

 中国电子教育学会高教分会推荐
普通高等教育电子信息类“十三五”课改规划教材

电工电子学

ELECTRICAL ENGINEERING AND ELECTRONICS

主 编 王艳红

副主编 陈乐平 黄 琳 戴纯春



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

中国电子教育学会高教分会推荐
普通高等教育电子信息类“十三五”课改规划教材

电 工 电 子 学

主 编 王艳红
副主编 陈乐平 黄 琳 戴纯春

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书共分为4个模块:电路分析基础、电气控制技术、模拟电子技术和数字电子技术。具体内容包括电路的基本定律及基本分析方法、正弦交流电路、三相电路、电路的暂态分析、变压器、电动机、继电器接触器控制系统、可编程控制器、半导体二极管及直流稳压电源电路、半导体三极管及放大电路、集成运算放大器及其应用、电力电子技术、组合逻辑电路、时序逻辑电路、半导体存储器以及模拟信号与数字信号的转换等共16章。

本书每章都有教学内容与要求,可帮助读者了解该章的知识结构、要求和重点;书中注重理论与应用相结合,并提供了丰富的例题和习题。

本书可作为高等学校非电类专业学生的教科书,也可作为工程技术人员的自学参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子学/王艳红主编. —西安:西安电子科技大学出版社, 2015.8

普通高等教育电子信息类“十三五”课改规划教材

ISBN 978-7-5606-3843-0

I. ① 电… II. ① 王… III. ① 电工学—高等学校—教材 ② 电子学—高等学校—教材
IV. ① TM1 ② TN01

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 191278 号

策 划 毛红兵

责任编辑 张 玮 毛红兵

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 2013年8月第1版 2013年8月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 20.25

字 数 479千字

印 数 1~1500册

定 价 38.00元

ISBN 978-7-5606-3843-0/TM

XDUP 4135001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

前 言

“电工电子学”课程是高等学校非电类工科专业设置的一门重要专业基础课，其任务是使非电专业学生学习和掌握电工电子技术的基本理论和基本技能，并为相关的后续课程和今后从事专业技术工作打好基础。

根据高校培养学生的目标、任务、方法及模式新的要求，为适应教学改革和目前课堂教学学时压缩的需要，本书在编写时力求做到以下几点：

(1) 在保证概念、定理和分析方法正确的前提下，既注重内容全面、由浅入深，又注意全书结构清晰、重点突出，便于教与学。

(2) 本书在重点章节通过实例来讲述相关理论在实际中的应用，并针对现代技术特点，突出数字电子技术和集成电子技术；分析非电专业应用技术特点，将应用广泛的可编程控制器(PLC)技术安排在第2模块中，便于学生了解其功能和应用。

(3) 本书给出了丰富的例题，有的例题给出了不同的解法，有的例题引入了计算机辅助分析，以培养学生计算机辅助分析的能力；每章习题都结合了工程应用的实际问题，以提高学生分析和解决实际问题的能力。

本书是按照教育部高等学校电子电气基础课教学指导分委员会的《电子电气基础课程教学基本要求》编写的。全书分为四个模块：电路分析基础、电气控制技术、模拟电子技术和数字电子技术。具体内容包括电路的基本定律及基本分析方法、正弦交流电路、三相电路、电路的暂态分析、变压器、电动机、继电器接触器控制系统、可编程控制器、半导体二极管及直流稳压电源电路、半导体三极管及放大电路、集成运算放大器及其应用、电力电子技术、组合逻辑电路、时序逻辑电路、半导体存储器以及模拟信号与数字信号的转换等共16章。教师可以根据专业和课程学时的具体要求选择不同的模块与章节。

本书编写分工如下：王艳红编写第1模块电路分析基础(第1章~第4章)，陈乐平编写第2模块电气控制技术(第5章~第8章)，戴纯春和王艳红共同编写第3模块模拟电子技术(第9章~第12章)、黄琳编写第4模块数字电子技术(第13章~第16章)。全书由王艳红负责编写提纲和统稿。编写本书时，查阅和参考了众多文献和网上资料，也得到了许多老师的帮助，在此一并表示感谢。

