

汽车电工与电子技术

主编 林耀忠 韦 清 张锦庭



中南大学出版社

汽车电工与电子技术

主 编 林耀忠 韦 清 张锦庭
副主编 宋水泉



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

汽车电工与电子技术/林耀忠,韦清,张锦庭主编.

—长沙:中南大学出版社,2016.8

ISBN 978-7-5487-2316-5

I. 汽... II. ①林... ②韦... ③张... 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. U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 200200 号

汽车电工与电子技术

主编 林耀忠 韦 清 张锦庭

☐责任编辑 刘 辉

☐责任印制 易红卫

☐出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-88876770

传真:0731-88710482

☐印 装 长沙市宏发印刷有限公司

☐开 本 787×1092 1/16 ☐印张 11.5 ☐字数 291 千字

☐版 次 2016 年 8 月第 1 版 ☐印次 2016 年 8 月第 1 次印刷

☐书 号 ISBN 978-7-5487-2316-5

☐定 价 30.00 元

图书出现印装问题,请与经销商调换

全国高等职业教育汽车类“十三五”规划教材编委会

主 任

李东江 王法长

副主任

(按姓氏拼音排序)

邓政洲	冯月崧	袁红军	陆耀良
李晶华	廖 明	孙立宇	苏 州
王国强	杨立峰	周志伟	

委 员

(按姓氏拼音排序)

蔡乙贤	陈顺强	陈伟儒	陈镇亚
成起强	高 明	归华君	何宇漾
柯文远	赖晓龙	李春辉	梁灿基
梁永勤	梁志伟	廖毅鸣	林耀忠
蔺文刚	刘及时	刘 宜	龙文婷
明邦平	谭光尧	王建莉	王一斐
韦 清	温锦文	谢岳辉	徐 振
颜其慧	张 隼	张璐嘉	张淑梅

内容简介

Introduction

本书是全国高等职业教育汽车类“十三五”规划教材。

本书根据 2015 年中南大学出版社与北京运华天地科技有限公司(汽车服务与商务实习教学软件)合作精神,旨在和全国高等职业院校一起共同建设一批能够经受市场考验、不断传承、高质量、高水平的精品教材和相配套的优质教学资源。

本书主要内容为:电工基础知识,磁场和电磁感应,电机与变压器,半导体与集成电路简介,半导体二极管及其应用,三极管与放大电路,数字电路等。本书适用于 3 年制非电类汽车相关专业。

总序

Preface

汽车后市场风云变幻，打破配件垄断、汽车维修技术信息公开、互联网+、大众创业万众创新等对传统汽车后市场业态产生了巨大冲击，传统业态——4S店、一二类综合性维修企业的发展空间备受挤压，利润大幅缩水，甚至面临企业的生存问题；而新兴业态——上门保养，召技上门，快修快保连锁经营，综合维修企业联盟发展，汽车维保线上下单、线下作业等层出不穷但却没有赚到理想中的利润，发展前途堪忧。而随着制造汽车的原材料、汽车零部件的加工工艺、汽车装配工艺、汽车运行材料等的技术进步，以及道路条件的大幅改善，汽车的故障概率大幅度下降，汽车的可靠性大幅度提高，“汽车不坏了”已经是一个不争的事实；在环保和能源的重重重压之下，新能源汽车，特别是纯电动汽车的市场份额将急剧扩大。因此，过去汽车“以修为主”的时代已经成为历史，“以养代修”的汽车后市场时代已经来临。基于以上现实，不久的将来，传统业态中的4S店、大型综合性汽车维修企业将面临大批倒闭的困境，汽车后市场的转型升级势在必行；流程化、规范化、标准化、专业化、品牌化、连锁化的汽车专项维修将是汽车后市场的必然发展趋势；汽车后市场对汽车类人才的需求将从单一的“技术技能型人才”向“技能服务型人才”过渡，过去汽修职业教育“以就业为导向”的人才培养模式将面临挑战，毕业生将无业可就，倒逼汽修职业教育人才培养向“以创、就业为导向”人才培养模式转变，因此汽修职业教育也必须进行转型升级，从而汽车职业教育也要从人才培养模式、人才培养方案、教学计划、教学大纲、课程建设、师资队伍建设、实训基地建设等方面进行全新规划。

