



中等职业学校电类专业基础课系列教材  
根据教育部最新教学指导方案编写

# 电子技术工艺基础

DIANZI JISHU GONGYI JICHU

主 编 刘洪涛



电子科技大学出版社

中等职业学校电类专业基础课系列教材

# 电子技术工艺基础

主 编 刘洪涛

电子科技大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电子技术工艺基础/刘洪涛主编. —成都: 电子科技大学出版社, 2007. 6

ISBN 978-7-81114-547-2

中等职业学校电类专业基础课系列教材

I. 电… II. 刘… III. 电子技术—专业学校—教材  
IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 083014 号

## 内 容 提 要

本书是为了适应中等职业教育的培养目标和教育特点, 遵循“以必需、够用为度”和“强化应用、培养技能”的原则, 突出中职教育特色而编写的。

本书共分 9 章, 内容包括: 基本元器件和基本仪器、电路图的识读及印刷电路板的翻绘、常用装配工具与基本器件装接、焊接与焊接技术、印刷电路板、常用仪器仪表及使用、电子装配工艺基础、电子线路的检测、生产线管理。

本书适用于机械、机电类等应用技术类专业的学生使用, 也可作为相关行业人员的培训用书。

## 电子技术工艺基础

主 编 刘洪涛

---

出 版: 电子科技大学出版社 (成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)

策划编辑: 陈建军

责任编辑: 张 鹏

发 行: 新华书店经销

印 刷: 四川墨池印务有限公司

成品尺寸: 185mm×260mm 印张 15.75 字数 390 千字

版 次: 2007 年 6 月第一版

印 次: 2007 年 6 月第一次印刷

书 号: ISBN 978-7-81114-547-2

定 价: 22.00 元

---

■ 版权所有 侵权必究 ■

◆ 邮购本书请与本社发行部联系。电话: (028) 83202323, 83256027

◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

◆ 课件下载在我社主页 [www.uestcp.com.cn](http://www.uestcp.com.cn) “下载专区” 电子邮箱: [uestcp@uestcp.com.cn](mailto:uestcp@uestcp.com.cn)

# 前 言

电子专业是中等职业技术教育的一个重要的专业,目前我国电子专业中职教育是以电子企业培养生产性技术人才为主要方向。因此,编写一本适合于这一需要的基本技能教材,是我们教学的需要,也是我们的一个愿望。

本教材的内容,是根据我们多年对电子生产企业的考察结果而确定的,目的是要使本教材能更接近实践应用。本教材分为九章,其主要内容为:

第一章为常用元器件,是本教材的一个重点内容。主要是对常用元器件的性能和一般识别方法进行介绍,目的是使学生能首先认识和了解元器件,而对元器件的检查,特别是使用万用表进行检测的内容则放到了第六章,这样安排的目的一方面是使仪器的使用更加结合实践,另一方面是使教学在中后期能再一次让学生接触元器件,以加深对元器件的认识和记忆。

第二章主要内容为电路图的识读,不仅要求学生掌握基本的符号识读,还要求学生掌握简单的原理图识读。

第三章和第四章为基本的手工技能,主要包括基本钳工技能和基本焊接技能,这两章的教学应大量结合实训进行,以提高教学效果。

第五章是关于印刷电路板的设计与制作工艺,这一章的教学应结合第二章和实训二进行,使学生通过电路板的识别与翻绘理解印刷电路板的基本结构与特点,由此理解电路板的制造工艺。

第六章是关于仪器仪表的使用,其中关于万用表的使用是本教材的一个重点。在这一章中使用了大量的篇幅介绍各种器件的万用表检测法,使学生在加强仪表使用训练的同时加深对元器件的认识,以及掌握元器件检测的方法。本章教学中最好让学生一边学一边训练,以达到技能教学的目的。

第七章和第八章是关于产品的装配和检测的,属于制造的后道工艺内容。这两章教学完成后,可进行“万用表的安装”实训,实训过程要求学生逐一完成每一步,以达到了解整个电子产品生产过程的目的。

第九章是关于生产线现场管理的介绍,重点介绍国内外流行的5S现场管理。这一章的教学要求结合实际,若有条件到真实企业中进行参观效果更佳。

教材的课时设计为68节课内教学(周课时4节)和32节课外实训,其大致分配如下表所示,各校可根据具体情况加以调整:

| 章 节 | 建议课时 |     | 章 节 | 建议课时 |     |
|-----|------|-----|-----|------|-----|
|     | 课 内  | 课 外 |     | 课 内  | 课 外 |
| 1   | 10   |     | 9   | 4    |     |
| 2   | 6    |     | 实训一 | 2    | 4   |
| 3   | 4    | 8   | 实训二 | 1    | 2   |
| 4   | 6    | 8   | 实训三 | 3    | 2   |
| 5   | 4    |     | 实训四 | 1    | 2   |
| 6   | 12   |     | 实训五 | 3    | 6   |
| 7   | 6    |     |     |      |     |
| 8   | 6    |     |     |      |     |

