

全国中等职业学校骨干教师推荐教材
根据教育部最新教学指导方案编写

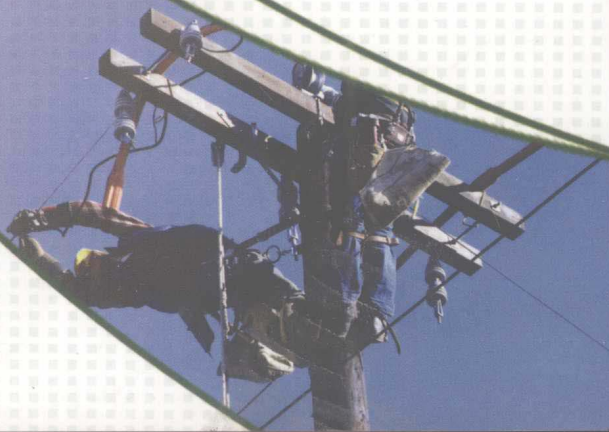
➡ 郭建斌 袁 清 杨明辉 主编

电工技术与技能训练

DIANGONG JISHU YU JINENG XUNLIAN



电子科技大学出版社



电工技术与技能训练

(按姓氏笔画为序)

主 编	郭建斌	袁 清	杨明辉	
副主编	马 庆	邓容超	伦洪山	张新惠
	姚先知	唐立新	唐 原	晋良军
编 委	万建民	王永林	孙秀云	朱红卫
	何建军	张 英	张 荣	张 原
	张 弛	张 扬	张理文	李丛林
	李如硕	陈宏满	陈建平	查克玮
	赵孝阳	赵鲁敬	钟建熙	钟建熙
	郭 军	郭安华	康景献	蒋国银

电子科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工技术与技能训练 / 郭建斌, 袁清, 杨明辉主编.

—成都: 电子科技大学出版社, 2008.8

ISBN 978-7-81114-939-5

I. 电… II. ①郭… ②袁… III. 电工技术—专业学校—教材 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 130906 号

电工技术与技能训练

郭建斌 袁 清 杨明辉 主编

出 版: 电子科技大学出版社 (成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)

策划编辑: 张 鹏 李小锐

责任编辑: 张 鹏

主 页: www.uestcp.com.cn

电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn

发 行: 电子科技大学出版社发行部

印 刷: 四川经纬印务有限责任公司

成品尺寸: 185mm×260mm 印张 10 字数 153 千字

版 次: 2008 年 8 月第一版

印 次: 2008 年 8 月第一次印刷

书 号: ISBN 978-7-81114-939-5

定 价: 18.00 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

- ◆ 本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购电话: 028-83208003。
- ◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。
- ◆ 课件下载在我社主页“下载专区”。

前 言

本书在编写过程中，力求反映现代电工技术的发展，体现中等职业学校教学的特点和学生的实际需要，满足中等职业学校强化学生“双证制”考核的要求，本书具有如下三个方面的编写特点：

一、突出教材的实用性

在保证必要的基础技能训练和教材体系的基础上，不超过大纲的前提下，增加了新技术、新工艺、新材料的教学和训练，摒弃过去教科书中较陈旧的知识 and 工艺内容。

二、紧扣国家中级电工技能鉴定标准，进一步适合“双证制”考试

在知识、技能要求的深度和广度上，以国家技能鉴定中心颁发的中级电工技能鉴定要求为依据。在内容安排上，按由浅入深、由易到难、由初级到中级的顺序进行讲授和训练。

三、动手能力与规范化操作的培养

编写过程中，没有冗余的理论讲解，强调理论知识“实用、够用”的原则。重点章节安排了大量技能训练内容，各学校在保证不降低训练要求的前提下，可根据自身的实训条件安排技能训练。还可利用生产实习增强本课程的技能操作训练。

本教材是在全国优秀骨干教师电子科技大学培训点的组织下，由全国各地中等职业学校教学第一线的专业骨干教师编写。可供中等职业学校电类和非电类专业学生使用，也可作为培训教材。

