

第2版

电工技术一本通

电工安装

一本通

王俊峰 王兰君◎等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

电工技术一本通

电工安装一本通

第2版

王俊峰 王兰君 等编著



机械工业出版社

本书围绕电工安装这个中心，从实际出发展开编写，内容包括电工安装概述、电工工具、安全用电、电工安装基本技能训练、电工安装常用元器件、安装电工焊接技术技能训练、电工外线安装、电工内线安装、照明灯具及安装、电工设备的安装等。

本书内容由浅入深，简明、易懂、新颖、直观、实用，对电工技术爱好者非常有帮助。

本书既可供电工从业人员、电工技术爱好者学习使用，也可作为全国电工职业技术培训教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

电工安装一本通/王俊峰等编著. —2 版. —北京：机械工业出版社，2017. 8

(电工技术一本通)

ISBN 978-7-111-57209-1

I. ①电… II. ①王… III. ①电工 - 安装 - 基本知识
IV. ①TM05

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 146493 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑：吕 潇 责任编辑：吕 潇

责任校对：郑 婕 封面设计：马精明

责任印制：孙 炜

北京中兴印刷有限公司印刷

2017 年 7 月第 2 版第 1 次印刷

140mm × 203mm · 9.25 印张 · 328 千字

0001—4000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-57209-1

定价：29.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线：010-88361066

机工官网：www.cmpbook.com

读者购书热线：010-68326294

机工官博：weibo.com/cmp1952

010-88379203

金 书 网：www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网：www.cmpedu.com

前 言



《电工安装一本通》出版以来，深受广大电工人员特别是安装电工人员的青睐，应广大电工读者人员的反映和要求对本书进行了修订，增加了安装电工必须具备的电工焊接技术技能训练，和按要求应掌握的安全用电基本要素，使广大安装电工能更实惠地学到真本领。

本书是根据电工的工作实际需要编写的。本书围绕电工安装这个中心，从实际出发展开编写，真实再现电工的安装过程、方法、步骤，同时强调了安装技能和操作实践环节。

本书从安装规则到安装技能；从外线安装到内线安装；从部件安装到整机安装；从照明安装到设备安装；从高压安装到低压安装，全面介绍了从业电工应具备的知识和技能。

编者希望读者通过本书的学习，强化理论与实践的结合，苦练基本功，领悟到干中学、学中干的道理，尽快掌握电工安装技术。

本书共 10 章，内容包括电工安装概述、电工工具、安全用电、电工安装基本技能训练、电工安装常用元器件、安装电工焊接技术技能训练、电工外线安装、电工内线安装、照明灯具及安装、电工设备的安装等。

本书内容由浅入深，简明、易懂、新颖、直观、实用，对电工技术爱好者非常有帮助。

参加本书编写的人员有王俊峰、王兰君、黄海平、黄鑫、李燕、凌万泉、王文婷、凌黎、李渝陵、张杨、邢军、朱雷雷、刘守真、凌玉泉、高惠瑾、李霞、凌珍泉、贾贵超、刘彦爱等。

本书既可供上岗电工从业人员、电工技术爱好者学习使用，也可作为全国电工职业技术培训学习教材。

由于时间仓促，在编写过程中，有不足之处，欢迎读者提出宝贵意见。

编 者

目 录



前言

第1章 电工安装概述	1
1.1 电工安装简介	1
1.2 电工安装动力供电	2
1.3 电工安装识图	4
1.4 安装导线的选择	10
第2章 电工工具	13
2.1 验电笔	13
2.2 电烙铁	17
2.3 电工常用小工具	20
2.4 螺钉旋具和电工刀	22
2.5 绕线机	23
2.6 电钻	25
2.7 活扳手、卷尺与工具套	28
2.8 转速表	29
2.9 水平测量仪	30
2.10 喷灯	31
2.11 绝缘电阻表	32
2.12 万用表	34
2.13 电工安装常用材料	37
第3章 安全用电	43
3.1 安全用电常识	43
3.1.1 安全用电基本知识	43
3.1.2 电气消防常识	44
3.1.3 灭火器的使用常识	45

3.1.4 触电急救常识	47
3.1.5 触电急救方法	49
3.2 接地装置的安装	51
3.2.1 接地和接零	51
3.2.2 接地体的安装	55
3.2.3 接地线的安装	58
3.2.4 接地电阻的检测	60
3.2.5 接地装置的维修	61
3.3 防雷保护	62
3.3.1 雷电的种类及危害	62
3.3.2 防雷措施	63
第4章 电工安装基本技能训练	66
4.1 对电工操作技能的要求	66
4.2 导线剥线技能训练	67
4.3 导线连接技能训练	70
4.4 导线敷设与固定技能训练	75
4.5 导线绑扎与束线技能训练	78
4.6 电缆终端头的连接技能训练	82
4.7 架空线路的连接技能训练	85
4.8 登杆操作技能训练	87
4.9 电动机的拆卸、组装技能训练	88
4.10 电动机的下线技能训练	89
4.11 贴片式元器件的拆卸技能训练	90
第5章 电工安装常用元器件	92
5.1 高压断路器	92
5.2 高压隔离开关	95
5.3 高压负荷开关	100
5.4 高压油断路器	102
5.5 高压熔断器	106
5.6 低压电气开关	109
5.7 低压熔断器	118
5.8 低压交流接触器	121
5.9 热继电器	125

5.10 中间继电器	128
5.11 时间继电器	130
5.12 行程开关	132
5.13 变压器	133
5.14 速度与温度继电器	136
5.15 固态继电器	138
5.16 LED 数码显示器	140
5.17 磁性天线	142
5.18 低压电气元件的参数计算	143
第6章 安装电工焊接技术技能训练	147
6.1 电焊工艺技术	147
6.1.1 焊接的定义及分类	147
6.1.2 焊接安全	148
6.1.3 焊接设备与工具	148
6.1.4 焊料的选择	150
6.1.5 焊接原理	150
6.1.6 焊接方法与接头	151
6.1.7 使用机器人焊接	154
6.2 电子元器件的安装技术	155
6.2.1 电子电路安装布局的原则	155
6.2.2 元器件安装要求	156
6.2.3 电路板结构布局	158
6.3 电子元器件的焊接技术	160
6.3.1 印制电路板的焊接要求	160
6.3.2 焊接工艺	162
6.3.3 手工五步焊接操作法	166
6.3.4 虚焊产生的原因及其鉴别	167
第7章 电工外线安装	170
7.1 高压架空线路的安装	170
7.2 高压电源引入线的安装	174
7.3 电缆线路的安装	175
7.4 电线杆的安装	182
7.5 拉线的安装	183

7.6 横担的安装	184
7.7 电工安装的安全用具	185
第8章 电工内线安装	189
8.1 低压配电线路的安装	189
8.2 低压配电柜的安装	190
8.3 动力线路的安装	192
8.4 车间动力线路的安装	196
8.5 内线配电线路的安装	198
8.6 临时供电线路的安装	199
第9章 照明灯具及安装	202
9.1 照明安装基本知识	202
9.2 照明系统图与平面图	204
9.3 白炽灯的安装	208
9.4 节能灯的安装	211
9.5 声控灯的安装	212
9.6 光控灯的安装	214
9.7 晶闸管调光台灯电路	215
9.8 组合吊灯的安装	215
9.9 触摸台灯的安装	217
9.10 壁灯的安装	218
9.11 吊灯的安装	219
9.12 吸顶灯的安装	222
9.13 停电应急灯的安装	224
9.14 停电自动照明灯的安装	226
9.15 节日流水彩灯电路	227
9.16 定时调光照明节电灯的安装	228
9.17 音乐验电灯的安装	230
9.18 电子音乐闪烁灯的安装	232
9.19 鱼缸闪烁灯电路	233
9.20 汽车转弯指示灯电路	233
9.21 光控路灯的安装	234
9.22 高层住宅走道照明灯电路	236
9.23 多路流水彩灯控制电路	236

9.24 霓虹灯电路	237
9.25 广告照明灯的安装	238
9.26 照明灯自动开关电路	240
9.27 太阳能绿色照明灯	240
9.28 交通灯电路	242
9.29 太阳能 LED 灯	244
9.30 消防应急灯	244
9.31 灭除蚊蝇灯	246
9.32 氙灯	247
9.33 高压钠灯	248
9.34 配电室夜明灯	250
9.35 塔标导航灯	251
9.36 照明用电负载参数计算	252
第 10 章 电工设备的安装	254
10.1 动力配电箱的安装	254
10.2 电力变压器的安装	255
10.3 电动机的安装	260
10.4 互感器的安装	263
10.5 桥式起重机的电气安装	265
10.6 电容补偿装置的安装	267
10.7 电动机轴承的安装	269
10.8 电动葫芦的安装	270
10.9 低压断路器的安装	271
10.10 开关的安装	273
10.11 电源插座的安装	275
10.12 熔断器的安装	277
10.13 端子排的安装	278
10.14 电源配电箱的安装	279
10.15 电能表的安装	280
参考文献	284

第1章

电工安装概述

1.1 电工安装简介

本书从安装规则到安装技能；从外线安装到内线安装；从元器件的安装到整机安装；从照明安装到设备安装；从高压安装到低压安装；从强电安装到弱电安装，全面介绍了从业电工应具备的安装技能。

电工安装过程应始终坚持规范化、质量化、条理化、安全化。现分别介绍如下。

1. 规范化

电工在安装中，应以国家标准为依据，统筹规划、精心考虑、仔细操作。电工安装涉及的内容，有高压、低压之分，有照明、设备之别，还有行业的区别，对每一种安装都有一定规则可循。在安装之前，要首先学习国家、行业标准，认真领会。

刚刚上岗的年轻同志，要在老师傅的帮带下，进行有序不乱的操作。在有条件的单位，要坚持岗前培训，持证上岗。

2. 质量化

质量是一个企业的生命线，电工安装也是如此。电工在安装过程中，要认真从每根线开始，接好每一个接点，保证安装质量。任何一次疏忽大意，都会造成不可估量的后果。轻则安装的灯泡不亮，机器不能运转，影响生产正常进行；重则损坏设备，造成人身伤亡。

3. 条理化

条理化是一个行业产品的重要标志，只有条理化，才能保证质量。一开始就要养成良好的习惯，让安装出来的产品井然有序、整齐美观，具有可读性、可维修性。那种杂乱无章的安装、私拉乱安都是不可取的。编者曾见过一家企业的产品，打开后看到，电路横七竖八、杂乱无章，且无任何标志，让每一个使用或维修人员望而却步。

4. 安全化

安全第一贯穿电工安装的始终，特别是高空操作和带电操作，一定要小心翼翼，慎之又慎。

随着电气技术的飞速发展，越来越多的电气设备已广泛应用到各行各业和千家万户，故从事电气工作人员的需求量也将越来越大，从而提高广大电工技术人员的基本素质和加强电工技术培训成了当务之急。根据国家有关部门的规定，电工必须经过专业技术培训并经考试合格后，取得操作证，方能持证上岗，从事专业电工工作。因此，从事电工工作的人员或想从事电工技术工作的学员就必须掌握一些必要的专业电工技术和技能，并熟知一定的安全知识，才能从事这种专业技术性及安全性极强的工作。

安全对于电工工作非常重要，安全生产关系到人身安全及设备安全的方方面面，具有十分重要的意义，它渗透到电工作业和电力管理的各个环节中，因此搞好电工作业安全生产是关系到生命和财产的头等大事。如果对电气安全工作的重要性认识不足，电气设备的结构或装置不完善，安装、维修和使用不当，错误操作或违章作业等，都可能会造成触电、短路、线路故障、设备损坏、遭受雷击、静电危害和电磁场危害，或引发电气火灾和爆炸等事故。这些事故除了会造成人员伤害外，还可能造成大面积停电，给国民经济带来不可估量的损失。一位老电工深有感触地说：“会玩玩一辈，不会玩玩一回”，正说明电工这一职业的特殊性。

近年来，为了进一步完善电气安全技术管理，国家有关部门颁布了一系列法规、规程、标准和制度，对于保证电气安全、预防电气事故起到了积极的推动作用，同时也为电气管理工作逐步走向规范化、科学化、现代化奠定了良好的基础。其中，可供学习的法规、规程、标准和制度有《全国供用电规则》、《电力工业技术管理法规》、《电业安全工作规程》、《电气事故处理规程》、《工业企业防止触电暂行办法》、《农村供电技术规程》、GB/T 3787—2006《手持式电动工具的管理、使用、检查和维修安全技术规程》等。搞好电气安全工作，必须坚持“安全第一，预防为主”的方针，严格执行各项规章制度，认真执行安全技术措施。只有搞好电气工作才能为生产、生活服务。

1.2 电工安装动力供电

1. 对动力供电的要求

- 1) 动力用电是以380V以上电源供电，供给用电设备或动力用电装置。
- 2) 常用的有配电箱供电，配电箱可以安放在用电设备集中或负载比较集中的场合。分配电箱和开关配电箱的长度不得超过30m。现场动力配电箱和照明配电箱要分别设置。开关配电箱要直接控制1~2台设备，一般要求一个开关控制一个用电设备。

3) 动力供电平面图应标出变压器的位置、数量和型号,各路电线的编号,导线的型号、根数和截面积等参数;以a-b(c×d)表示(a代表干线编号,b代表导线型号,c代表导线根数,d代表截面积),如4-BLX(4×35)表示第4根主线,铝芯橡皮绝缘线,4根截面积都是 35mm^2 。

4) 供电线路主要是用绝缘线或裸导线两类,在市区或居民区内尽量使用绝缘线,在野外尽量使用裸导线。常用的铝芯橡皮绝缘线型号为BLX;铜芯橡皮绝缘线型号为BX。

2. 动力供电平面图

例如,图1-1中有3栋新建工程是望景楼(1号)、思达超市(2号)和供暖中心(3号)。导线用LJ3×50铝绞线;变压器采用户外杆上安装方式;S7-315/10表示三相油浸自冷式铜绕组电力变压器,额定容量为 $315\text{kV}\cdot\text{A}$,高压侧电压为 10kV 。

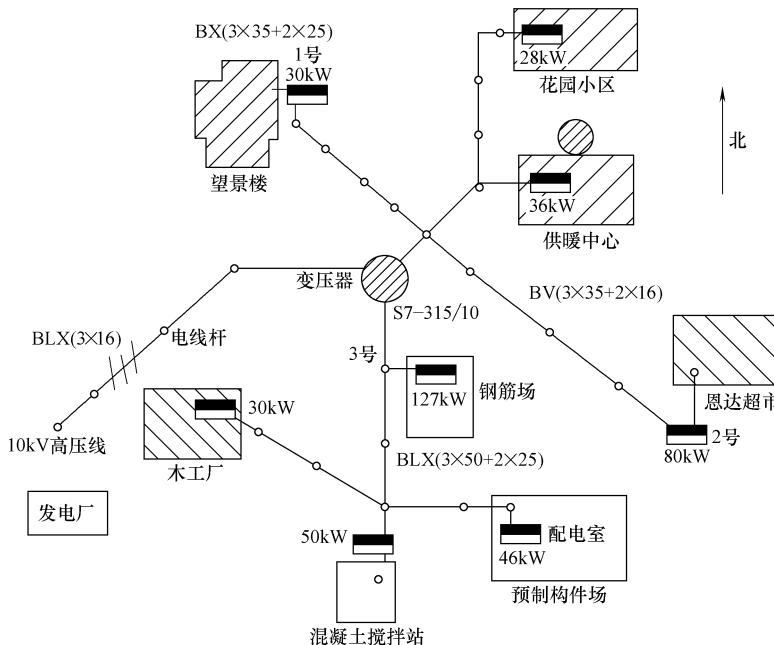


图1-1 动力供电平面图

低压架空线路用TN-S方式供电,第1回路望景楼用1-BX(3×35+2×25)表示采用的导线是铜芯橡皮绝缘棉纱或其他相当的纤维编织电线,

3根相线的截面积为35mm²，零线和保护线的横截面积为25mm²。第2回路思达超市用2-BV^① (3×25+2×16) 表示采用的导线是铜芯聚氯乙烯绝缘电线，横截面积为25mm²，2根截面积为16mm²。在终点杆、转角杆和分支杆处都要作拉线。

施工说明书中标明了电杆用15m长的混凝土电杆。1、2、3号电源进线也可采用低压电缆，型号为VV23 (3×50+2×25) SC50-FC，表示采用的是绝缘聚氯乙烯护套带内钢带铠装3芯为50mm²电缆，两芯为25mm²。穿钢管直径为50mm，直接埋地敷设。横担架设在电杆靠负载侧。跨越杆用双横担。

高、低低压线同杆架设时，高压线在上，低压线在下，高、低低压线间的距离不小于1.2m；照明线与动力线同杆时，动力线在上，照明线在下，动力线与照明线间的距离不小于0.6m。

1.3 电工安装识图

在工农业生产中，广泛采用继电器—接触器控制系统，这种控制系统主要由交流接触器、热继电器、熔断器等组成，对中、小功率异步电动机和机床等设备进行控制。因此，在掌握常用电气符号的基础上，学会识读电气图的基本方法，才能在实际工作中迅速、正确地进行安装、接线和调试。

电气控制是借助于各种电磁元件的结构、特性对机械设备进行自动或远距离控制的一种方法。电磁元件是一种根据外界的信号和要求，采用手动或自动断开电路，断续或连续改变电参数，以实现电路或非电对象的切换、控制、保护、检测和调节。掌握元器件的结构和原理是重点。如接触器、中间继电器的线圈得电，带动衔铁吸合，使它们的主、辅触头作相反（原来断开的接通，原来接通的断开）的变化，去接通或断开主电路及其他电路实现控制。又如时间继电器，线圈得电后，其常开、常闭触头不是马上接通或断开，而是延时一段时间，才接通或断开电路，延时时间的长短是可以调整改变的。只要我们掌握这些元器件的特点，其控制电路就很容易看懂了。

电气控制电路分为主电路（一次电路）和控制电路（二次电路、辅助电路）。主电路一般用粗实线画在图样的上方或左方，它与三相电源相连，连接负载，允许通过大电流，受控制电路的直接控制；辅助电路

① GB/T 5023. 1—1997 标准中型号已改为227IEC0. 1-0. 5。

是通过较弱的电流，用细实线画在图样的下方或右方，控制主电路动作的。

1. 电气电路的识图

(1) 阅读产品使用说明书

在看图之前应首先了解设备的机械结构、电气传动方式、对电气控制的要求、电动机和电器元件的大体布置情况以及设备的使用操作方法，各种按钮、开关、指示器等的作用。此外还应了解使用要求、安全注意事项等，对设备有一个全面完整的认识。

(2) 看图样说明书

图样说明书包括图样目录、技术说明、元器件明细表和施工说明等。识图时，首先要看清楚图样说明书中的各项内容，搞清设计内容和施工要求，这样就可以了解图样的大体情况和抓住识图重点。

(3) 看标题栏

图样中标题栏也是重要的组成部分，它告诉你电气图的名称及图号等有关内容，由此可对电气图的类型、性质、作用等有明确认识，同时可大致了解电气图的内容。

(4) 看框图

读图样说明后，就要看框图，从而了解整个系统的组成概况、相互关系及其主要特征，为进一步理解系统的工作原理打下基础。

(5) 看主电路图

按先读主电路，再读控制电路的顺序识读。看主电路时，通常从下往上看，即从用电设备开始，经控制元器件、保护元器件依次看到电源。通过看主电路，要搞清楚用电设备是怎样取得电源的，电源是经过哪些元器件到达负载的，这些元器件的规格、型号、作用是什么。

(6) 看控制电路图

应自上而下，从左向右看，即先看电源，再依次看各条回路，分析各条回路元器件的工作情况及其对主电路的控制关系。看控制电路时，要搞清电路的构成，各元器件间的联系（如顺序、互锁等）及控制关系和在什么条件下电路构成通路或断路，控制电路是如何控制主电路工作的，从而搞清楚整个系统的工作原理，如图 1-2 所示。

(7) 看接线图

接线图是根据原理电路图绘制的，要对照原理电路图来读接线图。

先看主电路，再看控制电路。看接线图要根据端子标志、回路标号，从电源端顺次查下去，搞清楚电路的走向和电路的连接方法，即搞清楚每个元器件是如何通过连线构成闭合回路的。读主电路时，从电源输入端开始，顺

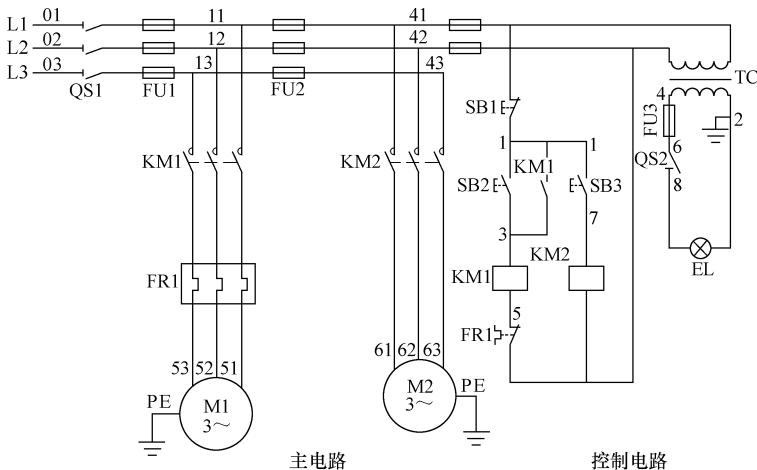


图 1-2 电动机起动控制原理电路

次经过控制元器件、保护元器件到用电设备，与看原理电路图时有所不同，如图 1-3 所示。

看控制电路时，要从电源的引入端，经控制元器件到构成回路回到电源的另一端，按元器件的顺序对每个回路进行分析。接线图中的回路标号（线号）是元器件间导线连接的标记，标号相同的导线原则上都可以接在一起。由于接线图多采用单线表示，因此对导线走向应加以辨别。此外，还要搞清端子排内外电路的连线，内外电路的相同标号导线要接在端子排的同号接点上。

总之，原理电路图是电气图的核心。对于一些小型设备，电路比较简单，看图相对容易；但对于一些大型设备，由于电路比较复杂，读图难度较大。不论怎样，都应按照由简到繁、由易到难、由粗到细的步骤分步读图。

2. 电子电路的识图

电子电路图都是由各种元器件图形符号和文字符号组成的，如电阻、电容、电感、晶体管、集成电路等。要看懂一个电气设备的电子电路图，首先要了解图中使用了哪些电子元器件，这些元器件的结构、功能、特性是什么。电路图中用得最多的是晶体管和集成电路，因此要了解晶体管的输入、输出特性以及工作在放大区、截止区和饱和区的条件，集成电路芯片的引脚及功能等；还应了解一些敏感元器件（如热敏元器件、湿敏元器件、气敏元器件、光敏元器件）的功能、特性。掌握图中所有元器件的工作特性、

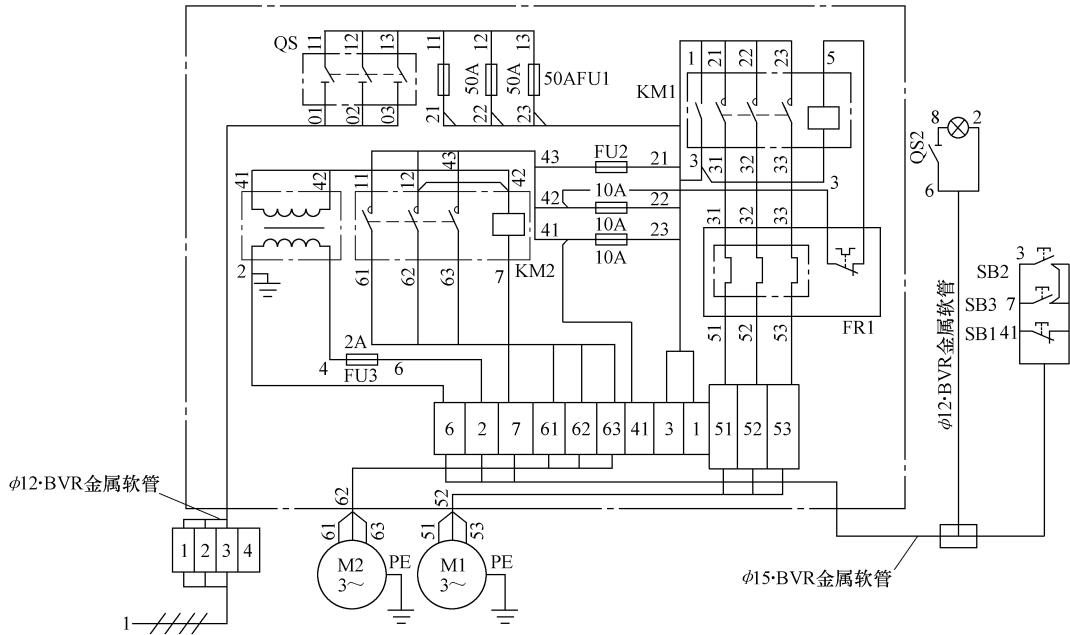


图 1-3 接线图

工作条件可为识读电路图提供方便条件。图 1-4 所示为两级放大电路。

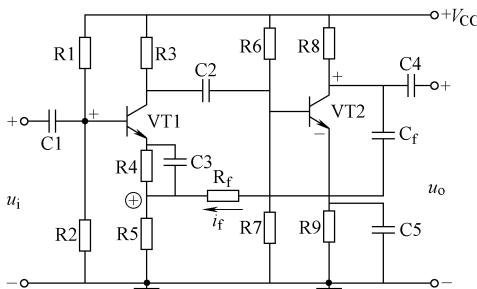


图 1-4 两级放大电路

采用“先易后难，先局部后整体，逐步深入”的识图原则。读图应先从较简单的局部电路分析开始，然后再进行整体电路分析。在读图过程中要注意综合知识的运用，逐步深入；对基本电路理解得越深，掌握得越牢，就会化难为易，读懂复杂的电路图。通过反复的训练和实践，取得一定经验，读图能力一定会逐步提高。电子电路的识图方法如下：

(1) 图物对照看图

在看电子电路图之前，先阅读电气设备说明书，了解该设备的用途、安全注意事项，了解设备中的各开关、旋钮、指示灯、仪表的作用，然后结合实物在电路图中找到其相应的图形符号所在的位置，从而了解它们属于哪一部分电路，功能是什么，有哪些控制作用，这样可大致了解电路的整体情况，为进一步详细、深入看图做好准备。有的说明书会给出框图，通过阅读框图可大致了解整个电路有哪些部分组成，各部分之间的相互关系等，这样就可粗略地知道电路的构成、功能和用途。

(2) 化整为零，逐级分析

电子电路不论有多么复杂，都可以分解成若干个单元电路。在模拟电路中，一般可分为输入电路、中间电路、输出电路、电源电路、附属电路等几部分。每一部分又可分解为几个基本的单元电路，而单元电路又是由各种元器件构成的。还可用画框图的方法对整机电路进行分解，将电路按功能分成若干单元电路，找出它们之间的联系，搞清每一单元电路内的元器件作用，及每一单元电路的功能，进而弄明白单元电路之间具有何种关系，从而对整个电路有完整的了解。

(3) 从静态到动态

模拟电路中各种晶体管、集成电路是电路的核心，而它们在工作中需要

建立静态工作点，才能实现对交流信号的放大作用。为了进一步理解电路的工作原理，在看图分析时可以采用直流等效电路法、交流等效电路法，对电路进行静态、动态分析。

直流等效电路法就是在输入信号为零时，各级放大电路在直流电源作用下的工作状态，实际上就是找出直流通路，确定各级电路在静态时的偏置电流和电压。交流等效电路法就是在输入信号不为零时，确定电路的交流信号通路及工作状态。

应当注意的是，在采用等效电路法分析时，要根据元器件性质给予特别处理。如电路中含有电容、电感这两种元件时，电容具有“隔直通交”的作用，电感具有“隔交通直”的作用。在进行直流等效电路分析时，直流信号不能通过电容，这时电容相当于断路，但直流信号可以通过电感，这时电感相当于短路（只起到导线的作用），这样使得电路可以简单化，便于对电路进行分析。而在用交流等效法分析时，要考虑输入信号频率的高低，信号频率不同，则信号通过电容、电感时，所呈现的容抗和感抗大小就会不同，即对交流信号的阻碍作用亦不同，电路的特性、功能亦会不同。当输入信号中包含多种频率成分时，有的元器件允许高频信号通过，而阻止低频信号通过；有的正好相反，这就要看电路中各元器件的具体参数。有些电路形式相似，但功能、特性完全不同，其重要原因是电路参数不同。因此，识图时不仅要看元器件在图中的位置，还要看它们的参数，参数不同其功能、作用也不同。

（4）综合分析，全面理解

最后要把每个单元电路按其功能、信号流程连接起来，进行综合分析。从电路图的输入端开始逐步与输出端贯穿起来，理清信号的传递过程及发生的变化，分析电路前级与后级的输出、输入关系，以便对整个电路的原理、功能有一个完整、全面、正确的认识。

3. 机床电路的识图

机床电气原理图是用来表明机床的工作原理及各电气元件的作用、相互之间的关系的一种表示方式。掌握了阅读电路原理图的方法和技巧，对于分析电气线路，排除机床电路故障是十分有意义的。机床电路图一般由主电路、控制电路、保护电路、配电电路、照明电路等几部分组成。识图方法如下：

1) 读主电路时，应首先了解主电路中有哪些用电设备、各起什么作用、受哪些电器控制、工作过程及工作特点是什么（如电动机的起动、制动、调速方式等），然后根据生产工艺的要求了解各用电设备之间的联系。在充分了解电路的控制要求及工作特点的基础上，再阅读控制电路图（如

电动机起动、停止的顺序要求，联锁控制及动作顺序控制的要点等）。

2) 控制电路一般由开关、按钮、接触器、继电器的线圈和各种辅助触头构成，无论简单或复杂的控制电路，一般均由各种典型电路（如延时电路、联锁电路、顺控电路等）组合而成，用以控制主电路中受控设备的“起动”、“运动”、“停止”，使主电路中的设备按设计工艺的要求正常工作。对于简单的控制电路，只要依据主电路要实现的功能，结合生产工艺要求及设备动作的先、后顺序仔细阅读，依次分析，就可以理解控制电路的内容。对于复杂的控制电路，要按各部分所完成的任务分割成若干个局部控制电路，然后与典型电路相对照，找出相同之处，本着先简后繁、先易后难的原则逐个理解每个局部环节，再找到各环节的相互关系，综合起来从整体上全面地进行分析，就可以将控制电路所表达的内容读懂。

3) 保护电路的构成与控制电路基本相同，主要是根据电气原理图要达到的工艺要求，为避免设备出现故障时可能造成的损伤事故所设的各种保护功能。读图时，在图样上找到相应的保护措施及保护原理，然后找出与控制电路的联系加以理解，这样就能掌握电路的各种保护功能。最后读配电电路的信号指示、工作照明、信号检测等方面的电路。

当然，对于某些机械、电气、液压配合较紧密的机床设备只靠电气原理图是不可能全部理解其控制过程的，还应充分了解有关机械传动，液压传动及各种操纵手柄的作用，才可以搞清楚全部工作过程。此外，只有在阅读了一定量的机床电路图的基础上才能熟练、准确地分析电气原理图。

1.4 安装导线的选择

在选择导线时，要同时满足机械强度、允许温升（或允许载流量）、允许电压损失等几个条件，一般是先按其中的一个条件选择，再按其他几个条件校核。例如，线路短、负载电流大，可先按允许温升选择导线截面积，再用其他条件校核；如果线路较长，可先按允许电压损失选择导线；如果负载很小、线路又不长，这时应首先考虑机械强度。

绝缘导线明敷时允许载流量见表 1-1，穿钢管敷设时允许载流量见表 1-2。这些可按允许载流量供选用绝缘导线时参考。

[例 1] 某建筑工程，从变压器到钢筋场的距离为 28m，钢筋场用电 127kW，需要系数为 0.4，平均功率因数为 0.7，线路允许电压损失为 5%，采用 BX 型铜芯橡皮绝缘电线，计算导线截面积和载流量、选择导线型号。

表 1-1 500V 单芯橡皮、塑料绝缘导线明线敷设允许载流量

截面积/mm ²	BX、BLX、BXF、BLXF、BXR 型橡皮线允许载流量/A		BV、BLV、BVR 型塑料线允许载流量/A	
	铜芯	铝芯	铜芯	铝芯
0.75	18	19	16	18
1.0	21	27	18	25
1.5	27	35	24	32
2.5	35	45	32	42
4	45	65	42	59
6	58	85	55	80
10	85	110	75	105
16	110	138	105	130
25	145	175	138	165
35	180	220	170	205
50	230	265	215	2.50
70	285		265	
95	345		325	

表 1-2 500V 单芯橡皮绝缘导线穿钢管敷设允许载流量

截面积/mm ²	BX、BLX、BXF、BLXF 型允许载流量/A					
	穿 2 根导线		穿 3 根导线		穿 4 根导线	
	铜芯	铝芯	铜芯	铝芯	铜芯	铝芯
1.0	15(13)		14(12)		12(11)	
1.5	20(17)	15(14)	18(16)	14(12)	17(14)	12(11)
2.5	28(25)	21(19)	25(22)	19(17)	23(20)	16(15)
4	37(33)	28(25)	33(30)	25(23)	30(26)	23(20)
6	49(43)	37(33)	43(38)	34(29)	39(34)	30(26)
10	68(59)	52(44)	60(52)	43(38)	53(46)	40(35)
16	86(76)	66(58)	77(68)	59(52)	69(60)	52(46)
25	113	86(77)	100(90)	76(68)	90(80)	68(60)
35	(100)	106(95)	122	94(84)	110(98)	83(74)
50	140	133	(110)	118	137	105(95)
70	(125)	(120)	154	(108)	(123)	133(120)
95	175	165	(140)	150	173	160(150)
	(160)	(153)	193	(135)	(155)	
	215	200	(175)	180	210	
	(195)	(184)	235	(165)	(195)	
	260		(215)			
	(240)					

1. 按允许电流选择导线截面积

计算公式为

$$I = K_x \frac{\Sigma P}{\sqrt{3} U_i \cos \varphi} \quad (1-1)$$

式中 K_x ——需要系数, 因许多负载不一定同时使用, 也不一定同时满载, 还要考虑电动机效率 η 不等于 1, 需要打个折扣, 称之为需要系数;

U_i ——线电压, 单位为 V;

ΣP ——负载铭牌功率的总和, 单位为 W, 如电动机是指机械功率;

$\cos \varphi$ ——负载的平均功率因数。

把数据代入式 (1-1) 得

$$I = K_x \frac{\Sigma P}{\sqrt{3} U_i \cos \varphi} = 0.4 \times \frac{127 \times 1000}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.7} \text{A} \approx 110.26 \text{A}$$

根据表 1-1 选铜芯橡皮绝缘导线, 截面积 $S = 25 \text{mm}^2$ 。

2. 按电压损失选择导线截面积

计算公式为

$$S = K_x \frac{\Sigma PL}{C \Delta U} \quad (1-2)$$

式中 ΣPL ——负载力矩的总和, 单位为 $\text{kW} \cdot \text{m}$;

C ——计算系数, 在三相四线制 380V 供电线路中, 铝芯线的计算系数为 46.3, 铜芯线的计算系数为 77; 在单相 220V 供电时, 铝芯线的计算系数为 7.75, 铜芯线的计算系数为 12.8。

把数据代入式 (1-2) 得

$$S = K_x \frac{\Sigma PL}{C \Delta U} = 0.4 \times \frac{127 \times 28}{46.3 \times 5} \text{mm}^2 \approx 6.14 \text{mm}^2$$

公用电网一般规定允许电压降为额定电压的 5%, 单位自用电源可降到 6%, 临时供电线路可降到 8%。

两者比较, 选择截面积大的 BX ($3 \times 25 + 2 \times 16$), 即 3 根相线用 25mm^2 , 工作零线 N 和保护线 PE 均用 16mm^2 , 比相线细一号。

第2章

电工工具

怎样使用电工工具是一般专业电工必须掌握的技能之一。电工工具质量的好坏、使用方法是否得当，都将直接影响电气工程的施工质量及工作效率，直接影响施工人员的安全。因此，对于电气操作人员，必须了解电工常用工具的结构和性能，掌握正确的使用方法。

2.1 验电笔

验电笔是用来测量电源是否有电，测量电气线路和电气设备的金属外壳是否带电的一种常用工具。验电笔分高压和低压验电笔，低压验电笔除了常用的验电笔外，还有自行设计制作的音乐验电笔，它们具有体积小、重量轻、携带方便、检验简单等优点。

1. 高压验电笔

高压验电笔又称高压测电器、高压测电棒，是用来检查高压电气设备、架空线路和电力电缆等是否带电的工具。10kV高压验电笔由金属钩、氖管、氖管窗、紧固螺钉、护环和握柄等部分组成，如图2-1所示。

在使用高压验电笔时，应特别注意手握部位不得超过护环。

使用高压验电笔验电应注意以下事项：

1) 使用之前，应先在确定有电处试测，只有证明验电笔确实良好才可使用，并注意验电笔的额定电压与被检验电气设备的电压等级要相适应。

2) 使用时，应使验电笔逐渐靠近被测带电体，直至氖管发光。只有在氖管不亮时，它才可与被测物体直接接触。

3) 在室外使用高压验电笔时，必须在气候条件良好的情况下才能使用；在雨天、雪天、雾天和湿度较高时，禁止使用。

4) 测试时，必须戴上符合耐压要求的绝缘手套，不可一个人单独测试，身旁应有人监护。测试时要防止发生相间或对地短路事故。人体与带电体应保持足够距离，10kV高压的安全距离应在0.7m以上。

5) 对验电笔每半年进行一次发光和耐压试验，凡试验不合格者不能继续使用，试验合格者应贴合格标记。

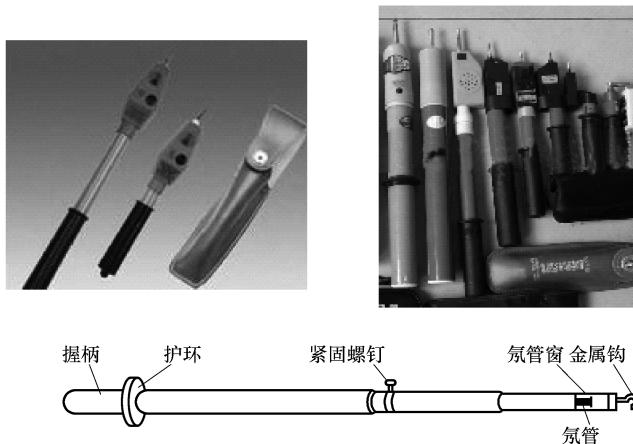


图 2-1 高压验电笔外形与结构

2. 低压验电笔

常用低压验电笔有钢笔形的，也有一字形螺钉旋具式的，如图 2-2a 所示。其前端是金属探头，后部塑料外壳内装配有氖管、电阻和弹簧，还有金属端盖或钢笔型挂钩，这是使用时手触及的金属部分，其结构如图 2-2c 所示。

普通低压验电笔的电压测量范围在 60 ~ 500V，低于 60V 时验电笔的氖管可能不会发光显示，高于 500V 的电压则不能用普通低压验电笔来测量。必须提醒应用电工初学者，切勿用普通低压验电笔测试超过 500V 的电压。

当用低压验电笔测试带电体时，带电体上的电压经笔尖（金属体）、电阻、氖管、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，氖管便会发光，指示被测带电体有电。正确的测试使用方法如图 2-2d 所示。

3. 感应验电笔

感应验电笔不接触电线或接点就能测出其是否带电，使用起来既方便又安全。这种感应验电笔可以判断一般橡皮或塑料电缆的断芯并寻找暗线故障，还可以用来检查各类家用电器（按直接键），可检测电吹风、洗衣机、电饭锅等一切电器，其外形如图 2-2b 所示。端头两极的灯亮表示电路完好；不亮表示电路故障。

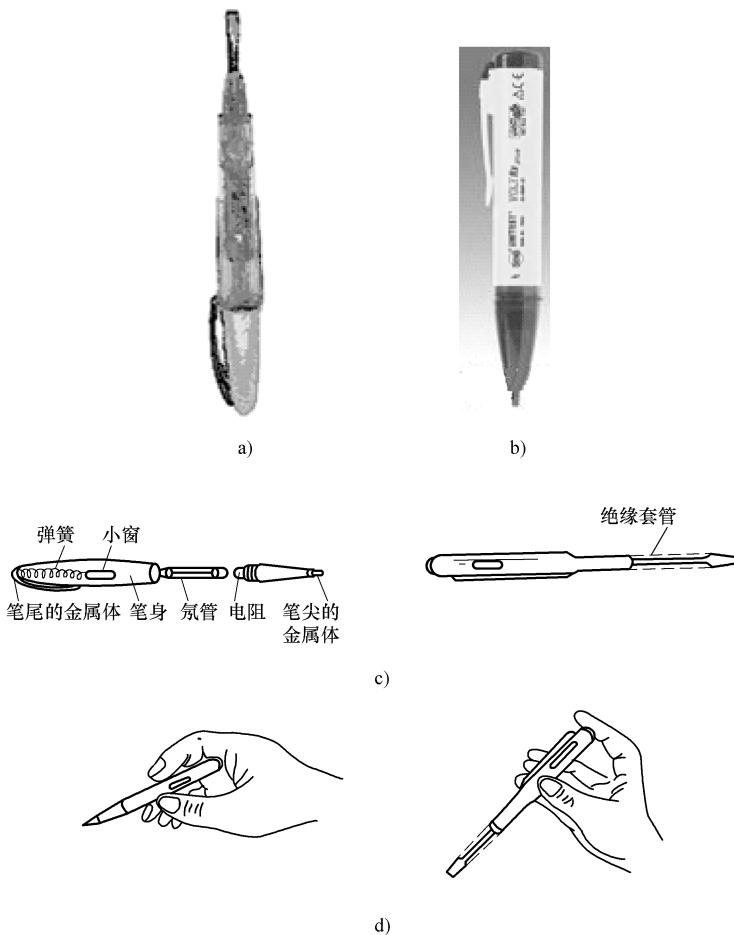


图 2-2 低压验电笔的外形结构与使用方法

a) 普通式外形 b) 感应式外形 c) 结构 d) 使用方法

(1) 感应验电笔电路

感应验电笔电路如图 2-3 所示，它是利用场效应晶体管输入阻抗极高这个特性设计制作的。栅极从空间电场感应到被测信号后，经一级放大后用发光二极管显示出来。R1 是场效应晶体管的负载电阻，阻值可根据管电流适当调整。要求源、漏极间的电压 U_{sd} 在无感应信号时略低于 0.7V，晶体

管 VT 刚好截止，发光二极管 VL 不亮。R2 是发光二极管的限流电阻，将电流限制在 15~20mA 的额定值之内。验电笔的外壳可以用市面上原验电笔外壳组装。

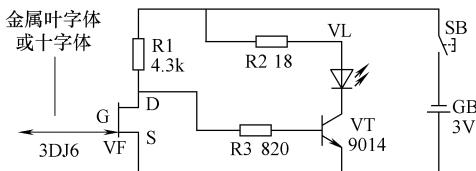


图 2-3 感应验电笔电路

组装时须使场效应晶体管的栅极远离其他元器件，最好悬空不要接触任何部件，因为它相当于一根天线。感应周围的电场。假如要测定电线芯的断头位置，只要给被测芯线通 220V 市电，将此验电笔靠近被测线，发光二极管发光，再沿着该线长度方向移动，一边移动，一边检查。发光二极管熄灭的地方就是断线的位置。

(2) 感应验电笔的使用

- 1) 检测电路装修布线。检查电器的多股线，利用验电笔的通断功能，可在电路带电情况下迅速找出电路的头尾或断线。
- 2) 测试交流电。本验电笔以液晶显示电压段值，最后数字为所测电压。
- 3) 测试直流电。估算蓄电池电力，手按电池正极，笔尖按负极。灯亮表示无电，暗亮则电力不足，不亮则电力充足。
- 4) 间接测试高压电。可间接测试高达 1kV 的电压。将笔身移近被测物，如灯亮表示有高压电存在。
- 5) 分辨零相线、查找断点。将并排两线分开测试，显示带电符号的是相线。若带电电路中有断点，移动表笔，带电符号消失处便是断点。
- 6) 夜视功能。在黑夜里测试可清晰观察数字显示。
- 7) 自检功能。在使用前自检，灯亮则正常工作，不亮请更换电池。

4. 自制音乐验电笔

电工人员在室外工作，阳光很强，验电笔中氖管发光亮度难以看清，如果自制一个小型音乐验电笔，配合验电笔同时使用，就能更准确地确定电气线路上有无电压。

自制音乐验电笔的电路如图 2-4 所示，音乐集成电路可选用 KD-482 型。整个电路可装在塑料绝缘盒内，把探头引出，陶瓷蜂鸣片的盒盖上应钻

上发音孔，装好后应先在带电的设备上做实验，如探头接触带电体后会放出乐曲，说明此验电笔已能工作。

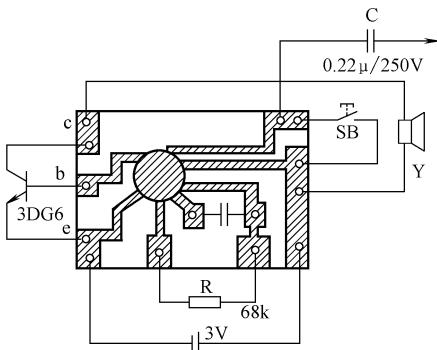


图 2-4 音乐验电笔电路

此外，这种音乐验电笔还有自检功能，当按下微动开关 SB 后，音乐验电笔便能发出声音，说明内部电路工作正常。

5. 使用验电笔注意事项

- 1) 使用验电笔之前，首先要检查验电笔内有无安全电阻，然后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，先要检查一下，看氖管是否能正常发光，如果验电笔氖管能正常发光，才可以使用。
- 3) 在明亮的光线下或阳光下测试带电体时，应当注意避光，以防光线太强观察不到氖管是否发亮，造成误判。
- 4) 大多数验电笔前面的金属探头都制成小螺钉旋具形状，在用它拧螺钉时，用力要轻，以防损坏。
- 5) 在使用完毕后要保持验电笔清洁，并放置干燥处，严防摔碰。

2.2 电烙铁

1. 电烙铁的种类

电烙铁是手工焊接的主要工具，其基本结构都是由发热部分、储热部分和手柄部分组成的。烙铁芯是电烙铁的发热部件，它将电热丝平行地绕制在一根空心瓷管上，层间由云母片绝缘，电热丝的两头与两根交流电源线连接。烙铁头是由紫铜材料制成的，其作用是存储热量，它的温度比被焊物体的温度要高得多。烙铁的温度与烙铁头的体积、形状、长短等均有一定关

系。若烙铁头的体积较大，保持温度的时间就越长。

电烙铁把电能转换为热能对焊接点部位的金属进行加热，同时熔化焊锡，使熔融的焊锡与被焊金属形成合金，冷却后形成牢固的连接。

(1) 外热式电烙铁

外热式电烙铁由外壳、木柄、烙铁头、烙铁芯、电源引线及插头等部分组成，外形如图 2-5 所示。常用外热式电烙铁的规格有 25W、45W、75W 和 100W 等。

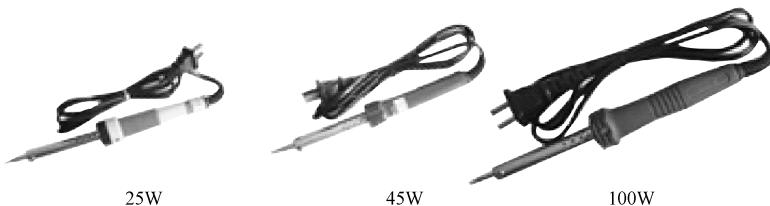


图 2-5 不同功率的外热式电烙铁外形

(2) 内热式电烙铁

内热式电烙铁，因烙铁芯安装在烙铁头内而得名，其外形如图 2-6 所示。它由手柄、连接杆、弹簧夹、烙铁芯及烙铁头组成，常用规格有 15W、20W 和 50W 等几种。这种电烙铁有发热快、重量轻、体积小、耗电省且热效率高等优点。

内热式电烙铁的烙铁芯是用较细的镍铬电阻丝绕在瓷管上制成的，20W 的内阻值约为 $2.5\text{k}\Omega$ ，烙铁温度一般可达 350°C 左右。

(3) 恒温电烙铁

恒温电烙铁外形和结构如图 2-7 所示。恒温电烙铁的烙铁头内装有强磁性体传感器，用以吸附磁心开关中的永磁铁来控制温度。这种电烙铁一般用于焊接温度不宜过高、焊接时间不宜过长的场合，但恒温电烙铁价格高些。

2. 电烙铁的选用

一般来说，应根据焊接对象合理选用电烙铁的功率和种类，被焊件较大，使用的电烙铁的功率也应大些，若功率较小，则焊接温度过低，焊料熔



图 2-6 内热式电烙铁外形

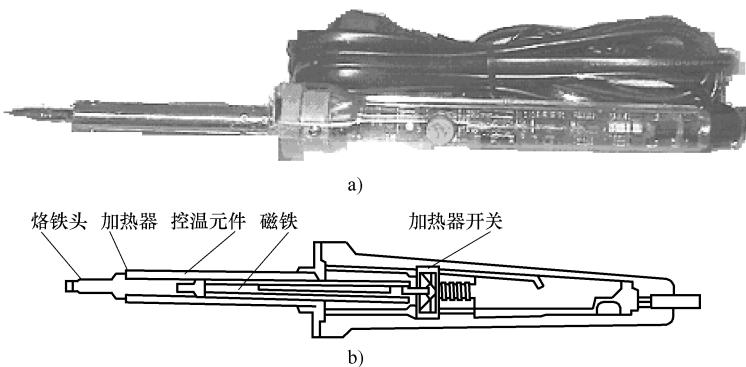


图 2-7 恒温电烙铁外形和结构

a) 外形 b) 结构

化较慢，焊剂不易挥发，焊点不光滑、不牢固，这样势必造成外观质量与焊接强度不合格，甚至焊料不能熔化，焊接无法进行。但电烙铁功率也不能过大，过大了则会使过多的热传递到被焊工件上，使元器件焊点过热，可能造成元器件损坏，使印制电路板的铜箔脱落，焊料在焊接面上流动过快，并无法控制等。

选用电烙铁的原则如下：

- 1) 焊接集成电路、晶体管及其受热易损的元器件时，考虑选用 20W 内热式或 25W 外热式电烙铁。
- 2) 焊接较粗导线或同轴电缆时，考虑选用 50W 内热式或 45~75W 外热式电烙铁。
- 3) 焊接较大元器件时，如金属底盘接地焊片，应选用 100W 以上的电烙铁。
- 4) 烙铁头的形状要适应被焊件物面要求和产品装配密度。

3. 使用电烙铁应注意的问题

1) 新电烙铁使用前要进行处理，即让电烙铁通电给烙铁头“上锡”。具体方法是，首先用锉刀把烙铁头按需要锉成一定的形状，然后接上电源，当烙铁头温度升到能熔锡时，将烙铁头在松香上沾涂一下，等松香冒烟后再沾涂一层焊锡，如此反复进行 2~3 次，使烙铁头的刃面全部挂上一层焊锡便可使用了。使用过程中始终保证烙铁头挂上一层薄锡。

2) 不使用电烙铁时，不宜长时间通电，这样容易使烙铁芯过热而烧断，缩短其寿命，同时也会使烙铁头因长时间加热而氧化，甚至被“烧死”。

不再“吃锡”。

- 3) 不能在易燃和腐蚀性气体环境中使用。
- 4) 不能任意敲击,以免碰线而缩短寿命。
- 5) 宜用松香、焊锡膏作助焊剂,禁用盐酸,以免损坏元器件。
- 6) 使用若干次后,应将铜头取下去除氧化层,以免日久造成取不出现象。
- 7) 发现铜头不能上锡时,可将铜头表面氧化层去除后继续使用。
- 8) 切勿将电烙铁放置于潮湿处,以免受潮漏电。
- 9) 使用电源为交流 $220V \times (1 \pm 10\%)$,接上电源线旋合手柄时,切勿使线随手柄旋转,以免短路。
- 10) 使用电烙铁时必须按图接上地线,且必须可靠地接地。
- 11) 发现电源线的绝缘层破损时应及时更换,以保安全。
- 12) 外热式电烙铁首次使用在 8min 左右有冒烟,因云母内脂质挥发,属正常现象。
- 13) 使用电烙铁时,电源线必须采用橡皮绝缘棉纱编织三芯软线及带有接地接点的插头。
- 14) 电烙铁的电源线截面积和长度,应符合表 2-1 的规定。

表 2-1 电源线截面积和长度

输入功率/W	导线截面积/mm ²	导线长度/mm
20 ~ 50	0.28	1800 ~ 2000
70 ~ 300	0.35	
500	0.5	

2.3 电工常用小工具

电工常用的钢丝钳、斜嘴钳、剥线钳、尖嘴钳如图 2-8 所示。它们的绝缘柄耐压应为 1000V 以上。

1. 钢丝钳

钢丝钳是电工应用最频繁的工具。电工用钢丝钳柄部加有耐压 1000V 的塑料绝缘套。常用的规格有 160mm、180mm、200mm 3 种。

电工钢丝钳由钳头和钳柄两部分组成。钳头由钳口、齿口、刀口和铡口四部分组成。其外形如图 2-8a 所示,其中钳口可用来绞绕电线的自缠连接或弯曲芯线、钳夹线头;齿口可代替扳手来拧小型螺母;刀口可用来剪切电线、掀拔铁钉,也可用来剥离 4mm² 及以下的导线的绝缘层;铡口可用来

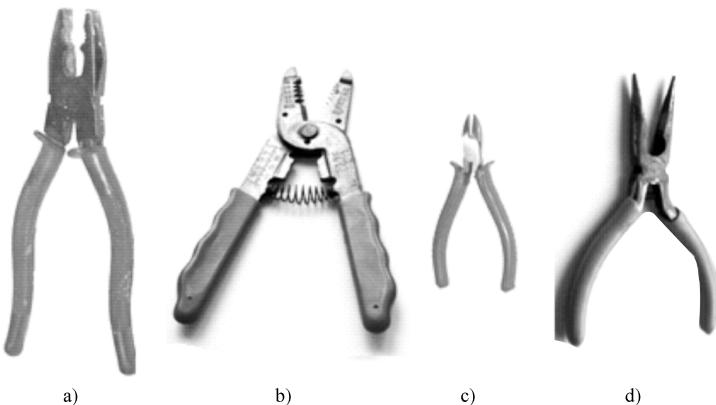


图 2-8 钢丝钳、剥线钳、斜嘴钳、尖嘴钳

a) 钢丝钳 b) 剥线钳 c) 斜嘴钳 d) 尖嘴钳

铡切钢丝等硬金属丝。

使用电工钢丝钳时的注意事项：

- 1) 使用电工钢丝钳以前，必须检查绝缘柄的绝缘是否完好。如果绝缘损坏，不得带电操作，以免发生触电事故。
- 2) 使用电工钢丝钳，要使钳口朝内侧，便于控制钳切部位。钳头不可代替手锤作为敲打工具使用。钳头的轴销上，应经常加机油润滑。
- 3) 用电工钢丝钳剪切带电导线时，不得用刀口同时剪切相线和零线，或同时剪切两根相线，以免发生短路故障。

2. 剥线钳

剥线钳是用来剥除电线、电缆端部橡皮塑料绝缘层的专用工具。它可带电（低于 500V）削剥电线末端的绝缘皮，使用十分方便。剥线钳有 140mm 和 180mm 两种规格。其外形如图 2-8b 所示。

3. 斜嘴钳

斜嘴钳也是电工常用的钳子之一，其头部扁斜，又名斜口钳、扁嘴钳，专门用于剪断较粗的电线和其他金属丝，其柄部有铁柄和绝缘管套。电工常用的绝缘柄剪线钳，其绝缘柄耐压应为 1000V 以上。图 2-8c 所示是斜嘴钳外形。

4. 尖嘴钳

它的主要作用是对元器件引脚成形及导线连接。

尖嘴钳的外形与钢丝钳相似，只是其头部尖细，适用于狭小的工作空间或带电操作低压电气设备。尖嘴钳外形如图 2-8d 所示。电工维修人员应选用带有绝缘手柄的，耐压在 500V 以上的尖嘴钳。使用时应注意以下问题：

- 1) 使用尖嘴钳时，手离金属部分的距离应不小于 2cm。
- 2) 注意防潮，勿磕碰损坏尖嘴钳的柄套，以防触电。
- 3) 钳头部分尖细，且经过热处理，钳夹物体不可过大，用力时切勿太猛，以防损伤钳头。
- 4) 使用后要擦净，经常加油，以防生锈。

2.4 螺钉旋具和电工刀

1. 螺钉旋具

螺钉旋具俗称改锥、起子，是电工在工作中最常用的工具之一。按照其头部形状不同，可分为一字槽和十字槽螺钉旋具，其握柄材料分木柄和塑料柄两种。电工常用的螺钉旋具有 100mm、150mm 和 300mm 几种规格。十字槽螺钉旋具按其头部旋动螺钉规格的不同分为 I、II、III、IV 四个型号，分别用于旋转直径为 2~2.5mm、6~8mm 和 10~12mm 的螺钉。其柄部以外的刀体长度规格与一字形螺钉旋具相同。螺钉旋具的外形如图 2-9a 所示。不同尺寸的一字槽和十字槽螺钉旋具，可根据不同型号的螺钉选用。

螺钉旋具主要用于拧动螺钉及调整可调元器件的可调部分。在使用过程中，要用力均匀，保持平直，注意安全，使用方法如图 2-9b 所示。

2. 电工刀

电工刀主要用来刮去导线和元器件引线上的绝缘物和氧化物，使之易于上锡。

电工刀是电工在从事装配维修工作时用于割削电线绝缘外皮、绳索、木板、木桩等物品的工具。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。还有一种多用型的电工刀，其上有刀片、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。电工刀外形如图 2-10 所示。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，以免不慎划伤手指。
- 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电气设备。

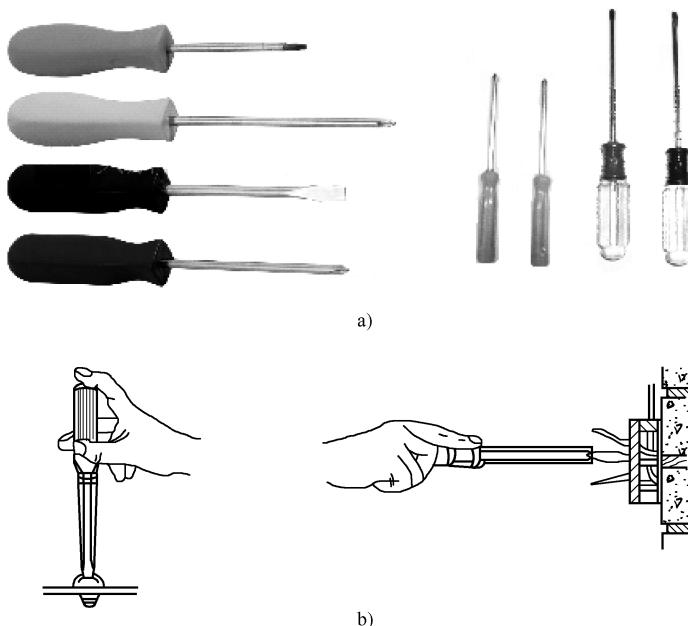


图 2-9 螺钉旋具外形和使用方法

a) 外形 b) 使用方法



图 2-10 电工刀外形

2.5 绕线机

绕线机分为手摇绕线机、电动绕线机和自动绕线机等多种。

1. 手摇绕线机

手摇绕线机的结构如图 2-11 所示，它由摇把、主动轮、被动轮和绕线模型组成。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、能记数绕制的匝数。

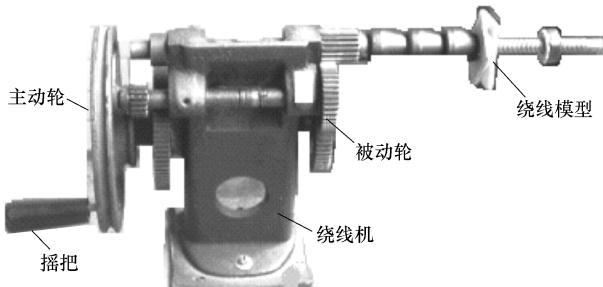


图 2-11 手摇绕线机

在使用手摇绕线机时应注意以下几点：

- 1) 使用时要把绕线机固定在操作台上。
- 2) 当绕制线圈匝数不是从零开始时，应记下起始指示的匝数，并在绕制后减去。
- 3) 绕线时应用手把导线拉紧拉直，切勿过度用力，以免将导线拉断。

2. 电动绕线机

电动绕线机采用电动方式，既可作为绕线机使用，又可作为电钻使用，具有一机多用的功能。其外形如图 2-12 所示。



图 2-12 电动绕线机

3. 自动绕线机

自动绕线机具有计数、多个线圈同时绕制等功能，对批量生产可提高效率。其外形如图 2-13 所示。CNC201-D 自动绕线机采用我国台湾省的 CNC 绕线机控制器，交流电动机变频调速，排线均匀整齐，性能稳定，价格低廉，适用于各个层次的不同客户使用。

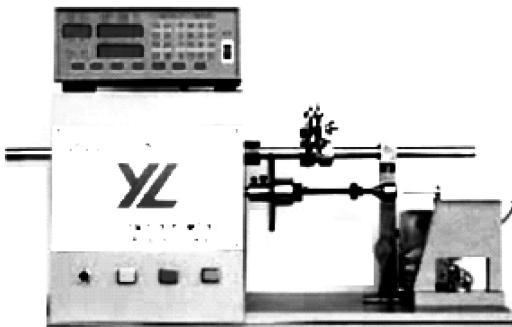


图 2-13 自动绕线机

2.6 电钻

1. 手电钻

手电钻是电工在安装维修工作中常用的工具之一，它具有体积小、重量轻等优点。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，带有冲击功能的手电钻还能对砖墙打孔。目前常用的手电钻有手枪式和手提式两种，电源一般为 220V，也有三相 380V 的。电钻及钻头大致也分两大类，如图 2-14 所示，一类为麻花钻头，一般用于金属打孔；另一类为冲击钻头，用于在砖和水泥柱上打孔。大多数手电钻采用单相交直流两用电动机，它的工作原理是接入 220V 交流电源后，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励磁电流所产生的磁通方向是同时变化的，从而使手电钻上的电动机按一定方向运转。

使用手电钻时应注意以下几点：

- 1) 使用前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，并将手电钻外壳接地。
- 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，要用验电笔测试外壳是否带电，如不带电方能

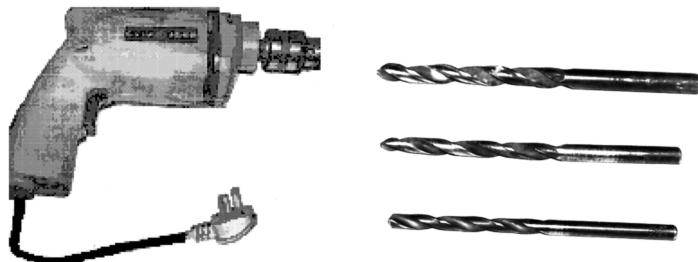


图 2-14 手电钻与钻头

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，切勿用螺钉旋具和手锤敲击电钻夹头。
- 5) 装钻头时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。

2. 冲击钻

冲击钻常用于在建筑物上钻孔，如图 2-15 所示。它的用法是：把调节开关置于“钻”的位置，钻头只旋转而没有前后的冲击动作，可作为普通钻使用；置于“锤”的位置，钻头边旋转边前后冲击，便于钻削混凝土或在砖结构建筑物墙上打孔。有的冲击钻调节开关上没有标明“钻”或“锤”的位置，可在使用前让其空转观察，以确定其位置。

遇到较坚硬的工作面或墙体时，不能加压过大，否则将使钻头退火或电钻过载而损坏。电工用冲击钻可钻 6~16mm 圆孔，作普通钻时，用麻花钻头；作冲击钻时，应使用专用冲击钻头。

3. 小型台钻

小型台钻是一种固定式钻孔工具，比手电钻功率大，操作方便，可以钻孔、扩孔等，如图 2-16 所示。

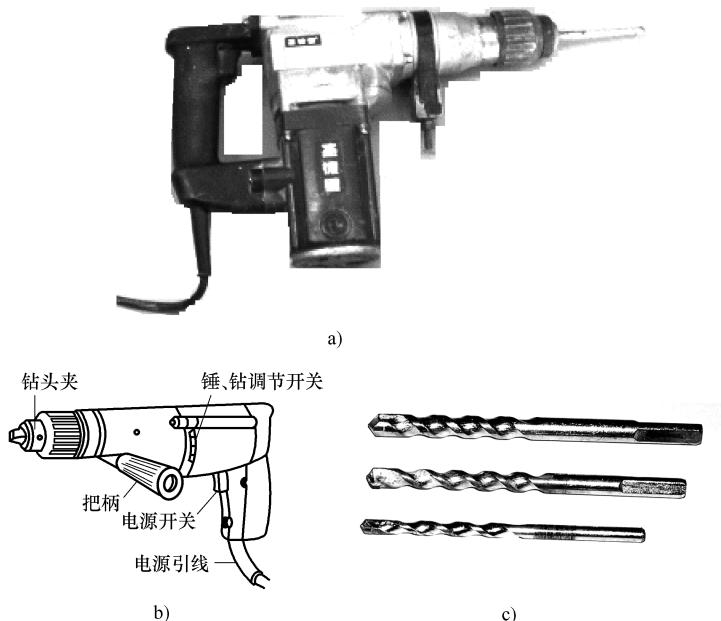


图 2-15 冲击钻与钻头
a) 冲击钻外形图 b) 冲击钻结构图 c) 钻头



图 2-16 小型台钻

2.7 活扳手、卷尺与工具套

1. 活扳手

活扳手用于旋动螺杆螺母，它的扳口可在所定范围内任意调整大小，目前电工常用的活扳手有 $150\text{mm} \times 19\text{mm}$ 、 $200\text{mm} \times 24\text{mm}$ 、 $250\text{mm} \times 30\text{mm}$ 、 $300\text{mm} \times 36\text{mm}$ 等几种规格。扳动较大螺杆螺母时，所用力矩大，手应握在手柄尾部；扳小型螺母时，为防止扳口处打滑，手可握在接近头部的位置，且用拇指调节和稳定螺杆。活扳手外形及使用方法如图 2-17 所示。

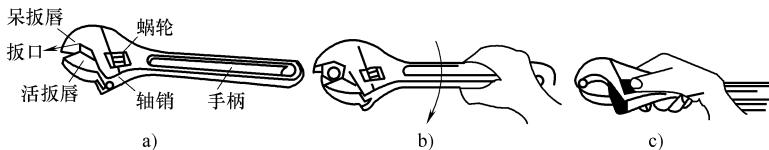


图 2-17 活扳手外形及使用方法

a) 构造 b) 扳大螺母握法 c) 扳小螺母握法

使用活扳手时，不能反方向用力，否则容易扳裂活扳唇，尽量不要用钢管套在手柄上作加力杆使用，更不能用作撬重物或当手锤敲打。旋动螺杆、螺母时，必须把工件的两侧面夹牢，以免损坏螺杆或螺母的棱角。

2. 卷尺和工具套

卷尺是电气安装中用于测量定位的工具。常用的有 1m、2m 等多种规格，如图 2-18a 所示。为了工作方便，读者可购买成套工具，如图 2-18b 所示的是电工常用工具套。

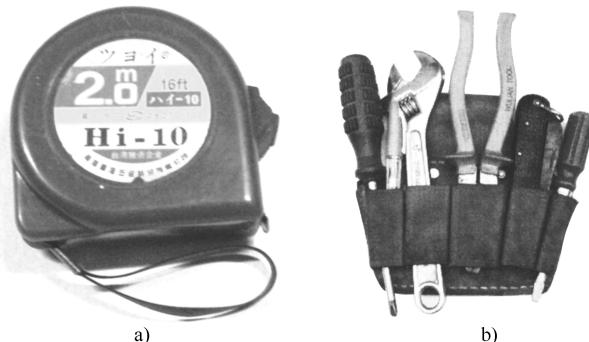


图 2-18 卷尺和工具套

a) 卷尺 b) 工具套

2.8 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。

转速表常用的是离心式手持转速表，如图 2-19 所示，近几年也有新型转速表不断涌现，有离心式电子显示板显示转速表、感应式转速表等。

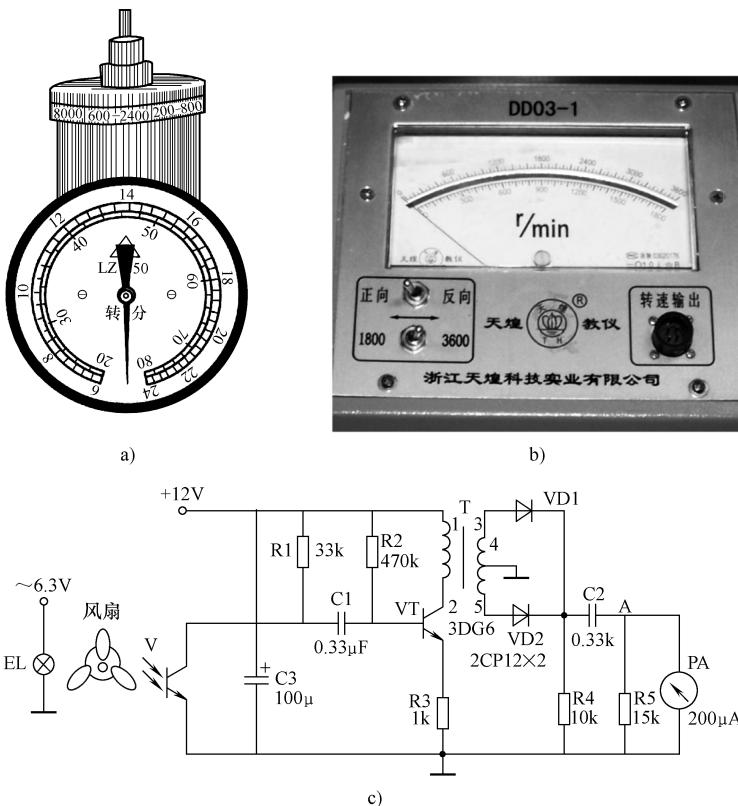


图 2-19 转速表外形和电路

a) 一般的转速表 b) 电子感应转速表 c) 电路

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动机转速时,要将调速盘调到高位观察,确定转速后,再向低档调,以使测试结果准确。
- 3) 要等转速表停转后再换档,以免损坏表的内部机构。
- 4) 测量转速时,应将转速表的测量轴与被测轴轻轻接触并逐渐增加接触力。测试时要使手持转速表保持平衡,转速表测试轴与电动机轴保持同心,直到测试指针稳定后再记录数据。
- 5) 转速表换轴后可测试设备的转速和线速度。

转速表举例如下:

用仪表测量电风扇的转速,把风叶置于光源(灯泡HL)与光敏晶体管之间。当光线被风叶遮住时,光线不能照射到光敏晶体管上,V呈高阻状态;风叶转过一定角度后,光线从风叶间隙照射到V上,光敏晶体管导通呈低阻状态。

当风叶不停地旋转时,每转一圈,光敏晶体管就间断地受到3次照射(一般的台扇只有3片叶片)。由于在电阻器R1和光敏晶体管串联电路的两端加有12V电压,因而在V的两极上就会随着光线间断照射而形成脉冲电位。

脉冲电位经过由C1和VT的输入电阻组成的微分电路微分后,形成一系列的尖脉冲,再经VD1、VD2整流,获得二倍频的脉冲信号,通过电容器C2输出,送到微安表头PA,由PA的指针指示出转速来。转速越高,指针偏转越大,反之则越小。

如果有数字式频率计,则无需用PA。将A点与地接出引线,直接与数字式频率计输入端接好,便可显示出转速数字来。电路如图2-19c所示。

2.9 水平测量仪

如图2-20所示为布线用水平测量仪,是电工安装布线的工具之一,主要用于电工安装布线时,查看是否水平。该仪器打开开关,则发出水平的红光,监测所安装的布线是否水平。

该仪器随身携带,体积小巧、灵活、方便。

电工安装布线要求横平竖直、美观、耐用,但仅凭眼睛观察,难以把握准确,使用水平测量仪便可以准确达到目的。

SQ1和SQ2均为玻璃水银导电开关,它内部由一个短电极和一个长电极组成,并装有导电用的可移动的水银球。

图中的点画线框反映出了玻璃水银导电开关SQ1和SQ2在水平测量仪

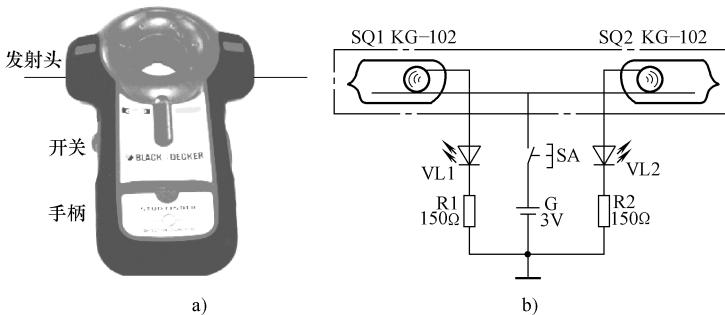


图 2-20 水平测量仪外形和电路

a) 水平测量仪外形 b) 电路

中的安装位置。

当水平测量仪处于水平位置时，玻璃水银导电开关 SQ1 和 SQ2 内部的水银球均把相应的短电极与长电极接通，因而使两个发光二极管 VL1、VL2 同时通电发光。当水平测量仪向着玻璃水银导电开关 SQ1 一方倾斜时，其玻璃管内的水银球便移到左端而脱离短电极，使 SQ1 断开，VL1 熄灭；但此时 VL2 仍发光，表示此端偏高。同理，当水平测量仪向着玻璃水银导电开关 SQ2 一方倾斜时，SQ2 断开，VL2 熄灭，但 VL1 仍发光，表示此端偏高。

