



新编21世纪高等职业教育电子信息类规划教材

·应用电子技术专业

# 电子产品生产 工艺与管理

·廖芳 主编

·龚荣凡 杨安召 副主编 ·刘世伟 主审



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材·应用电子技术专业

# 电子产品生产工艺与管理

廖 芳 主 编

龚荣凡 副主编  
杨安召

刘世伟 主 审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书以介绍的基础理论知识够用为度,注重实践能力、创新能力和创业能力的培养为指导思想,着重阐述了电子产品的生产工艺和生产管理两方面的知识,是高职高专应用电子技术专业的专业课程教材。其内容包括:常用电子元器件及其检测、电子产品装配中的常用工具和基本材料、焊接工艺、电子产品的装配工艺、调试工艺以及电子产品的生产管理等。每章前有内容提要,每章后有小结、习题和相关知识的实训项目,书末还有每章习题的参考答案。

本书可作为高职高专应用电子技术类专业教材,也可作为相关工程技术人员的参考用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。  
版权所有,侵权必究。

## 图书在版编目(CIP)数据

电子产品生产工艺与管理 / 廖芳主编. —北京: 电子工业出版社, 2003.8  
新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材·应用电子技术专业

ISBN 7-5053-8971-8

I.电… II.廖… III.① 电子产品-生产工艺-高等学校: 技术学校-教材 ② 电子产品-生产管理-高等学校: 技术学校-教材 IV.① TN05 ② F273.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 066295 号

责任编辑: 张荣琴 特约编辑: 孙延真

印 刷: 北京东光印刷厂

出版发行: 电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 16.25 字数: 423 千字

版 次: 2003 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 5 000 册 定价: 21.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。  
联系电话: (010) 68279077。质量投诉请发邮件至 [zltz@phei.com.cn](mailto:zltz@phei.com.cn), 盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

## 出版说明

高等职业教育是我国高等教育的重要组成部分。其根本任务是培养和造就适应生产、建设、管理、服务第一线需要的德、智、体、美全面发展的高等技术应用型人才。近年来,高等职业教育发展迅猛,其宏观规模发生了历史性变化。为适应我国社会进步和经济发展的需要,高等职业教育的教学模式、教学方法需要不断改革,高职教材也必须与之相适应,进行重新调整与定位,突出自身的特色。为此,在国家教育部、信息产业部有关司局的支持、指导和帮助下,电子工业出版社在全国范围内筹建成立“全国高职高专教育教材建设领导小组”,下设“应用电子技术”、“机电一体化技术”、“电气自动化技术”和“通信技术”等专业的多个编委会。各专业编委会成员由电子信息战线辛勤耕耘、功绩卓著的专家、教授、高工和富有高职教学经验的一线优秀教师组成。

2002年10月,“应用电子技术”、“机电一体化技术”、“电气自动化技术”和“通信技术”等四个专业的编委会精心组织全国范围内的优秀一线教师编写了《新编21世纪高等职业教育电子信息类规划教材》60余种。这批教材的主要特点是:

1. 在编写方法上打破了以往教材过于注重“系统性”的倾向,摒弃了一些一般内容和烦琐的数学推导,采用阶跃式、有选择的编写模式,强调实践和实践属性,精炼理论,突出实用技能,内容体系更加合理;

2. 注重现实社会发展和就业需求,以培养职业岗位群的综合能力为目标,充实训练模块的内容,强化应用,有针对性地培养学生较强的职业技能;

3. 教材内容的设置有利于扩展学生的思维空间和学生的自主学习;着力于培养和提高学生的综合素质,使学生具有较强的创新能力,促进学生的个性发展;

4. 教材内容充分反映新知识、新技术、新工艺和新方法,具有超前性、先进性。

首批教材共有60余种;将于2003年8月陆续出版。所有参加教材编写的高职业院校都有一个共同的愿望:希望通过教材建设领导小组、编委会和全体作者的共同努力,使这批教材在编写指导思想、编写内容和编写方法上具有新意,突出高等职业教育的特点,满足高职学生学习和就业的需要。

