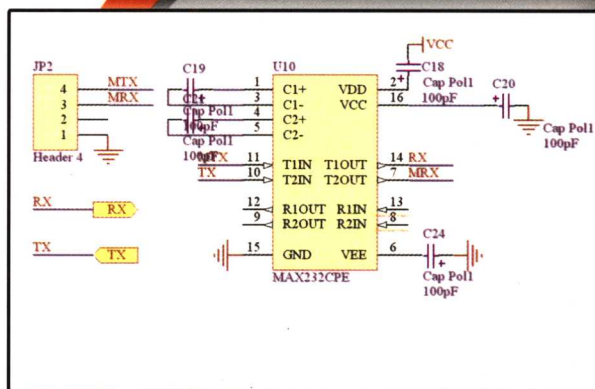


现代电子 实习教程

姚广平 蔡小顾 编著

- 打破了传统学科体系，以教学实践为导向，系统地介绍了电子工艺实习的理论和实际操作方法
- 给出了具体实习项目的原理和常见故障分析，培养学生分析问题和排除故障的能力
- 可作为大专院校相关专业教材，也可作为有关工程技术人员的培训教材和参考书



现代电子实习教程

姚广平 蔡小颀 主编

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书系统介绍了用电安全知识、焊接技术、常用电子元器件、Protel DXP 原理图设计基础、Protel DXP 印刷电路板图的设计、电子实习装配项目及调试、常用电子仪器的原理和使用共 7 部分的内容。每章均围绕实习教学基本要求, 介绍必需的理论知识、应用知识和实际操作方法, 安排了具体实习项目。

本书可作为高等院校工科专业实习的教材, 以及电子技术类课程实践训练的辅助教材, 也可作为有关工程技术人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

现代电子实习教程/姚广平, 蔡小顾主编. —北京:
中国铁道出版社, 2005. 10
ISBN 7-113-06749-2

I. 现... II. ①姚... ②蔡... III. 电子技术—实习
—高等学校—教材 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 123425 号

书 名: 现代电子实习教程
作 者: 姚广平 蔡小顾
出版发行: 中国铁道出版社 (100054, 北京市宣武区右安门西街 8 号)
策划编辑: 严晓舟 秦绪好
责任编辑: 严 力 谢立和 熊严飞
封面设计: 薛 为
封面制作: 白 雪
责任校对: 李 旸
印 刷: 北京新魏印刷厂
开 本: 787×1092 1/16 印张: 15.75 字数: 370 千
版 本: 2005 年 11 月第 1 版 2005 年 11 月第 1 次印刷
印 数: 1~5 000 册
书 号: ISBN 7-113-06749-2/TP·1633
定 价: 24.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 请与本社计算机图书批销部调换。

为了培养具有创新精神的高素质人才,适应电子信息技术的发展,我校在大多数理工科课程中安排了电子工艺实习教学环节。本书是在我校多年来开设电子工艺实习的基础上,吸取了本校及兄弟院校实践教学改革的经验撰写的。

全书共有7章,包括用电安全知识、焊接技术、常用电子元器件、Protel DXP 原理图设计基础、Protel DXP 印刷电路板图的设计、电子实习装配项目及调试、常用电子仪器的原理和使用。每章均围绕实习教学基本要求,介绍必要的理论知识、应用知识和实际操作方法。内容充实、详略得当、可读性强,兼有实用性、资料性和先进性。可作为高等学校理工科专业电子实习的教材,以及电子技术类课程实践训练的辅助教材,也可作为有关工程技术人员参考书。

电子工艺实习是以学生自己动手,掌握一定操作技能和制作一两种实际产品为特色的实践教学环节。它既是基础技能和工艺知识的入门向导,又是创新实践的起点和创新精神的启蒙。要构筑这样一个基础扎实、充满活力的实践平台,仅靠课堂讲授和动手训练是不够的,需要有一本既能指导学生实习,又能开阔眼界;既是教学的参考书,又是指导实践的实用资料。本书就是立足于这个目标。

本书内容力求具有先进性,例如书中介绍了最新的电子设计软件 Protel DXP,并具有以下特点:

- 打破了传统学科体系,主要考虑教学实践要求,把安全用电知识编入了第1章,突出了它的重要性。
- 本书突出了电子工程师技能训练,文字通顺,便于自学。学生通过自学、实践、教学指导可以获得工程师的初步训练。
- 教学内容根据培养目标要求构成应用能力培养体系,但每章内容又相对独立,因此在安排实习时灵活性大,既可连续进行又可分段安排。
- 给出了具体实习项目的原理和常见故障分析,培养学生分析问题和排除故障的能力。
- 符号、图表使用新国标。

