

高等职业学校电子信息类、电气控制类专业系列教材

电子装配工艺

王 玫 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

高等职业学校电子信息类、电气控制类专业系列教材

电子装配工艺

王玫 主编

高等教育出版社

内容提要

本书是高等职业学校电子信息类、电气控制类专业系列教材之一。本教材编写过程中,遵循“精选内容、加强实践、培养能力、突出应用”的原则。全书共分8章,阐述了整机装配常用器材、焊接技术、整机装配与连接、表面安装技术、整机调试检验工艺、整机生产管理、印制电路板与软件的基本知识,第8章实训操作,共安排各类工艺操作训练17个,供教学选用。

本书可作为高等职业学校电子信息类专业教材,也适用于高等职业技术学院、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校,也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电子装配工艺/王玫主编. —北京:高等教育出版社,
2004.7

ISBN 7-04-014931-1

I. 电… II. 王… III. 电子设备-装配-高等学
校:技术学校-教材 IV. TN05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 044299 号

策划编辑	李宇峰	责任编辑	李宇峰	封面设计	于涛	责任绘图	尹莉
版式设计	王莹	责任校对	王雨	责任印制	陈伟光		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100011
总 机 010-82028899

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
排 版 高等教育出版社照排中心
印 刷 北京印刷一厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 15
字 数 360 000

版 次 2004年7月第1版
印 次 2004年7月第1次印刷
定 价 18.70元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

前 言

为适应高等职业学校人才培养和全面素质教育的需要,按照高等职业教育培养目标与基本要求,结合职业技能鉴定需要,本教材在原《电子整机装配实习》一书的基础上,对课程的内容与知识点重新编写组合,以应用为目的,以必须够用为度,针对电子整机装配生产实际情况,讲原理、说方法、练技能。让学生即学到所需的专业知识,又掌握实际操作技能,着重提高学生的工程素质。

学习本书的目的是使学生具备电子整机装配知识和直接从事电子整机装配的基本技能。要实现这一目标,在教学过程中要面向市场,从职业岗位分析入手,确立以能力为本位的教学指导思想,培养学生成为能够适应电子整机生产、服务、技术和管理等一线工作的需要,德、智、体、美等全面发展的高等技术应用型专门人才。

本教材的突出特点是浅显、实用,紧密结合生产实际,反映新知识、新技术、新工艺、新方法,将能力与技能培养贯穿于始终。例如,突出元器件基本知识,突出手工焊接(三步法,五步法)操作技巧,突出整机的焊接、装配、调试的工艺要求,在新知识新技术方面介绍 SMT 表面安装技术的元件和设备及操作等。本教材编写的宗旨在于学以致用、培养熟练技能。考虑到各地区、各学校课程设置、师资力量、教学条件的差异,实训操作单列为第 8 章表述,便于教学中灵活选择。

本书由苏州高级工业学校陈其纯编写绪论和第 8 章中实训 4、5、6、7、8;南京信息职业技术学院王玫编写第 1、2、6 章和第 8 章中实训 1、2、3、15、16、17;常州第三职业高中朱国平编写第 3、5 章和第 8 章中实训 9、10、11、12、13、14;南京信息职业技术学院金鸿编写 4、7 章。

本书由王玫任主编,南京信息职业技术学院王钧铭任主审。

对在编写过程中有关各方的指导和支持,表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中难免存在一些错误和缺陷,欢迎批评指正。

为了方便教学,以下列出课时分配表,供教师教学参考。

内 容	课时数	内 容	课时数
绪论	6	实训 1 电阻器标称值判读和万用表测量	1
第 1 章 整机装配常用器材		实训 2 电容器标称值判读和万用表测量	1
第 2 章 焊接技术	6	实训 3 万用表检测二极管和晶体管	2
		实训 4 手工焊接法(一)——五步法和三步法	4
		实训 5 手工焊接法(二)——搭焊、钩焊和绕焊	2
		实训 6 手工焊接法(三)——印制电路板上元器件的焊接	4
		实训 7 手工焊接法(四)——印制电路板上集成电路的焊接	2
第 3 章 整机装配与连接	6	实训 8 手工焊接法(五)——拆焊	2
第 4 章 表面安装技术	4	实训 9 导线、屏蔽线、电缆线的端头加工	2
		实训 10 线把扎制	2
第 5 章 整机调试检验工艺	6	实训 11 电原理图与印制电路图的互绘(驳图)	4
第 6 章 整机生产管理	4	实训 12 印制电路板制作	4
		实训 13 组装直流稳压电源	4
		实训 14 晶体管图示仪使用	2
第 7 章 印制电路板与软件	4	实训 15 示波器使用练习	2
		实训 16 选装整机	6
		实训 17 表面安装技术实践操作	2
		复习考核	4
复习考核	4		
小 计	40	小 计	50

