



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业学校汽车运用与维修专业教学用书

汽车运用与维修专业技能型紧缺人才培养培训教材

汽车电工与电子基础

主编 任成尧 主审 罗斌 周勇



人民交通出版社
China Communications Press



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业学校汽车运用与维修专业教学用书

汽车运用与维修专业技能型紧缺人才培养培训教材

Qiche Diangong Yu Dianzi Jichu

汽车电工与电子基础

主编 任成尧
主审 罗斌
周勇

人民交通出版社

内 容 提 要

本书是教育部职业教育与成人教育司推荐教材,也是汽车运用与维修专业技能型紧缺人才培养培训教材。由交通职业教育教学指导委员会汽车运用与维修学科委员会根据教育部颁布的《中等职业院校汽车运用与维修专业技能紧缺人才培养培训指导方案》以及交通行业职业技能规范和技术工人等级标准组织编写而成。

本书将电工技术、电子技术的基本知识与汽车电气与电控技术等专业课程的内容进行了适当的整合,介绍了与汽车技术有关的直流电路、交流电路、磁路与变压器、交流电动机及控制、工业企业供电及用电知识、低压电器与控制电路等电工技术和模拟电子技术、数字电子技术等基础知识,还介绍了汽车微机控制系统原理及应用等。

本书取材新颖、实用性强,兼有专业基础课程和专业课程的特点,可供中等职业学校汽车运用与维修专业师生教学使用,也可供汽车使用、维修、检测技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车电工与电子基础/任成尧主编. —北京:人民交通出版社, 2005.8
ISBN 7-114-05553-6

I.汽... II.任... III.①汽车—电工②汽车—电子技术 IV.U463.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第041890号

书 名: 汽车电工与电子基础

著 者: 任成尧

责任编辑: 袁 方

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)85285838, 85285995

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京交通印务实业公司

开 本: 787 × 1092 1/16

印 张: 19.5

字 数: 366千

版 次: 2005年6月 第1版

印 次: 2005年6月 第1版 第1次印刷

书 号: ISBN 7-114-05553-6

印 数: 0001~5000册

定 价: 25.70元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

交通职业教育教学指导委员会
汽车运用与维修学科委员会

主任委员：魏庆曜

副主任委员：张尔利 汤定国

委员：唐 好 刘 锐 周建平 颜培钦 李富仓

解福泉 杨维和 屠卫星 黄晓敏 刘振楼

彭运均 陈文华 崔选盟 崔振民 金朝勇

秘 书：吴玉基 秦兴顺

前言 QIANYAN

为深入贯彻《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》以及教育部等六部委《关于实施职业院校制造业和现代服务业技能型紧缺人才培养培训工程的通知》精神,全面实施《2003—2007年教育振兴行动计划》中提出的“职业教育与培训创新工程”,积极推进课程改革和教材建设,为职业教育教学和培训提供更加丰富、多样和实用的教材,更好地满足职业教育改革与发展的需要。交通职业教育教学指导委员会汽车运用与维修学科委员会组织全国交通职业院校的专业教师,按照教育部颁布的《中等职业院校汽车运用与维修专业领域技能型紧缺人才培养培训指导方案》的要求,编写了教育部职业教育与成人教育司推荐教材,供中等职业院校汽车运用与维修专业教学使用。

本系列教材符合国家对技能型紧缺人才培养培训工作的要求,注重以就业为导向,以能力为本位,面向市场、面向社会,为经济结构调整和科技进步服务的原则,体现了职业教育的特色,满足了高素质的中、初级汽车专业实用人才培养的需要。

本系列教材在组织编写过程中,认真总结了全国交通职业院校多年来的专业教学经验,注意吸收发达国家先进的职教理念和方法,形成了以下特色:

1. 以《汽车电工与电子基础》、《汽车机械基础》、《汽车发动机构造与维修》、《汽车底盘构造与维修》、《汽车电气设备构造与维修》、《汽车维修质量检验》六门课程搭建专业基本能力平台,以若干专门化适应各地各校的实际需求;
2. 打破了教材传统的章节体例,以专项能力培养为单元确定知识目标和能力目标,使培养过程实现“知行合一”;
3. 在内容的选择上,注重汽车后市场职业岗位对人才的知识、能力要求,力求与相应的职业资格标准衔接,并较多地反映了新知识、新技术、新工艺、新方法、新材料的内容。

