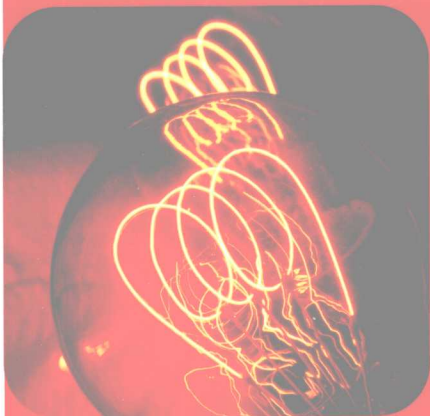




高职高专精品课程规划教材
GAOZHIGAOZHUANJINGPINKECHENGGUIHUAJIAOCAI



电工技术基础

朱永金◎主编

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

高职高专精品课程规划教材

电工技术基础

朱永金 主编

江苏工业学院图书馆
藏书章

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本教材紧扣高等职业教育“强调应用,注重实践”的指导思想,内容具有较强的针对性和实用性。以任务驱动的方式编写,以技能训练为主线,结合必要的理论知识,做到理论与实践的有机结合。本书适用于机械、汽车、建筑、水利、纺织、农业等专业的电工技术知识学习。全书共8个模块,内容包括直流电路、交流电路、变压器、交流电动机、直流电动机、继电—接触器控制、安全用电和电气设备。每一个模块还配有思考题与习题。本书要求在学中做,在做中学,通过理论与实践的结合,培养学生电工技术的基本技能。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

电工技术基础/朱永金主编. —北京:北京理工大学出版社,2008.6
高职高专精品课程规划教材
ISBN 978-7-5640-1400-1

I. 电… II. 朱… III. 电工技术-高等学校:技术学校-教材
IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 050810 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 保定市中华美凯印刷有限公司

开 本 / 787 毫米×960 毫米 1/16

印 张 / 12.75

字 数 / 257 千字

版 次 / 2008 年 6 月第 1 版 2008 年 6 月第 1 次印刷

印 数 / 1~4000 册

定 价 / 22.00 元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 李绍英

图书出现印装质量问题,本社负责调换

编写委员会

主 编 朱永金

副 主 编 罗茂强 蒋从元 侯 涛

编写人员 (以姓氏笔画为序)

韦志平 邓立群 李 东 朱永金 杨立林

杨泽江 罗茂强 侯 涛 梁 健 蒋从元

主 审 程龙泉

前 言

本书适用于机械、汽车、建筑、水利、纺织、农业等专业的电工技术知识学习。全书共 8 个模块,内容包括直流电路、交流电路、变压器、交流电动机、直流电动机、继电—接触器控制、安全用电和电气设备。每一个模块还配有思考题与习题。

本书内容在教学中针对不同的专业可做不同的处理。全部内容可在 56~68 学时内完成。各模块教学学时大致分配如下:模块一为直流电路,需 10 学时;模块二为交流电路,由于该模块包含单相交流电、三相交流电、电工仪表三方面的内容,需 12~16 学时;模块三为变压器,需 4 学时;模块四为交流异步电动机,需 6~8 学时;模块五为直流电动机,需 4 学时;模块六为继电—接触器控制,需 12~16 学时;模块七为安全用电,需 2 学时;模块八为电气设备,需 4~6 学时。对于一些专业,模块八可作为选学内容。

为适应高等职业教育的改革要求,突出学生实践技能和创新能力的培养,本书在编写时力求体现以下特点:

(1) 教材紧扣高等职业教育“强调应用,注重实践”的指导思想,内容具有较强的针对性和实用性。

(2) 以任务驱动的方式编写,以技能训练为主线,结合必要的理论知识,做到理论与实践的有机结合。

(3) 本书要求在学中做,在做中学,通过理论与实践的结合,培养学生电工技术的基本技能。

由于时间仓促和编者学识有限,书中难免存在诸多错漏和不妥之处,敬请广大读者提出批评和改进意见。

编 者

目 录

模块一 直流电路	(1)
课题一 电路基本知识	(1)
课题二 电路基本定律	(13)
课题三 电路基本分析方法及应用	(23)
思考题及练习题	(30)
模块二 交流电路	(33)
课题一 正弦交流电路的测量	(33)
课题二 电阻、电感、电容串联电路的测量	(47)
课题三 日光灯电路的安装及测量	(53)
课题四 三相交流电路的连接和测试	(57)
思考题及练习题	(67)
模块三 变压器	(69)
课题一 单相变压器的使用	(69)
课题二 特殊变压器的使用	(82)
思考题及练习题	(87)
模块四 交流异步电动机	(89)
课题一 三相异步电动机的启动	(89)
课题二 三相异步电动机的反转、调速和制动	(104)
课题三 三相异步电动机的选用	(112)
课题四 单相异步电动机的调速和反转	(117)
思考题及练习题	(122)
模块五 直流电动机	(123)
课题一 直流电动机的启动	(123)

