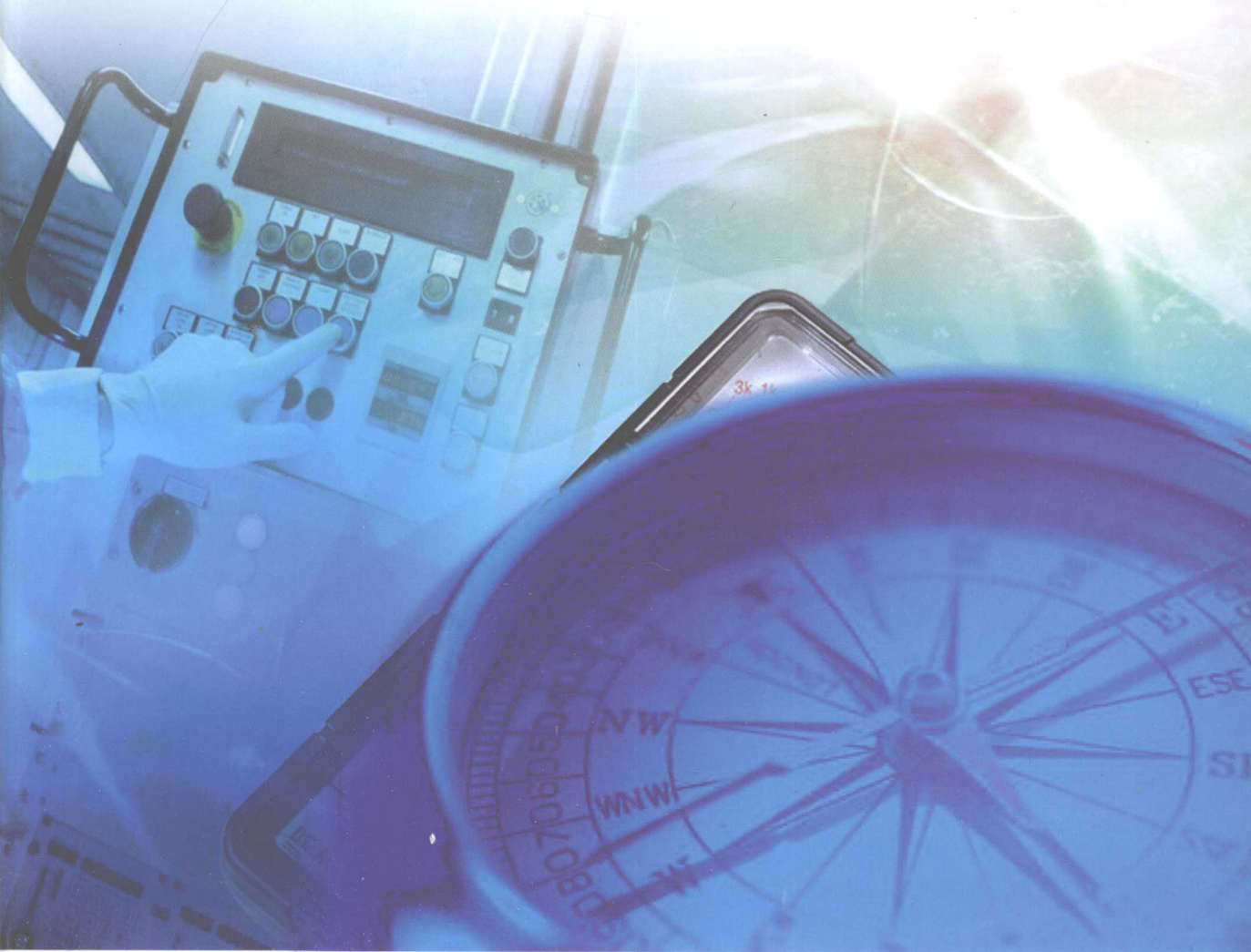




21世纪电工电子应用专业规划教材
全国高等职业教育教材编委会专家审定

电工技能与实训

周万平 王辉 主编



天津科学技术出版社

21 世纪电工电子应用专业规划教材
全国高等职业教育教材编委会专家审定

电工技能与实训

主 编 周万平 王 辉
副主编 章朝业 孙宜潮



天津科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工技能与实训/周万平,王辉主编. - 天津:天津科学技术出版社,2009.1
ISBN 978-7-5308-4805-0

I. 电… II. ①周…②王… III. 电子技术-高等学校: 技术学校-教材 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 200642 号

责任编辑:孟祥刚 王 璐

责任印制:王 莹

天津科学技术出版社出版

出版人:胡振泰

天津市西康路 35 号 邮编 300051

电话(022)23332403(编辑室) 23332393(发行部)

