

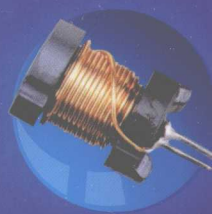


高职高专“十一五”规划教材

DIANZI GONGYI



电子工艺



刘任庆 主编 汤光华 主审



化学工业出版社

要关育的知... 高职高专“十一五”规划教材

高职高专“十一五”规划教材

电子工艺

刘任庆 主 编
刘小兵 李家升 彭铁牛 副主编
汤光华 主 审

附赠光盘(CIP) 目录编主件图

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第081518号
ISBN 978-7-122-04140-2
《电子工艺》一书，由刘任庆、李家升、彭铁牛、汤光华等主编，汤光华主审。本书可作为高职高专院校电子类专业及相关专业的教材，也可供从事电子工作的工程技术人员参考。

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第081518号

责任编辑：王明华
封面设计：王明华

责任编辑：王明华
封面设计：王明华

本书由化学工业出版社出版，北京理工大学出版社有限公司印刷。本书为高职高专教材，可作为电子类专业及相关专业的教材，也可供从事电子工作的工程技术人员参考。

ISBN 978-7-122-04140-2 定价：19.00元



化学工业出版社

· 北 京 ·

定价：19.00元

定价：19.00元

本书按照电子产品生产工艺,结合劳动部《电子元器件质量检验员》职业资格证书考试的有关要求,主要介绍:电子元器件的符号、结构、作用及外观认识和元器件的质量检测;电子元器件的焊接机理及焊接操作和质量监控;电子产品的装配工艺及文件的制作;电子产品生产过程中的安全防范;电子产品调试方法;最后通过收音机、万用表、MP3的组装实例,综合运用前面所学的知识点,达到理论联系实际、学做合一的目的。

本书编者由长期从事电子工艺教学与研究的学者、电子元器件质量检验人员和电子技术应用技术人员组成,大量教学实例来自于生产实践和研究成果,既有较强的理论性,又具有鲜明的实用性。读者通过学习本书,能全面了解电子产品的生产、安装、调试的整个过程,从而更好地掌握相关技术与操作技能,并有助于读者通过相关职业资格证书的考试。

本书可以作为高等职业技术学院的电子信息工程、应用电子技术、通信技术、电子检测、计算机主板与维修、自动化等相关专业的教材,也可作为中等职业学校电子类专业的教材,还可供有关教师与工程技术人员参考。

主 编

刘任庆

主 审

徐贞珍

李 杰

吴小波

审 主

李 杰

图书在版编目(CIP)数据

电子工艺/刘任庆主编. —北京:化学工业出版社,
2008.7
高职高专“十一五”规划教材
ISBN 978-7-122-03140-2

I. 电… II. 刘… III. 电子技术-高等学校:技术
学院-教材 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 091578 号

责任编辑:王听讲
责任校对:徐贞珍

文字编辑:鲍晓娟
装帧设计:韩 飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:北京市彩桥印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张11¼ 字数275千字 2008年8月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:19.00 元

版权所有 违者必究

前 言

电子工艺是一门实践性很强的课程。当前,随着电子信息产业的迅速发展,新知识、新技术、新工艺、新器件不断更新出现,对工程技术人员的综合技能的要求也越来越高。电子工艺是高职高专电子和自动化类专业的一门重要课程,应加强实践环节教学,培养学生深入了解工程观念,提高学生实践动手能力,弥补从基础理论到工程实践之间的不足。

本书是根据电子产品生产工艺,参考信息产业部的“电子元器件检验员”考试大纲和劳动部《电子器件检测工》职业技能鉴定的有关要求,结合电子企业技术人员的意见和企业的实际需求而编写的,集电子工艺基础知识、电子CAD、焊接工艺(包括SMT技术)和学生实际制作于一体。教材紧密结合高职高专教育特点,内容编排力求简洁明快、深入浅出、通俗易懂;学术理论与实践相结合,体现了“应用性、实用性、综合性和先进性”原则,重视基础知识、基本技能的培养和训练,突出内容的实用性和实践性,着重于实际应用能力的培养。

