

新编电气与电子信息类本科规划教材·电子电气基础课程

# 电子工艺训练教程

## (第2版)

李敬伟 段维莲 主编 曹志道 主审



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

内容简介

新编电气与电子信息类本科规划教材·电子电气基础课程

# 电子工艺训练教程 (第2版)

李敬伟 段维莲 主编

曹志道 主审

举报电话: (010) 88254397

传 真: (010) 88254397

通信地址: 北京市万寿路173信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编: 100076

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书是哈尔滨工业大学工程训练中心的教师和工程技术人员经过多年的教学实践,为“电子工艺训练”教学而编写的。本书是在第1版的基础上,增加了新的内容,更注重学生动手能力的训练。全书共7章,分别为:安全用电知识、电路焊接工艺、电子元器件、印制电路板的设计与制作、实习电子产品、电子产品的调试与检修、Protel DXP 2004 SP2 电路设计软件的使用。

本书可作为工科院校电工电子工程训练的教材,也可作为相关工程技术人员和无线电爱好者的参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

电子工艺训练教程/李敬伟,段维莲主编.—2版.—北京:电子工业出版社,2008.6

新编电气与电子信息类本科规划教材·电子电气基础课程

ISBN 978-7-121-06685-6

I. 电… II. ①李…②段… III. ①电子技术—高等学校—教材②电子器件—高等学校—教材 IV. TN01

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 068802 号

策划编辑:凌毅

责任编辑:凌毅

印刷:北京市海淀区四季青印刷厂

装订:北京鼎盛东极装订有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编:100036

开本:787×1092 1/16 印张:14.25 字数:365千字

印次:2008年6月第1次印刷

印数:5000册 定价:22.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

## 再版前言

电子工艺训练是工程训练的一部分,同时也是本科生在校期间非常重要的实践环节,在实习中学生可在电子焊接的技能、电子元器件的测试与识别、印制电路板的设计方法与技巧、电子测试仪器的使用、电子产品的调试与维修等方面得到训练。这些技能的掌握不但会给学生的毕业设计提供帮助,而且也可以通过实际操作,锻炼学生的动手能力,从中激发学生的创新意识。

《电子工艺训练教程》出版3年多来,得到了国内多所高等院校师生的大力支持,并提出了很多宝贵意见,我们在第1版的基础上,对部分章节进行了修改,根据工程训练的需要,将计算机辅助设计PCB电路单列成章。全书分7章,分别为:安全用电知识、电路焊接工艺、电子元器件、印制电路板的设计与制作、实习电子产品、电子产品的调试与检修、Protel DXP 2004 SP2 电路设计软件的使用。

本书第1章由王松龙编写,第2章由段维莲编写,3.1~3.4节由白玉仁编写,3.5节由王承生编写,第4章由麻志滨编写,第5、6、7章由李敬伟编写。本书由李敬伟、段维莲担任主编,李敬伟负责全书的统稿工作。全书由曹志道教授主审。

为配合本教材的教学工作,由李敬伟、陈瑞萍设计制作了声音动画同步播放的多媒体课件,有需要的读者可与作者联系(E-mail:jwei\_li@126.com)。

在本书编写过程中,得到了邢忠文教授的大力支持与帮助,并为本书的出版做了大量的协调工作,在此表示感谢。

由于编写人员的水平有限,加之时间仓促,不妥之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者  
2008年6月



## 反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396；(010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

# 目 录

<b>第 1 章 安全用电知识</b> .....	1
1.1 安全常识 .....	1
1.1.1 安全电压 .....	1
1.1.2 保护接地与保护接零 .....	5
1.2 安全防护 .....	6
1.2.1 焊接生产线上的安全防护 .....	6
1.2.2 调试生产线上的安全防护 .....	7
1.2.3 家用电器的安全防护 .....	7
1.2.4 常见不安全因素 .....	8
1.2.5 电气设备使用安全 .....	9
<b>第 2 章 电路焊接工艺</b> .....	10
2.1 焊接的基本知识 .....	10
2.1.1 焊接的分类 .....	10
2.1.2 焊接的方法 .....	10
2.2 焊装工具 .....	11
2.2.1 电烙铁 .....	11
2.2.2 其他的装配工具 .....	14
2.3 焊接材料与焊接机理 .....	14
2.3.1 焊料 .....	15
2.3.2 焊剂 .....	17
2.3.3 阻焊剂 .....	18
2.3.4 锡焊机理 .....	19
2.3.5 锡焊的条件及特点 .....	20
2.4 手工焊接技术 .....	21
2.4.1 焊接操作的手法与步骤 .....	21
2.4.2 焊接温度与加热时间 .....	24
2.4.3 合格焊点及质量检查 .....	25
2.4.4 拆焊 .....	29
2.4.5 焊后清理 .....	31
2.5 实用焊接技艺 .....	31
2.5.1 焊前的准备 .....	32
2.5.2 元器件的安装与焊接 .....	33
2.5.3 集成电路的焊接 .....	35
2.5.4 几种易损元件的焊接 .....	35

