



职业教育课程改革规划新教材

电子装接技术

李晓黎 王祖俪 主编

紧跟教学改革：全面培养专业能力，方法能力，社会能力三位一体的职业能力。

注重理实结合：依据岗位需求，选择教学内容，理论学习与技能训练相辅相成。

突出职教特色：再现工作场景、取证考点，注重实践操作，提倡理实一体化教学。

力求好教易学：文简图多，版式活泼，教学资源配套齐全，满足教学双向需求。

内附习题册
赠电子教案

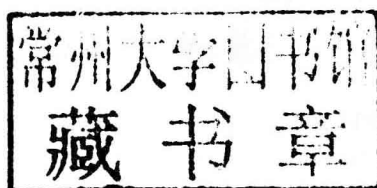
机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

职业教育课程改革规划新教材

电子装接技术

主 编 李晓黎 王祖俚

参 编 张 明 张跃进



机械工业出版社

本书是根据电子制造业对应用型技术人才的需求,从提高产品生产中所需的基本技能出发而编写的,较系统地体现了电子产品生产的工艺流程和现代电子技术的发展,内容包括:电子元器件基础,万用表的使用,电子材料与工具,预加工技术与装配工艺,手工焊接、浸焊与波峰焊,电子工程图识图基础,电子产品的调试与测量仪器,表面装配技术(SMT),静电防护知识,总装生产线与工艺流程,电子产品制造过程的质量管理,无铅焊接技术等。

全书分为4个单元,共12章,每章后附有本章小结和思考题。本书最后附有无线电装接工(中级)电子技能考前复习理论题、无线电装接工(中级)职业鉴定考核知识试题精选以及单元练习与操作实训,还设计了SGK-10型声光控延时开关的组装、中夏牌S66型收音机的组装两个综合实训。完成这些实训项目,有助于掌握电子装接的基本知识,提高操作技能。

本书可以作为职业院校电子类及其相关专业教学用书,也可作为相关专业从业人员岗位培训、考工或自学教材。

为了方便教学,本书配有免费电子教案,选用本书作为教材的单位可以登录 www.cmpedu.com 注册下载。

图书在版编目(CIP)数据

电子装接技术/李晓黎,王祖俪主编. —北京:机械工业出版社, 2010.8

职业教育课程改革规划新教材

ISBN 978-7-111-31566-7

I. ①电… II. ①李…②王… III. ①电子设备-装配(机械)-专业学校-教材 IV. ①TN805

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第156521号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:高倩 责任编辑:王娟 版式设计:张世琴

责任校对:李锦莉 封面设计:马精明 责任印制:乔宇

北京汇林印务有限公司印刷

2010年11月第1版第1次印刷

184mm×260mm·10.25印张·2插页·250千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-31566-7

定价:19.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者服务部:(010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

在市场经济条件下,劳动者的素质对经济、社会发展的影响日益重要,发展经济需要依靠先进的科学技术,但是,要把先进的科学技术转化为现实的生产力,还需要培养一大批能够掌握先进操作技术的高素质技术工人。

目前,中等职业教育是一种职前教育,学生的学习是一种职业准备,所以应该有明确的定向:为未来的职业做好准备。

现实生活中,任何企业对人员需求都是多层次的,技能型人才和高素质劳动者就是其中非常重要的组成部分。中等职业学校电子专业培养的学生,需要具有较熟练的专业技能,具备一定的专业基础知识,形成较强的应岗能力,毕业生出去能适应或基本适应企业相应岗位职业要求和技术能力要求。本书结合日益发展的现代电子工艺技术,重在培养学生的操作能力和创新能力。

个性化的电子制作不能等同于现代化电子产品的组装(装联)工艺与技术。将电子技能基础课程纳入对电子产品生产和加工流程的学习,也是学生了解电子产品企业生产全过程的缩影,是一门将实践性与理论性相结合的课程,以期为电子产品制造业培养人才,让学生明确学习本课程的目的,增强社会责任感,提高学习兴趣,为学生了解企业打开一扇窗户,从中培养良好的职业素质和职业技能。

本教材主要有以下内容:

第1单元包括第1章电子元器件基础、第2章万用表的使用、练习与操作实训(第1单元);第2单元包括第3章电子材料与工具、第4章预加工技术与装配工艺、第5章手工焊接、浸焊与波峰焊、第6章电子工程识图基础、练习与操作实训(第2单元);第3单元包括第7章电子产品的调试与测量仪器、第8章表面装配技术(SMT)、第9章静电防护知识、练习与操作实训(第3单元);第4单元包括第10章总装生产线与工艺流程、第11章无铅焊接技术,第12章电子产品制造过程的质量管理,练习与操作实训(第4单元)。

课时分配大致如下:

第1单元:课堂教学14课时;练习与操作实训20课时。

第2单元:课堂教学18课时;练习与操作实训24课时(含电子产品组装)。

第3单元:课堂教学14课时;练习与操作实训12课时。

第4单元:课堂教学18课时;练习参观实训12课时。

本书由李晓黎、王祖俪主编,张跃进、张明参编,由王祖俪统稿。由于编写时间及水平有限,本教材中可能存在疏漏或不足之处,尚需在教学实践中进一步探索和总结,恳请各位读者批评、指正。

编 者

目 录

前言	4.5 螺装工艺	60
第1单元	本章小结	62
第1章 电子元器件基础	思考题	62
1.1 电阻器	第5章 手工焊接、浸焊与波峰焊	63
1.2 电容器	5.1 焊接机理	63
1.3 电感器	5.2 手工焊接前的准备	64
1.4 半导体分立器件——二极管	5.3 手工焊接技术	64
1.5 半导体分立器件——晶体管	5.4 焊接操作工艺纪律	67
1.6 半导体分立器件——场效应晶体管	5.5 印制板焊点质量分析	67
1.7 集成电路	5.6 浸焊	69
1.8 电声器件——扬声器	5.7 波峰焊	70
1.9 电子元器件的检验和筛选	本章小结	71
本章小结	思考题	72
思考题	第6章 电子工程图识图基础	73
第2章 万用表的使用	6.1 电路原理图	73
2.1 指针式万用表	6.2 框图	74
2.2 数字万用表	6.3 印制板图	74
2.3 用万用表检测电子元器件	6.4 印制板装配图	75
本章小结	6.5 接线图	75
思考题	6.6 作业指导书	76
第2单元	本章小结	77
第3章 电子材料与工具	思考题	78
3.1 印制电路板	第3单元	79
3.2 导线	第7章 电子产品的调试与测量仪器	81
3.3 焊接材料	7.1 电子产品的调试	81
3.4 装配焊接常用的工具	7.2 常用电子测量仪器	82
本章小结	本章小结	85
思考题	思考题	85
第4章 预加工技术与装配工艺	第8章 表面装配技术 (SMT)	86
4.1 普通导线加工工艺	8.1 SMT 概述	86
4.2 屏蔽导线的加工工艺	8.2 SMT 元器件	88
4.3 元器件预成型	8.3 表面安装印制板 (SMB)	90
4.4 手工插装元器件的技术要求	8.4 SMT 焊接材料与工具	91
	8.5 手工焊接 SMT 元器件	92



8.6 生产线 SMT 基本工艺构成要素	93	11.3 无铅焊接材料	118
8.7 SMT 专用设备	95	11.4 无铅手工焊接工艺	120
本章小结	97	本章小结	121
思考题	97	思考题	121
第 9 章 静电防护知识	98	第 12 章 电子产品制造过程的质量管理	122
9.1 静电的概念及危害	98	12.1 质量与质量意识	122
9.2 静电防护	100	12.2 企业实例	124
9.3 防静电工作区 (EPA)	103	12.3 7S 管理	127
本章小结	104	本章小结	129
思考题	104	思考题	129
第 4 单元	105	附录	130
第 10 章 总装生产线与工艺流程	107	附录 A 无线电装接工 (中级) 电子技能考前复习理论题	130
10.1 生产线	107	附录 B 无线电装接工 (中级) 职业鉴定考核知识试题精选	132
10.2 流水线	108	附录 C 单元练习与操作实训	137
10.3 常用流水线设备	111	附录 D 综合实训一——SGK—10 型声光控延时开关的组装	149
10.4 电子整机装配的工艺流程	111	附录 E 综合实训二——中夏牌 S66E 型收音机的组装	151
本章小结	113	参考文献	157
思考题	114		
第 11 章 无铅焊接技术	115		
11.1 概述	115		
11.2 无铅焊接基础知识	116		

