

高职高专电子类、自动化类系列教材

Electronic Product Assembling Processes and Equipments

电子产品组装工艺与设备

++主编 ++ 吕之伦

合肥工业大学出版社

电子产品组装工艺与设备

主 编 吕之伦

副主编 范治田 杨文一 江治国

合肥工业大学出版社

内 容 简 介

本书按照电子产品生产工艺要求的顺序进行编写,内容包括电子元件的基础知识、电子产品装配前的准备工艺、电子元器件的焊接、印制电路板的制作、电子产品的安装、电子产品的调试、表面电子元器件的安装、电子产品工艺文件的编制、电子产品的检验与包装、常用生产设备及周边设备等全部生产工艺,特别是对新技术和新工艺做了详细的介绍。每章后面都附有习题供学生选用。

本书在选材上具有行进性和实用性,详细介绍了现代电子产品的实际生产步骤,可作为高职院校电子信息和应用电子技术专业的教材,对从事电子产品生产工艺操作的技术人员也有一定的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

电子产品组装工艺与设备/吕之伦主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2009.1
ISBN 978-7-81093-891-4

I. 电… II. 吕… III. 电子产品—组装 IV. TN606

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 213917 号

电子产品组装工艺与设备

主 编 吕之伦

责任编辑 陆向军

出 版	合肥工业大学出版社	版 次	2009 年 1 月第 1 版
地 址	合肥市屯溪路 193 号	印 次	2009 年 1 月第 1 次印刷
邮 编	230009	开 本	710 毫米×1000 毫米 1/16
电 话	总编室:0551—2903038	印 张	19.25
	发行部:0551 2903198	字 数	388 千字
网 址	www.hfutpress.com.cn	印 刷	安徽江淮印务有限责任公司
E-mail	press@hfutpress.com.cn	发 行	全国新华书店

ISBN 978-7-81093-891-4

定价:29.80 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换。

前 言

《电子产品组装工艺与设备》是为高职院校的电子信息专业和应用电子技术专业编写的一本专业教材,也可供高职其他电类专业作为电子技能知识培训的教材。

电子技术的飞速发展,使得各种新器件、新技术、新工艺不断涌现,电子产品工艺教材必须及时反映出这些新进展,与时俱进,才能胜任电子技术对高职教育的要求。电子产品的生产也由传统的手工装配向全自动化装配的方向迈进,SMT技术在大批量电子产品的装配上已经基本普及。在此背景下,合肥工业大学组织编写了这本教材,力图反映电子产品新工艺、新技术,介绍电子新器件和新技术,更好地为高职教育服务。

电子产品组装工艺与设备是一门具有专业技能性质的课程,既包含技能知识的基础性,又包含技能和生产设备的先进性,所以在内容的安排上,除了介绍电子产品组装所需的基础知识,还对先进的电子产品工艺和新设备进行详细介绍,让学生对新工艺和新设备有一个充分的了解,相信对学生的电子产品组装技能和开拓学生的视野会有所帮助。

本书由安徽水利水电职业技术学院吕之伦老师担任主编,并编写了第4章和第9章,安徽国防科技学院江治国老师编写了第1章、第2章和第8章,淮南职业技术学院杨文一老师编写了第3章和第7章,六安职业技术学院范治田老师编写了第5章和第6章。在编写过程中编者参考了许多资料,在此对书后所列参考文献的各位作者表示衷心的感谢。

尽管我们在本书的编写过程中做了许多努力,但由于编者水平所限,书中不妥之处在所难免,敬请读者给予批评和指正。请您把对本书的建议和意见告诉我们,以便修订时改进。

编 者

2009年1月

目 录

第 1 章 常用电子元器件	(1)
1.1 电阻器	(1)
1.2 电位器	(8)
1.3 电容器	(14)
1.4 电感器	(19)
1.5 变压器	(21)
1.6 晶体二极管	(24)
1.7 晶体三极管	(27)
1.8 场效应管	(30)
1.9 可控硅	(33)
1.10 集成电路	(35)
1.11 电声器件	(38)
1.12 开关、继电器、各种接插件	(41)
1.13 光电器件	(43)
1.14 显示器件	(46)
1.15 表面安装器件	(48)
第 2 章 电路图的识读与常用工艺文件	(52)
2.1 电路图识读的基本知识	(52)
2.2 电路原理图的识读	(54)
2.3 印制电路图的识读	(57)
2.4 常用工艺文件	(59)
第 3 章 印制电路板 (PCB)	(71)
3.1 覆铜箔板的种类与选用	(71)
3.2 印制电路板的特点和分类	(79)
3.3 印制电路板的生产工艺	(87)

