

普通高等教育“十二五”规划教材

电子工艺技术与实践

主 编 林海汀
副主编 许研文 郭志雄

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育“十二五”规划教材

电子工艺技术与实践

主 编 林海汀
副主编 许研文 郭志雄
参 编 邓 筠 陈崇辉 晏黑仿
主 审 游林儒



机械工业出版社

本书是高等院校应用型本科学生的电子工艺实习教材。全书共分7章,系统地介绍了安全用电、电子元器件、焊接技术、印制电路板设计与制作。为了拓宽学生的知识面及创新能力,书中还包含了计算机仿真软件和计算机辅助印制电路板设计软件等方面的内容。此外,本书还介绍了两个产品设计、制作、调试实例,以提高学生的工程观念。

本书可作为高等学校应用型本科工科类专业电子工艺实习教材,也可作为相关工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电子工艺技术与实践/林海汀主编. —北京:机械工业出版社, 2011.7
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-111-34917-4

I. ①电… II. ①林… III. ①电子技术-高等学校-教材 IV. ①TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第103734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: 贡克勤 责任编辑: 贡克勤 王保家
版式设计: 霍永明 责任校对: 刘秀丽
封面设计: 路恩中 责任印制: 杨 曦
北京京丰印刷厂印刷
2011年7月第1版·第1次印刷
184mm×260mm·12印张·295千字
标准书号: ISBN 978-7-111-34917-4
定价: 26.00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

社服务中心: (010)88361066 门户网: <http://www.cmpbook.com>
销售一部: (010)68326294 教材网: <http://www.cmpedu.com>
销售二部: (010)88379649
读者购书热线: (010)88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

“电子工艺实习”是随着我国高等教育不断发展以及对创新型人才的需求，而产生的一项新的实践教学内容。与传统的单门课程实验、下厂实习相比，电子工艺更强调学生在实践中的主观能动作用；更重视学生的动手实践能力、分析问题和解决问题的能力及创新精神培养；弥补了在读学生从基础理论到工程实践之间的不足，提高了学生的工程观念。

本书是根据应用型本科工程类专业对电子工艺实习的基本要求，结合编者多年的教学实践经验而编写的一本教材。本书重视基础知识、基本技能的培养和训练，突出了教材的实用性和实践性。本书内容包含电子元器件、焊接技术、印制电路板的设计与制作、电子产品装配和调试、安全用电；并介绍了新技术：计算机仿真软件、计算机辅助印制电路板设计软件，还配有电子产品工程可应用的实例。为了方便学生动手，本书提供了实物照片和操作图。本书体系新颖，内容丰富，操作直观，便于教、学双方使用；便于引导学生独立思考，并给予了学生创新的空间；便于开放式实践教学的使用。

本书由华南理工大学广州学院林海汀主编，参加编写的有许研文、郭志雄、陈崇辉、邓筠、晏黑仿。本书由华南理工大学游林儒教授主审，机械工业出版社贡克勤老师参与了审稿。他们对本书进行了认真审阅，并提出了许多宝贵意见，使本书内容更加严谨。从本书设想到最后定稿，电气工程系主任张尧、蔡丽娟给予了极大的帮助，在此编者一并致以衷心的感谢。

