

www.hcbok.com.cn
世纪英才

教育部职业教育系列规划教材
课改
KE·GAI

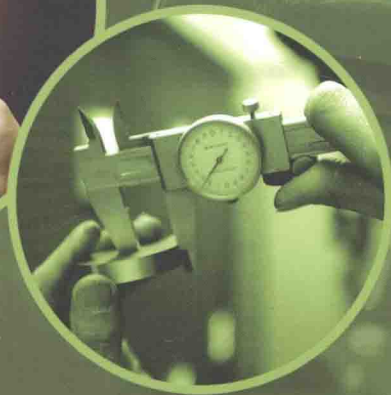
ZHEJIANGSHENG
十五
浙江省重点教材建设项目

机电类

电工电子应用技术

DIANGONG DIANZI YINGYONG JISHU

(JIDIANLEI)



倪勇 夏敏磊 /主编 杨悦梅 王燕 吴子云 /副主编

人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

世纪英才高等职业教育课改系列规划教材（机电类）

电工电子应用技术

倪 勇 夏敏磊 主 编

杨悦梅 王 燕 吴子云 副主编

人 民 邮 电 出 版 社

北 京

图书在版编目(CIP)数据

电工电子应用技术 / 倪勇, 夏敏磊主编. — 北京: 人民邮电出版社, 2011.9
世纪英才高等职业教育课改系列规划教材. 机电类
ISBN 978-7-115-25846-5

I. ①电… II. ①倪… ②夏… 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(2011)第115661号

内 容 提 要

本书以电工电子应用技术为主线,遵循必需够用的原则,分别介绍了直流电路、交流电路、变压器与电动机、模拟电子电路和数字电子电路等知识。本书突出理论知识的应用背景,启发学生的思维;每章内容后均安排了“本章习题”,便于引导学生掌握所学知识,满足了高职学生自主学习的需求。

本书可作为高职高专非电类专业的基础课教材,也可作为工程技术人员的自学用书。

世纪英才高等职业教育课改系列规划教材(机电类)

电工电子应用技术

-
- ◆ 主 编 倪 勇 夏敏磊
副 主 编 杨悦梅 王 燕 吴子云
责任编辑 丁金炎
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
三河市潮河印业有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 16.5
字数: 411千字 2011年9月第1版
印数: 1-3000册 2011年9月河北第1次印刷

ISBN 978-7-115-25846-5

定价: 33.00元

读者服务热线: (010)67132746 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

广告经营许可证: 京崇工商广字第0021号

电工电子技术是机械、数控等非电类专业的重要专业基础课。本书以非电类专业对电类知识的需求为主线,以电工电子技术应用环境为依托,以能力培养为本位,编者力求编写一本有助于提高高职学生学习兴趣,有利于学生自学的教材。

本书的编写以知识必需够用为度,突出理论的应用背景,启发学生的思维。本书的主要特色如下。

(1) 关注知识的相关性和应用环境。以“小提示”的形式,指出了各种电路在工业系统中的地位和应用,使学生不再一味地进行电路分析、计算,而是让其了解所学知识究竟与专业的哪一领域相关联,为什么要学习这些知识。

(2) 突出重点概念。书中对需要掌握的概念用“加粗”的形式标注出来,使学生抓住学习重点,分清主次。

(3) 鼓励思考。书中加入了“小知识”、“思考题”等内容,以激发学生的学习兴趣,鼓励学生思考。

(4) 灵活应用。书中以“同一问题多面理解”的方式来启发学生的思维,让学生真正做到“活学活用”。

本书共分为5章,理论教学参考学时为50学时,实践环节需另配教材,可针对学校实验设备配置情况选择合适的实践项目。推荐进行以下实践项目。

① 基尔霍夫定律、叠加定理、戴维南定理的验证。

② 交流电路电量测量、RL串联电路的测量和功率因数的改善。

③ 电动机控制电路的测试。

④ 直流稳压电源、单管放大电路动静态参数的测量以及集成运放同相比例放大电路和同相加法器的调试。

⑤ 门电路逻辑功能、译码显示电路、R-S触发器电路、555定时器等的调试。

本书由倪勇、夏敏磊任主编,杨悦梅、王燕、吴子云任副主编,魏翠琴、冯钟参与了本书的编写。参编老师分工如下:第1章由夏敏磊、吴子云编写,第2章由倪勇、吴子云编写,第3章由杨悦梅、王燕编写,第4章由王燕、魏翠琴编写,第5章由夏敏磊、冯钟编写。本书在编写过程中,得到了王小海教授和陈梓城教授的指导和帮助,在此表示感谢。

