

21

21 SHIJI GAOZHIGAOZHUAN DIANZI JISHU GUIHUA JIAOCAI
世纪高职高专电子技术规划教材

电子技能与训练

冯存喜 主 编
徐小鹏 李伟文 副主编
邱丽芳 主 审

- 引入工程实践
- 突出基本概念
- 注重技能训练

免费提供

电子教案
习题解答

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

21 世纪高职高专电子技术规划教材

电子技能与训练

冯存喜 主编

徐小鹏 李伟文 副主编

邱丽芳 主审

人民邮电出版社
北京

图书在版编目(CIP)数据

电子技能与训练 / 冯存喜主编. —北京: 人民邮电出版社,
2008 9
21 世纪高职高专电子技术规划教材
ISBN 978-7-115-18376-7

I. 电… II. 冯… III. 电子技术—高等学校: 技术学校—
教材 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 091946 号

内 容 提 要

本书从高职教育实际出发, 从基本的电子元器件和电子操作技能入手, 通过实训培养学生熟练安装和调试电子整机的能力, 使学生具有初步的电子产品设计、制作、检测和检修能力。同时为了使學生能够熟练地操作电子仪表进行测量, 本书对常用的电子仪表进行详细地介绍。

本书可作为高职高专电子电气及相关专业教材, 也可供从事电工、电子技术方面的工程技术人员参考使用。

21 世纪高职高专电子技术规划教材

电子技能与训练

-
- ◆ 主 编 冯存喜
副 主 编 徐小鹏 李伟文
主 审 邱丽芳
责任编辑 潘春燕
执行编辑 赵慧君
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 17.25
字数: 418 千字
印数: 1—3 000 册

ISBN 978-7-115-18376-7/TN

定价: 27.00 元

读者服务热线: (010) 67170985 印装质量热线: (010) 67129223
反盗版热线: (010) 67171154

21 世纪高职高专电子技术规划教材

编 委 会

主 任 王俊鹏

副 主 任 张惠敏 向 伟

编 委 (以姓氏笔画为序)

朱乃立 阮友德 许恒玉 苏本庆 余本海

李存永 肖 琰 邱寄帆 张新成 林训超

胡修池 胡起宙 赵慧君 曾令琴 韩 丽

程 勇 潘春燕

丛书出版前言

遵照教育部提出的高职高专教育以就业为导向,从专业本位向职业岗位和就业为本转变的指导思想,人民邮电出版社与一些高职高专院校和相关企业共同开发了 21 世纪高职高专电子技术规划教材。

随着职业教育改革的不断深化,各高职高专院校越来越关注人才培养模式与专业课程设置,越来越关心学生将来的就业岗位,并开始注重培养学生的职业能力。但是我们看到,高职高专院校所培养的人才与市场上需要的技术应用型人才仍存在差距。如何在保证知识体系完整的同时,能在教材中体现正在应用的技术和前沿的技术成了本套教材探讨的重点,为此我们在如下几个方面做了努力和尝试。

1. 针对电子类专业基础课程内容较经典,知识点又相对统一、固定的特点,采取本科老师与高职高专老师合作编写的方式,借助本科老师在理论方面深厚的功底,在写作质量上进行把关,高职高专老师则发挥其熟悉职业教育教学需求的优势把握教材的广度与深度,力图达到专业基础课程理论与应用相结合的目的。

2. 高职高专教育培养的人才面向生产、管理第一线的应用型人才,基础课程的教学应以必需、够用为原则,以掌握概念、强化应用为教学重点,注重岗位能力的培养。本套教材在保证基本知识点讲解的同时,按照“突出基本概念,注重技能训练,强调理论联系实际,加强实践性教学环节”的原则,在内容安排上避免复杂的数学推导和计算。

3. 专业课程引入工程实例,强化培养职业能力。让学生了解在实际工作中利用单片机和 PLC 做项目的流程,并通过一系列小的实例逐步让学生产生学习兴趣,最后通过一个大的完整案例对学生进行综合培训,从而达到对学生职业能力培养的目的。

