

国家示范性高等职业院校核心课程“十二五”规划教材

▶ 电子电气类

# 电工电子

## 基本技能实训

DIANGONG DIANZI 郭选明◎主编  
JIBEN JINENG  
SHIXUN



西南交通大学出版社  
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

TM/184

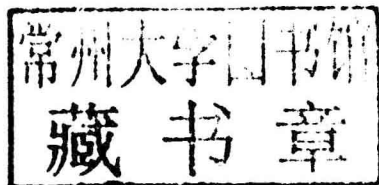
院校核心课程  
“二五”规划教材 · 电子电气类

# 电工电子基本技能实训

主 编 郭选明

副主编 毛臣健 连艳

主 审 易 谷



西南交通大学出版社  
· 成 都 ·

-----  
图书在版编目 (C I P) 数据

电工电子基本技能实训 / 郭选明主编. —成都:  
西南交通大学出版社, 2011.9  
国家示范性高等职业院校核心课程“十二五”规划教  
材. 电子电气类  
ISBN 978-7-5643-1436-1

I. ①电… II. ①郭… III. ①电工技术—高等职业教  
育—教材②电子技术—高等职业教育—教材 IV. ①  
TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 191968 号  
-----

国家示范性高等职业院校核心课程  
“十二五”规划教材 · 电子电气类

电工电子基本技能实训

主编 郭选明

\*

责任编辑 张华敏  
特邀编辑 刘 际 宋清贵  
封面设计 墨创文化

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

成都蜀通印务有限责任公司印刷

\*

成品尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 16.375

字数: 404 千字

2011 年 9 月第 1 版 2011 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5643-1436-1

定价: 32.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换  
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562



## 出版说明

进入 21 世纪以来,在国家的高度重视与大力支持下,我国高等职业教育得到了迅猛发展,截止 2007 年底,全国独立设置的高职学院已达 1100 多所,高职教育招生人数和在校生人数均占高等教育招生人数的半壁河山。高职教育在优化高等教育体系结构、促进教育大众化、培养高技能人才,促进并加快地方经济的建设和发展等方面起到了重要作用,作出了重大贡献。但由于我国高等职业教育起步较晚,在高速发展的过程中还存在一些亟待解决的问题,特别是在课程体系和教材形式上,“中专延长型”及“本科压缩型”的影子始终挥之不去,真正适合我国国情的高职课程体系及相应的教材正处在探索与改进之中。

2006 年,我国财政部、教育部启动了国家示范性高等职业院校建设项目,财政部拨出数十亿专项资金在之后三年中重点支持 100 所高等职业院校的建设。示范性高等职业院校建设主要围绕重点专业及专业群的实验/实训条件建设、课程体系及教学内容改革、师资培养三方面开展,其中课程体系及教学内容改革是示范建设的主要内容。为了配合高等职业院校核心专业课程的示范建设,我们在全中国范围内组织了一批高职高专院校,由国家示范性高职院校牵头,组织编写这套电子电气类专业核心课程教材。

重庆工业职业技术学院是 2006 年全国首批 28 所示范高职院校之一,其电气自动化技术专业是国家重点建设专业。2007 年初,由重庆工业职业技术学院电气自动化技术专业牵头,组织重庆工程职业技术学院、重庆电力高等专科学校、四川信息职业技术学院、黑龙江交通职业技术学院、郑州铁路职业技术学院、宜宾职业技术学院、泸州职业技术学院、吉林铁道职业技术学院等十多所高职院校的相关专业教师成立了《国家示范性高等职业院校核心课程“十一五”规划教材》编写委员会,共同编写本套系列教材,从 2008 年开始陆续出版,计划用 1~2 年时间出版 20 本左右教材。为了满足多层次、多类型的教学需求,同类教材可能出版多种版本。

在编写本套教材的过程中,结合示范建设工作的推进,我们反复学习了教育部有关高等职业教育改革的文件精神,多次聆听了教育部领导及国内高职教育专家的讲话,明确了高职教育改革的方向。同时,我们也组织教师到澳大利亚、新加坡、德国、中国香港地区的职业院校进行了学习和交流,广泛学习和吸收了国际先进的职业教育理念、课程体系、教学内容、教学方法等。通过学习和思考,我们将本套教材编写的指导思想确定为:学习国际职业教育先进经验,结合我国实际情况,针对电气电子类专业特点,突出职业教育与工程实际应用紧密结合,坚持工作过程系统化的课程开发理念和行动导向的教学理念。

