



21世纪高职高专规划教材

- 借鉴国外高职教材的先进教学模式，顺应现代职业教育制度的改革趋势
- 以能力为主、应用为本的职业导向的内容体系
- 基于岗位技能，面向操作过程的编写思路
- 应用类课程与国家职业认证挂钩

DIANGONG DIANZI
JISHU

电工电子 技术

主 编 王 琳 程立新 郑春华

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

21 世纪高职高专规划教材

电工电子技术

主编 王 琳 程立新 郑春华

 **北京理工大学出版社**

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书主要内容有：直流电路、线性电路的暂态分析、正弦交流电路、三相交流电路、半导体的基础知识、集成运算放大器的应用、直流电源、数字电路基础、组合逻辑电路、时序逻辑电路等。

本书内容简明，文字叙述详细，阐述严谨，例题、习题丰富。可作为高等职业技术学校非电类专业“电工与电子技术”课程的教材，也可作为职工大学的培训教材，或工程技术人员作为参考书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

电工电子技术/王琳, 程立新, 郑春华主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2007. 7

ISBN 978 - 7 - 5640 - 1132 - 1

I. 电… II. ①王… ②程… ③郑… III. ①电工技术 - 高等学校 - 教材 ②电子技术 - 高等学校 - 教材 IV. TM TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 100266 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 / 16

字 数 / 325 千字

版 次 / 2007 年 7 月第 1 版 2007 年 7 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 4000 册

定 价 / 24.00 元

责任校对 / 张 宏

责任印制 / 周瑞红

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

前 言

为了进一步加强电工与电子技术教学工作,适应高职高专的课程体系与教学内容的改革,及时反映电工与电子教学的成果,我们结合高职高专的教学特点,编写了本教材。

本书在编写中力求体现以下特点:1. 体例新颖。每章开头有内容提要,每章之后有“本章小结”,提纲挈领,便于学生掌握知识线索与精华;本书配备了较典型的例题和较丰富的习题,便于学生理论联系实际,在应用中深入理解与掌握理论知识。2. 内容充实。全书选材合理,在内容的编排上注意由浅入深,循序渐进,涵盖的知识点较多,注重理论与实际相结合。3. 结合实践。本书的内容与实际紧密结合,突出实用性和实践性,注重学生基本能力的培养。4. 易学易懂。本书避开了繁杂的数理推导,对高职学生来说是降低了学习的难度,整个教学内容贯穿了教、学、练相结合的思想。5. 行文简洁。本书体系完整、叙述简洁、逻辑合理,在对基本理论的阐述上做到概念条理清晰、明了,突出了知识主线和重点,贯彻了少而精的原则。

本书由王琳、程立新、郑春华主编,汪励担任副主编,由陶国正主审。参加编写工作的有:王琳(第2章、第6章),程立新(第1章),郑春华(第4章、第8章),汪励(第3章、第7章),张慧敏(第5章),金建平(第9章),全书由王琳统稿。在编写、整理和定稿过程中,得到了许多同行的帮助,在此谨向所有为本书编审、出版给予支持和帮助的同志表示诚挚的感谢。限于编者水平,书中不妥之处请广大师生和读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 直流电路	(1)
1.1 电路的基本概念	(1)
1.2 电路的基本物理量	(2)
1.3 电路的基本元件	(7)
1.4 电路的工作状态	(17)
1.5 基尔霍夫定律	(18)
1.6 电路的基本分析方法	(22)
本章小结	(34)
习题一	(36)
第 2 章 线性电路的暂态过程	(41)
2.1 换路定律及电路初始条件的确定	(41)
2.2 一阶电路的零输入响应	(44)
2.3 一阶电路的零状态响应	(49)
2.4 三要素法	(53)
本章小结	(55)
习题二	(56)
第 3 章 正弦交流电路	(59)
3.1 正弦交流电的基本概念	(59)
3.2 正弦量的相量表示法	(62)
3.3 单一参数的正弦交流电路	(65)
3.4 RLC 串联电路	(70)
3.5 功率因数的提高	(75)
本章小结	(76)
习题三	(77)