以上这些仅是我们对高职高专教材出版工作的初步探索。如何配合学校做好为国家培养人才的工作,出版高质量的教材将是我们不断追求和奋斗的目标。

我们衷心希望,关注高等职业教育的广大读者能对本套教材的不当之处给予批评指正,提出修改意见,同时也热切盼望从事高等职业教育的老师、企业专家和我们联系,共同探讨相关专业的教学方案和教材编写等问题。来信请发至 zhaohuijun@ptpress.com.cn。

21 世纪高职高专电子技术规划教材编委会

2005 年 8 月

前 言

“电子技能与训练”是一门基础实践课程。本书在编写过程中力求突出电子操作工艺，对学生进行规范化的技能训练，在内容上具有广泛性、实用性和可操作性。本书从基本的操作技能入手，以培养学生实际动手能力、分析和解决问题的能力、产品设计和创新能力为目标。要求学生通过基本的电子技能训练，掌握常见电子元器件的识别、检测方法，掌握锡焊技术，掌握电子整机的安装、调试和检修方法，知道电子产品的生产工艺、加工过程。为了使學生能够掌握更多的实际技能，书中介绍了印刷线路板的设计和制作方法，以及常用电子仪表的使用方法，学生可以运用这些知识进行电子产品开发，完成相关的课程设计和毕业设计。本书内容还涵盖了电子产品工艺、电子 CAD、电子仪表等课程的实训内容，可以作为这些课程的教学参考书。

本书有以下特点。

1. 详细讲解常用元器件。本书对实际应用中常用的电子元器件进行了详细地介绍，包括如何识别及检测等。

2. 注重基本仪器仪表的使用。电子仪器仪表的使用是从事电子产品设计、生产类工作所必须熟练掌握的技能，本书在介绍完相关电子产品设计、生产知识后安排了大量的篇幅强化此部分内容。

3. 突出实际动手能力的培养。书中每章均附有相应动手操作的训练内容，可使学生在理论学习的同时训练相应动手能力。

本书由湖南工业职业技术学院冯存喜担任主编，徐小鹏、李伟文担任副主编。第 1 章～第 4 章由冯存喜编写，第 5 章、第 6 章由徐小鹏编写，第 7 章、第 8 章由李伟文编写，每章技能训练内容和附录由常德职业技术学院谈国荣编写。本书主审邱丽芳认真仔细地审阅了全书，并提出了许多宝贵意见，在此表示诚挚的谢意！本书在编写过程中，参阅了相关同类教材和资料，在这里一同向其编者表示感谢！

由于编者水平有限，书中难免存在错误或不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

2008 年 5 月

目 录

第1章 常用电子元器件	1	1.7 技能训练	52
1.1 电阻器	1	本章小结	56
1.1.1 常用电阻器及其特点	1	练习题	56
1.1.2 电阻器和电位器的型号命名	3	第2章 电子产品装配工艺	58
1.1.3 电阻器的主要技术指标	5	2.1 常用电子工具	58
1.1.4 电位器	7	2.1.1 电烙铁	59
1.1.5 电阻器的标注及检测	8	2.1.2 其他辅助工具	60
1.2 电容器	12	2.2 手工焊接工艺	61
1.2.1 常用电容器及其特点	12	2.2.1 锡焊原理	62
1.2.2 电容器的型号命名	15	2.2.2 焊锡与焊剂	62
1.2.3 电容器的主要技术指标	16	2.2.3 电烙铁的使用方法	65
1.2.4 电容器的标注及检测	17	2.3 电子装配工艺基础	71
1.3 电感器	19	2.3.1 电子产品生产工序	71
1.3.1 常用电感器及其特点	20	2.3.2 导线的加工与焊接	72
1.3.2 电感器的主要技术指标	22	2.3.3 元器件引线加工	75
1.3.3 变压器	22	2.3.4 元器件在印刷线路板上的 安装	77
1.3.4 电感器和变压器的标注及 检测	24	2.3.5 浸焊和波峰焊	80
1.4 半导体器件	26	2.3.6 表面组装技术	85
1.4.1 半导体分立器件的型号命名	26	2.4 技能训练	97
1.4.2 半导体二极管	27	本章小结	99
1.4.3 半导体三极管	31	练习题	99
1.4.4 场效应管	35	第3章 电子产品的安装与调试	100
1.4.5 可控硅	37	3.1 晶体管收音机的安装、调试与 检修	100
1.4.6 单结晶体管	38	3.1.1 收音机基础知识	100
1.4.7 绝缘栅双极晶体管	39	3.1.2 收音机的安装	104
1.4.8 半导体集成电路	40	3.1.3 收音机的整机调试和检测	107
1.5 电声器件	44	3.1.4 收音机的检修	110
1.5.1 传声器	44	3.2 万用表的安装、调试与检修	113
1.5.2 扬声器	45	3.2.1 万用表电路基础	113
1.6 其他电子元器件	47		
1.6.1 光电器件	47		
1.6.2 压电器件	49		

