



全国高等职业教育规划教材

电工电子实训教程

主 编 韩志凌
副主编 常小凯
主 审 周 芒

电子课件下载网址 www.cmpedu.com



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



全国高等职业教育规划教材

电工电子实训教程

主 编 韩志凌
副主编 常小凯
参 编 王艳华
主 审 周 芒

张宝树 李桂云



机械工业出版社

本书共分4部分,第1部分为电工基础实训,内容包括电工安全知识、常用电工工具和仪表的使用、导线的连接和绝缘的恢复、室内配线、架空线路的基本操作技术;第2部分为电子技术实训,内容包括焊接技术、电子元器件的识别与检测、印制电路板的制作、电子产品的安装与调试;第3部分为电机实训,内容包括三相异步电动机的拆装、运行与维护及故障分析、定子绕组的制作和电机实验;第4部分为电气控制实训,内容包括常用低压电器、电气控制系统的基本控制电路、典型电气控制电路综合实训等。

本书适用于高职高专院校、成人高校、应用型本科的电气信息类专业,还可供中等职业院校、技工学校相关专业使用,也可作为中级维修电工考试的教辅用书。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子实训教程/韩志凌主编. —北京:机械工业出版社, 2009. 8
全国高等职业教育规划教材
ISBN 978-7-111-27906-8

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

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第130741号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:祝伟 版式设计:张世琴

责任校对:王欣 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2009年9月第1版第1次印刷

184mm×260mm·13.75印张·339千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-27906-8

定价:25.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379739

封面无防伪标均为盗版

全国高等职业教育规划教材 电子技术专业编委会成员名单

主 任：曹建林

副 主 任：张中洲 张福强 祖 炬 董维佳

俞 宁 蒋蒙安 吕何新 伍湘彬

任德齐 华永平 吴元凯

委 员：（按姓氏笔画排序）

马 彪 邓 红 王树忠 王新新 尹立贤

白直灿 包中婷 冯满顺 华天京 吉雪峰

刘美玲 刘 涛 孙吉云 孙津平 朱晓红

李菊芳 邢树忠 陈子聪 杨元挺 张立群

张锡平 苟爱梅 姚建永 曹 毅 崔金辉

黄永定 章大钧 彭文敏 曾日波 谭克清

秘 书 长：胡毓坚

副 秘 书 长：戴红霞

出版说明

根据《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》中提出的高等职业院校必须把培养学生动手能力、实践能力和可持续发展能力放在突出的地位,促进学生技能的培养,以及教材内容要紧密结合生产实际,并注意及时跟踪先进技术的发展等指导精神,机械工业出版社组织全国近60所高等职业院校的骨干教师对在2001年出版的“面向21世纪高职高专系列教材”进行了全面的修订和增补,并更名为“全国高等职业教育规划教材”。

本系列教材是由高职高专计算机专业、电子技术专业和机电专业教材编委会分别会同各高职高专院校的一线骨干教师,针对相关专业的课程设置,融合教学中的实践经验,同时吸收高等职业教育改革的成果而编写完成的,具有“定位准确、注重能力、内容创新、结构合理和叙述通俗”的编写特色。在几年的教学实践中,本系列教材获得了较高的评价,并有多品种被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。在修订和增补过程中,除了保持原有特色外,针对课程的不同性质采取了不同的优化措施。其中,核心基础课的教材在保持扎实的理论基础的同时,增加实训和习题;实践性较强的课程强调理论与实训紧密结合;涉及实用技术的课程则在教材中引入了最新的知识、技术、工艺和方法。同时,根据实际教学的需要对部分课程进行了整合。

归纳起来,本系列教材具有以下特点:

- (1) 围绕培养学生的职业技能这条主线来设计教材的结构、内容和形式。
- (2) 合理安排基础知识和实践知识的比例。基础知识以“必需、够用”为度,强调专业技术应用能力的训练,适当增加实训环节。
- (3) 符合高职学生的学习特点和认知规律。对基本理论和方法的论述要容易理解、清晰简洁,多用图表来表达信息;增加相关技术在生产中的应用实例,引导学生主动学习。
- (4) 教材内容紧随技术和经济的发展而更新,及时将新知识、新技术、新工艺和新案例等引入教材。同时注重吸收最新的教学理念,并积极支持新专业的教材建设。
- (5) 注重立体化教材建设。通过主教材、电子教案、配套素材光盘、实训指导和习题及解答等教学资源的有机结合,提高教学服务水平,为高素质技能型人才的培养创造良好的条件。

由于我国高等职业教育改革和发展的速度很快,加之我们的水平和经验有限,因此在教材的编写和出版过程中难免出现问题和错误。我们恳请使用这套教材的师生及时向我们反馈质量信息,以利于我们今后不断提高教材的出版质量,为广大师生提供更多、更适用的教材。

