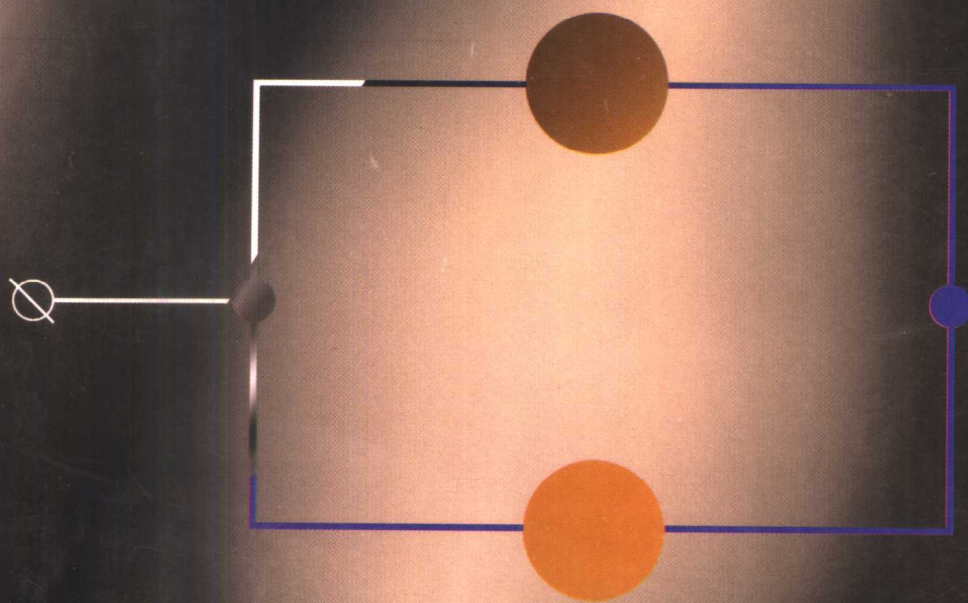


国家教委规划教材
中等职业学校机械、建筑等非电专业
(含岗位培训)

电工与电子技术基础

● 全国中等职业学校机械专业教材编写组 ● 杜德昌 主编



高等教育出版社

国家教委规划教材
中等职业学校机械、建筑等非电专业(含岗位培训)

电工与电子技术基础

全国中等职业学校机械专业教材编写组
杜德昌 主编

高等教育出版社

(京)112号

内 容 简 介

本书是国家教育委员会职业技术教育司组织编写的全国中等职业教育“九五”规划系列教材之一。

本书的主要内容有：直流电路、磁场与电磁感应、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、模拟电路简介及数字电路简介等，将劳动部、机械工业部颁发的《中华人民共和国职业技能鉴定规范电工考核大纲》内中级工应知、应会的内容，融汇于各章节之中。本书力求内容浅显，文字通顺易懂，注重于理论联系实际。每章前有内容提要，章后有实验和小结，每节后面附有思考与练习，便于读者自学。

本书可作为中等职业学校机械、建筑等非电专业的教材，也可作为中级岗位培训教材，还可以用于军地两用人才培训和职工岗前培训。

图书在版编目(CIP)数据

电工与电子技术基础 / 杜德昌主编. —北京：高等教育出版社，1998

国家教委规划教材 中等职业学校机械、建筑等非电专业(含岗位培养)用

ISBN 7-04-006549-5

I. 电… II. 杜… III. ①电工学-专业学校-教材②电子技术-专业学校-教材 IV. TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 26042 号

*

高等教育出版社出版

北京沙滩后街 55 号

邮政编码：100009 传真：64014048 电话：64054588

新华书店总店北京发行所发行

北京印刷一厂印装

*

开本 787×1092 1/16 印张 12.75 字数 310 000

1998 年 4 月第 1 版 1998 年 4 月第 1 次印刷

印数 0 001—8 120

定价 11.30 元

凡购买高等教育出版社的图书，如有缺页、倒页、脱页等

质量问题者，请与当地图书销售部门联系调换

版权所有，不得翻印

前 言

本书是根据国家教育委员会颁布的《中等职业技术教育学校(三年制)机械专业教学计划》和《电工与电子技术基础课程教学大纲》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、模拟电路简介及数字电路简介等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、实验等来说明理论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,与物理课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。在实施教学过程中,也可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

