

应用型本科 电气工程及其自动化专业“十三五”规划教材

电工技术基础

王业琴 陈亚娟 张敏 主编

- 内容新颖：新知识、新技术、新工艺
- 特色鲜明：突出“应用、实践、创新”
- 定位准确：面向工程技术型人才培养
- 质量上乘：应用型本科专家全力打造



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

应用型本科 电气工程及其自动化专业“十三五”规划教材



主 编 王业琴 陈亚娟 张 敏
副主编 刘保连 杨 艳 鲁 庆

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书主要包括：电路的基本概念和基本定律、电阻电路的一般分析方法、电路的暂态分析、正弦交流电路、三相电路、磁路与变压器、安全用电等。通过本书的学习，可使学生掌握电路和磁路的基本理论、基本分析方法和安全用电常识。

本书适合作为高等学校工科非电类专业“电工基础”课程的教材，也可供相关专业人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工技术基础/王业琴,陈亚娟,张敏主编. —西安:西安电子科技大学出版社, 2017. 8

应用型本科 电气工程及其自动化专业“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5606-4635-0

I. ①电… II. ①王… ②陈… ③张… III. ①电工技术 IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 195101 号

策 划 马晓娟

责任编辑 马晓娟

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 虎彩印艺股份有限公司

版 次 2017年8月第1版 2017年8月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 11

字 数 252千字

印 数 1~1000册

定 价 23.00元

ISBN 978-7-5606-4635-0/TM

XDUP 4927001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

前 言

电工技术在机械制造、交通运输、化工生产以及现代医疗技术等各专业领域都有非常重要的应用,也是各行业创新与发展的重要基础。在高等工科院校中,“电工基础”是非电专业的一门必修课程。本书遵循教育部提出的“卓越工程师教育培养计划”精神,厚基础、重实践,以能力提升为核心,注重学生专业成长、切合工程应用实际。

任何专业技能的获取都需要努力学习,电工技术也不例外,学习一种新知识最好的方法就是读、想、做。本书每一章节都有导读、基本要求、小贴士、实际案例、练习与思考等,对电工技术中的重点问题的求解进行了总结,并给出了相应的例题讲解。认真阅读思考每一章节的内容,结合例题一步步深入理解重要知识点,然后通过课后习题检验自己的学习效果,是夯实电工基础知识的不可缺少的步骤。本书摒弃了学生觉得艰深的理论分析过程,结合一线教师的长期教学经验,将知识点以通俗易懂的方式逐步引出、讲透并加以总结。本书除了可作为“电工基础”课程教材外,还可作为学习辅导用书,对想弄清问题来龙去脉,静下心来思考问题本质的学生有很好的指导作用。

为了更好地完成“卓越工程师教育培养计划”的培养目标,本书非常注重工程案例的引入,在每一个知识点理论讲解结束后,都会至少给出一个工程案例,比如多量程电表的设计、常见地磅的设计、汽车点火过程、现代医疗方案及医疗设备的工作原理等。每个案例都遵循说明问题、分析实际问题、建立电路模型、求解电路及达成案例目标任务的思路进行讲解,由此通过例题描述工程案例的工作原理,分析知识点在实际案例中的体现,依据问题描述提炼电路模型,利用所学知识点求解电路,最后将求解的结果回归实际工程案例,完成实际工程案例的目标任务。通过工程案例分析,一方面使学生不局限于学习空洞的理论知识,更直观理解电工技术在本专业和工程实践中的应用,从而提高学习兴趣,强化学习效果;另一方面,通过实际案例的讲解培养学生认识问题、分析问题和解决问题的能力。

本书由王业琴、陈亚娟、张敏任主编，刘保连、杨艳、鲁庆任副主编，本书的编写者均是淮阴工学院电路电工课程组一线教师。在本书编写的过程中，得到了校院两级领导的关心和支持，在此向他们表示衷心的感谢。

虽然主观上力求谨慎认真，但限于时间和编者的学识、经验，书中难免存在缺点和疏漏，恳请使用本书的广大同行、同学和其他读者不吝批评指正，以便今后修改提高。

编者

2017年6月

目 录

第 1 章 电路的基本概念和基本定律	1
1.1 电路与电路模型	1
1.1.1 电路	1
1.1.2 电路模型	2
1.2 电路的基本物理量	2
1.2.1 电流	2
1.2.2 电压	3
1.2.3 电功率和电能	4
1.3 电阻、电感和电容元件	5
1.3.1 电阻元件	5
1.3.2 电感元件	6
1.3.3 电容元件	7
1.4 独立电源与受控电源	7
1.4.1 电压源	7
1.4.2 电流源	8
1.4.3 受控源	9
1.5 基尔霍夫定律	10
1.5.1 基尔霍夫电流定律	11
1.5.2 基尔霍夫电压定律	11
1.6 电位的计算	13
练习与思考	14
第 2 章 电阻电路的一般分析方法	18
2.1 电阻电路的等效变换	18
2.1.1 电阻的串联、并联及等效变换	19
2.1.2 两种实际电源及其等效变换	29
2.2 电阻电路的方程	36