在上表中,课外课时可采用布置课外实训作业的方式,要求学生在一定时间内完成。有

条件的学校，还可进一步增加学生课外实训的时间，以加强技能的训练。

本教材是由成都职业技术学院电子系刘洪涛副教授担任主编，杨清学副教授、周江高级工程师、谢力高级工程师、侯飞讲师、曾鸿英讲师等参加了编写工作。成都财贸学校计算机专业的廖茂萍老师完成了教材中大部分插图的绘制，初稿完成后，四川师范大学电子工程学院的吴均教授对全书作了细致的审阅，提出了不少宝贵意见，特在此表示感谢。

为了方便教师教学，我们免费为使用本套教材的师生提供电子教学参考资料包：

- ◆ PowerPoint 多媒体课件
- ◆ 习题参考答案
- ◆ 教材中的程序源代码
- ◆ 教材中涉及的实例制作的各类素材

有需要的教师可以登录教学支持网站免费下载。在教材使用中有什么意见或建议也可以直接和我们联系，电子邮件地址：[scqcwh@163.com](mailto:scqcwh@163.com)。

由于编者水平有限，不妥和错误之处在所难免，恳请读者及同行老师批评指正。

编 者

# 目 录

|                     |    |
|---------------------|----|
| 第 1 章 电子元器件         | 1  |
| 1.1 从工艺角度认识电子元器件的参数 | 1  |
| 1.2 电阻器             | 2  |
| 1.2.1 认识电阻器         | 2  |
| 1.2.2 电阻器的识别        | 5  |
| 1.2.3 固定电阻器的选用原则    | 9  |
| 1.2.4 固定电阻器使用时的注意事项 | 10 |
| 1.2.5 固定电阻器的修复与代换   | 11 |
| 1.2.6 其他电阻器         | 11 |
| 1.3 电位器             | 14 |
| 1.3.1 认识电位器         | 14 |
| 1.3.2 电位器的识别        | 16 |
| 1.3.3 电位器的选用        | 17 |
| 1.3.4 电位器的使用要点      | 17 |
| 1.3.5 电位器的修理        | 18 |
| 1.4 电容器             | 19 |
| 1.4.1 认识电容器         | 19 |
| 1.4.2 电容器的识别        | 22 |
| 1.5 可变电容器           | 24 |
| 1.5.1 认识可变电容器       | 24 |
| 1.5.2 可变电容器的修理      | 25 |
| 1.6 电感器             | 25 |
| 1.6.1 认识电感器         | 25 |
| 1.6.2 电感器的识别        | 28 |
| 1.7 变压器             | 29 |
| 1.7.1 认识变压器         | 29 |
| 1.7.2 变压器的主要参数      | 30 |
| 1.8 晶体二极管           | 30 |
| 1.8.1 认识晶体二极管       | 30 |
| 1.8.2 晶体二极管的识别      | 32 |

|        |                 |    |
|--------|-----------------|----|
| 1.8.3  | 稳压二极管           | 34 |
| 1.9    | 晶体三极管           | 35 |
| 1.9.1  | 认识晶体三极管         | 35 |
| 1.9.2  | 晶体三极管的识别        | 36 |
| 1.10   | 场效应管            | 40 |
| 1.10.1 | 认识场效应管          | 40 |
| 1.10.2 | 场效应管的识别         | 42 |
| 1.11   | 可控硅             | 43 |
| 1.11.1 | 单向可控硅           | 43 |
| 1.11.2 | 双向可控硅           | 44 |
| 1.12   | 集成电路            | 45 |
| 1.12.1 | 认识集成电路          | 45 |
| 1.12.2 | 集成电路的识别         | 46 |
| 1.13   | 电声器件            | 48 |
| 1.13.1 | 认识扬声器           | 48 |
| 1.13.2 | 扬声器的识别与应用       | 49 |
| 1.13.3 | 认识耳机            | 51 |
| 1.13.4 | 耳机的识别与应用        | 52 |
| 1.13.5 | 认识话筒            | 52 |
| 1.14   | 开关器件和接插器件       | 54 |
| 1.14.1 | 开关              | 54 |
| 1.14.2 | 继电器             | 55 |
| 1.15   | 光电器件            | 57 |
| 1.15.1 | 认识发光二极管         | 57 |
| 1.15.2 | 认识光敏电阻          | 58 |
| 1.16   | 显示器件            | 60 |
| 1.17   | 表面安装元器件         | 62 |
| 第2章    | 电路图的识读及印刷电路板的翻绘 | 64 |
| 2.1    | 电路图的种类          | 64 |
| 2.1.1  | 电路方框图           | 64 |
| 2.1.2  | 电路原理图           | 65 |
| 2.1.3  | 印制电路图           | 65 |
| 2.2    | 基本电路符号          | 66 |
| 2.2.1  | 常用电路网络符号        | 66 |
| 2.2.2  | 集成电路的电路符号       | 70 |

