

信息与电子学科百本精品教材工程

新编电气与电子信息类本科规划教材

# 电工电子实训与设计

肖俊武 主编 肖飞 李雪莲 副主编

<http://www.phei.com>

TM  
22  
2802



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

新编电气与电子信息类本科规划教材

# 电工电子实训与设计

肖俊武 主编

肖 飞 李雪莲 副主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

电工电子技术课程是一门传统学科的课程,现代社会对于电工电子技术人才的要求日趋实用化,本书主要介绍电子元器件的识别、测量、选用及常见故障的识别与排除;常用电子仪器仪表的使用方法;电子产品的焊接及相关的组装与调试工艺、生产安全;另外还介绍有关光盘刻录的知识及相关刻录软件的使用方法与技巧。本书着重训练学生的实际动手能力与创造性思维,有关理论性强的知识点本书予以省略。

本书主要面向高等工科院校电子、通信工程、自动化、计算机、机电一体化专业的本、专科学生。

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

电工电子实训与设计/肖俊武主编. —北京:电子工业出版社, 2005.8

新编电气与电子信息类本科规划教材

ISBN 7-121-01590-0

I. 电… II. 肖… III. ①电工技术—高等学校—教材 ②电子技术—高等学校—教材 IV. ①TM②TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第082053号

责任编辑:王颖

印刷:北京牛山世兴印刷厂

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:10.25 字数:262.4千字

印次:2005年8月第1次印刷

印数:6000册 定价:14.50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 zllts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

# 前 言

本教材是为普及电子信息技术,让广大读者熟悉和掌握电子信息技术基本技能的教材。随着电子技术日新月异地飞速发展,新知识、新技术、新工艺不断涌现,为达到符合目前的电子实训要求,满足时代发展的需要,培养和提高学生电子信息技术基本技能的能力,我们编写了这本实用性较强的电子实训教材。

本书以熟悉和掌握电子信息技术基本技能为目的,结合高等教育的背景,注意吸收目前电子、电气专业理论教学和技能训练的经验。本书从电子工艺基本知识到电子电路综合训练,内容循序渐进,具有一定的实用性与先进性,语言通俗易懂。

全书共分5章,主要内容有:常用电子元器件,电子工艺的基本常识,电子产品的装配和调试,常用仪器的使用和光盘刻录技术。教材具有以下特点:

1. 突出实训教材的应用性特点,注重动手能力的培养,深入浅出,利于学生在学习过程中牢固掌握与灵活应用。
2. 体现高等教育教学要求,注重电子电路的设计与制作的内容,注重学生的创新能力和应用能力的培养。
3. 为培养学生分析问题与解决问题的能力,选择了较多的装配、调试和检测等综合实训内容,以提高学生分析和解决实际问题的能力。

本书由肖俊武、肖飞、李雪莲、叶红、陈轶萌共同编写,其中第1章由陈轶萌编写,第2章由叶红编写,第3章由李雪莲编写,第4、5章由肖飞编写,全书由肖俊武、肖飞负责统稿,本书在编写过程中得到了湖北省高等学校工程实训中心电子教研室各位老师及石家庄市无线电四厂、合肥元隆电子技术有限公司、宁波中策电子有限公司、深圳市胜利高电子科技有限公司的大力支持和帮助,在此深表感谢。

