

免费提供
精品教学资料包
服务热线: 400-615-1233
www.xinsijiaocai.com

电工技术基础与技能

DIANGONG JISHU JICHU YU JINENG

策划编辑: 高 宇
责任编辑: 高 宇
封面设计: 刘文东



定价: 42.00元

甘肃省“十四五”首批职业教育省级规划教材立项教材
甘肃省职业教育在线精品课程配套教材

电工技术基础与技能

主编 魏小燕 刘国祥

北京邮电大学出版社



甘肃省“十四五”首批职业教育省级规划教材立项教材
甘肃省职业教育在线精品课程配套教材

电工技术 基础与技能

主编 魏小燕 刘国祥



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

甘肃省“十四五”首批职业教育省级规划教材立项教材
甘肃省职业教育在线精品课程配套教材

电工技术 基础与技能

主 编 魏小燕 刘国祥
副主编 高 露 何 健
张 凯 郝雪君



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内 容 简 介

本书共分6个项目,主要包括认识电工实训室与安全用电、认识电路、直流电路的分析、认识电容与电感、认识单相正弦交流电路、认识三相正弦交流电路。

本书配有丰富的微课视频资源,配套在线课程“电工基础”被评为甘肃省职业教育在线精品课程。本书既可作为中等职业院校电工技术课程的教材,也可供相关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工技术基础与技能 / 魏小燕, 刘国祥主编.
北京: 北京邮电大学出版社, 2025. -- ISBN 978-7-5635-7662-3

I. TM

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 2025GK8022 号

策划编辑: 高 宇 责任编辑: 高 宇 封面设计: 刘文东

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号

邮政编码: 100876

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 三河市骏杰印刷有限公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 13.25

字 数: 322 千字

版 次: 2025 年 9 月第 1 版

印 次: 2025 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-7662-3

定 价: 42.00 元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

服务电话: 400-615-1233

电,作为现代社会生产的“血液”,已深深融入各个领域的方方面面。从照亮千家万户的灯光,到驱动庞大机器的动力装置,从便捷的通信设备,到精密的自动化控制系统,无不依赖于电工技术的支撑。掌握电工技术的基础知识与核心技能,已成为现代产业工人,特别是电气相关领域技术技能人才必备的职业素养。

本书面向中等职业学校机电设备类、自动化类、电子信息类及相关专业的学生。我们深知,中职教育肩负着培养高素质技术技能人才、能工巧匠、大国工匠的使命,其核心在于夯实基础、强化实践、突出应用、对接岗位。

在编写本书的过程中,我们始终遵循以下原则。

(1)以基础为本,以够用为度。系统梳理电工技术领域最核心、最基础的理论知识,脉络清晰。内容选取力求精练、突出重点,避免涉及过深的理论推导,确保学生能够“学得会、用得上”。

(2)突出应用,贴近岗位。紧密结合现代工业和日常生活中的实际应用场景选取典型案例和真实工作任务,引导学生将所学知识技能迁移到解决实际问题中去。内容编排注重与后续专业课程及未来就业岗位需求相衔接。

(3)安全第一,警钟长鸣。安全是电工工作的生命线。本书以重点篇幅详细讲解了触电防护、电气火灾预防、安全操作规程及急救常识。通过学习安全用电知识及操作规程,学生能牢固树立安全意识,并养成严谨负责的职业态度,这是成为一名合格电工的首要前提。

(4)融入素养元素,以育人为本。在传授知识技能的同时,注重培养学生的职业精神、工匠精神(如精益求精、一丝不苟)、团队协作意识、规范意识(遵守标准、规程)和节能环保理念。通过任务过程的实践,学生能养成良好的工作习惯和职业道德。

本书配套的自建课程“电工基础”于2023年被评为甘肃省职业教育在线精品课程,在智慧职教MOOC平台(<https://mooc.icve.com.cn/>)搜索“电工基础”,即可找到对应课程,课程负责人为魏小燕。

电工技术的学习是一个循序渐进、不断积累的过程。希望本书能成为同学们开启电工



技术之门的钥匙,帮助大家打下坚实的理论和技能基础,培养良好的职业素养和安全意识,为未来的职业发展和终身学习铺就一条光明之路。期待同学们在电工技术的广阔天地里勤学苦练,精益求精,最终成长为新时代不可或缺的高素质技术技能人才。

本书由兰州理工中等专业学校魏小燕、平凉理工中等专业学校刘国祥任主编,兰州理工中等专业学校高露、何健、张凯、郝雪君任副主编。

由于编者水平有限,书中难免存在不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者



CONTENTS

目 录

项目一 认识电工实训室与安全用电 1

任务一 认识电工实训室的常用设备与器材 1

任务二 了解安全用电知识 9

思考与练习 20

项目二 认识电路 21

任务一 认识电路的组成和基本物理量 21

任务二 认识电路的基本元件 41

思考与练习 60

项目三 直流电路的分析 62

任务一 简单直流电路的分析 62

任务二 复杂直流电路的分析 79

思考与练习 99

项目四 认识电容与电感 101

任务一 认识电容器 101

任务二 认识磁场 110



任务三 认识电感器	124
任务四 认识变压器	135
思考与练习	141

项目五

认识单相正弦交流电路	143
------------------	-----

任务一 认识正弦量的基本概念	144
任务二 认识正弦量的相量表示法	150
任务三 掌握基本电路元件的交流电特性	156
任务四 认识电路定律的相量形式	167
任务五 认识多参数组合的正弦交流电路	169
任务六 认识正弦稳态电路的功率	174
思考与练习	182

项目六

认识三相正弦交流电路	184
------------------	-----

任务一 认识三相正弦交流电源	185
任务二 三相负载的连接	191
思考与练习	204

参考文献

.....	205
-------	-----



项目一

认识电工实训室与安全用电

项目目标

- (1)掌握常用电工工具的使用方法及注意事项；
- (2)学习相关案例，强化安全用电意识；
- (3)掌握预防触电和触电急救的基本方法。

项目描述

在电工实训室中，可以通过实验操作和基本实验技能的训练验证、消化和巩固所学基本理论，运用理论处理实际问题，获得实验技能和科学研究方法。在开展技能训练项目之前，要走进电工实训室，了解其电源配置，认识常用电工仪表及常用电工工具，对本课程形成初步认识，培养学习兴趣。特别是在开展实训前要明确电工实训室操作规程及安全电压的规定，牢固树立安全用电与规范操作的职业意识，为后续项目的开展打下坚实基础。

任务一

认识电工实训室的常用设备与器材

知识目标

- (1)熟悉电工实训室的安全操作规程；
- (2)掌握常用电工工具的使用方法及注意事项。



技能目标

- (1) 熟练使用常用电工仪表；
- (2) 会使用常用电工工具进行安全操作。

一般的电工基础实训都可以在电工实训室的实验台上完成,不同的实验台型号有可能不同,但其配置与功能基本相同。本任务主要通过现场观察和教师讲解认识和了解电工实训室。

电工实训室(见图 1-1)配有电工技术实验装置,实验台配有三相交流可调电源、直流电源、信号源及频率计、交直流测量仪表等,配合实验模块完成课程对应的实验项目。



图 1-1 电工实训室

一、电工实训室 8S 管理模式

电工实训室采用 8S 管理模式,创造良好的实训环境,促进实践教学与职业素质训练,帮助学生养成良好的工作学习习惯。8S 的定义与目的如表 1-1 所示。

表 1-1 8S 的定义与目的

8S 内容	定 义	目 的
整理(seiri)	区分要用和不要用的,不要用的清除掉	把空间腾出来活用
整顿(seiton)	要用的东西依规定定位、定量摆放整齐,并明确标示	不用浪费时间找东西
清扫(seiso)	清除工作场所内的脏污,并防止污染的发生	消除脏污,保持工作场所干净、明亮

续表

8S 内容	定 义	目 的
清洁(seiketsu)	将上面 3S 实施的做法制度化、规范化,并维持成果	通过制度化来维持成果,并显现“异常”之所在
素养(shitsuke)	人人依规定行事	养成认真工作的习惯
安全(safety)	免于危险和事故	预知危险,防患于未然
节约(save)	减少企业的人力、资金、空间、时间、库存、物料消耗等成本因素	提升降低成本的意识,加强作业人员减少浪费的素质教育
学习(study)	深入学习各项专业技术知识,提升自己的综合素质	知识、技能持续提高

