

最新实用电工技术与操作手册

目 录

第一章 电工常用工具

验电笔	1
螺丝刀	2
钢丝钳	3
尖嘴钳	3
电工刀	4
扳 子	4
拉 具	5
喷 灯	5
电烙铁	6
转速表	7
手摇绕线机	8
手电钻	8
万用表	9
钳形电流表	12
兆欧表	13

第二章 电工基本知识

电工常用计算表	17
公英制线规对照表	20

电工常用文字符号表	21
电工常有图形符号表	25
导体、绝缘体和半导体	35
绝缘击穿	35
超导体	35
静电感应、静电屏蔽	36
直流电、交流电	36
电流、电流强度	36
电压、电动势	37
电阻、电阻率	37
欧姆定律	38
短路、断路	39
电功率	39
电能效率	40
电流的热效应	41
电路	41
串联电路	42
并联电路	43
混联电路	43
电容器、电容量	44
电容量的大小	45
电容器的耐压	45
电容器的串联	45
电容器的并联	46
磁铁、磁场、磁路和磁力线	47
磁通密度、磁通	47
左手定则	48

右手定则	48
自感电动势	49
互感现象	50
单相交流电	50
周期、频率和角频率	51
交流电的最大值、有效值	52
交流电有效值计算	53
交流电的相位、相位差	53
正弦交流电表示方法	53
纯电阻电路	54
纯电阻电路功率计算	55
纯电感电路	55
纯电感电路的功率计算	56
纯电容电路	56
纯电容电路的功率计算	57
实际的电感线圈计算	57
阻抗三角形、功率三角形	58
功率因数	59
串联谐振	61
并联谐振	61
三相交流电路	61
三相三线制、三相四线制	62
相线（或火线）、中线（或零线）	63
相电压、线电压、相电流、线电流	64
三相负载星形联接	64
三相负载星形联接的线电压、相电压、线电流和 相电流计算	64

三相负载三角形联接法的线电压、相电压、线电 流和相电流计算	65
三相负载的功率计算	66
相序	67
变压器	68
变压器组成	69
自耦变压器、调压器	70
变压器初级线圈与次级线圈	71
变压器的电压变化率	71
变压器的调压	72
常用小型变压器	72
变压器在运行中的损失	73
变压器过负荷运行	73
变压器在运行中的测试	74
变压器的极性及判别	75
晶体二极管	78
晶体二极管的极性判别	79
晶体二极管的使用	80
稳压二极管	80
光电二极管	81
晶体二极管整流电路	82
稳压管主要参数	82
整流电路	82
三相桥式整流电路	84
二倍压整流电路	85
滤波电路	85
直流稳压电路	86

晶体三极管	87
晶体三极管接线方式	88
晶体三极管主要参数	89
三极管放大倍数的检测	89
三极管的管型和管脚的判别	89
高频管低频管的判别	90
三极管是硅管还是锗管的判别	90
三极管的好与坏的判别	90
可控硅整流元件	91
可控硅整流元件的使用	92
过电流保护	92
过电压保护	93
单结晶体管	93
低频放大器	93
直流放大器	94
运算放大器	94
传感元件	94
模拟电路的数字电路	94
逻辑门电路	95
有源滤波器	95
晶体管振荡器	95

第三章 电工仪表与电工材料

直读指示仪表	96
测量误差的计算	97
电压表和电流表的使用	97

用电压表、电流表测量直流电阻	98
功率表接线法	99
功率表的读数	100
三相电路的功率测量	101
电度表	102
电度表接线法	103
电压互感器	104
电流互感器	105
电压互感器的使用	106
两瓦法	106
电度表的容量选择	107
电度表使用	108
兆欧表	108
用兆欧表测量绝缘电阻	109
接地电阻测定仪	109
钳形电流表	109
万用表	111
万用表的使用	112
用万用表来检查电容器的好坏	115
电桥	115
示波器、双踪示波器	116
数字式仪表	117
裸导线	120
绝缘电线	121
聚氯乙烯绝缘电线	122
聚氯乙烯绝缘软线	123
丁腈聚氯乙烯复合物绝缘软线	124

橡皮绝缘电线	124
橡皮绝缘棉纱编织软线	125
聚氯乙烯绝缘尼龙护套电线	125
电力和照明用氯乙烯绝缘软线	125
耐热电线	128
工业热偶补偿导线	128
氟塑料绝缘耐热电线	130
屏蔽电线	130
聚氯乙烯绝缘屏蔽电线	131
电力电缆	132
聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套电力电缆	132
交联聚乙烯绝缘电力电缆	133
通用橡套软电缆	136
橡皮绝缘电力电缆	136
油浸纸绝缘铅包电缆	137
可控型电焊机电缆	138
非铠装电力和照明聚氯乙烯绝缘电缆	138
控制电缆	138
KVV、KLVV、KYV、KLYV、KYVD、KLYVD 系列塑料绝缘控制电缆	139
KXV、KLXV、KXF、KXVD 系列橡皮 绝缘控制电缆	139
橡皮绝缘非燃性橡套控制电缆	139
PVV、PYV、PVG、PYGV 型塑料绝缘 塑料护套信号电缆	140
电缆附件	140
电缆终端接线盒	140

电缆中间接线盒	142
连接管	142
铜铝过渡排	143
铜铝接线端子	143
钢薄板接线槽	143
电缆桥架	143
漆包铜线	144
铜丝的熔断电流	146
铜板、铜带（条）	146
电阻合金线	148
镀锌铁丝	148
钢绞线	149
钢管	149
硬聚氯乙烯管	150
软聚氯乙烯管	150
自熄塑料电线管	151
聚乙烯塑料板	151
聚丙烯塑料板	151
硬聚氯乙烯板	152
酚醛层压板	152
绝缘胶带	153
三种绝缘胶带的耐压强度	153
电工绝缘材料的分级	153
电工用塑料	155
电缆用塑料	155
电工用橡胶	155
无机绝缘材料	155

第四章 三相异步电动机

三相异步电动机	158
笼型异步电动机	159
绕线型异步电动机	159
防护型式不同的电动机	160
异步电动机的“连续”、“短时”及“断续”工作制	161
电动机的防护等级	161
电动机的绝缘等级	164
温升与电动机的绝缘等级	165
新型的 Y 系列及派生系列三相异步电动机	166
用 Y 系列电动机取代老型号 J2、JO2 系列 电动机时的功率选择	167
用 Y 系列电动机取代老型号 JO2 系列时在 安装上的问题	170
笼型三相异步电动机	170
三相异步电动机接线盒内的接线	174
定子铁芯与转子铁芯之间的空气隙	176
绕组的极距	177
绕组线圈的节距	177
三相异步电动机定子绕组在铁芯中的布置	178
定子绕组	179
单层绕组	180
双层绕组	180
定子旋转磁场的旋转速度（同步速）	181
三相异步电动机的转速	181

异步电动机的转动方向	182
异步电动机的空载电流	184
异步电动机的起动电流	184
电动机的额定转矩	185
电动机的起动转矩	186
电动机的最大转矩	187
电动机的功率因数	187
电动机的输入功率和输出功率	188
电动机的效率	188
三相异步电动机的输入功率计算	189
三相异步电动机铭牌内容含义	189
三相异步电动机起动的要求	191
笼型异步电动机的直接起动	192
直接起动设备	193
开启式负荷开关（闸刀开关）	193
闸刀开关的安装和使用	195
封闭式负荷开关（铁壳开关）	196
铁壳开关的安装和使用	198
组合开关（转换开关）	198
组合开关的使用	201
塑壳式断路器（自动空气开关）	201
断路器（自动开关）的使用	203
基本的控制电器	204
按钮开关	205
交流接触器	206
交流接触器的选用	209
接触器的额定工作制	210

时间继电器	211
电动机的单向点动控制	215
电动机单向直接起动控制	216
电动机的正反转控制	217
行程限位控制	219
自动往复控制	220
电磁起动器（磁力起动器）	221
电磁起动的选用	221
电阻降压起动和电抗降压起动	222
星形-三角形降压起动法	222
星形-三角形起动法专用起动设备	224
用按钮来实现星形-三角形起动	225
用时间继电器实现星形-三角形自动延时 换接起动	228
自耦变压器降压起动法	230
自耦变压器降压起动法起动设备	231
自耦变压器降压起动时用时间继电器来实 现自动控制	234
延边三角形起动法	235
延边三角形起动法起动设备	237
笼型异步电动机的降压起动方法的选择	238
绕线型异步电动机起动方法	241
使用起动变阻器起动绕线型电动机	242
绕线型异步电动机串接起动变阻器起动，用 时间继电器来实现自动控制	244
频敏变阻器	245
频敏变阻器的使用	246

用频敏变阻器的专用起动设备	249
三相异步电动机的制动方法	250
电动机的机械制动控制	252
电动机的能耗制动	253
电动机的反接制动	255
三相异步电动机的调速方法	256
电动机起动前的检查	257
电动机起动时注意事项	259
电动机运行中注意事项	260
用小灯泡和电池判别电动机定子绕组的首末端	261
用万用表和电池判别电动机定子绕组的首末端	263
用转子的剩磁和万用表判别电动机定子绕组的首末端	265
频率 60 赫的电动机能否接在频率 50 赫的电源上使用	266
电源电压过高或过低对电动机的危害	266
三相电压不平衡对电动机的危害	267
电动机长期超载运行的后果	268
电动机长期轻载运行的后果	268
电动机运行中温升变化的滥测	268
电动机轴承运转检查	269
电动机在哪些情况下必须立即切断电源	270
电动机绝缘电阻的测量	271
电动机绝缘电阻提高的方法	271
烘干电动机绕组的方法	272
烘干电动机绕组时应注意的问题	276
电动机的定期维修	276

电动机的拆装	278
电动机起动困难或不能起动	282
电动机转速低	283
电动机温升过高或冒烟	283
电动机轴承过热	285
电动机运行时异常噪声	285
电动机在运行中振动过大	286
电动机运行时，电流表指针来回摆动	287
电动机外壳带电	287
电动机在运行中三相电流不平衡	287
电动机发生断相运行	288
电动机过载运行	288
电动机缺相运行	289
电动机起动后有一种无味的白烟冒出	290
电动机起动时烧熔丝	291
绕线型电动机电刷冒火花	291
电动机故障的检查	292
电动机的保护措施	292
电动机短路保护装置	294
异步电动机短路保护用熔丝（或熔体）和 熔断器的选用	294
电动机的过载保护	295
热继电器的选用	296
两极（两相）型热继电器	298
三极（三相）型热继电器	299
热继电器的安装和使用	299
断相保护	300

利用欠电流继电器作电动机的缺相运行 保护	300
利用断丝电压作电动机的断相保护	304
电动机欠电压（低电压）保护	305

第五章 供电与照明

电力负荷分级	315
一级负荷的供电要求	315
二级和三级负荷的供电要求	316
配电所位置的选择	316
民用建筑变电所的结构形式	317
电力变压器	317
配电装置	320
高压开关	321
高压断路器	321
操作机构	321
隔离开关	322
负荷开关	322
避雷器	323
互感器	324
高压开关柜	324
低压配电柜	325
PGL 型低压配电屏	326
抽屉式开关柜	326
GCK1 电动机控制中心	327
动力配电箱	328

低压电器	328
低压断路器的选用	329
万能式低压断路器	329
熔断器	330
调压器	331
电抗器	333
配电线路用导线	335
架空线路的导线间距	335
同杆架设的架空线，横担间的垂直距离	336
同一电杆上最多允许设几个回路	336
电杆的档距	336
电杆的埋设深度	337
电杆拉线	337
电杆接线截面	338
电杆卡盘和底盘安装	341
接户线与进户线	341
导线截面的选择	347
明敷导线的具体规定	348
用瓷夹板布线	348
用低压绝缘子布线	350
屋外布线	354
导线穿管敷设	355
电线管路与热水管、蒸气管同侧敷设	355
硬塑料管敷设	356
穿管敷设线路较长时的相应措施	356
钢索布线	357
悬挂在钢索上的电缆固定点的间距	357

板孔穿线与半硬塑料管布线	358
直埋电缆与各种设施之间的距离	358
电缆的弯曲半径	359
电缆直埋地下遇到与其它电缆交叉时做法	360
电缆与非热力管道交叉时做法	361
电缆与热力沟交叉时做法	362
直埋电缆进墙的引入做法	362
滑触线的敷设	363
锅炉房配电	364
深井泵的起动方式	365
水泵的电气控制	365
加压泵房的控制	366
取水泵房集中控制室	366
循环水泵的控制	366
大中型冷库供电	367
照度	367
灯具保护角	368
照度均匀值	368
照明方式	368
照明种类	369
常用光源分类	370
白炽灯	370
卤钨灯	370
荧光灯	371
荧光高压汞灯	371
高压钠灯	372
金属卤化物灯	372

霓虹灯	372
照明光源的选用	373
事故照明	374
障碍照明灯设置	374
道路照明	374
选用道路照明灯具	375
公园照明	376
投光灯布置	376
建筑工地照明	377
工厂照明	377
照明器	377
室内照明器布置	378
频闪效应	379
距离比	379
照度补偿系数	379
照明器合理布置	380
照明系统中每一单相回路最多装几盏灯	380
电源插座的用电量计算	380
照明灯具在什么条件下宜采用 36 伏电压	381
照明灯具末端电压损失限制	381
照明负荷的计算	381
灯具所需数量和功率计算	382
选用胶质灯头与瓷质灯头的依据	383
灯头的接线	383
普通吊线灯的灯具重量	383
拉线开关安装	383
灯开关安装	384

插座接线 384

第六章 安全用电

接地保护	385
接零保护	386
重复接地	386
接触电势、接触电压、跨步电势和跨步电压	387
接地、工作接地、保护接地、过电压保护接地	387
人工接地体的埋设	388
室内接地干线的安装	388
施工现场电气设备保护接零	388
电子设备的接地系统	389
直击雷防雷装置	390
引下线的设置	390
一类防雷建筑防雷	391
二类防雷建筑防雷	393
三类防雷建筑防雷	394
一类防火建筑	396
二类防火建筑	396
火灾自动报警系统	396
感烟型探测器	397
感光型探测器	397
红外感光型探测器	398
感温型探测器	398
感烟火灾探测器的安装	399
感温火灾探测器的安装	400

火灾报警装置	400
火灾事故照明	401
火灾疏散事故照明	401
安全用电常识的主要内容	402
触电对人体的伤害	403
接触电压触电	403
单相触电	404
相间触电	404
跨步电压触电	405
高压触电和低压触电	405
摆脱电流	405
感知电流	406
致命电流	406
人体触电时的危险性与相关因素	406
发生触电的原因	407
对于直接接触电的防护措施	408
人体什么部位触及带电体时通过心脏的 电流最大	409
怎样使触电的人迅速脱离电源	409
对触电者的急救	409
呼吸停止时的人工呼吸	410
心脏停止跳动的急救	411
触电急救时的注意事项	412
安全电压	412
无高度触电危险建筑物	413
有高度触电危险建筑物	413
有特别触电危险建筑物	413

电气间距	413
电气设备在安全技术上的基本要求	414
安全距离	414
静电的产生原因及其危害	415
防止静电危害的措施	415
一般人体的电阻	416
低压带电工作注意事项	417
安全色的种类和意义	417
安全用电标志	418
电气安全防护装置	418
正常不带电的金属	419
在电气设备上工作,保证安全的组织措施和 技术措施	419
与人身安全有关的停电操作程序	420
与人身安全有关的送电操作程序	420
电气安全用具	421
辅助安全用具	421
基本的电气安全用具	422
保管安全用具的维护保管	422
电气装置的防火要求	423
适用于扑灭火灾的灭火器	423
带电灭火应注意事项	424
充油设备灭火应注意事项	424
使用安全用具时要注意的问题	425
安全用电措施“十不准”	425
发生哪些电气事故要及时通知供电部门	426
低压触电保安器	427

对低压触电保安器的基本要求	427
低压触电保安器的类型	428
电压型低压触电保安器的起动电流的整定	428
用于触电保护的零序电流互感器的构造及 工作原理	429
电流动作型漏电保护器的基本性能	430
漏电保护器的选用	430
漏电保护器弥补了接地保护装置的不足	431
漏电保护器弥补了接零保护装置的不足	431
哪些场所不适宜安装漏电保护器	432
漏电保护器误动	432
安装漏电保护器应注意事项	433
使用低压触电保安器应注意事项	434

第七章 电工实用技巧

弯曲多的铁管穿电线简法	435
手电钻碳刷的应急代换	435
用交流接触器电磁铁改制小型电源变压器	435
低压试电笔的几种特殊用法	436
根据电表误差级别计算测量误差	437
电动机绕组必绕计算	438
灯泡断丝后切勿再搭接使用	438
焊接铝线的方法	439
利用交流电源和灯泡判别电动机三相绕组头尾	440
用万用表判断电动机三相绕组的头尾	440
用低压小电珠做导线通断检测仪	441

电风扇节电小窍门	441
电冰箱最好使用专用插座	441
怎样检验电度表走字准不准	442
利用电度表测用电器功率简法	442
三相电源相序排列小常识	442
楼梯照明节电小窍门	443
巧修兆欧表	443
电扇电动机引出线的判别	444
给接触器线圈或保险丝加装监视灯	444
巧查电线短路故障	444
拉伸电炉炉丝简法	445
避雷器接地线不可太长	446
洗衣机电容器的应急代换	446
从异常响声判断电动机运行故障	446
快速判别电动机绕组头尾	447

第一章 电工常用工具

验电笔

验电笔电工常叫它试电笔，简称电笔。电笔是用来检查测量低压导体和电气设备的金属外壳是否带电的一种常用工具。它具有体积小、重量轻、携带方便、检验简单等优点，是电工必备的工具之一。

验电笔常做成钢笔式结构，有的也做成小型螺丝刀结构，前端是金属探头，后部塑料外壳内装配有氖泡、电阻和弹簧，上部有金属端盖或钢笔型挂鼻，使用时作为手触及的金属部分。

普通低压验电笔的电压测量范围在 60~500V 之间，低于 60V 时电笔的氖泡可能不会发光显示；高于 500V 的电压则不能用普通验电笔来测量，以免造成人身触电，很不安全。所以必须提醒电工初学者，切勿用普通验电笔测试超过 500V 的电压！

当用验电笔测试带电体时，带电体上的电压经笔尖（金属体），氖泡电阻弹簧，笔尾端的金属体，再经过人体接入大地，形成回路。带电体与大地之间的电压超过 60V 后，氖泡便会发光，指示被测带电体有电。

初学的电工，在使用电笔时要注意以下几个问题：

最新实用电工技术与操作手册

(1) 使用验电笔之前，首先要检查电笔有无安全电阻在里面，再直观检查验电笔是否损坏，有无受潮或进水，检查合格后方可使用。

(2) 在使用验电笔正式测量电气设备是否带电之前，先将验电笔在有电源的部位检查一下氖泡是否能正常发光，如果验电笔氖泡能正常发光，则可开始使用。

(3) 如果验电笔需在明亮的光线下或阳光下测试带电体时，应当避光检测电气设备是否带电，以防光线太强不易观察到氖泡是否发亮，造成误判。

(4) 大多数验电笔前面的金属探头都制成一物两用的小螺丝刀，在使用中特别注意验电笔当做螺丝刀使用时，用力要轻，扭矩不可过大，以防损坏。

(5) 验电笔在使用完毕后要保持清洁，放置干燥处，严防摔碰。

螺丝刀

电工最常用的工具要数螺丝刀了，它又称“起子”、螺钉旋具、旋凿等，其头部形状有一字形和十字形两种，手柄制成为木柄或塑料手柄。

近年来，还生产了多用组合式螺丝刀。螺丝刀的大小尺寸和种类很多，在使用中要注意以下几个问题：

(1) 螺丝刀手柄要保持干燥清洁，以防带电操作中发生漏电。

(2) 在使用小头较尖的螺丝刀紧松螺钉时，要特别注意用力均匀，严防手滑触及其它带电体或者刺伤另一只手。

(3) 切勿将螺丝刀当做镊子使用，以免损坏螺丝刀手柄或

刀剪。

钢丝钳

钢丝钳常称为钳子，也是电工人员必备的工具之一。钢丝钳的用途是夹持或折断金属薄板以及切断金属丝。钢丝钳有两种，电工应选用带绝缘手柄的一种，一般钢丝钳的绝缘护套耐压为 500V，所以只适合在低压带电设备上使用。在使用钢丝钳时也应注意以下几个问题：

(1) 在使用钢丝钳子过程中，切勿将绝缘手柄碰伤、损伤或烧伤，并注意防潮。

(2) 钳轴要经常加油，防止生锈。

(3) 要保持钢丝钳清洁，带电操作时，手与钢丝钳的金属部分保持 2cm 以上的距离。

(4) 根据不同的用途，选择钢丝钳的大小规格，一般钢丝钳有 150mm，175mm，200mm 等数种。

尖嘴钳

尖嘴钳的头部尖细，适用于狭小的工作空间或带电操作低压电气设备，尖嘴钳是制作或维修工具，又可作家庭日常修理的工具，使用灵活方便。电工维修人员在选用尖嘴钳时，也应选用带有绝缘手柄的耐酸塑料套管，耐压应在 500V 以上。在使用尖嘴钳时应注意以下问题：

(1) 使用尖嘴钳时为了安全，手离金属部分的距离应不小于 2cm。

(2) 注意尖嘴钳的防潮，勿磕碰损坏柄套以防触电。

(3) 钳头部分尖细，又经过热处理，钳夹物不可过大，用力时切勿太猛，以防损伤钳头。

(4) 使用尖嘴钳后要擦净，钳轴、肋要经常加油，以防生锈失灵。

电工刀

电工刀适用于电工在装配维修工作中割削电线绝缘外皮，以及割削绳索木桩等。电工刀的结构与普通小刀相似，它可以折叠，尺寸有大小两号，还有一种多用型的，既有刀片，又有锯片和锥针，不但可以削电线还可以锯割电线槽板，锥钻底孔，使用起来非常方便。使用电工刀要注意以下几点：

(1) 使用电工刀时切勿用力过猛，以免不慎划伤手臂。

(2) 一般电工刀的手柄是不绝缘的，因此严禁用电工刀带电操作。

錾子

錾子是电工用来消除金属毛刺，或对已生锈的小螺栓进行錾断消除换新的一种工具。所以初学的电工人员也要掌握一些钳工的基本知识和技能，使用錾子时要掌握以下几点：

(1) 在工作前要检查锤头是否装牢，如若牢固，用右手握紧锤把，錾子尾部要伸出4cm，左手握紧用力敲击。

(2) 錾子应经常刃磨，并把錾子尾部毛刺及时去掉以免伤人。

(3) 錾削脆性材料或毛刺时，人体应靠錾子的后面站，以免碎屑飞进伤人。

拉 具

拉具又称拉马、拉子，是电工拆卸皮带轮、联轴器以及电机轴承、电动机风叶的一种不可缺少的工具。使用拉具时要注意以下几点：

(1) 使用拉具拉电动机皮带轮时要把拉具摆正，丝杆要对准机轴中心，然后用扳手上紧拉具的丝杠，用力要均匀。

(2) 在使用拉具时，如果所拉部件与电机轴间锈死，要在轴的接缝处浸些汽油或螺栓松动剂。然后用铁锤敲击皮带轮外缘或丝杆顶端，再用力向外拉皮带轮。

(3) 必要时可用喷灯将皮带轮的外表加热后，迅速拉下皮带轮。

喷 灯

喷灯是利用喷灯火焰对工件进行加热的一种工具，火焰温度可达 900°C ，电工常用于锡焊、焊接电缆接地线等。使用喷灯应注意：

(1) 在使用前，按喷灯要求加燃料油，加油时最多加到容器的 $3/4$ 处，并拧紧螺塞。

(2) 使用前要检查一下喷灯各个部位是否漏油，喷嘴是否塞死，是否有漏气现象，检查合格后方可使用。

(3) 喷灯在修理或加油放油时，一定要灭火后进行。

(4) 喷灯点火时，喷嘴前切勿站人。

(5) 喷灯在工作时，应保持火焰与带电体有足够的安全距离。喷灯在工作场所不能有易燃易爆等危险品存放。

(6) 喷灯在点燃时，在火碗内注入燃油，用火点燃待喷嘴烧热后，再缓慢打开进油阀；打气时要先关闭进油阀后再行加压。

电烙铁

电烙铁是电工常用的焊接工具，它可用来焊接电线接头、电气元件接点等。电烙铁的工作原理是利用电流通过发热体（电热丝）产生的热量熔化焊锡后进行焊接。电烙铁的形式很多，有外热式电烙铁、内热式电烙铁和有感应式电烙铁等多种。外热式电烙铁是具有耐受震动，机械强度大，适用于较大体积的电线接头焊接，但缺点是预热时间较长，效率较低。而近年来生产的内热式电烙铁优点是体积小，重量轻，发热快，适用于在印刷电路板上接电子元件，缺点是机械强度差，不耐受震动，不适于大面积。电烙铁在使用时要注意以下几点：

(1) 使用之前应检查电源电压与电烙铁上的额定电压是否相符，一般为 220V，检查电源和接地线接头是否接错。

(2) 新烙铁应在使用前先用砂纸把烙铁头打磨干净，然后在焊接时和松香一起在烙铁头上沾上一层锡（称为搪锡）。

(3) 电烙铁不能在易爆场所或腐蚀性气体中使用。

(4) 电烙铁在使用中一般用松香做为焊剂，特别是电线接头、电子元器件的焊接，一定要用松香做焊剂，严禁用盐酸等带有腐蚀性的焊锡膏焊接，以免腐蚀印刷电路板或短路电气线路。

(5) 电烙铁在焊接金属铁锌等物质时，可用焊锡膏焊接。

(6) 如果在焊接中发现紫铜制的烙铁头氧化不易沾锡时，可将铜头用锉刀锉去氧化层，在酒精内浸泡后再用，切勿浸入

电工常用工具

酸内浸泡以免腐蚀烙铁头。

(7) 焊接电子元器件时，最好选用低温焊丝，头部涂上一层薄锡后再焊接。焊接场效应晶体管时，应将电烙铁电源线插头拔下，利用余热去焊接，以免损坏管子。

(8) 使用外热式电烙铁，应经常将铜头取下，清除氧化层，以免日久造成铜头烧死。

(9) 电烙铁通电后不能敲击，以免缩短使用寿命。

(10) 电烙铁使用完毕，应拔下插头，待冷却后放置干燥处，以免受潮漏电。

转速表

转速表可用来测定电动机转轴旋转的速度，也可测定负载端机械轮的转速。根据测定的转速可以判断三相异步电动机的极数：例如在测定某电动机的转速为 2930 转/分时，那么这台电机便为 2 极；在测定电动机转速为 950 转/分时，则为 6 极。另外，它还可在调试整流子式异步电动机时，配合两块钳型电流表测出电动机的同步转速以及直流电动机的转速的稳定性等。

转速表常用的是离心式手持转速表，近几年新型转速表不断涌现，有离心式电子显示板显示转速的转速表、感应式转速表等。

离心式手持转速表在使用中应注意以下事项：

(1) 在测电动机轴的转速之前，要用眼观察电动机转速，大致判断其速度，然后把转速表的调速盘转到所要测的转速范围内。

(2) 在一般没有多大把握判断电机转速时，要将速度盘调

到高位观察，确定转速后，再向低档调，以使测试结果准确。

(3) 换档时要等转速表停转后再换档以免损坏表的机构。

(4) 测量转速时，应将转速表的测试轴与被测轴轻轻接触并逐渐增加接触力。测试时要手持转速表保持平衡，转速表测试轴与电动机轴保持同心，直到测试指针稳定时再记录数据。

(5) 转速表换轴后可测试设备的转速和线速度。

手摇绕线机

手摇绕线机主要用来绕制小型电动机的绕组、低压电器线圈和小型变压器。手摇绕线机体积小、重量轻、操作简便、能记忆绕制的匝数。在使用手摇绕线机时应注意以下几个问题：

(1) 使用时要把绕线机固定在操作台上。

(2) 绕制线圈时注意记下起头指针所指示的匝数，并在绕制后减去。

(3) 绕线时操作者用手把导线拉紧拉直，注意较细的漆包线切勿用力过度，以免将线拉断。

手电钻

手电钻是电工在安装维修中常用工具之一，它不但体积小、重量轻，并且还能随意移动。近年来，手电钻的功能不断扩展，功率也越来越大，不但能对金属钻孔，手电钻带有冲击功能的还能对砖墙进行打眼。目前常用的电钻还能对钢筋水泥打眼等。手电钻目前常用的是手枪式两种，电源一般为220V，也有三相380V的。钻头大致也分两大类，一类为麻花钻头，一般用于金属打孔；另一类为冲击钻头，用于砖和水泥

电工常用工具

柱上打孔。手电钻大多数是单相交直流两种串激电动机，它的工作原理是接入 220V 交流电源后，电流通过整流子将电流导入转子绕组，转子绕组所通过的电流方向和定子激磁电流所产生的磁通方向中同时变化的，从而使用手钻上的电动机按一定方向运转。

使用手电钻注意以下几点：

(1) 使用时首先要检查电线绝缘是否良好，如果电线有破损处，可用胶布包好。最好使用三芯橡皮软线，并让手电钻外壳接地。

(2) 检查手电钻的额定电压与电源电压是否一致，开关是否灵活可靠。

(3) 手电钻接入电源后，要用电笔测试外壳是否带电，如不带电方能使用。操作时需接触手电钻的金属外壳时，应戴绝缘手套、穿电工绝缘鞋并站在绝缘板上。

(4) 拆装钻头时应用专用钥匙，切勿用螺丝刀和手锤敲击电钻夹头。

(5) 装钻头要注意钻头与钻夹保持同一轴线，以防钻头在转动时来回摆动。

(6) 在使用手电钻过程中，钻头应垂直于被钻物体，用力要均匀，当钻头被被钻物体卡住时，应停止钻孔，检查钻头是否卡得过松，重新紧固钻头后再使用。

(7) 钻头在钻金属孔过程中，若温度过高，很可能引起钻头退火，为此，钻孔时要适量加些润滑油。

(8) 钻孔完毕，应将电线绕在手电钻上，放置干燥处以备下次使用。

万用表

最新实用电工技术与操作手册

万用表又叫繁用表，是一种多用途的便携式测量仪表，它具有测量范围广、使用方便、体积小、易携带等优点，是电工必备的测量工具。

万用表可用来测量电阻、直流电流、交流电流、直流电压、交流电压等。功能较多的万用表，还能测电感、电容、声频电压、三级管放大倍数 β 等，故称为万用表。

万用表是利用磁电式测量机构（表头）和测量线路通过转换开关来实现各种测量的，万用表的表头是万用表的核心，它是一块高灵敏变磁电式电流表，一般只能通过几微安到几百微安的电流，达到满刻度偏转。满度电流越小，表头灵敏度越高。万用表都有一个或两个转换开关以实现多种测量功能，通过开关换接万用表内部线路，来达到降压、分流、整流等目的，以测量不同的电学物理量。

电工人员在使用万用表时应注意以下使用方法：

(1) 使用前，首先要检查转换开关挡位，是否与所要测量物理量一致，切不能把档位拨错。例如，在测量较高的电压时，误将转换开关置于电流或电阻挡上，则很可能烧坏仪表。

(2) 在测量电阻时，首先选好所需要的挡位，然后，将两表笔直接连接在一起短路一下，此时，万用表的指针应指向零值，若未指零，应旋动“ Ω ”旋钮，使指针指零，然后，再去测电路，每换一次电阻挡量程，均应先调零位。

(3) 在线路中测电阻时，应断电测量。测试电路中的电容器要短路放电后再测。电阻的量限，应选择适当，一般选择在测电阻阻值时，表针能停留在表头刻度的中心位置最易读数。在测量较高阻值的电阻时，不应将手触及电阻两端，这样会形成被测电阻与人体电阻并联，引起测量不准。

(4) 在测量电压或电流时，若被测线路上电压或电流的大

电工常用工具

小难于估计出来，应先把万用表的量程拨到最大时测量，然后逐渐换小挡位。换挡时，要使两表笔离开测量体，不可带电换量程。

(5) 在测量直流电压或直流电流时，还需注意，应使被测量的极性与仪表的正负极性一致。测量电流时，应将万用表串取在电路中；测量电压须将万用表并联在电路上。

(6) 测量交流电压时，须考虑被测电压的波形，万用表只适用于测量正弦波电压的有效值，而不能测量非正弦量。

(7) 用万用表在测量 2500V 交流或直流高压时，应先将万用表架在绝缘支架上，将被测部件断电。电路中若有固定大电容时应先将电容放电短路，并拆除短路线，然后，再接通电源。测试棒应分别置于“2500V”及“-”插孔内，应将测试棒“-”端固定在电路“地”点上，将测试棒的另一端去接触被测高压电源。测试过程中应严格执行高压操作规程，双手必须带高压绝缘手套，地板上应铺高压绝缘胶板，测试人员要谨慎从事。

(8) 万用表在每次测量完毕后，应将转换开关拨到交流电压最高挡位置，以防他人粗心从事，损坏万用表，另外也可避免放在量程电阻挡上时，表笔不慎接触，造成电池消耗。

(9) 万用表在检修表头时，应先用软铁将磁铁短路，以防灵敏度下降。

(10) 万用表应经常保持清洁和干燥，防止震动，防止较大的冲击，以免影响准确度或损坏仪表。

近年来万用表的功能在不断地增加，它的特点是体积小、功能多、线路简单，但在使用中还需掌握以下几条使用方法：

(1) 用直流电阻挡时，首先要调整“ Ω ”旋钮，使两表笔在短接时，指针指向零位，然后将测试棒分开去测被测电阻的两端，即可测出被测的电阻阻值，电阻的读数在第一条刻度线上。

读出，并须乘上该档的倍率。

(2) 万用表在测试晶体管 h_{FE} 时，把开关转到 $R \times 1k$ 挡上，将测试棒短路，调好欧姆零位，再把开关转到 h_{FE} 挡上，将晶体管 e、b、c 三极插入万用表相应的 e、b、c 插座内，在 h_{FE} 刻度线上即可读出 h_{FE} 的大小，PNP 管看第三条刻度线，NPN 管看第四条刻度线 (h_{FE} 仅供小功率管测定)。

(3) 用 MF52 型万用表测量电阻方法可以估计 PN 结的反向漏电流，使用方法如下：首先将开关转到欧姆量程上，调整“ Ω ”旋钮，使指针在表笔短接时指零，然后将黑表笔接触 N 区，红表笔接触 P 区，在电流刻度线上按以下范围估计漏电流， $R \times 1k$ 挡，满刻度约为 $200 \mu A$ ， $R \times 100$ 挡，满刻度为 $2mA$ ， $R \times 10$ 挡，满刻度约 $20mA$ 。

(4) 用万用表估测扩音机扬声器上的音频功率时，首先把转换开关扳到 $10V$ 挡上，在收音机工作时，用测试棒接触扬声器两端 (8Ω 阻抗)，在功率“第五条”刻度线上就会指示出该扬声器在此时刻所获得的功率。如果扬声器阻抗为 4Ω ，应将读数乘以 2，如果阻抗是 16Ω ，应将读数除以 2。

钳形电流表

用万用表测量线路中的电流，需断开电路将万用表串联在线路中，一般只能测量较小的电流。钳形电流表则可在不断开电源的情况下，直接测量线路中的大电流。它的主要部件是一个穿心式电流互感器，在测量时将钳形电流表的磁铁套在被测导线上，形成 1 匝的初级线圈，利用电磁感应原理，次级线圈中便会产生感应电流，与次级线圈相加的电流表指针便会发生偏转，指示出线路中电流的数值。

电工常用工具

使用钳形电流表时应了解下列使用方法与技巧:

(1) 在使用钳形电流表时, 要正确选择钳形电流表的挡位位置, 测量前, 根据负载的大小粗估一下电流数值, 然后从大挡往小挡切换, 换挡时要被测导线置于钳形电流表卡口之外。

(2) 检查表针在不测量电流时是否指向零位, 若未指零, 应用小螺丝刀调整表头上的调零螺栓使表针指向零位, 以提高读数准确度。

(3) 测量电动机电流时, 搬开钳口活动磁铁, 将电动机的一根电源线放在钳口中央位置, 然后松手使钳口密合好, 如果钳口接触不好, 应检查是否弹簧损坏或脏污, 如有污垢, 用干布清除后再测量。

(4) 在使用钳形电表时, 要尽量远离强磁场(如通电的自耦调压器、磁铁等), 以减少磁场对钳形电流表的影响。

(5) 测量较小的电流时, 如果钳形电流表量程较大, 可将被测导线在钳形电流表口内绕几圈, 然后去读数。线路中实际的电流值应为仪表读数除以导线在钳形电流表上绕的匝数。

兆欧表

兆欧表俗称摇表, 绝缘摇表或麦格表。兆欧表主要用来测量电气设备的绝缘电阻, 如电动机、电器线路的绝缘电阻, 判断设备或线路有无漏电现象、绝缘损坏或短路。

兆欧表的主要组成部分是一个磁电式流比计和一只作为测量电源的手摇高压直流发电机。与兆欧表表针相连的有两个线圈, 一个同表内的附加电阻 R_f 串联, 另一个和被测的电阻 R 串联, 然后一起接到手摇发电机上。当手摇动发电机时, 两个线圈中同时有电流通过, 在两个线圈上产生方向相反的转矩,

表针就随着两个转矩的合成转矩的大小而偏转某一角度，这个偏转角度决定于两个电流的比值，附加电阻是不变的，所以电流值仅取决于待测电阻的大小。

值得一提的是兆欧表测得的是在额定电压作用下的绝缘电阻阻值。万用表虽然也能测得数千欧的绝缘阻值，但它所测得的绝缘阻值，只能做为参考，因为万用表所使用的电池电压较低，绝缘物质在电压较低时不易击穿，而一般被测量的电气设备，均要接在较高的工作电压上，为此，只能采用兆欧表来测量。一般还规定在测量额定电压在 500V 以上的电气设备的绝缘电阻时，必须选用 1000V~2500V 兆欧表。测量 500V 以下电压的电气设备，则以选用 500V 摇表为宜。

兆欧表使用中须注意以下几点：

(1) 正确选择其电压和测量范围。选用兆欧表的电压等级应根据被测电气设备的额定电压而定：一般测量 50V 以下的用电器绝缘，可选用 250V 兆欧表；50~380 伏的用电设备检查绝缘情况，可选用 500V 兆欧表；500V 以下的电气设备，兆欧表应选用读数从零开始的，否则不易测量。因为在一般情况下，电气设备无故障时，由于绝缘受潮，其绝缘电阻在 $0.5M\Omega$ 以上时，就能给电气设备通电试用，若选用读数从 $1M\Omega$ 开始的兆欧表，对小于 $1M\Omega$ 的绝缘电阻无法读数。

(2) 选用兆欧表外接导线时，应选用单根的多股铜导线，不能用双股绝缘线，绝缘强度要在 500V 以上，否则会影响测量的精确度。

(3) 测量电气设备绝缘电阻时，测量前必须先断开设备的电源，并验明无电。如果是电容器或较长的电缆线路应须进行放电后再测量。

(4) 兆欧表在使用时必须远离强磁场，并且平放。摇动摇

电工常用工具

表时，切勿使表受震动。

(5) 在测量前，兆欧表应先作一次开路试验，然后再做一次短路实验，表针在前次实验中应指到“∞”（无穷大）处；而后次表针能摆到“0”处，表明兆欧表工作状态正常，可测电气设备。

(6) 测量时，应清洁被测电气设备各表面，以免引起接触电阻大，测量结果不准。

(7) 在测电容器的绝缘电阻时须注意，电容器的耐压必须大于兆欧表发出的电压值。测完电容后，应先取下摇表线再停止摇动摇把，以防已充电的电容向摇表放电损坏仪表。测完的电容要用电阻进行放电。

(8) 兆欧表在测量时，还需注意摇表上“L”端子通入电气设备的带电体一端，而标有“E”接地的端子应接配电设备的外壳或接电动机外壳或地线。如果测量电缆的绝缘电阻时，除把兆欧表“接地”端接入电气设备接地外，另一端接线路后，还需再将电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读数误差。

(9) 若遇天气潮湿或降雨后空气湿度较大时，应使用“保护环”以消除绝缘物表面泄流，使被测物绝缘电阻比实际值偏低。

(10) 使用兆欧有测试完毕后也就对电气设备进行一次放电。

(11) 使用兆欧表时，要保持一定的转速，按兆欧表的规定一般为 120 转 / 分，容许变动 $\pm 20\%$ ，在一分钟后取一稳定读数。测量时不要用手触摸被测物及兆欧表接线柱，以防触电。

(12) 摇动兆欧表手柄，应先慢再逐渐加快，待调速器发

最新实用电工技术与操作手册

生滑动后，应保持转速稳定不变。如果被测电气设备短路，表针摆动“0”时，应停止摇动手柄，以免兆欧表过流发热烧坏。

(13) 兆欧表在不使用时应放于固定柜橱内，周围温度不宜太冷或太热，切忌放于污秽、潮湿的地面上，并避免置于含侵蚀作用的气体附近，以免兆欧表内部线圈、导流片等零件发生受潮、生锈、腐蚀等现象。

(14) 应避免剧烈的长期的震动，造成表头轴尖变秃或破裂宝石，影响指示。

(15) 禁止在雷电时或在邻近有带高压导体的设备时用兆欧表进行测量，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。

第二章 电工基本知识

表1 电工常用计算表 (1)

名 称	公 式	说 明
电流强度	$I = \frac{Q}{t}$	Q—电量 (库) t—时间 (秒)
电 阻	$R = \rho \frac{l}{S}$	ρ 电阻率 ($\frac{\text{欧} \cdot \text{毫米}^2}{\text{米}}$) l 长度 (米) S 面积 (毫米 ²)
电 导 (又称西门子)	$G = \frac{1}{R}$	G 电导 ($\frac{1}{\text{欧}}$)
温度为 t_1 (°C) 时的电阻	$R_1 = R_0 [1 + \alpha (t_1 - t_0)]$	R_0 温度 t_0 时的电阻值 α 材料的电阻温度系数 例如 铜线 $\alpha = \frac{1}{255}$ 铝线 $\alpha = \frac{1}{248}$ t_0 般指 20°C
欧姆定律	$I = \frac{U}{R}$	U 电阻两端的电压 (伏) I 流过电阻中的电流 (安)
全电路欧姆定律	$I = \frac{E}{r + R}$	E 电源电动势 (伏) r 电源内阻 (欧) R 负载电阻 (欧)
电 功	$A = UI t$	U 电压 (伏) I 电流 (安) t 时间 (秒)
电功率	$P = \frac{UI t}{t} = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$	U 电压 (伏) I 电流 (安) P 电功率 (瓦)
度	$A = Pt$	P 电功率 (千瓦) t 时间 (时)

电工常用计算表 (2)

名 称	公 式	说 明
电阻串联的总阻值	$R = R_1 + R_2 + R_3$	R_1, R_2, R_3 —电阻值 (欧)
电阻并联的总阻值	$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$	R_1, R_2, R_3 —电阻值 (欧)
电流热效应 (焦耳楞次定律)	$Q = 0.24 I^2 R t$	I —电流 (安) R —电阻 (欧) t —时间 (秒) Q —热量 (卡)
频 率	$f = \frac{1}{T}$	T —周期 (秒) f —频率 (赫)
角频率	$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$	
有效值	$E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}$ $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$ $U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$	E —电动势有效值 (伏) E_m —电动势最大值 (伏) U_m —电压最大值 (伏) I_m —电流最大值 (安) I —电流有效值 (安) U —电压有效值 (伏)
电 容	$C = \frac{Q}{U}$	Q —电荷量 (库) U —电容器两端的电压 (伏)

电工基本知识

电工常用计算表 (3)

名 称	公 式	说 明
电容器串联的 总值	$C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}}$	C 电容 (法) C ₁ , C ₂ , C ₃ 电容 (法)
电容器并联的 总值	$C = C_1 + C_2 + C_3$	C ₁ , C ₂ , C ₃ 电容 (法)
感 抗	$X_L = \omega L$ $= 2\pi fL$	X _L 感抗 (欧) L 电感 (亨) f 频率 (赫)
容 抗	$X_C = \frac{1}{\omega C}$ $= \frac{1}{2\pi fC}$	ω 角频率 (弧度/秒) C 电容 (法) X _C 容抗 (欧)
电阻、电感串联 的总阻抗	$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$	R 电阻 (欧) X _L 感抗 (欧) Z 阻抗 (欧姆)
电阻、电感、电 容串联的总阻 抗	$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$	U 电压有效值 (伏) I 电流有效值 (安) cosφ 功率因数
交流电的有功 功率	$P = UI \cos\varphi$	φ 相位差
交流电的无功 功率	$Q_L = U_L I$ $Q_C = U_C I$	U _L 电感压降 (伏) U _C 电容压降 (伏) I 电流 (安)

最新实用电工技术与操作手册

表2 公英制线规对照表

SWG 规号	毫米	BWG 规号	毫米	SWG 规号	毫米
1	7.620	18	1.219	35	0.213
2	7.010	19	1.016	36	0.193
3	6.401	20	0.914	37	0.173
4	5.893	21	0.813	38	0.152
5	5.385	22	0.711	39	0.132
6	4.877	23	0.610	40	0.122
7	4.470	24	0.559	41	0.112
8	4.064	25	0.508	42	0.102
9	3.658	26	0.457	43	0.091
10	3.251	27	0.417	44	0.081
11	2.946	28	0.376	45	0.071
12	2.642	29	0.345	46	0.061
13	2.337	30	0.315	47	0.051
14	2.032	31	0.295	48	0.041
15	1.829	32	0.274	49	0.031
16	1.626	33	0.254	50	0.025
17	1.422	34	0.234		

电工基本知识

表3 电工常用文字符号表 (1)

符 号		名 称	符 号		名 称	符 号	名 称
单独 时用	组合时 使用		单独 时用	组合时 使用			
R	R	电阻(器)	Q	Q	接触器	A	安培表
L	L	电感(器)	Q	Q	起动机	mA	毫安表
C	C	电容(器)	KZ	K	控制器	μA	微安表
DX	K	电抗(器)	T	T	调速器	kA	千安表
W	W	电位(器)	BG	BG	晶体管	V	伏特表
F	F	发电机	G	G	电子管	mV	毫伏表
D	D	电动机	ZL	Z	整流器	kV	千伏表
L	L	励磁机	S	S	扬声器	W	瓦特表
FD	F	放大器(机)	Y	Y	扬声器	kW	千瓦表
Q	Q	绕组或线圈	Z	Z	滤波器	Var	乏表
B	B	变压器	XZ	X	滤波器	Wh	瓦时表
H	H	互感器	YX	Y	预选器	Ah	安时表
OB	OB	测量仪表	ZJ	J	中继器	Varh	乏时表
FL	FL	分流器	ZO	Z	终端器	Hz	频率表
FY	FY	分压器	LB	L	滤波器	cosφ	功率因数表
DQ	DQ	电桥	DB	B	电报机	Ω	欧姆表
K	K	开关	DH	H	电话机	MG	兆欧表
DJ	J	电铃	D	D	灯	φ	相位表
AN	A	按钮	DC	DC	电池	n	转速表
DL	D	断路器	BL	BL	避雷器	T	温度表
RD	RD	熔断器	M	M	母线		
J	J	继电器					

最新实用电工技术与操作手册

电工常用文字符号表 (2)

辅 助 符 号			名 称	控 制 符 号			名 称
并 列		角 注		并 列		角 注	
单组合	多组合			单组合	多组合		
G	G	g	高	Y	Y	y	电 止
D	D	d	低	L	L	l	电 量
S	S	s	升	S	S	s	时 间
J	J	j	降	BH	B	bh	闭 合
Z	Z	z	主	DK	D	dk	断 开
F	F	f	副	BY	B	by	备 用
Z	Z	z	中	F	F	f	附 加
Z	Z	z	正	Y	Y	y	异 步
F	F	f	反	T	T	t	同 步
ZO	Z	zo	终	FD	F	fd	放 电
H	H	h	红	LS	L	ls	联 锁
L	L	l	绿	Z	Z	z	自 动
U	U	u	黄	S	S	s	手 动
B	B	b	白	Q	Q	q	起 动
A	A	a	蓝	T	T	t	停 止
M	M	m	透 明	G	G	g	工 作
ZL	Z	zl	直 流	K	K	k	控 制
JL	J	jl	交 流	X	X	x	信 号

电工基本知识

电工常用文字符号表 (3)

文字符号	名称	文字符号	名称	文字符号	名称
R_b	变阻器	ZLD	直流电动机	KR	控制变压器
R_q	启动电阻	JLD	交流电动机	LB	电力变压器
R_{rd}	制动电阻	TD	同步电动机	SVB	升压变压器
R_{ts}	调速电阻	YD	异步电动机	LYB	降压变压器
R_c	励磁电阻	FD	感应电动机	GLB	隔离变压器
R_{fd}	放电电阻	ZD	鼠笼电动机	RHB	饱和变压器
R_f	附加电阻	HD	滑环电动机	ZB	照明变压器
R_{gm}	光敏电阻	HXD	换向器电动机	ZLB	整流变压器
R_{tm}	热敏电阻	MSD	多速电动机	TV	调压器
C_{at}	电力电容	TSB	调速电动机	TX	调相器(移相器)
C_{fd}	放电电容	TQ	励磁绕组	LI	电流互感器
QR	启动电抗器	BLQ	并联绕组	YH	电压互感器
XLR	限流电抗器	GLQ	串联绕组	DK	刀开关
HHR	饱和电抗器	QQ	启动绕组	GLK	隔离开关
GSF	调速发电机	SQ	电枢绕组	ZK	自动开关 (自动电气开关)
SFD	伺服电动机	DQ	定子绕组	FK	负荷开关
BP	变频器	ZQ	转子绕组	HK	转换开关 (组合开关)
ZD	整流子电动机	HXQ	换向绕组	WK	万能转换开关
ZTF	自同步发送机	BQ	补偿绕组	KK	控制开关
ZTS	自同步接收机	KQ	控制绕组	JTK	脚踏开关
BL	变流机	GLQ	给定绕组	SK	水银开关
JF	电机放大器	FRQ	反馈绕组	XWK	限位开关
ZLF	直流发电机	GDQ	差动绕组	DR-RD	刀开关, 熔断器
JLF	交流发电机	WDQ	稳定绕组	GR-RD	隔离开关, 熔断器
TF	同步发电机	QB	启动变压器	LI	换接器(连接器)
YF	感应发电机	WDB	稳定变压器	GFD	高压断路器
QLF	汽轮发电机	ZGB	自耦变压器	BJ	控制继电器
SLF	水轮发电机	XGB	旋转变压器		

最新实用电工技术与操作手册

电工常用文字符号表 (4)

文字符号	名 称	文字符号	名 称	文字符号	名 称
ZJ	中间继电器	YQ	感应线圈	SO	衰耗器(衰减器)
LJ	电流继电器	EQ	扼流线圈	PP	匹配器
KJ	热继电器	GQ	电感器	JB	检波器
YJ	电压继电器	GK	鼓形控制器	XDC	蓄電池
SJ	时间继电器	LK	主令控制器	DL	电 炉
WDJ	温度继电器	PK	屏形控制器	DCT	电 磁 铁
JSJ	加速继电器	TK	凸轮控制器	DH	电 焊 机
GDJ	差动继电器	XK	程序控制器	BL	避雷器
XHJ	信号继电器	CF	磁 放 大 器	WL	稳 流 器
PJ	频率继电器	JF	电机放大器	WY	稳 压 器
JHJ	极化继电器	ZF	电子放大器	DE	电 热 器
YLJ	压力继电器	BF	半导体放大器	HFD	火花放电器
SDJ	速度继电器	GLF	功率放大器(机)	ZCT	直流电磁铁
WSJ	瓦斯继电器	MP	脉冲放大器	JCT	交流电磁铁
XLC	线路接触器	DL	电 铃	SCT	三相交流电磁铁
ZO	正转接触器	DD	电 笛	GLH	电磁离合器
NC	逆转接触器	FM	蜂 鸣 器	DM	动力母线
QC	起动接触器	ZS	指 示 器	ZM	照明母线
ZDC	制动接触器	XD	信 号 灯	KM	控制母线
QLC	强迫接触器	BDH	热 电 变 换 器	ZDM	制动母线
JSC	加速接触器	SB	示 波 器	KZ	控 制 站
LSC	联锁接触器	YS	扬 声 器	KB	控 制 板
JYQ	减速起动器	J	电 键(按键)	KP	控 制 屏
ZQ	综合起动器	DH	电 话 机	KT	控 制 台
CQ	磁力起动器	YB	滤 波 器	KX	控 制 箱
XJQ	星三角起动器	ZF	增 幅 器	ZX	电 阻 箱
ZBQ	自耦变压起动器	OJ	中 继 器		

电工基本知识

表4 电工常用图形符号表 (1)

图形符号	名称	图形符号	名称
—	直流		导线(电缆)接地
~	交流		母线接地
— —	交直流		机壳接地
+	正极		屏蔽接地
-	负极		接机壳
	星形连接三相绕组		二根线组成的电路
	有中性点引线的星形连接三相绕组		三根线组成的电路
	三角形连接三相绕组		n根线组成的电路
	双星形连接三相绕组		三相四线制电路的导线(电缆或母线)
	星形连接六相绕组		不连接的跨越线
	有中性点引线的星形连接六相绕组		互相连接的交叉线
	两个反星形连接六相绕组		导线或电缆的合并和分支
	有单独中性点引线的两个反星形连接的六相绕组		绝缘击穿一般符号
—	导线或电缆		线间绝缘击穿
—	母线		
	软电缆, 软导线		
	一般接地符号		

最新实用电工技术与操作手册

电工常用图形符号表 (2)

图 形 符 号	名 称	图 形 符 号	名 称
	导线对机壳绝缘击穿		有铁氧体芯电感线圈
	导线对地绝缘击穿		有铁氧体芯的可调电感线圈
	双绕组变压器		固体耦合无铁芯变压器
	三绕组变压器		可变耦合无铁芯变压器
	自耦变压器		有铁芯单相双绕组变压器
	电感线圈		有屏蔽有铁芯的单相双绕组变压器
	带抽点电感线圈		有中心抽头有铁芯的单相双绕组变压器 (差动变压器)
	有铁芯电感线圈		有抽头有铁芯的单相双绕组变压器
	电抗器		有铁芯的单相三绕组变压器
	分接电抗器		
	接地消弧线圈		
	有滑动触点电感线圈		

电工基本知识

电工常用图形符号表 (3)

图形符号	名称	图形符号	名称
	有铁芯三相变压器 绕组连接: Y-Y		有铁芯的三相自耦变压器
	有铁芯三相变压器 绕组连接: Y-Δ		有铁芯有引线的三相自耦变压器
	有铁芯三相变压器 绕组连接: Y-Δ		单相感应调压器
	有铁芯三相变压器 绕组连接: Y-Δ		三相感应调压器
	可带负荷调整的有铁芯的三相双绕组变压器		三相电抗器
	有铁芯单相自耦变压器		单二次侧绕组电流互感器
	连续调压有铁芯的自耦变压器		双二次侧绕组电流互感器 (有共同铁芯)
			双二次侧绕组电流互感器 (有分开铁芯)

电工常用图形符号表 (4)

图 形 符 号	名 称	图 形 符 号	名 称
	串级电流互感器	(a)	无滑环转子: (a) 鼠笼转子
(1)	旋转电机绕组: (1) 换向绕组	(b)	(b) 铁磁空心转子
(2)	(2) 补偿绕组	(c)	(c) 非磁性空心转 子
(3)	(3) 直流电机串 励绕组或交流 电机定子绕组	(d)	(d) 凸极转子
(4)	(4) 直流电机并 励绕组	(e)	(e) 永磁转子
	电刷在换向器上	(a)	有滑环(绕线)转子: (a) 三相星形接线 的隐极转子
	直流发电机	(b)	(b) 三相三角形接 线的隐极转子
	三相交流电动机	(c)	(c) 单相交流或直 流励磁的隐极转 子
	定子绕组星形连 接	(d)	(d) 单相交流或直 流励磁的凸极转 子
	定子绕组三角形 连接		有换向器和电刷的 转子
	三相鼠笼异步电动 机		三相绕线(滑环)异 步电动机
	定子绕组有六个出 线端的三相鼠笼 异步电动机		

电工基本知识

电工常用图形符号表 (5)

图形符号	名称	图形符号	名称
(1)	定子绕组能换成两种极数的双速电动机 (1) 从星形换成双星形		串励式直流电机
(2)	(2) 从三角形换成双星形		并励式直流电机
	单相电容异步鼠笼电动机		复励式直流电机
	两相异步电动机 (转子为鼠笼形)		永磁直流电机
	定子绕组三角形连接, 转子绕组星形连接的三相异步电动机		可逆式直流电动机, 有两个串励绕组
	定子绕组星形连接并有中性点引出线, 转子绕组星形连接的三相异步电动机		交磁电机放大机, 有一个控制绕组
	定子绕组星形连接并有中性点引出线, 转子绕组星形连接的三相异步电动机		直接连接机组的一般符号
	他励式直流电机		三相鼠笼异步电动机和变频器组成的变频机组

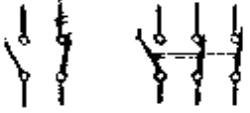
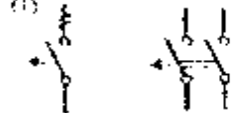

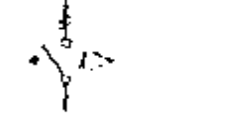
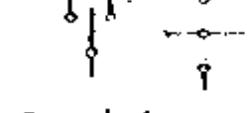
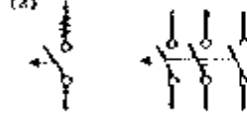
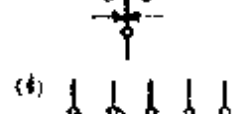

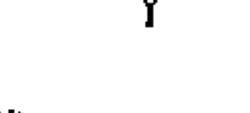
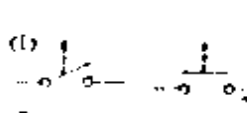
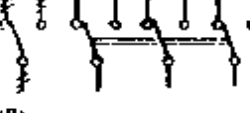
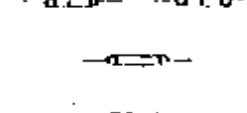
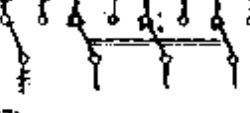
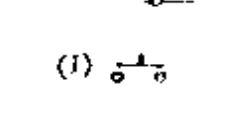
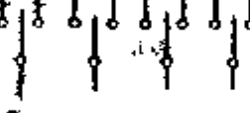
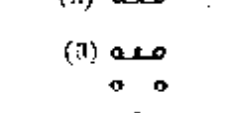

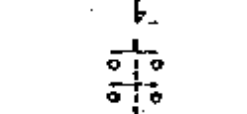
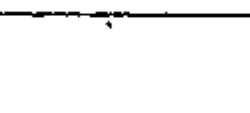
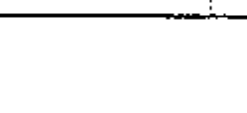




最新实用电工技术与操作手册

电工常用图形符号表 (6)

图 形 符 号	名 称	图 形 符 号	名 称
	三相鼠笼异步电动机和直流并励发电机连接的变流机组		继电器 接触器
	开关和转换开关触点: (1) 常开触点 (2) 常闭触点 (3) 切换触点 (4) 常开触点 (5) 常闭触点 图(4)、(5)用于复杂系统应配合触点工作图表使用		带时限的继电器和接触器的触点: 延时闭合常开触点 延时开启常开触点 延时闭合与开启的常开触点 延时闭合常闭触点 延时开启常闭触点 延时闭合与开启的常闭触点
	不切断转换开关的触点		带灭弧装置的触点: (1) 常开触点 (2) 常闭触点
	自动开关的常开触点		保持触点: 常开触点 常闭触点
	继电器触点: (1) 常开触点 (2) 常闭触点 (3) 切换触点 (4) 继续常开触点 (5) 继续先合后断触点 (6) 双向继续先断后合触点		短时闭合触点 (滑动的): 常开触点 (双方向滑动) 常开触点 (按箭头方向滑动)
	接触器、起动机、动力控制器的触点: (1) 常开触点 (2) 常闭触点		单极开关 多极开关 (如: 三极)

电工基本知识

电工常用图形符号表 (7)

图 形 符 号	名 称	图 形 符 号	名 称
	有一个常开极和两个常闭极的开关 单极转换开关 (1) 两个位置		(1) 二极自动开关 (二极自动空气断路器) 注: 允许加注下列记号: ① 过电流 $I > I_n$ ② 低电流 $I < I_n$ ③ 低电压 $U < U_n$ ④ 过电压 $U > U_n$ ⑤ 逆电流 $I \rightarrow$ 如: 过电流自动开关
	(1) 两个位置		(2) 三极自动开关 (三极自动空气断路器)
	(2) 三个位置		(2) 三极自动开关 (三极自动空气断路器)
	(3) 三个位置, 在中间位置有固定机构		带灭弧罩的三极开关
	(4) 多个位置		与工作机械联动的开关
	选择转换开关 (如: 三相)		(1) 常开触点
	(1) 两个位置		(2) 常闭触点
	(2) 两个位置转换时电路不切断		连动片
	(3) 三个位置		换接片
	能自动返回按钮		(1) 带常开触点
	能自动返回的两个常开和一个常闭触点的按钮		(2) 带常闭触点
	带闭锁装置按钮		(3) 带常开和常闭触点

电工常用图形符号表 (8)

图 形 符 号	名 称	图 形 符 号	名 称
	继电器、接触器和磁力起动器线圈		
(1)	(1) 线圈符号		电动式继电器线圈
(2)	(2) 当需指出单线圈时		差动继电器线圈
(3)	(3) 继电器线圈的电阻值允许填于矩形中		极化继电器线圈
(4)	(4) 在矩形左边注电流种类符号	(1)	继电器的一般符号
(5)	(5) 需指出线圈作用时	(2)	有一个常开触点的继电器
(a)	(a) 电流线圈		信号继电器
(b)	(b) 电压线圈		中间继电器
(c)	(c) 过电流继电器线圈		气体继电器
(d)	(d) 低电压继电器线圈		差动继电器
	双线圈继电器和接触器的线圈		仪表电压线圈符号
(1)	(1) 双线圈		仪表电流线圈符号
(2)	(2) 在双线圈时		交流电压相乘线圈
	带时限继电器线圈		赫兹计
(1)	(1) 瞬吸线圈		异步表
(2)	(2) 缓放线圈		
	对交流不灵敏的继电器线圈		

电工基本知识

电工常用图形符号表 (9)

图形符号	名称	图形符号	名称
	示波器		1/4 瓦电阻
	可调器符号		1/8 瓦电阻
	熔断器		1 瓦电阻
	信号灯符号		2 瓦电阻
	照明灯符号		5 瓦电阻
	电喇叭		10 瓦电阻
	电铃符号		20 瓦电阻
	电动机符号		电磁铁符号
	变压器 (可调电阻)		三相电磁铁
(1)	(1) 一般符号		星形接线三相电磁铁展开图
(2)	(2) 可断开电路的		热元件 (热继电器 的发热元件)
(3)	(3) 不断开电路的		电容器符号
	均匀调节变阻器		电解电容器符号
	步进调节变阻器		原电池或蓄电池符号
	可调变阻器符号		原电池组或蓄电池组符号
	电位器符号		

电工常用图形符号表 (10)

图 形 符 号	名 称	图 形 符 号	名 称
	带抽头电池组		单结晶体管
	温差电偶(热电偶) 注: 细线为正极		n 沟道结型场效应管
	二极管		p 沟道结型场效应管
	稳压管		n 沟道增强型 MOS 场效应管
	双向可控硅		n 沟道耗尽型 MOS 场效应管
	npn 型晶体三极管		p 沟道耗尽型 MOS 场效应管
	pnp 型晶体三极管		p 沟道增强型 MOS 场效应管

导体、绝缘体和半导体

凡是原子核对电子的吸引力小、电子容易移动的物体称为导体。例如铜、银、铝、铁等金属。另一些物体，如橡皮、玻璃、云母、陶瓷、油及塑料等物质的原子核对电子吸引力很大，电子不容易移动，称为绝缘体。此外，导电性能介于导体和绝缘之间的物体，如硅、锗、氧化亚铜等，称为半导体。导体的电阻率约在 $10^{-2} \sim 1$ 欧·毫米²/米之间，绝缘体的电阻率很大，约在 $10^{12} \sim 10^{20}$ 欧·毫米²/米之间，而半导体的电阻率则在 $10 \sim 10^{12}$ 欧·毫米²/米之间。

绝缘击穿

我们所说的绝缘体，只是指其导电能力比导体相对弱些的物体。例如常用的电线用塑料皮做绝缘，它的耐电压能力是 500 伏，通常在 200 伏电压情况下使用，有安全保护作用，但如果电压超过 500 伏，绝缘性能变差，甚至失去绝缘能力而导电，这就是日常提到的绝缘击穿。有些绝缘体遇到高温或受潮湿，或者长久使用呈老化，都有可能使绝缘能力下降，如常见的漏电现象，称之为绝缘损坏。所以要防止电气设备受潮，要监视电气设备的温度不能过高，电压不要超过设备的额定值。

超导体

导体在导电过程中，由于自身电阻存在，会在导体内引起发热产生损耗，从而限制导电能力。有些导体在低于某一低温

下，自身电阻会完全消失，我们将这类金属称为超导体。因此，如果采用超导体来制作电机时，由于通电后不会产生任何损耗，势必使电机的效率大提高。

静电感应、静电屏蔽

将一个不带电物体靠近带电物体时，会使不带电物体出现带电现象。如果带电物体所带的是正电荷，则靠近带电物体的一面带负电，另一面带正电。一旦移走带电物体后，带电物体仍恢复不带电，这种现象称为静电感应。

为防止静电感应，往往用金属罩将导体罩起来，隔开静电感应的作用，叫做静电屏蔽。通常，为避免电子仪器受到外电场的干扰，均设法进行静电屏蔽。

直流电、交流电

直流电指电流方向一定，且大小不变的电流。如干电池、蓄电池，直流发电机供的电都是直流电。交流电是指方向和大小随时间变化的电流。工农业生产所用的动力电和照明电，大多数是交流电，实用中，直流电用符号“—”表示，交流电用符号“~”表示。

电流、电流强度

物体里的电子在电场力的作用下，有规则地向一个方向移动，就形成了电流。电流的大小用电流强度“ I ”来表示。电流强度在数值上等于1秒钟内通过导线截面的电量的大小，通常

电工基本知识

用“安培”作为电流强度的单位。1安培表示在导线横截面上，每秒钟有624亿亿个电子流过。安培简称“安”，用字母“A”表示。有时采用比“安”更大或更小的单位：千安、毫安、微安。这些单位之间的关系如下：

$$1 \text{ 千安 (kA)} = 1000 \text{ 安 (A)}$$

$$1 \text{ 安 (A)} = 1000 \text{ 毫安 (mA)}$$

$$1 \text{ 毫安 (mA)} = 1000 \text{ 微安 } (\mu)$$

电压、电动势

水要有水位差才能流动。与此相似，要使电荷作有规则地移动，必须在电路两端有一个电位差，也称为电压，用符号“U”表示。电压以伏特为单位，简称“伏”，常用字母“V”表示。例如干电池两端电压一般是1.5伏，电灯电压为220伏等。有时采用比“伏”更大或更小的单位：千伏、毫伏、微伏。这些单位之间的关系如下：

$$1 \text{ 千伏 (kV)} = 1000 \text{ 伏 (V)}$$

$$1 \text{ 伏 (V)} = 1000 \text{ 毫伏 (mV)}$$

$$1 \text{ 毫伏 (mV)} = 1000 \text{ 微伏 } (\mu\text{V})$$

一个电源（例如发电机、电池等）能够使电流持续不断沿电路流动，就是因为它能使电路两端维持一定的电位差，这种使电路两端产生和维持电位差的能力，就叫做电源的电动势。电动势常用字母“E”表示，单位也是伏。

电阻、电阻率

电子在物体内部移动所遇到的阻力叫电阻。电阻的单位是欧

姆，简称“欧”，用字母“ Ω ”表示。为计算方便，常以兆欧、千欧、毫欧为单位。这些单位之间的关系如下：

$$1 \text{ 兆欧 (M}\Omega\text{)} = 1000 \text{ 千欧 (k}\Omega\text{)}$$

$$1 \text{ 千欧 (k}\Omega\text{)} = 1000 \text{ 欧 (}\Omega\text{)}$$

$$1 \text{ 欧 (}\Omega\text{)} = 1000 \text{ 毫欧 (m}\Omega\text{)}$$

各种不同的材料具有不同的电阻。电阻大小与导线的材料、长短、粗细有关。为了区分不同材料的电阻，通常用一个叫电阻率 ρ 的量来表示。电阻率 ρ 是指截面为 1 毫米²、长为 1 米的这样的一根导线所具有的电阻数值。常用材料的电阻率 ρ 列下表：

材料名称	电阻率 ρ 的数值 (20℃)
银	0.0165
铜	0.0175
铝	0.0283
铂	0.0548
铁	0.0978
铅	0.222

从表中可以看出，铜和铝的电阻率比较低，故在电气设备和输电线中得到广泛的使用。

欧姆定律

我们知道任何导体都有一定的电阻，在导体两端加上电压，导体中就有电流。那么电流与电压、电阻之间有什么规律呢？实践证明，电路中电压越高电流就越大，电路中电阻越大电流就越小。用公式和符号表示如下：

电工基本知识

$$\text{电流} = \frac{\text{电压}}{\text{电阻}} \quad I = \frac{U}{R}$$

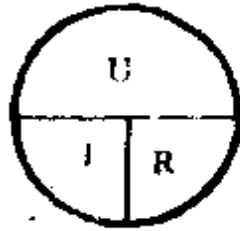


图 1

为了便于记忆，把公式用图 1 表示。用手遮住要求的数值，剩下就是运算公式。例如要求电流时，用手遮住电流，公式就是 $\text{电流} = \frac{\text{电压}}{\text{电阻}} \quad I = \frac{U}{R}$ 。电流、电压、电阻三者之间的这种规律，就叫做欧姆定律。

短路、断路

电气设备在正常工作时，电路中电流是电源的一端经过电气设备流回到电源的另一端，形成回路。如果电流不经电气设备而由电源一端直接回到电源另一端，导致电路中电流猛烈加大，这就叫短路。短路属事故状态，往往造成电源烧坏或酿成火灾，必须严加避免。如果将电路的回路切断或发生断线，电路中电流不通，就叫做断路。

电功率

电功率是单位时间内电流所做的功。例如手电筒发光，就是干电池的电流在做功。每秒钟电流所做的功，就叫电功率，用字母 P 来表示。实践证明，电功率等于电压乘以电流。电功率的单位是瓦特，简称“瓦”，用符号“W”表示。电功率 = 电压 × 电流， $P = U \times I$ 。

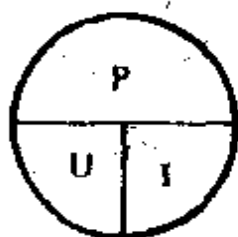


图 2

为了便于记忆，上述公式可用图 2 表示。在计算时，用手盖住要求的数值，剩下就是我们用来计算的公式。在实用中，有时用更大的千瓦单位，千瓦用符号“kW”表示。

1 千瓦 (kW) = 1000 瓦 (W)

电功率在实用中，过去常用以马力 (HP) 为单位，瓦与马力的关系为：1 马力 (HP) = 736 瓦 (W)

电能效率

电能是指一段时间内所做的功。所以，电能（也称电功）= 电功率 × 时间。实用中电能的单位是瓦·时，这个单位表示 1 小时内电流所做的功的总能量，它的代表符号分别用“W·h”或“kW·h”表示。电度表所记下的 1 度电就是 1 千瓦·时 (kW·h)。

各种电功率在转换和输送过程中，有着各种各样损失，这样输出的电功率总是要小于输入的电功率，也就是：输入功率

电工基本知识

= 输出功率+损失。在实用中，把输出功率与输入功率的比例数叫做效率，常用百分数表示。如果用公式表示则为：效率

$$= \frac{\text{输出功率}}{\text{输入功率}} \times 100\%。$$

电流的热效应

当电流通过电阻时，电流做功而消耗电能，产生了热量，这种现象做电流的热效应。例如日常用的电炉、电烙铁、电烘箱等都是利用电热效应来制成的电器。有时电流热效应也会对电气设备带来不利后果，例如在电机、变压器等电力设备中，会因电流产生热量限制了电气设备的利用，有时对电力系统的安全运行带来危险。

电流通过导体产生热量的大小与流过导体的电流值的平方成正比，和导体自身的电阻以及通电时间成正比。试验证明，如果将1欧电阻的导体，通过1安电流，则1秒钟产生的热量为0.24卡（卡为热量单位，1卡就是把1克水升高1℃时所需的热量）。可用以下公式表示：

$$\text{热量（卡）} = 0.24I^2Rt$$

式中：I——电流，安；

R——电阻，欧；

t——时间，秒。

以上计算热效应产生热量的方法，就是楞次焦耳定律。

电路

最简单的电路是由电源 E（发电机，电池等）、负载 R

(用电设备如电灯、电动机等)、联接导线(金属导线)和电气辅助设备(开关K、仪表等)组成的闭合回路。如图3所示。

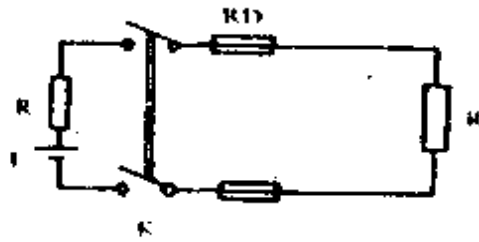


图3

串联电路

把若干个电阻或电池一个接一个成串地联接起来,使电流只有一个通路,也就是把电气设备首尾相联叫串联。如图4所示。

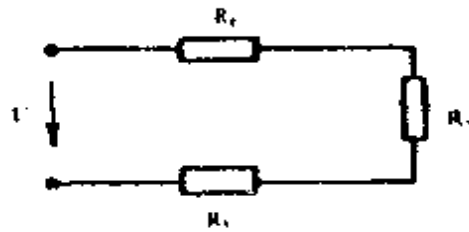


图4

串联电路的特点是:(1)串联电路中的电流处处相同;(2)串联电路中总电压等于各段电压之和;(3)几个电阻串联时,总电阻等于各个电阻值之和。可用以下公式表示:

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots$$

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

并联电路

把若干个电阻或电池相互并排地联接起来，也可以说将电气设备的头和头、尾和尾各自相互连在一起，使电流同时有几个通路叫并联。如图 5 所示。

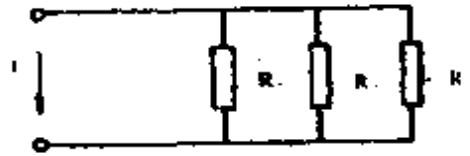


图 5

并联电路的特点是：（1）并联电路中各分路两端的电压相等；（2）并联电路的总电流等于各分路电流之和；（3）几个电阻并联时，总电阻的倒数等于各电阻的倒数之和。可用以下公式表示：

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$$
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

混联电路

在电路中，既有串联又有并联的联接，统称为混联或叫复联。如图 6 所示。如果要计算总电阻，先要将电路中单纯的串联或并联合并，然后计算总电阻。如图所示电路，先要将 R_1 和 R_2 两个联合并为一个电阻（按并联计算），然后再和 R_3 串

联合并，得到了一个总电阻。可用以下公式表示：

$$\frac{1}{R_{12}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad R = R_{12} + R_3$$

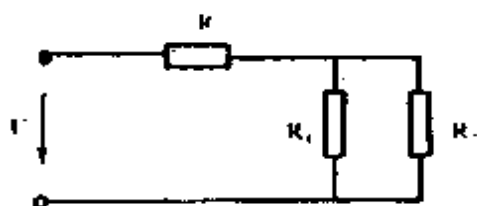


图 6

电容器、电容量

凡是两片金属导体中间用绝缘体隔开，就组成一个电容器。金属板称为极板，中间绝缘体叫介质。

当电容器与电源接通后，会在两个极板上各自积累大小相等、电性相反的电荷（通常叫做充电）。这样两极板之间就形成电压。我们把两个极板上积累的电荷量与极板间电压值的比值，叫做电容器的电容量，又简称电容。可用以下公式表示：

$$\text{电容量 } (C) = \frac{\text{电量 } (Q)}{\text{电压 } (U)}$$

式中： Q 的单位是库（1 库 = 6.24×10^{18} 个电子的电量）；

U 的单位是伏；

C 的单位是法，用符号“F”表示。实用中有微法（符号为 μF ）、皮法（符号为 pF ）。这些单位的关系如下：

$$1 \text{ 法 } (F) = 10^6 \text{ 微法 } (\mu\text{F})$$

$$1 \text{ 微法 } (\mu\text{F}) = 10^6 \text{ 皮法 } (\text{pF})$$

电容量的大小

电容量的大小只与电容器本身的构造有关。具体地说，与下面三个因素有关：（1）两极板间距离越小，电容量越大；（2）两极板相对面积越大，电容量越大；（3）与介质材料有关，以空气作为介质的电容量最小。通常用一个介质的相对介电系数来判别不同材料电容量的大小。以空气作为1，其它介质的介电系数分别为：

空气——1 云母——5~8
矿物油——2.1~2.5 玻璃——5~10
蜡纸——3.5 陶瓷——10~170

电容量大小还和环境温度有关，一般随温度升高有少量增加，只有陶瓷材料作介质的电容器会随温度升高略有下降。

电容器的耐压

当电容器两极板间的电压高到一定值时，介质就会被击穿，这个电压值叫击穿电压。介质被击穿后，两极板间短路，电容就损坏了（但空气介质电容击穿后仍能恢复）。因此，每个电容器都有一定的耐压值，在使用电容器时要注意不要超过规定耐压值。电容器的耐压分为工作电压和试验电压两种。工作电压是指长期可靠的安全工作电压，通常指1万小时。试验电压指短时间工作，一般在1分钟之内。电容器的耐压值指的是工作电压值。

电容器串联

将几个电容器头尾串接起来，叫做电容器串联。如图7所示。电容器串联结果就等于增加电介质的厚度，也就是加大了两极板之间的距离，电容量因而减小。总电容与各电容的关系

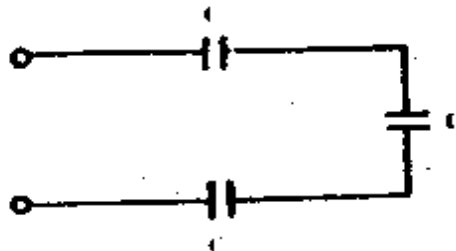


图7

是：串联电容器总电容的倒数，等于各个电容倒数之和。可用以下公式表示：

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

电容器的并联

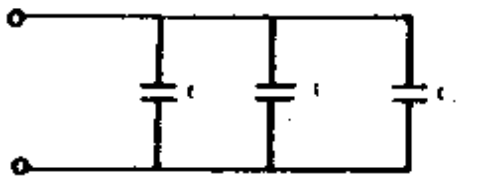


图8

将几个电容器并排地联接起来，然后跨接在电源上，叫做电容器并联，如图8所示。电容器并联结果等于极板的面积加大，电容量得到增大。总电容与各电容的关系是：并联电容量

电工基本知识

总和等于各个电容量之和。可用以下公式表示：

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

并联的各个电容量，如果工作电压不相同，就必须把其中最低的作为并联后的工作电压。

磁铁、磁场、磁路和磁力线

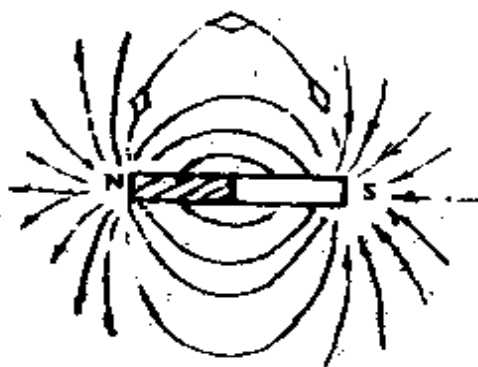


图 9

带有磁性的物体，且能吸引铁、钴等金属者叫磁铁。磁铁周围产生磁性的范围叫磁场。磁铁的两端磁性最强处为两个极，一个叫南极用字母“S”表示；一个叫北极，用字母“N”表示。磁场中磁力作用的通路叫磁路。在磁铁内部由 S 极向 N 极形成磁力线，而在磁铁外部则由 N 极向 S 极形成磁力线，如图 9 所示。

磁通密度、磁通

在磁场中垂直通过每单位面积的磁力线根数，叫做磁通密度，可用字母“B”表示。如果在磁场中垂直通过 S 截面（这里 S 表示垂直于磁力线的某一面积）的磁力线的总数，就叫磁

通。常用字母“ Φ ”表示。以上三者的关系，可用以下公式表示： $\Phi = BS$ 。

左手定则

通电导体在磁场中要受到力的作用，这个力叫电磁力。电磁力的大小与磁通密度 B （即磁感应强度）成正比，与通

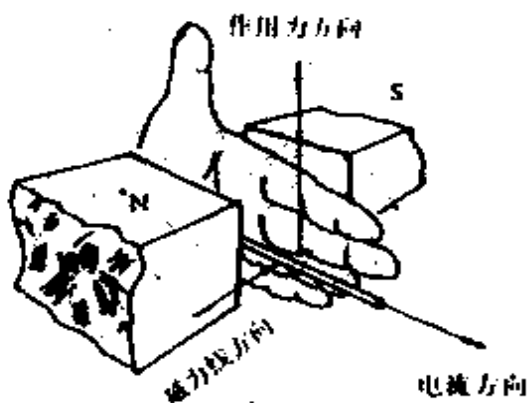


图 10

过电流 I 成正比。同时又与导体在磁场中的有效长度 L 成正比。电磁力的单位用牛顿表示。电磁力的方向用左手定则判断，如图 10 所示。它和电动机的作用原理相同，所以也称电动机定则。电磁力大小可用以下公式表示： $F = BIL$

式中： F ——电磁力，牛；

B ——磁通密度，韦 / 米²；

I ——通电导体电流，安；

L ——通电导体有效长度，米。

右手定则

电工基本知识

导体在磁场中做切割磁力线运动时，会产生感应电动势。感应电动势的大小与磁通密度成正比，与导体在磁场中的有效长度成正比，又与导体运动速度成正比。感应电动势用符号“ e ”表示，单位为伏。感应电动势的方向用右手定则判断，如图 11 所示。实际应用上的发电机就是根据这个

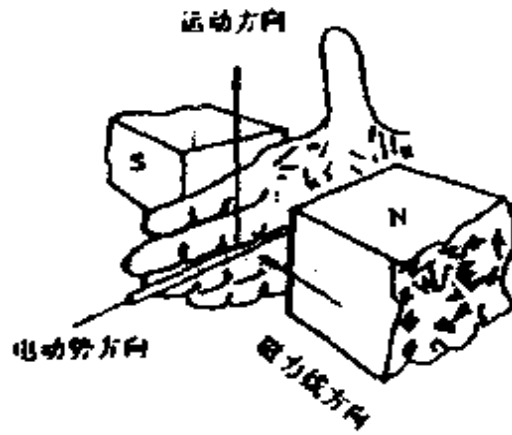


图 11

道理制成的，所以也叫发电机定则。感应电动势大小可用以下公式表示：

$$e = BLV$$

式中： e ——感应电动势，伏；

B ——与导体运动方向相垂直的磁通密度，韦/米²；

L ——导体切割磁力线有效长度，米；

V ——导体运动速度，米/秒。

自感电动势

当导线中通过电流时，导线周围一定会产生磁场。如果通过导线的电流发生变动，则导线周围的磁场定会跟着相应变动。这个磁场的变动会使导线自身产生感应电动势。这种由于

导线本身电流变动而产生的电动势，叫作自感电动势。实践证明：自感电动势的大小和通过导线的电流变化率成正比。比如直流电通过时，就没有自感电动势产生，可是在直流电路中，当开关闭合或断开的一刹那，立刻会产生自感电动势。

互感现象

将两个线圈放在一起， L_1 和 L_2 为两个线圈，当线圈 L_1 的电流发生变化时，就会使线圈 L_2 中产生感应电动势，这种现象叫做互感现象。通常变压器就是利用这个现象来制作的。

单相交流电

前面已介绍，导体在磁场中运动会产生感应电动势。

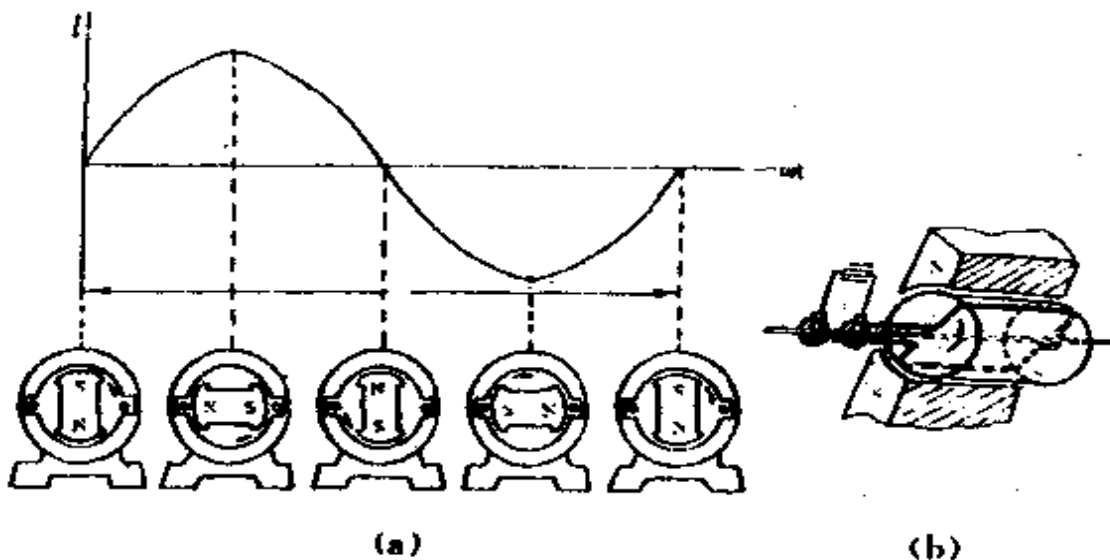


图 12

电工基本知识

单相交流电就是利用这个道理产生的。图 12 (b) 所示，是一台最简单的发电机。它有一对磁极 N、S，有一组 N 匝线圈，两个滑环和两个电刷，线圈两端分别接到两个滑环上，滑环固定在转轴上与转轴绝缘。每一个滑环放着一个静止的电刷，利用滑环与电刷的滑动接触，将线圈和负载相连接。图 12 (a) 所示是线圈固定、磁极旋转的发电机。当原动机带动磁极旋转时，线圈不断地切割磁力线产生感应电动势，由于外接负载形成闭合回路，就有电流流通。电流的大小和线圈在磁场中的位置有关，当线圈和磁极平行时，不切割磁力线，因此不产生电流。如果线圈与磁场垂直时，则线圈切割磁力线最多，电流就最大。这样继续旋转线圈不断切割磁力线，电流由零到最大，再由最大到零。再旋转则切割磁力线方向开始改变，电流方向也开始转变。故此不断地循环旋转，就产生了大小和方向不断变化的交流电。因为只有一组线圈，所以只产生一相交流电，故称为单相交流电。

周期、频率和角频率

线圈在磁场（N 极和 S 极间）中旋转一周，感应电动势完成一次正负变化，叫做一周。完成一周所需的时间叫做周期，用符号“T”来表示，单位是秒。交流电每秒完成的周数叫频率，用符号“f”来表示，单位是赫兹（Hz）。赫兹简称赫。交流电每秒变化的角度叫角频率，用符号“ ω ”来表示，单位是弧度/秒。可用以下公式表示：

$$T = \frac{1}{f} \quad f = \frac{1}{T}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

例如我国工业用电频率为 50 周/秒，则完成一周所需时间就为 $1/50 = 0.02$ 秒。

比赫大的单位有千赫 (kHz) 和兆赫 (MHz)。

1 兆赫 (MHz) = 1000 千赫 (kHz)

1 千赫 (kHz) = 1000 赫 (Hz)

