

DIANZI ZHUANYE 全国中等职业技术学校电子类专业通用教材

QUANGUO ZHONGDENG ZHIYE JISHU XUEXIAO DIANZILEI ZHUANYE TONGYONG JIAOCAI

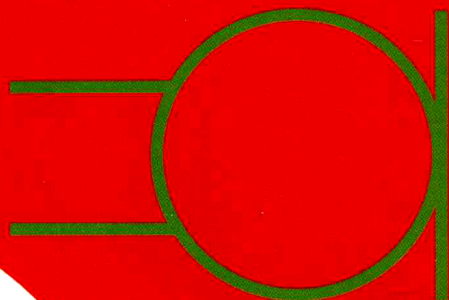


QUANGUO ZHONGDENG ZHIYE JISHU XUEXIAO DIANZILEI ZHUANYE TONGYONG JIAOCAI

无线电工艺

WUXIANDIAN GONGYI

(第二版)



中国劳动社会保障出版社

全国中等职业技术学校电子类专业通用教材

无线电工艺

(第二版)

人力资源和社会保障部教材办公室组织编写

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

无线电工艺/人力资源和社会保障部教材办公室组织编写. —2 版. —北京: 中国劳动社会保障出版社, 2010

全国中等职业技术学校电子类专业通用教材

ISBN 978-7-5045-8518-9

I. ①无… II. ①人… III. ①无线电技术 IV. ①TN014

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 171216 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出 版 人: 张梦欣

*

北京北苑印刷有限责任公司印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 14 印张 331 千字

2010 年 9 月第 2 版 2010 年 9 月第 1 次印刷

定价: 22.00 元

读者服务部电话: 010-64929211/64921644/84643933

发行部电话: 010-64961894

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64954652

如有印装差错, 请与本社联系调换 010-80497374

前 言

为了更好地适应全国中等职业技术学校电子类专业的教学要求，人力资源和社会保障部教材办公室在广泛调研的基础上，组织全国有关职业教育研究人员、一线教师和行业专家，对中等职业技术学校电子类专业教材进行了修订和补充。

这次教材开发工作的重点主要表现在以下几个方面：

第一，坚持以能力为本位，突出职业技术教育特色。根据电子类专业毕业生所从事职业的实际需要，对教材内容的深度、难度做了较大程度的调整。同时，进一步加强实践性教学内容，以满足企业对技能型人才的需要。

第二，吸收和借鉴各地中等职业技术学校教学改革的成功经验。部分专业课教材的编写遵循任务驱动教学理念，将理论知识与技能训练有机融为一体，尽可能再现专业岗位的工作环境，以提高学生的就业能力，同时，激发学生的学习兴趣，提高教学效果。

第三，努力反映电子技术发展，力求使教材具有鲜明的时代特征。合理更新教材内容，尽可能多地在教材中充实新知识、新技术、新设备和新材料等方面的内容，例如，教材编写充分运用了电子仿真技术。同时，在教材编写过程中，严格贯彻国家有关技术标准的要求。

第四，努力贯彻国家关于职业资格证书与学历证书并重、职业资格证书制度与国家就业制度相衔接的政策精神，力求使教材内容符合《电子设备装接工》《无线电调试工》《无线电设备机械装校工》《家用电子产品维修工》《电子元器件检验员》等国家职业标准（中级）的知识和技能要求。

第五，创新教材编写模式，力求给学生营造一个更加直观的认知环境。尽可能使用图片、实物照片或表格形式将各个知识点生动地展示出来，同时，针对相关知识点，设计了很多贴近生活的导入和互动性训练等，意在拓展学生思维和知识面，引导学生自主学习。

第六，强调教辅资源的开发，力求为教师教学提供更多的方便。本套教材除配有习题册、教学参考书、教学挂图外，还重点开发了多媒体教学光盘、网络课程等。

本次开发与修订的教材包括：《电工基础（第三版）》《模拟电路基础》《数字电路基础》

《无线电基础（第四版）》《电子测量与仪器（第四版）》《机械知识与钳工技能训练》《机械识图与电气制图（第四版）》《电子 EDA（Proteus）》《单片机基础及应用》《传感器基础知识》《电子产品新技术应用（第二版）》《电子基本操作技能（第四版）》《电子专业技能训练（第二版）》《无线电工艺（第二版）》《电视机原理与电路分析（第二版）》《电视机装接调试与维修技能训练（第二版）》。根据教学需要后期还将陆续开发和修订其他教材。