---

|       |                   |     |
|-------|-------------------|-----|
| 2.3   | 电路原理图的识读          | 74  |
| 2.3.1 | 分析电路的基本组成         | 74  |
| 2.3.2 | 分析基本功能单元电路及清理信号流程 | 75  |
| 2.3.3 | 电源和地              | 77  |
| 2.4   | 印刷电路板的识读及翻绘       | 77  |
| 2.4.1 | 印刷电路板识读前的准备       | 78  |
| 2.4.2 | 印刷电路板的翻绘          | 78  |
| 第3章   | 常用装配工具与基本器件装接     | 80  |
| 3.1   | 常用装配工具            | 80  |
| 3.1.1 | 基本工具              | 80  |
| 3.1.2 | 钻孔工具              | 85  |
| 3.1.3 | 锯割锉削工具            | 87  |
| 3.1.4 | 攻丝和套丝工具           | 88  |
| 3.2   | 钳工基本技能            | 90  |
| 3.2.1 | 常用量具及其使用          | 90  |
| 3.2.2 | 锯削                | 93  |
| 3.2.3 | 锉削                | 94  |
| 3.2.4 | 钻孔                | 96  |
| 3.2.5 | 攻丝和套丝             | 98  |
| 第4章   | 焊接与焊接技术           | 101 |
| 4.1   | 焊接及拆焊工具           | 101 |
| 4.2   | 焊接材料              | 106 |
| 4.3   | 静电防护方法及用具         | 108 |
| 4.4   | 手工焊接工艺            | 109 |
| 4.5   | 焊接质量检查与缺陷排除       | 114 |
| 4.6   | 元件的拆卸方法           | 117 |
| 4.7   | SMT 元件的焊接         | 120 |
| 4.8   | SMT 元件的拆焊         | 122 |
| 第5章   | 印刷电路板             | 123 |
| 5.1   | 印刷电路板概述           | 123 |
| 5.2   | 印刷电路板的设计基础        | 124 |
| 5.3   | 印刷电路板的手工制作        | 126 |
| 第6章   | 常用仪器仪表及使用         | 129 |
| 6.1   | 指针式万用表概述          | 129 |
| 6.2   | 指针式万用表的使用         | 133 |

|        |               |     |
|--------|---------------|-----|
| 6.3    | 常用元件的万用表测试    | 140 |
| 6.3.1  | 电阻器的测量与判断     | 140 |
| 6.3.2  | 电位器的测量方法      | 141 |
| 6.3.3  | 热敏电阻器的测量方法    | 142 |
| 6.3.4  | 光敏电阻器的检测      | 143 |
| 6.3.5  | 电容器的测量与判断     | 144 |
| 6.3.6  | 电解电容器的检测      | 146 |
| 6.3.7  | 可变电容器的检测      | 148 |
| 6.3.8  | 电感器的测量与判断     | 149 |
| 6.3.9  | 变压器的判断和测量     | 150 |
| 6.3.10 | 晶体二极管的测量与判断   | 151 |
| 6.3.11 | 晶体三极管的测量与判断   | 153 |
| 6.3.12 | 晶体场效应管的测量与判断  | 157 |
| 6.3.13 | 可控硅的测量与判断     | 161 |
| 6.3.14 | 常用电声器件的测量与判断  | 163 |
| 6.4    | 数字万用表的使用      | 166 |
| 6.5    | 万用电桥的使用       | 167 |
| 6.6    | 晶体管毫伏表        | 169 |
| 6.7    | 信号发生器         | 172 |
| 6.8    | 电子计数器(频率计)    | 175 |
| 6.9    | 示波器           | 179 |
| 6.9.1  | 示波器概述         | 179 |
| 6.9.2  | 示波器的主要技术指标    | 180 |
| 6.9.3  | 示波器选择的一般原则    | 180 |
| 6.9.4  | 示波器的使用方法与注意事项 | 181 |
| 6.9.5  | 示波器的基本测量方法    | 183 |
| 第7章    | 电子装配工艺基础      | 186 |
| 7.1    | 电子产品工艺文件      | 186 |
| 7.2    | 前期装配工艺        | 188 |
| 7.3    | 连接工艺          | 198 |
| 7.4    | 表面安装技术(SMT)   | 203 |
| 7.5    | 现代焊接技术简介      | 207 |
| 第8章    | 电子线路的检测       | 214 |
| 8.1    | 常用检测方法        | 214 |
| 8.2    | 分析检测法         | 218 |