本套专业课程教材的突出特点是:以典型的工作任务为载体,按照资讯、决策、计划、实施、检查、评估六个步骤,培养学生的方法能力、专业能力、社会能力。由于电气电子类专业具有就业岗位涉及行业范围广、工作任务技术性强、对学生创新能力要求高等特点,本套教材没有像某些以技能为主的专业一样将专业基础课程的内容解构后与专业课程进行重构,而是基本保持了专业基础课程的构架。在专业基础课程教材的编写中,大量采用了项目导向的教学方法,突出了与工程实际和应用相结合,强化了与后续课程的联系与衔

接。我们相信,通过使用本套教材进行教学,既能明显提高学生解决工程实际问题的能力,实现学生毕业与就业的“零距离”,又能为学生可持续发展和创新能力的提高打下坚实的基础。

本系列教材的主要读者群是高职电子电气类专业及相关专业的学生和教师,以及企业相关技术人员。我们希望,本套教材在符合专业培养目标、反映专业教育改革方向、满足专业教学需要的同时,努力创造使之成为具有先进性、创新性、适用性和系统性的特色品牌教材,为高职电气电子类专业的教学质量提高贡献一份力量,为教学改革探索出一条新路。

感谢使用本系列教材的广大教师、学生和科技工作者的热情支持,并欢迎提出批评和意见。

《国家示范性高等职业院校核心课程  
“十二五”规划教材》编写委员会  
2008年1月

# 前 言

本书是高职高专电气电子类专业基本技能实训教材,由一批长期从事专业基础技能教学、经验丰富的教师编写而成。本书以模块化、任务驱动展开,坚持以能力为本位,紧密联系实际,为分析、解决现实问题服务,将理论与技能训练有机地连成一体为该书的主要特点。实训内容贴近生产实际,具有较高的可操作性和一定的实用价值。

全书内容包括:电工安全知识与技能;电工技术基本技能;常用仪器、仪表的使用训练;电气线路基本技能训练;电子技术基本技能综合训练等。

## 一、本教材的编写原则

第一,以能力为本位,重视操作技能的培养,突出职业技术教育特色。本着理论知识“实用、够用、易学”的原则,教材中理论知识的介绍以简明、扼要为特点,重点讲解基本技能和实习操作教学内容,强调学生实际工作能力的培养。

第二,更新教材内容,使之具有时代特征。根据科学技术发展对劳动者素质提出的新的要求,在本教材中增加了新元件、新技术、新标准的介绍等方面的内容,体现出教材的先进性。

## 二、本教材的编写特点

将知识点分散在各个课题中,先介绍实现任务的相关知识,然后介绍实现任务的整个过程,力求符合学生的认知规律。采用图文并茂的方法,尽可能用图片、表格形式展现知识点,以提高可读性。针对各个课题的知识点,每个课题后都配备了实训课题,使学生对所学的知识能够得到巩固与提高。

本教材由郭选明任主编,毛臣健、连艳为副主编;马玉利、王政参与了书中部分章节的编写;全书由重庆工业职业技术学院易谷教授审稿。

本教材可作为中、高等职业技术学院机电类及相关专业的实习教学用书,也可作为机电专业学生参加国家职业技能鉴定考核培训的参考教材和维修电工工人的培训教材,同时可供工程技术人员参考或作为自学用书。对教材中的课题及教学课时,使用本教材的学校可根据自己的教学实习计划及学时进行参考或调整。

