



全国高职高专汽车类“工学结合-双证制”
人才培养“十二五”规划教材

汽车电工电子技术基础

江 军 朱晶波 卢厚元 主编
包科杰 主审



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

全国高职高专汽车类“工学结合-双证制”人才培养“十二五”规划教材

汽车电工电子技术基础

主 编 江 军 朱晶波 卢厚元
副主编 胡瑞明 彭桂枝 赵红鸣 江翠云 赵艳杰
主 审 包科杰

华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 提 要

根据高职高专院校的人才培养目标,针对“工学结合-双证制”新的高职教育教学理念,以项目教学为引领,以工作任务为主线,理论与实践相结合,知识与能力相并重,本书较为全面地介绍了汽车维修电工、电子电气维修师等所需的电工电子基础知识、基本方法和技能。本书为项目化教材,全书内容分为6个项目,共20个学习任务。项目1为直流电路的分析与检测,任务包括电路及基本元器件的分析与检测,简单电路的分析与检测,复杂电路的分析与检测,汽车电路的识读与检测;项目2为交流电路的分析与检测,任务包括单相交流电路的分析与检测,三相交流电路的分析与检测,安全用电;项目3为磁路与变压器的分析与检测,任务包括磁路的分析与检测,变压器的分析与检测;项目4为汽车电机的检测与运用,任务包括直流电动机的检测与运用,步进电动机的运行与控制,三相异步电动机的运行与控制,汽车交流发电机的检测与运用;项目5为汽车模拟电路的检测与运用,任务包括二极管的检测与运用,三极管的检测与运用,集成运算放大器的检测与运用;项目6为汽车数字电路的分析与运用,任务包括基本逻辑门电路的分析与运用,组合逻辑电路的分析与运用,触发器的分析与运用,时序逻辑电路的分析与运用。书中每个任务有任务要求、知识准备、任务实施、任务拓展等相关内容。

本书可作为高职高专院校、技工院校、普通高等院校及远程教育、培训机构的汽车电工电子技术基础教材,也可作为广大汽车检测从业人员的参考用书和职业资格鉴定考试的辅导用书。

图书在版编目(CIP)数据

汽车电工电子技术基础/江军,朱晶波,卢厚元主编. —武汉:华中科技大学出版社,2014.5
ISBN 978-7-5680-0046-8

I. ①汽… II. ①江… ②朱… ③卢… III. ①汽车-电工技术-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(2014)第 100133 号

汽车电工电子技术基础

江 军 朱晶波 卢厚元 主编

策划编辑:严育才

责任编辑:姚 幸

封面设计:范翠璇

责任校对:马燕红

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321915

录 排:武汉市洪山区佳年华文印部

印 刷:华中理工大学印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:18.5

字 数:467千字

版 次:2014年6月第1版第1次印刷

定 价:38.00元



华中科大

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

全国高职高专汽车类“工学结合-双证制”人才培养“十二五”规划教材

编委会

主任委员

张光德 武汉科技大学

委员(排名不分先后)

陈森昌	广东技术师范学院
张健	湖北工业职业技术学院
侯守明	鹤壁汽车工程职业学院
熊其兴	武汉职业技术学院
彭国平	武汉城市职业学院
包科杰	襄阳汽车职业技术学院
吴纪生	江西交通职业技术学院
苗春龙	潍坊职业学院
黄经元	九江职业技术学院
杨进峰	广东工程职业技术学院
吴云溪	广东科学技术职业学院
张柏荣	武汉市交通学校
谢生伟	四川职业技术学院
鄂义	武汉软件工程职业学院
廖中文	广东农工商职业技术学院
周松兵	十堰职业技术(集团)学校
刘照军	聊城职业技术学院
罗文华	盐城工业职业技术学院

序

目前我国正处在改革发展的关键阶段,深入贯彻落实科学发展观,全面建设小康社会,实现中华民族伟大复兴,必须大力提高国民素质,在继续发挥我国人力资源优势的同时,加快形成我国人才竞争比较优势,逐步实现由人力资源大国向人才强国的转变。

《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》提出:发展职业教育是推动经济发展、促进就业、改善民生、解决“三农”问题的重要途径,是缓解劳动力供求结构矛盾的关键环节,必须摆在更加突出的位置。职业教育要面向人人、面向社会,着力培养学生的职业道德、职业技能和就业创业能力。

