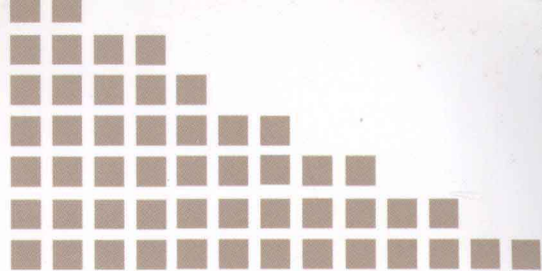




普通高等职业教育规划教材  
21世纪卓越汽车应用型人才培养专用教材



# 汽车电工电子基础

QICHE DIANGONG DIANZI JICHU

组编 华汽教育

主编 杨俊莲

主审 崔选盟



同济大学出版社  
TONGJI UNIVERSITY PRESS



普通高等职业教育规划教材  
21世纪卓越汽车应用型人才培养专用教材

# 汽车电工电子基础

组 编 华汽教育  
主 编 杨俊莲  
副主编 张 涛  
编 写 黄 华 张明月 王新童  
邵 斐 张孝升  
主 审 崔选盟



同济大学出版社  
TONGJI UNIVERSITY PRESS

## 内 容 提 要

本书共分八章,主要内容包括直流电路、交流电路、磁路及变压器、汽车电动机、常用电子元器件、逻辑电路及其应用、工业企业供电及安全用电、仪器仪表的使用。本书选编了“必需、够用”的理论内容,又融入足够的实训项目。

本书适合作为高职高专汽车运用技术、汽车检测与维修技术、汽车技术服务与营销、汽车电子等专业教学使用,还可以供汽车维修人员、驾驶员、汽车技术爱好者参考阅读。

### 图书在版编目(CIP)数据

汽车电工电子基础/杨俊莲主编.--上海:同济大学出版社,2012.5

普通高等职业教育规划教材 21世纪卓越汽车应用型人才  
培养专用教材

ISBN 978-7-5608-4864-8

I. ①汽… II. ①杨… III. ①汽车-电工-高等职业  
教育-教材②汽车-电子技术-高等职业教育-教材  
IV. ①U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 083066 号

---

普通高等职业教育规划教材  
21世纪卓越汽车应用型人才  
培养专用教材

### 汽车电工电子基础

组编 华汽教育 主编 杨俊莲 副主编 张涛 编写 黄华 张明月 王新童 邵斐 张孝升  
主审 崔选盟

责任编辑 陈佳蔚 责任校对 徐春莲 封面设计 庞波 项目执行 陈佳蔚 周群飞

---

出版发行 同济大学出版社(www.tongjipress.com.cn 地址:上海市四平路1239号

邮编 200092 电话 021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 常熟市大宏印刷有限公司

开 本 889 mm×1194 mm 1/16

印 张 12.75

印 数 1—2000

字 数 408000

版 次 2012年5月第1版 2012年5月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-4864-8

---

定 价 27.00元

---

普通高等职业教育规划教材  
21世纪卓越汽车应用型人才培养专用教材

专业建设指导委员会

- 顾 问 李理光(同济大学)  
洪 亮(清华大学)  
林海临(中国汽车工业国际合作总公司)  
张晋峰(中国汽高等教育学会)  
赵丽丽(中国汽车工程学会)
- 主 任 刘大洪 邹晓东(中锐教育集团)
- 副主任 田洪雷 周肖兴 王 刚(中锐教育集团)
- 委 员(排名不分先后)
- |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| 邓院方 | 刘 萌 | 刘兴鼎 | 廖 勇 |
| 赵居礼 | 王宏斌 | 陈焕文 | 尹立贤 |
| 赵鹏飞 | 薛茂云 | 刘 华 | 姜 军 |
| 任国庆 | 汤 才 | 赵 红 | 刘延明 |
| 罗显克 | 林韧卒 | 金 武 | 李 新 |
| 孟德泉 | 刘向东 | 史洪军 | 林丰春 |
| 赵联章 | 万 新 | 任雁秋 | 侯建平 |
| 孙海生 | 孙洪丽 | 陈杰峰 | 肖忠优 |
| 张孝金 | 陈光曙 | 季 军 | 李士壮 |
| 李 召 | 王 宏 | 刘祁杰 | 弋 平 |
| 罗新远 | 马兆勤 | 夏令伟 | 楼建伟 |
| 吴荣辉 | 沈冠东 |     |     |