---

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 第9章 生产线管理           | 221 |
| 9.1 5S 管理概述         | 221 |
| 9.2 5S 之间的关系        | 222 |
| 9.3 5S 活动推进层次       | 222 |
| 9.4 5S 执行技巧         | 223 |
| 9.4.1 整理 (SEIRI)    | 223 |
| 9.4.2 整顿 (SEITON)   | 225 |
| 9.4.3 清扫 (SEISO)    | 226 |
| 9.4.4 清洁 (SEIKETSU) | 228 |
| 9.4.5 修养 (SHITSUDE) | 229 |
| 实训                  | 232 |

# 第 1 章 电子元器件

## 【学习目标】

1. 了解从工艺角度需要了解的元器件参数。
2. 熟练掌握直接识别常用元器件的方法和技巧。
3. 能认识常用元器件的电路符号及其画法。
4. 掌握常用元器件的选用方法和替换方法。
5. 掌握部分常用器件的简单维修方法。

电子元器件是电子电路中的基本功能单元，有着举足轻重的地位。熟练掌握电子元器件的基本知识和基本技能，是学习电子电路的基础。学习电子元器件时，应从三个方面入手：首先要理解元器件的基本功能，然后要掌握元器件的识别方法，最后要掌握如何测量元器件。

## 1.1 从工艺角度认识电子元器件的参数

从工艺角度来看元器件的参数更注意元器件的安装性能，如焊接性能、机械性能等，而从应用角度一般只看它的电气参数。

电子元器件的主要参数包括电气性能、使用环境、机械结构和焊接性能、产品寿命等。技术标准对电子元器件的参数做了详细的规定，包括电子元器件的使用环境、名词术语、试验方法、参数分类及等级、应检查测试的项目和产品的外形结构尺寸等。电子元器件的技术标准有国家标准、行业标准和企业标准三级。企业标准一般比国家标准、行业标准要严格。目前，我国的技术标准正在和国际标准接轨，越来越多的国际标准和大型国际电子企业技术标准直接影响了我国电子元器件标准。

### 1. 电子元器件的电气性能参数

电气性能参数用于描述电子元器件在电路中的电气性能，主要包括电气安全性能参数、环境性能参数和电气功能参数。

电气安全性能参数反映元器件在人身、财产安全方面的性能，通常，技术标准对这类参数都规定了严格的要求。主要技术参数有耐压、绝缘电阻、阻燃等级等。环境性能参数反映了环境变化对元器件性能的影响。主要技术参数有温度系数、电压系数、频率特性等。电气功能参数通常表示该元器件的电气功能。不同的元器件，使用的主要的功能参数是不一样的，例如，电阻、电容、电感和三极管的主要功能参数分别是电阻值、电容量、电感量和电流放大倍数。为了准确地描述一个元器件，可以使用多个功能参数，例如三极管的功能参数有电流放大倍数、开启电压、开关时间等。

## 2. 电子元器件的使用环境参数

任何电子元器件都有一定的使用条件，环境参数规定了元器件的使用条件，主要包括气候环境参数和电源环境参数。

气候环境主要是指元器件的工作温度、湿度和储存温度、湿度等。一般而言，通常规定最高温度、湿度和最低温度、湿度。

电源环境是指电子元器件工作的电源电压、电源频率和空间电磁环境等。电子元器件在不同的电源环境下，其电气性能是不同的。如空间无线电波对元器件的影响，雷电对元器件的影响等。主要参数有额定工作电压、最大工作电压、额定功率、最大功率等。

## 3. 电子元器件的机械结构参数

任何电子元器件都具有一定的形状和体积，在电子产品组装时，必须在结构和空间上合理安装元器件。机械结构参数主要包括外形尺寸、脚尺寸、机械强度等。

在实际生产过程中，设备的振动和冲击是无法避免的。如果选用的元器件的机械强度不高，就会在振动时发生断裂，造成损坏，使电子设备失效。所以，在设计制作电子产品时，应该尽量选用机械强度高的元器件，并从整机结构方面采取抗振动、耐冲击的措施。