职业教育不是为过去的行业培养人才，而是要为未来的行业发展需求储备人才，因此职业教育要紧跟行业发展，甚至要预判行业未来发展趋势，走在行业发展的前面，千万不能职业教育和行业发展两张皮，我办我的教育，



不管行业发展什么事。因此汽修职业教育一定要研究汽车后市场，一定要贴近汽车后市场，一定要比汽车后市场更懂汽车后市场，要知道汽修职业教育到底应该教什么！到底应该怎么教！到底要教到什么程度！谋定而后动，直击汽修职业教育的痛点。鉴于此，中南大学出版社邀请行业专家参与，组织国内知名汽修高等职业教育院校教育专家共同剖析汽车后市场发展现状，研究汽车后市场发展趋势，积极探索汽修职业教育人才培养方案和人才培养模式，以满足汽车后市场现实要求和适应未来汽车后市场未来发展需求为出发点，构建全新的汽修与汽服职业教育课程体系，打造全国高等职业教育汽车类“十三五”规划教材，相信这套丛书的出版将对推动我国汽车职业教育的发展，为汽车后市场的发展奠定基础。

李东江
2016年6月

前言

Foreword

随着汽车工业产业的迅猛发展,电工电子技术在汽车上的应用越来越普遍,掌握所需的电工电子技术是现代汽车维修从业人才的必备条件之一。同时,进一步深化人才培养模式、课程体系和教学内容的改革,不断提高办学质量和教学水平,培养更适应新时代需要的具有创新能力的高技能高素质人才,是高等职业教育技工院校汽车专业教育的当务之急。

作为汽车专业教育的重要环节,教材建设肩负重要使命。“汽车电工电子技术”是一门具有汽车专业特色的技术基础课程,有别于机电类专业通常开设的“电工电子技术”课程。该教材不仅讲解一般的电工电子知识,而且还必须对电工电子技术在汽车上应用的特殊性阐述清楚,有一些汽车专业的特殊规律必须加以说明,一些专业为汽车应用而开发设计的电路也必须讲解。为适应社会发展需求以及应广大师生的要求,特在原“十一五”规划教材《汽车电气设备构造与维修》、《汽车电工电子技术》的基础上编写此书。

本次教材修订(新编)工作的重点主要体现在以下几个方面:

第一,本书对传统教材进行优化整合,在教学内容选取上,保证了汽车类专业所需的最基本、最主要的电工电子基础的内容,尽量避免内容之间不必要的交叉和重叠,提高教学效率。

第二,以学生为本,按照教学规律和学生的认识规律,以基础加实际案例为切入点,并尽量采用以图代文的表现方式,以降低内容的抽象性及学习难度,提高学生的学习兴趣,从而达到好教、好学的目的。

第三,为了便于教师教学和学生自学,每个教学任务前安排学习目标提示。

在本书的编写过程中,韦清老师、张锦庭老师付出了大量心血,宋水泉老师参与本书部分内容的遴选和编写工作。



本书由中南大学出版社编辑主审，出版社编辑仔细审阅了全部文稿和图稿，提出了很多宝贵意见和建议，在此表示衷心的感谢！

限于编者水平有限，书中难免有不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

2016 年 5 月 10 日

于广东省技师学院

目录

C O N T E N T S

项目一 电工基础知识	(1)
任务一 电路的基本概念和相关物理量	(1)
任务二 电路基本定律及基本分析方法	(11)
任务三 交流电路	(15)
任务四 安全用电及防护	(28)
项目二 磁场和电磁感应	(37)
任务一 磁场的基础知识	(37)
任务二 电磁感应原理	(48)
项目三 电机与变压器	(52)
任务一 交流发电机	(52)
任务二 三相异步电动机	(55)
任务三 三相异步电动机的控制线路	(61)
任务四 直流电动机	(66)
任务五 变压器	(76)
项目四 半导体与集成电路简介	(84)
任务一 半导体简介	(84)
任务二 集成电路简介	(89)
项目五 半导体二极管及其应用	(95)
任务一 二极管	(95)
任务二 特殊二极管	(99)
任务三 二极管在汽车上的应用	(104)
任务四 直流稳压电源	(114)



