

电工电子技术基础

○ 童 星 郑火胜 主编



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

世纪英才模块式技能实训
高职机电类专业系列教材

电工电子技术基础

童星 郑火胜 主编

人民邮电出版社

北京



图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术基础 / 童星, 郑火胜主编. —北京: 人民邮电出版社, 2008.9

(世纪英才模块式技能实训高职机电类专业系列教材)

ISBN 978-7-115-18306-4

I. 电… II. ①童…②郑… 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 (2008) 第 095133 号

内 容 提 要

本书是一本介绍电工电子技术基础知识的教材, 共有 24 个模块, 包括电工技术和电子技术两大部分。电工技术部分主要介绍电路的基础知识、基本元件、基本定律、分析方法, 正弦交流电路基础及其分析方法, 三相正弦交流电路, 电磁铁与变压器, 电动机以及电路的暂态过程分析。电子技术部分主要介绍半导体器件、基本放大电路、电路的反馈和负反馈电路的线性应用、集成运算放大器的非线性应用、功率放大器、直流稳压电源、可控整流电路、数字电路基础知识、逻辑代数、逻辑门电路、组合逻辑电路、常用集成触发器、时序逻辑电路以及模/数与数/模转换器。本书采用模块式结构编排, 内容简练, 还采用了图表归纳的讲解方式, 极大地方便了读者学习和阅读。

本书可作为高职高专以及独立院校的二级职业技术学院机电类专业的教材, 还可作为工程技术人员的自学用书。

世纪英才模块式技能实训·高职机电类专业系列教材

电工电子技术基础

◆ 主 编 童 星 郑火胜

责任编辑 刘 朋

执行编辑 蔡华斌

◆ 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 电子函件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

北京鸿佳印刷厂印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 15

字数: 366 千字

印数: 1—4 000 册

2008 年 9 月第 1 版

2008 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-18306-4/TN

定价: 25.00 元

读者服务热线: (010)67129258 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

丛书前言

在我国高等职业教育改革不断深化的今天,技能培训成为高职教育的真正主题这一趋势已越来越明显。高等职业院校的教学应该“基于工作过程”的需要而展开,这不仅是就业市场的需求,也应是职教办学理念上的回归。

如今,高等职业院校的办学方针是“以就业为导向”,因此高职教学所用的教材也应按照新的教学指导思想和学生培养目标的要求来重新编写。

本系列教材是我们根据教育部“教高[2004]1号”文件的要求,借鉴国外职业教育“以能力为本位”和“基于工作过程”的课程开发理念所进行的具体探索。这套新编教材在编写时忠实贯彻了“以就业为导向”的指导思想,扭转了“过多强调学科性”及“盲目攀高升格”的倾向,重视知识、技能传授的宏观设计及整体效果,改变了过去高职教材在学科体系基础上加加减减的编写方法。

本系列教材的主要特点是结构模块化、技能系统化、内容弹性和版面图表化,其主要编写思想有如下几点。

(1)“授之以鱼,不如授之以渔”。本系列教材注重“方法论”的教学思想。我们以为,不能简单地、狭义地将技能实训认为就是学生的实际操作。高职技能实训教材应以传授经过提炼、加工、升华的专家经验(方法论)为主,这也是与传统实验报告的区别所在。

(2)教材结构“模块化”。一个模块一个知识点,重点突出,主题鲜明。模块化教材结构以其良好的弹性和便于综合的特点适应了职业教育市场化的多元需求。

(3)教学内容“本体化”。本系列教材由多本内涵不同的单科教材构成,就是教学内容“本体化”的体现,故而单个科目不向其他学科扩展渗透,追求单科教学内容单纯化,追求系列教材的组合效应是本系列教材的另一个基本思想。

