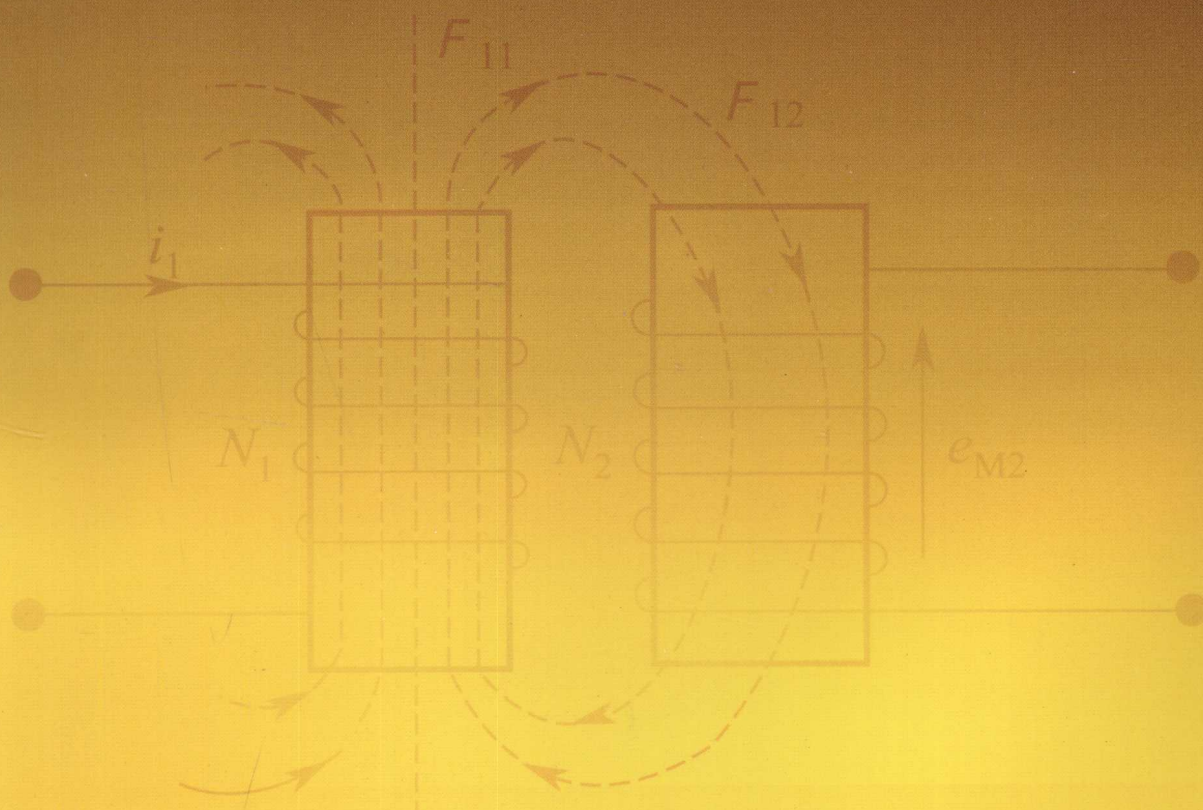


中等职业教育规划教材

实用电工基础

任远 主编



化学工业出版社

中等职业教育规划教材

实用电工基础

任 远 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

电工基础是研究电路功能和电磁现象的基本规律及分析方法的一门技术基础课,是学习电工知识必要的理论基础。

本教材主要讲述了电路的基本概念和基本定律、简单直流电路和复杂直流电路、电容器、磁与电、正弦交流电路、三相交流电路、变压器与交流电动机、安全用电等知识,并有技能训练指导及实验。通过本课程的学习,要掌握直流电路、交流电路和电磁的基本概念、基本规律和基本分析方法,同时掌握一定的实践操作技能,为进一步学习后续课程及今后工作打下必要的基础。

本教材适合于中等职业学校各专业使用。

图书在版编目(CIP)数据

实用电工基础/任远主编. —北京:化学工业出版社, 2010.6

中等职业教育规划教材

ISBN 978-7-122-08547-4

I. 实… II. 任… III. 电工学-专业学校-教材 IV. TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 088411 号

责任编辑:高钰
责任校对:陶燕华

文字编辑:吴开亮
装帧设计:尹琳琳

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张11¼ 字数277千字 2010年8月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:20.00 元

