

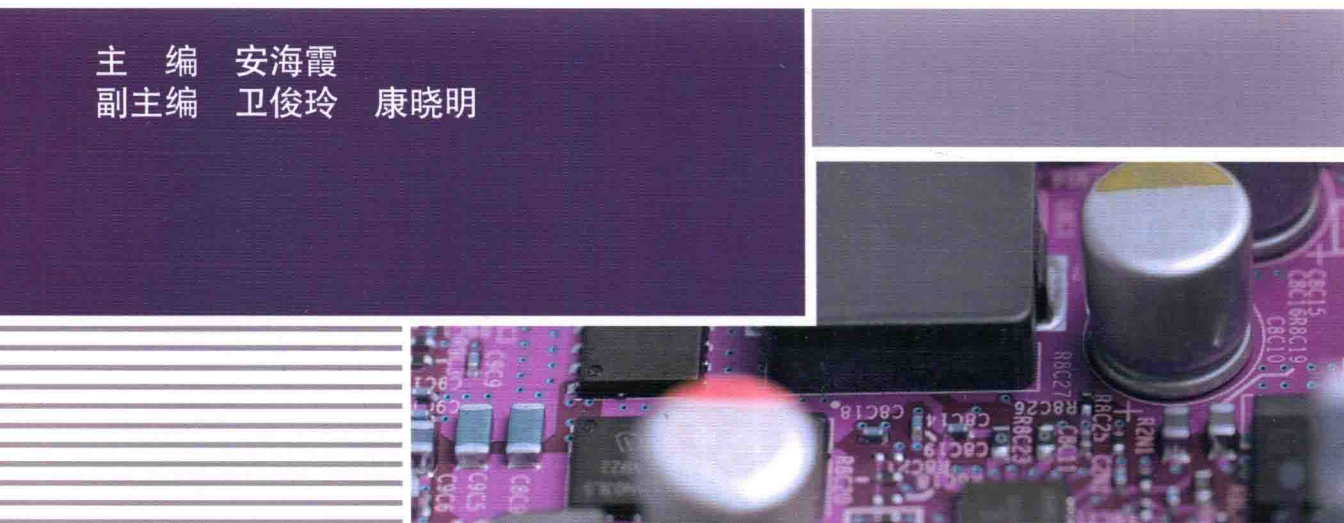


全国高职高专院校“十二五”规划教材

(自动化技术类)

电路分析与检测项目化教程

主 编 安海霞
副主编 卫俊玲 康晓明



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

全国高职高专院校“十二五”规划教材（自动化技术类）

电路分析与检测项目化教程

主 编 安海霞

副主编 卫俊玲 康晓明



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是高职高专院校电类专业“教学做一体化”教学改革与实践成果，以项目、任务为主线，以实际、实用、实践、易接受为原则，注重实践操作能力、知识运用能力以及职业素养等综合能力的培养，体现高职高专教学改革的特色。

本书设置 9 个学习项目、32 个工作任务。其中项目一为安全用电与触电急救；项目二为简单直流电阻电路的测量与分析；项目三为复杂直流电阻电路的测量与分析；项目四为日光灯照明电路分析与检测；项目五为三相异步电动机单向旋转控制电路的分析、安装与检测；项目六为 RC、RL 电路检测与分析。另外，书中还设置了项目七“户内多路电源控制箱的设计与安装”和项目八“万用表的组装与调试”两个综合实训项目；为了提高学生电路设计的能力，最后还设置了项目九“基尔霍夫定律的仿真测试”。

本书适合高职高专院校电类、自动化类相关专业师生使用，也可供相关工程技术人员参考。

本书配有电子教案，读者可以从中国水利水电出版社网站和万水书苑免费下载，网址为：<http://www.waterpub.com.cn/softdown/>和 <http://www.wsbookshow.com>。

图书在版编目（CIP）数据

电路分析与检测项目化教程 / 安海霞主编. — 北京：
中国水利水电出版社，2015.1
全国高职高专院校“十二五”规划教材. 自动化技术
类
ISBN 978-7-5170-2830-7

I. ①电… II. ①安… III. ①汽车—电路分析—高等
职业教育—教材②汽车—电气设备—检测—高等职业教育
—教材 IV. ①U463.6②U472.41

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第003357号

策划编辑：宋俊娥 责任编辑：李 炎 加工编辑：鲁林林 封面设计：李 佳

书 名	全国高职高专院校“十二五”规划教材（自动化技术类） 电路分析与检测项目化教程
作 者	主 编 安海霞 副主编 卫俊玲 康晓明
出版发行	中国水利水电出版社 （北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038） 网址： www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net （万水） sales@waterpub.com.cn
经 售	电话：（010）68367658（发行部）、82562819（万水） 北京科水图书销售中心（零售） 电话：（010）88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	三河市鑫金马印装有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 14印张 355千字
版 次	2015年1月第1版 2015年1月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	27.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换
版权所有·侵权必究

前 言

本书是高职高专院校电类专业“教学做一体化”教学改革实践成果。编者从2008年的国家级精品课《电器元器件检测与应用技术》的参与建设,到现在的国家级资源共享课的主持人之一,在课程的建设过程中,一直按照教育部倡导的“基于工作过程、工学结合、教学做一体”等职业教育改革理念进行实践教学,积累了丰富的实践教学经验。在上述实践教学经验基础上,结合学生对该门课程的学习反馈,特别注重听取了行业从业人员的建议,选择合适的项目作为载体,编写了本教材。