由于编者水平有限,教材中难免会有不妥和错误之处,恳请读者批评指正。

编 者

2005年5月

# 目 录

<b>第 1 章 常用电子元器件</b> .....	( 1 )
1.1 电阻器和电位器 .....	( 1 )
1.1.1 电阻器和电位器的命名、分类及参数 .....	( 1 )
1.1.2 电阻器和电位器的测量 .....	( 9 )
1.1.3 电阻器和电位器的选用与代用 .....	( 10 )
1.1.4 电阻器与电位器的常见故障 .....	( 12 )
1.2 电容器 .....	( 12 )
1.2.1 电容器的命名、分类及参数 .....	( 12 )
1.2.2 电容器的测量 .....	( 18 )
1.2.3 电容器的选用与代用 .....	( 19 )
1.2.4 电容器的常见故障 .....	( 20 )
1.3 电感线圈和变压器 .....	( 21 )
1.3.1 电感线圈的命名、种类及参数 .....	( 21 )
1.3.2 电感线圈的测量 .....	( 24 )
1.3.3 电感线圈的选用 .....	( 24 )
1.3.4 电感线圈的常见故障 .....	( 25 )
1.3.5 变压器 .....	( 25 )
1.4 晶体管 .....	( 27 )
1.4.1 晶体管的型号命名法 .....	( 27 )
1.4.2 晶体二极管的分类及参数 .....	( 28 )
1.4.3 晶体二极管的测量 .....	( 31 )
1.4.4 晶体三极管的分类及参数 .....	( 33 )
1.4.5 晶体三极管的测量 .....	( 35 )
1.4.6 单向晶闸管 .....	( 36 )
1.4.7 晶体管的代用 .....	( 39 )
1.5 集成电路 .....	( 39 )
1.5.1 集成电路的命名、分类 .....	( 39 )
1.5.2 集成电路的选用 .....	( 41 )
1.5.3 集成电路应用须知 .....	( 43 )
<b>第 2 章 电子工艺的基本常识</b> .....	( 44 )
2.1 焊接工艺 .....	( 44 )
2.1.1 焊接基本知识 .....	( 44 )
2.1.2 焊接技术 .....	( 47 )
2.2 印制电路板 .....	( 68 )
2.2.1 印制电路板设计 .....	( 69 )

2.2.2	印制电路板制造工艺	(73)
2.2.3	教学实例	(76)
<b>第3章</b>	<b>电子产品的装配与调试</b>	<b>(79)</b>
3.1	电子产品的生产安全	(79)
3.1.1	触电伤害	(79)
3.1.2	预防触电	(80)
3.1.3	电子装配安全操作	(81)
3.1.4	电气消防与触电急救	(81)
3.2	电子产品生产的基本知识	(82)
3.2.1	生产工艺的重要性	(82)
3.2.2	电子产品的装配	(82)
3.2.3	电子产品的调试	(85)
3.3	收音机的安装与调试	(91)
3.3.1	超外差收音机 ZX-921 工作原理	(91)
3.3.2	安装方法与静态调整	(92)
3.3.3	整机交流信号的调整	(95)
3.4	随身听的安装与调试	(98)
3.4.1	随身听的工作原理	(98)
3.4.2	随身听的安装方法	(99)
3.4.3	随身听的调试方法	(99)
<b>第4章</b>	<b>常用仪器的使用</b>	<b>(100)</b>
4.1	稳压电源 (DF1731SB3A)	(100)
4.1.1	工作原理	(100)
4.1.2	使用方法	(102)
4.1.3	使用练习	(105)
4.2	数字式万用表 (VC9807A)	(105)
4.2.1	使用方法	(105)
4.2.2	注意事项	(108)
4.3	交流毫伏表 (DF2170A)	(108)
4.3.1	工作原理	(109)
4.3.2	使用方法	(109)
4.3.3	技术参数	(110)
4.3.4	注意事项	(110)
4.3.5	测量练习	(111)
4.4	DDS 函数信号发生器 (TFG2015V)	(111)
4.4.1	工作原理	(111)
4.4.2	使用说明	(112)
4.4.3	技术指标	(116)
4.5	双踪通用示波器 (VD4330)	(117)
4.5.1	工作原理	(118)

4.5.2	示波器的使用 .....	(120)
4.5.3	注意事项 .....	(120)
4.5.4	使用练习 .....	(121)
<b>第 5 章</b>	<b>光盘刻录 .....</b>	<b>(122)</b>
5.1	光盘刻录概述 .....	(122)
5.1.1	刻录光盘的结构原理、种类及用途 .....	(123)
5.1.2	刻录光盘的容量和寿命 .....	(125)
5.1.3	光盘的刻录方式 .....	(126)
5.1.4	光盘刻录的成功要素 .....	(127)
5.2	光盘刻录机概述 .....	(127)
5.2.1	刻录机的工作原理及技术指标 .....	(128)
5.2.2	防刻死技术 .....	(129)
5.2.3	CD-RW 刻录机技术指标 .....	(130)
5.2.4	实物刻录机介绍 .....	(133)
5.3	光盘刻录制作实例 .....	(135)
5.4	刻录软件简介 .....	(136)
5.4.1	软件功能简介 .....	(136)
5.4.2	软件实战刻录 .....	(140)
<b>参考文献</b>	.....	<b>(150)</b>

