



普通高等教育“十三五”创新型规划教材
理论+实践+数字资源一体化规划教材

紧扣教学大纲，突出重点
强化应用能力，迁移拓展
支持教学做考，立体资源

■ 主审 魏平俊
■ 主编 田 龙 康 博

电路分析基础

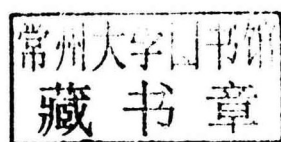
◀ DIANLU

◀ FENXI JICHU



电子工业出版社

电路分析基础



电子科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电路分析基础 / 田龙, 康博主编. —成都: 电子科技大学出版社, 2016.8
ISBN 978-7-5647-3636-1

I. ①电… II. ①田… ②康… III. ①电路分析—教材 IV. ①TM133

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 097367 号

内 容 摘 要

本书共分 11 章,其主要内容有:电路的基本概念与基本定律、线性电阻电路的分析、正弦交流电路、互感耦合电路、谐振电路、非正弦周期电流电路、线性动态电路分析、二阶电路、三相电路、二端口网络、非线性电路简介等。每章附有小结、习题。

本书力求突出应用性和针对性,降低理论深度,减少推导计算。知识讲解,力求通俗易懂;内容取舍,力求够用为度;实践操作,力求培养能力。通篇内容语言流畅,可读性强。

本书可作为电子、通信、计算机、自控类本科生的教材,也可供从事相关专业的技术人员参考,还可以作为电子类培训方面的教材。

电路分析基础

主 编 田 龙 康 博

出 版: 电子科技大学出版社(成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编:610051)

策划编辑: 杜 倩

责任编辑: 王 坤

主 页: www.uestcp.com.cn

电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn

发 行: 新华书店经销

印 刷: 天津市蓟县宏图印务有限公司

成品尺寸: 203mm×260mm 印张 16 字数 380 千字

版 次: 2016 年 8 月第一版

印 次: 2016 年 8 月第一次印刷

书 号: ISBN 978-7-5647-3636-1

定 价: 35.00 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

◆ 本社发行部电话:028-83202463;本社邮购电话:028-83201495。

◆ 本书如有缺页、破损、装订错误,请寄回印刷厂调换。

前言 PREFACE

本教材是在普通高等教育“十三五”创新型规划教材编写会议精神的指导下,为适应普通高等教育的“产学研、校企合作”的要求,着力贯彻以“强应用”为目的、以“必需、够用”为度的编写特色的基础上编写而成的。本教材在编写过程中既注意学习、吸收有关院校近期内电学教学内容改革的成果,又尽量反映编者长期从事教学所积累的经验和体会,更加注重与实践相结合。

电路分析基础是机电类专业的一门基础课程,其任务是使学生具备高素质技能型人才所必需的电路分析基本知识,为学生学习后续专业课程奠定电路理论基础。本书的编写力求突出应用型教育的特点,降低理论难度,删除一些数学推导内容,加强基本运算和分析问题、解决问题能力的要求,注重学生实际应用能力的培养。为此,本书在编写中突出了以下几个方面的特点。

(1)本书的框架、结构、体系完整、实用。本书先建立最基本的概念,再进入电路分析;而电路分析,也是本着先易后难、循序渐进的原则逐步深入,便于学生自学、老师施教。

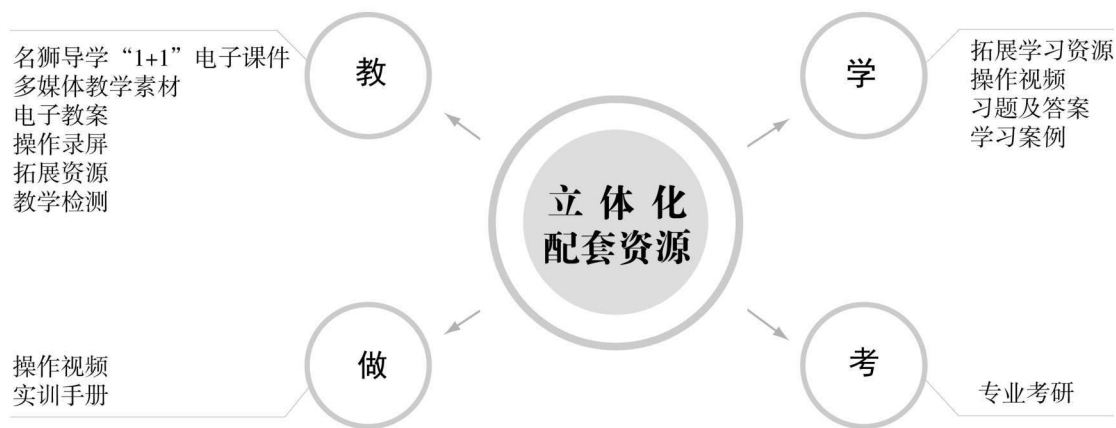
(2)力求少而精,精选内容,优选讲法,对课程基本要求中的主干内容讲深、讲透,本着削枝强干的思想,突出重点。对电路的基本概念,从多个侧面阐述问题,列举了各种类型的例子,让读者深刻理解概念,熟练掌握分析方法。

