

教育部规划教材  
中等职业学校机械专业  
(含岗位培训 行业中级技术工人等级考核)

# 电工与电子技术基础

(非电类, 第二版)

全国中等职业学校机械专业教材编写组 编  
杜德昌 主编



高等教育出版社

教育部规划教材  
中等职业学校机械专业  
(含岗位培训 行业中级技术工人等级考核)

---

# 电工与电子技术基础

(非电类, 第二版)

杜德昌 主编

高等教育出版社

## 内容提要

本书是根据教育部颁发的中等职业学校电工与电子技术教学大纲,参照有关行业的职业技能鉴定规范及中级技术工人等级标准,结合目前我国中等职业教育教学的实际,在原教育部规划教材《电工与电子技术基础》的基础上进行修订的。

修订后的教材贯彻了“以服务为宗旨,以就业为导向,以能力为本位”的指导思想,紧紧围绕机械类专业选取必需、够用的电工与电子的基础知识,力求内容浅显、简明扼要、通俗易懂、图文并茂。

本书共分九章,主要内容包括:直流电路、磁场与电磁感应、单相交流电路、三相交流电路、异步电动机与变压器、低压电器及电动机控制、半导体器件、模拟电路简介、数字电路简介等。

本书可作为中等职业学校机械类专业或者近机类专业的教材,也可以作为中级岗位培训教材,还可以用于职工岗前的培训。

## 图书在版编目(CIP)数据

电工与电子技术基础. 非电类 / 杜德昌主编. — 2版.  
— 北京: 高等教育出版社, 2007.7

ISBN 978-7-04-021055-2

I. 电... II. 杜... III. ①电工技术—专业学校—教材  
②电子技术—专业学校—教材 IV. TM TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 073126 号

策划编辑 张春英 责任编辑 唐笑慧 封面设计 李卫青 责任绘图 尹文军  
版式设计 陆瑞红 责任校对 杨雪莲 责任印制 陈伟光

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市西城区德外大街 4 号

邮政编码 100011

总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司

印 刷 北京宝旺印务有限公司

购书热线 010-58581118

免费咨询 800-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

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

网上订购 <http://www.landrac.com>

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

畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 1998年4月第1版

2007年7月第2版

印 次 2007年7月第1次印刷

定 价 17.30元

开 本 787 × 1092 1/16

印 张 12.75

字 数 310 000

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 21055-00

## 郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118



## 第二版前言

本书是根据教育部颁发的中等职业学校电工与电子技术教学大纲,参照有关行业的职业技能鉴定规范及中级技术工人等级标准,在原教育部规划教材《电工与电子技术基础》的基础上进行修订的。

修订后的教材结合目前我国中等职业教育教学的实际,贯彻了“以服务为宗旨,以就业为导向,以能力为本位”的指导思想,以培养学生技能为目标职业教育理念,紧紧围绕机械和近机类专业选取必需、够用的电工与电子的基础知识,在保持原教材编写风格和教学内容基本不变的前提下,对一些陈旧的电气元器件、繁琐的电工电子理论知识进行了删减,增加了一些当前机械生产设备中常用的电工与电子元器件和基本的控制电路。为加强学生动手能力的培养,增加了必要的电工电子实训操作的训练课题。修订后的教材主要内容包括:直流电路、磁场与电磁感应、单相交流电路、三相交流电路、异步电动机与变压器、低压电器及电动机的控制电路、半导体器件、模拟电路简介、数字电路简介等。

书中打“\*”号的内容在教学实施过程中没有教学要求,各校可根据本地(校)实际情况进行安排。

本教材的课堂授课时间建议为80学时,另有1周的教学实习(约30学时),各部分教学内容的课时安排如下:

序号	教 学 内 容	教 学 时 数		
		理论教学	实验实习	小计
一	直流电路	8	1	9
二	磁场和电磁感应	4	1	5
三	单相交流电路	10	1	11
四	三相交流电路	6	2	8
五	异步电动机和变压器	10	2	12
六	常用低压电器及电动机的控制电路	8	2	10
七	半导体器件	6	1	7
八	模拟电路简介	10	1	11
九	数字电路简介	6	1	7
合 计		68	12	80

