



新世纪高职高专
应用电子技术专业系列规划教材

新世纪

电子产品生产工艺

DIANZI CHANPIN SHENGCHAN GONGYI

新世纪高职高专教材编审委员会 组编

王成安 王洪庆 编著



大连理工大学出版社
DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS



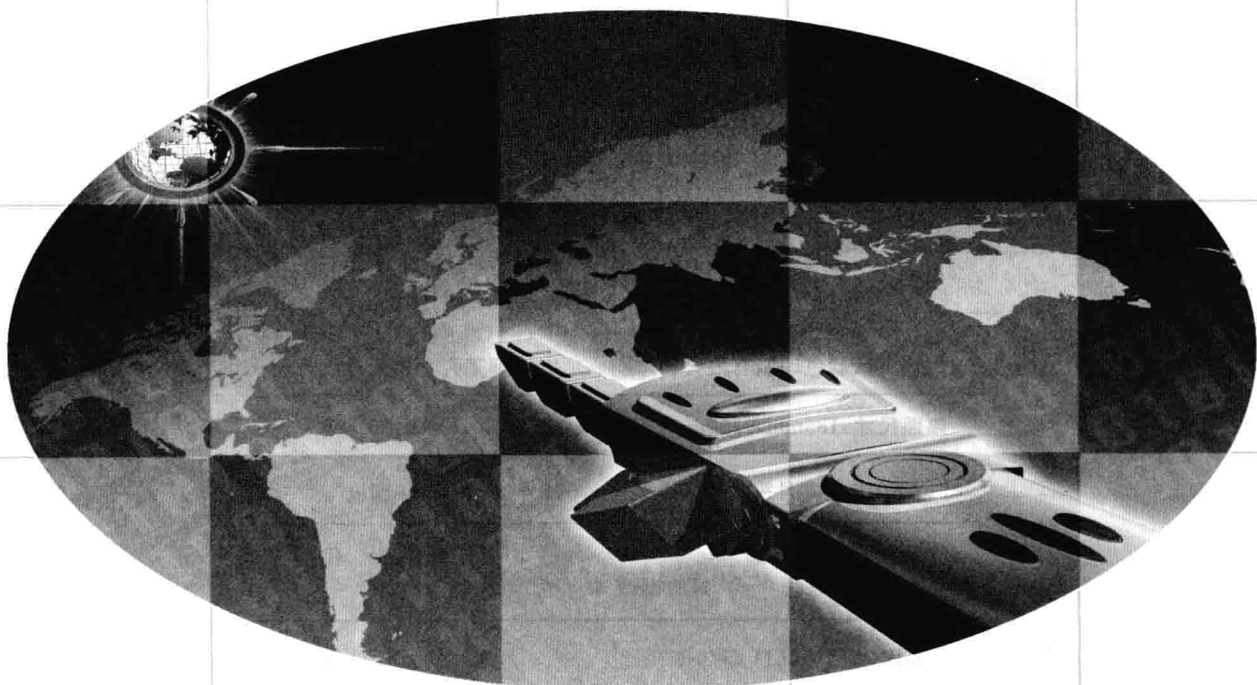
新世纪高职高专
应用电子技术专业系列规划教材



电子产品生产工艺

DIANZI CHANPIN SHENGCHAN GONGYI

新世纪高职高专教材编审委员会 组编
王成安 王洪庆 编著



大连理工大学出版社
DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

电子产品生产工艺 / 王成安, 王洪庆编著. — 大连:
大连理工大学出版社, 2010.8(2011.8重印)

新世纪高职高专应用电子技术专业系列规划教材

ISBN 978-7-5611-5746-6

I. ①电… II. ①王… ②王… III. ①电子产品—生
产工艺—高等学校:技术学校—教材 IV. ①TN05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 162576 号

大连理工大学出版社出版

地址:大连市软件园路 80 号 邮政编码:116023

发行:0411-84708842 邮购:0411-84703636 传真:0411-84701466

E-mail:dutp@dutp.cn URL:<http://www.dutp.cn>

大连美跃彩色印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸:185mm×260mm 印张:15 字数:347千字

印数:2001~4000

2010年8月第1版

2011年8月第2次印刷

责任编辑:潘弘喆

责任校对:宁伟

封面设计:张莹

ISBN 978-7-5611-5746-6

定价:28.00元

总 序

我们已经进入了一个新的充满机遇与挑战的时代，我们已经跨入了21世纪的门槛。

20世纪与21世纪之交的中国，高等教育体制正经历着一场缓慢而深刻的革命，我们正在对传统的普通高等教育的培养目标与社会发展的现实需要不相适应的现状作历史性的反思与变革的尝试。

20世纪最后的几年里，高等职业教育的迅速崛起，是影响高等教育体制变革的一件大事。在短短的几年时间里，普通中专教育、普通高专教育全面转轨，以高等职业教育为主导的各种形式的培养应用型人才培养的教育发展到与普通高等教育等量齐观的地步，其来势之迅猛，发人深思。