课题二 直流电动机的调速·····	(132)
思考题及练习题·····	(136)
模块六 继电—接触器控制·····	(138)
课题一 常用低压电器的选用·····	(138)
课题二 三相笼型异步电动机正反转控制·····	(147)
课题三 三相笼型异步电动机Y-△启动控制 ·····	(151)
课题四 三相笼型异步电动机行程控制·····	(155)
思考题及练习题·····	(158)
模块七 安全用电·····	(159)
思考题及练习题·····	(168)
模块八 电气设备及其布置·····	(169)
课题一 高压电气设备·····	(169)
课题二 电气主接线·····	(176)
课题三 配电装置·····	(184)
思考题及练习题·····	(193)
参考文献·····	(195)

模块一 直流电路

本章主要介绍直流电路的组成及基本物理量;电源及电路的工作状态;直流电路的基本定律、定理和基本分析方法。本章是整个课程的基础,十分重要。

课题一 电路基本知识

【知识点】

- (1) 掌握电路的组成和作用。
- (2) 掌握电路的基本物理量,理解电流、电压的真实方向和参考方向。
- (3) 理解实际电源与电源模型的关系。
- (4) 掌握电路的工作状态及特点。

【技能点】

- (1) 认识电路元件,会正确使用电路元器件连接直流电路。
- (2) 会正确使用电压表、电流表测试直流电压和电流。
- (3) 理解电器的额定参数的意义,会正确使用电器。
- (4) 防止短路事故。

任务一 直流电路的基本物理量的测量

【任务导入】

什么是电路?首先来看看日常生活中最常见的两个电路例子,一个是手电筒电路,如图 1-1 所示,图 1-1(a)、图 1-1(b)分别是手电筒的结构示意图和原理电路图。手电筒电路中

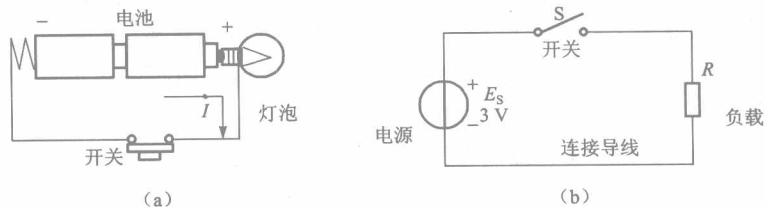


图 1-1 手电筒电路图

(a) 手电筒的结构示意图;(b) 手电筒的原理电路图

供给灯泡发光的电源是电池,它是直流电源,所以这是一个直流电路。另一个电路例子是室内照明电路,如图 1-2 所示,它是由交流电源供电的电路,称为交流电路。模块一介绍由直流电源组成的直流电路,交流电路将在模块二中介绍。

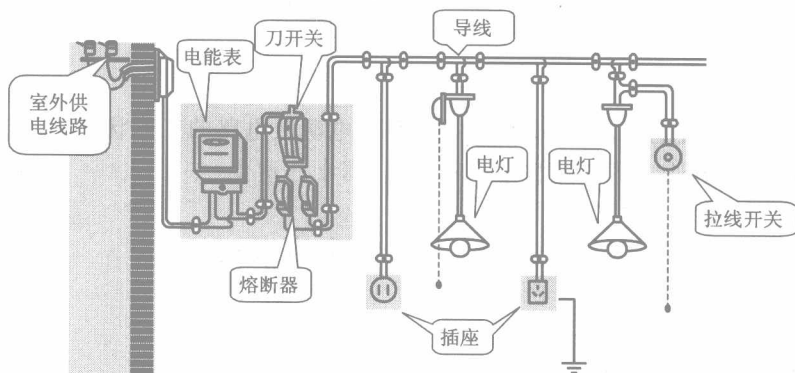


图 1-2 室内照明电路

手电筒电路虽是一个简单的直流电路,但是它具有组成电路的基本元素——电源、负载和连接电源与负载的中间环节,体现了电路的共有特性。

【相关知识】

一、电路的组成

从前面所举的手电筒电路和室内照明电路可以看出,电路由三个基本部分组成。

1. 电源

如手电筒电路中的干电池,它是电路中电能的来源,一般称为电源。它是将其他形式的能量转换成为电能的装置。如电池将化学能转换成为电能、发电机将机械能转换成为电能,等等。

