



普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
(高职高专教育)

# 电工电子技术

(少学时)(第3版)

林平勇 高嵩 主编



高等教育出版社  
Higher Education Press

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

(高职高专教育)

# 电工电子技术

(少学时)

(第3版)

林平勇 高嵩 主编

1992

- [14] 郑凤莲, 方明. 维修电工实用技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.
- [15] 陈小虎, 陈有恩. 维修电工[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.
- [16] 陈小虎. 电工实习(1)[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.
- [17] 符磊, 王久华. 电工技术与应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.

1992 8 010 28282-010 熊燕萍 编

800-810-008 800-810-008 熊燕萍 编

http://www.hep.edu.cn 地址 网

http://www.hep.com.cn 地址 网

http://www.landaco.com 网上订购

http://www.landaco.com.cn 网上订购

http://www.widew.com 育博网

2000年8月第1版 火 录

2008年1月第3版 火 录

2008年1月第1次印刷 火 录

22.40元 价 宝

高等教育出版社

## 内容提要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材(高职高专教育),是《电工电子技术(少学时)》(第2版)的修订版。内容符合教育部最新制订的高职高专教育电工电子技术课程教学基本要求。内容包括:直流电路、正弦交流电路、三相电路、动态电路的分析、磁路和变压器、异步电动机、继电-接触器控制、工厂供电与安全用电、电工测量、电子电路中常用的器件、基本放大电路、集成运算放大器、直流稳压电源、逻辑门电路、组合逻辑电路、触发器及其应用、555 电路及应用、D/A 和 A/D 转换器,共计 18 章。每章后附有小结和习题。书末附有部分习题答案,便于自学。

本书层次分明,条理清晰,结构合理,重点突出,概念阐述清楚、准确,内容深入浅出、通俗易懂。

本书可作为高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校非电类专业的教材,也可供工程技术人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术:少学时/林平勇,高嵩主编.—3 版.

北京:高等教育出版社,2008.1

ISBN 978-7-04-022706-2

I. 电… II. ①林…②高… III. ①电工技术-高等学校:

技术学校-教材②电子技术-高等学校:技术学校-教材

IV. TM TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 176114 号

策划编辑 孙杰 责任编辑 许海平 封面设计 张志奇  
责任绘图 朱静 版式设计 王艳红 责任校对 刘莉  
责任印制 陈伟光

出版发行 高等教育出版社  
社址 北京市西城区德外大街 4 号  
邮政编码 100011  
总机 010-58581000

经销 蓝色畅想图书发行有限公司  
印刷 北京市白帆印务有限公司

开本 787×1092 1/16  
印张 20.25  
字数 490 000

购书热线 010-58581118  
免费咨询 800-810-0598  
网址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.landaco.com>  
<http://www.landaco.com.cn>  
畅想教育 <http://www.widedu.com>  
版次 2000 年 8 月第 1 版  
2008 年 1 月第 3 版  
印次 2008 年 1 月第 1 次印刷  
定价 25.40 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 22706-00

## 第3版前言

《电工电子技术(少学时)》第2版于2003年出版,此次出版为第3版。本次修订主要是为了适应高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革的需要。新版保持了原教材条理清晰、概念阐述清楚准确、简洁明了的特色。在保留了原教材的基本体系与风格的基础上,新版教材在内容上做了部分调整和修订。

具体调整和修订的内容是:(1)增加了对电路工作状态中短路的讨论。(2)举例说明电阻串、并联在实际电路中的应用。(3)对结点电压法的内容进行了改写,使得对结点电压法的论述更为清楚、准确。(4)考虑到实际应用的需要,增加了对称三相电路分析计算的内容。(5)删去了非正弦周期电流有效值求解的理论计算部分,改为直接应用公式,得出结论。(6)通俗、清楚地叙述了磁路中的几个基本物理量和变压器变阻抗的原理,增加了电力变压器的发展趋势的内容。(7)增述了常用控制电器的一些结构特点、安装要求及其对应的图形符号,并补充了一些电气识图的原则,以便于工程上的识图和分析。(8)减少了旧型测量仪表的介绍,如删去了M500型万用表的介绍;增加了新型仪表的介绍,如数字式钳型电流表的介绍。(9)考虑到工程实际的需要,增加了常用电工仪表的选择内容。(10)删除了晶体管的电流分配和放大作用中对晶体管内部载流子的微观运动的描述。(11)在涉及晶体管内部工作机制的放大电路的动态分析中,对动态电路工作情况描述做了修改,也对晶体管的微变等效电路中,输入电阻涉及载流子的描述进行了修改。(12)在逻辑代数及应用、晶体管的开关作用这两部分内容中,分别增加了例题,以便更好地理解其中的内容。(13)增加了D/A转换器的例题和8位A/D转换器的例题,以便更好地理解转换器的实际使用。删除了12位A/D转换器ICL7109的内容。对所修订的内容努力做到深入浅出、通俗易懂。

