



世纪高职高专系列规划教材·机电类



 主编 周永金 主审 卢庆林

# 电工电子技术基础

DIANGONG DIANZI JISHU JICHU



西北大学出版社  
NORTHWEST UNIVERSITY PRESS

# 电工电子技术基础

DIANGONGDIANZIJIISHUJICHU

主 审 卢庆林

主 编 周永金

副主编 吉武庆

申凤琴

西北大学出版社

**【内容提要】** 本书是为高等职业技术学院工科非电类专业学生编写的一本专业基础课教材,主要面向两年制学生,同时适用三年制和五年制学生。

全书分为两个部分,第一部分由直流电路、交流电路、变压器、电动机、供电及安全用电、半导体元件、放大电路及集成电路、直流稳压电源、数字电路等九章理论内容和五篇阅读材料组成,第二部分由十个实验指导组成。

全书内容浅显易懂,取材丰富,对相关专业的技术人员也具有一定参考价值。

### 图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术基础 / 周永金主编. —西安: 西北大学出版社, 2005. 2

ISBN 7-5604-1989-5

I. 电... II. 周... 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. ①TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 010971 号

**书 名:** 电工电子技术基础

**主 编:** 周永金

**副 主 编:** 吉武庆 申凤琴

**出版发行:** 西北大学出版社

**通信地址:** 西安市太白北路 229 号 邮编: 710069 电话: 029 - 88302590

**经 销:** 新华书店经销

**印 刷:** 陕西向阳印务有限公司

**开 本:** 787mm × 960mm 1/16

**印 张:** 18.25

**字 数:** 300 千字

**版 次:** 2005 年 2 月第 1 版 2005 年 2 月第 1 次印刷

**书 号:** ISBN 7-5604-1989-5/TM · 6

**定 价:** 26.00 元

本书是为 21 世纪培养高等职业技术人才而编写的工科非电类专业通用教材。

作者在编写本教材时,充分研究了国家对职业技术人才的需求情况和高等职业技术学校学生的特点、知识结构以及教学规律、培养目标等内容。本着理论知识够用、实践能力过硬、快速培养急需人才的目标,认真组织教材内容,努力使教材符合理论教学的需要。

本教材具有以下特点:

- (1)降低了理论分析的难度,注重理论分析结果的应用。
- (2)每章后均有章后小结,以利于复习。
- (3)章后习题形式多样,并给出了部分计算题的参考答案,以方便教学。
- (4)选编了五篇阅读材料,以使理论与实践更能紧密地相结合。
- (5)教材后附有十个实验,以供教学过程中选用。

参加本书编写的有陕西国防工业职业技术学院的周永金(第四章,阅读材料一、二、三、四,实验四)、王朱劳(第三章);西安理工大学高新技术学院的申凤琴(第一章,实验一);陕西工业职业技术学院的吉武庆(第七章,阅读材料五,实验五、六);西安航空技术高等专科学校的侯睿(第五章,第八章,实验七);西安航空职业技术学院的张永红(第二章,实验二、三);西安铁路运输职工大学的杨国荣(第六章,第九章 §9-7)和邢红霞(第九章 §9-1~§9-6,实验八、九、十)。本书由周永金担任主编对全书进行了认真的统稿和校对。吉武庆、申凤琴担任副主编,卢庆林担任主审,对全书进行了审定并提出宝贵的意见,在此表示衷心的感谢。