(4)注意中、高职教材的梯度衔接。《世界21世纪高等教育宣言》指出:“教育内部层次的衔接是社会各种工作规范层次的需要,教育与就业的衔接,就是教育本身体现其价值的必然性要求。”我们认为中、高职教材在内容定位上,前者强调“做事”,后者强调“做事方法”,教材的知识及其篇幅都应体现一定的梯度。

(5)合理控制教学成本。本系列教材实践教学以教授做事方法为主导,因此教学成本普遍较低,我们认为若以学生实践为主题,则教学成本会增加许多,一般学校将难以实施。

(6)教材内容更加直观。本系列教材广泛使用图表归纳法,用简洁的图表归纳整理,以解决日益庞大的知识内容与学时偏少之间的矛盾。同时,本系列教材图文并茂、直观清晰、便于自学,文字表达简洁明了、明快易懂。

总之,本系列教材的出版价值不仅在于它贯彻了国家教育部“教高[2004]1号”文件中高等职业教育的改革思想,而且与当前就业单位“招聘的人能立即上岗”的要求合拍,并为学生毕业后在电类各专业间转岗奠定了最基本的知识和技能基础。同时其新(新思想、新技术、新面貌)、实(贴近实际、体现应用)、简(文字简洁、风格明快)的编写风格令人耳目一新。

留言。

系列教材编委会

前言

本书是根据教育部制定的《高职高专教育电工电子技术课程教学基本要求》编写的。本书在保留电工技术和电子技术两部分内容的前提下,依据“必需、够用”的原则,对知识点进行优化、整合,既保持了电工电子技术的系统性,又特别注意精选内容,突出重点,突出应用,突出能力培养。

本书内容深度和广度适中,理论联系实际,概念清楚,好教好学。本书采用模块式结构进行编排,因此,各模块内容安排相对独立,便于不同专业、不同学时的课程根据需要选学。

目前,本教材已被列入“世纪英才 NEW IDEA INSIDE”出版工程(详情请访问 www.ycbook.com.cn)。

与同类书相比,本书特点主要体现在以下3方面。

(1) 沿袭“世纪英才模块化技能实训”的编写风格,一个模块一个知识点,突出“新”(新思想、新技术、新面貌)、“实”(贴近实际、体现应用)、“简”(文字简洁、风格明快)。

(2) 在分析方法上,将传统教材以电路符号为主体的方式,改为电路符号和实物图相对照的方式。

(3) 在表现形式上,将传统教材大段文字描述的方式,改为图表归纳的方式,易于突出重点,从而使版面简洁明了。

本教材由武汉交通职业学院童星老师和武汉工业职业技术学院郑火胜老师主编。具体的编写分工是:知识模块一、知识模块五~知识模块七由郑火胜编写,知识模块二~知识模块四由王英编写,知识模块八~知识模块十由魏巍编写,知识模块十一由童星、何苗和易春喜共同编写,知识模块十三、知识模块十八和知识模块十九由童星编写,知识模块十二、知识模块十四和知识模块十五由易春喜编写,知识模块十六、知识模块十七、知识模块二十、知识模块二十四由何苗编写,知识模块二十一~知识模块二十三由杨菊编写。本书由武汉科技大学中南分校的江华圣老师和武汉铁路职业技术学院杨承毅老师审定。

本书在编写过程中,得到了武汉交通职业学院机电工程系何伟主任和武汉工业职业技术学院机械工程系吴水萍主任的大力支持,在此表示感谢。

由于编者水平有限,编写时间仓促,书中难免存在错误和疏漏之处,敬请读者批评指正。

另附教学建议学时表,供任课教师参考;具体的学时由任课教师根据实际情况进行适当调整。

序 号	内 容	建 议 学 时
知识模块一	电路	2
知识模块二	电路的基本元件	2
知识模块三	电路的基本定律	2
知识模块四	电路的分析方法	6
知识模块五	正弦交流电路基础	6