本书以项目、任务为主线,以实际、实用、实践、易接受为原则,对传统的教学方法及内容进行了大胆的改革与补充,注重实践操作能力、知识运用能力以及职业素质等综合能力的培养,体现高职高专教学改革特色。其主要特点如下:

(1) 按照“教学做一体化”的思路进行教学设计。本书打破了先学理论、后通过实验进行验证的传统电路理论体系,而按照学习者的认知规律进行教学,即先搭接电路,进行检测,从而得出相应的定理和定律,然后再次实践,运用所学知识解决其他实际问题,学以致用。该过程再现了科学家得出定理的过程,能极大地激发学习者的学习兴趣。

(2) 采用“项目化教学”。本着来源于生活、适用于教学的原则,选取生活和生产中常见的实用电路为载体,设置了九个学习项目。将电路理论的相关内容进行了有机整合和重新序化,并将其融于一系列从简单到复杂、从低级到高级的实际工作任务中,最后形成可见的成果。项目化教学,对于喜欢动手操作、习惯于直观性较强的学习方式的高职生来说,能大大提高其学习兴趣,使其获得成就感。

(3) 注重教学内容的整合与补充。作为“维修电工中级考证”的基础课程,本书补充了电工考证仪表:万用表、电能表、兆欧表、示波器、信号发生器等仪器仪表的实践操作知识。并使用仪器仪表对电路进行检测、分析与排故,从而得出相关的电路理论知识,使学习者在技能训练中加深对理论知识的理解与应用,培养其对电路的实际安装、检测、分析与故障排除等综合能力。

(4) 引入项目仿真。通过“基尔霍夫定律”的仿真过程,学习 Multisim 软件的使用。该软件可完成多种类型的电路设计与实验,实验速度快,效率高。对于电类及相关专业的学生来说,不仅可以通过设计与仿真验证所学理论知识,同时也可以通过仿真很快地验证自己的设计思想,提高电子技术实践环节的能力,激发电路设计的兴趣。

(5) 具备丰富的教学资源支持。与本书配套的学习内容及视频,学习者可登陆“爱课程”资源共享课《电器元器件检测与应用技术》网站(http://www.icourses.cn/coursestatic/course_4293.html)进行学习。

本书由天津职业大学一线教师与企业一线技术人员共同探讨编写。由安海霞副教授任主编并统稿,由卫俊玲、康晓明任副主编。其中项目一由康晓明教授编写,项目二由薛继霜编写,项目三至项目六由安海霞编写,项目七由李新编写,项目八、项目九由卫俊玲编写。本书由天津史密斯机械有限公司田树利总工程师主审。参加编写的还有天津市河北区供热站技术总工靳

宝忠和天津海滨工程勘察设计有限公司电气设计工程师黄志刚。

本书在编写过程中，参考借鉴了许多优秀教材，在此对各位编者的辛勤劳动表示衷心的感谢！同时，本书的编写还得到了同行教师袁秀英、付植桐、李雅轩、艾艳锦、廉正光、张金环等同志的帮助，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏和不足之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

2014 年 12 月

目 录

前言

项目一 安全用电与触电急救	1	项目五 三相异步电动机单向旋转控制电路	
任务一 触电急救操作	1	的分析、安装与检测	117
任务二 安全用电措施	7	任务一 三相异步电动机的结构认识及	
项目二 简单直流电阻电路的测量与分析	20	特性检测	117
任务一 识别电阻	20	任务二 三相交流电路的分析与测量	121
任务二 万用表检测电阻	27	任务三 三相异步电动机单向旋转运动控制	
任务三 面包板搭建简单电阻电路	31	电路分析	131
任务四 简单电阻电路测量	33	任务四 三相异步电动机单向旋转控制电路	
任务五 简单电阻电路故障分析	45	安装、检测与调试	140
项目三 复杂直流电阻电路的测量与分析	50	项目六 RC、RL 电路检测与分析	148
任务一 利用星—三角等效变换分析电路	50	任务一 电容器认识与检测	148
任务二 利用基尔霍夫定律分析电路	54	任务二 电感器认识与检测	154
任务三 利用叠加定理分析电路	60	任务三 示波器与信号发生器的使用	159
任务四 利用戴维南定理分析电路	63	任务四 RC、RL 电路测试与分析	162
任务五 复杂电阻电路故障检测与分析	71	项目七 综合实训（一）——户内多路电源	
项目四 日光灯照明电路分析与检测	76	控制箱的设计与安装	179
任务一 日光灯电路认识及工作原理分析	76	任务 户内多路电源控制箱的设计与安装	179
任务二 单相正弦交流电的分析与测量	79	项目八 综合实训（二）——万用表装配	
任务三 电阻、电感、电容元件的交流特性		与调试	186
分析与测试	85	任务一 电子焊接工艺与技术	186
任务四 变压器工作原理分析及特性检测	94	任务二 DT830B 数字万用表装配与调试	190
任务五 日光灯等效 RLC 电路分析及		项目九 基尔霍夫定律的仿真测试	197
功率测量	103	任务一 基尔霍夫电流定律仿真测试	197
任务六 日光灯电路功率因数测量及分析	110	任务二 拓展项目仿真测试	215
任务七 日光灯电路故障原因及检修方法	113	参考文献	218