2. 负载

用电设备被称为负载,它是将电能转换成其他形式能量的装置。例如,手电筒中的灯泡就是负载,它将电能转换为光能。还有其他的用电设备,如电动机将电能转换为机械能,电热器将电能转换为热能,等等。在直流电路中,负载主要是电阻性负载,电阻的基本性质是对流过它的电流具有阻碍作用,阻碍作用的大小用电阻值来表示,电阻将其电能转换成为热能。

3. 中间环节

中间环节主要是连接导线和控制电路通断的开关电器,它们将电源及负载连接起来,构成电流通路。此外,中间环节还包括保障安全用电的保护电器,如熔断器(俗称保险丝)等。

电源、负载、中间环节是组成电路的“三要素”。所以,电路就是由电源、负载及中间环节等电器设备组成的总体,是电流流通的闭合路径。

二、电路符号与原理电路图

在实际电路中,电路元件是多种多样的。在分析、研究电路问题时,不可能把这些实际元件直接表示在电路中,而是采用一些电路符号来表示。常见的理想电路元件符号如图 1-3 所示。

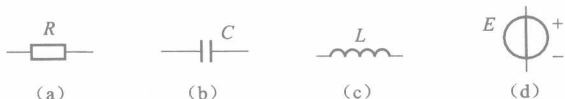


图 1-3 常见的理想电路元件符号

(a) 电阻;(b) 电容;(c) 电感;(d) 直流电压源

用电路符号表示实际电路元件和器件,用线条表示电流流经电路(导线),所绘出的电路图称为原理电路图。手电筒的原理电路如图 1-1(b)所示。

除了上面列举的两个电路外,还有其他功能的电路,各种电路的作用基本可归纳为两方面的功能。第一,电能的传送、分配与转换。例如,电厂的发电机产生电能(电流),通过变压器、输电线等送到用电单位,并通过负载把电能转换成为其他形式的能量(如机械能等)。这就组成了一个十分复杂的供电系统——电路。在模块二中将会介绍的单相交流电路和三相交流电路就是这种功能电路的典型运用。第二,进行电信号产生、传输和处理等。例如,日常生活中使用的扩音机、电视机、手机以及生产和科研中使用的电子自动控制设备、测量仪表、计算机等电子电路。

在现代电路中,除了“电路”的概念之外,现在还经常用到“网络”概念,这两个概念既有一定的区别,有时又是通用的名词。通常“网络”的含义更具有普遍的适用性,特别是在讨论普遍规律及复杂的电路问题时,常常把电路称作网络。而在讨论比较简单或者是某一具体电路时,则比较多地使用“电路”这个名词。所以,可以认为网络是电路的泛称。如现代因特网、电话网络等。

三、电路中的基本物理量

从上面介绍的两个电路已经看到,电路的功能是进行电能的传输和电能与其他形式能量之间的相互转换。为了分析计算电路的工作状况和电路中能量相互转换的情况,必须用一些物理量来表示电路的状态及电路各部分之间能量转换的相互关系。电路中常用的物理量主要是电流、电压(电位)、电动势、电功率、电功。在这里对这些物理量做简要的介绍。

1. 电流

(1) “电流”的物理意义。第一,在电场的作用下,电荷有规则的运动就形成了电流。第二,电流是具有大小和方向的物理量。

电流的大小用电流强度(I 或 i)来表示。电流强度是指在单位时间内通过导体横截面的电荷量。如果电流是随时间变化的,假设在 dt 时间内通过导体横截面的电荷量为 dq ,则电流强度为 $i = \frac{dq}{dt}$ 。