编者

2004 年 3 月

目 录

绪论	(1)	2.2.4 阻焊剂	(60)
第1章 整机装配常用器材	(3)	2.3 手工焊接	(61)
1.1 阻容元件	(3)	2.3.1 手工焊接基本操作	(61)
1.1.1 电阻器	(3)	2.3.2 导线和接线端子的焊接	(65)
1.1.2 电容器	(11)	2.3.3 印制电路板的手工焊接	(66)
1.1.3 电感器	(15)	2.4 焊接质量及缺陷分析	(67)
1.2 机电元件	(18)	2.4.1 焊接质量的要求	(67)
1.2.1 接插件	(18)	2.4.2 焊接检验	(68)
1.2.2 开关	(19)	2.4.3 焊点缺陷及分析	(69)
1.2.3 继电器	(20)	2.5 自动化焊接技术	(71)
1.3 半导体分立器件	(23)	2.5.1 浸焊	(71)
1.3.1 二极管	(25)	2.5.2 波峰焊	(72)
1.3.2 晶体管	(27)	2.5.3 再流焊	(76)
1.3.3 场效晶体管	(28)	习题	(78)
1.3.4 光电耦合器	(29)	第3章 整机装配与连接	(80)
1.4 集成电路	(30)	3.1 概述	(80)
1.4.1 集成电路的分类	(30)	3.1.1 整机结构的特点	(80)
1.4.2 集成电路的命名和封装	(32)	3.1.2 整机装配的基本要求	(80)
1.4.3 集成电路使用注意事项	(34)	3.2 装配前准备工艺	(81)
1.5 电声器件和显示器件	(34)	3.2.1 元器件的筛选	(81)
1.5.1 电声器件	(34)	3.2.2 元器件引脚成形	(81)
1.5.2 显示器件	(37)	3.2.3 导线的加工方法	(83)
1.6 常用材料	(42)	3.3 部件装配工艺	(91)
1.6.1 线材	(42)	3.3.1 印制电路板装配工艺	(91)
1.6.2 绝缘材料	(45)	3.3.2 面板、机壳的装配	(93)
1.6.3 磁性材料	(46)	3.3.3 其他部件的装配工艺	(94)
习题	(46)	3.4 整机总装工艺	(98)
第2章 焊接技术	(48)	3.4.1 总装的工艺要求	(98)
2.1 概述	(48)	3.4.2 总装的工艺流程	(99)
2.1.1 焊接的概念	(48)	3.4.3 总装的接线工艺	(99)
2.1.2 锡焊的机理	(48)	3.5 其他连接方法	(100)
2.1.3 焊点形成过程和条件	(50)	3.5.1 压接	(100)
2.2 焊接工具与材料	(51)	3.5.2 绕接	(101)
2.2.1 电烙铁	(51)	3.5.3 拆焊	(101)
2.2.2 焊料	(56)	习题	(103)
2.2.3 助焊剂	(58)	第4章 表面安装技术	(104)

