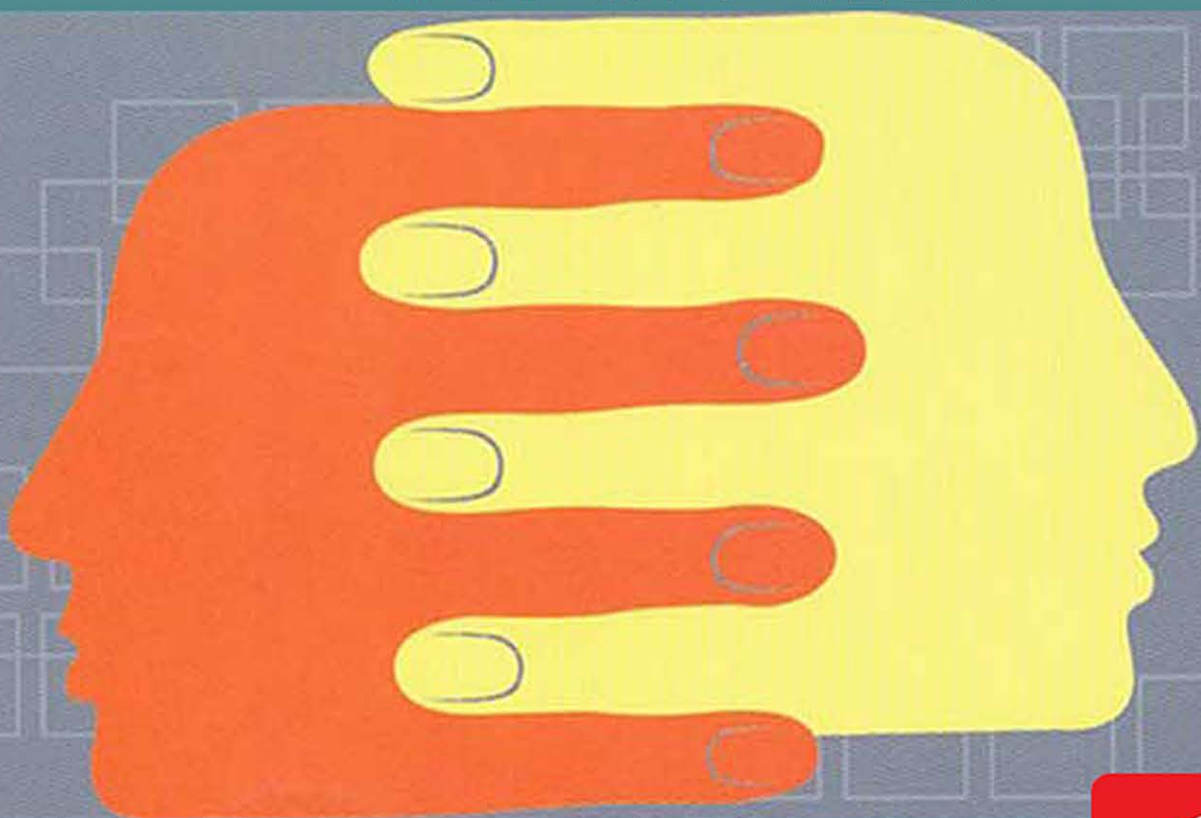


# 电工电子技术

张云龙 展希才 郭婵主编



北京理工大学出版社



# 电工电子技术

主 编 张云龙 展希才 郭 婵  
副主编 杜伟迪 王春晖 赵 健  
邱明鑫 吴 辉

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

## 内 容 简 介

本书主要包括直流电路、正弦交流电路、电路暂态过程、工厂输配电、安全用电与电工测量、电磁铁和变压器、电动机及其基本控制线路、常用晶体管、基本放大电路、集成运算放大器、直流稳压电路、门电路及组合逻辑电路、触发器与时序逻辑电路。栏目设计比较丰富,包括知识提示、导航案例、学习内容、思考与练习、案例解决、本章小结、本章习题等。本书在力求保证必要的基础知识、基本分析方法和基本技能的基础上,淡化其内部机理,回避复杂的参数计算与公式推导等。

本书可作为高职高专院校机电等相关专业的教学用书,也可作非电专业的教学参考书。

版权专有 侵权必究

---

### 图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术 / 张云龙, 展希才, 郭婵主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2017. 8  
ISBN 978-7-5682-4671-2