由于编者的水平有限，书中的疏漏和不妥之处在所难免，恳请使用本书的师生和读者提出宝贵意见，以便修改。

编 者

2015年5月

目 录

第 1 模块 电路分析基础

第 1 章 电路的基本定律及基本分析方法	3
1.1 电路的基本概念和物理量	3
1.2 电路模型及电路理想元件	6
1.3 基尔霍夫定律	12
1.4 支路电流法	14
1.5 叠加定理	16
1.6 戴维南定理和最大功率传输定理	18
1.7 应用举例	20
1.8 小结	21
习题 1	23
第 2 章 正弦交流电路	28
2.1 正弦交流电的基本概念	28
2.2 正弦交流电的相量表示法	31
2.3 单一参数的正弦交流电路	33
2.4 正弦交流电路的分析	40
2.5 正弦交流电路的功率	46
2.6 电路的谐振	52
2.7 小结	55
习题 2	57
第 3 章 三相电路	63
3.1 三相电源	63
3.2 负载星形连接的三相电路	66
3.3 负载三角形连接的三相电路	69
3.4 三相电路的功率	71
3.5 安全用电	73
3.6 小结	75
习题 3	76
第 4 章 电路的暂态分析	79
4.1 换路定则和初始值的计算	79
4.2 RC 电路暂态响应	81
4.3 RL 电路暂态响应	83
4.4 暂态电路的应用	85
4.5 小结	87
习题 4	88

第2模块 电气控制技术

第5章 变压器	93
5.1 磁路	93
5.2 变压器	96
5.3 特殊变压器	102
5.4 小结	104
习题5	105
第6章 电动机	108
6.1 三相异步电动机的结构和工作原理	108
6.2 三相异步电动机的铭牌数据	114
6.3 三相异步电动机的使用	116
6.4 单相异步电动机	120
6.5 步进电动机	121
6.6 小结	123
习题6	123
第7章 继电器接触器控制系统	126
7.1 常用低压电器	126
7.2 三相鼠笼异步电动机的基本控制电路	131
7.3 行程控制	137
7.4 时间控制	138
7.5 两地控制线路	140
7.6 小结	141
习题7	142
第8章 可编程控制器	145
8.1 可编程控制器概述	145
8.2 可编程控制器的基本结构和工作原理	147
8.3 可编程控制器的常用编程语言	151
8.4 可编程控制器的应用举例	156
8.5 小结	158
习题8	159

第3模块 模拟电子技术

第9章 半导体二极管及直流稳压电源电路	163
9.1 PN结和半导体二极管	163
9.2 直流稳压电源	166
9.3 小结	175
习题9	176

第 10 章 半导体三极管及放大电路	179
10.1 半导体三极管	179
10.2 基本放大电路的组成及分析	182
10.3 放大电路的类型及特点	188
10.4 应用举例	191
10.5 小结	193
习题 10	194
第 11 章 集成运算放大器及其应用	196
11.1 集成运算放大器基础	196
11.2 具有负反馈的集成运算放大电路	197
11.3 基本运算电路	200
11.4 基本信号处理电路	204
11.5 应用举例	208
11.6 小结	210
习题 11	211
第 12 章 电力电子技术	214
12.1 晶闸管	214
12.2 可控整流电路	216
12.3 交流调压电路	218
12.4 逆变电路	219
12.5 应用举例	219
12.6 小结	220
习题 12	221

第 4 模块 数字电子技术

第 13 章 组合逻辑电路	225
13.1 数字电路的基础知识	225
13.2 门电路	225
13.3 组合逻辑电路分析与设计	233
13.4 加法器	236
13.5 编码器	237
13.6 译码器	240
13.7 组合逻辑电路的应用举例	244
13.8 小结	245
习题 13	247
第 14 章 时序逻辑电路	251
14.1 双稳态触发器	251
14.2 时序逻辑电路	260
14.3 寄存器	265
14.4 计数器	268

