以上互补对称电路的最大理想不失真输出功率 $U_{cc}^2/(8R_L)$, 电源供给的直流功率为 $U_{cc}^2/(2\pi R_L)$, 理想效率为 78.5%。

第9章 电工材料

1 导电材料

导电材料的用途是输送和传导电流。例如,架空线路或电缆线路,室内布线用的各种电线、电缆,电机和电器中线圈用的电磁线、触头、电刷、接触片及其他导电零件。

电线和电缆的分类:

(1)按所用的金属材料可分为铜线、铝线、钢芯铝线、钢线、镀锌铁线等。

(2)按构造可分为裸电线、绝缘电线、电磁线、电缆等。裸电线和绝缘电线又可分为单线和绞线两种。

(3)按金属性质可分为硬线和软线两种。硬线是未经退火处理的,抗拉强度大;软线是经过退火处理的,抗拉强度较差。

(4)按导线截面的形状可分为圆线和型线两种。

常用的金属导电材料要求电阻低(电导率高),机械强度高,一般场合多用铜和铝。

1.1 裸电线

1.1.1 常用裸电线的型号、特性和用途

常用裸电线的型号、特性和用途见表 9.1.1。

表 9.1.1 常用裸电线的型号、特性和用途

类别	名称	型号	特性	用途
圆线	硬圆铜线	TY	硬线的抗拉强度大,软线的延伸率高,半硬线介于两者之间	硬线主要用作架空导线;半硬线、软线主要用作电线、电缆及电磁线的线芯,亦可用于其他电器制品
	软圆铜线	TR		
	硬圆铝线	LY		
	软圆铝线	LR		

续表

绞线	铝绞线 铝芯铝绞线	LJ LGJ	导电性能、机械性能良好、钢芯铝绞线比铝绞线拉断力大1倍左右	用于高、低压空架电力线路
型线	硬扁铜线 软扁铜线	TBY2 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	铜、铝扁线主要用于制造电机、电器的线圈。铝母线主要作汇流排用
	硬扁铝线 软扁铝线	LBY4 LBR		
	硬铜母线 软铜母线	TMY TMR		
	硬铝母线 软铝母线	LMY LMR		
软接线	铜电刷线	TS TSX TSR TSXR	柔软,耐振动,耐弯曲	用作电刷连接线
	铜软绞线	TJR	柔软	用作引出线、接地线、整流器和晶闸管的引出线等
	软铜编织线	TZ-2 TZ-3	柔软	用作汽车、拖拉机蓄电池连接线

1.1.2 圆铜线

常用圆铜线的电阻率及电阻温度系数见表 9.1.2, 标称尺寸及质量见表 9.1.3。

表 9.1.2 圆铜线的电阻率及电阻温度系数

型号	20℃时的电阻率不大于($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)		电阻温度系数(1/℃)
	直径为 2mm 及以下时	直径为 2mm 及以上时	
TY	0.01796	0.01777	0.00379
TR	0.01724	0.01724	0.00393

表 9.1.3 圆铜线的标称尺寸及质量

标称直径 (mm)	标称截面 (mm ²)	每 1km 的质量 (kg)	标称直径 (mm)	标称截面 (mm ²)	每 1km 的质量 (kg)
0.020	0.0003	0.0029	0.390	0.11946	1.0620
0.025	0.0005	0.0047	0.400	0.12566	1.1172
0.030	0.0007	0.0063	0.410	0.13203	1.1737
0.040	0.0012	0.0112	0.420	0.13854	1.2317
0.050	0.00196	0.0175	0.430	0.14522	1.2910
0.060	0.00283	0.0258	0.450	0.15904	1.4139
0.070	0.00385	0.0342	0.470	0.17349	1.5424
0.080	0.00503	0.0447	0.490	0.1886	1.6764
0.090	0.00636	0.0565	0.500	0.1964	1.7465
0.100	0.00785	0.0698	0.520	0.2124	1.8880
0.110	0.00950	0.0845	0.530	0.2206	1.9613
0.120	0.01131	0.1005	0.560	0.2463	2.1896
0.130	0.01327	0.1180	0.580	0.2642	2.3433
0.140	0.01539	0.1369	0.600	0.2827	2.5136
0.150	0.01767	0.1571	0.630	0.3117	2.7712
0.160	0.02011	0.1787	0.640	0.3217	2.8599
0.170	0.02270	0.2018	0.670	0.3526	3.1343
0.180	0.02545	0.2268	0.680	0.3632	3.2286
0.190	0.02835	0.2521	0.690	0.3439	3.3242
0.200	0.03142	0.2793	0.700	0.3348	3.4212
0.210	0.03464	0.3079	0.710	0.3959	3.5197
0.230	0.04115	0.3694	0.740	0.4301	3.8235
0.250	0.04909	0.4364	0.750	0.4418	3.9272
0.260	0.05309	0.4720	0.760	0.4537	4.0329
0.270	0.05726	0.5090	0.770	0.4657	4.1397
0.280	0.06158	0.5474	0.780	0.4778	4.2480
0.290	0.06605	0.5372	0.800	0.5027	4.4690
0.300	0.07069	0.6234	0.820	0.5281	4.6948
0.310	0.07548	0.6710	0.850	0.5675	5.0446
0.320	0.08042	0.7150	0.900	0.6362	5.6556
0.330	0.08553	0.7604	0.930	0.6793	6.0389
0.350	0.09621	0.8553	0.950	0.7088	6.3014
0.370	0.10752	0.9559	0.970	0.7390	6.5695
0.380	0.11341	1.0082	1.00	0.7854	6.9822

续表

标称直径 (mm)	标称截面 (mm ²)	每 1km 的质量 (kg)	标称直径 (mm)	标称截面 (mm ²)	每 1km 的质量 (kg)
1.03	0.8332	7.4071	2.12	3.5299	31.3808
1.06	0.8825	7.8454	2.24	3.9408	35.0337
1.12	0.9852	8.7584	2.36	4.3744	38.8884
1.13	1.0029	8.9158	2.50	4.9087	43.6383
1.18	1.0936	9.7221	2.62	5.3913	47.9287
1.20	1.1311	10.0546	2.65	5.5155	49.0328
1.25	1.2272	10.9098	2.73	5.8535	52.0376
1.30	1.3273	11.7997	2.80	6.1575	54.7402
1.33	1.3893	12.3509	2.85	6.3794	56.7129
1.35	1.4314	12.7250	3.00	7.0686	62.8399
1.37	1.4741	13.1047	3.15	7.7931	69.2807
1.40	1.5394	13.6853	3.35	8.8141	78.3573
1.45	1.6513	14.6801	3.55	9.8980	87.9932
1.50	1.7672	15.7095	3.75	11.0447	98.1901
1.56	1.9114	16.9919	4.00	12.5664	111.725
1.60	2.0106	17.8743	4.25	14.1863	126.258
1.70	2.2698	20.1785	4.50	15.0943	141.387
1.76	2.4329	21.6276	4.75	17.7206	157.531
1.80	2.5447	22.6224	5.00	19.6350	174.555
1.83	2.6302	23.3825	5.53	22.0620	196.130
1.90	2.8353	25.2058	5.60	24.6301	218.960
2.00	3.1416	27.9288	6.00	28.2740	251.360

1.1.3 圆铝线

常用圆铝线的电阻率及电阻温度系数见表 9.1.4, 标称尺寸及质量见表 9.1.5。

表 9.1.4 圆铝线的电阻率及电阻温度系数

型号	20℃时的电阻率不大于($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)	电阻温度系数(1/℃)
LY	0.02836	0.00403
LR	0.02800	0.00407

表 9.1.5 圆铝线的标称尺寸及质量

标称直径 (mm)	标称截面 (mm ²)	每 1km 的质量 (kg)	标称直径 (mm)	标称截面 (mm ²)	每 1km 的质量 (kg)
0.06	0.00282	0.0076	0.50	0.19635	0.5301
0.07	0.00385	0.0104	0.52	0.21237	0.5734
0.08	0.00503	0.0136	0.53	0.22062	0.5957
0.09	0.00636	0.0172	0.56	0.24630	0.6650
0.10	0.00785	0.0212	0.58	0.26421	0.7134
0.11	0.00950	0.0257	0.60	0.28274	0.7634
0.12	0.01131	0.0305	0.63	0.31172	0.8417
0.13	0.01327	0.0358	0.64	0.32170	0.8686
0.14	0.01539	0.0416	0.67	0.35257	0.9519
0.15	0.01767	0.0477	0.68	0.36317	0.9806
0.16	0.02011	0.0543	0.70	0.38485	1.0391
0.17	0.02270	0.0613	0.71	0.39592	1.0690
0.18	0.02545	0.0687	0.74	0.43008	1.1612
0.19	0.02835	0.0766	0.75	0.44179	1.1928
0.20	0.03142	0.0848	0.76	0.45365	1.2248
0.21	0.03464	0.0935	0.77	0.46566	1.2573
0.23	0.04115	0.1111	0.78	0.47784	1.2902
0.25	0.04909	0.1325	0.80	0.50265	1.3572
0.26	0.05309	0.1434	0.82	0.52810	1.4259
0.28	0.06158	0.1663	0.83	0.54106	1.4609
0.30	0.07069	0.1909	0.85	0.56745	1.5321
0.31	0.07548	0.2033	0.90	0.63617	1.7177
0.32	0.08042	0.2171	0.93	0.67929	1.8341
0.33	0.08553	0.2309	0.95	0.70882	1.9138
0.35	0.09621	0.2598	0.97	0.73898	1.9953
0.37	0.10752	0.2903	1.00	0.78540	2.1206
0.38	0.11341	0.3062	1.03	0.83323	2.2497
0.40	0.12566	0.3393	1.06	0.88247	2.3827
0.41	0.13203	0.3565	1.12	0.98520	2.6601
0.42	0.13854	0.3741	1.13	1.00288	2.7078
0.43	0.14522	0.3921	1.18	1.09359	2.9527
0.45	0.15901	0.4390	1.25	1.22719	3.3134
0.47	0.17349	0.4684	1.30	1.32732	3.5838
0.49	0.18857	0.5092	1.33	1.38929	3.7511

续表

标称直径 (mm)	标称截面 (mm ²)	每 1km 的质量 (kg)	标称直径 (mm)	标称截面 (mm ²)	每 1km 的质量 (kg)
1.35	1.43139	3.8648	2.85	6.51441	17.5889
1.37	1.47411	3.9801	3.00	7.06858	19.0852
1.40	1.53938	4.1563	3.06	7.35415	19.8562
1.45	1.65130	4.4585	3.15	7.79311	21.0414
1.50	1.76715	4.7713	3.20	8.04248	21.7147
1.56	1.91135	5.1607	3.22	8.14332	21.9870
1.60	2.01062	5.4287	3.35	8.81413	23.7982
1.70	2.26980	6.1285	3.36	8.86683	23.9404
1.76	2.43285	6.5687	3.50	9.62113	25.9771
1.80	2.54469	6.8707	3.55	9.89798	26.7246
1.83	2.63022	7.1016	3.67	10.57845	28.5618
1.90	2.83529	7.6553	3.70	10.75210	29.0307
2.00	3.14159	8.4823	3.75	11.04466	29.8206

1.1.4 铝绞线

常用铝绞线的技术数据见表 9.1.6。

表 9.1.6 LJ 型铝绞线的技术数据

标称截面 (mm ²)	铝截面 (mm ²)	电线直径 (mm)	每 1km 的直流 电阻(20℃)(Ω)	拉断力 (kN)	弹性系数 (kN/mm ²)	热膨胀系数 (×10 ⁻⁶ /℃)	每 1km 的 质量(kg)
10	10.10	4.46	2.896	1.598	58.84	23.0	27.6
16	15.89	5.10	1.847	2.520	58.84	23.0	43.5
25	24.41	6.36	1.188	3.923	58.84	23.0	67.6
35	34.36	7.50	0.854	5.443	58.84	23.0	94.0
50	49.48	9.00	0.593	7.355	58.84	23.0	135
70	69.29	10.65	0.425	9.709	58.84	23.0	190
95	93.27	12.50	0.317	14.81	55.90	23.0	257
120	116.99	14.00	0.253	17.46	55.90	23.0	323
150	148.07	15.75	0.200	22.06	55.90	23.0	409
185	182.80	17.50	0.162	27.26	55.90	23.0	504
240	236.38	19.90	0.125	33.05	55.90	23.0	652
300	297.57	22.40	0.0996	44.33	55.90	23.0	822
400	397.83	25.90	0.0745	55.60	55.90	23.0	1099
500	498.07	28.98	0.0595	69.63	55.90	23.0	1376
600	603.78	31.95	0.0491	79.92	53.94	23.0	1669

1.1.5 钢芯铝绞线

常用钢芯铝绞线的技术数据见表 9.1.7。

表 9.1.7 LGJ 型钢芯铝绞线的技术数据

标称截面 (mm ²)	截面(mm ²)		直径(mm)		每 1km 的 直流电阻 (Ω)	拉断力 (kN)	弹性系数 (kN/mm ²)	热膨胀系数 (×10 ⁻⁶ /°C)	每 1km 的 质量(kg)
	铝	钢	电线	钢芯					
10	10.60	1.77	4.50	1.5	2.774	3.599	76.49	19.1	42.9
16	15.27	2.54	5.40	1.8	1.926	5.198	76.49	19.1	61.7
25	22.81	3.80	6.60	2.2	1.289	7.747	76.49	19.1	92.2
35	36.95	6.16	8.40	2.8	0.796	11.67	76.49	19.1	149.0
50	48.26	8.04	9.60	3.2	0.609	15.20	76.49	19.1	195.0
70	68.05	11.34	11.40	3.8	0.432	20.89	76.49	19.1	275.0
95	94.23	17.81	13.68	5.4	0.315	34.23	78.45	18.8	401.0
120	116.34	21.99	15.20	6.0	0.255	42.27	78.45	18.8	495.0
150	140.76	26.61	16.72	6.6	0.211	49.82	78.45	18.8	598.0
185	182.40	34.36	19.02	7.5	0.163	64.43	78.45	18.8	774.0
240	228.01	43.10	21.28	8.4	0.130	77.08	78.45	18.8	989.0
300	317.52	59.69	25.20	10.0	0.0935	109.05	78.45	18.8	1348.0
400	382.40	72.22	27.68	11.0	0.0778	131.70	78.45	18.8	1626.0

1.1.6 铝母线

农村发电站、变电所常用的铝母线技术数据见表 9.1.8。

表 9.1.8 铝母线的技术数据

型 号	宽×厚(mm)	允许电流(A)	每米母线的质量(kg/m)
LMY LMR	25×3	265	0.203
	30×3	305	0.234
	40×4	480	0.432
	50×5	665	0.675
	60×6	870	0.972
	80×8	1320	1.728
	100×8	1625	2.160
	100×10	1825	2.700

注：表中允许电流为铝母线立排、环境温度为 25°C 时的数据。当铝母线平排时，对于母线宽度在 60mm 以下的，应乘以系数 0.95；对于母线宽度在 60mm 及以上的，应乘以系数 0.92。当环境温度不是 25°C 时，还应乘以下列温度校正系数：

环境温度(°C)	10	15	20	25	30	35	40
校正系数	1.15	1.11	1.05	1	0.94	0.88	0.81

1.2 绝缘电线

1.2.1 绝缘电线的型号及用途

绝缘电线的型号及用途见表 9.1.9。

表 9.1.9 绝缘电线的型号及用途

名称	型号	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	用于交流 500V 及以下的电气设备和照明装置的连接,其中 BVR 型软线适用于要求电线比较柔软的情况
橡皮绝缘铜芯线 橡皮绝缘铝芯线	BX BLX	用于交流 500V 及以下,直流 1000V 及以下的户内外架空、明敷、穿管固定敷设的照明及电气设备电路
橡皮绝缘铜芯软线	BXR	用于交流 500V 及以下,直流 1000V 及以下电气设备及照明装置要求电线比较柔软的室内安装
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 250V 及以下的移动式日用电器的连接
聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套铜芯软线	RVZ	用于交流 500V 及以下的移动式日用电器的连接
复合物绝缘平型铜芯软线 复合物绝缘绞型铜芯软线	RFB RFS	用于交流 250V 或直流 500V 及以下的各种日用电器、照明灯座等设备的连接
农用地下直埋聚氯乙烯绝缘铝芯线 农用地下直埋聚氯乙烯护套铝芯线 农用地下直埋聚乙烯绝缘聚氯乙烯护套铝芯线	NLV NLVV NLYV	用于农村地下直埋敷设,供交流 500V 及以下,直流 1000V 及以下的电气设备和照明装置的配线路用

1.2.2 BV、BLV 型聚氯乙烯绝缘铜芯线、铝芯线

BV、BLV 型聚氯乙烯绝缘铜芯线、铝芯线的技术数据见表 9.1.10。

表 9.1.10 BV、BLV 型聚氯乙烯绝缘铜芯线、铝芯线的技术数据

标称截面 (mm ²)	导电线芯结构		绝缘厚度 (mm)	最大外径(mm)		参考载流量(A)			
	根数	直径 (mm)		单芯	双芯	BV		BLV	
						单芯	双芯	单芯	双芯
1	1	1.13	0.7	2.8	2.8×5.6	20	16	15	12
1.5	1	1.37	0.7	3.0	3.0×6.0	25	21	19	16
2.5	1	1.76	0.8	3.7	3.7×7.4	34	26	26	22
4	1	2.24	0.8	4.2	4.2×8.4	45	38	35	29
6	1	2.73	0.9	5.0	5.0×10	56	47	43	36
8	7	1.20	0.9	5.6	5.6×11.2	70	59	54	45
10	7	1.33	1.0	6.6	6.6×13.2	85	72	66	56
16	7	1.70	1.0	7.8	—	113	96	87	73
25	7	2.12	1.2	9.6	—	146	123	112	95
35	7	2.50	1.2	10.0	—	180	151	139	117
50	19	1.83	1.4	13.1	—	225	188	173	145
75	19	2.14	1.4	14.9	—	287	240	220	185
95	19	2.50	1.6	17.3	—	350	294	254	214

1.2.3 BVR、BLVR 型聚氯乙烯绝缘铜芯软线、铝芯软线

BVR、BLVR 型聚氯乙烯绝缘铜芯软线、铝芯软线的技术数据见表 9.1.11。

表 9.1.11 BVR、BLVR 型聚氯乙烯绝缘铜芯软线、铝芯软线的技术数据

标称截面 (mm ²)	导电线芯结构		绝缘厚度 (mm)	最大外径(mm)		参考载流量(A)			
	根数	直径 (mm)		单芯	双芯	BVR		BLVR	
						单芯	双芯	单芯	双芯
1	7	0.43	0.7	3.0	3.0×6.0	20	16	15	12
1.5	7	0.52	0.7	3.3	3.3×6.6	25	21	19	16
2.5	19	0.41	0.8	4.0	4.0×8.0	34	26	26	22
4	19	0.52	0.8	4.6	4.6×9.2	45	38	35	29
6	19	0.64	0.9	5.5	5.5×11.0	56	47	43	36
8	19	0.74	0.9	5.7	5.7×11.4	70	59	54	45
10	49	0.52	1.0	6.7	6.7×13.4	85	72	66	56
16	49	0.64	1.0	8.5	—	113	96	87	73
25	98	0.58	1.2	11.1	—	146	123	112	95
35	133	0.58	1.2	12.2	—	180	151	139	117
50	133	0.68	1.4	14.3	—	225	188	173	145

注：表中载流量是指环境温度 25℃，载流导线线芯温度 70℃ 时，架空敷设的数据。不同环境温度时的载流量温度校正系数为：

环境温度(°C)	5	10	15	20	25	30	35	40	45
温度校正系数	1.225	1.172	1.118	1.060	1.0	0.9354	0.8660	0.7906	0.7017

1.2.4 BVV、BLVV 型聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套铜芯线、铝芯线

BVV、BLVV 型聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套铜芯线、铝芯线的技术数据见表 9.1.12。

表 9.1.12 BVV、BLVV 型聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套铜芯线、铝芯线的技术数据

标称截面 (mm ²)	导电线芯结构		绝缘厚度 (mm)	护套厚度 (mm)		最大外径(mm)			参考载流量(A)					
	根数	直径 (mm)		单、双芯	三芯	单芯	双芯	三芯	BVV			BLVV		
			单芯						双芯	三芯	单芯	双芯	三芯	
1.0	1	1.13	0.6	0.7	0.8	4.1	4.1×6.7	4.3×9.5	20	16	13	15	12	10
1.5	1	1.37	0.6	0.7	0.8	4.4	4.4×7.2	4.6×10.3	25	21	16	19	16	12
2.5	1	1.76	0.6	0.7	0.8	4.8	4.8×8.1	5.0×11.5	34	26	22	26	22	17
4.0	1	2.24	0.6	0.7	0.8	5.3	5.3×9.1	5.5×13.1	45	38	29	35	29	23
5.0	1	2.50	0.8	0.8	1.0	6.3	6.3×10.7	6.7×15.7	51	43	33	39	33	26
6.0	1	2.73	0.8	0.8	1.0	6.5	6.5×11.3	6.9×16.5	56	47	36	43	36	28
8.0	7	1.20	0.8	1.0	1.2	7.9	7.9×13.6	8.3×19.4	70	59	46	54	45	35
10.0	7	1.33	0.8	1.0	1.2	8.4	8.4×14.5	8.8×20.7	85	72	55	66	56	43

1.2.5 BX、BLX 型橡胶绝缘铜芯线、铝芯线

BX、BLX 型橡胶绝缘铜芯线、铝芯线的技术数据见表 9.1.13。

表 9.1.13 BX、BLX 型橡胶绝缘铜芯线、铝芯线的技术数据

标称截面 (mm ²)	导电线芯结构		绝缘厚度 (mm)	电线最大外径(mm)				参考载流量(A)	
	根数	直径 (mm)		单芯	双芯	三芯	四芯	BX	BLX
0.75	1	0.97	1.0	4.4	—	—	—	13	—
1	1	1.13	1.0	4.5	8.7	9.2	10.1	17	—
1.5	1	1.37	1.0	4.8	9.2	9.7	10.7	20	15
2.5	1	1.76	1.0	5.2	10.0	10.7	11.7	28	21
4	1	2.24	1.0	5.8	11.1	11.8	13.0	37	28
6	1	2.73	1.0	6.3	12.2	13.0	14.3	46	36
10	7	1.35	1.2	8.1	15.8	16.9	18.7	69	51
16	7	1.70	1.2	9.4	18.3	19.5	21.7	92	69
25	7	2.12	1.4	11.2	21.9	23.5	26.1	120	92
35	7	2.50	1.4	12.4	24.4	26.2	29.1	148	115
50	19	1.83	1.6	14.7	28.9	31.0	34.6	185	143
70	19	2.14	1.6	16.4	32.3	34.7	38.7	230	185
95	19	2.50	1.8	19.5	38.5	41.4	46.1	290	225
120	37	2.00	1.8	20.2	38.9	42.9	47.8	355	270

注：表中载流量是环境温度为 35°C，明线敷设时的数据。

1.2.6 BXR 型橡胶绝缘铜芯软线

BXR 型橡胶绝缘铜芯软线的技术数据见表 9.1.14。

表 9.1.14 BXR 型橡胶绝缘铜芯软线的技术数据

标称截面 (mm ²)	导电线芯结构		绝缘标称厚度 (mm)	电线最大外径 (mm)	参考载流量 (A)
	根数	直径(mm)			
0.75	7	0.37	1.0	4.5	13
1.0	7	0.43	1.0	4.7	17
1.5	7	0.52	1.0	5.0	20
2.5	19	0.41	1.0	5.6	28
4	19	0.52	1.0	6.2	37
6	19	0.64	1.0	6.8	46
10	49	0.52	1.2	8.2	69
16	49	0.64	1.2	10.1	92
25	98	0.58	1.4	12.6	120
35	133	0.58	1.4	13.8	148
50	133	0.68	1.6	15.8	185
70	189	0.68	1.6	18.4	230
95	259	0.68	1.8	21.4	290
120	259	0.76	1.8	22.2	355
150	336	0.74	2.0	24.9	400
185	427	0.74	2.2	27.3	475
240	427	0.85	2.4	30.8	580
300	513	0.85	2.6	34.6	670
400	703	0.85	2.8	38.8	820

1.2.7 RVB、RVS 型聚氯乙烯绝缘平型、绞型铜芯软线

RVB、RVS 型聚氯乙烯绝缘平型、绞型铜芯软线的技术数据见表 9.1.15。

表 9.1.15 RVB、RVS 型聚氯乙烯绝缘平型、绞型铜芯软线的技术数据

标称截面 (mm ²)	导电线芯结构		绝缘厚度 (mm)	电线最大外径(mm)		参考载流量 (A)
	芯数×根数	直径(mm)		RVB	RVS	
0.2	2×12	0.15	0.6	2.0×4.0	4.0	4
0.3	2×16	0.15	0.6	2.1×4.2	4.2	6
0.4	2×23	0.15	0.6	2.3×4.6	4.6	8
0.5	2×28	0.15	0.6	2.4×4.8	4.8	10
0.75	2×42	0.15	0.7	2.9×5.8	5.8	13
1.0	2×32	0.20	0.7	3.1×6.2	6.2	20
1.5	2×48	0.20	0.7	3.4×6.8	6.8	25
2.0	2×64	0.20	0.8	4.1×8.2	8.2	30
2.5	2×77	0.20	0.8	4.5×9.0	9.0	34

1.2.8 RFB、RFS 型复合物绝缘平型、绞型铜芯软线

RFB、RFS 型复合物绝缘平型、绞型铜芯软线的技术数据见表 9.1.16。

表 9.1.16 RFB、RFS 型复合物绝缘平型、绞型铜芯软线的技术数据

标称截面 (mm ²)	导电线芯结构		绝缘厚度 (mm)	电线最大外径(mm)		参考载流量 (A)
	芯数×根数	直径(mm)		RFB	RFS	
0.2	2×12	0.15	0.6	2.0×4.0	4.0	4
0.3	2×16	0.15	0.6	2.1×4.2	4.2	6
0.4	2×23	0.15	0.6	2.3×4.6	4.6	8
0.5	2×28	0.15	0.6	2.4×4.8	4.8	10
0.75	2×42	0.15	0.7	2.9×5.8	5.8	13
1	2×32	0.20	0.7	3.1×6.2	6.2	20
1.5	2×48	0.20	0.7	3.4×6.8	6.8	25
2	2×64	0.20	0.8	4.1×8.2	8.2	30
2.5	2×77	0.20	0.8	4.5×9.0	9.0	34

1.2.9 农用地下直埋塑料绝缘电线

农用地下直埋塑料绝缘电线的主要品种有 NLV 型聚氯乙烯绝缘铝芯线、NLVV 型聚氯乙烯护套铝芯线、NLYV 型聚乙烯绝缘聚氯乙烯护套铝芯线等。电线埋地敷设时，周围环境温度应不低于 0℃，埋设深度应不小于 1m，在冻土地带埋设深度必须超过冻土层。

农用地下直埋塑料绝缘电线的技术数据见表 9.1.17。

表 9.1.17 农用地下直埋塑料绝缘电线的技术数据

标称 截面 (mm ²)	导电线芯结构		绝缘厚度 (mm)		护套 厚度 (mm)	绝缘电阻不小 于(MΩ/km)	电线外径 (mm)		每 1km 的质量 (kg)		
	根数	直径 (mm)	NLV	NLVV NLYV			NLV	NLVV NLYV	NLV	NLVV	NLYV
2.5	1	1.76	1.0	0.6	0.7	18	3.76	4.36	18.27	23.20	21.32
4	1	2.24	1.0	0.6	0.7	16	4.24	4.86	24.38	29.84	28.01
6	1	2.73	1.0	0.8	0.8	13	4.73	5.93	31.61	44.78	41.67
10	7	1.33	1.2	0.8	1.0	13	6.39	7.59	56.01	73.00	68.27
16	7	1.70	1.2	1.0	1.0	11	7.50	9.10	80.13	107.50	78.99
25	7	2.12	1.4	1.2	1.0	10	9.16	10.76	120.80	153.67	142.44
35	7	2.50	1.4	1.2	1.2	10	10.30	12.30	160.76	203.30	190.09
50	19	1.83	1.6	1.4	1.2	10	12.35	14.35	218.10	274.11	257.13

1.3 电缆

电缆是一种多芯电线,即在一个绝缘软套内有多根互相绝缘的芯线。它的性能除满足一般电线的要求外,还要求芯线之间的绝缘电阻高,不易发生短路等故障。

1.3.1 常用电缆的型号、名称和用途

常用电缆的型号、名称和用途见表 9.1.18。

表 9.1.18 常用电缆的型号、名称和用途

型 号	名 称	主要用途
YQ、YQW	轻型橡套电缆	连接交流 220V 及以下的轻型移动电气设备
YZ、YZW	中型橡套电缆	连接交流 500V 及以下的各种移动性电气设备
YC YCW	重型橡套电缆	连接交流 500V 及以下的室外移动电气设备,能承受较大的机械外力作用
YH YHL	电焊机用铜芯、铝芯橡套软电缆	供电电压 220V 及以下的电焊机二次侧接线及连接电焊钳的软电缆
VLV 铝芯 VV 铜芯	聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套电力电缆	敷设在室内、隧道内及管道中,不能受机械外力作用
VLV29 VV29	聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套内钢带铠装电力电缆	敷设在地下,能承受机械外力作用,但不能承受大的拉力
VLV30 VV30	聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套裸细钢丝铠装电力电缆	敷设在室内,矿井中,能承受机械外力作用,并能承受相当的拉力
VLV39 VV39	聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套内细钢丝铠装电力电缆	敷设在水中,能承受相当的拉力
VLV50 VV50	聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套裸粗钢丝铠装电力电缆	敷设在室内、矿井中,能承受机械外力作用,并能承受较大的拉力
VLV59 VV59	聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套内粗钢丝铠装电力电缆	敷设在水中,能承受较大的拉力
KVV KLVV	聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套控制电缆	敷设在室内、沟内、管道内及地下
KVV29 KLVV29	聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套内钢带铠装控制电缆	敷设在室内、沟内、管道内及地下,能承受较大的机械外力