网址:www.tjkjcs.com.cn

新华书店经销

北京市朝阳区小红门印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 16.75 字数 399 000

2009 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

定价:26.00 元

编 委 会

主 编	周万平	王 辉		
副主编	覃朝业	孙宜潮		
编 委	罗宋贤	梁启成	韦振墨	张 旭
	蒋双喜	曹忠凡	覃兴严	罗爱芳
	樊峭松	梁修但	梁 君	

前 言

本书根据教育部最近颁发的职业院校电子电器应用与维修专业电工技能与实训教学基本要求编写,着重应用技术的传授和动手能力的培养,突出电工技能实训操作,培养读者在实践中分析和解决问题的能力。本书编写中力求突出如下特色:

1. 突出能力本位,注重工艺要求,以动手能力、思维能力和创新能力的培养为主线;
2. 扩大教材覆盖面,使其符合中专、职高、技校、成人中专的教学实际,并注意在突出强电技能的同时,适当兼顾弱电;
3. 采用模块式结构,全书分为基础模块和选用模块(用*表示),其中,选用模块可供不同学校选用,以增加教材弹性;
4. 与基础理论课电工基础有机配合,互相衔接,力求同步开设,以适应双轨道模块式教学计划的要求;
5. 本教材在电工技能的选择上,注意把握“必需”和“够用”这两个原则。在有限的学时内,精选教学内容,为后续课程的学习和增强职业技能及适应职业变化打下坚实的基础。

本书由周万平、王辉主编,覃朝业、孙宜潮担任副主编,在编写过程中,编者参阅了大量的相关专业书籍和资料,在此向各位编委表示衷心的感谢。

本书适合大中专院校、高等职业院校、技工学校、职校以及各类电工技能培训作教材使用。
本书疏漏之处恳请广大读者批评指正。

编 者
2009 年 3 月

目 录

第一章 安全用电与触电急救技能	1
第一节 触电及预防	1
第二节 触电急救	4
第三节 防电火灾和防雷	7
第四节 节约用电	10
思考与练习一	11
第二章 常用电工材料	12
第一节 常用电导材料	12
第二节 绝缘材料	13
第三节 磁性材料	14
思考与练习二	15
实训一 常用电工材料的识别	15
第三章 电工基本操作工艺	17
第一节 常用电工工具	17
第二节 常用导线的连接	22
第三节 常用焊接工艺	30
第四节 电气设备紧固件的埋设	38
第五节 电工识图常识	41
思考与练习三	47
实训二 常用导线的识别与连接	47
实训三 电烙铁钎焊工艺	48
第四章 电气照明与内线工程	51
第一节 电气照明的基本知识	51
第二节 白炽灯的安装与维修	53
第三节 荧光灯的安装与维修	57
* 第四节 其他常用电光源的安装	65
第五节 配电板的安装	69
第六节 内线安装的基本知识	76
第七节 管道配线	78
第八节 家庭配电线路及器材选用的估算	83
思考与练习四	86
实训四 照明电路的安装与维修	87

第五章 常用电工仪表	90
第一节 电工仪表的基本知识	90
第二节 电流表与电压表	93
第三节 万用表	96
第四节 兆欧表	104
* 第五节 接地电阻测定仪	106
* 第六节 直流电桥	107
思考与练习五	109
实训五 电流表与电压表的使用	110
实训六 万用表的使用	111
* 实训七 接地电阻测定仪的使用	115
* 实训八 直流电桥的使用	115
第六章 变 压 器	116
第一节 变压器的构造与分类	116
第二节 小型变压器的简单测试	118
第三节 变压器绕组的同极性端	120
第四节 其他常用变压器	122
第五节 变压器的修理	126
思考与练习六	126
实训九 小型变压器的测试	127
第七章 三相异步电动机	130
第一节 三相笼型异步电动机的结构与铭牌	130
第二节 三相笼型异步电动机的拆卸与组装	133
第三节 三相笼型异步电动机的选用、运行与维护	137
第四节 三相笼型异步电动机的检测	140
* 第五节 三相笼型异步电动机典型故障的排除	142
第六节 三相绕组转子异步电动机	151
思考与练习七	152
实训十 三相笼型异步电动机的拆装、巡视与维护	153
* 实训十一 三相笼型异步电动机典型故障的排除	156
第八章 单相电容式异步电动机	160
第一节 台扇电动机与吊扇电动机	160
第二节 洗衣机电动机	167
第三节 电冰箱、空调器用压缩机电动机	170
第四节 单相电容式异步电动机典型故障的排除	173
思考与练习八	175
实训十二 单相电容式电动机典型故障的排除	175
* 实训十三 单相电容式电动机绕组的拆换	176