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重要地位。通过调研我们发现当前校企合作人才培养模式存在的主要问题是:“订单式”模式,易造成学生知识结构的狭窄单一,影响其进一步深造和发展;“三明治”模式,企业对实习生的培训负担重,受益较少,积极性不高;“2+1”模式,学生长期脱离学校顶岗实习,知识学习得不到保障。总之,当前校企合作人才培养多在点上开展工作,未能建立起人才培养的长效合作机制,缺乏可持续发展的动力。针对以上问题,专家建议汽车专业高职教育必须把以过程为导向的“工学结合”和以就业为导向的“双证制教学”结合起来,实现高职学生教学和就业的直接通道。

实行“双证制教学”可以促进人才培养模式的创新,改变传统学科式教育中重理论、轻技能的人才培养模式,实现以就业为导向,对学生进行有针对性的职业技能培训和鉴定,更好地培养面向生产、建设、管理及服务第一线需要的“下得去、留得住、用得上”,实践能力强,具有良好职业道德的高素质技能型人才。该制度能增强高职毕业生的就业竞争力,提高就业率,有利于提高毕业生的目标签约率和专业对口就业率,实现毕业生与市场需求的“零距离”接轨。

针对专家们提倡的“工学结合”和“双证制教学”同时引进高职学校的新教学理念,2013年,华中科技大学出版社组织全国职业院校建设适合汽车专业“工学结合—双证制”教学的系列教材,通过教材建设带动课程建设,解决课程建设资源、教材建设与市场需求和企业要求相对落后的困境。该教材力求突出工作过程和职业技能;紧扣高等职业教育教学大纲和从业资格考试大纲和标准,提高认证考试通过率。

本套系列教材有如下特点。

1. 反映教改成果,接轨职业岗位要求 紧跟任务驱动、项目导向等“教学做”一体的教学改革步伐,反映高职汽车类专业教改成果,注意满足企业岗位任职的知识要求。

2. 紧跟教改,接轨“双证书”制度 紧跟教育部教学改革步伐,引领职业教育教材发展趋势,注重学业证书和职业资格证书相结合,提升学生的就业竞争力。

3. 紧扣技能考试大纲、直通认证考试 紧扣高等职业教育教学大纲和岗位从业资格考试大纲和标准,随章节配套习题,全面覆盖知识点与考点,有效提高认证考试通过率。

4. 强调合作 针对相关认证大纲涉及多门课程内容的事实,本套系列教材的每门课程教材在定大纲时要明确在哪些认证中涉及该课程知识,以及认证对该课程的要求。

5. 创新模式,理念先进 创新教材编写体例和内容编写模式,迎合高职学生思维活跃的特点,体现“双证书”特色。

6. 突出技能,引导就业 注重实用性,以就业为导向,专业课围绕技术应用型人才的培养目标,强调突出技能、注重整体的原则,构建以技能培养为主线、相对独立的实践教学体系。充分体现理论与实践的结合,知识传授与能力、素质培养的结合。

当前,工学结合的人才培养模式和项目导向的教学模式正在深化改革中,“工学结合-双证制”人才培养模式更处于探索阶段。随着本套系列教材投入教学使用和不断得到改进、完善和提高,本套系列教材将来会为我国现代职业教育体系的建设和高素质技能型人才的培养做出积极贡献。

谨为之序。

前 言

为了满足新形势下高素质技能型专门人才的培养要求,在总结近年来以工作过程导向的教学实践的基础上,来自湖北工业职业技术学院等多所院校教学一线的教师编写了本书。

在本书的编写中,在内容的选择上注意与企业对人才的需求紧密结合,力求满足后续专业课程、学科教学和社会三方面的需求;同时根据专业人才培养目标和学生就业岗位实际,并以工作过程为导向,结合高职高专学生的认知规律,确定了6个项目和20个学习任务。

本书为全国高职高专汽车类工学结合“十二五”规划教材,为项目化教材。本书具有以下特点。

1. 紧跟任务驱动、项目导向等“教学做”一体的教学改革步伐,反映高职高专汽车类专业教学改革成果,注重理论与实践相结合,注意满足企业岗位任职的知识要求。

2. 紧扣高等职业教育教学大纲、职业资格考试大纲和标准,全面覆盖知识点与考点,有效提高认证考试通过率。

3. 结合汽车专业特点,所涉内容尽可能地与汽车电器及现代汽车电控方面的实例相通,为学生学习后续汽车专业课程打下基础。

本书由湖北工业职业技术学院江军、长春职业技术学院朱晶波、湖北工业职业技术学院卢厚元任主编,由鹤壁汽车工程职业学院胡瑞明、江阴职业技术学院彭桂枝、鹤壁汽车工程职业学院赵红鸣、武汉市交通学校江翠云、湖北工业职业技术学院赵艳杰任副主编。项目1和项目3的任务3.1由朱晶波编写,项目2由彭桂枝编写,项目3的任务3.2由江翠云编写,项目4由赵艳杰、江军编写,项目5由卢厚元编写,项目6由胡瑞明、赵红鸣编写。全书由江军统稿,由襄阳汽车职业技术学院包科杰主审。