机械工业出版社

前 言

本书是以教育部制定的《高职高专教育专业人才培养目标及规格》为指导，针对高等职业教育的特点，结合高职高专院校电气信息类专业的能力要求而编写的。

本书充分体现职业教育的特点，注重学生实践能力和创新能力的培养，通过电工基础实训、电子技术实训、电机实训、电气控制实训四方面的基本技能训练，培养学生在电工电子专业领域的各种基本职业技能。

本书在编写过程中将知识讲授和技能训练有机地结合在一起，同时参照中级维修电工的职业技能要求，突出体现了理论和实践的统一。本书在内容的编排上由浅入深，循序渐进，使学生通过实际操作逐步掌握专业知识和技能。

本书由韩志凌任主编并编写模块2~5，常小凯任副主编并编写模块6~9，张宝树编写模块10、11，王艳华编写模块12~14，李桂云编写模块1。全书由韩志凌统稿。

本书由周芒担任主审，在审阅过程中提出了许多宝贵的意见和建议，在此表示衷心的感谢！

本书在编写过程中得到承德石油高等专科学校、陕西省电子工业学校、四川电力股份南桠河发电厂的支持，在此一并表示感谢！

限于编者业务水平和经验有限，书中难免有错误和不当之处，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

出版说明

前言

第 1 部分 电工基础实训

模块 1 电工安全知识	1
1.1 触电的危害和触电方式	1
1.1.1 电流对人体的伤害	1
1.1.2 触电对人体危害程度的有关因素	1
1.1.3 人体触电方式	2
1.2 触电的常见原因与预防措施	4
1.2.1 触电的常见原因	4
1.2.2 防止触电的安全措施	4
1.3 触电急救	7
1.3.1 触电的现场急救要求	7
1.3.2 使触电者迅速脱离电源	8
1.3.3 触电者脱离电源后伤情的判断	8
1.3.4 针对触电者各种不同情况的救治方法	9
1.3.5 现场急救方法	9
1.4 思考与练习	11
模块 2 常用电工工具和仪表的使用	12
2.1 常用电工工具的使用	12
2.1.1 通用电工工具	12
2.1.2 其他工具	15
2.2 常用仪表的使用	16
2.2.1 万用表的使用	16
2.2.2 兆欧表的使用	18
2.2.3 钳形表的使用	19
2.3 思考与练习	20
模块 3 导线的连接	21
3.1 导线绝缘层的去除	21
3.2 常用的导线连接方法	22
3.2.1 导线线头的连接	22
3.2.2 导线与接线桩的连接	25
3.3 导线绝缘的恢复	26

3.4 思考与练习	27
模块 4 室内配线	28
4.1 室内配线的方法	28
4.1.1 室内配线的基本要求	28
4.1.2 室内配线工序	28
4.1.3 室内配线方法	29
4.2 常用照明线路的安装与维修	32
4.2.1 荧光灯照明线路的安装	32
4.2.2 照明开关的安装	33
4.2.3 插座的安装	33
4.2.4 荧光灯照明线路的检修	34
4.3 电能表的安装	36
4.3.1 电能表的结构及工作原理	36
4.3.2 电能表的安装场所	37
4.3.3 电能表的接线	37
4.4 思考与练习	38
模块 5 架空线路的基本操作	40
5.1 架空线路的基本知识	40
5.2 架空线路的施工	43
5.2.1 架空线路的定位和基础施工	43
5.2.2 立杆	43
5.2.3 横担的安装	44
5.2.4 拉线的施工	45
5.2.5 导线的架设	46
5.3 架空线路的杆上作业	49
5.3.1 脚扣登杆方法	49
5.3.2 杆上作业	50
5.4 接户线与进户线的安装	51
5.4.1 接户线的安装	51
5.4.2 进户线的安装	52
5.5 线路的巡视检查和维护	52
5.6 思考与练习	54