第九章 常用低压电器	178
第一节 常用开关类电器	178
第二节 低压熔断器	182
第三节 交流接触器	185
第四节 常用继电器	187
第五节 常用起动器	191
第六节 主令电器	194
第七节 低压电器常见故障的检查与排除	197
思考与练习九	200
实训十四 常用低压电器的拆装与维修	200
第十章 电动机的控制	203
第一节 三相电动机全压起动控制电路	203
第二节 三相电动机降压起动控制电路	210
第三节 三相电动机制动控制电路	215
* 第四节 三相电动机调速控制电路	220
第五节 电动葫芦控制电路	224
第六节 单相电动机的控制电路	225
第七节 三相绕组转子电动机的起动控制电路	227
第八节 CA6140 型车床电气控制电路	231
* 第九节 X62W 型万能铣床控制电路	232
思考与练习十	240
实训十五 三相电动机单向运转控制电路的接线与维修	241
实训十六 三相电动机可逆运转控制电路的接线与维修	242
实训十七 三相电动机 Y- Δ 降压起动控制电路的接线与维修	243
实训十八 单相电动机控制电路的接线	244
* 实训十九 三相电动机反接制动控制电路的接线	246
实训二十 用行程开关控制的三相电动机	247
附 录	249
电工识图有关符号和代号	249

第一章

安全用电与触电急救技能

随着我国社会主义经济体制改革的不断深入和社会主义市场经济制度的不断向前推进，我国国民经济呈现出高速稳定的发展态势。与此同时，电的应用也越来越广泛。电，一方面造福人类，给人类的生产和生活带来很大方便；另一方面，又对人类构成威胁。在用电过程中，必须特别注意用电安全，如果稍有麻痹或疏忽，就可能造成严重的人身触电事故或者引起火灾和爆炸。

第一节 触电及预防

人体是导体，能通过电流。当有电流流过人体时，将会对人体造成损伤。触电的方式不同，对人的伤害结果也就不同。

一、触电的类型

人体触电是指人体某些部位接触带电物体，并有电流流过人体的过程。根据人体接触带电体的具体情况，对三相四线制交流电路而言，有三种触电形式，分别称为单相触电、双相触电和跨步触电，如图 1.1 所示。其中单相触电在用电中发生得最多。

