

图书在版编目 (CIP) 数据

电子工艺技术入门/程一玮, 李娜编. —北京: 化学工业出版社, 2007. 6
ISBN 978-7-122-00317-1

I. 电… II. ①程…②李… III. 电子技术 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 057554 号

责任编辑: 宋辉 刘哲

责任校对: 蒋宇

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: 化学工业出版社印刷厂

850mm×1168mm 1/32 印张 9¼ 字数 237 千字

2007 年 6 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: 20.00 元

版权所有 违者必究

前 言

电子工艺是一门实践性很强的学科。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，对工程技术人员综合技能的要求也越来越高。

电子工艺既是基本技能和工艺知识的入门向导，又是创新实践的开始和创新精神的启蒙，要构筑这样一个基础扎实、充满活力的实践平台，就需要有一本既能指导技术人员实习，又能开阔眼界的实用资料。正是在这种背景下我们编写了本书。

本书在内容编排上打破了传统的学科体系，主要考虑工艺实践的要求。在内容选取上考虑到我国电子科技及生产技术的国情及各行业应用电子技术的差异，在高新技术与传统技术，规模生产与研制开发，机械化、自动化与手工操作等方面统筹兼顾，合理安排，使本书既是从事电子技术实践和创新的实用指导书，又是电子工艺基础训练的教材。

本书以实用性为出发点，在编写时侧重讲述掌握技能的过程和方法，减少了纯理论性的叙述，配有大量的插图，以起到图文并茂、增强读者感性认识的作用，使读者通过看图进一步地加深理解并掌握实际操作过程。

全书共分为 5 章，分别讲述电子元器件、焊接技术、印制电路板的设计与制作、准备工艺及装配、调试工艺基础等。

本书由程一玮编写第 1、2 章，李娜编写第 3~5 章。

由于编者水平有限，书中不足之处在所难免，欢迎读者批评指正。

编者

2007 年 5 月



目 录

第 1 章 电子元器件	1
1.1 电阻器	1
1.1.1 电阻器的主要参数	2
1.1.2 电阻器的标识方法	3
1.1.3 电阻器的种类	5
1.1.4 特殊用途的电阻器——敏感电阻器	9
1.1.5 电阻器的检测与代换	11
1.1.6 电阻器在电路图中单位的标注规则	14
1.1.7 电阻器的质量判别及选用时的注意事项	14
1.2 电位器	15
1.2.1 电位器的主要参数	16
1.2.2 常用电位器介绍	17
1.2.3 电位器的检测	19
1.2.4 电位器的合理选用	20
1.2.5 电位器的质量判别方法	21
1.3 电容器	21
1.3.1 电容器的主要参数	23
1.3.2 常用电容器介绍	24
1.3.3 电容器的检测	27
1.3.4 在电路图中电容器容量单位的标注规则	30

1.3.5	电容器的合理选用和质量判断	30
1.4	电感线圈	32
1.4.1	电感线圈的参数标注方法	33
1.4.2	常用电感线圈介绍	35
1.4.3	电感线圈的检测	38
1.4.4	电感器的基本参数	38
1.5	变压器	39
1.5.1	变压器的结构	39
1.5.2	常用变压器介绍	41
1.5.3	变压器的检测	43
1.5.4	变压器的主要参数	45
1.6	开关和接插元件	45
1.7	晶体二极管	46
1.7.1	晶体二极管的主要参数	46
1.7.2	二极管的导电特性与结构、种类	47
1.7.3	检波、整流二极管的特点、选用与检测	49
1.7.4	稳压二极管的特点与检测	51
1.7.5	普通发光二极管的特点、检测与选用	53
1.7.6	红外发光二极管	54
1.7.7	红外接收二极管	56
1.7.8	光电二极管(光敏二极管)	57
1.7.9	全桥	59
1.8	晶体三极管	60
1.8.1	晶体三极管的主要参数	61
1.8.2	晶体三极管的种类、结构	62
1.8.3	晶体三极管的封装	63
1.8.4	晶体三极管型号的识别	65
1.8.5	晶体三极管的功率与检测	66
1.9	集成电路	70

