

高等职业院校国家技能型紧缺人才培养培训工程规划教材
· 汽车运用与维修专业



电子·教育

汽车电工电子基础

吕爱华 主编 钱守义 程传红 副主编 高树德 主审



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

高等职业院校国家技能型紧缺人才培养培训工程规划教材·汽车运用与维修专业

汽车电工电子基础

吕爱华 主 编

钱守义 副主编
程传红

高树德 主 审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本教材是根据“两年制高等职业教育汽车工程类专业技能型紧缺人才培养指导方案”的文件精神，本着：“突出技能，重在实践，淡化理论，够用实用”的指导思想编写的。主要内容包括：基本电器元件、基本定律、基本电路、汽车常用仪器仪表的使用、三相异步电动机及其控制、电气元件及其基本定律在汽车中的应用、直流电机和交流发电机，并附有适量的习题和实验。

本书可作为高等专科学校、高等职业技术学院、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院汽车工程类（含制造、应用与维修）等专业电工电子基础课教材，也可供广大汽车工程技术人员参考。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

汽车电工电子基础/吕爱华主编. —北京：电子工业出版社，2005.4
高等职业院校国家技能型紧缺人才培养培训工程规划教材·汽车运用与维修专业
ISBN 7-121-00977-3

I. 汽… II. 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. U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2005）第 014034 号

责任编辑：陈晓明

印 刷：北京天宇星印刷厂

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销：各地新华书店

开 本：787×1092 1/16 印张：17.25 字数：442 千字

印 次：2005 年 4 月第 1 次印刷

印 数：5 000 册 定价：23.00 元

凡购买电子工业出版社的图书，如有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系。联系电话：（010）68279077。质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

出版说明

高等职业教育是我国高等教育体系的重要组成部分，也是我国职业教育体系的重要组成部分。社会需求是职业教育发展的最大动力。根据劳动市场技能人才的紧缺状况和相关行业人力资源需求预测，教育部会同劳动和社会保障部、国防科工委、信息产业部、交通部、卫生部启动了“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”，明确了高等职业教育的根本任务是要从劳动力市场的实际需要出发，坚持以就业为导向，以全面素质为基础，以能力为本位，把提高学生的职业能力放在突出的位置，加强实践教学，努力造就数以千万计的制造业和现代服务业一线迫切需要的高素质技能型人才，并且优先确定了“数控技术应用”、“计算机应用与软件技术”、“汽车运用与维修”、“护理”等四个专业领域，在全国选择确定 200 多所高职院校作为承担技能型紧缺人才培养培训工程示范性院校，其中计算机应用与软件技术专业 79 所，软件示范性高职院校 35 所，数控技术应用专业 90 所，汽车运用与维修专业 63 所。为加快实施技能型人才培养培训工程，教育部决定，在 3~5 年内，高职院校学制要由 3 年逐步改为 2 年。

为了适应高等职业教育发展与改革的新形势，电子工业出版社在国家教育部、信息产业部有关司局的支持、指导和帮助下，进行了调研，探索出版符合高等职业教育教学模式、教学方法、学制改革的新教材的路子，并于 2004 年 4 月 3 日~13 日在南京分别召开了“计算机应用与软件技术”、“数控技术应用”、“汽车运用与维修”等 3 个专业的教材研讨会。参加会议的 150 多名骨干教师来自全国 100 多所高职院校，很多教师是双师型的教师，具有丰富的教学经验和实践经验。会议根据教育部制定的 3 个专业的高职两年制培养建议方案，确定了主干课程和基础课程共 60 个选题，其中，“计算机应用与软件技术专业” 30 个；“数控技术应用专业” 12 个；“汽车运用与维修专业” 18 个。

这批教材的编写指导思想是以两年制高等职业教育技能型人才为培养目标，明确职业岗位对专业核心能力和一般专业能力的要求，重点培养学生的技术运用能力和岗位工作能力，并围绕核心能力的培养形成系列课程链路。教材编写注重技能性、实用性，加强实验、实训、实习等实践环节。教材的编写内容和学时数较以往教材有根本的变化，不但对教材内容系统地进行了精选、优化和压缩，而且适当考虑了相应的职业资格证书的课程内容，有利于学生在获得学历证书的同时，顺利获得相应的职业资格证书，增强学生的就业竞争能力。为了突出教学效果，这批教材将配备电子教案，重点教材将配备多媒体课件。