另附教学建议学时表,具体学时由任课教师根据实际情况适当调整。

章节	课程内容	学时分配
第1章	直流电路	10
第2章	交流电路	10
第3章	变压器与电动机	6
第4章	模拟电子电路	12

续表

章 节	课 程 内 容	学时分配
第 5 章	数字电子电路	12
课时总计		50

由于编者水平有限，编写时间仓促，疏漏之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

第 1 章 直流电路	1
1.1 电路与电路图	1
1.2 电路的基本物理量	4
1.2.1 电流	4
1.2.2 电动势、电位和电压	5
1.2.3 电压与电流的关联参考方向	6
1.2.4 电功率	8
1.2.5 电能	9
1.3 电阻、电感、电容元件	10
1.3.1 电阻元件	10
1.3.2 电感元件	12
1.3.3 电容元件	14
1.4 电源	18
1.4.1 电压源	18
1.4.2 电流源	20
1.4.3 电源的等效变换	21
1.5 电路的工作状态	24
1.5.1 有载状态	24
1.5.2 开路状态	25
1.5.3 短路状态	25
1.6 电阻连接	26
1.6.1 电阻串联电路	26
1.6.2 电阻并联电路	29
1.6.3 电阻串并联电路	32
1.7 复杂直流电路分析	34
1.7.1 支路电流法	34
1.7.2 节点电压法	36
1.7.3 叠加定理	39
1.7.4 戴维南定理	41
1.7.5 最大功率传输定理	44
本章小结	45
本章习题	46
第 2 章 交流电路	55
2.1 正弦量的基本概念	56

2.1.1	正弦量的三要素	56
2.1.2	相位差	58
2.2	正弦量的相量表示法	60
2.2.1	复数	60
2.2.2	相量	61
2.3	单一参数的正弦交流电路	62
2.3.1	纯电阻交流电路	62
2.3.2	纯电感电路	64
2.3.3	纯电容电路	66
2.4	RLC 串并联电路	69
2.4.1	RLC 串联电路	69
2.4.2	RLC 并联电路	72
2.4.3	功率	74
2.5	谐振	76
2.6	功率因数的提高	79
2.7	三相交流电路	81
2.7.1	三相交流电源	81
2.7.2	三相负载	83
2.7.3	三相电路的功率	86
2.8	安全用电	87
	本章小结	88
	本章习题	89
第 3 章	变压器与电动机	95
3.1	变压器的基本特性	96
3.1.1	变压器的基本结构和工作原理	96
3.1.2	变压器的使用	101
3.2	常用变压器	102
3.3	认识电动机	106
3.4	三相异步电动机的特性和铭牌	107
3.5	三相异步电动机的控制方式	112
3.5.1	鼠笼式三相异步电动机直接启动控制线路	113
3.5.2	鼠笼式三相异步电动机能耗制动控制线路	117
3.5.3	三相异步电动机控制工作台往返的控制线路	120
3.6	其他电动机	121
3.6.1	单相电动机	121
3.6.2	直流电动机	122
3.6.3	控制微电动机	124
3.7	导线	125
	本章小结	127
	本章习题	127