继续保留了第2版教材中标有“\*”的内容。作为拓宽的内容,教师可以根据需要取舍,在讲授上不作要求。

参加原版教材编写的教师根据自己编写的内容,进行了新版教材的修订工作。

北京理工大学的刘蕴陶老师仔细审阅了全稿,提出了许多具体、宝贵的修改意见,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免还存在错误和不妥之处,殷切希望广大读者批评指正。

编者

2007年7月

## 第2版前言

教育部高职高专规划教材《电工电子技术》(少学时)自2000年出版以来,得到了广大师生的欢迎。根据教育部最新制订的“高职高专教育电工电子课程教学基本要求”,结合部分使用本书师生的意见,我们对教材的内容进行了修订,力争使修订版更为完善、适用,修订版保留了原教材的基本体系与风格,主要从以下几个方面作了修订:

1. 考虑到高职高专教育的特点和要求,对教材的内容和文字作了进一步推敲,在讲清概念的基础上,使论述更加简洁明了。

2. 对原版教材的部分内容进行了调整和改写。如:通过例子来叙述在电路中电阻获得最大传输功率的条件;改写了相量这部分内容,使论述更为准确、清晰;删去了变压器铁心结构图,对结构的论述作了简化;在异步电动机部分增添了Y2系列的新型号,这里不一一举例。对所编写的内容努力做到深入浅出,通俗易懂。

3. 删除原版教材中的实验部分,使得应用本书的教师能结合所讲授的内容来开设实验,以取得更好的实际效果。

4. 保留了原版教材中标有“\*”的内容,作为拓宽的内容。教师可以根据需要取舍,在讲授上不作要求。

参加原版教材编写的教师根据自己编写的内容,进行了教材修订版的编写。

由于编者水平有限,书中难免还存在错误和不妥之处,殷切希望广大读者批评指正。

编者

2003年6月

本书保留了原版教材中标有“\*”的内容,作为拓宽的内容,教师可以根据需要取舍,在讲授上不作要求。

参加原版教材编写的教师根据自己编写的内容,进行了教材修订版的编写。

由于编者水平有限,书中难免还存在错误和不妥之处,殷切希望广大读者批评指正。

2003年7月

# 第 1 版前言

本书是教育部高职高专规划教材,是根据教育部最新制订的“高职高专教育电工电子技术课程教学基本要求”而编写的。

编者根据自己多年的教学经验,结合高职高专教育的特点和要求,在编写过程中,力求讲清基本概念,分析准确,减少数理论证,做到深入浅出,通俗易懂。

书中附有实验,注重理论联系实际,重视培养学生分析、解决实际问题的能力。

讲授本教材的教学时数为 80 学时,其中标有“\*”符号的内容属于加深加宽的内容,以供选择。

本书由南昌水利水电高等专科学校的林平勇和承德石油高等专科学校的高嵩主编,沈阳电力高等专科学校的严震池和南昌水利水电高等专科学校的张兴旺及承德石油高等专科学校的金长星、曹登场参编,其中第 1 至第 4 章由林平勇编写,第 5 至第 7 章由严震池编写,第 8、9 章由张兴旺编写,第 11、12、13、16、17、18 章由高嵩编写,第 10、15 章由承德石油高等专科学校金长星编写,第 14 章由承德石油高等专科学校曹登场编写。实验部分由南昌水利水电高等专科学校张兴旺、林平勇编写。