本书编写时参阅了有关院校、工厂、企业单位的教材、资料和文献,并得到许多同行专家、工程技术人员的大力支持和帮助,编者在此一并表示衷心感谢。

由于编写时间紧迫,编者水平有限,书中错误和疏漏之处在所难免,敬请各位专家、同行、读者批评指正。

编 者

2011年6月

# 目 录

<b>模块一 电工安全知识与技能</b> .....	1
任务一 电工安全操作技术 .....	1
【任务目标】 .....	1
【相关知识点】 .....	1
【考 核】 .....	12
任务二 触电急救技术 .....	13
【任务目标】 .....	13
【相关知识点】 .....	13
【考 核】 .....	18
任务三 电气灭火常识 .....	19
【任务目标】 .....	19
【相关知识点】 .....	19
【考 核】 .....	29
<b>模块二 电工技术基本技能</b> .....	31
任务一 电工常用工具及其使用 .....	31
【任务目标】 .....	31
【相关知识点】 .....	31
【考 核】 .....	39
任务二 常用电工材料 .....	40
【任务目标】 .....	40
【相关知识点】 .....	40
【考 核】 导线连接 .....	59
任务三 照明电路 .....	61
【任务目标】 .....	61
【相关知识点】 .....	61
【考 核】 .....	76
<b>模块三 常用仪器、仪表的使用训练</b> .....	80
任务一 万用表、电流表、电压表 .....	80
【任务目标】 .....	80
【相关知识点】 .....	80
【考 核】 .....	88

任务二 钳形电流表与兆欧表	89
【任务目标】	89
【相关知识点】	90
【考核】	92
任务三 示波器	92
【任务目标】	92
【相关知识点】	93
【考核】	104
任务四 信号发生器	109
【任务目标】	109
【相关知识点】	110
【考核】	121
<b>模块四 电气线路基本技能训练</b>	<b>123</b>
任务一 电器元件的识别与拆装（一）	123
【任务目标】	123
【相关知识点】	123
【考核】	133
任务二 电器元件的识别与拆装（二）	134
【任务目标】	134
【相关知识点】	134
【考核】	146
任务三 电动机的拆装	147
【任务目标】	147
【相关知识点】	148
【考核】	160
任务四 电气线路的装接	163
【任务目标】	163
【相关知识点】	164
【考核】	169
<b>模块五 电子技术基本技能训练</b>	<b>170</b>
任务一 电子元件的识别	170
【任务目标】	170
【相关知识点】	170
【考核】	210
任务二 焊接的基本技术（一）	211
【任务目标】	211
【相关知识点】	211
【考核】	220



---

任务三 焊接的基本技术（二） .....	220
【任务目标】 .....	220
【相关知识点】 .....	220
【考 核】 .....	227
<b>模块六 电子技术基本技能综合训练</b> .....	<b>228</b>
任务一 万用表的组装 .....	228
【任务目标】 .....	228
【相关知识点】 .....	228
【考 核】 .....	246
任务二 整流电路的焊接与调试 .....	246
【任务目标】 .....	246
【相关知识点】 .....	246
【考 核】 .....	248
<b>参考文献</b> .....	<b>249</b>

# 模块一 电工安全知识与技能

## 任务一 电工安全操作技术

### 【任务目标】

1. 掌握电工安全基本知识。
2. 了解人体触电的原因、类型及危害。
3. 掌握安全用电、文明生产的基本常识。

### 【相关知识点】

#### 一、电流对人体的作用

电流对人体危害程度与通过人体的电流强度、持续时间和通过人体电流的途径以及触电者的健康状况等因素有关。

##### 1. 电击和电伤

电流对人体的伤害是多方面的，但根据人体触电的严重程度，大致可以分为电击和电伤两类。

##### (1) 电伤

电伤是指电流的热效应、化学效应和机械效应对人体外部器官造成的局部伤害，如电灼伤、电烙印、皮肤金属化等。对于高于 1 000 V 以上的高压电气设备，当人体过分接近它时，高压电可将空气电离，然后通过空气进入人体，此时还伴有高电弧，能把人烧伤。电伤是人体触电事故中危害较轻的一种。

##### a. 电灼伤

电灼伤一般分接触灼伤和电弧灼伤两种。接触灼伤发生在高压触电事故时电流流过的人体皮肤进出口处。一般进口处比出口处灼伤严重。接触灼伤的面积较小，但深度大，大多为 3 度灼伤，灼伤处呈现黄色或褐黑色，并可累及皮下组织、肌腱、肌肉及血管，甚至使骨骼呈现碳化状态，一般需要治疗的时间较长。