1.3.2 YQ、YQW 型橡套电缆

YQ、YQW 型橡套电缆规格见表 9.1.19。

表 9.1.19 YQ、YQW 型橡套电缆规格

线芯数及标称 截面(mm ²)	线芯结构 根数/线径(mm)	绝缘厚度 (mm)	护套厚度 (mm)	成品外径 (mm)	线质量 (kg/km)
2×0.3	16/0.15	0.5	0.8	5.5	31
3×0.3	16/0.15	0.5	0.8	5.8	37
2×0.5	28/0.15	0.5	1.0	6.5	44
3×0.5	28/0.15	0.5	1.0	6.8	53
2×0.75	42/0.15	0.6	1.0	7.4	58
3×0.75	42/0.15	0.6	1.0	7.8	72

1.3.3 YZ、YZW 型橡套电缆

YZ、YZW 型橡套电缆规格见表 9.1.20。

表 9.1.20 YZ、YZW 型橡套电缆规格

线芯数及标称 截面(mm ²)	线芯结构 根数/线径(mm)	绝缘厚度 (mm)	护套厚度 (mm)	成品外径 (mm)	线质量 (kg/km)
2×0.75	42/0.15	0.8	1.2	8.8	83
3×0.75			1.2	9.3	99
4×0.75			1.4	10.5	125
2×1	32/0.20	0.8	1.2	9.1	92
3×1			1.2	9.6	110
4×1			1.4	10.8	140
2×1.5	48/0.20	0.8	1.2	9.7	110
3×1.5			1.4	10.7	141
2×2.5	77/0.20	1.0	1.6	13.2	179
3×2.5			1.6	14.0	220
2×4	77/0.26	1.0	1.8	15.2	274
3×4			1.8	16.0	333
2×6	77/0.32	1.0	1.8	16.7	356
3×6			2.0	18.1	457

1.3.4 YC、YCW 型橡套电缆

YC、YCW 型橡套电缆规格见表 9.1.21。

表 9.1.21 YC、YCW 型橡套电缆规格

线芯数及标称截面(mm ²)	线芯结构 根数/线径(mm)	绝缘厚度 (mm)	护套厚度 (mm)	成品外径 (mm)	线质量 (kg/km)
2×2.5 3×2.5	49/0.26	1.0	2.0	13.9	131
				14.6	257
2×4 3×4	49/0.32	1.0	2.0	15.0	172
			2.5	17.0	381
2×6 3×6	49/0.39	1.0	2.5	17.4	239
				18.3	469

1.3.5 YH 铜芯和 YHL 铝芯电焊机用电缆

YH 铜芯及 YHL 铝芯电焊机用电缆规格见表 9.1.22。

表 9.1.22 YH 及 YHL 型电焊机用电缆规格

标称截面 (mm ²)	线芯结构 根数/线径(mm)		绝缘厚度 (mm)		成品外径 (mm)		线芯直流电阻 (Ω/km)		参考载流量 (A)		线质量 (kg/km)	
	YH	YHL	YH	YHL	YH	YHL	YH	YHL	YH	YHL	YH	YHL
10	322/0.20		1.6		9.1		1.77		80		135	
16	513/0.20	228/0.30	1.8	1.8	10.7	10.7	1.12	1.92	105	80	206	102
25	798/0.20	342/0.30	1.8	1.8	12.6	12.6	0.718	1.28	135	105	300	135
35	1121/0.20	494/0.30	2.0	2.0	14.0	14.0	0.551	0.888	170	130	412	184
50	1596/0.20	703/0.30	2.2	2.2	16.2	16.2	0.359	0.624	215	165	576	251
70	999/0.30	999/0.30	2.6	2.6	19.3	19.3	0.255	0.439	265	205	811	354
95	1332/0.30	1332/0.30	2.8	2.8	21.1	21.1	0.191	0.329	325	250	1065	456
120	1702/0.30	1702/0.30	3.0	3.0	24.5	24.5	0.150	0.258	380	295	1345	567
150	2109/0.30	2109/0.30	3.0	3.0	26.2	26.2	0.121	0.208	435	340	1634	670

1.3.6 VV 铜芯和 VLV 铝芯电力电缆

VV 铜芯和 VLV 铝芯电力电缆规格见表 9.1.23。

表 9.1.23 VV 铜芯和 VLV 铝芯电力电缆电压等级及截面范围

型 号		芯数	额定电压(kV)	
铝芯	铜芯		1	6
			导电线芯标称截面(mm ²)	
	VV	1	1~800	10~500
VLV	VV29		2.5~800	10~500
VLV29			10~800	10~500

续表

型 号		芯数	额定电压(kV)	
铝芯	铜芯		1	6
			导电线芯标称截面(mm ²)	
VLV VLV29	VV	2	1~150	10~150
	VV29		2.5~150	10~150
			4~150	10~150
VLV VLV29 VLV39 VLV30 VLV59 VLV50	VV	3	1~300	10~300
	VV29		2.5~300	10~300
	VV39 VV30		4~300	10~300
	VV59 VV50			16~300
				16~300
VLV VLV29	VV	4	4~185	
	VV29		4~185	

注:标称截面(mm²)等级:1,1.5,2.5,4,6,10,16,25,35,50,70,95,120,150,185,240,300,400,500,630,800。

1.3.7 KVV 和 KLVV 型控制电缆

KVV 和 KLVV 型控制电缆规格见表 9.1.24。

表 9.1.24 KVV 和 KLVV 型控制电缆芯数及标称截面

电缆型号	标称截面(mm ²)						
	0.75	1	1.5	2.5	4	6	10
	芯 数						
KVV	4,5,7,10,14,19,24,30,37				4,5,7, 10,14	4,5, 7,10	
KLVV				4,5,7,10,14, 19,24,30,37	4,5,7, 10,14	4,5,7,10	
KVV29	19,24 30,37	10,14 19,24 30,37	7,10,14,19, 24,30,37	4,5,7, 10,14	4,5, 7,10		
KLVV29				7,10,14,19, 24,30,37	4,5,7, 10,14	4,5,7,10	

1.4 电磁线

电磁线是一种具有绝缘层的导电金属线,用以绕制电工产品的线圈或绕组,其作用是通过电流产生磁场,或切割磁力线产生感应电动势,实现电能和磁能的相互转换。

电磁线分为漆包线、绕包线、无机绝缘电磁线和特种电磁线等几种。漆包线的表面漆膜均匀、光滑柔软,有利于线圈的自动化绕制,广泛应用于中小型或微型电工业产品中;绕包线是用天然丝、玻璃丝、绝缘纸或合成薄膜等紧密绕包在导线芯上制成的,绕包材料形成绝缘层,或在漆包线上再绕包一层绝缘层。绕包线一般应用于大、中型电工业产品中。

1.4.1 漆包线的分类

常用漆包线的品种、型号及主要用途见表 9.1.25,其中圆线规格以线芯直径表示,扁线以线芯窄边 a 及宽边 b 的长度表示。

表 9.1.25 漆包线的品种、型号和主要用途

类别	产品名称	型号	规格(mm)	耐热等级(°C)	主要用途
油性漆包线	油性漆包圆铜线	Q		A(105)	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	0.02~2.50	E(120)	普通中小电机、微电机绕组和油浸变压器的线圈、电器仪表用线圈
	缩醛漆包圆铝线	QQL-1 QQL-2	0.06~2.50		
	彩色缩醛漆包圆铜线	QQS-1 QQS-2	0.02~2.50		
	缩醛漆包扁铜线	QQB	a 边 0.8~5.6 b 边 2.0~18.0		
	缩醛漆包扁铝线	QQLB	a 边 0.8~5.6 b 边 2.0~18.0		
聚氨酯漆包线	聚氨酯漆包圆铜线	QA-1	0.015~1.00	E(120)	要求 Q 值稳定的高频线圈、电视线圈和仪表用的微细线圈
	彩色聚氨酯漆包圆铜线	QA-2			
聚酯漆包线	聚酯漆包圆铜线	QZ-1 QZ-2	0.02~2.50	B(130)	通用中小电机的绕组、干式变压器和电器仪表的线圈
	聚酯漆包圆铝线	QZL-1 QZL-2	0.06~2.50		
	聚酯漆包扁铜线	QZB	a 边 0.8~5.6 b 边 2.0~18.0		
	聚酯漆包扁铝线	QZLB	a 边 0.8~5.6 b 边 2.0~18.0		
聚酰亚胺漆包线	聚酰亚胺漆包圆铜线	QY-1 QY-2	0.02~2.50	C(220)	耐高温电机、干式变压器、密封式继电器及电子元件
	聚酰亚胺包扁铜线	QYB	a 边 0.8~5.6 b 边 2.0~18.0		

1.4.2 铜漆包线规格

各种铜漆包线的规格及安全载流量见表 9.1.26。

表 9.1.26 各种铜漆包线的规格及安全载流量

标称直径 (mm)	外皮直径 (mm)	截面积 (mm ²)	线质量 (kg/km)	$j=2.5$	$j=3$	可绕匝数 (匝/cm)	可绕匝数 (匝/cm ³)	20℃时 电阻值 (Ω/km)
				(A/mm ²) 时,导线容 许通过电流 (A)	(A/mm ²) 时,导线容 许通过电流 (A)			
0.06	0.085	0.0028	0.0252	0.0070	0.0084	117	13689	6440
0.07	0.095	0.0038	0.0342	0.0095	0.0114	105	11025	4730
0.08	0.105	0.005	0.0448	0.0125	0.0150	95	9025	3630
0.09	0.115	0.0064	0.0567	0.0160	0.0192	86	7395	2860
0.10	0.125	0.0079	0.070	0.0197	0.0237	80	6400	2240
0.11	0.135	0.0095	0.085	0.0237	0.0285	74	5476	1850
0.12	0.145	0.0113	0.101	0.0282	0.0339	68	4624	1550
0.13	0.155	0.0133	0.118	0.0332	0.0399	64	4096	1320
0.14	0.165	0.0154	0.137	0.0385	0.0462	60	3600	1140
0.15	0.180	0.0177	0.158	0.0442	0.0531	55	3025	994
0.16	0.190	0.0201	0.179	0.0502	0.0603	52	2704	873
0.17	0.200	0.0277	0.202	0.0567	0.0681	50	2500	773
0.18	0.210	0.0254	0.227	0.064	0.0762	47	2209	688
0.19	0.220	0.0284	0.253	0.0710	0.0852	45	2025	618
0.20	0.230	0.0315	0.280	0.0787	0.0945	43	1849	558
0.21	0.240	0.0347	0.309	0.0867	0.104	41	1681	507
0.23	0.270	0.0415	0.370	0.103	0.124	37	1369	423
0.25	0.290	0.0492	0.437	0.123	0.147	34	1156	357
0.27	0.310	0.0573	0.510	0.143	0.171	32	1024	306
0.29	0.330	0.0660	0.589	0.165	0.198	30	900	266
0.31	0.350	0.0755	0.673	0.188	0.226	28	784	233
0.33	0.370	0.0855	0.762	0.213	0.256	27	729	205
0.35	0.390	0.0962	0.857	0.240	0.288	25	625	182
0.38	0.420	0.1134	1.01	0.283	0.340	23	529	155
0.41	0.450	0.1320	1.17	0.330	0.396	22	484	133
0.44	0.480	0.1521	1.35	0.380	0.456	20	400	115
0.47	0.510	0.1735	1.54	0.433	0.520	19	361	101
0.49	0.530	0.1886	1.67	0.471	0.565	18	324	93.1

续表

标称直径 (mm)	外皮直径 (mm)	截面积 (mm ²)	线质量 (kg/km)	$j=2.5$ (A/mm ²) 时,导线容 许通过电流 (A)	$j=3$ (A/mm ²) 时,导线容 许通过电流 (A)	可绕匝数 (匝/cm)	可绕匝数 (匝/cm ³)	20℃时 电阻值 (Ω/km)
0.51	0.56	0.204	1.82	0.510	0.612	17	317	85.9
0.53	0.58	0.221	1.96	0.552	0.663	17.2	295	79.3
0.55	0.60	0.238	2.11	0.595	0.714	16.6	275	73.9
0.57	0.62	0.255	2.26	0.637	0.765	16.1	259	68.7
0.59	0.64	0.273	2.43	0.682	0.819	15.6	243	64.3
0.62	0.67	0.302	2.69	0.755	0.906	14.8	222	57.9
0.64	0.69	0.322	2.89	0.805	0.966	14.4	207	54.6
0.67	0.72	0.353	3.14	0.882	1.05	13.8	190	49.7
0.69	0.74	0.374	3.33	0.935	1.12	13.5	182	46.9
0.72	0.77	0.407	3.72	1.01	1.22	12.9	166	43
0.74	0.80	0.430	3.83	1.07	1.29	12.5	156	40.8
0.77	0.83	0.466	4.15	1.16	1.39	12	144	37.6
0.80	0.86	0.503	4.48	1.25	1.50	11.6	134	34.9
0.83	0.89	0.541	4.28	1.35	1.62	11.2	125	32.4
0.86	0.92	0.581	5.17	1.45	1.74	10.8	117	30.2
0.90	0.96	0.636	5.67	1.59	1.99	10.4	108	27.5
0.93	0.99	0.679	6.05	1.69	2.03	10.1	102	25.8
0.96	1.02	0.724	6.45	1.81	2.17	9.8	96	24.2
1.00	1.08	0.785	7.00	1.96	2.35	9.25	85.6	22.4
1.04	1.12	0.849	7.87	2.12	2.54	8.92	79.5	20.6
1.08	1.16	0.916	8.16	2.29	2.74	8.62	74.3	19.2
1.12	1.20	0.986	8.78	2.46	2.95	8.33	69.4	17.75
1.16	1.24	1.057	9.41	2.64	3.17	8.06	65	16.6
1.20	1.28	1.131	10.0	2.84	3.35	7.81	61	15.5
1.25	1.33	1.227	10.9	3.06	3.68	7.51	66.4	14.3
1.30	1.38	1.327	11.8	3.31	3.98	7.24	52.4	13.2
1.35	1.43	1.431	12.7	3.57	4.29	7	49	12.2
1.40	1.48	1.539	13.7	3.84	4.61	6.75	45.56	11.4
1.45	1.53	1.651	14.7	4.12	4.95	6.53	42.44	10.6
1.50	1.58	1.767	15.7	4.41	5.30	6.32	39.94	9.89
1.56	1.64	1.911	17.0	4.77	5.73	6.09	37.08	9.18

续表

标称直径 (mm)	外皮直径 (mm)	截面积 (mm ²)	线质量 (kg/km)	$j=2.5$ (A/mm ²) 时,导线容 许通过电流 (A)	$j=3$ (A/mm ²) 时,导线容 许通过电流 (A)	可绕匝数 (匝/cm)	可绕匝数 (匝/cm ³)	20℃时 电阻值 (Ω/km)
1.62	1.70	2.06	18.3	5.15	6.18	5.88	34.57	8.50
1.68	1.76	2.22	19.7	5.55	6.66	5.68	32.26	7.92
1.74	1.82	2.38	21.1	5.95	7.14	5.49	30.14	7.36
1.81	1.90	2.57	22.9	6.42	7.71	5.26	27.66	6.83
1.88	1.97	2.78	24.7	6.95	8.34	5.07	25.70	6.30
1.95	2.04	2.99	26.6	7.47	8.97	4.9	24.01	5.87
2.02	2.11	3.20	28.5	8.00	9.60	4.73	22.37	5.48
2.10	2.20	3.46	30.8	8.65	10.3	4.54	20.61	5.06
2.26	2.36	4.01	35.7	10.0	12.0	4.23	17.89	4.38
2.44	2.54	4.67	41.6	11.6	14.0	3.93	15.44	3.75

注: j 为电流密度。

1.5 常用电刷制品

各种电机使用的电刷,主要用电刷制品——石墨制成。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。由于电刷的材料和制造方法不同,常用的电刷可分成三种:石墨电刷是在天然石墨中加入沥青、煤焦油等黏合剂混合压制而成;电化石墨电刷是由石墨、焦炭、炭黑等作原料,经高温处理制成;金属石墨电刷是用铜及少量的锡、铅等金属粉末渗入石墨混合而成。

电刷选用得是否恰当,对于电机的运行质量有很大关系。一般根据电刷的电流密度、滑环(集电环)或整流子(换向器)的圆周速度(转速或角速度),在电刷技术特性表中找到所需要的电刷种类,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),就可决定电刷的具体型号。

常用电刷的技术特性及运行条件见表 9.1.27。

表 9.1.27 电刷的技术特性及运行条件

类别	型号	电阻率 ^① ($\mu\Omega\cdot m$)	洛氏硬度 ^② ($\times 9.81Pa$)	一对电刷 接触电压 降 ^③ (V)	摩擦系 数不大 于	额定电 流密度 (A/cm^2)	最大圆 周速度 (m/s)	应用范围
天然 石墨 电刷	S-3	14	22.5	1.9	0.25	11	25	电压为 80~120V 的直 流电机
树脂 石墨 电刷	S-201	200	20 ^④	4.5	0.20	12	25	电动工具用电机
	S-4	115	6.25	4.25	0.20	12	40	换向困难的交流换向器电 机和高速微型直流电机
	S-5	120	≥ 15	3.65	0.19	10	35	换向困难的交流换向器 电机
	S-9	250	≥ 15	4.75	0.19	8	35	
电化 石墨 电刷	D104	11	6	2.5	0.20	12	40	轧钢用直流发电机、汽轮 发电机
	D106	9.5	5	2.35	0.25	12	40	电压为 80~12V 的直流 电机
	D172	13	25 ^④	2.9	0.25	12	70	大型汽轮发电机集电环、 励磁机、水轮发电机集电 环和换向正常的直流电机
	D202	24.5	31	2.6	0.23	10	45	电力机车用牵引电动机、 电压为 120~400V 的直 流发电机
	D213	31	30	3.0	0.25	10	40	汽车、拖拉机的发电机、 有机械振动的牵引电动 机
	D214	29	45 ^④	2.5	0.25	10	40	汽轮发电机的励磁机,换 向困难、电压在 200V 以 上的有冲击负荷的直流 电机、轧钢电机、牵引电 动机等
	D215	30	40 ^④	2.9	0.25	10	40	
	D252	13	15.5	2.6	0.23	12	45	换向困难的直流电机、牵 引电动机,汽轮发电机的 励磁机
	D308	40.5	48.5 ^④	2.4	0.25	10	40	牵引电动机、小型直流电 机和电机扩大机等
	D309	35.5	45.5 ^④	2.9	0.25	10	40	
	D374	55	26	3.0	0.25	12	50	换向困难的高速直流电 机、牵引电机、汽轮发电 机的励磁机、轧钢电动机
D479	31.5	18.5	2.1	0.25	12	40	换向困难的直流电动机	

续表

类别	型号	电阻率 ^① ($\mu\Omega\cdot m$)	洛氏硬度 ^② ($\times 9.81Pa$)	一对电刷 接触电压 降 ^③ (V)	摩擦系 数不大 于	额定电 流密度 (A/cm^2)	最大圆 周速度 (m/s)	应用范围
金属 石墨 电刷	J101	0.09	12 ^⑤	0.2	0.20	20	20	低电压、大电流直流发电 机
	J102	0.23	10 ^⑤	0.5	0.20	20	20	
	J103	0.23	10 ^⑤	0.5	0.20	20	20	
	J151	0.08	7.5 ^⑤	0.28	0.20	25	25	
	J164	0.10	12 ^⑤	0.28	0.20	20	20	
	J201	3.1	23.5	1.25	0.25	15	25	电压在 60V 以下的低电 压、大电流直流发电机和 绕线式转子异步电动机 集电环
	J202	20	10	2.2	0.25	12		交流发电机集电环
	J203	8.5	18.5	1.9	0.15	12	20	电压在 80V 以下的充电 发电机、小型牵引电动 机、异步电动机的集电环
	J204	1.1	20	1.1	0.20	15	20	电压在 40V 以下的低电 压、大电流直流电机、汽 车辅助电动机、异步电动 机的集电环
	J205	6.5	18	<2.0	0.25	15	35	电压在 60V 以下的直流 发电机、汽车、拖拉机用 启动电动机、异步电动机 集电环
J206	3.5	20	1.5	0.20	15	25	电压在 25~80V 的小型 直流电动机	
J220	8	16.5	1.4	0.26	12	20	同 J203	

注：①电阻率的数值为平均值。

②洛氏硬度，是用直径为 7.94mm 的钢球压入测定。对中等硬度的试样，载荷 58.8N，预压 98.1N；对于较软的试样，载荷 294N，预压 98.1N。表内数值为平均值。

③为额定电流密度下之值。表内数值为平均值。

④肖氏硬度。

⑤布氏硬度。

1.6 常用电阻合金

合金电阻材料是制造电阻元件的重要材料之一，广泛用于电机、电器、仪器及

电子等工业。按它们的用途可分为可变电阻用电阻合金和固定电阻用电阻合金两大类。

1.6.1 可变电阻用电阻合金

可变电阻用电阻合金的性能和特点见表 9.1.28。

表 9.1.28 可变电阻用电阻合金的性能和特点

类型	名称	电阻率 ($\mu\Omega\cdot m$)	平均电阻 温度系数 $\alpha_a(10^{-6}/^{\circ}C)$	抗拉强度 (N/mm^2)		特 点
				硬	软	
金属	康铜	0.48	≈ 50	>784	392~588	抗氧化性较好
	新康铜	0.48	≈ 50	>784	392~539	抗氧化性比康铜差,价格低
	滑线锰铜	0.45	0~40	>784	392~539	抗氧化性比通用型锰铜好,电阻温度曲线平坦
	镍铬	1.09	≈ 70	>980	637~784	抗氧化性好,焊接性较差
	镍铬铁	1.12	≈ 150	>980	637~784	焊接性较差
	铁铬铝	1.26	≈ 120	>980	588~735	焊接性较差
铂基	铂铈	0.19	1700	1177	490	1. 具有较好的化学稳定性,对有机物质的抗侵蚀性差 2. 接触电阻较低 3. 耐磨性好
	铂铱	0.25	1330	1226	539	
	铂钨	0.42	470	1373	785	
	铂铜	0.50	330	1471	785	
	铂钨	0.62	280	1471	981	
金基	金、镍铜	0.12	—	941	637	1. 化学性能较稳定,特别能抗有机物质的侵蚀 2. 具有较稳定的接触电阻 3. 摩擦系数较大 4. 接触压力大时,耐磨性不够高
	金、银铜	0.19	—	—	—	
	金镍	0.14	71	—	≥ 490	
	金镍铬	0.24	35	745	382	
	金钯	1.9	20~75	—	—	
钨基	钨银	0.42	30	1079	392	1. 抗腐蚀性好,但抗有机物质的侵蚀性差 2. 机械性能及耐磨性好
	钨银铜	0.45	30	883	490	
	钨钼	0.90	—	1373	588	
银基	银锰锡	0.53	10~20	—	—	能抗有机酸、含氮化合物、稀硝酸、氢氧化钠溶液和二氧化碳等气体,适合于海洋性及潮湿环境,但易硫化,有良好电蚀性,硬度低

1.6.2 固定电阻用电阻合金

固定电阻用电阻合金的性能和特点见表 9.1.29。

表 9.1.29 固定电阻用电阻合金的性能和特点

名称	电阻率 ($\mu\Omega \cdot m$)	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)	伸长率 (%)	工作 温度 ($^\circ C$)	特 点	
		α ($10^{-6}/^\circ C$)	β ($10^{-6}/^\circ C$)							
通用型 锰铜	0级	0.47	-2~2	-0.7~0	≤ 1	8.4	32~59	10~30	电阻稳定性 高,焊接性 好,抗氧化 性差	
	1级	0.47	-3~5	-0.7~0	≤ 1	8.4	32~59	10~30		
	2级	0.47	-5~10	-0.7~0	≤ 1	8.4	32~59	10~30		
硅锰铜	0.35	-3~5	0~0.25	≤ 1	8.4	32~59	10~30	5~45	电阻对温度 曲线较平坦 亦可作宽温 度精密合金	
分流器 锰铜	F1级	0.35	0~10	-0.25~0	≤ 2	8.7	32~59	10~30	20~80	宽温内的阻 值误差比 F2级小。 电阻最高 点温度比 通用型高
	F2级	0.44	0~40	-0.7~0	≤ 2	8.4	32~59	10~30		
镍铬铝铁	1.33	-20~20 (0~ 100 $^\circ C$)	0~0.2	≤ 2	8.1	74~81	10~20	-65~ 125	强度高,耐 磨好,抗氧 性好,焊接 性差	
镍铬铝铜	1.33	-20~20 (0~ 100 $^\circ C$)	0~0.2	≤ 2	8.1	74~81	10~20	-65~ 125	焊接性比 镍铬铝铁 略好,余同 上	
镍铬锰硅	1.35	-20~20 (0~ 100 $^\circ C$)	0~0.2	≤ 1.5	8.1	74~81	10~25	-65~ 125	焊接性比 镍铬铝铜 略好,余同 上	

2 绝缘材料

由电阻系数(电阻率)大于 $10^7 \Omega \cdot m$ 的物质所构成的材料在电工技术上称为

绝缘材料,又称为电介质。其作用是在电气设备中把电位不同的带电部分隔离开。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;具有较好的耐热性能、导热性能以及较高的机械强度,便于加工等特点。

2.1 绝缘材料的耐热等级

绝缘材料按其在正常运行条件下允许的最高工作温度分级,称为耐热等级。现在国内通行的标准见表 9.2.1。

表 9.2.1 绝缘材料的耐热等级

级别	绝缘材料	极限工作温度(°C)
Y	木材、棉花、纸、纤维等天然的纺织品,以醋酸纤维和聚酰胺为基础的纺织品,以及易于热分解和融化点较低的塑料(脲醛树脂)	90
A	工作于矿物油中的和用油或油脂复合胶浸过的 Y 级材料、漆包线、漆布、漆丝及油性漆、沥青漆等	105
E	聚酯薄膜和 A 级材料复合、玻璃布、油性树脂漆、聚乙烯醇缩醛高强度漆包线、乙酸乙烯耐热漆包线	120
B	聚酯薄膜,经合适树脂浸渍涂覆的云母、玻璃纤维、石棉等制品、聚酯漆、聚酯漆包线	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酯和醇酸类材料、复合硅有机聚酯漆	155
H	无补强或以无机材料为补强的云母制品、加厚的 F 级材料、复合云母、有机硅云母制品、硅有机漆、硅有机橡胶聚酰亚胺复合玻璃布、复合薄膜、聚酰亚胺漆等	180
C	耐高温有机黏合剂和浸渍剂及无机物如石英、石棉、云母、玻璃和电瓷材料等	180 以上

2.2 绝缘漆

绝缘漆主要是以合成树脂或天然树脂等为漆基(成膜物质)与某些辅助材料(溶剂、稀释剂、填料和颜料等)组成的。

常用绝缘漆的主要特性及用途见表 9.2.2。

表 9.2.2 常用绝缘漆的主要特性及用途

型号	名称	颜色	溶剂	漆膜干燥条件			耐热等级	主要用途
				类型	温度(°C)	时间(h)		
1010 1011	沥青漆	黑色	200号溶剂二甲苯	烘干	105±2	6 3	A	用于浸渍电机转子和定子线圈及其他不耐油的电器零部件
1210 1211	沥青漆	黑色	200号溶剂二甲苯	烘干 气干	105±2 20±2	10 3	A	用于电机绕组覆盖用,系晾干漆,干燥快,在不需耐油处可以代替晾干灰瓷漆用
1012	耐油性青漆	黄至褐色	200号溶剂	烘干	105±2	2	A	用于浸渍电机、电器线圈
1030	醇酸青漆	黄至褐色	甲苯及二甲苯	烘干	120±2	2	B	用于浸渍电机、电器线圈,也可作覆盖漆和胶粘剂
1032	三聚氰胺醇酸漆	黄至褐色	200号溶剂二甲苯	烘干	105±2	2	B	用于热带型电机、电器线圈作浸渍之用
1033	三聚氰胺环氧树脂浸渍漆	黄至褐色	二甲苯和丁醇	烘干	120±2	2	B	用于浸渍湿热带电机、变压器、电工仪表线圈以及电器零部件表面覆盖
1320 1321	覆盖瓷漆	灰色	二甲苯	烘干 气干	105±2 20±2	3 24	E	用于电机定子和电器线圈的覆盖及各种绝缘零部件表面修饰
1350	硅有机覆盖漆	红色	二甲苯 甲苯	烘干	180		H	适用于H级电机、电器线圈作表面覆盖层,可先在110~120°C下预热,然后在180°C烘干
1610 1611	硅钢片漆		煤油	烘干	210±2	≤12 min	A	系高温(450~550°C)快干漆

