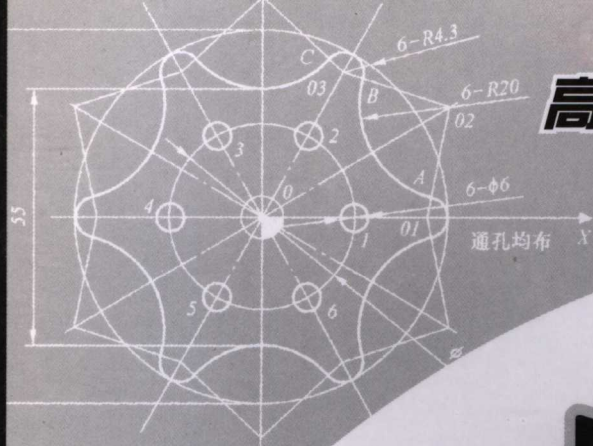


高职高专机电类规划教材



电工电子技术

■ 申辉阳 主编 ■ 孔云龙 副主编 ■ 王浩 主审



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

高职高专机电类规划教材

电工电子技术

申辉阳 主 编

孔云龙 副主编

王 浩 主 审

人 民 邮 电 出 版 社

北 京

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术 / 申辉阳主编. —北京: 人民邮电出版社,
2007.12

(高职高专机电类规划教材)

ISBN 978-7-115-16836-8

I. 电… II. 申… 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. TMTN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 143603 号

内 容 提 要

本书共分 13 章, 内容包括直流电路, 正弦交流电路, 非正弦交流电路, 电路的暂态过程, 磁路与变压器, 二极管、三极管及晶闸管电路, 集成运算放大电路, 直流稳压电源, 门电路和组合逻辑电路, 触发器与时序逻辑电路, 传感检测基础等。全书安排了 15 个实践性很强的实训, 每章有配套的习题, 并提供习题答案。

本书在编写时结合了高职高专教育新理念和一些高职高专教学改革的经验与成果, 做到了浅显易学, 精简好用, 重点突出, 通俗易懂, 有很强的针对性。

本书可作为高职高专机电类专业教材, 还可作为相关人员的参考读物。

高职高专机电类规划教材

电工电子技术

-
- ◆ 主 编 申辉阳
副 主 编 孔云龙
主 审 王 浩
责任编辑 潘新文
 - ◆ 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>
北京铭成印刷有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 17
字数: 404 千字
印数: 1—3 000 册
 - 2007 年 12 月第 1 版
2007 年 12 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-16836-8/TN

定价: 25.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

高职高专机电类规划教材

编 审 委 员 会

主 任：郭建尊

副主任：赵小平 孙小捞 马国亮

委 员：（以姓氏拼音为序）

毕建平	陈建环	陈桂芳	陈 静	程东风	杜可可
巩运强	霍苏萍	郝 屏	黄健龙	孔云龙	李大成
李俊松	娄 琳	李新德	李秀忠	李银玉	李 英
李龙根	马春峰	宁玉伟	瞿彩萍	施振金	申辉阳
申晓龙	田光辉	童桂英	王 浩	王宇平	王金花
解金榜	于保敏	杨 伟	曾和兰	张伟林	张景耀
张月楼	章志芳	张 薇	赵晓东	周 兰	

丛书前言

目前, 高职高专教育已成为我国普通高等教育的重要组成部分。“十一五”期间, 国家将安排 20 亿元专项资金用来支持 100 所高水平示范院校的建设, 如此大规模的建设计划在我国职业教育发展历史上还是第一次, 这充分表明国家正在深化高职高专教育的深层次的重大改革, 加大力度推动生产、服务第一线真正需要的应用型人才的培养。

为适应当前我国高职高专教育如火如荼的发展形势, 配合高职高专院校的教学和教材改革, 进一步提高我国高职高专教育质量, 人民邮电出版社在相关教育、行政主管部门的大力支持下, 组织专家、高职高专院校的骨干教师及相关行业的工程师, 共同策划编写了一套符合当前职业教育改革精神的高质量实用型教材——“高职高专机电类规划教材”。

