

高等学校通用教材

电子综合技能 实训教程

徐国华 ◎主 编 孙 冬 ◎副主编 王新金 ◎主 审



北京航空航天大学出版社

高等学校通用教材

电子综合技能实训教程

徐国华	主 编
孙 冬	副主编
王新金	主 审

北京航空航天大学出版社

内容简介

本书是作者在近年来在实验教学基础上编写而成的。本教程共计6章。第1章至第4章介绍了常用的电子元件、电子技术基本操作技能的训练、印制电路板的制作过程、焊接技术、电子元件安装与调试、Protel 99SE原理图设计练习以及PCB板的制作;第5章至第6章介绍了晶体管收音机的工作原理,晶体管收音机的安装与调试以及检修方法。附录部分介绍了常用电子仪器的工作原理及使用方法。

本书内容丰富,可供理工科类高等院校、高职、高专和各类成人教育的电类、机电类专业学生使用,也可供从事电工、电子技术的有关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电子综合技能实训教程/徐国华主编. —北京:
北京航空航天大学出版社, 2010. 6
ISBN 978-7-5124-0080-1

I. ①电… II. ①徐… III. ①电子技术—高等学校—
教材 IV. ①TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第076161号

版权所有,侵权必究。

电子综合技能实训教程

徐国华 主 编

孙 冬 副主编

王新金 主 审

责任编辑 金友泉

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路37号(邮编100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱: bhpress@263.net 邮购电话:(010)82316936

北京时代华都印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787 mm×960 mm 1/16 印张:15.75 字数:353千字

2010年6月第1版 2010年6月第1次印刷 印数:5 000册

ISBN 978-7-5124-0080-1 定价:23.00元

前 言

电子技术是当今迅速发展的学科之一,它在自动控制、通信、计算机及家用电器等领域的应用日益广泛。电子综合技能实训是电子技术的一个重要实践性环节。本教材重点培养学生的实践技能和创新精神,使学生了解电子产品的生产过程,掌握电子技能的基本知识和实践技能。

本书是根据电类各专业对电子综合技能的基本要求,结合电子综合技能教学实践和当前电子技术发展的新形势,并针对学生实践能力和创新能力的培养而编写的。它介绍了电子元器件、电子技术基本操作技能的训练、印制电路板的制作过程、焊接技术、电子元器件安装与调试、Protel 99SE 原理图设计练习以及印制电路板的制作,并介绍了收音机的工作原理及调试和维修方法,附录部分介绍了常用电子测量仪器的使用。

本书具有以下特点:

1. 详细介绍常用电子元器件的基本知识、选择和使用,介绍了用 Protel 99SE 绘制电子电路原理图以及印制电路板的制作。其电路是根据电子技术基础课程所学的基本单元电路,结合电子产品训练学生读图能力和绘制单元电子电路技能,使理论与实践有机结合,并为维修电子设备和开发新的电子产品打下良好的基础。

2. 本书还详细介绍了晶体管收音机的工作原理及调试方法,同时介绍了晶体管收音机的维修方法;常用电子线路等的故障分析与排除。

3. 本书力求突出工程技能训练的思想,在内容上注意了广泛性、科学性和实用性;从电子综合技能实训实际的角度出发,培养学生的动手能力、分析和解决实际问题的能力、电子电路的设计能力和创新意识。

本书由郑州轻工业学院徐国华负责编写第 1 章、第 2 章、第 5 章、第 6 章及附录部分;郑州轻工业学院孙冬负责编写第 3 章、第 4 章;郑州轻工业学院的李丽娟参与编写第 1 章;郑州轻工业学院的顾冬华参与编写第 2 章;中州大学的许爽参与编写第 3 章、第 4 章;郑州轻工业学院的韩振宇、王俊杰参与编写附录部分。徐国华负责全书的统稿及协调工作。郑州轻工业学院王新金老师担任本书的主审,并对全书的内容和形式提出很多的宝贵意见和建议。