由于编者水平有限，加之时间较紧，不足之处在所难免，恳请读者提出宝贵意见，以便下一次修改。

编 者

2008 年 8 月

目 录

第一章 安全用电常识	1
第一节 人体触电的方式	1
第二节 电流对人体的伤害	3
第三节 安全电流与电压	4
第四节 触电原因及预防措施	4
第二章 电磁基础知识	10
第一节 直流电路	10
2.1.1 电路的组成和作用	10
2.1.2 电路的基本物理量及欧姆定律	11
2.1.3 电阻的串联和并联	16
2.1.4 基尔霍夫定律	18
第二节 单相正弦交流电路	20
2.2.1 交流电的基本概念	20
2.2.2 纯电阻电路	27
2.2.3 纯电感电路	29
2.2.4 纯电容电路	31
2.2.5 电阻与电感串联电路	33
2.2.6 R-C 串联电路	35
2.2.7 提高功率因数的意义和方法	38
第三节 三相交流电路	39
2.3.1 三相交流电源	39
2.3.2 三相电源的供电方式	40
2.3.3 三相负载的星形(Y)连接	43
2.3.4 三相电路的功率	47
2.3.5 三相负载功率的测量	49
第三章 常用电工仪表	54
第一节 电工仪表概述	54
第二节 电流表与电压表	56
第三节 万用表	59
第四节 兆欧表	65
第五节 接地电阻测定仪	67
第六节 直流电桥的使用	68
实训 3-1 万用表的使用	70

第四章 电工识图与常用电工工具	74
第一节 电工识图基础	74
第二节 常用电工工具	78
第五章 电气照明的安装	83
第六章 变压器	97
第一节 变压器的种类和基本结构	97
第二节 变压器的基本工作原理	100
第三节 变压器的作用	102
第四节 变压器的常见故障分析	104
第七章 电动机基本控制电路	108
第一节 电力拖动系统的组成及各部分的作用	108
第二节 常用低压电器	109
第三节 电动机正转、点动控制电路	120
第四节 电动机的顺序控制电路	123
第五节 三相异步电动机正反转控制电路	125
第六节 电动机 Y- Δ 形降压启动控制电路	131
第七节 异步电动机反接制动控制电路	134
第八章 中级电工考核要求	139
电工中级考试题（运行、维修）	143
电工试题答案	149

第一章 安全用电常识

电可以造福于人类，但如果不注意安全用电，不仅会造成电气设备损坏，还会引起火灾，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。

第一节 人体触电的方式

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不同情况，可以分为五种触电方式。分别是单相触电、两相触电、跨步电压触电、弧光放电触电、停电设备突然来电所引起的触电。

一、单相触电

单相触电是指人体站在接地体上，人体的某些部位触及一相带电体所引起的触电。如图 1-1 所示是一种较常见的触电事故。在日常工作和生活中，对于低压用电设备，如果其绝缘损坏，带电部分裸露而使外壳带电，当人体接触这些设备时，就会发生单相触电情况。

