

普通高等学校“十二五”规划教材

电工电子实践基础

楚 岩 李 诚 李三财 杨照辉
林 薇 郭进田 张美娟 编著



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

普通高等学校“十二五”规划教材

电工电子实践基础

楚岩 李诚 李三财 杨照辉
林薇 郭进田 张美娟 编著

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书是教学改革课程“电工电子实践初步”的配套教材。本书的特点是最大限度地降低了对前期基础知识的依赖,在保证教学效果的前提下,循序渐进地推出该课程所需的内容。

本书共7章,内容包括安全用电知识、常用电子元器件、常用电子仪器仪表的使用、电路板制作与元器件安装、虚拟电子实验台使用初步、常用电子电路的制作及电工电子实践项目等。

本书可作为高等学校电气信息类专业和非电类专业一年级本科生的教材,同时还适合高中以上电子爱好者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子实践基础/楚岩等编著. —西安:西安电子科技大学出版社,2012.8

普通高等学校“十二五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5606 - 2849 - 3

I. ①电… II. ①楚… III. ①电工技术—高等学校—教材 ②电子技术—高等学校—教材
IV. ①TM ②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 149063 号

策 划 云立实

责任编辑 买永莲 云立实

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 西安文化彩印厂

版 次 2012年8月第1版 2012年8月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 13

字 数 304千字

印 数 1~3000册

定 价 23.00元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 2849 - 3/TM · 0094

XDUP 3141001—1

*** 如有印装问题可调换 ***

前 言

加强学生的综合素质和培养其创新意识已成为教学改革的重点,各高校均围绕此做了大量工作。我们在学校的大力支持下,从培养学生的兴趣出发,就如何保障电类学生四年连续动手实践不间断做了有意义的尝试,特别针对刚步入大学、正以极大热情迎接新生活的学生编写了本书。本书从实用角度出发,充分考虑到大学本科一年级学生的知识状况及学习特点,尽量避开公式推导等纯理论知识,力求简洁实用、通俗易懂、图文并茂。

为使学生适应从被动学习向自主学习方式的转变,必须激发学生的学习热情。本书十分注重实用性、可操作性和趣味性。通过对常用电子电路的制作实践,强化学生的工程实践能力,拓宽其知识面,引导其从知之甚少到知之广泛,从而对电工电子技术产生浓厚的兴趣。随着后续“综合电子设计实践”等系列实践课程的学习,使学生由兴趣转变成迷恋,进而在电子相关领域做出成绩,为培养具有创新精神的高素质理工人才打下良好的基础。

本书重点突出,其内容紧密围绕三个基础、两个软件和一个基本技能展开。三个基础即电子元件的基础知识、常用电子仪器的使用方法和简单电子线路的基本知识;两个软件即 Multisim 电路系统仿真软件和 Protel 电子制图软件;一个基本技能即结合简单电子系统的分析、安装以及调试过程,培养学生一定的电工电子实践能力。

参加本书编写的人员有李三财(第 1 章)、郭进田(第 2 章中的第 2.1~2.3 节、2.5 节)、杨照辉(第 2 章中的第 2.4、2.6、2.7 节)、张美娟(第 3 章)、李诚(第 4 章中的第 4.1~4.4 节)、林薇(第 5 章)和楚岩(第 6、7 章以及第 4 章中的第 4.5 节)。楚岩对本书进行了统稿,杨武刚完成了第 1 章的插图绘制工作,张美娟完成了第 3 章的插图绘制工作,陈亮完成了第 7 章的插图绘制工作,林薇绘制了第 2、4、5、6 章的插图。杨照辉、陈亮对本书的终稿进行了阅读和校对。

本书在编写过程中参考了大量有关的期刊、书籍资料,并得到了周围同事的大力帮助,在此向相关著作者及同事一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免有不妥之处,恳请读者批评指正。

