

电工电子类职业技能培训丛书

电子技术 技能训练

王 玫 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

电工电子类职业技能培训丛书

电子技术技能训练

王 玫 主编

高等教育出版社

内容提要

本书依据维修电工及相关国家职业标准和技能型教材的编写要求,以能力为本位,以就业为导向,将电工岗位需要的电子技术方面的知识与企业实践密切联系,理论学习与技能训练高度统一。全书包括常用电子元器件、常用仪器仪表、电路的组装与调试、电子产品设计生产、印制电路板与软件、Multisim 2001 软件使用、实训操作等。

本书讲解深入浅出,可作为电工电子类初、中、高各级工种的职业培训用书,也可作为职业院校电工电子类专业学生的电子技能训练教材和广大电子技术爱好者的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术技能训练/王玫主编. —北京:高等教育出版社,2006.6

ISBN 7-04-019713-8

I. 电... II. 王... III. 电子技术-教材 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 044664 号

策划编辑	李宇峰	责任编辑	李宇峰	特约编辑	李险峰	封面设计	于涛
责任绘图	黄建英	版式设计	史新薇	责任校对	胡晓琪	责任印制	宋克学

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京地质印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 16.25
字 数 380 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landracom.com>
<http://www.landracom.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2006 年 6 月第 1 版
印 次 2006 年 6 月第 1 次印刷
定 价 23.50 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 19713-00

出版说明

为了适应当前经济社会的发展和科学技术的进步,配合最新颁布的维修电工及相关行业国家职业标准与职业技能鉴定规范,高等教育出版社组织有关职业院校专家及行业企业工程技术人员对维修电工国家职业标准及职业技能鉴定规范进行了认真的研究与再认识,并进行了广泛的调研。在此基础上,组织编写维修电工职业技能培训丛书。

本次推出的有:《实用电工手册》、《实用电工问答》、《电工常识》、《电气安全》、《电工材料》、《电气照明》、《实用电气线路》、《电气控制与实训》、《电子技术技能训练》、《安装电工实用技术》、《建筑电工实用技术》、《维修电工技能训练》、《电工考级指南》、《维修电工考级指南》、《维修电工技能鉴定考核试题库》等。

维修电工职业技能培训丛书在编写中体现以下特点:

● 贴近岗位。本系列丛书以企业需求为基本依据,加强实践性教学环节,以满足企业的岗位需求作为课程开发的出发点,紧扣国家最新颁布的相关行业岗位的国家职业标准和职业技能鉴定规范,使丛书内容与岗位相衔接。特别注意吸收近年来国内外的最新科技成果,充分体现时代性,努力培养企业生产服务一线迫切需要的高素质劳动者。

● 突出技能。本系列教材立足于实际运用,突出“以就业为导向”、“以能力为本位”的思想,精选从行业岗位提炼出来的案例进行分析训练,并结合行业需要,设计多个综合训练,以培养学生的实践能力和操作技能,适应行业技术发展。

● 理论联系实际。本系列教材力图使教学内容与企业生产现状相符,理论联系实际,讲练结合,学以致用,有利于学习者主动参与到教学活动中,提高学习主动性和操作技能,提高解决实际问题的能力。同时注意深入浅出,图文并茂,加大了实物图和工作流程图比例。

● 适用范围广。本书可作为培训部门、各级职业技能鉴定机构、再就业培训中心的有关岗位培训教材,也可作为各类职业院校、中专、技工学校、短期培训班的培训教材,还可作为相关行业工程技术人员的实用手册。

维修电工职业技能培训丛书将于2006年春季陆续出版。不足之处,敬请广大读者批评指正。

高等教育出版社

2005年7月

前 言

为配合贯彻落实《国务院关于大力推进职业教育改革和发展的决定》的精神,落实有关劳动力转移的要求,提高电工职业技能水平,按照高等教育出版社出版电工职业资格技能培训系列丛书的要求,编写了此书。本书依据技能型教材的编写要求,以能力为本位,以就业为导向,将电工岗位需要的电子技术方面的知识与企业实践密切联系,理论学习与技能训练高度统一。全书包括常用电子元器件、常用仪器仪表、电路的组装与调试、电子产品设计生产、印制电路板与软件、Multisim 2001 软件使用、实训操作共 7 章。

