

高等职业教育电子技术技能培养规划教材

Gaodeng Zhiye Jiaoyu Dianzi Jishu Jineng Peiyang Guihua Jiaocai

电子产品生产工艺 实例教程

王成安 编著



Tutorial of Manufacturing Technics
for Electronic Products by Example

降低理论难度，内容通俗易懂

引入项目教学，激发学习兴趣

提供设计项目，培养工作技能

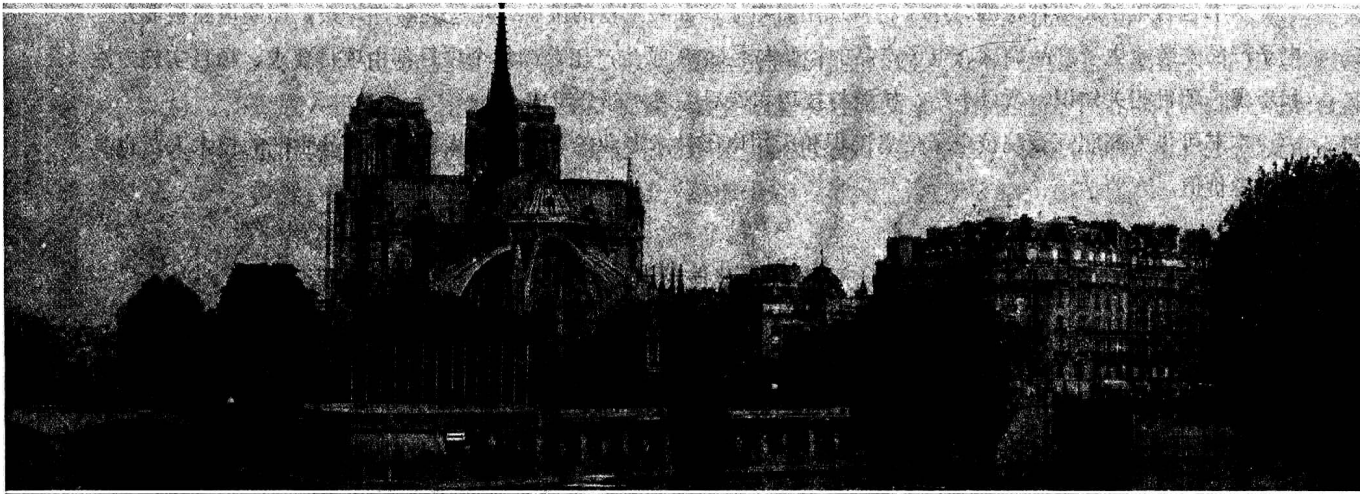


人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

高等职业教育电子技术技能培养规划教材
Gaodeng Zhiye Jiaoyu Dianzi Jishu Jineng Peiyang Guihua Jiaocai

电子产品生产工艺 实例教程

王成安 编著



Tutorial of Manufacturing Technics
for Electronic Products by Example

人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

电子产品生产工艺实例教程 / 王成安编著. —北京: 人民邮电出版社, 2009.3
高等职业教育电子技术技能培养规划教材
ISBN 978-7-115-19300-1

I. 电… II. 王… III. 电子产品—生产工艺—高等学校: 技术学校—教材 IV. TN05

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第003054号

内 容 提 要

本书按照电子产品现代化生产的工艺顺序, 采取项目式教学方法, 对电子产品生产工艺的内容进行有机整合, 将每项生产工艺作为一个实际项目, 并结合具体的电子产品进行介绍。

本书包含电子元器件检测、电子材料选用、电子产品装配前的准备、电子元器件焊接、印制电路板制作、电子产品安装、电子产品调试、电子产品的检验与包装 8 项生产工艺, 每个项目都由项目要求、项目实施方法和步骤、项目相关知识、项目小结、技能与技巧和课后练习 4 部分组成。

本书可作为高职高专院校电子信息工程和应用电子技术专业的教材, 对从事电子产品生产的技术人员也具有参考价值。

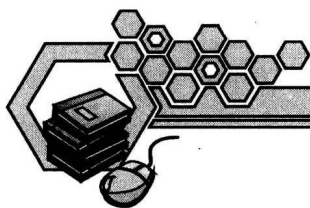
高等职业教育电子技术技能培养规划教材 电子产品生产工艺实例教程

- ◆ 编 著 王成安
责任编辑 潘春燕
执行编辑 赵慧君
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
三河市海波印务有限公司印刷
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 12.75
字数: 326 千字
印数: 1~3 000 册
- 2009 年 3 月第 1 版
2009 年 3 月河北第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-19300-1/TN

定价: 23.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154



前言

今天,大规模集成电路已被广泛应用,电子技术正朝着专用集成电路(ASIC)方向、硬件和软件合为一体的电子系统(CPLD和FPGA)方向发展;以硬件电路设计为主的传统设计方法,正向着充分利用元器件内部资源和外部引脚功能的设计方法转化。电子产品的生产由传统的手工装配向全自动化装配方向迈进,SMT(表面组装技术)在大批量电子产品的装配上已经普及。“电子产品生产工艺”作为高职高专院校应用电子专业的一门专业课程,应该及时反映电子技术的最新进展,与时俱进,以满足高职教育的要求。因此,本书力图体现如下特色。