第 1 单 元

第 1 章 电子元器件基础

电子整机产品由许多电子元器件组成，电子元器件是电子产品电路中具有独立电气功能的基本单元，在电子（通信）产品中占有重要地位。

通常，对电子元器件的要求主要是：可靠性高，精确度高，体积微小，性能稳定，符合使用环境条件等。

常用的五大类电子元器件：电阻器、电容器、电感器、半导体器件和集成电路。电子元器件可以分为有源元器件和无源元器件两大类。

1.1 电阻器

电阻器简称电阻，是电子产品中用得最多的基本元件之一。电阻的种类繁多，形状各异，功率也各有不同。电阻在电路中通常起分压分流的作用，交流与直流信号都可以通过。

电阻用符号 R 表示，单位为欧姆、千欧、兆欧，分别用符号 Ω 、 $k\Omega$ 、 $M\Omega$ 表示，换算关系为

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

电阻在电路用“ R ”加数字表示，如 R_1 表示编号为 1 的电阻。

常用电阻器如图 1-1 所示。

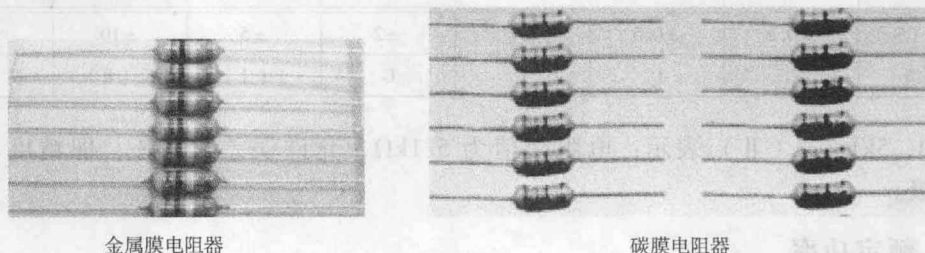


图 1-1 常用电阻器

1.1.1 标称阻值与允许误差

阻值是电阻器的主要参数之一，“标称阻值”就是电阻器的标准阻值。电阻器生产厂家按照国家标称阻值生产电阻器，并使电阻器的阻值误差（偏差）符合允许误差要求。根据国家标准，常用的标称电阻值系列见表 1-1。E24、E12 和 E6 系列也适用于电位器和电容器。

表 1-1 标称值系列

标称值系列	允许误差	电阻器、电位器、电容器标称值							
		1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0
E24	$\pm 5\%$	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



(续)

标称值系列	允许误差	电阻器、电位器、电容器标称值							
E12	$\pm 10\%$	1.0	1.2	1.5	1.8	2.2	2.7	—	—
		3.3	3.9	4.7	5.6	6.8	8.2	—	—
E6	$\pm 20\%$	1.0	1.5	2.2	3.3	4.7	6.8	8.2	—

具体数值为表中数值再乘以 10^n ，其中 n 为正整数或负整数。

从表中看出，E24 有 24 个标称值，E12 有 12 个标称值，E6 有 7 个标称值。这说明，允许误差越小的标称值系列，标称数值越多，反之亦然。在实际应用中，E24 使用得较为广泛。

电阻器的实际阻值并不完全与标称阻值相符，存在着一定的偏差。普通电阻的允许误差（偏差）一般分为三级，即 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ ，或用字母 J（Ⅰ）、K（Ⅱ）、M（Ⅲ）表示。精密电阻的误差等级则多一些，常用的有 D、F、G 等，见表 1-2。误差越小，表明电阻的精度越高。用百分数表示元器件的实际数值和标称数值的相对误差（偏差）反映元器件数值的精确程度。

为元器件的实际数值规定一个可以接受的范围，即相对误差允许的最大范围，叫做数值的允许误差或允许偏差。

不同的允许误差也叫做数值的精度等级，见表 1-2 中 F、G、J（Ⅰ）、K（Ⅱ）、M（Ⅲ）等。

表 1-2 电阻器的允许误差与精度等级

允许误差（%）	± 0.001	± 0.002	± 0.005	± 0.01	± 0.02	± 0.05	± 0.1
精度等级	E	X	Y	H	U	W	B
允许误差（%）	± 0.2	± 0.5	± 1	± 2	± 5	± 10	± 20
精度等级	C	D	F	G	J（Ⅰ）	K（Ⅱ）	M（Ⅲ）