在本书编写过程中，参考和借鉴了许多公开出版和发布的文献，另外还参考了许多网站上的资料，在此表示真诚的谢意。

为方便选用本书作为教材的任课教师授课，编者还制作了与本书配套的电子课件，有需要的教师可致信邓筠的电子邮箱：dj414@126.com，编者无偿提供。

受编者学识水平所限，书中难免有疏漏和不足之处，恳切希望热心读者提出宝贵意见，意见可发送邮件至郭志雄的电子邮箱：guozhixiong126@sina.com

编 者

目 录

前言

第1章 安全用电 1

1.1 触电对人体的伤害 1

1.1.1 概述 1

1.1.2 电击 1

1.1.3 电伤 1

1.1.4 影响电流伤害人体危险性的因素 2

1.1.5 安全电压 3

1.2 触电形式与急救方法 3

1.2.1 触电的种类、原因和形式 3

1.2.2 触电现场的急救方法 5

1.3 安全用电防护措施 7

1.3.1 直接接触电的预防措施 7

1.3.2 间接触电的预防措施 8

第2章 焊接技术 11

2.1 焊接技术基本知识 11

2.1.1 概述 11

2.1.2 锡焊机理 11

2.1.3 焊接条件 13

2.1.4 焊接方法 14

2.2 焊接工具 15

2.2.1 电烙铁 15

2.2.2 其他工具 18

2.3 焊接材料 19

2.3.1 焊料 19

2.3.2 焊剂 20

2.3.3 阻焊剂 21

2.4 手工焊接技术 21

2.4.1 准备工作 21

2.4.2 手工焊接 24

2.5 自动化焊接技术 27

2.5.1 浸焊与拖焊 27

2.5.2 波峰焊与选择波峰焊 28

2.5.3 再流焊 29

2.5.4 焊接机械手 29

2.6 焊接质量检查 29

2.6.1 对焊点的要求 29

2.6.2 焊点质量检查 30

2.7 拆焊与维修 34

2.7.1 直插式元器件拆焊 35

2.7.2 表贴式元器件拆焊 36

2.7.3 元器件的替换 37

2.8 电子焊接技术的发展 38

第3章 电子元器件的识别与检测 40

3.1 概述 40

3.1.1 电子元器件概念 40

3.1.2 电子元器件分类 40

3.1.3 电子元器件发展趋势 40

3.2 阻抗元件 41

3.2.1 电阻器 41

3.2.2 电位器 43

3.2.3 电容器 45

3.2.4 电感器 48

3.2.5 变压器 50

3.3 半导体分立器件 52

3.3.1 二极管 53

3.3.2 晶体管 54

3.3.3 场效应晶体管 57

3.3.4 晶闸管 58

3.3.5 单结晶体管 60

3.4 集成电路 60

3.4.1 集成电路的分类 60

3.4.2 集成电路命名与替换 61

3.4.3 集成电路封装与引脚识别 61

3.4.4 集成电路质量的判别 62

3.5 机电元件 63

3.5.1 开关 63

3.5.2 熔断器 64

3.5.3 继电器 64

3.5.4 连接器 64

3.6 其他元器件 65

3.6.1 谐振元件 65

3.6.2 传感器 66

3.6.3 显示器件	68	6.2 PCB 项目设计基础	120
3.6.4 电声器件	70	6.2.1 PCB 项目设计工作流程	120
第4章 印制电路板设计		6.2.2 认识设计管理器	120
与制作技术	71	6.2.3 系统参数设置	121
4.1 印制电路板及设计基础	71	6.2.4 项目操作	122
4.1.1 印制电路板概述	71	6.3 原理图库创建	124
4.1.2 印制电路板的种类及结构	72	6.3.1 原理图库文件的创建	124
4.1.3 印制电路板的形成	74	6.3.2 元器件符号绘画及参数设置	125
4.2 印制电路板的设计	75	6.3.3 多部件原理图元器件的创建	127
4.2.1 印制电路板设计的基本要求	75	6.4 封装库创建	127
4.2.2 印制电路板的设计准备	75	6.4.1 封装库文件的创建	127
4.2.3 印制电路板的设计流程		6.4.2 利用 PCB Component Wizard	
和原则	78	向导制作元器件封装	128
4.3 印制电路板的电磁兼容	85	6.4.3 利用 IPC Footprint Wizard	
4.3.1 PCB 中的电磁干扰	85	向导制作元器件封装	130
4.3.2 PCB 中电磁干扰的抑制措施	87	6.4.4 自定义手工制作 PCB 封装	130
4.4 印制电路板制作技术	90	6.4.5 集成元器件库的创建	132
4.4.1 实验室制作印制电路板	90	6.5 原理图设计及实例训练	133
4.4.2 工厂生产印制电路板	92	6.5.1 原理图的设计流程	133
第5章 Multisim 10.0 软件		6.5.2 原理图设计的基本原则	134
的基本应用	93	6.5.3 原理图的绘制及实例训练	134
5.1 Multisim 10.0 基本界面	93	6.5.4 生成各种报表	143
5.1.1 主窗口	93	6.6 印制电路板设计及实例训练	144
5.1.2 菜单栏	93	6.6.1 印制电路板的基本概念和构成	144
5.1.3 工具栏	95	6.6.2 印制电路板的设计流程	145
5.1.4 元器件栏	95	6.6.3 PCB 的设计及实例训练	146
5.1.5 仪器仪表栏	96	6.6.4 Gerber 文件输出	156
5.2 Multisim 10.0 的基本操作	97	第7章 电子工艺技能实训	159
5.2.1 Multisim 10.0 界面的设置	97	7.1 焊接练习	159
5.2.2 电路创建的基础	99	7.1.1 练习板焊接	159
5.2.3 Multisim 10.0 仪器仪表		7.1.2 拆焊练习	161
的使用	101	7.2 电子元器件的识别与检测	162
5.2.4 电路原理图的建立及仿真	105	7.2.1 固定电阻	162
5.3 Multisim 10.0 基本分析方法	114	7.2.2 电位器	163
5.3.1 直流工作点分析	114	7.2.3 电容	163
5.3.2 交流分析	116	7.2.4 变压器	164
5.3.3 其他分析方法	118	7.2.5 二极管	164
第6章 Altium Designer 软件		7.2.6 晶体管	164
PCB 项目设计	119	7.2.7 晶闸管	165
6.1 Altium Designer 概述	119	7.2.8 钮子开关	165
6.1.1 产生及发展	119	7.3 仿真分析设计实际训练	165
6.1.2 功能与特点	119	7.3.1 线性电路叠加原理的验证	165
		7.3.2 具有负反馈的两级阻容耦合	