2.6	电子工业生产中的焊接简介	36
2.6.1	浸焊	37
2.6.2	波峰焊	37
2.6.3	再流焊	38
2.6.4	无锡焊接	38
2.6.5	电子焊接技术的发展	39
<b>第3章</b>	<b>电子元器件</b>	<b>41</b>
3.1	电阻器、电容器、电感器型号命名与标注	41
3.1.1	常用元件的型号命名方法	41
3.1.2	元器件的标注	43
3.2	常用电子元器件简介	45
3.2.1	电阻器	46
3.2.2	电位器	51
3.2.3	电容器	54
3.2.4	电感器	59
3.2.5	变压器	61
3.2.6	小型单相电源变压器的设计与制作工艺	62
3.3	半导体分立器件	67
3.3.1	命名与分类	67
3.3.2	常用半导体器件	71
3.4	集成电路	74
3.4.1	集成电路的分类	74
3.4.2	集成电路的命名	75
3.5	表面安装元器件	75
3.5.1	表面安装元器件的分类	76
3.5.2	表面安装元件	76
3.5.3	表面安装器件	80
<b>第4章</b>	<b>印制电路板的设计与制作</b>	<b>82</b>
4.1	印制电路板基础知识	82
4.1.1	印制电路板材料及分类	82
4.1.2	印制电路板设计前的准备	84
4.2	印制电路板的排版设计	86
4.2.1	印制电路板的设计原则	87
4.2.2	印制电路板干扰的产生及抑制	88
4.2.3	元器件排列方式	90
4.2.4	焊盘及孔的设计	92
4.2.5	印制导线设计	94
4.2.6	草图设计	95
4.3	印制电路板制造工艺	99
4.3.1	印制电路板制造过程的基本环节	99

4.3.2	印制板加工技术要求	100
4.3.3	印制板的生产流程	100
4.3.4	手工自制印制板	101
<b>第5章</b>	<b>实习电子产品</b>	<b>103</b>
5.1	晶体管超外差收音机	103
5.1.1	谐振回路基础	103
5.1.2	电台广播信号的发射	107
5.1.3	中波收音机原理	108
5.1.4	输入调谐电路	110
5.1.5	变频级	111
5.1.6	中频放大级	113
5.1.7	检波级及自动增益控制(AGC)电路	116
5.1.8	低频放大级	118
5.1.9	功率放大级	120
5.2	调频电路收音机	122
5.2.1	调频收音机的原理框图及波形	123
5.2.2	调频头电路	123
5.2.3	中频放大器及限幅器	125
5.2.4	鉴频器及自动频率控制	126
5.2.5	集成电路收音机	128
5.2.6	电子产品焊装	130
<b>第6章</b>	<b>电子产品的调试与检修</b>	<b>134</b>
6.1	产品调试	134
6.1.1	各级电路工作点的测试调整	134
6.1.2	工作频率的调整	137
6.1.3	指标测试	141
6.1.4	集成电路收音机的调试	143
6.2	电子产品检修	147
6.2.1	电子产品故障的分类	147
6.2.2	检修前的准备	148
6.2.3	检修原则	149
6.2.4	常用检修方法	150
6.3	收音机的检修	157
6.3.1	完全无声的故障	157
6.3.2	有“沙沙”噪声无电台信号的故障	159
6.3.3	声音小、灵敏度低的故障	159
6.3.4	啸叫声的故障	160
6.3.5	声音失真的故障	162
<b>第7章</b>	<b>Protel DXP 2004 SP2 电路设计软件的使用</b>	<b>163</b>
7.1	Protel DXP 2004 SP2 简介	163



