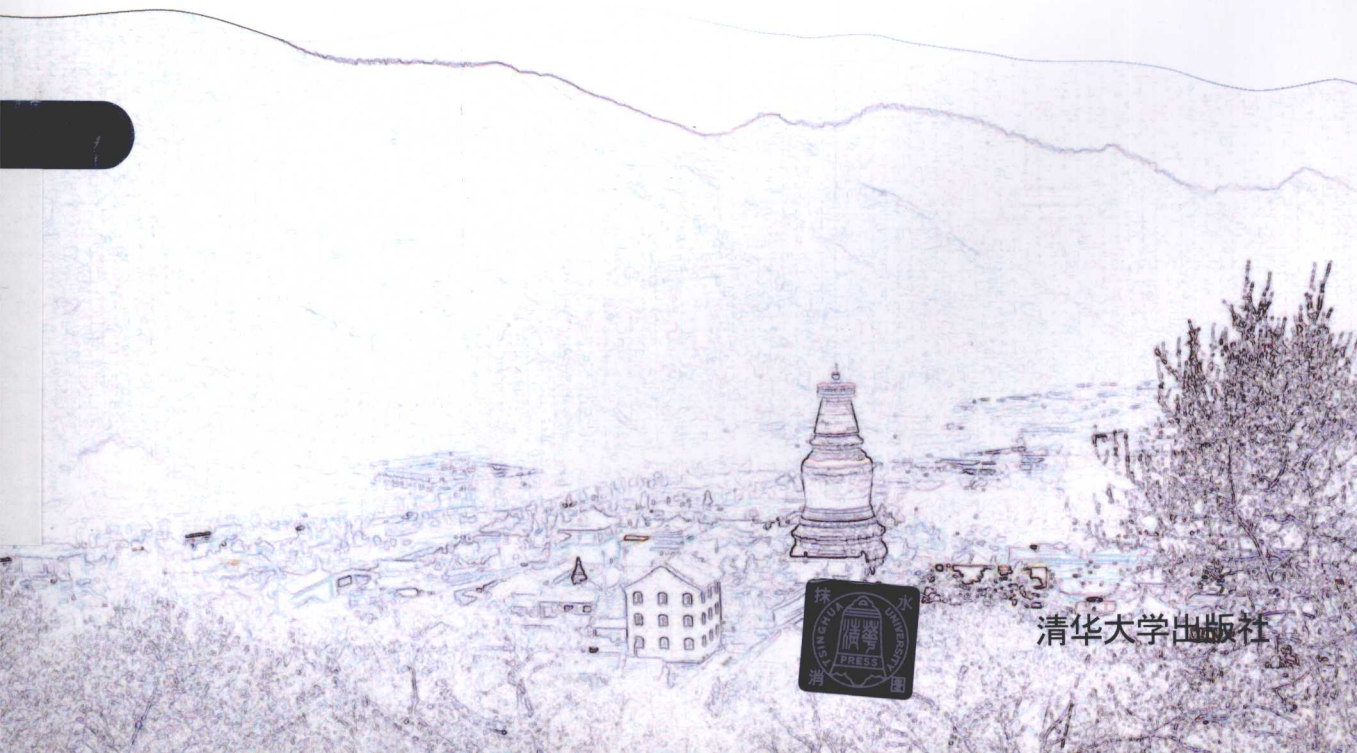


全国普通高校  
电子信息与  
电气学科  
基础规划教材

# 电工电子学

江蜀华 高德欣 等 编



清华大学出版社

全国普通高校电子信息与电气学科基础规划教材

# 电工电子学

江蜀华 高德欣 王超红 姜学勤 徐启蕾 王逸隆 编

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

全书共分13章,内容包括电工技术和电子技术两部分。电工技术主要有电阻电路分析,单相电路和三相交流电路的分析,一阶电路分析,变压器、电动机及其控制;电子技术主要有基本器件,分立元件的放大电路,集成运放电路,直流稳压电源,门电路与组合逻辑电路,触发器与时序逻辑电路。

本书的特色是注重物理与电工电子学的链接;注重数学工具与电工知识的链接;注重理论知识与现实生活的链接。全书采用授课式语言进行讲述,便于读者自学。

本书可作为普通高等院校工科非电类专业的教材,以及各大专院校的教材,也可作为相关工程技术人员参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