第4章 模拟电子电路	131
4.1 二极管和整流电路	132
4.1.1 半导体二极管	132
4.1.2 二极管整流滤波电路	139
4.1.3 二极管其他典型应用	145
4.1.4 直流稳压电源	148
4.2 三极管和单管电压放大器	150
4.2.1 半导体三极管	150
4.2.2 单管小信号放大电路	157
4.3 集成运算放大器	166
4.3.1 集成运放的电压传输特性	167
4.3.2 理想运放的线性应用	168
4.3.3 理想运放的非线性应用	174
4.4 功率放大电路	177
4.4.1 功率放大电路的特点和分类	178
4.4.2 乙类双电源互补对称功率放大电路 (OCL)	179
4.4.3 交越失真和甲乙类互补对称功率放大电路	180
4.4.4 集成功率放大电路	181
本章小结	182
本章习题	183
第5章 数字电子电路	188
5.1 概述	188
5.1.1 数字信号的表示方法	188
5.1.2 数制和码制	189
5.1.3 逻辑运算与逻辑门	192
5.2 组合逻辑电路分析	208
5.2.1 组合逻辑电路的分析	208
5.2.2 集成组合逻辑电路分析	212
5.3 触发器	220
5.3.1 RS 触发器	220
5.3.2 边沿触发的 JK 触发器	223
5.3.3 D 触发器	225
5.3.4 T 触发器	226
5.3.5 触发器的应用	227
5.4 时序逻辑电路	230
5.4.1 时序逻辑电路分析	230
5.4.2 集成计数器应用	234
5.5 555 集成定时器及其应用	238
5.6 A/D 转换器与 D/A 转换器	243

本章小结	245
本章习题	245
附录 温度测量和热电偶	251
参考文献	255

第 1 章 直流电路

教学目标

- (1) 了解电路的组成和作用以及电路与电路图的关系。
- (2) 了解分析电路时常用的物理量及其计量单位。
- (3) 理解电流、电压参考方向的意义和理想电路元件（电压源、电流源、电阻、电容和电感）的特性。
- (4) 了解电源的 3 种工作状态，理解电功率和额定值的定义。
- (5) 掌握并能熟练应用电阻串并联特性。
- (6) 理解并能熟练应用基尔霍夫定律。
- (7) 理解较复杂电路的分析方法，如支路电流法、节点电压法。
- (8) 理解叠加定理、戴维南定理和最大功率传输定理。

1.1 电路与电路图



为什么先介绍电路的概念？

电路是个涉及面很广的概念，大到生产流水线，小到随处可见的电子产品，都可以用电路来描述其工作原理。

图 1.1.1 所示为机加工车间里最常见的车床。车床是典型的机电控制一体化的设备，旋转的车刀可以加工出不同形状的工件，车刀的类型和工件的工艺要求，都是机械专业要处理的问题，而如何使车刀旋转起来，就是电气专业的问题了。可以把从电源供电到最终的加工环节表示为图 1.1.2 所示的工作示意图。在生产场合，需要更专业的规范，从电源开始，到电机运行为止，是电气控制的范畴，应该用电气原理图表示，而工件形状的要求，则由工件尺寸图来描述。但是从这个例子可以看到，车刀加工时，电机的旋转速度将直接影响加工的效果，在实际工作中，需要根据工艺要求相应调整电机的工作状态，因此，了解电路的工作情况是必要的。

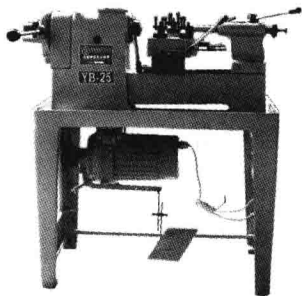


图 1.1.1 车床

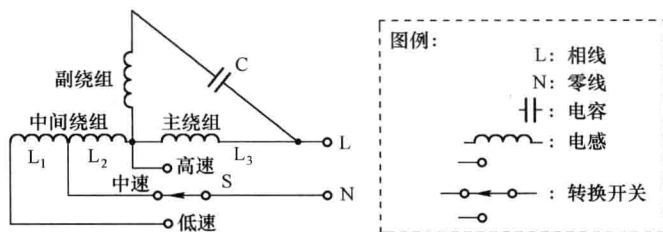


图 1.1.2 车床工作示意图

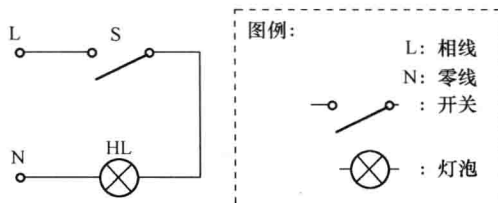
图 1.1.3 所示为生活中常见的一些电器产品，可以看到，虽然它们的外形不同，但如果功能近似，其电路原理图也类似，其中三挡调速的家用电风扇和台灯的电路图分别如图 1.1.4 (a)、图 1.1.4 (b) 所示。