本书由昆明冶金高等专科学校的陈铁牛副教授主审,他对全书进行了认真、仔细审阅,提出了许多具体、宝贵的意见,在此表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限,编写时间仓促,书中难免有错误和不当之处,殷切希望广大读者批评指正。

编者

1999 年 4 月

## 郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

# 目 录

<b>第 1 章 直流电路</b> .....	1	习题.....	61
1.1 电路模型.....	1	<b>* 第 4 章 动态电路的分析</b> .....	63
1.2 电路的基本物理量.....	2	4.1 动态电路.....	63
1.3 电流、电压的参考方向.....	3	4.2 RC 电路、RL 电路的零输入响应.....	65
1.4 功率.....	4	4.3 RC 电路、RL 电路的零状态响应.....	67
1.5 电阻元件.....	5	4.4 一阶电路的全响应.....	69
1.6 电感元件、电容元件.....	6	本章小结.....	69
1.7 电压源、电流源及其等效变换.....	8	习题.....	70
1.8 基尔霍夫定律.....	11	<b>第 5 章 磁路和变压器</b> .....	73
1.9 支路电流法.....	15	5.1 磁路的基本概念.....	73
1.10 结点电压法.....	17	5.2 变压器的用途与结构.....	78
1.11 叠加定理.....	18	5.3 变压器.....	79
1.12 戴维宁定理.....	19	5.4 特殊变压器.....	85
本章小结.....	21	本章小结.....	87
习题.....	21	习题.....	88
<b>第 2 章 正弦交流电路</b> .....	28	<b>第 6 章 异步电动机</b> .....	90
2.1 正弦量的三要素.....	28	6.1 三相异步电动机的结构与转动原理.....	90
2.2 正弦量的相量表示法.....	30	* 6.2 三相异步电动机的电磁转矩与机械特性.....	95
2.3 电阻、电感、电容元件的电压电流关系.....	33	6.3 三相异步电动机的起动、调速与制动.....	98
2.4 电阻、电感、电容元件的串联电路.....	36	6.4 三相异步电动机的铭牌和技术数据.....	104
2.5 阻抗的串联与并联.....	39	6.5 三相异步电动机的选择.....	106
2.6 正弦交流电路的功率.....	40	* 6.6 单相异步电动机.....	108
2.7 电路中的谐振.....	42	本章小结.....	110
* 2.8 非正弦周期电流电路的概念.....	44	习题.....	112
本章小结.....	47	<b>第 7 章 继电 - 接触器控制</b> .....	114
习题.....	49	7.1 常用控制电器.....	114
<b>第 3 章 三相电路</b> .....	54	7.2 三相异步电动机的基本控制电路.....	121
3.1 三相电源.....	54	7.3 基本电气识图.....	130
3.2 三相电源的连接.....	55	本章小结.....	135
3.3 三相负载的连接.....	56		
3.4 三相电路的功率.....	59		
本章小结.....	61		



