

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 电工电子技术

(第3版)

钱守义 陶 慧 吕爱华 主 编
刘甫勇 副主编
王明海 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

汽车电工电子技术

(第3版)

吕爱华 主编

钱守义 陶 慧 刘甫勇 副主编

王明海 主审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本教材是根据教育部普通高等教育“十一五”国家级教材规划确定的编写原则,结合我国高等职业教育的现状和发展趋势,在保留了第2版教材特色的基础上,精选内容,以讲清基本概念、抓住高等职业教育的特点,进一步使教材结构符合职业教育教学规律;使教学内容安排更加科学、严谨、合理,修订后的书稿内容突出了汽车中高级技能型、应用型人才应该具备的专业基础知识。

本教材内容包括:基本电气元件、电路基础、磁路与变压器、三相异步电动机及其控制、直流电动机和交流发电机、汽车常用仪器仪表的使用、电气元件在汽车电路中的应用。

本书可作为高职高专、成人高校的汽车工程类(含制造、应用与维修)等专业的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

汽车电工电子技术/吕爱华主编. —3版. —北京:电子工业出版社, 2011.7

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 978-7-121-13706-8

I. 汽… II. ①吕… III. ①汽车—电工—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(2011)第101181号

策划编辑:程超群

责任编辑:郝黎明 文字编辑:裴杰

印刷:北京天宇星印刷厂

装订:三河市鹏成印业有限公司

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

开本:787×1092 1/16 印张:19.5 字数:500千字

印次:2011年7月第1次印刷

印数:4000册 定价:36.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前 言

《汽车电工电子技术》自 2008 年第 2 版出版以来,得到了高职高专师生的喜爱与支持,被广泛选用。根据教育部普通高等教育“十一五”国家级教材规划确定的编写原则,结合我国高等职业教育的现状和发展趋势,我们对《汽车电工电子技术》第 2 版提出了修改思路:精选内容,讲清基本概念、抓住高等职业教育的特点,进一步使教材结构符合职业教育教学规律;使教学内容安排更加科学、严谨、合理,修订后的书稿内容突出了汽车中高级技能型、应用型人才应该具备的专业基础知识。

本书除了保留第 2 版的特色外,重点考虑了以下几点:

1. 根据高职学校学生的知识水平,对部分教学内容的重点和难点进行了调整,特别注重基础知识与技术应用之间的关系。很好地解决了知识与技能、理论与实践之间的联系。真正做到“学以致用”。

2. 根据大家提出的宝贵意见和近几年的教学实践,考虑到本学科近年来的发展情况和专业的要求,对第 2 版进行了修订,其修订的主要内容如下:

(1) 第 1 章增加了场效应管,重新编写了晶闸管和实验;

(2) 第 2 章增加了 RLC 并联谐振电路;

(3) 第 3 章增加了脉冲变压器,适当精减了磁路的内容;

(4) 第 4 章对 PLC 部分内容进行了重新编写,采用了三菱公司 FX2N 系列;

(5) 第 5 章对直流并励电动机部分内容进行了适量删减和修改;加强了串励电动机应用的知识;

(6) 第 6 章对汽车专用示波器应用重新进行了编写;

(7) 第 7 章对电气元件在汽车电路中的应用进行了适当的调整,增加了汽车小电机电路的应用。

(8) 对各章部分习题进行了适当的改动。

全书共 7 章,第 1 章介绍基本电气元件,第 2 章介绍电路基础,第 3 章介绍磁路与变压器,第 4 章介绍三相异步电动机及其控制,第 5 章介绍直流电动机和交流发电机,第 6 章介绍汽车常用仪器仪表的使用,第 7 章介绍电气元件在汽车电路中的应用。每章有小结、习题和实验,方便教师组织课堂教学、实践和学生自学。