第4章 三相交流电路及其应用	(79)
4.1 三相电源	(79)
4.2 三相电路分析	(83)
4.3 三相电路的功率	(89)
4.4 发电、输电及工业企业配电	(91)
4.5 安全用电	(94)
本章小结	(98)
习题四	(101)
第5章 放大器基础	(105)
5.1 半导体二极管及其模型	(105)
5.2 半导体三极管及其模型	(109)
5.3 放大电路的基本知识	(114)
5.4 放大电路的三种基本组态	(119)
5.5 工程实用放大电路的构成原理及特点	(125)
5.6 场效应管放大电路	(130)
本章小结	(135)
习题五	(136)
第6章 集成运算放大器及其应用	(139)
6.1 集成运算放大器简介	(139)
6.2 放大电路中的负反馈	(143)
6.3 集成运算放大器的应用	(147)
6.4 用集成运放构成振荡电路	(153)
6.5 使用运算放大器应注意的几个问题	(155)
本章小结	(156)
习题六	(157)
第7章 直流稳压电源	(161)
7.1 整流电路	(161)
7.2 滤波电路	(166)
7.3 直流稳压电路	(169)
本章小结	(173)
习题七	(173)

第 8 章 门电路和组合逻辑电路	(175)
8.1 逻辑代数基础知识	(175)
8.2 基本逻辑门电路	(184)
8.3 组合逻辑电路的分析与设计	(195)
8.4 常用组合逻辑器件	(199)
本章小结	(210)
习题八	(211)
第 9 章 触发器和时序逻辑电路	(214)
9.1 触发器	(214)
9.2 计数器	(221)
9.3 寄存器	(225)
9.4 脉冲单元电路	(228)
本章小结	(236)
习题九	(237)
参考答案	(239)
参考文献	(245)

第 1 章 直流电路

◆ 本章提要

本章主要介绍电路模型的概念，电路的基本物理量—电压、电流参考方向的概念，吸收、输出功率的表示与计算方法，电阻、电感、电容、电压源、电流源等电路基本元件的约束关系，元件相互连接的约束关系——基尔霍夫定律，还将介绍电路的基本分析方法及基本定理——等效变换、支路电流法、叠加定理、戴维南定理。

1.1 电路的基本概念

1.1.1 电路的组成与功能

日常生活和工作中，人们会遇到各种各样的电路。如照明电路，收音机中选取所需电台的调谐电路、电视机中的放大电路以及生产和科研中各种专门用途的电路等。电路是由电气设备和元器件按一定方式连接起来的整体，它提供电流流通的路径。图 1-1 所示的是一个最简单的实际电路——手电筒电路，它由电池、灯泡、开关及连接导线组成。电源（如电池）、负载（如灯泡）、导线和控制设备（如开关及连接导线）是电路的基本组成部分。

随着电流的流动，电路中进行着不同形式能量之间的转换。

电源是对外提供电能的装置，它将其他形式的能量转换成电能。例如，干电池和蓄电池将化学能转换成电能，发电机将热能、水能、风能、原子能等转换成电能。电源是电路中能量的来源，是推动电流运动的源泉，在它的内部进行着由非电能到电能的转换。