二、电工实训室操作规程

(1)实训课前学生应按教师要求,认真预习实训教材和实训指导书,明确实训目的、实训内容、操作要求和操作步骤,熟悉所用仪器的正确使用方法及注意事项。

(2)学生需遵守电工实训室的有关管理制度,服从指导教师安排,进入电工实训室必须穿工作服。

(3)实训前应先检查实训所需工具、仪表、材料等是否齐全完好。

(4)学生在实训时要确保人身和设备安全,严格按指导教师要求和安全操作规程进行实训操作。

(5)接好线路后,应认真检查,请教师审核后方可通电。

(6)实训过程中仪表、工具、材料不得随意摆放,不得擅自动用与本实训无关的设备,启动仪器前须征得教师同意,调节旋钮力度要适度,不得野蛮操作,应爱护公共财物。

(7)完成实训后主动整理好相关仪表、工具,做好实训室卫生工作,关好门窗,切断电源。

三、常用电工仪表

电工仪表是进行电工测量所需仪表的总称。利用电工仪表通过一定的方法获得被求电量实际数值的过程,就是电工测量。电工仪表种类繁多,在电工实训



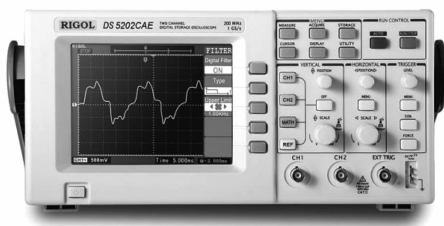
中用到的仪表主要有函数信号发生器、直流稳压电源、示波器、万用表(指针式和数字式)等,如图 1-2 所示。



(a)函数信号发生器



(b)直流稳压电源



(c)示波器



(d)万用表

图 1-2 常用电工仪表

1. 函数信号发生器

函数信号发生器是可以产生所需参数的电测试信号仪器,能产生某些特定的周期性时间函数波形(正弦波、方波、三角波、锯齿波和脉冲波等)信号,频率范围可从几微赫到几十兆赫。函数信号发生器除供通信、仪表和自动控制系统测试用外,还广泛用于其他非电测量领域。

2. 直流稳压电源

直流稳压电源是能为负载提供稳定直流电源的电子装置。直流稳压电源的供电电源大都是交流电源,当交流供电电源的电压或负载电阻发生变化时,直流稳压电源的直流输出电压会保持稳定。随着电子设备向高精度、高稳定性和高可靠性的方向发展,对直流稳压电源提出了更高的要求。

3. 示波器

示波器是一种用途十分广泛的电子测量仪器。它能把肉眼看不见的电信号变换成看得见的图像,便于人们研究各种电现象的变化过程。示波器是可以测量交流电流或脉冲电流波形的仪器,由电子管放大器、扫描振荡器、阴极射线管等组成。示波器除可以观测电流的波形外,还可以测定频率、电压等。凡可以变



为电效应的周期性物理过程都可以用示波器进行观测。

4. 万用表

万用表又称多用电表或多用表,是一种带有整流器的,可以测量交直流电流、电压及电阻等多种电学参量的磁电式仪表。对于每一种电学参量,万用表一般都有几个量程。万用表由磁电系电流表(表头)、测量电路和选择开关等组成。通过选择开关的变换,可以方便地对多种电学参量进行测量。其电路计算的主要依据是闭合电路欧姆定律。万用表种类很多,使用时应根据不同的要求进行选择。

四、常用电工工具

常用电工工具如图 1-3 所示。



图 1-3 常用电工工具

1. 试电笔

试电笔也称测电笔,是检验线路和设备是否带电的工具,通常制成钢笔式和螺钉旋具式两种,其结构如图 1-4 所示。

以钢笔式试电笔为例,其一般由笔尖金属体、电阻、氖管、笔筒(小窗)、弹簧和笔尾金属体组成。当试电笔测试带电体时,只要带电体、试电笔、人体、大地构成通路,并且带电体与大地之间的电压超过一定数值(如 60 V),试电笔中的氖管就会发光(其电位不论是交流还是直流),这就告诉人们被测物体带电,并且超



过了一定的电压。

试电笔的使用方法极为关键,用错误的握笔方法测试带电体,会造成触电事故,因此必须特别留心。

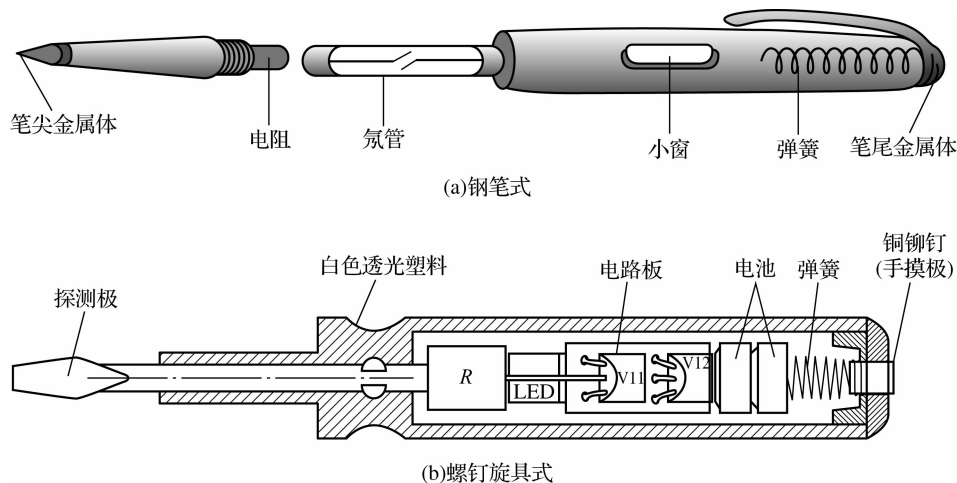


图 1-4 试电笔的结构

使用试电笔时,应注意以下事项。

(1)使用试电笔之前,首先要检查试电笔的适用电压是否高于被测试带电体的电压、试电笔里有无安全电阻,再直观检查试电笔是否损坏,有无受潮或进水,是否有破裂,以上检查合格后才能使用。

(2)使用试电笔时,绝不能用手触及试电笔前端的金属探头,否则会造成人身触电事故。

(3)使用试电笔时,一定要用手触及试电笔尾端的金属部分,否则会因带电体、试电笔、人体与大地没有形成回路,试电笔中的氖管不会发光。这会造成误判,认为带电体不带电,这是十分危险的。

(4)在检测电气设备是否带电之前,先要找一个已知电源试测,检查试电笔的氖管是否正常发光,能正常发光,试电笔才能使用。

(5)使用试电笔要使氖管小窗背光,以便看清它测出带电体带电时发出的红光。在明亮的光线下测试带电体时,应特别注意氖管是否真的发光(或不发光),必要时,可用另一只手遮挡光线仔细判别。千万不要误判,将氖管发光判为不发光,即将带电误判为不带电。

(6)一手接地,一手接触试电笔尾端的金属部分,若氖管靠手的上半部分亮,



则被验部分带正电,下半部分亮则被验部分带负电,上下都亮是交流电,上下都不亮是不带电。

2. 螺钉旋具

螺钉旋具俗称起子或螺丝刀,主要用来紧固或拆卸螺钉。按头部形状的不同,常用螺钉旋具有一字形和十字形两种,如图 1-5 所示。



图 1-5 螺钉旋具

一字形螺钉旋具用来紧固或拆卸带一字槽的螺钉,其规格用柄部以外的长度表示。一字形螺钉旋具常用的规格有 50 mm、100 mm、150 mm 和 200 mm 等,其中电工必备的是 50 mm 和 150 mm 两种。十字形螺钉旋具用来紧固或拆卸带十字槽的螺钉,常用的规格有四种:Ⅰ号适用螺钉直径为 2~2.5 mm,Ⅱ号为 3~5 mm,Ⅲ号为 6~8 mm,Ⅳ号为 10~12 mm。