I. ①电… II. ①张… ②展… ③郭… III. ①电工技术-高等职业教育-教材②电子技术-高等职业教育-教材 IV. ①TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 201734 号

---

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 /

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 19

字 数 / 431 千字

版 次 / 2017 年 8 月第 1 版 2017 年 8 月第 1 次印刷

定 价 / 49.00 元

责任编辑 / 王艳丽

文案编辑 / 王艳丽

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

---

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

# 前言

## Preface

本书在编写时贯彻落实“全国职业教育工作会议”精神，以“必需、够用、实用、好用”为原则，克服理论课内容偏深、偏难的弊端，根据高等职业技术教育教学改革的目的和要求，针对高职高专生源的特点而编写。

本书主要内容包括直流电路、正弦交流电路、电路暂态过程、工厂输配电、安全用电与电工测量、电磁铁和变压器、电动机及其基本控制线路、常用晶体管、基本放大电路、集成运算放大器、直流稳压电路、门电路及组合逻辑电路、触发器与时序逻辑电路等。

本书的编写特点在于：

(1) 以“工学结合、学做合一”模式安排教学内容，将理论与技能相结合，每章中有知识点、案例导航、思考与练习、习题等，案例导航均可培养学生动手能力，有实用价值。

(2) 围绕从事机电类专业相关的职业工种必需的电工电子技术的基础知识、基本技能和基本方法为主线，适当拓展。

(3) 以丰富的图片展示元器件、设备，更形象直观。内容叙述上简洁易懂，减少许多公式推导、原理讲解。

(4) 教学目标上以重点突出典型案例及制作来培养技能，如运用基尔霍夫定律测参数、照明线路安装与检修、电动机拆装、收音机安装与调试、四路抢答器制作等项目。

本书可作为高职高专院校机电等相关专业的教学用书，也可作非电专业的教学参考书，还可作为有关工程技术人员的参考用书。

本书由青岛职业技术学院张云龙、莱芜职业技术学院展希才、东营职业学院郭婵担任主编，由临沂职业学院杜伟迪、潍坊工商职业学院王春晖、青岛职业技术学院赵健、山东轻工职业学院邱明鑫、青岛职业技术学院吴辉担任副主编，其中张云龙编写了第二章和第五章，展希才编写了第一章和第七章，郭婵编写了第十章和第十一章，杜伟迪编写了第三章和第六章，王春晖编写了第四章，赵健编写了第八章，邱明鑫编写了第十二章，吴辉编写了第九章。

本书在编写中查阅了很多资料及著作，在此向参考文献的作者表示感谢。

由于时间仓促，书中难免有错漏和不妥，恳请广大读者批评指正。

编者

# 目 录

## Contents

▶ 第1章 直流电路 .....	1
案例引导 .....	1
1.1 电路及电路模型 .....	2
1.1.1 电路的组成与作用 .....	2
1.1.2 理想电路元件及电路模型 .....	2
1.2 电路主要物理量及电气设备的额定值 .....	3
1.2.1 电路主要物理量 .....	3
1.2.2 电气设备的额定值 .....	9
1.3 电路的三种工作状态 .....	10
1.3.1 负载工作状态 .....	10
1.3.2 空载运行状态 .....	11
1.3.3 短路状态 .....	11
1.4 基尔霍夫定律 .....	12
1.4.1 名词术语 .....	12
1.4.2 电流定律 (简称 KCL) .....	13
1.4.3 电压定律 (简称 KVL) .....	13
1.5 电路分析方法 .....	16
1.5.1 支路电流法 .....	16
1.5.2 电压源与电流源及其等效变换 .....	16
1.5.2 叠加原理 .....	20
1.5.3 节点电位法 .....	22
1.6 拓展: 戴维南定理 .....	23
本章小结 .....	26
习题 .....	27
▶ 第2章 正弦交流电路 .....	32
案例引导 .....	32
2.1 正弦交流电的基本概念 .....	33
2.1.1 正弦交流电的表示方法 .....	33
2.1.2 正弦交流电的三要素 .....	34