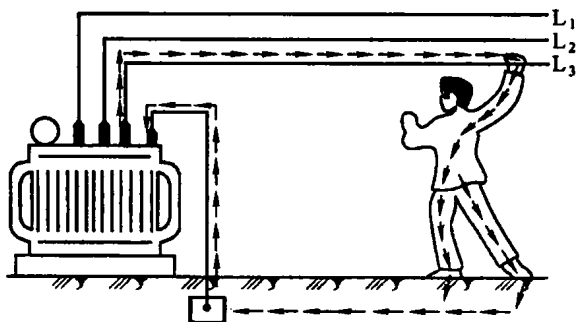


图 1-1

二、两相触电

两相触电是指人体同时接触带电的任何两相电源时的触电。如图 1-2 和图 1-3 所示，发生两相触电时，作用于人体上的电压等于线电压，故两相触电比单相触电更危险。

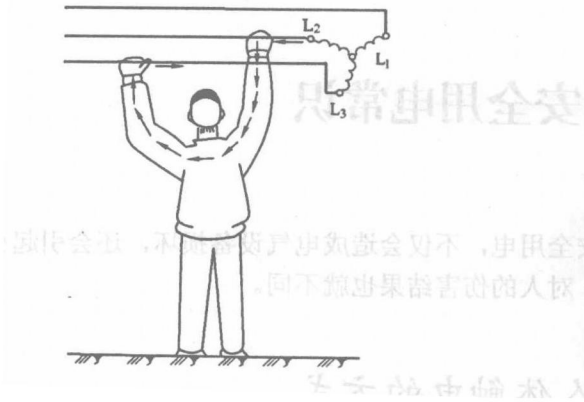


图 1-2

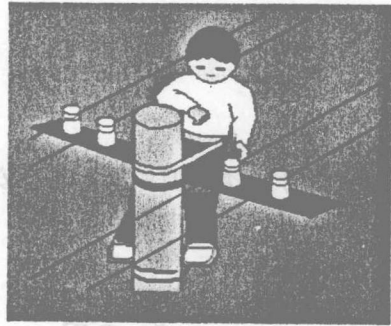


图 1-3

三、跨步电压触电

当带电体接地时，故障电流就会从导线落地点流入大地，并以半球形向大地扩散。如果此时有人进入这个区域，其两脚之间的电位差就是跨步电压。由跨步电压引起的触电称为跨步电压触电。如图 1-4 所示，人体承受跨步电压时，电流一般从一只脚到跨步再从另一脚流过，与大地形成通路，电流很少通过人的心脏这一重要器官，似乎危害不大。但是，当跨步电压较高时，人就会因脚抽筋而倒在地上，从而增加了触电的危险性。

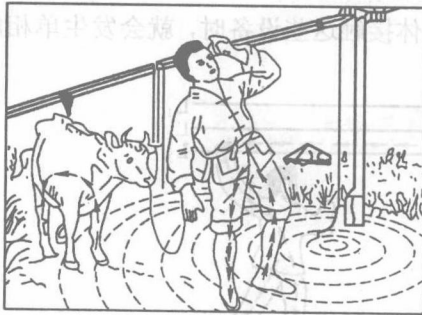


图 1-4

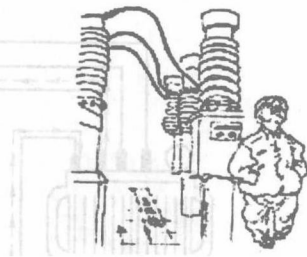


图 1-5

四、弧光放电触电

因不小心或没有采取安全措施而接近了裸露的高压带电设备，将会发生严重的放电触电事故，称为弧光放电触电。如图 1-5 所示。

五、停电设备突然来电引起的触电

在停电设备上检修时，如果没有采取可靠的安全措施，如未装挂临时接地及悬挂必要的标示牌，当有人误向正在检修的设备送电时，将导致检修人员触电。

第二节 电流对人体的伤害

一、电伤和电击

当人体触及带电体,有电流通过人体时,就会使部分或整个身体受到电的刺激和伤害,导致电伤和电击。如图 1-6 和图 1-7 所示。电伤是指人体的外部受到电的损伤,如电弧灼伤、电烙印等。电击则是指人体的内部器官受到伤害,如电流作用于人体的神经中枢,使心脏和呼吸系统机能的正常工作受到破坏,发生抽搐和痉挛,失去知觉等现象。



