

高等职业教育汽车运用与维修专业教材



汽车电工电子基础

张大鹏 张 宪 主编
李良洪 主审



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

高等职业教育汽车运用与维修专业教材

汽车电工电子基础

张大鹏 张宪 主编

李良洪 主审

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

汽车电工电子基础/张大鹏,张宪主编.—北京:北京理工大学出版社,2006.4

高等职业教育汽车运用与维修专业教材

ISBN 7-5640-0657-9

I. 汽… II. ①张…②张… III. ①汽车-电工-高等学校:技术学校-教材②汽车-电子技术-高等学校:技术学校-教材

IV. U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 011918 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

电子邮箱 / chiefeditor@bitpress.com.cn

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京地质印刷厂

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 17

字 数 / 400 千字

版 次 / 2006 年 4 月第 1 版 2006 年 4 月第 1 次印刷

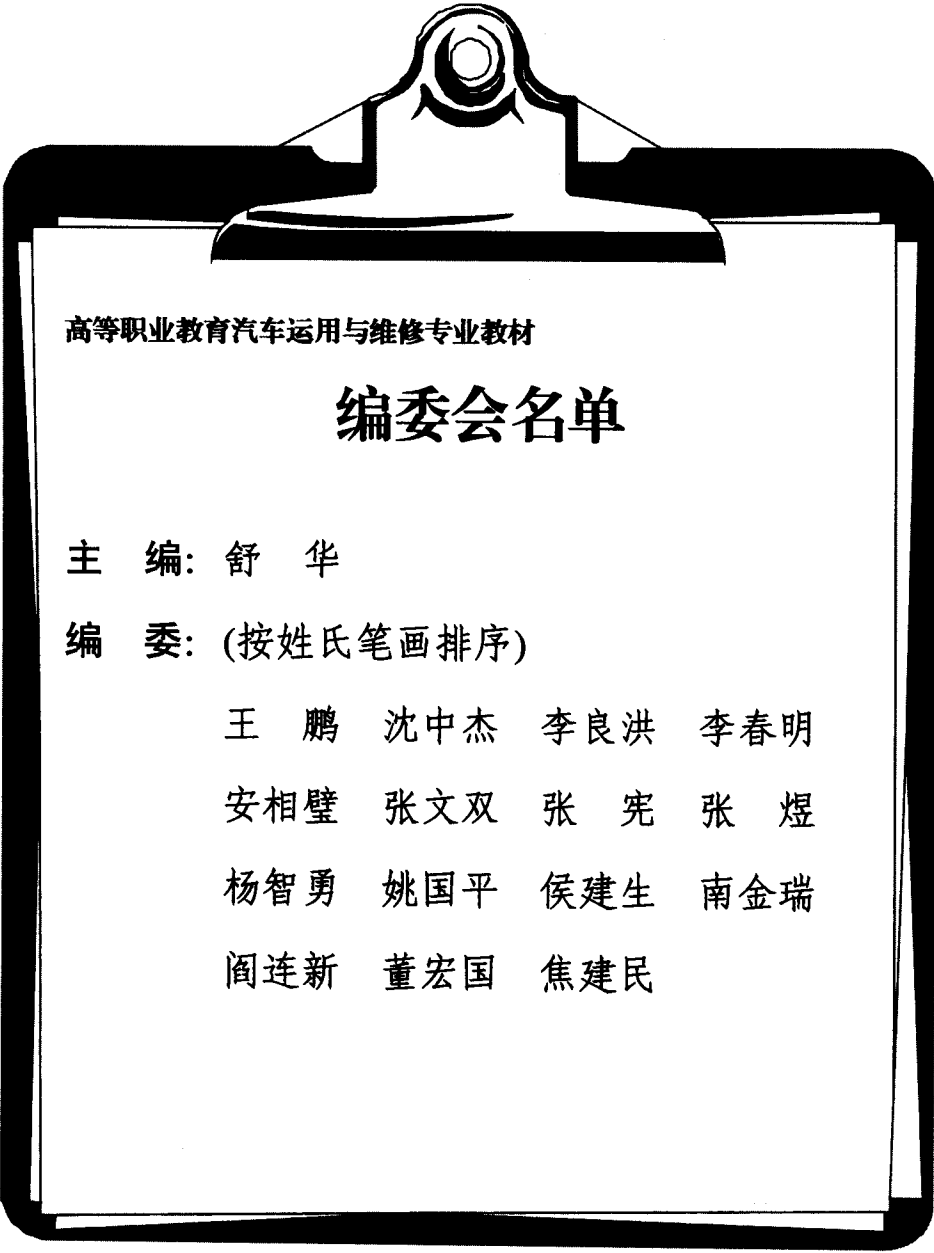
印 数 / 1~4000 册

定 价 / 28.00 元

责任校对 / 张 宏

责任印制 / 刘京凤

图书出现印装质量问题,本社负责调换



高等职业教育汽车运用与维修专业教材

编委会名单

主 编：舒 华

编 委：(按姓氏笔画排序)