4.1 概述	(104)	6.3 安全文明生产	(162)
4.1.1 表面安装技术的发展	(104)	6.3.1 安全用电常识	(162)
4.1.2 表面安装技术的特点	(105)	6.3.2 整机装配操作安全	(164)
4.1.3 表面安装技术的工艺流程	(106)	6.3.3 安全文明生产	(165)
4.2 表面安装元器件	(111)	习题	(166)
4.2.1 表面安装元件	(111)	第7章 印制电路板与软件	(167)
4.2.2 表面安装器件	(113)	7.1 概述	(167)
4.3 表面安装材料设备	(115)	7.1.1 印制电路板的作用	(167)
4.3.1 表面安装材料	(115)	7.1.2 印制电路板的种类	(170)
4.3.2 表面安装设备	(118)	7.2 印制电路板的设计	(174)
4.4 微组装技术	(121)	7.2.1 印制电路板设计步骤	(174)
4.4.1 球栅阵列封装(BGA)	(121)	7.2.2 印制电路板设计要求	(175)
4.4.2 芯片规模封装(CSP)	(123)	7.3 印制电路板的制造	(178)
4.4.3 芯片直接贴装技术(DCA)	(124)	7.3.1 印制电路板的制造工艺流程	(178)
4.4.4 系统集成技术	(128)	7.3.2 印制电路板的手工制作	(179)
习题	(129)	7.4 CAD 软件简介	(180)
第5章 整机调试检验工艺	(131)	7.4.1 软件概述	(180)
5.1 整机调试	(131)	7.4.2 电原理图绘制	(183)
5.1.1 整机调试的内容和分类	(131)	7.4.3 印制板图绘制	(186)
5.1.2 整机调试一般程序和方法	(131)	习题	(188)
5.1.3 调试示例	(133)	第8章 实训操作	(189)
5.2 整机检验	(137)	实训1 电阻器标称值判读和万用表	
5.2.1 整机检验目的和分类	(138)	测量	(189)
5.2.2 整机检验的一般程序和方法	(138)	实训2 电容器标称值判读和万用表	
5.2.3 整机检验示例	(140)	测量	(190)
5.3 整机包装	(141)	实训3 万用表检测二极管和晶体管	(192)
5.3.1 产品包装种类和作用	(142)	实训4 手工焊接法(一)——五步法	
5.3.2 包装材料和要求	(142)	和三步法	(194)
5.3.3 整机包装工艺与注意事项	(143)	实训5 手工焊接法(二)——搭焊、钩	
5.4 电磁兼容技术	(144)	焊和绕焊	(195)
5.4.1 电磁干扰	(144)	实训6 手工焊接法(三)——印制电路	
5.4.2 电磁屏蔽	(146)	板上元器件的焊接	(196)
习题	(147)	实训7 手工焊接法(四)——印制电路	
第6章 整机生产管理	(148)	板上集成电路的焊接	(198)
6.1 整机生产概述	(148)	实训8 手工焊接法(五)——拆焊	(200)
6.1.1 整机生产的特点	(148)	实训9 导线、屏蔽线、电缆线的端头加	
6.1.2 整机生产的组织方式	(148)	工	(200)
6.2 技术文件	(150)	实训10 线把扎制	(202)
6.2.1 概述	(150)	实训11 电原理图与印制电路图的互	
6.2.2 设计文件	(151)	绘(驳图)	(204)
6.2.3 工艺文件	(159)	实训12 印制电路板制作	(206)

实训 13	组装直流稳压电源	(207)	实训 16	选装整机	(218)
实训 14	晶体管图示仪使用	(209)	实训 17	表面安装技术实践操作	(225)
实训 15	示波器使用练习	(213)	参考文献		(229)

绪 论

随着电子技术的飞跃发展,各类电子整机产品被广泛应用于国民经济的众多领域。所谓电子整机是指由电子元器件及其他材料按照设计要求组装成的具有一定功能的电子设备(如雷达、医疗仪器、收录机及电视机等)。人们希望使用的是性能可靠的电子整机产品。实践证明,要生产性能可靠的电子整机产品,除了应有完善的设计和选用优良的材料及元器件外,还必须有先进的电子整机装配工艺来保证。

把电子元器件、零件、部件和导线按照设计要求组装成电子整机的过程通常称为“电子整机装配”;电子整机装配过程中,生产方式的选择、工具设备的选用、加工的手段与步骤、操作方法和要求等内容,统称为“电子整机装配工艺”。电子整机装配工艺对于提高劳动生产率、降低成本、减轻劳动强度、提高产品质量具有重要意义,因此,电子整机装配人员应当熟悉并掌握它。

电子整机装配工艺水平是随着电子器件的改进而发展提高的。例如,在电子管及二极管和晶体管为主要器件的时代,整机装配是手工插元器件和手工焊接;而当集成电路出现后,在装配工艺上就相应地出现了自动装插元器件技术和波峰焊技术;当大规模集成电路问世后,又有了贴装机和再流焊技术;近来,超大规模集成电路的应用,又促进了复合表面安装元件技术及微电子焊接等技术的发展。总体来看,电子整机装配工艺的发展提高有下列特点:

(1) 连接工艺呈现多样化

除焊接外,还有压接、绕接、胶接等多种工艺。

(2) 装联工具的自动化及专用化

采用电动工具、自动剥线捻头机、超声波搪锡机等众多的专业设备。

(3) 新技术的广泛应用

例如,采用气相清洗工艺以提高焊点和印制电路组装件的清洗质量和效率,测试系统进行整机的测试和调试,以提高测试精度和测试速度。

电子整机的装配工序与操作内容,虽然因整机的种类、规格、构造等不同而有所差异但基本工序及操作内容大致相同。通常有以下几个方面:

(1) 装配前的准备作业

例如,元器件的分类与筛选、元器件成形、线把的扎制等。

(2) 部件装联作业

例如,把元器件安插在印制电路板上实施焊接,装联成具有一定功能的部件或单元电路实体。

(3) 总装作业

例如,安装底板,按设计要求及工艺规定把各部件装联成完整的电子整机设备。

(4) 测试与调试作业

例如,测试电性能及按工艺规定对装配好的电子整机的质量进行检验。

一个优秀的电子整机装配人员,要想既快又好地装配出高质量的电子整机产品,必须具备扎

实的装配基础知识和熟练的装配技能。对于初学者来说,在学习过程中,应重点掌握元器件及有关材料的准备工艺以及安装和焊接的工艺要求及操作方法,着重掌握手工装配工艺。装配新工艺的不断出现,将促使装配工艺由手工操作逐步向自动化、机械化方向发展,这方面的新知识也需要不断地了解和学习。

要掌握好电子整机装配工艺的基础知识与技能,必须多练习、多动手,熟能生巧。

电子整机的装配工艺,虽因整机的种类、规模、构造等方面的差异而有所不同,但装配的基本技能是相同的。熟悉并掌握这些基本技能既有利于提高电子整机装置的技术水平,也有利于保证产品的装配质量。初学电子整机装配工艺者,更应认真地反复练习,只有这样才能较快地提高装配的技术水平。

在技能训练过程中,还应在教师的指导下,逐步养成良好的操作习惯。

(1) 不碰伤产品

产品外表的伤痕即便是微小,其价值亦会因此而降低。外观上的伤痕也许与产品的性能和可靠性无关,但对讲究外观的产品来说,那就是严重的质量问题。

(2) 不弄脏产品

产品的脏污也许在生产过程中不太显眼,但往往在出厂后转到用户手中时便显露了出来。油痕、汗水造成的锈斑、指纹等就是例子。我们可能意识不到产品的脏污问题的严重性,但用户会因为脏污而对产品的外观乃至性能产生不良印象。

(3) 不把杂物遗忘在产品内

将杂物忘在整机产品内的事常有发生,有时会达到难以置信的程度。有时整机内有焊锡渣、螺钉、螺帽、元件及工具等,有时还会发现电子整机产品内有纸屑、硬币等物。显然这些杂物会造成产品内部电路短路,甚至损伤元器件。可见,养成良好的操作习惯是十分重要的。

整机装配工艺涉及众多的技能,本书着重介绍的是手工装配工艺。随着新工艺的不断出现,将促使装配工艺由手工操作逐步向半机械化和自动化方向发展。但就目前而言,手工装配工艺仍然重要和不可缺少。

手工装配的操作设备、工具和环境是提高操作效率、保证舒适操作的重要条件。因此,实施各种技能训练之前作好各方面的准备是必要的。

本书选编了一些基本的操作技能训练项目,供教学选用。各校可以根据教学的实际,在内容上作适当增删,顺序亦可适当变动。

在教学时间及物质条件允许的情况下,可结合学生的教学实习和生产实习,组装一些类似万用表、收音机、收录机和电视机等电子类整机。若能在联办工厂的协助下,使学生在实际的生产岗位上接受训练指导,对于巩固电子整机装配的基本知识、提高电子整机装配的基本技能是极为有益的。

第 1 章 整机装配常用器材

整机中常用的器材有:电子元器件、线材、绝缘材料、焊料、焊剂、胶粘剂等各种辅助材料,其质量的好坏直接影响着整机产品的性能。了解整机装配常用器材的性能参数、命名方法、结构特点、使用条件及鉴别其质量将有助于提高整机产品的质量。

1.1 阻容元件

1.1.1 电阻器

1. 电阻器的基本知识

电流通过导体时,导体对电流有一定的阻碍作用,这种阻碍作用称为电阻。在电路中起电阻作用的元件称为电阻器,通常简称电阻。电阻的文字符号是 R ,电阻的基本单位是: Ω (欧姆),还有较大的单位 $k\Omega$ (千欧)和 $M\Omega$ (兆欧)。它们的换算关系为