通过学习,使学生了解常用电子元器件的特性,熟练掌握常用电子仪器仪表的使用,了解电路的设计与计算方法,会装接电子电路,能检测故障并排除。让学生既学到所需的专业知识,又掌握实际操作技能,着力提高学生的工程素质。

本教材的突出特点是浅显、实用,紧密结合生产实际,反映新知识、新技术、新工艺、新方法,将能力与技能培养贯穿于始终。例如:突出元器件基本知识,突出手工焊接(三步法,五步法)操作技巧,突出整机的焊接、装配、调试的工艺要求,在新知识新技术方面介绍 SMT 表面安装技术的元件和设备及操作等。本教材编写的宗旨在于围绕学以致用、培养熟练技能为主。考虑到各地区、各学校课程设置、师资力量、教学条件的差异,15 个实训操作单列为第 7 章,便于教学中灵活选择。

本书讲解深入浅出,可作为电工电子类初、中、高各级工种的职业培训用书,也可作为职业院校电工电子类专业学生的电子技能培训教材和广大电子技术爱好者的参考书。

本书由南京信息职业技术学院王玫主编,参加编写的有苏州高级工业学校陈其纯,编写第 7 章中实训 4、5、6、7;南京信息职业技术学院王玫,编写第 1、2、3 章和第 7 章中实训 1、2、3、8、12、13、14、15;常州第三职业高中朱国平,编写第 3 章的 3.4、3.5 节,第 7 章中实训 9、10、11;南京信息职业技术学院陈松,编写第 6 章;南京信息职业技术学院金鸿,编写第 4、5 章。本书由南京信息职业技术学院副院长、副教授王钧铭审稿。

在本书的编写过程中参考了大量技术文献,由于涉及文献较多,在参考文献中未能一一列举,在此对被引用文献的作者深表谢意。对在编写过程中有关各方的指导和支持,表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限,加之工作繁忙,书中难免存在一些错误和缺陷,敬请读者不吝赐教,批评指正。

为了方便教学,下表列出了课时分配,供教师教学参考。

内 容	课时数	内 容	课时数
第 1 章 常用电子元 器件	6	实训 1 电阻器标称值判读和万用表测量	1
		实训 2 电容器标称值判读和万用表测量	1
第 2 章 常用仪器仪表	8	实训 3 万用表检测二极管和三极管	2
		实训 4 手工焊接法(一)——五步法和三步法	4
		实训 5 手工焊接法(二)——搭焊、钩焊和绕焊	2
		实训 6 手工焊接法(三)——印制电路板上元器件 的焊接	4
第 3 章 电路的组装与 调试	10	实训 7 手工焊接法(四)——印制电路板上集成电 路的焊接	2
第 4 章 电子产品设计 生产	4	实训 8 表面安装技术实践操作	4
第 5 章 印制电路板与 软件	6	实训 9 导线、屏蔽线的端头加工	2
第 6 章 Multisim 2001 软件使用	10	实训 10 电原理图与印制电路图的互绘(驳图)	4
		实训 11 印制电路板制作	6
		实训 12 示波器使用练习	4
		实训 13 光闪烁器电路制作	4
		实训 14 555 双音频门铃电路制作	4
复习考核	4	实训 15 选装整机	6
		复习考核	4
小计	48	小计	58

编 者
2006 年 3 月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010)58581897/58581896/58581879