普通高等职业教育规划教材  
21世纪卓越汽车应用型人才培养专用教材

编审委员会

主任 李理光(同济大学)

副主任(排名不分先后)

夏令伟 楼建伟 吴荣辉 沈冠东(中锐教育集团)

孙泽昌(同济大学)

朱西产(同济大学)

马 钧(同济大学)

左曙光(同济大学)

张执玉(清华大学)

王登峰(吉林大学)

张平官 曹 建(同济大学)

李春明(长春汽车工业高等专科学校)

胡建军(中国汽车工程学会)

阚有波(安莱(北京)汽车技术研究院)

陆福民(中国重型汽车集团有限公司)

王小梅(中国高等教育学会)

编 委(排名不分先后)

刘佳霓 刘圣元 白冰如 陈光忠

张忠明 李漫江 陈智钢 杨俊莲

梁建和 钟 平 吴 斌 王文清

陈凤英 赵永旺 梁学军 袁经鸿

唐义锋 曹 琼 王守云 郭向东

刘公信

组 编 华汽教育



## 序

汽车产业是我国最重要的支柱产业之一,对国民经济的发展起着重要的作用。经过几代人的共同努力,20世纪90年代初,我国的汽车产业进入了前所未有的全面快速发展阶段。2009年,国内汽车产业实现了历史性跨越,以年产、销量均超1 000万辆而居全球之首。

我们国家虽已成为汽车大国,但还远不是汽车强国。我们还没有大型国际化汽车公司,没有世界知名的自主汽车品牌,没有完全掌握汽车工业的核心技术,对国外汽车市场的开拓尚处于起步阶段。显然,要成为汽车强国,任重而道远。

汽车产业具有人才密集、资金密集、技术密集、装备集约化和生产规模化的特点。在这些产业要素中,专业人才具有极为重要的地位。无论是在汽车的研发、制造等汽车产业链的前端,还是在汽车的销售、应用、维修乃至报废处理等汽车产业链的后端,都需要大批具备基本理论知识、掌握现代汽车核心技术、具有熟练操作技能的工程技术人员和技术工人。

就汽车后市场而言,随着我国汽车产业的加速发展、汽车技术的不断进步、汽车社会保有量的持续增加,从事汽车技术服务与营销、汽车检测与维修的从业人员已日益增多,对高质量、高技能人才的需求仍将不断增加,各类训练有素的高技能人才的短缺是不争的事实,这已引起全国上下的广泛关注。

开展多层次、多种形式的职业教育,加强从业人员的职前和职后培训,是解决汽车专业人才紧缺的有效途径。为此,许多高等职业院校增设了汽车专业,与汽车技术普及和提高相关的各类培训机构和技能鉴定机构亦大量涌现,职业教育呈现出良好的发展势头。然而,由于传统教学体制和教学理念的局限性,高等职业院校的专业建设水准与汽车产业发展的实际需要还有很大差距;各类培训机构也同样面临提高培训质量的问题。诚如教育部“教高[2006]16号文件《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》”中所指出的,“随着我国走新型工业化道路、建设社会主义新农村和创新型国家对高技能人才要求的不断提高,高等职业教育既面临着极好的发展机遇,也面临着严峻的挑战”。显然,如何提高教育质量和技能培训质量是当前高等职业教育面临的最大挑战。

教材建设是高等职业院校专业建设的基石,是人才培养计划得以成功的必要条件,是提高高等职业教育质量的重要保障。为认真贯彻党的十七大会议精神和《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》,根据教育部大力推动技能型紧缺人才培养培训的指导思想,同济大学出版社联合上海中锐教育集团旗下的华汽教育、无锡南洋职业技术学院以及与中锐教育集团合作开办汽车相关专业的全国24所高等职业院校,在总结近几年教学经验的基础上,组织编撰了“普通高等职业教育规划教材·21世纪卓越汽车应用型人才培养专用教材”丛书。

为了做好教材的组编工作,编撰人员深入探讨了国内高等职业院校的特点和教学规律,对德国、美国、日本等7个发达国家的汽车职业教育进行了多次考察,同时结合中锐教育集团为汽车生产厂商开发企业内部培训课程的经验,力求在“因材施教、学以致用”上有所突破;力求在“淡化学科分类、突出综合



应用”上有所超越;力求在高等职业院校教材的内容、体例、风格上有所创新。

本丛书是为培养高素质、高技能紧缺人才而编写的,为此组建了以高等院校、高等职业技术学院、汽车工程学术组织、汽车技术研究机构、汽车生产企业、汽车经销服务企业、汽车维修行业协会、汽车流通行业协会以及汽车职业技能培训机构等各方人士相结合的教材编审委员会,以保证教材质量,促进我国高等职业教育事业的发展,造福于莘莘学子。