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

电阻器的主要用途是:稳定和调节电路中的电流和电压,作分流器和分压器,以及作为消耗电能的负载电阻。

电阻器由电阻体、基体(骨架)、引出线和保护层等 4 部分组成,如图 1.1 所示。电阻器可以做成棒形、片形等各种形状。

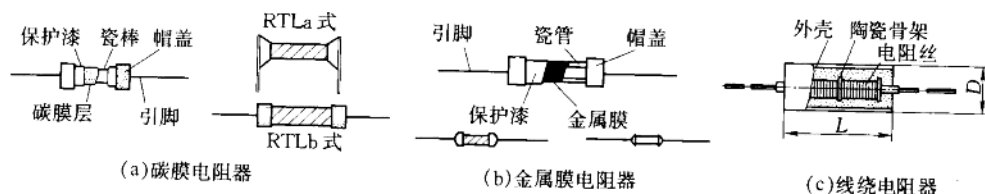


图 1.1 电阻器的典型结构

2. 电阻器的分类及命名方法

(1) 电阻器的分类

常用电阻器一般分两大类,阻值固定的电阻器称为固定电阻器,阻值连续可变的电阻器称为可变电阻器(包括微调电阻器和电位器)。它们的外形和图形符号如图 1.2 所示。由于制作的材料不同,电阻器也可分为碳膜电阻器、金属膜电阻器或线绕电阻器等。按用途不同,有精密电阻器、高频电阻器、功率型电阻器和敏感型电阻器等。

(2) 电阻器的命名

根据国家标准 GB 2470—1981,电阻器和电位器的型号由以下四部分组成:

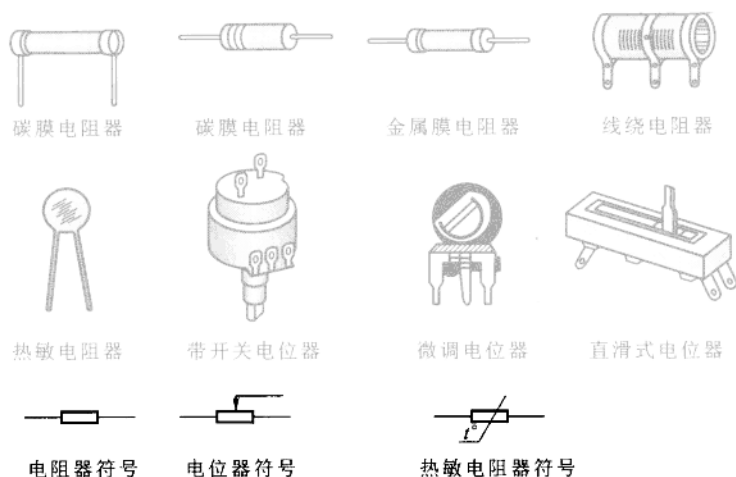


图 1.2 部分电阻器的外形及符号

第一部分:用字母表示产品的主称;

第二部分:用字母表示产品的材料;

第三部分:一般用数字表示分类,个别类型的也有用字母表示;

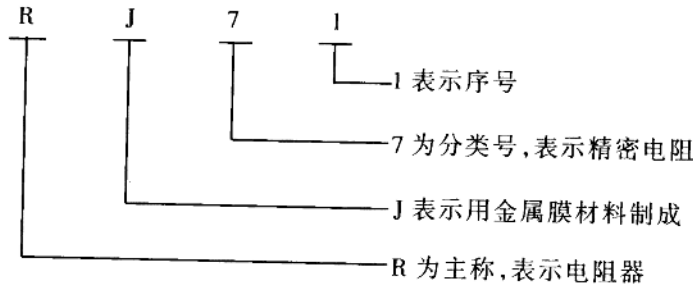
第四部分:用数字表示序号。

主称、材料和分类部分的符号及意义如表 1.1 所示。

表 1.1 电阻器和电位器型号中的代号及意义

第一部分:主称		第二部分:材料		第三部分:分类		
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
		J	金属膜	2	普通	普通
		Y	氧化膜	3	超高频	—
		H	合成膜	4	高阻	—
RP	电位器	S	有机实芯	5	高阻	—
		N	无机实芯	6	—	—
		I	玻璃釉膜	7	精密	精密
		X	线 绕	8	高压	特种函数
				9	特殊	特殊
				G	高功率	—
				T	可调	—
				W		微调
				D		多圈