全书由襄阳汽车职业技术学院吕爱华老师担任主编和统稿,由钱守义、陶慧、刘甫勇三位老师担任副主编。参加本版教材修订工作的还有襄阳汽车职业技术学院程传红、雷俊杰、包科杰、张斌、寇德明、刘建军;襄樊学院吴艳花、张明国;浙江工贸职业技术学院余威明;齐齐哈尔职业学院郭晓森。本书由王明海担任主审。

由于编者的知识水平和经验有限,书中难免存在错误和疏漏之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 基本电气元件	(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	(18)
1.2.3 场效应管	(26)
1.2.4 晶闸管	(29)
1.2.5 集成电路元件	(33)
本章小结	(37)
习题 1	(37)
实验 1 万用表的使用及元件的识别与检测	(38)
第 2 章 电路基础	(41)
2.1 电路及电路基本定律	(41)
2.1.1 电路的组成和功能	(41)
2.1.2 电路模型和电路图	(41)
2.1.3 电路的基本物理量	(42)
2.1.4 电路的三种工作状态	(44)
2.1.5 基尔霍夫定律	(46)
2.2 正弦交流电路	(48)
2.2.1 正弦电压和正弦电流及正弦量的表示方法	(49)
2.2.2 单一参数正弦交流电路	(53)
2.2.3 RLC 串联交流电路	(58)
2.2.4 RLC 并联电路	(62)
2.2.5 三相交流电路	(64)
2.3 二极管整流电路	(69)
2.3.1 单相整流电路	(69)
2.3.2 三相整流电路	(71)
2.4 三极管基本放大电路	(73)
2.4.1 共射极电压放大电路	(73)
2.4.2 静态工作点稳定电路	(80)
2.4.3 集成运算放大电路及应用	(81)
2.4.4 正弦波振荡电路	(87)
2.5 数字电路	(91)

2.5.1 基本门电路	(91)
2.5.2 组合逻辑电路	(94)
2.5.3 时序逻辑电路	(100)
2.5.4 555 定时器	(107)
本章小结	(113)
习题 2	(115)
实验 2 三相负载星形、三角形连接	(121)
实验 3 二极管单相桥式整流电路	(123)
实验 4 555 时基电路的应用	(124)
实验 5 集成运算放大器的线性应用	(126)
第 3 章 磁路与变压器	(128)
3.1 磁路和磁路的基本物理量	(128)
3.1.1 磁路	(128)
3.1.2 磁路的基本物理量	(128)
3.2 铁磁材料的性质和用途	(129)
3.2.1 铁磁材料的性质	(129)
3.2.2 铁磁材料的分类和用途	(130)
3.3 磁路的欧姆定律	(131)
3.4 直流和交流电磁铁	(131)
3.4.1 直流电磁铁	(132)
3.4.2 交流电磁铁	(132)
3.5 电磁感应现象及自感和互感	(134)
3.5.1 磁场中运动导体的电磁感应	(134)
3.5.2 线圈中磁场变化时的电磁感应	(134)
3.5.3 自感	(135)
3.5.4 互感	(136)
3.6 变压器	(137)
3.6.1 变压器的用途、种类和结构	(137)
3.6.2 变压器的工作原理	(139)
3.6.3 几种常用的变压器	(142)
本章小结	(146)
习题 3	(147)
实验 6 电磁感应现象的研究	(148)
实验 7 单相变压器及自耦变压器	(149)
第 4 章 三相异步电动机及其控制	(152)
4.1 三相异步电动机的结构与工作原理	(152)
4.1.1 三相异步电动机的结构与铭牌	(152)
4.1.2 三相异步电动机的工作原理	(154)
4.1.3 三相异步电动机的机械特性	(157)
4.2 三相异步电动机的控制	(158)