本次教材开发工作得到了天津、河北、江苏、湖南、河南、广东、云南等省、直辖市人力资源和社会保障厅及有关学校的大力支持，对此，我们表示诚挚的谢意。

人力资源和社会保障部教材办公室

2010 年 8 月

简介

《无线电工艺（第二版）》的主要内容有：无线电常用元器件，无线电产品的常用材料和加工，无线电装联工艺，印制电路板的基本制作工艺，无线电装配技术文件，无线电产品生产工艺流程，无线电调试、检验工艺，包装工艺。各部分教学内容参考学时见下表。

本书由李爱丽、李凤荣、赵景惠、王莉、韩伯辉、王震编写，李爱丽主编；李改潮审稿。

参 考 学 时 表

章 节	学时
第 1 章 无线电常用元器件	36
第 2 章 无线电产品的常用材料和加工	14
第 3 章 无线电装联工艺	18
第 4 章 印制电路板的基本制作工艺	18
第 5 章 无线电装配技术文件	6
第 6 章 无线电产品生产工艺流程	22
第 7 章 无线电调试、检验工艺	22
第 8 章 包装工艺	4
总计	140

目 录

第 1 章 无线电常用元器件	(1)
§ 1—1 电阻器	(1)
§ 1—2 电容器	(16)
§ 1—3 电感器	(24)
§ 1—4 滤波器	(30)
§ 1—5 半导体器件	(32)
§ 1—6 集成电路	(39)
§ 1—7 光电器件	(44)
§ 1—8 其他常用元器件	(51)
§ 1—9 表面组装元器件	(58)
第 2 章 无线电产品的常用材料和加工	(65)
§ 2—1 常用导线与绝缘材料	(65)
§ 2—2 线扎制作	(76)
§ 2—3 制造印制电路板材料	(79)
§ 2—4 焊接材料	(84)
第 3 章 无线电装联工艺	(92)
§ 3—1 紧固件连接工艺	(92)
§ 3—2 粘接工艺	(99)
§ 3—3 焊接工艺	(104)
§ 3—4 无锡焊接工艺	(120)
§ 3—5 接插件连接工艺	(124)
第 4 章 印制电路板的基本制作工艺	(127)
第 5 章 无线电装配技术文件	(136)

第 6 章 无线电产品生产工艺流程	(152)
§ 6—1 无线电整机结构特点	(152)
§ 6—2 印制电路板的组装工艺	(156)
§ 6—3 无线电产品整机总装工艺	(165)
实训任务 1 HX203T FM/AM 贴片收音机的装配	(171)
第 7 章 无线电调试、检验工艺	(182)
§ 7—1 无线电调试工艺	(182)
实训任务 2 HX203T AM/FM 贴片收音机的调试	(187)
§ 7—2 无线电检验工艺	(194)
实训任务 3 HX203T AM/FM 贴片收音机的检验	(204)
第 8 章 包装工艺	(209)

第 1 章



无线电常用元器件

§1—1

电阻器



学习目标

1. 熟悉电阻器的作用与分类。
2. 了解电阻器的标示方法和型号命名方法。
3. 掌握电阻器数码法和色标法的识读方法。
4. 了解电阻器标称系列 E6、E12、E24 的分布特点。
5. 掌握用万用表测量电阻的方法。
6. 了解特种电阻器与敏感电阻器的结构。
7. 掌握特种电阻器与敏感电阻器的特点。



基础知识

一、电阻器的作用

当电流通过导体时，由于自由电子在运动中不断与导体内的原子、分子发生碰撞，以及自由电子之间的相互碰撞，都会使其运动受到阻碍，这种导体对电流的阻碍作用就称为电阻。在电路中起电阻作用的元器件叫做电阻器，简称电阻，如图 1—1 所示。它可以控制电路中电流的大小和改变电阻之间的分压关系。电阻阻值越大，则电路中的电流越小；反之，电路中的电流就越大。所以，电阻在电路中有稳定和调节电流、电压的作用，可以作为分流器和分压器作用，还可以作为消耗功率的负载电阻。