本次修订本由杜德昌主编,参加修订编写的还有郭雪皎、陈成瑞、李守玲、崔金华、李涛、贾春兰。由于编者水平有限,错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者  
2007年3月

# 第一版前言

本书是根据国家教育委员会颁布的《中等职业学校(三年制)机械专业教学计划》和《电工与电子技术基础教学大纲》编写的。

《电工与电子技术基础》是机械、建筑等非电专业的一门技术基础课,主要内容包括:直流电路、磁场和电磁感应、单相交流电路、三相交流电路、常用低压电器、异步电动机、半导体器件、模拟电路简介、数字电路简介等9部分内容。主要介绍了有关电工与电子电路的基本概念和基本规律,以及本专业接触到的机械生产设备中常用到的电工与电子元器件的结构和基本电路。全书力求做到理论联系实际,结合中等职业技术教育的特点,使学生既能学到一定的专业技术理论知识,又能受到必要的实验技能和实习操作的训练,为进一步学习本专业的其他知识和从事工程技术操作打下基础。为此,在对基础理论知识详尽阐述的基础上,尽可能多地通过实例、思考与练习、实验等来说明在实践中的具体应用。

对于部分内容,如直流电路的基本物理量、欧姆定律、磁场的基本物理量等,与物理教材有一定的交叉和重复,目的是为了加强理论知识的系统性,满足电工与电子技术的需要,使学生在温故知新的基础上,能进一步巩固和加深对这些内容的理解,在实施教学的过程中,也可以让学生通过自学掌握,不必全在课堂上讲授。

本课程的课堂授课时间为73学时,另有1周的教学实习(约30学时),书中打“\*”号的内容在大纲中没有要求,各校可根据本地(校)实际进行安排。各部分教学内容的课时安排建议如下:

序号	教 学 内 容	教 学 时 数		
		理论教学	实验实习	小计
一	直流电路	10	1	11
二	磁场和电磁感应	4	1	5
三	单相交流电路	10	1	11
四	三相交流电路	6	1	7
五	常用低压电器	6		6
六	异步电动机	8	2	10
七	半导体器件	6	1	7
八	模拟电路简介	10		10
九	数字电路简介	6		6
合 计		66	7	73

## II 第一版前言

---

参加本书编写提纲讨论的有：山东日照工业学校厉萍、哈尔滨第一机器厂职业高中吴淑珍、高照琴，大连重型机器厂职业高中沈学勤等。

本书由杜德昌主编。第一、第二章由李守玲编写，绪论及第三、四、五、六章由杜德昌编写，第七、八、九章由陈成瑞编写。全书承蒙高等教育出版社楼史进编审审稿，在此谨表示衷心感谢。

由于编者水平所限，书中缺点和错误在所难免，恳请读者提出宝贵意见。

编 者

1997年3月

绪 论	1	一、磁场对通电直导体的作用	31
第一章 直流电路	3	二、磁场对通电矩形线圈的作用	32
第一节 直流电路的基本概念	3	第三节 电磁感应	34
一、电路	3	一、直导体切割磁感线时的感应	
二、电路中的主要物理量	5	电动势	34
第二节 电阻和电阻器	9	二、楞次定律	35
一、导体的电阻	9	三、电磁感应定律	35
二、电阻器	10	第四节 自感和互感	37
三、额定值	11	一、自感	37
第三节 欧姆定律	12	二、互感	39
一、部分电路的欧姆定律	12	三、电感器	39
二、全电路的欧姆定律	13	四、涡流	40
第四节 简单电路的连接	14	本章小结	41
一、电阻的串联	14	实验 2-1 电磁感应验证	42
二、电阻的并联	15	第三章 单相正弦交流电路	44
三、电阻的混联	16	第一节 正弦交流电	44
四、电池的连接	17	一、正弦交流电的基本概念	44
* 第五节 复杂电路的计算	19	二、表征正弦交流电的物理量	45
一、基尔霍夫电流定律	19	三、正弦交流电的表示方法	47
二、基尔霍夫电压定律	20	第二节 纯电阻电路	49
三、基尔霍夫定律的应用	20	一、电流与电压的数量关系	49
本章小结	23	二、电流与电压的相位关系	49
实验 1-1 用伏安法测量电阻	25	三、电路的功率	49
第二章 磁场和电磁感应	27	第三节 纯电感电路	51
第一节 磁场	27	一、电流与电压的数量关系	51
一、磁的基本知识	27	二、电流与电压的相位关系	51
二、电流的磁场	28	三、电路的功率	52
三、磁场的物理量	29	第四节 纯电容电路	54
四、磁性材料	30	一、电容器	54
第二节 磁场对电流的作用	31	二、电流与电压的数量关系	55
		三、电流与电压的相位关系	55