无论是正在缓慢变革着的普通高等教育，还是迅速推进着的培养应用型人才培养的高职教育，都向我们提出了一个同样的严肃问题：中国的高等教育为谁服务，是为教育发展自身，还是为包括教育在内的大千社会？答案肯定而且唯一，那就是教育也置身其中的现实社会。

由此又引发出高等教育的目的问题。既然教育必须服务于社会，它就必须按照不同领域的社会需要来完成自己的教育过程。换言之，教育资源必须按照社会划分的各个专业（行业）领域（岗位群）的需要实施配置，这就是我们长期以来明乎其理而疏于力行的学以致用问题，这就是我们长期以来未能给予足够关注的教育目的问题。

众所周知，整个社会由其发展所需要的不同部门构成，包括公共管理部门如国家机构、基础建设部门如教育研究机构和各种实业部门如工业部门、商业部门，等等。每一个部门又可作更为具体的划分，直至同它所需要的各种专门人才相对应。教育如果不能按照实际需要完成各种专门人才培养的目标，就不能很好地完成社会分工所赋予它的使命，而教育作为社会分工的一种独立存在就应受到质疑（在市场经济条件下尤其如此）。可以断言，按照社会的各种不同需要培养各种直接有用人才，是教育体制变革的终极目的。



随着教育体制变革的进一步深入,高等院校的设置是否会同社会对人才类型的不同需要一一对应,我们姑且不论。但高等教育走应用型人才培养的道路和走研究型(也是一种特殊应用)人才培养的道路,学生们根据自己的偏好各取所需,始终是一个理性运行的社会状态下高等教育正常发展的途径。

高等职业教育的崛起,既是高等教育体制变革的结果,也是高等教育体制变革的一个阶段性表征。它的进一步发展,必将极大地推进中国教育体制变革的进程。作为一种应用型人才培养的教育,它从专科层次起步,进而应用本科教育、应用硕士教育、应用博士教育……当应用型人才培养的渠道贯通之时,也许就是我们迎接中国教育体制变革的成功之日。从这一意义上说,高等职业教育的崛起,正是在为必然会取得最后成功的教育体制变革奠基。

高等职业教育还刚刚开始自己发展道路的探索过程,它要全面达到应用型人才培养的正常理性发展状态,直至可以和现存的(同时也正处在变革分化过程中的)研究型人才培养的教育并驾齐驱,还需要假以时日;还需要政府教育主管部门的大力推进,需要人才需求市场的进一步完善发育,尤其需要高职教学单位及其直接相关部门肯于做长期的坚忍不拔的努力。新世纪高职高专教材编审委员会就是由全国100余所高职高专院校和出版单位组成的旨在以推动高职高专教材建设来推进高等职业教育这一变革过程的联盟共同体。

在宏观层面上,这个联盟始终会以推动高职高专教材的特色建设为己任,始终会从高职高专教学单位实际教学需要出发,以其对高职教育发展的前瞻性的总体把握,以其纵览全国高职高专教材市场需求的广阔视野,以其创新的理念与创新的运作模式,通过不断深化的教材建设过程,总结高职高专教学成果,探索高职高专教材建设规律。

在微观层面上,我们将充分依托众多高职高专院校联盟的互补优势和丰裕的人才资源优势,从每一个专业领域、每一种教材入手,突破传统的片面追求理论体系严整性的意识限制,努力凸现高职教育职业能力培养的本质特征,在不断构建特色教材建设体系的过程中,逐步形成自己的品牌优势。

新世纪高职高专教材编审委员会在推进高职高专教材建设事业的过程中,始终得到了各级教育主管部门以及各相关院校相关部门的热忱支持和积极参与,对此我们谨致深深谢意,也希望一切关注、参与高职教育发展的同道朋友,在共同推动高职教育发展、进而推动高等教育体制变革的进程中,和我们携手并肩,共同担负起这一具有开拓性挑战意义的历史重任。

新世纪高职高专教材编审委员会

2001年8月18日

前 言

《电子产品生产工艺》教材秉承新加坡南洋理工学院创建的教学工厂理念,采取项目式教学方法编写,训练内容按照国家职业技能鉴定规范执行,是高职教育在专业教材建设方面的尝试,符合现代化的高职教育理念,是提高高职教育水平的积极创新。

作为一门专业课的教科书,必须及时反映电子产品生产工艺技术的最新进展,与时俱进,才能满足现代电子技术对高职教育的要求。当今,电子产品的生产已经由传统的手工装配、半自动化装配向全自动化装配方向迈进,SMT技术在大批量电子产品的装配中已经普及。电子产品生产工艺课程的教学内容必须要按照社会生产的实际情况来制定,不能只介绍一些学而无用的知识和已经落后的工艺。

本教材正是力图反映电子产品生产的新工艺和新技术,并按照项目式教学方法的要求来编写,以求更好地为高职教育服务。

(1)电子产品生产工艺是一门专业技能性质的课程,既要有技能的基础性,又要有技能的先进性,所以本教材在内容的安排上,除了包含电子产品生产工艺的基础知识,还包含先进的电子产品生产工艺,如SMT技术和计算机辅助制作印刷电路板等,使教材的内容跟上时代的发展步伐。