应用示例:RJ71



故 RJ71 型电阻器为精密金属膜电阻器。

3. 电阻器的主要性能参数

电阻器的结构、材料不同,性能就有一定的差异。在选择和使用电阻器时,必须掌握各种电阻器的特性。电阻器的主要性能参数有标称阻值及允许偏差、额定功率、最高工作电压和电阻温度系数等。

(1) 标称阻值及允许偏差

电阻器的标称阻值是指电阻器上标出的名义阻值,它是电阻器的设计阻值。由于材料、设备和工艺等原因,同一批生产出来的电阻器阻值的离散性是不可避免的。故一般电阻器的标称阻值与实际所测阻值之间都有一偏差。实际阻值与标称阻值之间允许的最大偏差范围称为阻值允许偏差,此偏差通常称为阻值允许误差,一般都用标称阻值的百分数来表示。通用电阻器的阻值误差分为 3 个等级:Ⅰ级精度的阻值允许误差为 $\pm 5\%$,Ⅱ级为 $\pm 10\%$,Ⅲ级为 $\pm 20\%$ 。

精密电阻器的阻值误差有以下 11 个等级: $\pm 2\%$ 、 $\pm 1\%$ 、 $\pm 0.5\%$ 、 $\pm 0.2\%$ 、 $\pm 0.05\%$ 、 $\pm 0.02\%$ 、 $\pm 0.01\%$ 、 $\pm 0.005\%$ 、 $\pm 0.002\%$ 和 $\pm 0.001\%$ 。

为了既满足使用者对各种规格的需要,又能使规格减小到最低限度,除了少数特殊规格外,电阻器一般都是按国家标准 GB 2471-1981 电阻器标称阻值系列标准中的规定进行生产的。使用电阻器时,应尽量在标准规定的系列中选择所需的标称阻值。表 1.2 所示为通用电阻器的标称阻值系列,所列数值可乘以 10 的 n 次幂,其中, n 为正整数或负整数。

表 1.2 通用电阻器的标称阻值系列

允许偏差				允许偏差			
E24	E12	E6	E3	E24	E12	E6	E3
± 5%	± 10%	± 20%	> ± 20%	± 5%	± 10%	± 20%	> ± 20%
1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	1.5	
1.1				1.6			
1.2				1.8			
1.3				2.0			
				2.2			

续表

允许偏差				允许偏差					
E24	E12	E6	E3	E24	E12	E6	E3		
± 5%	± 10%	± 20%	> ± 20%	± 5%	± 10%	± 20%	> ± 20%		
	2.2	2.2	2.2	4.7	4.7	.	4.7		
2.4	2.7			5.1		4.7			
2.7				5.6	5.6				
3.0				6.2					
3.3	3.3	3.3		6.8	6.8	6.8			
3.6				7.5					
3.9				8.2	8.2				
4.3	9.1								

(2) 额定功率

额定功率是指电阻器在直流或交流电路中,当大气压力在 96 kPa ~ 104 kPa 时,在产品标准中规定的额定温度下,长期连续负荷所允许消耗的最大功率,通常又称标称功率。

当环境温度升高时,电阻器的额定功率必须要降低使用。用不同材料制成的电阻器具有不同的负荷特性,这在产品技术条件中均有规定。环境温度超过额定环境温度后,容许的额定功率直线下降。在低于规定的额定功率下使用,电阻器的寿命就较长,可以安全工作。如超负荷使用,不仅会缩短电阻器寿命,而且会使电阻器参数不稳定,甚至可能烧毁。因此,在选用电阻器时,额定功率必须选择合适,以确保电阻器稳定可靠地工作。

电阻器的额定功率的大小是按国标 GB 2475—1981(见表 1.3)中规定的系列确定的。实际应用中,应尽量选用此标准系列中的标称功率。

表 1.3 电阻器的额定功率系列

线绕电阻器/W	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/W	0.05	0.125	0.25	0.5	1	2	5	10	16
	25	50	100						