项目六 三极管与放大电路	(118)
任务一 三极管的基础知识	(118)
任务二 三极管的基本放大电路	(122)
任务三 多级放大电路及反馈	(129)
任务四 集成运算放大器	(134)
项目七 数字电路	(139)
任务一 数字电路基础知识	(139)
任务二 组合逻辑电路	(144)
任务三 时序逻辑电路	(148)
任务四 555 集成定时器及应用	(162)
任务五 数字电路在汽车电路中的应用	(166)
参考文献	(172)



项目一 电工基础知识

【学习目标】

- ✱掌握欧姆定律、基尔霍夫定律
- ✱掌握支路电流法
- ✱掌握正选交流电的基本知识
- ✱了解安全用电防护知识
- ✱掌握电路的组成及作用
- ✱掌握电流、电压、电位、电动势概念
- ✱掌握电功率、额定电功率概念

任务一 电路的基本概念和相关物理量

1.1.1 电路的基本概念

1. 电路及其组成

简单地讲,电路是电流通过的路径。实际电路通常由各种电路实体部件(如电源、电阻器、电感线圈、电容器、变压器、仪表、二极管、三极管等)组成。每一种电路实体部件具有各自不同的电磁特性和功能,按照人们的需要,把相关电路实体部件按一定方式进行组合,就构成了一个个电路。如果某个电路元器件数很多且电路结构较为复杂时,通常又把这些电路称为电网络。

手电筒电路、单个照明灯电路是实际应用中的较为简单的电路,而电动机电路、雷达导航设备电路、计算机电路,电视机电路是较为复杂的电路,但不管简单还是复杂,电路的基本组成部分都离不开三个基本环节:电源、负载和中间环节。

电源是向电路提供电能的装置。它可以将其其他形式的能量,如化学能、热能、机械能、原子能等转换为电能。在电路中,电源是激励,是激发和产生电流的因素。负载是取用电能的装置,其作用是把电能转换为其他形式的能(如:机械能、热能、光能等)。通常在生产与生活中经常用到的电灯、电动机、电炉、扬声器等用电设备,都是电路中的负载。中间环节在电路中起着传递电能、分配电能和控制整个电路的作用。最简单的中间环节即开关和联接导线;一个实用电路的中间环节通常还有一些保护和检测装置。复杂的中间环节可以是由许多电路元件组成的网络系统。

图1-1-1所示的手电筒照明电路中,电池作电源,灯作负载,导线和开关作为中间环节将灯和电池连接起来。

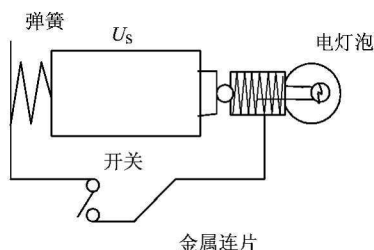


图 1-1-1 手电筒照明的实际电路

2. 电路的种类及功能

工程应用中的实际电路,按照功能的不同可概括为两大类:一是完成能量的传输、分配和转换的电路。如图 1-1-1 中,电池通过导线将电能传递给灯,灯将电能转化为光能和热能。这类电路的特点是大功率、大电流;二是实现对电信号的传递、变换、储存和处理的电路,图 1-1-2 是一个扩音机的工作过程。话筒将声音的振动信号转换为电信号即相应的电压和电流,经过放大处理后,通过电路传递给扬声器,再由扬声器还原为声音。这类电路特点是小功率、小电流。