这批教材按照两年制高职教学计划编写，并将于 2005 年 4 月底之前出版。这批教材是伴随着高等职业教育的改革与发展而问世的，可满足当前两年制高等职业教育的需求，教材所存在的一些不尽如人意之处，将在今后的教学实践中不断修订、完善和充实。我们将在教育部和信息产业部的指导和帮助下，一如既往地依靠业内专家，与科研、教学、产业第一线人员紧密结合，加强合作，与时俱进，不断开拓，为高等职业教育提供优质的教学资源和服务。

电子工业出版社
高等职业教育教材事业部
2004 年 8 月

参与编写“高等职业院校国家技能型紧缺人才培养培训工程 规划教材”的院校及单位名单

吉林交通职业技术学院
长春汽车高等专科学校
山西交通职业技术学院
湖南交通职业技术学院
云南交通职业技术学院
南京交通职业技术学院
陕西交通职业技术学院
浙江交通职业技术学院
江西交通职业技术学院
福建交通职业技术学院
南京工业职业技术学院
浙江工贸职业技术学院
四川职业技术学院
郴州职业技术学院
浙江师范大学高等技术学院
辽宁铁岭农业职业技术学院
河北承德石油高等专科学校
邢台职业技术学院
保定职业技术学院
武汉工交职业学院
湖南生物机电职业技术学院
大庆职业学院
三峡大学职业技术学院
无锡职业技术学院
哈尔滨工业大学华德应用技术学院
长治职业技术学院
江西机电职业技术学院
湖北省襄樊机电工程学院
河南漯河职业技术学院
吉林电子信息职业技术学院
陕西国防工业职业技术学院
天津中德职业技术学院
河南机电高等专科学校
平原大学
苏州工业园区职业技术学院
九江职业技术学院
宁波大红鹰职业技术学院
无锡轻工职业技术学院
江苏省宜兴轻工业学院
湖南铁道职业技术学院
顺德职业技术学院
广东机电职业技术学院
常州机电职业技术学院
常州轻工职业技术学院
南京工程学院数控培训中心
上海市教育科学研究院
深圳职业技术学院
深圳信息职业技术学院
湖北轻工职业技术学院
上海师范大学
广东技术师范学院
包头职业技术学院
山东济宁职业技术学院
无锡科技职业学院
钟山学院信息工程系
合肥通用职业技术学院
广东轻工职业技术学院
山东信息职业技术学院
大连东软信息技术学院
西北工业大学金叶信息技术学院
福建信息职业技术学院
福州大学工程技术学院
江苏信息职业技术学院
辽宁信息职业技术学院
华北工学院软件职业技术学院
南海东软信息技术职业学院
天津电子信息职业技术学院
北京信息职业技术学院

安徽新华学院
安徽文达信息技术职业学院
杭州电子工业学院软件职业技术学院
常州信息职业技术学院
武汉软件职业学院
长春工业大学软件职业技术学院
淮安信息职业技术学院
上海电机高等专科学校
安徽电子信息职业技术学院
上海托普信息技术学院
浙江工业大学
内蒙古电子信息职业学院
武汉职业技术学院
南京师范大学计算机系
苏州托普信息技术学院
北京联合大学
安徽滁州职业技术学院
新疆农业职业技术学院
上海交通大学软件学院
天津职业大学
沈阳职业技术学院
南京信息职业技术学院
南京四开电子有限公司
新加坡 MTS 数控公司
上海宇龙软件工程有限公司
北京富益电子技术开发公司
安徽职业技术学院
河北化工医药职业技术学院
河北工业职业技术学院
河北师大职业技术学院
北京轻工职业技术学院
成都电子机械高等专科学校
广州铁路职业技术学院
广东番禺职业技术学院
桂林电子工业学院高职学院
桂林工学院
河南职业技术师范学院
黄冈职业技术学院
黄石高等专科学校

