面向21世纪

中国高等职业技术教育研究会推荐

机电类专业高职高专规划教材

汽车电工电子技术

主编 黄建华　　主审 刘 彬

西安电子科技大学出版社
http://www.xduph.com

中国高等职业技术教育研究会推荐

面向21世纪机电类专业高职高专规划教材

汽车电工电子技术

主　编　黄建华

主　审　刘　彬

西安电子科技大学出版社

2006

内 容 简 介

本书分上、下两篇。上篇为电工技术，内容包括电路分析基础知识、正弦交流电路、磁路与变压器、电机和控制电器、安全用电；下篇为电子技术，内容包括半导体器件及其应用、晶闸管及其应用、数字电路及其应用。

本书参考学时数为80学时左右，适合作为高职高专汽车应用与维修专业的教材及非电类有关专业的选用教材，也可供从事汽车维修行业的工程技术人员使用，同时还可作为岗前培训教材。

★本书配有电子教案，有需要的老师可与出版社联系，免费提供。

图书在版编目(CIP)数据

汽车电工电子技术/黄建华编著．—西安：西安电子科技大学出版社，2006.2

面向21世纪机电类专业高职高专规划教材

ISBN 7-5606-1630-5

Ⅰ．汽…　Ⅱ．黄…　Ⅲ．汽车-电工-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(2005)第156765号

策　　划　马晓娟

责任编辑　马晓娟

出版发行　西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电　　话　(029)88242885　88201467　　邮　编　710071

http://www.xduph.com　　E mail. xdupfxb@pub.xaonline.com

经　　销　新华书店

印刷单位　西安文化彩印

版　　次　2006年2月第1版　2006年2月第1次印刷

开　　本　787毫米×1092毫米　1/16　印张18

字　　数　420千字

印　　数　1～4000册

定　　价　20.00元

ISBN 7-5606-1630-5/TN·0325

XDUP 1922001-1

序

进入21世纪以来，随着高等教育大众化步伐的加快，高等职业教育呈现出快速发展的形势。党和国家高度重视高等职业教育的改革和发展，出台了一系列相关的法律、法规、文件等，规范、推动了高等职业教育健康有序的发展。同时，社会对高等职业教育的认识在不断加强，高等技术应用型人才及其培养的重要性也正在被越来越多的人所认同。目前，高等职业教育在学校数、招生数和毕业生数等方面均占据了高等教育的半壁江山，成为高等教育的重要组成部分，在我国社会主义现代化建设事业中发挥着极其重要的作用。

在高等职业教育大发展的同时，必须重视内涵建设，不断深化教育教学改革。根据市场和社会的需要，不断更新教学内容，编写具有鲜明特色的教材是其必要任务之一。

为配合教育部实施紧缺人才工程，解决当前机电类精品高职高专教材不足的问题，西安电子科技大学出版社与中国高等职业技术教育研究会在前两轮联合策划、组织编写了“计算机、通信电子及机电类专业”系列高职高专教材共100余种的基础上，又联合策划、组织编写了“数控、模具及汽车类专业”系列高职高专教材共60余种。这些教材的选题是在全国范围内近30所高职高专院校中，对教学计划和课程设置进行充分调研的基础上策划产生的。教材的编写采取在教育部精品专业或示范性专业(数控、模具和汽车)的高职高专院校中公开招标的形式，以吸收尽可能多的优秀作者参与投标和编写。在此基础上，召开系列教材专家编委会，评审教材编写大纲，并对中标大纲提出修改、完善意见，确定主编、主审人选。该系列教材着力把握高职高专“重在技术能力培养”的原则，结合目标定位，注重在新颖性、实用性、可读性三个方面能有所突破，体现高职高专教材的特点。第一轮教材共36种，已于2001年全部出齐，从使用情况看，比较适合高等职业院校的需要，普遍受到各学校的欢迎，一再重印，其中《互联网实用技术与网页制作》在短短两年多的时间里先后重印6次，并获教育部2002年普通高校优秀教材奖。第二轮教材共60余种，在2004年已全部出齐，且大都已重印，有的教材出版一年多的时间里已重印4次，反映了市场对优秀专业教材的需求。本轮教材预计2006年全部出齐，相信也会成为系列精品教材。