2.3 绝缘浸渍纤维制品

绝缘浸渍纤维是用特制棉布、丝绸以及无碱玻璃布浸渍各种绝缘漆后,经烘干制成的。常用绝缘浸渍制品(漆布)的型号、性能和用途见表9.2.3。

表 9.2.3 漆布的品种性能和用途

名 称	型号	耐热等级	特性和用途
油性漆布 (黄漆布)	2010 2012	A	2010 柔软性好,但不耐油。可用于一般电机、电器的衬垫或线圈绝缘。2012 耐油性好,可用于在变压器油或汽油气侵蚀的环境中工作的电机、电器中作衬垫或线圈绝缘
油性漆绸 (黄漆绸)	2210 2212	A	具有较好的电气性能和良好的柔软性。2210 适用于电机、电器薄层衬垫或线圈绝缘;2212 耐油性好,适用于在变压器或汽油气侵蚀的环境中工作的电机、电器中作薄层衬垫或线圈绝缘
油性玻璃漆布 (黄玻璃漆布)	2412	E	耐热性较 2010、2012 漆布好。适用于一般电机、电器的衬垫和线圈绝缘,以及在油中工作的变压器、电器的线圈绝缘
沥青醇酸玻璃漆布 (黑玻璃漆布)	2430	B	耐潮性较好,但耐苯和耐变压器油性差,适用于一般电机、电器的衬垫和线圈绝缘
醇酸玻璃漆布	2432	B	耐油性较好,并具有一定的防霉性。可用作油浸变压器、油断路器线圈绝缘
醇酸玻璃— 聚酯交织漆布	2432-1		
环氧玻璃漆布	2433	B	具有良好的耐化学药品腐蚀性,良好的耐湿垫性和较高的机械性能和电气性能,适用于化工电机、电器槽、衬垫和线圈绝缘
环氧玻璃— 聚酯交织漆布	2433-1		
有机硅玻璃漆布	2450	H	具有较高的耐热性,良好的柔软性,防霉、耐油和耐寒性好。适用于 H 级电机、电器的衬垫和线圈绝缘

2.4 电工用薄膜、粘带及复合材料

电工常用薄膜、粘带和复合材料制品的性能和用途见表 9.2.4 至表 9.2.6。

表 9.2.4 电工常用薄膜的性能和用途

名 称	常态击穿强度 (kV/mm)	耐热 等级	厚度 (mm)	用 途
聚丙烯薄膜	>150	—	0.006~0.02	电容器介质
聚酯薄膜	>130	E	0.006~0.10	低压电机、电器线圈匝间、端部包扎、衬垫、电磁线绕包、E 级电机槽绝缘和电容器介质

续表

名称	常态击穿强度 (kV/mm)	耐热 等级	厚度 (mm)	用途
聚萘酯薄膜	>210	F	0.02~0.10	F级电机槽绝缘,导线绕包绝缘和线圈端部绝缘
芳香族聚酰胺薄膜	90~130	H	0.03~0.06	E、H级电机槽绝缘
聚酰亚胺薄膜	100~130	C	0.03~0.06	H级电机、微电机槽绝缘,电机、电器绕组和起重电磁铁外包绝缘以及导线绕包绝缘

表 9.2.5 电工常用粘带的特性和用途

名称	常态击穿强度 (kV/mm)	厚度 (mm)	用途
聚乙烯薄膜粘带	>30	0.22~0.26	有一定的电气性能和机械性能,柔软性好,粘接力较强,但耐热性低于Y级,可用于一般电线接头包扎绝缘
聚乙烯薄膜纸粘带	>10	0.10	包扎服帖,使用方便,可代替黑胶布带作电线接头包扎绝缘
聚氯乙烯薄膜粘带	>10	0.14~0.19	有一定的电气性能和机械性能,较柔软、粘接力强,但耐热性低于Y级。供作电压为500~6000V电线接头包扎绝缘
聚酯薄膜粘带	>100	0.055~0.17	耐热性较好,机械强度高。可用于半导体元件密封绝缘和电机线圈绝缘
环氧玻璃粘带	>6 ^①	0.17	具有较高的电气性能和机械性能。可作变压器铁心绑扎材料,属B级绝缘
有机硅玻璃粘带	>0.6 ^①	0.15	有较高的耐热性、耐寒性和耐潮性,以及较好的电气性能和机械性能。可用于H级电机、电器线圈绝缘和导线连接绝缘
硅橡胶玻璃粘带	3~5 ^①		同上,但柔软性较好

注:①击穿电压千伏。

表 9.2.6 复合制品的性能和用途

名称	型号或代号	厚度 (mm)	耐热等级	常态击穿电压 (平均值, kV)	用途
聚酯薄膜绝缘纸复合箔	6520	0.15~0.30	E	6.5~12	用于 E 级电机槽绝缘、端部层间绝缘
聚酯薄膜玻璃漆布复合箔	6530	0.17~0.24	B	8~12	用于 B 级电机槽绝缘、端部层间绝缘、匝间绝缘和衬垫绝缘。可用于湿热地区
聚酯薄膜聚酯纤维纸复合箔	DMD	0.20~0.25	B	10~12	同上
聚酯薄膜芳香族聚酰胺纤维纸复合箔	NMN	0.25~0.30	F	12~15	用于 F 级电机槽绝缘、端部层间绝缘、匝间绝缘和衬垫绝缘
聚酰亚胺薄膜芳香族聚酰胺纤维纸复合箔	NHN	0.25~0.30	H	7~12	同上,但适用于 H 级电机

2.5 绝缘层压板制品

常用绝缘层压板、印制电路板的型号、特性和用途见表 9.2.7。

表 9.2.7 常用绝缘层压板、印制电路板的型号、特性和用途

名称	型号	耐热等级	特性和用途
酚醛层压纸板	3020	E	电气性能较好、耐油性好,适于作电工设备中的绝缘结构件,并可在变压器油中使用
	3021	E	机械强度高,耐油性好,适于作电工设备中的绝缘结构件,并可在变压器油中使用
	3022	E	有较高的耐潮性。适用于在高湿度条件下工作的电工设备中作绝缘结构件
	3023	E	介质损耗低,适于作无线电、电话和高频设备中的绝缘结构件
酚醛层压布板	3025	E	机械强度高,适用作电器设备中的绝缘结构件,并可在变压器油中使用
	3027	E	电气性能好,吸水性小。适于作高频无线电装置中的绝缘结构件
酚醛层压玻璃布板	3230	B	机械性能、耐水和耐热性比层压纸、布板好,但粘合强度低。适于作电工设备中的绝缘结构件,并可在变压器油中使用

续表

名称	型号	耐热等级	特性和用途
苯胺酚醛层压玻璃布板	3231	B	电气性能和机械性能比酚醛玻璃布板好, 粘合强度与棉布板相近。可代替棉布板用作电机、电器中的绝缘结构件
环氧酚醛层压玻璃布板	3240	F	具有很高的机械强度, 电气性能好, 耐热性和耐水性较好, 浸水后的电气性能较稳定。适于作要求高机械强度、高介电性能以及耐水性好的电机、电器绝缘结构件, 并可在变压器油中使用
有机硅环氧层压玻璃布板	3250	H	电气性能和耐热性好, 机械强度较高。供作耐热和湿热地区 H 级电机、电器绝缘结构件
酚醛纸敷铜箔板	3420(双面) 3421(单面)	E	具有高的抗剥强度, 较好的机械性能、电气性能和机械加工性。适于作无线电、电子设备和其他设备中的印制电路板
环氧酚醛玻璃布敷铜箔板	3440(双面) 3441(单面)	F	具有较高的抗剥强度和机械强度, 电气性能和耐水性好。用于制造工作温度较高的无线电、电子设备及其他设备中的印制电路板

2.6 绝缘云母制品

绝缘云母制品是由胶粘漆将薄片云母或粉云母纸粘在单面或双面补强材料上, 经焙烘、压制而成柔软或硬质的板状绝缘材料。常用云母制品的规格和用途见表 9.2.8。

表 9.2.8 常用云母制品的规格和用途

名称	型号	耐热等级	击穿强度 (kV/mm)	厚度 (mm)	特性和用途
醇酸纸云母带	5430	B	16~25	0.10、 0.13、0.16	耐热性较高, 但防潮性较差, 可作直流电机电枢线圈和低压电机线圈的绕组绝缘
醇酸绸云母带	5432	B	16~25	0.13、0.16	
醇酸玻璃云母带	5434	B	16~25	0.10、0.13、0.16	
环氧聚酯玻璃粉云母带	5437-1	B	20~35	0.14、0.17	热弹性较高, 但介质损耗较大, 可作电机匝间和端部绝缘
醇酸纸柔软云母板	5130	B	15~30	0.15、0.20~0.25 0.30~0.5	用于低压交、直流电机槽衬和端部层间绝缘
醇酸纸柔软粉云母板	5130-1	B	16~55	0.15、0.20~0.25 0.30~0.5	
环氧纸柔软粉云母板	5136-1	B	>15	0.15、0.20~0.25 0.30~0.5	

续表

名称	型号	耐热等级	击穿强度 (kV/mm)	厚度 (mm)	特性和用途
环氧玻璃柔软粉云母板	5137-1	B	>25	0.15、0.20~0.25 0.30~0.5	用于低压电机槽绝缘和端部层间绝缘
醇酸衬垫云母板	5730	B	20~40	0.4~2.0	用于电机、电器衬垫绝缘
虫胶衬垫云母板	5731	B	20~40	0.4~2.0	
环氧衬垫粉云母板	5731-1	B	20~40	0.4~2.0	
醇酸纸云母箔	5830	B	16~35	0.15、0.20、 0.25、0.30	用于一般电机、电器卷烘绝缘、磁极绝缘
虫胶纸云母箔	5831	E~B	16~35		
有机硅玻璃云母箔	5850	H	16~35	0.15、0.20、 0.25、0.30	用于H级电机、电器卷烘绝缘、磁极绝缘

2.7 绝缘子

绝缘子按使用特点可分为针式绝缘子、蝶式绝缘子、轴式绝缘子、拉紧绝缘子、瓷横担绝缘子、支柱绝缘子和悬式绝缘子。下面仅简要介绍500V及以下交、直流电压架空电力线路所使用的低压绝缘子。

2.7.1 针式绝缘子

针式绝缘子主要用于架空线路中做绝缘和固定导线用,其规格、品种和外形见表9.2.9和图9.2.1。

表9.2.9 针式绝缘子的规格

型号	瓷件抗弯破坏负荷 (kg)	主要尺寸(mm)							质量 (kg)
		H	h	D	d ₁	d ₂	R	r	
PD-1	1000	66	45	76	43	20	6	6	0.32
PD1-1	1000	110	79	88	45	22	10	7	0.65
PD1-2	800	90	62	71	40	18	7	5	0.42
PD1-3	300	71	46	54	31	15	6	4	0.27

注:用于低压架空线路做绝缘和固定导线用。

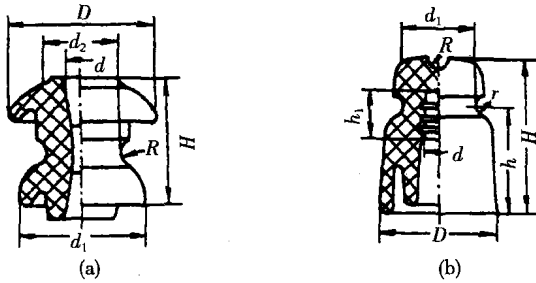


图 9.2.1 针式绝缘子的外形图

2.7.2 蝶式绝缘子

主要用于架空线路终端和转角杆上作绝缘和固定导线用。其规格和外形见表 9.2.10 和图 9.2.2。

表 9.2.10 蝶形绝缘子规格

型号	试验电压 (kV)	机械破 坏负荷 (kg)	主要尺寸(mm)						质量 (kg)
			H	D	d	d ₁	d ₂	R	
ED-1	2	1.8	100	120	22	95	50	12	1.0
ED-2	2	1.5	80	90	20	78	42	10	0.5
ED-3	2	1.0	65	75	16	65	36	8	0.25

注：用于低压线路做中间、终端、耐张及转角杆绝缘和固定导线用。

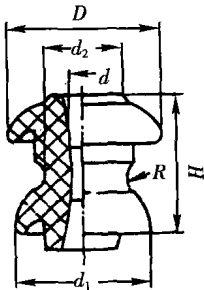


图 9.2.2 蝶形绝缘子的外形

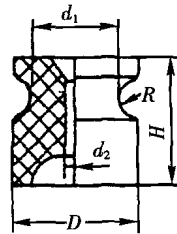


图 9.2.3 鼓形绝缘子的外形

2.7.3 鼓形绝缘子

鼓形绝缘子的规格及外形见表 9.2.11 和图 9.2.3。

表 9.2.11 鼓形绝缘子规格

型号	抗弯负荷 (kg)	主要尺寸(mm)					质量 (kg)
		H	D	d_1	d_2	R	
G-50	250	50	50	34	9	12	0.14
G-38	100	38	38	24	8	7	0.06
G-35		35	35	22	7	7	0.05
G-30		30	30	20	7	5	0.03

注:用于户内低压配电线路做绝缘和固定导线用。

2.7.4 支柱绝缘子

支柱绝缘子的规格及外形见表 9.2.12 和图 9.2.4。

表 9.2.12 支柱绝缘子的规格

型号	额定电压 (kV)	抗弯负荷 (kg)	主要尺寸(mm)				质量 (kg)
			H	D	d_1	d_2	
Z-0001	0.5	—	40	40	30	—	0.07
Z-0002	0.5	—	50	49	38	—	0.13
Z-0301	3	300	60	60	48	22	0.57
Z-0601	6	300	70	70	60	22	0.59
Z-0602	6	300	100	80	60	22	0.84

注:用于电车或电厂做导电部分的绝缘和支承物。

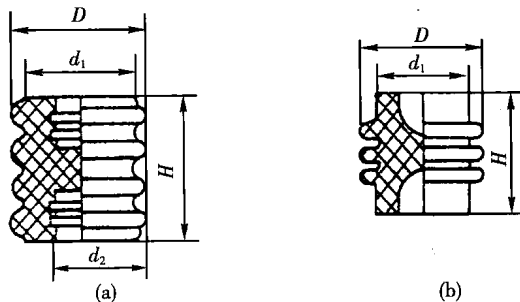


图 9.2.4 支柱绝缘子的外形

2.7.5 布线用瓷夹板和瓷管

布线用瓷夹板规格见表 9.2.13, 布线用瓷管规格及外形见表 9.2.14 和图 9.2.5。

表 9.2.13 瓷夹板规格

型号	线槽数	主要尺寸(mm)					每百只质量 (kg)
		长	宽	线槽宽	高	孔径	
N-240	2	40	20	6	20	6	3.4
N-251	2	51	22	6	24	7	4.4
N-364	3	64	27	8	29	7	9.5
N-376	3	76	30	8	29	7	12.5

表 9.2.14 布线用瓷管规格

瓷管型号	主要尺寸(mm)						
	L	D	d	δ	b	r	R
UZA-9	305	15	9	3	—	4	20
UWA-9	305	15	9	3	—	—	—
UBA-9	305	15	9	3	9	—	—
UZA-15	305	24	15	4.5	—	4	23
UWA-15	305	24	15	4.5	—	—	—
UBA-15	305	24	15	4.5	9	—	—
UZA-19	305	29	19	5	—	5	30
UWA-19	305	29	19	5	—	—	—
UBA-19	305	29	19	5	9	—	—
UZA-25	305	36	25	5.5	—	6	35
UWA-25	305	36	25	5.5	—	—	—
UBA-25	305	36	25	5.5	9	—	—
UZA-38	305	51	38	6.5	—	7	55
UWA-38	305	51	38	6.5	—	—	—
UBA-38	305	51	38	6.5	5	—	—
UZB-9	152	15	9	3	—	—	—
UWB-9	152	15	9	3	—	4	20
UBB-9	152	15	9	3	5	—	—

续表

瓷管型号	主要尺寸(mm)						
	L	D	d	δ	b	r	R
UZB-15	152	24	15	4.5	—	—	—
UWB-15	152	24	15	4.5	—	4	23
UBB-15	152	24	15	4.5	5	—	—
UZB-19	152	29	19	5	—	—	—
UWB-19	152	29	19	5	—	5	30
UBB-19	152	29	19	5	5	—	—
UZB-25	152	36	25	5.5	—	—	—
UWB-25	152	36	25	5.5	—	6	35
UBB-25	152	36	25	5.5	5	—	—
UZB-38	152	51	38	6.5	—	—	—
UWB-38	152	51	38	6.5	—	7	55
UBB-38	152	51	38	6.5	5	—	—

注:型号说明:“UZ”“UW”“UB”分别表示直瓷管、弯头瓷管和包头瓷管;字母后面的符号A、B分别表示瓷管长度为305mm及152mm的两个品种;数字9、15、19、25、38分别表示瓷管内径的五种规格。例如:UZA-9型,即表示长度为305mm、内径为9mm直瓷管。

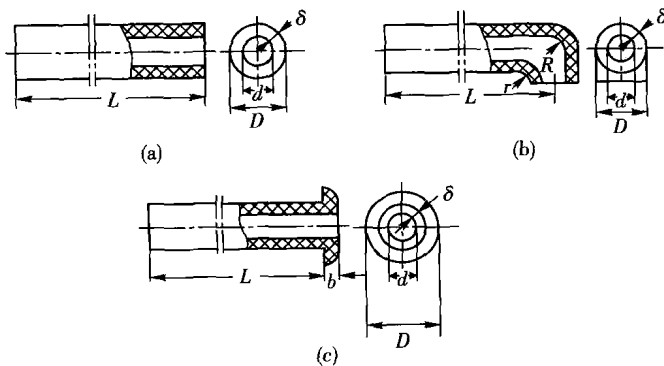


图 9.2.5 布线用瓷管外形

3 导磁材料

3.1 软磁材料

3.1.1 电磁纯铁

电磁纯铁的主要特征是饱和磁感应强度高,冷加工性好,但它的电阻率低、铁损耗高,一般只用于直流磁极。

电磁纯铁热轧厚板的牌号和用途见表 9.3.1。

表 9.3.1 电磁纯铁热轧厚板的牌号和用途

名称	牌 号	用 途
电铁 3 电铁 3 高	DT3 DT3A	一般电磁元件
电铁 4 电铁 4 高 电铁 4 特 电铁 4 超	DT4 DT4A DT4E DT4C	无时效电磁元件

电磁纯铁热轧厚板的电磁性能见表 9.3.2。

表 9.3.2 电磁纯铁热轧厚板的电磁性能

牌号	矫顽力 H_c (A/m) 不大于	矫顽力时效 增值 ΔH_c (A/m) 不大于	最大磁导 率 μ (H/ m) $\times 10^{-3}$ 不小于	磁感应强度(T)不小于						
				B_{200}	B_{300}	B_{500}	B_{1000}	B_{2500}	B_{5000}	B_{10000}
DT3	96.0	—	7.5	1.20	1.30	1.40	1.50	1.62	1.71	1.80
DT4		9.6								
DT3A	72.0	—	8.8							
DT4A		7.2								
DT4E	48.0	4.8	11.3							
DT4C	32.0	4.0	15.1							

注: B_{200} 、 B_{300} 、 B_{500} …… B_{10000} 分别表示在磁场强度为 200A/m、300A/m、500A/m……10000A/m 时的磁感应强度。

3.1.2 硅钢板

硅钢板的主要特性是电阻率高、铁损耗低,适用于各种交变磁场的磁路。硅钢板按其制造工艺不同,分为热轧和冷轧两种。电机工业上常用的硅钢板厚度有0.35mm和0.5mm两种。

3.1.2.1 电工用热轧硅钢板

电工用热轧硅钢板的牌号见表9.3.3。

表 9.3.3 电工用热轧硅钢板的牌号

分 类	检验条件	牌 号	原牌号	钢板厚度(mm)	
低硅钢	强磁场	DR510-50	D23	0.50	
		DR490-50	D24	0.50	
		DR450-50	—	0.50	
		DR420-50	—	0.50	
		DR400-50	—	0.50	
高硅钢	强磁场	DR440-50	D31	0.50	
		DR405-50	D32	0.50	
		DR360-50	D41	0.50	
		DR315-50	D42	0.50	
		DR290-50	D43	0.50	
		DR265-50	D44	0.50	
		DR360-35	D31	0.35	
		DR325-35	D32	0.35	
		DR320-35	D41	0.35	
		DR280-35	D42	0.35	
		DR255-35	D43	0.35	
		DR225-35	D44	0.35	
		高频率	高频率	DR1750G-35	DG41
	DR1250G-20			DG41	0.20
	DR1100G-10			DG41	0.10

强磁场检验条件下的性能见表9.3.4。

表 9.3.4 强磁场检验条件下的性能

牌 号	厚度 (mm)	最小磁感应强度 (T)			最大铁损 (W/kg)		最低弯 曲次数 不小于	理论密度 D_2 (g/cm ³)		叠装 系数
		B_{25}	B_{50}	B_{100}	$P_{10/50}$	$P_{15/50}$		酸洗钢板	未酸洗钢板	
DR510-50	0.50	1.54	1.64	1.76	2.10	5.10				
DR490-50	0.50	1.56	1.66	1.77	2.00	4.90				
DR450-50	0.50	1.54	1.64	1.76	1.85	4.50		7.75	7.70	
DR420-50	0.50	1.54	1.64	1.76	1.80	4.20				
DR400-50	0.50	1.54	1.64	1.76	1.65	4.00				
DR440-50	0.50	1.46	1.57	1.71	2.00	4.40	4	7.65	—	
DR405-50	0.50	1.50	1.61	1.74	1.80	4.05				
DR360-50	0.50	1.45	1.56	1.68	1.60	3.60				提供 数据
DR315-50	0.50	1.45	1.56	1.68	1.35	3.15	1.0	7.55	—	
DR290-50	0.50	1.44	1.55	1.67	1.20	2.90				
DR265-50	0.50	1.44	1.55	1.67	1.10	2.65				
DR360-35	0.35	1.46	1.57	1.71	1.60	3.60	5.0	7.65	—	
DR325-35	0.35	1.50	1.61	1.74	1.40	3.25				
DR320-35	0.35	1.45	1.56	1.68	1.35	3.20				
DR280-35	0.35	1.45	1.56	1.68	1.15	2.80	1.0	7.55	—	
DR255-35	0.35	1.44	1.54	1.66	1.05	2.55				
DR225-35	0.35	1.44	1.54	1.66	0.90	2.25				

注： $P_{10/50}$ 、 $P_{15/50}$ 表示当用 50Hz 反复磁化和按正弦形变化的磁感应强度最大值 1.0、1.5T 时的总单位铁损(W/kg)。

高频率检验条件下的性能见表 9.3.5。

表 9.3.5 高频率检验条件下的性能

牌 号	厚度 (mm)	最小磁感应强度(T)			最大铁损(W/kg)		电阻系数($\mu\Omega$ · m)不小于	最低弯曲 次数不小于
		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	0.57	1
DR1250G-20	0.20	1.21	1.30	1.42	7.20	12.50	0.57	2
DR1100G-10	0.10	1.20	1.29	1.40	6.30	11.00	0.57	3

注：① B_5 、 B_{10} 、 B_{25} 表示当磁场强度(A/cm)等于字母后相应数值时，基本磁化曲线上的磁感应强度(T)。

② $P_{7.5/400}$ 、 $P_{10/400}$ 表示当用 400Hz 反复磁化和按正弦形变化的磁感应强度最大值 0.75T、1.00T 时的总单位铁损(W/kg)。

3.1.2.2 冷轧电工钢带

冷轧电工钢带的牌号和性能见表 9.3.6。

表 9.3.6 冷轧电工钢带牌号和性能

	公称厚度 (mm)	牌号	最大铁损	最小磁感应强度	理论密度
			$P_{15/50}$ (W/kg)	B_{50} (T)	D (g/cm ³)
无取向钢带 (片)	0.35	DW270-35	2.70	1.58	7.60
		DW310-35	3.10	1.60	7.65
		DW360-35	3.60	1.61	7.65
		DW435-35	4.35	1.65	7.70
		DW500-35	5.00	1.65	7.75
		DW550-35	5.50	1.66	7.75
	0.50	DW315-50	3.15	1.58	7.60
		DW360-50	3.60	1.60	7.65
		DW400-50	4.00	1.61	7.65
		DW465-50	4.65	1.65	7.70
		DW540-50	5.40	1.65	7.75
		DW620-50	6.20	1.66	7.75
		DW800-50	8.00	1.69	7.80
		DW1050-50	10.50	1.69	7.85
DW1300-50	13.00	1.69	7.85		
DW1550-50	15.50	1.69	7.85		
取向钢带 (片)	0.30	DQ122G-30	1.22	1.88	7.65
		DQ133G-30	1.33	1.88	
		DQ133-30	1.33	1.79	
		DQ147-30	1.47	1.77	
		DQ162-30	1.62	1.74	
		DQ179-30	1.79	1.71	
		DQ196-30	1.96	1.68	
	0.35	DQ126G-35	1.26	1.88	7.65
		DQ137G-35	1.37	1.88	
		DQ151-35	1.51	1.77	
		DQ166-35	1.66	1.74	
		DQ183-35	1.83	1.71	
		DQ200-35	2.00	1.68	
		DQ230-35	2.30	1.63	

注：① $P_{15/50}$ 表示频率为 50Hz、波形为正弦的磁感峰值为 1.5(T)的单位质量铁损(W/kg)。

② B_{10} 和 B_{50} 分别表示频率为 50Hz 磁场强度最大值为 1000A/m、5000A/m 时，按正弦波形变化的磁感应强度峰值(T)。

3.1.3 软磁锰锌铁氧体

软磁铁氧体主要有锰锌铁氧体和镍锌铁氧体等。锰锌铁氧体的电阻系数高达 $100\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ 以上;饱和磁感应强度高达 0.45T ,且在 100kHz 以下的频率范围内有较大的磁导率。适用于中频和高频变压器、脉冲和开关电源变压器、高频焊接变压器、低通滤波器及可控硅限流电感的铁心等。其性能参数列于表 9.3.7。

表 9.3.7 常用软磁锰锌铁氧体性能

牌号 (旧牌号)	初磁 导率 μ_1/μ_0 ($\pm 20\%$)	比温度 系 数 ($\times 10^{-6}$) 20~55℃	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 (℃)	密度 (g/cm^3)	适用 频率 (MHz)	制品 类型
			$\tan\delta/\mu_1$ ($\times 10^{-6}$)	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 (MXD2000)	2000	1	≤ 7.5	0.1	0.35	20	180	4.8	0.5	G、H
R2.5KB	2500				0.45	16	230	4.8		E、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
R10K (MX10000)	10000	0.5	≤ 7	0.01	0.32	12	110	4.9	0.1	H

铁氧体为烧结体,较硬脆,不耐冲击、不易加工。使用环境温度为 $-55 \sim +85^\circ\text{C}$,当工作温度超过居里点后,磁导率迅速下降。表 9.3.7 中所指磁导率一般是在 25°C 左右测得的。表中比温度系数

$$\alpha_{\mu/\mu} = \frac{\mu_2 - \mu_1}{\mu_1^2 (T_2 - T_1)}$$

式中 μ_1 ——温度为 T_1 时的磁导率;

μ_2 ——温度升高到 T_2 时的磁导率。

电工用锰锌铁氧体材料的制品一般已加工成为双罐形(G型)、双E形(E型)、

双U形(U型)和环形(H型)等标准化的磁芯形式使用。它们的特点如下:

3.1.3.1 G型磁芯制品

每两个相同的罐形组成1副磁芯,有的商店供G型磁芯时还配有现成的线圈骨架。

材料:R1K,R2K,R4K。

尺寸:按表9.3.8。

示例:磁芯R4K-G18,2副。表示磁芯材料为R4K,外形尺寸为G18的罐形,数量为2副。

表 9.3.8 G型磁芯外形尺寸

型号	外径	线圈最大 外径	线圈最大 内径	中心安装 孔径	每副磁 芯高度	线圈最 大高度	出线 槽宽
G9	9.6- $\frac{0.6}{\phi}$	7.5+ $\frac{0.5}{\phi}$	3.9- $\frac{0.3}{\phi}$	2~2.2	6.6- $\frac{0.6}{\phi}$	3.6+ $\frac{0.6}{\phi}$	1.6
G11	11.5- $\frac{0.6}{\phi}$	9.0+ $\frac{0.5}{\phi}$	4.7- $\frac{0.3}{\phi}$	2~2.2	7.0- $\frac{0.6}{\phi}$	4.4+ $\frac{0.6}{\phi}$	1.6
G14	14.5- $\frac{0.6}{\phi}$	11.5+ $\frac{0.7}{\phi}$	6.1- $\frac{0.3}{\phi}$	2.9~3.2	9.0- $\frac{0.6}{\phi}$	5.6+ $\frac{0.8}{\phi}$	2.0
G18	18.6- $\frac{1.0}{\phi}$	14.8+ $\frac{0.8}{\phi}$	7.7- $\frac{0.5}{\phi}$	2.9~3.2	11.2- $\frac{0.6}{\phi}$	7.2+ $\frac{0.8}{\phi}$	3.0
G22	22.0- $\frac{1.0}{\phi}$	17.8+ $\frac{1.0}{\phi}$	9.4- $\frac{0.5}{\phi}$	4.3~4.7	14.0- $\frac{0.6}{\phi}$	9.2+ $\frac{0.8}{\phi}$	3.0
G26	26.2- $\frac{1.2}{\phi}$	21.2+ $\frac{1.0}{\phi}$	11.6- $\frac{0.7}{\phi}$	5.3~5.7	16.6- $\frac{0.6}{\phi}$	11+ $\frac{1.0}{\phi}$	3.0
G30	30.7- $\frac{1.2}{\phi}$	24.9+ $\frac{1.2}{\phi}$	13.6- $\frac{0.7}{\phi}$	5.3~5.7	19.4- $\frac{0.8}{\phi}$	13+ $\frac{1.0}{\phi}$	3.5
G36	36.5- $\frac{1.5}{\phi}$	29.8+ $\frac{1.5}{\phi}$	16.2- $\frac{0.8}{\phi}$	5.3~5.7	22.2- $\frac{0.8}{\phi}$	14.6+ $\frac{1.2}{\phi}$	3.5
G42	43.4- $\frac{1.7}{\phi}$	38.5+ $\frac{1.7}{\phi}$	17.7- $\frac{0.8}{\phi}$	5.3~5.7	27.0- $\frac{0.8}{\phi}$	17.4+ $\frac{1.2}{\phi}$	3.5
G48	48.3- $\frac{1.7}{\phi}$	40.0+ $\frac{1.7}{\phi}$	20.0- $\frac{0.8}{\phi}$	5.3~5.7	30.4- $\frac{0.8}{\phi}$	20.4+ $\frac{1.2}{\phi}$	4.0