《汽车电工与电子基础》是汽车运用与维修专业领域技能型紧

缺人才培养培训核心课程之一,内容包括:直流电路、交流电路、磁路与变压器、交流电动机及控制、工业企业供电及用电知识、低压电器与控制电路等电工技术和模拟电子技术、数字电子技术等基础知识,还介绍了汽车微机控制系统原理及应用等。

参加本书编写工作的有:山西交通职业技术学院任成尧(编写单元四、单元十二)、王安新(编写单元一、单元二、单元三、单元八)、叶美桃(编写单元五、单元六)、乔金平(编写单元七、单元十)、张润锁(编写单元九、单元十一)。全书由任成尧担任主编,四川交通职业技术学院罗斌、贵州交通职业技术学院周勇担任主审。

限于编者经历和水平,教材内容难以覆盖全国各地的实际情况,希望各教学单位在积极选用和推广本系列教材的同时,注重总结经验,及时提出修改意见和建议,以便再版修订时改正。

**交通职业教育教学指导委员会
汽车运用与维修学科委员会
2005年3月**

目 录

单元一 直流电路	1
1 电路的基本概念	1
2 电路的基本物理量	2
3 电阻的连接及应用	6
4 导线的选择	9
5 电路基本定律(基尔霍夫定律)	12
6 复杂电路计算	13
7 电路中电位的计算	14
单元小结	16
思考与练习	17
单元二 正弦交流电路	19
1 交流电与交流电路	19
2 正弦交流电的基本概念	20
3 正弦交流电的表示法	23
4 纯电阻电路	26
5 电感和纯电感电路	28
6 电容和纯电容电路	32
7 电阻、电感、电容器的串联电路	36
8 线圈与电容器的并联电路	40
9 电路中的谐振	42
单元小结	44
思考与练习	46
单元三 三相交流电路	48
1 三相交流电	48
2 三相绕组的联接	49
3 三相负载的星形联接	51
4 三相负载的三角形联接	55
5 三相电路的功率	56

单元小结	58
思考与练习	59
单元四 磁路与变压器	60
1 磁的基本知识	60
2 电流的磁场	61
3 磁场对电流的作用	62
4 电磁感应	65
5 铁磁性物质与磁路	76
6 变压器	79
单元小结	94
思考与练习	95
单元五 交流电动机	102
1 三相异步电动机的结构	102
2 三相异步电动机的工作原理	104
3 三相异步电动机的铭牌和技术数据	107
4 三相异步电动机的起动、调速和制动	110
5 单相异步电动机	116
6 控制、保护器件	120
7 基本控制电路	126
单元小结	132
思考与练习	133
单元六 直流电动机	136
1 概述	136
2 直流电动机的基本原理	137
3 直流电动机的结构和励磁方式	139
4 直流电动机的机械特性	143
5 直流电动机的起动、调速和反转	145
6 永磁电动机	149

单元小结	151
思考与练习	152
单元七 工业企业供电及用电知识	155
1 发电、输电和配电	155
2 安全用电	157
3 计划用电和节约用电	162
单元小结	163
思考与练习	163
单元八 常用半导体器件及应用	165
1 概述	165
2 PN 结	166
3 晶体二极管	170
4 晶体三极管	172
5 晶闸管	179
6 基本放大电路	182
7 集成运算放大电路	189
8 反馈在放大电路中的应用	191
9 基本运算电路	196
10 三极管开关电路	199
单元小结	202
思考与练习	204
单元九 数字电路基础	206
1 概述	206
2 基本逻辑门电路	207
3 集成门电路	212
4 集成触发器	219
5 基本数字部件(计数器)	225
6 数字电路应用举例	231

单元小结	234
思考与练习	235
单元十 整流、稳压电路	238
1 单相整流电路	239
2 滤波电路	242
3 稳压电路	245
4 调压电路	248
5 三相桥式整流	250
单元小结	252
思考与练习	253
单元十一 电工测量仪表	256
1 普通指针式万用表	256
2 数字万用表	260
3 汽车万用表	262
单元小结	266
思考与练习	267
单元十二 汽车微机控制系统介绍	268
1 汽车微机控制概述	268
2 汽车微机控制系统的基本组成	269
单元小结	297
思考与练习	298
参考文献	301