(1)反映电子产品生产的新工艺和新技术。电子产品生产工艺的新技术层出不穷,本书除了包含电子产品生产工艺的基础知识外,还将先进的电子产品生产工艺(如SMT)和PCB(印制电路板)设计等工艺作为教学内容,使教材的内容与时俱进。

(2)内容安排以“必须”和“够用”为原则。对基本知识不做过于繁杂的理论讲解,重点放在现代生产工艺的介绍和训练上;对先进的电子产品生产工艺内容,重在对该设备的认识和操作上。

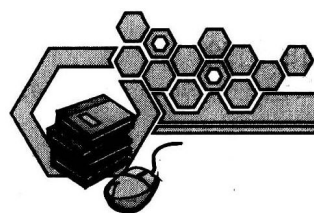
(3)按照项目式教学的方法编排全书内容。本书以项目为中心,以实际电子产品为载体,并以进行单项技能训练为主,从而更好地培养学生的操作技能。书中每个项目都安排了项目小结和课后练习,并精心编写了“技能与技巧”,试图通过提供有实用价值的技能技巧训练来帮助学生提高操作效率。

本书由辽宁机电职业技术学院王成安教授主编。无锡商业职业技术学院童建华教授审阅了全书,并提出了很多宝贵的意见和建议。在此对童建华教授以及书后所列参考书籍的各位作者,表示深深的感谢。

由于作者水平所限,书中难免存在错误和疏漏之处,敬请广大读者批评和指正,并将您的建议发至 wang-ca420@sohu.com。

作者

2008年11月

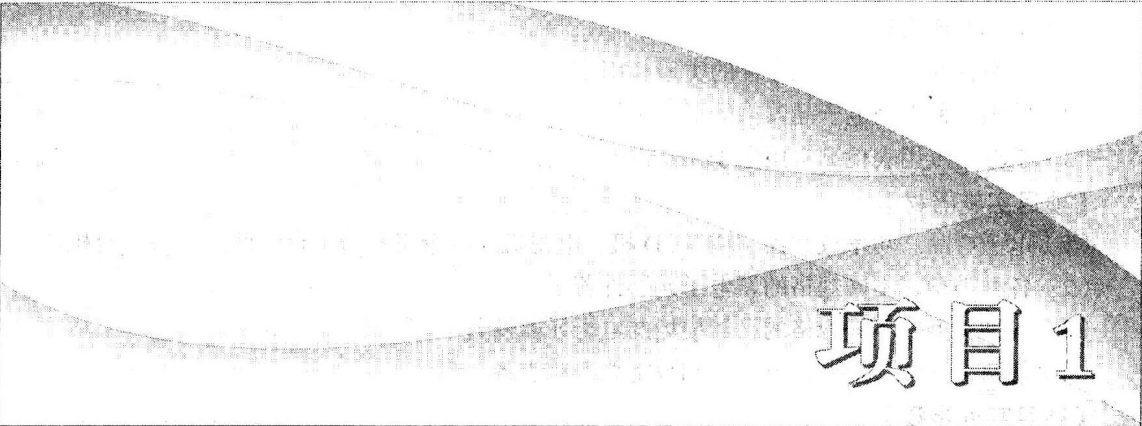


目 录

项目 1 电子元器件的检测工艺	1	项目实施方法与步骤	61
项目要求	1	项目相关知识	61
项目实施方法与步骤	2	知识 1 导线装配前的加工	62
项目相关知识	2	知识 2 线扎的制作	64
知识 1 电阻（位）器的识别和检测	3	知识 3 电子元器件装配前的加工	67
知识 2 电容的检测	8	项目小结	69
知识 3 电感和变压器的检测	13	技能与技巧	69
知识 4 半导体分立元器件的检测	17	课后练习	70
知识 5 集成电路	22	项目 4 电子元器件的焊接工艺	71
知识 6 电声元器件与光电 元器件的检测	27	项目要求	71
知识 7 开关与接插件检测	31	项目实施方法与步骤	71
知识 8 继电器的检测	34	项目相关知识	72
知识 9 压电元器件和霍尔元件的检测	36	知识 1 手工锡焊	73
知识 10 常用半导体传感器	39	知识 2 手工拆焊	79
项目小结	42	知识 3 工厂锡焊	81
技能与技巧	43	项目小结	84
课后练习	43	技能与技巧	84
项目 2 电子材料的选用工艺	45	课后练习	85
项目要求	45	项目 5 印制电路板的制作工艺	86
项目实施方法与步骤	46	项目要求	86
项目相关知识	46	项目实施方法与步骤	87
知识 1 安装导线与绝缘材料	46	项目相关知识	87
知识 2 印制电路板与焊接材料	50	知识 1 印制电路板的种类与设计	88
知识 3 磁性材料与粘接材料	55	知识 2 印制电路板的制造与检验	97
项目小结	59	知识 3 印制电路板的计算机 辅助设计	99
技能与技巧	59	知识 4 最新印制电路板 制作工艺	103
课后练习	59	项目小结	105
项目 3 电子产品装配前的准备工艺	60	技能与技巧	106
项目要求	60	课后练习	106



