

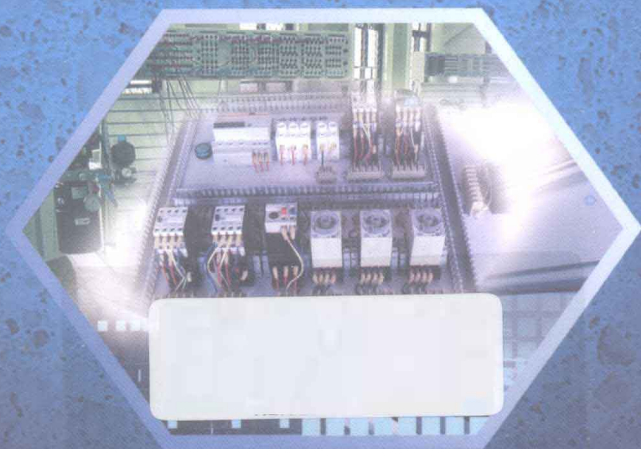


普通高等教育“十二五”精品规划教材

电工技术及技能训练

DIANGONG JISHU JI
JINENG XUNLIAN

◎主 编 朱崇志
◎主 审 邵泽强
◎组 编 葛金印



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS



普通高等教育“十二五”精品规划教材

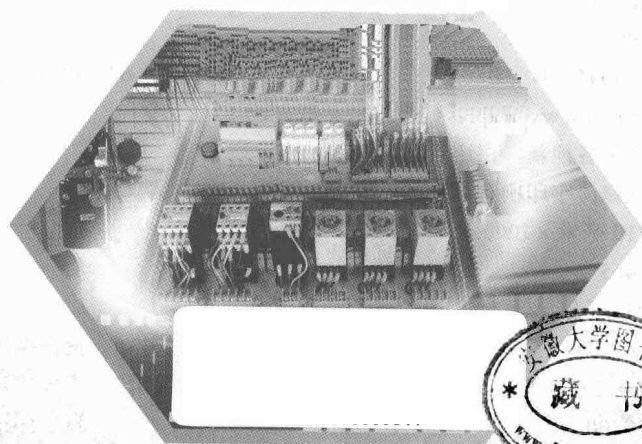
电工技术及应用

第2版

电工技术及技能训练

DIANGONG JISHU JI
JINENG XUNLIAN

◎主 编 朱崇志
◎副主编 蔡小全
◎主 审 邵泽强
◎组 编 葛金印



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

电工技术及技能训练/朱崇志主编. —北京:北京理工大学出版社,
2013. 1

ISBN 978-7-5640-6612-3

I. ①电… II. ①朱… III. ①电工技术-高等学校-教材 IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 192657 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775 (办公室) 68944990 (批销中心) 68911084 (读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京泽宇印刷有限公司

开 本 / 710 毫米×1000 毫米 1/16

印 张 / 14.5

字 数 / 266 千字

版 次 / 2013 年 1 月第 1 版 2013 年 1 月第 1 次印刷 责任编辑 / 张慧峰

印 数 / 1 ~ 1 000 册 责任校对 / 杨 露

定 价 / 39.00 元 责任印制 / 王美丽

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前言

本书是高等院校专业课程改革成果系列教材之一。在教育部新一轮教育教学改革的进程中,来自高等院校教学工作一线的骨干教师和学科带头人,通过社会调研,对市场人才进行需求分析和课题研究,在企业有关人员积极参与下,研发了机电技术专业、数控技术专业人才培养方案,并制定了相关核心课程标准。本书是根据最新制定的电工技术核心课程标准编写的。

电工技术基础是高等教育机电技术专业、数控技术专业核心课程的模块之一,与其他后续课程有着紧密的联系,也是综合性较强的技术基础课程和实用课程。

通过本课程的学习,学生了解电工技术相关知识,熟悉安全用电与电气事故应急处理的基本常识,掌握一般电路图的识读技术,能正确选用电工测量仪器仪表,具备检测、分析常用机床电气电路的初步能力。着重培养学生的科学思维方法、分析与解决问题的能力,使其成为具有创新精神和实践能力的高素质技术人才,并为后续课程的学习打下必要的基础。