续表

序 号	内 容	建 议 学 时
知识模块六	正弦交流电路的分析方法	6
知识模块七	三相正弦交流电路	6
知识模块八	电磁铁与变压器	4
知识模块九	电动机	3
知识模块十	电路的暂态过程分析	2
知识模块十一	半导体器件	4
知识模块十二	基本放大电路	4
知识模块十三	电路的反馈和负反馈电路的线性应用	5
知识模块十四	集成运算放大器的非线性应用	2
知识模块十五	功率放大器	2
知识模块十六	直流稳压电源	4
知识模块十七	可控整流电路	4
知识模块十八	数字电路的基本知识	2
知识模块十九	逻辑代数	4
知识模块二十	逻辑门电路	4
知识模块二十一	组合逻辑电路	6
知识模块二十二	常用集成触发器	4
知识模块二十三	时序逻辑电路	6
知识模块二十四	模/数与数/模转换器	4

编 者

2008年5月

目 录

知识模块一 电路	1
第一部分 教学组织	1
一、目的要求	1
二、教学节奏与方式	1
第二部分 教学内容	1
一、电路的概念	1
二、电路的主要物理量	2
三、电路的状态	4
第三部分 思考与练习	7
知识模块二 电路的基本元件	8
第一部分 教学组织	8
一、目的要求	8
二、教学节奏与方式	8
第二部分 教学内容	8
一、电阻、电感和电容元件	8
二、电压源和电流源及其外特性	11
第三部分 思考与练习	13
知识模块三 电路的基本定律	15
第一部分 教学组织	15
一、目的要求	15
二、教学节奏与方式	15
第二部分 教学内容	15
一、欧姆定律	15
二、基尔霍夫定律	17
第三部分 思考与练习	19
知识模块四 电路的分析方法	21
第一部分 教学组织	21
一、目的要求	21
二、教学节奏与方式	21
第二部分 教学内容	21
一、支路电流法	21
二、叠加原理	23
三、戴维南定理	25

四、电压源、电流源的互换	26
第三部分 思考与练习	28
知识模块五 正弦交流电路基础	29
第一部分 教学组织	29
一、目的要求	29
二、教学节奏与方式	29
第二部分 教学内容	29
一、正弦量的三要素	29
二、相量表示法	32
三、单一参数元件的交流电路	33
第三部分 思考与练习	38
知识模块六 正弦交流电路的分析方法	39
第一部分 教学组织	39
一、目的要求	39
二、教学节奏与方式	39
第二部分 教学内容	39
一、RLC 串联电路	39
二、阻抗的串联	40
三、谐振电路	41
四、功率因数的提高	43
第三部分 思考与练习	45
知识模块七 三相正弦交流电路	46
第一部分 教学组织	46
一、目的要求	46
二、教学节奏与方式	46
第二部分 教学内容	46
一、三相交流电的产生	46
二、三相电源的连接	47
三、三相负载的连接	49
四、三相电路的功率	52
第三部分 思考与练习	53
知识模块八 电磁铁与变压器	55
第一部分 教学组织	55
一、目的要求	55
二、教学节奏与方式	55
第二部分 教学内容	55
一、磁路及其基本定律	55
二、电磁铁	58

三、变压器·····	59
第三部分 思考与练习·····	62
知识模块九 电动机·····	63
第一部分 教学组织·····	63
一、目的要求·····	63
二、教学节奏与方式·····	63
第二部分 教学内容·····	63
一、电动机的分类及作用·····	63
二、三相异步电动机·····	64
三、直流电动机·····	68
第三部分 思考与练习·····	71
知识模块十 电路的暂态过程分析·····	72
第一部分 教学组织·····	72
一、目的要求·····	72
二、教学节奏与方式·····	72
第二部分 教学内容·····	72
一、电容、电感的充、放电·····	72
二、一阶电路的三要素法·····	74
第三部分 思考与练习·····	75
知识模块十一 半导体器件·····	77
第一部分 教学组织·····	77
一、目的要求·····	77
二、教学节奏与方式·····	77
第二部分 教学内容·····	77
一、二极管·····	77
二、特殊二极管·····	80
三、三极管·····	83
第三部分 思考与练习·····	89
阅读材料一 中国半导体器件的命名法·····	89
知识模块十二 基本放大电路·····	91
第一部分 教学组织·····	91
一、目的要求·····	91
二、教学节奏与方式·····	91
第二部分 教学内容·····	91
一、基本放大电路·····	91
二、多级放大电路·····	96
三、集成运算放大器·····	97
第三部分 思考与练习·····	101