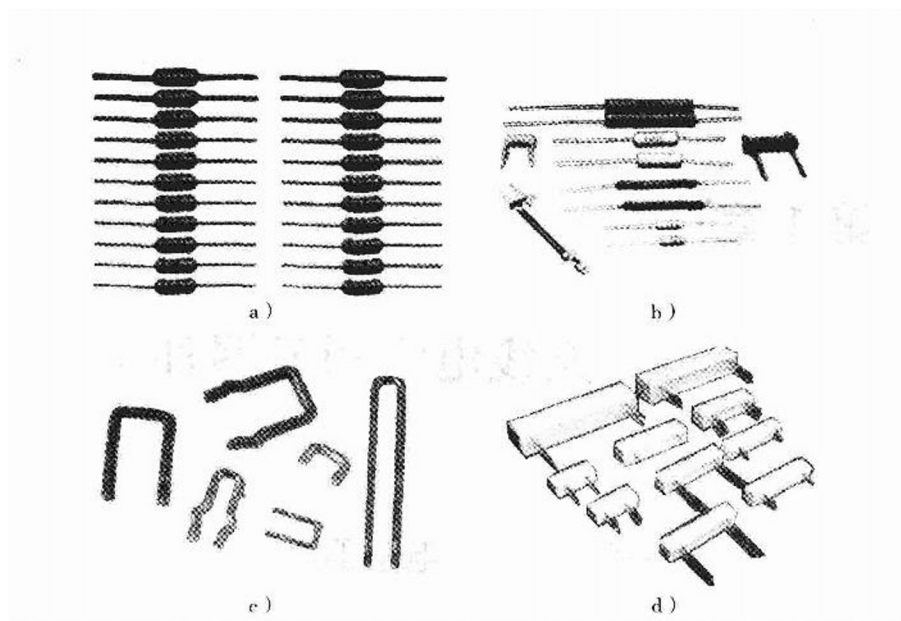


图 1—1 各式电阻

a) 碳膜固定电阻 b) 线绕涂覆电阻 c) 锰铜线（取样）电阻 d) 水泥电阻

二、电阻器的分类

1. 按工作特性和电路功能分类

一般根据电阻器的工作特性及电路功能，可将电阻器分为固定电阻器、可变电阻器和敏感电阻器三大类，如图 1—2 所示。电阻器的图形符号如图 1—3 所示。

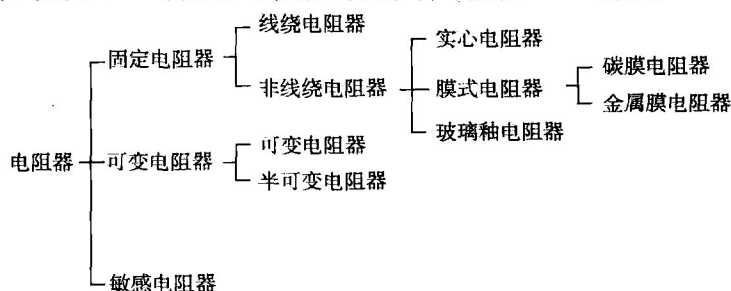


图 1—2 电阻器的分类

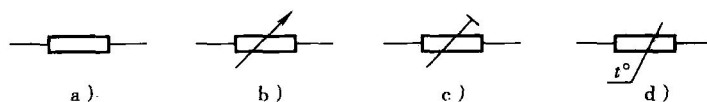


图 1—3 电阻器的图形符号

a) 电阻器（一般符号） b) 可变电阻器 c) 微调电阻器 d) 热敏电阻器

(1) 固定电阻器主要用于阻值不需要变动的电路中，起限流、分流、分压、降压、负载和匹配等作用。

(2) 可变电阻器（又称变阻器或电位器），主要用在阻值需要经常变动的电路中，用来调节音量、音调、电压、电流等。如收音机、随身听中的音量调节，歌舞厅调音室中的调音台音量推子（各路音量电位器）等。