本书的编写得到了教育部高职高专汽车类专业教学指导委员会的亲切指导,以及各参编院校领导的大力支持,在此表示衷心的感谢。

在本书的编写中,参考并引用了相关文献,在此向其作者深表感谢。

由于项目化教学尚在探索之中,且编者水平有限,书中定有错讹和不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2014年2月

目 录

项目 1 直流电路的分析与检测	(1)
任务 1.1 电路及基本元器件的分析与检测	(1)
1.1.1 电路的概念	(1)
1.1.2 电路的主要物理量	(3)
1.1.3 常用电子元器件	(9)
任务 1.2 简单电路的分析与检测	(28)
1.2.1 欧姆定律	(28)
1.2.2 电阻元件的串联、并联和混联电路	(29)
1.2.3 电位的计算	(33)
1.2.4 电路的状态	(35)
1.2.5 惠斯通电桥及其在汽车中的应用	(36)
任务 1.3 复杂电路的分析与检测	(40)
1.3.1 电压源与电流源及其等效变换	(41)
1.3.2 基尔霍夫定律	(43)
1.3.3 叠加定理	(46)
1.3.4 戴维南定理	(47)
任务 1.4 汽车电路的识读与检测	(53)
1.4.1 汽车电路的特点及类型	(53)
1.4.2 汽车电路识读的基本方法	(59)
项目 2 交流电路的分析与检测	(67)
任务 2.1 单相交流电路的分析与检测	(67)
2.1.1 交流电的基本概念	(67)
2.1.2 交流电的表示方法	(70)
2.1.3 单一参数正弦交流电路的分析	(72)
任务 2.2 三相交流电路的分析与检测	(77)
2.2.1 三相对称交流电	(78)
2.2.2 三相负载的连接	(80)
任务 2.3 安全用电	(87)
2.3.1 触电方式	(87)
2.3.2 安全操作细则	(89)
项目 3 磁路与变压器的分析与检测	(94)
任务 3.1 磁路的分析与检测	(94)
3.1.1 磁场的基本物理量	(94)
3.1.2 磁路的基本定律	(97)

3.1.3	铁磁性物质的性质	(100)
3.1.4	电磁铁的结构、原理及类型	(102)
3.1.5	继电器	(104)
3.1.6	霍尔传感器	(107)
任务 3.2	变压器的分析与检测	(112)
3.2.1	变压器的基本结构及分类	(112)
3.2.2	单相变压器的工作原理	(113)
3.2.3	变压器的应用	(116)
项目 4	汽车电机的检测与运用	(123)
任务 4.1	直流电动机的检测与运用	(123)
4.1.1	直流电动机的结构及工作原理	(124)
4.1.2	车用直流电动机	(131)
任务 4.2	步进电动机的运行与控制	(136)
4.2.1	反应式步进电动机的结构及工作原理	(137)
4.2.2	反应式步进电动机的特性	(141)
4.2.3	步进电动机驱动控制系统	(143)
4.2.4	步进电动机系统在汽车中的应用	(144)
任务 4.3	三相异步电动机的运行与控制	(147)
4.3.1	三相异步电动机的结构	(148)
4.3.2	三相异步电动机的工作原理	(150)
4.3.3	三相异步电动机的运行	(154)
4.3.4	三相异步电动机的控制	(159)
4.3.5	交流异步电动机在新能源汽车上的应用	(162)
任务 4.4	汽车交流发电机的检测与运用	(164)
4.4.1	交流发电机的基本工作原理	(164)
4.4.2	汽车交流发电机的结构	(165)
4.4.3	汽车交流发电机的工作原理	(168)
项目 5	汽车模拟电路的检测与运用	(172)
任务 5.1	二极管的检测与运用	(172)
5.1.1	半导体二极管及其应用	(173)
5.1.2	直流稳压电路	(184)
任务 5.2	三极管的检测与运用	(192)
5.2.1	三极管及其性能测试	(192)
5.2.2	三极管的开关作用	(200)
5.2.3	三极管基本放大电路	(202)
5.2.4	多级放大电路	(210)
任务 5.3	集成运算放大器的检测与运用	(215)
5.3.1	基本知识	(215)
5.3.2	基本运算电路	(218)