例如，5k1—K（Ⅱ）表示：电阻阻值为 $5.1\text{k}\Omega$ ，允许误差 $\pm 10\%$ ，即精度等级为 K（Ⅱ）级。

1.1.2 额定功率

在电路计算中，电阻器的功率 $P = I^2 R$ 或 UI 。因此，当电阻器接入电路后，通过电流时便会发热，温度过高时会烧毁电阻器。所以不但要选择电阻器阻值，还要正确选择电阻器的功率。电阻器在电路中长时间连续工作不损坏，或不显著改变其性能所允许消耗的最大功率称为电阻器的额定功率。电阻器的额定功率并不是电阻器在电路中工作时一定要消耗的功率，而是电阻器在电路工作中所允许消耗的最大功率。例如，一只阻值为 200Ω 的电阻器，在电路中流过它的电流为 4mA ，该电阻器的允许消耗功率为 $0.004\text{A} \times 0.004\text{A} \times 200\Omega = 0.0032\text{W} = 3.2\text{mW}$ 。

在电路图中，不加功率标注的电阻器功率均为 0.125W （ $1/8\text{W}$ ）。如果电路对电阻器的功率值有特殊要求，就按图 1-2 所示的符号标注，或用文字说明。

电阻器的额定功率选择一般不能过大，也不能过小。过大势必增大电阻器的体积，过小

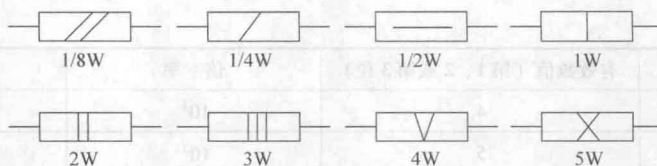


图 1-2 电阻器的功率标示

则会烧毁电阻器。

对于同一类型的电阻器来说,额定功率越大,其体积越大。最常用的 1W 以下的碳膜电阻器和金属膜电阻器,其额定功率在电阻器上没有标出,实际应用时是依据电阻器的长度(不包括金属引脚)和直径来判断和辨认其功率的,电阻器外形尺寸与额定功率的关系见表 1-3。

表 1-3 电阻器外形尺寸与额定功率的关系

电阻器额定功率/W	RT 碳膜电阻器		RJ 金属膜电阻器	
	长度/mm	直径/mm	长度/mm	直径/mm
1/8	11	3.9	6~8	2~2.5
1/4	18.5	5.5	7~8.3	2.5~2.9
1/2	28.5	5.5	10.8	4.2
1	30.5	7.2	13.0	6.6
2	48.5	9.5	18.5	8.5

从表 1-3 可知,RT 碳膜电阻器的长度和直径比 RJ 金属膜电阻器大,在选择尺寸时应注意考虑。例如,额定功率为 1/2W 的碳膜电阻器,其长度为 30.5mm,直径为 7.2mm;额定功率同样为 1/2W 的金属膜电阻器,其长度为 10.8mm,直径仅为 4.2mm。

1.1.3 电阻器的标识方法

常见的电阻器的标识方法主要有以下几种。

(1) 直标法 用数字和单位符号在电阻器表面标出阻值,其允许误差直接用百分数或精度等级符号(字母)表示(见表 1-2),若电阻器上未注明偏差,则均为 $\pm 20\%$ 。

(2) 数标法 在电阻器上用三位数码表示标称值的标志方法。数码从左到右,第一、二位为电阻器阻值的有效数字,第三位为倍率,即零的个数,单位为欧姆(Ω),误差通常采用精度等级符号表示或没有表示。如 331 表示 $33 \times 10 = 330\Omega$; 102 表示 $10 \times 10^2 = 1000\Omega = 1k\Omega$ 。

(3) 色标法 电子产品常用的固定电阻器大部分采用色标法。电阻器色环颜色所代表的数字或意义见表 1-4。

表 1-4 电阻器的色环颜色所代表的数字或意义

颜色	有效数值(第 1、2 或第 3 位)	倍率	允许误差(%)
棕	1	10^1	± 1
红	2	10^2	± 2
橙	3	10^3	



(续)

颜 色	有效数值 (第 1、2 或第 3 位)	倍 率	允许误差 (%)
黄	4	10^4	
绿	5	10^5	± 0.5
蓝	6	10^6	± 0.25
紫	7	10^7	± 0.1
灰	8	10^8	
白	9	10^9	$-20\% \sim +50\%$
黑	0	10^0	
金		10^{-1}	± 5
银		10^{-2}	± 10
无色			± 20