图 1.1.3 产品外形



(a) 三挡调速家用电风扇电路图



(b) 台灯电路图

图 1.1.4 电路图



什么是“电路图”？

电路图是人们为了研究和工程的需要，用约定的符号绘制的一种表示电路结构的图形。平常说的电气原理图、电子电路图都属于电路图。因为电路图直接体现了电路的结构和工作原理，所以一般用在设计、分析电路中。通过识别图纸上所画的各种电路元件符号，以及分析它们之间的连接方式，就可以了解电路的实际工作情况。但电路图中各元件的位置并未反映其在实际产品中的位置。

在分析设备时，不可能总是把它拆开来了解其工作原理，因此学会识图是非常必要的。

在对电风扇和台灯的使用中可以知道，两者的运行需要电源，同时还要闭合开关，电风扇通过绕组工作带动电机旋转，把电能转换为风能，台灯则直接利用灯泡灯丝的电热效应把电能转换为热能和光能。把图 1.1.4 中电路各部分的功能来做一个划分，如图 1.1.5 所示，可以看到，电路由电源、开关、负载和导线等组成。

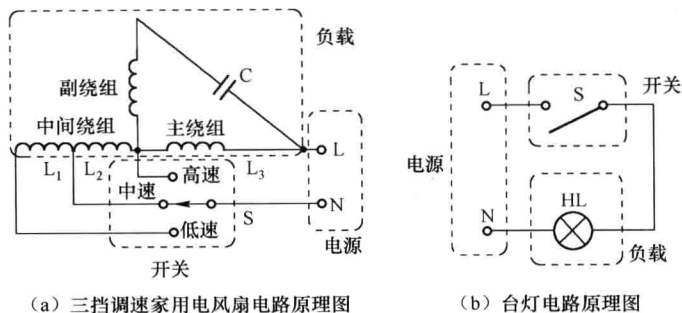


图 1.1.5 电路功能划分示意图

概念：电路

由若干电气设备或器件按一定方式连接起来并构成电流的通路称为电路。

电路的种类繁多，形式、结构也各不相同，在电力系统、自动控制、计算机技术等领域中，人们广泛使用电路来完成各种各样的工作。

概念：电路的组成

一个完整的电路由电源、负载、控制和保护装置及连接导线等 4 部分组成。

这个描述跟前面的分析似乎有一点差异。什么是“控制和保护装置”？“控制”是指对负载工作状态的操作，开关应该是“控制装置”；那么“保护装置”又在哪里？实际上，它在台灯插座的前端。还有一些设备（如空气开关），不仅起到对电源的通断控制作用，还具有过载、短路等保护功能。下面来看一下电路各组成部分的功能。

(1) 电源：电源是向电路提供电能的设备，如发电机、干电池及蓄电池等。

(2) 负载：负载是指各种用电设备，其作用是将电能转换为其他形式的能量，如电灯、电动机及电炉分别将电能转换成光能、机械能和热能。

(3) 控制和保护装置：控制和保护装置的作用是对电路进行有效的控制和必要的保护。

(4) 导线：导线的作用是构成闭合电路以传导电流，输送电能。

**想想看，图1.1.3所示的产品设备是不是都具有电路的基本要素？**

任何一个电子产品或生产设备，都可以视为不同功能的电路，这些电路将电能转换成其他形式的能（光能、热能等）。例如：收音机将电台发射的无线电波接收后转换成电信号，并经处理（选择、放大、检波等），再由喇叭还原为声音；电风扇把电能转换成风能；电炉把电能转换为热能等。