2.1.3 正弦交流电的相位差 .....	35
2.2 正弦交流电的相量表示法 .....	37
2.2.1 复数及其运算 .....	37
2.2.2 相量表示法 .....	38
2.3 单一参数的正弦交流电路 .....	40
2.3.1 纯电阻电路 .....	40
2.3.2 纯电感电路 .....	42
2.3.3 纯电容电路 .....	44
2.4 正弦交流电路的分析 .....	46
2.4.1 $RLC$ 串联电路 .....	46
2.4.2 $RLC$ 并联电路 .....	51
2.5 功率因数提高的意义和方法 .....	52
2.5.1 提高功率因数的意义 .....	53
2.5.2 提高功率因数的方法 .....	53
2.6 三相交流电路 .....	54
2.6.1 三相电源的产生 .....	54
2.6.2 三相电源的连接 .....	55
2.6.3 三相负载的连接 .....	57
2.6.4 三相电路的功率 .....	60
2.7 拓展: 谐振电路 .....	61
2.7.1 串联谐振 .....	61
2.7.2 并联谐振 .....	63
本章小结 .....	64
习题 .....	65
<b>► 第3章 电路的暂态过程 .....</b>	<b>68</b>
案例引导 .....	68
3.1 电路的暂态过程及换路定律 .....	68
3.1.1 电路的暂态 .....	68
3.1.2 换路定律 .....	69
3.2 $RC$ 电路的暂态过程及三要素法 .....	70
3.2.1 分析一阶电路暂态过程的三要素法 .....	70
3.2.2 $RC$ 电路的充电过程 .....	72
3.2.3 $RC$ 电路的放电过程 .....	73
3.2.4 $RC$ 电路的时间常数 .....	73
3.3 $RL$ 电路的暂态过程 .....	75
3.3.1 $RL$ 电路与直流电压的接通 .....	75
3.3.2 $RL$ 电路的短接 .....	76

3.3.3 电感电路突然断开、过电压的产生及防止 .....	77
3.4 拓展：微分电路和积分电路 .....	78
3.4.1 微分电路 .....	78
3.4.2 积分电路 .....	79
本章小结 .....	81
习题 .....	81
<b>▶ 第4章 工厂输配电、安全用电和电工测量 .....</b>	<b>84</b>
案例引导 .....	84
4.1 工厂输配电 .....	85
4.1.1 发电厂和电力系统简介 .....	85
4.1.2 工厂供电系统概况 .....	86
4.2 安全用电 .....	87
4.2.1 触电 .....	87
4.2.2 防止触电的保护措施 .....	89
4.2.3 安全用电常识 .....	91
4.2.4 触电急救常识 .....	91
4.3 节约用电 .....	92
4.3.1 节约用电的意义 .....	92
4.3.2 节约用电的一般措施 .....	93
4.4 电工测量仪表与参数测量 .....	93
4.4.1 电工测量仪表的分类 .....	93
4.4.2 测量仪表的选择 .....	94
4.4.3 电流参数测量 .....	94
4.4.4 电压参数测量 .....	96
4.4.5 电功率测量 .....	96
4.5 万用表和兆欧表 .....	97
4.5.1 万用表 .....	97
4.5.2 兆欧表 .....	100
4.6 拓展：测量误差与仪表准确度 .....	101
4.6.1 绝对误差 .....	101
4.6.2 相对误差 .....	101
本章小结 .....	103
习题 .....	104
<b>▶ 第5章 电磁铁和变压器 .....</b>	<b>105</b>
案例引导 .....	105