2.2.1 支路电流法	37
2.2.2 节点电压法	39
2.3 电阻电路的基本定理	42
2.3.1 叠加定理	42
2.3.2 戴维南定理及诺顿定理	46
2.4 最大功率传输定理	49
练习与思考	51
第3章 电路的暂态分析	58
3.1 概述	58
3.1.1 激励和响应	58
3.1.2 暂态及其产生原因	58
3.1.3 暂态分析的意义	59
3.1.4 换路定则	59
3.1.5 暂态过程初始值与稳态值的确定	60
3.2 一阶 RC 电路的响应	61
3.2.1 RC 电路的零状态响应	62
3.2.2 RC 电路的零输入响应	63
3.2.3 RC 电路的全响应	65
3.3 一阶线性电路暂态分析的三要素法	66
3.3.1 时间常数的物理意义	67
3.3.2 三要素法应用举例	67
3.4 一阶线性 RL 电路的暂态分析	69
3.4.1 RL 电路的零状态响应	69
3.4.2 RL 电路的零输入响应	71
3.4.3 RL 电路的全响应	73
3.5 微分电路与积分电路	74
3.5.1 微分电路	74
3.5.2 积分电路	76
练习与思考	76
第4章 正弦交流电路	85
4.1 正弦交流电的基本概念	85
4.1.1 周期、频率与角频率	86

4.1.2	瞬时值、幅值与有效值	86
4.1.3	相位、初相位与有相位差	87
4.2	正弦交流电的相量表示法	89
4.2.1	复数及其运算	89
4.2.2	相量	91
4.2.3	相量图	91
4.3	电路基本定律的相量形式	92
4.3.1	相量运算规则	92
4.3.2	电路基本元件伏安关系的相量形式	94
4.3.3	电路定律的相量形式	98
4.4	正弦交流电路的相量法求解	100
4.4.1	RLC 的串联电路	100
4.4.2	阻抗的串联和并联	102
4.4.3	正弦稳态电路的相量分析	104
4.5	正弦交流电路的功率	107
4.5.1	瞬时功率	107
4.5.2	平均功率	107
4.5.3	无功功率	108
4.5.4	视在功率	108
4.5.5	功率因数的提高	110
4.6	交流电路的谐振	112
4.6.1	交流电路的频率特性	112
4.6.2	RLC 串联谐振电路	113
4.6.3	并联谐振电路	116
	练习与思考	119
第 5 章	三相电路	124
5.1	三相电源及其连接	124
5.1.1	对称三相电源	124
5.1.2	三相电源的连接方式	125
5.2	三相负载的连接方式	127
5.3	对称三相电路分析	129
5.3.1	对称星形连接三相电路	129

5.3.2 对称三角形连接三相电路	130
5.3.3 对称三相电路的计算	131
5.4 不对称三相电路分析	133
5.5 三相电路的功率	137
5.5.1 三相电路功率的计算	137
5.5.2 三相电路功率的测量	138
练习与思考	139
第6章 磁路与变压器	145
6.1 磁路	145
6.1.1 磁场的基本物理量	145
6.1.2 磁性材料的磁性能	146
6.2 磁路的分析方法	148
6.2.1 直流磁路	148
6.2.2 交流磁路	150
6.3 变压器	151
6.3.1 变压器的用途和基本结构	151
6.3.2 变压器的工作原理	152
6.3.3 变压器的工作特性	154
6.3.4 变压器的损耗与效率	155
6.3.5 变压器的额定参数	156
6.3.6 互感器	156
练习与思考	158
第7章 安全用电	159
7.1 电流对人体的危害	160
7.2 电流对人体伤害的分类	161
7.3 人体触电类型	162
7.3.1 直接接触触电	162
7.3.2 间接接触触电	163
7.4 防止人体触电的技术措施	163
7.4.1 保护接地和保护接零	163
7.4.2 安全电压	164
7.4.3 装设剩余电流保护器	165