概念：电路的作用

电路的作用主要有两个方面：一是进行能量的转换、传递和分配；二是对电信号进行处理和传递。

实际上，电路器件在工作时的电磁性质是比较复杂的，绝大多数器件具备多种电磁效应，这给分析问题带来了困难。为使问题得以简化，以便于探讨电路的普遍规律，在分析和研究具体电路时，对电路器件一般取其起主要作用的部分，并用一个理想元件来替代，从而获得可供分析的电路。

所谓理想元件是指理论上具有某种确定的电磁性质的假想元件。电路中常用的理想电路元件有电阻、电感、电容、理想电压源和理想电流源。

根据能量传输方向的不同,理想电路元件又可分为无源元件和有源元件。无源元件是吸收电源能量,并将这些能量转化为其他形式或将它储存在电场、磁场中的元件,电阻、电感和电容就是常见的无源元件。理想电压源等能向电路网络提供能量的元件就称为有源元件。从功率角度考虑,前者吸收功率,后者发出功率。

1.2 电路的基本物理量

无论是能量的输送和分配,还是信号的传输和处理,都涉及电路中电荷的运动和消耗。电气设备运行过程中,既无法透视到线路中电荷的流动情况,也无法通过肉眼看到导线端电压的变化,要想获得电路工作的信息,就需要了解电路中的各基本物理量。

1.2.1 电流

在电路中,带电粒子在外力作用下有规则的定向运动就形成了电流。

概念: 电流强度

电流的强弱通常用电流强度来表示,它是指单位时间内流过导体截面积的电荷量。

设在 dt 时间内通过导体某一横截面的电量为 dq , 则通过该截面的电流强度为

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1.2.1)$$

电流是电流强度的简称,它的 SI 单位是安培(A,简称安);电荷量的 SI 单位为库仑(C,简称库);时间的 SI 单位为秒(s)。由式(1.2.1)可知, $1C=1A \cdot s$ 。

当电流很小时,常用单位毫安(mA)或微安(μA)来计量;当电流很大时,常用单位千安(kA)或兆安(MA)来计量。它们之间的换算关系为

$$1kA = 10^3 A, \quad 1MA = 10^6 A, \quad 1A = 10^3 mA, \quad 1mA = 10^3 \mu A$$



SI——国际标准单位制。

国际标准单位制(SI)共有7个基本标准单位,分别是长度单位(米)、质量单位(千克)、时间单位(秒)、电流单位(安培)、热力学温度单位(开尔文)、物质的量(摩尔)和发光强度单位(坎德拉)。

国际单位制导出单位是国际单位制的一部分,从7个国际单位制基本单位导出,包括法拉、伏特、赫兹、亨利、弧度、焦耳、库仑、欧姆、摄氏温度、西门子和瓦特等电路分析中常用的单位。

在电路分析过程中明确各物理量的单位对于分析计算非常重要,因此需要关注各物理量的定义和单位。

当 $\frac{dq}{dt}$ 为常数时,这种电流称为恒定电流,简称直流电流,用大写字母 I 表示,其大小和方向都不随时间变化,如图 1.2.1 (a) 所示;大小和方向同时随时间作周期性变化的电流,称为交流电流,如图 1.2.1 (b) 所示;仅大小随时间变化的电流称为脉动电流,如图 1.2.1 (c) 所示。通常用小写字母 i 表示大小随时间变化的电流。

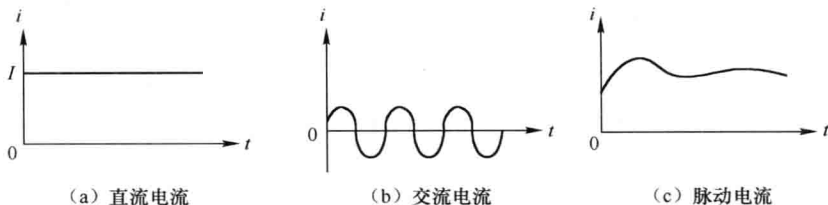


图 1.2.1 各种形式的电流波形示意图

1.2.2 电动势、电位和电压

概念：电动势

电动势是一个表示电源特征的物理量。电动势是电源将其他形式的能转化为电能的本领，在数值上，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送到正极时所做的功。它能够克服导体电阻对电流的阻力，使电荷在闭合的导体回路中流动。电动势常用符号 E (也可用 ε) 表示，其 SI 单位是伏特 (V)。

