

电工电子技能实训 指导书

唐树森 王立 张素娟 编著

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

电工电子技能实训指导书

唐树森 王立 张素娟 编著

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

电工电子技能实训指导书 / 唐树森, 王立, 张素娟编著. —北京: 人民邮电出版社, 2007.4

ISBN 978-7-115-15659-4

I. 电... II. ①唐...②王...③张... III. ①电工技术—教学参考资料②电子技术—教学参考资料 IV. TM TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 155632 号

内 容 提 要

本书是按照教育部高等学校实践教学水平评估和教学大纲的基本要求编写的、专门面向实践教学环节的实训指导书。本书内容分为 3 篇: 第一篇为电工电子认识实习指导, 内容包括常用电子元器件基础知识、电工技术基础和常用电子技术设备指导; 第二篇为电工电子装配实习指导, 分别介绍了万用表和调频调幅收音机的原理与安装工艺; 第三篇面向电类专业生产实习, 介绍了电子线路原理图与印制电路板设计技术、EDA 技术以及电子电路仿真软件 EWB。

本书可作为高等院校各类工科技术及相关专业 (包括生产过程自动化、应用电子技术、机电应用技术、工业企业电气化等专业) 的实训教材或指导书, 也可作为高职、函授、成人高校的教材。

电工电子技能实训指导书

- ◆ 编 著 唐树森 王立 张素娟
责任编辑 付方明
- ◆ 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>
三河市海波印务有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 19.5
字数: 473 千字 2007 年 4 月第 1 版
印数: 1—5 000 册 2007 年 4 月河北第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-15659-4/TN

定价: 27.00 元

读者服务热线: (010)67129264 印装质量热线: (010)67129223

前 言

电工技术与电子技术是高等工科院校实践性很强的技术基础课程。为了培养高素质的专业技术人才，在理论教学的同时，必须十分重视和加强实践性教学环节。如何在实践教学过程中培养学生的实验能力、实际操作能力、独立分析问题和解决问题的能力、创新思维能力和理论联系实际的能力，是高等工科院校着力探索与实践的重大课题。

本教材是按照教育部高等学校实践教学水平评估和教学大纲的基本要求，结合当前教学改革的需要，总结了近几年来实践教学改革的经验编写而成的，是专门面向实践教学环节的实训指导书。

本书内容分为3篇：第一篇为电工电子认识实习指导，内容包括常用电子元器件基础知识、电工技术基础知识和常用电子技术设备指导；第二篇为电工电子装配实习指导，分别介绍了万用表和调频调幅收音机的原理与安装工艺；第三篇面向电类专业生产实习，介绍了电子线路原理图与印制电路板设计技术、EDA技术以及电子电路仿真软件EWB。

本书的特点是突出实用、强调能力、分段培养。即注重实用技术的传授，以培养动手能力为主线，重点放在实际操作技能的训练上，培养学生解决实际问题的能力；遵循循序渐进的原则，按照基础知识—基础实验—综合技能训练的顺序合理安排。

本书内容涉及面比较广泛，可作为高等院校各类工科技术及相关专业（包括生产过程自动化、应用电子技术、机电应用技术、工业企业电气化等专业）的实训教材或指导书，也可作为高职、函授、成人高校的教材。

本书由唐树森副教授、王立高级工程师、张素娟工程师编著，另外参与编写的还有李维副教授、舒奎副教授和何文波工程师。本书在编写过程中还得到了大连轻工业学院教务处处长马铁成教授、电子与信息工程学院院长陶学恒教授的关心和支持，同时得到了其他教师与实验室人员的大力帮助，在此对他们表示由衷的感谢！