单元一 直流电路

学习目标

知识目标

1. 简单叙述串、并联电路的性质；
2. 正确描述电路的基本概念和基尔霍夫定律。

能力目标

1. 会用万用表测量电路的电压、电流、电阻；
2. 能解决直流电路中的连接问题；
3. 会分析较复杂的电路。

1 电路的基本概念

1.1 电路的组成

电路是电流所经过的路径,一般是由电源、用电器、导线和开关四部分组成的闭合回路。日常生活中的手电筒是一个最简单的直流电路。汽车上的照明系统也是直流电路的典型应用。

电路的组成

1.1.1 电源

把其他形式的能量转换成为电能的装置叫做电源。常见的电源有干电池、蓄电池和发电机等。

1.1.2 用电器

把电能转变成其他形式能量的元件或设备称为用电器,也常被称为电源的负载。常见的负载有电灯、电炉、电烙铁、扬声器和电动机等。

1.1.3 导线

连接电源与用电器的金属线称为导线,它把电源产生的电能输送到用电器,常用铜、铝等材料制成。

1.1.4 开关

开关指控制电路接通或断开的器件。

1.2 电路的状态

电路通常有三种状态:通路、开路和短路。

电路的状态

1.2.1 通路(闭路)

电路连成闭合回路,电路中有电流通过。

1.2.2 开路(断路)

指电路中某处断开,不构成通路的电路称为开路。此时电路中无电流通过。

1.2.3 短路

把电源两端的导线直接相连时,电源输出的电流不经负载只经连接导线而直接流回电源的状态称为短路状态,简称短路。此时电路中的电流叫短路电流,由于导线电阻一般很小,所以短路电流很大,可能损坏电源或其他设备,应尽量避免。

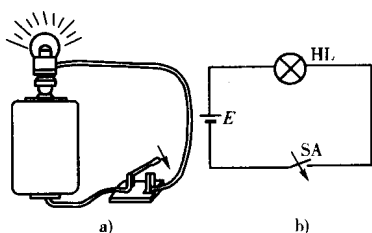


图 1-1 实际电路和电路图
a)实际电路;b)电路图

1.3 电路图

电路图是用国家统一规定的电器元件或设备的符号来表示电路连接情况的图。如图 1-1b)就是图 1-1a)表示的实际电路的电路图。电路图能帮助人们了解整个电路工作原理和电器安装顺序。

识图就是看懂电路图,它包括三个方面:认识电路图上的符号,看懂电路的结构,了解各部分的作用和工作原理。

2 电路的基本物理量

2.1 电流

2.1.1 电流的形成

电荷的定向运动形成电流。在金属导体中,电流是自由电子在电场力作用下作定向运动形成的。在某些液体或气体中,电流是带正、负电荷的离子在电场力作用下沿相反方向作定向运动形成的。

2.1.2 电流方向

习惯上规定以正电荷的运动方向为电流方向(实际方向)。

在分析电路时,有时难以判定某处电流的方向,此时先可以任意选择某一方向为电流的参考方向。然后列方程求解。当解出的电流为正值时,就认为电流实际方向与参考方向一致;反之,为负时,就认为电流实际方向与参考方向相反。

2.1.3 电流的大小

电流的大小等于单位时间内通过导体某一横截面的电荷

电流概述

量,用电流强度 I 表示。大小和方向不随时间变化的电流称为恒定电流,简称直流。如果在时间 t 内通过导体横截面的电荷量为 q ,那么,电流强度可表示为

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

2.1.4 电流的单位

电流的标准单位是安培,简称安(A),1A表示每秒中通过导体横截面的电量为1库仑。除安培外,常用的电流单位还有千安(kA)、毫安(mA)、微安(μ A)。电流各单位间的关系为

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

2.2 电压

2.2.1 电压的概念

电荷在导体中作定向运动时,一定要受到力的作用。如果这个力是电场力,则电荷运动时就要消耗电场能量,或者说电场力对电荷作了功。电压就是为衡量电场力对电荷作功的本领大小而引入的一个物理量。

电压概述

2.2.2 电压的大小

a 、 b 两点间电压 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。也就是单位正电荷在移动过程中所失去的电能量。如果电场力将电荷 q 从 a 点移动到 b 点所作的功为 W_{ab} ,则 a 、 b 两点间电压 U_{ab} 可表示为

$$U_{ab} = \frac{W_{ab}}{q} \quad (1-2)$$

2.2.3 电压的方向

正电荷在电场力的作用下,从高电位向低电位移动为电压的正方向(实际方向)规定正电荷的移动方向。

同理,电压的参考方向可以任意选择。当实际电压方向与参考方向一致时,电压值为正,反之为负。

2.2.4 电压的单位

电压的标准单位是伏特,简称伏(V)。除伏特外,常用的电压单位还有千伏(kV)、毫伏(mV)。电压各单位间的关系为

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



电动势概述

2.3 电动势

2.3.1 电源力

为维持导体中的电流能够连续不断地流过,且应使得导体 a, b 两端的电压不致丧失,就要将 b 端的正电荷移至 a 端。但电场力的作用方向恰好与此相反,因此,就必须要有另一种力去克服电场力而使 b 端的正电荷移至 a 端。电源中必须具有这种力——电源力(非静电力)。在干电池和蓄电池中,非静电力来自化学作用。在发电机中,非静电力来自磁场作用。