本书适用于理工科类高等院校、高职、高专和各类成人教育电类、机电类专业学生使用,也可供从事电工、电子技术的有关人员参考。

由于我们的水平有限,书中难免有不妥之处,衷心欢迎读者,特别是使用本书的教师和同学们批评、指正,提出改进意见。

编 者

2010 年 4 月于郑州

目 录

第 1 章 常用电子元器件的识别与简易测试	1
1.1 线性元件	1
1.1.1 电阻器	1
1.1.2 电位器	10
1.1.3 电容器	15
1.1.4 可变电容器	25
1.1.5 电感线圈	26
1.1.6 变压器	32
1.2 半导体分立元件	37
1.2.1 半导体二极管	37
1.2.2 三极管	44
1.3 集成电路	50
1.4 思考题	55
第 2 章 电子技术基本操作技能的训练	56
2.1 印刷电路板的设计与制作	56
2.1.1 印刷电路板的基本知识	56
2.1.2 印刷电路板的设计	58
2.1.3 印刷电路板的制作	62
2.2 常用焊接工艺	64
2.2.1 焊接基础知识	65
2.2.2 电烙铁的使用与维护	66
2.2.3 焊料与焊剂的选用	70
2.2.4 电烙铁钎焊要领	72
2.2.5 几种焊接实践	75
2.2.6 焊接质量检验	77
2.2.7 拆 焊	78
2.3 思考题	80

第3章 常用电子线路的安装	81
3.1 稳压电源电路	81
3.1.1 单向桥式整流、滤波电路	81
3.1.2 并联型直流稳压电源	82
3.1.3 简单串联型直流稳压电源	84
3.1.4 串联型可调直流稳压电源	85
3.2 晶闸管电路	88
3.2.1 单晶体管的识别和检测	88
3.2.2 晶闸管的识别和检测	91
3.2.3 单相可控直流调光电路	95
3.3 声光双控延时照明电路	98
3.3.1 电路工作原理	98
3.3.2 555 定时器工作原理	99
3.3.3 门电路	101
3.3.4 继电器工作原理	102
3.3.5 倍压整流电路原理	102
3.3.6 声光双控延时照明电路的安装与调试	103
3.4 电子抢答器的安装	104
3.4.1 电路分析	104
3.4.2 安装调试	104
3.5 光控定时广告灯	106
3.5.1 工作原理	106
3.5.2 元器件选择	107
3.5.3 光控定时广告灯电路的安装调试	107
3.6 摩托车防盗报警器	109
3.6.1 电路工作原理	109
3.6.2 元器件选择	110
3.6.3 摩托车防盗报警器电路的安装调试	111
3.7 思考题	112
第4章 Protel 99SE 原理	113
4.1 Protel 99SE 的特点	113
4.2 Protel 99SE 启动与工作界面	114

4.2.1	启动 Protel 99SE	114
4.2.2	Protel 99SE 的菜单栏	115
4.2.3	Protel 99SE 的工具栏	116
4.3	原理图设计初步	116
4.3.1	创建一个新的设计数据库	117
4.3.2	启动原理图编辑器	118
4.3.3	创建一个工作窗口	119
4.3.4	工具栏的打开/关闭	120
4.3.5	绘图区域的放大缩小	121
4.3.6	图纸参数设置	122
4.3.7	普通导线连接	128
4.4	调光灯电路的设计	130
4.4.1	画调光灯电路原理图	131
4.4.2	添加器件库	132
4.4.3	通过原理图浏览器放置元器件	133
4.4.4	调整元器件位置	135
4.5	印刷电路板的基础	137
4.5.1	PCB 中的层	137
4.5.2	PCB 中的元器件	139
4.6	电路板编辑器	142
4.6.1	启动电路板编辑器	143
4.6.2	编辑器的管理	144
4.6.3	文档选项的设置	146
4.6.4	工作参数的设置	148
4.7	调光灯电路板设计	150
4.7.1	电路原理图的准备	151
4.7.2	元器件封装库的设计	151
4.7.3	载入元器件网络表	156
4.7.4	元器件布局	158
4.7.5	电路板布线	162
4.8	思考题	167
第 5 章	无线电广播的发送与接收	168
5.1	无线电广播的发送	168