交流电的最大值、有效值

交流电是按正弦曲线变化的。在变化过程中，所能达到的最大值，也叫幅值。每一周期出现两次最大值。

交流电通过某电阻，在一周期时间内产生的热量，如果与一直流电通过同一电阻，在同一时间内产生的热量相等，则这一直流电的大小就是交流电的有效值。如图 13 所示。

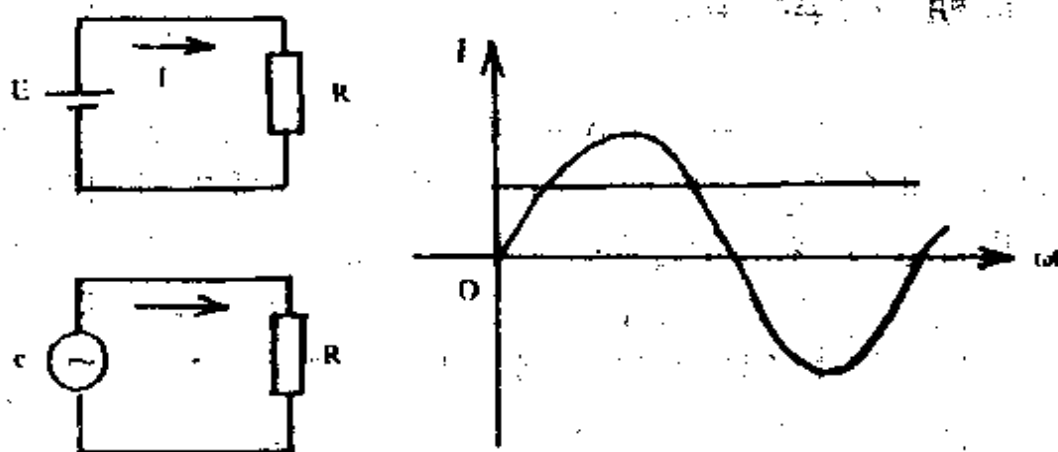


图 13

交流电有效值计算

按照上面介绍，交流电有效值等于它的热效应相等的直流电值，通过运算，以电流为例，最大值与有效值关系为：

$$I_{\text{最大值}} = \sqrt{2} I_{\text{有效值}}$$

由此可知，交流电有效值等于最大值除以 $\sqrt{2}$ 。在工程应用中，通常所说的电压与电动势的数值，都是指的有效值。例如：交流电源电压为 220 伏，安培表读数为 5 安，都是有效值。

交流电的相位、相位差

我们已知道线圈在磁场中旋转时，导线切割磁力线会产生感应电动势，它的变化规律可用正弦曲线表示。如果我们取三个线圈，将它们在空间位置上相差 120° 角，三相线圈仍旧在磁场中以相同速度旋转，一定会感应出三个频率相同的感应电动势。由于三个线圈在空间位置互相差 120° ，感应电动势的变化在经过最大值时就有先后的差别，这种先后差别在交流电里叫相位差，而相位是反映正弦量的进程，线圈转动处于不同的时刻，就对应不同的相位。

正弦交流电表示方法

三角函数表示法是正弦交流电的基本表示方法。可用以下公式表示：

$$e \text{ (电动势)} = E_{\text{最大值}} \sin(\omega t + \varphi)$$

u (电压) = U 最大值 $\sin(\omega t + \varphi)$

i (电流) = I 最大值 $\sin(\omega t + \varphi)$

式中: e 、 u 、 i 都是瞬时值, 用小写字母表示;

E 最大值、 U 最大值、 I 最大值均为最大值, 用大写字母表示;

$(\omega t + \varphi)$ 称为相位, 其中 φ 为初相角。

正弦曲线表示法就是图 13 的波形图, 这种表示法直观, 但必须按比例画在直角坐标系中。矢量表示法是用矢量大小表示正弦量的最大值 (或有效值), 矢量方向表示其相位; 如图 14 所示。这种表示法对正弦量的大小和相位计算带来很大方便。特别在遇到正弦量的加减 乘除四则运算时, 可免去麻烦的三角运算和波形图上逐点相加的不准确。



图 14

纯电阻电路

电工基本知识

通过电阻将电能以热效应方式全部转变为热能的交流电路，叫纯电阻电路。例如白炽灯、电炉、电烙铁等。

纯电阻电路中电流、电压与电阻值三者的关系与直流电路欧姆定律形式一样，即 $I = \frac{U}{R}$ 。所不同的是电流 I 和电压 U 均为有效值。

纯电阻电路功率计算

交流电路中功率计算，是指在一周期内功率的平均值，以符号 P 表示。功率大小等于电压有效值与电流有效值的乘积，单位是瓦特，简称瓦。用公式表示则为： $P = UI$ 。因为在纯电阻电路中将全部转变为热能，这种功率又称作有功功率。

纯电感电路

当线圈的电阻忽略不计，在线圈两端接上一个交流电压时，线圈中就有交流电流通过，因而在线圈中产生一个自感电动势反抗电流的变化，这就是纯电感电路。理论推导可知：自感电动势的大小和电流的频率成正比，和电流强度成正比，又与线圈的电感成正比。

纯电感电路中的电流、电压关系，也可以用欧姆定律表示，即 $I = \frac{U}{X_L}$ 。式中电流 I 和电压 U 均为有效值， X_L 就是反抗电流变化的阻力，称为感抗。单位与电阻一样，用欧表示。与电阻不同的是，它是反抗电流变化的。举例说，如果线圈通以直流电时，电流就不会变化，因此感抗就是零，线圈中

电流无限大形成短路。所以必须注意电感电路不能用在直流电路上。

纯电感电路的功率计算

实验证明，纯电感电路并不消耗电能。当电流增大时，线圈从电源吞进能量，但当电流减小时，线圈吐出能量，电流减到零时，线圈将吞进的能量全部吐出。这说明电能仅在电源和线圈之间进行交换，在一周期内的平均功率为零（即 $P=0$ ）。为了区别于电阻上消耗的功率，把电阻消耗功率称为有功功率，而电感这个功率称为无功功率，用 Q_L 表示，其大小为 $Q_L=U_L I$ ，单位为乏。

纯电容电路

当电容的介质损失忽略不计时，在电容两端接上一个交流电源，电容就不间断地进行充电和放电，这就是纯电容电路。实验证明，它对交流电呈现出一定的阻力，称为容抗，用 X_C 表示。当交流电频率越高，容抗就越小，电容量越大，容抗也越小。纯电容电路中的电流和电压的关系，也可以用欧姆定律表示，即 $I = \frac{U}{X_C}$ 。式中电流 I 和电压 U 均为有效值， X_C 为容抗，单位与电阻一样，用欧表示。与电阻不一样的是，频率越高，容抗越小。例如，当直流电接上时，容抗将为无穷大，说明电容有隔直作用。如果接入高频电源时，会相当于短路作用。

纯电容电路的功率计算

纯电容电路，只产生充电放电的能量吞吐作用，所以不消耗电能。因此在一个周期里平均功率为零（即 $P=0$ ），只有电容上的无功功率，用符号 Q_c 表示，单位为乏。无功功率的大小为： $Q_c = U_c I$ 。

实际的电感线圈计算

如果线圈电阻不能忽略的话，就成为具有电阻和电感的电路了。实际线圈中，电阻与电感是不能分开的。但为了便于分析，常将它们分开成为电阻与电感的串联电路，如图 15 (a) 所示。例如日光灯的镇流器、交流电动机等。分析这类电路采用矢量方法，将电阻上的电压与电感上的电压求矢量和，如图 15 (b) 所示。从图中可以看出，电源电压 U 、电阻电压 U_R 和电感电压 U_L ，三个电压矢量组成三角形，称为电压三角形。其几何关系可表示为：

$U = \sqrt{U_R^2 + U_L^2}$ 。电路中电压 U 与电流 I 之间的关系，仍可用欧姆定律表示为： $I = \frac{U}{Z}$ 。式中 U 与 I 均为有效值， Z 称为阻抗，单位为欧，它既包含电阻又包括感抗，所以叫阻抗。

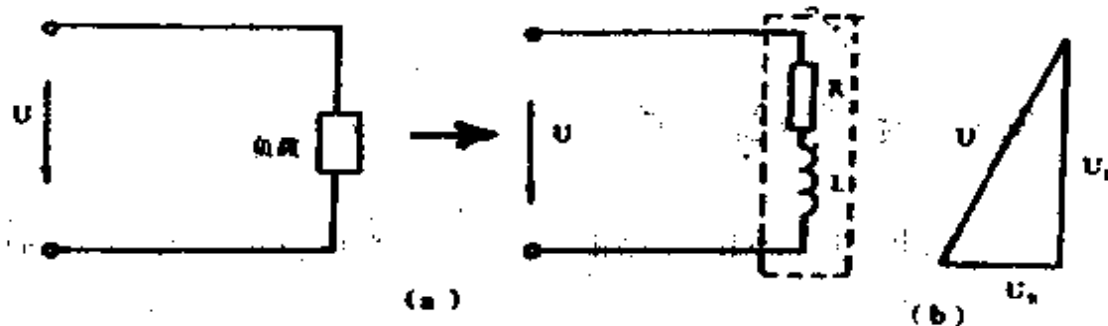


图 15

阻抗三角形、功率三角形

在具有电阻 (R)、电感 (L)、电容 (C) 的串联电路中, 采用矢量方法构成了电压三角形, 如图 16 (a) 所示。由于串联电路通过的电流是不变的, 如果把电压三角形各边都除以电流值 I , 就成为一个阻抗三角形, 当 $X_L > X_C$ 时, 如图 16 (b) 所示。其关系为:

电工基本知识

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

同理，如果把电压三角形各边都乘以电流值 I ，就得到了功率三角形，如图 16 (c) 所示。此图说明了有功功率与无功功率同电源能量的关系。电源能量用 S 表示，称作视在功率，单位为伏·安，关系可写作：

$$S = \sqrt{P^2 + (Q_L - Q_C)^2}$$

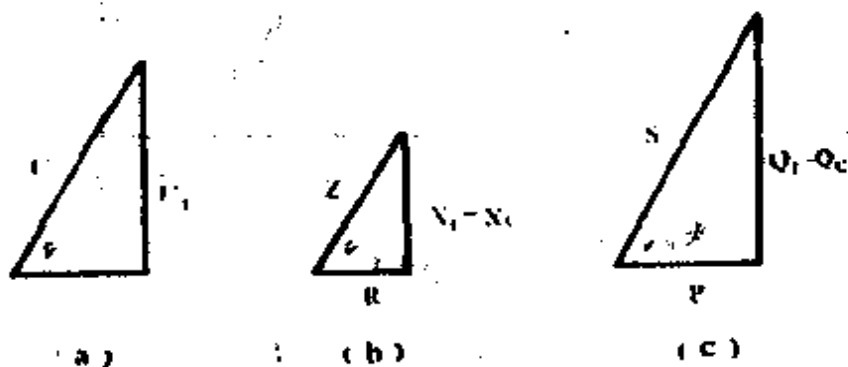


图 16

功率因数

最新实用电工技术与操作手册

功率因数是衡量电气设备效率高低的一个系数，它是交流电路中有功功率与视在功率的比值。即

功率因数 = $\frac{\text{有功功率}}{\text{视在功率}}$ ，其大小与电路的负荷性质有关。

如白炽灯、电阻炉等电热设备，功率因数为 1。对具有电感的电气设备如日光灯、电动机等，功率因数小于 1。从功率三角形的图中，运用数学三角关系可得出：

有功功率 $P = UI \cos\varphi$ $\cos\varphi$ 即功率因数。

功率因数低，说明电路中用于交变磁场吞吐转换的无功功率大。从而降低了设备的利用率，增加线路供电损失。所以，供电部门对用电单位的功率因数，有着一定的标准要求。

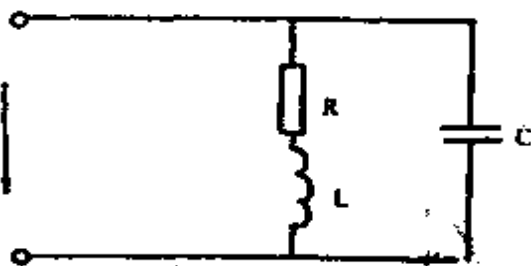


图 17

提高功率因数常用的方法就是在电感性电器两端并联静电电容器（可以设置在用户或变电所中），如图 17 所示。这样将电感性电器所需的无功功率，大部分转交由电容器供给，把交变磁场与电源的吞吐转为磁场与电容电场之间吞吐，从而使发电机电源能量得到充分利用。所以说提高功率因数具有很大的经济意义。

串联谐振

在电阻、电感和电容器串联电路中，从电压三角形可看出，一旦电感上电压 U_L 与电容上电压 U_C 相等互相抵消时，在电路中电源电能全被电阻所消耗，成为电阻电路。这种现象称为串联谐振。虽然 U_L 和 U_C 互相抵消，在整个电路中不起作用，但是 U_L 和 U_C 的单独作用不可忽视。 U_L 和 U_C 都有高于电源电压 U 的可能，如果过高，就会击穿线圈和电容器的绝缘。在电力工程上切忌产生串联谐振。

并联谐振

当电感和电容并联时，如果出现电源电能全部为电阻消耗，成为电阻电路时，称为并联谐振。这时支路电流往往会大大超过电路总电流，也会造成电路熔断器熔丝烧断和烧毁电气设备的事故，但在无线电工程中往往用来选择信号和消除干扰。

三相交流电路

在磁场中放置三个匝数相同彼此在空间相距 120° 的线圈，如图 18 所示。当转子由原动机带动，并以匀速按顺时针方向转动时，则每相绕组依次被磁力线切割，就会在三个线圈中分别产生频率相同、幅值相等的正弦交流电动势 e_A 、 e_B 、 e_C ，三者相位上彼此相差 120° ，如图 19 所示。此即为三相交流电路。

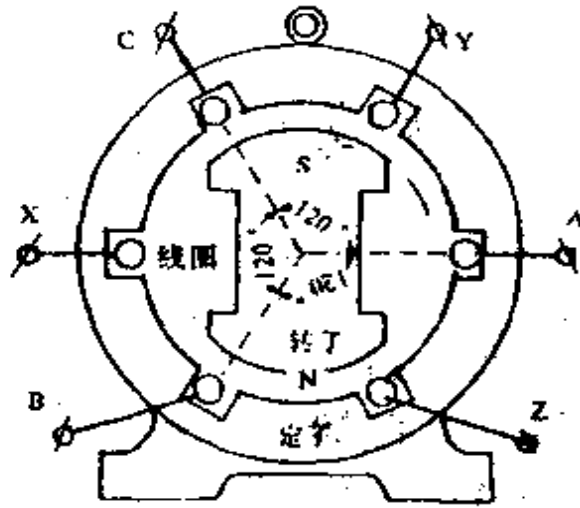


图 18

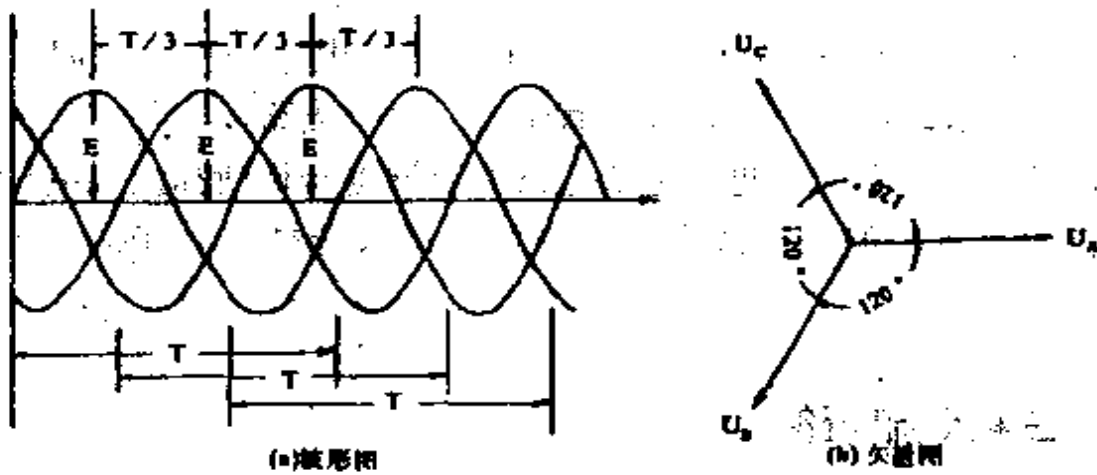


图 19

三相三线制、三相四线制

三相三线制是三相交流电源的一种连接方式，从三个线圈的端头引出三根导线，另将三个线圈尾端连在一起，又叫

电工基本知识

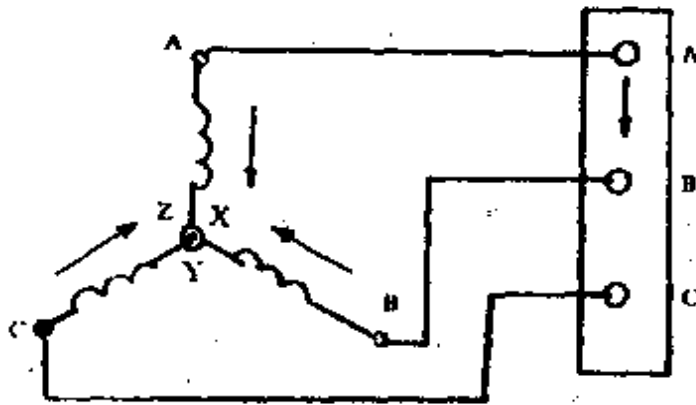


图 20

星形接线，这种用引出三根导线供电叫三相三线制。如图 20 所示。在星形接线的三相三线制中，除从三个线圈端头引出三根导线外，还从三个线圈尾端的连接点上再引出一根导线，这种引出四根导线供电叫三相四线制。如图 21 所示。

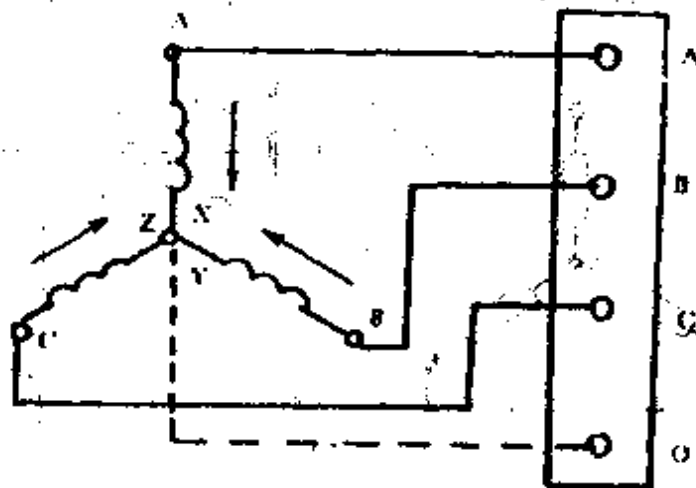


图 21

相线（或火线）、中线（或零线）

在三相四线制中，从三个线圈端头引出的三根导线称为相线（或火线），从三个线圈尾端的连接点上引出的导线称为中线（或零线）。

如图 21 所示之星形接线的供电，常用“Y”符号表示。三

个尾端的连接点称作中点，用 O 表示。从中点引出的导线叫中线或零线。从三个端头引出的导线叫相线或火线。

相电压、线电压、相电流、线电流

每相线圈两端的电压叫相电压。通常用 U_A 、 U_B 、 U_C 分别表示。端线与端线之间的电压称为线电压。一般用 U_{AB} 、 U_{BC} 、 U_{CA} 表示。凡流过每一相线圈的电流叫相电流，流过端线的电流叫作线电流。星形接线的线电流与相电流是相等的。

三相负载星形联接

将三相负载的一端分别接在三相电源的 A 、 B 、 C 上，另一端连在一起接在中点上，如图 22 所示，即为星形联接。

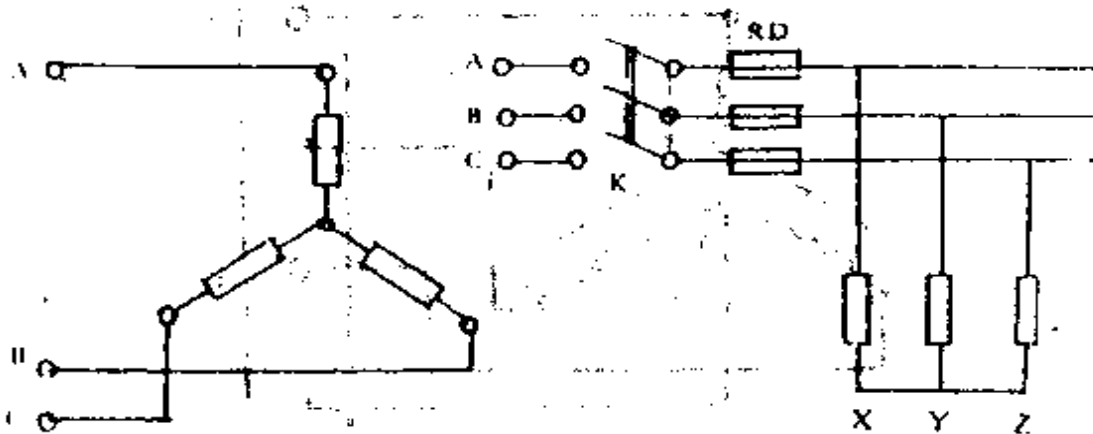


图 22

三相负载星形联接的线电压、相电压、线电流和相电流计算

三相负载星形联接的线电压、相电压、线电流和相电流计算

电工基本知识

根据矢量方法，星形联接中两根相线之间的线电压是两个相电压的矢量差。如图 23 所示。由数学关系，可以求得

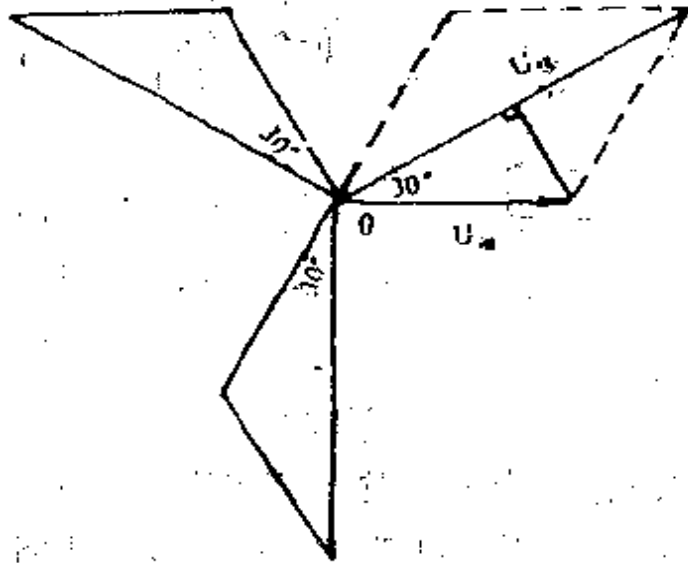


图 23

线电压与相电压的关系为： $U_{\text{线}} = \sqrt{3} U_{\text{相}}$ 。例如相电压为 220 伏时，线电压则为 380 伏。星形联接时，每相线圈与电源端线串接，所以线电流等于相电流，即 $I_{\text{线}} = I_{\text{相}}$ 。可用以下公式表示：

$$I_{\text{线}} = I_{\text{相}} = \frac{U_{\text{线}}}{\sqrt{3} R} = \frac{U_{\text{相}}}{R}$$

式中：R 为负载电阻值。

三相负载三角形联接法的线电压、相电压、线电流和相电流计算

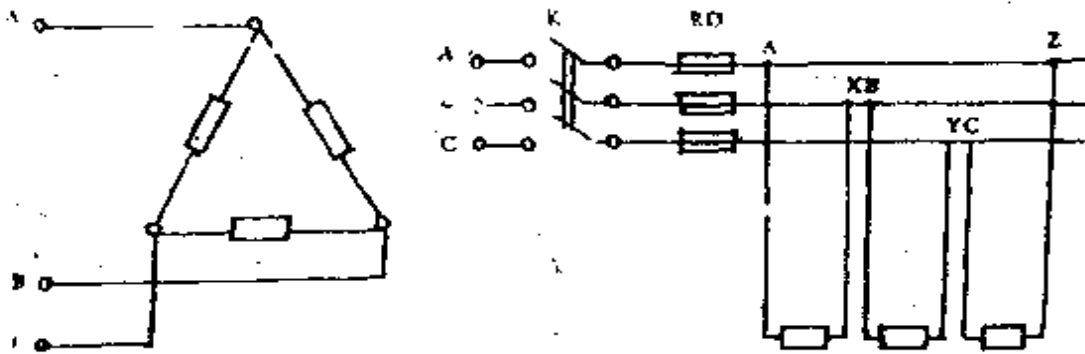


图 24

将三相线圈按头尾的次序，依次连接组成闭合三角形，叫做三角形联接法。如图 24 所示。由于每相线圈直接并接在电源的两相之间，所以线电压就等于相电压，即 $U_{\text{线}} = U_{\text{相}}$ 。同时根据矢量方法，三角形连接时线电流不等于相电流，其关系为： $I_{\text{线}} = \sqrt{3}I_{\text{相}}$ 。在实际生产中，三角形联接的三相负载都是对称相等的，例如三相交流电动机。

三相负载的功率计算

在三相交流电路中，不管负载是星形接法还是三角形接法，总的有功功率等于各相有功功率之和。因此，三相负载对称相等时，三相有功功率等于三倍单相有功功率。用公式表示时，写作： $P = 3U_{\text{相}} I_{\text{相}} \cos\varphi_{\text{相}}$ 。 $\cos\varphi_{\text{相}}$ 为一相的功率因数，要根据每一相负载性质而定。有时为了方便测量和计算，利用星形和三角形不同接法的线电压和相电压、线电流和相电流之间的关系变换为：

电工基本知识

$$P = \sqrt{3} U_{\text{线}} I_{\text{线}} \cos\varphi \text{ 相}$$

注意式中的电压为线电压，电流为线电流，功率因数 $\cos\varphi$ 相仍由每一相自身的负载性质定出。如果遇到三相负载不对称时，则分别计算各相功率，三相总功率等于各项功率之和。可用以下公式表示：

$$P = P_A + P_B + P_C$$

相序

是指三相交流电相位的顺序。从三相交流电的波形图可以看出，三相交流电（电压或电流）到达最大值（或零值）的时间有先有后。如图 25 所示。我们称 A 相超前 B

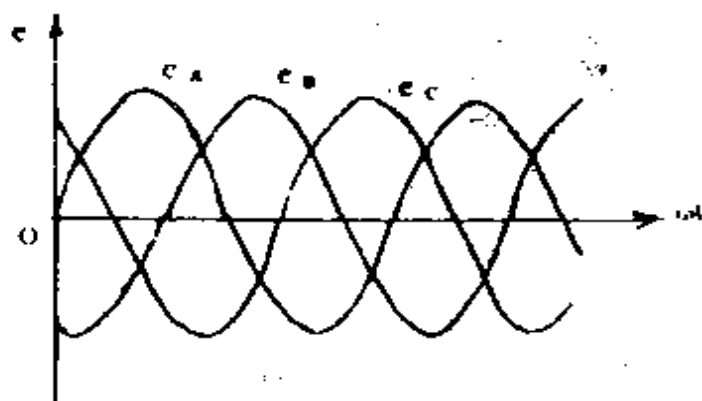


图 25

相，B 相超前 C 相，C 相超前 A 相。这种三相电压由 A 到 B 再到 C 这个顺序叫作三相电压的相序，相序的判别可采用一种相序指示器来测定，以使三相负载的相序（如三相交流电动机的转向）与三相电源一致。

变压器

在交流电路中将电压升高或降低的设备叫变压器。变压器能把任一数值的电压转变成频率相同的我们所需的电压值，以满足电能的输送、分配和使用要示。例如发电厂发出来的电，电压等级较低，必须把电压升高才能输送到较远的用电区，用电区又必须通过降压变成适用的电压等级，供给动力设备及日常用电设备使用。

变压器是根据电磁感应原理制成的。它由一个用硅钢片（或矽钢片）叠成的铁芯和绕在铁芯上的两组线圈构成。铁

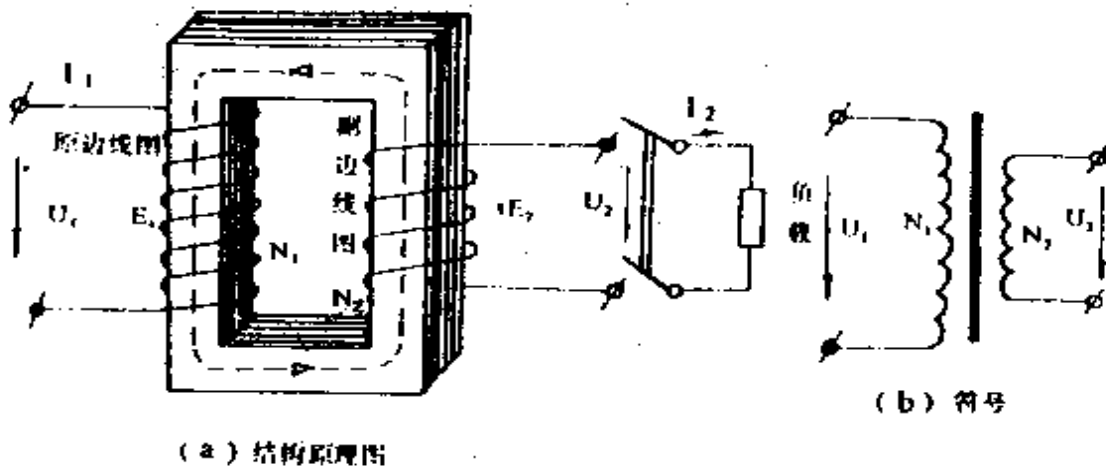


图 26

芯与线圈间此相互绝缘，没有任何电的联系，如图 26 所示。我们将变压器和电源一侧连接的线圈叫初级线圈（或叫原边），把变压器和用电设备连接的线圈叫作次级线圈（或副边）。当将变压器的初级线圈接到交流电源上时，铁芯中就会产生变化的磁力线。由于次级线圈绕在同一铁芯上，磁力线切割次级线圈，次级线圈上必然产生感应电动势，使线圈两端出

电工基本知识

现电压。因磁力线是交变的，所以次级线圈的电压也是交变的。而且频率与电源频率完全相同。理论证实，变压器初级线圈与次级线圈电压比和初级线圈与次级线圈的匝数比值有关，可用下式表示：

$$\frac{\text{初级线圈电压}}{\text{次级线圈电压}} = \frac{\text{初级线圈匝数}}{\text{次级线圈匝数}}$$

说明匝数越多，电压就越高。因此可以看出，次级线圈比初级线圈少，就是降压变压器。相反则为升压变压器。

变压器常用的有：按相数分，有单相变压器和三相变压器。按用途分，有电力变压器，专用电源变压器（电镀、电解、电焊等），调压变压器，测量变压器（电压互感器、电流互感器），小型电源变压器（用于小功率设备），安全变压器等。按结构特点分，有芯式和壳式两种，线圈双绕组、三绕组和多绕组，自耦变压器。按冷却方式分，有油浸式和空气冷却式。

变压器的组成

变压器主要由铁芯、线圈组成的。此外还有油箱、油枕、绝缘套管及分接开关等。

(1) 铁芯：主要作用是导磁。所以多采用导磁性能很好的硅钢片叠成，片厚一般只有 0.35~0.5 毫米，并两面涂漆，以减少损耗。

(2) 线圈：一个变压器内有两种电压线圈（初级线圈和次级线圈），都是由绝缘铜线（铜线外表涂以高强漆皮）或铝线

绕成的多层线圈，用来套在铁芯上。

(3) 油箱：是变压器外壳，内装铁芯、线圈和变压器油。使铁芯与线圈浸在变压器油内，起散热作用。

(4) 油枕：就是储油器。油枕起着储油和补油作用，当变压器运行时，温度升高油膨胀，油箱的油流入油枕；当温度下降油收缩时，油枕里的油又流入油箱中，这样来保证油箱中油始终充得满满的。

(5) 绝缘套管：为初级线圈和次级线圈引出到油箱外部的绝缘装置，同时起着对地绝缘作用。

(6) 分接开关：是调整电压比的装置。为了使次级电压符合用户要求，在初级线圈末端相应留有三至五个抽头，并将这些抽头分别接到一个开关上，就叫分接开关。一般可以调整的范围是额定电压的 $\pm 5\%$ 。注意分接调节时必须切除电源。

自耦变压器、调压器

自耦变压器只有一组线圈，如图 27 所示。次级线圈是从

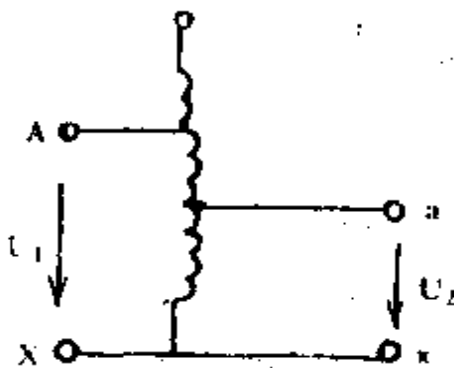


图 27

初级线圈抽头出来的。因为它的电能传递，除了有电磁感应传递外，还有电的传送，这种变压器的硅钢片和铜线数量比一般

电工基本知识

变压器要少，常用调节电压用。

调压器的构造与自耦变压器相同，只是将铁芯作成环形，线圈就绕在环形铁芯上。次级线圈抽头用一个可以滑动的电刷触头，使触头沿线圈表面环形滑动，达到平滑的调节电压作用。

变压器初级线圈与次级线圈

当变压器带有负载运行时，次级线圈电流的变化，会引起初级线圈电流相应的变化。根据磁势平衡原理推导出，初级线圈与次级线圈的电流和线圈匝数成反比，匝数多的一边电流就小，匝数少的一边电流就大。可用下式表示：

$$\frac{\text{初级线圈电流}}{\text{次级线圈电流}} = \frac{\text{次级线圈匝数}}{\text{初级线圈匝数}}$$

变压器的电压变化率

变压器的电压变化率是变压器的主要性能指标之一。当变压器向负载供电时，在变压器的负载端的电压必然会下降，将下降的电压值与额定电压值相比，取百分数即电压变化率，可用公式表示：

$$\text{电压变化率} = \frac{\text{次级额定电压} - \text{负载端电压}}{\text{次级额定电压}} \times 100\%$$

通常的电力变压器，接上额定负载时，电压变化率为4~6%。

变压器的调压

电压太高或过低都会影响变压器的正常工作和使用寿命，所以必须调压。调压的方法是在初级圈中引出几个抽头，接在分接开关上，分接开关通过转动触头来改变线圈的匝数，如图 28 所示。当需要调压时，只要转动分接开关的位置，即可得到需要的额定电压值。要注意的是，调压通常应在切断变压器所接的负载后进行。

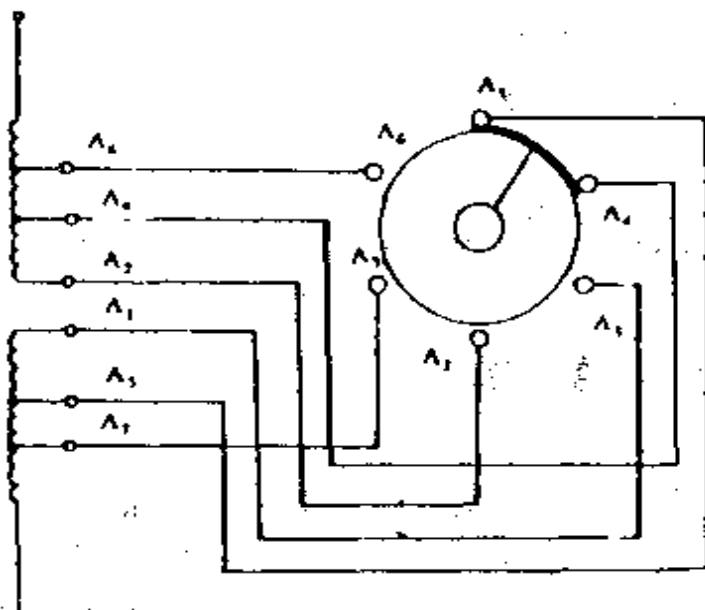


图 28

常用小型变压器

小型变压器指容量在 1 千伏·安以下的单相变压器。多半用作电气设备控制用的电源变压器，电子设备的电源变压器及

电工基本知识

安全照明用的电源变压器。分别介绍如下:

(1) 控制用电源变压器。用在各种电机设备的控制电源以及信号灯、指示灯等。初级线圈电压有 380 伏和 220 伏两种, 次级线圈可以有 127、110、36、24、12 和 6.3 伏等。容量由 25 伏·安到 1000 伏·安。

(2) 安全照明用电源变压器。用在机电设备防止触电的安全电压。常用安全电压为: 36、24、12 伏三种。有时还用在地面建筑的照明。

(3) 电子设备用电源变压器。供将交流电变为直流电的整流装置使用。一般根据电路直流电源的需要进行专门设计和选择使用。

变压器在运行中的损失

变压器运行中的损失包含两部分:

(1) 是由铁芯引起的。当线圈通电后, 由于磁力线是交变的, 引起铁芯中涡流和磁滞损耗。这种损耗统称铁损。

(2) 是线圈自身的电阻引起的。当变压器初级线圈和次级线圈有电流通过时, 就要产生电能损失。这种损失叫铜损。铁损与铜损的和就是变压器损失。这些损失与变压器容量、电压和设备利用率有关。因此, 在选用变压器时, 应尽量使设备容量和实际使用容量一致或接近, 以提高设备利用率。注意不要使变压器轻载运行。

变压器过负荷运行

过负荷运行是指变压器运行时超过了铭牌上规定的电流

值。过负荷分为正常过负荷和事故过负荷两种情况。前者是指在正常供电情况下，用户用电量增加而引起的，它往往使变压器温度升高，促使变压器绝缘老化，降低使用寿命，所以不允许变压器过负荷运行。特殊情况下变压器短时间内的过负荷运行，也不能超过额定负荷的 30%（冬季），在夏季不得超过 15%。对后者，事故过负荷允许过负荷的时间要求见表 5。

表 5 事故过负荷允许时间

额定负荷的倍数	过负荷允许时间	
	室外变压器	室内变压器
1.30	2 小时	1 小时
1.60	30 分钟	15 分钟
1.75	15 分钟	8 分钟
2.00	7.5 分钟	4 分钟

变压器在运行中的测试

为了保证变压器能够正常运行，应经常进行下列几项测试：

(1) 温度测试。变压器运行状态是不是正常，温度的高低是很重要。规程规定上层油温不得超过 85°C （即温升 55°C ）。一般变压器都装有专用温度测定装置。

(2) 负荷测定。为了提高变压器的利用率，减少电能的损失，在变压器运行中，必须测定变压器真正能承担的供电能力。测定工作通常在每一季节用电量最高的时期进行，用钳形电流表直接测定。电流值应为变压器额定电流的 70~80%，超过时说明过负荷，应立即调整。

(3) 电压测定。规程要求电压变动范围应在额定电压 $\pm 5\%$ 以内。如果超过这一范围，应采用分接头进行调整，使电

电工基本知识

压达到规定范围。一般用电压表分别测量次级线圈端电压和末端用户的端电压。

(4) 绝缘电阻测定。为了使变压器始终处于正常运行状态，必须进行绝缘电阻的测定，以防绝缘老化和发生事故。测定时应设法使变压器停止运行，利用摇表测定变压器绝缘电阻值，要求所测电阻不低于以前所测值的 70%。选用摇表时，低压线圈可采用 500 伏电压等级的。

变压器的极性及判别

变压器极性是用来标志在同一时刻初级绕组的线圈端头与次级绕组的线圈端头彼此电位的相对关系。因为电动势的大小与方向随时变化，所以在某一时刻，初、次级两线圈必定会出现同时为高电位的两个端头，和同时为低电位的两个端头，这种同时刻为高的对应端叫变压器的同极性端，有时也叫同名端。由此可见，变压器的极性决定于线圈绕向。绕向改变了，极性也改变。在实用中，变压器的极性是变压器并联的依据，按极性可以组合接成多种电压型式。如果极性接反，往往会出现很大的短路电流，以致烧坏变压器。因此，使用变压器时必须注意铭牌上的标志。

当遇到变压器铭牌标志不清或系旧变压器，可通过测试加以判别，方法有两种：

(1) 直流法。测单相变压器时，如图 29 所示：



图 29

在初级线圈一侧接入一个 1.5 伏的干电池，然后在次级线圈接入一直流毫伏表或毫安表，当合上开关 K 的一瞬间，表针朝正方向摆动（或拉开关 K 时表针向负方向摆），说明接电池正极一端与接电表正极一端是同极性，或叫同名端。测试三相变压器的极性和组别，多采用直流法进行。测试方法为：在初级线圈侧接上干电池和开关 K，先在 A 端接电池正极，B 端接电池负极，再在次级线圈 a、b、c 之间接入三个毫伏表，如图 30 所示。接表时要注意按顺序接入，例如在次级线圈

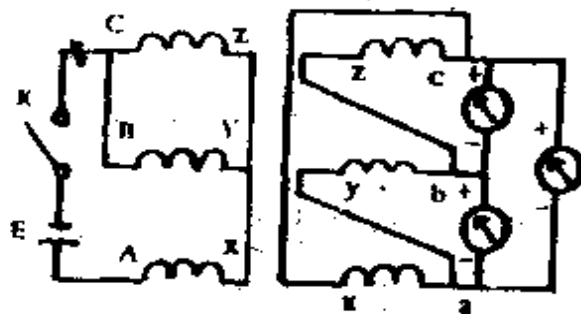


图 30

a、b 间，a 端接在电表正极，b 端接在电表负极；b、c 间，b

电工基本知识

接正极，c 接负极；a、c 间，a 接正极，c 接负极。接好后，将开关 K 合上，测出 ab 间、bc 间、ac 间的电表指示。再将电池改接在初级线圈的 BC 间和 AC 间，分别进行测量，将测量得结果列成表 6，可以判断出被测变压器的组别。

表 6 组别极性规律表

组别 及接法	通 电 (一次侧)	测 量(二次侧)			组别 及接法	通 电 (一次侧)	测 量(二次侧)		
		a+b-	b+c-	a+c-			a+b-	b+c-	a+c-
第 1 组	+ -	a+b-	b+c-	a+c-	第 7 组	+ -	a+b-	b+c-	a+c-
	AB	+	-	0		AB	-	+	0
	BC	0	+	+		BC	0	-	-
第 2 组	AC	+	0	-	第 8 组	AC	-	0	-
	AB	+	-	-		AB	-	+	+
	BC	+	+	+		BC	-	-	-
第 3 组	AC	+	-	+	第 9 组	AC	-	+	-
	AB	0	-	-		AB	0	+	+
	BC	+	0	0		BC	-	0	-
第 4 组	AC	+	-	0	第 10 组	AC	-	+	0
	AB	-	-	-		AB	+	+	+
	BC	+	-	0		BC	-	+	-
第 5 组	AC	+	-	-	第 11 组	AC	-	+	+
	AB	-	0	-		AB	+	0	+
	BC	+	-	0		BC	-	+	0
第 6 组	AC	0	-	-	第 12 组	AC	0	+	+
	AB	-	+	-		AB	+	-	+
	BC	+	-	-		BC	-	+	+
第 7 组	AC	-	-	-	第 12 组	AC	+	+	+
	AB	+	-	-		AB	+	-	+
	BC	-	-	-		BC	-	+	+

注：有 - 的表示是大数。

(2) 交流法。把初级线圈和次级线圈的一对同名端，例如 Aa，用导线接起来，如图 31 所示。然后在 AX 初级线

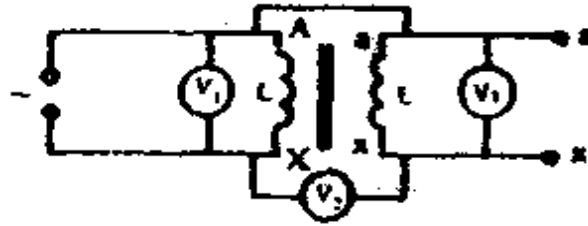


图 31

圈间接入交流电（比较低的便于测量的），用电压表分别测量 AX 间电压 V_1 值， X_x 间电压 V_2 值，以及 ax 间电压 V_3 值。如果 V_2 数值是 V_1 与 V_3 电压之差，则 A_x 是同极性端，如果 V_2 数值是 V_1 与 V_3 电压之和，则 A_x 是反极性端。

晶体二极管

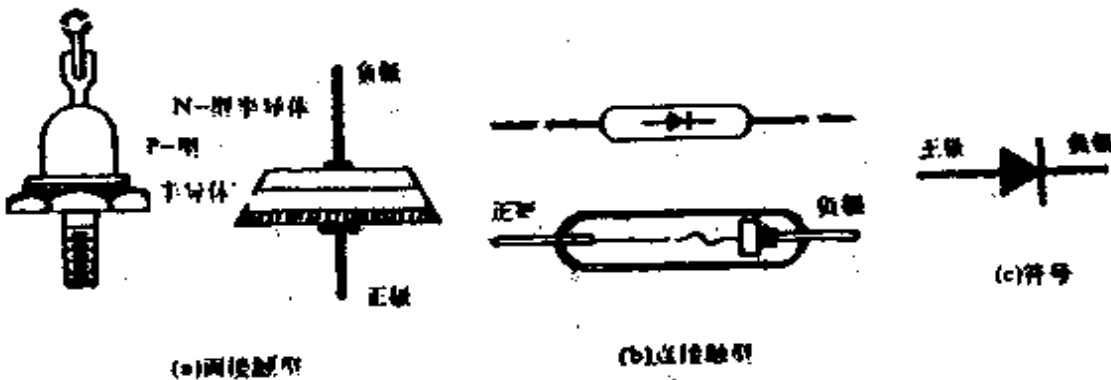


图 32

晶体二极管的外形如图 32 (a) 及 (b) 所示。其结构及符号如图 32 所示，它由 PN 结、管壳、电极引线（管脚）等组成。图 32 (b) 中所示晶体二极管符号左端叫做阳极（或叫

电工基本知识

正极), 右端叫阴极 (或叫负极)。在使用时, 阳极接电源正极, 阴极接电源负极, 符号箭头表示正向电流方向。按材料分有锗二极管和硅二极管; 按结构分有点接触型和面接触型; 按用途分有整流二极管、开关二极管、稳压二极管及光电二极管等。

晶体二极管的极性判别

通常根据晶体管管壳上标志的二极管符号来判别。如标志不清或无标志, 可根据二极管正向电阻小、反向电阻大的特点, 利用万用表来判别极性。具体方法是, 先将万用电表选择开关旋到 $R \times 100$ 或 $R \times 1000$ 档, 然后用表笔分别正向、反向来测量出二个电阻值, 一个约几百欧, 一个则为几百千欧。凡量出几百欧小电阻值的, 则与黑表笔相连的一端为正极, 另一端为负极。凡量出几百千欧大电阻值的, 则与红表笔相连为正极, 另一端为负极。见图 33 所示。

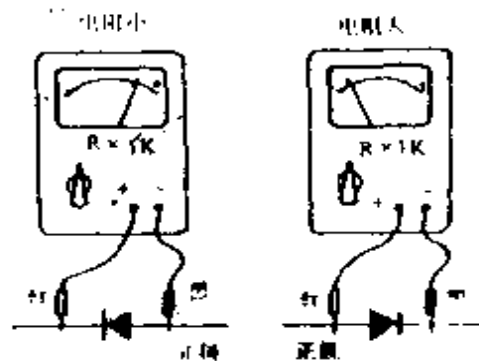


图 33

因为晶体二极管是单向导通的元件, 因此测量出来的正向电阻值与反向电阻值相差越大越好。如果相差不大, 说明二极

管性能不好或已损坏。如果测量时表针不动，说明二极管内部已断线。如果测出电阻为零，说明电极之间已短路。

晶体二极管的使用

按使用要求的不同，应注意下列主要方面：

(1) 接入电路前，必须判别二极管的极性，质量好坏，然后正确接入电路中，切不可错接极性。

(2) 识别二极管型号（查手册或产品目录）。必须注意二极管的正向电流和反向电压峰值不能超过手册中所允许的标准值。

(3) 整流二极管如需串联使用，以适应在高电压工作时，每个二极管应并联一个均压电阻，按每 100 伏峰值电压 70 千欧计算。如需并联使用以满足通过较大负载电流的要求时，每个二极管应串联 10 欧左右的均流电阻，防止个别元件过载烧坏。

(4) 大功率的二极管应加装散热器。

(5) 安装二极管时，应尽量将管子远离发热元件。

稳压二极管

稳压二极管也是一种晶体二极管，用来对电子电路起稳定电压作用。与一般二极管不同点是：当稳压二极管反接时（阳极接电源负极、阴极接电源正极时），不会被击穿而损坏，且工作在击穿区起稳压作用。稳压二极管的符号如图 34 所示。从图中稳压二极管的反向工作曲线可以看出，在击穿区（图中所示 A 点），反向电流可以在很大范围内变化，而稳定电压几

乎不变，利用这一特性，起到稳压作用。

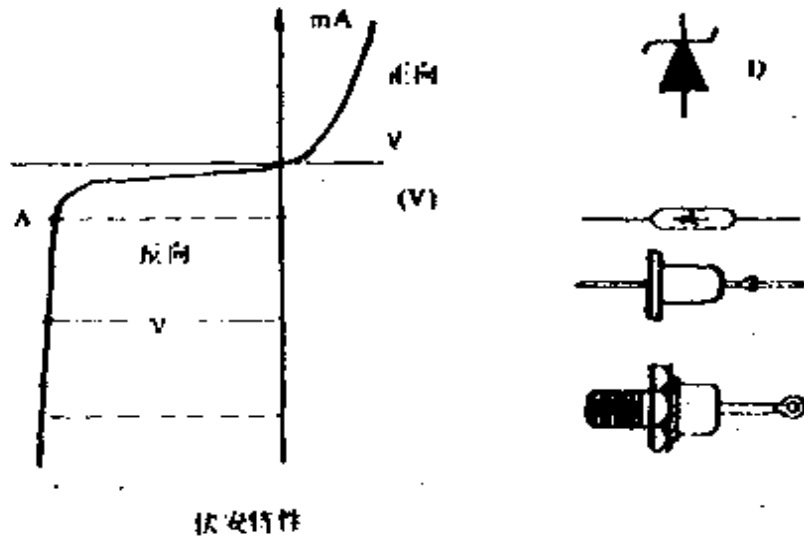


图 34

因稳压二极管工作在反向电压下，应注意极性不能接反。如果极性接错，造成电源短路，将产生过大电流烧坏二极管。环境温度要控制在 50°C 以下，温度每升高 1°C ，稳压管的最大耗散功率降低 $1\sim 2\%$ 使用。还要注意的是稳压管可以串联使用，但切忌并联使用。

光电二极管

光电二极管的结构和二极管相似，装在透明的玻璃外壳中，管中的 PN 结可以接受到光照。光电二极管在电路中是处在反向工作的，在没有光照时，其反向电阻很大，可达几兆欧。有光照时，光电二极管的反向电阻只有几百欧，反向电流约为几十微安。通常用在光电转换的自动控制仪器中。

晶体二极管整流电路

整流就是将交流电转变为直流电的过程。晶体二极管整流电路是利用二极管单向导电特性组成的整流电路，分为单相整流和三相整流两种。整流的形式又可分为半波整流和全波整流。一个完整的二极管整流电路应包括整流变压器。

稳压管主要参数

稳压管有四个主要参数：

(1) 稳定电压 U_z ，指在正常工作下管子两端的电压。它的允许范围在最小反向击穿电压与最大反向击穿电压之间。手册中所列都是在一定的条件下（温度、工作电流）的数值，但由于工艺方面原因，稳压值有一定分散性。例如 2CW18 稳压管的稳压值为 10~12 伏。

(2) 稳定电流 I_z ，只是作为一个参考数值，设计选用时要根据具体情况（工作电流的变化范围）来定。

(3) 耗散功率 P_z ，就是稳定电压 U_z 与稳定电流 I_z 的乘积。

(4) 电压温度系数 α_v ，为稳压管受温度变化的影响系数。

整流电路

(1) 单相半波整流电路：电路图如图 35 所示。根据二极管具有单向导电的特性，当二极管正极接电源正端，负极接电源负端，电源 U_2 正半周时电路立即有电流流过。反之电源 U_2

电工基本知识

负半周时则电路无电流，为不导通状态。因此在 R 电阻上得到单方向的脉动电压，把交流电变成直流电。这种单相半波整流电路的特点是电路简单，只需一个二极管元件，但整流出来的直流电压直流分量较小， U_R 约为 $0.45U_2$ 。

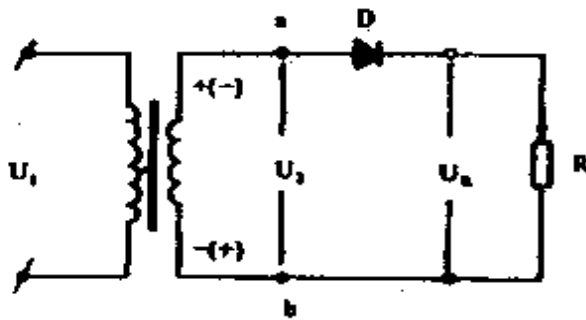


图 35

(2) 单相全波整流电路：它是由两个单相半波整流电路合起来组成的。在变压器次级引出大小相等，方向相反的两个电压 U_{2a} 、 U_{2b} ，当第一个二极管正极接电源正极， D_1 导通，这时第二个二极管 D_2 不通。当第二个二极管正极接电源正极， D_2 导通，这时第一个二极管又不通。这样轮流导通，在 R 电阻上得到两个单向半波的脉动电压，比半波整流的直流分量大一倍。其特点是电路所需二极管比半波多一倍，但脉动较小，输出电压 U_R 为 $0.9U_2$ 。因为变压器要中心抽头，比较麻烦，且二极管 D_1 和 D_2 承受的反向电压比半波的二极管要高。

(3) 单相桥式整流电路：如图 36 所示，它是由四个二极管接成的整流电路。当电源极性为上端正极下端负极时， D_1 与 D_3 导通， R 上有电流流过，得到一个半波整流电压。当电源极性为上负下正时， D_2 与 D_4 导通， R 上也得到一个半波整流电压。如此重复，在负载 R 上就能得到一个和单相全波

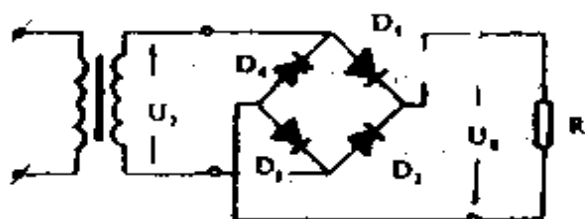


图 36

整流一样的电压，输出电压 U_R 为 $0.9U_2$ 。其特点为电路所需二极管比全波整流多一倍，但每个二极管承受的反向电压比全波小。

三相桥式整流电路

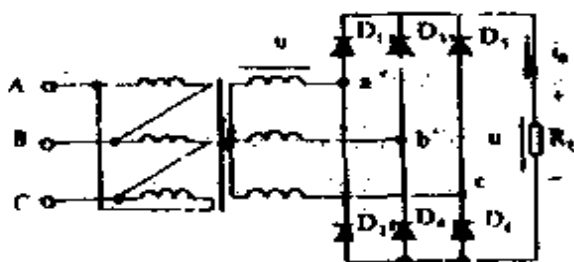


图 37

三相桥式整流必须用三相变压器，变压器的副边相电压分别为 U_a 、 U_b 、 U_c ，其电路如图 37 所示。

当电压在 $t_1 \sim t_2$ 时间内，a 相电压为正，b 相为负， D_1 、 D_4 导通，电流从 a 相出发经过 D_1 、R，再经过 D_4 回到 b 相，使 ab 间的线电压全加在 R 上。当电压在 $t_2 \sim t_3$ 时间内，a 相电压仍然为正，而 c 相电压为负，这时电流从 a 相出发，经过 D_1 、负载 R、 D_6 回到 c 相，使 ac 之间线电压加在 R 上。如此下去在 $t_4 \sim t_5$ 时间， D_3 与 D_2 导通， $t_5 \sim t_6$ 时间， D_5

与 D_2 导通， $t_6 \sim t_7$ 时间， D_3 、 D_4 导通，就使负载 R 得到一个平直较好的直流电压。见图 37 所示。

二倍压整流电路

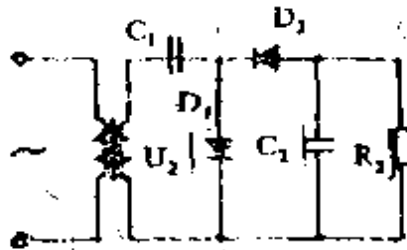


图 38

经过整流在输出端能得到高于输入端二倍的直流电压，这种整流电路叫二倍压整流电路，如图 38 所示。

当电源电压为正半周时，二极管 D_1 导通，电源对 C_1 充电， C_1 两端电压可充到 $2U_2$ 。当电源电压为负半周时， D_2 导通，电容 C_2 充电达到 $2U_2$ 。这说明输入交流电压幅值为 $2U_2$ ，则在负载 R 上可以得到二倍的直流电压 $2U_2$ 。

滤波电路

利用整流电路可以将交流电转化为直流电，但从得到的直流电压来看，往往含有相当的交流成分。在要求较高的电气设备中，如自动控制、仪表等，必须想办法削弱交流成分，而滤波装置就可以帮助改善脉动成分。

常用的滤波装置有电容和电感元件，因为这两种元件都具

有储能作用，故用来调节脉动成分，以使输出电压平滑。最常用的有电阻电容滤波如图 39 (a) 所示，电感滤波图 39 (b) 所示，为 L 型滤波，图 a 和 c 为 π 型滤波。

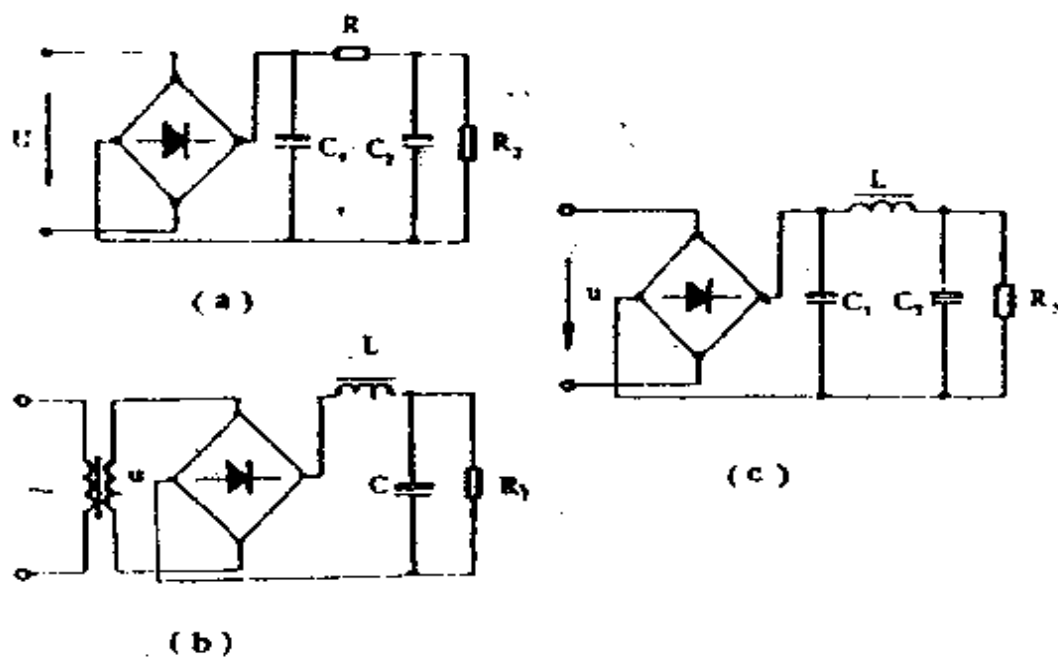


图 39

直流稳压电路

最简单的直流稳压电路是采用稳压管来稳定电压的。电路的接法如图 40 所示。交流电压经过桥式整流电路整流和电

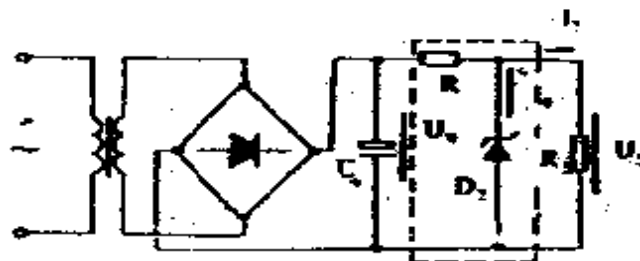


图 40

电工基本知识

容器滤波得到直流电压 U_0 。再经过电阻 R 和稳压管 D_2 组成的 L 型稳压电路，然后接到负载 R 上，这样负载 R 将得到一个较稳定的直流电压。

当电源电压发生波动时，输出电压也将随着发生变化。比如电源电压升高，则稳压管两端电压也相应增高。由于稳压管的反向击穿特性，当电压增高时，稳压管电流 I 增加很快，于是在 R 上的压降增加，使得输出电压保持不变。同时，如果负载电流变化，输出电压也变化，稳压管电流 I 显著增加，仍旧通过 R 上的电压变化进行调整，使输出电压不变。

晶体三极管

晶体三极管由两个 PN 结组成，它有三个电极引出，从两边分别引出发射极 e 和集电极 c ，从中间引出基极 b ，所以晶体三极管是具有三个极两个结的半导体元件。它分为 NPN 类型与 PNP 类型。

晶体三极管型号由四个字母和数字表示，例如 3AD8、3AX31、3DG6 等。其中：

第一个数字 3 表示三极管。

第二个字母表示材料和极性，如表 7 示：

表 7

字 母	A	B	C	D
材 料	硅		锗	
极 性	PNP	NPN	PNP	NPN

第三个字母表示器件类型：

X—低频小功率管

G—高频小功率管

D—低频大功率管

A—高频大功率管

K—开关管

第四个数字表示器件序号。

例如：3AD8 是表示 PNP 型低频大功率锗三极管。

晶体三极管接线方式

根据输出端和输入端、公共端的不同，分为三种基本接线方式：

(1) 共发射极接线。以发射极作为输入输出的公共端，多用在放大电路和开关电路中。如图 41 (a) 所示。

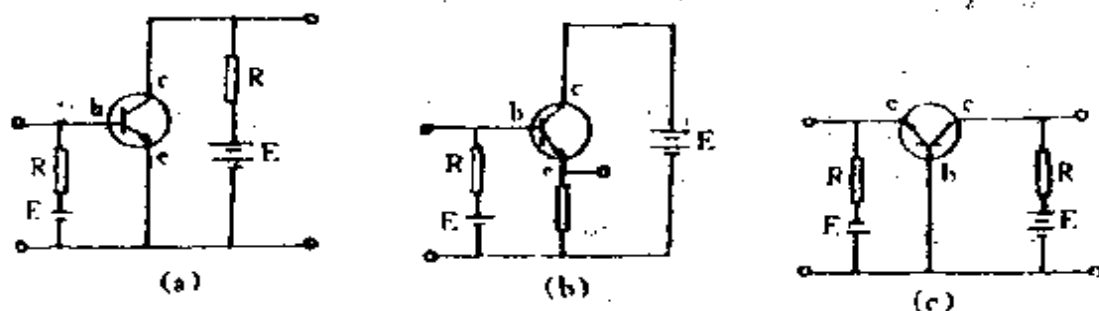


图 41

(2) 共集电极接线。也称为射极输出器，以集电极作为输入输出的公共端，多用来进行阻抗变换，如图 41 (b) 所示。

(3) 共基极接线。以基极作为输入和输出的公共端，多用在振荡电路和高频放大电路中。如图 41 (c) 所示。

晶体三极管主要参数

晶体三极管的主要参数有:

(1) 电流放大倍数 β 。它是衡量三极管放大能力的一个主要参数, 由集电极电流变化量与基极电流变化量的比值来表示, 即 $\beta = \frac{\Delta I_c}{\Delta I_b}$ 。 β 值约为 20~100 之间。 β 太高会使晶体管性能不稳定, β 太低会导致放大作用不好。

(2) 反向饱和电流 I_{cbo} 。它是当发射极开路时, 集电极与基极间的反向电流。这个数值要求越小越好。

(3) 穿透电流 I_{ceo} 。它是当基极开路, 集电极接反向电压, 发射极接正向电压时, 流过集电极的电流。这个数值越小越好。

三极管的放大倍数的检测

可以使用万用电表粗测。例如 NPN 管, 可将正表笔(红)接发射极, 负表笔(黑)接集电极, 用 $R \times 100$ 的欧姆档, 读取一个极间电阻值, 然后就在集电极与基极间接入一个 100 千欧的电阻, 再读极间电阻值。对两次电阻值进行比较, 二者相差越大, β 数值就越高。如果二者电阻值接近或相同, 说明管子已坏。

三极管的管型和管脚的判别

管型与管脚的判别方法如下:

(1) 管型判别。用万用电表 $R \times 1k$ 档, 正表笔(红)接

任一管脚，负表笔（黑）分别搭其余两管脚。若测出阻值都很小时（约在 1 千欧以下），则为 PNP 管型；若测得阻值均很大时（约为几百千欧），则为 NPN 型的三极管。

(2) 管脚判别。基极判别出来后，其余两个管脚不是发射极就是集电极。我们可以假定红表笔接的是集电极 c，黑表笔接的是发射极 e，用湿手指捏住 bc 两极。但不可使 bc 两极直接接触，读出阻值，然后将红黑二笔对调，进行第二次测试，将读数相比较。若第一次阻值小，则说明假定是正确的，红笔接的是集电极 c。测量时要注意，必须将万用电表放在欧姆档的 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 档上。

高频管低频管的判别

用万用电表 $R \times 1k$ 档。例如 NPN 管，要将正表笔（红）接基极，负表笔（黑）接发射极；这时阻值读数较大。然后再用 $R \times 10k$ 档测，如果阻值读数没有很大变化，则说明为低频管。如果阻值变小了，说明为高频管。

三极管是硅管还是锗管的判别

用万用电表 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 档，如是 PNP 管，正表笔（红）接基极，负表笔（黑）接任意一极，若表针指在表盘中间偏右位置，该管为硅管。如果表针位置在表盘右接近满刻度附近，则该管为锗管。

三极管好与坏的判别

电工基本知识

主要测量极间阻值来判断 PN 结的好坏。用万用电表 $R \times 100$ 档测发射极和集电极的正向电阻，如果测出都是低阻值，说明管子质量是好的。如果发现测出的阻值正向电阻非常大或者反向电阻非常小，说明管子已损坏。

可控硅整流元件

可控硅整流元件又称晶闸管，英文缩写为 SCR，是一种大功率硅半导体器件。它具有同半导体二极管相似的单向导电特性，但它的导通可以加以控制，所以说可控硅元件是具有可控的单向导电特性的整流元件。利用它的这种特性，可以组成各种不同功能的装置，如：

可控整流器——把交流电变换成大小可调的直流电；

逆变器——把直流电变换成交流电；

变频器——把一种频率的交流电变成另一种频率的或频率可调的交流电；

交流调压器——把有效值一定的交流电压变换成有效值可调的交流电压；

无触点开关——在控制系统中按需要实现通断切换。

由于可控硅整流元件具有耐压高、效率高、体积小、重量轻、无噪声且使用方便等特点，因而得到广泛应用。

可控硅有阳极、阴极和一个控制极。测量时可用万用表 $R \times 1k$ 档来测阳极和阴极的正反向电阻，表针应保持不动。控制极和阴极间是一个 PN 结，故可以用判别二极管的方法来测量。

可控硅与二极管不同，除具有一个阳极和一个阴极外，还有一个控制极。在正常情况下，可控硅要导通须同时具备两个

条件，一是它的阳极、阴极间加有正向电压，二是它的控制极、阴极间加入一个适当的正向触发电压。可控硅一经导通，加于控制极、阴极间的电压即使消失，它仍维持导通。要使它关断，必须将阳极、阴极间电压降低，使通过它的电流低于某一数值，或者在阳极、阴极间加以反向电压。因此，使用可控硅必须正确掌握其导通和关断方法。

可控硅整流元件的使用

可控硅整流元件过载能力低，在使用时要注意下列三点，以保证元件正常工作。

(1) 合理选择元件容量。选择可控硅元件不可过大，以免增加成本，也不能过小以致经常维修或更换。通常选择的足够余量约增大1.5倍。

(2) 注意提供良好的通风散热。元件使用必须符合规定中要求的散热条件。可以配用散热器，通风条件好的场所可采取自然冷却，通风不良的环境应采用强近冷风，或水冷散热。

(3) 防止控制极的正向过载和反向击穿。使用可控硅元件时，为了保证可靠的触发，往往配以触发电路以供给控制极足够的电压和电流，一般正向电压不超过10伏，反向电压不超过5伏，以免造成控制极电流过大被烧坏或电压过大被击穿。同时，在采用可控硅整流元件的电路中，都要备有过电流保护和过电压保护装置。

过电流保护

常用在可控硅整流电路中的过电流保护有快速熔断器。国

电工基本知识

产常用的快速熔断器有 RLS 系列（称为螺旋式），PSO 系列（插入式），还有 RSF 系列。亦可采用专门的电子保护装置。

过电压保护

过电压主要由于电路接通、断开时或电网电压波动时，电路内电磁能量一下子无法耗散引起的。通常的办法有增加阻容保护来吸收过电压能量，或采用硒堆保护来吸收过电压。有的则采用压敏电阻保护，这是一种半导体敏感陶瓷元件，它是利用尖峰过电压引起大的放电电流来抑制过电压的。

单结晶体管

单结晶体管又称双基极二极管。因为这只有一个 PN 结，所以通常称为单结晶体管。单结晶体管有二个基极和一个发射极，因此也是一个三极的半导体元件。将单结晶体管与电阻、电容元件适当组合可以构成可控硅触发电路。

利用万用表的 $R \times 1k\Omega$ 档，测任意两个管脚的正向电阻和反向电阻，直到测得的正反向电阻不变时，说明这两个管脚是二个基极（一般约在 $3k\Omega$ 到 $12k\Omega$ 之间），剩下的另一个管脚就是发射极。

低频放大器

低频放大器专门用来放大音频范围交流信号的，音频范围约在 20 赫到 200 千赫之间。实际应用中，往往采用多级组成，逐级将信号放大。例如常用的扩音器、话筒就是将信号源

经逐级放大到一定倍数推动扬声器工作的。

直流放大器

直流放大器是专门用来放大直流信号或频率很低的信号的。例如测量炉温的热电偶，就必须采用直流放大器将这类变化缓慢的信号逐级放大，达到测量的目的。

运算放大器

运算放大器是一种高放大倍数的直流放大器，用在测量装置和自动控制待方面。其特点为输入信号与输出信号之间可以有不同的数学运算关系。此种放大器，近来已利用三极管整套工艺制成集成电路定型生产。

传感元件

传感元件是能将信息或能量加以转换的敏感元件。它可以把位移、压力、温度、湿度、光敏、红外线等非电量转换为电量，以实现自动检测和控制各种物理量的变化过程。传感元件种类较多，有光敏、磁敏、热敏、压敏、湿敏和声敏元件等，在仪表、仪器和自动控制领域中大量使用。例如：MG41系列光敏电阻、3DV系列光电晶体管、MF系列热敏电阻等。

模拟电路和数字电路

电子电路分两类，一类是模拟电路，一类是数字电路，二

电工基本知识

者的不同在于它们处理的电信号不同。

模拟电路专门处理随时间连续变化的电信号，例如正弦信号。数字电路则专门处理随时间变化不连续的电信号，例如脉冲信号。脉冲信号的出现规律为“有”和“无”二种状态，在电路上表现就是开和关，因此数字电路又称为开关电路。

逻辑门电路

将电路的输入信号和输出信号形成一定的数字逻辑关系，然后利用电子元件二极管、三极管工作的开关状态来实现输入信号与输出信号的逻辑关系，这样组成的电路称为逻辑门电路。

有源滤波器

通常由电阻、电容和有感组成的滤波器，叫无源滤波器。如果再加入晶体管或运算放大器，组成的滤波器就成为有源滤波器。有源滤波器主要用于处理不同频率的信号，例如低频信号、高频信号、宽频带信号或窄频带信号。

晶体管振荡器

它是一种不需要外加信号，而靠自身电路产生交流信号的波形发生器。例如超声波加工设备、超声波探伤仪等都是利用振荡器原理制成的低频振荡器。

第三章 电工仪表与电工材料

直读指示仪表

常用于电工测量的有电流表、电压表、功率表、万用表、电度表、摇表等。按工作电流的不同，有直流仪表、交流仪表以及交直流两用仪表。

从仪表的工作原理来看，有下列六类直读指示仪表：

(1) 磁电式，又称动圈式。利用线圈位于永久磁铁中，当电流通过线圈时，通过指针偏转角来显示被测电流大小。常用的直流电压表、直流电流表、万用表都属于这一类型。

(2) 电磁式，又称动铁式。利用电流通过固定线圈产生磁场，使可动铁片转动，适用于交流和直流电量的测量。多用于配电板上电压或电流的指示。

(3) 电动式。备有两个线圈，一个固定线圈和一个活动线圈。当电流通过两个线圈时，相互作用使指针偏转。常用的功率表、频率表、相位表都属于这一类。交直流两用。

(4) 铁磁电动式。利用一组固定线圈制成电磁铁，使另一组可动线圈在磁场中偏转，如常用测量功率因数表。

(5) 感应式。利用铝盘在交变磁场中感应产生涡流，使指针受力偏转，多用在测量电能的电度表。

(6) 流比计。利用两个交叉线圈装置在同一轴上，当两线圈分别通入电流 I_1 、 I_2 时，该轴因电磁作用产生转动，其偏转角与 I_1 / I_2 比值有关，例如兆欧表。

测量误差的计算

现举例说明：有两个仪表，其中一个仪表标准等级为 1.0 级，另一个仪表标准等级为 2.5 级，利用这两个仪表同时去测量 220 伏的电源电压，测出的允许误差分别是：

(1) 1.0 级仪表为： $220 + (220 \times 1.0\%) = 222.2$ (伏)

$220 - (220 \times 1.0\%) = 217.8$ (伏)

1.0 级仪表允许误差为 217.8~222.2 伏

(2) 2.5 级仪表为： $220 + (220 \times 2.5\%) = 225.5$ (伏)

$220 - (220 \times 2.5\%) = 214.5$ (伏)

2.5 级仪表允许误差为 214.5~225.5 伏

可以看出：1.0 级仪表的误差范围允许为 4.4 伏。

2.5 级仪表的误差范围允许为 11 伏。

电压表和电流表的使用

电压表是用来测量任意两点的电压大小的，使用时将电压

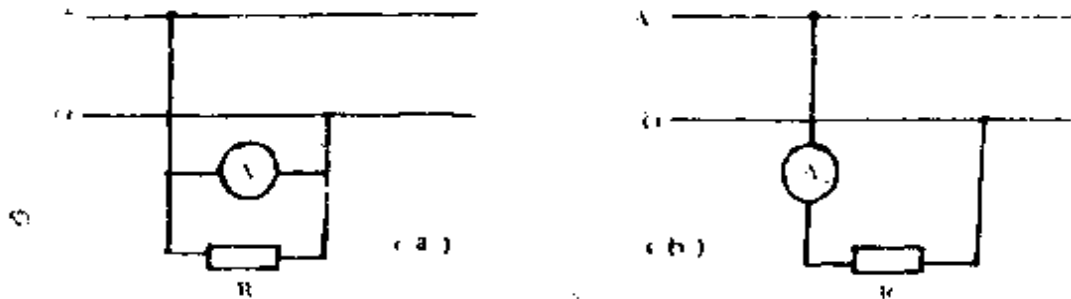


图 42

电压表和测量电路并联接入。如图 42 (a) 所示。如果错误地

最新实用电工技术与操作手册

串联接入，往往因电压表内阻很大，使测量电路不通，负载无法工作。同时在接入电压表时，应注意电压表的量程要大于被测电路的最大电压值。

电流表是用来测量电路中通过的电流大小，使用时将电流表串联接入测量电路中。如图 42 (b) 所示。如果错误地并联在负载两端，会因电流表内阻很小，形成短路而烧坏电流表。同时，在接入电流表时，要注意电流表的量程选择，可以先选用大量程进行试测，然后再接入合适的电流量程，以避免电流表因过载而损坏。

用电压表、电流表测量直流电阻

将电压表并接在被测电阻两端，同时将电流表串接入电阻回路，然后分别读取电压 U 和电流 I 的数值，依照欧姆定律^R $=\frac{U}{I}$ 求出未知电阻的数值。电压表与电流表接线有两种可能，如图 43 所示。

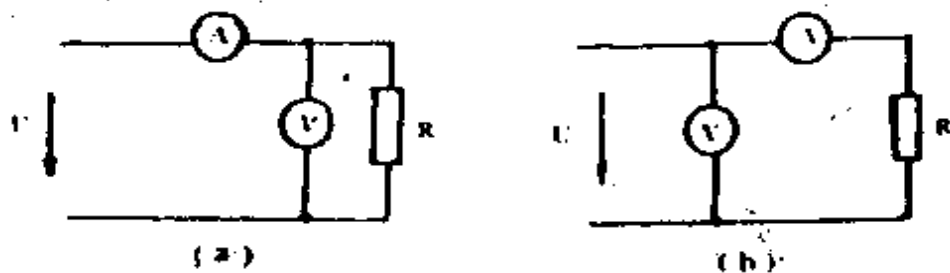


图 43

R 为被测电阻， r_A 为电流表内阻， r_Y 为电压表内阻。从

电工仪表与电工材料

图 43 (a) 看出, 电压表接在电流表的后面, 说明电流表的读数包括通过电压表的电流和被测电阻的电流之和, 因此适用于测量较小的电阻。从图 43 (b) 看出, 电压表接在电流表的前面, 说明电压表的读数包括了电流表的电压降和被测电阻的电压降之和, 因此适用于测量较大的电阻。

功率表接线法

功率表的电流线圈串接在电路中, 它的电压线圈并接在负载两端, 因此共有四个接线端子。在电压端子和电流端子上分别标有“*”号的标志, 接线时必须将标有“*”号的电流

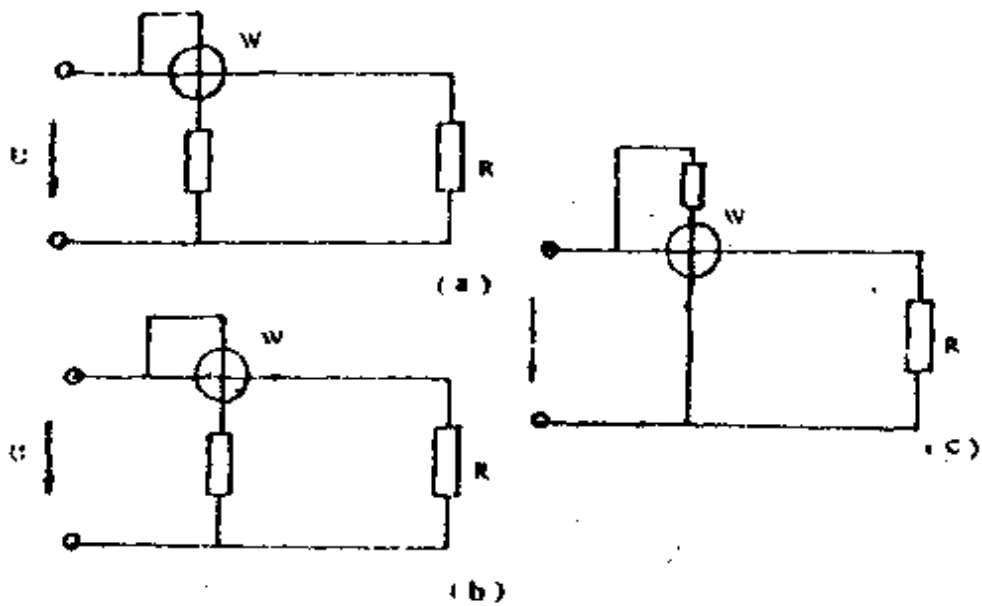


图 44

端子和标有“*”的电压端子连作一点共同接到电源端子上, 电流端子另一端与负载连接, 电压端子另一端则要跨接到负载另一端, 如图 44 (a) 所示。功率表常见的错误接线如图 44

(b) 所示, 必须加以避免。电流端子“*”号接到负载一端, 使功率表指针反转, 无法读数。又如图 44 (c) 所示, 电压端子“*”号接到负载另一端, 使功率表指针反转, 亦无法读数。

为了减少测量误差, 在接入功率表时, 必须考虑负载的大小, 如图 45 (a) 所示, 当负载大时, 仪表两端的电压等于负载电压加上仪表电流线圈的电压降, 由于负载大, 电压大部分落在负载上, 因而准确。又如图 45 (b) 所示, 当负载较小时, 仪表电流线圈的电流等于负载电流加上电压线圈的电流, 这时因负载较小, 电流大部分由负载流过, 从而能正确反映电路实际, 因此误差较小。

功率表的读数

如果功率表读数为 W 格, 被测功率的数值为: $P = CW$ (瓦)。

C 的单位是每格多少瓦。

计算公式: $C = \frac{U_n I_n}{W_n}$ 式中: W_n ——功率表标度尺的满刻

度的格数;

U_n ——选用电压线圈的额定值 (一般功率表电压有三档: 125 伏, 250 伏, 500 伏);

I_n ——选用电流线圈的额定值 (一般功率表电流有两档: 0.5 安, 1.0 安)。

电工仪表与电工材料

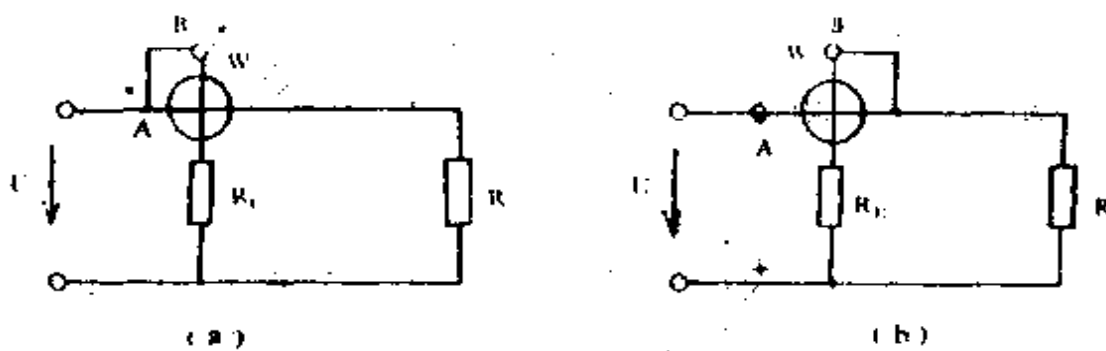


图 45

三相电路的功率测量

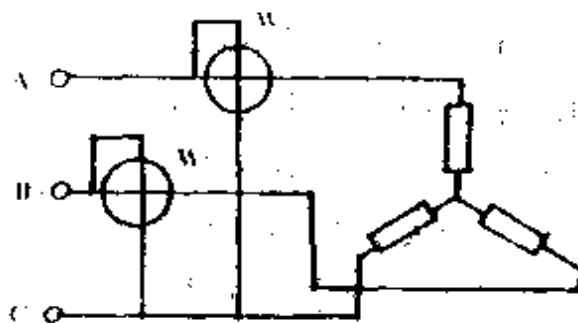


图 46

(1) 两瓦法。在三相三线制电路中，不论负载接成 Y 形或 Δ 形，也不论负载对称或不对称，都可使用两个功率表测量三相功率。如图 46 所示。

(2) 三瓦法。适用于三相四线制电路，负载不对称时，用三只单相功率表测量出三相各自功率值，如图 47 所示。

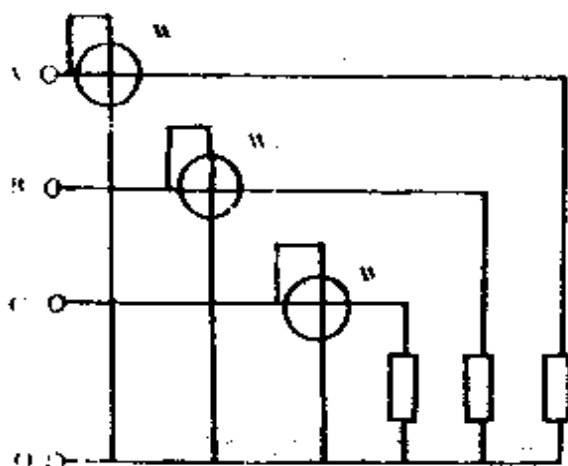


图 47

电度表

电度表是计量电能的仪表，也叫瓦特小时表，俗称火表。电度表分为单相电度表和三相电度表两大类。通常在使用电度表时，必须注意电度表的额定电压要与被测电路电压一致。电度表的额定电流必须稍大于被测电路的最大电流。此外，还要注意被测负载的性质，例如负载为白炽灯时，只要用 $P=UI$ ，就可直接算出被测电路的电流，其负载电流为 $I = \frac{P}{U}$ 。但若负载为日光灯时，考虑到感抗影响，必须将负载电流 I 按下式计算：

电工仪表与电工材料

$$I = \frac{P}{U \cos\varphi}$$

式中： $\cos\varphi$ ——功率因数（例如日光灯的 $\cos\varphi$ 取 0.5，电动机的 $\cos\varphi$ 约取 0.7 左右）

电度表接线法

单相电度表接线如图 48 所示。适用于低电压（200~380 伏）和小电流（10 安以下）。

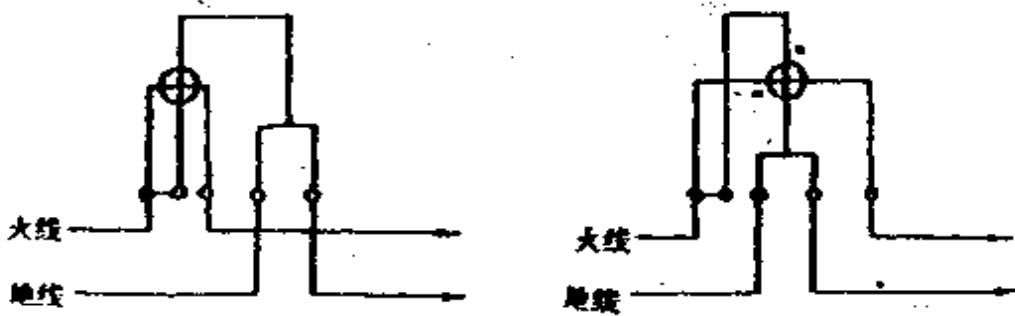


图 48

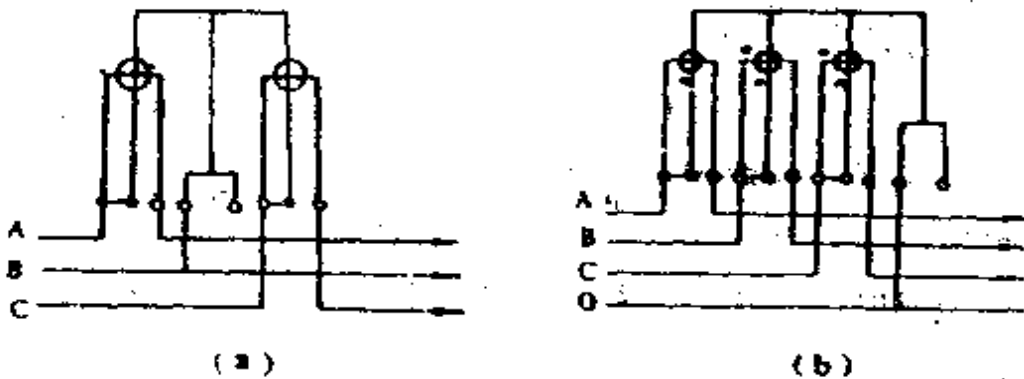


图 49

三相电度表接线如图 49 所示。可分为三相三线式和三相四线式两种接法。

在大电流和高电压的电路中，往往因仪表的容量小，不能直接接在电路中测量，必须通过互感器，使仪表能正确反映被测电压或电流的实际数值，接线方式分单相和三相两种，如图 50 所示。

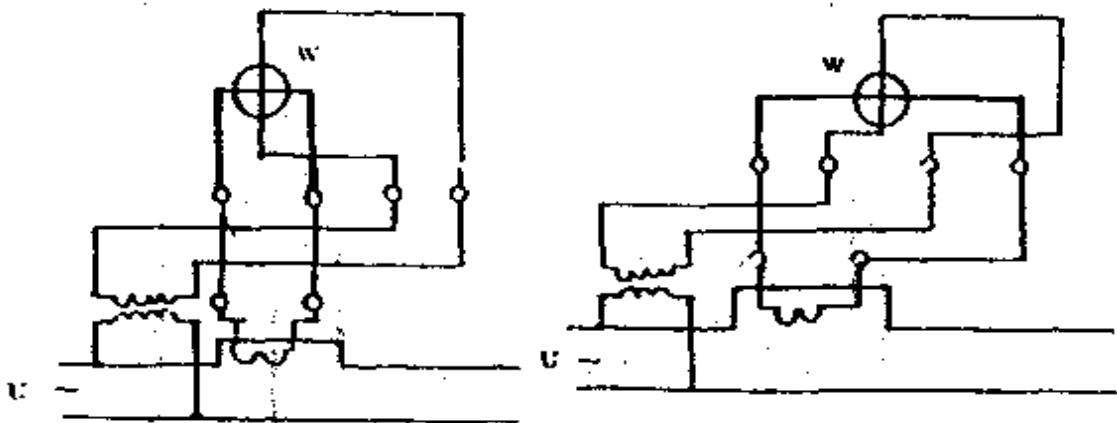


图 50

电压互感器

若被测电路的电压很高，在千伏以上，为了扩大电压表的量程，利用互感器把高电压降低再送入仪表进行测量，实际上互感器就是一个变压器，接线如图 51 所示。

一般电压互感器上都标有变压比，实测时，可按变压比进行换算。

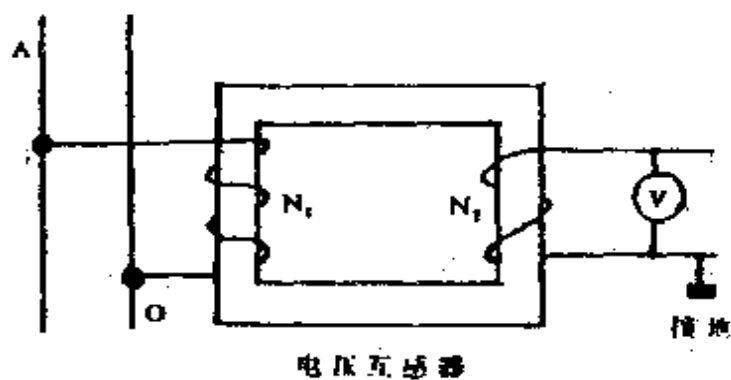


图 51

电流互感器

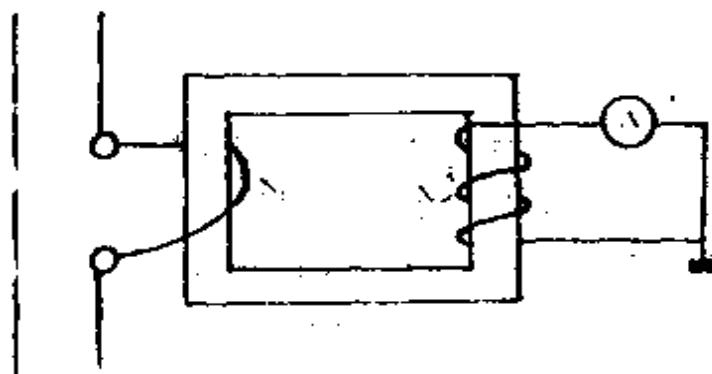


图 52

若被测电路的电流很大，有时在几十安以上，就使得仪表

的容量太小而不能直接串接在被测电路中去进行测量。

为了扩大电流表量程，利用互感器把大电流变为电流表能测量的小电流，实际上就是升压变压器，叫做电流互感器。接线如图 52 所示。

在仪表读数 and 实际数值之间，就出现倍数关系，可以按变流比进行换算。

电压互感器的使用

在选择电压互感器时要注意互感器上标明的变压比，如标明为 10000 伏 / 100 伏，说明初级电压为 10000 伏，因此在接入到被测电路中时，被测电压值不能超过 1000 伏。次级接入的电压表应配用量程为 100 伏的电压表。电压互感器初级和次级线圈都不允许短路，并且要接上保险丝进行保护。电压互感器的铁芯和次级线圈一端必须接地，以防发生人身事故。

两瓦法

用两个功率表去测量三相三线制电路功率的方法，叫做两瓦法。两瓦法接线如图 53 所示。

为了用两瓦法测量三相三线制电路的功率，根据两瓦法原理制造的二元三相功率表，使用时要注意两瓦法的接线特点。正确的接线方法是：（1）功率表的电流线圈可以任意选两条相线串接。（2）功率表的电压线圈输入端要和选择的两条相线配合接在电源端一侧，另外两个电压线圈端子共同接到没接电流线圈的相线上。

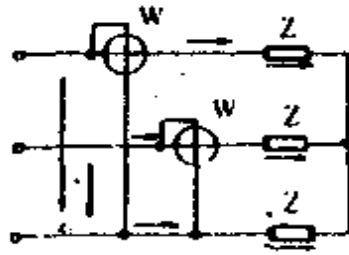


图 53

电度表的容量选择

通常按用电负荷的大小来决定电度表的容量大小。经实测得知：应以用电负荷等于电度表额定电流的 20~120% 来选择电度表容量。比如单相 220 伏照明负荷，每 1 千瓦约为 5 安，三相 380 伏动力负荷，每 1 千瓦约为 2 安作为估算电度表容量的参考。

例如：电度表容量 单相 220 伏（照明） 三相 380 伏
（动力）

安	千瓦	千瓦
3	<0.6	-
5	0.6~1	0.6~1.8
10	1~2	2.8~5

电度表使用

使用电度表应注意下列事项:

(1) 电度表接线较复杂, 接线前必须分清电度表的电压端子和电流端子, 然后按照技术说明书对号接入。对于三相电度表, 还必须注意电路的相序, 以避免电度表的错接引起错误指示。

(2) 电度表在额定电压、额定电流的 20~120%、额定频率 50 赫的条件下工作时, 才能保证标准准确度, 偏离以上条件, 误差增加。

(3) 电度表不宜在小于规定电流的 5%, 和大于额定电流的 15% 情况下工作。

(4) 停用半年以上的电度表应重新校准, 长期使用的电度表须 2~3 年校准一次。

(5) 电度表安装时, 要距热力系统 0.5 米以上, 距地面 0.7~2.0 米, 并且要力求垂直安装, 容许偏差不得超过 2°。

兆欧表

兆欧表又通称为摇表, 主要用于测量电气设备的绝缘电阻, 以判断电气设备的绝缘是否可靠。

常用的兆欧表大多为手摇发电整流式。国产型号有 ZC11、ZC25、ZC40 等型号。

兆欧表有三相接线柱: 一个为“L”, 一个为“E”, 还有一个为“G”(屏蔽)。测量电力线路或照明线路的绝缘电阻时, “L”接被测线路上, “E”接地线。测量电缆的绝缘电阻时, 为使

测量结果准确，消除线芯绝缘层表面漏电所引起的测量误差，还应将“G”接到电缆的绝缘纸上。

用兆欧表测量绝缘电阻

要注意以下几点：

- (1) 测量电气设备的绝缘电阻，必须先切断电源，遇到有电容性质的设备，例如电缆，线路必须先进行放电。
- (2) 兆欧表使用时，必须平放。
- (3) 兆欧表在使用之前先转动几下，看看指针是否在“∞”处，然后再将“L”和“E”两个接线柱短路，慢慢地转动兆欧表，查看指针是否在“零”处。
- (4) 兆欧表引线必须绝缘良好，两根线不要绞在一起。
- (5) 兆欧表进行测量时，以转动1分钟后的读数为准。
- (6) 在测量时，应使兆欧表转数达到120转/分。
- (7) 兆欧表的量限往往达几千兆欧，最小刻度在1兆欧左右，因而不适合测量100千欧以下的电阻。

接地电阻测定仪

专门用于测量电气接地装置和避雷接地装置的接地电阻大小的仪器，一般有0~10欧和0~1000欧两种。与兆欧表原理一样，在结构上由一个高灵敏的检流计和手摇发电机、电流互感器及滑线电阻组成。

钳形电流表

最新实用电工技术与操作手册

主要用于测量正在运行的电气线路中电流大小的仪器。常用的钳形电流表有 T301、T302 和 MG 系列。有的钳形电流表上装有测量电压的部分。

例如 T302 型 可测量电流 10、50、250、1000(安)

可测量电压 250、500 (伏)

使用方法：将正在运行的待测导线夹入钳形表铁芯窗口内，然后读取表头指针读数，如图 54 所示。

在测量电流时，注意电路上的电压要低于电表额定值，测好立即拨回零档。在测量小电流时，电流读数在电流表最小量程的 $1/2$ 以下，难以正确读出，可将被测导线在钳口中绕上几匝，读取电流值，然后将读取电流值除以匝数即得到被测导线的实际电流量。

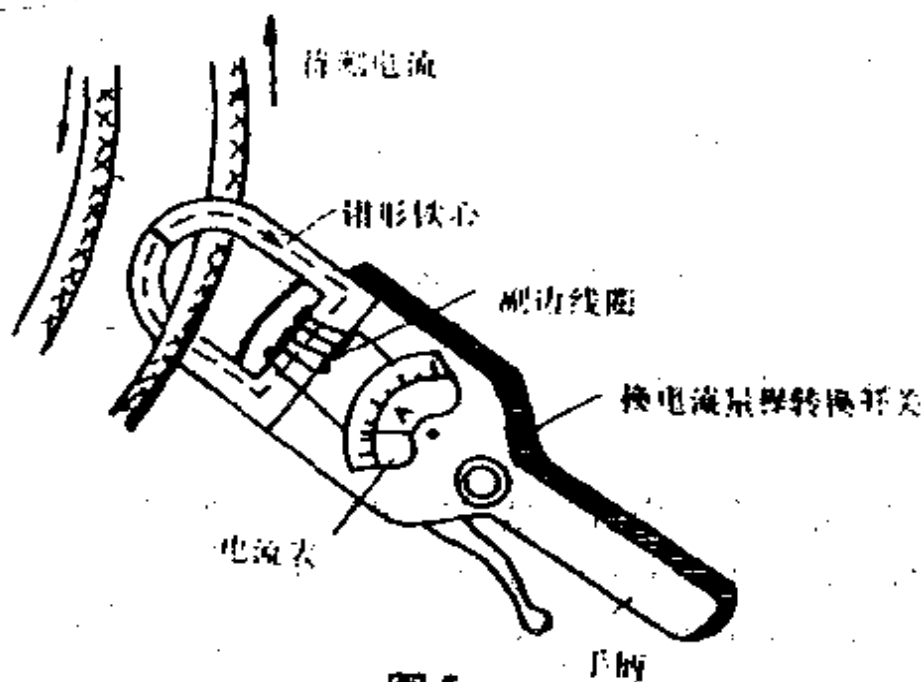


图 5.