交流电压放大电路	166	7.5.1 电路特点及用途	172
7.3.3 整流滤波电路	168	7.5.2 电路原理与元器件作用	173
7.3.4 集成定时器 555 电路的 应用——接近开关电路	169	7.5.3 测试项目及步骤	175
7.3.5 四人表决电路的设计与调试	170	7.5.4 故障分析与检查	177
7.4 Altium Designer 软件 PCB 项目实训	171	7.6 LED 显示电路	178
7.4.1 新建 PCB 项目	171	7.6.1 电路特点	178
7.4.2 绘制原理图库	172	7.6.2 硬件电路原理	178
7.4.3 绘制封装库	172	7.6.3 元器件选择及检测	180
7.4.4 绘制原理图	172	7.6.4 硬件安装及焊接	181
7.4.5 绘制 PCB	172	7.6.5 硬件调试方法	182
7.5 具有过电流保护功能的直流 可调稳压电源	172	7.6.6 软件程序调试方法	183
		7.6.7 多机组合显示汉字	184
		参考文献	185

第1章 安全用电

电能的应用给人类生活带来很多方便，电已经成为了现代生活的重要部分。它广泛应用于工农业生产和人们生活的各个方面，对促进国民经济的发展和改善人民生活起着重要的作用。一个国家的经济越发展，现代化水平越高，对电力的需求就越大。

但电能的使用有其两面性，正确、合理地利用它不仅能为生产、生活造福，而且能减少排放、保护环境；电能造福人类的同时，如果使用不当，则可能会对人类造成危害，甚至会酿成事故或灾难。大部分用电安全问题是在电力工业发展的过程中发生的，在一些非用电场所或电路工作正常的情况下，由于电能的释放也会造成灾害，例如：雷电、静电、电磁场危害的安全问题也是不容忽视的。所以人们在研究和利用电能的同时，必须研究如何防止各种电气事故的发生，使电更好地为人类的生产和生活服务。

安全用电知识是关于如何预防发生用电事故及保障人身、设备安全的知识。我们必须在熟悉触电对人体的危害和触电原因的基础上，掌握基本的安全用电常识，做到防患于未然，以达到“安全用电，保障平安”的目的。

1.1 触电对人体的伤害

1.1.1 概述

触电就是当人体接触到带电体、电流很快地通过人体时，对人体产生的生理和病理伤害。发生触电时，人体全身的肌肉组织会发生紧张的收缩，心脏也会麻木甚至停止跳动，呼吸也会发生困难，甚至停止，即产生休克或致死。

触电对人体的危害主要有电击和电伤两种。

1.1.2 电击

电击是电流通过人体内部，破坏人的心脏、神经系统、肺部的正常工作，使人体肌肉抽搐，内部组织损伤、发热、发麻、神经麻痹等，严重时将引起人昏迷、窒息、心脏停止跳动、血液循环终止等而死亡。电击是最危险的一种伤害，触电死亡绝大部分是由电击造成的。

1.1.3 电伤

电伤则是由电流的热效应、化学效应、机械效应以及电流本身作用造成的人体外部伤害，常见的电伤现象有灼伤、电烙印和皮肤金属化等现象。灼伤是由于电的热效应而灼伤人体皮肤、皮下组织、肌肉，甚至神经，灼伤引起皮肤发红、起泡、烧焦、坏死；电烙印是电流的机械和化学效应造成人体触电部位的外伤，通常是皮肤表面出现肿块；皮肤金属化是由于带电体金属通过触电点蒸发进入人体造成的，局部皮肤呈现相应金属的特殊颜色。

1.1.4 影响电流伤害人体危险性的因素

1. 通过人体的电流值

通过人体的电流越大, 人体的生理反应和病理反应越明显, 感觉越强烈, 引起心室颤动所需的时间越短, 致命的危险性越大。

对于工频交流电, 按照通过人体电流的大小和人体所呈现的不同状态, 可以分为以下几种情况, 如表 1-1 所示。

表 1-1 通过人体的电流大小对人体的影响 (工频交流电)

电流值/mA	生 理 效 应
0 ~ 0.5	没有感觉
0.5 ~ 10	感知电流, 是指能引起人感觉的最小电流。此时人体开始有感觉, 手指、手腕等处有麻感, 没有痉挛, 但可以自行摆脱带电体。实验表明, 成年男性的平均感知电流约为 1.1mA, 成年女性约为 0.7mA
10 ~ 30	摆脱电流, 是指人体触电后能自主摆脱电源的最大电流。此时可能引起人体肌肉痉挛, 呼吸困难, 血压升高, 是一般人可以忍受的极限, 但长时间仍有危险。实验表明, 成年男性的平均摆脱电流约为 16mA, 成年女性约为 10mA
30 ~ 50	致命电流, 是指在较短时间内危及生命的最小电流。此时会引起人体肌肉强烈痉挛, 时间过长 (超过 60s) 即引起心室颤动, 心脏跳动不规则, 血压升高, 昏迷, 会有生命危险
50 ~ 250	产生心室颤动, 丧失知觉, 严重危害生命
> 250	短时间内 (1s 以上) 发生心室颤动, 造成心脏停止跳动, 昏迷, 体内造成致命的电灼伤