第4章 常用装配工具与准备工艺	(127)
4.1 常用装配工具	(127)
4.2 准备工艺	(136)
第5章 常用焊接设备	(151)
5.1 浸锡炉	(151)
5.2 波峰焊接机	(152)
5.3 再流焊接机	(154)
5.4 贴片机	(157)
第6章 焊接技术	(161)
6.1 焊接材料	(161)
6.2 手工焊接技术	(165)
6.3 实用焊接技术	(171)
6.4 焊接质量的检查	(175)
6.5 拆 焊	(180)
6.6 自动焊接技术	(182)
6.7 表面安装技术与工艺	(188)
6.8 紧固件连接、胶接、无锡焊接工艺	(190)
第7章 SMT 组装生产	(198)
7.1 SMT 组装生产线的特点与分类	(198)
7.2 SMT 生产线的组装设备	(205)
7.3 SMT 组装生产线中的检测与返修	(225)
第8章 常用电子测量仪器	(245)
8.1 万用表	(245)
8.2 毫伏表	(251)
8.3 信号发生器	(253)
8.4 示波器	(255)
8.5 频率特性测试仪	(263)

第 9 章 电子产品的总装与检验	(267)
9.1 电子整机总装工艺	(267)
9.2 电子整机调试工艺	(271)
9.3 电子整机产品的质量管理	(292)
9.4 电子整机产品检验	(294)
9.5 电子产品包装工艺	(295)
参考文献	(300)

第1章 常用电子元器件

各种各样的电子产品都是由基本的电子元器件组成的,保证电子产品的质量 and 可靠性的关键是正确选择、使用好各类元器件,了解电子元器件的特性、分类以及规格,它们的主要用途、识别方法等对于从事电子行业的人员尤为重要。本章主要介绍各种常用电子元器件的分类、用途以及参数等基本概念。

1.1 电阻器

电阻器是具有电阻特性的电子元件,是电子线路中应用最为广泛的元件之一,通常称为电阻。电阻器分为固定电阻器和可变电阻器(电位器)。常用电阻器如图1-1所示。

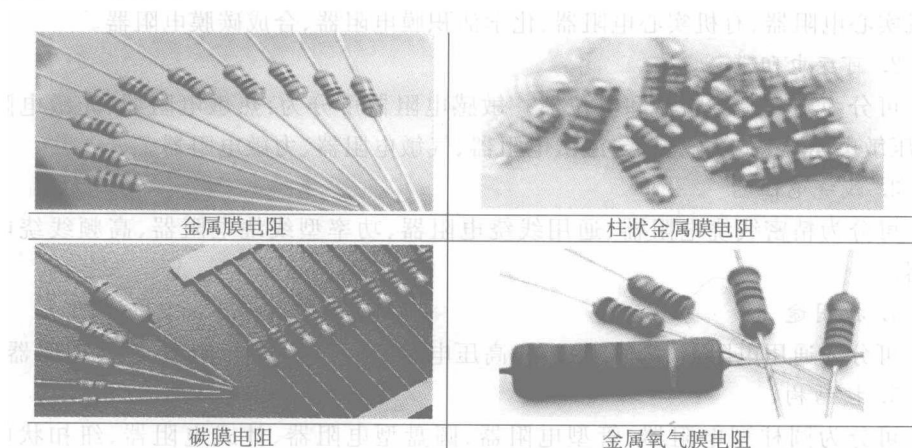


图1-1 常用电阻器

1.1.1 电阻器的符号、作用和单位

常见电阻器的电路符号如图1-2所示,在电路中常用字母R来表示电阻,它的作用主要是阻碍电流的通过,主要用作负载、分流器、分压器,与电容器配合作滤波器,在电源电路中作去耦电阻和稳压电源中的取样电阻以及能够作为晶体管电路的偏置电阻等,作用是分压、分流和向电路提供必要的工作条件。电阻器的单位是欧姆,用希腊字母 Ω 表示。工程上有时用千欧(k Ω)、兆欧(M Ω)来表示,它