3.1.3.2 E型磁芯制品

分为EF(中柱为方形)和EY(中柱为圆形)两种,电工常用为EF型,每两只EF型组成1副磁芯。

材料:R1K,R2K,R1.5KB,R2.5KB,R4K,R6K。

尺寸:按表9.3.9。

示例:磁芯R2K-EF17B。表示材料为R2K,外形尺寸为EF17B。

表 9.3.9 EF 型磁芯外形尺寸(mm)

型号	中柱宽×磁芯厚	磁芯宽	每副高	窗口 宽×高
EF3A	$3_{-0.5}^0 \times 3_{-0.5}^0$	12 $_{-1.2}^0$	12 $_{-1.8}^0$	2.5 $_{0}^{+0.65} \times 8_{0}^{+1}$
EF3B	$3_{-0.5}^0 \times 4_{-0.5}^0$			
EF4A	$4_{-0.5}^0 \times 4_{-0.5}^0$	16 $_{-1.2}^0$	16 $_{-1.8}^0$	3.0 $_{0}^{+0.7} \times 10_{0}^{+1}$
EF4B	$4_{-0.5}^0 \times 5.7_{-0.6}^0$			
EF5A	$5_{-0.6}^0 \times 5_{-0.6}^0$	20 $_{-1.5}^0$	20 $_{-1.8}^0$	4.0 $_{0}^{+0.85} \times 13_{0}^{+1.2}$
EF5B	$5_{-0.6}^0 \times 6.7_{-0.8}^0$			
EF6A	$6_{-0.8}^0 \times 6_{-0.8}^0$	24 $_{-1.5}^0$	24 $_{-2.6}^0$	5.0 $_{0}^{+1} \times 16_{0}^{+1.2}$
EF6B	$6_{-0.8}^0 \times 8_{-0.8}^0$			
EF7A	$7_{-0.8}^0 \times 7_{-0.8}^0$	30 $_{-1.8}^0$	30 $_{-2.6}^0$	5.5 $_{0}^{+1.1} \times 18_{0}^{+1.2}$
EF7B	$7_{-0.8}^0 \times 9.3_{-0.8}^0$			
EF9A	$9_{-0.8}^0 \times 9_{-0.8}^0$	36 $_{-2.2}^0$	36 $_{-2.6}^0$	7.0 $_{0}^{+1.2} \times 22_{0}^{+1.6}$
EF9B	$9_{-0.8}^0 \times 12_{-1}^0$			
EF12A	$12_{-1}^0 \times 12_{-1}^0$	43 $_{-2.4}^0$	43 $_{-3.2}^0$	8.0 $_{0}^{+1.4} \times 28_{0}^{+1.6}$
EF12B	$12_{-1}^0 \times 16_{-1.2}^0$			
EF17A	$17_{-1.2}^0 \times 17_{-1.2}^0$	55 $_{-2.8}^0$	55 $_{-3.6}^0$	10 $_{0}^{+1.6} \times 36_{0}^{+1.6}$
EF17B	$17_{-1.2}^0 \times 22.7_{-1.4}^0$			
EF20A	$20_{-1.4}^0 \times 20_{-1.4}^0$	65 $_{-3.1}^0$	65 $_{-4.4}^0$	11.5 $_{0}^{+1.85} \times 43_{0}^{+2}$
EF20B	$20_{-1.4}^0 \times 26.7_{-1.8}^0$			
EF28A	$28_{-1.8}^0 \times 28_{-1.8}^0$	85 $_{-4}^0$	84 $_{-4.8}^0$	13.5 $_{0}^{+2.15} \times 58_{0}^{+2.6}$
EF36A	$36_{-2}^0 \times 36_{-2}^0$	110 $_{-4.6}^0$	110 $_{-5.6}^0$	18 $_{0}^{+7.5} \times 74_{0}^{+3.8}$

3.1.3.3 U型磁芯制品

U型磁芯上下轭截面近似矩形,UF两边柱为方形,UY两边柱为圆形,两个U型组成1副磁芯。

材料:R1K,R1.5KB,R2.5KB。

尺寸:按表 9.3.10。

示例:磁芯 R1.5KB-UY12,3副。表示磁芯材料为 R1.5KB 外形尺寸为 UY12型,数量为3副。

表 9.3.10 U型磁芯外形尺寸(mm)

型号	边柱	每副磁芯高	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

3.1.3.4 H型磁芯制品

H型磁芯的外形为环形,每环单独成为1个磁芯。H型磁芯的线圈不是事先绕好再套入磁芯,而是穿绕到环形的磁芯上,因此绕线工艺不如G、E和U型的简单。

材料:R1K,R2K,R4K,R6K。

外形尺寸:见表9.3.11。

表 9.3.11 H型磁芯外形尺寸(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。

3.1.4 软磁合金

软磁合金又称精密合金, 它包括铁镍合金和铁铝合金两大类。铁镍合金又称坡莫合金。其优点是在低磁场下有极高的磁导率、很低的矫顽力和较好的高频特性(一般最高工作频率在 1MHz 左右)。铁铝合金是一种新型的软磁合金材料, 用它来代替铁镍合金可以节省贵重金属镍。铁铝合金具有极高的电阻率, 有利于高频下使用, 而且密度小、硬度高、耐磨性好、抗振动冲击性能好、对机械应力的敏感性小。常用铁镍合金和铁铝合金的规格、特点及主要用途见表 9.3.12, 电磁性能见表 9.3.13。

表 9.3.12 铁镍和铁铝合金的规格、特点及用途

名称	牌号	含镍(或铝)量(%)	厚度(mm)	特点	用途
铁镍合金	1J34	33~35	0.005~0.20	饱和磁感应强度高, 磁导率较低和矫顽力较大	中小功率变压器、扼流圈和控制微特电机的铁心
	1J46	45~47	0.02~0.50		
	1J50	49~51	0.02~2.50		
	1J51	49~51	0.005~0.10	磁滞回线呈矩形, 其余同 1J50	高灵敏磁放大器、中小功率脉冲变压器的铁心, 微机记忆元件
	1J67	66~68	0.02~0.50	低磁场下最大磁导率很高, 矫顽力很低, 饱和磁感应强度不高	低磁场下高灵敏小功率变压器、磁放大器继电器、扼流圈等
	1J79	78~80	0.01~2.5		
	1J85	79~81	0.005~0.34	起始磁导率最高, 矫顽力极低和最大磁导率很高, 对弱信号反应灵敏, 电阻率较高	仪表和电信工业中的扼流圈、音频变压器、快速磁放大器和精密电桥的定动片、精密电桥变压器
	1J86	79~81	0.005~0.50		
铁铝合金	1J6	5.5~6.0	0.2~1.0	同类中饱和磁感应强度最大, 抗腐蚀性好	做控制微特电机、电磁阀铁心
	1J12	11.6~12.4	0.2~1.0	磁导率和饱和磁感应强度适中, 电阻率大	做音频变压器、继电器铁心
	1J16	15.5~16.3	0.2~1.0	在同类中磁导率最大, 矫顽力最小, 饱和磁感应强度最小	弱磁场中小型变压器、磁放大器、互感器的铁心, 做磁屏蔽

表 9.3.13 常用铁镍和铁铝软合金的电磁性能

牌 号	厚度 (mm)	初磁导率	最大磁导率	矫顽力 H_c	饱和磁感应	$H_r 80A/m$ 时 B_r/B_m 不小于
		μ_0 ($10^{-3} H/m$)	μ_m ($10^{-3} H/m$)	(A/m) 不大于	强度 $B_s(T)$ 不小于	
1J34	0.005~0.01	—	62.5	20	1.5	0.9
	0.02~0.04		75	16		0.9
	0.05~0.09		112.5	9.6		0.9
	0.10~0.20		137.5	8		0.87
1J46	0.02~0.04	2.5	162.5	32	1.5	—
	0.05~0.09	2.875	275	24		
	0.10~0.19	3.5	312.5	20		
	0.20~0.34	4.0	375	16		
	0.35~0.50	4.5	375	12		
1J50	0.02~0.04	2.75	250	24	1.5	—
	0.05~0.09	3.5	350	20		
	0.10~0.19	4.0	400	14.4		
	0.20~0.34	4.5	500	11.2		
	0.35~1.0	5.625	625	9.6		
	1.1~2.5	6	562.5	9.6		
1J51	0.005~0.01	—	312.5	24	1.5	0.9
	0.02~0.04		437.5	20		
	0.05~0.09		625	16		
	0.19		750	14.4		
1J67	0.02~0.04	—	2000	6.4	1.2	0.9
	0.05~0.09		2500	4.8		
	0.10~0.19		3125	4.0		
	0.20~0.50		4375	3.2		
1J79	0.005~0.01	15	875	4.8	0.75	—
	0.02~0.04	18.75	1125	4.0		
	0.05~0.09	22.5	1375	2.8		
	0.10~0.19	25	1875	2.0		
	0.20~0.34	27.5	2250	1.6		
	0.35~1.0	30	2500	1.2		
	1.1~2.5	27.5	2250	1.6		

续表

牌 号	厚度 (mm)	初磁导率 μ_0 (10^{-3} H/m)	最大磁导率 μ_m (10^{-3} H/m)	矫顽力 H_c (A/m) 不大于	饱和磁感应 强度 B_s (T) 不小于	$H_r 80$ A/m 时 B_r/B_m 不小于
1J85	0.005~0.01	20	875	4.8	0.70	—
	0.02~0.04	22.5	1000	3.6		
	0.05~0.09	35	1375	2.4		
	0.10~0.19	37.5	1875	1.6		
	0.20~0.35	50	2250	1.2		
1J86	0.005~0.01	12.5	1000	4.0	0.60	—
	0.02~0.04	37.5	1375	2.4		
	0.05~0.09	50	1875	1.44		
	0.10~0.19	62.5	2250	1.20		
	0.20~0.50	75	2750	0.72		
1J16	0.2~0.35	5	62.5	3.2	0.65	—
	0.35~1.0	7.5	37.5	3.2	0.65	—
1J12	0.2~1.0	3.1	31.3	12	1.3	—
1J6	0.1~0.5	—	—	48	1.35	—
	8~100	—	—	6.4	1.30	—

3.2 永磁材料

永磁材料即硬磁材料,它能在较长时间内保持强而稳定的磁性。衡量永磁材料性能的技术指标为其退磁曲线上的剩磁感应强度(T)、矫顽力(A/m)及最大磁能积(kJ/m^3)等。

常用的永磁材料可分为铸造铝镍钴系永磁材料、粉末烧结铝镍钴系永磁材料、铁氧体永磁材料、稀土永磁材料及塑性变形永磁材料等。

3.2.1 铝镍钴系永磁材料

铸造铝镍钴系永磁材料的剩磁较大,磁感应温度系数很小,居里点温度高,其矫顽力和最大磁能积在永磁材料中可达到中等以上水平,组织结构稳定。

目前在电机工业如永磁电机及微电机中应用很广泛,此外在电讯工业如扬声器、微波器件及磁性支座应用也很多。

粉末烧结铝镍钴永磁材料用粉末冶金方法制成,不产生铸造缺陷,磁性略低,特性与铸造铝镍钴系永磁材料相似。适宜作体积小及工作磁通均匀性高的永磁体,其表面光洁,不需磨削加工,省材料。

铝镍钴系永磁合金材料的磁性能如表 9.3.14 所示。

表 9.3.14 铝镍钴系永磁合金的磁性能

类别	牌 号	最大磁能积 BH_{\max} (kJ/mm ³)	剩磁 B_r (kT)	矫顽力		相对回复 磁导率 μ_{rec} ($\times 10^6$ H/m)	密度 (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	680	30	32	6.0~7.0	6.9	等轴晶	各向同性
	LN10	9.6	600	40	43	4.5~5.5	6.9		
	LNG12	12.0	700	40	43	6.0~7.0	7.0		
	LNG16	16.0	780	52	54	5.0~6.0	7.0		
	LNG34	34.0	1200	44	45	4.0~5.0	7.3		
	LNG37	37.0	1200	48	49	3.0~4.5	7.3		
	LNG40	40.0	1250	48	49	2.5~4.0	7.3	半轴晶	
	LNG44	44.0	1250	52	53	2.5~4.0	7.3		
	LNG52	52.0	1300	56	57	1.5~3.0	7.3	轴晶	各向异性
	LNGT28	28.0	1000	58	59	3.5~5.5	7.3	等轴晶	
	LNGT32	32.0	800	100	102	2.0~3.0	7.3		
	LNGT38	38.0	800	110	112	1.5~2.5	7.3		
	LNGT60	60.0	900	110	112	1.5~2.5	7.3	轴晶	
	LNGT72	72.0	1050	112	114	1.5~2.5	7.3		
LNGT36J	36.0	700	140	148	1.5~2.5	7.3	等轴晶		
粉 末 烧 结 铝 镍 钴 系	FLN8	8.0	520	40	43	4.5~5.5	6.7	各向同性	
	FLNG12	12.0	700	40	43	6.0~7.0	7.0		
	FLNG28	28.0	1050	46	47	4.0~5.0	7.0		
	FLNG34	34.0	1120	47	48	3.0~4.5	7.0	各向异性	
	FLNG31	31.0	760	107	111	2.0~4.0	7.0		
	FLNGT33J	33.0	650	136	150	1.5~3.5	7.0		

注：①牌号名称系根据 GB4753—1984 的规定。

②居里点(T_c): 1031~1180K。

③温度系数: 在 273~373K(即 0~100℃)时, I. $\alpha(B_r) - 0.02\%/K$; II. $\alpha(H_{\text{cJ}}) + 0.03 \sim 0.07\%/K$ 。

3.2.2 铁氧体永磁材料

铁氧体永磁材料的矫顽力很高,但剩磁较小,其最大磁能积不大,但最大回复磁能积却较大,故适宜做动态工作的永磁体。由于剩磁较小、磁感应温度系数很高,不宜用于测量仪表。永磁铁氧体材料的主要磁性能如表 9.3.15 所示,其他性能列于表 9.3.16。

表 9.3.15 铁氧体永磁材料磁性能

材料牌号	剩余磁感应强度 B_r (T)	磁感应矫顽力 BH_c (kA/m)	最大磁能积 BH_{max} (kJ/m ³)	温度范围 (°C)
Y10T	≥ 0.02	128~160	6.4~9.6	-40~+85
Y15	0.28~0.36	128~192	14.3~17.5	
Y20	0.32~0.38	128~192	18.3~21.5	
Y25	0.35~0.39	152~208	22.3~25.5	
Y30	0.38~0.42	160~216	26.3~29.5	
Y35	0.40~0.44	176~224	30.3~33.4	
Y15H	≥ 0.31	232~248	≥ 17.5	
Y20H	≥ 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永磁铁氧体牌号的组成如下表。

第一部分		第二部分		第三部分	
代号	意义	代号	意义	代号	意义
Y	代表永磁铁 氧体材料	阿拉伯数字	材料的 (BH) _{max} 值取整数	T	同性材料
				H	高BH _c 材料
				B	高B _r 材料

②永磁铁氧体材料新旧牌号对照如下表列。

新牌号	Y10T	Y15	Y20	Y25	Y30	Y35	Y15H	Y20H	Y25BH	Y30BH
旧牌号	H10	—	H25	—	H35	H40	HC30	HC32	—	—

③标记示例:牌号为 Y10T 的永磁铁氧体,其标记为永磁铁氧体 Y10T SJ285—1977(永磁铁氧体材料及技术条件应符合 SJ285—1977 电子工业部标准的规定)。

表 9.3.16 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 θ_i (°C)	回磁导率 μ_{rec}	剩磁温度系数 α_{Br} ($\times 10^{-2}/\text{°C}$)	线膨胀系数 r ($\times 10^{-6}/\text{°C}$)
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

3.2.3 稀土钴永磁材料

稀土钴永磁材料由部分稀土金属和钴组成。它具有高矫顽力和高磁能积的优异磁性能,用它制成的永磁零件体积小、质量轻且性能稳定。此类材料与钕钴系永磁材料相比,其居里点温度低,磁感应温度系数较大,不宜在高于200℃温度下工作。

稀土钴材料的主要磁性能如表9.3.17所列,其他参考性能如表9.3.18所列。

表 9.3.17 稀土钴永磁材料主要磁性能

牌 号 \ 性 能	剩磁 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_{ci} (最小值) (kA/m)	最大磁能积 BH_{max} (kJ/m ³)
XGS80/36	600	320	360	64~88
XGS96/40	700	360	400	88~104
XGS112/96	730	520	960	104~120
XGS128/120	780	560	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。

标记示例:牌号为XGS80/36的稀土钴永磁材料,其标记为稀土钴 XGS80/36 GB4180—1984。

表 9.3.18 稀土钴永磁材料的参考性能

性能 牌 号	平均温度系数 (0~100℃) $\frac{\Delta\beta_d/\beta_d}{\Delta t}$ ($\times 10^{-2} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$)	居里点温度 θ_i ($^\circ\text{C}$)	密度 d (g/cm^3)	相对回 复磁导 率 μ_{rec}	韦氏硬度 HV	线膨胀 系数 α	电阻率 ρ ($\Omega \cdot \text{cm}$)
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}

3.2.4 钕铁硼永磁材料

钕铁硼永磁材料是近年发展起来的第三代稀土永磁材料。它具有高磁能积、高矫顽力、高机械强度等优异性能,但目前因温度系数大和使用温度低等缺点而限制了其使用范围。它适用于体积小、质量轻、高效能的电机和电器的导磁体。表 9.3.19 列出国内部分企业生产的钕铁硼永磁材料的性能以供参考。

表 9.3.19 钕铁硼永磁材料性能

牌 号	剩磁 B_r (T) 不小于	矫顽力 H_{cB} (kA/m) 不小于	内禀矫顽 力 H_{cJ} (kA/m) 不小于	最大磁能 积 BH_{max} (kJ/m ³)	剩磁可逆 温度系数 α_{Br} ($\times 10^{-2}/^{\circ}\text{C}$)	居里点 温度 T_c ($^{\circ}\text{C}$)	密度 ρ (g/cm ³) 不小于	生产 单位
YLNF-175M	0.93	680	1120	160~190	-0.12	310	7.3	上海 跃龙 有色 金属 有限 公司
YLNF-175H	0.93	680	1350	160~190	-0.11	310	7.3	
YLNF-175S	0.93	680	1600	160~190	-0.10	310	7.3	
YLNF-200L	1.0	640	720	190~215	-0.13	310	7.3	
YLNF-200M	1.0	720	1120	190~215	-0.12	310	7.3	
YLNF-200H	1.0	720	1350	190~215	-0.11	310	7.3	
YLNF-200S	1.0	720	1600	190~215	-0.10	310	7.3	
YLNF-240L	1.06	640	720	215~255	-0.13	310	7.3	
YLNF-240M	1.06	720	1120	215~255	-0.12	310	7.3	
YLNF-240H	1.06	720	1350	215~255	-0.11	310	7.3	
YLNF-280L	1.16	640	720	255~286	-0.13	310	7.3	
YLNC-200	1.0	640	720	190~215	-0.08	450	7.3	
YLNC-240	1.06	640	720	215~255	-0.08	450	7.3	
GYRM-40	1.30~1.35	560~720	640~800	304~344	20~100 $^{\circ}\text{C}$ 时为 -0.125		7.4~7.6	北京 钢铁 研究 总院
GYRM-35	1.18~1.25	≥ 600	≥ 640	264~288			7.3~7.5	
GYRM-30C	1.12~1.19	≥ 600	≥ 640	224~256			7.3~7.5	
GYRM-27C	1.05~1.12	≥ 600	≥ 640	200~224			7.3~7.5	
NTB35	1.1~1.2	676	800	223~263	-0.126	310	桂林 电器 所	
NTBG30	1.0~1.1	557	634	199~239	-0.08	450		
NTBH28	1.0~1.1	634~756	1194	199~223	-0.12	310		
HLN-200 I	≥ 0.9	≥ 718	≥ 1117.2	159.6~ 191.5	20~100 $^{\circ}\text{C}$ 时为			包头 稀土 研究 院
HLN-200 II	≥ 1.0	≥ 718	≥ 1037.4	199.5~ 223.4	-0.060~ -0.070			

第10章 现代照明

1 照明基础知识

1.1 常用名词术语

照明技术常用名词术语见表 10.1.1

表 10.1.1 照明技术常用名词术语

术语	定 义	符号	单位
光源	通常是指能够发出可见光的发光体。一般有天然和人工光源两种,天然光源如太阳;人工光源在照明技术中主要是电光源		
光通量	光源发出的辐射作用于人眼所能感觉的辐射功率	Φ	lm (流明)
发光强度	光源在一定方向上单位立体角内辐射的光通量	I	cd (坎德拉)
光亮度	光源表面有一点在一定方向上的发光强度	L	cd/m ²
照度	受照射平面内单位面积上所接收的光通量	E	lx (勒克斯)
光效	电光源消耗 1W 功率时所辐射出的光通量	K	lm/W
色温	光源辐射的光谱分布(颜色)与黑体在温度 T 时所发出的光谱分布相同,则温度 T 称为光源的色温(度)	T	K
显色性和显色指数	光源能显现被照物体颜色的性能称为光源的显色性 通常将日光的显色指数定为 100,而将光源显现的物体颜色与日光下同一物体显现的颜色相符合的程度,称为该光源的显色指数	R_a	

续表

术语	定义	符号	单位
频闪效应	当光源的光通量变化频率与物体的转动频率成整数倍时,人眼就感觉不到物体在运动,这叫频闪效应		
眩光	由于光亮度分布不适当或变化范围太大,或在空间和时间上存在极端的亮度对比,以致引起不舒适和降低观察物体能力的视觉条件		
局部照明和一般照明	为某些特定地点增加照度而设置的照明称为局部照明。不考虑某些局部特殊的需要,为整个工作场所而设置的照明称为一般照明		
配光曲线	照明器(光源和灯罩等组合)在空间各个方向上光强分布情况,绘制在坐标图上的图形		
照明器效率	照明器的光通量与光源的光通量的比值(由于灯罩在遮光时会吸收一部分光通量,因此照明器效率一般在0.5~0.9)		
保护角	发光体(或灯丝)最边缘点和照明器出光口连线与发光体(或灯丝)中心的水平线之间的夹角(在图10.1.1中,保护角为 γ ,因 $\tan\gamma = \frac{2h}{D+d}$,所以 $\gamma = \arctan \frac{2h}{D+d}$)		

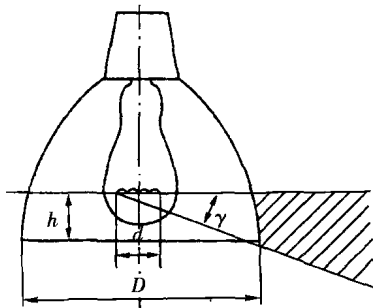
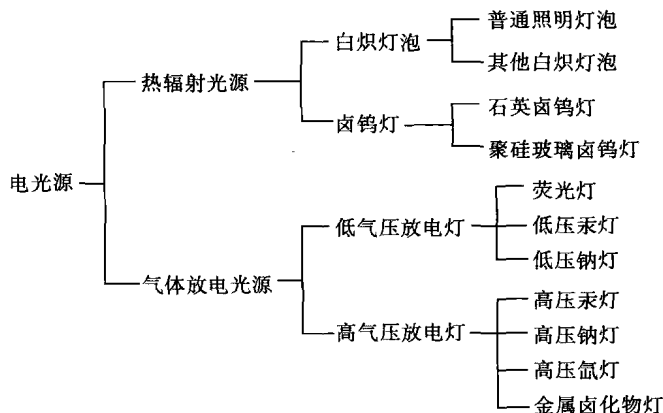


图 10.1.1

1.2 电光源的分类及主要技术特性

1.2.1 电光源的分类

电光源根据其工作原理可分为热辐射光源和气体放电光源两大类。前者是利用电能使材料加热到白炽程度而发光,后者是利用气体或蒸发气体放电而发光。



光源代号:见表 10.1.2。

表 10.1.2 光源代号

代号	光源种类	代号	光源种类
不注	白炽灯	X	氙灯
Y	荧光灯	N	钠灯
L	卤钨灯	J	金属卤化物灯
G	汞灯	H	混合光源

2.1.2 常用照明电光源的主要特性

照明用电光源品种很多,用途广泛。为了正确选择和使用照明电光源,就必须对各种常用的电光源特性参数有所了解和比较。

主要特性比较项目有:光量特性、光质特性、电气特性、机械特性、经济特性、心理特性以及其他匹配特性等。常用照明电光源的主要特性比较见表 10.1.3。

表 10.1.3 常用照明电光源的主要特性比较

光源名称	普通照明灯泡	卤钨灯	荧光灯	荧光高压汞灯	管形氙灯	高压钠灯	金属卤化物灯
额定功率范围(W)	15~1000	500~2000	6~200	50~1000	500~100000	250、400	250~3500
光效(lm/W) ^①	7~19	19.5~21	27~67	32~53	20~37	90、100	72~80
平均寿命(h) ^②	1000	1500	1500~5000	3500~6000	500~1000	3000	1000~1500
一般显色指数	95~99	95~99	70~80	30~40	90~94	20~25	65~80
启动稳定时间	瞬时		1~3s	4~8s	1~2s	4~8min	4~10min
再启动时间	瞬时			5~10min	瞬时	10~20min	10~15min
功率因数cosφ	1	1	0.32~0.7	0.44~0.67	0.4~0.9	0.44	0.5~0.61
频闪效应	不明显			明显			
表面亮度	大	大	小	较大	大	较大	大
电压变化对光通量的影响	大	大	较大	较大	较大	大	较大
温度变化对光通量的影响	小	小	大	较小	小	较小	较小
耐震性能	较差	差	较好	好	好	较好	好
所需附件	无	无					
镇流器、启辉器	镇流器	镇流器 ^③ 、触发器	镇流器	镇流器、触发器 ^④			

注：①光效是发光效率的简称，指一个电光源每消耗1W功率所发出的光通量，单位为(lm/W)。

②光源的寿命有全寿命、有效寿命和平均寿命之分。全寿命指光源不能再启动和发光时所点燃的时间；有效寿命是指光源的发光效率下降到初始值的70%~80%时总共点燃的时间；平均寿命系指每批抽样试验产品有效寿命的平均值。

③小功率管形氙灯须用镇流器,大功率的可不用镇流器。

④1000W 钠铊铟灯目前须用触发器启动。

由表中可见,白炽灯泡的发光效率是很低的,荧光灯的发光效率虽比白炽灯高得多,但仍不够高。高压钠灯的发光效率最高。

按定义:1 lm 相当于 1/683W 辐射功率,亦即 1W 电功率全部变为光能,可达 683 lm。当然能量转换总是存在损耗的。白炽灯转换率最低,仅 1%左右;荧光灯也只有 3.7%~10%;高压钠灯高些,转换率达 13%~15%。因此,工厂照明光源应选用高光效的电光源,并期待开发更高光效的电光源。

2 照明电气源

2.1 白炽灯

白炽灯具有结构简单、使用可靠、安装维修方便、价格便宜等优点,但其有使用寿命短、发光效率低等缺点。适用于照度要求不高、开关次数频繁和需要调节光源亮暗的场所。

2.1.1 白炽灯的结构和发光原理

(1)白炽灯的结构:白炽灯有卡口式和螺口式两类。结构如图 10.2.1 所示。灯头上装有相互绝缘的两个电极,分别用导线与灯丝两端相通。灯丝用钨制成。大功率灯泡的玻璃壳内抽真空后,充惰性气体,小功率灯泡的玻璃壳内只抽真空。

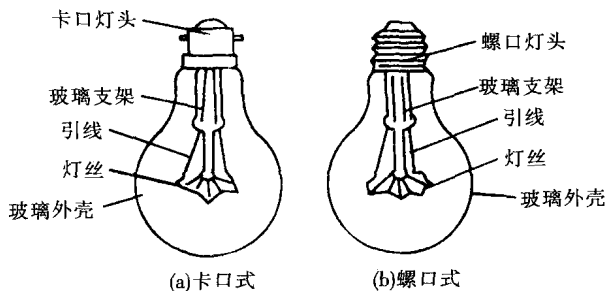


图 10.2.1 白炽灯的结构

(2)白炽灯的发光原理:对灯加以额定电压后,电流流过灯丝时,因灯丝有电阻,使电能变为热能,灯丝温度上升到 2400~3000K,达到白炽程度而发光。

2.1.2 白炽灯的技术数据

白炽灯的技术数据见表 10.2.1、表 10.2.2。

表 10.2.1 白炽灯的光电技术数据(透明玻壳)

型号	功率 (W)	初始光通量 (lm)	灯头型号
PZ220-15	15	110	E27/27 或 B22d/25×26
PZ220-25	25	220	
PZ220-40	40	350	
PZ220-60	60	630	
PZ220-100	100	1250	
PZ220-150	150	2090	E27/35×30 或 B22d/30×30
PZ220-200	200	2920	
PZ220-300	300	4610	
PZ220-500	500	8300	E40/45
PZ220-1000	1000	18600	
PZM 220-15	15	107	E27/27 或 B22d/25×26
25	25	213	
40	40	326	
PZS 220-40	40	415	
60	60	715	
100	100	1350	