5.3.3 电压比较器	(223)
项目 6 汽车数字电路的分析与运用	(230)
任务 6.1 基本逻辑门电路的分析与运用	(230)
6.1.1 数字电路	(230)
6.1.2 数制与码制	(231)
6.1.3 基本逻辑门电路	(234)
6.1.4 常用的复合逻辑关系	(236)
6.1.5 逻辑函数的表示法	(239)
6.1.6 TTL 集成逻辑门电路	(241)
6.1.7 基本逻辑门电路在汽车电气与电子中的运用	(243)
任务 6.2 组合逻辑电路的分析与运用	(246)
6.2.1 组合逻辑门电路	(247)
6.2.2 编码器	(251)
6.2.3 译码器	(254)
6.2.4 数据分配器与数据选择器	(256)
任务 6.3 触发器的分析与运用	(260)
6.3.1 R-S 触发器	(261)
6.3.2 J-K 触发器	(264)
6.3.3 D 触发器	(266)
6.3.4 触发器在汽车电器与电子中的运用	(267)
任务 6.4 时序逻辑电路的分析与运用	(270)
6.4.1 时序逻辑电路	(270)
6.4.2 计数器	(272)
6.4.3 寄存器	(276)
6.4.4 555 时基电路及其在汽车上的应用	(278)
参考文献	(283)

项目 1 直流电路的分析与检测

【项目导入】

本项目通过直流电路及汽车电路的识图与分析,要求学生掌握电路的基本组成、基本物理量、工作状态、基本定律以及汽车电路特点;能够识别常用电子元器件;会熟练使用万用表;能利用 Multisim 10.1 电子仿真软件对电路的三种基本状态(通路、短路、断路)进行判断;能对常用定律(基尔霍夫定律、叠加原理、戴维南定理等)进行实验分析和验证;通过对汽车后窗除霜器电路、汽车转向灯等电路的识读与检测,加深对汽车电路图的理解;掌握汽车电路的特点,实现做中学,学做合一,完成理实一体化教学目标。

任务 1.1 电路及基本元器件的分析与检测

【任务描述】

了解电路和电路模型的概念;掌握电路的主要物理量;理解电压、电流的实际方向与参考方向的关系;理解电流、电压和电功率;理解和掌握电路基本元件的特性,能够识别常用电阻、电感和电容等电子元器件,并能熟练使用万用表测量电阻、电位、电压和电流等常用的电学量;能够查找、分析简单的电路故障。

【任务分析】

1. 知识目标

- (1) 了解电路模型的概念。
- (2) 掌握直流电路组成、基本元器件的符号。
- (3) 掌握电路的主要物理量。
- (4) 理解电压、电流的参考方向和实际方向的关系。
- (5) 掌握电阻定律的内容。

2. 能力目标

- (1) 能识别常用电子元器件:电阻、电感和电容。
- (2) 能规范使用万用表测量电阻、电位、电压和电流,并能正确选择量程、测量和读数。
- (3) 了解常用汽车电路故障检修工具。

【知识准备】

1.1.1 电路的概念

1. 电路

电路是由各种元器件按一定方式连接起来的总体,为电流的流通提供路径。图 1-1 所示

为手电筒电路,图 1-2 所示为微型调频无线话筒电路。

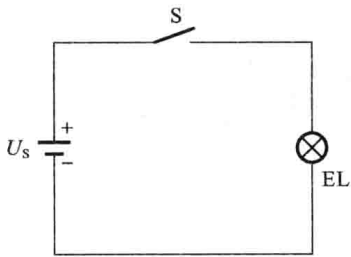


图 1-1 手电筒电路

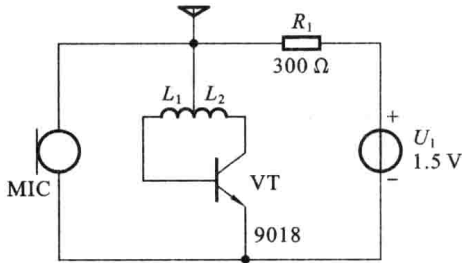


图 1-2 微型调频无线话筒电路

2. 电路的基本组成

每个电路不论其作用如何,结构多么复杂,一般都是由电源、负载(用电器)、导线和开关四部分组成。

(1) 电源 电源是把其他形式的能量转换成电能的装置,或者是供应电能的装置。常见的有干电池、蓄电池、发电机、信号源等。汽车电路中的电源主要由蓄电池和带整流器的交流发电机组成。