高等职业教育改革与教材建设是一项长期的任务,不会一蹴而就,而是要经历一个发展过程。这批高职教材的问世,还有许多不尽人意之处。随着教育的不断深化,我国经济和科学技术的不断发展,高职教材的改革与开发将长期与之相伴而行。在教育部和信息产业部的指导和帮助下,我们将一如既往地依靠本行业的专家,与科研、教学第一线的教研人员紧密联系,加强合作,与时俱进,不断开拓,逐步完善各类专业课教材、专业基础课教材、实训指导书、电子教案、电子课件及配套教材,为高等职业教育提供优质的教学资源和服务。

电子工业出版社高职高专教育教材事业部的全体成员殷切地希望全国高职高专院校的教师们能够踊跃投稿,提出选题建议,并对已出版的教材从多方面提出修改建议。除以上四个专业外,我们还设立了“计算机技术”、“电子商务”、“物流管理”、“会计类”、“金融类”、“环保类”等专业的编委会。我们衷心欢迎更多的志士仁人加入到各个编委会中来。

电子工业出版社的全体员工将竭诚为教育服务,为高等职业教育战线的广大师生服务。

全国高职高专教育教材建设领导小组  
电子工业出版社

## 参加“新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材”

### 编写的院校名单（排名不分先后）

- |              |                |
|--------------|----------------|
| 桂林工学院南宁分院    | 广州大学科技贸易技术学院   |
| 江西信息应用职业技术学院 | 湖北孝感职业技术学院     |
| 江西蓝天职业技术学院   | 江西工业工程职业技术学院   |
| 吉林电子信息职业技术学院 | 四川工程职业技术学院     |
| 保定职业技术学院     | 广东轻工职业技术学院     |
| 安徽职业技术学院     | 西安理工大学         |
| 杭州中策职业学校     | 辽宁大学高职学院       |
| 黄石高等专科学校     | 天津职业大学         |
| 天津职业技术师范学院   | 天津大学机械电子学院     |
| 福建工程学院       | 九江职业技术学院       |
| 湖北汽车工业学院     | 包头职业技术学院       |
| 广州铁路职业技术学院   | 北京轻工职业技术学院     |
| 台州职业技术学院     | 黄冈职业技术学院       |
| 重庆工业高等专科学校   | 郑州工业高等专科学校     |
| 济宁职业技术学院     | 泉州黎明职业大学       |
| 四川工商职业技术学院   | 浙江财经学院信息学院     |
| 吉林交通职业技术学院   | 南京理工大学高等职业技术学院 |
| 连云港职业技术学院    | 南京金陵科技学院       |
| 天津滨海职业技术学院   | 无锡职业技术学院       |
| 杭州职业技术学院     | 西安科技学院         |
| 重庆职业技术学院     | 西安电子科技大学       |
| 重庆工业职业技术学院   | 河北化工医药职业技术学院   |

石家庄信息工程职业学院  
三峡大学职业技术学院  
桂林电子工业学院高职学院  
桂林工学院  
南京化工职业技术学院  
湛江海洋大学海滨学院  
江西工业职业技术学院  
江西渝州科技职业学院  
柳州职业技术学院  
邢台职业技术学院  
漯河职业技术学院  
太原电力高等专科学校  
苏州工商职业技术学院  
金华职业技术学院  
河南职业技术师范学院  
新乡师范高等专科学校  
绵阳职业技术学院  
成都电子机械高等专科学校  
河北师范大学职业技术学院  
常州轻工职业技术学院  
常州机电职业技术学院  
无锡商业职业技术学院  
河北工业职业技术学院

天津中德职业技术学院  
安徽电子信息职业技术学院  
浙江工商职业技术学院  
河南机电高等专科学校  
深圳信息职业技术学院  
河北工业职业技术学院  
湖南信息职业技术学院  
江西交通职业技术学院  
沈阳电力高等专科学校  
温州职业技术学院  
温州大学  
广东肇庆学院  
湖南铁道职业技术学院  
宁波高等专科学校  
南京工业职业技术学院  
浙江水利水电专科学校  
成都航空职业技术学院  
吉林工业职业技术学院  
上海新侨职业技术学院  
天津渤海职业技术学院  
驻马店师范专科学校  
郑州华信职业技术学院  
浙江交通职业技术学院