4.2.1	控制与保护器件	(158)
4.2.2	基本控制线路与保护环节	(165)
4.3	可编程序控制器及其应用	(170)
4.3.1	概述	(170)
4.3.2	可编程序控制器的组成及工作原理	(171)
4.3.3	可编程序控制器分类及接线	(174)
4.3.4	可编程序控制器的编程方法	(176)
4.3.5	可编程序控制器的应用举例	(184)
4.4	安全用电常识	(186)
4.4.1	有关人体触电的知识	(187)
4.4.2	安全电压	(188)
4.4.3	触电原因及保护措施	(188)
4.4.4	触电急救	(191)
本章小结		(192)
习题 4		(192)
实验 8 三相异步电动机的正/反转控制线路		(194)
第 5 章	直流电动机和交流发电机	(197)
5.1	直流电动机	(197)
5.1.1	直流电机的工作原理	(197)
5.1.2	直流电动机结构	(199)
5.1.3	直流电动机的电枢电动势与电磁转矩	(203)
5.1.4	并励直流电动机的运行	(204)
5.1.5	串励直流电动机的运行	(210)
5.2	三相交流发电机	(214)
5.2.1	三相交流同步发电机的工作原理	(214)
5.2.2	三相交流同步发电机的结构	(215)
5.2.3	交流发电机的工作原理及特性	(218)
本章小结		(222)
习题 5		(222)
实验 9 直流并励电动机的启动和调速		(223)
第 6 章	汽车常用仪器仪表的使用	(225)
6.1	万用表	(225)
6.1.1	模拟式万用表结构及使用	(225)
6.1.2	数字式万用表的使用	(231)
6.2	汽车专用示波器	(245)
6.2.1	示波器的操作入门	(245)
6.2.2	汽车专用示波器的使用	(254)
本章小结		(256)
习题 6		(257)

第 7 章 电气元件在汽车电路中的应用	(258)
7.1 汽车电路概述	(258)
7.1.1 汽车电路的组成	(258)
7.1.2 汽车电路的特点	(258)
7.1.3 汽车电路的类型	(259)
7.2 RLC 型汽车电路	(259)
7.2.1 制动信号灯断线警告灯电路	(259)
7.2.2 后窗除霜器电路	(260)
7.2.3 双金属式燃油表电路	(260)
7.2.4 电磁式燃油表电路	(261)
7.2.5 翼片式闪光器电路	(262)
7.2.6 电容式闪光器电路	(263)
7.2.7 具有灯光线路保护功能的前照灯电路	(263)
7.3 变压器型汽车电路	(264)
7.4 继电器和开关型汽车电路	(265)
7.4.1 汽车空调的过热限制器电路	(265)
7.4.2 喇叭继电器电路	(266)
7.4.3 磁场继电器控制电路	(266)
7.4.4 电容式门锁控制器电路	(268)
7.4.5 燃油泵开关控制的燃油泵控制电路	(268)
7.5 整流及稳压型汽车电路	(269)
7.5.1 汽车发电机整流器电路	(269)
7.5.2 汽油机电电子转速表电路	(270)
7.6 电动机型汽车电路	(271)
7.6.1 永磁式电动刮水器电路	(271)
7.6.2 复励式电动刮水器电路	(272)
7.6.3 电动座椅电路	(273)
7.6.4 电动天窗电路	(273)
7.6.5 桑塔纳 2000 型轿车电动车窗系统电路	(275)
7.7 惠斯通电桥型汽车电路	(277)
7.8 振荡型汽车电路	(278)
7.8.1 倒车蜂鸣器电路	(278)
7.8.2 无触点电喇叭电路	(278)
7.8.3 振荡式无触点电子点火控制器电路	(279)
7.8.4 间歇式刮水器电路	(280)
7.9 晶体管放大型汽车电路	(281)
7.9.1 全晶体管式(无触点)闪光器电路	(281)
7.9.2 晶体管调节器电路	(282)
7.9.3 有触点电感储能式电子点火系电路	(283)
7.9.4 汽车空调中电子式温度控制器电路	(284)