当发生带负荷误拉、合隔离开关及带地线合隔离开关时，所产生的强烈电弧都可能引起电弧灼伤，其情况与火焰烧伤相似，会使皮肤发红、起泡，组织烧焦、坏死。

##### b. 电烙印

电烙印发生在人体与带电体之间有良好的接触的部位处。在人体不被电击的情况下，在皮肤表面留下与带电接触体形状相似的肿块痕迹。电烙印边缘明显，颜色呈灰黄色，有时在触电后，电烙印并不立即出现，而在相隔一段时间后才出现。电烙印一般不发炎或化脓，但往往造成局部麻木和失去知觉。

### c. 皮肤金属化

皮肤金属化是由于高温电弧使周围金属熔化、蒸发并飞溅渗透到皮肤表面形成的伤害。皮肤金属化以后,表面粗糙、坚硬。金属化后的皮肤经过一段时间后方能自行脱离,对身体机能不会造成不良的后果。

电伤在不是很严重的情况下,一般无致命危险。

### (2) 电击

电击是指电流流过人体内部造成人体内部器官的伤害。当电流流过人体时造成人体内部器官,如呼吸系统、血液循环系统、中枢神经系统等发生变化,机能紊乱,严重时会导致休克乃至死亡。

电击使人致死的原因有三个方面:第一是流过心脏的电流过大、持续时间过长,引起“心室纤维性颤动”而致死;第二是因电流作用使人产生窒息而死亡;第三是因电流作用使心脏停止跳动而死亡。研究表明,“心室纤维性颤动”致死是最根本、占比例最大的原因。

电击是触电事故中后果最严重的一种,绝大部分触电死亡事故都是电击造成的。通常所说的触电事故,主要是指电击而言。

调查表明,绝大部分的触电事故都是由电击造成的。电击伤害的严重程度取决于通过人体电流的大小、电压高低、持续时间、电流的频率、电流通过人体的途径以及人体的状况等因素。

## 2. 电击伤害程度的因素

### (1) 伤害程度与电流大小的关系

通过人体的电流越大,人体的生理反应越明显,致命的危险性也就越大。按照工频交流电通过人体时对人体产生的作用,可将电流划分为以下三级:

① 感知电流。引起人感觉的最小电流叫做感知电流。成年男性平均感知电流的有效值大约为 1.1 mA, 女性为 0.7 mA。感知电流一般不会对人体造成伤害。

② 摆脱电流。人触电后能自主摆脱电源的最大电流称为摆脱电流。男性的摆脱电流为 9 mA, 女性为 6 mA, 儿童较成人为小。摆脱电流的能力是随触电时间的延长而减弱的。一旦触电后,不能摆脱电源,后果是比较严重的。

③ 致命电流。在较短时间内危及生命的电流称为致命电流。电击致命的主要原因是电流引起心室颤动。引起心室颤动的电流一般在数百毫安以上。

一般情况下可以把摆脱电流作为流经人体的允许电流。男性的允许电流为 9 mA, 女性的为 6 mA。在线路或设备安装有防止触电的速断保护的情况下,人体的允许电流可按 30 mA 考虑。工频电流对人体的影响见表 1.1。

### (2) 电压高低对人体的影响

人体接触的电压越高,流经人体的电流越大,对人体的伤害就越重,见表 1.2。但在触电事例的分析统计中,70% 以上死亡者是在对地电压为 220 V 电压下触电。而高压虽然危险性更大,但由于人们对高压的戒心,触电死亡的大事故反而在 30% 以下。

表 1.1 电流对人体的影响

电流/mA	交流电/50 Hz		直流电
	通电时间	人体反应	人体反应
0~0.5	连续	无感觉	无感觉
0.5~5	连续	有麻刺、疼痛感、无痉挛	无感觉
5~10	数分钟内	痉挛、疼痛、但可摆脱电源	有针刺、压迫及灼热感
10~30	数分钟内	迅速麻痹、呼吸困难、不能自由	压痛、刺痛、灼热强烈，有痉挛
30~50	数秒至数分钟	心跳不规则，昏迷，强烈痉挛	感觉强烈，有剧痛痉挛
50~100	超过3秒	心室颤动，呼吸麻痹，心脏麻痹而停跳	剧痛，强烈痉挛，呼吸困难或死亡