们之间的关系是：

$$1\text{M}\Omega = 1000\text{k}\Omega = 1000000\Omega$$

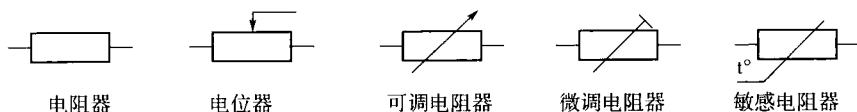


图 1-2 常见电阻器的电路符号

1.1.2 电阻器的分类

电阻器的种类繁多,形状各异,分类方法各有不同。下面介绍常用的几种分类方法:

1. 固定电阻器

可分为碳膜电阻器、金属膜电阻器、金属氧化膜电阻器、金属玻璃釉电阻器、无机实心电阻器、有机实心电阻器、化学沾积膜电阻器、合成碳膜电阻器。

2. 可变电阻器

可分为半可调电阻器和电位器。敏感电阻器可分为:热敏电阻器、光敏电阻器、压敏电阻器、磁敏电阻器、湿敏电阻器、气敏电阻器、力敏电阻器。

3. 线绕电阻器

可分为精密线绕电阻器、通用线绕电阻器、功率型线绕电阻器、高频线绕电阻器。

4. 按用途

可分为通用电阻器、高阻电阻器、高压电阻器、高频无感电阻器、精密电阻器。

5. 按结构

可分为圆柱型电阻器、管型电阻器、圆盘型电阻器、汁式电阻器、纽扣状电阻器。

6. 按引线形式

可分为轴向引线型电阻器、同向引线型电阻器、无引线型电阻器、径向引线电阻器。

7. 熔断电阻器

可分为一次性熔断电阻器、可恢复型熔断电阻器。

具体的分类如图 1-3 所示。

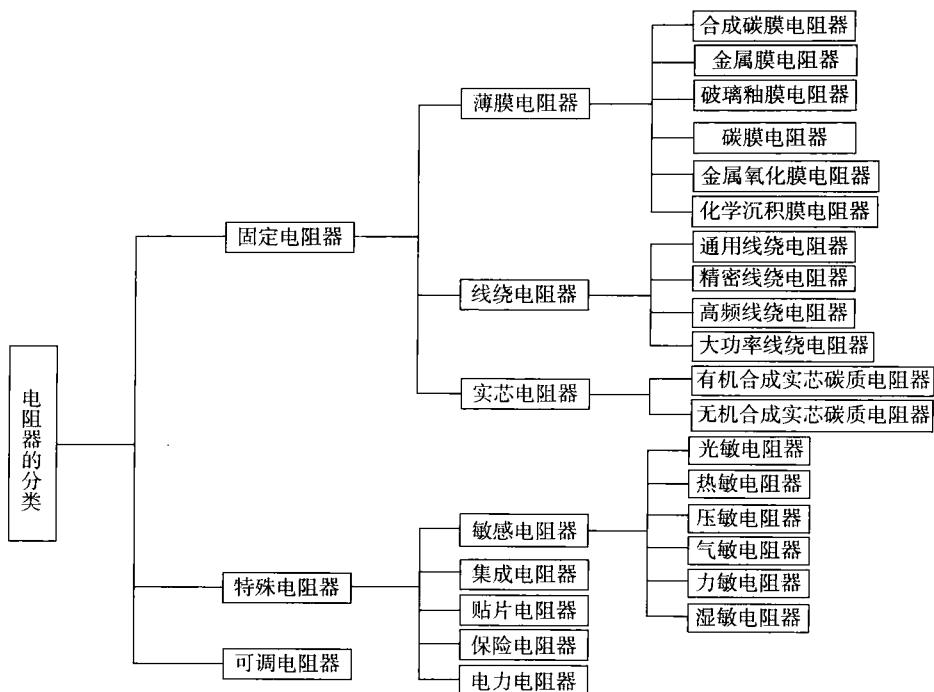


图 1-3 电阻器的分类

1.1.3 电阻器的主要参数

1. 标称电阻和允许误差

标称阻值是指在电阻器表面所标示的阻值。为了生产和选购方便,国家规定了系列阻值,目前电阻器标称阻值系列,即 E6、E12、E24 系列,其中 E24 系列最全。电阻器的标称值往往和它的实际值不完全相符。实际值和标称值的偏差,除以标称值所得的百分数,叫电阻的误差。它反映了电阻器的精度,不同的精度有一个相应的允许误差,表 1-1 列出了常用电阻器允许误差的等级(精度等级)。

表 1-1 常用电阻器允许误差的等级

允许误差	$\pm 0.5\%$	$\pm 1\%$	$\pm 2\%$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$
级别	005	01	02	I	II	III
类型	精密型			普通型		

对具体的电阻器而言,其实际阻值与标称阻值之间有一定的偏差,这个偏差与标称阻值的百分比叫做电阻器的误差。误差越小,电阻器的精度越高。电阻器的误差范围有明确的规定,对于普通电阻器,其允许误差通常分为三大类,即 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ 。现在成品固定电阻器大都为 I 级或 II 级,III 级很少,能满足一般的要求。02、01、005 级的精密电阻器,仅供测量仪器及特殊设备选用。