因钳形电流表是直接用来测量正在运行中的电气设备，因此手持钳形表在带电线路测量时，要十分小心，不要去测量无绝缘的导线。当导线夹入钳口时，如发现振动或撞碰声

电工仪表与电工材料

时，要将仪表手把转动几下，或重新开合一次，直到没有噪声时才能读取电流值。每逢初测时，可先用最大电流档估测，然后再换到合适的量程进行正式测量读数。在每次换量程时，必须打开钳口，再转换量程开关。钳形电流表的钳口必须保持清洁、干燥。

万用表

万用表是电气工程中常用的多功能、多量程的电工仪表，一般万用表可以用来测量直流电压、直流电流、交流电压和电阻。它由表头、测量线路和量程开关三大部分组成。在电工测量中常用的万用表有 MF14、MF30、500 型三种，其特性见表 8；三种型号万用表的量程见表 9。

其中 MF14 万用表还可以测量交流电流。

表 8 常用万用表型号及特性 表 9 三种型号万用表的量程

型 号	直流电流	直流电压,伏	交流电压,伏	电 阻	备 注
MF14	1, 2.5, 10, 25, 100, 500 (毫安) 1.5 (安)	2.5, 10, 25, 100, 250, 500 1000	2.5, 10, 25, 100, 250, 500, 1000	10, 100 (千欧); 1, 10 (兆欧)	交流电流 2.5, 10, 25, 100, 250 (毫安), 1.5 (安)
MF30	50, 500 (微安) 5, 50, 500 (毫安) 安)	1.5, 25, 100, 500	10, 100, 500	4, 40, 400 (千欧) 4, 40 (兆欧)	
500 型	50 (微安); 1, 10, 100, 500 (毫安)	2.5, 10, 50, 250, 500, 2500	10, 50, 250, 500, 2500	2, 20, 200 (千欧) 2, 20 (兆欧)	

万用表的使用

万用表可用来测量直流电流、交直流电压以及电阻。现以常用的 MF30 型万用表为例，面板布置如图 55 所示。按需要测量的内容，将“转换开关”转到需测的档位上。

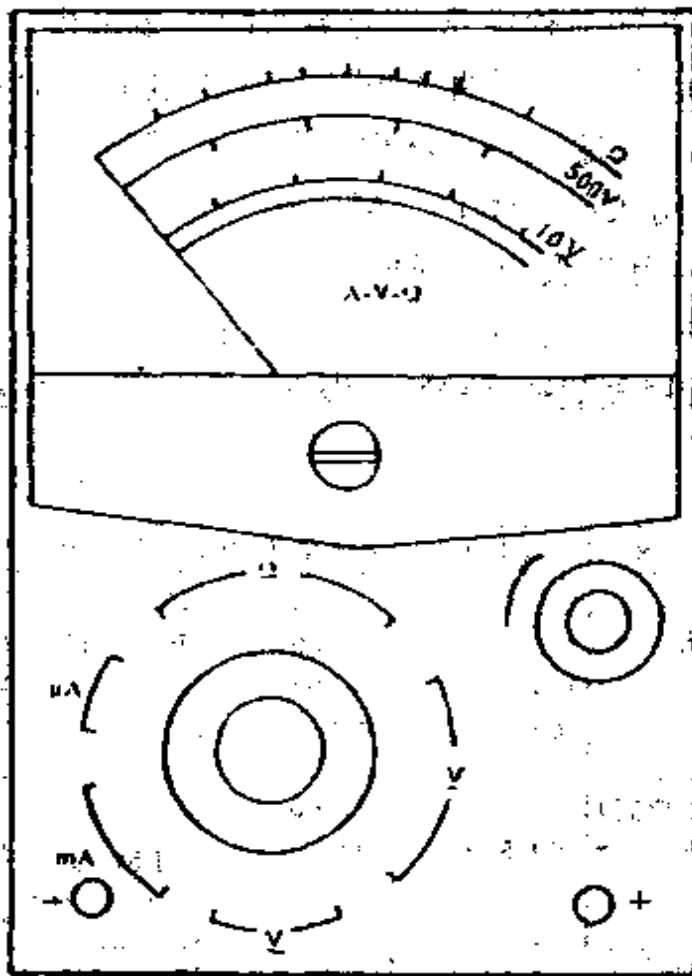


图 55

电工仪表与电工材料

先要校零。在使用万用表之前，应先检查指针是否在零位，如果不在零位，调整表面上的机械零位。

直流电压测量。转换开关位置指向“V”，如果事前不知道电压的大小时，应由大到小调节电压档位，然后读出数值。对于测量直流电压，必须判断电压的极性。表面上的“+”插口接被测电路的正极，“-”插口接被测电路的负极，千万不能接反。

交流电压测量。转换开关位置指向“V”。如果预先不知道电压的高低，应由高到低调节电压档位，直到指针停留在刻度盘中部位位置读出电压值。当测量交流电压在500伏以上时，要选用0~2500伏的高压测量插口。

电流测量。将转换开关拨向“mA”档位置上，然后注意把万用表串入被测电路中。如果万用表有交流电流测量功能时，则应将转换开关拨向“A”档。

电阻测量。将转换开关拨向“ Ω ”档位上，然后将两根表棒短接，旋动“ Ω ”调零旋钮，使表针在零欧上；如果表针指不到零值，说明表内电池的电不足，应更换新电池。表盘上刻有 $\times 1$ ， $\times 10$ ， $\times 100$ ， $\times 1k$ ， $\times 10k$ 的符号，表示倍率。测量电阻值时，表头读数和倍率的乘积就是被测电阻值，在测量电阻时，千万注意将电源拉断，一定要不带电测量才行。

因为万用表的选择开关与量程开关多，用途又广，所以在具体测量不同的对象时，除了要将开关指示尖头对准要测取的档位外，还要注意以下几点：

- (1) 万用表使用时，一定要放平、放稳。
- (2) 使用前调整零点，如果指针不指零应转动调零旋钮使指针调至“0”位。
- (3) 使用前选好量程，拨对转换开关的位置，每次测量都

最新实用电工技术与操作手册

一定要根据测量的类别（直流、交流、电压、电流、电阻），将转换开关拨到正确位置上，要成为习惯，决不允许拿起测棒盲目去测试。

(4) 测量电压或电流，如对被测的数量事先无数时，应选用最大量程档试测；如发现指针偏转太小，再逐步转换到合适量程进行实测。

(5) 测量电阻时，先将转换开关转到电阻档位上 (Ω)，把两个表棒接一起，再旋转“ Ω ”的调零旋钮使指针指零欧。

(6) 测量直流电压、电流时，要注意测棒红色为“+”，黑色为“-”。一方面插入表孔要严格按红、黑插入表孔的“+”、“-”；另一方面接入被测电路的正、负要正确。如果一时不清楚可以试测。办法是选用大的量程，将两表棒快速接在被测电路上，快接快离，如发现指针顺转，说明接对了，反之，将两表棒极性调换。

(7) 在测量 500~2500 伏电压时，特别注意量程开关要转换到 2500 伏，先将接地棒接上负极，后将另一测棒接在高压测点，要严格检查测棒、手指和脚下是否干燥，采取绝缘措施，以保安全。

(8) 测量读数时，要看准所选量程的标度线，特别是测量 10 伏以下小量程电压档。读取刻度读数要仔细。

(9) 不要带电拨动转换开关。

(10) 尽量训练一只手操作测量，另一只手不要触摸被测物。

(11) 每次测量完毕，应将转换开关拨转到交流电压最大量程位置，避免将转换开关拨停在电流或电阻档，以防下次测电压时忘记改变转换开关而将烧坏。

用万用表来检查电容器的好坏

利用电容器的充电原理。方法是：将万用表转换开关拨到电阻档的 $R \times 1000$ 档上，表棒接电容器，这时表针产生左右摆动，摆动越大，说明电容量越大。有时会摆动到接近零值，又慢慢退回停留在某一位置上，停留点的电阻量就是电容器的漏电电阻。判断电容的好坏，就是看这个电阻值的大小，这个电阻越大越好，最好是无限大。如果接上电容器表针不动，说明电容器内断开。如果接上电容器表针摆动到零不再退回，说明电容器已击穿。当电容器在 $0.01 \sim 1$ 微法时，需将万用表转换开关拨向 $R \times 10k$ 档，重复以上测试。当电容器小于 0.01 微法时，就要改用另外办法测试。

电桥

精密测量电阻的一种比较仪表。它的灵敏度高，准确度也高。电桥分为直流电桥和交流电桥两大类。常用来测量电阻的为直流电桥。国产直流电桥为 QJ 系列，例如 QJ-23、QJ-26 型二种最为适用。QJ-23 型电桥是专门用来测量精密电阻用的，测量范围 $10 \sim 10^6$ 欧，误差小于 $\pm 0.2\%$ ，是一种单电桥，又称惠斯登电桥。

QJ-26 型为双电桥，也是专门测量精密电阻的。与单电桥不同处是测量小电阻时更为精确，测量范围 $0.0001 \sim 1.0$ 欧，被测电阻越小，精密程度越高。又称凯尔文电桥。

正确使用电桥应注意以下几点：

- (1) 选择电桥，要使电桥的精度略高于被测电阻的精度。
- (2) 估测被测电阻大小。先用万用表粗量，然后选择桥臂

比率，最好使桥臂各档充分利用。例如 QJ-23 型应使测试结果为四位数，以提高精确度。

(3) 测量时，先将“电源按钮”按下锁住（如 QJ-23 型直流单电桥的按钮 B），然后按下电流计按钮（如 QJ-23 型直流单电桥的按钮 G）。若电流计指针正向偏转，逐步加大比较臂电阻，如果反向偏转，逐步减小，直到调节电流计指针为零。

(4) 测量感性元件的电阻时，如变压器线圈，应先按下电源按钮，稍等片刻再按电流计按钮。停止测量时，先放开电流计按钮，后放开电源按钮，以避免电源的突然断开和突然接通产生的自感电势把电流计损坏。

(5) 测量电容性元件的设备，要注意先放电再测量。

(6) 电桥使用完毕，必须随手将电流计锁住，防止震坏。

(7) 凡是被测电阻在 0.1 欧以下的小电阻，必须选用直流双电桥进行测量。双电桥测量被测电阻是用 4 根导线，连接线要选用较粗导线，接头处要紧密，以减少接触电阻。

示波器、双踪示波器

能将被测电信号的波形显示，满足定性定量分析的测量仪器。有光线示波器与电子示波器两大类。

光线示波器是一种光笔式记录仪，将波形逐点记录在纸上，便于阅读。常用于变电所电压、电流、频率的记录。常用的 SC16 系列光线示波器，记录速度：0.25 毫米/秒（最小），5000 毫米/秒（最大）。

电子示波器可显示小信号的变化，多用于电子电路的测试。常用的 325 型简易示波器，具有 DC~2 兆周的频带宽度和 50 毫伏/厘米垂直灵敏度。可对被测信号波形的电压幅度

进行定量测定，同时对被测信号波形上任意两点的时间参数进行定量测量。

在测量电信号时，有时需要同时观察两个电信号的波形。这往往借助于双线或双踪示波器来显示，其结构与单踪示波器（即示波器）相似，只是将两套独立电子枪的两束电子束同时射到同一屏幕上，显示出两个波形来。例如常用的 SR8 双踪示波器等。

数字式仪表

数字式仪表是将被测的模拟量转换成数字量，然后用十进制荧光数码管或液晶显示出来。它具有数字显示、测量精度高、测量速度快、灵敏度高等优点。它是综合了电子技术和微计算机技术的最新成果发展起来的新颖仪表。电工用的数字式仪表主要有数字式电压表和数字式万用表。例如常用的 PZ 型和 PF 型数字电压表以及常见的 2215 袖珍式数字万用表和 2210A 台式数字式万用表等。








最新实用电工技术与操作手册

表 10 电工测量仪表常用符号表

名 称	符 号	名 称	符 号
安培 安 毫安 微安 千伏 伏 毫伏 微伏 兆瓦 千瓦 瓦 兆伏安 千伏安 库仑 毫库仑 微库仑 法 法拉	kA A mA μ A kV V mV μ V MW kW W MVar kVar C mCb μ F pF	欧姆 千欧 兆欧 千欧 兆欧 微欧 相位角 功率因数 无功功率因数 ϕ 亨 毫亨 微亨 摄氏温度	Var MHz kHz Hz M Ω k Ω Ω m Ω $\mu\Omega$ ϕ cos ϕ sin ϕ H mH μ H C

电工仪表与电工材料

表 11 常用指示仪表类型和应用范围

名 称	标志符号	准确度等级	测量范围		消耗功率	过载能力	制成仪表类型	应 用 范 围
			电压, 安	电压, 伏				
磁电系		0.1	$10^{-1} \sim 10^3$	$10^{-1} \sim 10^2$	<100 毫瓦	小	A、V、Ω、M、 检流计和形表	直流电表且与多种变换器配合扩大使用范围, 作比率表
电动系		0.1	$10^{-2} \sim 10^2$	1~10 ²	较大电系 大, 略小于 电动机系	大	A、V、Hz、 cosφ 同步表、 相形表	用于 50 赫~5 千赫安培式电表及一般实验室用文(其)流表
电动系		0.1	$10^{-2} \sim 10^2$	1~10 ²	较大	小	A、V、W、Hz、 cosφ 同步表	用于 50 赫~10 千赫作交流量标准表及一般实验室用表
铁磁电系		0.2	$10^{-2} \sim 10^2$	$10^{-1} \sim 10^2$	较小	小	A、V、W、 Hz、cosφ	用于工业, 主要作安培式电表
感应系		0.5	$10^{-1} \sim 10^2$	10~10 ⁴	较小	大	主要用于电压表	用于工业, 测量交流电路中电能
整流系	有效值 平均值 	1.0	$10^{-1} \sim 10^2$	$10^{-2} \sim 10^2$	小	小	A、V、Ω、 cosφ、Hz、万用表	作万用表, 频率从 50 赫~5 千赫
电子系		1.0		$5 \times 10^{-2} \sim 5 \times 10^2$	较小		A、V、Ω、Hz、 cosφ	在弱电线路中应用 频率 <10 ³ 赫

裸导线

裸导线按各种用途可分为以下几种:

(1) TRJ 型裸铜软绞线。可供连接电机、电气设备部件用,其最小截面为 10 毫米²,最大截面可达到 500 毫米²。

(2) TJ 型铜绞线,主要供架空线路输送电能用。最小截面为 10 毫米² (7/1.33);最大截面为 400 毫米² (37/3.66)。

(3) LJ 型铝绞线。适用于架空电力线路。截面范围 10~600 毫米²。

(4) LGJ 钢芯铝绞线。适用于架空电力线路。截面范围 10~400 毫米²。

(5) LGJQ 轻型钢芯铝绞线。适用于架空电力线路。截面范围 150~700 毫米²。

(6) LGJJ 加强型钢芯铝绞线。适用于架空电力线路。截面范围 150~400 毫米²。

(7) LMY 型铝母线。普遍用于开关柜汇流排和发电机引出线。其抗拉强度不小于 1.2 兆帕 (12 公斤/毫米²),伸长率不小于 3%。在温度为 20℃ 时,电阻率不大于 0.02900 欧·毫米²/米,电阻温度系数为 0.00403 (1/℃)。常用规格有:40×4、40×5、50×5、50×6.3、3×6.3、80×6.3、100×6.3、80×8、100×8、100×10。

(8) TMY 型铜母线。用途与 LMY 相同。其电阻率在温度为 20℃ 时,不大于 0.01790 欧·毫米²/米,电阻温度系数为 0.00385 (1/℃)。常用规格与 LMY 相同。

(9) BM-25 型保护式母线。它是一种以组装插接方式引接电源的新型配线装置。主要用于工厂企业、多层建筑、实验

电工仪表与电工材料

楼等场所，作为三相四线制供电系统中额定电压为 380 伏、最大负荷电流为 25 安的电力和照明线路。该母线可以水平式垂直安装，亦可靠墙固定式悬挂安装。该母线由母本体（长度为 2 米、3 米两种）、电源连接器、中间连接器、端面封盖、电源插座、刚性夹具、侧装与吊装夹具、出线盒等部件组成。母线本体内有 4 根导电铜排，每根截面为 6 毫米²，母线本体上每间隔 1 米，设有供出线盒连接用的插座。

(10) BM-100 型保护式母线。它与 BM-25 型有相同的配线装置，专供额定电压 380 伏、额定电流 100 安的三相四线制配电系统传输电能用。主要适用于机床密集车间、产品多变车间、超净车间、电气仪表和设备较多的试验室，以及老企业改造、高层民用建筑、引进工程装配线等场所。该母线由母线本体、进线盒、出线盒（配有自动开关）、插座盒（装有 RT 型熔断器 20 安 3 只，10 安 1 只及 380 伏 10 安单相三孔插座 6 只，380 伏 15 安三相四孔插座 2 只）、吊装或侧装夹具等组成。母线本体内有 4 根铜排，长度模数为 2 米和 3 米两种，母线外壳用不锈合金铝防护，表面经氧化处理，造型美观、安全可靠。使用环境：海拔不超过 2500 米，周围介质温度不高于 40℃、不低于 -25℃，空气相对湿度不大于 90%，无冲击、无爆炸危险介质和无腐蚀气体等。

(11) TCY 圆型铜电车线和 TCG 双沟型铜电车线。适于工厂矿山作交通运输机车供电线路用。

绝缘电线

常用的绝缘电线有以下几种：聚氯乙烯绝缘电线；聚氯乙烯绝缘软线；丁腈聚氯乙烯复合物绝缘软线；橡皮绝缘电线；

农用地下直埋铝芯塑料绝缘电线；橡皮绝缘棉纱编织软线；聚氯乙烯绝缘尼龙护套电线；电力和照明用聚氯乙烯绝缘软线。

聚氯乙烯绝缘电线

聚氯乙烯绝缘电线通常称为塑料线。主要供各种交直流电气装置、电工仪表、电讯设备、电力及照明装置配线用。其线芯长期允许工作温度不超过 65°C ，敷设环境温度不低于 -15°C 。

按芯线数及排列方式，绝缘电线可分单芯（一芯）；二芯平型线；二芯及三芯绞型线；二芯及三芯平型护套线。各种线的排列型式、芯数及标称截面见表 12。

表 12 电线排列型式、芯数及标称截面

芯数	排列型式	标称截面,毫米 ²				
		BV	BLV	BVV	BLVV	BVR
1		0.03~185	1.5~185	0.75~10	1.5~10	0.75~50
2	平型	0.03~10	1.5~10	—	—	—
2,3	绞型	0.03~0.75	—	—	—	—
2,3	平型	—	—	0.75~10	1.5~10	—

聚氯乙烯绝缘软线

除了BVR型聚氯乙烯绝缘软线以外，常用的聚氯乙烯绝缘软线还有RV、RVB、RVS、RVV型，该系列电线主要供各种交流、直流移动电器、电工仪表、电气设备及自动化装置接线用。其线芯长期允许温度不超过65℃；安装环境温度不低于-15℃，截面为0.06毫米²以下的电线，只适用于低压设备内部接线。型号、名称、排列型式及芯线数见表13。

表13 RV、RVV、RVB、RVS聚氯乙烯绝缘软线

型号	名称	排列型式	芯数
RV	铜芯聚氯乙烯绝缘软线		1
RVV	铜芯聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套软线		2、3、4、5、6、7、10、12、14、16、19
RVB	铜芯聚氯乙烯绝缘平型软线	平型	2
RVS	铜芯聚氯乙烯绝缘绞型软线	绞型	2

丁腈聚氯乙烯复合物绝缘软线

丁腈聚氯乙烯复合物绝缘软线简称为复合物绝缘线。RFB 型为复合物绝缘平型软线，RFS 型为复合物绞型软线，主要供交流 250 伏以下和直流 500 伏以下的各种移动电器、无线电设备和照明灯座接线用。最小标称截面为 0.12 毫米^2 (7/0.15)，最大标称截面为 2.5 毫米^2 (77/0.2)。

橡皮绝缘电线

橡皮绝缘电线有 BXF 型、BLXF 型、BXR 型、BLX 型和 BX 型。各种型号及名称见表 14。该系列电线简称橡皮线，供交流 500 伏以下、直流 1000 伏以下的电气设备和照明装置配线用。线芯长期允许工作温度不超过 65°C 。BXF 型氯丁橡皮线具有良好的耐老化性能和不延燃性，并有一定的耐油、耐腐蚀性能，适用于户外敷设。

表 14 BXF、BLXF、BXR、BLX 及 BX 型橡皮线

型号	名称	芯数	截面范围、毫米 ²
BLXF	铝芯氯丁橡皮线	1	2.5~95
BXF	铜芯氯丁橡皮线	1	0.75~95
BXR	铝芯橡皮软线	1	0.75~400
BLX	铝芯橡皮线	1	2.5~400
BX	铜芯橡皮线	1	0.75~500

橡皮绝缘棉纱编织软线

橡皮绝缘棉编织软线有 RXS 型和 RX 型两种。RXS 型是橡皮绝缘棉纱编织双绞软线；RX 型是橡皮绝缘棉纱总编织软线，有二芯和三芯两种。这些编织软线，应用于交流 250 伏以下，直流 500 伏以下的室内干燥场所、各种移动日用电器、家用电子设备、照明灯头、灯座与电源之间的连接用。最小标称截面为 0.2 毫米² (12/0.15)，最大标称截面为 2.0 毫米² (64/0.20)。

聚氯乙烯绝缘尼龙护套电线

聚氯乙烯绝缘尼龙护套电线的型号是 FVN。它是一种铜芯镀锡聚氯乙烯绝缘尼龙护套电线，用于交流 250 伏以下、直流 500 伏以下的低压线路中，线芯的长期允许工作温度为 -60 ~ 80℃，在相对湿度为 98% 的条件下使用，环境温度应小于 45℃。最小标称截面为 0.3 毫米²，最大标称截面为 50 毫米²。

电力和照明用聚氯乙烯绝缘软线

电力和照明用聚氯乙烯绝缘软线采用各种不同的铜芯线（截面从 0.5 ~ 2.0 毫米²，芯线数有单芯、二芯、三芯、四芯、五芯），绝缘及护套能耐酸、碱、盐和许多溶剂的腐蚀，能经得起潮湿及霉菌的作用，并具有阻燃性能，同一护套内的芯线制成多种颜色，有利于接线操作和区别线路。

这类产口以标记号来划分，标记号及名称见表 15。同一

最新实用电工技术与操作手册

标记号的电线按芯线截面大小又可分成几种不同规格，详见表16。

表15 标记号及名称

标记号	名 称
21	单芯聚氯乙烯绝缘无护套内接线用软线
23	两芯绞合聚氯乙烯绝缘无护套内接线用软线
24	两芯平型聚氯乙烯绝缘软线
25	两芯方型平行聚氯乙烯绝缘软线
26	两芯平型聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套轻型软线
27	两芯圆型聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套轻型软线
28	三芯圆型聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套普通软线
41	两芯平型聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套普通软线
42	两芯圆型聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套普通软线
43	三芯圆型聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套普通软线
44	四芯圆型聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套普通软线
45	五芯圆型聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套普通软线

电工仪表与电工材料

表 16 标记号、截面、线径及外形尺寸

标记号	标称截面	根数/直径 毫米	最大外形尺寸 毫米	近似净重 公斤/千米
2103	0.5	16/0.20	Φ2.5	9
2104	0.75	24/0.20	Φ2.8	12
2105	1.0	32/0.20	Φ2.2	15
2303	2×0.5	16/0.20	2×2.5	19
2304	2×0.75	24/0.20	2×2.8	25
2305	2×1.0	32/0.20	2×2.9	31
2403-2	2×0.5	28/0.15	3.0×6.0	23
2404-2	2×0.75	42/0.15	3.2×6.4	29
2503	2×0.5	28/0.15	2.9×5.4	24
2504	2×0.75	42/0.15	3.2×5.9	30
2603	2×0.5	16/0.20	3.6×5.6	29
2604	2×0.75	24/0.20	3.9×6.2	36
2703	2×0.5	16/0.20	Φ5.6	32
2704	2×0.75	24/0.20	Φ6.2	40
2803	2×0.5	16/0.20	Φ5.9	41
2804	2×0.75	24/0.20	Φ6.6	50
4104	2×0.75	24/0.20	4.6×7.1	45
4204	2×0.75	24/0.20	Φ7.1	50
4205	2×1.0	32/0.20	Φ7.4	57
4206	2×1.25	40/0.20	Φ8.4	71
4207	2×1.5	30/0.25	Φ8.4	76
4208	2×2.5	50/0.25	Φ10.3	110
1304	3×0.75	24/0.20	Φ7.5	64
1305	3×1.0	32/0.20	Φ7.8	71
1306	3×1.25	40/0.20	Φ9.1	95
1307	3×1.5	30/0.25	Φ9.1	120
1308	3×2.5	50/0.25	Φ11.2	160
1404	4×0.75	24/0.20	Φ8.2	79
1405	4×1.0	32/0.20	Φ8.8	95
1407	4×1.5	30/0.25	Φ10.2	132
1408	4×2.5	50/0.25	Φ12.2	200
4504	5×0.75	24/0.20	Φ9.1	99
4505	5×1.0	32/0.20	Φ9.5	115
4507	5×1.5	30/0.25	Φ11.3	164
4508	5×2.0	50/0.25	Φ13.6	248

耐热电线

耐热电线共有以下几种：BV-105、BLV-105 型聚氯乙烯绝缘电线；RV-105 型聚氯乙烯绝缘软线；工业热电偶补偿电线；氟塑料绝缘耐热电线；AVRT 型耐热聚氯乙烯绝缘安装线。

BV-105 型称为铜芯耐热 105℃ 聚氯乙烯绝缘电线；BLV-105 型称为铝芯耐热 105℃ 聚氯乙烯绝缘电线。该系列电线供交流 500 伏以下、直流 1000 伏以下的电工仪表、电讯设备、电力及照明配线用。适用于温度较高的场所。线芯长期允许工作温度不超过 105℃。排列型式及芯数见表 17。

表 17 BV-105、BLV-105 型排列型式及芯数

芯数	排列型式	截面范围, 毫米 ²	
		BV-105	BLV-105
1		0.03~185	1.5~185
2	平型	0.03~10	1.5~10
3	绞型	0.03~0.75	—

RV-105 型聚氯乙烯绝缘软线适用于温度较高的场所，供交流 250 伏及以下各种移动电器接线用。芯线长期允许工作温度不超过 105℃，标称截面从 0.012 毫米² 起至 9 毫米² 止。

工业热电偶补偿导线

工业热电偶补偿导线的型号、名称、用途及种类见表

电工仪表与电工材料

18、19:

表 18 工业热电偶补偿导线的型号、名称及用途

型号	名 称	用 途
BCBB	玻璃丝包编织浸漆耐温补偿导线	供温度不超过 150℃ 场所, 固定敷设用
BCXM	橡皮绝缘棉纱编织浸漆保护层补偿导线	供温度不超过 60℃ 场所, 固定敷设用
BCVV	聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯保护层补偿导线	供温度不超过 60℃ 干燥或潮湿场所, 固定敷设用
BCVM	聚氯乙烯绝缘棉纱编织浸漆保护层补偿导线	供温度不超过 60℃ 干燥场所, 固定敷设用
BCFB	氟塑料绝缘玻璃丝保护层补偿导线	供高温不超过 150℃ 场所, 固定敷设用
BCFF	氟塑料绝缘氟塑料保护层补偿导线	供高温不超过 200℃ 场所, 固定敷设用

注: 柔软型导线在型号后加“R”, 屏蔽型在型号后加“P”。

表 19 工业热电偶补偿导线种类表

导线种类	正 极		负 极		往复电阻, Ω (20℃, 毫米 ² /米)	所配用热电偶
	材料	绝缘着色	材料	绝缘着色		
FU	铜	红	康铜	蓝	0.684	镍铬-镍硅(铂)
EA	镍铬	红	考铜	黄	1.25	镍铬-考铜
LB	铜	红	铜镍	绿	0.0484	铂铑-铂
WL	铜	红	铜镍	黑	0.0484	铂铑 ₁₀ -铂铑 ₂₀

工业热电偶补偿导线用于连接热电偶与测量显示仪表，可以减少由于测量线路产生的二次电势所造成的测量误差。在各个工业与科研部门中都广泛采用这种补偿导线。

氟塑料绝缘耐热线

氟塑料绝缘耐热线有 AF-200 型、AFP-200 型、AF-250 型和 AFP-250 型，各种型号及名称见表 20。

表 20 氟塑料绝缘耐热线的型号及名称

型 号	名 称
AF-250	镀银铜芯聚四氟乙烯绝缘安装线
AFP-250	镀银铜芯聚四氟乙烯绝缘屏蔽安装线
AF-200	镀锡或镀银铜芯氟塑料-46 绝缘安装线
AFP-200	镀锡或镀银铜芯氟塑料-46 绝缘屏蔽安装线

氟塑料绝缘耐热线用于电子计算机配线，高温 250℃ 以下飞机用安装电线、高温控制用电线、地下探测用电线，化工厂耐化学腐蚀及低温 -60℃ 条件下使用的电线。

AF-250 和 AFP-250 型电线线芯的长期允许工作温度为 60~250℃；AF-200 和 AFP-200 型电线线芯的长期允许工作温度为 60~200℃。

屏蔽电线

屏蔽电线有以下几种：聚氯乙烯绝缘屏蔽电线；PVNP

型聚氯乙烯绝缘尼龙护套屏蔽电线；FNP-105 聚氯乙烯绝缘尼龙屏蔽护套线；AVP 型聚氯乙烯绝缘屏蔽安装电缆；AFSP 型微小型二芯屏蔽线和 AVRTP 型耐热聚氯乙烯绝缘安装电线。

聚氯乙烯绝缘屏蔽电线

供交流 250 伏以下的电器、仪表、电讯电子设备及自动化装置中屏蔽线路之用。

BVP-105、RVP-105 型电线线芯的长期允许工作温度不超过 105℃，其它型号不超过 65℃，安装温度不低于-15℃。

PVNP 型聚氯乙烯绝缘尼龙护套屏蔽电线适用于交流 250 伏以下或直流 500 伏以下低压线路接线用。使用温度为-60~80℃，最小标称截面为 0.2 毫米²，最大标称截面为 16 毫米²。

FNP-105 型聚氯乙烯绝缘尼龙屏蔽护套电线，适用于交流 250 伏以下低压线路接线用。使用温度为-60~105℃，最小标称截面为 0.2 毫米² (19 / 0.12)，最大标称截面为 3 毫米² (49 / 0.28)。有单芯、两芯绞型和三芯绞型。

AVP 型聚氯乙烯绝缘屏蔽安装电缆供交流 380 伏以下或直流 500 伏以下的电讯设备连接用。使用温度为-40~60℃，芯数有 1、3、5、7、12、14，标称截面有 0.12、0.2、0.35、0.75 毫米²。

AFSP 型微小型二芯屏蔽线是供电子计算机、小型元件中耐高温连接导线用，使用温度为-60~250℃，相对湿度 98% (40℃ 时) 以下。标称截面为 2×0.035 毫米² (7 / 0.08)，最大外径 1.6 毫米。

AVRTP 型耐热聚氯乙烯绝缘安装线供交流 250 伏、直流

500 伏的电器仪表和电讯设备线路用。使用温度为 $-40\sim 105^{\circ}\text{C}$ ，安装温度不低于 -15°C ，标称截面从 $0.06\sim 1.5$ 毫米²。

电力电缆

电力电缆有以下几种：聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套电力电缆；交联聚乙烯绝缘电力电缆；通用橡套软电缆；橡皮绝缘电力电缆；油浸纸绝缘铅包电力电缆；可控型电焊机电缆和电焊机电缆；非铠装电力和照明聚氯乙烯绝缘电缆。

聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套电力电缆

聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套电力电缆适用于交流 50 赫、额定电压 6 千伏以下固定敷设的输配电线路。其芯线的长期允许工作温度不超过 65°C ，电缆的敷设的温度不低于 0°C ，电缆的弯曲半径应不小于电缆外径的 10 倍。电缆型号及主要用途见表 21。

**表 21 聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套电力
电缆型号及主要用途**

型 号		名 称	主要用途
铝芯	铜芯		
VLV	VV	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
VLV ₂₃	VV ₂₃	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
VLV ₃₃	VV ₃₃	聚氯乙烯绝缘、聚氯乙烯护套内细钢丝铠装电力电缆	敷设在室内、矿井中，能承受机械外力作用，并能承受相当的拉力
VLV ₄₃	VV ₄₃	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
VLV ₅₃	VV ₅₃	聚氯乙烯绝缘、聚氯乙烯护套内粗钢丝铠装电力电缆	敷设在井内、矿井中，能承受机械外力作用，并能承受较大的拉力
VLV ₆₃	VV ₆₃	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

交联聚乙烯绝缘电力电缆

交联聚乙烯绝缘电力电缆供 50 赫、电压 6~35 千伏输配电用。电缆在环境温度不低于 0℃ 的条件下敷设时，无需预先加温，其性能不受敷设水平差限制。敷设时弯曲半径不小于电缆外径的 10 倍。

电缆运行温度：(1) 6~10 千伏电缆线芯长期允许工作温度不得超过 90℃；20~35 千伏电缆不得超过 80℃。(2) 线芯

最新实用电工技术与操作手册

短期过载工作温度不得超过 130°C （全年累计不得超过 100 小时）。(3) 线芯短路温度不得超过 250°C 。

这种电缆的耐热性能、电性能均为比较好，而且不受敷设高差限制。价格比聚氯乙烯绝缘的电缆贵一些。电缆型号及主要用途见表 22。

电工仪表与电工材料

表 22 交联聚乙烯绝缘电力电缆型号及主要用途

型 号		名 称	主 要 用 途
铝芯	铜芯		
YJLV	YJV	交联聚乙烯绝缘、聚氯乙烯护套电力电缆	敷设在室内、沟道中及管子内,也可埋设在土壤中,不能承受机械外力作用,但可经受一定的敷设牵引
YJLVF	YJVF	交联聚乙烯绝缘、分相聚氯乙烯护套电力电缆	(同 YJLV、YJV)
YJLV ₂₀	YJV ₂₀	交联聚乙烯绝缘、聚氯乙烯护套内钢带铠装电力电缆	敷设在土壤中,能承受机械外力作用,但不能承受大的拉力
YJLV ₃₀	YJV ₃₀	交联聚乙烯绝缘、聚氯乙烯护套内细钢丝铠装电力电缆	敷设在室内、隧道内及矿井中,能承受机械外力作用,并能承受相当的拉力
YJLV ₃₅	YJV ₃₅	交联聚乙烯绝缘、聚氯乙烯护套内细钢丝铠装电力电缆	敷设在水中或具有落淤较大的土壤中,能承受相当的拉力
YJLV ₅₀	YJV ₅₀	交联聚乙烯绝缘、聚氯乙烯护套内粗钢丝铠装电力电缆	敷设在室内、隧道内及矿井中,能承受机械外力作用,并能承受较大的拉力
YJLV ₅₅	YJV ₅₅	交联聚乙烯绝缘、聚氯乙烯护套内粗钢丝铠装电力电缆	敷设在水中,能承受较大的拉力

通用橡套软电缆

通用橡套软电缆为供连接各种移动式电气设备线路用的铜芯橡皮绝缘护套软电缆。电缆线芯长期允许工作温度为 65°C 。电缆型号及主要用途见表 23。

表 23 通用橡套软电缆型号及主要用途

型号	名称	主要用途
YQ	轻型橡	连接交流电压 250 伏以下轻型移动电气设备
YQW	套电缆	连接交流电压 250 伏以下轻型移动电气设备,具有耐气候和一定的耐油性能
YZ	中型橡	连接交流电压 500 伏以下各种移动电气设备
YZW	套电缆	连接交流电压 500 伏以下各种移动电气设备,具有耐气候和一定的耐油性能
YC	重型橡	连接交流电压 500 伏以下各种移动电气设备,能承受较大的机械外力作用
YCW	套电缆	连接交流电压 500 伏以下各种移动电气设备,能承受较大的机械外力作用,具有耐气候和一定的耐油性能

橡皮绝缘电力电缆

橡皮绝缘电力电缆适用于交流 50 赫、500 伏及以下固定敷设的配电线路中。电缆线芯的长期允许工作温度应不超过 65°C ，敷设温度不低于 -15°C ，弯曲半径不小于电缆外径的 10 倍。电缆型号、名称及主要用途见表 24。

表 24 橡皮绝缘电力电缆型号、名称及主要用途

型 号		名 称	主 要 用 途
铝芯	铜芯		
XLV	XM	橡皮绝缘、聚氯乙烯护套电力电缆	敷设在室内隧道及管道中,不能承受机械外力作用
XLF	XF	橡皮绝缘、氯丁护套电力电缆	敷设在室内隧道及管道中,不能承受机械外力作用
XLV ₂₂	XV ₂₂	橡皮绝缘、聚氯乙烯护套内钢带铠装电力电缆	敷设在地下,能承受一定机械外力作用,但不能承受大的拉力

油浸纸绝缘铅包电缆

油浸纸绝缘铅包电力电缆的型号有 ZQ、ZLQ、ZQD 和 ZLQD, 是供给交流 35 千伏以下的电力线路输配电用, 其中 ZQ、ZLQ 型为粘性油浸纸绝缘 (ZQ 为铜芯、ZLQ 为铝芯), ZDQ、ZLQD 型为不滴流纸绝缘 (ZQD 为铜芯、ZLQD 为铝芯), 其敷设条件如下:

(1) 当环境温度低于 0℃ (不滴流电缆不低于 10℃) 敷设时, 电缆无需预先加温。

(2) 电缆无特殊装置 (如塞止式接头盒) 时, 线路的最高与最低点之差 (水平差) 不大于: 电压 1~3 千伏无铠装电缆为 20 米; 1~3 千伏有铠装电缆为 25 米; 6~10 千伏为 15 米; 20~35 千伏为 5 米。不滴流电缆适用于落差大的线路。

(3) 电缆的弯曲半径不小于电缆外径的 25 倍 (单芯)。多

芯电缆的弯曲半径不小于电缆外径的 15 倍。

可控型电焊机电缆

电焊机电缆一般采用 YH、YHL 型，供电焊机二次侧与电焊钳连接之间。额定工作电压为 220 伏，芯线长期允许工作温度为 65℃。可控型电焊机电缆的型号是 YHK-250，它是连接电焊机二次侧与电焊钳之间的软电缆，电缆中备有焊机控制及 36 伏电源线。电缆线芯长期允许工作温度为 65℃，标称截面有 16、25、35、50、70、85 毫米²。

非铠装电力和照明用聚氯乙烯绝缘电缆

这种电缆适用于交流 450~750 伏和 300~500 伏及以下的电气设备、仪表、建筑工程、电讯装置、电力及照明线路等固定敷设用。适用于导体负载温升不超过 70℃，短路时导体最高温度不超过 160℃ 的场所。电缆使用温度为 -30~70℃，敷设温度不低于 -15℃，这种电缆采用各种不同的铜线芯绝缘及护套结构，能耐酸、碱、盐和许多溶济的腐蚀，能经得起潮湿和霉菌的作用，并具有阻燃性。线芯有多种颜色，便于接线识别。

控制电缆

控制电缆有以下几种：

(1) KVV、KLVV、KYV、KLYV、KYVD、KLYVD 系列塑料绝缘控制电缆。

电工仪表与电工材料

(2) KXV、KLXV、KXF、KXVD 系列橡皮绝缘控制电缆。

(3) KXHF 系列橡皮绝缘非燃性橡套控制电缆。

(4) PVV、PYV、PYGV、PVG V 型塑料绝缘塑料护套信号电缆。

KVV、KLVV、KYV、KLYV、KYVD、KLYVD 系列塑料绝缘控制电缆。

上述系列塑料绝缘控制电缆，适用于固定敷设，供交流 500 伏或直流 1000 伏以下配电装置中仪表、电器控制电路连接之用，也可供连接信号电路作为信号电缆用。线芯长期允许工作温度为 65℃，敷设温度不低于 -10~ -20℃，变曲半径不小于电缆外径的 10 倍。

KXV、KLXV、KXF、KXVD 系列橡皮绝缘控制电缆

上述系列橡皮绝缘控制电缆，适于固定敷设，供交流 500 伏或直流 1000 伏以下配电装置中仪表、电器及控制电路连接之用。线芯长期允许工作温度不超过 65℃，电缆敷设时环境温度不低于 -15℃。电缆变曲半径应不小于电缆外径的 10 倍。

橡皮绝缘非燃性橡套控制电缆

橡皮绝缘非燃性橡套控制电缆的型号是 KXHF。这种电

缆供交流 500 伏或直流 1000 伏以下的配电装置中连接电器和仪表线路用。线芯长期允许工作温度不超过 65℃，环境温度不低于-40℃的条件下使用。敷设温度不低于-15℃。线芯标称截面有 0.75、1.0、1.5、2.5、4、6、10 毫米²，芯数有 4、5、6、7、8、10、14、19、24、30、37 共 11 种。

PVV、PYV、PVGv、PYGV 型塑料绝缘塑料护套信号电缆

该系列电缆供电压不大于 500 伏的铁路信号联锁、火警信号、电报及各种自动装置接线用。线芯的长期允许工作温度不超过 65℃，电缆在环境温度不低于-40℃条件下使用，在不低于 5℃敷设时不用加温。电缆线芯截面为 0.75 毫米²，芯数有：2、3、4、5、6、7、10、14、19、24、30、37、44、48 共 14 种。

电缆附件

常用的电缆附件有：电缆终端接线盒，电缆中间接线盒，连接管及接线端子，钢薄板接线槽，电缆桥架。

电缆终端接线盒

电缆终端接线盒分户外型及户内型，起绝缘、密封、导体连接的作用。

(1) WTG-512 户外单相电缆终端接线盒。适用于 35 千伏纸绝缘（铝包或铅包）或交联聚乙烯绝缘，截面为 50~300

毫米²铜芯或铝芯电力电缆。

(2) WD 系列鼎足式电缆终端接线盒。按壳体大小分 4 种规格，适用于 1~10 千伏三芯和四芯、截面为 16~240 毫米²铜芯或铝芯纸绝缘（铝包或铅包）或橡塑绝缘的电力电缆。

(3) WG 系列户外倒挂式铸铁电缆终端盒。按壳体大小分两种规格，适用于 6~10 千伏、截面为 10~240 毫米²（铜芯、铝芯）的铝包、铅包、橡皮、塑料护套等电力电缆，不宜用于大型热电站、化工厂、煤矿附近和经常有浓雾的工业区、海拔 1000 米以上以及强烈震动场所。

(4) NTN 系列户内电缆终端盒。适用于油浸纸绝缘、干绝缘及橡皮、塑料绝缘、铝包、铅包皱纹钢管和塑料护套的电力电缆。箱体采用尼龙制作，按芯数、电压和截面等分 7 种规格。终端盒只能安装在无强酸工业气体的户内，敷设位差不大于 20 米。

(5) NS 系列扇形户内终端接线盒。按壳体大小分两种规格，适用于 1~10 千伏三芯、截面为 16~240 毫米²（铜芯、铝芯）的纸绝缘（铝包或铅包）、橡皮绝缘电力电缆。这种接线盒的密封性能好，适用于落差大、密封性能要求高的场所。

(6) 户内干包电缆接线盒。这是一种采用聚氯乙烯软护套、聚氯乙烯软管、聚氯乙烯绝缘带、尼龙绳组成的完整密封系统。它具有体积小、轻巧、施工简便、密封性能好的特点，适用于 3 千伏以下油浸纸绝缘电缆的户内终端接头上。

(7) NTH 型户内冷浇环氧电缆终端盒。这种终端盒采用预制外壳、环氧冷浇注剂、自粘性胶带或环氧涂料等材料组装成。其特点是电气性能好，有一定的机械强度，装件体积小、材料省，是一种优良的电缆终端型式。其工作温度为 50~100℃，可适用于恶劣环境中。

电缆中间接线盒

电缆中间接线盒是电缆与电缆中间连接用的一种装置，起导体连接、绝缘、密封和保护作用。常用的型式有以下几种：

(1) LB 系列整体式地下电缆中间接线盒。按盒体大小分 4 种规格。适合于 1~10 千伏双芯、三芯和四芯、截面为 4~240 毫米² 的铅包、铝包、皱纹钢管，以及橡皮塑料护套等电力电缆在隧道敷设和地下直埋条件下连接电缆用。

(2) LBT 系列对接式铸铁电缆接线盒。按盒体大小分四种规格，可供 1~10 千伏三芯和四芯、截面为 2.5~240 毫米² 的铝包、铅包、皱纹钢管以及橡皮或塑料护套等各种电力电缆作为隧道敷设和地下直埋式条件下连接之用。

(3) LS 型地下中间接线盒。可供 10 千伏以下、截面为 10~300 毫米² 的铝包、铅包油浸纸绝缘电力电缆，作为地下直埋的电缆中间连接之用。盒体为铸铁。

连接管

连接管又称为压接管，采用局部压接工艺将电缆或电线连接起来。常用型号是 GT 及 GL 两种。GT 型连接铜导线用，GT 型连接铝导线用，适用截面为 16~240 毫米² 的圆形、扇形及半圆形线芯。GT 型有 16、25、35、50、70、95、120、150、185、240、300、500 共 12 种规格；GL 型有 16、25、35、50、70、95、120、150、185、240 共 10 种规格。

铜铝过渡排

铜铝过渡排是供制造变压器及输配电系统中铜与铝过流连接用。规格从 $4 \times 30 \sim 12 \times 120$ 共18种规格，供连接不同截面的铜、铝排之用。

铜铝接线端子

铜铝接线端子是供铝芯线（电线或电缆）连接铜接线端子用。适用截面 $10 \sim 240$ 毫米²的扇形、圆形及半圆形铝线，采用局部压接法连接。

钢薄板接线槽

钢薄板接线槽适于大厦、公寓、广场、车站、医院和工矿企业等现代化建筑物，作为各种电器连接和布线用。接线槽由镀锌薄钢板冲压制成，分直线槽、直通接驳头、单弯头、三通弯头四种型式。

电缆桥架

电缆桥架适用于一般工矿企业室内外架空敷设电力电缆、控制电缆。亦可用于电讯、广播及电视等部门在室内外架空敷设电缆。

电缆桥架采用薄钢板冲压成型。全部零件均采用镀锌或塑料喷涂处理，因而抗腐蚀性能好。由于电缆架空敷设还可以克

最新实用电工技术与操作手册

服直埋、电缆沟及隧道等敷设方式中存在的静电爆炸、介质腐蚀等弱点。

由于电缆桥架的主要零件都作到了标准化、通用化，故选材、安装及维修都比较方便。

漆包铜线

漆包铜线是由单股铜丝涂绝缘漆膜而成，用于制造电机、电器、仪表线圈及中、高频线圈。

电工仪表与电工材料

表 25 常用漆包线技术特性

型 号	名 称	特 性
Q	油性漆包圆铜线	耐汽油, 强度较差
QQ	高强度聚乙烯醇缩醛漆包圆铜线	机械强度高, 耐苯
QZ	高强度聚酯漆包圆铜线	耐热性能好, 耐苯
QZY	高强度聚酯-亚胺漆包圆铜线	耐热性能好, 耐苯
WD	高强度聚酰胺-亚胺漆包圆铜线	耐高温, 耐冷冻, 耐辐射
QY	耐高温聚酯亚胺漆包圆铜线	耐高温, 耐溶剂, 耐辐射

表 26 常用漆包铜线的耐热等级

型 号	绝缘材料耐热等级	环境温度 40℃ 时允许温升, ℃
Q	A	65
QQ	E	80
QZ	B	90
QZY	F	115
WD	H	140
QY	C	140 以上

表 27 常用铅熔丝技术性能

直径,毫米	截面,毫米 ²	近似英规线号 SWG	额定工作电流,安	熔断电流,安
0.08	0.005	44	0.25	0.5
0.15	0.018	38	0.50	1.0
0.20	0.031	36	0.75	1.5
0.22	0.038	35	0.80	1.6
0.25	0.049	33	0.90	1.8
0.28	0.062	32	1.00	2.0
0.29	0.066	31	1.05	2.1
0.32	0.080	30	1.10	2.2
0.35	0.096	29	1.25	2.5
0.36	0.102	28	1.35	2.7
0.40	0.126	27	1.50	3.0
0.46	0.166	26	1.85	3.7
0.52	0.212	25	2.00	4.0
0.54	0.229	24	2.25	4.5
0.60	0.283	23	2.50	5.0
0.71	0.400	22	3.00	5.0

铜丝的熔断电流

可以用铜丝来做熔丝，只是同样截面的铜丝与铅熔丝相比，其熔断电流要大得多。铜丝的额定工作电流及熔断电流见表 28。

铜板、铜带（条）

常用铜材有紫铜板（条）、普通黄铜板、紫铜带、普通黄铜带，其规格范围见表 29。

电工仪表与电工材料

表 28 常用铜丝的额定电流及熔断电流

直径,毫米	截面,毫米 ²	近似英规线号 SWG	额定工作电流,安	熔断电流,安
0.214	0.043	34	1.7	9.4
0.254	0.051	33	3.0	10
0.274	0.059	32	5.5	11
0.295	0.068	31	6.1	12.2
0.315	0.078	30	6.9	13.8
0.345	0.093	29	8.0	16
0.376	0.111	28	9.2	18.4
0.417	0.137	27	11.0	22
0.457	0.164	26	12.5	35
0.508	0.203	25	15.0	29.5
0.559	0.245	24	17.0	34
0.60	0.283	23	20.0	39
0.70	0.385	22	25	50
0.80	0.500	21	29	38
0.90	0.600	20	37	74
1.00	0.800	19	44	88
1.13	1.000	18	52	104
1.37	1.500	17	63	125
1.60	2.000	16	80	160

表 29 常用铜材规格

材 料 名 称	规格及特征,毫米	
紫铜板(条)		厚度 1.0~15 (热轧)4.0~50
紫铜板(条)	H62	厚度 0.2~15 (热轧)4.0~50
普通黄铜板	H90	厚度 0.2~15 (热轧)4.0~50
紫铜带	T ₂	厚度 0.05~1.5
	H62	厚度 0.05~1.5
普通黄铜带	H90	厚度 0.05~1.5

电阻合金线

常用电阻合金线有康铜线、锰铜线、镍铬线。这三种合金线中，镍铬线的电阻最大。以直径为1毫米线为例：康铜线电阻值是0.599欧/米，锰铜线是0.586欧/米，而镍铬线的电阻值是1.401欧/米。

镀锌铁丝

表 30 常用镀锌铁丝技术数据

直径,毫米	重量,公斤/公里	最大电阻 欧/公里(20℃)	抗张力,牛	伸长率,%
1.6	15.69	65.95	703.9	7
1.8	19.85	52.11	890.3	7
2.0	24.51	42.21	1100	7
2.3	32.41	31.92	1454	7
2.6	41.41	24.98	1858	7
2.9	51.52	20.08	2312	10
3.2	62.73	16.49	2816	10
3.5	75.04	13.78	3367	10
4.0	98.05	10.55	4400	10
4.5	124.0	9.341	5565	10
5.0	153.2	6.753	6874	12
5.5	185.3	5.681	8316	12
6.0	220.5	4.091	9896	12

电工仪表与电工材料

钢绞线

钢绞线有 7 股和 19 股两种，技术数据见表 31。

表 31 钢绞线技术数据

直径,毫米	股数×线径	截面,毫米 ²	重量,公斤/米
1.95	7×0.65	2.3	0.02
2.40	7×0.8	3.5	0.03
3.0	7×1.0	5.5	0.05
3.9	7×1.3	9.3	0.08
4.2	7×1.4	10.8	0.09
6.0	7×2.0	22.0	0.18
6.6	7×2.2	26.6	0.21
7.8	7×2.6	37.2	0.30
9.0	7×3.0	49.5	0.40
10.5	7×3.5	67.4	0.50
12.0	7×4.0	87.5	0.70
5	19×1.0	14.9	0.13
6	19×1.2	21.5	0.18
7	19×1.4	29.3	0.24
9	19×1.8	48.3	0.40
11	19×2.2	72.2	0.58
13	19×2.6	101.0	0.80
14	19×2.8	117.0	0.95
15	19×3.0	124.0	1.10
16	19×3.2	153.0	1.20
17.5	19×3.5	183.0	1.50
19	19×3.8	215.0	1.70

钢管

常用钢管有普通管和加厚管两种。普通钢管能承受水压试验为 1960 千帕 (20 公斤/厘米²)；加厚钢管能承受水压试验为 2940 千帕 (30 公斤/厘米²)。有关钢管技术数据见表 32。

表 32 钢管 (水煤气钢管) (GB234-63)

公称口径		外径 毫米	普通管		加厚管	
毫米	英寸		壁厚,毫米	重,公斤/米	壁厚,毫米	重,公斤/米
6	1/8	10	2	0.39	2.5	0.46
8	1/4	13.5	2.25	0.62	2.75	0.73
10	3/8	17	2.25	0.82	2.75	0.97
15	1/2	21.25	2.75	1.25	3.25	1.44
20	3/4	26.75	2.75	1.62	3.5	2.01
25	1	33.5	3.25	2.42	4	2.91
32	1 1/4	42.25	3.25	3.13	4	3.77
40	1 1/2	48	3.5	3.84	4.25	4.58
50	2	60	3.5	4.88	4.5	6.16
70	2 1/2	75.5	3.75	6.64	4.5	7.88
80	3	88.5	4	8.34	4.75	9.81
100	4	114	4	10.85	5	13.44

硬聚氯乙烯管

硬聚氯乙烯管耐酸碱性强,适用于温度0~40℃范围内输送腐蚀性液体及气体,也可用作电线套管。每根管子的长度为4±0.1米,密度为1.4~1.6克/厘米³,外径有10、12、16、20、25、32、40、50毫米。有轻型和重型两种。轻型使用压力<588千帕(6公斤/厘米²),重型使用压力<980千帕(10公斤/厘米²),最大外径可达400毫米。

软聚氯乙烯管

软聚氯乙烯管按用途可分为电气套管和流体输送管。流体输送管按内径不同规定不同的使用压力。内径3~10毫米的使用压力为245千帕(2.5公斤/厘米²);内径12~50毫米的使用压力为196千帕(2公斤/厘米²)。

自熄塑料电线管

自熄塑料电线管采用改性聚氯乙烯作材质，电性能优良，耐腐蚀，自熄性能良好，并且韧性大，曲折不易断裂。连接安装采用扩口承插胶粘法，与金属管材比较，重量轻，造价低，色泽鲜艳，具有防火、绝缘、耐腐、质轻、美观、价廉、便于施工等优点。

这种电线管的技术性能：(1) 抗拉强度：36.678 兆帕 (366.78 公斤/厘米²)；(2) 抗弯强度：60.838 兆帕 (608.38 公斤/厘米²)；(3) 冲击强度：5.738~6.256 兆帕 (57.38~62.56 公斤/厘米²)；(4) 软化温度：75℃；(5) 体积电阻： 6.4×10^{14} 欧·厘米；(6) 击穿电压：28.3 千伏/毫米。

聚乙烯塑料板

聚乙烯塑料板由聚乙烯树脂经挤压成型。板材有良好的耐化学稳定性，耐酸碱，绝缘性好，工作温度为-30~℃。

规格尺寸有厚度 1 ± 0.1 毫米， 2 ± 0.2 毫米， 3 ± 0.3 毫米；宽度 1200 ± 10 毫米；长度 1500~2000 毫米；抗拉强度为 8 兆帕 (80 公斤/厘米²)；击穿电压为 30 千伏/毫米；介电常数为 2；伸长率 120%；密度为 0.91 克/厘米³。在 120~140℃ 时烘软煨弯，还可用聚乙烯焊条焊接成型。

聚丙烯塑料板

聚丙烯塑料板由聚丙烯树脂挤压而成，是目前塑料中最轻

的，其机械性能优于高密度聚乙烯板材，熔点为 165~170℃，能在 100℃ 高温时使用；在无外力的情况下，150℃ 时也不变形，又几乎不吸水，高频电性能优良，不受温度影响，且具有良好的耐化学药品性、耐有机溶剂性、耐酸碱性、绝缘性。可用于化工设备的防腐里衬、叶轮等。其物理性能为：(1) 抗拉强度：35 兆帕 (350 公斤/厘米²)；(2) 抗弯强度：40 兆帕 (400 公斤/厘米²)；(3) 冲击强度：3 兆帕 (30 公斤/厘米²)；(4) 体积电阻： 2×10^{13} 欧·厘米；(5) 击穿电压：40 千伏；(6) 介电常数：3.5；(7) 热变形：140℃ 20 分钟无变形；(8) 密度：0.90~0.91 克/厘米³。可在 150~160℃ 烘软煨弯；可用聚丙烯焊条焊接；工作温度为-10~120℃。

硬聚氯乙烯板

硬聚氯乙烯板具有耐酸碱、耐油及电气绝缘性能，能在 -10~50℃ 范围内作耐腐蚀处的结构及绝缘材料用。厚度 2、2.5、3、3.5、4、4.5、5、5.5、6、6.5、7、7.5、8、8.5、10、12、13、14、15、16、17、20 毫米，宽度 >400 毫米，长度 >500 毫米。

酚醛层压板

酚醛层压板有两种：酚醛层压纸板和酚醛层压布板。酚醛层压纸板是由绝缘纸浸渍以酚醛树脂经热压而成；酚醛层压布板是由棉布浸以酚醛树脂经热压而成。酚醛层压板具有较高的介电性能和机械强度，还具有较好的耐油性和一般的耐霉性，

适合于用作电器绝缘材料。

绝缘胶带

绝缘胶带常用的有布绝缘胶带（又称黑胶布）；塑料绝缘胶带（聚氯乙烯或聚乙烯胶带）；涤纶绝缘胶带（聚酯胶粘带）。

布绝缘胶带适用于交流电压 380 伏及以下电线、电缆包扎绝缘用，在 $-10\sim 40^{\circ}\text{C}$ 温度范围内使用，有一定的粘着性。

塑料绝缘胶带适用于交流 500~6000 伏（多层绕包）电线、电缆接头等处作包扎绝缘用，一般可在 $-15\sim 60^{\circ}\text{C}$ 范围内使用。

涤纶绝缘胶带适用范围与塑料绝缘胶带相同，但耐压强度高，防水性能更好，耐化学稳定性好，还能用于半导体元件的密封。

三种绝缘胶带的耐压强度

布绝缘胶带的耐压强度是在交流 1000 伏电压下保持 1 分钟不击穿。塑料绝缘胶带的单层耐压强度是在交流 2000 伏电压下持续 1 分钟不击穿。涤纶绝缘胶带的耐压强度是在交流 2500 伏电压下持续 1 分钟不击穿。

电工绝缘材料的分级

各种绝缘材料按耐热性能分为 Y、A、E、B、F、H、C 七个级别，每种绝缘材料属于哪一级及其耐热性能见表 33。

表 33 电工绝缘材料的耐热等级

级别	绝缘材料类型	极限工作温度, C
Y	木材、棉花、纸、纤维等天然的纺织品,以醋酸纤维和以聚酰胺为基础的纺织品,以及易于热分解和熔点较低的塑料(酚醛树脂)及其制品(如塑料管、塑料胶带等)	90
A	工作于矿物油中和用油或油树脂复合胶浸过的 Y 级材料,漆包线,漆布,漆丝绸的绝缘,以及油性漆,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,用合适的树脂粘合或浸渍涂覆的云母、玻璃纤维、石棉等,聚酯漆,聚酯漆包线	130
F	以有机纤维材料补强和石棉补强的云母片制品、玻璃丝和石棉,玻璃漆布,以玻璃丝布和石棉纤维为基础的层压制品,以无机材料补强和石棉补强的云母粉制品,化学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、硅有机橡胶聚酯亚胺复合玻璃布、复合薄膜、聚酯亚胺酸漆等	180
C	不采用任何有机粘合剂及浸渍剂的无机矿物如石英、云母、玻璃和电瓷材料等	180 以上

电工用塑料

电工用塑料主要指聚苯乙烯、聚甲基丙烯酸甲酯及聚酰胺等。聚苯乙烯呈无色透明体，具有良好的电气性能和耐化学性能，但易开裂、易燃，可用作仪表外壳和绝缘结构。聚甲基丙烯酸甲酯（俗称有机玻璃）具有良好的电气性能，可用作仪表外壳或仪表读数透镜。聚酰胺（又称尼龙）可塑制电机、电器绝缘结构。

电缆用塑料

电缆用塑料指的是专门制作电缆绝缘用或护层材料用的塑料。它具有优良的电气性能，耐潮、耐化学性能好，不延燃。它是用聚氯乙烯树脂加入添加剂合成的，其中交联聚乙烯还具有耐辐照特性，制成的电缆绝缘层可在户外太阳光下使用。

电工用橡胶

电工用橡胶包括天然橡胶和合成橡胶二种。合成橡胶是将丁苯橡胶与天然橡胶混合而成，可作为 GKV 级电缆绝缘用。

无机绝缘材料

它包括石棉、电工玻璃和陶瓷材料等。

表 34 绝缘电线淘汰、限制品种及相应
替代推荐品种对照表

淘汰限制品种			替代推荐品种		
产品名称	型号	情况	产品名称	型号	说明
1. 铜芯橡皮绝缘线 (95 毫米及以下)	BK BXS BLX	逐步 停止生 产	铜、铝塑料线	BV BLV	有一定防腐性能,耐油、耐燃、省工、省料,重涂筒架,一般适用于户内,可以穿管
			户外用铜、铝塑料线	BV-F BLV-F	优点同上,并具有耐日晒、耐寒和耐热的优良性能,适用于户外,寿命可延长几倍
			铜、铝芯聚氯乙烯橡皮线	BXF BLXF	具有耐日晒和气候变化及耐燃等优良性能,户内外均可使用
			铜、铝芯橡皮绝缘玻璃丝编织线	BBX BBLX	可代替麻纱编织的 BX、BLX,可以穿管敷设
2. 铜、铝芯橡皮绝缘线	BXG BLXG	已淘汰	铜、铝塑料线	BV、BLV	
			铜、铝芯橡皮绝缘玻璃丝编织线	BUX BBLX	
3. 铜芯橡皮(或塑料)布线	BBX BX	严格 限制使 用	铝芯橡皮(或塑料)布线	BBLX BLX BLV	可省铜,性能及用途与铜芯同类产品相同
			户外用铝芯塑料线	BLV-F	
4. 铜芯橡皮绝缘(及棉纱)软线	BXH BXH RXS RX	逐步 代替	铜芯塑料绝缘软线	RVB BVR	可省橡胶,其性能和用途与 BXH、BXH 等相同
			户外用铜芯塑料软线	BVR-F	耐久、耐寒、耐热性能优良,户外使用寿命可延长几倍
			丁腈聚氯乙烯复合绝缘软线	RFB RFS	耐寒、耐热、耐油、耐腐蚀,不易燃烧,工艺简单,省工省料
5. 铜芯塑料护套线	BVV BV BVV-1 BV-1	逐步 代替	铝芯塑料绝缘及塑料护套线	BLVV BLV-1 BLVV-1 BLV-1	可节约铜

表 35 电力电缆及控制、信号电缆淘汰、限制品种及相应替工推荐品种对照表

淘汰限制品种			替代推荐品种		
产品名称	型号	情 况	产品名称	型 号	说 明
1. 铜芯纸绝缘铅包电力电缆	ZQ 系列	严格限制	铝芯纸绝缘铝包电力电缆	ZLL 系列	省铜、铅, 铝的机械性能比铅好, 无铠装塑料护套铝包电缆机械性能与铠装铅包电缆相当, 且价格低, 防腐性能好
2. 铝芯纸绝缘铅包电力电缆	ZLQ	限制使用	铝芯纸绝缘铝包电力电缆	ZLL 系列	
3. 铜芯干绝缘铅包电力电缆	ZQP	淘汰	铝芯纸绝缘铝包不滴流电缆	ZLQD	适用于位差较大或倾斜敷设的场合, 其电气性能及稳定性较优越
			铝芯聚氯乙烯绝缘及护套电缆	VLV	
			铝芯交联聚乙烯绝缘聚氯乙烯护套电力电缆	YJV JVJF	性能比 ZLQD、VLV 更好
4. 铜芯橡皮绝缘铅包电力电缆	XQ XLQ	严格限制	铝芯聚氯乙烯绝缘及护套电缆	VLV	
			铝芯橡皮绝缘聚氯乙烯护套电力电缆	XLV	省铜、铅, 耐腐蚀, 重量轻
5. 轻型橡皮电缆	YHQ	逐步代替	聚氯乙烯绝缘及护套软线	RVZ	不延燃, 耐油性能好, 制造方便, 轻、小、价廉, 能承受相当的机械外力
6. 中型橡皮电缆	YHZ				
7. 铜芯橡皮绝缘铅包控制电缆	KXQ	淘汰	聚氯乙烯绝缘及护套控制电缆	KVV	省铅及橡胶, 电气性能好
			橡皮绝缘聚氯乙烯护套控制电缆	KXV	省铅, 电气性能好
8. 铜芯纸绝缘铅包控制及信号电缆	KZQ PZQ	淘汰	聚氯乙烯绝缘及护套信号电缆	PVV	可省铅、纸, 电气性能好
			橡皮绝缘聚氯乙烯护套控制电缆	KXV	

第四章 三相异步电动机

三相异步电动机

三相交流异步电动机，又称为三相交流感应电动机，广泛用于驱动机床、水泵、鼓风机、压缩机、起重机等工农业生产机械。在电力拖动机械中有90%左右是由异步电动机驱动的，社会拥有量最大。为适应不同的应用场所，因而类型特别多，其产品系列、品种规格更是繁多。按常用的分类方法，可分为下述几个类型：

(1) 按电动机转子结构型式分，可分为笼型（旧称鼠笼型）异步电动机和绕线型异步电动机。

(2) 按电动机的防护型式分，可分为开启型、防护型、封闭型、密闭型、潜水型以及防爆型等多种。

(3) 按电动机的定额工作制方式分，可分为“连续”工作制方式、“断续”周期工作制方式和“短时”工作制方式等多种类型。

(4) 按电动机使用环境分，可分为普通环境用、湿热带用、干热带用、船用、化工防腐用、户外用、防爆用以及高原用等多种。

(5) 按电动机安装方式分，可分为卧式立式两大类。

(6) 按电动机结构尺寸大小分，可分为大型、中型、小型及微型电动机。

三相异步电动机

值得注意的是，某一型号的电动机都是多种类型的结合体。例如型号为 JO2-32-4W 的电动机，即为普通笼型、封闭型、“连续”工作制方式、户外用的小型三相交流异步电动机。

笼型异步电动机

笼型转子异步电动机，根据笼的形状和结构的不同，又可分为：普通笼型、深槽笼型和双笼型三种，其特点也各不相同。

(1) 普通笼型又称单笼型。这种电动机转子结构最简单，运行很可靠，使用和维护最简便，价格最便宜，无特殊要求的一般机械设备都可使用，特别适用于功率小，不需要调速，恒定负载及低起动转矩的场合，如水泵、鼓风机、机床等机械设备。它是工农业生产中最常见的一种拖动电动机，社会拥有量最大。

(2) 深槽笼型。其转子导体槽深而窄，起动转矩比普通笼型大，而起动电流却比普通笼型小，但过载能力比普通笼型差。适用于要求起动转矩比普通笼型大，而最大转矩要求比普通笼型稍小的场合。深槽笼型电动机的容量一般都较大。

(3) 双笼型的转子上有两个重叠的笼。与普通笼型电动机相比，有起动转矩较大和起动电流较小的特点。适用于需要较大转矩的恒速负载，如压缩机、粉碎机、搅拌机等机械上。

绕线型异步电动机

绕线型异步电动机的转子有与定子相似的三相绕组，其特点是起动转矩大而电流小。适用于要求起动转矩大，而笼型电

动机难以起动的恒速、恒定负载设备（如压缩机、粉碎机等），以及要求在小范围变速的重负载启动设备（如起重机、卷扬机等）上。

防护型式不同的电动机

电动机的防护型式不同，其防护特性也不一样，适用场所也就不同。

(1) 开启型电动机。无专门的防护措施，不能防止铁屑、砂粒、尘埃、水滴等固体和液体侵入电动机内部，但自然通风好，只适用于清洁、干燥的场所。

(2) 防护型电动机。机壳半封闭，对铁屑、砂粒及水滴等的侵入有一定的防护能力。外壳有通风口，自然通风良好。

防护型电动机按通风防护结构的不同，又可分为：网罩型、防滴型和防溅型。防滴型能防止垂直下落的固体和液体侵入电动机内部；而防溅型可防止与水平线成 45° 角范围内的固体和液体侵入电动机内部。但这三种防护型都不能防尘和防潮，如旧型号J、J2、J3等系列电动机及防护等级为IP23的Y系列新型电动机，多用于灰尘不多，比较干燥的场所。

(3) 封闭型电动机。机壳全部封闭，但并不要求严密。能防止潮气和尘埃侵入电动机内部，如旧型号的JO、JO2、JO3等系列电动机及防护等级为IP44的Y系列新型电动机。适用于潮湿或尘土飞扬的场所。

(4) 密闭型电动机。机壳全部密封，在规定的水压下和时间内浸在水中，机壳结构能阻止水侵入电动机内部。适用于特别潮湿的场所。

(5) 潜水型电动机。整机严格密封，在规定的水压下，能

三相异步电动机

长期浸入水中运行。如 YQB 潜水电动机等，广泛用于农田排灌及高原山区汲水等场所。

(6) 防爆型电动机。能防止外部易燃物侵入机内，或因机内火花引起机外易燃气体起火爆炸。如 YB 系列防爆电动机适用于石油、化工、煤矿等有爆炸危险的场所。

异步电动机的“连续”、“短时”及“断续”工作制

工作制是说明能承受负载的情况。根据电动机的运行情况，分为多种工作制。连续工作制，短时工作制和断续周期工作制是基本的三种工作制，是用户选择电动机的重要方面。

(1) 连续工作制。其代号为 S1，是指该电动机在铭牌上规定的额定值条件下，能够长时间连续运行。适用于水泵、鼓风机等恒定负载的设备。

(2) 短时工作制。其代号为 S2，是指该电动机在铭牌规定的额定值下，能在限定的时间内短时运行。规定的标准短时持续时间定额有 10 分钟、30 分钟、60 分钟和 90 分钟四种。适用于转炉倾炉装置及闸门等的驱动。

(3) 断续周期工作制。其代号为 S3，是指该电动机在铭牌上规定的额定值下，只能断续周期性地运行。一个工作周期时间为电动机恒定负载运行时间加停机和断能时间，规定为 10 分钟。负载持续率（额定负载持续时间与一个工作周期时间之比，用百分数表示）规定的标准有 15%、25%、40% 及 60% 四种。适用于升降机、起重机等负载设备。

电动机的防护等级

电机的外壳防护型式等级是从两个方面来考虑的：一是防止人体接触电机内的带电或转动部分和防止固体异物进入电机内部的防护等级，分为六级（见表 36）；二是防止水进入电机内部程度的防护等级，分为九级（见表 37）。其防护等级由表示防护特征的字母 IP 和两个防护等级的表征数字组成。

三相异步电动机

表 36 电机的外壳按防止固体异物进入内部及防止人体触及内部的带电或运行部分划分的防护等级

防护等级	简 称	定 义
0	无防护	没有专门的防护
1	防止大于 50 毫米的固体进入的电机	能防止直径大于 50 毫米的固体异物进入壳内,能防止人体的某一大面积部分(如手)偶然或意外地触及壳内带电或运动部分,但不能防止有意识地接近这些部分
2	防止大于 12 毫米的固体进入的电机	能防止直径大于 12 毫米的固体异物进入壳内,能防止手指、长度不超过 80 毫米物体触及或接近壳内带电或运动部分
3	防止大于 2.5 毫米的固体进入的电机	能防止直径大于 2.5 毫米的固体异物进入壳内,能防止厚度(或直径)大于 2.5 毫米的工具、金属线等触及或接近壳内带电或运动部分
4	防止大于 1 毫米的固体进入的电机	能防止直径大于 1 毫米的固体异物进入壳内,能防止厚度(或直径)大于 1 毫米的导线、金属条等触及或接近壳内带电转动部分
5	防尘电机	能防止触及或接近机内带电或转动部分,不能完全防止尘埃进入,但进入量不足以影响电机的正常运行

表 37 电机外壳按防水进入内部程度的防护等级

防护等级	简称	定义
0	无防护电机	没有专门的防护
1	防滴电机	垂直的滴水应无有害影响
2	15°防滴电机	与铅垂线成 15°角范围内的滴水,应无有害影响
3	防淋水电机	与铅垂线成 60°角范围内的淋水,应无有害影响
4	防溅水电机	任何方向的溅水应无有害的影响
5	防喷水电机	任何方向的喷水应无有害的影响
6	防海浪电机	猛烈的海浪或强力喷水应无有害的影响
7	防浸水电机	在规定的压力和时间内存在水中,进入水量应无有害的影响
8	潜水电机	在规定的压力下长时间浸在水中,进入水量应无有害的影响

例如一种防护等级为 IP44 的 Y 系列电动机,其防护特征字母和数字表示的意义如下:

4 第二位数字表示防水等级 (见表 37)

4 第一位数字表示防接触和防异物等级 (见表 36)

IP 表示防护特征的字母

即 IP44 的电动机能防止直径大于 1 毫米的固体异物进入机内,也能防止厚度 (或直径) 大于 1 毫米的导线或金属条等触及机内或带电转动部分,同时任何方向的溅水对它都无有害影响。亦可简称该电动机能防大于 1 毫米的固体和防溅,相当于传统的封闭型。

有些防护等级型号中还有附加特征字母,例如: IPW23S 中的 W 表示气候防护式, S 表示防水试验是在电机静止状态下进行 (防水试验在电动机旋转状态下进行,用 M 表示)。

电动机的绝缘等级

三相异步电动机

绝缘等级是指电机绕组采用的绝缘材料的耐热等级。电动机绕组常用的绝缘材料，按其耐热性分有 A、E、B、F、H 五种等级。每一绝缘等级的绝缘材料都有相应的极限允许工作（电机绕组最热点的温度）。电动机运行绕组绝缘最热点的温度不得超过规定。否则，将加速绕组绝缘老化，缩短电机寿命；如果温度超过允许值太多，绝缘就会损坏，导致电动机烧毁。

绕组绝缘等级及允许温度如下：

绝缘等级	A	E	B	F	H
极限工作温度℃	105	120	130	155	180

温升与电动机的绝缘等级

温升是指电动机在运行时，绕组温度高于周围环境温度的容许值，也称为容许温升。也就是说，绕组允许的最高温度应是温升加上环境温度，而环境温度国家规定标准为 40℃（这里面留有 5℃ 安全裕度）。例如铭牌标出温升 75℃，则表明该电动机绕组容许的最高温度为 $75℃ + 40℃ = 115℃$ 。也就是说电动机在运行中，绕组温度不允许超过 115℃，长时间超过这一容许温度，电动机绕组将会烧毁。所以，电动机在运行中应随时监视温升。

电动机的温升是由所用绝缘材料的绝缘等级决定的。不同绝缘等级的电动机的容许温升见表 38（环境温度为 40℃，用电阻法和温度计法测量时的温升）。在正常情况下，通常是电动机运行 6 小时后，温升便达到稳定值，继续运转，温度也不再上升了。如果发现温升超过容许值，说明电动机发生故障，或超负荷运行，应及时停机检查原因。

表 38 电动机的绝缘等级与温升的关系

绝缘等级		A	E	B	F	H
温升, C	电阻法	60	75	80	100	125
	温度计法	55	65	70	85	105

新型的 Y 系列及派生系列三相异步电动机

国家规定：在基本建设、技术改造项目和更新设备时，应优先采用节能产品（即推荐推广的新型号产品）。对淘汰产品，从公布的淘汰日期起，所有生产企业必须停止投料生产，其图纸、工装、模具等一律不得转让。设计部门在工程设计时仍采用国家已公布的淘汰产品的，一律视为劣质设计，项目审批单位不予批准。违者追究设计、审批人的责任。因此，我们在生产、选用电动机及其它电器时也应遵循这一规定。

Y 系列为全国统一设计的，1982 年正式定型推广生产的小型笼型电动机，是 1983 年国家经委和机械工业部下达的第一批重点推广产品。

Y 系列电动机具有效率高、起动性能好、噪声低、振动小、体积小、重量轻、运动可靠、维护方便等优点。采用 B 级绝缘，提高了耐热绝缘强度。功率和机座号（安装尺寸）等级符合国际电工委员会（IEC）标准，功率等级与安装尺寸的关系与国际上通用的标准（联邦德国 DIN 标准）相同，因而与国际上同类产品有较好的互换性。Y 系列有 IP23（相当于传统的防护型）和 IP44（相当于传统的封闭型）两种外壳防护结构型式。

三相异步电动机

在 Y 基本系列的基础上，根据不同的使用要求，产生了多种派生系列，如：YR (IP23) 和 YR (IP44) 绕线转子派生系列；高效率多速、高转差率等电机派生系列；齿轮减速、电磁调速、电制动、立式深井泵用等结构派生系列；防爆型、船用、户外用、化工防腐用等环境条件派生系列等。

用 Y 系列电动机取代老型号 J2、JO2 系列电动机时的功率选择

由于常用的 J2 和 JO2 等系列老产品已停止生产，在老设备需要更新电动机，或主机厂的产品更新换代，都要选用 Y 系列电动机时，由于 Y 系列与 J2、JO2 系列的功率等级不完全相同，首先要解决的是功率大小问题。

Y 系列与 J2、JO2 系列电动机的功率等级，Y 系列有 0.55~90 千瓦 19 个等级，而 J2、JO2 系列只有 0.6~100 千瓦 18 个等级，前者比后者多一个等级。其中，有 11 个等级是完全相同，有 6 个等级互有上下，而对应于 40 千瓦的 J2、JO2 系列的 Y 系列是 37 千瓦和 45 千瓦两个等级。

在选择 Y 系列的功率时，首先要测定原电动机的负载率和负载所需的最大起动转矩。从节约电能角度出发，要求被选用电动机的负载率在 80% 以上。因此，若原电动机的负载率不高的话，可选用小一档的 Y 系列电动机。例如，可以选用 Y (IP44) 或 Y (IP23) 系列 15 千瓦电动机替代 JO2 或 J2 系列 17 千瓦的电动机。由于 Y (IP44) 系列的起动转矩倍数保证值高于 JO2 系列，所以 Y (IP44) 系列 15 千瓦的起动转矩值还高于 JO2 系列 17 千瓦的实际起动转矩值，带负载起动不会有问题。

表 39 Y 系列与 J2、JO2 系列功率等级对照表

J2、JO2 系列	0.6	0.8	1.1	1.5	2.2	3	4	5.5	7.5	
Y 系列	0.55	0.75	1.1	1.5	2.2	3	4	5.5	7.5	
J2、JO2 系列	10	13	17	22	30	40	55	75	100	
Y 系列	11	15	18.5	22	30	37	45	55	75	90