项目一 安全用电与触电急救

任务描述

电能是一种方便的能源，它的广泛应用形成了人类近代史上第二次技术革命。有力地推动了人类社会的发展，给人类创造了巨大的财富，改善了人类的生活。

但是如果在生产和生活中不注意安全用电，却会带来灾害。例如，触电可造成人身伤亡，设备漏电产生的电火花可能酿成火灾、爆炸等事故。

因此安全用电是我们必须掌握的基本常识。若不小心触电，触电后第一时间的急救非常重要。通过本项目的学习，掌握基本的用电常识和触电急救，达到保护自身和他人的目的。

教学目标

- **知识能力：**触电现场急救原则；救护方法及操作要领；安全用电知识；防止人身触电的技术措施；试电笔的使用知识。
- **技能目标：**能采取合理措施使触电者脱离电源；会正确实施人工呼吸救护；掌握安全用电的方法；会正确使用试电笔。
- **职业素养：**培养学生安全用电、救死扶伤的意识，培养学生团体协作能力。

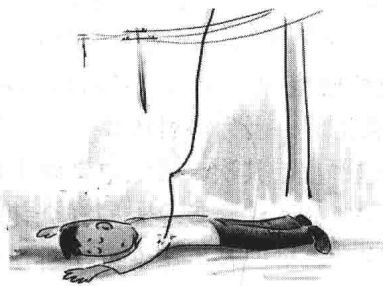
任务一 触电急救操作

【任务引入】

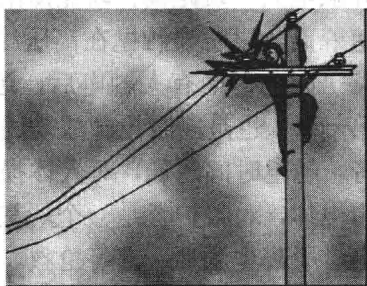
提出问题：如果发生图 1-1-1 所示三种触电情况时，作为旁观者你该怎么办？



(a) 设备带电



(b) 触碰电源线



(c) 高压触电

图 1-1-1 触电情景

【任务分析】

对于图 1-1-1 (a) 所示的情况，附近有电源的，应立即切断电源，如图 1-1-2 (a) 所示；如果找不到电源，用干燥的绝缘棉衣、棉被将触电者推拉开，如图 1-1-2 (b) 所示。



(a) 切断电源



(b) 拉开触电者

图 1-1-2 急救措施

对于图 1-1-1 (b) 所示的情况, 可以用绝缘的物体将电源线移走, 如干燥的木棒、竹竿、塑料制品等, 如图 1-1-3 所示。



图 1-1-3 急救措施

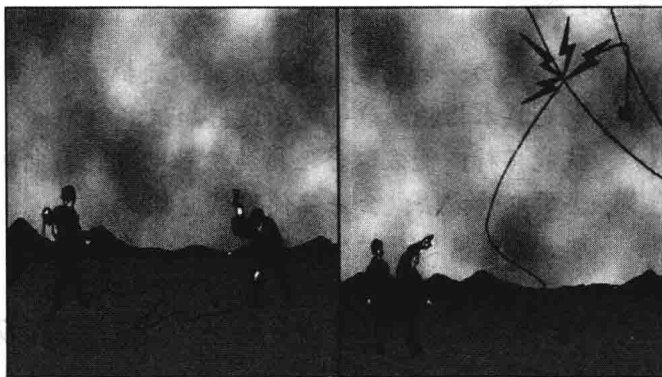


图 1-1-4 急救措施

对于图 1-1-1 (c) 所示的情况, 应用一根较长的金属线, 先将其一端绑在金属棒上钉入地下, 然后将另一端绑一块重物, 掷到高压线上, 制造人为的短路停电。抛掷时应特别注意离开触电人一段距离, 以免掷出的金属线落到触电人的身上。另外, 抛掷者抛出金属线后, 要迅速躲离, 以防碰触抛在高压线路上的金属线, 如图 1-1-4 所示。

因此, 当有人触电后, 迅速解脱电源, 使触电者脱离电流损害的状态, 这是触电急救的第一步, 也是能否抢救成功的首要因素。因为当触电事故发生时, 电流会持续不断地通过触电者, 触电时间越长, 对人体损害越严重。其次, 当触电者触电时, 身上有电流通过, 已成为一带电体, 对救护者是一个严重威胁, 如不注意安全, 同样会使抢救者触电。所以, 必须先使触电者脱离电源后, 方可抢救。需注意, 救护人员切不可在断开电源前直接用手去拉触电者, 以防止发生救护人员也触电的事故。为使触电者脱离电源, 应根据现场具体情况, 果断采取适当的方法和措施。