7.9.5	前照灯会车自动变光器电路	(285)
7.9.6	照明灯延时控制器电路	(286)
7.10	集成运算放大汽车电路	(287)
7.10.1	集成电路电子间歇振荡控制电路	(287)
7.10.2	由运算放大器组成的多功能集成电路调节器电路	(287)
7.10.3	遥控专用集成电路	(289)
7.10.4	由集成块和小型继电器组成的有触点集成电路闪光器电路	(289)
7.10.5	车速感应式门锁控制器电路	(290)
7.11	ECU 控制型汽车电路	(291)
7.11.1	卡门旋涡式空气流量计电路	(291)
7.11.2	点火控制电路	(291)
7.11.3	电流驱动方式的喷油器控制电路	(292)
7.11.4	自动预热系统电子控制器电路	(293)
7.11.5	巡航控制 ECU 电路	(295)
7.11.6	汽车安全气囊 SRS ECU 控制组件电路	(296)
	本章小结	(298)
	习题 7	(299)
	参考文献	(301)

第 1 章 基本电气元件

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。电阻的测量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。一般来说，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. 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，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。

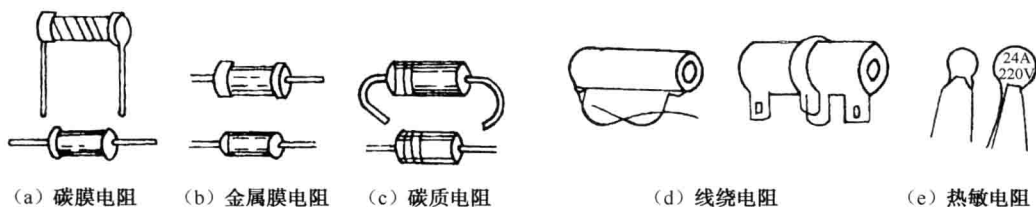


图 1.1 常用固定电阻器外形

(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。

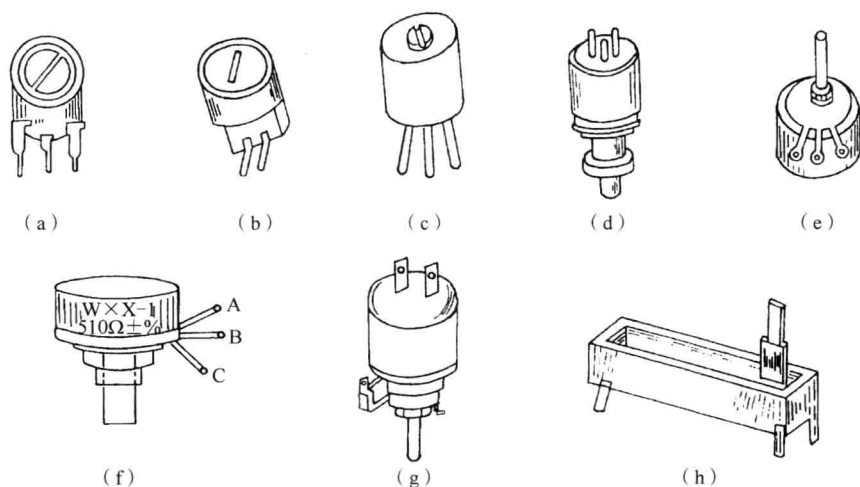
2. 电阻元件的主要参数和型号命名方法

(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。

(2) 电阻器色标的含义

电阻器色标的含义如表 1.3 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)													
非线性绕电阻	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
	250	500											100	150
线绕电位器	0.25	0.5	1	1.6	2	3	5	10	16	25	40	63	100	
非线性绕电位器	0.025	0.05	0.1	0.25	0.5	1	2	3						