三相异步电动机

表 40 Y 系列电动机功率、机座号与同步转速的对应关系

机座号	同步转速, 转/分				
	3000	1500	1000	750	600
	功率, kW				
80 1	0.75	0.55	—	—	—
80 2	1.1	0.75	—	—	—
90S	1.5	1.1	0.75	—	—
90L	2.2	1.5	1.1	—	—
100L 1	3	2.2	1.5	—	—
100L 2		3			
112M	4	4	2.2	—	—
132S 1	5.5	5.5	3	2.2	—
132S 2	7.5				
132M 1	—	7.5	4	3	—
132M 2			5.5		
160M 1	—/11	11/11	7.5/7.5	—/4	—
160M 2	15/15			5.5/5.5	
160L 1	18.5/18.5	15/15	11/11	7.5/7.5	—
160L 2	22/—				
180M	30/22	22/18.5	15/—	11/—	—
180L	37/—	30/22	18.5/15	15/11	—
200M	45/—	37/—	22/—	18.5/—	—
200L 1	—/30	45/30	—/18.5	22/15	—
200L 2	55/37		30/22		
225S	—	—/37	—	—/18.5	—
225M	75/45	55/45	37/30	30/22	—
250S	90/—	75/—	45/—	37/—	—
250M	110/55	90/55	55/37	45/30	—
280S	—/75	110/75	75/45	55/37	—
380M	132/90	132/90	90/55	75/45	—
315S 1	160/110	160/110	110/75	90/55	55/45
315S 2	185/—				
315M1 A	200/132	185/132	132/90	110/75	75/—
315M1 B	220/—	200/—			
315M2 A	250/160	220/160	160/110	132/90	90/65
315M2 B		250/—			
315M3	—	—	—/132	—/110	—/75

注: ①机座号前面的数字代表电机机轴中心线高度(毫米), S, M, L 分别代表短、中、长三种机座长度, 后面的数字 1, 2, 3 及 A, B 代表同一机座号和转速下不同的功率。

②机座号 160~315 的电机分别有两种功率值, 分子数字为 IP23 普通防护型式电机的功率, 分母数字为 IP11 封闭式冷却式电机的功率。

用 Y 系列电动机取代老型号 JO2 系列时在安装上的问题

由于这两种型号系列的安装尺寸不尽相同，用 Y 系列取代 JO2 系列时会遇到一个旧基础上的安装问题。Y 系列电动机的安装尺寸较相当功率的 JO2 系列为小，当选定了与 JO2 系列相当的 Y 系列的功率后，就要解决新电机在老基础上的安装问题。一般可在老电机的基础上加装一块过渡钢底板，将过渡底板固定在原来的基础上，然后再把新电机安装在过渡底板上。过渡底板的尺寸要按照新老电机的尺寸确定，可根据产品样本上的安装尺寸自行设计底板的尺寸和安装孔位置。底板的厚度为 Y 系列电动机轴中心线高度减去 JO2 系列电动机轴中心线高度之差，这样才能与被驱动机械的皮带轮、连轴器或齿轮传动装置等的中心线高度保持一致。在定底板上的底脚安装孔时，还应考虑到保持皮带轮（或连轴器、齿轮传动装置）等的原位置不变。另外还要注意，新老电动机的轴伸端直径也不一致，因此皮带轮（或连轴器、齿轮传动装置）等的轴孔径也应按实际尺寸另行加工。

笼型三相异步电动机

从异步电动机的转动原理来看，所有的异步电动机都是由两个主要部分组成，即定子和转子。定子是静止部分，转子是旋转部分。图 56 为封闭型笼型异步电动机的外形及零部件结构。

三相异步电动机

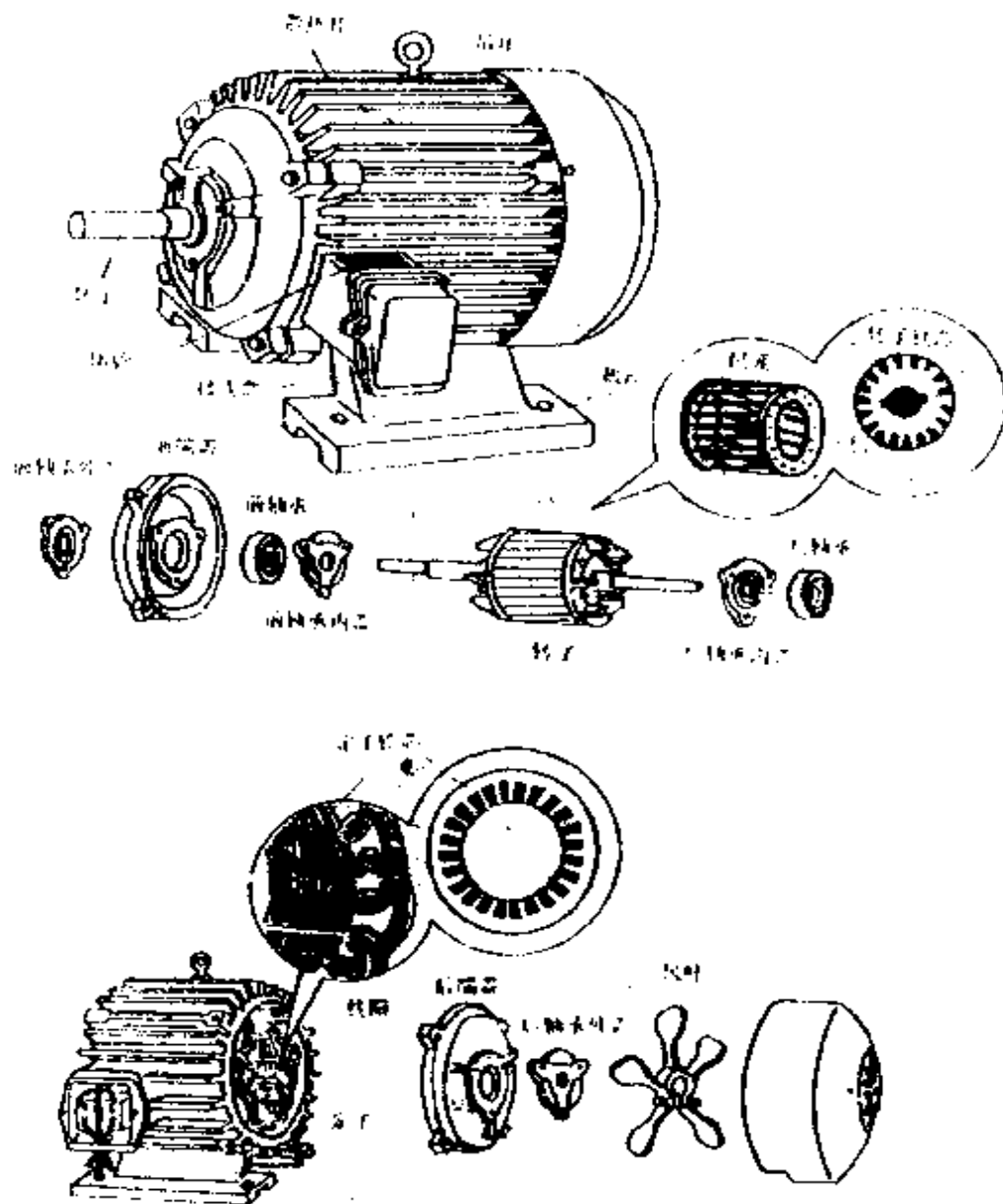


图 56

(1) 定子: 定子由定子铁芯、三相定子绕组、机座及端盖等组成。起主要作用的是定子铁芯和三相定子绕组。

① 定子铁芯。是电动机磁路的一部分, 主要是起导磁作用。用导磁性好的绝缘硅钢片叠压而成圆筒形, 以减小片间涡流损耗。铁芯圆筒内圆上冲有均匀分布的槽, 槽内嵌放三相定子绕组。

② 三相定子绕组。是电动机的电路部分, 通入三相交流电便会产生旋转磁场。绕组用绝缘铜线或铝线, 分成三相绕组, 根据需要产生的磁极数多少, 按不同规律, 对称地嵌放在定子铁芯槽中。

③ 机座。是电动机的外壳和支架, 起固定和保护作用。一般用铸铁铸成, 为增大散热面积, 有的外壳上制成散热筋(片)。

④ 端盖。起支撑转子和防护的作用。由铸铁制成。

(2) 转子: 转子由转子铁芯、转子绕组、转子轴及风扇等组成。起主要作用的是转子铁芯和转子绕组。转子在定子旋转磁场的作用下, 产生电磁转矩而旋转, 从而带动机械设备负载而工作。

① 转子铁芯。是电动机磁路的另一部分。与定子铁芯相似, 也是用绝缘硅钢片叠压而成圆柱形。在圆柱铁芯的外圆上均匀冲以斜槽, 槽内嵌放转子绕组。

② 转子绕组。是产生感应电流的转子电路。按转子结构的不同, 可分为笼型(习惯称鼠笼型)转子绕组和绕线型转子绕组两大类型。这是笼型异步电动机与绕线型异步电动机的主要区别之处。

笼型转子绕组的结构与定子绕组完全不同, 每个转子槽内只嵌放一根铜条或铝条, 在铁芯两端槽口处, 由两个铜或铝的

三相异步电动机

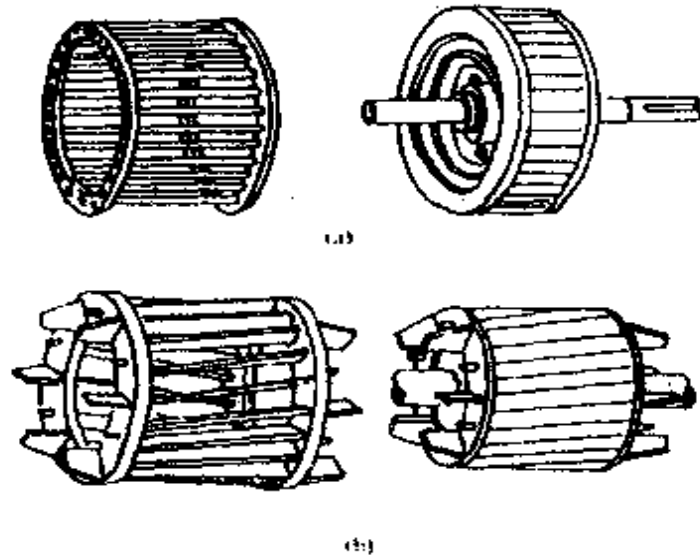


图 57

端圆环分别把每个槽内的铜条或铝条连接起来，构成一个短接的导电回路。如果去掉转子铁芯，留下来的短接导体回路结构很像一个鼠笼，如图 57 所示。目前国产中小功率的笼型异步电动机，大都是在转子铁芯槽中，用铝液一次性浇铸成铝笼型转子，有的还在端环上同时铸出许多叶片，作为冷却用的风扇，如图 57 (b) 所示。为了提高笼型异步电动机的起动性能，较大功率的电动机，都采用深槽笼型转子（鼠笼导条截面长而窄），或双笼转子（重叠在一起的上下两层两个鼠笼），或用高电阻材料做鼠笼导条。

转子轴（转轴）的作用是支撑转子，传递转动力矩，带动负载工作。一般用中碳钢制成。

风扇是一种散热冷却装置，可以与铸铝笼铸成一体，也可

设独立的风扇叶固定在靠近转子的短轴一端上，称为自扇冷式散热装置。

(3) 其它部件和零件:

①接线盒。固定在机壳正面，盒内有接线板，板上有接线柱和联接铜片，还有盒盖。三相定子绕组的六个线头引入盒内接线板上，三相电源线也引入盒内。

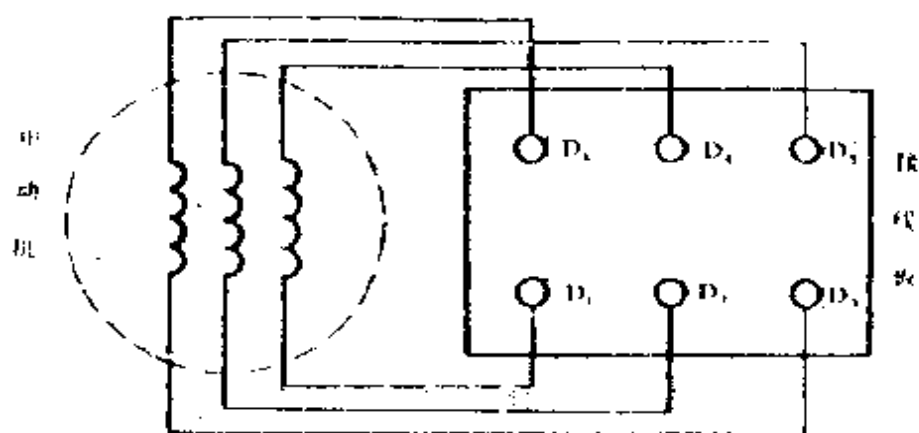
②铭牌。铝制标牌，固定在机壳接线盒附近。铭牌上标明电动机的型号、主要技术数据及运行条件等，是使用和检修电动机的重要依据。

此外，还有轴承、轴承内盖和外盖、风扇罩、吊环等。

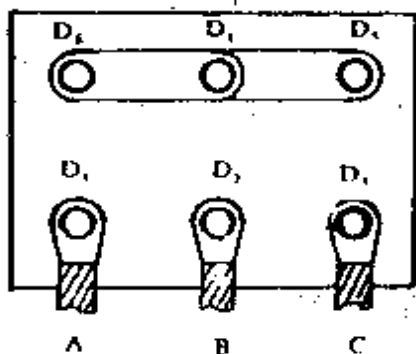
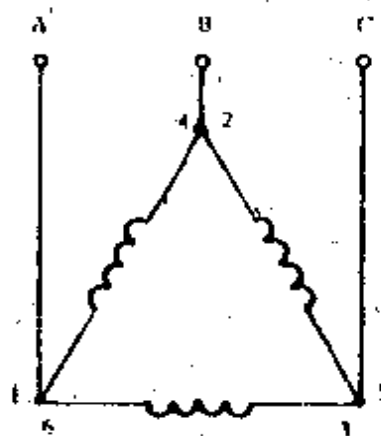
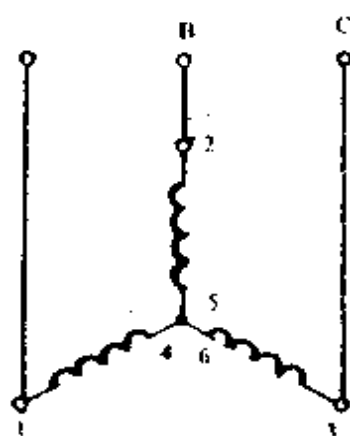
三相异步电动机接线盒内的接线

三相定子绕组每相绕组都有两个引出线头。一头叫做首端，另一头叫做末端。规定第一相绕组的首端用 D_1 表示，末端用 D_4 表示；第二相绕组的首端和末端分别用 D_2 和 D_5 表示；第三相绕组的首端和末端分别用 D_3 和 D_6 表示。这六个引出线头引入接线盒的接线柱上，接线柱相应标出 $D_1 \sim D_6$ 的符号，如图 58 (a) 所示。

三相异步电动机

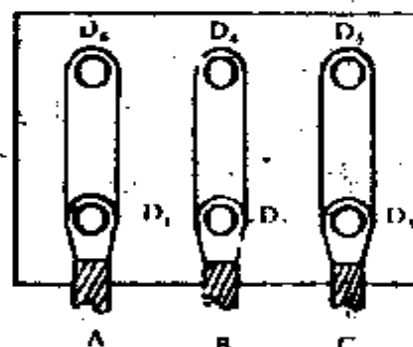


(a)



三相电源

(b) 星接法



三相电源

(c) 环接法

图 58

三相定子绕组的六根端头可将三相定子绕组接成星形或三角形。星形接法是将三相绕组的末端并联起来，即将 D_4 、 D_5 和 D_6 接线柱用铜片连接在一起，而将三相绕组的首端分别接入三相交流电源，即将 D_1 、 D_2 和 D_3 分别接 A、B 和 C 三相电源，如图 58 (b) 所示。三角形接法是将每一相绕组首端 D_1 与第三相绕组的末端 D_6 连接在一起，再接入一相电源；第二相绕组的首端 D_2 与第一相绕组的末端 D_4 接在一起，再接入第二相电源；第三相绕组的首端 D_3 与第二相绕组的末端 D_5 接在一起，并接入第三相电源。即在接线板上将接线柱 D_1 和 D_6 、 D_2 和 D_4 、 D_3 和 D_5 分别用铜片连接起来，再分别接入三相电源，如图 58 (c) 所示。一台电动机是接成星形或是接成三角形，应视生产厂家的规定而进行，可从铭牌上查得。

三相定子绕组的首末端是生产厂家事先预定好的，绝不能任意颠倒，但可以将三相绕组的首末端一起颠倒，例如将三相绕组的末端 D_4 、 D_5 、 D_6 倒过来作为首端，而将 D_1 、 D_2 、 D_3 作为末端，但绝对不能单独将一相绕组的首末端颠倒，如以 D_1 、 D_5 、 D_3 为首端，将会产生接线错误。

如果接线盒中发生接线错误，或因绕组首末端弄错，都会给电动机的使用带来不良后果，轻则不能正常起动，长时间通电造成起动电流过大，电动机发热严重，影响寿命；重则烧毁电动机绕组，或造成电源短路。

定子铁芯与转子铁芯之间的空气隙

为了保证转子在定子腔内能自由转动，必须在转子铁芯与定子铁芯之间保持一层空气隙，这样虽然转子与定子之间没有直接的电磁联系，但当定子绕组通电以后，类似变压器的原

三相异步电动机

理，转子与定子之间便有了电磁联系，从而实现了电能与机械能之间的能量转换功能。

气隙的大小对异步电动机的性能、运行可靠性影响较大。气隙过大，将使磁阻增大，使励磁损耗增大，励磁电流随之增大，电动机的功率因数也会下降，使电动机的性能变坏。为了减小励磁电流和改善功率因数，应尽量减小气隙。但气隙过小又会走向反面，使气隙谐波磁场增大，电机杂散损耗和噪场增加，使最大转矩和起动转矩都减小。同时，气隙太小还容易使运行中的转子与定子碰擦，发生“扫膛”现象，给起动带来困难，从而降低了运行的可靠性。另外，也给装配带来困难。一般小型异步电动机的气隙约在0.25~1.5毫米之间，中型异步电动机约在0.75~2毫米之间。

绕组的极距

沿定子铁芯内圆，每个磁极所占有的范围（所跨距离），称为极距，用 τ 表示。一般以一个磁极所占的定子槽数来表示。

则极距 $\tau = \frac{Z}{2P}$

式中： Z ——定子铁芯总槽数；

P ——磁极对数。

绕组线圈的节距

一个线圈的两个有效边之间所跨过的槽数（距离），称为线圈的节距，即 y 表示。线圈节距一般总是接近或等于极距，即 $y = \tau$ ，称为整距线圈。如果线圈的节距小于极距，则称为

短路线圈；反之，节距大于极距的线圈，称为长距线圈。采用短路绕组，可减少高次谐波对电机的影响，从而能改善电动机的性能，并可节约部分铜线。

三相异步电动机定子绕组在铁芯中的布置

定子绕组在铁芯中的布置和连接对电动机性能和运行可靠性都有很大的影响，也是电动机中的薄弱环节，电动机故障多发生在绕组上。因此，了解绕组布置的基本要求，掌握绕组的布置和连接规律，对检修电动机是非常必要的。

三相定子绕组在铁芯中的布置和连接，应保证定子产生的旋转磁场对称（即保证各相电动势大小相等，相位互差 120° 电角度），因此，要求三相绕组的布置完全对称。为此，要求做到：

(1) 三相绕组的线圈有效匝数、形状尺寸、线径以及各并联支路数等都要相同。

(2) 每相绕组在铁芯上所具有的槽应相等，并应均匀分布。为此，应将铁芯的总槽数 Z 均匀分成 $2p$ （ p 为磁极对数目）等分，即每一等分的槽数为 $\frac{Z}{2p}$ 个（也就是以槽表示的极距）。同时，为了使每一极距下的三相绕组均匀分布，还应将每一极距下的槽数再三等分，分别嵌放在三相绕组的线圈有效边。则每相绕组在每个磁极下所占的槽，称为每极每相槽数（简称极相槽数）为：

$$q = \frac{Z}{2pm} = \frac{Z}{6p}$$

三相异步电动机

式中: Z ——铁芯上的总槽数;

p ——磁极对数目, $2p$ 为定子磁极数;

m ——定子绕组相数, $m=3$ 相。

例如, 一台三相 4 极 ($p=2$) 24 槽定子铁芯的电动机, 则极相槽数为:

$$q = \frac{Z}{6p} = \frac{24}{6 \times 2} = 2 \text{ (槽)}$$

(3) 三个本绕组线圈的首边或末边在定子铁芯圆周上应相互间隔 120° 电角度。

(4) 应注意嵌放绕组的操作工艺及线圈连接简便, 排列整齐美观, 并保证有足够的机械强度。

定子绕组

三相定子绕组的每一相绕组都是由许多只线圈组成的, 按一定的规律嵌放在定子铁芯槽内, 并根据要求, 按一定的规律将每相的这些线圈串联或并联起来。定子绕组在铁芯槽内嵌放的形式是多种多样的, 但都要遵循布置原则。

三相定子绕组形式一般有如下的分类方法和类型:

(1) 按铁芯槽内线圈有效边层数分类, 有单层绕组、双层绕组及单双层混合绕组三种。

(2) 按每极每相槽数 q 分类, 有整数槽绕组 (q 为整数) 和分数槽绕组 (q 为分数) 两种。

(3) 按线圈形状和端部 (线圈留在铁芯两端线槽外面的部分称为端部) 连接方式分类, 双层绕组有叠式绕组和波式绕组, 单层绕组有同心式绕组、链式绕组、交叉式绕组等。

(4) 按相带 (每相绕组在每个磁极下所占的区段, 用电角

度表示)分类,有 120° 、 60° 、 30° 相带绕组及混相绕组。

目前,中小型三相异步电动机采用的绕组形式有单层绕组、双层绕组及单双层混合绕组三种。

单层绕组

在定子铁芯的每一个线槽中只嵌放绕组线圈的一个有效边(每只线圈有两个有效边,分别嵌放在相邻的异性磁极下的铁芯线槽中),因此,三相绕组的总线圈数为定子铁芯总槽数的一半,从而使线圈数最少;又因同一槽内的线圈有效边都属于同一相绕组,不需要层间绝缘,也不可能发生槽内相间击穿故障;嵌线方便,省工时也是单层绕组的优点。一般用于小功率电动机中。单层绕组按采用的线圈形状和端部连接及排列方法的不同,又可分为单层同心式绕组、单层同心式链式绕组、单交叉式链式绕组等多种形式。

双层绕组

在定子铁芯的每个线槽中分上下两层嵌放两相绕组线圈的各一个有效边(即一个槽内有两个不同相线圈的有效边叠放在一起),一相线圈的一个有效边嵌放在一个线槽的上层;另一个有效边嵌放在规定跨距的另一个线槽的下层,两层间必须用层间绝缘隔开,以免相间击穿短路。这种嵌线形式的线圈总数就等于定子铁芯槽总数。双层绕组的优点是:线圈的节距可根据需要任意选择,因而一般都采用短节距线圈,以节省电磁线,也可减小绕组的漏电抗。另外,双层绕组的所有线圈形状、几何尺寸都相同,因而线圈端部排列方便整齐,有利于散

三相异步电动机

热和加强机械强度。缺点是线圈数目多（比单层绕组多一倍），嵌线费工费时；另外，双层绕组有发生槽内相间击穿短路故障的可能。一般较大功率的电动机多采用双层绕组。双层绕组又有双层叠绕组和双层波绕组之分，上述的嵌线形式就是双层叠绕组。

一些槽内为单层绕组，另一些槽内为双层绕组，兼有单层绕组和双层绕组特点的称为单双层混合绕组。

定子旋转磁场的旋转速度（同步速）

定子旋转磁场的转速（又称同步速） n_1 与电源频率 f 成正比，与定子旋转磁场的磁极对数 p 成反比，计算公式如下：

$$n_1 = \frac{60f}{p} \quad (\text{转/分})$$

式中： f ——电源频率，赫；

p ——磁极对数（一对极有两个异性磁极）。

由于我国交流电源的标准频率为50赫，同步速与磁极对数有如下的关系：

$$n_1 = \frac{3000}{p} \quad (\text{转/分})$$

该关系说明电动机的极数越多，同步速越低，如下所示：

p (极对数)	1	2	3	4	5
n_1 (转/分)	3000	1500	1000	750	600

三相异步电动机的转速

根据异步电动机转动原理可知，异步电动机的转速（转子旋转速度） n 的大小与定子旋转磁场的转速（同步速） n_1 的大小有关，而且是始终小于同步速，否则电动机转动不起来，故又称转子转速为异步速。

转子转速与旋转磁场转速相差的程度，可用转差率 S 来表示。根据转差率的定义是：

$$S = \frac{n_1 - n}{n_1}$$

通常用百分数表示转差率，则：

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

当三相异步电动机在额定负载下运行时，小功率电动机的 S 约为 3~6%，大中功率电动机约为 1~3%。电动机越大，效率越高，转差率越小。

根据上式可写出： $n = (1-S)n_1$ 的关系式。所以，只要知道旋转磁场的同步速，或者电动机的极数，便可估计出电动机转速的大约数值。

异步电动机的转动方向

由异步电动机的工作原理可知，电动机的转动方向（即转子旋转方向）是由转子的电磁转矩方向决定的，即电动机的转动方向是与电磁转矩方向一致的。而电磁转矩的方向又取决于定子旋转磁场的方向，即与旋转磁场的旋转方向一致，也就是说，电动机的转动方向是由定子旋转磁场方向所决定的，两者的旋转方向相同。而旋转磁场的方向又取决于通入定子三相绕组中的三相电源的相序。相序改变，旋转方向也改变。倘若要

三相异步电动机

想改变电动机的转动方向，只要改变定子旋转磁场的方向就可实现。这就必须改变通入定子三相绕组中的三相电源的相序，其方法很简单，只要将三相电源线的任意两相电源线对调接入电动机便可实现。例如，原来是三相电源的A相接入电动机第一相定子绕组的首端 D_1 ，B相电源接入第二相定子绕组首端 D_2 ，C相电源接入第三相定子绕组首端 D_3 ，电动机顺时针旋转，如图59(a)所示。若要使电动机反时针旋转，只要将电源线的B相接到 D_3 ，C相改接 D_2 ，电动机便反时针旋转了，实现了反转，如图59(b)所示。

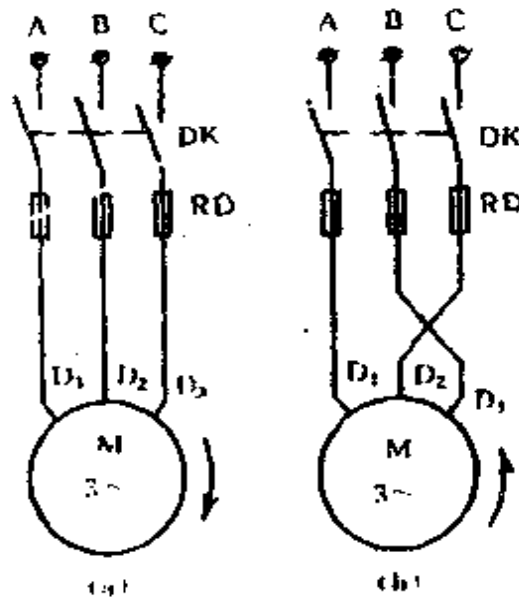


图 59

改变电动机转向的原理和方法，在实际工作中是很有用处的。例如，有时会遇到，一台完好的水泵在接上三相电源线后，电动机能正常运转，但却打不出水来。这种故障一般就是由于电动机反转之故，只要将三相电源线的任意两相对调接入电动机一试，便可断定。

异步电动机的空载电流

当电动机空载（不带负载）运行时，三相定子绕组中流过的电流，称为空载电流。绝大部分的空载电流是用来产生旋转磁场，称为空载激磁电流，是空载电流的无功电流分量。还有很小一部分空载电流消耗于电动机空载运行时的各种功率损耗（如摩擦和铁芯损耗等），这一小部分是有效电流分量，但占的比例很小，甚至可忽略不计。因此，空载电流量是基本上不做有用功的无功电流。从这一观点来看，空载电流应该小为好，这样电动机的功率因数提高了，对电网供电是有好处的。如果空载电流大，由于定子绕组的导线截面积是一定的，允许通过的电流是一定的，则允许流过导线的有功电流就只能减小，电动机所能带动的负载就要减小，电动机出力降低，带过大的负载，绕组就容易发热。但是，空载电流也不能过小，否则又要影响到电动机的其它性能，使其变差。所以，电动机的空载电流不宜过大也不宜过小，一般小型电动机的空载电流约为额定电流的35~50%，大中型电动机的空载电流约为额定电流的20~35%，才较合适。

异步电动机的起动电流

当电动机转速为零（静止）时，加上额定电压而起动瞬间的线电流，称为起动电流。异步电动机直接起动时，其起动电流很大，可达额定电流的5~7倍，是影响异步电动机起动性能的主要因素。

起动电流大，对电动机本身和电网电源都有影响。首先是使

三相异步电动机

电网电压瞬间下降，特别在电源容量（电力变压器容量）小和大功率电动机起动的情况下，电压下降更大，不仅使该台电动机起动困难，还影响到电源线路上其它电动机的正常运行和起动困难（因为电动机的电磁转矩与电压的平方成正比）。另一方面，过大的起动电流，将使电动机和线路上的电能损耗增加，特别是在频繁起动、起动较慢、或起动过程较长的情况下，电能损耗更大，发热严重。所以，在起动时对供电线路电压降有影响的电动机，应限制其起动电流。

电动机的额定转矩

在额定电压、额定负载下，电动机转轴上产生的电磁转矩称为异步电动机的额定转矩，用 M_N 表示。其大小用下式计算：

$$M_N \approx 9550 \frac{P_N}{n_N} \quad (\text{牛} \cdot \text{米或写成} N \cdot m)$$

单位也可用千克力·米表示，则：

$$M_N \approx 975 \frac{P_N}{n_N} \quad (\text{千克力} \cdot \text{米或写成} \text{kgf} \cdot m)$$

$$1 \text{kgf} \cdot m = 9.807 \text{N} \cdot m$$

$$1 \text{N} \cdot m = 0.102 \text{kgf} \cdot m$$

式中： P_N ——电动机的额定功率，千瓦；

n_N ——电动机的额定转速，转/分。

从上述两式都可看出，额定功率相同的电动机，转速低，转矩就大；又由于转速与磁极数成反比，所以，极数多，转速就低，转矩也就大。

电动机的起动转矩

电动机加上额定电压，刚起动（转速为零）时的转矩称为起动转矩。

起动转矩衡量电动机起动性能的重要技术指标之一。起动转矩越大，电动机加速度越大，起动过程越短，也越能带重负载起动。这些都说明起动性能好。反之，若起动转矩小，起动困难，起动时间长，使电动机绕组易过热，甚至起动不起来，更不能重载起动。所以，国家规定电动机的起动转矩不能小于一定的范围。一般常用电动机的起动转矩都为额定转矩的 1.2~2 倍之间。起动转矩一般都用额定转矩的倍数来表示。

起动转矩的大小主要与下述三个因素有关：

(1) 与电压的平方成正比。电源电压通过旋转磁场中的每极磁通和转子感应电流影响电磁转矩。根据异步电动机的转动原理，电磁转矩与每极磁通和转子感应电流成正比，而每极磁通和转子电流又都与电源电压成正比。所以，转矩便与电源电压的平方成正比关系。这就是说，电源电压的下降对电动机的起动性能影响最大。例如，电源压降为原来的 80%，起动转矩只有原来的 $(80\%)^2$ ，即原起动转矩的 64%，所以，在低电压下，电动机的起动特别困难。

(2) 与电动机的漏电抗有关。漏电抗（由漏磁通产生）大，起动转矩小；反之，减小漏电抗可增大起动转矩。而且，漏电抗又与绕组匝数和气隙大小有关，绕组匝数多或气隙小，漏电抗就大，起动转矩也就小；反之，匝数少、气隙大，漏电抗则小，起动转矩也就增大。所以修理电动机时，注意保持原设计的绕组匝数和气隙是很重要的。

(3) 起动转矩随转子电阻的增大而增大。所以，绕线式异

三相异步电动机

步电动机起动时，在转子绕组回路中串入适当的附加电阻，来增大起动转矩。

电动机的最大转矩

电动机从起动到正常运转的过程中，电磁转矩是不断变化的，其中有一个最大值，称为最大转矩或临界转矩，用 M_{\max} 表示。

最大转矩是衡量电动机短时过载能力的一个重要技术指标。最大转矩越大，电动机承受机械荷载冲击能力越大。如果电动机在带负载运行中发生了短时过载现象，当电动机的最大转矩小于过负载的阻转矩时，电动机便会停转，发生所谓“闷车”现象。最大转矩一般也用额定转矩的倍数来表示。最大转矩 M_{\max} 与额定转矩 M_N 比值，称为异步电动机的过载能力，用 λ 表示，即：

$$\lambda = \frac{M_{\max}}{M_N}$$

电动机的过载能力，国家有一定的规定值范围。一般异步电动机的过载能力都在 1.8~3 之间。

电动机的功率因数

异步电动机的功率因数是衡量在异步电动机输入的视在功率（即容量，等于三倍相电流与相电压的乘积）中，真正消耗掉的有功功率所占比重的大小，其值为输入的有功功率 P_1 与视在功率 S 之比，用 $\cos\varphi$ 来表示，即：

$$\cos\varphi = \frac{P_1}{S}$$

同时，功率因数也可以说是定子电流中的有功电流分量与定子总电流之比。功率因数越大，说明有功电流分量占总电流的比重越大，电动机做的有用功越多，电动机的利用率也越高。另一方面，功率因数大，电源的利用率就高，即可以提高电源设备（发电机、电力变压器及输电线路）的利用率。

电动机在运行中，功率因数是变化的，其变化大小与负载大小有关。电动机空载运行时，定子绕组的电流基本上是产生旋转磁场的无功电流分量，有功电流分量很小。此时，功率因数很低，约为 0.2 左右。当电动机带上负载运行时，要输出机械功率，定子绕组电流中的有功电流分量增加，功率因数也随之提高。当电动机在额定负载下运行时，功率因数达到最大值，一般约为 0.75~0.9。因此，电动机应避免空载或轻载运行，防止“大马拉小车”现象。

电动机的输入功率和输出功率

电动机从电源吸取的有功功率，称为电动机的输入功率，一般用 P_1 表示。而电动机转轴上输出的机械功率，称为输出功率，一般用 P_2 表示。在额定负载下， P_2 就是额定功率 P_N 。

电动机运行时，内部总有一定的功率损耗，这些损耗包括：绕组上的铜（或铝）损耗、铁芯上的铁损耗以及各种机械损耗等。因此，输入功率等于损耗功率与输出功率之和，也就是说，输出功率总是小于输入功率。

电动机的效率

三相异步电动机

电动机内部功率损耗的大小是用效率来衡量的，输出功率与输入的比值称为电动机的效率，其代表符号为 η ，常用百分数表示，即：

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

效率高，说明损耗小，节约电能。但过高的效率要求，将使电动机的成本增加。一般异步电动机在额定负载下其效率为75~92%。异步电动机的效率也随着负载的大小而变化。空载时效率为零，负载增加，效率随之增大，当负载为额定负载的0.7~1倍时，效率最高，运行最经济。

三相异步电动机的输入功率计算

三相异步电动机的输入功率可用下式计算：

$$P_1 = \frac{\sqrt{3} UI \cos\varphi}{1,000} \text{ (千瓦)}$$

式中：U——三相电源的线电压，伏；

I——电动机的线电流，安；

$\cos\varphi$ ——电动机的功率因数。

三相异步电动机铭牌内容含义

电动机铭牌上简要地记述了该电动机主要的额定技术数据、使用方法及运行条件，是正确使用、检查和维修电动机的主要依据。因此，必须搞清铭牌上各项内容的意义。其中各项内容的含义如下：

(1) 型号。型号是表示电动机的类型、结构、规格及性能

等的代号。

(2) 功率。功率指的是额定功率，用 P_N 表示。电动机在额定运行（额定电压、额定频率、额定负载）时转轴了输出的机械功率 (P_2)，单位为千瓦。

额定功率是电动机工作能力的重要指标。负载功率等于或小于额定功率时，能正常工作。如果负载过重，犹如“小马拉大车”，易使电动机过热或损坏。如果负载功率太小，犹如“大马拉小车”，很不经济，功率因数也低。

(3) 频率。频率指的是电动机电源的额定频率。铭牌上标明 50 赫，该电动机就应该在频率为 50 赫的交流电源上使用。我国工业用电频率标准规定为 50 赫，所以，必须使用频率为 50 赫的电动机。频率过大、过小对电动机的性能都有影响。

(4) 电压。电压是指的额定电压，而且是指施加在电动机三相定绕组上的线电压，即三相电源的线电压。有些小功率电动机，如 4 千瓦以下的 JO2 型电动机中，有的铭牌上电压标出 220/380 伏，都是指的线电压，绝不能把 220 伏当成相电压对待。一般规定电动机不能在高于或低于额定电压值的 5% 时运行。过高的电压使电动机过热，甚至烧毁定子绕组；电压过低，电动机又难以起动，即使能起动，长时间出力不够，也会过热，甚至烧坏绕组。

(5) 电流。电流指的是额定电流，而且是指电动机在额定运行下，定子绕组的线电流。如果铭牌上标出两个额定电压值，也对应地标出两个额定电流值。电动机在运行中，线电流应等于或小于额定电流。如果线电流过大，是一种过载现象，应及时停机处理。运行中应随时监视电动机的线电流。

(6) 接法。接法是指三相定子绕组六个首末端头的接法，有星形和三角形两种。具体的连接方法见 153 问。只有接法正

三相异步电动机

确，电动机才能在额定值下正常运行。否则，可能会带来不良后果。凡铭牌上标出两个额定电压者，也必定有对应的两种接法。例如，电压 220 / 380 伏，接法 Δ / Y ，表示若电源线电压为 220 伏时，三相定子绕组接成三角形，若为 380 伏时应接成星形。

(7) 转速。是指电动机的额定转速。电动机在额定频率、额定电压下，输出额定功率时，每分钟的转数，称为额定转速，用 n_N 表示。一般异步电动机的额定转速比旋转磁场转速（同步速 n_1 ）低 2~5%。故从额定转速也可知道电动机的极数和同步速。电动机在运行中的转速与负载有关。空载时，转速约高于额定转速；过负载时转速约低于额定转速。

(8) 绝缘等级。

(9) 温升。

(10) 定额（或工作制）。是指电动机在额定值条件下运行时，允许连续运行的时间，即电动机的工作方式。

(11) 防护等级。

(12) 噪声等级。“LW78 分贝”表示电动机的总噪声等级。

三相异步电动机起动的要求

三相异步电动机有起动电流大的弱点，一般起动电流为额定电流的 5~7 倍。这对电动机本身和电源电网都是不利的。另一方面，起动电流虽大，但起动转矩并不大（因起动时转子电路的功率因数很低，而电磁转矩与转子电路功率因数成正比）。根据异步电动机有上述起动电流大而起动转矩的特点，对异步电动机的起动要求如下：

(1) 起动电流要尽可能的小，以减少其影响。

(2) 起动转矩应足够的大, 使电动机能克服所带负载的阻力转矩而迅速起动, 尽量缩短起动时间。

(3) 起动设备应尽可能简单、经济、操作方便。

笼型异步电动机的直接起动

直接起动是指电动机在额定电压下直接进行起动, 即全压起动。这种起动方法简便, 设备简单, 保持了电动机原有的起动转矩。但起动电流也没有减小, 仍然很大 (仍是额定电流的 5~7 倍)。因此, 起动电流大是直接起动的特点和缺点。

从电动机本身的角度来讲, 凡直接起动不困难者, 或直接起动不发生过热者, 都可以直接起动。另一方面, 从电源电网的角度看, 只要不严重影响电网上的电压降及其它电气设备的正常使用者, 也都可以直接起动。

具体讲, 电网上允许直接起动的笼型电动机的功率, 可参考下述原则决定:

(1) 由变压器供电的低压电动机。经常起动者, 电动机功率不大于变压器容量的 20%, 可以直接起动; 不经常起动者, 电动机功率不大于变压器容量的 30%, 可以直接起动。

(2) 由发电机直接供电的低压电动机。每 1 千伏·安发电机容量允许 0.1~0.12 千瓦功率的电动机直接起动。即容量为 1 千伏·安的发电机, 允许功率为 0.1~0.12 千瓦的电动机直接起动。

(3) 高压线路上的高压电动机。不超过电动机连接线路上的短路容量的 3% 者, 可直接起动。

总之, 在条件许可上应尽量采用直接起动。

直接起动设备

常用的直接起动设备有以下几种:

(1) 开启式负荷开关 (胶盖瓷底闸刀开关)。一般用于 5.5 千瓦及以下的小容量电动机作不频繁的直接起动。有熔丝作短路保护。

(2) 组合开关 (转换开关)。一般用于小容量电动机的正转或正反转直接起动。没有任何保护措施。

(3) 倒顺开关。是 HZ3 系列组合开关中的一种。常用于小容量 (3~7.5 千瓦) 电动机正、反转直接起动。

(4) 封闭式负荷开关 (铁壳开关)。一般用于 15 千瓦以下的电动机作不频繁的直接起动。有熔丝作短路保护。

(5) 断路器 (自动空气开关)。一般 100 千瓦以下不频繁起动的电动机可选用。有过载、欠压和失压、短路等较完善的保护措施。

(6) 电磁起动器 (磁力起动器)。一般用于 75 千瓦以下的电动机作频繁的直接起动。可逆式电磁起动器可控制电动机正、反转起动, 不可逆式只能控制单向运转起动。有过载和失压保护, 有的其中的热继电器还有断相保护装置。

开启式负荷开关 (闸刀开关)

胶盖瓷底闸刀开关是最简单的电动机直接起动设备, 由瓷底座、闸刀、刀片和夹座、熔丝及胶盖等组成。熔丝装在闸刀的下端, 直接接电动机等负载, 起短路保护作用。闸刀开关结构简单, 使用和维修方便, 价格也便宜, 能不频繁地手动接通和分断负荷电流。在小容量电动机中得到广泛应用。常的型号

最新实用电工技术与操作手册

有 HK1 和 HK2 系列，其有关技术数据见表 37 形如图 60 (a) 所示。

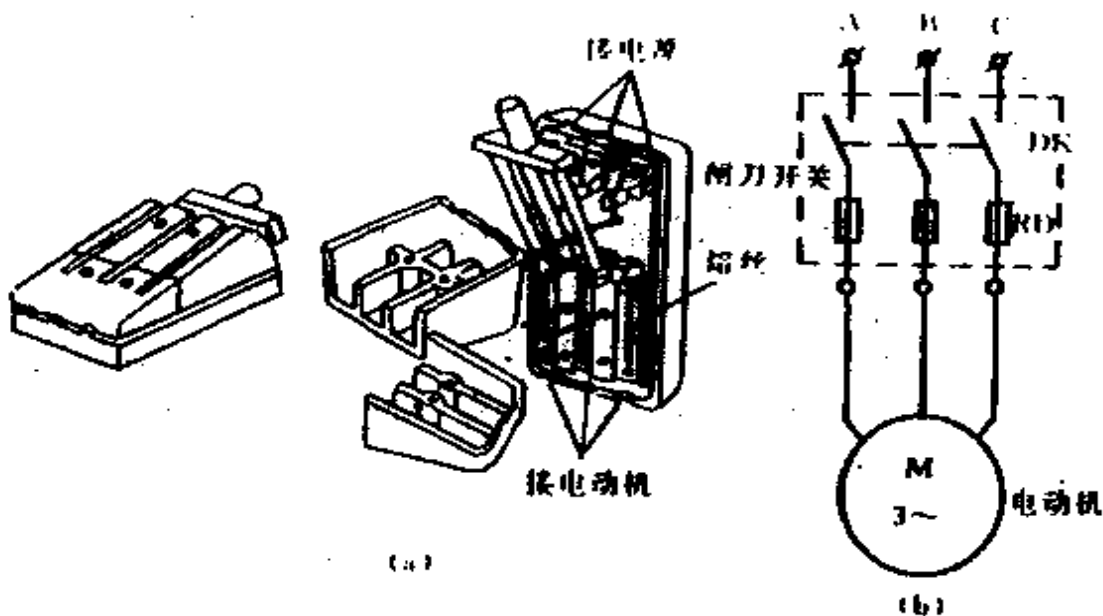


图 60

选择闸刀开关时，开关的额定电流应为电动机额定电流的 3 倍，以避过电动机起动时的大电流，或参考表 37 根据可控制电动机的功率范围选取。例如，一台型中一民为 Y112M-4

三相异步电动机

的电动机，额定功率为4千瓦，额定电流为8.8安。选用闸刀开关直接起动，闸刀开关的额定电流应等于或大于 3×8.8 安 = 26.4安。查表41，可选用额定电流为30安的HK1-30闸刀开关。

表41 HK1和HK2系列开启式负荷开关的技术数据

型 号	额定电流 安	极数	额定电压 伏	可控制电动机 最大功率 千瓦	配用熔丝规格
					熔丝线径,毫米
HK1	15	2	220	1.5	1.45~1.59
	30	2	220	3.0	2.30~2.52
	60	2	220	4.5	3.36~4.00
	15	3	380	2.2	1.45~1.59
	30	3	380	4.0	2.30~2.52
	60	3	380	5.5	3.36~4.00
HK2	10	2	250	1.1	0.25
	15	2	250	1.5	0.41
	30	2	250	3.0	0.56
	10	3	380	2.2	0.45
	15	3	380	4.0	0.71
	30	3	380	5.5	1.12

闸刀开关的安装和使用

闸刀开关应垂直安装在开关板上或控制屏上，使电源进线孔在上方，合闸时手柄朝上，熔丝在下方直接接电动机。这样当闸刀断开时，可保证换熔丝和检修的安全。如果装倒了，拉闸后容易造成误合闸而发生触电事故；如果进出线装反了（熔

丝端接电源), 换熔丝时也会发生触电事故。正确接线如图 60 (b) 所示。

闸刀开关由于没有灭弧装置, 操作时要特别注意安全, 动作要迅速果断, 否则易产生电弧, 烧坏闸刀和烧伤人。更换熔丝时, 必须拉开闸刀后才能进行, 且应换上同规格的熔丝, 并注意熔丝不要受机械损伤而减小截面积。闸开关必须盖好胶木盖才可使用。

封闭式负荷开关 (铁壳开关)

封闭式负荷开关是由闸刀开关和熔断器组合而成, 装在由铸铁或钢板制成的箱壳里, 所以称为铁壳开关或钢壳开关。开关采用侧面手柄操作, 并设有机械弹簧联锁装置, 保证箱盖打开时开关不能闭合, 或开关闭合后箱盖不能打开。所以, 开关通断动作迅速 (与操作速度无关), 灭弧性能好, 能切断负载电流, 并有短路保护功能, 使用安全, 能工作于粉尘飞扬的场所。

额定电流为 60 安及以下的铁壳开关可用于电动机的直接起动, 作为不频繁起动的设备。常用的型号有 HH3 和 HH4 系列, 技术数据见表 42。

三相异步电动机

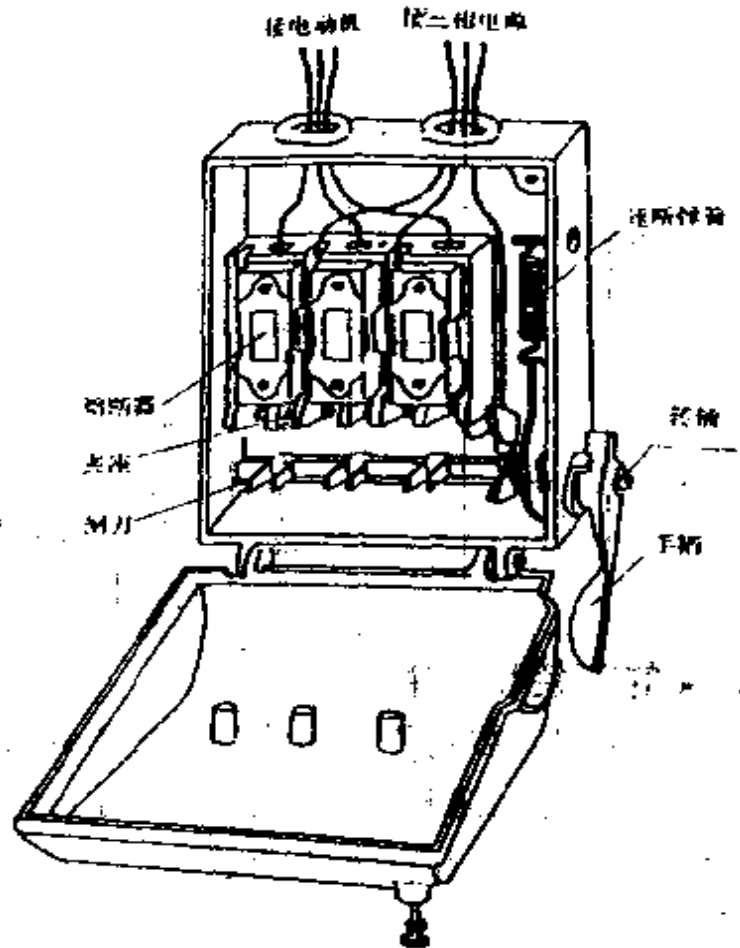


图 61

在选用封闭式负荷开关时，开关的额定电流应选取电动机额定电流的 3 倍，以避过电动机起动的大电流，也可参考表 42，根据可控制电动机最大功率范围选取。

表 42 HH3、HH4 系列封闭式负荷开关技术数据

最新实用电工技术与操作手册

型号	额定电流 安	额定电压 伏	极数	熔体主要参数			可控制电 动机的最 大功率 千瓦
				额定电流 安	线径 毫米	材料	
HH3	15	380	2或3	6	0.26	紫铜丝	2.2
				10	0.35		
				15	0.46		
	30			20	0.65		5.5
				25	0.71		
				30	0.81		
60	40	1.02	10				
	50	1.22					
	60	1.32					
HH4	15	380	2或3	6	1.08	软铜丝	2.2
				10	1.25		
				15	1.38		
	30			20	0.61	5.5	
				25	0.71		
				30	0.80		
	60			40	0.92	紫铜丝	10
				50	1.07		
				60	1.20		

铁壳开关的安装和使用

安装铁壳开关时，要特别注意进出线不能接反。一般的原則是，静触头一方与电源相接，动触头一方与电动机负载相接，以保证更换熔丝时，熔断器不会带电。如果接反对更换熔丝和检修都不安全。

当需要换熔丝或检修开关时，必须先扳动操作手柄断开电源后，才能打开箱盖进行；要扳动手柄接通电源时，也一定要先关好箱盖才可进行。这些操作过程都是为了使用安全。

用铁壳开关起动电动机还有一个好处，可省掉进线前的隔离开关。当需要检修电动机时，只要拔掉熔丝瓷盖或熔丝管，就起到隔离电源的作用。

组合开关（转换开关）

组合开关是一种手动式转动开关。它由若干个动触头和静

三相异步电动机

触头（片），分别装于数层绝缘件内，由转动手柄操作，外形如图 62（a）所示，手柄可向任意方向旋转每旋转 90° ，动触片就接通或分断电路。也可以由几个同时或不同时接通或分断的动静片组合成各种系列的转换开关，如作为电动机正转或正反转直接起动。星形-三角形起动、有级变速转换、测量三相电压转换等，组合功能多样灵活。由于采用了扭簧贮能，开关动作迅速，与操作速度无关。常用的型号有 HZ3、HZ5 和 HZ10 等系列。主要的技术数据及可控制电动机功率见表 43。

表 43 常用组合开关的主要技术数据

型 号	额定电压 伏	额定电流 安	控制电动机最 大功率,千瓦	备 注
HZ5-10	直流 220 交流 380	10	1.7	可取代 HZ1— HZ3 系列老产品
HZ5-20		20	4	
HZ5-40		40	7.5	
HZ5-60		60	10	
HZ10-10	直流 220 交流 380	10	2.2	HZ10有二极和三 极 可取代 HZ1、HZ2 系列老产品
HZ10-25		25	4	
HZ10-60		60	—	
HZ10-100		100	—	

最新实用电工技术与操作手册

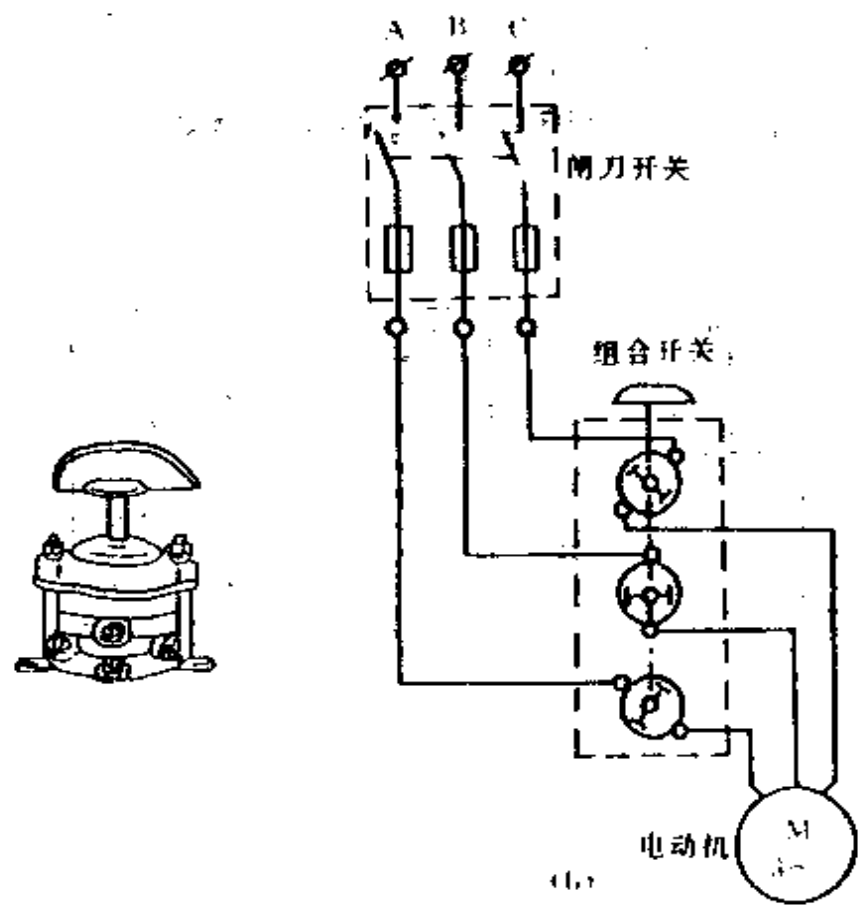


图 62

三相异步电动机

组合开关的使用

组合开关一般多用于直接起动 4 千瓦以下的小容量电动机。直接起动电动机的接线如图 62 (b) 所示。组合开关不宜作频繁的转换操作。用作可逆运转转换的组合开关, 也必须在电动机完全停止转动后, 才允许反向接通。当负载功率因数较低时, 开关要降低容量使用, 否则影响开关寿命。若负载功率因数低于 0.5 时, 由于灭弧困难不宜采用。

选用组合开关控制电动机时, 开关的额定电流, 一般应取电动机额定电流的 1.5~2.5 倍。

塑壳式断路器 (自动空气开关)

塑壳式断路器 (常简称自动空气开关或自动开关), 是空气式断路器中的一种。它是低压配电线路及电动机控制和保护中的一种重要的电器开关。主要由绝缘底座、灭弧室、触头、操作机构及脱扣器等组成。操作机构能使开关快速动作。热脱扣器起热继电器的过载保护作用, 电磁脱扣器起熔丝的短路保护作用。

断路器都有较完善的保护装置, 即有过载、欠压和失压保护, 也有短路保护, 但构造复杂, 价格较贵, 维修麻烦。在条件许可的情况下, 应尽可能采用。用于电动机控制和保护塑壳式断路器, 常用型号有 DZ5 和 DZ10 系列, 主要技术数据见表 44。

表 44 DZ5 和 DZ10 系列自动开关技术数据

型 号	额定电压 伏	额定电流 安	分励脱扣器 线圈电压 伏	失压脱扣器 线圈电压 伏	热脱扣器额定电流 安	电磁脱扣器 额定电流 安	操作方式
DZ5-10 DZ5-20	交流 220	10(单相) 20(二或三相)	—	—	0.15, 0.2, 0.3, 0.45, 0.65, 1, 1.5, 2, 3, 4, 5, 6, 5, 10, 15, 20	—	按钮
DZ5-25 DZ5-50	交流 380 500	25(单相) 50(二或三相)	—	—	10, 15, 20, 25, 30, 40, 50	—	手柄
DZ10-100		100(二或三相)	直流 48	交流 110	15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80, 100	15, 20, 25, 30, 40, 50, 100	手柄
DZ10-250		250(二或三相)	110	220	100, 120, 140, 170, 200, 225, 250	250	手柄、电动
DZ10-250P DZ10-600	直流 220		220	交流 110			
DZ10-600P (P-电动机 操作)	交流 380 500	500(二或三相)	交流 110 220 380 (50 赫)	交流 110 220 380 (50 赫)	200, 250, 300, 350, 400, 500, 500	400, 600 ...	手柄、电动机 (220 伏, 75 W)

注: DZ5 系列包括 DZ5 系列产品和 DZ10 系列产品; DZ10 系列包括 DZ10、DZ10P、DZ10C 系列产品。

断路器（自动开关）的使用

对于不频繁起动的笼型电动机，只要在电网允许的范围
内，都可首先考虑采用断路器直接起动。

一般 22 千瓦以下的电动机，都可采用 DZ5 系列断路器来
控制。它不但有保护性能较完善、体积小、重量轻的优点，价
格也并不比闸刀开关或铁壳开关贵多少，可以取代这两种开
关。功率在 75 千瓦以下的，可采用 DZ10 系列进行直接起动
和控制。其它功率的大中型电动机也可选用新型的 DW15 系
列或 DWX15 系列大容量的万能式断路器（旧称杠架式自动
开关）进行直接起动和控制。这两个系列的分断能力都比
DW10 系列提高了一倍多，特别是 DWX15 系列限流式断路
器，一次极限分断能力高达 100 千安，限流系数小于 0.6，全
分断时间小于 10 毫秒，因而能将回路中可能出现的最大峰值
电流限制在 60% 以下加以切断。选用断路器直接起动，不像
用接触器或电磁起动那样要耗电，从而大大节约了电能，还没
有噪声。

选用断路器时除额定电压应等于或大于电动机额定电压
外，主要应注意断路器额定电流的选择和整定电流的调整。

断路器的额定电流，过载保护热脱扣器的额定电流应等于
或大于电动机的额定电流；热脱扣器的整定电流也应等于电动
机的额定电流；短路保护电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流可取
电动机起动电流的 1.7~2 倍，或取热脱扣器额定电流的 8~
12 倍。

断路器应垂直安装在不易受震动的地方，因为震动可能引
起内部零件松动。灭弧室应位于上部。DZ10 系列在闭合时已
脱扣的，必须再扣好后才能重新合上开关。

新装的断路器在使用前应清除电磁铁工作面上的防锈油脂，使用中应定期检查各脱扣器的电流整定值；经常清理灭弧栅上的金属颗粒；切忌无灭弧罩或残缺灭弧罩运行。

基本的控制电器

要实现电动机的继电接触控制，所需最基本的控制电器是：

(1) 按钮。用于接通或断开电动机的控制电路，远距离间接控制电动机的起动、停止、正反转等。

(2) 交流接触器。用来直接控制电动机主电路的接通或断开，从而实现电动机的起动、停止、正反转等。接触器除起开关作用外，还兼有欠压保护作用，当电压降到额定电压的70%以下时，触头能自动断开。

(3) 中间继电器。这是为了解决某些控制电路中接触器或继电器触头不够用的困难，专门设置的一种多触头继电器，用作控制电路中的中间环节，故称中间继电器。基本构造类似接触器，但无主触头，全是只允许通过小电流的辅助触头。

(4) 时间继电器。用于自动延时控制电路中，延时接通或断开电动机的控制电路。

(5) 行程开关。用于电动机的控制电路中，间接控制机械行程范围。

除以上基本的控制电器外，还有对电动机进行各种保护的热继电器、电压继电器、电流继电器、熔断器以及用作隔离电源的各种开关等。

按钮开关

按钮分起动按钮（常开按钮）、停止按钮（常闭按钮）和复合按钮三种。起动按钮有一副动合的常开触头，手一按动，触头闭合，接通控制回路；手一放开，常开触头复原（断开）。停止按钮有一副动断的常闭触头，手一按动，触头就断开，切断控制回路；手一放开，常闭触头复原（闭合）。复合按钮既有一副常开触头，也有一副常闭触头，既可用作起动按钮，也可用作停止按钮。这是一种常用的按钮。复合按钮有一个重要的特点是动作时常闭触头先断开，常开触头后闭合。

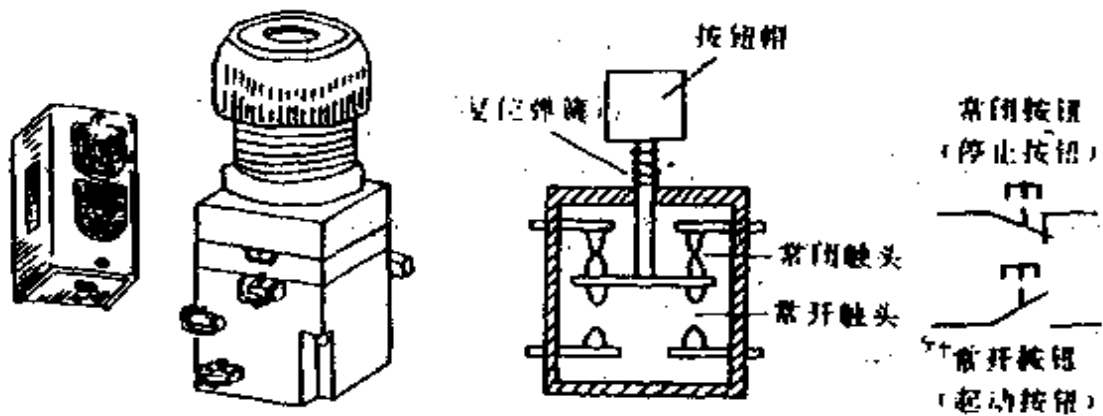


图 63

常用按钮有 LA2、LA10、LA18、LA19、LA20 及 LA25 等系列复合按钮。外形所示。结构及符号如图 63 (a)、(b) 所示。技术数据见表 45。LA10 系列有开启式、保护式、防水式及防腐式之分。LA18 系列有

紧急式（蘑菇钮头突出在外，作紧急切断电流用）、钥匙式（按钮带钥匙，以防误操作）、旋钮式（用手柄旋转操作）之分。LA18 系列可代替 LA1、LA3、LA5、LA6、LA9、LA11 及 LA16 系列淘汰产品。LA7、LA8、LA15 系列也已淘汰，可由 LA25 系列代替。LA19 系列有的型号，其钮头内装有信号指示灯。

按钮的选择：（1）应根据使用场所选择结构形式。（2）根据所需的触头数目及颜色选择。按钮颜色标记符合《电工成套装置中的指示灯和按钮的颜色》（GB2682—81）的规定，如红色为停止或分断；绿色为起动或接通；黄色为应急或干预。（3）电动按钮不宜选用 LA18 和 LA16 系列按钮，最好选用 LA2 系列按钮。（4）铸工车间灰尘较多，也不宜选用 LA18 和 LA19 系列，最好选用 LA14-1 系列按钮。

交流接触器

交流接触器是由电磁线圈和山字形静、动铁芯、三副常开主触头、二副常开辅助触头和二副常闭辅助触头等主要部分构成。常用的 CJ10 系列接触器的外形和工作原理如图 44 所示。当线圈 7 加上额定电压后，产生电磁力，吸引动铁芯 5 下降，从而带动三副常开主触头 2 闭合，二副常闭辅助触头 3 断开，二副常开辅助触头 4 闭合。主触头闭合便接通电动机

三相异步电动机

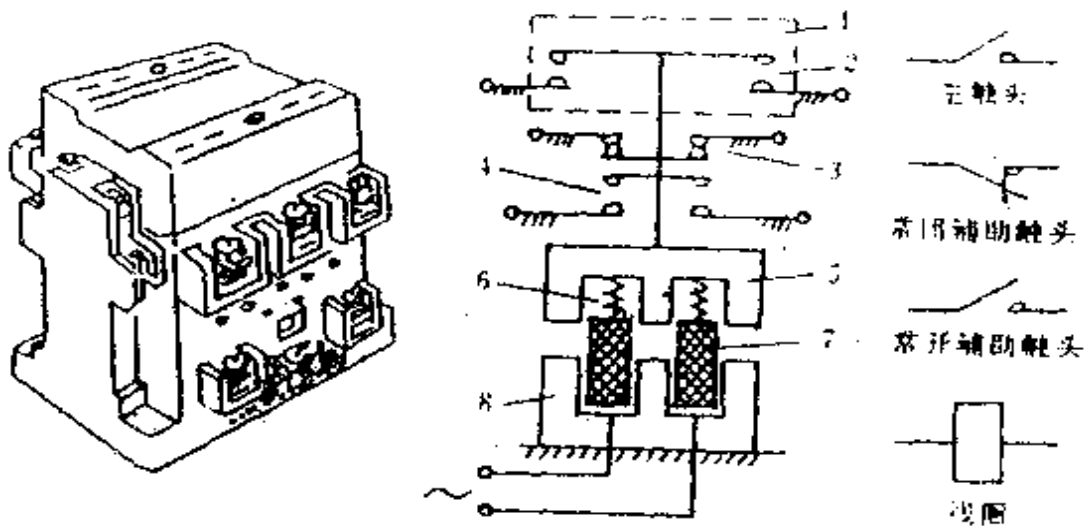


图 64

主电路，使电动机运行。辅助触接在控制电路中，控制其通断。当线圈失压时，在弹簧6的作用下，动铁芯5恢复到原始位置，各触头也恢复原始状态。

表 45 LA 系列按钮开关技术数据

型 号	规 格	结构形式	触点对数		按 钮		
			常开	常闭	钮数	颜 色	
LA2	500 伏 5 安	元 件	1	1	1	黑或绿或红	
LA10-1		元 件	1	1	1	黑或绿或红	
LA10-1K		开启式	1	1	1	黑或绿或红	
LA10-2K		开启式	2	2	2	黑或绿或红	
LA10-3K		开启式	3	3	3	黑、绿、红	
LA10-1H		保护式	1	1	1	黑或绿或红	
LA10-2H		保护式	2	2	2	黑或绿或红	
LA10-3H		保护式	3	3	3	黑、绿、红	
LA10-1S		防水式	1	1	1	黑或绿或红	
LA10-2S		防水式	2	2	2	黑或绿或红	
LA10-3S		防水式	3	3	3	黑、绿、红	
LA10-2F		防腐式	2	2	2	黑或绿或红	
LA18-22		500 伏 5 安	元 件	2	2	1	红或绿或黑或白
LA18-44			元 件	4	4	1	红或绿或黑或白
LA18-66	元 件		6	6	1	红或绿或黑或白	
LA18-22J	元件(紧急式)		2	2	1	红	
LA18-44J	元件(紧急式)		4	4	1	红	
LA18-66J	元件(紧急式)		6	6	1	红	
LA18-22Y	元件(钥匙式)		2	2	1	黑	
LA18-44Y	元件(钥匙式)		4	4	1	黑	
LA18-22X	元件(旋钮式)		2	2	1	黑	
LA18-44X	元件(旋钮式)		4	4	1	黑	
LA18-66X	元件(旋钮式)	6	6	1	黑		
LA19-11	500 伏 5 安	元 件	1	1	1	红或绿或黄或蓝或白	
LA19-11J		元件(紧急式)	1	1	1	红	
LA19-11D		元 件 (带指示灯)	1	1	1	红或绿或黄或蓝或白	
LA19-11DJ		元件(紧急式 带指示灯)	1	1	1	红	

注：①LA18 系列可代替 LA1、LA3、LA5、LA6、LA9、LA11、LA13、LA16 系列淘汰产品。LA25 系列可代替 LA7、LA8、LA15 系列淘汰产品。

②结构形式：K—开启式；H—保护式；S—防水式；F—防腐式；J—紧急式；Y—钥匙式；X—旋钮式；D—带指示灯。

交流接触器的选用

目前常用的接触器有 CJ10、CJ12、CJ20 等系列。CJ10 系列为一般任务型接触器，适用于一般电动机的起动和控制，如机床等；CJ10 的派生系列 CJ10Z 为重任务型，适用于频繁起动、正反转及反接制动的重任务条件；CJ12 系列主要用于冶金、轧钢及起重机等的控制系统中，作电动机的频繁起动、正反转及反接制动。CJ12 系列可取代 CJ1、CJ2、CJ3、CJ4 等已淘汰的老产品。也可代替已淘汰的 CJ12B；CJ20 系列是一种性能较优的新型接触器，可取代 CJ0 系列已淘汰的老产品，并将逐步取代 CJ10 系列产品。

选择交流接触器时应注意以下几点：

(1) 接触器额定电压的选择。铭牌上的额定电压是指主触头的额定电压，应大于或等于电动机等负载的额定电压。

(2) 额定电流的选择。接触器铭牌上的额定电流是指主触头的额定电流，应大于或等于电动机等负载的额定电流。当接触器用作电动机的频繁起动或反接制动时，其接通电流很大，应将接触器的额定电流降一级使用。

(3) 线圈额定电压的选择。在一般情况下，当线路简单、使用电器较少时，可选用 220 伏或 380 伏。当线路复杂，使用电器较多，或不太安全的场所，可选用 36 伏，110 伏或 127 伏的额定电压。另外还要注意线圈的电压有交流和直流两种，不可选错。

(4) 操作频率的选择。操作频率是指每小时触头通断的次数。当通断电流较大及通断频率超过规定数值时，应选用额定电流大一级的接触器型号。否则会使触头严重发热，甚至熔焊

在一起，造成电动机等负载缺相运行。

必须指出，接触器的额定工作电流或额定控制功率随着使用条件（如使用环境、使用类别、操作频率及工作制等）的不同而差异很大，只有根据不同的使用条件正确选择其额定容量等级（额定电流等级），才能确保接触器长期可靠的运行。

例如，用于控制笼型电动机的不频繁起动，选用 CJ10 系列就可以了；若用于控制频繁起动、有反转或反接制动的笼型电动机，就要选用 CJ10Z 系列，或将 CJ10 系列降一极容量使用；若用于控制频繁起动，反转、反接制的绕线型电动机，则应该选用 CJ12 系列接触器。

接触器的额定工作制

接触器分四种标准工作制，即：

(1) 8 小时工作制。这是接触器的基本工作制。按 8 小时工作来确定接触器的额定发热电流参数。

(2) 不间断工作制。不只 8 小时地连续工作，其触头氧化和尘埃积累会导致触头发热恶性循环，比 8 小时工作制严酷。

(3) 断续周期工作制。只能断续周期性地工作。其负载系数（又称通电持续率）的标准值分为 15%、25%、40% 和 60% 四种。

(4) 短时工作制。只能在限定的时间内短时工作。其触头通电时间标准值分为 10 分、30 分、60 分和 90 分钟四种。

选择接触器时应考虑不同工作制的影响。

当接触器按不间断工作制运行时，虽然比 8 小时工作制严酷，但主要工作参数与 8 小时工作制基本相同，只考虑长期通电工作，其触头氧化和尘埃积累等影响触头散热条件，可按 8

三相异步电动机

小时工作制选择，适当降低一级容量等级使用，并注意使用中的防尘和清洁，还应选用银或银基触头的接触器。如果只有铜触头的接触器，则应将容量降低至8小时工作制时额定容量的50%来使用，以避免铜触头长期工作温升过高而烧坏。

当接触器为断续周期工作制时，由于负载系数（通电持续率）不同，接触器的额定工作电流也不同。对于绕线型电动机，可根据厂家样本给出的用于绕线型电动机定子和转子电路的数据，按负载系数选择接触器的额定工作电流。对笼型电动机，因这时的决定因素不是发热电流，而是接触器通断能力，通常可按不间断工作制选用接触器。

对于短时工作制接触器的选择，由于工作参数变化较大，选用时特殊问题较多，这里就不介绍了。

时间继电器

常用的时间继电器有以下几种：

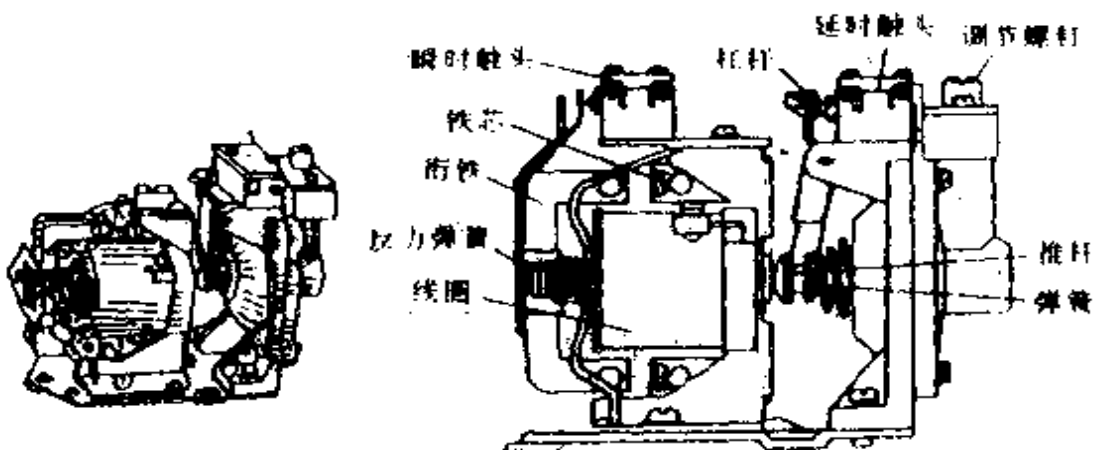


图 65

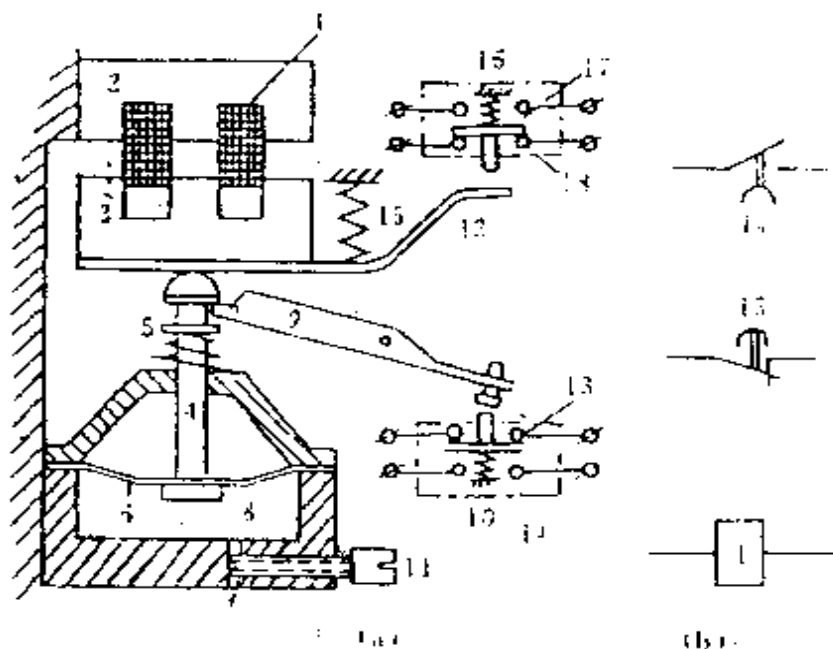
(1) 空气式时间继电器。空气式时间继电器也是一种电磁

最新实用电工技术与操作手册

式时间继电器，它由电磁铁机构、空气延时机构、延时触头及瞬动触头等构成，常用型号有：JS70A、JS23 等，JS7 的外形及结构如图 65 所示。

触头动作由电磁机构和气室中的气动机构配合驱动，延时动作的触头由气动机构控制延时，瞬时动作触头由电磁机构直接驱动。延时长短由调节螺钉调节进入空气室的气流量来控制。

空气式时间继电器有线圈通电延时和断电延时两种形式。



JS7-2A 型时间继电器动作原理

- 1. 线圈及符号 2. 静铁芯 3. 动铁芯 4. 活塞杆 5. 复位弹簧 6. 橡皮膜
- 7. 进气孔 8. 气室 9. 隔板 10. 延时动作微动开关 11. 调节螺钉
- 12. 托板 13. 延时断开常闭触头及符号 14. 延时闭合常开触头及符号
- 15. 复位弹簧 16. 瞬时动作微动开关 17. 瞬动常开触头 18. 瞬动常闭触头

图 66

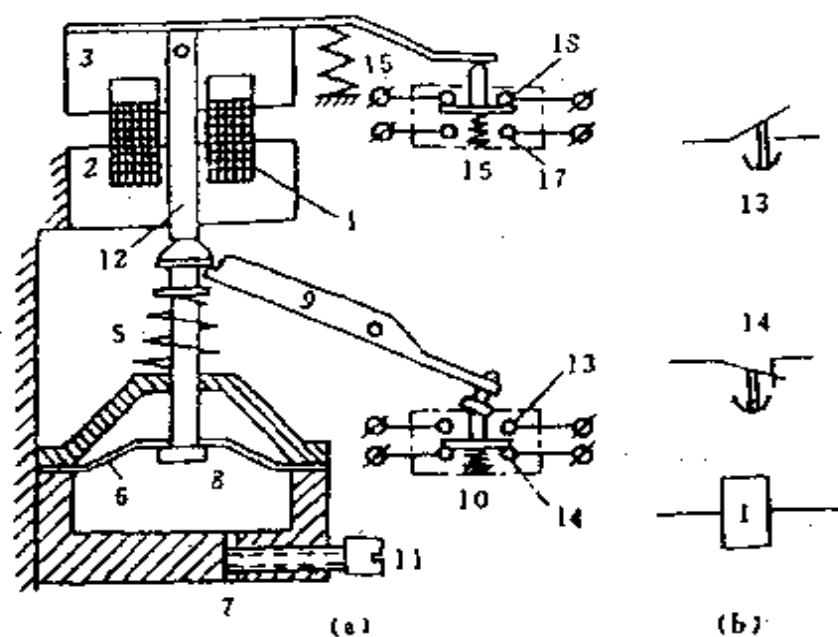
图 66 为 JS7-2A 型通电延时式时间继电器，它有通电延时闭

三相异步电动机

合的常开触头和通电延时断开的常闭触头各一副，另外还有瞬时闭合的常开触头和瞬时断开的常闭触头各一副，其表示符号如图 66 (b) 所示。图 67 为 JS7-4A 型断电延时式时间继电器，它有断电延时断开的常开触头和断电延时闭合的常闭触头各一副，另外也有常开和常闭瞬时动作触头各一副。

JS7-A 系列空气式时间继电器的主要技术数据见表 46。

空气式时间继电器有结构简单、延时范围较大、体积较小等优点。但延时误差较大，适用于延时准确度要求不高的场合，如电动机起动过程自动控制、自动切换等。



JS7-4A 型时间继电器动作原理

1. 线圈及符号
2. 静铁芯
3. 动铁芯
4. 活连杆
5. 复位弹簧
6. 橡皮膜
7. 进气孔
8. 气室
9. 隔板
10. 延时动作微动开关
11. 调节螺丝
12. 托板
13. 延时断开常开触头及符号
14. 延时闭合常闭触头及符号
15. 复位弹簧
16. 瞬动微动开关
17. 瞬动常开触头
18. 瞬动常闭触头

表 46 JS7-A 系列时间继电器技术数据

型 号	吸引线圈电压 伏	触头额定电压 伏	触头额定电流 安	延时触头数				不延时触头数		延时范围 秒
				通电延时		断电延时		常开	常闭	
				常开	常闭	常开	常闭			
JS7-1A JS7-2A JS7-3A JS7-4A	36、127、 220、380	380	5	1	1					0.4~60 及 0.4~180 两种

(2) 电动式时间继电器。是利用同步电动机和电磁机构产生延时，当电磁铁线圈通电后，衔铁机构将离合器闭合，同步电动机便带动齿轮装置定速旋转，待转到规定的延时位置时，便推动相应的延时触头动作。同空气式时间继电器一样，有线圈通电触头延时动作和线圈断电延时动作两种类型的四种延时触头，也有瞬时动作的触头。电动式时间继电器的优点是延时精度高、延时长，延时可调范围大（可从几秒到72小时），但结构复杂，体积较大，价格高。适用于对延时精度要求高的场合，如需要准确延时动作的自动控制系统和程序控制。常用型号有JS11、JS17和JS10系列等。

(3) 电子式时间继电器。这是利用电子技术的新型时间继电器。有分立元件和集成电路的时间继电器。从电路原理来分有：RC积分式和时钟脉冲计数式。常用型号有：JS-20系列晶体管时间继电器和JSS-10系列计数式时间继电器。它们有通用性大、系列性强、精度高，工作稳定可靠、延范围较大、

单向点动控制电路如图 68 所示。

当电动机需要单向点动控制时，先合上隔离开关 DK，按下点动按钮 QA，接触器 C 的线圈通电，接触器的主触头 C 闭合，电动机 M 得电而启动运转。当手放松 QA 时，接触器 C 的线圈失电，主触头 C 又释放，电动机因主电路断电而停转。这是最基本的一种控制环节，常用于快速行程和行车上等。热继电器 RJ 作过载保护用，当电动机过载（过负荷）时，串联在主电路中的热继电器发热元件双金属片受热而弯曲，使串联在控制电路中的热继电器常闭触头 RJ 断开，接触器 C 的线圈失电，从而保护了电动机。

电动机单向直接起动控制

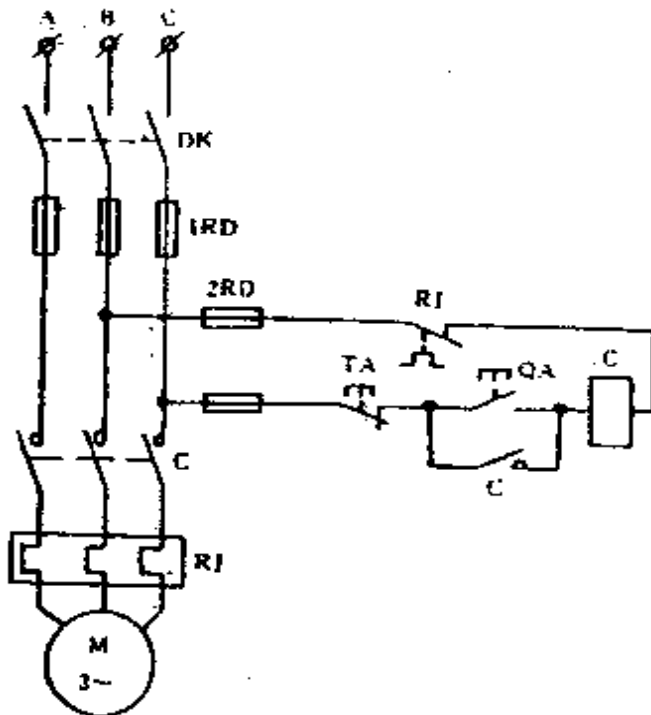


图 69

三相异步电动机

单向直接起动控制电路如图 69 所示。它是在单向点动控制线路的基础上，在起动控制按钮 QA 的两端并联一只接触器的常开辅助触头 C 来实现的。这个常开触头称为“自锁”触头。

电动机的正反转控制

常用的典型电路有：

(1) 用接触器触头作联锁保护的的正反转控制电路。其电路如图 70 所示。按下正转起动按钮 ZQA，主触头 ZC 闭合，电动机正转。按下停止按钮 TA，主触头 ZC 失电断开，

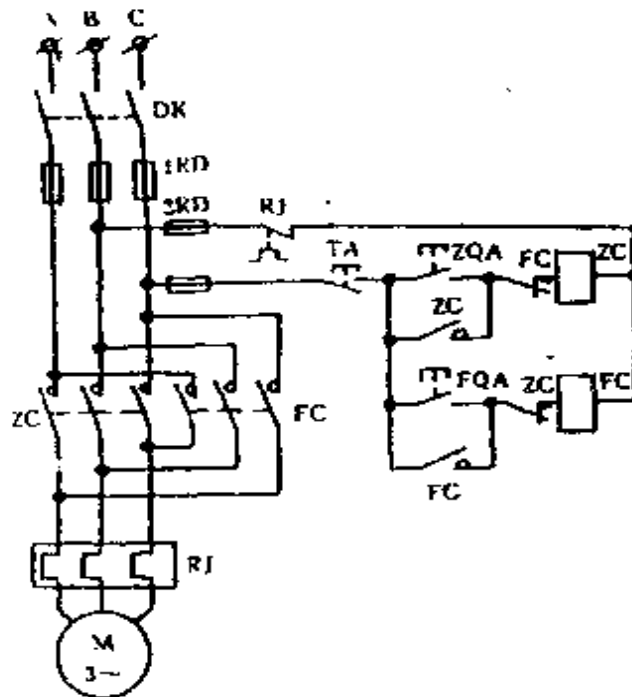


图 70

电动机正转停止。再按下反转起动按钮 FQA，主触头 FC 闭

最新实用电工技术与操作手册

合，A、C 两相电源线对调接入电动机，电动机反转。按动 TA，FC 失电，电动机停止反转。常闭触头 ZC 和 FC 的作用是防止由正转直接变为反转时发生 A、C 两相短路，称为“联锁”触头，又称为电气联锁。

这种控制电路的缺点是换向运转时，必须先停再启动，操作不方便。

(2) 用按钮作联锁保护的正反转控制电路。电路如图 70 所示。该电路与图 71 比较，只是用复合按钮的常闭触头

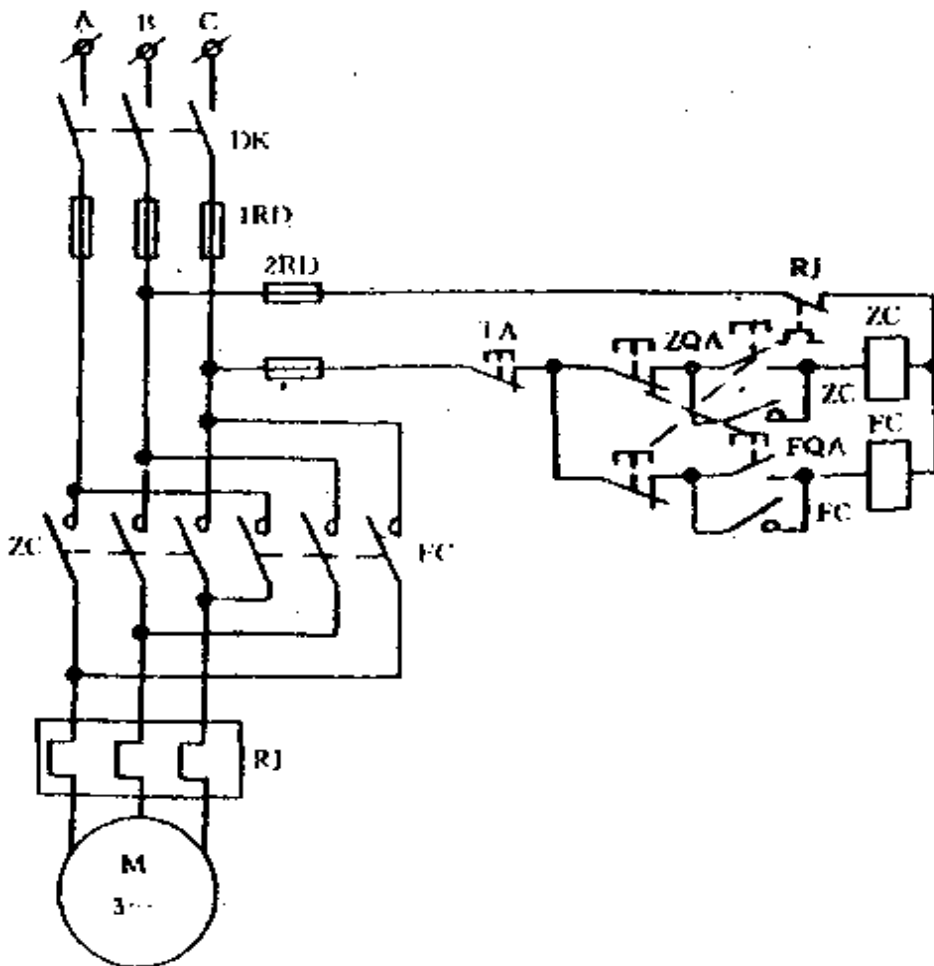


图 71

代替了接触器的常闭触头作为联锁，称为机械联锁，但动作过

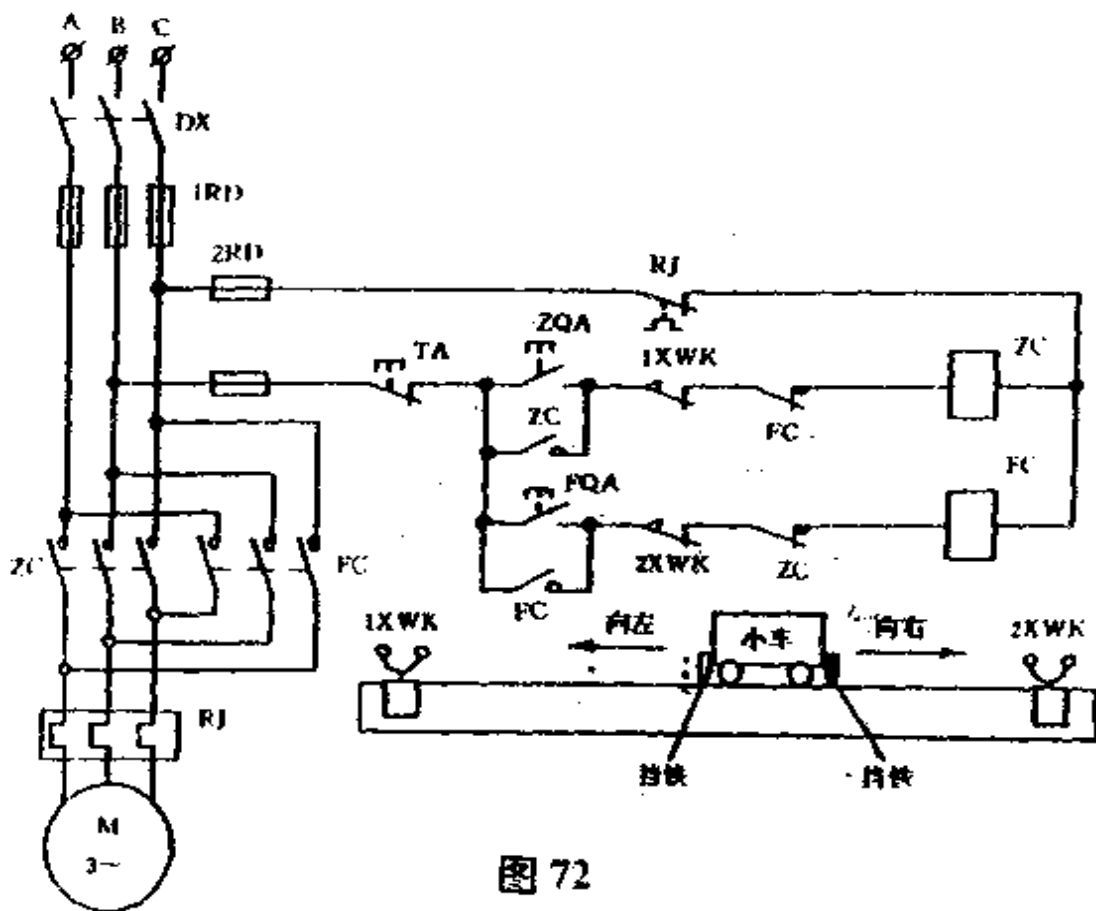
三相异步电动机

程类似。它的优点是正反转换向操作不需要按动停止按钮，直接按动 ZQA 或 FQA 起动按钮即可实现换向运转。但缺点是当正转接触器 ZC 的主触头发生粘连不能断开时，再直接按反转按钮 FQA 时，会发生短路事故，故可靠性差。