# 第 1 章 常用电子元器件

电子元器件是电子制作中最基本的“零件”。电子电路中具有某些独立功能的单元，如放大电路、振荡电路、检波电路等，都是由许多电子元器件构成的，通常它们可以分为无源元件（习惯上称为元件）和有源元件（习惯上称为器件）两类。前者包括电阻器、电容器、电感器、电声器件等，后者包括晶体二极管、晶体三极管、集成电路等。本章着重学习这些电子元器件的基本知识。

## 1.1 电阻器和电位器

电阻器简称电阻，是电子电路中应用最多的元件之一。电阻器在电路中用于分压、分流、滤波（与电容器组合）、耦合、阻抗匹配、负载等。电阻器在电路中常用符号“R”表示，电阻值的国际单位为欧姆，简称欧（ $\Omega$ ）。 $1\Omega$ 是电阻的基本单位，在实际电路中，常用的单位还有千欧（ $k\Omega$ ）和兆欧（ $M\Omega$ ）。三者的换算关系为

$$1M\Omega=1000k\Omega; \quad 1k\Omega=1000\Omega$$

电位器是由一个电阻体和一个转动或滑动系统组成的。在家用电器和其他电子设备电路中，电位器用来分压、分流和用来作为变阻器。在晶体管收音机、CD 唱机、电视机等电子设备中电位器用于调节音量、音调、亮度、对比度、色饱和度等。它作为分压器时，是一个四端电子元件；它作为变阻器时，是一个两端电子元件。

### 1.1.1 电阻器和电位器的命名、分类及参数

#### 1.1.1.1 电阻器和电位器的型号命名

国产电阻器、电位器的型号一般由下列五部分组成。

第一部分：主称，用字母表示，R 表示电阻器，W 表示电位器。

第二部分：导电材料，用字母表示，具体含义见表 1-1。

表 1-1 电阻器、电位器及其材料字母表示

类别	名称	符号	字母顺序
主称	电阻器	R	第一字母
	电位器	W	
材料	碳膜	T	第二字母
	金属膜	J	
	氧化膜	Y	
	合成碳膜	H	
	有机实心	S	
	无机实心	N	
	沉积膜	C	
	玻璃釉	I	
	线绕	X	



第三部分：一般用数字表示分类，个别类型用字母表示，见表 1-2。

表 1-2 电阻器与电位器的代号

数字代号	意义		字母代号	意义	
	电阻器	电位器		电阻器	电位器
1	普通	普通	G	高功率	高功率
2	普通	普通	T	可调	—
3	超高频	—	W	—	微调
4	高阻	—	D	—	多圈
5	高温	—	X	小型	小型
6	—	—	J	精密	精密
7	精密	精密	L	测量用	—
8	高压	特种函数	Y	被釉	—
9	特殊	特殊	C	防潮	—

第四部分：序号，用数字表示。

第五部分：区别代号，用字母表示。区别代号是当电阻器（电位器）的主称、材料特征相同，而尺寸、性能指标有差别时，在序号后用 A、B、C、D 等字母予以区别。

### 1.1.1.2 电阻器和电位器的分类

#### 1. 电阻器的分类

电阻器的种类很多，通常有固定电阻器、可变电阻器和敏感电阻器。按电阻器结构形状和材料不同，可分为线绕电阻器和非线绕电阻器。线绕电阻器有通用线绕电阻器、精密线绕电阻器、功率型线绕电阻器等；非线绕电阻器有碳膜电阻器、金属膜电阻器、金属氧化膜电阻器、合成碳膜电阻器、棒状电阻器、管状电阻器、片状电阻器、纽扣状电阻器、金属玻璃釉电阻器、有机合成实心电阻器、无机合成实心电阻器等。

下面分别叙述几类常用电阻器的性能及结构。

##### (1) 碳膜电阻器

碳膜电阻器是通过真空高温热分解的结晶碳沉积在柱状或管状的陶瓷骨架上制成的。碳膜电阻器稳定性好、噪声低、阻值范围较宽，既可制成小至几欧的低值电阻器，也制成几十兆欧的高值电阻器，且生产成本低廉，应用广泛。在 $-55^{\circ}\text{C}\sim+40^{\circ}\text{C}$ 的环境温度中，可按 100% 的额定功率使用。碳膜电阻器的外形与结构如图 1-1 所示。