(3)为突出理论与实践相结合、培养学生解决实际问题的能力,在例题和习题的选择上,尽量列举在实际生活中能接触到的一些现实电路问题,以激发学生的学习兴趣,便于学生掌握。每节节后配置有深浅适当的习题,方便学生巩固练习。

本教材由安阳工学院的田龙和康博担任主编,负责全书的策划、构思和统稿。安阳工学院的张伟和韩向可,以及安阳莱工科技有限公司的梁兴担任副主编。其中第3章和第4章由田龙编写,第1章、第6章和第11章由康博编写,第5章、第7章和第8章的第8.2和8.3

节由张伟编写,第9章、第10章和第8章的第8.1节由韩向可编写,第2章由梁兴编写。本书在编写中参考借鉴了不少同行编写的优秀教材,并从中受到教益和启发,在此向他们表示衷心的感谢!

丛书立体化配套资源



本书在编写过程中得到了领导、专家、出版社的大力支持和协助,在此表示感谢。高质量的教材是培养高素质人才的保证,也是我们专业建设的一项重要内容,教材是知识的主要载体和教学的基本工具,直接关系到教育能否为社会培养并输送符合要求的高技能人才。由于编者水平有限,时间比较仓促,书中难免有错漏之处,诚请各位读者批评指正,并提出宝贵意见,以便今后改进。

编 者

目录 CONTENTS

第 1 章	电路的基本概念和基本定律	1
1.1	电路和电路模型	3
1.2	电路的基本物理量	5
1.3	电阻元件	11
1.4	电源元件	13
1.5	基尔霍夫定律	18
1.6	电路的工作状态	22
第 2 章	线性电阻电路的分析	26
2.1	电阻的串联、并联和混联电路	28
2.2	电阻的 Y 联结与 Δ 联结及等效变换	33
2.3	电源的联结及两种实际电源模型的等效变换	36
2.4	支路电流法	40
2.5	网孔电流法	43
2.6	节点电压法	46
2.7	叠加定理	49
2.8	戴维南定理与诺顿定理	53
第 3 章	正弦交流电路	59
3.1	正弦量的三要素	61
3.2	正弦量的相量表示及运算	64
3.3	单一参数的交流电路	71
3.4	基尔霍夫定律的相量形式	80
3.5	RLC 串联电路的分析	81

3.6	阻抗的串联和并联	87
3.7	正弦电路功率因数的提高	91
第 4 章	互感耦合电路	94
4.1	互感	95
4.2	互感线圈的串联、并联	100
4.3	空心变压器	104
4.4	理想变压器	107
第 5 章	谐振电路	112
5.1	串联谐振	113
5.2	并联谐振电路	119
5.3	谐振的应用	123
第 6 章	非正弦周期电流电路	127
6.1	非正弦周期信号	128
6.2	非正弦周期信号的谐波分析	129
6.3	非正弦周期波的有效值、平均值和功率	133
6.4	非正弦周期交流电路的计算	136
6.5	滤波器	137
第 7 章	线性动态电路分析	141
7.1	电容元件	143
7.2	电感元件	149
7.3	换路定律和初始值的计算	154
7.4	一阶电路的零状态响应	157
7.5	一阶电路的零输入响应	162
7.6	一阶电路的阶跃响应	165
7.7	一阶电路的全响应	167
7.8	一阶电路的三要素法	169
第 8 章	二阶电路	173
8.1	二阶电路的零输入响应	174
8.2	二阶电路的阶跃响应与冲激响应	179
8.3	状态方程	181
第 9 章	三相电路	183
9.1	三相电源	185