5.1.1	声音及其传播	168
5.1.2	无线电波	169
5.1.3	无线电广播的基本原理	171
5.2	无线电广播的接收	173
5.2.1	收音机的基本工作过程	173
5.2.2	收音机的分类	174
5.3	思考题	175
第6章	调幅广播收音机	176
6.1	输入调谐回路	176
6.1.1	输入调谐回路的作用与要求	176
6.1.2	输入调谐回路的组成与工作原理	176
6.2	变频电路	180
6.2.1	变频电路的作用与要求	180
6.2.2	变频电路的组成与变频原理	180
6.2.3	实用变频电路	182
6.3	中频放大电路	185
6.3.1	中频放大电路的作用与要求	185
6.3.2	中频放大电路的组成	186
6.3.3	实用中频放大电路	186
6.4	检波电路	189
6.4.1	检波电路的作用与要求	189
6.4.2	检波电路的组成	189
6.4.3	检波电路的工作原理	190
6.4.4	检波电路元器件的选择	190
6.4.5	检波电路工作状态的检测	191
6.5	自动增益控制电路	191
6.5.1	自动增益控制电路的作用与要求	191
6.5.2	自动增益控制电路的结构	192
6.5.3	自动增益控制电路的工作原理	192
6.6	前置放大电路	194
6.6.1	前置放大电路的作用	194
6.6.2	前置放大电路的组成	194
6.6.3	前置放大电路的工作原理	195
6.6.4	前置放大电路元器件的选择	195

6.6.5	前置放大电路的工作状态的检测	195
6.7	音频功率放大电路	196
6.7.1	功率放大电路的作用	196
6.7.2	功率放大电路的组成	196
6.7.3	功率放大电路的工作原理	198
6.7.4	功率放大电路工作状态的检测	200
6.8	电源退耦电路	201
6.9	晶体管收音机的调整	202
6.9.1	晶体管静态工作点	202
6.9.2	调整中频频率	202
6.9.3	调整频率范围	203
6.9.4	统调(调补偿)	204
6.10	调幅收音机的常见故障分析及维修	206
6.10.1	维修时的注意事项	206
6.10.2	几种常用的检查方法	207
6.10.3	怎样根据故障现象检修收音机	211
6.11	思考题	216
附 录		217
附录 A	示波器原理及使用	217
A1	示波器的基本结构	217
A2	示波器的二踪显示	218
A3	产品介绍	220
附录 B	SG1051S 高频信号发生器	227
B1	概 述	227
B2	工作特性	227
B3	工作原理	228
B4	结构特征	229
B5	使用操作	231
附录 C	RS-2812A 电桥使用说明	231
C1	概 述	231
C2	性能技术指标	231
C3	操作说明	232
附录 D	常用集成电路芯片说明	233

第 1 章 常用电子元器件的识别与简易测试

1.1 线性元件

1.1.1 电阻器

1. 电阻器的型号命名方法与电路图形符号

(1) 电阻器的型号命名方法

电阻器的型号命名主要是依据 GB/T2470—1995《电子设备用固定电阻器、固定电容器型号命名方法》的规定来进行命名。

固定电阻器的型号命名由以下四部分组成：

- 1) 第一部分用字母 R 表示电阻器的主称。
- 2) 第二部分用字母表示电阻器的主要材料，如表 1-1 所列。
- 3) 第三部分用数字表示产品的主要特征，个别类型用字母表示。
- 4) 第四部分用数字表示序号，以区别电阻器的外形尺寸和性能指标。

表 1-1 电阻器型号组成及各部分符号意义

第一部分 主称		第二部分 材料		第三部分 特征分类			第四部分 序号(数字)
符号	意义	符号	意义	符号	意 义		
					电阻器	电位器	
R	电阻器	T	碳膜	1	普通	普通	对主称、材料特征相同，仅尺寸、性能指标略有差别，但基本上不影响互换的产品给同一序号，若尺寸、性能指标的差别已明显影响互换时，则在序号后面用大写字母作为区别代号予以区别
W	电位器	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		
		I	金属膜	5	高温		
		Y	氧化膜	6			
		C	沉积膜	7	精密	精密	
		I	玻璃釉膜	8	高压	特种函数	