14.5	555 集成定时器	273
14.6	时序逻辑电路的应用举例	275
14.7	小结	277
习题 14		279
第 15 章	半导体存储器	283
15.1	半导体存储器概述	283
15.2	只读存储器(ROM)	284
15.3	随机存取存储器(RAM)	288
15.4	可编程逻辑阵列	290
15.5	小结	292
习题 15		293
第 16 章	模拟信号与数字信号的转换	295
16.1	D/A 转换器	295
16.2	A/D 转换器	297
16.3	小结	301
习题 16		301
部分习题答案		303
参考文献		315

第 1 模块

电路分析基础

第1章 电路的基本定律及基本分析方法

教学内容与要求:本章介绍电路模型和电路的基本变量(电流、电压和功率)。基尔霍夫定律是分析电路的基本定律。要求掌握电路分析的支路电流法、叠加定理及戴维南定理。这些方法及定理不仅适用于直流电路,扩展后也适用于交流电路,因此要求能熟练运用基尔霍夫定律、电路分析的方法及定理求解电路中待求的各个变量。

1.1 电路的基本概念和物理量

电路分析的任务是对给定的电路确定其电性能,而电路的电性能通常可以通过一组物理量来描述,最常用的便是电流、电压和功率。

1.1.1 电路组成

电路(electric circuit)是电子元器件按一定方式连接构成的电流通路。有的电路十分庞大,如电力系统及通信系统等;有的电路只有几平方毫米,如集成电路芯片。图1.1为简单的手电筒电路。电路中,电池用来提供电能,简称电源(electric source);小灯泡将电能转变为光能,称为负载(load);导线用来连接电源与负载;开关是控制元件,用来控制电路的接通与断开。

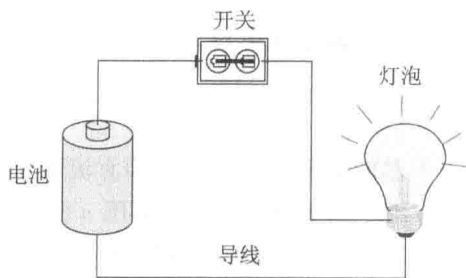


图1.1 手电筒电路

电路按其作用和功能可分为两大类:一类是进行能量产生、传输、转换的电路,如电力系统;另一类是实现信号传递与处理的电路,如通信系统和各种信息处理系统。

1.1.2 电路的基本物理量

1. 电流及其参考方向

电路中带电粒子的定向运动形成电流。一般把单位时间内通过导体横截面的电量定义为电流(electric current),用符号 $i(t)$ 表示,即

$$i(t) = \frac{dq}{dt} \quad (1.1)$$

习惯上把正电荷运动的方向规定为电流的方向。电流的单位为安[培],符号为 A。

如果电流的大小和方向都不随时间变化,这种电流称为恒定电流,或称直流电流(direct current,简写作dc或DC),一般用大写字母 I 表示。随时间变化的电流称为交流电流(alternating current,简写作ac或AC),常用英文小写字母 i 表示。

电流是一个有方向的物理量,但是对给定的电路进行分析计算时,常常需要预先假设一个电流方向。这个预先假设的电流方向叫做参考方向(reference direction),参考方向是在电路图中用箭头任意标定的电流方向,如图1.2所示。

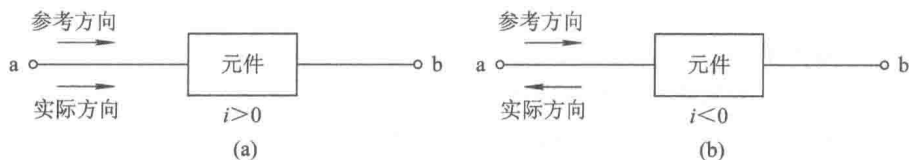


图 1.2 电流的参考方向

电流的参考方向可以任意选定,但一经选定,就不再改变。经过计算,若求得 $i > 0$,则表示电流的实际方向和参考方向一致;若 $i < 0$,则表示电流的实际方向和参考方向相反。