电工电子学/江蜀华等编.--北京:清华大学出版社,2016

全国普通高校电子信息与电气学科基础规划教材

ISBN 978-7-302-41296-0

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 204578 号

责任编辑:曾 珊

封面设计:傅瑞学

责任校对:李建庄

责任印制:刘海龙

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质量反馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:19

字 数:477千字

版 次:2016年1月第1版

印 次:2016年1月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:44.50元

---

产品编号:059816-01

“电工电子学”是一门非电专业的基础课程,包括电工技术和电子技术两部分内容。课程的主要任务是为工科各专业学生了解一些相关的理论和知识,并受到必要的基本技能训练。为此,编者在本书中对基本理论、基本定律、基本概念及基本分析方法都做了详尽的阐述,并通过实例、例题和习题来说明理论的实际应用,以此来加深学生对理论的掌握和理解,并了解电工和电子技术与生产发展之间的密切关系。

近年来,随着科学技术的迅猛发展,新知识也急剧膨胀,高校的教学观念也作出了相应调整。学习者要由被动学习转化为主动学习,教学者要做学习过程的引导者、促进者、支持者。为了适应这个变革和满足在校生成以及校外自学者的需要,本书特对传统内容进行了精选,保证了必需的常用知识,删去了一些不常用的和陈旧的知识。全书共13章,主要包括:电工技术主要有电阻电路分析,单相和三相交流电路的分析,一阶电路分析,变压器、电动机及其控制;电子技术主要有基本器件,分立元件的放大电路,集成运放电路,直流稳压电源,门电路与组合逻辑电路,触发器与时序逻辑电路。

随着科学技术的飞速发展,大量新知识正源源不断地补充进“电工电子学”课程中,与此同时,课程的学时却不断压缩,许多新的课程不断出现,对传统课程都有一种挤压效应。

为此我们着重以下几方面的工作:

(1) 保证课程之间合理连接。比如电阻串、并联和闭合电路欧姆定律是中学物理的基本知识,但是许多同学掌握得并不好,相关公式也不会使用,但它们是学习电工电子学课程的基础。我们并没有像中学物理一样,直接搬出相关公式,而是在基尔霍夫定律和元件电压电流关系的基础上得出相关的公式,并且可以借助于基尔霍夫定律来判断复杂一点的电阻串、并联,且判断依据简明、直观。

(2) 强调学习方法。比如,正弦交流电路(稳态)是课程的难点和重点,但是同学们掌握得不好,但从数学方程的角度,只需将对应的变量替换,电阻电路和正弦交流电路(稳态)的方程就完全一样,所得到的公式也完全相同,阻抗串、并联和电阻串、并联的公式完全一样,只需要理解相量与正弦量关系,会复数运算,这就是类比的方法。

(3) 用程序化的思路讲解,对各种方法都给出了详细步骤,每一步如何做,降低思维难度。教学是教与学两方面的工作,我们应当竭尽全力,帮助有学习愿望的同学用较少的课时学到他们应当掌握的知识。

“电工电子学”是众多专业的公共基础课。为配合青岛科技大学建设山东省基础应用型人才培养特色名校的目的,强调基础、成熟和适用知识,突出对基本知识的掌握和灵活应用,重视实践环节等方面的要求编写本教材。

本书由江蜀华和高德欣担任主编,王超红和姜学勤担任副主编,徐啟蕾和王逸隆参编。其中高德欣编写第7、9、10章,王超红编写第1、3章,姜学勤编写第2、5章,江蜀华编写其余6章,并得到徐啟蕾和王逸隆的大力支持,教研室的其他老师也提出宝贵意见,在此表示感谢。