第 2 部分 电子技术实训

模块 6 焊接技术	55
------------------------	----

6.1 电烙铁及其他常用工具	55	7.5.1 集成电路的基本知识	82
6.1.1 电烙铁简介	55	7.5.2 集成电路的引脚识别	83
6.1.2 电烙铁的选择	56	7.5.3 集成电路的使用注意事项	83
6.1.3 电烙铁的使用	57	7.5.4 集成电路的检测方法	84
6.1.4 其他常用工具	57	7.6 思考与练习	85
6.2 焊料和焊剂	58	模块8 印制电路板的设计与制作	86
6.2.1 焊料	58	8.1 印制电路板的基本知识	86
6.2.2 焊剂	58	8.1.1 印制电路板的分类	86
6.3 焊接工艺	59	8.1.2 印制电路板的制作工艺流程	87
6.3.1 对焊点的基本要求	59	8.1.3 印制电路板的功能	87
6.3.2 手工焊接的注意事项	59	8.2 印制电路板的设计	87
6.3.3 手工焊接操作的基本步骤	60	8.2.1 印制电路板设计基础	87
6.3.4 手工焊接操作的具体手法	61	8.2.2 印制电路板设计的基本方法	93
6.3.5 印制电路板的焊接过程	62	8.2.3 印制电路板设计注意事项	94
6.3.6 拆焊的方法	63	8.2.4 印制电路板的设计过程	94
6.4 焊点质量检查方法	63	8.2.5 PCB 计算机辅助设计软件	95
6.4.1 目视检查	64	8.3 印制电路板的制作	96
6.4.2 手动检查	64	8.3.1 手工制作印制电路板	96
6.4.3 焊接缺陷的产生原因及排除 方法	64	8.3.2 工厂生产印制电路板	96
6.4.4 典型焊点的形成及其外观	65	8.4 思考与练习	97
6.5 思考与练习	65	模块9 电子产品的安装与调试	98
模块7 电子元器件的识别与检测	67	9.1 元器件装配工艺	98
7.1 电阻器	67	9.1.1 元器件安装布局	98
7.1.1 电阻器的基本知识	67	9.1.2 元器件装配	98
7.1.2 电阻器标称阻值的标注方法	69	9.2 电子整机产品的调试	101
7.1.3 电阻的检测方法	70	9.2.1 调试内容及方法	101
7.2 电容器	72	9.2.2 调试前的准备工作	102
7.2.1 电容器的基本知识	72	9.2.3 调试的一般步骤	103
7.2.2 电容器的识别方法	74	9.2.4 常用小型电子整机或单元电路 板的调试	104
7.2.3 电容器的检测方法	75	9.2.5 电子整机调试举例	105
7.3 电感和变压器	76	9.3 电子电路的故障诊断与排除	107
7.3.1 电感和变压器的定义	76	9.3.1 电子电路故障检修的基本 要求	107
7.3.2 电感和变压器的分类	77	9.3.2 电子电路故障检修的原则	107
7.3.3 电感和变压器的主要性能参数 和识别方法	77	9.3.3 电子电路故障检修的步骤	108
7.3.4 电感和变压器的检测方法	77	9.3.4 故障诊断与排除方法	108
7.4 半导体器件	78	9.4 超外差式晶体管收音机的装配 及调试	112
7.4.1 半导体器件的定义及命名方法	78	9.4.1 超外差式收音机电路基本 知识	112
7.4.2 二极管	79		
7.4.3 晶体管	80		
7.5 集成电路	82		

9.4.2	超外差式收音机的基本工作		11.2.2	绕线模制作工艺	144
	原理	113	11.3	绕线工艺	144
9.4.3	超外差式晶体管收音机的主要		11.4	嵌线前的准备	146
	性能指标	114	11.4.1	下线专用手工工具的制作	146
9.4.4	元器件的选择	115	11.4.2	嵌线前的准备	147
9.4.5	超外差式晶体管收音机的装配		11.5	嵌线工艺	148
	工艺	116	11.5.1	嵌线步骤	148
9.4.6	超外差式晶体管收音机的		11.5.2	嵌线工艺要点	149
	调试	116	11.6	接线与引线制作	151
9.5	思考与练习	120	11.6.1	三相对称绕组接线步骤和	
				工艺	151
第3部分 电机实训					
模块10	三相异步电动机的拆装	122	11.6.2	引出线的选用与线头焊接	
10.1	三相异步电动机的结构和基本			工艺	152
	原理	122	11.7	电动机实验	155
10.1.1	三相异步电动机的结构	122	11.7.1	检测三相绕组的直流电阻	155
10.1.2	三相异步电动机的基本原理	123	11.7.2	测量绕组绝缘电阻	155
10.2	三相异步电动机机械零部件的		11.7.3	测三相绕组的首尾头	156
	拆装	123	11.7.4	三相绕组电流平衡试验	156
10.2.1	三相异步电动机的拆卸	123	11.7.5	定子绕组交流耐压试验	157
10.2.2	三相异步电动机的装配	126	11.8	思考与练习	158
10.3	三相异步电动机的运行与		第4部分 电气控制实训		
	维护	128	模块12	常用低压电器	159
10.3.1	开车前的检查	128	12.1	开关电器	159
10.3.2	起动注意事项	128	12.1.1	刀开关	159
10.3.3	运行中的巡视	129	12.1.2	低压断路器	160
10.3.4	定期维修	130	12.1.3	转换开关	162
10.4	三相异步电动机常见故障分析		12.1.4	倒顺开关	162
	与排除方法	131	12.2	熔断器	163
10.5	思考与练习	133	12.3	接触器	164
模块11	三相笼型异步电动机定子		12.4	继电器	166
	绕组的制作	134	12.4.1	继电器特性曲线	166
11.1	定子绕组的基本知识	134	12.4.2	电磁式继电器	166
11.1.1	线圈和线圈组	134	12.4.3	时间继电器	168
11.1.2	极距 τ 和节距 y	135	12.4.4	热继电器	169
11.1.3	单层和双层绕组	135	12.4.5	速度继电器	170
11.1.4	电角度、槽距角和相带	136	12.4.6	固态继电器	171
11.1.5	定子绕组槽内有效边的分相	136	12.5	主令电器	171
11.1.6	定子绕组的端部接线方式	137	12.5.1	控制按钮	172
11.2	绕线模的设计和制作	142	12.5.2	行程开关	173
11.2.1	绕线模的设计	142	12.5.3	接近开关	173