注:①PZ为普通白炽灯泡,PZS指双螺旋普通白炽灯泡,PZM指蘑菇形普通白炽灯泡。

②平均寿命为1000h。

③灯头型号中,E——螺旋式灯头,B——卡口式灯头。

④用乳白玻璃、涂白、磨砂玻璃灯泡发出的光通量分别为透明灯泡的75%、85%和97%。

表 10.2.2 局部照明灯泡的主要技术数据

灯泡型号	额定值			极限值		平均寿命 (h)	灯头 型号
	电压 (V)	功率 (W)	光通量 (lm)	功率 (W)	光通量 (lm)		
JZ 12-15	12	15	180	16.1	158	1000	E27/27
JZ 12-25		25	325	26.5	286		
JZ 12-40		40	550	42.1	484		
JZ 12-60		60	850	62.9	748		
JZ 12-100		100	1600	107	1280		
JZ 36-15	36	15	135	16.1	119		
JZ 36-25		25	250	26.5	220		
JZ 36-40		40	500	42.1	440		
JZ 36-60		60	800	62.9	704		
JZ 36-100		100	1550	104.9	1364		

2.2 荧光灯

荧光灯又称日光灯,属于应用最广的气体放电光源。具有发光效率高、寿命长、光色柔和等优点,但是功率因数低、附件多。荧光灯广泛用于照度要求较高的室内照明。

2.2.1 荧光灯的构造和发光原理

(1) 构造。荧光灯是由灯管、启辉器和镇流器三个主要部件组成。灯管由灯头、灯丝和玻璃管组成,如图 10.2.2 所示。玻璃管的两端各装有一个由钨丝绕成的灯丝,丝表面涂有氧化钡,灯丝烧热后易发射电子。灯丝两端引在两极上,同外电路相接。灯管内壁涂有荧光粉,管内抽成真空,充少量汞气和氩气。

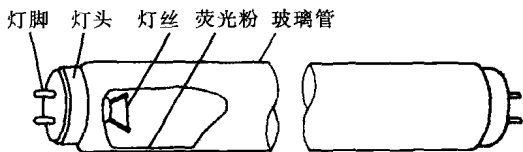


图 10.2.2 荧光灯灯管的构造

镇流器由硅钢片铁心及绕在铁心的电感线圈组成,如图 10.2.3 所示。其作用为:在启动限制预热电流,并在启辉器配合下产生瞬时 600V 以上高电压,促使灯管放电;在工作时限流流过灯管的电流,起镇流作用。

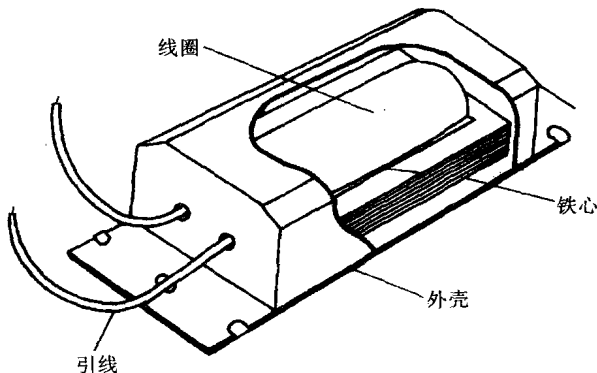


图 10.2.3 日光灯镇流器的结构

启辉器由一个充有氖气的封闭玻璃泡和一个纸制电容器组成,如图 10.2.4 所示。其作用是自动控制阴极预热的时间,使电路接通和自动断开。

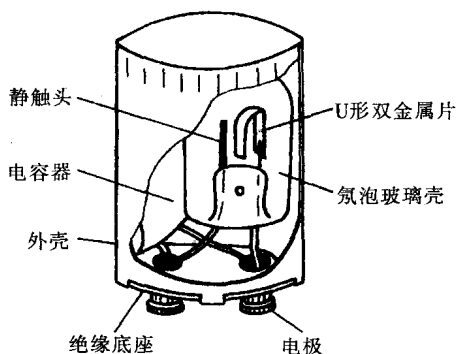


图 10.2.4 日光灯启辉器的结构

(2) 发光原理。接线原理如图 10.2.5 所示。当接通电源后,电压加在启辉器的双金属片和静触头间,引启辉光放电。放电时产生的热量传热到双金属片上,把双金属片加热至 $800\sim 1000^{\circ}\text{C}$,双金属片因过热而膨胀与静触头闭合,电路接通,灯丝通过电流被预热到高温 900°C 而发射电子,使灯丝附近的氩气游离,汞汽化。双金属片与静触头接触后,辉光放电停止,双金属片冷却,离开静触头恢复原状。在触头断开的瞬间,在镇流器两端会产生一个很高的感应电动势,感应电动势加在灯管两端,使大量电子从灯管中流过。电子在运动中冲击管内的气体,发出紫外线,紫外线激发灯管内壁的荧光粉,发出似荧光的可见光。

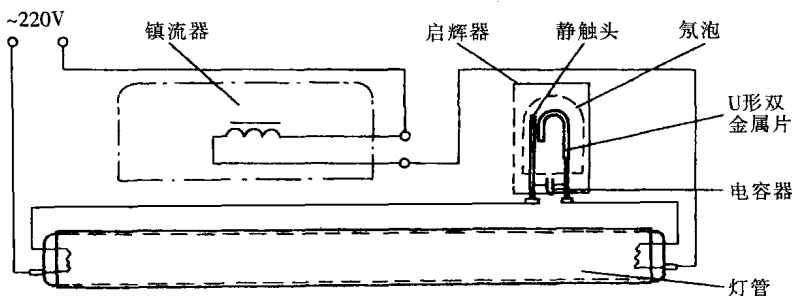


图 10.2.5 日光灯原理接线图

2.2.2 荧光灯的技术参数

(1) 荧光灯管的技术参数见表 10.2.3。

表 10.2.3 常用荧光灯管的光电参数

类别	型号	额定功率 (W)	灯管电压 (V)	工作电流 (mA)	光通量 (lm)	平均寿命 (h)	灯管直径 ϕ × 长度 L (mm)	镇流器参数		功率因数 $\cos\varphi$	
								阻抗 (Ω)	最大功耗 (W)		
直管形	YZ6RR	6	50±6	140	160	1500	16×226.7	1400	4.5	0.34	
	8RR	8	60±6	150	250		16×302.4	1285		0.38	
	15RR	15	51±7	330	450	3000	451.6	256	8	0.33	
	20RR	20	57±7	370	775	3000	604	214	8	0.35	
	30RR	30	81±10	405	1295	5000	908.8	460	8	0.43	
	40RR	40	103±10	430	2000		40.5×1213.6	390	9	0.52	
	100RR	100	92±11	1500	4400	2000	1213.6	123	20	0.37	
	快启动式	YZK15RR	15	51±7	330	450	3000	451.6	202	4.5	0.27
		20RR	20	57±7	370	770		604	196	6	0.32
		40RR	40	103±10	430	2000	5000	40.5×1213.6	168	12	0.55
	细管三基色	TZS20RR	20	59±7	360	1000	3000	604	540	8	0.35
		40RR	40	107±10	420	2560	5000	32.5×1213.6	390	9	0.52
		STS40	40	103±10	430	3000	5000	40.5×1213.6	390	9	0.52

注:①型号中 RR 表示日光色。

②灯管引出线都采用二针式灯帽,目前 YZK 型灯中已有单针式瞬时启动的新灯管。

(2) 镇流器的技术数据见表 10.2.4。

表 10.2.4 镇流器技术参数

规格 (W)	工作电压 (V)	工作电流 (mA)	启动电压 (V)	启动电流 (mA)	功率损耗 (W)
6	202	140~20	215	180±20	≤4
8	200	160~20	215	200±20	≤4
15	202	330~30	215	440±30	≤7
20	196	350~30	215	460±30	≤7
30(细管)	163	320~30	215	530±30	≤7.5
30	180	360~30	215	560±30	≤7
40	165	410~30	215	650±30	≤8
6	0.19~0.2	2200~2400	2.5	0.03~0.08	

续表

规格 (W)	工作电压 (V)	工作电流 (mA)	启动电压 (V)	启动电流 (mA)	功率损耗 (W)
8	0.19~0.2	2200~2400	2.5	0.05~0.01	
15	0.31~0.33	1360~1420	4.5	0.1~0.15	
20	0.31~0.33	1360~1420	4.5	0.15~0.25	
30	0.34~0.35	1360~1420	4.5	0.25~0.35	
40	0.34~0.35	1360~1420	4.5	0.35~0.45	

(3)常用荧光灯启辉器的技术参数见表 10.2.5。

表 10.2.5 常用启辉器的型号及其技术数据

型号	电压 (V)	配用灯 管功率 (W)	欠压启动		启动速度		启辉 电压 (V)	使用 寿命 (次)
			电压 (V)	时间 (s)	电压 (V)	时间 (s)		
PYJ4-8	220	4~8	220	1~4	180	<15	>135	5000
PYJ15-20	220	15~20	220	1~4	180	<15	>135	5000
PYJ30-40	220	30~40	220	1~4	180	<15	>135	5000
PYJ100	220	100	220	1~4	200	2~5		5000

2.3 节能型荧光灯

随着电工技术的发展,除了上述的直管荧光灯外,近年又推出了节能型的环形、U形和H形荧光灯。

2.3.1 环形荧光灯

环形荧光灯又称圆形管荧光灯,由于它的造型美观、安装方便,发光效率比直管荧光灯高,故被广泛应用。

环形荧光灯的外形如图 10.2.6 所示。

环形荧光灯灯管如图 10.2.6(a)所示,使用时必须配备相应功率的镇流器和启辉器,不同功率不得互相混用。

环形荧光灯的安装需配备专用灯座和专用灯架,若无这些专用附件,会给安装带来困难,同时也影响其美观。目前市场上有一种成套环形荧光灯管,在使用安装时只要直接将环形灯安装在灯座上即可,如图 10.2.6(b)所示。

环形荧光灯的工作原理与直管式荧光灯相同。

环形荧光灯管的主要技术数据如表 10.2.6 所示。

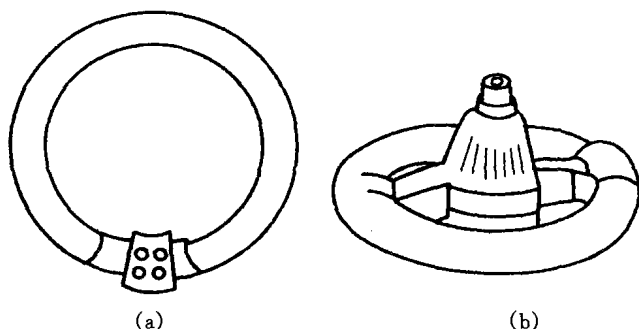


图 10.2.6 环形荧光灯

(a) 环形荧光灯管 (b) 成套环形荧光灯

表 10.2.6 环形荧光灯管的主要技术数据

型 号		额定 功率 (W)	启动 电流 (mA)	工作 电流 (mA)	灯管 压降 (V)	额定 光通量 (lm)	平均 寿命 (h)	主要尺寸(mm)		
统一型号	工厂型号							外圆	内圆	管直径
YH20	CRR20	20	500	350	60	970	2000	207	145	32
YH30	CRR30	30	560	350	95	1500	2000	308	244	32
YH40	CRR40	40	650	410	108	2200	2000	397	333	32

2.3.2 U形荧光灯

U形荧光灯的发光原理与上述荧光灯相同,U形荧光灯的外形如图 10.2.7 所示。

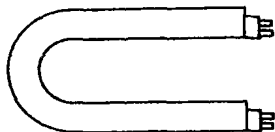


图 10.2.7 U形荧光灯

U形荧光灯的主要技术数据如表 10.2.7 所示。

表 10.2.7 U形荧光灯的主要技术数据

型 号		额定 功率 (W)	启动 电流 (mA)	工作 电流 (mA)	灯管 压降 (V)	额定 光通量 (lm)	平均 寿命 (h)	主要尺寸(mm)			
统一 型号	工厂 型号							外圆	全长	管长	管径
YU30	URR30	30	560	350	89	1550	2000	100	417.5	410	38
YU40	URR40	40	650	410	108	2200	2000	100	626.5	619	38

2.3.3 H形荧光灯

H形荧光灯是一种新颖的节能电光源。由于这种灯的外形如同英文字母H，故称为H灯。

H形荧光灯具有耗电省、光效高、体积小、显色性好等特点，已被人们普遍采用。H形荧光灯不仅可以用于台灯，而且还可用于壁灯、吸顶灯、吊灯等多种形式的安装。

H形荧光灯的灯管由两支内径为10mm的平行玻璃管组成，在灯管的前端有一个连通的“桥”，后端为灯头，灯头内装有启辉器、灯丝和引出线，如图10.2.8所示。

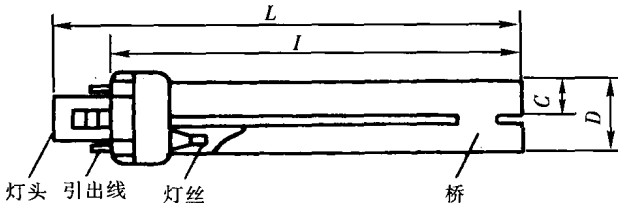


图 10.2.8 H形荧光灯

H形荧光灯的安装极为方便，其灯管的安装角度不受限制，既可垂直安装，又可水平安装，但不可使灯具剧烈震动，以免灯丝损伤。

H形荧光灯必须配专用的H灯灯座，H形荧光灯专用灯座如图10.2.9所示。

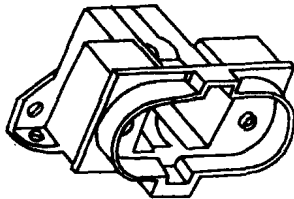


图 10.2.9 H形荧光灯专用灯座

在装拆H形灯管时，应将灯头平行插入或拔出灯座，不要前后、左右摇晃灯管，以免灯头松动。

H形荧光灯管的主要技术数据如表10.2.8所示。

H形荧光灯的镇流器必须根据灯管功率来配置，切勿用普通的直管形荧光灯镇流器来代替，否则会缩短H形灯管的使用寿命。H形灯管在使用时应尽量减少开、关的次数，否则会影响灯管的使用寿命。

表 10.2.8 H 形荧光灯管主要技术数据

灯管型号	额定电压 (V)	额定功率 (W)	光通量 (lm)	工作电压 (V)	电流 (A)		外形尺寸 (mm)				灯头型号
					工作	预热	D	C	L	I	
YDN5H	220	5	220	33	0.18	0.19	28	13	106	83	G23
YDN7H	220	7	400	45	0.18	0.19	28	13	138	115	G23
YDN9H	220	9	600	60	0.17	0.19	28	13	168	145	G23
YDN11H	220	11	900	90	0.185	0.19	28	13	237	214	G23
YDN13H	220	13	780	60	0.3	0.52	28	13	188	166	G23

2.4 荧光高压汞灯

荧光高压汞灯有荧光高压汞灯 (GGY 型)、反射型荧光高压汞灯 (GYF 型) 和自镇流型荧光高压汞灯 (GYZ 型) 等几种。

2.4.1 荧光高压汞灯

荧光高压汞灯又称高压水银灯, 主要由灯头、石英放电管和玻璃外壳等组成, 如图 10.2.10(a) 所示。高压汞灯与普通荧光灯一样, 也需配镇流器, 原理接线如图 10.2.10(b) 所示。高压汞灯灯管的气压在常温时低于 133.3Pa, 当灯开始放电

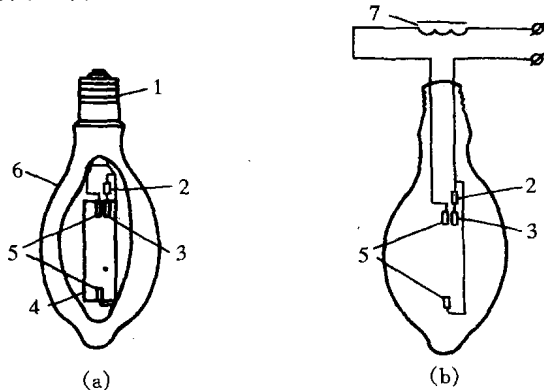


图 10.2.10 荧光高压汞灯

(a) 荧光高压汞灯结构 (b) 荧光高压汞灯原理接线

1. 灯头 2. 电阻 3. 启动电极 4. 石英放电管
5. 主电极 6. 玻璃外壳 7. 镇流器

后灯管内的气压可达 $1.33 \times 10^5 \sim 1.33 \times 10^6 \text{ Pa}$, 而普通荧光灯灯管内的气压为 $8 \times 10^2 \sim 1.3 \times 10^3 \text{ Pa}$, 故称为高压汞灯。荧光高压汞灯具有光效高、使用时间长、耐震、省电等特点, 适用于工厂、工地、街道、广场、车站、码头和运动场等的照明。

荧光高压汞灯(GGY型)主要技术数据见表 10.2.9, 与之配套的镇流器主要技术数据见表 10.2.10。

表 10.2.9 高压汞灯主要技术数据

型号	额定电压 (V)	额定功率 (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)	灯头型号
GGY50	220	50	95+15	≤ 180	1.0	0.62	5~10	1500	E27/27-1
GGY80		80	110+15		1.3	0.85		2800	
GGY125		125	115+15		1.8	1.25	4~8	4750	E27/35-2
GGY175		175	130+15		2.3	1.50		7000	E40/45-1
GGY250		250	130+15		3.7	2.15		10500	E40/75-3
GGY400		400	135+15		5.7	3.25		20000	
GGY700		700	140+15		10.0	5.45		35000	
GGY1000		1000	145+15		13.7	7.50	50000		

表 10.2.10 荧光高压汞灯配镇流器主要技术数据

型号	所配灯泡功率 (W)	工作时		启动时		镇流器功率损耗 (W)	阻抗 (Ω)
		镇流器电压 (V)	工作电流 (A)	镇流器电压 (V)	启动电流 (A)		
GYZ50	50	177	0.5~0.62	220	1.0+0.08	10	285
GYZ80	80	172	0.6~0.85		1.3+0.1	16	202
GYZ125	125	168	1.0~1.25		1.8+0.125	25	134
GYZ175	175	150	0.12~1.5		2.3+0.15	26.25	100
GYZ250	250	150	0.15~2.15		3.7+0.25	37.5	70
GYZ400	400	146	0.25~3.25		5.7+0.4	40	45
GYZ700	700	144	0.45~5.45		10.0+0.7	70	26.5
GYZ1000	1000	139	0.60~7.50		13.7+1	100	18.5

2.4.2 反射型荧光高压汞灯

反射型荧光高压汞灯又称为反射型高压汞灯,它的玻璃壳内壁具有反射镀层,使用时不需再加装反射灯罩便可使光线集中且均匀,但仍需配备镇流器。反射型高压汞灯适用于广场、车站、工厂、码头、运动场等的照明,也可做人工气候培育室的光源。反射型高压汞灯主要技术数据见表 10.2.11。

表 10.2.11 反射型高压汞灯主要技术数据

型号	额定功率 (W)	额定电压 (V)	启动电压 (V)	启动电流 (A)	工作电压 (V)	工作电流 (A)	稳定时间 (min)	再启动时间 (min)	光通量 (lm)	灯座型号
RGF400	400	220	180	5.7	135+10	3.25	4~8	5~8	1650000	E40

2.4.3 自镇流型荧光高压汞灯

自镇流型荧光高压水银灯,又称自镇流型高压汞灯,是由汞放电管、白炽钨丝和荧光层组成的一种复合灯泡。这种灯泡的外玻璃壳内,灯丝和发光管串联在一起,利用灯丝电阻镇流,不需外附镇流器,故称为自镇流型荧光高压汞灯。与带镇流器型荧光高压汞灯相比,自镇流型荧光高压汞灯的发光效率较低,使用时将灯泡直接旋入灯座,不需要另附镇流器。它适用于车间、工地、街道和广场的照明。自镇流型荧光高压汞灯主要技术数据见表 10.2.12。

表 10.2.12 自镇流型荧光高压汞灯主要技术数据

型号	额定功率 (W)	额定电压 (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)	灯座型号
RGZ450	450	220	180	3.2	2.15	3~5	11250	E40

2.5 高压钠灯

高压钠灯是在半透明氧化铝陶瓷发光管中,利用高压钠蒸气放电发光的高强度气体放电光源,发光效率很高,可达 100lm/W 以上。高压钠灯是所有近白色电光源中,发光效率最高、节能效果显著的电光源。高压钠灯的外形图和接线图如图 10.2.11 所示。高压钠灯的主要技术数据见表 10.2.13。

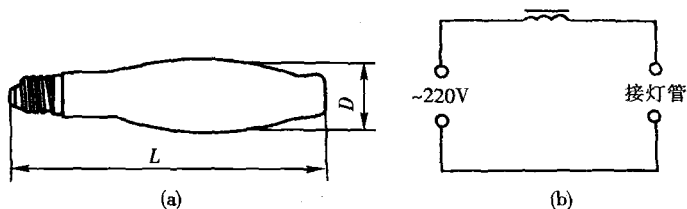


图 10.2.11 高压钠灯
(a)外形图 (b)接线图

表 10.2.13 高压钠灯的主要技术数据

型号	额定功率 (W)	额定电压 (V)	工作电压 (V)	工作电流 (A)	启动电压 (V)	启动电流 (A)	稳定时间 (min)	光通量 (lm)	主要尺寸 (mm)		灯座型号	功率因数
									D	L		
G215	215	220	100+20	2.45	190	3.7	4~8	16125	62	280	E40/ 45-1	0.44
G250	250		100+20 -10	3.0		5.0		20000				
G360	360		100+20	3.85		5.7		32400				
G400	400		100+20	4.60		6.5		38000				

2.6 卤钨灯

卤钨灯的发光原理和白炽灯一样,由灯丝作发光体,所不同的是灯管内充有一定比例的微量卤素物质。它是利用充填气体中卤素物质的化学反应使灯丝发光的一种钨丝灯。制成圆柱状石英管的两端为灯脚,管中心的螺旋状灯丝安装在灯丝架上构成卤钨灯,外形如图 10.2.12 所示。

碘钨灯是卤钨灯的一种。由于碘的化学活性较弱,不会腐蚀灯丝及其支架等部分,所以长寿命、低光效的卤钨灯采用碘作为充填卤化物,称为碘钨灯。碘钨灯的发光原理与白炽灯一样,由灯丝作发光体,所不同的是灯管内充有微量碘,当电流通过灯丝使管内温度升高后,碘与灯丝蒸发出来的钨合成为挥发性的碘化钨,而碘化钨又是在靠近灯丝的高温区分解为碘和钨,钨留在灯丝上用于发光,碘则回到低温区。依照上述的化合、分解过程的不断再循环,从而提高了灯的发光效率,延长了灯丝寿命。

碘钨灯具有体积小(只有同功率白炽灯泡体积的百分之一)、使用时间长、光色好、光效高、使用方便等特点,可代替白炽灯泡作照明用,一般用于工厂、车间、会场、建筑物、体育场等照明。

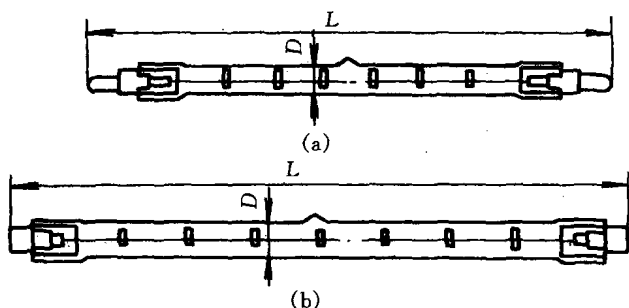


图 10.2.12 卤钨灯

管形卤钨灯的主要技术数据见表 10.2.14。

表 10.2.14 管形卤钨灯的主要技术数据

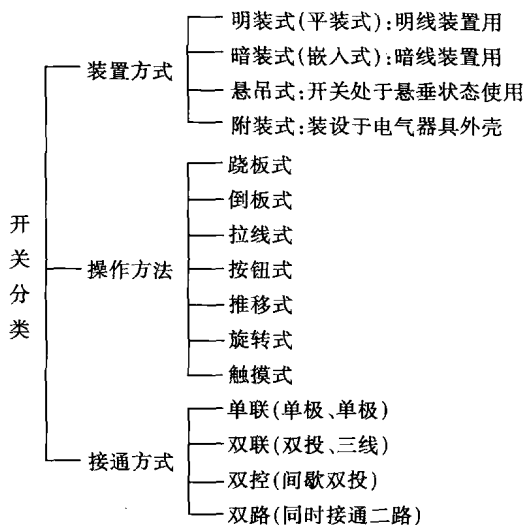
型 号	额定电压 (V)	额定功率 (W)	光通量 (lm)	寿命 (h)	主要尺寸(mm)		安装方式
					D	L	
LZG220-500	220	500	9750	1500	≤12	177	夹式
LZG220-1000		1000	21000			210+2 232	顶式 夹式
LZG220-1500		1500	31500		≤13.5	293+2 310	顶式 夹式
LZG220-2000		2000	42000			293+2 310	顶式 夹式

3 电气装置件

3.1 开关



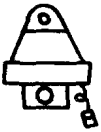
开关大都用于室内照明电路,故统称室内照明开关,也广泛用于电气器具的电路通断控制。

开关的类型很多,一般分类方式如下:










常用开关的规格见表 10.3.1。

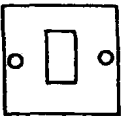
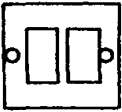
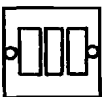
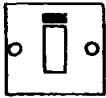
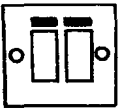
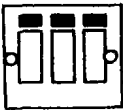
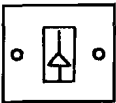
表 10.3.1 常用开关的规格

名称	规格	外形图	备注
拉线开关	250V, 4A		
带吊线盒的拉线开关	250V, 4A		
瓷防雨式拉线开关	250V, 4A		

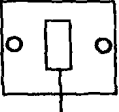
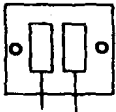
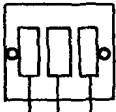
续表

名 称	规格	外形图	备 注
台灯开关	250V, 2A		
平开关	250V, 5A		
带指示灯跷板式明开关	250V, 4A		
跷板式明开关	250V, 4A		
悬吊式跷板开关	250V, 1A		
明式电铃按钮	250V, 3A		
悬吊式电铃按钮	250V, 2.5A		

续表

名称	规格	外形图	备注
跷板式单控暗开关	250V, 10A		安全系数大, 亦能通过 15A 额定电流
跷板式双控暗开关			
跷板式双联单控暗开关			
跷板式双联双控暗开关			
跷板式双联单控、双控暗开关			
跷板式三联单控暗开关	250V, 10A		安全系数大, 亦能通过 15A 额定电流(设计成单元形式, 可以进行各种组合, 使用灵活)
跷板式三联双控暗开关			
跷板式三联单控、双控暗开关			
跷板式三联双控、单控暗开关			
带指示灯跷板式单控暗开关(I型)	250V, 10A		I型开关通电时, 指示灯灭, 开关断开时指示灯亮, 便于夜里及暗处使用 II型开关通电时指示灯亮, 指示有电
带指示灯跷板式单控暗开关(II型)			
带指示灯跷板式双控暗开关			
带指示灯跷板式双联单控暗开关(I型)			I型开关通电时, 指示灯灭, 开关断开时指示灯亮, 便于夜里和暗处使用 II型开关通电时指示灯亮, 指示有电
带指示灯跷板式双联单控暗开关(II型)			
带指示灯跷板式双联双控暗开关			
带指示灯跷板式双联单控、双控暗开关			
带指示灯跷板式三联单控暗开关		开关通电时指示灯亮, 指示有电(设计成单元形式, 可视要求进行组合, 具有灵活性)	
带指示灯跷板式三联双控暗开关			
带指示灯跷板式三联单控、双控暗开关			
带指示灯跷板式三联双控、单控暗开关			
跷板式电铃开关	250V, 0.3A		可作为门铃及传呼用

续表

名称	规格	外形图	备注
拉线式暗开关	250V, 0.6A		组合式结构, 便于维修, 使用寿命长, 安全可靠
拉线式双联暗开关	250V, 0.6A		
拉线式三联暗开关	250V, 0.6A		

3.2 灯座


灯座是供普通照明用白炽灯泡和气体放电灯管与电源连接的一种电气装置件。过去习惯将灯座叫做灯头, 自 1967 年国家制定了白炽灯灯座的标准后, 全部改称灯座, 而把灯泡上的金属头部叫做灯头。

灯座的种类很多, 分类方法也有多种。按与灯泡的连接方式分为: 螺旋式(又称螺口式)和卡口式, 这是灯座的首要特征分类。若按安装方式分, 则有悬吊式、平装式、管接式三种。其他派生类型则有防雨式、安全式、带开关、带插座二分火、三分火等多种。

除白炽灯座外, 还有荧光灯座(又叫日光灯座)、荧光灯启辉器座以及特定用途的橱窗灯座等。

常用灯座及启辉器座的数据见表 10.3.2。






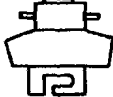


表 10.3.2 灯座及启辉器座数据

名称	规格	外形图
带开关悬吊式卡口白炽灯座	250V, 4A, C22	

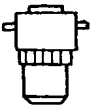

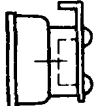


续表

名 称	规格	外形图
悬吊式卡口白炽灯座	250V, 4A, C22 50V, 1A, C25	
带开关悬吊式安全卡口白炽灯座	250V, 4A, C22	
悬吊式安全卡口白炽灯座		
带开关 M10 管接式卡口白炽灯座	250V, 4A, C22	
M10 管接式卡口白炽灯座		
平装式卡口白炽灯座	250V, 4A, C22	
	50V, 1A, C15	
带开关悬吊式螺口白炽灯座	250V, 4A, E27	
悬吊式螺口白炽灯座		
带开关悬吊式安全螺口白炽灯座	250V, 4A, E27	
悬吊式安全螺口白炽灯座		
带开关 M10 管接式螺口白炽灯座	250V, 4A, E27	
M10 管接式螺口白炽灯座		