本书由姚广平、蔡小颀主编,蒋新庚、谢章丽编写了部分内容。何宝祥副教授主审了全部书稿。在编写过程中还得到了杨长春副教授、陆贵荣博士、郁宝倜和储开斌老师的大力支持。在这里向他们表示衷心的感谢。

由于编者时间、精力、水平和经验有限,书中错误和不足之处在所难免。欢迎读者批评指正。

编者

2005年9月

第 1 章 安全用电知识	1
1.1 配电系统简介	1
1.2 低压供配电系统	2
1.2.1 低压供电系统	2
1.2.2 低压配电系统	2
1.2.3 低压配电装置和量电装置	3
1.3 安全用电的意义与措施	13
1.3.1 安全用电的意义	13
1.3.2 保护接地	13
1.3.3 保护接零	15
1.3.4 正确使用电源插座和插头	15
1.3.5 通电和维修时加强检查	16
1.3.6 电子产品装配与调试的安全措施	16
1.4 家用配电箱和家用电器插座的安装	17
1.4.1 家用配电箱的组成和安装	17
1.4.2 家用电器插座的安装	18
1.5 触电事故	18
1.5.1 触电的形式	18
1.5.2 电击对人体伤害程度的因素	20
1.5.3 触电的原因和预防	21
1.6 电气事故	23
1.6.1 电气火灾预防	23
1.6.2 电气爆炸和预防	25
1.6.3 电气火灾扑救知识	26
1.7 触电急救	26
1.7.1 脱离电源的方法	26
1.7.2 现场救护	27
1.8 漏电保护器的原理和安装	28
1.8.1 漏电保护器的原理	28
1.8.2 漏电保护器的安装	30
第 2 章 焊接技术	31
2.1 电子产品安装焊接的基本知识	31
2.1.1 锡焊	31
2.1.2 锡焊的机理	31

2.1.3	锡焊的条件	33
2.1.4	安装焊接前的准备工作	33
2.2	焊接的主要工具和材料	35
2.2.1	电烙铁	35
2.2.2	焊料	37
2.2.3	助焊剂	38
2.3	手工焊接技术	39
2.3.1	焊件的镀锡处理	39
2.3.2	元器件插装	41
2.3.3	焊接的正确方法	43
2.4	手工焊接技巧	43
2.4.1	焊接前接点的连接	43
2.4.2	掌握烙铁温度和焊接时间	45
2.4.3	手工焊接要点	46
2.4.4	易损元件的焊接技术	47
2.4.5	拆焊	48
2.5	焊接点的质量要求与检查	51
2.5.1	对焊点的要求	51
2.5.2	焊点的外观和通电检查	51
2.5.3	焊点缺陷及分析	53
2.6	工业生产焊接方法	55
2.6.1	浸焊	55
2.6.2	波峰焊	56
2.6.3	再流焊	56
2.6.4	其他焊接方法	58
第 3 章	常用电子元器件	59
3.1	电阻器	59
3.1.1	电阻器的基本概念	59
3.1.2	电阻器的分类与型号	59
3.1.3	电阻器的主要参数	62
3.1.4	电阻器的简单测试	65
3.1.5	电阻器的选择和使用	65
3.1.6	敏感型电阻器	65
3.2	电位器	67
3.2.1	电位器的基本概念	67
3.2.2	电位器分类与型号	68
3.2.3	电位器的主要参数	70

3.2.4	电位器的简单测量、安装和调节	72
3.2.5	电位器的选择	72
3.3	电容器	73
3.3.1	电容器的分类和型号	73
3.3.2	常用电容器介绍	74
3.3.3	电容器的主要参数	76
3.3.4	电容器的规格标注方法	77
3.3.5	电容器的性能测量	78
3.3.6	使用常识	78
3.4	电感器	79
3.4.1	电感线圈符号和分类	79
3.4.2	常用的电感器	80
3.4.3	电感器的主要参数和规格标注方法	81
3.4.4	电感器的性能测量和使用方法	82
3.5	半导体分立器件	83
3.5.1	半导体分立器件的分类与命名法	83
3.5.2	常用半导体分立器件介绍	87
3.5.3	集成电路	100
3.6	开关	108
3.6.1	开关的种类	108
3.6.2	开关主要参数	110
3.6.3	常见开关介绍	110
3.6.4	开关的选用和注意事项	111
3.7	光电耦合器	111
3.7.1	常见光电耦合器的种类	112
3.7.2	光电耦合器的特性	112
3.7.3	如何用万用表检测光电耦合器的管脚和性能好坏	112
3.7.4	光电耦合器的应用和使用注意事项	113
3.8	变压器	113
3.8.1	变压器的分类	113
3.8.2	变压器主要特性参数	114
3.8.3	常用变压器简介	115
3.9	蜂鸣器	116
3.9.1	蜂鸣器简介	116
3.9.2	蜂鸣器的结构原理	116
3.10	继电器	117
第 4 章	Protel DXP 原理图设计基础	119
4.1	Protel DXP 简介	119