真诚地希望本丛书的出版能对我国的职业教育和技能培训有所裨益,热切期待广大读者提出宝贵意见和建议,使教材更臻完善。

李理光

2010年7月



## 前 言

随着汽车工业的快速发展,汽车电气控制系统功能不断强大,电气控制电路不断升级。汽车电工电子技术是汽车电气控制系统维修、检测和故障诊断等一线工程技术人员必备的基本技能之一。“汽车电工电子技术”课程是汽车运用技术、汽车检测与维修技术、汽车技术服务与营销、汽车电子等专业一门专业基础课程。根据高职教育培养生产一线高素质技能型人才的目标要求,本课程的任务是使学生掌握电工电子技术基本知识,学会使用常用电工工具和仪表进行电工电子作业,能够读懂简单的汽车电气原理图,并能运用电工电子技术的知识分析解决汽车简单电气故障问题,同时为继续深入学习汽车电气设备、汽车电控系统打下基础。因此,本书的编写着力体现如下特色和创新之处:

1. 突出职业能力培养,实现理论实践一体化。针对汽车类专业所面向的职业岗位能力要求,结合行业职业标准,突出学习能力和实践能力培养,在课程内容上将基本理论知识和基本操作技能训练融为一体,实现了理论实践一体化。

2. 打破传统的教学大纲体系,遵循以学生为主体的教学理念,建立课程标准。各单元从学生学习的角度出发,确定了单元的学习目标,包括知识目标和能力目标。使培养过程实现“知行合一”。

3. 引导教师开展教学方法和教学方案设计研究。在各学习项目的技能训练内容上灵活度较大,只是起到引导作用,为教师创新教学设计方案留有空间。教师可根据学校的实训条件和专业特点自行设计教学方案,针对本校学生特点,因材施教,采用灵活的教学方法和手段实施教学。

本书是辽宁省教育科研“十一五”规划课题“电工电子技术课程体系改革”的研究成果,根据该课题的主要研究成果“电工电子技术”课程标准编写的。

本书由杨俊莲任主编,张涛任副主编,黄华、张明月、王新童、邵斐、张孝升等编写,其中,第1、2章由杨俊莲编写,第3、7章由张涛编写,第4章由王新童编写,第5章由黄华编写,第6章由张明月编写,第8章由邵斐、张孝升编写。全书由崔选盟主审。在本书的编写过程中,广汽日野(沈阳)汽车有限公司祁清心给予鼎力支持,在此表示衷心的感谢。

由于时间仓促,编者水平有限,书中定有不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

2012年3月





# 目 录

序

前言

<b>1 直流电路</b> .....	1
1.1 电路基本概念 .....	2
1.2 电路基本元件及其伏安特性 .....	6
1.3 电路的分析方法 .....	12
1.4 电路的三种基本工作状态 .....	23
本章小结 .....	24
复习思考题 .....	25
<b>2 交流电路</b> .....	29
2.1 正弦交流电的基本概念 .....	30
2.2 单相正弦交流电路分析 .....	32
2.3 三相电路 .....	43
本章小结 .....	49
复习思考题 .....	50
<b>3 磁路及变压器</b> .....	53
3.1 磁场及磁路 .....	54
3.2 电磁感应 .....	57
3.3 霍尔效应 .....	62
3.4 变压器 .....	63
3.5 常用低压电器 .....	69
本章小结 .....	77
复习思考题 .....	78
<b>4 汽车电动机</b> .....	79
4.1 交流发电机 .....	80
4.2 直流电动机 .....	84
4.3 汽车用小型电动机 .....	91
本章小结 .....	93
复习思考题 .....	94



<b>5 常用电子元器件</b> .....	95
5.1 半导体基础知识 .....	96
5.2 半导体二极管 .....	98
5.3 晶闸管 .....	105
5.4 半导体三极管 .....	108
5.5 集成运算放大器 .....	115
本章小结 .....	121
复习思考题 .....	121
<b>6 逻辑电路及其应用</b> .....	123
6.1 门电路和组合逻辑电路 .....	124
6.2 触发器和时序逻辑电路 .....	135
本章小结 .....	145
复习思考题 .....	145
<b>7 工业企业供电及安全用电</b> .....	147
7.1 发电、输电和配电 .....	148
7.2 安全用电常识 .....	149
本章小结 .....	156
复习思考题 .....	156
<b>8 仪器仪表的使用</b> .....	157
8.1 常用电工工具的使用 .....	158
8.2 指针式万用表 .....	160
8.3 数字式万用表 .....	161
8.4 汽车专用万用表 .....	164
8.5 汽车解码器 .....	170
8.6 汽车维修试灯 .....	179
本章小结 .....	181
复习思考题 .....	181
<b>附录一 文字符号</b> .....	182
<b>附录二 常用电气图形符号及新旧对照</b> .....	186
<b>参考文献</b> .....	191