图 1-6

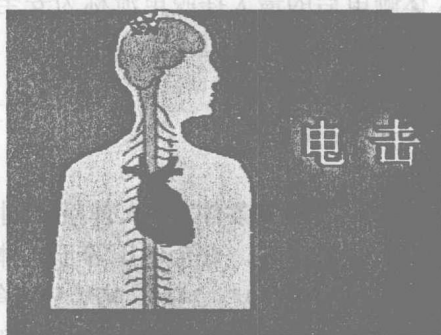


图 1-7

二、影响触电危险程度的因素

(1) 通过人体电流的大小

通过人体的电流越大,人体的生理反应越明显,引起心室颤动所需的时间越短,致命的危险就越大。

(2) 电流通过人体的持续时间

通电时间愈长,愈容易引起心室颤动,电击伤害程度就愈大。

(3) 电流通过人体的不同途径

电流流经心脏会引起心室颤动而致死。较大的电流还会使心脏即刻停止跳动,在通电途径中,以从手经心脏到脚的通路为最危险,从一只脚到另一只脚危险性较小。电流纵向通过人体要比横向通过人体更容易发生心室颤动,因此危险性更大一些。

(4) 电流种类、电源频率

相对于 220V 交流电来说,常用的 50~60Hz 工频交流电对人体的伤害最为严重,频率偏离工频越远,交流电对人体的伤害就越轻。在直流和高频情况下,人体可以耐受更大的电流值,但高压高频电流对人体依然是十分危险的。

(5) 人体电阻

人体触电时,流过人体的电流由人体的电阻值和加在人体上的电压决定,人体电阻越

小, 流过人体的电流就越大, 人就越危险。人体电阻包括体内电阻和皮肤电阻。体内电阻基本上不受外界影响, 其数值约为 500Ω ; 皮肤电阻随条件不同而有很大的变化, 使人体电阻也在很大范围内有所变化。一般人体电阻值约为 800Ω 至几万欧姆不等。

第三节 安全电流与电压

一、安全电流

为了确保人身安全, 一般以人触电后人体未产生有害的生理效应作为安全的基准。因此, 人体触电后的最大摆脱电流称为安全电流。我国一般取 30mA (50Hz 交流) 为安全电流, 但触电时间不能超过 1s 。

二、安全电压

在各种不同环境条件下, 人体接触到一定电压的带电体后, 其各部分不发生任何损害, 该电压称为安全电压。安全电压等于人体允许通过的电流与人体电阻的乘积。我国规定的安全电压等级有: 12V 、 24V 、 36V 三个等级, 目前采用的安全电压以 36V 和 12V 较多。发电厂生产场所及变电站等处使用的行灯一般为 36V , 在比较危险的地方或工作地点狭窄、周围有大面积接地体、环境湿热场所, 如电缆沟、煤斗油箱, 一般为 12V 。

第四节 触电原因及预防措施

为避免触电事故的发生, 电气工作人员应了解触电原因以及预防措施。

一、触电原因

触电事故产生的原因常见的有以下几点:

1. 缺乏安全用电常识

由于缺乏安全用电常识, 误触带电体, 因而造成触电; 电气设备不按使用说明书的要求操作等。

2. 电气设备安装不合理

在电气设备安装中违反安装规定, 比如室内、外配电装置的最小安全净距不够; 室内配电装置通道的最小宽度小于规定值、架空线路的对地距离及交叉跨越的最小距离不符合要求, 电气设备的接地装置不符合规定, 电动机安装不合格; 导线穿墙无套管; 电力线和

广播线同杆架设。

3. 违反安全工作规程

在工作中违反安全工作规程，如非电气工作人员操作或维修电气设备；带电移动或维修电气设备；使用行灯和移动式电动工具不符合安全规定；在全部停电和部分停电的电气设备上工作而未采取防止触电事故发生的组织措施和技术措施，申请送电后又进行工作；私自乱拉乱接临时电线；使用工具及操作方法不正确等，如图 1-8、图 1-9 和图 1-10 所示。



图 1-8

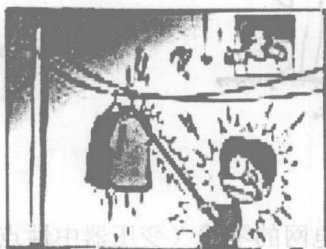


图 1-9



图 1-10

4. 用电设备管理不规范

由于用电设备管理不规范，造成电气设备绝缘损坏，发生漏电，人体碰触漏电设备外壳。

二、防止人身触电的措施

当电气设备的外壳因绝缘损坏而带电时，并无带电象征，人们不会对触电危险有什么预感，这时往往容易发生触电事故。只要掌握了电的规律并采取相应措施，很多触电事故还是可以避免的。