【任务资讯】

一、脱离电源的方法

(1) 如果开关或插头距离触电地点很近, 应立即拉断闸刀开关或拔去电源插头。并应准备充足的照明, 以便进行后续的抢救, 如图 1-1-5 所示。



(a) 拉断电源开关



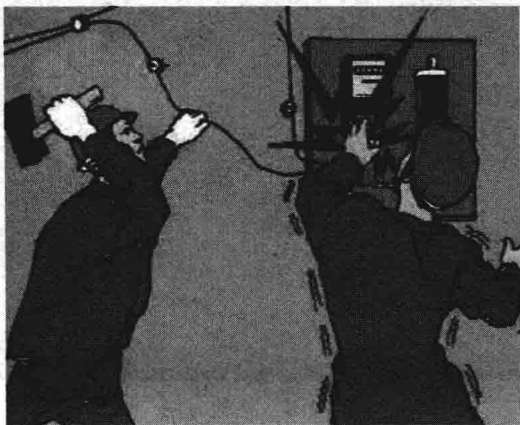
(b) 拔去电源插头

图 1-1-5 切断电源

(2) 如果开关或插头距离触电地点很远, 可以用绝缘手钳或用装有木柄斧、刀、铁锹等切断电线, 注意切断来电侧的电线, 且切断的电线不可触及人体, 切断后的电源线要用黑胶布等包好或妥善处理, 避免出现新的触电事故, 如图 1-1-6 所示。



(a) 绝缘手钳剪断电源线



(b) 木柄斧头砍断电源线

图 1-1-6 切断电源线

(3) 无法切断电源时, 可使用绝缘工具或干燥的木棒、木板等不导电物体使触电者脱离带电体。或者戴上绝缘手套或用干燥的衣物等绝缘物包在手上, 再使触电者脱离带电体, 如图 1-1-3 和图 1-1-2 (b) 所示。

总之, 根据现场情况因地制宜, 灵活运用各种方法, 快速切断电源。脱离电源时, 不可对触电者造成二次伤害, 因此需要注意, 一是脱离电源后, 人体的肌肉不再受到电流的刺激, 会立即放松, 触电者会自行摔倒, 易造成新的外伤 (如颅底骨折), 如果人在高处触电, 除迅速切断电源外, 同时采取措施, 防止触电人脱离电源后从高处摔下跌伤, 加重病情; 二是脱离电源时要注意安全, 决不可再误伤他人, 将事故扩大。

【例 1-1-1】当发生图 1-1-7 所示的两种触电情况时, 该如何急救?

分析: 根据前面的讲解, 对于第一种情况, 救护人手上应带上绝缘手套, 或者缠上干燥的衣物, 不要接触触电者的皮肤, 而是拖拽触电者的衣服, 将其脱离带电体, 如图 1-1-8 所示。



(a)



(b)

图 1-1-7 触电情景

对于第二情况,救护人应用绝缘的木棒、竹竿或绝缘手钳等将导线脱离触电者,如图 1-1-9 所示。



图 1-1-8 急救方法



图 1-1-9 急救方法

二、脱离电源后的处理

将触电者成功脱离电源后,要根据具体情况进行进一步的救治。

脱离电源后,立即拨打 120 急救电话,在等待 120 医务人员期间,应根据触电者状况实施正确救护,根据资料统计:触电 1 分钟内抢救,90%能救活;触电 1~4 分钟抢救,60%能救活;触电超过 10 分钟抢救,获救的几率就很小了。

因此脱离电源后,应立即将触电者移到空气流通的地方,使其仰卧,并将上衣与裤带放松。根据实际情况进行救治。若有骨折或其他外伤不适宜搬动者,需就地抢救。

(1) 如果触电表现为灼伤、烫伤和皮肤金属化等外伤现象,要用干净的布或纸类进行包扎,减少污染,有利于今后的治疗。其他的外伤如脑震荡、骨折等应尽量少挪动触电者,以防造成更大伤害。

(2) 如果损害并不严重,神志还很清醒,不过有点心慌,四肢发麻、发软、全身乏力,这种情况应给触电者短时间的休息,醒后不要走路,并作严密观察,等待专业救护人员的到来。

(3) 如果触电时间较长,并出现“假死”现象,应迅速鉴定触电者是否停止心跳、呼吸。常用的方法有:①用耳朵贴近触电者胸部听是否有心跳,或用手摸颈动脉和腹股沟处的股动脉

有无搏动；②用头发或薄纸放在触电者鼻孔处检查是否还有呼吸；③检查瞳孔状态，人的瞳孔是一个由大脑控制自动调节的光圈，当大脑细胞正常时，瞳孔的大小会随着外界光线的变化自行调节，使进入眼内的光线强度适中，便于观看。当处于“假死”状态时，大脑细胞严重缺氧处于死亡的边缘，所以整个自动调节系统的中枢失去了作用，瞳孔也就自行扩大，对光线的强弱再也起不到调节作用，所以瞳孔扩大说明了大脑组织细胞严重缺氧。检查操作如图 1-1-10 所示。



图 1-1-10 检查触电者情况

若触电者呼吸停止但有心跳时，应该采用口对口（鼻）或其他人工呼吸法抢救；若触电者心跳停止但有呼吸，应该用胸外心脏挤压法抢救；若触电者呼吸和心脏跳动均停止，应立刻进行人工呼吸和胸外心脏挤压法抢救，方法是做 1 次口对口人工呼吸后，再做 5 次胸外心脏挤压。