## II 目 录

四、电路的功率	56	三、三相异步电动机的维护	96
第五节 电阻与电感串联电路	57	四、三相异步电动机的简单故障及其 处理方法	96
一、电流与电压的关系	57	第三节 单相异步电动机	97
二、电路的功率	59	一、单相异步电动机的结构和工作 原理	98
三、功率因数	60	二、常见的几种单相异步电动机	99
* 第六节 电感性负载与电容串联 电路	62	三、单相异步电动机的反转和调速	101
一、RLC 串联电路中阻抗的关系	62	四、单相异步电动机的使用及典型故障 处理	102
二、谐振电路	63	第四节 变压器	103
本章小结	65	一、变压器的基本构造	103
实验 3-1 单相交流电路	66	二、变压器的工作原理	104
实验 3-2 荧光灯电路的连接	69	三、变压器的同名端	105
第四章 三相交流电路和安全 用电	72	本章小结	106
第一节 三相交流电源	72	实验 5-1 三相笼型异步电动机的 拆装	107
一、三相对称正弦交流电源	72	第六章 常用低压电器及电动机的 控制电路	110
二、三相电源供电方式	73	第一节 低压保护电器	110
第二节 三相负载的连接	75	一、熔断器	110
一、三相负载的星形(Y形)联结及中性线 的作用	75	二、断路器	111
二、三相负载的三角形( $\Delta$ 形)联结	78	三、热继电器	112
第三节 三相交流电路的功率	79	第二节 低压控制电器	113
第四节 安全用电	82	一、低压开关	113
一、触电的原因与危害	82	二、按钮	115
二、触电的种类和形式	82	三、行程开关	115
三、安全措施	83	四、交流接触器	116
四、触电急救	84	五、时间继电器	117
本章小结	85	第三节 三相异步电动机的起动、 反转和制动	118
实验 4-1 三相负载的星形联结	85	一、三相异步电动机的起动	118
第五章 异步电动机和变压器	88	二、三相异步电动机的反转	119
第一节 三相异步电动机的构造和 工作原理	88	三、三相异步电动机的电气制动	120
一、三相异步电动机的构造	88	第四节 三相异步电动机单向运转 控制电路	121
二、三相异步电动机的工作原理	90	一、电动机点动控制电路	121
第二节 三相异步电动机的选择和 维护	94	二、电动机连续控制电路	121
一、三相异步电动机的铭牌	94		
二、三相异步电动机的选择	95		