2. 电流流过人体的时间

电流在人体内流过的时间越长, 电击危险性越大, 主要原因如下:

(1) 人体电阻减少 电击持续时间越长, 因人体发热出汗和电流对人体组织的电解作用, 人体电阻逐渐下降, 导致通过人体电流增大, 电击的危险性也随之增加。

(2) 能量增加 电流持续时间越长, 体内积累外界电能越多, 伤害程度越高, 表现为心室颤动。

(3) 中枢神经反射增强 电击持续时间越长, 中枢神经反射越强烈, 电击危险性越大。

电流对人体的伤害与流过的时间密切相关, 被电击的危险程度可以用电流与时间的乘积 (也称安全系数) 来表示。漏电保护装置的一个重要指标就是为了在发生电击事故时充分保证人身安全, 额定断开时间与电流的乘积小于 $30\text{mA} \cdot \text{s}$, 这是一个重要的安全系数指标。选用家庭用漏电保护器时以安全为主, 应考虑选用快速型的、动作时间小于 0.1s 的漏电保护器, 以起到最大可能的安全保护作用。

3. 电流在人体内流通的途径

人体在电流流过时, 没有绝对安全的途径。电流通过心脏会引起心室颤动乃至心脏停止跳动而导致死亡; 电流通过中枢神经及有关部位, 会引起中枢神经强烈失调而导致死亡; 电流通过头部, 严重损伤大脑, 亦可能使人昏迷不醒而死亡; 电流通过脊髓会使人截瘫; 电流通过人的局部肢体亦可能引起中枢神经反射强烈而导致严重后果。因此, 从左手到胸部是最

危险的电流路径；从右手到左手、从手到脚也是很危险的电流路径；从脚到脚是危险性较小的电流路径，但不等于说没有危险。例如，由于跨步电压造成电击时，开始电流仅通过两脚间，电击后由于双足剧烈痉挛而摔倒，此时电流就会流经其他要害部位，同样会造成严重后果；另一方面，即使是两脚受到电击，也会有一部分电流流经心脏，这同样会带来危险。

4. 通过人体电流的频率

不同频率的电流对人体伤害的程度是不同的：直流电一般引起电伤，而交流电则电伤与电击同时发生，特别是 40 ~ 60Hz 的工频交流电对人体最危险，而人们日常使用的工频市电正是在这个危险的频率段。

5. 人体本身的状态

人的健康状态和精神状态，对于触电危害的轻重程度也有极大的关系，身体健康、肌肉发达者摆脱电流能力较强，心室颤动（致命）电流约与心脏质量成正比，心室颤动电流约与体重成正比，因此小孩遭受电击比成人危险。电流对人体的作用，女性比男性更敏感，女性的感知电流和摆脱电流约比男性低三分之一。患有心脏病、肺病、内分泌失调、中枢神经系统疾病及醉酒者等，其触电的危险性最大。

1.1.5 安全电压

电流通过人体时，人体承受的电压越低，触电伤害越轻。当电压低于某一定值后，就不会造成触电伤害了。这种不带任何防护设备，人体接触带电体时对人体各部位组织均不造成伤害的电压值，称为安全电压。

世界各地对于安全电压的规定不尽相同，有 50V、40V、36V、25V、24V 等。其中以 50V、25V 居多。国际电工委员会（IEC）规定安全电压限定值为 50V，25V 以下电压可不考虑防止电击的安全措施。我国规定安全电压额定值为 42V、36V、24V、12V 和 6V。凡手提照明灯、危险环境的携带式电动工具均应采用 42V 或 36V 安全电压；金属容器内、隧道内等工作地点狭窄，行动不便以及周围有大面积接地导体的环境，特别潮湿的环境所使用的照明及电动工具应采用 12V 安全电压；水下作业应采用 6V 安全电压。

1.2 触电形式与急救方法

1.2.1 触电的种类、原因和形式

按照人体触电的方式和电流通过人体的途径，触电分为直接接触和间接触电两种情况。直接接触是指人体直接接触或过分接近带电体而触电；间接触电是指人体触及正常时不带电而发生故障时才带电的金属导体而发生的触电。

1.2.1.1 直接接触

1. 单相触电

人体的某一部分与电气设备的一相带电体及大地（或中性线）构成回路，当电流通过人体流过该回路时，即造成人体触电，称为单相触电。单相触电时，加在人体的电压为电源电压的相电压。对于中性点直接接地的电网及中性点不接地的低压电网都能发生单相触电，绝大多数的触电事故都属于这种形式。单相触电如图 1-1 所示。

