

中等职业学校电子技术专业技能培养培训教材

电工基础

主编 覃小珍

轻松学

Electrotechnical
Fundamentals



電子工業出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

中等职业学校电子技术专业技能培养培训教材

电工基础

丛书主编 黄兆牛

主 编 覃小珍

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本教材是根据教育部颁发的中等职业学校《电工基础教学大纲》和电工技术的新发展重新编写的,以适应新型技能人才的培养需要。

全书共五个章节,每一章包含理论性教学部分和技能训练部分。它改变以传授知识为主的教学思想,打破学科体系,降低理论知识难度,在讲清基本概念的基础上,以定性分析为主,尽量删除繁琐的理论推导,突出应用特点,图文并茂,新颖、可读、可操作,将知识点与能力点有机结合,注重培养学生的实际应用能力 and 创新精神及创造力。举例贴近时代和生活,语言通俗易懂。

本书可供中等职业学校电类及相关专业使用。本书配有电子教学参考资料包(包括教学指南、电子教案和习题答案),详见前言。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电工基础 / 覃小珍主编. —北京:电子工业出版社, 2009.1

中等职业学校电子技术专业技能培养培训教材

ISBN 978-7-121-07718-0

I. 电… II. 覃… III. 电工学—专业学校—教材 IV. TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 183553 号

策划编辑:蔡 葵

责任编辑:蔡 葵 特约编辑:张凯贤

印 刷:涿州市京南印刷厂

装 订:涿州市桃园装订有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:8.5 字数:214.4 千字

印 次:2009 年 1 月第 1 次印刷

印 数:4000 册 定价:13.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前言



《电工基础》课程是中等职业学校工科类专业的专业基础课程。其任务是使学生具备从事本专业职业工种必须的电工基本知识、基本方法和基本技能,并为学生学习后继课程,提高全面素质,形成综合职业能力打下基础。

目前,职业教育迎来了改革与发展的大好时机,如何更快、更好地适应社会进步和经济发展的要求,编写出一套符合现代职业教育课程改革理念,有特色、受欢迎的《电工基础》教材,为广大专业教师和学生提供优质服务,是摆在职业教育工作者面前的一项重大课题。本教材广泛参考了各地中等职业学校的教学计划,面向优秀教师征集编写大纲,并邀请专家对大纲进行了多次评议,尽可能使教材的知识结构和编写方式符合当前中等职业学习工科类专业教学的要求。

本教材紧密结合中等职业教育的特点,主动适应社会实际需要,力求体现国家倡导的“以就业为导向,以能力为本位”的精神,突出应用性、针对性,先进性,精简整合理论课程,合理安排知识点、技能点。内容编排力求简洁明快,图文并茂、形式新颖、目标明确,利于促进学生的求知欲和学习主动性,培养学生的应用能力、创新能力。同时增加了大量的拓展合阅读材料作为提高和拓宽,注意体现分层教学的思想,以适应不同类型学生的不同需要。

本课程教学总课时在 90~120 之间,各章学时分配建议方案如下:

章节号	课程内容	建议学时数
第 1 章	认识电路	18
第 2 章	直流电路	18
第 3 章	认识交流电路	24
第 4 章	认识变压器	18
第 5 章	认识电动机	18
机动		6
总计		102

我们衷心希望本教材的出版能对从事中等职业教学工作的教师起到积极的帮助。由于编者水平有限,书中不妥之处在所难免,恳请职业教育专家和广大师生批评指正,以期通过逐步调整、完善和补充,使之更符合中等职业教学实际。

为了方便教师教学,本书还配有教学指南、电子教案及习题答案(电子版)。请有此需要的教师登录华信教育资源网(www.huaxin.edu.cn 或 www.hxedu.com.cn)免费注册后再进行下载,有问题时请在网站留言板留言或与电子工业出版社联系(E-mail:hxedu@phei.com.cn)。