1.9.1	集成电路的种类和封装	70
1.9.2	集成电路的选用、使用与检测	73
1.10	晶闸管与场效应管	75
1.10.1	晶闸管	75
1.10.2	场效应管	79
第2章	焊接技术	83
2.1	电烙铁	84
2.1.1	电烙铁的种类	84
2.1.2	烙铁头	89
2.1.3	电烙铁的选用	89
2.1.4	电烙铁的使用方法	90
2.1.5	电烙铁的常见故障及其维护	93
2.1.6	电烙铁的使用注意事项	94
2.2	焊料、助焊剂、阻焊剂	95
2.2.1	焊料	95
2.2.2	助焊剂	97
2.2.3	阻焊剂	100
2.3	手工焊接工艺	101
2.3.1	对焊接的要求	101
2.3.2	手工焊接操作方法	103
2.3.3	焊接操作要领	105
2.3.4	印制电路板的手工焊接工艺	110
2.3.5	拆焊	114
2.4	焊接质量的检查	118
2.4.1	目视检查	119
2.4.2	手触检查	119
2.4.3	通电检查	119
2.4.4	焊接缺陷及其产生的原因和排除方法	120
2.5	印制电路板的自动焊接介绍	125

2.5.1	浸焊	125
2.5.2	波峰焊	127
2.5.3	组焊射流法	134
2.5.4	再流焊接技术	135
2.5.5	高频加热焊	136
2.5.6	脉冲加热焊	137
2.5.7	其他焊接方法	137
2.6	表面安装技术	138
2.6.1	表面安装技术	138
2.6.2	表面安装技术工艺流程	140
2.6.3	几种 SMT 工艺简介	142
第 3 章	印制电路板	145
3.1	印制电路板概述	145
3.1.1	印制电路板的种类	145
3.1.2	覆铜板的选用	147
3.1.3	印制电路板的组装方式	148
3.2	如何设计印制电路板	149
3.2.1	选择电原理图	149
3.2.2	绘制电路板图的步骤	150
3.2.3	绘制印制板干扰的产生及抑制	158
3.2.4	绘制印制版图时应注意的几个问题	162
3.2.5	印制电路板对外连接的方式	162
3.2.6	绘制印制电路板图	165
3.3	印制电路板的手工制作方法	168
3.3.1	覆铜板的表面处理	168
3.3.2	复印电路板图	168
3.3.3	描图（描涂防腐蚀层）	168
3.3.4	蚀刻	169
3.3.5	钻孔	170

3.3.6	涂助焊剂	170
3.4	印制电路板的工艺流程简介	171
3.4.1	常用印制电路板的工艺流程	171
3.4.2	单面印制电路板的生产工艺流程	173
3.4.3	双面印制电路板的生产工艺流程	174
3.4.4	多层印制板的生产	174
第4章	准备工艺及装配	176
4.1	元器件成形	176
4.2	导线与电缆加工	178
4.2.1	绝缘导线的加工	178
4.2.2	屏蔽导线端头的加工	184
4.2.3	加工整机的“线扎”	187
4.2.4	电缆加工	192
4.3	电子设备组装工艺	193
4.3.1	电子设备组装的内容和方法	194
4.3.2	组装工艺技术的发展	196
4.3.3	整机装配工艺过程	197
4.3.4	电子元器件的布局	200
4.4	印制电路板的插装	210
4.4.1	印制电路板装配工艺	211
4.4.2	印制电路板组装工艺流程	213
4.5	连接工艺和整机总装工艺	216
4.5.1	连接工艺	216
4.5.2	整机总装	222
4.6	整机总装质量的检验	225
4.6.1	外观检查	225
4.6.2	装联正确性检查	225
4.6.3	出厂试验和型式试验	225
第5章	调试工艺基础	227

5.1	调试工艺过程	228
5.1.1	研制阶段调试	228
5.1.2	调试工艺方案设计	228
5.1.3	生产阶段调试	229
5.2	静态测试与调整	231
5.2.1	静态测试内容	231
5.2.2	电路调整方法	233
5.3	动态测试与调整	234
5.3.1	测试电路动态工作电压	234
5.3.2	测量电路重要波形及其幅度和频率	234
5.3.3	频率特性的测试与调整	236
5.4	整机性能测试与调整	237
5.4.1	一般的整机调试	237
5.4.2	I ² C 总线的整机调试技术	239
5.5	调试与检测仪器	242
5.5.1	仪器选择与配置	243
5.5.2	仪器的使用	244
5.6	调试与检测安全	247
5.6.1	供电安全	247
5.6.2	测量仪器安全	248
5.6.3	操作安全	249
5.7	故障检测方法	250
5.7.1	观察法	250
5.7.2	测量法	251
5.7.3	跟踪法	262
5.7.4	替换法	268
5.7.5	比较法	269
5.7.6	短路法	271
5.7.7	分割法 (也称开路法)	273