使用螺钉旋具时,应注意以下事项。

- (1) 电工必须使用带绝缘手柄的螺钉旋具。
- (2) 使用螺钉旋具紧固或拆卸带电的螺钉时,手不得触及螺钉旋具的金属杆,以免发生触电事故。
- (3) 为了防止螺钉旋具的金属杆触及皮肤或触及相邻近带电体,应在金属杆上套装绝缘管。
- (4) 使用时应注意选择与螺钉槽规格相应的螺钉旋具。
- (5) 切勿将螺钉旋具当作鑿子使用,以免损坏螺钉旋具手柄或刀刃。

3. 钢丝钳

钢丝钳主要用于弯绞、剪切、夹持金属导线,也可用于紧固螺母、切断钢丝。其结构和使用方法如图 1-6 所示。电工应该选用带绝缘手柄的钢丝钳,其绝缘性能(耐压)为 500 V。

常用钢丝钳的规格(按全长)有 150 mm、175 mm 和 200 mm 三种。

使用钢丝钳时,应注意以下事项。

- (1) 使用前应检查绝缘套是否完好,绝缘套破损的钢丝钳不能使用。



(2)在使用钢丝钳时,不得将相线 and 中性线或不同相位的相线同时在一个钳口处切断,以免发生短路。

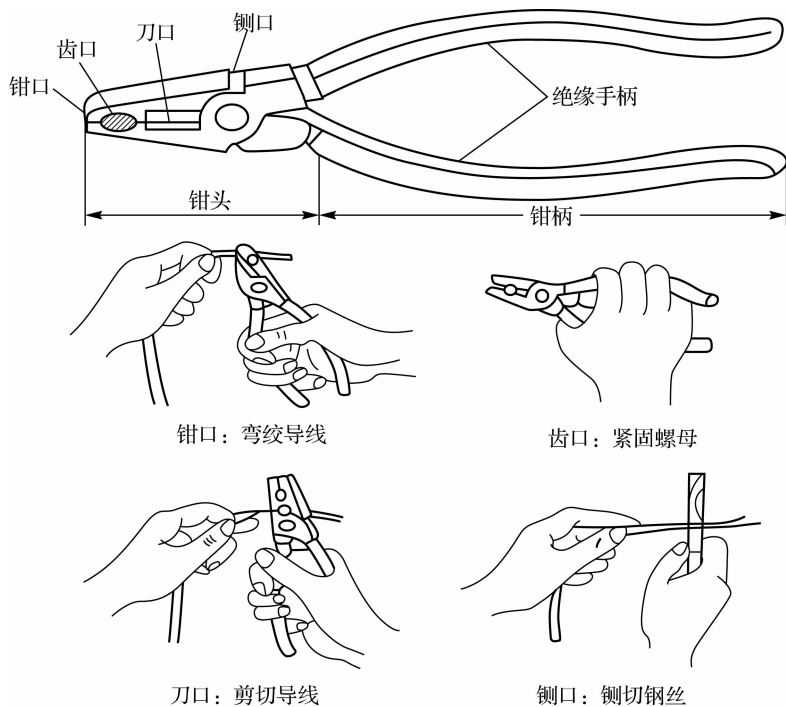


图 1-6 钢丝钳的结构和使用方法

4. 尖嘴钳

尖嘴钳的头部尖细,适用于在狭小的工作空间操作,主要用于夹持较小物件,也可用于弯绞导线,剪切较细导线和其他金属丝。电工使用的尖嘴钳带绝缘手柄,绝缘手柄的绝缘性能为 500 V,如图 1-7 所示。

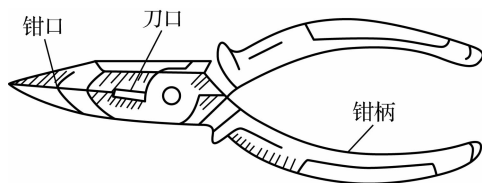


图 1-7 尖嘴钳

尖嘴钳按其全长分为 130 mm、160 mm、180 mm、200 mm 四种。

尖嘴钳在使用时的注意事项与钢丝钳一致。

尖嘴钳的握法如图 1-8 所示。

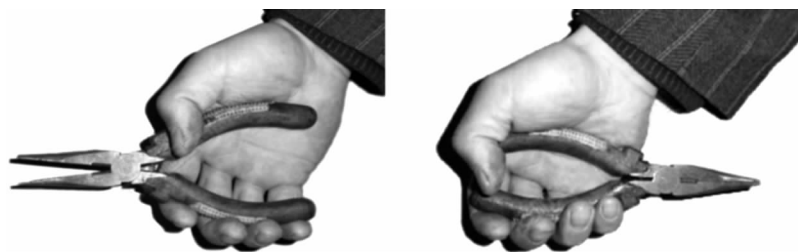


图 1-8 尖嘴钳的握法

5. 电工刀

电工刀主要用于剖削导线的绝缘外层,切割 PVC 线槽和锥钻木螺钉的底孔等。

6. 剥线钳

剥线钳是用于剥除较小直径导线、电缆的绝缘层的专用工具,它的手柄是绝缘的,绝缘性能为 500 V。其结构如图 1-9 所示。

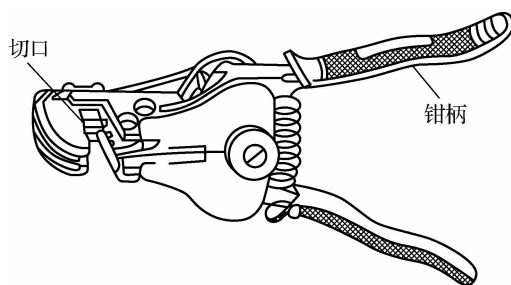


图 1-9 剥线钳的结构

剥线钳的使用方法十分简便,确定要剥削的绝缘长度后,即可把导线放入相应的切口中(直径为 0.5~3.0 mm),用手将钳柄握紧,导线的绝缘层即被拉断后自动弹出。

任务二

了解安全用电知识

知识目标

- (1)掌握人体触电的形式,并能够加以区分;
- (2)掌握触电事故的预防。



技能目标

- (1)掌握电气设备的接地与接零保护;
- (2)掌握触电急救方法。

安全用电是指在使用电气设备过程中怎样来防止电气事故及保障设备和人身安全。电气事故一般分为自然事故和人为事故。自然事故是指非人为原因诸如设备绝缘老化导致漏电以及雷击产生的破坏等。人为事故是指因违反安全操作规程而引起的设备损坏甚至人员伤亡。

一、人体触电及预防

当人体触及带电体,或者带电体与人体之间闪击放电,或者电弧触及人体时,电流通过人体进入大地或其他导体,形成导电回路,这种情况就是触电。



微课:安全
用电

1. 电流对人体的伤害

人体的某一部分碰到带电的物体,电流就要通过人体,即触电。电流通过人体,对人的身体和内部组织会造成不同程度的损伤,这种损伤分为电击和电伤两种。电击是指电流通过人体时,使内部组织受到较为严重的损伤。电击会使人觉得全身发热、发麻,肌肉发生不自主的抽搐,逐渐失去知觉。如果电流继续通过人体,将使触电者的心脏、呼吸系统和神经系统受损,直到心脏活动停止、呼吸停止,最终死亡。电伤是指电流对人体外部造成的局部损伤,电伤从外观来看一般有电弧烧伤、电的烙印和熔化的金属渗入皮肤(称为皮肤金属化)等伤害。总之,当人触电后,电流通过人体和发生电弧,往往使人体受到严重伤害,甚至造成死亡。

研究表明,当人体通过 0.6 mA 的电流时,会引起人体麻刺的感觉;通过 20 mA 的电流,会引起剧痛和呼吸困难;通过 50 mA 的电流,就有生命危险;通过 0.1 A 以上的电流,就能引起心脏停搏,直至死亡。

触电会威胁触电者的生命安全,其危险程度与下列因素有关。

- (1)人体承受的电压。
- (2)通过人体的电流。
- (3)电流作用时间的长短。
- (4)电源频率的高低。
- (5)电流通过人体的路径。



(6)触电者的体质状况。

(7)人体的电阻。

人体承受的电压越高,对人体的危害越重。较低的电压对人体不会造成大的伤害;较高的电压,轻则引起灼伤,重则使人死亡。在较干燥的环境中,36 V 以下的电压是安全的。

通过人体的电流取决于触电者接触到的电压高低和人体电阻的大小。人体接触的电压越高,通过人体的电流越大。人体电阻越小,通过人体的电流越大。人体的电阻一般为 $10\sim 100\text{ k}\Omega$,主要是皮肤角质层电阻最大,当皮肤失去角质层时,人体电阻就会降到 $800\sim 1\,000\ \Omega$ 。如果皮肤出汗、潮湿和有灰尘(如金属灰尘、炭质灰尘),也会使皮肤电阻大大降低。