王 鹏	沈中杰	李良洪	李春明
安相璧	张文双	张 宪	张 煜
杨智勇	姚国平	侯建生	南金瑞
阎连新	董宏国	焦建民	

编写说明

汽车作为人类文明发展的标志,从1886年发明至今,已有100多年的历史。近几年,我国的汽车生产量和销售量都迅速增大,全国汽车拥有量大幅度上升。世界知名汽车企业进入国内汽车市场,促进国内汽车技术的进步。汽车保有量的急剧增加,汽车技术又不断更新,使得汽车运用与维修行业的车源、车种、服务对象以及维修作业形式都已发生了新的变化,使得技能型、应用型人才非常紧缺。

根据“职业院校开展汽车运用与维修专业领域技能型紧缺人才培养培训工程”的通知精神,并配合高等职业院校实施紧缺人才培养计划,北京理工大学出版社组织了一批多年工作在一线的优秀教师,根据他们多年的教学经验和实践经验,再结合高等职业院校汽车运用与维修专业的教学大纲要求,编写了本套教材。

本套教材既有专业基础课,又有专业技术课。在专业技术课中又分几个专门化方向组织编写,分别是:汽车电工专门化方向,检测技术专门化方向,汽车机修专门化方向,大型运输车维修技术专门化方向,车身修复技术专门化方向,技术服务与贸易专门化方向,汽车保险与理赔专门化方向。

本套教材是按照“高等职业教育汽车运用与维修专业领域技能型紧缺人才培养指导方案”的要求而编写。编写过程中强调应符合汽车专业教育教学改革的要求,注重职业教育的特点,按技能型、应用型人才培养的模式进行设计构思。本套教材编写中,坚持以就业为导向,以服务市场为基础,以能力为本位,培养学生的职业技能和就业能力;合理控制理论知识,丰富实例,注重实用性,突出新技术、新工艺、新知识和新方法。

本套教材适用于培养汽车维修、检测、管理、评估、保险、销售等方面的高技术应用型人才的院校使用。

本套教材经中国汽车工程学会汽车工程图书出版专家委员会评审,做了适量的修改,内容更具体,更实用,推荐出版。



汽车工程图书出版专家委员会

前言

本书是以教育部颁布的“高等学校工科电工电子学课程教学基本要求”为依据编写的，可作为高职高专教材，兼作高等院校工科非电类、职工大学非电专业的教材或教学参考用书。

本教材参考学时为 70 学时左右。对于少学时各专业采用本书时，可根据实际情况删减部分内容。目录中打“*”号的为选修内容，可根据教学需要取舍。

《汽车电工电子基础》是汽车相关专业的一门重要技术基础课程。本教材总结了我们多年的教学实践经验，贯彻“少而精”的教学原则；注意取材的先进性和实用性，力求概念叙述清楚；内容深入浅出，适当更新；做到重点突出，理论联系实际。本教材的特点是着重电路的定性分析，强调基本概念，重视基本理论的应用和基本技能的训练。

在内容安排上，贯彻从实际出发，由浅入深、由特殊到一般、从感性上升到理性等原则。本书按三个方面来讲述：第一，电路基础部分。重点介绍电路的基本概念和分析方法，包括电路模型，基本定律，电位计算；直流、交流电路的分析方法等。第二，模拟电子技术部分。包括半导体器件、基本放大电路、集成运算放大器的应用、直流稳压电源、晶闸管及可控整流电路等。第三，数字电子技术部分。包括数字电路基础、逻辑门电路与组合逻辑电路、时序逻辑电路和集成 555 定时器、数/模和模/数转换器等。以上内容是汽车相关专业了解有关电工电子基础及应用的主体内容。