5.8 收音机常见故障检修	274
5.8.1 完全无声的故障	274
5.8.2 有“沙沙”噪声无电台信号的故障	276
5.8.3 声音小、灵敏度低的故障	277
5.8.4 啸叫声的故障	277
5.8.5 声音失真的故障	279
参考文献	281

第1章 电子元器件

1.1 电阻器

电子在物体内做定向运动时会遇到阻力，这种阻力称为电阻。具有一定电阻值的元器件称为电阻器，习惯简称电阻。电阻器是电子电路中应用最多的元件之一，常用来进行分压、限流等。电阻器通常按如下方法分类。

按照制造工艺或材料可分为：合金型（线绕电阻、精密合金箔电阻）、薄膜型（碳膜、金属膜、化学沉淀膜及金属氧化膜等）、合成形（合成膜电阻、实芯电阻）。

按照使用范围及用途可分为：普通型（允许误差为 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ ）、精密型（允许误差为 $\pm 2\% \sim \pm 0.001\%$ ）、高频型（也称为无感电阻）、高压型（额定电压可达 35kV ）、高阻型（阻值在 $10\text{M}\Omega$ 以上，最高可达 $10^8\text{M}\Omega$ ）、敏感型（阻值对温度、光照、压力、气体等敏感）、集成电阻（也称为电阻排）。

常见电阻器的电路符号如图 1-1 所示。

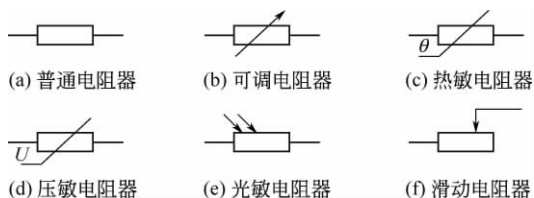


图 1-1 常见电阻器的电路符号

1.1.1 电阻器的主要参数

(1) 标称阻值和允许误差

电阻器的标称阻值和允许误差一般都标在电阻的体表。通常所说的电阻值即电阻的标称阻值。为了生产便利和选购方便，国家规定了一系列阻值，因此必须按国家对电阻器规定的标称值范围去选用电阻器。电阻的单位是欧（姆），用字母 Ω 表示，为识别和计算方便，也常以千欧（ $k\Omega$ ）和兆欧（ $M\Omega$ ）为单位。

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

电阻器的标称阻值往往和它的实际值不完全相符。实际值和标称阻值的偏差，除以标称阻值所得的百分数，为电阻的允许误差，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，电阻器的标称阻值按误差等级分类，国家规定有 E24、E12、E6 系列，其误差分别为 I 级（ $\pm 5\%$ ）、II 级（ $\pm 10\%$ ）、III 级（ $\pm 20\%$ ），见表 1-1。

表 1-1 E24、E12、E6 系列的具体规定

系列值电阻	精度	误差等级	标称值
E24	$\pm 5\%$	I	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	$\pm 10\%$	II	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	$\pm 20\%$	III	1.0, 1.5, 2.2, 3.3, 4.7, 6.8, 8.2

(2) 额定功率

当电流通过电阻器时，电阻器便会发热。功率越大，电阻器的散热量就越大。如果电阻器发热的功率过大，就会被烧坏。额定功率指电阻器在正常大气压力（650~800mmHg^❶）及额定温度下，

❶ 1mmHg=133.322Pa。

长期连续工作并能满足规定的性能要求时，所允许耗散的最大功率。电阻器的额定功率单位为瓦，用字母“W”表示。

电阻器的额定功率也是按照国家标准进行标注的，其标称值有 $1/8\text{W}$ 、 $1/4\text{W}$ 、 $1/2\text{W}$ 、 1W 、 2W 、 5W 、 10W 等，如收音机、电视机的大多数电路使用的是 $1/8\text{W}$ 和 $1/4\text{W}$ 电阻器。