习题 .....	136	* 12.4 集成运算放大器使用中应注意 的问题 .....	223
<b>第 8 章 工厂供电与安全用电</b> .....	138	本章小结 .....	226
8.1 发电、输电概述 .....	138	习题 .....	226
8.2 工厂供电 .....	140	<b>第 13 章 直流稳压电源</b> .....	230
8.3 安全用电 .....	141	13.1 单相半波整流电路 .....	231
本章小结 .....	144	13.2 单相桥式整流电路 .....	232
习题 .....	144	13.3 常用的整流组合元件 .....	234
<b>第 9 章 电工测量</b> .....	145	13.4 电容滤波电路 .....	236
9.1 电工测量仪表的分类与型式 .....	145	13.5 电感滤波电路 .....	239
9.2 电流与电压的测量 .....	149	13.6 稳压二极管稳压电路 .....	240
9.3 功率测量 .....	151	13.7 三端集成稳压器 .....	242
9.4 万用表 .....	153	本章小结 .....	246
9.5 电度表及电能的测量 .....	157	习题 .....	246
9.6 兆欧表及绝缘电阻测量 .....	159	<b>第 14 章 逻辑门电路</b> .....	250
本章小结 .....	160	14.1 数制与编码 .....	250
习题 .....	161	14.2 逻辑代数及应用 .....	252
<b>第 10 章 电子电路中常用的 器件</b> .....	162	14.3 晶体管的开关作用 .....	254
10.1 半导体的基本知识 .....	162	14.4 基本逻辑门电路 .....	257
10.2 PN 结 .....	164	* 14.5 TTL 门电路 .....	260
10.3 二极管 .....	166	本章小结 .....	262
10.4 稳压二极管 .....	169	习题 .....	262
10.5 发光二极管 .....	171	<b>第 15 章 组合逻辑电路</b> .....	264
10.6 晶体管 .....	172	15.1 组合逻辑电路的分析 .....	264
本章小结 .....	177	15.2 中规模组合逻辑电路的应用 .....	265
习题 .....	177	本章小结 .....	271
<b>第 11 章 基本放大电路</b> .....	179	习题 .....	271
11.1 基本放大电路的组成及各元件 的作用 .....	179	<b>第 16 章 触发器及其应用</b> .....	273
11.2 放大电路的静态分析 .....	181	16.1 基本 RS 触发器 .....	273
11.3 放大电路的动态分析 .....	182	16.2 可控 RS 触发器 .....	275
11.4 射极输出器 .....	192	16.3 JK 触发器 .....	277
* 11.5 阻容耦合多级放大电路 .....	195	16.4 D 触发器 .....	278
本章小结 .....	198	16.5 寄存器 .....	279
习题 .....	198	16.6 二进制计数器 .....	281
<b>第 12 章 集成运算放大器</b> .....	202	本章小结 .....	283
12.1 集成运算放大器 .....	202	习题 .....	283
12.2 放大电路中的负反馈 .....	205	<b>* 第 17 章 555 电路及应用</b> .....	285
12.3 理想集成运算放大器的分析方法 .....	210	17.1 555 电路的工作原理 .....	285
		17.2 555 电路的应用实例 .....	286

本章小结 .....	291	习题 .....	301
习题 .....	291	<b>附录 A 半导体器件命名方法</b> .....	302
<b>* 第 18 章 D/A 和 A/D 转换器</b> .....	292	<b>附录 B 常用半导体器件的参数</b> .....	303
18.1 D/A 转换器 .....	292	<b>部分习题答案</b> .....	308
18.2 A/D 转换器 .....	296	<b>参考文献</b> .....	313
本章小结 .....	301		

# 第 1 章

## 直流电路



### 内容提要

本章主要讨论电路模型、电路的基本物理量、电路的基本元件。引进了电流、电压的参考方向的概念。应用欧姆定律、基尔霍夫定律等电路的基本定律对直流电路进行分析计算。

### 1.1 电路模型

#### 1.1.1 电路

电路是为实现和完成人们的某种需求,由电源、导线、开关、负载等电气设备或元器件组合起来,能使电流流通的整体。简单地说,就是电流的通路。电路的主要作用是:能实现电能的传输、分配和转换,其次能实现信号的传递和处理。如电炉在电流通过时将电能转换成热能;电视机可将接收到的信号经过处理,转换成图像和声音。