电流通过人体时间的长短与人体的受伤害程度有密切的关系,人体处于电流作用下时间越短,获救的可能性越大;电流通过人体的时间越长,电流对人体机能的破坏越大,获救的可能性也就越小。

研究表明,50~60 Hz 工频电源对人体伤害最大;电流流过心脏比流过人体其他部位更危险。

很多人认为 220 V 电压对人没有太大危险,使用中不必担心,这完全不对。220 V 电压虽然不高,但因为在生活和工作中使用较多,加之人们对 220 V 的低电压经常忽视,触电的机会较多。统计表明,在人体触电事故中,低压触电事故所占比重较大。因此,在低压用电系统中,我们更应注意安全,避免触电。

2. 安全电压(电流)

在生产、生活中经常需要用电,有时可能出现电击现象,而电击对人体的危害程度主要取决于通过人体电流的大小和通电时间长短。电流越大,致命危险越大;持续时间越长,死亡的可能性越大。能引起人感觉的最小电流值称为感知电流,交流为 1 mA,直流为 5 mA;人触电后能自行摆脱的最大电流称为摆脱电流,交流为 10 mA,直流为 50 mA;在较短的时间内危及生命的电流称为致命电流,如 100 mA 的电流通过人体 1 s,足以致命,一般规定致命电流为 50 mA。在有防止触电保护装置的情况下,人体允许通过的电流一般按 30 mA 考虑。

根据欧姆定律可知,流经人体电流的大小与外加电压和人体电阻有关。人体电阻除人的自身电阻外,还应附加人体以外的衣服、鞋等的电阻。虽然人体电

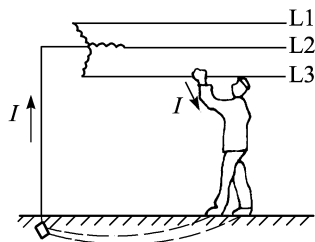


阻一般可达 $5\,000\ \Omega$,但是影响人体电阻的因素很多,如皮肤潮湿出汗、带有导电性粉尘、加大与带电体的接触面积和压力以及衣服、鞋、袜的潮湿和油污等情况,均能使人体电阻降低,所以通常流经人体电流的大小是无法事先计算出来的。因此,为确定安全条件,往往不采用安全电流,而是采用安全电压来进行估算。一般情况下,也就是干燥而触电危险性较大的环境下,安全电压规定为 $36\ \text{V}$;对于潮湿而触电危险性较大的环境(如金属容器、管道内施焊检修),安全电压规定为 $12\ \text{V}$ 。这样,触电时通过人体的电流可被限制在较小范围内,可在一定程度上保障人身安全。

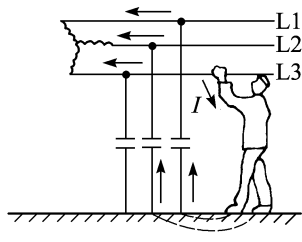
3. 常见的触电形式

按照人体触及带电体的方式和电流通过人体的途径,触电形式大致有三种,即单相触电、两相触电和跨步电压触电。

(1)单相触电。单相触电指人体在地面或其他接地导体上,人体的某一部位触及一相带电体的触电事故。触电大部分都是单相触电事故。单相触电又分中性点接地系统单相触电[见图 1-10(a)]和中性点不接地系统单相触电[见图 1-10(b)],一般来说,前者更具危险性。



(a) 中性点接地系统单相触电



(b) 中性点不接地系统单相触电

图 1-10 单相触电示意图

(2)两相触电。两相触电如图 1-11 所示,是指人体两处同时触及两带电体的触电事故,这种触电方式人体承受的电压更高,是最危险的触电。

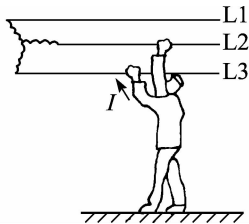


图 1-11 两相触电示意图



(3)跨步电压触电。跨步电压触电是指人在接地点附近,由两脚之间的跨步电压引起的触电事故。当带有电的电线掉落到地面上时,以电线落地的一点为中心,画许多同心圆,这些同心圆之间有不同的电位差(电压)。跨步电压是指人站在地上具有不同对地电压的两点,在人的两脚之间所承受的电压,如图 1-12 所示。跨步电压与跨步大小有关,人的跨步距离一般按 0.8 m 考虑。

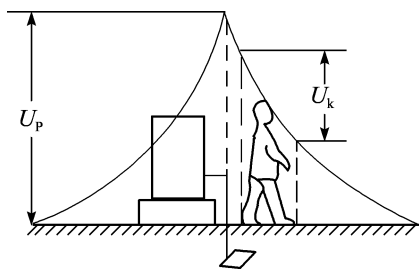


图 1-12 跨步电压触电示意图

4. 触电事故的预防

触电事故是突发性事故,可在很短的时间内造成极为严重的后果,这是必须认真注意、尽量防止的。

触电事故原因很多,如电气设备质量不合格、电气线路或电气设备安装不符合要求等会直接造成触电事故;电气设备运行管理不当、绝缘损坏漏电会造成触电事故;非电工作业人员处理电气事务,错误操作和违章操作等容易造成触电事故;用电现场混乱,线路接错,特别是插销座接线错误更容易造成触电事故;等等。对于这些,应建立严格的安全用电制度和有效的安全保护措施。

总结安全用电经验和事故教训,应采取以下的预防措施。

- (1)加强安全管理,建立和健全安全工作规程和制度,并严格执行。
- (2)保证电气设备制造质量和安装质量,做好保护接地或保护接零,在电气设备的带电部分安装防护罩、防护网。
- (3)使用、维护、检修电气设备,严格遵守有关安全规程和操作规程。
- (4)尽量不进行带电作业,特别在危险场所(如高温、潮湿地点)严禁带电作业;必须带电作业时,应该用各种安全防护用具、安全工具,如使用绝缘棒、绝缘夹钳和必要的仪表,戴绝缘手套、穿绝缘靴等,并设专人监护。
- (5)对各种电气设备按照规定进行定期试验、检查和检修,发现故障应及时处理;对不能修复的设备,不可使其带“病”运行,应立即更换。



(6) 根据规定,在不宜使用 220/380 V 电压的场所,应使用 12~36 V 的安全电压。

(7) 禁止非电工作业人员乱装乱拆电气设备,更不得乱接导线。

(8) 加强技术培训和安全教育,提高安全生产和安全用电水平。

5. 电气设备消防及灭火

(1) 一般消防措施。电力生产设备或作业场所应配置必要的消防设施。现场消防设施不能移作他用,现场消防设施周围不得堆放杂物和其他设备。防火重点部位和场所应按有关规定装设火灾自动报警装置或固定灭火装置。防火重点部位禁止吸烟,并应有明显标志。工作间断或结束时,应清理和检查现场,消除火险隐患。电力生产场所的所有电话机近旁应悬挂火警电话号码。

(2) 电气灭火。

① 先断电后灭火。当发生电气火灾时,应立即切断电源,然后进行扑救。夜间断电灭火应有临时照明措施。切断电源时应有所选择,尽量局部断电,同时应该注意安全,防止触电。不得带负荷拉闸刀或隔离开关。拉闸和剪断导线时都应使用绝缘工具,并注意防止断落导线伤人或短路。

② 带电灭火的安全要求。带电灭火时,应使用干粉灭火器、二氧化碳灭火器,不得使用泡沫灭火剂或用水泼救。用水枪带电灭火时,宜采用泄漏电流小的喷雾水枪,并将水枪喷嘴接地。灭火人员应戴绝缘手套、穿绝缘靴或穿均压服操作。喷嘴至带电体的距离:110 kV 及其以下者不应小于 3 m,220 kV 及其以上者不应小于 5 m。使用不导电的灭火器灭火时,灭火器机体的喷嘴至带电体的距离:10 kV 及其以下者不应小于 0.4 m,35 kV 及其以上者不应小于 0.6 m。