1. 本书特点:

(1) 本书是围绕专业培养目标,根据本课程在专业教学中的作用、地位,以就业为导向,以能力为本位,以学生将来从事的职业岗位必备的相关知识为依据,兼顾学生将来的发展需求理念编写而成的。

(2) 本书结构以相关岗位必备的电工基础知识和实用技术为主线,尽量减少繁冗的计算和原理推演。其主要内容包括:安全用电常识、电路基础知识、电工工具与电工材料基础、电工仪表与测量技术、机床电气与拖动技术基础、电气控制图的识读基础、设备常见电气故障的处理等。

(3) 以学生的行动能力为出发点组织教材,体现以能力为本位的职教理念。

(4) 课程设计与采用先进教学法相结合,即现场教学、实训教学、项目教学、理论实践一体化教学等紧密结合,便于教师教和学生学。

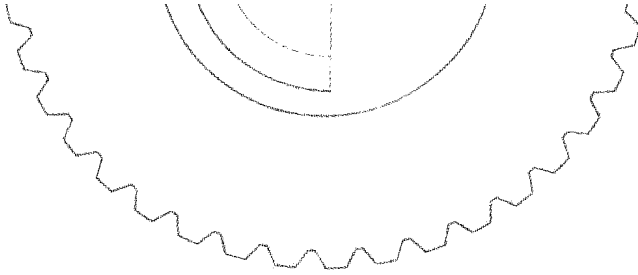
2. 学时分配建议

序 号	章节名称	学时		
		理论	实践	合计
1	单元一：安全用电常识	6	2	8
2	单元二：电路基础知识	10	6	16
3	单元三：电工工具与电工材料常识	6	4	10
4	单元四：电工仪表与测量技术	8	6	14
5	单元五：机床电气与拖动技术基础	14	6	20
6	单元六：电气控制图识读基础	6	2	8
7	单元七：设备常见电气故障的处理	4	4	8
8	机动	4		
9	合计	88		

本书由朱崇志主编，蔡小全任副主编。朱崇志、蔡小全负责全书编写方案制定。本书编写团队成员还有邵琳、丁宁、王辉和何乙琦等。其中，朱崇志、邵琳负责编写单元一和单元二；丁宁、邵琳负责编写单元三、单元四；蔡小全、丁宁、王辉负责编写单元五、单元六；蔡小全、何乙琦负责编写单元七。朱崇志、邵琳负责全书统稿工作，邵泽强副教授负责全书主审，并由本套系列教材组编葛金印终审。本书在编写过程中得到他们的关心、指导和修改建议，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在错漏和不完善之处，恳请各位读者提出宝贵意见，以便修订改正。

编 者

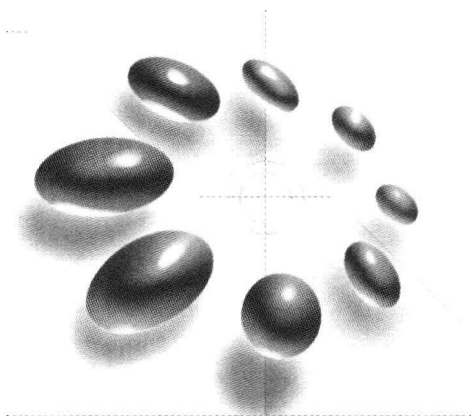


目 录

单元一 安全用电常识	1
模块一 电气危害概述	1
模块二 触电的防护与急救	6
模块三 电气火灾的防护与处理	12
模块四 电气安全规范	15
模块五 技能训练：触电及电气火灾急救处理	18
本单元小结	19
思考题和习题	20
单元二 电路基础知识	21
模块一 直流电路基础	21
模块二 正弦交流电的表示法	32
模块三 单相正弦交流电路基础	36
模块四 三相正弦交流电路基础	40
模块五 技能训练：基尔霍夫定律的验证	44
本单元小结	45
思考题和习题	46
单元三 电工工具与电工材料常识	47
模块一 常用电工工具及其使用常识	47
模块二 常用电工材料及其使用常识	59
模块三 常用电工材料的选用技术	73
模块四 技能训练：双控开关控制电路安装	79
本单元小结	83
思考题和习题	83
单元四 电工仪表与测量技术	85
模块一 电流表、电压表和万用表的使用	85
模块二 功率表与电度表的使用	91
模块三 钳形电流表与兆欧表的使用	96
模块四 技能训练：常用仪表的使用和相关参数的测量	99
本单元小结	102
思考题和习题	103