(2)在教学内容上,以“必需”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;对先进的电子产品装配内容,重点在设备的认识和操作上,因为先进的电子产品装配已经基本上实现了自动化操作。

(3)在实训内容的安排上,以项目为中心,以实际电子产品为载体,以进行单项技能训练为主,以便更好地配合教学的进度。每个项目都包含项目总结和课后训练,另外,结合各个项目内容,作者精心编写了“技能与技巧”内容,为学生提供了有实用价值的技能技巧训练,帮助提高学生的电子技术技能和开拓学生的视野。

本书由辽宁省2003年高等教育精品课主讲人——辽



宁机电职业技术学院王成安教授和辽宁省 2008 年高等教育精品课主讲人——辽宁机电职业技术学院王洪庆副教授编著,无锡商业职业技术学院童建华教授从高职教育的角度出发,仔细审阅了全书,对全书提出了很多宝贵的意见和建议。对书后所列的参考书籍的各位作者,在此表示深深的感谢。

由于编者水平所限,书中不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

所有意见和建议请发往:dutpgz@163.com

欢迎访问我们的网站:<http://www.dutpgz.cn>

联系电话:0411-84707492 84706104

编者

2010 年 8 月

目 录

| | |
|--------------------------------|-----|
| 项目 1 线性电子元件的检测工艺 | 1 |
| 1.1 电阻器 | 2 |
| 1.2 电容器 | 13 |
| 1.3 电感器和变压器 | 21 |
| 项目课后练习 | 28 |
| 项目 2 非线性电子元件的检测工艺 | 29 |
| 2.1 半导体二极管 | 32 |
| 2.2 半导体三极管 | 37 |
| 2.3 场效应管 | 40 |
| 2.4 集成电路 | 42 |
| 项目课后练习 | 47 |
| 项目 3 电子材料的选用工艺 | 48 |
| 3.1 安装导线与绝缘材料 | 49 |
| 3.2 印制电路板与焊接材料 | 53 |
| 3.3 磁性材料与粘接材料 | 59 |
| 项目课后练习 | 64 |
| 项目 4 电子产品装配前的准备工艺 | 65 |
| 4.1 导线装配前的加工 | 67 |
| 4.2 线扎的制作 | 69 |
| 4.3 电子元件装配前的加工 | 73 |
| 项目课后练习 | 76 |
| 项目 5 电子元件的焊接工艺 | 77 |
| 5.1 手工焊接 | 79 |
| 5.2 手工拆焊 | 86 |
| 5.3 工厂焊接 | 88 |
| 项目课后练习 | 91 |
| 项目 6 印制电路板的制作工艺 | 92 |
| 6.1 印制电路板的种类与设计 | 94 |
| 6.2 印制电路板的制作与检验 | 103 |
| 6.3 印制电路板的计算机辅助设计 | 106 |
| 6.4 最新印制电路板制作工艺 | 111 |
| 项目课后练习 | 114 |
| 项目 7 电子产品的安装工艺 | 115 |
| 7.1 安装工具 | 116 |

| | | |
|--------------|----------------------------|------------|
| 7.2 | 安装方法 | 118 |
| 7.3 | 电子产品的表面安装工艺 | 124 |
| | 项目课后练习 | 135 |
| 项目 8 | 电子产品的调试工艺 | 136 |
| 8.1 | 电子产品的调试设备与调试内容 | 137 |
| 8.2 | 电子产品的调试类型 | 139 |
| 8.3 | 电子产品的测试方法 | 142 |
| 8.4 | 电子产品的调整内容与调试实例 | 144 |
| | 项目课后练习 | 147 |
| 项目 9 | 电子产品的检验与包装工艺 | 148 |
| 9.1 | 电子产品的检验 | 149 |
| 9.2 | 电子产品的包装 | 151 |
| 9.3 | 彩色电视机整机包装实例 | 152 |
| | 项目课后练习 | 153 |
| 项目 10 | 电子产品生产工艺文件的识读 | 154 |
| 10.1 | 电子产品生产工艺文件的种类和内容 | 155 |
| 10.2 | 实际电子产品生产工艺文件的编写与识读 | 163 |
| | 项目课后练习 | 170 |
| 项目 11 | 实用电子产品的装配与调试 | 171 |
| 11.1 | 超外差式收音机的装配与调试 | 171 |
| 11.2 | 数字万用表的装配与调试 | 182 |
| 11.3 | 充电器和稳压电源两用电路的装配与调试 | 186 |
| 11.4 | 集成电路扩音机的装配与调试 | 192 |
| 11.5 | 集成时基电路 555 的应用设计 | 197 |
| 11.6 | 多路竞赛抢答器的装配与调试 | 199 |
| 11.7 | 交通信号控制系统的装配与调试 | 204 |
| 11.8 | 数字电子钟的装配与调试 | 211 |
| 11.9 | 正弦波信号发生器的装配与调试 | 214 |
| 附 录 | ..... | 219 |
| 附录 1 | ..... | 219 |
| 附录 2 | ..... | 224 |
| 附录 3 | ..... | 224 |
| 附录 4 | ..... | 225 |
| 附录 5 | ..... | 225 |
| 附录 6 | ..... | 225 |
| 附录 7 | ..... | 226 |
| 附录 8 | ..... | 226 |
| 附录 9 | ..... | 227 |
| 参考文献 | ..... | 232 |