传 真：(010)82086060

E-mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

目 录

第 1 章 常用电子元器件	1	2.3.3 示波器的组成及工作原理	53
1.1 阻容元件	1	2.3.4 示波器的主要参数	55
1.1.1 电阻器	1	2.3.5 YB4320 型双踪示波器介绍	55
1.1.2 电容器	8	2.4 信号发生器	63
1.1.3 电感器	12	2.4.1 信号发生器的分类及用途	63
1.2 机电元件	15	2.4.2 信号发生器的工作特性	64
1.2.1 接插件	15	2.4.3 函数信号发生器	64
1.2.2 开关	17	2.4.4 EE1641B 函数信号发生器/ 计数器介绍	65
1.2.3 继电器	17	2.5 直流稳压电源	68
1.3 半导体分立器件	20	2.5.1 直流稳压电源的组成及工作 原理	68
1.3.1 二极管	22	2.5.2 直流稳压电源的主要技术特性	68
1.3.2 晶体三极管	23	2.5.3 SG1731 型直流稳压电源介绍	69
1.3.3 场效晶体管	25	思考题二	71
1.3.4 光电耦合器	26	第 3 章 电路的组装与调试	72
1.4 集成电路	26	3.1 焊接技术	72
1.4.1 集成电路的分类	26	3.1.1 焊接的概念	72
1.4.2 集成电路的命名和封装	28	3.1.2 锡焊的机理	72
1.4.3 集成电路使用注意事项	30	3.1.3 焊点的形成过程和条件	73
1.5 电声和显示器件	31	3.1.4 焊接工具与材料	74
1.5.1 电声器件	31	3.2 手工焊接	79
1.5.2 显示器件	34	3.2.1 手工焊接基本操作	79
思考题一	39	3.2.2 导线和接线端子的焊接	83
第 2 章 常用仪器仪表	40	3.2.3 印制电路板的手工焊接	84
2.1 万用表	40	3.2.4 焊接质量及缺陷分析	85
2.1.1 指针万用表	40	3.3 自动化焊接	88
2.1.2 数字万用表	46	3.3.1 浸焊	88
2.2 交流毫伏表	49	3.3.2 波峰焊	89
2.2.1 交流毫伏表的特点	49	3.3.3 再流焊	93
2.2.2 交流毫伏表的组成及原理	50	3.4 装配工艺	95
2.2.3 SG2172B 交流数字毫伏表介绍	50	3.4.1 装配概述	95
2.3 示波器	52	3.4.2 装配前的准备工艺	96
2.3.1 示波器的特点	52		
2.3.2 示波器的分类	53		

3.4.3 部件装配工艺	99	5.4.1 软件概述	160
3.4.4 整机总装工艺	103	5.4.2 电原理图绘制	163
3.4.5 其他连接方法	105	5.4.3 印制版图绘制	165
3.5 调试工艺	107	思考题五	168
3.5.1 调试的内容和分类	108	第6章 Multisim 2001 软件使用	169
3.5.2 调试的一般程序和方法	108	6.1 Multisim 2001 概述	169
3.5.3 调试示例	110	6.1.1 Multisim 2001 功能介绍	169
3.6 表面安装技术	114	6.1.2 Multisim 2001 界面介绍	169
3.6.1 表面安装技术的特点	115	6.1.3 Multisim 2001 设计工具 栏介绍	170
3.6.2 表面安装技术的工艺流程	115	6.1.4 Multisim 2001 元件工具 栏介绍	171
3.6.3 表面安装元器件	117	6.1.5 Multisim 2001 仪器工具 栏介绍	172
3.6.4 表面安装材料设备	121	6.2 原理图绘制	172
3.6.5 微组装技术	125	6.2.1 元件箱设置	172
思考题三	129	6.2.2 元件的选取	173
第4章 电子产品设计生产	130	6.2.3 元件的放置	174
4.1 电子产品生产概述	130	6.2.4 元件的调整	174
4.1.1 电子产品生产的特点	130	6.2.5 元件的连接	176
4.1.2 电子产品生产的组织方式	130	6.2.6 原理图中的文字描述	177
4.2 技术文件	132	6.2.7 原理图标题框设置	177
4.2.1 概述	132	6.2.8 原理图绘制举例	177
4.2.2 设计文件	133	6.3 元件库	179
4.2.3 工艺文件	141	6.3.1 信号源	180
4.3 安全文明生产	144	6.3.2 基本元件	183
4.3.1 安全用电常识	144	6.3.3 二极管	185
4.3.2 产品装配操作安全	146	6.3.4 晶体管	186
4.3.3 安全文明生产	146	6.3.5 模拟集成电路	186
思考题四	147	6.3.6 TTL 集成电路	186
第5章 印制电路板与软件	149	6.3.7 CMOS 集成电路	187
5.1 概述	149	6.3.8 指示元件	188
5.1.1 印制电路板的作用	149	6.4 虚拟仪器使用	189
5.1.2 印制电路板的种类	151	6.4.1 仪器的表示方法	189
5.2 印制电路板的设计	154	6.4.2 万用表	190
5.2.1 印制电路板的设计步骤	154	6.4.3 函数信号发生器	191
5.2.2 印制电路板的设计要求	155	6.4.4 示波器	192
5.3 印制电路板的制造	158	6.4.5 逻辑分析仪	194
5.3.1 印制电路板的制造工艺流程	158		
5.3.2 印制电路板的手工制作	159		
5.4 CAD 软件简介	160		