电路中，R1、R2 分别为 VL1 和 VL2 的限流电阻器，其阻值大小影响着对应发光二极管的发光亮度，SA 为电源开关。

2.10 喷灯

喷灯是利用火焰对工件进行加热的一种工具，有分离式和液化气喷灯。喷灯的火焰温度可达 900℃，不仅适用于工矿企业用它来焊接电缆、接地线，还适用于机械零件的加温、焊接、热处理静止烘烤等。喷灯的外形和结构图如图 2-21 所示。

1. 使用方法

- 1) 装灯头。将灯头按顺时针方向旋紧。
- 2) 加油。旋开加油盖，按照规定用油种类，将洁净油通过装有过滤网的漏斗，灌入灯壶七成满。如果是连续使用，必须待灯头完全冷却后才能加油。
- 3) 启用喷灯之前必须检查手动泵、泄压阀、密封、油路。
- 4) 生火。将预热杯中加满油及引火物，但油料不得溢到灯壶上，在避

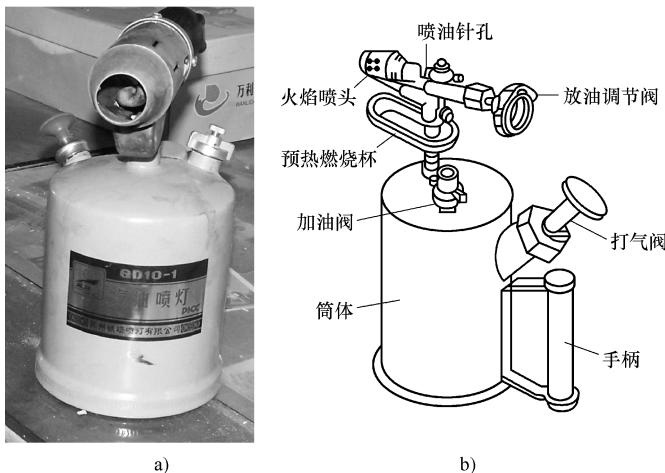


图 2-21 喷灯

a) 外形 b) 结构图

风地方点燃预热灯头，当预热杯中油将要烧尽时，旋紧加油盖、泵盖，打气3~5下后把手轮缓缓旋开，初步火焰即自行喷出。

- 5) 工作。初步火焰如正常，继续打气直至强大火焰喷出。火焰如有“气喘”状态，调节手轮即可使其正常工作。
- 6) 熄火存放。将手轮按顺时针方向旋紧，关闭进油阀，熄火，待灯头冷却后，旋松加油盖放气后存放。

2. 使用时应注意的事项

- 1) 使用喷灯的人员必须经过专门培训，其他人员不应随便使用喷灯。
- 2) 严禁带火加油，要选择安全地点，给喷灯加油到灯体容量的3/4为宜。
- 3) 喷灯不能长时间使用，以免气体膨胀，引起爆炸，发生火灾事故。
- 4) 严禁在地下室或地沟内进行点火，应及时通风，排除地下室的可燃物。需要点火时，必须远离地下室2m以外。

2.11 绝缘电阻表

绝缘电阻表又叫兆欧表或摇表，其阻值在兆欧级上。它主要用来测量电动机、电气线路的绝缘电阻，判断设备或线路有无漏电现象，绝缘是否损坏或短路。

绝缘电阻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。绝缘电阻表的外形如图 2-22 所示。

1. 绝缘电阻表的工作原理

绝缘电阻表的工作原理如图 2-23 所示。与绝缘电阻表表针相连的有两个线圈：一个同表内的附加电阻 R 串联；另一个和被测电阻 R 串联，然后一起接到手摇发电机上。当用手摇时，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，表针就随着合成转矩的大小而偏转某一角度，这个偏转角度取决于两个电流的比值。由于附加电阻是不变的，所以电流值仅取决于待测电阻的大小。



图 2-22 绝缘电阻表的外形

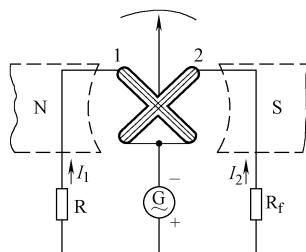


图 2-23 绝缘电阻表原理图

需要说明的是，绝缘电阻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作为参考，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，为此只能采用绝缘电阻表来测量。一般还规定当测量额定电压在 500V 以上的电气设备的绝缘电阻时，必须选用 1000 ~ 2500V 绝缘电阻表。测量额定电压在 500V 以下的电气设备的绝缘电阻时，则以选用 500V 绝缘电阻表为宜，如图 2-24 所示。

2. 绝缘电阻表的测量

1) 在测量前，绝缘电阻表应先做一次开路试验，然后再做一次短路试验。表针在开路试验中应指到“ ∞ (无穷大)”处；而在短路试验中能摆到“0”处，这表明绝缘电阻表工作状态正常，可测电气设备。

2) 根据被测电气设备的额定电压选用绝缘电阻表的电压等级。一般测量 50V 以下的用电设备的绝缘情况时，可选用 250V 绝缘电阻表；测量 50 ~

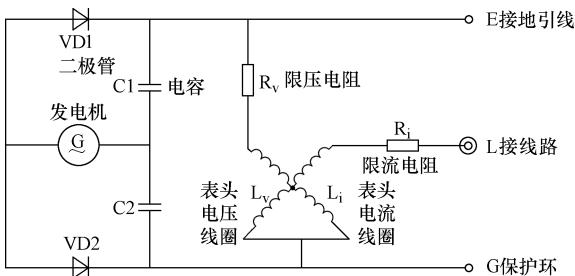


图 2-24 绝缘电阻表电路

380V 的用电设备的绝缘情况，可选用 500V 绝缘电阻表；测量 500V 以下的电气设备的绝缘情况时，绝缘电阻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，其绝缘电阻在 $0.5\text{M}\Omega$ 以上时，就能给电气设备通电使用。若选用读数从 $1\text{M}\Omega$ 开始的绝缘电阻表，则对小于 $1\text{M}\Omega$ 的绝缘电阻无法读数。

选用绝缘电阻表外接导线时，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，必须先断开设备的电源。如果是电容器或较长的电缆线路，应放电后测量。

4) 使用绝缘电阻表时必须远离强磁场，并且平放。摇动绝缘电阻表时，应避免绝缘电阻表受振动。

5) 测量前应清洁被测电气设备表面，以免测量结果不准。

6) 在测电容器的绝缘电阻时，电容器的耐压要大于绝缘电阻表输出的电压值。测完电容后，应先取下绝缘电阻表线再停止摇动摇把，以防已充电的电容向绝缘电阻表放电而损坏仪表。测完的电容要用电阻进行放电。

2.12 万用表

万用表又叫多用表，它具有多种用途、多种量程、携带方便等优点，因此被广泛应用。万用表有两种：一种是模拟指针式万用表，具有直观、明了的特点，其指针的偏转与被测量保持一定的对应关系；另一种是数字万用表，它以数字形式（不连续、离散形式）显示被测量。两种万用表各有特点，数字万用表具有读数准确、精度高、电压灵敏度高、电流档内阻小、测量种类和功能齐全、使用方便等优点，但不足之处是不能反映被测量的连续

变化过程及变化趋势，测量动态量时数字跳跃，价格偏高，维修困难。

本节以 MF-47 型指针式万用表为例，介绍它的使用方法。

1. 万用表的主要用途

MF-47 型万用表具有质量稳定、灵敏度高、测量范围广、造型美观、结构合理等特点，能测量交直流电压、交直流电流、直流电阻、晶体管直流电流放大系数 h_{FE} 、晶体管反向截止电流 I_{ceo} 、 I_{cbo} 、负载电流 I_L 、负载电压 V_L 及 1.5V 和 9V 电池的负载电压等。它适用于工矿企业、大中型院校实验室，电工以及电子、电气生产线使用，也是家用电器维修人员和业余爱好者理想的测试仪表。其外形如图 2-25 所示。

2. 万用表的使用方法

使用前应检查指示器是否指示在标度尺的零位上，可通过调节测量机构上的机械调零器使指示器与零位重合，然后将测试笔的红、黑两插头分别插入“+”、“-”插孔内。

(1) 直流电流的测量

将选择开关旋转至与被测直流电流相应的量程上，并将红、黑两表笔串接在被测电路中即可测量（注意极性），读数视 DCA 标度尺而定。

测量 5A 电流时应将红插头插入“5A”插孔内，选择开关旋转至 DC “5A”量程上，然后进行测量。

(2) 直流电压的测量

将选择开关旋转至与被测直流电压相应的量程上，然后将红、黑两表笔跨接于被测电路正负两端进行测量，读数视 DCV 标度尺而定。

测量 1000V 电压时应将红插头插入“1000V”插孔内，将选择开关旋转至 DC “500V”量程上，然后进行测量。

(3) 交流电流的测量

将选择开关旋转至与被测交流电流相应的量程上，然后将红、黑表笔串接在被测电路中即可测量，读数视 ACA 标度尺而定。

测量 5A 电流时，应将红插头插入“5A”插孔内，将选择开关旋转至 AC “5A”量程上，然后进行测量。



图 2-25 MF-47 型指针式万用表外形

(4) 交流电压的测量

将选择开关旋转至与被测交流电压相应的量程上，然后将红、黑两表笔跨接于被测电路两端进行测量，读数视 ACV 标度尺而定。

测量 1000V 电压时，应将红插头插入“1000V”插孔内，选择开关旋转至 AC “500V” 量程上，然后进行测量。

(5) 直流电阻的测量

将选择开关旋转至与被测电阻相应的量程上，并将红、黑两表笔短路，使指示器向“0Ω”方向偏转，然后调节零欧姆电位器，使指示器指示在“0Ω”位置上，再将表笔分开去测量被测电阻，读数视 Ω 标度尺而定。

当短路两表笔时，调节零欧姆电位器，若指示器不能指示到“0Ω”位置时，表示电池电压不足，须更换新电池。

直流电阻测量所用直流工作电源系 R6 型 1.5V 电池两只，6F22 型 9V 电池一只。

(6) 直流电流放大系数 h_{FE} 的测量

“ h_{FE} ”就是集电极电流 I_c 与基极电流 I_b 之比，即 $h_{FE} = I_c/I_b$ 。

测量方法：先将选择开关旋转至“ $R \times 10$ ”量程上，并将两表笔短路，使指示器向“0Ω”方向偏转，调节零欧姆电位器，使指示器指在“0Ω”位置上，然后断开两表笔，将被测晶体管 e、b、c 3 个引脚插入其相应的 NPN 或 PNP 测试座 E、B、C 插孔内，即可在 h_{FE} 标度尺上读取其直流电流放大系数了。

(7) 反向截止电流 I_{ceo} 、 I_{cbo} 的测量

先将选择开关旋转至相应的 $R \times 1 \sim R \times 1k$ 量程上（根据测量电流值大小决定），并将两表笔短路，调节零欧姆电位器，使指示器指在“0Ω”位置上，然后断开两表笔。

1) 当测量 I_{ceo} 时应将被测晶体管的 c、e 两引脚分别插入其相应的 NPN 或 PNP 的测试座 C、E 插孔内。

2) 当测量 I_{cbo} 时应将被测晶体管的 c、b 两个引脚分别插入其相应的 NPN 或 PNP 测试座 C、B 插孔内。

I_{ceo} 、 I_{cbo} 值均从 LI 标度尺上读取（标度尺满度电流值视所选电阻量程确定）。

(8) 二极管测量

使用仪表的 $R \times 1 \sim R \times 1k$ 量程均可测量二极管的正向电流 I_F 和反向电流 I_P ，测量前的准备与测量电阻相同，先调“0Ω”，然后将两表笔接二极管两端（仪表“-”插孔为电池正极），读数视 LI 标度尺而定（标度尺满度电流值视所选电阻量程确定）。

用 $R \times 10$ ($15mA$) 量程可检查发光二极管, 当发光二极管发光时, 可在 L1、LV 标度尺上读取其正向电流 I_F 和正向电压 V_F 。

(9) 音频电平的测量

在一定的负载阻抗上, 测得的音频电压称为“音频电平”。音频电平测量功能用以测量放大级的增益和电路输送的损耗, 测量单位用“dB”表示, dB 对电压、功率的关系是

$$1\text{dB} = 10\lg \frac{P_2}{P_1} = 20\lg \frac{V_2}{V_1}$$

式中 P_1 ——在 600Ω 阻抗上 0dB 的标称功率;

P_2 、 V_2 ——被测功率和电压。

音频电平的标度尺按 $0\text{dB} = 1\text{mW}$, 600Ω 阻抗输送线标准设计, 即

$$V_1 = \sqrt{PZ} = \sqrt{0.001 \times 600\text{V}} = 0.775\text{V}$$

音频电平标度尺以交流 10V 为基准, 标度尺指示值为 $-10 \sim 22\text{dB}$, 当读数大于 22dB 时, 可在其他交流电压量程上测量, 指示值按表 2-2 修正。

表 2-2 电平测量数值表

交流电压量程/V	按电平读数增加值/dB	电平测量范围/dB
10	0	$-10 \sim 22$
50	14	$4 \sim 36$
250	28	$18 \sim 50$
500	34	$24 \sim 56$
1000	40	$30 \sim 62$

测量方法与测量交流电压相同。当被测电路中带有直流成分时, 在表笔一端串接一只大于 $0.1\mu\text{F}$ 电容即可测量。

2.13 电工安装常用材料

1. 绝缘材料

绝缘材料是一种不导电的物质。

绝缘材料的主要作用是将带电体封闭起来或将带不同电位的导体隔开, 以保证电气线路和电气设备正常工作, 并防止发生人身触电事故等。

绝缘材料有木材、石头、橡胶、橡皮、塑料、陶瓷、玻璃、云母等。

(1) 木材

电工材料中使用木材的, 主要有木槽板和圆木、联二木、联三木等。

(2) 橡胶

电工用橡胶分天然橡胶和合成橡胶两种。天然橡胶易燃、易老化、不耐油，不能用于户外，但它柔软，富有弹性，可用作电线、电缆的绝缘层和护套。合成橡胶虽然电气性能不高，但可用于电动机、电器中绝缘材料和保护材料，如引出线套管、绝缘衬垫等。

(3) 绝缘包扎带

绝缘包扎带主要用作包缠电线和电缆的接头，常用的有如下几种：

1) 胶布带。又分黑、白、绿等胶布，用于低压电线电缆接头的包扎。有些胶布用于防水绝缘用，如图 2-26 所示。

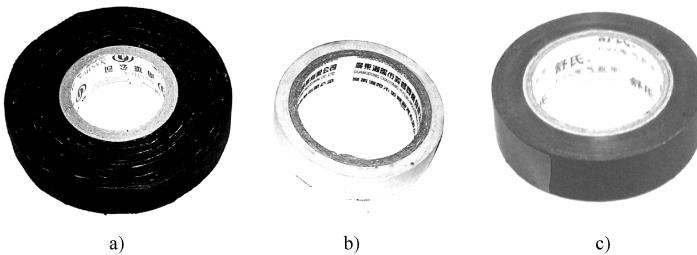


图 2-26 电工常用黑、白、绿绝缘胶布

a) 黑胶布 b) 白胶布 c) 绿胶布

2) 聚氯乙烯带。它的绝缘性能、耐潮性、耐蚀性好，其中电缆用的特种软聚氯乙烯带是专门用来包扎电缆接头的，有黄、绿、红、黑 4 种，称为相色带，如图 2-27 所示。



图 2-27 电工常用绝缘相色带

(4) 陶瓷制品

瓷土烧制后涂以瓷釉的陶瓷制品，是不易燃烧、不吸潮的绝缘体，可

制成绝缘子，用来支撑、固定导线。常用的几种低压绝缘子如图 2-28 所示。

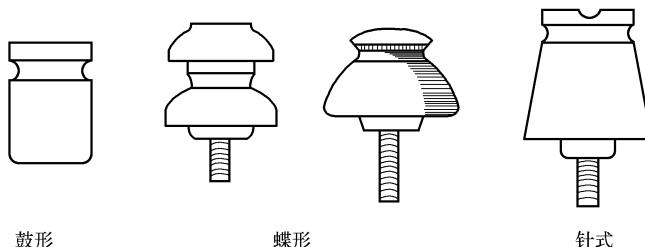


图 2-28 常用的低压绝缘子

(5) 塑料

常用的有硬塑料、热塑性塑料，它们适宜做各种构件，如电动工具的外壳、出线板、支架、绝缘套、插座、接线板等。

2. 导电材料

用作导电材料的金属必须具备以下特点：导电性能好，有一定的机械强度，不易氧化和腐蚀，容易加工和焊接，资源丰富，价格便宜。电气设备和电气线路中常用的导电材料有以下几种：

(1) 铜材

铜材的电阻率为 $0.0175\Omega \cdot m$ ，其导电性能、焊接性能及机械强度都较好，在要求较高的动力线路、电气设备的控制线和电动机、电器的线圈等大部分采用铜导线，如图 2-29 所示。

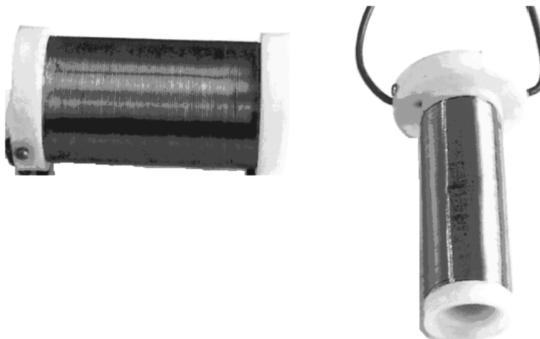


图 2-29 铜漆包线

(2) 铝材

铝的电阻率为 $0.029\Omega \cdot \text{m}$ ，其电阻率虽然比铜大，但密度比铜小，且铝资源丰富，价格便宜，为了节省铜，应尽量采用铝导线。架空线路、照明线已广泛采用铝导线。但由于铝导线的焊接工艺较复杂，使用也受到了限制。

(3) 钢材

钢的电阻率是 $0.1\Omega \cdot \text{m}$ ，使用时会增大线路损失，但机械强度好，能承受较大的拉力，资源丰富，在部分场合也被用作导电金属材料。

3. 导线

(1) 裸绞线

裸绞线主要有 7 股、19 股、37 股、61 股等规格，主要用于电力线路中。裸绞线具有结构简单、制造方便、容易架设和维修等优点。常用的裸绞线有 TT 型铝绞线、LGJ 型钢芯铝绞线和 HLJ 型铝合金绞线 3 种。

(2) 硬母线

硬母线是用来汇集和分配电流的导体。硬母线用铜或铝材料经加工做成，截面形状有矩形、管形、槽形，10kV 以下多采用矩形铝材。硬母线交流电的三相 U、V、W 分别被涂以黄、绿、红三色表示，用黑色表示零线，如图 2-30 所示。

(3) 软母线

软母线用于 35kV 及以上
的高压配电装置中。



图 2-30 硬母线

(4) 电磁线

电磁线分为漆包线、纱包线、无机绝缘电磁线和特种电磁线 4 类。

1) 漆包线漆膜均匀，光滑柔软，有利于线圈的自动化绕制，广泛应用于中小型、微型电工产品中，如图 2-31 所示。

2) 纱包线用天然丝、玻璃丝、绝缘纸或合成薄膜紧密绕包在导电线芯上，形成绝缘层，或在漆包线上再绕包一层绝缘层，一般应用于大中型电工产品中。

3) 无机绝缘电磁线的绝缘层采用无机材料、陶瓷、氧化铝膜等，并经有机

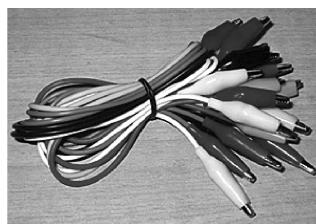


图 2-31 漆包插接线

绝缘漆浸渍后烘干使其密封。无机绝缘电磁线具有耐高温、耐辐射等性能。

4) 特种电磁线具有特殊的绝缘结构和性能,如耐水的多层绝缘结构,适用于潜水电动机绕组用电磁线。

4. 电刷

电刷是一种换向和传导电流的元件。常用的有石墨电刷、金属石墨电刷和电化石墨电刷等。石墨电刷主要用于绕线转子异步电动机、发电机、直流电动机、农用拖拉机起动电动机上。

5. 磁性材料

利用电磁感应原理制造的材料叫磁性材料,如电动机绕阻、仪表线圈等。磁性材料具有很高的磁导率和较低的铁损耗,还具有良好的机械加工性能。磁性材料按其特性可分为软磁材料和硬磁材料。

(1) 软磁材料

软磁材料的磁导率高,矫顽力低。软磁材料在较弱的外磁场下,产生的磁感应强度随着外磁场增强而增大,并很快达到饱和状态;当外磁场去掉后,磁性则随之消失。

常用的软磁材料有硅钢片、电工纯铁、铁镍合金、铁铝合金、软磁铁氧体等。它主要用于电动机、电器和变压器上的铁心导磁体以及扼流圈、接触器、继电器的铁心,其作用是传递、转换能量和信息。

(2) 硬磁材料

硬磁材料具有磁导率低、矫顽力高、剩磁感应强、能在较长时间内保持恒性等特点。常用的硬磁材料有钨钢、铬钢、铝镍铁和硬磁铁氧体等。它主要用于能够恒定磁通的磁路中,在一定空间内提供恒定的磁场,作为磁场源。

6. 焊锡丝与助焊剂

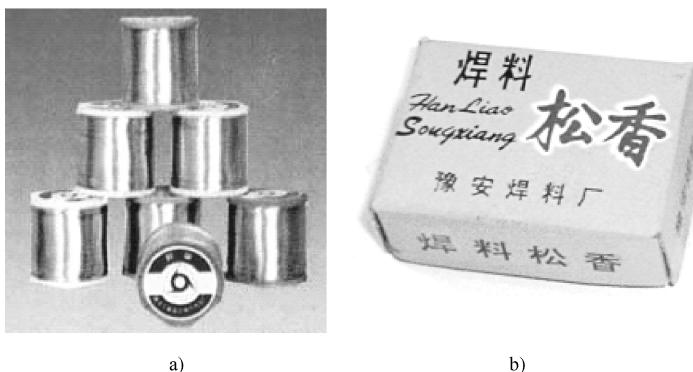
(1) 焊锡丝

焊锡丝是焊接元器件必备的焊料,一般要求熔点低、凝结快、附着力强、坚固、电导率高且表面光洁,其主要成分是铅锡合金。除丝状外,还有扁带状、球状、饼状规格不等的成型材料。焊锡丝的直径有0.5mm、0.8mm、0.9mm、1.0mm、1.2mm、1.5mm、2.0mm、2.3mm、2.5mm、3.0mm、4.0mm、5.0mm,焊接过程中应根据焊点大小和电烙铁的功率选择合适的焊锡。如图2-32a所示。

(2) 助焊剂

助焊剂是焊接过程的必需溶剂,它具有除氧化膜、防止氧化、减小表面张力、使焊点美观的作用,有碱性、酸性和中性之分。在印制电路板上焊接电子元器件,要求采用中性焊剂。松香是一种中性焊剂,它受热熔化变成液

态。它无毒、无腐蚀性、异味小、价格低廉、助焊力强。在焊接过程中，松香受热汽化，将金属表面的氧化层带走，使焊锡与被焊金属充分结合，形成坚固的焊点。碱性和酸性焊剂用于体积较大的金属制品的焊接。松香助焊剂如图 2-32b 所示。



a)

b)

图 2-32 焊锡丝与助焊剂

a) 铅锡合金焊锡丝 b) 松香助焊剂

7. 电缆

电缆是一个绝缘软套内有多根相互绝缘的芯线，亦称多芯电线。它的性能要求除上述电线的要求外，还要求芯线之间的绝缘电阻高，不易发生短路等故障。

按产品的使用特性可分为通用电线电缆、电机电器用电线电缆、仪器仪表用电线电缆、信号控制电缆、交通运输用电线电缆、地质勘探用电线电缆、直流高压软电缆等几种。

按金属材料不同，电线电缆可分为铜芯线、铝芯线、镀锌铁线等。

第3章

安全用电

3.1 安全用电常识

3.1.1 安全用电基本知识

- 1) 安全用电，人人有责。自觉遵守安全用电规章制度，低压线路应安装漏电保护器。
- 2) 不可用铜丝或铁丝代替保险丝。由于铜丝或铁丝的熔点比保险丝的熔点高，当发生短路或用电超载时，铜丝、铁丝不能熔断，失去了对电路的保护作用，其后果是很危险的，易发生线路着火事故。
- 3) 电灯线不要过长，灯头离地面不应小于2m。灯头固定在一个地方，不要拉来拉去，以免损坏电线或灯头，造成触电事故。电源插座不允许安装得过低和安装在潮湿的地方，插座必须按“左零右火”接通电源。
- 4) 照明等控制开关应接在相线（火线）上。严禁使用“一线一地”（即采用一根相线和大地作零线）的方法安装电灯、杀虫灯等，防止有人拔出零线造成触电。
- 5) 室内布线不允许使用裸体线和绝缘不合格的电线。禁止使用电话线代替电源线。
- 6) 应定期对电气线路进行检查和维修，更换绝缘老化的线路，修复绝缘破损处，确保所有绝缘部分完好无损。
- 7) 不要移动正处于工作状态的洗衣机、电视机、电冰箱等家用电器，应在切断电源、拔掉插头的条件下搬动。
- 8) 使用床头灯时，用灯头上的开关控制用电器有一定的危险，应选用拉线开关或电子遥控开关，这样更为安全。
- 9) 发现用电器发声异常，或有焦糊异味等不正常情况时，应立即切断电源，进行检修。
- 10) 平时应注意防止导线和电气设备受潮，不要用湿手去摸带电灯头、开关、插座以及其他家用电器的金属外壳，也不要用湿布去擦拭。在更换灯泡时要先切断电源，然后站在干燥木凳上进行，使人体与地面充分绝缘。

11) 发现导线的金属外露时,应及时用带黏性的绝缘黑胶布加以包扎,但不可用医用白胶布代替电工用绝缘黑胶布。

12) 使用移动式电气设备时,应先检查其绝缘是否良好,在使用过程中应采取增加辅助绝缘的措施,如使用电锤、手电钻时最好戴绝缘手套并站在橡胶垫上进行工作。

13) 洗衣机、电冰箱等家用电器在安装使用时,必须按要求将其金属外壳做好接零线或接地线的保护措施,以防止电气设备绝缘损坏时外皮带电造成的触电事故。

14) 在同一个插座上不能插接功率过大的用电器具,也不能同时插接多个用电器具。这是因为,如果电路中用电器具的总功率过大,导线中的电流超过导线所允许通过的最大正常工作电流,导线会发热。此时,如果保险丝又失去了自动熔断的保险作用,就会引起电线燃烧,造成火灾,或发生烧毁用电器具的事故。

15) 晒衣服的铁丝不要靠近电线,以防铁丝与电线相碰。更不要在电线上晒衣服、挂东西。

16) 发生电气火灾时,应迅速切断电源,按普通火灾的扑救方法处理。在特殊情况下需要带电灭火时,应使用黄沙或干粉灭火器或四氯化碳灭火器。同时,立即拨通“119”报警。

3.1.2 电气消防常识

在电的生产、传输、变换及使用过程中,由于线路短路、接点发热、电动机电刷打火、电动机长时间过载运行、油开关或电缆头爆炸、低压电器触头分合、熔断器熔断及电热设备使用不当等原因均可能引起电气火灾,故作为电气操作人员应该掌握必要的电气消防知识,以便在发生电气火灾时,能运用正确的灭火知识,指导和组织人员迅速灭火。

1) 电气火灾的危害性很大,一旦发生,损失惨重。因此,对电气火灾一定要贯彻“预防为主、防消结合”的原则,防患于未然。

2) 发生火灾时,不要惊慌,迅速报警;尽快切断电源,防止火势蔓延。

3) 不可用水和泡沫灭火器灭火(尤其是油类火灾),应采用黄砂、二氧化碳、1211、四氯化碳及干粉灭火器灭火。

4) 灭火人员不可使身体及手中的灭火器碰触到有电的导线或电气设备,防止灭火时发生触电事故,如果电线断落在地上,则灭火人员最好穿绝缘鞋。

5) 在危急情况下,为了争取灭火的主动权,争取时间控制火势,在保

证人身安全的情况下可以带电灭火，在适当时机再切断电源，但千万要注意安全。

6) 对于旋转电动机火灾，为防止因矿物性物质落入设备内部而击穿电动机的绝缘，一般不宜用干粉、砂子、泥土灭火。

3.1.3 灭火器的使用常识

1. 泡沫灭火器的使用

泡沫灭火器适用于扑救油脂类、石油类产品及一般固体物质的初起火灾。泡沫灭火器只能立着放置。其使用方法如图 3-1 所示。

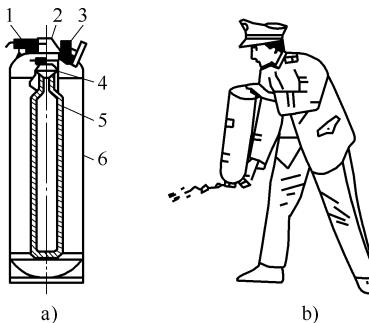


图 3-1 泡沫灭火器的使用方法

a) 普通式结构 b) 使用方法

1—喷嘴 2—筒盖 3—螺母 4—瓶胆盖 5—瓶胆 6—筒身

泡沫灭火器筒身内悬挂装有硫酸铝水溶液的玻璃瓶或用聚乙烯塑料制成的瓶胆。筒身内装有碳酸氢钠与发泡剂的混合溶液。使用时将筒身颠倒过来，碳酸氢钠与硫酸两溶液混合后发生化学作用，产生二氧化碳气体泡沫由喷嘴喷出，对准被灭火物持续喷射，大量的二氧化碳气体覆盖在物体表面，使其与氧气隔绝，即可将火势控制。使用时必须注意，不要将筒盖、筒底对着人体，以防万一爆炸伤人。

2. 二氧化碳灭火器的使用

二氧化碳灭火器主要适用于扑救贵重设备、档案资料、仪器仪表、额定电压为 600V 以下的电器及油脂等的火灾，不适用于扑灭金属钾、钠的燃烧。二氧化碳灭火器分为手轮式和鸭嘴式两种手提式灭火器。鸭嘴式二氧化碳灭火器的使用方法如图 3-2 所示。

二氧化碳灭火器的钢瓶内装有液态的二氧化碳。使用时，液态二氧化碳从灭火器喷出后迅速蒸发，变成固体雪花状的二氧化碳。固体二氧化碳在燃

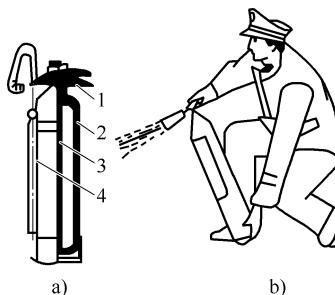


图 3-2 鸭嘴式二氧化碳灭火器的使用方法

a) 结构图 b) 使用方法

1—启闭阀门 2—器桶 3—虹吸管 4—喷筒

烧物体上迅速挥发而变成气体。当二氧化碳气体在空气中含量达到 30% ~ 35% 时，物质燃烧就会停止。使用鸭嘴式二氧化碳灭火器时，一手拿喷筒对准火源，一手握紧鸭舌，即可喷出气体。由于二氧化碳导电性差，故电器电压超过 600V 时必须先停电、后灭火。二氧化碳怕高温，灭火器存放点温度不应超过 42℃。使用时，不要用手摸金属导管，也不要将喷筒对着人，以防冻伤。喷射方向应顺风，切勿逆风使用。

3. 干粉灭火器的使用

干粉灭火器主要适用于扑救石油及其产品、可燃气体和电气设备的初起火灾。其使用方法如图 3-3 所示。

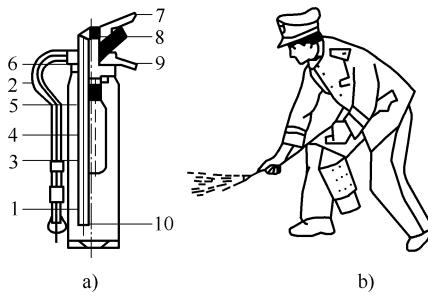


图 3-3 干粉灭火器的使用方法

a) 结构图 b) 使用方法

1—进气管 2—喷管 3—出粉管 4—钢瓶 5—粉筒 6—筒盖
7—后把 8—保险销 9—提把 10—防潮堵

使用干粉灭火器时，先打开保险销，一手将喷管口对准火源，另一手紧握导杆提环，将顶针压下，干粉即被喷出。

4. 1211 灭火器的使用

1211 灭火器适用于扑救油类、精密机械设备、仪表、电子仪器、设备及文物、图书、档案等贵重物品的初起火灾。其使用方法如图 3-4 所示。

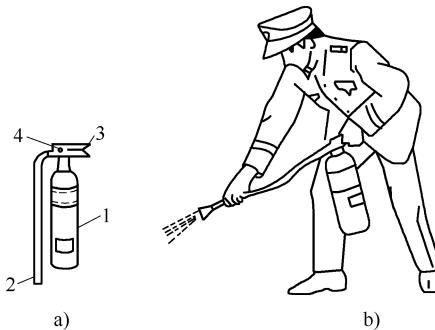


图 3-4 1211 灭火器的使用方法

a) 结构图 b) 使用方法

1—筒身 2—喷嘴 3—压把 4—保险销

1211 灭火器钢瓶内装满二氟一氯一溴甲烷的卤化物，是一种使用较广泛的灭火器。使用时，拔掉保险销，然后用力握紧压把开关，由压杆使密封阀开启，在氮气压力作用下，灭火剂喷出。灭火时，应垂直操作 1211 灭火器，不可平放和颠倒使用，喷嘴要对准火焰根部，沿顺风左右扫射，并快速向前推进，当火被扑灭后，松开压把开关，喷射即停止。

3.1.4 触电急救常识

人体触电后，除特别严重的当场死亡外，常常会暂时失去知觉，形成假死。如果能使触电者迅速脱离电源并采取正确的救护方法，则可以挽救触电者的生命。实验研究和统计结果表明，如果从触电后 1min 开始救治，则 90% 可以被救活；从触电后 6min 开始救治，则仅有 10% 的救活可能性；如果从触电后 12min 开始救治，则救活的可能性极小。因此，使触电者迅速脱离电源是触电急救的重要环节。当发生触电事故时，抢救者应保持冷静，争取时间，一面通知医务人员，一面根据伤害程度立即组织现场抢救。切断电源要根据具体情况和条件采取不同的方法，若急救者离开关或插座较近，则应迅速拉下开关或拔出插头，以切断电源，如图 3-5a 所示；如距离较

远，则应使用干燥的木棒、竹竿等绝缘物将电源移掉，如图 3-5b 所示；若附近没有开关、插座等，则可用带绝缘手柄的钢丝钳从有支撑物的一端剪断电线，如图 3-5c 所示；如果身边什么工具都没有，则可以用干衣服或者干围巾等将自己一只手厚厚地包裹起来，拉触电者的衣服，附近有干燥木板时，最好站在木板上拉，使触电人脱离电源，如图 3-5d 所示。总之，要迅速用现场可以利用的绝缘物，使触电者脱离电源，并要防止救护者触电。

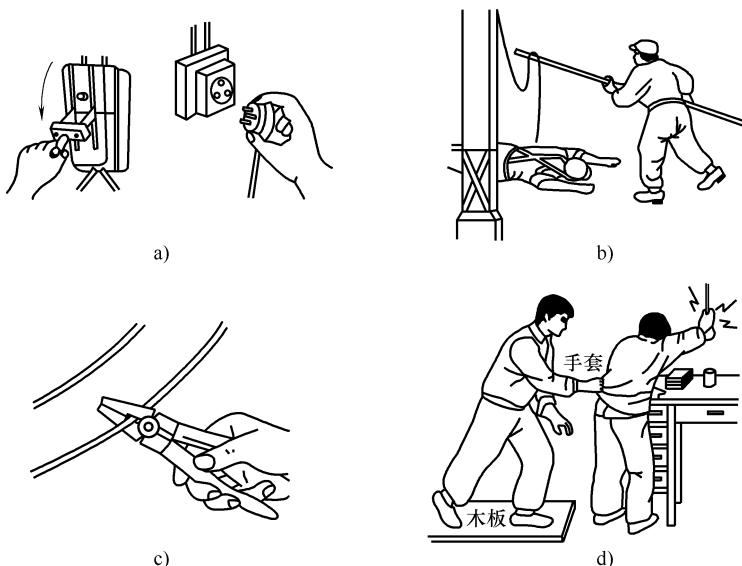


图 3-5 使触电者脱离电源的方法

a) 拉闸断电 b) 拖线断电 c) 断线断电 d) 拉离断电

当触电者脱离电源后，应立即将其移至附近通风干燥的地方，松开其衣裤，使其仰天平躺，并检查其瞳孔、呼吸、心跳及知觉情况，初步了解其受伤害程度。

轻微受伤者一般不会有生命危险，应给予关心、安慰；对触电后精神失常者，应使其保持安静，防止其狂奔或伤人；对失去知觉，呼吸不齐、微弱或完全停止，但还有心跳者，应采用“口对口人工呼吸法”进行抢救；对有呼吸，但心跳不规则、微弱或完全停止者，应采用“胸外心脏挤压法”进行抢救；对呼吸与心跳均完全停止者，应同时采用“口对口人工呼吸法”和“胸外心脏挤压法”进行抢救。抢救者不要紧张、害羞，方法要正确，

力度要适中，争分夺秒，耐心细致。

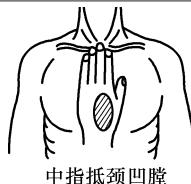
3.1.5 触电急救方法

触电急救方法见表 3-1。

表 3-1 触电急救方法

急救方法	适用情况	图示	实施方法
口对口人工呼吸法	触电者有心跳而呼吸停止		将触电者仰卧，解开衣领和裤带，然后将触电者头偏向一侧，张开其嘴，用手指清除口腔中的假牙、血等异物，使呼吸道畅通
			抢救者在触电者的一边，使触电者的鼻孔朝天，头后仰
			救护人用一手捏紧触电者的鼻孔，另一手托在触电者颈后，将颈部上抬，深深吸一口气，用嘴紧贴触电者的嘴，大口吹气，同时观察触电者胸部的膨胀情况，以略有起伏为宜。胸部起伏过大，表示吹气太多，容易把肺泡吹破。胸部无起伏，表示吹气用力过小，起不到应有作用
			救护人吹气完毕准备换气时，应立即离开触电人的嘴，并放开鼻孔，让触电人自动向外呼气，每 5s 吹气一次，坚持连续进行，不可间断，直到触电者苏醒为止

(续)

急救方法	适用情况	图示	实施方法
胸外心脏按压法	触电者有呼吸而心脏停搏		将触电者仰卧在硬板或地上，颈部枕垫软物使头部稍后仰，松开衣服和裤带，急救者跪在触电者腰部
			急救者将右手掌根部按于触电者胸骨下1/2处，中指指尖对准其颈部凹陷的下缘，右手掌放在胸口，左手掌复压在右手背上
			选好正确的压点以后，救护人肘关节伸直，适当用力，带有冲击性地压触电者的胸骨(压胸骨时，要对准脊椎骨，从上向下用力)。对成年人可压下3~4cm(1~1.2寸)，对儿童只用一只手，用力要小，压下深度要适当浅些
			挤压到一定程度时，手掌根应迅速放松(但不要离开胸膛)，使触电者的胸骨复位，挤压与放松的动作要有节奏，每秒钟进行一次，必须坚持连续进行，不可中断，直到触电者苏醒为止
口对口人工呼吸法和胸外心脏按压法并用	触电者呼吸和心跳都已停止		一人急救：两种方法应交替进行，即吹气2~3次，再挤压心脏10~15次，且速度都应快些

(续)

急救方法	适用情况	图示	实施方法
口对口 人工呼吸 法和胸外 心脏按压 法并用	触电者呼吸 和心跳 都已停止		两人急救：每 5s 吹气一次， 每秒钟挤压一次，两人同时 进行

3.2 接地装置的安装

3.2.1 接地和接零

1. 接地的意义

用接地线将电气设备的某些部分与接地体进行可靠而又符合技术要求的电气连接统称为接地，如电动机、变压器和开关设备的外壳接地。

当电气设备漏电时，其外壳、支架及与之相连的其他金属部分将呈现电压。若有人触及这些意外的带电部分，就可能发生触电事故。接地的目的就是为了保证电气设备的正常工作和人身安全。为了达到这个目的，接地装置必须十分可靠，其接地电阻也必须保证在一定范围之内。例如，容量为 $100\text{ kV}\cdot\text{A}$ 以上的变压器，中性点接地装置的接地电阻不应大于 4Ω ，零线重复接地电阻不大于 10Ω 。在电力系统中应用较多的有工作接地、保护接地、保护接零及重复接地等，此外还有防雷接地、共同接地、过电压保护接地、防静电接地及屏蔽接地等。

2. 工作接地

为了保证电气设备的安全运行，将电力系统中的某些点接地，此种接地被称为工作接地，如电力变压器和互感器的中性点接地等，都属于工作接地。如图 3-6 所示，工作接地的目的是为了取得大地的零电位。

3. 保护接地

将电动机、变压器等电气设备的金属外壳及与外壳相连的金属构架，通过接地装置与大地连接起来，称此种接地为保护接地，TN-S 系统（依据 GB14050—2008）如图 3-7 所示。保护接地对于中性点接地不接地的电网

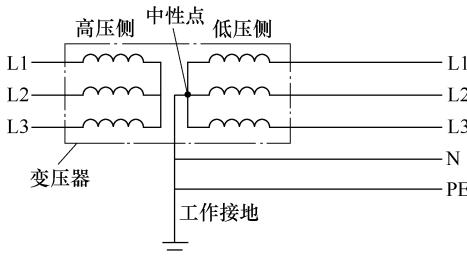


图 3-6 工作接地

系统都适用，可有效防止发生触电事故，保障人身安全。当电气设备绝缘损坏、相线碰壳时，设备外壳带电，人体触及就有触电的危险。如果电气设备外壳有了保护接地，则电流将同时流经接地体和人体，即在并联电路中，电流与电阻大小成反比，接地电阻越小，通过的电流越大，流经人体的电流就越小。通常，接地电阻都小于 4Ω ，而人体电阻一般在 1000Ω 以上，比接地电阻大得多，所以流经人体的电流很小，不致有触电危险。

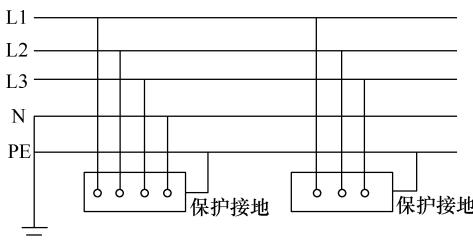


图 3-7 保护接地

4. 保护接零

将电动机等电气设备的金属外壳及金属支架与零线用导线连接起来，称此种接地为保护接零。220/380V 三相四线制 (TN-C) 中性点直接接地的电网中广泛采用保护接零。当电气设备因绝缘损坏造成单相碰壳时，设备外壳对地电压为相电压，人体触及将发生严重的触电事故。采用保护接零后，碰壳相电流经零线形成单相闭合回路，如图 3-8 所示。由于零线电阻较小，短路电流较大，使熔丝熔断或断路器等短路保护装置在短时间内动作，切断故障设备的电源，从而避免了触电。保护接零已经很少见了，常见的都是 TN-C-S 或者 TN-S 里的保护接地方式。

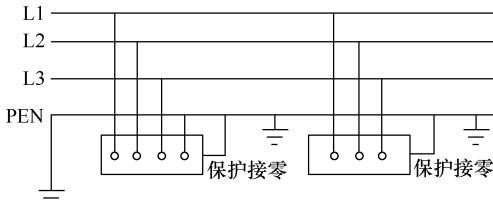


图 3-8 保护接零

注意

保护接零和保护接地的保护原理是不同的。保护接地是限制漏电设备外壳对地电压，使其不超过允许的安全范围；保护接零是通过零线使漏电电流形成单相短路，引起保护装置动作，从而切断故障设备的电源。注意，在同一台变压器供电系统中，保护接零和保护接地不能混用，不允许一部分设备采用保护接零，而另一部分设备采用保护接地。因为当采取保护接地设备中的一相与外壳接触时，会使电源中性线出现对地电压，使接零的设备产生对地电压，从而造成更多的触电机会。

5. 重复接地

在三相四线制保护接零电网中，除了变压器中性点的工作接地之外，在零线上的一点或多点也可与接地装置连接，此种连接被称为重复接地，如图 3-9 所示。

对于 1kV 以下的接零系统，重复接地的接地电阻应不大于 10Ω 。重复接地的作用主要有：

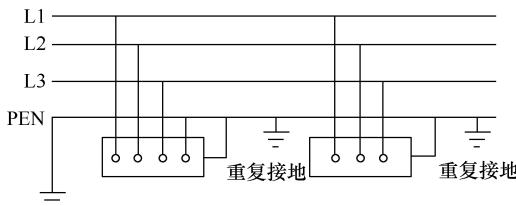


图 3-9 重复接地

1) 在电气设备相线碰壳短路接地时，能降低零线的对地电压，缩短保护装置的动作时间。在没有重复接地的保护接零系统中，当电气设备单相碰壳时，在短路到保护装置动作切断电源的这段时间里，零线和设备外壳是带电的。如果保护装置因某种原因未动作而不能切断电源时，零线和设备外壳将长期带电。有了重复接地，重复接地电阻与工作接地电阻便成

并联电路，线路阻值减小，可降低零线的对地电压，加大短路电流，使保护装置更快动作。重复接地点越多，降低零线对地电压越有效，即对人身也越安全。

2) 当零线断线时，能降低触电危险和避免烧毁单相用电设备，如图3-10所示。在没有重复接地时，如果零线断线，且断线点后面的电气设备单相碰壳，那么断线点后零线及所有接零设备的外壳都存在接近相电压的对地电压，即可能烧毁用电设备，而且此时接地电流较小，不足以使保护装置动作而切断电源，很容易危及人身安全。在有重复接地的保护接零系统(见图3-11)中，当发生零线断线时，断线点后的零线及所有接零设备外壳对地电压要低得多，所以断线点后的重复接地越多，总的接地电阻越小，短路电流就越大，这样就能使保护装置动作而切断电源。

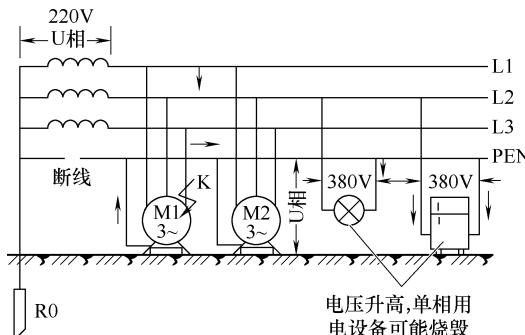


图3-10 保护接零系统无重复接地的危险情况

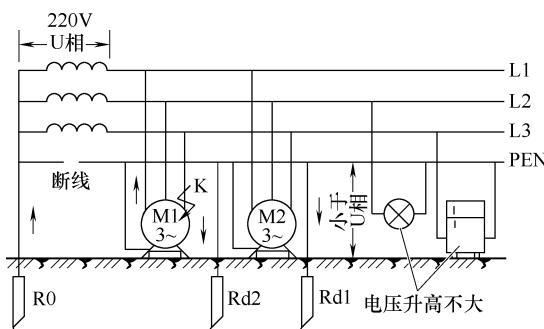


图3-11 有重复接地零线断路时的情况

3.2.2 接地体的安装

接地体可分为自然接地体和人工接地体两种。埋置在地下的金属水管、具有金属外皮的电缆、建筑物钢筋混凝土基础、金属构架等都可作为自然接地体。人工接地体一般用镀锌钢管或角钢、圆钢等制成。电气设备的接地应尽量利用自然接地体，以节省接地安装费用。人工接地体的安装有垂直埋设和水平埋设两种。

1. 自然接地体的利用

下列装置和设备可以用做交流电气设备接地装置的接地体：

1) 敷设在地下的各种金属管道（自来水管、下水管及热力管等）。但是，严禁利用煤气管、各种油管及各种可燃可爆性气体、液体管道和地下储油金属箱体等作为自然接地体。由于这些管道内均存在易燃物质，万一因散流效果不好而产生放电火花，就会引起爆炸事故，所以严禁利用。

- 2) 与大地有可靠连接的建筑物及构筑物的金属结构。
- 3) 有金属外皮的电缆（包有黄麻、沥青绝缘层的电缆除外）。
- 4) 自流井金属插管。
- 5) 钢筋混凝土建筑物与构筑物的基础等。

利用自然接地体应注意以下事项：

- 1) 利用管道或配管作为接地体时，应在管接头处采用跨接线焊接，跨接线采用直径为6mm的圆钢。管径在50mm及以上时，跨接线应采用25mm×4mm的扁钢。
- 2) 自然接地体最少要有两根引出线与接地干线相连。
- 3) 不得用铝线、铅皮、蛇皮管及保温管的金属网作为接地体或接地线（但电缆的金属护层应接地）。
- 4) 直流电力网的接地装置不得借用自然接地体或自然接地线，因为直流电对金属物体有电解腐蚀作用。

2. 人工接地体的垂直安装

1) 接地体的制作。进行垂直安装的接地体通常用角钢或钢管制成。其规格如下：角钢的厚度应不小于4mm；钢管管壁厚度应不小于3.5mm；圆钢直径应不小于8mm；扁钢厚度应不小于4mm，截面积应不小于48mm²。材料不应有严重锈蚀，弯曲的材料必须矫直后方可使用。长度一般在2~3m之间，但不能小于2m。垂直接地体的下端要加工成尖形。用角钢制作时，尖点应在角钢的钢脊上，且两个斜边要对称，如图3-12a所示。用钢管制作接地体，要单边斜向切削以保持一个尖点，如图3-12b所示。凡用螺钉连接的接地体，均应先钻好螺钉孔。

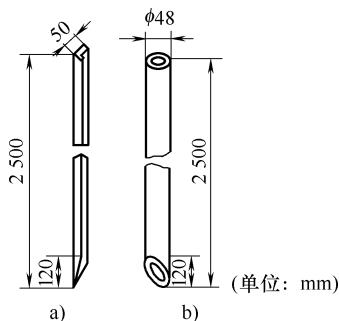


图 3-12 垂直接地体

a) 角钢 b) 钢管

2) 接地体的安装。采用打桩法将接地体打入地下, 接地体应与地面保持垂直, 不可倾斜, 打入地面的有效深度应不小于2m。多极接地或接地网络中的接地体与接地体之间在地下应保持2.5m以上的直线距离。锤子敲击角钢的落点应在其端面的角脊处, 以保证角钢垂直打入, 如图3-13a所示。锤子敲击钢管的落点应与钢管尖端位置相对应, 使锤击力集中在尖端位置, 如图3-13b所示, 否则钢管容易倾斜, 使接地体与土壤之间产生缝隙, 增大接触电阻。

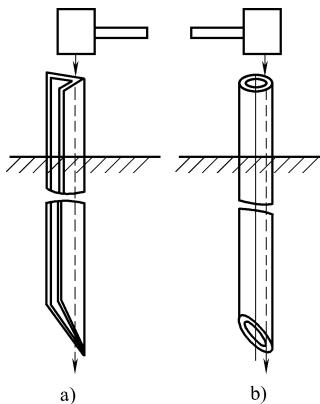


图 3-13 垂直接地体的安装

a) 角钢 b) 钢管

接地体被打入地面后, 应将其周围填土夯实, 以减小接触电阻。若接

地体与接地体连接干线在地下连接，则应先将其电焊焊接后，再填土夯实。

3. 人工接地体的水平安装

与地面水平安装的接地体应用得较少，一般只用于土层浅薄的地方。接地体通常用扁钢或圆钢制成，一端应弯成直角向上，便于供接地线连接。如果采用螺钉压接，则应预先钻好螺钉通孔。接地体的长度随安装条件和接地装置的构成形式而定。安装时，采用挖沟填埋，接地体应埋入离地面0.6m以下的土壤中，如图3-14所示。如果是多极接地或接地网，则每两根接地体之间应相隔2.5m以上的直线距离。

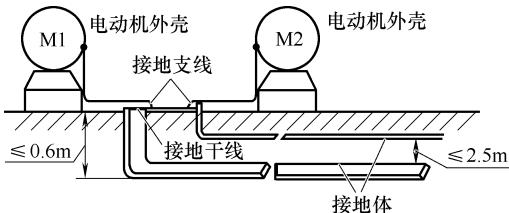


图3-14 水平安装的接地体

安装时，应尽量选择土层较厚的地方埋设接地体，沟要挖得平直，深浅和宽度应一致。填土时，接地体周围与土壤之间应随时夯实，使之密切结合，沟内不可堆填砂砾砖瓦等杂物。

4. 减小接地电阻的措施

接地电阻主要取决于接地体与土壤接触面的电阻及土壤电阻。在土壤电阻率较高的地层中安装接地体，可减小接地电阻，从而达到规定要求。在安装接地体时可采取以下措施：

- 1) 在土壤电阻率不太高的地层，可增加接地体的个数。
- 2) 在土壤电阻率较高的地层，可在接地体周围填入化学降阻剂（配制方法：将8kg食盐溶解于适量水中，然后将盐水倒入30kg木炭粉中，同时不断搅拌，拌匀即可），为了防止因化学降阻剂质地蓬松而使接地体晃动，应将化学降阻剂放置在离地面0.5m以下和1.2m以上的中间部位，并把底层和面层的泥土夯实。
- 3) 对于土壤电阻率很高的地层，可采用挖坑换土的方法。
- 4) 有些区域往往存在需要接地处的土壤电阻率极高，而离其不远地方的土壤电阻率却比较低，这时可采用接地体外引的方法，用较长的接地线，把设备接地点引出土壤电阻率较高的范围，让接地体安装在电阻率较低的土壤中。

3.2.3 接地线的安装

接地线是接地干线和接地支线的总称。若只有一套接地装置，即不存在接地支线时，则接地线是指接地体与设备接地点间的连接线。

接地干线是接地体之间的连接导线，或是一端连接接地体，另一端连接各接地支线的连接线。

接地支线是接地干线与设备接地点间的连接线。

1. 接地线的选用

1) 用于输配电系统中的工作接地线的选用。10kV 避雷器的接地支线应采用多股导线，一般可选用铜心或铝心绝缘导线。此外，也可选用扁钢、圆钢或多股镀锌绞线，其截面积应不小于 16mm^2 。接地干线通常用扁钢或圆钢，扁钢的截面积不应小于 $4\text{mm} \times 12\text{mm}$ ；圆钢直径不应小于 6mm。

用做配电变压器低压侧中性点的接地支线，要采用截面积不小于 35mm^2 的裸铜绞线；容量在 $100\text{kV} \cdot \text{A}$ 以下的变压器，其中性点接地支线可采用截面积为 25mm^2 的裸铜绞线。

2) 用于金属外壳保护接地线的选用。接地线所用材料的最小和最大截面积见表 3-2。

表 3-2 保护接地线的截面积规定

材 料	接地线类别	最小截面积/ mm^2		最大截面积/ mm^2	
铜	移动电器引线的接地心线	生活用	0.2	25	
		生产用	0.5		
	绝缘铜线	1.5			
	裸铜线	4			
铝	绝缘铝线	2.5		35	
	裸铝线	6			
扁钢	室内：厚度不小于 3mm	24		100	
	室外：厚度不小于 4mm	48			
圆钢	室内：直径不小于 5mm	19		100	
	室外：直径不小于 6mm	28			

3) 必须注意：装于地下的接地线不准采用铝导线；移动电具的接地支线必须采用绝缘铜心软导线，并应以黄/绿双色的绝缘线作为接地

线，不准采用单股铜心导线，也不许采用铝心绝缘导线，更不许采用裸导线。

2. 接地干线的安装

1) 接地干线与接地体的连接处应采用焊接并加镶块，以增大焊接面积。焊接处应刷沥青防腐。如果无条件焊接，也可采用螺栓压接，但应先在接地体顶端装设接地干线连接板，如图 3-15 所示。连接板应经镀锌或镀锡处理，并采用直径为 12mm 或 16mm 的镀锌螺栓。安装时，接触面应保持平整、严密，不得有缝隙，螺栓应拧紧。在有震动的场所，螺栓上应加弹簧垫圈。连接处若埋入地下，则应在地面上做好标记，以便于检查维修。

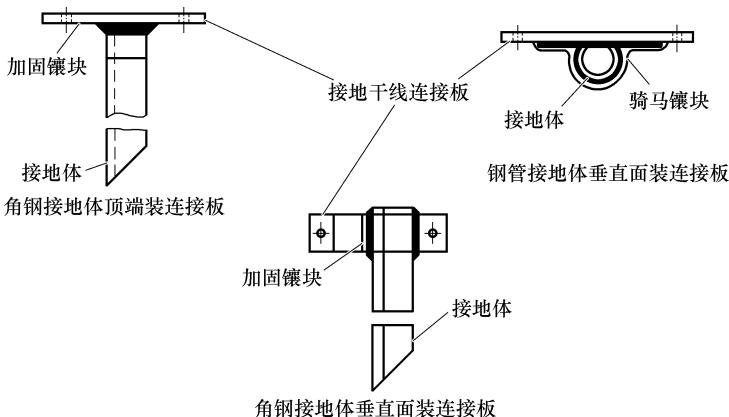


图 3-15 接地体顶端装连接板

2) 多极接地和接地网络的接地干线与接地支线的连接处通常设置在地沟中，并用沟盖覆盖。连接处采用电焊或螺栓压接。用螺栓连接时，接地干线应使用扁钢，扁钢预先钻好通孔，并经防腐处理。如果接地干线不需要提供接地支线，则连接处做好防腐处理后，可埋入地面以下 300mm 左右处，并在地面标明干线的走向和接点位置，以便于检修。

3) 接地干线明设时，除连接处外，均应用黑色标明。在穿越墙壁或楼板时，应穿管加以保护。在可能遭受机械损伤的地方，应加防护罩进行保护。

4) 由扁钢或圆钢做接地干线需要接长时，必须采用电焊焊接，在焊接处要两端搭头，扁钢的搭头长度为其宽的 2 倍；圆钢的搭头长度为其直径的 6 倍。

3. 接地支线的安装

1) 每台设备的接地，必须用单独的接地支线与接地干线或接地体连接，不允许用一根接地支线把几台设备的接地点串联起来，也不允许将几根接地支线并接到接地干线的同一个连接点上，如图 3-16 所示。否则，万一这个连接点接地不良，而又有一台设备的外壳带电，则连在一起的其他设备的外壳也将同时带电。

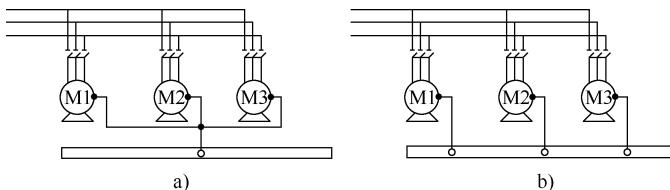


图 3-16 多台电气设备接地的连接

a) 错误 b) 正确

2) 在室内容易被人体触及的地方，接地支线要采用多股绝缘线，连接处必须恢复绝缘层，其他不易被人体触及的地方，接地支线要采用多股裸绞线。用于移动电具从插头至外壳处的接地支线，应采用铜心绝缘软导线，中间不允许有接头，并和绝缘线一起套入绝缘护层内。常用的三心或四心橡胶或塑料护套电缆中的黑色绝缘层导线均可作为接地支线。

3) 接地支线与接地干线或与设备接地点的连接，一般都采用螺钉压接。但接地支线的线头要使用接线耳，而不宜采用弯羊眼圈的方法直接连接。在易产生震动的场所，螺钉上应加弹簧垫圈，连接处应镀锡防腐。

4) 固定敷设的接地支线较长时，连接处必须按正规接线要求处理，铜心导线连接处要通过锡钎焊进行加固。

5) 接地支线的每个连接处，都应置于明显部位，以便于检修。

3.2.4 接地电阻的检测

接地电阻是判断接地装置安装质量好坏的重要指标之一，必须按照技术要求规定的数值标准进行检验，切不可任意降低标准。

接地电阻的测量方法较多，通常都采用 ZC 型接地电阻测试仪进行测量。这种方法比较方便，测量数值也比较可靠。ZC-8 型接地电阻测试仪的测试方法如图 3-17 所示。

接地电阻的测量步骤如下：

1) 拆开接地干线与接地体的连接点，或拆开接地干线上所有接地支线

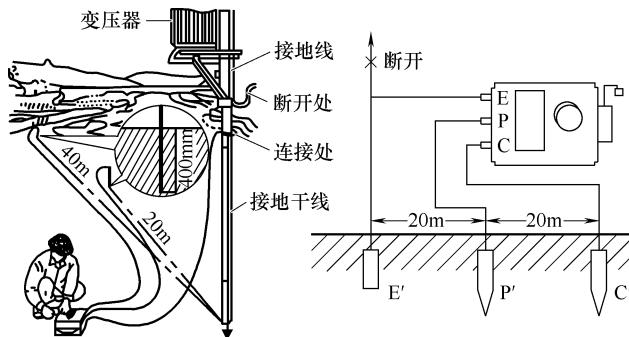


图 3-17 ZC-8 型接地电阻测试仪使用方法

的连接点。

2) 将一支测量接地棒插入离接地体 40m 远的地下，另一支测量接地棒插入到距离接地体 20m 处，且两个接地棒插入地面的垂直深度均为 400mm。

3) 将接地电阻测试仪安置在接地体附近平整的位置后，方可进行接线。用一根最短的导线连接到接地电阻测试仪的接线柱 E 和接地体之间；用一根最长的导线连接到接地电阻测试仪的接线柱 C 和一支 40m 远的接地棒上；用一根较短的导线连接到接地电阻测试仪的两个原已并接好的接线柱 (P-P) 和一支 20m 远的接地棒上。

4) 根据对被测接地体接地电阻的要求，调节好粗调旋钮（表上有三档可调范围）。

5) 以 120r/min 的转速均匀摇动接地电阻测量仪的手柄，当表头指针偏斜时，随即边摇边调节细调拨盘，直至表针居中为止。

6) 以细调拨盘调定后的读数乘以粗调定位的倍数，即是被测接地体接地电阻的阻值。例如，细调拨盘的读数为 0.35，粗调定位倍数为 10，则被测接地体的接地电阻值为 3.5Ω。

3.2.5 接地装置的维修

1. 定期检查和维护保养

1) 接地装置的接地电阻必须定期进行复测。其规定是：工作接地每隔半年或一年复测一次，保护接地每隔一年或两年复测一次。接地电阻增大时，应及时修复，切不可勉强使用。

2) 接地装置的每一个连接点，尤其是采用螺钉压接的连接点，应每隔

半年或一年检查一次。若连接点出现松动，则必须及时拧紧。对于采用电焊焊接的连接点，也应定期检查焊接是否完好。

3) 接地线的每个支点，应进行定期检查，发现有松动脱落的，应及时固定。

4) 定期检查接地体和接地连接干线有否出现严重锈蚀。若有严重锈蚀，则应及时修复或更换，不可勉强使用。

2. 常见故障的排除方法

1) 连接点松散或脱落。最容易出现松脱的部位有：移动电具的接地支线与外壳（或插头）之间的连接处；铝心接地线的连接处；具有震动设备的接地连接处。发现松散或脱落时，应及时重新接好。

2) 遗漏接地或接错位置。在设备进行维修或更换时，一般都要拆卸电源接线端和接地端，待重新安装设备时，往往会因疏忽而把接地端漏接或接错位置。发现有漏接或接错位置时，应及时纠正。

3) 接地线局部电阻增大。常见的情况有：连接点存在轻度松散、连接点的接触面存在氧化层或其他污垢、跨接过渡线松散等。一旦发现，则应及时重新拧紧压接螺钉或清除氧化层及污垢后接好。

4) 接地线的截面积过小。通常由于设备容量增加后而接地线没有相应更换所引起，接地线应按规定做相应的更换。

5) 接地体散流电阻增大。通常是由于接地体被严重腐蚀所引起的，也可能是由于接地体与接地干线之间的接触不良所引起的。发现后，则应重新更换接地体，或重新将连接处接好。

3.3 防雷保护

3.3.1 雷电的种类及危害

1. 直接雷击

直接雷击又称直击雷。直接雷击的强大雷电流通过物体入地，可能会因一刹那间产生大量的热能使物体燃烧而引起火灾，如图 3-18a 所示。

当雷电流经地面（或接地体）流散入周围土壤时，在它的周围将形成电压降落。如果有人站在该处附近，则将因为跨步电压而伤害人体。

2. 雷电感应

雷电感应又称感应雷，分为静电感应和电磁感应两种。静电感应是当建筑物金属屋顶或其他导体的上空有雷云时，这些导体上就会感应出与雷云所带电荷极性相反的异性电荷。当雷云放电后，放电通道中的电荷迅速中和，但聚集在导体中的电荷却来不及立刻流散，其残留的电荷可形成很高的

对地电位。这种“静电感应电压”可能引起火花放电，造成火灾或爆炸，如图 3-18b 所示。

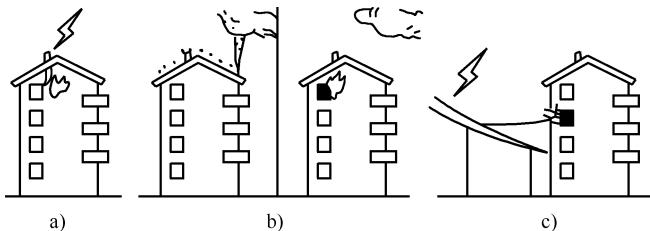


图 3-18 雷电的三种形式

a) 直接雷击 b) 雷电感应 c) 雷电波侵入

电磁感应是发生雷击后，雷电流在周围空间迅速形成强大而变化的磁场，处在这一电磁场中的导体会感应出较大的电动势和感应电流。若导体回路有开口处，就可能引起火花放电。若回路中有些导体接触不良，也可能产生局部发热。这对于存放易燃或易爆物品的建筑物是十分危险的。

3. 雷电波侵入

雷电波侵入又称高电位引入。由于架空线路或金属管道遭受直接雷击，或者由于雷云在附近放电使导体上产生感应雷电波，故其冲击电压引入建筑物内时，将可能发生人身触电、损坏设备或引起火灾等事故，如图 3-18c 所示。

3.3.2 防雷措施

1. 装设避雷针以防止直击雷

为了使建筑物免遭直击雷，可用避雷针来保护。所谓避雷针，实际上就是“引雷针”。由于避雷针的高度总是高于被保护的建筑物，因此容易将雷电流引向其尖端而泄入大地，从而避免雷云向被保护的建筑物放电。

避雷针最上部分是耸立于天空的尖端（受雷端），是接受雷电用的，一般用镀锌铁管或铁棒制成，长约 2m、高度在 20m 以内的独立避雷针通常用木杆或水泥杆支撑，更高的避雷针则采用钢铁构架，其尖端高于建筑物一定高度。中间部分（导雷线）将雷电流引入地下，是用截面积不小于 36mm^2 的镀锌钢索或扁钢（铁）制成，并需将靠近地面为 2m 左右的这一段加以机械保护。下面部分是接地体，它与导雷线相连接，将雷电流发散到大地。可利用废钢管或扁铁等焊接成接地网埋入地下，埋入深度按满足需要的接地电阻值为标准。避雷针各个部分要可靠焊接，不可断开，否

则会招致雷击。在装有避雷针的建筑物上，严禁架设低压线、电信线及广播线，避雷针的接地极应与保护装置的接地体相距10m以上，以免发生危险。

2. 采用良好的接地网以防止感应雷

对有金属结构的屋顶，应自房屋两端起每隔18~24m设一根引下线与接地装置相连，对于这一类建筑物，在必要时，可在非导电材料屋顶上敷设一个网格不大于8~10m的金属网，将金属网用引下线与接地装置相连。防止感应雷的接地装置，要沿房屋四周敷设成闭合回路。若屋内有电气接地保护装置，则可与接地保护装置相连，其总接地电阻要小于 10Ω 。

3. 安装避雷器以防止高电位引入

避雷器的一端接输配电线，另一端可靠接地。在正常情况下，由于避雷器的间隙元件将导线与大地隔开，当线路受到雷击而产生过电压时，其间隙被击穿，强大的雷电流通过避雷器的电阻元件泄入大地，使被保护的电气设备免遭危害。常用的阀型避雷器和管型避雷器，大多用于变电所的防雷保护。

一般建筑物的进户线可用简单的羊角间隙保护。羊角间隙可采用直径为0.71mm的铜线弯成，用瓷夹固定好后，再用铁箱罩住，如图3-19a所示，其间隙为2~3mm，当有过电压侵入时，羊角间隙放电，将雷电流引入大地，使过电压不致引入建筑物内，如图3-19b所示。这种避雷器简单经济，安装方便，效果良好。

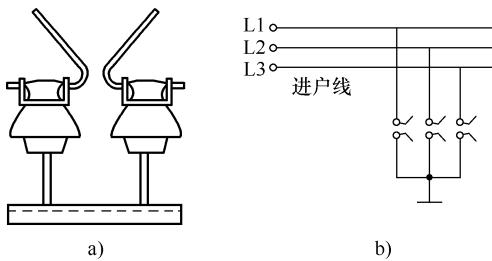


图3-19 羊角间隙
a) 外形图 b) 羊角间隙接入进户线

阀型避雷器如图3-20所示。它的主要元器件是火花间隙和阀片电阻(特种碳化硅)。当雷电发生时，火花间隙被击穿放电，阀片电阻下降，将雷引入地。它可用于保护中小容量的配电装置及发电机、电动机等。

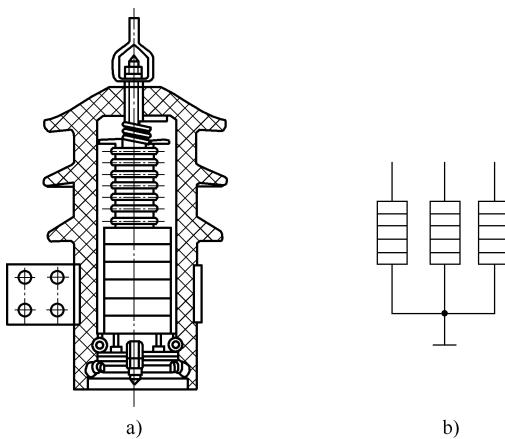


图 3-20 阀型避雷器

a) 外形 b) 接线图



第4章

电工安装基本技能训练

4.1 对电工操作技能的要求

1. 对初级电工操作技能的要求

- 1) 看懂变、配电系统一次接线系统图和高、低压配电装置平面布置图, 按图检查电气设备的安装位置。
- 2) 使用一般电工测量仪表 (钳形电流表、万用表、绝缘电阻表等) 检查电气设备的故障。
- 3) 装配整流电路和阻容保护电路。
- 4) 攀登电杆, 装设 10kV 以下铁横担并接线。
- 5) 使用钳工基本工具, 按图制作杆上横担和紧固件。
- 6) 看懂室内布线安装施工图, 安装、修理一般照明、动力线路 (按施工图弯曲 $\phi 19\text{mm}$ 以下的电线铁管, 用 $19 \sim 24\text{mm}^2$ 的铜芯导线连接, 安装各种照明开关、低压断路器、电磁起动器, 选配三相有功、无功电能表等)。
- 7) 对交流异步电动机进行星形、三角形联结。
- 8) 按操作规程进行各种停、送电操作。
- 9) 检查变、配电所各种电气设备的室内外主要电气线路的外部缺陷和异常现象。
- 10) 根据监测计量仪表、信号装置和继电器动作的指示, 判断产生故障的原因。
- 11) 掌握触电急救和人工呼吸法。
- 12) 正确执行安全技术操作规程。
- 13) 做到岗位责任制和文明生产的各项要求。

2. 对中级电工操作技能的要求

- 1) 绘制变、配电系统一、二次接线图和控制原理图。
- 2) 根据有功、无功电能表读数计算平均功率因数。
- 3) 按图安装、调整简单的晶闸管整流和控制电路。
- 4) 安装各种室内外照明、动力线路。
- 5) 按图装配交、直流电动机的控制线路。

- 6) 按图装配 30t/50t 桥式起重机的电气线路。
- 7) 按图接线、安装 10kV 高压开关柜的一、二次线路。
- 8) 会进行 10kV 以下油断路器的拆装、换油和调整行程。
- 9) 安装 10kV 以下的架空线路 (立杆、架设、作拉线、进行 70mm² 导线弛度调整等)。
- 10) 按图安装避雷装置和各种接地工程，并进行测量。
- 11) 按工艺操作规程制作 10kV 以下的室内外电缆中间盒、终端盒。
- 12) 会进行变、配电系统的停、送电操作。
- 13) 会判断并处理变、配电系统的停电事故。

3. 对高级电工操作技能的要求

- 1) 绘制变、配电系统及电气设备的二次电路图。
- 2) 按图装配、调试晶闸管整流电路，并用仪器仪表分析、判断和排除故障。
- 3) 按图安装直流拖动系统的生产设备，并作必要的调整。
- 4) 调换 10kV 架空线路的转角杆和终端杆。
- 5) 敷设 35kV 以下的电缆线路 (包括制作电缆盒和电缆头)。
- 6) 用电缆探伤仪寻找地下电缆故障点，并组织抢修。
- 7) 根据变、配电系统各种高、低压电气设备的运行现状，分析判断是否合理并提出改进措施。
- 8) 根据用电负载选择变压器最佳运行容量。
- 9) 掌握变、配电微机管理系统的使用。
- 10) 根据动力、照明线路施工图，提出材料预算和工时定额。
- 11) 掌握发电设备的安装、运行、操作、并网和故障的排除。
- 12) 应用推广新技术、新工艺、新设备、新材料。