##### (2) 金属膜电阻器与金属氧化膜电阻器

金属膜电阻器的外形和结构与碳膜电阻器相似，如图 1-2 所示。它多采用合金粉真空蒸发制成。

金属膜电阻器的性能比碳膜电阻器更为优越，它稳定性好，耐热性能好，温度系数小，在同样的功率条件下，体积比碳膜电阻器小很多，但其脉冲负荷稳定性比较差。金属膜电阻器的阻值范围一般在  $1\Omega\sim 200\text{M}\Omega$  之间，可在 $-55^{\circ}\text{C}\sim+70^{\circ}\text{C}$ 的环境温度中，按 100% 的额定功率使用。这类电阻器常用在质量要求较高的电路中，金属氧化膜电阻器的性能与金属膜

电阻器相似，但它不适用于长期工作的电路中。因为它长期工作的稳定性较差，但耐热性很好。阻值范围在  $1\Omega \sim 100k\Omega$  之间。

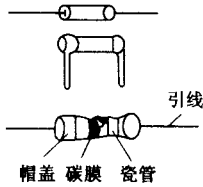


图 1-1 碳膜电阻器的外形与结构图

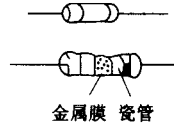


图 1-2 金属膜电阻器的外形与结构图

### (3) 线绕电阻器

线绕电阻器是用高密度电阻材料镍铬丝或锰铜丝、康铜丝绕在瓷管上制成的，分固定式和可调式两种。表面覆盖一层玻璃釉的为釉线绕电阻器；表面覆盖保护有机漆或清漆的为涂漆线绕电阻器；绕制没有保护的裸线的为裸式线绕电阻器。图 1-3 所示为线绕电阻器的外形与结构。

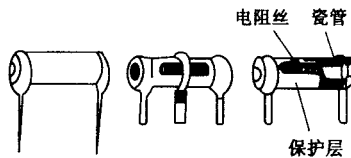


图 1-3 线绕电阻器的外形与结构图

线绕电阻器的特点是噪声小，甚至无电流噪声；温度系数小、热稳定性好、耐高温，工作温度可以达到  $315^\circ\text{C}$ 。但它体积大、阻值较低，大多在十万欧以下。同时线绕电阻器由于结构上的原因，分布电容和电感系数都比较大，不能在高频电路中使用。这类电阻器通常在大功率电路中作为降压或负载等用，阻值范围在  $0.1\Omega \sim 5M\Omega$  之间。

### (4) 片状电阻器

片状电阻器是一种表面安装元件，是随着电子技术的发展产生的新型元件。片状电阻器是由陶瓷基片、电阻膜、玻璃釉保护层和端头电极组成的无引线结构电阻元件。它体积小、重量轻、性能优良、温度系数小、阻值稳定、可靠性强，但其功率一般不大。阻值范围在  $10\Omega \sim 10M\Omega$  之间，低阻值范围在  $0.02 \sim 10\Omega$  之间。

### (5) 热敏电阻器

热敏电阻器是用一种对温度极为敏感的半导体材料制成的非线性元件。电阻值随温度升高而变小的为负温度系数热敏电阻器；随温度升高而增大的为正温度系数热敏电阻器。目前使用较多的为负温度系数的电阻器。图 1-4 所示为部分直热式热敏电阻器的外形。

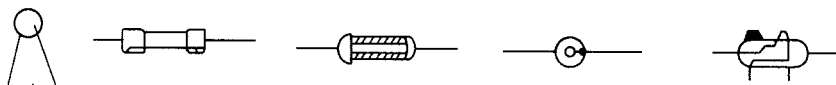


图 1-4 直热式热敏电阻器的外形图

## (6) 压敏电阻器

压敏电阻器是一种特殊的非线性电阻器。当加在压敏电阻器两端的电压至某一临界值时，它的阻值会急剧变小。在电子电路中，它常用做过压保护和稳压元件。压敏电阻器按伏安特性可分为对称型（无极性）压敏电阻器和非对称型（有极性）压敏电阻器两种；按结构可分为体型压敏电阻器和结型压敏电阻器两种。

## 2. 电位器的分类

电位器的种类较多，按所使用的电阻材料分为碳膜电位器、碳质实心电位器、金属膜电位器、玻璃釉电位器、线绕电位器等。

下面介绍几种常用的电位器。

### (1) 碳膜电位器

碳膜电位器的电阻体是用碳黑、石墨、石英粉、有机黏合剂等配成悬浮液，并喷涂在玻璃纤维板或者胶纸板上制成的。电阻片上两端焊片间的电阻值是电位器的最大阻值，滑动臂与两端焊片之间的阻值随触点位置改变而变化。改变滑动臂在碳膜片上的位置，就可以达到调节电阻阻值大小的目的。碳膜电位器的结构简单、阻值范围宽、寿命长、价格低、型号多，但功率不太高，一般小于 2W。图 1-5 所示为其外形结构。