## 前 言

在全球电子工业迅猛发展和电子产品市场竞争日益激烈的大环境下，我国电子产品在激烈竞争的国际市场中能否具备和保持强劲的竞争力，能否以性能卓越、技术领先的电子产品立足于国际市场，关键在于我们是否拥有先进的电子产品生产工艺和高水平的管理机制以及能否制造出高品质的电子产品。当今电子产品世界和现代企业对从事电子行业的工程技术人员提出了更高的综合素质要求。

本教材在编写过程中，以培养懂理论、会操作、能管理的综合性电子应用人才为宗旨，强调理论与实际的结合，重视生产工艺与生产管理的关联与沟通，以典型的实训为内容，形象 and 具体地反映电子产品的生产与管理过程。读者通过对本教材的学习，可了解到电子产品的质量不仅与整机电路的设计有关，而且与生产工艺、生产管理水平和紧密相联。本教材的另一个特点是实训的内容所占篇幅较大，其目的是希望读者在动手操作中掌握电子产品的生产工艺，并重视管理与产品质量的关系。在安排课时时，建议理论和实训课时采取 1:1 的比例。  
\*表示该小节为选学内容。

本书由江西信息应用职业技术学院廖芳老师担任主编，江西工业职业技术学院龚荣凡老师和湖南信息职业技术学院杨安召老师担任副主编，湖南信息职业技术学院刘世伟院长承担全书的审稿工作。其中，杨安召老师完成第 4, 6 章的编写，龚荣凡老师完成第 2, 5 章的编写，廖芳老师完成第 1, 3 章和前言的编写以及全书的统稿工作。在教材编写过程中，得到了贾洪波、何其贵等人员的关心和帮助，在此表示衷心感谢。

由于编者水平和经验有限，书中难免有错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

2003 年 5 月



## Contents

<b>第1章 常用电子元器件及其检测</b> .....	<b>(1)</b>
1.1 电阻.....	(1)
1.1.1 电阻的基本知识.....	(1)
1.1.2 电阻的主要性能参数和识别方法.....	(4)
1.1.3 电阻的检测方法.....	(8)
1.2 电容.....	(9)
1.2.1 电容的基本知识.....	(9)
1.2.2 电容的主要性能参数和识别方法.....	(11)
1.2.3 电容的检测方法.....	(12)
1.3 电感和变压器.....	(13)
1.3.1 电感和变压器的基本知识.....	(13)
1.3.2 电感的主要性能参数和识别方法.....	(15)
1.3.3 电感和变压器的检测方法.....	(16)
1.4 半导体器件.....	(16)
1.4.1 二极管.....	(17)
1.4.2 晶体管.....	(19)
1.4.3 场效应管 (FET) .....	(22)
1.5 集成电路.....	(23)
1.5.1 集成电路的分类及命名方法.....	(24)
1.5.2 集成电路的引脚识别与使用注意事项.....	(24)
1.5.3 集成电路的检测方法.....	(26)
1.6 开关件、接插件及熔断器.....	(27)
1.6.1 开关件的作用、分类及主要参数.....	(27)
1.6.2 开关件的检测.....	(28)
1.6.3 接插件及其检测.....	(28)
1.6.4 熔断器及其检测.....	(29)
1.7 电声器件.....	(30)
1.7.1 扬声器.....	(30)
1.7.2 耳机 .....	(31)
1.7.3 传声器.....	(31)
1.8 表面安装元器件.....	(32)