由于作者水平有限，书中难免有疏漏、错误之处，恳请广大读者批评、指正。

编著者

目 录

第一篇 电工电子认识实习指导

第 1 章 常用电子元器件基本知识	1
1.1 电阻器的认知与检测	1
1.1.1 电阻器的分类	1
1.1.2 特殊电阻元件的介绍	1
1.1.3 电阻器的标称系列	3
1.1.4 电阻器阻值和误差的认知	4
1.1.5 电位器	6
1.2 电容器的认知与检测	6
1.2.1 电容器的分类	7
1.2.2 常用电容器的性能	7
1.2.3 电容器的容量标称法	8
1.2.4 关于电解电容的说明	11
1.2.5 电容器的简易检测	12
1.3 电感器的认知与检测	12
1.3.1 电感器的分类、符号与识别	13
1.3.2 电感器的检测	16
1.3.3 小电感线圈的自制	18
1.4 变压器的认知与检测	18
1.4.1 变压器的种类	18
1.4.2 变压器的工作原理及基本应用	19
1.4.3 变压器的一般检测方法	20
1.5 半导体二极管	21
1.5.1 二极管的分类	22
1.5.2 二极管的型号命名方法	22
1.5.3 二极管的基本用途	23
1.5.4 特殊二极管	24
1.5.5 二极管性能的简易测试	26
1.6 半导体三极管	28
1.6.1 三极管的分类	28
1.6.2 三极管的型号命名方法	28
1.6.3 三极管的选用	28
1.6.4 更换三极管的基本思想	30
1.6.5 三极管管脚的排列	31

1.6.6	用万用表测试小功率三极管	32
1.6.7	大功率晶体三极管的检测	34
1.6.8	功率管的散热片	34
1.7	焊接技术	34
1.7.1	焊接工具	35
1.7.2	元器件的安装焊接与印制线路板上元器件的安装方法	37
1.8	印制板的人工制作	40
1.8.1	设计时应考虑的问题	40
1.8.2	画印制电路板布线图	41
1.8.3	制作要点	41
1.8.4	选取合适的敷铜板	43
1.8.5	清洗敷铜板	43
1.8.6	在敷铜板上画图	43
1.8.7	腐蚀	43
1.8.8	清洗	44
1.8.9	打孔	44
1.8.10	涂松香水助焊保护层	44
第 2 章	电工技术基础知识	45
2.1	常用低压电器	45
2.1.1	刀开关、负荷开关和组合开关	45
2.1.2	低压断路器	47
2.1.3	主令电器	49
2.1.4	熔断器	51
2.1.5	接触器	52
2.1.6	继电器	56
2.1.7	电器元件的维护	60
2.2	低压配电线路	61
2.2.1	概述	61
2.2.2	导线截面积的选择	62
2.2.3	配电箱	63
2.3	低压配电线路安装工艺及规程	64
2.3.1	进户线路	64
2.3.2	电缆线	68
第 3 章	电子仪器设备使用指导	73
3.1	BT3C-B 型频率特性测试仪	73
3.1.1	概述	73
3.1.2	仪器成套性	73
3.1.3	性能参数	74
3.1.4	仪器方框图	74

3.1.5	原理简述	75
3.1.6	仪器面板布局及操作说明	75
3.1.7	仪器使用与存放须知	76
3.1.8	仪器的应用测量和检查	77
3.1.9	仪器的维修	78
3.2	UT39A/B/C 型数字万用表	79
3.2.1	概述	79
3.2.2	仪器的成套性	79
3.2.3	安全操作准则	79
3.2.4	安全标志	80
3.2.5	综合指标	80
3.2.6	外观结构	81
3.2.7	按键功能及自动关机	81
3.2.8	显示符号及其含义	82
3.2.9	操作说明	82
3.2.10	技术指标	85
3.3	YB1713 双路直流电源	88
3.3.1	概述	88
3.3.2	性能指标	89
3.3.3	工作原理	89
3.3.4	使用方法	91
3.3.5	一般维修	92
3.3.6	成套性	92
3.3.7	储存	92
3.4	YB4320G/40G/60G 示波器	93
3.4.1	概述	93
3.4.2	仪器的成套性	93
3.4.3	使用注意事项	93
3.4.4	面板控制键作用说明	94
3.4.5	操作方法	98
3.4.6	技术指标	105
3.4.7	保养与储存	107
3.5	SG2270 型超高频毫伏表	107
3.5.1	概述	107
3.5.2	性能特性	107
3.5.3	工作原理	108
3.5.4	结构特性及使用方法	108
3.5.5	维修、故障处理	109
3.5.6	仪表的成套性	109