001	7.1.1	系统菜单	163
001	7.1.2	工作区面板	167
101	7.1.3	工具栏与状态栏	167
801	7.1.4	设计 PCB 电路的一般步骤	168
801	7.2	原理图设计准备	168
808	7.2.1	在项目中新建原理图文档	168
701	7.2.2	设置图纸与环境参数	169
801	7.2.3	加载元器件库	172
011	7.3	原理图设计	175
111	7.3.1	放置电路元素	176
811	7.3.2	电路元素调整	180
811	7.4	制作原理图元器件	183
818	7.4.1	启动元器件库编辑器及命名元器件	183
081	7.4.2	绘制原理图元件	185
181	7.4.3	新建元器件属性设置及追加封装	186
881	7.4.4	放置新建元器件	190
881	7.5	创建 PCB 元器件	191
181	7.5.1	启动元器件封装库编辑器及参数设置	192
881	7.5.2	PCB 元器件创建	193
881	7.6	创建网络表	198
081	7.6.1	追加原理图元器件封装	198
181	7.6.2	电气检查	199
181	7.6.3	生成网络表	201
181	7.7	PCB 电路设计	202
181	7.7.1	PCB 电路设计准备	203
111	7.7.2	规划电路板	205
113	7.7.3	元器件布局	206
141	7.7.4	设置 PCB 布线规则	209
141	7.7.5	自动布线	212
		<b>附录 常用基本参数</b>	<b>214</b>
081		附录 A 一般铅锡焊料	214
180		附录 B 几种常用低温焊锡	214
181		附录 C 国产晶体管收音机的基本参数	214
181		附录 E 部分铜漆包线规格及安全载流量	216
		<b>参考文献</b>	<b>218</b>

# 第1章 安全用电知识

电是现代社会的动力来源，工业生产和文明生活都离不开电，电对人类的进步和发展起着非常重要的作用。电的使用有其两面性，使用得当，能给我们带来很大的益处；若使用不当，则会造成很大的危害。因此，掌握安全用电的基本知识非常重要。安全用电技术是研究如何预防用电事故及保障人身、设备安全的一门技术。在工业生产中，要使用各种工具、电器、仪器等设备，同时还接触危险的高压电，如果不掌握必要的安全用电知识，操作中缺乏足够的警惕，就可能发生人身、设备事故。

## 1.1 安全常识

安全用电包括人身安全和设备安全。为了防止触电事故的发生，必须十分重视安全用电。当发生用电事故时，不仅会损坏设备，还可能引起人身伤亡、火灾或爆炸等严重事故。因此，注意安全用电是非常必要的。

电气设备使用之前，首先要清楚电器的额定电压与供电电压是否相符。额定电压通常在电器的显著位置标明。低压电器一般为 220V 及 110V，高压电器都在 380V 以上。如果将额定电压为 110V 的电器接到 220V 的电源上，就会使电器因实际电压过高而烧坏，而且还会带来触电的危险。反过来，如果将额定电压为 220V 的电器接到 110V 的电源上，虽然不会毁坏电器，但电器就不能发挥正常的效能。假若发现额定电压与电源电压不符，可以选择一个匹配的变压器，通过变压器将电源电压转换成与电器相适应的电压。

### 1.1.1 安全电压

安全电压的定义为防止触电事故而采用特定电源供电的电压系列，特定电源供电是指由专用的安全电压的电流装置供电。安全电压定值的等级分为 42V、36V、24V、12V 和 6V，而直流电压不超过 120V。通过人体的电流越大，对人体的影响也越大。通过人体电流的大小，主要取决于加在人体上的电压及人体的电阻。人体电阻一般为 100kΩ，皮肤潮湿时可降到 1kΩ 以下。因此，接触的电压越高，对人体的损伤也就越大。一般将 36V 以下的电压作为安全电压，但在潮湿的环境中，因人体电阻的降低，即便接触 36V 的电压也会有生命危险，所以要用 12V 安全电压。

#### 1. 电伤与电击

触电泛指人体触及带电体。触电时电流会对人体造成不同程度的伤害。触电事故分为两类：一类叫电击；另一类叫电伤。

##### (1) 电击

所谓电击，是指电流通过人体时所造成的内部伤害，它会破坏人的心脏、呼吸系统及神经系统的正常工作，甚至会危及生命。低压系统通电电流不大且时间不长的情况下，电流会引起人的心室颤动，但通电电流时间较长时，会造成人窒息而死亡，这是电击致死的主要

原因。绝大部分触电死亡事故都是由电击造成的。日常所说的触电事故,基本上多指电击。

电击可分为直接电击与间接电击两种。直接电击是指人体直接接触及正常运行的带电体所发生的电击;间接电击则是指电气设备发生故障后,人体触及该意外带电部分所发生的电击。直接电击多数发生在误触相线、刀闸或其他设备的带电部分;间接电击一般发生在设备绝缘损坏,相线触及设备外壳,电器短路,保护接零及保护接地损坏等情况。违反操作规程也是造成触电的最大隐患。