编著者

2012 年 3 月 21 日

目 录

第 1 章 安全用电知识	1
1.1 安全用电常识	1
1.1.1 电流对人体的危害	1
1.1.2 安全电压	2
1.1.3 触电方式	2
1.2 安全防护措施	3
1.2.1 保护接地和保护接零	3
1.2.2 常见的不安全因素	5
1.2.3 触电急救	7
1.3 低压供电系统	7
1.3.1 低压供电方式	7
1.3.2 室内配电系统	8
1.4 低压电器	10
1.4.1 常用低压电器	10
1.4.2 变压器	19
1.4.3 异步电动机	29
思考题与习题	40
第 2 章 常用电子元器件	41
2.1 电阻器、电容器和电感器	41
2.1.1 电阻器	41
2.1.2 电容器	47
2.1.3 电感器	54
2.2 半导体器件	57
2.2.1 二极管	57
2.2.2 三极管	66
2.2.3 场效应管	69
2.2.4 晶闸管	71
2.3 模拟集成器件	72
2.3.1 集成运算放大器	73
2.3.2 集成功率放大器	74
2.3.3 集成稳压器	74
2.4 数字集成器件	76
2.4.1 常用的逻辑芯片	76
2.4.2 存储器	77
2.5 光敏器件	78

2.5.1	光敏元件	78
2.5.2	光电池	80
2.5.3	光电开关和光电耦合器	81
2.6	常用传感器	82
2.6.1	传感器的分类和基本特性	82
2.6.2	传感器的应用	83
2.7	电声器件	83
2.7.1	扬声器	83
2.7.2	传声器	85
	思考题与习题	87
第3章	常用电子仪器仪表的使用	88
3.1	万用表	88
3.1.1	指针式万用表的结构	88
3.1.2	数字万用表的结构	89
3.1.3	VC98 系列数字万用表的操作面板简介	90
3.1.4	VC98 系列数字万用表的使用方法	91
3.1.5	VC98 系列数字万用表使用时的注意事项	92
3.2	交流毫伏表	94
3.2.1	AS2294D 型交流毫伏表的结构特点及面板	94
3.2.2	AS2294D 型交流毫伏表的测量方法和浮置功能的应用	95
3.2.3	AS2294D 型交流毫伏表使用时的注意事项	96
3.3	函数信号发生器/计数器	97
3.3.1	SP1641B 型函数信号发生器/计数器	97
3.3.2	DDS 函数信号发生器	100
3.4	模拟示波器	106
3.4.1	模拟示波器的组成和工作原理	106
3.4.2	模拟示波器的正确调整	110
3.4.3	模拟示波器测量实例	113
3.5	数字示波器	114
3.5.1	数字示波器快速入门	115
3.5.2	数字示波器的高级应用	119
3.5.3	数字示波器测量实例	128
3.6	直流稳定电源	132
3.6.1	直流稳定电源的基本组成和工作原理	132
3.6.2	直流稳定电源的使用方法	133
	思考题与习题	135
第4章	电路板制作与元器件安装	137
4.1	电子制作常用工具	137
4.1.1	钳子	137
4.1.2	扳手	137
4.1.3	镊子	138

4.1.4 螺丝刀	138
4.1.5 电烙铁	138
4.1.6 试电笔	139
4.2 印制电路板的设计制作工艺	139
4.2.1 印制电路板的板材	139
4.2.2 印制电路板的设计	139
4.2.3 印制电路板的制作工艺	142
4.3 电子元器件的安装与焊接	144
4.3.1 元器件的安装方式	144
4.3.2 焊料与焊剂	144
4.3.3 手工焊接技术	145
4.3.4 表面安装技术简介	145
4.3.5 使用 TTL 电路和 CMOS 电路应注意的问题	146
4.4 计算机辅助设计印制电路板技术简介	146
4.4.1 Protel 电路板设计流程	146
4.4.2 电路原理图设计	147
4.4.3 PCB 印制电路图设计	150
4.5 电路的调试	151
4.5.1 调试的方法	152
4.5.2 调试过程中的故障检查方法	153
4.5.3 调试过程中的常见故障	154
思考题与习题	155
第 5 章 虚拟电子实验台使用初步	156
5.1 概述	156
5.2 Multisim 2001 的基本操作	156
5.2.1 Multisim 2001 的基本界面	156
5.2.2 菜单栏	157
5.2.3 工具栏	162
5.2.4 元件库	162
5.2.5 仪表工具栏	163
5.2.6 电路窗口	163
5.3 电路的连接	163
5.3.1 基本界面的设置	163
5.3.2 创建一个电路	167
5.3.3 Multisim 仿真电路实例	172
思考题与习题	174
第 6 章 常用电子电路的制作	178
6.1 充电电源	178
6.2 白光 LED 低压手电筒	179
6.3 光控延时小灯	179
6.4 光控路灯开关电路	180