续表 1-1

第一部分 主称		第二部分 材料		第三部分 特征分类			第四部分 序号(数字)
符号	意义	符号	意义	符号	意 义		
					电阻器	电位器	
		P	硼碳膜	9	特殊	特殊	
		U	硅碳膜	G	高功率	微调 多圈	
		X	线绕	T	可调		
		M	压敏	W			
		G	光敏	D			
				X	小型		
				L	测量		
				J	精密		
		R	热敏	B	温度补偿用		
				C	温度测量用		
				P	旁热式		
				W	隐压式		
				Z	正温度系数		

(2) 电路图形符号

常见的电阻器电路图形符号如图 1-1 所示。

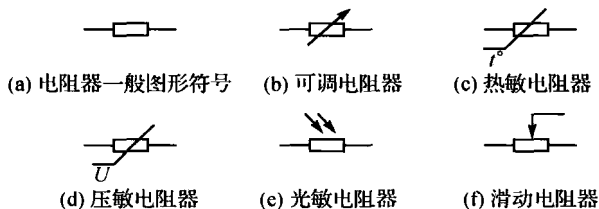


图 1-1 常见的电阻器电路图形符号

2. 电阻器的主要参数

为了能正确选用电阻器就必须了解电阻器的技术参数。电阻器的参数有标称阻值、阻值误差、额定功率、最高工作电压、最高工作温度、温度特性、高频特性等。现主要介绍以下三个：

(1) 标称阻值

标称阻值是指电阻表面所标示的阻值。除特殊定做以外其阻值范围应符合国标规定的阻值系列。目前电阻标称阻值有三大系列：E6、E12、E24，其中 E24 系列最全，现将其列于表 1-2。

标称阻值往往与其实际阻值有一定偏差,这个偏差与标称阻值的百分比为电阻的误差。误差越小,电阻精度越高。

表 1-2 电阻器的标称阻值

标称值系列	精 度	误差等级	标称阻值
E24	$\pm 5\%$	I	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	$\pm 10\%$	II	1.0, 1.2, 1.5, 1.8, 2.2, 2.4, 2.7, 3.3, 3.9, 4.7, 5.6, 6.8, 8.2
E6	$\pm 20\%$	III	1.0, 1.5, 2.2, 3.3, 4.7, 6.8

表 1-2 是国家规定的系列标称值,使用时将表中的数值乘以 10, 100, 1 000, … 直到 10^n (n 为整数) 就可以成为这一系列阻值。如 E24 系列中的 1.5 就有 1.5 Ω 、15 Ω 、150 Ω 、1.5 k Ω 、15 k Ω 、150 k Ω 等。

在选择电阻器的阻值时,可能系列中没有,此时可以选择系列中相近值的电阻器使用。

(2) 电阻器的额定功率

额定功率是指电阻器在一定的气压和温度下长期连续工作所允许承受的最大功率。如果电阻器上所加电功率超过额定值,电阻器就可能被烧毁。电阻器额定功率的单位为瓦,用字母 W 表示。

电阻器的额定功率也是按照国家标准进行标注的,其标称值有 $\frac{1}{8}$ W、 $\frac{1}{4}$ W、 $\frac{1}{2}$ W、1 W、2 W、5 W、10 W 等。如收音机、电视机的大多数电路使用的是 $\frac{1}{8}$ W 和 $\frac{1}{4}$ W 电阻器;在电源电路中就要用到额定功率在 1 W 以上的电阻器。在电路图中为能标注出电阻器的额定功率可采用图形符号法和直标法。

直标法就是在电路图中直接标出电阻器的功率数值。图 1-2 所示是电阻器额定功率的图形符号,GB/T4728 中规定,大于 1 W 时,用阿拉伯数字标注(旧标注方法是用罗马数字)。

(3) 电阻器的误差等级

由于生产电阻器工艺水平的差别,将使产品的实际阻值与标称阻值之间产生一定的误差。为能反映出误差的大小,国标规定了误差等级,具体等级的规定见表 1-2。从表中可以看出 I 级误差为标称值的 $\pm 5\%$,即允许实际阻值高出标称阻值的 5% 或低于标称阻值的 5%;而对于精密电阻器允许误差则为 $\pm 1\%$ 、 $\pm 0.5\%$ 。允许误差越小,其精度等级越高。