如图1.2(a)所示,当 $i = 5\text{ A}$ 时,表示电流的实际方向和参考方向都是从 $a \xrightarrow{\text{流向}} b$;当 $i = -5\text{ A}$ 时,表示电流的实际方向从 $b \xrightarrow{\text{流向}} a$,如图1.2(b)所示。

在进行电路分析时,必须先标出电流的参考方向,方能正确进行方程的列写和求解,题目中给出的电流方向均是参考方向。只有规定了参考方向,电流的正负才有意义。

2. 电压及其参考方向

电压用来描述电场力对电荷所做的功,定义为电压(voltage),即

$$u = \frac{d\tau w}{dq} \quad (1.2)$$

不随时间变化的电压称为直流电压,用大写字母 U 表示。交流电压是随时间变化的电压,常用小写字母 u 表示。电压 u 的单位是伏特,简称伏(V)。

如同电流标定参考方向一样,在进行电路分析时首先需对电压预先标定参考方向(也称为参考极性),如图1.3所示,电压的参考方向是在元件或电路的两端用“+”、“-”符号来表示。“+”号表示高电位,“-”号表示低电位。

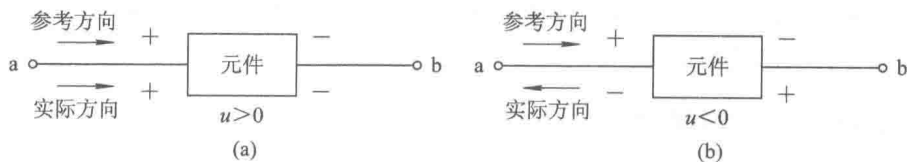


图 1.3 电压的参考方向

电压的参考方向可以任意选定,但一经选定,就不再改变。经过计算,若求得 $u > 0$,则表示电压的实际方向和参考方向一致;若 $u < 0$,则表示电压的实际方向和参考方向相反。另外还可以用双下标表示,例如, u_{ab} 表示 a 、 b 两点间电压的参考方向是从 a 指向 b 的(a 点为高电位, b 点为低电位)。

为了便于分析,常在电路中选某一点为参考点,把任一点到参考点的电压称为该点的

电位(potential), 参考点的电位一般选为零, 所以, 参考点也称为零电位点。

电位用 v 或 V 表示, 单位与电压相同, 也是 V(伏)。

已知 $V_a = 30\text{ V}$, $V_b = 5\text{ V}$, 则有 $U_{ab} = V_a - V_b = 30 - 5 = 25\text{ V}$, 两点之间的电压就是 a、b 两点之间的电位差。

3. 关联参考方向

在以后的电路分析中, 完全不必先考虑各电流、电压的实际方向究竟如何, 而应首先在电路中标定它们的参考方向, 然后按参考方向进行计算, 由计算结果的正负值与标定的参考方向来确定它们的实际方向, 图中不需标出实际方向。参考方向可以任意选定, 在图中相应位置标注(包括方向和符号), 但一经选定, 在分析电路的过程中就不再改变。

为了分析电路方便, 常将电压和电流的参考方向选得一致, 称其为关联参考方向。

关联参考方向(associated reference direction): 如果指定流过元件电流的参考方向是从标以电压“+”极流向“-”极性的一端, 即两者的参考方向一致, 称电压、电流的这种参考方向为关联参考方向; 否则称为非关联参考方向。如图 1.4(a)所示为关联参考方向, 图 1.4(b)所示为非关联参考方向。