目 录

单元五 机床电气与拖动技术基础	104
模块一 三相异步电动机	105
模块二 电气控制系统中常用的低压电器	110
模块三 单相异步电动机	123
模块四 机床电气控制系统的基本环节	127
模块五 技能训练：三相异步电机控制电路	133
本单元小结	137
思考题和习题	138
单元六 电气控制图识读基础	139
模块一 电气控制图基础知识	139
模块二 机床电气控制电路的故障分析方法	158
模块三 技能训练：典型机床电气控制图识读技巧	163
本单元小结	179
思考题和习题	179
单元七 设备常见电气故障的处理	181
模块一 故障的分类及产生的主要原因	181
模块二 三相异步电动机及主要电气设备故障及原因分析	183
模块三 电气设备常见故障的诊断方法	187
模块四 电气设备故障的诊断维修实例	192
模块五 技能训练：电气设备故障的诊断维修	194
本单元小结	200
思考题和习题	201
附录	202
中级维修电工理论知识模拟试卷（一）	202
中级维修电工理论知识模拟试卷（二）	208
中级维修电工理论知识模拟试卷（一）答案	215
中级维修电工理论知识模拟试卷（二）答案	217
维修电工中级操作技能考核试卷（一）	218
维修电工中级操作技能考核试卷（二）	219
参考文献	222



|| 单元一 ||

安全用电常识



任务导入

工业生产与人们日常生活中处处离不开电，我们在享受其带来便捷的同时，也不能忽略一些不利因素。比如：开关短路、电动机长时间过负荷运行，均有可能引起电伤害，也可能成为火灾的引燃源。因此熟悉各种安全用电的常识及操作规范，才能尽可能地避免电对人的伤害。如果遇到触电，要能够进行自我保护或者救助他人，做到关爱生命，关爱社会。



模块一 电气危害概述



学习目标

1. 了解安全电压。
2. 了解电气危害的主要表现形式。

一、电气危害的主要表现形式

1. 电击触电危害

所谓电击就是指当电流通过人体内部器官时，产生的能量引起人体组织损伤，严重时导致局部坏死或全身伤害，如图 1-1-1 所示。



图 1-1-1 电击

所谓电伤，是指人体外器官受到电流的伤害。如电弧造成的灼伤；电的烙印；由电流的化学效应而造成的皮肤金属化；电磁场的辐射作用等。如图 1-1-2 所示。高空作业时还可能引起二次伤害，如图 1-1-3 所示。

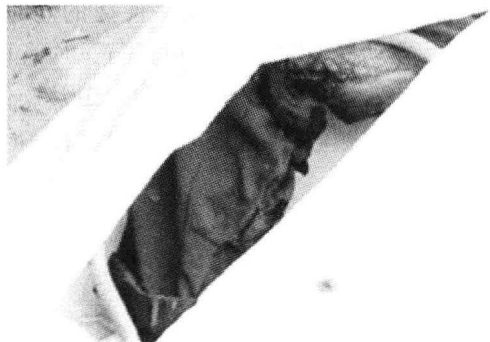


图 1-1-2 电伤

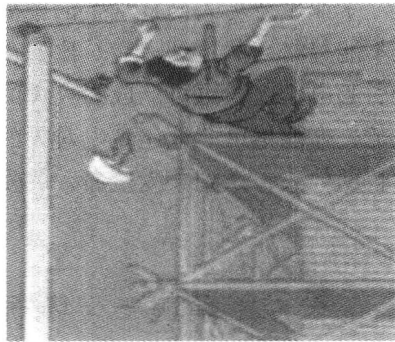


图 1-1-3 二次伤害

一般来说，触电对人体的伤害程度，与流过人体电流的频率、大小、通电时间的长短、电流流过人体的途径以及触电者本人的情况有关。

触电事故表明，频率为 50 ~ 100 Hz 的电流最危险，通过人体的电流超过 50 mA（工频）时，就会呼吸困难、肌肉痉挛、中枢神经遭受损害从而使心脏停止跳动以至死亡。电流流过大脑或心脏时，最容易造成死亡事故。