3.6	SG3320 多功能计数器	109
3.6.1	概述	109
3.6.2	技术指标	110
3.6.3	工作原理	111
3.6.4	结构特征	112
3.6.5	使用说明	112
3.6.6	维护与维修	115
3.6.7	仪器的成套性	116
3.7	SG1052S 高频信号发生器	116
3.7.1	概述	116
3.7.2	工作特性	116
3.7.3	工作原理	117
3.7.4	结构特征	118
3.7.5	使用操作	120
3.7.6	仪器的成套性	120
3.8	Create-DCD 数控钻床	120
3.8.1	概述	120
3.8.2	Create-DCD 特点	121
3.8.3	Create-DCD 技术参数	121
3.8.4	Create-DCD 数控钻床的标准配置	121
3.8.5	数控钻床的安装	122
3.8.6	软件的使用	123

第二篇 电工电子装配实习指导

第 4 章	数字万用表原理与安装工艺	125
4.1	数字万用表原理介绍	125
4.1.1	双积分 A/D 转换器	125
4.1.2	直流电压的测量	127
4.1.3	直流电流的测量	129
4.1.4	交流电压的测量	130
4.1.5	电阻的测量	130
4.2	DT830B 数字万用表技术指标	131
4.2.1	直流电压	131
4.2.2	直流电流	131
4.2.3	交流电压	131
4.2.4	电阻	132
4.2.5	三极管	132
4.3	数字万用表元器件介绍	132
4.3.1	DT830B 数字万用表元器件清单	132

4.3.2	电阻器	134
4.3.3	液晶显示屏	135
4.4	数字万用表装配步骤	135
4.5	数字万用表的调试	136
4.6	DT830B 数字万用表的使用	137
第 5 章	调频调幅收音机原理与安装工艺	138
5.1	无线电通信的基础知识	138
5.1.1	无线电波的划分	138
5.1.2	无线电波的传播	139
5.1.3	无线电广播的基本原理	140
5.2	无线电传播信号的处理	141
5.2.1	调制与解调	141
5.2.2	振幅调制与频率调制	142
5.2.3	检波与鉴频	144
5.3	收音机的构成及工作原理	147
5.3.1	收音机的分类	147
5.3.2	收音机的性能指标	147
5.3.3	收音机的工作原理和电路结构	148
5.3.4	收音机的附属电路	167
5.4	收音机的安装工艺	170
5.4.1	元器件及选择	170
5.4.2	HX108-2 调幅收音机安装工艺	175
5.4.3	HX203FM/AM 收音机安装工艺	179
5.5	测量与调试	182
5.5.1	直流工作点的调试	182
5.5.2	中频的调整	183
5.5.3	统调跟踪	183
5.5.4	HX108-2 型外差式收音机测量与调试	187
5.5.5	HX203AM/FM 调频调幅收音机的测量与调试	190

第三篇 现代电子线路设计技术指导——电类专业生产实习指导

第 6 章	电子线路原理图与印刷电路板设计技术	195
6.1	Protel 99 软件简介	195
6.2	Protel 99 原理图设计	195
6.2.1	电原理图概念	195
6.2.2	电原理图编辑器 (SCH) 的操作步骤	196
6.2.3	原理图编辑器窗口组成	196
6.2.4	图纸类型、尺寸、底色、标题栏等的选择	197
6.2.5	设置 SCH 的工作环境	198

6.2.6	绘制原理图	200
6.2.7	利用画图工具添加说明性图形和文字	205
6.2.8	原理图的编辑技巧	207
6.2.9	原理图的电气检查	208
6.2.10	存盘及文件管理	210
6.2.11	原理图的打印	210
6.2.12	报表建立与输出	211
6.3	印制电路板设计初步	212
6.3.1	印制板设计基础	212
6.3.2	Protel 99 PCB 的启动及窗口认识	213
6.3.3	手工设计单面印制板——Protel 99 PCB 基本操作	215
6.3.4	双面印制电路板设计	221
第 7 章	EDA 技术	240
7.1	EDA 设计流程	240
7.1.1	设计输入	240
7.1.2	综合	241
7.1.3	器件适配	241
7.1.4	仿真	241
7.1.5	编程下载	242
7.2	原理图输入设计方法	242
7.3	VHDL 设计	250
7.3.1	概述	250
7.3.2	VHDL 语言的基本结构	250
7.3.3	VHDL 语言的基本语句	255
7.4	电子线路实验举例	262
7.4.1	两位十进制频率计原理图输入设计	262
7.4.2	2 选 1 多路选择器 VHDL 设计	264
7.4.3	简单时序电路的设计	265
7.4.4	利用例化语句设计一位二进制全加器	266
第 8 章	电子电路仿真软件 EWB 5.0	269
8.1	EWB 5.0 简介	269
8.2	EWB 5.0 的界面和菜单	270
8.3	EWB 5.0 的元器件	277
8.4	EWB 5.0 的仪器库	287
8.5	EWB 5.0 的应用举例	299
8.5.1	分压式偏置放大电路的静态值分析	299
8.5.2	测量放大器仿真	301
	参考文献	302