#### 1.1.2 电路模型

##### 1. 实际电路

如图 1.1.1 所示。实际电路一般由三部分组成,由提供电能的设备(电池、发电机)、传输设备(连接导线)、使用电能的设备(负载,如电灯等)组成。

##### 2. 电路模型

在电路的分析计算中,用一个假定的二端元件如电阻元件(如图 1.1.2 所示)来代替实际元

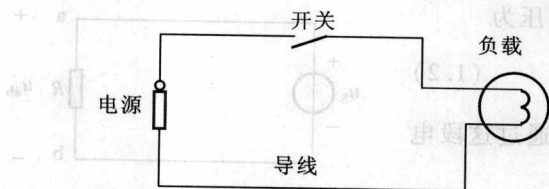


图 1.1.1 实际电路

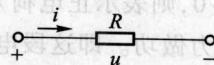


图 1.1.2 电阻元件

件(如白炽灯)。二端元件具有的某种确定的电和磁性质,能反映出实际电路元件主要的电和磁性质。称这个假定的二端元件为理想电路元件。

由理想电路元件组成的电路称为电路模型,如图 1.1.3 所示。图中假定实际电源的内阻忽略不计。

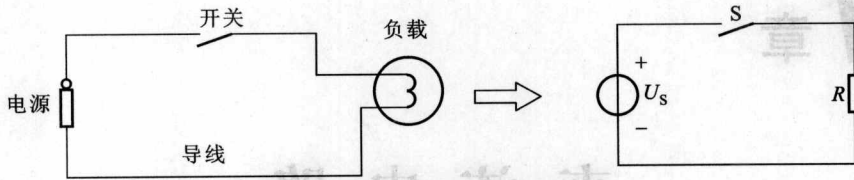


图 1.1.3 实际电路与电路模型

## 1.2 电路的基本物理量

### 1.2.1 电流

在电场力的作用下,电荷有规则的定向移动,形成了电流。规定正电荷的运动方向为电流的实际方向。把在单位时间内流过导体截面的电荷[量]定义为电流。设在  $dt$  时间内通过导体截面的电荷为  $dq$ ,则电流表示为

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

大小和方向都不随时间变化的电流称为恒定电流,简称直流。今后大写字母,如  $U, I$ , 表示电压、电流为恒定量,不随时间变化,一般称为直流电压、直流电流。小写字母  $u, i$  表示电压、电流随时间变化。

在国际单位制(SI)中,在 1 s 内通过导体横截面的电荷量为 1 C(库[仑])时,其电流为 1 A(安[培])。

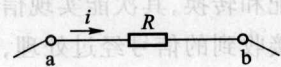


图 1.2.1 电流方向的表示

电流的方向可用箭头表示,也可用字母顺序表示,如图 1.2.1 所示。用字母的双下标表示时为  $i_{ab}$ 。

### 1.2.2 电压

一般用电压来反应电场力做功的本领。电场力把单位正电荷从电场中的 a 点移到 b 点(如图 1.2.2 所示)所做的功称为 a、b 间的电压,用  $u_{ab}$  ( $U_{ab}$ ) 表示。习惯上把电位降低的方向作为电压的实际方向,可用 +、- 号表示,也可用字母的双下标表示,如图 1.2.2 所示。设正电荷  $dq$  从 a 点移至 b 点电场力所做的功为  $dW$ ,则 a、b 间电压为

$$u_{ab} = \frac{dW}{dq} \quad (1.2)$$

当  $u_{ab} > 0$ ,则表示正电荷从 a 点移至 b 点通过这段电路时是电场力做功。即这段电路是吸收电能。

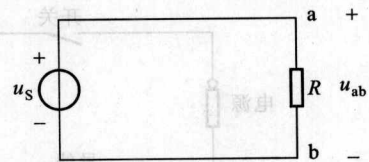


图 1.2.2 电压的表示

在国际单位制中,当电场力把 1 C(库[仑])的正电荷

[量]从一点移到另一点所做的功为 1 J(焦[耳]),则这两点间的电压为 1 V(伏[特])。

把电路中任一点与参考点(规定电位能为零的点)之间的电压,称为该点的电位。也就是单位正电荷在该点对参考点所具有的电位能。参考点的电位为零可用符号“ $\frac{1}{\infty}$ ”表示,也可用符号“ $\perp$ ”表示。前者表示用大地作为参考点,后者表示用若干导线连接的公共点或机壳作为参考点。电位的单位与电压相同,用 V(伏[特])表示。

电路中两点间的电压也可用两点间的电位差来表示

$$u_{ab} = u_a - u_b \quad (1.3)$$

电路中两点间的电压是不变的,电位随参考点(零电位点)选择的不同而不同。

### 1.2.3 电动势

在电路中,正电荷在电场力的作用下,经与电源连接的外电路,从电源的高电位端(正极)流向电源的低电位端(负极)。因此,要维持电路中的电流,在电源内部就必须有能把正电荷从低电位端(负极)移至高电位端(正极)的非电场力。电源的内部就存在这种非电场力。非电场力(即局外力)把单位正电荷在电源内部由低电位端(负极)移到高电位端(正极)所做的功,称为电动势,用字母  $e(E)$  表示。电动势的实际方向在电源内部从低电位端指向高电位端。单位与电压相同用 V(伏[特])表示。