由于编者能力有限,本书难免存在不足和疏漏之处,希望读者,特别是使用本书的教师和同学积极提出批评和改进意见,以便今后修订提高。

编 者

2015年9月

# 目 录

<b>第 1 章 电路的基本概念和基本定律</b> .....	1
1.1 电路的基本概念 .....	1
1.1.1 电路的组成及其电路模型 .....	1
1.1.2 电流、电压的参考方向 .....	2
1.1.3 功率和能量 .....	4
1.2 电器的额定值与实际值 .....	4
1.3 电路的基本元件 .....	5
1.3.1 无源元件 .....	5
1.3.2 独立电源(元件) .....	8
1.4 基尔霍夫定律及其应用 .....	10
1.4.1 基尔霍夫电流定律 .....	11
1.4.2 基尔霍夫电压定律 .....	12
1.4.3 电路分析的基本思路 .....	13
1.5 简单电路的分析 .....	15
1.5.1 电阻的串、并联分析 .....	15
1.5.2 闭合电路的欧姆定律 .....	18
1.5.3 功率守恒 .....	20
本章小结 .....	22
习题 .....	22
<b>第 2 章 电路的分析方法</b> .....	25
2.1 支路电流法 .....	25
2.2 结点电压法 .....	27
2.3 电源的两种模型及其等效变换 .....	28
2.3.1 等效变换的概念 .....	28
2.3.2 实际电压源 .....	29
2.3.3 实际电流源 .....	29
2.3.4 电源两种模型之间的等效变换 .....	30
2.4 叠加定理 .....	33
2.5 戴维宁定理与诺顿定理 .....	35
2.5.1 戴维宁定理 .....	36
2.5.2 诺顿定理 .....	38
本章小结 .....	40

习题 .....	41
<b>第 3 章 一阶电路的暂态分析 .....</b>	<b>43</b>
3.1 换路定则及其应用 .....	43
3.1.1 换路定则 .....	43
3.1.2 初始值的确定 .....	44
3.2 RC 电路的暂态响应 .....	46
3.2.1 RC 电路的零输入响应 .....	46
3.2.2 RC 电路的零状态响应 .....	48
3.2.3 RC 电路的全响应 .....	50
3.3 RL 电路的暂态响应 .....	50
3.4 一阶线性电路暂态分析的三要素法 .....	52
本章小结 .....	55
习题 .....	55
<b>第 4 章 正弦稳态电路分析 .....</b>	<b>58</b>
4.1 正弦交流电的基本概念 .....	58
4.1.1 复数 .....	58
4.1.2 正弦量的三要素 .....	59
4.1.3 正弦量的相量表示 .....	61
4.2 单一元件的交流电路 .....	62
4.2.1 电阻元件的交流电路 .....	63
4.2.2 电感元件的交流电路 .....	64
4.2.3 电容元件的交流电路 .....	65
4.3 正弦稳态电路分析 .....	68
4.3.1 阻抗 .....	68
4.3.2 基尔霍夫定律的相量形式 .....	68
4.3.3 二组关系式的类比 .....	68
4.4 功率与功率因数的提高 .....	76
4.4.1 功率 .....	76
4.4.2 功率的测量 .....	77
4.4.3 功率因数的提高 .....	79
4.5 谐振电路 .....	81
4.5.1 串联谐振 .....	81
4.5.2 并联谐振 .....	83
本章小结 .....	85
习题 .....	85

<b>第 5 章 三相电路</b> .....	90
5.1 三相电压 .....	90
5.2 负载星形连接的三相电路 .....	92
5.3 负载三角形连接的三相电路 .....	96
5.4 三相功率 .....	98
本章小结 .....	99
习题 .....	99
<b>第 6 章 变压器与三相异步电动机</b> .....	102
6.1 磁路的分析方法 .....	102
6.2 变压器 .....	104
6.2.1 变压器的工作原理 .....	104
6.2.2 变压器的运行特性 .....	107
6.2.3 特殊变压器 .....	108
6.3 三相异步电动机 .....	109
6.3.1 三相异步电动机的构造 .....	110
6.3.2 三相异步电动机的工作原理 .....	111
6.3.3 三相异步电动机的机械特性 .....	114
6.3.4 三相异步电动机的运行特性 .....	116
6.3.5 三相异步电动机的使用 .....	120
本章小结 .....	123
习题 .....	123
<b>第 7 章 继电器接触器控制系统</b> .....	125
7.1 常用低压电器 .....	125
7.1.1 闸刀开关、转换开关和熔断器 .....	125
7.1.2 自动开关 .....	127
7.1.3 交流接触器 .....	128
7.1.4 热继电器和时间继电器 .....	129
7.1.5 按钮和行程开关 .....	131
7.2 电气系统的基本控制环节 .....	132
7.2.1 点动和单向连续运动 .....	132
7.2.2 电动机的正反转控制 .....	134
7.2.3 时间控制 .....	135
7.3 应用举例 .....	137
7.3.1 笼型电动机能耗制动的控制线路 .....	137
7.3.2 加热炉自动上料控制线路 .....	137
本章小结 .....	138