③ 充油设备灭火的安全要求。充油设备着火时,应在灭火的同时考虑油的安全排放,并设法将油火隔离;旋转电机着火时,应防止轴和轴承由于着火和灭火造成的冷热不均而变形,并不得使用干粉、砂子、泥土灭火,以防损伤设备的绝缘。

另外,在救火过程中,灭火人员应占据合理的位置,与带电部位保持安全距离,以防发生触电事故或其他事故。

二、电气设备的接地与接零保护

接地与接零是为了防止电气设备意外带电,造成人身触电事故和保证电气



设备正常运行而采取的技术措施。

将电气设备的任何部分与大地做良好的电气接触,称为接地。在 1 000 V 以下的中性点接地系统中,将电气设备的外壳与供电线路的中性点连接,称为接零。

1. 保护接地

保护接地是把电气设备不带电的金属部分与大地做可靠的金属连接。

在中性点不接地系统中,当接到这个系统上的某台电动机内部绝缘损坏使机壳带电,电动机又没有接地时,由于线路和大地之间存在分布电容,如果人体触及机壳,则将有图 1-13 所示的危险。如果电动机有了保护接地,如图 1-14 所示,保护接地的接地电阻一般是 $4\ \Omega$ 左右,则当人触及带电外壳时,形成人体电阻(最坏情况下 $1\ 000\ \Omega$ 左右)和接地电阻 R_d 的并联等效电路。由于 R_d 很小,起到了分流作用,所以通过人体的电流很小,这样就避免了触电的危险。

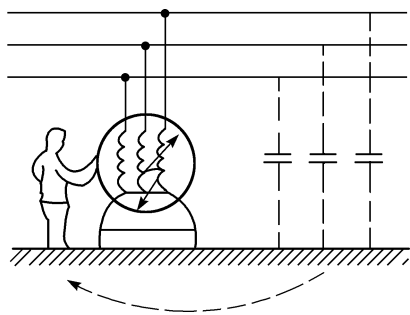


图 1-13 人碰外壳触电

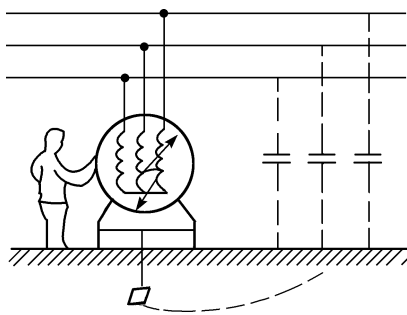


图 1-14 保护接地示意图

2. 保护接零及重复接地的基本要求

(1)保护接零。保护接零宜用于中性点直接接地的 220/380 V 三相四线制电力系统中。保护接零的原理在于当设备发生漏电时,能迅速切断电源。其基本要求如下。

①线路的阻抗不宜过大,以保证发生漏电时有足够大的断路电流,迫使线路上的保护装置迅速动作。

②在用于保护接零的中性线或专用保护接地线上不得装设熔断器和开关。

③在同一供电系统中,不允许个别设备接地不接零。特别应当注意由同一台变压器供电的采取保护接零的系统中,所有电气设备都必须同零线连接起来,构成一个零线网。避免当采用接地的设备一旦出现故障或外壳带电时,使所有



采取保护接零的设备外壳都带电而产生触电事故。

(2)重复接地。将零线上工作接地以外的一处或多处通过接地装置与大地再次连接,称为重复接地。重复接地在降低漏电设备对地电压、减轻零线断线的危险性、缩短故障时间、改善防雷性能等方面起到重要作用。其基本要求如下。

①重复接地可以从零线上直接接地,也可以从接零设备外壳接地。

②以金属外皮作为零线的低压电缆,要求重复接地。

③户外架空线路宜采用集中重复接地。架空线路干线、分支线的终端、沿线路每 1 km 处、分支线长度超过 200 m 的分支处,以及高压线路与低压线路同杆敷设时,共同敷设段的两端均应在零线上装设重复接地。

④车间内部宜采用环形重复接地。零线与接地装置至少有两点连接。除进线处一点外,其对角处最远点也应该连接,当车间周边长超过 400 m 时,每 200 m 应有一点连接。

⑤每一重复接地电阻,一般不应超过 $10\ \Omega$ 。在变压器低压工作接地电阻允许不超过 $10\ \Omega$ 的场合,每一重复接地的接地电阻可以不超过 $30\ \Omega$,但是不得少于 3 处。

三、触电急救的原则

触电急救应遵循以下基本原则。

(1)触电急救必须分秒必争。

(2)触电急救时,首先要使触电者迅速脱离电源。脱离电源就是要把触电者接触的那一部分带电设备的开关、刀闸或其他断路设备断开,或设法将触电者与带电设备脱离。救助时,救护人员既要救人,也要注意保护自身安全,防止触电。触电者未脱离电源前,救护人员不得直接用手触及触电者,以免触电。

(3)触电者脱离电源后,如神志清醒,应使其就地躺平,严密观察,暂时不要站立或走动。如触电者神志不清,应就地仰面躺平,且确保呼吸道通畅,并用 5 s 时间,呼叫触电者或轻拍其肩部,以判定触电者是否丧失意识。禁止摇动触电者头部呼叫触电者。如触电者意识丧失,应在 10 s 内,用看、听、试的方法,判定触电者呼吸、心跳情况。看触电者的脑部、腹部有无起伏动作;用耳贴近触电者的口鼻处,听有无呼气声音;试测触电者口鼻有无呼气的气流;再用两手指轻试触电者一侧喉结旁凹陷处的颈动脉,看有无搏动。



(4)触电者呼吸和心跳均停止时,应立即按心肺复苏法就地抢救。所谓心肺复苏法,就是支持生命的三项基本措施,即通畅气道、人工呼吸、胸外心脏按压。

(5)医务人员未接替抢救前,现场抢救人员不得放弃抢救。

四、触电急救的具体方法

1. 使触电者脱离电源的方法

当发现有人触电时,必须即使触电者脱离电源,因为只有触电者脱离电源,才能终止电流对人体的伤害,才能对触电者实施抢救。使触电者脱离电源的方法有如下几种。

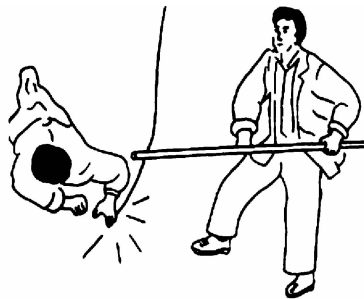
(1)若电源开关或插头就在附近,则应立即断开电源开关或拔下插头断开电源。

(2)若附近找不到电源开关或插头,则应用带绝缘手柄的电工钳或用有干燥木柄的器具,如斧头、菜刀等切断电线,断开电源。

(3)当电线落在触电者身上或被触电者压在身下时,可用干燥的衣服、绳索、木棍等绝缘材料做工具,拉开触电者或挑开触电者身上的电线,使触电者脱离电源,如图 1-15 所示。



(a)用一只手拉触电者干燥的衣服



(b)用木棍挑开电线

图 1-15 使触电者脱离电源

2. 触电现场的诊断和抢救

当发生触电时,除应迅速将触电者脱离电源和拨打急救电话之外,还应进行必要的现场诊断和抢救。

1) 根据触电者身体症状确定急救方法

(1)触电者神志清醒,可以回答问题,全身无力、心慌、四肢发麻,应立即使其



就地休息,不可走动,以减轻心脏负担,同时迅速请医生前来诊治或将其送往医院。

(2)触电者神志不清,已失去知觉,如呼吸正常应将其抬到空气流通且干燥温暖的地方安静地平躺,解开衣扣,暂不做人工呼吸并迅速请医生到现场诊断治疗。医生到来之前应对其仔细观察,如出现呼吸困难,应立即进行人工呼吸。

(3)触电者已失去知觉、呼吸困难,应立即对其进行人工呼吸,医生到来之前不能停止人工呼吸。

(4)呼吸或心脏跳动都已停止的触电者,应立即对其施行人工呼吸和胸外心脏按压,中间不得间歇和停止,直至医生到达现场急救。然后尽快将其送到医院,途中不得停止人工呼吸和胸外心脏按压。

