



普通高等教育“十二五”规划教材

电子产品 生产与组装工艺

SHENGCHANGCHANGCHANG GONGYI

主编 王为民 刘岚



国防工业出版社

National Defense Industry Press

电子产品生产与组装工艺

主编 王为民 刘 岚

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书是从电子产品制造的实际出发,按照电子产品生产工艺要求的顺序进行编写,主要内容包括:常用电子元件的识别与检测、常用电子材料的识别、电子元器件的焊接及工艺、电子产品的组装及工艺、电子产品的调试、电子产品的检验与包装。全书共6章,每章均有思考与练习。

读者通过学习本书内容,既能够掌握生产操作中的基本技能,又能从工艺工程师、管理人员的角度认识电子产品的生产全过程。本书可作为中、高等职业学校的电子信息、电子应用或SMT类专业课程的教材,也可作为电子爱好者和一些制造业现场管理、操作人员等的教材与自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电子产品生产与组装工艺/王为民,刘岚主编. —北京:国防工业出版社,2012.4

ISBN 978-7-118-08026-1

I. ①电... II. ①王...②刘... III. ①电子产品—生产工艺②电子产品—组装 IV. ①TN05

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第051598号

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 12½ 字数 277 千字

2012年4月第1版第1次印刷 印数1—4000册 定价26.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前 言

科学技术的发展,新型电子产品得到了迅速的普及,近年来,我国已成为世界电子产品的制造基地,显然制造业在我国起到基础性和支柱性产业的作用,但在发展制造业的过程中,企业最紧缺的是专业技能型人才。中、高等职业教育以培养制造业和现代服务业技能型紧缺人才为主,必须面向企业实际。现代电子产品的制造已经出现了许多新知识、新技术、新工艺和新方法,并被广泛应用。而现行的教材知识陈旧,缺乏系统性、可操作性,它与现代制造业相脱节,已不能适应现代企业的发展。本书正是考虑这些因素而编写的。

本教材的参考学时数为 96 课时,全书共分 6 章。第 1 章为常用电子元器件的识别与检测,简明扼要地叙述了电子产品中常用到的电子元器件的识别及电子元器件的检测,重点介绍了表面安装元器件的识别与检测;第 2 章为常用电子材料识别,简单介绍了电子产品组装中常用的电子材料知识;第 3 章为电子元件的焊接工艺,重点阐述了电子元器件的手工焊接技能,熟悉了解现代自动化焊接设备与工艺,如波峰焊与回流焊;第 4 章为电子产品组装与工艺,重点介绍了电子产品组装的内容与工艺,表面贴片元件的组装工艺,并简述了电子产品组装中专用的自动化设备和电子产品组装中静电防护;第 5 章为电子产品的调试与检验,简要地叙述了电子产品组装后的调试内容与调试工艺,并叙述了调试过程中的安全措施;第 6 章为电子产品的检验与包装,简单介绍了电子产品的检验目的、内容与产品的包装类型。每章节后均有思考与练习。本书针对职业教育的特点,职业学校培养“生产一线的应用型、技能型、操作型人才”的目标,在保证科学性的前提下,删繁就简,突出实用、简明的特色,并在教学内容上力求深入浅出,图文并茂,通俗易懂。

本书可作为中、高等职业院校电子与信息技术、电子技术应用等相关电类专业的“电子产品生产与组装工艺”课程教材,也可作为其他电类及机电类专业的选修课程用书,同时可作为电子类有关工程技术人员的培训教材。

本书由广东省技师学院王为民、刘岚老师任主编,袁建军、张锦庭老师任副主编,林斌钿和湖南省郴州市技师学院徐湘和老师参加编写。

全书由广东省技师学院副院长高级讲师黄存足老师审稿,他对本书进行了认真审阅,提出了很多好的意见和建议,作者在此表示衷心的感谢。还有对本书提出过修改建议和宝贵意见的同志,这里一并向他们表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限,书中难免还存在一些不足和错漏之处,殷切希望广大读者批评指正。