《汽车电工电子基础》是汽车相关专业的一门重要技术基础课。随着电子器件和信息技术的飞速发展，电子技术已渗透到汽车控制的各个领域。因此，教材中我们既强调了基本理论、基本知识和基本技能，也注意到了知识面的拓宽和更新，力求处理好以下几个关系：

1. 电路基本理论与电子技术的关系。除了深入理解书中介绍的基本概念与工作原理以及一般电路的分析方法外，还必须掌握电子技术的相关理论，深化和扩展对课程内容的理解。
2. 传统内容和知识更新的关系。利用分立元件电路讲述基本概念和原理，做到少而精，重点介绍集成电路的特点和应用。
3. 器件与电路的关系。对于器件主要介绍其外部特性及使用方法，不必过分地追究其内部机理。重点在于电路工作原理的分析和应用实践。
4. 模拟电路与数字电路的关系。适度删减模拟电路的内容，突出重点，

奠定基础；增大数字电路的比重，以适应实际工作的需要。

5. 理论学习与素质培养的关系。在加强“三基”的同时，注意素质的培养，尤其是在例题、习题的选择中，增加了实用小电路，以提高分析问题、解决问题的能力。

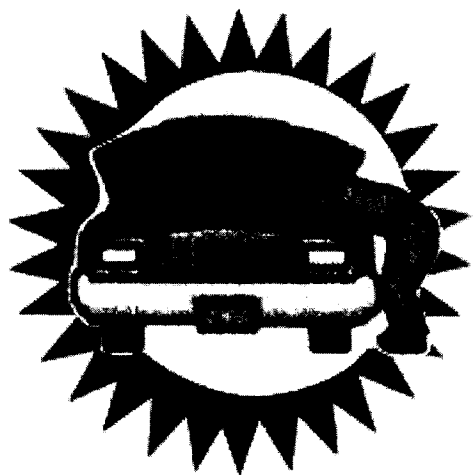
学习《汽车电工电子基础》这门课程，除深入理解书中介绍的内容外，还必须做到理论与实践密切结合，通过实践巩固、深化课程内容，通过实践培养独立的创新精神、解决问题的实际技能、严谨的工作作风。

在此，对所有为本教材进行审阅并提出宝贵意见以及在编写、出版过程中给予热情帮助和支持的同志们，一并表示衷心的感谢。

本书由张大鹏、张宪主编，张长林、郭学东、扬琳、宋建一、李萍任副主编。参加本书编写的还有张然、张淑敏、张宁、付少波、何宇斌、刘巍、孙昱、付兰芳、林秀珍、赵慧敏、安居、李志勇、张广华、韩凯鸽邓华。全书由李良洪主审。

由于编者的学识有限，加之时间仓促，书中必然存在一些缺点和错误，恳切希望使用本书的读者给予批评、指正。

编 者



目 录

第一章 电路的基本概念与基本定律.....	1
第一节 电路的基本物理量及其正方向	1
第二节 电路的组成和作用	4
第三节 电路的基本定律	5
第四节 电路的三种工作状态	10
*第五节 电路中电位的计算	12
习题一	14
第二章 电路的分析方法	17
第一节 电阻的串联与并联	17
第二节 电压源与电流源及其等效变换	20
第三节 支路电流法	24
*第四节 结点电压法	26
第五节 叠加原理	28
第六节 戴维宁定理与诺顿定理	31
习题二	35
第三章 交流电路	42
第一节 交流电的基本概念	42
第二节 正弦量的相量表示法	45
第三节 无源元件	50
第四节 纯电阻交流电路	53
第五节 纯电感交流电路	55
第六节 纯电容交流电路	57
第七节 RLC 串联电路	60
*第八节 阻抗的串联与并联	66
第九节 功率因数的提高	69
*第十节 电路中的谐振	71
*第十一节 非正弦周期电路	75
习题三	79

第四章 三相交流电路	85
第一节 三相交流电源	85
第二节 对称负载的三相交流电路	87
第三节 不对称负载的三相交流电路	90
第四节 三相交流电路的功率	92
习题四	93
第五章 半导体器件	96
第一节 半导体基本知识	96
第二节 半导体二极管	98
第三节 稳压管	101
第四节 半导体三极管	101
习题五	106
第六章 基本放大电路	109
第一节 三极管放大电路的组成及工作原理	109
第二节 放大电路的静态分析	110
第三节 放大电路的动态分析	112
第四节 静态工作点的稳定	117
第五节 射极输出器	120
*第六节 场效应管放大电路	122
第七节 多级放大电路	124
第八节 集成运算放大器	127
习题六	130
第七章 集成运算放大器的应用	136
第一节 基本运算电路	136
第二节 测量放大器	140
*第三节 信号处理电路	142
第四节 正弦波振荡器	146
习题七	150
第八章 直流稳压电源	154
第一节 整流电路	154
第二节 滤波电路	158
第三节 稳压管稳压电路	161
第四节 串联型晶体管稳压电路	161
第五节 集成稳压电源	162
习题八	164

