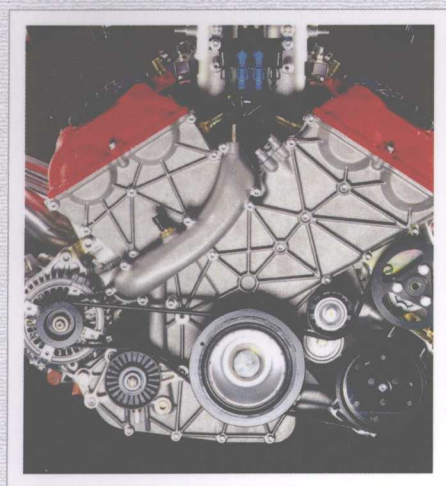


中国职业技术教育学会科研项目优秀成果

The Excellent Achievements in Scientific Research Project of Chinese Society of Technical and Vocational Education

高等职业教育汽车专业“双证课程”培养方案规划教材



汽车 电工电子

高等职业技术教育研究会 审定

吕玫 主编

陆荣 高登山 李霞 副主编

Automobile
Electrics

- ◆ 精选汽车电路实例
- ◆ 案例分析深入浅出
- ◆ 内容兼顾针对性和普适性

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

中国职业技术教育学会科研项目优秀成果

出版单位：北京人民邮电出版社

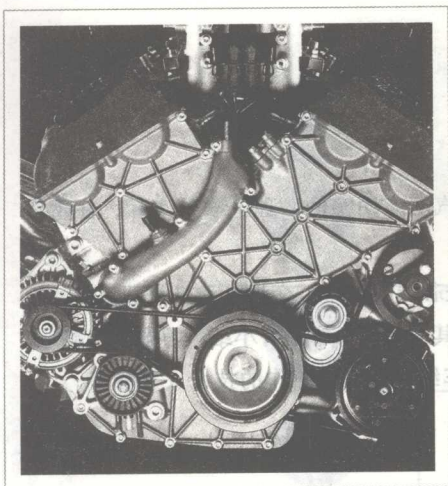
01.0008 本书

业期等高 果组表第目取和协会学育技未对业职国中
林博成献家式养教“器新五双”业专手产自业期等高

中国职业技术教育学会科研项目优秀成果

The Excellent Achievements in Scientific Research Project of Chinese Society of Technical and Vocational Education

高等职业教育汽车专业“双证课程”培养方案规划教材



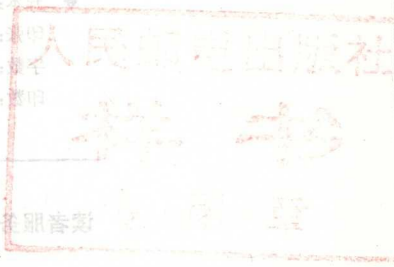
汽车 电工电子

高等职业技术教育研究会 审定

吕玫 主编

陆荣 高登山 李霞 副主编

Automobile Electrics



人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

汽车电工电子 / 吕玫主编. -- 北京: 人民邮电出版社, 2009.10

中国职业技术教育学会科研项目优秀成果. 高等职业教育汽车专业“双证课程”培养方案规划教材
ISBN 978-7-115-21321-1

I. ①汽… II. ①吕… 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. ①U463.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第172427号

内 容 提 要

本书以汽车技术应用为主线, 遵循必需够用的原则, 精选汽车应用实例, 理论联系实际, 注重汽车基本电路分析能力的培养。

全书共7章, 内容包括直流电路、正弦交流电路、磁路和铁芯线圈电路、交流电动机及其控制、直流电动机及其应用、常用半导体器件及其应用、数字电子技术及其应用。每章附有小结、习题和自测题。

本书可作为高职高专院校汽车专业的教材, 也可供从事汽车维修和管理工作的技术人员参考。

中国职业技术教育学会科研项目优秀成果
高等职业教育汽车专业“双证课程”培养方案规划教材

汽车电工电子

◆ 审 定 高等职业技术教育研究会
主 编 吕 玫
副 主 编 陆 荣 高登山 李 霞
责任编辑 赵慧君

◆ 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>
北京艺辉印刷有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 18.25
字数: 449千字 2009年10月第1版
印数: 1-3000册 2009年10月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-21321-1