## (2) 电伤

电伤是指电流的热效应、化学效应或机械效应对人体造成的伤害。电伤又分为:电弧烧伤、电烙印、皮肤金属化3种。

① 电弧烧伤,也叫电灼伤。它是最常见也是最严重的一种电伤,多由电流的热效应引起,具体症状是皮肤发红、起泡,甚至皮肉组织被破坏或烧焦。

② 电烙印。当载流导体较长时间接触人体时,因电流的化学效应和机械效应作用,接触部分的皮肤会变硬并形成圆形或椭圆形的肿块痕迹,如同烙印一般。

③ 皮肤金属化。由于电流或电弧作用(熔化或蒸发)产生的金属微粒渗入人体皮肤表层而引起,使皮肤变得粗糙坚硬并呈青黑色或褐色。

## 2. 触电的3种形式

人体本身就是一个导体,任何一部分触及带电体,电流就会从人体通过,构成回路引起触电。因此,如果缺乏安全用电常识或者对安全用电不重视,就可能发生触电事故。

触电是指当人体接触到电源,电流就由接触点进入人体,然后由另一点(接触到地面、墙壁或零线)而形成回路,造成深部肌肉、神经、血管等组织破坏。若电流经过心脏会造成严重的心律不齐,甚至心跳暂停而造成死亡。同时两个接触点因电流的流过而产生热能并对肌肤造成损伤。触电的形式可分为单相触电、两相触电、跨步触电3种形式。

### (1) 单相触电

单相触电是指人体在地面上或其他接地体上,人体的某一部分触及一相带电体的触电事故。单相触电时,加在人体的电压为电源电压的相电压。设备漏电造成的事故属于单相触电。绝大多数的触电事故都属于这种形式,如图1-1所示。

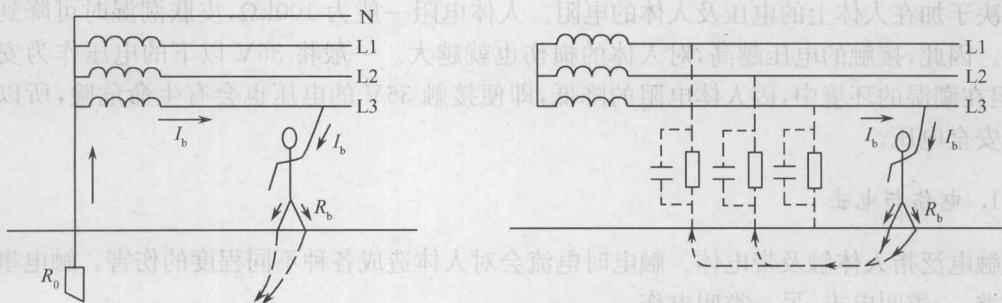


图 1-1 单相触电

### (2) 两相触电

两相触电是指人体两处同时触及两相带电体而发生的触电事故。这种形式的触电,加在人体的电压是电源的线电压,电流将从一相经人体流入另一相导线。因此,两相触电的危险性

比单相触电大,如图 1-2 所示。

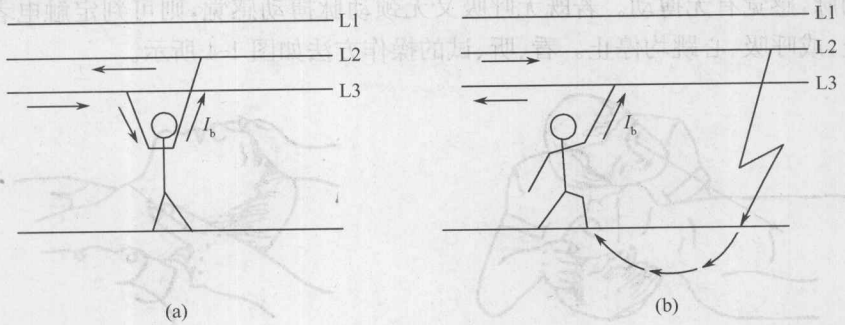


图 1-2 两相触电

### (3) 跨步触电

当带电体碰地有电流流入大地,或雷击电流经设备接地体入地时,在该接地体附近的大地表面具有不同数值的电位;人体进入上述范围,两脚之间形成跨步电压而引起的触电事故叫跨步触电,如图 1-3 所示。

### 3. 触电的救护

触电对人体的伤害程度与通过人体的电流大小、通电时间、电流途径及电流性质有关。发生触电事故时,千万不要惊慌失措,必须用最快的速度使触电者脱离电源。触电时间越长,对人体损害越严重,一两秒钟的迟缓都可能造成不可挽救的后果。触电者未脱离电源前本身就是带电体,同样会使抢救者触电。在移动触电者离开电源时,要保护自己不要