负载是取用电能的装置，它把电能转换为其他形式的能量。例如，白炽灯将电能转换成光能，电动机将电能转换为机械能，电炉将电能转换为热能等。

导线和控制设备用来连接电源和负载，为电流提供通路，起传递和控制电能的作用，并根据负载需要接通和断开电路。

电路的功能和作用一般有两类。第一类功能是进行能量的传输、转换和分配。电力系统

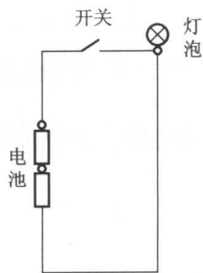


图 1-1 实际电路



电路就是一个典型的例子：电力机组将其他形式的能量转换成电能，经输电线、变压器传输到各用电部门，在用电部门又把电能转换成光能、热能、机械能等其他形式的能量而加以利用。在这类电路中，一般要求在传输和转换过程中尽可能地减少能量损耗以提高效率。第二类功能是进行信号的传递与处理（如音乐、图像、文字、温度、压力等）。例如，功率放大器的输入是由麦克风将声音转换而成的电信号，通过晶体管组成的放大电路，输出至音箱的便是放大的电信号，从而实现了放大功能；电视机可将接收到的信号，经过处理、转换，输出图像和声音。对于这一类电路，虽然也有能量的传输和转换问题，但人们更关心的是信号传递的质量，如要求快速、准确、不失真等。

1.1.2 电路模型

实际的电路器件在工作时的电磁性质是比较复杂的。例如白炽灯、电阻炉，它在通电工作时能把电能转换成热能，消耗电能，具有电阻的性质，但其电压和电流还会产生电场和磁场，故也具有储存电场能量和磁场能量即电容和电感的性质。

在进行电路的分析和计算中，如果要考虑一个器件所有的电磁性质，将是十分困难的。为此，对于组成实际电路的各种器件，我们忽略其次要因素，只抓住其主要电磁特性，把工程实际中的各种设备和电路元件用有限的几个理想化的电路元件来表示。例如，白炽灯可用

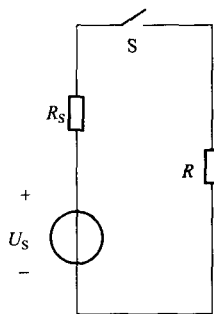


图 1-2 电路模型

只具有消耗电能的特性而没有电场和磁场特性的理想电阻元件来近似表征。这种由一个或几个具有单一电磁特性的理想电路元件所组成的电路就是实际电路的电路模型，图 1-2 即为图 1-1 的电路模型。

用特定的符号表示实际电路元件而连接成的图形叫做电路图。我们在进行理论分析时所指的电路就是这种电路模型。这种替代会带来一定的误差，但在一定的条件下可以忽略这一微小的误差，待研究清楚基本规律后，在遇到实际工程问题中需要更精密地做研究时，再考虑由于这种替代所带来的误差。

电路元件通常包括电阻元件、电感元件、电容元件、理想电压源和理想电流源。前三种元件均不产生能量，称为无源元件；后两种元件是电路中提供能量的元件，称为有源元件。

1.2 电路的基本物理量

在电路理论中分析和研究的物理量很多，但主要是电流、电压和电功率，其中电流、电压是电路中的基本物理量。



1.2.1 电流

在物理中已经讲述过，电荷的定向移动形成电流。电流的实际方向一般是指正电荷运动的方向。电流的大小通常用电流强度来表示，电流强度指单位时间内通过导体横截面的电荷量。电流强度习惯上简称为电流。

电流主要分为两类：一类为恒定电流，其大小和方向均不随时间而变化，简称为直流，常简写作 dc 或 DC，其强度用符号 I 表示。另一类为交流电流，其大小和方向均随时间而变化，其强度用符号 i 表示，常简写作 ac 或 AC。

对于直流电流，单位时间内通过导体横截面的电荷量是恒定不变的，其电流强度为

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

对于交流电流，若假设在一很小的时间间隔 dt 内，通过导体横截面的电荷量为 dq ，则该瞬间电流强度为

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-2)$$

电流的单位是安培，SI 符号为 A。它表示 1 秒 (s) 内通过导体横截面的电荷量为 1 库仑 (C)。有时也会用到千安 (kA)、毫安 (mA) 或微安 (μA) 等，其关系如下

$$1 \text{ kA} = 10^3 \text{ A}, \quad 1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}, \quad 1 \mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A}$$