3.2.2 万用表的安装·····	115	第 5 章 常用信号发生器的使用·····	178
3.2.3 万用表的调试和检测·····	118	5.1 低频信号发生器的使用·····	178
3.2.4 万用表的检修·····	119	5.1.1 低频信号发生器基本 原理·····	178
3.3 用万能板组装正弦波 发生器·····	121	5.1.2 主要性能指标及各部件 名称、功能·····	179
3.3.1 电路基本工作原理·····	121	5.1.3 低频信号发生器的使用方法·····	180
3.3.2 元器件选择和检测·····	122	5.1.4 XD1022 型低频信号发生器 简介·····	181
3.3.3 正弦波发生器的安装·····	122	5.2 函数信号发生器的使用·····	182
3.3.4 正弦波发生器的调试 和检测·····	125	5.2.1 函数信号发生器基本原理·····	182
3.4 自制电路板组装电子电路·····	125	5.2.2 主要性能指标及各部件 名称、功能·····	184
3.4.1 模拟“知了”声电路的 制作·····	125	5.2.3 函数信号发生器的使用方法·····	186
3.4.2 OTL 功率放大器的制作·····	127	5.3 高频信号发生器的使用·····	187
3.5 技能训练·····	130	5.3.1 高频信号发生器基本原理·····	187
本章小结·····	141	5.3.2 主要性能指标及各部件 名称、功能·····	188
练习题·····	142	5.3.3 高频信号发生器的使用方法·····	190
第 4 章 印刷电路板的设计与制作·····	143	5.4 电视信号发生器的使用·····	192
4.1 印刷电路板设计基础·····	143	5.4.1 主要性能指标及各部件 名称、功能·····	192
4.1.1 PCB 基础·····	143	5.4.2 电视信号发生器的使用方法·····	193
4.1.2 PCB 设计步骤·····	147	5.5 技能训练·····	194
4.1.3 元器件选择·····	148	本章小结·····	196
4.1.4 元器件布局设计·····	148	练习题·····	196
4.1.5 PCB 布线设计·····	150		
4.2 印刷电路板的设计·····	152	第 6 章 双踪示波器的使用·····	198
4.2.1 原理图绘制·····	153	6.1 CA8020A 通用模拟双踪示 波器的使用·····	198
4.2.2 PCB 设计·····	159	6.1.1 各部件名称及功能·····	198
4.2.3 设计文档输出·····	162	6.1.2 双踪示波器的使用方法·····	201
4.3 印刷电路板的制作·····	163	6.1.3 测量实例·····	205
4.3.1 印刷电路板的雕刻法 制作·····	163	6.2 DS5022 型数字存储示波器的 使用·····	208
4.3.2 印刷电路板的热转印法 制作·····	168	6.2.1 主要特点·····	209
4.3.3 印刷电路板的丝印法 制作·····	170	6.2.2 前面板部件及功能·····	209
4.4 技能训练·····	174	6.2.3 数字存储示波器的使用方法·····	212
本章小结·····	177	6.2.4 测量实例·····	218
练习题·····	177		