三、电动机点动、连续混合控制电路 .....	123	三、应用举例——光电控制自动停机 电路 .....	161
<b>本章小结</b> .....	123	<b>第五节 可控整流电路</b> .....	162
<b>实验 6-1 三相异步电动机单向运转     控制电路的接线与检修</b> .....	124	一、晶闸管单相半波整流 .....	162
<b>第七章 半导体器件</b> .....	128	二、晶闸管在电工设备中的应用 .....	163
<b>第一节 晶体二极管</b> .....	128	<b>第六节 集成电路知识</b> .....	164
一、半导体材料 .....	128	一、集成电路的分类 .....	165
二、二极管的构造、类型 .....	129	二、集成电路的应用 .....	165
三、二极管的伏安特性 .....	129	三、几种常见的模拟集成电路 .....	165
四、二极管的主要参数 .....	131	<b>本章小结</b> .....	168
<b>第二节 晶体三极管</b> .....	131	<b>实验 8-1 串联型稳压电源</b> .....	170
一、三极管的结构 .....	132	<b>第九章 数字电路简介</b> .....	172
二、三极管的放大作用 .....	132	<b>第一节 数字电路概述</b> .....	172
三、三极管的伏安特性 .....	134	一、数字信号与数字电路 .....	172
四、三极管的主要参数 .....	135	二、二进制数 .....	172
<b>第三节 晶闸管</b> .....	136	<b>第二节 逻辑门电路</b> .....	174
一、晶闸管的结构 .....	136	一、基本逻辑门电路 .....	174
二、晶闸管的工作特性 .....	137	二、复合逻辑门电路 .....	177
三、晶闸管的伏安特性 .....	138	三、集成逻辑门电路 .....	177
四、晶闸管的主要参数 .....	139	<b>第三节 组合逻辑电路</b> .....	180
<b>本章小结</b> .....	139	一、编码器 .....	180
<b>实验 7-1 用万用表测试二极管和     三极管</b> .....	140	二、译码器 .....	182
<b>第八章 模拟电路简介</b> .....	143	三、数码显示器 .....	182
<b>第一节 放大电路基础</b> .....	143	四、加法器 .....	183
一、放大电路的用途、分类 .....	143	<b>第四节 集成触发器</b> .....	184
二、单级低频小信号放大电路 .....	143	一、基本 RS 触发器 .....	184
<b>第二节 直流稳压电源电路</b> .....	148	二、RS 同步触发器 .....	185
一、整流电路 .....	148	三、JK 触发器 .....	186
二、滤波电路 .....	150	四、集成触发器简介 .....	186
三、稳压电路 .....	152	<b>第五节 计数器</b> .....	187
<b>第三节 振荡电路</b> .....	155	一、异步二进制加法计数器 .....	187
一、LC 正弦波振荡电路 .....	155	二、异步十进制加法计数器 .....	189
二、RC 正弦波振荡电路 .....	157	三、集成计数器产品简介 .....	190
三、应用举例——晶体管接近开关 .....	158	<b>本章小结</b> .....	190
* <b>第四节 开关电路</b> .....	159	<b>实验 9-1 集成与非门电路的测试     及其应用</b> .....	191
一、二极管、三极管的开关特性 .....	159	<b>参考文献</b> .....	193
二、基本开关电路 .....	160		

## 绪 论

电工及电子技术是研究电磁现象的基本规律在工程上应用的科学。我国很早就发现了电磁现象,早在战国时期的古籍书中就曾有“慈石召铁”的记载,以后由于航海事业发展的需要,我国在 11 世纪发明了指南针。在 18 世纪末和 19 世纪初,由于生产发展的需要,对电磁现象的研究取得了突破性的发展。1785 年,库仑首先从实验中确定了电荷间的相互作用力。1820 年,奥斯特从实验中发现了电流对磁针有力的作用。同年,安培确定了通有电流线圈的作用与磁铁相似。法拉第在 1831 年发现的电磁感应现象为以后的电工技术的发展奠定了基础。1840—1843 年间,焦耳和楞次分别独立地确定了电流热效应定律。与楞次一起从事电磁现象研究的雅可比在 1834 年制造出了世界上第一台电动机,从而证明了实际应用电能的可能性。俄罗斯工程师多里沃-多勃罗沃尔斯基是三相系统的创始者,他发明和制造出三相异步电动机和三相变压器,并首先采用了三相输电线路。

在法拉第对电磁研究的基础上,麦克斯韦在 1864 年提出了完整的电磁场方程组,并从理论上推测到电磁波的存在,为无线电技术的发展奠定了基础。1887 年,赫兹通过实验获得了电磁波,证实了麦克斯韦的理论。1883 年发现了热电子效应,随后利用这个效应制成了真空二极管,并证实了电子管具有“阀门”作用,被用于无线电检波。1905 年真空三极管在美国问世,它的放大作用为电子技术的发展开辟了新的道路。从 1948 年制成晶体管以来,在大多数电子领域中已经逐渐用晶体管来取代电子管。