教材建设是高职高专院校基本建设的一项重要工作，多年来，各高职高专院校都十分重视教材建设，组织教师参加教材编写，为高职高专教材从无到有，从有到优、到特而辛勤工作。但高职高专教材的建设起步时间不长，还需要做艰苦的工作，我们殷切地希望广大从事高职高专教育的教师，在教书育人的同时，组织起来，共同努力，为不断推出有特色、高质量的高职高专教材作出积极的贡献。

中国高等职业技术教育研究会会长 李宗尧

2005年10月

面向21世纪

机电类专业高职高专规划教材

编审专家委员会名单

编 者 的 话

本书以电工、电子基础知识和专业与实际相结合为出发点，以能力为本，以必需、够用为度，着重基本概念和基本定律的论述，注重对汽车电器设备及汽车新技术方面的基本知识的指导。

本书紧密结合高等职业技术教育的特点，着重能力培养，同时，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，为学生学习专业知识打下基础。

本书共分八章，包括电工技术和电子技术两大部分，每章都有小结和习题，每节后都附有练习与思考题，便于学生复习巩固。

本书教学时数为 80 学时左右。

本书适合作为高职院校的汽车类专业和相关工科类专业使用。同时，为了适应高职两年制教学的需求，对部分内容用“*”号作了标记，可不学或选学。

本书第 1、2 章由上海交通职业技术学院鲍民驹编写，第 3、4、5 章由上海交通职业技术学院黄建华编写，第 6 章由上海交通职业技术学院张巳冬编写，第 7、8 章由上海交通职业技术学院朱建柳编写。全书由黄建华统稿并担任主编。

广东交通职业技术学院刘彬担任了本书的主审，提出了不少宝贵的修改意见。在编写过程中，得到了上海交通职业技术学院汽车系的众多老师的指导和关心；在定稿过程中，得到了西安电子科技大学出版社编辑部众多老师的帮助和修正，在此代表编写同仁表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，加之时间比较仓促，书中难免会存在一些错误和不妥之处，恳切希望读者予以批评指正。

编　者

2005 年 9 月

目　录

上篇　电工技术

下篇 电子技术

【上篇】

电工技术

第1章　电路分析基础知识

1.1　电路的基本概念

1.1.1　电路的基本概念

1. 电路

电路就是电流所流过的路径，是由各种元器件连接而成的。电路通常由电源、负载、开关和导线组成。图1.1是一个最简单的电路。电源是将其他形式的能量(机械能、化学能等)转换成为电能的设备，用来向负载提供电能。汽车上的直流电源是蓄电池和发电机，它们分别将化学能和机械能转换成为电能。负载是将电能转换成为其他形式的能量的设备。例如汽车上的电动机把电能转换成机械能，照明灯把电能转换成为光能等。开关用来控制电路的接通或断开。导线用来连接电源、负载和开关，构成电路并把电源的电能输送到用电设备。

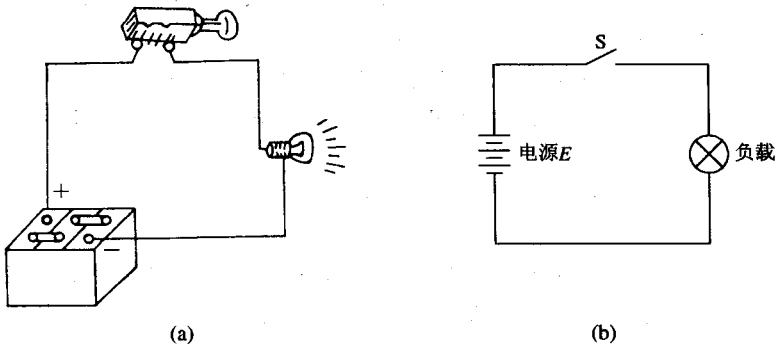

图1.1　最简单的电路

2. 电路图

电路是由实际的电路元器件连接组成的。在画这些实际电路图(图1.1(a))时，没有必要去根据实物画较为复杂的电路图，通常是用简化电器元件的图形符号来表示实物的。由电器元件的图形符号构成的图叫做电路图，如图1.1(b)所示。