本书建议课时为 80(含实验课时)课时,使用过程中可以根据不同专业,适当调节教学进度和教学内容。

作者诚切欢迎各类高等职业技术学院的工科专业使用该教材。由于作者水平有限,书中定有不妥和错误之处,恳切希望使用该书的师生批评指正。

编 者

2004 年 11 月

# 目 录

<b>第一章 直流电路</b>	/1
§ 1-1 电路的组成及其基本物理量	/1
§ 1-2 电路的基本元件	/6
§ 1-3 基尔霍夫定律及其应用	/9
§ 1-4 二端网络的等效	/14
§ 1-5 叠加定理与戴维南定理	/19
本章小结	/22
阅读材料一 电阻及应用	/24
习题一	/28
<b>第二章 交流电路</b>	/33
§ 2-1 正弦交流电的基本概念	/33
§ 2-2 单一参数交流电路的分析	/39
§ 2-3 简单交流电路的分析	/48
§ 2-4 三相交流电路的分析	/57
本章小结	/63
阅读材料二 电工识图知识	/64
习题二	/68
<b>第三章 变压器</b>	/72
§ 3-1 变压器的结构与工作原理	/72
§ 3-2 常用变压器	/79
本章小结	/82
习题三	/83

<b>第四章 电动机</b>	/84
§ 4-1 三相异步电动机	/84
§ 4-2 单相异步电动机	/96
§ 4-3 直流电动机	/99
本章小结	/107
阅读材料三 电器设备的额定值 电路的几种状态 单相变压器的同名端 变压器及电动机主要参数	/108
习题四	/112
<b>第五章 供电及安全用电</b>	/113
§ 5-1 发电、供电与配电	/113
§ 5-2 安全用电	/116
§ 5-3 节约用电	/120
阅读材料四 小截面导线的连接方法	/122
习题五	/125
<b>第六章 半导体元件</b>	/126
§ 6-1 晶体二极管	/126
§ 6-2 晶体三极管	/132
§ 6-3 晶闸管	/139
本章小结	/141
习题六	/142
<b>第七章 放大电路及集成电路</b>	/144
§ 7-1 基本共发射极放大电路	/144
§ 7-2 负反馈放大电路	/151
§ 7-3 集成运算放大电路的组成及应用	/164

# 目 录

本章小结	/179
阅读材料五 半导体元件的检测方法	/181
习题七	/183
<b>第八章 直流稳压电源</b>	<b>/186</b>
§ 8-1 整流电路	/186
§ 8-2 滤波电路	/191
§ 8-3 稳压电路	/194
§ 8-4 可控整流电路	/197
本章小结	/206
习题八	/207
<b>第九章 数字电路</b>	<b>/209</b>
§ 9-1 数字电路基础	/209
§ 9-2 门电路	/214
§ 9-3 触发器	/218
§ 9-4 计数器	/224
§ 9-5 寄存器	/228
§ 9-6 译码器	/231
§ 9-7 A/D 转换与 D/A 转换	/235
本章小结	/241
习题九	/242
实验一 直流电路综合实验	/244
实验二 日光灯功率因数的提高	/248
实验三 三相交流电路实验	/251



## 目 录

实验四 三相异步电动机	/254
实验五 分压式偏置电路	/257
实验六 集成运算放大电路	/261
实验七 直流稳压电源	/264
实验八 门电路	/269
实验九 译码器	/271
实验十 触发器的工作特性	/274
附录 I 常用阻容元件的标称值	/277
附录 II 国产半导体元件命名方法	/278
附录 III 国产集成电路命名方法	/279
附录 IV 习题参考答案	/280
参考书目	/284

# 第一章 直流电路

## § 1-1 电路的组成及其基本物理量

### 1-1-1 电路的组成

电路是各种电气元器件按一定的方式连接起来的总体。在人们的日常生活和生产实践中,电路无处不在。从电视机、电冰箱、计算机到自动化生产线,都体现了电路的存在。

最简单的电路实例如图 1-1-1 所示的手电筒电路:用导线将电池、开关、白炽灯连接起来,为电流流通提供了路径。电路一般由三部分组成:一是提供电能的部分称为电源;二是消耗或转换电能的部分称为负载;三是连接及控制电源和负载的部分如导线、开关等称为中间环节。

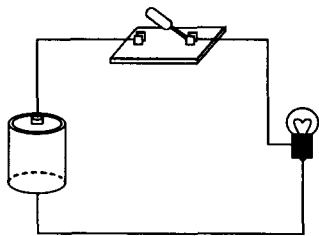


图 1-1-1

一个实际的元件,在电路中工作时,所表现的物理特性不是单一的。例如,一个实际的绕线电阻,当有电流通过时,除了对电流呈现阻碍作用之外,还在导线的周围产生磁场,因而兼有电感器的性质。同时还会在各匝线圈间存在电场,因而又兼有电容器的性质。所以,直接对由实际元件和设备构成的电路进行分析和研究,往往很困难,有时甚至不可能。