第九章 晶闸管及可控整流电路	168
第一节 晶闸管	168
第二节 可控整流电路	171
第三节 单结晶体管触发电路	175
习题九	178
第十章 数字电路基础	181
第一节 概述	181
第二节 逻辑代数的基本运算	182
第三节 逻辑函数的表示方法	184
习题十	185
第十一章 逻辑门电路与组合逻辑电路	186
第一节 分立元件门电路	186
*第二节 集成门电路	188
第三节 组合逻辑电路的分析和设计方法	192
*第四节 加法器	195
*第五节 编码器	197
*第六节 译码器	199
习题十一	203
第十二章 时序逻辑电路和集成 555 定时器	208
第一节 触发器	208
第二节 寄存器	214
第三节 计数器	217
第四节 集成 555 定时器	226
习题十二	231
第十三章 数/模和模/数转换器	238
第一节 数/模转换器 (DAC)	238
第二节 模/数转换器 (ADC)	242
习题十三	245
附录一 半导体器件型号命名法	248
附录二 常用半导体器件的主要性能指标	249
附录三 半导体集成电路的型号命名及引脚识别	252
附录四 常用半导体集成电路的主要性能指标	254
主要参考文献	258

第一章 电路的基本概念与基本定律

本章从电路的基本物理量及其单位出发,着重讨论电路的基本定律、基本知识、电路的工作状态、电位的计算以及电压和电流的正方向等。直流电路中介绍的这些内容都是分析与计算电路的基础,原则上也适用于正弦交流电路及其他各种线性电路。

第一节 电路的基本物理量及其正方向

一、电流

电荷在电场作用下作有规则的定向运动,称为电流。

在金属导体内的电流是由于导体的内部自由电子在电场力的作用下有规则地运动而形成的。电流在数值上等于单位时间内通过某一导体横截面的电荷量。如果电流用 I 表示,电荷量用 q 表示,时间用 t 表示,则得

$$I = \frac{q}{t} \quad (1-1)$$

式中 q 为时间 t 内通过导体横截面 S 的电荷量。如图 1-1 所示。

对于随时间变化的电流来说,则电流为

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-2)$$

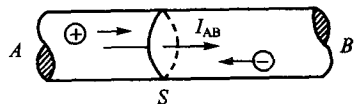


图 1-1 金属导体中的电流方向

上式表示电流是随时间而变化的,是时间的函数,称为变化电流,用小写字母 i 表示。当电流的大小和方向都不随时间变化时,称为直流电流,用大写字母 I 表示。

在国际单位制(SI)中,电流的单位为安(培)用大写字母 A 表示。当 1 s 内通过导体横截面的电荷量为 1 C (库仑)时,则电流为 1 A 。在电力系统中,遇到的电流为几安;几十安甚至更大;而在电子技术中经常遇到较小的电流,是以毫安(mA)或微安(μA)为单位来计算的。它们之间的关系是

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

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

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

通常规定正电荷运动的方向或负电荷运动的相反方向为电流的实际方向。但是在分析电路的时候,有时电流的实际方向难于事先确定,特别是在交流电路中,电流的实际方向随时间不断地反复改变,在电路图上也无法用一个箭标来表示它的实际方向。为此,为了分析电路方便,我们可任意选定某一方向作为电流的正方向,或称为参考方向。当电流的正方向与其实方向一致时,则电流为正值,如图 1-2(a)所示;当电流的正方向与其实方向相反时,则电流

为负值,如图 1-2(b)所示。因此,在正方向选定之后,电流值的正与负,就决定了电流的实际方向。

本书中电路图上所标的电流方向都是正方向(参考方向)。

另外,电流的正方向除用带箭头的直线表示外,还可用双下标表示。如图 1-1 所示,图中 I_{AB} 即表示电流的正方向是由 A 指向 B。若选定正方向为由 B 指向 A,则为 I_{BA} ,两者相差一个负号,即 $I_{AB} = -I_{BA}$ 。