普通高等职业教育规划教材  
21世纪卓越汽车应用型人才培养专用教材

# 1 直流电路

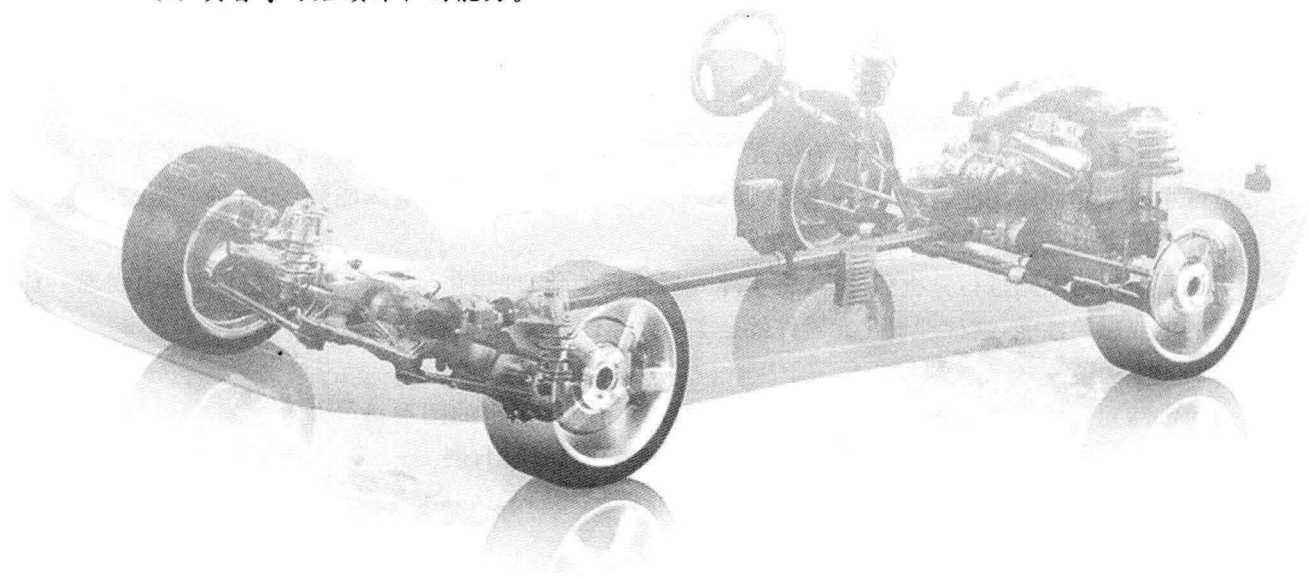
## 学习目标

### 知识目标

- (1) 掌握电路的主要物理量,理解电位的概念,建立参考方向的概念,了解电压与电流的关联参考方向,能计算元件所消耗或产生的功率;
- (2) 掌握直流电路基本元件及其伏安关系;
- (3) 掌握电路基本分析方法;
- (4) 了解电路的三种工作状态。

### 能力目标

- (1) 能用电工基本理论和基本分析方法分析简单实用电路;
- (2) 能使用常用电工测量仪表测量电压、电流;
- (3) 能用电工仪表识别和选择电路元器件,并会测试元件的性能;
- (4) 具备学习后续课程的能力。





## 1.1 电路基本概念

### 1.1.1 电路组成及电路模型

#### 1. 电路组成

手电筒是大家所熟悉的一种用来照明的最简单的用电器具,如图 1-1 所示。

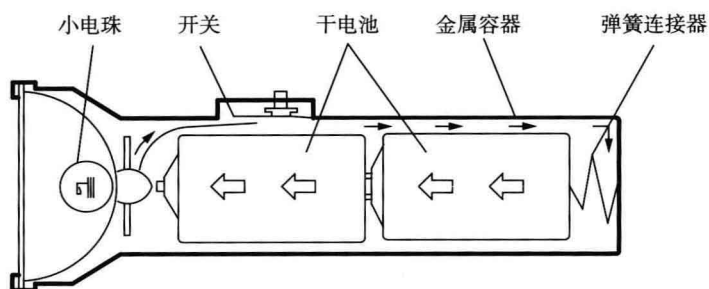


图 1-1 手电筒结构示意图

它由四部分组成:

- (1) 干电池,它将化学能转换为电能,即电源;
- (2) 小电珠,它将电能转换为光能,即用电器;
- (3) 开关,通过它的闭合与断开,能够控制小电珠的发光情况,即控制装置;
- (4) 金属容器、弹簧连接器,它相当于传输电能的金属导线,提供了手电筒中各元件之间的连接。

电路是由若干电气设备或元器件按一定方式用导线连接而成的电流通路。通常由电源、负载及中间环节等三部分组成。

电源是将其他形式的能量转换为电能的装置,如发电机、干电池、蓄电池等。

负载是取用电能的装置,通常也称为用电器,如白炽灯、电炉、电视机、电动机等。

中间环节是传输、控制电能的装置,如连接导线、变压器、开关、保护电器等。

#### 2. 电路模型

##### 1) 电路元件模型

实际电路中的元器件品种繁多,有的元器件主要是消耗电能,如各种电阻器、电灯、电烙铁等;有的元器件主要是储存磁场能量,如各种电感线圈;有的元器件主要是储存电场能量,如各种类型的电容器;有的元器件主要是提供电能,如电池、发电机等。

为了便于对电路进行分析和计算,将实际元器件近似化、理想化,使每一种元器件只集中表现一种主要的电或磁的性能,这种理想化元器件就是实际元器件的模型,简称为电路元件模型。

##### 2) 电路模型

由电路元件模型构成的电路,称为电路模型,并用国标规定的图形符号及文字符号表示(见附录二)。如图 1-2(a)所示为图 1-1 所示的手电筒电路的电路模型;图 1-2(b)为电源的图形符号和文字符号;图 1-2(c)为电阻元件的图形符号和文字符号;图 1-2(d)为开关的图形符号和文字符号。本书都是针对电路模型分析,称为电路分析。

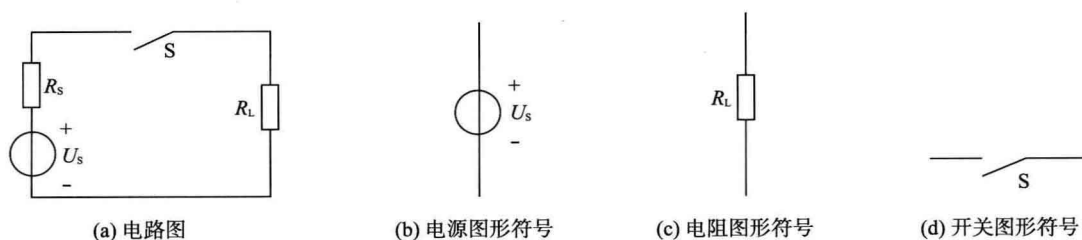


图 1-2 电路模型及各元件的图形符号

### 1.1.2 电路的基本物理量

#### 1. 电流

##### 1) 电流的大小

电荷的定向移动就形成了电流。长期以来,人们习惯规定以正电荷的定向移动作为电流的实际方向。

电流的大小用电流强度(简称电流)来表示。电流强度在数值上等于单位时间内通过导线某一截面的电荷量,用符号  $i$  表示。则

$$i = \frac{dQ}{dt}$$

式中,  $dQ$  为时间  $dt$  内通过导线某一截面的电荷量。

大小和方向都不随时间变化的电流称为恒定电流,简称直流电流,用符号  $I$  表示,  $i$  表示电流的一般符号。则

$$I = \frac{Q}{t}$$

式中,  $Q$  为时间  $t$  内通过导线某一截面的电荷量。

电流的单位是安培(简称安),用符号 A 表示;电荷量的单位为库仑(简称库),用符号 C 表示;时间的单位为秒,用符号 s 表示。当电流很小时,常用单位为毫安(mA)或微安( $\mu\text{A}$ );当电流很大时,常用单位为千安(kA)。它们之间的换算关系为

$$1 \text{ A} = 1000 \text{ mA} = 10^3 \text{ mA}$$

$$1 \text{ A} = 10^6 \mu\text{A}$$

$$1 \text{ kA} = 10^3 \text{ A}$$

##### 2) 电流的实际方向与参考方向

电流不但有大小,而且还有方向。在简单电路中,如图 1-3 所示,可以直接判断电流的方向。即在电源内部电流由负极流向正极,而在电源外部电流则由正极流向负极,形成一闭合回路。