6.3 技能训练·····	220	8.1 晶体管特性图示仪的使用·····	240
本章小结·····	222	8.1.1 基本工作原理·····	240
练习题·····	222	8.1.2 各部件名称及功能·····	241
第7章 晶体管交流毫伏表和直流稳压		8.1.3 基本使用方法和注意事项·····	244
稳流电源的使用·····	223	8.1.4 测量实例·····	245
7.1 晶体管交流毫伏表的使用·····	223	8.2 扫频仪的使用·····	250
7.1.1 基本工作原理·····	223	8.2.1 基本工作原理·····	250
7.1.2 主要性能指标及各部件		8.2.2 BT-3C 扫频仪主要性能指标	
名称、功能·····	224	和各部件名称及功能·····	251
7.1.3 毫伏表的使用方法·····	226	8.2.3 扫频仪的使用方法和注意	
7.1.4 用毫伏表测量非正弦		事项·····	254
交流信号·····	228	8.2.4 测量实例·····	255
7.2 直流稳压稳流电源的使用·····	231	8.3 技能训练·····	257
7.2.1 直流稳压稳流电源的		本章小结·····	260
基本原理·····	231	练习题·····	260
7.2.2 CA18303D 直流电源的技术		附录·····	261
指标和控制部件功能·····	232	附录 A 国际电子联合会半导体器	
7.2.3 CA18303D 直流电源的		件型号命名法·····	261
使用方法·····	234	附录 B 日本半导体器件型号	
7.3 技能训练·····	235	命名法·····	262
本章小结·····	238	附录 C 美国半导体器件型号	
练习题·····	238	命名法·····	263
第8章 晶体管特性图示仪和扫频仪		附录 D 常用半导体器件参数·····	264
的使用·····	240	参考文献·····	267

第 1 章

常用电子元器件

电子电路是由电子元器件组成的，常用的电子元器件有电阻器、电容器、电感器、半导体器件、电声器件、光电器件及各种传感器件等。本章将介绍这些元器件的特性、种类、命名方法、主要技术指标、引脚的识别和测量方法等。

1.1 电 阻 器

电阻器又叫电阻，它的性质是对电流有阻碍作用，并且对直流电和低频交流电的阻碍相同，在电路中常用于控制电流和电压的大小以及实现阻抗匹配等。电阻用字母 R 表示，在国际单位制中主单位是欧姆 (Ω)，常用单位还有千欧 ($k\Omega$)、兆欧 ($M\Omega$) 等。

1.1.1 常用电阻器及其特点

电阻器按功能的不同可以分为普通电阻、热敏电阻、压敏电阻、光敏电阻等；按结构的不同可以分为固定电阻、可变电阻、微调电阻（半可变电阻）、电位器等；按外形的不同可以分为圆柱形电阻、片状电阻、排阻等，按电阻材料的不同可以分为碳膜电阻、金属膜电阻、金属氧化膜电阻等；按电阻的生产工艺不同可以分为实芯电阻、薄膜电阻、线绕电阻等。

电阻器的电阻值常标在电阻器上，而所用材料一般不标明，电阻器的功率在较大体积的功率电阻上也常标出。图 1.1 所示为常用电阻器、电位器的实物图及图形符号。

下面介绍几种常见的电阻器及其特点。

1. 碳膜电阻

阻值范围一般在 $1\Omega \sim 10 M\Omega$ ，各项参数指标能满足一般电子产品的性能要求，特点是精密度较高，生产成本低，价格便宜，所以在收音机、电视机等没有特别要求的电路中的应用非常广泛。

2. 金属膜电阻

阻值范围一般在 $1\Omega \sim 10 M\Omega$ ，性能比碳膜电阻好，工作频率及稳定性高，体积小巧，高温下的温度系数小，噪声低，精密度高，但价格稍贵，在要求高精密度和高稳定性的电路中被广泛应用。

3. 金属氧化膜电阻

这种电阻的膜层均匀，性能与金属膜电阻相同，但耐热性更高 ($+140^{\circ}\text{C} \sim 235^{\circ}\text{C}$)，允许短