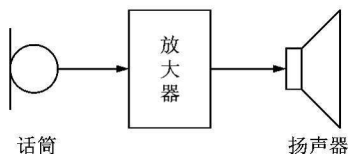


图 1-1-2 扩音机电路

3. 电路模型

实际电路的电磁过程是相当复杂的,难以进行有效的分析计算。在电路理论中,为了方便于实际电路的分析和计算,我们通常在工程实际允许的条件下对实际电路进行模型化处理,即忽略次要因素,抓住足以反映其主要电磁特性,抽象出实际电路器件的“电路模型”。

例如电阻器、灯泡、电炉等,这些电气设备接受电能并将电能转换成光能或热能,光能和热能显然不可能再回到电路中,因此,我们把这种能量转换过程不可逆的电磁特性称之为耗能。这些电气设备除了具有耗能的电磁特性,当然还有其他一些电磁特性,但在研究和分析问题时,即使忽略其他这些电磁特性,也不会影响整个电路的分析和计算。因此,我们就可以用一个只具有耗电磁特性的“电阻元件”作为它们的电路模型。

我们将实际电路器件理想化而得到的只具有某种单一电磁性质的元件,称为理想电路元件,简称为电路元件。每一种电路元件体现某种基本现象,具有某种确定的电磁性质和精确的数学定义。常用的有表示将电能转换为热能的电阻元件、表示电场性质的电容元件、表示磁场性质的电感元件及电压源元件和电流源元件等,其电路符号如图 1-1-3 所示。本章后面将分别讲解这些常用的电路元件。

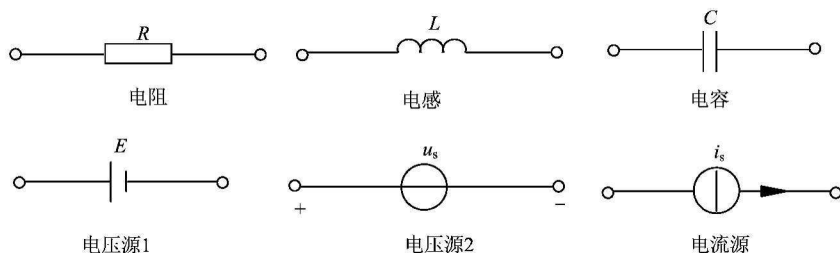


图 1-1-3 理想电路元件的符号

我们把由理想电路元件相互连接组成的电路称为电路模型。例如图 1-1-1 所示, 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, 于是可认为灯是一电阻元件, 用 R 表示。图 1-1-4 是图 1-1-1 的电路模型。

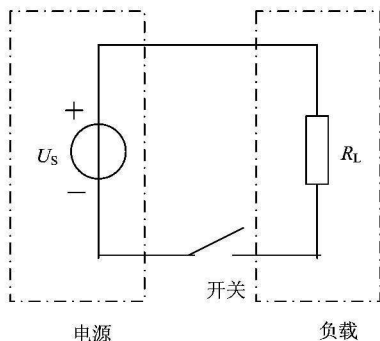


图 1-1-4 手电筒电路的电路模型

1.1.2 电流、电压及其参考方向

电路中的变量是电流和电压。无论是电能的传输和转换, 还是信号的传递和处理, 都是这两个量变化的结果, 因此, 弄清电流与电压及其参考方向, 对进一步掌握电路的分析与计算是十分重要的。

1. 电流及其参考方向

(1) 电流

电荷的定向移动形成电流。电流的大小用电流强度来衡量, 电流强度亦简称为电流。其定义为: 单位时间内通过导体横截面的电荷量, 用公式表示为:

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

其中, i 表示随时间变化的电流, q 表示在 t 时间内通过导体横截面的电量。

在国际制单位中, 电流的单位为安培, 简称安(A)。实际应用中, 大电流用千安培(kA)