1958 年,集成电路的第一个样品问世,标志着电子技术实现了材料、元件、电路三者的统一。随着集成电路制造工艺的进步,出现了大规模和超大规模的集成电路,显示了集成电路无可比拟的优越性。

在工业上,晶闸管的广泛应用,使半导体技术进入了强电领域。电子计算机的问世为机械生产带来了划时代的变革,数字控制机床和“自适应”数字控制机床相继出现,利用微机对上百台数字控制机床进行集中控制(群控)也已经实现。

目前,电工与电子技术已广泛地应用于人们生产、生活的各个领域,从某种意义上讲,电气化程度的高低已成为衡量一个国家是否发达的重要标志之一。在工业生产中的各种机械设备,如机床、水泵等都是利用电动机来拖动的;在电镀、高频淬火及电子束加工等机械制造工艺方面也广泛地应用了电工技术;在日常生活中的照明、电话及广播电视等都要用到电工和电子技术;在科学研究、产品的辅助设计和企业管理等工作中均可以利用计算机。随着生产和科学技术发展的需要,电工与电子技术对社会生产力的变革起着推动性的作用。

电工与电子技术之所以应用如此广泛,与电能具有无可比拟的优越性是分不开的。

首先,电能是最容易转换的中间形态的能量。电能可以将水能(通过水力发电)、热能(通过火力发电)、原子能(通过核能发电)、化学能(通过电池)及光能(通过光电池)等转化为电能,同时,通过用电器又可以将电能转换为其他形式的能,如:利用电动机将电能转化为机械能,利用电炉将电能转化为热能,利用电灯将电能转化为光能,利用扬声器将电能转化为声能等,以满足各种不同的需要。

其次,电能能够迅速而经济地进行远距离输送,而且输电设备简单,输电效率高。例如,可以在有能源的地方(如煤矿、河川等)建发电厂,通过长距离输电线路将电能送到工厂中去,解决了动力基地和工业基地距离远的矛盾,提高了社会生产的整体效益。另外,电能也容易分配。

最后,电能可以较容易实现控制。利用电能能够达到高度自动化,能控制生产的过程或设备;能检测生产过程的各种参数,然后转换成一定的电信号,实现自动调节和管理自动化。

“电工与电子技术基础”就是研究电磁现象在工业生产中应用的一门课程,它是中等职业学校非电专业的一门重要的技术基础课程。课程内容主要包括:直流电路、磁场与电磁感应、单相交流电路、三相交流电路等基础理论知识;异步电动机与变压器、常用低压电器及电动机的控制电路等基本电气设备和控制电路;半导体器件、模拟电路简介、数字电路简介等电子元器件及其应用的基本常识。通过对本课程的学习,使学生获得必要的电工与电子技术的基本知识和基本的实验实训技能,了解机械工业生产中常用的低压电器、电动机的基本结构、工作原理和基本操作技能,能正确地使用和维护保养常用的电气设备,做到安全生产,为今后进一步学习生产设备的有关电气工作原理,掌握维修和使用电气设备的技能打下良好的基础。

学习本课程,要正确地理解有关的物理概念,熟练掌握电工电子基本规律,了解电工理论知识在具体实际中的应用,能运用基本知识、基本定律来分析低压电器、异步电动机、电子元器件及其控制电路的构成和工作原理。

# 第一章 直流电路

## 学习指导

本章主要介绍直流电路中的一些基本概念和基本定律(如电路、电流、电压、电动势、电阻、欧姆定律、电能和电功率等),以及简单电路和复杂电路的分析计算方法,这些内容是学习电工与电子技术的基础。

通过对本章的学习,希望能够达到以下要求:正确理解以上基本概念,能熟练地运用欧姆定律进行简单电路的计算,了解复杂电路的分析计算方法。

## 第一节 直流电路的基本概念

### 一、电路

#### 1. 电路的组成

电路就是由一些元器件组成的电流流通通路,图 1-1 所示就是一个最简单的电路。一般来说,一个简单的电路由以下 4 部分组成:

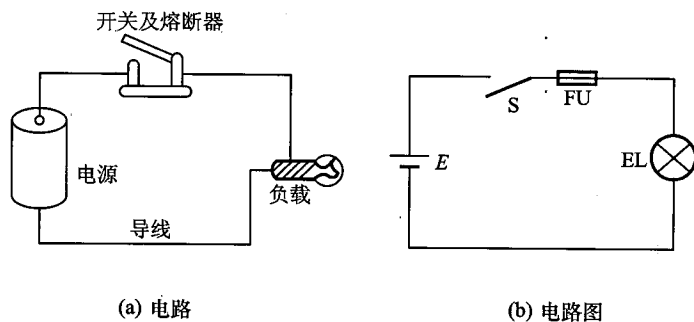


图 1-1 简单的电路

**电源** 电源是供给电路电能的设备,它是将其他形式的能(如化学能、机械能、光能等)转换成电能的装置,其作用是向负载提供电能。常见的电源有电池(干电池、蓄电池)、整流电源、发电机等。

**负载** 负载又称用电器,它是消耗电能的装置,其作用是将电能转换为其他形式的能。常见的负载有电灯、电暖器、电动机等。

**导线** 导线在电路中承担电能输送与分配的任务,把电源和负载连接成一个闭合回路。常用的导线有铜、铝、锰铜合金等。

**控制保护装置** 用来控制电路的通断并保护电源和负载不受损坏,如开关、熔断器、继电器等。

## 2. 电路的作用和分类

电路最基本的作用,一是产生、输送、分配和转换电能,如用电力网把发电厂所产生的电能输送到各用户中;二是可以进行信息的传递、处理、储存及测量等,如用于电话线路、计算机线路中。

根据电路中电流的性质,电路可分为直流电路和交流电路;根据电路结构的不同,电路又可分为有分支电路和无分支电路、简单电路和复杂电路;从电路的范围来分,一般把电源以外的电流通路称为外电路,而把电源内部的通路称为内电路。

## 3. 电路的工作状态

电路通常具有以下 3 种工作状态:

**通路** 通路是指电路在正常工作情况下,电能从电源的一端流出,经负载后回到电源的另一端,构成闭合回路的状态。如在图 1-1(a)中,当开关闭合后,电灯发亮的工作状态就是通路。

























**开路** 开路又称为断路,是指电路中的某处断开时的状态。断路中没有电流通过。在实际电路中,开关断开时的状态就是开路。

**短路** 如果用导线直接将电源的两端连接起来,使电路中的电流不经负载而直接构成闭合回路,则此时电源处于短路状态。由于短路时的电阻很小,因而电路中的电流比正常情况下要大许多倍,很容易造成电气事故。一般情况下,决不允许电路发生短路现象。

## 4. 电路图

为了简便起见,电路通常不用实物来表示,而是用电路图来表示,如图 1-1(b)所示。在电路图中,用国家统一规定的图形符号来表示电路组成的元器件和连接情况。电路图中常用的图形符号见表 1-1。

表 1-1 部分常用的电气制图图形符号

	直流电		交流电		交、直流电
	开关		电阻		接机壳
	电池		电位器		接地
	线圈		电容		连接导线
	铁心线圈		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

## 二、电路中的主要物理量

### 1. 电流

电荷的定向移动形成**电流**,因此,要形成电流必须要有可自由移动的电荷。金属导体中带负电的电子,电解液中的正、负离子就是可自由移动的电荷。

在外电场作用下,金属导体中的自由电子发生定向移动便形成电流。人们习惯上把正电荷定向移动的方向规定为**电流的方向**。因此,在金属导体中,电流的方向与自由电子实际定向移动的方向相反,如图 1-2 所示。

电流有大小之分,电流的大小取决于单位时间内通过导体横截面的电量。若在时间  $t$  内,通过导体任一横截面的电量为  $Q$ ,则电流的大小为

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

在国际单位制(SI)中,电流的符号为  $I$ ,单位是安(单位名称为安培),单位符号为 A;电量的单位是库(单位名称为库仑),单位符号为 C;时间的单位是秒,单位符号为 s。