国家有关部门规定了阻值系列作为产品的标准,表 1-2 所示为普通电阻器的标称值系列,表中的标称值可以乘以 10^n 。例如,4.7 这个标称值,就有 0.47Ω 、 4.7Ω 、 47Ω 、 470Ω 、 $4.7k\Omega$ ……

表 1-2 电阻标称值系列

标称值系列	精度	电阻器							
E24	$\pm 5\%$	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	$\pm 10\%$	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	—

2. 电阻的额定功率

当电流通过电阻时,电阻器便会发热,功率越大,发热越厉害。如果电阻器的发热功率过大,电阻器就会被烧毁。我们把电阻器长时间正常工作允许所加的最大功率叫额定功率。

电阻器的额定功率通常有 $1/4W$ 、 $1/2W$ 、 $1W$ 、 $2W$ 、 $5W$ 、 $10W$ 等,表示电阻器的额定功率的通用符号如图 1-4 所示。

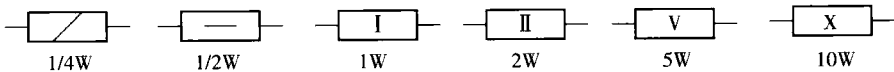


图 1-4 电阻器的额定功率的通用符号

不同类型的电阻具有不同系列的额定功率,如表 1-3 所示。

表 1-3 电阻器的功率等级

名称	额定功率(W)					
实芯电阻器	0.25	0.5	1	2	5	—
线绕电阻器	0.525	135	250	675	10100	15150
薄膜电阻器	0.0252	0.055	0.12510	0.2525	0.550	1100

3. 电阻器的温度系数

电阻器的电阻值随温度的变化略有改变。温度每变化一度所引起电阻值的相对变化称为电阻的温度系数。温度系数愈小,电阻的稳定性愈好。

4. 电阻器的噪声

当电阻器通以直流电流时,电阻器两端的电压往往不是一个恒定不变的电压,而是有着不规则的电压起伏,有如在直流电压上叠加了一个交变分量,这个交

变分量称为噪声电动势。噪声是电阻器本身的特性,与外加电压没有直接关系。

电阻器的噪声包括热噪声和电流噪声。热噪声是由于电阻器中自由电子的不规则热运动而使电阻器内任意两点间产生的随机电压。电流噪声是当电阻器通过电流时,导电颗粒之间以及非导电颗粒之间不断发生碰撞,使颗粒之间的接触电阻不断变化,因而电阻器两端除直流电压降之外还有一个不规则的交变电压分量。

5. 电阻器的频率特性

任何一种电阻器都不是一个纯电阻元件,电阻器上实际都还存在着分布电感和分布电容。这些分布参数都很小,在直流和低频交流电路中,它们的影响可以忽略不计,可将电阻器看作就是一个纯电阻元件,但在频率比较高的交流电路中,这些分布参数的影响即不能忽视,其交流等效电阻将随频率而变化。