知识模块十三 电路的反馈和负反馈电路的线性应用	104
第一部分 教学组织	104
一、目的要求	104
二、教学节奏与方式	104
第二部分 教学内容	104
一、反馈的定义	104
二、反馈的分类和判断	105
三、反馈对放大电路性能的影响	108
四、反馈电路小结	109
五、负反馈电路的线性应用	110
第三部分 思考与练习	114
知识模块十四 集成运算放大器的非线性应用	116
第一部分 教学组织	116
一、目的要求	116
二、教学节奏与方式	116
第二部分 教学内容	116
一、单值电压比较器	116
二、迟滞电压比较器	117
三、比较器的应用	119
第三部分 思考与练习	119
知识模块十五 功率放大器	121
第一部分 教学组织	121
一、目的要求	121
二、教学节奏与方式	121
第二部分 教学内容	121
一、功率放大器概述	121
二、乙类双电源互补对称功率放大电路	122
三、甲乙类互补对称功率放大电路	124
四、集成功率放大器及其应用	126
第三部分 思考与练习	127
知识模块十六 直流稳压电源	129
第一部分 教学组织	129
一、目的要求	129
二、教学节奏与方式	129
第二部分 教学内容	129
一、整流电路	130
二、滤波电路	134
三、稳压电路	137

第三部分 思考与练习	141
知识模块十七 可控整流电路	143
第一部分 教学组织	143
一、目的要求	143
二、教学节奏与方式	143
第二部分 教学内容	143
一、可控型器件——晶闸管	143
二、单相半波可控整流电路	147
三、单相半控桥式整流电路	150
第三部分 思考与练习	151
阅读材料二 晶闸管的保护和触发电路	152
知识模块十八 数字电路的基本知识	154
第一部分 教学组织	154
一、目的要求	154
二、教学节奏与方式	154
第二部分 教学内容	155
一、数制和码制	155
二、二极管和三极管的开关特性	158
第三部分 思考与练习	159
知识模块十九 逻辑代数	160
第一部分 教学组织	160
一、目的要求	160
二、教学节奏与方式	160
第二部分 教学内容	160
一、逻辑代数概述	160
二、逻辑代数运算的基本公式、定律和基本规则	164
三、逻辑代数化简	166
四、卡诺图化简	166
第三部分 思考与练习	170
知识模块二十 逻辑门电路	172
第一部分 教学组织	172
一、目的要求	172
二、教学节奏与方式	172
第二部分 教学内容	172
一、基本逻辑门电路	172
二、TTL 门电路	175
三、MOS 门电路	179
第三部分 思考与练习	181

知识模块二十一 组合逻辑电路	183
第一部分 教学组织	183
一、目的要求	183
二、教学节奏与方式	183
第二部分 教学内容	183
一、编码器	183
二、译码器	186
三、数据分配器	190
四、数据选择器	191
第三部分 思考与练习	193
知识模块二十二 常用集成触发器	195
第一部分 教学组织	195
一、目的要求	195
二、教学节奏与方式	195
第二部分 教学内容	195
一、集成 RS 触发器	195
二、集成 JK 触发器	199
三、集成 D 触发器	201
第三部分 思考与练习	203
知识模块二十三 时序逻辑电路	204
第一部分 教学组织	204
一、目的要求	204
二、教学节奏与方式	204
第二部分 教学内容	204
一、时序逻辑电路概述	204
二、计数器	207
三、寄存器	211
第三部分 思考与练习	214
知识模块二十四 模/数与数/模转换器	216
第一部分 教学组织	216
一、目的要求	216
二、教学节奏与方式	216
第二部分 教学内容	216
一、模/数转换器	217
二、数/模转换器	222
第三部分 思考与练习	227