在分析比较复杂的电路时，某一段电路中电流的实际方向很难立即判断出来，有时电流的实际方向还会不断改变，因此在电路中很难标明电流的实际方向。为了分析方便，我们引入电流的“参考方向”这一概念。

在一段电路或一个电路元件中，事先任意假设的一个电流方向称为电流的参考方向。电流的参考方向可以任意假设，但电流的实际方向是客观存在的，因此，所假设的电流参考方向并不一定就是电流的实际方向。本书中用实线箭头表示电流的参考方向，用虚线箭头表示电流的实际方向。电流的参考方向与实际方向如图 1-3 所示。

当 $i > 0$ 时，电流的实际方向与假设的参考方向一致；当 $i < 0$ 时，电流的实际方向与假设的参考方向相反。

当然，电流的参考方向也可以用双下标表示，如 i_{ab} 表示其参考方向由 a 指向 b 。

电流的实际方向是客观存在的，它不因

其参考方向选择的不同而改变，即存在 $i_{ab} = -i_{ba}$ 。本书中不加特殊说明时，电路中的公式和定律都是建立在参考方向的基础上的。

例 1-1 如图 1-4 所示，电路上电流的参考方向已选定，试指出各电流的实际方向。

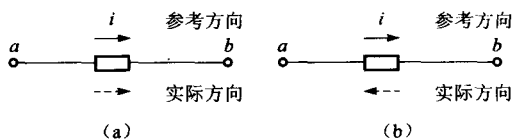


图 1-3 电流的参考方向与实际方向

(a) $i > 0$; (b) $i < 0$



解：图 1-4 (a) 中， $I > 0$ ， I 的实际方向与参考方向相同，电流 I 由 a 流向 b ，大小为 2A 。

图 1-4 (b) 中， $I < 0$ ， I 的实际方向与参考方向相反，电流 I 由 a 流向 b ，大小为 2A 。

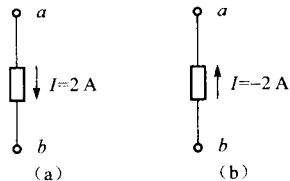


图 1-4 例 1-1 图

(a) $I > 0$; (b) $I < 0$

1.2.2 电压及其参考方向

电路分析中另一个基本物理量是电压。

在物理中已经讲述过，直流电路中 a 、 b 两点间电压的大小等于电场力把单位正电荷由 a 点移动到 b 点所做的功。电压的实际方向就是正电荷在电场中受电场力作用移动的方向。

在直流电路中，电压为一恒定值，用 U 表示，即

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

在变动电流电路中，电压为一变值，用 u 表示，即

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

电压的单位是伏特 (volt)，简称伏，SI 符号为 V，即电场力将 1 库仑 (C) 正电荷由 a 点移至 b 点所做的功为 1 焦耳 (J) 时， a 、 b 两点间的电压为 1 V。

有时也需要用千伏 (kV)、毫伏 (mV) 或微伏 (μV) 作电压的单位。

像电流需要指定参考方向一样，在电路分析中，也需要指定电压的参考方向。在元件或电路中两点间可以任意选定一个方向作为电压的参考方向。电路图中，电压的参考方向一般用“+”、“-”极性表示（电压参考方向由“+”极性指向“-”极性），如图 1-5 所示。

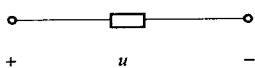


图 1-5 电压的参考方向表示法

当然，电压的参考方向也可用实线箭头或双下标 u_{ab} （电压参考方向由 a 点指向 b 点）表示。

当 $u > 0$ ，即电压值为正时，电压的实际方向与它的参考方向一致；反之，当 $u < 0$ ，即电压值为负时，电压的实际方向与它的参考方向相反。电压的参考方向与实际方向的关系如图 1-6 所示。