线性电子元件的检测工艺

项目 1

【项目要求】

通过对一个功率放大器的实际解剖,要求学生学会识别线性电子元件的种类;熟悉线性电子元件的名称;了解线性电子元件的作用;掌握线性电子元件的检测方法。

1. 知识要求

- (1)掌握电阻(位)器的种类、作用与标识方法。
- (2)掌握电容器的种类、作用与标识方法。
- (3)掌握电感器的种类、作用与标识方法。

2. 能力要求

- (1)能用目视法判断识别常见线性电子元件的种类,能正确说出线性电子元件的名称。
- (2)能正确识读线性电子元件上标识的主要参数,并了解该电子元件的作用和用途。
- (3)会使用万用表对常见线性电子元件进行正确测量,并对其质量做出评估。

【项目学习方法】

该项目通过对一个功率放大器进行现场拆卸,对电路板上的各种线性电子元件进行认识,进而学习各种线性电子元件指标的标注方法。使用万用表对各种线性电子元件进行在线测量和离线测量,学会判别元件质量的好坏。准备一些已经确认损坏的线性电子元件,对这些损坏元件进行外观识别和指标测量。

【项目实施目标】

1. 熟悉各种常用线性电子元件的类型和用途。
2. 熟悉各种常用线性电子元件的形状和规格。
3. 掌握用万用表检测常用线性电子元件的方法。

【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。
2. 各种类型不同规格的新线性电子元件若干。
3. 各种类型不同规格的已经损坏的线性电子元件若干(可到电子产品维修部寻找)。

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,观察实际电子产品的内部结构,学习各种线性电子元器件的类型和名称,识读线性电子元器件外壳上的各种数字和其他标志。

2. 用万用表对板上的各种线性电子元器件进行在线检测。

3. 用万用表对与板上相同的线性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。

【项目考核方法】

采取单人逐项考核方法,教师(或考核优秀的学生)对每个同学都要进行三次考核,分别是:

1. 说出功率放大器(或其他电子整机产品)主板上各种线性电子元器件的名称;

2. 识读不同类型电阻器、电容器、电感器的主要指标,识别电解电容器的极性;

3. 将新的线性元器件和已经损坏的线性元器件混合在一起,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、实际测量操作过程记录表格。

【项目相关知识】

线性电子元器件是指电阻器、电容器和电感器。电阻器、电容器和电感器是电子产品中用量最大的元器件,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,其中有各种类型的电阻器、电容器和电感器。

1.1 电阻器

1.1.1 电阻器的作用和类型

电阻器在电路中的作用可以简述为:串联分压,并联分流。即在串联电路中起限流和分压的作用,在并联电路中起分流的作用。

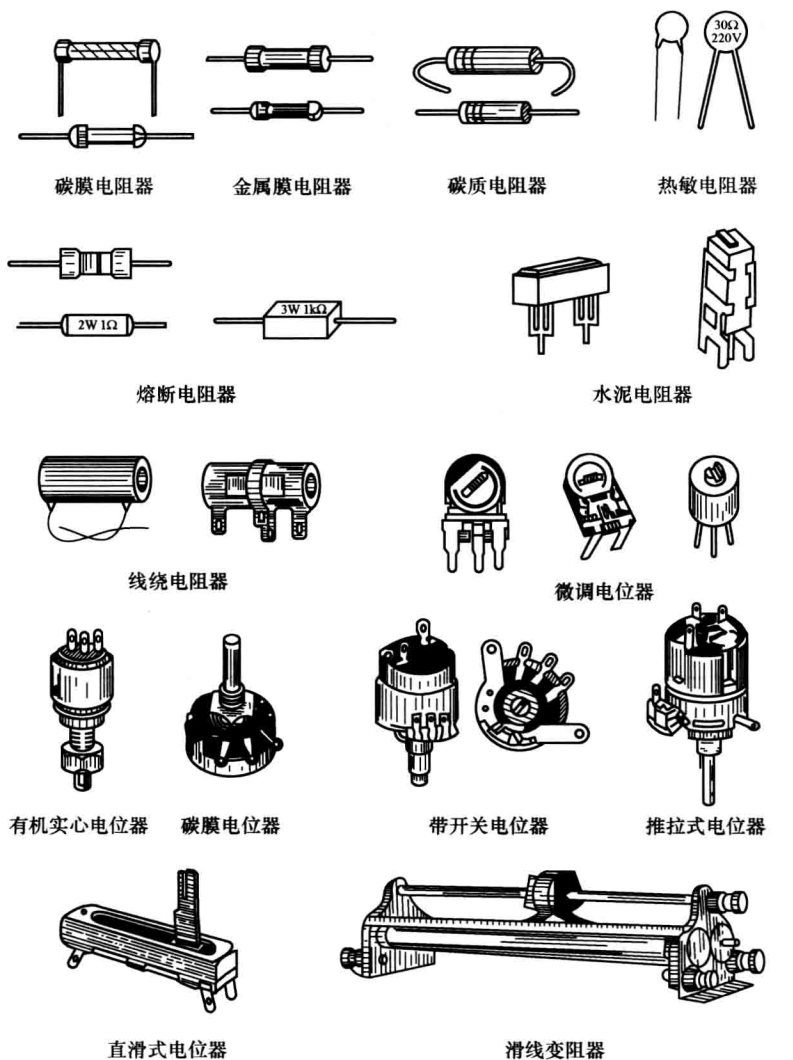
电阻器用大写字母 R 表示,电位器用大写字母 W 表示。电阻的单位是欧姆(Ω),常用的单位还有千欧(k Ω)、兆欧(M Ω)。它们之间的换算关系是:

$$1 \text{ M}\Omega = 10^3 \text{ k}\Omega = 10^6 \Omega$$

电阻器从结构上可分为固定电阻器和可变电阻器(即电位器)两大类。常见电阻器和电位器的外形和图形符号如图 1.1 所示。

固定电阻器的阻值是固定不变的,阻值大小即为它的标称阻值。按材料的不同,固定电阻器可分为碳膜电阻器、金属膜电阻器、线绕电阻器等。

可变电阻器的阻值可以在一定范围内调整,其标称阻值是最大值,其滑动端到任意一



(a) 常见电阻器和电位器外形



(b) 常见电阻器和电位器图形符号

图 1.1 常见电阻器和电位器的外形和图形符号

个固定端的阻值在 0 和最大值之间连续可调。可变电阻器又分为可调电阻器和电位器两种。可调电阻器有立式和卧式之分,分别用于不同的电路。

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

按使用场合的不同,电阻器可分为精密电阻器、大功率电阻器、高频电阻器、高压电阻器、热敏电阻器、光敏电阻器、熔断电阻器等。

根据国家标准 GB2470—1995 的规定,固定电阻器和电位器的型号由四个部分组成,如表 1.1 所示。

表 1.1 电阻器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 | | 用字母和数字表示序号 |
| 符号 | 意义 | 符号 | 意义 | 符号 | 意义 | 意义 |
| R | 电阻器 | T | 碳膜 | 1,2 | 普通 | 包括: 额定功率 标称阻值 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 | 电阻器——高压 | |
| | | J | 金属膜 | 9 | 电位器——特殊函数 | |
| | | Y | 氧化膜 | G | 高功率 | |
| | | S | 有机实心 | T | 可调 | |
| | | N | 无机实心 | 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 | | | | | |

1.1.2 固定电阻器的主要参数

固定电阻器的主要参数有标称阻值、允许误差、额定功率等。

1. 电阻器的标称阻值和允许误差

电阻器上所标的阻值称为标称阻值。电阻器的实际阻值和标称阻值之差除以标称阻值所得到的百分数,称为电阻器的允许误差。电阻器的允许误差越小,其标称阻值规格越多。常用固定电阻器的标称阻值系列如表 1.2 所示,允许误差等级如表 1.3 所示。电阻器上的标称阻值是按国家规定的阻值系列标注的,因此在使用时必须按阻值系列选择。将表中的数值乘以 $10^n \Omega$ (n 为整数),就得到这一系列阻值。如 E24 系列中的 1.8 代表有 1.8Ω 、 18Ω 、 180Ω 、 $1.8 \text{ k}\Omega$ 、 $18 \text{ k}\Omega$ 等系列电阻值。

随着电子技术的发展,对元器件的精度要求也越来越高,所以近年来,国家又相继公布了 E48、E96、E192 系列标准,使电阻器的系列值得以增加,阻值误差也越来越小, E48、E96、E192 系列标准如表 1.4 所示。

表 1.2 常用固定电阻器的标称阻值系列

| 系列 | 允许误差 | 电阻器系列标称值 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|------------------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 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 | 1.2 | 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 常用电阻器的允许误差等级

| | | | | | |
|------|-------|-----|-----|------|------|
| 允许误差 | ±0.5% | ±1% | ±5% | ±10% | ±20% |
| 等级 | 005 | 01 | I | II | III |
| 文字符号 | D | F | J | K | M |