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、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

责任编辑 任庆陵 王军伟
封面设计 王 睢
责任绘图 李维平
版式设计 周顺银
责任校对 康晓燕
责任印制 宋克学

目 录

绪论	1	第五章 常用低压电器	88
第一章 直流电路	3	第一节 熔断器	88
第一节 直流电路的基本概念	3	第二节 手动控制电器	92
第二节 电阻和欧姆定律	7	第三节 自动控制和保护电器	96
第三节 电能和电功率	10	第四节 变压器	99
第四节 简单电路的连接	12	本章小结	103
第五节 复杂电路的连接	17	第六章 异步电动机	104
第六节 电容器	22	第一节 三相异步电动机的构造和工作原理	104
实验 用伏安法测量电阻	26	104
本章小结	27	第二节 三相异步电动机的起动和控制	109
第二章 磁场和电磁感应	30	第三节 三相异步电动机的选用和维护	111
第一节 磁场	30	第四节 单相异步电动机	114
第二节 磁场对电流的作用	33	实验 三相异步电动机的接线和直接起动	117
第三节 电磁感应	36	117
第四节 自感和互感	40	实验 三相异步电动机的正反转控制	118
实验 研究电磁感应现象	43	本章小结	119
本章小结	44	第七章 半导体器件	121
第三章 单相交流电路	46	第一节 晶体二极管	121
第一节 正弦交流电	46	第二节 晶体三极管	126
第二节 纯电阻电路	51	第三节 晶闸管	131
第三节 纯电感电路	54	实验 用万用表测试二极管和三极管	136
第四节 纯电容电路	57	本章小结	137
第五节 电阻与电感串联电路	60	第八章 模拟电路简介	139
第六节 电感性负载与电容串并联电路	64	第一节 晶体管放大电路	139
实验 日光灯电路的连接	67	第二节 晶体管直流电源电路	143
本章小结	68	第三节 晶体管振荡电路	151
第四章 三相交流电路	71	第四节 晶体管开关电路	154
第一节 三相交流电源	71	第五节 晶闸管可控整流电路	157
第二节 三相负载的连接	74	第六节 模拟集成电路知识	159
第三节 三相交流电的功率	79	本章小结	162
第四节 安全用电	82	第九章 数字电路简介	165
实验 三相负载的连接	85	第一节 数字电路概述	165
本章小结	87	第二节 基本逻辑门电路	168

第三节 集成逻辑门电路	172	一、常用物理量及其法定计量单位	185
第四节 组合逻辑电路	174	二、电气图常用图形符号和文字符号	186
第五节 集成触发器	178	三、晶体管的型号	191
第六节 计数器	181	四、职业技能鉴定规范中级电工考核大纲	192
本章小结	184		
附录	185		

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进展。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。与楞次一道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年制成了晶体管以来,在大多数电子领域中已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,可控硅的广泛应用,使半导体技术进入了强电领域。电子计算机的问世为机械工业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主要标志之一。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;生产过程中的一些物理量,如温度、流量、压力及转速等,都是用电的方法来测量和控制的;在日常生活中的照明、电话及广播电视等也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通过计算机来实现。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分不开。

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

炉将电能转换为热能,利用电灯将电能转换为光能,利用扬声器将电能转换为声能等,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,通过长距离的输电线路将电能输送到工厂中去,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经济效益。另外,电能也容易分配。

第三,电能可以较易实现控制。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。课程内容主要包括直流电路、电磁感应、交流电路等基础知识;低压电器、异步电动机等基本电气设备;晶体二极管、晶体三极管、晶闸管等电子元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实验技能,了解工业生产中常用的低压电器、异步电动机的基本结构、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,熟练地掌握基本规律,了解各个公式使用的条件以及各物理量的我国法定计量单位。要理论联系实际,能运用基本知识、基本定律来分析低压电器、异步电动机、电子元件及控制线路的构成和工作原理。