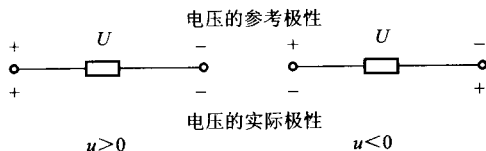


图 1-6 电压的参考方向与实际方向

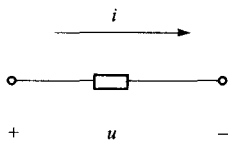


图 1-7 电流和电压的关联参考方向

在电路分析中，电流的参考方向和电压的参考方向都可以各自独立地任意假设。但为了分析问题的方便，对一段电路或一个元件，通常采用关联参考方向，即电压的参考方向与电流的参考方向是一致的。电流从标电压“+”极性的一端流入，并从标电压“-”极性的另一端流出，如图 1-7 所示。

例 1-2 如图 1-8 所示，电路中电压的参考方向已选定，试指出各电压的实际方向。

解：图 1-8 (a) 中， $U > 0$ ， U 的实际方向与参考方向相同，电压 U 由 a 指向 b ，大小为 10 V。

图 1-8 (b) 中， $U < 0$ ， U 的实际方向与参考方向相反，电压 U 由 b 指向 a ，大小为 10 V。

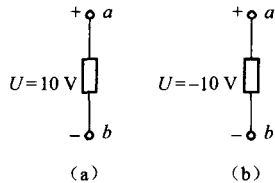


图 1-8 例 1-2 图

(a) $U > 0$; (b) $U < 0$

1.2.3 电位和电动势

1. 电位

在电路分析中，经常用到电位这一物理量。我们定义：电场力把单位正电荷从电路中某点移到参考点所做的功称为该点的电位，用大写字母 V 表示。

在电路中，要求得某点的电位值，必须在电路中选择一点作为参考点，这个参考点叫零电位点。零电位点可以任意选择。电路中某点的电位就是该点与参考点之间的电压。

在电工技术中，为了工作安全，通常把电路的某一点与大地连接，称为接地。这时，电路的接地点就是电位等于零的参考点。它是分析线路中其余各点电位高低的比较标准，用符号“ \perp ”表示。

电路中某点的电位，就是从该点出发，沿任选的一条路径“走”到参考点的电压。因此，计算电位的方法，与计算电压的方法完全一样。

2. 电动势

为了维持电路中的电流，必须有一种外力持续不断地把正电荷从低电位移到高电位。在各种电源内部这种外力称为电源力。电源力可以由电池利用化学能产生，也可以由发电机利用机械能产生。

电源力将单位正电荷从电源的负极移到电源的正极所做的功，称为电源的电动势。在直流电路中，电动势用字母 E (或 U_s) 表示，对于交变电源用小写字母 e 或 u_s 表示，电动势的单位与电压相同，也是伏特 (V)。

电动势 E 可表示为

$$E = \frac{W}{Q}$$



电源电动势的正方向规定从电源的负极指向正极。

在具有电动势的电路中，能产生持续的电压，若电路闭合，则有电流产生。

1.2.4 电功率与电能

1. 功率

在电路的分析和计算中，功率和能量的计算是十分重要的。这是因为：一方面，电路在工作时总伴随有其他形式能量的相互交换；另一方面，电气设备和电路部件本身都有功率的限制，在使用时要注意其电流或电压是否超过额定值，过载会使设备或部件损坏，或是无法正常工作。