2)人工呼吸

如图 1-16 所示,在进行人工呼吸前应迅速清除触电者口腔内的食物或黏液及假牙等,保持呼吸道通畅并将衣扣、裤带解开。不要使触电者直接躺卧在潮湿或混凝土地面上急救,人工呼吸应连续进行。如果触电者有极微弱的自主呼吸,人工呼吸仍需继续进行,直到呼吸正常为止。经医生诊断没有救护希望时,才可停止急救,否则应继续进行。

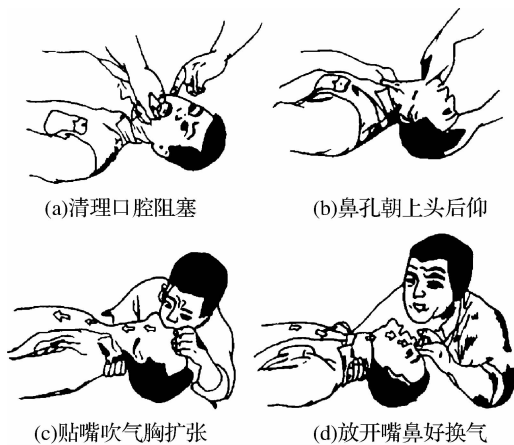


图 1-16 人工呼吸法

(1)人工呼吸时,应使触电者仰卧,使其头部充分后仰,鼻孔朝上,以使其呼吸道畅通。

(2)救护者一只手捏紧触电者的鼻孔,另一只手的拇指和食指轻轻掰开他的



嘴,然后深吸一口气后向口内吹气,时间约 2 s,使其胸部鼓起。

(3)吹气后立即离开触电者口部,并放松触电者的口(鼻),让其自行呼吸约 3 s。触电者为年老体弱者时吹气力度要适当。

3)胸外心脏按压

胸外心脏按压是触电者心脏停止跳动后使其心脏恢复跳动最有效的急救方法之一,如图 1-17 所示。采用胸外心脏按压时应使触电者仰卧在比较坚实的地方,姿势与人工呼吸法相同,具体方法如下。

(1)救护者跪在触电者一侧,两手相叠,手掌根部放在心窝上方,肋骨下 $1/3 \sim 1/2$ 处。

(2)掌根用力垂直向下(脊背方向)按压,压出心脏里面的血液,用力要适中。对成人应压陷 3~4 cm,每分钟按压 60 次;对婴幼儿应用一只手按压,用力要比成人稍轻一些,压陷 1~2 cm,每分钟按压 100 次。

(3)按压后手掌根部突然抬起,让触电者胸部自动复原,血液充满心脏,放松时掌根不要离开压迫点。

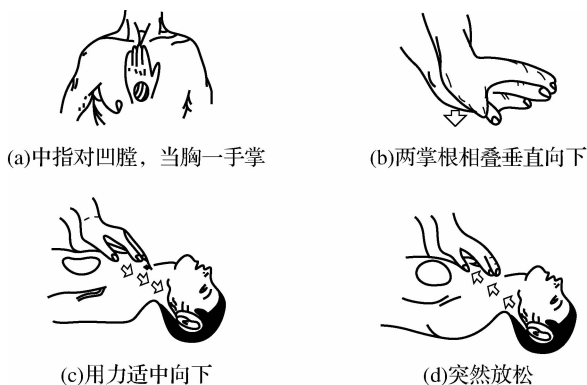


图 1-17 胸外心脏按压法

应当知道,心脏跳动和呼吸是相互联系且同时进行的,一旦呼吸和心脏跳动都停止了,应该及时交替进行人工呼吸和胸外心脏按压,每吹气 2~3 次,按压 10~15 次,且吹气和按压的速度也要相应加快。

统计数据表明,如果从触电后 1 min 开始救治,触电者的存活率为 90%;如果从触电后 6 min 开始抢救,则触电者仅有 10%的存活机会;而从触电后 12 min 开始抢救,则存活的可能性极小。因此,当发现有人触电时,要争分夺秒,采取一切可能的办法抢救。



思考与练习

1. 填空题

- (1) 电工基础实训室通常的电源配置有_____、_____、_____等。
- (2) 常用电工仪器仪表有_____、_____、_____、_____。
- (3) 常用测电笔有_____式和_____式两种。
- (4) 测电笔在使用时应注意_____光,朝向_____。
- (5) 触电的形式有_____、_____和_____三种。
- (6) 有人触电停止呼吸,首先应采取的急救措施是_____。
- (7) 触电现场抢救中,以_____和_____两种抢救方法为主。
- (8) 对电气火灾的扑救,应使用_____、_____、_____、_____。

2. 简答题

- (1) 简述试电笔的组成及使用注意事项。
- (2) 简述护套线绝缘层的剥削方法。
- (3) 发现有人触电应如何抢救? 在抢救时应注意什么?
- (4) 如何扑救电气火灾?



项目二

认识电路

项目目标

- (1) 了解电路的组成,理解电路模型;
- (2) 会应用参考方向解决电路中的实际问题;
- (3) 会识别常用电路元件。

项目描述

人们在生产和日常生活中所使用的电子电气设备包含许多实际电路,这些实际电路常借助电压、电流来完成传输电能或信号、处理信号、测量、控制、计算等功能。在电路理论中涉及的物理量主要有电压、电流、电动势、电功率等。本项目介绍电路的组成和基本物理量,以及常用电路元件。

任务一

认识电路的组成和基本物理量

知识目标

- (1) 了解电路的组成、电路的三种工作状态;
- (2) 理解电流的概念、形成条件和相关计算;
- (3) 理解电压的概念及相关计算,掌握电源端电压与电动势的关系。

技能目标

- (1) 能分析电路的工作状态;
- (2) 会应用直流电流表、电压表测量简单电路中的直流电流、直流电压。



一、电路的组成

电路是为实现和完成人们的某种需求,由电源、导线、开关及负载等电气设备或元件组合起来,能使电流流通的整体。简单地说,电路就是电流的通路。电路的主要作用有两个方面:一是能实现电能的传输、分配和转换,如图 2-1 所示;二是能实现信号的传递和处理,如图 2-2 所示。

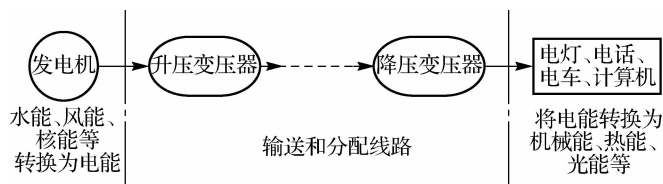


图 2-1 电能的传输、分配和转换

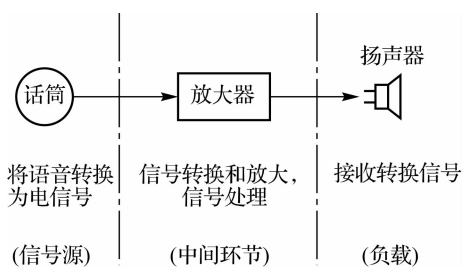


图 2-2 信号的传递和处理

电流经过的路径就是电路。例如,在日常生活中,把一个灯泡通过开关、导线和干电池连接起来,就组成了一个照明电路,如图 2-3 所示。在这个电路中,把开关合上,电路中就有电流通过,灯泡就亮起来了。

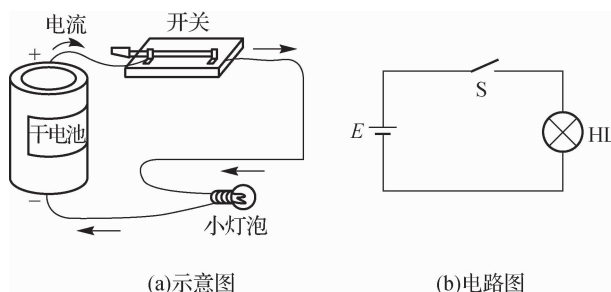


图 2-3 电路的组成

任何一个完整的实际电路,不论其结构和作用如何,通常总是由电源、负载和中间环节(导线和开关)等基本部分组成。



1. 电源

电源是供给电能的设备,把其他形式的能转换成电能。例如,发电机、蓄电池、光电池等都是电源。发电机将机械能转换成电能,蓄电池将化学能转换成电能,光电池将光能转换成电能。