本书适合于高职高专院校电子技术应用、应用电子技术、电子信息工程、电子工程、通信技术、电子检测、计算机主板与维修、自动化等相关专业使用。也可作为其他高等工科院校、中等职业学校电子类专业的教材,还可供有关教师与工程技术人员参考。

本书由刘任庆主编(第1、4章),彭铁牛(第2、3章)、刘小兵(第5、6、9章)、李家升(第7章)、段楚凡(第8章)参编。刘任庆负责全书的统稿、修改和定稿工作。

本书由汤光华审阅,并提出了许多有益的建议,在此表示衷心的感谢!

由于时间仓促,编者水平有限,书中不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者

2008年4月

目 录

基础篇

第1章 常用电子元件	3
1.1 电阻器	4
1.1.1 电阻器的作用及构成	4
1.1.2 电阻器的型号命名方法	5
1.1.3 电阻器的种类结构及性能特点	6
1.1.4 特殊电阻器	9
1.1.5 电位器	10
1.1.6 实训：电阻器的识别（数字万用表的使用）	14
1.2 电容器	15
1.2.1 电容器的构成及作用	15
1.2.2 电容器的型号命名方法	15
1.2.3 电容器的主要参数及标注方法	16
1.2.4 电容器的种类及性能特点	17
1.2.5 可变电容器	18
1.2.6 电容器的合理选用	19
1.2.7 实训：电容器的识别与测量（指针式万用表的使用）	21
1.3 电感和变压器	23
1.3.1 电感的作用及结构	23
1.3.2 电感器的型号命名方法	25
1.3.3 电感器的主要参数及标注方法	25
1.3.4 电感器的种类及性能特点	25
1.3.5 变压器	26
1.4 半导体二极管	28
1.4.1 半导体二极管结构	28
1.4.2 半导体二极管的型号命名方法	28
1.4.3 半导体二极管主要参数	32
1.4.4 晶体二极管种类及性能特点	33
1.4.5 实训：二极管的认识与判别	34
1.5 晶体三极管	35
1.5.1 晶体三极管结构	35
1.5.2 晶体三极管的型号命名方法	36
1.5.3 晶体三极管的种类及作用	37

1.5.4	三极管的参数	38
1.5.5	实训：三极管的识别与测量	38
1.6	场效应管	39
1.6.1	场效应管结构	39
1.6.2	场效应管的型号命名方法	40
1.6.3	场效应管的种类及作用	40
1.6.4	场效应管的主要参数	41
1.6.5	场效应管的测量及注意事项	41
1.7	晶闸管、单结管	42
1.7.1	晶闸管的结构、作用	42
1.7.2	单结管的结构、作用	44
1.7.3	晶闸管、单结管的测量	44
第2章	常用集成电路	46
2.1	概述	46
2.1.1	集成电路的分类	46
2.1.2	集成电路的型号命名方法	47
2.1.3	集成电路的封装	49
2.1.4	集成电路的使用注意事项	50
2.2	常用的模拟集成电路	52
2.2.1	三端稳压集成电路	52
2.2.2	集成运放电路	53
2.2.3	功放集成电路	56
2.3	常用的数字集成电路	58
2.3.1	常用逻辑门集成电路	60
2.3.2	常用触发器集成电路	65
第3章	常用的材料	67
3.1	线材	67
3.1.1	常用线材的种类	67
3.1.2	常用线材的使用条件	70
3.2	绝缘材料	72
3.2.1	常用绝缘材料的性质	72
3.2.2	常用绝缘材料	72
3.3	磁性材料	73
3.3.1	软磁材料	73
3.3.2	硬磁材料	73
3.3.3	常用磁性材料	73