电路吸收（或消耗）的功率等于单位时间内电路吸收（或消耗）的能量。由此可定义

$$p = \frac{dW}{dt} = ui \quad (1-5)$$

在直流电路中，电流、电压均为恒定量，故

$$P = UI \quad (1-6)$$

式(1-5)和式(1-6)中，电流和电压为关联参考方向，计算的功率为电路吸收（或消耗）的功率。当某段电路上电流和电压为非关联参考方向时，这段电路吸收（或消耗）的功率为

$$p = -ui \quad (1-7)$$

或

$$P = -UI \quad (1-8)$$

在SI中，功率的单位为瓦特（Watt），简称瓦，SI符号为W。

根据实际情况，电路吸收（或消耗）的功率有以下几种情况：

- ① $p > 0$ ，说明该段电路吸收（或消耗）功率为 p 。
- ② $p = 0$ ，说明该段电路不吸收（或消耗）功率。
- ③ $p < 0$ ，说明该段电路实际上是输出（或提供）功率，输出（或提供）的功率为 $-p$ 。

例 1-3 试求图 1-9 中元件的功率。

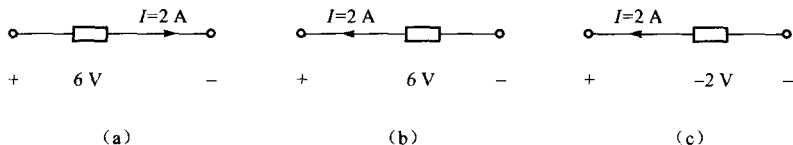


图 1-9 例 1-3 图

解：(a) 电流和电压为关联参考方向，故元件吸收的功率为



$$P = UI = 6 \times 2 = 12 \text{ W}$$

此时元件吸收（或消耗）的功率为 12 W。

(b) 电流和电压为非关联参考方向，故元件吸收的功率为

$$P = -UI = -6 \times 2 = -12 \text{ W}$$

此时元件输出（或提供）的功率为 12 W。

(c) 电流和电压为非关联参考方向，故元件吸收的功率为

$$P = -UI = -(-2) \times 2 = 4 \text{ W}$$

此时元件吸收（或消耗）的功率为 4 W。

2. 电能

从 t_0 到 t 的时间内，元件吸收的电能可根据电压的定义（ a 、 b 两点的电压在量值上等于电场力将单位正电荷由 a 点移动到 b 点时所做的功）求得，即

$$W = \int_{t_0}^t u(t) i(t) dt \quad (1-9)$$

在直流电路中，电流、电压均为恒定量，在 $0 \sim t$ 时间内电路消耗的电能

$$W = UIt = Pt \quad (1-10)$$

若功率的单位为 W，时间的单位为 s，则电能的 SI 单位是焦耳，符号为 J。

在实际生活中，电能的单位常用千瓦时（ $\text{kW} \cdot \text{h}$ ）。 $1 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 的电能通常叫做一度电。一度电为

$$1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 1\,000 \times 3\,600 = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$$

1.3 电路的基本元件

电路元件是构成电路的最基本单元，研究元件的规律是分析和研究电路规律的基础。

1.3.1 电阻元件

1. 电阻与电阻元件

电荷在电场力的作用下作定向运动时，通常要受到阻碍作用。物体对电子运动呈现的阻碍作用，称为该物体的电阻。电阻用符号 R 表示，其 SI 单位为欧姆（ Ω ）。电阻的十进倍数单位有千欧（ $\text{k}\Omega$ ）、兆欧（ $\text{M}\Omega$ ）等。

当电荷在电场力的作用下，在导体内部作定向运动时，受到的阻碍作用叫电阻作用。由具有电阻作用的材料制成的电阻器、白炽灯、电烙铁、电炉等实际元件，当其内部有电流流过时，就要消耗电能，并将电能转换为热能、光能等能量而消耗掉。我们将这类具有对电流有阻碍作用，消耗电能特征的实际元件，集中化、抽象化为一种理想电路元件——电阻元件。