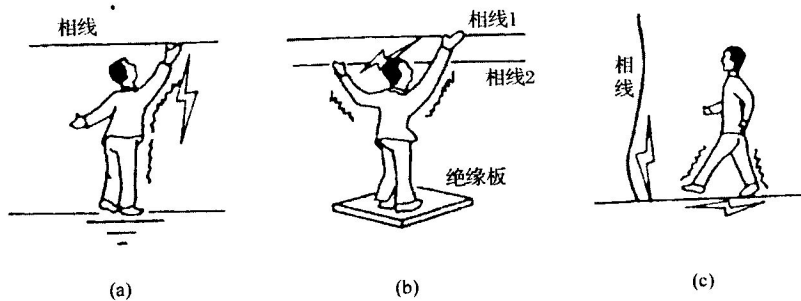


图 1-1 常见触电类型

(a) 单相触电 (b) 双相触电 (c) 跨步触电

二、触电的常见原因

相线与人身接触，电流通过人的身体流入零线或大地，称为单相触电。其常见原因有：

(1) 用电器具与相线相接的金属部件因绝缘损坏或保护装置脱落、失效等原因而裸露在

外，使人无意中与之接触而造成触电，如图 1.2 (a) 所示。

(2) 因电器绝缘水平下降或损坏造成漏电，在人体与之接触时造成触电，如图 1.2 (b) 所示。

(3) 由于接线错误或不当，使电器的金属外壳或人体可能触及的部分带电，在人体接触时造成触电，如图 1.2 (c) 和 (d) 所示。

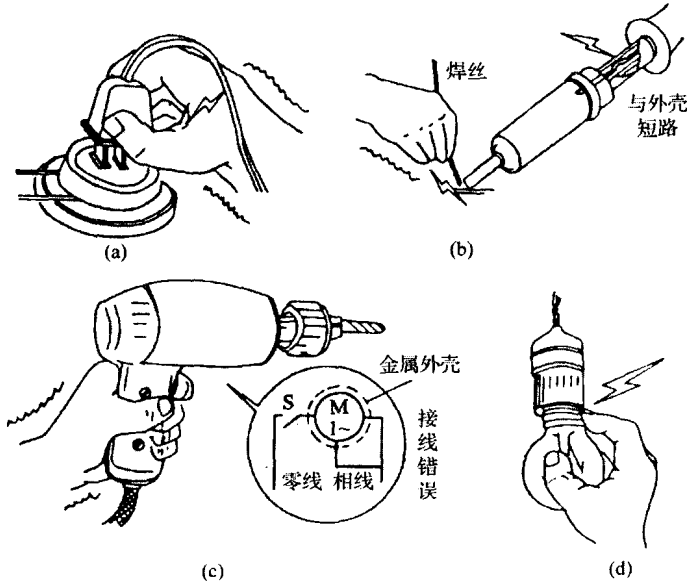


图 1-2 单相触电实例示意图

(a) 绝缘损坏使相线外露 (b) 电器漏电
(c) 接线不当使外壳带电 (d) 相线接在螺口上

三、电对人体的伤害

当人体触电，电流通过身体的某些部位时，会对其产生多方面的生理和病理伤害。伤害分为电击和电伤两种类型。其中电击是由于电流通过人体内部而造成的内部器官在生理上的反应和病变，如刺痛、灼热感、痉挛、麻痹、昏迷、心室颤动或停跳、呼吸困难或停止等现象；电伤则是电流对人体造成的外伤，如电灼伤、电烙印以及皮肤金属化等。触电对人体的伤害与通过人体的电流大小、时间长短、通过路径及触电者的身体状况等有关。简单地讲，电流越大，时间越长，伤害就越严重；电流若通过心脏、肺部、脊髓及脑部等重要器官时，伤害最为严重；体弱者比体强者严重。

我国规定的安全电压的范围是 36V、24V、12V 以下。电流的安全范围是 50 ~ 60 Hz 的交流电 10 mA 以下直流电 50mA 以下。大小不同的电流、电压对人体的作用如表 1-1、表 1-2 所示。

表 1-1 电流对人体的作用

电流/mA	50Hz 交流电表现特征	直流电表现特征
0.6 ~ 1.5	手指开始感觉麻	没有感觉
2 ~ 3	手指感觉强烈麻	没有感觉
5 ~ 7	手指感觉肌肉痉挛	感到灼热和刺痛
8 ~ 10	手指关节与手掌感觉痛, 手已难以脱离电源, 但仍能摆脱电源	灼热增加
20 ~ 25	手指感觉剧痛, 迅速麻痹, 不能摆脱电源, 呼吸困难	手的肌肉开始痉挛
50 ~ 80	呼吸麻痹, 心房开始震颤	强烈灼痛, 手的肌肉痉挛, 呼吸困难
90 ~ 100	呼吸麻痹, 持续三分钟或更长时间后心脏麻痹或心房停止跳动	呼吸麻痹

表 1-2 电压对人体的作用

接触时的情况		接近时的情况	
电压/V	对人体的影响	电压/kV	可接近的最小安全距离/cm
10	全身在水中时, 跨步电压界限为 10V/m	3	15
20	为湿手的安全界限	6	15
30	为干燥手的安全界限	10	20
30	对人的生命没有危险的界限	20	30
100 ~ 200	危险性急剧增大	30	45
> 200	人的生命发生危险	60	75
> 3000	被带电体吸引	100	115
> 10000	有被弹开而脱险的可能	14	160
		270	300

四、防止触电的措施

漏电保护开关因一般所用是单相电, 所以主要是防止单相触电。常用的防止触电措施如下:

(1) 安装有效的漏电保护开关。漏电保护开关如图 1-3 所示。

(2) 选用质量可靠的电器开关、导线、绝缘材料等。

(3) 安装和维修电路及电器时, 要断开电源, 并用验电笔检验确实无电后才可进行。必要时, 可在断开的电源开关处留人值守或安放“有人工作, 禁止合闸”的标牌。操作人员应踩在木板或木凳等绝缘物上或穿好绝缘鞋。