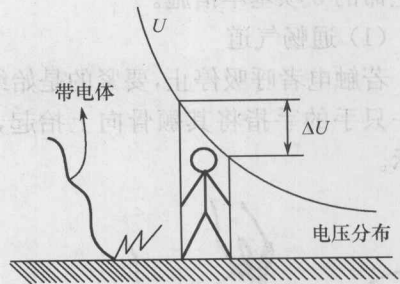


图 1-3 跨步触电

受第二次电击伤害。首先要关闭电源,或用干燥的木棒、竹竿、橡胶圈等拨开电线,或者用衣服套住触电者的某个部位,将其从电源处移开。无论用什么办法,应立即切断触电者身体与电源的接触。脱离电源后应进行脊椎固定,若触电者无呼吸、无脉搏,在送往医院途中要积极进行心肺复苏。根据触电者受伤害的轻重程度,现场救护有以下几种措施。

#### (1) 触电者未失去知觉的救护措施

如果触电者所受的伤害不太严重,神志尚清醒,只是心悸、出冷汗、恶心、呕吐、四肢发麻、全身无力,甚至一度昏迷但未失去知觉,则可先让触电者在通风暖和安静的地方仰卧休息,并派人严密观察,同时请医生前来或送往医院救治。

#### (2) 触电者已失去知觉的抢救措施

如果触电者已失去知觉,但呼吸和心跳尚正常,则应使其舒适地平躺着,解开衣服以利于呼吸,四周不要围人,保持空气流通,冷天应注意保暖,同时立即请医生前来或送往医院救治。若发现触电者呼吸困难或失常,应立即施行人工呼吸或胸外心脏挤压。

#### (3) 对“假死”者的急救措施

如果触电者呈现“假死”现象,则可能有 3 种临床症状:一是心跳停止,但尚能呼吸;二是呼吸停止,但心跳尚存(脉搏很弱);三是呼吸和心跳均已停止。“假死”症状的判定方法是“看”、“听”、“试”。“看”是观察触电者的胸部、腹部有无起伏动作;“听”是用耳贴近触电者口鼻处,听



有无呼气声音；“试”是用手或小纸条测试口鼻有无呼吸的气流，再用两手指轻压一侧喉结旁凹陷处的颈动脉，感觉有无搏动。若既无呼吸又无颈动脉搏动感，则可判定触电者呼吸停止，或心跳停止，或呼吸、心跳均停止。看、听、试的操作方法如图 1-4 所示。

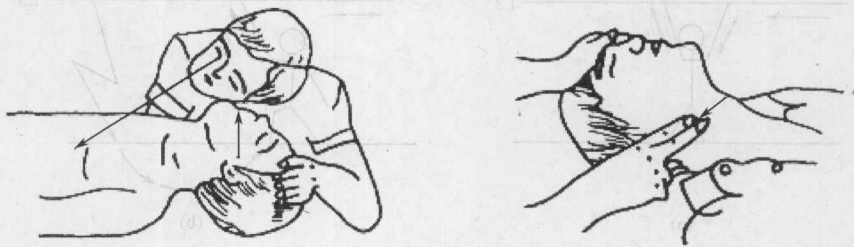


图 1-4 判定“假死”的看、听、试

#### 4. 抢救触电者生命的心肺复苏法

当判定触电者呼吸和心脏停止时，应立即按心肺复苏法就地抢救。所谓心肺复苏法，是支持生命的 3 项基本措施。

##### (1) 通畅气道

若触电者呼吸停止，要紧的是始终确保气道通畅，其操作要领是：一只手放在触电者前额，另一只手的手指将其颞骨向上抬起，气道即可通畅，如图 1-5 所示。气道是否通畅如图 1-6 所示。



图 1-5 仰头抬颞法



图 1-6 气道状况

##### (2) 口对口(鼻)人工呼吸

救护人在完成气道通畅的操作后，应立即对触电者施行口对口或口对鼻人工呼吸，如图 1-7 所示。先大口吹气刺激起搏，然后用手指测试其颈动脉是否有搏动，若仍无搏动，可判断心跳确已停止。