本系列教材充分体现了高职高专教育的特点, 突出了理论和实践的紧密结合, 本着“易学, 易用”的编写原则, 强调学生创造能力、创新精神和解决实际问题能力的培养, 使学生在 2~3 年的时间内充分掌握基本技术技能和必要的基本知识。

本系列教材按照如下的原则组织、策划和编写, 以尽可能地适应当今高职高专教育领域教学改革和教材建设的新需求和新特点。

1. 着重突出“实用”特色。概念理论取舍得当, 够用为度, 降低难度。对概念和基本理论, 尽量用具体事物或案例自然引出。
2. 基本操作环节讲述具体详细, 可操作性强, 使学生很容易掌握基本技能。
3. 内容紧随新技术发展, 将新技术、新工艺、新设备、新材料引入教材。
4. 尽可能将实物图和原理图相结合, 便于学生将书本知识与生产实践紧密联系起来。
5. 每本书配备全面的教学服务内容, 包括电子教案、习题答案等。

本系列教材第一批共有 22 本, 涵盖了高职高专机电类各专业的专业基础课和数控、模具、CAD/CAM 专业的大部分专业课, 将在 2007 年年底出版。

为方便高职高专老师授课和学生学习, 本系列教材将提供完善的教学服务体系, 包括多媒体教学课件或电子教案、习题答案等教学辅助资料, 欢迎访问人民邮电出版社网站 <http://www.ptpress.com.cn/download/>, 进行资料下载。

我们期望, 本系列教材的编写和推广应用, 能够进一步推动我国机电类职业技术教育的教学模式、课程体系和教学方法的改革, 使我国机电类职业技术教育日臻成熟和完善。欢迎更多的老师参与到本系列教材的建设中来。对本系列教材有任何的意见和建议, 或有意向参与本系列教材后续的编审工作, 请与人民邮电出版社教材图书出版分社联系, 联系方式: 010-67145004, panxinwen@ptpress.com.cn。

“高职高专机电类规划教材”丛书编委会

2007.5

编 者 的 话

电工电子技术是机电类专业的专业基础课,广大教师在长期的教学实践中体会到,对高职学生来说该课程难度大、内容多、学习困难。本书针对这些问题,结合高职高专教育新理念和一些高职高专教学改革经验与成果,在作者多年教学、科研实践过程中所获取的经验的基础上编写而成。

本书汲取了其他优秀教材的优点,基础知识以“够用”为原则,以培养高素质的应用型人才为目的,以合理的知识结构为出发点,注重提高学生分析问题与解决问题的能力,做到浅显易学,精简好用,重点突出,通俗易懂,适合高职学生的需求,由于高职教育是以“技术应用能力为主线”,本书安排了实践性很强的实训内容,使理论教学和实践教学紧密结合,培养学生理论联系实际的能力和实事求是的科学态度。本书各章都有配套习题,习题答案可从人民邮电出版社的网站上免费下载。

本书在内容安排上不求多,但求精,包括电路分析基础、电子技术基础及传感检测基础三大部分,共13章,主要内容包括直流电路、交流电路,暂态过程,磁路与变压器,二极管,三极管,晶闸管,集成运放,直流稳压电源,门电路,组合逻辑电路,触发器,时序电路及传感检测基础。

本书参考学时90~120学时,由于各校实际教学学时不同,第3章、第4章、第13章可作为选讲,其余章节难度较大的内容,如第9章中的振荡电路,也可作为选讲内容。

参与本书编写的有广东机电职业技术学院申辉阳、曾晓玲、吴灏老师,漯河职业技术学院孔云龙、谢海良、张超凡老师,三门峡职业技术学院张月楼老师,山东水利职业技术学院王金花老师。其中第1章、第2章、第3章、第4章由申辉阳编写,第5章由曾晓玲编写,第6章、第7章由孔云龙编写,第8章由谢海良编写,第9章由吴灏编写,第10章、第11章及附录A、B由张月楼编写,第12章由王金花编写,第13章由张超凡编写。