编 者

2012.1

目 录

第1章 常用电子元器件的识别与检测	1
1.1 电阻器的识别与检测	1
1.1.1 电阻器的分类	1
1.1.2 电阻器和电位器的型号命名方法	5
1.1.3 电阻器的主要技术指标	6
1.1.4 电阻器的识别方法	7
1.1.5 电阻器的检测	8
1.2 电容器的识别与检测	11
1.2.1 电容器的分类	11
1.2.2 电容器的型号命名方法	14
1.2.3 电容器的主要技术指标	15
1.2.4 电容器的识别方法	16
1.2.5 电容器的检测	17
1.3 半导体分立元器件的识别与检测	18
1.3.1 半导体器件的分类	18
1.3.2 半导体器件的型号命名法	22
1.3.3 半导体器件的主要技术指标	24
1.3.4 半导体器件的检测	28
1.4 集成电路的识别与检测	30
1.4.1 集成电路的分类	30
1.4.2 集成电路的型号命名方法	31
1.4.3 集成电路的识别	33
1.4.4 集成电路的检测	35
1.5 电感器和变压器的识别与检测	37
1.5.1 电感器和变压器的分类	37
1.5.2 电感器和变压器的主要技术指标	40
1.5.3 电感器和变压器的检测	42
1.6 压电元件和霍尔元件的识别与检测	43

1.6.1	压电元件和霍耳元件的分类	43
1.6.2	压电元件和霍耳元件的主要技术指标	46
1.6.3	压电元件和霍耳元件的检测	47
1.7	表面安装元器件的识别与检测	48
1.7.1	表面安装元器件的分类	48
1.7.2	表面安装元器件的包装种类	55
1.7.3	表面安装元器件的使用要求与选择	56
	思考与练习	57
第2章	常用电子材料的识别	60
2.1	导线	60
2.1.1	导线的分类	60
2.1.2	导线的命名方法	63
2.1.3	导线的选用	67
2.2	绝缘材料	68
2.2.1	绝缘材料的分类	68
2.2.2	绝缘材料的性能指标	69
2.2.3	绝缘材料的用途	71
2.3	磁性材料	74
2.3.1	磁性材料分类	74
2.3.2	常用磁性材料的主要用途	75
2.4	印制电路板	76
2.4.1	覆铜箔板的种类与选用	76
2.4.2	印制电路板的特点及分类	78
2.5	黏合剂	81
2.5.1	常用黏合剂的类型	81
2.5.2	常用黏合剂的特点与应用	82
2.6	焊接材料	83
2.6.1	焊料	83
2.6.2	助焊剂	85
2.6.3	阻焊剂	87
	思考与练习	88
第3章	电子元件的焊接工艺	90
3.1	手工锡焊	90
3.1.1	手工锡焊工具	90

3.1.2	手工锡焊的方法与技巧	94
3.1.3	手工锡焊的质量判定	99
3.2	手工拆焊	101
3.2.1	手工拆焊的工具	101
3.2.2	手工拆焊的操作技巧	103
3.3	自动锡焊	104
3.3.1	自动锡焊设备	104
3.3.2	自动锡焊工艺	106
3.3.3	贴片元件的手工操作	110
	思考与练习	113
第4章	电子产品的组装及工艺	115
4.1	电子产品的组装概述	115
4.1.1	电子产品的组装内容与工序	115
4.1.2	电子产品的整机组装	117
4.1.3	电子产品的整机组装专用设备介绍	118
4.1.4	电子产品整机组装中的静电防护	122
4.2	元器件的组装工艺	125
4.2.1	常用元器件的组装要求和方法	125
4.2.2	压接、绕接和螺纹连接	130
4.3	表面贴片元件的组装及工艺	135
4.3.1	表面贴片元件组装用到的材料	135
4.3.2	表面贴片元件设备	137
	思考与练习	142
第5章	电子产品组装后的调试	144
5.1	概述	144
5.1.1	常用调试设备配置	144
5.1.2	调试的内容和程序	145
5.1.3	调试的一般流程	147
5.2	调试的一般工艺	151
5.2.1	调试工艺的要求	151
5.2.2	调试前的准备	152
5.2.3	单元部件调试的一般工艺流程	153
5.2.4	整机调试的一般工艺流程	155
5.2.5	整机的调试类型	156