项目 6 电子产品的安装工艺	108	项目 8 电子产品的检验 与包装工艺	145
项目要求	108	项目要求	145
项目实施方法与步骤	109	项目实施方法与步骤	145
项目相关知识	109	项目相关知识	146
知识 1 安装工具	109	知识 1 电子产品的检验	146
知识 2 安装方法	111	知识 2 电子产品的包装	148
知识 3 电子产品的表面安装工艺	116	项目小结	150
项目小结	126	技能与技巧	150
技能与技巧	127	课后练习	150
课后练习	127	项目 9 电子工艺文件的识读	151
项目 7 电子产品的调试工艺	128	项目要求	151
项目要求	128	项目实施方法与步骤	151
项目实施方法与步骤	128	项目相关知识	152
项目相关知识	129	知识 1 电子工艺文件的内容	152
知识 1 电子产品的调试 设备与调试内容	129	知识 2 电子产品工艺文件示例	154
知识 2 电子产品的调试类型	131	项目小结	159
知识 3 电子产品的测试方法	134	技能与技巧	159
知识 4 电子产品的调整 内容与实例	136	课后练习	161
项目小结	143	附录 电子产品的装配与 调试实训	162
技能与技巧	143	参考文献	198
课后练习	144		



项目 1

电子元器件的检测工艺

项目要求

该项目通过对一个功率放大器做现场拆卸,识别电路板上的各种电子元器件,进而学习各种元器件指标的标注方法;再用万用表对各种电子元器件进行在线测量和离线测量,达到能判别元器件质量好坏的目的。另外,准备一些已经确认损坏的电子元件,对这些损坏元器件进行外观识别和指标测量。

【知识要求】

- (1) 掌握电阻(位)器、电容、电感的种类及其作用与标识方法。
- (2) 掌握半导体二极管、三极管、场效应管的种类及其作用与标识方法。
- (3) 掌握集成电路的种类及其作用与标识方法。
- (4) 掌握电声元器件、光电元器件、压电元器件和霍尔元件的种类及其作用与标识方法。
- (5) 掌握继电器、开关与接插件的种类及其作用与标识方法。

【能力要求】

- (1) 能用目视法判断识别常见电子元器件的种类,能正确叫出电子元器件的名称。
- (2) 对电子元器件上标识的主要参数能正确识读,了解该电子元器件的作用和用途。
- (3) 能用万用表对常见电子元器件进行正确测量,并对其质量做出评价。



项目实施方法与步骤

【项目实施目标】

- (1) 熟悉各种常用电子元器件的类型和用途。
- (2) 熟悉各种常用电子元器件的形状和规格。
- (3) 掌握用万用表检测常用电子元器件的方法。

【项目实施器材】

- (1) 电子产品：功率放大器（或 VCD 机、电视机、收音机）若干台（两人配备一台机器）。
- (2) 各种类型、不同规格的新电子元器件若干。
- (3) 各种类型、不同规格的已经损坏的电子元器件若干。
- (4) 每两个人配备指针式万用表和数字式万用表各一只。

【项目实施步骤】

- (1) 拆卸整机外壳，观看实际电子产品的内部结构，认识各种电子元器件的类型和名称，识读电子元器件外壳上的各种数字和其他标识。
- (2) 用万用表对印制板上的各种电子元器件进行在线检测。
- (3) 用万用表对与印制板上相同的电子元器件进行离线检测，并分析比较在线检测与离线检测的结果。
- (4) 查阅数字集成电路和模拟集成电路手册，找出在电路板上的集成电路的型号，记录其主要参数。

【项目考核方法】

采取单人逐项考核方法，教师（或是教师已经考核优秀的学生）对每个同学做 3 次考核。

- ① 功率放大器（或其他电子整机）主印制板上各种元器件的名称。
- ② 不同类型的电阻、电容、电感主要指标的识读，电解电容、二极管、三极管极性的识别。
- ③ 将新的元器件和已经损坏的元器件混合在一起，先进行外观识别，再用万用表进行检测，找出已经损坏的元器件。

【项目实训报告】

项目实训报告内容应包括项目实施目标、项目实施器材、项目实施步骤、元器件测量数据、已经查阅到的集成电路元器件的型号及主要参数，并总结查阅半导体手册和集成电路手册的体会。

项目相关知识

电子元器件是电子产品最基本的要素，打开任何一台电子仪器设备，都会看到其内部的电路板上排满了各种电子元器件。在这些电子元器件中，数量最多的就是电阻、电容，其次就是电感、变压器和各种形状的二极管和三极管。在现代电子产品中，集成电路是必不可少的，由于他们的形状特殊，并且往往处于电路板上的中心位置，较易识别。从集成电路的多少和管脚数量的多少，往往还能判断出电子产品的档次和电路的复杂程度。



知识1 电阻（位）器的识别和检测

电阻（位）器是在电子电路中用得最多的元器件之一，其在电路中的作用可以简单记为：串联分压，并联分流，即电阻用在串联电路中是起着限流和分压的作用，在并联电路中起着分流的作用。