习题 .....	138
<b>第 8 章 二极管、晶体管和场效应晶体管 .....</b>	<b>141</b>
8.1 半导体的导电特性 .....	141
8.1.1 本征半导体 .....	141
8.1.2 N 型半导体和 P 型半导体 .....	142
8.2 PN 结及其单向导电性 .....	142
8.3 二极管 .....	143
8.3.1 基本结构 .....	143
8.3.2 伏安特性 .....	144
8.3.3 理想伏安特性 .....	144
8.3.4 主要参数 .....	144
8.4 稳压二极管 .....	146
8.5 晶体管 .....	149
8.5.1 基本结构 .....	149
8.5.2 晶体管的工作原理 .....	150
8.5.3 特性曲线 .....	151
8.5.4 主要参数 .....	152
8.6 光电器件 .....	154
8.6.1 发光二极管 .....	154
8.6.2 光电二极管 .....	154
8.6.3 光电晶体管 .....	155
8.7 场效应晶体管 .....	156
8.7.1 增强型绝缘栅场效应晶体管 .....	156
8.7.2 耗尽型绝缘栅场效应晶体管 .....	158
8.7.3 场效应晶体管的特性曲线与主要参数 .....	158
本章小结 .....	159
习题 .....	159
<b>第 9 章 分立元件组成的基本放大电路 .....</b>	<b>162</b>
9.1 共发射极放大电路 .....	162
9.1.1 基本放大电路的组成 .....	162
9.1.2 放大电路的静态分析 .....	163
9.1.3 放大电路的动态分析 .....	164
9.1.4 分压式放大电路 .....	169
9.2 共集电极放大电路 .....	174
9.2.1 共集电极放大电路的基本组成 .....	174
9.2.2 共集电极放大电路的工作原理 .....	174

9.2.3 射极输出器的主要特点 .....	176
9.3 场效应晶体管放大电路 .....	177
9.3.1 静态分析 .....	177
9.3.2 动态分析 .....	178
9.4 多级放大电路 .....	179
本章小结 .....	184
习题 .....	184
<b>第 10 章 集成运算放大器</b> .....	<b>186</b>
10.1 集成运算放大器概述 .....	186
10.1.1 集成运算放大器的基本组成 .....	186
10.1.2 差分放大电路 .....	187
10.1.3 运算放大器的特点分析 .....	189
10.2 集成运放中的负反馈 .....	191
10.2.1 反馈的基本概念 .....	191
10.2.2 负反馈的类型 .....	192
10.2.3 负反馈对放大电路性能的影响 .....	195
10.3 运算放大器的应用 .....	196
10.3.1 比例运算电路 .....	196
10.3.2 加、减运算电路 .....	198
10.3.3 积分、微分运算电路 .....	201
10.3.4 电压比较器 .....	204
10.4 正弦波振荡电路 .....	207
10.4.1 正弦波振荡电路的基本原理 .....	207
10.4.2 RC 正弦波振荡电路 .....	208
10.4.3 LC 正弦波振荡电路 .....	210
10.5 集成运算放大器的选择和使用 .....	212
10.5.1 选用元器件 .....	212
10.5.2 消振 .....	212
10.5.3 调零 .....	212
10.5.4 保护 .....	213
本章小结 .....	213
习题 .....	213
<b>第 11 章 直流稳压电源</b> .....	<b>218</b>
11.1 单相桥式整流电路 .....	218
11.2 电容滤波器 .....	220
11.3 串联型稳压电路 .....	222