触电伤人的主要因素是电流，但电流值的大小又取决于作用到人体上的电压

和人体的电阻值。通常人体的电阻为 $800\ \Omega$ 至几万欧不等。通常规定 $36\ \text{V}$ 以下的电压为安全电压，对人体安全不构成威胁，如图 1-1-4 所示。

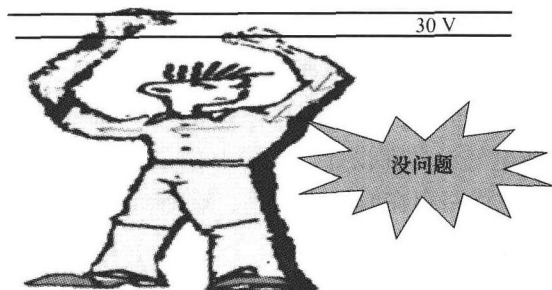


图 1-1-4

人们可根据用电场所的特点，采用不同的安全电压等级。我国安全电压标准规定的交流电安全电压等级主要分为以下几种：

(1) $36\ \text{V}$ （空载上限小于等于 $43\ \text{V}$ ），可在矿井、多导电粉尘等场所使用。

(2) $24\ \text{V}$ 、 $12\ \text{V}$ 、 $6\ \text{V}$ （空载上限分别小于或等于 $29\ \text{V}$ 、 $15\ \text{V}$ 、 $8\ \text{V}$ ），可供某些人体偶然触及的带电体的设备选用。在大型锅炉、金属容器内工作，为了确保人身安全一定要使用 $12\ \text{V}$ 或 $6\ \text{V}$ 的低压灯。

当电气设备采用 $24\ \text{V}$ 以上安全电压时，必须采取防止直接接触带电体的措施，且电路必须与大地绝缘。

安全电压是以人体允许电流与人体电阻的乘积为依据而确定的。国际电工委员会按允许电流 $30\ \text{mA}$ 和人体中的电阻值 $1700\ \Omega$ 来计算触电电压的限定值，即安全电压的上限值是 $50\ \text{V}$ （ $50\sim 500\ \text{Hz}$ 交流电有效值）。

2. 电气火灾危害

电气火灾通常造成设备损坏及人员伤亡事故，如图 1-1-5 所示。

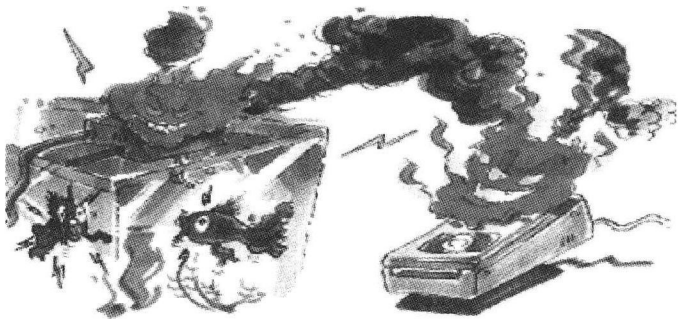


图 1-1-5

二、电气危害的主要原因

1. 电击触电产生的原因

电击触电产生的原因主要有以下几种：

(1) 没有采取必要的安全防护与技术措施，如漏电保护、接地保护、安全电压、等电位连接等；或安全防护与技术措施失效。

(2) 电气线路或电气设备在设计、安装上存在缺陷，或在运行中，缺乏必要的检修维护，使设备或线路存在漏电、过热、短路、接头松脱、短线碰壳、绝缘老化、绝缘击穿、绝缘损坏等隐患。