图 1-3 漏电保护开关

(4) 电器的安装接线等应严格按照要求进行。

(5) 日常发现有外壳或绝缘损坏的电器时，应尽快给予修理或更换。

(6) 擦洗或更换电器元件（如灯泡、灯管）时，应断开电源。从插座上拿下插头时，应用手捏住插头垂直拔下，不应应用拉插头导线的方法。

(7) 严禁乱拉临时线。如必须使用临时线时，应采取防止受损或漏电的保护措施。

(8) 对洗衣机、电风扇、电灶具、电热器具等家用电器，应接好地线，防止漏电伤人。

(9) 当有与电路连接的落地导线时，不要上前拾捡，并不应走近，而应断开电源开关，将其拉开。

(10) 当发现有人已触电并未脱离电源线时，严禁用手去拉或触及触电者，而应用下节介绍的方法进行抢救。

第二节 触电急救

在使用电的过程中，一旦发生触电事故，使触电者尽快脱离电源是抢救触电者最重要的环节之一，此时时间就是生命。触电急救方法有很多种，应根据现场的具体情况而定。其中很重要的一点是要求抢救人员头脑冷静，手忙脚乱可能适得其反。

一、使触电者尽快脱离危险的方法

(1) 拉闸断电 拉开控制电源的开关或拔下熔断器盖，使电路中断，如图 1-4 (a) 所示。

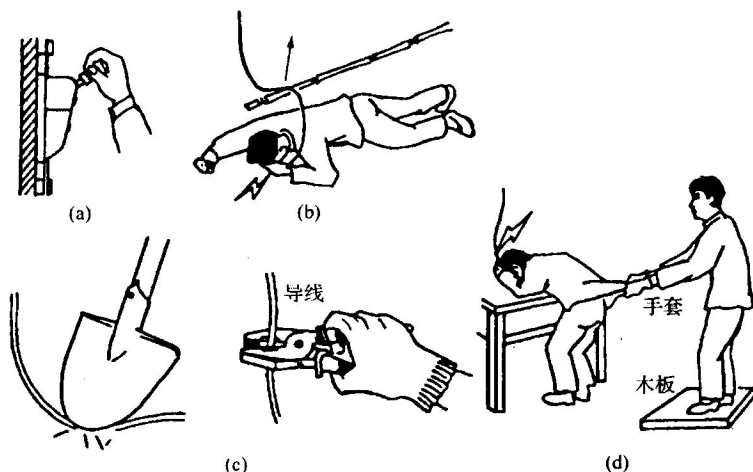


图 1-4 几种使触电者脱离电源的方法

(a) 拉闸断电 (b) 跳线断电 (c) 断线断电 (d) 移人脱离电源

(2) 挑线断电 用木棒或其他绝缘工具挑电源线,使其离开触电者,如图1-4(b)所示。

(3) 断线断电 用带绝缘柄套的钢丝钳、木柄刀、镐、锹等工具掐断或砍断压在或绕在触电者身上不易用其他方法轻易拿脱的电源线,如图1-4(c)所示。

(4) 移动人体脱离电源 救援人员对地绝缘或穿戴好绝缘用品(绝缘手套和绝缘鞋等)去拉触电者使其脱离电源,如图1-4(d)所示。

二、现场急救方法

使触电者脱离电源后,应尽快就地抢救,不应消极地等待医生,而应在抢救的同时派人去请医生或拨打急救电话“120”或“110”,如图1-5所示,并做好送触电者去医院的准备工作。现场抢救人员应熟悉如下抢救知识。

(一) 触电者未失去知觉的抢救措施

触电者神志尚清醒,只是心悸、头晕、出冷汗、恶心、呕吐、四肢发麻或全身无力,甚至虽一度昏迷但未失去知觉,应让其在通风处静卧休息,同时派人去请医生或准备去医院的用具,发现病情恶化时,尽快送医院急救。

(二) 对失去知觉但心肺仍工作的触电者的抢救措施

应使其平卧,解开衣服以利呼吸,同时与医院联系并做好去医院的准备,在必要时尽快送医院抢救。在此期间应随时观察其心跳及呼吸的情况。



图1-5 拨打急救电话

(三) 人工呼吸操作方法及注意事项

对呼吸停止的触电者,可采用人工呼吸的方法使其恢复。人工呼吸是一项用途广泛的急救方法,掌握好此项技能十分有用。

人工呼吸的方法有多种,其中最简单易行又效果好的是口对口人工呼吸法。其操作步骤及注意事项如下:

(1) 将触电者口腔中杂物清除干净后,使其仰卧并将头后仰,解开衣扣,裤带和紧身衣,使其呼吸通畅,如图1-6(a)所示。

(2) 救护人员位于触电者头部一侧。用一只手捏紧其鼻孔,保持不漏气;另一只手将其下颌拉向身体一方,使其口张开,如图1-6(b)所示。

(3) 救护人员深吸一口气后,用嘴紧贴触电者的嘴,向其大口吹气,为时约2s,如图1-6(c)所示。

(4) 吹气完毕,立即离开触电者的嘴,并松开捏紧的鼻孔,让触电者靠其自身脑部和肺部的压力,自动呼吸约3s。同时应注意倾听其呼气声,观察有无气道梗阻现象,如图1-6(d)所示。