时间超负荷使用，高频特性好，成本低，特别适于制作较低阻值（数百千欧以下）的电阻器。



图 1.1 常用电阻器、电位器的实物图及图形符号

4. 金属玻璃釉电阻

耐高温、功率大、阻值宽，耐湿性能好，温度系数低，常制成贴片电阻。

5. 线绕电阻

电阻的精密度很高，能在 300℃ 高温下工作，稳定性高，噪声低，温度系数极微，不易老化，电性能好，但高频下电感大，较难获得高阻值（一般只能在 100kΩ 以下），通常在要求

大功耗或精密仪表及设备中使用。

6. 实芯电阻

体积小、功率大，可靠性极高，特别是在 $1\text{M}\Omega$ 以上的高阻值时更加明显，几乎不出现短路或开路故障，短时间过载不会损坏，但它的精度低，温度系数、噪声系数都差。

7. 合成碳膜电阻

电性能和稳定性均较差，但易制得高阻值的电阻器 ($10\text{M}\Omega\sim 10^6\text{M}\Omega$)，用于需要高阻值及高压的电路中。

8. 熔断电阻

电阻内有热熔性电阻丝，若加在上面的电流（或功率）超过额定值时，在规定的时间内电阻丝会熔断，起到类似保险的作用（不同的是，它本身还是一个电阻），所以又叫保险电阻，这种电阻在电视机等电路中大量用作电源供给的限流电阻。

9. 水泥电阻

水泥电阻是一种陶瓷封装的线绕电阻，功率大，热稳定性好，散热好，绝缘好，常用在大电流的电源电路中。

10. 敏感电阻

利用半导体材料的光敏、热敏等敏感特性制成的电阻。如光敏电阻的阻值随着光照的强度而变化，热敏电阻的阻值随着温度的改变而改变（随温度的升高阻值增大的为正温度系数热敏电阻，随温度的升高阻值减小的为负温度系数热敏电阻），气敏电阻的阻值随着气体浓度的不同而不同等，这种敏感电阻常用在传感器中检测相应的物理量。常用的敏感电阻有光敏电阻、热敏电阻、气敏电阻、压敏电阻、磁敏电阻、湿敏电阻、力敏电阻等，彩电上的消磁电阻，就是一个正温度系数（PTC）的热敏电阻，它相当于一个无触点温度开关。

11. 电位器及微调电阻

它们都有 3 个端子，中间的为滑动端，滑动端独立使用时常常用来调节电位，故称电位器，滑动端连接另外某固定端时是做可变电阻用。微调电阻用在调好后一般不需（或很少）再调的电路中（如电视机的场频、辅助亮度调节）；而电位器则用在经常需要调节的电路路上（如音量调节、亮度调节），在机外就能够控制。

1.1.2 电阻器和电位器的型号命名

根据国家标准 GB/T 2470—1995 的规定，电阻器及电位器的型号由 4 部分组成：第 1 部分为主称，用字母表示，“R”表示电阻器，“W”表示电位器；第 2 部分表示电阻器主要材料，一般用一个字母表示；第 3 部分表示电阻器的主要特征，一般用一个数字或一个字母表示；第 4 部分表示序号，一般用数字表示，以区别该电阻器的外形尺寸及性能指标等。电阻器和电位器型号各部分的具体含义见表 1.1。

国产电阻器、电位器的型号命名方法

第 1 部分: 主称		第 2 部分: 材料		第 3 部分: 主要特征			第 4 部分: 序号	
符号	意义	符号	意义	符号	意义		符号	意义
					电阻器	电位器		
R	电阻器	T	碳膜	1	普通	普通		
W	电位器	H	合成膜	2	普通或阻燃	普通		
M	敏感电阻	S	有机实芯	3	超高频	—		
		N	无机实芯	4	高阻	—		
		J	金属膜 (箔)	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		
		P	硼碳膜	9	特殊	特殊		
		U	硅碳膜	G	高功率	—		
		X	线绕	T	可调	—		
		O	玻璃膜	W	—	微调		
				D	—	多圈		
				B	温度补偿用	—		
				C	温度测量用	—		
				P	旁热式	—		
				W	稳压式	—		
				Z	正温度系数	—		