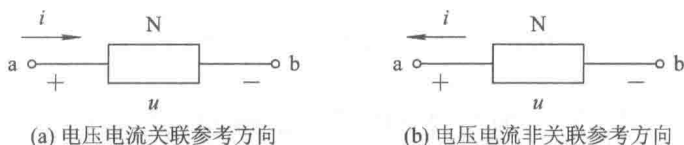


图 1.4 电压电流的关联参考方向与非关联参考方向

4. 功率与能量

电场力在单位时间内移动正电荷所做的功称为电功率, 简称功率(power), 功率的国际单位是瓦[特](W)。

如果电路元件的电压 u 和电流 i 取关联参考方向, 如图 1.4(a)所示, 电路消耗的功率为

$$p(t) = u(t)i(t) \quad (1.3)$$

如果电路元件的 u 和 i 取非关联参考方向, 如图 1.4(b)所示, 可将电压或电流视为关联参考方向的负值, 此时功率计算公式应该写为

$$p(t) = -u(t)i(t) \quad (1.4)$$

根据电压和电流是否为关联参考方向, 可以相应选用式(1.3)或式(1.4)计算功率 p :

(1) 若 $p > 0$, 则表示电路 N 确实消耗(吸收)功率, 起负载作用。

(2) 若 $p < 0$, 则表示电路 N 吸收的功率为负值, 实质上它提供(或发出)功率, 起电源作用。

从 t_0 到 t 的时间内, 元件吸收(或提供)的电能用 W 表示为

$$W = \int_{t_0}^t p \, dt = \int_{t_0}^t ui \, dt \quad (1.5)$$

单位: 焦[耳], 简称焦(J)。实用中常用千瓦小时($\text{kW} \cdot \text{h}$)(俗称度)作电能单位。

$$1 \text{ 度} = 1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 10^3 \text{ W} \times 3600 \text{ s} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$$

[例 1.1] 电路如图 1.5 所示, 方框代表电源或电阻, 各电压、电流的参考方向均已设

定。已知 $I_1=6\text{ A}$ 、 $I_3=5\text{ A}$ 、 $I_4=1\text{ A}$ ， $U_1=40\text{ V}$ 、 $U_2=30\text{ V}$ 、 $U_3=10\text{ V}$ 、 $U_4=-10\text{ V}$ 。(1) 判断各元件电压、电流的参考方向是否为关联参考方向；(2) 计算各元件消耗或向外提供的功率，判断哪个元件起电源作用，并验证是否满足功率守恒。

[解] (1) 从图 1.5 可知，元件 1、元件 4 的电压、电流参考方向为非关联参考方向，元件 2、元件 3 的电压与电流参考方向为关联参考方向。

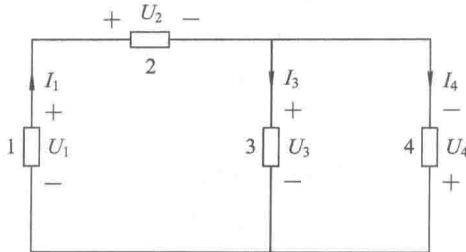


图 1.5 例 1.1 电路图

(2) 计算各元件的功率。

元件 1: $P_1 = -U_1 I_1 = -40 \times 6\text{ W} = -240\text{ W} < 0$ (提供功率，起电源作用)

元件 2: $P_2 = U_2 I_2 = 30 \times 6\text{ W} = 180\text{ W} > 0$ (消耗功率，为负载)

元件 3: $P_3 = U_3 I_3 = 10 \times 5\text{ W} = 50\text{ W} > 0$ (消耗功率，为负载)

元件 4: $P_4 = -U_4 I_4 = -(-10) \times 1\text{ W} = 10\text{ W} > 0$ (消耗功率，为负载)

元件 1 提供功率，起电源作用。

功率的和: $P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = 0$

也可以求得提供功率之和等于消耗的功率之和，满足功率守恒。

1.2 电路模型及电路理想元件

电路中的电源、负载等器件都是电路元件。在电路中能提供电能的元件(如电池等)称为电源元件；不能提供电能的元件称为无源元件。理想电路元件主要有：理想电压源、理想电流源；理想电阻、理想电容、理想电感等。