6.5 声光语音门铃	180
6.6 电子蜡烛电路	181
6.7 篮球比赛计分显示器	182
思考题与习题	183
7 章 电工电子实践项目	184
实验 1 安全用电及低压电器的检测	185
实验 2 常用元器件的测试	186
实验 3 常用电子测试仪器的使用	189
实验 4 电子器件的安装与焊接	191
实验 5 实用电子电路的制作	193
参考文献	200

第1章 安全用电知识

1.1 安全用电常识

电能具有便于输送、便于控制、便于转换等无可比拟的优越性，因而在工业生产、国防建设和科学技术的各个方面得到了广泛的应用。电能的应用对人们的物质、文化生活质量的提高和社会生产力的发展起着巨大的作用。为了更安全有效地使用电能，有必要了解安全用电的基本知识。安全用电包括人身安全和电气设备安全两方面的内容。

1.1.1 电流对人体的危害

当人体触及带电体时，就会有电流通过人体，使人体受到不同程度的伤害。电流对人体的伤害可分为电击和电伤两种。

电击是指电流通过人体时对人体内部器官所造成的伤害，它会破坏人的呼吸器官、心血管和神经系统的正常工作，如果触电者不能迅速摆脱带电体，最后会造成死亡。触电死亡事故中的绝大多数都是由电击造成的。

电伤是指载流导体(三相电源的任意一根相线或是和三相电源的任意一根相线相接触的导体)较长时间接触人体以及电弧作用下或熔断丝熔断时对人体外部造成的伤害，如电灼伤、皮肤金属化和电烙印等，严重时也会导致死亡。

触电对人体造成的伤害程度与下列因素有关：

(1) 人体电阻的大小。人体是具有一定阻值的导电体，当人体皮肤干燥且完好无损时，人体电阻大约为 $10\text{ k}\Omega\sim 100\text{ k}\Omega$ 。如果人体皮肤潮湿或破损、触电时接触带电体的面积大且接触紧密，则人体电阻会明显降低。在最坏的情况下，人体电阻通常只有 $800\text{ }\Omega\sim 1000\text{ }\Omega$ 。显然，人体电阻越大，受触电伤害就会越轻。

(2) 电流的频率。在我们的生产和日常生活当中，经常能够接触到的是工频(50 Hz)的交流电，而工频电流对人体的伤害最严重。随着电流频率的增高，对人体的伤害程度会下降。在一定的电流范围内，频率超过 20 kHz 的交流电对人体是无害的。但较大电流下特高频的交流电会对人体产生别的伤害——电磁辐射。

(3) 电流的大小。通过人体的工频电流越大，对人体的伤害程度也就越大。如果通过人体(大脑或心脏)的电流超过 50 mA ，人就会有生命危险。

(4) 电流通过人体时间的长短。电流通过人体的时间越长，对人体的伤害程度会越大。

(5) 电流通过人体的路径。电流通过人体的路径不同，对人体的伤害程度也不同。电流通过人的心脏、大脑和呼吸系统时，对人体的伤害程度最大。所以，若电流通过人体的路

径为双手之间、手脚之间、头部与身体其他部位之间，则是非常危险的。

1.1.2 安全电压

当人体触电时，人体接触的电压越高，通过人体的电流就越大，对人体的伤害程度也就越严重。

对于人体经常接触的带电设备，如机床上的照明灯、携带式电动工具等，应采用安全电压。根据用电环境的不同，我国规定的安全电压分别为 36 V、24 V、12 V 三个电压等级。

在干燥的环境中(如机械加工车间)，应使用 36 V 的安全电压。在潮湿、有导电尘埃的环境中(如铸工车间)，应使用 24 V 的安全电压。在非常潮湿、有腐蚀性气体的环境中(如化工车间、矿井内)，应使用 12 V 的安全电压。

1.1.3 触电方式

在实际的生产和日常生活中，广泛使用的三相电源为三相四线制低压供电系统(动力、家电和照明用电)和三相三线制低压供电系统(工厂动力用电)。因此，常见的触电方式有单相触电和两相触电。

1. 单相触电

在三相四线制低压供电系统中，电源中性点是接地的；而三相三线制低压供电系统中，电源中性点是不接地的。所以，单相触电又分为电源中性点接地系统的单相触电和电源中性点不接地系统的单相触电。

(1) 电源中性点接地系统的单相触电。如图 1.1.1 所示，当人站在大地地面上触及三相电源的任一根相线(俗称火线)时，相线与大地之间的电压为三相电源的相电压(220 V)，电流经三相电源的相线、人体、大地、接地体、接地线、电源中性点构成回路。该触电方式对人体的伤害程度与人体与大地之间的绝缘水平有关，如果人是站在潮湿的地面上，且赤手裸足，则一定会造成严重的人身伤亡事故；如果人体与大地之间绝缘水平较高(如地面干燥、人脚穿胶底鞋等)，则对人体的伤害程度会大大降低。