湖北孝感职业技术学院
湖南信息职业技术学院
江西蓝天职业技术学院
江西渝州科技职业技术学院
江西工业职业技术学院
柳州职业技术学院
南京金陵科技学院
西安科技学院
西安电子科技大学
上海新侨职业技术学院
四川工商职业技术学院
绵阳职业技术学院
苏州工商职业技术学院
苏州经贸职业技术学院
天津渤海职业技术学院
宁波高等专科学校
太原电力高等专科学校
无锡商业职业技术学院
新乡师范高等专科学校
浙江水利水电专科学校
浙江工商职业技术学院
杭州职业技术学院
浙江财经学院信息学院
台州职业技术学院
湛江海洋大学海滨学院
天津滨海职业技术学院

前 言

本书是根据2004年在南京召开的“高职高专汽车类教材研讨会”确定的教材编写原则，参考现行汽车工程类高职基础课程教学基本要求，并结合两年制高等职业教育的发展要求，按照“理论够用，重在实践”的思想编写的。本书附有例题、习题与实验，以便读者加深理解。

《汽车电工电子基础》这门课程是汽车类专业的一门技术基础课，在编写过程中力求将电工电子的基本规律及电气元件与汽车紧密结合起来，使读者能够利用所学电工电子的理论来分析汽车中的基本电路，从而达到将专业基础课与专业课融为一体的目的。它是将汽车电器与电工电子学课程有机结合的一门新型专业基础课。

本书编写时注意体现以下几方面的特点。

1. 注重基本原理与基本概念的阐述，并强调基本理论的实际应用，以培养学生的实际工作能力。

2. 本书在编写时编入了一些在实际应用中较为成熟的新技术和新设备，力求取材新颖。

3. 在本书中尽量选用先进的、典型的线路和实例，使读者能获得实用的知识。

4. 在文字叙述上，力求通俗易懂，便于自学。

5. 精选了传统内容，采用模块化的结构，图形与文字符号国标化。

6. 在编写过程中注重高等职业教育的特点，注意了教材的可读性、针对性、实用性和操作性，尽力突出所讲内容的实质，避免烦琐的数学推导。

本书可作为高等专科学校、高等职业技术学院、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校的汽车工程类（含制造、应用与维修等）各专业电工电子基础课的教材，也可供汽车制造厂工程技术人员、广大汽车驾驶维修人员及汽车爱好者阅读。

本书共分7章，其中第1章由程传红老师编写，第2章由张明国老师编写，第3章由浙江工贸职业技术学院钱守义、余威明老师编写，第4章由包科杰老师编写，第5章由宋爱民老师编写，第6章由刘甫勇老师编写，第7章由吕爱华老师编写。本书由钱守义、程传红两位老师担任副主编，全书由吕爱华老师统稿并担任主编。

本书由吉林交通职业技术学院高树德教授担任主审。在本书初稿文字编排过程中陶慧、张军建同志做了大量的具体工作，杨胜先、张斌同志对本书各章实验的编写给予了大力支持，在此一并表示感谢。

由于编写时间紧迫，编者水平有限，书中缺点和错漏之处在所难免，欢迎读者批评指正。

编 者

2004. 8

目 录

第 1 章 基本电器元件	(1)
1.1 电阻、电容、电感元件	(1)
1.1.1 电阻元件	(1)
1.1.2 电容元件	(7)
1.1.3 电感元件	(9)
1.2 半导体元件	(15)
1.2.1 二极管	(15)
1.2.2 三极管	(19)
1.2.3 晶闸管	(26)
习题 1	(30)
实验 1 伏安法测电阻	(31)
第 2 章 基本定律	(33)
2.1 电磁感应定律	(33)
2.1.1 电磁感应现象	(33)
2.1.2 楞次定律	(34)
2.1.3 法拉第电磁感应定律	(35)
2.2 基尔霍夫定律	(37)
2.2.1 电路的基本物理量	(37)
2.2.2 参考方向及选择原则	(38)
2.2.3 基尔霍夫定律	(39)
2.4 磁路欧姆定律	(43)
2.4.1 磁路及磁性材料	(43)
2.4.2 磁路的欧姆定律	(44)
2.4.3 电磁铁	(45)
习题 2	(47)
实验 2 基尔霍夫定律验证	(51)
实验 3 电磁感应现象的研究	(52)
第 3 章 基本电路	(54)
3.1 电路及电路的三种工作状态	(54)
3.1.1 电路的组成和功能	(54)
3.1.2 电路模型和电路图	(54)
3.1.3 电路的三种工作状态	(55)
3.2 正弦交流电路	(57)
3.2.1 正弦电压和正弦电流及正弦量的表示方法	(57)
3.2.2 单一参数正弦交流电路	(61)
3.2.3 RLC 串联交流电路	(67)