## 4. 电子元器件的焊接性能

因为大部分电子元器件都是靠焊接实现电路连接的，所以元器件的焊接性能也是它们的主要参数之一。

电子元器件的焊接性能一般包括两个方面：一是引脚的可焊性，二是元器件的耐焊接性。可焊性是指焊接时引脚上锡的难易程度。为了提高焊接质量，减少焊接质量问题，应该尽量选用那些可焊性良好的元器件。

焊接时，温度非常高，一般达到 230℃ 以上，无铅焊接更是到了 260℃ 以上，元器件能否在短时间（5~10s）内耐住焊接时的高温，是衡量元器件焊接性能的重要性能指标之一。

## 5. 电子元器件的寿命

随着时间的推移或工作环境的变化，元器件的性能参数发生改变，当它们的参数变化到一定程度时，尽管外加的工作条件没有改变，也会导致元器件不能正常工作或失效。元器件能够正常工作的时间就是元器件的使用寿命。显然，寿命是衡量元器件性能稳定可靠的重要指标。

电子元器件的电气性能参数指标与其性能稳定可靠是两个不同的概念。性能参数良好的元器件，其可靠性不一定高；相反，规格参数差一些的元器件，其可靠性也不一定低。电子元器件的大部分性能参数都可以通过仪器仪表立即测量出来，但是它们的可靠性或稳定性必须经过各种复杂的可靠性试验，或者在经过大量的、长期的使用之后才能判断出来。