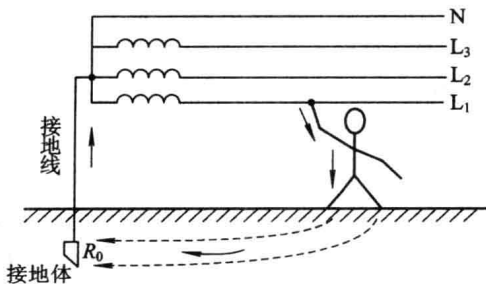


图 1.1.1 电源中性点接地系统的单相触电

图中，N 为零线(中性线)， $L_1 \sim L_3$ 为火线(相线)。

(2) 电源中性点不接地系统的单相触电。如图 1.1.2 所示，由于每根相线对地(相线与大地之间)存在绝缘电阻 R 和分布电容 C ，当人体站在大地地面上触及三相电源任一根相线时，电流经过三相电源的相线、人体、大地、绝缘电阻 R 和分布电容 C 以及三相电源的

另外两根相线而构成回路。如果输电线路较长而使每根相线对地分布电容 C 增大(容抗减小)或每根相线对地绝缘水平降低(R 减小)时,也会造成严重的人身伤亡事故。

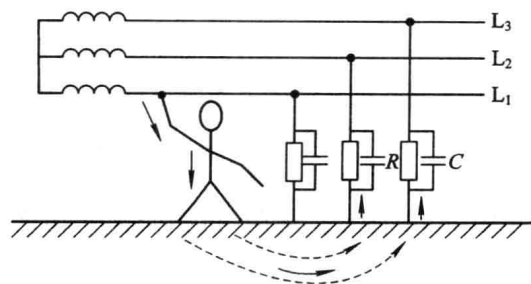


图 1.1.2 电源中性点不接地系统的单相触电

2. 两相触电

如图 1.1.3 所示,当人体两处分别触及三相电源的两根相线时,作用于人体的电压为三相电源的线电压(380 V),电流经三相电源的一根相线、人体、三相电源的另一根相线构成回路,这是一种最危险的人体触电,会导致人的死亡。如果是人体局部同时触及三相电源的两根相线,电流没有通过人体的重要器官,虽然不会导致人的死亡,但会造成严重的人身伤残事故。因此,两相触电对人体的伤害程度比单相触电更为严重。

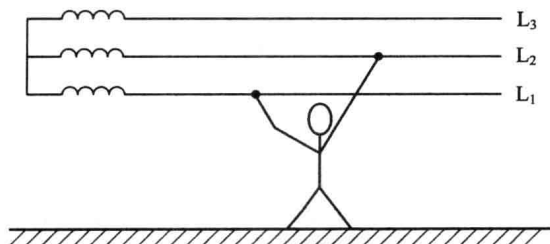


图 1.1.3 两相触电

3. 跨步电压触电

当高压输电线的任一根相线掉落到大地地面上时,相线上的电流以相线落地点为中心流入大地并向四周流散,在落地点附近的大地表面产生了不同的电位分布。靠近落地点的地方由于电流密度大,因而电位高;距落地点远的地方电流密度小,因而电位低。一般距落地点 20 m 以外地方的电位接近于零。当人在落地点附近行走时,两脚处在不同的电位下,两脚之间承受的电位差称为跨步电压。当跨步电压很高时,也会造成人身伤亡事故。

1.2 安全防护措施

1.2.1 保护接地和保护接零

在正常情况下,电气设备的金属外壳(电气设备正常情况下不带电的金属部分,包括金属构架)是不带电的。然而,当电气设备内部绝缘损坏或进入电气设备的电源相线触及

电气设备的金属外壳时会使电气设备的金属外壳带电,这时如果人体触及该电气设备的金属外壳,就会造成触电事故。为了防止此类触电事故的发生,通常要求电气设备的金属外壳必须采取保护接地或保护接零措施。

1. 保护接地

将三相电源的中性点或电气设备正常情况下不带电的金属部分用金属导体与大地可靠地连接起来,称为接地。与大地土壤紧密接触的金属导体称为接地体,接地体与三相电源的中性点或电气设备的金属外壳之间的金属连接线称为接地线。接地线和接地体合称为接地装置。接地装置的电阻 R_0 (接地线的电阻与接地体的电阻之和)称为接地电阻。低压供电系统的接地电阻一般为 $4\ \Omega$ 。