(3) 电火花和电弧：电气设备正常工作或操作过程中以及故障时产生的电火花、雷电产生的电弧、静电火花等。

(4) 电气设备运行管理不当，安全管理制度不完善。

(5) 操作人员违章作业或操作失误。

(6) 未按设备说明书或规程要求进行必要的检修维护。

(7) 没有设置警戒警示标志。

2. 电气火灾产生的原因

引起电气火灾通常有以下几个原因：

(1) 漏电

由于电气设备或线路的某一个地方因某种原因（风吹、雨打等）使其绝缘性能下降，导致线与线、线与外壳部分电流泄漏。泄漏的电流在流入大地途中，如果遇到电阻较大，会产生局部高温，致使附近的可燃物着火，引起火灾，如图 1-1-6 所示。

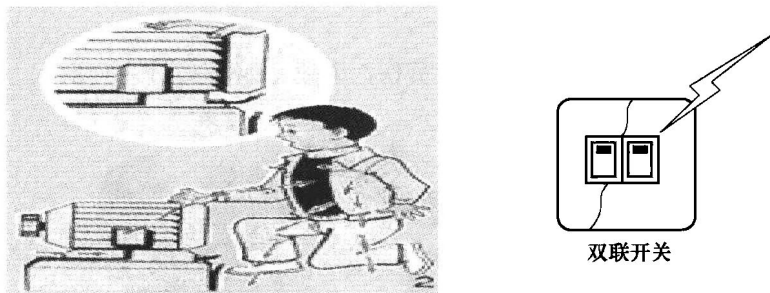


图 1-1-6 漏电

(2) 短路

电路中导线选择不当、绝缘老化和安装不当等，都会造成电路短路。发生短路时，其短路电流比正常电流大若干倍，由于电流的热效应，从而产生大量的热量，轻则降低绝缘层的使用寿命，重则引起火灾，如图 1-1-7 所示。

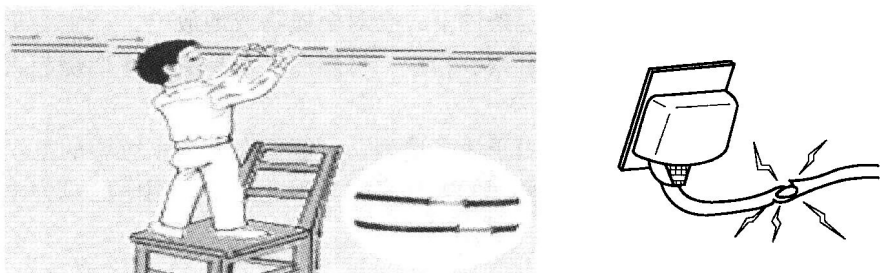


图 1-1-7 短路

(3) 过载

在实际应用中, 流过导线的电流大大超过允许值时, 就会导致导线过载, 产生高热。这些热量如果不能及时地散发掉就有可能使导线的绝缘层损坏, 引起火灾, 如图 1-1-8 所示。

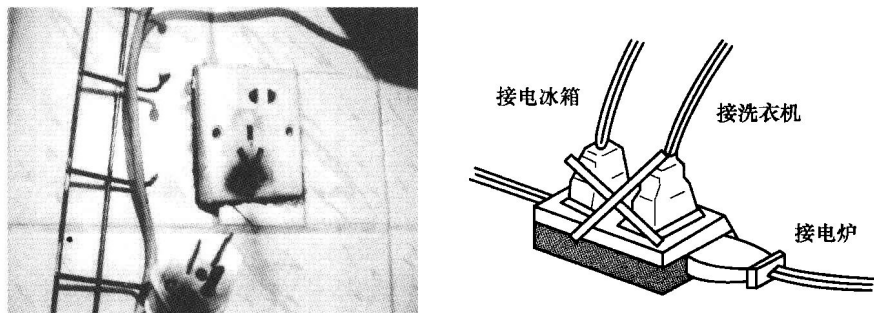


图 1-1-8 过载

(4) 烘烤

电热器具(如电炉、电熨斗等)、照明灯泡, 在正常通电的状态下, 就相当于一个火源或高温热源。当其安装不当或长期通电无人监护管理时, 就可能使附近的可燃物受高温而起火。