12.5.4	光电开关	174	14.1	电气控制电路图的识读、安装 与故障检修	190
12.6	思考与练习	175	14.1.1	电气控制电路图的识读方法	190
模块 13	电气控制系统的基本控制 环节	177	14.1.2	电气控制电路的安装	191
13.1	电气控制系统图	177	14.1.3	电气控制电路的故障检修	192
13.1.1	电气图常用的图形符号、文字 符号和接线端子标记	177	14.2	三相异步电动机正反转控制电 路安装实训	195
13.1.2	电气原理图	181	14.2.1	实训目的	195
13.1.3	电器布置图	182	14.2.2	实训前准备	195
13.1.4	安装接线图	183	14.2.3	实训内容	195
13.2	电气控制电路的基本控制 规律	183	14.2.4	训练评分及总结	197
13.2.1	自锁与互锁控制	184	14.3	X62W 型万能铣床控制电路安 装实训	199
13.2.2	点动与连续控制	185	14.3.1	实训目的	199
13.2.3	多地联锁控制	186	14.3.2	实训前准备	199
13.2.4	顺序控制	186	14.3.3	实训内容	199
13.2.5	自动往复循环控制	187	14.3.4	训练评分及总结	208
13.3	思考与练习	189	14.4	思考与练习	208
模块 14	典型电气控制电路分析 实训	190	参考文献	210

第 1 部分 电工基础实训

模块 1 电工安全知识

电气工作人员要经常接触电气装置，往往由于工作疏忽大意、操作技术不熟练或者没有遵守操作规程和安全技术规程，而造成人身触电事故。因此，为了安全生产，预防事故的发生，要求电气工作人员应具有一定的安全用电知识。本模块主要介绍常见的触电方式、触电原因、防止触电的措施以及现场急救知识。

1.1 触电的危害和触电方式

1.1.1 电流对人体的伤害

因人体接触或接近带电体所引起的局部受伤或死亡的现象称为触电。按人体受伤害的程度不同，触电可分为电伤和电击两种类型。

1. 电伤

电伤是指在电流的热效应、化学效应、机械效应以及电流本身作用下造成的人体外伤。常见的有灼伤、电烙印和皮肤金属化等现象。

灼伤由电流的热效应引起，主要是指电弧灼伤，造成皮肤红肿、烧焦或皮下组织损伤；电弧还会使眼睛受到严重损害。电烙印发生在人体与带电体紧密接触的情况下，一般伤口不发炎或化脓，但往往造成局部麻木和失去知觉。皮肤金属化则是指由电流热效应和化学效应，导致熔化的金属颗粒渗入皮肤表层，使受伤部位皮肤带金属颜色且产生硬块，经一段时间后会自行脱落，一般不会产生不良影响。

2. 电击

电击是指电流流过人体时，对人体内部器官造成的伤害。电击可使肌肉抽搐、内部组织损伤，造成发热、神经麻痹等。严重时将引起昏迷、窒息，甚至心脏停止跳动、血液循环中止而死亡。触电死亡中绝大部分是电击造成的，所以电击是最危险的触电事故。实践证明，电击伤人的程度由流过人体电流的频率、电流强度、流过人体的途径、作用于人体的电压、持续时间的长短以及触电者本人的健康状况决定。