5.2.6 调试的安全措施	157
5.2.7 整机电路调试实例	158
思考与练习	162
第6章 电子产品的检验和包装	163
6.1 电子产品的检验	163
6.1.1 电子产品检验的目的和方法	163
6.1.2 电子产品的检验内容	163
6.2 电子产品的包装	164
6.2.1 电子产品的包装类型及要求	164
6.2.2 电子产品的包装材料	166
6.2.3 电子产品包装的标志	168
思考与练习	170
附录 思考与练习参考答案	172
参考文献	192

第 1 章 常用电子元器件的识别与检测

1.1 电阻器的识别与检测

1.1.1 电阻器的分类

电阻可按照不同的分类方式来区分,例如,按阻值特性可以分为固定电阻、可调电阻、特种电阻(敏感电阻),常见的电阻器电气符号如图 1-1 所示。不能调节的称为固定电阻,而可以调节的电阻称为可调电阻。例如,收音机音量调节的、主要应用于电压分配的电阻称为电位器。按制造材料可分为碳膜电阻、金属膜电阻、线绕电阻等。按安装方式可分为插件电阻、贴片电阻。本节重点介绍按照材料对电阻器分类的情况。

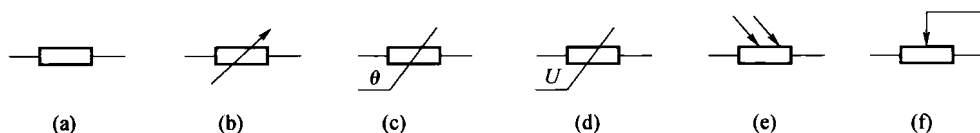


图 1-1 电阻器电气符号示意图

(a) 普通电阻; (b) 可调电阻; (c) 热敏电阻; (d) 压敏电阻; (e) 光敏电阻; (f) 可调电阻。

1. 薄膜类电阻

在玻璃或陶瓷基体上沉积一层碳膜、金属膜、金属氧化膜等,形成电阻薄膜,膜的厚度一般在几微米以下。

1) 金属膜电阻

这类电阻是在陶瓷骨架表面,经真空高温或烧渗工艺蒸发沉积一层金属膜或合金膜,其实物如图 1-2 所示。其特点是精度高、稳定性好、噪声低、体积小、高频特性好。

2) 金属氧化膜电阻

这类电阻是在玻璃、瓷器等材料上,通过高温以化学反应形式生成以二氧化锡为主体的金属氧化层,其实物图如图 1-3 所示。该类电阻器由于氧化膜膜层比较厚,因而具有极好的脉冲、高频和过负荷性能,且耐磨、耐腐蚀、化学性能稳定。但阻值范围窄,温度系数比金属膜电阻差。

3) 碳膜电阻

如图 1-4 所示,在陶瓷骨架表面上,将碳氢化合物在真空中通过高温蒸发分解沉积成碳结晶导电膜。碳膜电阻价格低廉,阻值范围大($10\Omega\sim 10M\Omega$),温度系数为负值。常用额定功率为 $1/8W\sim 10W$,精度等级为 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$,在一般电子产品中大量使用。

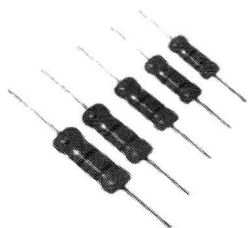


图 1-2 金属膜电阻实物图



图 1-3 金属氧化膜电阻实物图

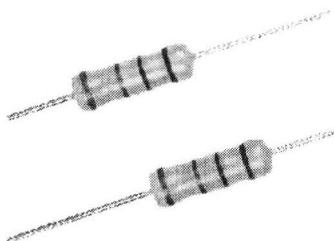


图 1-4 碳膜电阻实物图

2. 合金类电阻

1) 线绕电阻

如图 1-5 所示，将康铜丝或镍铬合金丝绕在磁管上，并将其外层涂上珐琅或玻璃釉加以保护。线绕电阻具有高稳定性、高精度、大功率等特点。温度系数可小于 $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ，精度高于 $\pm 0.01\%$ ，最大功率可达 200W。但线绕电阻的缺点是自身电感和分布电容比较大，不适合在高频电路中使用。