电阻元件是一种对电流有“阻碍”作用的耗能元件。

2. 电导

电阻的倒数称为电导，用符号 G 表示，即

$$G = \frac{1}{R} \quad (1-11)$$

电导是反映材料导电能力的一个参数。电导的单位是西门子，简称西，其 SI 符号为 S。

3. 电阻元件的伏安特性——欧姆定律

电阻元件作为一种理想电路元件，在电路图中的图形符号如图 1-10 所示。电阻的大小与材料有关，而与电压、电流无关。若给电阻通以电流 i ，这时电阻两端会产生一定的电压 u ，电压 u 与电流 i 的比值为一个常数，这个常数就是电阻 R ，即 $R = \frac{u}{i}$ ，这也就是物理中介绍过的欧姆定律，其表达式可表

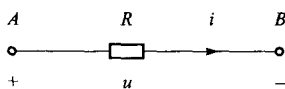


图 1-10 电阻

$$u = Ri \quad (1-12)$$

值得说明的是，式 (1-12) 是在电压 u 与电流 i 为关联参考方向下成立的。若 u 、 i 为非关联参考方向，则欧姆定律表示为

$$u = -Ri \quad (1-13)$$

当然，欧姆定律也可以表示为

$$i = Gu \quad (u、i \text{ 为关联参考方向}) \quad (1-14)$$

或

$$i = -Gu \quad (u、i \text{ 为非关联参考方向}) \quad (1-15)$$

公式 (1-12) 至式 (1-15) 反映了电阻元件本身所具有的规律，也就是电阻元件对其电压、电流的约束关系，即伏安关系 (VAR)。

如果把电阻元件上的电压取作横坐标，电流取作纵坐标，画出电压与电流的关系曲线，则这条曲线称为该电阻元件的伏安特性曲线。如图 1-11 所示。

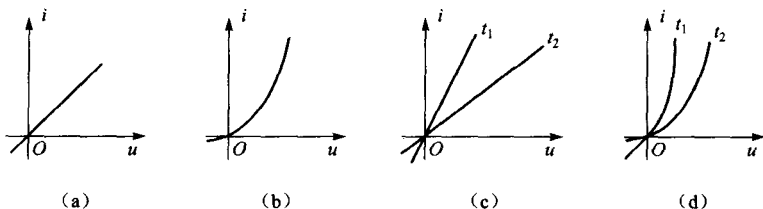


图 1-11 电阻元件的伏安特性曲线

(a) 线性时不变电阻；(b) 非线性时不变电阻；(c) 线性时变电阻；(d) 非线性时变电阻



若电阻元件的伏安特性曲线不随时间变化,则该元件为时不变电阻,如图1-11中的图(a)和图(b);否则为时变电阻,如图1-11中的图(c)和图(d)。若电阻元件的伏安特性曲线为一条经过原点的直线,则称其为线性电阻,如图1-11中的图(a)和图(c);否则为非线性电阻,如图1-11中的图(b)和图(d)。

所以,图1-11中的图(a)为线性时不变电阻,图(b)为非线性时不变电阻,图(c)为线性时变电阻,图(d)为非线性时变电阻。

因而,广义的电阻元件定义如下,在任一时刻 t ,一个二端元件的电压 u 和电流 i 两者之间的关系可由 $u-i$ 平面上的一条曲线确定,则此二端元件称为电阻元件。

严格地说,电阻器、白炽灯、电烙铁、电炉等实际电路元件的电阻或多或少都是非线性的。但在一定范围内,它们的电阻值基本不变,若当作线性电阻来处理,是可以得到满足实际需要的结果。线性电阻在实际电路中应用最为广泛,本书将主要讨论线性元件及含线性元件的电路,以后如果不加特别说明,本书中的电阻元件皆指线性电阻元件。

为了叙述方便,常将线性电阻元件简称电阻。这样,“电阻”及其相应的符号 R 一方面表示一个电阻元件,另一方面也表示这个元件的参数。

例1-4 如图1-12所示,已知 $R=100\text{ k}\Omega$, $u=50\text{ V}$,求电流 i 和 i' ,并标出电压 u 及电流 i 、 i' 的实际方向。