第一篇 电工电子认识实习指导

第1章 常用电子元器件基本知识

1.1 电阻器的认知与检测

电阻器是电子产品中用得最多的元件，随着电子技术的不断发展，电阻器的种类也日益增多。大家对电阻器的认知不能仅仅停留在“ $R = U/I$ ”这样的层面上，不仅要了解一般电阻器的标称符号和参数，也应对特殊的电阻元件有所了解。

1.1.1 电阻器的分类

电阻器的分类见图 1-1。

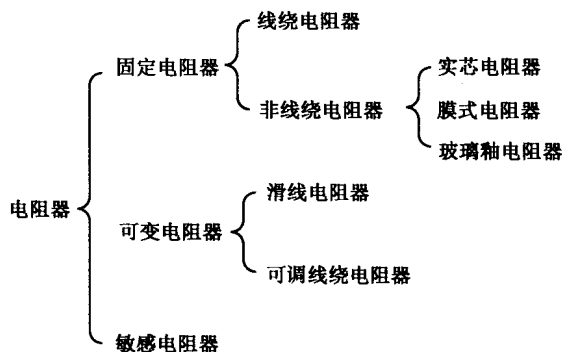


图 1-1 电阻器的分类

1.1.2 特殊电阻元件的介绍

1. 熔断电阻

熔断电阻又称为保险丝电阻，是一种具有电阻和保险丝双重功能的元件。熔断电阻大多为灰色，用色环或数字表示电阻值，额定功率由电阻尺寸大小所决定。在正常情况下使用时，它具有普通电阻器的电气特性：一旦电路发生故障导致流过的电流过大时，保险丝电阻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。

目前国内外一般采用的是不可修复（一次性）保险丝电阻。额定功率有 0.25W、0.5W、

1W、2W 和 3W 等规格，阻值可做到 $0.22\Omega \sim 5.1k\Omega$ 。保险丝电阻的电路符号如图 1-2 (a) 所示。保险丝电阻的外形有圆柱体、长方体等，如图 1-2 (b) 所示。

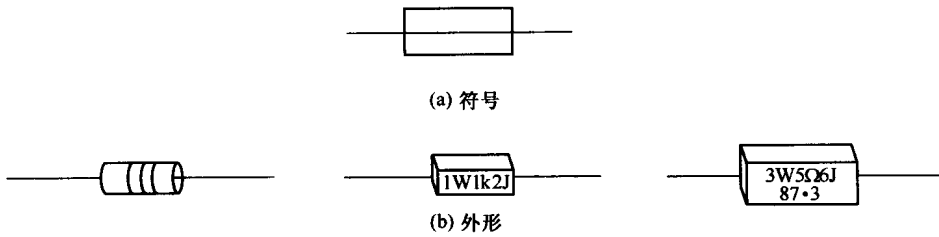


图 1-2 保险丝电阻器的符号与外形

2. 有机实芯电阻器

有机实芯电阻器是把颗粒状导电物、填充料和黏合剂等材料混合均匀后热压在一起，然后装在塑料壳内而成的电阻器（如图 1-3 所示），它的引线直接压塑在电阻体内。由于这种电阻器导体截面较大，因此具有很强的过负荷能力，且可靠性高、价格低。其主要缺点是精度低。这种电阻器一般用在负载不能断开且工作负荷较大的地方，如音频输出接耳机的电路（如图 1-4 所示），再如彩色电视机输出接显像管阴极间串联电阻，都使用实芯电阻。