1.1.4 电阻器的识别

1. 电阻器的标示方法

电阻器的标称阻值一般都标在电阻体上,其标志有四种:直标法、文字符号法、数码法和色标法。

(1) 直标法

用阿拉伯数字和单位符号在电阻器表面直接标出标称阻值和技术参数,电阻值单位欧姆用“ Ω ”表示,千欧用“ $k\Omega$ ”表示,兆欧用“ $M\Omega$ ”表示,吉欧用“ $G\Omega$ ”表示,允许偏差直接用百分数或用I($\pm 5\%$)、II($\pm 10\%$)、III($\pm 20\%$)表示。如图1-5所示。

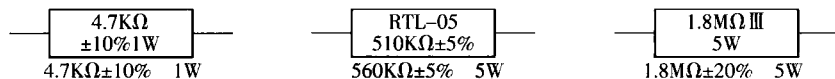


图1-5 直标法

(2) 文字符号法

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,其允许偏差用文字符号表示:B($\pm 0.1\%$)、C($\pm 0.25\%$)、D($\pm 0.5\%$)、F($\pm 1\%$)、G($\pm 2\%$)、J($\pm 5\%$)、K($\pm 10\%$)、M($\pm 20\%$)、N($\pm 30\%$)。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小数阻值。如图1-6所示。

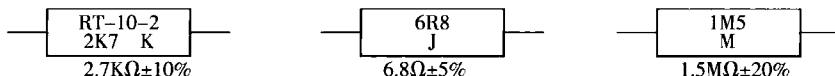


图1-6 文字符号法

(3) 数码法

用三位阿拉伯数字表示,前两位数字表示阻值的有效数,第三位数字表示有效数后面零的个数。当阻值小于10欧时,常以 $\times R \times$ 表示,将R看作小数点。单位为欧姆。偏差通常采用符号表示:B($\pm 0.1\%$)、C($\pm 0.25\%$)、D($\pm 0.5\%$)、F($\pm 1\%$)、G($\pm 2\%$)、J($\pm 5\%$)、K($\pm 10\%$)、M($\pm 20\%$)、N($\pm 30\%$)。如图1-7所示。

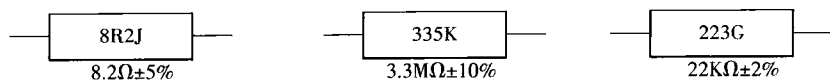


图 1-7 数码法

(4) 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 1-8 和图 1-9 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 $10 \times 10^2 = 1.0\text{k}\Omega \pm 20\%$ 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 $15 \times 10^3 = 15\text{k}\Omega \pm 5\%$ 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 $275 \times 10^1 = 2.75\text{M}\Omega \pm 1\%$ 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 1.5~2 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。

