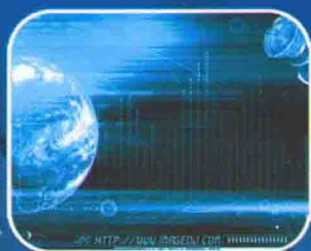


21世纪高职高专电子信息类规划教材

电子产品生产工艺



赠 电子课件
练习与巩固答案

李宗宝◎主编

按照基于工作过程的课程方式进行编写

每一章均包含“任务驱动”、“任务资讯”、“任务实施”、“相关知识”、“任务总结”与“练习与巩固”

以小型电子产品为载体，把现代电子产品生产工艺相应内容融入到工作任务中，具体直观地介绍了电子产品安装与调试的基本工艺和操作技能



21 世纪高职高专电子信息类规划教材

电子产品生产工艺

主 编 李宗宝
副主编 陈国英 王久强 吕赤峰
参 编 朱建红 杜中一 唐 龙
 王日龙 魏 昊
主 审 董春利



机械工业出版社

本书以培养学生的动手能力为目标,以小型电子产品为载体,把现代电子产品生产工艺相应的内容融入到工作任务中,具体直观地介绍了电子产品安装与调试的基本工艺和操作技能。内容包括常用电子元器件的识别与检测、通孔插装元器件电子产品的手工装配焊接、印制电路板的制作工艺、通孔插装元器件的自动焊接工艺、表面贴装元器件电子产品的手工装接、表面安装元器件的贴片再流焊工艺、电子产品整机装配工艺、电子产品的调试工艺及电子工艺文件的识读与编制。

本书按照基于工作过程的课程方式进行编写。全书共分9章,每一章均包含“任务驱动”、“任务资讯”、“任务实施”、“相关知识”、“任务总结”与“练习与巩固”,以完成工作任务为目标来激发学生的学习兴趣,调动学生主动学习的积极性。

本书可作为高职高专院校电子类专业及相关专业的教材,也可作为从事电子产品生产工艺的技术人员的参考书。

为方便教学,本书配有免费电子课件、练习与巩固答案等,凡选用本书作为授课教材的学校,均可来电或邮件索取,咨询电话010-88379564或邮箱 cmpqu@163.com。有任何技术问题也可通过以上方式联系。

图书在版编目(CIP)数据

电子产品生产工艺/李宗宝主编. —北京:机械工业出版社,2011.9

21世纪高职高专电子信息类规划教材

ISBN 978-7-111-34066-9

I. ①电… II. ①李… III. ①电子产品—生产工艺—高等职业教育—教材 IV. ①TN05

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第189948号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:曲世海 责任编辑:曲世海 王宗锋 裴昱

版式设计:霍永明 责任校对:张晓蓉

封面设计:陈沛 责任印制:乔宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2011年10月第1版第1次印刷

184mm×260mm·16.5印张·409千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-34066-9

定价:30.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书按照基于工作过程的课程方式进行编写，为培养高职高专学生的实践能力，提高其动手操作技能，以小型电子产品为载体，把现代电子产品生产工艺相应的内容融入到工作任务中，具体直观地介绍了电子产品安装与调试的基本工艺和操作技能。本书既有必要的工艺理论知识，又有实施过程中的实际动手体验，以完成工作任务为目标来激发学生的学习兴趣，调动学生主动学习的积极性。

本书每一章均包含“任务驱动”、“任务资讯”、“任务实施”、“相关知识”、“任务总结”、“练习与巩固”。以“任务驱动”进行引入，以完成一个实际工作任务进行驱动，对要达到的知识目标和能力目标进行描述。为了完成工作任务，引入“任务资讯”，介绍任务涉及的主要理论知识和技能知识。“任务实施”对完成的任务实施过程进行阐述。为了完善课程的知识体系，针对任务“相关知识”进行介绍。“任务总结”把本章的主要内容进行归纳总结。“练习与巩固”采用与本章内容相关的练习题进行知识与技能的巩固与提高。

本书由李宗宝担任主编并统稿，陈国英、王久强、吕赤峰担任副主编，朱建红、杜中一、唐龙、王日龙、魏昊参加编写。第1章由北京工业职业技术学院魏昊和大连工业大学职业技术学院王日龙编写，第2章、第3章、第7章由大连职业技术学院李宗宝编写，第4章由大连职业技术学院王久强编写，第5章由大连职业技术学院杜中一编写，第6章由大连辽无二电器有限公司吕赤峰和常州信息职业技术学院唐龙编写，第8章由大连职业技术学院朱建红编写，第9章由常州信息职业技术学院陈国英编写。本书由董春利教授担任主审。在此对书后所列参考文献的各位作者表示深深的谢意。

鉴于编者水平、经验有限，且编写时间仓促，书中错误和疏漏在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第1章 常用电子元器件的识别与

检测 1

- 1.1 任务驱动：调幅收音机元器件的识别与检测 1
 - 1.1.1 任务描述 1
 - 1.1.2 任务目标 1
 - 1.1.3 任务要求 1
- 1.2 任务资讯 2
 - 1.2.1 电阻器的识别与检测 2
 - 1.2.2 电容器的识别与检测 9
 - 1.2.3 电感器的识别与检测 14
 - 1.2.4 二极管的识别与检测 21
 - 1.2.5 晶体管的识别与检测 23
 - 1.2.6 电声器件的识别与检测 26
 - 1.2.7 开关、接插件的识别与检测 30
- 1.3 任务实施 36
- 1.4 相关知识 36
 - 1.4.1 继电器 36
 - 1.4.2 各种特殊二极管的识别与检测 38
 - 1.4.3 半导体分立器件的命名 39
 - 1.4.4 场效应晶体管 41
- 1.5 任务总结 43
- 1.6 练习与巩固 44