1. 防止人身触电的组织措施

为防止触电事故的发生，应采取如下组织措施：

- (1) 加强电气安全教育。
- (2) 严格执行安全工作规程。
- (3) 进行施工时严格遵循设计要求、安装规程。
- (4) 采用安全电压及符合安全要求的电器。
- (5) 电气操作时，按规定采用电气安全用具。
- (6) 普及安全用电常识。

2. 防止人身触电的技术措施

(1) 保护接地

保护接地是为了防止电气设备绝缘损坏时人体遭受触电危险，而将电气设备的外壳与接地体之间所做的良好的连接。当设备有保护接地时，如果某一相线绝缘损坏而与设备外

壳接触,使设备外壳带电,人体碰触此设备外壳时,保护接地装置相当于和人体并联,由于保护接地装置电阻远小于人体电阻,电流大部分通过接地线流入地下,从而保护了人身安全。如图 1-11 所示,保护接地适用于中性点不接地的低压电网中。采用保护接地,只能减轻触电的危险程度,不能完全保证人身安全。

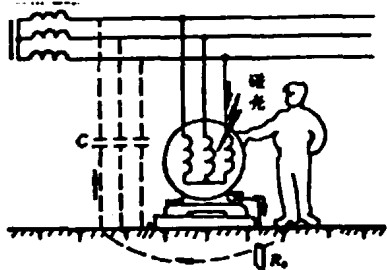


图 1-11

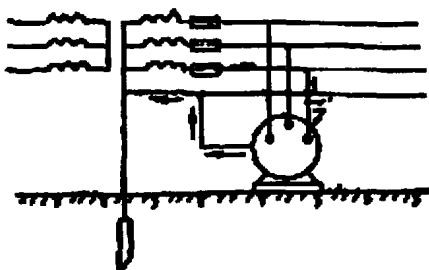


图 1-12

(2) 保护接零

将电气设备的金属外壳与电网的零线(变压器中性点)相连接,称为保护接零。保护接零适用于三相四线制中性点直接接地的低压电力系统中。如图 1-12 所示,对于采用保护接零系统,零线上不能装熔断器和断路器,以防止零线回路断开时,零线出现相电压而引起的触电事故;在同一低压电网中,不允许将一部分电气设备采用保护接地,而将另一部分电气设备采用保护接零。

(3) 使用漏电保护器

漏电保护器的作用就是防止电气设备和线路等漏电引起人身触电事故,也可以用来防止由于设备漏电引起的火灾事故,并且在设备漏电、外壳呈现危险的的对地电压时自动切断电源。

三、触电的急救

1. 使触电者脱离电源的方法

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方法。

(1) 高压触电者脱离电源的方法

- ① 立即通知有关部门停电。
- ② 带上绝缘手套,穿上绝缘鞋,用相应电压等级的绝缘工具拉开开关。
- ③ 抛掷裸金属线使线路短路接地,迫使保护装置动作,断开电源。注意抛掷金属线前,先将金属线的一端可靠接地,然后抛掷另一端;注意抛掷的一端不可触及触电者和其他人。

(2) 低压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电源插销,可以立即拉开开关或拔出插销,断开电源。但应注意到拉线开关和平开关只能控制一根线,有可能只切断零线,而不能断开电源。
- ② 如果触电地点距电源、插销较远,应使用有绝缘柄的电工钳或有干燥木柄的斧头切断电源;或用干木板等绝缘物插入触电者身下,以隔断电流。
- ③ 当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、竹竿等绝缘物作为工具，拉开触电者或挑开电线，使触电者脱离电源。