定价: 29.80元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

职业教育与职业资格证书推进策略与
“双证课程”的研究与实践课题组

组 长：

俞克新

副组长：

李维利 张宝忠 许 远 潘春燕

成 员：

林 平 周 虹 钟 健 赵 宇 李秀忠 冯建东 散晓燕 安宗权
黄军辉 赵 波 邓晓阳 牛宝林 吴新佳 韩志国 周明虎 顾 晔
吴晓苏 赵慧君 潘新文 李育民

课题鉴定专家：

李怀康 邓泽民 吕景泉 陈 敏 于洪文

高等职业教育汽车专业“双证课程”
人才培养方案规划教材编委会

主任：林平 赵宇

副主任：冯建东 散晓燕 安宗权 黄军辉

委员：蔡兴旺 孟庆平 李百华 岳江 杨永海 程越 郑鹏飞
谢佩军 陈贞健 陈建宏 高少华 郑建通 黄俊英 许柄照 吕玫
沈明南 刘步丰 高俊文 管卫华 陈述官 傅沈文 张南峰 江洪
陈顺生 焦传君 张军 曾宪均 田有为 张秋华 吴兴敏 申荣卫
孙海波 袁杰 张清栋 蒋瑞斌

审稿委员会

主任：李春明

副主任：张西振 刘锐

委员：罗永前 于星胜 袁杰 曾鑫 刘景军 张红英 梁乃云
白柳 丁群燕 刘新平 李华楹 胡高社 祁先来 彭梦珑 赵福水
陈玉刚 刘利胜 马明金 杨佰青 张桂华 胡勇 张敏 张宇
王琳 谢三山 张松青 朱景建 马洪军 文有华 王雅红 罗伦
王春锋 刘照军 林凤 姜能 侯文顺 陈瑄 陈保国 皮连根
宋金虎 卢艳

本书主审：丁群燕

丛书出版前言

职业教育是现代国民教育体系的重要组成部分，在实施科教兴国战略和人才强国战略中具有特殊的重要地位。党中央、国务院高度重视发展职业教育，提出要全面贯彻党的教育方针，以服务为宗旨，以就业为导向，走产学结合的发展道路，为社会主义现代化建设培养千百万高素质技能型专门人才。因此，以就业为导向是我国职业教育今后发展的主旋律。推行“双证制度”是落实职业教育“就业导向”的一个重要措施，教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》（教高〔2006〕16号）中也明确提出，要推行“双证书”制度，强化学生职业能力的培养，使有职业资格证书专业的毕业生取得“双证书”。但是，由于基于双证书的专业解决方案、课程资源匮乏，双证书课程不能融入教学计划，或者现有的教学计划还不能按照职业能力形成系统化的课程，因此，“双证书”制度的推行遇到了一定的困难。

为配合各高职院校积极实施双证书制度工作，推进示范校建设，中国高等职业技术教育研究会和人民邮电出版社在广泛调研的基础上，联合向中国职业技术教育学会申报了《职业教育与职业资格证书推进策略与“双证课程”的研究与实践》课题（中国职业技术教育学会科研规划项目，立项编号 225753）。此课题拟将职业教育的专业人才培养方案与职业资格认证紧密结合起来，使每个专业课程设置嵌入一个对应的证书，拟为一般高职院校提供一个可以参照的“双证课程”专业人才培养方案。该课题研究的对象包括数控加工操作、数控设备维修、模具设计与制造、机电一体化技术、汽车制造与装配技术、汽车检测与维修技术等多个专业。

该课题由教育部的权威专家牵头，邀请了中国职教界、人力资源和社会保障部及有关行业的专家，以及全国 50 多所高职高专机电类专业教学改革领先的学校，一起进行课题研究，目前已召开多次研讨会，将课题涉及的每个专业的人才培养方案按照“专业人才定位—对应职业资格证书—职业标准解读与工作过程分析—专业核心技能—专业人才培养方案—课程开发方案”的过程开发。即首先对各专业的工作岗位进行分析和分类，按照相应岗位职业资格证书的要求提取典型工作任务、典型产品或服务，进而分析得出专业核心技能、岗位核心技能，再将这些核心技能进行分解，进而推出各专业的专业核心课程与双证课程，最后开发出各专业的人才培养方案。