4.1.1	什么是 Protel DXP	119
4.1.2	Protel DXP 的组成与特点	119
4.1.3	Protel DXP 的新增功能	120
4.1.4	Protel DXP 运行的系统要求	120
4.1.5	Protel DXP 的安装	120
4.2	Protel DXP 系统参数的设置	123
4.2.1	设置与原理图相关的参数	123
4.2.2	设置与图形编辑有关的参数	125
4.2.3	设置与原始默认值有关的参数	128
4.3	原理图绘制工具的使用方法	130
4.3.1	放置导线	130
4.3.2	放置总线	132
4.3.3	放置总线分支线	133
4.3.4	放置网络标号	133
4.3.5	放置电源符号	133
4.3.6	放置元件	134
4.3.7	放置电气节点	137
4.3.8	NO ERC	138
4.3.9	放置 PCB 布线标记	138
4.4	非电气绘制工具的使用方法	138
4.4.1	绘制直线	139
4.4.2	添加文字注释	139
4.5	原理图中的编辑操作	140
4.5.1	选取元件	140
4.5.2	取消选择对象	141
4.5.3	移动图件	141
4.5.4	剪切和复制图件	141
4.5.5	粘贴图件	142
4.5.6	复制图件	142
4.5.7	删除图件	142
4.5.8	查找图件	143
4.5.9	对原理图操作的撤销与重复	143
4.5.10	原理图的图纸输出	143
4.5.11	设置文档参数	144
4.5.12	设置电路图纸的参数	144
4.6	从原理图创建网络表	146
4.6.1	设置网络表	146
4.6.2	生成网络表	147

第 5 章 Protel DXP 印刷电路板设计	148
5.1 进入 Protel DXP PCB 板的编辑环境.....	148
5.1.1 PCB 板设计步骤.....	148
5.1.2 设置 PCB 编辑环境参数.....	149
5.2 PCB 图的基本组件及绘制技巧.....	150
5.2.1 绘制导线.....	150
5.2.2 绘制直线.....	152
5.2.3 放置焊盘.....	152
5.2.4 放置过孔.....	153
5.2.5 放置文字.....	153
5.2.6 放置尺寸标注.....	154
5.2.7 放置封装.....	154
5.2.8 放置圆弧导线.....	156
5.2.9 放置矩形填充.....	157
5.2.10 放置敷铜.....	157
5.3 PCB 板图的绘制技巧.....	158
5.4 元件布局.....	159
5.4.1 元件的自动布局.....	159
5.4.2 手工调整元件布局.....	160
5.5 自动布线.....	160
5.5.1 设置自动布线的相关参数.....	160
5.5.2 对 PCB 板自动布线.....	161
5.6 Protel DXP 设计规则.....	161
5.6.1 电气设计规则.....	162
5.6.2 布线设计规则.....	163
5.6.3 与高频设计相关的规则.....	164
5.6.4 使用 DRC 检查错误.....	165
第 6 章 电子实习装配项目和调试	166
6.1 电子产品整机装配与调试的基本知识.....	166
6.1.1 电子产品整机装配的特点和方法.....	166
6.1.2 电子产品的整机结构形式.....	166
6.1.3 电子产品整机的布局和布线.....	167
6.1.4 电子产品的整机装配技术.....	168
6.1.5 电子产品的整机调试工作内容.....	169
6.1.6 调试仪器的选择使用和布局.....	169
6.1.7 电子产品的整机调试程序和方法.....	170
6.2 数字式电子钟.....	171