设在电源内部非电场力,把正电荷  $dq$  从低电位端移至高电位端所作功为  $dW$ ,则电源的电动势为

$$e(t) = \frac{dW}{dq} \quad (1.4)$$

在图 1.2.3 中,电压  $u_{ab}$  是电场力把单位正电荷由外电路从 a 点移到 b 点所做的功,由高电位指向低电位的方向,是电压的实际方向。电动势是非电场力在电源内部克服电场阻力,把单位正电荷从 b 点移到 a 点所做的功。在图 1.2.4 中,直流电源在没有与外电路连接的情况下,电动势与两端电压大小相等。

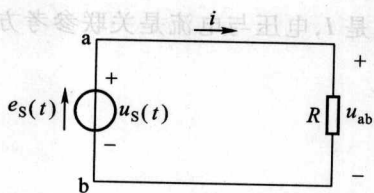


图 1.2.3 电压与电动势的关系

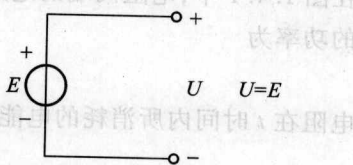


图 1.2.4 直流电源开路时电压

与电动势的关系

## 1.3 电流、电压的参考方向

在电路的分析计算中,流过某一段电路或某一元件电流的实际方向或两端电压的实际方向往往不知道,这时可以任意假定一个电流方向或电压方向,当假定的电流方向或电压方向与实际方向一致时取正,相反时取负。假定的电流、电压方向称为电流、电压的参考方向。

### 1.3.1 电流的参考方向

在图 1.3.1(a) 中, 电流的参考方向与实际方向一致,  $i > 0$ 。在图 1.3.1(b) 中, 电流的参考方向与实际方向相反,  $i < 0$ 。

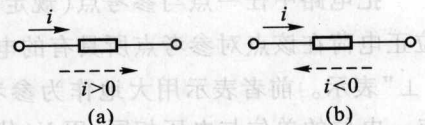


图 1.3.1 电流的参考方向

(a) 电流的参考方向与实际方向一致;

(b) 电流的参考方向与实际方向相反

### 1.3.2 电压的参考方向

在图 1.3.2(a) 中, 电压的参考方向与实际方向一致取正,  $u > 0$ 。在图 1.3.2(b) 中, 电压的参考方向与实际方向相反取负,  $u < 0$ 。

可见电流、电压都是代数量。当电流的方向与电压方向选取一致时, 称为关联参考方向, 如图 1.3.3 所示。

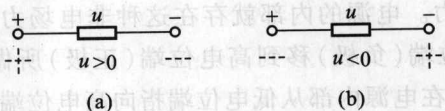


图 1.3.2 电压的参考方向

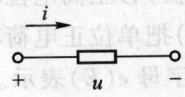


图 1.3.3 关联参考方向

## 1.4 功 率

电能量对时间的变化率, 称为电功率, 简称功率。也就是电场力在单位时间内所做的功。设电场力在  $dt$  时间内所作功为  $dW$ , 则功率表示为

$$p = \frac{dW}{dt} \quad (1.5)$$

在国际单位制中, 功率的单位是瓦[特], 符号为 W。

在图 1.4.1 中, 电阻两端的电压是  $U$ , 流过的电流是  $I$ , 电压与电流是关联参考方向, 则电阻吸收的功率为

$$P = UI$$

电阻在  $t$  时间内所消耗的电能为

$$W = Pt$$

平时所说消耗 1 度电就是: 功率为 1 kW 的用电设备在 1 h 内消耗的电能, 即  $1 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 。

在电路分析中, 不仅要计算功率的大小, 还要判断是吸收功率, 还是发出功率。

具体分析如下:

如果元件两端电压和流过的电流在关联参考方向下时(如图 1.4.2 所示):

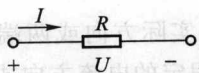


图 1.4.1 取关联参考方向的电阻

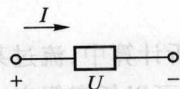


图 1.4.2 取关联参考方向的元件

$P = UI > 0$ , 元件吸收功率。

$P = UI < 0$ , 元件发出功率。

如果元件两端的电压和流过的电流在非关联参考方向下时(如图 1.4.3 所示):