(5) 摩擦

发电机和电动机等旋转型电气设备, 若轴承出现润滑不良、干枯, 造成干磨发热或虽润滑正常, 但高速旋转时, 都可能会引起火灾。

(6) 雷电

雷电是在大气中产生的, 雷云是大气电荷的载体。雷云电位可达 1 万~10 万 kV, 雷电流可达 50 kA, 若以 0.000 01 s 的时间放电, 其放电能量约为 107 J, 这个能量约为使人致死或使易燃易爆物质点火能量的 100 万倍, 足可致人死亡或引起火灾。雷击是一种自然灾害。

(7) 静电

固体物质大面积的摩擦、固体物质粉碎搅拌、液化气体或压缩气体在管道中

流动等皆易产生静电。静电在一定条件下,会对金属物或地放电,产生有足够能量的强烈火花。此火花能使飞花麻絮、粉尘、可燃蒸气及易燃液体燃烧起火,甚至引起爆炸。

可见,在生活生产实践中,由于诸多原因,可能会在电气系统中的某个或某几个环节上出现漏洞,导致不同程度的电气事故。因此,安全用电已成为电气工程中一项首要要求。



模块二 触电的防护与急救



学习目标

1. 了解触电的形式。
2. 学会触电急救的方法。

一、触电方式

人体触电的方式有很多,常见的有单相触电、两相触电、跨步触电等。

(1) 单相触电:指人体某一部分碰到绝缘性能不好的电气外壳,电流由相线经人体流入大地的触电现象,这种现象也叫做机壳带电,如图1-2-1所示。

(2) 两相触电:指人体的不同部位分别接触同一电源两根不同相线,电流由一根相线进入另一根相线的触电现象,如图1-2-2所示。

(3) 跨步触电:指电气设备火线碰壳接地或带电导线直接接触地时,人体虽然没有接触带电体,但是跨步行走在电位分布曲线的范围内而造成的触电现象,如图1-2-3所示。

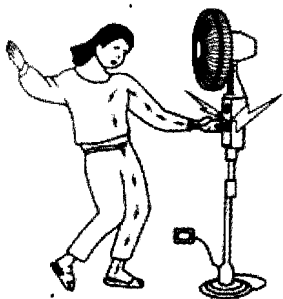


图1-2-1 机壳带电

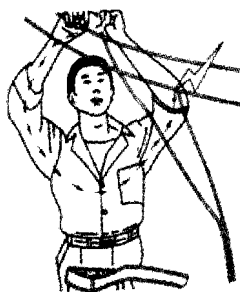


图1-2-2 双向触电

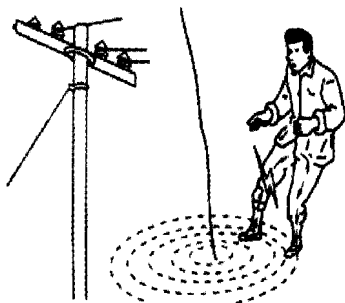


图1-2-3 跨步触电

二、触电防护

为防止发生触电事故,除应注意开关必须安装在火线上以及合理选择导线与熔丝外,还必须注意以下防护方法:

(1) 加强用电安全教育

加强用电安全教育和培训是提高电气工作人员的业务素质,加强安全意识的重要途径,也是对一般职工和实习学生进行安全用电教育的途径之一。

(2) 不要带电操作

电工应尽量不进行带电操作,特别是在危险的场所应禁止带电作业。若必须带电操作,应采取必要的安全措施,如有专人监护及采取相应的绝缘措施等。

(3) 正确安装用电设备

电气设备要根据说明和要求正确安装,不可马虎。带电部分必须有防护罩或放到不易接触到的高处,以防触电。

(4) 电气设备的保护接地

把电气设备的金属外壳用导线和埋在地中的接地装置连接起来,叫做保护接地,适用于中性点不接地的低压系统中。电气设备采用保护接地以后,即使外壳因绝缘不好而带电,这时工作人员碰到机壳就相当于人体和接地电阻并联,而人体的电阻远比接地电阻大,因此流过人体的电流就很微小,保证了人身安全。