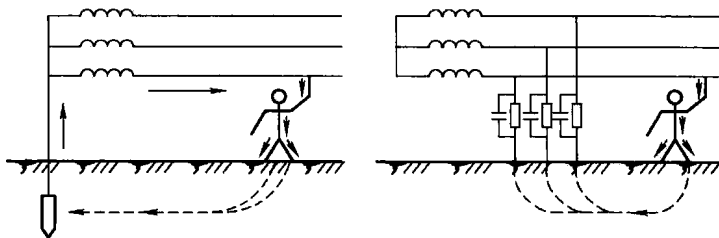


图 1-1 单相触电

2. 两相触电

人体两个部位同时触及带电体的两根相线而发生的触电事故，称为两相触电。两相触电时，电流从一相经人体流入另一相导线，加在人体的电压是电源电压的线电压，因此两相触电的危险性比单相触电大。两相触电如图 1-2 所示。

1.2.1.2 间接触电

1. 接触电压触电、跨步电压触电

当电力线（特别是高压线）断接到地面，或外壳接地的电气设备绝缘损坏而使外壳带电，电流由设备外壳经接地线、接地体（或由断落导线经接地点）流入大地，向四周扩散，在导线接地点及周围形成强电场，其电位分布以接地点为圆心向周围扩散，在不同位置形成电位差。这时，人站在地上触及设备外壳，就会承受一定的电压，称为接触电压，由此造成的触电称为接触电压触电；如果人走向设备附近地面上，人的跨距一般按 0.8m 考虑，两脚之间也会承受一定的电压，称为跨步电压。

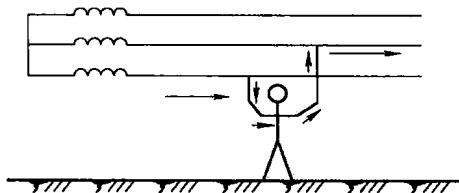


图 1-2 两相触电

人体两脚分开的站立点与接地点的距离越近，其跨步电压越大。在这种电压作用下，电流从接触高电位的脚流进，从接触低电位的脚流出，从而形成触电，称为跨步电压触电。接触电压、跨步电压触电如图 1-3 所示。人体受到跨步电压触电时，电流是沿着人的下身，从脚到脚与大地形成回路，使双脚发麻或抽筋并很快倒地。跌倒后由于头脚之间的距离大，使作用于人体上的电压增高，电流相应增大，并有可能使电流通过人体内部重要器官而出现致命的危险。当人体与接地体的距离超过 20m（理论上为无穷远处），可认为跨步电压为零，不会发生触电危险。

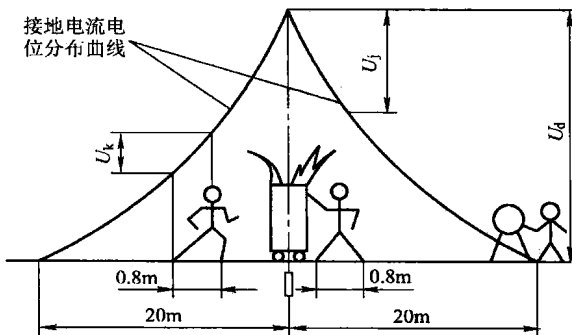


图 1-3 接触电压、跨步电压触电

2. 剩余电荷触电

当人体触及带有剩余电荷的设备时，带有电荷的设备对人体放电所造成的触电事故称为剩余电荷触电。例如，在检修中用绝缘电阻表（俗称摇表）测量停电后的并联电容器、电力电缆、电力变压器及大容量的电动机等设备时，因检修前没有对其充分放电，可能造成剩余电荷触电。

1.2.2 触电现场的急救方法

现场急救的原则是迅速、就地、准确、坚持。国外一些统计资料指出,触电者如果能够 在触电后 1min 内得到救治,90% 会有良好的效果;12min 后才开始救治者,救活的可能性 很小。由此可见,触电急救的要点是要动作迅速,救护得法,切不可惊慌失措、束手无 策。