9.2	三相负载	190
9.3	对称三相电路的计算	193
9.4	不对称三相电路的分析	196
9.5	三相电路的功率	198
9.6	安全用电	203
 第 10 章 二端口网络		209
10.1	二端口网络	210
10.2	二端口的伏安关系式	211
10.3	二端口的等效电路	219
10.4	二端口的转移函数	222
10.5	二端口网络的互联	224
 第 11 章 非线性电路简介		229
11.1	非线性电阻元件	230
11.2	非线性电容元件和电感元件	237
11.3	非线性电阻电路的分析	239
 参考书目		248

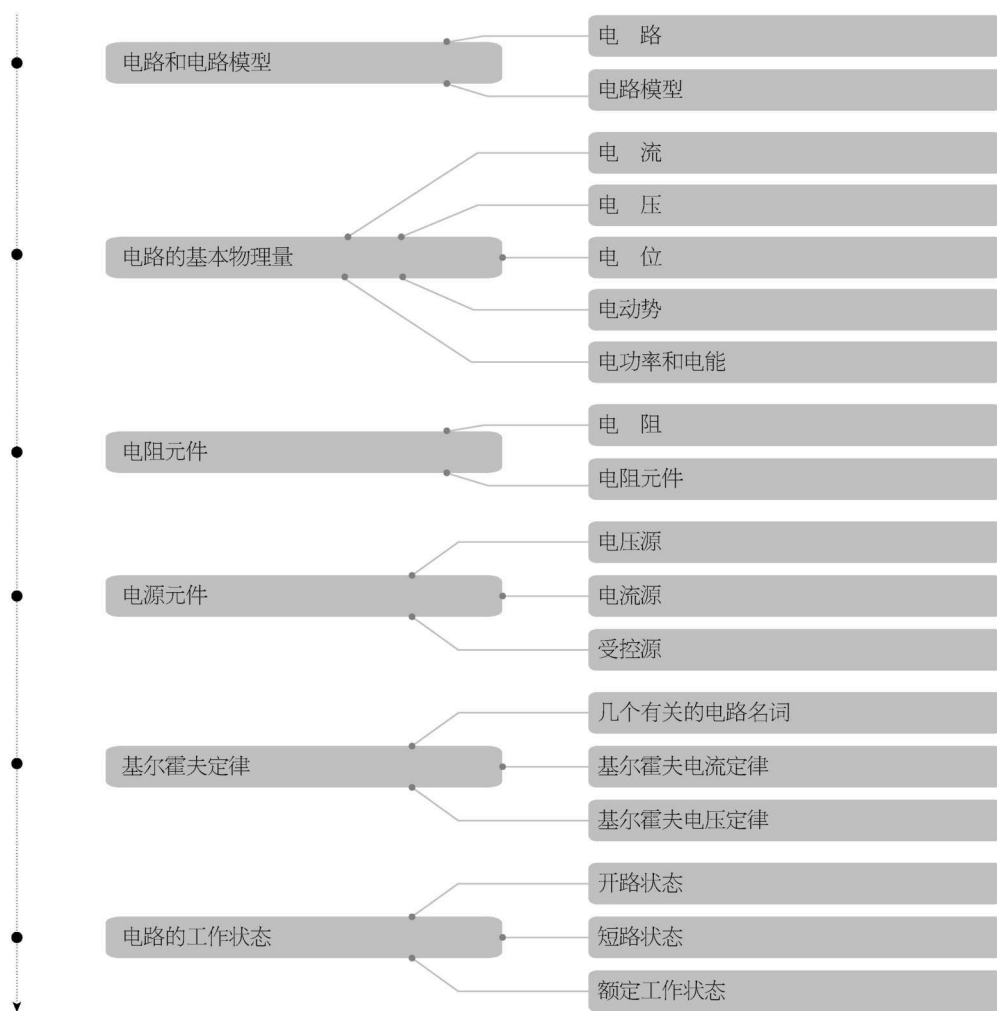
第 1 章 电路的基本概念和基本定律

【知识目标】

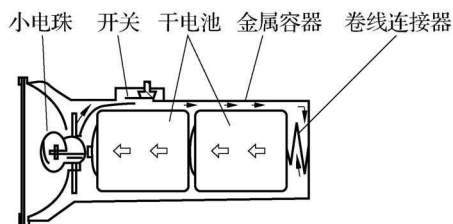
- 1.掌握电路元件的作用以及各自的参数对其性能的影响；
- 2.熟练掌握电流、电压、电位、电动势和电能；
- 3.熟练掌握电阻元件在电路中的作用和其性能；
- 4.熟练掌握电源元件在电路中的作用和其性能；
- 5.熟练掌握基尔霍夫定律；
- 6.掌握电路的各种工作状态。