(5) 电气设备的保护接零

保护接零就是在电源中性点接地的三相四线制中,把电气设备的金属外壳与中性线连接起来。这时,如果电气设备的绝缘损坏而碰壳,由于中性线的电阻很小,所以短路电流很大,立即使电路中的熔丝烧断,切断电源,从而消除触电危险。

(6) 使用漏电保护装置

漏电保护装置的作用主要是防止由漏电引起的触电事故和单相触电事故;其次是防止由漏电引起火灾事故以及监视或切除一相接地故障。有的漏电保护装置还能切除三相电动机的断相运行故障。

(7) 建立一套完善的安全检查制度

安全检查是发现设备缺陷、及时消除事故隐患的重要措施。安全检查一般应每季度进行一次,特别要加强雨季前和雨季中的安全检查。各种电器,尤其是移动式电器应建立定期检查制度,若发现安全隐患,应及时加以处理。

在日常生活中,要注意以下几点:

(1) 不用湿手摸、湿布擦灯具、开关等电器用具,照明灯具、开关、插头、插座、接线盒以及有关电器附件等必须完整无损,如图1-2-4所示。

(2) 晒衣铁架要与输电线路保持安全距离,不要将晒衣架搁在电线上,如图1-2-5所示。



图 1-2-4

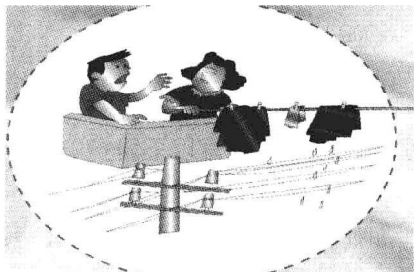


图 1-2-5

(3) 搬动家用电器时, 应先切断电源, 如图 1-2-6 所示。

(4) 发现电线断落在地上, 不能直接用手去拣, 如图 1-2-7 所示。

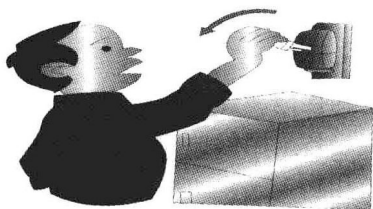


图 1-2-6



图 1-2-7

(5) 高压导线断落在地上时, 应该派人看守, 不要让人、车靠近, 应远离其 8 米以外, 并赶快通知电工或供电部门来处理, 如图 1-2-8 所示。



图 1-2-8

三、触电急救

一旦发现触电的人员, 要及时正确地实施触电急救。

(1) 使触电者迅速脱离电源

可根据具体情况, 选用以下几种方法:

① 如果开关或插头在附近, 应立即拉闸刀开关或拔去电源插头, 不能直接

拉触电者，如图 1-2-9 所示。

② 可用竹竿、木棒等绝缘物挑开电线，也可戴上绝缘手套或用干燥的衣物包在手上，再使触电者脱离带电体，如图 1-2-10 所示。

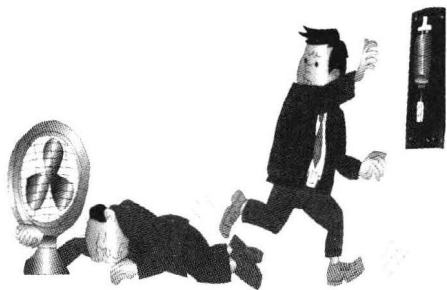


图 1-2-9



图 1-2-10

③ 救护人可站在绝缘垫或干燥的木板上，帮助触电者脱离带电体，此时尽量用一只手进行操作，这样做对救护人比较安全，如图 1-2-11 所示。

④ 可直接抓住触电者干燥而不贴身的衣服拖离带电体，但要注意此时不能碰到金属和触电者裸露的身躯，如图 1-2-12 所示。



图 1-2-11

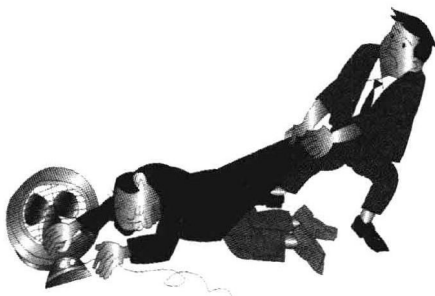


图 1-2-12

在使触电人脱离电源时应注意以下几点：

① 救护人不得采用金属和其他潮湿的物品作为救护工具。

② 在未采取绝缘措施前，救护人不得直接接触触电者的皮肤、潮湿的衣服及鞋。

③ 当触电人在高处时，应采取预防措施预防触电人在脱离电源时从高处坠落摔伤或摔死。

④ 夜间发生触电事故时，在切断电源的同时也会失去照明电路，应考虑切断电源后的临时照明，如使用应急灯等，以利于救护。

(2) 将触电者脱离电源后，应立即将其移到通风处，并使其仰卧；在打电话叫急救车的同时，迅速鉴定触电者是否有心跳、呼吸，并及时进行对症抢救。

① 若触电者神志清醒，但感到全身无力、四肢发麻、心悸、出冷汗、恶心，

或一度昏迷，但未失去知觉，应将触电者抬到空气新鲜、通风良好的地方舒适地躺下休息，让其慢慢地恢复正常。要时刻注意保温和观察，间隔 5 秒钟轻呼伤员或轻拍肩部（但禁止摇晃头部）。若发现触电者呼吸与心跳不规则，应立刻设法抢救。

② 触电者呼吸停止但有心跳，应用口对口人工呼吸法抢救。

在做人工呼吸之前，首先要检查触电者口腔内有无异物、呼吸道是否堵塞，特别要注意清理喉头部分有无痰堵塞；其次，要解开触电者身上妨碍呼吸的衣裤，且维持好现场秩序。主要方法：

a. 将触电者仰卧，并使其头部充分后仰，一般应用一手托在其颈后，使其鼻孔朝上，以利于呼吸道畅通，但头下不得垫枕头，同时将其衣扣解开，如图 1-2-13 所示。

b. 救护人在触电者头部的侧面，用一只手捏紧其鼻孔，另一只手的拇指和食指掰开其嘴巴，准备向嘴吹气，如图 1-2-14 所示。

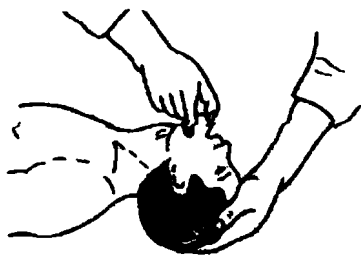


图 1-2-13 身体仰卧，头部后仰



图 1-2-14 捏鼻掰嘴准备进行

c. 救护人深吸一口气，紧贴掰开的嘴巴向内吹气，也可搁一层纱布。吹气时要用力并使其胸部膨胀，一般应每 5 秒钟吹一次，每次吹 2 秒钟，放松 3 秒钟。对儿童可小口吹气。向鼻吹气与向口吹气相同，如图 1-2-15 所示。

d. 吹气后应立即离开其口或鼻，并松开触电者的鼻孔或嘴巴，让其自动呼气，如图 1-2-16 所示。

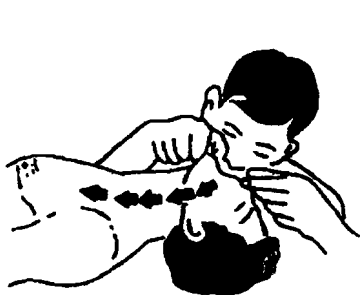


图 1-2-15 紧贴吹气

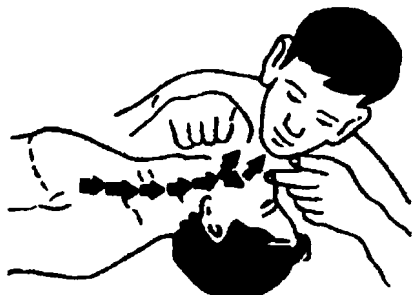


图 1-2-16 放松换气

e. 在实行口对口（鼻）人工呼吸时，当发现触电者胃部充气膨胀，应用手