11.3.1	串联型稳压电路概述 .....	222
11.3.2	集成稳压芯片的应用 .....	222
本章小结	.....	225
习题	.....	225
<b>第 12 章</b>	<b>门电路与组合逻辑电路 .....</b>	<b>227</b>
12.1	脉冲信号 .....	227
12.2	逻辑代数与逻辑函数 .....	228
12.2.1	逻辑代数的基本运算 .....	228
12.2.2	逻辑函数的表示方法 .....	229
12.2.3	逻辑表达式的化简 .....	231
12.2.4	逻辑表达式的变换 .....	231
12.3	逻辑门电路 .....	232
12.3.1	分立元件的门电路 .....	232
12.3.2	集成逻辑门电路 .....	232
12.4	组合逻辑电路的分析与设计 .....	234
12.4.1	组合逻辑电路的分析 .....	234
12.4.2	组合逻辑电路的设计 .....	235
12.5	常用的组合逻辑模块 .....	238
12.5.1	全加器 .....	238
12.5.2	编码器 .....	238
12.5.3	译码器和数字显示 .....	241
本章小结	.....	246
习题	.....	246
<b>第 13 章</b>	<b>触发器与时序逻辑电路 .....</b>	<b>249</b>
13.1	双稳态触发器 .....	249
13.1.1	RS 触发器 .....	249
13.1.2	JK 触发器 .....	251
13.1.3	维持阻塞型 D 触发器 .....	252
13.2	寄存器 .....	254
13.2.1	数码寄存器 .....	254
13.2.2	移位寄存器 .....	254
13.3	计数器 .....	257
13.3.1	二进制计数器 .....	257
13.3.2	十进制计数器 .....	261
13.3.3	任意进制计数器 .....	263
13.4	555 定时器及其应用 .....	264

13.4.1 555 定时器 .....	264
13.4.2 由 555 定时器组成的单稳态触发器 .....	265
13.4.3 用 555 定时器组成的多谐振荡器 .....	267
本章小结 .....	270
习题 .....	270
附录 A 半导体分立器件型号命名方法 .....	274
附录 B 常用半导体分立器件的参数 .....	275
附录 C 半导体集成器件型号命名方法 .....	278
附录 D 常用半导体集成电路的参数和符号 .....	279
附录 E 电阻器标称阻值系列 .....	280
附录 F 常见术语中英对照 .....	281
附录 G 部分习题答案 .....	286
参考文献 .....	292

# 第 1 章 电路的基本概念和基本定律

电路是电工学乃至电工电子学的基础。本章讨论了电路的基本概念、基本定律及其应用。参考方向是基本概念,规定参考方向是电路分析的第一步;而理想电路元件的电压电流关系(VCR)和基尔霍夫定律(KCL、KVL)是列写电路方程的基本依据。中学物理中讲的电阻串、并联和闭合电路欧姆定律等内容都是 VCR、KCL 和 KVL 在简单电路中的应用。

## 1.1 电路的基本概念

### 1.1.1 电路的组成及其电路模型

#### 1. 电路的组成

电路(实际电路的简称)是电流的通路,它是根据不同需要由某些电工设备或元件按一定方式组合而成的。电路通常由电源或信号源、中间环节和负载组成。

如图 1.1.1(a)所示的电力系统,发电机是电源,三相交流电经过升压、高压输电、降压后给电灯、电动机等负载,将电能转换成其他形式的能量。

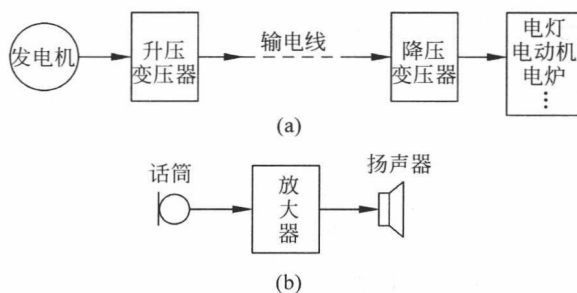


图 1.1.1 电路示意图

如图 1.1.1(b) 所示的扩音系统,话筒将语音信号转换成电信号,在放大电路中,将电压和功率较小的信号放大,扬声器再将电信号转换为语音信号,而这都需要电池,因为它提供电能支持。