④ 如果触电者的衣服干燥绝缘，可用木棒等绝缘物将其拉离电源；但因触电者身体已带电，其鞋的绝缘也可能遭到破坏，救护者不得接触触电者的皮肤，也不能触碰触电者的鞋。

上述使触电者脱离电源的方法，应以快为原则，根据具体情况选择采用，并应注意：

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，而必须使用适当的绝缘工具，救护人员最好用一只手操作，以防自己触电。

② 防止触电者脱离电源后可能的摔伤。特别是当触电者在高处的情况下，应考虑防摔措施，即使触电者在平地，也要注意触电者倒下的方向，注意防摔。

③ 触电发生在夜间或黑暗场所，应准备手电筒、蜡烛等临时照明工具。

2. 触电急救法

当触电者脱离电源后，应根据触电者的具体情况，迅速对症救护。

(1) 简单诊断，这对触电者急救很有好处

① 将脱离电源的触电者迅速移至通风比较好干燥的地方，使其仰卧，将上衣与裤带放松。

② 观察一下是否有呼吸存在；摸一摸颈部的颈动脉有没有搏动，以作为是否有心跳的依据。

③ 看一看触电者瞳孔是否放大，当处于假死状态时，大脑细胞严重缺氧，处于死亡边缘，瞳孔也就自行放大。

(2) 根据诊断结果采取相应的急救措施

① 对“有心跳而呼吸停止”的触电者，应采用“口对口人工呼吸法”进行抢救。

② 对“有呼吸而心跳停止”的触电者，应采用“胸外心脏按压法”进行抢救。

③ 对“呼吸和心跳都已停止”的触电者，应同时采用“口对口人工呼吸法”和“胸外心脏按压法”进行抢救。

一旦出现上述现象，如不及时进行抢救，则人体大脑细胞由于严重缺氧将造成死亡事故，所以一方面向医院告急求救，另一方面必须对触电者立即进行现场抢救。抢救者还要有耐心，有些触电者需要进行数小时甚至数十小时的抢救方能苏醒。同时，注意对触电者千万不要泼冷水或打强心针。

3. 现场应用的主要救护方法是口对口人工呼吸法和胸外心脏按压法

(1) 口对口（或鼻）人工呼吸法

此种方法适用于“有心跳而呼吸停止”的触电者，其方法是：

① 将触电者仰卧，解开衣领和裤带；

② 将触电者头偏向一侧，张开其嘴，用手指清除口腔中的假牙、痰液、血块等异物，使呼吸道通畅。

③ 抢救者在病人一边，一手捏紧触电者的鼻子，另一只手托在触电者颈后，将颈部上抬，然后深吸一口气，将嘴紧贴触电者嘴，大口吹气，为时约 2s；

④ 吹气完毕，立即离开触电者的口（或鼻），并放松捏鼻子的手，让气体从触电者肺部排出，为时约 3s。如此反复进行，以每 5s 吹气一次，坚持连续进行、不可间断，直到

触电者苏醒为止。

触电者如系儿童，只可小口吹气，以免肺泡破裂，如发现触电者胃部充气膨胀，可一边用手轻轻加压于其上腹部，一边继续吹气和换气。如果无法使触电者把口张开，可以改用口对鼻人工呼吸法。口对口人工呼吸法步骤如图 1-13 所示。