4.2 导线剥线技能训练

作为一名电工，剥线与接线是常有的事，剥线与接线又是电工安装照明和电气设备的基本技能，本节介绍几种导线线头的剥离方法。下一节介绍导线的连接方法。

导线在连接前，必须先将导线端部的保护层和绝缘层剥去。不同的保护层和绝缘层的剥离方法和步骤也不相同。导线端部绝缘层的剥离长度要根据连接时的需要来决定，过长会造成浪费，太短容易影响连接质量。

1. 塑料绝缘硬导线线头绝缘层的剥离方法

芯线截面积在 4mm² 及以下的塑料绝缘线，其绝缘层用钢丝钳剥离，具体操作方法见表 4-1。芯线截面积在 4mm² 以上的塑料绝缘线，可用电工

刀来剥离其绝缘层，方法见表 4-2。

表 4-1 芯线截面积在 4mm^2 及以下的塑料绝缘线的剥离方法

步骤	芯线截面积在 4mm^2 及以下塑料绝缘线线头	操作方法
1		左手握住导线，露出要剥线头长度
2		右手用钳头刀口轻轻切去绝缘层（不可切伤芯线）

表 4-2 芯线截面积在 4mm^2 以上的塑料绝缘线的剥离方法

步骤	芯线截面积在 4mm^2 以上塑料绝缘线线头	操作方法
1		用电工刀以 45° 角斜切入塑料绝缘层
2		用力要均匀，向线端推削
3		削去一部分塑料绝缘层
4		把剩余的塑料绝缘层翻下
5		切去这部分塑料绝缘层
6		线端的塑料绝缘层全部剥去，露出芯线

2. 橡皮绝缘线线头的剥离方法 (见表 4-3)

表 4-3 橡皮绝缘线线头的剥离方法

步骤	橡皮绝缘线线头	操作方法
1		按所需线头长度, 在橡皮绝缘线线头的最外层用电工刀割破一圈
2		削去一条保护层
3		将剩下的保护层剥掉
4		露出橡皮绝缘层
5		在距离保护层 10mm 处, 用电工刀以 45°角斜切入橡皮绝缘层, 剥去橡皮绝缘层

3. 护套线线头的剥离方法 (见表 4-4)

表 4-4 护套线线头的剥离方法

步骤	护套线线头	操作方法
1		先用电工刀把护套线的最外层划一圈环形深痕, 注意不能切破

(续)

步骤	护套线线头	操作方法
2		在距保护层边沿约 10mm 处，剥掉保护层

4. 塑料多芯软线线头的剥离

这种线可以用剥线钳剥离塑料绝缘层，也可用尖嘴钳剥离。

5. 漆包线绝缘层的去除

根据漆包线的线径不同，去除绝缘层的方法分为：直径在 1.0mm 以上的，可用细砂纸或细砂布擦除；直径为 0.6~1.0mm 的，可用专用刮线刀刮去；直径在 0.6mm 以下的，可用细砂纸或细砂布擦除，也可用打火机烤焦线头绝缘漆层，再将漆层轻轻刮去。

4.3 导线连接技能训练

导线连接的方法很多，下面介绍几种常用的连接方法。

1. 铜芯线-铜芯线相接

根据铜芯导线股数的不同，有以下几种连接方法：

(1) 单股铜芯导线的直线连接方法（见表 4-5）

表 4-5 单股铜芯导线的直线连接方法

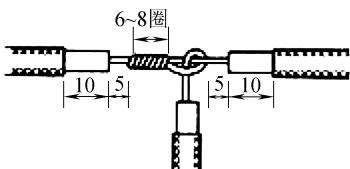
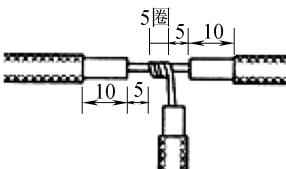
步骤	单股铜芯导线的直线连接	操作方法
1		先将两导线线头按×形相交
2		互相绞合 2~3 圈后扳直两线头，将每个线头在另一芯线上贴紧并绕 6 圈

(续)

步骤	单股铜芯导线的直线连接	操作方法
3		用钢丝钳切去余下的芯线，并钳平芯线末端

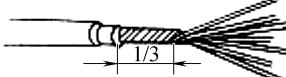
(2) 单股铜芯导线的T形连接方法(见表4-6)

表4-6 单股铜芯导线的T形分支连接方法

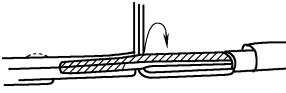
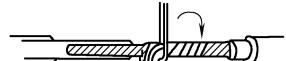
步骤	单股铜芯导线的T形连接	操作方法
1		将支线芯线的线头与干线芯线十字相交，在干线芯线根部留出5mm，然后顺时针方向缠绕支线芯线，缠绕6~8圈后用钢丝钳切去余下的芯线，并钳平芯线末端
2		对小截面芯线可以不打结，两芯线十字交叉后，直接在干线上密绕5圈即可

(3) 7股铜芯导线的直线连接方法(见表4-7)

表4-7 7股铜芯导线的直线连接方法

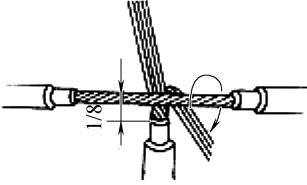
步骤	7股铜芯导线的直线连接	操作方法
1		先将剥去绝缘层的芯线散开拉直，把靠近绝缘层的1/3线头长度的芯线按导线原缠绕方向绞紧，余下线头拉直，分散成伞状
2		把两个伞状线头隔根均匀交叉，捏平两端线芯

(续)

步骤	7股铜芯导线的直线连接	操作方法
3		把一端7股芯线按2、2、3根分成3组，然后把一组2根相邻芯线扳起，按顺时针方向缠绕2圈
4		缠绕2圈后，将余下芯线向右扳直，再将紧挨一组的2根扳起，按顺时针方向紧压前2根线头缠绕2圈
5		缠绕2圈后，也将余下芯线向右扳直，再将最后一组3根扳起，并紧压上一组2根芯线，缠绕3圈
6		切去余下芯线头，钳平切口毛刺

(4) 7股铜芯导线的T形连接方法(见表4-8)

表4-8 7股铜芯导线的T形连接方法

步骤	7股铜芯导线的T形连接	操作方法
1		把分支芯线散开钳直，接着把靠近绝缘层1/8的芯线绞紧，把支线头的7/8芯线分成两组，3、4根各一组排平齐，用螺钉旋具把干线芯线分成两组，再把支线中4根芯线的一组插入干线撬缝中，另一组3根芯线放在干线的前面
2		把右边3根芯线的一组按顺时针方向紧紧缠绕3或4圈，切去余线，钳平切口
3		把左边4根芯线的一组按逆时针方向紧紧缠绕4或5圈，切去余线，钳平切口

(5) 焊接连接法

1) 截面积为 10mm^2 及以下的铜芯导线接头, 可用 $30\sim150\text{W}$ 电烙铁进行锡焊。锡焊前, 在芯线表面涂一层无酸焊锡膏, 待电烙铁烧热后即可锡焊。

2) 截面积为 16mm^2 及其以上的铜芯导线采用浇焊法, 首先在化锡锅内用喷灯加热锡, 达到一定温度后, 表面呈磷黄色, 然后将导线接头放在化锡锅上方, 用勺盛熔锡浇接头处, 如图 4-1 所示。开始时, 接头温度低, 锡在接头上流动性差; 继续浇下去, 使接头温度升高, 直至全部焊牢, 擦除焊渣, 使接头表面光滑。

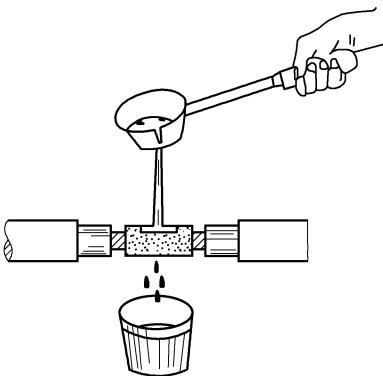


图 4-1 铜芯导线接头浇焊法

2. 铝芯线-铝芯线相接

由于铝的表面极易氧化, 而氧化铝薄膜的电阻率又很高, 所以铝芯导线主要采用压接管压接和沟线夹螺栓压接。

单股铝芯线一般采用螺钉压接法连接, 如图 4-2 所示。

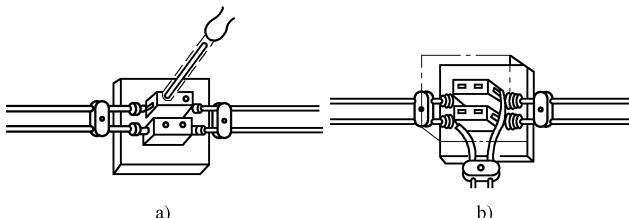


图 4-2 单股铝芯线用螺钉压接法连接

多股铝芯线常采用压接管压接法连接, 如图 4-3 所示。

3. 铜芯线-铝芯线相接

铜、铝导线连接时, 由于材料不同, 不可忽视电化学腐蚀问题。如果简单地用绞接或绑接方法使两者直接连接, 则铜、铝间的电化学腐蚀会引起接触电阻增大而造成接头过热。实践表明, 铜铝相接时, 最好的办法是采用压接和焊接的方法, 即用一个管子压接的方法, 或者用焊接的方法进行。如图 4-4 所示。

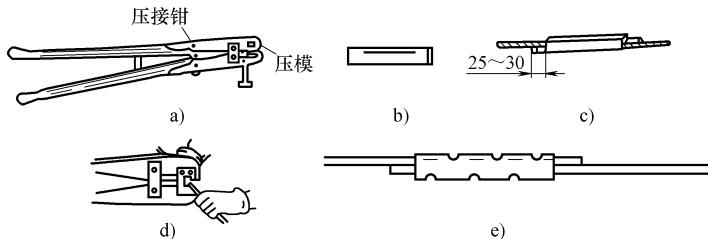


图 4-3 多股铝芯线用压接管压接法连接

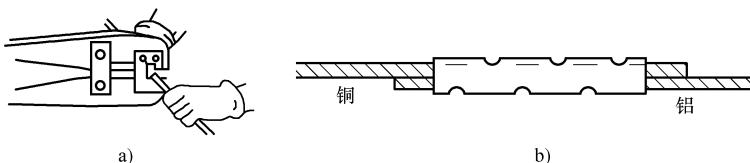


图 4-4 铜芯线和铝芯线压接与焊接

a) 压接 b) 焊接

4. 导线恢复绝缘层

导线的绝缘层破损后，必须恢复；导线连接后，也需恢复绝缘层。恢复后的绝缘强度应不低于原有绝缘层的绝缘强度。通常用黄蜡带、涤纶薄膜带和黑胶带作为恢复绝缘层的材料。绝缘带的包缠方法如下：将黄蜡带从导线左边完整的绝缘层上开始包缠，包缠两根带宽后才可进入无绝缘层的芯线部分，如图 4-5a 所示。包缠后，黄蜡带与导线保持约 55° 的倾斜角，每圈压叠带宽的 1/2，如图 4-5b 所示。

包缠一层黄蜡带后，将黑胶带接在黄蜡带的尾端，按另一斜叠方向包缠一层黑胶带，也要每圈压叠带宽的 1/2，如图 4-5c、d 所示。

恢复导线的绝缘层时，应注意的事项如下：

- 1) 用在 380V 线路上的导线恢复绝缘时，必须先包缠 1~2 层黄蜡带，然后再包缠一层黑胶带。
- 2) 用在 220V 线路上的导线恢复绝缘时，先包缠一层黄蜡带，然后再包缠 1~2 层黑胶带。
- 3) 包缠绝缘带时，要疏密适宜，不能露出芯线，以免造成触电或短路事故。
- 4) 绝缘带不用时，不要放在温度很高的地方，以免黏胶热化。

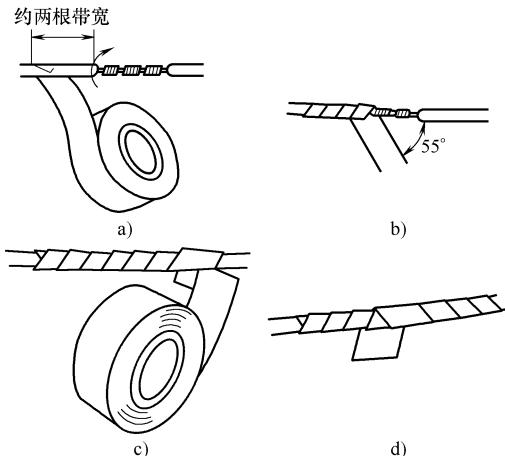


图 4-5 导线的绝缘层恢复

4.4 导线敷设与固定技能训练

塑料护套线是一种具有塑料护层的多芯绝缘导线，具有防潮、耐酸和耐腐蚀的优点，且造价便宜和安装方便。可直接敷设在空心板、墙壁及其他建筑物表面等处。

塑料护套线配线过程包括錾子定位、粉线划线、凿孔、埋设预埋件和保套管、固定线卡（包括铝片卡和塑料卡钉）、导线敷设等，其配线施工步骤如下。

1. 定位划线

根据电源进线和电器的安装位置确定导线路径。用錾子打击痕迹作为定位点，用粉线在建筑物表面画出导线走向，每间隔 150~200mm 标出固定钢精轧头的位置，并根据设计安装要求，标出照明器具、穿墙套管、导线分支点和转角处的位置及距开关、插座的距离，如图 4-6 所示。

2. 固定接线卡

(1) 用钢精扎头固定

钢精扎头用来固定 BV、BLV 型护套线，它是用 0.35mm 厚的铝片制成的。根据导线的粗细不同，固定方式也不同，钢精扎头的固定方式分为用小铁钉固定和用黏合剂固定两种。钢精扎头的规格有 0、1、2、3 号等，号码越大，长度越长。钢精扎头的大小（号数）要与护套线的规格及敷设的根数相配合，具体配合情况可参见表 4-9。如果护套线并排敷设根数多，则用较大的 3 号钢精扎头也包不过来，或者钢精扎头买小了，这时可采用接长的办法，即把一个钢精扎头的尾部，穿入另一钢精扎头的头部，将尾部翻折一下。

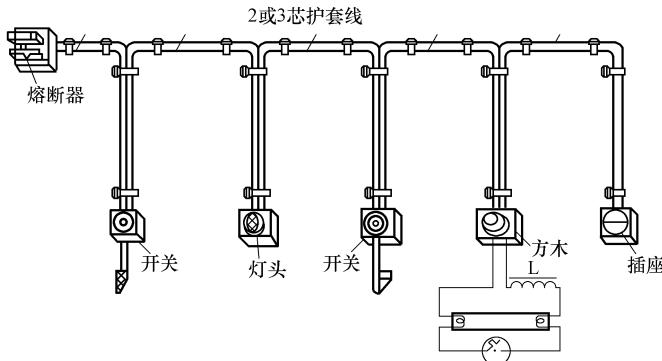


图 4-6 塑料护套线配线示意图

表 4-9 钢精扎头与护套线配合表

护套线型号 芯数×截面积	钢精扎头规格			
	0号	1号	2号	3号
	可夹根数			
BV—70 2×1.0	1	2	2	3
BV—70 2×1.5	1	1	2	3
BV—70 3×1.5		1	1	2
BLV—70 2×2.5		1	2	2

在木结构上，可沿线路在固定点直接用钉子固定钢精扎头（注意，不要使钉帽突出，以免损伤导线外护套）；在砖结构上，应每隔4或5档将钢精扎头钉牢在预埋的木榫上，中间的钢精扎头可用小钉钉在粉刷层内，如图4-7所示。但在转角、分支、进木台和进电器处应预埋木榫固定铝片卡。在混凝土墙上或预制板上，可用木榫或环氧树脂粘合剂固定钢精扎头。采用

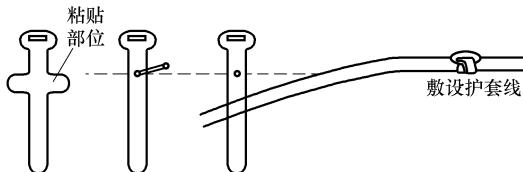


图 4-7 钢精扎头的固定方式

粘接法时，在粘贴前应将建筑物上粘贴面的粉刷层清理干净，使钢精扎头底面与水泥或砖面直接粘住，待粘合剂干透方可敷线，否则容易脱落。

(2) 用塑料卡钉固定

塑料钢钉电线卡由塑料卡和水泥钉组成，其外形有两种，如图 4-8 所示。配线时，根据所敷设护套线的外形是圆形的还是扁形的，选用圆形卡槽或方形卡槽的卡钉。卡钉的规格很多，可用于外径为 3~20mm 的护套线。常用的塑料卡钉的规格有 4、6、8、10、12 号等，号码的大小表示塑料卡钉卡口的宽度，10 号及以上为双钢钉塑料卡钉。

配线时，用塑料卡钉卡住电线，用锤子将水泥钉直接钉在墙上。在墙面上钉卡钉时，击打要准确，钉入深度要适可而止，以免钉歪或把墙面钉崩。用塑料电线卡布线，所用的塑料卡槽要与电线的外径相适应，电线嵌入槽内不能太松也不能太紧。在同一根护套线上固定单钉塑料卡钉时，钢钉的位置应在同一方向或在同一区域内。

3. 敷设护套线

护套线的敷设必须横平竖直，敷设时，用一只手拉紧导线，另一只手将导线固定在钢精扎头上，如图 4-9a 所示。对截面积较大的护套线，为了使护套线敷设得平直，可在直线部分的两端临时安装两副瓷夹，敷线时，先把护套线一端固定在一副瓷夹内并旋紧瓷夹，接着在另一端收紧护套线并勒直，然后固定在另一副瓷夹中，使整段护套线挺直，如图 4-9b 所示，最后

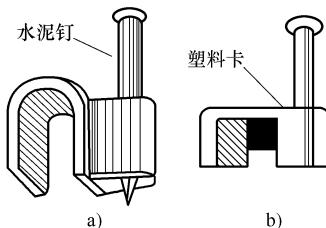


图 4-8 圆形与方形卡钉

a) 圆形卡钉 b) 方形卡钉

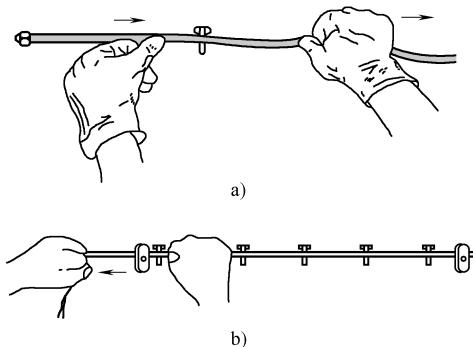


图 4-9 护套线的敷设方法

将护套线依次夹入钢精扎头中。

4. 钢精扎头的固定

护套线均置于钢精扎头的钉孔位置后，即可按图 4-10 所示的方法将钢精扎头收紧夹持护套线。需要注意的是，钢精扎头首尾相接的部位最好处于护套线的中间，不要偏。

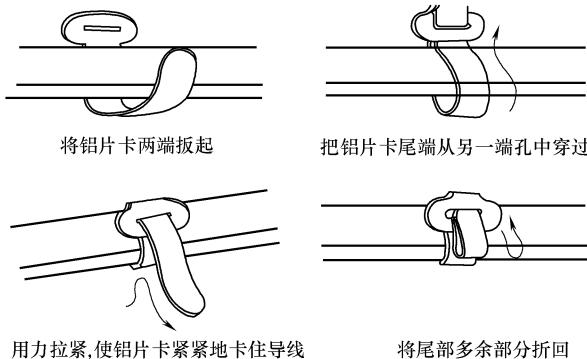


图 4-10 钢精扎头收紧夹持护套线

4.5 导线绑扎与束线技能训练

瓷柱配线施工中，导线拉紧后，要用铜芯线或镀锌铁线把导线绑扎到每个瓷柱上。为了避免绑线损伤导线绝缘层，应在绑扎导线的地方用橡皮布带缠上两层。导线绑扎有直线段导线绑扎和终端导线绑扎两种方式。在瓷柱配线施工中，同一回路中不论是直线段导线绑扎，还是终端导线绑扎，所用绑线应是同一规格型号。

1. 导线的绑扎方法

(1) 直导线的绑扎方法

对于直线段导线的绑扎方法又分为两种：单绑法，适用于导线截面积在 6mm^2 以下，具体操作方法如图 4-11a 所示；双绑法，适用于导线截面积在 10mm^2 及以上，具体操作方法如图 4-11b 所示。终端导线的绑扎操作方法如图 4-11c 所示，当导线截面积为 $1.5\sim2.5\text{mm}^2$ 时，公圈数为 8 圈，单圈数为 5 圈；当导线截面积为 $4\sim25\text{mm}^2$ 时，公圈数为 12 圈，单圈数为 5 圈。

(2) 导线在蝶式绝缘子上的绑扎方法

1) 蝶式绝缘子直线支点的绑扎方法。首先把拉紧的电线紧贴在蝶式绝缘子嵌线槽内，把绑扎线一端留出足够在嵌线槽中绕一圈和在导线上绕 10

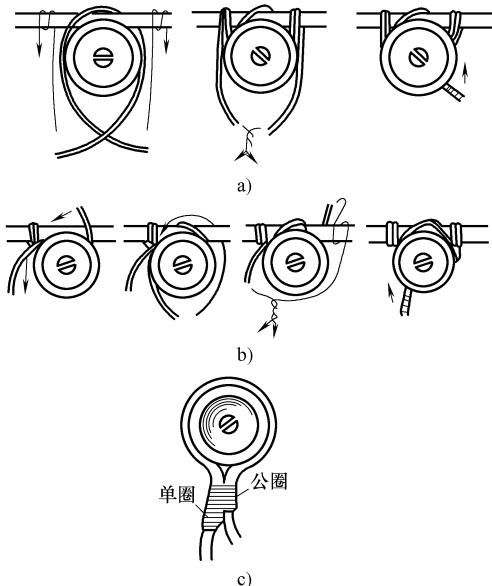


图 4-11 直导线的绑扎方法

a) 直线段单绑法 b) 直线段双绑法 c) 终端绑扎法

圈的长度，并使绑扎线和导线成“×”状相交，如图 4-12a 所示；把盘成圈状的绑扎线，从导线右边下方绕嵌线槽背后缠至导线左边下方，并压住原绑扎线和导线，然后绕至导线右边，再从导线右边上方围绕至导线左边下方，如图 4-12b 所示；在贴近绝缘子处开始，把绑扎线紧缠在导线上，缠满 10 圈后剪除余端，如图 4-12c 所示；把绑扎线的另一端围绕到导线右边下方，也要从贴近绝缘子处开始，紧缠在导线上，缠满 10 圈后剪除余端，如图 4-12d 所示；绑扎完毕如图 4-12e 所示。

2) 蝶式绝缘子始、终端支点的绑扎方法。首先把导线末端在绝缘子嵌线槽内围绕一圈，如图 4-13a 所示；接着把导线末端压住第一圈后再围绕第二圈，如图 4-13b 所示；然后把绑扎线短端嵌入两导线并合处的凹缝中，绑扎线长端在贴近绝缘子处按顺时针方向把两导线紧紧地缠扎在一起，如图 4-13c 所示。

3) 针式绝缘子的绑扎方法。

- ① 绑扎前先在导线绑扎处包缠 150mm 长的铝箔带，如图 4-14a 所示。
- ② 把绑扎线短的一端在贴近绝缘子处的导线右边缠绕 3 圈，然后与另

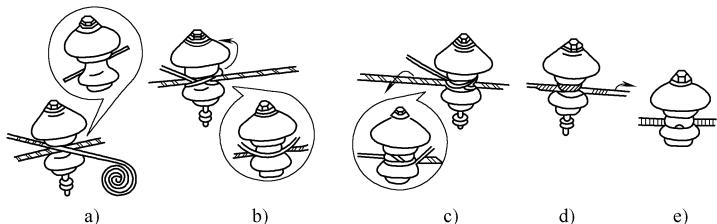


图 4-12 蝶式绝缘子直线支点的绑扎方法

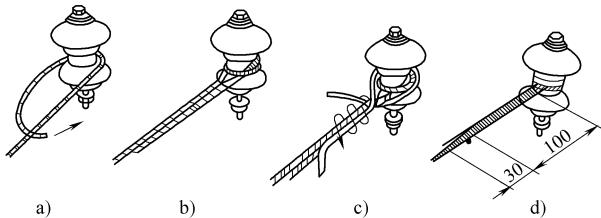


图 4-13 蝶式绝缘子始、终端支点的绑扎方法

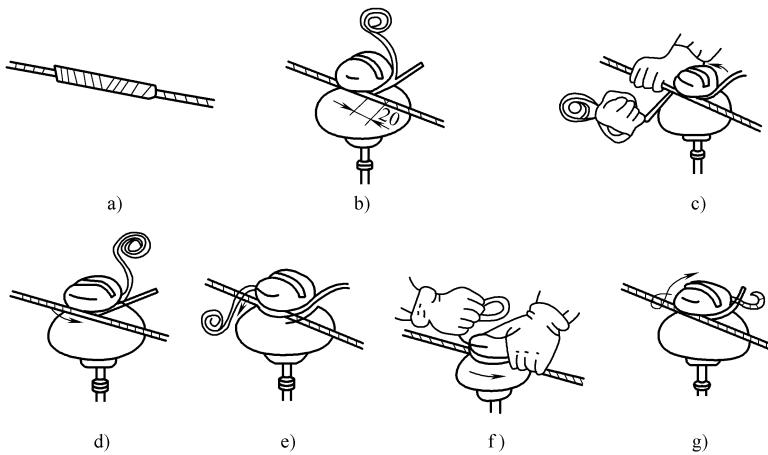


图 4-14 针式绝缘子的绑扎方法

一端绑扎线互绞 6 圈，并把导线嵌入绝缘子颈部嵌线槽内，如图 4-14b 所示。

- ③ 把绑扎线从绝缘子背后紧紧地绕到导线的左下方, 如图 4-14c 所示。
- ④ 把绑扎线从导线的左下方围绕到导线右上方, 并如同上法再把绑扎线绕绝缘子 1 圈, 如图 4-14d 所示。
- ⑤ 把绑扎线再围绕到导线左上方, 如图 4-14e 所示。
- ⑥ 将绑扎线绕到导线右下方, 使绑扎线在导线上形成 X 形的交绑状, 如图 4-14f 所示。
- ⑦ 把绑扎线围绕到导线左上方, 并贴近绝缘子处紧缠导线 3 圈后, 向绝缘子背部绕去, 与另一端绑扎线紧绞 6 圈后, 剪去余端, 如图 4-14g 所示。

2. 束线方法

电工产品中电子线路装设的套管, 不仅具有防止导线断裂、焊点间短路的作用, 还可进行电气安全保护 (高压部分)。电工产品在整机连线时要考虑导线的合理走向, 杂乱无章的连线, 不仅看起来不美观, 而且还会影响质量 (性能特性、可靠性)。

(1) 走线原则

- 1) 最短距离连线。最短距离连线是降低干扰的重要手段。但是, 在连线时需要松一些, 要留有充分余量, 以便在组装、调试和检修时移动。
- 2) 直角连线。直角连线利于操作, 而且能保持连线质量稳定不变 (尤其在扎成线束时)。
- 3) 平面连线。平面连线的优点是, 容易看出接线的头尾, 便于调试、维修时查找。

(2) 在实际连线过程中应注意的问题

- 1) 沿底板、框架和接地线走线, 可以减小干扰, 固定方便。
- 2) 高压走线要架空, 分开捆扎和固定, 高频或小信号走线也应分开捆扎和固定, 以减小相互间的干扰。电源线和信号线不要平行连接, 否则交流电经导线间静电电容而进入信号电路。
- 3) 走线不要形成环路, 环路中一有磁通通过, 就会产生感应电流。
- 4) 接地点都是同电位, 应把它们集中起来, 一点接机壳。
- 5) 离开发热体走线, 因为导线的绝缘外皮不能耐高温。
- 6) 不要在元器件上面走线, 否则会妨碍元器件的调整和更换。
- 7) 线束要按一定距离用压线板或线夹固定在机架或底座上, 要求在外界机械力 (冲击、振动) 作用下不会变形和位移。

束线的参考样品如图 4-15 所示。

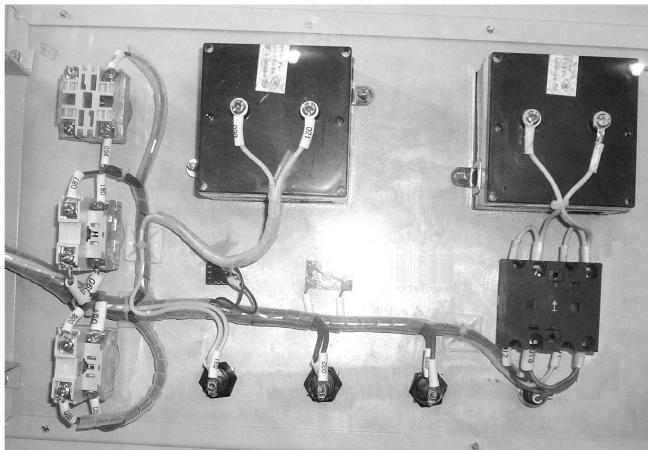


图 4-15 束线的参考样品

4.6 电缆终端头的连接技能训练

随着工业生产的发展，大量使用电缆。本节介绍电缆终端头的连接方法。

1. 户外电缆终端头的连接技能

电缆终端头适用于 10kV 以下电缆。线芯截面积在 240mm^2 以下铅包油浸纸绝缘电力电缆户外终端头的制作与安装，如图 4-16a 所示。

电缆终端头的连接过程及注意事项如下：

- 1) 施工过程中必须按照有关规则进行安装。
- 2) 施工地点保证干燥清洁，周围温度一般应在 5°C 以上。
- 3) 电缆头必须一次性连续切割后使用。
- 4) $6\sim10\text{kV}$ 电缆终端头带电引上线至接地距离在 200mm 以上。
- 5) 剥铅（铝）时应保证电缆头光滑无毛刺，且须用特制工具张成喇叭形。
- 6) 半导体屏蔽纸不应露出铅（铝）包喇叭口。
- 7) 包缠绝缘带应顺着芯线绝缘的绕包方向，一律采取半叠包，绝缘带层间应无移、无折皱。
- 8) 铝芯电缆与接线端子（或接线梗）的连接：采用压接的方法。
- 9) 铜芯电缆与接线端子（或接线梗）的连接：环氧树脂电缆终端头采用压接或焊接的方法，焊接时芯线纸绝缘的剥切尺寸应为接线端子内孔深度加 15mm ；其他 3 种终端头均宜采用焊接。

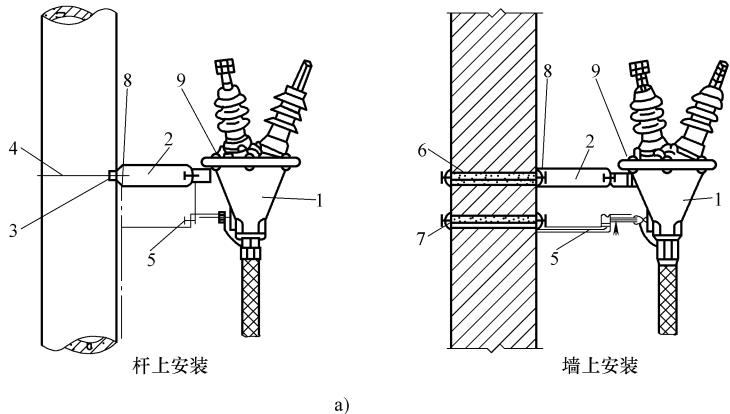


图 4-16 电缆终端头的连接

a) 户外电缆终端头的连接

1—电缆终端头 2—固定支架 3—M形垫铁 4—U形抱箍 5—加固抱箍 6—方头螺栓 7—双头螺栓 8、9—螺栓

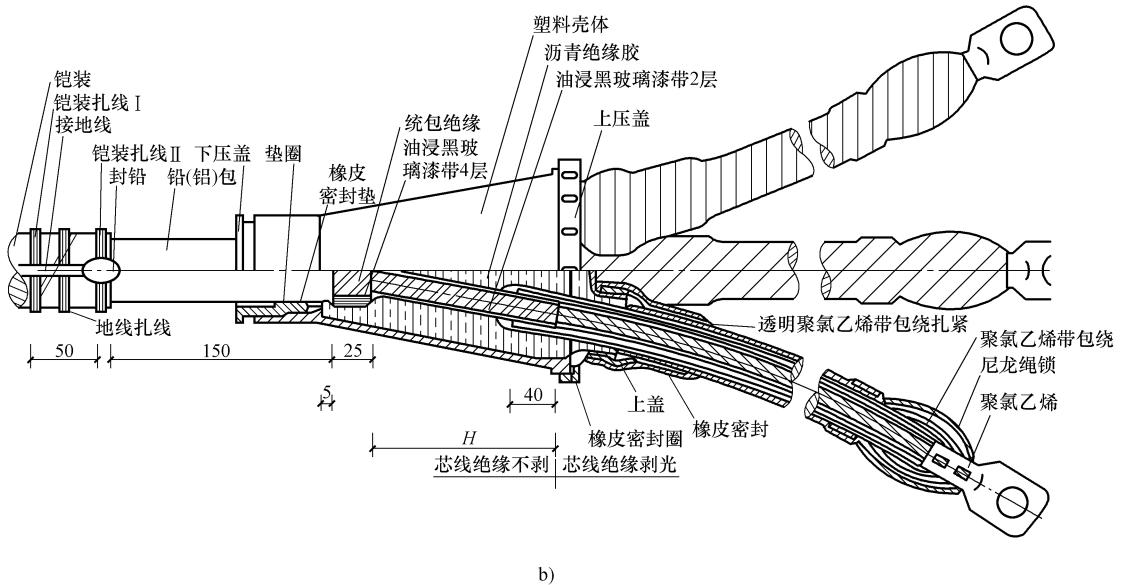


图 4-16 电缆终端头的连接 (续)

b) 户内电缆终端头的连接

10) 使用瓷质盒、鼎足式铸铁盒时,环氧树脂电缆终端头在吊装之前须将加固抱箍安装好。

11) 安装铁件须镀锌。

12) 在电缆终端头处,电缆的铠装、铅(铝)包和铸铁终端盒应有良好的电气连接,应按《电气设备接地装置规程》接地。

2. 户内电缆终端头的连接

户内电缆终端头(包括环氧树脂电缆终端头、NTN型电缆终端头和户内干包电缆终端头)的制作与安装,如图4-16b所示。其操作工艺如下:

1) 施工过程中均按有关规程进行。

2) 施工地点保证干燥清洁,周围温度一般应在5℃以上。

3) 电缆头必须一次性连续切剥后使用。

4) 电缆剖铅(铝)工作应保证包口光滑无毛刺,不应损伤统包绝缘,应用特制工具张成喇叭形,喇叭口要圆滑、规整和对称,统包绝缘外层的屏蔽纸不应露出喇叭口。

5) 包绕绝缘带应顺着芯线绝缘的缠绕方向,以半叠包包绕。

6) 铝芯电缆与接线端子的连接采用压接,铜芯电缆与接线端子的连接采用焊接或压接。除户内NTN型电缆终端头外,采用焊接时芯线绝缘切除长度为接线端子内孔深度加15mm;压接时加5mm。

7) 户内电缆终端头接线应保持固定位置,其带电引上部分之间及至接地部分的距离按表4-10规定执行。户内电缆终端头引出线绝缘包扎长度,按表4-11的规定。

表4-10 距离表

电压/kV	最小距离/mm
1	75
6	100
10	175

表4-11 距离表

电压/kV	最小距离/mm
1	160
6	270
10	315

4.7 架空线路的连接技能训练

在架空线路中,导线的接头有两种:一种是在档距中间的接头,对这种接头的要求是既能承受导线的拉力,又能很好地传导电流,接触电阻越小越好;另一种是跳线接头,它不承受拉力,只要求接触良好,能很好地传导电流。导线的连接方法主要有以下几种。

1. 导线的绑接法

导线的绑接法如图 4-17a 所示。用于铝绞线、铜绞线的导线连接。连接时，先把两根导线的接头并好，绑接长度不应小于 150~200mm，再用与导线同型号的单股线作为绑线，从中间向两侧缠绕，缠到头时与导线的线头拧成小辫收尾。把导线尾部弯好，防止导线被拉出。较大截面积的导线使用线夹连接，而不用绑接法。

2. 导线的叉接法

铜绞线及导线截面积在 35mm^2 及以下的铝绞线，多采用叉接法连接，这种接法的导线连接长度一般为 200~300mm。叉接法的具体操作方法如图 4-17b 所示。先把导线接头长度的 1/2 顺序拆开拉直，去掉表面的污垢，做成“伞骨”的样子；把两个伞骨每隔一股互相交叉插到底，把插好的线拢在一起，用电工钳压紧，用与导线一样的单股线在中间缠绕 50mm，绕完后将绑线头弯成直角靠拢在导线上，再用导线本身的单股线压住绑线头，并逐步向两端缠绕；绕完一股后，再用另一股线头把余下的前股线尾压在下面，继续缠绕，直到绕完为止。最后一股缠完后，与前边压住的线头拧成小辫收尾，接头接好后涂上少量中性凡士林或导电膏，以减少氧化膜的产生。

3. 导线的压接法

由于铝极易氧化，并且氧化膜的电阻很高，因此铝导线一般应采用钳压法连接，如图 4-17c 所示。

钳压法的操作方法如下：

- 1) 将准备连接的两个断头用绑线扎紧后再锯齐。
- 2) 根据导线规格选择适当的铝压接管及钳压模。

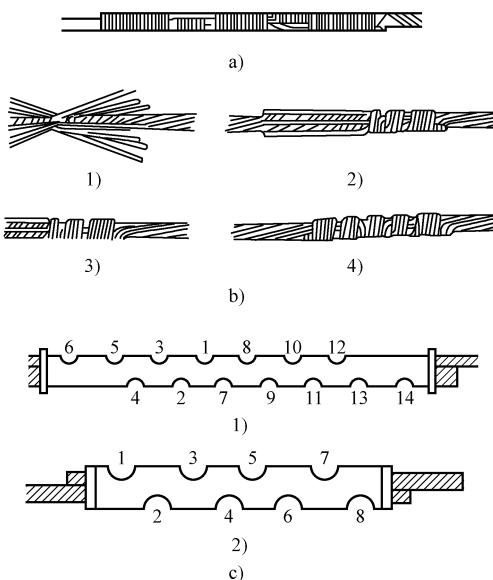


图 4-17 架空线路的连接方法

a) 导线的绑接法 b) 导线的叉接法

c) 导线的压接法

3) 用汽油清洗管内壁及被连接部分导线的表面，并在导线表面涂一层电力脂（导电膏）或中性凡士林。

4) 将连接的两根导线的端头穿入钳压管中，导线端头露出管外部分不得小于20mm。在钢芯铝绞线的钳压管中，两导线间夹有一条铝垫片，可增加接头的连接力，使接头良好。

5) 用压接钳按压接顺序，压出一定数量的凹坑，每个压坑应一次压完，中途不能间断。导线的型号不同，压坑的深度也不同。压坑过深，会使导线受到损伤，影响机械强度；压坑过浅，可能压接不紧，导线会被抽出。

4.8 登杆操作技能训练

登杆操作是电工的一项基本操作技能，特别是外线电工，是每日必不可少的工作任务。本节介绍登杆工具及登杆操作步骤。

熟练登杆是杆上工作的前提，常用的登杆方法是用脚扣（有的称铁鞋）登杆。登杆前，应检查杆根是否牢固。新立电杆在杆基未完全牢固以前，严禁攀登。遇有冲刷、起土、上拔的电杆，应先培土加固、支好架杆或打临时拉绳后，再行上杆。凡要松动导线、拉线的电杆，应先检查杆根并打好临时拉线或支好架杆后再上杆。

上杆前应先检查登杆工具，如脚扣、安全带等是否完整牢靠。在杆上工作时，必须使用安全带。安全带应系在电杆及牢固的构件上，防止安全带从杆顶脱出。系安全带后必须检查扣环是否扣牢。同时，现场工作人员都应戴安全帽。杆上人员应防止掉东西，使用的工具、材料均应用绳索传递，不得乱扔。在杆上工作需转位时，不得失去安全带保护。杆上有人工作时，不得调整和拆除拉线。

遇有大雾、雷雨或五级以上大风时，禁止在杆上工作。

登杆工具如图4-18所示。在登杆前，要仔细检查脚扣焊接处无断裂，脚扣胶套完好无缺，登杆前必须检查安全带并系扎正确；穿电工工作服和电工绝缘鞋。

带脚扣登杆操作要戴安全帽，对脚扣进行检查后还必须做人体冲击试验方可登杆；登杆练习或作业时，应有专人监护，以防意外事故的发生。

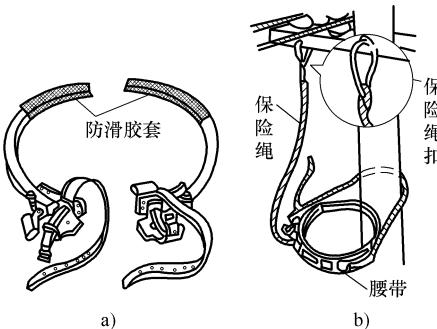


图4-18 登杆工具

上杆、下杆方法如图 4-19 所示。上杆时, 当左脚向上跨扣时, 左手同时向上扶住电杆, 右脚向上跨扣时, 右手向上扶住电杆, 手脚的配合要协调。只有当脚扣可靠地扣住电杆后, 才可以开始移动身体。下杆时同样要手脚协调配合, 只有当脚扣可靠地扣住电杆后, 才能往下移动身体。

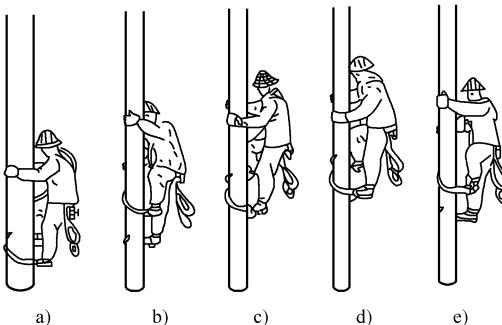


图 4-19 登杆操作步骤

登杆操作步骤按图 4-19 所示的顺序从 a ~ e。为了便于读者记忆, 特编写顺口溜如下:

登杆如同路难行, 下列事项要记清。
登杆之前准备好, 各种工具不能少。
绝缘鞋、安全带, 不要忘戴安全帽。
脚扣紧紧扣电杆, 手脚配合要协调。
上下移动慢慢行, 安全第一记心中。
监护人员不能少, 图 4-19 供参考。

4.9 电动机的拆卸、组装技能训练

1. 电动机的拆卸

(1) 电动机的拆卸步骤

- 1) 拆卸电动机之前, 首先切断电源, 拆除电动机与外部电气连接的导线。
- 2) 拆卸顺序依次为: 带轮或联轴器→前轴承外盖→前端盖→风罩→风扇→后轴承外盖→后端盖→抽出转子→前轴承→前轴承内盖→后轴承→后轴承内盖, 如图 4-20 所示。

(2) 拆卸注意事项

均匀用力, 不要碰坏转子, 防止手滑碰上定、转子绕组; 拆卸轴承时, 要用专用工具。轴承要清洗干净, 发现损坏, 及时更换。

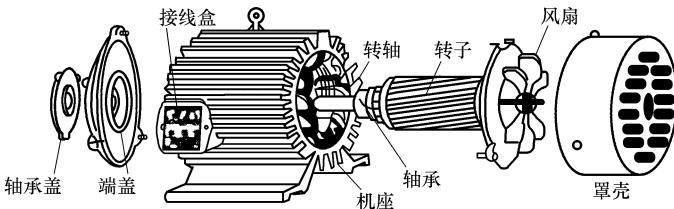


图 4-20 电动机的拆卸顺序

2. 电动机的组装

把拆卸的电动机检修好之后，重新组装，步骤如下：

- 1) 用压缩空气吹净电动机内部灰尘，检查各零部件的完整性，清洗油污等。
- 2) 装配异步电动机的步骤与拆卸相反。装配前要检查定子内污物、锈是否清除，有无损坏；装配时应将各部件按标记复位，并检查轴承盖配合是否合适。
- 3) 拆移电动机后，电动机底座垫片要按原位摆放固定好，以免增加钳工的拆、装转子工时，不得损坏绕组，拆前、装后均应测试。
- 4) 装端盖前应用粗铜丝，从轴承装配孔伸入，钩住内轴承盖，以便于装配外轴。
- 5) 用热套法装轴承，温度超过 100℃时，应停止加热，工作现场一定要放置灭火器。清洗电动机及轴承的清洗剂（汽油、煤油）不准随意乱倒，必须倒入垃圾桶内。

4.10 电动机的下线技能训练

电动机下线要遵照一定的工艺要求，下线时要严防损伤绕组绝缘和槽绝缘。为此要用引槽纸放在槽口两边，然后将绕组一边的导线松散开，并捏成一个扁片，对着引槽纸一根一根地下入槽中。待绕组一边的导线全部下入槽内以后，再顺着槽口的方向来回拉动，使槽内的绕组边平整，并使槽外的两个端部长度相等。

双层绕组的下线步骤：绕组的一边下到槽内以后，另一边留在槽外，在相邻槽内再下另一绕组的一边，它的另一边也留在槽外，这样依次类推，直至一个节距的槽内底层都下入绕组后，再将留在槽外的绕组边按节距下入相应的线槽上层，这样就可以依次把所有绕组全部下完。

在每下完一个绕组时，应把绕组的端部用手向下按压，以免绕组端部超出定子内圆影响电动机通风散热。

单层绕组的下线方法与双层绕组的不同点：它不能像双层绕组那样一槽挨一槽的下线，而是下几个槽就要空几个槽，再下几个槽，再空几个槽，等过了一个节距后就可以把绕组的另一边下入空槽内了。空的槽数要由绕组的形式而定，如图 4-21a 所示。下好线的电动机如图 4-21b 所示。

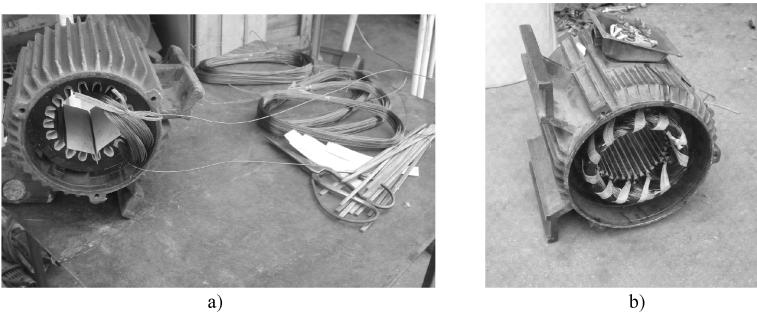


图 4-21 电动机的下线

a) 正在下线 b) 下线完毕

4.11 贴片式元器件的拆卸技能训练

锡焊元器件的无损拆卸（拆焊）也是焊接技术中的一部分。对于引脚少的元器件，可以直接用电烙铁进行拆卸，引脚多的元器件就不是那么容易拆卸了。这里所指的拆卸，要求拆卸后的印制电路板、电子元器件必须完好无损。拆卸工具多种多样。拆卸方法、技巧有逐点脱焊法、堆锡脱焊法、吸锡法和吹锡法，这些方法和技巧可以在练习焊接的过程中掌握和运用。下面介绍特殊元器件的拆卸方法和技巧。

1. 贴片式元器件的拆卸技巧

贴片式电阻器、电容器的基片大多采用陶瓷材料制作，这种材料受碰撞易破裂，因此在拆卸、焊接时应掌握控温、预热、轻触等技巧。控温是指脱焊温度应控制在 200 ~ 250℃ 左右。预热是指将待焊接的元器件先放在 100℃ 左右的环境里预热 1 ~ 2min，防止元器件突然受热膨胀损坏。轻触是指操作时烙铁头应先对印制电路板的焊点（焊盘）或导带加热，尽量不要碰到元器件。另外，还要控制每次脱焊时间在 3s 左右。该方法和技巧同样适用于贴片式二极管、晶体管的脱焊。

2. 贴片式集成电路的拆卸技巧

贴片式集成电路的引脚数量多、间距窄、硬度小，如果焊接温度不当，极易造成引脚焊锡短路、虚焊或印制电路铜箔脱离印制电路板等故障。拆卸

贴片式集成电路时，可将调温电烙铁温度调至260℃左右，用烙铁头配合吸锡器将集成电路引脚焊锡全部吸除后，用尖嘴镊子轻轻插入集成电路底部，一边用电烙铁加热，一边用镊子逐个轻轻提起集成电路引脚，使集成电路引脚逐渐与印制电路板脱离。用镊子提起集成电路引脚的过程一定要随电烙铁加热的部位同步进行，防止操之过急将印制电路板损坏。

换入新集成电路前要将原集成电路留下的焊锡全部清除，保证焊盘的平整清洁。然后将待焊集成电路引脚用细砂纸打磨清洁，均匀搪锡，再将待焊集成电路脚位对准印制电路板相应焊点，焊接时用手轻压在集成电路表面，防止集成电路移动，另一只手操作电烙铁蘸适量焊锡将集成电路四角的引脚与印制电路板焊接固定后，再次检查确认集成电路型号与方向，正确后正式焊接全部引脚，待焊点自然冷却后，用毛刷蘸无水酒精再次清洁印制电路板和焊点，清除遗留焊渣。

检修模块印制电路板故障前，宜先用毛刷蘸无水酒精清理印制电路板，清除板上灰尘、焊渣等杂物，并观察原印制电路板是否存在虚焊或焊渣短路等现象，以及早发现故障点，节省检修时间。

第 5 章

电工安装常用元器件

5.1 高压断路器

凡是工作电压在 1000V 以上的电器，称为高压电器。通常把高压电器分为断路器、隔离开关、负荷开关、接地开关、测量仪表、高压母线等。

1. 高压断路器的分类

高压断路器又称为高压自动开关，它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能自动断开电路，它的断流能力通常以 kA 计算。

高压断路器是按灭弧和绝缘介质情况分类的，有油断路器（其中包括多油和少油）、压缩空气断路器、真空断路器、磁吹断路器和空气断路器。目前用得较多的是少油断路器、真空断路器等。高压断路器如图 5-1 所示。



图 5-1 高压断路器

2. 操动机构

操动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。它不仅要求操动机构具有保证断路器准确无误地关闭和切断短路电流，使断路器可靠地保持在分闸或合闸位置上，而且操动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动力、很快的动作速度和很高的工作可靠性，因此操动机构的制造难度很大。隔离开关所用的操动机构，其分、合闸速度要求不高，但必须操动平稳，且具有足够的操动力。操动机构如图 5-2 所示。

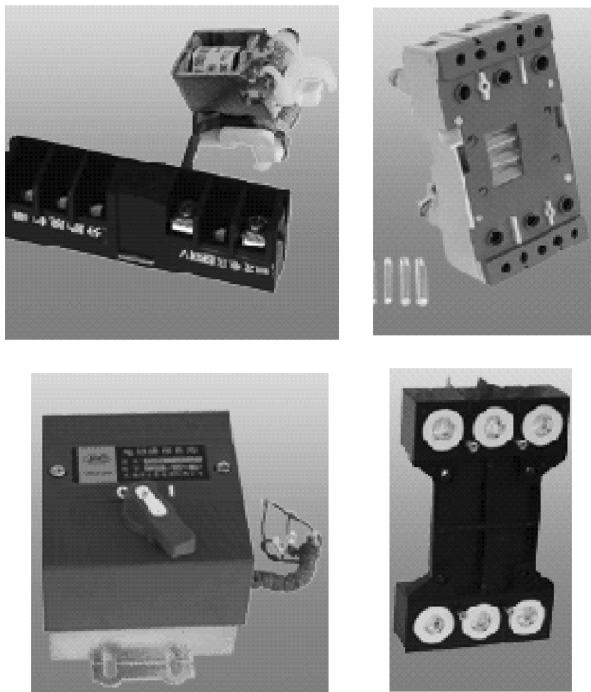


图 5-2 操动机构

3. 高压断路器的参数

真空高压断路器的技术参数见表 5-1。

表 5-1 真空高压断路器的技术参数

型 号	额电 压/kV	额定 电流 /A	额定 断流 容量 /MV·A	额定 开断 电流 /kA	极限通 过电流 /kA		4s 热 稳定 电流 /kA	固有 分闸 时间 /s	合闸 时间 /s	器身 重 /kg	操动 机构	外形尺寸 /mm			备 注
					有效值	峰值						高	宽	深	
ZN—10/1000-16	10	1000	300	17.3		40	16	0.05	0.2	120		500	580	624	
ZN—10/600	10	600	150	8.7		22	8.7	0.05	0.2	85		240	522	550	
ZN—10/1000	10	1000	150	8.7		44		0.05	0.2		CD—25				
ZN—10/1000	10	1000	300	17.3		50	17.3	0.05	0.2	135	CD—25	730	538	610	单
ZN—10/1000-20	10	1000		20		30	50	0.05	0.1	105	CD—35	872	635	410	
						7.6									
ZN—27.5/600	27.5	600		11.5		30	11.5	0.06	0.2		CD—40G	1500	500	1070	
ZN1—10/600	10	300		3		22	3	0.016	0.07	150		644	97.5	188	相
ZN2—10/600	10	600	200	11.6		29.4	11.6	0.05	0.2	12		540	620	560	
ZN3—10/600	10	600	150	8.7			8.7	0.05	0.2	75		819	560	360	
ZN4—10/630	10	600	300	17.3			17.3	0.05	0.2	75					

5.2 高压隔离开关

1. 高压隔离开关的分类

- 1) 按安装地点不同可分为户内式和户外式。
- 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开关的情况可分为单接地（一侧有接地开关）、双接地（两侧有接地开关）和不接地（无接地开关）三种。
- 4) 按触头的运动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。高压隔离开关如图 5-3 所示。

2. 高压隔离开关的用途

高压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）开关电器，使运行人员能明确判断其工作状态。隔离开关的断口在任何状态下都不能被击穿，因此它的断口耐压一般比需要对地绝缘的耐压高出 10% ~ 15%。必要时，应该在隔离开关上附设接地刀开关，供检修时接地用。在配电装置中它的容量通常是断路器的 2 ~ 4 倍。其主要用途如下：

- 1) 为设备和线路的检修与分段进行电气隔离。
 - 2) 在断口两端接近等电位的条件下，倒换母线改变接线方式。
 - 3) 分、合一定长度的母线或电缆，绝缘套管和断路器的并联均使电容器中通过小电流。
 - 4) 分、合一定容量的空载变压器和电压互感器。
- 3. 户内高压隔离开关的参数**
户内高压隔离开关的参数见表 5-2。
- 4. 户外高压隔离开关的参数**
户外高压隔离开关的参数见表 5-3。



图 5-3 高压隔离开关

表 5-2 户内高压隔离开关的参数

型 号	额定电压 /kV	最大工作电压 /kV	额定电流 /A	极限通过电流 /kA		热稳定电流 /kA			干试验电压 /kV		配用机构	器身重 /kg
				有效值	峰值	1s	5s	10s	同极触头间	导电部分对地间		
GN1—10/2000	10	11.5	2000		85		14	36	53	45		
GN1—20/400	20	23	400		50		14	10	85	70		
GN1—35/400	35	40.5	400		50		20	10	130	105	CS6—2	
GN1—35/600	35	40.5	600		50			14	130	105		
GN2—10/2000	10	11.5	2000		85			36	53	45	CS6—2	
CN2—10/3000	10	11.5	3000		100			50	53	45	CS7	87.5
GN2—20/400	20	23	400		50			10	85	70	CS6—2	181
CN2—35/400	35	40.5	400		50			10	130	105	CS6—2	80
GN2—35/600	35	40.5	600		50			14	130	105	CS6—2	112.2
GN2—35T/400	35	40.5	400	30	52	30	10	14			CS6—2T	118.2
GN2—35T/600	35	40.5	600	37	64	37	17.7	25			CS6—2T	100
GN2—35T/1000	35	40.5	1000	40.5	70	40.5	27.5				CS6—2T	101

GN3—10/3000	10	11.5	3000		200		120			CS9	186
GN3—10/4000	10	11.5	4000		200		120			CS9	196.5
GN5—6/200	6	6.9	200		25.5		10	7	40	CS6—1T	
GN5—6/400	6	6.9	400		52		14	10	40		4.0
GN5—6/600	6	6.9	600		52		20	14	40		4.5
GN5—10/200	10	11.5	200		25.5		10	7	53		5.1
GN5—10/400	10	11.5	400		52		14	10	53		6.0
GN5—10/600	10	11.5	600		52		20	14	53		6.5
GN5—10/1000	10	11.5	1000		75		20	21	53		7.1
GN6—6T/200	6	6.9	200	14.7	25.5	14.7	10	7		CS6—1	25
GN6—6T/400	6	6.9	400	30	40	30	14	10		CS6—1	27
GN6—6T/600	6	6.9	600	30	52	30	20	14		CS6—1	29
GN6—10T/200	10	11.5	200	14.7	25.5	14.7	10	7		CS6—1	25

表 5-3 户外高压隔离开关的参数

型 号	额定电压 /kV	额定电流 /A	极限通过电流 /kA		热稳定电流 /kA			分闸时间 /s	破冰厚度 /mm	接线端拉力 /N	泄漏比距/(cm/kV)	配用机构	器身重/kg
			有效值	峰值	4s	5s	10s						
CW1—6/20	6	200	9	15		7	10				4	CS8—1	36
GW—6/400	6	400	15	21		14	14				4	CS8—1	45.6
GW1—6/600	6	600	25	35		20	10				4	CS8—1	47.4
GW1—10/200	10	200	15			7	14					CS8—1	60
GW1—10/400	10	400	25	15		14						CS8—1	61.5
GW1—10/600	10	600		21		20						CS8—1	63.0
GW1—10(W)/200	10	200		35		7						CS8—1	19.4
GW1—10(W)/400	10	400		15		14						CS8—1	19.5
GW1—10(W)/600	10	600		25		20						CS8—1	20.5
GW2—35/600	35	600	29	50			10					CS8—2	75
GW2—35D/600	35	600	29	50			10					CS8—2D	75
GW2—35/1000	35	1000	29	50			10					CS8—2	75
GW2—35D/1000	35	1000	29	50			10					CS8—2D	75
GW2—35G/600	35	600		42	20							CS11—D	
GW2—35GD/600	35	600		42	20							CS8—6D	
GW4—35/600	35	600		50	15.8							CS11—G	65
GW4—35D/1000	35	1000		50	23.7							CS8—6D	68
GW4—35D(W)/600	35	600		50	15.8				10~15	500		CJ5 或 CS14G	

CW5—35G/600	35	600	29	50	23.7	14	0.25			CS—G	92
GW5—35G/1000	35	1000					0.25			CS—G	
CW5—35GD/600	35	600								CS—G	
GW5—35GD/1000	35	1000								CS—G	
CW5—35GK/600	35	600								CS1—XG	
GW5—35GK/1000	35	1000								CS1—XG	
GW9—10(W)/200	10	200		15			5			5	10.9
GW9—10(W)/400	10	400		21			10			5	11.1
GW9—10(W)/600	10	600		35			14			5	11.8
GWT1—10/600	10	600	20	35		14				4.1	
GWT2—10/200	10	200	9	15		5				4.3	
GWT2—10/400	10	400	15	25		10				4.3	
GWT2—10/600	10	600	20	35		14				4.3	
GWT5—10/200	10	200	9	15		5				4.1	
GWT5—10/400	10	400	15	25		10				4.1	
GWT5—10/600	10	600	20	35		14				4.1	

5.3 高压负荷开关

1. 高压负荷开关的分类

高压负荷开关是带有简单灭弧装置的一种开关电器，按不同的介质分为压缩空气式、有机材料气体、真空式和六氟化硫气体开关五种，它适用于交流 50Hz，3.6kV、7.2kV、12kV、40.5kV 和 72.5kV 电压等级的电网中。高压负荷开关是在额定电压和电流条件下，接通或断开高压电路的开关电器。它和限流熔断器串联组合，可代替断路器使用，即由负荷开关关合和开断负荷电流，而由熔断器开断过大的过载电流和短路电流。

高压负荷开关分为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闭合和断开的任务以外，还能关合短路电流。专用型用来闭合和切断空载变压器、空载线路或电容器组等。

高压负荷开关应满足以下要求：①放在分闸位置时，要有明显可见的间隙，无需串联隔离开关，在检修电气设备时，只要开断负荷开关即可；②要能经受频繁的开断次数；③负荷开关不要求开断短路电流，但要求能关合短路电流，如图 5-4 所示。

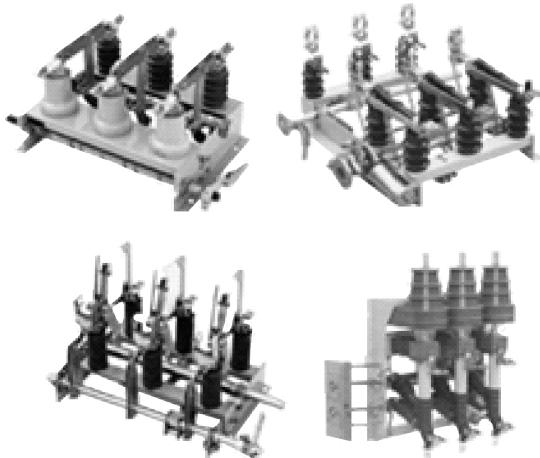


图 5-4 高压负荷开关

2. 高压负荷开关与高压隔离开关的区别

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 $1000\text{kV}\cdot\text{A}$ 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。

高压隔离开关不允许用来接通或断开正常的负载电流，只能隔离高压电源，以确保高压电气设备或高压线路在维修时的安全。

3. 户外高压负荷开关的技术参数

PW型户外高压负荷开关的技术参数见表5-4。

表5-4 PW型户外高压负荷开关的技术参数

型 号	额定电压 /kV	额定电流 /kA	最大开断电流 /kA	极限通过电流 /kA		热稳定电流 /kA		器身重 /kg	操动机构	外形尺寸 /mm		
				有效值	峰值	4s	5s			高	宽	深
FW1—10/400	10	400	800					80				
FW2—10G/200 FW2—10G/400	10	200	1500	8	14	7.9	7.8	164	绝缘棒	810	530	412
		400	1500	8	8	12	168					
FW4—10/200 FW4—10/400	10	200	800	8.7	15	5.8		157	绝缘棒	557	640	630
		400	800	8.7				174				
FW5—10/200	10	200	1500		10	4		75	绝缘棒	760	900	850

4. 户内高压负荷开关的技术参数

PN型户内高压负荷开关的技术参数见表5-5。

表5-5 PN型户内高压负荷开关的技术参数

型 号	额定电压 /kV	额定电流 /A	额定断流容量 /MV·A	最大开断电流 /kA	极限通过电流 /kA		热稳定电流 /kA		固有分闸时间 不大于/s	器身重 /kg	操动机构	外形尺寸 /mm		
					有效值	峰值	4s	5s				高	宽	深
FN2—10/400	10	400	25	1200	14.5	25		8.5		44	CS4、	450	932	586
FN2—10R/400	10	400	25	1200	14.5	25		8.5		44	CS4—T		932	586
FN3—6/400	6	400	20	1950	14.5	25		8.5		42		226	850	590
FN3—6R/400	6	400	20	1950	14.5	25		8.5		58	CS3、	662	850	590
FN3—10/400	10	400	25	1450	14.5	25		8.5		42	CS3—T		850	590
FN3—10R/400	10		25	1450	14.5	25		8.5		58	及 CS2		850	590
FN4—10/600	10	600	50	3000		75	3		0.05	75	电磁	810	560	365

5.4 高压油断路器

1. 高压油断路器的分类

高压油断路器按使用场地的不同分为户内和户外式；按内部储油量的多少分为多油断路器和少油断路器。其中，10kV、35kV 多油断路器有 DW 系列，油起绝缘和灭弧的作用；少油断路器有 SN 和 SW 系列，油的作用为用来息弧。高压油断路器在正常运行或故障情况下接通或切断电路，其外形如图 5-5 所示。



图 5-5 高压油断路器

高压油断路器的检修周期为一般事故跳闸 4 次检修一次，正常操作 30~35 次检修一次。检修内容为换油、加润滑油、动静触点烧伤及弯曲变形等情况。

高压油断路器的触头在切断或接通电路瞬间会产生电弧，电弧温度在 1000~4000℃ 时，周围的油被分解气化，产生很高的压力，使油面升高。若油升到油箱盖时，电弧未切断，继续产生气体，则发生喷油或爆炸事故；若油太少时，断弧时间将延长而无法灭弧，则产生大量的有害气体而引起爆炸。所以油量以标准为宜，过多或过少都是错误的。

2. 高压油断路器的参数

(1) 多油断路器的技术参数

多油断路器的技术参数见表 5-6。

(2) 户内少油断路器的技术参数

户内少油断路器的技术参数见表 5-7。

表 5-6 多油断路器的技术参数

名称	型号	额定电压/kV	额定电流/A	断流容量/MV·A	额定开断电流/kA	极限电流/kA	4s热稳定性电流/kA	固有分闸时间/s	分闸时间/s	三相油重/kg	总重/kg	操动机构
户内多油断路器	DN1—10	10	200	30、100	9.7, 5.8	25、15	6	0.07	0.1	50	100	CS2
			400				10					CD2G
			600									
			800									
	DN3—10		400	75、150	14.5	37、14	13	0.08	0.15	14	125	CS13
柱上油断路器	DW4—10		100	50	2.88	37	7.4	0.1	45	145		
			200			14.2	4.2					
	DW5—10G	10	400	25	2.9	7.4	7.4	60	210			
			50			4.2	4.2					
			100									
			200									
	DW7—10		30		1.5	5.6	5.6	0.2	55	135		
			50			2.3	2.3					
			75									
			100									
户外多油断路器	DW6—35		400	1000	16.5	41、29	16.5	0.1	0.27	360	1.05	CS2
	DW8—35	10	600					0.07	0.3	380	1.068	CD2
			800								1.3	CD11—X
			1000									

表 5-7 户内少油断路器的技术参数

型 号	额定电压 /kV	额定电流 /A	额定断流容量 /kV·A	额定开断电流 /kA	最大关合电流 /kA	极限通过电流 /kA	4s 热稳定电流 /kA	合闸时间 /s	固有分闸时间 /s					
SN—10/200	10	2000	750	43.2										
SN—10/3000		3000	800	46.2										
SN1—10G/400		400	200	11.5										
SN1—10G/600		600												
SN2—10G/400		400	350	20										
SN2—10G/600		600												
SN2—10G/1000		1000												
SN3—10G/2000		2000	400	23			75	30	0.5					
SN3—10G/3000		3000	5000						0.14					
SN4—10G/5000		5000												
SN4—10G/6000		6000	1800					120	0.65					
SN4—20G/6000		20							0.15					
SN4—20G/8000														
SN4—20G/12000		8000	3000	58	60	300		0.75						

SN10—10/600	10	600	300	17. 3	40	40	17. 3	0. 2	0. 06
SN10—10/600			350		20		20	0. 2	
SN10—10/600		1000		20. 2			20. 2		
SN10—10/1000			300		17. 3	44. 1	17. 3		
SN10—10/1000		1000		29	74	74	29	0. 25	
SN10—10/1000			500		28. 9	79	28. 9		
SN10—10/1000				31. 5			31. 5		
SN10—10/1250		1250					43. 3	0. 2	
SN10—10/2000		2000	750	43. 3	130	130			
SN10—10/3000		3000							
SN10—35/1250	35	1250	1000	16	40	40	16	0. 25	

5.5 高压熔断器

1. 高压熔断器的组成

高压熔断器的主要元件是熔丝，在电气设备正常工作情况下，流过熔丝的电流不应该使熔丝熔断。当系统中出现过载或短路时，熔丝将因为过热而自行熔断，切断电路，保护其他设备不受到损害。如自动重合闸跌落式高压熔断器，每相装有两只熔丝管，一只为常用，另一只为备用。在备用熔丝管下面装设一个重合机构，当常用熔丝管熔断跌落下来时，隔一定时间，借助重合机构而自动重合。高压熔断器的外形如图 5-6 所示。

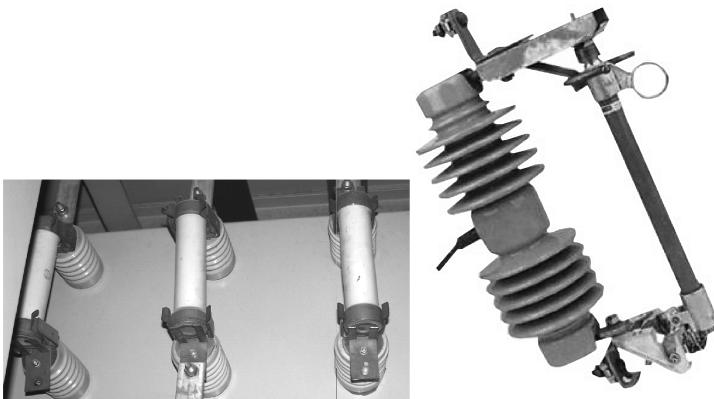


图 5-6 高压熔断器

2. 高压熔断器的安装注意事项

- 1) 安装应牢固可靠，向下应有 20°~30°的倾斜角。
- 2) 熔丝管长度应适当，合闸后被鸭嘴舌头扣住的部分要在 2/3 以上，以防运行中产生自掉，但熔丝管也不能顶住鸭嘴以防熔丝熔断后，熔丝管不能跌落。
- 3) 重合机构的重合传动杆，不宜过高或过低，应与熔丝管保持 45°。
- 4) 熔丝的机械强度不应小于 15kg，熔丝的额定电流不能大于跌落熔丝管的额定电流。
- 5) 10kV 用跌落熔断器间的安装距离不应小于 600mm。

3. 高压熔断器的技术参数

- (1) RN1 型户内高压熔断器的技术参数

RN1型户内高压熔断器的技术参数见表5-8。

表5-8 RN1型户内高压熔断器的技术参数

型 号	额定电压 /kV	额定电流 /A	最大开断容量 (三相) /MV·A	最大切断电流 (有效值) /kA	最小切断电流 (额定电流的倍数)	当切断极限短路电流时的最大电流峰值 (限流) /kA	熔丝管数	器身重 /kg
RN1—3/2	3	2	40	不规定	1.3	24.5	1	8.6
RN1—3/3		3					1	8.6
RN1—3/5		5					1	8.6
RN1—3/7.5		7.5					1	8.6
RN1—3/10		10					1	8.6
RN1—3/15		15					1	8.6
RN1—3/20		30		6.5	20	35	1	8.6
RN1—3/30		30					1	8.8
RN1—3/40		40					1	8.8
RN1—3/50		50					1	8.8
RN1—3/75		75		24.5	35	4	1	8.8
RN1—3/100		100					1	8.8
RN1—3/150		150					2	10.5
RN1—3/200		200					2	10.5
RN1—3/300		300		4	4	12.5	4	12.5
RN1—3/400		400					4	13
RN1—6/2	6	2	20	不规定	20	35	1	10
RN1—6/3		3					1	10
RN1—6/5		5					1	10
RN1—6/7.5		7.5					1	10

(续)

型 号	额定电压 /kV	额定电流 /A	最大开断容量 (三相) /MV · A	最大切断电流 (有效值) /kA	最小切断电流 (额定电流的倍数)	当切断极限短路电流时的最大电流峰值 (限流) /kA	熔丝管数	器身重 /kg
RN1—6/10	6	10	20	1.3	不规定	5.2	1	10
RN1—6/15		15					1	10
RN1—6/20		30					1	10
RN1—6/30		30					1	11.6
RN1—6/40		40					1	11.6
RN1—6/50		50					1	11.6
RN1—6/75		75				14	1	11.6
RN1—6/100		100				19	2	11.8
RN1—6/150		200				2	12.9	
RN1—6/2 加		300				25	2	12.9
RN1—6/300		400				4	13.5	
RN1—10/2	10	2	12	不规定			1	11
RN1—10/3		3					1	11
RN1—10/5		5					1	11
RN1—10/7.5		7.5					1	11
RN1—10/10		10					1	11
RN1—10/15		15					1	11

(2) RN2 型户内高压熔断器的技术参数

RN2 型户内高压熔断器的技术参数见表 5-9。

表 5-9 RN2 型户内高压熔断器的技术参数

型 号	额定电压 /kV	额定电流 /A	最大开断电流 (三相) /MV · A	最大切断电流 /kV	当切断极限短路电流时的最大电流峰值 /kA	最小熔断电流 (1min) /A	过电压倍数	熔丝电阻 /Ω	熔丝管重 /kg	器身重 /kg
RN2—3/0.5	3	0.5	500	100	160	0.6 ~ 1.8	不超过 2 倍工作电压	90	0.9	6.4
RN2—6/0.5	6		1000	85	300					
RN2—10/0.5	10			50	1000					

(续)

型 号	额定电压/kV	额定电流/A	最大开断电流(三相)/MV·A	最大切断电流/kV	当切断极限短路电流时的最大电流峰值/kA	最小熔断电流(1min)/A	过电压倍数	熔丝电阻/Ω	熔丝管重/kg	器身重/kg
RN2—15/0.5	15	1000	40	350	0.6~1.8	不超过2倍工作电压	200	1.0	10	
RN2—20/0.5	20		30	850						
RN2—35/0.5			17	700			315	2.5	14	
RN2—35/2			2						14	
RN2—35/3			3						14	
RN2—35/5			5						14	

5.6 低压电气开关

凡用在500V以下的电器，通常称为低压电器。它在供配电系统中对电能的发送、分配与应用起着转换、控制、保护与调节等作用。

常用的低压电器通常分为配电电器和控制电器两类。配电电器是指断路器、熔断器、万能开关和转换开关；控制电器是指继电器、起动器、控制器、主令电器、电阻器、变阻器、电磁铁等。