(3) 用按钮和接触器双重联锁的控制电路。它把图 70 和图 71 中的“联锁”都保留下来，增加了工作的可靠性。此电路用于频繁操作的电动机控制中。

行程限位控制

图 72 为正反转用行程开关作限位自动停止的控制电路。



它在原有的正反转控制电路基础上，各串联一只行程开关。当小车上的挡铁撞到行程开关 1XWK 或 2XWK 的滚轮时，就断开了控制电路中的行程开关常闭触头 1XWK 或 2XWK，便自动停车。

自动往复控制

要实现工作台等工作机件的自动往复循环控制，可采用图 73 所示的控制电路。它是在正反转控制电路中加入联锁

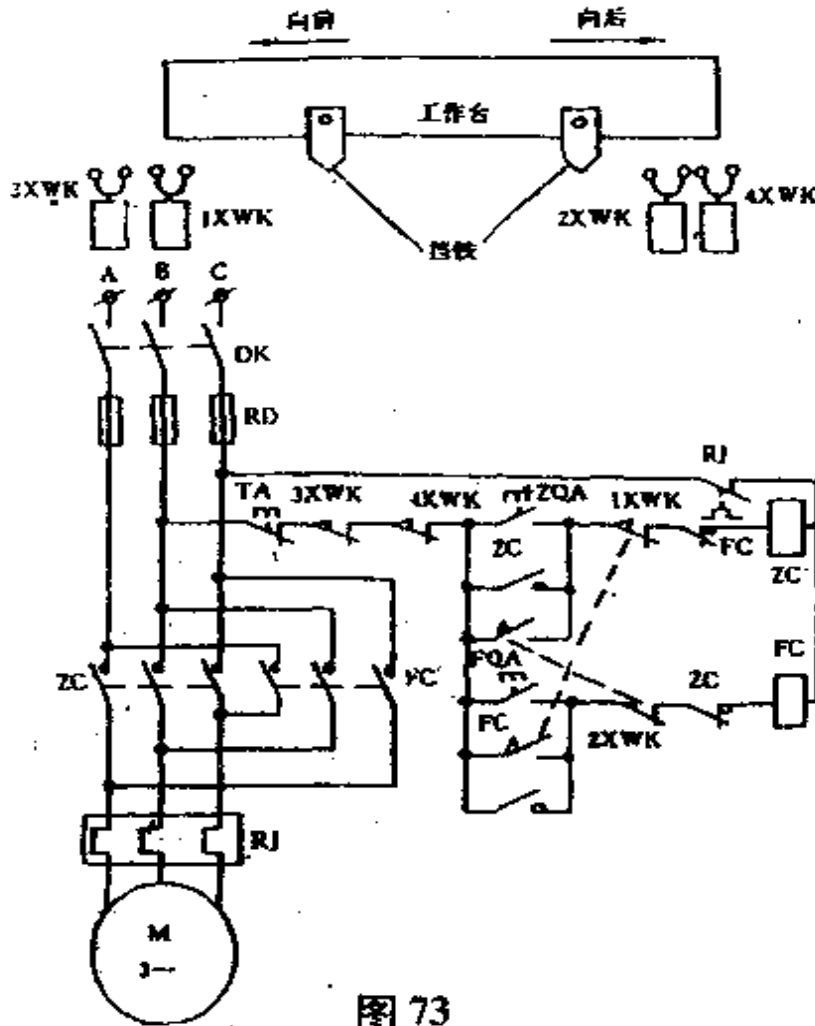


图 73

三相异步电动机

的行程开关触头 1XWK 和 2XWK 来实现的。将行程开关 1XWK 和 2XWK 分别固定在往复运动的工作台两端的不动机座上，当工作台运动到行程开关处，工作台上的挡铁撞到 1XWK 或 2XWK 滚轮时，工作台就自动反向运动。3XWK 或 4XWK 是为安全保护而设置的极限位置限位行程开关。

电磁起动器（磁力起动器）

电磁起动器（又称磁力起动器），是由交流接触器和热继电器组装在铁壳内，与控制按钮配套使用的的起动器，用以对笼型电动机作直接起动或正反转控制。按控制电动机运转方向可分为可逆磁力起动器和不可逆磁力起动器两种；按其外形的防护型式又分为开启式和保护式两种；按有无热继电器又可分为有热保护和无热保护两种。电磁起动器中的热继电器起过载保护作用，接触器兼起欠压和失压保护作用，配以带熔丝的闸刀开关作隔离开关后，又有了短路保护。如果配的热继电器带有断相保护装置，则电磁起动器还起断相保护作用。这样，电磁起动器就有了较完善的保护功能。

磁力起动器可以控制 75 千瓦及以下的电动机作频繁直接起动，操作安全方便，还可远距离操作控制，是一种较为理想的直接起动装置，在条件许可时应尽可能采用。

电磁起动的选用

电磁起动器常用型号有 QC10、QC12 和 QC20 等系列。它们都可取代 QC0、QC1、QC2、QC3 等老产品。QC12 和 QC20 都使用 JR0 型热继电器，故还具有断相保护作用。

QC10 系列为全国统一设计产品。

电磁起动器的选择主要是额定电流的选择和热继电器整定电流的调节。由于电磁起动器是由接触器和热继电器组成，所以其选择原则与接触器和热继电器的选择相同。

在选择和使用电磁起动器时，其额定电流（也是接触器的额定电流）和热继电器热元件的额定电流应略大于电动机的额定电流。

电阻降压起动和电抗降压起动

这种起动方法是当笼型电动机起动时，在定子电路与电源之间串联电阻器或电抗器，在电阻或电抗上产生一定的电压降，使定子绕组承受的电压小于额定电压（即降压起动），待电动机转速达到或接近额定转速时，短路电阻器使电源额定电压直接施加在定子绕组上运行（即全压运行）。三相单投开关 2K 先断开，电阻器（或电抗器）便串入定子电路与电源之间。这时开关 1K 闭合，便实现定子电路串电阻器（或电抗器）降压起动。待起动完毕，立即将开关 2K 闭合，短路掉电阻器（或电抗器），进入全压运行。

电阻降压起可采用专用的电阻降压起动器，常用型号有 QJ1 系列。

星形-三角形降压起动法

凡是要求正常运行时接成三角形的笼型异步电动机，在起动时，将三相定子绕组接成星形，待电动机起动后，转速达到或接近额定转速时，再将三相定子绕组改接成三角形进入正常

三相异步电动机

运行，这种起动方法称为星形-三角形降压起动法。所使用的设备称为星形-三角形（Y- Δ ）起动器。采用星形-三角形起动为什么能降低起动电压？根据三相负载电路的原理可知，三相绕组接成三角形，每相绕组承受的电压（相电压）就等于电源额定电压（线电压）；若将三相绕组接成星形，每相绕组承受的电压（相电压）只是电源额定电压（线电压）的 $1/3$ 倍（即 57.7%）。所以，把电动机的三相定子绕组接成星形起动，每相绕组承受的电压就只有接成三角形直接起动的 $1/3$ 倍（即起动电压只是额定电压的 57.7%）。

星形-三角形降压起动法的电路原理如图 74 所示。

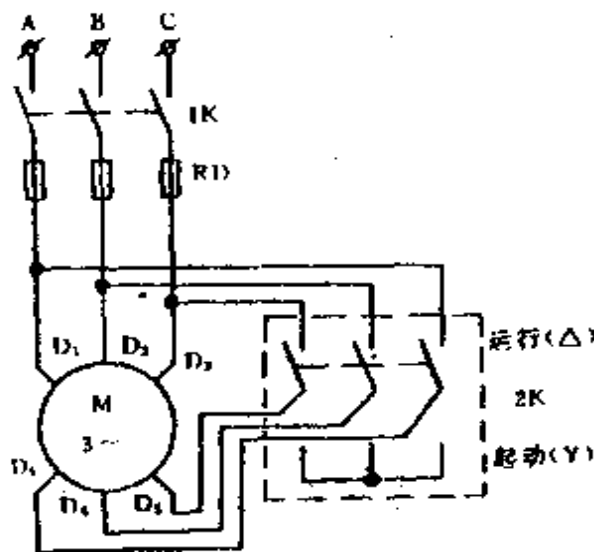


图 74

将电动机定子绕组的六个首末端引出，按图所示接在一只三刀双投闸刀开关 2K（或 Y- Δ 起动器的转换闸刀）上，当合上电源隔离开关 1K 后，把 2K 合到“起动”位置，这时定子绕组的 D_4 、 D_5 、 D_6 三末端接通，三个首端 D_1 、 D_2 和 D_3 分别接通三相电源，即电动机接成星形降压起动；当电动机转速

升高到接近额定转速时，将开关 2K 扳到“运行”位置，这时 D_1 、 D_6 与 A 相电源接通， D_2 、 D_4 与 B 相电源接通， D_3 、 D_5 与 C 相电源接通，即电动机接成三角形正常运行。

星形-三角形起动法专用起动设备

星形-三角形降压起动专用的星形-三角形起动器，常用的有 QX1、QX2、QX3 和 QX4、QX10 系列等。

QX1 和 QX2 两系列为手动空气式星形-三角形起动器，用手柄操作。操作方法是：电动机停转时，手柄在“O”位置；起动时，将手柄扳到“Y”位置，电动机接成星形起动；待转速正常后，将手柄迅速扳到“ Δ ”位置，这时电动机便接成三角形运行。要停机时，将手柄扳回“O”位置即可。这两种型号的起动器都没有保护装置，应配以保护电器使用。

QX3 和 QX4 系列为自动星形-三角形起动器，由三只交流接触器、一只三相热继电器和一只时间继电器组成，外配一只起动按钮和一只停止按钮。起动器外形结构有开启式（型号的最后符号为字母 K）和保护式（型号的最后符号为 H）两种。保护式有外壳。

起动器操作时，只按动一次起动按钮，便由时间继电器自动延迟起动时间，到事先规定的时间，便自动换接成三角形正常运行。热继电器作电动机过载保护，接触器兼作失压保护。

QX3 和 QX4 系列自动星形-三角形起动器在使用前，应对时间继电器和热继电器进行适当的调整，调整方法如下：

时间继电器的调整：调整时暂不接入电动机进行操作，试验时间继电器的动作时间是否能与所控制的电动机的起动时间一致。如果不一致，就应调整时间继电器的动作时间，再进行

三相异步电动机

上述试验。但两次试验的间隔至少要 90 秒，以保证双金属时间继电器自动复原。

电动机的起动时间（从起动到转速达到额定值的时间）如果不知道，可用下式计算：

$$t_Q = 4 + 2\sqrt{PN} \text{ (秒)}$$

式中： t_Q ——电动机正常起动时间，秒；

P_N ——电动机的额定功率，千瓦。

热继电器调整：由于 QX 系列起动器的热继电器中的发热元件串联在电动机相电流电路中，而电动机在运行时是接成三角形的，则电动机运行时的相电流是线电流（即额定电流）的 $1/\sqrt{3}$ 倍，所以，热继电器的整定电流值应为：

$$IZ = \frac{1}{\sqrt{3}} I_N \approx 0.58 I_N \text{ (安)}$$

式中： I_N ——电动机的额定电流，安。

根据上式的计算值，将热继电器的整定电流旋钮调整到相应的刻度即可。常用星形-三角形起动器的主要技术数据见表 47。热继电器中热元件的额定电流应选用略大于电动机的额定电流。

用按钮来实现星形-三角形起动

用按钮来实现星形-三角形起动的电路如图 75 (a) 所示。交流接触器 1C 用作接通电动机电源，2C 用作电动机接成星形起动，3C 用作电动机接成三角形运行。按钮 QA 作为接通电源和接成星形起动用，组合按钮 SA 作为控制接成三角形运行用。起动时，按动 QA 接触器 1C 和 2C 线圈通电，电磁铁吸合，1C 和 2C 主触头闭合，电动机接成星形起动。

最新实用电工技术与操作手册

表 47 常用星形-三角形起动机主要技术数据

型 号	额定电压 伏	额定电流 安	可控制电动机最大 功率,千瓦		热元件 额定电流 安	热元件整 定电流调 节范围 安	时间继电 器整定近 似值,秒
			220 伏	380 伏			
QX1-13 QX1-30	380	26 60	7.5 17	13 30			
QX2-13 QX2-30		500	12 36		13 30		
QX3-13 QX3-30	500		12.5 28	7.5 17	13 30	11 16 22 32 45	6.8~11 10~16 14~22 20~32 28~45
QX4-17 QX4-30 QX4-55 QX4-75 QX4-125		380	26 33 42.5 58 77 105 142 260		13 17 22 30 40 55 75 125		15 19 25 34 45 61 85 100~160

注:QX4系列的热元件整定电流调节范围为近似值。

三相异步电动机

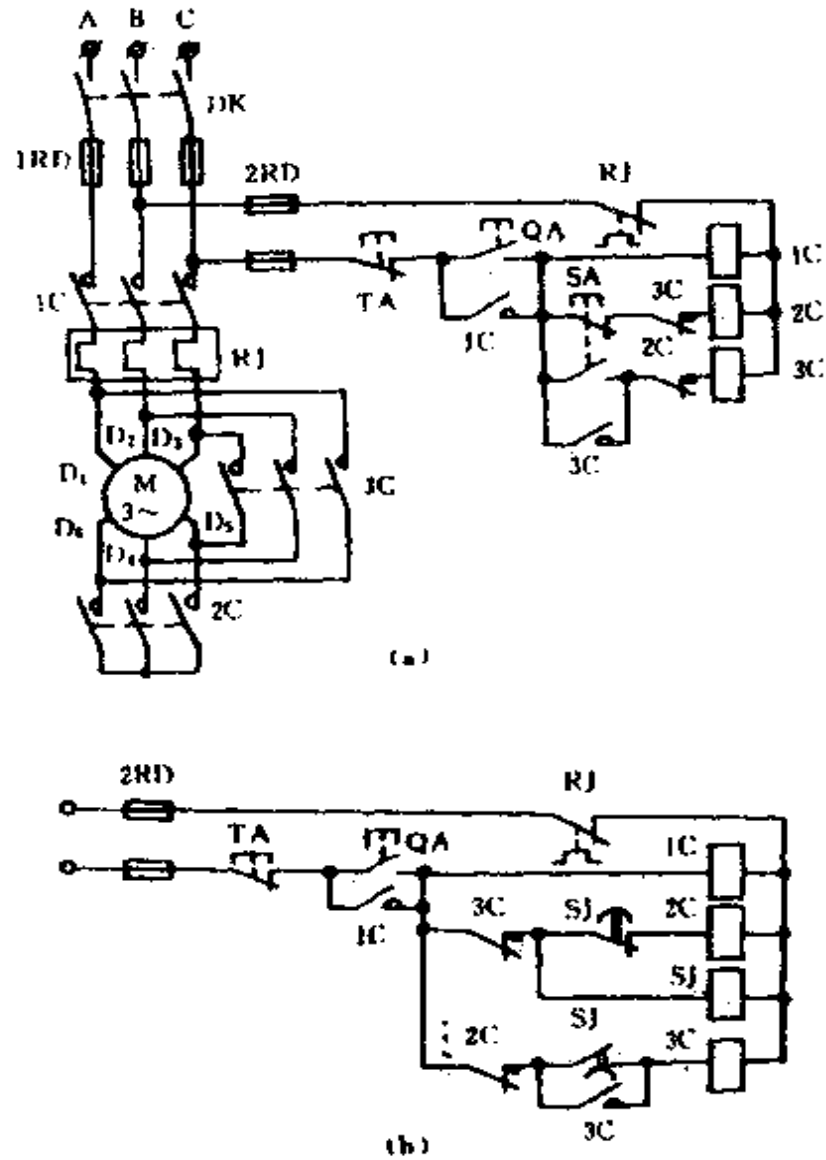


图 75

待电动机转速上升到接近正常时，再按动 SA 按钮，2C 线圈先失电，紧接着 3C 线圈得电，电动机由星形改接成三角形运行。2C 和 3C 的常闭辅助触头起互锁作用，以避免 2C 和 3C 的线圈同时得电，造成电源两相短路事故。1C 和 3C 的常开辅助触头都是它们自己的自锁触头，维持它们的继续通电工作。热继电器 RJ 用作过载保护，当电动机过载发热时，串在电动机主电路中的发热元件 RJ 动作，使控制电路中的常闭触头 RJ 自动断开而失电，起停止按钮的作用。正常停机时按动 TA 按钮即可。老式的 QX0 型星形-三角形起动器就是类似这样的电路。

用按钮和接触器控制的星形-三角形起动器有操作轻便安全、能远距离控制的优点，但图 75 (a) 的线路不能自动完成从星形连接延时换接成三角形连接，而且要操作两次按钮 (QA 和 SA) 才能完成起动到正常运行。

用时间继电器实现星形-三角形自动延时换接起动

要实现自动延时星形-三角形起动，可在图 75 (a) 所使用的设备基础上，增设一只时间继电器，省去一只 SA 组合按钮，主电路同图 75 (a) 完全一样，控制电路如图 75 (b) 所示。与图 75 (a) 比较可看出，在图 75 (b) 中，是用时间继电器 SJ 的常闭和常开两个延时动作触头代替了按钮 SA。当要起动时，只要按动一次 QA 按钮，接触器 1C 和 2C 的线圈同时得电，主触头 1C 和 2C 闭合，电动机接成星形降压起动。与此同时，时间继电器 SJ 的线圈也得电，SJ 常闭触头延时断开，延时到 2C 线圈失电，2C 主触头断开，紧接着 SJ 常开触头延时闭合，接触器 3C 的线圈得电，主触头 3C 闭合，

三相异步电动机

完成电动机从星形自动改接成三角形的控制，时间继电器 SJ 的触头延时动作的时间长短，应根据电动机的功率及起动时间的长短来调节。

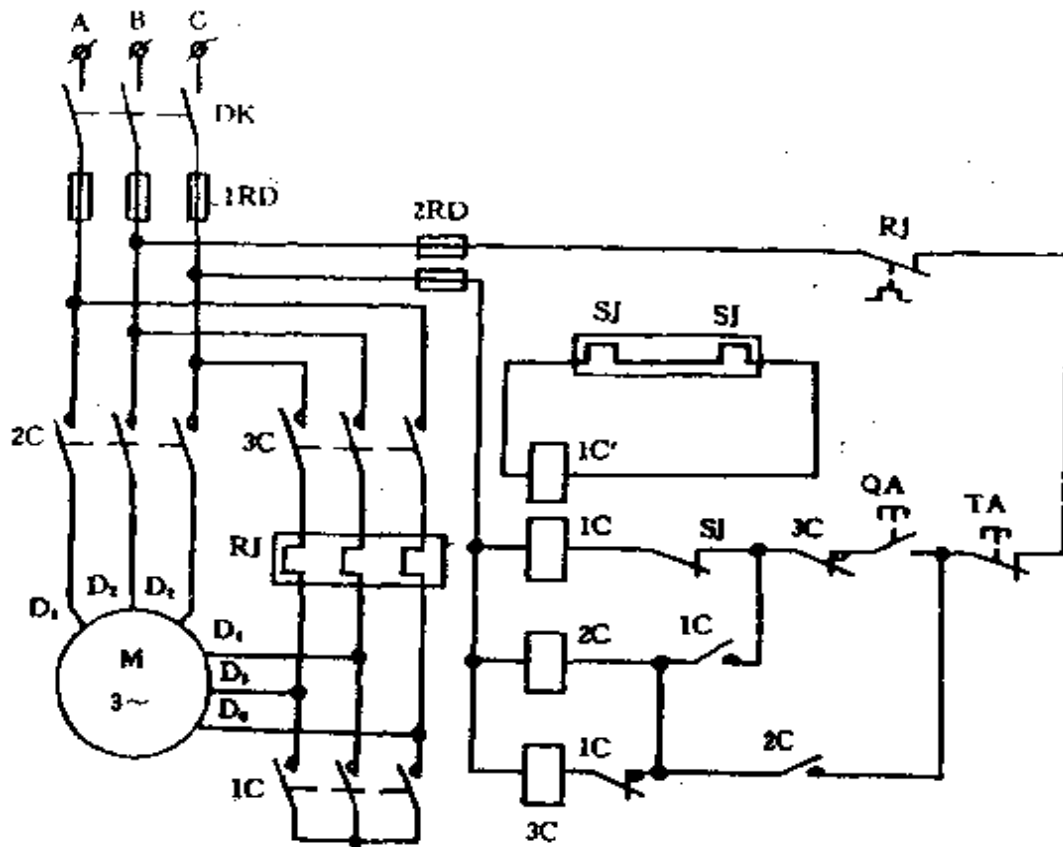


图 76

QX3 型、QX4 型星形-三角形起动器都是用类似的电路原理来实现的。但 QX3 型采用的是双金属时间继电器。这种时间继电器是利用接成星形的接触器（图 76 中的 IC）附加一个线圈 IC' 来加热双金属 SJ。当星形起动接触器 IC 短时工作时，IC' 线圈回路也产生感应电流，加热串联在 IC' 线圈回路中的两个双金属 SJ 而动作，双金属时间继电器的常闭触头 SJ 便会自动断开，IC 线圈失电，IC 主触头断开，星形接

法断开。与此同时，接触器 3C 线圈得电，3C 主触头闭合，电动机接成三角形运行。图 76 是 QX3 系列自动星形-三角形起动器的电路图。

当手头没有专用的星形-三角形起动器时，完全可按图 75 的电路自制。

自耦变压器降压起动法

自耦变压器降压起动是利用自耦变压器来降低起动电压，从而达到降低起动电流的目的。在起动时，将三相自耦变压器接入三相电流与电动机的三相定子绕组之间，变压器的低压边（即变压器的抽头）接到电动机的定子绕组上，便开始降压起动。待电动机转速达到或接近额定转速时，迅速切除自耦变压器，使电源直接进入电动机定子绕组，便进入全压运行。其原理电路如图 77 所示。用一只特制的五刀开关来控制。起动时，把闸刀手柄推到“起动”位置，闸刀 1、2 和 3 将三相自耦变压器接入电源与电动机之间，而闸刀 4 和 5 将三相变压器接成星形（三绕组的末端并联在一起），电动机便进入减压起动。待转速接近正常时，迅速将闸刀手柄拉到“运行”位置，电动机直接接电源，在额定电压下正常运行。此时变压器完全不起作用，即脱离电动机电路。

自耦变压器的低压边一般都有两个或三个抽头，可根据电动机起动时负载所需起动电压的大小，选择不同的抽头。

三相异步电动机

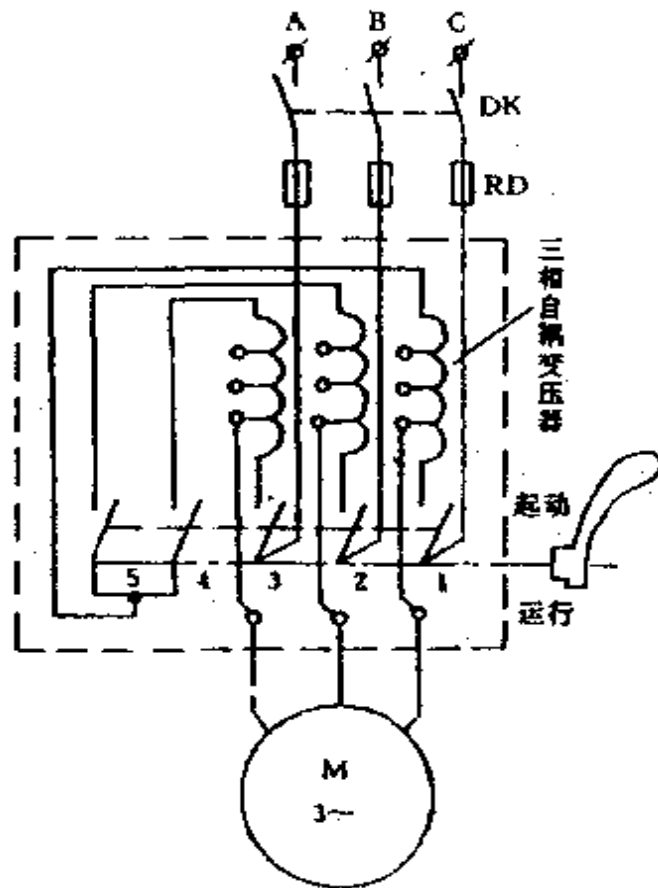


图 77

自耦变压器降压启动法启动设备

自耦变压器降压启动所使用的设备叫自耦减压启动器（又称自耦补偿启动器或简称补偿器）。常用的型号有：QJ10、QJ01 等系列自耦减压起器，以及 JJ1 和 XQ01 系列减压启动箱等。这一类启动器只适用于笼型电动机作不频繁启动用。

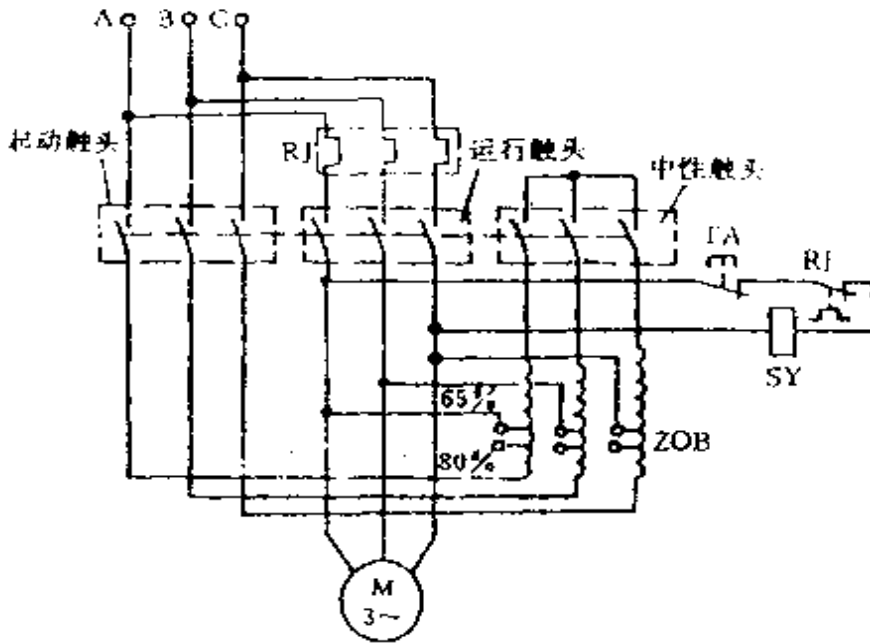
QJ10 系列为空气式自耦减压启动器，是全国统一设计产

品。它由箱式金属外壳、触头系统、操作机构、自耦变压器及保护装置等组成，采用了陶土灭弧室灭弧，热继电器还带有断相保护装置。有灭弧性能好、分合闸速度快等优点，且省去了过去常用的老型号 QJ3 中起灭弧作用的油箱和绝缘油。有过载、断相欠压和失压保护。电路原理如图 78 所示，ZOB 为自耦变压器，SY 为失压脱扣线圈，TA 为停止按钮。起动电动机使用起动手柄，起动时将手柄推到“起动”位置，待电动机转速接近额定转速时，把手柄拉到“运行”位置，电动机便在额定电压下正常运行。停止时，只要按动停止按钮即可。在运行过程中，当发生电压降低（降至额定电压的 35~70%）或消失时，失压脱扣器线圈中的铁芯便落下，推动连杆机构，使手柄从“运行”位置自动跳回“停止”位置，切断电源，电动机立即停止运行。QJ₁₀ 系列可代替已淘汰的老型号 QJ₁、QJ₂、QJ₃ 和 QJ₄ 等产品。QJ₁₀ 型有落地式和挂墙式两种安装方式供选择。

JJ1 和 XQ01 是由自耦变压器、交流接触器、热继电器、时间继电器等组成，全用按钮进行起动和停止操作，电路原理类似图 78。JJ1 系列可代替已淘汰的 XJ01 和 XJ011 各系列。

自耦变压器减压起动器在起动时，均应特别注意起动时间的掌握，不得超过规定值（见表 48），连续起动不可超过两次，总的起动时间不得超过规定值，因为变压器是按短时通过起动电流设计的。

三相异步电动机



QJ10 系列空气式手动自耦减压起动器电气原

ZOB—自耦变压器 SY—失压脱扣线圈 RJ—热继电器

图 78

表 48 常用自耦减压起动器 QJ10 型的技术数据

型 号	额定电压 伏	额定电流 安	热继电器整定 电 流,安	最大启动 时间,秒	控制电动机 功率,千瓦
QJ10-10	380	20.5	20.5	30	10
QJ10-13		25.7	25.7	30	13
QJ10-17		34	34	40	17
QJ10-22		43	43	40	22
QJ10-30		58	58	40	30
QJ10-40		77	77	60	40
QJ10-55		105	105	60	55
QJ10-75		142	142	60	75

注:最大启动时间为一次或数次连续启动时间的总和,当达到规定时间时,则应冷却 4 小时后再启动;如果启动时间少于规定值,则冷却时间可缩短。

自耦变压降压起动时用时间继电器来实现自动控制

实现这种控制的基本电路如图 79 所示。当起动时，按动起动按钮 QA，交流接触器 1C 和 2C 线圈得电，主触头 1C 和 2C 闭合，自耦变压器 ZOB 串入电动机降压起动。同时，时间继电器 SJ 线圈也得电，SJ 的触头延时动作，SJ 常闭触头延时先断开，1C、2C 和 SJ 线圈都先后失电，1C 和 2C 主触头断开，变压器脱离电动机电路，而 SJ 常开触头后闭合，3C 线圈也在 1C 和 2C 失电之后得电，3C 主触头闭合，电动机进入全压运行。各辅助触头都有自锁或互锁作用。这种控制电路使电动机的“起动-自动延时-运行”一次操作完成，非常轻便安全。

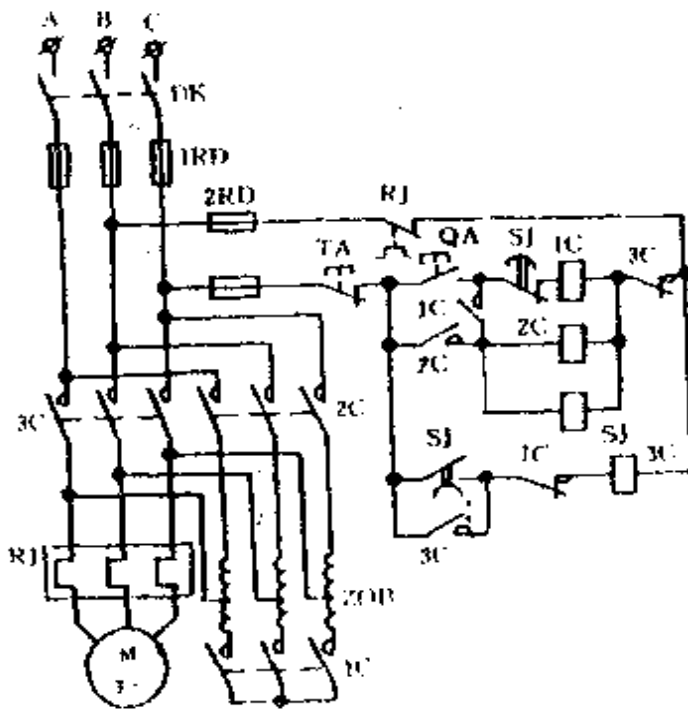


图 79

三相异步电动机

JJ1 和 XQ01 系列的电路就是在这种基本电路的基础上加一些其它控制电路（如信号指示灯控制电路等）所构成的。

延边三角形起动法

延边三角形起动法是把三角形连接的电动机在制造过程中，将每相定子绕组都按相同的匝数比分成两个串联的线圈，即将每相绕组中间按相同的匝数比抽一个接线头，使电动机有九个接线端引出。这样，在起动时，将三相绕组的一部分接成 Y 形，另一部分接成 Δ 形，成为一个延长边的三角形，称之为延边三角形，如图 80 (a) 所示。待起动完毕后，再接成正常运行时的 Δ 形，如图 80 (b) 所示。

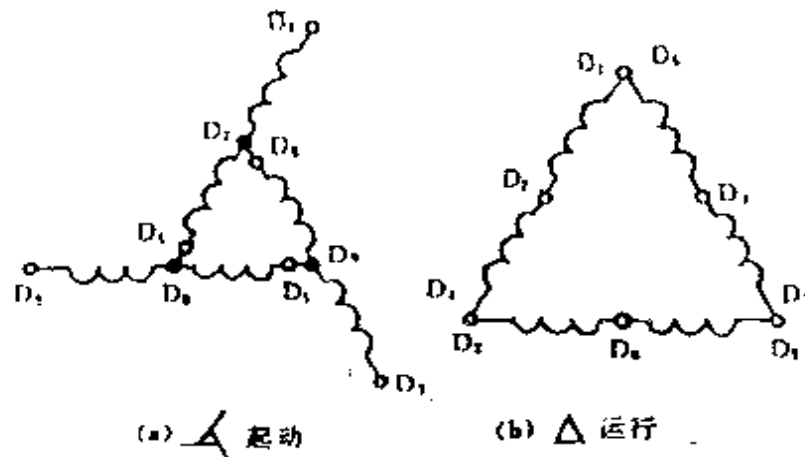


图 80

由于图 80 接法介于 Y 与 Δ 接法之间，所以起动电压比 Y 接法高，而比 Δ 接法低，因而它的起动性能比 Y- Δ 起动法好。电动机采用延边三角形法起动，其起动电压、起动电流和起动转矩的大小，决定于定子绕组中 Y 形部分的匝数与 Δ 形部分的匝数比。Y 形部分的匝数比 Δ 形部分的匝数越多，起动电压、起动电流和起动转矩也就越大。不同比例匝数的抽头是在生产电动机时已确定好了的，可按要求选用电动机。

延边三角形起动法的原理电路如图 81 所示。用一只三极双投闸刀开关控制，三相笼型异步电动机的九个出线头分别接在开关 K 的各桩头上。起动时，将开关 K 投向“起动”位置。这时电动机绕组的 D_5 与 D_9 、 D_4 与 D_8 、 D_6 与 D_7 分别接通。待电动机转速接近正常时，再将开关 K 投向“运行”位置。这时电动机绕组的 D_3 与 D_5 、 D_2 与 D_4 、 D_1 与 D_6 分别接通，绕组便改接成 Δ 形运行。

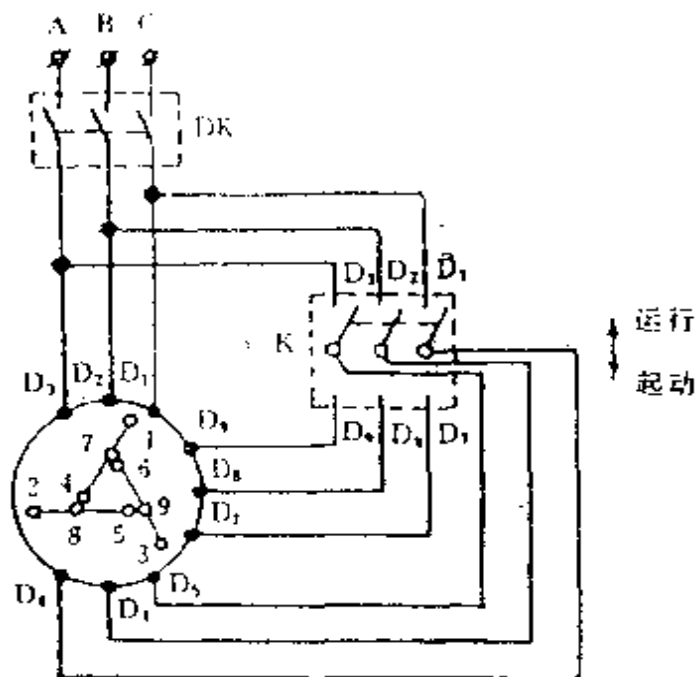


图 81

凡是有九个出线头的电动机都可采用延边三角形起动法。

延边三角形起动法起动设备

延边三角形起动可采用 XJ1 系列低压起动控制箱。它是专门为有九个出线头的电动机作延边三角形起动用的。XJ1 系列控制箱主要由交流接触器、时间继电器、热继电器和电流互感器等组成。由于无自耦变压器，故体积小、重量轻、可频繁操作，它既可作九线电动机的起动器，也可用于只有六个出线头的电动机作 Y-△ 起动器用。当作为 Y-△ 起动器用时，XJ1 控制箱的 D₇、D₈、D₉ 三个接线端子连在一起即可。九个出线头的电动机要用 Y-△ 起动法时，可将电动机的 D₇、D₈、D₉ 三个出线端分别包扎起来不用。

XJ1 型控制箱既可手动控制延时，也可自动延时完成起动过程。这要通过控制箱上的转换开关来实现。

XJ1 系列控制箱在使用对时间继电器和热继电器作如下的调整：时间继电器延时长短的调整同 QX3 系列星形-三角形起动器一样。热继电器整定电流的调整：55 千瓦及以下的 XJ1 系列的同 QX3 系列自动星形-三角形起动器一样，而 75 千瓦及以下的 XJ1 系列，由于热继电器的热元件是串接在电流互感器副边电路中的，所以热继电器的整定电流值应按下式计算：

$$I_c = \frac{I_N}{\sqrt{3} K_{HL}} \approx 0.58 \frac{I_N}{K_{HL}} \quad (\text{安})$$

式中：I_N——电动机的额定电流，安；

K_{HL}——电流互感器的电流变比。

XJ1 系列低压起动控制箱的通用性较强。将它与自耦变压器结合，可构成自耦减压起动箱，还可代替星形-三角形起动

器。XJ1 系列低压起动控制箱的技术数据见表 49。

表 49 XJ1 系列低压起动控制箱的技术数据

型 号	电动机额定功率 千 瓦	热继电器额定电流,安
XJ1-11	11	12.7
XJ1-15	15	17.3
XJ1-18	18.5	21.4
XJ1-22	22	25.4
XJ1-30	30	34.7
XJ1-37	37	42.7
XJ1-45	45	52
XJ1-55	55	63
XJ1-75	75	2.2
XJ1-90	90	1.8
XJ1-110	110	2.2
XJ1-125	125	2.4
XJ1-132	132	
XJ1-190	190	

笼型异步电动机的降压起动法的选择

笼型电动机在不能采用直接起动的情况下,采用降压起动方法时,应从下列几方面来选择:

(1) 各种降压起动方法及设备的特点、优缺点及适用条件。各种降压起动方法的起性能、特点、优缺点及适用条件是选用者首先要了解的。各种降压起动方法的比较列于表 50,供选用时参考。其次,还要了解同一种起动方法中,各种型号的起动设备有何特点和优缺点。例如若采用星形—三角形起动器, QX1 和 QX2 系列手动式就比 QX3 和 QX4 系列电磁控制式简单可靠,价格便宜,但无保护装置,故多用于小容量电动

三相异步电动机

机。QX3 和 QX4 系列，则有操作轻便及过载和失压保护等优点但价格贵，故多用于中等容量的电动机。

表 50 各种降压起动方法比较表

起动方法	电阻或电抗起动	自耦降压起动	星形-三角形起动	延边三角形起动	
				抽头比	
起动电压 V'_{1q}	KV_N	$\frac{V_N}{K_V} = KV_N$	$\frac{V_N}{\sqrt{3}} = 0.58V_N$	1:1	2:1
起动电流 I'_{1q}	KI_q	$\frac{I_q}{K_V} = K'I_q$	$\frac{I_q}{3} = 0.33I_q$	0.75V_N	0.68V_N
起动转矩 M'_{1q}	$K'M_q$	$\frac{M_q}{K_V} = K'M_q$	$\frac{M_q}{3} = 0.33M_q$	0.60I_q	0.50I_q
起动原理	启动时定子绕组串电阻或电抗，启动突然后切除电阻或电抗	启动时定子绕组经自耦变压器降压，启动突然后切除自耦变压器	启动时定子绕组接成星形，启动突然后切换成三角形	启动时定子绕组接成延边三角形，启动突然后切换成三角形	启动时定子绕组接成延边三角形，启动突然后切换成三角形
优缺点	I'_{1q} 较大， M'_{1q} 较小，启动电阻本身功耗大，且有变阻器，电抗器，电抗器启动本身功耗小，但功率因数低，在相同电流下，电抗器启动转矩	I'_{1q} 较小， M'_{1q} 较大，且有变阻器，电抗器，电抗器启动本身功耗大，且有变阻器，电抗器，电抗器启动本身功耗小，但功率因数低，在相同电流下，电抗器启动转矩	I'_{1q} 、 M'_{1q} 都很小，常需空载或轻载启动，常需空载或轻载启动，常需空载或轻载启动	I'_{1q} 较小， M'_{1q} 较大，且可按需选择不同抽头比的电动机，可频繁启动，设备较简单，兼有星形、三角形和自耦变压器启动的优点	I'_{1q} 较小， M'_{1q} 较大，且可按需选择不同抽头比的电动机，可频繁启动，设备较简单，兼有星形、三角形和自耦变压器启动的优点

续表 50

起动方法	电阻或电抗起动	自耦降压起动	星形-三角形起动	延边三角形起动	
				抽头比	
适用场合	电阻起动适用于中等容量低压电动机,电抗起动适用于大容量高压电动机,较少采用	适用于大、中容量电动机,轻载或重载起动,高、低压电动机都常采用	适用于低压电动机的轻载或重载起动,一般小容量电动机经常采用,但只适用于三角形接法的电动机(除了J0系列外大多数4kW以上的电动机都为三角形接法)	1:2	1:1, 2:1
可选用的定型设备	QJ1系列电阻起动器, PY1系列冶金控制电动机	QJ01、QJ10系列手动自耦减压起动器, JJ1、XQ01系列手动或自动式减压起动箱	QX1、QX2系列手动星形-三角形起动器, QX3、QX4系列自动星形-三角形起动器	XJ1系列低压起动控制箱	

注:① V_N —电动机额定电压, V'_q —降压起动的起动电压, I_{lq} —电动机直接起动电流, I'_{lq} —电动机降压起动的电流, M_{lq} —电动机直接起动转矩, M'_{lq} —电动机降压起动转矩;

$K_v = \frac{V_N}{V'_q} > 1, K = \frac{1}{K_v} < 1,$

② 延边三角形电动机定子绕组抽头比为延边匝数与三角匝数比。

三相异步电动机

(2) 电动机的型号和功率。电动机型号也影响起动方法的选择。例如，J、JO 全部系列，J1、JO1、JO2、JO3 及 Y 系列 4 千瓦以下的电动机，当电源线电压为 380 伏时，定子绕组都要求接成星形运行，这类电动机就不能选用星形-三角形起动法。又如只有 J3、JO3 系列有九个出线端的九线电动机才可选用延边三角形起动法。但九线电动机却可当一般六个出线端的电动机，采用其它各种降压起动法（只要把各各绕组的中间抽头引出端 D_7 、 D_8 和 D_9 分别包扎好就可以了）。

另外，电动机的容量（功率）也应考虑。一般小容量电动机多选择星形-三角形起动法，中、大容量的电动机多选择自耦变压器起动法。

(3) 负载对电动机起动的要求。电动机起动时负载的大小是选择降压起动方法的一个重要方面。因为，虽然各种降压起动法都会使起动转矩下降，但下降程度的大小却不一样，这就对起动负载有所要求。一般凡空载或轻载起动者都可用星形。

绕线型异步电动机起动方法

绕线型异步电动机的起动完全不同于笼型异步电动机。它是利用增加转子起动电阻的方法来实现起动，以达到降低起动电流，增大起动转矩的目的。目前采用的具体方法有两种：变阻器起动法和频敏变阻器起动法。

(1) 转子绕组串联变阻器起动法（电阻分级起动法）。这是一种常用的起动方法。这种方法可以使起动电流很小（可以不超过额定电流的一倍），而起动转矩增大（可达电动机最大转矩）。但起动设备复杂、体积较大、价格贵、操作和维护都较麻烦。要求重载起动或频繁起动、制动的传动机械大多采用

这种方法起动绕线型电动机，如卷扬机、龙门吊车、建筑起重机、铲土机、锻压机、转炉以及各种起重机械等。

(2) 转子串联频敏变阻器起动法。这种起动方法可以使起动电流较小（可限制在额定电流的 2.5 倍以内），起动转矩较大（可达额定转矩的 1.2 倍左右，但只有电动机最大转矩的 50~60%）。这两方面的起动性能都不及变阻器起动法优越，但它有起动过程平稳可靠，设备结构简单、体积小、价格较低、使用和维护方便等优点，所以也得到广泛应用。主要适用于轻载和重轻载起动。对要求低速下运行和大转矩起动的场合，不宜采用。

上述两种起动方法都是通过电刷和转轴上的滑环，将金属变阻器或频敏变阻器串接在转子绕组中。

使用起动变阻器起动绕线型电动机

用起动变阻器起动的原理电路如图 82 所示。三相起动变阻器接成星形，通过电刷、滑环串接到转子绕组中，起动操作步骤如下：

(1) 起动前，将变阻器的操作手轮旋转到电阻最大的“起动”位置，即将全部外接电阻串入转子绕组中。对于转子上有举刷和短路装置的电动机，应将举刷装置的手柄扳到“起动”位置，使电刷与滑环接触。

(2) 起动时，将定子绕组与电源的开关 DK（可用自动开关）接通，电动机开始起动，转速开始上升。

(3) 随着转速的增加，旋转变阻器的手柄将电阻逐渐减少（实际设备是通过触头逐段短接部分电阻，如图 83 所示），直到转速接近正常时，电阻也减至零（即电阻被全部短接），起动过程结束。

三相异步电动机

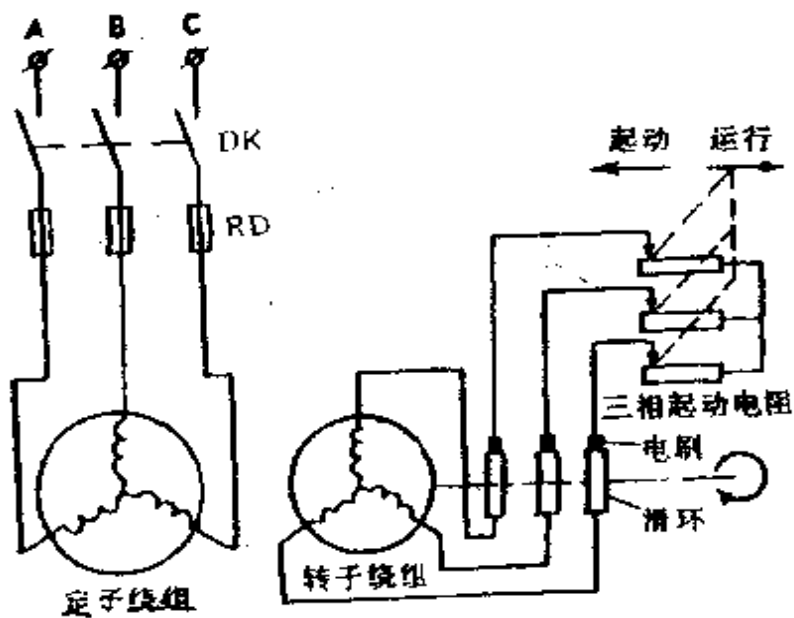


图 82

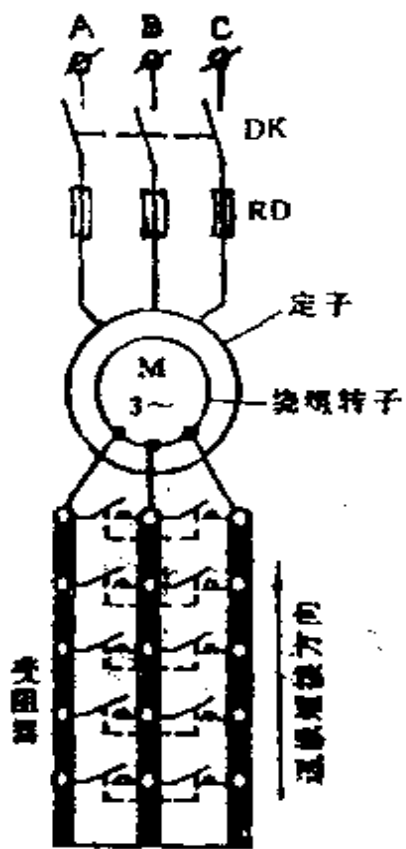


图 83

最新实用电工技术与操作手册

(4) 待转速稳定后，将转子上的举刷手柄从“起动”位置扳向“运行”位置，三只滑环被短接，即转子绕组被短接，电动机进入正常运行状态。同时电刷被举起而脱离滑环，以减少电刷的磨损。

(5) 电动机停转后，应将转子上的手柄扳回“起动”位置，电刷放到与滑环接触，并将变阻器的手轮转回到电阻最大的“起动”位置，以备下一次起动。

绕线型异步电动机串接起动变阻器起动，用时间继电器来实现自动控制。

常采用的一种自动控制线路如图 84 所示。在该电路中，

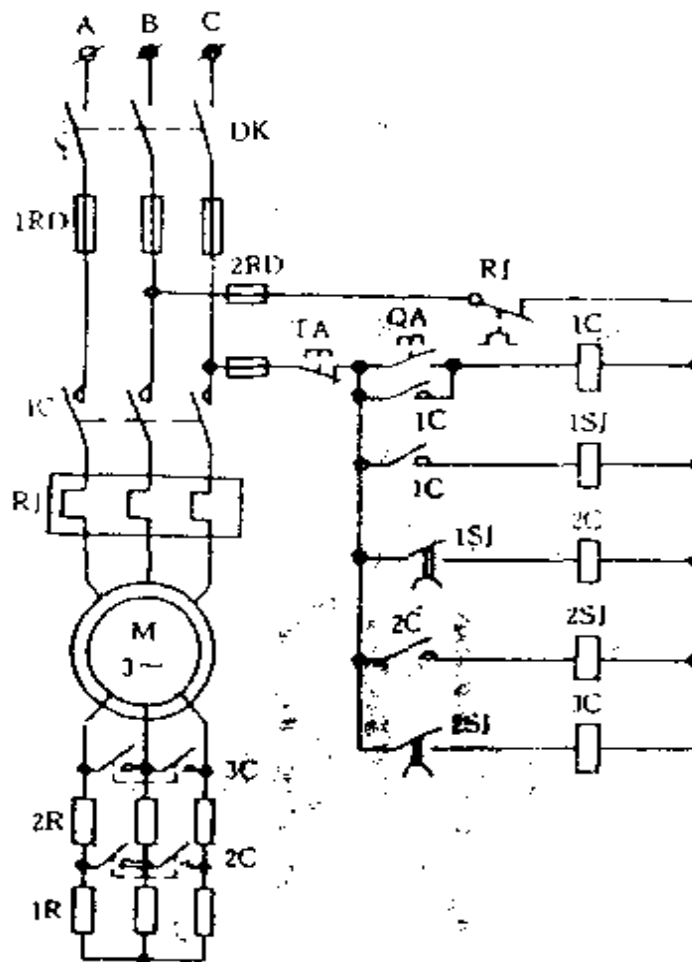


图 84

三相异步电动机

假定起动变阻器分两级切除完成起动过程。起动时按动 QA 按钮，交流接触器 1C 线圈得电，1C 主触头闭合，电动机接通电源，转子回路串接全部电阻起动。同时 1C 常开辅助触头闭合，时间继电器 1SJ 得电，1SJ 常开触头延时闭合，接触器 2C 线圈得电，2C 主触头闭合，第一级电阻 1R 延时短接切除。同时 2C 常开辅助触头闭合，时间继电器 2SJ 线圈得电，2SJ 常开触头延时闭合，接触器 3C 得电，3C 主触头闭合，第二级电阻 2R 延时短接。此时变阻器全部被短接切除，电动机起动过程便自动延时结束，进入正常转速运行。如若要求起动过程更加平稳，可类似地再串 1~2 级电阻起动。

频敏变阻器

频敏变阻器实际上是一个三相电抗器，由铁芯和线圈构成。铁芯做成三个立柱式，每个铁芯柱上有一个线圈，三个线圈组接成星形。

频敏变阻器通过电刷和滑环串接在转子绕组中。电动机在起动过程中，转子电路的电流频率是随转速而改变的。在刚起动的瞬间，转子转速为零，转子电流的频率最大，等于电源频率 50 赫。当起动结束时，转速最高，转子电流频率最低。正常运行时，转子频率约为电源频率的 0.02~0.05 倍。因而在起动过程中，频敏变阻器的频率也从最大到最小地变化，则频敏变阻器的等值阻抗和铁芯损耗也随频率从大到小地变化。所以，在起动开始时等值阻抗和电阻都最大，因而起动电流最小，从而限制了起动电流。随着转速的上升，转子电路的频率下降，铁损等值电阻和电路等值阻抗也减小。当起动结束，转速达到正常时，等值电阻和阻抗很小，其影响也就很小了。由

于频敏变阻器的阻抗及电阻随电流频率的变化而变化，故称为频敏变阻器，它相当于无级变阻器。

采用频敏变阻器起动绕线型异步电动机省去了庞大的起动变阻器，起动过程中不需要人为地改变电阻值。所以起动控制线路简单，但由于实质是一个电抗器，因此，功率因数低，起动转矩小。

频敏变阻器的使用

使用频敏变阻器起动绕线型电动机，如果电动机转子回路有举刷和短路装置，起动控制线路就很简单，如图 85 所示。

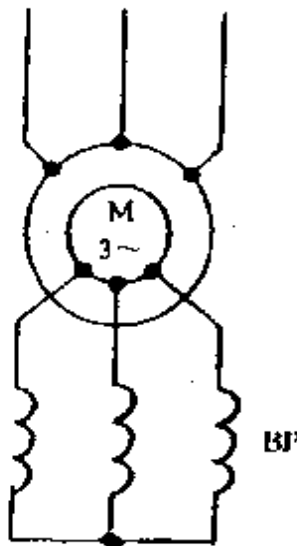


图 85

频敏变阻器经电刷和滑环串入转子回路，电动机定绕组可经空气开关或交流接触器的主触头接入电源。起动前，将转子上的举刷手柄扳到“起动”位置，起动时合上电源开关，电动机开始起动。待电动机转速正常时，起动结束，将举刷手柄扳到“运

三相异步电动机

行”位置，电刷举起，脱离滑环，同时三只滑环短路，即转子短路运行。停机时，断开电源开关，然后把举刷手柄扳回到“起动”位置，以备下次起动。

如果电机没有举刷和滑环短路装置，又是偶尔的短时起动，则频敏变阻器长期经电刷和滑环与转子电路串联。为了使频敏变阻器在电动机运行时脱离转子，减少电刷磨损，可采用闸刀开关或交流接触器控制线路来实现。图 86 就是用交流接

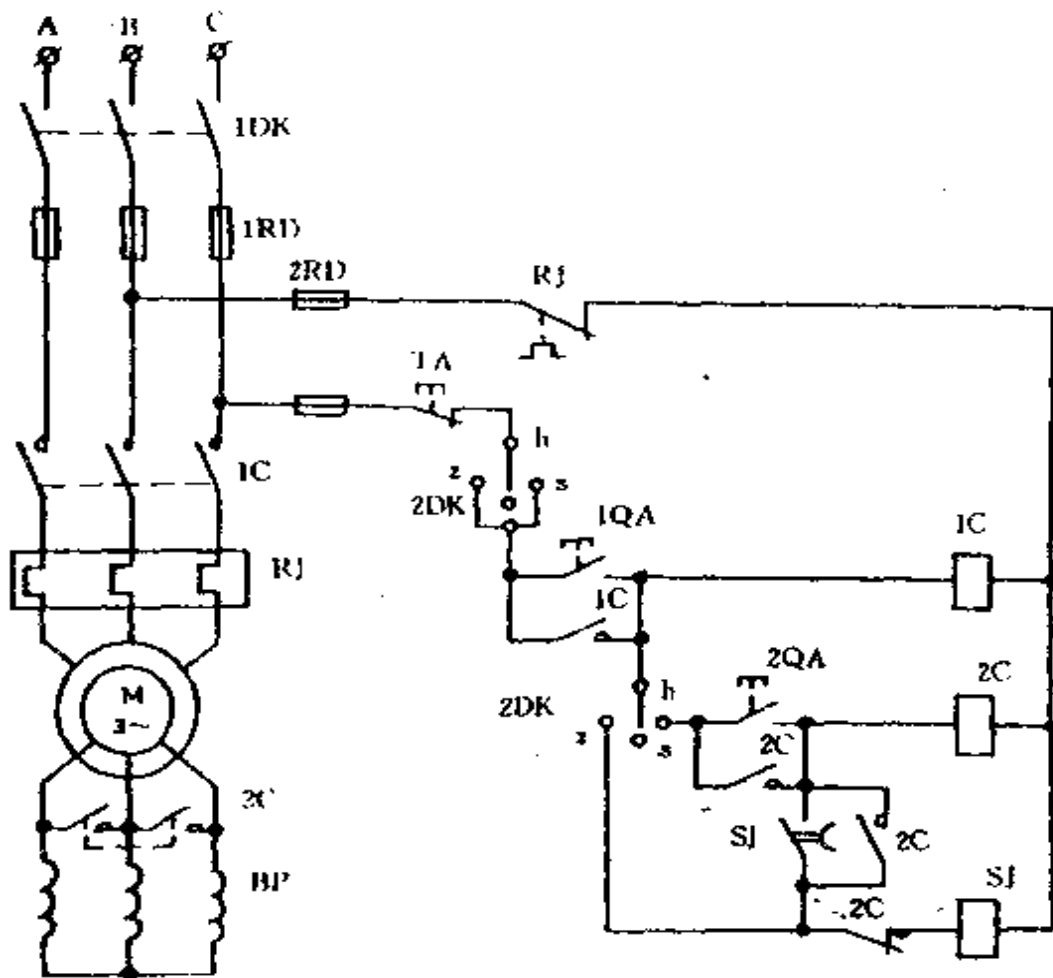


图 86

触器手动控制或自动控制（接入时间继电器）电动机的起动过程。

当要手动控制起动过程时，将转换开关 2DK 扳到“手动”位置（S），时间继电器 SJ 不起作用，按动 1QA 按钮，接触器 1C 线圈得电，1C 主触头闭合，电动机转子回路串接频敏变阻器 BP 起动。待电动机转速升高到接近正常转速（额定转速）时，再按动 2QA 按钮，接触器 2C 也得电，主触头 2C 闭合，频敏变阻器被短接，脱离转子回路，进入正常运行。辅助常开触头 1C 和 2C 起自锁作用。

当需要自动控制起动过程时，将转换开关 2DK 扳到“自动”位置（Z），时间继电器 SJ 接入控制电路，按动 1QA 按钮，接触器 1C 带电动作，电动机接入电源，串接频敏变阻器起动。与此同时，时间继电器 SJ 带电，常开触头 SJ 延时动作，延时到 SJ 触头闭合，接触器 2C 便带电动作，频敏变阻器被短接切除，电动机进入正常运行。这里时间继电器 SJ 代替了 2QA 按钮的作用，2QA 不起作用。接触器 2C 的常闭辅助触头使时间继电器 SJ 在电动机运行时不带电。

如果只想采用自动控制，转换开关 2DK 和按钮 2QA 都可省掉，与 2QA 并联的 2C 触头也可不接。如果无时间继电器，只要手动控制，转换开关 2DK 和时间继电器 SJ 都可省掉。

对于重复短时起动的绕线电动机，频敏变阻器可以长期接在电动机转子回路中，不需要另设短接频敏变阻器的设备，可采用图 85 的电路。

频敏变阻器有适用于轻载起动、重轻载起动、重载起动以及是偶尔短时起动或是重复短时起动等不同的型号。必须根据起动过程中负载的反抗转矩和接上频敏变阻器后电动机起动转

三相异步电动机

矩等的大小选择频敏变阻器。频敏变阻器允许连续起动数次，但起动时间的总和有所限制。轻载系列不得超过 80 秒，重轻载系列不得超过 120 秒。

用频敏变阻器的专用起动设备

常用的频敏变阻器起动设备有 XQP 系列频敏起动控制箱和 GTT6121 系列频敏起动控制柜。适用于交流频率 50 赫、电压 380 伏、电流 600 安以下的绕线型异步电动机，作不频繁、不可逆的起动、停止及运行控制。它们的主要控制电路原理与图 86 中的自动控制电路相似。

XQP 系列为箱式防护结构，由频敏变阻器、断路器、交流接触器、热继电器、时间继电器和按钮等组成。

XQP 型频敏起动控制箱在使用前需按电动机的实际起动时间，整定时间继电器的动作时间（在 0.4~180 秒钟内可调）；按电动机的额定工作电流，整定热继电器的动作电流。

XQP 频敏起动控制箱的操作过程是：首先合上断路器，按起动按钮，频敏变阻器投入工作，电动机开始起动，经延时后，频敏变阻器自动被短接，电动机进入正常运行；按停止按钮，电动机停止工作。

GTT6121 系列频敏起动控制柜由柜体、控制屏、频敏变阻器等组成。控制屏上装有断路器、交流接触器、刀开关、熔断器、热继电器、时间继电器及电流互感器等。使用前，延时动作时间和整定电流的调节同 XQP 一样。操作过程也与 XQP 型相同。

使用频敏变阻器起动时应当注意的是：要限制连续起动的次数和时间。在电动机起动过程中，若定子电流不超过 2.5 倍

额定电流，从冷态开始，允许连续起动三次，但时间总和不应超过 120 秒钟。若连续起动时间总和已达 120 秒，应保证有 4 小时以上的冷却时间，方能再起动，以防频敏变阻器等损坏。

三相异步电动机的制动方法

三相异步电动机的制动一般可分为两大类：机械制动和电气制动，其分类、制动原理及用途列于表 51。

三相异步电动机

表 51 三相异步电动机制动分类

制动方法	制动原理	制动设备	用 途
机械制动	抱闸摩擦制动	电磁抱闸装置	制动时冲击较大,制动可靠,一般用于起重、卷扬设备
能耗制动	电源断开后,立即使定子绕组接入直流电源,于是在定子绕组中产生一个磁场,将切割这个磁场的,产生与原转向相反的转矩,产生制动作用	直流电源装置	制动准确可靠,电能消耗在转子电路中,对电网无冲击作用,应用较为广泛
反接制动	改变电源相序,电动机产生反向的电磁转矩,产生制动作用	手控倒顺开关及接触器、继电器等	方法简单可靠,制动冲击较大,用于小容量电动机
发电制动	转子转速大于异步电动机同步转速时产生反向的电磁转矩进行制动		必须使转子转速大于同步转速才能使用,一般用于起重机械重物下降和变频调速电动机上
电容制动	断电时,定子绕组接入单相电容器,电容器产生的自激电流建立磁场,与转子感应电流作用,产生一个与原转向相反的制动转矩	单相电容器及电容器	必须使用电容器,增加设备费用,易受电压波动影响,一般用于10千瓦以下的小容量电动机

电动机的机械制动控制

机械制动是利用外加机械力使电动机转子迅速停止旋转的一种制动方法。一般常采用电磁抱闸摩擦制动作为机械制动的设备。电磁抱闸的外形如图 87 所示。当线圈通电，铁芯吸住衔铁，使闸瓦与闸轮松开，与闸轮同轴连接的电动机转轴便可自由转动而工作。当抱闸线圈失电，衔铁被释放，闸瓦紧紧抱住闸轮，电动机转轴便迅速制动。

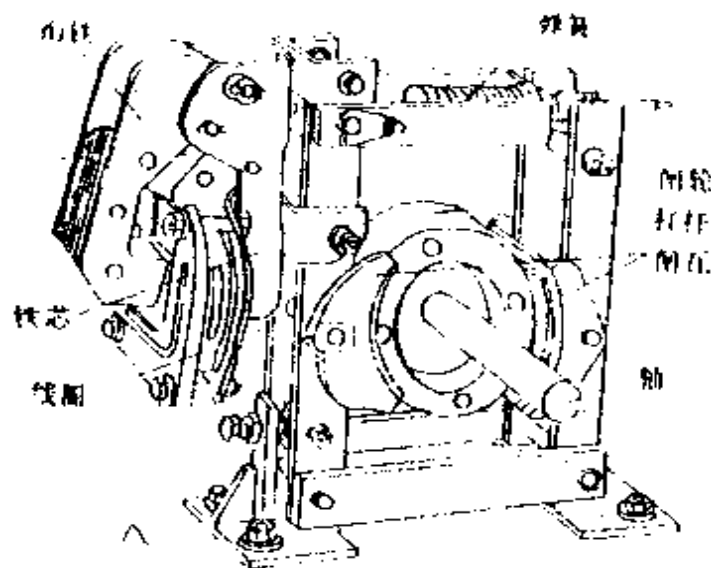


图 87

图 88 是电动机单向运转带电磁抱闸的制动控制电路。ZT 为电磁抱闸的线圈，当按起动按钮 QA，电动机得电运转时，ZT 也得电，闸瓦松开闸轮，电动机转子自由转动。当按停止按钮 TA，电动机失电停机时，ZT 线圈也失电，闸瓦便紧抱住闸轮，强制电动机迅速制动。电磁抱闸制动器广泛用于起重机

三相异步电动机

械上。

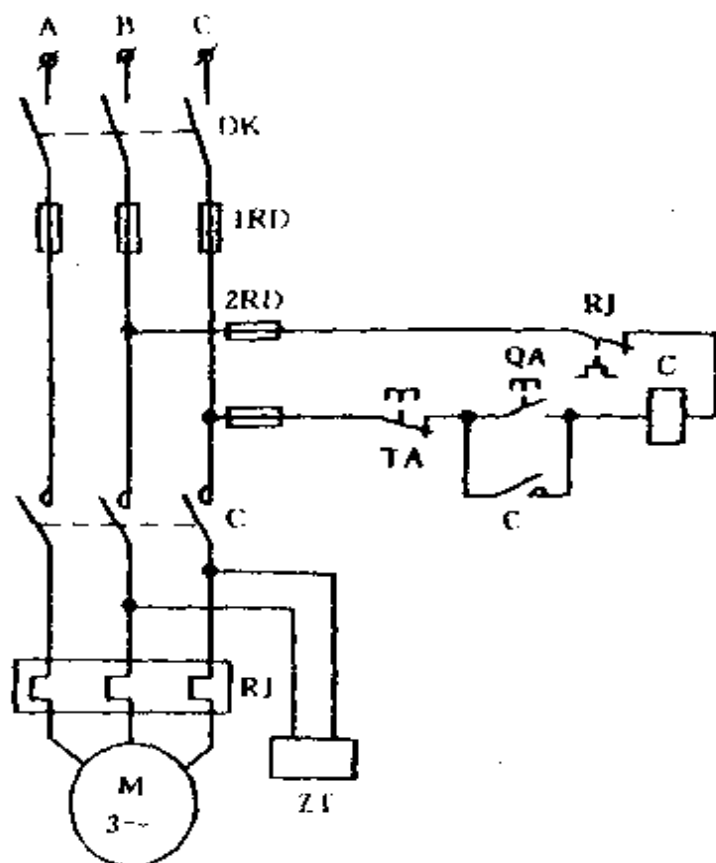


图 88

电动机的能耗制动

能耗制动是在电动机断开三相电源的同时，接通直流电源，使直流电通入定子绕组，产生一个与原转向相反的制动转矩，实现制动的一种方法。

图 89 是电动机单向运转带全波桥式整流能耗制动的控制电路。在电动机正常运行时，若按下停止按钮 TA，接触

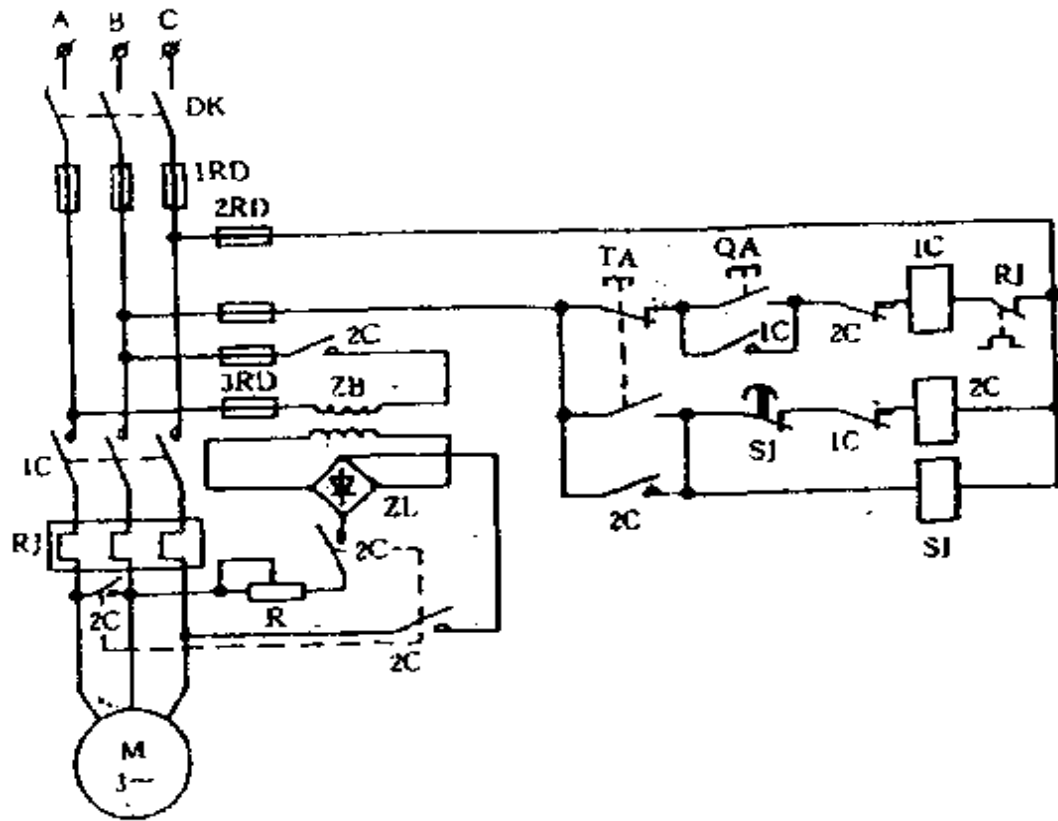


图 89

器 1C 线圈失电，电动机脱离三相交流电源，同时接触器 2C 线圈得电，2C 常开触头闭合，将全波桥式整流的脉动直流电源接入定子绕组中，由 A 相和 B 相流入，从 C 相流出，产生一个反向的制动转矩，使电动机迅速停转。当转子转速接近零时，时间继电器 SJ 的延时断开常闭触头，经延时后正好断开，使 2C 和 SJ 的线圈失电，制动结束。直流电路中的可调电阻 R 为直流限流电阻。

能耗制动所需的直流电压和直流电流计算如下：

$$U = IR$$

$$I = 1.5IN$$

式中：U——直流电压，伏；

三相异步电动机

I ——直流电流，安；

R ——电动机任意二相定子绕组的电阻，欧；

I_N ——电动机的额定电流，安。

电动机的反接制动

反接制动是利用电动机的短时反转产生的反向制动转矩达到制动的目的。

图 90 为单向运转带反接制动电路。在电动机运行时，带动速度继电器 SDJ 一起旋转，当转速达到 120 转/分以上时，SDJ 常开触头闭合，为反接制动作准备。若按下停止按钮 TA，接触器 ZC 线圈失电，ZC 主触头释放，电动机继续惯性转动，同时接触器 FC 的线圈得电，电动机反转，即反接制动开始，转速迅速下降。当降至 120 转/分以下时，SDJ 常开触头断开，FC 线圈失电，FC 主触头断开，电动机反接制动的电源切断，反接制动结束。

由于反接制动时，旋转磁场与转子的相对转速 (n_1+n) 很大，因而制动电流很大，约为电动机额定电流的 10 倍，故当电动机功率在 4.5 千瓦以上时，需在主电路中串接限流电阻 R ，其阻值可按以下经验公式计算：

$$R \approx KU_p / I_Q \text{ (欧)}$$

式中： K ——系数，若要求最大反接制动电流 $<$ 全压启动电流 I_Q 时， K 取 0.13；若要求最大反接制动电流 $< 1/2I_Q$ 时， K 取 1.5；

U_p ——电动机定子绕组的相电压，伏；

三相异步电动机

有多种方法。三相交流异步电动机的几种调速方法比较见表 52。

电动机起动前的检查

新安装的或停用 3 个月以上的电动机，起动前应检查：

(1) 检查电动机和起动设备的绝缘电阻。用 500 伏兆欧表（摇表）测定，其绝缘电阻不得小于 0.5 兆欧（测量绝缘电阻的方法见 243 问），若小于此值，应进行烘干处理。

(2) 根据电动机铭牌上的电压，检查电源电压是否相符。

(3) 根据电动机铭牌上的接法（星形或三角形），检查接线是否正确。如果电动机绕组的首、末端已弄混，应检查、判断明确。

表 52 几种三相交流异步电动机调速方法比较表

调速方式	变极调速	改 变 转 差 率				变频调速
		转子串接调速变阻器	电动机绕调速	晶闸管变频调速	定子调压	
调速原理	改变转子绕组磁极对数	改变定子回路中的电阻	改变电动机合赫的励磁电流	转子回路中通过可控整流比投电压,调节转差率	调节定子绕组电压改变运行转速	改变电源频率来调节电动机同步转速(正比关系)
电动机类型	多速笼型电动机	绕线型电动机	电机调速笼型电动机	绕线型电动机	高阻笼型或绕线型电动机	笼型电动机
结构特点	按磁极构成或极对数	按触器和变阻器等	转差率台赫励磁调节装置	硅整流-晶闸管逆变器	晶闸管调压器	晶闸管变频器
调速比	2:1~4:1	2:1	5:1~10:1	2:1~4:1	3:1~10:1	5:1~10:1
调速变化率	较小	大	较小(堵转严重时)	低速时大	大	小
特点	简单,有级调速,但转矩,有功功率	方法简单,有级调速,但转矩平滑调节,效率低,外接电阻功耗大	控制简单,平滑无级调速,效率低而成本高,不能电气制动	不可逆无级调速,效率高,功率因数低,转矩低,如将转矩调低,效率降低而成本高,可实现四步调速,多种性能选择	恒转矩,无级调速,效率高,转矩低,效率低而成本高	恒转矩,无级调速,可逆,效率高,转矩低,效率高,价格
适用场合	要求几种变速的场所,如机床、行车、电梯机等	频繁启动、制动、短时期低速运行等场所,如起重机械等	中、小功率要求平滑启动、短时期低速运行机械,如搅拌机、风机等	风机、水泵、中大功率的压缩机等,调速比 $\leq 2:1$ 的场合,如风机、水泵、风机、搅拌机、压缩机等	要求平滑启动、频繁启动、制动、短时期低速运行的场合,如风机、水泵、风机、搅拌机、压缩机等	恶劣环境,高速度传动,小功率调速,大功率调速,调速比很少

电工仪表与电工材料

(4) 检查电动机外壳的接地或接零保护是否可靠和符合要求。

(5) 检查电动机各螺丝是否拧紧，轴承是否缺油（长期不用的电动机），转轴是否灵活。

(6) 检查传动装置是否符合要求。皮带松紧是否适度，连接是否紧固。联轴器的螺丝和销子是否紧固。

(7) 检查起动设备是否完好，接线是否正确，规格是否符合电动机要求。

(8) 检查熔丝是否完好，规格是否符合要求。

(9) 如果是绕线型电动机，应检查电刷是否还能使用，与滑环接触是否良好（否则应换新电刷），举刷和滑环短接装置是否完好，扳手是否灵活。

(10) 第一次起动应不带负载空转试运行，待无异常后，再带上负载试起动、试运行。若试运转中发现有异常声音或不转，应立即停机检查。若空载试起动反转，应将电源线的任意两相或电动机出线的任意两根对调接入再试运转。

电动机起动时注意事项

应注意以下几点：

(1) 合闸起动前，应观看电动机及拖动机械上或附近是否有异物，以免发生人身及设备事故。

(2) 合闸后，如果电动机不转，要果断地迅速拉闸，切断电源，检查熔丝及电源接线等是否有问题，绝不能合闸等待或带电检查，否则会烧毁电动机或发生其它事故。

(3) 起动后，若电动机转动缓慢，起动困难，声音不正常，或机械工作不正常，电流表、电压表指示异常，都应立即

切断电源检查。待查明原因，排除故障后，才能重新启动。

(4) 对于笼型电动机的星形—三角形起动或自耦减压起动，若是手动延时控制的起动设备，应注意起动操作顺序和控制好延时长短。对于绕线型电动机的起动，更应注意起动操作程序和观察起动过程是否正常。否则两种电动机都达不到降压起动的目的。

(5) 对于允许频繁起动的电动机（特殊用途的电动机除外），也应尽量减少连续起动的次数。对于小型电动机，在冷态时不得超过3~5次，在长期工作后的热态下，停机不久再起动时，连续起动不得超过2~3次。对于中型电动机，在冷态时连续起动不应超过2次，热态下只允许1次起动，以免电动机过热，影响使用寿命。

(6) 多台电动机应避免同时起动，应从容量大的到小的逐台起动，以避免线路上总的起动电流过大，电压下降太多，影响所有电动机的正常起动，甚至使开关设备跳闸。

电动机运行中注意事项

电动机在运行中应注意以下监视工作：

(1) 监视电源电压的变化。电压变化范围不应超过或低于额定电压的10%，若低于该范围，应适当减轻负载运行。同时，三相电压不平衡也不能过大。任意两相电压的差数不应超过5%，否则都会使电动机发热过快。电动机电源最好装一只电压表和转换开关直接监视。

(2) 监视电动机的运行电流。在正常情况下运行应不超过铭牌上的额定值。同时还应注意三相电流是否平衡，任意两相间的电流差值不应大于额定电流的10%，否则说明电动机故

电工仪表与电工材料

障。特别要注意是否有缺相运行。容量较大的电动机应装设电流表监视运行电流，容量较小的电动机也应随时用钳形电流表测量线电流。

(3) 监视电动机的温度。温升不应超过电动机铭牌上允许的限度。电动机运行中的温升是监视电动机运行状况的直接而又可靠的办法。在线路上装设电压表、电流表及过载保护装置，也是监视温升的主要办法。

(4) 监视电动机在运转中的声音、振动和气味。电动机正常运行时，声音均匀，运转平稳，无绝缘漆气味和焦臭味。若发生异常声响，剧烈振动，绝缘漆臭味等，说明电动机过热或有其它故障。

(5) 监视传动装置的工作情况。要随时注意皮带轮或联轴器是否有松动，传送皮带有无打滑现象（打滑是皮带太松），皮带接头是否完好。

(6) 监视轴承的工作情况。注意轴承的声响和发热情况。当用温度计测量时，滚动轴承发热温度不许超过 95°C ，滑动轴承发热温度不许超过 80°C 。轴承声音不正常和过热，是轴承润滑不良、磨损严重所致。

(7) 监视熔丝工作情况，应随时注意是否有一相熔丝断的情况，以免造成缺相运行使电动机过热。

总之，电动机在运行过程中，监视其电流、电压和温度是特别重要的工作，因为很多故障都能从这三方面反映出来。

用小灯泡和电池判别电动机定子绕组的首末端

当三相电动机的三相定子绕组引出线的标记遗失或首末端不明时，可采用小灯泡和电池判别，其方法如图 91 所示。判

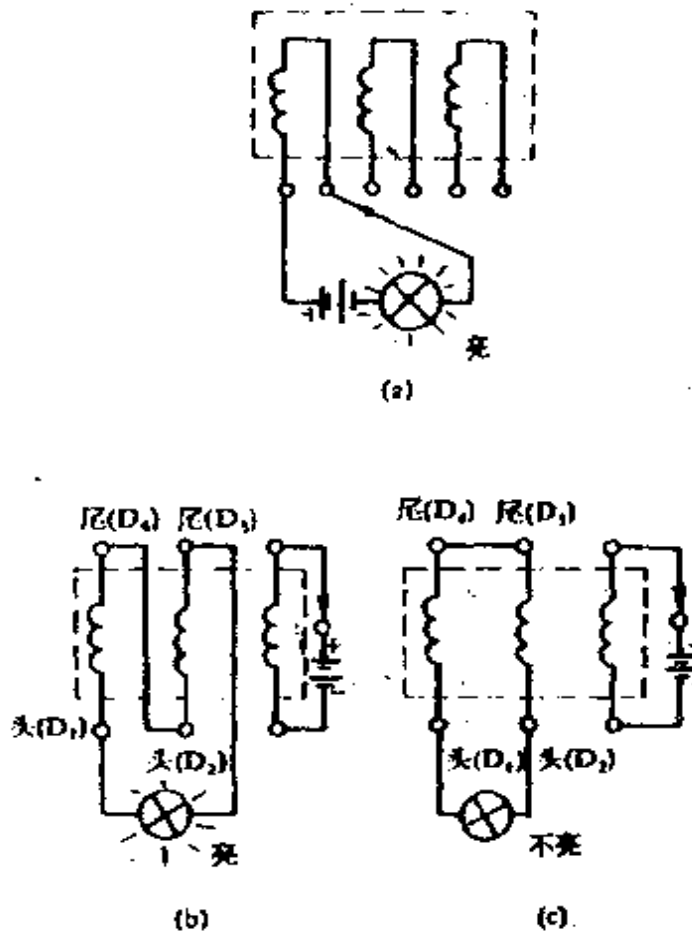


图 91

别步骤如下 (1) 先判断同一相绕组的两线端。用两节干电一池和一小灯泡 (电珠) 串联, 一头接于定子绕组引出的任意一根线端上, 然后将另一头分别与其它五根线端接触。如果接触到某一根引出线端灯泡亮了, 则表明与电池和灯泡相连的两根线端是属于同一相的, 如图 91 (a) 所示。依法再一一找出另外两相绕组的两根同相线端, 并做好标记。

(2) 把任意两相绕组与小灯泡三者串联成一回路, 将第三相绕组的一端串联一电池, 另一线端与电池的另一极碰触一下, 如果灯泡亮了, 根据变压器原理可知, 串联两相绕组的瞬

间感应电动势是相加的，所以使灯泡发亮，表明两相绕组是头尾串联，即与灯泡相连的两根线端，一根是第一相的首端 D_1 ，另一根线端是第二相的末端 D_5 ，如图 91 (b) 所示。如果灯泡不亮，则说明两相串联绕组所产生的瞬间感应电动势是相减的（大小相等、方向相反），使总感应电动势等于零，所以灯泡不发亮。这表明与灯泡相连的两根线端都分别是两相绕组的首端 D_1 和 D_2 （或者认为都是末端 D_4 和 D_5 也可以），并做好首末端的标记，如图 91 (c) 所示。

(3) 把已判知首末端的一相绕组与第三相绕组串联，再照上述方法判别，即可判断出第三相绕组的首末端。最后都做上 $D_1 \sim D_6$ 的首末端标记。

上述方法中，要注意灯泡的额定电压与电池电压要配合得当，否则会因电流太小，使灯泡该亮而不亮造成判断错误。所以，应把两相串联绕组的线端对调一下，再测试一次，若两次灯泡都不亮，说明感应电流太小，应增加电池节数（即增大电压）或换一只额定电压更小的灯泡。利用这一方法的原理，也可用 220 伏的交流电源和白炽灯泡来代替电池和小电珠。但是为了防止过高的感应电势烧坏灯泡和绕组，应将灯泡与电源对调串入绕组中，即原单相绕组串联电池处接入白炽灯泡，原两相绕组串联电珠处换接入交流电源，判别方法一样。但要特别注意操作安全，图 91 (a) 换用交流电 220 伏时，接通绕组线圈的时间要尽量短，以免线圈过热。

用万用表和电池判别电动机定子绕组的首末端

这种方法的判别步骤如下：

(1) 用万用表电阻挡代替图 91 (a) 中的电池和小电珠，

测出各相绕组的两根线端，电阻值最小的两根线端为一相绕组。

(2) 把万用表选择开关扳到测量直流电流档（也可以用直流电压档），量程用小些，这样指针偏转明显。将任意一相绕组的两个线端先标上首端（ D_1 ）和末端（ D_4 ）的标记，并接到万用表上，且指定首端 D_1 接表的“-”端，末端 D_4 接表的“+”端。再将另一相绕组的一个线端接电池的负极，另一个线端去碰触电池的正极，同时注意观察表针的瞬时偏转方向。如果表针正转（向右转），则与电池正极触碰的那根线端为首端（标上 D_2 ），与电池负极相接的一根线端为末端（标上 D_5 ）。如果表针瞬间反转（向左转），则该绕组的首末端与上述判断相反，如图 92 所示。

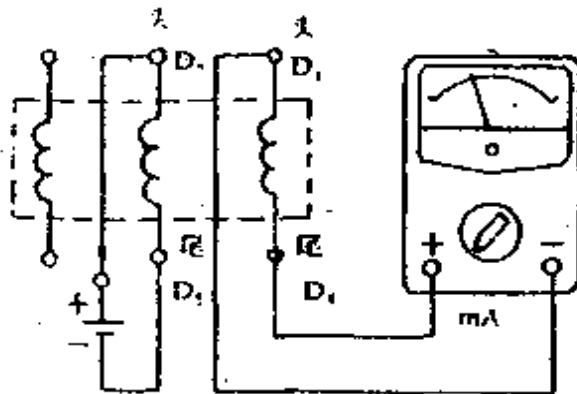


图 92

(3) 万用表与绕组的接线不动，用上述同样的方法判别第三相绕组的首末端。这种方法的原理也同第一种方法一样，是利用变压器的电磁感应原理。需要注意的是观察电池接通那一瞬间的表针偏转方向，而不是电池断开绕组那一瞬间的表针变化。

用转子的剩磁和万用表判别电动机定子绕组的首末端

这种方法的接线如图 93 所示。判别步骤如下：

(1) 用万用表电阻档找出同一相绕组的两个线端，即电阻值最小的两根线端为同一相绕组。

(2) 三相绕组并联在一起，用万用表的毫安档或低电压档测量并联绕组两端的电流或电压，同时转动转子一下，如果表针不动，则表明是三个首端 (D_1 、 D_2 、 D_3) 并在一起，三个末端 (D_4 、 D_5 、 D_6) 并在一起，如图 93 (a) 所示。