电压和电流是在电源的作用下产生的,是电路中的响应;电源又称为激励源,也称输入。在电路中激励是原因,响应是结果。

用电设备称为负载。如电灯、电炉、电动机和电磁铁等能够取用电能,并将其转换成光能、热能、机械能和磁场能等。

#### 2. 电路的作用

电路的构成形式多种多样,其作用可归纳为两大类。

(1) 电能的传输和转换,如图 1.1.1(a)所示的电力系统。

(2) 信号的传递和处理,如图 1.1.1(b)所示的扩音系统。

#### 3. 电路模型

电路理论讨论的是电路模型,而不是前面提到的实际电路,尽管两者有时都简称电路。

为了便于对实际电路进行分析和用数学描述,将实际电路元件理想化(或称模型化),用理想电路元件(电阻、电感、电容等)及其组合替代实际电路中的器件,则由理想电路元件组成的电路即为实际电路的电路模型。在电路模型中各理想元件的端子是用“理想导线”(其电阻为零)连接起来的。

用理想电路元件及其组合来模拟实际器件即为建模。电路模型就是要把给定工作条件下的主要物理现象及功能反映出来。例如,当电炉丝流过电流时,主要具有消耗电能(转换成热能和光能)的性质(即电阻性);另外线圈还会储存磁场能量,即也具有电感性。所以,电炉丝的简单模型是电阻元件,进一步模型是电阻和电感的串联。

一个简单的手电筒电路的实际电路元件有干电池、电珠、开关和筒体,电路模型如图 1.1.2 所示。干电池是电源元件,用电动势  $E$  和内电阻(简称内阻) $R_0$  的串联来表示;电珠是电阻元件,用参数  $R$  表示;筒体和开关是中间环节,用来连接干电池与电珠,开关闭合时其电阻忽略不计,认为是一电阻为零的理想导体。

模型选取得恰当,电路的分析计算结果就与实际情况接近;反之,误差会很大,甚至出现矛盾的结论。本书一般不讨论建模问题,今后本书所说的电路一般均指实际电路的电路模型,电路元件也是理想电路元件的简称,该类理想元件都是通过两个端口与电路连接的,称为二端元件,如图 1.1.3 所示。

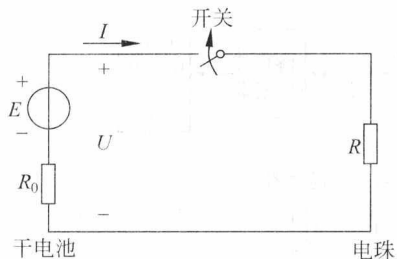


图 1.1.2 实际电路与电路模型示例

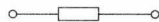


图 1.1.3 二端元件

### 1.1.2 电流、电压的参考方向

电路中的物理量主要有电流  $i(I)$ 、电压  $u(U)$ 、电动势  $e(E)$ 、电功率  $p(P)$ 、电能  $w(W)$ 、电荷  $q(Q)$ 、磁通  $\Phi$  和磁链  $\Psi$ 。在分析电路时,要用电压或电流的正方向导出电路方程,但电流或电压的实际方向可能是未知的,也可能是随时间变动的,故需要指定其参考方向。

#### 1. 电流及其参考方向

电流是电荷有规则地定向运动形成的。在数值上,电流等于单位时间内通过导体横截面的电荷量,即

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1.1.1)$$

若电流不随时间而变化,则称为直流电流,常用大写字母  $I$  表示。物理上规定正电荷运动的方向为电流的实际方向,但在电路分析时,需要先任意规定(假定)某一方向为电流的正方向,这一方向即为电流的参考方向。

**参考方向:** 人为规定电压、电流等代数量取正的方向。

凡是电路方程中涉及的物理量都要规定参考方向,相当于数学中列方程时的设变量,否则无法判断方程的正误。规定电流参考方向后,电流就变成代数量。如果  $i > 0$ ,表示电流的参考方向与其实方向相同;如果  $i < 0$ ,表示电流的参考方向与其实方向相反。电流的参考方向一般用以下两种方式来表示。

(1) 用箭头表示,如图 1.1.4(a)所示。

(2) 用双下标表示,如图 1.1.4(b)所示,按所选电流参考方向可写为  $i_{ab}$ ,对同一段电路, $i_{ab} = -i_{ba}$ 。以后,一般情况下所说的“方向”都指参考方向。