6.4.6 逻辑转换仪	195	实训 3 万用表检测二极管和三极管	214
6.5 高级分析功能	197	实训 4 手工焊接法(一)——五步法 和三步法	217
6.5.1 一般性分析步骤	198	实训 5 手工焊接法(二)——搭焊、 钩焊和绕焊	218
6.5.2 直流工作点分析	200	实训 6 手工焊接法(三)——印制电 路板上元器件的焊接	218
6.5.3 交流分析	200	实训 7 手工焊接法(四)——印制电 路板上集成电路的焊接	221
6.5.4 瞬态分析	201	实训 8 表面安装技术实践操作	222
6.6 仿真应用	203	实训 9 导线、屏蔽线的端头加工	225
6.6.1 戴维宁定理的验证	203	实训 10 电原理图与印制电路图的 互绘(驳图)	226
6.6.2 波形叠加实验	204	实训 11 印制电路板制作	228
6.6.3 单管放大器的研究	206	实训 12 示波器使用练习	229
6.6.4 AM 调制与解调研究	207	实训 13 光闪烁器电路制作	234
6.6.5 组合逻辑电路的竞争-冒险 现象	208	实训 14 555 双音频门铃电路制作	235
6.6.6 计数器分析	210	实训 15 选装整机	237
思考题六	211	参考文献	246
第 7 章 实训操作	212		
实训 1 电阻器标称值判读和万用表 测量	212		
实训 2 电容器标称值判读和万用表 测量	213		

第1章 常用电子元器件

1.1 阻容元件

1.1.1 电阻器

1. 电阻器的基本知识

电流通过导体时,导体对电流有一定的阻碍作用,这种阻碍作用称为电阻。在电路中起电阻作用的元件称为电阻器,通常简称电阻。电阻的文字符号是 R ,电阻大小的基本单位是: Ω (欧[姆]),还有较大的单位 $k\Omega$ (千欧)和 $M\Omega$ (兆欧)。它们的换算关系为

$$1 M\Omega = 10^3 k\Omega = 10^6 \Omega$$

电阻器的主要用途是:稳定和调节电路中的电流和电压,作分流器和分压器,以及作为消耗电能的负载电阻。

电阻器由电阻体、基体(骨架)、引出线和保护层等四部分组成,如图 1.1 所示。电阻器可以做成棒形、片形等各种形状。

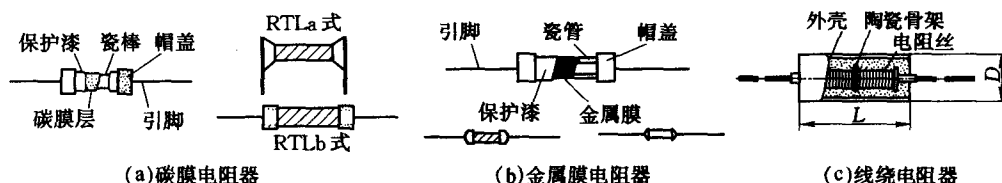


图 1.1 电阻器的典型结构

2. 电阻器的分类及命名方法

(1) 电阻器的分类

常用电阻一般分两大类:阻值固定的电阻器称为固定电阻器,阻值连续可变的电阻器称为可变电阻器(包括微调电阻器和电位器)。它们的外形和图形符号如图 1.2 所示。由于制作的材料不同,电阻器也可分为碳膜电阻器、金属膜电阻器或线绕电阻器等。按用途不同,有精密电阻器、高频电阻器、功率型电阻器和敏感型电阻器等。