3.3	三相交流电路	(71)
3.3.1	三相电源的连接	(72)
3.3.2	三相负载的连接	(74)
3.4	二极管整流电路	(76)
3.4.1	单相整流电路	(77)
3.5	二极管基本放大电路	(80)
3.5.1	共射极电压放大电路	(81)
3.5.2	静态工作点稳定电路	(88)
3.5.3	正弦波振荡电路	(90)
3.5.4	集成运算放大电路及应用	(94)
3.6	数字电路	(102)
3.6.1	基本门电路	(102)
3.6.2	组合逻辑电路	(105)
3.6.3	时序逻辑电路	(111)
3.6.4	多谐振荡器	(122)
3.6.5	555 定时器	(124)
	习题 3	(132)
	实验 4 三相负载星形、三角形连接	(138)
	实验 5 二极管单相桥式整流电路	(139)
	实验 6 555 时基电路的应用	(141)
	实验 7 集成运算放大器的线性应用	(143)
第 4 章	汽车常用仪器仪表的使用	(145)
4.1	万用表	(145)
4.1.1	模拟式万用表结构、原理及使用	(145)
4.1.2	数字式万用表的结构、原理及使用	(150)
4.2	汽车专用示波器	(158)
4.2.1	示波器的结构、原理与分类	(158)
4.2.2	示波器在汽车故障诊断中的应用	(162)
	习题 4	(165)
第 5 章	三相异步电动机及其控制	(166)
5.1	三相异步电动机的结构与工作原理	(166)
5.1.1	三相异步电动机的结构与铭牌	(166)
5.1.2	三相异步电动机的工作原理	(169)
5.1.3	三相异步电动机的机械特性	(171)
5.2	三相异步电动机的控制	(172)
5.2.1	控制与保护器件	(173)
5.2.2	基本控制线路与保护环节	(180)
5.3	可编程序控制器及其应用	(185)
5.3.1	概述	(185)
5.3.2	可编程控制器的组成及工作原理	(187)
5.3.3	可编程控制器分类及接线	(190)

5.3.4	可编程序控制器的编程方法	(192)
5.3.5	可编程序控制器的应用举例	(201)
5.4	安全用电常识	(204)
5.4.1	有关人体触电的知识	(204)
5.4.2	安全电压	(206)
5.4.3	触电原因及保护措施	(207)
5.4.4	触电急救	(210)
习题 5	(211)
实验 8	三相异步电动机的正反转控制线路.....	(213)
第 6 章	电气元件及基本定律在汽车中的应用	(216)
6.1	点火系电路	(216)
6.1.1	传统的点火系电路	(216)
6.1.2	电子点火系电路	(217)
6.2	汽车用调节器电路	(226)
6.2.1	双级电磁振动式调节器	(226)
6.2.2	晶体管调节器	(227)
6.2.3	集成电路 (IC) 调节器	(228)
6.3	汽车继电器电路	(229)
6.3.1	磁场继电器控制电路	(229)
6.3.2	充电指示灯控制电路	(231)
6.3.3	喇叭继电器	(233)
6.4	汽车仪表电路	(234)
6.4.1	燃油表	(234)
6.4.2	电源稳压器	(236)
6.4.3	制动信号灯断线警告灯	(237)
习题 6	(237)
第 7 章	直流电机和交流发电机	(239)
7.1	直流电机	(239)
7.1.1	直流电机的工作原理	(239)
7.1.2	直流电动机结构	(241)
7.1.3	直流电机的电枢电势与电磁转矩	(246)
7.1.4	并励直流电动机的运行	(247)
7.2	三相交流发电机	(252)
7.2.1	三相交流同步发电机的工作原理	(252)
7.2.2	三相交流同步发电机的结构	(253)
7.2.3	交流发电机的工作原理及特性	(256)
习题 7	(260)
实验 9	直流并励电动机的起动和调速.....	(261)
参考文献	(263)