编者
2008 年 12 月



目 录



第1章 认识(直流)电路	(1)
1.1 电路概念的建立	(1)
1.1.1 观察电路的组成	(1)
1.1.2 常用电气元件符号	(2)
1.1.3 观察电路的状态	(3)
1.2 电路中物理量及相互关系	(6)
1.2.1 电流	(6)
1.2.2 电压、电位	(7)
1.2.3 电阻和电阻定律	(7)
1.2.4 欧姆定律	(8)
1.2.5 电能与电功率	(12)
技能训练一: 电路电流、电压、电位的测量	(16)
技能训练二: 学习使用万用表测量电阻	(19)
技能训练三: 简单电路的设计及安装——“两只双联开关控制一只白炽灯电路”	(22)
技能训练四: 闭合电路中电动势、电压、电流间的关系	(23)
思考与练习	(24)
第2章 直流电路分析	(26)
2.1 电阻串联电路	(26)
2.2 电阻并联电路	(30)
2.3 电阻的混联电路	(34)
2.4 基尔霍夫定律	(36)
2.5 支路电流法	(40)
2.6 电路的等效变换	(42)
技能训练一: 电源电动势和内阻的测定	(46)
技能训练二: 验证叠加原理	(47)
思考与练习	(49)
第3章 认识交流电路	(50)
3.1 正弦交流电的基本概念	(50)
技能训练一: 用示波器观察交流信号	(58)
3.2 单一参数交流电路的分析	(59)
3.2.1 电阻及纯电阻电路	(59)
3.2.2 纯电感电路	(61)
3.2.3 电容及纯电容电路	(65)
3.3 交流实际电路	(69)
技能训练二: 交流电流、电压的测量	(72)

技能训练三：日光灯的安装	(74)
3.4 三相交流电路	(76)
3.4.1 三相交流电源	(76)
3.4.2 三相负载的星形连接	(78)
3.4.3 三相负载的三角形连接	(81)
3.4.4 三相交流电路的功率	(84)
技能训练四：测量三相负载作星形连接和三角形连接时线电压、相电压 及线电流、相电流的关系	(86)
思考与练习	(89)
第4章 认识变压器	(91)
4.1 电磁感应基本知识	(91)
4.1.1 电流产生磁场	(91)
4.1.2 磁场对电流的作用力	(92)
4.1.3 电磁感应	(94)
4.2 变压器的用途和基本构造	(95)
4.2.1 变压器的用途	(95)
4.2.2 变压器的基本结构	(96)
4.3 变压器的基本工作原理	(96)
4.3.1 变压器的工作原理	(97)
4.3.2 变压器的作用	(97)
4.4 常用变压器	(100)
4.4.1 自耦变压器	(100)
4.4.2 仪用互感器	(101)
技能训练：小型变压器的铭牌识别和简单检测	(102)
思考与练习	(104)
第5章 认识电动机	(107)
5.1 直流电动机	(107)
5.1.1 直流电机的基本构造	(108)
5.1.2 直流电机的分类	(109)
5.1.3 直流电机的额定值和主要系列	(110)
5.2 交流电动机	(111)
5.2.1 交流电机的种类、特点和用途	(111)
5.2.2 三相异步电动机的基本构造和铭牌	(112)
5.2.3 三相异步电动机的维护和常见故障	(116)
5.2.4 单相异步电动机	(117)
5.3 其他类型的电机	(118)
5.3.1 步进电动机	(119)
5.3.2 伺服电动机	(120)
5.3.3 微型电动机	(121)
技能训练：三相笼型异步电动机使用前的简易测试	(122)
思考与练习	(124)

第1章 认识(直流)电路



早在公元前6世纪,人们就已经发现了电的存在,从雷电到静电,从摩擦起电到水力发电、火力发电,再到核电站发电。电以其生产、变换经济,传输、分配容易,使用、控制方便等,已成为现代生产和日常生活不可缺少的物质。人类社会已步入电的时代,因而电气化的程度也成为衡量一个国家生产力水平和综合国力的主要标志之一。

在实际应用中,电总是按照一定的路径(电路)传输和运行。电按其性质不同分成了直流电和交流电,相应的电路分成了直流电路和交流电路,让我们首先进入直流电路的世界。

知识目标:

- 了解电路的组成及各部分的作用,了解电路图中常用的元件符号。
- 理解电流、电压、电阻、电源、电动势、电功、电功率等电学量的概念。写出相关的公式。
- 理解直流电路中电流、电压、电阻之间的关系:欧姆定律,掌握运用欧姆定律。
- 理解电路三种状态,了解电气设备的额定值。
- 说出焦耳定律的内容,写出焦耳定律的表达式。能应用电功、焦耳定律分析和解决实际问题。

技能目标:

- 学会正确使用电流表、电压表、万用表等仪表测量有关电学量。
- 学会白炽灯、日光灯等实际电路的连接。

1.1 电路概念的建立

学习目标

- 认识电路的组成,知道电路各部分的作用和工作状态。
- 认识常见电源、熔断器、漏电保护器。

1.1.1 观察电路的组成

我们周围存在着各种简单或复杂的电路,它们的结构组成必定符合相同的规律和要求,让我们通过观察来认识电路的组成规律。

电源		开关		导线	
熔断器		熔断器		熔断器	



如图 1.1 所示, 将干电池、灯泡、开关、电线等连接成电路, 当我们将开关接通时, 灯泡发光。

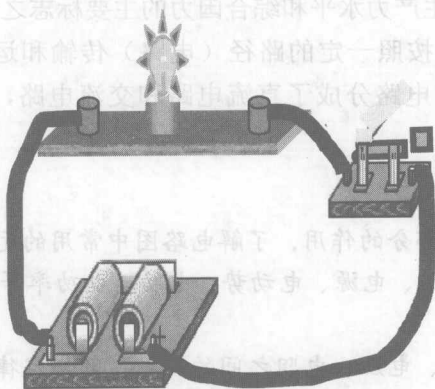


图 1.1 灯泡为什么会发光?

灯泡发光是由于电流通过灯丝时产生热效应所致, 可见在上述电路中已形成了完整的电流通路。电路的组成包括:

- (1) 电源——供应电能的装置;
- (2) 用电器——取用电能的装置;
- (3) 开关——控制电路接通或断开的器件;
- (4) 导线——起连接和电流传输作用的材料。

1.1.2 常用电气元件符号

国际电工委员会和我国国家标准委员会对各类电路元器件都规定了统一的符号 (称为国际电路常用符号), 如表 1.1 所示。

表 1.1 常用电气元件符号

	直流电		交流电		交直流电
	开关		电阻		接机壳
	电池		电位器		接地



续表

	线圈		电容		连接导线
	铁芯线圈		电流表		不连接导线
	抽头线圈		电压表		熔断器
	直流发电机		二极管		电灯
	交流发电机		直流电动机		交流电动机

1.1.3 观察电路的状态

灯泡是否发光显示了所处电路的工作状态,电炉是否发热也显示了电路的状态,还有一些电路没有明显的标志显示其状态,但是我们可以通过对电路有关电学量的测量分析判断电路的状态,我们还经常可以在很多用电器上看到诸如“警告”、“WARNING”等标志,禁止电路处于某些状态,这又是什么原因呢?

如图 1.1 所示,当开关接通时,灯泡发光,表明电路处于导通状态;当开关断开或电线断裂、接头松脱时,灯泡不发光,表明电路处于断开状态。

通常电路存在通路(闭路)、开路(断路)两种状态,但在发生故障或连接错误时,还存在短路状态,电路三种状态的比较如表 1.2 所示。

表 1.2 电路三种状态

状 态	特 点	
通路	电路接通	有电流通过
开路	电路一处或多处断开	无电流通过
短路	导线未经用电器(负载)而直接将电源正负极(两极)相接	电流很大,易引起电路烧毁甚至火灾等严重事故



想一想

短路会产生什么后果?实际生产和生活中是如何防止短路的?