本书由申辉阳担任主编,广东机电职业技术学院王浩老师担任主审。在编写、整理和定稿过程中,还得到许多同行的支持和帮助,在此谨向他们表示诚挚的感谢。

由于时间仓促及编者水平有限,本书错误和欠妥之处在所难免,敬请广大读者批评指教。欢迎电子邮件联系,E-mail地址:shen_hy@163.com。

编 者
2007年8月

目 录

第1章 直流电路	1
1.1 电路的基本概念	1
1.1.1 电路图及电路基本物理量	1
1.1.2 电路基本元件及其伏安特性	5
1.1.3 电路的三种状态	9
1.2 直流电路的基本分析方法	11
1.2.1 电路的等效变换	11
1.2.2 基尔霍夫定理及支路电流法	17
1.2.3 叠加定理	20
1.2.4 戴维南定理和诺顿定理	21
1.2.5 电位的计算	23
本章小结	25
习题	25
实训1 万用表的使用	28
实训2 电路中电位的测量	31
第2章 正弦交流电路	33
2.1 正弦交流电的基本知识	33
2.1.1 正弦量的时域表示法	33
2.1.2 正弦量的相量表示法	35
2.2 单一参数正弦交流电路	38
2.2.1 电阻元件的交流电路	38
2.2.2 电感元件的交流电路	40
2.2.3 电容元件的交流电路	42
2.3 简单正弦交流电路的分析	44
2.3.1 正弦交流电路的阻抗	44
2.3.2 相量形式的基尔霍夫定理	45
2.3.3 RLC 串联电路	46
2.3.4 RLC 并联电路	46
2.3.5 正弦交流电路的功率	48
2.3.6 交流电路的频率特性	50
2.4 三相正弦交流电路	52
2.4.1 三相交流电源	52

2.4.2 三相负载的连接	54
2.4.3 三相电路的功率	56
2.5 安全用电技术	58
2.5.1 安全用电常识	58
2.5.2 防触电的安全技术	58
本章小结	59
习题	60
实训 3 日光灯电路的连接及功率因素的提高	63
实训 4 三相交流电路	65
第 3 章 非正弦交流电路	68
3.1 非正弦周期信号的谐波分析	68
3.1.1 非正弦周期函数的傅立叶分解	68
3.1.2 常用非正弦周期信号的傅立叶展开	68
3.2 非正弦周期信号的有效值、平均值和平均功率	70
3.2.1 非正弦周期信号的有效值	70
3.2.2 非正弦周期信号的平均值	70
3.2.3 非正弦周期信号的平均功率	70
本章小结	71
习题	71
实训 5 示波器的使用	72
第 4 章 电路的暂态过程	76
4.1 换路定理	76
4.1.1 暂态过程	76
4.1.2 换路定理	77
4.2 一阶动态电路分析方法	77
4.3 零输入响应和零状态响应	79
4.3.1 一阶电路响应的分解	79
4.3.2 一阶电路的零输入响应	79
4.3.3 一阶电路的零状态响应	80
4.4 微分电路和积分电路	81
4.4.1 微分电路	81
4.4.2 积分电路	81
本章小结	82
习题	82
第 5 章 磁路与变压器	84
5.1 磁路	84