5.1 磁路 .....	106
5.1.1 磁场的基本物理量 .....	106
5.1.2 磁性材料的主要性能 .....	107
5.1.3 磁路的欧姆定律 .....	108
5.2 电磁铁及其电磁电器 .....	109
5.2.1 电磁铁及电磁性能 .....	109
5.2.2 交流接触器 .....	111
5.2.3 电磁阀 .....	112
5.3 交流铁心线圈电路 .....	112
5.3.1 交流铁心线圈电路中的电磁关系 .....	113
5.3.2 交流铁心线圈的功率损耗 .....	113
5.4 变压器的原理和应用 .....	114
5.4.1 变压器空载运行 .....	115
5.4.2 变压器负载运行 .....	116
5.4.3 变压器的阻抗变换 .....	117
5.4.4 变压器的额定值 .....	118
5.4.5 特殊变压器 .....	119
5.5 拓展：变压器绕组的同极性端 .....	121
本章小结 .....	122
习题 .....	123
<b>► 第6章 三相异步电动机及使用 .....</b>	<b>125</b>
案例引导 .....	125
6.1 三相异步电动机的基本结构和工作原理 .....	126
6.1.1 三相异步电动机的构造 .....	126
6.1.2 三相异步电动机的工作原理 .....	127
6.2 三相异步电动机的电磁转矩和机械特性 .....	130
6.2.1 电磁转矩 .....	130
6.2.2 机械特性 .....	131
6.3 三相异步电动机的使用 .....	132
6.3.1 三相异步电动机的铭牌和技术数据 .....	132
6.3.2 三相异步电动机的选择 .....	134
6.3.3 三相异步电动机的启动 .....	134
6.3.4 三相异步电动机的调速 .....	136
6.3.5 三相异步电动机的反转与制动 .....	137
6.4 单相异步电动机 .....	139
6.5 拓展：三相异步电动机连续运转控制方法 .....	141
本章小结 .....	142



习题 .....	143
<b>► 第7章 常用晶体管 .....</b>	<b>144</b>
案例引导 .....	144
7.1 半导体基础知识 .....	145
7.1.1 半导体 .....	145
7.1.2 本征半导体和杂质半导体 .....	145
7.1.3 PN 结 .....	146
7.2 晶体二极管 .....	147
7.2.1 二极管的结构、特性及主要参数 .....	147
7.2.2 二极管的应用 .....	149
7.3 晶体三极管 .....	150
7.3.1 晶体三极管的结构 .....	150
7.3.2 晶体三极管的电流放大作用 .....	151
7.3.3 晶体三极管的特性曲线 .....	152
7.3.4 晶体三极管的主要参数 .....	153
7.4 绝缘栅场效应管 .....	154
7.4.1 N 沟道增强型 MOS 管 .....	155
7.4.2 N 沟道耗尽型 MOS 管 .....	156
7.5 拓展：晶闸管 .....	157
7.5.1 晶闸管的结构 .....	157
7.5.2 晶闸管的工作原理 .....	158
7.5.3 晶闸管的伏安特性及主要参数 .....	159
本章小结 .....	160
习题 .....	161
<b>► 第8章 基本放大电路 .....</b>	<b>163</b>
案例引导 .....	163
8.1 基本交流电压放大电路 .....	163
8.1.1 基本交流电压放大电路的组成 .....	163
8.1.2 静态分析 .....	164
8.1.3 动态分析 .....	166
8.2 分压式偏置电路 .....	171
8.2.1 稳定静态工作点原理 .....	171
8.2.2 分压式偏置电路的计算 .....	172
8.3 射极输出器 .....	173
8.3.1 静态分析 .....	173

8.3.2 动态分析 .....	174
8.3.3 电路的应用 .....	174
8.4 互补对称功率放大电路 .....	175
8.4.1 对功率放大电路的基本要求 .....	175
8.4.2 功率放大电路的三种工作状态 .....	176
8.4.3 互补对称功率放大电路 .....	176
8.5 多级放大电路 .....	178
8.5.1 阻容耦合多级放大电路 .....	178
8.5.2 直接耦合多级放大电路 .....	179
8.5.3 变压器耦合多级放大电路 .....	179
8.6 拓展：集成功率放大器 .....	180
本章小结 .....	181
习题 .....	182
<b>► 第9章 集成运算放大电路 .....</b>	<b>184</b>
案例引导 .....	184
9.1 集成运算放大器输入级——差动放大电路 .....	185
9.1.1 零点漂移产生原因及其抑制办法 .....	185
9.1.2 差动放大电路 .....	185
9.1.3 差动放大器的差模放大作用和共模抑制作用 .....	186
9.2 集成运算放大器 .....	187
9.2.1 集成运算放大器的基本组成及符号 .....	187
9.2.2 典型集成运算放大器芯片 .....	187
9.2.3 主要性能指标 .....	188
9.2.4 理想运算放大器 .....	189
9.3 集成运算放大器的线性应用电路 .....	191
9.3.1 反馈方框图及组态判别方法 .....	191
9.3.2 比例运算电路 .....	192
9.3.3 加法、减法运算电路 .....	194
9.4 集成运算放大器的非线性应用电路 .....	197
9.4.1 比较器 .....	197
9.4.2 方波发生器 .....	199
9.5 正弦波振荡电路 .....	201
9.5.1 正弦波振荡器的基本概念 .....	201
9.5.2 RC 振荡器 .....	202
9.6 拓展：集成运算放大器应用的一些实际问题 .....	204
本章小结 .....	206
习题 .....	207