2) 精密合金箔电阻

如图 1-6 所示，在玻璃基片上粘合一块合金箔，用光刻法蚀出一定图形，并涂敷环氧树脂保护层，引线封装后形成。该电阻器的最大特点是具有自动补偿电阻温度系数功能，故精度高、稳定性好、高频响应好。这种电阻的精度可达 $\pm 0.001\%$ ，稳定性为 $\pm 5 \times 10^{-4}\%/\text{年}$ ，温度系数为 $\pm 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ，可见它是一种高精度电阻。

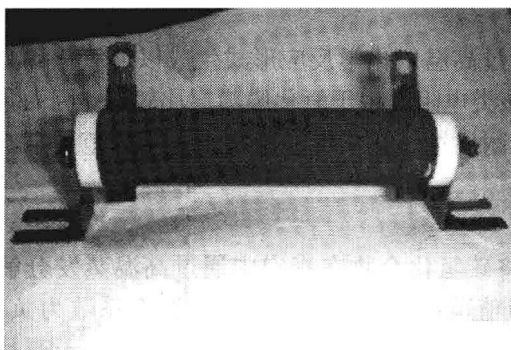


图 1-5 线绕电阻实物图

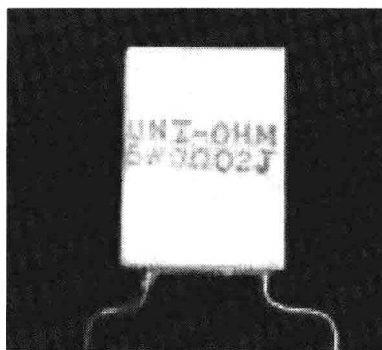


图 1-6 精密合金箔电阻实物图

3. 合成类电阻

将导电材料与非导电材料按一定比例混合成不同电阻率的材料后制成的电阻为合成类电阻。该电阻的最突出的优点是可靠性高,但电特性能比较差,常在某些特殊的领域内使用(如航空航天工业、海底电缆等)。合成类电阻种类比较多,按用途可分为通用型、高阻型和高压型等。

1) 金属玻璃釉电阻

如图 1-7 所示,该电阻以无机材料作为黏合剂,用印制烧结工艺在陶瓷基体上形成电阻膜。该电阻具有较高的耐热性和耐潮性,常用它制成小型化贴片式电阻。

2) 实芯电阻

如图 1-8 所示,实芯电阻是用有机树脂和碳粉合成电阻率不同的材料后热压而成的。其体积与相同功率的金属膜电阻相当,但噪声比金属膜电阻大。阻值范围为 $4.7\Omega \sim 22M\Omega$,精度等级为 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ 。

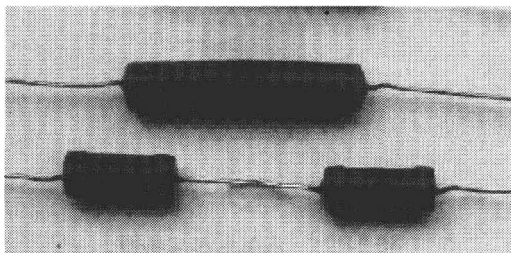


图 1-7 金属玻璃釉电阻实物图

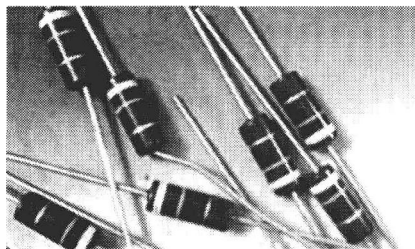


图 1-8 实芯电阻实物图

3) 合成膜电阻

如图 1-9 所示,合成膜电阻就是将炭黑、填料及有机胶黏剂调配成悬浮液,喷涂在绝缘骨架上,再进行加热聚合而成,可制成高压型和高阻型。合成碳膜电阻的生产工艺及生产设备简单,因此它的价格低,其抗湿性和电压稳定性较差,频率特性较差,噪声大。

4) 厚膜电阻网络

如图 1-10 所示,厚膜电阻网络也称排阻,它是以高铝瓷做基体,综合掩膜、光刻、烧结等工艺,在一块基片上制成多个参数性能一致的电阻,连接成电阻网络,也称集成电阻。集成电阻的特点是温度系数小、阻值范围宽、参数对称性好。目前,已越来越多地被应用在各种电子设备中。