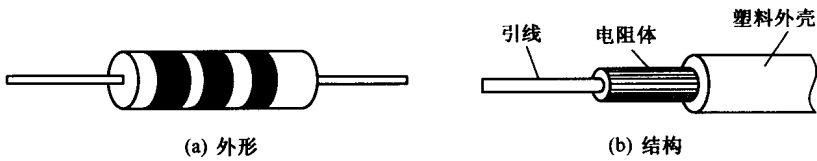


图 1-3 有机实芯电阻器结构

3. 水泥电阻

水泥电阻是一种陶瓷绝缘功率型线绕电阻，习惯上称为水泥电阻。按功率可分为 2W、3W、5W、7W、8W、10W、15W、20W、30W 和 40W 等规格。水泥电阻具有功率大、散热好、阻值稳定和绝缘性能强的特点。它在电路过流的情况下会迅速熔断，以保护电路，但价格相对较高。其外形如图 1-5 所示。

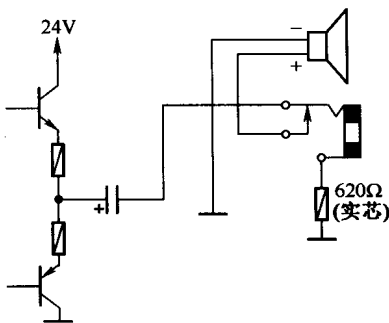


图 1-4 有机实芯电阻器应用电路

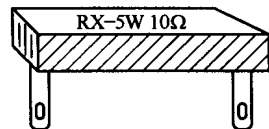


图 1-5 水泥电阻器外形示意图

4. 敏感电阻器

敏感电阻器是指电阻器受温度、电压、湿度、光通量、气体通量、磁通量和机械力等外界因素影响表现敏感的电阻器。这类电阻器既可以作为把非电量变为电信号的传感器，也可以完成电路的某种功能，如今它在工业自动化、智能化和日常生活中被广泛应用。常用的敏感电阻器有热敏电阻器、压敏电阻器、光敏电阻器和湿敏电阻器，在今后的学习中将会逐步涉及。由于在通用电子设备中大量使用热敏电阻，在此简单介绍热敏电阻，其他敏感电阻在传感器技术等相关课程中有详细介绍。

热敏电阻的基本特点是阻值随温度变化而发生显著变化。热敏电阻主要分两大类：一种为阻值随温度升高而增加的热敏电阻，被称为正温度系数热敏电阻（用字母 PTC 表示）；另一种阻值随温度升高而减小，被称为负温度系数热敏电阻（用字母 NTC 表示）。热敏电阻的外形和符号如图 1-6 所示。

热敏电阻上标称的阻值一般是指 25℃ 条件下的阻值。要判断其对热能是否敏感，一般检测方法是用万用表电阻挡测量热敏电阻的阻值，然后把烧热的电烙铁靠近被测电阻，看阻值是否产生变化，如果变化较明显，则说明此电阻较敏感，如图 1-7 所示。

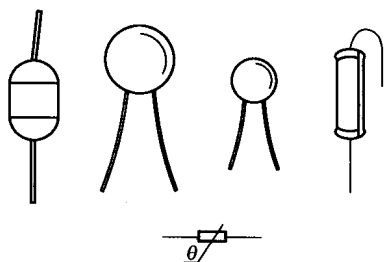


图 1-6 热敏电阻器的外形和符号

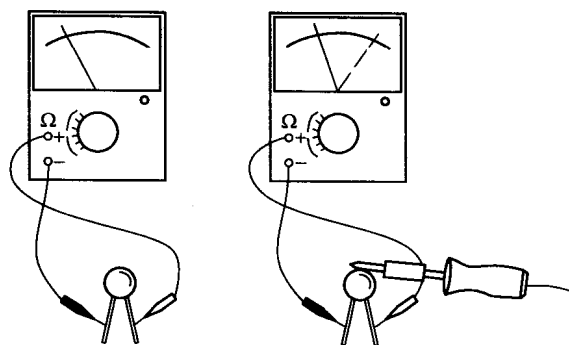


图 1-7 用万用表测试热敏电阻

1.1.3 电阻器的标称系列

电阻器规格的要求是有限制的，但工厂生产的电阻器不可能满足使用者对电阻器的所有要求。为了保证使用者能在一定的范围内选择合适的电阻器，就需要按一定的规律科学地设计其阻值，这样也便于厂家生产。