拓展与延伸

1. 熔断器

熔断器又称熔丝,通常是由熔点比较低的铅锡合金材料制成的。当通过熔丝的电流超过一定数值(此电流称为额定电流)时,熔丝会因发热过多而很快熔断,从而起到保护电路其他器件的作用。常见的熔断器如图 1.2 所示。

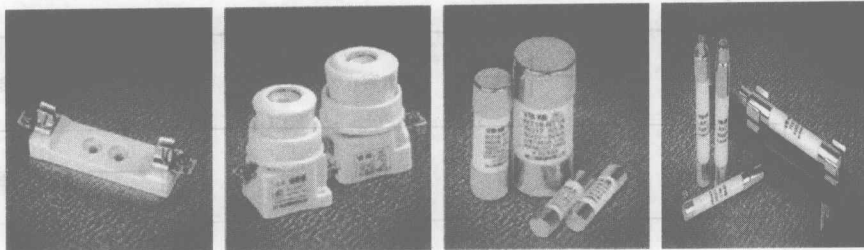


图 1.2 常见的熔断器

熔丝的额定电流与熔丝的粗细有关，其直径越粗，熔断电流越大。选用熔丝时，应使它的额定电流等于或略大于电路正常工作时的最大电流。

2. 电源

广义地讲，能把非电能转换成电能而向用电器供电的装置均称为电源。常用的电源有：干电池、太阳能电池、火力发电机组、水力发电机组、核机组等（如图 1.3、图 1.4、图 1.5 所示）。

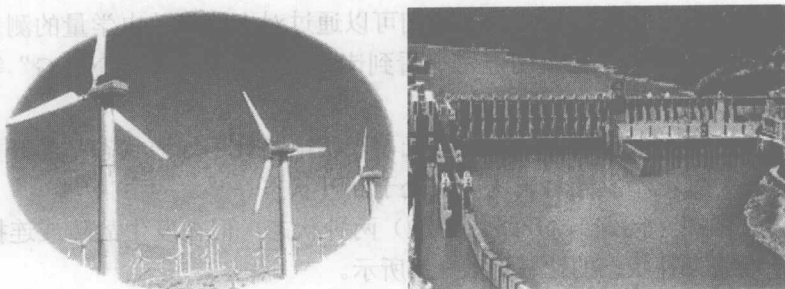


图 1.3 风力、水力发电站

名 称	实 物 图	用 途
直流电源	 (a) 干电池 (1.5V)	有收录机及计算器等使用的便于携带的干电池、模型飞机及汽车引擎起动等使用的蓄电池和在一定范围内能自由改变电压的直流电源装置等。直流电源均有两个电极（正、负极）。
	 (b) 蓄电池 (12V, 6A · 11)	
	 (c) 直流电源: 0~500V/250mA	

图 1.4 直流电源



衡量电源内部这种搬运电荷能力的物理量称为电源电动势,通常用符号 E 表示,电动势的单位也是伏特。

电池的串联可以增加电动势,满足电路对大电动势的要求,同时串联以后的电池组的内阻也相当于几个电阻的串联。如果相互串联的几个电池中有一个是老化或损坏的(内阻比正常电池大大增大),就使整个电池的电阻大大增大,也就使整个电池组无法发挥作用,所以一般不把新旧电池混合使用。

电池组并联后,虽然没有增加电动势,但会使得总的内阻减小,从而就使整个电池输出的电流增加,但是由于电池之间存在一定差异,即使是同一型号、同一批次的电池,它们的内阻之间也会存在差异,这就使各电池中通过的电流不平衡,内阻小的电池中会通过超过其正常值的电流,容易造成电池发热甚至烧毁,所以一般不将电池并联使用。

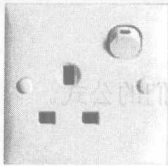
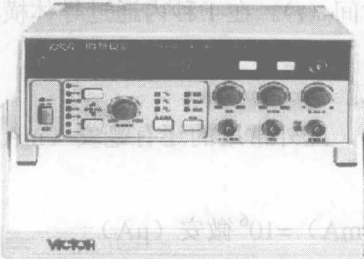
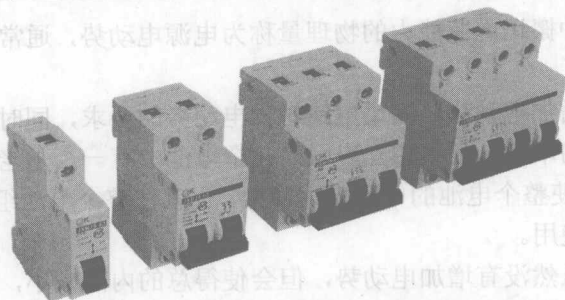
名 称	实 物 图	用 途
交流电源	 (a) 家用插座 (220V, 50/60Hz)	家庭用的电源插座、便携式发电机和在一定范围内能自由改变频率的振荡器等
	 (b) 便携式发电机 (220V, 50/60Hz)	
	 (c) 低频振荡器 (25Hz~100kHz)	