根据以上研究成果，课题组对专业课程对应的教材也作了全面系统的研究，拟开发的教材具有以下鲜明特色。

1. 注重专业整体策划。本套教材是根据课题的研究成果——专业人才培养方案开发的，每个专业各门课程的教材内容既相互独立，又有机衔接，整套教材具有一定的系统性与完整性。
2. 融通学历证书与职业资格证书。本套教材将各专业对应的职业资格证书的知识和能力要求都嵌入到各双证教材中，使学生在获得学历文凭的同时获得相关的国家职业资格证书。
3. 紧密结合当前教学改革趋势。本套教材紧扣教学改革的最新趋势，专业核心课程、双证

课程按照工作过程导向及项目教学的思路编写，较好地满足了当前各高职高专院校的需求。

为方便教学，我们免费为选用本套教材的老师提供相关专业的整体教学方案及相关教学资源。

经过近两年的课题研究与探索，本套教材终于正式出版了，我们希望通过本套教材，为各高职高专院校提供一个可实施的基于双证书的专业教学方案。我们也热切盼望各位关心高等职业教育的读者能够对本套教材的不当之处给予批评指正，提出修改意见，并积极与我们联系，共同探讨教学改革和教材编写等相关问题。来信请发至 panchunyan@ptpress.com.cn。

前言

汽车电工电子是高职高专院校汽车大类专业核心课程。本书依据教育部高职高专示范院校教材建设要求，紧紧围绕高素质技能型人才的培养目标，以能力培养为本位，以汽车技术应用为主线，以典型汽车电工与电子设备为载体，确定编写思路和特色。

本书编写内容以必需够用为度，有机整合了传统的电工电子技术内容，遵循知识面宽、分析案例难度适中、应用性强的原则，兼顾针对性和普适性，兼顾课程内容的基础性与延展性。在内容编排上，结合汽车电路特点，加强汽车技术应用，重视汽车典型电路的分析理解。通过学习，培养学生运用电工电子基本知识分析汽车电路及简单故障的能力，也为学习汽车电气维修等后续课程打下坚实的基础。

本书分为7章，参考学时为90学时，其中理论环节为74学时，实践环节为16学时，各项目的参考学时参见下面的学时分配表。

章节	课程内容	学时分配	
		讲授	实训
第1章	直流电路	14	3
第2章	正弦交流电路	10	2
第3章	磁路和铁芯线圈电路	12	1
第4章	交流电动机及其控制	8	2
第5章	直流电动机及其应用	8	2
第6章	常用半导体器件及其应用	12	4
第7章	数字电子技术及其应用	10	2
课时总计		74	16

由于本书涉及知识点丰富，基础理论多，实践应用性强，为便于理解和学习，建议在组织课程教学时采用多种教学手段和教学方法。依托实训室开展实践教学；根据教学内容，合理选择现场教学、案例教学等教学方法；应用现代多种教学技术手段，丰富教学形式。

本书由吕玫主编，陆荣、高登山、李霞任副主编。第1章、第3章由吕玫编写，第2章、第6章由陆荣编写，第5章、第7章、附录由高登山编写，第4章由李霞编写。吕玫负责全书的组织和统稿。

本书在编写过程中参考了许多资料与文献，在此无法一一列举，谨对所有文献的作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，疏漏之处在所难免，欢迎广大读者批评指正。

编者

2009年7月

目 录

第 1 章 直流电路 1	应用..... 32
1.1 电路及其基本物理量..... 1	1.7.4 汽车电路分析..... 33
1.1.1 电路概述..... 1	实训 1 电压和电位的测量..... 36
1.1.2 电路的基本物理量..... 2	实训 2 汽车温度传感器热敏电阻的 检测..... 40
1.1.3 电路的开路和短路..... 6	小结..... 41
1.2 电阻元件和欧姆定律..... 7	习题..... 43
1.2.1 电阻元件..... 7	自测题..... 45
1.2.2 电阻的串并联..... 10	第 2 章 正弦交流电路 48
1.3 电感元件和电容元件..... 12	2.1 正弦交流电及其相量表示..... 48
1.3.1 电感元件..... 12	2.1.1 正弦交流电的三要素..... 48
1.3.2 电容元件..... 14	2.1.2 正弦交流电的相量表示..... 51
1.4 电源及其在汽车中的应用..... 18	2.2 单一元件正弦交流电路..... 53
1.4.1 实际电压源模型..... 18	2.2.1 纯电阻电路..... 53
1.4.2 蓄电池..... 19	2.2.2 纯电感电路..... 55
1.4.3 实际电流源模型..... 21	2.2.3 纯电容电路..... 56
1.4.4 实际电压源模型与实际 电流源模型的等效变换..... 22	2.3 RLC 串联电路..... 58
1.5 基尔霍夫定律及其应用..... 23	2.3.1 电压和电流关系..... 58
1.5.1 基尔霍夫电流定律..... 23	2.3.2 电路的功率和能量转换..... 60
1.5.2 基尔霍夫电压定律..... 25	2.4 三相交流电路..... 61
1.5.3 支路电流法..... 26	2.4.1 三相电源..... 61
1.6 直流电路分析计算..... 28	2.4.2 三相电源和负载的联结..... 64
1.6.1 叠加定理..... 28	2.4.3 三相交流电路的功率..... 66
1.6.2 运用实际电源等效变换 求解支路电流..... 29	实训 3 日光灯电路及功率因数的 提高..... 67
1.7 汽车电路分析..... 30	实训 4 三相负载的星形联结*..... 68
1.7.1 特殊电阻在汽车传感器中的 应用..... 30	小结..... 69
1.7.2 电感元件在汽车传感器中的 应用..... 32	习题..... 71
1.7.3 电容元件在汽车传感器中的	自测题..... 72
	第 3 章 磁路和铁芯线圈电路 75
	3.1 磁路和铁磁性材料..... 75