有些复杂电路很难判断其实际方向。为了分析、计算的需要,引入了电流的参考方向。在电路分析中,任意选定一个方向作为电流的方向,这个方向就称为电流的参考方向,如图 1-4 电路中用实线表示的  $I_s$  所示。当然,所选定的参考方向并不一定就是电流的实际方向。当电流的参考方向与实际方向相同时,电流为正值。反之,若电流的参考方向与实际方向相反,则电流为负值。这样,电流的值就有正有负,它是一个代数量,其正负可以反映电流的实际方向与参考方向的关系。因此电流的正、负,只有在选定了参考方向以后才有意义。

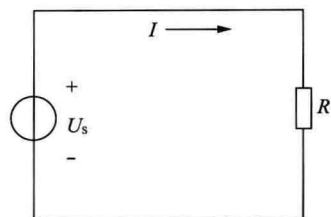


图 1-3 简单电路

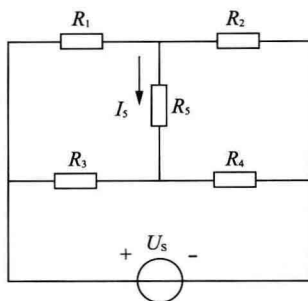


图 1-4 复杂电路

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 1-5(a)表示;也可以画在线外,如图 1-5(b)所示;还可以用双下标表示,如图 1-5(c)所示,其中,  $I_{ab}$  表示电流的参考方向是由 a 点指向 b 点。

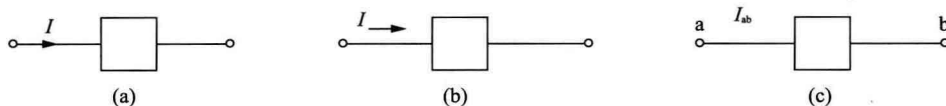


图 1-5 电流参考方向的标注法

## 2. 电压

### 1) 电压的大小

如图 1-6 所示,电路中 a、b 两点间电压,在数值上等于将单位正电荷从电路中 a 点移到电路中 b 点时电场力所作的功,用  $u_{ab}$  表示,则

$$u_{ab} = \frac{dW_{ab}}{dQ}$$

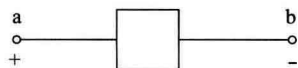


图 1-6 电压的表示方法

式中,  $dW_{ab}$  为电场力把正电荷  $dQ$  从电路中 a 点移到电路中 b 点时所做的功。并规定:电压的方向为电场力做功使正电荷移动的方向。

大小和方向都不随时间变化的电压称为恒定电压,简称直流电压,用符号  $U$  表示,  $u$  表示电压的一般符号。则

$$U_{ab} = \frac{W_{ab}}{Q}$$

式中,  $W_{ab}$  表示单位正电荷  $Q$  在电场力的作用下从 a 点移到 b 点电场力所作的功。

电压的单位为伏特(V),常用的单位为千伏(kV)、毫伏(mV)、微伏( $\mu V$ )。它们之间的换算关系为

$$1 \text{ V} = 1000 \text{ mV} = 10^3 \text{ mV}$$

$$1 \text{ V} = 10^6 \mu V$$

$$1 \text{ kV} = 10^3 \text{ V}$$

### 2) 电压的实际方向与参考方向

与电流类似,分析、计算电路时,也要预先设定电压的参考方向。同样,所设定的参考方向并不一定是电压的实际方向。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。这样,电压的值有正有负,它也是一个代数量,其正负表示电压的实际方向与参考方向的关系。



电压的参考方向既可以用实线箭头表示,如图 1-7(a)所示;也可以用正(+)、负(-)极性表示,如图 1-7(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 1-7(c)所示,其中, $u_{ab}$ 表示 a、b 两点间的电压参考方向由 a 点指向 b 点。