(3) 敏感电阻器是指其电阻值对于某种物理量(如温度、电压、机械力、磁通、湿度及气体浓度等)表现敏感的元件。

2. 按材料和结构分类

根据电阻器的材料与结构,可将其分为碳膜电阻器、金属膜电阻器和线绕电阻器等,如图1—4所示。电阻器的基体通常采用耐高温且有一定机械强度的绝缘材料,如陶瓷等。为了方便生产和使用,通常将电阻器的基体做成圆柱形。

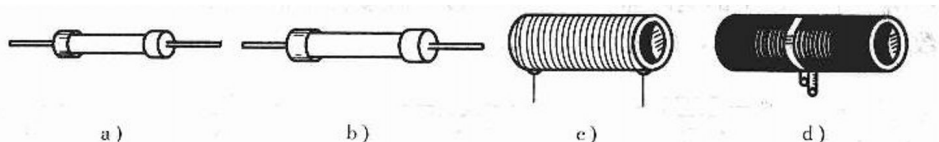


图1—4 部分电阻器外形

a) 碳膜电阻器 b) 金属膜电阻器 c) 线绕电阻器 d) 线绕可调电阻器

在制作碳膜电阻器时,首先按其功率大小确定电阻器基体的大小,再将带有引线的金属帽套在电阻器基体的两端,然后在基体的四周均匀地涂上碳膜涂层,并给各种阻值电阻器的外表涂上一层金属膜涂层,所以碳膜电阻器的性能较好。

线绕电阻器是将金属电阻丝绕在基体上而制成的。线绕电阻器体积较大,但其性能比碳膜电阻器和金属膜电阻器都好。



碳膜电阻器的阻值范围比较大,可以从零点几欧至几兆欧,但功率比较小,一般在2 W以下。线绕电阻器的阻值范围比较小,为零点几欧至几万欧,但功率较大,最大可达几百瓦。

三、电阻器的主要参数

电阻器的主要技术参数为标称阻值、允许偏差和额定功率。

1. 标称阻值

在电阻器表面所标出的阻值(对热敏电阻器则指25℃时的阻值),叫做电阻器的标称阻值。标称阻值的基本单位是欧(姆),用 Ω 表示。常用的单位还有毫欧(m Ω)、千欧(k Ω)和兆欧(M Ω)。其单位之间的换算关系为:

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

2. 允许偏差

电阻器在大批量生产中,实际未能达到标称阻值,因而产生了误差。阻值误差=(电阻实际值—标称阻值)/标称阻值 $\times 100\%$ 。符合出厂标准的误差称为允许偏差。

允许偏差通常分为对称偏差和不对称偏差,大部分电阻器采用对称偏差,其中,精密偏差为 $\pm 0.5\%$ 、 $\pm 1\%$ 、 $\pm 2\%$,普通偏差为 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ 。

3. 额定功率

额定功率是指在规定的环境温度和湿度下,在电阻器长期连续工作而不损坏或基本不改变性能的情况下,电阻器上允许消耗的最大功率。允许偏差和额定功率是特殊情况下选用电阻器的重要指标。线绕电阻器和非线绕电阻器的额定功率见表1—1。

表 1—1

线绕电阻器和非线绕电阻器的额定功率

名称	额定功率/W
线绕电阻器	0.05, 0.125, 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 8, 10, 16, 25, 40, 50, 70, 100, 150, 250, 500
非线绕电阻器	0.05, 0.125, 0.25, 0.5, 1, 2, 5, 10, 16, 25, 50, 100

额定功率小于 1 W 的电阻器在电路图中常不直接标出额定功率, 大于 1W 的电阻器用阿拉伯数字标出额定功率, 如图 1—5 所示。

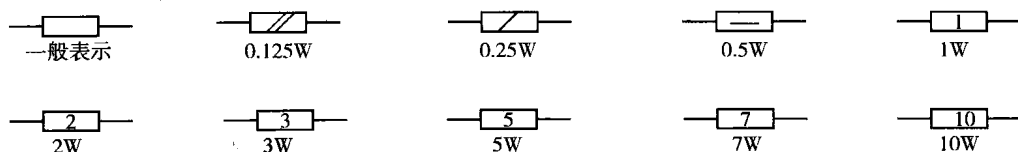


图 1—5 表示电阻器额定功率的图形符号

四、电阻器的标示

电阻器的主要参数(标称阻值与允许偏差)要标注在电阻器上, 以供识别。电阻器参数的标示方法有: 直标法、文字符号法、数码法和色标法 4 种。

1. 直标法

用阿拉伯数字和符号在电阻体表面直接标出阻值, 用百分比直接标出阻值允许偏差的方法称为直标法, 直标法适合于体积较大的电阻器, 如图 1—6 所示。直标法具有直观清楚、易识别等优点, 但它的数字和小数点容易失落。