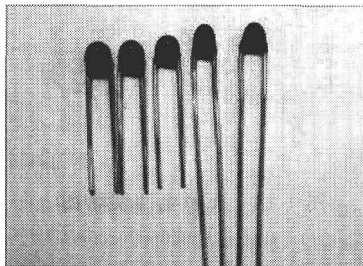


图 1-9 合成膜电阻实物图

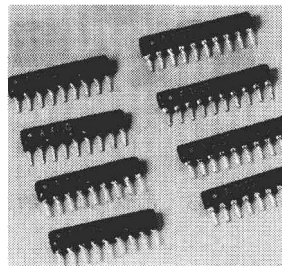


图 1-10 厚膜电阻网络实物图



4. 敏感类电阻

使用不同材料和工艺制造的半导体电阻，具有对温度、光照度、湿度、压力、磁通量、气体浓度等非电物理量敏感的性质，这类电阻称为敏感电阻，包括以下五种。

1) 压敏电阻

如图 1-11 所示，压敏电阻主要有碳化硅压敏电阻和氧化锌压敏电阻，氧化锌具有更多的优良特性。压敏电阻具有平均持续功率小、残压低、响应快、体积小等特点。

2) 湿敏电阻

如图 1-12 所示，湿敏电阻由感湿层、电极、绝缘体组成，它主要包括氯化锂湿敏电阻、碳湿敏电阻及氧化物湿敏电阻。氯化锂湿敏电阻的阻值随湿度上升而减小，缺点为测试范围小，特性重复性不好，受温度影响大。碳湿敏电阻缺点为低温灵敏度低，阻值受温度影响大，由于其具有老化特性，所以较少使用。氧化物湿敏电阻性能较优越，可长期使用，温度影响小，阻值与湿度的变化呈线性关系。有氧化锡，镍铁酸盐等材料。

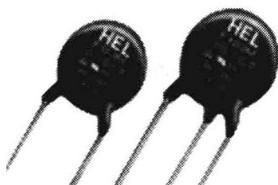


图 1-11 压敏电阻实物图



图 1-12 湿敏电阻实物图

3) 光敏电阻

如图 1-13 所示，光敏电阻是电导率随着光量的变化而变化的电子元件。当某种物质受到光照时，由于载流子的浓度增加从而增加了电导率，这就是光电导效应。当射入光线增强时，它的阻值会明显减小；当射入光线减弱时，它的阻值会明显增大。

4) 气敏电阻

如图 1-14 所示，气敏电阻是利用某些半导体吸收某种气体后发生氧化还原反应制成的，主要成分是金属氧化物，主要品种有金属氧化物气敏电阻、复合氧化物气敏电阻、陶瓷气敏电阻等。

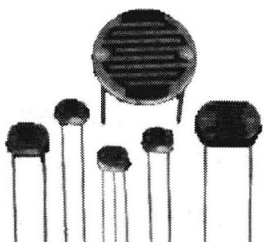


图 1-13 光敏电阻实物图

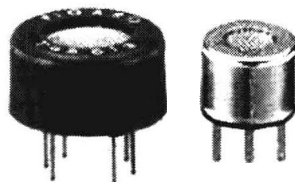


图 1-14 气敏电阻实物图

5) 力敏电阻

如图 1-15 所示，力敏电阻是一种阻值随压力变化而变化的电阻，国外称为压电电阻

器。压力电阻效应即半导体材料的电阻率随机械应力的变化而变化的效应。力敏电阻可制成各种力矩计、半导体话筒、压力传感器等。主要品种有硅力敏电阻器、碲铋合金力敏电阻器,相对而言,合金电阻器具有更高灵敏度。

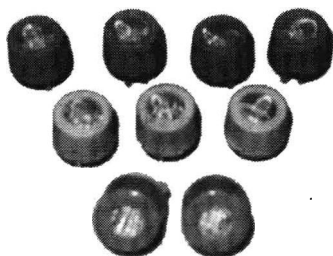


图 1-15 力敏电阻实物图

1.1.2 电阻器和电位器的型号命名方法

根据国家标准,国产电阻器和电位器的型号由四部分组成(不适用敏感电阻),见表 1-1。

表 1-1 电阻器型号命名方法

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
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、材料相同，仅性能指标、尺寸大小有差别，但基本不影响互换使用的产品，给予同一序号；若性能指标、尺寸大小明显影响互换时，则在序号后面加大写字母作为区别代号
W	电位器	H	合成膜	2	普通	普通	
		S	有机实芯	3	超高频	—	
		N	无机实芯	4	高阻	—	
		J	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	特殊	
		P	硼碳膜	9	特殊	特殊	
		U	硅碳膜	G	高功率	—	
		X	线绕	T	可调	—	
		M	压敏	W	—	微调	
		G	光敏	D	—	多圈	
		R	热敏	B	温度补偿用	—	
				C	温度测量用	—	
				P	旁热式	—	
				W	稳压式	—	
				Z	正温度系数	—	