1. 刀开关

刀开关由闸刀和熔断器两部分组成。根据闸刀的构造，可分为开启式负荷开关和封闭式负荷开关两种。如图5-7c所示为刀开关的图形符号。

刀开关的主要特点是容量小，常用的有15A、30A，最大为60A；没有

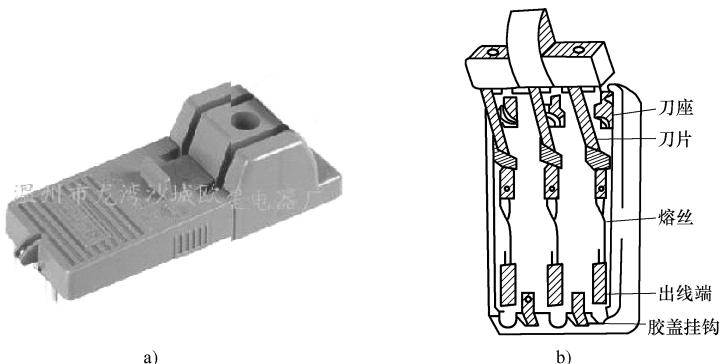
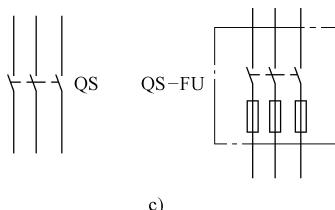


图5-7 刀开关

a) 实物图 b) 结构



c)

图 5-7 刀开关 (续)

c) 图形符号

灭弧能力，容易损伤刀片，只用于不频繁操作场合；构造简单，价格低廉；常用于家庭、建筑工地临时用电。

刀开关的型号及技术参数：

刀开关型号为 HK1、HK2 等系列。HK1 系列刀开关的基本技术参数见表 5-10。

表 5-10 HK1 系列刀开关的基本技术参数

型 号	极 数	额定 电流 /A	额定 电压 /V	可控制电动机 最大容量 /kW		配用熔丝规格		
				220V	380V	熔丝成分		熔丝线径 /mm
				铅	锡	锑		
HK1—15	2	15	220					1.45~1.59
HK1—30	2	30	220					2.30~2.52
HK1—60	2	60	220			98%	1%	3.36~4.00
HK2—15	3	15	300	1.5	2.2			1.45~1.59
HK2—30	3	30	380	3.0	4.0			2.30~2.52
HK2—60	3	60	380	4.5	5.5			3.36~4.00

2. 封闭式负荷开关

常用型号有 HH3、HH4、HH10、HH11 等系列，基本结构如图 5-8 所示。HH10 系列，容量有 10A、15A、20A、30A、60A、100A；HH11 系列，容量有 100A、200A、300A、400A 等。封闭式负荷开关的容量选择一般为电动机额定电流的 3 倍。

封闭式负荷开关的主要特点是：有灭弧能力、铁壳保护和联锁装置（即带电时不能开门），所以操作安全；有短路保护能力，只用在不频繁操作的场合。

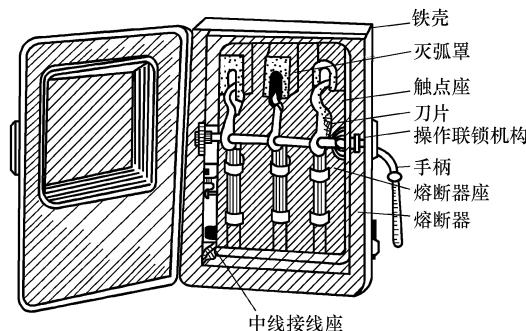


图 5-8 封闭式负荷开关

3. 转换开关

转换开关又称为组合开关，常用在机床电气控制设备上。它是一种由多组触头组合而成的刀开关，具有结构紧凑、体积小的特点。转换开关也可用作交流 380V 和直流 220V 以下的电路电源引入开关，控制 5kW 以下小功率电动机的直接起动，以及电动机正、反转控制和机床照明电路控制。在机床电气设备上，转换开关多用作电源开关，一般不带负载，做空载断开电源或维修切断电源用。转换开关的外形如图 5-9a 所示，图形符号如图 5-9b 所示。



图 5-9 转换开关

a) 外形 b) 符号

(1) 转换开关的型号与技术参数

转换开关的型号有 HZ5—10、HZ5—20、HZ5—40、HZ5—60 和 HZ10 系列，其中 HZ10 系列转换开关的技术参数见表 5-11。

表 5-11 HZ10 系列转换开关的技术参数

型 号	极 数	额定电流/A	额定电压/V	
HZ10—10	2、3	6、10	DC 220	AC 380
HZ10—25	2、3	25		
HZ10—60	2、3	60		
HZ10—100	2、3	100		

(2) 转换开关的选用

可根据电源种类、电压等级、所需触头数及电动机的功率来选择转换开关。转换开关的额定电流一般为电动机额定电流的 1.5 ~ 2 倍。

4. 按钮

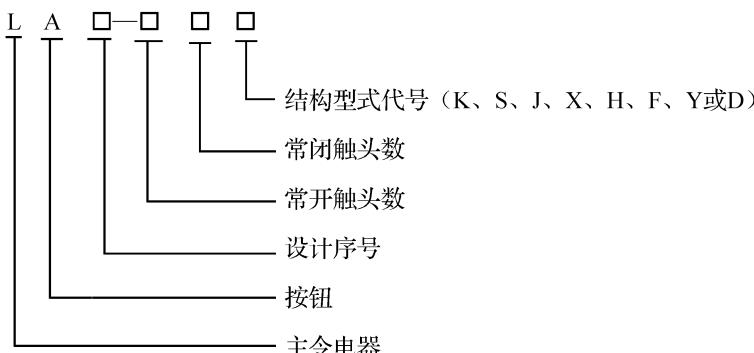
电工在电气安装过程中常会用到按钮。按钮是一种手动操作接通或分断小电流以控制电路的装置。

(1) 按钮的结构

按钮由按钮帽、复位弹簧、桥式动触头、静触头和外壳等组成，其触头导电容量很小。按钮可分为停止按钮（常闭按钮）、起动按钮（常开按钮）及复合按钮（常闭、常开组合为一体的按钮）。按钮的外形如图 5-10a 所示，结构如图 5-10b 所示，符号如图 5-10c 所示。

(2) 按钮的型号含义

按钮型号为 LA 系列的含义如下：



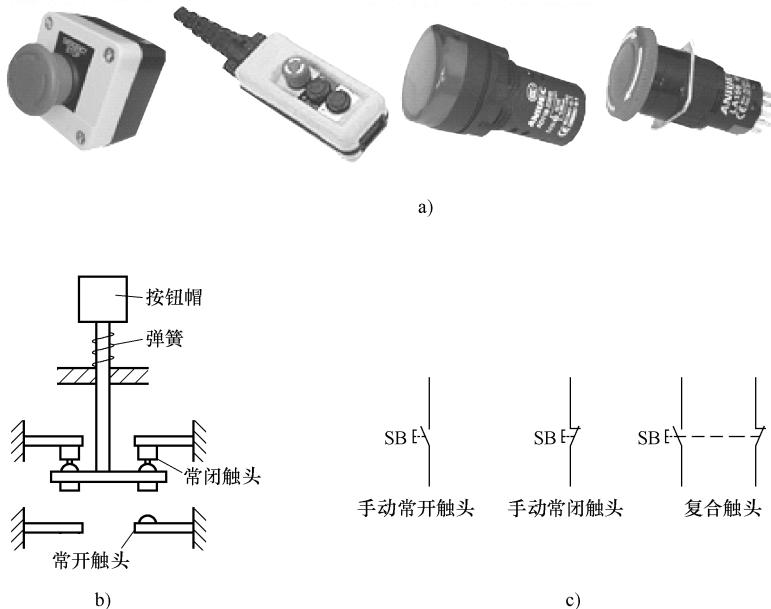


图 5-10 按钮

a) 外形 b) 结构 c) 图形符号

(3) 按钮的作用

一般情况下它不直接控制主电路的通断，而是在控制电路中发出“指令”去控制接触器或继电器等器件的线圈吸合或断开，再由它们对主电路进行控制。

(4) 按钮的基本技术参数

按钮的基本技术参数见表 5-12。

图 5-11a 所示为 2 极漏电保护开关外形图，图 5-11b 所示为 3 极漏电保护开关外形图。图 5-11c 所示为原理图，图 5-11d 所示为在电路中使用的低压断路器符号。开关的主触头是靠操作机构进行合闸与分闸的。

一般容量的低压断路器采用手动操作，较大容量的往往采用电动操作。合闸后，主触头被钩子锁在闭合位置。

(5) 按钮的选择

1) 根据使用场合选择按钮的种类。

表 5-12 按钮的基本技术参数

型 号	额定 电压 /V	额定 电流 /A	结构型式	触头对数		按钮数	按钮颜色
				常开	常闭		
LA2	500	5	元件	1	1	1	黑、绿、红
LA10—2K			开启式	2	2	2	黑、绿、红
LA10—3K			开启式	3	3	3	黑、绿、红
LA10—2H			保护式	2	2	2	黑、绿、红
LA10—3H			保护式	3	3	3	红、绿、红
LA18—22J			元件（紧急式）	2	2	1	红
LA18—44J			元件（紧急式）	4	4	1	红
A18—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—Z2X			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—11J			元件（紧急式）	1	1	1	红
LA19—11D			元件（指示灯式）	1	1	1	红、绿、黄 蓝、白

- 2) 根据用途选择合适的形式。
- 3) 根据控制回路的需要确定按钮数量。
- 4) 按工作状态指示和工作情况要求选择按钮和指示灯的颜色。

5. 低压断路器

低压断路器又称为自动空气断路器，是低压电路中重要的保护电器之一。它主要用于保护交、直流电路内的电气设备，使之免受短路、严重过载或欠电压等不正常情况的危害。同时，也可以用于不频繁地起、停电动机等。

(1) 低压断路器的组成特点

低压断路器的特点是：有多种保护功能、动作后不需要更换元件、动作

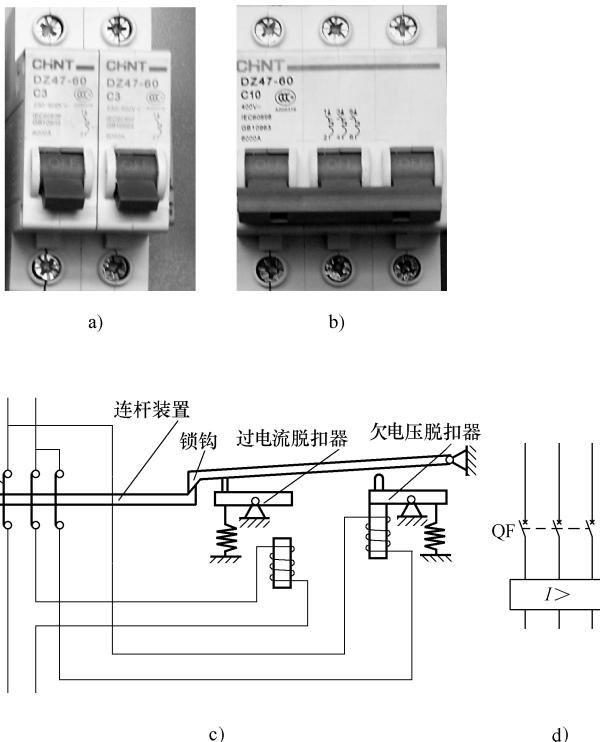


图 5-11 低压断路器

- a) 2 极漏电保护开关外形图 b) 3 极漏电保护开关外形图
c) 结构原理图 d) 符号

电流可按需要整定、工作可靠、安装方便和分断能力较强等。因此，在各种动力线路和机床设备中应用较广泛。

尽管各种低压断路器的形式各异，但其基本结构和动作原理却都相同。它主要由触头系统、灭弧装置、操作机构和保护装置（各种脱扣器）等几部分组成。

（2）低压断路器的保护装置

1) 电磁脱扣器。当流过的电流在整定值以内时，电磁脱扣器线圈所产生的吸力不足以吸动衔铁。当发生短路故障时短路电流超过整定值，强磁场的吸力克服弹簧的拉力拉动衔铁，顶开钩子，使低压断路器跳闸。电磁脱扣

器起到熔断器的作用。

2) 欠电压脱扣器。欠电压脱扣器的工作过程与电磁脱扣器恰恰相反。当电源电压在额定值时,欠电压脱扣器线圈产生的磁力足以将衔铁吸合,使低压断路器保持合闸状态。当电源电压下降到低于整定值或降为零时,在弹簧作用下衔铁被释放,顶开钩子而切断电源。

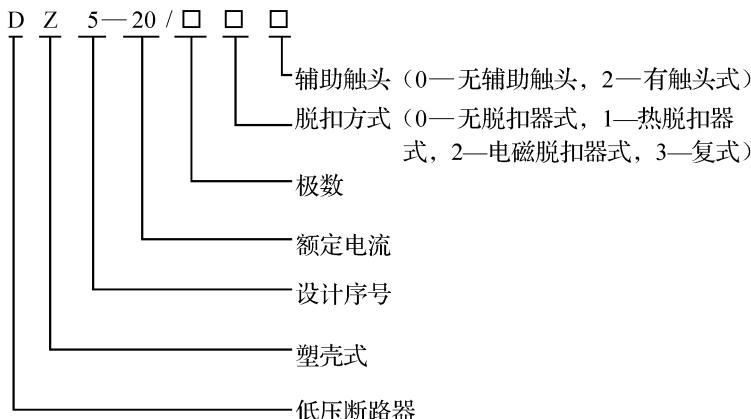
3) 热脱扣器。热脱扣器受热切断电路,起保护作用。

4) 分励脱扣器。分励脱扣器用于远距离操作。在正常工作时,其线圈是断电的。在需要远方操作时,使线圈通电,电磁铁带动机械机构动作,使低压断路器跳闸。

5) 复式脱扣器。低压断路器同时具有电磁脱扣器和热脱扣器,称为有复式脱扣器。

(3) 低压断路器的型号与技术参数

低压断路器的型号命名如下:



低压断路器的技术参数见表 5-13。

(4) 低压断路器的选择方法

1) 电压、电流的选择。低压断路器的额定电压和额定电流应不小于电路的额定电压和最大工作电流。

2) 脱扣器整定电流的计算。热脱扣器的整定电流应与所控制负载(如电动机等)的额定电流一致。电磁脱扣器的瞬时动作整定电流应大于负载电路正常工作的最大电流。

表 5-13 低压断路器的技术参数

型 号	额定电压 /V	主触头 额定电流 /A	极数	脱扣器形式	热脱扣器额定电流(括号 内为整定电流调节范围) /A	电磁脱扣器瞬 时动作整定电流 /A
DZ5—20/330	交流 380 直流 220	20	3	复式	0.15(0.10 ~ 0.15)	为热脱扣器额定电流 的 8 ~ 12 倍(出厂时整定 为 10 倍)
DZ5—20/230			2		0.20(0.15 ~ 0.20)	
DZ5—20/320			3	电磁脱 扣器式	0.30(0.20 ~ 0.30)	
DZ5—20/220			2		0.45(0.30 ~ 0.45)	
DZ5—20/310			3	热脱 扣器式	0.65(0.45 ~ 0.65)	
DZ5—20/210			2		1(0.65 ~ 1)	
DZ5—20/300			3		1.5(1 ~ 1.5)	
DZ5—20/200			2		2(1.5 ~ 2)	
			3		3(2 ~ 3)	
			2		4.5(3 ~ 4.5)	
			3		6.5(4.5 ~ 6.5)	
			2		10(6.5 ~ 10)	
			3		15(10 ~ 15)	
			2		20(15 ~ 20)	
			3	无脱扣器式		
			2			

5.7 低压熔断器

低压熔断器是电网和用电设备的安全保护电器之一，其主体是用低熔点金属丝或金属薄片制成的熔体，串联在被保护的电路中。它是根据电流的热效应原理工作的，在正常情况下，熔体相当于一根导线；当发生短路或过载时，电流很大，熔体因过热熔化而切断电路。

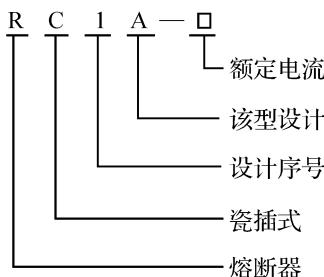
1. 低压熔断器的外形

低压熔断器作为保护电器，具有结构简单、价格低廉、使用方便等优点，应用极为广泛。低压熔断器的外形如图 5-12 所示。

低压熔断器由熔体和绝缘底座（或称熔丝管）组成。熔体为丝状或片状，熔体材料通常有两种：一种由铅锡合金和锌等低熔点金属制成，因不易灭弧，多用于小电流的电路；另一种由银、铜等较高熔点的金属制成，易于灭弧，多用于大电流的电路。当正常工作的时候，流过熔体的电流小于或等于它的额定电流，由于熔体发热的温度尚未到达熔体的熔点，所以熔体不会熔断；当流过熔体的电流达到额定电流的 1.3~2 倍时，熔体缓慢熔断；当流过熔体的电流达到额定电流的 8~10 倍时，熔体迅速熔断。电流越大，熔断越快，通常取熔断器的熔断电流的 2 倍，其熔断时间约为 30~40s。熔断器对轻度过载反应比较迟钝，一般只能作短路保护用。

2. 低压熔断器的型号

1) 插入式熔断器。



2) 螺旋式熔断器 RL□-□/□。其中 R 代表熔断器，L 代表螺旋式，□ 代表设计序号，□/□ 代表熔断器额定电流/熔体额定电流。

3) 快速熔断器 RLS-□。其中 R 代表熔断器，L 代表螺旋式，S 代表快速，□ 代表熔断器额定电流。

4) 快速熔断器 RS□-□。其中 R 代表熔断器，S 代表快速，第 1 个□ 代表设计序号，第 2 个□ 代表熔断器额定电流。

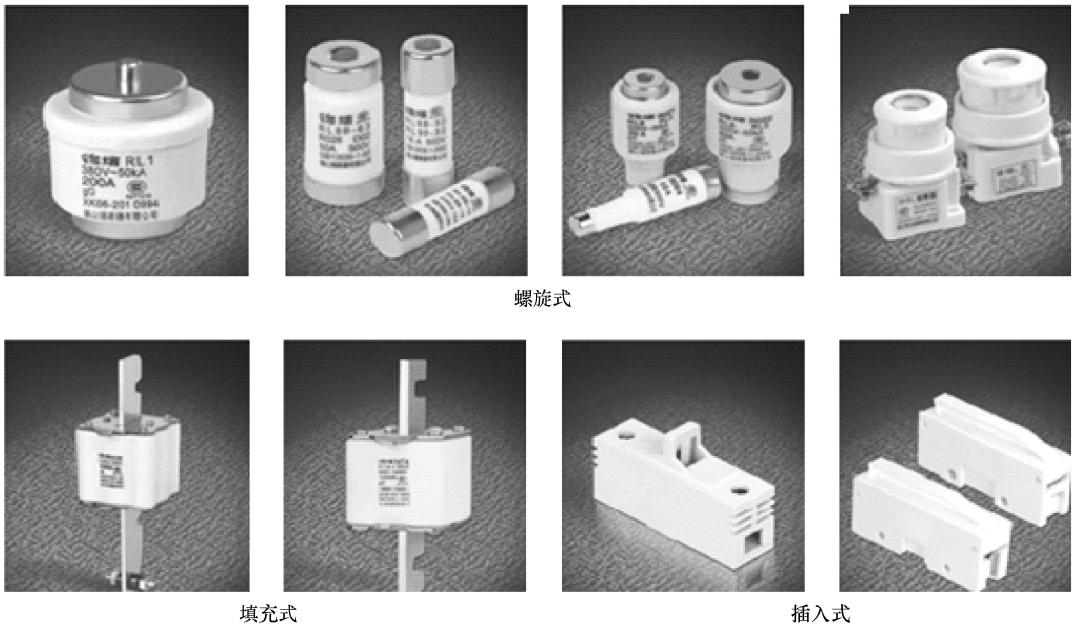


图 5-12 低压熔断器

5) 封闭管式熔断器 RM (T) □-□□。R 代表熔断器, M 代表无填料封闭管式 (T 有填料), 第 1 个□代表设计序号, 第 2 个□代表额定电流, 第 3 个□代表接线形式 (Q 代表板前, H 代表板后)。

3. 低压熔断器的技术参数

常用低压熔断器的技术参数见表 5-14。

表 5-14 常用低压熔断器的技术参数

熔断器型号	熔断器的额定电流/A	熔体的额定电流/A
瓷插式 RC1—A	5	2、3、5
	10	2、3、5、10
	15	5、10、15
	30	20、25、30
	60	40、50、60
	100	80、100
	200	120、150、200
螺旋式 RL1	15	2、3、5、6、10、15
	60	20、25、30、35、40、50、60
	100	60、80、100
封闭式 RM10	15	
	60	
	100	100、125、160、200 (以下两片并用)
	200	200、225、260、300、350
	350	
	600	
填充式 RT0	50	5、10、15、30、40、50
	100	30、40、50、60、80、100
	200	120、150、200
	400	250、300、350、400
	600	450、500、550、600

快速熔断器主要用于半导体功率器件或变流装置的短路保护。由于半导体元件的过载能力很低, 只能在极短时间内承受较大的过载电流 (如 70 A 的晶闸管器件能承受 6 倍额定电流的时间仅为 10ms), 因此要求短路保护具有快速熔断的特性。常用的快速熔断器有 RS 和 RLS 系列, 应当注意, 快速熔断器的熔体不能用普通的熔体代替, 因为普通的熔体不具有快速熔

断的特性。RLS 系列快速熔断器的技术参数见表 5-15。

表 5-15 RLS 系列快速熔断器的技术参数

型 号	额定电压 /V	额定电流 /A	熔体的额定电流 /A	极限分断电流 /kA
RLS—10	500	10	3、5、10	40
RLS—50		50	15、20、25、30、40	
RLS—100		100	50、60、80、100	

4. 低压熔断器的安秒特性

低压熔断器的安秒特性见表 5-16。

表 5-16 低压熔断器的安秒特性

熔体通过的电流/A	$1.25I_N$	$1.6I_N$	$1.8I_N$	$2.0I_N$	$2.5I_N$	$3I_N$	$4I_N$	$8I_N$
熔断时间/s	∞	8600	1200	40	19	4.5	2.5	1

5.8 低压交流接触器

交流接触器是一种用来自动接通或断开大电流电路的电器。大多数情况下其控制对象是电动机，也可用于其他电力负载，如电阻炉、电焊机等。接触器不仅能自动地接通和断开电路，还具有控制容量大、低电压释放保护、寿命长及能远距离控制等优点，所以在电气控制系统中应用十分广泛。

1. 交流接触器的组成

(1) 电磁机构

电磁机构包括线圈、铁心（静铁心）和衔铁（动铁心）三部分。

CJ0—20 型交流接触器一般采用衔铁直线运动的螺管式，铁心和衔铁形状均为 E 形，一般都是用硅钢片叠压铆成，以减少交变磁场在铁心中产生的涡流和磁滞耗损，防止铁心过热。

(2) 交流接触器的线圈

交流接触器的线圈是用绝缘性能比较好的电磁线绕制而成，它一般并接在电源上。线圈的匝数多、阻抗大、额定电流较小。因构成磁路的铁心存在磁滞和涡流损耗，铁心发热是主要的损耗，所以线圈一般做成粗而短的圆筒形且绕在绝缘骨架上，使铁心与线圈之间隔有一定间隙，这样既增加了铁心的散热面积，又能避免线圈受热损坏。

(3) 交流接触器的触头系统

CJ0—20 型交流接触器的触头一般采用双断点桥式触头。动触头桥一

般用纯铜片冲压而成，并且有一定的刚性，触头块用银或银基合金制成，镶嵌在触头桥的两端；静触头桥一般用黄铜板冲压而成，一端焊在触头块上，另一端为接线座。制作触头的材料很多，材料的优劣决定了触头的工作性能和使用寿命。

触头分为主触头和辅助触头，主触头用于通断电流较大的主电路，体积较大，一般由三对常开触头组成；辅助触头用于通断电流较小的控制电路，体积较小，一般由两对常开触头和两对常闭触头组成。所谓触头的常开和常闭，是指接触器未通电动作前触头的原始状态。

(4) 交流接触器的灭弧装置

CJ0—20型交流接触器一般采用半封闭式绝缘栅片陶土灭弧罩，它通常由耐弧陶土、石棉、水泥或耐弧塑料制成。它的作用有两个：一是引导电弧散发，防止发生相间短路；二是使电弧与灭弧罩的绝缘壁接触，从而迅速冷却，促使电弧熄灭。

(5) 交流接触器的辅助部分

CJ0—20型交流接触器的辅助部分包括反作用弹簧、缓冲弹簧、动触头固定弹簧、动触头压力弹簧片及传动杠杆等。

交流接触器的外形与结构如图5-13所示。

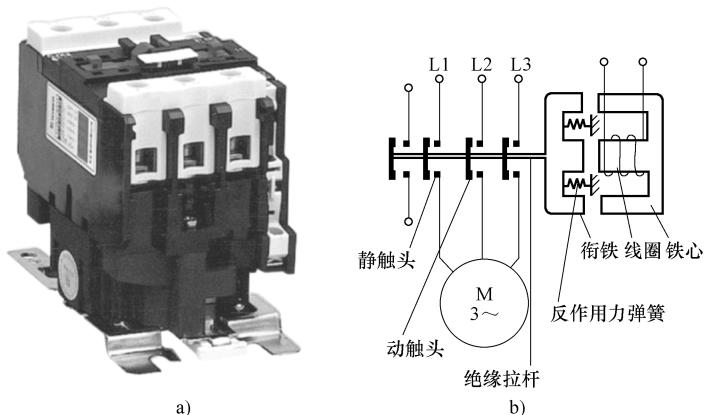


图5-13 交流接触器的外形与结构

a) 外形 b) 结构

交流接触器的符号如图5-14所示。

交流接触器常用的有CJ0、CJ10、CJ12等系列产品，CJ0与CJ10系列

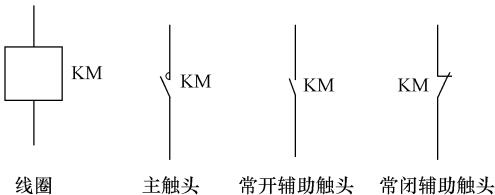


图 5-14 交流接触器的符号

一般用于控制交流电动机，CJ12 用于冶金、轧钢以及起重机等电气设备中。

2. 交流接触器的工作原理

当交流接触器的电磁线圈通电后，线圈中流过的电流产生磁场，使静铁心产生足够的吸力，克服反作用弹簧与动触头压力弹簧片的反作用力，将动铁心吸合，同时带动传动杆使动触头和静触头的状态发生改变，即三对常开主触头闭合，主触头两侧的两对常开辅助触头也闭合，两对常闭辅助触头断开。当电磁线圈断电后，由于铁心电磁吸力消失，动铁心在反作用弹簧力的作用下释放，各触头也随之恢复原始状态。交流接触器的线圈在85%~105%额定电压下工作时，能保证正常吸合和释放。电压过高时，磁路趋于饱和，线圈电流将增大，严重时会烧毁线圈。而电压过低时，电磁吸力不足，动铁心吸合不上或延时释放，线圈电流增大，也会造成线圈过热而烧毁。

3. 交流接触器的技术参数

交流接触器的技术参数见表 5-17 和表 5-18。

表 5-17 CJ0 和 CJ10 系列交流接触器的技术参数

型 号	主触头		辅助触头			线 圈		可控制三相异步电动机的最大功率/kW	额定操作频率/(次/h)	
	对数	额定电流/A	额定电压/V	对数	额定电流/A	额定电压/V	电压/V			
CJ0—10	3	10	380	2 常开 2 常闭	5	380	14	2.5	4	≤600
CJ0—20	3	20					33	5.5	10	
CJ0—40	3	40					33	11	20	
CJ0—75	3	75					55	22	40	
CJ10—10	3	10					11	2.2	4	
CJ10—20	3	20					22	5.5	10	
CJ10—40	3	40					32	11	20	
CJ10—60	3	60					70	17	30	

表 5-18 CJ20 系列交流接触器的技术参数

型 号	主触头			辅助触头			可控制 电动机 最大功率 /kW	通断能力		操作频率 /(次/h)		电寿命 /万次		机械寿命 /万次	
	U_N /V	I_N /A	数 量	U_N /V	额定发 热电流 /A	触头 数量		接通 电流 /A	分断 电流 /A	AC-3	AC-4	AC-3	AC-4		
CJ20—40	380	40	3	交流 380	6	2 动合	22	480	400	1200	300	100	4	1000	
CJ20—40	660	25					22	300	250	600	120				
CJ20—63	380	63					30	756	630	1200	300	200	(120)	1000	
CJ20—63	660	40					35	480	400	600	120				
CJ20—160	380	160					85	1600	1280	1200	300	200	1.5		
CJ20—160	660	100					85	1200	1000	600	120				
CJ20—160	1140	80		直流 220	10	2 动断	85	960	800	300	60	(120)	1	600	
CJ20—250	380	250					132	2500	2000	600	120				
CJ20—250	660	200					190	2000	1600	300	60	(60)	0.5		
CJ20—630	380	630					300	6300	5040	600	120				
CJ20—630	660	400					350	4000	3200	300	60				
CJ20—630	1140	400					400	4000	3200	120	30				

5.9 热继电器

热继电器是一种过载保护电器，主要用于电动机的过载保护、断相保护、电流不平衡保护以及设备发热状态时的控制。

1. 热继电器的外形、结构与符号

热继电器的外形如图 5-15a 所示，结构如图 5-15b 所示，在电路中的图形符号如图 5-15c 所示。

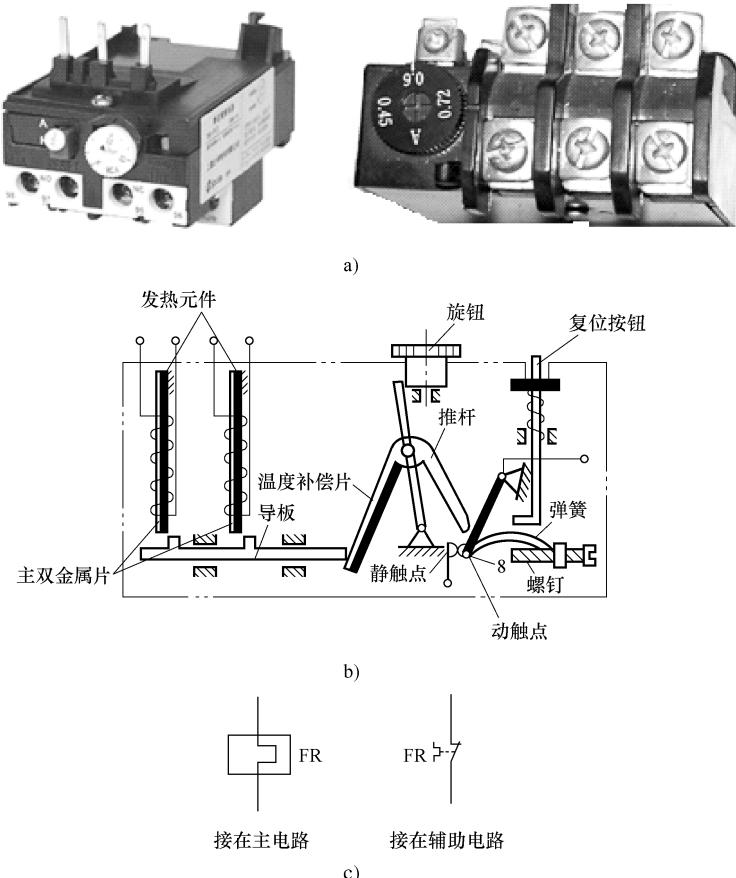


图 5-15 热继电器
a) 外形 b) 结构 c) 图形符号

2. 热继电器的工作原理

热继电器有两个主双金属片与两个发热元件（见图5-15b），两个发热元件分别串联在主电路的两相中。动触点与静触点接在控制电路的接触器线圈回路中。当负载电流超过额定电流并经过一定时间后，发热元件所产生的热量足以使双金属片受热向右弯曲，并推动导板向右移动一定距离，导板又推动温度补偿片与推杆，使动触点与静触点分开，从而使接触器线圈断电释放，将电源切断起到保护作用。电源切断后，电流消失，双金属片逐渐冷却，经过一段时间后恢复原状，于是动触点在失去作用力的情况下，靠自身弹簧的弹性自动复位，与静触点闭合。

以JR16—20/2型热继电器（间接加热方式）为例。热继电器的加热元件一般用康铜、镍铬合金材料，用在被保护电路中，电流通过时加热元件产生热量使主双金属片弯曲变形形成的。双金属片材料多为铁镍铬合金或铁镍合金。热继电器动作机构大多数利用杠杆传递弹簧的动作。触头系统多为单断点弹簧跳跃式动作，一般触头一个为常开和一个为常闭。

温度补偿元件：温度补偿元件也是双金属片，它能使热继电器的动作性能在-30~+40℃的范围内基本上不受周围介质温度变化的影响，其弯曲方向与主双金属片的弯曲方向相同，起补偿作用。

电流整定装置：它通过调整外盘刻度轮来调整推杠间隙，改变推杠移动距离，以达到电流整定值的目的。

复位机构：复位机构有手动和自动两种形式。

3. 热继电器的选用

1) 一般情况下可选用两相结构的热继电器。对于电网电压均衡性较差、无人看管的电动机或与大功率电动机共用一组熔断器的电动机，宜选用三相结构的热继电器。定子三相绕组作三角形联结的电动机，应采用有断相保护装置的三元件热继电器作过载和断相保护。

2) 热元件的额定电流等级一般略大于电动机的额定电流。热元件选定后，再根据电动机的额定电流调整热继电器的整定电流，使整定电流与电动机的额定电流相等。对于过载能力较差的电动机，所选的热继电器的额定电流应适当小一些，并且整定电流调整到电动机额定电流的60%~80%。目前我国生产的热继电器基本上适用于轻载起动、长期工作或间断长期工作的电动机的过载保护。当电动机因带负载起动而起动时间较长或电动机的负载是冲击性的负载（如冲床等）时，热继电器的整定电流应稍大于电动机的额定电流。

3) 对于工作时间较短、间歇时间较长的电动机（如摇臂钻床的摇臂升降电动机等），以及虽然长期工作但过载的可能性很小的电动机（如排风机

的电动机等), 可以不设置过载保护。

4) 双金属片式热继电器一般用于轻载、不频繁起动的电动机的过载保护。对于重载、频繁起动的电动机, 则可用过电流继电器(延时动作型的)作过载和短路保护。因为热元件受热变形需要时间, 故热继电器不能作短路保护。

4. 热继电器的技术参数

热继电器的技术参数见表 5-19 和表 5-20。

表 5-19 JR0、JR16 系列热继电器的技术参数

型 号	额定电流 /A	热元件等级		主要用途
		额定电流 /A	整定电流调节范围 /A	
JR0—20/3	20	0.35	0.25 ~ 0.35	在交流 500V 以下的电气回路中作为电动机的过载保护
		0.50	0.32 ~ 0.50	
		0.72	0.45 ~ 0.72	
		1.1	0.68 ~ 1.1	
		1.6	1.0 ~ 1.6	
		2.4	1.5 ~ 2.4	
		3.5	2.2 ~ 3.5	
		5	3.2 ~ 5	
		7.2	4.5 ~ 7.2	
		11	6.8 ~ 11	
JR16—20/3	20	16	10 ~ 16	
		22	14 ~ 22	
JR0—40/2	40	0.64	0.4 ~ 0.645	在交流 500V 以下的电气回路中作为电动机的过载保护
		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	
		40	25 ~ 40	

表 5-20 JR16B 系列热继电器的技术参数

型 号	额定电流 /A	热元件等级	
		热元件的额定电流 /A	热元件整定电流的 调节范围/A
JR16B—20/3 JR16B—20/3D	20	0.35	0.25 ~ 0.35
		0.50	0.32 ~ 0.50
		0.72	0.45 ~ 0.72
		1.1	0.68 ~ 1.1
		1.6	1.0 ~ 1.6
		2.4	1.5 ~ 2.4
		3.5	2.2 ~ 3.5
		5.0	3.2 ~ 5.0
		7.2	4.5 ~ 7.2
		11.0	6.8 ~ 11.0
		16.0	10.0 ~ 16.0
		22.0	14.0 ~ 22.0
JR16B—60/3 JR16B—60/3D	60	22.0	14.0 ~ 22.0
		32.0	20.0 ~ 32.0
		45.0	28.0 ~ 45.0
		63.0	40.0 ~ 63.0
JR16B—150/3 JR16B—150/3D	150	63.0	40.0 ~ 63.0
		85.0	53.0 ~ 85.0
		120.0	75.0 ~ 120.0
		160.0	100.0 ~ 160.0

5.10 中间继电器

1. 中间继电器的结构与符号

中间继电器在结构上是一个电压继电器，它是用来转换控制信号的中间器件。它输入线圈的是通电或断电信号，输出为触点的动作信号。它的触点数量较多，各触点的额定电流相同，多数为5A，小型的为3A。输入一个信号（线圈通电或断电）时，较多的触点动作，所以可以用来增加控制电路中的信号数量。它的触点额定电流比线圈额定电流大得多，所以可以用来

放大信号。

常用的中间继电器有 JZ7 和 JZ8 系列，还有小型的 JZ12、JZ13 和 J 等系列。

JZ7 系列中间继电器的外形与小型的接触器相似，其结构如图 5-16a 所示。它由线圈、静铁心、衔铁、触点系统、作用弹簧和复位弹簧等组成。触点有 8 对，没有主辅之分，可以组成 4 对常开 4 对常闭、6 对常开 2 对常闭或 8 对常开三种形式，多用于交流控制电路。

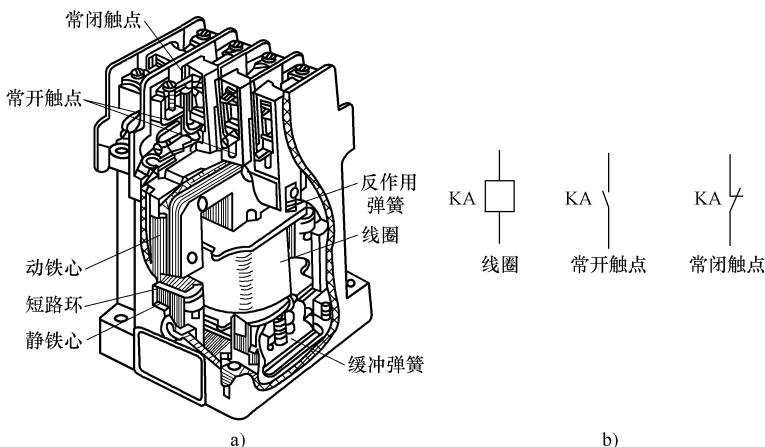


图 5-16 JZ7 系列中间继电器

a) 结构 b) 图形符号

JZ8 系列为交直流两用的中间继电器。其线圈电压有交流 110V、127V、220V、380V 和 12V、24V、48V、110V、220V。触点有 6 对常开 2 对常闭、4 对常开 4 对常闭和 2 对常开 1 对常闭等。如果把触点弹簧片反装便可使常开与常闭触点相互转换。

中间继电器的图形符号如图 5-16b 所示，文字符号为 KA。

2. 中间继电器的技术参数

JZ7 系列中间继电器的技术参数见表 5-21。

3. 中间继电器的选择

中间继电器的选择应考虑：线圈的电压或电流应满足电路的要求，触点的数量与容量（即额定电压和额定电流）应满足被控制电路的要求，也应注意电源是交流的还是直流的。

表 5-21 JZ7 系列中间继电器的技术参数

型 号	触点额定电压/V		触点额定电流/A	触点数量		额定操作频率/(次/h)	吸引线圈电压/V		吸引线圈消耗功率/W	
	直 流	交 流		常开	常闭		50Hz	60Hz	起动	吸持
JZ7—44	440	500	5	4	4	1200	12、24、36、 48、110、127、 220、380、 420、440、 500	12、36、110、 127、220、 380、440	75	12
JZ7—62	440	500	5	6	2	1200			75	12
JZ7—80	440	500	6	8	0	1200			75	12

5.11 时间继电器

在电气配电设备应用中,为了达到自动控制电器动作的目的,常常用到一种延时开关,这种延时开关就是时间继电器。时间继电器是一种利用电磁原理或机械动作原理来延迟触点闭合或分断的自动控制器件。在交流电路中应用较广泛的是空气阻尼式时间继电器,它是利用气囊中的空气通过小孔节流的原理来获得延时动作的。

1. 时间继电器的组成

时间继电器的型号为 JS 系列,根据触点延时的特点,时间继电器可分为通电延时动作 (JS7—1A、JS7—2A) 与断电延时复位 (JS7—3A、JS7—4A) 两种。JS7—A 系列空气阻尼式时间继电器由电磁系统、触点系统 (两个微动开关)、空气室及传动机构等部分组成,如图 5-17 所示。

2. 时间继电器的基本技术参数

JS7—A 系列空气阻尼式时间继电器的基本技术参数见表 5-22。

3. 时间继电器的选择

1) 线圈电压的选择。根据控制电路电压来选择时间继电器的线圈电压。

2) 延时方式的选择。时间继电器有通电延时和断电延时两种,应根据控制电路的要求来选择延时方式。

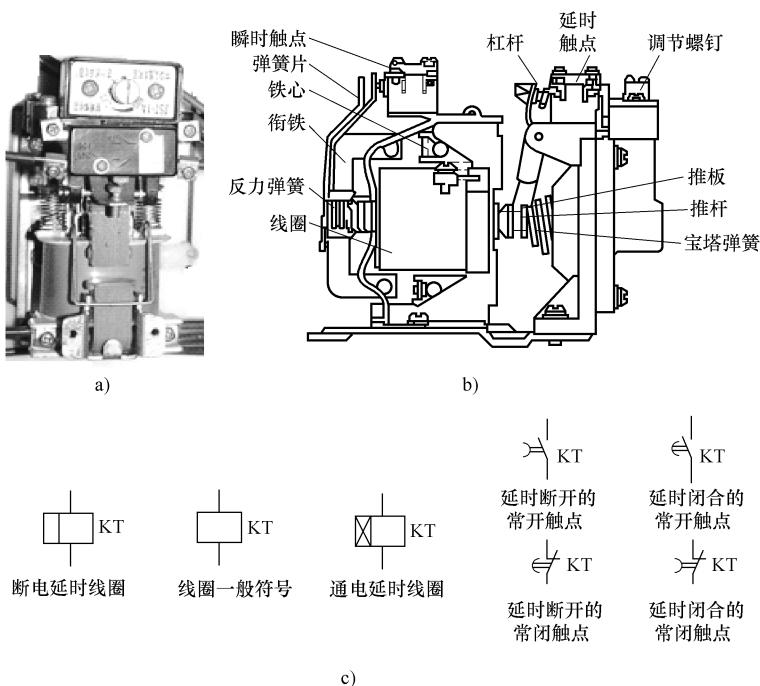


图 5-17 时间继电器
a) 外形 b) 结构 c) 图形符号

表 5-22 JS7-A 系列空气阻尼式时间继电器的基本技术参数

型 号	瞬时动作 触点数量	延时动作触点数量				触点额 定电压 /V	触点额 定电流 /A	线圈 电压 /V	延时 范围 /s	额定操 作频率 (次/h)	
		通电延时		断电延时							
		常开	常闭	常开	常闭	常开	常闭	常开	常闭		
JS7—1A			1	1					24、36、 110、127、 220、380、 420		
JS7—2A	1	1	1	1			380	5	0.4~60 及 0.4~180	600	
JS7—3A					1	1					
JS7—4A	1	1			1	1					

5.12 行程开关

行程开关又称为限位开关或位置开关，其作用与按钮相同，只是触头的动作不是靠手动控制，而是通过生产机械运动部件的碰撞使触头动作来实现接通或分断控制电路，达到一定的控制目的。通常，这类开关被用来限制机械运动的位置或行程，使运动机械按一定位置或行程自动停止、反向运动、变速运动或自动往返运动等。常用行程开关的型号为 LX19、LX33、JLXK1 等系列。

1. 行程开关的外形、结构与符号

行程开关由操作头、触头系统和外壳组成。它分为直动式（按钮式）、旋转式（滚动式）和微动式三种。行程开关的外形如图 5-18a 所示，结构如图 5-18b 所示，符号如图 5-18c 所示。

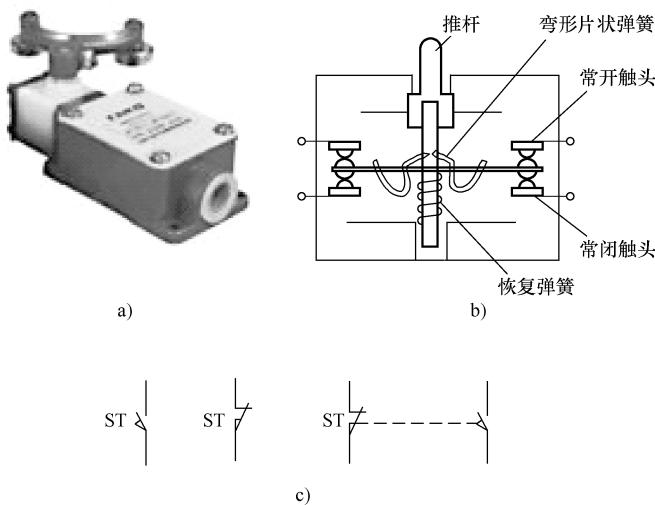


图 5-18 行程开关

a) 外形 b) 结构 c) 图形符号

2. 行程开关的主要技术参数

LX19 等系列行程开关的主要技术参数见表 5-23。

表 5-23 LX19 等系列行程开关的主要技术参数

型 号	额定电压/ 额定电流	结构特点	触头对数	
			常开	常闭
LX19K	380V/5A	元件	1	1
LX19—111		内侧单轮, 自动复位	1	1
LX19—121		外侧单轮, 自动复位	1	1
LX19—131		内外侧单轮, 自动复位	1	1
LX19—212		内侧双轮, 不能自动复位	1	1
LX19—222		外侧双轮, 不能自动复位	1	1
LX19—232		内外侧双轮, 不能自动复位	1	1
JLXK1		快速行程开关 (瞬动)	1	1
LX19—001		无滚轮, 仅径向转动杆, 自动复位	1	1
LXW1—11		微动开关	1	1
LXW2—11			1	1

5.13 变压器

变压器是在交流电路中, 将电压升高或降低的设备。它可以把任一数值的电压转变成频率相同的高、低电压, 满足电能的输送、分配和使用。例如, 发电厂发出来的电压等级较低, 必须经升压变压器, 把电压升高到110kV, 才能输送到很远的配电所, 配电所又必须经过降压变压器变成适用的电压等级, 如380V/220V等, 供动力用电及生活照明用电的需要。

1. 变压器的外形与符号

常用的变压器有单相变压器、三相变压器、电力变压器, 电源变压器、调压变压器、自耦变压器、测量变压器 (电压互感器、电流互感器)、脉冲变压器等。按结构特点分为单绕组、双绕组和多绕组; 按冷却方式又分为油浸式和空气冷却式。供用户选择参考。

电源变压器的外形与符号如图5-19所示。

2. 变压器变换电压的原理

变压器是根据电磁感应原理制成的。它由硅钢片叠成的铁心和绕在铁心上的两个绕组构成。铁心与绕组间彼此相互绝缘, 没有任何电的联系。将变压器和电源连接的绕组称为一次绕组, 把变压器和负载连接的绕组称为二次绕组, 如图5-20所示。

当将变压器的一次绕组接到交流电源 U_1 上时, 铁心中就会产生变化的磁力线。由于二次绕组绕在同一铁心上, 磁力线切割二次绕组, 二次绕组上

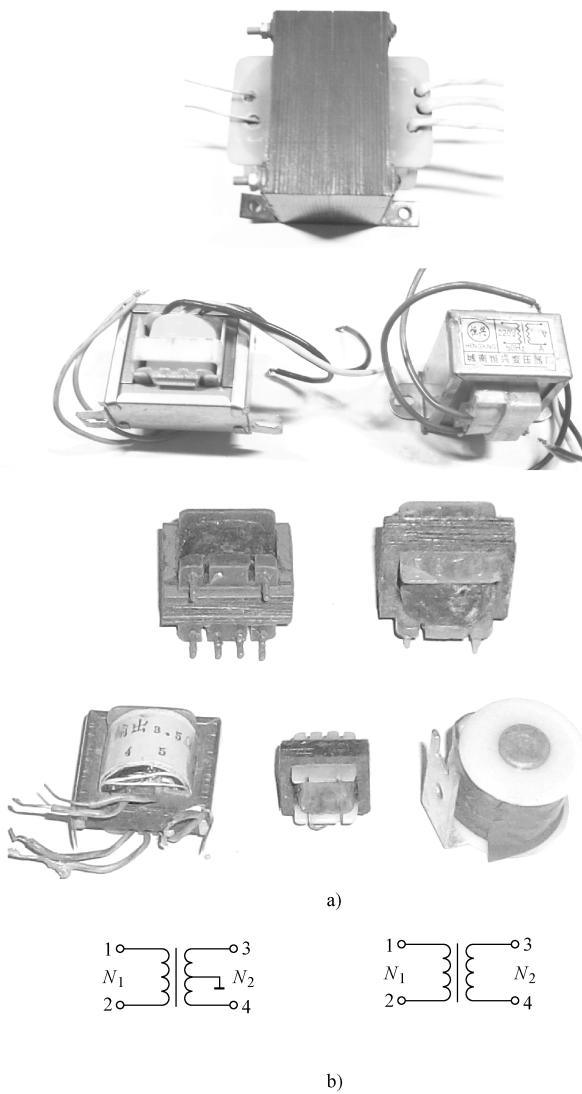


图 5-19 电源变压器
a) 外形 b) 图形符号

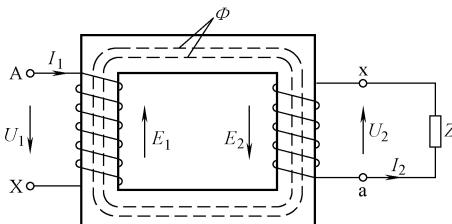


图 5-20 变压器变换电压的原理图

必然产生感应电动势 E_2 ，使二次绕组两端出现电压 U_2 。因为磁力线是交变的，所以二次绕组的电压 U_2 也是交变的，而且频率与电源频率完全相同。理论证明，变压器一次绕组与二次绕组的电压比和一次绕组与二次绕组的匝数比有关，可用下式表示：

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

式中 U_1 ——一次绕组电压；

U_2 ——二次绕组电压；

N_1 ——一次绕组匝数；

N_2 ——二次绕组匝数。

公式表明：绕组匝数越多，电压就越高。二次绕组匝数比一次绕组匝数少，则为降压变压器；二次绕组匝数比一次绕组匝数多，则为升压变压器。

总之，变压器的工作过程是一个电生磁和磁生电的过程。

需要说明的是，变压器不能改变直流电压，因为直流电的大小和方向不随时间变化，如恒定直流电通入一次绕组，其铁心内产生的磁通也是恒定不变的，就不能在二次绕组内感应出电动势，所以不能改变直流电压。

3. 变压器的主要参数

(1) 电压比

电压比 n 为

$$n = U_1 / U_2$$

(2) 效率

变压器在额定负载的情况下，输出功率和输入功率的比值，称为变压器的效率，用 η 表示。设变压器的输入功率为 P_1 ，输出功率为 P_2 ，则变压器的效率为

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

(3) 频率响应

变压器的频率响应是音频变压器的一项重要指标，是指变压器有一定的工作频率范围。变压器对不同频率的信号传输能力是不一样的，超出变压器的工作频率范围，将使信号产生失真。在实际应用中，应选择合适的频率响应参数的变压器。

(4) 额定功率

变压器的额定功率是指在规定的工作频率和电压下，变压器能长期工作而不超过规定温升时的输出功率。

(5) 绝缘电阻

变压器的绝缘电阻是反映变压器各绕组之间和各绕组与铁心之间绝缘性能好坏的参数。如果电源变压器的绝缘电阻太低，就可能出现一、二次绕组间短路，造成电气设备的损坏及外壳带电的危险。对于电源变压器，绝缘电阻应在 $10M\Omega$ 以上。

(6) 漏电感

变压器一次绕组中电流产生的磁通并不是全部通过二次绕组，不通过二次绕组的磁通称为漏磁通。由于漏磁通而产生的电感，称为漏电感。使用中应选用漏电感小的变压器。

5.14 速度与温度继电器

1. 速度继电器

(1) 速度继电器的组成及工作原理

速度继电器又称为反接制动继电器。速度继电器由转子、定子及触点三个主要部分组成。

速度继电器主要用于三相异步电动机反接制动的控制电路中，它的任务是当三相电源的相序改变以后，电动机在制动状态下迅速降低转速，在转速接近零时立即发出信号，切断电动机的电源使之停车。

速度继电器的转子是一个永久磁铁，它与电动机或机械轴连接，随着电动机旋转而转动。定子和笼型转子相似，内有短路导体，定子也能围绕着转轴转动。当转子随电动机转动时，它的磁场与定子的短路导体相互切割，而产生感应电动势和电流，和电动机的工作原理相同，使定子随着转子转动起来。定子转动时带动杠杆，杠杆推动触点，使之闭合或断开。电动机旋转方向改变时，速度继电器的转子和定子也随之改变，这时定子就可以触动另一组触点，使之断开或闭合。电动机停止时，速度继电器的触点即恢复静止状态。速度继电器如图 5-21 所示。



图 5-21 速度继电器

(2) JY-1 型速度继电器的技术参数

JY-1 型速度继电器主要用于三相笼型电动机的反接制动电路，也可用在异步电动机的能耗制动电路中，作用为电动机停转后，自动切断电源。

- 1) JY-1 型速度继电器在连续工作制中，可靠地工作在 3000r/min 以下；在反复短时工作制（频繁起动、制动）中，不超过 30r/min。
- 2) JY-1 型速度继电器在继电器轴转速为 150r/min 左右时，即能动作。100r/min 以下触点恢复工作位置。
- 3) 抗压强度：应能承受 50Hz 电压 1500V，历时 1min。
- 4) 绝缘电阻：在温度 20℃、相对湿度不大于 80% 时应不小于 100MΩ。
- 5) 工作环境：温度 -50 ~ +50℃，相对湿度不大于 85% (20℃ ±5℃)。
- 6) 触点电流小于或等于 2A，电压小于或等于 500V。
- 7) 触点寿命：在不大于额定负载时，不小于 10 万次。

2. 温度继电器

温度继电器是用来控制温度状态的器件，多用在温度自动控制的电路中。温度继电器如图 5-22 所示。下面以 XU-200 型温度继电器为例，介绍其构造和工作原理。

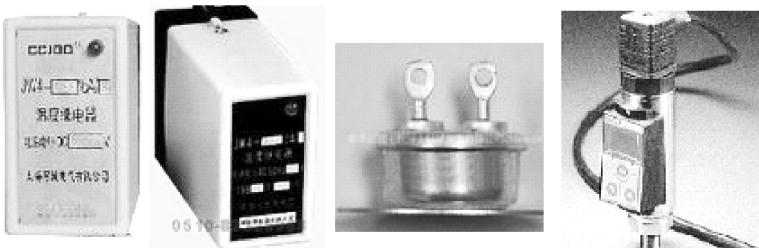


图 5-22 温度继电器

XU—200型温度继电器的外壳(感热管)是用黄铜管做成的,内有一副不锈钢做的弹簧片,触点固定在弹簧片上,弹簧片顶端还有可调节温度的调整螺钉,并伸至外部。

当继电器安装处的介质温度升高到整定值时,继电器外壳(感热管)伸长,通过小轴,使触点断开。温度降低后,感热管缩短,使触点闭合,接通电路。

5.15 固态继电器

固态继电器的种类很多,按负载电源分类,有直流型固态继电器和交流型固态继电器两种。直流型固态继电器属于五端器件,以功率晶体管为开关器件,用来控制直流负载电源的通断。其内部包括四部分:输入电路、隔离电路(光耦合器)、开关电路(含功率晶体管)和保护电路(续流二极管)。交流型固态继电器典型产品的外形、图形符号如图5-23所示。它是四端器件,以双向晶闸管作开关器件,控制交流负载电源的通断,保护电路采用RC吸收网络。交流型固态继电器增加了控制触发器,对于过零触发型还应有过零电压检测器,仅当交流负载电源电压经过零点时,负载电源才被接通。

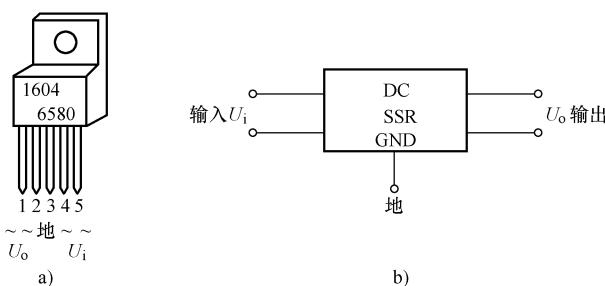


图5-23 交流型固态继电器的外形与图形符号

a) 外形 b) 图形符号

固态继电器是一种高性能的新型继电器,它能对被控对象表现出优异独特的通断能力。在电源开关及遥控技术应用方面,它具有控制灵活、寿命长、工作稳定可靠、防爆耐振、无声运行等特点,来通断电气设备中的电源。

1. 直流型固态继电器

直流型固态继电器的主要技术参数见表5-24。

表 5-24 直流型固态继电器的主要技术参数

型号	有效工作电压 /V	有效工作电流 /A	通态允许浪涌电流 /A	通断时间	通态压降 /V	维持电流 /mA	VT2 及 TR IAC 型号
TAC03A 220V	220	3	30	<0.5Hz	1.8	30	T2302PM
TAC06A 220V	220	6	60	<0.5Hz	1.8	30	SC141M
TAC08A 220V	220	8	80	<0.5Hz	1.8	30	T2802M
TAC15A 220V	220	15	150	<0.5Hz	1.8	60	SC250M
TAC25A 220V	220	25	250	<0.5Hz	1.8	80	SC261M
TDC2A 28V	6~28	2		<100μs	1.5		FT317
TDC5A 28V	6~28	5		<100μs	1.5		TIP41A
TDC10A 28V	6~28	10		<100μs	1.5		2N6488
公共参数	输入至输出间的绝缘电压 >1000V, AC (历时 1min) 开启电压: 3~6V, DC, 开启电流 <30mA 工作频率: (交流型) 45~65Hz 工作环境: -10~70℃						

直流型固态继电器根据其结构分为输出两端和三端型。两端型是一种多用途直流开关，它的结构相当于一只大功率光耦合器，其输出特性和普通晶体管一样，有截止、线性和饱和区，当输入电压足够大时，就进入饱和区。三端型用正负电源接入其内电路，便于控制 VT2 的深度饱和，输入端控制电压要求不严格，输出电路没有线性区。

直流型固态继电器的原理如图 5-24 所示。

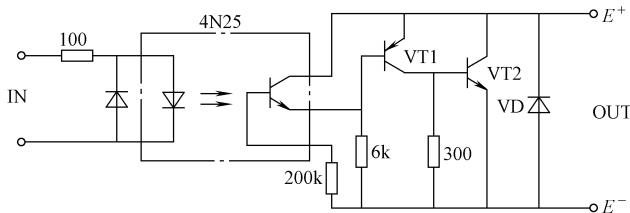


图 5-24 直流型固态继电器的原理图

2. 交流型固态继电器

交流型固态继电器的基本原理如图 5-25 所示。从整体上看，它是一个四端器件，其中左边为控制信号输入端，右边为具有开关功能的输出端。固态继电器的内部电路可以等效为一个发光二极管和一个光敏晶体管。当在输入端加入控制信号后，发光二极管发光，使光敏晶体管导通，输出端接通了被控电源的电源。

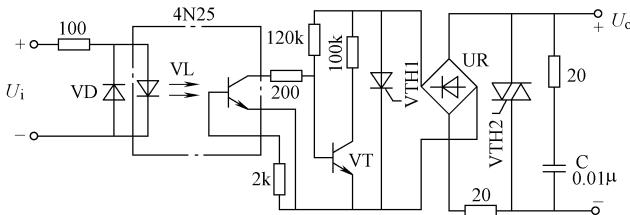


图 5-25 交流型固态继电器的原理图

光耦合器实现了输入回路与输出回路之间的控制联系，由于没有电气上的直接联系，使输出端与输入端之间具有良好的电气隔离，防止了输入端对输出端控制电路的影响，从而保证了低压控制电路的安全性和可靠性。过零控制电路的作用是保证交流型固态继电器输出端在交流电压“过零”点时接通，而在交流电的正半周和负半周，交流型固态继电器关断，以避免产生的射频干扰其他电气设备。吸收电路用来吸收由电源传来的尖峰脉冲，防止对双向晶闸管产生冲击而造成损坏。

固态继电器所需要的驱动功率较小，对外界的干扰也较小，开关速度快，并能在恶劣环境下工作，是一种性能十分优良的执行器件。

5.16 LED 数码显示器

1. 数码显示器的分类

1) 按字高大体可分为高字画 LED 数码显示器与低字画 LED 数码显示器两

种。高字画 LED 数码显示器字高最小有 1mm，最高可达 12.7mm (0.5 英寸) 甚至达数百毫米；低字画 LED 数码显示器字高一般为 2~3mm。像单片集成式多位数码管与其他类型笔画 LED 显示器大多属于低字画 LED 数码显示器。

2) 按字段显示颜色可分为红 (R)、橙 (O)、黄 (Y)、绿色 (G) 等 LED 数码显示器；显示器显示面的颜色通常为黑色 (B)，也有灰色 (GY) 或白色 (W)。

3) 按显示段内容可分为带有小数点的七段 (a、b、c、d、e、f、g) LED 数码显示器和不带有小数点的七段 (a、b、c、d、e、f、g) LED 数码显示器两种。

4) 按显示功率可分为小、中、大功率三种规格的 LED 数码显示器。小功率 LED 数码显示器多用于仪器仪表，中、大功率 LED 数码显示器多用于厂、矿、各种大厅等大型场合。

5) 按结构形式可分为反射罩式、单条七段式及单片集成式三种 LED 数码显示器。

6) 按各发光段电极连接方式可分为共阳极和共阴极两种 LED 数码显示器，也称为共阳方式与共阴方式 LED 数码显示器。

数码显示器的外形与内部电路如图 5-26 所示。

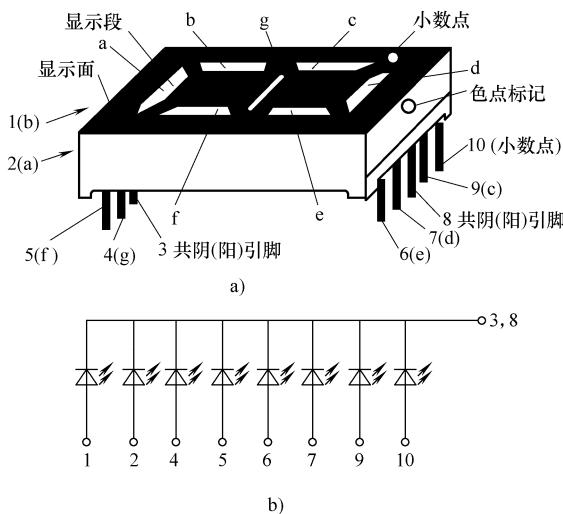


图 5-26 数码显示器的外形与内部电路

a) 外形 b) 内部电路

2. 数码显示器的参数

由于 LED 数码显示器是以 LED (发光二极管) 为基础的, 所以它的光、电特性及极限技术参数的定义, 大部分与 LED (发光二极管) 的相同。但由于 LED 数码显示器内含多个发光二极管, 作为字符、数码显示, 需有如下特殊的技术参数。

1) 发光强度比。由于 LED 数码显示器各字段在同样的电压驱动时, 各字段 LED (发光二极管) 的正向电流不可能完全相同, 所以各字段发光强度也就不同。把这些字段发光强度值中的最大值与最小值之比称为 LED 数码显示器的发光强度比。此比值可以在 1.5~2.3 之间, 但最大不能超过极限参数值 2.5。

2) 正向脉冲电流。若 LED 数码显示器每个字段典型的正向直流工作电流平均值为 I_F , 则在脉冲电压驱动下, 其正向脉冲电流的幅值可以大于 I_F 。驱动电压脉冲的占空比越小、脉冲正向电流越大。但应明确的一点是, 其正向脉冲电流幅值的平均值应等于或者小于 I_F 。

5.17 磁性天线

磁棒的外形有圆形和扁形两种。这两种磁棒, 只要长度相同, 横截面积相同, 那么效果是相同的。圆形磁棒机械强度较高, 可以做得长一些; 扁形磁棒占位置小, 便于装入小型机内。表 5-25 是圆形磁棒和扁形磁棒的规格参数, Y 表示圆形, P 表示扁形。表中数据用毫米 (mm) 做单位。磁性天线线圈大都采用多股漆包线绞合成的纱包线或者丝包线绕制。

市售的纱包线, 多数是 7 股的, 每股直径有 0.07mm、0.1mm、0.13mm 等不同规格。

磁性天线的圈数和磁棒的长度有关, 和配接的可变电容的容量有关。中波磁性天线配接不同可变电容一、二次线圈的绕制数据, 如选用 270pF 的可变电容和 $\phi 10 \times 100$ 的磁棒, 用 $\phi 0.07 \times 7$ 纱包线绕制, 一次线圈绕 70 圈, 二次线圈绕 8.5 圈。表 5-25 中的磁棒都是采用国产 MX0-400 型的中波磁棒, 只适合用于中波。

磁性天线具有很强的方向性, 收听收音机时, 正确地选择磁性天线的方向, 可使所接收的电台信号最强, 同时也抑制了来自非接收方向的其他电台信号或干扰电波, 从而提高了收音机的选择性, 减少了杂音。

1. 磁性天线的外形与符号

磁性天线也是一种高频变压器, 它的一、二次线圈绕在磁棒上。磁棒能够聚集无线电波, 使收音机的选择性和灵敏度都得到提高。一次线圈和一只可变电容组成调谐回路。调节可变电容, 一次线圈能够感应出需要的电台信

号, 通过二次线圈耦合到放大器中。磁性天线的外形如图 5-27a 所示, 图 5-27b 是它的电路符号。



图 5-27 磁性天线的外形与符号

a) 外形 b) 符号

磁棒由铁氧体制成, 分成锰锌铁氧体磁棒和镍锌铁氧体磁棒。锰锌铁氧体呈黑色, 用 MX0 表示, 它接收电波的能力比较强, 但是工作频率低, 只适用于接收中波, 因此又叫作中波磁棒。镍锌铁氧体呈棕色, 用 NX0 表示, 它接收电波的能力比较弱, 但是工作频率比较高, 适用于接收短波。中、短波磁棒不能相互代用, 否则会影响接收效果。

2. 磁棒规格参数

磁棒规格参数见表 5-25。

表 5-25 磁棒规格参数

系 列	MX0-400-Y	NX0-60-Y	NX0-40-Y	MX0-400-P	NX0-60-P
适用频率	1.6MHz 以下	12MHz 以下	26MHz 以下	1.6MHz 以下	12MHz 以下
尺 寸	直径×长度	直径×长度	直径×长度	长×宽×高	长×宽×高
规格/mm	10×120	10×120	10×120	50×13×5.5	80×16×5
	10×140	10×140	10×140	80×16×5	100×17×0.5
	10×160	10×160	10×160	100×17×4.5	120×18×4.5
	10×180	10×180	10×180	120×18×4.5	
	10×200	10×200	10×200		
	8×120	8×120	8×120		
	8×140	8×140	8×140		

5.18 低压电气元件的参数计算

1. 熔断器的参数计算

1) 用于保护无启动过程的平稳负载 (照明、电阻炉等) 可按下式计算:

$$\begin{aligned} U_{\text{RTR}} &\geq U_{\text{RT}} \\ I_{\text{RTR}} &\geq I_{\text{RT}} \end{aligned} \quad (5-1)$$

式中 U_{RTR} ——熔断器额定电压；

I_{RTR} ——熔断器额定电流；

U_{RT} ——线路额定电压；

I_{RT} ——负载额定电流。

2) 用于保护单台长期工作的电动机, 按下式计算:

$$I_{\text{RTR}} \geq (1.5 \sim 2.5) I_{\text{RT}} \quad (5-2)$$

3) 用于频繁起动的电动机, 按下式计算:

$$I_{\text{RTR}} \geq (3.5 \sim 8.5) I_{\text{RT}} \quad (5-3)$$

4) 用于保护多台电动机, 按下式计算:

$$I_{\text{RTR}} \geq (1.5 \sim 2.5) I_{\text{RT max}} + \sum I_{\text{RT}} \quad (5-4)$$

式中 $I_{\text{RT max}}$ ——多台电动机中功率最大一台电动机的额定电流；

$\sum I_{\text{RT}}$ ——其余电动机额定电流之和。

5) 熔断器的额定电流 4A、6A、10A、15A、20A、25A、35A、60A、100A、125A、160A、200A、225A、260A、300A、350A、430A、500A、600A 等。

2. 交流接触器的参数计算

1) 根据主触头额定电压和额定电流来计算: 接触器主触头的额定电压应大于或等于负载电路的额定电压, 主触头的额定电流应大于负载电路的额定电流。

2) 根据线圈电压来选择: 交流线圈电压有 36V、110V、127V、220V、380V 等几种, 直流线圈电压有 24V、48V、110V、220V、440V 等几种。从人身和设备安全角度考虑, 线圈电压可选择低一些, 但当控制线路简单, 线圈功率较小时, 为了节省变压器, 可选 220V 或 380V。

3. 常用继电器的参数计算

(1) 热继电器

1) 热继电器的额定电流: 热继电器的额定电流应略大于电动机的额定电流。

2) 热继电器的型号选用: 根据热继电器的额定电流应大于电动机的额定电流原则, 查表确定热继电器的额定电流。

3) 热继电器的整定电流计算: 根据热继电器的型号和热元件的额定电流, 一般将热继电器的整定电流调整到等于电动机的额定电流; 对过载能力差的电动机, 可将热元件整定值调整到电动机额定电流的 0.6 ~ 0.8 倍; 对起动时间较长, 拖动冲击性负载或不允许停车的电动机, 热继电器的整定电

流应调节到电动机额定电流的1.1~1.5倍。

(2) 中间继电器

中间继电器一般用于控制小电流的电路，触点额定电流 $\leq 5A$ ，不需要加灭弧装置；当控制大电流时，主触点的额定电流应 $\geq 5A$ 。

4. 几种开关的参数计算

(1) 闸刀开关

闸刀开关用于控制电动机时，其额定电流为电动机额定电流的3倍。如一台3kW交流电动机，额定电流为6A，则闸刀开关的额定电流应为 $6A \times 3 = 18A$ 。

(2) 封闭式负荷开关

封闭式负荷开关用于电热器、照明时，按负载的额定电流计算选用；控制电动机时，按电动机额定电流的1.5倍选用。

(3) 行程开关

行程开关的选择原则如下：

1) 根据控制回路的额定电压(380V、220V)和额定电流(5A)选择系列。

2) 根据机械与行程开关的触头动作与位移关系选择合适的操作头形式。

(4) 按钮的选择

按钮的额定电压为500V，额定电流为5A。

1) 根据使用场合选择按钮的型号。

2) 根据用途选择合适的形式(如单一按钮，复合按钮)。

3) 根据控制回路的需要确定按钮数量。

4) 按工作状态指示和工作情况要求选择按钮和指示灯的颜色，如红色代表停止，绿色代表开车运行等。

(5) 低压断路器

1) 电压、电流的选择：低压断路器的额定电压和额定电流应不小于电路的额定电压和最大工作电流。

2) 脱扣器整定电流的计算：热脱扣器的整定电流应与所控制负载(如电动机等)的额定电流一致；电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流应大于负载电路正常工作时的最大电流。

对于单台电动机来说，DZ系列低压断路器电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流可按下式计算：

$$I_Z \geq k I_q \quad (5-5)$$

式中 k ——安全系数，可取1.5~1.7；

I_q ——电动机的起动电流。

对于多台电动机来说，可按下式计算：

$$I_z \geq k (I_{q_{\max}} + \text{电路中其他的工作电流}) \quad (5-6)$$

式中 k ——安全系数，可取 1.5~1.7；

$I_{q_{\max}}$ ——最大一台电动机的起动电流。

第6章

安装电工焊接技术技能训练

6.1 电焊工艺技术

6.1.1 焊接的定义及分类

在工业制造中，经常需要将两个或两个以上的零件连接在一起。其连接方式有两种：一种是机械连接，可以拆卸，如螺栓连接、键连接等；另一种是永久性连接，不能拆卸，如铆接、焊接等。

焊接不仅可以连接金属材料，而且可以实现某些非金属材料的永久性连接，如玻璃焊接、陶瓷焊接、塑料焊接等。在工业生产中，焊接主要用于连接金属。

焊接是通过加热、加压或两者并用，用或不用填充材料，使工件达到结合的一种加工工艺方法。

按照焊接过程中金属所处的状态不同，焊接方法可分为熔焊、压焊和钎焊三类。

1. 熔焊

熔焊是将待焊处的母材熔化以形成焊缝的焊接方法。

当被焊金属加热至熔化状态形成液态溶池，并同时向熔池中加入（或不加入）填充金属时，金属原子之间便相互扩散和紧密接触，直至冷却凝固，即形成牢固的焊接接头。常见的焊条电弧焊、气焊、埋弧焊、氩弧焊等都属于熔焊。

2. 压焊

压焊是在焊接过程中必须对焊件施加压力（加热或不加热），以完成焊接的方法。

在施加压力的同时，被焊金属接触处可以加热至熔化状态，如点焊和缝焊；也可以加热至塑性状态，如电阻对焊、锻焊和摩擦焊；也可以不加热，如冷压焊和爆炸焊等。

3. 钎焊

钎焊接钎料熔点的高低分为硬钎焊和软钎焊。它采用比母材熔点低的

金属材料作钎料，将焊件和钎料加热到高钎料熔点且低于母材熔点的温度，利用液态钎料润湿母材，填充接头间隙，并与母材相互扩散实现连接焊件。常见的钎焊有烙铁钎焊、火焰钎焊等。