实训 1 电阻、电容、电感和变压器的识别与检测 .....	(32)
实训 2 半导体器件的检测 .....	(35)
实训 3 开关件、接插件、熔断器及电声器件的检测 .....	(37)
本章小结 .....	(38)
习题 .....	(39)
<b>第 2 章 电子产品装配中的常用工具和基本材料 .....</b>	<b>(41)</b>
2.1 常用工具 .....	(41)
2.1.1 常用的五金工具 .....	(41)
2.1.2 焊接工具 .....	(50)
2.1.3 常用的专用设备 .....	(55)
2.2 基本材料 .....	(64)
2.2.1 电子产品中的绝缘材料 .....	(64)
2.2.2 常用线料 .....	(66)
2.2.3 其他常用材料 .....	(73)
2.2.4 材料的加工 .....	(75)
实训 4 电线电缆的端头处理与加工 .....	(86)
实训 5 线把的扎制 .....	(89)
本章小结 .....	(92)
习题 .....	(93)
<b>第 3 章 焊接工艺 .....</b>	<b>(94)</b>
3.1 焊接的基本知识 .....	(94)
3.1.1 焊接的种类 .....	(94)
3.1.2 焊料、焊剂和焊接的辅助材料 .....	(94)
3.1.3 锡焊的基本过程 .....	(96)
3.1.4 锡焊的基本条件 .....	(97)
3.2 手工焊接的工艺要求及质量分析 .....	(98)
3.2.1 手工焊接技术 .....	(98)
3.2.2 手工焊接的工艺要求 .....	(100)
3.2.3 焊点的质量分析 .....	(101)
3.2.4 拆焊 .....	(103)
3.3 自动焊接技术 .....	(104)
3.3.1 浸焊 .....	(104)
3.3.2 波峰焊接技术 .....	(105)
3.3.3 再流焊技术 .....	(106)
3.3.4 表面安装技术 (SMT) 介绍 .....	(107)
3.4 接触焊接 .....	(109)
3.4.1 压接 .....	(109)
3.4.2 绕接 .....	(110)



3.4.3 穿刺 .....	(111)
3.4.4 螺纹连接 .....	(111)
实训 6 手工焊接(锡焊) .....	(113)
实训 7 拆焊(锡焊) .....	(115)
实训 8 螺纹连接 .....	(116)
本章小结 .....	(117)
习题 .....	(118)
<b>第 4 章 电子产品的装配工艺 .....</b>	<b>(119)</b>
4.1 电子产品的装配工艺流程 .....	(119)
4.1.1 装配工艺流程 .....	(119)
4.1.2 产品加工生产流水线 .....	(119)
4.2 装配工艺 .....	(121)
4.2.1 识图 .....	(121)
4.2.2 元器件的布局与排列 .....	(126)
4.2.3 印制电路板的设计与制作 .....	(129)
4.2.4 印制电路板的组装 .....	(140)
4.3 电子产品的总装 .....	(143)
4.3.1 总装的顺序和基本要求 .....	(143)
4.3.2 总装的工艺过程 .....	(144)
4.3.3 总装的质量检查 .....	(145)
实训 9 电原理图与印制电路板图的识读 .....	(146)
实训 10 印制电路板的设计与制作 .....	(147)
本章小结 .....	(149)
习题 .....	(149)
<b>第 5 章 调试工艺 .....</b>	<b>(150)</b>
5.1 调试的目的与调试要点 .....	(150)
5.1.1 调试的目的与过程 .....	(150)
5.1.2 调试的安全措施 .....	(151)
5.1.3 调试工艺文件及调试方案 .....	(153)
5.2 静态的测试与调整 .....	(155)
5.2.1 直流电流的测试 .....	(155)
5.2.2 直流电压的测试 .....	(156)
5.2.3 电路的调整方法 .....	(156)
5.3 动态的测试与调整 .....	(157)
5.3.1 波形的测试与调整 .....	(157)
5.3.2 频率特性的测试与调整 .....	(159)
5.4 整机调试 .....	(161)
5.4.1 整机调试的工艺流程 .....	(161)