综上所述,电流的正方向是电路中一个非常重要的概念,在学习中应注意以下几点:

(1) 电流的实际方向是客观存在的,而其正方向是根据计算的需要任意选取的,正方向一经选定后,在电路分析和计算过程中就必须以此为依据,不能随意改动。

(2) 同一电流,若正方向选择不同,其数值相等而符号相反。因此,电流值的正负只有在选定正方向下才有意义。

(3) 电路中的基本公式和结论,都是在一定的正方向下得出来的。应用时必须注意正方向的选择。

(4) 电流是具有大小和流动方向的代数量,是标量,不是矢量。电流流动方向与矢量中的方向不同,它并不决定电流这一物理量的作用效果。

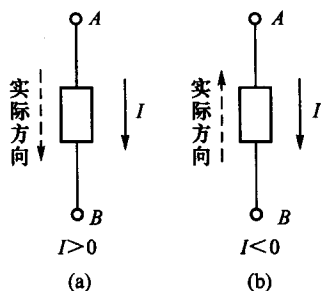


图 1-2 电流的正方向

二、电压和电动势

1. 电压

在导体内电荷的定向运动形成电流,它是在电场力的作用下实现的。为了衡量电场力对电荷做功的能力,引入电压这一物理量。如图 1-3 所示电路中, A、B 两点间的电压 U_{AB} 在数值上等于电场力把单位正电荷从 A 点移到 B 点所做的功。在电场内两点间的电压也常称为两点间的电位差,即电压

$$U_{AB} = V_A - V_B \quad (1-3)$$

式中 V_A 为 A 点的电位, V_B 为 B 点的电位。物理学中电位称为电势,表示电场中某一点性质的物理量,它是相对参考点而言的。电场中某点 A 的电位,在数值上等于电场力把单位正电荷从该点沿任意路径移到参考点所做的功。可见,电场中某点的电位就是该点到参考点间的电压。

正电荷在电场力推动下,从高电位向低电位移动。则图 1-3 中 A 点称为高电位,用“+”号表示。而 B 点称为低电位,用“-”号表示。电压的方向是从高电位端指向低电位端,即为电位降低的方向。和电流一样,在电路图上所标的电压的方向也都是正方向。也用箭标或双下标表示,还可用“+”、“-”表示。在直流电路中,当电压的实际方向已知时,为了简便,常以电压的实际方向作为正方向。

在国际单位制(SI)中,电压的单位为伏特,简称为伏,用字母 V 表示。在测量中也可用千伏(kV)、毫伏(mV)和微伏(μV)表示,它们之间的关系是

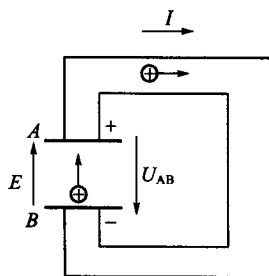


图 1-3 电荷的运动回路

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

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

2. 电动势

为了维持 AB 两点间的电压恒定,则必须使 B 端增加的正电荷经过另一路径流向 A 端,否则 AB 间电压将降低。但由于电场力的作用,电极 B 端上的正电荷不能逆电场而上到达 A 端。因此必须有一种力能克服电场力而使 B 端的正电荷移向 A 端。电源就能产生这种力,称为电源力。电源力将单位正电荷从电源负极端 B 经过电源内部移至正极端 A ,克服电场力所做的功称为电源的电动势,用字母 E 表示。

按照电动势的定义,其单位也是伏特。必须注意,电动势的实际方向由负极指向正极,如图 1-3 所示。因此,电动势的实际方向与电压的实际方向相反。

电动势与电压是两个不同的概念。它们既可以用正负极之间的电动势表示,也可以用其间的电压表示,但要注意两者之间的区别。在图 1-3 中,电动势 E 与电压 U_{AB} 表示同一电源;即 $E = U_{AB}$ 。在以后的叙述中,常常用一个与电源的电动势大小相等、方向相反的电压等效表示电动势对外电路的作用效果。