注:
对材料、特征相同, 仅略有差别但基本上不影响互换性的电阻器, 给予同一序号; 若尺寸和性能指标有差异明显影响互换时, 则在序号后面加一个字母作为区别代号



第4部分：序号（2）

第3部分：特征（精密）

第2部分：材料（金属膜）

第1部分：主称（电阻器）

- 4 -

表 1.2

敏感电阻的型号命名方法

第1部分·主称		第2部分·类别		第3部分：用途或特征										第4部分：序号	
符号	意义	符号	意义	符号	意 义				符号	意 义					
					热敏电阻器		光敏电阻器	力敏电阻器		压敏电阻器	湿敏电阻器	气敏电阻器	磁敏电阻器		
					正温度	负温度									
M	敏感电阻器	F	负温度系数热敏电阻器	0		特殊型	特殊		无	普通型	通用型				
				1	普通型	普通型	紫外光	硅应变片	D	通用					
		Z	正温度系数热敏电阻器	2		稳压用	紫外光	硅应变梁	B	补偿用					
				3		微伏测量	紫外光	硅磷	C	消磁用	测湿度				
		G	光敏电阻器	4		旁热式	可见光		E	消噪用			电阻器		
				5	测温用	测温用	可见光		G	过压保护					
		Y	压敏电阻器	6	温控用	控温用	可见光		H	灭弧用					
				7	消磁用		红外光		K	高可靠用	控温度	测可燃气			
		S	湿敏电阻器	8		线性型	红外光		L	防雷用					
				9	恒温型		红外光		M	防静电用					
		Q	气敏电阻器						N	高能型		N 型元件			
									P	高频用		P 型元件			
		L	力敏元件						S	器件保护					
									T	特殊型					
		C	磁敏元件						W	稳压用			电位器		
									Y	环型		测烟雾			
									Z	组合型					
									J			酒精检测			

示例 1：MYL1-1——防雷用压敏电阻器。

示例 2：MZ73A-1——消磁用正温度系数热敏电阻器。

示例 3：MG45-14——可见光敏电阻器。

示例 4：MS01-A——通用型号湿敏电阻器。

热敏电阻器分类中的“普通”，是指工作温度在 $-55\sim+315^{\circ}\text{C}$ ，没有特殊的技术和结构要求者。有的压敏电阻器在序号的后面还标有标称电压通流容量或电阻体直径、标称电压、电压误差等；热敏电阻器和湿敏电阻器用数字或字母与数字混合表示序号，以区别电阻器的外形尺寸、性能参数及某种规格。

1.1.3 电阻器的主要技术指标

1. 标称阻值

电阻器阻碍电流作用的大小称为电阻，电阻值是电阻器的主要参数之一，标称阻值就是标注

在电阻器上的电阻值。不同类型的电阻,其阻值范围不同;不同精度的电阻,其阻值系列亦不同。根据国家标准 GB/T 2471—1995《电阻器和电容器优先数系》规定,常用的标称阻值有 E192、E96、E48、E24、E12、E6 和 E3 等 7 个系列,它们分别对应 $\pm 0.5\%$ 、 $\pm 1\%$ 、 $\pm 2\%$ 、 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ 和 $>\pm 20\%$ 的误差等级,其中 E24 系列电阻器用得最多,能满足大部分电路的需求。电阻生产厂家按系列生产电阻器,阻值包含了该系列标称值的电阻以及标称值乘以(或除以)10 的整数倍的各种电阻。常用电阻器的标称值系列(也适用于电位器和电容器)如表 1.3 所示。

表 1.3 电阻器的标称值系列

系 列	精 度	电阻器的标称值											
E48	$\pm 2\%$	100	121	147	178	215	261	316	383	464	562	681	825
		105	127	154	187	226	274	332	402	487	590	715	868
		110	133	162	196	237	287	348	422	511	619	750	909
		115	140	169	205	249	301	365	442	536	649	787	953
E24	$\pm 5\%$ (I 级)	1.0	1.2	1.5	1.8	2.2	2.7	3.3	3.9	4.7	5.6	6.8	8.2
		1.1	1.3	1.6	2.0	2.4	3.0	3.6	4.3	5.1	6.2	7.5	9.1
E12	$\pm 10\%$ (II 级)	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 级)	1.0	1.5		2.2		3.3		4.7		6.8		