► 第 10 章 直流稳压电路	210
案例引导	210
10.1 直流电源的组成	211
10.2 单相桥式整流电路	211
10.2.1 电路的工作原理	211
10.2.2 整流电路的主要参数	212
10.3 滤波电路	214
10.3.1 电容滤波电路	214
10.3.2 电感滤波电路与复式滤波电路	215
10.4 稳压电路	216
10.4.1 稳压管和稳压电路	217
10.4.2 串联直流稳压电路	217
10.4.3 集成稳压电路	218
10.5 拓展: 可控整流电路	220
10.5.1 电路组成及工作原理	220
10.5.2 电路参数的估算	220
本章小结	222
习题	223
► 第 11 章 门电路与组合逻辑电路	225
案例引导	225
11.1 数制与码制	225
11.1.1 常用计数制	225
11.1.2 数制之间的转换	227
11.1.3 常用码制	228
11.2 逻辑代数基础	229
11.2.1 基本逻辑与复合逻辑	229
11.2.2 逻辑函数的表示	231
11.2.3 逻辑代数的基本定律	232
11.3 逻辑函数化简	233
11.3.1 逻辑函数的代数化简法	234
11.3.2 逻辑函数的卡诺图化简法	234
11.3.3 逻辑函数的卡诺图表示法	236
11.3.4 用卡诺图化简逻辑函数	236
11.4 门电路	238
11.4.1 分立元件门电路	238
11.4.2 集成门电路	240

11.4.3 CMOS 集成逻辑门电路	243
11.5 组合逻辑电路的分析与设计	245
11.5.1 组合逻辑电路的分析	245
11.5.2 组合逻辑电路的设计	246
11.6 基本组合逻辑部件	248
11.6.1 编码器	248
11.6.2 译码器与译码显示电路	250
11.6.3 加法器	253
11.7 拓展: 数据选择器和比较器	255
11.7.1 数据选择器	255
11.7.2 数值比较器	257
本章小结	259
习题	260
<b>► 第 12 章 触发器与时序逻辑电路</b>	<b>264</b>
案例引导	264
12.1 触发器	264
12.1.1 RS 触发器	265
12.1.2 主从型 JK 触发器	269
12.1.3 D 触发器	270
12.1.4 T 触发器和 T' 触发器	272
12.2 时序逻辑电路分析	273
12.2.1 数码寄存器	273
12.2.2 移位寄存器	274
12.2.3 计数器	275
12.3 集成计数器	278
12.3.1 集成计数器芯片	278
12.3.2 集成 555 芯片	279
12.4 拓展: N 进制计数器	282
12.4.1 $M < N$ 的情况	282
12.4.2 $M > N$ 的情况	282
本章小结	286
习题	286
<b>► 参考文献</b>	<b>289</b>

# 第 1 章

## 直流电路

### 本章知识

- ◆掌握电路的组成、电路模型概念及电路的主要物理量。
- ◆掌握电路元件的电压与电流约束关系的欧姆定律；电路结构间电压与电流约束关系的基尔霍夫定律。
- ◆掌握用支路电流法、叠加原理、电源等效变换方式分析直流电路的方法。

### 案例引导

生活中常用手电筒照明探路，如图 1-1 所示是其外形图与电路连接图，那么，电路具备什么条件才能使手电筒持续发光？通常电路如何分析亮度变化？

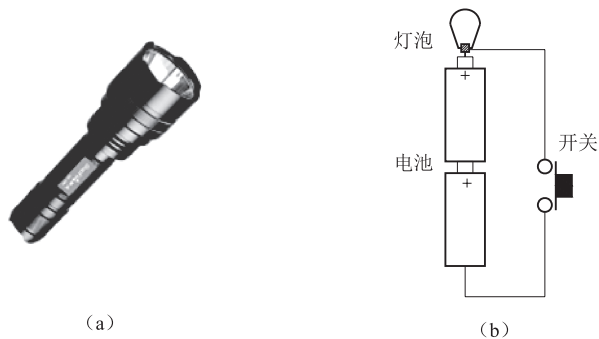


图 1-1 手电筒电路

(a) 手电筒外形图；(b) 电路示意图

由此引导出直流电路中的知识点：(1) 实际电路简化成电路模型；(2) 直流电路主要物理量  $I$ 、 $U$ 、 $V$ 、 $P$ 、 $W$ ；(3) 电路元件、电路结构、电压与电流的约束关系的电路两大基本定律：