为了便于对电路进行分析和计算,我们常把实际元件加以近似化、理想化,在一定条件下忽略其次要性质,用足以表征其主要特征的“模型”来表示,即用理想元件来表示。例如,“电阻元件”就是电阻器、电烙铁、电炉等实际电路元器件的理想元件,称为模型。因为在低频电路中,这些实际元器件所表现的主要特征是把电能转化为热能。用“电阻元件”这样一个理想元件来反映消耗电能的特征。同样,在一定条件下,“电感元件”是线圈的理想元件,“电容元件”是电容器的理想元件。

由理想元件构成的电路,称为实际电路的“电路模型”。图 1-1-2 是图 1-1-1 所示实际电路的电路模型。

### 1-1-2 电路中的基本物理量

研究电路的基本规律,首先应掌握电路中的基本物理量:电流、电压和电功率。

#### 1. 电流

电流是电路中既有大小又有方向的基本物理量,其定义为在单位时间内通过导体横截面的电荷量。电流的大小即电流强度,简称电流,其单位为安培(A)。

电流主要分为两类:一类为大小和方向均不随时间变化的电流为恒定电流,简称直流(简写 DC),用大写字母  $I$  表示。另一类为大小和方向均随时间变化的电流为变化电流,用小写字母  $i$  或  $i(t)$  表示。其中一个周期内电流的平均值为零的变化电流称为交变电流,简称交流(简写 AC),也用  $i$  表示。

几种常见的电流波形如图 1-1-3 所示,其中图 1-1-3(a)为直流,(b),(c)为交流。

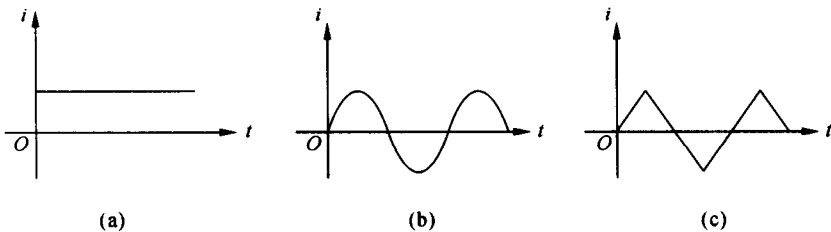


图 1-1-3

电流的实际方向规定为正电荷运动的方向。

在分析电路时,对复杂电路由于无法确定电流的实际方向,或电流的实际方向在不断的变化,所以我们引入了“参考方向”的概念。

参考方向是一个假想的电流方向。在分析电路前,须先任意规定未知电流的参考方向,并用实线箭头标于电路图上,如图 1-1-4 所示,图中方框表示一般二端元件。特别注意:图中实线箭头和电流符

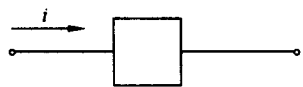


图 1-1-4

号  $i$  缺一不可。

若计算结果(或已知) $i > 0$ ,则电流的实际方向与电流的参考方向一致;若 $i < 0$ ,则电流的实际方向和电流的参考方向相反。这样,我们就可以在选定的参考方向下,根据电流的正负来确定出某一时刻电流的实际方向。

## 2. 电压、电位

(1) 电压 电压是电路中既有大小又有方向(极性)的基本物理量。直流电压用大写字母  $U$  表示,交流电压用小写字母  $u$  表示。

电路中 A, B 两点间电压的大小等于电场力将单位正电荷从 A 点移动到 B 点所做的功。若电场力做正功,则电压  $u$  的实际方向从 A 到 B。电压的单位为伏特(V)。