1. 口对口（鼻）人工呼吸法

人工呼吸的目的，是用人工的方法来代替肺的呼吸活动，供给体内足够的氧气，排出二氧化碳，维持通气功能。目前最常用的是口对口（鼻）人工呼吸法，效果最好，操作简单，易于掌握。操作方法如下：

（1）将触电者仰卧，解开妨碍触电者呼吸的紧身衣物，如解开衣领、放松裤带等，以免影响呼吸时胸廓的自然扩张。然后将触电者的头偏向一边，张开其嘴，用手指清除口内的假牙、血块和呕吐物，使呼吸道畅通；如果触电者的牙齿紧咬，救护人员可用两手的四个指头从其下颚的两边扣住下颚，用两个大拇指压在下颚两边轻轻地向上端起，往前移动，使下牙移到上牙前，此时触电者的嘴便会张开。

（2）抢救人员在触电者的一边，用靠近其头部的一只手紧捏触电者的鼻子（避免漏气），并将手掌外缘压住其额部，另一只手托在颈后，将颈部上抬，使其头部充分后仰，鼻孔朝天，舌根自然随之抬起，气道即可畅通。

（3）救护人员先深吸一口气，然后用嘴紧贴触电者的嘴或鼻孔大口吹气，用 1.5~2 秒的时间将自己肺中的气体完全呼出，同时观察触电者胸部是否隆起，以确定吹气是否有效和适度。

（4）吹气完毕后，立刻离开触电者的嘴，并同时放松捏紧鼻孔的手，让气体从触电者的肺部排出，此时应注意胸部复原的情况，倾听呼气声，观察有无呼吸道梗阻。

（5）当看到触电者胸部降到原来的位置，再进行第二次人工呼吸，如此反复进行，间隔 5 秒吹气一次。具体步骤如图 1-1-11 所示。

注意事项：

（1）口对口吹气的压力需掌握好，刚开始时可略大一点，频率稍快一些，经 10~20 次

后可逐步减小压力,维持胸部轻度升起即可。对幼儿吹气时,不能捏紧鼻孔,应让其自然漏气,为了防止压力过高,救护者仅用颊部力量即可。

(2) 吹气时间宜短,约占一次呼吸周期的三分之一,但也不能过短,否则影响通气效果。口对口人工呼吸可总结为下面的口诀:

清口捏鼻手抬颌,深吸缓吹口对紧,张口困难吹鼻孔,五秒一次不放松。



(a) 头部后仰



(b) 捏鼻掰嘴



(c) 口对口吹气



(d) 放松换气

图 1-1-11 口对口人工呼吸法

2. 胸外心脏挤压法

胸外心脏挤压是人工的方法,有节律的挤压心脏,代替心肌收缩,从而达到推动血液循环的目的。此法简单易学,不需要设备,只要通过学习和操作练习就能掌握,易于普及推广。

(1) 使触电者仰卧于较坚实的平板或地上,以保证挤压效果。然后解开其腰带和背带,使其胸部裸露,并使其头部充分后仰,以利呼吸道畅通。

(2) 救护者跪跨在触电者的腰部,两手交叉相叠,把下面一只手的掌根放在触电者两乳之间的胸骨上(掌根离胸骨下端的距离,大约是胸骨全长的三分之一),一手压胸,另一只手在上面辅助,肘关节伸直,借助身体的重力垂直向下压,但用力不宜过大,压胸深度为3~4cm。

(3) 挤压后,掌根要迅速放松,但不要离开胸膛,依靠胸廓的弹性使胸部自动复位,此时,心脏舒张,大静脉的血液回流到心脏。

(4) 按照上述步骤,连续操作,每分钟挤压60~80次。儿童每分钟90~100次,压胸仅用一只手,深度较成人浅。

具体步骤如图1-1-12所示。

注意事项:

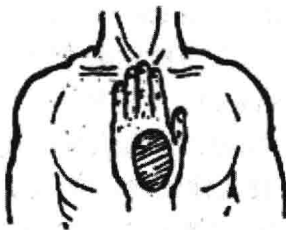
(1) 挤压时位置要正确,一定要在胸骨下三分之一处的压区内,接触胸骨应只限于手掌根部,手掌不能平放,手指向上与肋保持一定的距离。

(2) 用力一定要垂直，并要有节奏，有冲击性。

(3) 挤压的时间与放松的时间应大致相同。



(a) 救护人员跪跨位置



(b) 手掌压胸位置



(c) 挤压方法示意



(d) 放松示意

图 1-1-12 胸外心脏挤压法示意图

3. 口对口（鼻）人工呼吸与胸外心脏挤压法

若触电者呼吸和心脏跳动均停止，应立刻进行人工呼吸和胸外心脏挤压法抢救。若现场只有一个人，先做口对口（鼻）吹气两次，再做胸外心脏挤压 15 次，然后再口对口吹气，如此交替进行，两次吹气在 5s 内完成，15 次挤压应在 10s 内完成。