(2) 负载 负载是指用电的装置或设备,如电灯、电烙铁、电动机等。汽车电路中的负载很多,如照明灯、信号灯、车用点烟器、启动机、汽车音响、空调等。

(3) 导线 导线是连接电源与用电装置的金属导线,它把电源产生的电能输送到用电装置。导线的常用材料有铜、铝等。

(4) 开关 开关是控制电路接通或断开的器件,如手电筒的按钮,汽车上的点火开关、转向灯开关和各种继电器等。

如果将导线和开关组合为中间环节,则电路一般由电源、负载和中间环节三部分组成。简单电路的中间环节是由连接导线所组成,而复杂电路的中间环节则是由各种控制设备、监测仪表等所组成的网络。

3. 电路的主要功能

电路有两大类型。一类是电力电路,又称强电电路。它是发电、变电、供电系统的总称,主要研究电能的传输和应用。图 1-3(a)所示的是一个简单的电力系统电路。另一类是信号的传递和处理电路,又称弱电电路。信号处理电路的主要目的是传递和处理信号(如语言、音乐、文字、数据、图像、温度和压力等),这类电路虽然也有能量的传输和转换问题,但一般主要关心的是信号的质量,如要求不失真、准确、灵敏、快速等,图 1-3(b)所示的是一个简单的扩音机电路示意图。以传递信号为目的的电路也很多,如计算机、电视机、影碟机、通信设备中的电路等。

随着电子技术的飞速发展,强电电路和弱电电路的混合应用越来越受到重视,由信号处理电路对强电进行控制的自动化设备应用越来越普遍,如各类数控设备(数控机床)。这些设备的动力部分是典型的强电电路,但这些强电电路的通断、电流电压的控制等已不再是传统的开关的通断,而是由信号处理电路来控制大功率电子电路,由大功率电子电路来进行电能的控制,实现了设备的自动化。在电力系统中,电能的产生与传输、无功功率的补偿等也都采用了计算机和电子控制。

4. 电路模型

由理想元件组成与实际电路元件相对应、并用统一规定的符号表示而构成的电路是实际

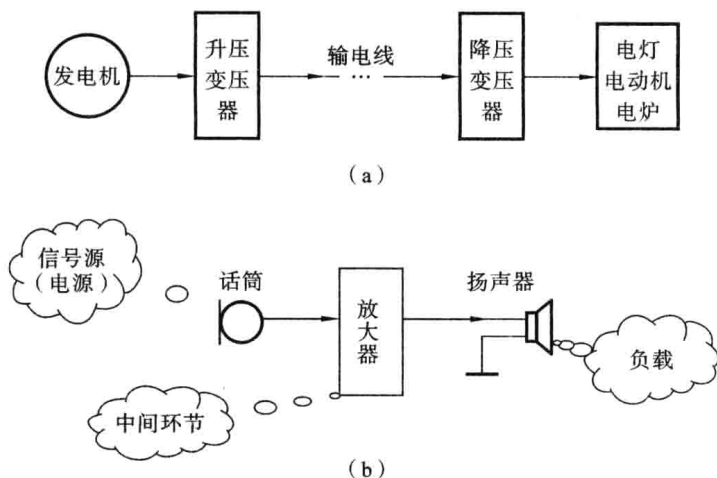


图 1-3 两种典型的电路框图

(a) 电力系统电路示意图 (b) 扩音机电路示意图

电路的模型,或称电路模型。它是实际电路电磁性质的科学抽象和概括,通过分析电路模型来提示实际电路的性能和所遵循的普遍规律。实际电路的电路原理图简称为电路图,例如,图 1-1 所示的手电筒电路。

电路是由电特性相当复杂的元器件组成的。为了便于使用数学方法对电路进行分析,可将电路实体中的各种电器设备和元器件用一些能够表征它们主要电磁特性的理想元件(模型)来代替,而对它的实际上的结构、材料、形状等非电磁特性不予考虑。几种常用的理想电路元件有理想电阻 R 、理想电感 L 、理想电容 C 、理想电压源 U 和理想电流源 I_s 等。它们的图形符号及文字符号如图 1-4 所示。