电阻（位）器的文字符号用大写字母“R”表示。电阻的单位是欧姆（ Ω ），常用的单位还有千欧姆（ $k\Omega$ ）、兆欧姆（ $M\Omega$ ）。它们之间的换算关系是：

$$1M\Omega = 10^3k\Omega = 10^6\Omega$$

1.1.1 电阻（位）器的类型及其主要参数

电阻（位）器从结构上可分为固定电阻和可变电阻（位）器两大类，常见电阻（位）器的外形和图形符号如图1.1所示。

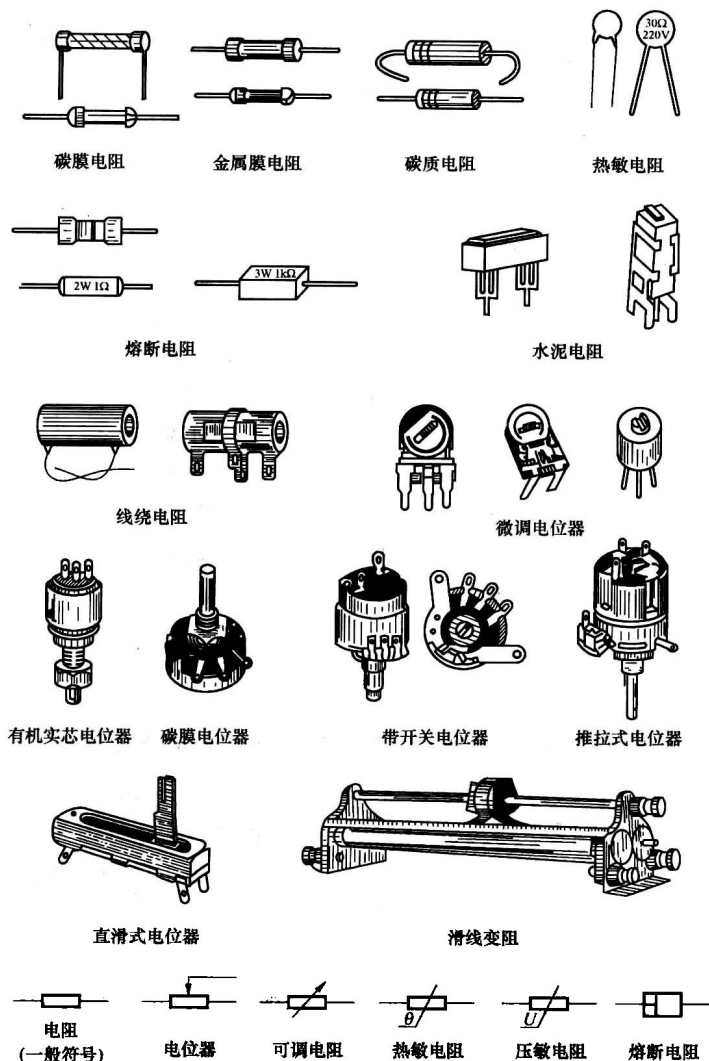


图1.1 常见电阻（位）器的外形和图形符号



固定电阻的阻值是固定不变的,阻值的大小即为它的标称阻值。固定电阻按其材料的不同可分为碳膜电阻、金属膜电阻、线绕电阻等。

可变电阻(位)器的阻值可以在一定的范围内调整,其标称阻值是最大值,其滑动端到任意一个固定端的阻值在0和最大值之间连续可调。可变电阻(位)器又有可调电阻和电位器两种。可调电阻有立式和卧式之分,分别用于不同的电路。

电位器就是在可调电阻上再加一个开关,做成同轴联动形式,如收音机中的音量旋钮和电源开关就是一个电位器。

依电阻使用场合的不同可分为:精密电阻、大功率电阻、高频电阻、高压电阻、热敏电阻、光敏电阻、熔断电阻等。

根据国家标准 GB2470-1995 的规定,电阻及电位器的型号由4部分组成,如表1.1所示。

表 1.1

电阻和电位器的型号命名法

第一部分		第二部分		第三部分		第四部分
用字母表示主称		用字母表示材料		用数字或字母表示特征		用字母和数字表示意义
符号	意 义	符号	意 义	符号	意 义	
R	电阻	T	碳膜	1, 2	普通	包括: 额定功率 阻值 允许误差 精度等级等
W	电位器	H	合成膜	3	超高频	
		P	硼碳膜	4	高阻	
		U	硅碳膜	5	高温	
		C	沉积膜	7	精密	
		I	玻璃釉膜	8	电阻-高压	
		J	金属膜	9	电位器-特殊函数	
		Y	氧化膜	G	高功率	
		S	有机实芯	T	可调	
		N	无机实芯	X	小型	
		X	线绕	L	测量用	
		R	热敏	W	微调	
		G	光敏	D	多圈	
		M	压敏			

1. 电阻的阻值

电阻上所标的阻值称为标称值。电阻的实际阻值和标称值之差除以标称值所得到的百分数,为电阻的允许误差。误差越小的电阻(位)器,其标称值规格越多。常用固定电阻的标称值系列如表1.2所示,允许误差等级如表1.3所示。电阻上的标称值是按国家规定的阻值系列标注的,因此在选用时必须按阻值系列去选用,使用时将表中的数值乘以 $10^n\Omega$ (n 为整数),就成为这一阻值系列。如E24系列中的1.8就代表有 1.8Ω 、 18Ω 、 180Ω 、 $1.8k\Omega$ 、 $180k\Omega$ 等系列电阻值。

随着电子技术的发展,对元器件数值的精密度越来越高,所以近年来,国家又相继公布了E48、E96、E192系列标准,使电阻的系列值得以增加,阻值误差也越来越小。



表 1.2

常用固定电阻的标称值系列

系列	允许误差	电阻系列标称值											
E24	I级 $\pm 5\%$	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	II级 $\pm 10\%$	1.0	1.1	1.5	1.8	2.2	2.7	3.3	3.9	4.7	5.6	6.8	8.2
E6	III级 $\pm 20\%$	1.0		1.5		2.2		3.3		4.7		6.8	