欧姆定律、基尔霍夫定律；(4) 直流电路分析常用方法：叠加原理、节点电压法等。这些知识中贯穿电学的基本分析方法，是重要基础知识。

## 1.1 电路及电路模型

### 1.1.1 电路的组成与作用

电路就是电流所通过的路径，它由电路元件根据功能需要，按照某种特定方式连接而成。如图 1-2 (a) 所示就是一个简单的直流电路，由电池和灯泡经过开关用导线连接组成。图中电池在电路中为灯泡提供电能，称为电源；灯泡将电能转换为光能、热能等非电能，它是取用电能的设备，称为负载；开关和导线起连接电源和负载的作用，并根据需要控制电路的接通与断开，称为中间环节。

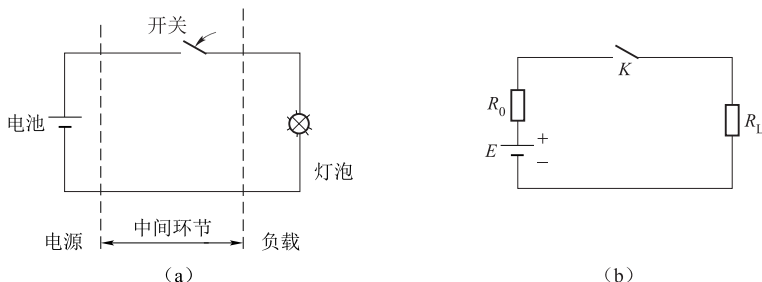


图 1-2 手电筒电路

(a) 手电筒电路；(b) 电路模型

### 1.1.2 理想电路元件及电路模型

构成电路的常用元器件有电阻器、二极管、电容、电感、变压器、电动机、电池等。这些实际元器件的电磁特性往往十分复杂。例如，一个白炽灯通以电流时，除具有消耗电能即电阻性质外，还会产生磁场，具有电感性质，由于电感很小，可以忽略不计，于是可认为是一电阻元件。因此，为了分析复杂电路的工作特性，就必须进行科学抽象与概括，用一些理想电路元件（或相应组合）来代表实际元器件的主要外部特性。这种模型元件是一种用数学关系描述实际器件的基本物理规律的数学模型，我们称之为理想元件，简称元件。

这种用理想电路元件来代替实际电路元件构成的电路称为电路模型，简称电路。电路图则是用规定的元件图形反映电路的结构。例如，手电筒电路的模型可由图 1-2 (b) 所示的电路图表示。

理想电路元件在理想电路中是组成电路的基本元件，元件上电压与电流之间的关系又称为元件的伏安特性，它反映了元件的性质。

在实际电路中使用着各种电器、电子元器件，如电阻器、电容器、电感器、灯泡、电池、晶体管、变压器等，但是它们在电磁方面却有许多共同的地方。例如，电阻器、灯泡、电炉等，它们的主要电磁性能是消耗电能，这样可用一个具有两个端钮的理想电阻  $R$  来表示，它

能反映消耗电能的特征，其模型符号如图 1-3 (a) 所示。在电路中常用电阻的倒数 ( $1/R$ ) 电导  $G$  来描述电阻元件，它在国际单位制中的单位为西门子 (S)。

类似地，各种实际电感器主要是储存磁能，用一个理想的二端电感元件来反映储存磁能的特征，理想电感元件的模型符号如图 1-3 (b) 所示。各种实际的电容器主要是储存电场能，用一个理想的二端电容来反映储存电场能的特征，理想电容元件的模型符号如图 1-3 (c) 所示。电压源和电流源主要是对外供给不变电压和电流，其模型符号如图 1-3 (d) 和图 1-3 (e) 所示。