版权所有 违者必究

前 言

本书是根据教育部中等职业教育师范专业培养知识型技能人才的目标定位要求编写的。

为使教材适应新的职业教育教学改革方向，更加贴近教学的实际需求，充分体现新知识、新技术、新工艺和新材料，本书在编写过程中正视中职生源的特点，本着“理论浅、内容新、应用多和学得活”的指导思想，降低理论深度，加强技能实践环节。

本书在内容编写上努力体现以全面教育为基础、以就业为导向、以职业能力为本、以学生为主体的教学理念。在教学内容上，不过分追求知识的系统性和完整性，强调教学内容的实用性与实践性。在讲授专业内容的同时，注意体现职业道德和职业意识教育的渗透，如帮助学生树立质量意识、安全意识、环保意识等职业道德，树立正确的择业观和就业观。

书中加*的内容为选学内容，供各校根据需要选用。

本书由任远担任主编并编写理论知识部分，王鹏、蒋丹、任远编写技能训练指导部分，张海编写实验部分。

由于编者水平有限，书中难免存在不妥和疏漏之处，敬请读者批评指正。

编者

2010年3月

目 录

绪论	1
----------	---

理论知识部分

第一章 电路的基本概念和基本定律	2
第一节 电路和电路模型	2
第二节 电路的基本物理量	5
阅读与应用	13
思考与练习	16
第二章 简单直流电路	18
第一节 欧姆定律	18
第二节 电功与电功率	22
第三节 电阻的连接	26
第四节 电源的连接	32
* 第五节 惠斯通电桥	34
阅读与应用	36
思考与练习	37
第三章 复杂直流电路	39
第一节 电路中各点电位的计算	39
第二节 基尔霍夫定律	42
第三节 支路电流法	46
* 第四节 戴维南定理	48
思考与练习	52
第四章 电容器	55
第一节 电容器的基本概念与特性	55
第二节 电容器的连接	59
* 第三节 电容器中的电场能	62
第四节 电容器的参数和选用	63
阅读与应用	65
思考与练习	67
第五章 磁与电	70
第一节 磁的基本概念	70
第二节 磁场的基本物理量	73
第三节 磁场对电流的作用	77
* 第四节 电磁感应	79

* 第五节 自感和互感	81
阅读与应用	84
思考与练习	88
第六章 正弦交流电路	91
第一节 正弦交流电的产生和变化规律	91
第二节 正弦交流电的表示法	94
阅读与应用	97
思考与练习	100
第七章 三相交流电路	102
第一节 三相交流电基础知识	102
第二节 三相电源及其连接	103
第三节 三相负载的连接	105
第四节 三相平衡负载的功率	107
思考与练习	108
第八章 变压器与电动机	110
第一节 变压器	110
第二节 电动机	119
阅读与应用	126
思考与练习	130
第九章 安全用电	131
第一节 用电的意外伤害	131
第二节 常用的安全措施	135
第三节 安全用电案例	137

技能训练指导部分

第十章 技能训练指导	142
第一节 常用电工工具	142
第二节 万用表	145
第三节 电压表、电流表扩大量程	148
第四节 电容器质量的判别	149
第五节 导线的连接	149
第六节 焊接的基本知识	152
第七节 照明电路	155

实 验 部 分

实验一 万用表的使用	161
实验二 电压和电位	163
实验三 导线的连接	163
实验四 焊接工艺	164
实验五 单相交流电路	165

实验六	三相负载的星形连接.....	166
实验七	三相负载的三角形连接.....	168
实验八	白炽灯的连接与维修.....	169
实验九	荧光灯的连接与维修.....	170
附录		171
附表一	希腊字母表.....	171
附表二	常用单位换算表.....	171
附表三	常用国际单位制词头表.....	172
参考文献		173

绪 论

现今,电能的应用已经深入到我们生活的各个角落。在日常生活中,如电灯、电话、电影、电视、电冰箱、空调等都需要电能来提供能源,电脑的应用更是拉近了世界的距离;在工业生产中的各种机械,如机床、起重机、轧钢机、鼓风机等,主要是用电动机来拖动的。而制造这些设备的过程中所使用的电镀、电焊、电炉冶炼金属等,也都是电能的应用。农业的现代化生产,更是依靠电力为主要动力,在提高产量的同时,也大大节约了劳动力。在科学研究方面,电能更是不可缺少的角色,除了实验仪器的电能需求外,电能还可以对长度、时间、面积等物理量进行测量和自动调节。可以说,电能的开发与应用,在生产技术上引起了划时代的革命。