2. 负载

负载是应用电能的装置,把电能转换成其他形式的能量。例如,电灯泡、电炉、电动机等都是负载。电灯泡将电能转换成光能,电炉将电能转换成热能,电动机将电能转换成机械能。

3. 导线和开关

导线是用来连接电源和负载的元件,开关是控制电路接通和断开的装置。电路中根据需要还装配有其他辅助设备,如测量用仪表(电流表、电压表)、保护用元件(熔丝)等。

二、电路图及电路模型

电路图是将组成实际电路的各种器件(如电源、负载等)理想化,进行科学的抽象和概括,即在一定条件下突出主要的电磁性质,并按照其电气连接关系,用国际通用的标准化符号绘制出来的图形表示。例如,忽略电路中导线的电阻值,将其看作电阻为零的理想导线。



微课:电路的组成与电路模型

实际电路元件通电时所产生的电磁感应虽然比较复杂,但归纳起来无非下列三种基本效应。

- (1)电阻效应——将电能转换为热能消耗掉。
- (2)磁场效应——将电能转换为磁场能量并储存起来。
- (3)电场效应——将电能转换为电场能量并储存起来。

据此,相应引入三个理想电路元件,每个理想电路元件只反映上述一种效应,这三个理想电路元件如下。

(1)理想电阻元件。它只产生电阻效应,也就是通电时起消耗电能的作用,没有其他作用。

(2)理想电感元件。它只产生磁场效应,也就是通电时将电能转换为磁场能量并储存起来。

(3)理想电容元件。它只产生电场效应,也就是通电时将电能转换为电场能



量并储存起来。

理想电路元件简称电路元件,理想电阻元件简称电阻元件,理想电感元件简称电感元件,理想电容元件简称电容元件。三种常用电路元件的模型如图 2-4 所示。

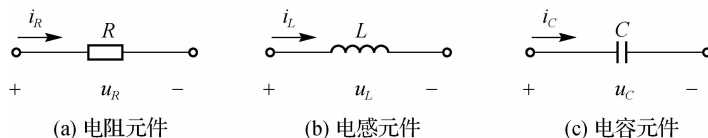


图 2-4 三种常用电路元件的模型

图 2-5 所示为手电筒的电路模型。其中,突出实际电源的电磁性质,将其抽象成电动势和内电阻两个理想元件串联,白炽灯则由一个理想电阻元件来表征,它们之间的各条连接线均是理想导线。

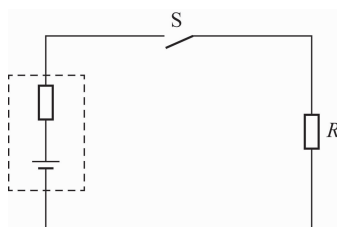


图 2-5 手电筒的电路模型

图 2-6(a)表示一个实际线圈,它可以抽象成图 2-6(b)所示的电路模型,其中 R 代表线圈的电阻, L 代表线圈的电感, C 代表线圈的匝间电容。根据实际使用情况的不同,可以把电路模型简化。若电能损耗较小可以忽略,其电阻 R 可以省去;电容 C 不大,在频率较低时,其影响也可以略去。因此,对于同一个实际电路,在不同的使用条件下,可以使用不同的电路模型描述。

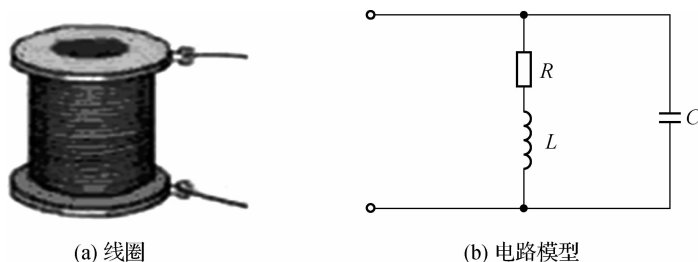
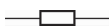
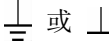
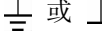
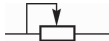
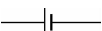
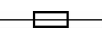


图 2-6 线圈实物及其电路模型

在电路中电路模型一般使用图形符号表示,常用的图形符号如表 2-1 所示。

表 2-1 常用的图形符号

名 称	图形符号	名 称	图形符号	名 称	图形符号
电阻		接地或接机壳	 或 	灯	
电位器		二极管		电池	
电容		电流表		开关	
电感		电压表		熔断器	

三、电路的工作状态

在日常的照明电路中:当开关开启时,电灯就亮了;当开关关闭时,电灯就灭了;当正极和负极线路(交流电路中是火线和零线)不经过负载而直接接在一起时,会发生事故。这三种情况就是电路的三种工作状态:通路状态(有载工作状态)、开路状态(断路状态)和短路状态。



微课:电路
连接与电路
状态

1. 通路

电路的有载工作状态即电路的通路状态。通路是指电源与负载接成闭合回路时的工作状态,这时电路中有电流通过,如图 2-3 所示,当开关闭合时,电路就是通路状态。必须注意的是,处于通路状态的各种电气设备的电压、电流和功率等数值不能超过其额定值。

2. 开路

开路,也称为断路,是指电源与负载未接成闭合电路时的工作状态,这时电路中没有电流通过,如图 2-3 所示,当开关断开时,电路就是断路状态。在实际电路中,电气设备与电气设备之间、电气设备与导线之间连接时的接触不良会使电路处于断路状态。

3. 短路

短路是指电源未经负载而直接由导线(导体)构成通路时的工作状态,如图 2-7 所示。短路时,电路中流过的电流远大于正常工作时的电流,可能烧坏电源和其他设备。因此,应严防电路发生短路。

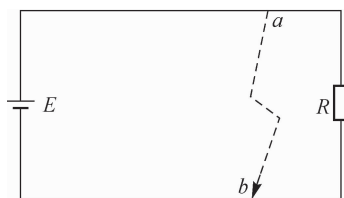


图 2-7 电路短路示意图

实际电路中产生短路的原因多是绝缘部分损坏或接线不良,因此,应经常检查电气设备和线路的绝缘情况。通常在电路中接入熔断器或自动断路器,起短路保护作用。有时出于某种需要,可以将电路中某一段短路或进行某种短路实验。

四、电路的基本物理量

(一) 电流

1. 电流的形成

要了解电流的实质,应从物质的内部结构进行分析。任何物质都是由分子组成的,分子是由原子组成的,而原子又是由带正电的原子核和带负电的电子组成的。通常状况下,原子核所带的正电荷数等于核外电子所带的负电荷数,因此,原子是中性的,不显电性,物质也不显电性。

电流是由电荷的定向移动形成的。在金属导体中,电子在外电场的作用下,有规则地运动就形成了电流。而在某些液体或气体中,电流则是正离子或负离子在电场力的作用下有规则地运动而形成的。电流在电场内移动示意图如图 2-8 所示。

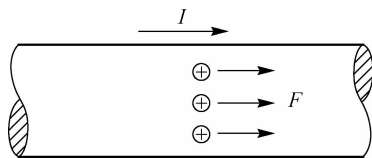


图 2-8 电流在电场内移动示意图

2. 电流的方向

在不同的导电物质中,形成电流的运动电荷既可以是正电荷,也可以是负电荷,甚至两者都有。习惯上把正电荷移动的方向规定为电流的正方向。



微课: 电流



在分析或计算电路时,常常要确定电流的方向。但当电路比较复杂时,某段电路中电流的实际方向往往难以确定,此时可先假定电流的参考方向,然后列方程求解,当解出的电流为正值时,就表示电流的实际方向与参考方向一致,如图 2-9(a)所示;反之,当解出的电流为负值时,就表示电流的实际方向与参考方向相反,如图 2-9(b)所示。

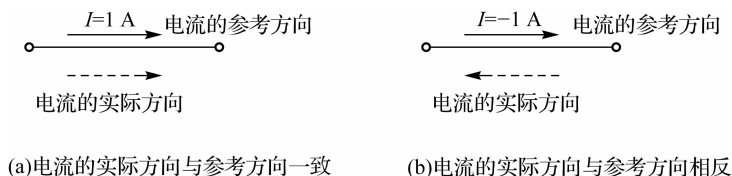


图 2-9 电流的方向

注意: (1) 选定参考方向后不能再更改。

(2) 计算结果的正、负只有与图中参考方向结合起来才有物理意义。

【例 2-1】 如图 2-10 所示,各电流的参考方向已设定,已知 $I_1 = 6 \text{ A}$, $I_2 = -1 \text{ A}$, $I_3 = 5 \text{ A}$ 。试确定 I_1 、 I_2 、 I_3 的实际方向。