2. 文字符号法

文字符号法是用阿拉伯数字和文字符号的组合来标出阻值, 允许偏差也用文字符号表示。第一个文字符号前面的数字表示阻值的整数部分, 符号后面的数字表示阻值的小数部分, 末尾字母表示偏差。文字符号法也适合于体积稍大(或较大)的电阻器, 如图 1—7 所示。

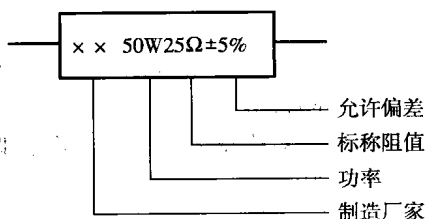


图 1—6 直标法

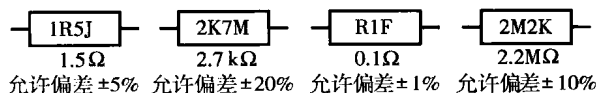


图 1—7 文字符号法

文字符号法中各字母的含义见表 1—2。

表 1—2

文字符号法中各字母的含义

文字符号（中间）	表示单位	备注	文字符号（末尾）	表示允许偏差
R	欧姆 (Ω)	常用	F	$\pm 1\%$
K	千欧姆 ($k\Omega$)	常用	J	$\pm 5\%$
M	兆欧姆 ($M\Omega$)	不常用	K	$\pm 10\%$
G	吉欧姆 ($G\Omega$)	极少用	M	$\pm 20\%$
T	太欧姆 ($T\Omega$)	基本不用		



直标法和文字符号法比较类似，主要区别是直标法直接标注出功率和允许偏差，而文字符号法不标注功率，允许偏差用字母符号标注。

3. 数码法

数码法是用三位阿拉伯数字表示，前两位表示阻值的有效数字，第三位表示有效数字后面零的个数（倍乘）。数码法是比较常用的一种表示电阻器阻值的方法，适合于体积较小的电阻器，比如贴片电阻器。当阻值小于 $10\ \Omega$ 时，以 xRy 表示（ x 代表数字），将 R 看做小数点，如图 1—8 所示。

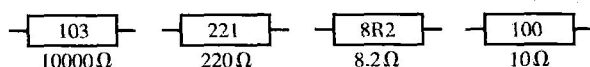


图 1—8 数码法

少数贴片电阻器也有用四位数码标注阻值的，如 6801 表示 $6.8\ k\Omega$ 。由此可见，四位数码法与三位数码法的差别是多了一位有效数字，其余与三位数码法相同。



数码法和直标法的区别是数码法不标注允许偏差。

4. 色标法

色标法是用不同颜色的色环在电阻器表面标出标称阻值和允许偏差值的方法，也是一种比较常用的表示电阻器阻值的方法。色标法中各种颜色的意义见表 1—3。这种标示法主要用于圆柱形电阻器的标示。色标法分为四环色标法和五环色标法两种。

(1) 四环色标法

电阻器用四条色环表示标称阻值和允许偏差，其中三条表示阻值，一条表示允许偏差（一般与其他色环相距较远），如图 1—9 所示。从左至右第一、二条色环表示阻值的有效值，第三条色环表示倍乘，最后一条色环表示允许偏差（通常为金色或银色）。

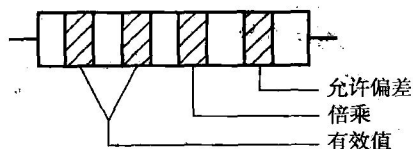


图 1—9 四环色标法

例如，若电阻器上的色环依次是红、红、黑、金，则其阻值是 $22 \times 10^0 = 22\ \Omega$ ，允许偏差是 $\pm 5\%$ ；又如，若电阻器上的色环依次是棕、黑、金、金，则其阻值为 $10 \times 10^{-1} = 1\ \Omega$ ，允许偏差为 $\pm 5\%$ 。