色环电阻器常见的标识有四色环法和五色环法两种,如图 1-3、图 1-4 所示。图 1-3 所示四色环电阻器为红红棕金,实际阻值为 $22 \times 10^1 = 220\Omega$,允许误差为 $\pm 5\%$ 。图 1-4 所示五色环电阻器为黄紫黑橙棕,实际阻值为 $470 \times 10^3 = 470k\Omega$,允许误差为 $\pm 1\%$ 。

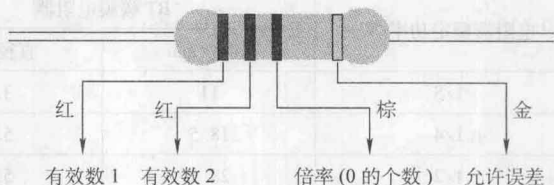


图 1-3 四色环电阻器

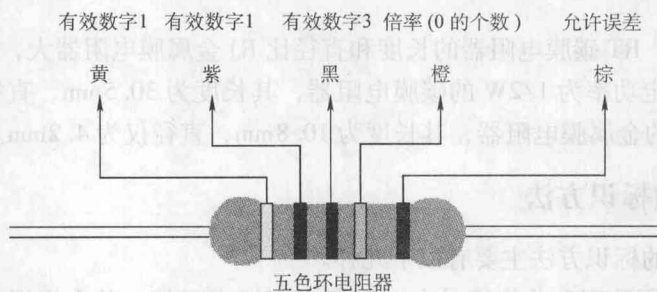


图 1-4 色环电阻器标注方法

四色环法一般用于普通电阻器的标注,其允许误差为 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$;五色环法用于精密电阻器的标注,其允许误差小于 5% ;如果允许误差为 $\pm 20\%$,误差环为无色,即没有误差环,这就是三色环电阻器。

当电阻为四色环时,最后一环必为金色或银色,前两位为有效数字,第三位为倍率(乘方数),第四位为允许误差,最后一环与前三环距离较大。

当电阻为五色环时,允许误差小于 5% ,最后一环(第五环)可以是棕、红、绿、蓝、紫环中的一环,该环与前面四环距离稍大。读法:前三位为有效数字,第四位为倍率(乘方数),第五位为允许误差。

当表示允许误差为 $\pm 20\%$ 时,表示允许偏差的这条色环为电阻器本色,此时即为三色环电阻器。例如,色环为绿蓝橙表示为 $56 \times 1000 = 56000 = 56k\Omega$ 、允许误差 $\pm 20\%$ 的电阻器。



1.1.4 常用电阻器的型号命名方法

国产电阻器的型号由四部分组成（不适用敏感电阻器）。

(1) 第一部分，主称 用字母表示，表示产品的名字。如 R 表示电阻器，W 表示电位器。

(2) 第二部分，材料 用字母表示，表示电阻体用什么材料组成。如 T——碳膜、H——合成碳膜、S——有机实心、N——无机实心、J——金属膜、Y——氧化膜、C——沉积膜、I——玻璃釉膜、X——线绕。

(3) 第三部分，分类 一般用数字表示，个别类型用字母表示，表示产品属于什么类型。1、2——普通、3——超高频、4——高阻、5——高温、6——精密、7——精密、8——高压、9——特殊、G——高功率、T——可调。

(4) 第四部分，序号 用数字表示同类产品不同品种，以区分产品的外型尺寸和性能指标等。电阻器（电位器）的材料、分类代号及其意义见表 1-5。

表 1-5 电阻器（电位器）的材料、分类代号及其意义

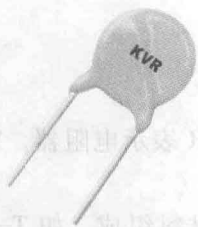
材 料		分 类					
字母代号	意义	数字代号	意义		字母代号	意义	
			电阻器	电位器		电阻器	电位器
T	碳膜	1	普通	普通	G	高功率	
H	合成膜	2	普通	普通	T	可调	
S	有机实芯	3	超高频	—	W		微调
N	无机实芯	4	高阻	—	D		多圈
J	金属膜	5	高温	—	说明：新型产品的分类根据发展情况予以补充		
Y	金属氧化膜	6	—	—			
C	化学沉淀膜	7	精密	精密			
I	玻璃釉膜	8	高压	函数			
X	线绕	9	特殊	特殊			