【能力目标】

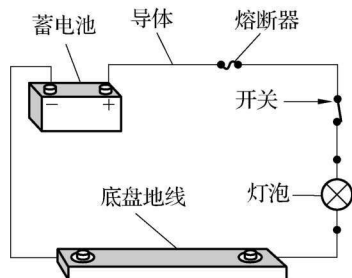
- 1.能够理解电路学所要研究的对象；
- 2.牢固理解电路的电流、电压、电位、电动势和电能等基本物理量；
- 3.能够利用欧姆定律和基尔霍夫定律解决实际问题；
- 4.能够根据不同的需要来选择不同的电路工作状态。



案例引入



案例图 1 手电筒电路图



案例图 2 汽车大灯电路图

【问题提出】

问题 1: 什么是电路?

问题 2: 构成一个电路必需的要素有哪些?

问题 3: 它们是怎么工作的, 为什么开关合上后灯就可以发光?

1.1 电路和电路模型

1.1.1 电路

现如今人们的生活中充满了电气化和信息化, 电子产品和设备充斥在人们的日常生活、工作和学习中。这些产品和服务中包含着各种各样的电路, 在本课程中我们将要学习的就是电路以及电路相关延伸知识。电路按其用途可以分为许多种, 例如: 如今应用日趋广泛的传输信息和转换信息的通信电路; 传统的分配电能和电力资源的电路; 工业生产设备的控制电路; 家用电器的控制电路; 交通信号灯中的控制电路; 汽车、火车、飞机等现代化交通工具中的控制电路等。根据电工电子学的相关理论, 我们给电路下一个这样的定义: 可提供电流流通的路径, 并且由各种电气元件按照一定的方式连接而成的一个介质。

实际应用中的电气元件可以分为三部分: 第一部分是电源(也称信号源), 它们为电路提供最初的能量; 第二部分是负载, 这部分元件通常是用电设备, 如电路中的电动机、照明灯等; 第三部分是中间环节, 如连接电源和负载之间的导线、开关和各类控制器等。只有电路中存在电源或者信号源, 电路中才可能产生电流和电压, 所以, 电源或者信号源是电路中一个非常重要的部分, 在一般的工业应用中也把电源或信号源称为激励, 由此所产生的电压和电流称为响应。

实际应用中的电路形式是多种多样的, 但综合所有的电路, 从其作用和目的来看可以分为两类。第一类电路是实现能量的传输和转换。如图 1-1 所示, 该电路是一个典型的转换和传输能量的电路, 它由三部分组成: 电源、负载和中间环节(开关和若干导线)。当开关闭合后, 储存在干电池中的化学能就会转化成电能, 并且经由导线传给小灯泡, 小灯泡则由自身的特性将电能转化成光能和热能, 最终实现能量的传输和转换。第二类电路是对信号进行传递和处理。如图 1-2 所示为扩音机工作原理图, 该

图展示的是一个典型的传递和处理电信号的电路。首先,话筒将输入的声音的振动信号转化为电信号,然后经过放大器的放大处理后,由相应的电路传递给最后的扬声器,最后经过扬声器将处理过的电信号还原为声音。