3.1.1	磁场的基本物理量	76	4.2.1	电磁转矩	127
3.1.2	铁磁性材料	77	4.2.2	三相异步电动机的机械特性	128
3.1.3	汽车中的霍尔元件	79	4.3	三相异步电动机的运行	131
3.2	磁路基本定律及其应用	81	4.3.1	三相异步电动机的启动	131
3.2.1	磁路的欧姆定律	81	4.3.2	三相异步电动机的调速	133
3.2.2	磁路的基尔霍夫定律	81	4.3.3	三相异步电动机的反接制动	135
3.2.3	磁路定律在汽车中的应用——磁感应点火信号发生器	83	4.3.4	三相异步电动机的反转	136
3.3	铁芯线圈和电磁铁	85	4.4	三相异步电动机的控制	136
3.3.1	铁芯线圈的交流电路分析	85	4.4.1	低压电器的基本知识	136
3.3.2	铁芯线圈的功率损耗	86	4.4.2	三相异步电动机的基本控制电路	139
3.3.3	电磁铁	87	4.5	车用交流发电机	140
3.4	变压器	90	4.5.1	车用交流发电机的分类	141
3.4.1	单相变压器的基本结构	90	4.5.2	车用交流发电机的结构	141
3.4.2	单相变压器的工作原理	91	4.5.3	车用交流发电机的工作原理	144
3.4.3	仪表用互感器	94	实训 6	三相异步电动机的正转-停-反转控制电路	145
3.4.4	变压器技术参数	95	小结		146
3.5	汽车继电器电路分析	97	习题		147
3.5.1	汽车电路的特点	97	自测题		148
3.5.2	继电器	98	第 5 章 直流电动机及其应用		150
3.5.3	汽车继电器电路分析	99	5.1	直流电动机的结构和工作原理	150
3.6	汽车点火线圈和传统点火系统工作过程	105	5.1.1	直流电动机的结构	150
3.6.1	点火线圈	105	5.1.2	直流电动机的工作原理	153
3.6.2	传统点火系统	107	5.1.3	直流电动机的反电动势和电磁转矩	154
实训 5	点火线圈的检测	111	5.1.4	直流电动机的转矩平衡	155
小结		113	5.1.5	直流电动机的铭牌	156
习题		115	5.2	直流电动机的励磁方式	157
自测题		116	5.2.1	他励直流电动机	157
第 4 章 交流电动机及其控制		119	5.2.2	并励直流电动机	157
4.1	交流电动机概述	119	5.2.3	串励直流电动机	159
4.1.1	电动机概述	119	5.2.4	复励直流电动机	160
4.1.2	三相异步电动机的结构	120	5.3	直流电动机的启动、反转和调速	160
4.1.3	三相异步电动机的铭牌	122			
4.1.4	三相异步电动机的工作原理	124			
4.2	三相异步电动机的机械特性分析	127			