知识模块一 电 路

电路是电工技术和电子技术的基础，无论是发电、用电还是控制，均离不开电路。为了便于分析和研究电路规律，常用一些物理量来表示电路的状态及电路中各参数之间的相互关系，其中物理量主要有电流、电压、电位和电功率等。除此之外，还要能够对电压和电流的参考方向进行正确的辨别。

了解这些概念，可以为后面学习电工技术和电子技术打好基础。

第一部分 教 学 组 织

一、目的要求

- ① 了解电路的作用和组成。
- ② 理解有关电路主要物理量的定义。
- ③ 了解电路的 3 种状态，理解电流与电压之间的关系。
- ④ 掌握电流、电压的参考方向。

二、教学节奏与方式

项 目		课时安排	教学方式
1	课前准备	课余	预习教材
2	教师讲授	2 课时	重点讲授电路的 3 种状态，电流与电压之间的关系
3	思考与练习	课余	学生之间相互讨论或独立完成教师指定的习题

第二部分 教 学 内 容

一、电路的概念

电路是电流流通的路径，是由电源、负载、导线和开关等组成的闭合回路，主要用来实现能量的传输和转换，或实现信号的传递和处理。

电路的结构形式因所实现的任务不同而多种多样，但无论是简单还是复杂的电路，均离不开电源、负载和中间环节这 3 个最基本的组成部分。

电源是提供电能的设备，如发电机、电池、信号源等。

负载就是指用电设备，如电灯、电动机、空调、电风扇等。

中间环节是用作电源与负载相连接的，通常是一些连接导线、开关、接触器等。

图 1-1 是电路在两种典型场合的应用。图 1-1 (a) 是发电厂的发电机把热能、水能或原子能等转换成电能，它的作用是实现电能的传输和转换；图 1-1 (b) 通过电路把所接收的信号经过变换和传递，再由扬声器输出。

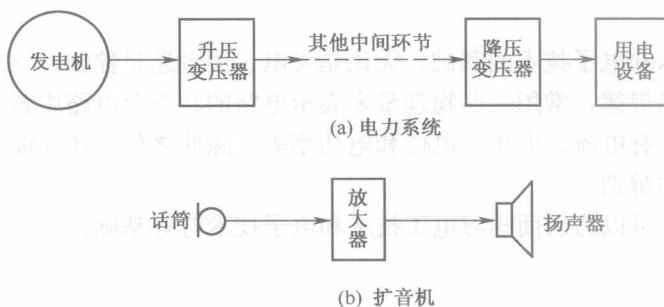


图 1-1 电路在两种典型场合应用示意图

无论是电能的传输和转换电路，还是信号的传递和变换电路，其中电源或信号源的电压、电流输入称为激励，它推动电路工作；激励在电路各部分所产生的电压和电流输出称为响应。分析电路，其实质就是分析电路的激励和响应之间的关系。

在电路分析中，用电流、电压、磁通等物理量来描述其工作过程。然而，实际电路是由电工设备和器件等组成，它们的电磁性质较为复杂，难以进行数学化描述。为了便于对实际电路进行分析，需要将实际元件理想化，忽略其次要因素，即将电路中元器件看作理想元件，其所组成的电路称为电路模型，也简称为电路。这是对实际电路电磁性质科学地抽象概括。如电炉通电后，会产生大量的热（电流的热效应），呈电阻性；同时，由于有电流通过还要产生磁场（电流的磁效应），它又呈电感性。但其电感微小，是次要因素，可以忽略，因此可以理想化地认为电炉是一个电阻元件，用一个参数为 R 的电阻元件来表示即可。