如果在 1 s 内通过导体横截面的电量是 1 C,则通过导体的电流是 1 A。

电流常用的单位除安外,还有千安(kA)、毫安(mA)、微安( $\mu\text{A}$ ),它们之间的关系是

$$1 \text{ kA} = 10^3 \text{ A} = 10^6 \text{ mA} = 10^9 \mu\text{A}$$

**【例题 1-1】** 已知流经某导体横截面的电流为 1.5 A,问在多少时间内通过导体横截面的电量为 60 C?

**解** 由式(1-1)得

$$t = \frac{Q}{I} = \frac{60 \text{ C}}{1.5 \text{ A}} = 40 \text{ s}$$

电流分直流和交流两种。凡是方向、大小均不变的电流称为**直流电流**,用  $I$  表示,如图 1-3(a)所示;凡电流大小、方向均随时间作周期性变化的电流称为**交流电流**,用  $i$  表示,如图 1-3(b)所示。交流电在工业生产和日常生活中应用极为广泛,如电网供给的照明用电、动力用电等都是交流电流。

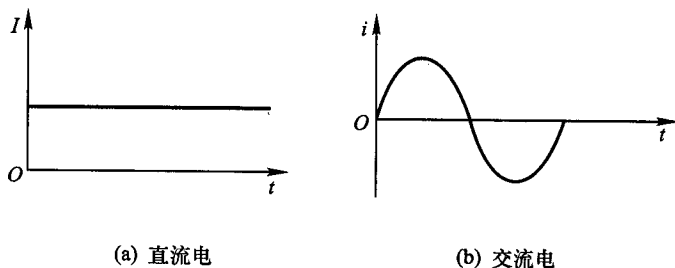


图 1-3 交、直流电与时间的关系曲线

### 2. 电位与电压

电位在电子技术中应用广泛,电压多用于电工技术中。电路中某点相对于参考点的电压称

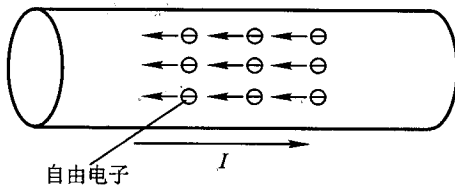


图 1-2 电流的方向



为该点的电位。用  $V$  表示。如  $V_a$  表示  $a$  点的电位,电位的单位也为  $V$ (伏)。

参考点的电位规定为零电位,一般选用大地作为参考点,用符号“ $\perp$ ”表示;在电子仪器中常把金属机壳或电路的公共节点作为参考点,用符号“ $\perp$ ”表示。

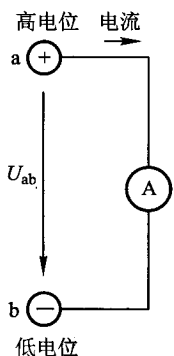
电路中  $a$ 、 $b$  两点之间的电位之差,称为两点的电位差,也称为电压,用符号  $U$  表示,单位是  $V$ (伏)。

$$U_{ab} = V_a - V_b \quad (1-2)$$

电压常用的单位除  $V$ (伏)外,还有  $kV$ (千伏)、 $mV$ (毫伏)、 $\mu V$ (微伏),它们之间的关系是

$$1 \text{ kV} = 10^3 \text{ V} = 10^6 \text{ mV} = 10^9 \mu\text{V}$$

图 1-4 所示实验电路中,两根相互独立的导体  $a$ 、 $b$ ,其中,导体  $a$  带有正电荷,电位高;导体  $b$  带有负电荷,电位低。用导线把  $a$ 、 $b$  两导体连接起来,导线内就有电流从  $a$  流向  $b$ ,这是因为  $a$ 、 $b$  之间存在着电位差(也即电压)的原因。



需要说明的是,当电位的参考点改变时,各点的电位也随之改变,但任意两点间的电位差不变,即电压的大小和参考点的位置无关。

电压是有方向的,由高电位指向低电位,也就是电压降的方向,一般用箭头在电路中标出。当电流流经负载时,电流流入端是电压的正端,电流流出端是电压的负端,在负载上的电压的实际方向和电流的方向一致。

在实际的计算中,经常遇到电流和电压的实际方向不能确定的情况,一般先假设一个电压或者电流的参考方向,再进行计算。如果计算的结果为正值,表示实际方向与参考方向一致,反之则表示其实际方向与参考方向相反。

图 1-4 电位与电压

【例题 1-2】 已知  $V_a = 10 \text{ V}$ ,  $V_b = 20 \text{ V}$ , 求  $U_{ab}$  和  $U_{ba}$  各为多少?