(2) 电位 在电路中任选一点为电位参考点,则某点到参考点的电压就称为这一点(相对于参考点)的电位。如 A 点的电位记作  $V_A$ 。当选择 O 点为参考点时,

$$V_A = U_{AO} \quad (1-1-1)$$

电压是针对电路中某两点而言的,与路径无关。所以有

$$U_{AB} = U_{AO} - U_{BO} = V_A - V_B \quad (1-1-2)$$

这样,A, B 两点间的电压等于该两点电位之差。所以,电压又称电位差。引入电位的概念之后,电压的实际方向是由高电位点指向低电位点。

在分析电路时,也须对未知电压任意规定电压“参考方向”,其标注方法如图 1-1-5 所示。其中,图 1-1-5(a)所示的标注方法中,参考方向是由 A 点指向 B 点;图 1-1-5(b)所示的标注方法,即参考极性标注法中,“+”号表示参考高电位端(正极),“-”号表示参考低电位端(负极);图 1-1-5(c)所示的标注方法中,参考方向是由 A 点指向 B 点。在标注参考方向时,常用图 1-1-5(b)的标注方法。

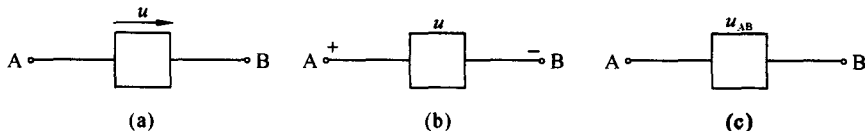


图 1-1-5

选定参考方向后,才能对电路进行分析计算。当 $u > 0$ 时,该电压的实际极性与所标的参考极性相同,当 $u < 0$ 时,该电压的实际极性与所标的参考极性相反。

例 1-1-1 在图 1-1-6 所示的电路中,方框泛指电路中的一般元件,试分别指出图中各电压的实际极性。

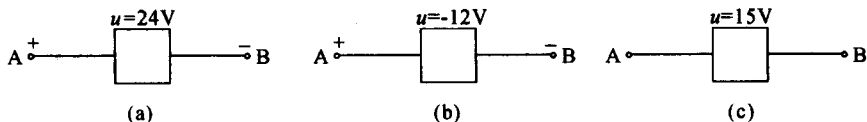


图 1-1-6

解 各电压的实际极性为:

- (1) a 图, A 点为高电位, 因  $u = 24\text{V} > 0$ , 所标参考极性与实际极性相同。
- (2) b 图, B 点为高电位, 因  $u = -12\text{V} < 0$ , 所标参考极性与实际极性相反。
- (3) c 图, 不能确定, 虽然  $u = 15\text{V} > 0$ , 但图中没有标出参考极性。

当元件上的电流参考方向是从电压的参考高电位指向参考低电位时, 称为关联参考方向, 反之称为非关联参考方向, 如图 1-1-7 所示。

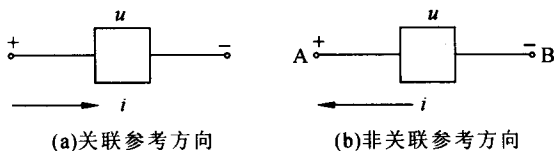


图 1-1-7

### 3. 电功率

电功率是指单位时间内, 电路元件上能量的变化量。它是具有大小和正负值的物理量。电功率简称功率, 其单位是瓦特 (W)。

在电路分析中, 通常用电流  $i$  与电压  $u$  的乘积来描述功率。

在  $u, i$  关联参考方向下, 元件上吸收的功率定义为

$$p = ui \tag{1-1-3}$$

在  $u, i$  非关联参考方向下, 元件上吸收的功率为

$$p = -ui \tag{1-1-4}$$

不论  $u, i$  是否是关联参考方向, 若  $p > 0$ , 则该元件吸收 (或消耗) 功率; 若  $p < 0$ , 则该元件发出 (或供给) 功率。