2.3.2 电动势的定义

电动势是衡量电源将非电能转化为电能本领的物理量。电动势的定义为:在电源内部,电源力将单位正电荷从电源负极移到电源正极所作的功,用字母 E 表示。

2.3.3 电动势的大小

电源电动势 E 的数值等于电源力把单位正电荷从电源的负极经电源内部移到电源正极所作的功,也就是单位正电荷从电源低电位端移到高电位端所获得的能量。如果电源力将电荷 q 从电源的负极经电源内部移到电源正极所作的功为 W_E ,则电动势的大小可表示为:

$$E = \frac{W_E}{q} \quad (1-3)$$

2.3.4 电动势的方向

电动势的实际方向是由电源负极经电源内部指向电源正极。在分析问题时也可假设参考方向。

2.3.5 电动势的单位

电动势与电压的单位相同。

2.4 电阻

2.4.1 电阻的概念

一般地说,导体对电流的阻碍作用称为电阻,用字母 R 或 r 表示。

2.4.2 电阻的单位

电阻的标准单位是欧姆,简称欧。欧姆的符号是 Ω 。如果导体两端的电压为 $1V$,通过的电流是 $1A$,则该导体的电阻就是 1Ω 。

除欧姆外,常用的电阻单位还有千欧 ($k\Omega$) 和兆欧 ($M\Omega$)。电阻各单位间的关系为:

$$1k\Omega = 10^3 \Omega \quad 1M\Omega = 10^3 k\Omega = 10^6 \Omega$$

电阻概述

2.4.3 电阻的大小

导体的电阻是客观存在的,是由它本身的物理条件决定的,它与导体两端电压的大小无关。实验证明,在温度不变时,导体的电阻跟它的长度 l 成正比,跟它的横截面积 S 成反比,并与导体的材料性质有关。即

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1.4)$$

此式称为电阻定律。式中的 ρ 是与材料性质有关的物理量,称为电阻率或电阻系数,单位是欧米($\Omega \cdot m$)。在一定温度下,对同一种材料, ρ 是常数。

2.4.4 电阻与温度的关系

实验还证明,导体的电阻与温度有关。通常,金属的电阻都是随温度的升高而增大。如民用220V、40W的白炽灯不通电时,其灯丝电阻约为 100Ω ,而正常发光时的灯丝电阻却高达 1210Ω 。半导体和电解液的电阻,通常都是随温度升高而减小。所以在电镀业中常用加热的方法来减小电镀液的电阻。在电子工业中常用半导体制造能够灵敏地反映温度变化的热敏电阻。

此外,利用导体的电阻可制成不同用途、不同阻值和不同形状的电阻器。

2.5 电能、电功率

2.5.1 电能

在导体两端加上电压,导体内就建立了电场。电场力在推动自由电子定向移动中要作功。设导体两端的电压为 U ,通过导体横截面的电荷量为 q ,电场力所作的功即电路所消耗的电能 $W = qU$,由于 $q = It$,所以

$$W = UIt \quad (1.5)$$

式中, W 、 U 、 I 、 t 的单位应分别为焦(J)、伏(V)、安(A)、秒(s)。在实际应用中常以千瓦时($kW \cdot h$)作为电能的单位。千瓦时俗称度。

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

电流作功的过程实际上是电能转化为其他形式的能的过程。例如,电流通过电炉作功,电能转化为热能;电流通过电动机作功,电能转化为机械能;电流通过电解槽作功,电能转化为化学能。

2.5.2 电功率

在一段时间内,电路产生或消耗的电能与时间的比值叫

电能、电功率概述



做电功率,用 P 表示。则

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

或 $P = UI \quad (1-7)$

式中, P 、 U 、 I 的单位应分别为瓦(W)、伏(V)、安(A)。

可见,一段电路上的电功率,跟这段电路两端的电压和电路中的电流成正比。

用电器上通常表明它的电功率和电压,叫做用电器的额定功率(P_N)和额定电压(U_N)。如果给它加上额定电压,它的功率就是额定功率,这时用电器正常工作。根据额定功率和额定电压,可以很容易算出用电器的额定电流。例如,220V、40W 的灯泡的额定电流就是 $I_N = \frac{40W}{220V} \approx 0.18A$ 。若加在用电器上的电压改变,则它的功率也随着改变。