1.1.2 触电对人体危害程度的有关因素

人体对电流的反应非常敏感，触电时电流对人体的伤害程度与以下几个因素有关。

1. 电流强度

触电时，通过人体的电流强度是造成损伤的直接因素。人们通过大量实验证明，通过人

体的电流越大，人体的生理反应越明显，感觉越强烈，引起心室颤动的时间越短，致命的危险性就越大。

当人体通过工频电流为 0.7（女性）~1.1mA（男性）时，就会引起人的感觉，称为感知电流。人体触电后能自主摆脱危险的最大电流称为摆脱电流。成年男性的摆脱电流约为 9mA；女性为 6mA；老人和儿童的摆脱电流较成年人小。但在容器中、高空、水面上等可能因电击造成二次事故（如再次触电、摔死、溺死）的场所，人体摆脱电流更小。在较短的时间内（几秒到几分钟）危及生命的最小电流称为致命电流。当通过人体的工频电流达到 30~50mA，直流电流达到 80mA 时，会使心脏跳动不规则、昏迷、血压升高、强烈痉挛，有生命危险。当 100mA 的工频电流通过人体时，在很短的时间内会造成窒息、心脏停止跳动、失去知觉以致死亡。

2. 持续时间

触电电流越大，触电时间越长，就越容易引起心室颤动，对人体的伤害就越严重。

3. 频率

实践证明，50~60Hz 的交流电对人最危险，随着频率的升高，触电危险程度将下降。高频电流有时还可以用于治疗疾病。在电流强度相同的条件下，直流电的危险性要低于交流电。

4. 电压

人体接触的电压越高，流过人体的电流越大，对人体的伤害越严重。但在触电事故的分析中发现，70% 以上的事故属于低压触电导致死亡。对于 250V 以上的高压，虽然危险性更大，但由于高压设备具有较完善的防范措施，人们的警惕性较高，接触高压设备的机会少，所以高压触电事故反而较少。

5. 电流通过的路径

电流通过头部可使人昏迷；通过脊髓可能导致肢体瘫痪；通过心脏可造成心跳停止、血液循环中断；通过呼吸系统会造成窒息。可见，电流通过心脏时，最容易导致死亡。因此，电流从左手到胸部的危险性最大；从手到手、从手到脚也是很危险的电流路径；从脚到脚的危险性较小，但容易造成腿部肌肉痉挛而摔倒，导致二次触电。

6. 人体状况

人的性别、健康状况、精神状态等与触电伤害程度有着密切关系。女性比男性触电伤害程度严重，小孩与成人相比，触电伤害程度也要严重得多。体弱多病者比健康人容易受电流伤害。另外，人的精神状况差、对接触电器无思想准备、对电流反应的灵敏程度慢、醉酒、过度疲劳等都可能增加触电事故的发生次数并加重受电流伤害的程度。

7. 人体电阻

人体电阻越大，受电流伤害越轻。通常人体电阻可按 1~2kΩ 考虑。这个数值主要由皮肤表面的电阻值决定。如果皮肤表面角质层损伤、皮肤潮湿、流汗、带着导电粉尘，对带电体接触面大、接触压力大等，都会大幅度降低人体电阻，增加触电伤害程度。

1.1.3 人体触电方式

触电包括直接接触电和间接触电两种。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触电。最常见的触电方式有以下几种。

1. 单相触电

人体接触带电体或线路中的某一相，电流从带电体流经人体到大地（或零线）形成回路，这种触电叫单相触电。单相触电有两种形式：一种是在中性点不接地系统中，当人体接触到一根相线时，电流从相线经人体，再经大地和线路之间的分布电容形成回路，如图 1-1a 所示；另一种是在中性点直接接地系统中，人体接触到一根相线时，电流从相线经人体，再经接地线回到中性点，如图 1-1b 所示。在接触电气线路（或设备）时，如果不采取防护措施，一旦电气线路或设备绝缘损坏漏电，将引起间接的单相触电。如果站在地上误触带电体的裸露金属部分，也将造成直接的单相触电。

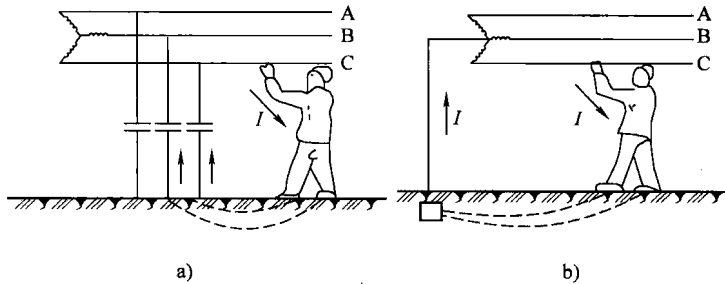


图 1-1 单相触电

2. 两相触电

人体的不同部位同时接触带电设备或线路中的两相导体而引起的触电方式称为两相触电，如图 1-2 所示。此时，人体承受的是线电压，通过人体的电流较大，比单相触电更具有危险性。