表 1.3

常用电阻的允许误差等级

允许误差	$\pm 0.5\%$	$\pm 1\%$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$
等级	005	01	I	II	III
文字符号	D	F	J	K	M

阻值和允许误差在电阻上常用的标识方法有下列3种。

① 直接标识法：将电阻（位）器的阻值和误差等级直接用数字印在电阻（位）器上。对于小于 1000Ω 的阻值只标出数值，不标单位；对 $k\Omega$ 、 $M\Omega$ 只标注k、M。精度等级标I级或II级，III级不标明。

② 文字符号法：将需要标识的主要参数与技术指标用文字和文字符号有规律的标识在产品表面上。如：欧姆用 Ω 表示、千欧用k表示、兆欧（ $10^6\Omega$ ）用M表示、吉欧（ $10^9\Omega$ ）用G表示、太欧（ $10^{12}\Omega$ ）用T表示。

③ 色环标识法：对体积很小的电阻和一些合成电阻（位）器，其阻值和误差常用色环来标识，如图1.2所示。色环标识法有4环和5环两种。4环电阻的4道色环，第1道环和第2道环分别表示电阻的第1位和第2位有效数字，第3道环表示10的乘方数（ 10^n ，n为颜色所表示的数字），第4道环表示允许误差（若无第4道色环，则误差为 $\pm 20\%$ ）。色环电阻的单位一律为 Ω 。

颜色	第1色环 第1位数	第2色环 第2位数	第3色环 环倍数	第4色环 环误差
黑	0	0	10^0	
棕	1	1	10^1	
红	2	2	10^2	
橙	3	3	10^3	
黄	4	4	10^4	
绿	5	5	10^5	
蓝	6	6	10^6	
紫	7	7	10^7	
灰	8	8	10^8	
白	9	9	10^9	
金			10^{-1}	$\pm 5\%$
银			10^{-2}	$\pm 10\%$
无色				$\pm 20\%$

(a) 4环

颜色	第1有效数	第2有效数	第3有效数	倍数	允许偏差
黑	0	0	0	10^0	
棕	1	1	1	10^1	$\pm 1\%$
红	2	2	2	10^2	$\pm 2\%$
橙	3	3	3	10^3	
黄	4	4	4	10^4	
绿	5	5	5	10^5	$\pm 0.5\%$
蓝	6	6	6	10^6	$\pm 0.25\%$
紫	7	7	7	10^7	$\pm 0.1\%$
灰	8	8	8	10^8	
白	9	9	9	10^9	
金				10^{-1}	
银				10^{-2}	

(b) 5环

图 1.2 电阻的色环标识法



现在普遍使用的是精密电阻，精密电阻一般用五道色环标识，它用前三道色环表示3位有效数字，第4道色环表示 10^n （ n 为颜色所代表的数字），第5道色环表示阻值的允许误差。

采用色环标识的电阻（位）器，颜色醒目，标识清晰，不易褪色，从不同的角度都能看清阻值和允许偏差。目前在国际上都广泛采用色标法。

2. 电阻的额定功率

电阻在交直流电路中长期连续工作所允许消耗的最大功率，称为电阻的额定功率。电阻的额定功率系列如表1.4所示，共分为19个等级，常用的有：1/20W、1/8W、1/4W、1/2W、1W、2W、5W、10W、20W等。各种功率的电阻在电路图中的符号如图1.3所示。

表 1.4 电阻（位）器额定功率系列

种 类	电阻（位）器额定功率系列/W																	
线绕电阻	0.05 500	0.125	0.25	0.5	1	2	3	4	8	10	16	25	40	50	75	100	150	250
非线性电阻	0.05	0.125	0.25	0.5	1	2	5	10	25	50	100							

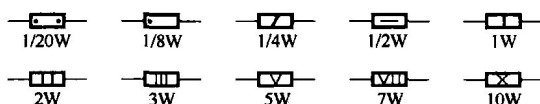


图 1.3 电阻额定功率的符号表示

3. 电位器的类型

按电阻体所用的材料可将电位器分为碳膜电位器（WT）、金属膜电位器（WJ）、有机实心电位器（WS）、玻璃釉电位器（WI）、线绕电位器（WX）等。按电位器的结构可将电位器分成单圈电位器、多圈电位器、单连电位器、双连电位器和多连电位器；开关的形式又有旋转式、推拉式、按键式等。按阻值调节的方式又可分为旋转式和直滑式两种。

（1）碳膜电位器

碳膜电位器主要由马蹄形电阻片和滑动臂构成，其结构简单，阻值随滑动触点位置的改变而改变。碳膜电位器的阻值范围较宽（ $100\Omega \sim 4.7M\Omega$ ），工作噪声小、稳定性好、品种多，因此广泛用于无线电电子设备和家用电器中。电位器实物图和符号及连接方法如图1.4所示。

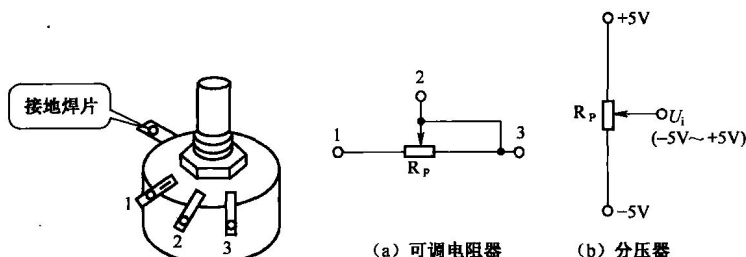


图 1.4 电位器外形、符号及连接方法

（2）线绕电位器

由合金电阻丝绕在环状骨架上制成。其优点是能承受大功率且精度高，电阻的耐热性和耐磨性较好；其缺点是分布电容和分布电感较大，影响高频电路的稳定性，故在高频电路中不宜使用。