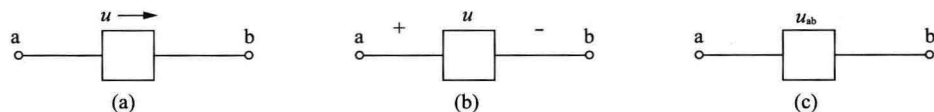


图 1-7 电压参考方向的标注法

进行电路分析时,对于一个元件,我们既要对流过元件的电流选取参考方向,又要对元件两端的电压选取参考方向,两者是相互独立的,可以任意选取。

也就是说,它们的参考方向可以一致,也可以不一致。如果电流的参考方向与电压的参考方向一致,则称之为关联参考方向,如图 1-8(a)所示;如果电流的参考方向与电压的参考方向不一致,则称之为非关联参考方向,如图 1-8(b)所示。当选取电压、电流方向为关联参考方向时,电路图上只需标出电压的参考方向或电流的参考方向,如图 1-9 所示的是两种等效的表示方法。

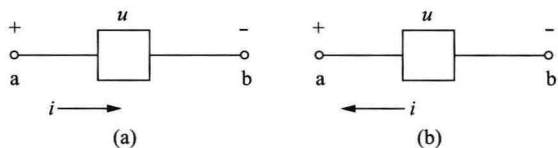


图 1-8 电压电流参考方向

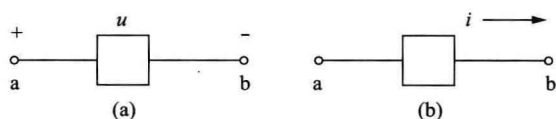


图 1-9 关联参考方向的简单标注

### 3) 电位

电路中某一点相对参考点的电压大小我们也可以把它称为电位,用符号  $V$  表示。我们可以把参考电位看作是零电位点。一般选择接地点为参考点。

如图 1-10 所示,在一个电路中,若指定 C 点为参考点,则  $V_C=0\text{ V}$ ,其他各点电位如 A 点电位为  $V_A=U_{AC}$ 、B 点电位为  $V_B=U_{BC}$ 。实际上两点之间的电压就等于这两点的电位之差,如  $U_{AC}=V_A-V_C$ ,由于  $V_C=0\text{ V}$ ,所以  $V_A=U_{AC}$ 。

结论:

(1) 电路中某一点的电位等于该点与参考点(电位为零)之间的电压。

(2) 电路中所选的参考点不同,则各点的电位也不同,但任意两点间的电压不变。

### 3. 功率与电能

#### 1) 功率

根据电压的定义,电场力所作的功为  $W_{ab}=QU_{ab}$ ,单位时间内电场力所作的功称为电功率,简称为功率。它是描述传送电能速率的一个物理量,以符号  $P$  表示,即

$$P = \pm \frac{W}{t} = \pm \frac{QU}{t} = \pm UI \quad (1-1)$$

式(1-1)表明某元件的功率等于元件两端的电压与流过元件的电流的乘积,十号表示电压与电流为关联参考方向,一号表示电压和电流为非关联参考方向。

若电流的单位为安培(A),电压的单位为伏特(V),则功率的单位为瓦特(W),简称为“瓦”。

计算元件的功率时,若电压、电流的参考方向关联,则等式的右边取正号;否则取负号。当  $P>0$ ,表明元件

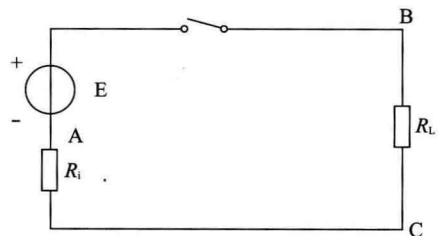


图 1-10 电位说明图



消耗(吸收)功率,一般用电设备为消耗功率;当 $P < 0$ ,表明该元件产生(释放)功率,一般电源为产生功率。

例 1.1 用方框代表某一电路元件,其电压、电流如图 1-11 所示,求图中各元件的功率,并说明该元件实际上是消耗还是产生功率?

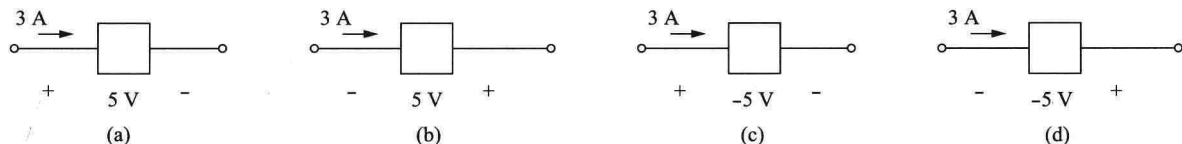


图 1-11 电路图(1)