### (2) 线绕电位器

线绕电位器的电阻体是由电阻体和带滑动触点的转动系统组成的。它的耐热性好，温度系数小；噪声很低、精度高、有较大的功率。在同样的功率下，线绕电位器的体积最小，但它的分辨率低，高频特性差。图 1-6 所示为其外形结构。

### (3) 单圈式电位器

单圈式电位器是线绕电位器的一种。它的滑动臂只能在  $360^\circ$  范围内旋转。图 1-5、图 1-6 所示的都属于单圈式电位器。



图 1-5 碳膜电位器的外形结构图

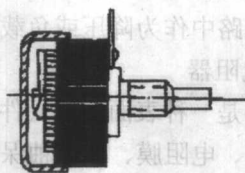


图 1-6 线绕电位器的外形结构图

### (4) 多圈式电位器

多圈式电位器的滑动臂从一个极端位置滑动到另一个极端位置，它的轴要转动一圈以上。这种电位器的电阻丝紧紧地绕在外有绝缘层的粗金属线上，金属线圈绕成螺旋形，装在有内螺纹的壳体内。电位器的滑动臂由转轴带动，能沿着螺旋形的金属线移动。多圈式电位器的转轴每旋转一周，其滑动臂仅移动一个螺距，因此用它可对电阻值进行细微的调节。多圈式电位器适用于需精密微调的电路。

### (5) 多圈微调电位器

多圈微调电位器用蜗轮、蜗杆结构调节电阻，蜗轮上装有滑动臂，旋转蜗杆时蜗轮随着转动。蜗杆转动一周，蜗轮转动一齿，滑动臂便在电阻体上进行圆周运动，对电阻值进

行细微调节。图 1-7 所示为其外形图。

#### (6) 单联、双联和多联电位器

单联电位器有自身独立的转轴，前面介绍的电位器都属于单联电位器。

多联电位器是将两个或两个以上电位器装在同一根轴上构成。多个电位器可同用一个转轴，以达到简化结构节省零件的效果。此类电位器大部分用在低频衰减器或需同步的电路中。图 1-8 所示为其外形结构图。



图 1-7 多圈微调电位器外形结构图

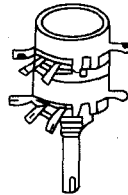


图 1-8 多联电位器外形结构图

#### (7) 锁紧型电位器

锁紧型电位器的轴套为圆锥形，并开有槽口。当螺帽向下旋紧时，轴套将锁紧，转轴位置不变，以防止调好的电阻值变化。该电位器的阻值处于固定状态，比较适用于需经常移动的电子仪器。图 1-9 所示为其外形剖面图。

#### (8) 带电源开关电位器

带电源开关电位器即在电位器上附带有开关装置。开关和电位器虽然同轴相连，但又彼此独立。电位器能起到控制电路开断的作用。其开关既可做单刀单掷、双刀双掷、单刀双掷等，也可做成推拉或旋转开关，既节省元件，又美化面板，常用于收音机、电视机内作为音量控制兼电源开关。图 1-10 所示为其外形图。

#### (9) 直滑式电位器

直滑式电位器的电阻材料为碳膜，电阻体为直条形，通过调节滑轮柄可改变其阻值。它工艺简单，可由滑臂的位置大致判断阻值，被广泛地应用在收音机、录音机、电视机和一些电子仪器上。它的外形结构如图 1-11 所示。