所以说,电流强度就是流过导体横截面的电荷量对时间的变化率。如果电流的大小和方向都不随时间变化,则称为恒定电流或直流电流,这时的电流强度规定用大写字母 I 来表

示,则

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

式中, q 是时间 t 间隔内通过导体横截面的电荷量。电流强度一般简称为电流。

(2) 电流的单位。电流这个物理量的单位是安培(库仑/秒),简称“安”,常用大写字母 A 来表示。根据不同的负载情况,电流大小的差别很大。动力用电机的电流达到几十甚至上百安培,而电子电路中的电流则常常只有百分之几,甚至千分之几安培。对于较小的电流可以用毫安(mA)或微安(μA)作单位,它们的关系是:

$$1 A = 10^3 mA = 10^6 \mu A$$

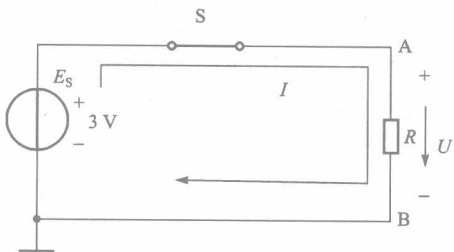


图 1-4 手电筒电路中电流的实际方向

(3) 电流的真实方向和正方向。电荷的有规则移动形成了电流,而形成电流的电荷可能是正电荷(如正离子),也可能是负电荷(如电子或负离子)。于是电流就有一个方向问题,在物理学中有关电流方向规定是把正电荷运动的方向作为电流的方向。图 1-4 中所表示的手电筒电路中电流的实际方向是电流从电源正极流出,经负载后流回电源的负极,这是手电筒电路中电流的真实方向或称实际方向。

对于直流电路,在简单电路中,电流的真实方向能够很容易地通过电源的电压极性确定下来,但是在比较复杂的电路中,一段电路里电流的真实方向往往很难预先确定下来;在交流电路中,电流的大小和方向都是随时间变化的(这方面的内容将在模块二中介绍)。这时,电流的方向又怎样表示呢? 因此,由于分析和计算电路的需要,引入了电流参考方向的概念,参考方向又叫假定正方向,简称正方向。

所谓正方向,就是在一段电路里,在电流两种可能的真实方向中,人为地任意选择一个方向作为参考方向。当实际的电流方向与假定电流方向相同时,电流是正值;当实际的电流方向与假定电流方向相反时,电流是负值。

在图 1-5 中,实线箭头是设定的电流正方向,虚线箭头表示的是该段电路中电流的真实方向。其中图 1-5(a)表示的电流真实方向与正方向一致,在电路计算中 I 是正值;图 1-5(b)表示电流正方向与真实方向相反的情况,电流 I 是负值。电流值的正负与正方向的选取有关。

电流的正方向是分析计算电路时事先假定的电流方向,它可以是任意设定的。当一个直流电路的元器件参数确定之后,电路中各部分电流的真实方向也就全部确定了,它不受正方向的影响,正方向的改变,只影响计算电流的正、负符号。在规定了正方向之后,电流是一个代数量,分析计算出电流的正、负只表明实际电流方向与假定方向的一种关系。也就是说,某一个

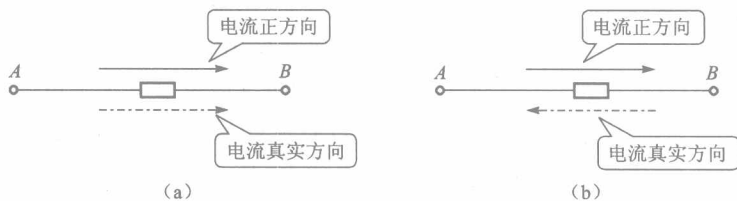


图 1-5 电路中电流的正、负意义

(a) 电流真实方向与正方向一致, I 为正; (b) 电流真实方向与正方向相反, I 为负

电流是正还是负,都是相对某一假定正方向来说的。今后在电路图中,所标注的电流方向一般都是假定正方向。在分析和计算电路的电流时,首先假定电流的正方向,当计算出电流为正时,说明电流的真实方向与假定方向相同,若计算出电流为负,则说明电流的真实方向与假定方向相反,这样就确定出电路中电流的真实方向。

2. 电压与电位

(1) 电压。电压是描写电场力做功本领大小的物理量。电荷在电场力的作用下运动形成电流,电场力移动电荷运动做功。为了描述电场力对电荷做功的本领,引入了“电压”这个物理量。