$P = UI > 0$ , 元件发出功率。

$P = UI < 0$ , 元件吸收功率。

对任一电路元件, 当流经元件的电流实际方向与元件两端电压的实际方向一致时, 元件吸收功率; 电流与电压实际方向相反时, 元件发出功率。

以上对功率的讨论, 同样适用于任何一段电路, 而不局限于一个元件。

**例 1.1** 试判断图 1.4.4 中元件是发出功率还是吸收功率。

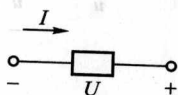
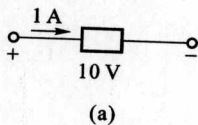
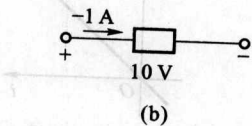


图 1.4.3 取非关联参考方向的元件



(a)



(b)

图 1.4.4 例 1.1 图

**解** 在图 1.4.4(a) 中, 电压、电流是关联参考方向, 且  $P = UI = 10 \text{ W} > 0$ , 元件吸收功率。

在图 1.4.4(b) 中, 电压、电流是关联参考方向, 且  $P = UI = -10 \text{ W} < 0$ , 元件发出功率。

## 1.5 电阻元件

电阻元件一般是反映实际电路中的耗能元件, 如电炉、照明器具等。图形符号如图 1.5.1 所示, 用字母  $R$  表示。

当电阻两端的电压与流过电阻的电流是关联参考方向时, 如图 1.5.1 所示, 根据欧姆定律电压与电流成正比, 有如下关系

$$u = Ri \quad (1.6)$$

当电阻两端的电压与流过的电流为非关联参考方向时, 如图 1.5.2 所示, 根据欧姆定律电压与电流有如下关系

$$u = -Ri \quad (1.7)$$

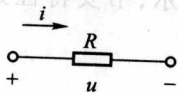


图 1.5.1 取关联参考方向的电阻

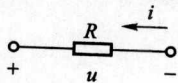


图 1.5.2 取非关联参考方向的电阻

在关联参考方向下, 当  $R = \frac{u}{i}$  是个常数, 则  $R$  称为线性电阻。线性电阻的伏安特性如图 1.5.3 所示, 是过原点的直线。

把式(1.6)两边乘以  $i$  得到

$$p = ui = Ri^2 = \frac{u^2}{R} = Gu^2 \geq 0$$

式中  $G = \frac{1}{R}$ ,  $G$  称为电导。

电阻总是消耗能量的。在国际单位制中,当电阻两端的电压为 1 V(伏[特]),流过电阻的电流为 1 A(安[培])时,电阻为 1  $\Omega$ (欧[姆])。

电导  $G$  的单位是 S(西[门子])。

当电阻两端的电压与流过电阻的电流不成正比关系时,伏安特性是曲线,如图 1.5.4 所示。电阻不是一个常数,随电压、电流变动,称为非线性电阻。

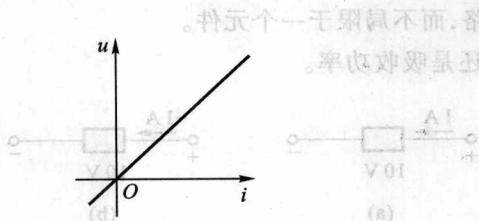


图 1.5.3 线性电阻的伏安特性

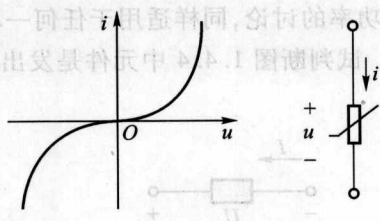


图 1.5.4 非线性电阻的伏安特性

## 1.6 电感元件、电容元件

### 1.6.1 电感元件

图 1.6.1 是实际的线圈,假定绕制线圈的导线无电阻,线圈有  $N$  匝,当线圈通以电流  $i$ ,在线圈内部将产生磁通  $\Phi_L$ ,若磁通  $\Phi_L$  与线圈  $N$  匝都交链,则磁链  $\Psi_L = N\Phi_L$ 。