第2章 通孔插装元器件电子产品

的手工装配焊接 45

- 2.1 任务驱动：调幅收音机的手工装配焊接 45
 - 2.1.1 任务描述 45
 - 2.1.2 任务目标 45
 - 2.1.3 任务要求 45
- 2.2 任务资讯 47
 - 2.2.1 常用导线和绝缘材料 47
 - 2.2.2 常用焊接材料与工具 53

- 2.2.3 通孔插装电子元器件的准备工艺 57
- 2.2.4 导线的加工处理工艺 58
- 2.2.5 通孔插装电子元器件的安装工艺 65
- 2.2.6 通孔插装电子元器件的手工焊接工艺 67
- 2.3 任务实施 72
 - 2.3.1 手工装接的工艺流程设计 72
 - 2.3.2 元器件的检测与引线成形 73
 - 2.3.3 元器件的插装焊接 73
 - 2.3.4 装接后的检查试机 74
- 2.4 相关知识 74
 - 2.4.1 焊接质量与缺陷分析 74
 - 2.4.2 手工拆焊方法 77
 - 2.4.3 磁性材料与粘接材料 78
- 2.5 任务总结 80
- 2.6 练习与巩固 81

第3章 印制电路板的制作

工艺 82

- 3.1 任务驱动：直流集成稳压电源电路板的手工制作 82
 - 3.1.1 任务描述 82
 - 3.1.2 任务目标 82
 - 3.1.3 任务要求 82
- 3.2 任务资讯 83
 - 3.2.1 半导体集成电路的识别与检测 83
 - 3.2.2 印制电路板基础 88
 - 3.2.3 印制电路板的设计过程及方法 90
 - 3.2.4 手工制作印制电路板工艺 98
- 3.3 任务实施 100
 - 3.3.1 电路板手工设计 100

3.3.2 电路板手工制作	100	5.1.3 任务要求	132
3.3.3 电路板插装焊接	101	5.2 任务资讯	134
3.3.4 装接后的检查测试	101	5.2.1 表面贴装技术	134
3.4 相关知识	101	5.2.2 表面贴装元器件	135
3.4.1 TTL 数字集成电路与 CMOS 数字集成电路	101	5.2.3 表面贴装工艺的材料	147
3.4.2 印制电路板的生产工艺	104	5.2.4 表面贴装元器件的手工装接工艺	150
3.4.3 印制电路板的质量检验	106	5.3 任务实施	152
3.5 任务总结	107	5.3.1 装接工艺设计	152
3.6 练习与巩固	108	5.3.2 元器件的检测与准备	153
第 4 章 通孔插装元器件的自动焊接工艺	109	5.3.3 印制电路板的手工装接	154
4.1 任务驱动：双声道音响功放电路板的波峰焊接	109	5.3.4 装接后的检查测试	154
4.1.1 任务描述	109	5.4 相关知识	155
4.1.2 任务目标	109	5.4.1 SMT 元器件的手工拆焊	155
4.1.3 任务要求	109	5.4.2 BGA 集成电路的修复性植球	156
4.2 任务资讯	111	5.5 任务总结	157
4.2.1 浸焊	111	5.6 练习与巩固	158
4.2.2 波峰焊技术	113	第 6 章 表面安装元器件的贴片再流焊工艺	159
4.2.3 波峰焊机	118	6.1 任务驱动：调幅/调频收音机电路板的贴片再流焊接	159
4.2.4 波峰焊接缺陷分析	121	6.1.1 任务描述	159
4.3 任务实施	124	6.1.2 任务目标	159
4.3.1 电路板插装波峰焊接工艺设计	124	6.1.3 任务要求	159
4.3.2 通孔插装元器件的检测与准备	124	6.2 任务资讯	161
4.3.3 通孔插装元器件的插装	125	6.2.1 表面安装元器件的贴焊工艺	161
4.3.4 波峰焊接设备的准备	126	6.2.2 贴片机的结构与工作原理	164
4.3.5 波峰焊接的实施	126	6.2.3 再流焊接机	169
4.3.6 装接后的检查测试	126	6.3 任务实施	174
4.4 相关知识	127	6.3.1 电路板贴片再流焊接工艺设计	174
4.4.1 焊接工艺概述	127	6.3.2 电子元器件检测与准备	175
4.4.2 新型焊接	128	6.3.3 表面贴装电子元器件的装贴	175
4.5 任务总结	130	6.3.4 再流焊接设备的特点	177
4.6 练习与巩固	131	6.3.5 再流焊接的实施	178
第 5 章 表面贴装元器件电子产品的 手工装接	132	6.3.6 装接后的检查测试	178
5.1 任务驱动：贴片调频收音机的手工装接	132	6.4 相关知识	179
5.1.1 任务描述	132	6.4.1 表面组装涂敷技术	179
5.1.2 任务目标	132	6.4.2 再流焊质量缺陷分析	180
		6.5 任务总结	180