1.2.2.1 尽快使触电者脱离电源

人触电以后,可能由于痉挛或失去知觉等原因而紧抓带电体,不能自行摆脱电源。这 时,使触电者尽快脱离电源是救活触电者的首要因素。

1. 低压触电事故中使触电者脱离电源的方法

1) 如果触电地点附近有电源开关或插头,可立即断开开关或拔掉电源插头,切断电 源。

2) 如果电源开关远离触电地点,可用有绝缘柄的电工钳或干燥木柄的斧头分相切断电 线;或干木板等绝缘物插入触电者身下,以隔断电流。

3) 电线搭落在触电者身上或被压在身下时,可用干燥的衣服、手套、绳索、木板、木 棒等绝缘物作为工具,拉开触电者或挑开电线,使触电者脱离电源。

2. 高压触电事故中使触电者脱离电源的方法

1) 立即通知有关部门停电。

2) 戴上绝缘手套,穿上绝缘靴,用相应电压等级的绝缘工具,拉开高压跌开式熔断器 或高压断路器,断开开关。

3) 抛掷裸金属软导线,使线路短路,迫使继电保护装置动作,断开电源,但应保证抛 掷的导线不触及触电者和其他人。

3. 脱离电源的注意事项

1) 救护人员不可以直接用手或其他金属及潮湿的物件作为救护工具,必须采用适当的 绝缘工具且单手操作,以防止自身触电。

2) 防止触电者脱离电源后可能造成的摔伤。

3) 如果触电事故发生在夜间,首先应该迅速解决临时照明问题,以便在切断电源后 进行抢救,同时应防止出现其他事故。

1.2.2.2 现场的救治

触电者脱离电源之后,应根据实际情况,采取正确的救护方法,迅速进行抢救。

1. 触电者神智尚清醒

触电者神智尚清醒但感觉头晕、心悸、出冷汗、恶心、呕吐等,应让其静卧休息,减轻 心脏负担。

2. 触电者神智有时清醒,有时昏迷

此时,应一方面请医生救治,一方面让其静卧休息,密切注意其伤情变化,做好万一恶 化的抢救准备。

3. 触电者已失去知觉,但有呼吸、心跳

应在迅速请医生的同时,解开触电者的衣领、裤带,平卧在阴凉通风的地方。如果出现 痉挛,呼吸衰弱,应立即施行人工呼吸,并送医院救治。

4. 触电者呼吸停止、但心跳尚存

此时，应对触电者施行人工呼吸；如果触电者心跳停止，呼吸尚存，则应采取胸外心脏挤压法；如果触电者呼吸、心跳均已停止，则必须同时采用人工呼吸法和胸外心脏挤压法这两种方法进行抢救。

5. 现场急救方法

当触电者脱离电源后，应当根据触电者的具体情况，迅速地对症进行救护。现场应用的主要救护方法有人工呼吸法和胸外心脏挤压法。

(1) 口对口人工呼吸法 人工呼吸法是帮助触电者恢复呼吸的有效方法，只对停止呼吸的触电者使用。其操作步骤如下：

1) 头部后仰：首先使触电者仰卧，迅速解开触电者的衣领、围巾、紧身衣服等，除去口腔中的黏液、血块、食物、假牙等杂物。将触电者的头部尽量后仰，鼻孔朝天，颈部伸直，如图 1-4 所示。

2) 捏鼻掰嘴：救护人在触电者头部的一侧，用一只手捏紧他的鼻孔，另一只手的拇指和食指掰开嘴巴，如图 1-5 所示。



图 1-4 头部后仰

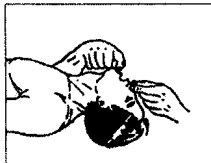


图 1-5 捏鼻掰嘴

3) 贴紧吹气：救护人深吸气后，紧贴着触电者的嘴巴大口吹气，使其胸部膨胀，如图 1-6 所示。

4) 放松换气：放松触电者的嘴鼻，使其自动呼气，如图 1-7 所示。

每 5s 吹一次，吹气 2s，放松 3s。对体弱者和儿童吹气时用力应稍轻，不可让其胸腹过分膨胀，以免肺泡破裂。当触电者自己开始呼吸时，人工呼吸应立即停止。

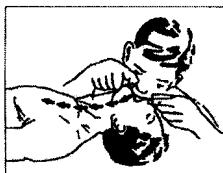


图 1-6 贴紧吹气



图 1-7 放松换气

(2) 胸外心脏挤压法 胸外心脏挤压法是帮助触电者恢复心跳的有效方法。当触电者心脏停止跳动时，有节奏地在胸外廓加力，对心脏进行挤压，代替心脏的收缩与扩张，达到维持血液循环的目的，其操作要领如图 1-8 ~ 图 1-11 所示，其步骤如下：

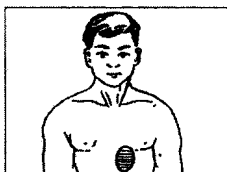


图 1-8 正确压点

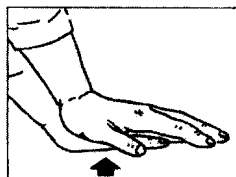


图 1-9 叠手姿势



图 1-10 向下挤压

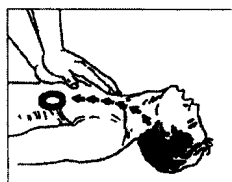


图 1-11 突然放松

1) 将触电者衣服解开,使其仰卧在硬板或平整的地面上,找到正确的挤压点。通常是,救护者伸开手掌,中指尖抵住触电者颈部凹陷的下边缘,手掌的根部就是正确的压点。

2) 救护人跪跨在触电者腰部两侧的地上,身体前倾,两臂伸直,两手相叠,以手掌根部放至正确压点。

3) 掌根均衡用力,连同身体的重量向下挤压,压出心室的血液,使其流至触电者全身各部位。压陷深度成人为3~5cm,对儿童用力要轻。太快太慢或用力过轻过重,都不能取得好的效果。