在电路图中标注电阻器的额定功率可采用图形符号法和直标法。直标法就是在电路图中直接标出电阻器的额定功率数值。图 1-2 是电阻器额定功率的图形符号。

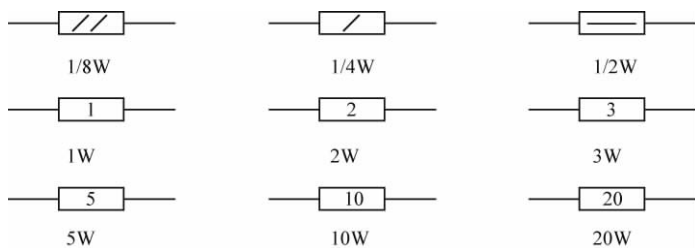


图 1-2 电阻器的额定功率的图形符号

1.1.2 电阻器的标识方法

电阻器常用的标识方法有直标法、文字符号法、色标法和数码表示法。

(1) 直标法

直标法是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，其允许误差用百分数表示，如图 1-3 所示。

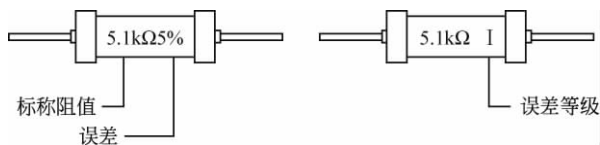


图 1-3 直标法

(2) 文字符号法

文字符号法是用阿拉伯数字和文字符号两者有规律地组合来表示标称阻值，其允许误差也用文字符号（见表 1-2）表示。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。

表 1-2 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	$\pm 0.05\%$	G	$\pm 2\%$
B	$\pm 0.1\%$	J	$\pm 5\%$
C	$\pm 0.25\%$	K	$\pm 10\%$
D	$\pm 0.5\%$	M	$\pm 20\%$
F	$\pm 1\%$	N	$\pm 30\%$

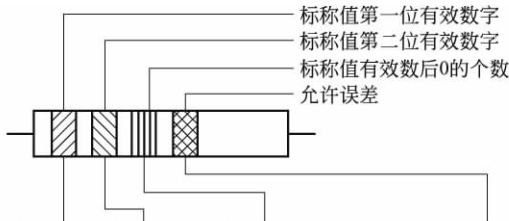
例如：2R2K 表示电阻器的电阻值为 2.2Ω （其中 R 表示小数点位置），允许误差为 $\pm 10\%$ ；6K8M 表示电阻器的电阻值为 $6.8k\Omega$ （其中 K 也表示小数点位置，但此时表示 $k\Omega$ ），其允许误差为 $\pm 20\%$ 。

(3) 色标法

色标法是用不同颜色的色带或色点在电阻器表面标出标称阻值和允许误差。

色标法常见的有四环色标法和五环色标法。普通电阻器一般用四条色环来表示阻值与误差。靠近电阻器端头的为第一条色环，其余的依次为第二、第三、第四条色环。第一条色环表示第一位数，第二条色环表示第二位数，第三条色环表示倍乘，即表示有效数字后应加“0”的个数，第四条色环表示误差范围，如图 1-4 所示。精密电阻器一般用五条色环来表示，其前三环表示有效数字，第四环表示倍乘，第五环表示误差，表示误差的色环各种颜色代表的意义是：紫色代表 $\pm 0.1\%$ ，蓝色代表 $\pm 0.25\%$ ，绿色代表 $\pm 0.5\%$ ，红色代表 $\pm 2\%$ ，棕色代表 $\pm 1\%$ ，如图 1-5 所示。

例如：四环电阻的色标分别是红、黑、橙、金，其阻值是 $20\Omega \times 10^3 = 20k\Omega$ ，允许误差是 $\pm 5\%$ ；又如五环电阻的色标分别是绿、蓝、



标称值第一位有效数字
标称值第二位有效数字
标称值有效数后0的个数
允许误差

颜色	第一位有效数	第二位有效数	倍 率	允许偏差
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	$\pm 20\%$
金			10^{-1}	$\pm 5\%$
银			10^{-2}	$\pm 10\%$
无色				$\pm 20\%$