解: 因为电压 u 和电流 i 为关联参考方向,所以

$$i = \frac{u}{R} = \frac{50}{100 \times 10^3} = 0.5 \text{ mA}$$

而电压 u 和电流 i' 为非关联参考方向,所以

$$i' = -\frac{u}{R} = -\frac{50}{100 \times 10^3} = -0.5 \text{ mA}$$

或

$$i' = -i = -0.5 \text{ mA}$$

电压 $u > 0$,实际方向与参考方向相同;电流 $i > 0$,实际方向与参考方向相同;电流 $i' < 0$,实际方向与参考方向相反。从图1-12中可以看出,电流 i 和 i' 的实际方向相同,说明电流实际方向是客观存在的,与参考方向的选取无关。

4. 电阻元件上消耗的功率与能量

(1) 电阻元件的功率。

当电阻元件上电压 u 与电流 i 为关联参考方向时,由欧姆定律 $u = Ri$,得元件吸收的功率为

$$P = ui = Ri^2 = \frac{u^2}{R} = Gu^2 \quad (1-16)$$

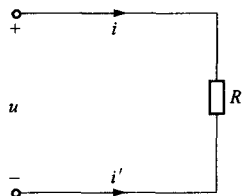


图1-12 例1-4图



若电阻元件上电压 u 与电流 i 为非关联参考方向, 这时欧姆定律 $u = -Ri$, 元件吸收的功率为

$$P = -ui = Ri^2 = \frac{u^2}{R} = Gu^2 \quad (1-17)$$

由式 (1-16) 和式 (1-17) 可知, P 恒大于等于零。这说明: 任何时候电阻元件都不可能输出电能, 而只能从电路中吸收电能, 所以电阻元件是耗能元件。

对于一个实际的电阻元件, 其元件参数主要有两个: 一个是电阻值, 另一个是功率。如在使用时超过其额定功率 (是考虑电阻安全工作的限额值), 则元件将被烧毁。

例如一个 $1\ 000\ \Omega$ 、 $5\ \text{W}$ 的金属膜电阻误接到 $220\ \text{V}$ 电源上, 立即冒烟、烧毁。这个金属膜电阻吸收的功率为

$$P = \frac{220^2}{1\ 000} = 48.4\ \text{W}$$

但这个金属膜电阻按设计仅能承受 $5\ \text{W}$ 的功率, 所以引起电阻烧毁。

(2) 电阻元件消耗的电能。

如果电阻元件把接受的电能转换成热能, 则从 t_0 到 t 时间内。电阻元件的热 [量] Q 也就是这段时间内接受的电能 W 为

$$Q = W = \int_{t_0}^t P dt = \int_{t_0}^t Ri^2 dt$$

若电阻通过直流电流时, 上式化为

$$W = P(t - t_0) = I^2 R(t - t_0)$$

例 1-5 有 $220\ \text{V}$ 、 $100\ \text{W}$ 灯泡一个, 每天用 $5\ \text{h}$, 一个月 (按 30 天计算) 消耗的电能是多少度?

解: $W = Pt = 100 \times 10^{-3} \times 5 \times 30 = 15\ \text{kW} \cdot \text{h} = 15$ 度

1.3.2 电容元件

1. 电容与电容元件

电容器由两个导体中间隔以绝缘介质组成。这两个导体就是电容器的两个极板, 极间由绝缘介质隔开。在电容两个极板间加一定电压后, 两个极板上会分别聚集起等量异性电荷, 并在介质中形成电场。去掉电容两个极板上的电压, 电荷能长久储存, 电场仍然存在。因此电容器是一种能储存电场能量的元件。

电容元件是实际电容器的理想化模型, 简称电容。电容元件的特性由两个极板上所加的电压 u 和极板上储存的电荷 q 来表征。电容量 C 的定义是: 升高单位电压极板所能容纳的电荷, 即

$$C = \frac{q}{u} \quad (1-18)$$