7.5 电气装置防火 165

7.5.1 电气火灾的原因 165

7.5.2 防止电气火灾的措施 166

7.5.3 电气火灾的扑救 166

练习与思考..... 166

第1章 电路的基本概念和基本定律

【导读】

本章从电路模型入手,介绍电路的组成、基本物理量,组成电路的各种电路元件及其伏安特性等知识,并讨论电源的两种模型及其等效变换,阐述电路的基本定律——基尔霍夫定律。这些内容都是电路分析与计算的基础。

【基本要求】

- 理解电压、电流的参考方向的概念。
- 理解电阻、电感和电容元件的伏安特性。
- 理解基尔霍夫定律的内容,掌握用基尔霍夫定律分析与计算电路参数的方法。
- 理解电源的两种模型及其等效变换的条件。
- 熟悉电功率、电能以及受控源的概念。

1.1 电路与电路模型

1.1.1 电路

1. 电路的作用

电路是电流的通路,它是为完成某种预期目的由若干电工、电子器件或设备按一定的方式组合起来构成的。根据电路的作用,可将电路分为两类。一类用于实现电能的传输和转换,例如照明电路将电能由电源传输至照明灯,并转换为光能;动力电路将电能由电源传输至电动机,并转换为机械能。另一类用于实现电信号的传输、变换和处理,例如收音机电路通过天线接收载有声音信息的无线电波信号,然后选出所需要的信号,经过放大和处理,最后驱动扬声器将声音信号重现出来。

2. 电路的组成

不管是哪一类电路,都由电源、负载和中间环节三部分组成。

电源在电路中是提供电能或电信号的装置,如发电厂里的发电机,把热能、水能、核能等转换为电能;收音机电路中,天线接收电信号,相当于是电路的信号源。

负载在电路中是将电能转化为其他形式的能量或者是将处理过的信号传送出来的装置,例如灯泡将电能转变为光能,电动机将电能转变为机械能,收音机的扬声器将放大和处理后的电信号变成声音播放出来。

中间环节在电路中是将电源和负载连接起来的装置,如发电厂与用户之间的输电线路、变压器、控制开关等,又如收音机电路中对信号进行放大和处理的那部分装置。

在电路分析中,将电源或信号源的电压或电流称为激励,它推动电路工作,把在激励

的作用下电路各部分产生的电压和电流称为响应。

1.1.2 电路模型

由实际电路元件或器件组成的电路称为实际电路。诸如发电机、变压器、电池、电动机、电阻器、电感器、电容器、晶体管等都是实际电路元件。它们的电磁性质较为复杂，一个实际元件往往呈现多种物理性质，例如一个白炽灯，除了具有电阻性(消耗电能)外，当通过电流时会产生磁场，因而还具有电感性，但电感微小，可以忽略不计，因此只将白炽灯看成是电阻元件。

为了便于进行电路分析，常采用一些理想电路元件来表征实际元件的特性，称为实际元件的模型。理想电路元件主要有电阻元件、电感元件、电容元件和电源元件等。一个实际元件的性质可以用一个理想元件或几个理想元件的组合来表示。由一些理想电路元件所组成的电路，就是实际电路的电路模型，它是对实际电路电磁性质的科学抽象和概括。

图 1.1.1(a)和 1.1.1(b)所示分别是手电筒电路的实际电路和电路模型。

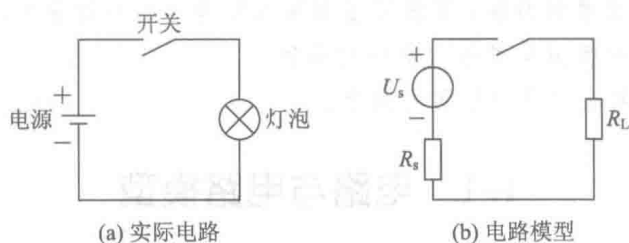


图 1.1.1 手电筒电路

1.2 电路的基本物理量

1.2.1 电流

1. 电流的概念

电流是由电荷的定向运动形成的。物理中规定电流的方向是正电荷运动的方向。

电流的大小等于单位时间内通过导体横截面的电荷量，即

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1.2.1)$$

式中， i 表示电流， q 表示电荷量， t 表示时间。大小和方向随时间周期性变化的电流，称为交流电流，用小写字母 i 表示。大小和方向不随时间变化的电流，称为直流电流，用大写字母 I 表示。