6.1.2 焊接安全

- 1) 做好焊接切割作业人员的培训工作，做到持证上岗，杜绝无证人员进行焊接切割作业。
- 2) 焊接切割设备要有良好的隔离防护装置。
- 3) 焊接切割设备应设有独立的电气控制箱，箱内应装有熔断器、过载保护开关、漏电保护装置和空载自动断电装置。
- 4) 焊接切割设备的外壳、电气控制箱的外壳等应设保护接地或保护接零装置。
- 5) 改变焊接切割设备接头或更换焊件需改变二次回路时，及转移工作地点、更换熔断器、切割设备发生故障需检修时，必须在切断电源后进行。推拉闸门开关时，必须戴绝缘手套，同时头部需偏斜。
- 6) 更换焊条或焊丝时，焊工必须使用焊工手套。焊工手套应保持干燥、绝缘可靠。
- 7) 在金属容器内或狭小工作场地焊接时，必须采用专门的防护装置，如采用绝缘橡胶衬垫、穿绝缘鞋、戴绝缘手套，以保证焊工身体与带电体绝缘。
- 8) 在较暗环境下作业，必须作用手提照明灯。照明灯电压一般不得超过36V。在潮湿金属容器等危险环境下，照明灯电压不得超过12V。
- 9) 焊工在操作时，不能穿有铁钉的布鞋，绝缘手套不得短于300mm，制作材料应为柔软的皮革或帆布。焊条电弧焊工作服为帆布工作服。
- 10) 焊接切割设备的安装、检查和修理必须由持证电工来完成，焊工不得自行检查和维修。

6.1.3 焊接设备与工具

1. 电焊机

如图6-1a所示为普通型的电焊机，它是将弧焊变压器和电抗器组成一个整体，不仅有电的联系，还有磁的联系。如图6-1b所示为便携式维修电焊机。

弧焊变压器是一种交流弧焊电源，动圈式弧焊变压器使用较广泛，其结构如图6-2所示。它依靠人为地增强变压器自身的漏抗来取代电抗器的作用。其铁芯高而窄，在两侧的中心柱上套有一次绕组L1和二次绕



图 6-1 电焊机的外形图

a) 普通电焊机 b) 便携式维修电焊机

组 L_2 。 L_1 和 L_2 分别做成匝数相等的两盘，各自分开缠绕， L_1 在下方固定不动， L_2 在上方是活动的，摇动手柄可令其沿铁芯上下移动，从而改变 L_1 和 L_2 之间的距离。这种结构的特点是，一、二次绕组之间耦合不紧密而有很强的漏磁，由此所产生的漏抗就足以得到下降外特性，而不必附加电抗器。

动圈式弧焊变压器优点是：外特性比较陡，电流调节范围宽，空载电压高，电弧比较稳定；缺点是：耗材多，经济性差，电流调节下限受到铁芯高度的限制，因而只适用于中等容量。

动圈式弧焊变压器国产型号属于 BX3 系列，产品有 BX3—120、BX3—300、BX3—500、BX3—1—300、BX3—1—500 等型号。前三种适用于焊条电弧焊，后两种适用于交流钨极氩弧焊。

2. 焊枪

焊枪的外形如图 6-3 所示。它由电缆、焊把等组成，其作用是夹住焊条送料。

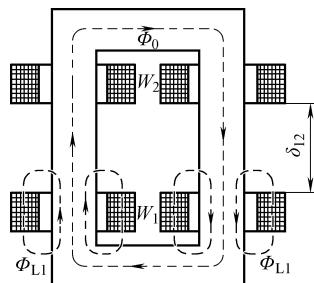


图 6-2 动圈式弧焊

变压器原理图

6.1.4 焊料的选择

1) 焊条牌号的选择。焊缝金属的性能主要由焊条和焊件金属相互熔化来决定。在焊缝金属中, 填充金属约占50%~70%, 常用焊条的结构如图6-4所示。因此, 焊接时必须选择合适的焊条牌号, 才能保证焊缝金属具备所要求的性能。否则, 将影响焊缝金属的化学成分、力学性能和使用性能。例如, 碳钢焊条对强度大小和酸、碱性的选择; 合金钢对化学成分的选择等。



图6-3 焊枪外形图

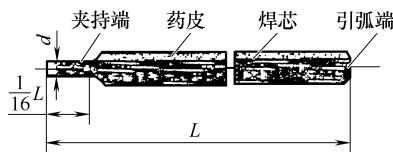


图6-4 焊条的结构图

2) 焊条直径的选择取决于工件的厚度。厚度较大的焊件应选用直径较大的焊条; 反之, 较薄焊件的焊接, 应选用直径小的焊条, 在一般情况下, 焊条直径与焊件厚度之间的关系见表6-1。

表6-1 焊条直径与焊件厚度之间的关系表

(单位: mm)

焊件厚度	≤1.5	2	3	4~5	6~12	≥12
焊条直径	1.5	2	3.2	3.2~4	4~5	4~6

3) 焊缝位置。在板厚相同的情况下, 焊接平缝用焊条的直径应比其他位置大一些; 立焊最大直径不超过5mm, 而仰焊、横焊最大直径不超过4mm, 这样可形成较小的熔池, 减少熔化金属的溢出。

4) 在进行多层焊接时, 如果第一层焊缝所采用的焊条直径过大, 会因电弧过长而不能焊透, 为了防止根部焊不透, 对第一层应采用直径较小的焊条进行焊接, 以后各层可以根据焊件厚度, 选用较大直径的焊条。

5) 接头形式。搭接接头、T形接头因不存在焊透问题, 所以应选用较大的焊条直径, 以提高生产效率。

6.1.5 焊接原理

焊条电弧焊是目前应用最为广泛的一种焊接方法(特征符号标记为E)。

焊接时，电弧在熔化的电极和工件之间燃烧，电弧和焊接熔池通过焊条产生的气体和熔渣的保护，防止空气的侵入，其原理如图 6-5 所示。

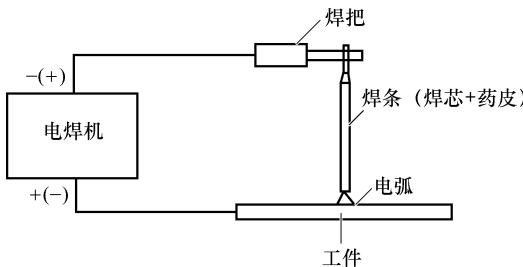


图 6-5 焊接原理图

焊接电弧焊具有工艺灵活、适应性强、质量好、易于通过工艺调整来控制焊接变形和应力、设备简单、操作方便等优点。

由焊接电源供给的、具有一定电压的两电极间或电极与母材金属之间，在气体介质中产生的强烈而持久的放电现象，称为焊接电弧。

弧焊时，引燃焊接电弧的过程称为引弧，也称为引燃。

焊接电弧的引燃一般有两种形式，即接触引弧和非接触引弧。

1. 接触引弧

电源接通后，电极与工件直接短路接触，随后拉起电极而引燃电弧，这种引弧方式称为接触引弧。它是一种最常用的引弧方式，焊条电弧焊熔化和气体保护焊都采用这种引弧方式。短路接触的方式有两种，直击法和划擦法。

电弧能否顺利引燃还与下列因素有关：焊接电流强度、弧中的电离物质、电源的空载电压及其特性等。如果焊接电流较大，电弧中又存在容易电离的元素，或电源的空载电压较高，则电弧的引燃就容易。

2. 非接触引弧

引弧时电极与工件之间保持一定的间隙，而后在电极与工件之间加上高电压击穿气隙使电弧引燃，把这种引弧方式称为非接触引弧。由于引弧不需要与工件接触，对工件无污染、无损坏。这种引弧方式主要应用于氩弧焊和等离子弧焊。

6.1.6 焊接方法与接头

1. 焊接方法

1) 平板对接接头可分为平焊、立焊、横焊和仰焊四种。

2) 管板角接可分为插入式管板和骑座式管板两种。根据空间位置不同, 每种管板又可分为垂直俯焊、垂直固定仰焊和水平固定全位置焊三种, 如图 6-6 所示。

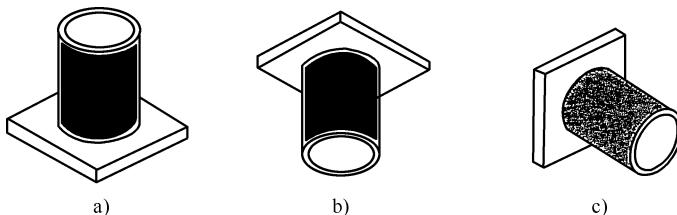


图 6-6 垂直俯焊、垂直固定仰焊和水平固定全位置焊示意图

3) 管-管对接接头, 根据管子厚度和试件位置可分为水平转动、垂直固定、水平固定、垂直固定加障碍物、水平固定加障碍物 5 种焊接位置。

图 6-7 所示为焊接实际操作图。图 6-8 所示为焊接接头示意图。



图 6-7 焊接实际操作图

2. 焊接接头的组成结构和焊接接头的基本形式

(1) 焊接接头的组成结构

两个或两个以上零件用焊接组合或已经焊合的接点称为焊接接头, 也称为接头。随着现代焊接技术的发展, 新的焊接方法不断出现, 接头类型繁

多,但应用最广泛的是熔化焊接接头。以熔化焊为例,焊接接头是由焊缝、熔合线和母材等组成的,如图6-8所示。

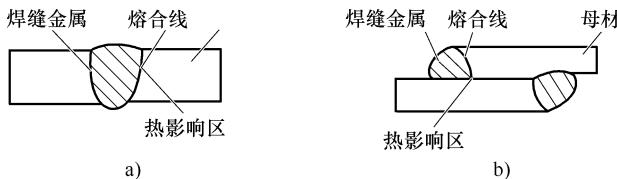


图6-8 焊接接头示意图

a) 熔化焊对接接头 b) 熔化焊搭接接头

焊缝金属的组织和化学成分因母材不同而有较大差异。近缝区受焊接热源和热塑性的影响,组织和性能都发生了变化。焊缝形状和布局不同,会产生不同程度的应力集中。因此,焊接接头的塑性和韧性与母材不同。影响焊接接头性能的因素很多,归纳起来有:一是焊接接头形状的不连续性、焊接缺陷(如焊接裂纹、熔合不良、咬边等)、残余应力和残余变形;二是在焊接过程中的热循环使局部区域发生组织变化,或虽不发生组织变化,但会使这部分金属发生较复杂的塑性变形,造成焊接材质性能下降。除此之外,焊后热处理和矫正变形等加工工序,也会影响焊接接头的性能。

(2) 焊接接头的基本形式

在焊接结构中,根据焊接件的结构形式、钢材厚度、对强度的要求及施工条件等情况来选择焊接接头形式,常用的接头是对接接头、搭接接头、T形接头、角接接头和端接接头。

1) 对接接头。两件表面构成大于或等于 135° ,小于或等于 180° 夹角的接头。对接接头受力状况较好,应力集中程度低,材料消耗小,但对接连接板边缘的国工及装配要求较高。

2) T形接头。一件的端面与另一件表面构成直角或近似直角接头。这种接头有多种类型(焊透或不焊透、开坡口或不开坡口),可承受各种方向的力和力矩。

3) 搭接接头。两件部分重叠构成的接头。搭接接头的应力分布不均匀,疲劳强度较低,不是理想的接头类型。但由于其焊接准备和装配工作简单,仍然得到广泛的应用。

4) 角接接头。两件端部构成大于 30° 小于 135° 夹角的接头,多用于箱形构件。

5) 端接接头。两件重叠放置或两件表面之间的夹角不大于30°构成的端部接头,多用于密封。

6.1.7 使用机器人焊接

焊接机器人的出现,打破了过去焊接的传统方式,开拓了柔性自动化的
新技术,使替代焊接自动化设备所不能完成的焊接生产成为现实。

焊接机器人分为点焊机器人、弧焊机器人及切割机器人三类。

1. 焊接机器人的工作原理

机器人是指可以反复编程的多功能操作机。焊接机器人的基本工作原理是示教再现,而对环境的变化没有应变能力。对焊接机器人的控制,首先由用户引导机器人,一步步按实际任务操作一遍,机器人在引导过程中自动记忆示教的每个动作的位置、运动方式、摆动方式、焊接姿态、焊接工艺参数,及周边设备的运动速度和焊接工艺动作(包括引弧、施焊、熄弧、填充弧坑等),并自动生成一个连续执行全部操作的程序。示教完毕,只需给机器人一个启动命令,机器人将精确地按示教动作,进行实际焊接操作。

2. 焊接机器人的特点

1) 可稳定提高焊接质量,保证其均匀性,并可一天24h连续生产,因此生产效率较高。

2) 可实现小批量产品焊接自动化,并能缩短产品改型换代的准备周期,减少相应的设备投资。

3) 降低了对工人的操作技术要求,并能改善工人的劳动条件,在有害环境能长期工作。

4) 为焊接柔性生产线提供技术基础。

3. 焊接机器人的应用

焊接机器人已应用于电阻点焊、电弧焊、切割和热喷涂等焊接方法中。点焊机器人主要在大批量生产的汽车工业中焊接薄板结构。

目前通用的弧焊机器人,可与熔化气体保护焊机、钨极氩弧焊机及空气等离子弧切割机相匹配,完成各种形状结构的CO₂焊、MIG焊、TIG焊。

焊接机器人一般由操作机、控制器及焊机三部分组成,图6-9所示为弧焊机器人的一般组成。

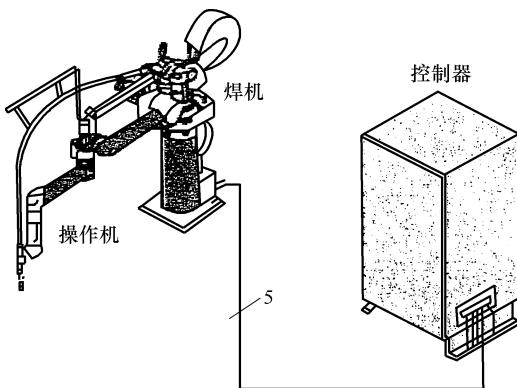


图 6-9 弧焊机器人的组成图

6.2 电子元器件的安装技术

电子电路的安装技术与工艺在电子工程技术中占有十分重要的位置。安装技术与工艺的优劣，不仅影响外观质量，而且影响电子产品的性能。因此，必须给予足够的重视。

6.2.1 电子电路安装布局的原则

电子电路的安装布局分为电子装置整体结构布局和电路板上元器件安装布局两种。

整体结构布局是一个空间布局问题。应从全局出发，决定电子装置各部分的空间位置。例如，电源变压器、电路板、执行机构、指示与显示部分、操作部分等，在空间尺寸不受限制的场合，这些都好布局。而在空间尺寸受到限制且组成部分复杂的场合，布局则十分艰难，常常要对多个布避方案进行比较后才能确定。

整体结构布局没有一个固定的模型，只有一些应遵循的原则。

1) 注意电子装置的重心平衡与稳定。为此，变压器和大电容等比较重的元器件应安装在装置的底部，以降低装置的重心。还应注意装置前后、左右的重量平衡。

2) 注意发热部件的通风散热。为此，大功率晶体管应加装散热片，并布置在靠近装置的外壳，且开凿通风孔，必要时加装小型排风扇。

3) 注意发热部件的热干扰。为此，半导体器件、热敏器件、电解电容等应尽可能远离发热部件。

4) 注意电磁干扰对电路正常工作的影响,容易接受干扰的元器件(如高放大倍数的放大器的第一级等)应尽可能远离干扰源(如变压器、高频振荡器、继电器、接触器等)。当远离有困难时,应采取屏蔽措施(即将干扰源屏蔽或将易受干扰的元器件屏蔽起来)。

5) 注意电路板的分布与布置。如果电路规模不大或电路规模虽大但安装空间没有限制,则尽可能采用一块电路板,否则采用多块电路板。分块的原则是按电路功能分块,不一定一块一个功能,可以一块有几个功能。电路板的布置可以是卧式,也可以是立式,这要视具体空间而定。此外,为指示和显示有关的电路板,最好是安装在面板附近。

6) 注意连线的相互影响。强电流线与弱电流线应分开走线,输入级的输入线应与输出级的输出线分开走线。

7) 操作按钮、调节按钮、指示器与显示器等都应安装在装置的面板上。

8) 注意安装、调试和维修的方便,并尽可能注意整体布局的美观。

6.2.2 元器件安装要求

1. 元器件处理

1) 电子元器件必须经过老化处理。

2) 电子元器件引脚分别有保护塑料套管,元器件各电极套管颜色如下:

① 二极管和整流二极管:阳极为蓝色,阴极为红色。

② 三极管:发射极为蓝色,基极为黄色,集电极为红色。

③ 晶闸管:阳极为蓝色,门极为黄色,阴极为红色。

④ 双向晶闸管:阳极为蓝色,门极为黄色,阴极为红色。

⑤ 直流电源电极:“+”为棕色,“-”为蓝色,接地中线为淡蓝色。

3) 按照元器件在印制板上孔位尺寸要求,进行弯脚及整形,引线弯角半径大于0.5mm,引线弯曲处距离元器件本体至少在2mm以上,绝不允许从引线的根部弯折。元器件型号及数值应朝向可读位置。

4) 各元器件引线须经过镀锡处理(离开元器件本体应大于5mm,防止元器件过热而损坏)。

5) 印制电路板一律采用敷铜箔玻璃纤维层压板(单面或双面),铜箔面镀银层,出脚处镀金。

2. 元器件的排列

1) 元器件排列原则上采用卧式排列,高度尽量一致、布局整齐、美观。

- 2) 高、低频电路避免交叉，对直流电源与功率放大元器件，采取相应的散热措施。
- 3) 需要调节的元器件，如电位器、可变电容器、中频变压器、操作按钮等，排列时力求操作、维修方便。
- 4) 输入与输出回路及高、低频电路的元器件应采取隔离措施，避免寄生耦合产生自激振荡。
- 5) 晶体管、集成电路等器件排列在印制板上，电源变压器放在机壳的底板上，保持一定距离，避免变压器的温升影响它们的电气性能。
- 6) 变压器与电感线圈分开一定距离排列，避免两者的磁场方向互相垂直，产生寄生耦合。
- 7) 力求集成电路外引线与外围元器件引线距离直而短，避免互相交叉。

3. 元器件的安装

- 1) 元器件在印制板上的安装方法，一般分为卧式安装和立式安装两种方法。立式安装的元器件体积小、重量轻、占用面积小，单位面积上容纳元器件的数量多，适合于元器件排列密集紧凑的产品，如微型收音机等许多小型便携式装置；卧式安装的元器件大、机械稳定性好、排列整齐美观、元器件的跨距大、走线方便，得到广泛采用。如图 6-10 所示。

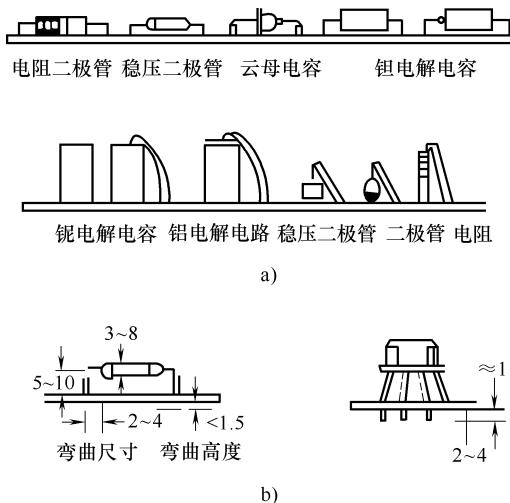


图 6-10 卧式安装和立式安装示意图 (单位: mm)

a) 卧式安装 b) 立式安装

2) 电阻器和电容器的引线应短些,以提高其固有频率,以免振动时引线断裂。对较大的电阻器和电容器尽量卧装,以利于抗振和散热,并在元器件和底板间用胶粘住。大型电阻器、电容器需加紧固装置,对陶瓷或易脆裂的元器件则加橡胶垫或其他衬垫。

3) 微电路器件多余的引脚不应剪去。两个印制电路板间距不应过小,以免振动时元器件与另一底板相碰撞。

4) 对继电器、电源变压器、大容量电解电容、大功率三极管和功放集成块等重量级元器件,在安装时,除焊接外,还应采取加固措施。

5) 对产生电磁干扰或对干扰敏感的元器件安装时应加屏蔽。

6) 对用插座安装的晶体管和微电路应压上护圈,防止松动。

7) 在印制板上插接元器件时,参照电路图,使元器件与插孔一一对应,并将元器件的标识面向外,便于辨认与维修。

8) 集成电路、晶体管及电解电容器等有极性的元器件,应按一定的方向,对准板孔,将元器件一一插入孔中。

4. 功率器件散热器的安装

1) 功率器件与散热器之间应涂敷导热脂,使用的导热脂应对器件芯片表面层无溶解作用,使用聚二甲基硅油时应小心。

2) 散热器与器件的接触面必须平整,其不平整和扭曲度不能超过0.05mm。

3) 功率器件与散热器之间的导热绝缘片不允许有裂纹,接触面的间隙内不允许夹杂切屑等多余物。

6.2.3 电路板结构布局

在一块板上按电路图把元器件组装成电路,其组装方式通常有两种:插接方式和焊接方式。插接方式是在面包板上进行,电路元器件和连线均接插在面包板的孔中;而焊接方式是在印制板上进行,电路组件焊接在印制板上,电路连线则为特制的印制线。不论是哪一种组装方式,首先必须考虑元器件在电路板上的结构布局问题。布局的优劣不仅影响到电路板的走线、调试、维修及外观,也对电路板的电气性能有一定影响。如图6-11所示。

电路板结构布局没有固定的模式,不同的人所进行的布局设计则不相同,但有以下参考原则:

1) 首先布置主电路的集成块和晶体管的位置。安排的原则是,按主电路信号流向的顺序布置各级的集成块和晶体管。当芯片多而板面有限时,则布成一个“U”字形,“U”字形的口一般靠近电路板的引出线处,以利于第一级的输入线、末级的输出线与电路板引出线之间的连线。此外,集成块

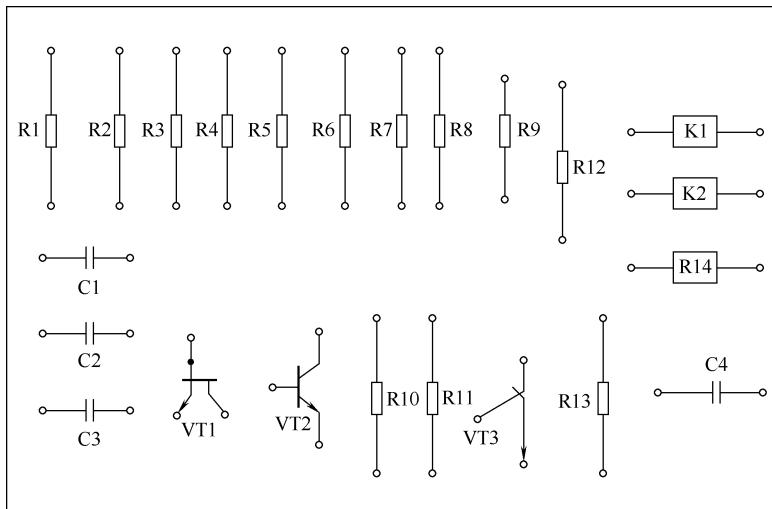


图 6-11 元器件布局图

之间的间距应视其周围组件的多少而定。

2) 安排其他电路元器件 (电阻、电容、二极管等) 的位置。其原则是按级就近布置, 即各级元器件围绕各级的集成块或晶体管布置。如果有发热量较大的元器件, 则应注意它与集成块或晶体管之间的间距应足够大些。

3) 电路板的布局还应注意美观和检修方便。为此, 集成块的安置方式应尽量一致, 不要横竖不分, 电阻、电容等元器件也应如此。

4) 连线布置。其原则为第一级输入线与末级的输出线、强电流线与弱电流线、高频线与低频线等应分开走, 其间距离应足够大, 以避免相互干扰。

5) 合理布置接地线。为避免各级电流通过地线时产生相互间的干扰。特别是末级电流通过地线对第一级的反馈干扰, 及数字电路部分电流通过地线对模拟电路产生干扰, 通常采用地线割裂法使各级地线自成回路, 然后再分别一点接地, 如图 6-12a 所示。换句话说, 各级的地是割裂的, 不直接相连, 然后再分别接到公共的一点地上。

根据上述一点接地的原则, 布置地线时应注意如下几点:

- ① 输出级与输入级不允许共享一条地线。
- ② 数字电路与模拟电路不允许共享一条地线。
- ③ 输入信号的“地”应就近接在输入线的地线上。

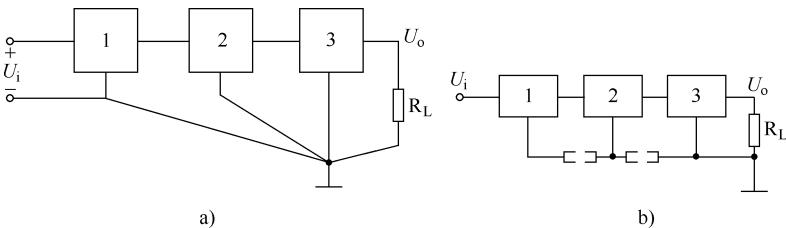


图 6-12 布置接地线电路图

a) 一点接地 b) 串联接地

④ 输出信号的“地”应接公共地，而不是输出级的“地”。

⑤ 各种高频和低频退耦电容的接“地”端应远离第一级的地。

显然，上述一点接地的方法可以完全消除各级之间通过地线产生的相互影响，但接地方式比较麻烦，且接地线比较长，容易产生寄生振荡。因此，在印制电路板的地线布置上常常采用另一种地线布置方式，即串联接地方式，如图 6-12b 所示，各级地线一级级直接相连后再接到公共的地。

在这种接地方式中，各级地线可就近相连，接地比较简单，但因存在地线电阻（如图 6-12 中虚线所示），各级电流通过相应的地线电阻产生干扰电压，影响各级工作。为了尽量抑制这种干扰，常常采用加粗和缩短地线的方法，以减小地线电阻。

6.3 电子元器件的焊接技术

用焊接方式组装电路是在印制电路板上焊接元器件，焊接质量的好坏直接影响到电路的性能。因此，掌握焊接技术是从事电子技术人员的一项基本功。

电子产品的焊接装配是在元器件加工整形，导线加工处理之后进行的。装配也是制作产品的重要环节，要求焊点牢固、配线合理、电气连接良好、外表美观，以保证焊接与装配的工艺质量。

6.3.1 印制电路板的焊接要求

为使印制电路板有良好性能，耐振、防霉，确保使用质量，规定如下。

1. 印制电路板

1) 印制电路板一律采用敷铜箔玻璃纤维（基本）层压板（单面或双面）。

2) 铜箔面镀银层，出脚处镀金。

3) 铜箔线条宽度原则上不得小于 1mm（特殊线路除外）。双面板需采

用金属化孔工艺。

- 4) 铜箔面需喷涂松香溶液。
- 5) 外观检查:线条无剥离和锯齿状,不应存有腐蚀麻点,标志要清楚,元器件安装孔必须钻在焊接点中心处。

2. 元器件的排列与焊接

1) 元器件排列原则上采用卧式排列,高度尽量一致整齐,按印制板尺寸对元器件进行弯脚及整形,弯角半径大于0.5mm,元器件型号及数值应放在可见位置。

2) 电子元器件必须经过老化处理,电解电容器存放年限从出厂时间计算,若超过三年者不能使用(在装配过程中允许超期两个月)。

3) 各元器件引线需经过搪锡处理(离开元器件应大于5mm,防止元器件过热而损坏)。

4) 一律采用裸头焊接形式,以防止虚焊、漏焊、脱焊,焊接后焊点不能留有助焊剂。

5) 严禁使用焊锡膏焊接。

6) 电子元器件引脚分别有保护塑料套管(GB/T 2681—1981),电极“+”为棕色,“-”为蓝色,接地中线为淡蓝色。

数字电路焊接的要求如下所述。

- ① 焊接数字电路元器件应存放在金属(铝、铜等)做的屏蔽箱内。
- ② 焊接用工作台应是金属(铝板等)面板,并有良好接地。
- ③ 搪锡、整形等使用的工具,使用时不能带有静电荷(场)。
- ④ 数字电路元器件焊接时,应该先安装公共接地脚。
- ⑤ 焊接好电路板,要插上短接的插座,然后存放在金属屏蔽箱内。
- ⑥ 其余参照元器件排列图焊接。
- ⑦ 印制板在调试结束后,两面均喷涂清漆,固定可调部分点上喷涂珠光红色漆。

3. 印制板的振动试验

印制板焊接完后,先进行初步调整,然后作单板振动试验。

印制板振动试验标准,见表6-2。

表6-2 印制板振动试验标准

加速度	4g	4g
频率f/Hz	30	55
振幅a/min	1.11	0.33
振动时间T/min	30	30

4. 其他

- 1) 搪锡机(缸)的外壳一定要有良好的接地。
- 2) 焊接时采用20W内热式电烙铁，并应有良好的接地装置，在焊接数字电路中，必要时可采用断电焊接技术。
- 3) 所有金属工具，均不能带有强磁性或静电荷(场)。
- 4) 助焊剂应采用松香酒精溶液，即中性焊接液。
- 5) 采用振动台进行振动试验。
- 6) 立式金属化电容器、电解电容器，均必须垫有防振保护套。三极管及运算放大器等，原则上也应垫有保护套。

6.3.2 焊接工艺

1. 焊前准备

(1) 焊锡丝

焊锡丝是焊接元器件必备的焊料。一般要求熔点低、凝结快、附着力强、坚固、导电率高且表面光洁。其主要成分是铅锡合金。除丝状外，还有扁带状、球状、饼状等不同规则的成型材料。焊锡丝的直径有0.5mm、0.8mm、0.9mm、1.0mm、1.2mm、1.5mm、2.0mm、2.3mm、2.5mm、3.0mm、4.0mm、5.0mm，焊接过程中应根据焊点大小和电烙铁的功率选择合适的焊锡丝，如图6-13a所示。

(2) 助焊剂

助焊剂是焊接过程中必不可少的溶剂，它具有除氧化膜、防止氧化、减小表面张力、使焊点美观的作用。有碱性、酸性和中性之分。在印制板上焊接电子元器件，要求采用中性焊剂。松香是一种中性焊剂，受热熔化变成液态。它无毒、无腐蚀性、异味小、价格低廉、助焊力强。在焊接过程中，松香受热汽化，将金属表面的氧化层带走，使焊锡与被焊金属充分结合，形成坚固的焊点。碱性和酸性焊剂用于体积较大的金属制品的焊接，如图6-13b所示。

(3) 电烙铁的选用

在焊接电子元器件时，最好采用20W内热式电烙铁或调温电烙铁，并应有良好接地装置。焊接大的元器件、部件、连接导线、插接件时，可采用45W电烙铁。

电烙铁在使用与保养时，对于新的电烙铁，先把烙铁头表面的氧化物用锉刀挫干净，然后接通电源加热，将烙铁头粘些松香和焊锡，直到烙铁头涂上一层薄薄的锡为止。在使用过程中，严禁敲打，焊接完毕轻轻地放在烙铁架上。不用时立即切断电源，远离易燃品存放。关于电烙铁的更多知识，请

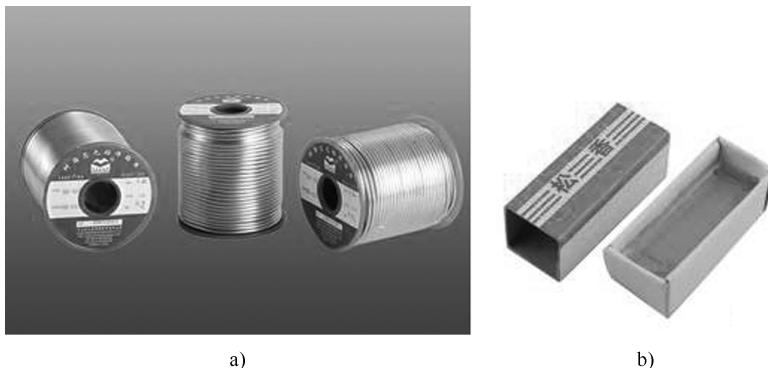


图 6-13 焊锡丝与助焊剂实物图

a) 焊锡丝 b) 助焊剂

参见本书第9章的9.2节。

(4) 导线

在焊接之前,要准备好一些粘好锡的各色导线,主要是多股铜线。主要用于各种连线、安装线、屏蔽线等。其安全载流量按 $5A/mm^2$ 估算,这在各种条件下都是安全的。

2. 温度与时间的控制

手工焊接引线粘锡和焊接元器件时,温度和时间要选择适当并严格控制。粘锡和焊接切勿超过耐焊性试验条件(距离元器件管壳 $1.5mm$, $260^{\circ}C$,时间为 $10s$, $350^{\circ}C$ 时为 $3s$)。对于混合电路,电烙铁的最佳温度为 $230\sim240^{\circ}C$ 。观察现象以松香熔化比较快又不冒烟为宜。元器件焊接最佳时间为 $2\sim3s$ 。

3. 焊接顺序

在焊接实验台上,先焊细导线和小型元器件,后焊晶体管、集成块,最后焊接体积较大、较重元器件。因为大元器件占地面积大,又比较重,后焊接比较方便。晶体管和集成块怕热,后焊接可防止烙铁的热量经导线传到晶体管或集成块内而损坏。

(1) 一般元器件的焊接

将插好元器件的印制板焊接面朝上,左手拿焊锡丝,右手持电烙铁,使烙铁头贴着元器件的引线加热,使焊锡丝在高温下熔化,沿着引线向下流动,直至充分焊孔并覆盖引线周围的金属部分。撤去焊锡丝并沿着引线向上方向提拉烙铁头,形成像水滴一样光亮的焊点。焊接速度要快,一般不超过

3s，以免损坏元器件。由于引线的粗细不同，焊孔的大小不同，如一次未焊好，等冷却后再焊。

(2) 晶体管元器件的焊接

焊接晶体管等元器件时，可用镊子或尖嘴钳尖住引脚进行焊接，因镊子和钳子具有散热作用，可以保护元器件。焊接CMOS器件时，为了避免烙铁的感应电压损坏器件，必须使电烙铁的外壳可靠接地，或断电后用烙铁的余热焊接。

(3) 集成块的焊接

双列直插式集成块，引脚之间的距离只有25mm，焊点过大，会造成相邻引脚短路。应采用尖头电烙铁，快速焊接。电烙铁温度不能太高，焊接时间不能太长，否则，会烧坏集成块并使印制电路板上的导电铜箔脱离，所以焊接时一定要细心。

焊点质量应具有可靠的电气连接，足够的机械强度，外观光亮、圆滑、清洁、大小合适，无裂缝、针孔、夹杂。焊锡与被焊物之间没有明显的分界。

焊接实验台如图6-14所示。



图6-14 焊接实验台外形图

4. 手工焊接的操作方法

(1) 烙铁头及焊件的搪锡

烙铁头的搪锡：新烙铁、已氧化不粘锡或使用过久而出现凹坑的烙铁头可先用砂纸或细锉刀打磨，使其露出紫铜光泽，而后将电烙铁通电2~3min，加热后使烙铁头吸锡，再在放有香颗粒的细砂纸上反复摩擦，直到

烙铁头上挂上一层薄锡。

导线及元器件引线搪锡：先用小刀或细砂纸清除导线或元器件引线表面的氧化层，元器件引脚根部留出一小段不刮，以防止引线根部被刮断。对于多股引线也应逐根刮净，之后将多股线拧成绳状进行搪锡。搪锡过程如下：烙铁通电2~3min后使烙铁头接触松香。若松香发出“吱吱”响声，并且冒出白烟，则说明烙铁头温度适当。然后，将刮好的焊件引线放在松香上，用烙铁头轻压引线，边往复摩擦边转移引线，务必使引线各部分均匀上好一层锡。

(2) 焊接时烙铁头与引线和印制板的铜箔之间的接触位置

图6-15所示为烙铁头与铜箔和引线同时接触的示意图。其中，图6-15a是烙铁头与引线接触而与铜箔不接触的情况；图6-15b是烙铁头与铜箔接触而与引线不接触的情况。这两种情况将造成热的传导不平衡，使其中某一被焊件受热过多，而另一被焊件受热较少，这将使焊点质量大幅下降。图6-15c是烙铁头与铜箔和引线同时接触的情况，此种接触为正确的加热方式，故能保证焊接质量。

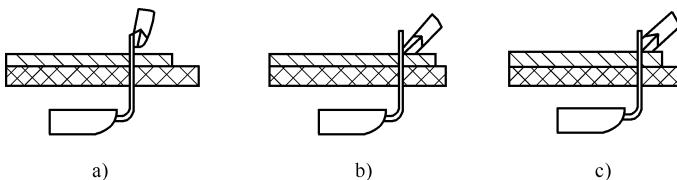


图6-15 烙铁头与铜箔和引线同时接触的示意图

(3) 电烙铁的握法

根据电烙铁的大小、形状和被焊件的要求等不同情况，握电烙铁的方法通常有以下三种。

① 图6-16a所示为反握法，即用五指把电烙铁手柄握在手掌内。这种握法焊接时动作稳定，长时间操作手不感到疲劳，适用于大功率的电烙铁和热容量大的被焊件的焊接。

② 图6-16b所示为正握法，适用于弯形电烙铁头操作或直电烙铁头在机架上焊接互连导线时操作。

③ 图6-16c所示为握笔法，就像写字时拿笔一样。用这种方法长时间操作手容易疲劳，适用于小功率电烙铁和热容量小的被焊件的焊接。

④ 电烙铁的最佳温度为230~240℃。观察现象以松香熔化比较快又不冒烟为宜。元器件焊接最佳时间为2~3s。

⑤ 焊点质量应该光亮、圆滑、清洁、大小合适，焊锡与被焊物之间没

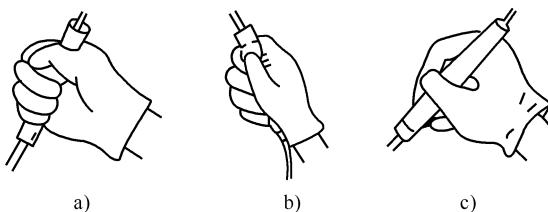


图 6-16 电烙铁的握法示意图

a) 反握法 b) 正握法 c) 握笔法

有明显的分界线。不合适焊点如图 6-17 所示。

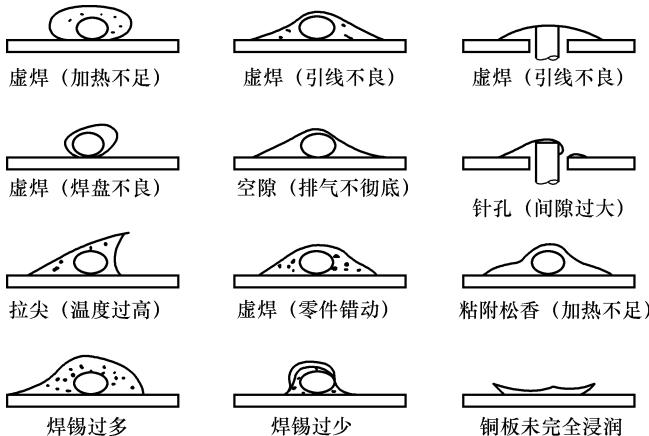


图 6-17 不合适焊点示意图

先焊细导线和小型元器件，后焊晶体管、集成块和较大元器件。因为大元器件所占面积大，又比较重，后焊接比较方便。晶体管和集成块怕热，后焊接可防止电烙铁的热量经导线传到晶体管或集成块内而损坏元器件。

6.3.3 手工五步焊接操作法

手工五步焊接操作法如图 6-18 所示。

1) 准备施焊：准备好焊锡丝和电烙铁，此时特别强调的是电烙铁头部要保持干净，即可以粘上焊锡（俗称吃锡）。

2) 加热焊件：将电烙铁接触焊接点，首先注意要保持电烙铁加热焊件各部分，如印制板上引线和焊盘都使之受热；其次，要注意让电烙铁头的扁

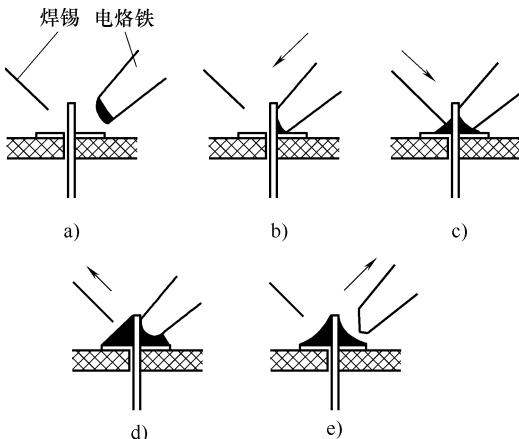


图 6-18 手工五步焊接法示意图

a) 准备 b) 加热焊件 c) 熔化焊料 d) 移开焊锡 e) 移开电烙铁

平部分（较大部分）接触热容量较大的焊件，电烙铁头的侧面或边缘部分接触热容量较小的焊件，以保持焊件均匀受热。

3) 熔化焊料：当焊件加热到能熔化焊料的温度后将焊丝置于焊点，焊料开始熔化并润湿焊点。

4) 移开焊锡：当熔化一定量的焊锡后将焊丝移开。

5) 移开电烙铁：当焊锡完全润湿焊点后移开电烙铁，注意移开电烙铁的方向应该是大致 45° 的方向。上述过程，对一般焊点而言大约 $2\sim3s$ 。对于热容量较小的焊点，如印制电路板上的小焊盘，有时用三步法，即将上述步骤 2) 和 3) 合为一步，步骤 4) 和 5) 合为一步。实际上细微区分还是五步，所以五步法有普遍性，是掌握手工烙铁焊接的基本方法。特别是步骤之间停留的时间，对保证焊接质量至关重要，只有通过实践才能逐步掌握。

焊接好的印制板如图 6-19 所示，对应的电路图如图 6-20 所示。

6.3.4 虚焊产生的原因及其鉴别

虚焊是电工焊接的一大隐患，占设备故障总数的 $1/2$ 。它会影响电气装置的正常运行，出现一些难以判断的“软故障”。虚焊产生的原因如下。

1. 虚焊点产生的原因

1) 设计：印制电路板设计有问题，是形成虚焊的潜在因素。焊点过密、元器件插接孔过大，导致虚焊的增加。

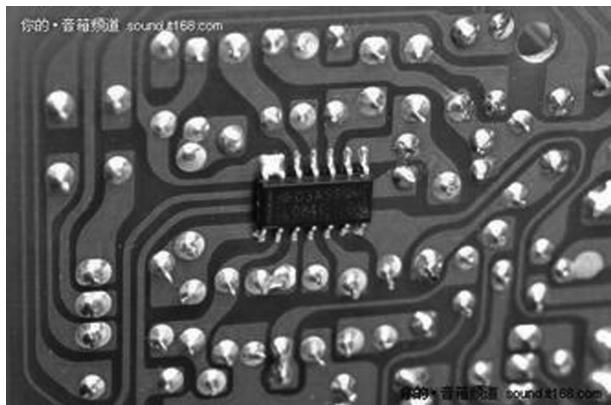


图 6-19 运算放大器焊接好的电路板实物图

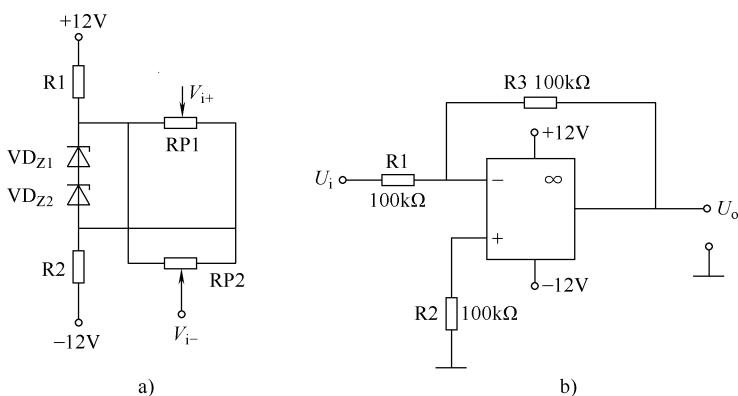


图 6-20 与图 6-19 对应的电路原理图

a) 直流信号 b) 运算放大器

- 2) 工艺: 在涂注焊剂时, 清洁工作没有做好, 没有上好锡; 上锡后的元器件存放时间太久, 焊接部分已经氧化, 直接焊接时产生了虚焊。
- 3) 材料: 有的元器件引线材料可焊性差, 如粘锡不好、未刮净, 都会产生虚焊。
- 4) 焊剂: 有的焊剂不好, 或自制锡铅比例不当, 配出的焊剂熔点高、流动性差, 也会导致虚焊。
- 5) 助焊剂: 助焊剂选用不当, 或不用助焊剂, 产生虚焊。

6) 焊接工具: 电烙铁功率太小, 温度不够, 焊点像豆腐渣; 焊点太大, 锡易成珠, 均会产生虚焊。

7) 操作方法: 焊接时, 电烙铁头离焊点远, 使锡流过去包围元器件引脚, 会使被焊面的热量不够而导致虚焊。

2. 鉴别方法

- 1) 观察焊点, 似焊非焊, 一摇即动, 必为虚焊。
- 2) 焊锡与印制板没有形成一体。
- 3) 焊点特别光亮, 成鼓包状。

电工外线安装

7.1 高压架空线路的安装

1. 高压架空线路的安装要求

(1) 架空线路的安全工作要求

- 1) 在经常有人通行的道路上、交通叉口处，在距杆塔 5m 范围内用绳索或护网遮拦，并悬挂“施工，禁止通行”的标示牌。
- 2) 施工人员进入现场应穿好工作服、戴好工作帽、系好安全腰带、扣好工作服纽扣。

3) 高空作业前所用的登杆工具、安全腰带和梯子等应事先检查。登木杆前应检查杆根腐蚀程度，应不超过其截面积的 30%，杆根是否有取土导致埋深不够的情况，必要时要采取临时拉线加固的措施，严防倒杆。

4) 上杆时禁止攀拉横担和撑铁，以防横担或撑铁松脱造成事故。

5) 攀登水泥杆时，要选用适当脚扣。杆上有冰或积雪时应用踩板登杆。登杆后，操作之前一定要先将安全腰带系好并扣牢无误。

6) 杆上、杆下严禁抛扔工具及材料，在传送工具袋及材料时，应与杆塔保持一定的距离，防止落物伤人。杆塔横担、导线上面禁止放材料及工具，以防落下伤人。大的工具及材料，一定要用绳子滑车提升，不得由工作人员直接拉上拉下。工作中禁止人从滑车、绳或拉线上滑下，严禁从水泥杆上直接滑下。

7) 在立杆、倒杆、紧线和放线时，周围严禁人员通过、停留或围观。

(2) 10kV 以下架空线路的要求

除设计有特殊要求外，一般做法要求如下：

1) 钢筋混凝土电杆的规格及各部尺寸，是按常用规格给出，供加工各种铁件时参考，木电杆可按自然锥度计算（平均围差约为 8mm/m）。

2) 电杆根部与各种管道及沟边最小应保持 1.5m 的距离，距消火栓、贮水池等应大于 2m。

3) 电杆坑底要铲平夯实，埋土应分层夯实，并把余土堆积在电杆根部（水泥花砖便道除外）。

4) 木电杆的砍、割、锯口和埋入地下及地面上 500mm 一段均应刷沥青油两道。

5) 所有电杆铁件均应镀锌或进行其他防锈处理。

6) 同一层横担上的架空导线弛张度应一致, 架空导线不应有散股、硬伤等现象。

7) 架空导线的连接, 应遵守下列规定:

① 不同金属、不同截面积、不同绞向的导线, 严禁在同一档距内连接。

② 新建线路在一个档距内, 一根导线不应超过一个接头。

③ 接头位置应距导线与绝缘子固定处 0.5m 以上。

8) 在线路断连处改变导线截面积, 可采用并沟线夹、套管压接或绑扎法。自线路向下 T 接时, 应采用并沟线夹连接。

9) 裸铝导线绑瓷绝缘子处应缠绕铝带。铝导线的连接应采用钳压法。

10) 拉线与电杆的夹角一般应为 45°, 如受地形限制时可适当减小, 但不应小于 30°。

11) 断连杆两侧导线截面积相差较大时, 应在截面积较小的一侧装设拉线。

12) 钢筋混凝土电杆的拉线, 一般不装设拉紧绝缘子。若拉线穿越导线时, 须装设拉紧绝缘子, 其安装位置应距地 2.5m 以上。

13) 拉线位于交通要道或人易触及的地方, 须套涂有红白油漆标志的竹管保护。

14) 郊区配电线的直线杆, 一般每隔 10 根左右设置防风拉线。

15) 用于垂直方向的穿钉均应自下向上穿, 开口销钉应从上向下穿。凡用于紧固的螺栓均应加装弹簧垫圈。

16) 横担的加工尺寸均按一担多用考虑。

17) 用现浇混凝土代做卡盘时, 浇注前应在杆身缠两层纸隔绝, 以使拆装方便。

18) 当架空线路为多层排列时, 自上而下的顺序是高压、动力、照明及路灯, 并应保持适当的安全距离。配电线与建筑物间的要求如下:

垂直距离 < 导线最大弧垂时: 1kV 及以下线路, 不小于 1.0m。

2. 室外架空线路的安装要求

到目前为止架空线路仍是供电线路的主要形式, 但在城市建设中正逐步被电缆取代。架空线路供电与电缆线路供电相比, 架空线路需要的设备材料简单、成本较低, 一旦发生了故障, 维修也比较方便。但是架空线路容易受外界环境的影响, 如气温、风速、雨雪、覆冰或机械损伤都可造成事故, 故供电可靠性较差, 并且需要占用地表面积, 影响市容美观。

(1) 架空导线对地的安全距离

架空线路对地的安全距离不得低于表 7-1 中的数值。

表 7-1 架空线路对地的安全距离

情 况	跨铁路、河流	交通要道、居民区	人行道、非居民区	乡村小道
安全距离/m	7.5	6	5	4

架空线路应沿道路平行敷设，避免穿过起重机频繁活动的地区，应尽可能减少同其他设施的交叉和跨越建筑物。

建筑工地临时供电的杆距一般不大于 35m；线间的距离不得小于 0.3m；横担间的最小垂直距离应不小于表 7-2 的规定值。

表 7-2 横担间的最小垂直距离

排列方式	直线杆/m	分支或转角杆/m
高压与低压	1.2	1.0
低压与低压	0.6	0.3

(2) 架空导线的最小截面积

1) 6~10kV 线路为铝绞线时，居民区为 35mm^2 ，非居民区为 25mm^2 。

2) 6~10kV 线路为钢芯铝绞线时，居民区为 25mm^2 ，非居民区为 16mm^2 。

3) 6~10kV 线路为铜绞线时，居民区、非居民区均为 16mm^2 。

4) 小于 1kV 线路为铝绞线时，最小截面积为 16mm^2 。

5) 小于 1kV 线路为铜芯线时，最小截面积为 10mm^2 ，直径为 3.2mm。

3. 安装举例

杆头、横担、绝缘子、拉线的安装如图 7-1 所示。

4. 架空线路的安装数据

1) 最小允许使用截面积规定为铜芯线为 6mm^2 ，铝芯线为 16mm^2 。

2) 最小线间距离：档距 40m 及以下时为 0.3m，50m 时为 0.4m，60m 时为 0.45m，但考虑登杆作业，靠近电杆的两根导线的线间距离不应小于 0.5m。

3) 架空线距地面或水平面的最小距离：居民区为 6m，非居民区为 5m，交通困难地区应为 4m。

4) 架空线应避免跨越建筑物，更不应跨越用易燃材料作屋顶的建筑物，架空线与建筑物之间的最小距离：最大引垂时为 2.5m，最大风偏时为 1m。

5) 架空线与街道或厂区树木的最小距离：最大引垂和风偏时均为 1m。

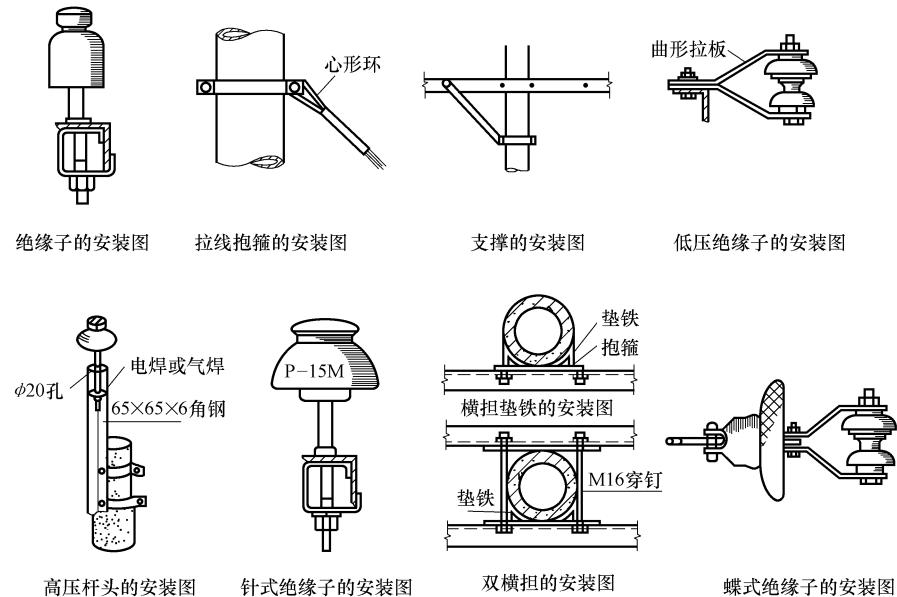


图 7-1 杆头、横担、绝缘子、拉线的安装图

6) 架空线与交通运输设施之间的最小距离: 至铁路轨道面为7.5m, 至公路、城市道路为6m, 至输送易燃、易爆物的特殊管道及索道均为1.5m, 至通航河道的常年洪水位为6m。

7) 架空线与其他电力线路交叉时, 相互之间的距离: 弱电线路和1kV以下电力线路为1m, 10kV电力线路为2m, 35kV电力线路为3m。

8) 绑扎架空线的扎线应用与导线的材料相同。导线的连接一般为管压式, 铜铝芯线连接时应采用铜铝过渡接头, 不同截面积的导线应在分段处连接, 不得在档距内连接。

9) 厂区架空线路, 一般应每月巡视一次, 遇有特殊天气时应增加巡视次数。特别注意巡视导线接头、断股、绝缘子、污物和放电、避雷装置的接地等处。

7.2 高压电源引入线的安装

从架空线路电杆到建筑物电源入口的一段架空线路称为接户线, 如图7-2所示。若要求设计美观, 可以用电缆架空引入线, 也可以采用电缆沟进线方式。

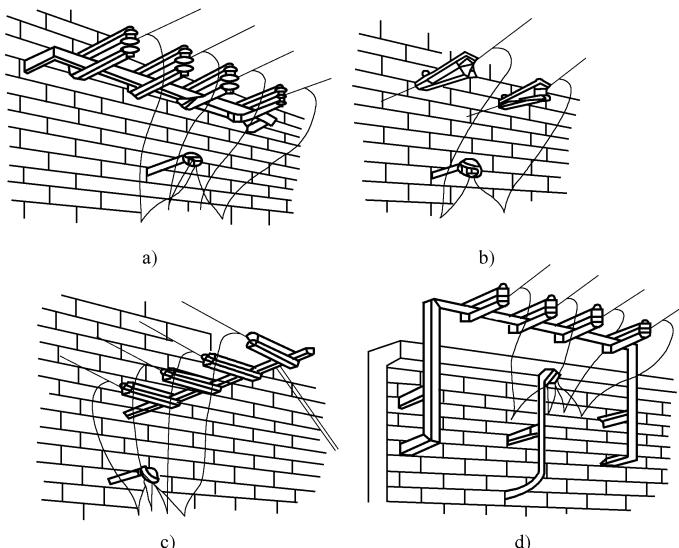


图7-2 接户线的安装方法

a) 三相垂直墙体 b) 单相垂直墙体 c) 接户线平行墙体 d) 电缆架空接线

接户线的长度一般不大于 25m，必须采用绝缘导线。接户线横担距室外地面高度不低于 2.7m。导线跨越通汽车街道时，距地面高度不低于 6m；跨越人行小巷时，不低于 3m。如果建筑物太低矮，应把接户线的支持绝缘子、角钢支起。

从用户室外第一个支撑点到室内第一个支撑点之间的一段引线，称为入户线。

接户线应使用耐压 500V 以上的绝缘导线，一般不得有接头。接户线的截面积应根据用电设备负载的大小而定，在负载电流不超过导线安全载流量的情况下，其导线的最小截面积为：10m 以内时，铜芯线为 2.5mm^2 ，铝芯线为 4mm^2 ；10~25m 时，铜芯线为 4mm^2 ，铝芯线为 6mm^2 。接户线与建筑物的有关部分距离：接户线与窗户的距离不得小于 0.3m；与上方阳台的垂直距离不得小于 0.8m，水平距离不得小于 0.75m；与墙及构架的距离不得小于 0.05m。

7.3 电缆线路的安装

1. 电缆施工要求

1) 电缆敷设前，应检查电缆是否有机械损伤、电缆盘是否完好。对 3kV 及以上电缆应做耐压试验，1kV 以下电缆可用 1kV 绝缘电阻表摇测绝缘，绝缘电阻值一般不低于 $10\text{M}\Omega$ 。

2) 电缆沟挖掘工作开始前，应将施工地段的地下管线、土质和地形等情况了解清楚。在有地下管线的地段挖沟时，应采取措施防止损坏管线。在杆塔或建筑物附近挖沟时，应采取防止倒塌措施。

3) 电缆弯曲半径与电缆外径的比值不应小于下列规定：

- ① 纸绝缘多芯电力电缆，铅包为 15 倍，铝包为 25 倍。
- ② 纸绝缘单芯电力电缆，铅包、铝包均为 25 倍。
- ③ 纸绝缘控制电缆，铅包为 10 倍，铝包为 15 倍。
- ④ 橡皮或塑料绝缘多芯或单芯电缆，铠装为 10 倍，无铠装为 6 倍。

4) 直埋电缆线路的直线部分，若无永久性建筑物时，应埋设标桩，接头和转角处也均应埋设标桩。

5) 10kV 油浸纸绝缘电力电缆在环境温度低于 0℃ 的条件下施工时，应用加热方法提高周围环境温度或对电缆通电流加热。用通电流加热时，电流值不应超过电缆允许的额定电流值，且电缆表面温度不应超过 35℃。

6) 电缆线路的长度不超过厂家制造长度时，应使用整条电缆，尽量避免接头。如必须有接头时，应设在电缆沟或电缆隧道的人孔或手孔处，并做

好标志。

- 7) 直接埋入地下的电缆, 应有铠装和防腐层保护。
 - 8) 直接埋入地下的电缆, 埋入前需将沟底铲平夯实, 电缆周围应填入100mm厚的细土或黄土, 土层上都要用定型的混凝土盖板盖好, 中间接头处应用混凝土外套保护, 不应将电缆埋设在具有垃圾的土层中。
 - 9) 10kV及以下直埋电缆的深度, 一般不小于0.7m, 农田中不小于1m。
 - 10) 电缆沟及隧道中敷设的电缆, 应在引出端、终端以及中间接头和走向有变化的处所挂标示牌, 注明电缆规格、型号、回路及用途, 以便维修。当电缆进入室内沟、道时, 应将防腐层剥除(穿管保护除外), 并涂防锈漆。
 - 11) 电缆在混凝土管块中敷设时, 应设置人孔井, 人孔井的设置距离不应大于50m。
 - 12) 电缆隧道遇有转弯、分支、积水井以及地形高低差悬殊的地点, 应设置人孔井。直线段人孔井间距离以不大于150m为宜。
 - 13) 电缆中间接头除采用钢筋混凝土保护盒外, 也可采用混凝土管或硬质塑料管代替。
 - 14) 电缆穿保护管长度在30m以下时, 直线段保护管内径应不小于电缆外径的1.5倍, 有一个弯曲时应不小于2.0倍, 有两个弯曲时应不小于2.5倍。电缆穿保护管长度在30m以上时(只限于直线段), 保护管内径应不小于电缆外径的2.5倍。
 - 15) 电缆芯线的连接, 均应采用圆形套管连接。铜芯用铜套管压接或焊接; 铝芯用铝套管压接; 铜、铝电缆相接, 应用铜铝过渡连接管。
 - 16) 铝芯电缆的连接均采用压接, 在压接前须清除氧化膜, 套管压接后的整体均不应有变形、弯曲等现象。
 - 17) 埋设地下的各种电缆均应在回填土前进行隐蔽工程验收, 并绘制竣工图, 标明具体坐标、部位与走向。
 - 18) 有色金属焊接与金属密封(俗称封铅)的焊接要牢固。
 - 19) 室外电缆敷设, 凡穿经电缆手孔井或人孔井时, 各条电缆均应扎塑料制的标示牌, 用油漆注明该电缆的用途、路径、规格型号以及敷设日期。
 - 20) 室外电缆暗敷设工程, 应在竣工交付验收时, 将竣工图移交运行单位, 以供维修管理之用。
- 电缆长度见表7-3。

表 7-3 电缆长度 (单位: m)

	进建筑物	中间头	终端头	垂直到水平	进高压柜	进低压柜	进动力箱	进电缆沟
直埋电缆	2.3	5.0		1.5	0.5	2.0	3.0	1.5
电缆沟敷设	1.5	3.0						3.0

电缆支架固定的最大距离见表 7-4。

表 7-4 电缆支架固定的最大距离 (单位: m)

敷设方式	塑料护套铅(铝)包铠装		钢丝铠装电缆
	电力电缆	控制电缆	
水平敷设	1.0	0.8	3.0
垂直敷设	1.5	1.0	6.0

2. 电缆的敷设方式

电缆的敷设方式,除电缆穿钢管直埋、电缆沿墙敷设、电缆沿电缆托盘或电缆桥架敷设等明敷外,还有直埋电缆(铺砂盖砖或盖混凝土板敷设)、电缆沿沟内敷设、电缆隧道敷设等暗敷。在建筑工程中,应用最多的是直埋电缆敷设和电缆沟敷设。

(1) 电缆明敷

电缆明敷如图 7-3 所示。

(2) 直埋电缆敷设

电缆应埋在冻土层以下,电缆埋深要求不小于 0.7m,电缆沟深不小于 0.8m,电缆的上下各有 100mm 厚的细砂(或软土),上面还要盖砖或混凝土保护板,其覆盖宽度应超过电缆两侧各 50mm。地面上在电缆拐弯处或进建筑物处要埋设方向桩,以备日后施工时参考。直埋电缆一般限于 6 根以内,超过 6 根就要采用电缆沟敷设方式。

多根电缆并排敷设时,应有一定间距。10kV 及以下的电力电缆和不同回路的多条电缆,其间距应符合图 7-4 中的标准值。

直埋电缆在拐弯、接头、终端和进出等地段,应装设明显的方位标志,注明线号、电压等级、电缆型号、截面积、起止地点、长度等内容,以便维修。电缆直线段每隔 50~100m 处应适当增加标桩,标桩露出地面一般为 0.15m。

电缆埋地敷设时,电缆壕沟形状及尺寸如图 7-4 所示。

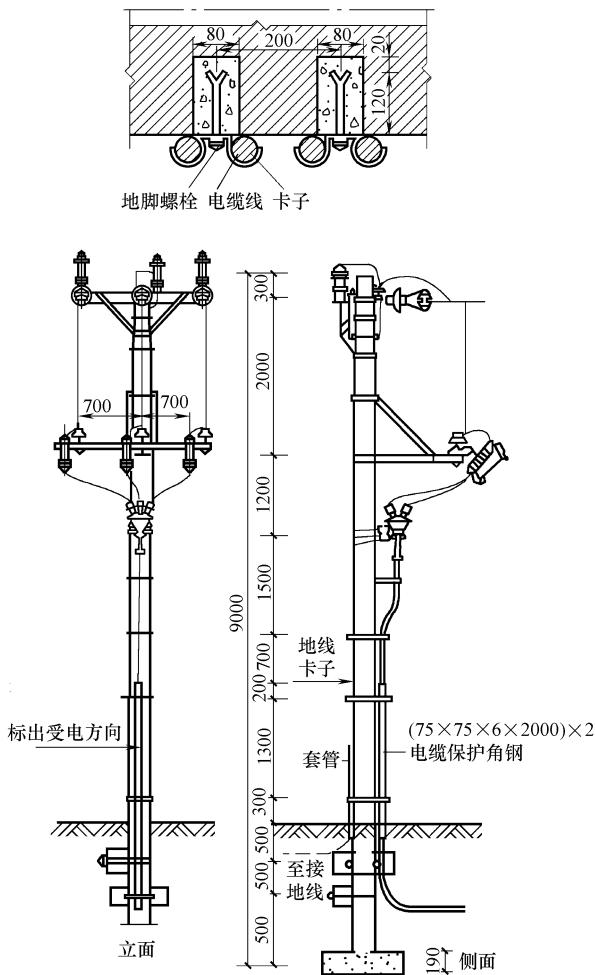


图 7-3 10kV 电缆明敷安装图

电缆沟宽度见表 7-5。

(3) 电缆沟敷设

电缆较多时，可以在电缆沟内预埋金属支架，支架可设在两侧，最多可设 12 层电缆。

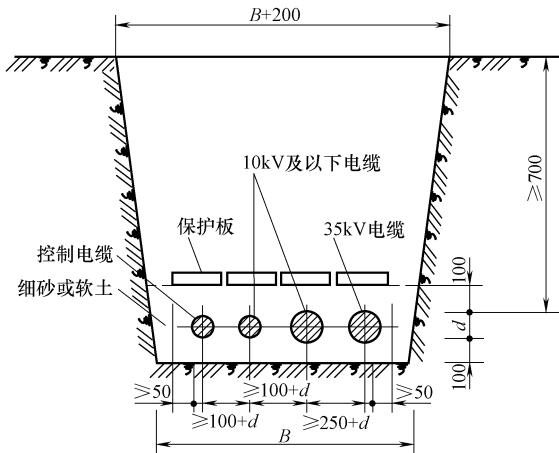


图 7-4 直埋电缆示意图

表 7-5 电缆沟宽度

电缆沟宽度 B /mm	控制电缆根数						
	0	1	2	3	4	5	6
10kV 及以 下电力电缆 根数	0	350	380	510	640	770	900
	1	350	450	580	710	840	970
	2	500	600	730	860	990	1120
	3	650	750	880	1010	1140	1270
	4	800	900	1030	1160	1290	1420
	5	950	1050	1180	1310	1440	1570
	6	1100	200	1330	1460	1590	1720

电缆沟底应平整，沟内应保持清洁、干燥，应设置适当数量的积水坑和排水设施。电缆沟尺寸根据设计确定，沟壁、沟底均应采用防水砂浆抹面。电缆沟布线方法如图 7-5 所示。

电缆在隧道或电缆沟内敷设时的净距不得小于表 7-6 中的数据。

(4) 电缆隧道敷设

如果电缆数量非常多，则可用电缆隧道敷设，如图 7-6 所示。

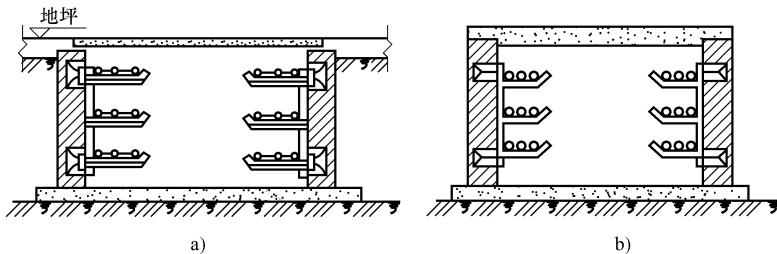


图 7-5 电缆沟敷设布线图

a) 室内电缆沟布线图 b) 室外电缆沟布线图

表 7-6 电缆在隧道或电缆沟内敷设时的净距 (单位: mm)

敷设方式	电缆隧道高度 ≥1800mm	电缆沟	
		深≤0.6m	深>0.6m
两边有电缆架时架间水平净距(沟宽)	1000	300	500
一边有电缆架时架与壁通道间的净距	900	300	450
电缆架层间的垂直净距	电力电缆 控制电缆	200 120	150 100
电力电缆间的水平净距	35, 但不小于电缆外径		

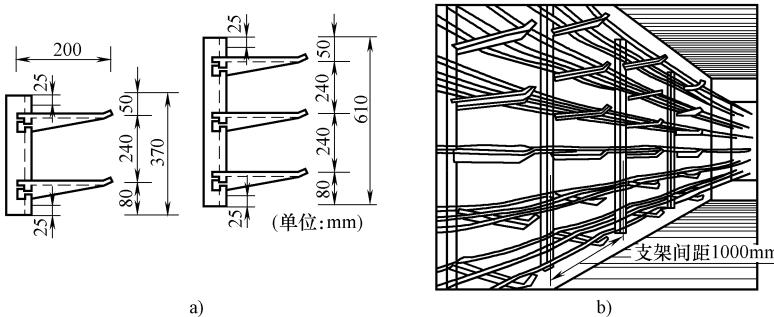


图 7-6 电缆隧道敷设图

a) 结构尺寸 b) 敷设效果

(5) 应用举例

1) 电缆引入管配线。如果高压电缆引入后, 直接到墙上高压负荷开关

的上闸口，其电缆引入管应伸出地平面至少 100mm，如图 7-7a 所示。这样电缆引入管应有一个 90°的直角弯，因此要求管口距离墙不应大于 50mm，位置要准确。引出管的根数较多，一个回路一根管，大型配电中心室引出管有时不在同一个位置，而是从两个或三个位置引出，这是由平面图决定的。

2) 电缆引入照明配电箱的配线。电缆引入照明配电箱的配线示意图如图 7-7b 所示。其中，出电缆沟长度一般为 20mm，进箱一般为 10mm；水平距离的长度是用钢卷尺按现场实际距离测量出来的；垂直部分的高度是由闸箱标高 (1.2~1.4m) 决定的；灯叉弯的有无及角度的大小是由箱体结构和墙的厚度决定的，主要看闸箱底部敲落孔的位置及距后底的距离，必须把箱体在墙上的位置确定好，才能下管。管的总长度为水平长度 + 垂直高度 + 进箱长度 + 进电缆沟长度 + 灯弯和直角弯的弯曲余量。进入电缆沟的管口应先作成喇叭口，然后用锉去除毛刺，再焊接一个 M6 的螺钉，作为接地用；进入箱体的管口也应用锉清除毛刺。

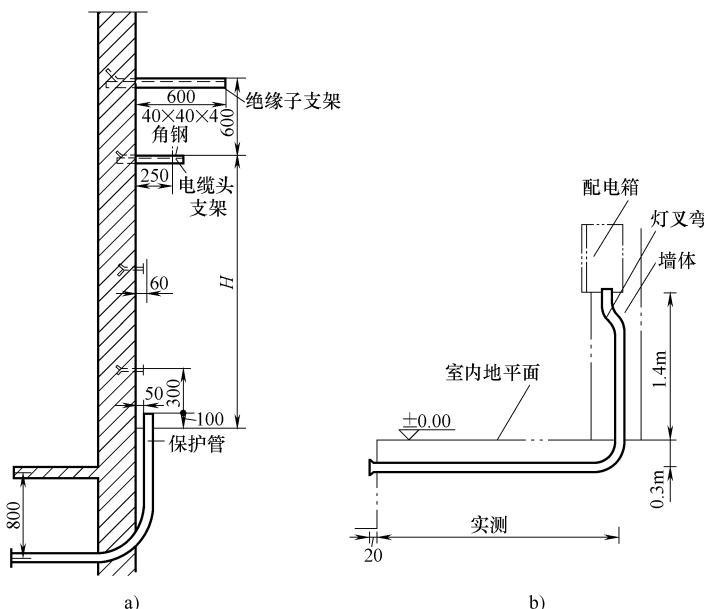


图 7-7 电缆引入方法

a) 电缆引入管配线 b) 电缆引入照明配电箱

7.4 电线杆的安装

1. 电线杆的安装方法

在架空线路中, 图 7-8 是电线杆、拉线和横担安装总图, 它说明了各种组成及结构名称。

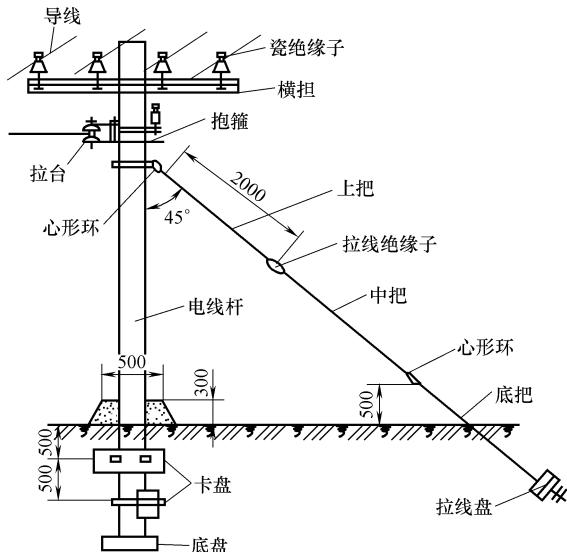


图 7-8 电线杆、拉线与横担安装总图

各种电线杆的形式如图 7-9 所示。直线杆用于承受双方向线路；耐张杆用于线路分段处以加强线路机械强度；转角杆用于线路转角处；终端杆装置在线路终端或始端只在单方向装设导线；分支杆用在一杆上分出方向不同的线路上。

电线杆的安装分为架杆立杆法和抱杆立杆法两种。交通方便的地方, 可采用吊车直接吊立, 省时省力。电线杆的安装具体分为以下步骤: 挖坑、立杆、埋土、夯实。

2. 电线杆埋设深度

电线杆埋设深度见表 7-7。

表 7-7 电线杆埋设深度

杆长/m	8	9	10	11	12	13	15
深度/m	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.3