一般利用几何级数可以解决上述问题。 $a_n = (\sqrt[n]{10})^{n-1}$ 是一个特殊的几何级数的通项表达式，这个特殊的几何级数的公比为 $\sqrt[n]{10}$ ， n 为几何级数的项数。一个几何级数，其公比越小每项相差就越小。利用这个特点，可以根据分组粗细的要求来决定 k 值。若要求分组细， k 就取较大值。电阻器的标称阻值系列就是将 k 分别选择为 6、12、48、96 和 192，所得值化整后构成的几何级数列包括 E6、E12、E48、E96 和 E192 系列，它们分别适用于允许偏差为 $\pm 20\%$ (M)、 $\pm 10\%$ (K)、 $\pm 5\%$ (J)、 $\pm 2\%$ (G)、 $\pm 1\%$ (F) 和 $\pm 0.5\%$ (D) 的电阻器。一般情况下，为了节约成本，常使用 E6、E12、E24 系列的电阻器（如表 1-1 所示）。E48、E96、E192 系列属精密电阻器的标称阻值系列，其内容较多，读者可自行查阅《电子实用大全》等相关资料。

表 1-1

普通电阻器的标称阻值系列

E24 允许偏差 ± 5%	E12 允许偏差 ± 10%	E6 允许偏差 ± 20%	E24 允许偏差 ± 5%	E12 允许偏差 ± 10%	E6 允许偏差 ± 20%
1.0	1.0	1.0	3.3	3.3	3.3
1.1			3.6		
1.2	1.2		3.9	3.9	
1.3			4.3		
1.5	1.5	1.5	3.7	4.7	4.7
1.6			5.1		
1.8	1.8		5.6	5.6	
2.0			6.2		
2.2	2.2	2.2	6.8	6.8	6.8
2.4			7.5		
2.7	2.7		8.2	8.2	
3.0			9.1		

例如, E24 系列中 1.8 这个标称值就存在 1.8Ω、18Ω、180Ω、1.8kΩ……的实际元件, 而 E6 系列中没有 1.8 这个标称值, 因此市场上就没有 E6 系列的上述元件。在选用电阻时, 要尽量选择与本身电路精度相匹配的标称系列, 既要满足电路的要求, 又要降低成本。

1.1.4 电阻器阻值和误差的认知

1. 直标法

直标法如图 1-8 所示。

2. 文字符号法

文字符号法是用阿拉伯数字和文字符号两者有规律的组合来标称阻值, 其允许偏差也用文字符号表示, 如图 1-9 所示。

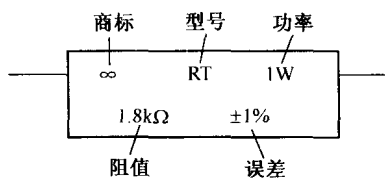


图 1-8 直标法举例

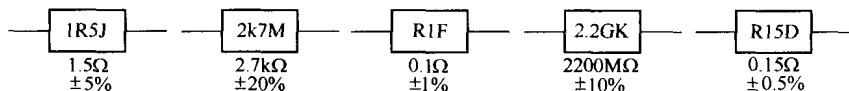


图 1-9 文字符号法举例

表示电阻单位的文字符号如表 1-2 所示。

表 1-2

文字符号

文字符号	所表示单位
R	欧姆 (Ω)
k	千欧姆 (10 ³ Ω)
M	兆欧姆 (10 ⁶ Ω)
G	吉欧姆 (10 ⁹ Ω)
T	太欧姆 (10 ¹² Ω)

3. 数码法

数码法用三位阿拉伯数字表示，前两位表示阻值的有效数，第三位表示有效数后面零的个数。当阻值小于 10Ω 时，以 $\times R \times$ 表示（ \times 代表数字），将 R 看作小数点，如图 1-10 所示。