双人操作时，先由位于触电者头部一侧的救护人员，给触电者吹两口气，随即由处于触电者胸部外侧的救护人员进行胸外按压 5 次，第五次按压完并放松时，立即由做人工呼吸的人再吹一口气，按照五比一的比例，反复进行。抢救 1 分钟后，由人工呼吸的人对触电者的心跳、呼吸进行判定。现场抢救时间往往很长，一定不能放弃，有时经过很长时间抢救后，触电者才会恢复知觉，心脏和呼吸恢复正常，这时暂停抢救，继续观察，直到触电者完全好转或医务人员赶到现场为止。

【任务实施】触电急救练习

三人一组练习人工呼吸和胸外心脏挤压法，学生点评，教师点评。

任务二 安全用电措施

【任务引入】

任务一讲解的是人体触电后的补救措施，那么人体是如何触电的？触电有什么样的危害？怎样预防触电呢？

【任务资讯】

一、人体触电知识

1. 电流 (Current) 对人体的伤害

当人体触及带电体承受过高的电压 (Voltage) 而导致死亡或局部受伤的现象, 称为触电 (Electric Shock)。触电依伤害程度不同可分为电击和电伤两种。

电击: 指电流触及人体而使内部器官受到损害, 它是最危险的触电事故。当电流通过人体时, 轻者使人体肌肉痉挛, 产生麻电感觉, 重者会造成呼吸困难, 心脏麻痹, 甚至导致死亡。电击多发生在对地电压为 220 V 的低压线路或带电设备上, 因为这些带电体是人们日常工作和生活中易接触到的。

电伤: 由于电流的热效应、化学效应、机械效应以及在电流的作用下使熔化或蒸发的金属微粒等侵入人体皮肤, 使皮肤局部发红、起泡、烧焦或组织破坏, 严重时更能危及人命。电伤多发生在 1000 V 及 1000 V 以上的高压带电体上。

2. 电流伤害人体的因素

伤害程度一般与下面几个因素有关: ①通过人体电流的大小; ②电流通过人体时间的长短; ③电流通过人体的部位; ④通过人体电流的频率; ⑤触电者的身体状况。

电流通过人体脑部和心脏时最危险, 40~60Hz 交流电对人危害最大。以工频电流为例, 当 1mA 左右的电流通过人体时, 会产生麻刺等不舒服的感觉; 10~30mA 的电流通过人体, 会产生麻痹、剧痛、痉挛、血压升高、呼吸困难等症状, 但通常不至有生命危险; 电流达到 50mA 以上, 就会引起心室颤动而有生命危险; 100mA 以上的电流, 足以置人于死地。通过人体电流的大小与触电电压和人体电阻有关, 当人体比较潮湿时, 人体电阻减小, 流过的电流增大, 容易触电, 因此湿手不要触摸电器。

3. 触电形式

触电分为: 单相触电、两相触电、跨步触电 3 种形式。

单相触电: 是指人体站在地面或其他接地体上, 人体的某一部分触及一相带电体 (火线) 后, 一相电流通过人体经大地回到中性点的触电事故。单相触电时, 加在人体的电压为电源电压的相电压。设备漏电造成的事故属于单相触电。绝大多数的触电事故属于这种形式, 如图 1-2-1 所示。

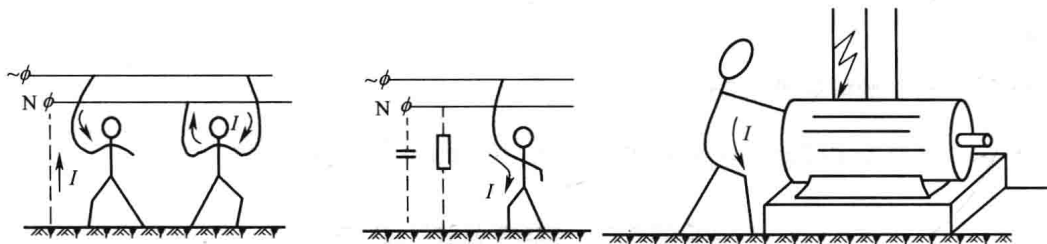


图 1-2-1 单相触电

在日常工作和生活中 (三相四线制), 低压用电设备的开关、插头和灯头以及电动机、电熨斗洗衣机等, 如果其绝缘损坏, 带电部分裸露而使外壳、外皮带电, 当人体碰触这些设备时, 就会发生单相触电情况。若此时人体站在绝缘板上或穿绝缘鞋, 人体与大地间的电阻就会很大, 通过人体的电流将很小, 这时不会发生触电危险。

两相触电：是指人体不同部位同时接触两相电源带电体而引起的触电事故，这时人体承受的是 380V 的线电压，其危险性一般比单相触电大。人体一旦接触两相带电体时，电流就会比较大，轻微的会引起触电烧伤或导致残疾，严重的可以导致触电死亡事故，而且两相触电使人触电身亡的时间只有 1~2s 之间，如图 1-2-2 所示。

跨步触电：是指当带电体碰地有电流流入大地，或雷击电流经设备接地体入地时，在该接地体附近的大地表面具有不同数值的电位，如图 1-2-3 所示。当人体在落地点周围行走时，两脚之间形成跨步电压而引起的触电事故。离接地点越近，跨步电压越大，危害也越大。