在国际单位制中，电流的单位是安[培]，符号为 A。常用的电流单位还有千安(kA)、毫安(mA)、微安(μ A)。

2. 电流的参考方向

在分析复杂电路时，电流的实际方向往往难以判断。特别是交流电流的方向是随时间变化的，无法标出它的实际方向。为此，引入“参考方向”这一概念。

参考方向是任意假定的一个方向，在电路中用箭头表示。如果分析电路时计算出来的电流是正值，表示参考方向与实际方向一致；如果计算出来的电流是负值，表示参考方向与实际方向相反，如图 1.2.1 所示。可见，有了参考方向后，电流就成为代数数量了，根据电流的正、负值可以确定电流的实际方向。

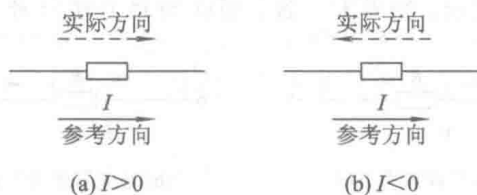


图 1.2.1 电流的参考方向与实际方向

1.2.2 电压

1. 电压的概念

电压用来描述电场力移动单位正电荷所需要的能量。电路中， a 、 b 两点之间的电压 u 定义为：电场力把单位正电荷由 a 点移动到 b 点所需要的能量，即

$$u = \frac{dW}{dq} \quad (1.2.2)$$

式中， u 表示电压， W 表示能量。由定义可知电压的方向是从正极性(高电位)端指向负极性(低电位)端。同前所述，交流电压用小写字母 u 表示，直流电压用大写字母 U 表示。

在国际单位制中，电压的单位是伏[特]，符号为 V。常用的电压单位还有千伏(kV)、毫伏(mV)、微伏(μ V)。

与电压相关的物理量还有电动势和电位，二者的单位与电压一样都是伏[特]。电动势用 E 表示，表征电源内部克服电场力做功的能力，电动势的方向是从负极性(低电位)端指向正极性(高电位)端，与电压方向相反。电位用 V 表示，电路中某一点的电位定义为该点相对于参考点的电压。关于电位的内容将在 1.6 节详述。

2. 电压的参考方向

电压的方向有三种表示方式：

- (1) 采用参考极性表示，如图 1.2.2(a)所示。
- (2) 采用箭头表示，如图 1.2.2(b)所示。
- (3) 采用双下标表示，如图 1.2.2(c)所示。 U_{AB} 表示参考方向是由 A 指向 B。

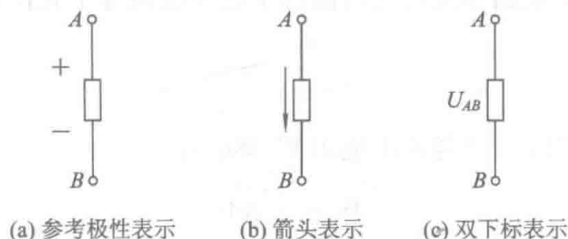


图 1.2.2 电压的参考方向

在规定了参考方向后,电压成为了代数量,如果分析电路时计算出来的电压是正值,表示参考方向与实际方向一致;反之,表示参考方向与实际方向相反。

3. 关联参考方向

在选取电压和电流的参考方向时,如果电压和电流的参考方向选取一致,则称为关联参考方向,如图 1.2.3(a)所示;如果不一致,则称为非关联参考方向,如图 1.2.3(b)所示。

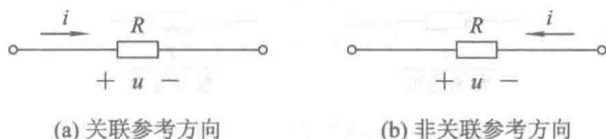


图 1.2.3 电压和电流的参考方向

1.2.3 电功率和电能

1. 电功率

电功率是指电气设备在单位时间内所消耗的电能,用 $p(P)$ 表示,简称功率。功率的计算公式为

$$p = \frac{dW}{dt} = \frac{dW}{dq} \frac{dq}{dt} = ui \quad (1.2.3)$$

直流时有

$$P = UI \quad (1.2.4)$$

在国际单位制中,功率的单位是瓦[特],符号为 W。常用的功率单位还有千瓦(kW)、毫瓦(mW)等。

式(1.2.3)和式(1.2.4)是在电压与电流的参考方向一致时的表达式。当电压与电流的参考方向不一致时,表达式应为

$$p = -ui \quad \text{或} \quad P = -UI \quad (1.2.5)$$

小贴士

不管电压与电流的参考方向是否一致,带入相应的功率计算公式后,如果计算结果为正值,表明元件实际吸收功率,在电路中起负载的作用;如果计算结果为负值,表明元件实际发出功率,在电路中起电源的作用。