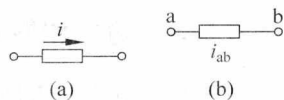


图 1.1.4 电流的参考方向及其符号表示

在国际单位制中,电流的基本单位是安[培](A),计量微小电流时也用毫安(mA)或微安( $\mu\text{A}$ )做单位,其换算关系为  $1\text{mA} = 10^{-3}\text{A}$ ,  $1\mu\text{A} = 10^{-6}\text{A}$ 。

## 2. 电压和电动势的参考方向

电压是描述电场力对电荷做功的物理量,定义为

$$u = \frac{dW}{dq} \quad (1.1.2)$$

式中, $dq$  为由电路中的一点移到另一点的电荷量; $dW$  为转移过程中电荷  $dq$  所获得或失去的能量; $u_{ab}$  就是 a、b 两点间电位差, $u_{ab} = V_a - V_b$ 。它在数值上等于电场力驱使单位正电荷从 a 点移到 b 点所做的功。为方便分析计算,物理中规定电压的实际方向为由高电位端指向低电位端,即电位降低的方向。

电源电动势(以后“电源”二字常略去)体现电源将其他形式能转化为电能的本领,数值上等于非静电力将单位正电荷从电源的负极通过电源内部移到正极所做的功,用  $e$  表示任意形式的电动势, $E$  表示直流电动势。电动势的实际方向规定为由电源低电位端(负极性端)指向其高电位端(正极性端),即电位升高的方向。

与电流一样,也要规定电压的参考方向。电压的参考方向用以下三种方式来表示。

(1) 用“+”和“-”表示,如图 1.1.5(a)所示。

(2) 用箭头表示,如图 1.1.5(b)所示。

(3) 用双下标表示,如图 1.1.5(c)所示。

有时为方便起见,也规定电动势的参考方向,如图 1.1.6 所示,它也用“+”和“-”表示,只是电动势的参考方向从“-”指向“+”;而电压的参考方向从“+”指向“-”。对理想电压源而言,如果用同一套符号既表示电压的参考方向,又表示电动势的参考方向,则  $U_s = E$ 。电压和电动势的国际单位是伏特(V),其次还可用千伏(kV)、毫伏(mV)或微伏( $\mu\text{V}$ )做单位。

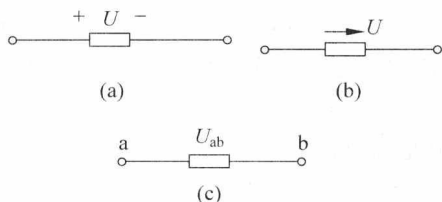


图 1.1.5 电压的参考方向

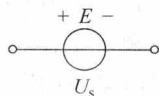


图 1.1.6 电动势的参考方向

通过一个元件的电流和其两端电压的参考方向可以随意规定。当两者参考方向一致时,称为关联参考方向;否则称为非关联参考方向。通常,默认电阻元件、电感元件和电容元件采用关联参考方向,就可以只规定电流的参考方向。如果是理想电压源和电流源,无论是否关联,两者的参考方向都要规定。

### 1.1.3 功率和能量

功率和能量也是电路分析中的常用复合物理量。如果二端元件(二端网络)的电压和电流为  $u$  和  $i$ ,则功率为

$$p = ui \tag{1.1.3}$$

在关联参考方向时

$$\begin{cases} p > 0, & \text{消耗电功率} \\ p < 0, & \text{发出电功率} \end{cases}$$

消耗电功率表示将电功率转化为其他形式的功率;而发出电功率则表示将其他形式的功率转化电功率。

同理,在非关联参考方向时,结论正好相反。

在时间  $t_1$  到  $t_2$  期间,二端元件(二端网络)消耗或发出电能为

$$W = \int_{t_1}^{t_2} ui dt \tag{1.1.4}$$

单位为焦(耳)(J)、常用千瓦时(kW·h)、1kW·h=1000W·h=3.6×10<sup>6</sup>J。

## 1.2 电器的额定值与实际值

各种电器设备的电压、电流及功率等都有一个额定值。例如,一盏白炽灯标有电压220V,功率60W,这就是它的额定值。额定电流、额定电压和额定功率分别用  $I_N$ 、 $U_N$  和  $P_N$  表示。