3. 跨步电压触电

雷电流入地时，或运行中的电气设备因绝缘损坏漏电时，会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、逐步降低，因此在不同位置形成电位差，人跨进这个区域，两脚之间将存在电压，该电压称为跨步电压。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，这就是跨步电压触电。如图 1-3 所示，图中 U_p 表示带电体接地点的对地电压；两条曲线表示接地点周围地面的对地电压； U_k 为人两脚间的跨步电压。

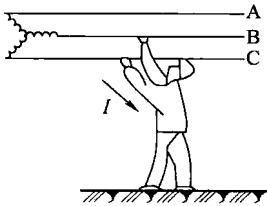


图 1-2 两相触电

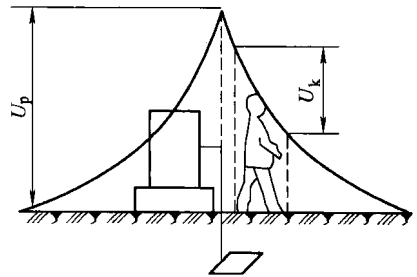


图 1-3 跨步电压触电

一个人当发觉受到跨步电压的威胁时，应赶快把双脚并拢在一起，或尽快用一条腿跳着离开危险区。

4. 雷击触电

雷击事故是一种自然现象，是雷云向地面突出的导电物体放电时引起的自然灾害。雷击除了可以毁坏建筑设施，使电力设备造成事故外，也可以直接伤害人畜。全世界每年有上万人因雷击而伤亡，其中死亡人数超过 3000 人。雷电流对人可能发生直接伤害和间接伤害。直接雷击可将人击毙或击伤、灼伤；间接伤害有可能发生跨步电压、接触电压触电和感应电压触电。

因此，闪电打雷时要迅速到就近的建筑物内躲避。在野外无处躲避时，要将手表、眼镜等金属物品摘掉，找低洼处卧倒，千万不要在大树下躲避。

1.2 触电的常见原因与预防措施

1.2.1 触电的常见原因

发生触电的场合不同，引起触电的原因也不同，常见触电原因主要有以下几方面。

1. 线路架设不符合规程的要求

室内、外线路对地距离、导线之间的距离小于允许值；通信线、广播线与电力线间隔过近或同杆架设；线路绝缘破损；有的地区为节省电线而采用一线一地制送电等。

2. 电气操作制度不严格、不健全

带电操作时，不采取可靠的安全措施，或不熟悉电路和电器而盲目修理；救护已触电的人时，自身不采取安全保护措施；停电检修时，不挂警告牌；检修电路和电器时，使用不合格的工具；人体与带电体过分接近，又无绝缘措施或屏护措施；在架空线上操作时，不在相线上加临时接地线；无可靠的防高空跌落措施等。

3. 用电设备不符合要求

电器设备内部绝缘损坏，金属外壳又未加保护接地措施或保护接地线太短、接地电阻太大；开关、灯具、携带式电器绝缘外壳破损，失去防护作用；开关、熔断器误装在中性线上。

4. 用电不谨慎

违反布线规程，在室内乱拉电线或随意加大熔断器熔丝规格；在电线上或电线附近晾晒衣物；在电杆上拴牲畜；在电线（特别是高压线）附近打鸟、放风筝；打扫卫生时，用水冲洗或用湿布擦拭带电电器或线路等。

1.2.2 防止触电的安全措施

安全用电的基本方针是“安全第一、预防为主”，为了预防直接接触电和间接接触电，需采取以下措施。

1. 预防直接接触电的措施

(1) 选用安全电压。我国在安全电压国家标准（GB 3805—2008）中规定了安全电压的定义及等级。安全电压定义为防止触电事故而采用的由特定电源供电的电压系列。这个电压系列的上限值，在正常和故障情况下，任何两导体间或任一导体与地之间的电压均不得超过交流（50~500Hz）有效值 50V。安全电压额定值的等级分为 42V、36V、24V、12V 和 6V，而直流电压不超过 120V。

特定电源供电是指由专用的安全电压的电源装置供电，除采用独立电枢外，其供电电源的输入电路与输出电路必须实行电路上的隔离；工作在安全电压下的电路，必须与其他电气系统和任何无关的可导电部分实行电气上的隔离。

采用安全电压的电气设备、用电电器，应根据使用地点、使用方式和人员等因素，选用国标规定的不同等级的安全电压额定值。例如，在无特殊安全措施的情况下，手提式照明灯、危险环境的携带式电动工具应采用 36V 安全电压；在金属容器内、隧道内、矿井内等工作地点，以及较狭窄、有金属导体管板或金属壳体、粉尘多和潮湿的环境，应采用 24V 或 12V 安全电压。本安全电压等级系列不适用于水下等特殊场所，也不适用于插入人体内部的带电医疗设备。