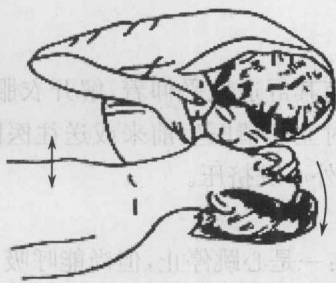


图 1-7 口对口人工呼吸

##### (3) 胸外按压

胸外按压是借助人力使触电者恢复心脏跳动的急救方法。操作要领是：触电者仰卧躺在平硬的地方并解开其衣服，仰卧姿势与口对口人工呼吸法相同。右手的食指和中指沿触电者的右侧肋弓下缘向上，找到肋骨和胸骨接合处的中点。另一只手的掌根紧挨食指上缘，置于胸骨上，掌根处即为正确按压位置，如图 1-8 所示。

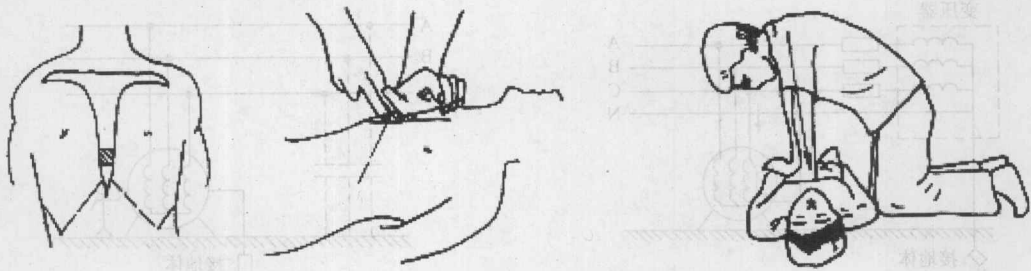


图 1-8 正确的按压位置与用力方法

### 1.1.2 保护接地与保护接零

保护接地与保护接零是防止电气设备意外带电造成触电事故的基本技术措施,应用十分广泛。保护接地装置与保护接零装置可靠而良好的运行,对保障人身安全有十分重要的意义。保护接地与保护接零有 3 处不同。

其一,保护原理不同。低压系统保护接地的基本原理是限制漏电设备对地电压,使其不超过某一安全范围;高压系统的保护接地,除限制对地电压外,在某些情况下,还有促成系统中保护装置动作的作用。保护接零的主要作用是通过设备外壳与电网零线形成单相短路,促使线路上保护装置迅速动作,切断电源,从而消除机壳带电的危险。

其二,适用范围不同。保护接地适用于一般的低压不接地电网及采取其他安全措施的低电压接地电网;保护接地也能用于高压不接地电网。不接地电网不必采用保护接零。

其三,线路结构不同。保护接地系统除相线外,只有保护地线。保护接零系统除相线外,必须有零线;必要时,保护零线要与工作零线分开;其重要的装置也应有地线。

#### 1. 三相电路的保护接零

保护接零是指把电器的金属外壳接到供电线路系统中的专用接零地线上,而不必专门自行埋设接地体。当某种原因造成电器的金属外壳带电时,通过供电线路的火线(某相导线)-金属外壳专门接地线,构成一个单相电源短路的回路,供电线路的保险丝在通过很大的电流时熔断,从而消除了触电的危险。如图 1-9 所示,三相用电保护接零原理图可用四孔插头座来实现。应用保护接零的注意事项是:零线不准接保险丝,要有足够的机械强度。

#### 2. 三相电路的保护接地

保护接地是把故障情况下可能呈现危险的带电体同大地紧密地连接起来,只要适当控制保护接地电阻的大小,即可限制漏电设备对地电压在安全范围之内。凡由于绝缘破坏或其他原因可能呈现危险电压的金属部分,均应可靠接地。

如图 1-10 所示,电动机外壳装有保护接地时,由于人体电阻远比接地装置的电阻大,所以在电动机发生一相碰壳时(俗称搭铁),工作人员即使接触带电的外壳,也没有多大危险。因为电流主要由接地装置分担了,几乎没有电流流过人体,从而保证了人身安全。在有保护接地的系统中,接地装置要可靠,接地电阻  $R_d \leq 4 \sim 10 \Omega$ 。