表 1—3

色标法中各种颜色的意义

颜色	有效数字	乘数	允许偏差	颜色	有效数字	乘数	允许偏差
黑	0	10^0	—	紫	7	10^7	$\pm 0.1\%$ (少用)
棕	1	10^1	$\pm 1\%$	灰	8	10^8	—
红	2	10^2	$\pm 2\%$ (少用)	白	9	10^9	—
橙	3	10^3	—	银	—	10^{-2}	$\pm 10\%$
黄	4	10^4	—	金	—	10^{-1}	$\pm 5\%$
绿	5	10^5	$\pm 0.5\%$	无色	—	—	$\pm 20\%$
蓝	6	10^6	$\pm 0.25\%$ (少用)				

(2) 五环色标法

精密电阻器常用五色环表示法。五条色环表示电阻标称值和允许偏差，从左至右第一、二、三条色环表示阻值，第四条色环表示倍乘，最后一条色环表示允许偏差（通常最后一条色环与前面四条色环之间的距离较大），如图 1—10 所示。

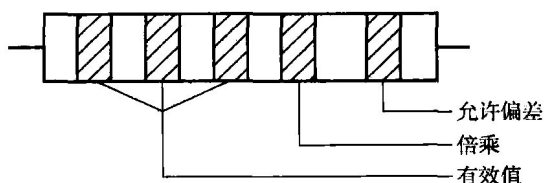


图 1—10 五环色标法

例如，四条色环依次为棕、绿、红、金的电阻器的阻值为 $1.5 \text{ k}\Omega$ ，允许偏差为 $\pm 5\%$ ，如图 1—11 所示。五条色环依次为棕、绿、红、黑、棕的电阻器的阻值为 152Ω ，允许偏差为 $\pm 1\%$ ，如图 1—12 所示。

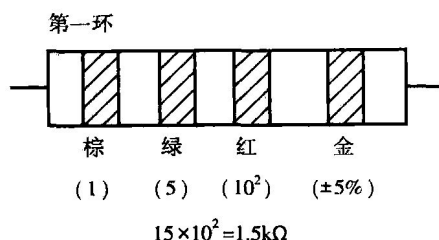


图 1—11 两位有效数字的阻值色标表示法

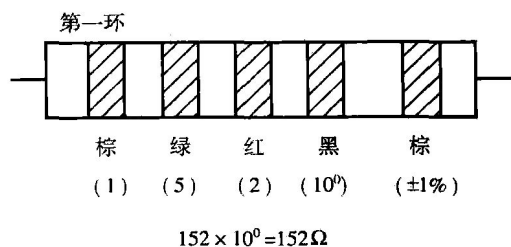


图 1—12 三位有效数字的阻值色标表示法



1) 色环电阻器的允许偏差环与其他环相距较远，通过此特点，可以较快确定色环顺序。

2) 五色环电阻器大都为金属膜电阻器，金属膜电阻器的允许偏差多为 $\pm 1\%$ ，即最后较远的色环为棕色。

五、电阻器的型号命名方法

根据国家标准 GB/T 2470—1995《电子设备用固定电阻器、固定电容器型号命名方法》的规定，电阻器的型号由四部分组成，如图 1—13 所示。电阻器型号中各字母与数字的含义见表 1—4。例如，RJ71 表示精密金属膜电阻器。

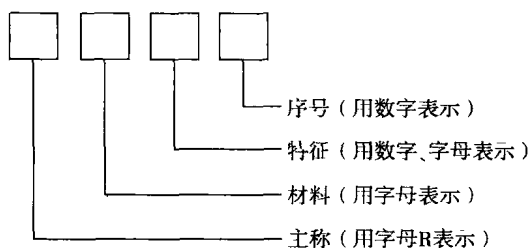


图 1—13 电阻器型号的组成

表 1—4 电阻器型号中各字母与数字的含义

第一部分		第二部分		第三部分	
用字母表示主称		用字母表示材料		用数字或字母表示特征	
符号	意义	符号	意义	符号	意义
R	电阻器	T	碳膜	1	普通
W	电位器	H	合成膜	2	普通
		J	金属膜 (箔)	3	超高频
		Y	氧化膜	4	高阻
		S	有机实心	5	高温
		N	无机实心	7	精密
		I	玻璃釉膜	8	高压
		X	线绕	9	特殊
				G	功率型