第一章 直流电路

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,简单电路和复杂电路的分析计算方法,电容器的概念、结构及其选用,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,了解电容器的结构及特性,了解在实际应用中常用到的电容器的种类。

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,如图 1-1 所示就是一个最简单的电路。一般地说,一个简单的电路由以下 4 部分组成:

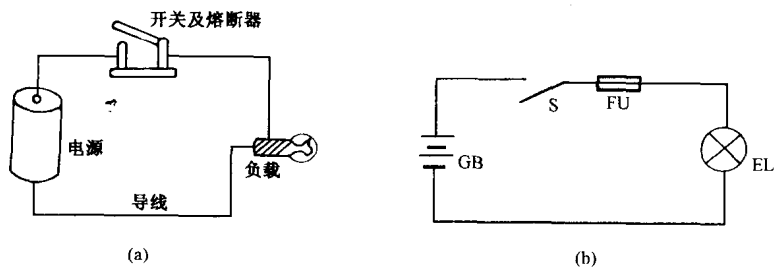


图 1-1 简单的电路
(a) 电路 (b) 电路图

(1) **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。

(2) **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、电暖气、电动机等。

(3) **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。

(4) **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、保险丝、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:

(1) **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,小灯泡发亮的工作状态就是通路。

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

(3) **短路** 如果用导线直接将电源的两端连接起来,使电路中的电能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如表 1-1 所示。

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、负离子具有可自由移动的电荷。

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(A)外,还有千安(kA)、毫安(mA)、微安(μ 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] 已知流经某导线中的电流为 1.5 A,问在多少时间内通过导线横截面的电量为 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(d.c)和交流(a.c)两种。凡是

方向、大小均不变的电流叫**直流电流**,用 I 表示,如图 1-3(a)所示;凡电流的大小、方向均随时间做周期性变化的电流叫做**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。

三、电压与电动势

1. 电位

物体在重力场中具有势能,同样,电荷在电场中也具有一定的电位能。在电场中逆着电场力的方向把正电荷从某一点移到另一点时,外力克服电场力所做的功叫做电荷在这一点**的电位能**。电位能与电荷量的大小及电荷在电场中的位置有关,因此,为了确定电位能的大小,需要在电场中选择一个参考点,通常都以大地为参考点,即规定大地的电位为零。

电场中某点的电位在数值上等于单位正电荷在该点所具有的电位能,用公式表示为

$$V = \frac{W}{Q} \quad (1-2)$$

式中 W ——电荷在某点具有的电位能;

Q ——电荷的电量;

V ——电场中某点的电位。

2. 电压

电压是衡量电场做功本领大小的物理量。在图1-4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**。电位差也叫**电压**,用符号 U 表示,单位是伏(单位名称为伏特),单位符号为 V。

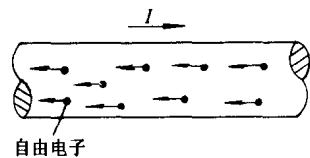


图 1-2 电流的形成

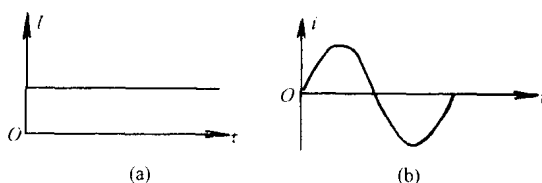


图 1-3 交、直流电与时间的关系曲线

(a) 直流电 (b) 交流电

设电场力把正电荷 Q 从 a 点移到 b 点所做的功为 W_{ab} , 那么 a, b 之间的电压在数值上等于单位正电荷 Q 在电场力作用下, 从 a 点移动到 b 点所做的功, 即

$$U_{ab} = \frac{W_{ab}}{Q} \quad (1-3)$$

式中 U_{ab} —— a, b 两点间的电压, 单位是伏 (V);
 W_{ab} ——电场力所做的功, 单位是焦 (J);
 Q ——电荷的电量, 单位是库 (C)。