电能之所以会得到这样广泛的应用,是因为它具有以下优点。

1. 生产和转换方便

电能产生方便,我国现有的发电站可利用水能、热能、核能、化学能及光能等能量进行发电,也就是说,这些能量均可以转换成电能;同样,当电能作用于不同的用电设备后,也可以被转换为光能、声能、热能、机械能等;当然,电能之间也可以互相转换,如利用整流器将交流电能转换为直流电能,利用振荡器将直流电能转换为交流电能。电能的转换形式不但多样,而且简单方便。

2. 输送和分配方便

最常见的输电形式就是利用高压输电线路将电能方便地输送到远方,这种输送方式设备简单,输电效率高,输电成本低。这样,发电站就可以就近建立在能源地或交通运输方便的地区,同时尽量远离城市,减少发电站造成的城市污染。电能不仅输送方便,而且分配也很容易,从几瓦的电灯到几千千瓦的电动机,都可以分配自如。

此外,电能还可以通过存储在可移动的容器中携带(如我们常见的电池),或通过电磁波的形式进行传播。目前,无线电技术获得了飞速的发展,声音、文字、图像等通过与电信号之间的转换、还原,从而能进行远距离传输,广泛应用于收音机、电视机、移动通信设备、卫星通信技术等。这样不但节省了远距离传输造成的能源浪费,使传输变得方便,而且传输的速度更是其他方式所不能比拟的。

3. 控制方便,使用范围广

电流的传导等于光速,电器设备的动作又比较迅速,所以便于实现远距离控制和实现生产过程的自动化,还可以迅速而准确地对生产过程中涉及的物理量进行测量和自动调节。

电工基础是研究电路功能和电磁现象的基本规律及分析方法的一门技术基础课,是学习电工知识必要的理论基础。通过本课程的学习,要掌握直流电路、交流电路和电磁的基本概念、基本规律和基本分析方法,同时掌握一定的实践操作技能,为进一步学习后续课程及今后工作打下必要的基础。

理论知识部分

第一章 电路的基本概念和基本定律

内容提要

本章作为起始章节，有些内容是初中物理课程中已经学习过的，但本章的学习目的不是简单的重复，而在于温故知新，为后面的学习打好基础。

本章学习目的：

1. 了解电路的组成、电路的基本工作状态。
2. 掌握常用的电器设备的图形符号。
3. 理解电流产生的条件和概念，掌握电流的计算公式。
4. 理解电压、电位的概念，掌握电压、电位的计算公式。
5. 了解电阻的概念，掌握决定电阻值的各个量与电阻值之间的关系。
6. 了解电源与电动势的概念。

第一节 电路和电路模型

随着科学技术的飞速发展，现代电工电子设备日益繁多，规模和结构更是日新月异，但无论怎样的设计与制造，这些设备绝大多数仍是由各式各样的电路所组成。电路的结构不论多复杂，它们和最简单的电路之间还是具有许多基本的共性，遵循着相同的规律。本章的重点就是要阐明这些共性以及分析电路的基本规律。

一、电路的概念

1. 电路的分类

在电力电子中，电路分为电力电路和信号电路两部分。

(1) 电力电路（强电电路） 如发电至用电负载的电路。

电力电路主要是实现电能的传输、转换及应用。在负载用电的过程中，有三个关键设备：产生电能的发电机，传输电能的线路、消耗电能的电器。它们是电路的重要组成部分。这类电力电路主要实现电能的传输与转换，一般要求尽可能减少能量损耗以提高效率。

(2) 信号电路（弱电电路） 如卡拉 OK 电路。

主要实现信号的变换、传输和处理。如麦克风插入 DVD 输入插口，声音经 DVD 处理后再从音箱输出。其中声音经话筒输入称为激励，经放大器放大处理后，由音箱输出称为响应。这类电路关心的是信号传递的质量，如要求不失真、准确、灵敏、快速等。

在电工基础中，我们主要学习的是电力电路，也就是俗称的强电电路。

2. 电路的组成

由电源、负载、导线和开关等组成的闭合回路，叫做电路。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，就组成了一个最简单的照明电路，如图 1-1 所示。当开关闭合，电路中有电流通过，灯泡会发光。换句话说，电路就是电流所流经的路径。

(1) 电源 把其他形式的能量转换成电能的装置叫做电源。例如发电机是将机械能转换成电能，蓄电池是将化学能转换成电能，光电池是将光能转换成电能。

(2) 负载 负载又叫做用电器，是将电能转换成其他形式能的装置。例如电灯泡是将电能转换成光能，电炉是将电能转换成热能，电风扇是将电能转换成风能。

(3) 导线 用来连接各种电器的可导电的金属线叫做导线。常用铜、铝等材料制成，外部包有绝缘皮。

(4) 开关 控制电路接通和断开状态的装置。开关闭合，电路接通；开关断开，电路断开。

电路分为内电路和外电路两部分。电源内部的电路称为内电路。从电源的一端出发，经过其他电器再回到电源另一端的电路称为外电路。如图 1-1 所示，从干电池的正极出发，经过灯泡、开关再回到干电池的负极的这一段电路称为外电路。干电池内部的通路称为内电路。