2. 允许误差

电阻器的实际值与标称值的最大允许偏差,称为允许误差,它代表了电阻器的精度,不同系列的电阻其精度不同。电阻器的允许误差等级如表 1.4 所示。在使用电阻器时,应根据实际情况选取所需要的电阻系列,没有必要追求高精度。一般家用电子产品中的电路用 E24 系列就能够满足要求了,仪器仪表(万用表、示波器等)中一般用 E48 及以上系列的电阻。

电阻器的系列化,一是便于电阻器生产厂家分选电阻,二是便于电阻器需求者选择电阻。比如,生产出了一个实际阻值是 2.12Ω 的电阻器,按 E24 系列,要满足误差小于 $\pm 5\%$ 的要求,我们虽不能把它归类在 2.0Ω 的电阻器里,但可以把它归类在 2.2Ω 的电阻器里,即它总有一个合乎要求的位置;再比如,现在电路设计需要一只 1.06Ω 的电阻,按 E24 系列,我们总可以在误差小于 $\pm 5\%$ 的范围内找到所需的电阻(当然是选 1.1Ω 的)。

表 1.4 电阻器的允许误差等级

等级符号	W	B	C	D	F	G	J(I)	K(II)	M(III)	N
允许误差(%)	± 0.05	± 0.1	± 0.2	± 0.5	± 1	± 2	± 5	± 10	± 20	± 30

3. 额定功率

在规定的温度和环境条件下,电阻器在电路中长时间连续正常工作时所允许消耗的最大功率,叫做电阻器的额定功率。电阻器的额定功率并不是电阻器在电路中工作时一定要消耗的功率,而是电阻器在电路工作中所允许消耗的最大功率。电阻器在超过额定功率下工作时温度会明显升高,电性能也会不稳定,严重的会烧毁,不同电阻器烧坏后外表现象不同。不同类型的电阻具有不同的额定功率等级,表 1.5 列出了电阻器和电位器的额定功率等级。不同额定功率的电阻器,在电路图中的符号表示不同,如图 1.2 所示。

表 1.5

电阻器、电位器的额定功率等级

种 类	额定功率 (W)
线绕电阻	0.05、0.125、0.25、0.5、1、2、4、8、10、16、25、40、50、75、100、150、250、500
非线绕电阻	0.05、0.125、0.25、0.5、1、2、5、10、25、50、100
线绕电位器	0.25、0.5、1、1.6、2、3、5、10、16、25、40、63、100
非线绕电位器	0.025、0.05、0.1、0.25、0.5、1、2、3

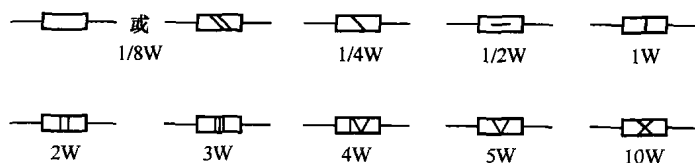


图 1.2 电阻器额定功率的符号表示

1.1.4 电位器

1. 常用电位器及其特点

电位器按电阻体材料可分为线绕电位器、实芯电位器、膜式电位器；按调节方式可分为旋转式电位器、推拉式电位器、直滑式电位器；按电阻值变化规律可分为直线式电位器、指数式电位器、对数式电位器；按结构特点可分为单圈电位器、多圈电位器、单连电位器、双连电位器、多连电位器、抽头式电位器、带开关电位器、锁紧型电位器、非锁紧型电位器、贴片式电位器；按驱动方式不同可分为手动调节电位器和电动调节电位器；其他还有磁敏电位器、光敏电位器、电子电位器、步进电位器等。电位器种类很多，下面介绍几种常用电位器。

(1) 碳膜电位器

碳膜电位器是目前使用最多的一种电位器。其电阻体是用碳黑、石墨、石英粉、有机黏合剂等配制的混合物，涂在胶木板或玻璃纤维板上制成的。它的阻值分辨率高、阻值范围宽，品种非常多，价格比较便宜，但滑动噪声大，耐热、耐湿性不好。一般用在没有特别要求的电路中。