在电场中,电场力把正电荷从 A 点移动到 B 点所做的功与被移动电荷电量的比值称为 A 、 B 两点之间的电压 U_{AB} , A 、 B 两点的电压也叫 A 、 B 两点间的电位差,用 U_A 、 U_B 表示电场中 A 、 B 两点的电位,则 A 、 B 两点的电压为 $U_{AB} = U_A - U_B$ 。

电压的方向由高电位端指向低电位端。如图 1-4 中,电源使电流经过电阻 R ,在 R 两端产生电势(位)降 U 。不随时间变化的电压是直流电压,用大写字母 U 来表示。电压的单位是“伏特”,常用字母 V 来表示,较大的电压单位有千伏(kV), $1\text{ kV} = 1\,000\text{ V}$,较小的电压单位有毫伏(mV)和微伏(μV), $1\text{ V} = 1\,000\text{ mV}$, $1\text{ mV} = 1\,000\text{ }\mu\text{V}$ 。

(2) 电位。电位在物理学中也叫电势,它是表示电场中某一点能量性质的物理量,而且是相对于确定的参考点而言。

电场中某点 A 的电位在数值上等于电场力将单位正电荷自该点沿任意路径移动到参考点电场力所做的功。 A 点电位用 U_A 表示。将电位与电压的概念进行比较,可以看出,电场中某点的电位就是该点到参考点之间的电压。电位的单位也是伏特,且规定参考点的电位为零,所以参考点又叫零电位点。

某点的电位与零电位点的选取有关。在物理学中,常选择无限远处或大地作为参考点。而在电工学中,如果所研究的电路里有接地点,通常就选择接地点作为参考点,用 $\perp$ 符号表示。在电子电路中常取若干导线的交汇点或者机壳作为电位的参考点,并标以 $\perp$ 符号表示。在一般的原理性电路中,可选取多条导线汇集的公共点作为参考点。必须注意,在研究同一问题时,参考点原则上可以任意选取,但一经选定,就不能更改了,相应的其余各点电位也就确定了。在一个电路中,参考点一旦选定,其余各点的电位就有唯一确定的数值。

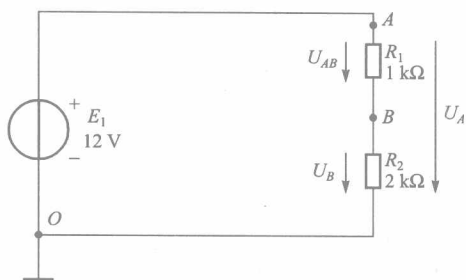


图 1-6 电压的实际方向

如图 1-6 所示一段电路中有 A 、 B 两点,在电源电动势的作用下,正电荷自 A 移动到 B ,电场力做正功,表明这段电路是吸收电能的,而且,正电荷在 A 点时比在 B 点具有更高的做功能力,即 A 点是高电位点, B 点是低电位点。在图 1-6 所示的电路中,选取 O 点为参考电位点, $U_A = 12\text{ V}$, $U_B = 8\text{ V}$, $U_{AB} = U_A - U_B = 4\text{ V}$ 。

(3) 电压的正方向。在实际应用中,仅仅知道两点间的电压数值往往是不够的,还必须知道这两点中哪一点电位高,哪一点电位低。例如,对于直流电动机来说,绕组两端的高、低电位不同,电动机的转动方向可能是不同的。在实际应用中,要求知道电压的大小,还要知道电压的极性,即电压的方向。

图 1-6 中包含了几个物理概念:电位(U_A 、 U_B)、电压(U_{AB})、电压正方向(即参考方向,图中的箭头)和电压实际方向的概念。

在电工学中规定,一段电路上,电压的实际方向是由高电位点指向低电位点。也就是说,沿着电压的实际方向,电位是逐点降低的。正电荷沿着这个方向运动,将失去电能,并转换成其他形式的能量。

在分析和计算电路问题时,由于要分析电路在可能较复杂的情况下,电路中各段电压的真实方向难以确定时,或者该段电压的极性是随时间不断变化时,像规定电流的正方向一样,需要为电压规定一个正方向。一段电路上电压的正方向也是可以任意规定的。如图 1-4 中,规定 A 点为高电位点,标以“+”号, B 点相对于 A 点是低电位点,标以“-”号,即假定这一段电路电压的正方向是从 A 点指向 B 点,并用箭头的指向来表示。当电压的实际方向与事先假定的正方向一致时,电压为正值;当电压的实际方向与事先假定的正方向相反时,电压为负值。这表明,在引入了正方向之后,电压也是一个代数量。