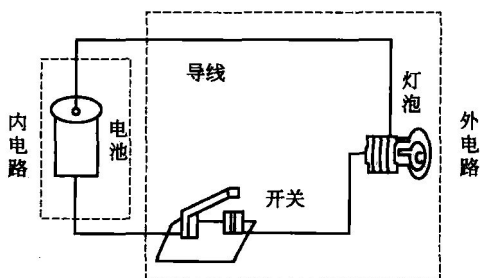


图 1-1 简单照明电路

想一想

想一想生活中哪些电器是电源？哪些又是负载呢？

二、电路图和电路的工作状态

在电工基础学习中，我们要对电路进行分析，就是在已知电路的结构和元件参数的条件下，分析电路的输入与输出之间的关系。在没有实际元件的情况下就需要有电路图形作为辅助工具。如图 1-1 所示是按照设备的实际物体形状来表示的电路，虽然看起来较为直观，但画起来复杂。

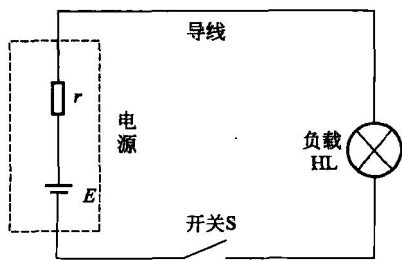


图 1-2 电路图

1. 电路图

一般分析时将实际元件理想化，在一定条件下突出其主要性质，忽略其次要性质，这样的元件所组成的电路为实际电路的电路模型（简称电路图）。例如可把实际元件理想化为电阻元件、电容元件、电感元件和电源元件等理想元件，这些元件可用相应参数和规定的图形符号来表示。如图 1-2 所示，这种用统一规定的图形符号画出的电路图形叫做电路图。

电路图中常用的图形符号如表 1-1 所示。

表 1-1 部分电工图形符号 (摘自 GB/T 4728 《电气简图用图形符号》)

图形符号	名称	图形符号	名称	图形符号	名称
	电池(E)		电阻器(R)		端子
	直流电源(DC)		电位器(R)		交叉连接导线
	交流电源(AC)		电容器(C)		接机壳
	电动机		线圈(L)		接地
	发电机		熔断器(FU)		电流表
	灯泡(HL)		开关(S)		电压表

想一想

观察手电筒的结构,试想一下,当我们拨动开关的时候,电路是怎样接通的?画出手电筒的电路图。想一想电路图与实物图之间的区别。

2. 电路的基本工作状态

电路的工作状态有三种:通路、断路和短路。

(1) 通路 通路就是电路中的开关闭合,电流从电源流出经负载等各部分电器连接成闭合回路,并且负载能够工作的一种状态,如图 1-3(a) 所示。通路状态下,根据负载的与电源提供电能的关系又分为满载、轻载、过载三种情况。在实际电路中,由于轻载会造成浪费,过载很容易损坏电器,一般情况下不允许出现,所以我们希望电路尽量工作在满载状态下。

(2) 断路 断路就是因为开关断开或电路中某一部分断线,而使整个电路未能接成闭合回路。断路时,电路中没有电流通过,所以负载也不能工作。如图 1-3(b) 所示。在实际电路中,除了开关和导线的断开之外,设备与设备之间、设备与导线之间的接触不良也会造成断路。

(3) 短路 短路就是将电源或负载两端直接连接起来,使电源两端未经过负载而直接由

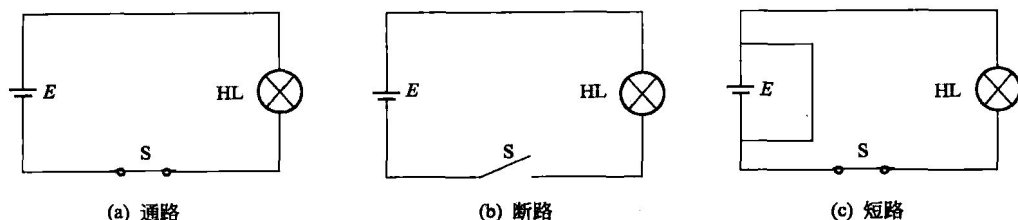


图 1-3 电路的三种基本工作状态

导电物体构成通路。如图 1-3(c) 中干电池的正、负极直接用导线连接起来。短路时电路中的电流远远大于正常电流, 容易导致设备过热而烧毁, 所以, 应进尽量避免短路的发生。但在调试电子电路的时候, 有时为了使其他与调试部分无关的电路中没有电流通过, 会人为地将某一部分电路短接。