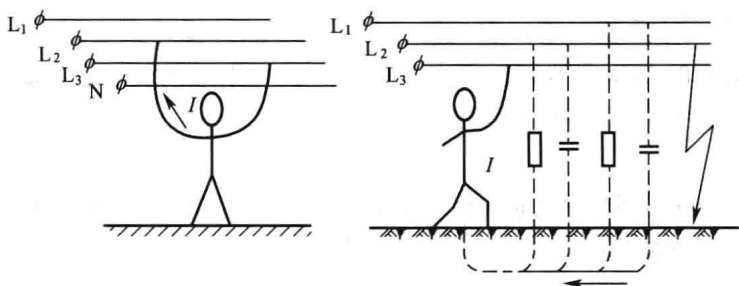


图 1-2-2 两相触电

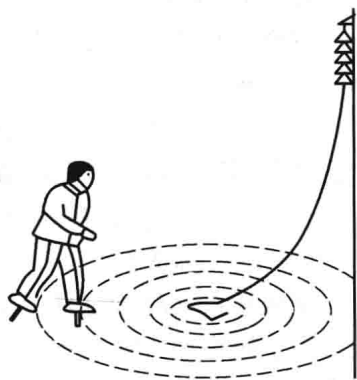


图 1-2-3 跨步触电

人体承受跨步电压时，电流一般是沿着人的下身，即从脚到胯部到脚流过，与大地形成通路，电流很少通过人的心脏等重要器官，看起来似乎危害不大，但是，跨步电压较高时，人就会因脚抽筋而倒在地上，这不但会使作用于身体上的电压增加，还有可能改变电流通过人体的路径而经过人体的重要器官——心脏，因而大大增加了触电的危险性。

因此，一旦不小心步入断线落地区且感觉到有跨步电压时，应赶快把双脚并在一起或用一条腿跳着离开断线落地区；当必须进入断线落地区救人或排除故障时，应穿绝缘靴。

【例 1-2-1】小鸟站在高压线上？为什么不会被电死？

分析：高压线都有绝缘外皮，不是裸导线。即使是裸导线，如果小鸟一条腿站，电流从小鸟一条腿进去，不能形成回路，因此电流不会进入小鸟体内，小鸟不会触电。

如果小鸟两条腿站，电流可以从小鸟的一条腿进入，另一条腿出来。小鸟两腿间距离很小，之间导线的电阻小于 0.01Ω ，而小鸟的电阻大于 500Ω 。根据并联电路分流公式，流过导线的电流是流过小鸟体内的 50000 倍。高压输电的电流是很小的，因此小鸟只承担了电流的 $1/50000$ ，远远达不到触电所需要的电流。如果一个人在空中（脚不着地）摸到高压线，也不会被电死。

如果要使小鸟电死，只要用一根铁丝将小鸟和大地相连，小鸟会被立刻烤焦，因为大地的电位是最低的，电流最容易流向大地，一旦高压线上有导体和大地相连，电流就会向大地倾泄。这就是人触电的原因。人一直站在地上，和大地相连，摸到火线后，电流就会通过人体流向大地，可以说大地对电流的吸引力是最强的。

总之，电流才是触电的罪魁祸首。电压只不过是电流的形成提供了一个必要条件，但不是充分条件。有电压，还要有回路，电流大小还与电阻有关。

二、安全电压和安全用具

1. 安全电压

不带任何防护设备，对人体各部分组织均不造成伤害的电压值，称为安全电压。

世界各国对于安全电压的规定有：50V、40V、36V、25V、24V 等，其中以 50V、25V 居多。国际电工委员会（IEC）规定安全电压限定值为 50V。我国规定 12V、24V、36V 三个电压等级为安全电压级别。

在湿度大、狭窄、行动不便、周围有大面积接地导体的场所（如金属容器内、矿井内、隧道内等）使用的手提照明，应采用 12V 安全电压。凡手提照明器具，在危险环境、特别危险环境的局部照明灯，高度不足 2.5m 的一般照明灯，携带式电动工具等，若无特殊的安全防护装置或安全措施，均应采用 24V 或 36V 安全电压。

2. 安全用具

安全用具是用来直接保护电工人员人身安全的常用工具，常用的有：绝缘手套、绝缘靴、绝缘棒三种。

绝缘手套：由绝缘性能良好的特种橡胶制成，有高压、低压两种。在操作高压隔离开关和油断路器等设备、在操作带电运行的高压电器和低压电气设备时，可用来预防接触电压。

绝缘靴：也是由绝缘性能良好的特种橡胶制成，带电操作高压或低压电气设备时，防止跨步电压对人体的伤害。

绝缘棒：又称绝缘杆、操作杆或拉闸杆，用电木、胶木、塑料、环氧玻璃布棒等材料制成。用于操作高压隔离开关、跌落式熔断器，安装和拆除临时接地线以及测量和实验等工作。常用规格：500V、10kV、35kV 等。

三、触电原因及预防措施

1. 触电原因

常见的触电原因有：①线路架设不合规格；②电气操作制度不严格；③用电设备不合要求；④用电不规范。

2. 触电防护措施

触电的原因，可能是人体直接接触带电导体，也可能是绝缘损坏，工作人员接触带电的金属外壳而造成的。为了防止人身触电事故，通常采用的技术防护措施有电气设备的接地和接零、安装低压触电保护器两种方式。