图 1.5 交流电源

知识能力训练

1. 电流流通的_____叫做电路,它由_____、_____、_____和_____这4部分组成。
2. 电路存在_____、_____和_____3种可能的状态,其中_____状态应严格避免,因为它会引起_____等严重后果。
3. 现在,为保证安全,许多家庭的配电箱上还安装了漏电保护器,观察家电漏电保护器,了解其主要性能和使用方法。



4. 6 节相同的干电池, 每节的电动势均为 1.5V , 内电阻均为 0.1Ω , 若将其顺序串联, 则总的电动势为 V , 总的内阻为 Ω 。

1.2 电路中物理量及相互关系

学习目标

- 说出电流、电压、电位、电功率、电阻的概念, 写出它们的公式。
- 说出欧姆定律的内容, 写出欧姆定律的表达式。
- 会应用欧姆定律分析和解决实际问题。

1.2.1 电流

在物质内部有正、负两种不同的电荷, 电荷的定向移动形成电流。电流用 I 表示, 从微观上分析, 电流的大小与单位时间内通过导体横截面的电荷量有关, 即

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-1)$$

式中, I 为电流 (A); Q 为电荷量 (C); t 为时间 (t)。在 1 秒内通过导体横截面的电荷为 1 库仑时, 其电流为 1A 。

在宏观上, 通常用电流表和万用表测量电流。

在国际单位制中, 电流的单位是安培 (A), 此外常用的还有毫安 (mA)、微安 (μA) 等。它们的关系为:

$$1 \text{ 安培 (A)} = 10^3 \text{ 毫安 (mA)} = 10^6 \text{ 微安 (}\mu\text{A)}$$

习惯上规定正电荷定向移动的方向为电流的方向。通常根据电流方向是否随时间改变而将电流分成直流电流和交流电流 (如图 1.6 所示)。

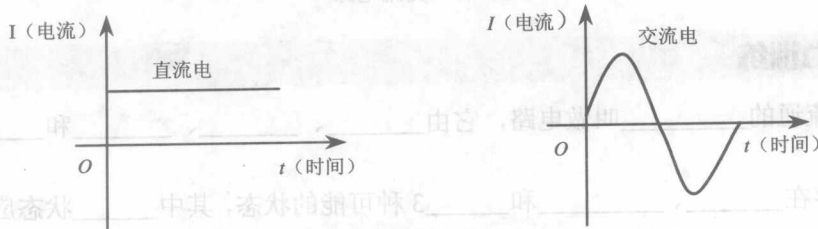


图 1.6 直流电流与交流电流波形



想一想

某电路横截面上 1min (分) 内通过的电荷为 10C (库仑), 那么这段电路的电流等于多少 A (安培)?

1.2.2 电压、电位

正如水位差带来的水压导致水流一样, 电压是形成电流的必要条件之一, 电路中提供电压的器件是电源。

电压的符号为 U , 在国际单位制中, 电压的单位是伏特 (V), 此外还有千伏 (kV)、兆伏 (MV)、毫伏 (mV)、微伏 (μV) 等。

它们之间的关系为:

$$1 \text{ 兆伏 (MV)} = 10^3 \text{ 千伏 (kV)} = 10^6 \text{ 伏特 (V)}$$

$$1 \text{ 伏特 (V)} = 10^3 \text{ 毫伏 (mV)} = 10^6 \text{ 微伏 (}\mu\text{V)}$$

在电路中 a、b 两点间的电压等于 a、b 两点间的电位之差, 即 $U_{ab} = V_a - V_b$ 。

它是导体两端在电场中的相对位置 (电位) 之差。根据电路中电流是直流电流还是交流电流, 电路两端电压分别为直流电压和交流电压。

正如水路中各点在空间都有一个水位高度一样, 电路中各点都有一个电位。水路中各点的水位高度计算都有一个起点, 称为参考点, 例如, 以海平面为起点的海拔高度其参考点就是海平面, 同样, 电路中的电位也要有一个参考点, 称为零电位点。