想一想

举例指出在日常生活中常见用电设备的三种基本工作状态, 及其现象。

第二节 电路的基本物理量

一、电流

1. 电流的形成

虽然我们肉眼看不见电流, 但是可以通过观察电流转换成的各种形式能来察觉。如图 1-1 所示, 当合上开关时, 灯泡会发光, 这是因为灯泡中有电流通过的缘故。

导体中大量电荷有规律地定向移动就形成了电流。例如在金属导体中, 电流是电子在外电场力作用下有规则地运动形成的。而在液体或气体导体中, 电流则是正离子或负离子在电场力作用下有规则地运动形成的。这些电流的方向不同, 为了研究方便, 规定以正电荷的移动方向作为电流的正方向。

2. 电流的强度

电流的强度, 即指电流的大小。用单位时间里通过导体横截面积的电荷量的多少来衡量。用符号 I 表示。如果在时间 t 内通过导体横截面积的电荷量是 q , 那么, 电流强度

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

式中 I ——电流强度, 单位为安培 (A), 简称安;

q ——电荷量, 单位为库伦 (C), 简称库;

t ——时间, 单位为秒 (s)。

电流强度的单位还有 kA (千安)、mA (毫安)、 μ A (微安)。

它们之间的换算关系是

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

【例 1-1】 某导体在 10min 内均匀流过横截面的电荷量为 360C, 问流过该导体的电流是多少毫安?

已知: $q = 360\text{C}$, $t = 10 \times 60 = 600\text{s}$ 。求: I 。

解

$$I = \frac{q}{t} = \frac{360}{600} = 0.6\text{A} = 600\text{mA}$$

练习

$$1\text{kA} = \underline{\hspace{2cm}} \text{A} = \underline{\hspace{2cm}} \text{mA} = \underline{\hspace{2cm}} \mu\text{A}$$

$$10\text{mA} = \underline{\hspace{2cm}} \text{A} = \underline{\hspace{2cm}} \text{kA}$$

3. 电流的方向

电流是一个矢量, 既有大小又有方向。电流的方向在电路图中用带箭头的线段 ($\rightarrow$)

表示。

在分析和计算电路时，经常会遇到某段电路的电流方向难以确定的问题，这时可先任意假定电流的方向，称作参考方向，然后根据电流的参考方向列方程求解。当解出的电流为正值时，表明电流的实际方向与参考方向相同；当解出的电流为负值时，表明电流的实际方向与参考方向相反。后面要学习的对于电压方向的判断，也可以采用相同的方法。

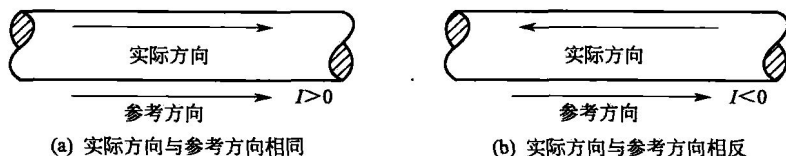


图 1-4 电流的参考方向

如图 1-4 所示，我们先假定电流在两段导体中的方向都为由左向右，称为参考方向（图中标示在导体下面的箭头方向），以此作为导体的电流方向，进行计算或测量后得出电流值 I 。如果 $I > 0$ ，则所假设的电流参考方向与电流的实际方向相同，如图 1-4(a) 所示；如果 $I < 0$ ，则说明假设的电流参考方向与电流流经导体的实际方向相反，如图 1-4(b) 所示。

提醒你

需要强调的是，在电工基础中，各物理量的“+”、“-”代表的是此物理量实际方向与参考方向的关系，而不是数值上的大小。

4. 电流的分类

电流分为直流电和交流电。凡电流的大小和方向都不随时间的变化而变化的电流，称为直流电流（记作 DC）；凡电流大小和方向都随时间的变化而作周期性变化的电流，称为交流电（记作 AC）。如图 1-5 所示。本书第一～第五章为直流电，第六、第七章为交流电。