电压的正方向根据习惯,可以用三种方法表示:

用“+”、“-”符号表示,“+”表示假定的高电位端,“-”表示假定的低电位端。

用箭头的指向来表示,由假定的高电位端指向低电位端。

用双下标字母表示电压。如在图 1-6 中,假定 AB 段电压的正方向是从 A 指向 B ,则给电压符号 U 加双下标 AB ,即用 U_{AB} 表示:第一个下标字母 A 表示假定的高电位点,第二个下标字母表示假定的低电位点。

这三种方法所代表的意义是相同的,可以相互通用,实际使用时可以任选一种。

同样以图 1-6 所示电路为例,将电压正方向改为图 1-7 所示, $U_A = 12\text{ V}$, $U_B = 8\text{ V}$, $U_{BA} = -4\text{ V}$,式中的“-”号说明假定电压正方向与电压实际方向相反。

通过以上的分析可知,如同规定电流的正方向一样,电压的正方向也是在分析与计算电路

问题时人为引入的。对于某一段电路来说,借助于规定的正方向及电压的正、负值,就能确定出电路中电压的实际方向。

电压的正方向原则上可以任意选取。

对于电位与电压这两个概念,既要看到它们之间的区别,又应看到两者在本质上是相同的。电路中某点的电位就是该点到参考点之间的电压。电路中两点之间的电压就是这两点的电位之差。例如,在图 1-7 中选取电源负极 O 点作为参考点,则 A 、 B 两点的电位分别是 U_A 、 U_B , A 、 B 两点之间的电压 $U_{BA} = U_B - U_A = -4 \text{ V}$ 。因此,电压又叫电位差。

将图 1-7 所示的电路改成图 1-8 所示的电路,参考点选取在 B 点, $U_{AB} = 4 \text{ V}$, $U_{OB} = -8 \text{ V}$, $U_{AO} = U_{AB} - U_{OB} = 12 \text{ V}$ 。可见,电压(电位差)与参考点的选取是无关的。

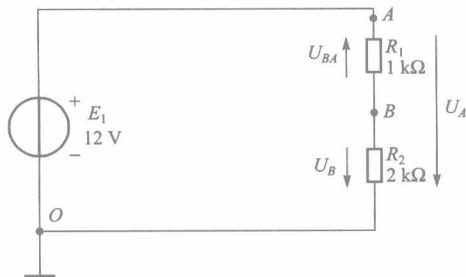


图 1-7 电压的正值与负值

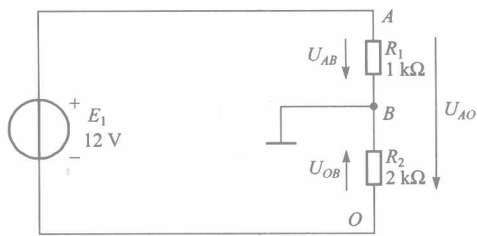


图 1-8 电压与参考点选取无关

在电路分析计算中,虽然电流正方向和电压正方向都可以任意选取,但在实际应用中一般只设定其中一个(电流正方向或电压正方向),另一个也就相应确定了(在电流正方向与电压正方向选取一致的情况下,即关联正方向)。在同一段电路中,电流的正方向与电压的正方向一致,即表示电流从高电位点流向低电位点。在这种正方向表示情况下,欧姆定律为 $U = IR$,可避免由于电流和电压正方向任意选取带来的符号问题。

3. 电动势

(1) 电动势的概念。电动势是表示电源做功能力的物理量。在图 1-1(a) 手电筒电路所表示的一个完整电路中,在电源以外的部分电路,正电荷总是从电源的正极流出,最后流回电源负极。也就是电流从高电位点流向低电位点,这是电场力推动正电荷做功的结果。为了在电路里保持持续的电流,在电源内部就必须使正电荷从电源负极经过电源内部,移动到电源正极。在电源内部具有某种非电场力,这些非电场力能够把正电荷自电源负极移动到正极。如电池内部因化学作用而产生的化学力、发电机内部因电磁感应作用而产生的电磁力等都是非电场力。在这个过程中,电源把其他形式的能量转换成为电能。为了表征电源内部非电场力对正电荷做功的能力,也就是电源将其他形式能量转换成为电能的本领,引入了“电动势”的概念。电动势在电路中常用字母符号 E (或 e) 来表示。