第 1 章 基本电器元件

1.1 电阻、电容、电感元件

1.1.1 电阻元件

电阻元件是电子线路中基本的、不可缺少的元件，它的主要作用是限流和调压。电阻测量的原理是利用欧姆定律来实现的。电阻的一个重要参数是阻值，一般情况下，色环电阻可以直接读出电阻阻值。电阻阻值也可以利用万用表来进行测量。电阻的另一个重要参数是功率，电阻的标称功率值反映了正常工作时电阻上能承受的功率上限。一般地，电阻的尺寸大小也可以反映其功率的大小，即尺寸大的电阻其标称功率也大。

常用电阻器一般分为固定电阻器和可变电阻器两大类。固定电阻器是指电阻的阻值固定不变，可变电阻器的阻值根据需要可以在一定范围内进行调节。

1.1.1.1 识别电阻元件

1. 固定电阻器

固定电阻器也简称电阻，根据材料和工艺的不同，其可分为碳膜电阻器（RT）、金属膜电阻器（RJ）、线绕电阻器（RX）、热敏电阻器（RR）、光敏电阻器（RG）等不同类型。其外形如图 1.1 所示。

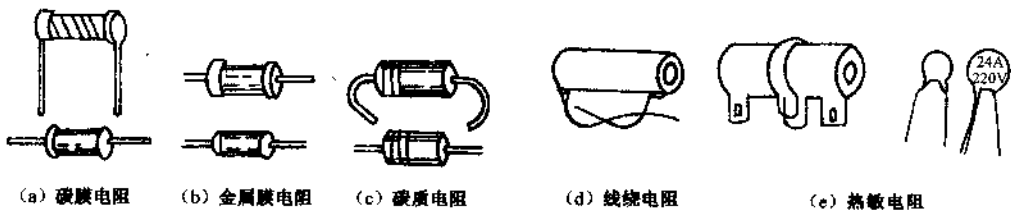


图 1.1 常用固定电阻器外形

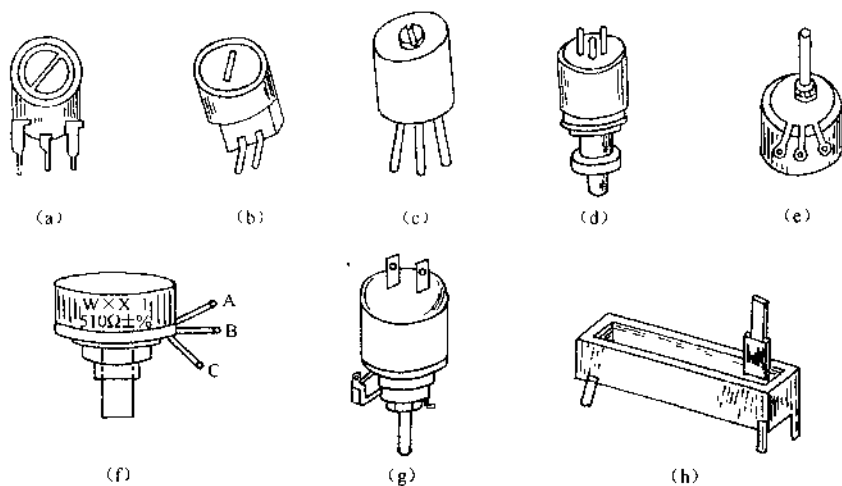
2. 可变电阻器

可变电阻器也简称可变电阻。是指其阻值在规定的范围内可任意调节的电阻器，它可分为半可调电阻器和电位器两类。常用可变电阻器的外形如图 1.2 所示。

1.1.1.2 电阻元件的主要参数和型号命名方法

1. 电阻的主要参数（阻值和功率）

电阻器的标称阻值系列如表 1.1 所示，标称额定功率系列如表 1.2 所示。



(a)、(b)、(c): 微调可变电阻; (d)、(e)、(f)、(g)、(h): 各种电位器

图 1.2 常用可变电阻器外形图

表 1.1 电阻器的标称阻值系列

系 列	允 许 误 差	标称阻值(Ω)															
E24	I 级 ($\pm 5\%$)	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.3
E22	II 级 ($\pm 10\%$)	1.0	1.2	1.5	1.8	2.2	2.7	3.3	3.9	4.7	5.6	6.8	8.7				
E6	III 级 ($\pm 20\%$)	1.0	1.5	2.2	3.3	4.7	6.8										