5.1.1 磁路的基本物理量	84
5.1.2 磁性材料的磁性能	85
5.1.3 磁场的基本定律	86
5.2 变压器	88
5.2.1 变压器的原理及应用	88
5.2.2 变压器的主要额定值	91
5.2.3 特殊变压器	91
本章小结	94
习题	94
第 6 章 二极管电路	97
6.1 晶体二极管	97
6.1.1 半导体的导电特性	97
6.1.2 PN 结	99
6.1.3 晶体二极管	100
6.2 二极管整流电路	102
6.2.1 单相半波整流电路	102
6.2.2 单相全波整流电路	102
6.2.3 单相桥式整流电路	103
6.3 稳压二极管稳压电路	105
6.3.1 稳压二极管	105
6.3.2 稳压管稳压电路	106
本章小结	107
习题	108
第 7 章 三极管电路	110
7.1 晶体三极管	110
7.1.1 三极管的结构及类型	110
7.1.2 三极管的电流分配和放大作用	111
7.1.3 三极管电流放大原理	112
7.1.4 三极管的特性曲线	112
7.1.5 三极管的主要参数	114
7.2 三极管放大电路	115
7.2.1 单管放大电路	115
7.2.2 放大电路的图解分析法	119
7.2.3 微变等效电路分析法	122
7.3 场效应管	125
7.3.1 场效应管的分类	125
7.3.2 场效应管的工作原理	125

7.3.3	原理和特性	126
7.3.4	场效应管主要参数	126
本章小结		127
习题		128
实训 6	EWB 电路设计与仿真	129
实训 7	三极管特性图示仪的使用	130
实训 8	单管交流放大电路	132
第 8 章	晶闸管电路	134
8.1	晶闸管	134
8.1.1	晶闸管的基本结构	134
8.1.2	晶闸管的工作原理	135
8.1.3	晶闸管的伏安特性	135
8.1.4	晶闸管的主要参数	136
8.2	单结三极管触发电路	137
8.2.1	单结三极管	137
8.2.2	工作原理和特性曲线	137
8.2.3	单结三极管触发电路	138
8.3	双向晶闸管和调压电路	139
8.3.1	特性及符号	139
8.3.2	触发方式	140
8.3.3	交流调压电路	140
本章小结		141
习题		142
实训 9	晶闸管调压电路	143
第 9 章	集成运算放大电路	145
9.1	集成运算放大器简介	145
9.1.1	基本组成及符号	145
9.1.2	主要参数	146
9.2	基本运算电路	146
9.2.1	反相比例运算电路	147
9.2.2	同相比例运算电路	147
9.2.3	加减运算电路	148
9.2.4	积分电路	150
9.2.5	微分电路	151
9.3	电压比较器	152
9.3.1	过零比较器	152
9.3.2	非零电压比较器	153

9.3.3 迟滞比较器	154
9.4 振荡电路	155
9.4.1 正弦波振荡电路	155
9.4.2 方波振荡电路	157
本章小结	158
习题	158
实训 10 集成运算放大电路功能测试	162
第 10 章 直流稳压电源	165
10.1 滤波电路	165
10.1.1 电容滤波电路	166
10.1.2 电感滤波电路	166
10.1.3 复式滤波电路	167
10.2 稳压电路	167
10.2.1 硅稳压管组成的并联型稳压电路	167
10.2.2 串联型三极管稳压电路	169
10.3 集成稳压电源	169
10.3.1 固定输出的三端稳压器	170
10.3.2 三端可调输出稳压器	170
10.3.3 三端集成稳压器的应用	171
本章小结	171
习题	172
实训 11 整流滤波电路	173
第 11 章 门电路和组合逻辑电路	176
11.1 数字电路概述	176
11.1.1 数字信号和模拟信号	176
11.1.2 数字技术和数字系统	176
11.1.3 数字逻辑和逻辑代数	177
11.1.4 数制	178
11.1.5 编码	180
11.2 门电路	181
11.2.1 基本门电路	181
11.2.2 复合逻辑门	184
11.3 组合逻辑电路	185
11.3.1 编码器	185
11.3.2 译码器	187
11.3.3 加法器	189
11.3.4 数据选择器	191