表 1.2 电压对人体的影响

接触时的情况		可接近的距离	
电压/V	对人体的影响	电压/kV	设备不停电时的安全距离/m
10	全身在水中时跨步电压界限为 10 V/m	10 及以下	0.7
20	湿手的安全界限	20~35	1.0
30	干燥手的安全界限	44	1.2
50	对人的生命无危险界限	60~110	1.5
100~200	危险情急剧增大	154	2.0
200 以上	对人的生命发生危险	220	3.0
3 000	被带电体吸引	330	4.0
10 000 以上	有被弹开而脱险的可能	500	5.0

### (3) 伤害程度与通电时间的关系

电流对人体的伤害与流过人体电流的持续时间有密切的关系。电流持续时间越长，其对应的致颤阈值越小，对人体的危害越严重。这是因为时间越长，体内积累的外能量越多，人体电阻因出汗及电流对人体组织的电解作用而变小，使伤害程度进一步加深；另外，人的心脏每收缩、舒张一次，中间约有 0.1 s 的间隙，在这 0.1 s 的时间内，心脏对电流最敏感，若电流在这一瞬间通过心脏，即使电流很小（几十毫安），也会引起心室颤动。显然，电流持续时间越长，危险性也就越大。一般认为，工频电流 15~20 mA 以下及直流 50 mA 以下，对人体是安全的，但如果电流流过人体的持续时间很长，即使电流小到 8~10 mA，也可能使人致命。因此，一旦发生触电事故，要尽可能快地将触电者拖离电源。

### (4) 伤害程度与电流途经的关系

电流通过心脏时会导致心跳停止，血液循环中断，所以危险性最大，会引起心室颤动，较大的电流会导致心脏停止跳动；电流通过头部会使人昏迷，严重的会使人不醒而死亡；电流通过脊髓会导致肢体瘫痪；电流通过中枢神经有关部分，会引起中枢神经系统强烈失调而致残。电流路径与流经心脏的电流比例关系见表 1.3。实践证明，左手至前胸是最危险的电流途径，此外，右手至前胸、单手至单脚、单手至双脚、双手至双脚等也是很危险的电流途径，

电流从左脚至右脚这一电流路径危险性小，但人体可能因痉挛而摔倒，导致电流通过全身或发生二次事故而产生严重后果。

表 1.3 电流路径与通过人体心脏电流的比例关系

电流路径	左手至脚	右手至脚	左手至右手	左脚至右脚
流经心脏的电流与通过人体总电流的比例/%	6.4	3.7	3.3	0.4

### (5) 伤害程度与电流种类的关系

电流种类不同，对人体的伤害程度也不一样。当电压在 250~300 V 以内时，触及频率为 50 Hz 的交流电，比触及相同电压的直流电的危险性大 3~4 倍。不同频率的交流电流对人体的影响也不相同。通常，50~60 Hz 的交流电对人体的危险性最大。低于或高于此频率的电流对人体的伤害程度要显著减轻。但是高频率的电流通常以电弧的形式出现，因此有灼伤人体的危险。频率在 20 kHz 以上的交流小电流，对人体已无危害，所以在医学上用于理疗。

### (6) 伤害程度与人体电阻大小的关系

人体触电时，流过人体的电流在接触电压一定时由人体的电阻决定，人体电阻愈小，流过的电流则愈大，人体所遭受的伤害也愈大。人体的不同部分（如皮肤、血液、肌肉及关节等）对电流呈现出一定的阻抗，即人体电阻。其大小不是固定不变的，它取决于许多因素，如接触电压、电流途径、持续时间、接触面积、温度、压力、皮肤厚薄及完好程度、潮湿度、脏污程度等。总的来讲，人体电阻由体内电阻和表皮电阻组成。

体内电阻是指电流流过人体时，人体内部器官呈现的电阻。它的数值主要决定于电流的通路。当电流流过人体内不同部位时，体内电阻呈现的数值也不同。电阻最大的通路是从一只手到另一只手，或从一只手到另一只脚或到双脚，这两种电阻基本相同；电流流过人体其他部位时，呈现的体内电阻都小于此两种电阻。一般认为人体的体内电阻为 500  $\Omega$  左右。