续表

名 称	规 格	外形图
平装式螺口白炽灯座	250V,4A,E27	
带拉链开关 M10 管接式螺口白炽灯座	250V,4A,E27	
带拉链开关 M10 管接式插口白炽灯座	250V,4A,C22	
瓷平装式螺口白炽灯座	250V,4A,E27	
防雨悬吊式螺口白炽灯座	250V,4A,E27	
卡口双插座分火带开关白炽灯座	250V,4A,C22	
卡口双插座分火白炽灯座	250V,4A,C22	
卡口单插座分火带开关白炽灯座	250V,4A,C22	
卡口单插座分火白炽灯座	250V,4A,C22	

续表

名 称	规 格	外形图
卡口灯头式连接器	250V,4A,C22	
安全荧光灯座的活动座	250V,2.5A	
安全荧光灯座的固定座(带启辉器座)	250V,2.5A	
简易荧光灯座	250V,4A	
启辉器座	250V,2.5A	









3.3 插头与插座

3.3.1 插头

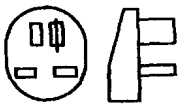
插头是为用电器具引出电源的插接器件。插头的型式,国家标准规定为扁形插脚,旧式的圆脚插头已淘汰,特别是15A以下的圆脚插头,禁止生产和出售。为了保证用电安全,除了有绝缘外壳及低压电源(安全电压)的用电器具可以使用两线插头外,其他有金属外壳及可碰触的金属部件的电器都应装用有接地线的插头。

常用插头的技术数据见表10.3.3。

表 10.3.3 插头技术数据

名 称	规 格	外形图
普通式单相二极平插头	250V, 10A	
普通式单相二极立插头	250V, 10A	
普通式单相三极平插头	250V, 10A 250V, 15A	
普通式单相三极立插头	250V, 10A 250V, 15A	
普通式三相四极平插头	380V, 15A	
	380V, 40A	
普通式三相四极平插头	380V, 40A	
带熔丝管单相二极平插头	250V, 10A	
带熔丝管单相三极平插头	250V, 10A	

续表

名 称	规 格	外形图
带熔丝单相三极插头	250V, 15A	

3.3.2 插座

插头插座分为单相二极、单相三极及三相四极三种。插座又分明式、暗式和移动式三种类型,是互配性要求较严而又型式多样的一大类器件。

工作电压为 50V、250V 和 380V。




(1)明装式插座:明装式插座即普通插座,用于墙面布线的装设。

(2)暗装式插座:暗装式插座又叫嵌入式插座,供装设埋入墙内的照明线路作电源连接器件。它比明装式插座好看得多,故在现代建筑电气配件中广泛采用。

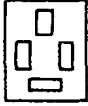

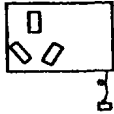

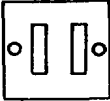
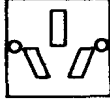
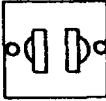
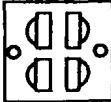
(3)移动式插座:移动式插座的派生品种,其功能分线路连接、电源分路、插销型式转换三种。其特点是带电零件不外露和使用软线连接。

常用插座的技术数据见表 10.3.4。


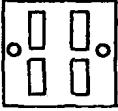
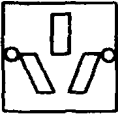


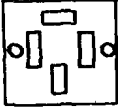

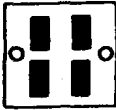
表 10.3.4 插座技术数据

名 称	规 格	外形图
普通丁字形二极明插座	50V, 10A	
	50V, 15A	
普通单相二极明插座	250V, 10A	
普通单相三极明插座	250V, 6A	
	250V, 10A	
	250V, 15A	

续表

名 称	规 格	外形图
普通三相四极明插座	380V, 15A	
	380V, 25A	
	380V, 40A	
普通带拉线开关的单相三极明插座	250V, 10A	
普通插头三位插座	250V, 5A	
普通单相二极暗插座	250V, 10A	
普通单相三极暗插座	250V, 10A	
普通单相二极扁圆两用暗插座	250V, 10A	
普通双联单相二极扁圆两用暗插座	250V, 10A	

续表

名 称	规 格	外形图
普通单相二极暗插座	250V, 10A	
普通双联单相二极暗插座	250V, 10A	
普通单相三极暗插座	250V, 10A	
	250V, 15A	
普通双联单相三极暗插座	250V, 10A	
	250V, 15A	
普通双联单相二极扁圆两用, 单相三极暗插座	250V, 10A	
普通三相四极暗插座	380V, 15A	
	380V, 25A	
安全式单相二极暗插座	250V, 10A	
安全式双联单相二极暗插座	250V, 10A	

续表

名 称	规 格	外形图
安全式单相三极暗插座	250V, 10A	
	250V, 15A	
安全式双联单相三极暗插座	250V, 10A	
	250V, 15A	
安全式双联单相二极、单相三极暗插座	250V, 10A	
安全式带开关单相三极暗插座	250V, 10A	
	250V, 15A	
带指示灯单相二极扁圆两用暗插座	250V, 10A	
带指示灯单相二极暗插座	250V, 10A	
带指示灯双联单相二极暗插座	250V, 10A	
带指示灯单相三极暗插座	250V, 10A	
	250V, 15A	



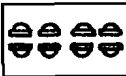
续表

名 称	规 格	外形图
带指示灯双联单相三极暗插座	250V, 10A	
	250V, 15A	
带指示灯双联单相二极、单相三极暗插座	250V, 10A	
带指示灯安全式单相二极暗插座	250V, 10A	
带指示灯安全式双联单相二极暗插座	250V, 10A	
带指示灯安全式单相三极暗插座	250V, 10A	
	250V, 15A	
带指示灯安全式双联单相三极暗插座	250V, 10A	
	250V, 15A	
带指示灯安全式双联单相二极、单相三极暗插座	250V, 10A	
带开关、指示灯单相三极暗插座	250V, 10A	
	250V, 15A	

续表

名 称	规 格	外形图
带开关、指示灯安全式单相三极暗插座	250V, 10A	
	250V, 15A	
带熔丝管单相二极扁圆两用暗插座	250V, 10A	
带熔丝管单相三极暗插座	250V, 10A	
	250V, 15A	
带熔丝管安全式单相二极暗插座	250V, 10A	
带熔丝管安全式单相三极暗插座	250V, 10A	
	250V, 15A	
带开关单相二极扁圆两用暗插座	250V, 10A	
带开关单相三极暗插座	250V, 10A	
	250V, 15A	
移动式二位双用插座	250V, 10A	

续表


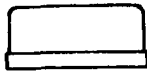
名称	规格	外形图
移动式三位双用插座	250V, 10A	
移动式三位双用暗插座	250V, 10A	
移动式四位双用插座	250V, 10A	

注:安全式插座的插孔带有安全门,平时安全门关闭。使用时,单相二极插座必须插头同时插入,才能接通;单相三极插座必须使插头的接地极先接通,其他极才能接通。

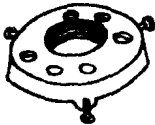
3.4 线盒及其他器件

电气安装器材,除了开关、灯座、插头插座外,还有其他的附属器件,如接线盒、分线盒、接线器、吊线盒及保险丝盒等。这类器件主要用作电源线与引入电器导线之间的过渡连接。这类器件和另一类器件没有互相要求,只要满足本身的安装要求和适应配线的电流容量即可。至于型式结构,目前尚无统一规定。其品种规格和各自用途见表 10.3.5。

表 10.3.5 线盒及其他器件用途和特点

名称	外形图	规格		用途和特点
		最高工作电压(V)	最大工作电流(A)	
吊线盒		250	4 6 10	装在天花板上,用以连接电源与吊灯线,并能承受小型吊灯的重量
保险丝盒 (熔断丝盒)		250	6 10	供安装熔断丝,多用瓷造或用胶木造。盖顶有孔,熔丝熔化时供气体排出

续表

名称	外形图	规格		用途和特点
		最高工作电压(V)	最大工作电流(A)	
接线盒			6 10	多用作室内电话线路,作中途连接,有柱式或片式接线
接线器		规格有一线至六线		用瓷或胶木造,作电线连接之用。瓷耐高温,可用于电热丝接头
分线盒		250	6 10	用于多路分接电源
灯罩卡		250	6 10	供各种螺口灯座装置灯罩用,上部的孔是起散热作用

4 普通电灯的安装

4.1 白炽灯的安装

4.1.1 白炽灯安装的要求

白炽灯俗称电灯。安装电灯时首先应考虑以下几点:


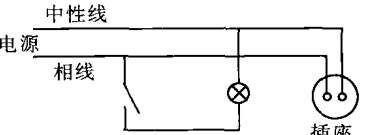
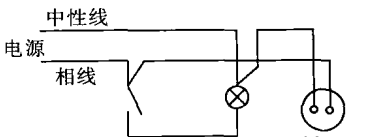
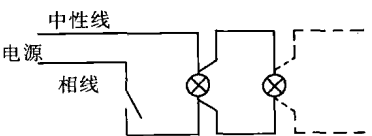
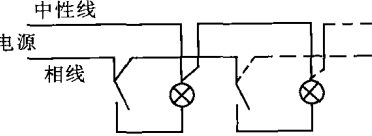
- (1) 电灯的位置与高度应适当,使灯光照射均匀明亮。
- (2) 合理选择灯罩型式,它与环境的颜色、使用条件有密切关系。
- (3) 适当估计光通量。
- (4) 做到安全、经济、美观、合理与装修方便等基本要求。

4.1.2 白炽灯照明的基本电路

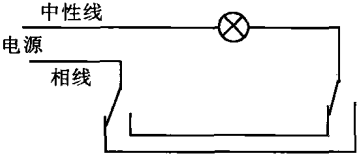
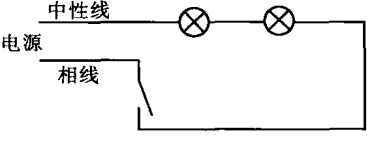
白炽灯照明的基本电路由电源、接线、开关、负载(电灯)等组成,常用的基本电

路见表 10.4.1。

表 10.4.1 电灯照明基本电路

电路名称和用途	接线图	说 明
一只单联开关控制一盏灯		开关应安装在相线上, 修理安全
一只单联开关控制一盏灯并与插座连接		比下面电路用线少, 但由于电路上有接头, 日久易松动, 会增高电阻而产生高热, 有引起火灾等危险, 且接头工艺复杂
一只单联开关控制一盏灯并与插座连接		电路中无接头, 较安全, 但比上面电路用线多
一只单联开关控制两盏灯(或多盏灯)		一只单联开关控制多盏灯时, 可如左图中所示虚线接线, 但应注意开关的容量是否允许
两只单联开关控制两盏灯		多只单联开关控制多盏灯时, 可如左图所示虚线接线

续表

电路名称和用途	接线图	说明
用两只双联开关在两个地方控制一盏灯		用于两地需同时控制时,如楼梯、走廊中电灯,需在两地能同时控制等场合
两只 110V 相同功率灯泡串联		注意两只灯泡功率必须一样,否则小功率灯泡会烧坏

4.1.3 安装白炽灯时应注意的问题

(1)吊灯的安裝:导线应用绝缘软线,上部为挂线盒,下部为灯座,如图 10.4.1 所示。为使导线与接线螺钉的连接点不受拉力,在挂线盒及灯座中绝缘软线应按图 10.4.2 所示方法打结。

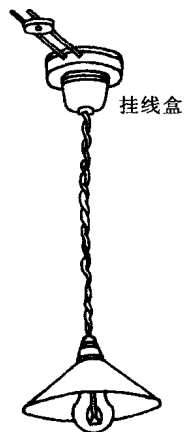


图 10.4.1 软线吊灯安装示意

(2)若灯座是螺口式,注意把电源的中性线(零线)接到灯头的螺旋铜圈上,相线(火线)经过开关接到灯头的中心铜片上,如图 10.4.3 所示。

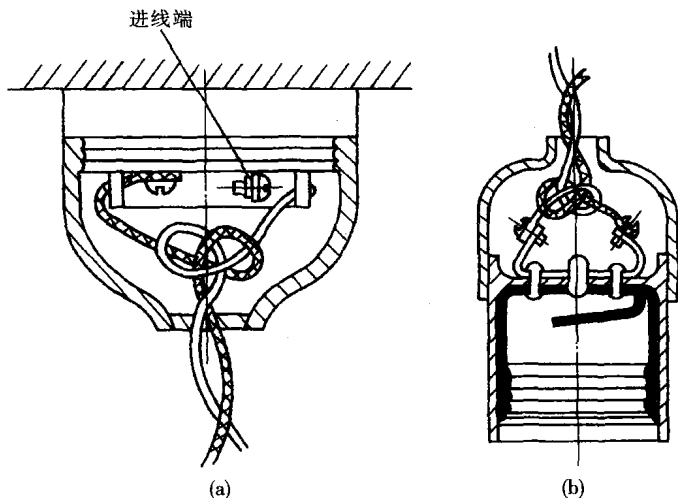


图 10.4.2 挂线盒及灯座中软线打结

(a)挂线盒 (b)灯座

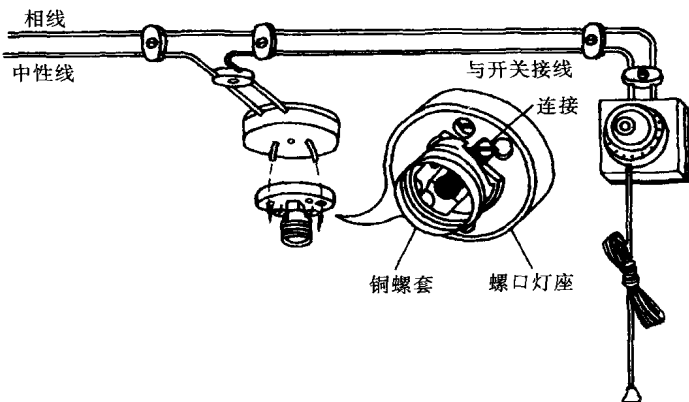


图 10.4.3 螺口式灯座的安装

(3)若是在具有相对湿度经常在 85%以上;环境温度经常在 40℃以上;有导电灰尘;有导电地面,如金属、泥土、砖或潮湿混凝土地面等条件之一的潮湿、危险场所,电灯灯座应至少离地 2.5m。不属于潮湿、危险场所的生产车间、办公室、商店、住房内的灯座一般应不低于 2m。

(4)如因生产和生活需要,必须将电灯适当放低时,灯座的最低垂直距离不应

低于1m,但应在吊灯线上加绝缘套管至离地2m的高度,并采用安全灯座;若电灯灯座再低于上述高度而又无安全措施的车间照明以及行灯和机床局部照明,应改用36V及以下的低电压。

(5)电灯开关应串接在相线上,开关与插座离地高度一般不应低于1.3m;生产、生活上有特殊要求时,插座可以装低,但离地应不小于15cm。

4.2 荧光灯的安装

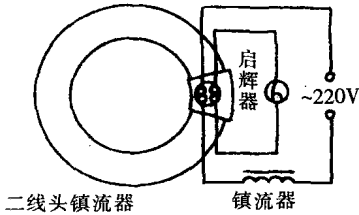
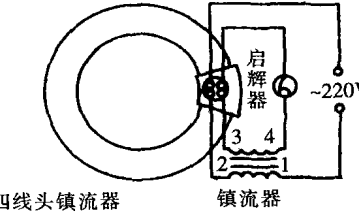
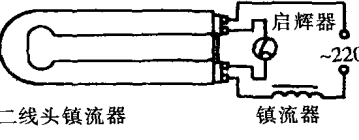
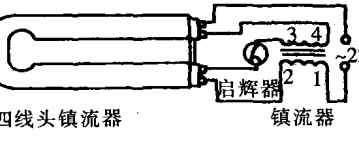
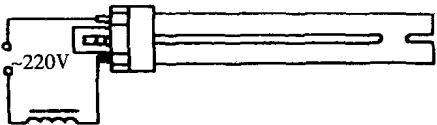
4.2.1 荧光灯的接线

荧光灯的接线如表10.4.2所示。

表10.4.2 常用荧光灯具的接线原理图

线路名称	接线原理图
二线头镇流器荧光灯线路	
四线头镇流器荧光灯线路	
双灯管荧光灯线路	

续表

线路名称	接线原理图
环形荧光灯线路	 <p>二接头镇流器 镇流器</p>
环形荧光灯线路	 <p>四接头镇流器 镇流器</p>
U 形荧光灯线路	 <p>二接头镇流器 镇流器</p>  <p>四接头镇流器 镇流器</p>
H 形荧光灯线路	 <p>220V 镇流器</p>

4.2.2 安装荧光灯应注意的问题

(1) 镇流器必须和电源电压、灯管功率相配合,不可混用。由于镇流器比较重,又是发热体,宜将镇流器反装在灯架中间。

(2) 启辉器规格需根据灯管的功率大小来决定,启辉器宜装在灯架上便于检修

的位置。

(3) 安装荧光灯管要有专用灯座, 灯座用弹簧式和旋转式两种, 如图 10.4.4 所示。

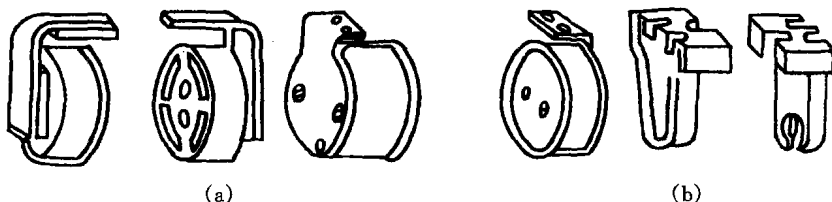


图 10.4.4 荧光灯专用灯座

(a) 弹簧式 (b) 旋转式

应注意防止因灯脚松动而使灯管跌落, 可以采用弹簧灯座, 或者把灯管与灯架扎牢。

(4) 如果灯架与平顶紧贴, 木架内的镇流器应有适当的通风。

(5) 工厂、工场由于工作需要, 必须放低照明时, 可采用弹簧灯座的荧光灯, 灯管至少离地 1m, 吊灯线加套绝缘套管(应套至离地 2m 处), 荧光灯架上再加装盖板。

5 照明装置故障的处理方法

5.1 照明装置故障处理要点

(1) 灯全部不亮应检查总开关及进线端, 当总开关跳闸或总熔丝熔断则为线路或设备短路或负载太大所致。如熔丝盒内黑糊糊一片或锡珠飞溅则为短路造成, 如只有熔丝中间段熔断, 并有锡液流淌痕迹则为过载造成。当总开关未跳闸或总熔丝未熔断则为进线断路或控制箱内开关或某相接触不良或松动烧坏所致。

(2) 只有部分灯不亮则为支路上或支路开关有上述故障的存在, 应从支路进线及支路开关起开始检查。

(3) 某一灯不亮则为该分路上或开关上有上述故障, 或灯具接线错误、或接触不良、或灯泡损坏、或开关损坏, 特别是荧光灯必须检查其所有的接点(包括启辉器、镇流器)是否接触良好。

(4) 灯具不能正常发亮, 一般为电压太低、接触不良、线路陈旧漏电及绝缘不够、或灯泡灯管损坏等。

(5) 检查上述故障时, 最好先用万用表测量一下进线端有无电压、电压是否正

常。没有万用时最好用一好灯泡(试灯)试亮,如用试电笔最好用数字式试电笔,它能显示电压值,用氖泡试电笔有时很难分辨电压的大小而导致失误。再者要准确区分火线、控制火线和零线,不要随意拆卸或打开接头,以免弄乱而影响下步处理。

(6)检查故障时要一个回路一个回路逐步检查,不得急于求成,要耐心细致。夜间处理故障时应使用临时照明,或者先用临时照明代替等白天再做处理。

(7)处理故障时常带电操作,必须注意安全,除穿绝缘鞋外最好站在干燥木板或凳子上。当原因确定后,应拉闸再做进一步处理。

(8)处理暗装线路时最好有原施工图或竣工图,以便掌握管线的走向和布置。暗装线路在没有确定故障原因时,任何人不得抽取管中的导线。

5.2 照明电路的检查和测试

检查应按照图样从电源开始,总开关箱、分开关箱、开关、灯具、单相设备、插座以及线路,应使其符合下列要求。

(1)成排安装的灯具、开关、插座,其中心轴线、垂直偏差、距地高度应符合规范和设计要求,且同一场所同类电器的安装标高应一致,明设线路应横平竖直、美观整洁,管路进入箱盒应符合规程要求。

(2)暗装开关、插座的盖板、灯具的底座应紧贴墙面,并应用灰膏修补;明装电具的圆木、联板应紧贴墙面;不同电压的插座应有明显的标志,并符合安装规范及设计要求。

(3)检查大型灯具悬吊绞车的闭锁装置及吊扇的防松、防振措施应符合要求;按前述安装接线要求抽查白炽灯、荧光灯、插座的接线应正确紧固,如发现一处错误或松动则应全部返工检查,抽查数为10%,灯头数较少时应为30%。

(4)检查开关箱(板)的安装和回路编号应符合设计要求,且开关完整有盖。

(5)测量线路的绝缘电阻应符合要求;有接地螺钉的灯具、插座、开关、开关箱等元件接地或接零可靠,接地电阻符合要求。

(6)装设漏电保护开关的回路须经实地试验动作可靠。

(7)系统检查无不妥之处。

上述检查测试合格后,即可装设灯泡或灯管,高处或不宜更换部位的灯泡或灯管,装上前应先在下面做通电试验,发光正常才能装在灯具上。灯泡必须拧紧,灯管如手感松动可在灯脚插孔内放一截细熔丝将其卡紧,启辉器应接触良好。装设灯泡时如发现灯口内中心舌片较低或与螺口距离太近,可将其稍撬起一点,以防接触不良,如松动应将固定螺钉拧紧,以防短路。

5.3 送电及试灯

照明电路送电及试灯,虽然较动力电路容量小,但也要注意四点:一是送电时先合总开关,再合分开关,最后合支路开关;二是试灯时先试支路负载,再试分路,最后试总回路;三是使用熔丝做保护的开关,其熔丝应按负载额定电流的1.1倍选择;四是送电前应将总闸、分闸、支路开关全部拉掉。

(1)将总开关合上,用万用表测量总开关下闸口及各分路开关上闸口的电压,相电压为220V,线电压为380V,同时观察总电能表是否转动,如转动,则电能表接线有误或分路开关未断开或接线有误,使负载直接接入系统。如都正常则说明电能表不合格。总电表不动或只有电表本身耗电的微小潜动才正常。

(2)将第一分路开关合上,观察分表是否转动,且下闸口及支路开关上闸口的电压应正常。

将第一分路的第一支路的第一只(组)灯的开关闭合,应点亮且发光正常,这时该支路的电能表应正转且很慢,其他表应停转;然后将开关断开,灯应熄灭,电能表停转。

将第一支路的第二只(组)灯的开关闭合,应正常同上。用同样的方法将第一支路所有的灯都一一试过,应正常。试灯过程中如有短路跳闸或熔丝熔断、不亮、发光不正常等可及时在该灯回路上查找,且能将故障范围缩小,便于处理。

将第一支路所有灯的开关闭合,应正常,电能表正转很快,如支路熔丝熔断或断路器跳闸则说明熔丝选择有误或断路器调整有误。如一切都正常后,这时用万用表测试所有插座的电压应与设计相符即220V或380V;用试电笔测试左零右火是否正确;如果有单相电动机设备,应闭合其开关,使其运转,用钳形表测试电流应正常(如果电流较小,可将负荷线在钳口上多绕几圈,测得的电流除以圈数即为被测值),调速开关转换时调速正常。当第一支路所有的负载都投入运行时,应测量其回路的总电流。全负载运行一般不超过2h,然后将所有的开关拉掉。再把第二支路、第三支路及其所有支路按上述方法试完,应正常。第一分路试灯时,任何时候其他分路的电能表都不转动,或灯不能点燃,否则有混线现象,应立即查出并纠正,在各分路都计量电能的情况下是不允许的。

(3)用上述方法把第二分路、第三分路及其所有分路试完,应正常。

(4)将总开关、各分路开关、支路开关及电具的所有开关都按顺序一一合上,应正常,测试总开关的三相电流应近近平衡,观察电能表运转情况,用蜡片或点温计测试开关的主触头有无发热现象。然后把所有开关按合闸相反的顺序一一断开,把所有的接线端子再紧一次,通过紧固端子,也可发现一些异常,如打火、焦糊、虚接等,应查明原因修复。最后再将所有的开关按顺序合上,试运行8h,应正常。试运行时应安排人员值班,无人房间应上锁。

5.4 照明线路故障的处理

试灯中,由于元件材料的质量、安装不妥、设计有误、环境条件等因素,常会发生短路、不亮、发光不正常等事故,这些事故应及时处理,以保证试灯顺利进行。

5.4.1 断路或开路的检查

断路或开路包括相线或中性线断开两种。断路或开路的原因可能是线路断线、线路接头虚接或松动,线路与开关的接线为虚接、松动或假接(如绝缘未剥尽)、开关触头接触不良或未接通等。

断路的检查通常采用分段检查的方法,先把分路开关拉闸,合上总开关。

(1)检查总开关上闸口是否有电,可用试电笔测试上闸口接线端子,如发光很亮,则说明正常,然后用万用表测试与零线的电压应为220V;如发光较暗,则说明进线有虚接、松动现象,可将接线端子拧紧,并检查接点的压接部位的绝缘层是否剥掉,有无锈蚀现象;处理后仍较暗,则说明进线有误,可到上一级开关的下闸口检查,如正常,则说明故障点在线路上;可检查该段线路的接头是否良好,否则线路有断线点,可将线路电源开关拉掉,验证无电且放电后,一端与地线封死,另一端用万用表测试,确认是否断线。断线处理:如果是架空明设,可巡视线路后将断开点重新接好;如果是管内敷线,应将导线抽出,更换新导线。

如果氖泡不发光,则说明进线断路,可到上一级开关的下闸口检查,如正常,则说明故障点在线路上。

如到上一级开关下闸口检查,和在总闸上闸口检查结果相同,则说明故障在上一级开关或线路上。

(2)检查总开关的下闸口,如不正常,则说明总开关有误,接触不良、假合、熔丝熔断等。如正常,可在盘上、箱内检查各分路开关的下闸口是否正常,如不正常,可在盘上、箱内检查线路或开关,因盘上线路较短很容易发现故障点。如正常则说明故障在由盘或开关箱送出的回路上。

(3)上述的电压测量是在假定零线不断的情况下进行的,如果氖泡发光很亮,与零线间进行电压测量则为0,很可能是零线断线,为了进一步证实,可在相线与地线间测量电压,有时从接地极直接引线来测量。

(4)盘上或箱内正常后,可在送出的支路上检查,最好是将各个支路上的开关都关掉,特别是拉线开关,必须将盒盖打开才能确认是否已断开。先将距开关箱最近的一个开关闭合,看其控制的灯是否点亮。如亮则说明这只灯到总开关箱这段线正常,可往下再试距这个灯最近的一个开关回路,直至最后一个回路;如不亮则说明开关箱到这只最近的开关回路或上一个正常测试点到这只开关或灯头有断路现象。可将开关的盒盖打开先用测电笔测试一下静触头是否有电,如很亮,则可用万用表测试其对地电压,应为220V;如对零线电压为零,则说明这段回路中零线断

线;如对零线电压正常,则说明开关虚接、开关接触不良、灯头虚接和灯头的导线断线等,一一检查,直至找出原因。

(5)线路正常后,可测量插座的电压应正常;如电压为零,可先用试电笔测其是否发光正常,如正常,则为零线断线,再用与地线电压来证实;如无光则为火线断线。无论哪种都应将盒盖打开,检查接线是否良好以及插座进线始端的接头是否良好,是很重要的。

(6)在支路上检查时,如不将所有开关都断开,或只将部分断开,而另一部分闭合,这时如用试电笔测试,火线、零线都有电很亮,则说明零线断线;如发光较暗,则说明火线虚接;如不亮则说明火线断线。但究竟哪段导线故障,还得按(4)中的方法一一检查。

5.4.2 短路故障的检查

短路故障的现象是合闸后熔丝立即熔断或断路器合闸后立即跳闸。短路故障的原因,可能是线路中相线与零线直接相碰、电具绝缘不好、相线与地相碰、接线错误、电具端子相连等。短路的检查,通常也是采用分段检查的方法,先将系统中所有的开关拉掉。

(1)合上总开关,如熔丝立即熔断或断路器合上后立即跳闸,则说明总开关下闸口到分路开关上闸口这段导线有短路现象或从这段导线接出的回路有短路现象,或者总开关下闸口绝缘不良而直接短路或总开关质量不合格。如正常,可将分路开关一一合上,如合某一开关,如熔丝立即熔断或断路器合不上,则说明该分路开关到各个支路开关前有短路现象;如正常,则说明故障在各个支路的线路里。

(2)把第一分路中第一支路距闸箱最近的一只灯的开关合上,如果分路开关跳闸或熔丝熔断,则说明故障就在这段线路里。可先检查螺口灯口内的中心舌片与螺口是否接触,有无短路电弧的“黑迹”,可检查灯泡灯丝是否短路,可更换灯泡或用万用表测量灯丝的电阻;然后可将管口处的导线拆开,用绝缘电阻表测量管内导线的绝缘。如无故障点,那么可检查开关接线是否正确,将一零一火接在开关点上以及插座接线是否有误;检查接线盒内“脆头”绝缘是否包扎良好,是否碰壳或零线火线碰触以及管、盒内潮湿有水等。短路点一般都有短路电弧的“黑迹”;如仍无故障点,则是元件本身的绝缘不良或因为污迹造成短路等。