(3) 电阻温度系数

一般情况下,电阻器阻值随工作温度变化而变化。这种变化将会影响电路工作的稳定性,因

此应使其尽可能地小。通常,用电阻温度系数来表示电阻器的温度稳定性,它表示温度每变化 1℃时,电阻值的相对变化量。电阻温度系数越大,则该电阻器的温度稳定性越差。

4. 电阻器的标识方法

电阻器的标识方法有直标法、文字符号标识法、数码标识法和色环标识法等 4 种。

(1) 直标法

用阿拉伯数字和单位文字符号在电阻器表面直接标出标称阻值和允许偏差的方法。允许偏差用百分数表示。

(2) 文字符号法

用阿拉伯数字和文字符号有规律组合来表示标称阻值及允许偏差的方法。标称阻值单位文字符号的位置则代表标称阻值有效数字中小数点所在位置,单位文字符号前面的数表示阻值的整数部分,文字符号后面的数表示阻值的小数部分,文字符号表示小数点和单位。符号的意义如表 1.4 所示。阻值允许偏差用文字符号表示,如表 1.5 所示。

例如:3K3J 表示 3.3 kΩ,误差为 ±5%

5R9F 表示 5.9 kΩ,误差为 ±1%

表 1.4 文字符号法标称阻值系列表

标称阻值	文字符号表示法	标称阻值	文字符号表示法	标称阻值	文字符号表示法
0.1 Ω	R1	1 MΩ	1 M0	33 000 MΩ	33 G
0.33 Ω	R33	3.3 MΩ	3M3	59 000 MΩ	59 G
0.59 Ω	R59	5.9 MΩ	5M9	10 ⁵ MΩ	100 G
3.3 Ω	3R3	10 MΩ	10 M	3.3 × 10 ⁵ MΩ	330 G
5.9 Ω	5R9	1000 MΩ	1 G	5.9 × 10 ⁵ MΩ	590 G
3.3 kΩ	3K3	3300 MΩ	3G3	10 ⁶ MΩ	1T
5.9 kΩ	5K9	5900 MΩ	5G9	3.3 × 10 ⁶ MΩ	3T3
10 kΩ	10K	10000 MΩ	10 G	5.9 × 10 ⁶ MΩ	5T9

表 1.5 阻值允许偏差的文字符号表示法

允许偏差/%	标志符号	允许偏差/%	标志符号	允许偏差/%	标志符号	允许偏差/%	标志符号
±0.001	E	±0.02	U	±0.5	D	±10	K
±0.002	X	±0.05	W	±1	F	±20	M
±0.005	Y	±0.1	B	±2	G	±30	N
±0.01	H	±0.2	C	±5	J		

(3) 数码法

用 3 位整数表示电阻阻值的方法。数码是从左向右:前面的两位数为有效值,第三位数为零的个数(或倍率 10^n),单位为 Ω 。

例如:512J 表示阻值为 5 100 Ω ,误差为 $\pm 5\%$

393K 表示阻值为 39 000 Ω ,误差为 $\pm 10\%$

(4) 色环法

用不同颜色的色环在电阻器表面标出电阻值和误差的方法,是目前最常用的电阻值标识方法。能否识别色环电阻,是考核电子行业人员的基本项目之一。图 1.3 所示为电阻器色环表示示意图,表 1.6 所示为电阻器的色标符号规定,单位为 Ω 。

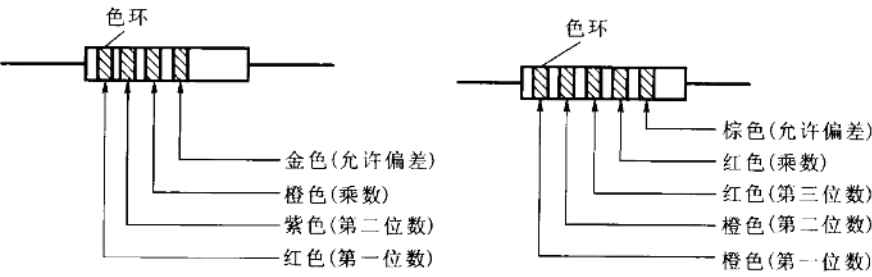


图 1.3 电阻器的色环表示

表 1.6 色标符号

颜色	第一色环	第二色环	第三色环	第四色环
	十位数字	个位数字	倍乘数	允许误差%
棕	1	1	$\times 10^1$	± 1
红	2	2	$\times 10^2$	± 2
橙	3	3	$\times 10^3$	-
黄	4	4	$\times 10^4$	-
绿	5	5	$\times 10^5$	± 0.5
蓝	6	6	$\times 10^6$	± 0.25
紫	7	7	$\times 10^7$	± 0.1
灰	8	8	$\times 10^8$	-
白	9	9	$\times 10^9$	+50 -20
黑	0	0	$\times 10^0$	-
金			$\times 10^{-1}$	± 5
银			$\times 10^{-2}$	± 10
无色				± 20