# 1.2 电 阻 器

## 1.2.1 认识电阻器

### 1. 什么是电阻器

电阻器是具有电阻特性的电子元件，一般也称为电阻，是电子线路中应用最为广泛的元

件之一。电阻器两端的电压和流过它的电流符合欧姆定律。在电子线路中，电阻器有很多作用：可作为电流与电压相互转换的器件、限流器件、降压器件、发热器件和滤波器件等。

## 2. 电阻器的外形和电路符号

常用的固定电阻器的阻值是固定的，它有两个引脚，它的常见形状如图 1-1 所示。

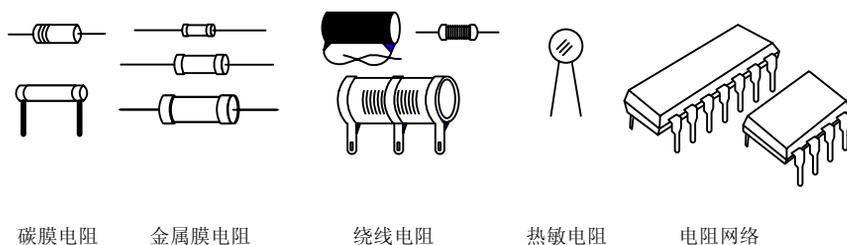


图 1-1 常见的电阻外形

电阻器的电路符号如图 1-2 所示。

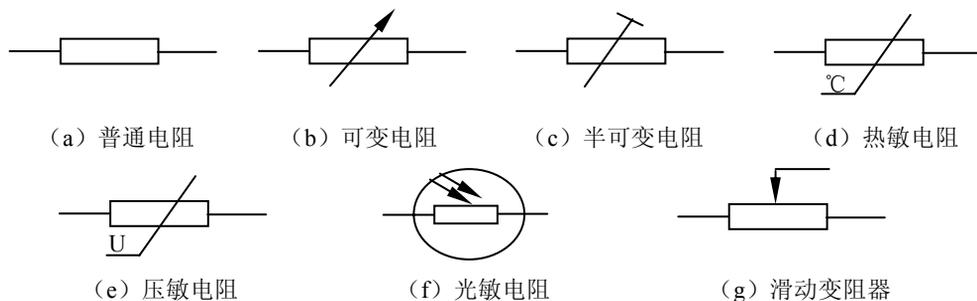


图 1-2 常见电阻器的电路符号

在电阻符号中，可以加不同的线条来表示它可以承受的功率，如图 1-3 所示。

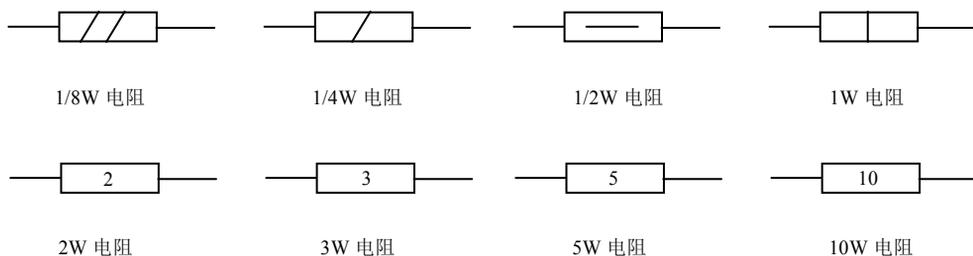


图 1-3 电阻符号中电阻功率的表示

## 3. 电阻器的分类

电阻器的种类很多，按制造材料可分为碳膜、金属膜、合成膜和线绕等电阻器；按用途可分为通用电阻、保险电阻、可变电阻器和各种敏感电阻器等；按电阻器的精度可分为常规电阻、精密型电阻和高精度电阻器等；按焊接封装工艺可分为直插式电阻、片状电阻和排阻等等。

按材料的分类是电阻器的一种重要的分类方式，不同材料制成的电阻往往具有不同的性能。

### (1) 碳膜电阻

碳膜电阻是在一根圆柱形的瓷棒芯上沉积一层碳膜，如图 1-4 所示。

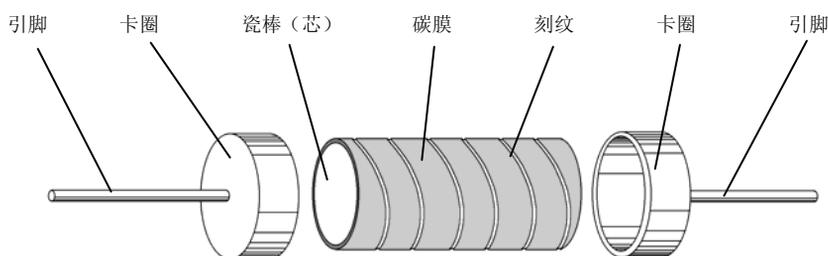


图 1-4 碳膜电阻的结构（最外还有一层保护漆）

碳膜电阻的优点是价格低、高频特性也比较好。缺点是精度不高，一般是 5%~20%，功率不很高，一般为 1/16W~1/2W，以 1/8W 和 1/4W 居多，同时稳定性也不是很高，因此一般用在收音机、电视机等要求不太高的地方。

### (2) 金属膜电阻

与碳膜电阻相似，金属膜电阻是在瓷棒芯上用真空镀膜的方式镀上一层合金，然后通过刻上间距不同的螺纹来产生不同阻值的电阻，它的结构和外形都与碳膜电阻相似。

金属膜电阻价格比碳膜电阻略贵，但它的精度比碳膜电阻高，稳定性也比碳膜电阻好，以前常被用于更高挡的设备中，现在由于生产工艺的改进，金属膜电阻的价格已降低，因此被应用于更多的常用电子设备中。

### (3) 合成膜电阻

合成型电阻器包括合成漆膜电阻器、合成碳质实芯电阻器和金属玻璃釉电阻器等。这类电阻体积比较大，性能也不是很好，现在很少使用。

### (4) 线绕电阻

线绕电阻是用康铜或锰铜丝绕在绝缘骨架（通常为瓷芯）上制成，一些功率特别大的线绕电阻还由镍铬合金丝（电炉丝的材料）制成。它具有功率大、耐高温、噪音小、精度高等优点，但分布电感大、高频特性差，适用于在低频、高温、大功率等场合使用。

## 4. 电阻器的主要技术参数

### (1) 标称阻值及允许误差

标称阻值（如果特指电阻，可简称标称值）是指电阻器表面所标示的阻值。

标称阻值与电阻的真实阻值之间是有误差的，这一方面是由生产的原因造成；另一方面，电阻的阻值是会随时间和环境发生变化的，使用时，一般也允许一定误差的存在。标称阻值与实际阻值之间的误差一般用百分比来表示，例如，一只电阻的标称阻为 100Ω，误差为 5%，则这只电阻的实际值应在 95Ω 到 105Ω 之间。

### (2) 电阻器的误差等级和标称系列

根据不同精度的需要，将普通电阻器标称阻值分为五大系列：E6、E12、E24、E48、E96，它们的误差分别为 20%、10%、5%、2%和 1%。5%的误差被定义为 I 级误差，而 20%的误差被定义为 III 级，如表 1-1 所示为前四个系列。