3. 汽车电路的单线制

电源和用电设备之间用两根导线构成回路，这种连接方式称为双线制。在汽车上，电

源和用电设备之间通常只用一根导线连接，另一根导线则由车体的金属机架作为另一公共“导线”而构成回路。这种连接方式称为单线制。由于单线制导线用量少，且线路清晰，安装方便，因此广为现代汽车采用，如图 1.2 所示。采用单线制时，蓄电池的一个电极须接至车架上，称为“搭铁”，用符号“⊥”表示。若蓄电池的负极与车架相接，称为“负极搭铁”，反之称为“正极搭铁”。由于负极搭铁时对无线电干扰较小，因此，现在世界各国的汽车采用负极搭铁的较多。我国生产的汽车按机械工业部标准 GB2261—77《汽车、拖拉机用电设备技术条件》的规定，已统一定为负极搭铁。

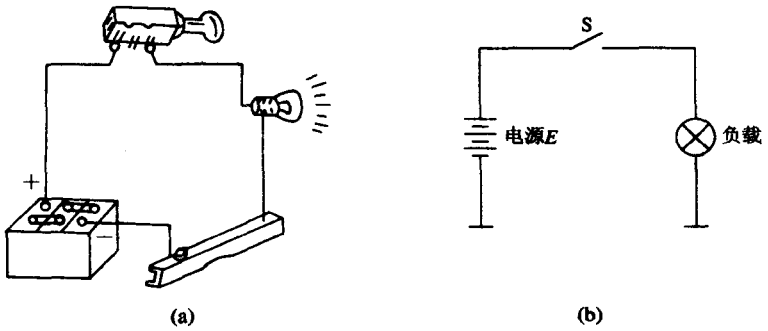

图 1.2　汽车电路单线制

1.1.2　电路的基本物理量

1. 电流

电流是由电荷的定向移动而形成的。金属导体中的电流，是自由电子在电场力作用下运动而形成的。电流不仅有大小，而且有方向。

电流的大小用电流强度来表示，如果电流的大小和方向均不随时间变化，这种电流称为恒定电流，简称直流。对于直流，单位时间内通过导体横截面的电量叫做电流强度，简称电流，用 I 表示，即

$$I = \frac{Q}{t} \tag{1-1}$$

电流强度的单位为安培，简称安(A)。若一秒钟内通过导体横截面的电量是 1 库仑(C)，则此时导体中的电流为 1 安培(A)。计算微小电流时，电流的单位用毫安(mA)或微安(μA)表示。

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

电流的方向，习惯上规定以正电荷移动的方向为电流方向，它与自由电子移动的方向相反。在金属导体中，正电荷并不移动，而是自由电子移动，虽然自由电子在电场中的移动方向与正电荷相反，但从电流这一概念来说两者是等效的。电流的方向可用箭头来表示。在分析与计算电路时，电流的实际方向往往无法预先确定，因而引入电流参考方向的概念。参考方向又称为正值方向，简称正方向。因此可以先任意假设某一方向为电流正方向(用箭头指向)，若计算结果为正值，说明电流的实际方向与正方向相同；若计算结果为负值，说明电流的实际方向与正方向相反，如图 1.3 所示。