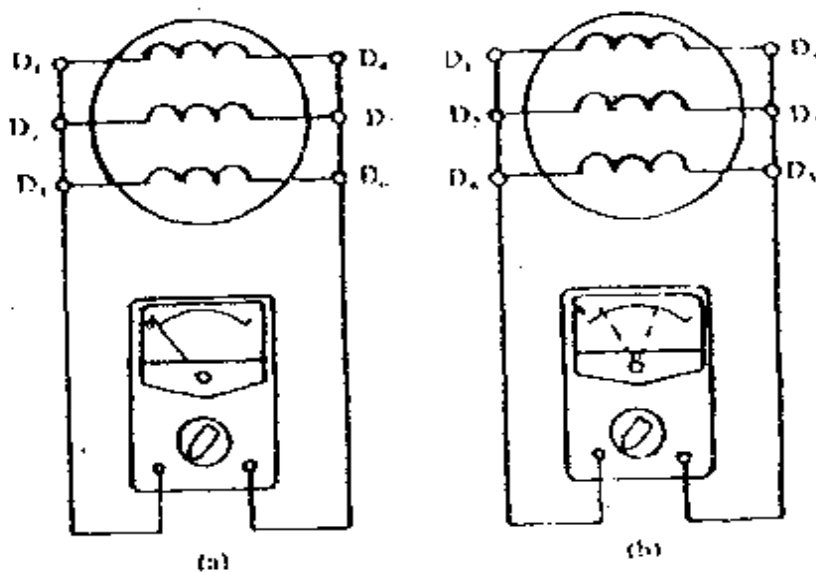


图 93

如果表针摆动，则说明不是首端相并和末端相并，如图 93 (b) 所示。此时就要一相一相地将每相绕组调一个头，观察表针是否摆动，直至表针不动，出现图 93 (a) 的接法为止，便可做好绕组首末端标记。

此法是利用转子中的剩磁在定子绕组中产生感应电动势方向关系来判断的，所以，电动机转子必须有剩磁，即必须是运转过的或通过电的电动机。

频率 60 赫的电动机能否接频率 50 赫的电源上使用

当电源电压一定时，电源频率低，对电动机的运行是不利的。首先会使电动机每极磁通增加，这又会使产生磁通的激磁电流增加，而激磁电流又是无功电流，所以它的增加会使电动机的功率因数下降。再则，定子总电流也会增加，电动机铁损、铜损增大，从而使电动机的效率降低，发热量增加，温升增高。又根据旋转磁场转速 $n_1 = 60f/p$ 的关系， n_1 也会降低，因而转子转速也随之下降，使风量减少，散热不良，温升增高。一般情况下，电源频率与额定频率的偏差不超过 $\pm 1\%$ 时，在额定电压下，可以维持正常运行。

由上述可知，频率为 60 赫的电动机若接在频率为 50 赫的电源上使用，则电源频率只为要求频率的 $50/60 = 0.83$ 倍，相当于频率下降了 17%，这将使激磁电流增大 20% 以上，使电动机功率因数下降，效率降低，转速下降，发热严重。所以，在使用一些老电动机和进口设备的电动机（美国、日本等一些国家的一些电动机）时，要注意这一问题。

电源电压过高或过低对电动机的危害

电源电压过高或过低的变化，对电动机都有不良影响

当电压过高（高于 10% 以上）时，铁芯磁路饱和（因为在设计制造电动机时，在额定电压下的磁路一般就在饱和点附

近), 因此, 主磁通的增加使激磁电流急剧增加 (为外加电压增加值的好几倍), 从而使定子电流增大, 电动机过热, 以致温升超过允许值而烧毁。

当电压过低 (低于 5% 以下) 时, 电动机转矩成电压平方关系下降, 一则使起动转矩下降很多, 电动机起动困难 (起动缓慢甚至起动不起来); 二则正在运行的电动机, 如果负载不变 (重载或额定负载运行时), 转子就要保持必须的电磁转矩来平衡负载的阻力矩。这就迫使转子电流增大, 从而导致定子电流增大, 造成电动机过热, 温升增高, 缩短电动机寿命, 甚至烧毁电动机。电动机低电压起动和运行的情况较多, 这时应尽量减轻负载或间歇使用。

一般电动机的电压允许在 +10% ~ -5% 范围内波动。如电源电压为 380 伏, 允许电动机在 418 ~ 361 伏之间长期运行。

三相电压不平衡对电动机的危害

三相电压不平衡 (即三相线电压不相等) 严重时, 会使转子和定子绕组电流额外增加, 也产生严重的不平衡。例如当线电压不平衡度仅为 4% 时, 电动机线电流不平衡度可达 25%, 从而引起电动机额外发热。三相电压不平衡还会使电磁转矩减小, 电磁噪音增加。所以, 当电源电压严重不平衡时, 不允许长期运行。

在照明和动力混合用电或单相和三相动力混合用电的电网中, 当单相负载很大时 (如电炉、电焊机、干燥箱等) 以及电源发生故障等, 都可造成三相电压不平衡。但只要任意两相间的线电压差数不大于 5% 时, 允许电动机在额定负载下长期运行。

电动机长期超载运行的后果

电动机超载运行就是指输出功率大于额定功率下的运行，即超负荷运行。电动机超负荷运行时，必须克服超负载的阻力矩，输出更大的转矩，这就迫使转子和定子电路的电流增大。短时间超负荷电动机还能自动调整承受，但长期超负荷运行，电流长时间超过额定值，使温升超过允许值，电动机绝缘受损，最后烧毁电动机。所以，不允许电动机长期超负荷运行。装设过载保护装置（如热继电器等）可避免“小马拉大车”现象。

电动机长期轻载运行的后果

电动机长期轻负载运行也无好处，电动机效率低，运行不经济。同时电动机功率因数也低，使电源利用率降低，对电网不利。所以，也应避免“大马拉小车”的浪费现象。

电动机在运行中温升变化的监测

温升是电动机异常运行和发生故障的最重要信号。检测温升可用如下方法：

（1）手摸。这是最简便的方法，对中小容量的电动机，用手背摸电动机外壳，如果没有发烫到要缩手的感觉，说明电动机没有过热。如果烫得马上缩手，难以忍受，则说明电动机的温度已超过了允许值。用手背而不是用手心摸电动机外壳，是为了万一机壳带电时，手背比手心容易自然地摆脱带电的机

壳。为了防止触电，最好在摸机壳前，先用验电笔检测一下机壳是否漏电。

(2) 滴水。在机壳上洒几滴水，如果只看见冒热气而无声音，说明电动机没有过热。如果冒热气，又听到“滋滋”声，说明电动机已过热，温升已超过允许值。

(3) 用温度测量。这是比较准确而直观的方法。常用酒精温度计 ($0\sim 100^{\circ}\text{C}$)，把电动机外壳顶上的吊环螺钉拧下来，将温度计插入吊环孔内，再用棉纱等隔热材料塞好吊环孔。所测得的温度是绕组的表面温度，比绕组最热点的温度要低 10°C 左右，则将测量温度再加 10°C 就是绕组内最热点的实际温度。将这一实际温度减去当时的环境温度，就是电动机在运行中的温升。再与电动机铭牌上的温升比较，就可知温升是否超过了允许值。例如，用温度计测得吊环孔温度为 95°C ，当时环境温度为 35°C ，则电动机的实际温升为： $95^{\circ}\text{C} + 10^{\circ}\text{C} - 35^{\circ}\text{C} = 70^{\circ}\text{C}$ ，而电动机铭牌标出的是绝缘 E 级，温升 75°C 。经比较，知实际温升 70°C 还没有超过铭牌规定值 75°C 。也可直接将测得的温度 95°C 减去环境温度 35°C ，得出电动机用温度计法测得的实际温升为 60°C 。与表 2-4 中温度计法 E 级绝缘的温升为 65°C 比较，也是没有超过允许值。

电动机轴承运转检查

检查轴承运转是否正常的常用方法：一是听声音，二是测温度。听轴承运转的声音可用细铁棍或螺丝刀，一端抵住轴承盖，一端贴到耳朵上听。如果听到的是均匀的“沙沙”声，轴承运转正常；如果听到“滋滋”的金属碰撞声，则可能是轴承缺油；如果听到“咕噜、咕噜”的冲击声，可能是轴承中有的滚珠

被轧碎。测量轴承温度也用酒精温度计，可将温度计贴到轴承盖处测量，滚动轴承不应超过 95°C ，滑动轴承不应超过 80°C 。如果没有温度计，也可以洒几滴水在轴承上，如冒热气，说明温度超过了 80°C ，如发出“吱吱”声，温度已超过 90°C 。

电动机在哪些情况下必须立即切断电源

电机在起动或运行中发现有下列情况时，应立即切断电源，并仔细检查。未查明原因和处理，不得再运行。

- (1) 起动时电动机不动也无声。
- (2) 起动时有嗡嗡声，转速很慢，起动很困难（缺相起动）。
- (3) 起动时起动器内火花不断。
- (4) 在运行中发生人身安全事故。
- (5) 电动机温升超过允许值。
- (6) 轴承温度超过允许值。
- (7) 电动机发生剧烈振动。
- (8) 电动机缺相运行（转速低、有嗡嗡声）。
- (9) 电动机有焦糊味。
- (10) 电动机冒烟或起火。
- (11) 电动机内有异常响声。
- (12) 电动机定、转子相擦。
- (13) 电动机所带机械发生故障。
- (15) 起动器内有火花或冒烟。

电动机绝缘电阻的测量

检查电动机的绝缘好坏常用的方法是测量电动机的绝缘电阻。一般用摇表（兆欧表）测量，要测量每两相绕组之间和每相绕组与机壳之间的绝缘电阻值。500 伏以下的低压电动机用 500 伏兆欧表测量；500~1000 伏的电动机用 1000 伏的兆欧表；1000 伏以上的电动机要用 2500 伏的兆欧表。一般中小型低压电动机的绝缘电阻值应不小于 0.5 兆欧。高压电动机的绝缘电阻在每千伏工作电压下，定子绕组的绝缘电阻值不应小于 1 兆欧，绕线式转子绕组的绝缘电阻不应低于 0.5 兆欧。测量步骤如下：

(1) 将电动机接线盒内的六个端头的联片拆开。

(2) 把兆欧表放平，先不接线，摇动兆欧表，表针应指向“∞”处。再将表上标有“L”（“线路”）和“E”（“接地”）的两接线柱用带线的试夹短接。慢慢摇动手柄，表针如指向“0”位置，说明兆欧表正常，可以使用。

(3) 测量电动机三相绕组之间的绝缘电阻。将两测试夹分别接到任意两相绕组的任一端头上，平放摇表，以每分钟 120 转的匀速摇动兆欧表 1 分钟后，读取表指针稳定的指示值。

(4) 用同一方法，依次测量每相绕组与机壳间的绝缘电阻。但应注意，表上标有“E”或“接地”的接线柱，应接到机壳上无绝缘的地方。

电动机绝缘电阻提高的方法

当测量电动机绝缘电阻值不合要求时，例如 500 伏以下的

电动机绝缘电阻小于 0.5 兆欧时，就应对电动机进行处理，以提高绝缘电阻。其方法如下：

- (1) 对长期停用而受潮的电动机，应烘干处理。
- (2) 对长期使用的电动机，由于绕组上积尘太多及炭化物质太多，应清除干净。
- (3) 电动机因长期过热，绝缘物质老化、裂开或脱落，应重新浸漆烘干或重新绕制绕组。
- (4) 若是电动机引出线绝缘受损或接线盒内绝缘不良，应重新包扎或加强绝缘。接线板炭化或击穿者应换新。

烘干电动机绕组的方法

烘干电动机绕组的方法很多，但不外乎是外部加热烘干和内部加热干燥两种。外部加热烘干有用灯泡、煤炉、电炉、烘箱以及热风循环干燥等方法。内部加热是用通入低压电流发热干燥的电流干燥法。也可用外部和内部同时加热的综合干燥法等。

在一般条件下，常用的烘干方法有：

- (1) 灯泡烘干法。最简单的方法是把电动机的转子拆除，将定子垂直放置，把 100 瓦以上的大功率灯泡悬吊在定子铁芯膛内，注意灯泡不可过分靠近绕组，以免烤坏线圈绝缘，在电动机上面盖上木板或帆布等，以减少热量散失。电动机也可平放，把灯泡放入定子膛内偏下一点的地方，在灯泡周围垫放铁丝网，以防烤坏线圈绝缘，外壳盖上耐热物保温。若定子内径较大，可多放几个灯泡或加灯泡功率。由于灯泡离线圈较近，一般烘干温度保持在 100℃ 左右，烘干 24 小时左右测量绝缘电阻，当连续 6 小时能保持稳定的合格阻值时，烘干便可结

电工仪表与电工材料

束。如果有红外线灯泡更好，因为红外线发热效率高，透射能力强，能透入绕组内部而发热，故效果比白炽灯好，而且省电。自制一只如图 94 所示的烘干木箱，根据电动机的大小，

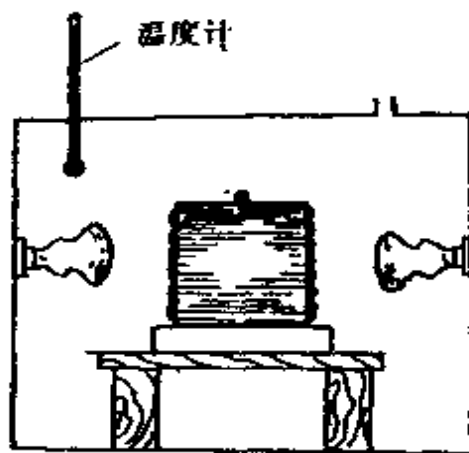


图 94

可采用两只 300~500 瓦的灯泡两边布置，不要紧靠绕组，以免烤坏线圈局部绝缘。灯泡总功率可按每 1米^3 木箱容积 3~4 千瓦选用。在烘干过程中应注意监视箱内温度，不要超过 125°C 。若超过规定温度，应熄掉一只灯泡，待温度降低后再开。箱顶上的气孔用来排出潮气。

(2) 电流干燥法。把电动机的转子拆除，将三相定子绕组并联或串联起来（大中型电动机因绕组阻抗小，多采用串联形式），再串联一只变阻器后接入 220 伏的单相交流电源，使绕组发热干燥。如图 95 (a) 所示。由于定子中无转子，必须用变阻器调节电流，使电流为电动机额定电流的 50~70%，以控制绕组发热温度。如果有单相调压器，可不用变阻器，220 伏电源经调压后进入绕组，如图 95 (b) 所示。

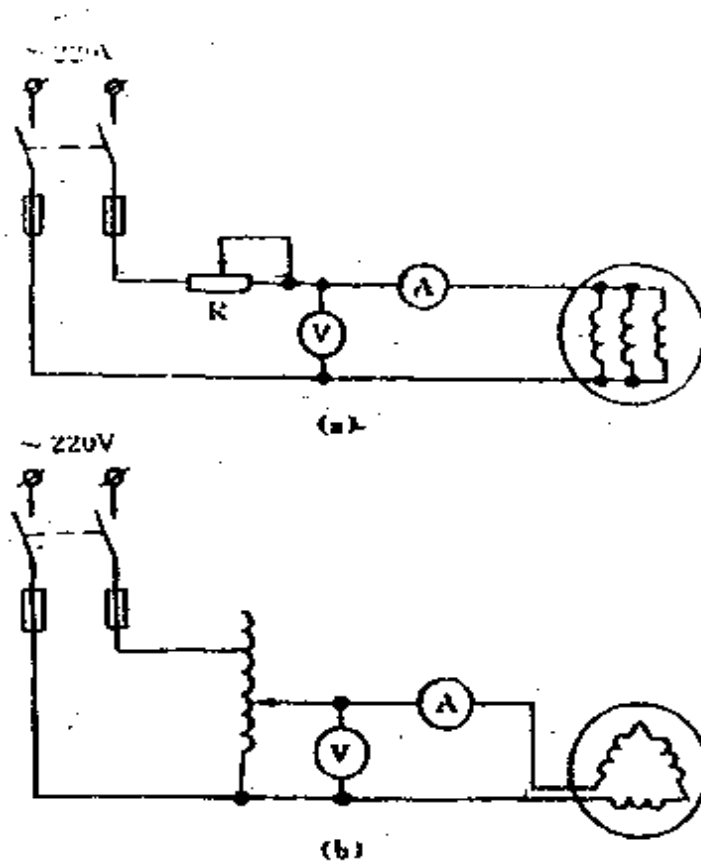


图 95

如果有三相自耦变压器，可将 380 伏的三相电源经三相调压器接入抽去转子的定子绕组中，将绕组的线电压调到电动机额定电压的 7~15%（即把线电压调为 27~57 伏之间），接线如图 96 所示。

电工仪表与电工材料

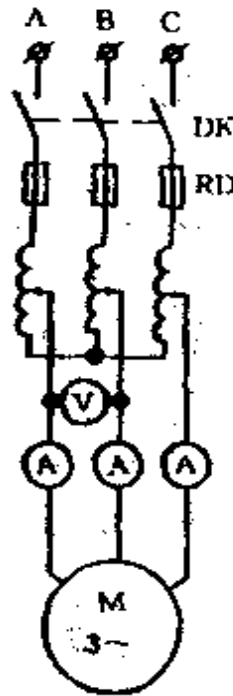


图 96

如果没有变阻器和自耦调压器，也可不用将三相定子绕组串联起来，先在定子内腔放入铁件（如铁块、铁条等），再把串联的三相绕组直接接入 220 伏的单相交流电源，通过增减定子腔内的铁件，观察串在电路中的电流表，控制加热电流为电动机额定电流的 50~70% 之间。定子腔内铁件越多，电流越小，调节定子腔内铁件的多少，便可调节加热电流。为了防止电流过大烧毁绕组，开始时应多放铁件，然后根据电流要求逐渐减少。

对于绕线型电动机，可以把启动变阻器经滑环接入转子绕组中，再把转子堵住，不让它转动。在定子绕组中通入三相低压交流电，电压为电源电压的 0.2 倍左右（即 76 伏左右），可用三相自耦变压来调压，接线同图 95 (a) 和 (b) 一样。调压可用变阻器或单相自耦调压器，电流也控制在额定电流的 50~70% 之间。

烘干电动机绕组时应注意的问题

烘干电动机时应注意以下几点:

(1) 干燥前应清扫干净,特别是定子腔内。

(2) 随时调节控制温度。温度不允许超过绕组绝缘等级所允许的最高耐热温度。用温度计法是: A 级不超过 90°C , E 级绝缘不得超过 105°C , B 级不许超过 110°C , 测量温度时, 温度计应紧靠在欲测部位的绕组上, 接触部分尽量与空气隔绝。

(3) 在加热过程中, 为了避免绕组绝缘胀裂, 加热温度应逐渐升高, 温升速度一般不应超过 $30^{\circ}\text{C} / \text{时}$ 。

(4) 在干燥过程中, 应随时测量绕组的绝缘电阻(一般每隔 1 小时用兆欧表测量一次), 并做好记录。当绝缘电阻连续稳定 6 小时不变(一般为 5 兆欧以上), 烘干即可结束。

(5) 在烘干过程中, 为了保温, 除必要的通风排除潮气外, 应尽量使电动机与周围空气隔绝。

(6) 用电流干燥法时, 必须使电动机外壳可靠接地。

(7) 非常潮湿或者被水侵湿的电动机, 不能用电流加热干燥法。因为在温度迅速上升时会使绝缘胀裂, 应该用外部加热法。同时温升速度应控制在 $8^{\circ}\text{C} / \text{时}$ 左右; 或者加热到 $50\sim 60^{\circ}\text{C}$ 时, 保持 3~4 小时, 待大部分潮气排除后再加热。

电动机的定期维修

为了确保电动机可靠运行和延长使用寿命, 除了在运行时做好监视和维护工作外, 还应定期检修, 做好维护保养工作。

定期维修分小修和大修两种。

(1) 小修一般情况下一季度一次。对电动机及起动设备只作一般性检修，不作大的拆卸。小修项目如下：

①清洁电动机。清除电动机外壳上的灰尘和污物，以利散热；测量绝缘电阻。

②检查和清洁接线盒。清除灰尘及污物；检查压线螺钉有无松动和烧伤；拧紧螺母。

③检查各固定螺钉及接地线。检查接地螺钉、端盖螺钉及轴承盖螺钉是否紧固；接地是否可靠。

④检查轴承。拆下轴承盖，检查轴承是否缺油或漏油，缺油补充，脏了换新；拆下一边端盖，检查气隙是否均匀，以判断轴承有无磨损。

⑤检查传动装置是否可靠，皮带松紧是否适中，传动装置有无损坏。

⑥检查和清洁起动设备。清扫外壳灰尘污物，检查触头有无烧伤，接触是否良好，擦净触头；接线头有无烧伤和电蚀，动作是否一致；有接地者接地是否可靠；测量绝缘电阻。

⑦绕线型电动机要调整或更换电刷。电刷磨损 $1/3$ 就需换新。

(2) 大修一般情况下 1 年一次。要拆开电动机作全面检查，彻底清扫和修理。大修项目如下：

①清洁电动机内外。先清除机壳表面的灰尘和污物，再拆开电动机，用皮老虎或 2~3 个表压力的压缩空气吹去灰尘，再用干布擦净污物，擦完后再吹一遍。

②清洗轴承。刮去轴承旧油，将轴承浸入柴油中洗刷干净，再用干净布擦干；洗净轴承盖；如果轴承可以继续使用，应加新润滑脂，电动机上常用的润滑脂有复合钙基润滑脂

(ZFG-2、ZFG-3等)和锂基润滑脂(ZL-2、ZL-3等)两种。个别负载重、转速很高的轴承,可选用二硫化铝锂基润滑脂。

③检查电动机绕组及转子有无故障。绕组有无接地、短路、断路及老化现象(老化后颜色变成棕色),如有,应及时处理;转子有无断条;测量绝缘电阻是否符合要求。

④检查定、转子铁芯有无相擦。观察定、转子铁芯有无相擦痕迹,如有,应修正。

⑤检查电动机其它零部件是否齐全,有无磨损及损坏。

⑥清洁和检查起动设备、测量仪表及保护装置。清除灰尘及油污;检查起动设备的触头是否良好;接线是否牢固;各仪表是否准确;保护装置动作是否良好、准确。

⑦清洁和检查传动装置。清除灰尘和油污;检查皮带松紧程度;联轴器是否牢固,联结螺钉有无松动。

⑧试车检查。装配好电动机,测量绝缘电阻;检查各转动部分是否灵活;安装是否牢固;起动和运行时电压、电流是否正常,有无不正常的振动和噪音。

⑨绕线型电动机还要检修滑环和电刷装置。

检修完毕,应填写检修记录单,留作参考。

电动机的拆装

电动机在维修保养和故障检查时,经常需要拆装,故应该掌握拆装技术。拆装电动机的关键是掌握拆装步骤和方法。

(1)电动机的拆装步骤与方法。拆卸前,应清理好场地,准备好工具,并在接头线、端盖与外壳、轴承盖与端盖等上作好标记,以便装配时各归原位,保证装配质量。

电工仪表与电工材料

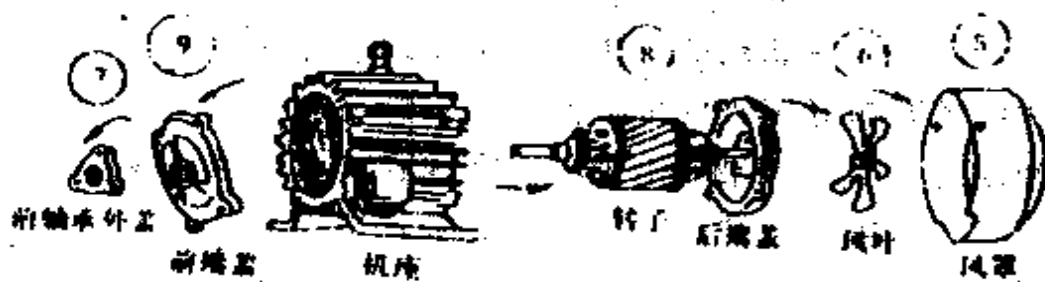
拆卸电动机的一般步骤如下：①卸下皮带或脱开联轴器的连接销；②拆去接线盒内的电源接线和接地线；③卸下底脚螺母和垫圈；④卸下皮带轮或联轴器；⑤卸下前轴承外盖；⑥卸下前端盖；⑦卸下风叶罩；⑧卸下风叶；⑨卸下后轴承外盖；⑩卸下后端盖；抽出转子；卸下前后轴承及前后轴承的内盖。

电动机的装配步骤与拆卸步骤相反。对一般中、小型电动机都只拆除风叶罩、风叶、前轴承外盖和前端盖，而后轴承外盖、后端盖，连同前后轴承、轴承内盖及转子一起抽出。其步骤如下：①～④步同上；⑤拆下风叶罩；⑥拆下风叶；⑦拆下前轴承外盖和后端盖螺钉；⑧敲出转子连同后端盖；⑨拆下前端盖，拆卸步骤见图 97。

(2) 主要零部件的拆装方法

①皮带轮或联轴器的拆装。拆卸时，先在皮带轮或联轴器与转轴之间做好位置标记，拧下固定螺钉和销子，然后，用拉具慢慢地拉出。如果拉不出，可在内孔浇点煤油再拉。如果仍拉不出，可用急火转绕皮带轮或联轴器迅速加热，同时用湿布包好轴，并不断浇冷水，以防热量传入电动机内部。装配时，先用细铁砂布把转轴、皮带轮或联轴器的轴孔磨光滑，将皮带轮或联轴器对准键槽套在轴上，用熟铁或硬木块垫在键的一端，轻轻将键敲入槽内。键在槽内要松紧适度，太紧或太松都会伤键和伤槽，太松还会使皮带打滑或振动。

②轴承盖的拆装。轴承外盖拆卸很简单，只要拧下固定轴承盖的螺钉，就可取下前后轴承外盖。前后两个轴承外盖要分别标上记号，以免装配时前后装错。轴承外盖的装配方法是：将外盖穿过转轴套在端盖外面插上一颗螺钉，一手顶住这颗螺钉，一手转动转轴，使轴承内盖也跟着转到与外盖的螺钉子对齐时，便可将螺钉顶入内盖的螺孔中并拧紧，最后把其余两颗



中小型电动机的一般拆卸步骤(从5→9)

图97

螺钉也装上拧紧。

③端盖的拆装。拆卸前，应在端盖与机座的接缝处作好标记，以便复原。然后拧下固定端盖的螺钉，用螺丝刀慢慢地撬

电工仪表与电工材料

下端盖（拧螺钉和撬端盖都要对角线均匀对称地进行）。前后端盖要作上记号，以免装配时前后搞错。

装配时，对准机壳和端盖的接缝标记，装上端盖，插入螺钉拧紧（要按对角线对称地旋进螺钉，而且要分几次旋紧，且不可有松有紧，以免损伤端盖），同时要随时转动转子，以检查转动是否灵活。

④转子的拆装。前后端盖拆掉后，便可抽出转子。由于转子很重，应注意切勿碰坏定子线圈。对于小型电动机转子，抽出时要一手握住转子，把转子拉出一些，再用另一只手托住转子，慢慢地外移。对于大型电动机，抽出转子时，要两人各抬转子的一端，慢慢外移。装配转子时，要按上述抽出转子的逆过程进行。要对准定腔中心，小心地送入。

⑤滚动轴承的拆装。拆卸滚动轴承的方法与拆卸皮带轮类似。将拉具丝杆对准转轴顶针孔，调节爪钩尺寸，使其紧紧夹住轴承内圈，慢慢地扳动丝杆，就可逐渐地拉下轴承。如果没有拉具，用两根扁铁夹住转轴，使转子悬空，用木块、铜或铁块垫在转轴上端，用榔头敲打，使轴承脱离转轴（应在转子下面地上垫以木板等，以防轴承脱离转子时，转子突然落地撞坏轴端，另外在敲打时，要一人扶住转子，另一人敲打）。另外，也可利用铜条、铁条等对准轴承内圈敲打，使轴承脱离转子（要注意均匀对称地沿转轴四周轻轻敲打）。装配时，先把轴承套在转子上，然后找一根内径略大于转轴外径的平口铁管（或钢管），套住转轴，使管壁正好顶在轴承的内圈上，便可在管口上垫木板或铁板，用榔头轻轻敲打，轴承即可逐渐地套入转子定位处。如果没有套筒，也可用铜条或铁条等顶在轴承内圈上，沿轴承内圈四周对称均匀地敲打，使轴承水平地套入转轴定位处。装配时要注意，轴承内圈与轴之间不能过紧。如果

过紧，不要硬打进转轴中，可用细砂布把轴表面四周均匀地磨一下，使轴承套后能保持一般的紧密便可。另外，轴承外圈与端盖之间也不能过紧，若过紧会影响轴承使用寿命。轴承装好后应与未装时一样灵活才好。

在总装电动机时要特别注意，如果没有将端盖、轴承盖装在正确位置上，或没有掌握好螺钉的松紧程度和均匀度，都会使电动机转子产生偏心，造成扫膛等不良运行故障。

电动机起动困难或不能起动

一般可能有如下原因：

(1) 电源方面的原因有：

①某一相熔丝断路，缺相起动，且有嗡嗡声。如果两相熔丝断路，电动机不动，且完全无声。

②电源电压太低，或者是降压起动时降压太多，是前者应查找原因，是后者应适当提高起动电压，如用的是自耦减压起动器，可改变抽头提高起动电压。

(2) 电动机方面的原因有：

①定子绕组或转子绕组断路，也可能是绕线转子电刷与滑环没有接触，应检查。

②定子绕组相间短路或接地，可用兆欧表检查。

③定子绕组接线错误，如误将三角形接成星形，或将一相绕组的首末端接反，应检查纠正。

④定子与转子铁芯相擦（扫膛）。

⑤轴承损坏或被卡住，应更换轴承。

(3) 机械及传动装置方面的原因有：

①负载过重，应减小负载或加大电动机的功率。

②机械有故障，被带机械本身转动不灵活，或卡住不能转动。

③皮带拉得太紧，摩擦加剧。

④起动设备接线有错或有故障。

电动机转速低

可能的原因有：

①电源电压太低，应检查，找出原因。

②笼型转子导条断裂或脱焊，应检查并修理断条。

③定子绕组错将三角形接法接成星形，应检查改正接法。

④负载过大，应减少负载或加大电动机功率。

⑤轴承磨损过大，造成定、转子相擦，相当于负载增大，若仍带满载运行，就迫使转速下降。

⑥绕线型转子一相绕组断路。这时转速只有额定转速的一半。应检查转子三相绕组是否断路或接线有错。

电动机温升过高或冒烟

这种故障是电动机过热的表现，原因很多，但都是引起电流过大所致。一般有如下几方面的原因：

(1) 电源方面的原因有：

①电压过高，超过电动机额定电压 10% 以上，电动机过热，温升增高。

②电压过低，低于电动机额定电压 5% 以上，电动机在额定负载下，很容易过热，温升增高。

③三相电源电压相间不平衡度超过 5%，引起三相电流不

平衡，使电动机额外发热，从而温升增高。

④一相熔丝断路或电源开关接触不好，造成缺相运行而过热。

(2) 电动机本身的原因有：

①绕组接线有错，误将星形接成三角形，或误将三角形接成星形在额定负载下运行，都会使电动机过热。

②定子绕组匝间或相间短路或接地，使电流增大，铜损增加而过热。若故障不严重只需要重新加包绝缘；严重的应更换绕组。

③定子一相绕组断路或并联绕组中某一支路断线，引起三相电流不平衡而使绕组过热。

④笼型转子断条或绕线转子线圈接头松脱，引起电流过大而发热。可对铜条转子作焊补或更换，对铸铝转子应更换转子。

⑤轴承损坏或磨损过大等，使定、转子相擦。可检查轴承是否有松动，定转子是否有装配不良。

(3) 负载方面的原因有：

①负载过大，应减轻负载或改用大功率电动机。

②被带机械有故障，引起过载。应检查被带机械。

③起动过于频繁。

(4) 通风散热不良方面的原因有：

①使用环境温度过高（超过 40°C ），使电动机进风太热，散热困难。应采取降温措施。

②电动机内外积尘和油污太多，影响散热。应清除灰尘及油污。

③电动机风道阻塞，通风不畅，使进风量减小。应清除风道口杂物及污垢。

- ④电动机内风扇损坏、装反或未装。

电动机轴承过热

当用温度计法测量电动机滚动轴承温度超过 95°C ，滑动轴承温度超过 80°C 时，就是轴承过热。其原因如下：

- (1) 轴承损坏。应换新。
- (2) 滚动轴承润滑脂过少、过多或有铁屑等杂质。轴承润滑脂的容量不应超过其总容积的 70%，有杂质者应换新。
- (3) 轴与轴承配合过紧或过松。过紧时应重新磨削，过松时应给转轴镶套。
- (4) 轴承与端盖配合过紧或过松。过紧时加工轴承室，过松时在端盖内镶钢套。
- (5) 电动机两端盖或轴盖装配不良。将端盖或轴承盖止口装进、装平，拧紧螺钉。
- (6) 皮带过紧或联轴器装配不良。调整皮带张力，校正联轴器。
- (7) 滑动轴承润滑油太少、有杂质或油环卡住。应加油、换新油，修理或更换油环。

电动机运行时有异常噪声

产生异常噪声的原因如下：

- (1) 当定子与转子相擦时，会产生刺耳的碰擦声，这多是轴承有故障引起的。应检查轴承，损坏者更换。如果轴承未坏，而发现轴承走内圈或外圈，可镶套或更换轴承与端盖。
- (2) 电动机缺相运行，吼声特别大。可断电再合闸，看是

否能再正常起动，如果不能起动，则可能有一相熔丝断路。开关及接触器触头一相未接通也会发生缺相运行。

(3) 轴承严重缺油时，从轴承室能听到“啞啞”声。应清洗轴承，加新油。

(4) 风叶碰壳或有杂物，发出撞击声。应校正风叶，清除风叶周围的杂物。

(5) 笼型转子导条断裂或绕线转子绕组接头断开时，有时高时低的“嗡嗡”声，转速也变慢，电流增大，应检查处理。

(6) 定子绕组首末端接线错误，有低沉的吼声，转速也下降。

电动机在运行中振动过大

振动过大的原因如下：

(1) 转子不平衡（如转子上配重螺丝脱落，使重心不在转子中心轴上）。应校正动平衡。

(2) 皮带轮不平衡。应校正静平衡。

(3) 皮带盘轴孔偏心。可车正并镶套。

(4) 转轴弯曲。应更换转轴，或车直镶套（热套）。

(5) 安装基础不平，或固定不稳。应重新安装，固定平稳。

(6) 笼型转子导条断裂，或绕线转子绕组断路，使负载电流时大时小地振荡。应检查处理。

(7) 联轴器装配不正或有松动。

(8) 被带机械失去动平衡。

(9) 定子绕组有局部故障，旋转磁场不平衡而引起振动。

电动机运行时，电流表指针来回摆动

这种现象说明电流不稳，时大时小，其原因有：

- (1) 笼型转子导条断路或绕线转子一相绕组断路。
- (2) 绕线转子一相电刷接触不良。
- (3) 绕线转子轴上的滑环短路，装置接触不良。

电动机外壳带电

外壳带电的原因有：

- (1) 引出线绝缘磨破而碰壳。
- (2) 绕组受潮绝缘损坏而碰壳。
- (3) 电动机长期过载，绕组绝缘老化龟裂而碰壳。
- (4) 绕组端部太长，碰擦端盖。
- (5) 两端槽口绝缘损坏或导线松动，铁芯硅钢片没有压紧或有尖刺等，在振动时擦伤导线。
- (6) 槽内有铁屑等杂物，导线嵌入时被擦伤而碰壳。
- (7) 嵌线时导线绝缘受机械损伤而碰壳。
- (8) 定、转子铁芯相擦，使铁芯过热而烧焦槽楔和绝缘，致使线圈碰壳。
- (9) 接地不良，从而使保护接地失效。

电动机在运行中三相电流不平衡

如果监视电流表指示出或用钳形电流表测出三相电流严重不相等，可能有以下原因：

- (1) 三相电源电压严重不平衡（即不相等）。

最新实用电工技术与操作手册

(2) 三相绕组中有一相断路或一相熔丝熔断等造成缺相运行。此时断路相没有电流，其它两相电流变大。

(3) 绕组匝间或相间有局部短路，而熔丝又烧不断时，便形成三相电流不平衡。

(4) 三相绕组中某一组的一条并联支路或几条并联支路断路，造成三相阻抗不等，也会使三相电流不平衡。

(5) 三相定子绕组中一相首末端弄错，如果熔丝没有烧断，也会产生三相电流不平衡。

电动机发生断相运行

(1) 总电源线路上因其它设备故障引起一相断电，接在该电源线路上的其它三相设备就会缺相运行。

(2) 一相熔丝接触不良（如螺丝未拧紧）、熔丝氧化严重、或受机械损伤（特别是安装时的人为损伤），使一相熔丝提前熔断。

(3) 起动设备的闸刀或触头有一相接触不良或未接触上，如触头烧伤或松脱。

(4) 电动机一相绕组断路，或接线盒内一相接头松脱。

电动机过载运行

以下情况会产生过载运行：

(1) 起动时间太长。

(2) 电源电压太低。

(3) 缺相运行。

(4) 机械故障，如皮带太紧、联轴器未校正、轴承损坏。

所带机械卡住等。

(5) 所带机械为重负荷机械，常会产生过负荷。如起重机、轧钢机、粉碎机、碾砂机、搅拌机及各种农副产品加工机械等进料太多，以及水泵吸入泥浆或杂物等。

(6) 电动机接线错误，如三角形误接成星形、星形误接成三角形。

电动机缺相运行

当电动机在缺相情况下运行时，一相线电流为零，另两相线电流都会增大。例如，对于三角形接法的电动机，在额定值下正常运行时，每相绕组的相电流为电动机额定电流（线电

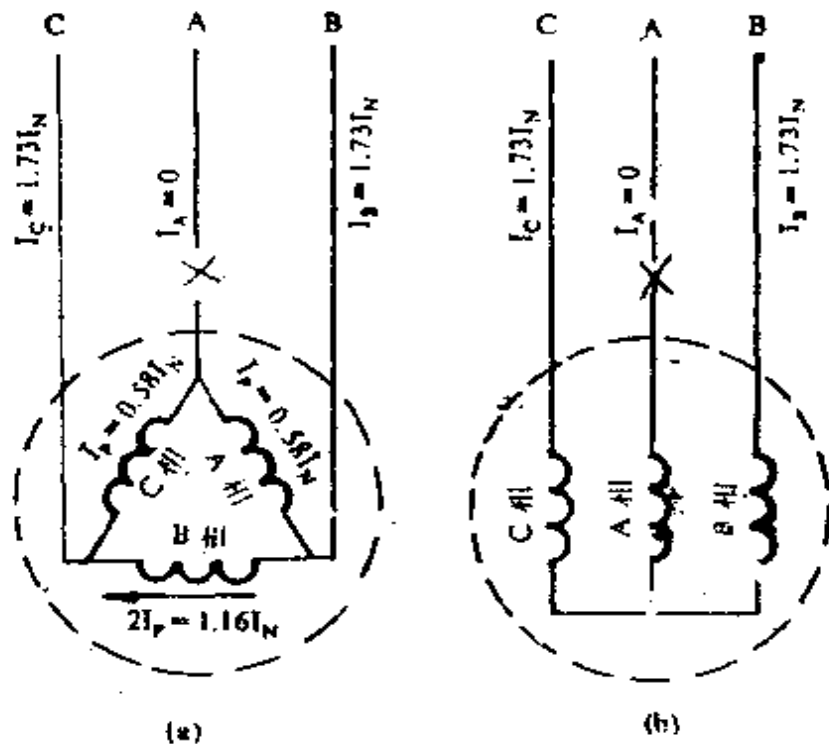


图 98

最新实用电工技术与操作手册

流)的 0.58 倍 (即 $1/\sqrt{3}$ 倍)。当 A 相断路, 如图 98 (a) 所示, a、c 两相绕组串联后再与 b 相绕组并联接在 B、C 两相电源上运行。在额定负载不变时, b 相绕组的相电流将是最大, 为正常运行时的 2 倍 (即为电动机额定电流的 1.16 倍), 而 a、c 两相绕组的相电流仍不变, 而线路上的线电流增大到额定电流的 1.73 倍 ($\sqrt{3}$ 倍)。由于相绕组的相电流比正常运行时增大了一倍, 引起绕组过热。对于星形接法的电动机, 当 A 相断路, b、c 两相绕组串联接在电源 B、C 两相上运行。在额定负载不变时, a 相绕组的电流为零, b、c 两相绕组的电流增大到额定电流的 1.73 倍, 使绕组过热。从上述分析可知, 两种接法的电动机, 当发生缺相运行时, 都会使某一相绕组 (三角形接法) 或某两相绕组 (星形接法) 的相电流和线电流增大。但增大的电流还不能使熔丝熔断 (因为电动机熔丝的额定电流都取为电动机额定电流的 1.5 倍以上, 而熔丝的熔断电流又是熔丝额定电流的 1.3~2.1 倍, 所以能使熔丝熔断的最小电流应为 $1.5 \times 1.3 = 1.95$ 倍电动机的额定电流, 而电动机不论哪种接法, 缺相运行时的线路电流都只增大为电动机额定电流的 1.73 倍, 所以不能使另两相熔丝熔断), 这样长期缺相运行, 温度上升很快, 容易烧毁电动机。事实证明, 当电动机的负载为额定负载的 40% 以上发生缺相运行时, 绕组的相电流就会超过正常值。所以有一半以上的电动机烧毁事故都是缺相运行所致, 必须引起注意。

电动机启动后有一种无味的白烟冒出

长久不用的电动机, 很容易吸收空气中的水分而受潮。当电动机启动时, 启动电流很大, 绕组发热, 促使电动机内部的

电工仪表与电工材料

水分蒸发，成为白色无味的烟雾排出。这种现象说明电动机受潮严重，应停机用兆欧表检查绝缘电阻，若绝缘电阻低于 0.5 兆欧，必须进行干燥处理才可使用，否则很容易使绝缘击穿而烧毁电动机。

电动机启动时烧熔丝

一般可能有以下原因：

- (1) 一相电源断路重载启动。
- (2) 熔丝不合规格（太细）或安装时受机械损伤（截面变小）。
- (3) 超载过重，传动装置或被带机械卡住。
- (4) 定子绕组一相断路。
- (5) 定子绕组或转子绕组严重短路或接地。
- (6) 修理过的电动机一相首末端接反或内部部分线圈接反。

绕线型电动机电刷冒火花

冒火花的原因有：电刷严重磨损接触不平、压力不够，滑环不圆滑，或油污、杂物落在电刷与滑环之间等，造成接触不良而冒火花。

处理方法：用细砂纸磨光电刷和滑环接触面；调整电刷压力；检查滑环是否圆滑；用干净棉纱蘸汽油擦净电刷和滑环表面。

电动机故障的检查

电动机常会发生故障，有些故障现象很相似，但产生的原因却不一样，也可能是综合症。为此，必须了解电动机发生故障的原因，才能正确、迅速地找出和排除故障。当故障不明时，可按下述步骤检查：

(1) 检查三相电源是否有电。

(2) 如果电源有电，应检查熔丝、开关及起动器是否有故障（如螺丝是否牢固、接线是否正确等）。

(3) 如果(1)、(2)都无问题，应卸下皮带或联轴器，使电动机空载运行，检查故障是否由负载引起。

(4) 如果故障发生在电动机本身，应打开接线盒，检查接线有无焦痕或其它故障。

(5) 如果(4)无问题，应检查轴承是否有故障或损坏，润滑脂是否干、少。

(6) 如果(5)也无问题，应检查定子绕组有无焦痕、断裂、短路或碰壳等故障。

(7) 检查笼型转子有无断条，绕线组有无断路。

(8) 检查绕线电动机的电刷、滑环等有无故障。

当电动机发生故障时，往往会有转速变慢、温度显著升高、有异常噪声、有焦糊味、冒烟、电流增大、三相电流不平衡、机壳带电等现象，必须抓住这些现象分析查找。

电动机的保护措施

为了防止电动机发生故障而损坏，甚而使事故扩大，对电

动机一般实行以下几种电气保护措施:

(1) 短路保护。对电动机及其线路的短路大电流作及时的切断保护。否则很大的短路电流会很快烧毁电动机、线路及其它电气设备,造成重大损失。对于500伏以下的低压电动机,一般采用熔丝或断路器的电磁瞬时脱扣器作短路保护。

(2) 过载(过负荷)保护。对于电动机的过载电流,熔丝不一定能熔断。所以要单独设置切断过载电流的保护装置。当电动机过载20%运行时,热继电器在20分钟内动作,切断电源。电动机一般采用热继电器(与接触器配合)或断路器的热脱扣器进行过载保护。

(3) 断相运行保护(又称缺相运行保护或两相运行保护)。缺相运行保护也是一种过载保护,而一般的热继电器不能可靠地保护电动机免于缺相运行(带断相保护装置的热继电器除外)。所以在条件允许时,应单独设置缺相运行保护装置。电动机断相保护的方法和装置很多,但就执行断相保护的元件来分有:利用断相信号直接推动电磁继电器动作的电磁式断相保护;利用断相信号通过电子线路动作的电子式断相保护;利用热元件动作的断相保护。常用的保护方法有:①采用带断相保护装置的热继电器作断相保护;②欠电流继电器断相保护;③零序电压继电器断相保护;④断丝电压继电器断相保护;⑤利用速饱和电流互感器保护(JS1系列断相保护器就是这种保护装置)。

关于电子式断相保护的线路非常多,这里就不一一提及。

(4) 失压和欠压(低电压)保护。为了防止电动机在过低电压下启动和运行,以及电动机在运行中突然断电后又恢复供电时的自启动,一般均采用失压和欠压保护。交流接触器的电磁机构、断路器的失压脱扣器、自耦减压起动器的欠压脱扣器

及电压继电器等都可起失压和欠压保护作用。当电源电压低到额定电压的 35~70% 时，电磁铁会释放，失压脱扣器会动作而切断电源。

(5) 接地或接零保护。当电动机外壳带电时，防止人触及机壳而触电的保护装置。

电动机短路保护装置

电动机都应装设短路保护，并且每一台电动机宜装设单独的短路保护装置。但符合下列条件之一时，数台电动机可共用一套短路保护装置。

(1) 总计算电流不超过 20 安。

(2) 工艺上密切相关的一组电动机，并保证能迅速切除电动机的短路故障。

电动机的短路保护宜采用熔断器或具有瞬动（或短延时）脱扣器的断路器；对个别容量较大的重要电动机，也可采用过电流继电器。

中性点直接接地网络中的电动机应在每一相上装设短路保护元件。当装有零序保护时，可只在两相上装设。在中性点不接地网络中的电动机，熔断器应每相都装设；用断路器时，至少在两相上装设过电流脱扣器。当只装设在两相时，在同一网络中的保护元件应装设在相同的两相上。

异步电动机短路保护用熔丝（或熔体）和熔断器的选用

(1) 熔丝或熔体的选择：熔丝（或熔体）的大小必须考虑

电动机的起动电流的影响，同时还应注意，各级熔体应互相配合，即下一级熔体应比上一级小。选用原则如下：

①保护一台电动机的熔丝或熔体。熔丝或熔体的额定电流 $> 1.5 \sim 2.5$ 倍电动机的额定电流。系数（1.5~2.5）视负载性质和起动方式不同而选取：对轻载起动、起动不频繁、起动时间短或降压起动者，取小值。绕线型电动机也取小值（一般取1.25）。对重载起动、起动频繁、起动时间长或直接起动者，取大值。当还不能满足起动要求时可取到不大于3。

②保护多台电动机的熔丝及熔体。熔丝或熔体额定电流 $> 1.5 \sim 2.5$ 倍容量最大一台电动机的额定电流加其余电动机的计算负荷电流之总和。系数（1.5~2.5）的选择原则同一台电动机。

（2）熔断器的选择

①熔断器的额定电流 $>$ 熔丝或熔体的额定电流。

②熔断器的额定电压 $>$ 电动机的额定电压。

电动机的过载保护

容易过负载的电动机，由于起动或自起动条件严重而可能起动失败，或需要限制起动时间的，应装设过载保护。长时间运行无人监视的电动机或3千瓦及以上的电动机，也宜装设过载保护。

过载保护装置一般采用热继电器或断路器的长延时过电流脱扣器（或热脱扣器）。转动惯量大、起动困难的电动机，可采用反时限或定时限过电流继电器。

对于反复短时或短时工作的电动机，额定功率在45千瓦及以下长期连续工作制的次要电动机，可以不装设过载保护。

应该注意到，目前我国生产的热继电器基本上是适用于轻载起动、长时期工作或间断长期工作的电动机作过载保护。对点动、反复短时工作的电机，其保护作用只有一定的适应性。而对重载起动、密接起动、连续正反转以及反接制动的电动机，则不能起到可靠的保护作用，以上这些场合一般不宜用热继电器作过载保护。

热继电器的选用

热继电器是由双金属热元件、动作机构、常闭触头和常开触头、复位按钮及整定电流调节旋钮等构成。根据双金属热元件的数目，可分为两极和三极型热继电器，而三极型又分带断相保护和不带断相保护两种。二极型是将两只双金属热元件串联在电动机主电路的任意两相中，而三极型是将三只双金属热元件分别串联在三相主电路中，把常闭触头串联在交流接触器的控制电路中起过载保护。复位方式有手动和自动两种，可根据需要调整。出厂时均调整为自动方式，如欲手动复位，可将热继电器侧面孔内螺钉退出约三四转即可。常用型号有JR0、JR10、JR15、JR16等系列。较新的JR0、JR16系列的主要技术数据见表49。

(1) 类型选择。一般轻载起动、长期运行的电动机，或间断长期工作的电动机，在三相电源电压较平衡的条件下，选用两极型的热继电器即可。对于三相电源均衡性较差，工作环境较恶劣，或较少有人看管的电动机，宜选用三极型热继电器。对于三角形接法的电动机，应选用三极型或带断相保护的三极型热继电器。

(2) 热继电器额定电流的选择。同一系列型号的热继电器

电工仪表与电工材料

可装用不同额定电流的发热元件。选用时应根据电动机的额定电流选择相应的发热元件。热继电器的额定电流应大于电动机的额定电流。

(3) 热元件额定电流的选择。热元件的额定电流应略大于电动机的额定电流。

(4) 热元件整定电流的调节。热元件整定电流的调节范围，可根据热继电器的型号和热元件的额定电流，从表 53 中查出。当电动机的起动电流为额定电流的 6 倍左右及起动时间不超过 5 秒者，热元件的整定电流可调节到等于电动机的额定电流。当电动机的起动时间较长、拖动冲击性负载或不允许停机者，整定电流应调节到电动机额定电流的 1.1~1.15 倍。

例如：有一台电动机，其额定电流为 30.3 安，起动电流是额定电流的 6 倍，起动时间较短，无冲击负载。查表 49，可以选用 JR0-40 型和 JR0-60 型，也可选用 JR16-60 型。现选用 JR16-60/3 型，其热继电器的额定电流为 60 安，三极型，热元件的额定电流选用 32 安，热元件整定电流可调节在 30.3 安左右。

表 53 JR0、JR16 系列热继电器的热元件技术数据表

型 号	额定 电流 安	热 元 件 等 级			联接铜 导线截面 毫米 ²
		热元件 编 号	热元件 额定电流 安	额定电流调节范围 安	
JR0-20/3 JR16-20/3	20	—	0.35	0.25~0.3~0.35	2.5
			0.5	0.32~0.4~0.5	
			0.72	0.45~0.6~0.72	
			1.1	0.68~0.9~1.1	
			1.6	1.0~1.3~1.6	
			2.4	1.5~2~2.4	
			3.5	2.2~2.8~3.5	
			5	3.2~4~5	
JR0-20/3D JR16-20/3D			7.2	4.5~6~7.2	4
			11	6.8~9~11	
			16	10~13~16	
			22	14~18~22	
JR0-40(2 极) JR0-40/3D	40	—	0.64	0.4~0.64	2.5
			1	0.64~1	
			1.6	1~1.6	
			2.5	1.6~2.5	
			4	2.5~4	
			6.4	4~6.4	
			10	6.4~10	
			16	10~16	
	25	16~25	6		
	40	25~40			
JR0-60/3 JR16-60/3 JR0-60/3D JR16-60/3D	60	—	22	14~18~22	6 或 10
			32	20~26~32	
			45	28~36~45	16
			63	40~50~63	
JR0-150/3 JR16-150/3 JR0-150/3D JR16-150/3D	150	—	63	40~50~63	25
			85	58~70~85	
			120	75~100~120	35
			160	100~130~160	

注:JR0、JR16 系列继电器为三相结构,D 为带断相保护,能保护电动机的缺相运行。

两极(两相)型热继电器

利用两极型热继电器的两相热元件串联在电动机主电路的任意两相上可以作过载保护,是因为电动机过载时,在一般情况下,三相电流都会增大。就是在缺相运行时造成的过载,一

般也有两相电流增大，所以在任意两相上串联热元件都可起到过载保护作用。但是，当三相电源电压不平衡时，就能引起电动机线电流不平衡。例如，当三相电源线电压不平衡仅为4%时，就能引起线电流不平衡达25%，如果不平衡的线电流只有一相超过热元件的整定电流值，而恰好就是这一相未装热继电器的热元件，热继电器就不会动作而可能烧毁电动机。

三极（三相）型热继电器

当三相电源不平衡时，能引起电动机三相线电流不平衡。如果使用三极型热继电器，电动机三相电源的每一相上都串联发热元件，当任何一相不平衡的线电流超过热元件的整定电流值，都保证可靠地动作切断电源，克服了二极型热继电器可能出现的不可靠性。

在我国的实际情况下，三相电源电压不平衡超过4%的现象是经常的。所以，为了确保热继电器动作的可靠性，宜采用三极型热继电器。特别是三角形接法的电动机或经常无人监视的电动机更应采用。

热继电器的安装和使用

应注意以下问题：

(1) 热继电器出线端的连接导线截面应按表49中的规定选用。如果过细，轴向导热差，热继电器可能提前动作；如果过粗，轴向导热快，热继电器可能滞后动作。

(2) 热继电器安装前，应清除触头表面尘污，以免接触电阻大而影响动作性能。

(3) 热继电器与其它电器安装在一起时，应将它安装在其它电器的下方，以免其它电器的发热影响其动作性能。

(4) 热继电器动作后，自动复位者要在5分钟内才复位，手复位也要在2分钟后按动复位按钮，不可在此时间之前重新起动电动机。

(5) 在发生短路故障后，应检查双金属片有无明显变形，当有变形时应进行通电试验动作性能。若因双金属片变形或其它原因使动作不准时，只能调整其它可调部件，而绝不能弯折双金属片。

(6) 更换热元件时，新元件必须符合原来的规格。

断相保护

凡是连续运行的三相交流电动机，宜装设防止断相运行（两相运行）的保护装置。

断相保护装置一般采用带断相保护的三相热继电器，也可采用其它专用保护装置。

凡具有下列条件之一者，可不装设断相保护装置：

(1) 定子绕组接成星形运行，且装有三相或两相过载保护的电动机。

(2) 经常有人监视，能及时发现断相故障者。

(3) 采用直接反映电动机绕组过热的过负荷保护装置者。

(4) 3千瓦以下的笼型电动机（潮湿场所例外）。

利用欠电流继电器作电动机的缺相运行保护

将三个欠电流继电器分别串接在电动机的三相主电路中，

电工仪表与电工材料

并将三个继电器的一副常开触头串联，常闭触头串联后再并联在一起串接到接触的控制电路中，如图 99 所示。电动机正常

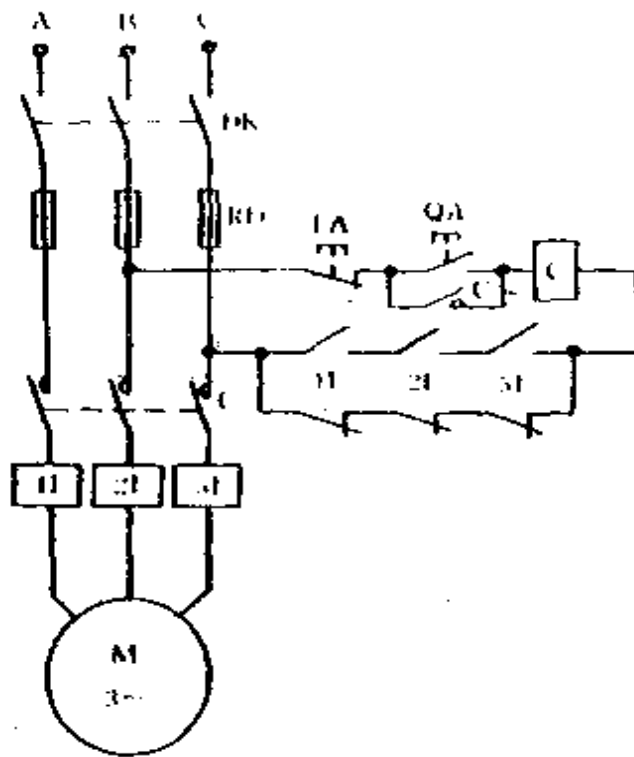


图 99

运行时，欠电流继电器的常闭触头闭合。当发生断相运行时，一相线电流消失，该相继电器便动作，其常闭触头断开，切断控制回路，接触器主触头断开，从而切断电动机主电路电源而保护电动机。这种保护比较可靠，但价格较贵。利用零序

电压对电动机作缺相运行保护。

这种保护原理是利用在中性点接地的三相平衡系统中，星形接法的电动机中性点对地电压理论上为零（实际上由于三相不是绝对平衡而有几伏电压）。当发生断相运行时，由于定子三相电压极度不平衡，从而中性点对地的零序电压升高。在电动机满载时，此零序电压可达 25~45 伏左右。利用这一原理，可通过串接在电动机中性线上的零序电压继电器 J 实现断相保护，如图 100 (a) 所示。在电动机正常运行时，由于中性点对地电压较低，电压继电器 J 不动作。当发生断相运行时，中性点对地电压升高，使电压继电器动作，J 的常闭触头断开而切断三相电源。

对于三角形接法的电动机，可以利用接成星形的电容器接在三角形绕组上，引出人为中性点，如图 100 (b) 所示。电容器的容量以 2~4 微法为宜。由于实际电路的中性点对地有几伏电压（为相电压的 3~4%），因此，一般将继电器动作电压整定在 12~24 伏。也可用 12 伏或 24 伏的小型中间继电器代替电压继电器，既经济又便于推广应用。

电工仪表与电工材料

表 54 电动机断相保护器主要技术数据

型 号	断相器的 电流范围 安	配电动机 功率范围 千瓦	外形尺寸 长×宽×高 毫米
JS1-200-0	0.6~1.5	0.3~0.75	83×69×86
JS1-200-1	1.5~3	0.75~1.5	
JS1-200-2	3~6	1.5~3	
JS1-200-3	6~10	3~5	
JS1-200-4	10~20	5~10	
JS1-200-5	20~40	10~20	110×68×98
JS1-200-6	40~80	20~40	
JS1-200-7	80~120	40~50	

注：表中所列电动机功率范围，适用于额定电压为 380 伏的电动机。

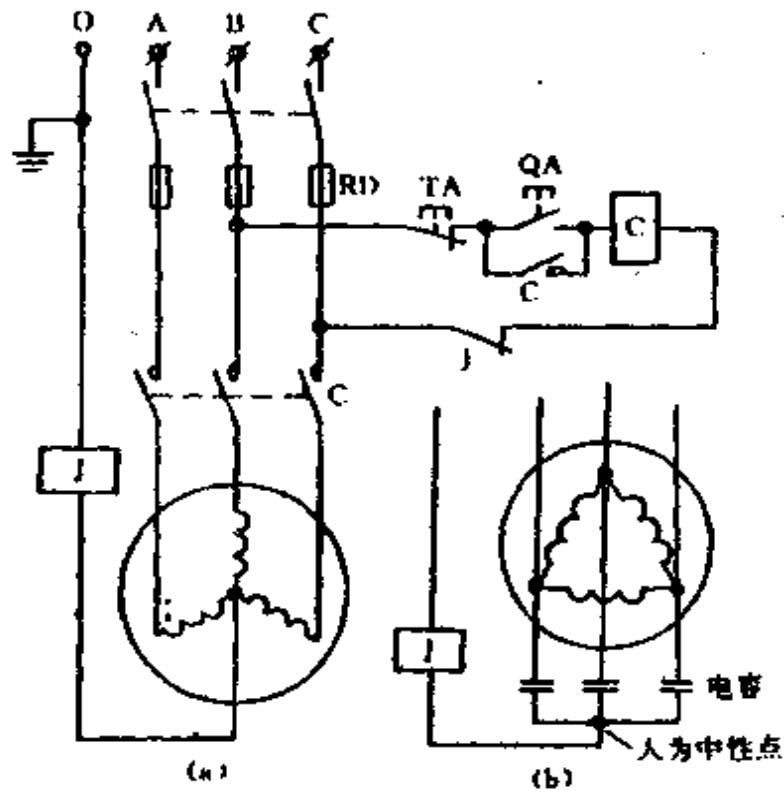


图 100

机内部的断路造成的断相运行。

电动机欠电压（低电压）保护

一般应按下列规定装设：

(1) 当电源电压短时降低或短时中断时允许断开的电动机，一般应装设瞬时动作的欠电压保护装置；但功率不超过10千瓦的电动机，且工艺或安全条件允许自启动时，可不装设。

(2) 不需要或不允许自启动的重要电动机，应装设短延时的欠压保护装置，其时限一般为0.5秒。

(3) 需要自启动的重要电动机，不宜装设欠电压保护，但按工艺或安全条件在长时间停电后不允许自启动时，应装设长延时的欠电压保护装置，其时限一般为5~10秒。

欠电压保护装置一般可采用断路器中的欠电压脱扣器、起动器或接触器的吸引线圈或自耦减压起动器中的欠压脱扣器。当利用起动器或接触器的吸引线圈作为欠压保护时，吸引线圈宜由电动机主回路电源供电。如以其电源供电时，应装设当主回路失电时断开吸引线圈的联锁装置。对第(2)和(3)项中所述的重要电动机，若有采用吸引线圈的欠压保护时，应在控制回路中采取措施，以保证当电压在规定的时限内恢复时，起动器能重新吸合。

最新实用电工技术与操作手册

表 55 1982 年以来颁布淘汰产品与替代产品
对照表(主令电器)

组别	系列	品 种	淘汰期限	推荐代替产品型号及品种	
按钮	LA1	15	1982 年	LA18(5 安)	
	LA5	15(由 LA1 组合而成)			
	LA3	无正式产品			
	LA6	12			
	LA9	2.5			
	LA11	15	1990 年	LA25(6~10 安)	
	LA13	按钮组			
	LA16	15			
	LA7	2.5A			
	LA8	5A			
LA15	5A				
行程开关	LX1	6 安, 工作行程 13+1 毫米	1985 年	LX21(5 安, 转动式) LX23(5 安) LX29(5 安, 转动式、直动式)	
	LX2	6 安, 滚动传动角 12°			
	LX4	20 安, 起重用			
	LX6	10 安, 起重用	1982 年	EX10(10 安) LX22(20 安)	
	LX9	10, 15 安			
	LX12	2 安, 滚轮式			
	LX13	5 安, 直动式	1990 年	LX23(5 安) LX29(5 安, 转动式、直动式) LX33(10 安)	
	LX7	20A			
	LX11	3A			
主令控制器	LK1	15, 20	1985 年	LK14(15 安) LK15(15 安)	
	LK2	0.25	1982 年		
	LK3	15			
	LK7	主回路 150 安, 控制回路 20 安			
	LK8	15			
	LK9	10, 15			
	LK10				
	LK12				
	LK6	5A	1989 年		LK18(10 安)
	LK16	10A			
主令开关	LS1	10	1985 年	LS7(10 安)	

电工仪表与电工材料

表 56 1982 年以来颁布淘汰产品与替代产品
对照表 (电阻器、变阻器)

组别	系列	品 种	淘汰期限	推荐代替产品型号
电 阻 器	ZX6		1985 年	ZX12
	ZX3	1.4~6.6 千瓦 (铜铝线)		ZX14
	ZX5	4.5.6 千瓦	1982 年	
旋 动 变 阻 器	BW1		1982 年	BT2(40~200 安)
	BU1			BP1、BP3、BP4
	BU2			

表 57 1982 年以来颁布淘汰产品与替代产品
对照表(继电器)

组 别	系列	品 种	淘汰期限	推荐代替产品型号及品种
电 流 继 电 器	JL1	5~600 安(直流), 5 种	1982 年	JL14(1.5~3500 安) JL15(1.5~1200 安) JT17(1.5~1200 安) JT3(1.5~600 安, 直流) JT3A(1.5~600 安, 直流)
	JL2	5 安(交流)		
	JL3	1.5~600 安(交流)5 种 1.5~1200 安(直流)11 种		
	JL6	120 安		
	JL8	无正式产品		
	JL10			
	JL4		1990 年	JL18(1~630 安)
	JL5			
JL7				
电 压 继 电 器	JT1	110, 220, 500 伏	1982 年	JT17(24~440 伏, 交流, 直流) JT3(12~440 伏, 直流) JT3-S(双线圈, 直流, 45~220 伏) JT3A(12~440 伏, 直流)
	JT2	交流: 380 伏 直流: 55, 110, 220 伏		
	JT5	12~440 伏(电流)6 种		
	JT6	无正式产品		
	JT7	无正式产品	1985 年	
	JT8	500 伏, 6 种		
时 间 继 电 器	JS1	同步电动机式	1982 年	JS17(0~72 小时), JS26 JS23(0.2~630°)
	JS2	7~17°, ±10%(电磁式), 触头 6 安		
	JS4	无产品		
	JS5	无产品		
	JS6	无产品		
	JS9			
	JS15	0.1~180°	1990 年	JS17、JS26

最新实用电工技术与操作手册

续表 57

组别	系列	品 种	淘汰期限	推荐代替产品型号及品种
中 间 继电器	JZ3		1982 年	JZ11(5、10 安) JZ13(1 安)
	JZ4			
	JZ5			
	JZ6			
	JZ8	5 安,线圈电压: 交流:110~380 伏 直流:12~440 伏		
	JZ9	5 安	1986 年	JZ11(5 安)、JZ14(15 安)
	JZ12	3 安	1987 年	JZ15(10 安)
	JZ1	20 安	1990 年	JZ15D(10 安)
热继电器	JR1	10、40、100、150	1982 年	JR16—20、60、150
	JR2	20、40、100、150		
	JR3	~200		
	JR6	73		
	JR12	10		
	JR13			
		JR4		1990 年
	JR8			
温 度 继电器	JW1	70±5℃,1 安,双金属片 式	1982 年	JW2(50~160℃) JW4(60~130℃,热敏电阻 式)

电工仪表与电工材料

表 57 1982 年以来颁布淘汰产品与替代产品
对照表 (接触器)

组 别	系列	品 种	淘汰期限	推荐代替产品型号及品种
交 流 接 触 器	CJ1	75、150、300、600	1982 年	CJ12 (100、150、250、400、600)
	CJ2	75、150、300		
	CJ3	50、100、150、300	1985 年	CJ12F (100、150、250、400、600)
	CJ4	75、150、300、600 75S、150S		
	CJ5	20	1982 年	CJ10 (20)
	CJ6	无产品		
	CJ12B	100、150、250、400、600、	1985 年	同 CJ1
	CJ0		1990 年	CJ20 (25~400 安)

续表 58

组 别	系列	品 种	淘汰期限	推荐代替产品型号及品种
直 流 接 触 器	CZ1	100、150、300、600	1982 年	CZ0 (40、100、150、250、400、600)
	CZ4	5~80 安 (灭弧线圈)		
	CZ6	50		
	CZ7	20		
	CZ8	400		
	CZ9	50 (短时通电 < 0.16", 110 伏; 300 安, 220 伏; 150 安)		
	CZ13		1986 年	CZ18 (40~630 安)
	CZ3			
	CZ5		1990 年	
中 频 接 触 器	CP1	200、400、600、800 (1000 赫, 750 伏)	1982 年	CP2 (200、400、800) (1000 赫, 750 伏, 1500 伏)
中 压 接 触 器	CG1	3000 伏 空气式	1982 年	CKG1 6000 伏真空接触器, (160~400 安)
	CG2			
	CG4	100 (3000 伏, 三极, 空气式)		
	CG5		1987 年	CKJ5 (250、400 安)

最新实用电工技术与操作手册

表 59 1982 年以来颁布淘汰产品与代替产品
对照表 (起动机)

组 别	系列	品 种	淘汰期限	推荐代替产品型号及品种
电磁 起动机	QC1	5、15、23、55 千瓦	1982 年	QC10(2.2、4、10、20、30、 50、75 千瓦)
	QC2	5、11 千瓦		
	QC3	15 千瓦	1990 年	QC12(2.2、4、10、20、30、 50 千瓦)
	QC0			
手动起 动机	QS3	73 千瓦	1982 年	QS5(2.8、4.5 千瓦)
自动星三 角起动机	QX0	13、30、55、125 千瓦	1982 年	QX10(13、30、55、75 千瓦)
自耦减 压起动机	QJ1	14、30、75、120 千瓦	1982 年	QJ10D QJ10
	QJ2	75、150、200、300、 600 安	1985 年	
	QJ3	全系列		
	QJ4		1982 年	

续表 58

组 别	系列	品 种	淘汰期限	推荐代替产品型号及品种
减压起 动机	XJ01		1990 年	JJ1
	XJ01			
综合 起动机	QZ6	2.2、4、10、20 千瓦	1982 年	QZ610(4、10、17 千瓦) QZ73(3.2、10、12.5 千瓦)
	QZ8	3.2 千瓦		
	QZ71	10 千瓦		
	QZ9			
	QZ67		1990 年	

电工仪表与电工材料

表 60 1982 年以来颁布淘汰产品与替代产品
对照表 (电动机)

淘汰产品名称 型号、规格	淘汰理由	淘汰日期	推荐取代产品的型号、规格
三相异步电动机 JW: 63, 71, 80, 90 JW: 05, 06, 07, 08, 09, 1 JL0: 01, 2 ZJCL: 250 瓦	效率低, 堵转 转矩低	1985 年 1 月 1 日	AO2 系列六个中 心高 23 个规格
YB3 系列防爆型三相异 步电动机	效率低, 堵转 转矩低	1985 年 1 月 1 日	YB 系列
YK02 系列防爆型三相异 步电动机	效率低, 堵转 转矩低	1985 年 1 月 1 日	
分马力电动机 三相异步电动机 AO: 45, 50, 56, 63, 71 AI: 56, 71 IAO: 50, 56, 71 2AO: 80 JW (改型): 45, 50, 56, 63, 71	效率低, 堵转 转矩低	1986 年 1 月 1 日	AO2 系列

最新实用电工技术与操作手册

续表 60.1

淘汰产品名称、 型号、规格	淘汰理由	淘汰日期	推荐取代产品的型 号、规格
J2 系列防滴式三相笼型 异步电动机(36 个规格、 8 个机座号、7.5~125 千 瓦,共 11 个功率等级)	技术性能落 后	1986 年 12 月 30 日	Y 系列(IP23)防护 式笼型三相异步电 动机 机座号(中心高) H160~H280 毫 米,额定电压 380 伏,额定频率 50 赫,功率等级(千 瓦):5.5、7.5、11、 15、18.5、22、30、 37、45、55、75、90、 110、132 共 45 个规 格,绝缘等级 B 级, 外壳防护等级 IP23
JR、JR2、JR3 小型绕组转 子异步电动机 JR:30 个规格	技术性能落 后	1986 年 12 月 30 日	YR 系列(IP23)防 护式绕组转子三相 异步电动机 机座号(中心高) H160~H280 毫 米,电压 380 伏,频 率 50 赫,功率 4~ 132 千瓦,共 37 个 规格,B 级绝缘,外 壳防护等级 IP23
小型封闭式笼型电动机 JO3 系列 JO2 系列		1984 年 1 月 1 日 1985 年 1 月 1 日	Y 系列(IP44)
JO2-WF、JO2-F 户外防 腐和化工防腐小型三相 电动机系列 JO2-WF 系列 67 个规格 JO2-F 系列 63 个规格	与国际标准 不符,体积 大,技术性能 低	1988 年 12 月 31 日	Y-W、Y-WF 户 外防腐电动机,Y-F 化工防腐电动机, IP54H80~H315 中 心高 12 种,83 个规 格
JDO2 系列 99 个规格电 动机 JDO3 系列 37 个规格电 动机	与国际标准 不符,体积大	1988 年 12 月 31 日	YD(IP44)变极多 速三相异步电动 机,H80~H180 中 心高共 7 种,65 个 规格
JZD3-112S-4、JZO2 电制动电动机系列,JZO2 系列 12 个规格 0.6~ 1.5kW 共 5 种功率等级	与国际标准 不符,体积大	1988 年 12 月 31 日	YEJ 电磁制动三相 异步电动机(H80 ~H225)中心高 9 种,53 个规格, 0.55~45 千瓦

电工仪表与电工材料

续表 60②

淘汰产品名称、型号、规格	淘汰理由	淘汰日期	推荐取代产品的型号、规格
JPZ2 绕线制电动机系列 0.2, 0.4, 1, 1.5, 3, 0.4, 5, 7.5, 13kW 共 84 个规格	与国际标准不符, 体积大	1988 年 12 月 31 日	YEP 绕线制三相异步电动机, H80~H160, 18 个规格, 0.55~11 千瓦, 11 个功率等
JH02, JH03 系列高滑差绕线电动机	与国际标准不符, 体积大	1988 年 12 月 31 日	YH(IP44) 高滑差三相异步电动机系列 H80~H160, 36 个规格, 0.75~18.5 千瓦
DP90S-2/M01, JJO2, JO2-0, JJ, JJD 精密机床用三相异步电动机系列	与国际标准不符, 体积大	1988 年 12 月 31 日	YZC 低振动, 低噪声三相异步电动机系列 H80~H160, 15 个规格
JM2, JM3, JDM2 木工用三相异步电动机系列	与国际标准不符, 体积大	1988 年 1 月 1 日	YM 木工用三相异步电动机新系列, H71~H100 中心高 4 种, 共 9 个规格
JRO2 小型绕线转子异步电动机 26 个规格, 电压 380 伏, 功率 5.5~75 千瓦	不符合 IEC 国际标准, 技术性能差	1986 年 12 月 30 日	YR 系列 (IP44) 封闭式绕线转子三相异步电动机, 机座号 (中心高) H132~H280 毫米, 全系列共 34 个规格, B 级绝缘外无防护等级为 IP44, 电压等级 380 伏, 功率 50 赫
DM 深井泵用三相异步电动机系列 DM40-2, DM403-3, DM452-2, DM452-4, DM521-4	结构陈旧, 效率较更新产品低 1.12% 堵转转矩低 31.6%	1987 年 12 月 1 日	YLB 系列深井泵用三相异步电动机系列 5.5~132 千瓦, H132~H280 共 6 个机座号, 20 个规格
YLB2 深井泵用三相异步电动机系列	结构陈旧, 效率较更新产品低 1.12% 堵转转矩低 31.6%	1987 年 12 月 1 日	YLB 系列深井泵用三相异步电动机系列 5.5~132 千瓦, H132~H280 共 6 个机座号, 20 个规格

续表 60 (3)

淘汰产品名称 型号、规格	淘汰理由	淘汰日期	推荐取代产品的型 号、规格
JLB2 立式深井泵用电动机 JLB2-81-4, JLB2-82-4, JLB2-83-4	结构陈旧,效率较更新产品低 1.12% 堵转转矩低 31.6%	1987 年 12 月 1 日	YLB 系列深井泵用三相异步电动机系列 5.5~132 千瓦, H132~H280 共 6 个机座号, 20 个规格
JTB2 立式深井泵用电动机 JTB2-42-2	结构陈旧,效率较更新产品低 1.12% 堵转转矩低 31.6%	1987 年 12 月 1 日	YLB 系列深井泵用三相异步电动机系列 5.5~132 千瓦, H132~H280 共 6 个机座号, 20 个规格
JD 型深井泵用电动机	结构陈旧,效率较更新产品低 1.12% 堵转转矩低 31.6%	1987 年 12 月 1 日	YLB 系列深井泵用三相异步电动机系列 5.5~132 千瓦, H132~H280 共 6 个机座号, 20 个规格

第五章 供电与照明

电力负荷分级

电力负荷是根据它的重要性和是否允许中断供电，以及中断供电将会造成的政治影响及经济损失的严重程度来分级的。通常分为三级：一级负荷，中断供电将会造成人身伤亡事故，造成重大的政治影响或重大的经济损失，或造成公共场所秩序严重混乱，会出现以上情况的用电单位都属于一级负荷；二级负荷，中断供电时会造成政治影响或经济损失，或造成公共场所秩序的混乱，这样的用电单位属于二级负荷；三级负荷，是指不属于一级和二级负荷者。

属于一级负荷的有一、二级旅游饭店，银行，医院，高等学校重要实验室，科研院所重要实验室，市（地区）级及以上气象台，计算中心，大型剧院，省、市级以上百货大楼，监狱等，这些重要用电单位都属于一级用电负荷单位。

属于二级负荷的有：高层普通住宅和高层宿舍、高层普通旅馆的客梯电力及楼梯、主要通道的照明，以及冷库、锅炉房等。

一级负荷的供电要求

一级负荷最好由两个相互独立的电源供电。如果两个电源

不是相互独立而是有联系时，应该做到在发生故障时，两个电源的任何部分不会同时受到损坏。或者有些一级负荷允许在很短的时间内中断供电，能在发生任何一种故障时，有一个电源不中断供电。或由值班人员完成必要的操作，迅速恢复一个电源的供电。

容量不大的一级负荷可以从电力系统或临近单位取得低压第二电源，也可以用柴油机组或蓄电池作为备用电源。当一级负荷容量较大时，应采用两路高压电源。

二极和三极负荷的供电要求

二级供电负荷最好能有两个电源供电，如果供电条件有困难或负荷较小时，可以用一个6千伏以及6千伏以上的专用线路供电。如果采用电缆供电时，可以另外设一条备用电缆，而且该电缆要经常处于运行状态。

三级供电负荷对供电无特殊要求。

配电所位置的选择

配电所位置的选择，应该根据下列要求综合考虑：所址要接近用电负荷中心，通常可以设在用电量较大的车间或工厂的附近；要考虑线路进、出方便以便架设线路或敷设电缆；配电所要设在离电源较近的地方，如在架空线附近或电缆敷设的附近；建立配电所的地方要尽量避免有剧烈震动和尘埃多及有腐蚀性气体的场所，以免电气设备受到腐蚀。如果无法远离这些有害性场所时，应尽量不要设在污染源的下风侧；配电所应设在地势较高和干燥的地方，不要设在低洼地、厕所和浴室旁边

以及经常积水的地方。

民用建筑变电所的结构形式

民用建筑变电所的结构形式有以下几种:

(1) 杆上变电所。适用于小城镇居民住宅区、工厂生活区, 变压器的容量在 180 千伏·安以下。

(2) 独立式变电所。一般在大中城市的居住区内采用, 变电所有独立的建筑物, 与四周的建筑可保持一定的距离, 按容量大小, 可以建单层或双层。

(3) 附设式变电所。在一些负荷比较集中的主体建筑或工厂的大型动力车间内, 变电所设在主体建筑或车间内。

(4) 成套式户内变电所。适用于负荷比较集中的高层建筑、办公大楼、大型宾馆、饭店的建筑物内, 这类变电所可采用干式变压器及无油开关。

电力变压器

电力变压器的品种很多, 这里只介绍以下几种常用的系列产品, 在介绍前先把变压器型号字母的含义介绍一下:

S——三相; D——单相; J——油浸自冷 (只用于单相变压器); C——成型固体; G——空气式; Z——有载调压; L——铝线 (铜线无此标志); 型号字母后的数字为设计序号; 型号后面的分子数为额定容量 (千伏·安), 分母数为高压线圈电压等级 (千伏)。

例: SL1-500/10 型表示为三相油浸自冷式铝线电力变压器, 额定容量为 500 千伏·安, 高压线圈电压为 10 千伏。

第一次系列设计。

对几种典型系列的特征作如下简述:

SL7、S7 系列。是三相油浸自冷式低损耗电力变压器，可供 10 千伏、35 千伏级输、配电系统中连续使用，其空载损耗小、噪音低，是目前节能效果较好的新产品。容量为 30 千伏·安~6300 千伏·安。

S6 系列。是三相油浸自冷式铜线低损耗电力变压器。可供 6~35 千伏级输、配电系统中连续使用，高低压线圈均用铜导线绕制。

SZ、S3、S5、S7 系列。该系列产品是防雷变压器。适用于多雷地区或土壤电阻率比较高的地区，供户内、户外输、配电系统中连续使用，其耐雷击的性能比其它变压器好。若在高压侧有避雷器保护的条件下运行，安全可靠，维护简单。其结构特征和原理，类似于三相油浸式变压器。

SZL7、SZ7、SFZ7、SFSZ7 系列。是三相油浸自冷式低损耗有载调压电力变压器。有载调压变压器适用于电网电压波动大而用户对电压质量要求较高的场合。在有负载的情况下，借自动控制器控制有载调压开关改变初级线圈的分接匝数，从而达到稳定次级电压的目的。该产品可用于户内、户外配电系统中，可连续使用，节能效果显著。10 千伏电压容量为 200~1600 千伏·安，35 千伏电压容量为 500~6300 千伏·安。

SZ、SLZ 系列。是三相油浸自冷式有载调压电力变压器。适用场合与 SLZ7 相同。该系列产品铁芯采用冷轧硅钢片，有铜线和铝线两种有载调压变压器，使用条件与一般变压器相同。

SCL 系列。是环氧树脂浇注三相铝线干式变压器。具有难燃、防尘及耐潮的特点，可供照明、动力或装配成套变电站

供电与照明

使用，广泛用于高层建筑、机场、车站、码头、工矿企业及隧道的输、配电。该产品是户内使用型，安装地点应保持有良好的通风，无严重震动，无有害气体和尘污。

SG 系列。是三相铜线干式变压器。该系列产品为空气自冷式，可供照明、动力用。适用于工厂、矿山、发电厂、机场、高层建筑、地下铁道等及安全防火要求较高的场所。安装地点必须有良好的通风，平均空气相对湿度不超过 80%。

近年来主要新产品如下：

(1) **SCZL 型环氧树脂浇注有载调压干式变压器。**它是上海变压器厂于 1989 年根据重点工程需要而开发的新型变压器。该产品采用了真空有载开关，当电网电压在一定范围内波动时，变压器能自动变换初级的绕组匝数，以稳定变压器次级的输出电压，从而保证供电质量。变压器容量有 630、800、1000、1250、1600、2000 千伏·安，初级电压为 3 千伏、6 千伏、10 千伏，次级电压为 0.4 千伏。可用于科研单位、电视台、广播电台、航空、医院、体育馆等重点工程的供电系统。

(2) **S8、SL8 系列三相低损耗电力变压器。**它选用箔式绕组结构，因而具有损耗低、外形小、成本低、温度均匀等优点。由于箔式绕组的高、低压绕组宽度一致，轴向漏磁场基本平衡，短路时变压器轴向应力仅为传统绕组的 $1/10$ ，因而使变压器的稳定大大提高。变压器的容量有 400、500、630、800、1000、1250、1600 千伏·安，初级电压为 6 千伏、10 千伏，次级电压为 0.4 千伏。以容量为 400 千伏·安的变压器为例，S7 型的空载电流是 1.9%，空载损耗 920 瓦，而 S8 的空载电流只有 1.0%，空载损耗为 800 瓦。

(3) **S9 三相铜线低损耗电力变压器。**S9 系列变压器是赶超国际先进水平的最新系列低损耗铜绕组产品，它的空载损耗

和负载损耗性能参数已达到 80 年代初的国际先进水平。S9 系列与 S7 系列比较，其空载损耗平均降低 8%，负载损耗平均降低 25% 左右，节能效果更加显著。变压器容量自 30 千伏·安至 1600 千伏·安，初级电压为 6 千伏、10 千伏，次级电压有 0.4 千伏的，也有初级与次级电压相同的。S9 系列初级电压为 35 千伏时，变压器容量为 50~6300 千伏·安，次级电压为 0.4~10.5 千伏。

(4) SCR 系列雷神干式变压器。该变压器是上海变压器厂从西德 ABB—TRAF0—BB 公司引进的，具有世界先进水平的雷神伯劳克型缠绕玻璃纤维丝加强树脂包封线圈的干式变压器。由于它采用了玻璃纤维丝加强树脂包封，经过工艺处理后，高、低压线圈十分坚固，不但具有很强的承受短路的能力，而且具有耐潮、防裂、阻燃和自熄性能，是高层建筑、商业中心、机场、车站、地铁、工厂和地下配电站等部门最理想的输配电设备。高压 35 千伏，额定容量为 630 千伏·安~16000 千伏·安，低压 0.4 千伏、6.3 千伏、10.5 千伏；高压 3~10 千伏的额定容量为 50 千伏·安~2500 千伏·安，低压 0.4 千伏。

配电装置

配电装置是用来接受和分配电能的电气设备。它包括控制电器（断路器、隔离开关、负荷开关等）、保护电器（熔断器、继电器及避雷器等）、测量电器（电流互感器、电压互感器、电流表、电压表），以及母线和各种载流导体。

按配电装置的设置场所可分为户内式和户外式两种。

高压开关

高压开关是用于开断与关合额定电压为 3 千伏及以上输、配线路的电气设备。按其功能通常可分为断路器、负荷开关、隔离开关、接地开关四种。此外还可以按交流与直流、户内与户外、灭弧介质、用途及结构特征等进行分类。

高压断路器

凡是工作电压的 1000 伏以上的电器，通常都称为高压电器。高压断路器又称为高压自动开关，它是用来接通和断开高压电路中的电流，当电路中出现过载或短路时它能自动断开电路，它的断流能力通常以千安计。

高压断路器是按灭弧和绝缘介质情况分类的，可分为充油、充气、磁吹、真空等类型。充油类又按其油量多少可分为少油式和多油式两类。

操作机构

操作机构是高压开关设备不可缺少的重要组成部分。其中断路器的要求最高。它不仅要求操作机构具有保证断路器准确无误地关合和开断短路电流，使断路器可靠地保持在分闸或合闸位置上，而且操作机构需要完成快速自动重合闸动作，具备防跳跃、自动复位和闭锁等功能。由于断路器在分、合闸时需要很大的操作功、很快的动作速度和很高的工作可靠性，因此操作机构的制造难度很大。隔离开关所用的操作机构，其分、合闸速度要求不高，但必须操作平稳，且具有足够的操作

力和操作功。

隔离开关

隔离开关中设有专门的灭弧装置，在分闸状态下具有明显的断口（包括直接和间接可见）的开关电器。在配电装置中它的容量通常是断路器的2~4倍。其主要用途是：

- (1) 为设备和线路检修与分段进行电气隔离；
- (2) 在断口两端接近等电位条件下，倒换母线改变接线方式；
- (3) 分、合一定长度母线或电缆、绝缘套管和断路器的并联均压电容器中通过的小电容电流；
- (4) 分、合一定容量的空载变压器和电压互感器。

隔离开关可分四类：

- (1) 按安装地点不同可分为户内式和户外式两种类型；
- (2) 按用途不同可分为一般输配电用、发电机引出线用、变压器中性点接地用和快分用四种；
- (3) 按断口两端是否安装接地刀的情况可分为单接地（一侧有接地刀）、双接地（两侧有接地刀）和不接地（无接地刀）三种；
- (4) 接触头的运行方式不同可分为水平回转式、垂直回转式、伸缩式（即折架式）和直线移动式（即插拔式）四种。

负荷开关

负荷开关分通用型和专用型两种。通用型除了能在额定电流范围内完成正常关合和开断的任务以外，还能关合短路电

供电与照明

流。专用型是用来关合和开断空载变压器、空载线路或电容器组等各项专门功能的专用型负荷开关。

高压负荷开关能用来接通和断开高压电路中的负载电流，但不能断开短路和过载等故障电流。在容量较小的高压电路中，如 1000 千伏·安以下的配电变压器，在保护要求不高时，可选用负荷开关来代替断路器以节省设备投资。

隔离开关不允许用来接通或断开正常的负载电流，只能供隔离高压电源用，以确保高压电气设备或高压线路在维修时的安全。

避雷器

避雷器是用来保护电气设备免受雷电引起的过电压危害，限制续流的持续时间和幅值的一种保护装置。

避雷器常接在导线与地之间，与被保护的设备并联。当过电压值达到规定的动作电压时避雷器立即释放电荷，限制过电压同值，保护设备绝缘。当雷电引起的过电压消失后，避雷器能迅速恢复原状，使电网能正常供电。

避雷器分阀式和管式两大类。阀式避雷器又分普通型和磁吹型。管式避雷器按用途又可分为一般线路型和一般配电网型。70 年代又出现一种新型避雷器——金属氧化物避雷器。

阀式避雷器主要用于保护交、直流系统中的变压器和电气设备的绝缘，以免受过电压所击穿。

管式避雷器主要用于保护输电线路及配电线路等的绝缘薄弱环节及变电所的进线。一般线路型的管式避雷器不能用于保护电气设备，而 GSW2-10 型无续流管式避雷器其保护性有了改善，可用于保护配电变压器。

金属氧化物避雷器具有保护性能优越、耐污秽强、体积小、重量轻、阀片性能稳定、使用寿命长等优点，普遍受到人们的关注。但是由于金属氧化物避雷器目前尚无国家标准，各个生产厂的技术参数与测试条件都不统一，选用时需注意。