电动势的方向规定为：从电源的负极经过电源内部指向电源的正极，即与电源两端电压的方向相反。

概念：电位

电位即电势，是衡量电荷在电路中某点所具有能量的物理量。在数值上，电路中某点的电位，等于正电荷在该点所具有的能量与电荷所带电荷量的比。电位是相对的，电路中某点电位的大小，与参考点（即零电位点）的选择有关，就像“地球上某点的高度与起点选择有关”一样。电位常用的符号为 U 或 φ ，其 SI 单位也是伏特 (V)。

在实际工作中，常将电路的公共点、设备的金属外壳、大地等作为电位的参考点。参考点本身的电位为零，并用符号“ ∇ ”、“ \equiv ”、“ \perp ”或“ \perp ”表示，实际使用时可任选一种符号，但碰到不同类型的接地电路（如数字地和模拟地）时，应选用不同的符号以示区别。

概念：电压

当电流流过电路时，将在电路的每一小段中产生一定的电压降落，用来表示电荷流过该小段释放（或该小段电路吸收）的电能的大小，电压降落简称电压。因此，电压的方向规定为：从高电位指向低电位的方向。电路中，两点之间的电压等于两点的电位之差。因此，电压还可被称为“电位差”。

电压的 SI 单位和电动势一样，都是伏特 (V)。计量较大的电压时用千伏 (kV) 表示，计量较小的电压时可用毫伏 (mV) 或微伏 (μV) 表示。其换算关系为

$$1\text{kV} = 10^3\text{V}, \quad 1\text{V} = 10^3\text{mV} = 10^6\mu\text{V}$$

如果电压的大小及方向都不随时间变化，则称之为稳恒电压或恒定电压，又称为直流电压，用大写字母 U 表示。如果电压的大小及方向随时间变化，则称为变动电压。对电路分析来说，最为重要的变动电压是正弦交流电压（简称交流电压），其大小及方向均随时间按正弦规律作周期性变化。交流电压的瞬时值要用小写字母 u 或 $u(t)$ 表示。

下面来看看电动势、电位和电压这三者究竟是什么关系。

【例 1.2.1】 在如图 1.2.2 (a) 所示电路中，有一 6V 的直流电源和两个阻值相等的电阻，电阻端电压均为 3V，即 $U_s = 6\text{V}$ 、 $U_1 = 3\text{V}$ 、 $U_2 = 3\text{V}$ 。图中已标出 a、b、c 三点，试分别以 b、c 为参考点，求其他两点的电位。

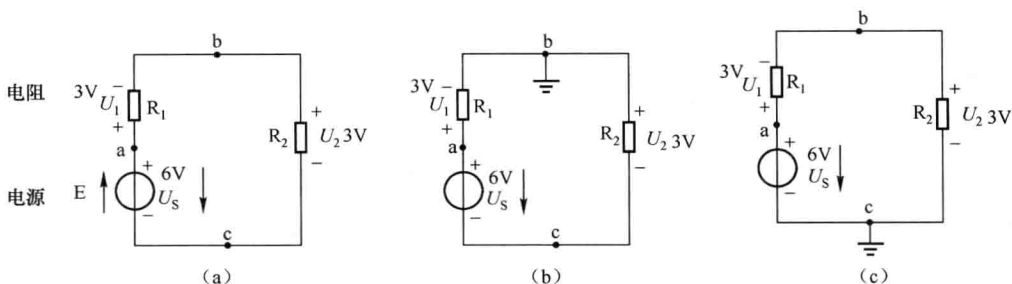


图 1.2.2 例 1.2.1 图

解：设 a、b、c 点各点电位分别为 U_a 、 U_b 、 U_c 。

(1) 以 b 点为参考点。

先以 b 点为参考点画图，如图 1.2.2 (b) 所示，则 $U_b = 0$ 。根据电位与电压的关系描述可知

$$\begin{cases} U_1 = U_a - U_b \\ U_2 = U_b - U_c \\ U_S = U_a - U_c \end{cases} \quad (1.2.2)$$