图 1-4 两位有效数字的阻值色标表示法

黑、红、棕，其阻值是 $560\Omega \times 10^2 = 56\text{k}\Omega$ ，允许误差是 $\pm 1\%$ 。

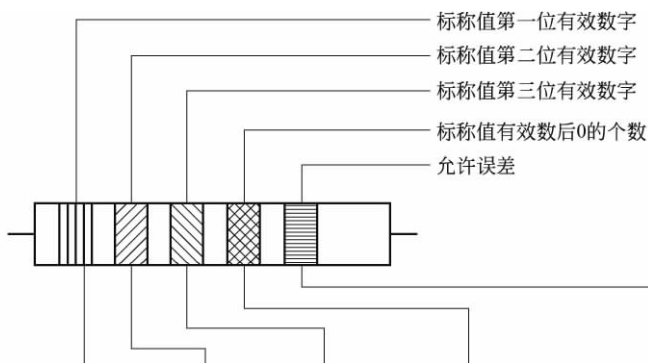
(4) 数码表示法

数码表示法常见于集成电阻器和贴片电阻器等。例如在集成电阻器表面标出 503，代表其电阻的阻值是 $50\Omega \times 10^3 = 50\text{k}\Omega$ 。

1.1.3 电阻器的种类

(1) 碳膜电阻器

碳膜电阻器是膜式电阻的一种，它是通过真空高温热分解的结晶碳沉积在柱形的或管形的陶瓷骨架上制成的，用控制膜的厚度和刻槽来控制电阻值。



颜色	第一位有效数	第二位有效数	第三位有效数	倍率	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}	

图 1-5 三位有效数字的阻值色标表示法

性能特点：价格便宜，有良好的稳定性，负温度系数小，高频特性好，受电压及频率影响较小，噪声电动势小，阻值范围宽，制作容易，应用广泛。碳膜电阻器广泛用于收音机、电视机、计算机、录像机及各种仪表等的交直流电路中。

阻值范围： $1\Omega \sim 10M\Omega$ 。

额定功率： $1/8\sim 10\text{W}$ 。

(2) 金属膜电阻器

金属膜电阻器是膜式电阻的一种，是将金属或合金材料用高真空加热蒸发法在陶瓷体上形成一层薄膜制成的。合金膜也可以采用高温分解、化学沉积和烧渗等方法制成。

性能特点：稳定性好，耐热性能好，温度系数小，电压系数比碳膜电阻更好，工作频率范围大，噪声电动势小，可用于高频电路。在相同功率条件下，它比碳膜电阻体积小得多，但这种电阻器脉冲负荷稳定性较差。金属膜电阻器常用于较高档的家电设备、仪器仪表及各种通信设备中。

阻值范围： $1\Omega\sim 200\text{M}\Omega$ 。

额定功率： $1/8\sim 2\text{W}$ 。

(3) 金属氧化膜电阻器

金属氧化膜电阻器是用锡或铈等金属盐溶液喷雾到约为 550°C 的加热炉内的炽热陶瓷骨架表面上，沉积后而制成的。

性能特点：比金属膜电阻抗氧化能力强，抗酸、抗盐的能力强，耐热性好（温度可达 240°C ），缺点是由于材料特性和膜层厚度的限制，阻值范围小。主要用来补缺低阻值电阻。

阻值范围： $1\Omega\sim 200\text{k}\Omega$ 。

额定功率： $1/8\sim 10\text{W}$ ； $25\sim 50\text{W}$ 。

(4) 合成碳膜电阻器

合成碳膜电阻器是将炭黑、填料和有机胶黏剂配成悬浮液，涂覆在绝缘骨架上，经加热聚合而成的。这种电阻器主要适用于制成高压和高阻用电阻器，常用在玻壳封上，制成真空兆欧电阻器。

性能特点：生产工艺、设备简单，价格低廉；阻值范围宽，可达 $10\Omega\sim 10^6\text{M}\Omega$ ，其缺点是抗湿性差，电压稳定性低，频率特性不好，噪声大。

阻值范围： $10\Omega\sim 10^6\text{M}\Omega$ 。

额定功率： $1/4\sim 5\text{W}$ 。