（3）直滑式电位器

其外形为长方体，电阻体为板条形，通过滑动触头改变阻值。直滑式电位器多用于收录机和



电视机中,其功率较小,阻值范围为 $470\Omega \sim 2.2M\Omega$ 。

(4) 方形电位器

这是一种新型电位器,采用碳精接点,耐磨性好,装有插入式焊片和插入式支架,能直接插入印制电路板,不用另设支架。常用于电视机的亮度、对比度和色饱和度的调节,阻值范围在 $470\Omega \sim 2.2M\Omega$,这种电位器属旋转式电位器。

4. 电位器的主要参数

电位器的主要参数除与电阻相同之外还有如下参数。

(1) 阻值的变化形式

这是指电位器的阻值随转轴旋转角度的变化关系,可分为线性电位器和非线性电位器。常用的有直线式、对数式、指数式,分别用 X、D、Z 来表示。

直线式电位器适用于做分压器,常用于示波器的聚焦和万用表的调零等方面;对数式电位器常用于音调控制和电视机的黑白对比度调节,其特点是先粗调后细调;指数式电位器常用于收音机、录音机、电视机等的音量控制,其特点是先细调后粗调。X、D、Z 字母符号一般印在电位器上,使用时应特别注意。

(2) 动态噪声

由于电阻体阻值分布的不均匀性和滑动触点接触电阻的存在,电位器的滑动臂在电阻体上移动时会产生噪声,这种噪声对电子设备的工作将产生不良影响。

1.1.2 电阻(位)器的检测方法

1. 普通电阻的测试

当电阻的参数标识因某种原因脱落或欲知道其精确阻值时,就需要用仪器对电阻的阻值进行测量。对于常用的碳膜、金属膜电阻以及线绕电阻的阻值,可用普通指针式万用表的电阻挡直接测量。在具体测量时应注意以下两点:

(1) 合理选择量程

先将万用表功能选择置于“ Ω ”挡,由于指针式万用电表的电阻挡刻度线是一条非均匀的刻度线,因此必须选择合适的量程,使被测电阻的指示值尽可能位于刻度线的 0 刻度到全程 $2/3$ 的这一段位置上,这样可提高测量的精度。对于上百千欧的电阻(位)器,则应选用 $R \times 10k$ 挡来进行测量。

(2) 注意调零

所谓“调零”就是将万用表的两只表笔短接,调节“调零”旋钮使表针指向表盘上的“ 0Ω ”位置上。

2. 热敏电阻的测试

目前在电路中应用较多的是负温度系数热敏电阻。要判断热敏电阻性能的好坏,可在测量其电阻的同时,用手指捏在热敏电阻上,使其温度升高,或者利用电烙铁对其加热(注意不要让电烙铁接触上电阻)。若其阻值随温度的变化而变化,说明其性能良好;若不随温度变化或变化很小,说明其性能不好或已损坏。

3. 电位器的测试

(1) 测试要求

电位器的总阻值要符合标识数值,电位器的中心滑动端与电阻体之间要接触良好,其动态噪声和静态噪声应尽量小,其开关应动作准确可靠。



(2) 检测方法

先测量电位器的总阻值,即两端片之间的阻值应为标称值,然后再测量它的中心端片与电阻体的接触情况。将一只表笔接电位器的中心焊接片,另一只表笔接其余两端片中的任意一个,慢慢将其转柄从一个极端位置旋转至另一个极端位置,其阻值则应从零(或标称值)连续变化到标称值(或零)。

知识 2 电容的检测

电容是一种能存储电能的元器件,其特性可用 12 字口诀来记忆:通交流、隔直流、通高频、阻低频。电容在电路中常用作交流信号的耦合、交流旁路、电源滤波、谐振选频等。

电容的文字符号用大写字母“C”表示。电容的单位是法拉(F),常用的单位还有毫法(mF)、微法(μF)、纳法(nF)、皮法(pF)。它们之间的换算关系是:

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

1.2.1 电容的类型及其主要参数

电容按结构可分为固定电容和可变电容,可变电容中又有半可变(微调)电容和全可变电容之分。电容按材料介质可分为气体介质电容、纸介电容、有机薄膜电容、瓷介电容、云母电容、玻璃釉电容、电解电容、钽电容等。电容还可分为有极性电容和无极性电容。常见电容的外形和图形符号如图 1.5 所示。