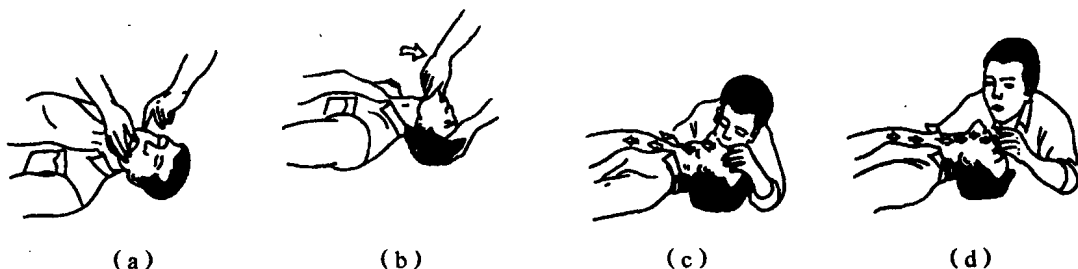


图 1-13

(2) 胸外心脏按压法

胸外心脏按压法是触电者有呼吸而心脏跳动停止后的急救方法。其方法是：

① 使触电者仰卧在硬板上或比较坚实的地方，颈部枕垫软物使头部稍后仰，松开衣服和裤带。

② 救护人员跪跨在触电者臀部位置，右手掌根放在触电者心窝稍高一点的地方，即两乳头间略下一点，胸骨下三分之一处，中指指尖对准颈部凹陷的下缘；左手掌复压在右手背上。

③ 掌根用力向上（脊背方向）挤压，压出心脏里面的血液。挤压必须坚持连续进行，不可中断，直到触电者苏醒为止。对成年人应压陷 3~4cm。挤压要有节奏，每秒钟一次为宜。触电者系儿童，可以只用一只手挤压，用力要轻，以免损伤胸骨，且以每两秒挤压 3 次为宜。挤压要用力适当，过猛会造成触电者内伤，过小则无效。

④ 挤压后掌根迅速全部放松，让触电者胸廓自动复原，血液充满心脏。放松时掌根不必完全离开胸廓，如图 1-14 所示。



图 1-14

应当指出，心脏的跳动和呼吸是互相联系的，心脏跳动停止，呼吸也很快就会停止；呼吸停止了，心脏跳动也维持不了多久。一旦呼吸和心脏跳动都停止了，就应当同时进行口对口（对鼻）人工呼吸和胸外心脏按压。如果现场仅一个人抢救，则可以采用两种方法交替进行：每吹气换气 2~3 次，再挤压 10~15 次。如果是两人合作抢救，一人吹气，一人挤压吹气时应保持触电者胸部放松，只可在换气时进行挤压。

施行人工呼吸和胸外心脏按压抢救要坚持不断，切不可轻率中止。运送途中也不能中止抢救。抢救过程中，如发现触电者皮肤由紫变红，瞳孔由大变小，则说明抢救工作起到

了效果：如果发现触电者嘴唇稍有开合，或眼皮活动，或喉嗓间有咽东西的动作，则应注意其有否自动心跳和自动呼吸。触电者能自己开始呼吸时，即可停止人工呼吸，如果人工呼吸停止后，触电者仍不能自己呼吸，则应立即再做人工呼吸。急救过程中，如果触电者身上出现尸斑或身体僵冷，经医生做出无法救活的诊断后方可停止抢救。

4. 急救用药要求

触电急救用药应注意以下两点：

① 任何药物不能代替人工呼吸和胸外心脏按压。人工呼吸和胸外心脏按压是两种基本的急救方法。

② 要慎重使用肾上腺素。一般情况下禁止使用，因为打强心针救活率十分低。

5. 对于与触电同时发生的外伤应分别情况酌情处理

对于不危及生命的轻度外伤，只放在触电急救之后处理；对于严重的外伤，应与人工呼吸和胸外心脏按压同时处理。如伤口出血，应予止血。为了防止伤口感染，最好予以包扎。

习 题

1. 人体的触电方式有哪几种？
2. 我国规定的安全电压等级有哪几种？
3. 防止人体触电的措施有哪些？
4. 使高压触电者脱离电源的方法有哪些？
5. 触电现场应用的急救方法有哪几种？

第二章 电磁基础知识

第一节 直流电路

2.1.1 电路的组成和作用

一、电路的组成

在我们的日常生活、工农业生产等各个领域都要用到与我们密切相关的电。用电就谈到电路，而电路却是多种多样的。不管电路的具体形式和复杂程度如何，它们都是由一些基本部件组成的，如图 2-1 所示的电路就是一个最简单的电路。