5.3.1 启动	161	传输特性	210
5.3.2 反转	161	6.4.3 集成运放的典型应用	211
5.3.3 调速	162	6.4.4 集成运放在汽车中的应用实例	214
5.4 无刷直流电动机	165	6.5 直流稳压电源	215
5.4.1 无刷直流电动机的结构	165	6.5.1 整流与滤波电路	215
5.4.2 无刷直流电动机的工作原理	168	6.5.2 直流稳压电路	220
5.5 车用直流起动机	170	6.5.3 汽车电压调节电路	222
5.5.1 车用直流起动机的构造	170	实训 8 二极管、三极管的识别与检测	224
5.5.2 车用直流起动机的传动机构和电控原理	172	实训 9 单管放大电路的焊接与测试	226
5.6 典型汽车电动机控制电路	173	小结	227
5.6.1 电动刮水器	173	习题	228
5.6.2 风窗玻璃洗涤器	175	自测题	233
5.6.3 电动车窗	176	第 7 章 数字电子技术及其应用	239
5.6.4 电动座椅	178	7.1 数字电路基本知识	239
实训 7 起动机的拆装与检测	180	7.1.1 数字电路的特点	239
小结	183	7.1.2 计数制	240
习题	184	7.1.3 数制转换	242
自测题	184	7.1.4 BCD 码	242
第 6 章 常用半导体器件及其应用	186	7.2 逻辑门电路	243
6.1 半导体的基本知识	186	7.2.1 基本逻辑门电路	243
6.1.1 半导体的基本特性	186	7.2.2 复合逻辑门电路	246
6.1.2 PN 结及其单向导电性	187	7.3 集成触发器	247
6.2 半导体二极管	188	7.3.1 基本 RS 触发器	248
6.2.1 二极管的结构	188	7.3.2 可控 RS 触发器	249
6.2.2 二极管的伏安特性	189	7.3.3 JK 触发器	251
6.2.3 二极管的使用常识	190	7.3.4 D 触发器	253
6.2.4 特殊二极管	192	7.4 基本数字部件	254
6.3 半导体三极管及其应用	194	7.4.1 寄存器	254
6.3.1 三极管	194	7.4.2 计数器	256
6.3.2 三极管基本放大电路	198	7.4.3 数码显示器和七段译码器	257
6.3.3 三极管开关电路	203	7.4.4 555 定时器	259
6.3.4 三极管多谐振荡器电路	204	7.4.5 555 定时器在汽车上的应用	262
6.3.5 三极管在汽车中的应用实例	205	实训 10 555 定时器的应用	263
6.4 集成运算放大器及其应用	207	小结	266
6.4.1 集成运算放大器	207	习题	267
6.4.2 集成运放的理想化条件及			

自测题	268	附录 C 常用集成电路引脚排列图	274
附录 A XJ4328 型双踪示波器使用		附录 D 汽车电路常用图形符号	276
简介	270	附录 E 常见汽车仪表盘显示符号	279
附录 B GFG - 8016G 函数发生器		参考文献	280
使用简介	273	注：打“*”的可选做	

第 1 章

直流电路

【学习目标】

1. 掌握电路的基本概念以及电流、电压、电位和电功率等基本物理量
2. 熟悉电阻的基本知识以及汽车中特殊电阻的应用
3. 掌握电源模型以及汽车中蓄电池的基本知识
4. 掌握电路的欧姆定律以及基尔霍夫电流、电压定律
5. 掌握汽车电路分析
6. 熟悉支路电流法、叠加原理以及电源等效变换

1.1

电路及其基本物理量

1.1.1 电路概述

电路是由电气设备和元器件按一定方式连接起来的整体，它是电流所通过的路径。电路一般由电源、负载以及中间环节等部分组成。电路中供给电能的设备和器件称为电源，用电设备或元器件称为负载。图 1-1 所示为汽车行李厢照明电路简图，它由电源（蓄电池及内阻）、负载（各类照明灯）以及中间环节（开关和连接导体）等组成。

在日常生活和工业控制中存在各式各样的电路，如随处可见的照明电路，汽车中的温度、压力、光照、位置角度等传感器检测电路等。根据实现功能的不同，电路可分为两种类型：电力电路和信号电路。电力电路用于实现能量的转换、传输和分配，如电力系统电路等；信号电路用于实现电信号的处理与