6.2.1	数字式电子钟的特点.....	172
6.2.2	整机电路构成	173
6.2.3	各单元电路原理.....	173
6.3	4人抢答器	175
6.3.1	电路原理	175
6.3.2	常见故障分析	176
6.4	超外差式调幅收音机的基本知识.....	177
6.4.1	超外差式调幅收音机概述.....	177
6.4.2	输入电路	178
6.4.3	高频放大器	179
6.4.4	变频电路	180
6.4.5	中频放大器	181
6.4.6	检波器	182
6.4.7	自动增益控制 (AGC) 电路	184
6.4.8	超外差式调幅收音机的故障检修方法	184
6.5	Hx108 型超外差式调幅收音机的装配与调试.....	185
6.5.1	Hx108 型超外差式调幅收音机的工作原理简述.....	185
6.5.2	Hx108 型超外差式调幅收音机元件材料的认识与检查.....	187
6.5.3	Hx108 型超外差式调幅收音机的整机装配.....	190
6.5.4	Hx108 型超外差式调幅收音机的整机调试.....	192
6.5.5	Hx108 型超外差式调幅收音机常见故障的原因分析.....	193
第 7 章	常用电子仪器的使用	195
7.1	万用表	195
7.1.1	模拟式万用表	195
7.1.2	数字万用表	201
7.2	CS-4025 双踪示波器	204
7.2.1	示波器的工作原理.....	205
7.2.2	基本操作方法	208
7.3	直流稳压电源	213
7.4	交流毫伏表	215
7.5	XFG-7 型高频信号发生器	216
7.5.1	XFG-7 型高频信号发生器的电路结构.....	216
7.5.2	主要技术性能	218
7.5.3	面板上各旋钮开关和插孔的作用	218
7.5.4	使用方法	219
7.6	晶体管特性图示仪.....	220
7.6.1	晶体管特性图示仪的工作和显示原理	220

7.6.2	晶体管特性图示仪的原理方框图	222
7.6.3	半导体管特性图示仪使用说明	222
7.7	函数发生器	227
7.7.1	函数发生器的组成和工作原理	227
7.7.2	LM1600 系列函数信号发生器	228
附录 A	常用数字集成电路外引线排列图	231
附录 B	IC 测试仪简介	235
参考文献		237

第 1 章 安全用电知识

1.1 配电系统简介

电力是输送和取用都很方便的动力能。电力的生产、输送、分配和使用的全过程，实际上是在同一瞬间实现的，这个全过程是由发电厂、供电局（所）、变电所、配电变压器和用户紧密联系起来的一个整体。图 1-1 表示从发电厂到用户的输电过程。