（1）保护接地：在中性点不接地系统中，设备外壳不接地且意外带电，外壳与大地间存在电压，人体触及外壳，将有电容电流流过，如图 1-2-4（a）所示。这样，人体就遭受触电危害。如果将外壳接地，人体与接地体相当于电阻并联，流过每一通路的电流值将与其电阻的大小成反比。人体电阻比接地体电阻大得多，人体电阻通常为 $2000\Omega \sim 20M\Omega$ 范围内，接地电阻通常小于 4Ω ，流过人体的电流很小，这样就完全能保证人体的安全，如图 1-2-4（b）所示。

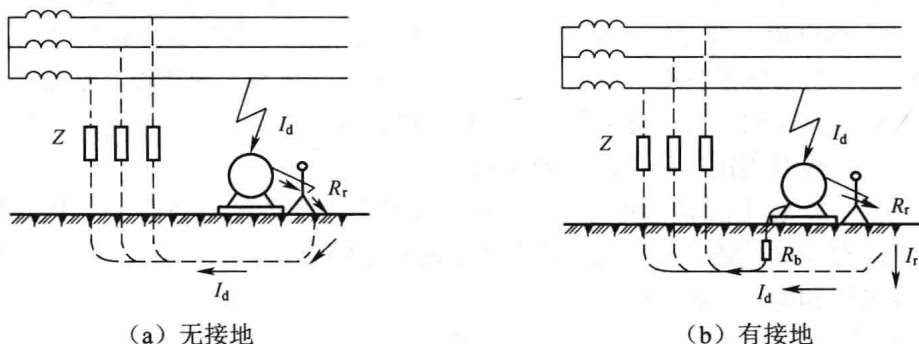


图 1-2-4 保护接地

(2) 保护接零：在电源中性点接地的系统中，将设备需要接地的外露部分与电源中性线直接连接，相当于设备外露部分与大地进行了电气连接。

当设备正常工作时，外露部分不带电，人体触及外壳相当于触及零线，无危险，如图 1-2-5 所示。采用保护接零时，应注意不宜将保护接地和保护接零混用，而且中性点工作接地必须可靠。这样，发生某相碰壳时，就会造成该相短路而熔断熔丝或其他保护继电器动作而迅速切断电源，免除触电危险。若中性点不接地，绝对不允许保护接零。

(3) 漏电保护：是近年来推广采用的一种新的防止触电的保护措施。在电气设备中发生漏电或接地故障而人体尚未触及时，漏电保护装置已切断电源；或者在人体已触及带电体时，漏电保护器能在非常短的时间内切断电源，减轻对人体的危害。一般安装在进户端。

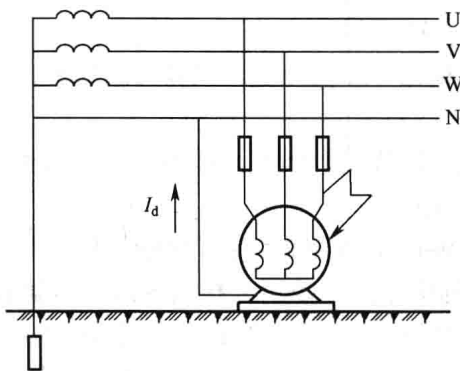


图 1-2-5 保护接零

3. 家庭电路的组成

家庭电路一般由：电能表、保护装置、总开关、线路开关、火线、零线、接地线和各种用电器组成，如图 1-2-6 所示。

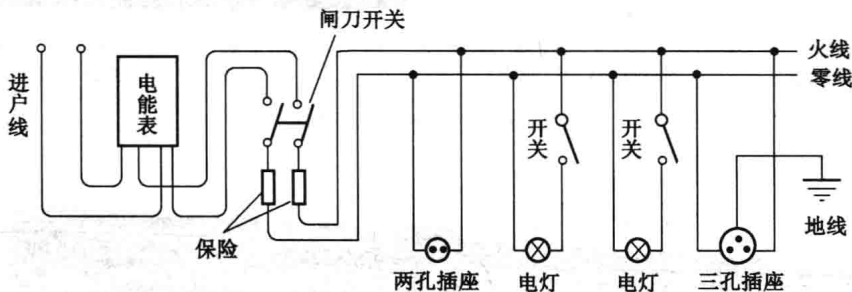


图 1-2-6 家庭电路的组成

家庭电路中的各插座、灯泡等都相互并联在电路中；电灯与控制该电灯的开关相互串联在同一条支路上，并且开关要连接在火线和灯泡之间。

家庭电路的供电线有两根，有一根在户外就已经和大地相连，叫做零线，另一根叫做火线，俗称火线。火线和零线之间有 220V 的电压。在正常情况下，零线和大地之间没有电压，火线和大地之间有 220V 的电压。

家庭电路的保险装置一般有保险丝或空气开关两种，当电路中电流过大时，保险丝会熔化；空气开关中的电磁铁会吸引衔铁，引起开关脱扣（即常说的跳闸），自动断开电路，对电路起到保护作用。保险丝需要选用电阻率大，熔点低的合金丝制成。