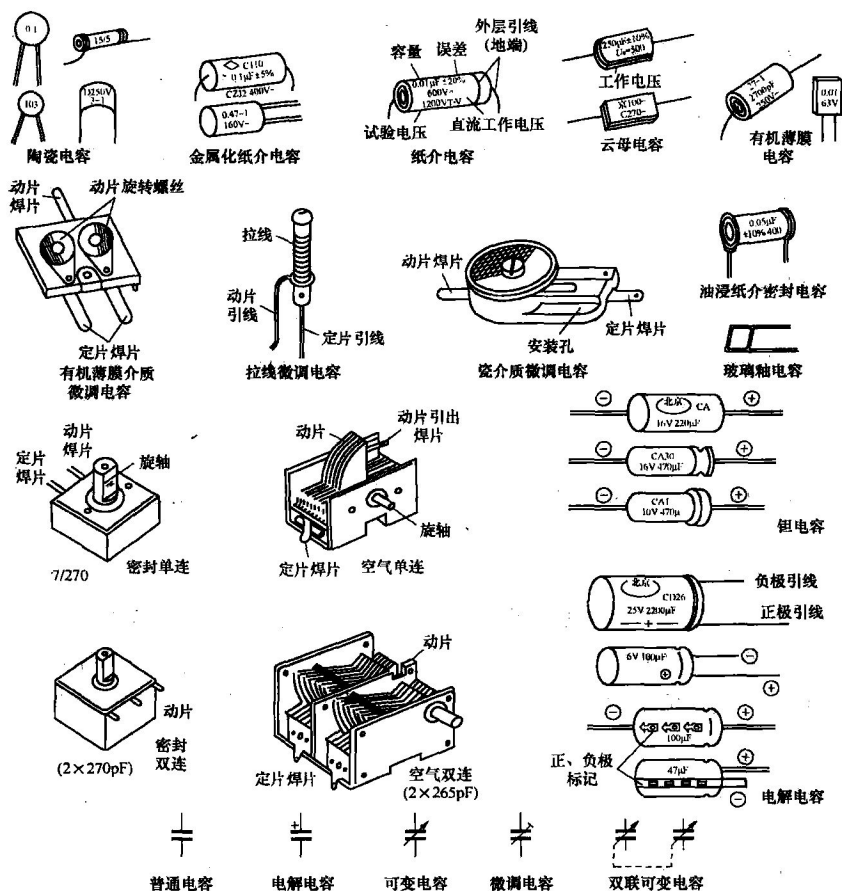


图 1.5 常见电容的外形和图形符号



根据国标 GB2470-1995 的规定, 电容的产品型号一般由 4 部分组成, 各部分含义如表 1.5 所示。

表 1.5 电容型号命名法

第一部分		第二部分		第三部分		第四部分
用字母表示主体		用字母表示材料		用字母表示特征		用数字或字母表示序号
符号	意义	符号	意义	符号	意义	意义
C	电容	C	瓷介	T	铁电	包括: 品种、尺寸代号、温度特性、直流工作电压、标称值、允许误差、标准代号等
		I	玻璃釉	W	微调	
		O	玻璃膜	J	金属化	
		Y	云母	X	小型	
		V	云母纸	S	独石	
		Z	纸介	D	低压	
		J	金属化纸	M	密封	
		B	聚苯乙烯	Y	高压	
		F	聚四氟乙烯	C	穿心式	
		L	涤纶			
		S	聚碳酸酯			
		Q	漆膜			
		H	纸膜复合			
		D	铝电解			
		A	钽电解			
		G	金属电解			
		N	铌电解			
		T	钛电解			
		M	压敏			
		E	其他电解材料			

1. 电容的主要参数

电容的主要参数有两个: 标称容量和额定耐压。在电容上标注的电容量值, 称为标称容量。电容的标称容量与其实际容量之差, 再除以标称容量所得的百分比, 就是允许误差。一般分为 8 个等级, 如表 1.6 所示。

表 1.6 电容的允许误差等级

级 别	01	02	I	II	III	IV	V	VI
允许误差	1%	±2%	±5%	±10%	±20%	+20%~-30%	+50%~-20%	+100%~-10%

允许误差的标识方法一般有如下 3 种

(1) 将容量的允许误差直接标识在电容上。

(2) 用罗马数字 I、II、III 分别表示 ±5%、±10%、±20%。

(3) 用英文字母表示误差等级。用 J、K、M、N 分别表示 ±5%、±10%、±20%、±30%; 用 D、F、G 分别表示 ±0.5%、±1%、±2%; 用 P、S、Z 分别表示 ±(100~0)%、±(50~20)%、±(80~20)%。

固定电容的标称容量系列如表 1.7 所示, 任何电容的标称容量都满足表中标称容量系列再乘以 10^n (n 为正或负整数)。



表 1.7

固定电容容量的标称值系列

电 容 类 别	允 许 误 差	标 称 值 系 列
高频纸介质、云母介质 玻璃釉介质 高频（无极性）有机薄膜介质	$\pm 5\%$	1.0 1.1 1.1 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
纸介质、金属化纸介质 复合介质 低频（有极性）有机薄膜介质	$\pm 10\%$	1.0 1.5 2.0 2.2 3.3 4.0 4.7 5.0 6.0 6.8 8.2
电解电容	$\pm 20\%$	1.0 1.5 2.2 3.3 4.7 6.8

2. 电容容量和误差的标识方法

电容的容量和误差的标识方法有如下 4 种。

(1) 直标法

在产品的表面上直接标识出产品的主要参数和技术指标的方法。例如在电容上标识：

$33\mu\text{F} \pm 5\%$ 、32V。

(2) 文字符号法

将需要标识的主要参数与技术性能用文字、数字符号有规律的组合标识在产品的表面上。采用文字符号法时，将容量的整数部分写在容量单位标识符号前面，小数部分放在单位符号后面。例如，3.3pF 标识为 3p3，1000pF 标识为 1n，6800 标识为 6n8，2.2 μF 标识为 2 μ 2。