表皮电阻是指电流流过人体时，两个不同触电部位皮肤上的电极和皮下导电细胞之间的电阻之和。表皮电阻随外界条件不同而在较大范围内变化。当电流、电压、电流频率及持续时间、接触压力、接触面积、温度增加时，表皮电阻会下降，当皮肤受伤甚至破裂时，表皮电阻会随之下降，甚至降为零。可见，人体电阻是一个变化范围较大，且决定于许多因素的变量，只有在特定条件下才能测定。不同条件下的人体电阻见表 1.4。一般情况下，人体电阻可按 1 000~2 000  $\Omega$  考虑，在安全程度要求较高的场合，人体电阻可按不受外界因素影响的体内电阻（500  $\Omega$ ）来考虑。

表 1.4 不同条件下的人体电阻

加于人体的电压/V	人 体 电 阻 / $\Omega$			
	皮肤干燥	皮肤潮湿	皮肤湿润	皮肤浸入水中
10	7 000	3 500	1 200	600
25	5 000	2 500	1 000	500
50	4 000	2 000	875	440
100	3 000	1 500	770	375
250	2 000	1 000	650	325



当人体电阻一定时，作用于人体电压越高，则流过人体的电流越大，其危险性也越大。实际上，通过人体电流的大小并不与作用于人体的电压成正比。由表 1.4 可知，随着作用于人体电压的升高，因皮肤破裂及体液电解使人体电阻下降，导致流过人体的电流迅速增加，对人体的伤害也就更加严重。

## 二、触电事故产生的原因

引起触电的原因主要有以下几方面：

① 缺乏电气安全知识。在日常生活中，有很多触电事故是由于缺乏电气安全知识而造成的。例如，儿童玩耍带电导线，在高压电线附近放风筝等，如图 1.1 所示。

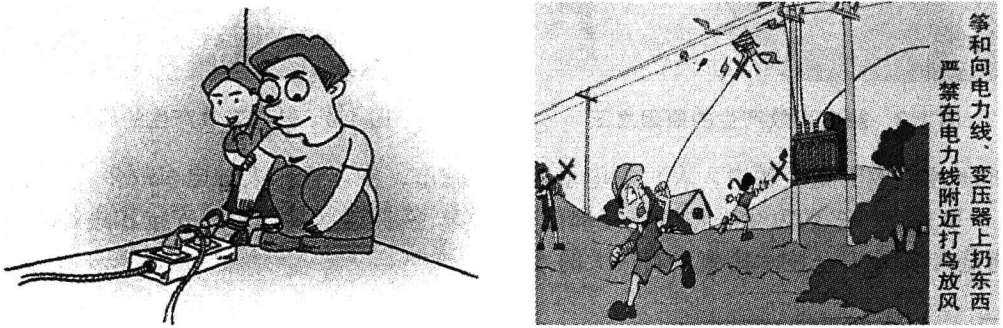


图 1.1 触电事故产生的原因之一

② 违章操作。由于电气设备种类繁多和电工工种的特殊性，国家各有关部门根据各行业、各工种、甚至特定种类设备制订出具体的安全操作规程，但还是存在很多从业人员由于违章操作而发生触电事故。例如，违反“停电检修安全制度”，因误合闸造成维修人员触电；违反“带电检修安全操作规程”，使操作人员触及电器的带电部分；带电乱拉临时照明线等，如图 1.2 所示。



图 1.2 触电事故产生的原因之二

③ 设备不合格。市面上流通的大多数假冒伪劣产品使用劣质材料，生产工艺粗制滥造，使设备的绝缘等级、抗老化能力很低，这就很容易造成触电。

④ 维修不善。例如，大风刮断的低压线路和刮倒电杆未能得到及时处理，电动机接线破损而使外壳长期带电等。

⑤ 偶然因素。例如，大风刮断电力线而落到人体上等，如图 1.3 所示。

调查研究发现，大部分的触电事故发生在分支线和线路末端即用电设备上。同时触电事故还具有明显的季节性（春、夏季事故较多，6~9月最集中），如图 1.4 所示。

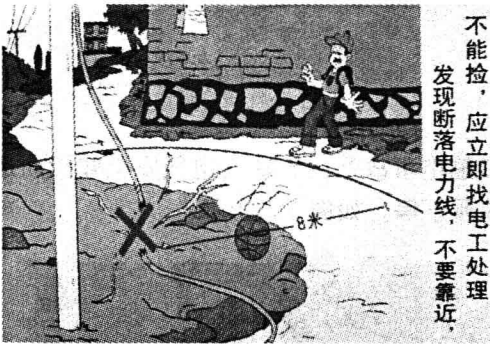


图 1.3 触电事故产生的原因之三



图 1.4 触电事故产生的原因之四

低压触电多于高压触电，农村触电事故多于城市，中、青年人触电事故多，单相触电事故多，“事故点”多数发生在电气连接部位等规律。掌握这些规律对于安排和进行安全检查，对于考虑和实施安全技术措施具有很大的意义。