在三相电源中性点不接地的三相三线制系统中,各电气设备(变压器、电动机等)应采取保护接地措施,即将系统中各电气设备的金属外壳可靠地接地,如图 1.2.1 所示。

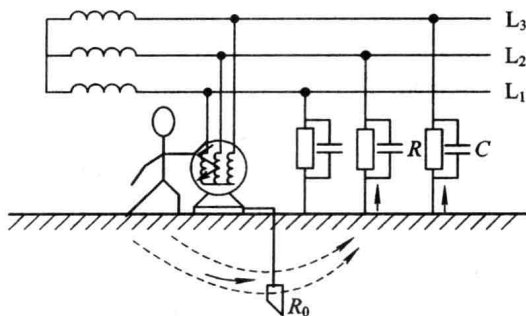


图 1.2.1 保护接地

如果该系统中的电气设备未采取保护接地措施,那么当接在该系统上的某台电气设备内部绝缘损坏而使电气设备的金属外壳带电时,若人体触及带电的电气设备的金属外壳,就会造成如前所述的中性点不接地系统的单相触电。

如果该系统中的电气设备采用了保护接地措施,那么即使系统中某台电气设备因内部绝缘损坏而使电气设备的金属外壳带电了,当人体触及带电的电气设备的金属外壳时,由于人体和接地装置是并联关系,人体电阻 R_b 比接地电阻 R_0 大得多(即 $R_b \gg R_0$),所以通过人体的电流就很小,不会对人体造成伤害,保证了人身安全。

2. 保护接零

在三相电源中性点接地的三相四线制系统中,各电气设备(包括家用电器)应采取保护接零措施,即将系统中各电气设备的金属外壳与系统的中性线(或称零线)可靠地连接起来,如图 1.2.2 所示。

采取保护接零措施后,当系统中某台电气设备内部绝缘损坏而使电气设备的金属外壳带电时,电流经三相电源的某根相线、电气设备的金属外壳、三相电源的中性线构成短路,使系统某相的短路保护装置迅速动作(保险丝熔断等),切断电源,从而消除了人身触电的危险性。即使特殊情况下(漏电造成的局部短路电流不大时),短路保护装置未动作,由于电气设备的金属外壳和三相电源的中性线相接,电气设备的金属外壳对地的电压也很低,人体触及电气设备的金属外壳时不会造成人身伤害事故。

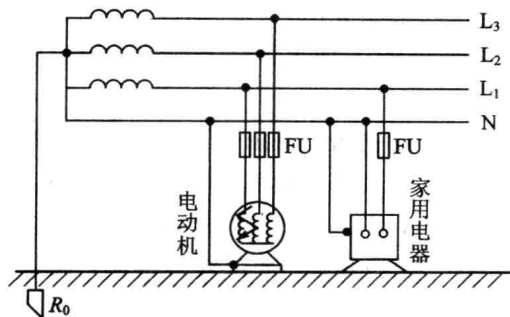


图 1.2.2 保护接零

必须指出的是，对于中性点接地的三相四线制系统，不允许电气设备采取保护接地措施。在该系统中，如果电气设备采用了保护接地措施，如图 1.2.3 所示，当电气设备的绝缘损坏而使电源的某根相线与电气设备的金属外壳相连时（俗称电源相线碰壳），接地电流为

$$I_0 = \frac{U_p}{R_0 + R_0} = \frac{220}{4 + 4} = 27.5 \text{ A}$$

式中， U_p 为三相电源的相电压； R_0 为接地电阻。

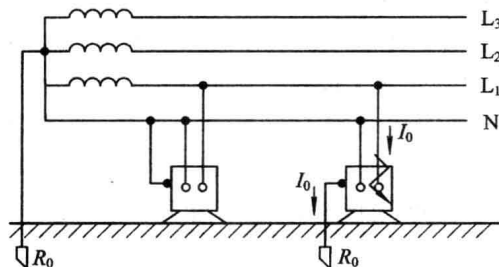


图 1.2.3 中性点接地系统采取保护接地措施

如果接地电流未能使系统的保护装置动作而切断电源，将使电气设备的金属外壳长时间有电流 I_0 通过，电气设备的金属外壳对地电压为

$$U = I_0 R_0 = \frac{U_p}{R_0 + R_0} R_0 = \frac{220}{4 + 4} \times 4 = 110 \text{ V}$$