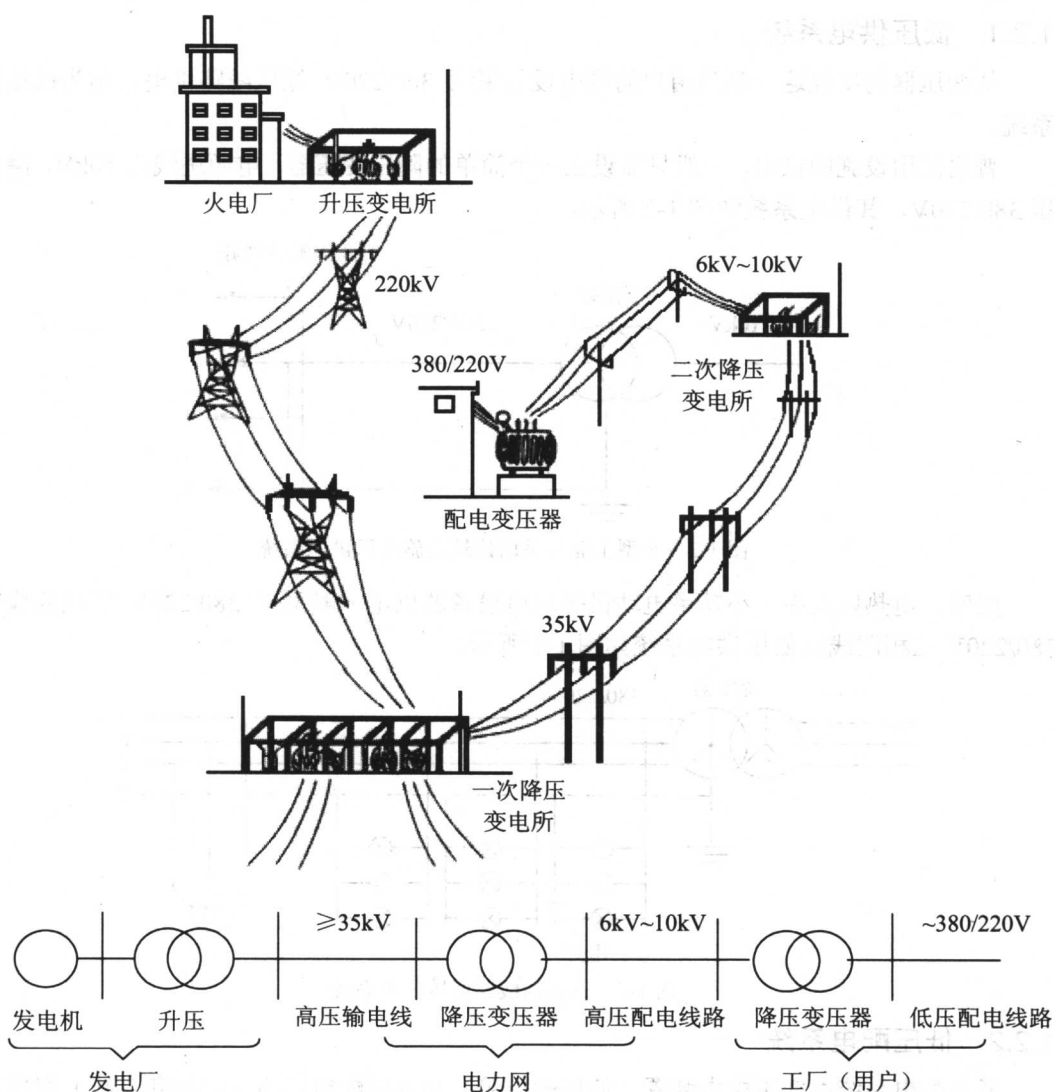


图 1-1 从发电厂到电力用户的输配电过程示意图

发电厂、电力网以及用户所组成的一个整体，称为电力系统。

电力网（简称电网）是电力系统的一部分。它包括所有的变电所、配电所的电气设备以及各种不同电压等级的线路组成的统一整体。它的作用转送电能并分配给各用电单位。

电能是由发电厂生产的。但是发电厂与用电负荷中的地点往往相距几十、几百、甚至上千千米之远，需要用高电压输电线路输送电能，然后通过变电所变成较低一级的电压，再经配电线路将电能送至各用户。

普通用户的用电电压，除少数大功率电动机采用较高一级电压外，一般用电电压为 380/220V。

1.2 低压供配电系统

1.2.1 低压供电系统

从变压器的次级这一侧到用户的用电设备采用 380/220V 低压线路供电，称为低压供电系统。

普通民用设施的供电，一般只需设立一个简单的降压变压器，电源进线为 10kV，降为低压 380/220V，其供电系统如图 1-2 所示。

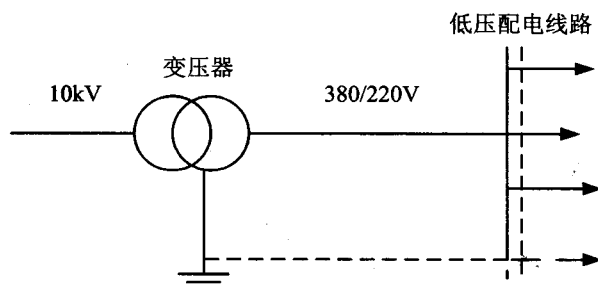


图 1-2 小型工业与民用建筑设施低压供电系统

照明、电热以及中、小功率电动机等用电设备的供电一般采用 380/220V 三相四线制。380/220V 三相四线制低压供电系统如图 1-3 所示。

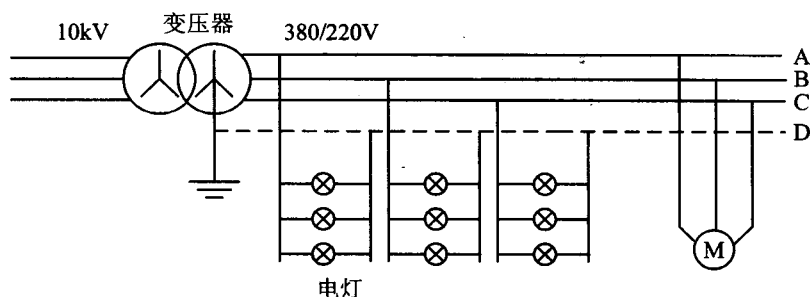


图 1-3 三相四线制低压供电系统

1.2.2 低压配电系统

低压配电系统由低压配电装置（低压配电箱）和低压配电线路（干线和支线）组成。如图 1-4 所示，一组低压用电设备（如电灯）接入一条支线，若干条支线接入一条干线，若干