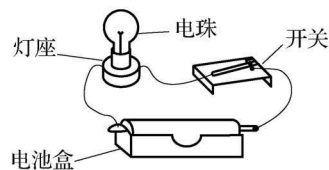


图 1-1 手电筒实际电路图

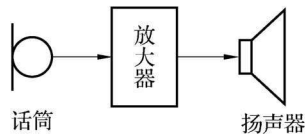


图 1-2 扩音机的工作过程

1.1.2 电路模型

上面两个例子所讲述的是十分简单的电路,而在现实生活和工业中人们所接触的电路是非常复杂的。例如从电路的几何尺寸来看,大的电路可以达到数千千米,如与我们的生活息息相关的高压输电网,它将电能从发电站输送给居民或者工厂,还有在现代生活中应用日趋广泛和成熟的通信网、因特网等,都是十分庞大的电力系统。又如各种电路板上的集成电路,与上面所说的庞大的电力系统形成鲜明的对比,通常它们的面积也是微乎其微的,如有些集成电路做成如药片大小一般,但是其内部结构是非常丰富而复杂的,它由千万个小的集成电路集合而成。再举一个例子,我们对一个最简单的绕线式电阻器电路中所进行的电子运动来进行分析,当电路通电时,电阻器将电路中的电能转化为热能,这种转换是永久性的不可逆的,并且已通过理论和实践共同证明,热能的大小与流过的电流的大小有着密不可分的关系,所以我们说电阻器是一个消耗电能的元件。上面是对电能的分析,考虑到通电导线周围存在磁场,在这个电阻器回路中还可还会存在磁能,也就是说有一部分电能转化为磁能,同样理论和实践都表明,电阻器周围所产生的磁能与流过的电流频率也有着密不可分的关系,通过无数前人的不懈努力,现在已经得出这样一个结论,即在任何一个完整的实际电路中,基于电流和电压的共同作用下,电路中总是存在着一两种甚至多种电磁效应,并且已经证实,不同的电器元件有着不同的作用,例如,电阻元件主要消耗电能,电感元件主要储存磁场能,而电容元件主要储存电场能,电池和发电机等电源通常是提供电能的设备。为了便于分析和计算,在进行研究时,对某个电器元件而言,我们通常只考虑代表其主要电磁性质的特征,忽略其他的性能,也就是说将实际的电气元件理想化,认为其只有一种性能。基于此,在做科学实验和研究时,对电阻元件我们主要考虑其消耗电能的电阻性质,对于电感元件主要考虑其储存磁能的电磁性质,对于电容元件通常考虑的是其储存电场能的性质,对于电源元件主要考虑其提供电能的电源性质,因此我们就有了如图 1-3 所示的 4 个理想电路元件。

在实际工作和研究中,为了减小工作量,通常用理想电路元件及其组合来近似代替实际电路元件,这样便可以得到与实际电路相似相近的电路模型。国家标准和行业标准对理想电路元件的图形符号做了相应规定,根据相应的标准绘制出来的电路模型图我们称之为电路图。如图 1-4 所示为对实际电路理想化后的手电筒的电路模型图,在这个电路图中,电压源提供电能,因其是理想电路元件,其内阻可以忽略不计,开关和电阻元件代表实际应用中的小灯泡,用水平或竖直的连线来表示实际中的导线,将各个电路元件连接起来。有了电路图,我们便可以方便地对电路进行研究了。如果没有特别的说明,在今后的学习和研究中,我们所说的电路元件均是指理想电路元件。

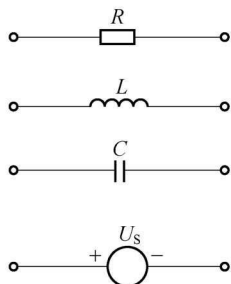


图 1-3 四个理想电路元件的电路模型

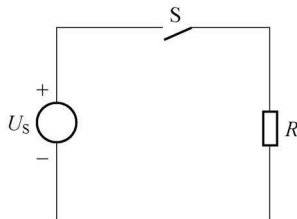


图 1-4 手电筒实际电路图

习题

- 1.1-1 电路由哪几部分组成？每部分的作用是什么？
 1.1-2 简述电路的分类及功能。
 1.1-3 什么是理想电路元件？试解释“理想”二字的含义。

1.2 电路的基本物理量

一个电路中所涉及的物理量是很多的,遵循循序渐进的原则,本节我们着重学习电路中的基本物理量,即电流、电压、电位、电动势、电功率和电能。

1.2.1 电流

和水分子的定向运动形成水流一样,电路中的电荷(带电粒子,也称载流子)做有规则的定向运动形成电流,电荷可以是导体中的自由电子,或者电解液和电离气体中的自由离子,或者半导体中的电子和空穴等。通常我们规定,在直流电路中,电流用 I 表示,在交流电路中,电流用 i 表示,并且约定其数值大小等于单位时间内通过导体某一横截面的电荷量。