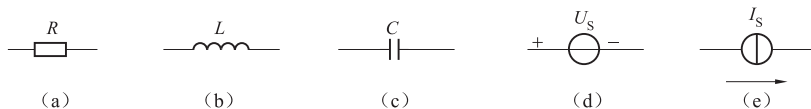


图 1-3 理想电路元件的图形与符号

(a) 电阻；(b) 电感；(c) 电容；(d) 电压源；(e) 电流源

其他的实际电路部件都可类似地将其表示为应用条件下的模型，这里就不一一列举。但关于理想电路元件这里再强调一下：理想电路元件是具有某种确定的电磁性能的理想元件：理想电阻元件只消耗电能（既不储存电能，也不储存磁能）；理想电容元件只储存电能（既不消耗电能，也不储存磁能）；理想电感元件只储存磁能（既不消耗电能，也不储存电能）。理想电路元件是一种理想的模型并具有精确的数学定义，实际中并不存在。但是不能说所定义的理想电路元件模型理论脱离实际，是无用的。这犹如实际中并不存在“质点”，但“质点”这种理想模型在物理学科运动学原理分析与研究中举足轻重一样，人们所定义的理想电路元件模型在电路理论问题分析与研究中充当着重要角色。

### 【思考与练习】

- 1.1.1 分别画出电炉丝、热得快、电动机绕组的理想电路元件符号。
- 1.1.2 用类似手电筒的电路模型画出家庭照明线路的电路模型图。

## 1.2 电路主要物理量及电气设备的额定值

### 1.2.1 电路主要物理量

在电路问题分析中，常用的物理量有电流 ( $I$ )、电压 ( $U$ )、电位 ( $V$ )、电动势 ( $E$ )、电功率 ( $P$ )、电能 ( $W$ ) 等。

#### 1. 电流及其参考方向

电流是由电荷的定向移动而形成的。我们知道，一段金属导体内含有大量的带负电荷的自由电子，通常情况下，这些自由电子在其内部做无规则的热运动，并不形成电流；若在该段金属导体两端接上电源，那么带负电荷的自由电子就要逆电场方向运动，于是在该段金属导体中便形成电流。在其他场合，如电解溶液中的带电离子做规则定向运动也会形成传导电流。

电流，虽然大家看不见它，但可通过它的各种效应（如磁效应、热效应）来感知它的客

观存在。我们把单位时间内通过导体横截面的电荷量定义为电流强度，简称电流，用  $i(t)$  表示，即

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

式中， $q$  为通过导体横截面的电荷量，若电流强度不随时间而变，即  $\frac{dq}{dt}$  为常数，这种电流是直流电流，常用大写字母  $I$  表示。

在法定计量单位中电流强度的单位是安培 (A)，简称安。有时也用千 (kA)、毫安 (mA) 或微安 ( $\mu\text{A}$ )， $1 \text{ kA} = 10^3 \text{ A}$ ， $1 \text{ A} = 10^3 \text{ mA} = 10^6 \mu\text{A}$ 。

电流不仅有大小，而且还有方向。习惯上把正电荷运动的方向规定为电流的实际方向，但在电路分析中，有时某段电流的实际方向难以判断，有时电流的实际方向还在不断改变。为了解决这一问题，可任意选定一方向作参考，称为参考方向 (或正方向)，在电路图中用箭头表示，也可用字母带双下标表示，如  $I_{ab}$  表示参考方向从 a 指向 b，如图 1-4 所示。并规定：当电流的参考方向与实际方向一致时，电流取正值， $I > 0$ ，如图 1-4 (a) 所示；当电流的参考方向与实际方向不一致即相反时，电流取负值  $I < 0$ ，如图 1-4 (b) 所示。这样，在计算时，只要选定了参考方向，并算出电流值，就可根据其值的正负号来判断其实际方向了。