(2) 电阻器的命名

根据国家标准 GB 2470—1981,电阻器和电位器的型号由以下四部分组成:

第一部分:用字母表示产品的主称;

第二部分:用字母表示产品的材料;

第三部分:一般用数字表示分类,个别类型的也有用字母表示的;

第四部分:用数字表示序号。

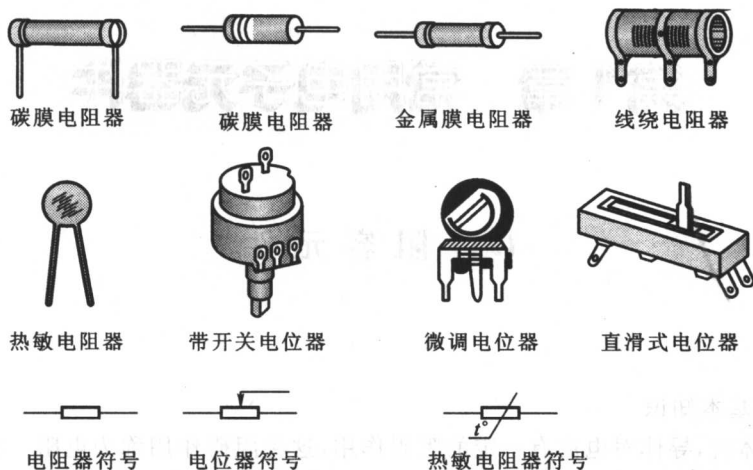


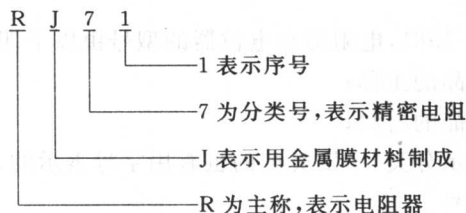
图 1.2 部分电阻器的外形及符号

主称、材料和分类部分的符号及意义如表 1.1 所示。

表 1.1 电阻器和电位器型号中的代号及意义

第一部分:主称		第二部分:材料		第三部分:分类		
符 号	意 义	符 号	意 义	符 号	意 义	
					电 阻 器	电 位 器
R W	电阻器 电位器	T	碳 膜	1	普 通	普 通
		J	金 属 膜	2	普 通	普 通
		Y	氧 化 膜	3	超 高 频	—
		H	合 成 膜	4	高 阻	—
		S	有 机 实 芯	5	高 阻	—
		N	无 机 实 芯	6	—	—
		I	玻 璃 釉 膜	7	精 密	精 密
		X	线 绕	8	高 压	特 种 函 数
				9	特 殊	特 殊
				G	高 功 率	—
				T	可 调	—
				W		微 调
				D		多 圈

应用示例:如 RJ71



故 RJ71 型电阻为精密金属膜电阻器。

3. 电阻器的主要性能参数

电阻器的结构、材料不同,性能就有一定的差异。在选择和使用电阻器时,必须掌握各种电阻器的特性。电阻器的主要性能参数有标称阻值及允许偏差、额定功率、最高工作电压、电阻温度系数等。

(1) 标称阻值及允许误差

电阻器的标称值是指电阻器上标出的名义阻值,它是电阻器的设计阻值。由于材料、设备和工艺等原因,同一批生产出来的电阻器阻值的离散性是不可能的,故一般电阻器的标称阻值与实际所测阻值之间都有一误差。实际阻值与标称阻值之间允许的最大误差范围叫做阻值允许偏差,此偏差通常又称阻值允许误差,一般都用标称阻值的百分点来表示。通用电阻器的阻值误差分为三级:I 级精度的阻值允许误差为 $\pm 5\%$,II 级为 $\pm 10\%$,III 级为 $\pm 20\%$ 。