表 1-1 普通电阻器标称阻值系列

| 标称值<br>系列 | 允许偏差                                | 电阻器、电位器、电容器标称 |     |     |     |     |     |     |     |
|-----------|-------------------------------------|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|           |                                     | 100           | 105 | 110 | 115 | 121 | 127 | 133 | 140 |
| E48       | 高精度<br>( $\pm 1\%$ 或<br>$\pm 2\%$ ) | 147           | 154 | 162 | 169 | 178 | 187 | 196 | 205 |
|           |                                     | 215           | 226 | 237 | 249 | 261 | 274 | 287 | 301 |
|           |                                     | 316           | 332 | 348 | 365 | 383 | 402 | 422 | 442 |
|           |                                     | 464           | 487 | 511 | 536 | 562 | 590 | 619 | 649 |
|           |                                     | 681           | 715 | 750 | 787 | 825 | 866 | 909 | 953 |
| E24       | I 级<br>( $\pm 5\%$ )                | 10            | 11  | 12  | 13  | 15  | 16  | 18  | 20  |
|           |                                     | 22            | 24  | 27  | 30  | 33  | 36  | 39  | 43  |
|           |                                     | 47            | 51  | 56  | 62  | 68  | 75  | 82  | 91  |
| E12       | II 级<br>( $\pm 10\%$ )              | 10            | 12  | 15  | 18  | 22  | 27  | 33  | 39  |
|           |                                     | 47            | 56  | 68  | 82  | —   | —   | —   | —   |
| E6        | III 级<br>( $\pm 20\%$ )             | 10            | 15  | 22  | 33  | 47  | 68  | —   | —   |

该表中的数值均为有效数，在后面乘以不同的级数就可以得到不同大小的数值了，可见，精度越高的电阻，其标称值的有效位数就越多。现在最常用的为 E24 和 E48 两个系列的电阻器（E48 以前被作为高精度电阻在使用，现在已被作为普通电阻在使用了）。

### （3）额定功率

额定功率是指电阻器在一定的环境中长时间工作所允许承受的最大功率。即是说，实际功率如果小于额定功率，则电阻器是安全的，否则就有可能被烧毁。

电阻器的额定功率单位为瓦，用“W”表示，如果电路中某只电阻对额定功率有特殊要求，还需要用相应的电阻符号来表示，如图 1-3 所示。

### （4）温度系数

温度系数是指温度每升高或降低  $1^{\circ}\text{C}$  所引起的电阻的相对变化。温度系数越小，电阻器的稳定性越好。

此外，电阻的技术参数还有绝缘电阻、绝缘电压、稳定性、可靠性、非线性度等。

## 1.2.2 电阻器的识别

### 1. 电阻的单位

#### （1）电阻的基本单位

电阻的基本单位为“欧姆”，简称“欧”，用希腊字母“ $\Omega$ ”来表示。电阻的单位是用加在电阻两端的电压和流过电阻的电流之商来定义的。例如，加在一只电阻两端的电压为 12V，而此时流过电阻的电流为 0.5A，则该电阻的阻值为  $24\Omega$ 。

#### （2）级数单位

目前世界上常用的级数单位是欧洲所使用的，它以三个数量级（即千或千分之一）为一

个单位级，具体表示如表 1-2 所示。

表 1-2 欧洲使用的级数单位

|     |           |        |        |        |   |           |           |           |            |            |
|-----|-----------|--------|--------|--------|---|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| 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         | $\mu$     | n         | p          | f          |

此单位计数在计算机术语中经常遇到，以后会在电路的单位中经常使用。例如我们说某电阻是  $1.2\text{k}\Omega$ ，它表示  $1200\Omega$ ；如果是  $1\text{M}\Omega$ ，则它表示  $1000000\Omega$ ，即一百万欧姆。

## 2. 电阻器的标识方法

### (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偏差的方法。其优点是直观，易于判读，如“ $1.5\text{k} 10\%$ ”表示阻值为  $1.5\text{k}\Omega$ ，误差为  $10\%$ 。

直标法数字中的小数点常因太小而不易辨识，为此人们又采用了文字符号法。

### (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的组合来表示标称阻值及允许偏差的方法。文字符号法的优点是认读方便、直观，由于不使用小数点，故提高了数值标记的可靠性，多用在大功率电阻器等体积较大的电阻器上。

除数字外，文字符号法中采用的字符有：

#### ① 数值标识所使用的字母

R：表示欧姆 ( $\Omega$ )，如“R56”表  $56\Omega$ ，“5R6”表  $5.6\Omega$ 。

k、M、G、T：表示级数，如“56k”表示  $56\text{k}\Omega$ ，而“5k6”则表示  $5.6\text{k}\Omega$ 。

#### ② 误差标识所使用的字母

误差的等级所使用的字母及其含义如表 1-3 所示。

表 1-3 电阻误差等级字母的代表

| 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  | $\pm 30\%$ |

直标法和文字符号法都属于直标法，它们的一个共有的缺点是所标的字符常位于电阻的一侧，一旦这一侧被朝下装置在电路板上，就很难再识别了，而且现在常用的电阻都很小，印字比较困难，故这两种方法现在更多地被色标法取代了。