例如，RJ73 中，R 表示电阻器，J 表示材料为金属膜，7 表示精密电阻，3 表示序号，称为型号 RJ73 的精密金属膜电阻器。

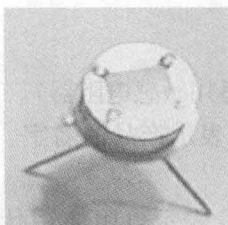
又如 RT11 中，R 表示电阻器，T 表示材料为碳膜，1 表示普通电阻，1 表示序号，称为型号 RT11 的普通碳膜电阻器。

1.1.5 敏感性电阻器

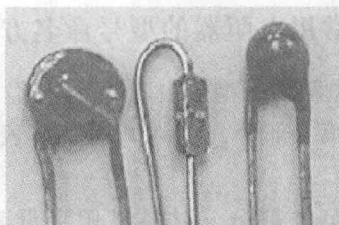
敏感性电阻器是指其特性对温度、电压、湿度、光照、气体、磁场、压力等作用敏感的电容器。它具有通过热、力、磁、光、气和电压等变化而引起电阻和电流变化的特异性能，是特殊优异性能的新型器件，一般在特定环境下使用。常见的敏感性电阻器有压敏电阻器、光敏电阻器、热敏电阻器，如图 1-5 所示。



压敏电阻器



光敏电阻器



热敏电阻器

图 1-5 敏感性电阻器

压敏电阻器“在一定电流、电压范围内，电阻值随电压而变”，或者说“电阻值对电压敏感”。当电压超过压敏电压时，电阻器呈导通状态，用以限制电压增加，从而能够吸收浪涌电压，保护电路。压敏电阻器主要用于防止雷击损坏电子设备及仪器，限制电压、电流，保护电路中的集成电路等精密元器件。

湿敏电阻器是一种对环境湿度敏感的元件，它的电阻值能随着环境的相对湿度变化而变化。湿敏电阻器可以具有正电阻湿度特性——湿度增大时，电阻值也增大；或者具有负电阻湿度特性——湿度增大时，电阻值减小。湿敏电阻器广泛应用于洗衣机、空调器、录音机、微波炉等家用电器及工业、农业等方面作湿度检测和湿度控制。

光敏电阻器是利用半导体的光电效应制成的一种电阻值随入射光的强弱而改变的电阻器。入射光强，电阻减小；入射光弱，电阻增大。它在无光照射时，呈高阻状态；当有光照射时，其电阻值迅速减小。光敏电阻器没有极性，使用时既可加直流电压，也可加交流电压，一般用于光的测量、光的控制和光电转换（将光的变化转换为电的变化），广泛应用于各种自动控制电路（如自动照明灯控制电路、自动报警电路等）、家用电器（如电视机中的亮度自动调节、照相机的自动曝光控制等）、电子玩具中的光控电路及各种测量仪器中。

热敏电阻器的电阻值会随着热敏电阻器本体温度的变化呈现出阶跃性的变化，即对温度敏感，不同的温度下表现出不同的电阻值。正温度系数热敏电阻器（PTC）是电阻值随温度升高而增大的热敏电阻器，负温度系数热敏电阻器（NTC）是电阻值随温度升高而减小的热敏电阻器。热敏电阻器常用于恒温电烙铁、节能灯镇流器延时器等装置和对温度敏感需要控制的电路。

PTC 根据材质的不同分为陶瓷 PTC、有机高分子 PTC。目前被大量使用的 PTC 分为恒温加热用 PTC；过电流保护用 PTC；空气加热用 PTC；延时启动用 PTC；传感器用 PTC；自动消磁用 PTC 等。一般情况下，有机高分子 PTC 适合用于过电流保护，陶瓷 PTC 可适用于以上所列各种用途。

NTC 是一种典型的具有温度敏感性的半导体电阻器，它的电阻值随着温度的升高呈阶跃性减小。根据其用途的不同，NTC 分为功率型 NTC、补偿型 NTC、测温型 NTC，广泛用于测温、控温、温度补偿等方面，常应用于食品储存、医药卫生、科学种田、海洋、深井、高空、冰川等方面的温度测量。