6.6 练习与巩固	181	8.2.4 电子产品动态调试	212
第7章 电子产品整机装配		8.3 任务实施	213
工艺	182	8.3.1 整机调试的工艺设计	213
7.1 任务驱动: 数字万用表整机		8.3.2 静态调试	215
装配	182	8.3.3 动态调试	215
7.1.1 任务描述	182	8.3.4 统调	216
7.1.2 任务目标	182	8.4 相关知识	217
7.1.3 任务要求	182	8.5 任务总结	218
7.2 任务资讯	186	8.6 练习与巩固	219
7.2.1 电子产品整机装配基础	186	第9章 电子工艺文件的识读与	
7.2.2 电路板组装	187	编制	220
7.2.3 电子产品整机组装	190	9.1 任务驱动: 电视机基板工艺文件的	
7.2.4 电子产品整机质检	196	识读与编制	220
7.3 任务实施	197	9.1.1 任务描述	220
7.3.1 整机装配的工艺设计	197	9.1.2 任务目标	220
7.3.2 元器件的检测与准备	197	9.1.3 任务要求	220
7.3.3 电路板的装配焊接	197	9.2 任务资讯	228
7.3.4 整机装配	199	9.2.1 工艺文件基础	228
7.4 相关知识	200	9.2.2 工艺文件格式	230
7.4.1 电子产品专职检验工艺	200	9.2.3 工艺文件内容	234
7.4.2 电子产品包装工艺	202	9.2.4 工艺文件编制	234
7.5 任务总结	204	9.2.5 常见的工艺文件	236
7.6 练习与巩固	205	9.3 任务实施	243
第8章 电子产品的调试工艺	206	9.3.1 识读电子产品的技术	
8.1 任务驱动: 调幅收音机的		文件	243
调试	206	9.3.2 编制插件工艺流程和工艺	
8.1.1 任务描述	206	文件	244
8.1.2 任务目标	206	9.4 相关知识	246
8.1.3 任务要求	206	9.4.1 电子产品的生产组织	246
8.2 任务资讯	207	9.4.2 电子产品的生产质量管理	249
8.2.1 电子产品调试设备与内容	207	9.5 任务总结	257
8.2.2 电子产品的检测方法	209	9.6 练习与巩固	257
8.2.3 电子产品静态调试	211	参考文献	258

第1章 常用电子元器件的识别与检测

1.1 任务驱动：调幅收音机元器件的识别与检测

1.1.1 任务描述

电子元器件是构成电子产品最基本的要素，无论打开哪个电子产品，都会看到其内部的电路板上布满着各种电子元器件。对电子元器件的准确识别与检测是电子产品生产工艺的基础。本章通过调幅收音机这一比较常见的电子产品的元器件的识别与检测，引出电子元器件的识别与检测工艺，进而学习各种电子元器件的标注方法和检测方法。通过调幅收音机元器件的识别与检测这一工作任务的实施完成，使学生能够准确地识别各种电子元器件，掌握用万用表检测各种电子元器件的方法。

1.1.2 任务目标

1. 知识目标

- 1) 掌握电阻(位)器、电容器、电感器的种类、作用、标志方法和检测方法。
- 2) 掌握半导体二极管、晶体管、场效应晶体管的种类、作用、命名、标志方法与检测方法。
- 3) 掌握电声元器件、光敏元器件、压电元器件的种类、作用、标志方法和检测方法。

2. 技能目标

- 1) 能够用目视法对常见电子元器件进行识别，能正确说出电子元器件的名称。
- 2) 能够正确识读电子元器件上标志的主要参数，清楚该电子元器件的作用和用途。
- 3) 能够用万用表对常见电子元器件进行正确检测，并对其质量做出正确的评价。

1.1.3 任务要求

1) 对一台调幅收音机电路板上的元器件进行识别，指出各为何种元器件，识读元器件上标志的主要参数。调幅收音机实物如图 1-1 所示。

2) 从一台调幅收音机的散件中识别各种元器件并进行归类，并根据元器件上标的主要参数对照元器件清单进行正确归位，把元器件固定在元器件清单的相应位置上。1270 型调幅收音机元器件清单见表 1-1。