5.4.2 整机调试过程中的故障查找及处理	(174)
5.5 整机检验	(186)
5.5.1 外观检验	(187)
5.5.2 性能检验	(187)
5.6 整机产品的防护	(188)
5.6.1 防护的意义与技术要求	(188)
5.6.2 防护工艺	(189)
实训 11 直流稳压电源的安装与调试	(191)
实训 12 万用表的安装与调试	(195)
实训 13 超外差收音机的安装与调试	(207)
本章小结	(213)
习题	(214)
<b>第 6 章 电子产品生产管理</b>	<b>(216)</b>
6.1 电子产品生产的组织形式	(216)
6.1.1 电子产品的特点	(216)
6.1.2 电子产品生产的基本要求	(217)
6.1.3 电子产品生产的组织形式	(218)
6.2 电子产品生产管理	(219)
6.2.1 电子产品生产中的标准化	(219)
6.2.2 新产品的试制	(221)
6.2.3 技术文件	(223)
6.3 电子产品的 ISO 9000 质量管理和质量标准	(224)
6.3.1 生产工艺的制定	(224)
6.3.2 ISO 9000 质量标准的组成及意义	(225)
6.3.3 ISO 9000 与工艺管理	(226)
6.4 设计文件	(227)
6.4.1 设计文件的分类	(227)
6.4.2 设计文件的格式	(228)
6.5 工艺文件	(231)
6.5.1 工艺文件的分类	(231)
6.5.2 工艺文件的成册要求	(232)
6.5.3 工艺文件的编号及简号	(233)
本章小结	(234)
习题	(235)
第 1 章 习题参考答案	(236)
第 2 章 习题参考答案	(237)
第 3 章 习题参考答案	(241)
第 4 章 习题参考答案	(242)
第 5 章 习题参考答案	(243)



---

第 6 章 习题参考答案 ..... (246)

参考文献 ..... (248)

# 第1章 常用电子元器件及其检测



## 内容提要

本章介绍常用电子元器件的性能、特点、主要参数、标志方法，学习常用电子元器件的基本检测方法。

电子元器件是电子产品的基本组成单元，电子产品的发展水平主要取决于电子元器件的发展和换代。因而，学习电子元器件的主要性能、特点，正确识别、选用、检测电子元器件，是提高电子产品质量的基本要素。

电子产品中常用的电子元器件包括：电阻、电容、电感、变压器、半导体分立元件、集成电路、开关件、接插件、熔断器以及电声器件等。

电子元器件可分为有源元器件和无源元器件两大类。有源元器件的特点是：必须有电源才能支持其工作，且输出取决于输入信号的变化，如晶体管、场效应管、集成电路等均为有源元器件。无源元器件的特点是：无论电源、信号如何变化，它们都有各自独立、不变的性能特性，如电阻、电容、电感、开关件、接插件、熔断器等均属于无源元器件。通常，把有源元器件称为器件，无源元器件称为元件。

## 1.1 电阻

### 1.1.1 电阻的基本知识

#### 1. 电阻的定义

当电流流过导体时，导体对电流的阻力作用称为电阻。在电路中，起电阻作用的元件称为电阻，它由电阻的主体及其引线构成，用字母“R”表示，其基本单位是欧姆“ $\Omega$ ”，常用单位有“ $k\Omega$ ”，“ $M\Omega$ ”等。常用电阻的外形结构及电路符号如图 1.1 所示。