根据能量守恒定律,电路中元件发出的功率之和应该等于元件吸收的功率之和,即整个电路的功率是平衡的。

2. 电能

电路元件在一段时间 t 内消耗的电能用 W 表示为

$$W = \int_0^t p dt \quad (1.2.6)$$

直流时有

$$W = Pt = UIt \quad (1.2.7)$$

在国际单位制中,电能的单位是焦[耳],符号为J。工程上电能的单位常用“度”表示,功率为1 kW的用电设备在1 h内消耗的电能为1度,即

$$1 \text{ 度} = 1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 1000 \text{ W} \times 3600 \text{ s} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$$

【例 1.2.1】 如图 1.2.4 所示是某电路中的一部分,已知 $U_1 = 6 \text{ V}$, $U_2 = 4 \text{ V}$, $I = -3 \text{ A}$ 。(1) 求元件 1、2 的功率,并说明它们是消耗功率还是发出功率,起电源作用还是起负载作用;(2) 求 A、B 端的总功率以及在 1 h 内消耗多少度电能。

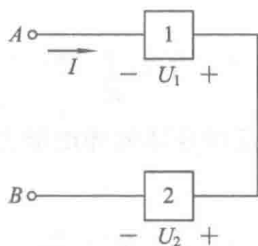


图 1.2.4 例 1.2.1 图

解:(1) 元件 1 的电压与电流参考方向不一致,故

$$P_1 = -U_1 I = -6 \text{ V} \times (-3 \text{ A}) = 18 \text{ W}$$

$P_1 > 0$, 元件 1 消耗功率,起负载作用。

元件 2 的电压与电流参考方向一致,故

$$P_2 = U_2 I = 4 \text{ V} \times (-3 \text{ A}) = -12 \text{ W}$$

$P_2 < 0$, 元件 2 发出功率,起电源作用。

(2) 总功率为

$$P = P_1 + P_2 = 18 - 12 \text{ W} = 6 \text{ W}$$

$$W = Pt = 6 \times 10^{-3} \text{ kW} \times 1 \text{ h} = 0.006 \text{ 度}$$

1.3 电阻、电感和电容元件

只含有一个电路参数的元件分别称为理想电阻元件、理想电感元件和理想电容元件,通常简称电阻元件、电感元件和电容元件,其图形符号分别如图 1.3.1(a)、(b)、(c)所示。

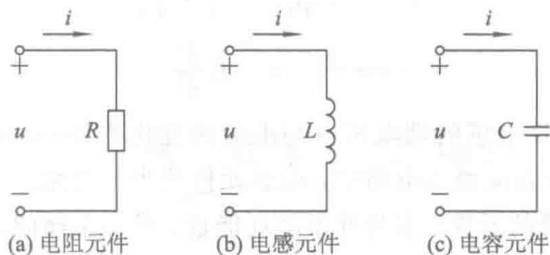


图 1.3.1 电阻、电感和电容元件

1.3.1 电阻元件

电阻元件上电压和电流之间的关系称为伏安特性。在 $u-i$ 平面上,如果电阻元件的伏

安特性曲线是一条通过坐标原点的直线,则称为线性电阻,否则称为非线性电阻。线性电阻的 u 、 i 之间的关系服从欧姆定律,当 u 、 i 的参考方向一致时,有

$$u = Ri \quad (1.3.1)$$

当 u 、 i 的参考方向不一致时,有

$$u = -Ri \quad (1.3.2)$$

式中, R 为元件的电阻,是一个与电压、电流无关的常数。国际单位制中电阻的单位为欧[姆](Ω)。电阻常用的单位还有千欧($k\Omega$)、兆欧($M\Omega$), $1 M\Omega = 10^3 k\Omega = 10^6 \Omega$ 。