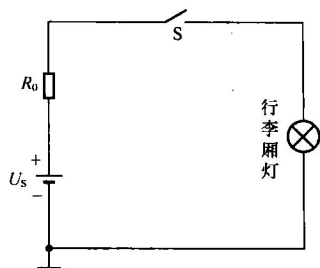


图 1-1 汽车行李厢照明电路简图

传递,如汽车中的传感器电路。

实际电路中的元器件种类繁多,但在电磁现象方面一些元器件却有共同之处,如各种电阻器、照明灯、汽车扬声器等元件主要的电磁特性是消耗电能;各种电感线圈(如变压器线圈、点火线圈等)主要的电磁特性是存储磁场能量;各种类型的电容器主要的电磁特性是存储电场能量;而蓄电池、干电池等部件主要的电磁特性是提供电能。为了便于探讨电路的一般规律,简化电路的分析,在工程上通常将实际的电路元件用理想电路元件替代,即在一定的条件下,突出元件主要的电磁性质,忽略其次要因素,把实际元件近似地看作理想电路元件,用一个理想电路元件或由几个理想元件的组合来代替实际的电路元件。

电路中使用的电气设备种类繁多,如电灯、电动机、电容器等,所有这些用电设备统称为负载。这些实际的用电设备或元器件在工作时表现出的电磁现象可以用下面三个理想负载元件及其组合来反映。

电阻元件——替代主要是消耗电能并转换成其他形式能量的实际元件,用字母 R 表示,简称电阻。

电感元件——替代主要是存储磁场能量的实际元件,用字母 L 表示,简称电感。

电容元件——替代主要是存储电场能量的实际元件,用字母 C 表示,简称电容。

此外,忽略了内阻的电源可用“理想电压源”、“理想电流源”替代。理想电压源、理想电流源分别用字母 U_S 、 I_S 表示。实际电源还可用多个理想元件组合表示,如“理想电压源”、“理想电流源”与“电阻元件”组合替代主要是供给能量的实际元件。

理想元件电阻(R)、电感(L)、电容(C)、电压源(U_S)、电流源(I_S)的图形符号如图1-2所示。电路模型就是指用理想电路元件及其组合来代替实际电路元件构成的实际电路。

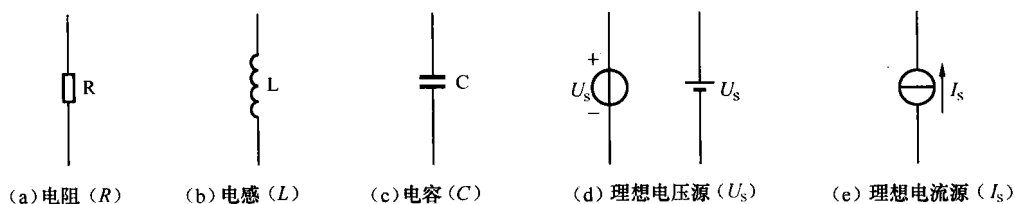


图 1-2 理想元件图形符号

1.1.2 电路的基本物理量

下面分别对电路的电流、电压、电位、电动势、电能以及电功率等物理量进行分析。

1. 电流

电荷的定向运动形成电流,通常将正电荷移动的方向规定为电流正方向。电流的大小用电流强度来衡量,其数值等于单位时间内通过导体某一横截面的电荷量。根据定义有

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

式中, i ——电流强度(简称电流),单位为安培(A)。

根据电流大小和方向随时间变化的情况,把电流分为两大类。一类是电流的大小和方向都

不随时间而变化,称为恒定电流,简称直流,用大写字母 I 表示。另一类是电流大小和方向都随时间变化,称为变动电流,变动电流用小写字母 i 表示,其中一个周期内电流的平均值为零的变动电流,称为交变电流,简称交流。

电流的方向是客观存在的。但在电路分析中,一些较为复杂的电路,有时电流的实际方向难以判断,因此在电路分析时,引入参考方向这一概念。

如图 1-3 所示,在一段电路上可以任意选定一个方向作为电流的流动方向,这个方向就是电流的参考方向,在电路图中用箭头表示。当电流的参考方向与实际方向一致时,电流为正值 ($I > 0$);当电流的参考方向与实际方向相反时,电流为负值 ($I < 0$)。

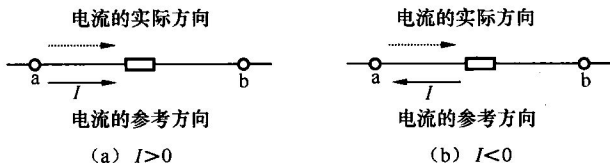


图 1-3 电流的参考方向

除了用箭头来表示电流的参考方向外,还可用双下标表示,如 I_{ab} 表示电流参考方向从 a 指向 b。

在选定的电流参考方向下,根据电流的正负,就可以确定电流的实际方向。在分析电路时,先假定电流的参考方向,并以此去分析计算,最后根据数值的正负值来确定电流的实际方向。