在交流电路中,根据定义,单位时间内通过导体横截面的电荷量为电流,在国际上通常用 i 表示,那么有

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-1)$$

式中: dq 为 dt 时间内通过导体横截面的电荷量。

在直流电路中,单位时间内通过导体横截面的电荷量是定值,即

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-2)$$

国际单位制(SI)中,电荷[量]单位为库[仑](C),时间单位为秒(s),电流单位为安[培](A),有时也会用到千安(kA)、毫安(mA)、微安(μ A)等单位。

电流是一个矢量,也就是说,它不仅有大还有方向,在研究和日常应用中,我们习惯上将正电荷的移动方向规定为电流的实际方向,但是仅仅如此还是不够的。对于某一复杂电路而言,其中的某一电路中的电流方向,难于在短时间内做出定论,也有电流的实际方向在不断改变的情况,所以实际电路

中电流的方向是复杂的,为了便于研究,我们需要引入参考方向这个概念。参考意为将某个选定的方向定为正方向,其他方向是对这个方向的相对量。电流的参考方向可以是任意选定的方向,如果该方向与实际方向一致,那么电流值为正,如果该方向与实际方向相反,那么电流值为负。可见,只有在确定了参考方向之后,电流的正与负才能够得以区分,如图 1-5 所示。

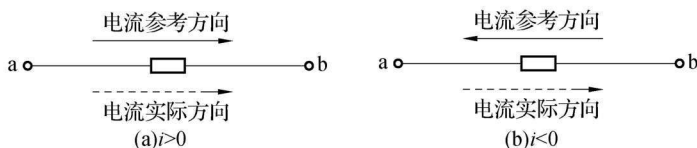


图 1-5 电流参考方向与实际方向关系

如图 1-6 所示,电路中的电路元件的参考方向需用箭头表示,在做文字叙述时,用电流符号加双下标表示,比如 i_{ab} 表示的是电流由 a 流向 b,并且根据参考方向的定义,可以得到 $i_{ab} = -i_{ba}$ 。

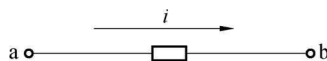


图 1-6 电流参考方向的表示

由以上分析可知,在对电路进行分析时,首先要确定电流的参考方向,根据这个已经确定好的参考方向去分析其他电路元件,再根据计算结果的正负值来决定电流的实际方向。需要说明的是,参考方向选定后,中途不能再变更。

【例 1-1】已知电流 i 的参考方向如图 1-6 所示,求下列两种情况下电流的实际方向:(1) $i = 20\text{A}$;
(2) $i = -20\text{A}$ 。

解:(1) $i = 20\text{A}$, 其值为正,则电流的实际方向与参考方向相同,即由 a 指向 b。

(2) $i = -20\text{A}$, 其值为负,则电流的实际方向与参考方向相反,即由 b 指向 a。

应当注意的是,在未规定参考方向的情况下,电流的正、负是没有意义的。

电流可以用电流表测量,测量的时候,把电流表串联在电路中,要选择电流表指针处于满量程的 $1/3 \sim 2/3$ 。这样既可以防止电流过大而损坏电流表,又可以满足测量精度的要求。

1.2.2 电压

1. 电压的概念

与水位差引起河水流动的原理一样,在电路中,电荷的流动形成电流也是因为存在电位差,我们将这个电位差定义为电压。从微观上来说,电压是形成电流的根本原因。

对直流电压我们有这样的定义:在一个匀强电场中,正电荷因受电场力的作用从 a 点移动到 b 点,如果这个过程中电场力所做的功为 W ,那么 a 点到 b 点的电压为

$$U = \frac{W}{Q} \quad (1-3)$$

同理,单位正电荷由电路中的 a 点移动到 b 点所得到或失去的能量成为 a、b 两点之间的交流电压,即

$$u = \frac{dw}{dq} \quad (1-4)$$

式中: dq 为由 a 点移到 b 点的电荷[量]; $d\omega$ 为电荷移动过程中所获得或失去的能量; u 为两点间的电压。规定: 若正电荷从 a 点移到 b 点, 其电势能减少, 电场力做正功, 电压实际方向为从 a 到 b 。