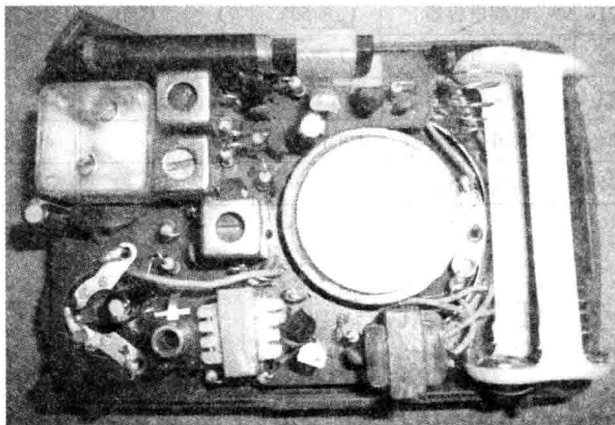


图 1-1 调幅收音机实物

3) 用万用表对元器件一一进行质量检测, 判断元器件质量是否符合技术指标要求。

表 1-1 1270 型调幅收音机元器件清单

序号	名称	规格	数量	安装位	序号	名称	规格	数量	安装位
1	电阻器	1Ω	1	R704	26	二极管	2CK83A	2	VD301 VD701
2	电阻器	100Ω	2	R103 R702	27	晶体管	9011F	2	VT301 VT302
3	电阻器	220Ω	1	R104	28	晶体管	9011G	1	VT101
4	电阻器	270Ω	1	R303	29	晶体管	9013F	2	VT702 VT703
5	电阻器	470Ω	1	R305	30	晶体管	9014B	1	VT701
6	电阻器	1.2kΩ	1	R302	31	振荡线圈	MLL70-1 红	1	L102
7	电阻器	1.5kΩ	1	R703	32	中频变压器	MLT70-1 黄	1	T301
8	电阻器	2.2kΩ	1	R102	33	中频变压器	MLT70-3 黑	1	T302
9	电阻器	5.6kΩ	1	R306	34	输入变压器	小功率蓝	1	T701
10	电阻器	10kΩ	1	R304	35	输出变压器	小功率红	1	T702
11	电阻器	12kΩ	1	R301	36	耳机插座	3F-01	1	—
12	电阻器	120kΩ	1	R701	37	天线线圈	12mm × 32mm	1	—
13	电阻器	220kΩ	1	R101	38	磁棒	4mm × 12mm × 55mm	1	—
14	电阻器	560kΩ	1	R705	39	扬声器	0.25W/8Ω	1	—
15	电位器	NWD5kΩ	1	VR701	40	螺钉	M26 × 4	2	—
16	电容器	2200pF	2	C302 C306	41	螺钉	M26 × 6	1	—
17	电容器	3300pF	1	C101	42	螺钉	M26 × 5	1	—
18	电容器	6800pF	1	C102	43	电池夹	—	1	—
19	电容器	0.01μF	1	C702	44	导线	—	4	连扬声器 器电池
20	电容器	0.022μF	5	C303 C304 C305 C703 C704	45	磁棒架	—	1	—
21	电解电容器	1μF/50V	1	C701	46	度盘	—	1	前壳内
22	电解电容器	4.7μF/10V	1	C301	47	装饰条	—	1	镜片外
23	电解电容器	100μF/63V	1	C705	48	镜片	—	1	度盘外
24	双联可变电容器	CBM-223P	1	—	49	旋钮	—	2	音量调谐
25	印制电路板	—	1	—	50	前后壳(套)	—	1	—

1.2 任务资讯

1.2.1 电阻器的识别与检测

电阻器是电路中应用最为广泛的元件之一, 是具有电阻特性的电子元件, 通常称为电

阻, 在电路中起分压、分流和限流等作用, 用字母 R 表示。

电阻的基本单位为欧姆, 简称欧, 用希腊字母 Ω 表示。除欧姆外, 电阻的单位还有千欧($k\Omega$)和兆欧($M\Omega$)等, 其换算关系为

$$1M\Omega = 1000k\Omega = 10^6\Omega, 1k\Omega = 10^3\Omega$$

常用的级数单位见表 1-2。

表 1-2 常用的级数单位

数量级	10^{12}	10^9	10^6	10^3	1	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	10^{-12}	10^{-15}
单位	太	吉	兆	千		毫	微	纳	皮	飞
字母	T	G	M	k		m	μ	n	p	f

1. 电阻器的分类

电阻器分为固定电阻器和可变电阻器(电位器)。常见的有碳膜电阻器、金属膜电阻器、合成膜电阻器、线绕电阻器、熔断电阻器、热敏电阻器、压敏电阻器、可变电阻器等。

常见电阻器的电路符号和外形如图 1-2 和图 1-3 所示。

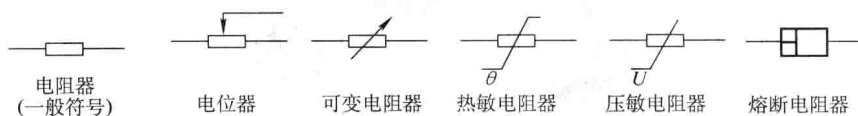


图 1-2 常见电阻器的电路符号

2. 电阻器的主要技术参数

(1) 标称阻值 标称阻值是指在电阻器表面所标识的阻值。为了生产和选购方便, 国家标准规定了阻值系列, 目前电阻器标称阻值系列有 E6、E12、E24 系列, 其中 E24 系列最全。电阻器标称阻值系列取值见表 1-3。

表 1-3 电阻器标称阻值系列

标称阻值系列	允许误差	电阻器标称阻值							
		1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0
E24	I 级($\pm 5\%$)	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
		1.0	1.2	1.5	1.8	2.2	2.7	3.3	3.9
E12	II 级($\pm 10\%$)	4.7	5.6	6.8	8.2	—	—	—	—
		E6	III 级($\pm 20\%$)	1.0	1.5	2.2	3.3	3.9	4.7

(2) 阻值允许误差 实际阻值与标称阻值的相对误差为电阻精度, 允许相对误差的范围叫做允许误差。普通电阻的允许误差可分为 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ 等, 精密电阻的允许误差可分为 $\pm 2\%$ 、 $\pm 1\%$ 、 $\pm 0.5\%$ 、 \dots 、 $\pm 0.001\%$ 等十多个等级。电阻的精度等级可以用符号标明, 见表 1-4。