3 电阻的连接及应用

3.1 电阻的串联及应用

3.1.1 电阻串联的定义

两个或两个以上的电阻依次相连,中间无分支的联接方式叫电阻的串联,如图 1-2 所示。

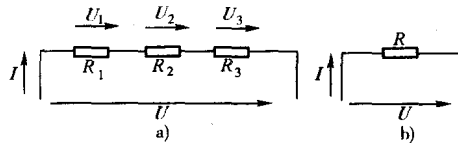


图 1-2 电阻的串联

a) 三个电阻的串联; b) 等效电路

3.1.2 电阻串联的性质

① 串联电路中流过每个电阻的电流都相等,即

$$I = I_1 = I_2 = \dots = I_n \quad (1-8)$$

式中,脚标 1、2、 \dots 、 n 分别代表第 1、第 2、 \dots 、第 n 个电阻(以下相同)。

② 串联电路两端的总电压等于各电阻两端的电压之和,即

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n \quad (1-9)$$

当 n 个电阻的阻值都相等时,则 $U_1 = U_2 = \dots = U_n = \frac{U}{n}$ 。

③串联电路的等效电阻(即总电阻)等于各串联电阻之和,即

$$R = R_1 + R_2 + \cdots + R_n \quad (1-10)$$

当 n 个电阻的阻值都等于 R 时,则 $R_{\text{总}} = nR$ 。

④串联电路中各个电阻两端的电压跟它的阻值成正比。

$$\text{由于 } I = \frac{U_1}{R_1}, I = \frac{U_2}{R_2}, \cdots, I = \frac{U_n}{R_n}$$

$$\text{所以 } \frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2} = \cdots = \frac{U_n}{R_n} = I \quad (1-11)$$

⑤串联电路中各个电阻消耗的功率跟它的阻值成正比。

由于串联电路中某个电阻 R_k 消耗的功率 $P_k = U_k I$, 而 $U_k = R_k I$ 。因此, $P_k = R_k I^2$, 各个电阻消耗的功率分别是

$$P_1 = R_1 I^2, P_2 = R_2 I^2, \cdots, P_n = R_n I^2$$

$$\text{所以 } \frac{P_1}{R_1} = \frac{P_2}{R_2} = \cdots = \frac{P_n}{R_n} = I^2 \quad (1-12)$$

3.1.3 电阻串联的应用

电阻串联的应用很广泛,在实际工作中常见的应用有:

①用几个电阻串联来获得阻值较大的电阻。

②采用几个电阻构成分压器,使同一电源能供给几种不同的电压。如图 1-3 所示,由 R_1 、 R_2 、 R_3 和 R_4 构成的分压器,可使电源输出四种不同数值的电压。

③当负载的额定电压低于电源电压时,可用串联的办法来满足负载接入电源使用的需要。例如可将两个相同的 6V 指示灯串联后接到 12V 电源中使用。

④利用串联电阻的方法来限制和调节电路中电流的大小。例如,在初中物理课中曾做过用滑动变阻器来改变电流强度的实验。

⑤在电工测量中广泛应用串联电阻的方法来扩大电压表的测量量程。

例 1-1 假设有一个电流表,电阻 $R_g = 1000\Omega$, 满偏电流 $I_g = 100\mu\text{A}$, 要把它改装成量程是 3V 的电压表,应该串联多大的电阻?

解: 电流表指针偏转到满刻度时,它两端的电压 $U_g = R_g I_g = 0.1\text{V}$, 这是它能承担的最大电压。现在要让它测量最大为 3V 的电压,分压电阻 R 就必须分担 2.9V 的电压。

由于串联电路中电压跟电阻成正比,即 $\frac{U_g}{R_g} = \frac{U_R}{R}$, 则

$$R = \frac{U_R}{U_g} R_g = \frac{2.9}{0.1} \times 1000 = 2.9 \times 10^4 \Omega = 29\text{k}\Omega$$

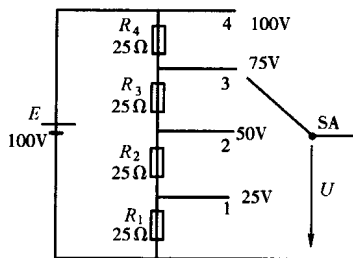


图 1-3 电阻分压器