表 1.2 电阻器的标称额定功率系列

种 类	额定功率(W)															
非线绕电阻	0.05	0.125	0.25	0.5	1	2	5	10	16	25	50	100				
线绕电阻	0.05	0.125	0.25	0.5	1	2	4	8	10	16	25	40	50	75	100	150
线绕电位器	0.25	0.5	1	1.6	2	3	5	10	16	25	40	63	100			
非线绕电位器	0.025	0.05	0.1	0.25	0.5	1	2	3								

2. 电阻器色标的含义

电阻器色标的含义如表 1.3 所示。

表 1.3 电阻器色标含义

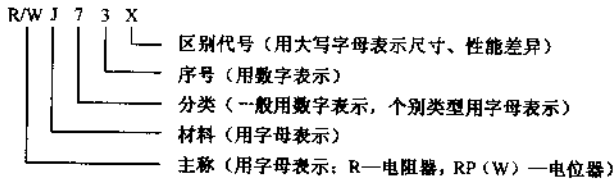
颜 色	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	黑	金	银	无
有效数字 第一位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	-	-	-
有效数字 第二位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	-	-	-

续表

颜色	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	黑	金	银	无
倍乘数	10^1	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8	10^9	10^{10}	10^{-1}	10^{-2}	-
允许误差 (±%)	1	2	-	-	0.5	0.25	0.1	20-50	-	-	5	10	20

3. 电阻器的型号命名方法

电阻器的型号命名方法如下所示。



电阻器和电位器的材料、分类代号及其意义如表 1.4 所示。

表 1.4 电阻器和电位器材料与特征对照表

符 号	意 义	符 号	电阻器意义	电位器意义
T	碳膜	1	普通	普通
H	合成碳膜	2	普通	普通
S	有机实芯	3	超高频	
N	无机实芯	4	高阻	
P	硼碳膜	5	高温	
U	硅碳膜	6		
M	压敏	7	精密	精密
G	光敏	8	高压	特殊函数
J	金属膜	9	特殊	特殊
Y	氧化膜	G	高功率	
C	沉积膜	T	可调	
I	玻璃釉膜	W		微调
X	线绕	D		多圈
R	热敏	B C P W Z	温度补偿, 温度测量, 旁热式, 稳压式, 正温度系数	

1.1.1.3 电阻元件的伏安特性

电阻元件在电路中将电能转换成热能, 属于耗能元件。在图 1.3 所示的参考方向下, 电

阻元件两端的电压和通过电阻元件的电流之间的关系为

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-1)$$

式中, I 为流过电阻的电流, 单位安培 (A);

U 为电阻两端的电压, 单位伏特 (V);

R 为电阻元件的电阻, 单位欧姆 (Ω)。

式 (1-1) 称为电阻元件的特性方程式, 也称欧姆定律的表达式。电阻的倒数称为电导, 用字母 G 表示, 即:

$$G = \frac{1}{R} \quad (1-2)$$

电阻的单位为欧姆, 简称欧, 用 Ω 表示; 电导的单位为西门子, 简称西, 用 S 表示。

若电阻值不随电压、电流和频率变化而变化, 则称此电阻为线性电阻。一般的电阻器可视为线性电阻元件, 它的伏安特性是通过坐标原点的一条直线, 如图 1.4 所示。由于电阻元件的特性方程是一个代数方程, 所以当电压 U 发生突然变化时, 电流也会立即随之变化, 反之亦然。就是说, 某一时刻 t 电阻两端的电压 $U(t)$ 的值与同一时刻的电流 $I(t)$ 的值有关, 而与过去的工作状态 (或初始条件) 无关, 因此电阻元件是一种瞬态元件。