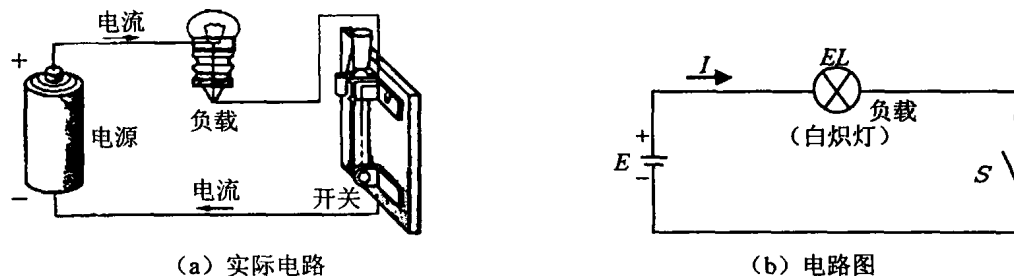


图 2-1 电路的组成

由如图 2-1 所示可以看出：电路是用导线将用电设备、元器件和电源，按一定方式连接起来的一个整体。所有电路从本质来说都由电源、负载和中间环节三部分组成。

(1) 电源

它是指能给电路提供能源的设备或器件，其作用是把化学能、光能、机械能等非电能转换为电能。如蓄电池、干电池、发电机等。

(2) 负载

就是用电设备或元件。通常称为用电器，它将电能转换为其他形式的能。

(3) 中间环节

其作用是将电源和负载连接起来形成闭合回路，并对整个电路实行控制、保护及测量。主要包括：连接导线、控制电器（如开关、插头）、保护电器（如熔断器等）、测量仪表（如万用表）等。

二、电路的基本作用

(1) 实现电能传输和转换。例如：发电机产生的电能，通过输电线送到用电单位，并通过用电器把电能转换成其他形式的能。

(2) 实现电信号的传输、处理和存储。例如电视台发射的高频信号通过电缆传送，被电视机接收，再经过选择变频、放大、检波等处理，扫描电路可将电信号处理并转为屏幕上的活动图像。

2.1.2 电路的基本物理量及欧姆定律

一、电流

电荷在电场作用下的定向移动形成电流。电流的大小用电流强度表示。如果电流的大小和方向都不随时间变化，这种电流称为恒定电流（或稳恒电流），简称直流电流，用大写字母“ I ”表示。电流的量值用电流强度表示，即单位时间内通过导体横截面的电荷量，用公式表示为：

$$I = \frac{Q}{t} \quad (2.1)$$

电流是一个具有大小和方向的物理量。电流的国际单位是安培，简称“安”，用大写字母“A”表示。1安表示1秒通过导体横截面的电荷量为1库仑。电流有时也用到千安(kA)、毫安(mA)、微安(μ A)等单位，其关系如下：

$$1\text{kA}=1000\text{A} \quad 1\text{A}=10^3\text{mA}=10^6\mu\text{A}$$

在分析电路时，对复杂电路中的某一段电路里的电流的实际方向很难立即判断。有时电流的实际方向甚至还在不断的变化。为了解决这个问题，我们引入电流“参考方向”的概念。

在一段电路或一个电路元件中，当我们不知道电流的真实流向时，为了分析的方便，可以事先假设这段电路或元件中电流的方向，这个假设的电流方向就称为电流的参考方向。参考方向可以任意选定。

当然，我们所选定的参考方向并不一定就是电流的实际方向，如图2-2所示。

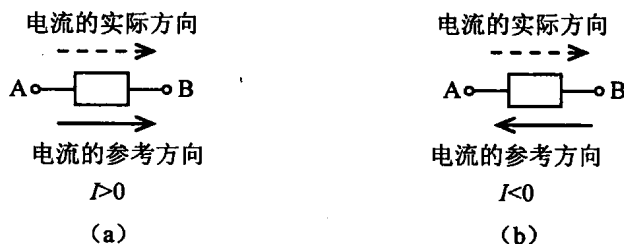


图 2-2 电流方向