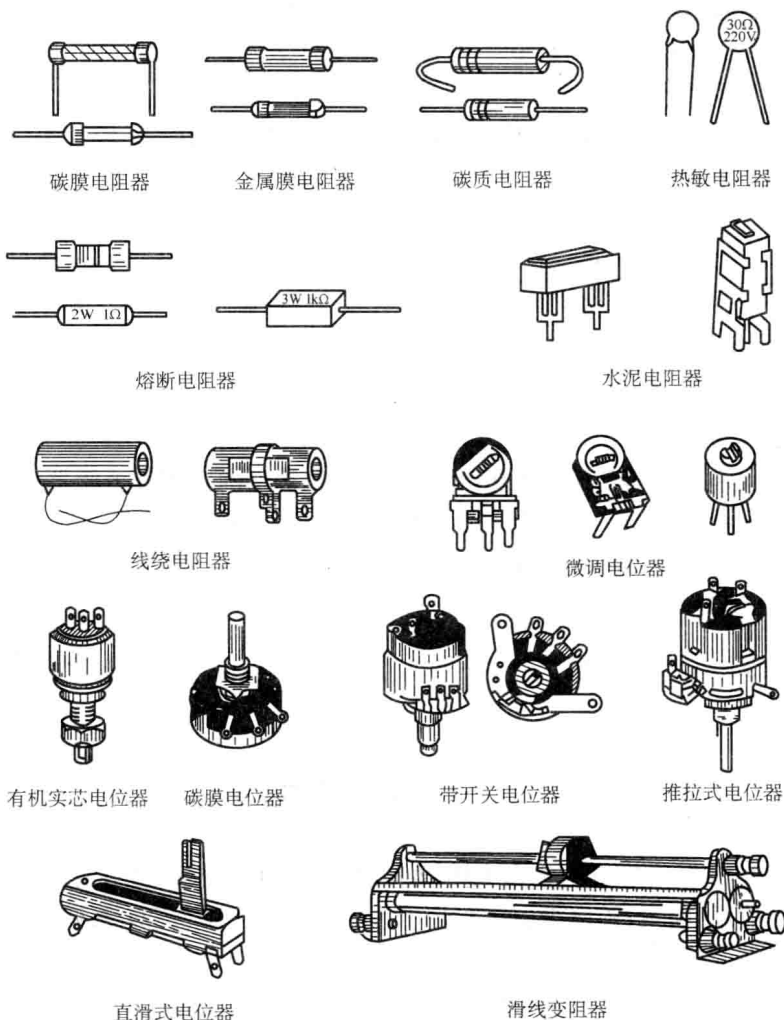


图 1-3 常见电阻器的外形

表 1-4 电阻的精度等级符号

%	±0.001	±0.002	±0.005	±0.01	±0.02	±0.05	±0.1
符号	E	X	Y	H	U	W	B
%	±0.2	±0.5	±1	±2	±5	±10	±20
符号	C	D	F	G	J	K	M

(3) 额定功率 额定功率是指电阻器在正常大气压力及额定温度条件下，长期安全使用所能允许消耗的最大功率。电阻器的额定功率系列见表 1-5。电阻的额定功率共分为 19 个等级，常用的有 1/20W、1/8W、1/4W、1/2W、1W、2W、5W、10W、20W 等。

表 1-5 电阻器的额定功率系列

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

在电路图中，各种额定功率的电阻器采用不同的符号表示，如图 1-4 所示。

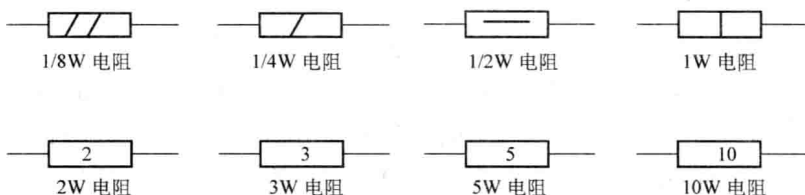


图 1-4 各种额定功率的电阻器在电路图中的表示方法

3. 电阻器的识别

(1) 电阻器的型号 我国电阻器的型号由四部分组成：第一部分是产品的主称，用字母 R 表示；第二部分是产品的主要材料，用一个字母表示；第三部分是产品的分类，用一个数字或字母表示；第四部分是生产序号，一般用数字表示。

各部分的字母和数字的意义见表 1-6。如 RJ71，为精密型金属膜电阻器；RYG1，为功率型金属氧化膜电阻；RS11，为通用型实芯电阻。

表 1-6 电阻器型号中各部分的意义

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		用数字表示序号
符号	意义	符号	意义	符号	意义	意义
R	电阻器	T	碳膜	1	普通	包括： 额定功率 阻值 允许误差 精度等级等
		H	合成膜	2	普通	
		P	硼碳膜	3	超高频	
		U	硅碳膜	4	高阻	
		C	沉积膜	5	高温	
		I	玻璃釉膜	7	精密	
		J	金属膜	8	电阻器—高压	
		Y	氧化膜	9	电位器—特殊	
		S	有机实芯	G	高功率	
		N	无机实芯	T	可调	
		X	线绕	X	小型	
		R	热敏	L	测量用	
		G	光敏	W	微调	
M	压敏	D	多圈			

(2) 电阻器的标志

1) 直标法：直标法是用阿拉伯数字和单位符号在电阻器的表面直接标出标称阻值和允许误差的方法。对小于 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。其优点是直观, 易于认读。但数字标注中的小数点不易辨识, 因此又采用文字符号法。