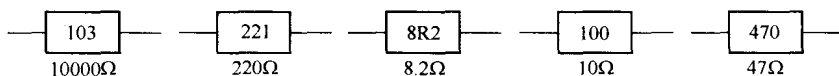


图 1-10 数码法举例

4. 色标法

色标法是用电阻器表面不同颜色的色带或点来标出标称阻值和偏差值的方法。色标法分两种：

① 两位有效数字的色标法。普通电阻器用四条色带表示标称阻值和允许偏差，其中三条表示阻值，一条表示偏差，如图 1-11 所示。例如，电阻器上的色带依次为绿、黑、橙和无色，则表示 $50 \times 1000 = 50k\Omega$ ，其误差是 $\pm 20\%$ ；电阻的色标是红、红、黑、金，其阻值是 $22 \times 1 = 22\Omega$ ，误差是 $\pm 5\%$ ；又如电阻的色标是棕、黑、金、金，其阻值为 $10 \times 0.1 = 1\Omega$ ，误差为 $\pm 5\%$ 。

② 三位有效数字色标法。精密仪器用五条色带表示标称值和允许偏差，如图 1-12 所示。例如色带为棕、蓝、绿、黑、棕，表示 $165\Omega \pm 1\%$ 的电阻值。



图 1-11 两位有效数字的阻值色标表示法

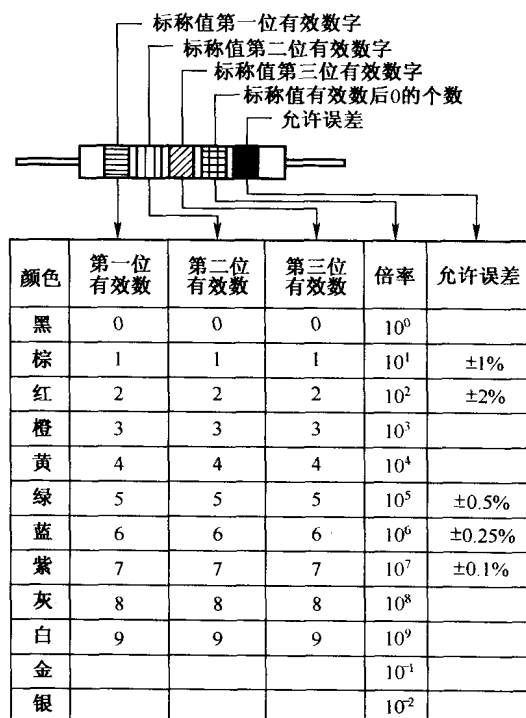


图 1-12 三位有效数字的阻值色标表示法

1.1.5 电位器

简单地讲，电位器实际上就是一个可变电阻器，常在调整电路中用来改变阻值，如电视机中的亮度、扩音器的音量调节等都是通过电位器来实现的。根据实际的需要，电位器的种类不下几十种，但其基本原理都差不多，电位器的标称阻值采用 E12、E6 系列。

1. 常用电位器外形

常用电位器外形如图 1-13 所示。

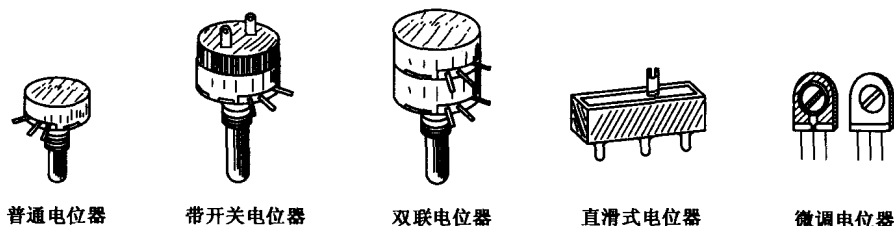


图 1-13 常用电位器外形

2. 电位器的工作原理

电位器的工作原理如图 1-14、图 1-15 所示。

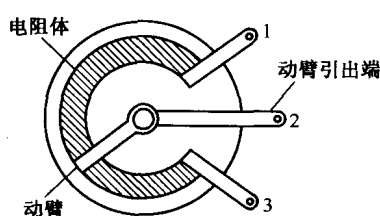


图 1-14 电位器的工作原理

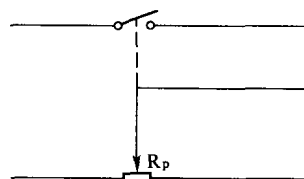
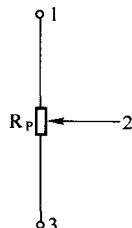