图 1-9 锁紧型电位器外形剖面图

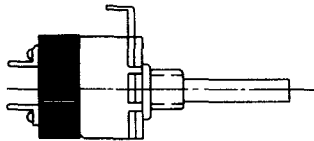


图 1-10 带电源开关电位器的外形图

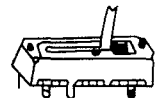


图 1-11 直滑式电位器的外形结构图

### 1.1.1.3 电阻器和电位器的主要参数

#### 1. 电阻器的主要参数

##### (1) 标称阻值与允许误差

标识在电阻器上的阻值称为标称阻值。但电阻的实际值往往与标称阻值有一定差距，

即误差。两者之间的偏差允许范围为允许偏差，它标志着电阻器的阻值精度。通常电阻器的阻值精度可由下式计算：

$$\delta = \frac{R - R_R}{R_R} \times 100\%$$

式中， $\delta$ ——允许误差；

$R$ ——电阻器的实际阻值 ( $\Omega$ )；

$R_R$ ——电阻器的标称阻值 ( $\Omega$ )。

按规定，电阻器的标称阻值应符合阻值系列所列数值。常用电阻器标称阻值系列见表 1-3。电阻器的精度等级见表 1-4。

表 1-3 常用电阻器标称阻值表

允许误差	标称阻值 $\times 10^n \Omega$ ( $n$ 为整数)												
$\pm 5\%$ ( $E_{24}$ 系列)	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	6.0	6.8	7.5	8.2	9.1	
$\pm 10\%$ ( $E_{12}$ 系列)	1.0	1.2		1.5		1.8		2.2		2.7			
	3.3	3.9		4.7		5.6		6.8		8.2			
$\pm 20\%$ ( $E_6$ 系列)	1.0	1.5				2.2							
	3.3	4.7				6.8							

表 1-4 电阻值的精度等级表

精度等级	005	01 (或 00)	02 (或 0)	I	II	III
允许误差	$\pm 0.5\%$	$\pm 1\%$	$\pm 2\%$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$

电阻的阻值和误差有以下两种表示方法。

• 直接标识法：将参数直接标识在电阻器外表面上。图 1-12 所示为几种常用的电阻器阻值与误差的数值表示法。图中左边两类是用数字和单位符号直接把标称阻值和允许偏差标在电阻表面，右边一类是用文字和数字符号组合表示电阻器的标称阻值，另外还可以用三位数字来表示标称阻值。

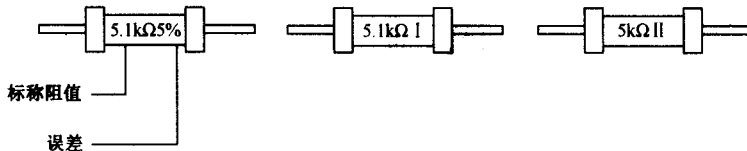


图 1-12 电阻器阻值与误差的数值表示法

• 色码表示法：用不同颜色的色带或色点标识在电阻体的表面上来表示其参数。图 1-13 所示为几种常见的色码表示法。色环、色点所代表的意义见表 1-5。

以上两种表示法中，如无误差等级标识的，一律表示允许误差为  $\pm 20\%$ 。

例如有一个四环电阻的色环分别为棕、黑、红和银色，则该电阻的阻值为  $10 \times 10^2 \Omega$ ，即  $1000 \Omega$ ，允许误差为  $\pm 10\%$ 。

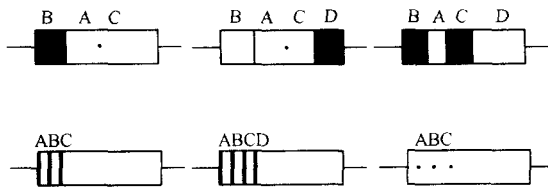


图 1-13 电阻器阻值与误差的色码表示法

表 1-5 色环、色点所代表的意义表

色环颜色	第一色环 (A)	第二色环 (B)	第三色环 (C)	第四色环 (D)
黑	—	0	$\times 10^0$	—
棕	1	1	$\times 10^1$	$\pm 1\%$
红	2	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$
橙	3	3	$\times 10^3$	—
黄	4	4	$\times 10^4$	—
绿	5	5	$\times 10^5$	$\pm 0.5\%$
蓝	6	6	$\times 10^6$	$\pm 0.2\%$
紫	7	7	$\times 10^7$	$\pm 0.1\%$
灰	8	8	$\times 10^8$	—
白	9	9	$\times 10^9$	$-20\%+5\%$
金	—	—	$\times 10^{-1}$	$\pm 5\%$
银	—	—	$\times 10^{-2}$	$\pm 10\%$
本身颜色	—	—	—	$\pm 20\%$

(2) 电阻器的额定功率

额定功率是指电阻器在交流或者直流电路中，在正常工作情况下，电阻器长期连续工作所允许承受的最大功率。对于同一类电阻器，额定功率的大小取决于它的几何尺寸和表面积。电阻器的额定功率系列见表 1-6。