表 1.3 电阻器色标的含义

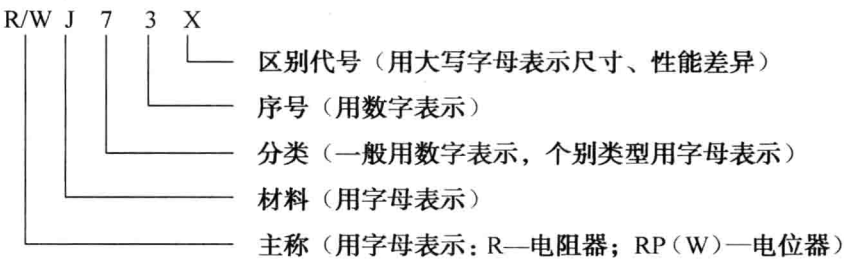
颜 色	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	黑	金	银	无
有效数字第一位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	—	—	—
有效数字第二位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	—	—	—

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 电阻器和电位器的材料分类代号及其意义

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	温度补偿	
		C	温度测量	
		P	旁热式	
		W	稳压式	
		Z	正温度系数	

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。在如图 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, 单位为安培 (A);

U 为电阻两端的电压, 单位为伏特 (V);

R 为电阻元件的电阻, 单位为欧姆 (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。

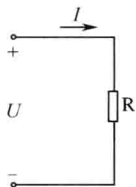


图 1.3 电阻元件

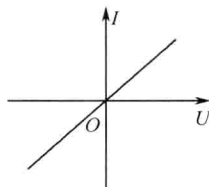


图 1.4 电阻伏安特性曲线

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。

4. 电阻元件的连接

(1) 串联电路

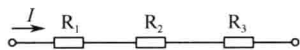


图 1.5 电阻的串联

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:

- 电路中各处的电流相等。
- 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, 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

把两个或两个以上电阻接到电路中的两点之间，电阻两端承受的是同一个电压的电路，叫做电阻并联电路。图 1.6 是三个电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 组成的并联电路。并联电路的基本特点是：

- 电路中各支路两端的电压相等。
- 电路中的总电流等于各支路的电流之和。

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。

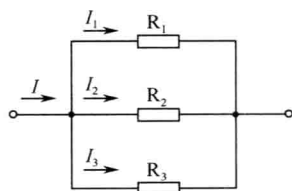


图 1.6 电阻的并联

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

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

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

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

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。分析电阻混联的一般步骤:

① 计算各串联电阻和并联电阻的等效电阻,再计算总的等效电阻。

② 用欧姆定律求出总电流。

③ 根据串联电阻分压关系,并联电阻分流关系,逐步计算出各支路电流、各部分电压及电路的其他参数。

例 1.1 如图 1.7 (a) 所示, $U_{AB}=6\text{V}$, $R_1=1\Omega$, $R_2=2\Omega$, $R_3=3\Omega$, 当开关 S_1 、 S_2 同时开时或同时合上时,求 R 和 I 。

解: (1) 当开关 S_1 、 S_2 同时开时,相当于 3 个电阻在串联,则

$$R = R_1 + R_2 + R_3 = 6(\Omega)$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{6}{6} = 1(\text{A})$$

(2) 当开关 S_1 、 S_2 同时闭合时,等效电路如图 1.7 (b) 所示。

$$R = R_1 // R_2 // R_3 = \frac{6}{11}(\Omega)$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{6}{\frac{6}{11}} = 11(\text{A})$$

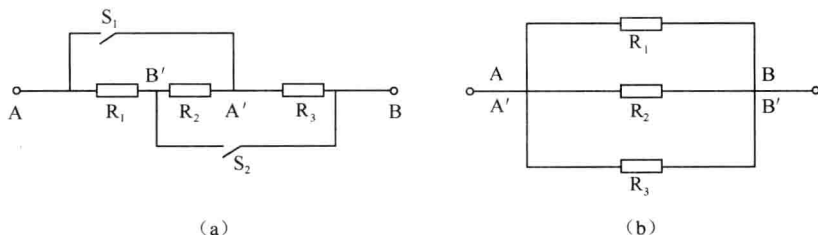


图 1.7

1.1.2 电容元件

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,如图 1.8 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。