国际单位制中, 功的单位为焦[耳](J), 电压单位为伏[特](V), 也用千伏(kV)、毫伏(mV)、微伏(μ V)等。

2. 电压的方向

和电流一样, 电压不但有大小, 而且还有方向, 按照国际上的习惯, 我们规定电压的实际方向是从高电位端指向低电位端。在判别电压的方向之前, 也要先选定一个参考方向, 并且这个参考方向也是任意的, 在对电路进行分析时, 参考方向一经选定不能够再变更。如果选定的参考方向与实际方向一致, 那么电压值为正, 如果选定的电压参考方向与实际值相反, 电压值为负, 如图 1-7 所示。

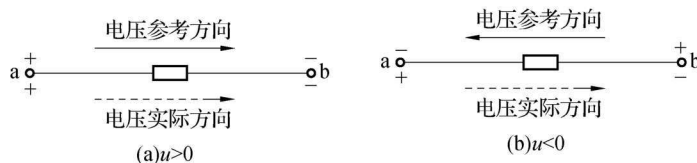


图 1-7 电压参考方向与实际方向关系

电压的参考方向可以用“+”、“-”极性表示, 还可以用双下标表示, 如图 1-8 所示, 并有 $u_{ab} = -u_{ba}$ 。

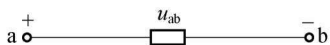


图 1-8 电压参考方向的表示

【例 1-2】如图 1-9 所示, 电路中电流或电压参考方向已选定。已知 $I_1 = 10\text{A}$, $I_2 = -10\text{A}$, $U_1 = 20\text{V}$, $U_2 = -20\text{V}$, 试指出电流或电压的实际方向。

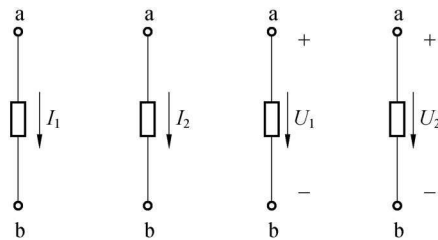


图 1-9 例 1-2 电路图

解: $I_1 > 0$, 实际方向与参考方向相同, 电流 I_1 由 a 流向 b 。

$I_2 < 0$, 实际方向与参考方向相反, 电流 I_2 由 b 流向 a 。

$U_1 > 0$, 实际方向与参考方向相同, 电压 U_1 由 a 指向 b 。

$U_2 < 0$, 实际方向与参考方向相反, 电压 U_2 由 b 指向 a 。

参考方向是电路计算中的一个基本概念, 对此着重指出如下几点。

- (1) 电流、电压的实际方向是客观存在的, 而参考方向是人为选定的。
- (2) 当电流、电压的参考方向与实际方向一致时, 电流、电压值取正号, 反之取负号。
- (3) 分析计算每一电流、电压时, 都要先选定其各自参考方向, 否则计算得出的电流、电压正负值是

没有意义的。

3. 关联方向

在任何一个电路中,电压的参考方向和电流的参考方向都是相对独立的,可以分别设定,但是为了我们研究的方便,简化研究过程,在实际操作中,对于同一个电路元件来说,我们常将其电压的参考方向和电流的参考方向设定为一致,也就是说,在一个电路元件上,电流从电压的正极性端流入该元件,然后从它的负极性端流出,如此定义的电压和电流的这种参考方向的关系为关联参考方向,如图 1-10(a)所示。相反,如果两者的参考方向不一致,则称为非关联参考方向,如图 1-10(b)所示。

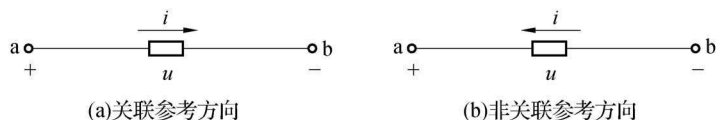


图 1-10 关联与非关联参考方向

1.2.3 电位

在日常生活中,我们说一棵大树的高度是 5m,在这里是以大树所处的地面为参考点。电路中的每一点都有一定的电位,但是如何来定义该点的电位呢?我们也可以先选定一个参考点,该点就是计算电位的起点,称之为电位参考点,简称参考点。一旦选择了一个固定的参考点,那么电路中的各点就会有确定的电位。

电工学中规定,电路中某一点的电位就是该点到参考点的电压,并且规定电位的方向是从该点指向参考点。电位通常用字母 V 加下标来表示,例如,电路中 a 点的电位表示为 V_a 。电位的单位与电压的单位一样,也是伏,参考点的电位被规定为零,所以如果某一点的电位低于参考点,那么这点的电位便是负电位,反之则是正电位。