如分路开关不跳闸或熔丝不熔断,则说明故障不在这段线路里,应往下一只灯的回路检查,直至最后一只。

(3)如果第一支路无故障,可查找第二支路,并将所有支路一一检查。

(4)用上述的方法,第一分路的开关拉闸,合上第二分路开关,按支路一一检查,直至将第三分路以及所有分路检查完毕,找出故障点。

断路与短路的检查是一项耐心的工作,不得操之过急,严禁乱拆乱卸及不按程序检查。晚上检查故障,必须拉上临时照明,并注意安全。检查故障应按房号分组

一一检查,每组一般不超过三人。

5.5 照明灯具故障处理方法

5.5.1 白炽灯故障的处理

(1)短路的处理:①灯口内中心舌片与螺口接触或活动,短路处有电弧黑迹;②灯泡的灯丝内部短路;③导线绝缘不良或露丝与零线、管壁接触;④开关接错,接成上火下零;⑤接线盒内接头包扎不妥,露丝与外壳相碰,相线接头与零线接头相碰;⑥接线盒或管内潮湿或有水;⑦钢管内导线穿线时被划破绝缘;⑧熔丝松动;⑨开关或元件本身绝缘低劣。

(2)白炽灯常见故障及处理方法见表 10.5.1。

表 10.5.1 白炽灯常见故障及处理方法

故障	产生原因	处理方法
灯泡不亮	<ol style="list-style-type: none"> 1. 灯丝烧断 2. 灯丝引线焊点开焊 3. 灯座开关接触不良 4. 线路中有断路 5. 电源熔丝烧断 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 换用新灯泡 2. 重新焊牢焊点或换用新灯泡 3. 调整灯座、开关的接触点 4. 用电笔、万能表判断断路位置后修复 5. 更换新熔丝
灯泡不亮熔丝接上后马上烧断	电路或其他电器短路	检查电线是否绝缘老化或损坏,检查同一电路中其他电器是否短路
灯光忽明忽暗或熄	<ol style="list-style-type: none"> 1. 灯座、开关接线松动 2. 保险丝接触不良 3. 电源电压不稳(配电不符合规定或有较大负荷设备超负荷运行) 4. 灯泡灯丝已断,断口处相距很近,灯丝晃动后忽接忽离 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 紧固 2. 检查紧固 3. 无须修理 4. 更换新灯泡
灯泡发强烈白光,瞬时烧坏	<ol style="list-style-type: none"> 1. 灯泡灯丝有搭丝造成电流过大 2. 灯泡额定电压低于电源电压 3. 灯泡漏气 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 更换新灯泡 2. 注意灯泡使用电压 3. 更换新灯泡

续表

故障	产生原因	处理方法
灯光暗淡	1. 灯泡内钨丝蒸发后积聚在玻壳内表面使玻壳发乌,透光度减低;另一方面灯丝蒸发后变细,电阻增大,电流减小,光通量减小 2. 电源电压过低或离电源点太远 3. 线路绝缘不良有漏电现象,致使电压过低 4. 灯泡外部积垢或积灰	1. 正常现象,不必修理 2. 可不必修理或缩短离电源点的距离 3. 检修线路,恢复绝缘 4. 擦去灰垢

5.5.2 荧光灯故障的处理

荧光灯、卤灯、带有镇流器的钠灯和汞灯,故障较复杂,有的可参照前面的方法处理。但其受到温度、环境的影响,也会导致故障,其中任何一连接点的松动或接触不良(包括成套灯具的内部连接点),如灯脚、启辉器等都会导致不正常发光,这一点是很重要的。现将荧光灯故障的处理列于表 10.5.2 和表 10.5.3 中,供读者参考。

表 10.5.2 荧光灯常见故障及处理

故障现象	可能原因	处理方法
不能发光或发光困难	1. 电源电压太低或电路压降大 2. 启辉器陈旧或损坏,内部电容击穿或断开 3. 接线错误或灯脚接触不良、或其他部位接触不良 4. 灯丝已断或灯管漏气 5. 镇流器配用规格不合格或镇流器内部电路断开 6. 气温较低	1. 如有条件改用粗导线或升高电压 2. 检查后调换新的启辉器或调换内部电容器 3. 改正电路或使灯脚及接触点加固 4. 用万用表检查,如灯丝已断又看到荧光粉变色,表明漏气 5. 调换适当镇流器 6. 加热、加罩

续表

故障现象	可能原因	处理方法
灯管抖动及 灯管两头发光	<ol style="list-style-type: none"> 1. 接线错误或灯脚等松动 2. 启辉器接触点合并或内部电容器击穿 3. 镇流器配用不合格或接线松动 4. 电源电压太低或线路压降较大 5. 灯丝陈旧, 发射电子終了, 放电作用降低 6. 气温低 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 改正电路或加固 2. 调换启辉器 3. 调换适当镇流器或使接线加固 4. 如有条件改用粗导线或升高电压 5. 调换灯管 6. 加热、加罩
灯光闪烁或 有光滚动	<ol style="list-style-type: none"> 1. 新灯管的暂时现象 2. 单根管常有现象 3. 启辉器接触不良或损坏 4. 镇流器配用规格不合格或接线不牢 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 使用几次或灯管两端对调 2. 有条件或需要时, 改装双灯管 3. 使启辉器接触点加固或调换启辉器 4. 调换适当的镇流器或将接线加固
灯管两头 发黑或生黑斑	<ol style="list-style-type: none"> 1. 灯管陈旧 2. 若系新灯管可能因启辉器损坏使两端发射物加速蒸发 3. 灯管内水银凝结是细灯管常有现象 4. 电源电压太高 5. 启辉器不好或接线不牢引起长时间闪烁 6. 镇流器配用规格不合格 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调换灯管 2. 调换启辉器 3. 启动后即能蒸发 4. 如有条件调低电压 5. 调换启辉器或将接线加固 6. 调换合适的镇流器
灯光减低 或色彩较差	<ol style="list-style-type: none"> 1. 灯管陈旧 2. 气温低或冷风直吹灯管 3. 电路电压太低或电路压降较大 4. 灯管上积垢太多 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调换新灯管 2. 加罩或避冷风 3. 如有条件调整电压或改用粗导线 4. 清除灯管积垢
杂声与电磁声	<ol style="list-style-type: none"> 1. 镇流器质量较差或其铁心钢片未夹紧 2. 电路电压过高引起镇流器发出声音 3. 镇流器过载或其内部短路 4. 启辉器不好引起开启时辉光杂声 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调换镇流器 2. 如有条件设法降压 3. 调换镇流器 4. 调换启辉器
镇流器发热	<ol style="list-style-type: none"> 1. 灯架内温度过高 2. 电路电压过高或过载 3. 灯管闪烁时间长或使用时间长 4. 镇流器不合格 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 改善装置方法, 保持通风 2. 如有条件调低电压或调换镇流器 3. 消除闪烁原因或减少连续使用时间 4. 调换

续表

故障现象	可能原因	处理方法
灯管使用时间短	<ol style="list-style-type: none"> 镇流器选用规格不合格或质量差或镇流器内部短路致使灯管电压过高 开关次数太多,或启辉器不好引起长时间闪烁 震动引起灯丝断掉 新灯管因接线错误而烧坏 	<ol style="list-style-type: none"> 调换镇流器 减少开关次数或调换启辉器 改善装置位置减少受震动 改正接线

表 10.5.3 高压汞灯常见故障及处理

故障现象	可能原因	处理方法
接通电源,灯不启辉(不发光)	<ol style="list-style-type: none"> 灯泡寿终或灯泡损坏 停电 电源电压过低或线路压降太大 镇流器不匹配 开关接线柱上的线头松动 灯安装不正确 供电线路严重漏电 灯泡与灯座或线路中接触不良 	<ol style="list-style-type: none"> 更换灯泡 等待来电 调高电源电压,或采用升压变压器或加粗导线 调换规格合适的镇流器 重新接线 重新正确安装 检查线路,加强绝缘 旋紧灯泡或加固接线
灯泡不亮	<ol style="list-style-type: none"> 汞蒸气未达到足够的压力 电源电压过低 镇流器选用不当或接线错误 灯泡使用日久,已老化 	<ol style="list-style-type: none"> 若电源、灯泡都无故障,一般通电约5min,灯泡就会发出亮光 调高电源电压或采用升压变压器 调换规格合适的镇流器或纠正接线 更换灯泡
接通电源,灯一亮即突然熄灭	<ol style="list-style-type: none"> 电源电压过低 线路继线 灯座、镇流器和开关的接线松动 灯泡陈旧,使用寿命即将结束 	<ol style="list-style-type: none"> 调高电源电压或采用升压变压器 检查线路,查明并消除断路点 重新接线 更换灯泡
灯忽亮忽灭	<ol style="list-style-type: none"> 电源电压波动于启辉电压的临界值 灯座接触不良 灯泡螺口松动或镇流器有故障 连接线头不紧密 灯泡质量差 	<ol style="list-style-type: none"> 检查电源故障,必要时采用稳压型镇流器 修复或更换灯座 更换灯泡或更换镇流器 重新接线 调换质量合格的灯泡

续表

故障现象	可能原因	处理方法
接通电源,灯泡发光正常,但不久灯光即昏暗	1. 电源负荷太大 2. 镇流器的沥青流出,绝缘强度降低 3. 由于震动,灯泡损伤或接触松弛 4. 通过灯泡的电流太大,灯泡使用寿命即将结束 5. 灯泡连接头松动	1. 检查电源负荷,降低电源负载 2. 更换镇流器 3. 消除震动现象或采用耐震型灯具 4. 调整电源电压,使其正常,或采用较高电压的镇流器,然后更换灯泡 5. 重新接线
灯熄灭后,立即接通开关,灯长时间不亮	1. 汞灯一般特性 2. 灯罩过小或通风不良 3. 灯泡损坏 4. 电源电压下降,再启动时间延长	1. 有碍工作时,可与白炽灯或荧光灯混用 2. 换上大尺寸灯具或者改用小功率镇流器和小功率灯泡 3. 更换灯泡 4. 调高电源电压或采用适合电源电压的镇流器
灯泡有闪烁现象	1. 镇流器规格不合适或接线错误 2. 电源电压下降 3. 灯泡损坏	1. 调换规格合适的镇流器或纠正接线 2. 调整电源电压或采用升压变压器 3. 更换灯泡

第 11 章 安全用电与节约用电

1 触电预防及急救

1.1 触电及其预防

人体组织中有 60% 以上由含有导电物质的水分组成,因此人体是良导体。当人体接触设备的带电部分并形成电流通路时,就会有电流流过人体,从而触电。致人于死命的因素不是取决于电压的高低,而是取决通过人体电流的大小。由于心脏是人体的薄弱环节,通过心脏的电流越大,危险性亦越大,所以电流沿左手到前胸或双手触电,危险性最大。

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。为了使电流不超过上述的数值,我国规定安全电压为 36V、24V 及 12V 三种(视场所潮湿程度而定)。人体通过不同大小电流时产生的反应见表 11.1.1。

表 11.1.1 人体通过不同大小电流时的反应

电流(mA)	50Hz 交流电	直流电
0.6~1.5	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	手指感灼热和刺痛
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,迅速麻痹,不能摆脱电源,呼吸困难	灼热更增,手的肌肉开始痉挛
50~80	呼吸麻痹,心房开始震颤	强烈灼痛,手的肌肉痉挛,呼吸困难
90~100	呼吸麻痹,持续 3min 后或更长时间后,心脏麻痹或心房停止跳动	呼吸麻痹

触电形式可以分为单线触电和双线触电两种(图 11.1.1)。双线触电比单线触电更危险。若电机、电器的绝缘损坏(击穿)或绝缘性能不好(漏电)时,其外壳便会带电,如果人体与带电外壳接触,这就相当于单线触电。为了防止这种触电事故,电气设备常采用保护接地和保护接零措施。

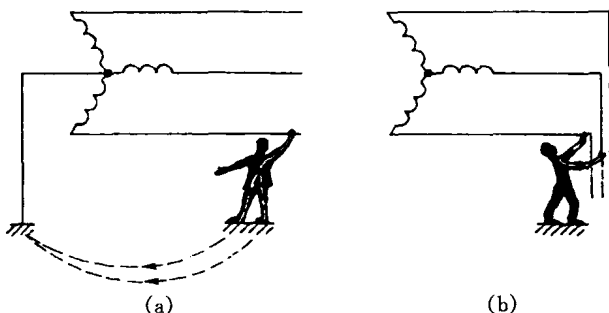


图 11.1.1 触电的形式

(a)单线触电 (b)双线触电

此外,在各种形式的短路和带负载断开电路等情况下,人体都可能由于发生电弧而被烧伤。

测电笔是一种测试导线、电器和电气设备是否带电的常用电工工具。它由金属体笔尖、电阻、氖管、笔杆小窗、弹簧、笔尾金属体等组成(图 11.1.2)。常见的测电笔有钢笔式、旋凿式两种。如果把测电笔的金属体笔尖与带电物体(如相线)接触,金属体笔尾与人手接触,那么氖管就会发光。由于测电笔内电阻比人体阻值大得多,因此人并无触电感觉。氖管发光,证明被测的物体带电。如果氖管不发光,就证明被测物体不带电。测电笔在每次使用前要在带电的相线上预先测试一下,检查它是否完好。低压测电笔只能在对地电压 250V 以下使用。

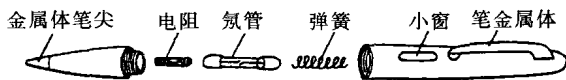


图 11.1.2 测电笔

为了更好的使用电能,防止触电事故的发生,必须采取一些安全措施:

(1)各种电气设备,尤其是移动式电气设备,应建立经常的与定期的检查制度,如发现故障或有关的规定不符合时,应及时加以处理。

(2)使用各种电气设备时,应严格遵守操作制度。不得将三脚插头擅自改变为二脚插头,也不得直接将线头插入插座内用电。

(3)尽量不要带电工作,特别是在危险的场所(如工作地很狭窄,工作地周围

有对地电压在 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(如站在橡胶毡上或穿绝缘橡胶靴,附近的其他导电体或接地处都应用橡胶布遮盖,并需有专人监护,等等)。

(4)带金属外壳的家用电器的外接电源插头一般都用三脚插头,其中有一根为接地线。而现有居民住宅大多没有敷设保护接地线,因此无法接用接地线。如果采用埋在地下的自来水管等作接地体,则必须保证地上的自来水管与埋在地下管道有良好的电气连接,中间必须接触良好,不能有塑料等不导电的接头。更不得利用煤气管道等易燃易爆的气体管道作为接地体或接地线使用。另外还须注意家用电器插头的相线零线应与插座中的相线零线相一致。插座规定的接法为:面对插座看,上面的接地线,左边的接中线,右边的接相线。

(5)静电可能引起危害,重则可引起爆炸与火灾,轻则可使入受到电击,引起严重后果。消除静电首先应尽量限制静电电荷的产生或积聚。方法有:①良好的接地,以消除静电电荷的积累;②提高设备周围的空气湿度为相对湿度的 70%以上,加速静电电荷逸散;③用电离中和的措施,在形成电荷最强烈的地方安装放电针,使电荷得到中和,消除静电;④采用能防止产生静电的生产过程,如减少摩擦,防止液体摇晃,防止灰尘飞扬等;⑤在低导电性物质中掺入导电性能良好的物质。

(6)有条件时,还可采用性能可靠的漏电保护器。

(7)严禁利用大地作中性线,即严禁采用三线一地、二线一地或一线一地制。

1.2 触电的急救

万一发现有人触电时,应及时抢救。首要措施便是立即切断电源,或用绝缘的器具(如干木棒、干布带或干绳等)使触电者脱离带电部分(救护者切忌用手、金属物体或潮湿物品作为救护工具施行抢救),这是救活触电者的一个首要因素。因为在其他条件都相同的情况下,触电者触电时间越长,造成心室颤动、心脏停跳和死亡的可能性也越大。实验研究和统计表明,如果从触电后 1min 即开始抢救,救活可能性有 90%;如果从触电后 6min 开始抢救,救活可能性仅 10%;超过 12min,救活可能性极小。

如果伤员在高空作业,救护时还须预防伤员在脱离电源时摔下来。

伤员脱离电源被救下以后,如果是一度昏迷,尚未失去知觉,则应使伤员在空气流通的地方静卧休息;如果是呼吸暂停,心脏暂停跳动,伤员尚未真正死亡,或者虽有呼吸,但是比较困难,这时必须毫不迟疑地用人工呼吸和心脏按摩进行抢救,以待医务人员的到来。

1.2.1 人工呼吸法

将伤员伸直仰卧在空气流通的地方,解开领口、衣服、裤带,再使其头部尽量后仰,鼻孔朝天,使舌根不致阻塞气道。救护人用 1 只手捏紧伤员鼻孔,用另 1 只手

的拇指和食指掰开伤员嘴巴(图 11.1.3),先取出伤员嘴里的东西(如假牙等),然后救护人紧贴着伤员的口吹气约 2s,使伤员胸部扩张,接着放松口鼻,使其胸部自然地缩回呼气约 3s。这样吹气和放松,连续不断地进行。如果掰不开嘴巴,可以捏紧伤员嘴巴,紧贴着鼻孔吹气和放松。

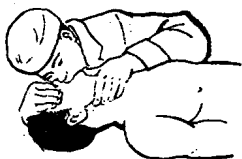


图 11.1.3 口对口人工呼吸法

人工呼吸法在进行中,若伤员表现出有好转的现象时(如眼皮闪动和嘴唇微动),应停止人工呼吸数秒钟,让他自行呼吸,如果还不能完全恢复呼吸,须把人工呼吸法进行到能正常呼吸为止。人工呼吸法必须坚持长时间地进行,在没有呈现出明显的死亡症状以前,切勿轻易放弃。死亡症状应由医生来判断。

口对口(或口对鼻)人工呼吸法简单有效,并且不影响心脏按摩法的进行。

1.2.2 心脏按摩法

将伤员平放在木板上,头部稍低,救护人站在伤员一侧,将一手的掌根放在胸骨下端,另一手叠于其上,靠救护人上身的体重,向胸骨下端用力加压,使其陷下 3cm 左右,随即放松,让胸廓自行弹起,如此有节奏地压挤,每分钟 60~80 次。急救如有效果,伤员的肤色即可恢复,瞳孔缩小,颈动脉搏可以摸到,自发性呼吸恢复。心脏按摩法可以与人工呼吸法同时进行。

2 接地装置与防雷保护

2.1 接地装置

2.1.1 接地与接零

接地与接零是保证电器设备和人员安全用电的重要保护措施。所谓接地,就是把电气设备的某部分通过接地装置与大地连接起来。而接零是指在中性点直接接地的三相四线制供电系统中,将电气设备的金属外壳、金属构架等与零线连接起来。

2.1.1.1 接地的方式 根据接地的作用不同,接地方式可分为工作接地、保护接地和防雷接地。

(1)工作接地:为了保证电气设备的正常工作,将电路中的某一点通过接地装置与大地可靠地连接起来,称为工作接地。例如在三相四线制供电系统中,将变压器低压侧的中性点直接接地,就是工作接地,如图 11.2.1 所示。

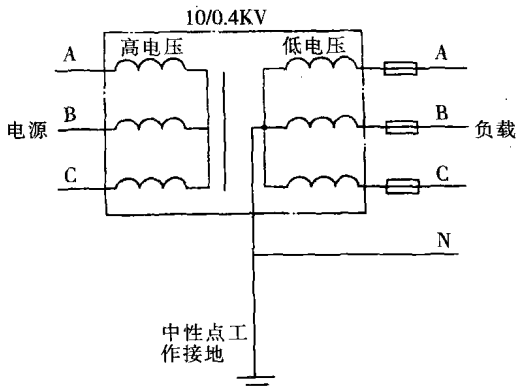


图 11.2.1 变压器低压侧中性点工作接地

(2)保护接地:为了保障人身安全、防止间接触电事故,将电气设备外露可导电部分如金属外壳、金属构架等,通过接地装置与大地可靠地连接起来,称为保护接地。电动机的保护接地如图 11.2.2 所示。这种保护接地广泛用于中性点不接地的三相三线制中。

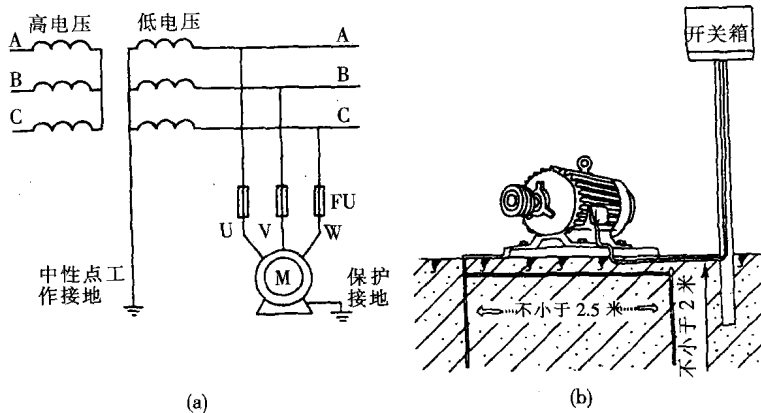


图 11.2.2 电动机的保护接地

(a)接线原理图 (b)安装图

对电气设备采取保护接地措施后,如果这些设备因受潮或绝缘损坏而使金属外壳带电,那么电流会通过接地装置流入大地,只要控制好接地电阻的大小,那么金属外壳的对地电压就会限制在安全数值以内,从而保证了人身安全。

(3)防雷接地:为了防止电气设备和建筑物因遭受雷击而损坏,将避雷针、避雷线、避雷器等设备进行接地,称为防雷接地。

2.1.1.2 保护接零和重复接地

(1)保护接零:在三相四线制供电系统中,若用电设备外壳未与零线连接,当设备的一相经绝缘损坏而与外壳相碰接时,一旦人触摸外壳,那么加在人体上的电压近似为相电压,就会造成单相触电事故。因此,在中性点直接接地的三相四线制供电系统中,应将用电设备的金属外壳、金属构架等与零线连接,这就是保护接零。电动机的保护接零如图 11.2.3 所示。

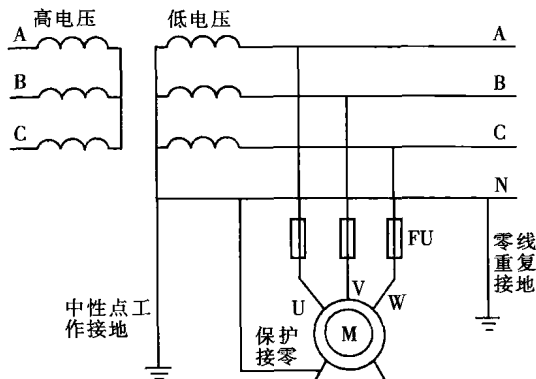


图 11.2.3 保护接零和重复接地

保护接零必须与其他保护装置(如触电保护器、熔断器、断路器等)配合使用,才能保证安全。当电气设备采取接零保护后,一旦某相碰壳,该相的短路电流将使电路中的保护装置动作,断开电源,消除触电的危险。

(2)重复接地:在中性点直接接地的低压电网中,为了确保安全,还应在零线的其他地方进行三点以上的接地,这种接地称为重复接地。如图 11.2.3 所示。

进行重复接地的目的,是要消除零线断线时的触电危险。如果不设置重复接地,当零线断线时,若发生了某相碰壳,那么就存在单相触电的危险;此时若设置了重复接地,该相的短路电流可通过重复接地装置流入大地,巨大的短路电流还可使电路中的保护装置动作,切断电源,消除触电的危险。

2.1.1.3 接地和接零的注意事项

(1)在中性点直接接地的低压电网中,用电设备宜采用接零保护;在中性点非直接接地的低压电网中,用电设备应采取接地保护。

(2)在同一配电线路中,不允许一部分电气设备接地,另一部分电气设备接零,以免接地设备一相碰壳短路时,可能由于接地电阻较大,而使保护装置不动作,造成中性点电位升高,使所有接零的设备外壳都带电,反而增加了触电的危险。

(3)由低压公用电网供电的电气设置,只能采用保护接地,不能采用保护接零,以免接零的电气设备一相碰壳短路时,造成电网的严重不平衡。

(4)为防止触电危险,在低压电网中,严禁利用大地作相线或零线。

(5)用于接零保护的零线上不得装设开关或熔断器,单相开关应装在相线上。

(6)户外架空线路宜采用集中重复接地,这对雷电流有分流作用,有利于限制雷电压过高。

2.1.2 保护接地的范围

电气设备的下列金属部分应进行保护接地:

- (1)电机、变压器、电器、携带式及移动式用电器具的金属外壳;
- (2)电气设备的传动装置;
- (3)配电屏和控制屏的金属框架;
- (4)室内外配电装置的金属构架、靠近带电部分的金属围栏和金属门;
- (5)电缆的外皮及电力电缆接线盒、终端盒的金属外壳;
- (6)电力线路的金属保护管及敷线的钢索;
- (7)装有避雷线的电力线路杆塔;
- (8)居民区的钢筋混凝土构架和金属杆塔;
- (9)安装在电力线路杆塔上的开关、电容器等电力装置的外壳及支架;
- (10)互感器的二次线圈。

2.1.3 接地装置

接地装置由接地体和接地线组成。

2.1.3.1 接地体 接地体又称接地极。接地体分为人工接地体和自然接地体两种。

专门以接地为目的,埋入地中的金属物体称为人工接地体。人工接地体有垂直埋设和水平埋设两种基本结构形式。垂直接地体宜采用角钢、钢管、圆钢和扁钢等材料;水平接地宜采用圆钢、扁钢等材料。接地体的最小尺寸见表 11.2.1。

表 11.2.1 接地体的最小尺寸

接地体材料	规格及单位	地 上		地 下
		室 内	室 外	
圆 钢	直径(mm)	5	6	8
扁 钢	截面积(mm ²)	24	48	48
扁 钢	厚度(mm)	3	4	4
角 钢	厚度(mm)	2	2.5	4
钢 管	壁厚(mm)	2.5	2.5	3.5

注:在腐蚀性较强的土壤中,应采用热镀锌、热镀锌等防腐措施或适当加大截面积。

凡是与土壤紧密接触的自然导体兼作接地体时,称为自然接地体。建筑物的钢结构和钢筋、行车的钢轨、埋地的金属管道(可燃液体和易燃易爆气体的管道除外)以及敷设于地下数量不少于两根的电缆金属外皮等,都可作自然接地体。利用自然接地体时,一定要保证良好的电气连接,在建筑物钢结构的接合处,除已焊接者外,凡用螺栓连接或其他连接的,都要采用跨接焊接,而且跨接线尺寸不得小于规定值。

2.1.3.2 接地线 连接接地体和设备接地部分的金属导线称为接地线。接地线可采用绝缘导线或裸导线,但不得在地下用易于腐蚀的裸铝导线作为接地线。接地线最小截面见表 11.2.2。

表 11.2.2 接地线的最小截面

接地线类别	最小截面(mm ²)	接地线类别	最小截面(mm ²)	
携带式用电设备的接地线(多股软铜线)	1.5	裸铝线	6	
绝缘铜线	1.5	扁钢	户内	24(厚度≥3mm)
裸铜线	4		户外	48(厚度≥4mm)
绝缘铝线	2.5	圆钢	户内	20(直径≥5mm)
			户外	28(直径≥6mm)

2.1.3.3 接地电阻 为了保证接地装置起到安全保护作用,接地装置的接地电阻应符合规定数值。对接地电阻值的要求如表 11.2.3 所示。

表 11.2.3 电力设备的接地电阻

接 地 方 式		接地电阻(Ω)
保护接地和变压器中性点的工作接地	配电变压器总容量为 100kV·A 及以下	≤10
	配电变压器总容量大于 100kV·A	≤4
零线重复接地		≤10
当配电变压器总容量不超过 100kV·A,且重复接地有三处以上时,每一重复接地电阻		≤30

2.1.3.4 接地装置的安装

(1)两台及两台以上电气设备的接地线必须分别单独与接地装置连接,禁止把几台电气设备的接地线串联连接后再接地,以免其中一台设备的接地线在检修或更换等情况下被拆开时,使该设备之前的各设备成为不接地的设备。

(2)接地线与接地体的连接应十分牢靠,一般应采用焊接方法,连接处应便于检查。接地线与设备的连接,可用焊接或螺栓连接。用螺栓连接时,应采用防松螺母或防松垫圈。

(3)不同用途和不同电压的电气设备,除另有规定者外,可使用一个总接地体,接地电阻值应符合表 11.2.3 中所列最小值的要求。

(4)在装设接地装置中,首先应充分利用自然接地体,以节约投资,节约钢材。但应注意其接地电阻值必须符合要求。

(5)接地线如果从户外引入户内,最好是 从地面以下引入户内,然后再引出地面。

(6)为提高可靠性,接地体不宜少于两根,其上端应用扁钢或圆钢连成一个整体。

(7)在埋设人工接地体之前,应先挖一个深约 1m 的地坑,然后将接地体打入地下,上端露出坑底约 0.2m,供连接接地线用。接地体打入地下的深度应不小于 2m,如图 11.2.4 所示。在特殊场所埋设接地体时,如果深度达不到 2m,而且接地电阻不能满足要求,则应在接地体周围放置食盐、木炭并加水,以减小接地电阻。