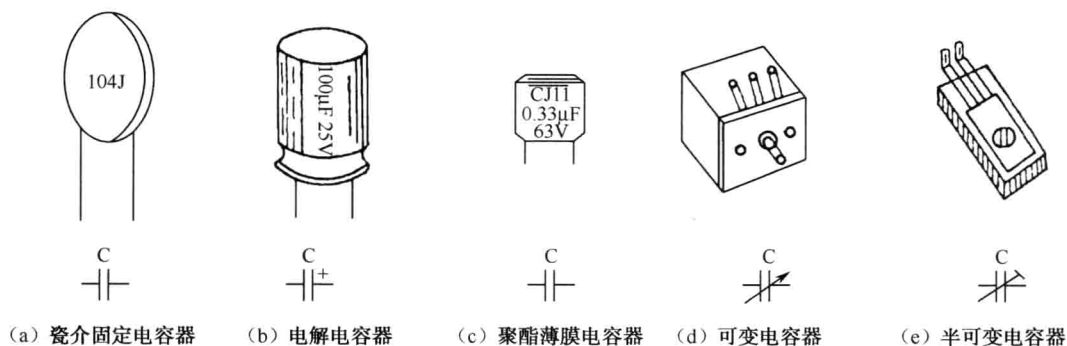


图 1.8 电容器的形状及图形符号

2. 电容器的参数及标注方法

电容器的主要参数有电容器的标称容量、允许误差和耐压等。

(1) 电容器的额定工作电压

电容器长期连续可靠工作时，两电极间最高承受的电压称为电容器的额定工作电压，简称电容的耐压。固定电容器的直流额定工作电压等级为 6.3V，10V，16V，25V，32V，50V，63V，100V，160V，250V，400V，…。

(2) 电容器的标称容量

标注在电容器外壳上的电容量大小称为标称容量，它是由标准系列规定的，如表 1.5 所示。

(3) 电容量的标注

电容器的电容量常按下列规则标印在电容器上。

① 直标法。小于 10000pF 的电容器，一般只标注数值而省去单位。如 330 表示 330pF；10000~100000pF 之间的电容器以 μF 为单位，以小数点为标志，也只标注数值而省去单位，如 0.1 表示 0.1 μF ，0.022 表示 0.022 μF ；电解电容器以 μF 为单位直接标印在电容器上，如 100 μF /16V，表示标称容量为 100 μF ，耐压为 16V。

② 数码表示法。用三位数码表示容量大小，前两位数字是电容量的有效数字，第三位是零的个数，单位为 pF。如 103 表示 $10 \times 10^3 = 10000\text{pF}$ ，224 表示 $22 \times 10^4 = 220000\text{pF} = 0.22\mu\text{F}$ ，如果第三位是 9，则乘 10^{-1} ，如 339 表示 $33 \times 10^{-1} = 3.3\text{pF}$ 。

③ 色标法。电容器的色标法与电阻器色标法大致相同，如表 1.6 所示。

表 1.5 各类电容器标称容量标准系列

名 称	允许误差	允许范围	标 称 容 量
纸质复合介质电容器低频（有极性）、有机薄膜介质电容器	$\pm 5\%$	100pF~1 μF	1.0 1.5 2.2 3.3 4.7 6.8
	$\pm 10\%$	1~10 μF	1 2 4 6 8 10 15 20 30
	$\pm 20\%$		50 60 80 100
有机薄膜介质电容器、瓷介电容器	$\pm 5\%$		E24
	$\pm 10\%$		E12
铝、钽、铌电解电容器	$\pm 10 \sim \pm 20\%$	1~1000 μF	1.0 1.5 2.2 3.3 4.7 6.8

注：标称容量为表中数值或表中数值乘以 10^n ，其中 n 为正整数或负整数。