(3) 数字表示法

体积较小的电容常用数字标识法。一般用 3 位整数，第 1 位、第 2 位为有效数字，第 3 位表示有效数字后面零的个数，单位为皮法（pF），但是当第 3 位数是 9 时表示 10^{-1} 。例如，“243”表示容量为 24000pF，而“339”表示容量为 $33 \times 10^{-1}\text{pF}$ （3.3pF）。

(4) 色标法

电容容量的色标法原则上与电阻（位）器类似，其单位为皮法（pF）。

3. 电容的额定耐压

电容的额定耐压是指在规定温度范围下，电容正常工作时能承受的最大直流电压。固定式电容的耐压系列值为：1.6、6.3、10、16、25、32*、40、50、63、100、125*、160、250、300*、400、450*、500、1000V 等（带*号者只限于电解电容使用）。耐压值一般直接标在电容上，但有些电解电容在正极根部用色点来表示耐压等级，如 6.3V 用棕色，10V 用红色，16V 用灰色。电容在使用时不允许超过这个耐压值，若超过此值，电容就可能损坏或被击穿，甚至爆裂。

4. 固定电容的应用场合

(1) 纸介电容（CZ 型）

纸介电容的电极用铝箔或锡箔做成，绝缘介质用浸过蜡的纸相叠后卷成圆柱体密封而成。其特点是容量大、构造简单、成本低，缺点是稳定性差、损耗大、易吸湿，适用于在低频电路中用做旁路电容和隔直电容。金属纸介电容（CJ 型）的两层电极是将金属蒸发后沾积在纸上形成的金属薄膜，其体积小，特点是被高压击穿后有自愈作用。

(2) 有机薄膜电容（CB 或 CL 型）

有机薄膜电容是用聚苯乙烯、聚四氟乙烯、聚碳酸酯或涤纶等有机薄膜代替纸介，以铝箔或在薄膜上蒸发金属薄膜作电极卷绕封装而成。其特点是体积小、耐压高、损耗小、绝缘电阻大、稳定性好，但是温度系数较大。适于用在高压电路、谐振回路、滤波电路中。



(3) 瓷介电容(CC型)

瓷介电容是以陶瓷材料作介质,在介质表面上烧渗银层作电极,有管状和圆片状。其特点是结构简单、绝缘性能好、稳定性较高、介质损耗小、固有电感小、耐热性好。但其机械强度低、容量不大。适用于在高频高压电路中和温度补偿电路中。

(4) 云母电容(CY型)

云母电容是以云母为介质,上面喷覆银层或用金属箔作电极后封装而成。其特点是绝缘性好、耐高温、介质损耗极小、固有电感小,因此其工作频率高、稳定性好、工作耐压高,应用广泛。适于用在高频电路中和高压设备中。

(5) 玻璃釉电容(CI型)

玻璃釉电容是用玻璃釉粉加工成的薄片作为介质,其特点是介电常数大,体积也比同容量的瓷片电容小,损耗更小。与云母和瓷介电容相比,它更适用于在高温下工作,广泛用于小型电子仪器中的交直流电路、高频电路和脉冲电路中。

(6) 电解电容

电解电容以附着在金属极板上的氧化膜层作介质,阳极金属极片一般为铝、钽、铌、钛等,阴极是填充的电解液(液体、半液体、胶状),且有修补氧化膜的作用。氧化膜具有单向导电性和较高的介质强度,所以电解电容为有极性电容。新出厂的电解电容其长脚为正极,短脚为负极,在电容的表面上还印有负极标识。电解电容在使用中一旦极性接反,则通过其内部的电流过大,导致其过热击穿,温度升高产生的气体会引起电容外壳爆裂。

电解电容的优点是其容量大,在短时间过压击穿后,能自动修补氧化膜并恢复绝缘。其缺点是误差大、体积大,有极性要求,并且其容量随信号频率的变化而变化,稳定性差,绝缘性能低,工作电压不高,寿命较短,长期不用时易变质。电解电容适用于在整流电路中进行滤波、电源去耦、放大器中的耦合和旁路等。

5. 可变电容的应用场合

(1) 空气可变电容

这种电容以空气为介质,用一组固定的定片和一组可旋转的动片(两组金属片)为电极,两组金属片互相绝缘。动片和定片的组数分为单连、双连、多连等。其特点是稳定性高、损耗小、精确度高,但体积大。常用于收音机的调谐电路中。

(2) 薄膜介质可变电容

这种电容的动片和定片之间用云母或塑料薄膜作为介质,外面加以封装。由于动片和定片之间距离极近,因此在相同的容量下,薄膜介质可变电容比空气电容的体积小,重量也轻。常用的薄膜介质密封单连和双连电容在便携式收音机广泛使用。

(3) 微调电容

微调电容有云母、瓷介和瓷介拉线等几种类型,其容量的调节范围极小,一般仅为几皮法~几十皮法,常用于在电路中作补偿和校正等。

6. 新型电容

(1) 片状电容

片状电容是一种新元器件,主要有片状陶瓷电容和片状钽电容。片状陶瓷电容是片状电容中产量最大的一种,有3216型和3215型两种(定义见片状电阻)。片状陶瓷电容的容量范围宽(1pF~47800pF),耐压为25V、50V,常用于混合集成电路和电子手表电路中。片状钽电容的体积小、容量