在今后学习中，所分析的都是电路模型（电路）。在电路图中，各种电路元件都用规定的图形符号来表示。

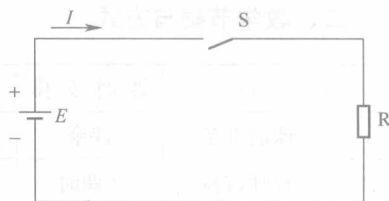


图 1-2 手电筒电路

如常用的手电筒，其电路如图 1-2 所示。电路中灯泡用电阻元件表示，其参数为电阻 R ，电池是电源元件，其电动势可用 E 表示；电池与灯泡的连接还有筒体和开关，因其电阻微小而忽略不计，可以认为是一个无电阻的理想导体。

二、电路的主要物理量

1. 电流

(1) 电流的概念

带电粒子（电子）在电场力作用下有规则地定向移动就形成电流。在金属导体中流动的电流是自由电子在电场力作用下定向运动而形成的。人们把单位时间内通过某一导体横截面的电荷量定义为电流强度，简称电流，它是衡量电流强弱的物理量。

如图 1-3 所示，设在极短的时间 dt 内，通过导体 ab 横截面 S 的微小电荷量为 dq ，则电流为

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

式中, i 表示随时间而变化的电流在某一瞬间的瞬时值。如果电流不随时间变化, 则 dq/dt 为一常数, 这种电流称为恒定电流, 简称直流, 常用大写字母 I 表示, 即

$$I = \frac{dq}{dt} = \frac{Q}{t} \quad (1-2)$$

(2) 电流的单位

电流的国际单位是安培, 简称安 (A)。当 1 秒 (s) 时间内通过导体截面的电荷为 1 库仑 (C) 时, 则电流为 1A, 即 $1A=1C/s$ 。在计量大电流时, 用千安 (kA) 作计量单位; 计量微小电流时, 用毫安 (mA) 或微安 (μA) 作计量单位。其换算关系为

$$1kA=10^3A \quad 1mA=10^{-3}A \quad 1\mu A=10^{-3}mA=10^{-6}A$$

(3) 电流的方向

电流的方向有实际方向和参考方向之分。电流的实际方向是指正电荷运动的方向或负电荷运动的反方向; 电流的参考方向是指在分析与计算电路时, 任意假定某一个方向作为电流的参考方向。当所假定的电流方向与实际方向一致时, 则电流为正值 ($I>0$); 当所假定的电流方向与实际方向不一致时, 则电流为负值 ($I<0$)。可见, 参考电流的值是有正、负之分, 只有参考方向被假定后, 电流的值才有正、负之分, 如图 1-4 所示。

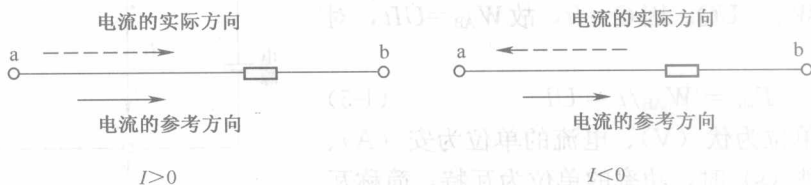


图 1-4 电流参考方向与实际方向

2. 电压

(1) 电压和电位的概念

电压又称电位差。在图 1-5 中, 电源的两个极板 A 和 B 分别带有正、负电荷, 这两个极板间就存在一个电场, 其方向由 A 指向 B。在电场中若电场力将电荷 Q 从 A 点移到 B 点所做的功为 W_{AB} , 则功 W_{AB} 与电荷 Q 的比值就称为 A、B 两点之间的电压, 用字母 U_{AB} 表示。其数学表达式为