表 1.4 固定电阻器 E48、E96、E192 标称阻值系列

| 系列 | 允许误差 | 电阻器系列标称值 | | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| E48 | ±1% | 1.00 | 1.05 | 1.10 | 1.15 | 1.21 | 1.27 | 1.33 | 1.40 | 1.47 | 1.54 | | |
| | | 1.62 | 1.69 | 1.78 | 1.87 | 1.96 | 2.05 | 2.15 | 2.26 | 2.37 | 2.49 | | |
| | | 2.61 | 2.74 | 2.87 | 3.01 | 3.16 | 3.32 | 3.48 | 3.65 | 3.83 | 4.02 | | |
| | | 4.22 | 4.42 | 4.64 | 4.87 | 5.11 | 5.36 | 5.62 | 5.90 | 6.19 | 6.49 | | |
| | | 6.81 | 7.15 | 7.50 | 7.87 | 8.25 | 8.66 | 9.09 | 9.53 | | | | |
| E96 | ±1% | 1.00 | 1.02 | 1.05 | 1.07 | 1.10 | 1.13 | 1.15 | 1.18 | 1.21 | 1.24 | | |
| | | 1.26 | 1.27 | 1.29 | 1.30 | 1.32 | 1.33 | 1.35 | 1.37 | 1.38 | 1.40 | | |
| | | 1.42 | 1.43 | 1.45 | 1.47 | 1.49 | 1.50 | 1.52 | 1.54 | 1.58 | 1.62 | | |
| | | 1.65 | 1.69 | 1.74 | 1.78 | 1.82 | 1.87 | 1.91 | 1.96 | 2.00 | 2.05 | | |
| | | 2.10 | 2.15 | 2.21 | 2.26 | 2.32 | 2.37 | 2.43 | 2.49 | 2.55 | 2.61 | | |
| | | 2.67 | 2.74 | 2.80 | 2.87 | 2.94 | 3.01 | 3.09 | 3.16 | 3.24 | 3.32 | | |
| | | 3.40 | 3.48 | 3.57 | 3.65 | 3.74 | 3.83 | 3.92 | 4.02 | 4.12 | 4.22 | | |
| | | 4.32 | 4.42 | 4.53 | 4.64 | 4.75 | 4.87 | 4.99 | 5.11 | 5.23 | 5.36 | | |
| | | 5.49 | 5.62 | 5.76 | 5.90 | 6.04 | 6.19 | 6.34 | 6.49 | 6.65 | 6.81 | | |
| | | 6.98 | 7.15 | 7.32 | 7.50 | 7.68 | 7.87 | 8.06 | 8.25 | 8.45 | 8.66 | | |
| | | 8.87 | 9.09 | 9.31 | 9.53 | 9.76 | 9.88 | | | | | | |
| | | E192 | ±1% | 1.00 | 1.01 | 1.02 | 1.04 | 1.05 | 1.06 | 1.07 | 1.09 | 1.10 | 1.11 |
| | | | | 1.13 | 1.14 | 1.15 | 1.17 | 1.18 | 1.20 | 1.21 | 1.23 | 1.24 | 1.26 |
| 1.27 | 1.29 | | | 1.30 | 1.32 | 1.33 | 1.35 | 1.37 | 1.38 | 1.40 | 1.42 | | |
| 1.43 | 1.45 | | | 1.47 | 1.49 | 1.50 | 1.52 | 1.54 | 1.56 | 1.58 | 1.60 | | |
| 1.62 | 1.64 | | | 1.65 | 1.67 | 1.69 | 1.72 | 1.74 | 1.76 | 1.78 | 1.80 | | |
| 1.82 | 1.84 | | | 1.87 | 1.89 | 1.91 | 1.93 | 1.96 | 1.98 | 2.00 | 2.03 | | |
| 2.05 | 2.08 | | | 2.10 | 2.13 | 2.15 | 2.18 | 2.21 | 2.23 | 2.26 | 2.29 | | |
| 2.32 | 2.34 | | | 2.37 | 2.40 | 2.43 | 2.46 | 2.49 | 2.52 | 2.55 | 2.61 | | |
| 2.64 | 2.67 | | | 2.71 | 2.74 | 2.77 | 2.80 | 2.84 | 2.87 | 2.91 | 2.94 | | |
| 2.98 | 3.01 | | | 3.05 | 3.09 | 3.12 | 3.16 | 3.20 | 3.24 | 3.28 | 3.32 | | |
| 3.36 | 3.40 | | | 3.44 | 3.48 | 3.52 | 3.57 | 3.61 | 3.65 | 3.70 | 3.74 | | |
| 3.79 | 3.83 | | | 3.88 | 3.92 | 3.97 | 4.02 | 4.07 | 4.12 | 4.17 | 4.22 | | |
| 4.27 | 4.32 | | | 4.37 | 4.42 | 4.48 | 4.53 | 4.59 | 4.64 | 4.70 | 4.75 | | |
| 4.81 | 4.87 | | | 4.93 | 4.99 | 5.05 | 5.11 | 5.17 | 5.23 | 5.30 | 5.36 | | |
| 5.42 | 5.49 | | | 5.56 | 5.62 | 5.69 | 5.76 | 5.83 | 5.90 | 5.97 | 6.04 | | |
| 6.12 | 6.19 | | | 6.26 | 6.34 | 6.42 | 6.49 | 6.57 | 6.65 | 6.73 | 6.81 | | |
| 6.90 | 6.98 | | | 7.06 | 7.15 | 7.23 | 7.32 | 7.41 | 7.50 | 7.59 | 7.68 | | |
| 7.77 | 7.87 | | | 7.96 | 8.06 | 8.16 | 8.25 | 8.35 | 8.45 | 8.56 | 8.66 | | |
| 8.76 | 8.87 | | | 8.98 | 9.09 | 9.20 | 9.31 | 9.42 | 9.53 | 9.65 | 9.76 | | |
| 9.88 | 9.96 | | | | | | | | | | | | |