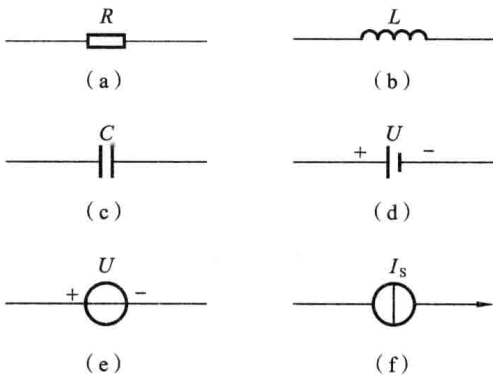


图 1-4 几种常见的理想电路元件符号

(a) 电阻 (b) 电感 (c) 电容 (d) 电池
(e) 理想电压源 (f) 理想电流源

1.1.2 电路的主要物理量

1. 电流

1) 电流的基本概念

电路中电荷沿着导体移动形成定向运动,其方向规定为正电荷流动的方向(或负电荷流动的反方向),其大小等于在单位时间内通过导体横截面的电量,称为电流强度(简称电流),用符号 I 或 $i(t)$ 表示。讨论一般电流时可用符号 i 。

设在 $\Delta t = t_2 - t_1$ 时间内,通过导体横截面的电荷量为 $\Delta q = q_2 - q_1$,则在 Δt 时间内的电流强度可表示为

$$i(t) = \frac{\Delta q}{\Delta t} \tag{1-1}$$

式中: Δt 为很小的时间间隔,时间的国际单位为秒(s);电量 Δq 的国际单位为库仑(C);电流 $i(t)$ 的国际单位为安培(A)。

常用的电流单位还有毫安(mA)、微安(μA)、千安(kA)等,它们之间的换算关系为

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

2) 直流电流

如果电流的大小及方向都不随时间变化,即在单位时间内通过导体横截面的电量相等,则称之为稳恒电流或恒定电流,简称为直流,记为 DC 或 dc,直流电流用大写字母 I 表示,可表示为

$$I=\frac{\Delta q}{\Delta t}=\frac{Q}{t}=\text{常数}\quad (1-2)$$

直流电流 I 与时间 t 的关系在 $I-t$ 坐标系中为一条与时间轴平行的直线。

3) 电流的方向

习惯上规定正电荷的运动方向作为电流的实际方向,并在电路中用箭头标注。在分析实际电路时,常任意假定某个方向作为电流的流向,这个假定的方向称为参考方向。

当电流的参考方向与实际方向一致时,其值为正,如图 1-5(a)所示;当参考方向与实际方向相反时,其值为负,如图 1-5(b)所示。

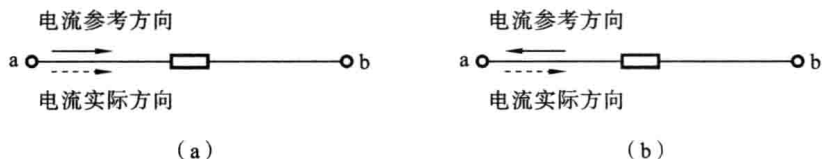


图 1-5 电流的参考方向与实际方向

(a) $I>0$ (b) $I<0$

4) 交流电流

如果电流的大小及方向均随时间变化,则称为变动电流。对电路分析来说,一种最为重要的变动电流是正弦交流电流,其大小及方向均随时间按正弦规律作周期性变化,将其简称为交流电流,记为 AC 或 ac。交流电流的瞬时值用小写字母 i 或 $i(t)$ 表示。

5) 直流电流的测量

根据电流的类别,可以选择直流电流表(或交流电流表)或万用表测量电流。下面以万用表为例说明直流电流的测量方法。

(1) 选择合适的量程 根据估计的待测直流电流大小,选择万用表直流电流挡相应的量程;如果待测电流大小未知,无法估计电流大小时,选择最大量程;然后根据测量结果进一步选择合适的量程。

(2) 测量 断开待测支路,把万用表的红、黑表笔接在断点处,即把万用表串联在待测支路中。用指针式万用表测量直流电流时注意极性(数字表可以根据测量值的正、负来判断直流电流的极性),注意红、黑表笔接线端子接入万用表相应插孔中。