(2) 采取绝缘措施。良好的绝缘是保证电气设备和线路正常运行的必要条件，是防止触电的重要措施。绝缘材料的选用必须与该电气设备的工作电压、工作环境和运行条件相适应，否则容易造成击穿。常用的电工绝缘材料有瓷、玻璃、云母、橡胶、木材、塑料、布、纸、矿物油等，但使用时应注意，有些绝缘材料如果受潮，会降低甚至丧失绝缘性能。

(3) 采用屏护措施和间距措施。采用屏护装置将带电体与外界隔绝，以杜绝不安全因素的措施称为屏护措施。常用的屏护装置有遮栏、护罩、护盖、栅栏等。例如，常用电器的绝缘外壳、金属网罩、金属外壳、变压器的遮栏、栅栏等都属于屏护装置。凡是金属材料制作的屏护装置，均应妥善接地或接零。屏护装置不直接与带电体接触，对所用材料的电气性能没有严格要求，但必须有足够的机械强度和良好的耐热、耐火性能。

为防止人体触及或过分接近带电体，避免车辆或其他设备碰到或过分接近带电体，同时为了操作的方便，在带电体与地面之间、带电体与带电体之间、带电体与其他设备之间，均应保持一定的安全间距，叫做间距措施。安全间距的大小取决于电压等级、设备类型、安装方式等因素。导线与建筑物的最小距离见表 1-1。

表 1-1 导线与建筑物的最小距离

线路电压/kV	1.0 以下	10	35
垂直距离/m	2.5	3.0	4.0
水平/m	1.0	1.5	3.0

2. 预防间接触电的措施

(1) 加强绝缘措施。加强绝缘措施是对电气线路或设备采取双重绝缘或对组合电气设备采用共同绝缘。采用加强绝缘措施的线路或设备绝缘牢固，难于损坏，即使工作绝缘损坏后，还有一层加强绝缘，不易发生带电的金属导体裸露而造成间接触电。

(2) 电气隔离措施。采用隔离变压器或具有同等隔离作用的发电机，使电气线路和设备的带电部分处于悬浮状态的措施叫电气隔离措施。即使该线路或设备的工作绝缘损坏，人站在地面上与之接触也不易触电。

注意的是，被隔离回路的电压不得超过 500V，其带电部分不得与其他电气回路或大地相连，以保证其隔离要求。

(3) 自动断电措施。在带电线路或设备上发生触电事故或其他事故（短路、过载、欠压等）时，在规定时间内能自动切断电源而起保护作用的措施称为自动断电措施。例如漏电保护、过电流保护、过电压或欠电压保护、短路保护、接零保护等均属自动断电措施。

(4) 电气设备的保护接地和保护接零。正常情况下电气设备的金属外壳是不带电的，但因绝缘损坏而漏电时，人体触及漏电设备的金属外壳就会触电。

在中性点不接地的三相三线制供电系统中，将电气设备在正常情况下不带电的金属外壳或构架与大地之间做良好的金属连接称为保护接地，如图 1-4 所示。此时，当人体接触电气设备时，人体与接地装置是并联的，由于人体的电阻很大，电流几乎全部经接地装置流入大地，从而保证了人身安全。在正常情况下，电机、变压器以及移动式用电器具等较大功率的电气设备的外壳（或底座）都应接地。

在中性点直接接地的三相四线制供电系统中，将电气设备在正常情况下不带电的金属外壳或构架与供电系统中的零线连接称为保护接零，如图 1-5 所示。保护接零之所以能够确保人身的安全，是因为当电气设备发生漏电后，电压经过机壳到零线形成回路，从而产生短路电流，使电路中保护电器动作，切断电源。由于人体的电阻远远大于短路回路电阻，在未解除故障前，单相短路电流几乎全部通过接零电路，保证了人身安全。保护接零方法简单，安全可靠，但在三相四线制的供电系统中，零线是单相负载的工作线路，在正常运行时零线上的各点电位并不相等，且距电源越远对地电位越高，一旦零线断线，不仅设备不能正常工作，而且设备的金属外壳还将带上危险的电压。为此，要推广将保护零线与工作零线完全分开的系统，如图 1-6 所示。其中工作零线用 N 表示，保护零线用 PE 表示，并用淡蓝色和黄绿双色加以区分。