- 在电路图上标注的电流参考方向可随意选择,而实际电流是客观存在。
- 电流是个代数量,反映了大小与实际方向。

2. 电压与电位

如图 1-4 所示,在导体内电荷定向运动是由于电场力的作用形成的。那么,电路中 a、b 两点间电压的大小就等于电场力将单位正电荷由 a 点移动到 b 点所做的功,用符号 u_{ab} 表示。

$$u_{ab} = \frac{dW_{ab}}{dq} \quad (1-2)$$

在直流电路中电压用大写字母 U 表示。电压的单位为伏特 (V)。

两点之间电压的实际方向是由高电位点指向低电位点,所以电压也常称为电压降。为分析电路方便,与电流一样,引入电压的参考方向。当电压的实际方向与它的参考方向一致时,电压值为正,即 $U > 0$,反之,当电压的实际方向与它的参考方向相反时,电压值为负,即 $U < 0$ 。

对电压参考方向的标注除了用箭头外,还可用双下标和正 (+)、负 (-) 极性表示。如 U_{ab} 表明电压参考方向从 a 指向 b。若用正负极性表示,电压参考方向从正极指向负极。

对一个电路,若元件电流与电压选择的参考方向相同,如图 1-5 所示,则称为关联参考方向,否则为非关联方向。

为了方便地分析电压这个物理量,电路中引入了电位的概念。在电路中任选参考点 O,则电路中某点 a 到参考点 O 的电压就称为 a 点的电位。换言之,即电位实际上就是相对于参考

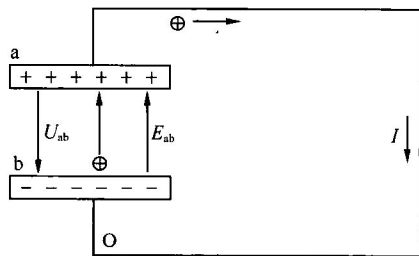


图 1-4 电压与电动势

点的电压, 即

$$V_a = U_{aO} \quad (1-3)$$

电位用 V 表示。电路参考点本身电位 $V_O = 0$, 参考点也称为零电位点。

在电路中任选参考点 O , 则 a 、 b 两点的电位分别为 $V_a = U_{aO}$ 、 $V_b = U_{bO}$ 。按照做功的定义, 电场力把单位正电荷从 a 点移到 b 点所做的功, 等于把单位正电荷从 a 点移到 O 点, 再从 O 点移到 b 点所做的功的和, 即

$$U_{ab} = U_{aO} + U_{Ob} = U_{aO} - U_{bO} = V_a - V_b$$

即

$$U_{ab} = V_a - V_b \quad (1-4)$$

式 (1-4) 表明, 电路中 a 、 b 两点间的电压等于 a 、 b 两点的电位差, 因而电压也称为电位差。



提示

- 选择不同的参考点, 同一点的电位数值不同。
- 两点间的电压大小与参考点选择无关, 即电位的高低是相对的, 而电压值是绝对的。
- 在汽车电路中, 蓄电池负极直接或间接地通过导线连接在车身金属或车架上, 即俗称“搭铁”。

通常汽车中的搭铁点就是电路的参考点, 电路中任一点的电位就是相对于搭铁点的电压。电力系统中, 通常以大地作为参考点; 电子电路中, 一般选择电子设备的金属机壳或某公共点作为参考点。参考点的电位为零, 用符号“ \perp ”表示。

【例 1-1】 如图 1-6 所示电路, 若选择 O 点为电位参考点, 求 A 、 B 两点的电位。若选择 B 点为电位参考点, 则求 A 、 O 两点的电位。

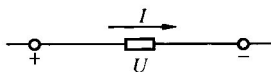


图 1-5 电压电流关联参考方向

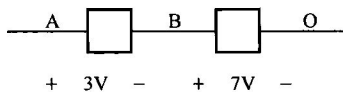


图 1-6 电压与电位分析

解 (1) 若选择 O 点为电位参考点, 则

$$V_O = 0V$$

$$V_B = U_{BO} = 7V$$

$$V_A = U_{AB} + V_B = 3V + 7V = 10V$$

(2) 若选择 B 点为电位参考点, 则

$$V_B = 0V$$

$$V_A = U_{AB} = 3V$$

$$V_O = U_{OB} = -U_{BO} = -7V$$

电位的概念对实际电路的测量十分重要。对于一个实际的复杂电路, 往往需要用万用表、示波器等仪器进行电压值测量, 通过测量来确定其工作状态。如在汽车电路中, 某照明电路出现断路故障, 需查找电路在何处出现断路, 就可以通过测各点电位的方法来判定。