(3) 读数 测量值的单位与量程保持一致(注意:指针式万用表的读数与数字表读数方法不同)。

交流电流的测量方法同上,只是在测量过程中不必考虑电流的极性。

2. 电压

1) 电压

为了表示电场力对电荷做功,引入“电压”这个物理量,用 U 表示。在数值上,电压就是电



场力把单位正电荷从一点移到另一点所做的功。

电场力将正电荷从 A 极板移到 B 极板所做的功 W_{AB} 与被移动的电荷量 Q 之比称为 A、B 两极板间的电压, 则 U_{AB} 可表示为

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

A、B 两极板间的电压在数值上等于电场力把单位正电荷从 A 极板移动到 B 极板所做的功。若功的单位为焦耳(J), 电荷的单位为库仑(C), 则电压的单位为伏特(V)。当电场力将电荷量为 1 C 的电荷从一点移到另一点所做的功为 1 J 时, 则该两点间的电压为 1 V。

电压的国际单位为伏特(V), 常用的单位还有毫伏(mV)、微伏(μ V)、千伏(kV)等, 它们之间的换算关系为

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

2) 电压的参考方向与实际方向

电压的实际方向规定为从正极端指向负极端的方向。在进行电路分析时, 如果电压的实际方向难以确定, 也可任意假定某个方向作为电压的参考方向。这个参考方向可能与电压的实际方向不一致, 当电压的实际方向与参考方向一致时, 其值为正, 如图 1-6(a) 所示; 当电压的实际方向与参考方向相反时, 其值为负, 如图 1-6(b) 所示。

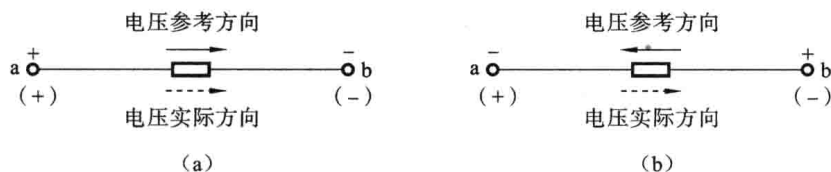


图 1-6 电压的参考方向与实际方向

(a) $U > 0$ (b) $U < 0$

电压的参考方向可以用以下三种方法来表示。

- (1) 用“+”“-”符号分别表示电压参考方向的高电位端和低电位端。
- (2) 用箭头的指向表示, 它由电压参考方向的高电位端指向低电位端。
- (3) 用双下标字母表示。如用 U_{ab} 表示电压的参考方向, 则参考方向是从 a 指向 b。

3) 关联方向与非关联方向

在进行电路分析时, 对于一个元件, 我们既要电流选取参考方向, 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 1-7(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 1-7(b) 所示。

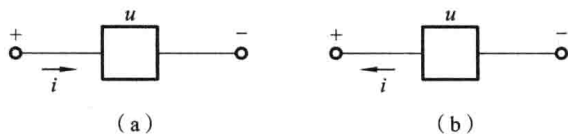


图 1-7 电压、电流参考方向的关系

(a) 关联参考方向 (b) 非关联参考方向

标注参考方向应注意以下问题。

- (1) 电压和电流的方向是客观存在的。参考方向是人为规定的方向, 在分析电路时需

要先规定参考方向,然后根据这个规定的参考方向列写方程式。先在电路里面标出参考方向,依据参考方向来列电路方程,再求解出未知电流(电压)。如果求出未知电流(电压)为正,则说明该电流(电压)的实际方向与规定的参考方向相同;如果为负,则说明实际方向与规定的参考方向相反。

(2) 参考方向一经确定,在整个分析计算过程中必须以此为准,不能再改变。

(3) 不标明参考方向,讨论某个电压或电流的值为正、为负没有意义。

(4) 参考方向可以任意选取而不影响结果,电压和电流的参考方向可以分别单独选取。但为了分析方便,同一段电路的电流和电压的参考方向要尽量一致(电流的方向从电压的“+”极性端流入,从电压的“-”极性端流出)。

4) 交流电压

如果电压的大小及方向都不随时间变化,则称之为稳恒电压或恒定电压,简称为直流电压,用大写字母 U 表示。如果电压的大小及方向随时间变化,则称为变动电压。对电路分析来说,一种最为重要的变动电压是正弦交流电压(简称交流电压),其大小及方向均随时间按正弦规律作周期性变化。交流电压的瞬时值要用小写字母 u 或 $u(t)$ 表示。