目前,一般都为四色环电阻(普通电阻)和五色环电阻(精密电阻)。色环的颜色为黑、棕、红、橙、黄、绿、兰、紫、灰、白,每种颜色表示一个数字(从 0 到 9)。金色,没有有效数,只表示乘数

10^{-1} (为 0.1) 或允许精度误差 $\pm 5\%$, 银色只表示乘数 10^{-2} (为 0.01) 或允许精度误差 $\pm 10\%$ 。

① 四色环。前面两条色环代表的数字为有效数字, 第三条色环代表零的个数 (即倍率 10^n), 最后一条色环表示允许偏差。

② 五色环。为精密色环电阻, 有效数字多一个, 前面三条色环代表的数为有效数字, 第四条色环代表零的个数 (即倍率 10^n), 最后一条色环代表允许偏差。

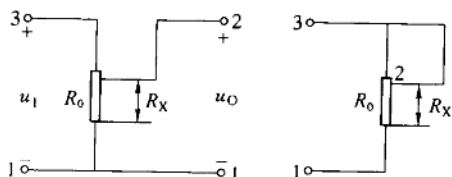
例如, 四色环电阻红、红、棕、金, 前面两条色环红色代表的数为 22, 第三条色环 (棕色) 则表示前面两个数乘上 10^1 (10) 也就是说在前面的两个数字之后要加上 1 个“0”, 这个色环电阻器的标称阻值就是 $220\ \Omega$, 误差 $\pm 5\%$ 。

五色环电阻红、黄、橙、金、棕, 前面三条色环代表的数为 243, 第四条色环 (金色) 则表示前面三个数乘上 10^{-1} (0.1), 这个色环电阻器的标称阻值就是 $24.3\ \Omega$, 误差 $\pm 1\%$ 。

5. 电位器

电位器是一种连续可调的电阻器, 它靠一个活动点 (电刷) 在电阻体上滑动, 可以获得与转角 (或位移) 成一定关系的电阻值。

在电路中, 电位器常用作分压器。它是一个四端元件。如图 1.4(a) 所示, 输入电压 u_1 加在电阻体的 1、3 两端上, 通过活动点 2 在电阻体 1、3 两点间的位移, 把总电阻 R_0 分成 R_X 和 $(R_0 - R_X)$ 两部分, 输出电压 u_0 是从 R_X 上取得的。



(a) 分压接线图

(b) 变阻器接线图

图 1.4 电位器的接线图

电位器作变阻器用时, 是一个两端元件。如图 1.4(b) 所示, 1、3 两端的阻值可随电刷 2 的位移而改变。

(1) 电位器的主要性能参数

① 标称阻值与零位电阻。电位器外表标明的阻值是电位器的标称阻值, 也是电位器的最大阻值。电阻标称阻值是按国际 GB 2471—1981, 采用 E_6 、 E_{12} 系列进行生产的。在选用电位器的标称值时, 应尽量考虑在此标准系列中选择。零电阻是电位器的活动点 (电刷) 处于始末端时, 活动电刷与始末端之间存在的接触电阻, 此值不为零, 而是电位器的最小阻值。

② 变化特性。为了适应不同的用途, 电位器的阻值变化规律有几种不同的情况。当活动点 (电刷) 在电阻体上转动或滑动时, 阻值即随之改变。阻值随活动点 (电刷) 旋转的角度或移动的长度变化的关系称为阻值变化特性, 也就是电位器的输出特性。

线绕电位器的阻值变化特性一般是直线式的。非线绕电位器的阻值变化特性通常分为三类: 直线式 (X)、指数式 (Z) 和对数式 (D), 如图 1.5 所示。

直线式电位器, 其阻值变化与转角成直线关系, 它适用于要求调节均匀的场合, 如分压器电路。指数式电位器, 其阻值开始时变化较平缓, 当转角接近最大转角一端时, 阻值变化曲线较陡。这种电位器适用于音量控制电路, 这是因人耳对小音量的变化感觉比较灵敏。对数式电位器, 其阻值开始时变化很大, 而在转角接近最大转角一端时, 阻值变化比

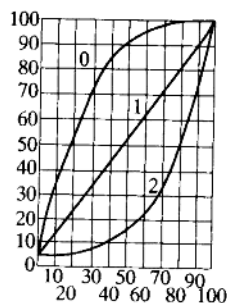


图 1.5 电位器阻值变化特性曲线