4) 挤压至要求程度后要立即放松,但放松时救护人员的掌根(在压区)不应离开胸膛,以免改变正确的按压位置。

重复3)、4)步骤,80次/min左右为宜。

总之,使用胸外心脏挤压法要注意压点正确,下压均衡、放松迅速、用力和速度适宜,要坚持做到心跳完全恢复。

如果触电者心跳和呼吸都已停止,则应同时进行胸外心脏挤压和人工呼吸。如只有一人救护时,两种方法可交替进行,做胸外心脏挤压15次以后,吹气2次;两人救护时,两种方法应同时进行,但两人必须配合默契,每做胸外心脏挤压5次后由另一个人吹气1次,反复进行。

1.3 安全用电防护措施

1.3.1 直接接触的预防措施

绝缘、屏护和间距都是最为常见的安全措施,是各种电气设备都必须考虑的通用安全措施,主要作用是防止人体触及或过分接近带电体造成触电事故以及防止短路、故障接地等电

气事故的安全措施。

1. 绝缘措施

绝缘是用绝缘物把带电体封闭起来。良好的绝缘是保证设备和线路正常运行的必要条件,也是防止触电事故发生的重要措施。

选用绝缘材料必须与电气设备的工作电压、工作环境和运行条件相适应。绝缘电阻是最基本的绝缘性能指标,足够的绝缘电阻能把电气设备的泄漏电流限制在安全范围内,防止事故发生。

2. 屏护措施

电气屏护是采用屏护装置控制不安全因素,屏护装置包括遮拦和障碍。遮拦可防止无意或有意触及带电体,障碍只能防止无意触及带电体。屏护还有防止电弧烧伤、防止短路和便于安全操作的作用。采用屏护装置,如常用电器的绝缘外壳、金属网罩、变压器的遮拦、栅栏等,将带电体与外界隔绝开来,以杜绝不安全因素。凡是用金属材料制作的屏护装置,都应该有妥善接地或接零措施。

3. 间距措施

为了防止人体触及或接近带电体造成触电事故,为了避免车辆或其他器具碰撞或过分接近带电体,为了防止火灾、防止过电压放电和各种短路事故,以及为了方便操作,在带电体与地面之间、带电体与其他设施和设备之间、带电体与带电体之间均需保持一定的安全距离。安全距离的大小决定于电压的高低、设备的类型以及安装方式等因素,规程有明确规定。

1.3.2 间接触电的预防措施

间接触电的预防措施有接地和接零保护、静电保护、漏电保护开关、过限保护、智能保护等。在正常情况下,直接防护措施能保证人身安全,但是当电气设备绝缘发生故障而损坏时,造成电气设备严重漏电,使不带电的外露金属部件如外壳、护罩、构架等呈现出危险的接触电压,当人们触及这些金属部件时,就会构成间接触电。

间接触电防护的目的是为了防止电气设备故障情况下,发生人身触电事故,也是为了防止设备事故进一步扩大。目前主要采用保护接地或保护接零等措施。保护接地和保护接零,也称接地保护和接零保护,虽然两者都是安全保护措施,但是它们实现保护作用的原理不同。简单地说,保护接地是将故障电流引入大地;保护接零是将故障电流引入系统,促使保护装置迅速动作而切断电源。

1. 保护接地

为了保护人身安全,避免发生触电事故,将电气设备在正常情况下不带电的金属部分(如外壳等)与接地装置实行良好的金属性连接,如图 1-12a 所示的三相电源,中性点不接地,如果接在这个电源上的电动机出现漏电后,外壳就带电,操作人员碰触时便会发生触电;如果采用了保护接地,如图 1-12b 所示,此时就会因金属外壳已与大地有了可靠而良好的连接,则人体电阻和保护接地电阻并联,由于人体电阻比保护接地电阻大得多,因而能让大部分电流通过接地体流散到地上,减轻了对人体触电伤害程度。接地电阻越小,保护越好,一般要求金属接地体的接地电阻小于或等于 4Ω 。