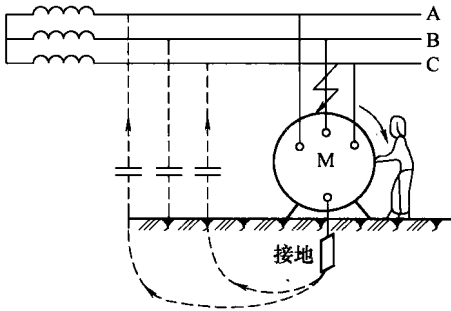


图 1-4 保护接地

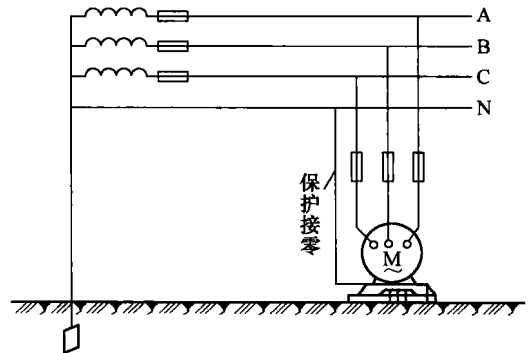


图 1-5 保护接零

采用保护接零时，要注意以下几点。

① 在三相四线制供电系统中，中性线必须良好地接地。为防止零线断线，广泛采用重复接地，即将零线上的一点或多点与大地做金属连接。

② 三相供电系统中零线不能装熔断器和开关，以防止零线断开时造成人身和设备事故。

③ 在同一电源上，不允许将一部分电气设备保护接地，而另一部分电气设备保护接零。

④ 在安装单相三孔插座时，正确的接法是将插座上接电源中性线的孔同接地的孔分别用导线并联到中性线上，如图 1-7a 所示。图 1-7b、c 为两种错误接法。三孔插头中的接地端

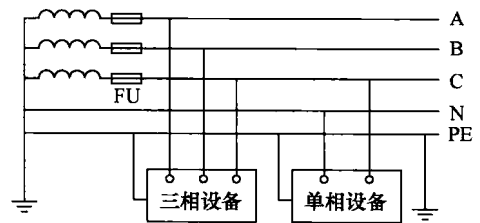


图 1-6 保护零线与工作零线分开的系统

要高于相线和中性线接线端，这样保证在插入和拔出插头时，接地端首先接触和最后离开插座。

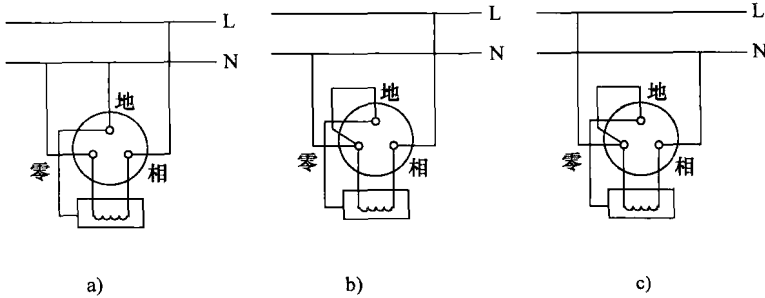


图 1-7 三孔插座的安装

a) 正确接法 b) 错误接法（中性线与接地线串接） c) 错误接法（零线与相线接反）

1.3 触电急救

在电气操作和日常用电过程中，采取有效的预防措施，能有效地减少触电事故，但绝对避免是不可能的。所以，必须作好触电急救的思想和技术准备。

1.3.1 触电的现场急救要求

触电的现场急救要做到迅速、准确、就地、坚持。

1. 迅速脱离电源

发现有人触电时，千万不要惊慌失措，应采取措施尽快使触电者脱离电源，这是减轻伤害和救护触电者的关键步骤。

2. 准确实行救治

触电者脱离电源后，应立即在现场进行急救治疗。急救时不许用错误的方法处理触电者，如泼冷水、针刺人中、用导线绑在触电者身上“放电”等，这些做法会耽误抢救时机。正确的方法是根据伤害程度采取不同的救治方法，如人工呼吸等。

3. 就地进行抢救

救护人员必须在现场或附近就地迅速抢救触电者，千万不要停止救治而长途运送去医院。要实现就地救治，必须掌握有效的救治方法，如人工呼吸法、胸外心脏按压法。

4. 救治要坚持到底

施行人工呼吸和胸外心脏按压等抢救方法要坚持不断，即使在运送途中也不能中止。抢救过程中，要不断观察触电者，如触电者皮肤由紫变红，瞳孔由大变小，说明救治收到效果。如触电者嘴唇、眼皮会动，或喉间有咽东西的动作，说明触电者已经有一定的呼吸能力，这时应暂时停止几秒钟，观察其是否能自动呼吸和自动心脏跳动；如果触电者不能自主进行呼吸或者呼吸很微弱，应继续进行人工呼吸和胸外心脏按压，直到能正常呼吸为止。在触电者呼吸未恢复正常以前，无论什么情况，包括雷雨天气（雷雨时可移至室内）或救治时间很长而效果不明显等，都不能中止抢救。事实上，用人工呼吸法抢救的触电者中，有长达 7~10 小时才救活的。