工 艺 篇

第4章	PCB的设计与制作	77
4.1	PCB概述	77

4.1.1	PCB 基础	77
4.1.2	PCB 设计常用软件 Protel 99	78
4.1.3	PCB 设计常用软件 Proteus	87
4.2	PCB 的设计流程	93
4.2.1	原理图的设计	93
4.2.2	PCB 板的生成与设计	94
4.3	PCB 板的制作方法	95
4.4	PCB 板的生产流程	96
4.4.1	单面板生产流程	96
4.4.2	双面板生产流程	96
4.4.3	多面板生产流程	96
4.5	PCB 板的手工制作	97
4.5.1	漆图法制作 PCB	97
4.5.2	刀刻法制作 PCB	98
4.5.3	贴图法	99
4.5.4	热熔塑膜制板法	99
4.5.5	使用预涂布感光敷铜板	99
4.6	实训: PCB 板的制作	100
第 5 章	焊接工艺	102
5.1	焊接的基础知识	102
5.1.1	概述	102
5.1.2	锡焊的机理	102
5.1.3	焊接工艺的要求	103
5.1.4	焊点的质量要求	105
5.2	焊接工具与材料	105
5.2.1	焊接工具	105
5.2.2	焊接材料	109
5.2.3	实训: 焊接工具的使用	112
5.3	手工焊接工艺	113
5.3.1	焊接准备	113
5.3.2	手工焊接的步骤	115
5.3.3	印制电路板手工焊接	116
5.3.4	导线加工与焊接工艺	117
5.3.5	焊接缺陷分析	119
5.3.6	焊接后的清洗	120
5.3.7	拆焊技术	121
5.3.8	实训: 焊接、拆焊	121
5.4	浸焊与波峰焊	122
5.4.1	浸焊	122
5.4.2	波峰焊	123

5.4.3	再回流焊	125
5.4.4	其他焊接方法	129
5.4.5	实训：浸焊	130
5.5	表面贴装技术（SMT）	131
5.5.1	表面安装元器件的分类	131
5.5.2	表面安装技术工艺流程	134
5.5.3	实训：表面安装元器件的焊接	136
5.6	无铅焊接技术	139
5.7	接触焊接技术	140
第6章	电子装配工艺	142
6.1	工艺文件	142
6.1.1	工艺文件的作用	142
6.1.2	工艺文件的编制方法	142
6.1.3	工艺文件格式填写方法	143
6.2	电子设备组装工艺	143
6.2.1	概述	143
6.2.2	电子设备组装的内容和方法	144
6.2.3	组装工艺技术的发展	144
6.2.4	整机装配工艺过程	145
6.3	印制电路板的插装	145
6.3.1	元器件加工（成形）	145
6.3.2	印制电路板装配图	147
6.3.3	印制电路板组装工艺流程	147
6.4	连接工艺	147
6.4.1	连接工艺	147
6.4.2	整机总装	149
6.5	整机总装质量的检测	150
6.5.1	外观检查	150
6.5.2	性能检查	150
6.5.3	出厂试验	150

实 训 篇

第7章	安全用电	153
7.1	人身安全	153
7.2	触电的预防	154
7.3	三相电的安全	155
7.4	触电急救	156
7.5	静电防护	156
7.5.1	静电的基本知识	156
7.5.2	静电产生的原因	157

7.5.3	静电在电子工业中的危害	157
7.6	实验室文明操作	158
第8章	调试基础	160
8.1	调试目的	160
8.2	静态测试与调整	161
8.3	动态测试与调整	161
第9章	实际产品安装与调试	162
9.1	收音机的组装与调试	162
9.1.1	收音机的电路原理	162
9.1.2	收音机整机装配	163
9.1.3	收音机的调试	164
9.2	DT830 数字万用表的组装与调试	165
9.2.1	DT830 数字万用表的电路原理	165
9.2.2	DT830B 数字万用表的整机装配	165
9.2.3	DT830B 数字万用表的整机调试	168
9.3	MP3 的组装与调试	168
9.3.1	MP3 的电路原理	168
9.3.2	MP3 整机装配	169
9.3.3	MP3 的调试	170
参考文献		172

附录

附录A	安全用电	第1章
A.1	安全用电	1.1
A.2	用电安全	1.2
A.3	安全用电	1.3
A.4	用电安全	1.4
A.5	用电安全	1.5
A.6	用电安全	1.6
A.7	用电安全	1.7
A.8	用电安全	1.8
A.9	用电安全	1.9
A.10	用电安全	1.10