1.1.6 电位器

电位器是一种可以人为地连续调整阻值的电阻器。它有三个引出脚，一般中间的引出脚



是滑动端，另两个为固定端。滑动端旋转时，其阻值在标称电阻值范围内连续变化。电位器如图1-6所示。

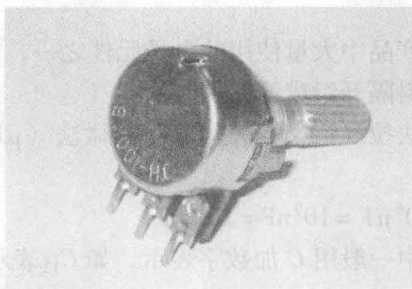
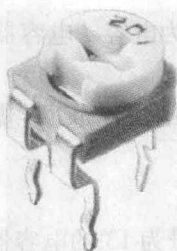


图1-6 电位器

电位器的性能一般由以下几个主要的参数指标衡量。

(1) 额定功率 电位器的两个固定端上允许耗散的最大功率为电位器的额定功率。使用中应注意额定功率不等于中心抽头与固定端的功率。

(2) 标称阻值 标在产品上的名义阻值，其系列与电阻器的系列类似。

(3) 允许误差等级 实测阻值与标称阻值误差范围根据不同精度等级可允许 $\pm 20\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 5\%$ 、 $\pm 2\%$ 、 $\pm 1\%$ 的误差。精密电位器的允许误差可达 0.1% 。

(4) 阻值变化规律 指阻值随滑动片触点旋转角度（或滑动行程）之间的变化关系，这种变化关系可以是任何函数形式，常用的有直线式、对数式和反转对数式（指数式）。

电位器常用于收音机的音量调节、电子仪器的电压、电流的微调等，在电路参数调节中应用广泛。

在使用中，直线式电位器适于作分压器；反转对数式（指数式）电位器适于作收音机、录音机、电唱机、电视机中的音量控制器。

1.1.7 电阻器的使用常识

在实际应用中，要根据电路的要求选用电阻器的种类、阻值和误差。在一般的电路中，金属膜电阻器的精度高于碳膜电阻器。当电路要求较高时才采用精密金属膜电阻器。一般采用误差为 $5\% \sim 10\%$ 的金属膜电阻器或碳膜电阻器，要求不高时可采用误差为 20% 的碳膜电阻器。电路要求很高时可选用精密电阻器，一般允许误差在 $1\% \sim 2\%$ 左右。例如，一般较高档的家用电器大多采用误差为 5% 甚至更小的电阻器；手工制作的电子产品一般采用误差大于或等于 5% 范围内的电阻器。

电阻器的额定功率应选用等于实际消耗功率 $1.5 \sim 2$ 倍的，才能保证电阻器耐用和可靠。在实际应用中，如果该电阻在电路中实际消耗的功率为 0.05W ，则所使用的电阻器应选择为 0.125W ($1/8\text{W}$)。实际参数可通过检测来得到。

装插电阻器时，应使电阻器的类别、阻值等符号容易看到，色环方向一致，以便于电路的检验和维修。

有些色环电阻器的红色环与橙色环颜色有偏差，容易混淆，需要使用万用表进行测量，核实其阻值。



1.2 电容器

电容器是电子产品中大量使用的电子元件之一，简称为电容。电容器是由两片金属膜紧靠、中间用绝缘材料隔开组成的元件。

电容的单位有法拉（F）、毫法（mF）、微法（ μF ）、纳法（nF）、皮法（pF），换算方法为

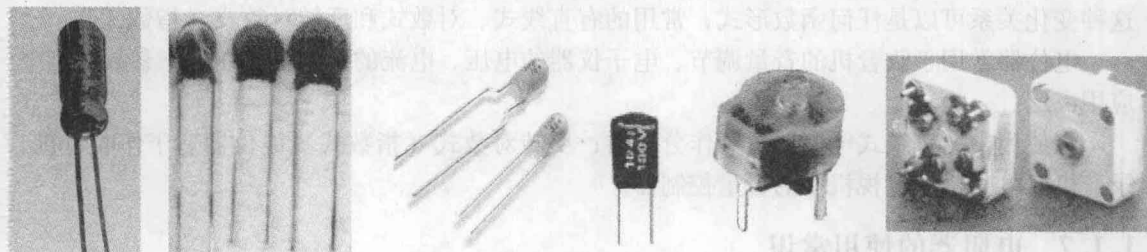
$$1\text{F} = 10^3\text{mF} = 10^6\mu\text{F} = 10^9\text{nF} = 10^{12}\text{pF}$$