$$\therefore U_a = U_1 = 3V$$

$$\therefore U_c = -U_2 = -3V$$

(2) 以 c 点为参考点。

以 c 点为参考点画图，如图 1.2.2 (c) 所示，则 $U_c = 0$ 。由式 (1.2.2) 可知

$$\begin{cases} U_a = U_S = 6V \\ U_b = U_2 = 3V \end{cases}$$

从这个例子可以看出，电源与电阻形成闭合回路后，电动势与电源电压大小相等，方向相反。而电源在回路中形成的电流在两个电阻上必然产生了电压降，电源大小不改变、电阻大小不变，电阻上的电压降也就不会变化，但随着参考点定义的不同，各节点上的电位将随着参考点的改变而改变。

1.2.3 电压与电流的关联参考方向

理论上的分析与实际总是有很大的差别，当面对工作中的电气设备和电子电路时，根本无法用肉眼判别导线中的电流方向或设备端子的电压降。但为了更好地了解现场，就必须具备一定的分析能力，在绘制电路原理图的基础上，根据诸多定理分析电路的工作参数。在分析和计算电路时，可任意选定某一方向作为电压和电流的参考方向（或称正方向），参考方向不一定与实际方向一致。

电流的参考方向一般用实线箭头表示，既可以画在线上，如图 1.2.3 (a) 所示；也可以画在线外，如图 1.2.3 (b) 所示；还可以用双下标表示，如图 1.2.3 (c) 所示。其中， I_{ab} 表示电流的参考方向是由 a 点指向 b 点，一般多用前两种表示方法。

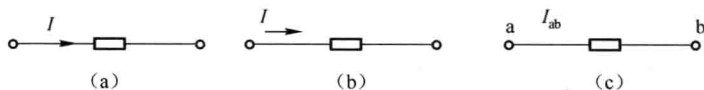


图 1.2.3 电流参考方向的标注法

当电流的实际方向与参考方向一致时，电流为正值；反之，当电流的实际方向与参考方向相反时，电流为负值，如图 1.2.4 所示。因此，在选定电流参考方向之后，电流之值才有正负之分。

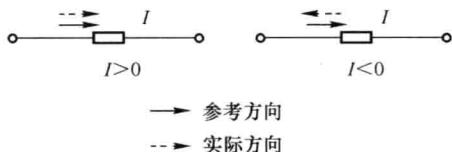


图 1.2.4 电流参考方向与实际方向的关系

电压的参考方向既可以用实线箭头表示，如图 1.2.5 (a) 所示；也可以用正 (+)、负 (-) 极性表示，如图 1.2.5 (b) 所示，正极性指向负极性的方向就是电压的参考方向；还可以用双下标表示，如图 1.2.5 (c) 所示，其中， U_{ab} 表示 a、b 两点间的电压参考方向由 a 指向 b。当电压的参考方向与实际方向相同时，电压为正值；当电压的参考方向与实际方向相反时，电压为负值。

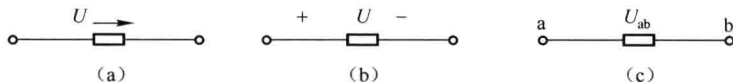


图 1.2.5 电压参考方向的标注

概念：关联参考方向

假定电压与电流具有相同的参考方向，称为关联参考方向。如图 1.2.6 所示，电流通过电阻，在电阻两端形成了同向的电压降，电流 I 与电压 U 的参考方向关联。

需要注意的是，进行任何电路分析之前，在各元件上标注自定义的电流、电压参考方向，再根据定理进行求解，将会极大地减少麻烦。



在如图 1.2.7 所示电路中，电源 U_S 、 R_1 、 R_2 都标注了电压和电流参考方向，试问哪个元件的电压和电流是关联参考方向？哪个元件的电压和电流是非关联参考方向？