基础篇

第1章 常用电子元件

电子元件是在电路中具有独立电气功能的基本单元。元器件在各类电子产品中占有重要的地位，特别是常用电子元件，如电阻器、电容器、电感器、晶体管、集成电路和开关、接插件等，更是电子设备中必不可少的基本材料。几十年来，电子工业的迅速发展，不断对元器件提出新的要求；而元器件制造厂商也在不断研究并采用新的材料、新的工艺，不断推出新产品，使电子整机产品的制造技术经历了几次重大的变革。在早期的电子管时代，按照真空电子管及其相应电路元件的特点要求，在设计整机结构和制造工艺时，最主要考虑大的电功率消耗以及因此而产生的散热问题，形成了一种体积较大、散热流畅的坚固结构。随后，因为半导体晶体管及其相应的小型元器件的问世，一种体积较小的分立元件结构的制造工艺便形成了，才有可能出现称之为“便携”机型的整机。特别是微电子技术的发展，使半导体器件和部分电路元件被集成化，并且集成度在以很快的速度不断提高，这就使得整机结构和制造工艺又发生了一次很大的变化，进入了一个崭新的阶段，才有可能出现称之为“袖珍型”、“迷你式”的微型整机。例如，近五十年来电子计算机的发展历史证明，在这个过程中划分不同的阶段、形成“代机”的主要标志是，构成计算机的电子元件的不断更新，使计算机的运算速度不断提高，而运算速度实际上主要取决于元器件的集成度。就拿人们熟悉的微型计算机的CPU来说，从286到586，从奔腾（Pentium）到迅驰（Centrino），这个推陈出新的过程，实际上是半导体集成电路的制造技术从SSI、MSI、LSI到VLSI、ULSI（即从小、中、大到超大、极大规模集成电路）的发展历史。又如，采用SMT（表面安装技术）的贴片式安装的集成电路和各种阻容器件、固体滤波器、接插件等微型元件被广泛应用在各种消费类电子产品和通信设备中，才有可能实现超小型、高性能、高质量、大批量的现代化生产。由此可见，电子技术和产品的水平，主要取决于元器件制造工业和材料科学的发展水平。电子元件是电子产品中最革命、最活跃的因素。

通常，对电子元件的主要要求是：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。电子元件总的发展趋向是：集成化、微型化、提高性能、改进结构。

电子元件可以分为有源元件和无源元件两大类。有源元件在工作时，其输出不仅依靠输入信号，还要依靠电源，或者说，它在电路中起到能量转换的作用。例如，晶体管、集成电路等就是最常用的有源元件。无源元件一般又可以分为耗能元件、储能元件和结构元件三种。电阻器是典型的耗能元件；储存电能电容器和储存磁能的电感器属于储能元件；接插件和开关等属于结构元件。这些元件各有特点，在电路中起着不同的作用。通常，称有源元件为“器件（Device）”，称无源元件为“元件（Component）”。

电子元件的发展很快，品种规格也极为繁多。就装配焊接的方式来说，当前已经从传统的通孔插装（THT）方式全面转向表面安装（SMT）方式。本章主要介绍一些最常用的

电子元器件的主要特点、性能指标和表示方法。必须说明,本书不是电子元器件手册,只希望读者通过学习本章内容,能够对五花八门的电子元器件有一个概括性的了解,领悟一些在今后的工程实践中最常用的电子工艺基本原则。在本章后部分内容里,用较多的篇幅介绍了常用电子元器件的性能指标,将有助于工科大专院校电子类专业学生在校期间参加专业实验、工艺实训、课程设计和毕业设计。由于电子元器件种类繁多,新品种不断涌现,产品的性能也不断提高,要想深入准确地了解某种电子元器件的性能指标,必须经常查阅相应的资料信息,参考资料提供的典型应用电路,走访电子元器件的销售商,调研有关生产厂家。