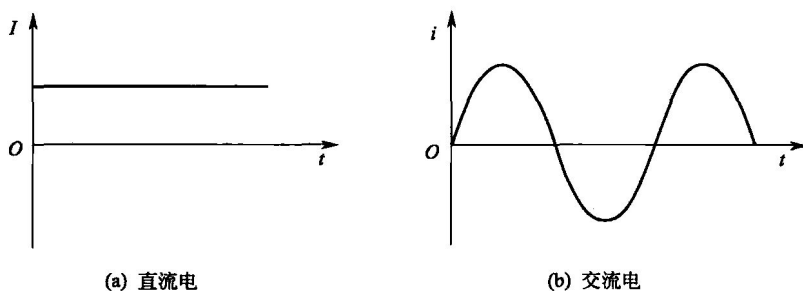


图 1-5 电流随时间变化波形图

你知道吗？

我们常说用掉了多少电，但实际上，电能和其他形式能一样，既不会突然产生，也不会凭空消失。它只能从一种形式转化为另一种形式，或者从一个物体转移到另一个物体，在转化或转移过程中，其总量保持不变，这就是能量守恒定律。

二、电压与电位

1. 电压

为了表示电流强度与做功的本领，引入了物理量——电压 U_{ab} 。规定：电场力把电荷量为 q 的正电荷从 a 点移到 b 点所做的总功为 A ，那么， a 、 b 两点间的电压为

$$U_{ab} = \frac{A}{q}$$

式中 U_{ab} ——电压，单位为伏特 (V)，简称伏；

q ——电荷量，单位为库伦 (C)，简称库；

A ——电场力对电荷所做的功，单位为焦耳 (J)。

电压的单位还有 kV (千伏)、mV (毫伏) 和 μV (微伏)，它们之间的换算关系是

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

2. 电压的方向

电压也是矢量，它的方向规定为：由高电位端指向低电位端，即为电压降的方向。电压的方向在电路图中既可以用带箭头的线段表示 ($\rightarrow$)，也可以用“+”“-”表示。若采用双下标时，则由第一个下标指向第二个下标表示电压方向。如图 1-6 所示为电压 U_{ab} 的方向。

在分析和计算电路时，当遇到电压的方向难以确定时，可先任意假定电压的参考方向列方程求解。若解出的电压为正值时，则表明电压的实际方向与参考方向相同；若解出的电压为负值时，则表明电压的实际方向与参考方向相反（同理于电流方向的判定）。

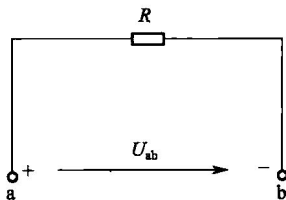


图 1-6 电压的方向

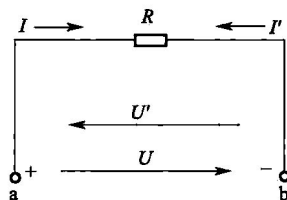


图 1-7 例 1-2 图

【例 1-2】 请分析图 1-7 所示电路的电流和电压的实际方向。已知： $I=6\text{ A}$ ， $I'=-6\text{ A}$ 。

解 因为 $I=6\text{ A}$ 为正值，所以电流的实际方向与 I 的方向一致。

因为 $I'=-6\text{ A}$ 为负值，所以电流的实际方向与 I' 的方向相反。

电流应从电源的正极流出，流经负载后由电源的负极流入，因为 I 为电流的实际方向，所以端子 a 一端为“+”极，而端子 b 一端为“-”极。由电压降的方向可以判断出电压 U 的方向与电压实际方向相同，所以 U 为正值；而电压 U' 的参考方向与实际方向相反， U' 为负值。

提醒你

进行电路分析时，应先标明电流或电压的参考方向，否则计算无意义。一般选择电压和电流的参考方向一致，即选择关联参考方向进行分析。例 1-2 中 I 与 U 为一对关联参考方向，而 I' 和 U' 也是一对关联参考方向。

3. 电位

电场中某点与参考点之间的电压叫做该点的电位，用符号 φ 表示。可见，电场中 a 点的

电位等于电场力把单位正电荷从 a 点移到参考点所做的功。电位的单位与电压相同。

提醒你

参考点的电位规定为零。电场中某点电位的值是一个相对的量,与参考点的选择有关。当参考点改变时,该点的电位值也随之改变。因此,高于参考点的电位是正电位,低于参考点的电位是负电位。在电力系统中,常选大地作为参考点;而在电子设备中,一般以金属底板、机壳等公共点作为参考点。在电路图中,常用符号“ $\perp$ ”表示参考点。