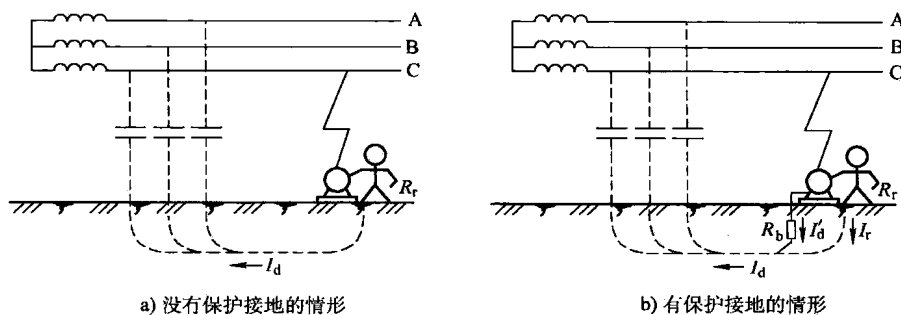


图 1-12 保护接地原理

2. 保护接零

将电气设备在正常情况下不带电的金属部分用导线直接与低压配电系统的零线相连接，这种方式便称为保护接零，简称接零，如图 1-13 所示。在图 1-13a 中，电动机的外壳没有与低压配电系统的零线相连接，这时一旦电动机的一相绝缘损坏与外壳相碰时，人体触及外壳就相当于单相触电；在图 1-13b 中，电动机采用了保护接零，当电动机的一相绝缘损坏与外壳相碰时，则该相电源通过机壳和中性线形成单相短路，电流很大，迅速将线路上的熔断器熔断，或使其他保护设备迅速动作，切断线路，从而消除机壳带电的危险，起到保护作用。家用电器一般采用接零保护。常用的三相五线制交流供电保护系统（TN-S 接地方式）如图 1-14 所示。用电设备上所连接的工作零线 N 和保护零线 PE 是分别敷设的，工作零线 N 与保护零线 PE 除在变压器中性点共同接地外，两线之间不再有任何的电气连接，因此设备的外壳对地电位始终为零，从而消除了设备产生危险电压的隐患。

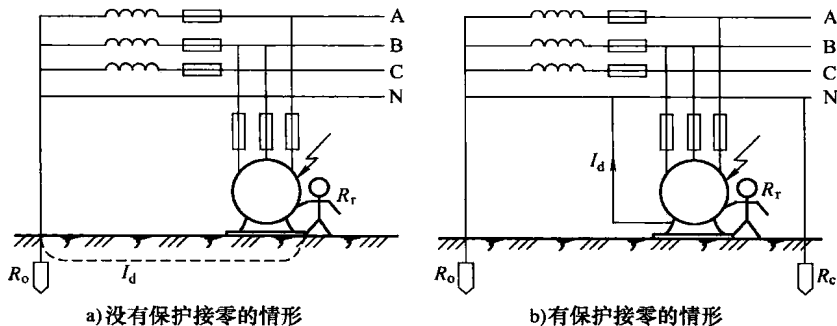


图 1-13 保护接零原理

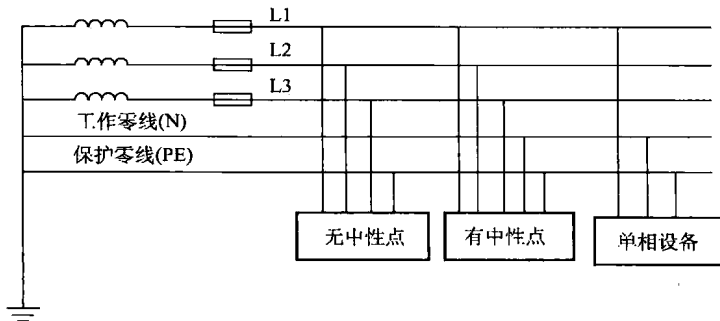


图 1-14 三相五线制交流供电保护系统（TN-S 接地方式）

3. 自动断电措施

在带电线路或设备上采取漏电保护、过电流保护、过电压或欠电压保护、短路保护、接零保护等自动断电措施,当发生触电事故时,在规定时间内能自动切断电源,起到保护作用。

漏电保护开关也叫触电保护开关,是一种保护切断型的安全技术,可以把它看作为一种具有检测漏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,漏电保护开关比保护接地或保护接零更灵敏、更有效。目前发展较快、使用广泛的是电流型漏电保护开关,按国家标准规定,电流型漏电开关电流与时间的乘积小于等于 $30\text{mA} \cdot \text{s}$ 。实际产品一般额定动作电流为 30mA ,动作时间为 0.1s ,当人身触电或电路泄漏电流超过规定值时,漏电保护器能在 0.1s 内使断路器自动跳闸切断电源;若用电设备过载或电路发生短路事故,断路器也会自动跳闸切断电源,从而保护人身安全和设备安全。

4. 过限保护

由于电器内部元器件、部件故障,或电网电压升高引起电器电流增大,温度升高,超过一定限度,结果可能导致电器损坏甚至引起电气火灾等严重事故。这就需要采用具有自动保护元件和装置,常用的有以下几类:

(1) 过电压保护类 以检测电源电压为主,电压不正常时切断电源。过电压保护装置有集成过电压保护器和瞬变电压抑制器。

(2) 过电流保护类 以检测电流为主,电流过限时切断电源。主要有熔断器、电子继电器及聚合开关等。

(3) 温度保护类 以检测温度为主,当温度变化过限时切断电源。主要有温度继电器、热熔断器等。

(4) 智能保护类 利用计算机技术及自动化技术进行综合检测及事件的处理,使保护系统实现智能化,是安全技术的发展方向。计算机智能保护系统的各种监测装置和传感器(例如:声、光、烟雾、位置、红外线等)将采集到的信息经过接口电路输入监控器(监控计算机),进行智能处理,一旦发生事故或事故预兆,通过计算机判断及时发出处理指令,例如,切断事故发生地点的电源或者总电源,启动自动消防灭火系统,发出事故警报等,并根据事故情况自动通知消防部门或急救部门。保护系统可将事故消灭在萌芽状态或将事故损失减至最小,同时记录事故详细资料。