图 1-15 带开关电位器

需特别指出的是，电位器按输出特性的函数关系可分为线性电位器和非线性电位器两种类型。阻值比 R_φ/R_θ 与行程比 φ/θ (φ 为转角， θ 为总转角) 成直线关系的电位器称为线性电位器 (X 式)，它适用于分压、调节电流、调节偏流等；输出比不成直线关系的电位器称为非线性电位器，它又分为指数电位器 (Z 式) 和对数电位器 (D 式)。它们常用于调整音调和音量，以符合人耳的生理特点。三种电位器的特性曲线如图 1-16 所示。

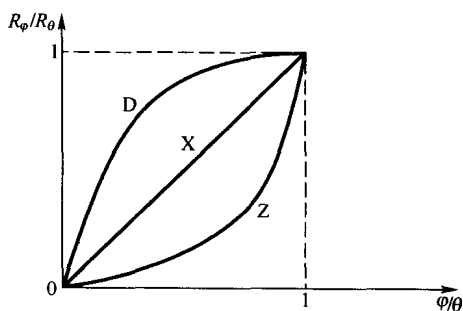


图 1-16 X、D、Z 三种电位器的特性曲线

1.2 电容器的认知与检测

电容器是电子设备中的主要元件之一，其种类繁多，价格差距很大，特别是其标志方式的多样性使得电容器的识别存在一定困难。为了适应工作需要，大家应了解其种类，熟悉其

性能，掌握其识别和检测方法。

1.2.1 电容器的分类

电容器的分类见图 1-17。

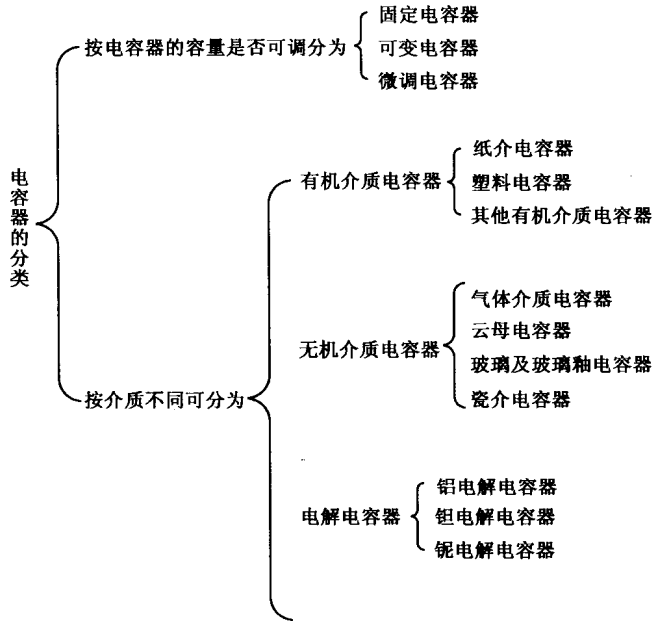


图 1-17 电容器的分类

1.2.2 常用电容器的性能

电容器的性能、结构和用途在很大程度上取决于电容器的介质，对设计者来说，如何选择电容器的种类就是一个实际问题。在设计时不仅要考虑电路的要求，还要考虑电容器的价格。

几种常用电容器的性能如表 1-3 所示（供选用时参考）。

表 1-3 电容器的性能

种 类	性 能 特 点		用 途
	优 点	缺 点	
纸介电容器（含金属化纸介电容器）	① 电容量和工作电压范围宽 ② 成本低	① 损耗大 ② 容量精度不易控制 ③ 稳定性差	① 广泛应用于无线电、家电 ② 不宜在高频电路中使用
瓷介电容器	① 耐热、绝缘性好 ② 成本低	① 易碎易裂 ② 稳定性不如云母电容器	适用于高频、高压电路、温度补偿、旁路和耦合电路等
铝电解电容器	① 电容量大 ② 成本低	① 工作温度范围窄 ② 损耗大	① 大量应用于电子装置、家用电器中 ② 应用于工作温度范围较窄、频率特性要求不高的场合
钽电解电容器	① 体积小 ② 上下限温度范围宽 ③ 频率特性好 ④ 损耗小	价格高	应用于要求较高的场合