表示,小电流用毫安培(mA)表示或者用微安培(μA)表示。它们的换算关系是:

$$1\text{ kA} = 10^3\text{ A} = 10^6\text{ mA} = 10^9\text{ }\mu\text{A}$$

在外电场的作用下,正电荷将沿着电场方向运动,而负电荷将逆着电场方向运动(金属导体内是自由电子在电场力的作用下定向移动形成电流),习惯上规定:正电荷运动的方向为电流的正方向。

电流有交流和直流之分,大小和方向都随时间变化的电流称为交流电流。方向不随时间变化的电流称为直流电流;大小和方向都不随时间变化的电流称为稳恒直流。

(2) 电流的参考方向

简单电路中,电流从电源正极流出,经过负载,回到电源负极;在分析复杂电路时,一般难于判断出电流的实际方向,而列方程、进行定量计算时需要电流有一个约定的方向;对于交流电流,电流的方向随时间改变,无法用一个固定的方向表示,因此,引入电流的“参考方向”。

参考方向可以任意设定,如用一个箭头表示某电流的假定正方向,就称之为该电流的参考方向。当电流的实际方向与参考方向一致时,电流的数值就为正值(即 $i > 0$),如图1-1-5(a)所示;当电流的实际方向与参考方向相反时,电流的数值就为负值(即 $i < 0$),如图1-1-5(b)所示。需要注意的是,未规定电流的参考方向时,电流的正负没有任何意义,如图1-1-5(c)所示。

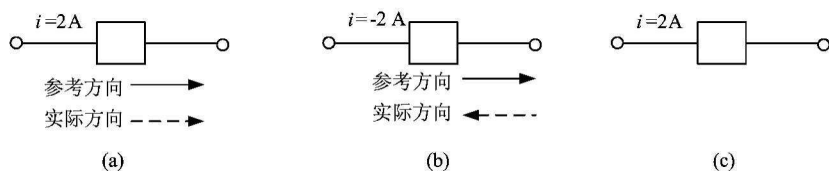


图 1-1-5 电流及其参考方向

2. 电压及其参考方向

(1) 电压

如图1-1-6所示的闭合电路,在电场力的作用下,正电荷要从电源正极a经过导线和负载流向负极b(实际上是带负电的电子由负极b经负载流向正极a),形成电流,而电场力就对电荷做了功。

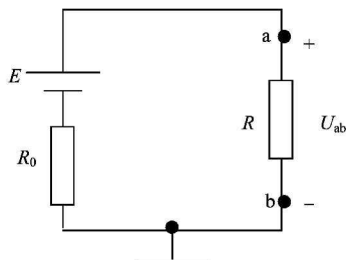


图 1-1-6 定义电压示意图



电场力把单位正电荷从 a 点经外电路(电源以外的电路) 移动到 b 点所做的功, 叫做 a, b 两点之间的电压, 记作 U_{ab} 。因此, 电压是衡量电场力做功本领大小的物理量。

若电场力将正电荷 q 从 a 点经外电路移动到 b 点所做的功是 w , 则 a, b 两点间的电压为:

$$u_{ab} = \frac{w}{q} \quad (1-2)$$

在国际制单位中, 电压的单位为伏特, 简称伏(V)。实际应用中, 大电压用千伏(kV) 表示, 小电压用毫伏(mV) 表示或者用微伏(μV) 表示。它们的换算关系是:

$$1 \text{ kV} = 10^3 \text{ V} = 10^6 \text{ mV} = 10^9 \mu\text{V}$$

电压的方向规定为从高电位指向低电位, 在电路图中可用箭头来表示。

(2) 电压的参考方向

在比较复杂的电路中, 往往不能事先知道电路中任意两点间的电压, 为了分析和计算的方便, 与电流的方向规定类似, 在分析计算电路之前必须对电压标以极性(正、负号), 或标以方向(箭头), 这种标法是假定的参考方向, 如图 1-1-7 所示。如果采用双下标标记时, 电压的参考方向意味着从前一个下标指向后一个下标, 图 1-1-7 元件两端电压记作 u_{ab} ; 若电压参考方向选 b 点指向 a 点, 则应写成 u_{ba} , 两者仅差一个负号, 即 $u_{ab} = -u_{ba}$ 。