精密电阻器的阻值误差有以下 11 个等级: $\pm 2\%$ 、 $\pm 1\%$ 、 $\pm 0.5\%$ 、 $\pm 0.2\%$ 、 $\pm 0.05\%$ 、 $\pm 0.02\%$ 、 $\pm 0.01\%$ 、 $\pm 0.005\%$ 、 $\pm 0.002\%$ 、 $\pm 0.001\%$ 。

为了既满足使用者对各种规格的需要,又能使规格减小到最低限度,除了少数特殊规格外,电阻器一般都是按国家标准 GB 2471—1981 电阻器标称阻值系列标准中的规定进行生产的。使用电阻器时,应尽量在标准规定的系列中选择所需的标称阻值。表 1.2 为通用电阻器的标称阻值系列,所列数值可乘以 10 的 n 次方,其中, n 为正整数或负整数。

表 1.2 通用电阻器的标称阻值系列

允 许 偏 差				允 许 偏 差			
E24	E12	E6	E3	E24	E12	E6	E3
$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$>\pm 20\%$	$>\pm 20\%$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$	$>\pm 20\%$
1.0	1.0	1.0	1.0	3.3	3.3	3.3	4.7
1.1				3.6			
1.2	1.2			3.9	3.9		
1.3		1.5		4.3			
1.5	1.5			4.7	4.7	4.7	
1.6				5.1			
1.8	1.8			5.6	5.6		
2.0		2.2		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			

(2) 额定功率

额定功率是指电阻器在直流或交流电路中,当大气压力为 (100 ± 4) kPa 时,在产品标准中规定的额定温度下,长期连续负荷所允许消耗的最大功率,通常又称标称功率。

当环境温度升高时,电阻器的额定功率必须降低使用。用不同材料制成的电阻器具有不同的负荷特性,这在产品技术条件中均有规定。环境温度超过额定环境温度后,允许的额定功率直线下降。在低于规定的额定功率下使用,电阻器的寿命就较长,可以安全工作。如超负荷使用,不仅会缩短电阻器寿命,而且会使电阻器参数不稳定,甚至可能烧毁。因此在选用电阻器时,额定功率必须选择合适,以确保电阻器稳定可靠地工作。

电阻器的额定功率的大小是按国标 GB 2475—1981(见表 1.3)中规定的系列确定的。实际应用中,应尽量选用此标准系列中的标称功率。

表 1.3 电阻器的额定功率系列

线绕电阻器/W	0.05	0.125	0.25	0.5	1	2	4	8	10
	16	25	40	50	75	100	150	250	500
非线性绕电阻器/W	0.05	0.125	0.25	0.5	1	2	5	10	16
	25	50	100						

(3) 电阻温度系数

一般情况下,电阻器阻值随工作温度变化而变化。这种变化将会影响电路工作的稳定性,因此应使其尽可能地小。通常,用电阻温度系数来表示电阻器的温度稳定性,它表示温度每变化 1℃时电阻值的相对变化量。电阻温度系数越大,则该电阻器的温度稳定性越差。

4. 电阻器的标识方法

电阻器的标识方法有直标法、文字符号标识法、数码标识法和色环标识法四种。

(1) 直标法

直标法是用阿拉伯数字和单位文字符号在电阻器表面直接标出标称阻值和允许偏差的方法。允许偏差用百分数表示。

(2) 文字符号法

文字符号法是用阿拉伯数字和文字符号有规律地组合来表示标称阻值及允许偏差的方法。标称阻值单位文字符号的位置则代表标称阻值有效数字中小数点所在位置,单位文字符号前面的数字表示阻值的整数部分,文字符号后面的数字表示阻值的小数部分,文字符号表示小数点和单位。符号的意义如表 1.4 所示。阻值允许误差用文字符号表示如表 1.5 所示。