如同水位高度相对于不同参考点有不同数值一样, 电位相对于不同的零电位点, 其数值也不相同, 可见电位和水位都具有相对性。

电位的符号是 V , 单位是伏特。零电位的选择具有任意性, 通常为了实际测量方便起见, 习惯上以大地电位作为零电位点, 设备外壳通常接地或者设备中元件均与一个公共点相连, 所以一般把设备外壳或电路中某一个公共点作为零电位点。零电位点又称接地点, 其符号见表 1.1。

1.2.3 电阻和电阻定律

自然界的物质按其导电能力的不同, 通常分为导体、绝缘体和半导体。导体是导电能力较强的一类物质, 如金属、电解液等; 绝缘体是导电能力较弱的一类物质, 如橡胶、塑料、玻璃等; 而半导体是导电能力介于导体和绝缘体之间且导电能力易于受到外界的物理化学因素影响的一类物质。除此之外, 近几十年来人们还发现了导电能力极强的所谓超导体。

当电流在导体中流过时, 定向运动的自由电子与导体内的原子核发生碰撞而受到阻碍, 将电能转化为热能或其他不可逆形式的能量。这种导体对电流的阻碍能力称为电阻, 用 R 表示。电阻的单位是欧姆 (Ω), 简称欧, 实用单位还有千欧 ($\text{k}\Omega$), 兆欧 ($\text{M}\Omega$)。它们的关系为:

$$1\text{k}\Omega = 10^3\Omega; \quad 1\text{M}\Omega = 10^6\Omega$$

导体的电阻是客观存在的。实验表明, 金属导体的电阻与导体的长度成正比, 与导体的横截面积成反比, 还与材料的导电性能有关, 即

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (1-2)$$



上式称为电阻定律，式中

R 为导体的电阻 (Ω);

L 为导体的长度 (m);

S 为导体的横截面积 (m^2);

ρ 为导体的电阻率 ($\Omega \cdot \text{m}$)。

电阻率是反映材料导电性能的参数，不同的金属材料有不同的电阻率。部分金属导体的电阻率见表 1.3。

表 1.3 部分金属导体在 20°C 时的电阻率

材 料	电阻率/ $(\Omega \cdot \text{m})$	材 料	电阻率/ $(\Omega \cdot \text{m})$
银	1.6×10^{-8}	康铜	5.0×10^{-7}
铜	1.7×10^{-8}	锰铜	4.4×10^{-7}
铝	2.8×10^{-8}	镍铬铁合金	1.1×10^{-6}
钨	5.8×10^{-8}	铝铬铁合金	1.3×10^{-6}
铁	1.0×10^{-7}		

从表 1.3 可以知道，铜、铝的电阻率很小，常用来制造导线；银的电阻率很小，但价格昂贵，仅使用在对导体有较高要求的特殊场合；镍铬铁合金的电阻率很大，耐高温，可用来制造电炉的电热丝。

例 1.1 小李家装修需要一盘铜导线，铜导线的长度为 100m ，横截面积为 2.5mm^2 ，求它的电阻为多少？

分析：查表 1.3 可知铜的电阻率在 20°C 时为 $1.7 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ 。

解：由电阻定律可得：

$$R = \rho \frac{L}{S} = 1.7 \times 10^{-8} \times \frac{100}{2.5 \times 10^{-6}} = 0.68 \Omega$$