2. 电阻器阻值和允许误差的标识方法

常用的电阻器阻值和允许误差的标识方法有以下三种：

(1) 直接标识法

将电阻器阻值和误差等级直接以数字形式印在电阻器上。对小于 1000 Ω 的阻值只标数值，不标单位；对 kΩ、MΩ 只标 k、M；精度等级标 I 或 II 级，III 级不标明。

(2) 文字符号法

将需要标注的主要参数与技术指标用文字、数字和符号有规律地标在产品表面。如欧姆用 Ω 表示；千欧用 $k\Omega$ 表示；兆欧($10^6 \Omega$)用 $M\Omega$ 表示；吉欧($10^9 \Omega$)用 $G\Omega$ 表示；太欧($10^{12} \Omega$)用 $T\Omega$ 表示。

(3) 色环标识法

对体积很小的电阻器和一些合成电阻器，其阻值和允许误差常用色环来标注，如图 1.2 所示。色环标识法有四环和五环两种。用四道色环标注时，第一道色环和第二道色环分别表示电阻器的第一位和第二位有效数字，第三道色环表示 10^n (n 为颜色所表示的数字)，第四道色环表示允许误差(若没有第四道色环，则允许误差为 $\pm 20\%$)。色环电阻器阻值单位一律为欧姆。现在普遍使用的是精密电阻器，精密电阻器一般用五道色环标注，用前三道色环表示三位有效数字，第四道色环表示 10^n (n 为颜色所代表的数字)，第五道色环表示阻值的允许误差。

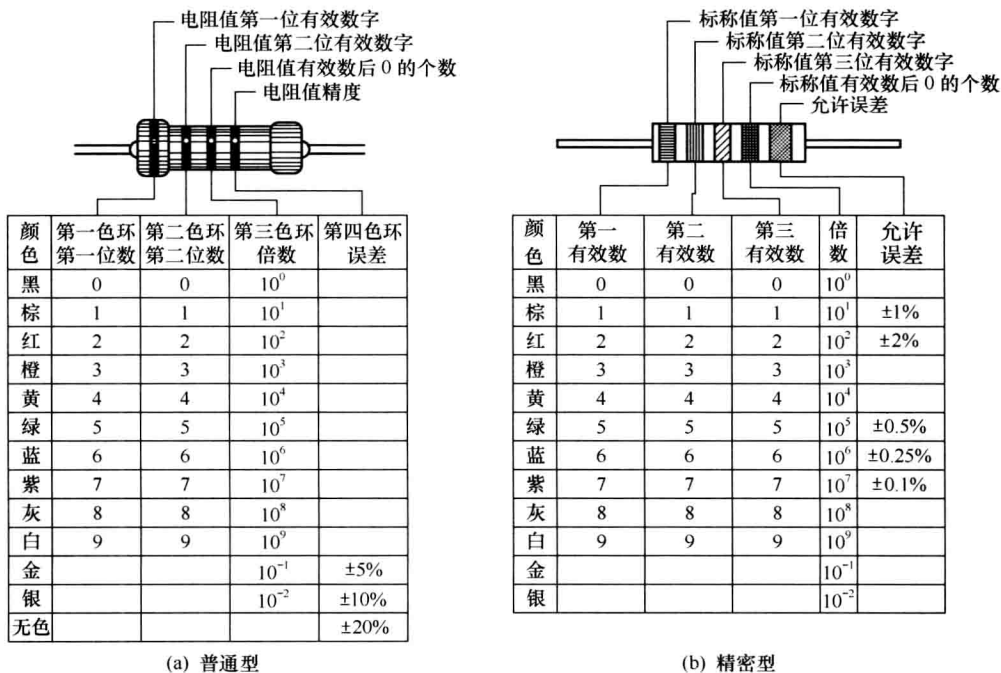


图 1.2 电阻器的色环标识法

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误差，目前国际上广泛采用色环标识法。

3. 电阻器的额定功率

电阻器在交直流电路中长期连续工作所允许消耗的最大功率，称为电阻器的额定功率。电阻器的额定功率系列(见表 1.5)共分为 19 个等级，常用的有： $1/20 \text{ W}$ 、 $1/8 \text{ W}$ 、 $1/4 \text{ W}$ 、 $1/2 \text{ W}$ 、 1 W 、 2 W 、 5 W 、 10 W 、 20 W 等。各种功率的电阻器在电路图中的符号如图 1.3 所示。