同时，三相电源中性线对地电压也抬高到 110 V，使得该系统中其他正确采取了保护接零措施的电气设备的金属外壳对地都有 110 V 的电压，这是很危险的。当人体触及各电气设备的金属外壳或三相电源中性线时会造成人身伤亡事故。因此，在我们的日常生活中，禁止随意将家用电器的接零线接到自来水、暖气、天然气等其他金属管道上，这样做就相当于采用了保护接地。

1.2.2 常见的不安全因素

触电事故多发生在低电压系统中。在我们的日常生活中经常接触到低压电器设备（包括家用电器），产生触电事故的主要原因是：不严格执行安全规章制度，思想麻痹大意，人体直接接触及三相电源相线。此外，电气设备绝缘损坏而使电气设备的金属外壳带电，电气设备安装不合格、检修不及时等也会引起触电。

引起触电的常见的不安全因素如下：

(1) 违规带电操作(接线或检修)，使人体触及裸露的电源引线端子或其他裸露的接线端子。

(2) 人们经常触及的电器(如手电钻、洗衣机、台灯、电烙铁等)的塑料电源线，因不经意使塑料绝缘外皮被刀割或被烙铁烫坏破损而使金属导线裸露。

(3) 正常情况下，对于螺口灯座，应将灯座的螺旋铜圈与三相电源的中性线(零线)相接，灯座中心铜极与电源相线(火线)相接。如果接线错误，而将电源的相线和中性线接至灯座的连接位置接反(即将灯座的螺旋铜圈与三相电源的相线相接，灯座中心铜极与电源的中性线相接)，当更换灯(白炽灯或节能灯)时，人手触及灯头螺纹会引起触电。

(4) 电气设备的电源引入线不牢固，导致电源线脱落搭接在电气设备的金属外壳上而使其带电。

(5) 正常情况下，采用了保护接地的电气设备(如变压器、电动机等)，如果保护接地装置安装不牢固而断开，当电气设备内部绝缘损坏时将使电气设备的金属外壳带电。

(6) 正常使用时，应采用保护接零的电气设备(如手电钻、电烙铁、台式电扇、洗衣机)。如果因错误地使用两脚插座而未能采用保护接零措施，那么当电气设备内部绝缘损坏时会使电气设备的金属外壳带电。

(7) 单相用电设备，特别是移动式用电设备(如手电钻、洗衣机、台灯、电烙铁等)，都应使用三脚插头和与之配套的三孔插座。三孔插座上有专用的保护接零插孔(E)。三孔插座的正确接线方法是 N 端的接线端子接到三相电源的中性线上，L 端的接线端子接到三相电源的其中一根相线上，E 端的接线端子应当用专用线(接零线)接到三相电源的中性线上，如图 1.2.4(a)所示。如果三孔插座安装或检修接线错误，如图 1.2.4(b)所示，那么，虽然电气设备能正常运行，但电气设备的金属外壳因直接和三相电源的相线相接而带电了。

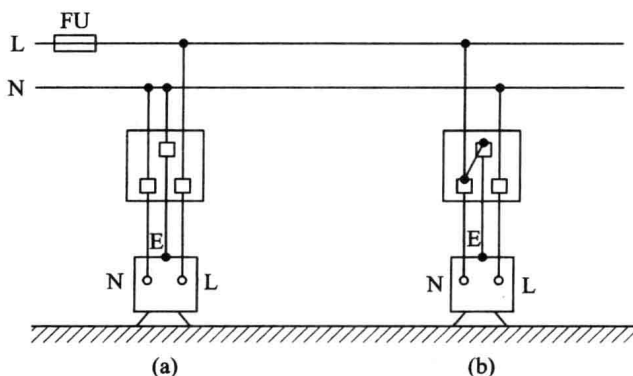


图 1.2.4 三孔插座的接法

(a) 正确接法；(b) 错误接法

(8) 洗澡、洗漱期间随意用湿手操作电器开关或插拔电源插头。

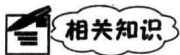
(9) 对高电压、大容量的电容器(如配电柜中的电力电容器和家用洗衣机中的电容器)，脱离电源后在未放电的情况下，当人体同时触及电容器的两接线端子时会造成人身触电事故。