实验还表明，导体的电阻与温度有关。通常金属导体的电阻随温度升高而增加。如白炽灯中的钨丝，在常温时只有几十欧姆，当有电流流过时，在钨丝上产生大量的热，使温度上升，其电阻也上升到几千欧姆。有些导体材料在温度下降到某一低温时，其电阻会突然消失，这种材料称为超导体。在超导状态时，导体的电阻值为零，没有电能的损失，电流一旦被激发，就不需要外加电源，能一直持续下去，是一种理想的导电材料。

1.2.4 欧姆定律

1. 部分电路欧姆定律

导体两端加上电压后，导体中才有持续的电流，那么，电压和电流有什么关系呢？经过长期的科学研究，1826 年，德国科学家欧姆提出了部分电路欧姆定律：电路中的电流 I 与电阻两端的电压 U 成正比，与电阻 R 成反比。

图 1.7 所示电路中，电压、电流的参考方向如图中所示，部分电路欧姆定律可以用公式表示为：

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-3)$$

式中 I ——电路中的电流强度，单位是安培 (A)；

U ——电阻两端的电压，单位是伏特 (V)；



R ——电阻,单位是欧姆(Ω)。

电流和电压间的正比关系,可以用伏安特性曲线来表示。伏安特性曲线是以电压 U 为横坐标,以电流 I 为纵坐标画出的 $U-I$ 关系曲线。电阻元件的伏安特性曲线如图 1.8 所示,伏安特性曲线是直线时,称为线性电阻;如果不是直线,则称为非线性电阻。线性电阻组成的电路叫线性电路。欧姆定律只适用于线性电路。

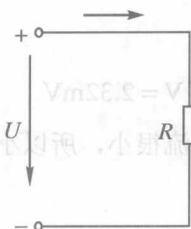


图 1.7 部分电路

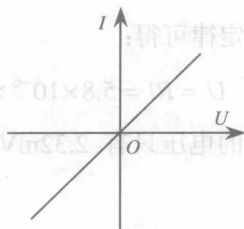


图 1.8 电阻的伏安特性曲线

欧姆定律经过数学变换,还可以得出:

$$U = RI$$

$$R = \frac{U}{I}$$

例 1.2 已知某灯泡两端的电压为 220V,灯泡的电阻为 1210Ω ,求通过灯泡的电流。

解: 由部分电路欧姆定律可得:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{220}{1210} = 0.182\text{A}$$

例 1.3 某导体两端电压为 3V,通过导体的电流为 0.5A,导体的电阻为多大?当电压改变为 6V 时,电阻为多大?此时通过导体的电流又为多少?

分析: 电阻的大小与电压无关, $R = \frac{U}{I}$ 仅仅意味着利用加在电阻两端的电压和通过电阻的电流来量度电阻的大小,而绝不意味着电阻的大小是由电压和电流决定的。

解: 由部分电路欧姆定律可得:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{3}{0.5} = 6\Omega$$

当电压改变为 6V 时,电阻不变, $R = 6\Omega$

此时, 电流 $I' = \frac{U'}{R} = \frac{6}{6} = 1\text{A}$

例 1.4 一只小鸟站在一条能导电的铝质裸输电线上,如图 1.9 所示。导线的横截面积为 240mm^2 ,导线上通过的电流为 400A,小鸟两爪间的距离为 5cm,求小鸟两爪间的电压。



图 1.9 小鸟在裸输电线上



分析: 小鸟两爪间的电压 $U=RI$, $I=400\text{A}$, $L=5\text{cm}=5\times 10^{-2}\text{m}$, $S=240\text{mm}^2=240\times 10^{-6}\text{m}^2$, 查表 1.3 可知铝的电阻率为 $2.8\times 10^{-8}\Omega\cdot\text{m}$

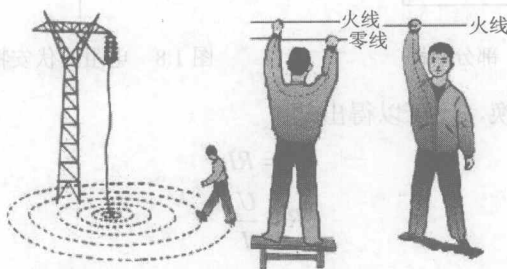
解: 由电阻定律可得:

$$R=\rho\frac{L}{S}=2.8\times 10^{-8}\times\frac{5\times 10^{-2}}{240\times 10^{-6}}=5.8\times 10^{-6}\Omega$$