电位与电压有如下关系:

$$U_{ab} = V_a - V_b \quad (1-5)$$

式(1-5)所表示的意思是,电路中任意两点的电位差都等于它们的电压。

当选择了某一点为电路的参考点,那么电路中任意一点 a 到参考点的电压就叫作 a 点的电位,用 V_a 来表示,即有

$$V_a = U_{a0} \quad (1-6)$$

如果电路中的零点为参考点,那么

$$V_a = U_{a0}, V_b = U_{b0} \quad (1-7)$$

$$U_{ab} = U_{a0} + U_{0b} = U_{a0} - U_{b0} = V_a - V_b \quad (1-8)$$

式(1-8)说明,电路中任意两点 a 、 b 之间的电位差等于它们之间的电压,当 a 点的电位高于 b 点时,认为 $V_{ab} > 0$,反之则 $V_{ab} < 0$ 。根据习惯,规定电压的实际方向是由高电位点指向低电位点。

和参考方向一样,参考点也是可以任意选定的,当选定了某一点为参考点,电路中各点的电位也就确定了。选择不同的参考点,电路中各点的电位是不相同的,但任意两点的电位差即电压是不变的。

1.2.4 电动势

和电位一样,电动势也属于势能,其所反映的是电源内部能够将非电能转化为电能的能力。从微

观角度来看,电动势表示的是电源将其内部的正电荷从负极移动到正极所做的功,这个过程是电能累积的过程。电动势定义的形式与电压和电位相同,所以他们的单位相同,都是伏。

在水流环路中,如果要维持水流的持续流动,就必须要靠水泵,我们来分析一下这个原理。水泵为什么能够维持环路中水流的连续流动呢?因为水泵能够将低处的水抽向高处,使高低两处的水具有水位差,所以高处的水就能够持续不断地向低处流动。与这个道理相同,要使电路中有持续不断的电流,也需要电源的电动势不断做功。国际上规定,电动势用符号 e 表示,并且还进一步做出规定,在电路分析与研究中,电动势的方向与电位升高的方向相同,即电源负极指向其正极。

测量电动势的时候,电源不要连接到电路中去,用电压表测量电源两端的电压,所得的电压值就可以视为与电源的电动势相等。如果电源连接在大型电路中,用电压表测得的电源两端的电压就会小于电源的电动势。这是因为电源有内阻,在构成闭合电路时内阻会分担部分电压,造成输出电压小于电源电动势。

严格来说,即使电源不接入电路,万用表测得的电压也小于电源电动势,这是因为电压表也有内阻。但电压表内阻很大,而电源内阻很小,故内阻问题可以忽略。因此,电压表测得的电源两端的电压可以视为与电源的电动势相等。

1.2.5 电功率和电能

单位时间做功的大小称为功率,或者说做功的速率称为功率。如未加特别说明,在以后的分析与研究中,所涉及的电功率就是电场力做功的功率,用符号 $P(t)$ 表示,根据此给功率下一个数学定义:

$$P(t) = \frac{dW(t)}{dt} \quad (1-9)$$

式中: dW 为 dt 时间内电场力所做的功。在国际单位制中,功率的单位为瓦[特](W),1W 功率就是每秒做功 1J,即 $1W=1J/s$ 。此外,还常用到千瓦(kW)、毫瓦(mW)等单位。如图 1-10(a)所示由电阻,电源或者其他电路元件组成的电路,为了方便研究,假设电流的参考方向是从点 a 流向点 b,相应地,点 a 为高电位端,点 b 为低电位端,这样一来,电压和电流的方向就成了关联方向,根据电功率的定义,假设点 a 至点 b 的电压为 u ,那么单位正电荷从点 a 移动到点 b 的过程中电场力所做的功为 u ,据此我们得出结论:带正电荷量为 dq 的电荷,在第 dt 时间内,其有电场电路中点 a 移动到点 b 的过程中,电场力所做的功 $dW=u dq$ 。并且在这个过程中电场力做功,说明损耗了一部分电能,并且损耗的这部分电能被 ab 这段电路所吸收,由此我们便可以推导出电路中电功率与电流和电压之间的关系。

由

$$u = \frac{dW}{dq} \quad (1-10)$$

得

$$dW = u dq \quad (1-11)$$

由

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-12)$$

得

$$dt = \frac{dq}{i} \quad (1-13)$$