第一部分：主称，用字母表示，表示产品的名字。R 表示电阻，W 表示电位器。

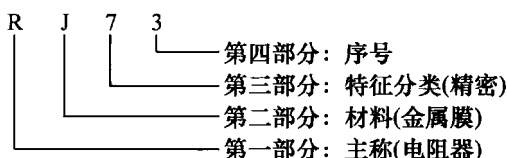
第二部分：材料，用字母表示，表示电阻体由什么材料组成。如 T——碳膜、H——合成碳膜、S——有机实心、N——无机实心、J——金属膜、Y——氮化膜、C——沉积膜、I——玻璃釉膜、X——线绕。

第三部分：特征分类，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——普通、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。

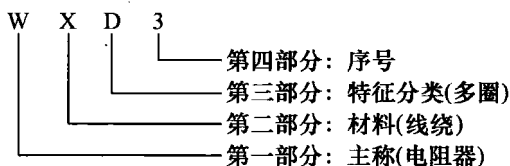
第四部分：序号，用数字表示，表示同类产品中不同品种，以区分产品的外型尺寸和性能指标等。

例如：

(1) 精密金属膜电阻器。



(2) 多圈线绕电位器。



1.1.3 电阻器的主要技术指标

1. 额定功率

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。不同类型的电阻具有不同系列的额定功率，见表 1-2。

表 1-2 电阻器的功率等级

名 称	额定功率系列/W					
实芯电阻器	0.25	0.5	1	2	5	—
线绕电阻器	0.5	1	2	6	10	15
	25	35	50	75	100	150
薄膜电阻器	0.025	0.05	0.125	0.25	0.5	1
	2	5	10	25	50	100

2. 标称阻值

阻值是电阻的主要参数之一，不同类型的电阻，其阻值范围不同，不同精度的电阻，其阻值系列亦不同。根据国家标准，常用的标称阻值系列见表 1-3。E24、E12 和 E6 系列也适用于电位器和电容器。

表 1-3 标称阻值系列

标称值系列	精度/%	电阻器/ Ω 、电位器/ Ω 、电容器标称值/pF							
E24	± 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
		4.7	5.1	5.6	6.2	6.8	7.5	8.2	9.1
E12	± 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	± 20	1.0	1.5	2.2	3.3	4.7	6.8	8.2	—

3. 允许误差等级

电阻的允许误差等级见表 1-4。

表 1-4 电阻的允许误差等级

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

1.1.4 电阻器的识别方法

1. 电阻的单位

电阻的符号是 R，基本单位为“欧姆”，简称“欧”，用希腊字母 Ω 表示单位符号。除欧外，电阻常用的单位还有千欧(k Ω)和兆欧(M Ω)等，其换算关系见表 1-5。

表 1-5 常用的级数单位

数量级	10^{12}	10^9	10^6	10^3	1	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	10^{-12}
单位	太	吉	兆	千		毫	微	纳	皮
字母	T	G	M	k		m	μ	n	p

例如：1M Ω =1000 k Ω =1000000 Ω ；1 k Ω =1000 Ω

2. 电阻的识别方法

电阻器的主要参数(标称值与允许偏差)要标注在电阻器上，以供识别。电阻器的参数表示方法有直标法、文字符号法、色环法三种。



1) 直标法

直标法是一种常见的标注方法,经常在体积较大(功率大)的电阻器上使用。它将该电阻器的标称阻值、允许偏差、型号、功率等参数直接标在电阻器表面。在三种表示方法中,直标法的使用最为方便,其优点是直观,易于判读。但数字标注中的小数点不易识别,因此又需采用文字符号法。