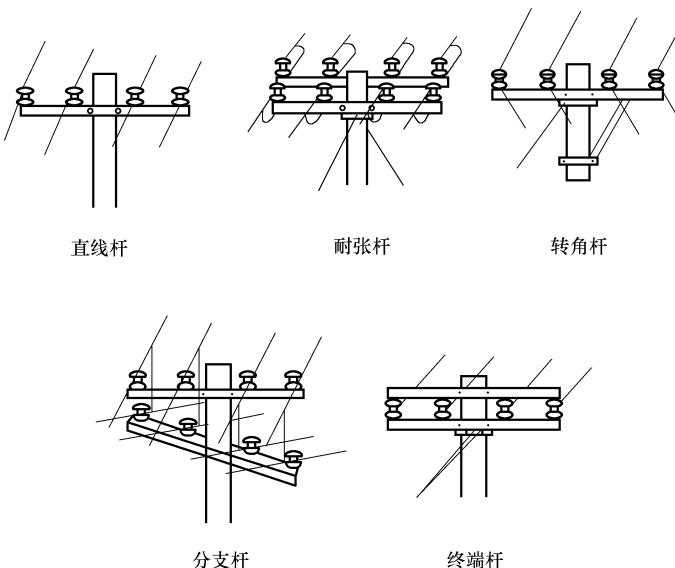


图 7-9 电线杆的形式

7.5 拉线的安装

拉线对电线杆起到稳定的作用，防止大风刮倒。拉线与地面成 45°或 60°夹角。拉线的安装方法，如图 7-10 所示。

拉线的种类及用途如下：

1) 普通拉线用于终端、转角和分支杆，装设在电线杆受力的反面，用以平衡电线杆所受导线的单向拉力。对于耐张杆则在电线杆顺线路方前后设拉线，以承受两侧导线的拉力。

2) 侧面拉线即人字拉线，用于交叉跨越和耐张段较长的线路上，以便使线路能抵抗横线路方向上的风力，因此有时也叫做风雨拉线或防风拉线，每侧与普通拉线一样。

3) 水平拉线用于线路需要跨越道路或其他障碍时的电线杆上，因此也叫拉桩拉线。

拉线长度与角度的对照见表 7-8。

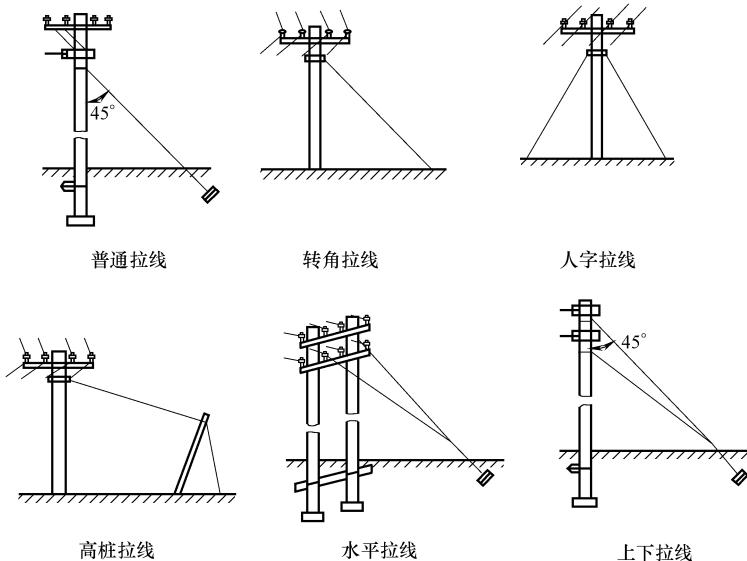


图 7-10 拉线的安装

表 7-8 拉线长度与角度的对照表

拉线角度	拉线长度/m	6	8	10	12	14
45°	9.0	12.0	14.7	17.5	20.30	
30°	7.5	9.8	12.0	14.4	16.7	
30°线时，电线杆与拉线坑距离/m	3.5	4.6	5.8	7.0	8.00	

7.6 横担的安装

横担在电线杆的上部，离杆顶 100mm 处，要装的水平，其倾斜度不大于 1%。安装时，必须使两个固定螺栓承力相等，交替拧紧螺栓上的螺母。横担的安装如图 7-11 所示。

横担主要用于架空线路，在绝缘子上固定高低压电线。

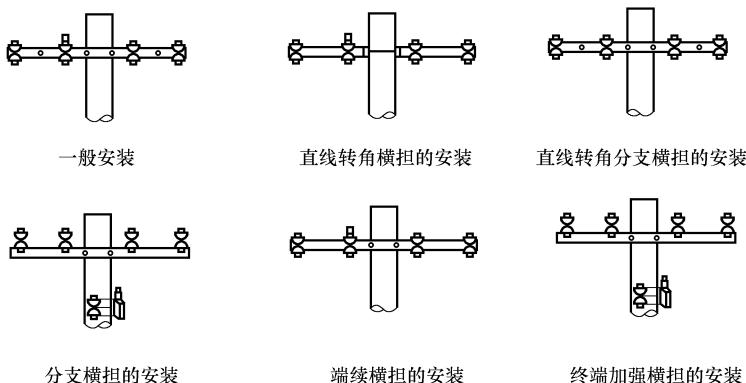


图 7-11 横担的安装

7.7 电工安装的安全用具

1. 绝缘手套和绝缘靴

(1) 绝缘手套

绝缘手套是用特种橡胶制成的。它是在高压电气设备上操作时的辅助安全用具，也是在低压设备的带电部分上工作时的基本安全用具。根据规程要求，绝缘手套必须定期检查并作交流耐压试验和泄漏电流试验。

绝缘手套在使用前要检查是否破损漏气（可将手套向手指方向弯曲）；使用时手套的伸长部分应该戴到外衣袖的外面，至少要套过手腕。平时不用时要放在干燥通风的地方。应当注意，不能用医疗、化学用的手套代替绝缘手套，也不能将绝缘手套作其他用途。

(2) 绝缘靴

绝缘靴也是用特种橡胶制成的，里面有衬布，通常不上漆。

在操作电气设备时，必须穿绝缘靴，以便与地保持绝缘和防止跨步电压触电，平时不用时要放在干燥无油迹的柜子里，并与其他工具分开。

根据规程要求，绝缘靴必须定期检查并作交流耐压和泄漏电流的试验，试验周期一般为6个月。应当注意，不能用普通水靴代替绝缘靴，也不能将绝缘靴当普通水靴穿用。

2. 绝缘垫和绝缘台

绝缘垫和绝缘台的作用与绝缘靴相同，主要起着与地面隔电的作用，防止发生人身触电事故。在电工作业的任何情况下，绝缘垫和绝缘台都只能作为辅助安全用具。

绝缘垫一般用特种橡胶制成，其厚度不应小于5mm、表面应有防滑条纹。通常铺在配电装置周围地面上，以便在操作时增强绝缘。绝缘垫的最小尺寸不应小于0.8m×0.8m。

绝缘垫必须放在干燥的地方，经常保持清洁。一旦发现绝缘垫破损等情况，应立即停止使用。

绝缘台是用干燥而坚固的木条制成的，底部的四角用针式绝缘子（瓷绝缘子）作为支持物。木条与木条之间的距离不得大于2.5cm，以免鞋根陷入。台面板所用的支持瓷绝缘子高度不得小于10cm，台面板边缘不得伸出支持瓷绝缘子以外，以免绝缘台倾翻。绝缘台的最小尺寸不应小于0.8m×0.8m，为了便于移动和检查，最大尺寸也不宜大于1.5m×1.0m。

绝缘台应置于硬实的地面上，台面板不得与地面其他物体接触。在室外使用时，应放在硬地面上，绝缘台的支持瓷绝缘子不得陷入泥中，台面板也不可与杂草接触。绝缘台的外形如图7-12所示。

3. 便携式接地线

便携式接地线是用来防止突然来

电（如错误合闸送电）、消除临近高压线路产生的电压、放尽断开电源的电气设备剩余电荷必不可少的安全用具，是保证电工作业人员安全的有效技术措施。

便携式接地线由接线夹头、短路软导线和接地夹头三部分组成，各部分连接应可靠。短路软导线必须采用多股软裸铜线，其截面积不小于25mm²。严禁使用其他导线作接地线。所有便携式接地线都要有编号，存放在固定处，并要对号存放（放置处也要编号）。使用时要做记录，交接班时要交代清楚。

4. 遮栏

遮栏是用于防护工作人员误碰或接近带电部分的安全用具，有固定遮栏和临时遮栏两种。固定遮栏常用金属件焊接而成；临时遮栏可用干燥木材制成。临时检修用遮栏也可用绳子代替。

遮栏的高度不应小于1.8m，下脚边缘离地面不应超过0.1m，栏条间净距不大于0.1m。遮栏上必须有“止步，高压危险”等字样，或悬挂其他标示牌。

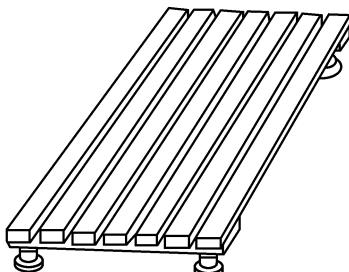


图7-12 绝缘台的外形

5. 安全带和脚扣

安全带又称为安全腰带，是用于防止坠落事故发生的“保险带”。它是高处作业时防止由于操作人员失误或设施有缺陷而发生人身伤亡的“救命带”。因此，一切高处作业人员必须使用安全带，如图 7-13a 所示。

使用安全带的注意事项如下：

1) 使用前应检查安全钩环是否齐全，保险装置是否可靠，大、小带有无老化、脆裂、腐朽等现象。若发现有破损、变质等情况，严禁使用。

2) 安全带应高挂低用或平行拴挂，严禁低挂高用。

3) 使用安全带时，只有勾好安全钩环，上好保险装置，才可探身或后仰；杆上转位时，不应失去安全带的保护。

4) 安全带不应拴挂在杆尖、戗板和其他要撤换的部件上，而应系在电线杆上合适、可靠的部位。

脚扣是电工架高压外线必需的工具，它是上下电线杆时用的安全用具，如图 7-13b 所示。

6. 绝缘杆

绝缘杆主要用来拉合 35kV 及以下高压跌落式熔断器、高压隔离开关，安装和拆除便携式接地线，以及进行电气测量和试验等工作。

绝缘杆由工作部分、绝缘部分、护环和握手部分构成，如图 7-14 所示。

绝缘杆的工作部分由铜、铸钢、铝合金等金属材料制成，根据需要，可以做成不同的形状，装于绝缘杆的顶端。应注意的是，工作部分的金属钩，在满足需要的情况下，应尽量做得短些，以免在操作时造成接地或相间短路。工作部分的长度，一般为 50~80mm。

绝缘杆的握手部分和绝缘部分，是由电木、胶木、硬质塑料或经绝缘油

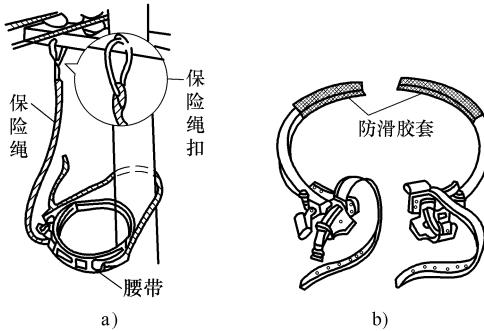


图 7-13 安全带与脚扣

a) 安全带 b) 脚扣

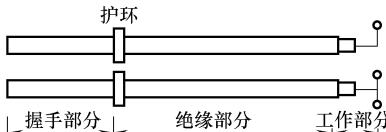


图 7-14 绝缘杆的组成

煮过的木料制成的，其间由护环隔开。握手部分和绝缘部分的长度，视电压等级和工作环境的不同而定，10kV 等级见表 7-9。

表 7-9 10kV 等级绝缘杆的绝缘部分和握手部分的长度

电气设备的 额定电压	户内设备		户外设备及架空线	
	绝缘部分长度 /m	握手部分长度 /m	绝缘部分长度 /m	握手部分长度 /m
10kV 及以下	0.7	0.3	1.1	0.4

绝缘杆在使用和保管中应注意以下事项：

- 1) 使用前应用干净的棉布等将绝缘杆表面擦拭干净。
- 2) 操作时，应戴绝缘手套，穿绝缘靴或站在绝缘垫（台）上。
- 3) 操作者的手握部分不得越过护环。雨天使用一定要有防雨措施。
- 4) 使用后应放置在固定的便于取用的地方，并应注意防潮。应垂直存放，放在木支架上或吊挂在室内，不得接触墙壁，以免受潮破坏绝缘。

电工内线安装

8.1 低压配电线路的安装

1. 低压配电线路

低压配电线路是指从配电间或小型发电站将电能输送到用电设备上的线路。它包括架设在屋外的线路即低压架空线路和敷设在屋内的低压线路。在布线时要因地制宜地推广四合一环形供电。四合一环形供电就是按区域实行工厂与工厂用电合一；工厂内部动力与照明用电合一；工业用电与居民用电合一；工厂电网与公用电网合一。实现集中统一供电的新体系，实行多源供电，消除了设备重叠，电路迂回，近电远送等现象，提高了供电质量，使供电更加适应战备和工农业发展的需要。低压架空线路一般是指500V以下的相电压为220V、线电压为380V的线路。低压架空线路主要由导线、电线杆、横担、绝缘子、金属材料和拉线等组成，如图8-1所示。

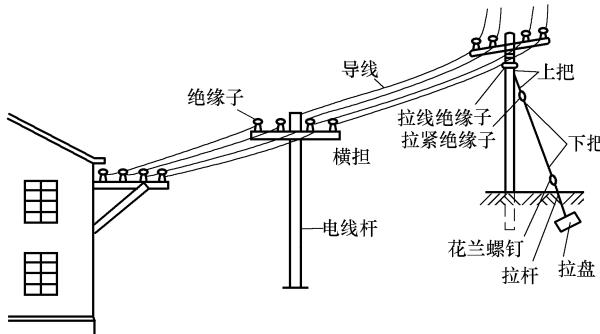


图8-1 低压架空线路

输送电能的架空导线经常承受外力作用，必须具有足够的机械强度和良好的导电性。由于导线具有一定的电阻，在电路中就有电压损失，因此电路上各点的电压并不相同。用电设备的额定电压并非是电路的起点电压，起点电压往往略高于终点电压。

2. 对低压配电装置的要求

- 选择低压配电装置时,除应满足所在网络的标称电压、频率及所在回路的计算电流外,还应满足短路条件下的动、热稳定性要求。对于要求断开短路电流的通、断保护电器,应能满足短路条件下的通断能力。
- 配电装置的布置,应考虑设备的操作、搬运、检修和试验的方便。户内配电装置裸露且带电部分的上方不应有明敷的照明或动力线路跨越(顶部具有符合IP4X防护等级外壳的配电装置可例外)。
- 成排布置的配电屏长度超过6m时,屏后面的通道应有两个通向本室或其他房间的出口,分布在通道的两端。当两出口之间的距离超过15m时,其间还要增加出口。其屏前屏后的通道宽度,不能小于表8-1中给出的数值。

表8-1 低压配电屏前后的通道宽度 (单位: m)

装置种类	单排布置		双排对面		双排背对背		多排同向布置	
	屏前	屏后	屏前	屏后	屏前	屏后	屏前	屏后
固定式	1.5	1.0	2.0	1.0	1.5	1.5	2.0	
	1.3	0.8		0.8	1.3			
抽屉式	1.8	0.9	2.3	0.9	1.8	1.5	2.3	
手车式	1.6	0.8	2.0	0.8			2.0	
控制屏(柜)	1.5	0.8	2.0	0.8			2.0	靠墙

- 低压配电室通道上方裸露带电体不应低于下列数值:

- 屏前通道内者为2.5m,加护网后其高度可降低,但护网最低高度为2.2m。
- 屏后通道内者为2.3m,否则应加遮护,遮护后的高度不应低于1.9m。

8.2 低压配电柜的安装

1. 低压配电柜进、出线方案

(1) 出线的控制、保护方案

根据负载分布情况及近期发展规划和电价类别,确定配电出线回路数和单相两线制、或三相四线制等供电方式。

各路出线确定后,可根据各路出线所带负载的大小、线路的长短和对供电可靠性的要求等情况,确定其控制、保护方案。线路较长、负载较大的分

路，可用隔离开关和分路断路器作为分路的控制和保护；线路较短、负载较小的分路，可用接触器或负荷开关（带灭弧罩的开关）和熔断器作为分路的控制和保护。在各分路上还应考虑加装漏电保护装置。根据需要，有时还要加装定时开关钟、电力定量器等。

（2）进线的控制、保护方案

分路较多、变压器容量较大时，应装设总隔离开关和总低压断路器。变压器容量较小时，可用隔离开关和熔断器作为总开关和总保护。

配电变压器容量较小、低压线路较短、分路负载较小且未装设漏电保护装置时，进线应装设带有或配有漏电保护的总低压断路器和交流接触器。若各分路都装有漏电保护装置，则总进线开关可以不装设漏电保护装置。

图 8-2 所示为低压配电盘的一种接线示意图。

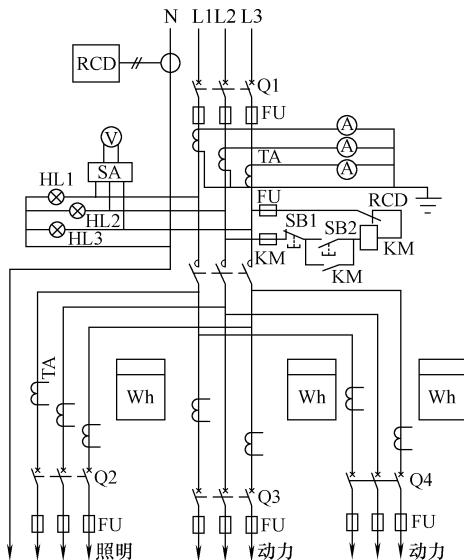


图 8-2 低压配电盘的接线示意图

低压配电柜的型号有 BSL、BDL、PGL、BFC 型（抽屉式）等，用户可根据需要选用。应急维修电源柜内装备有可充电蓄电池，一旦出现停电或因故障造成停电等情况，可用于局部照明。

2. 低压配电箱的安装

1) 低压配电箱的安装高度，除施工图中有特殊要求外，暗装时底口距

地面为1.4m，明装时为1.2m，但明装电能表时应为1.8m。

2) 在240mm厚的墙内暗装配电箱时，其后壁用10mm厚的石棉板及直径为2mm的铅丝、孔洞为10mm的铅丝网钉牢，再用1:2的水泥砂浆抹好以防开裂。

3) 配电箱外壁与墙有接触的部分均需涂防腐油，箱内壁及板面均涂灰色油漆两道。铁制配电箱应先涂樟丹油，再涂油漆。

4) 为了防止木制配电盘因电火花烧伤，根据电流值和使用情况的不同，按下列情况确定是否加包铁皮。

① 平时操作不频繁的一般照明配电盘，其额定电流在60A以下的可不包铁皮，但操作较频繁的照明配电盘应包铁皮。

② 电力配电盘的额定电流在30A及以上者要加包铁皮，在30A以下及盘上装有封闭式负荷开关时可不包铁皮。

③ 凡安装在重要负载及易燃场所的配电盘，不论其电流大小均应采用铁盘或木盘包铁皮。

④ 需加包铁皮的配电箱，其包铁皮的部位为盘板的前后两面，箱身及箱内壁不包铁皮。

5) 配电盘上装有计量仪表、互感器时，二次侧的导线使用截面积不小于1.5mm²的铜芯导线。

6) 盘后导线应按相序颜色套上软塑料套管，U相用黄色、V相用绿色、W相用红色、零线用黑色。

7) 相线穿过盘面时，木盘需套瓷管头，铁盘需装橡皮护圈。工作零线穿过木盘时，可不加瓷管头，只套以塑料管。

8) 配电盘上的刀开关、熔断器等设备，上端接电源，下端接负载。横装的插入式熔断器等应从面对配电盘的左侧接电源，右侧接负载。

9) 零线系统中的重复接地应做在引入线处，在末端配电盘上也应作重复接地。

10) 零母线在配电盘上不得串接。零线端子板上分支路的排列需与相应的熔断器对应，面对配电盘从左到右编排1、2、3……

8.3 动力线路的安装

1. 动力线路安装平面图

动力线路平面图中表示的管子一般敷设在本层地板中。动力线路平面图画在简化了的土建平面上，小圆圈表示动力出线口，它用防水弯头与地面内伸出来的管子相连接，长方形框表示动力或电气设备的基座。动力管线要标出导线的根数及型号，如图8-3所示。

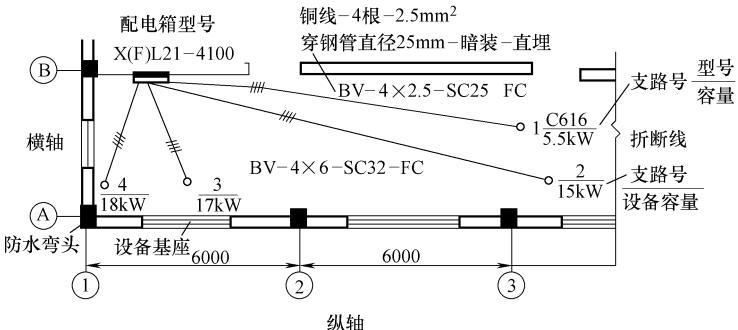


图 8-3 动力线路安装平面图

为了清楚地表示设备的安装位置、型号和容量，每个出线口旁边按规定的次序 a、b、c 即 $a \frac{b}{c}$ 分别表示设备或支路编号、设备型号和设备容量。

图 8-3 中第 1 支路的设备型号是 C616 (车床)，功率是 5.5kW。有时可以省去设备型号，如第 2 支路，主要标出设备容量 15kW。

图 8-3 中，横轴编号由下至上用 A、B、C…表示，纵轴由左向右用阿拉伯数字 1、2、3…表示。

动力管线常用穿钢管保护铜芯橡皮绝缘线 (BX) 或铜芯塑料绝缘线 (BV)。在有腐蚀物的车间要用耐腐蚀的管材，如硬塑料管或镀锌钢管等。当导线根数很多时，可用槽板配线。有的车间或体育场等需要从空间用电，可以采用钢索配线或电缆托盘供电。

2. 明敷安装

图 8-4a 所示为明装塑料线槽安装图，用木螺钉和垫圈把明装塑料线槽固定。用同样的方法将其安装在木砖上，如图 8-4b 所示。

3. 母线安装

图 8-5 所示为母线沿墙安装图。一般用户采用铜排或铝排安装，用螺栓、螺母固定。

4. 暗敷安装

图 8-6a、b 所示为聚乙烯电线管暗敷安装的两种方案。一般用户采用塑料管或钢管内穿铁丝后，预埋在建筑物内，房子盖好后，用铁丝把导线扎紧拉出来接开关、插座等，如图 8-6c 所示。

室内明敷导线的最小截面积与距离见表 8-2。

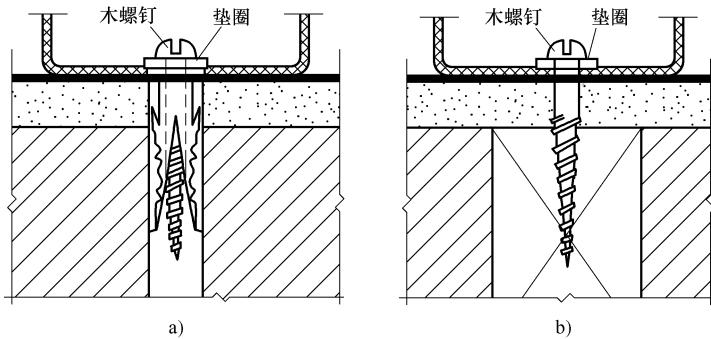


图 8-4 明装塑料线槽安装

a) 塑料膨胀管安装 b) 木砖安装

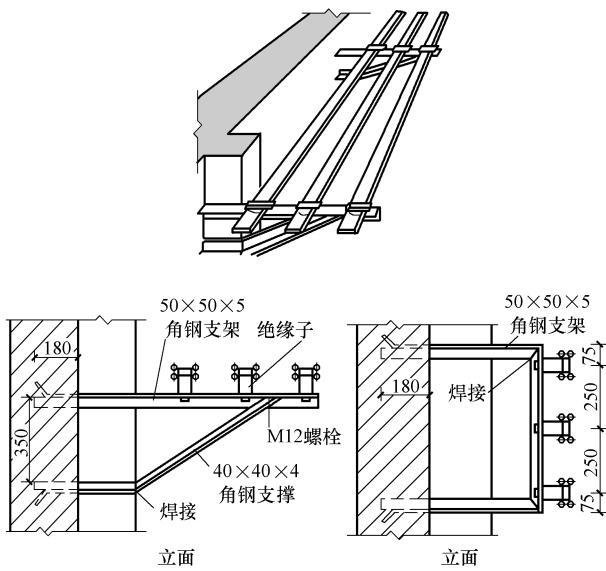


图 8-5 母线沿墙安装

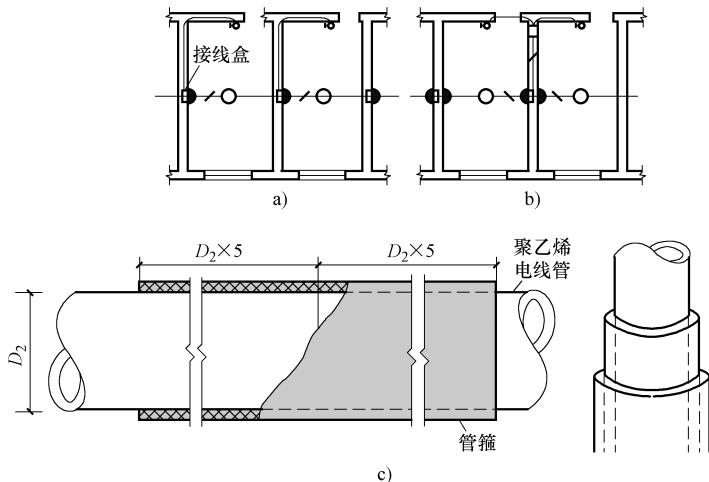


图 8-6 聚乙烯电线管暗敷安装图

a) 方案一 b) 方案二 c) 聚乙烯电线管安装图

表 8-2 室内明覆导线的最小截面积与距离

配线方式	绝缘导线 最小截面 积/mm ²		敷设距离					
			绝缘导线截面积 /mm ²		前后支持物 间最小距离 /m	线间最 小距离 /mm	与地面最小 距离/m	
	铜芯	铝芯	铜芯	铝芯			水平 敷设	垂直 敷设
瓷夹板 配线	1.0	1.5	1.0 ~ 2.5	1.0 ~ 2.5	0.6	35	2.0	1.3
			4.0 ~ 10	4.0 ~ 10	0.8			
鼓形绝缘子 配线	1.0	2.5	1.0 ~ 2.5	1.0 ~ 2.5	1.2 ~ 1.5	50	2.0	1.3
			4.0 ~ 10	4.0 ~ 10	1.2 ~ 2.0			
			16 ~ 25	16 ~ 25	1.2 ~ 2.5	50		
针式或蝶式 绝缘子配线	2.5	4.0		4.0	6.0 (吊灯为 3)	100	2.0	1.3
			2.5 及以上	6.0 及以上	10 (吊灯为 3)	150		
护套线 配线	1.0	1.5			0.2		0.15	0.15

室内管线与其他管道设备的最小距离见表 8-3。

表 8-3 室内管线与其他管道设备的最小距离 (单位: m)

类别	管道与设备名称	管内导线	明敷绝缘导线	裸母线	滑触线	配电设备
平行	煤气管	0.1	1.0	1.0	1.5	1.5
	乙炔管	0.1	1.0	2.0	3.0	3.0
	氧气管	0.1	0.5	1.0	1.5	1.5
	蒸汽管	上 1.0/下 0.5	上 1.0/下 0.5	1.0	1.0	0.5
	暖水管	上 0.3/下 0.2	上 0.3/下 0.2	1.0	1.0	0.1
	通风管		0.1	1.0	1.0	0.1
	上下水管		0.1	1.0	1.0	0.1
	压缩空气管		0.1	1.0	1.0	0.1
	工艺设备			1.0	1.5	
交叉	煤气管	0.1	0.3	0.5	0.5	
	乙炔管	0.1	0.5	0.5	0.5	
	氧气管	0.1	0.3	0.5	0.5	
	蒸汽管	0.3	0.3	0.5	0.5	
	暖水管	0.1	0.1	0.5	0.5	
	通风管		0.1	0.5	0.5	
	上下水管		0.1	0.5	0.5	
	压缩空气管		0.1	0.5	0.5	
	工艺设备			1.5	1.5	

8.4 车间动力线路的安装

工业车间的电气线路多种多样, 根据其生产的功能流程和产品类别不同而复杂程度也不同。但是, 工业车间电气线路又有很多相同的地方, 工业车间是以动力线路为主的, 辅以部分生产照明线路, 有的还有自动化仪表。工业车间线路的敷设以电缆沟为主, 并配以电缆桥架; 多层结构时则以桥架、封闭插接母线和竖井为主, 辅以部分照明管线; 容量较大的工业车间均设变配电室和控制室, 电动机的功率有时很大, 有时采用高压电动机。下面介绍某车间的动力线路敷设情况供参考。

1. 车间概况

该车间为单层框架结构, 局部为三层; 设有室外变压器两台 (10kV、800kV·A), 供低压动力照明用; 电源由 35kV 变电所电缆引来; 并设有配电室、控制室, 采用集中和就地控制, 所有信号均引入控制室; 系统采用柱内主筋为接地引线, 接地体室外单设, 接地电阻不大于 4Ω 。车间动力线路的平面布置如图 8-7a 所示。

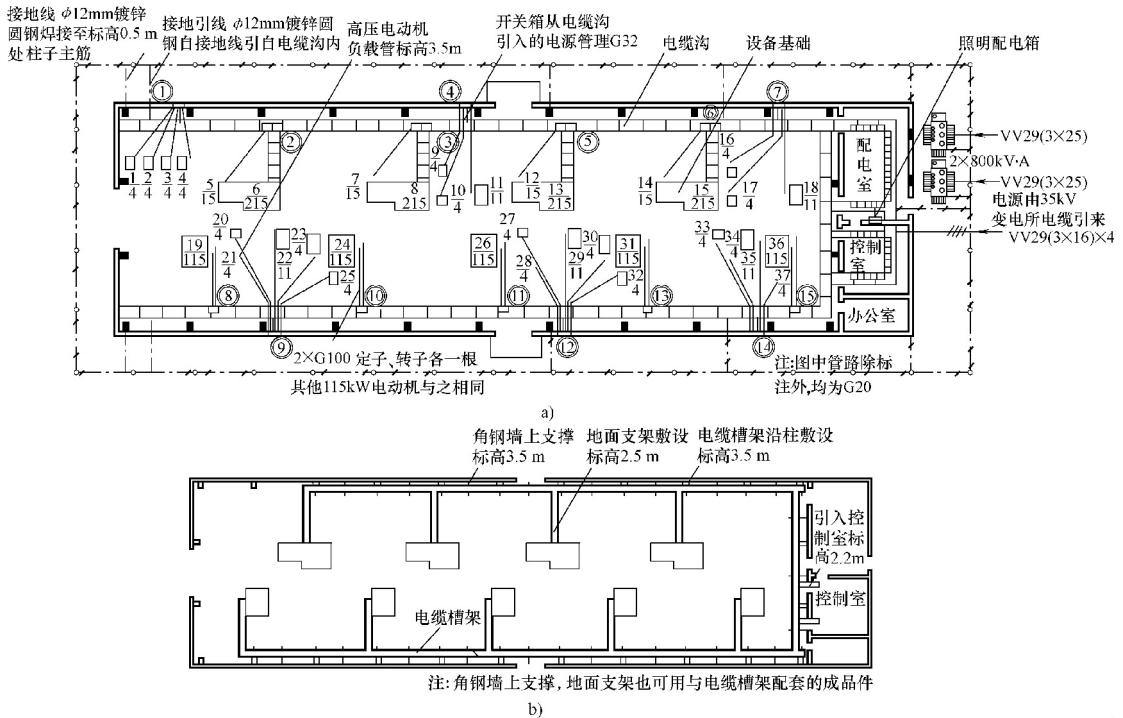


图 8-7 车间动力线路的安装

a) 车间动力线路的平面布置 b) 桥架的布置

2. 线路的敷设

1) 电源电缆共8根由厂区35kV总变电所埋地引来。其中，VV 29 (3×25) 两根为变压器电源引至变压器高压侧；VV 29 (3×16) 两根为高压电动机电源，引入后沿电缆沟送至高压电动机起动柜处，见图8-7a中①③⑤⑥柜，另外两根为备用，引入到电缆沟里即可。

2) 电缆沟把配电室、控制室及车间两边路连通，送往各柜、箱的电缆和导线均经过电缆沟敷设。通往215kW电动机的负载电缆也是经电缆沟敷设的，这一段电缆沟是为其单独设置的，沟通了起动柜和电动机的连接。

3) 通往②④⑦⑨⑫⑭开关箱的电源是穿管G32和G50由电缆沟引入的。由各开关箱到电动机的负载管均为G20埋地且穿过电缆沟引至电动机接线盒处，出线口标高由设备安装高度确定。

4) 由⑧⑩⑪⑬⑮起动柜引至115kW电动机的2×G100负载管理地引至电动机接线盒处，115kW电动机采用绕线转子电动机，定子、转子各一根，出线口标高由设备安装高度确定。

5) 电气信号、运行参数、反馈信号、仪表的导管线缆等直流或弱电电缆均敷设在电缆桥架上，桥架的布置如图8-7b所示。桥架通往每台大型电动机处，并引至配电室（交流电源部分、电流表及电压表等）和控制室（上述所有信号）。桥架安装分三种标高，主桥标高为3.5m，到电动机标高为2.5m，到控制室标高为2.2m。

3. 设备的安装

开关箱①④⑦⑨⑫⑭均安装在墙上，明装，下底距地1.2m。起动柜②③⑤⑥⑧⑩⑪⑬⑮及控制室、配电室的盘柜均安装在电缆沟上端面的槽钢架上，落地式安装。变压器安装在室外基础上，图8-7b中未标注标高，因此按一般规定，标高0.5m，距墙1.2m，并与低压引入窗口对正。

8.5 内线配电线线路的安装

1. 内线安装的布线原则

内线在大多数情况下采用电压不低于500V的绝缘导线，绝缘导线的敷设分明敷和暗敷两大类。明敷是导线敷设于墙壁、桁架或天花板等处的表面，暗敷是导线敷设于墙壁里面、地坪内或楼板内等处。在不同环境下可采用的导线布线方式如下：

1) 在干燥无尘、无腐蚀性气体的场所，可采用塑料护套线、瓷夹板、木槽板等明敷布线。当负载较大时可采用瓷珠、瓷绝缘子沿建筑物表面明敷，也可采用金属管、塑料管明敷或暗敷。

2) 在潮湿多尘场所，宜采用瓷珠、瓷绝缘子沿建筑物表面明敷，或用

金属管、塑料管明、暗敷设。

3) 在有腐蚀性气体的场所,应采用硬塑料管明、暗敷设,也可采用针式绝缘子明敷。

4) 在易燃、易爆场所,要采用焊接钢管明、暗敷设,连接处及两端应密封。

5) 在屋架较高、跨度较大的环境中,敷设照明线路、固定灯具可采用钢索明敷。绝缘导线在钢索上可用瓷夹板、瓷珠和金属管固定。

2. 内线电工安全操作规程

1) 配电变压器台(架、室)停电检修时,应使用第一种工作票。同一天内几处配电变压器台(架、室)进行同一类型工作时,也可使用第一种工作票。高压线不能停电时,工作负责人应向全体人员说明线路上有电,并加强监护。

2) 在吊起或放落变压器前,必须检查配电变压器台架的结构是否牢固。吊起或放落变压器时,应遵守邻近带电部分有关规定。

3) 配电变压器停电试验时,台架上严禁有人(工作负责人指定的试验人员除外,但应在指定位置,以防触电)。地面有电部分应设围栏,并悬挂“止步,高压危险!”的标示牌,且有专人监护。

4) 对线路上的开关、跌落式熔断器进行检修时,必须将连接该设备的两侧线路全部停电,并验电接地后,才能进行工作。

8.6 临时供电线路的安装

本节着重介绍有关临时供电线路的一些特点、内容、平面布局和临时供电线路的架设。

1. 临时供电线路的特点

(1) 临时性

一般单位建筑工程工期只有几个月,多则一两年,交工之日临时供电设施即可拆除。

(2) 美观性

临时供电线路要使用合格的设备与器材,导线应使用绝缘电线或电缆,线路布置整齐、牢固和美观。

(3) 平衡性

装设临时供电线路要考虑三相电力负载平衡、开关保护整定值是否满足要求。

(4) 规范性

临时供电线路应有开关控制,不得从线路上直接引出,也不能以插头插

座代替开关来分合电路，有关设备应采取保护接零、遮栏、标示牌等安全措施。临时供电线路不可任意拖拉、马虎架设，可沿建筑物构架敷设，其长度一般不宜超过10m，离地面高度不应低于2.5m；沿地面敷设应采取穿管保护措施。临时架空线长度不得超过500m，离地面高度不应小于4~5m，与建筑物、树木或其他导线的距离一般不得小于2m。

(5) 安全性

在电力线路上发生事故者，多在临时明敷供电线路上，因此对临时明敷供电线路的导线接头漏电、破皮、断线落地、破皮导线碰触金属构架等隐患，要经常检查，并及时处理。

2. 临时供电的内容

根据“在施工现场专用的中性点直接接地的电力线路中必须采用TN-S接零保护系统”的规定，用电单位有专门的供电变压器时，自然按TN-S系统供电。实用中常采用架空五线供电方式，也可用五芯电缆供电方式。

如果建筑施工现场用电量达到100kW，或者是临时用电设备有5台以上时，就应该作临时供电施工设计：统计工地的用电量，选择适当容量的电力变压器；草绘施工供电平面布置图，其中包括初步确定电力变压器的最佳位置、供电干线的数目及平面布置，确定各主要用电点配电箱的位置，计算各条干线的截面积等。

3. 供电线路平面布置

供电线路的布置应与施工总平面图中的各个用电中心及土建设计统筹考虑，一般应注意：电线杆不能影响地下光缆通信、天然气管道、上下水管道的畅通无阻。此外，还应满足尺寸要求：与建筑物的水平距离应不小于1.5m，与没有门、窗的墙的距离不小于1m，与各设施的距离如图8-8所示。布线应平坦、笔直，拐弯处应作拉线。电线杆间距不大于35m，导线间距不小于0.3m。

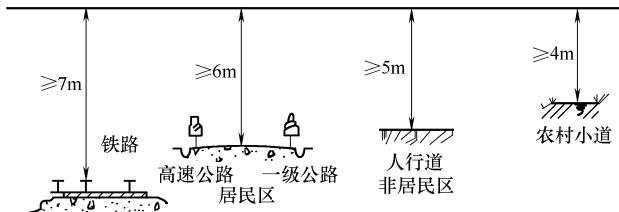


图8-8 供电平面布局

4. 临时供电线路的架设

(1) 电源变压器的选择

系统采用 TN—S 方式即可。从零线端子板分出保护线 PE，形成 TN—S 系统。

(2) 电源变压器最佳位置的选择

变压器的位置关系着供电的安全、可靠及节约电工材料等，一般应考虑以下因素：

- 1) 电源变压器的位置应尽量靠近高压线路，但为了安全，高压线路不得穿越施工场地。
- 2) 电源变压器尽量靠近负载中心，临时供电可凭经验沿高压线路附近选择即可。准确的负载中心位置可以用平面坐标法计算。
- 3) 尽量避开危险处，如有开山放炮、化工厂污染、泥石流等处，选在安全可靠、运输方便的地方。
- 4) 当变压器低压为 380V/220V 时，其供电半径一般不大于 700m，否则供电线路的电压损失将大于 5%。室内变压器地面宜高出室外 0.15m 以上。

(3) 架设

根据平面图的要求进行施工，安装电源变压器，然后根据负载拉线至所需位置即可。

第9章

照明灯具及安装

9.1 照明安装基本知识

1. 光的基本概念

光是电磁波。波长范围在 $(380 \sim 760) \times 10^{-9}$ m 的电磁波能使人眼产生光感，这部分电磁波称为可见光；波长大于 760nm 的红外、无线电波和波长小于 380nm 的紫外线、X 射线都不能引起人眼的视觉反应。全部可见光混合在一起就形成日光（白色光）。

光作为电磁波的一部分，是可以度量的。但经验和试验都证明，不同波长的可见光在人眼中引起的光感是不同的。即使不同波长的可见光辐射的能量一样，但看起来明亮程度也不同。一般来说，人眼对波长为 555nm 的黄绿光最敏感。波长离 555nm 越远，人眼对其感光的灵敏度越差。用来衡量电磁波所引起视觉能力的量，称为光谱光视效能。任一波长的可见光光谱光视效能与 555nm 可见光的光谱光视效能之比，成为该波长的相对光谱光视效能。

2. 基本光学度量单位

(1) 光通量

光源在单位时间内向空间发射出使人产生光感觉（可见光的波长为 380 ~ 760nm）的能量称为光通量，常用 Φ 表示，单位为 lm（流明）。常用光源的光通量见表 9-1。

(2) 发光强度

单位立体角内的光通量称为发光强度，它表征光通量的空间密度，用符号 I 表示，单位是 cd（坎德拉），即

$$I = d\Phi / d\omega \quad (9-1)$$

$$1\text{cd} = 1\text{lm}/1\text{sr} \quad (9-2)$$

式中 Φ ——光源在 ω 立体角内所辐射出的光通量，单位是 lm；

ω ——光源发光范围的立体角，单位是 sr。

表 9-1 常用光源的光通量

光源种类	光通量/lm	光源种类	光通量/lm
太阳	3.9×10^{28}	荧光灯 (20W)	1200
月亮	8×10^{16}	荧光灯 (40W)	3300
蜡烛	11.3	荧光灯 (100W)	9000
卤钨灯 (500W)	10500	汞灯 (250W)	10500
钠灯 (60W)	5000	汞灯 (400W)	21500
白炽灯 (100W)	15700	汞灯 (700W)	39500
白炽灯 (1kW)	21000	荧光汞灯 (400W)	21000
电石灯	11.3	荧光汞灯 (700W)	38500

立体角定义为球体表面积为半径 R 所对应的圆心角, 球体表面积为 $4\pi R^2$, 所以一个圆球有 4π 个立体角。

(3) 照度

投射到某个被照物体表面上的光通量 Φ 与被照面的表面积 S 之比称为被照面的照度, 用符号 E 表示, 单位是 lx (勒克斯), 表达式为

$$E = \Phi / S \quad (9-3)$$

$$1\text{lx} = 1\text{lm}/1\text{m}^2 \quad (9-4)$$

一般人在 0.1lx 时能看见附近的东西, 在满月时的地面照度为 0.2lx , 建筑和市政工程电气设计规范中都规定了最低的照度标准, 如教室最低照度为 $75 \sim 100\text{lx}$, 一级公路最低平均照度标准一般为 25lx 。一般工作场所照度为 200lx 。人在 2000lx 看东西最清楚, 不易疲劳。在晴朗的夏日, 采光良好的室内平均为 $100 \sim 500\text{lx}$ 。

(4) 亮度

亮度是单位面积在某一方向上的光通密度, 它等于该方向上的发光强度和此表面在该方向上的投影面积之比, 用 L 表示, 单位为 cd/m^2 (即坎/平方米), 表达式为

$$L = I / S \cos\theta \quad (9-5)$$

有的国家用亮度作为建筑照明的规范标准。它与照度的区别是, 亮度与材料的反光性能有关。对于均匀漫反射体来说, 亮度与被照物体的反射系数 ρ 有关。水泥地面的反射系数为 $0.3 \sim 0.4$, 沥清路面的反射系数为 $0.1 \sim 0.12$ 。亮度与照度的关系近似为

$$L = \rho E / \pi \quad (9-6)$$

(5) 光源发光效率

光源所发出的光通量 Φ 和该光源所消耗的电功率 P 的比值称为发光效

率, 简称光效, 用符号 $\eta_{\text{光}}$ 表示, 单位是 lm/W, 即

$$\eta_{\text{光}} = \Phi / P \quad (9-7)$$

(6) 灯具效率

灯具发射的光通量 Φ_1 和灯具内所有光源发出的光通量之和 Φ_2 之比为灯具的效率, 即

$$\eta_{\text{灯}} = \Phi_1 / \Phi_2 \quad (9-8)$$

从节能角度考虑, 应选用高效率光源和高效率的灯具, 低效光源和低效灯具一般只用于舞厅、装饰照明等特殊场合。

(7) 眩光

克服眩光是照明技术中的一个重要问题。所谓眩光是光线照射人的眼睛, 或视野内光线突然变化使人的眼睛的视觉功能骤然下降, 产生不舒服的感觉的现象称为眩光。

9.2 照明系统图与平面图

1. 照明系统图

系统图内容主要有以下几点:

1) 电缆进线 (或架空线路进线) 的回路数、电缆型号规格、导线或常用电缆敷设方式及穿管线径见表 9-2, 管线敷设的部位见表 9-3。

表 9-2 常用导线敷设方式符号

敷设方式	代号	敷设方式	代号
导线或电缆穿焊接钢管敷设	SC	用钢线槽敷设	SR
穿电线管敷设	TC	用电缆桥架敷设	CT
穿硬聚氯乙烯管敷设	PC	用瓷夹板敷设	PL
穿阻燃半硬聚氯乙烯管敷设	FPC	用塑料夹敷设	PCL
用绝缘子 (瓷瓶或瓷柱) 敷设	K	穿蛇皮管敷设	CP
用塑料线槽敷设	PR	穿阻燃塑料管敷设	PVC

表 9-3 管线敷设部位标注符号

敷设方式	代号	敷设方式	代号
沿钢索敷设	SR	暗敷设在梁内	BC
沿屋架或跨屋架敷设	BE	暗敷设在柱内	CLC
沿柱或跨柱敷设	CLE	暗敷设在墙内	WC
沿墙面敷设	WE	暗敷设在地面或地板内	FC
沿天棚面或顶板面敷设	CE	暗敷设在屋面或顶板内	CC
在能进人的吊顶内敷设	ACE	暗敷设在不能进人的吊顶内	ACC

[例1] 某照明系统图中标注有 BV (3×50+2×25)50-FC。

BV 表示该线路是采用铜芯塑料绝缘线 (三根 50mm², 两根 25mm²), SC 表示穿钢管敷设, 管径为 50mm, 沿地面敷设。如导线型号为 BLV, 则表示铝芯聚氯乙烯绝缘线, BX 代表铜芯橡皮绝缘线, BLX 代表铝芯橡皮绝缘线。电缆及导线的型号繁多, 可以参见电气图册或产品样本。

[例2] 有一栋楼, 电源进户线标注是 VLV23 (3×50+1×25) SC50-BC。表示该线路采用铝芯聚氯乙烯料绝缘、聚氯乙烯护套钢带铠装四芯电力电缆, 其中三芯是 50mm², 单芯是 25mm², 穿钢管敷设, 管径 50mm, 暗敷设在梁内。

2) 总开关及熔断器的规格型号, 出线回路数量、用途、用电负载功率数及各条照明支路分相情况。

3) 用电参数配电系统图上, 还应标示出该工程总的设备容量、需要系数、计算容量、计算电流、配电方式等。也可以采用表格的方式标出用电参数。

4) 配电回路参数。图中各条配电回路上, 应标出总容量, 其中也包括电风扇、插座和其他等的容量。

照明系统图如图 9-1 所示。

2. 照明平面图

在照明平面图上需要表达的内容主要有电源进线位置、导线根数、敷设方式、灯具位置、型号、安装方式及各种用电设备的位置等。

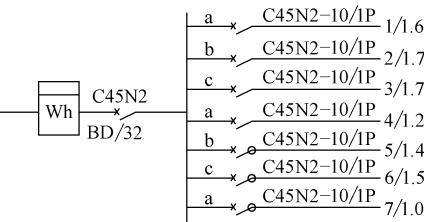


图 9-1 照明系统图

照明器具在平面图上表示的方法往往用图形符号加文字标注。灯具的一般符号是一个圆, 单管荧光灯的符号是“工”字形, 插座符号内涂黑表示嵌入墙内安装。图例符号见国标 GB/T 4728。

为了在照明平面图上表示出不同的灯, 经常将一般符号加以变化来表示, 比如将圆圈下部涂黑表示壁灯, 圆圈中画“×”表示信号灯, 照明开关是将一般符号上加以短线表示扳把开关, 两短线表示双联。n 个短线表示 n 联开关。t 表示延时开关, 小圆圈两边出线表示双控, 加一个箭头表示拉线开关等。在照明平面图中, 文字标注主要是照明器具的种类、安装数量、灯泡的功率、安装方式、安装高度等。具体表达式为

$$a - b \frac{c \times d}{e} f$$

- 式中 *a*——某场所同类型照明器具的套数，通常在一张平面图中分别标注各类型灯；
b——灯具类型代号，可以查阅施工图册或产品样本；
c——照明器内安装白炽灯或灯管的数量，通常一个或一根可以不表示；
d——每个灯泡或灯管的功率，单位是W；
e——照明器具底部距本层楼地面的安装高度，单位是m；
f——安装方式代号。

灯具安装方式*f*的标注文字符号见表9-4。

表9-4 灯具安装方式*f*的标注文字符号表

名称	代号	名称	代号
线吊式	CP	吸顶式或直附式	S
自在器线吊式	CP	嵌入式（嵌入不可进人的顶棚）	R
固定线吊式	CPI	顶棚内安装（嵌入可进人的顶棚）	CR
防水线吊式	CP2	墙壁内安装	WR
吊线器式	CP3	台上安装	T
链吊式	Ch	支架上安装	SP
管吊式	P	柱上安装	CL
壁装式	W	座装	HM

(1) 办公照明平面图

某办公照明平面图中标注 $8 \frac{60}{2.6} CP$ 。表示为8套灯具均为80W (2×40W)，安装高度2.7m，链吊式，如图9-2所示。

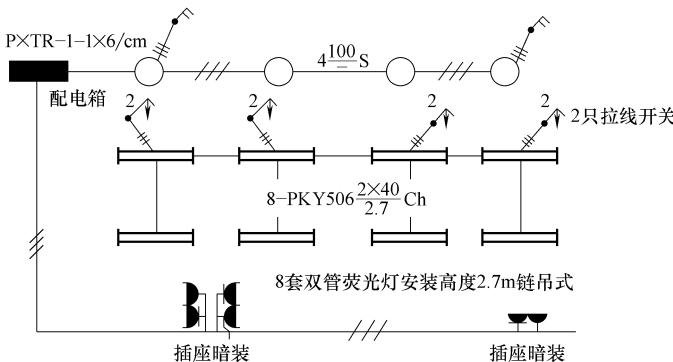


图9-2 办公照明平面图

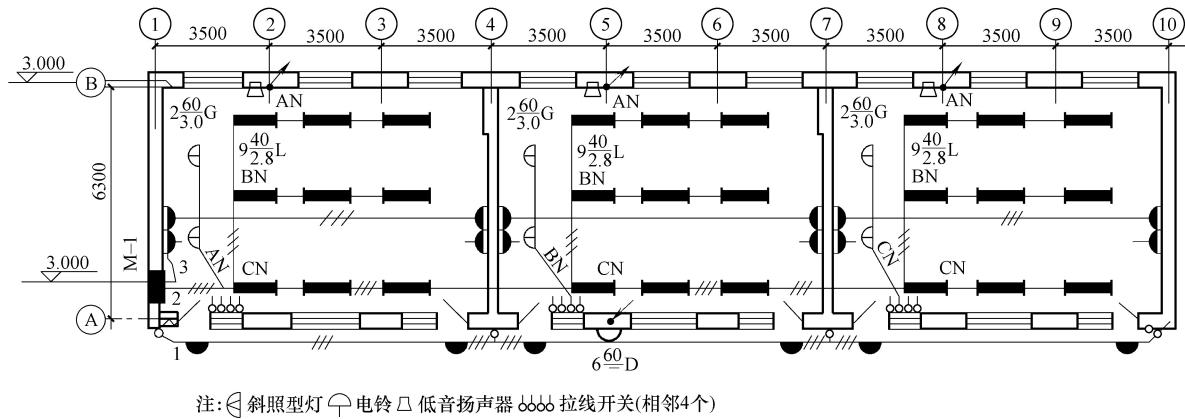


图 9-3 教室照明平面图

图中各段导线根数用一横线上画上3条斜短线，两根省略。

- 1) 开关进相线，从开关出来的电线为控制线， n 联开关有 $(n+1)$ 根导线。
- 2) 照明支路和插座用电支路分开，要求在插座支路上安装漏电保护器。如家用电器接220V电源，需用三根线（相线、零线、接地线）。
- 3) 供电采用三根相线L1、L2、L3，一根工作零线N，一根保护线PE。单相两孔插座左零右相没有保护线。单相三孔插座中间孔接保护线PE，下面两孔左接零线N，右接相线L。

(2) 某教室照明平面图

如图9-3所示，进线位置在墙的横端南边处，为三相四线到照明配电箱，进线离地高度为3m。每间教室装有荧光灯、插座、拉线开关，走道装有吸顶灯及连接电器的线路。此外，图上的文字符号，如室内荧光灯处都标 $9\frac{40}{2.8}L$ ，其意义为：9表示9盏；分子表示灯管的功率为40W；分母表示灯具距地面的高度为2.8m；L表示采用吊链吊装。又如 $6\frac{60}{-}D$ 表示6盏60W的吸顶灯。

9.3 白炽灯的安装

白炽灯泡可分成普通插口式和螺口式。普通白炽灯的基本结构由灯丝、支架、引线、泡壳和灯头等几部分组成。

1. 白炽灯照明电路

白炽灯照明电路有4种，如图9-4所示。图9-4a采用一灯一开关的连线方式。在生活小区的家属楼内，用两个功率相等的灯泡EL1和EL2串联起来使用。根据串联分压原理，每个灯泡110V电压，每个灯泡虽然暗一些，但使用寿命较长，常用于走廊灯，如图9-4b所示。根据生活照明需要，有时将两个灯泡并联，用一个开关控制，如图9-4c所示。白炽灯的实用节能电路可以在电路中加入一个二极管，利用二极管的单向导电性，交流电只有半个周期通过，节省了电能。也可以在电路中加入一个电容，电容不是耗能元件，但有降压作用，可使几十瓦的灯泡降至几瓦。如图9-4d所示。

2. 白炽灯的安装方式

(1) 导线明敷安装

导线明敷的优点是便于检查维修，缺点是不太美观。目前在广大农村，采用明敷布线的方法仍被普遍采用。目前明敷布线的方法有：第一种，导线

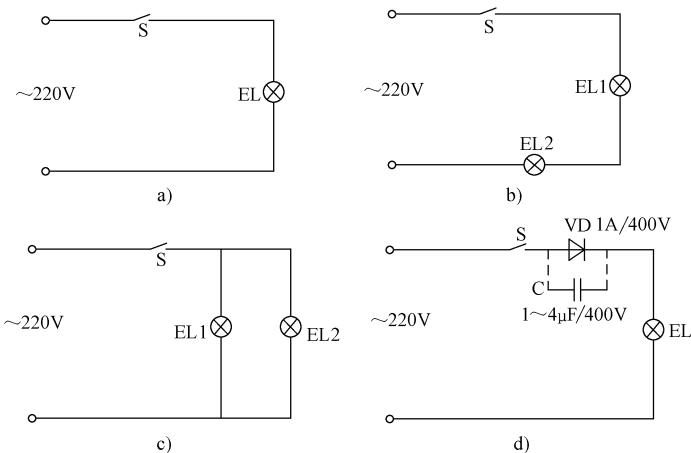


图 9-4 白炽灯照明电路

- a) 一灯一开关电路 b) 两个灯泡串联电路
c) 两个白炽灯并联电路 d) 白炽灯降压电路

先夹入瓷夹板内固定，然后逐一装上钢精扎头，如图 9-5a 所示。第二种，使用钢钉固定布线，如图 9-5b 所示。

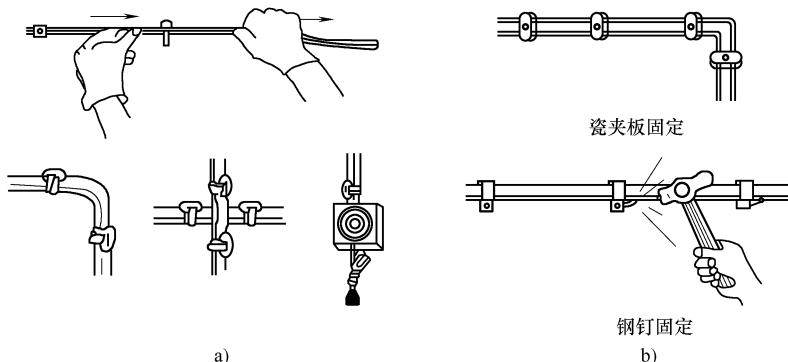


图 9-5 白炽灯的安装

- a) 钢精扎头包扎 b) 瓷夹板与钢钉固定包扎

(2) 导线暗敷安装

在墙里打槽穿管，把导线穿在管内。暗装美观，但成本高，不便于维修。

3. 白炽灯的安装步骤

- 1) 相线必须经过开关再接到灯座上。
- 2) 对于螺口式灯座，槽线经开关后，应接在灯座中心的弹片触头上，零线接在螺纹触头上。
- 3) 软导线兼承载灯具重力时，软线一端套入吊线盒内，另一端套入灯座罩盖，两端均应在线端打结扣，以使结扣承载拉力，而导线接线处不受力，如图 9-6 所示。

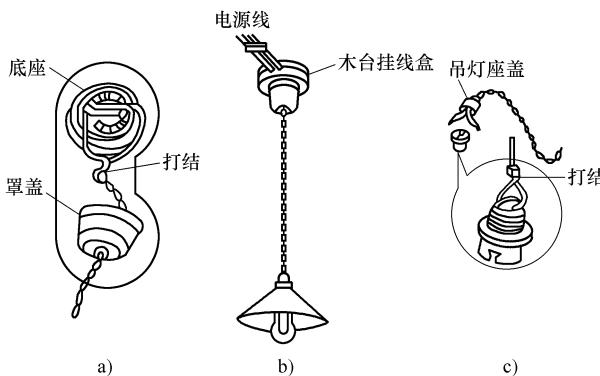


图 9-6 白炽灯照明安装图

4) 暗开关和暗插座的安装。暗埋的开关盒、插座盒与暗埋的电线管连通，且开关盒、插座盒的面口应与粉刷层平齐。安装插座与开关前要先进行线管穿线。

5) 明开关和明插座的安装。土建时在墙上预埋木楔，或在墙上凿孔埋置木楔或尼龙塞，然后将穿引出导线的木台固定在墙上，最后将开关和插座固定在木台上。

6) 开关的安装。翘板式或扳把式开关，其安装高度应便于操作。

7) 插座的安装。一般明插座离地面高度为 1.8m，暗插座离地面高度为 0.3m，插座接线应统一要求。

4. 照明安装导线

各场合照明安装导线线芯最小截面积见表 9-5。

表 9-5 各场合照明安装导线线芯最小截面积

安装场所及用途		线芯最小截面积/mm ²		
		铜芯敷线	铜芯线	铝芯线
照明灯头线	民用建筑室内	0.4	0.5	1.5
	工业建筑室内	0.5	0.8	2.5
	室外	1.0	1.0	2.5
移动式用电设备	生活用	0.2		
	生产用	1.0		

9.4 节能灯的安装

节能灯在结构上分为紧凑型自镇流式、单端式；从外形上分有双管型、四管型、六管型及圆环管等多种类型。节能灯的寿命是普通白炽灯的 10 倍，功率是普通灯泡的 5~8 倍（一只 15W 的三基色节能灯亮度相当于一只 100W 的白炽灯），节能灯比普通白炽灯节电 80%，发热也只有普通灯泡的 1/5。节能灯可以代替白炽灯，以节约能源，有利于环境保护。节能灯的实物外形如图 9-7 所示，电路如图 9-8 所示。

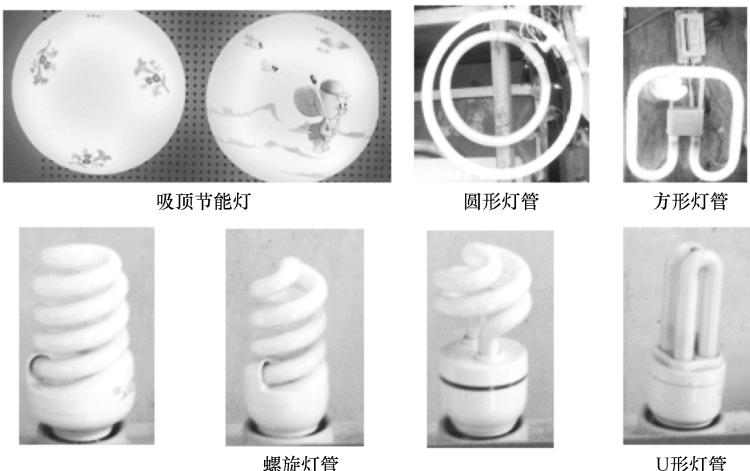


图 9-7 节能灯实物外形

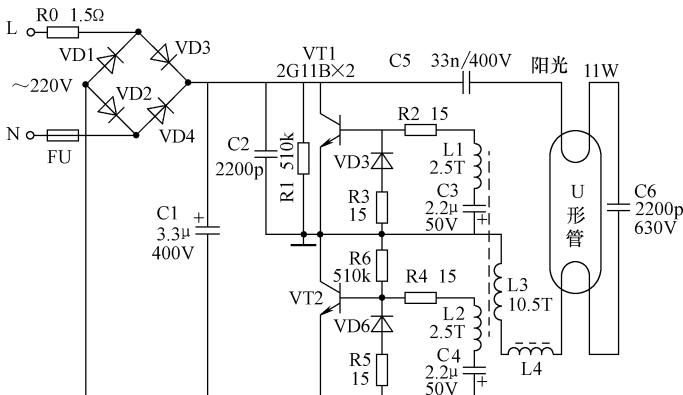


图 9-8 节能灯电路

9.5 声控灯的安装

本节介绍的声控灯，在白天或光线较亮时，节电开关处于关闭状态，灯不亮；夜间或光线较暗时，节电开关是预备工作状态。当有人经过该开关附近时，脚步声、说话声、拍手声等均可把节电开关启动，使灯点亮，延时40~50s后，节电开关自动关闭，灯随即熄灭。

1. 声控灯电路

声控灯外形如图9-9所示，声控灯电路如图9-10所示。

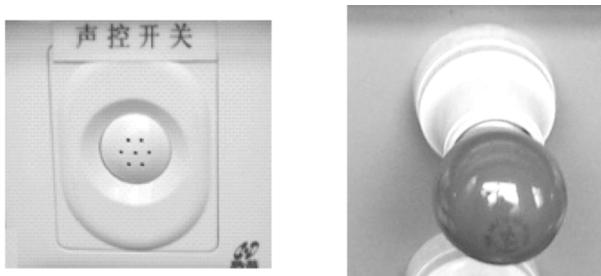


图 9-9 声控灯外形

(1) 工作原理

声控灯电路由传声器 MIC、声音信号放大、半波整流、光控、电子开

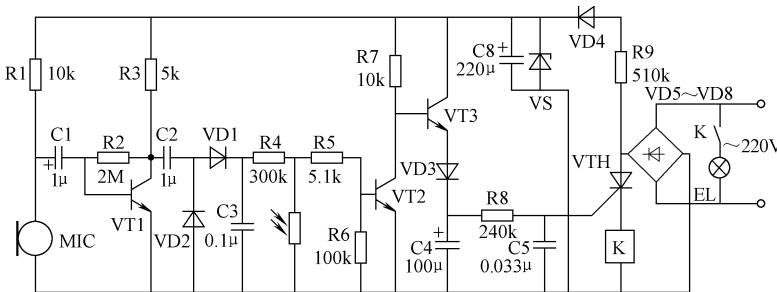


图 9-10 声控灯电路

关、延时和交流开关七部分电路组成。传声器和 VT1、R1 ~ R3、C1 组成声音放大电路。为了获得较高的灵敏度, VT1 的 β 值应选用大于 100 的, 传声器也选用灵敏度高的。R3 不宜过小, 否则电路容易产生间歇振荡。C2、VD1 和 VD2、C3 构成整流电路, 把声音信号变成直流控制电压。R4、R5 和光敏电阻 RG 组成光控电路。当光照射在 RG 上时, 其阻值变小, 直流控制电压衰减很大, VT2 截止。VT2、VT3 和 R7、VD3 组成电子开关。平时, 即有光照射时, VT2、VT3 截止, C4 上无电压, 单向晶闸管 VTH 截止, 灯泡 EL 不亮。当 VTH 截止时, 直流高压经 R9、VD4 降压后加到 C6 上端, 对 C6 充电, 当充到 12V 后 VS 击穿确保 C6 上的电压不超过 15V。当没有光照射到 RG 上时, RG 阻值很大, 对直流控制电压衰减很小, VT2、VT3 导通, VD3 也导通, C4、C5 开始充电, 电压缓缓上升。R8、C4 和单向晶闸管 VTH 组成延时与交流开关。C4 通过 R8 将直流触发电压加到 VTH 控制门极, VTH 导通, 继电器线圈 K 得电, 串在 EL 支路的继电器常开触点 K 接通, 灯泡 EL 点亮。灯泡点亮的时间长短由 C4、R8 的参数决定, 按电路图所给出的元器件数值, 在灯泡点亮约 40s 后, VTH 截止, 灯熄灭。C5 为抗干扰电容, 用于消除灯泡发光抖动现象。

(2) 元器件选择

VT1、VT2 均选用 9014 晶体管, VT3 选用 9012 晶体管, 其中 VT1 的 β 要大于 100。VTH 选用单向晶闸管。VD1 ~ VD3 选用 1N4148 二极管, VD4 选用 1N4001 二极管, VD5 ~ VD8 选用 1N4004 二极管。传声器要选用灵敏度高的。其他元器件参数如图 9-10 所示。

2. 声控灯的电路安装与调试

所有元器件焊接安装在一块印制电路板上，然后装入一个绝缘小盒里，

光敏电阻需安装在外壳上光线容易照到的地方。本装置只要元器件选择正确，焊装无误，一般即可正常工作。若出现开关启动后不能完全熄灭，可将一只电容（容量为 470pF ）并接在 $R3$ 上（印制电路板上预先应留下此位置）即可消除。若出现间歇振荡，可将 $C2$ 换成 $0.33\mu\text{F}$ 电容，或将 $R6$ 减小到 $47\text{k}\Omega$ 左右即可消除。由于电路直接与市电连接，所以调试与使用时要小心，防止触电。

使用时应注意：由于此开关负载功率最大为 100W ，不能超载，灯泡不能短路，接线时要关闭电源或将灯泡先去掉，接好开关后再闭合电源或装上灯泡。

9.6 光控灯的安装

1. 光控灯电路

电路如图 9-11 所示。 220V 交流电压经电容 $C1$ 降压，整流桥堆 AB 进行全波整流，电容 $C2$ 滤波，稳压二极管 $2CW106$ 稳压后变成直流电压。

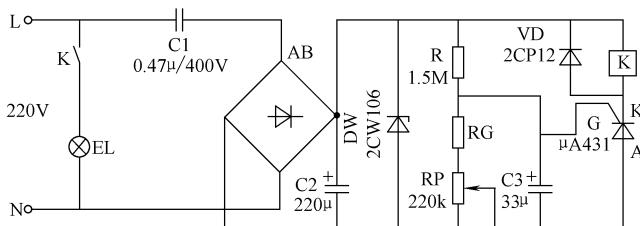


图 9-11 光控灯电路

光敏电阻 RG 白天电阻很小，向电容 $C3$ 充电的脉冲信号很小，无法触发晶闸管导通，灯泡 EL 回路不通，灯泡 EL 不亮；夜幕降临时，光敏电阻的暗阻很大，向电容 $C3$ 充电脉冲信号很大，可以触发晶闸管的门极，使晶闸管导通，这时继电器线圈得电，串在灯泡 EL 回路的继电器常开触点接通，则灯泡 EL 点亮。

调节电位器 RP 可以调节给门极的触发信号的大小，就调节了晶闸管的导通角，从而控制了灯泡的亮度。

整流桥堆选用 $1\text{A}/400\text{V}$ 的，晶闸管选用 $\mu A431$ ， $1\text{A}/400\text{V}$ 的单向晶闸管均可。继电器选用 $JZX-2F$ 型， EL 选用交流电压 220V 。其他元器件型号参数见图 9-11。

2. 光控灯的安装

根据电路图 9-11，到元器件市场购买元器件和印制电路板，进行焊接、

调试、组装即可。

9.7 晶闸管调光台灯电路

如图 9-12、图 9-13 所示是一种简单的晶闸管调光台灯电路。将电路中电位器 RP 的阻值调小时，就可使晶闸管的导通角增大，输出电压增大，灯光亮度增强；反之，阻值调大时，晶闸管的导通角减小，输出电压减小，灯光亮度减弱。它还可用于电热器如中频炉等加热温度的调节。



图 9-12 晶闸管调光台灯外形

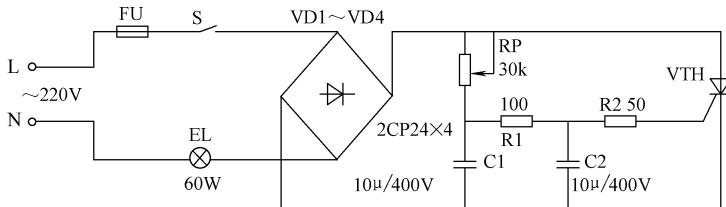


图 9-13 晶闸管调光台灯电路

9.8 组合吊灯的安装

本例介绍的吊灯控制电路，可分别控制吊灯 3 组灯泡的工作状态，使 3 路灯泡同时点亮或分别独自点亮、独自熄灭（见图 9-14）。

该吊灯控制器电路由电源电路、触发控制电路和控制执行电路组成，如图 9-15 所示电路中，电源电路由降压电容器 C4、泄放电阻器 R6、稳压二极管 VS、整流二极管 VD 和滤波电容器 C3 组成；触发控制电路由控制按钮

SB、计数器集成路 IC、电阻器 R1 和 R5 与电容器 C1 和 C2 组成；控制执行电路由电阻器 R7 ~ R9 和晶闸管 VTH1 ~ VTH3 组成。交流 220V 电压经 C4 降压、VS 稳压、VD 整流及 C3 滤波后，为 IC 提供 9V 直流电压。



图 9-14 组合吊灯外形

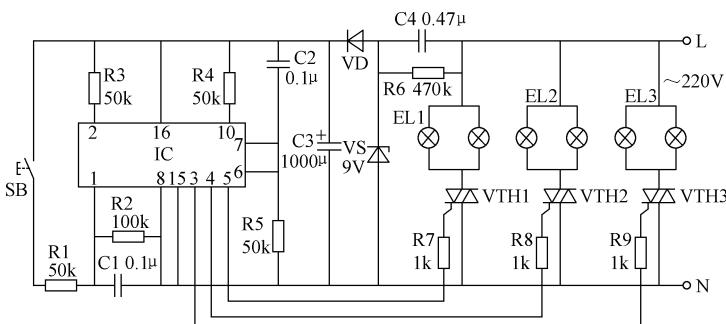


图 9-15 组合吊灯电路

IC 在通电后清零复位，其输出端（6脚、5脚、4脚和3脚）均输出低电平，使晶闸管 VTH1、VTH3 均截止，3 组灯泡（EL1、EL2、EL3）均不亮。

连续按动 SB 时，IC 的 1 脚将不断输入正脉冲信号，其输出端（6 脚、5 脚、4 脚和 3 脚）将按二进制 0001 ~ 1000（0 为低电平，1 为高电平）的顺序输出。IC 的 3 脚、4 脚、5 脚分别通过 R9、R8、R7 与 VTH3、VTH2、VTH1 的门极相接，当 IC 的某一输出端输出高电平时，受该输出端控制的晶闸管将导通。即 IC 的 3 脚输出高电平时，VTH3 受触发而导通，第 3 路灯泡 EL3 被点亮；IC 的 4 脚输出高电平时，VTH2 导通，第 2 路灯泡 EL2 被点亮；IC 的 5 脚输出高电平时，VTH1 导通，第 1 路灯泡 EL1 被点亮。

IC 的 6 脚与 7 脚 (复位端) 相连, 当 6 脚输出高电平时, IC 复位, 其各输出端均变为低电平, 此时 VTH1 ~ VTH3 均截止, 3 路灯泡均熄灭。

3 路灯泡共有 7 种组合状态, 除能分别独自点亮或独自熄灭外, 3 路灯泡还可以同时点亮。

组合吊灯的安装方法同于节能灯泡的安装方法, 只是灯泡多一些。

9.9 触摸台灯的安装

1. 触摸台灯电路

触摸台灯的外形与电路分别如图 9-16 和图 9-17 所示。电路左边部分是电源电路, 220V 市电经电容 C1 降压、VD1 ~ VD4 整流、C2 滤波、VS 稳压后, 输出 10V 直流电压。集成块 IC 为 555 时基电路, 接成双稳态工作方式。当触摸 M 电极时, 人体感应的杂波信号经电容 C4 耦合进电路, 由 VD6 整流后, IC 的 2 脚得到负压, 3 脚输出一高电平, 继电器 K 吸动, 其触点 K 闭合接通台灯电源, 台灯点亮; 当触摸 N 电极时, 人体感应的杂波信号经 VD7 整流, 于是 6 脚得到一个正电压, 3 脚输出低电平, 继电器 K 释放, 其触点 K 断开台灯电源电路, 台灯就熄灭了。



图 9-16 触摸台灯的外形

图 9-17 中, VD6、VD7 用一般点接触二极管, 继电器用 JRX-13F, 线包电阻约为 300Ω , 灯泡可根据需要选择容量大小, 但应考虑 K 的触点容量, IC 用 NE555。