(5) 按上述过程不断反复进行,每分钟12~16次,直至触电者能开始自行呼吸时为止。

如遇触电者牙关紧闭,不能使其口张开时,可采用将其嘴封闭,由鼻吹气的方法,即口对鼻法。

(四) 体外心脏按压操作方法及注意事项

对心脏停止跳动者,应采用体外心脏按压法使其恢复跳动。其操作步骤及注意事项如下:

(1) 对触电者按上述口对口呼吸法进行安置和处理。

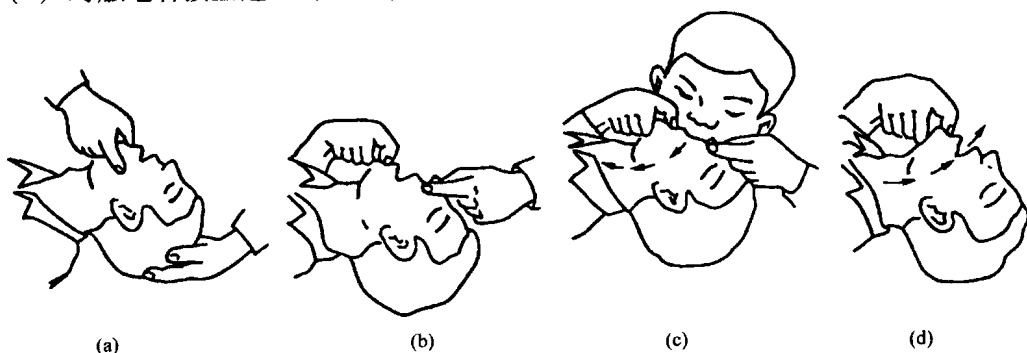


图 1-6 口对口人工呼吸操作过程

(a) 仰卧头后仰 (b) 捏鼻开口 (c) 口对口吹气 (d) 自行呼气

(2) 确定按压部位。用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。右手两手指并拢，中指放在切迹中点（剑突底部），食指平放在胸骨下部，另一只手的掌根紧挨右手食指上缘置于胸骨上。此时，右手掌根所压部位即正确按压位置，如图 1-7 所示。

(3) 救护者立式或跪式位于触电者一侧，两肩位于触电者胸骨正上方，两臂伸直，肘关节固定不屈，两手掌根如图 1-8 (a) 所示，手指翘起不触及触电者胸壁。

(4) 以髋关节为支点，利用上身的重力，通过两臂和手掌根加在压于触电者胸部的压点上，如图 1-8 (b) 所示。

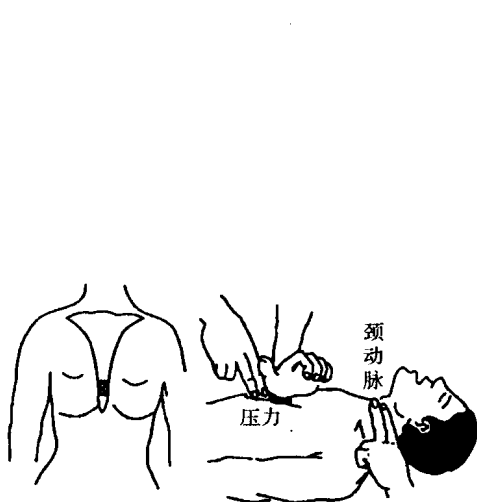


图 1-7 确定按压部位颈动脉位置

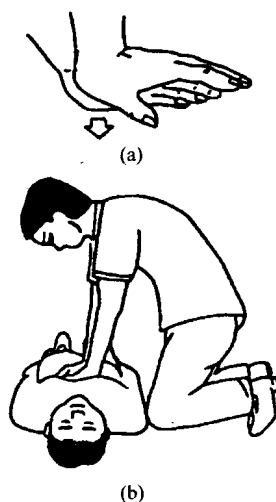


图 1-8 按压式及操作方法

(a) 两手叠放姿势 (b) 按压用力姿势及要求

触电者为正常成人时，应压陷 30 ~ 50 mm，若为瘦弱者或儿童，压力应酌减。

(5) 压到要求程度后,应立即提上身,带动手掌上提(但不要离开触电者胸膛),使触电者胸膛恢复原状。

(6) 以每分钟 60 次的频率均匀地压放,若触电者颈动脉跳动(颈动脉位置见图 1.7),则按压有效。重复上述操作,直至触电者心跳恢复为止。

(五) 对心跳及呼吸均停止者的抢救方法

对心跳和呼吸均已停止的触电者,应同时对其进行人工呼吸和体外心脏按压。其操作方法如下:

(1) 单人救护时,以每按压心脏 15 次后,吹气 2 次的周期循环进行。

(2) 双人救护时,以一人按压 15 次后,再由另一人吹气 1 次的周期循环进行。

(六) 现场抢救的其他要求

(1) 在抢救过程中,要每隔数分钟,用看、听、试的方法判定一次触电者的呼吸和心跳情况。每次判定时间不得超过 5s。

(2) 在医务人员未来接替抢救之前,现场抢救人员不得随意放弃抢救,也不要随意转移触电者。

(3) 应慎用药物。一般不应用药,若用,则必须由医生决定。

第三节 防电火灾和防雷

在用电中,除了前面所述的防止触电事故外,还有两个很重要的注意事项是防用电引起的火灾和雷击事故。

一、防用电引起的火灾

(一) 发生电火灾的原因

(1) 线路或电器因老化、失修、故障等原因,出现相线与零线或相线与地短路(或接近短路),使线路或用电器内部出现很大的电流,若此时熔断器或过载保护开关使用的熔体过粗(甚至使用了铜丝等)或选用容量过大而未动作,则时间略长就会使线路或用电器过热,最终引燃电线的外层绝缘或相邻的可燃物起火。

(2) 线路或用电器因绝缘损伤或所处场所过于潮湿等原因,造成线路或用电器出现较大的漏电电流,若此时漏电保护开关等不起作用,则会因过热而引起火灾。

(3) 线路所接用电器的容量超过允许值过多,使线路大量发热,引起火灾。

(4) 电源电压过高使电路电流较大,或电源电压过低使电动机类电器长时间处于低速运行,甚至于不能起动升速,此时这些电器所需电流也会很大,最终因线路或电机过热而引起着火。

(5) 由于大意或失误,将一些通电工作的电热器具(如电烙铁、电熨斗、电炉等)放在了可燃物上或其附近,在无人看护时,能很快将这些可燃物烤热,最后引燃,发生火灾。这种情况在家庭火灾中发生的次数最多,如图 1-9 所示。

(二) 扑灭电火灾的办法和注意事项

如发现因用电产生的火灾后,应保持清醒的头脑,不要慌乱,要冷静地根据现场情况采取适当的处理措施。

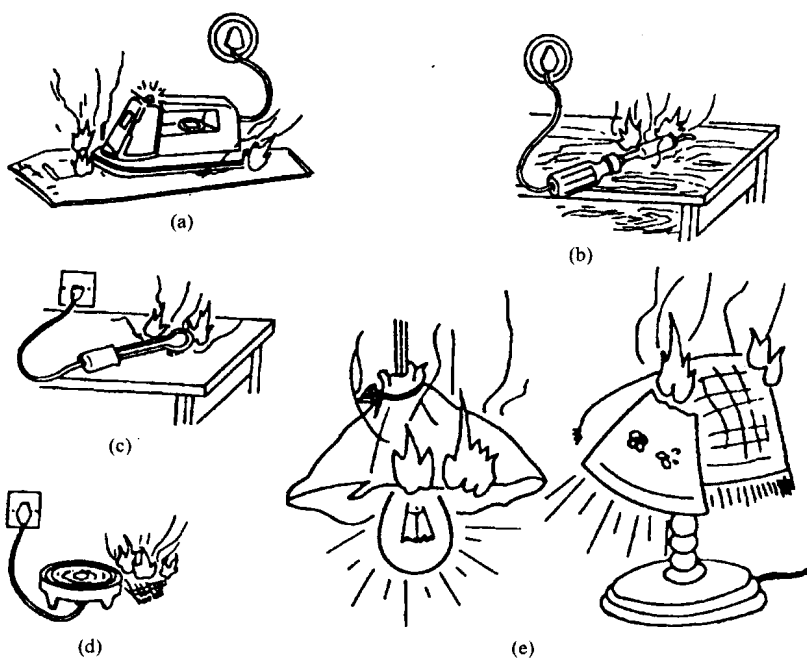


图 1-9 由电热器具引燃周围可燃物示例

(a) 电熨斗 (b) 电烙铁 (c) 电热水器 (d) 电炉 (e) 电灯

(1) 首先尽快断开着火点电路或用电器的电源，可采用拔插销、拉开关、断电线、拔保险等多种可行的方法。但应注意，若不是整个房间都已着火，则应尽可能只断开着火点的电源，否则将失去所有的照明而影响扑灭火灾工作的顺利进行，这一点在夜里尤为重要，如图 1-10 (a) 所示。