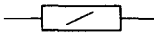
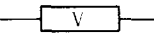
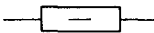
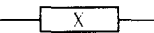
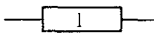
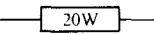
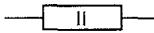
表 1-6 电阻器的额定功率系列表

种 类	额定功率系列/W																	
线绕电阻器	0.05	0.125	0.25	0.5	1	2	4	8	10	16	25	40	50	75	100	150	250	500
非线性绕电阻器	0.05	0.125	0.25	0.5	1	2	5	10	25	50	100							
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										

表示电阻功率的通用符号见表 1-7。

如果电阻器符号上没有瓦数的标识，就表明对该电阻器功率要求不严格，我们可以根据其体积大小来判断功率。

表 1-7 电阻功率的通用符号表

图形符号	名称	图形符号	名称
	1/4W 电阻		5W 电阻
	1/2W 电阻		10W 电阻
	1W 电阻		20W 电阻
	2W 电阻		

说明：功率大于 10W，小于 1/4W 的电阻，用阿拉伯数字标注，例如 20W。

### (3) 电阻器的最大工作电压（极限工作电压）

最大工作电压是指电阻器长期工作不发生过热或击穿损坏等现象的电压。电阻器的最大工作电压值用下式计算：

$$U_{MAX} = \sqrt{P_R \cdot R_{LJ}}$$

式中， $U_{MAX}$ ——最大工作电压（V）；

$P_R$ ——额定功率（W）；

$R_{LJ}$ ——临界阻值（ $\Omega$ ）。

临界阻值由电阻器的额定功率及它的结构、外形尺寸等因素确定。

在实际使用中，当  $R < R_{LJ}$  时，一定要使电阻器在低于额定工作电压下工作。当  $R > R_{LJ}$  时，则必须低于最高工作电压，以免烧坏或产生极间击穿和飞弧现象。

## 2. 电位器的参数

电位器除与电阻器有相同的参数外，还有以下特定的几个参数。

### (1) 最大阻值和最小阻值

电位器的标称阻值是指该电位器的最大阻值，最小阻值又称为零位阻值。由于触点存在接触电阻，因此最小电阻值不可能为零。

### (2) 阻值变化特性

它是指阻值随活动触点的旋转角度或滑动行程的变化而变化。这种变化可以是任何函数形式。常用的有直线式、对数式和反对数式，分别用 X、Z、D 表示。它们的变化规律如图 1-14 曲线所示。

- 直线式电位器，其阻值变化和转角呈线性关系，此类电位器多用在分压电路中。

- 对数式电位器，该类电位器开始转动时阻值变化小，转动角度增加阻值变化大，此类电位器多用在音量控制电路中。

- 反对数式（旧称指数式）电位器，其变化方式与对数式电位器相反，当其转动角度增加阻值反而减小，此类电位器多用于音调控制电路中。

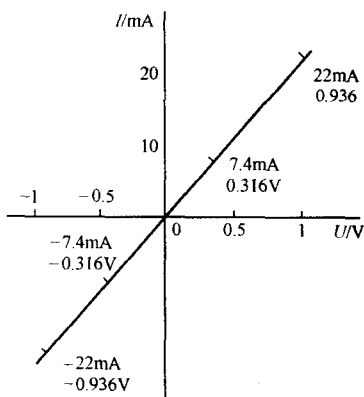


图 1-14 用万用表测得的热敏电阻两端伏/安特性曲线

### (3) 动噪声

当电位器在外加电压作用下，其动接触点在电阻体上滑动时，产生的电噪声称为电位器的动噪声，其对家用电器及其他电子设备，如电视机、CD 唱机等影响很大，选用时宜用动噪声小的电位器。

## 1.1.2 电阻器和电位器的测量

### 1.1.2.1 电阻器的测量

使用电阻器时，首先要知道它是否完好，可用以下几种常用的测量方法。

#### 1. 用万用表测量固定电阻器

用机械式万用表测量前，需对其调零，选择要使用的挡位，将红、黑两根表笔短接，调节调零螺母使表头指针阻值为零，然后用表笔接被测固定电阻器的两个引出端，此时表头指针偏转的指示值，即为被测电阻器的阻值。如果指针不摆动，则可将万用表换到阻值较大挡位，并重新调零后再次测量。如果指针仍不摆动，可能该电阻器内部断路，应进行故障检查。如果指针摆动到指示为零，可将万用表置于阻值较小挡位（每次换挡均须调零后才能进行测量）。