电阻的倒数称为电导,即

$$G = \frac{1}{R} \quad (1.3.3)$$

电导的单位是西门子(S)。电导直接反映导体的导电能力,电导越大,导电能力越强。

电阻吸收的功率为

$$p = ui = Ri^2 = \frac{u^2}{R} \quad (1.3.4)$$

从 t_1 到 t_2 的时间内,电阻元件吸收的能量为

$$W = \int_{t_1}^{t_2} Ri^2 dt \quad (1.3.5)$$

电阻吸收的电能全部被转化为热能,这个能量转换的过程是不可逆的。因此,电阻是一个耗能元件。

1.3.2 电感元件

当电流 i 流过电感元件时,将会产生穿过线圈的磁通 Φ ,如果 Φ 与 i 之间是线性函数关系,则称为线性电感,否则称为非线性电感。若电感线圈共有 N 匝,则对于线性电感,有

$$N\Phi = Li \quad (1.3.6)$$

式中, L 为元件的电感,是一个与磁通、电流无关的常数。国际单位制中电感的单位为亨[利](H),常用的单位还有毫亨(mH)、微亨(μH)。

当流过电感元件的电流 i 随时间变化时,产生的自感电动势为 e_L ,元件两端就有电压 u 。若电感元件的 i 、 e_L 、 u 的参考方向如图 1.3.1(b)所规定,则

$$e_L = -\frac{d(N\Phi)}{dt} = -L \frac{di}{dt} \quad (1.3.7)$$

$$u = -e_L = L \frac{di}{dt} \quad (1.3.8)$$

式(1.3.8)表明,线性电感的端电压 u 与电流的变化率 di/dt 成正比。对于恒定电流,电感的端电压为零,故在直流稳态电路中,电感元件相当于短路。

电感是储存磁场能量的元件,本身并不消耗能量,是一个储能元件。当时间由 0 到 t_1 、流过电感的电流 i 由 0 变到 I 时,电感所储存的磁场能量为

$$W_L = \int_0^{t_1} ui dt = \int_0^I Li di = \frac{1}{2} LI^2 \quad (1.3.9)$$

式(1.3.9)表明,电感元件在某一时刻的储能只取决于该时刻的电流值,与之前的电流变化进程无关。

1.3.3 电容元件

当电压 u 加在电容元件两端时, 电容的极板上就会储存电荷[量] q , 如果 q 与 u 之间是线性函数关系, 则称为线性电容, 否则称为非线性电容。对于线性电容, 有

$$q=Cu \tag{1.3.10}$$

式中, C 为元件的电容, 是一个与电荷[量]、电压无关的常数。国际单位制中电容的单位为法[拉](F)。由于法拉的单位太大, 常采用微法(μF)、纳法(nF)或皮法(pF)表示, $1\text{ F}=10^6\ \mu\text{F}=10^9\ \text{nF}=10^{12}\ \text{pF}$ 。

当电容元件两端的电压 u 随时间变化时, 极板上储存的电荷[量]也随之变化, 连接极板的导线中就有电流 i 。若 u 、 i 的参考方向如图 1.3.1(c)所规定, 则

$$i=\frac{\text{d}q}{\text{d}t}=C\frac{\text{d}u}{\text{d}t} \tag{1.3.11}$$

式(1.3.11)表明, 线性电容的电流 i 与电压的变化率 $\text{d}u/\text{d}t$ 成正比。对于恒定电压, 电容的电流为零, 故在直流稳态电路中, 电容元件相当于开路。

电容是储存电场能量的元件, 本身并不消耗能量, 是一个储能元件。当时间由 0 到 t_1 、电容的端电压 u 由 0 变到 U 时, 电容所储存的电场能量为

$$W_C=\int_0^{t_1} ui\text{d}t=\int_0^U C u\text{d}u=\frac{1}{2}CU^2 \tag{1.3.12}$$

式(1.3.12)表明, 电容元件在某一时刻的储能只取决于该时刻的电压值, 与之前的电压变化进程无关。

在实际使用中, 若单个电阻器、电感器、电容器不能满足要求, 可将几个元件串联或并联起来使用。表 1.3.1 给出了 n 个同性质的元件串联或并联时参数的计算公式。

表 1.3.1 n 个元件串联或并联时参数的计算公式

连接方式	等效电阻	等效电感	等效电容
串 联	$R=R_1+R_2+\cdots+R_n$	$L=L_1+L_2+\cdots+L_n$	$\frac{1}{C}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\cdots+\frac{1}{C_n}$
并 联	$\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\cdots+\frac{1}{R_n}$	$\frac{1}{L}=\frac{1}{L_1}+\frac{1}{L_2}+\cdots+\frac{1}{L_n}$	$C=C_1+C_2+\cdots+C_n$

1.4 独立电源与受控电源

1.4.1 电压源

1. 理想电压源

理想电压源属于理想的电路元件, 它的端电压保持恒定值或是一定的时间函数, 与输出电流无关。例如电池是个实际电压源, 若它的内阻为零, 那么无论流过它的电流大小如