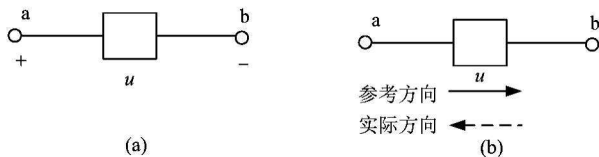


图 1-1-7 电压参考方向的表示方法

分析求解电路时, 先按选定的电压参考方向进行分析、计算, 再由计算结果中电压值的正负来判断电压的实际方向与任意选定的电压参考方向是否一致; 即电压值为正, 则实际方向与参考方向相同, 电压值为负, 则实际方向与参考方向相反。

1.1.3 电位的概念及其分析计算

为了分析问题方便, 常在电路中指定一点作为参考点, 假定该点的电位是零, 用符号“ $\perp$ ”表示, 如图 1-1-6 所示。在生产实践中, 把地球作为零电位点, 凡是机壳接地的设备(接地符号是“ $\perp$ ”), 机壳电位即为零电位。有些设备或装置, 机壳并不接地, 而是把许多元件的公共点作为零电位点, 用符号“ $\perp$ ”表示。

电路中其他各点相对于参考点的电压即是各点的电位, 因此, 任意两点间的电压等于这两点的电位之差, 我们可以用电位的高低来衡量电路中某点电场能量的大小。

电路中各点电位的高低是相对的, 参考点不同, 各点电位的高低也不同, 但是电路中任意两点之间的电压与参考点的选择无关。电路中, 凡是比参考点电位高的各点电位是正电位, 比参考点电位低的各点电位是负电位。

【例 1-1】 求图 1-1-8 中 a 点的电位。

解 对于图 1-1-8(a) 有

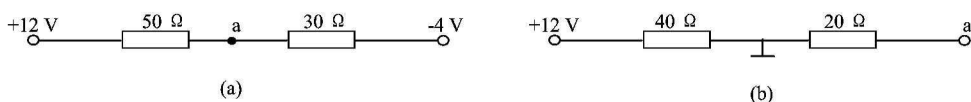


图 1-1-8 例 1-1 电路图

$$U_a = -4 + \frac{30}{50 + 30} \times (12 + 4) = 2(\text{V})$$

对于图 1-1-8(b), 因 $20\ \Omega$ 电阻中电流为零, 故

$$U_a = 0$$

【例 1-2】 电路如图 1-1-9 所示, 求开关 S 断开和闭合时 A, B 两点的电位 U_A , U_B 。

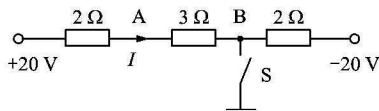


图 1-1-9 例 1-2 电路图

解 设电路中电流为 I , 如图 1-1-9 所示。

开关 S 断开时:

$$I = \frac{20 - (-20)}{2 + 3 + 2} = \frac{40}{7}(\text{A})$$

因为

$$20 - U_A = 2I$$

所以

$$U_A = 20 - 2I = 20 - 2 \times \frac{40}{7} = \frac{60}{7}(\text{V})$$

同理

$$U_B = 20 - (2 + 3)I = 20 - 5 \times \frac{40}{7} = -\frac{60}{7}(\text{V})$$

开关 S 闭合时:

$$I = \frac{20 - 0}{2 + 3} = 4(\text{A})$$

$$U_A = 3I = 3 \times 4 = 12(\text{V})$$

$$U_B = 0(\text{V})$$

1.1.4 电功率及电能的概念和计算

1. 电功率

电流通过电路时传输或转换电能的速率, 即单位时间内电场力所做的功, 称为电功率, 简称功率。数学描述为:

$$p = \frac{w}{t} \quad (1-3)$$

其中, p 表示功率。国际单位制中, 功率的单位是瓦特(W), 规定元件 1 s 内提供或消耗 1 J