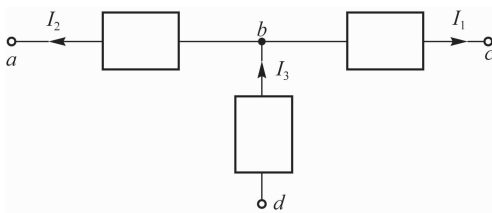


图 2-10 【例 2-1】图

解 $I_1 > 0$, 故 I_1 的实际方向与参考方向相同, I_1 由 b 点流向 c 点。

$I_2 < 0$, 故 I_2 的实际方向与参考方向相反, I_2 由 a 点流向 b 点。

$I_3 > 0$, 故 I_3 的实际方向与参考方向相同, I_3 由 d 点流向 b 点。

【例 2-2】 图 2-11 所示为电流或电压的参考方向, 试判断其实际方向。

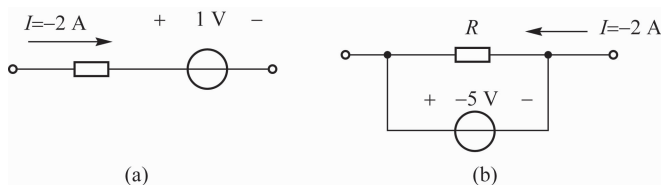


图 2-11 【例 2-2】图



解 图 2-11(a)中,电流小于零,实际方向与参考方向相反;电压大于零,实际方向与参考方向相同。

图 2-11(b)中,电流小于零,实际方向与参考方向相反;电压小于零,实际方向与参考方向相反。

判断某一电路元件是电源还是负载的方法为:根据电压和电流的实际方向可确定某一电路元件是电源还是负载。

电源: U 与 I 的实际方向相反,电流从“+”端流出,输出功率。

负载: U 与 I 的实际方向相同,电流从“+”端流入,吸收功率。

【例 2-3】 如图 2-12 所示,流过元件 X 的电流 $I = -1\text{ A}$,加在元件 X 两端的电压 $U = 2\text{ V}$,该元件是电源还是负载?

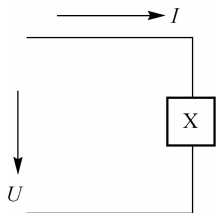


图 2-12 【例 2-3】图

解 方法一:由于 U 与 I 的实际方向相反,元件 X 是电源,输出功率。

方法二:由于 U 与 I 的正方向相同, $P = UI = -2\text{ W} < 0$,元件 X 是电源。

3. 电流的大小

电流的大小取决于在一定时间内通过导体横截面的电荷量的多少。在相同时间内通过导体横截面的电荷量越多,就表示流过该导体的电流越强;反之,则越弱。

通常用单位时间内通过导体横截面的电荷量来表示电流的大小,以字母 I 表示。若时间 $t(\text{s})$ 内通过导体横截面的电荷量为 q ,则电流可表示为

$$I = \frac{q}{t}$$

电流的单位是安培,简称安,用符号 A 表示;电荷量的单位是库仑,简称库,用符号 C 表示。若在 1 s 内通过导体横截面的电荷量为 1 C,则导体中的电流就是 1 A。电流的常用单位还有千安(kA)、毫安(mA)和微安(μA)。其换算关系为

$$1\text{ kA} = 1 \times 10^3\text{ A}$$



$$1 \text{ A} = 1 \times 10^3 \text{ mA}$$

$$1 \text{ mA} = 1 \times 10^3 \mu\text{A}$$

电流分直流和交流两大类。凡大小和方向都不随时间变化的电流,称为直流(简写作 DC);凡大小和方向都随时间变化的电流,称为交流(简写作 AC)。

交流电流的大小是随时间变化的,可以在一个很短的时间 Δt 内研究它的大小。在时间 Δt 内,若通过导体横截面的电荷量是 Δq ,则瞬时电流为

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

【例 2-4】 某导体在 0.5 min 的时间内均匀通过导体横截面的电荷量为 120 C,求导体中的电流。

解

$$I = \frac{q}{t} = \frac{120}{60 \times 0.5} = 4 (\text{A})$$

4. 电流的测量

电流可使用电流表或万用表的电流挡进行测量。

测量直流电流通常采用磁电式电流表,测量交流电流主要采用电磁式电流表。电流表必须与被测电路串联,否则将烧毁电表。此外,测量直流电流时还要注意仪表的极性,电流表的正端为电流流入的方向。连接如图 2-13(a)所示。

在测量大电流时需要扩大电流表的量程,方法是在表头上并联一个分流的低值电阻 R_A ,如图 2-13(b)所示,分流电阻的阻值为 $R_A = \frac{R_0}{n-1}$ 。其中 R_0 为表头内阻, $n = \frac{I}{I_0}$ 为分流系数, I_0 为表头的量程, I 为扩大后的量程。在图 2-14(b)中有

$$I_0 = I \frac{R_A}{R_0 + R_A}$$

$$R_A = \frac{R_0}{\frac{I}{I_0} - 1}$$

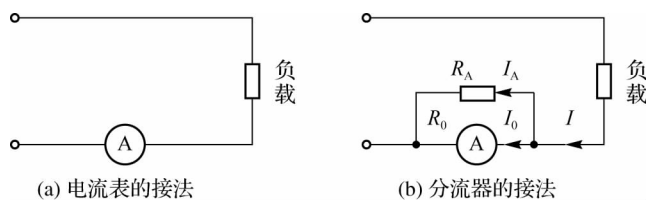


图 2-13 测量直流电流



【例 2-5】 有一磁电式电流表,当使用分流器时,表头的满偏电流为 5 mA。表头内阻为 200 Ω 。现将量程(满偏值)扩大为 1 A,则分流的电阻应为多大?

解

$$R_A = \frac{R_0}{\frac{I}{I_0} - 1} = \frac{200}{\frac{1}{0.005} - 1} \approx 1.005(\Omega)$$

用电流表和万用表测量图 2-14 中的电流。其中 U_s 为 0~5 V 的直流电源, R 为 10 k Ω 的可调电位器, A_1 为电流表, A_2 为万用表, R_2 为 10 k Ω 的电阻。调节直流电源、电位器时观察 A_1 、 A_2 示数的变化情况(注意选择量程和极性)。

实际电路中电流的大小可以用电流表进行测量,测量时应注意以下几点。

(1) 对交、直流电流应分别采用交流电流表和直流电流表进行测量。

(2) 电流表必须串接到被测量的电路中。

(3) 直流电流表的表壳接线柱上标明的“+”“-”,应与电路的极性相一致,不能接错,否则指针反转,既影响正常测量,也容易损坏电流表。直流电流表的接法如图 2-15 所示。

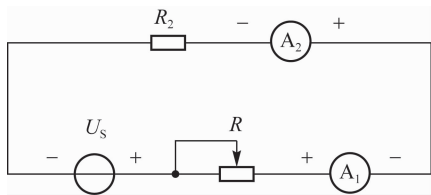


图 2-14 测电流

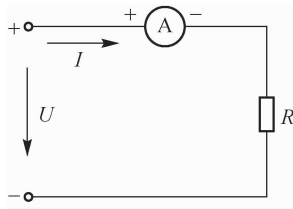


图 2-15 直流电流表的接法

(4) 合理选择电流表的量程。如果量程选用不当,如用小量程去测量大电流,就会烧坏电流表;用大量程去测量小电流,就会影响测量的准确度。在进行电流测量时,一般要先估计被测电流的大小,再选择电流表的量程。若一时无法估计,可先用电流表的最大量程挡,若指针偏转不到 $\frac{1}{3}$ 刻度,再改用较小量程挡去测量,直到测得正确的数值为止。

(二)电压

1. 电压的基本概念

电压是用来衡量电场力推动电荷运动,对电荷做功能力大小的物理量。电路中 A、B 两点之间的电压在数值上等于电场力把单位正电荷从点 A 移动到点 B 所做的功。若电场力移动的电荷量为 q ,所做的功为 W ,则点 A 与



微课:电压与
电位