三、功和功率

如果在电场中某两点 A 和 B 之间的电压为 U ,当电荷 q 受到电场力的作用,在时间 t 内从 A 点移到 B 点,那么电场力做的功为

$$W = Uq \quad (1-4)$$

即

$$W = UIt \quad (1-5)$$

电场做功的结果是消耗了电能。单位时间内消耗的电能称为电功率(或称功率)

$$P = \frac{W}{t} = UI \quad (1-6)$$

在国际单位制(SI)中,功率的单位是瓦特,简称瓦,用 W 表示。如果电压的单位为伏(V),电流的单位为安(A),则功率的单位为瓦(W)。

工程上,较大的功率常用千瓦(kW)和兆瓦(MW)作单位,较小的功率也用毫瓦(mW)和微瓦(μW)表示。它们之间的换算关系为

$$1 \text{ MW} = 10^3 \text{ kW} = 10^6 \text{ W}$$

$$1 \text{ W} = 10^3 \text{ mW} = 10^6 \mu\text{W}$$

功的单位是焦耳,用 J 表示($1 \text{ J} = 1 \text{ W} \cdot \text{s}$)。

电功有时也用千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$)作为单位,1 千瓦时俗称 1 度电。

$$1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 1 \text{ kW} \times 1 \text{ h} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$$

我们常说用了多少“度”电,就是指消耗了多少千瓦小时的电能。

例 1.1 一只 60 W 、 220 V 的白炽灯泡,一个月要消耗多少千瓦小时电能?按每月 30 天,每天以 4 小时计算。

解 根据式(1-5)和式(1-6)可知

$$W = Pt = 60 \times 4 \times 30 = 7200 \text{ W} \cdot \text{h} = 7.2 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

必须指出:在电工技术里,负载的大小是指用电设备吸收或消耗功率的大小,消耗功率大

的称为负载大,消耗功率小的称为负载小。

第二节 电路的组成和作用

某些电气设备或器件按一定方式连接起来,构成电流的通路,称为电路。最简单的电路是如图 1-4 所示的手电筒电路,它由下列三部分组成:电源、中间环节、负载。

一、电路的组成

1. 电源

电源是一种将非电能转换成电能的装置。常用的电源有干电池、蓄电池和发电机等,它们分别将化学能和机械能转换成电能。电源的符号如图 1-5 所示。图 1-5(a)表示干电池或蓄电池符号,图 1-5(b)表示干电池组或蓄电池组的符号。在电路分析中,电源设备一般用图 1-5(c)所示的电压源表示,图中 R_s 表示电压源的内阻。

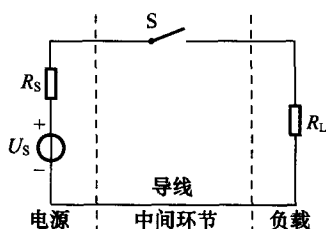


图 1-4 手电筒电路模型

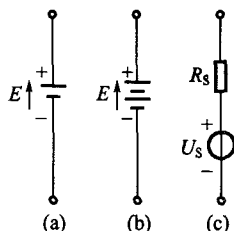


图 1-5 电源符号

(a) 干电池、蓄电池符号;

(b) 干电池、蓄电池组符号; (c) 电源符号

2. 中间环节

中间环节起传输、分配和控制电能的作用。最简单的中间环节就是开关和导线。一般连接导线的电阻很小,所以电路分析中常把连接导线的电阻视为零。中间环节一般还有保护和测量设备。对于一个实际电路来说,中间环节可能是相当复杂的,它可能是由各种元器件或设备组成的网络系统。

3. 负载

负载是取用电能的设备,其作用是将电能转换成其他形式的能量(如机械能、光能、热能)。常见的负载有电灯、电动机、电炉、扬声器等。

综上所述,电源、中间环节和负载是组成一个完整电路的三个最基本的部分。

二、电路的作用

电路的组成形式和功能虽然是多种多样的,但总的来说,它的作用主要有两点:

1. 实现电能的传输和转换

在电力系统中,发电机组把热能、水能、原子能转换成电能,通过变压器、输电线路输送和分配到用户,用户则根据实际需要又把电能转换成机械能、光能和热能等。

2. 传递和处理电信号

通过电路元件,可以将信号源施加的信号变换或加工成所需的输出信号。如放大电路的

作用是把微弱的输入信号放大成为满足工作需要的强的输出信号。

无论电能的传输、分配和转换,还是信号的传递和处理,其中电源或信号源的电压(电流)都称为激励,它驱动电路工作。在激励作用下,电路某一元件上的电压或通过元件的电流称为响应。激励表示电源供给电路的能量,响应表示在电路某一元件上能量的应用。所谓电路分析,就是在已知电路结构和元件参数的情况下,讨论电路的激励和响应之间的关系。