### 三、人体触电的方式

#### 1. 直接接触

人体任何部位直接接触及处于正常运行条件下的电气设备的带电部分（包括中性导体）而形成的触电，称为直接接触触电。它又分为单相触电和两相触电两种情况。

##### (1) 单相触电

单相触电是指人体在地面上或其他接地导线上，人体某部位触及一相带电体的事故。大部分触电事故是单相触电事故。一般情况下，接地电网比不接地电网的单相触电危险性大。图 1.5 所示为电源中性点接地系统的单相触电示意图，这时人体处于相电压的作用下，危险性较大。图 1.6 所示为电源中性点不接地系统的单相触电情况，通过人体的电流取决于人体电阻与输电线对地绝缘电阻的大小。若输电线绝缘良好，绝缘电阻较大，单相触电对人体的危害性就比较小。

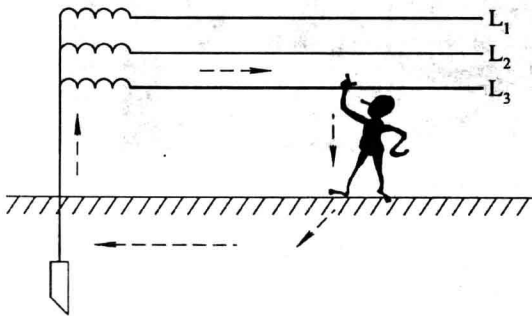


图 1.5 电源中性点接地系统的单相触电

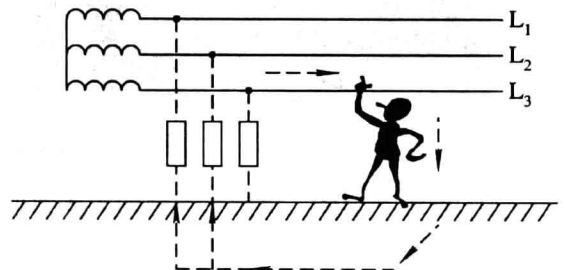


图 1.6 电源中性点不接地系统的单相触电

## (2) 两相触电

两相触电是指人体同时触及两相带电体的触电事故,如图 1.7 所示。在这种情况下,人体在电源线电压的作用下,危险性比单相触电危险性大。

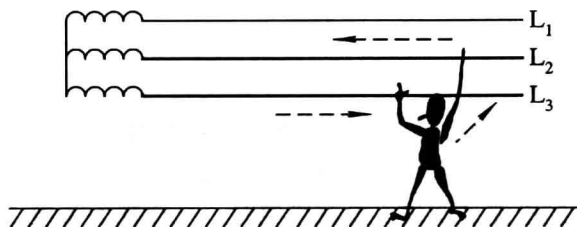


图 1.7 两相触电

## 2. 间接触电

电气设备在故障情况下,使正常工作时本来不带电的金属外壳处于带电状态,当人体任何部位触及带电的设备外壳时所造成的触电,称为间接触电。分两种情况:一种是跨步电压触电;另一种为接触电压触电。

### (1) 跨步电压触电

当带电体接地有电流流入地下时,电流在接地点周围土壤中产生电压降,人在接地点周围,两脚之间出现的电压即跨步电压,由此引起的触电事故叫做跨步电压触电,如图 1.8 所示。高压故障接地处,或有大电流流过的接地装置附近都可能出现较高的跨步电压。一般情况下在离开接地 20 m 处,跨步电压就接近于零。人的跨步一般按 0.8 m 考虑。