2) 文字符号法

文字符号法和直标法相同,也是直接将有关参数印制在电阻体上,用阿拉伯数字和字母符号按一定规律的组合来表示标称值及允许偏差的方法。其优点是认读方便、直观,由于不使用小数点,所以提高了数值标记的可靠性,多用于大功率电阻器上。

文字符号法规定:字母符号有 Ω (R)、k、M、G、T,用于表示阻值时,字母 Ω (R)、k、M、G、T 之前的数字表示阻值的整数,之后的数字表示阻值的小数值,字母符号表示小数点的位置及阻值的单位。

例如:5R1 表示 5.1Ω ,R 表示欧姆(Ω);51k 表示 $51k\Omega$,5k1 表示 $5.1k\Omega$,k、M、G、T 表示级数。

误差等级所使用的字母及其含义见表 1-6。

表 1-6 电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

色标法是用色环代替数字在电阻器的表面标出标称阻值和允许误差的方法。其优点是标志清晰,易于看清,而且与电阻的安装方向无关。色标电阻(色环电阻)器可分为四环、五环两种标法。其含义如图 1-16 和图 1-17 所示。

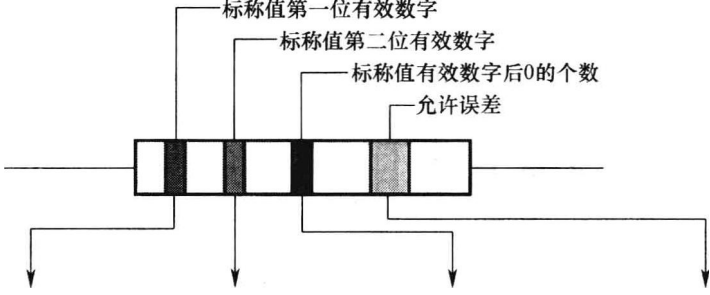
例如:色标为黄紫橙金色的电阻阻值为 $47 \times 1000\Omega \pm 5\% = 47k\Omega \pm 5\%$,即标称阻值为 $47k\Omega$,允许误差为 $\pm 5\%$ 。

1.1.5 电阻器的检测

1. 测量前的准备工作

1) 检查万用表电池

将挡位旋钮依次置于电阻挡 $R \times 1$ 挡和 $R \times 10k$ 挡,然后将红、黑测试笔短接。旋转调零电位器,观察指针是否指向零。如果在 $R \times 1$ 挡,指针不能回零,则更换万用表的 1.5V 电池。如果在 $R \times 10$ 挡,指针不能回零,则 U201 型万用表更换 22.5V 电池, MF47 型万用表更换 9V 电池。



颜色	第一位有效值	第二位有效值	级数	允许偏差%
棕	1	1	10^1	± 1
红	2	2	10^2	± 2
橙	3	3	10^3	—
黄	4	4	10^4	—
绿	5	5	10^5	± 0.5
蓝	6	6	10^6	± 0.2
紫	7	7	10^7	± 0.1
灰	8	8	10^8	—
白	9	9	10^9	$\pm 20 \sim \pm 50$
黑	0	0	10^0	—
金	—	—	10^{-1}	± 5
银	—	—	10^{-2}	± 10
无色	—	—	—	± 20

图 1-16 两位有效数字阻值的色环表示法

2) 选择适当倍率挡

测量某一电阻器的阻值时，要依据电阻器的阻值正确选择倍率挡，按万用表使用方法规定，万用表指针应在刻度的中心部分读数才较准确。测量时电阻器的阻值是万用表上刻度的数值与倍率的乘积。例如，测量一电阻器，所选倍率为 $R \times 1$ ，刻度数值为 9.4，该电阻器电阻值为 $R = 9.4 \times 1 = 9.4 \Omega$ 。

3) 电阻挡调零

在测量电阻之前必须进行电阻挡调零。其方法与检查电池方法一样，在测量电阻时，每更换一次倍率挡后，都必须重新调零。

2. 固定电阻的检测

检测脱开电路板的固定电阻，一般通过测量阻值来判别是否出现断路、短路及阻值变化等故障。将万用表两表笔(不分正负)分别接到电阻的两端引脚上，若检测得到的电阻值等于或接近标称阻值，可以断定该电阻正常。否则电阻已损坏。为了提高测量精度，应根