电动势在数值上等于非电场力把单位正电荷从负极经电源内部运动到正极时所做的功。

根据这个定义,电动势的单位也是伏特。

(2) 电动势的正方向。因为电动势的作用是使正电荷从低电位点移动到高电位点,使正电荷的电位能增加,所以规定电动势的真实方向是经电源内部指向电位升高的方向,这与电源端电压的真实方向相反。图 1-9 是直流电压源的表示符号,其正、负极分别用+、-标出,其电动势的真实方向从负极指向正极。

在分析与计算电路的过程中,也可以为电动势规定一个正方向。如图 1-10 所示电源电动势的正、负极性和数值大小 12 V 在图中已标出。在图 1-10(a)中取电动势正方向与真实方向相同,则 $E=12\text{ V}$;在图 1-10(b)中,电动势的实际方向与假定的正方向相反,则 $E=-12\text{ V}$ 。可见,在规定的正方向之下,电动势也是一个代数量,通常仅在图中标出电动势的正、负极。

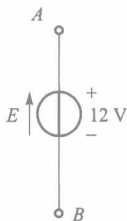


图 1-9 电动势的真实方向

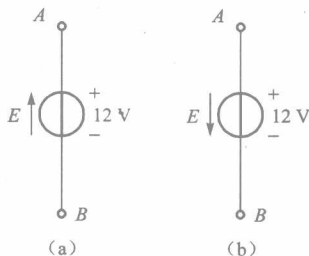


图 1-10 电动势的正方向

如果将一个完整的电路分为电源电动势和外电路两部分,电动势的两端电压,就是外电路负载的负载电压。

在电路分析计算中,常将电源等效为电压源和电流源,电路符号如图 1-11 所示。

4. 电功率与电功

使用电路的目的就是进行电能与其他形式能量之间的转换,所以在电路的分析与计算中还经常用到电功率和电功两个物理量。

(1) 电功率。在图 1-12 中,正电荷 q 从电路中 A 点经负载 R 移到 B 点,根据电压的定义很容易得到电场力所做的功 $W=U_{AB} \cdot q$ 。因为 $q=I \cdot t$,所以也可以写作 $W=U_{AB} \cdot q=U_{AB} \cdot I \cdot t$ 。

单位时间内电场力所做的功就是电功率,用 P 表示,则

$$P=W/t=U_{AB} \cdot I=I^2 R=\frac{U_{AB}^2}{R} \quad (1-1-2)$$



图 1-11 直流电压源和电流源符号

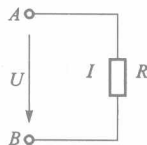


图 1-12 电功率的计算

在国际单位制中,电压的单位是伏特,电流的单位是安培,则功率的单位是瓦特,简称瓦(W)。1 W 功率等于每秒消耗(或产生)1 J 的功。功率的单位除了瓦之外,还有千瓦(kW)或毫瓦(mW)作单位,关系是

$$1 \text{ kW} = 1\,000 \text{ W} = 10^3 \text{ W} \quad 1 \text{ mW} = 0.001 \text{ W} = 10^{-3} \text{ W}$$

(2) 电功。一段时间 t 内电路所消耗(或产生)的电功(电能),用 W 表示

$$W = P \cdot t \quad (1-1-3)$$

工程上,电功的单位经常不是用物理学中的焦耳,而用瓦特·小时或千瓦特·小时(千瓦·小时)来表示。通常所说的千瓦·小时可以这样理解:就是其额定功率是 1 kW 的电器(如 1 kW 的电炉)在额定状态下工作 1 h 所消耗的电能。

(3) 电功率的正和负。对于一段只包含电阻元件的电路来说,它总是吸收电功率的,这可以从电阻的功率公式看出: $P = I^2 R$ 。不管电流是正值还是负值, P 总是正值。但是当用功率的一般适用公式 $P = UI$ 来计算这段电阻电路的功率时,却可能得到正值,也可能得到负值。

如果在 U 、 I 关联正方向的情况下,计算出的功率 P 是负值,则表明该段电路输出(产生)电功率。这是因为 P 为负,表明 U 、 I 是相反符号的,电流(正电荷)从低电位点流向高电位点,这需要有非电场力来克服电场力做功。这一段电路里应该包含有电源,它将其他形式的能量转换成为电能,从电源两端看电源内部功率为负值,电源输出了电功率,而电源的外部电路功率为正值,吸收了电功率。