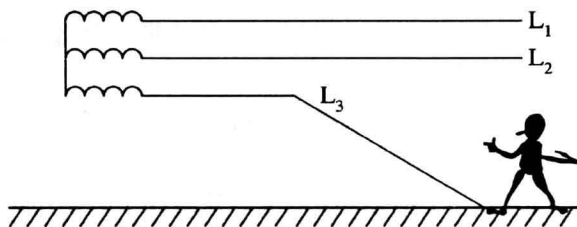


图 1.8 跨步电压触电

### (2) 接触电压触电

接触电压是指人站在发生接地短路故障设备的旁边,其接触设备的手与脚之间所承受的电压,其大小随人体站立点位置而异,人体站立点离接地点越远,则接触电压越大,反之就越小,当人体站在接地点与设备外壳接触,接触电压为零。

## 3. 静电触电和感应电压触电

在停电的线路和电气设备上,带有电荷,称为静电。带有静电的原因是各式各样的,如物体的摩擦带有电荷,电容器或电缆线路充电后,切除电源仍残存电荷。人体触及带有静电的设备会受到电击,导致伤害。停电后的电气设备或线路,受到附近有电设备或线路的感应而带电,称为感应电,人体触及带有感应电的设备也会受到电击。

## 四、预防触电事故的措施

防止触电事故的发生应综合采取一系列安全措施，除了对从事电气工作的专业人员进行专门教育、培训和制订严格的规章制度外，每一个人都应树立“安全第一”的观念，严格遵守安全操作规程。

### 1. 电工安全操作规程

严格遵守电工安全操作规程，电工安全操作规程要求如下：

- ① 工作前必须检查工具、测量仪表和防护用具是否完好。
- ② 任何电气设备未经检测证明确实没有带电时，一律视为带电，不准用手触摸。
- ③ 必须在设备停止运转后，切断电源、取下熔断器，挂出“禁止合闸，有人工作”的警示牌，并在验明设备不带电后，方可进行设备的搬移、拆卸和检查修理。
- ④ 工作临时中断后或每班开始工作前，都必须重新检测设备的电源是否确实断开，只有验明确实未带电后，方可继续工作。
- ⑤ 在总配电盘及母线上进行工作时，在验明无电后，应挂上临时接地线。拆装接地线都必须由值班电工进行。
- ⑥ 由专门检修人员修理电气设备时，值班电工必须进行登记，完工后要求做好交代，共同检查后，方可送电。
- ⑦ 每次维修结束时，必须清点所带的工具、零配件，以防遗留在设备内部而造成事故。
- ⑧ 禁止带负载操作动力配电箱中的刀开关。
- ⑨ 在低压配电设备上带电进行操作时，必须经过领导批准，并有专人监护。操作时，必须站在绝缘物上进行，头戴安全帽，身穿长袖衣服，手戴绝缘手套，使用绝缘工具。邻相带电部分和接地金属部分用绝缘板隔开后方可操作，严禁使用有裸露金属部分的器具进行操作。
- ⑩ 熔断器的容量要与电气设备、线路的容量相适应。
- ⑪ 带电装卸熔断器时，必须站在绝缘垫上，戴防护眼镜、绝缘手套，方可操作，必要时还要使用绝缘钳。
- ⑫ 拆除电气线路或设备后，对可能继续供电的裸露线头必须用绝缘胶布包扎好。
- ⑬ 电气设备的外壳必须可靠的接地，接地线要符合国家标准。
- ⑭ 对临时安装的电气设备，必须将金属外壳接地，严禁将电动工具的外壳接地线和工作零线拧在一起接入插座。必须使用两线接地的三孔插座，或者将外壳单独接在接地保护干线上，以防止接触不良而引起外壳带电，用橡胶软电缆线给移动设备供电时，专供保护接零的芯线中不允许有工作电流通过。
- ⑮ 安装白炽灯的灯头开关时，开关务必控制相线，灯头（座）的螺纹端必须接在工作零线上。
- ⑯ 使用梯子时，梯子与地面间的夹角为  $60^\circ$  左右，在水泥地面使用梯子时，要有防滑措施。使用人字梯时拉绳必须牢固，使用没有搭钩的梯子时，在工作中要有人扶稳。
- ⑰ 动力配电盘、配电箱（柜）、开关及变压器等各电气设备附近，不准堆放各种易燃、易爆、潮湿或其他影响操作的物品。
- ⑱ 电气设备发生火灾时，要立即设法切断电源，并使用 1211 灭火器或  $\text{CO}_2$  灭火器灭火，