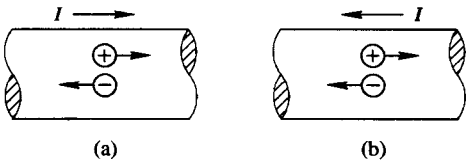

图 1.3　电流的方向
(a) 正值；(b) 负值

2. 电位和电压

在电路中，电流的流动说明电场力对电荷做了功。正电荷在电路的某一点上具有一定的电位能。要确定电位能的大小，必须在电路上选择一参考点作为基准点。正电荷在某点所具有的电位能就等于电场力把正电荷从某点移到参考点所做的功。在图 1.4 所示的电路中，以 B 点为参考点，则正电荷在 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 U_A 表示。

$$U_A = \frac{W_A}{Q} \tag{1-2}$$

电位的单位是焦耳/库仑(J/C)，称为伏特，简称伏(V)。

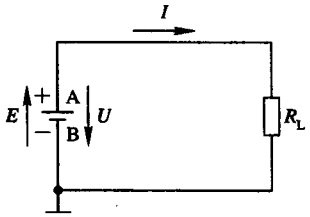

图 1.4　B 点为参考点的电路

电路中某点电位的高低是相对于参考点而言的，参考点不同，则各点电位的大小也不同。但参考点一经选定，则电路中各点的电位就是一定值。参考点的电位通常设为零，在实际电路中常以机壳或大地为参考点，即把机壳或大地的电位规定为零电位。零电位的符号为“⊥”。电位高于零电位为正值，电位低于零电位为负值。

在电路中，由于电源的作用，电场力把正电荷从 A 点移到 B 点所做的功 W_{AB}与正电荷的电量 Q 的比值称为 A、B 两点间的电压，用 U_{AB}表示。

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{Q} \tag{1-3}$$

电场力所做的功 W_{AB}等于正电荷在 A 点的电位能 W_A 与在 B 点的电位能 W_B 的差，即

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{Q} = \frac{W_A}{Q} - \frac{W_B}{Q} = U_A - U_B \tag{1-4}$$

由电压的定义可知，A、B 两点之间的电压，就是该两点之间的电位差，所以电压也称电位差。电压是衡量电场力做功能力的物理量。

电压的单位亦是伏特，简称伏(V)。

较大的电压用千伏(kV)表示，较小的电压用毫伏(mV)表示。

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

电压的实际方向规定为从高电位点指向低电位点，即由“+”极性指向“−”极性。因此在电压的方向上电位是逐渐降低的。

电压的方向可用双下标(例 U_{AB}，U_{BC}等)表示，也可用箭头表示，箭头的起点代表高电位点，终点代表低电位点，如图 1.5 所示。

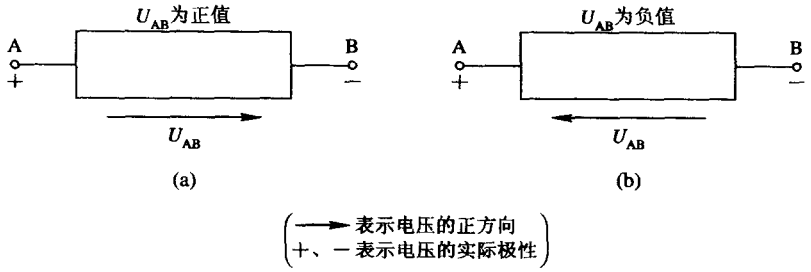

图 1.5　电压的方向

(a) 正方向与实际的极性相同；(b) 正方向与实际的极性相反

在一些复杂电路中，某两点间电压的实际方向预先难以确定，先任意设定两点间电压的参考方向(正方向)，一般用箭头表示，而“+”、“−”表示电压的实际方向。若计算结果为正值，说明电压的实际方向与正方向相同；若计算结果为负值，说明电压的实际方向与正方向相反，如图 1.5 所示。

应该指出：电位和电压是有区别的，电位是相对值，与参考点的选择有关；电压是绝对值，与参考点的选择无关。今后在计算电路的某一未知电流或电压时，应先标明该电流或电压的正方向，然后根据计算结果，确定电流或电压的实际方向。