条干线接入一条总进户线。汇集支线接入干线的配电装置称为分配电箱，汇集干线接入总进户线的配电装置称为总配电箱。

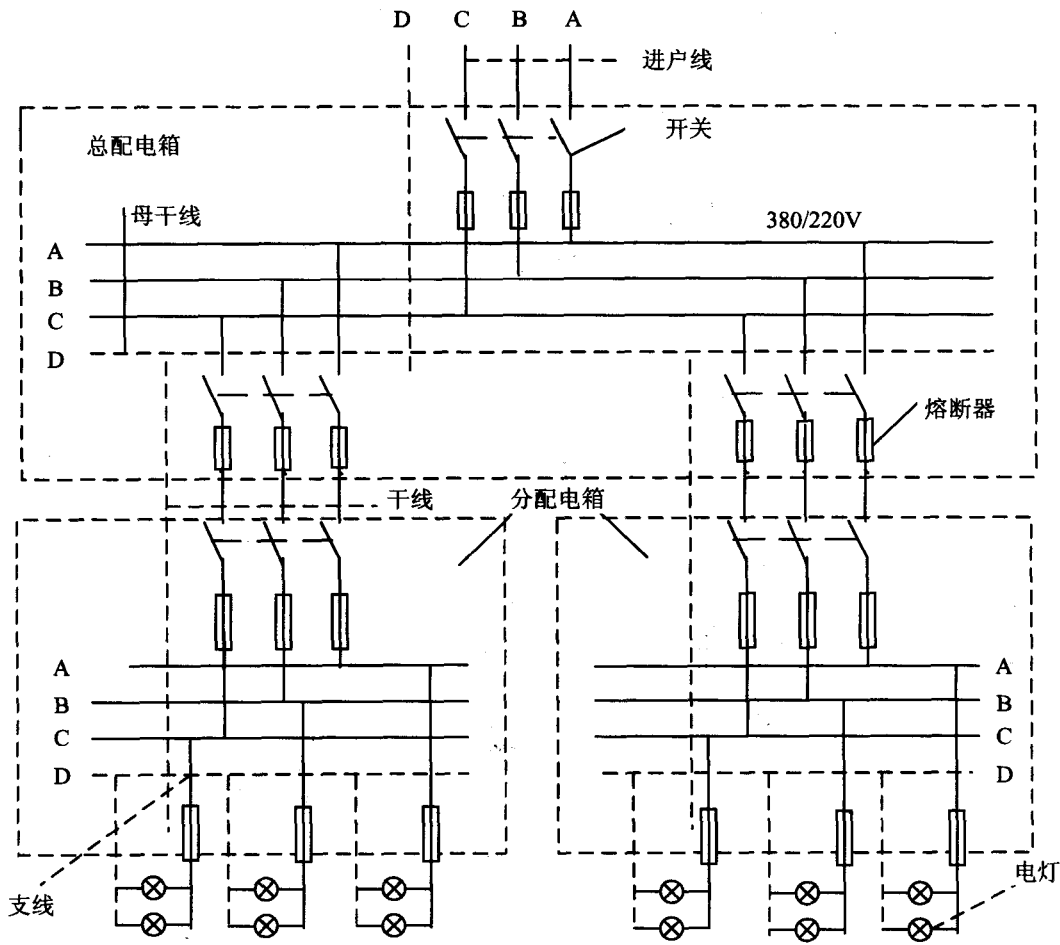


图 1-4 低压配电系统

1.2.3 低压配电装置和量电装置

配电装置就是用来接收和分配电能的电气装置。

低压配电装置一般由低压配电电器(闸刀开关、熔断器、自动空气开关等)组成。

电度表是用来测量和记录电能的，它与进户总熔丝盒、电流互感器部分组成量电装置。

通常将总熔丝盒装在进户管的户内的墙上，如图 1-5 所示。

将电流互感器、电度表、低压配电电器都安装在一块配电板上，如图 1-6 所示。

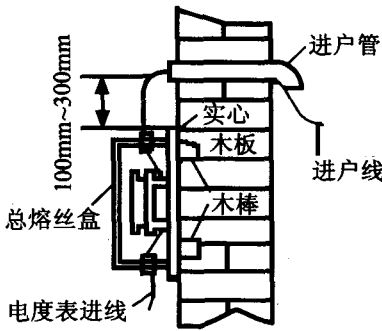
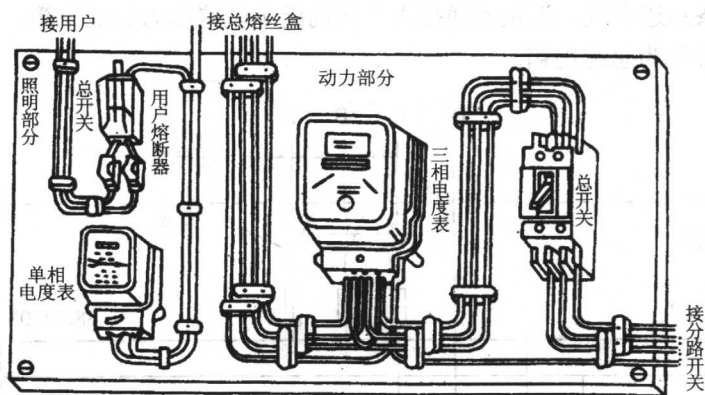
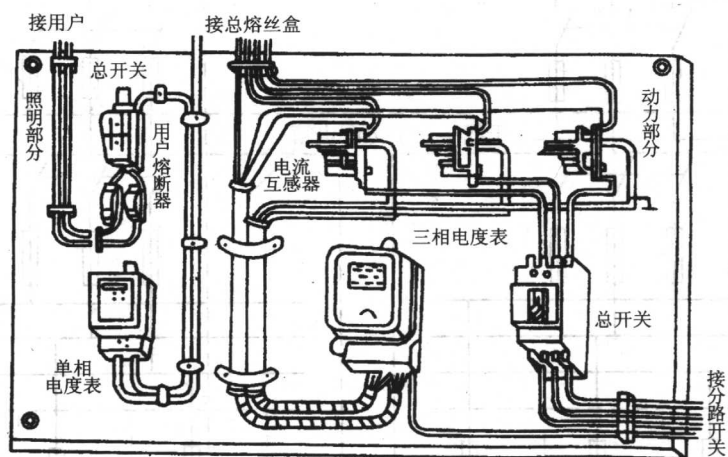