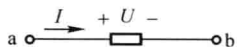


图 1.2.6 电流、电压参考方向关联示意图

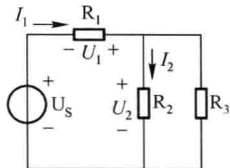


图 1.2.7 关联参考方向分析

【例 1.2.2】在如图 1.2.8 (a) 所示的电路中，已知各元件的电压为 $U_1 = 10\text{V}$ 、 $U_2 = 5\text{V}$ 、 $U_3 = 8\text{V}$ 、 $U_4 = -23\text{V}$ ，参考方向如图 1.2.8 (b) 所示。若选 B 点为参考点，试求电路中 A、C、D 各点的电位。

解：选 B 点为参考点，A、C、D 各点的电位就是其对参考点的压降，画出电压参考方向如图 1.2.8 (b) 所示，则 $U_B = 0$ 。

根据参考方向的定义 $\because U_B = 0$ ， $U_{AB} = U_A - U_B$

$$\therefore U_A = U_{AB} = -U_1 = -10\text{V}$$

$$\because U_{CB} = U_C - U_B$$

$$\begin{aligned} \therefore U_C &= U_{CB} = U_2 = 5\text{V} \\ \therefore U_{DB} &= U_D - U_B = U_D - U_C + U_C - U_B = U_{DC} + U_{CB} \\ \therefore U_D &= U_{DB} = U_3 + U_2 = 8 + 5 = 13(\text{V}) \end{aligned}$$

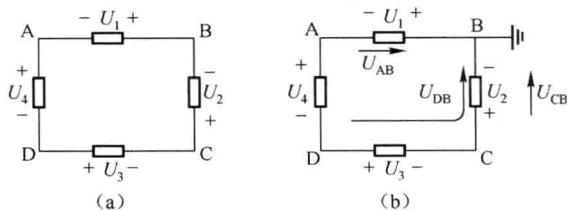


图 1.2.8 例 1.2.2 图

当然，利用电位与电压降的关系，还可以列出式 (1.2.3)，同样可解出各点的电位值。

$$\begin{cases} U_1 = U_B - U_A \\ U_2 = U_C - U_B \\ U_3 = U_D - U_C \\ U_4 = U_A - U_D \end{cases} \quad (1.2.3)$$

1.2.4 电功率

概念：电功率

电流在单位时间内做的功称为电功率，简称功率，用 P （或 P ）表示，即

$$p = \frac{dW}{dt} = \frac{dW}{dq} \frac{dq}{dt} = ui \quad (1.2.4)$$

功率的 SI 单位是瓦特 (W)，此外还有 kW、MW、mW 等。

在电路中，有的元件从电路吸收电能，有的元件向电路发出（提供）电能。若计算出的功率为正值，表示该元件吸收功率；若功率为负值，表示该元件发出功率。可以理解为，电路中的电源大多是提供电能的，而电阻是吸收电能的。

在直流电路中，电压、电流参考方向关联的情况下， $P = UI$ ，在非关联参考方向下，功率表达式为 $P = -UI$ 。



如何理解 $P = UI$ 和 $P = -UI$?

图 1.2.9 (a) 所示为简单的直流电源向负载电阻供电的闭合回路，电源电压为 6V，负载电阻阻值为 10kΩ，若忽略连接导线的等效电阻（工作中的导线等效电阻应远小于负载阻值，但如果导线连接不紧，将直接影响电路中的信号传输，甚至有可能造成信号完全中断），回路中的电流由电源 U_s 在电阻上作用产生，实际电流方向应与参考方向一致，则 $I_1 = 0.6\text{mA}$ 。若改变了电流的参考方向，如图 1.2.9 (b) 所示，电源与电阻的接线方式并没有发生变化，参考方向的改变只是理论上的，则 $I_2 = -I_1 = -0.6\text{mA}$ 。

下面分别来求 (a)、(b) 两图中电源的功率和电阻的功率。

图 1.2.9 (a)：电源的电压和电流参考方向非关联，负载电阻的电压和电流参考方向关联，因此有

$$\text{电源功率： } P_s = -UI = -U_s I_1 = -6 \times (0.6 \times 10^{-3}) = -3.6 \times 10^{-3} (\text{W})$$

$$\text{电阻功率： } P_R = UI = U_R I_1 = 6 \times (0.6 \times 10^{-3}) = 3.6 \times 10^{-3} (\text{W})$$