5) 直流电压的测量

根据电压的类别,可以选择直流电压表(或交流电压表)或万用表测量电压。下面以万用表为例来说明直流电压的测量方法。

(1) 选择合适的量程 根据估算的待测直流电压大小,选择万用表直流电压挡相应的量程;如果待测电压大小未知,无法估计电压大小时,应选择最大量程,然后根据测量结果进一步选择合适的量程。

(2) 测量 把红、黑表笔并联接在待测元件的两端,用指针式万用表测量直流电压时注意极性(数字表可以根据测量值的正、负来判断直流电压的极性)。

(3) 读数 测量值的单位与量程保持一致(注意:指针式万用表的读数与数字表读数方法不同)。

交流电压的测量方法同上,只是在测量过程中不必考虑电压的极性。

3. 电位

1) 电位的定义

电位又称电势:是指单位正电荷在静电场中的某一点所具有的电势能。它是表示电场中某一点性质的物理量,而且是相对于确定的参考点来说的。电场中某点的电位在数值上等于电场力将单位正电荷自该点沿任意路径移到参考点所做的功。

2) 电位的大小与单位

若 A 点的电位用 V_A 表示,那么,正电荷在 A 点所具有的电位能 W_A 与正电荷所带电量 Q 的比值称为电路中 A 点的电位,用 V_A 表示,即

$$V_A = \frac{W_A}{Q} \quad (1-4)$$

电位的单位是焦耳/库仑(J/C),称为伏特,简称伏(V)。且规定参考点的电位为零伏,所以参考点也叫零电位点(用符号“ $\perp$ ”表示)。

3) 电位与电压的关系

两点之间电压的数值等于这两点电位的差值,如 A 点电位用 V_A 表示, B 点电位用 V_B 表



示,则 A、B 两点之间电压的数值为 $U_{AB} = V_A - V_B$, B、A 两点之间电压的数值为 $U_{BA} = V_B - V_A$ 。

4. 电动势

电动势是表示电源特征的物理量。电源的电动势是指电源将其他形式的能量转化为电能,电源的电动势在数值上等于非静电力把单位正电荷从低电位端经电源内部移到高电位端所做的功。电动势常用 E 表示,其单位是伏特(V)。电源力将单位正电荷从 B 极板移动到 A 极板所做的功 W_{BA} 称为 B、A 两点间的电动势 E_{BA} ,数学表达式为

$$E_{BA} = \frac{W_{BA}}{Q} \quad (1-5)$$

电动势的实际方向规定为从负极端指向正极端的方向。在电路中,电源的电动势的参考方向的标注同电压一样,有极性标注、箭头标注和双下标标注。如参考方向与其实方向一致,其数值为正,否则为负值。通常情况下电源的电动势常用端电压来表示。

5. 电能与电功率

无论在哪里,我们都可以看见用电装置在工作。用电装置在一定时间内消耗的电能怎样测算? 用电装置消耗的电能一样吗?

1) 电功(或电能)

(1) 电功的概念 当一段导体中有电流通过时,正电荷从高电位移向低电位端,电场力对它做了功,这个功通常称为电流所做的功,简称电功或电能,其单位是焦耳(J)。根据能量的转化和守恒定律,做功的过程对应能量的转换。电流做功过程实际上是电能转换为其他形式的能量的过程,例如电流通过电炉做功,电能转化为热能;电流通过电动机做功,电能转化为机械能和热能。

(2) 电功的计算 电流在某段电路上所做的功 W 等于这段电路两端的电压 U 、电路中的电流 I 和通电时间 t 的乘积,电功的计算公式为

$$W = UI t \quad (1-6)$$

电功的单位与其他功或能的单位一样,当式(1-6)中各个量的单位是国际单位时,得到电功的单位是焦耳(J),因此计算时要注意各个物理量单位的统一。

在日常生活中,常用“度”作为电功(电能)的单位,有

$$1 \text{ 度} = 1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3.6 \times 10^6 \text{ J} \quad (1-7)$$

电功的其他计算式如下。

由电流强度定义式 $I = Q/t$ 可知, $Q = It$,代入式(1-6)得

$$W = QU \quad (1-8)$$

其物理意义是:电流在某段电路上所做的功,等于这段电路两端的电压与通过这段电路电荷量的乘积。

将欧姆定律 $I = U/R$ 代入式(1-6),可得

$$W = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t \quad (1-9)$$

但要注意,应用式(1-9)计算电功时,只对电炉、白炽灯等负载为纯电阻的电路有效。

当用以上各式计算电功时,应注意公式中各物理量是对同一段电路而言,不能“张冠李戴”。