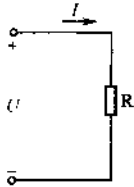


图 1.3 电阻元件

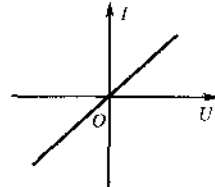


图 1.4 电阻伏安特性曲线

如果加在电阻两端的电压和产生的电流是随时间变化的, 那么它们两者的乘积, 即电功率也是随时间变化的, 称为瞬时功率, 用小写的字母 p 表示, 即

$$p = ui = Ri^2 = \frac{u^2}{R} \quad (1-3)$$

由于 p 与 i^2 或 u^2 成正比, 故总是大于零的, 这说明电阻是消耗电能的, 是一种耗能元件。

以上讨论的是线性电阻元件, 其电阻值是一常数, 如果电阻不是常数, 而是随着电压或电流而变动, 那么这种电阻就称为非线性电阻。非线性电阻两端的电压与流过电阻中的电流的关系不遵循欧姆定律, 一般不能用数学式准确地表示出来, 而是根据实验结果用电压与电流的关系曲线 $u = f(i)$ 来表示, 即伏安特性曲线。非线性电阻的伏安特性是一条非线性的曲线。

1.1.1.4 电阻元件的连接

1. 串联电路

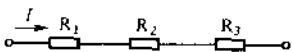


图 1.5 电阻的串联

把电阻一个接一个地首尾依次连接起来, 就组成串联电路, 如图 1.5 所示。串联电路的基本特点是:

- a. 电路中各处的电流强度相等。

b. 电路两端的总电压等于各部分电路两端的电压之和。

现在我们就从这两个基本特点出发，来研究串联电路的几个重要性质。

(1) 串联电路的总电阻。用 R 代表串联电路的总电阻， I 代表电流强度，根据欧姆定律，在图 1.5 中有：

$$U = IR, \quad U_1 = IR_1, \quad U_2 = IR_2, \quad U_3 = IR_3$$

因为

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

即

$$IR = IR_1 + IR_2 + IR_3$$

所以

$$R = R_1 + R_2 + R_3 \quad (1-4)$$

这就是说，串联电路的总电阻等于各个电阻之和。

(2) 串联电路的电压分配。在串联电路中，

因为

$$I = \frac{U_1}{R_1}, \quad I = \frac{U_2}{R_2}, \quad \dots, \quad I = \frac{U_n}{R_n}$$

所以

$$\frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2} = \dots = \frac{U_n}{R_n} = I$$

这就是说，串联电路中各个电阻两端的电压与它的阻值成正比。

当只有两个电阻串联时，可得：

$$I = \frac{U}{R_1 + R_2}$$

所以

$$U_1 = IR_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U \quad (1-5)$$

$$U_2 = IR_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U \quad (1-6)$$

式 (1-5)、式 (1-6) 就是两个电阻串联时的分压公式。

(3) 串联电路的功率分配。串联电路中某个电阻 R_K 消耗的功率 $P_K = IU_K$ ，而 $U_K = IR_K$ ，因此 $P_K = I^2 R_K$ ，各个电阻消耗的功率分别是：

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

所以

$$\frac{P_1}{R_1} = \frac{P_2}{R_2} = \dots = \frac{P_n}{R_n} = I^2 \quad (1-7)$$

这就是说，串联电路中各个电阻消耗的功率与它的阻值成正比。

2. 并联电路

把几个电阻并列地连接起来，就组成了并联电路。图 1.6 是一个电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 组成的并联电路。并联电路的基本特点是：

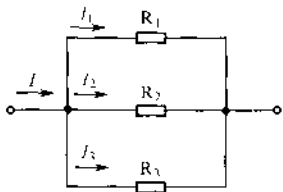


图 1.6 电阻的并联

a. 电路中各支路两端的电压相等。

b. 电路中的总电流强度等于各支路的电流强度之和。

现在，我们也从这两个基本特点出发，来研究并联电路的几个重要性质。

(1) 并联电路的总电阻。用 R 代表并联电路的总电阻， U 代表电压，根据欧姆定律，在图 1.6 中，有：

$$I = \frac{U}{R}, \quad I_1 = \frac{U}{R_1}, \quad I_2 = \frac{U}{R_2}, \quad I_3 = \frac{U}{R_3}$$