电容器在电路中一般用 C 加数字表示，如 C_{13} 表示编号为 13 的电容器。

1.2.1 电容器基本原理

电容器是一种储能元件。在电子线路中，电容器用来通过交流而阻隔直流，也用来存储和释放电荷以充当滤波器，平滑输出脉动信号。小容量的电容器，通常在高频电路中使用，如收音机、发射机和振荡器中；大容量的电容往往是作滤波和存储电荷时用。 $1\mu\text{F}$ 以下的电容器多为瓷片电容器、独石电容器、涤纶电容器、小容量的云母电容器等。电解电容器容量较大，里面充有电解质，再引出两个电极，作为正极（+）和负极（-），在电路中的极性不能接错，而其他电容器一般没有极性。

常用的各种电容器如图 1-7 所示。



a) 铝电解电容器

b) 陶瓷电容器

c) 钽电容器

d) 涤纶电容器

e) 微调电容器

f) 可变电容器

图 1-7 常用的各种电容器

国产电容器的型号一般由四~五部分组成（不适用于压敏、可变、真空电容器），见表 1-6。

表 1-6 电容器的分类代号及其意义

第一部分（主称）		第二部分（材料）		第三部分（特征，因种类不同而含义不同）				
符号	含义	符号	含义	符号	瓷介	云母	有机	电解
C	电容器	C	高频瓷	1	圆形	非密封	非密封	箔式
		T	低频瓷	2	管形	非密封	非密封	箔式
		Y	云母	3	叠片	密封	密封	烧结粉液体
		V	云母纸	4	独石	密封	密封	烧结粉固体
		I	玻璃釉	5	穿心		穿心	
		O	玻璃膜	6	支柱形			

(续)

第一部分 (主称)		第二部分 (材料)		第三部分 (特征, 因种类不同而含义不同)				
符号	含义	符号	含义	符号	瓷介	云母	有机	电解
C	电容器	B	聚苯乙烯	7				无极性
		F	聚四氯乙烯	8	高压	高压	高压	
		L	聚酯 (涤纶)	9			特殊	特殊
		S	聚碳酸酯	G	高功率			
		Q	漆膜	T	叠片式			
		Z	纸介	W	微调			
		J	金属化纸介					
		H	复合介质					
		G	合金电解质					
		E	其他电解质					
		D	铝电解					
		A	钽电解					
		N	铌电解					
		T	钛电解					

- (1) 第一部分, 名称 用字母表示, 电容器用 C。
- (2) 第二部分, 材料 用字母表示。
- (3) 第三部分, 分类 一般用数字表示, 个别用字母表示。
- (4) 第四部分, 序号 用数字表示。
- (5) 第五部分, 材料 用字母表示产品的材料。如, A——钽电解、B——聚苯乙烯等非极性薄膜、C——高频陶瓷、D——铝电解、E——其他料电解、G——合金电解、H——复合介质、I——玻璃釉、J——金属化纸、L——涤纶等极性有机薄膜、N——铌电解、O——玻璃膜、Q——漆膜、T——低频陶瓷、V——云母纸、Y——云母、Z——纸介。

例如, CD11 中, C 表示电容器, D 表示铝电解, 1 表示特征为箔式, 最后的 1 表示序号。

按照结构, 电容器分三大类: 固定电容器、可变电容器和微调电容器; 按电解质分为有机介质电容器、无机介质电容器、电解电容器和空气介质电容器等; 按用途分为高频旁路、低频旁路、滤波、调谐、高频耦合、低频耦合、小型电容器。

1.2.2 常用电容器

1. 铝电解电容器

铝电解电容器是用浸有糊状电解质的吸水纸夹在两条铝箔中间卷绕而成, 用薄的氧化膜作为介质。因为氧化膜有单向导电性质, 所以电解电容器具有极性, 容量大, 能耐受大的脉动电流, 容量误差大, 漏电流和损耗也较大, 容量稳定性较差。铝电解电容器由于价格便宜、品种齐全而得到大量使用。一般而言, 额定电压高、容值大的电解电容器尺寸大。