表 1.4 文字符号法标称阻值系列表

标称阻值	文字符号表示法	标称阻值	文字符号表示法	标称阻值	文字符号表示法
0.1 Ω	R1	1 MΩ	1M0	33 000 MΩ	33G
0.33 Ω	R33	3.3 MΩ	3M3	59 000 MΩ	59G
0.59 Ω	R59	5.9 MΩ	5M9	10 ⁵ MΩ	100G
3.3 Ω	3R3	10 MΩ	10M	3.3×10 ⁵ MΩ	330G
5.9 Ω	5R9	1 000 MΩ	1G	5.9×10 ⁵ MΩ	590G
3.3 kΩ	3K3	3 300 MΩ	3G3	10 ⁶ MΩ	1T
5.9 kΩ	5K9	5 900 MΩ	5G9	3.3×10 ⁶ MΩ	3T3
10 kΩ	10K	10 000 MΩ	10G	5.9×10 ⁶ MΩ	5T9

表 1.5 阻值允许误差的文字符号表示法

允许误差/%	标志符号	允许误差/%	标志符号	允许误差/%	标志符号	允许误差/%	标志符号
±0.001	E	±0.02	U	±0.5	D	±10	K
±0.002	X	±0.05	W	±1	F	±20	M
±0.005	Y	±0.1	B	±2	G	±30	N
±0.01	H	±0.2	C	±5	J		

例如:3K3J 表示 3.3 k Ω ,误差为±5%;

5R9F 表示 5.9 k Ω ,误差为±1%。

(3) 数码法

数码法是用 3 位整数表示电阻阻值的方法。数码从左向右,前面的两位数为有效值,第三位数为零的个数(或倍率 10ⁿ),单位为 Ω 。

例如:512J 表示阻值为 5 100 Ω ,误差为±5%;

393K 表示阻值为 39 000 Ω ,误差为±10%。

(4) 色环法

色环法是用不同颜色的色环在电阻器表面标出电阻值和误差的方法,是目前最常用的电阻值标识方法。能否识别色环电阻,是考核电子行业人员的基本项目之一。图 1.3 所示为电阻器色环表示示意图,表 1.6 所示为电阻器的色标符号规定,单位为 Ω 。

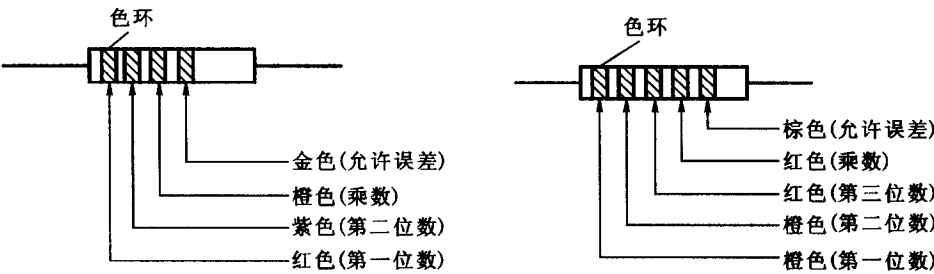


图 1.3 电阻器的色环表示

表 1.6 色标符号

颜 色	第一色环	第二色环	第三色环	第四色环
	十位数字	个位数字	倍乘数	允许误差%
棕	1	1	$\times 10^1$	±1
红	2	2	$\times 10^2$	±2
橙	3	3	$\times 10^3$	—
黄	4	4	$\times 10^4$	—
绿	5	5	$\times 10^5$	±0.5
蓝	6	6	$\times 10^6$	±0.25
紫	7	7	$\times 10^7$	±0.1

续表

颜 色	第一色环	第二色环	第三色环	第四色环
	十位数字	个位数字	倍乘数	允许误差%
灰	8	8	$\times 10^8$	—
白	9	9	$\times 10^9$	+50 —20
黑	0	0	$\times 10^0$	—
金			$\times 10^{-1}$	± 5
银			$\times 10^{-2}$	± 10
无 色				± 20