2) 文字符号法: 文字符号法是将阿拉伯数字和字母符号按一定规律组合, 来表示标称阻值及允许误差的方法。其优点是认读方便、直观, 多用在大功率电阻器上。

如 5R1 表示 5.1Ω , R 表示欧姆(Ω); 56k 表示 $56k\Omega$; 5k6 表示 $5.6k\Omega$ 。k、M、G、T 表示阻值单位和小数点的位置, k、M、G、T 之前的数字表示阻值的整数值, 之后的数字表示阻值的小数值。

电阻的精度等级所使用的字母及其含义见表 1-4。

3) 色标法: 色标法是用色环代替数字在电阻器表面标出标称阻值和允许误差的方法。其优点是标志清晰, 易于看清, 而且与电阻器的安装方向无关。色标法有四环和五环两种, 五环电阻精度高于四环电阻精度, 阻值单位为 Ω 。第一条色环比较靠近电阻体的端头, 最后一条与前一条的距离比前几条间的距离稍远些。色环电阻如图 1-5 所示。

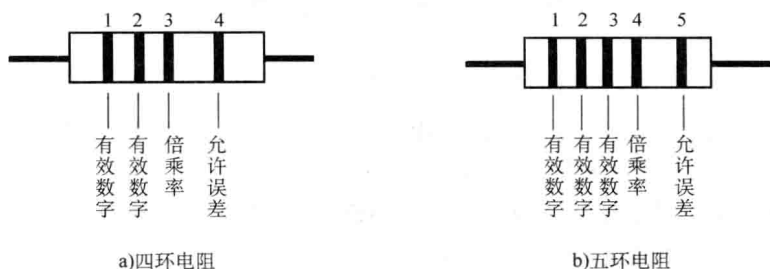


图 1-5 色环电阻

① 四环电阻: 第一、二条色环表示阻值的有效数字, 第三条色环表示阻值的倍乘率, 第四条色环表示阻值允许误差。

② 五环电阻: 第一、二、三条色环表示阻值的有效数字, 第四条色环表示阻值的倍乘率, 第五条色环表示阻值允许误差。

色环一般采用棕、红、橙、黄、绿、蓝、紫、灰、白、黑、金、银、无色表示, 它们的意义见表 1-7。

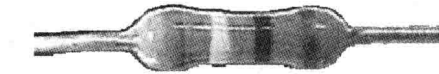
表 1-7 色环电阻上各色环的意义

四环电阻					五环电阻					
颜色	第一位有效数字	第二位有效数字	倍乘率	允许误差	颜色	第一位有效数字	第二位有效数字	第三位有效数字	倍乘率	允许误差
棕色	1	1	10^1	—	棕色	1	1	1	10^1	$\pm 1\%$
红色	2	2	10^2	—	红色	2	2	2	10^2	$\pm 2\%$
橙色	3	3	10^3	—	橙色	3	3	3	10^3	—
黄色	4	4	10^4	—	黄色	4	4	4	10^4	—
绿色	5	5	10^5	—	绿色	5	5	5	10^5	$\pm 0.5\%$
蓝色	6	6	10^6	—	蓝色	6	6	6	10^6	$\pm 0.2\%$
紫色	7	7	10^7	—	紫色	7	7	7	10^7	$\pm 0.1\%$
灰色	8	8	10^8	—	灰色	8	8	8	10^8	—
白色	9	9	10^9	—	白色	9	9	9	10^9	$\pm 50\% \sim \pm 20\%$
黑色	0	0	10^0	—	黑色	0	0	0	10^0	—

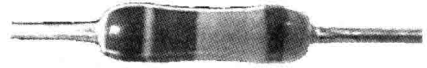
(续)

四环电阻					五环电阻					
颜色	第一位有效数字	第二位有效数字	倍乘率	允许误差	颜色	第一位有效数字	第二位有效数字	第三位有效数字	倍乘率	允许误差
金色	—	—	10^{-1}	$\pm 5\%$	金色	—	—	—	10^{-1}	$\pm 5\%$
银色	—	—	10^{-2}	$\pm 10\%$	银色	—	—	—	10^{-2}	—
无色	—	—	—	$\pm 20\%$	—	—	—	—	—	—

如:



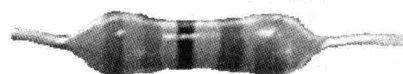
橙白棕金

 $39 \times 10^1 \Omega = 390\Omega$, 误差为 $\pm 5\%$ 

棕红黄金

 $12 \times 10^4 \Omega = 120k\Omega$, 误差为 $\pm 5\%$ 

蓝红黑红棕

 $620 \times 10^2 \Omega = 62k\Omega$, 误差为 $\pm 1\%$ 

红红黑红金

 $220 \times 10^2 \Omega = 22k\Omega$, 误差为 $\pm 5\%$ 

棕黄黄金绿

 $144 \times 10^{-1} \pm 0.5\% = 14.4\Omega \pm 0.5\%$

4) 数字标志法: 用三位阿拉伯数字表示电阻器标称阻值的形式, 一般多用于片状电阻器。因为片状电阻器体积较小, 一般标在电阻器表面, 其他参数通常省略。该方法的前两位数字表示电阻值的有效数字, 第三位数字表示有效数字后面零的个数, 或 10 的幂数。但当第三位数字为 9 时, 表示倍率为 0.1, 即 10^{-1} 。

如“121”表示 $12 \times 10^1 = 120\Omega$; “202”表示 $20 \times 10^2 = 2000\Omega$; “100”表示 $10 \times 10^0 = 10\Omega$; “759”表示 $75 \times 10^{-1} = 7.5\Omega$ 。