在电路中一般用图 1.6.2 表示上述的实际线圈,并用字母  $L$  表示,通常称为电感元件,能够储存磁场能量。 $\Phi_L$  和  $\Psi_L$  都是线圈本身电流产生的,称为自感磁通和自感磁链。

当磁通  $\Phi_L$  和磁链  $\Psi_L$  的参考方向与电流  $i$  参考方向之间满足右手螺旋定则时,有式

$$\Psi_L = Li \quad (1.8)$$

式中  $L$  称为线圈的自感或电感。

在国际单位制中,磁通和磁链的单位是 Wb(韦[伯]),自感的单位是 H(亨[利])。

当  $L = \frac{\Psi_L}{i}$  是正实常数时,称为线性电感,如图 1.6.3 所示,韦安特性是通过原点的一条直线。

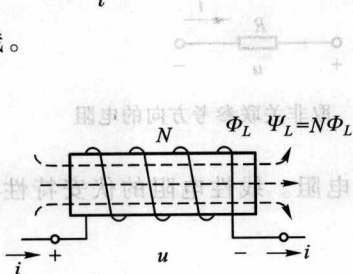


图 1.6.1 实际线圈

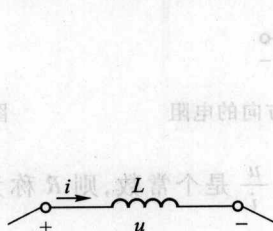


图 1.6.2 电感元件

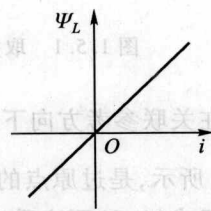


图 1.6.3 线性电感的韦安特性曲线



当电感元件两端电压和通过电感元件的电流在关联参考方向下时,根据楞次定律,有

$$u = \frac{d\Psi_L}{dt}$$

把  $\Psi_L = Li$  代入上式,得

$$u = L \frac{di}{dt} \quad (1.9)$$

从式(1.9)可以看出,任何时刻,线性电感元件的电压与该时刻电流的变化率成正比。当电流不随时间变化时(直流电流),则电感电压为零。这时电感元件相当于短接。

电感元件两端电压和通过电感元件的电流在关联参考方向下时,从 0 到  $\tau$  的时间内电感元件所吸收的电能为

$$\begin{aligned} W_L &= \int_0^\tau p dt = \int_0^\tau u i dt = L \int_0^\tau i \frac{di}{dt} dt = L \int_{i(0)}^{i(\tau)} i di \\ &= \frac{1}{2} Li^2(\tau) \end{aligned} \quad (1.10)$$

从式(1.10)中可看出: $L$ 一定时,磁场能量  $W_L$  随着电流的增加而增加。假定  $i(0) = 0$ 。

## 1.6.2 电容元件

电容元件能够储存电场能量。如图 1.6.4 所示,当电容元件上电压的参考方向由正极板指向负极板,则正极板上的电荷  $q$  与其两端电压  $u$  有以下关系

$$\begin{aligned} q &= Cu \\ C &= \frac{q}{u} \end{aligned} \quad (1.11)$$

$C$  称为该元件的电容,当  $C$  是正实常数时,电容为线性电容。如图 1.6.5 所示,其库伏特性是通过原点的一条直线。

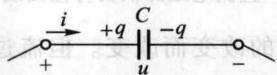


图 1.6.4 电容元件

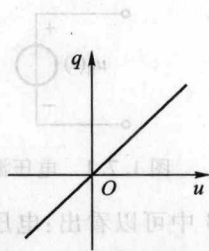


图 1.6.5 线性电容的库伏特性曲线

在国际单位制中,电容的单位用 F(法[拉])表示。当电容两端的电压是 1 V,极板上电荷为 1 C(库[仑])时,电容是 1 F(法[拉])。

$$1 \text{ F} = 10^6 \mu\text{F} = 10^{12} \text{ pF}$$

当电容两端的电压  $u$  与流进正极板的电流参考方向一致时,为关联参考方向,如图 1.6.4 所示,有

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1.12)$$

把式  $q = Cu$  代入式(1.12)得