由部分电路欧姆定律可得:

$$U=RI=5.8\times 10^{-6}\times 400=2.32\times 10^{-3}\text{V}=2.32\text{mV}$$

因为小鸟两爪间的电压只有 2.32mV , 通过小鸟的电流很小, 所以小鸟站在输电线上是安全的。



想一想

小鸟站在在一根高压线上是安全的, 而人接触单根高压线为什么有可能触电?

2. 全电路欧姆定律

实际电路是由电源和负载组成的闭合电路, 我们把它叫做全电路, 如图 1.10 所示。 E 为电源电动势, r 为电源内阻, R 为负载电阻。电路闭合时, 电路中有电流 I 流过。全电路欧姆定律告诉我们: 闭合电路中的电流跟电源电动势成正比, 与电路的总电阻 (内电路电阻与外电路电阻之和) 成反比。

用公式表示为:

$$I=\frac{E}{R+r} \quad (1-4)$$

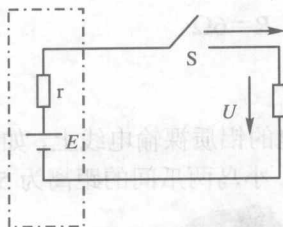


图 1.10 全电路

式中 I ——闭合电路的电流, 单位是安培 (A);

E ——电源电动势, 单位是伏特 (V);

r ——电源内阻, 单位是欧姆 (Ω);

R ——负载电阻,单位是欧姆(Ω)。

进一步作数学变换得: $E = rI + RI$

而 $RI = U$ 是外电路上的电压,我们把它叫做路端电压或端电压。因此,全电路中的路端电压

$$U = E - rI$$

端电压随外电路电阻变化的规律:

$$R \uparrow \rightarrow I = \frac{E}{R+r} \downarrow \rightarrow U_0 = rI \downarrow \rightarrow U = E - U_0 \uparrow$$

特例: 开路时 ($R = \infty$), $I = 0$, $U = E$

$$R \downarrow \rightarrow I = \frac{E}{R+r} \downarrow \rightarrow U_0 = rI \uparrow \rightarrow U = E - U_0 \downarrow$$

特例: 短路时 ($R = 0$), $I = U/r$, $U = 0$

例 1.5 图 1.11 所示电路中,已知电源电动势 $E = 220\text{V}$, 电源内阻 $r = 10\Omega$, 负载电阻 $R = 100\Omega$ 。求: (1) 电路电流; (2) 电源端电压; (3) 负载上的电压; (4) 电源内阻上的电压。

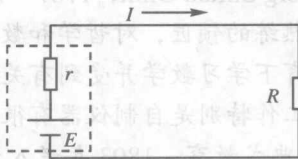


图 1.11

分析: 本题可利用全电路欧姆定律和部分电路欧姆定律相关公式求解。

解: (1) 由全电路欧姆定律可得:

$$I = \frac{E}{R+r} = \frac{220}{10+100} = 2\text{A}$$

(2) 电源端电压 $U = E - rI = 220 - 10 \times 2 = 200\text{V}$

(3) 负载上的电压 $U = RI = 100 \times 2 = 200\text{V}$ 负载上的电压等于电源端电压。

(4) 电源内阻上的电压 $U_0 = rI = 10 \times 2 = 20\text{V}$

【综合案例】

图 1.12 所示电路中,已知 $E = 6\text{V}$, $r = 0.5\Omega$, $R = 200\Omega$ 。求开关 S 分别处于 1、2、3 位置时电压表和电流表的读数。

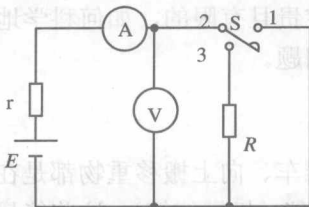


图 1.12 综合案例所用图