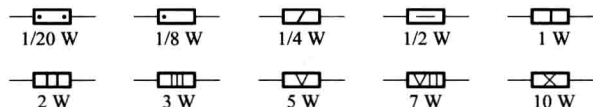


图 1.3 电阻器额定功率的符号表示

表 1.5 电阻器和电位器的额定功率系列

| 种类 | 额定功率(W) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|---------|-------|------|-----|---|---|---|----|----|----|-----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| 线绕电阻器 | 0.05 | 0.125 | 0.25 | 0.5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 8 | 10 | 16 | 25 | 40 | 50 | 75 | 100 | 150 | 250 | 500 |
| 非线性电阻器 | 0.05 | 0.125 | 0.25 | 0.5 | 1 | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | | | | | | | | |

1.1.3 电位器的类型和主要参数

1. 电位器的类型

按照电位器的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)和线绕电位器(WX)等;按照电位器的物理结构可将电位器分为单圈电位器、多圈电位器、单联电位器、双联电位器和多联电位器等;按电位器上开关的形式区分又有旋转式、推拉式、按键式电位器等;按照电位器阻值调节的方式又可分为旋转式和直滑式电位器两种。电位器符号及连接方法如图 1.4 所示。

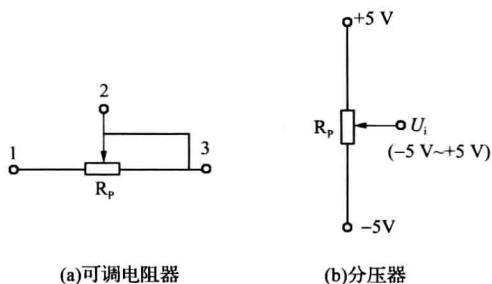


图 1.4 电位器符号及连接方法

(1) 碳膜电位器

碳膜电位器主要由马蹄形电阻体和滑动臂构成。其结构简单,阻值随滑动触点位置的变化而改变。碳膜电位器的阻值范围较宽($100\ \Omega \sim 4.7\ \text{M}\Omega$)、工作噪声小、稳定性好、品种多,因此被广泛用于无线电电子设备和家用电器中。

(2) 线绕电位器

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,电阻体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,因此在高频电路中不宜使用。

(3) 直滑式电位器

直滑式电位器外形为长方体,电阻体为板条形,通过滑动触头改变阻值。直滑式电位器多用在收录机和电视机中,其功率较小,阻值范围为 $470\ \Omega \sim 2.2\ \text{M}\Omega$ 。

(4) 方形电位器

方形电位器是一种新型电位器,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。其常用于电视机的亮度、对比度和色饱和度的调节,阻值范围为 $470\ \Omega \sim 2.2\ \text{M}\Omega$ 。这种电位器属于旋转式电位器。

2. 电位器的主要参数

电位器的主要参数除了与固定电阻器相同的标称阻值、允许误差和额定功率之外,还有以下几项:

(1) 阻值的变化形式

这是指电位器的阻值随转轴旋转角度变化的关系,可分为线性和非线性。常用的有直线式、对数式、指数式,分别用字母 X、D、Z 来表示。

直线式电位器适合做分压器,常用于示波器的聚焦和万用表的调零等;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。字母符号 X、D、Z 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。

1.1.4 特殊电阻器

1. 熔断电阻器

熔断电阻器又称为保险丝电阻器,是一种具有电阻器和保险丝双重功能的元器件。熔断电阻器的底色大多为灰色,用色环或数字表示其电阻值,额定功率则由电阻器的尺寸大小决定。正常情况下,它具有普通电阻器的电气特性,一旦电路发生故障,流过熔断电阻器的电流过大时,它就会在规定的时间内熔断,从而起到保护其他重要元器件的作用。

目前国内外普遍采用的是具有不可修复性质的(一次性)熔断电阻器。熔断电阻器的额定功率有 0.25 W、0.5 W、1 W、2 W 和 3 W 等规格,阻值可以达到 $0.22 \Omega \sim 5.1 \text{ k}\Omega$ 。熔断电阻器的外形有圆柱形、长方形等。

例如:某电视机的行输出电流应小于或等于 180 mA,若电流太大,则容易损坏行输出管。为保护价格较高的行输出管,特采用阻值为 51Ω 的熔断电阻器串接在行输出管电路中。该熔断电阻器的功率应为: $P = I^2 R = 0.18^2 \times 51 = 1.66 \text{ W}$ 。可选用 RJ90-2W-51 Ω 型金属膜熔断电阻器。RJ90-2W-51 Ω 型金属膜熔断电阻器的熔断电流为 600 mA。当电路出现故障,流过行输出管的电流超过 600 mA 时,该熔断电阻器会因过负荷而熔断,从而保护了行输出管。

2. 有机实心电阻器

有机实心电阻器是把颗粒状导电物、填充料和粘合剂等材料混合均匀后热压在一起,然后装在塑料壳内,它的引线直接压在电阻体内。由于有机实心电阻器的导体截面积较大,因此具有很强的过负荷能力,且可靠性高、价格低。有机实心电阻器的主要缺点是精度比较低。

有机实心电阻器一般用在负载不能断开的地方,如在音频输出耳机的电路中、彩色电视机视频输出与显像管阴极间串联的电阻,都必须使用有机实心电阻器。