互感器

互感器的作用可归纳为以下三点：

(1) 与测量仪表配合，对线路的电压、电流、电能进行测量；与继电保护装置配合，对电力系统和设备进行保护。

(2) 使测量仪表、继电保护装置与线路高电压隔离，以保证运行人员和二次装置的安全。

(3) 将线路的电压与电流变换成统一的标准值，以利于各种仪表和继电保护装置标准化。

高压开关柜

目前我国生产的高压开关柜有固定式、手车式及活动式三种。活动式是前两种的过渡形式。

固定式高压开关柜的型号有 GG-1A；GG-10；GG-11 和 GG-15，这些型号的开关柜都采用 SN10 少油式断路器。

手车式高压开关柜的断路器等主要设备可拉出柜外检修，有故障的小车拉出后，推入备用小车即可继续供电。这对事故的迅速处理及小车设备的检修，都比固定式更为有利。手车式高压开关柜的型号有 GFC-3A 及 GFC-3AZ 等。在 GFC-3A 柜内采用 SN10-10Ⅱ 型少油式断路器，在 GFC-3A 柜内装设了 ZN-10/1000-16 型真空断路器。

供电与照明

手车式高压开关柜的小车按一次线路的方案不同分为：油断路器车、电压互感器车、避雷器车、电容器车、隔离车等，同类型小车可以互换。

小车的推动机构具有以下作用：

(1) 小车处在柜外时，如果断路器处在合闸状态，小车不能推入柜内。

(2) 小车推入柜内后，只有处在试验位置和工作位置时开关才能合闸。

(3) 如果未将断路器分断而拉动小车，则推进机构靠电气联动而自动将断路器跳闸。

近来开发生产的新型高压开关柜有“户内式交流金属铠装移动式开关柜”，如 KYN1-10 型。这种开关柜具有防止误操作断路器、防止带负荷推拉小车、防止带电合接地开关、防止接地开关在接地位置送电和防止误入带电间隔的“五防”功能。

开关柜内可采用少油式断路器、真空断路器、六氟化硫断路器；操动方式有电磁操动和弹簧操动二种。

该柜外形尺寸为：宽 800× 深 1500× 高 2200 毫米。

低压配电柜

低压配电柜用于变、配电所及各种自备电站中作交流 50 赫、500 伏以下的低压动力和照明配电。目前我国生产的低压配电柜有双面操作固定式、单面操作固定式、和抽屉式三种。双面操作式可以双面维护；单面操作式只能单面维护，可靠墙安装，柜前操作维护；抽屉式拥有较多的回路，通过备用抽屉可以立即更换有故障的单元回路，具有能迅速恢复供电的特点。

固定式低开关柜的型号有 BSL 型和 BDL 型。抽屉式低压开关柜有 BFC 型和 DOMINO-II 型。

目前 BSL 型低压开关柜已由 PGL 型取代。

PGL 型低压配电屏

PGL 型低压配电屏为户内安装、双面维护的低压配电装置。屏宽有 400、600、800 和 1000 毫米。适用于发电厂、变电站，厂矿企业等部门，用于交流 50 赫、额定电压 380 伏的低压配电系统中，作为动力及照明配电之用。柜高为 2300 毫米，并装有母线绝缘柜和母线绝缘罩，使运行更安全可靠。它将取代原 BSL 型低压配电屏等老产品。

PGL 低压配电屏分 1 型和 2 型两种，PGL-1 型分断能力为 15 千安（有效值），PGL-2 型分断能力为 30 千安（有效值）。

PGL-1 型有 31 种主电路方案，PGL-2 型有 29 种主电路方案。不同的方案屏宽尺寸不同，请注意查对产品样本。每一种主电路方案还对应有一个或几个辅助电路方案，供使用者选择。

抽屉式开关柜

抽屉式开关柜应用较广的是 BFC 型，不同的生产厂选用不同的型号，有 BFC-20 型、BFC-50 型、DOMINO-II 型等。

BFC-20A 型作为低压配电系统中的总电源柜，其结构共分五种规格。柜体由角钢、钢板弯形焊成，主开关装在中部的

供电与照明

主开关室内，为抽屉式，上部继电器室内可装辅助元件，门上可装指示仪表和操作按钮等。

BFC-20B 型为电动机控制与动力控制开关柜，它可以组成多种柜体方案 and 不同型式的配电装置，其组合结构型式共有 21 种。

DOMINO 属 80 年代国内技术水平，采用模数组合的设计方案，可以按不同的要求设计成各种类型的单元，并有抽屉式及固定式两种结构形式。

DOMINO 采用间隔式布置，每一电气单元均占据一个独立的单元隔室，门上都设置机械或电气联锁，开关接通时，隔室门不能打开，只有开关分断时隔门才能打开。抽屉具有工作位置（一次、二次均接通），试验位置（一次断开，二次接通），分离位置（一次、二次均断开）和移出位置（抽屉移出柜外）共四个位置，既能保证正常的工作和试验，又可方便安全地检修抽屉内外的设备，相同规格的抽屉具有互换性，用户可以方便迅速地使用备用抽屉。

柜内安装的元件是用国外引进技术生产的国产化元件，如 AH 系列框架式空气断路器，QSA 型熔断器式刀开关，TG、TO 系列塑壳空气断路器，C45N 和 LCI-D 系列交流接触器，R 系列电流互感器，LR1-D 系列热继电器，BCW1 系列电容器等。

GCK1 电动机控制中心

GCK1 电动机控制中心，是取代 XL 系列动力电箱的具有中国特色的新型开关柜，它能灵活地根据所需各种单元线路方案进行任意组合，一旦某一单元发生故障时，可以在很短的

时间内将故障单元抽出，换上备用单元继续使用。相同单元可以在任一柜上互换，各单元具有运行、试验和断开位置，在不影响其它单元运行的情况下，可对任一单元进行调整、试验和检修。

动力配电箱

动力配电箱一般供工厂、车间及民用建筑中作交流 50 赫、500 伏以下的三相三线和三相四线系统的动力配电之用，并按不同用途配置各种型号的电气设备。

XL-10 型组装式封闭动力配电箱采用国内最新型号元器件，箱内主开关选用 QSA、HR5 和 HH11 型新型刀熔开关，具有结构紧凑、检修方便、线路方案可以灵活选择的特点，是替代 XL-21 型的理想设备。箱体外形尺寸：宽 700× 高 1700 × 深 370~470 毫米。

低压电器

低压电器是在 500 伏以下的供配电系统中对电能的生产、输送、分配与应用起着转换、控制、保护与调节等作用。它广泛地应用于发电、输电、配电等场所与电气传动和自动控制等设备中。

低压电器通常分为配电电器和控制电器两大类。配电电器是指断路器、熔断器、万能开关和转换开关；控制电器是指接触器、控制继电器、起动机、控制器、主令电器、电阻器、变阻器和电磁铁。

低压断路器的选用

低压断路器的选用要点如下:

- (1) 断路器的额定电压 $>$ 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 $>$ 线路计算负荷电流。
- (3) 断路器的额定短路通断能力 $>$ 线路中最大短路电流。
- (4) 断路器的欠电压脱扣器额定电压 = 线路中最大短路电流。
- (5) 选择电动机保护用的断路器要考虑电动机的起动电流。断路器应该在电动机起动时间内不动作, 笼型异步电动机的起动电流按 8~15 倍额定电流计算。
- (6) 直流快速断路器需要考虑过电流脱扣器的动作方向(极性)、短路电流上升率 di/dt 。
- (7) 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, 并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。

万能式低压断路器

DW15-200、400、630 万能式低压断路器主要用于配电网中, 用来分配电能、保护线路及电源设备的过载、欠压和短路, 也能用作电动机的过载、欠压和短路保护。在正常条件下, 断路器可作为线路不频繁转换及电动机的不频繁起动之用。由于断路器还具有三段保护特性, 亦可对电网作选择性保护。

可作如下分类:

- (1) 按用途分类可分为：配用电和保护电动机用。
- (2) 按选择保护性能分为：选择型（具有过电流三段保护特性）和非选择型（具有过电流两段保护特性）。
- (3) 按传动装置分为：具有过电流脱扣器和分励脱扣器；具有过电流脱扣器，分励脱扣器和欠电压瞬时脱扣器；具有过电流脱扣器，分励脱扣器和欠电压延时脱扣器。
- (4) 按过电流保护种类分为：瞬时动作（电磁型）；长延时和瞬时动作（热-电磁型或电子型）；长延时、短延时及瞬时动作（电子型）。
- (5) 按欠压保护种类分为：瞬时动作和延时动作。
- (6) 按主回路接线方式分为：板后进出线（水平进出线）；板前进出线（垂直进出线）；板前进线、板后出线（垂直进线、水平出线）；板前出线、板后进线（垂直出线、水平进线）。

熔断器

熔断器是一种保护电器，当电流超过规定值并经过足够长的时间后，使熔体熔化，断开所接入的电路，对电路和设备起短路或过载保护作用。

熔断器按其结构型式可分为四类：

- (1) 有填料封闭式，如 RT0 型、RL1 型、RS0 型（快速熔断器）。
- (2) 无填料封闭式，如 RM10 型。
- (3) 半封闭插入式，如 RC1A 型。
- (4) 自复熔断器，这是一种与断路器串联使用的限流元件。当有故障电流时，其熔体（金属钠）迅速气化，形成约

供电与照明

3000K、4000 大气压的等离子状态，使故障电流大大降低。当故障消除后又能自动恢复到导电状态，可继续使用，其额定电压为 380 伏（100 安）。

熔断器的选用要点可从下面三个方面来考虑：

（1）根据使用场合的短路电流大小，选用不同结构型式和相应分断能力的熔断器。

（2）作为电动机保护用熔断器应考虑电动机的起动电流，一般熔断器的额定电流为电动机额定电流的 2~2.5 倍。

（3）选用 RS 型快速熔断器对硅半导体器件作保护时，一般熔断器的额定电流为器件额定电流的 1.57 倍，在电气传动系统中取 0.8~1 倍。

调压器

调压器用于平滑无级调节电压或稳定电源电压，它广泛地用于工农业、科学研究、交通运输和电信传送等方面。

调压器与自动调压器按原理和结构不同，可分为变压器型、电机型和电子型三大类，其特点与主要用途见表 61。

表 61 调压器与自动调压器的特点与主要用途

分 类	产品名称	容量及电压	特 点	主要用途
变 压 器 型	接触调压器	100 千伏·安及以下 0.5 千伏以下	效率高,电压波形及调压特性好,体积小,重量轻	适用于实验室、小型工业电炉、电信、家用电器、小型整流设备等调节或稳定电压
	接触自动调压器	100 千伏·安及以下 0.5 千伏及以下	效率高,体积小,重量轻,稳定精度高,反应速度快	
	移相调压器	2250 千伏·安及以下 10 千伏以下	调压范围大,电压波形较好,效率较低,空载电流大	适用于高压试验及中小型整流等设备中调节电压
	磁性调压器	1000 千伏·安及以下 10 千伏及以下	无传动机构,便于实现自动控制,调压范围与负荷量成正比,非额定运行时波形差,三相结构复杂	最适用于低电压大电流工业电炉控制
电 机 型	感应调压器	4000 千伏·安及以下 10 千伏及以下	调压范围大,电压波形及调压特性较好	适用于一般试验电源,发电机电励磁,工业电炉控温、中小型整流、电信、冶金、煤矿、化工、纺织等设备中调节式稳定电压
	感应自动调压器	4000 千伏·安及以下 10 千伏及以下	稳压精度高,反应速度较慢	
电 子 型	晶闸管调压器	450 千伏·安及以下 0.5 千伏以下	效率高,节能效果好,电压波形差	适用于调光、调温及整流
	晶闸管自动调压器	100 千伏·安及以下 0.5 千伏以下	稳压精度最高,反应速度最快,效率高,体积小,重量轻	适用于大型电子计算机、微型计算机和电脑等设备
	晶闸管调功器	450 千伏·安及以下 0.5 千伏以下	效率高,重量轻,体积小,功率因数较低,线路冲击大	最适合于电炉控温

电抗器

电抗器的主体是绕线圈，分空芯式和铁芯式两大类。前者的线圈中无铁芯。铁芯式又有闭合式和带气隙式的区分，各种电抗器的用途和特点见表 58。

表 62 电抗器的分类及用途

名称	用途	特点
空芯式电抗器	接于交流电力系统中，用以限制短路电流	因为无铁芯，磁路的磁导小，电抗值也小，无饱和现象
铁芯式电抗器	用于补偿输电系统中容性电流，单相接地故障时电容电流，电动机的降压启动，滤波器，限流等	磁路由带气隙的铁芯组成，故磁导大，电抗值也大，有饱和现象，体积较小
饱和电抗器	用于调节负载电流和功率，调节整流装置的直流输出电压	磁路由闭合式铁芯组成，利用磁性材料的非线性特点工作，实际上它是一个可变电感

表 63 电力电容器的分类

型 号	类 别	额定电压 千伏	主 要 用 途
BW BWF BGF BBF BBM BFF BFM	并 联 电 容 器	高 压 1.05~19.0 低 压 0.23~1.0	提高电力系统及负荷的功率因数, 调整电压
CY CGF CWF	串 联 电 容 器	0.6~2.0	降低线路电压降落, 提高输电线的输送容量和稳定性, 控制电力潮流分布
RY RWF	电 热 电 容 器	0.375~2.0	改善 40~24000 赫感应加热设备的功率因数
OY OWF	耦 合 电 容 器	35~750	用于高压工频输电线路中作载波通信及抽取电能
JY JWF	断 路 电 容 器	20~180	并联在断路器的断口上, 作均匀电压用
MY MYF MWF ZY DY	储 能、直 流 电 容 器	1~500	储能电容器主要用于实验室中产生冲击高压、冲击大电流, 组成振荡回路, 作冲击分压。直流电容器则主要用于产生直流高压, 作整流滤波等。
AWF AGF	交 流 滤 波 电 容 器	1.25~18.0	滤除电力系统或负载的高次谐波, 并提高系统的功率因数
YD YL	标 准 电 容 器	100~1100	与高压电桥配合, 测量损耗因数及电容, 也可用作分压电容
EW	电 动 机 电 容 器	0.25~0.66	单相异步电动机电容分相起动或增大转矩, 三相异步电动机单相运行

供电与照明

配电线路用导线

配电线路不应该用单股的铝线或铝合金线。高压配电线路同样不允许采用单股铜芯导线。

配电线路的导线截面还根据所用材料、电压等级及敷设场所的不同，都有最小截面的规定，详见表 64。

表 64 导线最小截面 (毫米²)

导线种类	高压线路		低压线路
	居民区	非居民区	
铝绞线及铝合金绞线	35	25	16
铜芯铝绞线	25	16	16
铜绞线	16	16	直径 3.2 毫米

注：低压线路如果要与铁路交叉跨越时，裸铝绞线的最小截面为 35 毫米²。

架空线路的导线间距

架空线路导线的线间距离，应该根据运行经验来确定，在无可靠资料时，线间距离不应该小于如下的规定：

档距(米)	40 以下	50	60	70	80	90	100
高 压	0.60	0.65	0.7	0.85	0.9	1.0	
低 压	0.30	0.40	0.45	0.50	0.85	0.9	1.0

从以上可见电杆间档距越大，架空线的线间距离也相应地要加大。

同杆架设的架空线，横担间的垂直距离

在同一电杆上架设双回路或多回路线路时，横担间的垂直距离与输电电压及导线的排列方式有关。具体要求如下：

导线排列方式	直线杆	分支杆或转角杆
高压与高压	0.80	0.45 / 0.60
高压与低压	1.20	1.00
低压与低压	0.60	0.30

同一电杆上最多允许设几个回路

在向一般负荷供电的高低电压线路才可以采用同杆架设。为了便于维护和减少停电机会，直线杆的横担数不宜超过四层（包括路灯线）。根据供电电压等级不同可按下列三种情况确定：

- (1) 只有高压线路时，允许两个回路同杆架设；
- (2) 只有低压线路时，允许四个回路同杆架设；
- (3) 高压线路与低压线路同杆架设时，允许四个回路同杆架设（其中允许有两个高压回路）。

在高压低压同杆架设时，还要注意高压线路在上，低压线路在下。在架设同一电压等级线路时，应该把截面小的导线放在下层。因为截面小的导线弧垂大。路灯回路应该放在最下层。

电杆的档距

供电与照明

电杆的档距大小与架空线的电压等级以及架空线敷地区有关，不同电压与地区档距的大小也不同。

地 区	高 压	低 压
城 区	40~50	30~45
郊 区	50~100	40~60
厂 区	35~50	30~40

电杆的埋设深度

电杆的埋设深度，应该根据埋设地点的地质条件计算确定需要埋设的深度。对于一般土质，电杆的埋设深度不应小于如下所列的数值。

电杆长度(米)	8	9	10	11	12	13	15
埋地深度(米)	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.2

在回填土时，应该分层夯实，回填土要高出地面 300 毫米。在被流水冲刷的地方埋设电杆时，还要在电杆周围埋设立柱并砌石块，做成水围子。

电杆拉线

电杆拉线的做法有四种，见图 102。普通拉线的设置应使拉线与电杆夹角为 45 度，如果受到地形限制而无法及时，可以适当减小，但不得小于 30 度。

水平拉线通常用于跨越道路、厂区通道或其它设施。设水平拉线时应该注意以下两点：

最新实用电工技术与操作手册

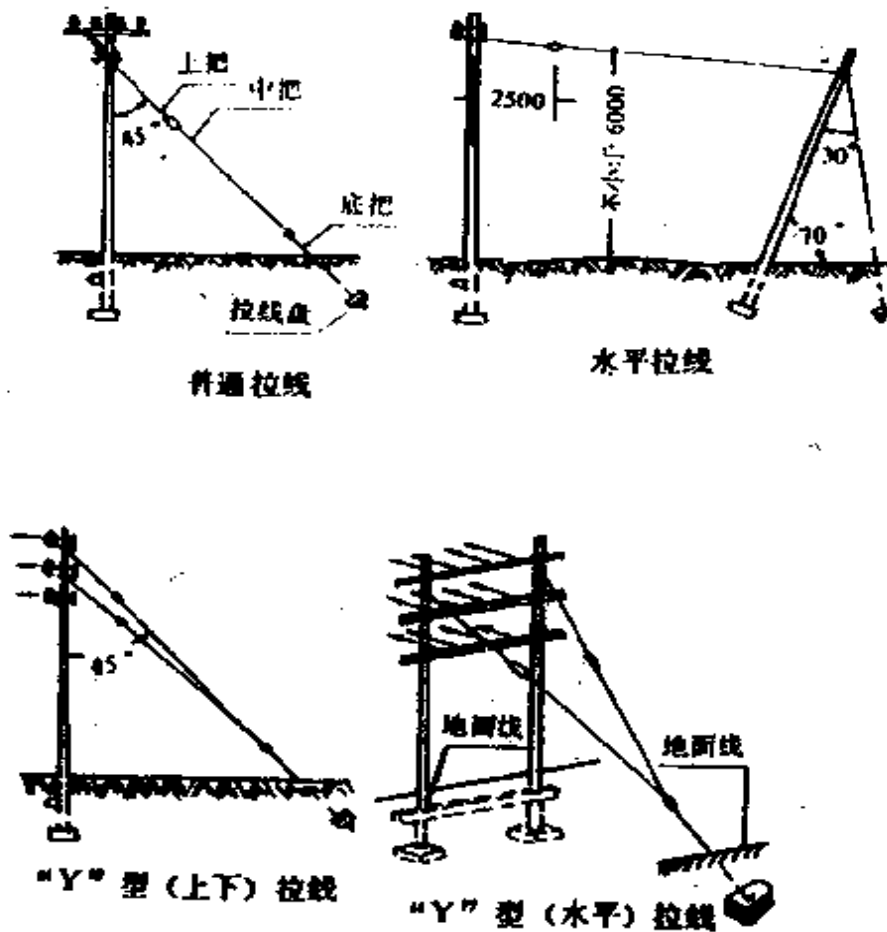


图 102

(1) 拉线在跨越汽车通道时，拉线对路边的垂直距离不小于4.5米，拉线对行车路面中心的垂直距离不小于6米；

(2) 拉线柱倾斜角一般取10~20度，柱埋深可为柱长的1/8。

电杆拉线截面

各类电杆拉线截面是由导线根数、截面、架空线的回路数（即横担条数）及拉线类型等因数来确定的。表65提供中把拉

供电与照明

线（中把见图 102 普通拉线图中所注）规格。

表 65 各种类型中把拉线的规格表

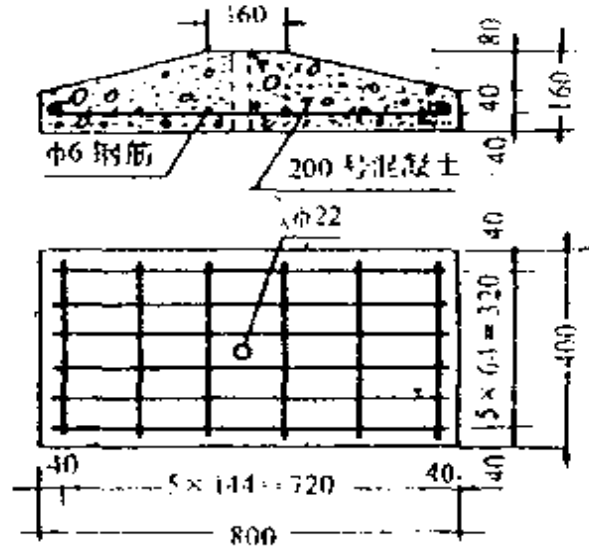
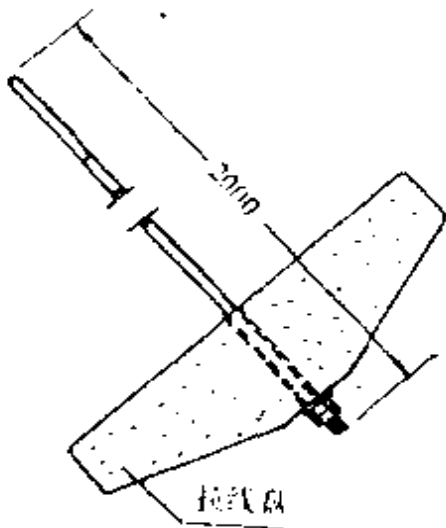
每层横担导线数量	二 线				四 线				五 线			
	一	二	三	四	一	二	三	四	一	二	三	四
受拉侧横担条数												
适用拉线类型	普通型		Y 型		普通型		Y 型		普通型		Y 型	
架空导线截面, 毫米 ²	采用直径为 4 毫米镀锌铁线合成时的中把股数											
16~25	3	3	3	3	3	5	3	3	5	7	5	7
35	3	3	3	3	5	5	5	5	5	7	5	5
50~70	5	7	5	5	5	7	5	7	7	9	7	9
95~120	7	9	7	7	7	9	7	9	9	11	9	11
架空导线截面, 毫米 ²	采用钢绞线时中把的拉线截面, 毫米 ²											
16~25	GJ-25		GJ-25×2		GJ-25		GJ-25×2		GJ-35		GJ-35×2	
35	GJ-25		GJ-25×2		GJ-35		GJ-35×2		GJ-35		GJ-35×2	
50~70	GJ-35		GJ-35×2		GJ-35		GJ-35×2		GJ-35		GJ-35×2	
95~120	GJ-35		GJ-35×2		GJ-50		GJ-50×2		GJ-50		GJ-50×2	

表中 GJ 为钢绞线，拉线底把可用圆钢拉线棍，也可用 Φ4（直径 4 毫米）镀锌铁线。底把股数为中把股数加两股（如中把为 3 股拉线，则底把应该用 5 股）。

做 Y 型拉线时（见图 102），若 Y 型共用一底把，则底把的股数应该是中把的合成股数再加一股（如中把为 5 股，底把股数为 10+1=11 股）。当受拉侧的横担上所架设导线截面及导线条数不一致时，应该按大的数据作为选用标准。

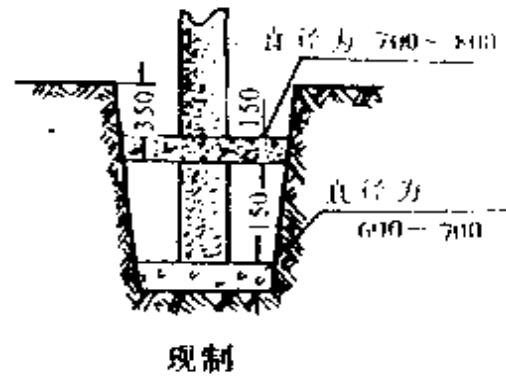
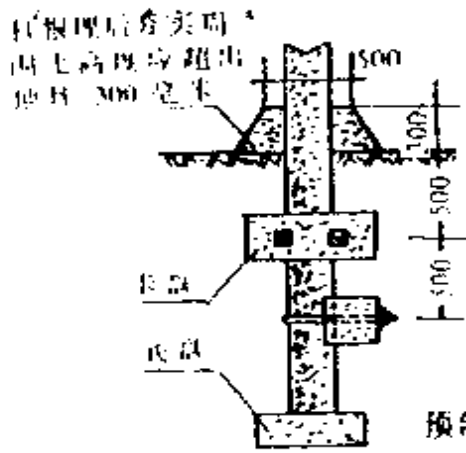
拉线盘的安装见图 103 拉线盘安装图。拉线盘的埋深一般不小于 1.2 米，拉线盘可以用钢筋混凝土制作。钢筋直径、安

放位置及混凝土各部分尺寸见图 103 拉线盘加工图。



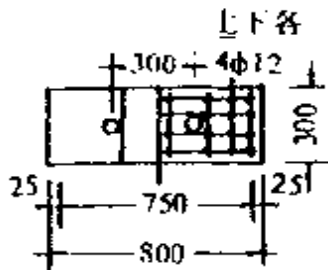
拉线盘安装图

拉线盘加工图

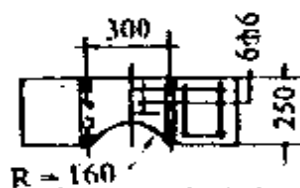
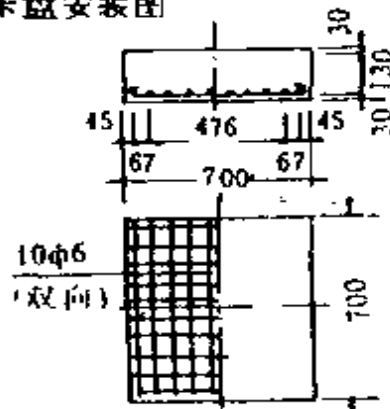


预制

现制



底盘、卡盘安装图



底盘加工图

卡盘加工图

图 103

电杆卡盘和底盘安装

电杆是否要装卡盘和底盘，应该根据气象条件、导线截面、土壤承载力等条件通过计算确定。底盘与卡盘的安装可以预制或现制，见图 103 底盘、卡盘安装图。预制卡盘与底盘时，可参阅图 103 卡盘、底盘加工图。

在装设卡盘时，卡盘上口离地面不应小于 0.5 米，同时要符合以下条件：

(1) 直线杆的卡盘装设时要与线路平行，顺序在线路左右两侧交替埋设。

(2) 承力杆的卡盘应该埋设在承力侧。

(3) 埋入地下的铁件，必须涂刷沥青油，以防腐蚀。

(4) 卡盘、底盘和拉线盘除了采用钢筋混凝土制作外，有条件的地方也可以用条石制作。

接户线与进户线

由高低压线路至建筑物第一个支持点之间的一段架空线，称为接户线。由接户线至室内第一个配电设备的一段低压线路，称为进户线。

由于接户线是架空敷设，低压接户线的档距不宜超过 25 米。若低压线路至建筑物第一个支持点的距离大于 25 米时，就要设置接户杆，接户杆的档距不应该超过 40 米；低压接户线应该用绝缘导线，不能用裸导线，导线的截面应该按负荷计算电流和机械强度确定，并规定接户线的最小截面应该符合表 66 中的规定。接户线的线间距离不应小于表 67 所列的数值。

表 66 低压接户线的最小截面

接户线架设方式	档 距 米	最小截面,毫米 ²	
		绝缘铜线	绝缘铝线
自电杆上引下	10 以下	2.5	4.0
	10~25	4.0	6.0
沿墙敷设		2.5	4.0

表 67 低压接户线的线间距离

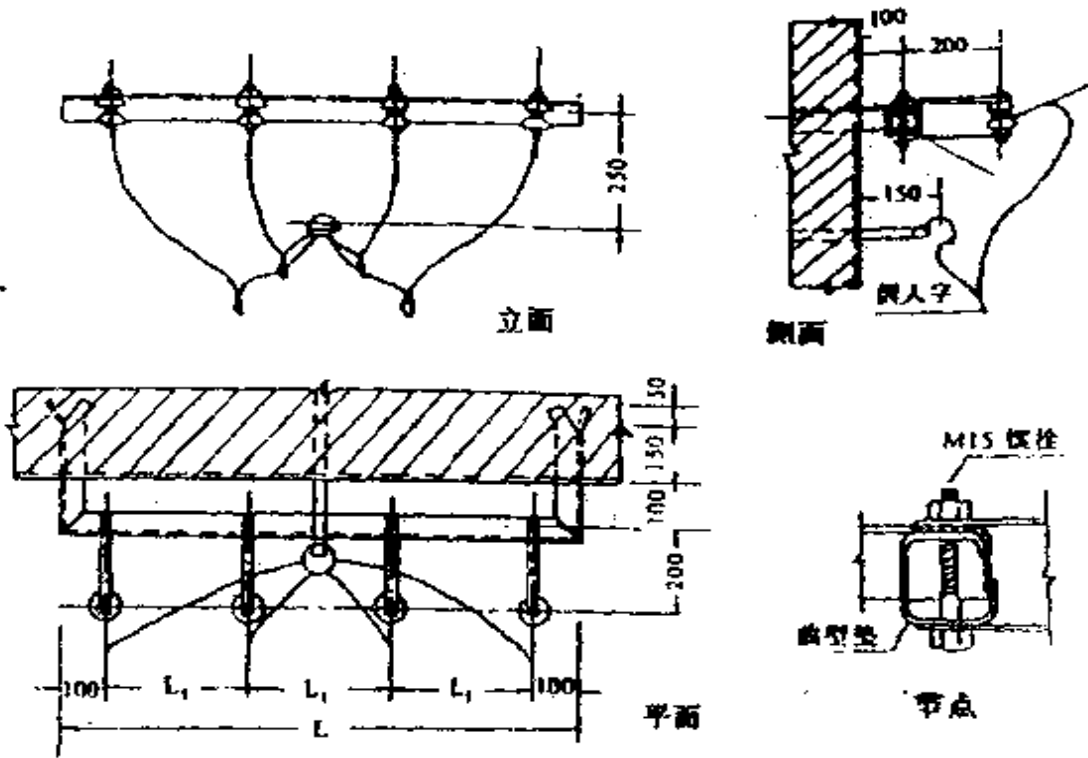
架设方式	档 距,米	线间距离,毫米
自电杆上引下	25 及以下	150
	25 以上	200
沿墙敷设	6 及以下	100
	6 以上	150

接户线的进线处的对地距离,应该满足以下要求:高压接户线离开地面的高度不应小于 4.5 米,低压接户线离开地面的高度不应小于 2.7 米。

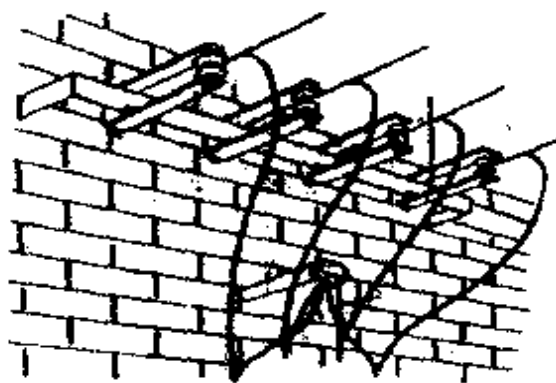
跨越街道的接户线,对于不同类型的道路有不同的架设要求。当跨越通车街道时,架设高度不应小于 6 米,若越过胡同(里弄)、巷时的架设高度应不小于 3 米。

低压引入线装置的安装做法,通常有四种型式,见图 104 图 105。

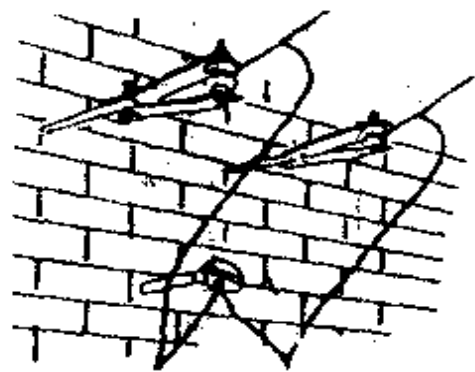
供电与照明



一式的立面、平面、侧面及节点图



一式引人装置安装图



二式引人装置安装图

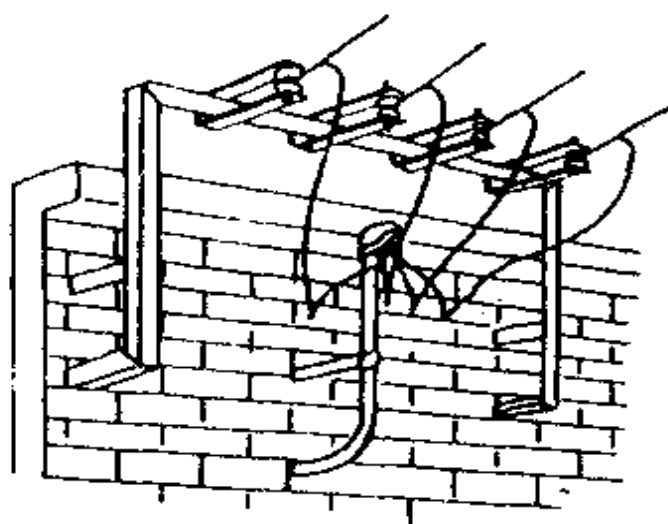
图 104

供电与照明

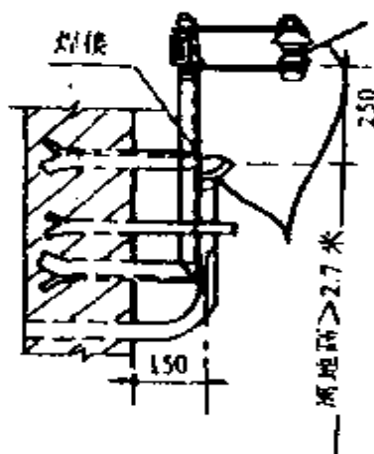
“一式”引入装置做法，是采用架空线从正面引向建筑物，采用三相四线制供电。在施工时要注意各个部分间相对尺寸，如架空绝缘子的间距，角钢支架的高度、尺寸，进户管的长度、位置，以及绝缘子的固定方法等都要求能达到安装标准。“二式”引入装置做法，适用于单相供电方式。“三式”引入装置做法，适用于架空线沿建筑物敷设的场所。

由于低压接户线离开地面的高度不应小于 2.7 米，当建筑物较低时，可以采用抬高支架和进户管的做法，见图 106。角钢支架高度取决于建筑物高度。四式的平面、侧面尺寸见图 106。在做进入线时还要注意：

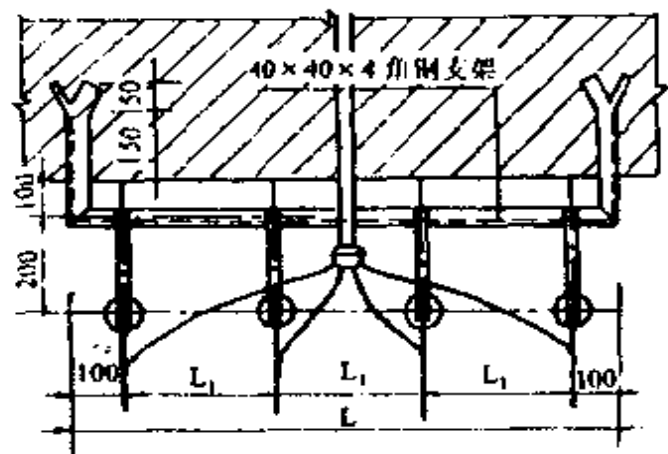
- (1) 凡是引入线直接与电度表接线时，从防水弯头“倒人字”起至配电盘的一段导线，一定要用 500 伏铜芯橡胶绝缘导线。
- (2) 角钢支架安装时燕尾螺栓一律砌墙埋入。
- (3) 引入线进口点的安装高度，距地面不得低于 2.7 米。



四式引入装置安装图



四式侧面



四式平面

四式平面与侧面

图 106

供电与照明

导线截面的选择

选择导线截面时应满足以下四个条件:

- (1) 导线的长期允许电流不应小于线路负荷计算电流。
- (2) 线路电压损失应符合允许值。
- (3) 导线最小截面应符合机械强度要求。
- (4) 所有配电线路均应该安装短路保护装置。

根据机械强度要求，绝缘导线的最小允许截面应该不小于表 68 中的规定。

表 68 绝缘导线最小允许截面

序号	用 途	线芯最小截面, 毫米 ²		
		铜芯软线	铜 线	铝 线
1	照明用灯头线			
	(1)民用建筑屋内	0.4	0.5	
	(2)工业建筑屋内	0.5	0.8	2.5
	(3)屋外	1.0	1.0	2.5
2	移动式用电设备			
	(1)生活用	0.2		
	(2)生产用	1.0		
3	架设在绝缘支持件上的绝缘导线 其支持点间距			
	(1)2 米及以下, 屋内		1.0	2.5
	(2)2 米及以下, 屋外		1.5	2.5
	(3)6 米及以下		2.5	4
	(4)12 米及以下		2.5	6
4	穿管敷设的绝缘导线	1.0	1.0	2.5
5	塑料护套在线沿墙明敷		1.0	2.5
6	板孔穿线敷设的导线		1.5	2.5

明敷导线的具体规定

为用电安全起见，各种明敷方式都有具体规定：

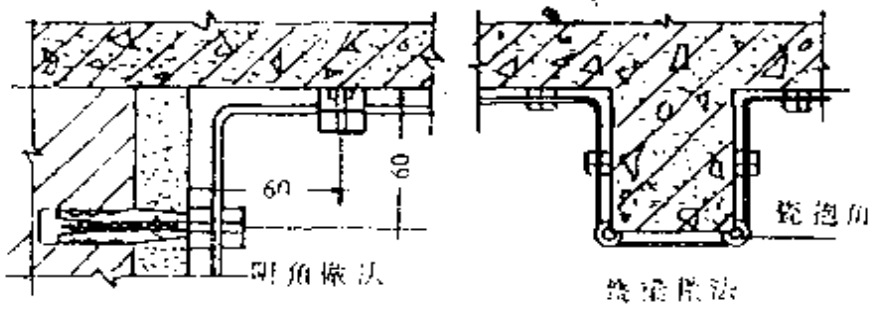
(1) 直敷卡钉布线。应采用护套绝缘导线，沿墙、沿顶棚明敷，距离地面高度不得低于 1.8 米（低于 1.8 米处宜穿保护管）。这种敷设方式所用导线的截面不应该大于 10 毫米²，布线固定点间距离不应大于 200 毫米。

(2) 瓷（塑料）夹、绝缘子敷线。采用这种方式在户外敷设时，绝缘导线至地面的距离应小于有关的规定。导线固定点间的距离与导线敷设场所及所用导线截面大小有关。

用瓷夹板布线

瓷夹板布线时应掌握瓷夹板的固定方法、转角做法、交叉做法、线路与管道交叉做法、线路接头的做法等。安装时既要做到整齐美观，又要能确保安全可靠。以上各种做法见图 107 图 108。

供电与照明

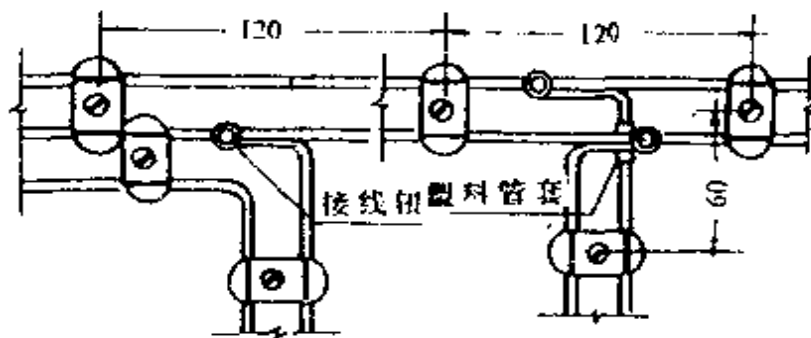


瓷夹板布线转角做法



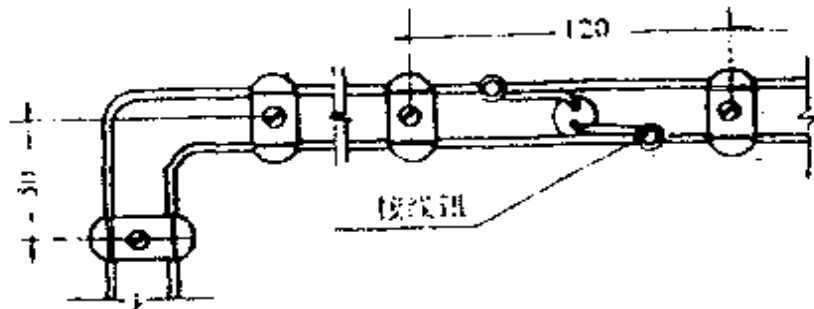
瓷夹板布线交叉做法

瓷夹板布线方法

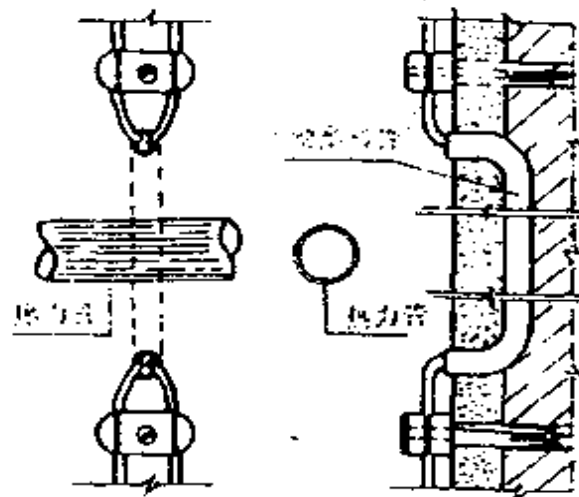


瓷夹板布线接头做法(一)

图 107



瓷夹板布线接头做法(二)



瓷夹板布线与管道交叉做法

图 108

用低压绝缘子布线

我们以鼓形绝缘子为例，先将绝缘子用木螺钉固定好，固定方法与瓷夹板固定法相同，只是木螺钉的长度要适当增加。绑扎方法有三种：“单花”绑扎法，适用于加档瓷柱。绑

供电与照明

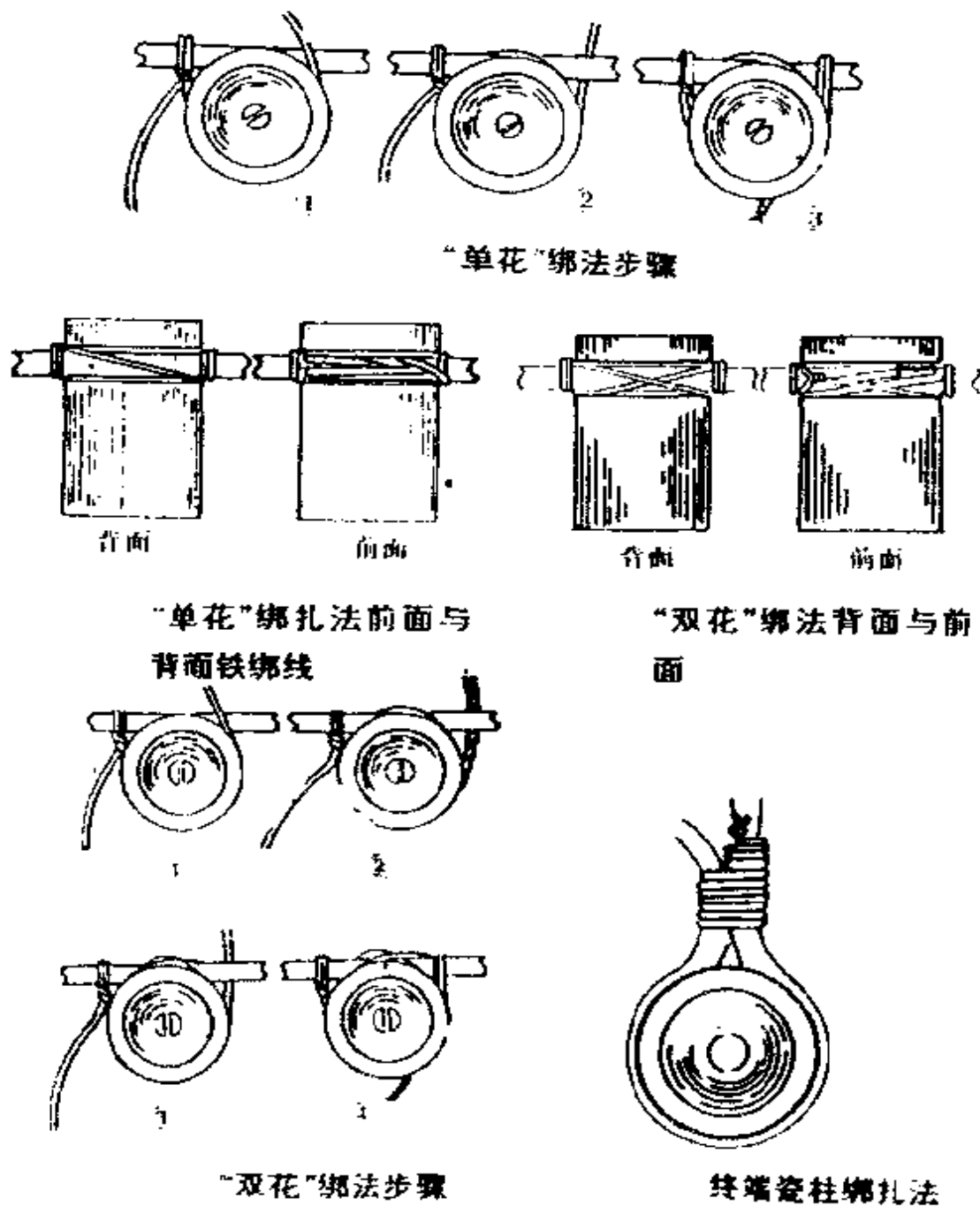


图 109

扎时按图中①→②→③的顺序用绑扎线，将要敷设的导线与瓷柱绑扎住，绑扎是否正确，可参阅图 109。采用橡皮绝缘线时，使用一般纱包绑线；使用塑料线时，尽量采用相同颜色的聚氯乙烯线或铁绑线。

在转角等处的受力瓷柱要采用“双花”绑扎法，见图 109。与“单花”法比较，可见这种方法的绑扎线在瓷柱上要多绕一周，用交叉线将导线绑在瓷柱上，详见图 109。终端瓷柱采用绑回头的做法，见图 109。

绝缘子的固定点间距大小与所固定的导线截面大小有关，导线间最小允许距离为 100 毫米。

丁字分支时，做法见图 110。要注意图中所注接头的长度（图中单位为毫米）。当两条线交叉时，在其中一根线上要穿绝缘管，并在绝缘管两端绑线以防绝缘管走动。线路交叉时，做法见图 110。交叉部分要在其中一路线上穿绝缘管，并在两端设绝缘子以防绝缘管移动。绝缘子布线法在线路转变旨，要设拐角绝缘子。拐角绝缘子的固定位置要考虑周到，以使所敷导线做到横平竖直，整齐美观。拐角做法见图 110。

绝缘子布线时，当导线进入开关、插座、灯头时，要设终端瓷柱。瓷柱固定位置应离灯具安装点 100 毫米，详见图 110。

当导线要穿墙时，要用绝缘管保护导线，绝缘管两端要长出墙面 10 毫米，然后用两端瓷柱固定。做法见图 110。

供电与照明

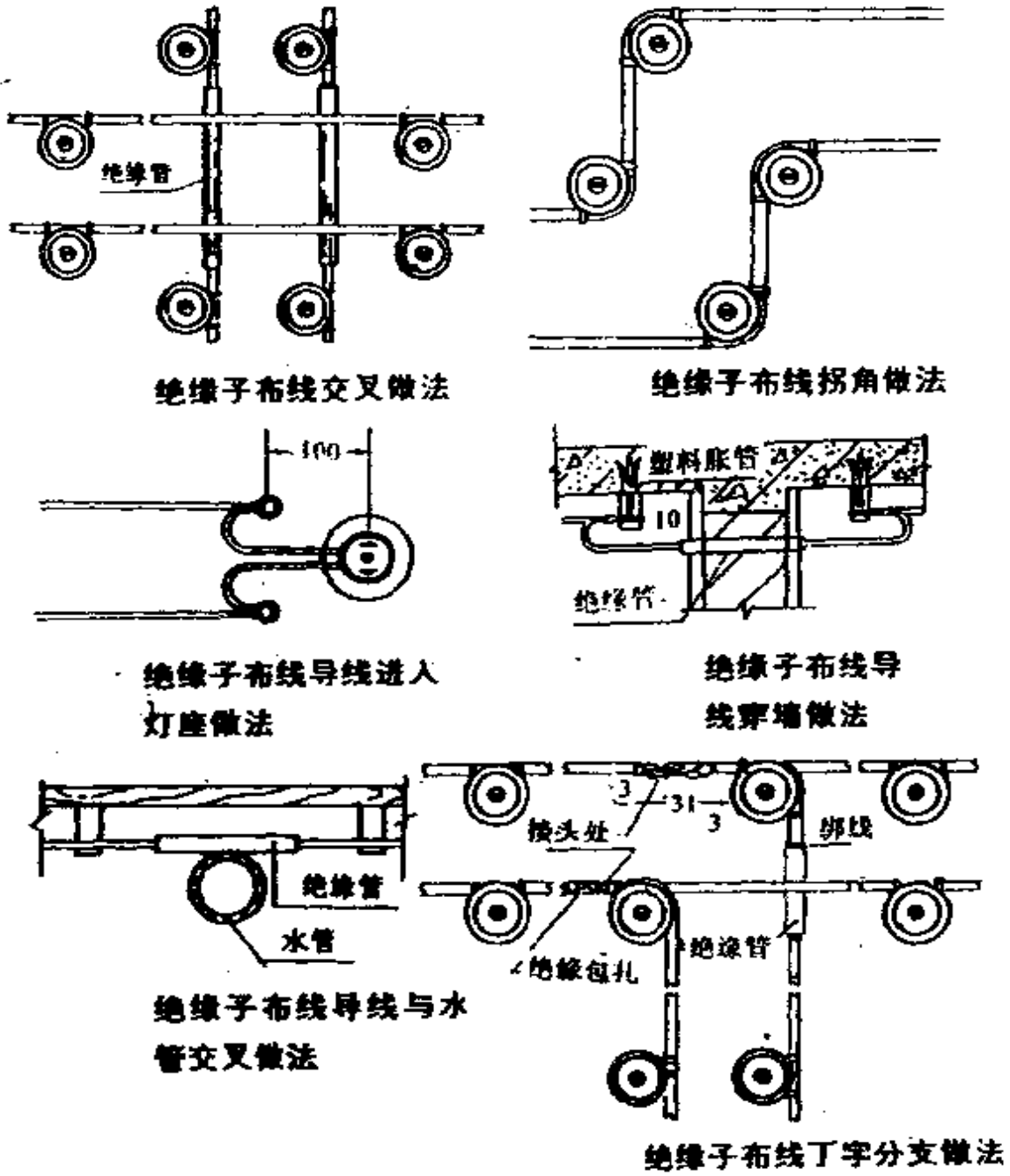


图 110

最新实用电工技术与操作手册

绝缘子布线时导线与水管交叉做法与瓷夹板布线有相类似处，在导线与水管交叉处要加绝缘套管。见图 110。

绝缘子布线时，当导线与热力管道交叉时，导线应远离热力管道。通常采用的做法是将导线穿硬塑料管后进入墙体。做法见图 111。

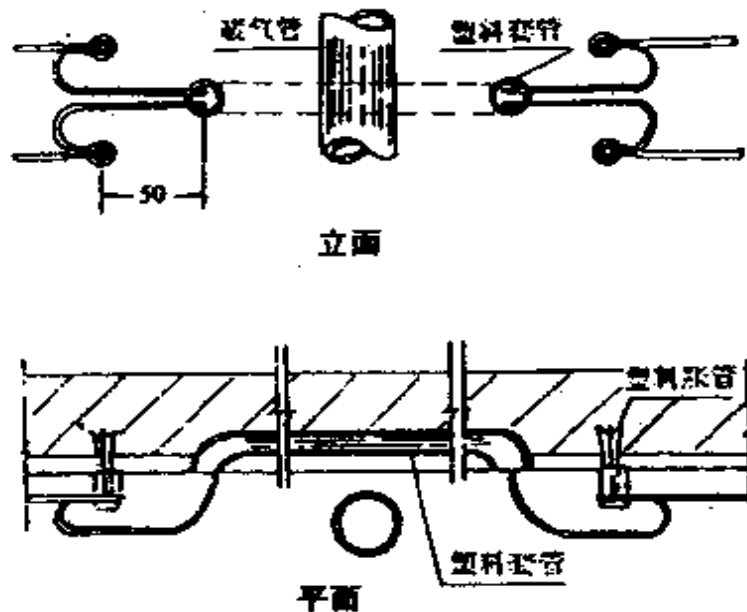


图 111

屋外布线

在屋外敷设绝缘导线时，导线离建筑物的最小间距不应小于如下数值。

供电与照明

布 线 方 式	最小间距(毫米)
水平敷设时的垂直间距	
在阳台、平台上和跨越建筑物顶	2500
导线敷设在窗户上方	300
导线敷设在窗户下方	800
垂直敷设时至阳台、窗户的水平间距	600
导线至墙壁和构架的间距(挑檐下除外)	35

导线穿管敷设

前面我们已经介绍过导线穿管敷设有明敷与暗敷两种。由于敷设的部位不同，对穿管的要求也不一样。如果将管线敷设在建筑物的顶棚内，可采用金属管明敷；如果明敷在潮湿场所或埋地暗敷的管线则要采用钢管，而且管口两端要密封，以防潮气侵入管内结露；如果是明敷或暗敷在干燥场所的管线，可以采用电线管。

管线明敷时要做到横平竖直。暗敷在地面或楼板垫层中的管线应尽量减少转弯，一般不宜穿过设备基础。穿墙时应尽量垂直穿过，无法做到时管子与墙的交角不应小于 45 度。

电线管路与热水管、蒸气管同侧敷设

当电线管路与热水管、蒸气管同侧敷设时，应该敷设在热水管、蒸气管的下面；若安装有困难只能敷设在这些管子的上面时，应满足以下要求：(1) 电线管路敷设在热水管下面时应保持 0.2 米距离；敷设在其上面时应保持 0.3 米距离。(2) 电

线管路敷设在蒸气管下面时保持 0.5 米距离；敷设在其上面时应保持 1 米距离。

当上述要求不能满足时，应采取隔热措施，对于有保温措施的蒸气管，上下净距可减至 0.2 米。

硬塑料管敷设

硬塑料管适用于敷设在有腐蚀和潮湿的场所，而这些场合往往是不宜采用金属管的。

在采用塑料管暗敷时，引出地面或楼面高 0.3~0.5 米的一段，应该套钢管或用角钢保护，以防硬塑料管因受到撞击、碰撞而碎裂、损坏。

采用硬塑料管明敷时，其固定点的间距应满足规定数值。

穿管敷设线路较长时的相应措施

采用金属管和塑料管布线时，若管线较长或有转弯时，宜适当加设接线盒，使两个接线点之间的距离符合下列要求：

(1) 对于无转弯的管道，其长度不超过 45 米（当超过 45 米时，中途要加装接线盒）。

(2) 两个接线点之间有一个转弯时，其长度不超过 30 米。

(3) 两个接线点之间有二个转弯时，其长度不超过 20 米。

(4) 两个接线点之间有三个转弯时，其长度不超过 12 米。

钢索布线

钢索布线一般适用于屋内外场所。在屋外采用钢索布线时，若用绝缘导线明敷，要采用鼓形绝缘子或针式绝缘子固定。若用绝缘护套线、电缆、金属管或硬塑料管布线时，可以将线直接固定在钢索上。在屋内采用钢索布线时，明敷的绝缘导线除了要用上述绝缘子固定以外，也可采用瓷（塑料）线夹固定，并允许将塑料护套线用钢精夹直接固定于钢索上。

钢索布线所用的铁线和钢绞线的截面大小，应根据钢索跨距、钢索所承受的荷重、钢索的机械强度来选择。钢索的最小截面不宜小于 10 毫米²。钢索的固定件应镀锌或涂防腐漆。钢索除两端拉紧外，跨度较大时中间要设固定点，中间固定点的间距不得大于 12 米。

悬挂在钢索上的电缆固定点的间距

电缆水平悬挂在钢索上时，其固定点的间距不应大于 0.75 米。控制电缆的固定点间距不应大于 0.5 米。

垂直敷设时，在离地面 1.8 米范围内应采取防止机械损伤的措施，通常采用穿钢管保护。在电气专用房（如配电室、电机室等）内明敷电缆时，可以不采取上述保护措施，相同电压的电缆并列明敷时，电缆间的净距不应小于 35 毫米；外径 > 35 毫米的电缆，电缆间的净距不应小于电缆外径；若电缆敷设在线槽内时可不受此限制。电缆与热力管道的净距不应小于 1 米，电缆与非热力管道的净距不应小于 0.5 米。

板孔穿线与半硬塑料管布线

板孔穿线是将塑料绝缘护套线直接穿入空心楼板的板孔中，半硬塑料管布线是采用耐燃聚氯乙烯管布线，这两种布线法适用于正常环境一般屋内场所，潮湿场所不宜采用。

板孔穿线宜采用塑料护套绝缘线。当条件允许时，亦可采用绝缘强度不低于 500 伏的塑料绝缘线。

半硬塑料管布线是结合板孔穿线，在线路要经过墙壁、板缝，以及局部现浇板时采用半硬塑料管线暗敷。板孔与半硬塑料管连接处要加塑料接线盒，半硬塑料管敷设时必须横平竖直，管子表面要有 20 毫米厚的 100 号水泥保护层。不同回路的导线不得穿入一个板孔或半硬塑料管内。

直埋电缆与各种设施之间的距离

直接埋地敷设的电缆之间及各种设施间的最小净距见表 69。

供电与照明

表 69 直接埋地敷设的电缆之间及各种设施间的最小净距 (米)

项 目	敷 设 条 件	
	平行时	交叉时
建筑物、构筑物基础	0.5	
电杆	0.6	
乔木	1.5	
灌木丛	0.5	
10 千伏以上电力电缆之间, 以及 10 千伏及以下电力电缆或控制电缆之间	0.25(0.1)	0.5(0.25)
10 千伏及以下电力电缆之间, 以及与控制电缆之间	0.1	0.5(0.25)
通讯电缆	0.5(0.1)	0.5(0.25)
热力管沟	2.0	(0.5)
水管、压缩空气管	1.0(0.25)	0.5(0.25)
可燃气体及易燃液体管道	1.0	0.5(0.25)
铁路(平行时与轨道、交叉时与轨底, 电气化铁路除外)	3.0	1.0
道路(平行时与路边, 交叉时与路面)	1.5	1.0
排水明沟(平行时与沟边, 交叉时与沟底)	1.0	0.5

注: ①表中所列净距, 应自各种设施(包括防护外层)的外缘算起。

②路灯电缆与道路灌木丛平行距离不限。

③表中括号内数字, 是指局部地段电缆穿管、加隔板保护或加隔热层保护后允许的最小净距。

④电缆与水管、压缩空气管平行, 电缆与管道标高差不大于 0.5 米时, 平行净距可减小至 0.5 米。

电缆的弯曲半径

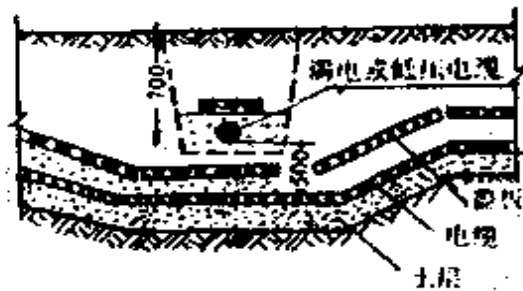
电缆的弯曲半径与电缆的外径有关, 通常用两者的比值来表示, 要求不小于表 70 电缆弯曲半径与电缆外径比值。

最新实用电工技术与操作手册

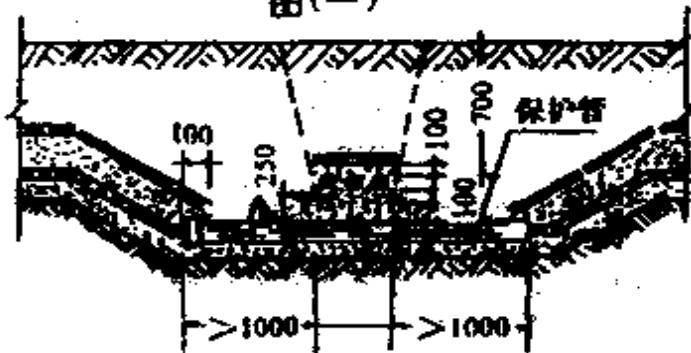
表 70

电缆护套类型		电力电缆		其它电缆
		单 芯	多 芯	多 芯
金属护套	铅	25	15	15
	铝	30	30	30
	皱纹铝套和钢套	20	20	20
非金属护套		20	15	无铠装 10 有铠装 15

电缆直埋地下遇到与其它电缆交叉时做法



电缆与电缆交叉做法
图(一)



电缆与电缆交叉做法图(二)

图 112

图 112 表示电缆与电缆交叉时两种做法。两根电缆相互交叉时，按图（一）做法。两条电缆的间距为 500 毫米，加盖板保护，电缆沟底要铲平夯实，周围用不小于 100 毫米厚的黄土

供电与照明

或筛过的细土保护（这点在其它几种做法时亦有相同要求）。

一根电缆与并列的多根电缆交叉时，该电缆要穿保护管，见图（二）。保护管可以用钢管、混凝土管或硬质塑料管。保护管的长度见图中所注尺寸。保护管的一端要做一个 100 毫米长的喇叭口，以防保护管套入电缆时损伤电缆的护套。穿管内径就不小于电缆外径的 1.5 倍。

电缆与非热力管道交叉时做法

电缆与非热力管道交叉时也有两种做法。图 113（一）为电缆敷设在管道上面，管道的埋深应大于 1.2 米，电缆与管道应保持 500 毫米以上的间距，这类管道通常是上、下水管。图 113（二）中的管道埋深小于 0.7 米，电缆只能从管道下面通过，

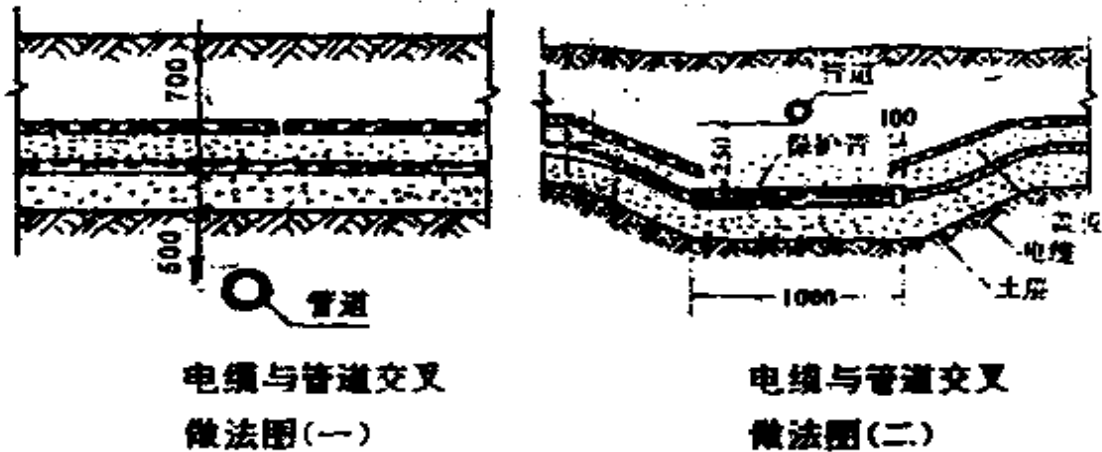
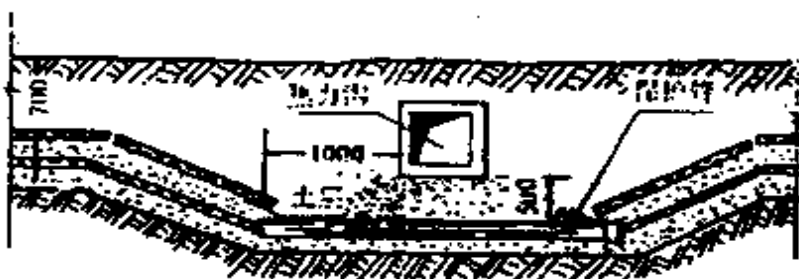


图 113

这类管道通常是煤气管，电缆与管道保持 250 毫米以上的间距，电缆要穿保护管，保护管的要求与第 509 问相同。

电缆与热力沟交叉时做法

电缆与热力沟交叉时做法见图 114。



电缆与热力沟交叉做法图(一)



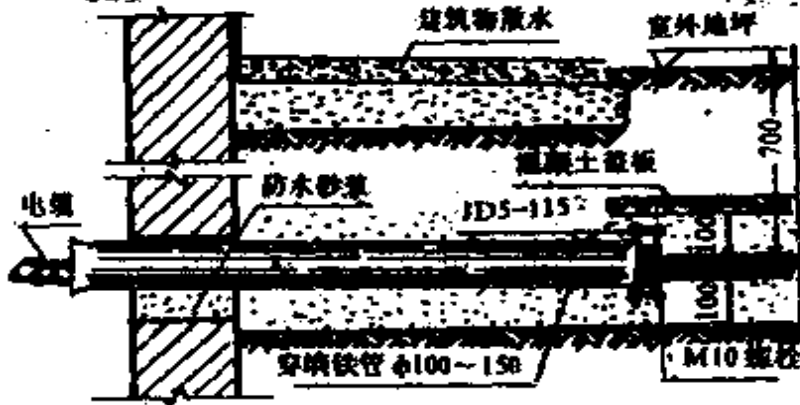
电缆与热力沟交叉做法图(二)

图 114

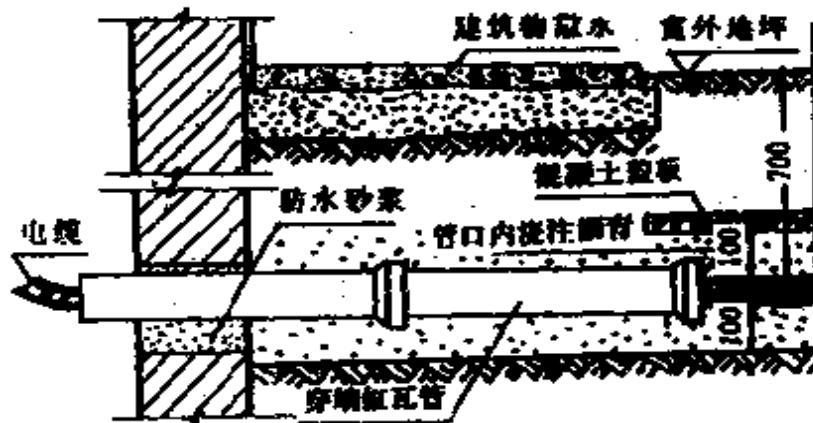
直埋电缆进墙的引入做法

进墙引入部分的做法可参阅图 115 所示的两种做法。

供电与照明



穿墙红瓦管引入做法



穿墙铁管引入做法

图 115

滑触线的敷设

在工业厂房中常用的各种起重运输机械，如电动葫芦、梁式或桥式起重机等，一般都采用架空滑触线配电。大、中型起重机械大多采用角钢或轻型钢轧作为滑触线。小型起重机械可以用圆钢、扁钢等作为滑触线。也可以采用圆铜或双沟铜导线作为

滑触线。滑触线以绝缘子支持，用钢支架沿行车梁敷设安装，小型滑触线的支架也可以直接焊在悬挂梁或吊车导轨上。

根据起重机的吨位、台数、暂载率 ($\varepsilon=15, 25, 40\%$) 等计算选择滑触线的截面。保证从低压母线到起重电动机端子的电压损失在尖峰电流时，不超过额定电压的 15%，其中滑触线部分的电压损失应不大于 8~10%。当负荷较大或滑触线较长时，为了减少电压损失，可以增加辅助母线，或将供电点尽量放在滑触线中间，必要时还可以增加供电点实行分段供电。

多台起重机共用的滑触线，要根据生产和维修的需要设置滑触线检修段。检修段的长度应大于起重机桥身的宽度，检修段与工作段之间的绝缘间隔一般为 30 毫米。

滑触线应设置在驾驶室的对面，否则应该设置防止驾驶人员上、下触及滑触线的设施。固定滑触线跨越建筑物伸缩缝处和每隔 30~50 米处都应有间隙，作为膨胀补偿装置，间隙的宽度为 20 毫米。

锅炉房配电

锅炉房的配电方式宜采用以锅炉机组为单元的放射式配电，以确保锅炉房机组供电的可靠性。

锅炉房是否要独立的配电室，要看锅炉的大小而定。6.5~30 吨/时的锅炉房宜设低压配电室；4 吨/时以下的锅炉房，当锅炉台数较少时可以不设低压配电室。

在锅炉房内就地安装的配电设备及种起动控制设备，宜采用保护型或防水、防尘型。这是因为锅炉房中有大量的水汽和灰尘。

供电与照明

锅炉房中的电力线路宜采用金属管或电缆布线。这些管线不宜沿锅炉、烟道、热水箱和其它载热体表面敷设，如果必须沿载热体表面敷设时，应采取隔热措施。采用电缆敷设时要注意电缆不得在煤场下面通过。

在锅炉间、除氧间、水处理室、风机室、顶层料仓等处，要设置供检修照明用电源，电源电压应采用 12 伏安全电压。

在大于或等于 6.5 吨/时锅炉的锅炉房中，在水处理间和其它主要操作地点及通道，应设置事故照明。

水泵房的高、低压配电装置一般宜集中布置在专用配电室内。但是当水泵台数较少时也可以不设置专用的低压配电室。各种配电装置与电控设备可就近安装在水泵机组旁。但要注意这些设备都应具有防滴、防溅措施，电控设备的基础至少要高出地面 200 毫米。

深井泵的起动方式

深井泵的起动方式可以按下列原则确定：

(1) 当供电电压是 380 伏而且供电变压器距离水泵又比较近时，可以按电源容量、起动允许压降及电动机的容量大小，通过计算决定采用直接起动或降压起动。

(2) 当供电距离较远而电动机的容量又较大时，宜采用变压器-电动机组供电方式直接起动。远距离控制用的控制电源要由另一个电源取得。

水泵的电气控制

对水泵的电气控制方式与水泵的台数有关，仅仅有一台水

泵的一般生活用水措施可以采用两种控制方式：一是采用高低两个水位自动控制，而不设水位信号；另一种方式是采用预控制，并设水位控制信号。在多台泵的水泵房中，可以设高、低水位控制或高、中、低三个水位控制，并设置开、停及水位指示信号、电动机运行信号、水泵自动切换、手动与自动转换以及事故报警环节。

加压泵房的控制

加压泵房一般采用就地控制。当加压泵的台数较多且管路系统较复杂并且闸阀是采用电动机操作时，宜采用控制室集中控制，控制室的地面至少要比水泵房的地面高 200 毫米。

取水泵房集中控制室

取水泵房的集中控制室应具备以下功能：

- (1) 能实现远距离手动、自动和就地控制的选择。
- (2) 具有水位测量或水位指示信号。
- (3) 具有每一台水泵的运行信号、电气故障信号的监视和报警。
- (4) 备用水泵要能自动切换。
- (5) 在无法取得水位测量及水位信号时，水泵应具备轻载自动停泵措施。

循环水泵的控制

冷却水系统中的循环水泵分有人值班和无人值班两种。有

供电与照明

人值班的循环水泵可以采用人工手动控制；无人值班时应能自动开、停，并应与主机间设自动联锁，同时在主机处应设置反映循环水泵的运行状态信号。

大中型冷库供电

大中型冷库按供电可靠性要求属二类负荷。大型冷库在有条件时可设置备用电源。备用电源的容量应能满足同时运转一台氨压缩机和附设设备、电梯、库内照明等所需用电量的要求。

由于冷库的电力负荷大部分在氨压缩机房，因此大型冷库的变电所应尽量与氨压缩机房建造在一起。

在冷库中穿越隔墙的电气线路宜集中敷设，以保证冷库保温墙上尽量少留洞。当电力线路穿过可燃或易燃的隔热材料时应采用防火措施，并防止产生冷桥。

装置稻壳的阁楼内不得装置电气设备或敷设线路。电气线路在库内敷设时，应尽量减少接头，必要的接头应采用“密封接线盒”。

在冷藏门、地坪等防冻用的电热线，应该采用 36 伏或 36 伏以下的供电电压，以保证人身安全。具有护套层的电热线且耐压和绝缘性能良好，可用 220 伏电压供电。

照度

照度是指单位面积上接收到的光通量。照度符号是 E，照度单位是勒克斯 (lx)，计算式为：

$$E = \frac{F}{S}$$

式中：F——光通量，流；

S——照明面积，米²；

E——照度，勒。

1 勒 (lx) 相当于 1 米² 被照面上光通量为 1 流明 (lm) 时的照度。夏季阳光强烈的中午地面照度约 50000 勒 (lx)，冬天晴天时地面照度约 2000 勒 (lx)，晴朗的月夜地面照度约 0.2 勒 (lx)。

灯具保护角

人眼在灯具保护角范围内看不到光源，以避免直接眩光。一般灯具的保护角 α 是由灯丝（或发光体）最边缘点与灯具沿口连线和通过灯丝（或发光体）中心的水平线之间的夹角。

照度均匀值

照度均匀值是用工作面上最低照度与平均照度之比来表示。又称“平均均匀度”。若用最低照度与最高照度之比，即称为“最低均匀度”。

照明方式

照明方式可分为：一般照明（包括分区一般照明）、局部照明和混合照明。

供电与照明

一般照明是指不考虑特殊或局部的需要，为照亮整个工作场所而设置的照明。这种照明灯具往往是对称均匀排列在整个工作面的顶棚上，因而可以获得基本上均匀的照明。一般照明在均匀布灯情况下，其距高比（ L/H ）不宜超过所选用灯具的最大允许值。并且边缘灯具离墙距离不宜大于灯距的 $1/2$ 。

局部照明对局部地点需要高照度并对照射方向有要求时，而采取局限于工作部位的固定或移动的照明。局部照明宜在下列情况采用：

- (1) 局部需要有较高的照度，如精密仪器装配；
- (2) 由于遮挡使一般照明照射不到的某些范围，如大型机床；
- (3) 视功能降低的人需要有较高的照度；
- (4) 需要减少工作区内的反射眩光，如加工强反光的工件；
- (5) 为加强某方向光照以增强质感，如橱窗、展览品布置。

混合照明是由一般照明和局部照明共同组成的照明方式。

照明种类

照明种类分为正常照明、事故照明、值班照明、警卫照明和障碍照明。

正常照明是指在正常情况下使用的室内外照明。

事故照明是在正常照明因故障而熄灭后，供事故情况下继续工作或安全通行的照明。事故照明灯宜布置在易引起事故的场所及主要通道和出入口。

最新实用电工技术与操作手册

值班照明是在非生产时间内供值班人员使用的照明。对三班倒生产的重要车间，有主要设备的车间及重要仓库，通常宜设值班照明。

警卫照明是用于警卫地区周界附近的照明。

障碍照明是装设在建筑物上作为障碍标志的照明，如机场周围的高层建筑，或有船舶通航的航道两侧的建筑物上应按有关规定设置障碍照明。

常用光源分类

常用光源可分两大类：热辐射光源和气体放电光源。热辐射光源有白炽灯、卤钨灯（卤钨循环白炽灯）。气体放电光源有荧光灯、高压汞灯、高压钠灯、氙灯、金属卤化物灯。

白炽灯

白炽灯主要适用于以下一些场合：（1）照度要求不高的厂房；（2）需要局部照明的场所和事故照明灯；（3）开关频繁的信号灯或舞台用灯；（4）电台或通讯中心，为了防止气体放电灯引起干扰的场所；（5）需要调节光源亮暗的场所；（6）医疗用的特殊灯具。

卤钨灯

卤钨灯是在白炽灯泡中充入微量卤化物，灯丝温度比一般白炽灯高，使蒸发到玻壳上的钨与卤化物形成卤钨，遇灯丝分解把钨送回钨丝，如此再生循环，既提高发光效率又延长使用

供电与照明

寿命。卤钨灯有两种：一是硬质玻璃卤钨灯；另一种是石英卤钨灯。石英卤钨灯由于卤钨再生循环好，灯的透光性好，光通量的输出不受影响，而且石英的膨胀系数很小，即使点亮的灯碰到水也不会炸裂。由于它具有良好的光谱特性，是影视照明灯中的新秀。

荧光灯

荧光灯又称日光灯，是应用最广的气体放电光源。它是靠汞蒸气电离形成气体放电，导致管壁的荧光物质发光。目前我国生产的荧光灯有普通荧光灯和三基色荧光灯。三基色荧光灯具有高显色指数 ($R_a = 96$)，色温达 5600K，在这种光源下，保证物体颜色的真实性。荧光灯广泛应用于照度要求较高，能识别颜色的场所。

新型荧光灯有三基色荧光灯、环形荧光灯、双曲灯、H 灯和双 D 灯等等。其中双曲灯内藏镇流器，可以直接替换白炽灯，这些新型荧光灯大多属于节能新光源。

荧光高压汞灯

荧光高压汞灯的发光原理类似荧光灯。它的优点是光效高、寿命长，它的缺点是功率因数低。荧光高压汞灯，远看光源的光色洁白，光源的色表好，但灯光照在人脸上是青灰色。所以说它的显色指数低。它适用于道路、广场等不需要仔细辨别颜色的场所。这种光源目前已逐渐被高压钠灯和铊钠灯所取代。

高压钠灯

高压钠灯是利用高压钠蒸气放电而发光。它的光效比高压汞灯高，寿命长达 2500~5000 小时，缺点是显色性差，光源的色表和显色指数都比较低，适用于道路、车站、码头、广场等大面积照明。

金属卤化物灯

金属卤化物灯是利用各种不同的金属蒸气发出各种不同光色的灯。目前我国生产的金属卤化物灯有钠铊铟灯，镝灯，镝钆灯，铟钠灯等，其优点是光色好，光效高。

镝钆灯具有全波长光谱，被称为第三代光源。它在刚点燃时，光色不正常，启动时要用触发器，有直流、交流二种。

铟钠灯是国内金属卤化物灯的新产品，是节能光源，具有光效高、光色好的特点，且启动快。启动电流小、控制方便、节电效果好，显色性比高压钠灯有很大的提高，适用于道路、车间大面积照明。

霓虹灯

霓虹灯是一种辉光放电灯。用直径 6~20 毫米的玻璃管两端装上电极，充上少量氦、氖、氩或氙等惰性气体和汞，有时管壁上还涂上能显示不同颜色的荧光粉。

霓虹灯灯管要求很高的启动电压，需用一个漏磁变压器作启动和镇流用，漏磁变压器的空载次级电压不小于 15 千伏、容量 450 伏·安、电流 24 毫安、短路电流 30 毫安。这样的漏

供电与照明

磁变压器能点亮管径为 12 毫米、展开长度约为 12 米的灯管。

灯管的启动电压与灯管的长度成正比，与灯管的直径成反比，并与所充的气体种类和气压有关。

照明光源的选用

照明光源的选用应根据照明要求和使用场所的特点，选用时一般考虑以下几方面：

(1) 照明开闭频繁、需要及时点亮、需要调光的场所，或因频闪效应影响视觉效果以及防止电磁波干扰的场所，宜采用白炽灯或卤钨灯。如交通信号灯、应急照明灯、舞台灯、剧院调光灯以及电台、通讯中心用灯等。

(2) 振动较大的场所，如冶金车间、锻工加工车间，宜采用荧光高压汞灯或高压钠灯。有高挂条件并需大面积照明的场所，如施工工地、足球场、中心广场等，宜采用金属卤化物灯。

(3) 识别颜色要求较高、视看条件要求较好的场所，如商店、百货商场、纺织口检验车间，宜采用三基色荧光灯、白炽灯和卤钨灯。

(4) 对于一般性生产车间和辅助车间、仓库和站房，以及非生产性建筑物、办公楼和宿舍、厂区道路等，优先考虑采用投资低廉的白炽灯和简易荧光灯。

(5) 选用光源时还应考虑照明器的安装高度。如白炽灯适于 2~4 米，荧光灯适于 2~3 米，荧光高压汞灯适于 3.5~6.5 米，卤钨灯适于 6~7 米，金属卤化物灯适于 6~14 米，高压钠灯适于 6~7 米。

(6) 在同一场所，当采用一种光源的光色较差时（显色指

数低于 50)，一般均考虑采用两种或多种光源混光的办法，以改善光色。

事故照明

10 层或 10 层以上住宅建筑的疏散楼梯、消防电梯及其前室、配电室、消防控制室、消防水泵房、自备发电机房，以及建筑高度超过 24 米的公共建筑的疏散走道、观众厅、展览厅、餐厅和商场营业厅等人员密集的场所，还有医院手术室、急救室等，都应设置事故照明。

事故照明灯应安装在墙面和顶棚非燃烧结构或装修上。灯上应设玻璃或其它非燃材料制作的保护罩。

事故照明灯应采用能瞬时点亮的照明光源（如白炽灯、卤钨灯），不允许使用高压汞灯、金属卤化物灯、高低压钠灯。

事故照明若是用于维持工作的，其工作面上的照度不应低于一般照明推荐照度的 10%，用于人员疏散的事故照明，其照度不应低于 0.5 勒。

障碍照明灯设置

障碍照明灯一般应安装在建筑物或建筑物凸起的顶端。障碍灯应为红色，有条件时宜采用闪光照明灯。最高端的障碍灯，其光源不宜少于 2 个。100 米以上的烟囱，障碍灯宜设三盏并成三角形排列。

道路照明

供电与照明

道路照明质量，一般由以下四个因素确定：（1）路面平均亮度；（2）路面亮度的均匀度；（3）眩光；（4）诱导性。

路面平均亮度是影响能否看见障碍物的最重要因素，由于道路照明是以把路面照亮到足以看清障碍物的轮廓为原则，因此要求应有相当高的路面平均亮度，对于级别较高的高速公路，其路面平均亮度需要达到 $1\sim 2$ 坎 / 米²。

路面亮度分布的均匀程度称为均匀度，通常用下式表示：

$$U_0 = \frac{L_{\min}}{L_r}$$

式中： L_{\min} ——前方路面上的最小亮度；

L_r ——前方路面上的平均亮度。

一般要求 $U_0 > 0.4$ 。

用于道路、隧道、广场的照明光源，应该按照光源效率、光通量、寿命、光色、配光曲线以及环境因素进行综合比较而选定。

选用道路照明灯具

应注意以下问题：

（1）灯具的配光曲线应符合照明的目的，并能符合被照场所地几何形状。

（2）外形尺寸应尽可能小，要安装牢固、维护方便、密封性能良好。

（3）材料的耐腐蚀性能良好。

（4）避免眩光。

（5）具有一定的防震功能。

公园照明

公园的功能是多种多样的，照明方式必须与之相适应而采用最有效的设备。照明器与光源种类也要根据公园的不同场景设置不同性质的照明。

公园中庭园及道路的照明方式有以明视、防范为主体的明视照明，和显出与白天完全不同的新夜景的饰景照明。

明视照明，是以园路为中心进行活动或工作所需要的照明，因此必须保证照度值，还应从效率与维修方面考虑，一般多采用5~12米杆头式照明器。

饰景照明，是为了创造出夜间景色的照明，显示出夜间的气氛。它主要以亮度对比表现光的协调，并应绝对避免光源产生的直射光。

投光灯布置

投光灯的布置有以下四种方法：

- (1) 在建筑物本身安装照明器，可直接安在外墙上。
- (2) 在建筑物附近的地面上安置照明器。
- (3) 利用电杆安装照明器。
- (4) 在附近建筑物上安装照明器。

在安装时可以将这四种方法组合运用，以取得最佳效果。同时要注意，当投光灯离建筑物太近时，会显示出建筑材料的缺点，而且光束会出现扇状及贝形光影，影响表面照度的均匀度；若投光灯离建筑物远些时，亮度会变得均匀，但也会过度地形成平面，而失掉建筑物的立体感。

如果能将投光灯设置在女儿墙内，即可隐蔽灯具，夜间可

供电与照明

减少眩光，白天又看不到照明器，取得良好的效果。

建筑工地照明

建筑工地的建筑物在地面上有一定高度，而且随着施工进度高度不断变化，照明的基本目的是调节视觉工作。建筑物本身的照明应安装在侧面高杆上。

夜间施工照明可以安装在起重机上，但要注意安装位置和投光灯的照射角度，必须使驾驶人员能看到整个工地，并注意不使施工人员受到眩光，同时要使建筑物出现阴影，以便容易识别。

工厂照明

工厂照明必须满足生产和检验的需要，厂房的照明系统通常分为两类：高度在15米以上的高大厂房，一般照明采用气体放电灯作光源，采用较窄光束的灯具（如深照型工厂灯）吊装在屋架下弦。墙上和柱上可设投光灯，两者结合以保证工作面上必需照度。一般性厂房，可以采用荧光灯为主要光源，灯具布置可以与梁垂直也可与梁平行。

照明器

照明器是光源与灯具的组合，灯具是灯座与灯罩的总称，灯具决定照明器的结构特性及光特性。

灯具与光源在市场上一般是分开出售的，但是灯具往往是特定的光源设计的，所以在选择和使用时，必须使灯具与光

源的种类及功率能配合一致。

照明器的作用是固定电源，把光源的光能分配达到需要的方向；照明器还可以把眩光限制在一定的范围以内；照明器还能保护光源不受外力、风雨或有害气体的侵害。

照明器的分类方法很多，通常以照明器发出的光通量在空间的分布特性和照明器的结构特点来分类。

照明器按结构特点不同可以分以下几种：

- (1) 开启式。这类照明器可使外界介质与灯泡自由接触。
- (2) 保护式。这类照明器具有透光灯罩使光源与外界隔开。
- (3) 防水式。在这类照明器中，玻璃罩与灯外壳的连接处加有充填防水材料，使雨水不能进入照明器内。
- (4) 密封式。灯内各接合面用橡胶垫圈密封，能隔绝内外空气。
- (5) 防爆型。灯罩本身及其固定处和灯具外壳，均能承受要求的压力，能安全使用在有爆炸危险性介质的场所。

室内照明器布置

室内照明器的布置应满足的要求是：达到规定的照度；使工作面上照度均匀；使照明器的光线射向适当，无眩光、无阴影；使灯泡的安装容量减至最小；使照明器维护方便；使布置整齐美观，并与建筑空间相协调。

室内照明器均匀布置时需要考虑以下几个问题：

- (1) 确定照明器的悬挂高度。
- (2) 确定照明器的平面布置方式。
- (3) 根据各种灯具的配光曲线，求出合适的距离比

供电与照明

(L/H。

- (4) 确定最旁边一列灯具与墙壁的距离。
- (5) 确定照明器距天棚的悬垂高度。
- (6) 确定事故照明灯的数量及布置方式。

频闪效应

随着交流电压、电流的周期性变化，使气体放电灯的光通量也发生周期性变化，使人眼有闪烁感觉。如果被照物体处于转动状态，会使人眼产生错觉，尤其是当旋转物体的转动频率与灯光闪烁频率成整数倍时，人眼会感觉物体并没有转动。这种现象称为频闪效应。通常采用将气体放电灯分相接电源来消除频闪效应，如将三根荧光灯管分别接在三相电源上。在单相电源供电的场合，可将两根灯管采用移相接法来消除频闪效应。

距离比

距离比用 L/H 表示。其中 L 是灯具与灯具之间的水平距离， H 是灯具的悬挂高度，它是灯具到工作面的垂直距离，即等于灯具离地悬挂高度减去工作面高度（通常工作面的高度取 0.8 米）。

照度补偿系数

照明器在使用期间，由于光源光通量的衰减，照明器和房间表面的污染，会引起照度的降低。因此在照度计算时需要引

入照度补偿系数。照度补偿系数与光源类型及工作环境及其污染程度有关。其数值可查有关规范。

照明器合理布置

照明器布置合理与否，主要取决于各个照明器的间距 L 和灯具的悬挂高度 H （又称灯具的计算高度）的比值（距高比）。距高比小，照明的均匀度好，但经济性差；距高比大，就不能保证照明的均匀性。