若电场力将 1 C 的电荷量, 从 a 点移到 b 点所做的功是 1 J , 则 a, b 间的电压就是 1 V 。

电压常用的单位除伏 (V) 外, 还有千伏 (kV)、毫伏 (mV)、微伏 (μV), 它们之间的关系是

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

[例题 1-2] 在电场中, 把 $Q = 10^{-5}\text{ C}$ 的正电荷从 a 点移动到 b 点时, 外力做的功为 10^{-2} J , 求 a, b 两点间的电位差, 并指出哪一点的电位高?

解 由式 (1-3) 得

$$U_{ab} = \frac{W}{Q} = \frac{10^{-2}\text{ J}}{10^{-5}\text{ C}} = 10^3\text{ V}$$

a 点电位高。

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, 即通过转换其他形式的能量, 形成积聚有正电荷和负电荷的两极, 使之产生电位差。在不同类型的电源中, 产生电位差的原理也不同。

以蓄电池为例, 如图 1-5 所示。在蓄电池中, 由于电极和电解液不断进行的化学反应而产生的“电源力”的作用, 电解液中的正、负离子分别向电源的两极移动, 使电源的一端带正电 (称电源的正极, 用“+”表示), 另一端带负电 (称电源的负极, 用“-”表示), 则两端之间出现了电位差 (电压)。当在电源的外部接上负载时, 电源的电场力便把电源正极上的正电荷通过负载移向电源负极, 而电源内部的“电源力”则把正电荷从电源负极移向正极, 如此就形成了持续不断的电荷移动, 在负载中则表现为有电流通过。

显然, “电源力”在移动电荷的过程中也在做功。“电源力”将单位正电荷从负极经电源内部推向正极所做的功, 称为该电源的**电动势**, 用符号 E 表示, 单位是伏 (单位名称为伏特), 单位符号是 V 。

若“电源力”把 1 C 的电量从电源的负极移到正极所做的功是 1 J , 则电源的电动势为 1 V 。

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**。显然, 电源的电动势在数值上等于电源两端的开路电压, 而方向恰好相反。

电动势和电压具有不同的物理意义, 电动势是衡量“电源力”做功本领大小的物理量, 而电压则是衡量电场力做功本领大小的物理量。

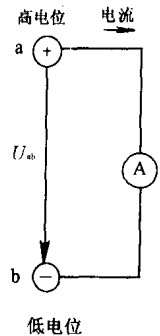


图 1-4 电压

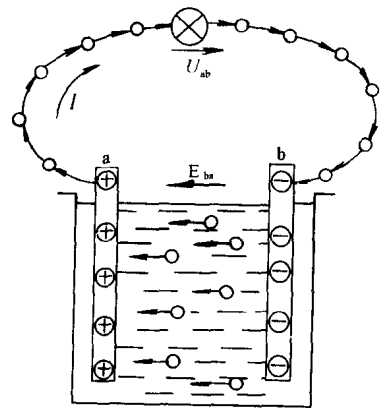


图 1-5 电源电动势

思考与练习

1. 电路由哪几部分组成？它们各自的作用是什么？
2. 电路有哪几种工作状态？各种工作状态的特点是什么？
3. 电流的方向是怎样规定的？电子的运动方向是不是电流方向？
4. 什么叫电动势？它与电压有什么区别？
5. 在电场中，A、B 两点的电位分别是 $V_A = 800 \text{ V}$ ， $V_B = -200 \text{ V}$ ，试问：A、B 两点间的电压是多少？若把电量为 $Q = 1.5 \times 10^{-8} \text{ C}$ 的电荷从 A 点移到 B 点，电场力所做的功是多少？