整机装配中,除了主要的零部件和元器件以外,每个电子产品几乎都要用到两种基本材料——导线与绝缘材料。限于篇幅,本书不可能把有关材料的详尽知识一一讲述,但这方面的基本知识也是每个电子科技工作者必不可少的。

1.1 电 阻 器

1.1.1 电阻器的作用及构成

导体对电流的阻碍作用称为电阻。电阻在电路图中用“R”加数字表示,如: R_1 表示编号为1的电阻。常见电阻器符号见图1-1-1。

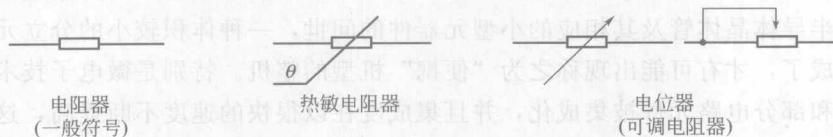


图 1-1-1 常见电阻器符号

电阻在电路中的主要作用为分流、限流、分压、偏置等。常见的电阻有固定电阻器和电位器(可变电位器)两种,以下介绍几种常见的电阻器的结构特点。

(1) 碳膜电阻(RT) 是在陶瓷骨架表面上沉积成碳结晶导电膜而形成的电阻器,其结构如图1-1-2所示。

碳膜电阻的阻值范围在 $1\Omega \sim 10M\Omega$ 之间,价格低廉,广泛用于各种电子产品中。

(2) 金属膜电阻(RJ) 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而形成的电阻器。其结构特点如图1-1-3所示。其阻值范围在 $1 \sim 10\Omega$ 之间,温度系数小,稳定性好,噪声低,与同功率下的碳膜电阻相比,体积较小,但价格稍贵,常用于要求低噪声、高稳定性的电路中。

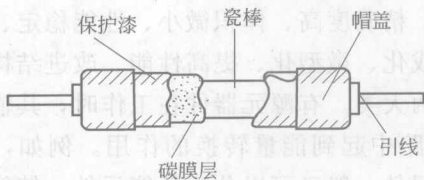


图 1-1-2 碳膜电阻的结构

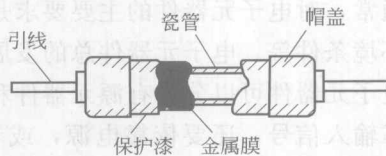


图 1-1-3 金属膜电阻的结构

(3) 线绕电阻(RX) 是在瓷管上用康铜丝或镍铬合金丝绕制而成的电阻器。其阻值范围在 $0.01\Omega \sim 10M\Omega$ 之间,可以制成精密型和功率型电阻。常在高精度或大功率电路中使用,但不适合在高频电路中工作。

(4) 金属玻璃釉电阻(RI) 是以无机材料做黏合剂,用印刷烧结工艺在陶瓷基体上形

成电阻膜而形成的电阻器。其电阻值范围为 $5.1\Omega\sim 200\text{M}\Omega$ 之间, 具有耐高温, 功率大, 温度系数小, 耐湿性好的特点。常用它制成小型化贴片电阻。

(5) 实心电阻 (RS) 用有机树脂和碳粉合成电阻率不同的材料后热压而成的电阻器。其电阻值范围为 $4.7\Omega\sim 22\text{M}\Omega$ 之间, 具有过负能力强、不易损坏、价格低廉等优点, 但其他性能参数都较差, 常用在高可靠性的电路中。

(6) 合成碳膜电阻 (RH) 分高压型和高阻型两种。高压型电阻的阻值范围为 $47\sim 10^3\text{M}\Omega$, 耐压分成 10kV 和 35kV 两挡; 高阻型电阻的阻值范围更大, 为 $10\sim 10^6\text{M}\Omega$ 。