1.2.1 电路模型

用理想电路元件构成的电路叫做电路模型(circuit model)。

理想元件就是对实际元件的抽象和理想化。例如，电灯、电炉等器件通常用电阻元件来表征。实际电源有内阻，理想电源没有内阻。

图 1.6 是手电筒的电路模型图，图中 U_s 是一个电压源，代替电池； R 是理想电阻元件，只消耗电能，代替灯泡； S 是开关元件；连接三个元件的细实线是理想导线，起着传输电能的作用。

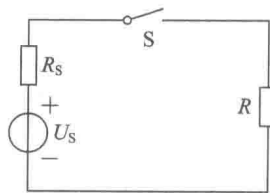


图 1.6 手电筒的电路模型

电路模型就是用抽象的理想元件及其组合近似地替代实际器件，从而构成了与实际电路相对应的电路模型，有利于电路的分析与计算。

理想电路元件不完全等同于电路器件，而一个电路器件在不同条件下的电路模型也可能不同。例如电炉主要是将电能转变为热能，一般用电阻元件表示；但若电路电源频率增大，则电路内的电阻丝产生的磁场能量就不能忽略，其模型就不能只用一个电阻元件表示，还需要包含电感。

1.2.2 理想电压源

理想电压源是从实际电源抽象出来的一种电路模型，是有源元件。

若一个二端元件接到任何电路后，该元件两端电压总能保持给定的时间函数 $u_s(t)$ ，与通过它的电流大小无关，则此二端元件称为理想电压源（亦称独立电压源），简称为电压源（voltage source）。图 1.7 为电压源的符号，图 1.7(a) 表示电压源的一般符号，+、- 号表示电压源电压的参考极性， u_s 为电压源的端电压值，可以用其表示交流电压源或直流电压源，表示直流电压源时 $u_s = U_s$ ；也常用图 1.7(b) 来表示直流电压源。

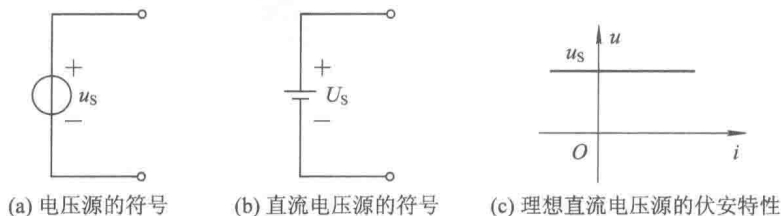


图 1.7 理想电压源的符号

电路图 1.7(c) 为理想直流电压源的伏安特性图 (VCR)，直流电压源的伏安特性为平行于电流轴的直线。电压源的电压是由它本身决定的，流过它的电流则是任意的，由电压源与外电路共同决定。因为理想电压源的电压与外电路无关，所以与电压源并联的电路，其两端的电压等于理想电压源的电压。

1.2.3 理想电流源

理想电流源也是从实际电源抽象出来的另一种电路模型，是有源元件。

如果一个二端元件的输出电流总能保持给定的电流，与该元件两端电压无关，则称此二端元件为理想电流源，简称为电流源（current source），也称独立电流源。其图形符号如图 1.8(a) 所示，图中箭头表示电流源电流的参考方向。

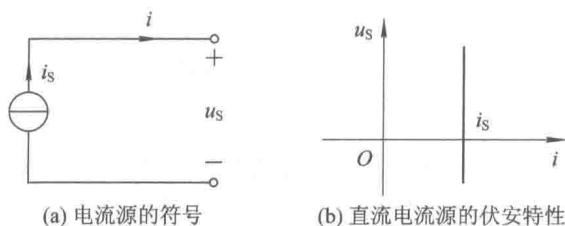


图 1.8 电流源的图形符号及 (伏安) 特性

当 i_s 为恒定值时，也称为直流电流源 I_s ，其电流源的伏安特性如图 1.8(b) 所示。电流源的电流是由它本身决定的，电压则任意，电流源的端电压是由电流源与外电路共同决定的。因为理想电流源的电流与外电路无关，所以与电流源串联的电路，其电流等于理想电流源的电流。