第二节 电阻和欧姆定律

一、电阻

当电流通过导体时，导体中的自由电子在移动的过程中，不断地相互碰撞，而且还要和导体中的原子相碰撞，这种碰撞对电子的运动起阻碍作用，导体对电流的这种阻碍作用，称之为**电阻**，用符号 R 表示，单位为欧（单位名称为欧姆），单位符号为 Ω 。

电阻常用的单位除欧 (Ω) 外，还有千欧 ($\text{k}\Omega$)、兆欧 ($\text{M}\Omega$)，它们之间的关系为

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

在一定温度下，导体电阻的大小与导体的材料和尺寸有关。实验证明：在温度不变时，导体的电阻 R 与导体的长度 L 和导体的电阻率 ρ 成正比，与其横截面积 S 成反比，用公式表示为

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (1-4)$$

式中 L ——导体的长度，单位为米 (m)；
 S ——导体的横截面积，单位为平方米 (m^2)；
 R ——导体的电阻，单位为欧 (Ω)；
 ρ ——导体的电阻率，单位为欧米 ($\Omega \cdot \text{m}$)。

导体的电阻率取决于导体的材料，不同导体的材料其电阻率也不相同。表 1-2 列出了几种常见材料在 20°C 时的电阻率。

由表 1-2 可知，除银以外，铜的电阻率最小，导电性能最好，铝次之。这也是主要以铜和铝为材料制造导线的原因。

[例题 1-3] 试计算长度为 10 km ，横截面积为 25 mm^2 的铝导线在 20°C 时的电阻值是多少？

解 由表 1-2 可以查出铝的电阻率为
代入式 (1-4) 得

$$\rho = 2.9 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$$

$$R = \rho \frac{L}{S} = \frac{2.9 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m} \times 10^4 \text{ m}}{25 \times 10^{-6} \text{ m}^2} = 11.6 \Omega$$

实验还证明：导体的电阻除了与其本身的性质有关外，还与温度有关。对于普通金属，温度

表 1-2 几种常见材料在20℃时的电阻率和温度系数

材料名称	电阻率/ $\Omega \cdot m$	电阻温度系数($1/^\circ C$)	用途
银	1.6×10^{-8}	4.1×10^{-3}	导线镀银
铜	1.7×10^{-8}	4.3×10^{-3}	导线(主要的导电材料)
铝	2.9×10^{-8}	4.2×10^{-3}	导线
钨	5.3×10^{-8}	4.6×10^{-3}	白炽灯的灯丝、电器触头
铁	1.0×10^{-7}	5×10^{-3}	
锰铜合金	4.4×10^{-7}	6×10^{-6}	标准电阻
康铜合金	5.0×10^{-7}	4×10^{-5}	标准电阻
镍铬合金	1.0×10^{-6}		电炉丝
电木	$10^{10} \sim 10^{14}$		绝缘体(制作电器)
橡胶	$10^{13} \sim 10^{16}$		

越高,电阻越大。通常在 $0 \sim 100^\circ C$ 的范围内,可近似地认为:一般金属材料电阻变化的相对值与其温度的变化量成正比,即

$$\frac{R_2 - R_1}{R_1} = \alpha(t_2 - t_1) \quad (1-5)$$

或
$$R_2 = R_1[1 + \alpha(t_2 - t_1)] \quad (1-6)$$

式中 R_1 ——温度在 t_1 时导体的电阻,单位为欧(Ω);
 R_2 ——温度在 t_2 时导体的电阻,单位为欧(Ω);
 α ——导体材料的电阻温度系数,单位为($1/^\circ C$)。

几种常见材料的温度系数如表 1-2 所示。

从式(1-6)中可以看出:

当 $\alpha > 0$ 时,导体的电阻随温度的升高而增大;当 $\alpha < 0$ 时,导体的电阻随温度的升高而减小。热敏电阻就是利用这种特性,在一些电气设备中起到自动调节和补偿作用的。有些金属在温度接近于绝对零度时,电阻会突然变为零,这种现象称为**超导现象**。处于超导状态的物体称为**超导体**。