#### 2. 电阻的作用

电阻是耗能元件，它吸收电能并把电能转换成其他形式的能量。在电路中，电阻主要有分压、分流、负载（能量转换）等作用。

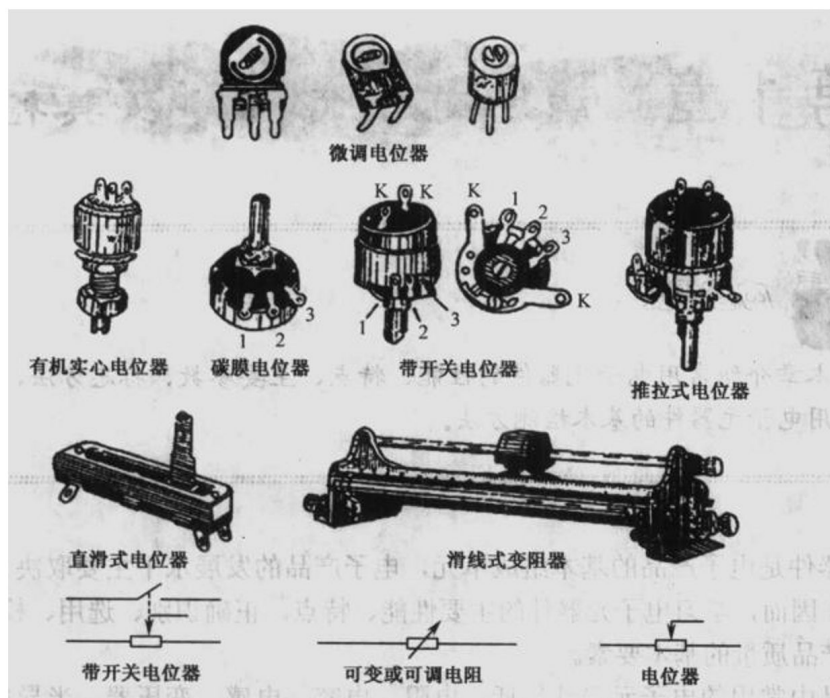


图 1.1 常用电阻的外形结构及电路符号

### 3. 电阻的分类

按电阻的制作材料来分，可分为：金属膜电阻、碳膜电阻、合成膜电阻等。

按电阻的数值能否变化来分，可分为：固定电阻、可变电阻（电阻值变化范围小）、电位器（电阻值变化范围大）等。

按电阻的用途来分，可分为：高频电阻、高温电阻、光敏电阻、热敏电阻等。

常用电阻的性能、特点如表 1.1 所示。

表 1.1 常用电阻的性能、特点

电阻名称	电阻的性能、特点
碳膜电阻	稳定性高，噪声小，应用广泛。阻值范围： $1\Omega \sim 10M\Omega$
金属膜电阻	体积小，稳定性高，噪声小，温度系数小，耐高温，精度高，但脉冲负载稳定性差。 阻值范围： $1\Omega \sim 620M\Omega$
线绕电阻	稳定性高，噪声小，温度系数小，耐高温，精度很高，功率大（可达 $500W$ ），但高频性能差，体积大，成本高。阻值范围： $0.1\Omega \sim 5M\Omega$
金属氧化膜电阻	除具有金属膜电阻的特点外，它比金属膜电阻的抗氧化性和热稳定性高，功率大（可达 $50kW$ ），但阻值范围小，主要用来补充金属膜电阻的低阻部分。阻值范围： $1\Omega \sim 200k\Omega$
合成实心电阻	机械强度高，过负载能力较强，可靠性较高，体积小，但噪声较大，分布参数（ $L, C$ ）大，对电压和温度的稳定性差。阻值范围： $4.7\Omega \sim 22M\Omega$

续表

电阻名称	电阻的性能、特点
合成碳膜电阻	电阻阻值变化范围宽, 价廉, 但噪声大, 频率特性差, 电压稳定性低, 抗湿性差, 主要用来制造高压、高阻电阻。阻值范围: $10 \sim 10^6 \text{M}\Omega$
线绕电位器	稳定性高, 噪声低, 温度系数小, 耐高温, 精度很高, 功率较大 (达 $25\text{W}$ ), 但高频性能差, 阻值范围小, 耐磨性差, 分辨力低, 适用于高温大功率电路及精密调节的场合。阻值范围: $4.7\Omega \sim 100\text{k}\Omega$
合成碳膜电位器	稳定性高, 噪声低, 分辨力高, 阻值范围宽, 寿命长, 体积小, 但抗湿性差, 滑动噪声大, 功率小, 该电位器为通用电位器, 广泛用于一般电路中。阻值范围: $100\Omega \sim 4.7\text{M}\Omega$

#### 4. 电阻的命名方法

根据国标 GB2470—81, 电阻型号的命名由 4 个部分组成, 如图 1.2 所示。

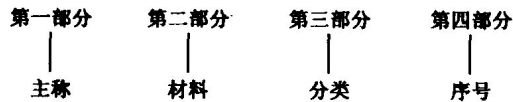


图 1.2 电阻型号的命名方法

其中: 第一部分——用字母表示产品的主称;

第二部分——用字母表示制作产品的材料;

第三部分——用数字或字母表示产品的分类 (产品的用途、特点等);

第四部分——用数字表示产品的生产序号。

电阻的主称、材料、分类符号及其意义如表 1.2, 表 1.3 所示。

表 1.2 电阻的主称、材料和分类符号的意义

第一部分		第二部分		第三部分		
主称		材料		分类 (用途、特点)		
符号	意义	符号	意义	符号	意义	
					电阻	电位器
R	电阻	T	碳膜	1	普通	普通
W	电位器	H	合成膜	2	普通	普通
M	敏感电阻	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
		X	线绕	9	特殊	特殊