1.2.4 电阻元件

1. 电阻元件伏安关系

电路最常用的元件是二端电阻元件，电阻元件 (resistor) 是电能耗能的理想元件。电阻

分为线性和非线性电阻，这里讨论理想线性电阻。

电压的单位是伏(V)，电流的单位是安(A)，电阻元件的电压电流关系称为伏安特性或伏安关系(Voltage Current Relation, VCR)。

当电阻的 VCR 在任意时刻都是通过 $u-i$ 平面坐标原点的一条直线，如图 1.9 所示，则称该电阻为线性时不变电阻元件。其电阻值为常量，用 R 表示，单位为欧姆，简称“欧”，符号为 Ω 。

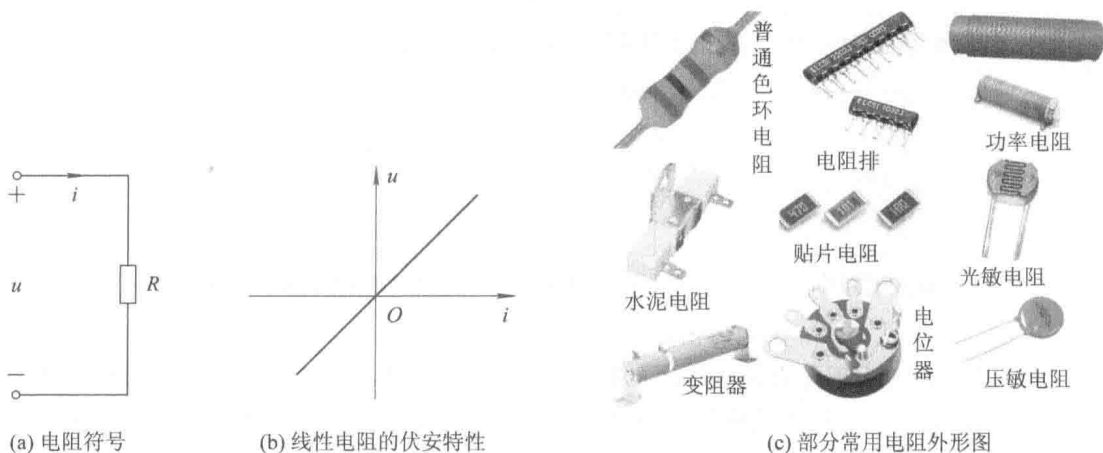


图 1.9 电阻元件

线性电阻的电压电流关系满足欧姆定律：

$$u = Ri \quad (u \text{ 和 } i \text{ 为关联参考方向}) \quad (1.6)$$

$$u = -Ri \quad (u \text{ 和 } i \text{ 为非关联参考方向}) \quad (1.7)$$

式中， u 为电阻两端电压， i 为流过电阻的电流。

电导(G)：电阻的倒数定义为电导(conductance)，以符号 G 表示，即

$$G = \frac{1}{R} \quad (1.8)$$

电导的 SI(国际)单位为西[门子](S)，用电导表征电阻时，欧姆定律为： $i(t) = \pm Gu(t)$ 。

2. 电阻元件的功率

当线性电阻元件的电压和电流为关联参考方向时，其消耗的功率为

$$p = ui = i^2 R = \frac{u^2}{R} \quad (1.9)$$

显然，若 $R \geq 0$ ，则 $p \geq 0$ ，即电阻为耗能元件，也是无源元件(passive element)。

额定值(rated value)就是为了保证安全，制造厂家所给出的电压、电流或功率的限制数值。例如，一只灯泡上标明 220 V、40 W，如果所接电压超过 220 V，灯泡消耗功率大于 40 W，就有可能将灯泡烧坏(不安全)。电气设备额定值通常在铭牌上标出，也可以在产品目录中找到，使用时必须遵守规定。如果过载时间过长，不仅会大大缩短电源或电气设备的使用寿命，严重时还会导致火灾事故等，在实际电路中，要注意防止过载情况发生。