图 1-5 总熔丝盒的安装



(a) 小容量配电板

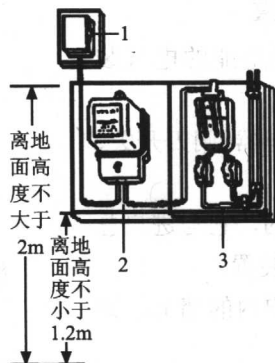


(b) 大容量配电板

图 1-6 配电板的安装

1. 总熔丝盒

总熔丝盒内装有熔断器和接线桥，分别与进户线的相线和中性线相连，是低压用户的最前级保护装置，如图 1-7 所示。



1—总熔丝盒；2—电度表；3—开关板

图 1-7 总熔丝盒、电度表、开关板的安装

总熔丝盒隶属电业管理，用户不能擅自开启。当低压用户的电气设备或线路发生故障时，可迅速切断电路，防止故障蔓延到前级配电干线上而引发更大区域的停电；检修进户、量配电装置时，可拔去总熔丝盒中的熔体（又称熔丝或保险丝），切断电源，防止检修触电事故的发生；总熔丝盒内熔体额定值，由电业部门根据用户用电量配置，可加强用电的管理。

每只电度表应用单独的熔断器保护，熔断器应装在熔丝盒内；单相电度表在一根相线上装一个熔断器，三相四线电度表在3根相线上装3个熔断器，但在中性线上不得装熔断器，可用瓷接头或铜接线桥将中性线直连。

总熔丝盒后面如安装多个电度表，则在每个电度表前分别安装分总熔丝盒。

2. 瓷底胶盖闸刀开关

外形与结构及其安装如图 1-8 所示。

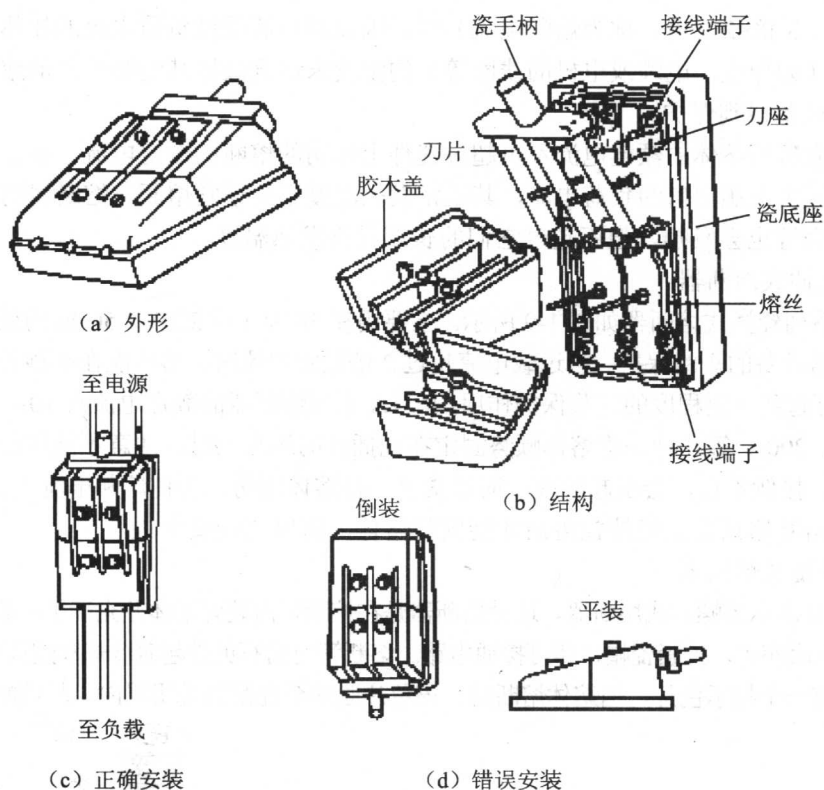


图 1-8 闸刀开关及其安装

这种胶盖开关是带熔断装置开关中最简单的一种。其价格便宜，但防护性差，一般仅用于低压小容量的照明等负荷控制。开关的熔断装置主要起短路保护作用，在一定范围内也发挥过载保护作用。