第三节 电路的基本定律

电路中使用的最简单、最普通的电路元件是电阻,电阻是从实际元件中抽象出来的模型,在电路中对电流呈现阻力。电阻元件两端的电压和通过的电流是受欧姆定律约束的。在简单电路分析中,运用欧姆定律即可得到解决,但是在实际工作中,常常会遇到比较复杂的电路,要分析这类电路问题就有赖于基尔霍夫定律和欧姆定律的配合使用。在学习这些基本定律之前,先介绍几个有关的电路名词。

支路 电路中含有电路元件的每个分支称为支路,一条支路中通过的电流为同一电流。在图 1-6 中有三条支路,如 acb 支路, adb 支路和 R_L 支路。在支路 acb 和支路 adb 中含有电源,这些支路称为有源支路,而电阻 R_L 支路称为无源支路。

结点 在电路中,三条或三条以上支路的联结点称为结点。在图 1-6 中有两个结点 a 和 b 。而 c 和 d 则不被看做结点。

回路 电路中任一闭合路径称为回路。在图 1-6 电路中共有三个回路。即 $acbdb$, $adbR_La$, $acbR_La$ 。

网孔 在回路内部不含有支路的回路称为网孔。如图 1-6 电路中 $acbdb$ 和 $adbR_La$ 回路都是网孔。

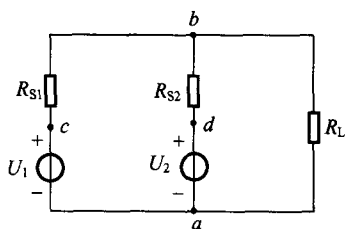


图 1-6 电路图的示例

一、欧姆定律

通常流过电阻 R 的电流与电阻两端的电压成正比,与电阻 R 成反比,这就是欧姆定律。它是分析计算电路的基本定律之一。对图 1-7(a)所示的电路,当有电流 I 通过电阻时,欧姆定律可用下式表示

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-7)$$

或 $U = IR \quad (1-8)$

由式(1-7)可知,如果电压一定时,电阻 R 越小,则电流 I 越大;反之,电阻 R 越大,电流 I 越小。显然,电阻在电路中具有对电流起阻碍作用的物理性质。

在国际单位制(SI)中,电阻的单位是欧姆(Ω)。当电路两端电压为 1 伏(V),流过的电流为 1 安(A)时,则这条支路的电阻为 1 欧(Ω)。在实际工作中还常用到千欧($k\Omega$)或兆欧($M\Omega$),它们之间的关系为

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

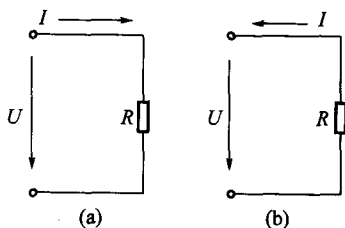


图 1-7 欧姆定律

(a) 参考方向一致;

(b) 参考方向不一致

$$1 \text{ M}\Omega = 10^3 \text{ k}\Omega = 10^6 \Omega$$

应用欧姆定律时注意,如果流过电阻的电流和电压的正方向不一致时,如图 1-7(b)所示,则欧姆定律应写为

$$I = -\frac{U}{R} \quad (1-9)$$

或

$$U = -IR$$

在电压电流参考方向一致时,电阻吸收或消耗的功率为

$$P = UI = RI^2 = \frac{U^2}{R} \quad (1-10)$$

上式只适用计算电阻所消耗的功率, I 和 U 分别为流过该电阻的电流和端电压,当 R 为正实常数时,电阻消耗的功率将大于零,是一个耗能元件,与假定的参考方向无关。