[例 1.2] 求一只额定功率为 100 W、额定电压为 220 V 的灯泡的额定电流及电阻值，若每天使用 4 小时，则每月(30 天)用电多少？

$$[\text{解}] \quad P = UI = \frac{U^2}{R}$$

得

$$I = \frac{P}{U} = \frac{100}{220} \text{ A} = 0.455 \text{ A} \quad R = \frac{U^2}{P} = \frac{220^2}{100} \Omega = 484 \Omega$$

$$W = Pt = 100 \times 10^{-3} \times (4 \times 30) = 12 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

1.2.5 电容元件

1. 电容元件伏安关系

电容器是用来表征电路中电场能储存性质的理想元件。理想线性电容元件的特性是它所储存电荷 q 同它的端电压 u 成正比。这里设 u 和 q 为关联参考方向，有

$$q = Cu \quad (1.10)$$

式中： C 为电容元件的参数，简称**电容 (capacitance)**，其图形符号如图 1.10(a) 所示。在国际单位制中， C 的单位为法拉(简称为法，符号为 F)，工程上多用微法(μF)或皮法(pF)。

理想线性电容的库伏特性，可用 $u-q$ 平面上直角坐标系中一条通过原点的直线来表示，如图 1.10(b) 所示。图 1.10(c) 是常用部分电容器的图片。

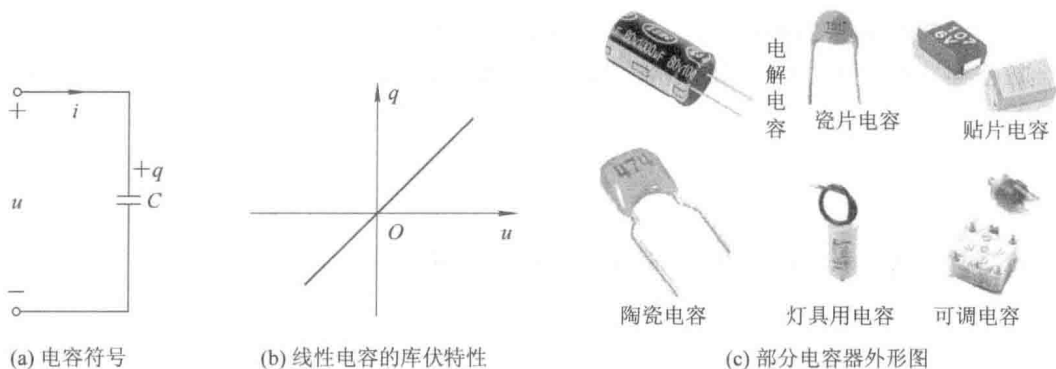


图 1.10 电容元件

当电容上的电荷量 q 或电压 u 发生变化时，在电路中将引起电流的流过。

由 $i(t) = \frac{dq}{dt}$ 及 $q = Cu$ 可推得

$$i(t) = \frac{dCu}{dt} = C \frac{du}{dt} \quad (1.11)$$

式(1.11)是电容的伏安关系(VCR)，它是在电容元件的电压 u 和电流 i 的参考方向相关联情况下的表达式，若 u 和 i 的参考方向为非关联参考方向，则要加上负号。

式(1.11)表明：某一时刻电容的电流正比于该时刻电容与电压的变化率。如果电容两端加直流电压，那么 du/dt 为零，虽有电压，但电流为零，电容相当于开路。因此，电容有**隔断直流**的作用。电容电压变化越快，即 du/dt 越大，则电流也就越大。

将式(1.11)两边积分，可得电容上的电压与电流的关系式，即

$$u(t) = \frac{1}{C} \int_{-\infty}^t i(\xi) d\xi = \frac{1}{C} \int_{-\infty}^0 i(\xi) d\xi + \frac{1}{C} \int_0^t i(\xi) d\xi = u_0 + \frac{1}{C} \int_0^t i(\xi) d\xi \quad (1.12)$$