2. 安装

安装时, 印制电路板隐藏在台灯底座里, 电极 M、N 片用镀铬铜皮代

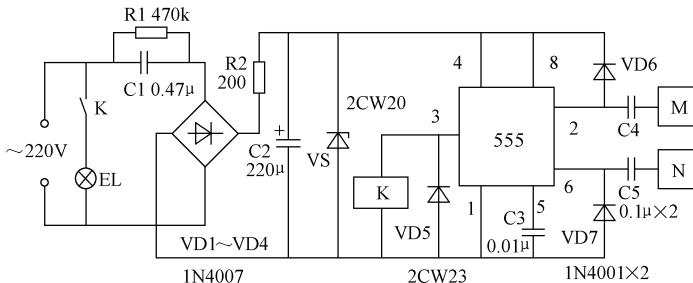


图 9-17 触摸台灯电路

替，镶嵌在有机玻璃板里，或用金属小动物、小玩具等作电极也行。因触发 2 脚很灵敏，所以电极 M 应远离交流电源线，电路一般不用调整就能工作。使用时，C1 应接电源的相线端。安装好的台灯如图 9-16 所示。

9.10 壁灯的安装

1. 壁灯的类型

壁灯的种类繁多，有床头灯、镜前灯、楼道装饰壁灯和室内各式艺术壁灯等。床头灯有单节单摇或双摇床头壁灯、双节单摇或双摇床头壁灯，装饰床头壁面的同时并具有与室内主照明相互呼应的功能，再配以落地灯和台灯，可提高房间的和谐情调和梦幻气息，照亮墙上所挂的各种饰物，增添壁面美妙，造就出完美温馨的生活空间。单摇床头壁灯一般安装于床头两侧的墙上，双摇床头壁灯则安装于床头正中，安装高度为 1.2m。装设双节单摇或双摇床头壁灯，可根据需要改变灯具位置，便于睡前阅报、看书等。镜前灯横装于镜子或壁画上方作局部照明的灯具，它可以改变光照射方向。楼道装饰壁灯有玉兰花形、笙形、扇形、仿古木饰灯入风景画透光面罩装饰壁灯。室内则有各式艺术造型及铁艺装饰望灯，以使室内空间环境的光效配置、气氛调节等与室内装修效果更加和谐统一。

2. 壁灯的安装

壁灯的电路也有明、暗配线两种方式，暗配线时应根据壁灯的安装部位，配合土建施工，在砖墙（或浇注混凝土）时及时埋设线管和灯头盒，在土建室内粉刷等装修基本完成时，再进行线管内穿线和安装室内灯具。壁灯安装多采用膨胀螺栓固定，即应根据壁灯的安装高度和底座安装尺寸，先在墙面上确定固定点，用冲击钻在固定点上打孔，再放入合适规格的塑料胀管，然后接到盒内按要求将电源线连接好，最后用螺钉固定壁灯底座、底座法兰装饰面罩和灯罩等。壁灯外形如图 9-18 所示。

壁灯安装在墙上或门柱上，属于辅助照明，或作装饰用。一般安装高度较低，常用小功率灯具。其安装方法如图 9-19 所示。壁灯电路与一般白炽灯照明电路一样。

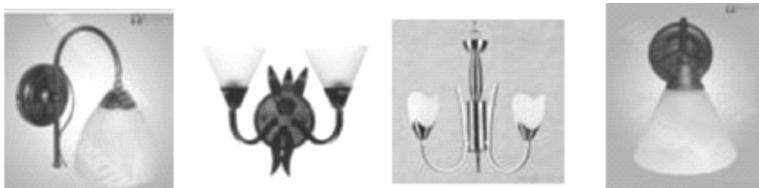


图 9-18 壁灯的外形

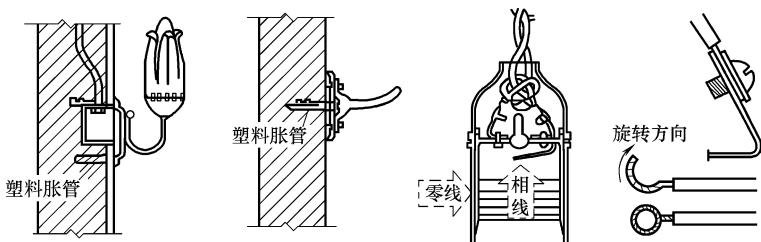


图 9-19 壁灯的安装方法

9.11 吊灯的安装

1. 吊灯电路

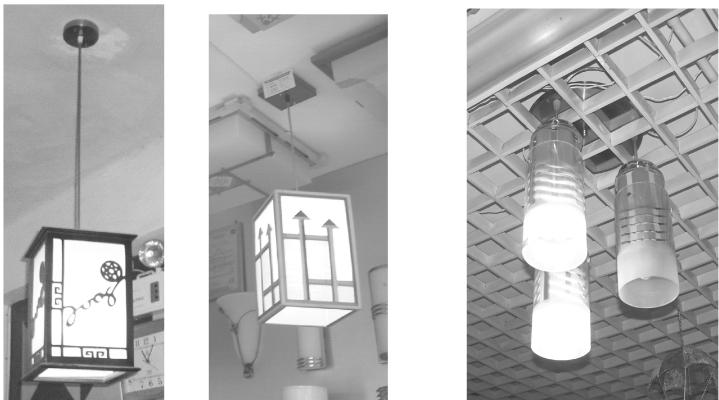
本例介绍的吊灯控制电路为二线制控制方式，控制电路安装在吊灯的装饰内，使用时通过吊灯的电源开关即可控制吊灯内灯泡的点亮数量，从而改变吊灯的发光亮度。其外形如图 9-20a 所示。

(1) 电路组成

该吊灯控制电路由电源电路和触发控制电路组成，如图 9-20b 所示。电路中，电源电路由电源开关 S、整流二极管 VD1 ~ VD4、限流电阻器 R4、放电电阻器 R1、滤波电容器 C1 和稳压二极管 VS 组成；触发控制电路由 4 个与非门集成电路 IC (D1 ~ D4)、二极管 VD1 ~ VD4、电阻器 R2 ~ R8、电容器 C2 和 C3、晶体管 VT 和晶闸管 VTH 等组成。

(2) 开关接通状态

接通开关 S 后，交流 220V 电压一路经 S 加在第 3 组照明灯 EL3 上，将



a)

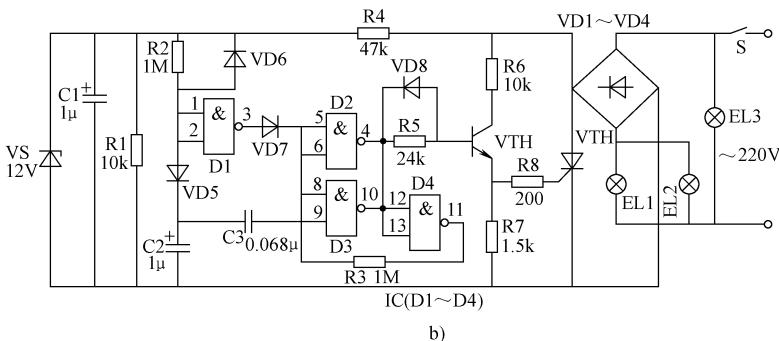


图 9-20 吊灯的外形与电路

a) 外形 b) 电路

EL3 点亮；另一路经 VD1 ~ VD4 整流、R4 限流降压、C1 滤波及 VS 稳压后，产生 +12V 电压。+12V 电压除作为 IC 的工作电源外，还经 R2 和 VD5 对 C2 充电。在 +12V 电压刚产生时，由于 C2 两端电压不能突变，与非门 D1 的输入端 (IC 的 1、2 脚) 为低电平，其输出端 (IC 的 3 脚) 的高电平经 VD7 对 C3 充电，使与非门 D2 和 D3 的输出端 (IC 的 4 脚和 10 脚) 为低电平，VT 和 VTH 不导通，第 1 组照明灯 EL1 和第 2 组照明灯 EL2 不亮。

(3) 开关断开又接通状态

将 S 关闭后再立即接通时，在断电的短暂时间内，C1 上存储的电荷经

R1 快速泄放掉, 但 C2 上所存储的电荷仍保持不变, 再次通电后, +12V 电压经 R2 和 VD5 对 C3 充电, 使 C3 的充电极性改变 (由左负右正改变为左正右负), 与非门 D2 和 D3 的输入端 (IC 的 5、6 脚和 8、9 脚) 由高电平变为低电平, 输出端变为高电平, 使 VT 导通, VT 发射极输出的高电平又使 VTH 受触发而导通, EL1 ~ EL3 全部点亮。

2. 吊灯的安装

采用导线悬吊安装的灯具一般是白炽灯。主要部件有绝缘导线、灯头及灯泡等。安装和接线方法如下:

1) 安装吊线盒: 先将安装吊线盒用的圆木安装在天棚上, 若为暗敷线, 应事先将两根电源线由圆木引线孔穿出; 若为明敷线, 应事先在圆木正面刻出两个引线槽, 或从侧面开孔, 将电源线从侧孔进入后再从引线孔穿出, 如图 9-21 所示。确定吊线盒在圆木上的位置, 用螺钉将其固定在圆木上。为了便于木螺钉旋入, 可事先用螺钉旋具钻一个小孔, 然后拧紧螺钉, 如图 9-22 所示。

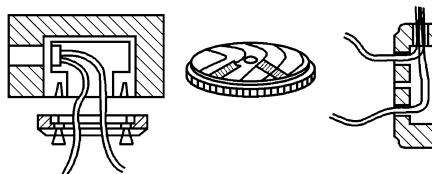


图 9-21 圆木的安装

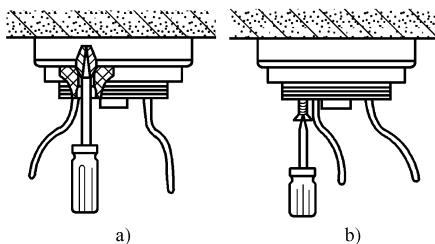


图 9-22 钻孔与拧紧螺钉

a) 钻孔 b) 拧紧螺钉

2) 连接悬吊导线: 将两根悬吊线的一端打成蝴蝶结放在吊线盒内, 以免吊线盒受力, 如图 9-22a 所示。

将吊线端头留出足够长度后剥去绝缘外皮。用手将导线头拧紧后, 按顺

时针方向打弯并安装在吊线盒的接线端子上。将吊线盒盒盖从吊线另一端套入并拧在其底座上，如图 9-22b 所示。

3) 灯头接线安装：将灯头帽拧下并穿过由吊线盒引出的两根导线。将导线打结并去皮，然后将导线分别接在灯头上的两个接线柱上。接线时注意线头不能有毛刺，以防线与线之间连接短路。接好后把灯头盖盖好旋上灯头芯，最后旋上灯泡。

进行灯头接线时应注意：对螺口灯头，电源相线必须与灯头的中心接点（俗称“舌头”）相连，零线与灯头螺口接点相连。若接法与上述规定相反，则可能在手触及灯头或灯泡螺口处时造成触电，如图 9-23 所示。

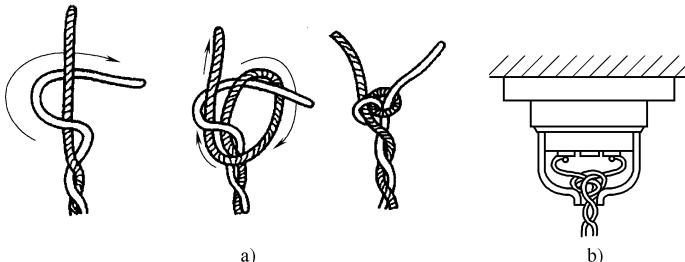


图 9-23 吊线盒的接线

a) 打蝴蝶结 b) 接吊盒线

9.12 吸顶灯的安装

1. 吸顶灯照明电路

本例灯具为广东产环形荧光灯管，型号为 NTA-Y21X，额定电压 AC220V，输入功率 21W。图 9-24 为吸顶灯照明电路。

工作原理：通电后 220V 交流电经 VD1 ~ VD4 桥式整流、电容 C1 和 C2 滤波（C1、C2 每个电容充有约 155V 的直流电压，C1、C2 串联叠加电压约为 310V）。由于 C5 通电时两端电压为零，故此 310V 电压便加在 VT2 的 ce 结上，有电流流过 R4 和 VT2 的 be 结，VT2 迅速导通。此时，流经灯管两端灯丝、C6、电感 L 和高频变压器 T 的 1 ~ 2 端绕组的电流不断增大，在 T 的 1、2 端感应出电动势（1 端 +，2 端 -），阻碍电流的增加；3、4 端感应出电动势（3 端 +，4 端 -），对 C4 充电，增大 VT2 基极电流，VT2 迅速进入饱和导通。同时，5、6 端感应出电动势（5 端 +，6 端 -），对 C3 反向充电 VT1 因加反向偏压而截止。

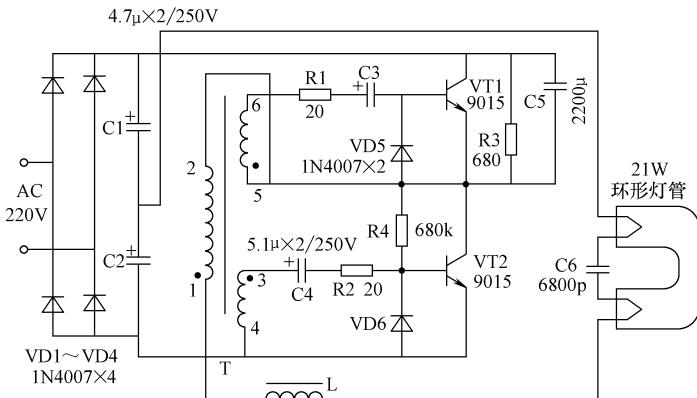


图 9-24 吸顶灯照明电路

当 1、2 端的电流增加到最大时，其 3、4 端和 5、6 端感应电动势消失。此时由于 C3、C4 电容的放电，使 VT1 由截止变为导通，VT2 由导通变为截止，流过 1~2 绕组的电流迅速减小为零。而后由 C1 的正极流出的电流经 VT1 的 c-e 极，2~1 绕组、电感 L、灯管两端灯丝与 C6 流入 C1 的负极，当流过 1~2 绕组电流迅速减小并呈反向增大的同时，1、2 端又感应出反向感应电动势（2 端 +，1 端 -），阻碍正向电流的减小和反向电流的增加，3、4 端感应出电动势（4 端 +，3 端 -）使 C4 原来充的电压（左端 +，右端 -）相叠加，使 VT2 更加截止并迅速对 C4 反向充电；而 5、6 端也感应出反向电动势与 C3 原来充有的反向电压相叠加，使 VT1 迅速饱和导通并迅速对 C3 正向充电。流过 1~2 绕组的反向电流又很快增加到最大。1、2 端，3、4 端，5、6 端感应电动势消失。此时，由于 C3、C4 电容的放电，使 VT1 由导通变为截止，VT2 由截止变为导通。

如此下去，VT1、VT2 周而复始轮流导通与截止（C3、C4 被反复正向充电和反向充电），流过灯管两端灯丝和 C6 的电流为高频交流电。若干个周期后，灯管两端灯丝被加热发射电子，C6 与 L 谐振产生的高压加在灯管两端，使灯管内气体电离导通，此时高频交流电便流过灯管使灯管发光。

2. 吸顶灯的安装

吸顶灯往往装在屋顶天花板上，常采用直接用底盘安装和间接安装两种方式。

(1) 直接安装法

先把底盘放在顶棚上，划出安装孔位置，然后用冲击钻打孔并放入塑料胀管。在其中一个胀管中插入一根铁丝作为导杆，待安装好一颗螺钉后，再拆下导杆安装另一颗螺钉，如图 9-25a 所示。

(2) 间接安装法

首先用膨胀螺栓或塑料胀管将过渡板固定在顶棚预定位置。在底盘元件安装完毕后，再将电源线由引线孔穿出，然后托着底盘找对过渡板上的安装螺栓，上好螺母。因不便观察而不易对准位置时，可用一根铁丝穿过底盘安装孔，顶在螺栓端部，使底盘慢慢靠近，沿铁丝顺利对准螺栓并安装到位，如图 9-25b 所示。

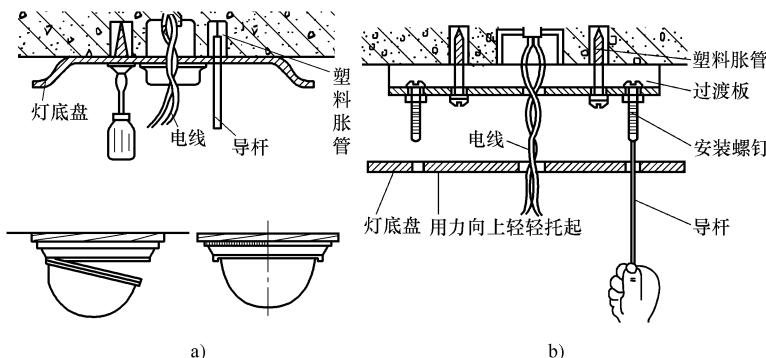


图 9-25 吸顶灯的安装

a) 吸顶式直接安装法 b) 吸顶式间接安装法

9.13 停电应急灯的安装

在经常停电的地区，会给人们的工作和学习带来很多不便，尤其是学生们晚上做功课困难会更多，本节介绍的停电应急灯，平时可用市电照明，停电后通过晶体管超音频振荡器，用电池点亮 8W 荧光灯管，使用方便，省电。同时也消除了普通荧光灯的闪烁现象，减轻了眼睛的疲劳，有利于保护眼睛。

1. 停电应急灯电路

(1) 电路工作原理

电路如图 9-26 所示。从图 9-26 上可以看出，逆变电路是变压器反馈的间歇振荡器。R 提供 VT 的偏流，C2 决定了电路的振荡频率，C3 为防止

灯管过早发黑而设置的隔直流电容。

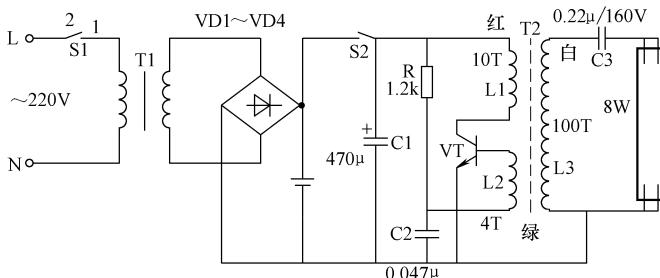


图 9-26 停电应急灯电路

(2) 元器件选择

整个电路需用元器件很少，晶体管 VT 可选用大功率 3DD15 类的晶体管， $\beta \geq 80$ ，R 选用 1/4W 的电阻，C1、C2 选用涤纶电容为好，阻容元件数值，图上已标出。电源变压器选用 10W220V/6V 的即可。脉冲变压器选用市售成品，电池可选用 6V4Ah 蓄电池，整流二极管用 1N4001 型或其他 ZCZ 型，但电流不小于 1A 的整流二极管。

2. 安装与调试

逆变部分元件全部焊在印制电路板上。安装时注意脉冲变压器的线头不要焊错，否则电路将不起振，而无法点亮荧光灯管。晶体管要加装散热片，可用2mm厚的铝板制成，面积不小于30mm×40mm，并按位置打孔，焊接一定要可靠，以便为调试工作减少不必要的麻烦。电源和整流部分可另装到其他木制的或塑料盒子里，再用导线接到逆变电路板上。

电路只要焊接无误，元器件合格，一般二次通电便可成功。通电前，在电源与印制电路板间串联一只直流电流表，也可用万用表直流电流档。接通电源后，电流表指示不超过 0.6A，可以通过增减 R 的数值达到上述要求。如果不起振，应检查晶体管是否损坏， β 值是否达到要求，或者脉冲变压器线头是否焊错（可把脉冲变压器一次侧任一组线圈调换一下线头即可）。

把原来台灯座里的镇流器卸掉不用，装上调试好的线路板，输出的两条引线接到灯管两端的管脚上，开关 S2 仍用原台灯的开关。电源部分可放在写字台下边安全的地方，安装工作便全部结束。

经试验,该电路还可点亮12W荧光灯,成功率100%。本电路装的荧光灯,也可用于流动工作的场所,如野外作业、地质勘探、夏令营活动等,

只要携带蓄电池和灯具就可以了。

使用蓄电池要注意不要过度放电，以免损坏蓄电池。当电池电压下降到5.4V时，应停用，立即充电。也可白天小电流充电，晚上使用。一般电池充满，可连续使用6h左右，充电和放电可用开关S1控制，S1拨到1位为充电状态，拨到2位为放电状态。

9.14 停电自动照明灯的安装

1. 停电自动照明灯

停电自动照明灯对每个家庭来讲都是需要而又适宜的，因为在大城市的住宅内，也会经常遇到由供电部门的特别需要、意外故障以及室内熔丝熔断等原因而造成停电。这里就向大家介绍一个这样的电子小装置，它只需你花费几元钱和几个小时的时间就能装成。

(1) 电路工作原理

停电自动照明灯总共只需12个元器件，电路如图9-27所示。它的工作原理很简单。平时，电源插头XP总是插在有交流市电的插座上。没停电时，220V市电经二极管VD整流后，在滤波电容C1两端得到约310V的直流电压，这个直流电压再加到由电阻R1和稳压二极管VS所组成的降稳压电路上。使VS两端输出约7~9V的稳定直流电压。由于极性是上正下负，因此通过R3给VT1的基极加上反偏压。这样，VT1、VT2都截止，没有电流流过停电照明灯EL，因此平时EL不亮。

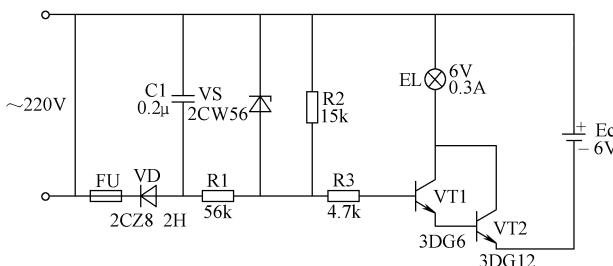


图9-27 停电自动照明灯电路

如果发生停电，XP两端的市电消失，C1两端的直压也跟着消失，VT1的反偏压自然也就不存在了。这时，电源通过Ec通过R2和R3向VT1提供基极偏流，使VT1、VT2同时饱和导通。于是电源几乎全部加到了EL上，因此EL发光，起到了停电自动照明的作用。

(2) 元器件选用

电路中的 FU 是熔丝，作用是防备万一 C1 或 VD 意外击穿时所造成的市电线路被短路的现象。如果不用 FU，当 C1 或 VD 万一击穿时将烧断住宅中电度表下的熔丝。安装停电自动照明灯装置的全部元器件的型号及参数等标在图中。购买时要注意 VD 和 C1 的耐压性能，有条件时，VD 可购反向耐压大于 700V 的二极管，C1 可选耐压大于 500V 的电容，这样，装置将更为可靠。Ec 用 4 节 2 号电池，一般情况下可用 1~2 年以上，如果你家停电很少发生，或虽然经常发生，但停电时间很短，这时也可选用 4 节 5 号电池，一般也可用 1 年左右。

2. 停电自动照明灯的组装

将图 9-27 电路元器件全部焊在印制电路板上。安装时注意元器件的线头不要焊错，否则电路将不能工作，而无法点亮荧光灯管。晶体管要加装散热片，可用 2mm 厚的铝板制成，面积不小于 $30\text{mm} \times 40\text{mm}$ ，并按位置打孔，焊接一定要可靠，以便为调试工作减少不必要的麻烦。电源和整流部分可另装到其他木制的或塑料盒子里，再用导线接到逆变电路板上。

9.15 节日流水彩灯电路

节日里，在家庭、单位大门上装上一组流水彩灯，会增添节日气氛，其外形如图 9-28a 所示。

图 9-28b 是由 3 组彩灯组成的流水彩灯的电路原理图。

该电路由 3 组晶闸管触发电路组成。市电电网 $\sim 220\text{V}$ 电压加到电路上，经 VD1 形成半波整流，并给 C1~C3 充电，当其上电压达到一定数值时，会使晶闸管 VTH1~VTH3 导通，灯泡 EL1~EL3 点亮。但 C1~C3 上的充电不会完全同步，假设 VTH2 先导通，EL2 先亮。此时 C3 继续充电，而 C1 的电压经 VD7 和 VTH2 放电，VTH1 不能导通。随着 C3 充电，其上电压继续增高，会使 VTH3 导通，EL3 亮。VTH3 导通构成了 C2 的放电回路，C2 上电压下降，使 VTH2 截止，EL2 熄灭。与此同时，C1 开始充电，经过一段时间，VTH1 导通，EL1 点亮。C3 放电，VTH3 截止，EL3 熄灭。C2 充电……如此循环下去。从视觉上可以看到 EL1、EL2、EL3 3 只彩灯顺序依次发亮，似流水一样非常好看。

图 9-28 中的二极管 VD1~VD4，选用 1N4001，而 VD6、VD8、VD10 选 2CP 型整流管。晶闸管 VTH1~VTH3 选用 3CT 型晶闸管，其反向耐压应高于 400V，电流 1A。



a)

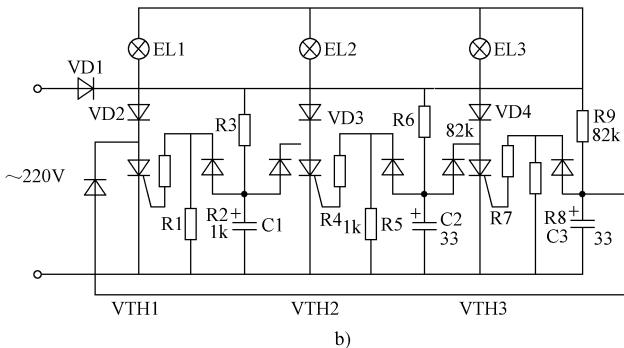


图 9-28 节日流水彩灯外形和电路

a) 外形 b) 电路

9.16 定时调光照明节电灯的安装

定时调光照明节电灯，是集照明定时调整、调光控制照明多功能为一体的节电装置，可安装在公共楼道、家属院内、卫生间等处照明使用。仅定时功能来说，可用于家用电器如电热毯、电风扇的定时。安装在卧室，其微光照明功能也会使房间的色调和气氛别具一格，同时还可收到明显的节电效果。

1. 电路原理

定时调光照明节电灯电路原理图如图 9-29b 所示。其电源由市电 220V 经变压器 T 变压和整流桥 (VD1 ~ VD4) 整流，电容 C1 滤波，W7805 稳压变成直流电向 (NE555) 集成电路供电。电路中的延时电路有集成电路 NE555、电容 C4、C5 和按钮 SB 组成。接通电源开关 S，按一下按钮 SB，NE555 即被置位，输出③脚呈高电平，双向晶闸管 VTH 被触发导通，灯泡



a)

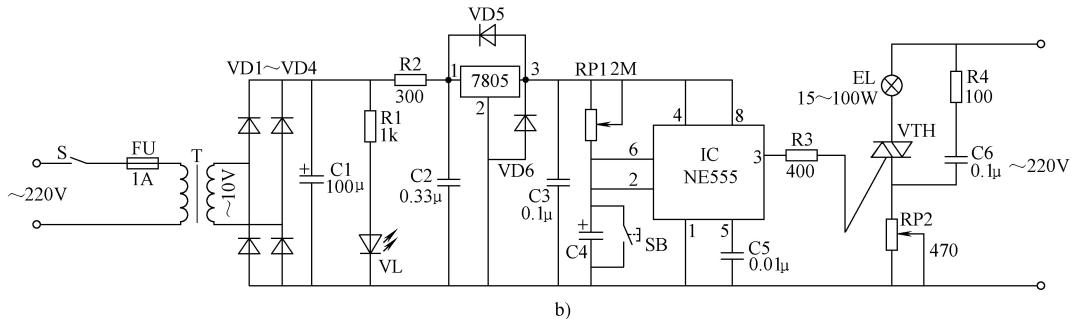


图 9-29 定时调光照明节电灯外形和电路
a) 外形 b) 电路

EL 就亮。当放开 SB 后，电源通过 RP1 向 C4 充电，当充至高于 $2/3$ 阈值电平时，NE555 复位，⑧脚输出呈低电平，使灯泡 EL 熄灭。接通 S 后微光照明 VL 一直保持工作状态。调整 RP2 (470Ω) 即可进行调光控制。

2. 元器件的选择

IC 可采用 NE555、5G1555 时基电路。VD1 ~ VD4 采用 1N4001 二极管；VTH 根据负载功率大小来选择。变压器 T 选用 220V/10V 的。VL 选用红色Φ6 发光二极管。除 R3 外，电阻均采用 1/8W 碳膜电阻。电容器 C1、C4 采用电解电容，C2、C3、C5 采用瓷片电容。其他元器件如图 9-29b 所示，无特殊要求。

3. 安装

根据原理图设计制作印制电路板，印制电路板参考如图 9-30 所示。电路板尺寸为 60mm × 105mm。将所有元器件焊接在印制电路板上，元器件焊装完毕，按电源变压器和印制电路板的大小自制或外购一个绝缘盒子，然后将它装入盒内。把电源开关、发光二极管、调光电位器、定时调整电位器安装在装置的前面板上，便于操作使用；电源进线、照明灯泡引线、熔断器等从后面引入。AN 按钮根据用户使用要求，可固定在面板上、床头、墙上。

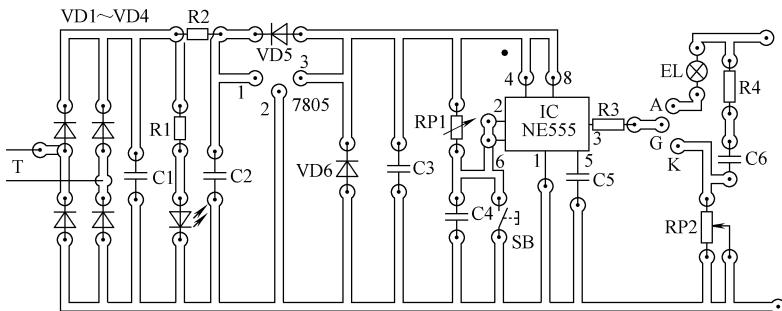


图 9-30 印制电路板图

9.17 音乐验电灯的安装

普通电笔用氖管显示，在强光环境中不易观察判别。音乐验电灯除用发光二极管显示外，还能发出音乐声来区别有无电源，而且在装有暗敷电线的房间墙壁内可方便找到隐蔽的电线。

1. 音乐验电灯电路

图 9-31a 所示为音乐验电灯的电路原理图。由场效应晶体管 VFE、晶体管 VT 组成检测电路。当有电时，市电产生的交变磁场在检测电路产生感应电势，使导通的场效应晶体管 VFE 变为截止，VT 导通，发光二极管 VL 点亮，音乐卡电路放音。无电时，VFE 导通，VsD 小于 0.7V 而使 VT 截止。

音乐验电笔中场效应晶体管 VFE，用 N 沟道结型场效应晶体管 3DJ6 型，晶体管 VT 用硅 NPN 型低频晶体管 3DX201B，放大倍数 β 值大于 100。音乐卡电路用普通音乐贺卡电路即可。发光二极管宜用平时透明、通电后发红光的进口管，便于在强光环境下比较。电源用晶体收音机用层叠电池 4F22 型 6V。电阻及电容均用小型元件。外壳可用市售遥控器外壳代用，参考尺寸为 120mm \times 36mm \times 25mm。

2. 音乐验电灯的安装

图 9-31b 所示为音乐验电灯的印制电路板图，印制电路板尺寸为 32mm \times 32mm，音乐验电灯的感应圈用线径 1.13mm 的塑料铜芯线做成内径 3mm 的小圈，焊到印制电路板上，把感应远离电源线，闭合电源开关，调整电阻 R2 阻值，使晶体管 VT 刚好截止。然后把感应圈靠近相线，因电场作用，VFE 截止，VT 导通，发光二极管点亮。把电阻 R3 由大减小，使音乐卡两端电压在 2 ~ 3V 间，音乐卡电路工作，驱动压电陶瓷片发声。如把电笔贴于墙壁上缓缓移动，即可由发光二极管 VL 的发光与否及音乐声判别墙内是否有隐蔽的带电电线，凿墙洞时可避免触电危险。同时，也可找出带电电线的线内断路处。

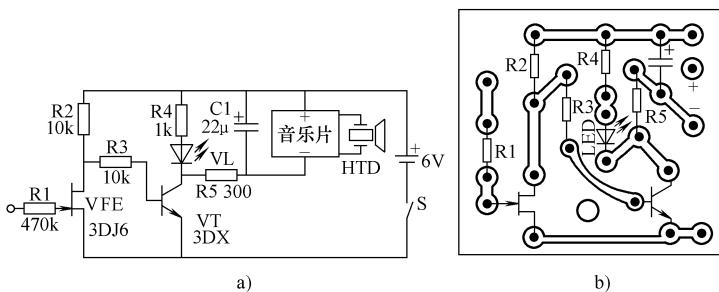


图 9-31 音乐验电灯电路与印制电路板图

a) 电路 b) 印制电路板图

9.18 电子音乐闪烁灯的安装

电子音乐闪烁灯电路，可以用声响，也可以用闪烁显示节奏，节拍频率可以从每分钟十几次到每分钟一百几十次连续调节。可以用来练习唱歌和演奏，也可以用于暗室中报时。

1. 音乐闪烁灯电路

电路说明如下：在这个电路中，双刀双掷开关 S2 在扬声器的位置上。电容 C1 通过扬声器并接在 VT1 的基极和发射极上。电容 C2 通过 R2 并接在 VT2 的基极和发射极上。接通电源开关 S1，电源通过 RP、R1、C1 充电。由于 RP 和 R1 串联的阻值很大，充电很慢。当 C1 上的电压达到大约 0.7V 的时候，VT1 导通，电源经 VT1 给 C2 快速充电，使 VT2 迅速导通，扬声器发声，灯泡同时闪烁。

这时电容 C1 经过 VT1 的基极、发射极、电源负端、正端，再经过 VT2 的发射极集电极放电。当 C1 两端的电压下降到很小的时候，VT1 截止。但是，VT2 还不能马上截止，要等电容 C2 经过 VT2 射极基极、电阻 R2 放电，两端电压下降到接近于零的时候，VT2 才能截止。

改变 RP 的阻值，就改变了电源对 C1 的充电时间，也就改变了音乐闪烁频率。电路如图 9-32 所示。

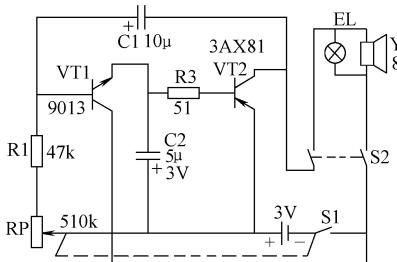


图 9-32 电子音乐闪烁灯电路

2. 安装

根据图 9-32 电路设计制作印制电路板，印制电路板参考板尺寸为 60mm × 100mm。将所有元器件焊接在印制电路板上，元器件焊装完毕，按电源变压器和印制电路板的大小自制或外购一个绝缘盒子，然后将它装入盒内。把电源开关、发光二极管、调光电位器、定时调整电位器安装在装置的前面板上，便于操作使用；电源进线、照明灯泡引线、熔断等从后面引入。按钮根据用户使用要求，可固定在面板上、床头、墙上。

9.19 鱼缸闪烁灯电路

图 9-33 所示为鱼缸闪烁灯的电路。VT1、VT2 组成了多谐振荡器，它是一个无稳态电路，只要开关 S 合上，VT1 和 VT2 就会交替地导通和截止，电路中 VL1 为红色发光二极管，VL2 为绿色发光二极管。当 VT1 导通的时间内红色的发光二极管发出绿光，当 VT2 导通的时间内绿色的发光二极管发出绿光。振荡器的振荡频率也是发光二极管的闪光周期。这个电路仅消耗十几毫安的电流。

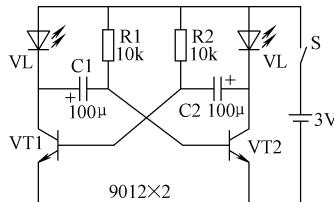


图 9-33 鱼缸闪烁灯电路

9.20 汽车转弯指示灯电路

当汽车转弯时，方向指示灯一闪一闪地发光，指示转弯的方向，以引起来往车辆及行人注意安全。汽车转弯闪光指示灯电路如图 9-34 所示，VT1、VT2 组成无稳态电路，当 S1 合上后，无稳态电路开始工作，由于 VT1 不断导通与截止，从而使继电器 K 不断吸合与释放，使指示灯电路接通和断开，指示灯发出一闪一闪的亮光。S2 合到位置“1”时，汽车的左转指示灯发光，S2 合到位置“2”时，汽车右转指示灯发光。

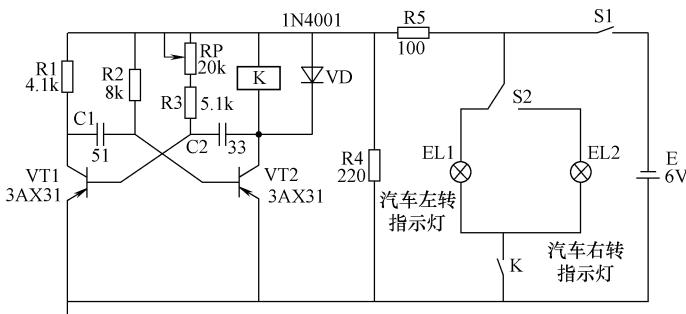


图 9-34 汽车转弯指示灯电路

9.21 光控路灯的安装

1. 光控路灯电路的工作原理

光控路灯特点具有工作稳定、可靠的特点，不会因偶然的强光照射而引起误动作或闪烁。

该光控路灯电路由光控触发器电路、开关电路和电源电路组成，如图 9-35

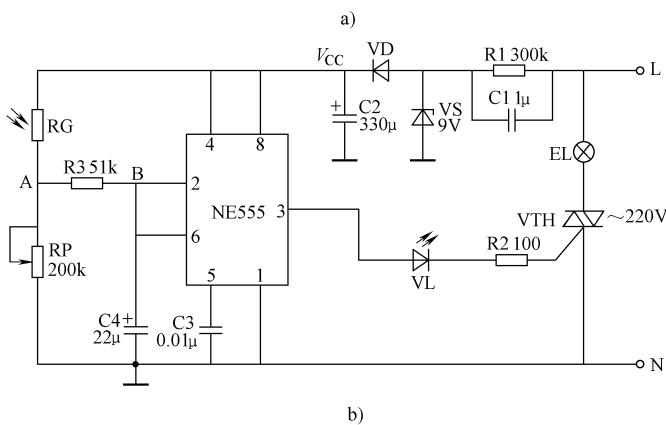


图 9-35 光控路灯外形与电路

a) 外形 b) 光控路灯电路

所示。光控路灯电路中，光控触发器电路由光敏电阻器 RG、电位器 RP、电容器 C3 和 C4、电阻器 R3 和时基集成电路 NE555 组成；开关电路由晶闸管 VTH、电阻器 R2 和发光二极管 VL 组成；电源电路由降压电容器 C1、电阻器 R1、稳压二极管 VS、整流二极管 VD 和滤波电容器 C2 组成。交流 220V 电压经 C1 降压、VS 稳压、VD 整流及 C2 滤波后，产生 8.5V (V_{CC}) 直流电压供给 NE555。

在白天，光敏电阻器 RG 受光照射而呈低阻状态，NE555 的 2 脚和 6 脚电位高于 $2V_{CC}/3$ ，NE555 的 3 脚输出低电平，发光二极管 VL 不发光，晶闸管 VTH 处于截止状态，照明灯 EL 不亮。

当夜幕降临时，光照度逐渐减弱，光敏电阻器 RG 的阻值逐渐增大，NE555 的 2 脚和 6 脚电压也开始下降，当两脚电压降至 $V_{CC}/3$ 时，NE555 内部的触发器翻转。3 脚由低电平变为高电平，使 VL 导通发光，VTH 受触发而导通，将照明灯 EL 点亮。

直到次日黎明来临时，光照度逐渐增强，RG 的阻值逐渐减小，使 NE555 的 2 脚和 6 脚电压逐渐升高，当两脚电压升高至 $2V_{CC}/3$ 时，NE555 的 3 脚由高电平变为低电平，VL 和 VTH 均截止，照明灯 EL 熄灭。

调节 RP 的阻值，可控制该灯光自动控制器电路在不同光照下的动作。

2. 光控路灯的安装

路灯安装一般采用地沟穿管布线的方法。控制部分安装在大门口或在电工房值班室内统一控制，如图 9-36 所示。

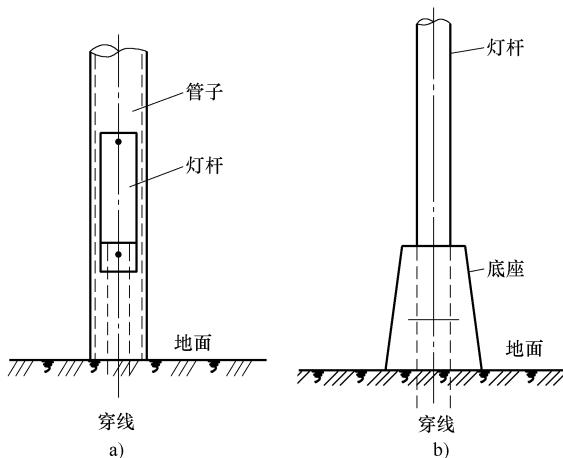


图 9-36 路灯接线示意图

路灯一般由埋在地下的电力电缆线路供电，通常设置接线箱，在箱内接线和安装路灯的电气保护装置。一般情况下，多利用灯杆内部圆柱空间作为接线箱。图 9-36a 所示为利用灯杆外部圆柱形或六方形接线的做法；图 9-36b 所示为灯杆根部采用底座罩、利用其内部空间接线和安装电器示意图。

9.22 高层住宅走道照明灯电路

如图 9-37 所示。按一下按钮开关 $S_1 \sim S_n$ ，电灯即亮，同时变压器 T 电源即通，经二次绕组降压的低压交流电通过桥式整流器和电容 C_1 滤波后，在 C_1 两端输出一个直流电压，该电压经继电器绕组 K 、继电器常开接通，电阻 R_1 以及电容 C_2 这两条支路加到晶体管 VT_1 的基极，且使 VT_1 加上正偏压。于是，复合管迅速饱和导通，继电器绕组里有电流流过，其常开触点闭合，形成自锁。这样，即 S_1 松开按钮，电灯仍亮着。在常开触点闭合的同时，另一常闭触点则断开，电源继续通过继电器绕组向 C_2 充电。由于 VT_1 的基极电流小，且 C_2 两端的电压不能突变，其正极电位只能缓慢升高，故在此期间继电器将继续保持吸合。当 C_2 充电至绕组的释放电压击穿时，由于继电器绕组两端压差很小，不足以维持吸合，于是 K 断开，电灯熄灭，变压器绕组与电源脱离。 C_2 上的残余电压则通过 VT_1 和 R_2 。组成的放电回路迅速放完，以备下一次延时之用。

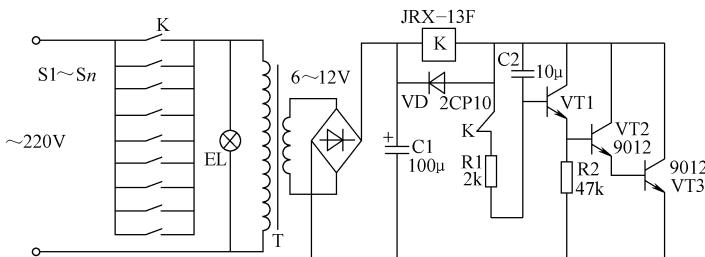


图 9-37 高层住宅走道照明电路

9.23 多路流水彩灯控制电路

多路彩灯控制电路的核心器件是大规模集成电路 SE9201，该集成电路具有花样新颖、功能多、电压低、功耗小等优点，通过晶闸管控制可用于节日彩灯、广告招牌、门面灯光装饰控制等。多路流水彩灯控制电路如图 9-38 所示。

集成电路 SE9201 有 4 个花样选择端 B1 ~ B4，通过程控器进行不同的

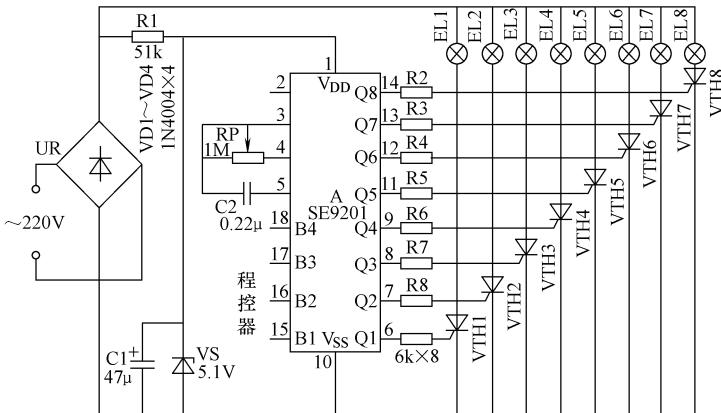


图 9-38 多路流水彩灯控制电路

电平连接，可组成众多变化的闪光花样。有 8 个输出端 Q1 ~ Q8，可驱动 8 路彩灯，由于 Q1 ~ Q4 与 Q5 ~ Q8 具有对称性，故也可简化成 4 路控制彩灯。集成电路 SE9201 使用的电源电压为 3 ~ 8V，典型值为 5V。该电路外围元器件少，只需外接一只电阻器和一只电容器，它们的值决定振荡器的时钟频率。通常电容器的容量取 0.1 ~ 0.22μF，电阻采用 1MΩ 可变电阻器，通过改变其阻值就可以改变闪光的快慢。

集成电路 SE9201 具有 8 种基本花样：四点追逐；弹性张缩；跳马右旋；跳马左旋；依次亮同时灭；同时亮依次灭；左右扩张；全亮间隔闪光。通过花样选择端 B1 ~ B4 不同电平的编程组合，可实现 8 种基本花样单循环、双循环以及自动变换的全循环和双全循环等 4 种循环功能的选择和控制。自动转换全循环时，每种花样闪光的次数；除全亮间隔闪光 4 次外，其他花样都是 8 次。而双循环和双全循环的每种花样的闪光次数都为自动转换次数的一半。

9.24 霓虹灯电路

霓虹灯具有很好的装饰效果，使用时可根据需要弯成各种形式的图案文字，并通过各种控制装置得到循环变化的彩色图案和自动的灯光效果。而它在广告宣传、店铺装饰等场合也得到了越来越广泛的应用。

霓虹灯是一种高电压辉光放电灯，其发光原理是：在灯管的两端施以高压，高压使管内的气体电离，进而发出彩色的辉光。它的工作电压为 6000 ~

15000V，由特殊的专用变压器供给，这种变压器是一种漏磁变压器，其特点是短路电流很小，不会因二次短路而烧毁变压器。常用的霓虹灯变压器容量为450VA，一次输入电压220V，电流2A，二次电压为15000V，电流24mA，二次短路电流为30mA，它能点亮长12m、管径为12mm的灯管。常用的霓虹灯灯管外径在11~15mm之间，灯管用玻璃制造，管内抽成真空后再充入少量的惰性气体和少量的汞。充入的惰性气体不同，发出的光也不同。为了得到更多更绚丽的色彩光，往往将灯管内壁涂以各种颜色的荧光粉或各种透明色。霓虹灯闪光电路如图9-39所示。为了节能也可以采用交流电整流高频逆变高压供电。

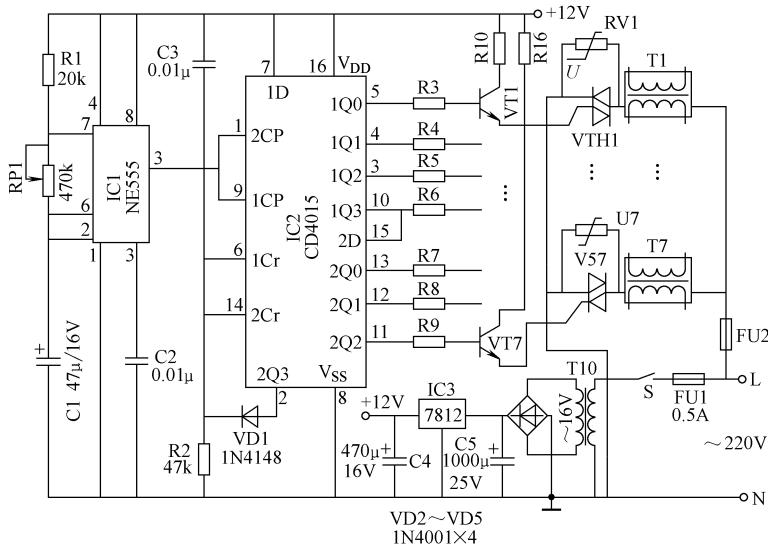


图9-39 霓虹灯闪光电路

9.25 广告照明灯的安装

本例介绍一款采用分立元器件制作的光控LED广告牌装饰灯，它在白天不工作，而晚上能自动点亮，具有耗电省、寿命长、免维修、易制作等特点。

1. 电路工作原理

该LED标牌装饰灯电路由电源电路、光控电路和LED显示电路组成，如图9-40所示。

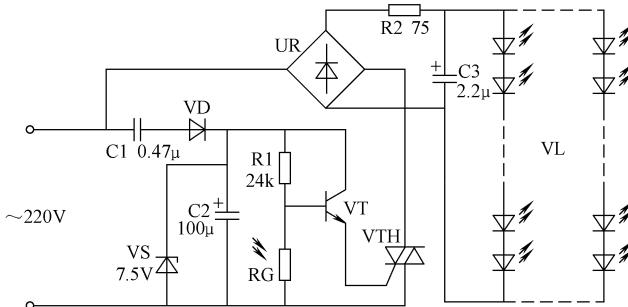


图 9-40 LED 广告牌装饰灯电路

电路中，电源电路由降压电容器 C1、整流二极管 VD、稳压二极管 VS 和滤波电容器 C2 组成；光控电路由光敏电阻器 RG、电阻器 R1、晶体管 VT 和晶闸管 VTH 组成；VL 显示电路由整流桥堆 UR、电阻器 R2、电容器 C3 和发光二极管串 VL（由数百只发光二极管串、并联而成）组成。交流 220V 电压一路经 C1 降压、VD 整流、VS 稳压及 C2 滤波后，产生 +7.5V 电压，作为光控电路的工作电源；另一路经 UR 整流、R2 限流降压及 C3 滤波后，驱动 VL 发光。

在白天，光敏电阻器 RG 受光照射而呈低阻状态，VT 因基极为低电平而处于截止状态，其发射极无触发电压输出，VTH 不导通，C3 两端无电压，VL 不发光。夜幕降临后，RG 的阻值变大，VT 获得工作电压而导通，其发射极输出的触发电压使 VTH 导通，发光二极管串 VL 点亮。

若需要该 LED 广告牌全天工作，则可将 RG 去掉或换一只阻值为 500kΩ 以上的固定电阻，使 VT 和 VTH 通电即导通。

2. 元器件的选择

R1 选用 1/4W 金属膜电阻器或碳膜电阻器；R2 选用 3W 金属膜电阻器；C1 选用耐压值为 400V 的涤纶电容器或 CBB 电容器；C2 选用耐压值为 25V 的铝电解电容器；C3 选用耐压值为 400V 的铝电解电容器。

VD 选用 1N4001 型硅整流二极管；VS 选用 1/2W、7.5V 的硅稳压二极管；VL 可根据需要用 2~4 组发光二极管串（每组用 100 只 φ5mm 或 φ8mm 的发光二极管串联）并联；UR 选用 1A、50V 以上的硅整流桥堆；VT 选用 9014 或 9013、C8050 型硅 NPN 晶体管；VTH 选用 TLC336 型双向晶闸管。

3. 广告照明灯的安装

根据图 9-40 电路设计制作印制电路板，印制电路板参考板尺寸为

60mm×100mm。将所有元器件焊接在印制电路板上，元器件焊装完毕，按电源变压器和印制电路板的大小自制或外购一个绝缘盒子，然后将它装入盒内。把电源开关、发光二极管、调光电位器、定时调整电位器安装在装置的前面板上，便于操作使用；电源进线、照明灯泡引线、熔断器等从后面引入。按钮根据用户使用要求，可固定在门外墙上。

9.26 照明灯自动开关电路

NE555 时基电路与交流固态继电器可以组成照明灯自动开关电路，电路如图 9-41 所示。从图中可看出，白炽灯 EL 白天因电路中的光敏电阻阻值下降而自动熄灭，黑夜时 EL 自动点亮。

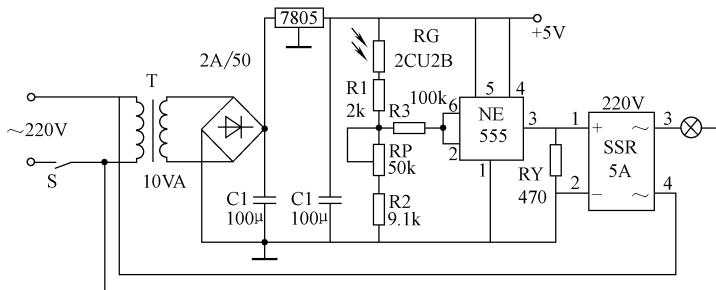


图 9-41 照明灯自动开关电路

图中, RG 为光敏电阻 2CU2B。RG 受光照时, RG 阻值变小, 加在 NE555 时基电路的 2、6 脚上的电压较高, 所以 NE555 输出端 3 为低电平, 交流固态继电器 SSR 截止, 照明灯不亮。

当夜幕降临时，RG 电阻增大，NE555 的 2、6 电压低于 5V，使输出脚 3 变为高电平，交流固态继电器 SSR 的 1 脚获得正电源而导通，使其交流输出受控端 3、4 导通。白炽灯 EL 点亮。调节电位器 RP 可以改变照明灯的开关时间。

9.27 太阳能绿色照明灯

1. 太阳能电池简介

太阳能电池发展速度很快，在未来 10 年内，太阳能电池平均转换效率要达到 30% 左右，而价格要下降一半。照明电力的一半可来源于太阳能，达到从 PN 结到 PN 结真正的绿色照明。太阳能电池是一个巨大的 PN

结, LED 是可以将电能转换为光线的 PN 结, 它的转换效率将来定可达到节能灯的水平, 而使用寿命可以达到 10 万小时以上, 这才是真正绿色照明。

2. 太阳能电池的功能

主要具有以下功能:

蓄电池过充、过放电保护; 充电后自动恢复放电功能; 防反充 (蓄电池向太阳电池充电); 温度补偿功能; 自动开、关灯功能 (晚上接通、白天切断负载)。

3. 太阳能草坪灯电路

太阳能草坪灯外形和电路如图 9-42 所示。

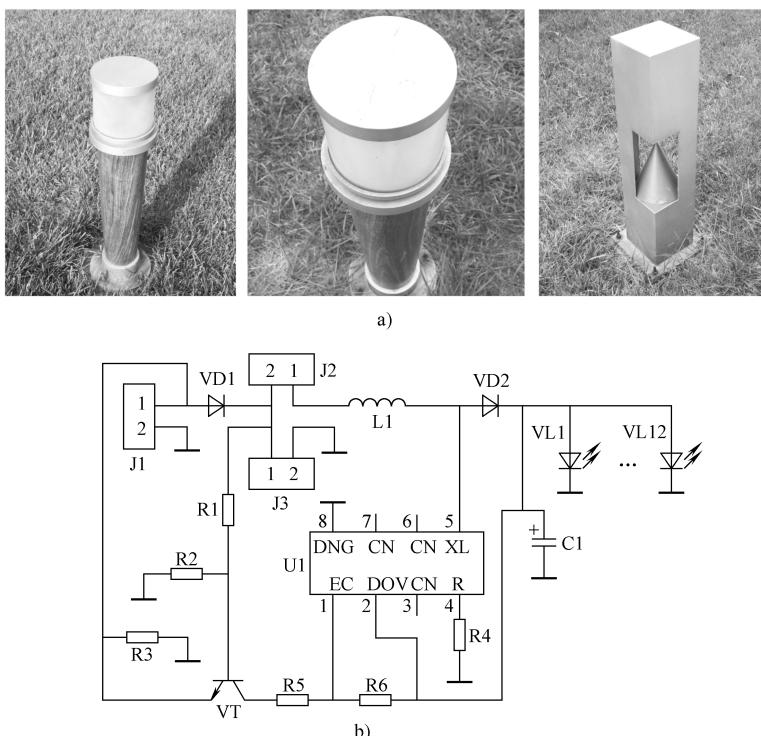


图 9-42 太阳能草坪灯外形和电路

a) 外形 b) 电路

分时、分压控制太阳能灯技术的核心，就是根据夜晚不同时间段人们对照度的不同要求，以及太阳能电池白天吸收能量的大小，控制太阳能灯的输入功率，达到用最小成本设计出能够满足最恶劣气象条件下人们对太阳能灯的最基本要求的目的。

该控制电路适合以 12 只 LED 为光源的草坪灯。U1 中包含驱动、光控检测、脉宽调制、电池电压检测等电路。其 1 脚为使能端，2 脚为电源电压，4 脚为负载电流调整口，5 脚为开关口，8 脚为接地端，3、6、7 均悬空。改变 R4 的阻值可以改变 LED 的工作电流，其最大允许电流为 500mA，R4 接地时电流最小。

J1 为太阳能电池，J2 为电源开关，J3 为 2 节镍氢电池。为了降低管压降，VD1、VD2 可采用肖特基二极管。改变 R5、R6 可调节蓄电池的分压保护值，改变 R1、R2 可调节分时值。该电路能在尽可能降低太阳能电池成本的基础上，保证照明时间，具有很高的性价比。

9.28 交通灯电路

1. 信号灯控制电路

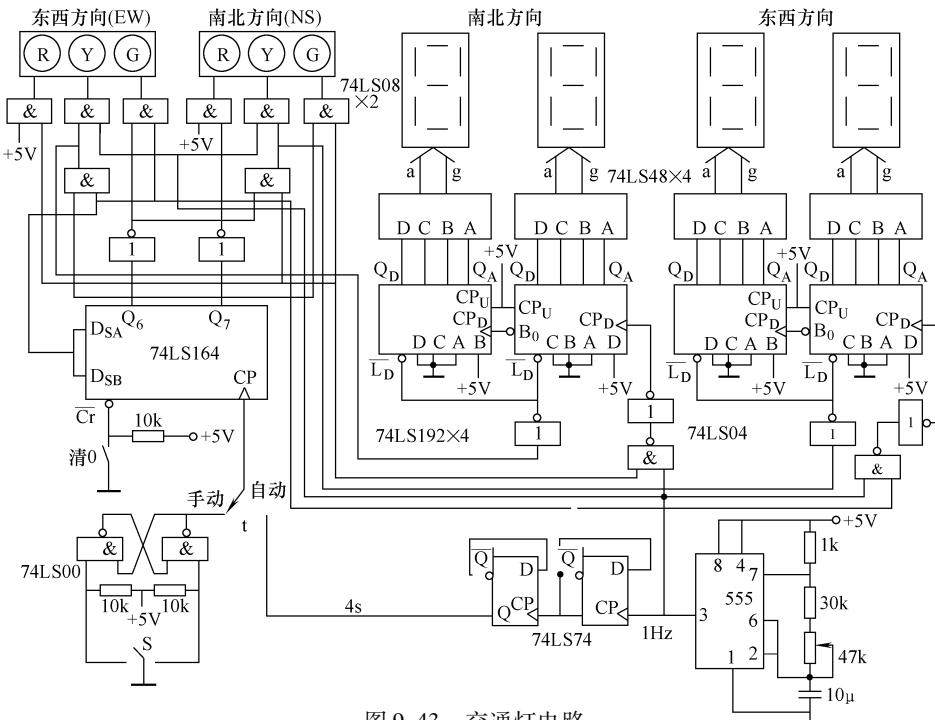
由 8 位单向移位寄存器组成扭环形计数器，对单位时间进行计数，经反相器等组成的译码器输出，分别控制东西南北各灯，其中黄灯为闪烁亮。

2. 数字显示电路

由可预置数的可逆 8421BCD 码计数器 74LS192 配以 74LS48 和 LED 数码管组成。由置数和计数受信号灯红黄灯控制。当东西向黄灯亮时，使南北向计数器置数为 28s，当东西向黄灯灭红灯亮时，使南北向（绿灯亮）计数器从 28s 开始做减 1 计数。当减到 0 时，东西向红灯灭，而南北向绿灯灭，封锁秒信号计数。同理南北向的黄灯和红灯控制东西向的置数和计数。

3. 手动与自动控制

与非门组成的基本 RS 触发器（又称抖动开关）作为手动开关信号，主要是便于电路调试。自动控制由秒信号产生电路（555 组成）的输出经四分频形成单位时间 t 。若改变 t ，只需改变分频级数。若时间要求精确，可用晶体振荡器加以分频而得到秒信号。电路如图 9-43 所示。



9.29 太阳能 LED 灯

买一只 1W 白光 LED，可以制作一个小台灯。

用酒杯状的乳白色塑料瓶盖做灯罩。从 LED 散热板（自带的）后面引出正、负两根线，穿过灯罩，经过弯管引入灯座，灯的形状就出来了。为了充电方便，使用了太阳能板。但电压太低，只能充一节电池，为此，增加了升压板。为了在阴雨天使用，增加了交流充电，并可在交流供电情况下点亮 LED 灯。电路如图 9-44 所示。

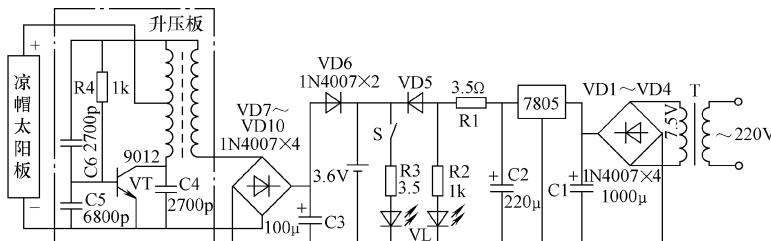


图 9-44 太阳能 LED 灯电路

此 LED 的端电压为 3.2V、额定电流为 350mA，经实验，4.8V 仍可正常工作，关键是限流在 350mA 左右。

升压板是从 6V 应急灯旧板上裁剪下来的振荡电路，未作任何修改（见图中点画线框内）。然后经桥式整流提供充电电流。笔者认为灭蚊拍、电子点火器、验币器等振荡电路，小作修改，也能变通使用。电池用 3 节 5 号 1800mAh 镍氢电池，夏天不用阳光直接照射太阳板，在较明亮处即可充电。交流充电提供 4.3V 充电电压，约 350mA 充电电流。假如使用 3 节 5 号镍镉电池，限流电阻 R1 应改为 8~10Ω，以减小充电电流，避免损坏电池。

9.30 消防应急灯

消防应急灯被广泛安装于公共场所的走廊、消防通道内，属于消防专用设备。市场上众多的消防应急灯具都是由消防公安部门监制的产品，品种繁多，但功能基本一样。当市电停电时，消防应急灯自动点亮，来电时自动熄灭。消防应急灯作为一种备用照明设备，在灯具内装有停电时提供电源的蓄电池，在有市电供电的情况下给电池充电。由于长时间与 220V 交流电源并联在一起工作，所以易出故障。由于属于专用产品，大多数不提供电路原理

图, 本图是根据实物绘测的奇辉 GF-066 型全自动消防应急灯电路。

1. 电路组成

电路如图 9-45 所示。由电池充电电路、灯光控制电路、电源电路、试验电路和故障指示电路组成。照明灯泡是 EL1、EL2 (2.5W/3.6V 螺旋式灯泡)。电池是 3.6V/1800mAh 的镍镉可充电电池，在停电时可提供功率为 $2 \times 2.5W$ ，照明时间不少于 100min。在电路中设有 3 个轻触自恢复式按键：G (OFF 关)、S2 (ON 开)、S1 (TEST)。3 个不同颜色的状态指示灯，VL3 (H 红色) 表示充电，VL2 (W 橙色) 表示电路故障，VL1 (L 绿色) 表示外电供电。在外电供电的情况下主供指示灯 VL1 亮，给电池充电时 VL3 亮。

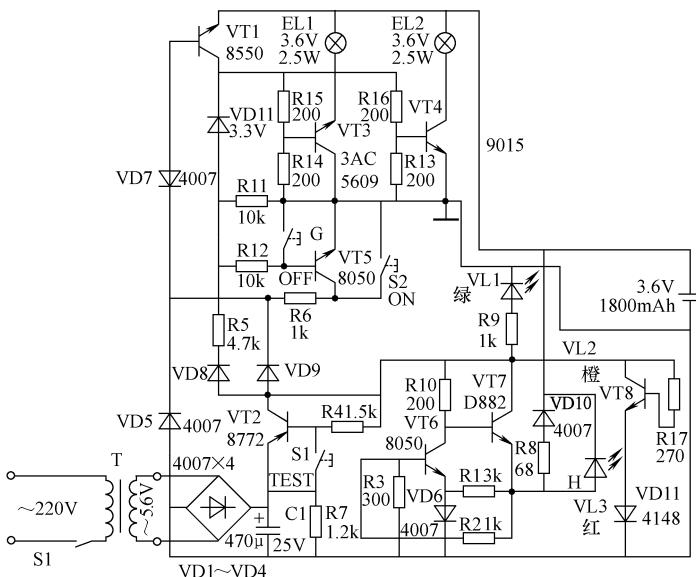


图 9-45 消防应急灯电路

2. 工作原理

(1) 灯光控制电路

由 VT3、VT4、VT5、VT7 和键 S2、G 构成，在无市电时，按一下 S2 (开) 键，VT5 饱和导通，VT5 的集电极电流通过 R12 使 VT7 维持导通；VD11 反向击穿工作在稳压状态。VT5 的集电极电压给 VT3、VT4 提供偏置使其导通，点亮 EL1、EL2。当按一下 G (关) 键时，VT7 截止，撤除了

VT5 导通条件，灯关闭。

当有市电供电时，外电源经 VD9 使 VD7 反向截止，VT5 无法导通，键 S2 和 G 都不能控制灯 EL1、EL2 的开和关。停电后二极管 VD7 负极电位变为零。使其瞬间正向导通，VT5 饱和导通，构成点灯电路条件，EL1、EL2 点亮。来电后 VD7 负极电位变高又反向截止，VT5 截止，灯灭（起到自动控制的作用）。点灯控制电路中，VD7、VT7 通过 R6 工作在临界状态。开关键 S2、G 只起到触发作用。

（2）电池充电电路

外电源经 VT2、VT6、R8、VD10 对电池进行恒流充电。当有外电源供电时。充电电流经 R8、VD10 向电池充电，且使充电指示灯 VL3 点亮。

（3）电源电路

220V 交流经变压器（未画出）变压。整流滤波，由 VT1 集电极输出 4.6V 直流电压，主要提供给充电电路给电池充电，并经 R9 使 VL1 发光指示。

（4）试验电路

当按住试验按键 S1 不放时，VT1 截止，VD7 负极电位变低而正偏导通，使 VT5 导通满足点灯条件，使 VL1、VL2 点亮。松开 S1 键灯随即熄灭。试验电路的作用是测试点灯电路是否正常。

（5）故障显示电路

由 VD13、VT8、R17 和 VD11 组成故障指示电路。如果外电源电压过高使 VT8 导通，VL2 点亮，指示过压故障。

3. 故障及检修

1) 无主供电源。当有交流电的情况下主供指示灯 VL1 不亮时，最常见的故障是变压器因长时间接入 220V 交流产生热量导致一次线圈烧坏。外电压不稳定也易损坏变压器；其次电源调整管 VT1 工作在较大电流状况下也易损坏造成无主供电源。

2) 灯常亮。VT5、VT3、VT4 击穿都会造成灯常亮。

3) 电池充电失效。由于电池时常处于充放电状态，造成电池容量不足或失效，须更换电池。充电电路 VT2 在给电池充电时，电流较大也易损坏。

9.31 灭除蚊蝇灯

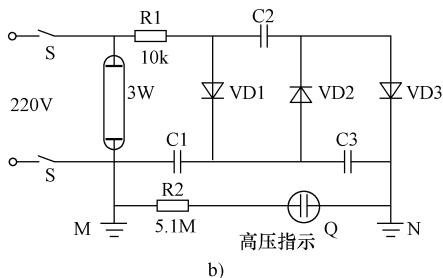
灭除蚊蝇灯是宾馆、饭店、家庭常用的消灭蚊蝇的有效工具。其外形如图 9-46a 所示。

电路采用二极管倍压整流的方式，产生很高的电压，如图 9-46b 所示。

当蚊蝇见光亮，扑向灭蝇灯的时候，被高压打死。



a)



b)

图 9-46 灭除蚊蝇灯外形与电路

a) 外形 b) 电路

9.32 氖灯

管形氙灯主要适合于广场、港口、机场、大型建筑工地、大型厂房、体育馆以及模拟日光的大型温室等大面积高亮度的照明场合。

管形长弧氙灯的两端以钍钨棒为放电极，石英玻璃管为放电管，采用气泡式钼片封接方法，充入一定量氙气而制成。

氙灯是属高气压的自持弧光放电灯，所以在起动时，钍钨电极的温度为周围大气温度，没有发射电子，灯管内氙气也没有电离。因此，需用专门的起动装置“触发器”进行引燃。20000W、40000W、100000W 氙灯的触发器原理和 10000W (XC-10A 型) 的原理基本相似，仅电路参数与大小有所不同而已，这里只介绍 10000W 氙灯触发器的工作原理。

触发器由电源变压器 T1，升压自耦变压器 T2，脉冲变压器 MT，电容 C1、C2，旁路电容 C2、C4，火花放电器 G，高频扼流圈 L1，接触器 KM 等组成。当输入端 ϕ_3 、 ϕ_4 接到电源以后，其电流经过 KM 直接加于 T1、T2 的一次绕组，由于电路中串有 KM 线圈，T1、T2 受到了限流，所以没有电能输出，而 KM 动作。当触发控制端给予短路时，这时 KM 线圈两端被短路，电流流过 T1、T2，而 KM 的触头处于开断状态，T2 的二次绕组有不小于 300V 的电压输出加于灯管 (ϕ_1 、 ϕ_2) 两端。T1 的二次绕组产生 5kV 高压，加于火花放电器 G 的两端，当电压高于 G 的放电间隙时，G 开始放电。在火花放电器放电过程中，火花电流中包含着频谱极广的各种频率，这时 T3 的一次侧绕组与 C1 组成串联振荡回路，选择了谐振频率，在电路里进行衰减振荡。在振荡的同时，由 T3 的二次绕组感应高压加在氙灯灯管上。这时灯管应被高频高压击穿而导通电弧，才能进行正常工作。氙灯照明电路如图 9-47 所示。

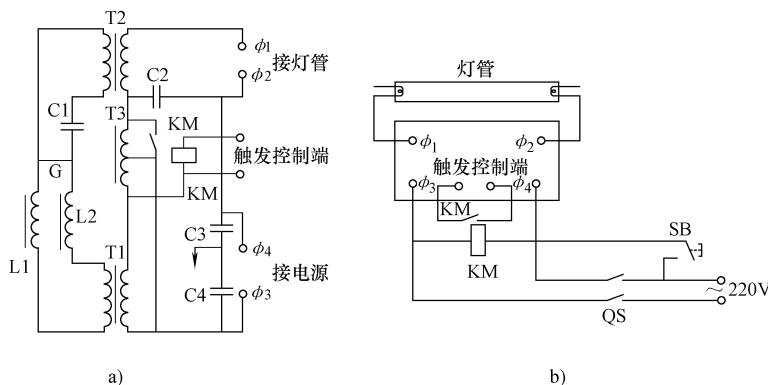


图 9-47 氙灯照明电路

a) 触发电路图 b) 氙灯连接图

9.33 高压钠灯

钠灯常用于路灯照明，它具有光线柔和、发光效率高等优点。

钠灯又分低压钠灯和高压钠灯两种。低压钠灯发出是单色荧光，它的发光效率很高，一般一个 100W 的钠灯，相当于一个 250W 的高压水银灯泡。另一种则是高压钠灯，它是将钠的蒸气压力提高，充进少量的水银，光谱线为黄色或红色，其特点是发光效率高，寿命长，广泛适用于道路、车站、广场、厂矿企业照明，高压钠灯电路如图 9-48 所示。其中图 9-48a 为高压钠灯的一种常用电路，其特点是在灯的外玻璃泡内有一种起动用的热控开关，

起动时, 电流流过热控开关和加热线圈, 当热控开关受热打开时, 镇流器产生脉冲高压, 使灯击穿放电, 在起动后热控开关靠放电管的高温保持断开位置。图 9-48b 所示为高压钠灯带电子驱动器的接线图。