本章小结	193
习题	194
实训 12 集成逻辑门电路	195
实训 13 组合逻辑电路设计	197
第 12 章 触发器与时序逻辑电路	200
12.1 触发器	200
12.1.1 RS 触发器	200
12.1.2 JK 触发器	203
12.1.3 D 触发器	206
12.1.4 T 触发器及 T' 触发器	207
12.2 计数器	208
12.2.1 二进制计数器	208
12.2.2 十进制计数器	210
12.2.3 集成计数器	212
12.3 寄存器	214
12.3.1 数码寄存器	215
12.3.2 移位寄存器	215
12.4 集成 555 定时器	217
12.4.1 集成 555 定时器结构及工作原理	217
12.4.2 集成 555 定时器构成的单稳态触发器	219
12.4.3 集成 555 定时器构成的多谐振荡器	221
12.4.4 集成 555 定时器构成的施密特触发器	222
本章小结	224
习题	225
实训 14 集成触发器	228
实训 15 异步十进制计数器 74LS290 的功能验证	231
第 13 章 传感检测技术基础	233
13.1 传感器基础知识	234
13.1.1 传感器	234
13.1.2 传感器分类	235
13.2 传感检测技术基础	235
13.2.1 传感器信号调理电路	236
13.2.2 信号检测系统	238
13.3 常用的传感器测试技术	240
13.3.1 应变式电阻传感器	240
13.3.2 光电传感器	242
13.3.3 光栅尺传感器	243

13.3.4 霍尔传感器	245
本章小结	247
习题	247
附录 A 常用器件的命名及标注法	248
附录 B 常用集成电路管脚示意图	253
参考文献	257

第1章 直流电路

直流电路是电工电子电路的基础，本章将介绍电路中的基本物理量、基本概念和基本定律，着重讨论电流和电压的参考方向、基尔霍夫定律及电路等效原理等。通过本章内容的学习，读者可了解和掌握电路的基本概念和定律，为后续分析复杂电路打下基础。

1.1 电路的基本概念

1.1.1 电路图及电路基本物理量

电路是为实现和完成人们的某种需求，由电源、导线、开关、负载等电气设备或元器件组合起来，能使电流流通的整体，简单地说，就是电流的通路。

1. 电路图

(1) 电路的作用

电路能实现电能的传输、分配和转换；能实现信号的传递和处理。如电炉通电时可将电能转换成热能，电视机可将接收到的信号经过处理，转换成图像和声音。

电路的作用主要有两个：一是传输和转换电能，如图 1-1 (a) 所示；二是传递和处理信号，如图 1-1 (b) 所示。

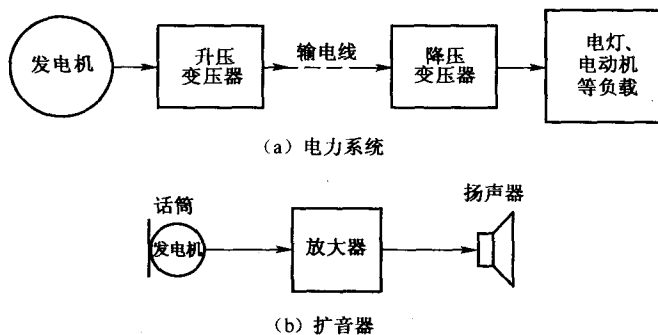


图 1-1 电路工作示意图

(2) 电路的组成

电路的组成主要包括电源、负载和中间环节三个部分。电源是供应电能的设备，如发电厂、电池等。负载是取用电能的设备，如电灯、电机等。中间环节是连接电源和负载的部分，起传输和分配电能的作用，如变压器、输电线等。

(3) 电路图

实际电路由各种作用不同的电路元件或器件组成，如图 1-2 (a) 所示。为了方便电路的设计，常常用一些电路符号来表示电路中的元器件，这就是通常所说的电气原理图，如图 1-2 (b) 所示。

为便于对实际电路进行分析和数学描述，需将实际电路元件用能够代表其主要电磁特性的理想元件或它们的组合来表示，理想元件所组成的电路称为实际电路的电路模型，简称电路。如图 1-2 (c) 所示，它是对实际电路电磁性质的科学抽象和概括。