解 根据式(1-2),可以得出:

$$U_{ab} = V_a - V_b = (10 - 20) \text{ V} = -10 \text{ V}$$

$$U_{ba} = V_b - V_a = (20 - 10) \text{ V} = 10 \text{ V}$$

由以上计算可以看出,选择的参考方向不同,得出的电压可以为正,也可以为负,但其数值是一样的。

### 3. 电动势

在电路中,为了维持电流不断流动,需要有电源设备,即转换其他形式的能量为电能。电动势就是衡量电源将非电能转化为电能本领的物理量,用符号  $E$  表示,单位是  $V$ (伏)。

电动势仅存在于电源的内部,它的方向是从低电位端指向高电位端,即从电源的负极指向正极。由于在电动势的形成过程中,电极两端出现了电位差,把电源两端的电位差称为电源的端电压。

对于一个电源来说,在外部不接负载时,电源两端电压的大小等于电源的电动势的大小,而方向恰好相反,如图 1-5 所示。

### 4. 电功

在日常生活和工业生产中,电灯通电后能够发光,电动机通电后能够转动,电炉通电后能够发热,这些都是电流做功的结果。电流所做的功称为电功,是电能转化为其他形式的能量的量度。用符号  $W$  表示,单位为  $J$ (焦)。

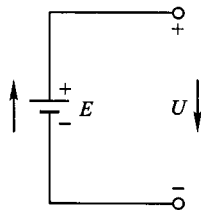


图 1-5 电动势和电压的方向

电流在一段电路上所做的功,与这段电路两端的电压、电路中的电流和通电的时间成正比,用公式表示为

$$W = IUt \quad (1-3)$$

当电路为纯电阻电路时,根据欧姆定律  $U = IR$ ,式(1-3)可以写为

$$W = I^2 R t \quad (1-4a)$$

或

$$W = \frac{U^2 t}{R} \quad (1-4b)$$

式中  $U$ ——电路两端的电压,单位为 V(伏);

$I$ ——电路中的电流,单位为 A(安);

$t$ ——通电时间,单位为 s(秒);

$W$ ——电功,单位为 J(焦)。

电功的另一个常用单位是  $\text{kW} \cdot \text{h}$ (千瓦时), $1 \text{ kW} \cdot \text{h}$  就是通常所说的 1 度电,它和焦的换算关系为

$$1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 1\,000 \times 3\,600 \text{ J} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$$

## 5. 电功率

单位时间内电流所做的功称为电功率,简称功率。它是表明电流消耗电能快慢程度的物理量,用  $P$  表示,单位为 W(瓦),用公式表示为

$$P = \frac{W}{t} = \frac{IUt}{t} = IU \quad (1-5)$$

当电路为纯电阻时,根据欧姆定律,式(1-5)可以写为

$$P = I^2 R \quad (1-6a)$$

或

$$P = \frac{U^2}{R} \quad (1-6b)$$

式中  $P$ ——电功率,单位为 W(瓦);

$U$ ——电路的电压,单位为 V(伏);

$R$ ——电路的电阻,单位为  $\Omega$ (欧);

$I$ ——流经电路的电流,单位为 A(安)。

电功率常用的单位还有  $\text{kW}$ (千瓦)、 $\text{mW}$ (毫瓦)等,它们之间的关系为

$$1 \text{ kW} = 10^3 \text{ W} = 10^6 \text{ mW}$$

【例题 1-3】某电器接在 220 V 的电源上,已知流过它的电流为 0.2 A,试求:

- (1) 电器的电阻为多少?
- (2) 消耗的电功率是多少?
- (3) 如果电器每天使用 4 h,那么一个月(按 30 天计)消耗多少度电?

解 (1) 电器的电阻为

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220}{0.2} \Omega = 1\,100 \Omega$$

(2) 电器消耗的电功率为