续表

第一部分		第二部分		第三部分		
主称		材料		分类(用途、特点)		
符号	意义	符号	意义	符号	意义	
					电阻	电位器
				G	高功率	—
				T	可调	—
				X	—	小型
				W	—	微调
				D	—	多圈

表 1.3 敏感电阻型号命名方法中材料、分类的含义

材 料		分 类				
符号	意 义	符号	意 义			
			负温度系数	正温度系数	光敏电阻	压敏电阻
F	负温度系数热敏材料	1	普通	普通		碳化硅
Z	正温度系数热敏材料	2	稳压	稳压		氧化锌
G	光敏材料	3	微波			氧化锌
Y	压敏材料	4	旁热		可见光	
S	湿敏材料	5	测温	测温	可见光	
C	磁敏材料	6	微波		可见光	
L	力敏材料	7	测量			
Q	气敏材料					

例 1.1 RJ21 为普通金属膜固定电阻；WX52 为高温线绕电位器。

### 1.1.2 电阻的主要性能参数和识别方法

#### 1. 电阻的主要性能参数

(1) 标称阻值与允许偏差。电阻的标称阻值是指电阻上所标注的阻值，是电阻生产的规定值。电阻的阻值通常是按照国家标准 GB2471—81《电阻标称阻值系列》中的规定进行生产的。表 1.4 所示为通用电阻的标称阻值系列。

电阻的标称阻值为表 1.4 所列数值的  $10^n$  倍。以  $E_{12}$  系列中的标称值 1.5 为例，它所对应的电阻的标称阻值可为：1.5Ω，15Ω，150Ω，1.5kΩ，15kΩ，150kΩ 或 1.5MΩ 等，其他系列依次类推。



表 1.4 通用电阻的标称阻值系列

标称系列名称	偏差	电阻的标称阻值
E <sub>24</sub>	I级±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
E <sub>12</sub>	II级±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
E <sub>6</sub>	III级±20%	1.0, 1.5, 2.2, 3.3, 4.7, 6.8

在电路图上,为了简便起见,凡是阻值在1000Ω以下的电阻,可不标“Ω”的符号;凡是阻值在1kΩ以上、1MΩ以下的电阻,其阻值后只需加“k”的符号;1MΩ以上的电阻,其阻值后只需加“M”的符号。例如:150Ω的电阻可简写为150;3600Ω的电阻可简写为3.6k;2200000Ω的电阻可简写为2.2M。

在电阻器的生产过程中,由于所用材料、设备和工艺等诸方面的原因,厂家生产出的电阻与标称阻值存在一定的偏差,因而把标称阻值与实际阻值之间允许的最大偏差范围叫做电阻的允许偏差,又称电阻的允许误差。

$$\text{电阻的允许偏差} = \frac{\text{标称阻值} - \text{实际阻值}}{\text{标称阻值}} \times 100\%$$

通用电阻的阻值偏差分为三级: I级精度即允许±5%的偏差, II级精度即允许±10%的偏差, III级精度即允许±20%的偏差,如表1.4所示。

用字母符号表示偏差时各符号的含义如表1.5所示。

表 1.5 允许偏差的文字符号表示

标志符号	对 称 偏 差											不 对 称 偏 差		
	H	U	W	B	C	D	F	G	J	K	M	R	S	Z
允许偏差 %	±0.01	±0.02	±0.05	±0.1	±0.2	±0.5	±1	±2	±5	±10	±20	+100 -10	+50 -20	+80 -20

(2) 额定功率。电阻的额定功率是指:在产品标准规定的大气压和额定温度下,电阻所允许承受的最大功率,因此又称为电阻的标称功率,其单位为瓦(W)。

对于同一类型的电阻来说,体积越大,其额定功率越大。实际使用过程中,若电阻的实际功率超过额定功率,会造成电阻过热而烧坏。

常用的电阻标称功率有:1/16W, 1/8W, 1/4W, 1/2W, 1W, 2W, 3W, 5W, 10W, 20W等。

(3) 温度系数。温度每变化1℃时,引起电阻的相对变化量称为电阻的温度系数,用α表示。