(7) 电阻排 (集成电阻) 是运用掩膜、光刻、烧结等工艺技术, 在一块基片上制成多个参数、性能一致的电阻器, 目前广泛应用在微控制器等电子产品中。

常用电阻器的外形图见图 1-1-4。

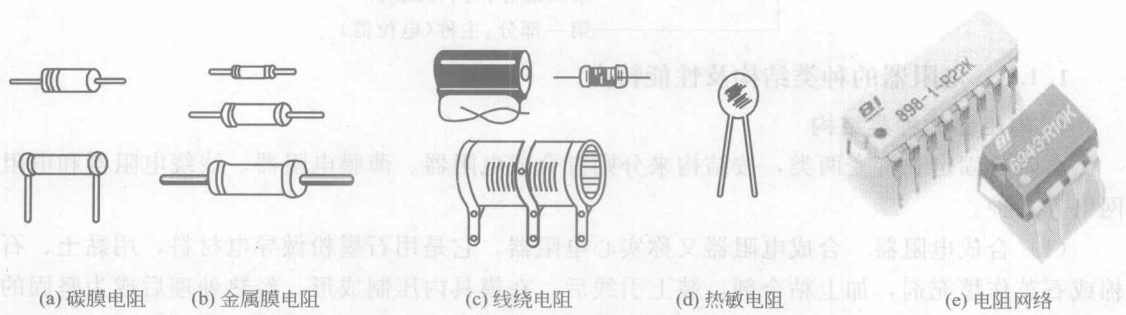


图 1-1-4 常用电阻器的外形

1.1.2 电阻器的型号命名方法

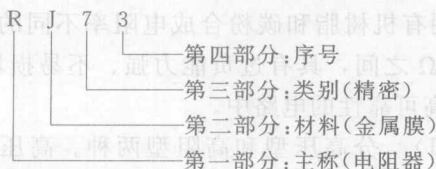
电阻器的型号命名方法如表 1-1-1 所示。

表 1-1-1 电阻器型号命名方法

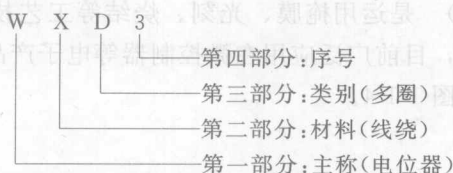
第一部分:主称		第二部分:材料		第三部分:特征分类			第四部分:序号
符号	意义	符号	意义	符号	意义		
					电阻器	电位器	
R	电阻器	T	碳膜	1	普通	普通	对主称、材料相同,仅性能指标、尺寸大小有差别,但基本不影响互换使用的产品,给予同一序号;若性能指标、尺寸大小明显影响互换时,则在序号后面用大写字母作为区别代号
W	电位器	H	合成膜	2	普通	普通	
		S	有机实心	3	超高频	—	
		N	无机实心	4	高阻	—	
		J	金属膜	5	高温	—	
		Y	氧化膜	6	—	—	
		C	沉积膜	7	精密	精密	
		I	玻璃釉膜	8	高压	特殊函数	
		P	硼碳膜	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	—	

示例:

(1) 精密金属膜电阻器



(2) 多圈线绕电位器



1.1.3 电阻器的种类结构及性能特点

1. 电阻器的种类结构

电阻分固定和可变两类,按结构来分则有合成电阻器、薄膜电阻器、线绕电阻器和电阻网络等几种。

(1) 合成电阻器 合成电阻器又称实心电阻器。它是用石墨粉做导电材料,用黏土、石棉或石英作填充剂,加上粘合剂,装上引线后,在模具内压制成形,经热处理后成为坚固的实心电阻体,外层喷漆和标上阻值后就制成了合成电阻器。改变石墨粉的比例就可以改变电阻器的大小。

合成碳膜电阻器的可靠性高,体积较小,易于自动化生产,价格低廉。缺点是稳定性较差,噪声也较大。一般用于要求不高的电路中。

(2) 薄膜电阻器 薄膜电阻器是在一个绝缘体(一般是圆柱形瓷棒)上真空喷镀一层导电薄膜或通过化学热分解的方法淀积一层导电膜,加上引线,喷上保护漆而制成的。薄膜电阻器的阻值可通过镀膜厚度来控制,更多的是采用刻槽的办法来控制。将镀好膜的瓷棒夹在刻槽机上,瓷棒开始旋转,用刻刀把薄膜刻成螺旋状,刻的越细越长,阻值越大。