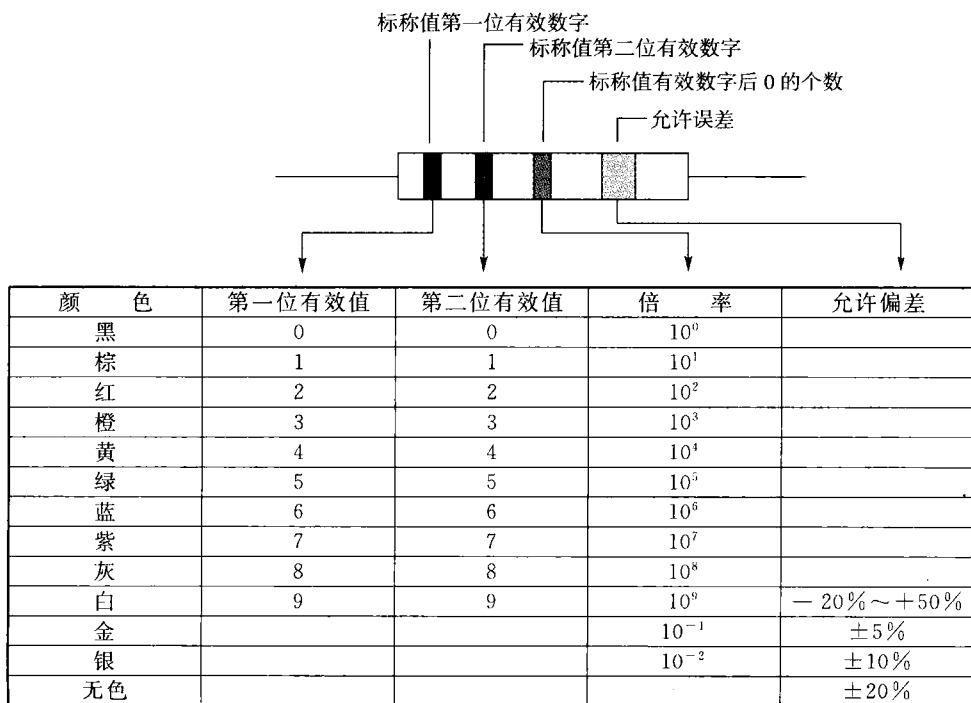


图 1-8 两位有效数字阻值的色环表示法



图 1-9 三位有效数字阻值的色环表示法

2. 电阻器的选用

- (1) 在选用电阻器时必需首先了解电子产品整机工作环境条件。
- (2) 要了解电子产品整机工作状态。
- (3) 既要从技术性能考虑满足电路技术以保证整机的正常工作,又要从经济上考虑其价格、成本,还要考虑其货源和供应情况。
- (4) 根据不同的用途选用。
- (5) 阻值应选取最靠近计算值的一个标称值,不要片面采用高精度和非标准系列的电阻产品。
- (6) 电阻器的额定功率选取一个比计算的耗散功率大一些(1.5~2 倍)的标称值。
- (7) 选取耐压比额定值大一些的电阻器。

1.2 电位器

电位器是一种连续可调的电阻器,其滑动臂(滑动触点)的接触刷在电阻体上滑动,可获得与电位器外加输入电压和可动臂转角成一定关系的输出电压。也就是说,通过调节电位器的转轴,使它的输出电位发生改变,所以成为电位器。电位器也可认为是阻值可变的电阻器,但它不同于可变电阻器。电位器的引脚都在三个以上。电位器的制作材料也不尽相同。它的主要作用是用来分压、分流和作为变阻器使用。



图 1-10 常见电位器实物图

1.2.1 电位器的结构和种类

1. 电位器的结构

电位器通常由外壳、滑动轴、电阻体和三个引出端组成,如图 1-11 所示。

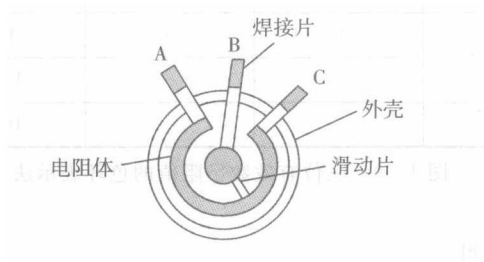


图 1-11 普通电位器结构图

2. 电位器的分类

电位器的种类很多,用途各异,可从不同的角度进行分类,介绍电位器的手册也往往是各厂家根据生产的品种而编排的,规格、型号的命名及代号也有所不同。因此,在产品设计中必须根据电路特点及要求,查阅产品手册,了解性能,合理选用。电位器型号中字母的意义如表 1-4 所示。

电位器可按用途、材料、结构特点、阻值变化规律、驱动机构的运动方式等因素进行分类。虽然部分标准规定了电位器的命名符号,但市场上常见电位器的标号并不完全一致,在电位器壳体上标明的参数也不尽相同,但一般都要注明材料、标称阻值、额定功率、阻值变化特征等,个别电位器同时标出轴端形式及尺寸、电

阻材料符号等,常见的电位器种类见表1-5。

表1-4 电位器型号中字母的意义

型号(第1、2位)	意义	型号(第1、2位)	意义
WX	绕线电位器	WI	玻璃釉电位器
WH	合成碳膜电位器	WJ	金属膜电位器
WN	无机实心电位器	WY	氧化膜电位器
WD	导电塑料电位器	WF	复合膜电位器
WS	有机机实心电位器		