【例 1-3】 如图 1-8 所示的一段导体中,电场力把电荷量为 4C 的正电荷从 a 点移到 b 点所做的功为 12J,从 b 点移到 c 点所做的功为 32J。

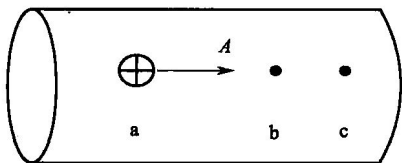


图 1-8 例 1-3 图

① 以 c 点为参考点时, a 点和 b 点的电位以及 a 和 b、b 和 c, 以及 a 和 c 两点间的电压;

② 以 b 点为参考点时, a 点和 c 点的电位以及 a 和 b、b 和 c, 以及 a 和 c 两点间的电压。

分析已知: $q=4\text{C}$, $A_{ab}=12\text{J}$, $A_{bc}=32\text{J}$ 。

求: ①当 $\varphi_c=0$ 时, $\varphi_a=?$, $\varphi_b=?$, $U_{ab}=?$, $U_{bc}=?$,

$U_{ac}=?$

② 当 $\varphi_b=0$ 时, $\varphi_a=?$, $\varphi_c=?$, $U_{ab}=?$, $U_{bc}=?$, $U_{ac}=?$

解 ①当 $\varphi_c=0$ 时

$$\varphi_a = U_{ac} = U_{ab} + U_{bc} = \frac{A_{ab}}{q} + \frac{A_{bc}}{q} = \frac{12}{4} + \frac{32}{4} = 11\text{V}$$

$$\varphi_b = U_{bc} = \frac{A_{bc}}{q} = \frac{32}{4} = 8\text{V}$$

$$U_{ab} = \frac{A_{ab}}{q} = \frac{12}{4} = 3\text{V}$$

或

$$U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b = 11 - 8 = 3\text{V}$$

$$U_{bc} = \varphi_b - \varphi_c = 8 - 0 = 8\text{V}$$

$$U_{ac} = \varphi_a - \varphi_c = 11 - 0 = 11\text{V}$$

② 当 $\varphi_b=0$ 时

$$\varphi_a = U_{ab} = \frac{A_{ab}}{q} = \frac{12}{4} = 3\text{V}$$

$$\varphi_c = U_{cb} = \frac{A_{cb}}{q} = \frac{-A_{bc}}{q} = \frac{-32}{4} = -8\text{V}$$

$$U_{ab} = \frac{A_{ab}}{q} = \frac{12}{4} = 3\text{V}$$

或

$$U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b = 3 - 0 = 3\text{V}$$

$$U_{bc} = \varphi_b - \varphi_c = 0 - (-8) = 8\text{V}$$

$$U_{ac} = \varphi_a - \varphi_c = 3 - (-8) = 11\text{V}$$

可见, 电路中任意两点之间的电压就等于该两点间的电位差, 故电压又叫电位差。

当参考点改变时, 各点的电位值 φ_a 、 φ_b 、 φ_c 也随着改变, 而两点间的电压值 U_{ab} 、 U_{bc} 、

U_{ac} 是不变的。即电位的值与参考点的选择有关，但两点间的电压值与参考点的选择无关。

三、电阻与电导

1. 电阻的概念

正电荷在物体中移动时会受到其他运动能量的干扰，阻碍正电荷的定向移动，即阻碍了电流的流动。一切物体都有阻碍电流的性质，这种性质叫做电阻。电阻是物体本身所固有的，根据电阻的大小，物体分为导体、半导体和绝缘体。

(1) 导体 能够有效传导电流的物体称为导体。常用的导体有银、铜、铝、钨、镍、铁、锡等金属。

(2) 半导体 传导电流的能力介于导体和绝缘体之间的材料称为半导体。常用的半导体有纯碳、纯锗、纯硅。

(3) 绝缘体 能够可靠地隔绝电源的物体叫做绝缘体。常用的绝缘体有塑料、陶瓷、云母、石英、玻璃、琥珀等。

(4) 超导体 近年来，科学工作者发现某些物质的电阻随温度的下降而逐渐减少，当温度降低到接近绝对零度（即 -273.15K ）时，其电阻突然消失，这种现象称为超导现象。具有这种特性的物质称为超导体或超导材料。超导材料在工业生产、科学研究、医学以及测量等许多领域中有着广泛的应用前景。目前我国的超导理论和超导材料的研究，已居世界领先地位。

想一想

试列举出常见的分别属于导体、半导体、绝缘体的物体。

2. 电阻值

导体的电阻与加在其两端的电压和流经它的电流无关，是由它本身的物理条件决定的。在保持常温（指 20°C 时）不变的条件下，导体的电阻 R 与导体横截面积 S 成反比，与导体长度 l 成正比，即