3. 电阻器标称阻值及误差的标注方法

(1) 电阻的单位

电阻的国标单位是欧姆,用 Ω 表示。除欧姆外,还有千欧(k Ω)和兆欧(M Ω),当 $R < 1\,000\ \Omega$ 时,用 Ω 表示;当 $1\,000\ \Omega \leq R < 1\,000\ \text{k}\Omega$ 时,用 k Ω 表示;当 $R \geq 1\,000\ \text{k}\Omega$ 时,用 M Ω 表示。

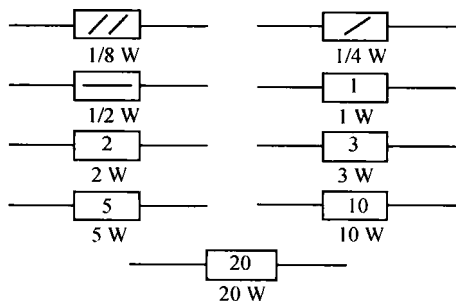


图 1-2 电阻器额定功率的图形符号

(2) 阻值的表示法

1) 直标法: 直接用数字和字母表示电阻的阻值和误差, 例如电阻上印有 $5.1 \text{ k}\Omega \pm 5\%$, 则阻值为 $5.1 \text{ k}\Omega$, 误差为 $\pm 5\%$, 即 $5.1 \times 10^3 (1 \pm 5\%) \Omega$, 如图 1-3 所示。

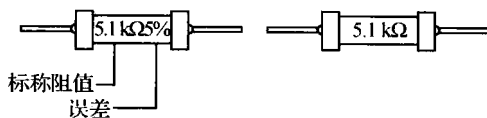


图 1-3 直标法

2) 文字符号法: 文字符号法就是用文字、数字有规律地组合起来直接标注在电阻器的表面, 表示出电阻器的阻值与阻值误差。

文字符号有 R、 Ω 、k、M、G、T。其意义是 Ω 表示欧姆、k 表示千、M 表示兆、G 表示吉 (10^9)、T 表示太 (10^{12})。例如, 3R3 表示 3.3Ω ; 3k3 表示 $3.3 \text{ k}\Omega$; R33 表示 0.33Ω ; 3M3 表示 $3.3 \text{ M}\Omega$ 等。从上述几例中看出, R、k、M 等代替了小数点, 这是国外的几种常见符号表示法, 我国国标中并不采用这些简易表示法。

文字符号法中的允许误差也是用字母表示的, 其字母代表的意义如表 1-3 所列。

例如, 2R2K 表示电阻器的阻值为 2.2Ω , 允许误差为 $\pm 10\%$; 6K8M 表示电阻器的阻值为 $6.8 \text{ k}\Omega$, 其允许误差为 $\pm 20\%$ 。

表 1-3 阻值允许误差与字母对照表

字 母	允许误差/%	字 母	允许误差/%
W	± 0.05	G	± 2
B	± 0.1	J	± 5
C	± 0.25	K	± 10
D	± 0.5	M	± 20
F	± 1	N	± 30

3) 色标法:用不同颜色的色环表示电阻的阻值和误差。常见的色环电阻有四环和五环电阻两种,其中五环电阻属于精密电阻,如表1-4和表1-5所列。图1-4给出了色标法的两个示例。

普通电阻器一般用四条色环来表示电阻器的阻值与误差,即靠近电阻器端头的为第一条色环,其余顺次为第二、第三、第四条色环。第一条色环表示第一位数,第二条色环表示第二位数,第三条色环表示倍乘数,即表示有效数字后应加“0”的个数,第四条色环表示误差范围。