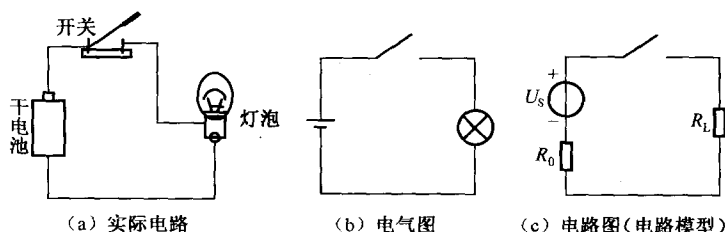


图 1-2 电气图与电路图

在电工技术中常用的理想元件有电阻、电感、电容、电源等，理想元件的电路符号如图 1-3 所示。

图 1-2 (c) 中，电池对外提供电压的同时，内部也有电阻消耗能量，所以电池用其电动势 E 和内阻 R_0 的串联表示；灯泡除了具有消耗电能的性质（电阻性）外，通电时还会产生磁场，具有电感性，但电感微弱，可忽略不计，于是可认为灯泡是一电阻元件，用 R 表示。



图 1-3 理想元件的电路符号

将实际电路元件抽象为一种或几种理想元件的组合，需要丰富的电路知识和专业知识。一个实际电路在不同条件下可化为若干个从简单到复杂的模型，如一个电感线圈，在直流电路中，可看作一个小电阻；在低频交流情况下，可看作一个电感和这个电阻的串联；在高频交流情况下，还需要考虑线圈的匝间分布电容和层间分布电容。所建立的电路模型应能反映电路的真实情况，即采用电路模型计算的结果与实际电路的测量结果的误差应在允许范围内。

2. 电路的基本物理量

描述电现象的基本（原始）变量为电荷和能量，为了便于描述电路状态，从电荷和能量引入了电压、电流、功率等物理量，它们易于测量与计算。

在分析求解电路的过程中，常常出现许多的未知电量，其方向不能预先确定，因此需要任意选定电压、电流的方向作为其参考方向，以利于解题。规定如果电压或电流的实际方向与参考方向一致则其值为正，若相反，则为负。这样就可以用计算得出值的正负与原来给定的参考方向来确定物理量的实际方向。

1. 电流

(1) 定义：单位时间内通过导体横截面的电量。通常将正电荷运动的方向规定为电流的方向。其定义式为

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

(2) 符号： i (I)。

(3) 单位：安培，简称安，用 A 表示。

(4) 分类：直流 (DC)，电流的大小和方向不随时间变化，也称恒定电流，可以用 I 表示。交流 (AC)，电流的大小和方向都随时间变化，也称交变电流，可以用 i 表示。

(5) 方向

电流的方向可用箭头表示，如图 1-4 所示，也可用字母顺序表示为 i_{ab} ，如图 1-4 (c) 所示。

图 1-4 (a) 中电流的参考方向与实际方向一致， $i > 0$ 。图 1-4 (b) 中电流的参考方向与实际方向相反， $i < 0$ 。

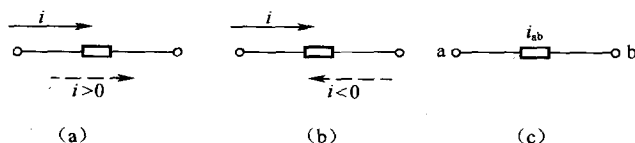


图 1-4 电流的方向

图 1-4 中虚线表示实际方向，实线表示参考方向。

2. 电压

(1) 定义：电压也称电位差（或电势差）。电路中 a、b 两点间的电压用 u_{ab} 表示，如图 1-5 所示， u_{ab} 为将单位正电荷由点 a 移动到点 b 所需要的能量，即