### (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，颜色规定如表 1-4 所示，特点是标志清晰，易于看清，而且不受电阻朝向的影响。

表 1-4 电阻色标及其含义

| 颜色 | 有效数字 | 倍率     | 允许误差 (%)    | 颜色 | 有效数字 | 倍率        | 允许误差 (%)                 |
|----|------|--------|-------------|----|------|-----------|--------------------------|
| 棕色 | 1    | $10^1$ | $\pm 1\%$   | 灰色 | 8    | $10^8$    | -                        |
| 红色 | 2    | $10^2$ | $\pm 2\%$   | 白色 | 9    | $10^9$    | $\pm 50\% \sim \pm 20\%$ |
| 橙色 | 3    | $10^3$ | -           | 黑色 | 0    | $10^0$    | -                        |
| 黄色 | 4    | $10^4$ | -           | 金色 | -    | $10^{-1}$ | $\pm 5\%$                |
| 绿色 | 5    | $10^5$ | $\pm 0.5\%$ | 银色 | -    | $10^{-2}$ | $\pm 10\%$               |
| 蓝色 | 6    | $10^6$ | $\pm 0.2\%$ | 无色 | -    | -         | $\pm 20\%$               |
| 紫色 | 7    | $10^7$ | $\pm 0.1\%$ |    |      |           |                          |

色标法又分为四色环色标法和五色环色标法，分别表示 E24 系列和 E48 系列电阻器。四色环的前两色环表示阻值的有效数字，第三条色环表示阻值倍率，第四条色环表示阻值允许误差范围；五色环的前三色环表示阻值的有效数字，第四条色环表示阻值倍率，第五色环表示允许误差范围。

有的高精度电阻在最后加上一个表示温度系数的色环，这就是六色环标法。注意，五色环标法比四色环标法精度高，但六色环标法与五色环标法精度是一样的。

色环标法如图 1-5 所示。

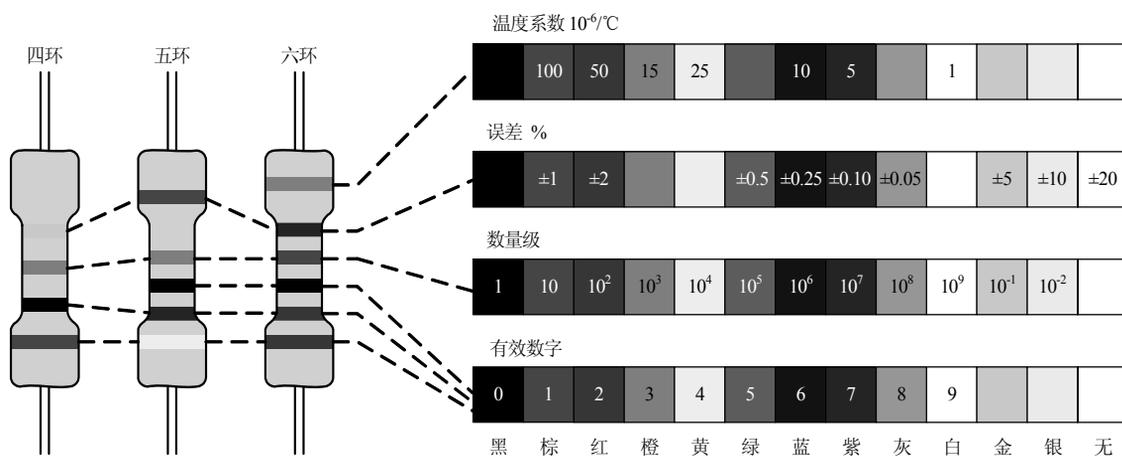


图 1-5 四环、五环、六环电阻的色标识别方法

下面我们举例来说明如何识别色标电阻器：

① 四环电阻的识别，如表 1-5 所示。

表 1-5 四环电阻的识读法

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| 第一步：水平放置电阻器，并使其第一色环在左边      |   |
| 第二步：从左到右，读出各色环的颜色，并明确各色环的含义 | 棕（有效数的第一位）、黑（有效数的第二位）、红（数量级）、金（误差）                    |
| 第三步：对应出各位的数字                | 棕：1、黑：0、红： $10^2=100$ 、金（ $\pm 5\%$ ）                 |
| 第四步：连贯读出其值                  | $10 \times 10^2 = 1000\Omega = 1k\Omega$ 误差 $\pm 5\%$ |