此外, 还有少数片状电阻器用四位数字标志电阻值。例如电阻器的标志符号为 6801, 表示 $6.8k\Omega$ 。四位数标志比三位数标志多了一位有效数字, 第四位表示有效数字后面零的个数, 即倍率, 其余位为三位有效数字。

4. 电位器的识别

(1) 电位器的概念 电位器是一种连续可调的电子元件, 它靠电刷在电阻体上的滑动, 取得与电刷位移成一定关系的输出电压。对外有三个引出端, 其中两个为固定端, 一个为滑动端(亦称中间抽头), 滑动端在两个固定端之间的电阻体上做机械运动, 使其与固定端之间的电阻发生变化。

(2) 电位器的型号 电位器的型号由四部分组成: 第一部分为电位器的代号, 用一个字母 W 表示; 第二部分为电位器的电阻体材料代号, 用一个字母表示; 第三部分为电位器的类别代号, 用一个字母表示; 第四部分为电位器的序号, 用阿拉伯数字表示。

电位器的电阻体材料代号及表示的意义见表 1-8。

表 1-8 电位器的电阻体材料代号及表示的意义

代号	H	S	N	I	X	J	Y	D	F	P	M	G
材料	合成碳膜	有机实芯	无机实芯	玻璃釉膜	线绕	金属膜	氧化膜	导电塑料	复合膜	硼碳膜	压敏	光敏

电位器的类别代号及表示的意义见表 1-9。

表 1-9 电位器的类别代号及表示的意义

代号	G	H	B	W	Y	J	D	M	X	Z	P	T
类别	高压类	组合类	片式类	螺杆驱动 预调类	旋转预 调类	单圈旋转 精密类	多圈旋转 精密类	直滑式 精密类	旋转低 功率类	直滑式低 功率类	旋转功 率类	特殊类

如“WIW101”为玻璃釉膜螺杆驱动预调类电位器。

(3) 电位器的标志 电位器的标志方法一般采用直标法，即用字母和阿拉伯数字直接将电位器的型号、类别、标称阻值和额定功率等标志在电位器上。

例如，“WH112 470”表示合成碳膜电位器，阻值为 470Ω；WS-3A 0.1 表示有机实芯电位器，阻值为 0.1Ω；WHJ-3A 220 表示精密合成碳膜电位器，阻值为 220Ω。

各种电位器如图 1-6 所示。

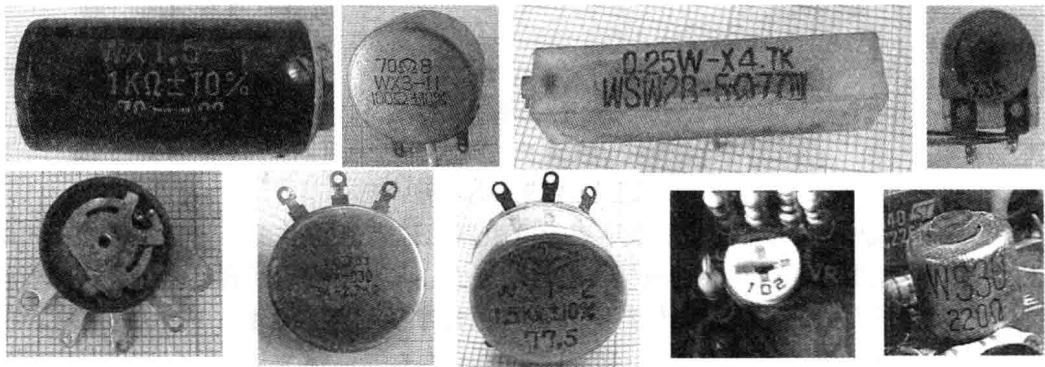


图 1-6 各种电位器

(4) 电位器阻值变化规律 调整滑动端，电位器的电阻值将按照一定的规律变化。常见的电位器阻值变化规律有线性变化和非线性变化两种。

线性电位器(X 式)是指输出比 U_c/U_r 与行程比 θ/H (θ 为转角, H 为总转角) 成线性关系的电位器，即其阻值变化与转角成线性关系。电阻体上导电物质的分布是均匀的，故单位长度的阻值相等，每单位面积能承受的功率也相等，适用于要求调节均匀の場合。

非线性电位器是指输出比与行程比不成线性关系的电位器，它包括指数式电位器(Z 式)、对数式电位器(D 式)和其他函数规律变化(如正弦)的电位器。

指数式电位器在开始旋转时，阻值变化较小，而在转角接近最大转角一端时，阻值变化则较陡。这种电位器每单位面积允许承受的功率不同，阻值较小一端，承受功率较大，适用于音量控制电路。

对数式电位器在开始旋转时，阻值变化较陡，而在转角接近最大转角一端时，阻值变化较缓。这种电位器适用于音调控制电路和对比度控制电路。

电位器阻值变化规律如图 1-7 所示。

5. 电阻(位)器的检测方法

电阻(位)器的检测一般用万用表进行，万用表有指针式万用表和数字万用表，通常使用数字万用表较多，现在就以数字万用表的测试方法加以介绍。

(1) 电阻器的检测 根据电阻器的标称阻值将数字万用表档位旋钮转到适当的“ Ω ”档位,选择测量档位时尽量使显示屏显示较多的有效数字。黑表笔插在“COM”插孔,红表笔插在“ $V\Omega$ ”插孔,两表笔不分正负分别接在被测电阻器的两端,显示屏显示出被测电阻器的阻值。如果显示“000”则表示电阻器已经短路;如果仅最高位显示“1”则说明电阻器开路;如果显示值与电阻器上标称阻值相差很大,超过允许误差,则说明该电阻器质量不合格。