3. 电动势

在闭合电路中，要维持连续不断的电流，必须要有电源。电源内有一种外力称为电源力，它能把正电荷从电源内部“−”极移到“+”极，从而使正电荷沿电路不断地循环。

在干电池和汽车用蓄电池中，电源力是靠电极与电解液间的化学反应而产生的，在发电机中，电源力由导体在磁场中作机械运动而产生。其实这些都是能量转换的结果，电源把其他形式的能量转变为电能。为了衡量电源把非电能转变为电能的能力，在电源内部，电源力(外力)把正电荷从负极移到正极所做的功 W_E 与正电荷电量 Q 的比值，称为该电源的电动势，用 E 表示，即

$$E = \frac{W_E}{Q} \tag{1-5}$$

电动势是衡量外力做功能力的物理量。外力克服电场力所做的功，使正电荷的电位能升高，正电荷获得能量，把非电能转换为电能。

电动势的单位是伏特(V)。电动势的大小只取决于电源本身的性质，而与外电路无关。例如：干电池的电动势为 1.5 V，汽车用蓄电池的电动势为 24 V 和 12 V 两种。

电动势的实际方向，规定为电源的负极(低电位点)指向正极(高电位点)，即由“−”极性指向“+”极性。因此，在电动势的方向上，电位是逐渐升高的。电源的电动势的方向与电源两端电压的方向相反，电动势的实际方向一般与参考方向是一致的，如图 1.6 所示。

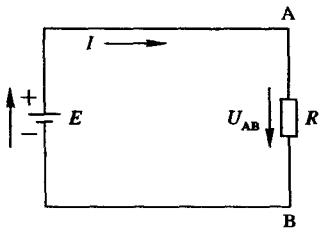

图 1.6　电动势和电压的正方向

4. 电能与电功率

电流能使电灯发光、发动机转动、电炉发热，这些都说明电流通过电气设备时做了功，消耗了电能，我们把电气设备在工作时间消耗的电能(也称为电功)用 W 表示。电能的大小与通过电气设备的电流和加在电气设备两端的电压以及通过的时间成正比，即

$$W = IUt \tag{1-6}$$

电能的单位是焦耳，简称焦(J)。

电气设备在单位时间内消耗的电能称为电功率，简称功率，用 P 表示，即

$$P = \frac{W}{t} = UI \tag{1-7}$$

电功率的单位是瓦特，简称瓦(W)。

在电工应用中，功率的常用单位是千瓦(kW)，电能的常用单位是千瓦时(kWh)，1 千瓦时即为 1 度电，千瓦时与焦耳之间的换算关系是：

$$1\text{ 度} = 1\text{ kWh} = 1000\text{ Wh} = 3.6 \times 10^6\text{ J}$$

我们把电气设备在给定的工作条件下正常运行而规定的最大容许值称为额定值。实际工作时，如果超过额定值工作，会使电气设备使用寿命缩短或损坏；如果小于额定值，会使电气设备的利用率降低甚至不能正常工作。额定电压、额定电流、额定功率分别用 U_N、I_N、P_N 来表示。

例 1-1 已知汽车前照灯远光灯丝的额定功率是 50 W，电源电压为 12 V，求通过灯丝的电流。

解 根据电功率公式 $P=UI$ 得

$$I = \frac{P}{U} = \frac{50}{12} = 4.17\ (\text{A})$$

例 1-2 某一电冰箱工作电压 220 V，测得其电流为 0.5 A，若每天工作 12 h，问每个月(30 d)要耗电多少度？

解 根据题意得知

$$U = 220\text{ V}, \quad I = 0.5\text{ A}, \quad t = 12 \times 30 = 360\text{ h}$$

则电能

$$W = UIt = 220 \times 0.5 \times 360 = 39\ 600(\text{Wh}) = 39.6(\text{kWh}) = 39.6(\text{度})$$

即电冰箱每月耗电为 39.6 度。

5. 电阻

导体对电流的阻碍作用的能力叫做电阻，用 R 表示。电阻的单位是欧姆，简称欧(Ω)。电阻的常用单位还有千欧(kΩ)、兆欧(MΩ)。

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

导体的电阻是客观存在的，它不随导体两端的电压变化而变化。实验证明：在一定温度下，导体的电阻大小与导体的长度 L 成正比，与导体的横截面积 S 成反比，并与导体材料的性质有关，即

$$R = \rho \frac{L}{S} \tag{1-8}$$

其中，ρ 为导体的电阻率(Ω·m)。