(2) 线绕电位器

其电阻体是由电阻丝绕在涂有绝缘材料的金属或非金属板上制成的。它的功率大、噪声低、精度高、稳定性好，但高频特性较差。一般用在要求精度较高的低频电路中。

(3) 单圈、多圈电位器

单圈电位器的滑动臂只能在小于 360° 的范围内旋转，一般用于音量等模拟量控制；多圈电位器的转轴每转一圈，滑动臂触点在电阻体上仅改变很小一段距离，其滑动臂从一个极端位置到另一个极端位置时，转轴需要转动多圈。一般用于精密调节电路中，比如信号源的频率调节。

(4) 单连、双连电位器

单连电位器由 1 个独立的转轴控制一组电位器；双连电位器通常是将 2 个规格相同的电

位器装在同一转轴上, 调节转轴时, 2 个电位器的滑动触点同步转动。也有部分双连电位器为异步异轴。

(5) 带开关电位器

带开关电位器是在电位器上附加开关装置, 开关与电位器同轴。带开关电位器按开关的运动与控制方式分为旋转式、推拉式、推推式 3 种。在收音机和电视机中常用。

(6) 直滑式电位器

电阻体为长方条形, 它是通过与滑座相连的滑柄作直线运动来改变电阻值的。一般用作音量控制, 特别是用在均衡器上非常直观。

(7) 步进电位器

步进电位器由步进电动机、转轴电阻体、动触点等组成。动触点可以通过转轴手动调节, 也可由步进电动机驱动。多用于音频功率放大器中作音量控制。

2. 电位器的主要技术指标

(1) 额定功率

电位器的 2 个固定端上允许耗散的最大功率为电位器的额定功率。使用中应注意, 额定功率不等于中心抽头与固定端的功率。电位器的额定功率有 0.1W、0.25W、0.5W、1W、1.6W、2W、3W、5W、10W、16W、25W 等。

(2) 标称阻值

标在产品上的名义阻值, 其系列与电阻的系列类似, 它等于电阻体 2 个固定端之间的电阻值。

(3) 允许误差等级

根据不同精度等级, 实际阻值与标称阻值可允许 $\pm 20\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 5\%$ 、 $\pm 2\%$ 、 $\pm 1\%$ 的误差。精密电位器的精度可达 $\pm 0.1\%$ 。

(4) 阻值变化规律

阻值变化规律是指电阻值随滑动片触点旋转角度(或滑动行程)变化而变化的关系。常用的有直线式(用 X 表示)、对数式(用 D 表示)和指数式(又叫反转对数式, 用 Z 表示)3 种, 它们电阻值的变化与电位器的旋转角度(或位移距离)分别按直线关系、对数关系、指数关系变化, 其变化特性曲线如图 1.3 所示。

在使用中, 直线式电位器适合于作分压及电压、电流的调节, 指数式电位器适合于作收音机、电视机中的音量控制, 对数式电位器只适合于作音调控制等。

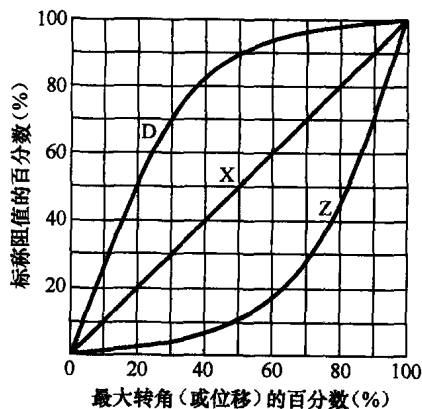


图 1.3 电位器的阻值变化特性曲线

1.1.5 电阻器的标注及检测

1. 电阻器阻值及允许误差的标注

电阻器的标称阻值、允许误差、额定功率、型号等需要标注在电阻体上, 在较大体积的电阻器上, 这些参数指标都可以标上, 而在小型化的电阻器上, 有些就只有省掉了, 但最基