以上有关元件功率的讨论同样适用于一段电路。

例 1-1-2 试求图 1-1-8 电路中元件吸收的功率。

解 (1) a 图, 所选  $u, i$  为关联参考方向, 元件吸收的功率

$$P = UI = 4 \times (-3)\text{W} = -12\text{W}$$

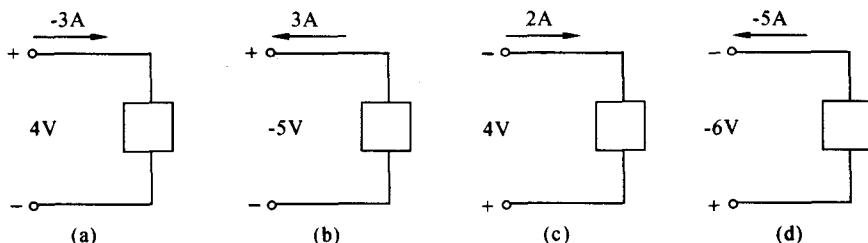


图 1-1-8

此时元件吸收功率  $-12\text{W}$ , 即发出的功率为  $12\text{W}$ 。

(2) b 图, 所选  $u, i$  为非关联参考方向, 元件吸收的功率

$$P = -UI = -(-5) \times 3\text{W} = 15\text{W}$$

此时元件吸收的功率为  $15\text{W}$ 。

(3) c 图, 所选  $u, i$  为非关联参考方向, 元件吸收的功率

$$P = -UI = -4 \times 2\text{W} = -8\text{W}$$

此时元件发出的功率为  $8\text{W}$ 。

(4) d 图, 所选  $u, i$  为关联参考方向, 元件吸收的功率

$$P = UI = (-6) \times (-5)\text{W} = 30\text{W}$$

此时元件吸收的功率为  $30\text{W}$ 。

以上所涉及的电压、电流和功率的单位都是国际单位制(SI)的主单位, 在实际应用中, 还有辅助单位。辅助单位的部分常用词头见表 1-1-1。

表 1-1-1 部分常用的 SI 词头

词头名称		符号	因数
中文	英文		
皮	pico	P	$10^{-12}$
微	micro	$\mu$	$10^{-6}$
毫	milli	m	$10^{-3}$
千	kilo	k	$10^3$
兆	mega	M	$10^6$

## § 1-2 电路的基本元件

### 1-2-1 电阻元件

#### 1. 电阻和电阻元件

电荷在电场力作用下在导体中作定向运动时,通常要受到阻碍作用。导体对电流的阻碍作用,称为该导体的电阻。用符号  $R$  表示。电阻的单位是欧姆( $\Omega$ )。

电阻元件是对电流呈现阻碍作用的耗能元件的总称。如电炉、白炽灯、电阻器等。

#### 2. 电导

电阻的倒数称为电导,电导是表征材料的导电能力的一个参数,用符号  $G$  表示。

$$G = 1/R \quad (1-2-1)$$

电导的单位是西门子(S),简称西。

#### 3. 电阻元件上电压、电流关系

1827年德国科学家欧姆总结出:施加于电阻元件上的电压与通过它的电流成正比。如图 1-2-1 所示的电路, $u, i$  为关联参考方向,其伏安关系为

$$u = Ri \quad (1-2-2)$$

若  $u, i$  为非关联参考方向,则伏安关系为

$$u = -Ri \quad (1-2-3)$$

在任何时刻,两端电压与其电流的关系都服从欧姆定律的电阻元件称为线性电阻元件。线性电阻元件的伏安特性是一条通过坐标原点的直线( $R$  是常数),如图 1-2-2 所示。非线性电阻元件的伏安特性是一条曲线,如图 1-2-3 所示的曲线为二极管的伏安特性。

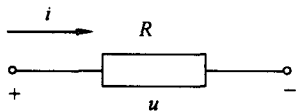


图 1-2-1

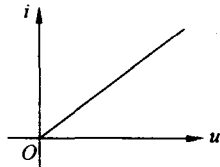


图 1-2-2

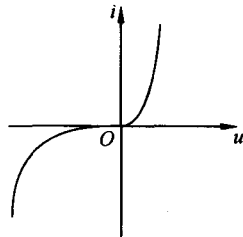


图 1-2-3

本书只介绍线性元件及含线性元件的电路。为了方便,常将线性电阻元件简称为电阻,这样,“电阻”一词既代表电阻元件,也代表电阻参数。

对于接在电路 A,B 两点间的电阻  $R$  而言,若  $R=0$  时,称 A,B 两点短路;若  $R \rightarrow \infty$  时,称 A,B 两点开路。