常用的薄膜有碳膜、氧化膜和金属膜,因而有碳膜电阻器、氧化膜电阻器和金属膜电阻器之分。碳膜电阻器(RT)体积小,重量轻稳定性和精度都较高,噪声较小,自身电感较小,可用于数百兆赫以下的电路中。金属膜电阻器(RJ)精度高、噪声小,能耐受较高的温度,功率容量比较大,相同的功率等级其体积要比碳膜电阻器小。氧化膜电阻器(RY)在高温下的化学性质稳定,更容易制成低阻值的电阻器。

(3) 线绕电阻器 线绕电阻器是由绝缘体用高电阻率的金属线绕制而成,它在较宽的温度范围内有很小的温度系数,耐温高,功率容量大,可制成大功率精密电阻器。其缺点是自电感较大,不宜用于高频电路中。

(4) 电阻网络 电阻网络是运用掩膜、光刻、烧结等工艺技术,在一块基片上制成多个参数、性能一致的电阻器,目前广泛应用在微控制器等电子产品中。

2. 电阻器的主要技术指标

(1) 标称阻值 阻值是电阻的主要参数之一,不同类型的电阻,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,常用的标称电阻值系列表 1-1-2 所示。E24、E12 和 E6 系列也适用于电位器和电容器。

表 1-1-2 标称值系列

标称值系列	精度	电阻器(⊗)、电位器(⊙)、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	—

表中数值再乘以 10^n , 其中 n 为正整数或负整数。

电阻器的标志内容及方法如下。

① 文字符号直标法。用阿拉伯数字和文字符号两者有规律的组合来表示标称阻值、额定功率、允许误差等级等。符号前面的数字表示整数阻值, 后面的数字依次表示第一位小数阻值和第二位小数阻值, 其文字符号所表示的单位如表 1-1-3 所示, 如 1R5 表示 1.5Ω , 2k7 表示 $2.7k\Omega$ 。

表 1-1-3 文字符号表示的单位

文字符号	R	k	M	G	T
表示单位	欧姆(Ω)	千欧姆($10^3\Omega$)	兆欧姆($10^6\Omega$)	千兆欧姆($10^9\Omega$)	兆兆欧姆($10^{12}\Omega$)

例如:

RJ71-0.125-5k1-II

允许误差±10%
 标称阻值(5.1kΩ)
 额定功率1/8W
 型号

由标号可知, 它是精密金属膜电阻器, 额定功率为 $1/8W$, 标称阻值为 $5.1k\Omega$, 允许误差为 $\pm 10\%$ 。

② 色标法。色标法是将电阻器的类别及主要技术参数的数值用颜色(色环或色点)标注在它的外表面上。色标电阻(色环电阻)器可分为三环、四环、五环三种标法。其含义如图 1-1-5 和图 1-1-6 所示。

三色环电阻器的色环表示标称电阻值(允许误差均为 $\pm 20\%$)。例如, 色环为棕黑红, 表示 $10 \times 10^2 = 1.0k\Omega \pm 20\%$ 的电阻器。

四色环电阻器的色环表示标称值(二位有效数字)及精度。例如, 色环为棕绿橙金表示 $15 \times 10^3 = 15k\Omega \pm 5\%$ 的电阻器。

五色环电阻器的色环表示标称值(三位有效数字)及精度。例如, 色环为红紫绿黄棕表示 $275 \times 10^4 = 2.75M\Omega \pm 1\%$ 的电阻器。

一般四色环和五色环电阻器表示允许误差的色环的特点是该环离其他环的距离较远。较标准的表示应是表示允许误差的色环的宽度是其他色环的 $(1.5 \sim 2)$ 倍。

有些色环电阻器由于厂家生产不规范, 无法用上面的特征判断, 这时只能借助万用表判断。

(2) 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, 如表 1-1-4 所示。



图 1-1-5 两位有效数字阻值的色环表示法



图 1-1-6 三位有效数字阻值的色环表示法