额定值是在全面考虑使用的经济性、可靠性、安全性及寿命,特别是工作温度允许值等因素,使产品能在给定的工作条件下正常运行而对产品规定的正常允许值。使用时应遵循而不允许偏离过多。大多数电气设备,如电机、变压器等,其寿命与绝缘材料的耐热性能及绝缘强度有关。当电流超过额定值过多时,绝缘材料将因发热过甚而遭损坏;当所加电压超过额定值时,绝缘材料可能被击穿。反之,若所加电压和电流低于其额定值,不仅不能充分利用设备的能力,而且有的设备还不能正常合理地工作。例如,线圈额定电压为380V的电磁铁,若接上220V的电压,则电磁铁将不能正常吸引衔铁或工件;但如果是一台直流发电机,标有额定值10kW、230V,实际使用时一般不允许所接负载功率超过10kW,实际供出的功率值可能低于10kW。使用时,电压一般是额定电压,但功率可以小于或等于额定功率,电源输出的功率和电流决定于负载的大小,就是负载需要多少电源就供多少,电源通常不一定工作在额定工作状态,即功率低于额定值是正常的。

考虑客观因素,使用时,允许某些电气设备或元件的实际电压、电流和功率等在其额定值上下有一定幅度的波动,例如±1%、±5%、±10%或短时过载。

**【例 1.2.1】** 有一额定值为5W、500Ω的电阻器。问其额定电流和额定电压各为多少?



解  
故

$$P_N = U_N I_N = I_N^2 R$$

$$I_N = \sqrt{\frac{P_N}{R}} = \sqrt{\frac{5}{500}} \text{ A} = 0.1 \text{ A}$$

使用时电压不得超过

$$U_N = R I_N = 500 \times 0.1 \text{ V} = 50 \text{ V}$$

当电阻器低于功率额定值时,就低于电压和电流的额定值,是可以正常使用的,留下更大的安全裕度。

**【例 1.2.2】** 有一额定值为 40W、220V 的白炽灯,加在 110V 的电源上如何?

**解** 如果将白炽灯看成线性电阻,则实际功率为 10W,不能正常发光。

**练习与思考**

1.2.1 一个电热器从 220V 的电源取用的功率是 1000W,如将它接到 110V 的电源上,它取用的功率是多少?

1.2.2 一台直流发电机,其铭牌上标有  $P_N$ 、 $U_N$  和  $I_N$ 。试问发电机的空载运行、轻载运行、满载运行和过载运行各指什么情况? 负载的大小一般又指什么而言?

## 1.3 电路的基本元件

### 1.3.1 无源元件

理想电路元件是电路最基本的组成单元,可分为无源元件和有源元件,以及线性元件和非线性元件等。在本书中讨论的电阻元件、电感元件、电容元件是线性时不变二端无源元件、理想电压源和电流源是二端有源元件。

理想元件就是突出元件的主要电磁性质,而忽略次要因素。电阻元件具有消耗电能的性质(电阻性),其他电磁性质均可忽略不计;电感元件突出其中通过电流产生磁场而储存磁场能量的性质(电感性);对电容元件,突出其加上电压要产生电场而储存电场能量的性质(电容性)。电阻元件是耗能元件,后两者为储能元件。分析理想电路元件,主要讨论物理定义和元件符号、元件的电压电流关系(VCR)和伏安特性、功率和能量的情况。

#### 1. 电阻元件

电功率耗散性元件,表示将电功率不可逆转换为其他形式功率。

电阻元件的符号如图 1.3.1(a)所示,在关联参考方向下

$$u = Ri \tag{1.3.1}$$

如果参考方向不关联,则

$$u = -Ri$$

参考方向决定 VCR 的正负号,这要求列写方程前一定要先规定参考方向,并养成良好的习惯。由式(1.3.1)决定的伏安特性曲线是一个过原点的直线,如图 1.3.1(b)所示。

开路(断开)和短路是电路中常见的工作状态,而且与电阻元件有一定的关系,可以与二端元件一样类似地定义其 VCR。

开路: 不论  $u$  为任何值(有限值), $i=0$ ,可认为电阻阻值  $R=\infty$ ,相当于理想开关断开,