(2) 电位器的检测

1) 检测标称阻值。根据电位器标称阻值的大小,将数字万用表置于适当的“ Ω ”档位,检测方法同电阻器。

2) 检测动端与电阻体的接触是否良好。将数字万用表的一表笔与电位器的动端相接,另一表笔与任一定端相接,慢慢旋转电位器的旋钮,从一个极端位置旋转到另一个极端位置,观察阻值是否从零(或标称阻值)连续变化到标称阻值(或零),中间是否有断路的现象。如果显示数值中间有不变或有显示“1”的情况,则说明该电位器动端接触不良。

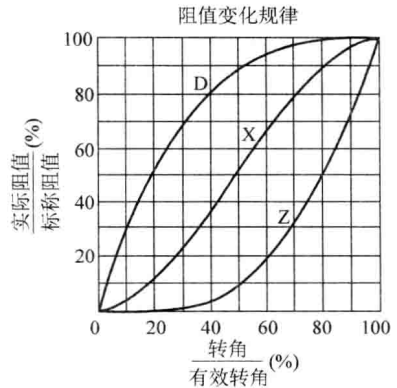


图 1-7 电位器阻值变化规律

1.2.2 电容器的识别与检测

1. 电容器的概念

电容器是各类电路中必不可少的一种基本元件,它是一种储能元件,简单讲就是存储电荷的容器,两个彼此绝缘的金属极板就构成了一个最简单的电容器。其特性为隔直流,通交流。在电路中常用作隔直流、交流信号的耦合、交流旁路、电源滤波及谐振选频等。

电容器用字母 C 表示。电容的单位是法拉(F),常用的单位还有微法(μF)、纳法(nF)、皮法(pF)。它们之间的换算关系为: $1\text{F} = 10^6\mu\text{F} = 10^9\text{nF} = 10^{12}\text{pF}$ 。

2. 电容器的型号命名与分类

根据国家标准 GB/T 2470—1995 的规定,电容器的型号一般由四部分组成,如图 1-8 所示:

第一部分是主称,一般用字母 C 表示;

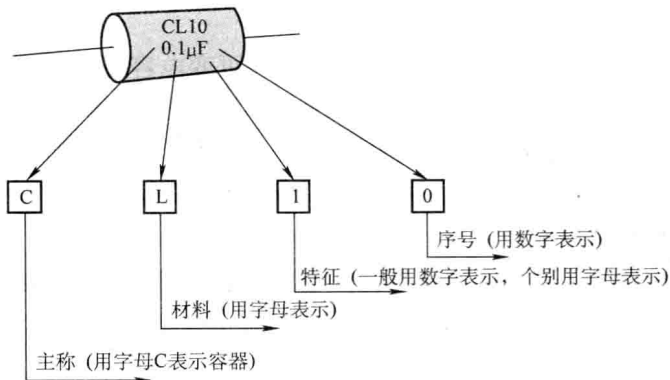


图 1-8 电容器型号命名示意图

第二部分是材料，一般用字母表示；

第三部分是特征，一般用一个数字或一个字母表示；

第四部分是序号，用数字表示。

第二部分和第三部分的代号及其意义见表 1-10。

表 1-10 电容器的分类代号及其意义

第二部分(材料)		第三部分(特征,依种类不同而含义不同)				
符号	含义	符号	瓷介	云母	有机	电解
C	高频瓷	1	圆形	非密封	非密封	箔式
T	低频瓷	2	管形	非密封	非密封	箔式
Y	云母	3	叠片	密封	密封	烧结粉液体
V	云母纸	4	独石	密封	密封	烧结粉固体
I	玻璃釉	5	穿心	—	穿心	—
O	玻璃膜	6	支柱形	—	—	—
B	聚苯乙烯	7	—	—	—	无极性
F	聚四氟乙烯	8	高压	高压	高压	—
L	聚酯(涤纶)	9	—	—	特殊	特殊
S	聚碳酸酯	G	高功率			
Q	漆膜	T	叠片式			
Z	纸介	W	微调			
J	金属化纸介	D	低压			
H	复合介质	X	小型			
G	合金电解质	Y	高压			
E	其他电解质	M	密封			
D	铝电解	J	金属化			
A	钽电解	C	穿心式			
N	铌电解	S	独石			
T	钛电解		—			

电容器按结构可分为固定电容器和可变电容器，可变电容器中又有半可变(微调)电容器和全可变电容器之分。电容器按材料介质可分为气体介质电容器、纸介电容器、有机薄膜电容器、瓷介电容器、云母电容器、玻璃釉电容器、电解电容器及钽电容器等。电容器还可分为有极性电容器和无极性电容器。常见电容器的外形和图形符号如图 1-9 所示。

3. 电容器的主要技术参数

(1) 标称容量和允许误差 在电容器上标注的电容量值，称为标称容量。电容器的标称容量与实际容量之差，再除以标称值所得的百分比，就是允许误差。其标注方法与电阻器一样，有如下几种：

1) 直标法。将电容器的标称容量、正负极性、耐压、允许误差等参数直接标注在电容器上，主要用于体积较大的元件的标注，如电解电容器、瓷介质电容器等。