六、电阻器的标称系列

在设计电路时，经常会用到各种各样阻值的电阻器，而作为电阻器的生产厂家，为了生产效率和物料管理的方便，不可能生产太多种类阻值的电阻。因此，国家规定了一系列的标称阻值，普通标称阻值有 E6 (共 6 种)、E12 (共 12 种)、E24 (共 24 种) 3 种系列，见表 1—5。

表 1—5 普通电阻器的标称阻值系列

系列	偏差	标称系列值					
E24	±5% (J)	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	4.7	5.1
		5.6	6.2	6.8	7.5	8.2	9.1
E12	±10% (K)	1.0	1.2	1.5	1.8	2.2	2.7
		3.3	3.9	4.7	5.6	6.8	8.2
E6	±20% (M)	1.0	1.5	2.2	3.3	4.7	6.8



1. 标称阻值=有效数字(标称系列值)×倍乘, 倍乘包括 $\times 1$ 、 $\times 10^1$ 、 $\times 10^2$ 、 $\times 10^3$ 、 $\times 10^4$ 、 $\times 10^5$ 、 $\times 10^6$ 。

2. E24、E12、E6 系列最大允许偏差分别为 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$, 是指生产时偏离设计值的程度。偏离设计值越小, 对生产的工艺要求越苛刻, 生产的难度也越大。

3. 工厂最常用的是 E12 系列, 但是精度采用 J 级(允许偏差为 $\pm 5\%$), 不采用 K 级(允许偏差为 $\pm 10\%$)。

七、电阻值的测量方法

1. 用模拟万用表测量电阻的方法

(1) 选挡。根据色环初步判断电阻的大小, 并在万用表表盘电阻读数区的中间区域, 找一个合适的读数, 该读数与色环值相差的倍数, 即为要选的电阻测量挡位。

(2) 调零。将红、黑表笔短路, 调整欧姆校零旋钮, 使万用表指针满度偏转为“0”。

(3) 测量与读数。实际电阻值等于表盘示值乘以挡位倍率。



1) 准备测量电路中的电阻时应先切断电源, 切不可带电测量。

2) 电阻挡调零电位器在表的右侧, 不能调表头中间的小旋钮, 该旋钮用于表头本身的机械调零(一般不用调节)。

3) 每次换挡后都要欧姆调零。

4) 测量时双手不可碰到电阻引脚及表笔金属部分, 以免接入人体电阻, 引起测量误差。

2. 用数字万用表测量电阻的方法

(1) 测量电阻时, 应先将红表笔插入 F/V/ Ω 插孔, 黑表笔插入 COM 插孔。

(2) 将量程开关置于“OHM”或“ Ω ”的范围内, 并选择所需的量程位置(挡位值略大于被测值)。

(3) 打开万用表的电源, 对万用表进行使用前的检查。将两表笔短接, 显示屏应显示 0.00 Ω ; 将两表笔开路, 显示屏应显示溢出符号“1”。以上两个数据的显示都正常时, 表明可以正常使用该万用表, 否则将不能使用。

(4) 测量时将两表笔分别连接被测元器件的两端或电路的两端即可, 并直接读数。

八、特种电阻器与敏感电阻器

1. 排电阻器

排电阻器也称集成电阻器或电阻器网络, 它是一种按一定排列方式集多只分立电阻器于一体的组合式电阻器件。常见排电阻器分为单列直插式(SIP)和双列直插式(DIP)两种类型, 其外形如图 1—14 所示。排电阻器的内部电路结构有多种形式, 常见的几种电路结构如图 1—15 所示。