保护接地是为了防止绝缘损坏造成设备带电危及人身安全而设置的保护装置,它有接地与接零两种方式。按照电力方面的规定,凡采用三相四线供电的系统,由于中性线接地,所以

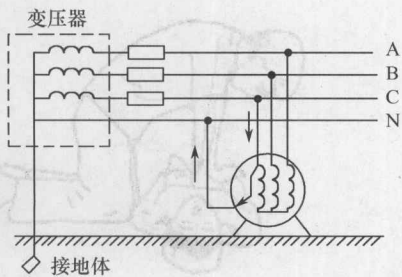


图 1-9 三相用电保护接零

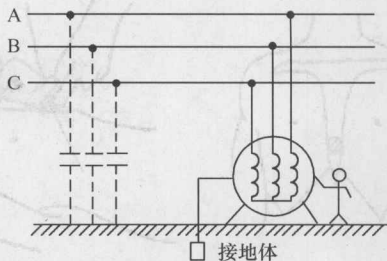


图 1-10 三相用电保护接地

应采用接零方式,把设备的金属外壳通过导体接至零线上,而不允许将设备外壳直接接地。接地线应接在设备的接地专用端子上,另一端最好使用焊接。

### 3. 家用电器的保护接地

家用电器一般采用单相电源供电,其 3 根线是相线、零线(中性线)和地线,相线和零线之间的电压是 220V,它的插头和插座不是三相插头和插座(而是单相三孔插座)。多了一根地线,为的是保障安全(在中性点不接地系统中,可采用保护接地;而在中性点接地系统中,则必须采用保护接零)。使用家用电器时,应有完整可靠的电源线插头。对金属外壳的家用电器都要采用接地保护。

家用电器电源连接时必须注意,最好采用带开关的插座,禁止将电源线直接插入插座孔内。凡要求有保护接地或保护接零的,都应采用三脚插头和三孔插座,并且接地、接零插脚与插孔都应与相线插脚与插孔有严格区别,禁止用对称双脚插头和双孔插座代替三脚插头和三孔插座,以防接插错误,从而造成家用电器金属外壳带电,引起触电事故。接地线、接零线正常时虽然不带电,为了安全起见,其导线规格要求不低于相线,而且地线、零线上不得装开关或保险丝,也禁止随意将接地线、接零线接到自来水、暖气、煤气或其他管道上。

## 1.2 安全防护

### 1.2.1 焊接生产线上的安全防护

电烙铁是电子焊接的必备工具,使用时应用两相三孔插座,并将电烙铁接零保护端子可靠接入保护零线。各种电子电气操作,如电器维修、电子实验、电子产品研制、电子工艺实习及各种电子制作等,都应严格遵守安全制度和操作规程。

① 不要惊吓正在操作的人员,不要在车间内打闹。

② 烙铁头在没有确信脱离电源时,不能用手摸。

③ 烙铁头上多余的焊锡不要乱甩,特别是往身后甩危险更大。

④ 焊接过程中暂不使用电烙铁时,应将其置于专用支架上,避免烫坏导线或其他物件。电烙铁的放置地点应远离易燃品。

⑤ 拆焊有弹性的元器件时,不要离焊点太近,并使可能弹出焊锡的方向向外。

⑥ 插拔电烙铁等电器的电源插头时,要手拿插头,不要抓电源线。

⑦ 用螺丝刀拧紧螺钉时,手不可触及螺丝刀的金属部分。

⑧ 用剪线钳剪断短小导线(如印制板元件焊好后,去掉过长的引线)时,要让线头飞出方

向朝着工作台或空地,不可朝向人或设备。

⑨ 电路中发热电子元器件,如变压器、功率器件、电阻、散热片等,特别是电路发生故障时,有些发热件可达几百摄氏度高温,如果在通电状态下触及这些元器件,不仅可能造成烫伤,还可能有触电危险。

⑩ 工作场所要讲究文明生产、文明工作,各种工具、设备摆放合理、整齐,不要乱摆、乱放,以免发生事故。

### 1.2.2 调试生产线上的安全防护

调试与检测过程中,要接触各种电路和仪器设备,特别是各种电源及高压电路、高压大容量电容器等。为了保护检测人员的安全,防止测试设备和检测线路的损坏,除严格遵守一般安全规程外,还必须注意调试和检测工作中制定的安全措施。在使用这些仪器时,要看懂该测试仪器的使用说明书,并注意以下几点。

① 测试仪器要定期检查,仪器外壳及可接触部分不应带电。凡金属外壳仪器,必须使用三孔插座,并保证外壳良好接地。电源线一般不超过 2m,并具有双重绝缘。

② 测试仪器通电前,应检查测试仪器工作电压与市交流电压是否相符。检查仪器面板各开关、旋钮、插孔等是否移动或错位。遇到开关、旋钮转动困难时,不可用力扳转,以免造成损坏。

③ 测试仪器通电时,应注意观察仪器的工作情况,检查有无不正常现象,如果发现仪器保险丝烧断,应换同规格熔丝管后再通电,若第二次再烧断则必须停机检查,不得更换大容量保险丝。