表1-5 常见的电位器种类

分类形式			举例
材料	合金型	线绕	线绕电位器(WX)
		金属箔	金属箔电位器(WB)
	薄膜型		金属膜电位器(WJ),金属氧化膜电位器(WY),复合膜电位器(WH),碳膜电位器(WT)
	合成型	有机	有机实芯电位器(WS)
		无机	无机实芯电位器,金属玻璃釉电位器(WI)
	导电塑料		直滑式(LP),旋转式(CP)
用途			普通,精密,微调,功率,专用(高频,高压,耐热)
阻值变化规律	线性	线性电位器(X)	
	非线性	对数式(D),指数式(Z),正余弦式	
结构特点			单圈,多圈,单联,多联,有止挡,无止挡,带推拉开关,带旋转开关,锁紧式
调节方式			旋转式,直滑式

3. 几种常用电位器介绍

(1) 线绕电位器(型号:WX)

结构:用合金电阻线在绝缘骨架上绕制成电阻体,中心抽头的簧片在电阻丝上滑动。可制成精度达 $\pm 0.1\%$ 的精密线绕电位器和额定功率达100W的大功率线绕电位器。线绕电位器有单圈、多圈、多联等几种结构。

特点:根据用途,可制成普通型、精密型、微调型线绕电位器;根据阻值变化规

律,有线性、非线性(例如对数或指数函数)两种。线性电位器的精度易于控制,稳定性好,电阻的温度系数小,噪声小,耐压高,但阻值范围较窄,一般在几欧到几十千欧之间。

(2) 合成碳膜电位器(型号:WH)

结构:在绝缘基体上涂覆一层合成碳膜,经加温聚合后形成碳膜片,再与其他零件组合而成,阻值变化规律有线性和非线性两种,轴端结构分为带锁紧与不带锁紧两种。

特点:这类电位器的阻值变化连续,分辨力高,阻值范围宽($100\Omega\sim 5\text{M}\Omega$):对温度和湿度的适应性较差,使用寿命较短。但由于成本低,因而广泛用于收音机、电视机等消费类电子产品中。额定功率有 0.125、0.5、1、2(W)等,精度一般为 $\pm 20\%$ 。

(3) 有机实芯电位器(型号:WS)

结构:由导电材料与有机填料、热固性树脂配制成电阻粉,经过热压,在基座上形成实芯电阻体,轴端尺寸与形状分为多种规格,有带锁紧和不带锁紧两种。

特点:这类电位器的优点是结构简单、耐高温、体积小、寿命长、可靠性高;缺点是耐压稍低、噪声较大、转动力矩大。有机实芯电位器多用于对可靠性要求较高的电子仪器中。阻值范围是 $47\Omega\sim 4.7\text{M}\Omega$,功率多在 0.25~2W 之间,精度有 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ 几种。

(4) 多圈电位器

多圈电位器属于精密电位器,调整阻值需使转轴旋转多圈(旋转角 $>360^\circ$,可多达 40 圈),因而精度高。当阻值需要在大范围内进行微量调整时,可选用多圈电位器。多圈电位器的种类也很多,有线绕型、块金属膜型、有机实芯型等;调节方式也可分成螺旋(指针)式、螺杆式等不同形式。

(5) 导电塑料电位器

导电塑料电位器的电阻体由炭黑、石墨、超细金属粉与磷苯二甲酸、二烯丙酯塑料和胶粘剂塑压而成。这种电位器的耐磨性好,接触可靠,分辨力强,其寿命可达线绕电位器的一百倍,但耐潮性较差。

除了上述各种接触式电位器以外,还有非接触式(如光敏、磁敏)电位器和数字电位器。非接触式电位器没有电刷与电阻体之间的机械性接触,因此克服了接触电阻不稳定、滑动噪声及断线等缺陷。数字电位器实际是数字控制的模拟开关加上一组电阻器构成的功能电路,外观看起来就是一片集成电路,其特性和应用方式与其他集成电路相同。

1.2.2 电位器的主要参数

电位器技术指标的参数很多,但一般来说,最主要的几项基本指标有标称阻值、额定功率、滑动噪声、极限电压、阻值变化规律、分辨力、零位电阻、温度系