排电阻器具有体积小、安装方便、阻值一致性好等突出优点, 广泛应用于各类电子电路及电子计算机中。

2. 热敏电阻器

热敏电阻器是一种对温度极为敏感的电阻器, 在温度发生变化时, 其阻值也随之变化。

(1) 热敏电阻器的种类。热敏电阻器按其结构及形状, 可分为球形、杆状、圆片形、管

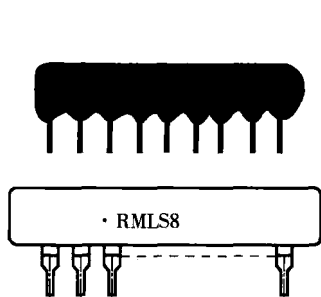


图 1—14 排电阻器外形

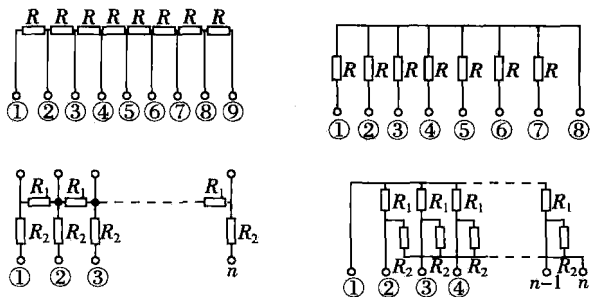


图 1—15 常见排电阻器的内部电路

形和圆圈形等；按其受热方式不同，可分为直热式热敏电阻器和旁热式热敏电阻器；按温度系数，可分为正温度系数热敏电阻器和负温度系数热敏电阻器；按工作温度范围，可分为常温、高温、超低温热敏电阻器。目前应用最广泛的是负温度系数热敏电阻器，其又可分为测温型、稳压型和普通型 3 种。

热敏电阻器的标称电阻值是指环境温度为 25°C 时的电阻值。用万用表测其阻值时，其阻值不一定和标称阻值相符。热敏电阻器的电路图形符号及外形如图 1—16 所示。

(2) 正温度系数热敏电阻器。正温度系数热敏电阻器又称 PTC 热敏电阻器，温度升高时该电阻器的电阻值也随之增大，而且阻值的变化与温度的变化成正比；但当电阻器的温度超过一个定值时，其阻值将急剧增大，当增大到最大值时，其阻值将随温度的升高而开始下降。正温度系数热敏电阻器主要用于温度控制和温度测量电路，此外，还大量应用于彩色电视机的消磁电路、电冰箱、电驱蚊器、电熨斗等家用电器中。

(3) 负温度系数热敏电阻器。负温度系数热敏电阻器又称 NTC 热敏电阻器，其最大的特点是电阻值与温度的变化成反比，即电阻值随温度的升高而降低，当温度大幅升高时，其电阻值大幅下降。负温度系数热敏电阻器的应用范围很广，常用于家电类的温度控制、温度测量、温度补偿等。空调器、电冰箱、电烤箱、复印机的电路中普遍采用了负温度系数热敏电阻器。

3. 光敏电阻器

光敏电阻器是利用半导体光导效应制成的一种特殊电阻器。光敏电阻器的突出特点是对光线非常敏感。无光线照射时光敏电阻器呈高阻状态，当有光线照射时，其电阻值迅速减小。光敏电阻器的外形、结构和电路符号如图 1—17

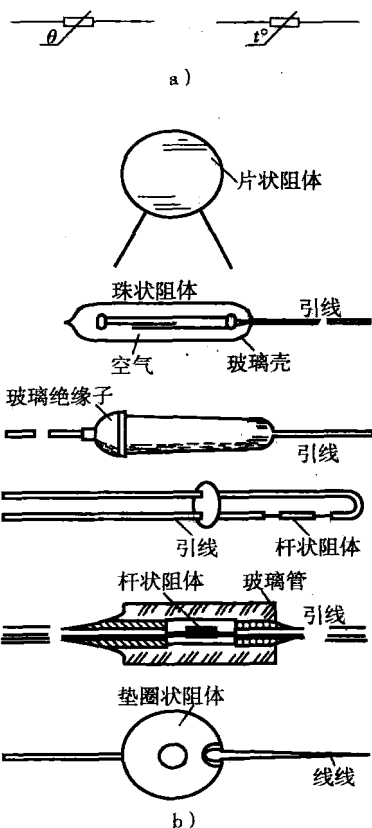


图 1—16 热敏电阻器的电路图形符号及外形
a) 图形符号 b) 外形