(2) 对于局部的小火，在断电后，可使用湿毛巾（布）扑盖等方法使其熄灭，如图 1-10 (b) 所示。对高处的着火点，有条件时，可用非液体的灭火器（如干粉灭火器），也可将沙土扬到着火点将其压灭，如图 1-10 (c) 所示。

(3) 除非能够确认所能触及的所有线路均已断电，并且因条件所限或火势过大过猛用上述方法已无法控制，才能考虑使用水来熄灭火灾。否则将因水能导电而将电引向灭火者，使其触电，或加大电的短路范围，可能使火灾扩大。另外，很多电器会因进水而彻底损坏，造成更大的经济损失，如图 1-10 (d) 所示。

对自己不能扑灭的火灾，应尽快拨打“119”向消防部门报警。

二、防雷

自然界雷电威力之大，是现今人类不可抗拒的，它可劈开一棵大树，击倒一座高塔，使人瞬间丧命……

由于输电线路需要高架，且电线、用电设备都是导体，这就好像给雷电制造了方便的通路，使雷电事故更容易发生。

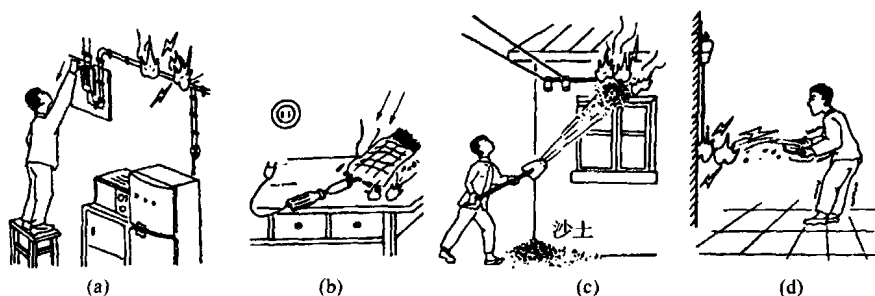


图 1-10 扑灭电火灾的办法和注意事项

- (a) 断开着火点电源 (b) 用湿毛巾(布)扑盖小火
(c) 用沙土灭火 (d) 在电路有电时用水灭火可使灭火者触电

解决这种雷电事故的最有效的办法是安装避雷设备。避雷针是避雷设备中简单而实用的一种。

(一) 避雷针的制作

由于我国有广大的农村地区，现以农村自行架设电视户外天线的防雷问题为例，介绍避雷针的制作。为了收到质量较高的电视信号，通常都将天线架得很高。由于对大地放电的雷电一般要选择地面上最高的导电物作为通路，所以高架的电视天线最易遭受雷击或把雷电引入室内，使电视机烧毁，严重时还可能引发火灾或人员损伤。因此必须安装避雷针，具体安装方法如下所述。

在天线杆上端竖立固定一根金属棒，直径不应小于 10mm，高出电视天线 1m 以上，其顶端磨成尖或圆形。

在天线杆根部附近埋置一个地线。可用长 2.5m，直径为 50mm 的钢管或 5 号 (50mm × 50mm × 5mm) 角钢，竖直插入土中，其顶端在地面 0.6m 以下，并在 5m 远处再插入 1 根，或在两旁各 5m 处分别插入 1 根 (3 根插入点在一条直线上)，然后将各角钢上端与直径不小于 8mm 的钢筋用电焊或气焊焊好连接在一起。

用直径 6mm 的钢筋或截面不小于 6mm² 的铜导线，将天线杆顶端的金属棒与地线连接起来，接点应牢固，最好用电焊或气焊。将上述导线固定在天线杆上。引接线应与电视天线保持一定的绝缘距离。

当地线埋设点的土壤比较干燥时，可浇入一些食盐水增加导电能力。

为防止地线焊点处氧化断裂，可在焊点处涂一层沥青使其与空气和水分隔离。地面以上连线和顶端金属棒可涂漆保护。

自制避雷针及连接方式如图 1-11 所示。

(二) 其他防雷方法

不管有没有避雷针，在强烈的雷雨发生时，都不要使用电视机，以避免雷电经天线进入电视机使其损坏。对使用室外天线的用户，应设置一个双向刀开关，其中心接线端接电视天线，两端分别接电视机和地线，如图 1-12 所示。有雷雨时，将开关合在地线端，这样，一旦雷电由天线引下时，可通过该开关流入大地，使电视机免遭损坏。