1.2.3 触电急救

在生产和日常生活中经常接触的低电供电系统中,发现有人触电时,千万不要惊慌失措,必须用最快的速度使触电者脱离电源,延误救护时间对触电者的后果是严重的。应立即设法就近关断电源,或用干燥的木棒、竹竿等将电线从触电者的身上拨开;或者救护者站在干燥的木板上用一只手抓住触电者的衣服将其拉离电源。必须注意,触电者未脱离电源之前是带电的,切不可盲目用手直接拉触电者,以免使救护者随之一起触电。

当触电者脱离电源后,如果触电者有昏迷、呼吸困难或假死等症状,可让触电者仰卧休息,在医生来之前或送往医院救治途中的同时,应立即施以人工呼吸或心脏挤压等急救措施。

对于高压触电者的急救,应由专业人员救护。



相关知识

静 电

在我国北方的冬天,人们都有这样的经历:在黑暗中脱下毛衣时,会看到小火花,身体也同时会感到刺痛。这是由静电造成的。静电所产生的电压非常高,可以达到 3000 V~5000 V。不过,由于它的电流非常小,所以没有触电致死的危险。那么,为什么会产生这种静电现象呢?

不同物质相互摩擦时,物质中的电子便会因为接受了摩擦能量而变得更为活跃,从而产生电子跑向另一方物质中去的现象。其结果使一方带正电荷,另一方则带负电荷。因毛衣与衬衫材料的不同,相互间摩擦时就产生了静电。

通常,雾状物质能够带有较多的静电,这种性质在空气净化器等常用电器中得到了应用。

冬天容易产生静电是空气干燥所致。由于空气干燥,静电便不断地积累在身体上。防止静电的办法就是保持室内较高的湿度,当湿度高于 60% 时,就不会产生静电。另外,从干燥的室外进入室内,或者在拉汽车门时,要先用手触摸一下地面或墙壁,使身上的静电流入地面,从而避免静电放电使人体产生刺痛感。

1.3 低压供电系统

1.3.1 低压供电方式

从单位配电室到用电设备的输电线路属于低压供电系统。低压供电系统的连接方式由用电设备对供电可靠性的要求、用电设备的分布情况以及投资费用和维护费用的多少来确定。低压供电系统的连接方式通常采用放射式供电系统和树干式供电系统,如图 1.3.1 所示。

放射式供电系统的特点是从配电室引出若干条干线,分别向各个用电点直接供电,各条干线独立供电,若其中一条干线发生故障或检修,不会影响其他干线的正常供电,供电可靠性高。其缺点是干线多,导线用量大,投资费用高。放射式供电系统多用于用电点比较分散,各用电点的负荷相对集中且用电量大的场合。

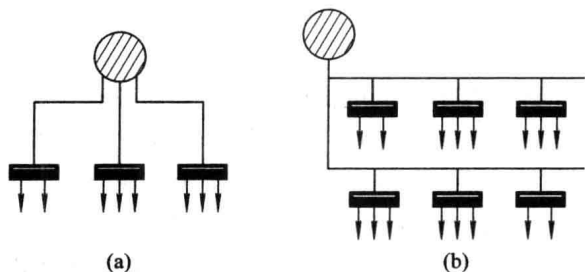


图 1.3.1 低压供电系统

(a) 放射式供电系统；(b) 树干式供电系统

树干式供电系统的特点是从配电室引出若干条干线，每一条干线可供沿线许多负载用电，干线少，导线用量少，投资费用低。其缺点是任一条干线发生故障或检修时，接在该干线上的所有用电设备都会因断电而停止运行，停电影响面大。树干式供电系统多用于各用电点位于配电室的同一侧且间距较短的场合。

1.3.2 室内配电系统

室内配电系统由设备布置、负荷容量及供电安全等因素确定。它通常采用线电压为 380 V、相电压为 220 V(380V/220V)的三相四线制电源供电。

1. 整幢楼房的配电系统框图

如图 1.3.2 所示是某幢楼房的配电系统框图。图中，380V/220V 的三相四线制电源线（进户线）接到整幢楼的总配电箱，总配电箱安装有三相闸刀开关和具有短路、过载、欠压保护功能的断路器。总配电箱的输出线接到每个单元住户的配电箱，各住户的配电箱中安装有断路器、漏电保护器和电度表。各住户配电箱的输出线接至室内配电箱，室内配电箱中安装有多个断路器。室内配电箱输出线接至室内各灯具或插座。注意，总配电箱分配给各住户配电箱的各相负荷应尽量平衡。