测量电位时, 用万用表两个表笔中的黑表笔固定接在被测电路选定的参考点(汽车搭铁)上, 红表笔搭在测量点, 即可测量该点电位, 进而得出任意两点间的电压。这种测量方法既方便又安全。

3. 电动势

衡量电源力克服电场力对电荷做功能力的物理量称为电动势。如图 1-4 所示的电路中, 电动势在数值上等于电源力将单位正电荷由低电位 (b 点) 移到高电位 (a 点) 所做的功。电动势的方向规定为在电源内部由负极板指向正极板, 即从低电位点指向高电位点。电动势用 E 表示, 单位为伏特 (V)。



- 电动势的实际方向从低电位点指向高电位点, 即电位升。而电压的实际方向从高电位点指向低电位点, 即电位降。
- 一个元件的电动势和电压是大小相等, 方向相反的一对物理量, 对外部电路而言, 二者没有区别。

在今后的叙述中, 电源常常用电压来等效表示电动势对外电路的作用。不同的电源具有不同的电压, 如一般汽车蓄电池的电压通常为 12V, 干电池的电压为 1.5V。

4. 电能和电功率

在如图 1-5 所示电路中, a、b 两点间电压为 U , 电路中的电流为 I , 电压、电流为关联方向, 由电压定义可知, 在 t 时间内, 电场力所做的功, 即元件消耗 (或吸收) 的电能为

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

单位时间内消耗的电能称为电功率 (简称功率), 直流电路中用字母 P 表示, 即

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

若在电压、电流非关联方向下, 则

$$P = -UI \quad (1-7)$$

在我国法定计量单位中, 电能的单位是焦耳 (J); 功率的单位是瓦特 (W)。在实际应用中, 有时电能的单位用千瓦时 ($\text{kW} \cdot \text{h}$) 表示, $1\text{kW} \cdot \text{h}$ 俗称一度电。如 100W 的灯泡, 工作 10h, 其消耗的电能就是 $1\text{kW} \cdot \text{h}$ 。



- 电功率是代数量, 可以为正值或负值。
- 根据电压电流参考方向关联与否, 选择不同的公式, 只要 $P > 0$ 就表示元件实际为吸收功率, $P < 0$ 表示元件实际为发出功率。

【例 1-2】 如图 1-7 所示电路, 已知 $U_S = 12\text{V}$, $I = 4\text{A}$, $U_2 = 6\text{V}$, $I_1 = -1\text{A}$, $I_2 = 3\text{A}$, $U_3 = -6\text{V}$ 。求各元件的功率, 并说明元件是发出功率还是吸收功率。

解 根据功率式 (1-6)、式 (1-7) 得

$$P_{U_S} = -U_S I = -12\text{V} \times 4\text{A} = -48\text{W} < 0 \text{ (发出功率)}$$

$$P_1 = -U_2 I_1 = -6\text{V} \times (-1)\text{A} = 6\text{W} > 0 \text{ (吸收功率)}$$

$$P_2 = U_2 I_2 = 6\text{V} \times 3\text{A} = 18\text{W} > 0 \text{ (吸收功率)}$$

$$P_3 = -U_3 I = -(-6)\text{V} \times 4\text{A} = 24\text{W} > 0 \text{ (吸收功率)}$$

$$\Sigma P = P_{U_S} + P_1 + P_2 + P_3 = -48\text{W} + 6\text{W} + 18\text{W} + 24\text{W} = 0, \text{ 说明电路的功率平衡。}$$

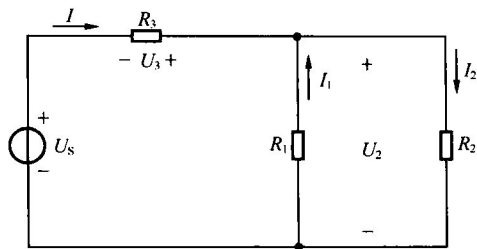


图 1-7 例 1-2 图