注意：测量时人体手指不要触碰被测固定电阻器的两个引出端，以免影响测量结果。

#### 2. 用晶体管特性图示仪测量固定电阻器

如果认为用万用表测量电阻器的阻值精度不够准确，则可以用晶体管特性图示仪来测量，测量方法类似测量普通二极管的方法，但要注意在被测电阻器所允许的最大功耗内进行测量。

#### 3. 用万用表测量热敏电阻器

在测量热敏电阻器之前先测量室温下的电阻值，检测阻值是否正常。

测量热敏电阻值时，可通过人体对其加热（如用手拿住），使其温度升高，观察阻值变化。如果体温不足以使其阻值产生较大变化，则可用发热元件（如灯泡、电烙铁等）进行加热。当温度升高时，其阻值增大，则该热敏电阻是正温度系数的热敏电阻；若其阻值降低，则是负温度系数的热敏电阻。

另外，可用万用表测量热敏电阻两端电压绘制伏/安特性曲线，并根据它判断热敏电阻的好坏。具体方法如下：

首先要了解万用表各欧姆挡的短路电流和开路电压。例如 500 型万用表， $R \times 1\Omega$ 、 $R \times 10\Omega$ 、 $R \times 100\Omega$ 、 $R \times 1k\Omega$  挡的短路电流分别为 100mA、10mA、1mA、 $100\mu A$ （两表笔短接，表针指示到零欧姆时，流过表笔的电流）；它们的开路电压均为 1.2V（指两表棒开路，表针指示为无穷大时，两表棒之间的电压）。

测量时，首先用  $R \times 1\Omega$  挡，从直流电压和电流刻度上读出通过该电阻的电流为 22mA，两端电压为 0.936V，测得阻值为  $35\Omega$ ；再将万用表置于  $R \times 10\Omega$  挡，这时短路电流为 7.4mA，开路电压为 0.316V，读出阻值仍为  $35\Omega$ ，再将表笔对调。重复进行上述测量，把四组电流和电压值标识在图 1-14 的直角坐标上，绘制出伏/安特性曲线。如特性曲线接近直线，说



明该被测热敏电阻特性良好；如果曲线弯曲，则说明该被测热敏电阻特性不好。

### 1.1.2.2 电位器的测量

#### 1. 电位器标称阻值的测量

首先，测量两端的两片焊片之间的阻值，也就是其标称阻值。看其是否与标注值相符合。

其次，检查电位器的开关接触是否良好。用万用电表低阻值挡来测量，表笔接两焊片，调节开关通断，观察万用电表的阻值变化情况。

最后，测量电位器动触点的接触状况。测量端点为中间焊片和两端的任意一片焊片。测量时，缓缓旋转轴，观察电位器的阻值是否在零及标称阻值之间连续变化。若万用表表针读数连续变化，则电位器动触点接触良好，否则该电位器动触点的接触不良，或电阻片的碳膜涂层不均匀，有严重污染。

#### 2. 同轴电位器的测量

同轴电位器的测量与通用电位器原理相似。测试电路如图 1-15 所示。

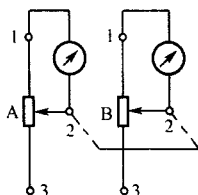


图 1-15 同轴电位器的测试电路图

先分别测量电位器 A 的 1、3 两端及电位器 B 的 1、3 两端的电阻值。这两个阻值应与标称值相符。然后将电位器逆时针旋到底，将两只万用表分别接电位器 A 的 1、2 两端和电位器 B 的 1、2 两端，顺时针旋转同轴电位器的轴柄，观察两只万用表的阻值是否同步变化。

再用同样方法测量同轴电位器 A 的 2、3 两端和电位器 B 的 2、3 两端阻值变化是否同步，读数是否连续。

性能良好的同轴电位器，标称阻值应相等或近似相等，在旋转轴柄时同步误差（阻值误差）极小，且无阻值突变的情况。

## 1.1.3 电阻器和电位器的选用与代用

### 1.1.3.1 电阻器的选用与代用

#### 1. 电阻器的选用

##### (1) 型号的选取

根据各种电阻器的特点，对于一般的电子线路和电子设备，可以使用普通的碳膜或碳质电阻器，它们价格便宜，货源充足；对于高品质的扩音机、录音机、电视机等，应选用