$$U_{AB} = W_{AB}/Q \quad (1-3)$$

为了便于分析电路, 常指定电路中一点为参考点。电场力把单位正电荷从电路中某点移到参考点所做的功, 称为该点的电位, 用大写字母 V 表示。电压与电位的关系是

$$U_{AB} = V_A - V_B \quad (1-4)$$

(2) 电压和电位的单位

当电荷的单位为库仑 (C), 功的单位为焦耳

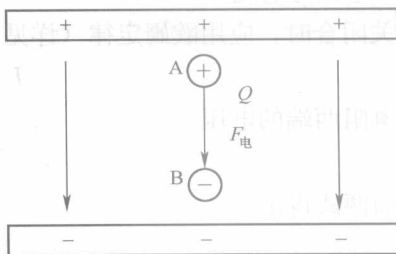


图 1-5 电压的概念

(J) 时, 电压的单位为伏特, 简称伏 (V), $1\text{V}=1\text{J/C}$ 。电位的单位也是伏特。在工程上还可使用千伏 (kV)、毫伏 (mV) 和微伏 (μV) 为计量单位, 其换算关系为

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

(3) 电压的方向

在分析电路时, 电压也有方向性, 电压的方向规定为从高电位端指向低电位端, 即电位降低的方向 [电源电动势的方向规定为在电源内部由低电位 (“-” 极性) 端指向高电位 (“+” 极性) 端]。电压参考方向和电流参考方向一样, 也是任意指定。分析电路时, 假定某一方向是电位降低的方向, 如所假定的电压方向与实际方向一致时, 则电压为正值 ($U>0$); 如电压参考方向与实际方向不一致时, 则电压为负值 ($U<0$)。因此, 参考电压的值也是有正负之分。只有参考方向被假定后, 电压的值才有正、负之分, 如图 1-6 所示。

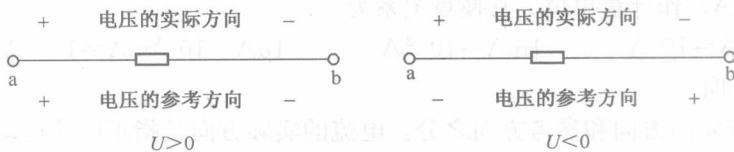


图 1-6 电压参考方向与实际方向

3. 电功率

在图 1-7 中, a 点和 b 点之间的电压为 U , 在时间 t 内电荷 Q 受电场力作用从 a 点经负载移到 b 点, 电场力所做的功 $W_{AB}=UQ$ 。因 $Q=It$, 故 $W_{AB}=UIt$, 对应的电功率为

$$P_{ab} = W_{AB}/t = UI \quad (1-5)$$

当电压的单位为伏 (V)、电流的单位为安 (A)、时间的单位为秒 (s) 时, 功率的单位为瓦特, 简称瓦 (W)。常用的单位为千瓦 (kW), $1\text{kW}=10^3\text{W}$ 。日常生活中, 常用千瓦时 ($\text{kW} \cdot \text{h}$) 表示 1 度电, 即功率为 1 kW 的用电设备工作 1h 所消耗的电能。

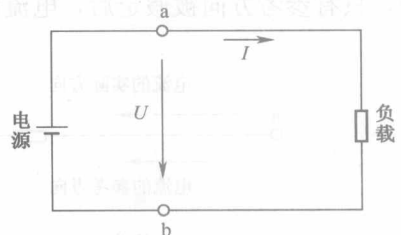


图 1-7 电路的功率

三、电路的状态

1. 电路的有载工作

图 1-8 为简单的有源闭合电路, R_L 为负载电阻, R_0 为电源内阻, E 为电源电动势。

(1) 电压与电流

开关闭合时, 应用欧姆定律 (详见 “知识模块三”) 得到电路中的电流

$$I = E/(R_0 + R_L) \quad (1-6)$$

和负载电阻两端的电压

$$U = R_L I$$

并由上面两式得出

$$U = E - R_0 I \quad (1-7)$$

式 (1-7) 称为全电路欧姆定律, 其表示: 电源端电压 (U) 小于电源电动势 (E), 两