在实际电路中,如果参考方向一致,计算所得功率为负值($P < 0$),则表示这段电路(或元件)发出功率,即产生能量。

例 1.2 如图 1-8 所示电路,试用欧姆定律求 I 或 U 以及电阻吸收的功率。

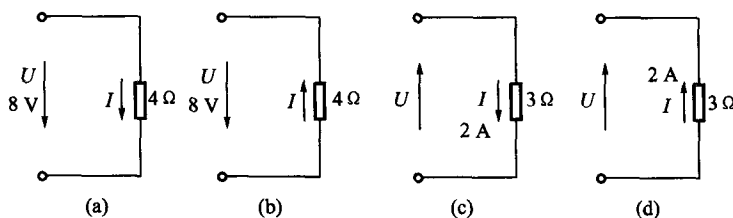


图 1-8 例 1.2 的图

解 由图 1-8(a)可知,电压、电流的参考方向一致,有

$$I = \frac{U}{R} = \frac{8}{4} = 2 \text{ A}$$

$$P = UI = 8 \times 2 = 16 \text{ W}$$

由图 1-8(b)可知,电压、电流方向不一致,即有

$$I = -\frac{U}{R} = -\frac{8}{4} = -2 \text{ A}$$

$$P = -UI = -8 \times (-2) = 16 \text{ W}$$

由图 1-8(c)可知。电压、电流的参考方向不一致,即有

$$U = -IR = -2 \times 3 = -6 \text{ V}$$

$$P = -UI = -(-6) \times 2 = 12 \text{ W}$$

由图 1-8(d)可知,电压、电流的参考方向一致,有

$$U = IR = 2 \times 3 = 6 \text{ V}$$

$$P = UI = 12 \text{ W}$$

由式(1-7)可知,电阻元件的电压与电流成正比关系,通过实验可将测量得到的电压值和电流值绘出一根直线,如图 1-9 所示。我们称遵循欧姆定律的电阻为线性电阻,由线性元件组成的电路称为线性电路。图 1-9 所示的直线常称为线性电阻的伏安特性曲线。

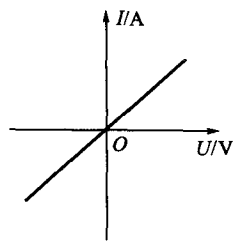


图 1-9 线性电阻的伏安特性曲线

二、基尔霍夫定律

1. 基尔霍夫电流定律(KCL)

基尔霍夫电流定律是用来确定一个结点上各支路电流之间关系的。由于电流的连续性,在电路任何点(包括结点在内)的截面上,均不能堆积电荷。因此,基尔霍夫电流定律的具体内容如下:

在任一瞬间,流入某结点的电流 $I_{\text{入}}$ 之和等于从该结点流出的电流 $I_{\text{出}}$ 之和,即

$$\sum I_{\text{入}} = \sum I_{\text{出}} \quad (1-11)$$

对于图 1-10 所示汽车常用电路来说,由结点 a 可以得到

$$I_G + I_B = I_L$$

如果我们规定流入结点的电流为正,而流出结点的电流为负,这样基尔霍夫电流定律可写成一般表示式

$$\sum I = 0 \quad (1-12)$$

上式说明,在任一瞬间,流入或流出结点的电流代数和恒为零。如果规定流入结点的电流为正,则流出结点的电流就为负。

基尔霍夫电流定律不仅适用于电路中的任一结点,而且还适用于电路中的任一封闭面。该封闭面称为广义结点,如图 1-11 所示电路,封闭面包围的是一个三角形电路,它有 A 、 B 、 C 三个结点。应用电流定律可列出:

$$I_A = I_{AB} - I_{CA}$$

$$I_B = I_{BC} - I_{AB}$$

$$I_C = I_{CA} - I_{BC}$$

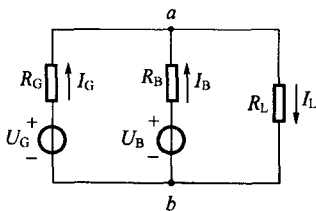


图 1-10 汽车常用电路

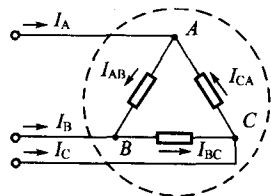


图 1-11 KCL 的推广应用

上列三式相加,便得

$$I_A + I_B + I_C = 0$$

或

$$\sum I = 0$$

可见,在任一瞬间,通过任一封闭面的电流的代数和也恒等于零。

例 1.3 如图 1-12 为电路中的某一结点 O ,试求 bO 支路中的电流 I_{bo} 。

解 在分析计算支路电流时,应首先假设各支路电流的参考方向。一经标定就应根据基尔霍夫电流定律列写方程。必须指出,在计算过程中严禁变更电流的参考方向,以免引起混乱。在

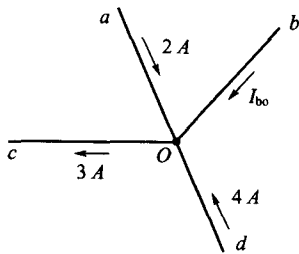


图 1-12 电路中的一个结点