因为

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

即

$$\frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3}$$

所以

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (1-8)$$

这就是说，并联电路总电阻的倒数，等于各个电阻的倒数之和。

(2) 并联电路的电流分配。在并联电路中，由于

$$U = I_1 R_1, \quad U = I_2 R_2, \quad \dots, \quad U = I_n R_n$$

所以

$$I_1 R_1 = I_2 R_2 = \dots = I_n R_n = U \quad (1-9)$$

这就是说，并联电路中通过各个电阻的电流强度与它的阻值成反比。

当只有两个电阻并联时，有：

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

可得：

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

所以

$$\left. \begin{aligned} I_1 &= \frac{U}{R_1} = \frac{R}{R_1} I = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I \\ I_2 &= \frac{U}{R_2} = \frac{R}{R_2} I = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I \end{aligned} \right\} \quad (1-10)$$

式 (1-10) 就是两个电阻并联时的分流公式。

(3) 并联电路的功率分配。并联电路中某个电阻 R_k 消耗的功率 $P_k = UI_k$ ，而 $I_k = \frac{U}{R_k}$ ，

所以 $P_k = \frac{U^2}{R_k}$ 。因此，各个电阻消耗的功率分别是：

$$P_1 = \frac{U^2}{R_1}, P_2 = \frac{U^2}{R_2}, \dots, P_n = \frac{U^2}{R_n}$$

所以

$$P_1 R_1 = P_2 R_2 = \dots = P_n R_n \quad (1-11)$$

这就是说，并联电路中各个电阻消耗的功率与它的阻值成反比。

3. 混联电路

在实际电路中，既有电阻的串联又有电阻的并联，这种电路被称为电阻的混联。对于混联电路的计算，我们只要按串联和并联的计算方法，一步一步地把电路化简，最后就可以求出总的等效电阻来。但是，在有些混联电路里，往往不易一下子就看清各电阻之间的连接关系，难于下手分析，这时就要根据电路的具体结构，按照串联和并联电路的定义和性质，进行电路的等效变换，使其电阻之间的关系一目了然，而后再进行计算。

1.1.2 电容元件

1.1.2.1 电容元件的分类、形状及符号

电容器（简称电容）也是电子电路中常用的电子元件之一。电容器具有隔直流、通交流、储能等特性，常用它来组成滤波、耦合、旁路、振荡等电子电路。电容器由两块金属板中间隔一层绝缘介质所构成。根据绝缘介质的种类可分为纸介电容器、有机薄膜电容器、瓷介电容器、云母电容器、电解电容器等。按其结构特点又可分为固定电容器、可变和半可变（微调）电容器等。电路中电容器的代号用符号 C（Capacitor）来表示。

电容器的形状很多，图 1.7 所示为常用电容器的形状及符号表示方法。图（a）为瓷介固定电容器，用于振荡、高频等电路中；图（b）为电解电容器，常用在电源滤波、去耦、耦合、旁路等电路中，使用时，电极长的为正极，接电路中的高电位；图（c）为聚酯薄膜电容器；图（d）为可变电容器，此类电容器常用在经常改变电容量的场合，如收音机的调谐、电子仪器的调频等；图（e）为半可变电容器，用在电容量需要做微调或调好后一般不需要再变动的场合，如振荡器等。

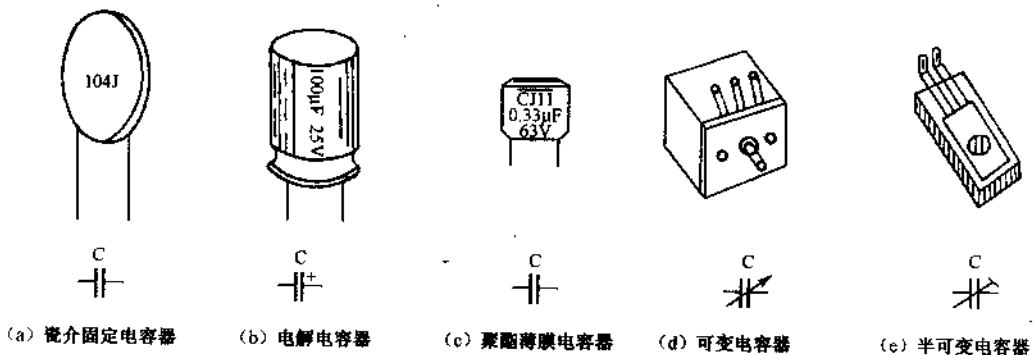


图 1.7 电容器形状及图形符号