照度均匀度应符合以下原则：

(1) 工作区不宜低于 0.6，非工作区不宜低于工作区的 $1/5$ 。

(2) 在工作区未能事先确定的情况下，灯具布置宜采用均匀的一般照度布置原则。

照明系统中每一单相回路最多装几盏灯

除花灯、彩灯、大面积照明灯以外，照明系统中每一单相回路（单相）一般不宜超过 15 安，灯和插座的数量不宜超过 20 个（最多不应超过 50 个）。

电源插座的用电量计算

民用建筑中的插座，在无具体设备连接时，每个插座可按 100 瓦计算。住宅建筑中插座的容量每个可按 50 瓦计算。

照明灯具在什么条件下宜采用 36 伏电压

安装高度在距离地面 2 米以下，容易触及而又无防触电措施的一般照明和局部照明灯具，以及使用场所具有以下条件之一者：特别潮湿场所；高温场所；具有导电灰尘场所；具有导电地面等，使用电压都不应超过 36 伏。

照明灯具末端电压损失限制

照明灯具末端的允许电压损失按不同的工作场所要求不同：

(1) 对视觉要求较高的室内照明，允许电压损失为 2.5%。

(2) 一般工作场所和室外工作场所照明，允许电压损失为 5%。

(3) 远离变电所的小面积工作场所，允许电压损失为 10%。

(4) 事故照明、道路照明、警卫照明及电压为 12~36 伏的照明，允许电压损失为 10%。

照明负荷的计算

照明负荷的计算应该分别计算各支线功率、干线功率及三相总功率。

(1) 照明支线的功率计算：

$$P_c = P_i \text{ (千瓦)}$$

式中： P_i 为支线上装灯容量，由此可见照明支线功率 P_c 就是支线上的装灯容量，即这条支线上装灯总的瓦数是多少。注意单位用千瓦。

(2) 照明干线的功率计算：

$$P = K_c P_c$$

式中： K_c 为需用系数， P_c 为各支线的功率。

(3) 三相功率计算：

$$P_{\Sigma} = K_c \cdot 3P_c$$

由于照明负荷是不均匀的，在计算三相功率时， P_c 应该按最大一相负荷（装灯容量）来计算。

灯具所需数量和功率计算

这里介绍一种最简便的计算法——单位功率法。单位功率法又称单位容量法。它是利用编制好的《单位面积安装功率表》来确定光源的功率和数量。

设 W 为单位面积的安装功率，即：

$$W = \frac{P}{S}$$

式中： P ——全部灯泡的总安装功率，瓦；

S ——被照面面积，米²。

W 可以根据灯具类型、光源种类、灯具计算高度、房间面积及选定的照度标准，由单位面积安装功率表中查得。

当灯泡功率或数量确定后即可按下列公式计算灯数或功率。

$$p = \frac{P}{n}$$

式中： p ——每个灯泡的功率，瓦；

n ——灯泡数量，个。

选用胶质灯头与瓷质灯头的依据

灯泡功率在 100 瓦及以下时，可以选用胶质灯头。100 瓦以上及防潮灯具应选用瓷质灯头。

灯头的接线

软线吊灯的软线两端要绕好保险扣。吊链灯的软线应注意编入链环内。螺口灯头接线时，相线应接入螺口灯头的中心弹簧片，零线接在灯头的螺口部分。导线与螺钉连接时，注意导线的绕向应与螺钉的旋转方向一致。采用双芯棉织绝缘软线作灯头连接线时，其中有色花线接相线，无花素线接零线。

普通吊线灯的灯具重量

普通吊线灯只适用于灯具重量在 1 公斤以内者。重量超过 1 公斤的灯具或其吊线长度超过 3 米时，应该采用吊链或吊杆，且吊线不应该受力。

拉线开关安装

拉线开关的安装高度距地 3 米，若室内净高低于 3 米时，拉线开关的安装高度为距顶 200 毫米。

灯开关安装

灯开关安装高度为距离地面 1.4 米，离门距离 0.3 米。

插座接线

单相两孔插座安装时应注意使两孔上、下垂直，上孔接相线，下孔接零线。

单相三孔插座接线时，要分为两种不同保安系统。对于保护接地系统，上孔接保地线，下方右孔接相线，下方左孔接零线。若是保护接零系统，则上孔接保护零线，下方右孔接相线，下方左孔接工作零线。

第六章 安全用电

接地保护

接地保护又常称保护接地，就是将电气设备的金属外壳与接地体连接，以防止因电气设备绝缘损坏使外壳带电时，操作人员接触设备外壳而触电。

在中性点不接地的低压系统中，在正常情况下各种电力装置的不带电的金属外露部分，除有规定外都应接地。如：

- (1) 电机、变压器、电器、携带式及移动式用电器具的外壳。
- (2) 电力设备的传动装置。
- (3) 配电屏与控制屏的框架。
- (4) 电缆外皮及电力电缆接线盒、终端盒的外壳。
- (5) 电力线路的金属保护管、敷设的钢索及起重机轨道。
- (6) 装有避雷器电力线路的杆塔。
- (7) 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。

低压电力网的电力装置对接地电阻的要求如下：

- (1) 低压电力网中，电力装置的接地电阻不宜超过 4 欧。
- (2) 由单台容量在 100 千伏·安的变压器供电的低压电力网中，电力装置的接地电阻不宜大于 10 欧。
- (3) 使用同一接地装置并联运行的变压器，总容量不超过

100 千伏·安的低压电力网中，电力装置的接地电阻不宜超过 10 欧。

(4) 在土壤电阻率高的地区，要达到以上接地电阻值有困难时，低压电力设备的接地电阻允许提高到 30 欧。

接零保护

为了防止电气设备因绝缘损坏而使人身遭受触电危险，将电气设备的金属外壳与供电变压器的中性点相连接者称为接零保护。

在中性点直接接地的低压电力网中，电力装置应采用低压接零保护。

在中性点非直接接地的低压电力网中，电力装置应采用低压接地保护。

由同一台发电机、同一台变压器或同一段母线供电的低压电力网中，不宜同时采用接地保护与接零保护。

重复接地

重复接地指三相四线制中性点直接接地的低压电力系统中，零线的一处或多处通过接地体与大地连接。

重复接地的作用：(1) 降低漏电设备外壳的对地电压，以相对减少触电的危险性；(2) 减轻因零线中断而产生的触电危险。

重复接地的接地电阻一般不超过 10 欧。

接触电势、接触电压、跨步电势和跨步电压

当接地短路电流流过接地装置时，大地表面形成分布电位，在地表面上离设备水平距离为 0.8 米处与沿设备外壳、构架或墙壁垂直距离 1.8 米处两点间的电位差，称为接触电势。人体接触该两点时所承受的电压，称为接触电压；接地网网孔中心对接地网接地体的最大电位差，称为最大接触电势，人体接触该两点时所承受的电压，称为最大接触电压。

地面上水平距离为 0.8 米的两点间的电位差，称为跨步电势。人体两脚接触该两点时所承受的电压，称为跨步电压；接地网外的地面上水平距离 0.8 米处对接地网边缘接地体的电位差，称为最大跨步电势，人体两脚接触该两点时所承受的电压，称为最大跨步电压。

接地、工作接地、保护接地、过电压保护接地

电力设备、杆塔或过电压保护装置用接地线与接地体相连接，称为接地。接地按其目的不同又分为三种：

在电力系统中，运行需要的接地（如中性点接地等）称为工作接地。

高压电力设备的金属外壳、钢筋混凝土杆和金属杆塔，如绝缘损坏即有可能带电，为了防止这种电压危及人身安全而设的接地，称为保护接地。

为了消除过电压危险而设的过电压保护装置的接地，称为过电压保护接地。

人工接地体的埋设

人工接地体不应埋设在垃圾、炉渣和强烈腐蚀性土壤处。埋设应符合以下要求：

- (1) 接地体的埋设深度不应小于 0.6 米。
- (2) 垂直接地体的长度不应小于 2.5 米。
- (3) 垂直接地体的间距一般不小于 5 米。
- (4) 埋入后的接地体周围要用新土夯实。
- (5) 为降低接触电阻和跨步电压，水平接地体的局部埋深不应小于 1 米，并应铺设 50~60 毫米厚的沥青层或采用沥青碎石路面，其宽度应超出接地装置 2 米左右。

室内接地干线的安装

室内接地干线安装用卡子固定在墙上，安装高度应由设计决定（一般为 200~600 毫米），卡子间距为 1000 毫米，转角处为 300 毫米，在接地干线上要做接线端子，便于需要接地时与干线相连。干线连接处应采用焊接。全部接地线、支持卡子和接地端一律镀锌。

支持卡子应预埋在墙上。支持卡子有三种规格，其大小应与接地干线截面配合。

施工现场电气设备保护接零

正常情况时，下列电气设备不带电的外露导电部分应做保护接零。

- (1) 电机、变压器、电器、照明用具、手持电动工具的金

安全用电

属外壳。

(2) 电气设备传动装置的金属部件。

(3) 配电屏与控制屏的金属框架。

(4) 室内、外配电装置的金属框架及靠近带电部分的金属围栏和金属门。

(5) 电力线路和金属保护管，敷线的钢索，起重机的轨道滑升模板金属操作平台等。

(6) 安装在电力杆线上的开关、电容器等电气装置的金属外壳及动架。

电子设备的接地系统

电子设备接地系统的形式有：辐射式、环（网）状式和混合式三种。

(1) 辐射式接地系统。这种接地系统是把电子设备中的信号接地、功率接地和安全接地分别敷设接地引下线，接至电源室内的接地总端板上，在端子板上将信号接地、功率接地和安全接地连接在一起，再引至接地体。其中安全接地也可以直接接零。这种接地系统适用于频率在 1 兆赫以下，接地引线长度 $L < \frac{\lambda}{20}$ [λ ——波长（米）， $\lambda = \frac{3 \times 10^8}{f}$ ， f ——频率]。

(2) 环（网）状式接地系统。这种接地系统是把电子设备中的信号接地、功率接地和安全接地都接在一个公用的环状接地母线上。环状接地母线一般可设在电源室或有关的房间内。这种接地系统适用于频率在 10 兆赫以上，接地引线长度 $L > \frac{\lambda}{20}$ 。

(3) 混合接地系统。这是将辐射式接地系统与环状接地系统相结合。这种接地系统适用于频率在 1 兆赫至 10 兆赫之间，接地引线长度 $L = \frac{\lambda}{20}$ 。

电子设备的接地电阻不宜大于 4 欧。

直击雷防雷装置

防雷装置由以下三部分组成：

(1) 接闪器。又称“受雷装置”，是接受雷电流的金属导体，通常指的是避雷针、避雷带或避雷网。

(2) 引下线。它是连接避雷针（网）与接地装置的导体，一般敷设在房顶和墙上，它的作用是将受雷装置接受到的雷电流引到接地装置。

(3) 接地装置。是埋在地下的接地导体和接地极的总称。它的作用是把雷电流散发到地下的土壤中去。

避雷针一般可采用圆钢制作，也可以采用焊接钢管来做。不同长度的避雷针应选用不同直径的管材：

(1) 避雷针长 1 米以下，选用直径为 12 毫米的圆钢。用钢管做时，钢管直径为 20 毫米。

(2) 避雷针长度为 1~2 米时，圆钢直径为 16 毫米，钢管直径为 25 毫米。

(3) 在烟囱顶上安装的避雷针，应采用直径为 20 毫米的圆钢。

引下线的设置

安全用电

引下线的具体设置应区别不同情况符合下列要求:

(1) 引下线应沿建筑物外墙敷设, 并经最短路径接地。对于建筑艺术要求高的建筑, 引下线也可暗敷, 但截面要增加一倍。对于钢筋混凝土建筑可利用结构中主钢筋作为引下线, 但钢筋必须相互焊接连通。

(2) 建筑物的金属构件, 如消防梯、金属烟囱、砖烟囱的铁爬梯等, 可作为引下线, 但是金属物体中各个部件之间都要连成电气通路。

(3) 采用多根引下线时, 为了便于测量接地电阻和便于检查引下线、接地线的连通情况, 各引下线在距地面 1.8 米以下处应设置断接卡。

(4) 引下线离地面 2 米以下部分, 为避免引下线受机械损伤, 应加保护管。

一类防雷建筑防雷

属于一类防雷的建筑物有以下一些:

(1) 具有特别重要用途的建筑: 如国家级的会堂、办公楼、大型博物馆、展览馆特等火车站、国际性航空港、通讯枢纽、国宾馆、大型旅游建筑等。

(2) 属国家级重点保护的文物建筑。

(3) 超高层建筑物。

一类防雷建筑物为防止直击雷, 安装的避雷网或避雷带的网格不应大于 10×10 米, 保证屋面上任何一点距避雷带或避雷网都不大于 5 米。突出屋面的物体, 应沿其顶部装避雷针, 避雷针的保护范围可按 45 度计算。一类防雷建筑的引下线不应少于 2 根, 引下线间的距离不应大于 24 米。一类防雷建筑

物的接地装置，要求冲击接地电阻不大于 10 欧。

处在雷电活动强烈地区的一类防雷建筑物，其防雷保护措施应满足以下要求：

(1) 建筑物顶部用避雷网。

(2) 建筑物的防雷引下线的间距不应大于 12 米。

(3) 在建筑物的每层都设置沿建筑物周边的水平均压环。所有的引下线、建筑物内的金属结构和金属物体都要与均压环相连接。

(4) 防雷接地装置应沿建筑物周围，围绕建筑物敷设，冲击接地电阻要求不大于 5 欧。

(5) 全线采用地下电缆引入。

(6) 建筑物内电气线路采用铁管配线。

(7) 建筑物外墙的金属栅栏、金属门窗等较大的金属物体，与防雷装置连接。

(8) 进入建筑物的埋地金属管道，在其进入室内处应与防雷接地装置连接。

(9) 除有特殊要求外，各种接地与防雷接地装置可共用。

当一类防雷建筑物是 30 米以上的高层建筑时，宜采取防侧击雷的保护措施，其要求如下：

(1) 建筑物顶部设避雷网，从 30 米以上起，每 3 层沿建筑物四周设避雷带。

(2) 30 米以上的金属栏杆、门窗等较大的金属物体应与防雷装置连接。

(3) 每隔 3 层设置沿建筑物周边的水平均压环，所有引下线、建筑物内部的金属结构及金属物体均连在环上。

(4) 防雷引下线的间距不大于 18 米。

(5) 接地装置应围绕建筑物周围敷设，并构成闭合回路，

安全用电

冲击接地电阻应小于 5 欧。

(6) 进入建筑物的埋地金属管线，在进入建筑物处与防雷接地装置相连接。

(7) 垂直敷设的主干金属管道，尽量设在建筑物的中部和屏蔽的竖井中。

(8) 垂直敷设的电气线路，在适当部位装置带电部分与金属外壳间的击穿保护装置，建筑物内电气线路采用铁管配线。

(9) 除有特殊要求的接地以外，各种接地与防雷接地装置可共用。

二类防雷建筑防雷

属于二类防雷建筑物有以下几种类型：

(1) 重要的或人员密集的大型建筑物。如部、省级办公楼、省级的大型会场、博物馆和展览馆、体育馆、车站、港口、广播电视台、电报电话大楼、商场、剧院、影院等建筑物。

(2) 省级重点文化保护的建筑物。

(3) 19 层以上的住宅建筑和高度超过 50 米的民用和工业建筑。

二类防雷建筑为防止直击雷，一般采取在建筑物易受雷击的部位设避雷带作为接闪器，并保证屋面上任何一点相距避雷带不大于 10 米。屋面上的突出部分一般可沿其顶部设环状避雷带。二类防雷建筑物的引下线不应少于 2 根，引下线的间距不应大于 30 米，接地装置的冲击接地电阻不应大于 10 欧。

当二类防雷建筑是 30 米以上高层建筑时，宜采取防侧击雷的保护措施，其要求如下：

- (1) 自 30 米以上起每 3 层沿建筑物四周设避雷带。
- (2) 30 米以上的金属栏杆、门窗等较大的金属物体应与防雷装置连接。
- (3) 每隔 3 层设置沿建筑物周边的水平均压环，所有引下线、建筑物内的金属结构和金属物体连在环上。
- (4) 防雷引下线的间距不大于 24 米。
- (5) 接地装置应围绕建筑物周围敷设，并构成闭合回路，冲击接地电阻应小于 5 欧。
- (6) 进入建筑物的埋地金属管道与防雷接地装置相连接。
- (7) 垂直敷设的主干金属管道，尽量埋在建筑物的中部和屏蔽的管道中。
- (8) 垂直敷设的电气线路，在适当部位装设带电部分与金属外壳间的击穿保护装置。
- (9) 除有特殊要求的接地以外，各种接地与防雷接地装置可共用。

三类防雷建筑物防雷

三类防雷建筑应满足以下条件:

(1) 年计算雷击次数为 0.01 及 0.01 以上的建筑物，同时结合当地情况，确定需要防雷的民用及一般工业建筑物。

年计算雷击次数可按以下经验公式计算:

$$N = 0.015nk(L+5h)(b+5h)10^{-6}$$
 式中: N ——年计算雷击次数;

n ——年平均雷暴日(由当地气象台、站提供);

L ——建筑物的长度, 米;

b ——建筑物的宽度, 米;

安全用电

h ——建筑物的高度，米；

k ——校正系数。一般情况下 k 值取 1，位于旷野孤立的建筑物，位于河边、湖边、山坡下、土山顶部、山谷风口、地下水露头处或山地中土壤电阻率较小处的各种建筑物以及特殊潮湿建筑物， k 值可取 1.5~2。

(2) 建筑群中高于其它建筑物的建筑处于边缘地带高度在 20 米以上的民用及一般工业建筑物、建筑物超过 20 米的突出物体，均属三类防雷建筑物。若在雷电活动区建筑物的高度可由 20 米降低到 15 米，在少雷地区高度可放宽到 25 米。

(3) 高度超过 15 米的烟囱、塔等孤立的建筑物和构筑物。在雷电活动较少的地区，高度可放宽到 20 米以上。

(4) 历史上雷害事故严重地区的建筑物或雷害事故较多地区的较重要的建筑物。

三类防雷建筑物为防止直击雷，一般在建筑物易受雷击部位装设避雷带或避雷针。采用避雷带保护时，屋面上任何一点距避雷带应不大于 10 米。采用避雷针保护时，单针的保护范围可按 60 度计算。采用多针保护时，两针间距不宜大于 30 米，或满足下列要求：

$$D < 15h$$

式中： D ——两点间距，米；

h ——避雷针的有效高度（即突出建筑物的高度），米。

三类防雷建筑的引下线不应少于 2 根，引下线的间距不应大于 30 米，最大不得超过 40 米。周长和高度都不超过 40 米的建筑或烟囱，其防雷引下线可用 1 根。三类防雷建筑物的接地装置，冲击接地电阻不应大于 30 欧。

为了防止雷电波沿低压架空线侵入三类防雷建筑物，可在架空线的人户处或接户杆上将绝缘子铁脚与接地装置相连。进

入建筑物的架空金属管道，在入户处也应该与接地装置相连。

不设防雷装置的三类防雷建筑物，在符合下列条件之一非人员密集场所，绝缘子铁脚可以不接地：

- (1) 年平均雷暴日在 30 天以下的地区。
- (2) 受建筑物等屏蔽的地方。
- (3) 低压架空线的接地点距入户处不超过 50 米。

(4) 土壤电阻率在 200 欧米以下的地区，以及使用铁横担的钢筋混凝土杆线路。

一类防火建筑

一类防火建筑物是指下列各种建筑物：高级住宅，19 层及以上的普通住宅，医院，百货楼，展览楼，财贸金融楼，电信楼，广播楼，省级邮政楼，高级旅馆，重要的办公楼，科研楼、图书馆、档案馆，建筑高度超过 50 米的教学楼和普通旅馆、办公楼、科研楼、图书馆、档案馆等。

二类防火建筑

属二类防火建筑的有 10~18 层的普通住宅，建筑高度不超过 50 米的教学楼和普通旅馆、办公楼、科研楼、图书馆、档案馆，省级以下的邮政楼等。

火灾自动报警系统

火灾自动报警系统由各种敏感元件（即对光、温、烟和红外线等反应灵敏的探头）和各种自动巡视、检测系统（如区域

安全用电

报警器或集中报警器)组成。有较完备的自动消防系统,还具有报警后能自动洒水、自动喷射高效灭火剂等成套自动装置。

火灾自动报警用探测器有感烟型探测器、感光型探测器、感温型探测器。三种类型的探测器都可与各种火灾自动消防报警装置组合配套,以满足不同场合对火灾探测的需要。合理选择不同功能的探测器是使火灾报警和自动消防系统能够准确动作的必要条件之一。各种探测器的安装位置、高度、有效保护范围以及所需装设的数量等都应符合公安部有关单位制订的火灾自动消防设施的规定。

感烟型探测器

感烟型探测器又分离子式感烟探测器和光电式感烟探测器。

(1) 离子式感烟探测器对火灾时产生的烟雾极其敏感。该探测器具有动作准确、灵敏度高的特点。离子式探头是利用微放射元素 Am241 作为敏感元件。其结构一般由烟能顺利进入的检测电离室和烟不能进入的补偿电离室相串联,并配以信号放大电路、开关转换电路、故障自动检测回路等组成,使用 18~24 伏的直流电源供电(由型号确定使用电压)。

(2) 光电式感烟探测器是利用光散射原理,对火灾初期产生的烟雾进行探测,及时发出报警信号。

离子式感烟探测器的型号有 FJ-270、TYL1、TYL2、HZ1、LG1、TYG1。光电式感烟探测器的型号有 TYG1 和 TYG2。

感光型探测器

这种探测器由发送和接收两个部分组成。使用时将这两部分分别安装在保护区空间相对的墙壁上，在工作状态时，发射器件可发射出1千赫的红外脉冲，这种脉冲以光束的形式经过被保护空间，而达到接受部分。在发生火灾时，火焰上部发生的物理变化，如烟、火焰、热等现象，影响红外光束，使其产生一定折射骚动，减少了到达接收器的强度。当光束强度减少到正常的50%以下，经过10秒钟时间即发出报警信号。这种探测器具有保护面积大、安装位置高、性能稳定，不仅具有对红外线敏感的功能，同时也具有烟感的功能。

属于这种类型的探测器有 HGL 型、TYGS-1 型和 TYGS-2 型。

红外感光型探测器

红外感光型探测器与上述所介绍的感光型探测器不同，这种探测器可以直接接受红外线信号而动作，而对于白炽灯、荧光灯、太阳光及瞬时闪烁现象不起反应。在这种探测器中使用的红外敏感元件是硫化铅（PbS）红外光敏管。探测器中的电路具有工作稳定、抗干扰能力强、响应速度快和通用性强的特点。这种探测器的型号是 JGD-1。

感温型探测器

感温型探测器按结构原理不同分为双金属片型、膜盒型、热敏电子元件型三种。

(1) 双金属片型是利用两种膨胀系数不同的金属片作为敏感元件。当环境温度急剧上升，温升率达到或超过探测器规定

安全用电

的动作温升速率时，差温部件动作，发出报警信号。当环境温度上升缓慢，温升速率即使很小，但随时间延长，温度达到探测器规定的动作温度时，定温部件动作，发出报警信号。所以这种探测器一般制成差温和定温两种形式，型号有 JW-JD、JW-SD、FJ-2704。

(2) 膜盒型探测属于机械式结构，也有差温和定温两种结构。差温部分在发生火灾时，由于温升速率急剧增加，气室内气压增大，波纹板向上鼓起，推动弹性接触片，接通电接点，发出报警信号。定温部分是在遇到熏烧状态的火灾，温升速率缓慢，差温部分失去作用时，在温度继续上升到标定动作温度（70℃或90℃），连接定温保险片的低熔点合金熔化，使保险片领先自身弹力向上弹出，推动波纹板接通电接点，发出报警信号。膜盒式探测器有 JW-MC、JW-MCD、JW-JC、JCW 和 TWD 等几种型号。

(3) 热敏电子元件型是利用不同特性的热敏电阻，在感受环境温度变化时，驱动电子电路发出差温报警信号。这类探测器的型号有 JW-RCD、JW-RD、JW-DC、JW-DD。

感温型探测器灵敏度高，适用于温度变化率小的场所；定温型可适用于温度变化率较大的锅炉房、厨房等场所。

感烟火灾探测器的安装

感烟火灾探测器的安装应满足以下要求：

- (1) 探测器的下端离安装点的距离应小于 0.6 米。
- (2) 探测器的安装点要离开梁或墙 0.6 米以上的位置。在走廊等狭窄场所，应安装在走廊中央。
- (3) 天棚附近有回风口的房间，探测器宜安装在回风口附

近。

(4) 天棚较低的居室（高度在 2.3 米以下时）或居室面积在 40 米² 以下时，感烟探测器宜安装在入口附近。

(5) 在有空调的房间内，探测器应安装在离送风口 1.5 米以上的位置。

(6) 探测器安装在斜面顶棚上时，与地面垂直线的夹角不能大于 45 度。如果大于 45 度时应使探测器成水平安装。

(7) 在楼梯，走廊安装探测器时，选择不受外部风吹的位置安装。当采用光电感烟探测器时，不能选用在日光直射的位置。

(8) 楼梯或倾斜路上探测器的垂直间距应为 15 米，采用Ⅲ级灵敏度的探测器，间距为 10 米。

(9) 电梯井、管道井等处，应该在最上部安装探测器。有机房的电梯井在机房地面有足够大的开口时，机房内设置探测器，电梯井内最上部可不安装。

感温火灾探测器的安装

感温火灾探测器的安装要求应满足以下条件：

- (1) 探测器的下端离安装面下方 0.3 米以内。
- (2) 探测器的安装位置离送风口距离要在 1.5 米以上。
- (3) 探测器安装的倾斜角度不能大于 45 度。
- (4) 在一个探测区内，探测器不能安装在极端位置。

火灾报警装置

火灾报警装置通常由报警器、接线箱和镍镉电池三个部分组成。报警器能对预定的保护现场进行有效的监护，通过接线

安全用电

箱将报警器与各个探测器相连接，报警器能对所有分路的探测器实行“自动故障监控”。当与每一个探测器连接的三根导线（电源“+”、电源“-”、信号线“X”）中任何一条发生断线时，报警器均能发出故障信号，并显示故障的分路号码。报警器在市电发生停电故障时可自动切换应急电源，保证整机系统的正常运行。应急电源由镍镉电池提供。当市电恢复后应急电源可自动切除，并向蓄电池组充电，充到额定电压后自动跳开。

火灾报警控制器的选择，一般应考虑以下因素：

- (1) 火灾探测器、火灾报警控制器宜选用同一制造厂的配套产品，或保证报警控制器的输入信号类型与火灾探测器的输出信号类型一致；
- (2) 报警器的容量应大于报警系统的回路数量；
- (3) 报警控制器的安装方式。

火灾事故照明

火灾事故照明设置是保证在发生火灾时，重要的房间（或部位）能继续工作。因此在高层民用建筑的下列部位应设置火灾事故照明：

- (1) 疏散楼梯、消防电梯及前室。
- (2) 配电室、消防控制室、消防水泵房和自备发电机房。
- (3) 电信楼、广播楼、省级邮政楼等重要机房或房间。

火灾疏散事故照明

火灾疏散照明是保证在火灾发生之际，指明出入口的位置和方向，便于有秩序地进行疏散。因此在高层民用建筑的下列

部位应设置火灾散事故照明:

(1) 观众厅、展览厅、多功能厅、餐厅和商场营业厅等人员密集的部位。

(2) 公共建筑内的疏散走道和居住建筑内长度超过 20 米的内走道。

供疏散用的火灾事故照明应在停电时瞬时点亮, 并能使地面照度不低于 0.5 勒。

建筑物的疏散通道和公共出入口设置疏散指示灯。通道疏散指示灯应安装在走廊、楼梯、通道及其转角处, 每 10~20 米步行距离安装一个。安装高度应在 1 米以下。

安全用电常识的主要内容

一般安全用电常识如下:

(1) 安全用电很重要, 每个公民都应自觉遵守有安全用电方面规程制度。做到安全、经济、合理用电。

(2) 不要乱拉电线、乱接用电设备, 更不要利用“一线一地”方式接灯照明。

(3) 不要在电力线路附近放风筝, 打鸟, 更不能在电杆和拉线上拴牲口, 不准在电线和拉线附近挖坑, 取土, 以防倒杆断线。

(4) 如发现电气障碍和漏电起火时, 要立即拉开电源开关。在未切断电源以前, 不能用水或酸、碱泡沫灭火器灭火。

(5) 不要在电线上晒衣服, 不要将金属丝(如铁丝、铝线、铜丝等)缠绕在电线上, 以防磨破绝缘层漏电, 而造成触电灼伤人。

(6) 电线断线落地时, 不要靠近 6-10 千伏的高压线

安全用电

路，应离开电线落地点 8-10 米远，并及时报告有关部门修理。

(7) 不要用湿手去摸灯口、开关和插座电气设备；更换灯泡时，要先关闭开关，然后站在干燥的绝缘物上进行；灯线不要拉得过长或到处乱拉，以防触电。

(8) 如发现有人触电，应赶快切断电源或用干木棍、干竹竿等绝缘物将电线挑开，使触电者及时脱离电源。如触电者精神昏迷，呼吸停止，应立即施行人工呼吸，并马上送医院进行紧急抢救。

触电对人体的伤害

当人体触及带电体，电流通过人体到大地或其他导体，形成闭合回路，这种情况叫做触电。触电会使人体受到伤害，可分为电击和电灼伤两种：

(1) 电击：人体相当于一个电阻，当电压施加于人体时便形成电流。人体在电流作用下组织细胞受到破坏，控制心脏和呼吸气管的中枢神经会麻痹，造成休克（假死）或死亡，这叫做电击。

(2) 电灼伤：电灼伤是指由于电流的热效应，化学效应，机械效应以及在电流作用下，使熔化和蒸发的金属微粒等侵袭人体皮肤，使皮肤的局部发红、起泡、烧焦或组织破坏，严重时也可以致人于死命，此类情况即为电灼伤。

接触电压触电

当电气设备某相因绝缘损坏，其接地电流流过接地装置

时，在其周围的大地表面和设备处壳上将形成分布电位，此时如果人站在设备处壳附近的地面上，并且手触及外壳时，则在人的手和足之间必将承受一个电势差，当此电势差超过人体允许的安全电压时，人体就会触电，通常称此触电为接触电压触电。

为了防止接触电压触电，在电网设计中，常需采取一些有效措施来降低接触电压水平。

单相触电

在人体与大地互不绝缘的情况下，接触三相导线中的任何一相导线时，电流经过人体流入大地，形成一个闭合回路，这种情形称为单相触电。单相触电对人体所产生的危害程度与电压的高低、电网中性点的接地方式等因素有关。

这时，触电人在电网的相电压之下，其电流由相线经人体、大地和接地配置而形成通路。

在中性点不接地的电网中，发生单相触电的情形。这时人体处在线电压作用之下（电流经其他两相线对地电容、人体而形成闭合回路），通过人体的电流与系统电压、人体电阻和线路电容等因素有关。如果线路较短，对地电容电流较小，人体电阻又较大时其危险性可能不大。但若线路长，对地电容电流又大，就可能发生危险。

人体发生单相触电的次数，约占总触电次数的 95% 以上。因此预防单相触电是安全用电的主要内容。

相间触电

安全用电

所谓相间触电，就是在人体与大地绝缘的时候，同时接触两根不同的相线或人体同时接触电气设备不同相的两个带电部分时，这时电流由一根相线经过人体到另一个相线，形成闭合回路。这种情形称为相间触电，此时人体直接处在线电压作用之下，比单相触电的危险性更大。

跨步电压触电

当带电设备发生某相接地时，接地电流流入大地，在距接地点不同的地表面各点上呈现不同电位，电位的高低与离开接地点距离有关，距离愈远电位愈低。

当人的脚与脚之间同时踩在带有不同电位的地表面两点时，会引起跨步电压触电。如果遇到这种危险场合，应合拢双脚跳离接地处 20 米之外，以保障人身安全。

高压触电和低压触电

高压触电和低压触电都很危险，但据资料统计，触电事故多半是发生在低压触电上，其原因是：

(1) 人们与低压电接触的机会多。

(2) 因低压电的电压低，而高压触电多属于电弧放电，因为当触电者还未完全触及导电部分之前，电弧的高温将严重烧伤人体。我们在日常的工作中，对高低压电都必须十分注意。

摆脱电流

触电后能自行摆脱的电流值，称为摆脱电流。

最新实用电工技术与操作手册

由测定结果得知，男性的工频摆脱电流是9毫安，女性是6毫安。

当18-22毫安（摆脱电流的上限）的工频电流通过人体的胸部时，所引起的肌肉反应将使触电者在通电时间内停止电流，呼吸即可恢复，而且不会因短暂的呼吸停止而造成不良后果。

感知电流

用手握住电时，手心感觉发热的直流电流，或因神经受刺激而感觉轻微刺痛的交流电流，称为感知电流。

受试者双手放在小铜丝上面，直流电流的平均感知电流男性是5.2毫安，女性是3.5毫安。

致命电流

在较短的时间内危及生命的最小电流称为致命电流，在电流不超过百毫安的情况下，电击致命的主要原因是电流引起心室颤动或窒息造成的。因此，可以认为引起心室颤动的电流即为致命电流。

人体触电时的危险性与相关因素

人体触电的危险性与以下各因素有关：

(1) 人体触电时，致命的因素是通过人体的电流，而不是电压，但是当电阻不变时，电压越高，通过导体的电流就越大。因此，人体触及到带电体的电压越高，危险性越大。但不

安全用电

论是高压还是低压，触电都是危险。

(2) 电流通过人体的持续时间是影响电击伤害程度的又一重要因素。人体通过电流的时间越长，人体电阻就越降低，流过的电流就越大，后果就越严重。另一方面，人的心脏每收缩、扩张一次，中间约有 0.1 秒间歇，这 0.1 秒对电流最为敏感。如果电流在这一瞬间通过心脏，即使电流很小（零点几毫安）也会引起心脏震颤；如果电流不在这一瞬间通过心脏，即使电流较大，也不至引起心脏麻痹。由此可知，如果电流持续时间超过 0.1 秒，则必然与心脏最敏感的间隙相重合而造成很大的危险。

(3) 电流通过人体的途径也与电击伤程度有直接关系。电流通过人体头部，会使人立即昏迷，电流如果通过脊髓会使人半截肢体瘫痪。电流通过心脏、呼吸系统和中枢神经，会引起神经失常或引起心脏停止跳动，中断全身血液循环，造成死亡。因此，从手到脚的电流途径最为危险。其次，是手到手的电流途径，再次是脚到脚的电流途径。

(4) 电流频率对电击伤害程度有很大影响。50Hz 的工频交流电，对设计电气设备比较合理，但是这种频率的电流对人体触电伤害程度也最严重。

(5) 人的健康状况，人体的皮肤干湿等情况对电击伤害程度也有一定的影响，凡患有心脏病，神经系统疾病或结核病的病人电击伤害程度比健康人严重。此外，皮肤干燥的电阻大，通过的电流小；皮肤潮湿电阻小，通过的电流就大，危害也大。

发生触电的原因

最新实用电工技术与操作手册

发生触电的原因主要有以下几点:

(1) 人们在某种场合没有遵守安全工作规程, 直接接触或过分靠近电气设备的带电部分。

(2) 电气设备安装不合乎规程的要求, 带电体的对地距离不够。

(3) 人体触及到因绝缘损坏而带电的电气设备外壳和与之相连接的金属构架, 而这些外壳和支架的接地(或接零)又不合格。

(4) 不懂电气技术和一知半解的人, 到处乱拉电线、电灯所造成的触电。

对于直接接触的防护措施

所谓直接接触, 是指直接接触及过分接近正常运行之带电体所引起的触电。为避免直接接触, 应采取以下防护措施:

(1) 绝缘: 即用绝缘物防止触及带电体。但注意, 单独靠涂漆、漆包等类似的绝缘来防止触电是不够的。

(2) 屏护: 即用屏障或围栏来防止触及带电体。其主要目的是使人们意识到超越屏障或围栏会发生危险, 而不会触及带电体。

(3) 障碍: 即设置障碍以防止无意触及或接近带电体。

(4) 间隔: 即保持间隔以防止无意触及带电体。

(5) 漏电保护装置: 漏电保护又叫残余电流保护或接地故障电流保护。它只作为附加保护, 其动作电流不宜超过 30 毫安。

人体什么部位触及带电体时通过心脏的电流最大

人在触电时，往往是手先触及带电体。电流从人的右手到双脚时，电流量的 6.7% 通过心脏。由左手到双脚时，有 3.7% 的电流到心脏；右手到左手时，有 3.3% 通过心脏。而左脚到右脚时，只有 0.4% 的电流经过心脏。由于可以看出，电流从右手到双脚时，通过心脏的电流最大，因此危害最大。

怎样使触电的人迅速脱离电源

(1) 如果是低压触电而且开关就在触电者的附近，应立即拉开闸刀开关或拔去电源插头。

(2) 如果触电者附近没有开关，不能立即停电时，可用相应等级的绝缘工具（如干燥的木柄斧，胶把钳等）迅速切断电源导线。绝对不能用潮湿的东西、金属等去接触带电设备或触电的人，以防救护者触电。

(3) 应用干燥的衣服、手套、绳索、木棒等绝缘物，拉开触电者或挑开导线，使触电者脱离电源。切不可直接去拉触电者。

对触电者的急救

(1) 救护人应沉着、果断、动作迅速准确，救护得法。

(2) 救护人不可直接用手和潮湿的物件或金属物体作为救护工具，严防自己触电。

(3) 防止触电者脱离电源后可能摔伤。当触电者在高处时

应采取预防跌伤措施。

(4) 如事故发生在夜间，应迅速解决照明，以利于急救，避免扩大事故。

(5) 触电者脱离电源后未失去知觉，仅在触电过程中曾一度昏迷过，则应保持安静继续观察，必要时就地治疗。

(6) 如果触电者脱离电源后失去知觉，但心脏跳动和呼吸还存在，应使触电者舒适、安静地平卧，解开衣服以利呼吸，同时应迅速请医生诊治。

(7) 如果触电者呼吸、脉搏、心脏跳动均已停止，必须立即施行人工呼吸或心脏按摩进行救护，并在就诊途中不得中断人工呼吸或按摩。

呼吸停止时的人工呼吸

触电人呼吸停止后，人体停止了氧气供应和二氧化碳的排出，严重影响到人体正常的生理活动。因此，必须迅速进行人工呼吸，强迫进行气体交换，从而使触电人能恢复自主呼吸，一般情况下，及时地进行人工呼吸，触电人多能得救。在现场急救时，常用口对口吹气法进行人工呼吸，这种方法简单、易行、收效快。具体做法是：先使触电人脸朝上仰卧，救护人一只手捏紧触电人的鼻子，另一只手掰开触电者的嘴，救护人紧巾触电者的嘴吹气；也可隔一层纱布或手帕吹气，吹气时用力大小应根据不同的触电人而有所区别。每次吹气要以触电人的脑部微微鼓起为宜，吹气后立即将嘴移开，放松触电人的鼻孔使嘴张开，或用手拉开其下嘴唇，使空气呼出；吹气速度应均匀，一般为每5秒钟重复一次，触电人如已开始恢复自主呼吸后，还应仔细观察呼吸是否还会停止。如果再度停止，应再继

安全用电

续进行人工呼吸。但这时人工呼吸要与触电人微弱的自主呼吸规律一致。

心脏停止跳动的急救

触电人如果心脏停止跳动,直观的来讲,就是摸不到脉搏。这时人体内脏血管缺血、缺氧而丧失正常功能,造成死亡。如果抢救及时、正确,还有可能使心脏恢复自主跳动。对心脏停止跳动的触电者,通常采用人工胸外挤压法,其目的是强迫心脏恢复自主跳动。具体操作步骤是:先使触电者平躺在木板或地面上,姿势与口对口人工呼吸法相同。救护人位于触电者的一侧,两手交叉相迭,下面一只手的中指对准胸膛,手指按在胸部。找到正确位置后,自上而下地用力向背部方向,挤压使心脏收缩(成人压陷胸骨3—4厘米左右,对儿童要轻些),挤压后,掌根突然放松(但手掌不要离开胸膛),让触电人胸部恢复原状,使心脏扩张,按上述步骤连续进行,每分钟约60次。

进行胸外心脏挤压时,靠救护者的体重和肩部肌肉适度用力,要有一定的冲击力量,而不是缓慢用力,但也不要用力过猛。

胸外心脏挤压法的效果,可以从触电人的嘴唇及身上皮肤的颜色是否转为红润以及颈动脉、股动脉是否可以摸到搏动来判断。一般人工胸外挤压法与口对口人工呼吸法相配合进行抢救,其效果更好。这时需要两人配合进行,当救护人甲向下压胸时,救护人乙不要吹气,当救护人甲放松时,救护人乙贴紧触电人的嘴吹气,如此有节奏地反复进行,直到心脏跳动为止。

触电急救时的注意事项

触电急救应注意以下事项：

(1) 对触电后停止呼吸的人应立即采用人工呼吸法。不管采用哪种人工呼吸方法，都必须争分夺秒，不得稍有延误。

(2) 在进行人工呼吸时，要避免触电人着凉，如触电人躺在混凝土地上或其他潮湿地方，在其身下可垫些毛毯等较为暖和的东西，身上衣服只须解开钮扣，不必脱下，以免着凉。

(3) 人工呼吸法必须连续进行，不可半途中断，造成前功尽弃。只有当触电者开始呼吸后，才可停止人工呼吸。

(4) 对触电者不可滥用药物，特别不允许用强心剂、安钠加等，对能兴奋呼吸中枢的克拉明，根据具体情况可酌情适量使用。

安全电压

人体与电接触时，对人体各部组织（如皮肤、心脏、呼吸器官和神经系统）不会造成任何损害的电压叫做安全电压。

安全电压值的规定，各国有所不同。如荷兰和瑞典为24伏；美国为40伏；法国交流为24伏，直流为50伏；波兰、捷克斯洛伐克为50伏。

我国根据具体环境条件的不同，安全电压值规定为：

在无高度触电危险的建筑物中为65伏；

在有高度触电危险的建筑物中为36伏；

在有特别触电危险的建筑物中为12伏。

无高度触电危险建筑物

无高度触电危险的建筑物是指干燥温暖、无导电粉尘的建筑物。室内地板是由非导电性材料（如干木板、沥青、瓷砖等）制成。金属构架、机械设备不多，金属占有系数小于20%（所谓金属占有系数就是金属品所占的面积与建筑总面积之比）。

属于这类建筑物的有：仪表的装配大楼、实验室、纺织车间、陶瓷车间、住宅的公共场所及生活建筑物。

有高度触电危险建筑物

有高度触电危险的建筑物是指潮湿、炎热、高温和有导电粉尘的建筑物。一般金属占有系数大于20%。用导电性材料（如泥土、砖块、湿木板、水泥和金属等）制成的地坪，如金工车间、锻工车间、拉丝车间、电炉车间、室内外变电所、水泵房、压缩站等。

有特别触电危险建筑物

有特别触电危险的建筑物，是指特别潮湿；、有腐蚀性气体、煤尘或游离性气体的建筑物。属于这类建筑物的如锻工车间、锅炉房、酸洗和电镀车间以及化工车间等。

电气间距

为了防止具体触及或接近带电体，防止车辆等物体碰掸或

过分接近带电体，防止电气短路事故和因此而引起火灾，在带电体与地面之间，带电体与带电体之间、带电体与其他设备和设施之间，均需保持一定的安全距离，这种安全距离就是电气间距，简称间距。

电气设备在安全技术上的基本要求

从对各种触电事故的原因分析中可以看出，由于电气设备在结构上，装置上有缺陷，不能满足安全工作要求而造成的事故比例是很大的。；因此，为了防止电气工作中的触电事故，确保工作人员的生命安全，电气设备在设计、制造和安装时，在安全技术上应满足以下几方面的要求：

- (1) 设备要采取保护性接地。
- (2) 设备的带电部分对地和其他带电部分相互间保持一定的安全距离。
- (3) 低压电力系统要装设保护性中性线。
- (4) 对地面裸露的带电设备要采取可靠的防护措施。
- (5) 在电气设备系统和有关的工作场所装设安全标志。
- (6) 根据某些电气设备的特性和要求采取特殊的安全措施。

安全距离

安全距离就是在各种工作条件下，带电导体与附近接地物体、地面以及工作人员之间所必须保持的最小距离或最小空气间距。这个间隙不仅应保证在各种可能的最大工作电压或过电压的作用下，不发生闪络放电，还应保证工作人员在对设备进

安全用电

行维护检查操作和检修时的绝对安全。

安全距离主要是根据空气间隙的放电特性确定的。但在超高压的电力系统中，还要考虑静电感应和高压电场的影响。通过实验得知，空气间隙在承受各种不同形式的电压时，具有不同的电气强度。因此，为确保工作人员和设备的安全，必须确定合理的安全距离和严格遵守已经规定的安全距离。

静电的产生原因及其危害

静电是由不同物质的接触、分离或互相摩擦而产生的，例如在生产工艺中的挤压、切割、搅拌和过滤，以及生活中的行走、起立、脱衣服等，都会产生静电。

静电的电位一般是较高的。例如人有穿、脱衣服时，有时可产生一万多伏的电压（不过其总的能量是较小的）。静电的危害大体上分为使人体受电击、影响产品质量和引起着火爆炸三个方面，其中以引起着火爆炸最为严重，可以导致人员伤亡和财产损失。过去在国内外都曾发生过此类事故，主要是由于静电放电时发生火花将可燃物引燃所造成的，因此，在有汽油、苯、氢气等易燃物质的场所，要特别注意防止危害。

防止静电危害的措施

静电危害的防止措施主要有减少静电的产生、设法导走或消散静电和防止静电放电等。其方法有接地法、中和法和防止人体带静电等。具体采用哪种方法，应结合生产工艺的特点和条件，加以综合考虑后选用。

(1) 接地：接地是消除静电最简单最基本的方法，它可以

迅速地导走静电。但要注意带静电物体的接地线，必须连接牢固，并有足够的机械强度，否则在松断部位可能会产生火花。

(2) 静电中和：绝缘体上的静电不能用接地的方法来消除，但可以利用极性相反的电荷来中和，目前“中和静电”的方法是采用感应式消电器。消电器的作用原理是：当消电器的尖端接近带电体时，在尖端上能感应出极性与带电体上静电极性相反的电荷，并在尖端附近形成很强的电场，该电场使空气电离后，产生正、负离子在电场作用下，分别向带电体和消电器的接地尖端移动，由此促使静电中和。

(3) 防止人体带静电：人在行走、穿、脱衣服或坐椅上起立时，都会产生静电，这也是一种危险的火花源，经试验，其能量足以引燃石油类蒸气。因此，在易燃的环境中，最好不要穿化纤类衣物；在放有危险性很大的炸药、氢气、乙炔等物质的场所，应穿用导电纤维制成的防静电工作服和导电橡胶做成的防静电鞋。

一般人体的电阻

发生触电时，流经人体的电流决定于触电电压与人体电阻的比值。人体电阻并不是一个固定数值。人体各部分的电阻除去角质层外，以皮肤的电阻最大。当人体在皮肤干燥和无损伤的情况下，人体的电阻可高达4—40万欧。如果除去皮肤，则人体电阻可下降至600—800欧。但人体的皮肤电阻也并不是固定不变的，当皮肤出汗潮湿或是受到损伤时，电阻就会下降到1000欧左右。

安全用电

低压带电工作注意事项

(1) 工作中应有专人监护，不许单人带电工作，使用的工具必须带绝缘柄，严禁使用锤刀、金属尺和带有金属的毛刷、毛掸等工具。

(2) 工作应站在干燥的绝缘物上进行，并戴手套和安全帽，必须穿上衣。

(3) 高低压线路同杆架设，应采取防止碰带电高压线路的措施，并应保持足够的安全距离。

(4) 在带电的低压配电装置上工作，应采取防止相间短路和单相接地的隔离措施。

安全色的种类和意义

我国安全色采用的标准，基本上与国际标准草案（ISD）相同。一般采用的安全色，有以下几种：

(1) 红色：用来标志禁止、停止和消防，如信号灯、信号旗、机器上的紧急停机按钮等都是用红色来表示“禁止”的信息。

(2) 黄色：用来标志注意危险。如“当心触电”、“注意安全”等。

(3) 绿色：用来标志安全无事。如“在此工作”、“已接地”等。

(4) 蓝色：用来标志强制执行，如“必须带安全帽”。

(5) 黑色：用来标志图象、文字符号和警告标志的几何图形。

最新实用电工技术与操作手册

按照《电力工业技术法规》的规定，为便于识别，防止误操作，确保运行和检修人员的安全，采用不同颜色来区别设备特征，如电气母线，A相为黄色，B相为绿色。C相为红色。明敷的接地线涂以黑色。在二次系统中，交流电压回路用黄色，交流电流回路用绿色，直流回路中正电源用红色，负电源用蓝色，信号和警告回路用白色。

另外，为便于运行人员监视和判别处理事故，在设备仪表盘上，在运行极限参数上画红线。

安全用电标志

明确统一的标志是保证用电安全的一项重要措施。从事故的统计中可以看出不少电气事故完全是由于标志不统一而造成的。如由于导线的颜色不统一，误将相线接设备的机壳，而导致机壳带电，甚至使操作者触电死亡。

标志分为颜色标志和图形标志。颜色标志常用来区分各种油性质、不同用途的导线，或用来表示某处的安全程度。图形标志一般用来告诫人们不要去接近有危险的场所。如在配电装置前的围栏上悬挂告诫人们当心触电的三角形标志牌。

为保证安全用电，必须严格按有关标准使用颜色标志和图形标志。

电气安全防护装置

电气设备的防护装置常用的有遮栏、保护网、绝缘隔板、保护罩等。

(1) 安全遮栏，变电所的电气设备，凡是运行值班人员在

安全用电

正常巡视中有可能达不到安全距离要求的都应加装安全遮栏。检修时达不到安全距离时加装临时遮栏。

(2) 保护网，室内带电设备，有的位于通道或工作场所上方，这了防止在搬运物品时可能造成触电，要求将这些裸露的带电部分用保护网罩起来。

(3) 绝缘隔板，主要用于在变电所部分带电工作时，对35千伏及以下的带电设备如与工作人员距离很小，装设遮栏不能满足要求时，可以用绝缘隔板来代替临时遮栏。

(4) 保护罩，安装在地面或工作人员容易接触的地方的低压开关、刀闸等设备，为防止发生人身触电事故，必须加设保护罩。

正常不带电的金属

这里所指的正常不带电金属部分，系指设备正常运行时不带电的金属外壳、底座、构架、基础型钢；铠装、金属接头盒和终盒以及敷设电缆的支架、托盘、保护等等；布线的钢管、钢索、接线盒以及绝缘导线的屏蔽；电气仪表、照明灯具、信号装置等金属外壳，支持绝缘子，穿墙套管等的金属底座。

在电气设备上工作，保证安全的组织措施和技术措施

(1) 保证安全的组织措施是：

①工作票制度；②工作许可制度；③工作监护制度；④工作间断、转移和终结制度。

(2) 保证安全的技术措施是：

①停电；②验电；③装设接地线；④悬挂标示牌和装设遮

栏。

与人身安全有关的停电操作程序

停电操作一般容易发生的事故是带负荷拉隔离开关和带电挂接地线。这是性质十分严重，影响很大的误操作事故，为了防止这种错误，应采用下列操作程序：

- (1) 检查有关表计指示是否允许拉闸；
- (2) 断开断路器；
- (3) 检查断路器确在断开位置；
- (4) 拉开负荷侧隔离开关；
- (5) 拉开电源侧隔离开关；
- (6) 切断断路器的操作能源；
- (7) 拉开断路器控制回路保险器；
- (8) 按照检修工作票要求布置安全措施。

如需要装设接地线，必须先验电。只有验明设备确不带电后可挂接地线。

停电操作和验电挂接地线必须两人进行，一人操作，一人监护，并在事先填写好“开闸操作票”，操作票内容与模拟图板核对，操作时按操作票内容和顺序逐项操作。

与人身安全有关的送电操作程序

送电操作程序与电力系统的结线有关，不同的系统结线操作程序也不相同，但与人身安全有关的基本送电操作程序是这样规定的：

送电操作通常容易发生的事故是带地线合闸。在发生这种

安全用电

事故时往往造成设备严重损坏，人员烧伤，影响系统的安全运行。为了防止这种错误，应采取以下措施及操作程序：

(1) 检查设备上装设的各种临时安全措施和接地线是否确已完全拆除。

(2) 检查有关的断电保护和自动装置确已按规定投入。

(3) 检查断路器在断开位置。

(4) 合上操作电源与断路器控制直流保险。

(5) 合上电源侧隔离开关。

(6) 合上负荷侧隔离开关。

(7) 合上断路器。

(8) 检查送电后的负荷电压应正常。

送电操作的其他注意事项与停电操作相同。

电气安全用具

电气安全用具一般可分为绝缘的安全用具和非绝缘的安全用具两种。绝缘的安全用具是用来防止停电工作的设备突然来电或感应电压，防止工作人员走错触电间隔或带电设备。如携带型接地线、可移动的防护遮栏等。

辅助安全用具

辅助电气安全用具，主要是防止由于绝缘不良或在操作时，系统发生接地故障而出现接触电压或跨步电压时对工作人员造成危害。辅助安全用具主要有绝缘手套、绝缘鞋、绝缘台(垫)。

绝缘手套、绝缘鞋要具有柔软、绝缘强度大和耐磨性能。

在使用绝缘手套时，最好里边带上一双棉毛手套，以防止在操作时发生弧光短路使橡胶熔化而烫伤手指。绝缘垫一般用来铺在配电装配处的地面上，以增强工作人员的对地绝缘，防止接触电压与跨步电压对人体的伤害。

基本的电气安全用具

基本的电气安全用具，主要是指用来操作隔离开关、高压保险或装卸携带接地线的绝缘棒或绝缘夹钳。绝缘棒一般用电木、胶木、环氧玻璃布棒或环氧玻璃布管制成。在结构上可分为工作部分、绝缘部分和手握部分。使用绝缘棒时要注意防止碰撞，以防损伤其绝缘表面，并应存放在干燥的地方。

绝缘夹钳是用来安装或拆卸高压保险器、或执行其他类似工作的工具。在 35 千伏及以下的电力系统中，绝缘夹钳列为基本安全用具之一。但在 35 千伏以上的电力系统中，一般不使用绝缘夹钳。

保管安全用具的维护保管

(1) 绝缘棒应垂直存放，架在支架上或由挂在室内，不要接触墙壁。

(2) 绝缘手套、绝缘鞋应定位存放在柜内，与其他工具分开。

(3) 安全用具的橡胶制品不能与石油的油脂接触。存放在环境温度不能过热或过冷。

(4) 验电器用后存放于匣内，置于干燥处，防止积灰和受潮。

安全用电

- (5) 存放安全用具的地点，应有明显的标志，“对号入座”，做到存放取用方便。
- (6) 安全用具绝不可移作它用。
- (7) 使用前检查有无损坏。
- (8) 应定期进行试验。

电气装置的防火要求

电气装置引起火灾的原因很多，如绝缘强度降低、导线超负荷、安装质量不佳、设计不符合防火要求、设备过热、短路等。

针对上述情况提出的防火要求是：电气装置要保证符合规定的绝缘强度；限制导线的载流量，不得长期超载；严格按安装标准装设电报装置，质量要合格；经常监视负荷，不能超载；防止机械损伤破坏绝缘以及接线错误等造成设备短路；导线和其他导体的接触点必须牢固，防止过热氧化；工艺过程中产生静电时要设法消除。

适用于扑灭火灾的灭火器

遇有电气火灾，就首先切断电源。

对于已切断电源的电气火灾的扑救，可以使用水和各种灭火器。但在扑灭未切断电源的电气火灾时，则需要用以下几种灭机：

- (1) 四氯化碳灭火器——对电气设备发生的火灾具有较好的灭火作用，因为四氯化碳不燃烧，也不导电。
- (2) 二氧化碳灭火器——最适宜扑灭电器及电子设备发生

的火灾，因二氧化碳没有腐蚀作用，不致损坏设备。

(3) 干粉灭火器——它综合了四氯化碳、二氧化碳和泡沫灭火机的长处，适用于扑灭电气火灾，灭火速度快。

带电灭火应注意事项

有时灭火需要带电进行。除使用适合带电灭火的灭火器外，也应注意如下事项：

(1) 为了避免触电，人体与带电体之间应保持足够的安全距离。

(2) 对架空线路等设备灭火时，要注意防止导线断落伤人。

(3) 电气设备发生接地时，室内扑救人员不得进入距故障点4米以内，室外扑救人员不得接近故障点8米以内距离。

充油设备灭火应注意事项

绝缘油的闪点大都为 $130\sim 140^{\circ}\text{C}$ ，有较大的危险性。充油设备灭火时，应根据具体情况采用油的灭火方法，并注意以下事项：

(1) 设备外部起火，可用不导电的二氧化碳、四氯化碳灭火器灭火。

(2) 电气设备油箱喷油燃烧时，除切断电源外，还应设法将油放入贮油池。池外的油可用干砂或泡沫灭火器灭火。地面上的油火不应用水喷射，以防油火漂浮水面而扩散。更要防止燃烧着的油流入电缆沟内蔓延，沟内的油火只能用泡沫覆盖扑灭。

安全用电

(3) 电机等旋转电器着火时，不宜用干粉砂子等扑救，以免增加修复困难。在扑灭电气火灾的同时，应及时向消防部门和有关领导部门报告。

使用安全用具时要注意的问题

在使用安全用具时，需要注意下列事项：

(1) 安全用具，要加强日常保养，要防止受潮，损坏和脏污。绝缘棒应放在木架上，不要随便扔在地上。绝缘手套等应放在箱柜内，不许存放在过冷、过热，阳光曝晒或有酸、碱及油类的地方，以防胶质老化。验电器不用时，要放在盒内，并置于干燥的地方。

(2) 使用绝缘手套前，要仔细检查，不能有破损或漏气等现象。

(3) 辅助安全用具不能直接接触 1 千伏以止的电气设备，在高电压下使用时，需要与其他安全用具配合使用。

(4) 使用验电器时，应将验电器慢慢地靠近电气设备，如氖光灯发亮表示有电。验电器必须按其额定电压使用，不得将低电压验电器在高电压上使用，也不得将高压验电器在低电压上使用。

(5) 使用绝缘杆操作带电设备时，必须戴绝缘手套。

安全用电措施“十不准”

(1) 不准带电以移动电气设备。不准赤脚站在地面上带电作业。不准挂钩接线。

(2) 不准使用三危线路用电，三危线路是：对地距离不符

最新实用电工技术与操作手册

合安全要求的“拦腰线”、“地爬线”、“碰头线”。

(3) 一切进行电气操作及值班工作的人不准喝酒。

(4) 高压线路或设备，不准带负荷拉刀闸。低压线路或设备如开关开断能力不足时，停电时先拉分路环节开关把负荷降下来再拉总开关，送电时按相反顺序操作。

(5) 对电气知识一知半解者，不准玩弄电器或乱拉乱接，安装修理要请合格电工。

(6) 照明用电不准使用一线一地制。

(7) 不准约时停、送电。

(8) 不准私设电网。未经公安部门批准，任何单位和个人私设电网者，都是违法行为。

(9) 不准用电在河湖、鱼塘捕鱼。

(10) 不准在高压线上建房子、堆柴草，不准在电力线旁边架设超高的电视天线。

以上十条安全用电的规程制度，要求工厂和农村的电工，以及各级管电人员，做到应知、应会、应遵守。

发生哪些电气事故要及时通知供电部门

为保证供电系统的安全，用电单位一旦发生以下电气事故，应立即通知供电部门，以便及时协助处理事故，缩短停电时间，迅速恢复供电。

(1) 由于用户电气设备事故或误操作事故引起供电系统停电，变电站开关掉闸者。

(2) 用户发生主要电气设备（如变压器、断路器等）烧坏事故，全厂停电事故；

(3) 用户人身触电死亡事故；

安全用电

(4) 由于电气设备故障而影响供电部门电能计量准确者。

事故发生后，要求用户和有关部门组织事故调查小组，对事故进行调查、分析，找出事故发生的原因，提出防止事故的措施，并按有关规定填写事故报告，报送供电部门。

低压触电保安器

低压触电保安器是一种行之有效的防止低压触电的保护设备。如果在低压网络中发生触电事故或绝缘损坏漏电，它会立即发出警报信号或指令切断电源，使人身和设备得到保护，起到这种保护作用的设备称为低压触电保安器。

对低压触电保安器的基本要求

使用触电保安器的目的是当人体发生触电时，能迅速自动地切断电源，以保障人身安全。保安器还能用于监视低压网络中的绝缘状态和运行是否正常。为了使触电保安器能准确、可靠地动作，在技术上应满足以下几点要求：

(1) 触电保安器的灵敏度要正确合理。灵敏度过高时，有可能因电网微弱对地漏电而造成保安器频繁动作，使电网无法工作；如果灵敏度过低，又可能在发生人体触电时保安器还不动作，从而失去保护作用。根据触电保安器的运行经验，从保护人身安全的可靠性出发，一般触电保安器的起动电流应在15-30毫安范围之内。

(2) 触电保安器动作的时间，在一般情况下均不应大于0.1秒。如果动作时间大于0.1秒时，应采取措施减少起动电流，以达到保护人身安全的目的。

(3) 保安器应装有必要的监视设备，以防运行状态改变时，失去保护作用。如对电压型触电保安器，应装监视零线接地的装置。

低压触电保安器的类型

触电保安器的保安原理，是当人体发生单相触电时，有一触电电流通过保安器线圈，从而使开关动作，切断电源。根据保安器检测元件的不同可分下列几类：

(1) 检测触电电流的保安器，称为电流型保安器。

(2) 检测变压器中性点对地位移电压的保安器（它用于中性点不接地的低压三相四线制电网中），称为电压型保安器。

(3) 以直流电压作为检测辅助量的保安器。

尽管使用目的有所区别，结构形式不尽相同，但其主要元件都是由于列四个主要部分组成的：

(1) 检测机构：当发生触电事故或绝缘坏漏电时，使灵敏继电器动作。

(2) 脱扣机构：灵敏继电器动作后，接通脱扣电磁铁，电磁铁动作使开关动作而切断电源。

(3) 开关装置：直接接通或断开电源的装置。

(4) 试验回路：检查保安器能否按需要可靠地工作。

电压型低压触电保安器的起动电流的整定

变压器中性点是通过桥式整流器，灵敏继电器线圈接地的，通过灵敏继电器线圈的电流是直流，因此继电器的起动电流应按下式整定：

$$I = I_r \eta K$$

式中 I ——继电器起动电流（毫安）；

I_r ——人体安全电流，取 15 毫安；

K 整流系数，桥式整流取 0.9；

η ——低压电网电流回收系数。

正常运行时，只要灵敏继电器的起动电流 I 大于电网的不平衡电流，就不会发生频繁的动作。

用于触电保护的零序电流互感器的构造及工作原理

用于触电保护的零序电流互感器的构造与一般电流互感器基本相同。它是将原、副线圈共绕在一个闭合铁芯上的，所不同的地方是零序电流互感器的原线圈把 A、B、C、D 四根导线绞合在一起绕于铁芯上。

它的工作原理是这样的，在正常用电时，若三相电流是平衡的，其三相电流在互感器铁芯里所产生的磁通刚好抵消，这时零线止也没有电流。所以三相电流虽经互感器的原线圈，但副线圈并没有感应电压。即使三相用电不平衡，流过三相的总电流和零线上的电流还是大小相同而方向相反，它们在互感器铁芯里所产生的磁通也是抵消的。因此，不论三相电流是否平衡，零序电流互感器是不会有输出电压的。

当发生触电事故时，电流经人体、大地到中性点构成一闭合回路。这部分电流不再经零序电流互感器平衡，因此，零序电流互感器的副线圈便产生电压输出，去起动触电保护装置动作，切断电源，从而起了保护作用。

电流动作型漏电保护器的基本性能

(1) 漏电保护特性: 这是衡量电流动作漏电保护器优劣的主要指标, 它是以额定漏电动作电流和额定漏电不动作电流以及漏电动作时间来确定的。

(2) 平衡特性: 这是衡量零序电流互感器优劣的主要指标之一。

(3) 抗漏电短路电流性能: 为了保持这一性能, 漏电断路器必须经过 6~10 倍额定电流的抗漏电短路电流的冲击试验。

(4) 漏电动作寿命: 是指在正常使用条件下, 在使用寿命之内, 漏电动作特性必须保持不变。

(5) 漏电动作特性的可靠性: 在各种试验之后, 都必须复测常温下的漏电动作特性, 以观察漏电断路器是否仍保持不变。

漏电保护器的选用。

漏电保护器的选用, 应根据使用的目的、安装场所、电压等级、被保护回路泄漏电流以及用电设备的接地电阻数值等因素来确定, 常用的选择方法有以下三个方面:

(1) 根据使用目的来选择。例如直接接触保护是防止人体直接接触及电气设备的带电导体而造成的触电伤亡事故。

(2) 根据工作电压和使用场所来选择。例如在潮湿场所、建筑工地以及可能受到雨淋或充满水蒸汽的地方由于这些场所触电危险大, 所以适宜装动作电流较小 (15 毫安) 并能在 0.1 秒内动作的漏电保护器。

安全用电

(3) 根据电路和用电设备的正常泄漏电流来选择。任何供电线路和用电设备的绝缘电阻不可能是无穷大的，都有一定的泄漏电流存在，所以漏电保护器的动作电流不应小于正常的泄漏电流，否则就破坏了供电的可靠性。

漏电保护器弥补了接地保护装置的不足

因为在中性点不接地的低压系统内，设备外壳漏电或人员触电时，通过人体的故障电流仅为低压电网的电容电流。其数值不足以引起首端保护装置（如熔断器）动作，但对人身的安全已构成极大的危险。

为了确保在这种情况下的人身安全，设法降低工作人员在接触漏电设备外壳时的接触电压，往往将电气设备的外壳直接与地连接（称之为保护接地），使设备的外壳保持与大地的电位一致（接近于零）。因而达到保护人身安全的目的，但是这种方法的根本缺点是不能有效及时地将故障切除，消除隐患，仍然不能完全避免人身触电伤亡的危险。

只有安装使用漏电保护器才是人身触电保护的较理想的安全措施，因为它能保证在人身触电的瞬间立即断开电源，即保证了人身安全，又从根本上消除了故障。

漏电保护器弥补了接零保护装置的不足

接零保护有以下弱点：

(1) 保护接零线，由于截面小，容易折断，一旦零线断开，在设备漏电时，将使故障设备的外壳长期存在危险电压，其数值可高达 220 伏。

(2) 在低压网络中，如果变压器中性点接地线发生断线，在三相负荷严重不平衡时，将使变压器中性点发生位移，这样将使中性点位移电压加到设备的外壳上，使非故障设备外壳也出现危险电压，而导致人身触电。

所以保护接零也不是可靠的人身保安措施。安装漏电保护器后，可以弥补上述缺点，消除隐患，保证人身安全。

哪些场所不适宜安装漏电保护器？

以下场所不适宜安装漏电保护器

- (1) 用于消防设备的电源。如火灾报警器、消防警铃、消防水泵、消防专用电梯等。
- (2) 用于防盗报警设备电源。
- (3) 公共场所及高层建筑的通道照明、紧急进出口照明、应急设备电源等。
- (4) 无人值班或不易被人接触的地下设备或深井电源。
- (5) 特殊工作环境排水设备、通风设备电源。如井下、地铁、隧道等。
- (6) 其他不允许间断停电的设备。

漏电保护器误动

凡因本身质量问题或作用环境和电路结构不合适，在没漏电故障时，漏电保护器发生动作的现象称为误动。

造成误动有以下原因：

- (1) 低压电路开闭电压引起的误动作。
- (2) 高压侧电压窜向低压侧引起的误动作。

安全用电

- (3) 雷电过电压引起的误动作。
- (4) 泄漏电流和电容电流引起的误动作。
- (5) 漏电断路器或漏电继电器负荷侧的开关电器合闸不同步引起的误动作。
- (6) 高次谐波电流引起的误动作。
- (7) 故障电路对健全电路影响所引起的误动作。
- (8) 闪流通过磁路不平衡的零序电流互感器所引起的误动作。
- (9) 附近大电流母线影响可能引起的误动作。
- (10) 电力电子设备的滤电路对地构成回路引起的误动作。
- (12) 变压器并联运行引起的误动作。
- (13) 漏电保护断路器使用不当或负荷侧零线接地引起的误动作。
- (14) 漏电断路器并联使用引起的误动作。
- (15) 无线电高频发生源引起的误动作。
- (16) 偏离正常使用条件引起的误动作。
- (17) 保护电器本身质量问题引起的误动作。

安装漏电保护器应注意事项

- (1) 漏电保护器标有电源侧和负荷侧时，接线安装必须加以区别，不能反接，否则就会烧毁电压线圈。
- (2) 漏电保护器额定电压必须和供电回路的额定电压相一致，否则就会破坏漏电保护器的性能或拒动。
- (3) 在高温、低温、湿度大或尘土多以及有腐蚀性气体的环境中，安装漏电保护要采取必要的辅助措施。

(4) 漏电保护器安装好以后，在投入使用前，要先操作试验按钮，检查漏电保护器的动作功能。

使用低压触电保安器应注意事项

(1) 要正确对待人和物的关系，不要以为安装了触电保安器，就麻痹大意。认真搞好安全用电的宣传、教育工作，才是搞好安全用电的积极措施。

(2) 触电保安器是当发生人体单相触电事故时，才起保护作用的。如果人体对地绝缘，只触及两根相线或一相一零时，保安器不动作。

(3) 触电保安器后面的线路是对地绝缘的，如果对地绝缘损坏，漏电超过 15 毫安时，触电保安器也会动作切断电源。所以要求对地绝缘必须良好，否则将经常发生误动作。

(4) 保安器动作后，应立即查明动作原因。待事故排除后，才能恢复送电。

第七章 电工实用技巧

弯曲多的铁管穿电线简法

电线穿入铁管时，常因铁管拐弯多使铁丝难以穿过。这时可找一个比管径小些的螺帽，把棉线栓在上面，将螺帽放入管子里，利用重力使它在管内向下滑动（操作时应适当调整管子的位置），经过几个弯就可把棉线从下面管口带出来，再通过棉线把铁丝带进管子里，就能顺利穿电线了。

手电钻碳刷的应急代换

小型手电钻的碳刷是易磨损件，磨损严重时碳刷与转子之间会严重打火，需更换新碳刷。如果一时没有合适碳刷，可以用2号废旧电池的碳棒按原碳刷尺寸磨好代用。

用交流接角器电磁铁改制小型电源变压器

利用废旧交流接触器的电磁铁略加改制可成为一个小型电

源变压器。改制时，用线圈上所标的额定电压除以线圈上所标的绕线匝数，得出每伏应绕的匝数。再用每伏应绕的匝数乘上你所需要的电源变压器的初级电压，得出应保留在线圈上的匝数，然后拆掉多余部分。再按每伏应绕匝数乘上你所需要的次级电压，得出次级圈应匝数。可把拆下的漆包线合成数股（根据次级电流要求），用它制次级线圈，用绝缘纸包好，装在铁芯上，固定了即成电源变压器。例如 CJ10-20 交流接触器所标的额定电压为 380V，匝数为 5660 匝，可计算出每伏应绕匝数约为 15 匝。若电源交流变压器初级电压为 220V 时，应保留圈数 3300 匝，次级电压为 6V 时，应绕 90 匝。

低压试电笔的几种特殊用法

低压试电笔（指一般测 220V 的试电笔）除能测量物体是否带电外，还能帮助人们做一些其它的测量：

(1) 判断感应电。用一般试电笔测量较长的三相线路时，即使三相交流电源缺一相，也很难判断出是哪一根电源线缺相（原因是线路较长，并行的线与线之间有线间电容存在，使得缺相的某根导线产生感应电，使试电笔氖管发亮）。此时，可在试电笔的氖管上并接一只 1500P 的小电容（耐压应取大于 250V），这样在测带电线路时，电笔可照常发光；如果测得的是感应电，电笔就不亮或微亮，据此可判断出所测得电源是否为感应电。

(2) 判别交流电源同相或异相。两只手各持一支试电笔，站在绝缘物体上，把两支笔同时触及待测的两条导线，如果两支试电笔的氖管均不太亮，则表明两条导线是同相电，若两只试电笔的氖管发出很亮的光，说明两条导线是异相。

电工实用技巧

(3) 区别交流电和直流电。交流电通过试电笔时，氖管中两极会同时发亮；而直流电通过时，氖管里只有一个极发亮。

(4) 判别直流电的正负极。把试电笔跨接在直流电的正、负极之间，氖管发亮的一头是负极，不发亮的一头是正极。

(5) 用试电笔测知直流电是否接地并判断是正极还是负极接地。在要求对地绝缘的直流装置中，人站在地上用试电笔接触直流电，如果氖管发亮，说明直流电存在接地现象；若氖管不发亮，则不存在直流电接地。当试电笔尖端的一极发亮时，是说明正极接地，若手握笔端的一极发亮，则是负极接地。

(6) 作为零线断路，氖管即发亮。

(7) 做家用电器指示灯。把试电笔中的氖管与电阻取出，将两元件串联后接在家用电器电源线的火线与零线之间。家用电器工作时，氖管便可发光。

(8) 判断物体是否产生有静电。手持试电笔在某物体周围寻测如氖管发亮，证明该物体上已带有静电。

(9) 粗估电压。自己经常使用的试电笔，可根据测电时氖管发光的强弱程度粗略估计电压高低，电压越高，氖管越亮。

(10) 判断电气接触是否良好。若氖管光源闪烁，表明为某线头松动，接触不良或电压不稳定。

(11) 判断电视机高压。手持电笔接近高压嘴附近，氖管亮即有高压。

根据电表误差级别计算测量误差

通常在电流表、电压表和功率表等电工测量仪表面板上可以见到 1.0 或 2.5 等字样，这个数字是表示电表级别的。电表的级别是指电表可能产生的误差占满刻度数值的百分之几。例

如，用满刻度 10A 的 1.0 级电流表测一电流时，可能产生的误差为

$$10 \times \frac{1.0}{100} = 0.1A$$

也就是说，用它来量 10A 的电流时，

指针可能指在 $10 - 0.1 = 9.9A$ 或 $10 + 0.1 = 10.1A$ ，但用它来测量 1 安培电流时，0.1 安培要占 1 安培的十分之一，误差是被测量十分之一，因此不要用大量程的表来测量小的数值。同样道理，满刻度 10A 的 2.5 级电流表可能产生的误差是 $10 \times$

$$\frac{2.5}{100} = 0.25A。$$

电动机绕组改绕计算

在修理电动机时，更换定子绕组一时配不到合适的漆包线，可用两根漆包线并绕来代替，这种方法简便易行，现举例说明。

有一台 JQ51-4 型三相异步电动机，导线直径为 $\Phi 1.35mm$ ，线圈匝数为 29 匝，用什么规格的漆包线代用呢？

解：1.35mm 的漆包线截面积为 $1.431mm^2$ ，若用两根并绕在电动机绕组中，可选用直径 0.96mm 的漆包线，它的截面积为 $0.724mm^2 \times 2 = 1.448mm^2$ ，可以代用。

灯泡断丝后切勿再搭接使用

灯泡在正常使用一段时间后，灯丝会自然烧断，但如果把烧断的灯丝搭接起来再用是很危险的，因为灯丝变短后，电阻阻值会变小，而灯泡功率将变大，而灯泡中所充填的惰性气体

是根据灯泡功率大小所充填的。当使用搭丝灯泡时，由于灯泡的功率增大，灯丝产生的热量会使惰性气体过度膨胀，灯泡的玻璃有可能承受不了过大的膨胀气体压力，以致发生爆炸。

焊接铝线的方法

气焊方法简便，能可靠地焊接导体接头，特别是对铝与铝、铝与铜的连接具有加热均匀，焊接速度快，焊接牢固等优点。

用3#氧气焊枪可焊单根或双根电线，采用1#火嘴2#焊枪，火嘴一般可焊接多股电线。在焊接前将电线表皮及氧化膜刮净，然后将铝焊粉加水调成糊状用毛笔敷在铝线表面上，并用氧气焊枪将其烧成一个圆球。如果需要铜与铝接头进行连接时，将其与铝线圆球对好，进行焊接，当铝线熔化并与引出线连为一体后停止焊接，用湿布将焊头擦净，最后进行绝缘处理。焊接时温度要适当，单股电线要用碳化火焰，多股线用中性火焰。铝线在去掉氧化膜后不应时间过长，以免二次氧化。铝线相互连接时需使其多根电线互相绕在一起，然后剪齐再焊，最后将剪齐处烧成圆球为好。另外，焊接时要一手拿焊枪一手拿引出线，焊接时手不要晃动。

锡焊是目前电工采用最为普遍的一种焊接技术，它具有方法简便，不要特殊工具设备和焊料等优点。铝线与铜线连接时，首先把所有焊接的导线头刮净，然后用铜线紧紧地绞扭在铝线上并将其包严，涂抹松香水，即可在烧好的锡锅里浸焊，浸焊完后迅速用湿布把浸焊处擦净，即可增加它的光洁度。多股铜线与漆包铜线焊接，铜线与铜接线的焊接与上面介绍的方法相同。在焊接导线时，不要用焊锡膏，最好用松香。

碳精熔焊是利用接触熔焊产生高温，将铝线熔化进行焊接。它的原理是由一台变压器将焊接电压调到一定范围内，对不同导线截面进行不同的电压调整，以适应接触点熔焊焊接的目的。焊接前将铝线氧化膜去掉，进行绞绕后，端部剪齐，并涂上铝焊粉，然后将焊接变压器次级电压调为6V左右试焊，使两碳精接触导电，待接触面的碳精烧得炽热发亮时，接近需要焊接的接头，熔化面成为铝小球时，焊接完毕。

利用交流电源和灯泡判别电动机三相绕组头尾

有时三相电动机引出的六根接线头分不清各相绕组的头尾，可用下述简单方法来测找。

首先用36V低压灯做试灯，分出电动机每一相线圈的两个线端，然后将两相线圈串接后通入220V电源，剩下的一相线圈两端接一36V的灯泡，如果灯泡发亮，则说明串联的两相产头尾相接；灯泡不亮，说明是头头相接。然后将测出的两相线圈头尾做一标记，再按此方法将其中一相与原来接灯泡的一相线圈串联，另一相连接灯泡，再按上述方法即可分出三相电动机绕组的头尾。

用万用表判断电动机三相绕组的头尾

利用万用表也可方便地判断出电动机三相绕组的头尾。首先用万用表欧姆档测量出电动机六个接线端中哪两个接线端为同一相，然后，将万用表的直流毫安挡放到最小一档，先将表笔接到三相线圈中某一相的两端，再将干电池正负极接到另一相的两个线端上。当开关K闭合瞬间，如果表针指示电流为

电工实用技巧

正值，则把电池负极所接的线端与万用表正极表笔所接的线端定为同极性的（均可认定为头）。依此类推，便可方便地找出另外两相的头和尾。

用低压小电珠做导线通断检测仪

电工初学者，如果电工仪表较少，可利用一个 1.5V 的小灯泡和一节 1 号电池做成一个最简单的线路通断检测仪。当测得导线线路通路时，灯泡会发光，当线路断路时，灯泡则不亮。此通断检测仪只适用于线路较短，被测线路中没有电阻以及线圈等小电阻的线路做通断判断。

电风扇节电小窍门

电风扇的转速一般都可进行快慢多挡调节。慢档是通过阻流线圈来减小通往风扇电机的电压以及电流。以十六寸电容式电扇为例，快挡耗电若为 60W 左右，而使用慢挡时耗电约为 40W 左右。所以使用电风扇时，先把电风扇拨到快挡上启动（因快挡易启动）待电风扇转速达到高速时，再拨到慢挡上使用，常用慢速挡，会节省风扇耗电量。换句话说，在同一用电量下，可使风扇开的时间更长些。

电冰箱最好使用专用插座

电冰箱启动时，线路电流较大，会使线路电压降低，为保证其它家用电器正常工作，电冰箱最好用单独的插座，并尽量离家庭总电源开关位置近一些。这样一方面可减少因电冰箱启

动对其它用电器的影响，另一方面避免因家庭布线线路过长，导线过细，使冰箱在启动时电压降过大，影响电冰箱电动机的合理使用效果和寿命。

怎样检验电度表走字准不准

大家知道，用电器功率为 1kW，通电一小时，消耗一度电。怎样才能快速而又较准确地校验电度表的准确性呢？下面介绍一种简单方法：一般电度表面板上都标有它每走一度电，电表圆盘所转的转数。例如，有一电度表面板上注明转数为 2400 转（2400 转 / kW·H），这说明若接 1kW 电器通电 1 小时它转 2400 转，那么每分钟应转 $2400 \div 60 = 40$ 转。那么只接入一个 100W 灯泡，每分钟应转 $40 \times \frac{100}{1000} = 4$ 转就为准确，否则就是电度表误差太大，应及时进行校正。

利用电度表测用电器功率简法

需要测量用电器的功率时，先把 1kWH（度）化为 3600000W·S。若电度表铭牌上的转数为 2400 转，用它除 3600000W·S，这得到圆盘每转一圈耗电为 1500W·S。这时在电度表上接上被测用电器，观察电度表上转盘转一圈所用的时间。假定转一圈用了 20 秒，那么 $1500 \div 20 = 75$ ，就是该用电器的功率为 75W。

三相电源相序排列小常识

电工实用技巧

三相电源的相序分别为 A 相、B 相、C 相，它们之间的相位角相差 120 度。电工在安装布线时，必须把相序安排正确，特别是有些大型用电设备，要求相序非常严格。例如，变电所中几台电力变压器的并列运行，可控硅配电柜的电源接线，都必须按规定相序安装正确。所以在安装排列相序时，一定要记住 A、B、C 相序排列分别用黄、绿、红导体颜色来区分。黄为 A 相，绿为 B 相，红为 C 相，它们的排列顺序在变电所或其它场所均按从左向右，从里向外，从上到下的顺序来排列。

对于 220V 单相照明电线或用电设备的插座安装，一般为左零右火，也就是说，对着插座（即插孔朝向人）看，左边安装零线，右边接火线。这样，电工人员在安装时，都按规定来布线，会大大提高安全用电的系数。

楼梯照明节电小窍门

目前多数公用楼梯和走廊的照明因不能做到随手关灯彻夜长明，不仅白白消耗电能，而且在夜间用电低峰电压较高时，白炽灯泡经常烧毁，造成很大浪费。如果把两只同一规格的白炽灯泡串接于 220V 电源上，虽然亮度低了些，但却可以节电，还能大大延长白炽灯泡的寿命。单个照明灯还可以串接二极管变成脉动电，电压的平均值仅为有效值的 0.45 倍，起到明显的节电效果。二极管的需压要选用反向击穿电压大于 400V，整流电流值可根据灯泡的电流大小决定。白炽灯泡的功率在 60W 以下时可选用 2CP24 即可，二极管正负极怎样接都行。

巧修兆欧表

如果兆欧表在手柄摇动时(输出空载)表头指针在 $2M\Omega$ 位置停留不动,且手摇发电机比原来费力,若用万用表测兆欧表输出电压时仅为 $200V$ 左右,可将兆欧表打开,用酒精把变速齿轮及换向片等清洗擦净,晾干,并重新装配好,故障即可排除。

电扇电动机引出线的判别

电风扇的电动机一般有三根引出线,有时在检修中容易把它们搞错,分不清主副绕组。怎样才能快速判断出它的主副绕组呢?可用万用表最小的欧姆档测量电风扇电动机各绕组的线圈电阻,当测得两根引出线的电阻为最大时,则说明是主副线圈电阻,当测得中心抽头与另一抽头阻值比较小时则为主线圈绕组,测得阻值较大时则是副绕组。利用这种方法可判断一般电风扇引出线。

给接触器线圈或保险丝加装监视灯

用一个 $100k\Omega / 16W$ 的碳膜电阻串联一只发光二极管,并接到接触器线圈两端或保险丝两端做工作监视器,当接触器工作时,指示灯亮,当接触器释放时指示灯灭,或当保险丝动作熔断时,指示灯亮,指示保险已断。

巧查电线短路故障

低压线路上发生了短路故障,如果线路较长,线路上的灯泡和其它负载又较多,故障点又不明显时,本找故障点是非常困难的。这时,可用一只 $2000W$ 的电炉,代替保险丝,或接

电工实用技巧

在保险丝刚接出的线路中，接上保险丝，接通电源，由于线路中有短路点，电源电压几乎全部降到 1000W 电炉丝两端，从短路点到负载这段线路上便有电流流过，线路其它部分却无电流通过，可用钳形电流表小档位去测量线路中的各处电流，测量时可分段测量，如果测出无电流，说明故障点在测量点到电炉丝的线路上，如果测得有电流则说明故障点还在中间位置的后面线路上。这样继续向后查找，逐步缩小测量范围，当测得电流在有与无的分界点时，便可顺利地找出故障点，按此法可查找线路较长且分支线路较多的地段。利用这种方法查找电器短路故障点其优点是在不分段断开电线，不破坏线路的整体时，即可快捷准确地确定故障点。对于线路较长的架空线路查找时尤为优越。但在使用此法中要把正常的负载开关断开，再查找故障点。

拉伸电炉炉丝简法

在更换新电炉丝时，往往需要拉伸电炉丝；但拉伸电炉丝的长度难以确定，不是拉长了，就是拉得不够，且常造成电炉丝密疏不一，影响电炉丝的使用寿命。用下面介绍的方法可以方便而均匀地把电炉丝拉伸好。

方法是用一根旧胶织电线，按电炉盘内槽位把电线盘在炉盘内，随后将盘中的一段电线剪下，并从电炉盘内取出拉直。然后找一块长条绝缘木板将电线放在木板上，在电线两端的位置上旋入两颗木螺钉，取下电线，把需换的新电炉丝拉开，两头固定在这两个螺钉上，并找一段电线把 220V 电源接在电炉丝两端，使电炉丝通电半分钟左右，电炉丝就会自行发热定形，取下电炉丝，盘在电炉盘内，接上接头即可使用。

避雷器接地线不可太长

在农村的山区，雷雨季节电气设备遭受的雷击机会很多，需要在低压架空线路上加装避雷器，而加装后的避雷器接地却不能太长，特别是在山坡上，因线路太长，土壤电阻增大，起不到避雷的效果。故此架设避雷器接地线时切勿架设的太长，接地电阻不能太大。应使接地电阻小于 4Ω 。

洗衣机电容器的应急代换

一般洗衣机电动机均采用单相电容式异步电动机而洗衣机上的电动机功率有 60W、90W、120W 等，所配接的电容容量最分别为 $6\mu\text{F}$ 、 $10\mu\text{F}$ 、 $15\mu\text{F}$ 的无极性纸介电容器。它们的耐压均为 400V。如果洗衣机电容器在使用一段时间后，出现容量变小或短路、断路、漏电、外壳鼓肚现象时，可按同型号更换，如果一时在市场上买不到合适的洗衣机专用移相电容，那么利用旧日光灯上的补偿电容也可代替，一般日光灯上的电容为 $4.75\mu\text{F}$ ，耐压在 300V 以上，它与洗衣机电容器是同类型电容，只是容量不够，如果所配接的洗衣机为 90W 的 $10\mu\text{F}$ 电容器，可用两只日光灯电容器并联起来代用。

从异常响声判断电动机运行故障

- (1) 电动机在运行中响声均匀且无杂音及其它特殊响声，说明电动机运行正常。
- (2) 当电动机发出类似“口哨”声，而断电后还在转动时马

电工实用技巧

上就没有这种声响了，这是由于修理时，电动机定子和转子的槽数选择不当，应重新改绕。

(3) 电动机运行中发出很大的“嗡嗡”声时，可能是超负荷运转或三相电流不平衡或断相运转所引起的。

(4) 接通电源后电动机发出“嗡嗡”声而不能转时，可能是断相起动、电动机负载超载起动或电动机引出线接错。

(5) 运行中电动机发出的“嗡嗡”声时高时低，用钳形表测电流时，电流时大时小，出现周期性的振荡，说明鼠笼式转子可能断条，使转矩明显下降。

(6) 电动机运行中内部发出“磨擦”声，说明电动机定子与转子内部相擦。

(7) 电动机运行时端盖出现“吱吱”声，说明电动机轴承缺油。

(8) 电动机端盖轴承周围发出周期性的杂音，可能是轴承损坏。

快速判别电动机绕组头尾

首先用万用表的电阻挡测量三相电动机的三相绕组引出线，根据电路通断情况，判断出三相绕线的6个引出线各自属于哪一绕组。然后从每个绕组中任取一引线并接在一起（共三根），而剩下的另三根引线也并在一起，分别接到万用表的两个表笔上，把万用表拨到最小挡上，此时，用手转动电动机转子，由于一般电动机都带有剩磁，如果三相绕组头尾或电流很小，万用表指针不动；相反，若万用表指针转动，则说明三相绕组头尾并接错误，应对调其中一相绕组头尾重试，直至万用表指针不再转动为止。