精密电阻器一般用五条色环来表示,其前三环表示有效数字,第四环表示倍乘,第五环表示误差。

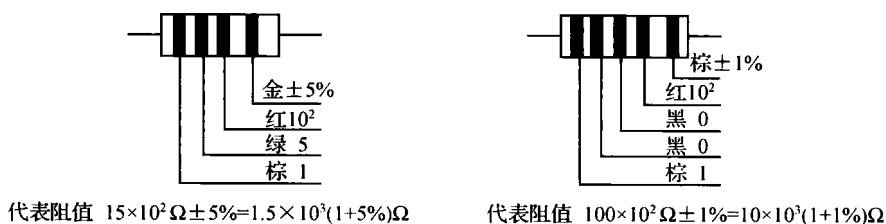


图1-4 电阻色环表示法

表1-4 四环电阻色标颜色与数值对照表

色环颜色	第一色环第一位数	第二色环第二位数	第三色环倍率	第四色环误差
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	$\times 10^6$	$\pm 0.25\%$
紫	7	7	$\times 10^7$	$\pm 0.1\%$
灰	8	8	$\times 10^8$	$\pm 0.05\%$
白	9	9	$\times 10^9$	—
黑	—	0	$\times 10^0$	—
金	—	—	$\times 10^{-1}$	$\pm 5\%$
银	—	—	$\times 10^{-2}$	$\pm 10\%$

表 1-5 五环电阻色标颜色与数值对照表

色环颜色	第一色环第一位数	第二色环第二位数	第三色环第三位数	第四色环倍率	第五色环误差
棕	1	1	1	$\times 10^1$	$\pm 1\%$
红	2	2	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$
橙	3	3	3	$\times 10^3$	
黄	4	4	4	$\times 10^4$	—
绿	5	5	5	$\times 10^5$	$\pm 0.5\%$
蓝	6	6	6	$\times 10^6$	$\pm 0.25\%$
紫	7	7	7	$\times 10^7$	$\pm 0.1\%$
灰	8	8	8	$\times 10^8$	$\pm 0.05\%$
白	9	9	9	$\times 10^9$	
黑		0	0	$\times 10^0$	
金				$\times 10^{-1}$	
银				$\times 10^{-2}$	—

4. 电阻器的种类

电阻在电子产品中是一种必不可少的电子元件。它的种类繁多,形状各异,功率也不同,在电路中用来控制电流和分配电压。

(1) 按结构形式分类

电阻按结构形式分类有固定电阻、可变电阻两大类。

固定电阻的种类比较多,主要有碳质电阻、碳膜电阻、金属膜电阻和线绕电阻等。固定电阻的电阻值是固定不变的,阻值的大小就是它的标称值。固定电阻常用字母“R”表示。

(2) 按制作材料分类

电阻按材料分类有线绕电阻、膜式电阻和碳质电阻等。

(3) 按用途分类

电阻按用途分类有精密电阻、高频电阻、高压电阻、大功率电阻、热敏电阻和熔断电阻等。

(4) 按引出线的不同分类

电阻按引出线的不同可分为轴向引线和无引线电阻。

5. 常用的电阻

(1) 碳膜电阻

碳膜电阻是最早、最广泛使用的电阻。它是由碳沉积在瓷质基体上制成,通过改变碳膜的厚度或长度,可以得到不同的阻值。其主要特点是耐高温,即当环境温度升高时,其阻值变化与其他电阻相比变化很小,高频特性好,精度高,常在精密仪表等高档设备中使用,如图 1-5

所示。

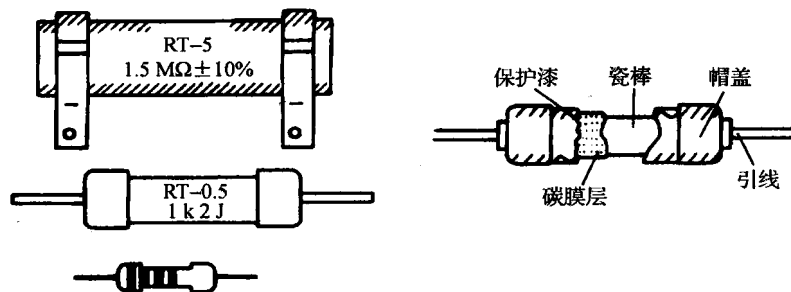


图 1-5 碳膜电阻器的外形

(2) 金属膜电阻

金属膜电阻是在真空条件下,在瓷质基体上沉积一层合金粉制成。通过改变金属膜的厚度或长度可得到不同的阻值。主要特点是耐高温,即当环境温度升高后,其阻值变化与碳膜电阻相比小很多,高频特性好,精度高,常在精密仪表等高档设备中使用,如图 1-6 所示。