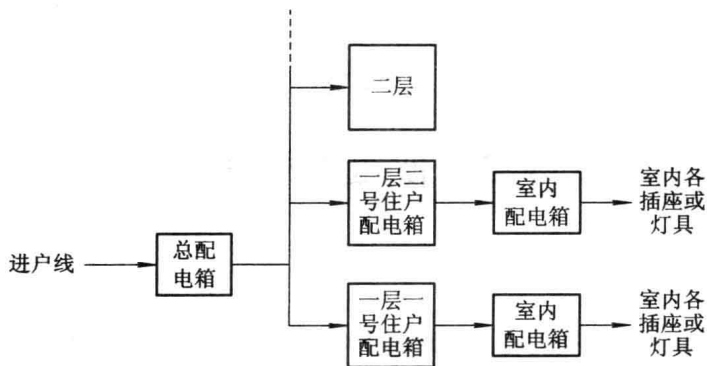


图 1.3.2 某幢楼房的配电系统框图

2. 室内配电系统

如图 1.3.3 所示是某室内配电系统。

图中，室内配电箱向外引出了所有空调插座、所有照明灯具、所有插座三条独立的供电支线，以便于控制和提高可靠性。QS 用来接通和切断住户室内的供电。QS 在此也称为

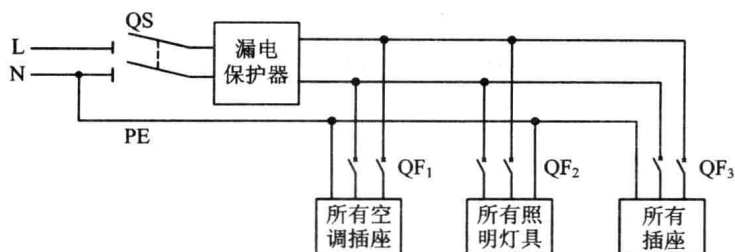


图 1.3.3 某室内配电系统

隔离开关，在住户长期不在或室内线路检修时，可用它断开住户室内的供电。漏电保护器的作用是当室内线路发生对地漏电或人体不小心触及电源相线时，它将自动切断室内供电。断路器 $QF_1 \sim QF_3$ 用来接通和切断所有照明灯具、所有空调插座、所有插座三条支线的供电。当任一条支线发生短路故障或电流过大时，该支线的断路器将自动切断该支线的供电。例如某个照明灯处发生短路故障时通过 QF_2 的电流很大， QF_2 将自动断开照明灯具支路的供电；将短路故障排除后，可重新合上 QF_2 恢复对照明灯具支路的供电。

如图 1.3.4 所示为空调插座接线图和插座接线图。

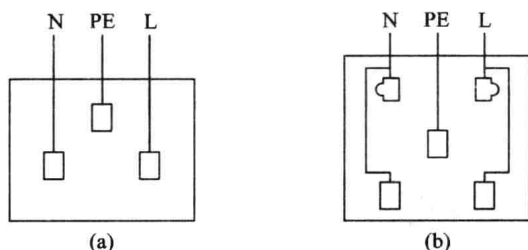
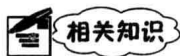


图 1.3.4 空调插座接线图和插座接线图

(a) 空调插座接线图；(b) 插座接线图

注意，如果室内配电系统没有专设保护零线 PE，可将所有空调插座和所有插座的接零线接到电源的中性线上。图 1.3.4 中的两脚插座用于收音机、录放机、充电器等的供电。



电流的方向和速度

人们经过研究发现，电流实际上是电子的移动，而电子流动的方向并不是从正到负，而是从负到正。所以电流方向与电子流动方向相反。一般说的“电流大”，实际上是指导线内“移动着的电子个数多”，安培(A)是表示电流大小的单位，1 A 电流相当于一秒钟流过了 6.24×10^{18} 个电子。

另外，电从发电厂流到学校、家中时，并不是电子一瞬间就跑过了这么远的路程。而是当自由电子进入电线时，就把原来位于电线端部的电子从原子核旁边挤走，其过程像多米诺骨牌一样不断地向前推进，形成了电流。因而，单个电子一秒钟所跑过的路程连 1 厘米都不到。电子的速度比人走路的速度还慢。

实际中，触电死亡与电压高低没有多大关系。例如，静电可达几千甚至上万伏，但人并不会因此而丧生，这是因为电流小的缘故。也就是说，人触电而死并非取决于电压大小，而是取决于流入人体内电流的大小。