【任务实施】

一、工具、器材准备

- (1) 数字万用表 1 只。
- (2) 实验电路板(台)。
- (3) 测量电路,如图 1-13 所示。

二、测试内容

1. 用数字万用表测直流电流

在测量中,用数字万用表测直流电路时,数字万用表有红(插在表的十端)、黑(插在表的 COM 端)两只表笔,当电流从红表笔流进,从黑表笔流出时,数字万用表显示电流为正值,反之为负值,测量电路如图 1-14 所示。相当于给电流假定了一个正方向,当电流从表的正端流进,负端流出时电流为正值,反之为负值。

2. 用数字万用表测直流电压(电位)

如图 1-15 中数字电压表 U_1 正端接 A ,负端接 B ,数字电压表 U_2 正端接 O ,负端接 B ,表 U_1 读数为 +4 V,而表 U_2 读数为 -8 V, $U_{AO} = U_{AB} + U_B = U_{AB} - U_{OB} = 12 \text{ V}$ 。再用表测 U_{AO} 和 U_{OA} ,也与测电流一样,电压表从正端到负端相当于设定了一个电压正方向。

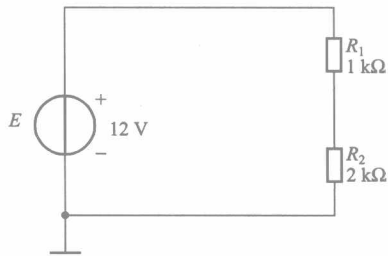


图 1-13 实验测试电路

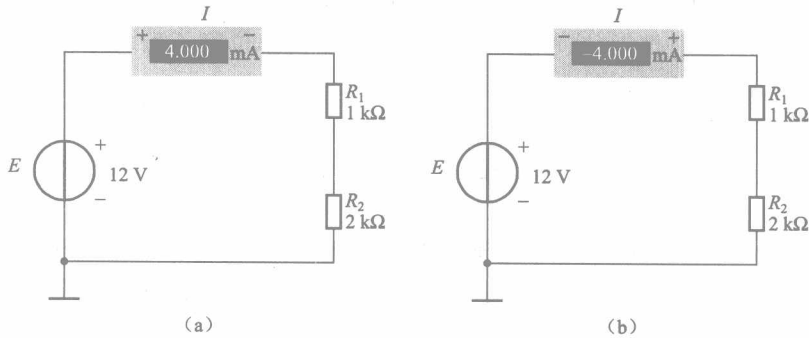


图 1-14 用数字万用表测试电路的电流显示出正负值^①

3. 用数字万用表测直流电路电流、电压计算功率

如图 1-13 和 1-14 所示,测出流过电阻 R_1 和 R_2 的电流和 R_1 、 R_2 两端电压,根据 $P=UI$ 计算电阻 R_1 和 R_2 所消耗的电功率。计算电源功率 $P=EI$ 。验证电阻上消耗的电功率等于电源供给的电功率。

将测试结果填入表 1-1 中。

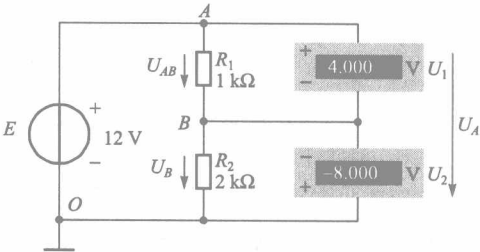


图 1-15 电压、电位的实际方向和大小测试

表 1-1 测试结果

电源电动势 E/V	R_1 、 R_2 的电流 I /mA	R_1 上的电 压降/V	R_2 上的电 压降/V	电源电功率 /W	R_1 上消耗的 功率/W	R_2 上消耗的 功率/W

注意:测电源电动势大小采用断开负载测试。

任务二 电路的工作状态

【任务导入】

在实际用电过程中,根据不同的需要和不同的负载情况,电路工作在不同的状态。如电路中电源与负载之间是接通状态,或者是断开状态等。其中有的电路状态不是正常的工作状态,而是事故状态,应尽量避免和消除。因此,了解并掌握使电路处于不同状态的条件和特点正是

^① 图中显示数据是用 Multisim 仿真的测试结果,在有条件的情况下,电路测试均可用仿真软件进行电路分析与测试。