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

式中， V_a 表示 a 点电位， V_b 表示 b 点电位， w 表示能量。国际单位制中， w 的单位为焦耳 (J)。

(2) 符号： u (U)。

(3) 单位：伏特，简称伏，用 V 表示。

(4) 分类：直流电压与交流电压。

(5) 方向：电压的方向可用+、-号表示，如图 1-6 所示。在图 1-6 (a) 中电压参考方向与实际方向一致， $u > 0$ 。在图 1-6 (b) 中电压参考方向与实际方向相反取负， $u < 0$ 。

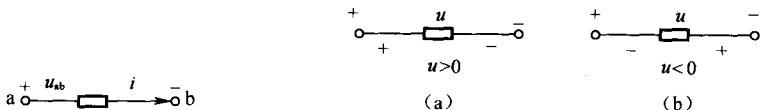


图 1-5 电阻元件中的关联参考方向

图 1-6 电压的方向

可见电流、电压都是代数量。

当电流的方向与电压方向选取一致，称为关联参考方向，如图 1-5 所示。

3. 功率

(1) 定义：电能量对时间的变化率，称为功率，也就是电场力在单位时间内所做的功。其定义式为

$$p = \frac{dw}{dt} = u \frac{dq}{dt} = u i \quad (1-3)$$

把能量传输（流动）的方向称为功率的方向，消耗功率时功率为正，产生功率时功率为负。

(2) 符号： $p(P)$ 。

(3) 单位：瓦特，简称瓦，用 W 表示。

(4) 功率计算中应注意的问题。

在关联参考方向下，若算出功率 $p(t) > 0$ 时，电路部分吸收能量，此时的 $p(t)$ 称为吸收功率；在关联参考方向下，若算出功率 $p(t) < 0$ 时，电路部分发出能量，此时的 $p(t)$ 称为发出功率。对此，可以用以下方式理解。

① 电阻元件中，流过它的电流与其两端的电压实际上总为相同方向，因此，其功率 $p(t) = u(t) \cdot i(t) > 0$ ，电阻元件为消耗电能能量的元件。那么在电压、电流方向取为关联方向时，如图 1-5 所示，如果计算得出的功率值大于零，则说明该电路部分吸收功率，耗能。

② 当独立电压源为电路供能时，流过它的电流与其两端的电压实际上总为相反方向，因此，其功率 $p(t) = u(t) \cdot i(t) < 0$ ，而此时独立电源为产生电能的元件。那么在电压、电流方向取为关联方向时，如图 1-7 所示，如果计算得出的功率值小于零，则说明该电路部分发出功率，电路部分产生电能。

例 1.1 试判断图 1-8 (a)、(b) 中元件是发出功率还是吸收功率。

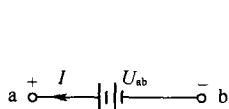


图 1-7 电压源元件中的关联参考方向

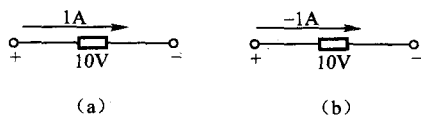


图 1-8 例 1.1 图

解：在图 1-8 (a) 中电压、电流是关联参考方向，且 $P = UI = 10W > 0$ ，元件吸收功率。

在图 1-8 (b) 中电压、电流是关联参考方向，且 $P = UI = -10W < 0$ ，元件发出功率。

(5) 功率与电能的关系

在关联参考方向下，电阻两端的电压是 U ，流过的电流是 I ，则电阻吸收的功率 P 为

$$P = UI \quad (1-4)$$

电阻在 t 时间内消耗的电能 W 为

$$W = Pt = UI t \quad (1-5)$$

我们平时所说消耗 1 度电就是电路功率为 1kW 时在 1 个小时内消耗的电能，即 $1kW \cdot h$ 。

4. 电动势

(1) 定义：非电场力即局外力把单位正电荷在电源内部由低电位 b 端移到高电位 a 端所