#### 4. 电阻元件上的功率

若  $u, i$  为关联参考方向,则电阻  $R$  上消耗的功率为

$$p = ui = (Ri)i = Ri^2 \quad (1-2-4)$$

若  $u, i$  为非关联参考方向,则

$$p = -ui = -(-Ri)i = Ri^2$$

可见  $p \geq 0$ , 说明电阻总是消耗(吸收)功率,而与其上的电流、电压极性无关。

例 1-2-1 电路如图 1-2-1 所示,已知电阻  $R$  吸收功率为  $3\text{W}$ ,  $i = -1\text{A}$ 。求电压  $u$  及电阻  $R$  的值。

解 由于  $u, i$  为关联参考方向,由式(1-2-4)

$$\text{得} \quad p = ui = u(-1)\text{A} = 3\text{W}$$

$$u = -3\text{V}$$

所以,  $u$  的实际方向与参考方向相反。

因  $p = Ri^2$ , 故

$$R = \frac{p}{i^2} = \frac{3}{(-1)^2}\Omega = 3\Omega$$

实际使用时应注意两点:①电阻值应选附录 I 所示的系列值;②消耗在电阻上的功率应小于所选电阻的额定功率(或标称功率)。

所谓额定功率是指电阻器在一定环境温度下,长期连续工作而不改变其性能的允许功率,如  $1/4\text{W}$ ,  $1/8\text{W}$  等。

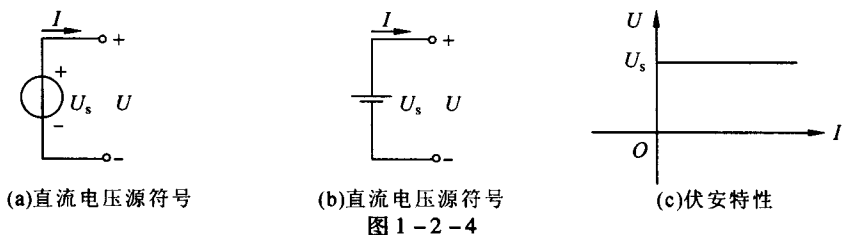
电阻器在电路中主要起两个作用:①限制电流;②分压、分流。

### 1-2-2 电压源

电压源是实际电源(如干电池、蓄电池等)的一种抽象。本节内容仅涉及直流电压源(恒压源),其端电压用符号  $U_s$  表示。电压源的图形符号及其伏安特性曲线如图 1-2-4 所示。其中(a)图中的“+”,“-”是  $U_s$  的参考极性,(b)图中的长线表示参考“+”极性,短线表示参考“-”极性。

电压源具有如下两个特点:





(1) 它的端电压固定不变,与外电路取用的电流  $I$  无关。

(2) 通过它的电流取决于它所连接的外电路,其大小是可以改变的。

电压源的连接如图 1-2-5 所示。图 1-2-5 电路进一步说明:无论电源是否有电流输出,  $U = U_s$ , 与  $I$  无关;  $I$  的大小由  $U_s$  及外电路共同决定。

例如,设  $U_s = 5V$ , 将  $R = 5\Omega$  电阻连接与 A、B 两端,则有  $I = 1A$ ; 若将  $R$  改为  $10\Omega$ , 则有  $I = U_s/R = 0.5A$ 。

### 1-2-3 电流源

电流源也是实际电源(如光电池)的一种抽象。本节内容仅涉及直流电流源(恒流源),其输出电流用符号  $I_s$  表示。电流源的图形符号及其伏安特性曲线如图 1-2-6 所示。箭头所指方向为  $I_s$  的参考方向。