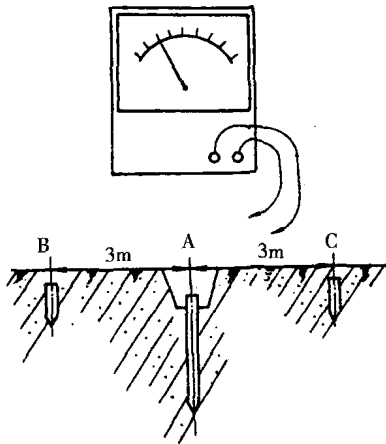


图 11.2.4 用万用表测量接地电阻

(8)接地装置安装完毕后,应用“接地电阻测试仪”测量接地电阻。如果没有接地电阻测试仪,可以用万用表进行测量。如图 11.2.4 所示,在距离接地体 A 的两侧各 3m 处,向大地加装两个临时接地体 B 和 C,用万用表的欧姆挡分别测出 AB、BC、CA 间的电阻值 R_{AB} 、 R_{BC} 、 R_{CA} ,有:

$$R_{AB} = R_A + R_B$$

$$R_{BC} = R_B + R_C$$

$$R_{CA} = R_C + R_A$$

联立求解上述三个方程,即可得出接地体 A 的接地电阻 R_A 为

$$R_A = \frac{1}{2}(R_{AB} + R_{CA} - R_{BC})$$

(9)接地装置在正常运行中,应定期进行检查和测试。天然接地体应定期检查其接地线连接部分是否连接可靠、导线是否折断。

2.2 防雷保护

2.2.1 雷电的危害

雷电是大气中一种自然气体放电现象。当雷电发生时,雷云对地的电压可达数千万到上亿伏,放电电流的幅值可达数万至数十万安,但放电持续时间极短,为 $50\sim 100\mu\text{s}$,所以雷电流的陡度很高。雷云放电的同时伴随有雷鸣与闪电。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,这种现象称为直接雷击。除此之外,还有静电感应雷击、电磁感应雷击、反击雷击和绕击雷击等。无论哪种雷击,都会直接或间接地对建筑物、电气设备、人和牲畜造成损害,因此必须采取有效措施,进行防雷保护,以减少雷击事故的发生。

2.2.2 避雷装置

目前,防雷的主要措施是安装避雷装置。常用的避雷设备有:避雷针、避雷线、避雷器、避雷网等。为了防止露天的变配电设备、建筑物等遭受直接雷击,宜装设避雷针、避雷网、避雷带等;电力架空线一般采用架设避雷线进行防雷保护;电气设备的防雷措施主要是安装避雷器。

2.2.2.1 避雷针装置 避雷针装置由避雷针、引下线和接地体等组成,可用于保护输变电设备和楼房、烟囱、水塔等建筑物,防止直接雷击事故。

(1)避雷针:避雷针一般采用镀锌圆钢或镀锌焊接钢管制成,其顶端应呈针尖状,其下端要经引下线与接地装置焊接。避雷针的最小直径见表 11.2.4。

表 11.2.4 避雷针的最小直径

避雷针类别		最小直径(mm)
针长 1m 以下	圆钢	12
	钢管	20
针长 1~2m	圆钢	16
	钢管	25
烟囱顶上的避雷针	圆钢	20

(2)引下线:引下线一般采用圆钢、扁钢,其最小尺寸见表 11.2.5。

表 11.2.5 引下线的最小尺寸

引下线材料		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 48mm ²)
	烟囱上	厚度 4(截面 100mm ²)

(3)接地体:垂直埋设的接地体一般采用角钢、钢管、圆钢等;水平埋设的接地体,一般采用圆钢、扁钢等。接地体的最小尺寸见表 11.2.6。在腐蚀性较强的土壤中,应采取镀锌等防腐措施或加大截面。垂直接地体的长度一般为 2.5m,接地体间的距离一般为 5m,埋设深度应大于 0.5m,接地电阻应小于 10Ω。

表 11.2.6 避雷针接地体的最小尺寸

接地体材料	最小尺寸(mm)	接地体材料	最小尺寸(mm)
圆钢	直径 10	角钢	厚度 4
扁钢	厚度 4(截面 100mm ²)	钢管	壁厚 3.5

(4)避雷针的保护范围:避雷针的保护范围,以它能防护直击雷的空间来表示。其保护范围的大小与避雷针的高度、数量及其相互位置等有关。单支避雷针的保护范围如图 11.2.5 所示。

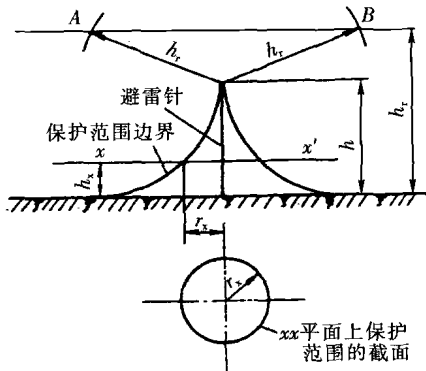


图 11.2.5 单支避雷针的保护范围

h_r 、避雷针高度 h_r 、滚球半径 h_x 、被保护物高度

r_x 、在 xx' 水平面上的保护半径

2.2.2.2 避雷器 避雷器主要用于保护发电厂、变电站的电气设备以及架空

线路、配电装置等,是用来防护雷电产生的过电压,以免危及被保护设备的绝缘的。避雷器应与被保护设备并联,在被保护设备的电源侧,如图 11.2.6 所示。当线路上出现危及设备绝缘的过电压时,避雷器的火花间隙就被击穿,或由高阻变为低

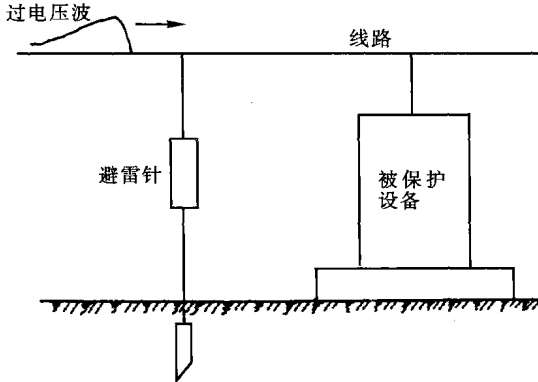


图 11.2.6 避雷器的接线图

阻,使过电压对地放电,从而保护了设备的绝缘。避雷器的形式主要有阀式和管式(又称排气式)等。阀式避雷器的结构如图 11.2.7 所示。常用避雷器的技术数据见表 11.2.7 和表 11.2.8。

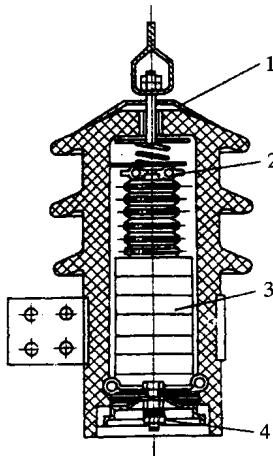


图 11.2.7 阀式避雷器的结构图

1. 瓷裙 2. 火花间隙
3. 阀型电阻 4. 接地螺栓

表 11.2.7 阀式避雷器的技术数据

型 号	额定电压有效值(kV)	灭弧电压有效值(kV)	工频放电电压有效值(kV)	冲击放电电压峰值(预放电时间: 1.5~20 μ s)(kV)	冲击电流残压峰值(波形 10/20 μ s)不大于(kV)	
					3kA	5kA
FS-0.22	0.22	0.25	0.6~1.0	2.0	1.3	—
FS-0.38	0.38	0.50	1.1~1.6	2.7	2.6	—
FS-6	6	7.6	16~19	35	(28)	30
FS-10	10	12.7	26~31	50	47	50
FS4-6GY	6	7.6	16~19	35	—	30
FS4-10GY	10	12.7	26~31	50	—	50
FZ-6	6	7.6	16~19	30	—	27
FZ-10	10	12.7	26~31	45	—	45
FZ-35	35	41	84~104	134	—	134
FZ1-10	10	12.7	26~31	45	—	45
FZ1-35	35	41	84~104	134	—	134
FCD-6	6	7.6	15~18	19	19	20
FCD-10	10	12.7	25~30	31	31	33
FCZ-35	35	40	72~85	108	—	103
FCZ1-35	35	41	72~85	108	—	108
FCZ1-35GY	35	41	72~85	108	—	108

注:①括号内数据为参考值。

②型号意义:F—阀型;S—配电网;C—磁吹;D—旋转电机;GY—高原。

表 11.2.8 管式避雷器的技术数据

型 号	额定电压(kV)	灭弧电压(kV)	额定断流能力(kA)		灭弧间隙(mm)	隔离间隙(mm)
			下限	上限		
GSW2-6	6	7.6	—	6.3	55	10
GSW2-10	10	12.7	—	3	63	17
GX1-6/0.5-3	6	7.6	0.5	3	130	10/15
GX1-6/2-8	6	7.6	2	8	130	10/15
GX1-10/0.8-4	10	12.7	0.8	4	130	15/20
GX1-10/2-7	10	12.7	2	7	130	15/20
GX1-35/0.7-3	35	44.6	0.7	3	175	100/150
GX1-35/0.6-5	35	44.6	0.6	5	150	100/120
GX1-35/2-10	35	44.6	2	10	150	100/120
GX2-35/0.6-5	35	44.6	0.6	5	150	100/120
GX2-35/2-10	35	44.6	2	10	150	100/120

注:型号意义:G—管型避雷器;W—户外;S—配电网;X—悬挂式安装。

2.2.2.3 保护间隙 当缺乏避雷器时,可采用保护间隙作为防雷设备。保护间隙又称角式避雷器。其结构如图 11.2.8 所示。角式避雷器简单经济,维护方便,但保护性能差,灭弧能力小,容易造成接地或短路故障,引发断电事故。因此对

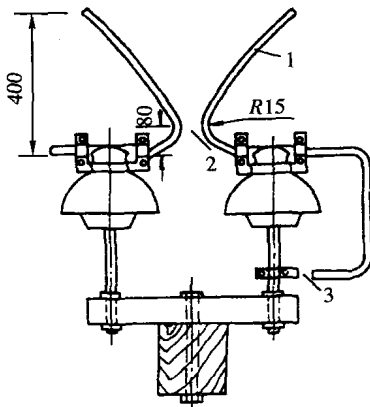


图 11.2.8 3~10kV 角式保护间隙的结构

1. 电极 2. 主间隙 3. 辅助间隙

于装有保护间隙的线路,一般要求装设自动重合闸装置与之配合,以保证工作的可靠性。保护间隙的安装是一个电极接线路,另一个电极接地;间隙的电极可用直径为 6~10mm 的镀锌圆钢制成。为了防止间隙被外物(如鸟、树枝等)短接而造成短路,常在其接地引下线中还串联一个辅助间隙,如图 11.2.8 所示。间隙的距离见表 11.2.9。

表 11.2.9 保护间隙的距离

电压等级(kV)	主间隙(mm)	辅助间隙(mm)	电压等级(kV)	主间隙(mm)	辅助间隙(mm)
3	8	5	10	25	10
6	15	10	35	210	20

2.2.3 电气设备的防雷保护

与架空线连接的配电变压器和开关设备应采取如下防雷措施:

(1) 3~10kV 配电变压器高压侧应用阀式避雷器或管式避雷器进行防雷保护。保护装置应尽量靠近变压器装设,其接地线应与变压器低压侧中性点(中性点不接地的电网中,与中性点的击穿保险器的接地端)以及金属外壳和低压避雷器接地线连在一起接地。

(2) 多雷区的 3~10kV Yym 和 Yy 连接的配电变压器,应在低压侧装设一组

避雷器或击穿保险器。低压中性点不接地的配电变压器,应在中性点装设击穿保险器。

(3)35/0.4kV 配电变压器,其高低压侧均应用阀式避雷器保护。

(4)3~10kV 柱上断路器和负荷开关应用阀式避雷器、管式避雷器或保护间隙保护。经常断路运行而又带电的柱上断路器、负荷开关或隔离开关,应在带电侧装设避雷器或保护间隙。其接地线应与柱上断路器等的金属外壳连接,且接地电阻不应超过 10Ω 。

(5)在多雷区或易遭雷击地段,直接与架空线相连的电表宜装防雷装置。

2.2.4 其他防雷措施

(1)不装设防直击雷装置的建筑物,为防止雷电流沿低压架空线侵入,在入户处或接户杆上应将绝缘子铁脚接到电力设备接地装置上,如无该接地装置时,应增设接地装置,其冲击接地电阻不宜大于 30Ω 。但符合下列条件之一者,绝缘子铁脚可不接地:

- ①年平均雷暴日在 30 日以下的地区;
- ②受建筑物屏蔽的地方;
- ③低压架空干线的接地点距入户处不足 50m;
- ④土壤电阻率在 $200\Omega \cdot \text{m}$ 及以下的地区,使用铁横担的钢筋混凝土杆线路。

(2)易燃物大量集中的露天堆场,应采取适当的防雷措施。

(3)在一般情况下,从配电盘引出线的线路宜穿钢管并装设避雷器或保护间隙。在线路接近闪器的一端,还应将钢管和防雷装置相连。

(4)严禁在独立避雷针、避雷线的支柱上悬挂通信线、广播线及低压架空线。

3 防火与防爆

在火灾和爆炸事故中,由电气起火引起的事故隐患占了很大的比例。电气起火的主要原因是由于电气设备的缺陷,安装不当,设计和施工不符合安全标准以及在运行中电气装置由电流(过电流或短路电流)产生的热量、电火花和电弧等所引起的。电气火灾和爆炸事故的发生除了造成人身伤亡和设备毁坏外,还可能造成大规模或长时间的停电,严重影响生产和生活。因此,必须做好电气防火防爆工作,杜绝事故的发生。

3.1 电气灭火

3.1.1 断电灭火方法

电气设备或线路一旦发生火灾,首先应想到的是迅速切断电源。切断电源后

再进行灭火,现场危险性小。断电灭火时应注意以下几点:

- (1)切断电源的位置要选择适当,防止切断电源后影响灭火扑救工作。
- (2)剪断电源导线的位置应选择在电源方向且有支持物的附近,以防止导线剪断后跌落在救火场所,造成短路或使救火人员引发跨步电压触电。
- (3)剪断电源的导线时,相线(火线)和中线(地线)应选择不同的部位处分别剪断,以防止剪断导线时,两线相碰而发生短路。
- (4)拉闸刀开关应用绝缘操作棒或戴绝缘手套。
- (5)若燃烧场地及火势对附近运行中的电气设备有严重威胁时,亦应迅速拉开相应的断路器和隔离开关。

3.1.2 带电灭火方法

带电灭火必须在特别危急的情况下进行。如等待切断电源后再进行扑救,事故可能迅速扩大,会严重影响到生产和人身安全。进行带电灭火,必须在保证灭火人员安全的情况下进行。带电灭火时应注意下列几点:

- (1)带电灭火要使用不导电的,如二氧化碳、1211、干粉等灭火剂进行灭火。严禁使用导电的灭火剂(如喷射水流、泡沫灭火器等)。
- (2)必须注意周围环境,防止身体、手、足或者使用的消防器材等过于接近带电体而造成触电事故。
- (3)带电灭火时,应戴绝缘手套和穿绝缘鞋(靴),防止跨步电压触电。
- (4)对有油的电气设备,如变压器、油断路器的燃烧,也可用干燥的黄沙盖住火焰,使火熄灭。

3.1.3 发电机和电动机起火的扑灭方法

为了防止发电机和电动机的轴和轴承灭火后变形,在灭火时,可用喷雾水流扑救,也可用二氧化碳、1211灭火器扑救。但必须注意,尽量不要用黄沙扑救,以免灭火后发电机或电动机损坏严重,不能修复。

3.1.4 变电所的灭火

变电所一旦发生火灾,值班人员应按规定切断起火区域及邻近受威胁的电气设备的电源,迅速遏制火势。如值班人员发觉无法自行扑救时,应立即联系消防队,不能拖延时间。消防人员到达现场后,值班人员应向消防队负责人介绍周围的环境情况,明确交代带电设备的位置,并按消防队负责人的要求,做好安全防范措施,并坚持在现场进行严密监护,及时提醒或阻止消防人员的不正确行动。

3.2 电气防爆

3.2.1 爆炸危险场所的分类和分级

爆炸危险场所可按爆炸性物质的物态分为两类:气体爆炸危险场所和粉尘爆

炸危险场所。爆炸危险场所的分级,原则是按爆炸性物质出现的频度、持续时间和危险程度划分。

(1)气体爆炸危险场所分为三个等级。①0级区域:在正常情况下,爆炸性气体混合物连续地、短时间频繁地出现或长时间存在的场所。②1级区域:在正常情况下,爆炸性气体混合物有可能出现的场所。③2级区域:在正常情况下,爆炸性气体混合物不能出现,仅在不正常情况下偶尔短时间出现的场所。

(2)粉尘爆炸危险场所分为两个等级。①10级区域:在正常情况下,爆炸性粉尘或可燃纤维与空气的混合物可能连续地、短时间频繁地出现或长时间存在的场所。②11级区域:在正常情况下,爆炸性粉尘或可燃纤维与空气的混合物不能出现,仅在不正常情况下偶尔短时间出现的场所。

3.2.2 爆炸危险场所使用防爆电气设备的一般规定

爆炸危险场所使用的防爆电气设备,在运行过程中必须具有不引燃周围爆炸性混合物的性能。

(1)防爆型电气设备可制成隔爆型、增安型、本质安全型、正压型、充油型、充砂型、无火花型、防爆特殊型和粉尘防爆型等类型。

(2)各种防爆型的电气设备,应设置标明防爆检验合格证号和防爆类型、等级的铭牌,并有防爆检验标志和防爆类型、等级的永久性标志。

(3)防爆电气设备的表面温度的规定有Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类设备之不同要求。

3.2.3 爆炸危险场所的电气线路的一般规定

(1)电气线路应敷设在爆炸危险性较小的区域或距离释放源较远的位置。应避免开易受机械损伤、震动、腐蚀、粉尘积聚以及有危险的场所。

(2)爆炸危险场所的配线方式应按表 11.3.1 的规定。

表 11.3.1 爆炸危险场所的配线方式

配线方式		爆炸危险区				
		0	1	2	10	11
本质安全型电气设备的配线工程		○	○	○	○	○
低压镀锌钢管配线工程		×	○	○	×	○
电缆工程	低压电缆	×	○	○	×	○
	高压电缆	×	△	○	×	△

注:○表示适用;△表示尽量避免;×表示不适用。

(3)爆炸危险场所使用的低压电缆和绝缘导线,其额定电压应不低于线路的额定电压,且不得低于 500V。零线的额定电压与相线相同,并应处在同一护套或钢管内。

(4)有剧烈震动的地方的用电设备线路,应采用铜芯绝缘软线或铜芯多股电缆。

(5)固定敷设的低压电缆或绝缘导线,其铜芯和铝芯的最小允许截面应符合表11.3.2的规定。

表 11.3.2 铜铝芯最小允许截面表

爆炸危险区域	线 芯 最 小 截 面(mm ²)						
	铜				铝		
	电 力	控 制	照 明	通 讯	电 力	控 制	照 明
1	2.5	1.5	1.5	0.28	×	×	×
2	1.5	1.5	1.5	0.19	4.0	×	2.5
11	2.5	1.5	1.5	0.28	×	×	×

(6)爆炸危险场所电气线路的连接应符合下列要求:①电气线路中一般不应有中间接头。在特殊情况下,必须在相应的防爆接线盒内连接或分路。②电气线路中使用的连接件,如接线盒、隔离密封盒等应按类按级选配。③多股导线连接的接头宜采用压接方法。接线端子宜采用铜铝过渡接头。

(7)电气线路应根据需要设置相应的保护装置,以便在发生过载、短路、漏电、接地、断线等情况下能自动报警或切断电源。

(8)爆炸危险场所不准明敷绝缘导线,必须采用钢管配线工程。

3.2.4 防爆电气设备运行与维护的一般规定

(1)防爆电气设备应由经过培训,考核合格的人员进行操作、使用和维护保养。

(2)电气设备上的保护、闭锁、监视、指示装置等,不得任意拆除,应保持其完整性、灵敏度和可靠性。

(3)新设备在安装前宜解体检查,符合规定要求后方可投入运行。

(4)防爆电气设备的运行、维修、检查,应按日常、专业、安全三种方式进行。检查项目应按规定进行。

3.2.5 防爆电气设备检修的一般规定

(1)防爆电气设备的检修应由指定的专业单位负责检修。

(2)防爆电气设备的大、中修后,由检修人员填写检修记录,并须经防爆专业质量检验人员进行检验,签发合格证后方可交付使用。

(3)在有爆炸危险场所中禁止带电检修电气设备和线路,禁止随时停、送电,并应在断电处挂上“有人工作,禁止合闸”的警告牌。

(4)在有爆炸危险场所需动明火检修电气设备和线路时,必须办理动明火的审批手续,做好必要的安全防范措施。

4 静电防护

4.1 静电的产生

在生产和生活中,静电可由以下原因产生:

(1)摩擦带电。物体相互摩擦时,发生接触位置的移动和电荷的分离,从而产生静电。

(2)剥离带电。相互密切结合的物体使其剥离时引起电荷分离,从而产生静电。

(3)流动带电。利用管路输送液体,液体与管壁等固体接触时,在液体和固体的接触面上形成双电层,随着液体流动,双电层中的一部分电荷被带走,从而产生静电。

(4)喷出带电。粉体类、液体类和气体类从截面很小的开口喷出时,这些流体与喷口摩擦,同时流体本身分子之间又互相碰撞,产生大量静电。

(5)冲撞带电。粉体类的粒子之间或粒子与固体之间的冲撞会形成极快的接触和分离,从而产生静电。

(6)破裂带电。当固体类或粉体类物体破裂时,出现电荷的分离,破坏了正负电荷的平衡,从而产生静电。

(7)飞沫带电。喷在空间的液体类,由于扩展分散和分离出现许多小滴组成的新液面,从而产生静电。

(8)滴下带电。液滴坠落分离时出现电荷分离,从而产生静电。

(9)感应带电。在带电的高压架空线与地面之间,或在变电站高压带电设备的附近,都有电场存在。在电场中放入一个与大地绝缘的导体,根据静电感应原理,导体会带电,从而产生静电。

4.2 静电的特点及危害

4.2.1 静电的特点

(1)静电电压一般很高,有时可达数万伏。

(2)静电能量释放时可产生火花。若静电所产生的火花能量大于周围物质的最小引燃能量时,便会引起燃烧或爆炸。

4.2.2 静电的危害

(1)由静电的放电作用可引起爆炸及火灾。例如,引起可燃、易燃性液体起火或爆炸;引起易燃性气体爆炸或起火;引起某些粉尘爆炸起火。

(2)高的静电电压使人遭电击,或引起元件损坏或电子装置误动作。例如, MOS 型 IC 元件损坏,或使用该元件的装置失灵。

(3)静电妨碍生产的正常进行。例如,使纤维发生缠结、吸附尘埃等;或者使粉尘吸附于设备;使纸张不齐、不能分开,从而影响印刷的工作效率。

4.3 静电的防护

4.3.1 控制静电的产生

(1)通过选材抑制两种互相接触或摩擦的物体产生静电。实验可得出如表11.4.1所示的静电序列。

表 11.4.1 两种不同材料产生的静电序列

序列号	1	2	3	4	5	6
材 料	玻 璃	头 发	尼 龙	羊 毛	人造纤维	绸
	乙基塞璐珞	酪 朊	帕司派克司	塔夫塔尔	硬橡胶	醋酸塞璐珞
序列号	7	8	9	10	11	12
材 料	人造丝	混纺布	纸 浆	黑橡胶	涤 纶	维尼纶
	玻 璃	金 属	聚苯乙烯	聚乙烯	聚四氟乙烯	硝酸塞璐珞

序列号差别越大的两种材料摩擦时所产生的静电电荷量越大。在工业生产中可选用序列号接近的两种材料,以便减少物料上的静电电荷量。

(2)采用管道输送易燃易爆物料或高电阻率液体时,控制物流速,以减少静电的产生。

(3)某些粉尘在加工或储运中会产生大量静电电荷,限制盛装这些粉尘的容器的体积,控制粉尘数量,可减少爆炸的危险。

(4)向容器内灌注高电阻液体时,防止液体飞溅和冲击。

(5)在低导电性物质(如化纤、橡胶、塑料)中掺入少量导电物质,以增加其导电性,减少静电的产生。

4.3.2 加速静电的泄漏和中和

(1)静电接地,将静电电荷泄漏到大地。

(2)涂敷导电覆盖层后接地。

(3)采用导电性地面,使人体静电便于泄漏。

(4)增湿,有助于非金属材料的静电泄漏。

(5)浸涂化学抗静电剂。在塑料表面或化纤衣料表面外涂抗静电剂,在一段时间内有助于静电泄漏。

(6)安装静电消除器。静电消除器是一种离子发生器,用它产生的离子去中和物体上所带的静电。例如,感应式静电消除器,由一组放电针组成,放在带静电物体的附近,放电针接地。当物体上产生静电时,针尖上出现感应电荷,静电累积到一定程度后,两者放电中和,消除静电。

参 考 文 献

1. 李正吾主编. 新电工手册[M]. 合肥:安徽科学技术出版社,2000
2. 实用电工电子技术手册编委会. 实用电工电子技术手册[M]. 北京:机械工业出版社,2003
3. 陈小华主编. 简明电工实用手册[M]. 北京:人民邮电出版社,2002
4. 沙振舜主编. 电工实用技术手册[M]. 南京:江苏科学技术出版社,2002
5. 曾凡奎主编. 新简明电工手册[M]. 北京:机械工业出版社,2005
6. 刘光源主编. 简明维修电工实用手册(第2版)[M]. 北京:机械工业出版社,2004
7. 机械工程手册电机工程手册编辑委员会编. 电气工程师手册[M]. 北京:机械工业出版社,1987
8. 张士林,屈文莺编. 电工手册(修订本)[M]. 北京:石油工业出版社,1990
9. 《电工手册》编写组编. 电工手册(第四版)[M]. 上海:上海科学技术出版社,2000
10. 上海市电子电器技术协会编著. 简明实用电工手册[M]. 上海:上海科学技术出版社,1986
11. 陈效杰主编. 工厂企业电工手册[M]. 北京:水利电力出版社,1991
12. 孙克军主编. 农村电工手册(第二版)[M]. 北京:机械工业出版社,2002
13. 《新编实用电子电工手册》编写组编. 新编实用电子电工手册[M]. 北京:科学普及出版社,1991
14. 朱承高主编. 电工及电子技术手册[M]. 北京:高等教育出版社,1990
15. 《新编实用电工手册》编写组编. 新编实用电工手册[M]. 北京:海洋出版社,1990
16. 《工厂常用电气设备手册》编写组编. 工厂常用电气设备手册(补充本)[M]. 北京:水力电力出版社,1990
17. 罗初东等编. 现代实用电子技术手册[M]. 广州:广东科技出版社,1990
18. 国家标准局编. 电气制图及图形符号国家标准汇编[M]. 北京:中国标准出版社,1989
19. GB249-89 半导体分立器件型号命名方法[M]. 北京:电子工业出版社,1990
20. 华中工学院电磁测量教研室编. 常用电工仪表与测量[M]. 北京:机械工业出版社,1985
21. 陈立周编. 电气测量[M]. 北京:机械工业出版社,1984

22. 韩永盛编著. 常用电气线路 100 例[M]. 北京: 金盾出版社, 1989
23. 蔡尚峰主编. 自动控制理论[M]. 北京: 机械工业出版社, 1980
24. 上海市电子电器技术协会主编. 常用电工材料手册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1988
25. 季杏法主编. 小型三相异步电动机技术手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1987
26. 张金兰, 夏长发编. 中小型电动机选型手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1989
27. 庞启淮主编. 小功率电动机应用技术手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1990
28. 顾绳谷主编. 电机及拖动基础[M]. 北京: 机械工业出版社, 1980
29. 赵家礼主编. 电动机修理手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1988
30. 刘介才编著. 供配电技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000
31. 徐玉琦编著. 工厂电气设备经济运行[M]. 北京: 机械工业出版社, 1988
32. 陈叔涛, 陈辣均编. 电力变压器的并联运行[M]. 北京: 机械工业出版社, 1984
33. 周希章编. 常用电工计算[M]. 北京: 机械工业出版社, 1983
34. 《电工手册》编写组. 电工手册(第 2 版)[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1990
35. 《实用电工手册》编写组. 实用电工手册[M]. 南昌: 江西人民出版社, 1983
36. 《变压器手册》编写组. 电力变压器手册[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1990
37. 吴开明编. 城乡建设电气设计施工手册[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1987
38. 《建筑电气设计手册》编写组. 建筑电气设计手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1991
39. 上海市电子电气技术协会主编. 中小微型电机修理手册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1990
40. 赵家礼主编. 电动机修理手册(第 2 版)[M]. 北京: 机械工业出版社, 1988
41. 尤启淮主编. 小功率电动机应用技术手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1990
42. 许上明主编. 小功率异步电动机修理[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1991
43. 郑宜庭等编著. 弧焊电源(第 2 版)[M]. 北京: 机械工业出版社, 1988
44. 马奇等编著. 现代家电大世界[M]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 1991
45. 机械工业部仪表工业局统编. 常用电工材料[M]. 北京: 机械工业出版社, 1986
46. 《常用电子测量仪器使用手册》编写组. 常用电子测量仪器使用手册[M]. 上海: 上海科技大学出版社, 1983
47. 陈传硕等编著. 数字测量仪表[M]. 北京: 中国计量出版社, 1991
48. 陈汝全主编. 电子技术常用器件应用手册[M]. 第 1 版. 北京: 北京理工大学出版社, 1991
49. 王复中等编. 电子元器件应用手册[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1990
50. 江苏省电力工业局等编. 电工安全技术考核培训教材[M]. 北京: 水利电力出版社, 1988