④ 带有风扇的仪器如通电后风扇不转或有故障,应停机检查。

⑤ 功耗较大的仪器( $>500\text{W}$ )断电后,应冷却一段时间再通电(一般 3~10min,功耗越大时间越长),避免烧断保险丝或仪器零件。

⑥ 测试仪器使用完毕,应先切断测试仪器的电源开关,然后拔掉电源线。应禁止只拔掉电源线而不切断测试仪器开关的简单做法。

### 1.2.3 家用电器的安全防护

为了确保家用电器及日常照明的使用安全,可设置用电设备的分线漏电保护器。漏电保护器有电压型和电流型两种,其工作原理基本相同,可把它看做一种具有检测电功能的灵敏继电器,当检测到漏电情况后,控制开关动作切断电源。

典型的电流型漏电保护开关工作原理如图 1-11 所示。当电器正常工作时,检测线圈内流进与流出的电流大小相等,方向相反,检测输出为零,线圈不感应信号,开关闭合,电路正常工作。当电器发生漏电时,漏电流不通过零线,线圈内检测到的电流之和不为零,当检测到不平衡电流达到一定数值时,通过放大器输出信号将开关切断。漏电保护器的主要作用是防止人身触电,在某些条件下,也能起到防

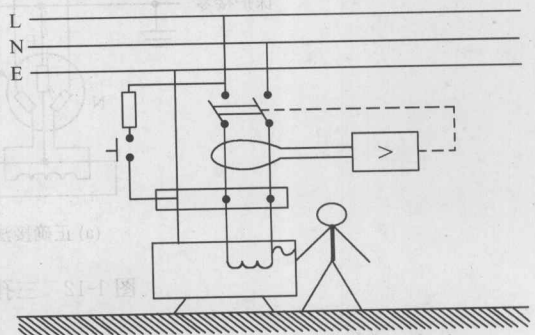


图 1-11 电流型漏电保护器



止电气火灾的作用。

### 1.2.4 常见不安全因素

电击的危害是由于人体同电源接触,或者是在高压电场中通过人体放电。后者在一般电子设备中是较少遇到的。触电事故的发生还具有很大的偶然性和突发性,令人猝不及防。常发生的电击是在 220V 交流电源上。其中有设备本身的不安全因素,也有操作人员的错误操作及缺乏安全用电知识等因素。

#### 1. 直接接触及电源

没有人糊涂到用手去摸 220V 的电源插座或裸露电线的地步。但实际上,由于存在各种不为人所注意的途径,还是有人触到了电源而产生电击。下面的几个例子就是在不引人注意的地方隐藏着危险。

① 电源线破损。经常使用的电器,如电烙铁、台灯等的塑料电源线,因无意中割破或烙铁烫伤塑料绝缘层而裸露金属导线,手碰该处就会引起触电。

② 拆装螺口灯头,手指触及灯泡螺纹引起触电。

③ 调整仪器时,电源开关断开,但未拔下插头,开关部分接触点带电。

#### 2. 金属外壳带电

电气设备的金属外壳如果带电,操作者很容易触电,这种情况在电击事故中占很大比例。使金属外壳带电有种种原因,常发生的情况有以下几种。

① 电源线虚焊,造成在运输、使用过程中开焊脱落,搭接在金属件上而同外壳连通。

② 工艺不良,产品本身带隐患。例如,用金属压片固定电源线,压片有尖棱或毛刺,容易在压紧或振动时损坏导线绝缘层。

③ 接线螺钉松动,造成电源线脱落。

④ 设备长期使用不检修,导线绝缘老化开裂,碰到外壳尖角处形成通路。

⑤ 错误接线。有人在更换外壳接保护零线设备的插头、插座时,错误连接,如图 1-12 所示,结果造成外壳直接接到电源火线上(注意:此时设备运行是正常的,不容易引起人们的注意)。

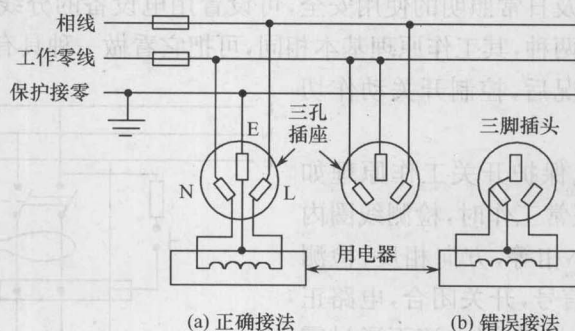


图 1-12 三孔插头座的接法

#### 3. 电容器放电

电容器能够存储电能。一个充了电的电容器,具有同充电电源相同的电压,所储电能同电