二、欧姆定律

1. 部分电路的欧姆定律

如图 1-6 所示,只含有负载而不包括电源的一段电路称为**部分电路**。

在部分电路中,当负载 R 两端加上电压 U 时,负载中就有电流 I 通过。德国科学家欧姆通过实验证明:流经负载的电流 I 与加在电路两端的电压成正比,与电路的电阻 R 成反比,这一结论称为**欧姆定律**,用公式表示为

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-7)$$

式中 I ——流经负载的电流,单位为安(A);
 U ——负载两端的电压,单位为伏(V);
 R ——电路中的电阻,单位为欧(Ω)。

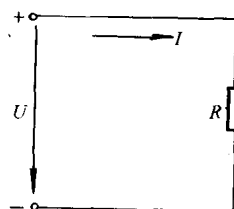


图 1-6 只含有负载的部分电路

从式(1-7)中可以看出:如果已知部分电路中的电压、电流、电阻中的任意两个量的数值,就可以求出第3个量,即式(1-7)还可以写为

$$U = IR \quad \text{或} \quad R = \frac{U}{I}$$

[例题 1-4] 有一电阻炉,接到 220 V 的电压上,通过电炉丝的电流为 20 A,问电炉丝的电阻是多少?若电炉丝是用截面积为 10 mm^2 的康铜丝制成的,问需要多少米康铜丝?

解 由欧姆定律可知,电炉丝的电阻为

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220 \text{ V}}{20 \text{ A}} = 11 \Omega$$

又查表 1-2 可知,康铜的电阻率为 $\rho = 5 \times 10^{-7} \Omega \cdot \text{m}$,由式(1-4)可以算出

$$L = \frac{RS}{\rho} = \left(\frac{11 \times 10 \times 10^{-6}}{5 \times 10^{-7}} \right) \text{m} = 220 \text{ m}$$

应当指出:欧姆定律是在金属导电的基础上总结出来的。实验表明,除金属以外,欧姆定律对于电解液也是适用的,但不适用于气体导电。

2. 全电路的欧姆定律

全电路又叫闭合回路。如图 1-7 所示为最简单的全电路,它包括内电路和外电路两部分,虚框内代表一个电源, E 代表电源电动势, r 代表电源的内电阻。

全电路欧姆定律的内容是:通过全电路的电流,与电源电动势成正比,与全电路的电阻成反比,用公式表示为

$$I = \frac{E}{R + r} \quad (1-8)$$

式中 I ——全电路的电流,单位为安(A);

E ——电源电动势,单位为伏(V);

R ——外电路的电阻,单位为欧(Ω);

r ——内电路的电阻,单位为欧(Ω)。

式(1-8)还可以写为

$$E = IR + Ir \quad (1-9)$$

式中, IR 称为外电路的电压降,也是电源两端的电压,简称端电压; Ir 称为内电路的电压降。

由于 $U = IR$,所以,式(1-9)还可以写为

$$U = E - Ir \quad (1-10)$$

从式(1-10)中可以分析电路的 3 种工作状态:

(1) 当 R 变为无限大 ($R = \infty$) 时, I 变为零,则 Ir 也变为零,此时 $U = E$,即端电压等于电源电动势,这时的电路称为开路。

(2) 当 R 趋近于零 ($R = 0$) 时,端电压 $U = 0$,电路中电流的大小为 $I = E/r$,因 r 的值很小,电流达到了最大值,这时的电路称为短路。

(3) 当 r 趋近于零 ($r = 0$) 时, $Ir = 0$,端电压始终等于电源电动势,即 $U = E$,此时的电源称为理想电源。

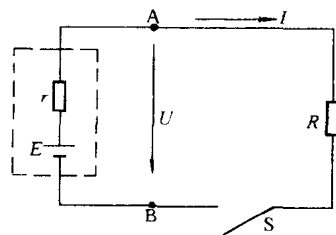


图 1-7 简单的全电路