使用时应注意保持胶盖完好无损。进行合闸或拉闸操作时，必须先盖好胶盖，人站在稍微错开一点的位置上，以免发生故障时飞溅出来的电弧伤人。无论合闸还是分闸，动作要迅速果断。合闸要合到头，拉闸要拉到底，以免电流将刀片烧毁。

瓷底胶盖闸刀开关有二极式结构和三极式结构两种。

在低压配电装置中，凡照明与电热容量在 2.5kW 以下时，总开关可采用瓷底胶盖双极闸

刀开关,可不另加装熔断器。照明与电热容量为 2kW~5kW, 电力总容量在 15kW 以下时, 总开关也可用瓷底胶盖闸刀开关, 但应将开关内的熔体部分短接(直接接通), 另外加装熔断器。当电力容量在 15kW 以上时, 总开关采用自动空气开关。

3. 低压熔断器

熔断器比较简单,是最早使用的一种保护电器,用来保护电路中的电气设备,使其在短路或过负荷时免受损坏。熔断器的优点包括结构简单、体积小、重量轻、使用和维护方便。在低压配电装置中,对功率较小或对保护性能要求不高时,可与闸刀开关配合代替低压自动空气开关。

熔断器主要由金属熔体、支持熔体的触头 and 外壳构成。某些熔断器内还装有特种灭弧物质,如石英砂等,用来熄灭熔体熔断时形成的电弧。

熔断器被串联在电路中,当电路发生短路或超出负荷,电流超过一定数值(一般为额定安全电流的 1.3 倍~2.1 倍,称为熔断电流)时,因短路电流或过负荷电流的加热,使熔体在被保护设备(如导线、电缆或电机的线圈等)的温度未达到破坏其绝缘性之前熔断,此时电路断开,使设备得到保护。

熔断器内所用熔体的额定电流不可超过瓷件上标明的熔断的额定电流。在正常工作时,熔体仅通过不大于额定值的负荷电流,其正常发热温度不会使它熔断。熔断器的其他部分,如触头、外壳等也会发热,但不超过它们的长期允许发热温度。

(1) 瓷插式熔断器

RC1A 系列瓷插式熔断器如图 1-9 所示。主要用在 380V (或 220V) 50Hz 的低压电路的末端,作为电器设备的短路保护。当过载电流超过 2 倍额定电流时,熔体能在 1 秒钟的时间内熔断,因此也可起到一定程度的过载保护作用,RC1A 系列熔断器的额定电流有 10A、15A、30A、60A、100A、200A 等几种。将熔体顺势固定在瓷插件的触头上时,注意不能压得过松过紧。如果过松了,接触不良,会引起跳火;而过紧了,将熔体压伤,会使熔断电流大大降低。

瓷插式熔断器只有在拔掉瓷盖后才能安装熔体,所以比较安全。

(2) 螺旋式熔断器

如图 1-10 所示为螺旋式熔断器。这种熔断器是在熔断管内装有熔体并充满了石英砂,使用时将熔断管放入底座内,拧紧瓷帽,即可接通电路。熔断管内的石英砂起着冷却和熄灭电弧的作用。熔断管顶端有一个指示色片,当熔体熔断时,该色片脱落至瓷帽的透明罩内,起熔断指示作用。

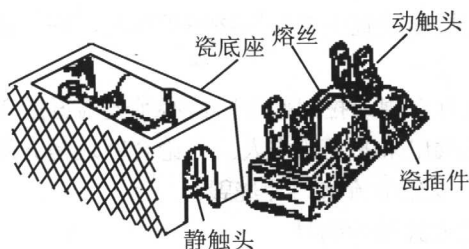


图 1-9 RC1A 型瓷插式熔断器

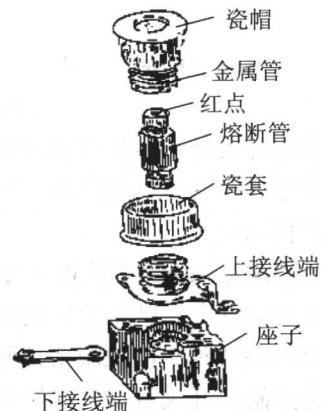


图 1-10 RL1 型熔断器