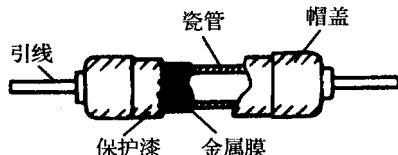


图 1-6 金属膜电阻器的外形

(3) 线绕电阻

线绕电阻是用康铜丝或锰铜丝缠绕在绝缘骨架上制成的。它具有耐高温、精度高、功率大等优点。但其高频特性差,这主要是由于其分布电感较大。它在低频的精密仪表中被广泛应用,如图 1-7 所示。

(4) 保险电阻

保险电阻具有双重功能,在正常情况下具有普通电阻的电气特性,一旦电路中出现过压、过流或某个元器件短路,保险电阻就会在规定的时间内熔断,从而达到保护其他元器件的目的,如图 1-8 所列。

(5) 光敏电阻

光敏电阻是一种电导率随吸收的光量子多少而变化的敏感电阻,是利用半导体的光电效应特性制成的。其电阻随着光照的强弱而变化。光敏电阻主要用于各种自动控制、光电计数、光电跟踪以及照相机的自动曝光等场合,如图 1-9 所示。

(6) 热敏电阻

热敏电阻器种类较多,按其结构及形状可分为球形、杆状、圆片形、管形和圆圈形等。按其

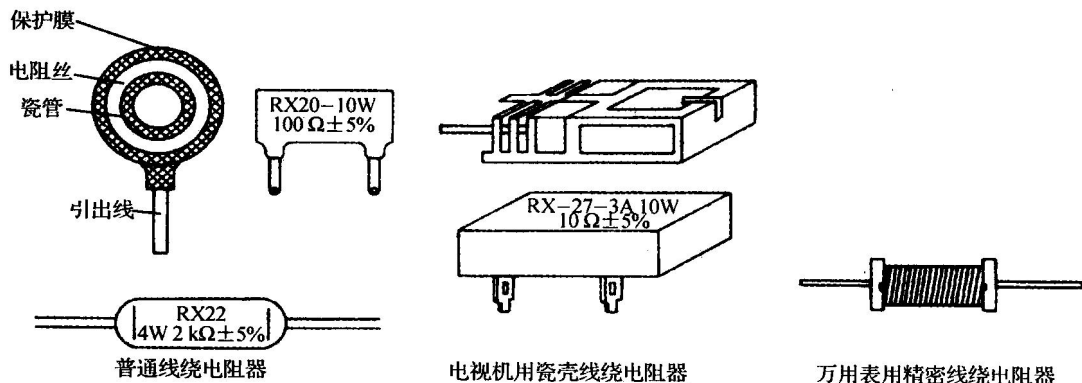


图 1-7 绕线电阻器的外形

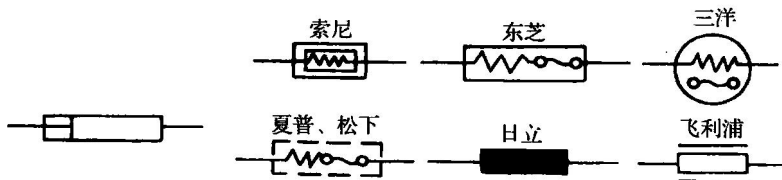


图 1-8 国外保险电阻器的电路图形符号

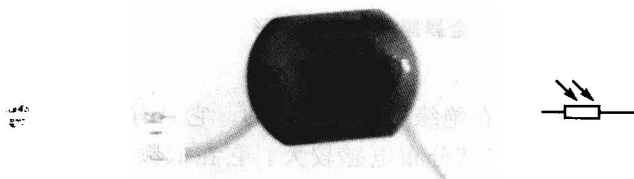


图 1-9 光敏电阻器的外形及图形符号

受热方式的不同,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(PTC)热敏电阻和负温度系数(NTC)热敏电阻器。按工作温度范围的不同,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,它又可分为测温型、稳压型、普通型。热敏电阻器的标称值是指环境温度为 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,如图 1-10 所示。

(7) 其他敏感电阻

湿敏电阻、磁敏电阻、气敏电阻、力敏电阻、压敏电阻等,这些敏感电阻在自动控制领域被广泛应用,如图 1-11、图 1-12 所示。