解

(a) 电压、电流的参考方向关联,元件的功率为

$$P = UI = 5 \text{ V} \times 3 \text{ A} = 15 \text{ W} > 0$$

元件实际上是消耗功率。

(b) 电压、电流的参考方向非关联,元件的功率为

$$P = -UI = (-5) \text{ V} \times 3 \text{ A} = -15 \text{ W} < 0$$

元件实际上是产生功率。

(c) 电压、电流的参考方向关联,元件的功率为

$$P = UI = (-5) \text{ V} \times 3 \text{ A} = -15 \text{ W} < 0$$

元件实际上是产生功率。

(d) 电压、电流的参考方向非关联,元件的功率为

$$P = -UI = -(-5) \text{ V} \times 3 \text{ A} = 15 \text{ W} > 0$$

元件实际上是消耗功率。

2) 电能

当已知设备的功率为 $P$ 时,则在 $t$ 秒内消耗的电能

$$W = Pt$$

电能就等于电场力所作的功,用符号 $W$ 表示,单位是焦耳(J)。工程上,直接用千瓦时( $\text{kW} \cdot \text{h}$ )作单位,俗称“度”。且 $1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$ 。

## 1.2 电路基本元件及其伏安特性

### 1.2.1 电阻元件及其伏安特性

#### 1. 电阻元件的图形、文字符号

电阻元件是从实际电阻器抽象出来的理想化模型,是代表电路中消耗电能这一物理现象的理想二端元件。如电灯泡、电炉、电烙铁等这类实际电阻器,当忽略其电感等作用时,可将它们抽象为仅具有消耗电能的电阻元件。其图形符号如图 1-12 所示,文字符号一般用符号 $R$ 表示。



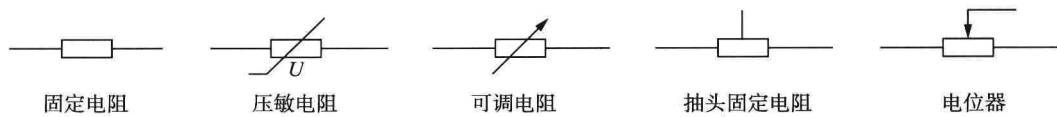
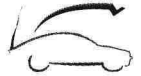


图 1-12 电阻器的图形符号

电阻的单位是欧姆,简称欧,通常用符号“ $\Omega$ ”表示。常用的单位还有“ $k\Omega$ ”、“ $M\Omega$ ”,它们的换算关系为

$$1 M\Omega = 10^3 k\Omega = 10^6 \Omega$$

电阻的倒数称为电导,用字母  $G$  表示,即

$$G = \frac{1}{R}$$

电导的单位为西门子,简称西,通常用符号  $S$  表示。电导也是表征电阻元件特性的参数,它反映的是电阻元件的导电能力。

### 2. 电阻元件的伏安特性

元件的伏安特性指元件两端电压与流过元件电流的关系。电阻元件的伏安特性曲线如图 1-13(a)所示,为一条过原点的直线,这样的电阻元件称为线性电阻元件,线性电阻元件在电路图中的图形符号,如图 1-13(b)所示。

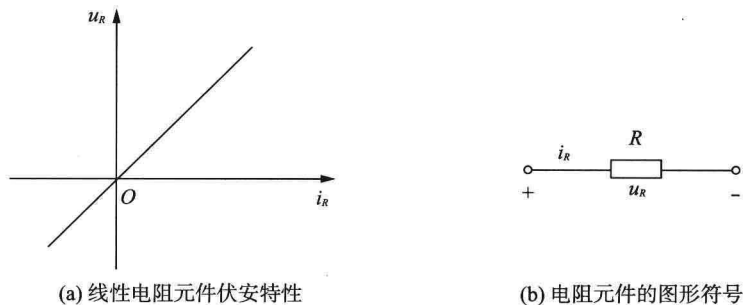


图 1-13 线性电阻伏安特性及图形符号

本书中所有的电阻元件,除非特别指明,都是指的线性电阻元件。

### 3. 欧姆定律

欧姆定律是电路分析中的重要定律之一,它说明流过线性电阻的电流与该电阻两端电压之间的关系,反映了电阻元件的特性。

欧姆定律指出:在电阻电路中,当电压与电流为关联参考方向时,电流的大小与电阻两端的电压成正比,与电阻值成反比。欧姆定律可表示为

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-2)$$

当选定电压与电流为非关联方向时,则欧姆定律可表示为

$$I = -\frac{U}{R}$$

无论电压、电流为关联参考方向还是非关联参考方向,电阻元件功率为

$$P = I_R^2 R = \frac{U_R^2}{R}$$