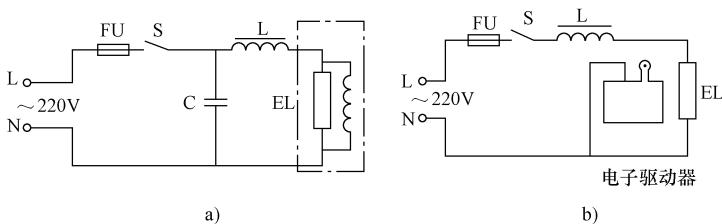


图 9-48 高压钠灯电路

a) 高压钠灯常用电路 b) 高压钠灯带电子驱动器的接线图

高压钠灯的结构及实物如图 9-49 所示。

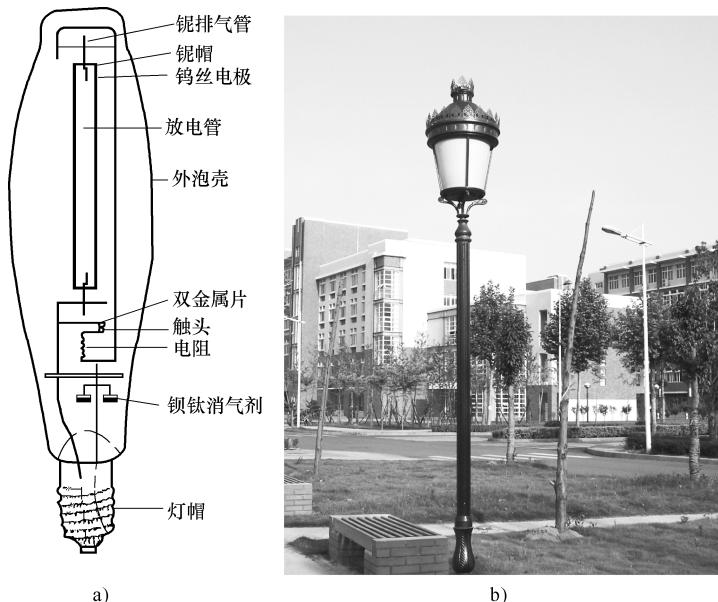


图 9-49 高压钠灯的结构及实物

a) 结构 b) 实物

9.34 配电室夜明灯

配电室是一个单位的供电中心，夜晚必须有夜明灯。

电路图 9-50 由主电路、低压电源和光控电路三部分组成。主电路由 220V、VTH、EL 构成；低压电源电路由 C1、VS、VD、C2 构成；光控控制电路由 RP、RG、VT、R 构成。其中，RP 为 VT 的上偏置电阻，RG 为 VT 的下偏置电阻，R 为 VT 的 C 极电阻。

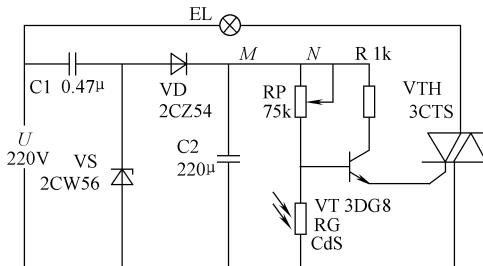


图 9-50 配电室夜明灯电路

低压电源电路工作原理如下。220V 电压负半周（下正上负）将沿 $U_+ \rightarrow VS \rightarrow C1 \rightarrow U_-$ 通过 VS 向 C1 充电，形成右正左负的电压 U_{C1} 。当 U_{C1} 正电压高到等于 VS 的稳压值时，VS 导通电流使两端电压稳定在 8V。比 8V 高出的那部分电压就全部落在电容 C1 上形成 U_{C1} 。

220V 电压为上正下负的正半周电压时， U 与 U_{C1} 同向串联为 “ $U + U_{C1}$ ”，“ $U + U_{C1}$ ” 的正极仍加在 VS 负极，使 VS 反向导通建立稳定的 8V 电压值，“ $(U + U_{C1}) - 8V$ ” 的电压值依然落在 C1 上，因此称 C1 为降压电容。同样，8V 电压又通过 VD 对 C2 充电，形成 7.3V 电源电压供光控控制电路使用。

光控控制电路的工作原理，白天，有光照射光敏电阻，RG 呈低电阻值，与 RP (75kΩ) 串联取得的分压不能使 VT 导通，故 8V 电压不能通过 VT 加到 VTH 的触发极，于是双向晶闸管截止，灯泡不亮。

夜晚，光敏电阻无光照射，RG 呈高阻值，与 RP (75kΩ) 串联后取得的分压能使 VT 导通，故 8V 电压就由 R→VT 的 C 极→VT 的 E 极 VTH 的 G 极，触发晶闸管导通电流，点亮灯泡，便于值班人员监视仪表与设施的运作情况，使电工房整夜通明。电路中的光敏电阻可安装在室外，感应自然光线。

9.35 塔标导航灯

图 9-51 所示为一个夜间闪光的塔标导航灯电路，由主电路、低压电源电路、触发控制电路 3 部分组成。这里只介绍触发电路是怎样使灯泡发出闪烁光的。

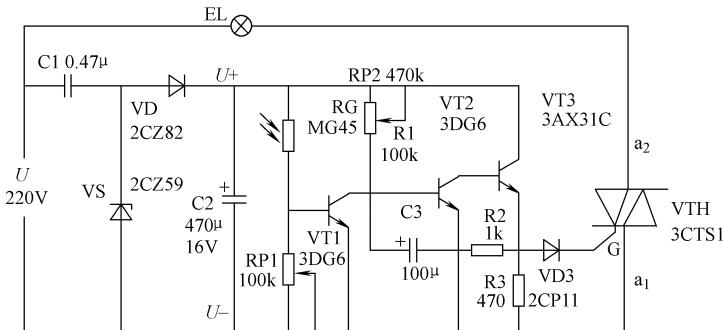


图 9-51 塔标导航灯电路

- 1) 在白天, RG 感应到亮光, RG 的电阻值较小 (为 $3k\Omega$ 左右), 11V 电压经 RG、RP1 分压形成 VT1 的 B 极电压较高, 使 VT1 进入饱和导通状态, C 极电压接近零值, 将 C3 的充电回路短路, 迫使触发振荡电路在白天停振, 故双向晶闸管在白天得不到触发电压, 指示灯 EL 不闪亮。

- 2) RG、RP1、RP2、R1、R2、R3、VT1、VT2、VT3、C1、C2、C3、VD3 组成电路。

低压电源电路产生上正下负的 11V 电压，先加在 RP2、R1、C3、R2、R3 串联的电路上，沿 $U+ \rightarrow RP2 \rightarrow R1 \rightarrow C3 \rightarrow R2 \rightarrow U-$ 对电容 $C3$ 充电，使 $C3$ 左端电压逐渐升高，目的是使 VT2 的 B 极电压升高。当 B 极电压升高到正偏置值时，VT2 发射结就导通，联锁地使 VT3 也导通，较大电流流过 R3，又产生较高电压，经 VD3 加到 VTH 的 G 极后就触发晶闸管导通，从而点亮指示灯 EL。在这一工作过程中，其实是 $C3$ 沿 $C3$ 正极 \rightarrow VT2 的 B 极 \rightarrow VT2 的 E 极 \rightarrow R3 \rightarrow R2 \rightarrow C3 负极放电，才使得指示灯 EL 点亮。随着 $C3$ 放电，两端电压逐渐降低，尽管此刻充电回路仍在给 $C3$ 充电，但因 RF2、R1 的阻值较大，放电量大于同时的充电量，所以最终使 $C3$ 两端电压降低。当电压降低到某一较低值时，VT2 的 B 极失去正极偏置电压，便由导通转变为截止，联锁地使 VT3 转为截止，R3 上端产生的电压随同消失。这时，VTH 因失去触发电压也转变为截止，指示灯熄灭。触发电路接着又对电容 $C3$ 充

电，使指示灯第二次点亮、熄灭……如此不断地工作下去，指示灯就一亮一熄，形成闪烁光。改变 C3 的电容，可改变充、放电速度，调整电路的工作频率。改变 R3 的阻值同样能改变电路的工作频率，从而改变指示灯闪光的速度。闪光灯只有夜间才闪亮发光，就是光敏电阻的作用。

这一电路实用处很大，可用于航标灯塔，发出特定频率的闪光信号，引导飞机夜间沿正确航线飞行；也可用于电视塔、电视转播塔、邮电通信塔、电力设施塔架上，在夜间发出闪光信号，以指示此处有一个高高的塔架；还可用于施工水道、沟坑旁边，在夜间发出闪烁红光，以防行人车辆误人。

9.36 照明用电负载参数计算

1. 白炽灯、碘钨灯设备容量的计算

白炽灯、碘钨灯的设备容量等于灯泡的额定功率 (kW)。

$$P_e = P_N \quad (9-9)$$

2. 荧光灯的设备容量计算

荧光灯的设备容量等于灯管额定功率的 1.2 倍（考虑镇流器中功率损失约为灯管额定功率的 20%）。

$$P_e = 1.2 P_N \cos\phi \quad (9-10)$$

3. 高压汞灯、金属卤化物灯设备容量的计算

高压汞灯、金属卤化物灯的设备容量等于灯泡额定功率的 1.1 倍（考虑镇流器功率损失约为灯泡额定功率的 10%）。

$$P_e = 1.1 S_N \cos\phi \quad (9-11)$$

4. 不对称负载容量的计算

多台单相照明设备应尽可能平均地接在三相上，若单相设备不平衡度（即偏离三相平均值的大小）与三相平均值之比小于 15%，则按三相平衡分配计算：

$$P_e = P_U + P_V + P_W \quad (9-12)$$

当单相负载不平衡度与三相平均值之比大于 15% 时，则按单相最大功率的 3 倍计算，偶尔短时工作制小容量负载容量一般按零考虑。

$$P_e = 3P_{\max} \quad (9-13)$$

5. 计算举例

新建办公楼照明设计用白炽灯 U 相 3.2kW，V 相 4kW，W 相 5kW，求设备容量是多少？如果改为 U 相 3.8kW，V 相 4kW，W 相 4.8kW，求设备容量。

解 三相平均容量为 $(3.8 + 4 + 5)/3 = 12.8/3 = 4.26$ (kW)，

三相负载不平衡容量占三相平均容量的百分率（即不平衡度）为
 $(5 - 4.26) / 4.26 \times 100\% = 0.74 / 4.26 \times 100\% = 0.17 \times 100\% = 17\%$ ，大于 15%，

所以 $P_e = 3P_{max} = 3 \times 5 = 15$ (kW)

改变后： $(4.8 - 4.26) / 4.26 \times 100\% = 0.54 / 4.26 \times 100\% = 0.12 \times 100\% = 12\%$ ，小于 15%。所以

$P_e = P_U + P_V + P_W = 3.8 + 4 + 4.8 = 12.6$ (kW)，小于 15kW，计算容量减少了，可见设计三相负载时越接近平衡越好。

电工设备的安装

10.1 动力配电箱的安装

动力配电箱是企事业单位常用的配电装置，内部有电源的总开关和供给分路负载用的开关、熔断器等。电源线从配电箱后边引入，各路负载从分开关引出。

1. 动力配电箱的型号

动力配电箱的型号有多种，常用的配电箱型号如图 10-1a 所示。

2. 动力配电箱的安装

动力配电箱的安装非常简单，一般购买回来之后，悬在一个墙角上，和安装其他设备一样，在墙面上打个基础，用螺栓、螺母把配电箱固定好即可，要保持底面和地面平行。动力配电箱的实物图如图 10-1b 所示。

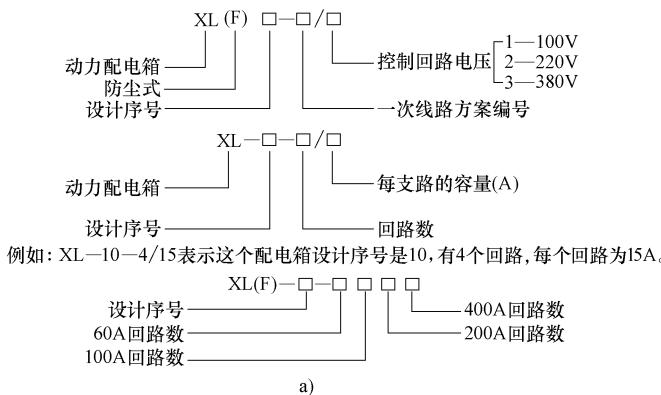
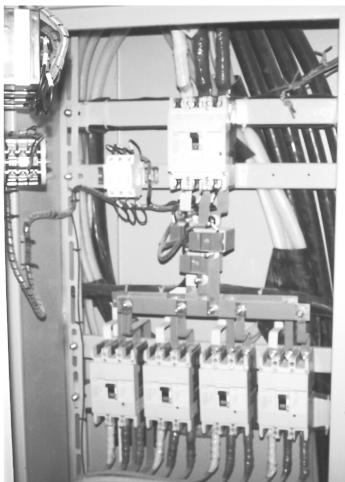


图 10-1 动力配电箱的型号与实物图

a) 动力配电箱的型号



b)

图 10-1 动力配电箱的型号与实物图 (续)

b) 动力配电箱的实物图

10.2 电力变压器的安装

1. 变压器安装对环境条件的要求

- 1) 变压器周围严禁有灰尘、腐蚀性气体。
- 2) 变压器室必须是砖墙，不得用木质类材料做墙，屋顶也不准用木类、油毡类材料。
- 3) 变压器室门要用金属制成并向外开，门外要写有“高压危险”字样。门用铁锁，铁锁要采取防雨措施（如用塑料布包扎）。
- 4) 对于6~10kV、800kV·A及其以上的变压器，变压器下边应有储油坑，坑内铺上卵石，地面向坑边要稍有倾斜。
- 5) 变压器室门侧下方应有通风道，墙上高处应装有通风孔。
- 6) 变压器室内要装有照明灯。
- 7) 变压器室屋顶应装有变压器吊芯用的吊环。
- 8) 变压器室必须干净，不得堆放其他物品特别是易燃易爆物品。

2. 10kV 变配电站安装变压器的要求

大、中型城市除居住小区的杆上变压器变电所外，民用建筑中采用露天

或半露天的变电所。如确因需要设置时，宜选用带防护外壳的成套变电所。配电变压器宜选择装设两台及以上的变压器。有大量一级负载或虽为二级负载但按保安需要设置时（如消防等）、季节性负载变化较大时或集中负载较大时，常采用两台以上电力变压器。

3. 变压器的安装方式

此部分主要包括 10kV 及以下变、配电设备的安装，其中包括：配电室引入线的做法，变压器室的布置母线安装；开关柜的安装，墙上低压电器安装以及电容器的安装等。除设计有特殊要求外，一般要求如下：

- 1) 变、配电网工程中的各种铁件均需做防锈处理并做好接地；除镀锌外，均刷樟丹油一道、灰油漆两道。
- 2) 母线均应涂刷有色油漆，涂色要求按表 10-1 规定。

表 10-1 10kV 及以下三相交流铜、铝母线排涂色表

相序	需涂颜色	涂色长度
L1	黄色	沿全长
L2	绿色	沿全长
L3	红色	沿全长
N（零线）	黑色	沿全长

- 3) 铜母线连接应采用机械连接，搭接部分表面应沾锡。铝母线可采用机械连接或焊接。焊接时，焊缝应饱满。
- 4) 母线水平安装时，用卡板固定，垂直安装时，用夹板固定。
- 5) 凡多股导线与电器设备端子连接时，均应用接线端子，严禁不经端子直接接入。
- 6) 当铜导线与铝接线端子压接时，应将铜导线沾锡或加垫锡箔纸。
- 7) 当导线或接线端子截面积大于电器设备的接线槽时，应采用铜连接板过渡，连接板的截面积应不小于导线截面积，连接板与铝接线端子连接处应沾锡。
- 8) 所有接线端子与电器设备连接时，均应加垫圈和弹簧垫圈。
- 9) 母线间距应均匀一致，最大允许误差为 5mm。
- 10) 母线调直应采用木质工具，切断母线时，严禁用电、气焊切割。
- 11) 开关柜的基础型钢安装前应直，埋设固定后，其水平误差每米应小于 1mm，但全长总误差不应大于 5mm。
- 12) 配电柜应安装牢固，各柜连接紧密，无明显缝隙，垂直误差每米不大于 1.5mm，水平误差每米不大于 1mm，但总误差不大于 5mm，柜面

连接应平直整齐。

13) 电缆引入电缆沟时, 应尽量从电缆沟的纵向(顺沟方向)引入, 以避免电缆弯曲半径过小。引入室内或电线沟内的应剥去麻皮。

4. 户外地台安装变压器

图10-2所示为户外地台安装变压器实物图和安装尺寸图。

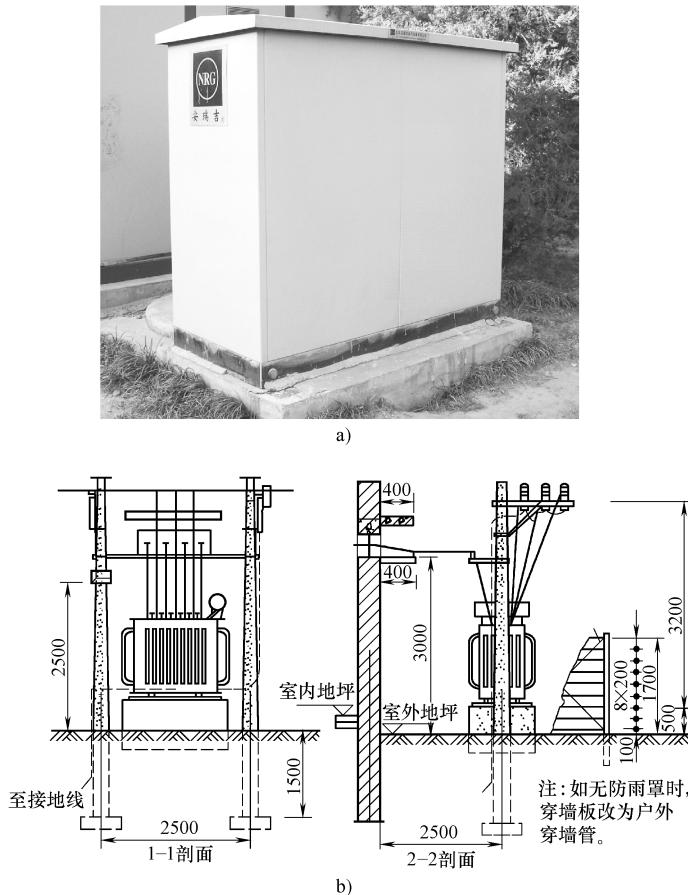


图10-2 户外地台安装变压器的安装

a) 户外地台变压器安装实物 b) 安装尺寸

变压器外廓（防护外壳）与变压器室墙壁和门的净距不应小于表 10-2 所列数值。干式变压器的金属网状遮栏高度不低于 1.7m。

表 10-2 变压器外廓（防护外壳）与变压器室墙壁和门的净距

项目与净距/m	变压器容量/kV·A	100 ~	1250 ~
		1000	1600
油浸变压器外廓与后壁、侧壁净距	0.6	0.8	
油浸变压器外廓与门净距	0.8	1.0	
干式变压器带有 IP2X 及以上防护等级金属外壳与后壁、侧壁净距	0.6	0.8	
干式变压器有金属网状遮栏与后壁、侧壁净距	0.6	0.8	
干式变压器带有 IP2X 及以上防护等级金属外壳与门净距	0.8	1.0	
干式变压器有金属网状遮栏与门净距	0.8	1.0	

对于就地检修的室内变压器，变压器室的室内高度可按吊芯所需的最小高度再加 700mm，宽度可按变压器两侧各加 800mm 确定。设置于室内的干式变压器，其外廓与四周墙壁的净距不应小于 0.6m，干式变压器之间的距离不应小于 1m。

厂区内的室外配电装置，其周围设置的围栏高度不应小于 1.5m。配电装置中电气设备的栅栏高度不小于 1.2m，最低栏杆至地面的净距不大于 200mm。

5. 户外杆上安装变压器

双杆比单杆安装更为牢固、稳定，适用于 40 ~ 200kV·A 的变压器，如图 10-3 所示。

6. 户内变压器的安装

图 10-4 所示为户内变压器的安装尺寸图。

1) 设备构件安装时，建议采用电锤打洞，可采用膨胀螺栓、螺母固定的方法，也可预塞木砖或预留安装孔，尽量避免临时钻洞。

2) 所有金属构件均应作防腐处理。室内采用防腐剂，室外的最好采用镀锌材料或涂油漆。

3) 进线电缆有麻被时，穿管引入的一段应剥去麻被外护层。

4) 横跨室内的桥型构件的长度，应按变压器的实际尺寸制作、安装。



a)

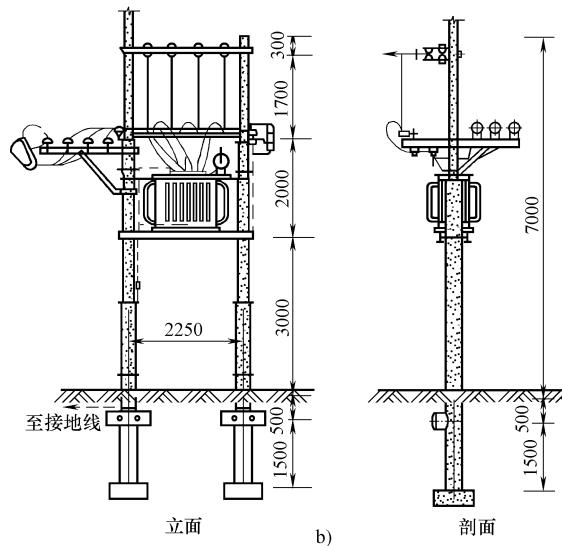


图 10-3 户外杆上变压器的实物与安装尺寸

a) 户外杆上变压器实物 b) 安装尺寸

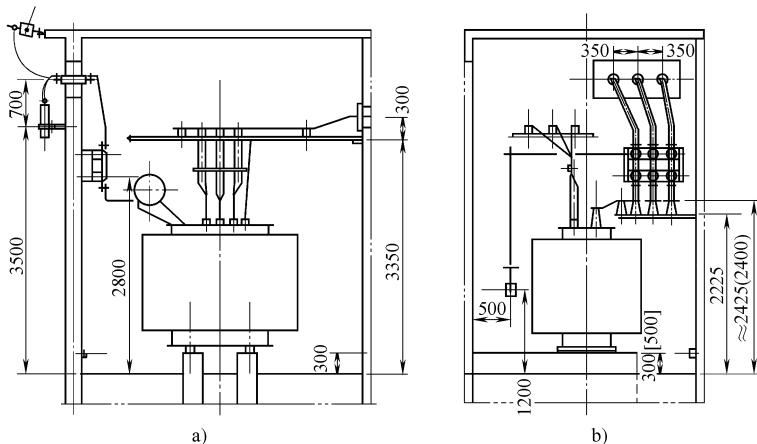


图 10-4 户内变压器的安装尺寸

a) 变压器平面安装尺寸 b) 变压器侧面安装尺寸

10.3 电动机的安装

电动机是用户用得最多的电气设备之一，本节介绍电动机的基础、安装、校正与拆卸方法，借以达到类似设备的安装举一反三。

1. 安装要求

不管哪种安装方法，都要求整齐、正确、安全、耐用。

2. 电动机安装基础

电动机底座的基础一般用混凝土浇注，在浇注电动机基础之前，应先挖好基坑，夯实坑底，再用石块或砖块铺平，用水淋透，放好四周模板和地脚螺栓，再进行混凝土浇注。可用铸铁座作基础以及预埋电动机固定地脚螺栓作基础，如图 10-5a、b 所示。

为了保证地脚螺栓埋得牢固，埋入混凝土内的一端，要把螺钉切割成“弯勾”形或“人”字形，如图 10-5c 所示。埋入长度为螺栓直径的 10 倍以上，人字形开口长度约为 100mm 以上为好。

3. 安装连接方法

(1) 穿管法

穿导线的钢管应在浇注混凝土前埋好，连接电动机一端的钢管管口高出地面的高度不得少于 100mm，并最好用蛇形管（带）或软管伸入接线盒

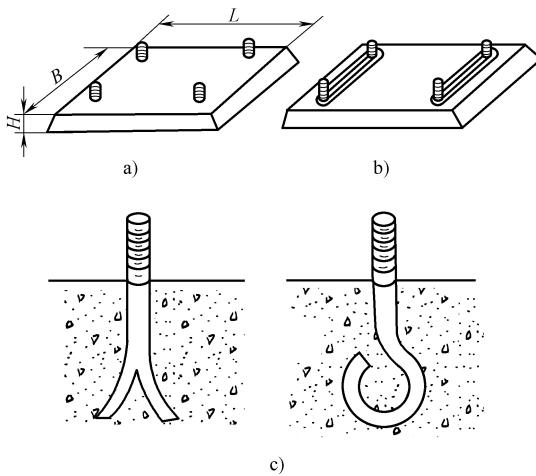


图 10-5 电动机安装基础

内,如图 10-6 所示。用钢管敷设电动机电源线时,要求一台电动机的三根电源线同时穿入这一根钢管内,并且要对这根穿电线的钢管做接零或接地处理。首先把电动机四根电源线(三相四线)穿入具有阻燃性能的塑料管内,然后从电源开关下边明敷到电动机接线盒内。

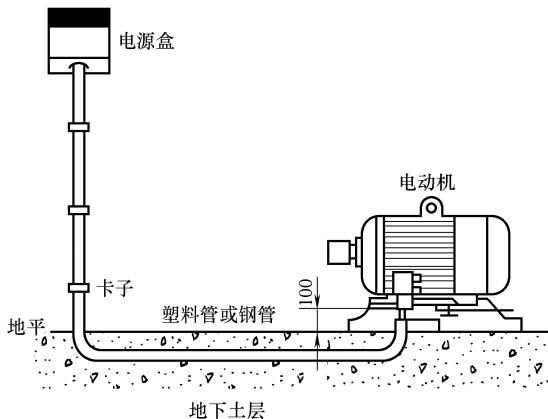


图 10-6 电动机穿管安装

(2) 带传动的安装法

电动机的两个带轮直径大小应按机械传动要求配套使用，传动比应符合要求。两个带轮的宽度中心线要在一条直线上，两轴在安装中必须平行，否则会损坏传送带，使电动机发生振动，严重时会烧坏电动机绕组，如果是平带，电动机在运行过程中有可能造成脱带事故。

对于电动机带传动的校正，如两个带轮宽度相等，可用一根弦线拉紧并紧靠两个带轮的端面，如果弦线均匀地接触圆周四点，说明带轮校正好，否则应进行调整，使两带轮校正在正确范围内，方可使用电动机。

(3) 电动机连接齿轮减速器法

电动机安装用连接减速器时，首先应把两个半片万向节分别装在电动机和转动机械的轴上，然后再把电动机移近连接处，当两轴处在同一条直线上时，先拧紧电动机机座上的地脚螺栓，再用直尺按图 10-7 中的方法放在两个半片万向节的上侧面，然后用手转动电动机万向节旋转 180°，同时用直尺查看万向节转动是否高低一致，否则应在电动机机座下或机械传动机座下加垫片，使其平衡在同一轴心位置上。若上述两个方面均已调整好，则说明电动机和机械轴已处于同轴状态。调整两个半片万向节，使端面同另一轮端面之间有均衡的 1~2mm 的间隙后，便可将万向节的机

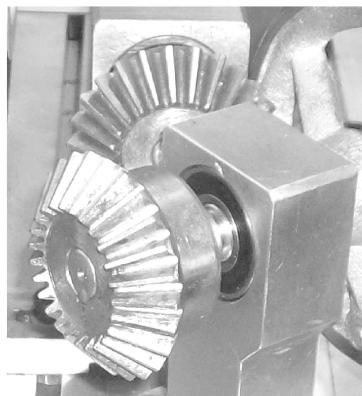


图 10-7 电动机连接齿轮减速器法

(4) 链条法

用一选配好齿数的链条和电动机轴上齿轮连在一起。电动机运动经齿轮传动带动机械设备运行，如图 10-8 所示。

上述几种方法在工厂里常被使用，要根据不同的设备采用不同的方法。

4. 校正与测量

电动机的校正与测量如图 10-9 所示。

电动机的校正要求水平或垂直在一条直线上，一般采用水平仪测量水平，用转速表测量转速，求出转速比来。对于减速器和链条来说，它们都是可以调整的。

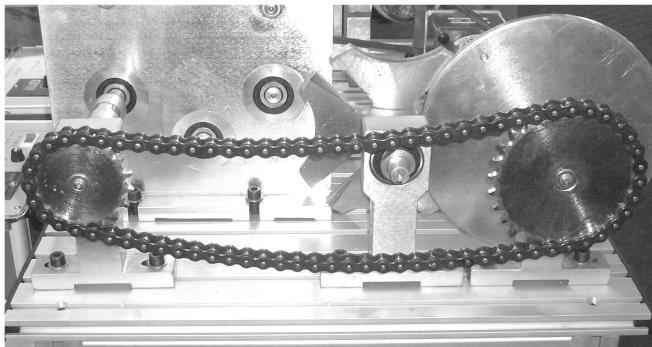


图 10-8 链条法连接安装

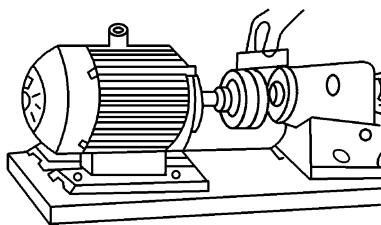


图 10-9 电动机的校正与测量

10.4 互感器的安装

互感器（包括电流互感器和电压互感器）是一次系统和二次系统间的联络器件，用以分别向测量仪表、继电器的电流线圈和电压线圈供电，正确反映电气设备的正常运行和故障情况。

1. 电压互感器

电压互感器广泛用在电力系统中，分为电磁式和电容式两种。电压互感器的一次侧接被测高压，二次侧的标准额定电压一般为 100V，供仪表指示或作为保护动作装置的起动电源。电压互感器可以将测量仪器电路与高压电路隔离开，可以保证人身及电气设备的安全。

电压互感器是一种小型高压变压器，有单相和三相电压互感器之分，用于高压电力线路的电压互感器上，接线线路如图 10-10 所示。使用电压互感器时要注意以下几方面的问题：

- 1) 电压互感器的二次侧绝不允许短路，经耐压实验合格后方能投入

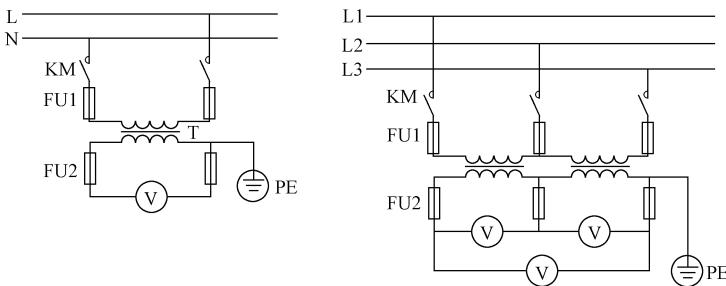


图 10-10 电压互感器电路

运行。

- 2) 要经常检查电压互感器的缺油、漏油、油瓷套管有无裂纹、损坏等不安全因素。
- 3) 电压互感器的二次侧必须有一端直接接地。
- 4) 电压互感器的一次侧和二次侧都必须加装熔断器。

2. 电流互感器

电流互感器在高压电气设备或低压电气设备中的应用极为广泛。电流互感器又叫变流器，其作用是：

- 1) 将高压侧一次回路的大电流变为二次回路低电压小电流（标准额定电流为 5A 或 1A），使测量仪表和保护装置标准化、小型化，并使其结构轻巧、价格便宜和便于屏内安装。
- 2) 使二次设备与高压部分隔离，由于电流互感器二次侧均接地，从而保证了设备和人身的安全。电流互感器接线如图 10-11 所示。

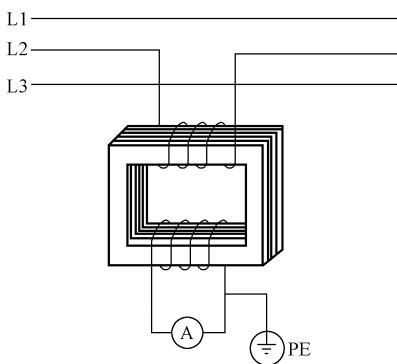


图 10-11 电流互感器接线图

安装使用电流互感器时应注意以下事项：

- 1) 经耐压实验合格后方能投入运行。
- 2) 高压电流互感器和低压运行的电流互感器二次线圈电路均不得开路，并且其中一端要可靠接地，电流互感器二次侧线圈如果开路，会导致电流互感器铁心中的磁通急剧增大，导致铁心饱和，从而在二次线圈上产生很高的尖峰感应电动势。

10.5 桥式起重机的电气安装

1. 行车电路的组成与运动状态

行车电路由地面控制和空中行车控制两部分组成。读者在读这种电路图时，为了条理清楚，可分别阅读。如图 10-12 所示的行车电路，一部分是装在地面配电柜内的控制元件，用于将三相交流电源经控制以后提供给空中的行车电路，另一部分就是空中行车控制部分，它有上下、左右、前后 6 种运动状态。

(1) 地面配电柜

地面配电柜中，FU1 ~ FU4 为熔丝；SB1 为供电切断按钮；SB2 为供电接通按钮；KM1 为交流接触器，其有一组常开触头 KM1-1 作为自锁用，三组常开主触头 KM1-2 ~ KM1-4 用于控制行车的三相供电电源。

(2) 空中行车控制部分

SB3 为控制行车电源断开的总按钮；SB4 为控制行车电源接通的总按钮；KM2 为交流接触器，其有一组常开触头 KM2-1 作为自锁用；另有三组常开触头 KM2-2 ~ KM2-4 用于控制电动机及控制电路使用的三相交流电源；SB5 ~ SB10 为 6 只点动按钮，KM3 ~ KM8 为 6 只控制点动用的交流接触器，控制顺序为上、下、左、右、前、后；SA1 ~ SA6 为 6 只限位开关。

(3) 行车的运动状态

M1 为起吊物上、下的电动机；M2 为行车左、右移动的电动机；M3 为行车前、后移动的电动机。

2. 电路工作原理分析

(1) 地面送电控制

合上电源开关，按下 SB2 按钮后，交流接触器 KM1 线圈得电吸合，其常开触头 KM1-1 闭合后自锁，三组常开主触头 KM1-2 ~ KM1-4 闭合后，为行车提供三相电源。电路如图 10-12 所示。

(2) 地面断电控制

当要断开行车的供电时，只要按下停电按钮 SB1，使 KM1 线圈断电释放即可。

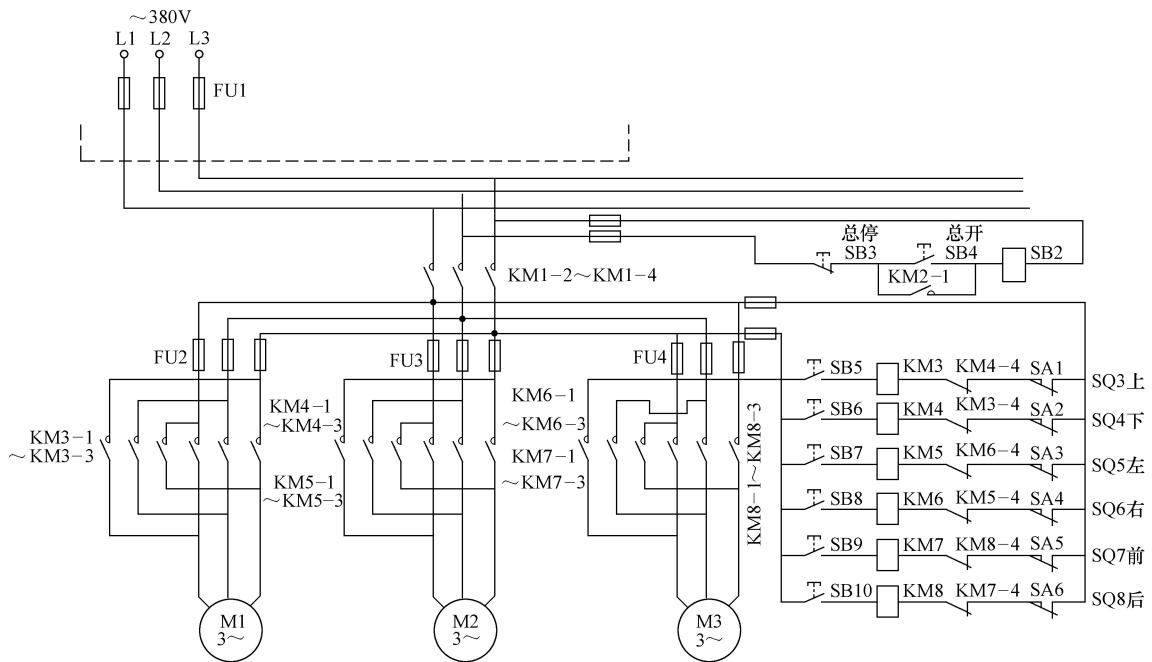


图 10-12 行车电路图

(3) 行车总电源控制

当按下 SB4 按钮后, KM2 交流接触器线圈得电吸合, 其常开触头 KM2-1 闭合后自锁, 三组主常开触头 KM2-2 ~ KM2-4 闭合后, 使行车总电源接通。

如要断开行车的总电源, 则只要按下总停按钮 SB3, 使 KM2 线圈断电释放即可。

(4) 点动控制

行车的上下、左右、前后点动控制是通过按压相应的按钮, 使相应的交流接触器线圈通电吸合, 接通了相应的电动机使其正转或反转来实现的。例如, 当按压 SB5 按钮时, KM3 交流接触器线圈得电吸合, 其常开触头 KM3-1 ~ KM3-3 闭合以后, 使电动机 M1 得电进入正转状态, 使所吊物体上升, 当按压 SB6 按钮时, 电动机反转, 所吊物体下降。

同理, 如按压 SB7、SB8 时, 电动机 M2 正转或反转, 行车左、右移动; 按压 SB9、SB10 时, 电动机 M3 正转或反转, 行车前、后移动。

10.6 电容补偿装置的安装

1. 电容补偿的作用

为了提高供电变压器的利用率, 提高用电负载的功率因数, 供电系统广泛采用电容补偿。

低压开关柜用在工矿企业的电力线路中, 有大量的感性负载存在, 这种感性负载使得功率因数降低。BJZ-3 型低压电容器自动补偿屏主要用于交流 50Hz、400V 以下三相电力系统中, 作为改善功率因数之用。

2. 电容器的安装要求

变电所是提供全厂用电的枢纽, 对它的要求不只是安全运行还要经济运行, 也就是说变电所在供电方面不单是一个技术问题, 还包含着经济问题。经济运行能使全厂每月少支很多电费, 降低产品用电单耗, 降低产品成本。欲收到预想效果, 其中主要手段是改善全厂功率因数。改善功率因数的方法有多种, 普遍常用的方法是安装移相电容器进行无功补偿, 无功补偿分高压侧补偿和低压侧补偿。一般中小型厂矿企业、机关、学校都采用低压侧集中补偿方式, 即移相电容器集中安装在变电所内, 接在变压器低压侧母线上。电容器单独一个屏, 操作方式分手动、自动两种。现仅就低压集中补偿的移相电容器合理运行提出如下要求:

- 1) 电容器不能有漏油、渗油现象。
- 2) 电容器上不能有油垢、灰尘。
- 3) 运行时三相电流应基本平衡, 如严重不平衡, 说明分路熔断器有烧

断的，要及时更换相应的熔丝。

4) 运行时三相电压应接近额定值，如电压超过电容器自身额定电压(400V) 1.1倍(440V)时，电容器应退出。理由如下：

① 电容器自身发热损耗(即介质损耗)和电压二次方成正比，电压增高10%，其发热损耗则增加21%，电容器容易鼓肚，甚至破裂、爆炸。

② 电容器是否需要投退，投退量多少，是由全厂功率因数好坏和负载大小来决定的。运行则要保持功率因数在0.9以上(指低压侧计费的)。

③ 对全厂月平均功率因数，低压计费的要在0.9以上，高压侧计费的要在0.95以上，否则罚款。每月底值班电工必须知道本月全厂平均功率因数为多少。

④ 中午、晚上、夜间非生产时间，要按时退出电容器，不然造成过补偿，使变压器电流无谓增加，导致电压升高，增加了变压器的铜损耗。

⑤ 电容器放电电阻必须可靠，不能断路，保证电容器退出后自动放电，否则电容器残存大量电荷，下次合闸很容易产生大电流冲击，烧断熔丝。

⑥ 电源停电后，电容器要自动退出，否则下次来电时容易产生电流冲击。

3. 电容补偿装置安装的技术数据

1) 工作电压： $380 \times (1 \pm 10\%) \text{V}$ 。

2) 输出容量：电容器组成若干组，可自动投入和切除，也可以手动投入和切除，其容量组成情况有以下4种，可供用户根据需要选择。

① 3台并列使用。电容器分10组，10路控制，总容量为360kvar。

② 两台并列使用。电容器分8组，8路控制，总容量为252kvar(264kvar)。

③ 单台使用。电容器分8组，8路或总容量为108kvar(120kvar)。

④ 总容量若不能满足用户需要时，可用4台以上电容补偿柜并列使用，以增加总容量。

4. 电容补偿装置的安装

1) 产品经检验合格后装箱出厂，为了便于装箱运输，多台并列的一次母线及电容器分装，当产品运到目的地后，首先必须检查装箱是否完整。若不立即安装使用，应将产品存放在干燥清洁之处。

2) 本产品拆箱后即可进行安装，根据制造厂提供的图样，将另行装箱的母线及电容器安放好，安装时应注意：

① 检查母线、熔断器、接触器、电容器以及其他螺钉是否上紧。

② 检查一次及二次线是否接好。

③ 电容器分组安装，相邻电容器之间的距离应不小于50mm，以保持

通风良好。

3) 投入运行操作程序。

① 将功率因数补偿自动控制器的电源开关扳到关的位置, 将左右两个旋钮扳到0位, 再把BJZ-3的转换开关1KK、2KK、3KK的手把向左扳到45°之后, 才可以把01(01A、01B)的刀开关合闸, 接着将功率因数补偿自动控制器的电源开关扳到开的位置, 把右边的旋钮扳到自动位置。

② 退出运行时将功率因数补偿自动控制器的左右旋钮扳到手切位置, 等屏内的电容器全部切除完后, 方可把01(01A、01B)的刀开关拉开, 详细说明参看补偿自动控制器说明书。

③ 如果补偿控制器拆出检查时, 可将转换开关1KK、2KK、3KK的手把根据功率因数需要扳向0位至45°、90°、135°等位置。

④ 在手动操作时, 电容器组自网络切出后一分钟内不得重新投入。

⑤ 面板上的指示灯作为电容器组投入指示之用, 并与放电电阻组成放电回路, 作为电容器组撤出放电之用。

⑥ 电压表经HK切换开关测量母线电压(BJZ-3-01B的电压表直接接入母线), 电流表作为测量电容器三相电流指示之用, 功率因数表作为网络功率因数监视之用。

电容补偿装置如图10-13所示。



图10-13 电容补偿装置

10.7 电动机轴承的安装

在修理电动机时, 有时把轴承卸下来清洗干净, 再装上。但安装也有一定技巧, 否则是装不好的, 具体安装方法如下。

安装轴承前，把轴承内盖先套在轴上。安装轴承时，要把轴承有号码（标志）的一面朝外，以便查看。安装轴承常用以下两种方法：

1. 利用套筒安装

如图 10-14 所示，金属套筒（铜的最好）顶住轴承内圈，套筒另一端垫上铁板，用手锤敲打，就能安装好轴承。套筒两端要磨平，使轴承内圈受力均匀，轴承不会受损。

2. 加热法

把盛有机油的铁桶放在炉子上加热，将轴承悬挂在油内煮，等油温升到 100℃ 左右时，取出轴承，趁热套在轴上。煮轴承时，不能把轴承放在桶底，以免轴承局部退火。

装好轴承后，要用手转动一下，看看是否灵活，转动灵活即为安装符合要求。

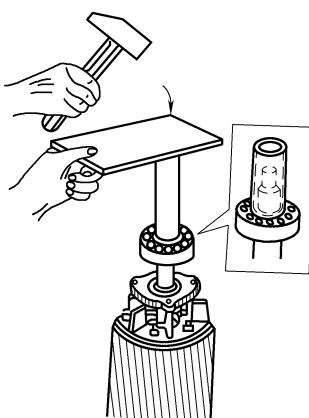


图 10-14 用套筒安装轴承

10.8 电动葫芦的安装

电动葫芦是一种小型起重机械，多用于设备的吊装工作。它由吊钩和移动行车两部分组成，吊钩的提升和行车行进各有一台电动机拖动。提升电动机带动滚筒转动，从而带动吊钩的提升或下降；行进电动机拖动提升机构在工字梁上水平移动，从而带动行车前进或后退。其控制电路如图 10-15b 所示。

主电路用断路器 QF 作短路保护，接触器 KM1、KM2 控制提升电动机 M1，KM3、KM4 控制行进电动机 M2 的正反向运行，它们都是靠改变施加于电动机三相电源的相序实现正转或反转的，YB 为电磁制动器，它装在提升电动机 M1 的端部，以保证吊钩的准确定位。

控制电路采用电动机的点动控制电路，上面两条支路分别为提升、下降控制，两支路由悬挂式复合按钮 SB1、SB2 来控制起停，SQ1 作上限位开关，用于提升的终端保护；下面两条支路分别为行车的向前、向后移动控制，它们由悬挂式复合按钮 SB3、SB4 来控制起停，SQ2、SQ3 分别是前、后移动限位开关，作水平移动的终端保护。熔断器 FU 作短路保护。

前进控制：按下复合按钮 SB3，SB3 常闭触头先断开，保证接触器 KM4 不会得电吸合，SB3 常开触头后闭合，接触器 KM3 得电吸合，行进电

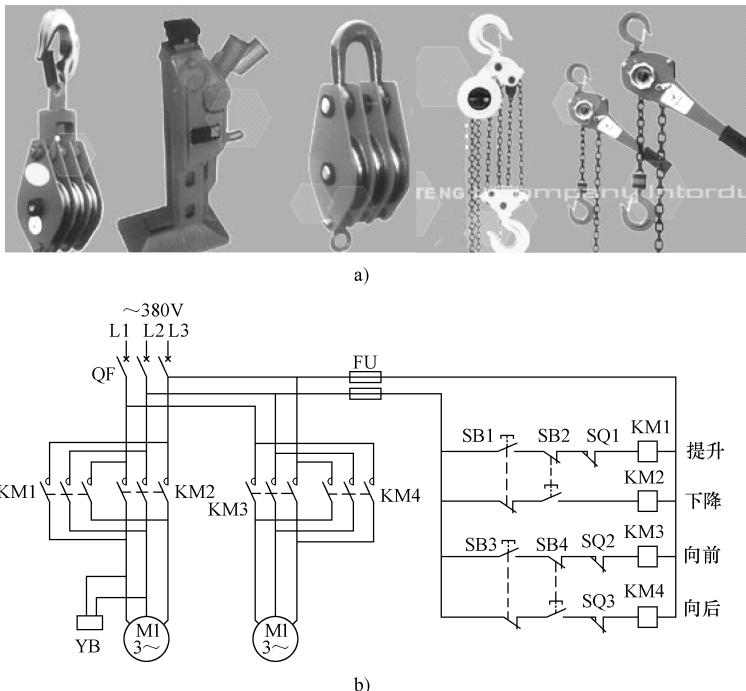


图 10-15 电动葫芦外形和控制电路

a) 电动葫芦外形 b) 控制电路

电动机 M2 得电起动。移动至规定位置时，松开 SB3，KM3 断电释放，M2 停机。如操作者操作失误或由于某种原因导致 SB3 触头短路，行进到终端位置时，行程开关 SQ2 断开，接触器 KM3 断电释放，电动机准确停止。

同理，读者自行分析后退控制、升、降控制。

电葫芦的安装，在对面墙的两面，用工字钢架设导轨，在导轨上安装一个操作吊钩，然后用按钮盒在地面上即可进行上下左右移动控制。它是工厂常用的移动工具之一。

10.9 低压断路器的安装

低压断路器的安装注意事项如下：

1) 断路器的上接线端为进线端，下接线端为出线端，“N”极为中性

板，不允许倒装。

2) 当低压断路器用作总开关或电动机的控制开关时，在断路器的电源进线侧必须加装隔离开关或熔断器，作为明显的断开点。凡设有接地螺钉的产品，均应可靠接地。

3) 断路器在过载或短路保护后，应先排除故障，再进行合闸操作。

4) 断路器承载的电流过大，手柄已处于脱扣位置而断路器的触头并没有完全断开，此时负载端处于非正常运行，需人为切断电流，更换断路器。

5) 断路器断开短路电流后，应打开断路器检查触头、操作机构。如触头完好，操作机构灵活，试验按钮操作可靠，则允许继续使用。若发现有弧烟痕迹，可用干布抹净。若弧触头已烧毛，可用细锉小心修整，若烧毛严重时，则应更换断路器以避免事故发生。

6) 长期使用后，应清除触头表面的毛刺和金属颗粒，以保持良好的电接触。

7) 断路器应做周期性检查和维护，检查时应切断电源。周期性检查项目有：

- ① 在传动部位加润滑油。
- ② 清除外壳表层尘埃，保持良好绝缘。

③ 清除灭弧室内壁和栅片上的金属颗粒和黑烟灰，保持良好灭弧效果，如灭弧室损坏，断路器则不能继续使用。低压断路器如图 10-16 所示。

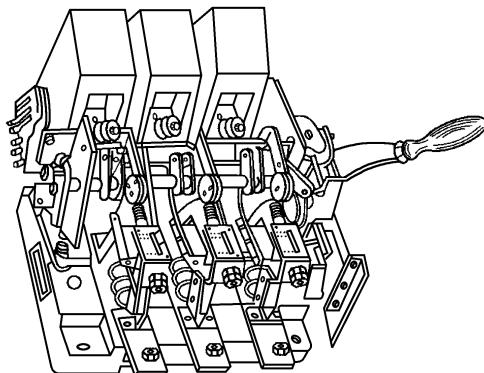


图 10-16 低压断路器

10.10 开关的安装

开关的类型很多，有拉线开关、跷板式开关和扳把式开关等。按用途分为一般照明开关、调光开关、调速开关、声光控延时开关、带门铃（“请勿打扰”显示）开关、电子（或机械）式插匙取电开关，电铃开关等。几种常见的开关外形如图10-17所示。

在宾馆饭店中，为了防止旅客在离开客房时忘记关灯和空调等电器设备，采用节电插匙取电开关控制，旅客进入房间，只有将节电钥匙插入节电开关盒，房间内才有电源；只有将节电钥匙从节电开关盒内取出，房间门才可能锁住，从而达到节电的目的。而对于楼梯、走廊、公厕等场所的照明，常出现“常明灯”，浪费了大量电能，因此，最好选用短时接通式开关或声光控延时开关节电。

安装在同一建筑物、内的开关应尽可能选用同一系列产品，开关的通断位置应一致，且操作灵活，接触可靠。开关安装位置应便于操作，各种开关距门框的距离宜为150~1200mm。同室内安装的同类开关安装高度差应不大于5mm，成排安装时，开关的高度差应不大于1mm。跷板式、板把式及按钮式开关距地面高度为1.3m，拉线开关距地面高度为2~3m，且拉线出口应垂直向下，其相邻间距应不小于20mm。在现代高层建筑、民用建筑中，普遍采用暗管配线，为此对暗管配线时开关的明、暗安装方法作简单介绍。

在安装时，均应与土建施工配合，按设计要求，在土建砌墙时将线管、开关盒预埋在墙体（应使线管伸进开关盒内5mm），并在连接处加锁母和密封圈，管端加装塑料线管护口，以保证线管与开关盒可靠连接（防止在穿线时损伤导线绝缘层），做到位置准确到位，并使开关盒面离出砖墙面约15mm，盒体埋设平整，不偏斜，盒的四周不应有空隙，在粉刷后即可使盒口面与墙体的粉刷层面相平齐。在墙面喷白或装修后，即可安装明、暗开关。

如为明装开关，则先进行管内穿线，并将导线从圆木台出线孔中引出，然后将圆木台用螺钉安装在开关盒上，再在圆木台上安装开关。如为暗装开关，则在线管内穿线后，将导线与开关面板上的接线端子连接，再将开关面板固定在开关盒上。对于跷板式、板把式开关，无论是明装还是暗装，在安装接线时，均应实现开关控制相线，并将开关扳把往上扳时，电路接通，电灯点亮；往下扳时，电路切断，电灯熄灭。

1. 拉线开关的安装

- 1) 在墙上准备装开关的地方居中塞上木枕。

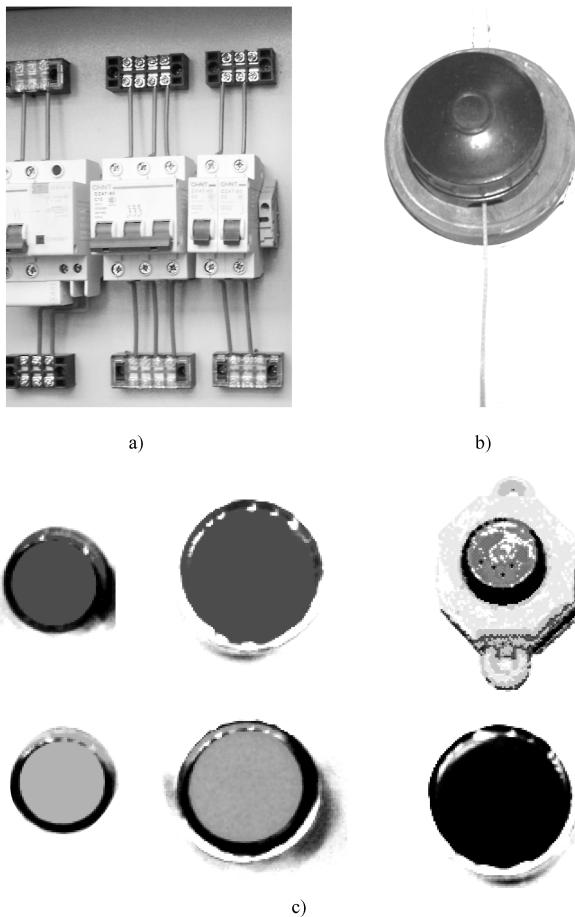


图 10-17 常见的几种开关
a) 电源开关 b) 拉线开关 c) 按钮开关

- 2) 对准开关的穿线孔的位置，在木台上钻两个穿线孔和一个螺孔。
- 3) 把中性线线头和灯头与开关连接线的线头对准位置穿入木台的两个孔里，用螺钉把木台连同底板钉在木枕上。
- 4) 卸下开关的盖子，把开关底座放正（应使拉线口跟拉线时的方向一致），然后把两个线头分别穿入底座上的两个穿线孔里，并用两枚螺钉把底

座钉在木台上。

5) 把两个线头分别接到接线桩头上, 盖上盖子。

2. 板把式开关的安装

暗扳把式开关必须安装在铁皮开关盒内, 铁皮开关盒如图 10-18a 所示。开关接线时, 将来自电源的一根相线接到开关静触头接线桩上, 将到灯具的一雌线接在动触头接线桩上。在接线时, 应撵成扳把向上时开灯, 向下时关灯, 然后把开关心连同支持架固定到预埋在墙内的接线盒上, 开关的扳把必须放正且不卡在盖板上, 再盖好开关盖板, 用螺栓将盖板固定牢固, 盖板应紧贴建筑物表面。

3. 跷板式开关的安装

跷板式开关应与配套的开关盒进行安装。常用的跷板式塑料开关盒如图 10-18b 所示。开关接线时, 应使开关切断相线, 并应根据跷板式开关的跷板或面板的标志确定面板的装置方向, 即装成跷板下部按下时, 开关应处在合闸的位置, 跷板上部被按下时, 开关应处在断开位置。

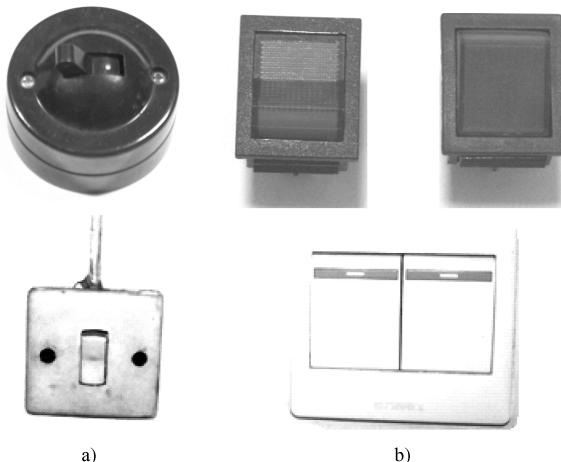


图 10-18 板把式与跷板式开关外形

a) 板把式开关 b) 跷板式开关

10.11 电源插座的安装

插座的种类很多, 有普通插座、组合插座、防爆插座、带开关及指示灯插座、带熔断器插座、地面插座和组合插座箱等。

1. 插座安装要求

插座的安装高度应符合工程设计规范要求，一般室内插座距地面不宜低于1.3m；托儿所、幼儿园及小学校不宜低于1.8m；在实验室、车间、宾馆客房等场所内，插座的安装高度可适当降低，但距地面不得低于0.3m；特场所内暗装插座安装高度应不低于0.15m。单相双孔插座的插座孔水平排列时，右孔接相线，左孔接中线；垂直排列时，上孔接相线，下孔接中线。单相三孔插座的上孔接地（或接零）保护线，右孔接相线，左孔接中线。在插座内接地（或接零）保护端子与中线（零线）端子不得相互跨接，其连接线必须严格分开。三相四孔插座的上孔接（或接零）保护线，其他三孔的接线应保证在同一场所内，其接线的相序必须一致，一般是左接L1相，右接L2相，下孔接L3相。在同一场所安装的插座，安装高度应一致，高低差不大于5mm；成排安装的插座，高低差不大于2mm，并列安装的相同型号插座，高低差不宜大于1mm。在地面安装的地面插座应装设保护盖。明、暗插座的安装方法与开关的安装方法相同，故不赘述。

单相两孔插座为面对插座的右极接电源相线，左极接电源零线；单相三孔及三相四孔插座为保护接地（接零）极均应接在上方，如图10-19所示。插座的接线方式如图10-20所示。



图 10-19 插座



图 10-20 插座的接线方式

2. 单相插座的安装步骤

- 1) 在墙上准备装插座的地方居中塞上木枕。
- 2) 对准插座上穿线孔的位置，在木台上钻两个穿线孔和一个螺孔。
- 3) 把相线线头和中性线线头对准位置穿入木台上的两个孔里，用螺钉把木台连同底板钉在木枕上。
- 4) 把两个线头分别穿入插座底座上的两个黄线孔里，并用两枚螺钉把底座钉在木台上。
- 5) 把两个线头分别接到接线桩头上。
- 6) 装上插座盖子。

3. 三孔插座的安装步骤

三孔插座的安装步骤为：在预埋入墙中导线端的安装位置上按暗盒的大小凿孔，并凿出墙中的导线管走向位置。将管中导线穿过暗盒后，把暗盒导线管同时放入槽中，用水泥砂浆填充固定。暗盒应安放平整，不能偏斜。将已埋入墙中的导线剥去 15mm 左右的绝缘层后，接入插座接线桩中，拧紧螺钉，如图 10-21 所示。将插座用平头螺钉固定在开关暗盒上，压入装饰钮。

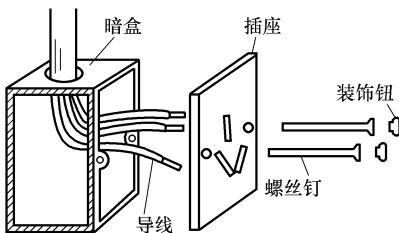


图 10-21 三孔插座的安装步骤

10.12 熔断器的安装

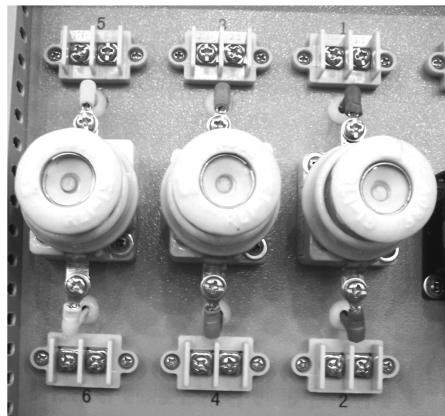
1. 填料螺旋式熔断器的安装

填料螺旋式熔断器具有导热性能好，热容量大，能大量吸收电弧能量的特点。通过灭弧，提高了熔断器的分断能力。它的熔体更换方法是更换整个熔断管（芯子）。其安装如图 10-22a 所示。

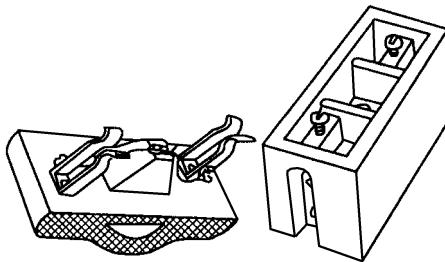
此外，还有有填料封闭式熔断器，它被广泛地用于短路电流很大的电力网络或配电设备中。

2. 插入式熔断器的安装

插入式熔断器，其熔断器与被保护的电路相连，动触头间跨接着熔体。一般额定电流在30A以下的熔体用软铅丝（俗称熔丝）；30~100A的用铜丝；120~200A的则用变截面冲制铜片。其安装方法如图10-22b所示。



a)



b)

图10-22 熔断器的安装

a) 填料螺旋式熔断器的安装 b) 插入式熔断器的安装

10.13 端子排的安装

为了布线整齐、美观和便于检查维修，在电工产品中如配电柜、配电箱等设备中，采用端子排引线和出线的连接方法。端子排上有编号1~23，可根据连线的数量进行分配连接。端子排外形如图10-23a所示。

端子排一般安装在接线板的上、下方，或者安装在底板上，用螺钉、螺母固定。然后用十字形螺钉旋具把插入的导线拧紧，如图 10-23b 所示。

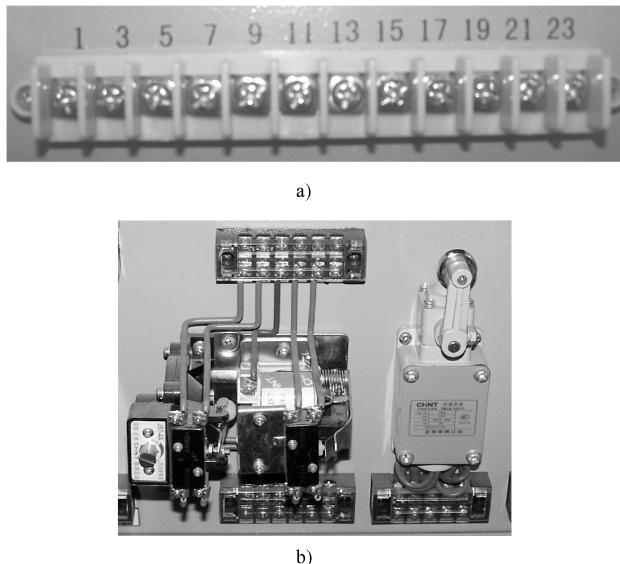


图 10-23 端子排的安装

a) 外形 b) 连线

10.14 电源配电箱的安装

电源配电箱是企事业单位常用的配电装置，内部有电源的总开关和分路供给负载用的开关等。电源线从配电箱后边引入，各路负载从分开关引出连接。

1. 电源配电箱的型号

电源配电箱的型号有多种，常用的电源配电箱型号如图 10-24 所示。

2. 电源配电箱的安装

电源配电箱的安装非常简单，一般购买回来之后，悬在一个墙角上，和安装其他设备一样，在地面上打个基础，用螺栓、螺母把配电箱固定好即可。

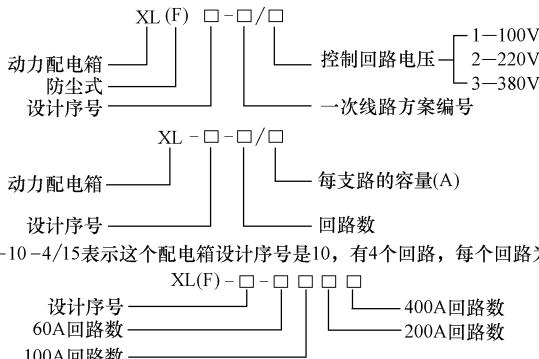


图 10-24 电源配电箱的型号

10.15 电能表的安装

电能表是用来计量用电设备消耗电能的仪表, 分为家庭中常用的单相电能表和单位用的三相电能表两类, 准确度一般为 2.0 级, 也有 1.0 级的高精度电能表。

本节主要介绍单相电能表和三相电能表的结构原理和接线方法。

1. 单相电能表

(1) 单相电能表的种类、规格及选用

单相电能表可以分为感应式单相电能表和电子式电能表两种。目前, 家庭大多数用的是感应式单相电能表。

感应式单相电能表有十几种型号, 但使用的方法及工作原理基本相同。其常用额定电流有 2.5A、5A、10A、15A 和 20A 等规格。常见单相电能表与所对应负载参数见表 10-3。

表 10-3 单相电能表与对应负载参数表

电能表额定电流容量/A	2.5	5	10	15	20
负载总功率/W	550	1100	2200	3300	4400

(2) 电能表的安装接线方法

电能表由电流线圈、电压线圈及铁心、铝盘、转轴、轴承和数字盘等组成。电流线圈串联于电路中, 电压线圈并联于电路中。在用电设备开始

消耗电能时，电压线圈和电流线圈产生主磁通穿过铝盘，在铝盘上感应出涡流并产生转矩，使铝盘转动，带动计数器计算耗电的多少。单相电能表安装接线如图 10-25 所示。

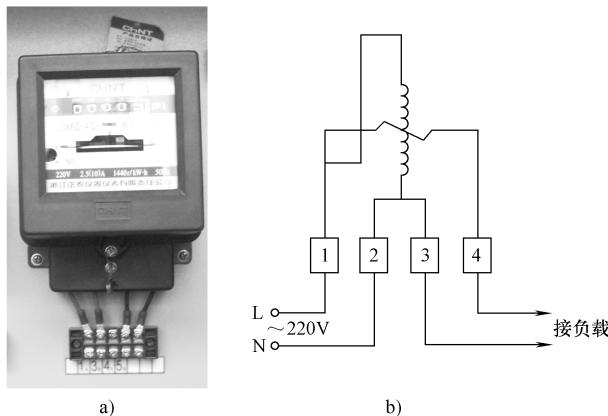


图 10-25 单相电能表与接线图

a) 电能表实物安装图 b) 接线图

(3) 电能表的选用

电能表的选用是根据所选电能表的容量与电路中负载的大小来确定的，容量或电流选择大了，电能表不能正常转动，会因本身存在的误差影响计量结果的准确性；容量或电流选择小了，会有烧毁电能表的可能。一般应使所选用的电能表负载总功率为实际用电总功率的 1.25~4 倍。例如：家庭照明和家用电器总用电量约为 1100W，再乘以 1.5 倍，即为 $1100W \times 1.5 = 1650W$ ，查表 10-3 可知，选用电流容量为 10A 的电能表为宜。

选用电能表时，还要注意电能表壳上的铅封是否损坏。一般电能表在出厂前要进行准确性校验，检查合格后，要对电能表的可拆部位做铅封，用户不得私自打开铅封。若铅封损坏，必须经有关部门重新校验后方可使用。

2. 三相电能表

(1) 三相有功电能表的型号和规格

三相有功电能表分为三相四线制和三相三线制两种。常用的三相四线制有功电能表有 DT 系列。

三相四线制有功电能表的额定电压一般为 220V，额定电流有 1.5A、

3A、5A、6A、10A、15A、20A、25A、30A、40A、60A等数种，其中额定电流为5A的可经电流互感器接入电路；三相三线制有功电能表的额定电压（线电压）一般为380V，额定电流有1.5A、3A、5A、6A、10A、15A、20A、25A、30A、40A、60A等数种，其中额定电流为5A的可经电流互感器接入电路。

三相三线制有功电能表由两组驱动元件组成，两个铝盘固定在同一个转轴上，故称为两元件电能表，其原理结构如图10-26所示。

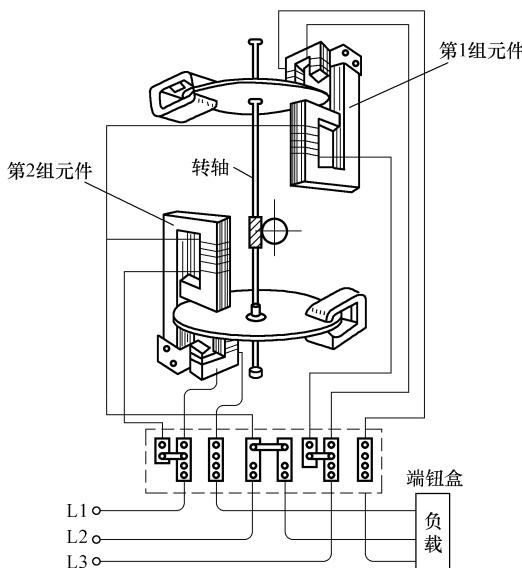


图 10-26 三相三线制有功电能表

(2) 三相电能表的接线

三相有功电能表用于三相三线制和三相四线制电路中，根据不同的负载要求，可用一表法、二表法、三表法测量。每个电能表由电压线圈和电流线圈组成，第一组元件的电压线圈和电流线圈分别接U_{uv}和电流表；第二组元件的电压线圈和电流线圈分别接U_{wv}和第二个电能表。接线时，如果将任一端子接错，就会使铝盘反转，或虽然正转但读数不等于三相电路所消耗的电能，这一点要特别注意。

三相电能表接线图如图10-27所示。

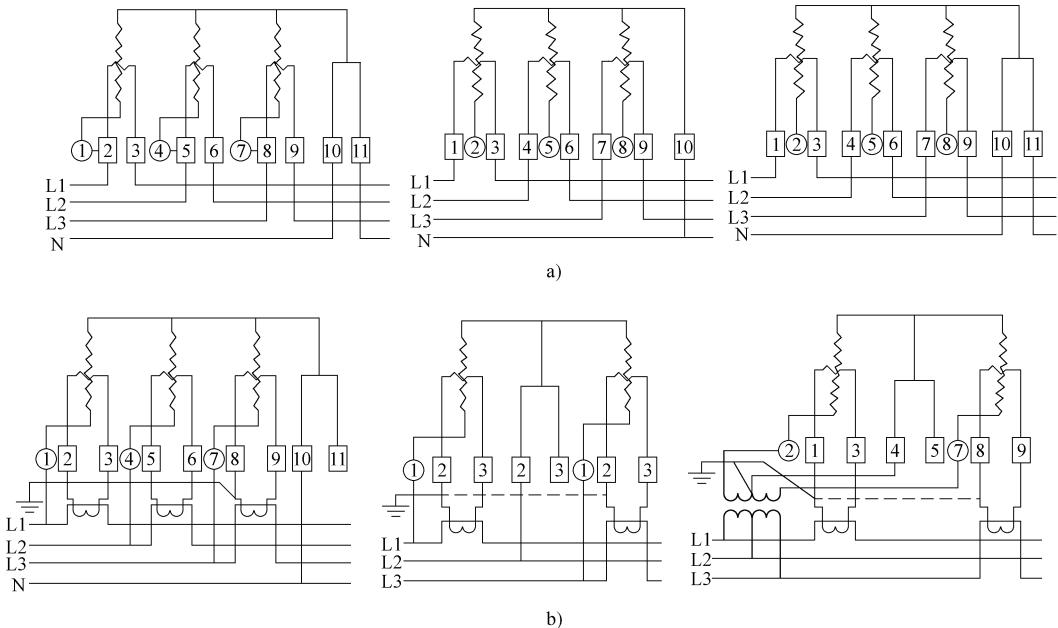
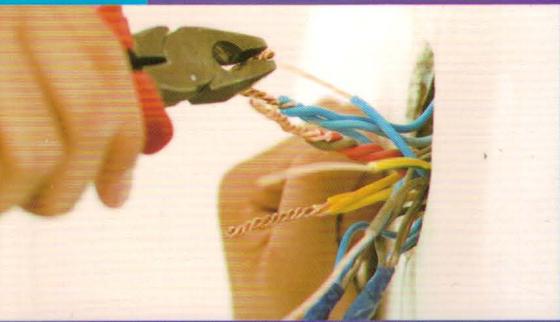
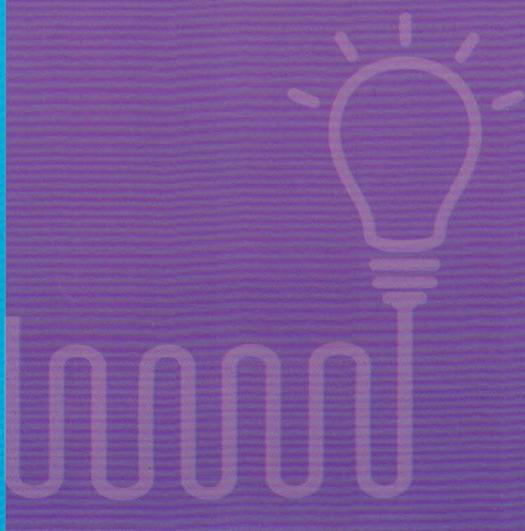


图 10-27 三相电能表的安装接线
a) 直接式接线图 b) 带互感器式接线图

参 考 文 献

- [1] 王俊峰. 电子产品开发设计与制作 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2005.
- [2] 王俊峰. 理工科学生怎样搞毕业设计 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.
- [3] 王俊峰. 机电一体化检测与控制技术 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006.
- [4] 王俊峰. 电工与电子技术实验教程 [M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2001.
- [5] 王俊峰. 现代遥控技术及应用 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2005.
- [6] 王俊峰. 现代传感器应用技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [7] 王俊峰. 学习电路图的方法与技巧 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [8] 王俊峰. 学电工技术入门到成才 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2007.
- [9] 王俊峰. 电子产品的设计与制作工艺 [M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1996.
- [10] 王俊峰. 你问我答学电工 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2007.
- [11] 王俊峰. 电子制作的经验与技巧 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [12] 侯志伟. 建筑电气工程识图与施工 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [13] 吴慎山. 电子线路设计与实践 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [14] 孙余凯. 学看实用电气控制线路图 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2006.
- [15] 王俊峰. 一天一个好电路 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2008.
- [16] 王俊峰. 怎样做一名合格的电工 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2008.



地址：北京市百万庄大街22号
邮政编码：100037

电话服务

服务咨询热线：010-88361066

读者购书热线：010-68326294

010-88379203

网络服务

机工官网：www.cmpbook.com

机工官博：weibo.com/cmp1952

金书网：www.golden-book.com

教育服务网：www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

策划编辑◎吕潇 / 封面设计◎马精明



机械工业出版社微信公众号 传播电类内容提升专业知识 关注电类行业动态 聚焦前沿科技

上架指导 电工技术基础

ISBN 978-7-111-57209-1

ISBN 978-7-111-57209-1



9 787111 572091 >

定价：29.00元