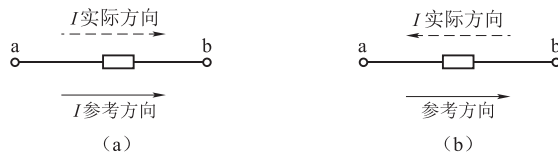


图 1-4 电流参考方向与实际方向的关系

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

## 2. 电压及其参考方向

为衡量电路元件吸收或发出电能的情况，在电路分析中引入了电压这一物理量。从电场力做功概念定义，电压就是将单位正电荷从电路中一点移至另一点电场力做功的大小。其数学表达式为

$$U_{ab} = \frac{dw}{dq} = V_a - V_b \quad (1-2)$$

式中， $V_a$ 、 $V_b$  分别表示 a、b 点的电位， $U_{ab}$  则表示 a、b 点间的电位之差。电压总是与电路中两点相联系的。

在法定计量单位中，电压的单位是伏特 (V)，简称伏。有时也用千伏 (kV)、毫伏 (mV)、微伏 ( $\mu\text{V}$ ) 作单位， $1 \text{ kV} = 10^3 \text{ V}$ ， $1 \text{ V} = 10^3 \text{ mV} = 10^6 \mu\text{V}$ 。

电路中电压的实际方向规定为从高电位指向低电位，但在复杂的电路里，电压的实际方向是不易判别的，或在交流电路里，两点间电压的实际方向是分时间段交替改变的，这给实际电路问题的分析计算带来不便，所以需要假设其方向。在电路图中，常标以“+”、“-”号表示电压的正、负性或参考方向。在图 1-5 (a) 中，a 点标以“+”，极性为正，称为高电压；b 点标以“-”，极性为负，称为低电压。一旦选定了电压参考方向后，若  $U > 0$ ，则表示电压的真实方向与选定的参考方向一致；反之则相反，如图 1-5 (b) 所示。



也有的用带有双下标的字母表示,如电压  $U_{ab}$ ,表示该电压的参考方向为从 a 点指向 b 点。这种选定也具有任意性,并不能确定真实的物理过程。

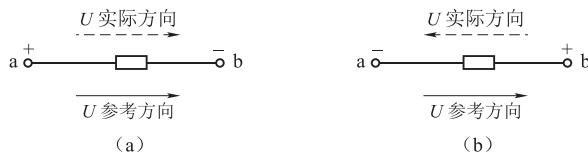


图 1-5 电压参考方向与实际方向的关系

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

电路中电流的正方向和电压的正方向在选定时都有任意性,二者彼此独立。但是,为了分析电路方便,常把元件上的电流与电压的正方向取为一致,称为关联参考方向,如图 1-6 (a) 所示;不一致时称为非关联参考方向,如图 1-6 (b) 所示。我们约定,除电源元件外,所有元件上的电流和电压都采用关联参考方向。



图 1-6 电压和电流的关联、非关联参考方向

(a) 关联参考方向; (b) 非关联参考方向

### 3. 电位

物理学中我们知道,将单位正电荷从某一点 a 沿任意路径移动到参考点,电场力做功的大小称为 a 点的电位,记为  $V_a$ 。所以为了求出各点的电位,必须选定电路中的某一点作为参考点,并规定参考点的电位为零,则电路中的任一点与参考点之间的电压(即电位差)就是该点的电位,如  $U_{ad} = V_a - V_d$ 。

电力系统中,常选大地为参考点;在电子线路中,则常选机壳电路的公共线为参考点。线路图中都用符号“ $\perp$ ”表示,简称“接地”。如图 1-7 (a) 所示双电源电路,是利用电位的概念,简化后如图 1-7 (b) 所示。在电子线路中,常使用这种简化画法。

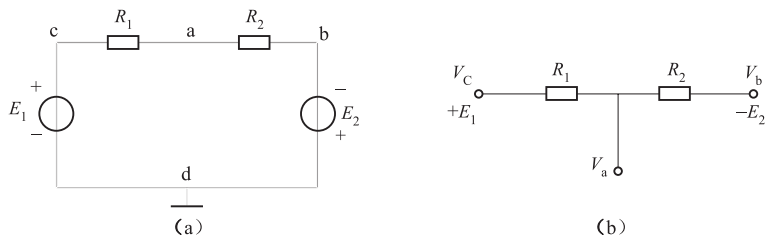


图 1-7 双电源电路及简化画法

(a) 双电源电路; (b) 简化画法

**【例 1-1】**电路如图 1-8 所示,已知:  $R_1 = 10 \Omega$ ,  $R_2 = 20 \Omega$ ,  $R_3 = 30 \Omega$ ,试求图 1-8 (a) 和图 1-8 (b) 中 a、b、c、d 各点的电位  $V_a$ 、 $V_b$ 、 $V_c$ 、 $V_d$ 。