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

式中 R ——电阻值，单位为欧姆（ Ω ）；

ρ ——电阻率，单位为欧姆·米（ $\Omega \cdot \text{m}$ ）；

l ——导体长度，单位为米（ m ）；

S ——导体横截面积，单位为平方米（ m^2 ）

几种材料在 20°C 时的电阻率见表1-2。

表 1-2 几种材料的电阻率和电阻温度系数（ 20°C ）

材料名称	电阻率 $\rho/\Omega \cdot \text{m}$	电阻温度系数 $\alpha/^\circ\text{C}^{-1}$	材料名称	电阻率 $\rho/\Omega \cdot \text{m}$	电阻温度系数 $\alpha/^\circ\text{C}^{-1}$
银	1.6×10^{-8}	0.0036	碳	35×10^{-6}	-0.0005
铜	1.7×10^{-8}	0.004	锰铜	44×10^{-8}	0.000006
铝	2.8×10^{-8}	0.0042	康铜	48×10^{-8}	0.000005
钨	5.5×10^{-8}	0.0045	镍铬铁	1.0×10^{-6}	0.00013
铁	10×10^{-8}	0.005	铝铬铁	1.2×10^{-6}	0.00008

从表 1-2 中可以看出, 银的电阻率最小, 其导电性能最好, 其次是铜和铝。但由于银的价格昂贵, 用它做导线不经济, 因此多用铜和铝来做导线。又因铝矿丰富、价格便宜, 所以在很多场合下又以铝代替铜做导线。

想一想

① 我们都知道 $R = \frac{U}{I}$, 那么是否可以说电阻 R 的大小与加在它两端的电压成正比, 与流经它的电流成反比?

② 将一段均匀粗细的导线对折之后, 其电阻值与原来的电阻值有什么关系? 如果是均匀地将其长度拉伸为原来的 2 倍, 电阻值又将怎样的变化?

3. 电阻与温度的关系

导体的电阻值除了与其本身的长度、横截面积、材料有关外, 还与其所处的环境有着直接的关系。实验表明, 温度可以导致导体电阻值发生变化, 甚至产生超导现象。某导体在周围环境温度每升高 1°C 时电阻值所发生变动的数值与原来电阻值的比, 叫做电阻的温度系数, 用符号 α 表示, 单位为 $1/^{\circ}\text{C}$ 。

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

式中 α ——电阻的温度系数, 单位为 $1/^{\circ}\text{C}$;

R_1, R_2 ——分别为温度变化前、后的导体电阻值, 单位为欧姆 (Ω);

t_1, t_2 ——分别为原温度和变化后温度, 单位为摄氏度 ($^{\circ}\text{C}$)。

温度对导体电阻的影响分类如下。

① 随着周围环境温度的升高, 导体的电阻值也随之升高的导体具有正温度系数。

② 随着周围环境温度的升高, 导体的电阻值反而下降的导体具有负温度系数。

【例 1-4】 有一插排的导线, 材料为铜, 长度为 3m , 横截面积为 0.5cm^2 , 当插上用电器使用一段时间后, 导线的温度升高到 50°C , 求这时导线的电阻值。已知: $l = 3\text{m}$, $S = 0.5\text{cm}^2$, $\rho = 1.7 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$, $\alpha = 0.004^{\circ}\text{C}^{-1}$, $t_2 = 50^{\circ}\text{C}$ 。求: R_2 。

解
$$R_1 = \rho \frac{l}{S} = 1.7 \times 10^{-8} \times \frac{3}{0.5 \times 10^{-4}} = 60000 \Omega = 60 \text{k}\Omega$$

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha(t_2 - t_1)] = 60000 \times [1 + 0.004 \times (50 - 20)] = 67200 \Omega = 67.2 \text{k}\Omega$$

可见, 随着负载的增加, 导线温度升高后, 电阻值也随之升高, 导线的导电能力下降。

4. 电导

电导是电阻的倒数, 用符号 G 表示, 即

$$G = \frac{1}{R}$$

式中 G ——电导, 单位为西门子 (S)。

可见, 导体的电阻越小, 电导就越大, 导体的导电性能越好。电导和电阻一样, 都反映了物体的导电能力, 只是表示方法不同。在电工电子的实际应用中, 由于计算的需要常用电导来表示电阻器的阻值。

5. 电阻器的色环标注法

电阻器的外形各不相同, 品种规格很多, 如图 1-9 所示。其额定功率、阻值、偏差等性