目前,一般都为四色环电阻(普通电阻)和五色环电阻(精密电阻)。色环的颜色为黑、棕、红、橙、黄、绿、蓝、紫、灰、白,每种颜色表示一个数字(从0到9)。金色,没有有效数,只表示乘数 10^{-1} (为0.1)或允许精度误差为 $\pm 5\%$,银色只表示乘数 10^{-2} (为0.01)或允许精度误差为 $\pm 10\%$ 。

① 四色环。前面两条色环代表的数字为有效数字,第三条色环代表零的个数(即倍率 10^n),最后一条色环表示允许误差。

② 五色环。为精密色环电阻,有效数字多一个,前面三条色环代表的数字为有效数字,第四条色环代表零的个数(即倍率 10^n),最后一条色环代表允许误差。

例如,四色环电阻红、红、棕、金,前面两条色环红色代表的数为22,第三条色环(棕色)表示前面两个数乘上 10^1 (10),也就是说在前面的两个数字之后要加上1个“0”,这个色环电阻器的标称阻值就是 $220\ \Omega$,误差 $\pm 5\%$ 。

五色环电阻红、黄、橙、金、棕,前面三条色环代表的数为243,第四条色环(金色)则表示前面三个数乘上 10^{-1} (0.1),这个色环电阻器的标称阻值就是 $24.3\ \Omega$,误差 $\pm 1\%$ 。

5. 电位器

电位器是一种连续可调的电阻器,它靠一个活动点(电刷)在电阻体上滑动,可以获得与转角(或位移)成一定关系的电阻值。

在电路中,电位器常用作分压器。它是一个四端元件。如图1.4(a)所示,输入电压 u_1 加在电阻体的1、3两端上,通过活动点2在电阻体1、3两点间的位移,把总电阻 R_0 分成 R_X 和 $(R_0 - R_X)$ 两部分,输出电压 u_0 是从 R_X 上取得的。

电位器作变阻器使用时,是一个两端元件。如图1.4(b)所示,1、3两端的阻值可随电刷2的位移而改变。

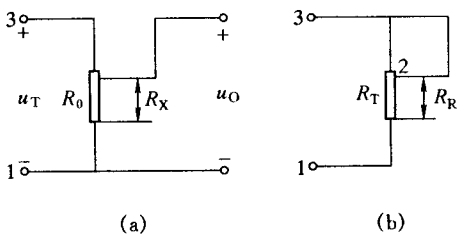


图 1.4 电位器的接线图

(1) 电位器的主要性能参数

① 标称阻值与零位电阻。电位器外表标明的阻值是电位器的标称阻值,也是电位器的最大阻值。电阻标称阻值是按国标 GB 2471—1981,采用 E6、E12 系列进行生产的。在选用电位器的标称值时,应尽量考虑在此标准系列中选择。零电阻是电位器的活动点(电刷)处于始末端时,活

动电刷与始末端之间存在的接触电阻,此值不为零,而是电位器的最小阻值。

② 变化特性。为了适应不同的用途,电位器的阻值变化规律有几种不同的情况。当活动点(电刷)在电阻体上转动或滑动时,阻值即随之改变。阻值随活动点(电刷)旋转的角度或移动的长度变化的关系称为阻值变化特性,也就是电位器的输出特性。

线绕电位器的阻值变化特性一般是直线式的。非线绕电位器的阻值变化特性通常分为直线式(X)、指数式(Z)、对数式(D)三类,如图 1.5 所示。

直线式电位器的阻值变化与转角成直线关系,它适用于要求调节均匀的场合,例如分压器电路。指数式电位器的阻值开始时变化较平缓,当转角接近最大转角一端时,阻值变化曲线较陡。这种电位器适用于音量控制电路,这是因人耳对小音量的变化感觉比较灵敏。对数式电位器的阻值开始时变化很大,而在转角接近最大转角一端时,阻值变化比较缓慢。它适用于要求与指数关系相反的电路中,如音调控制电路。

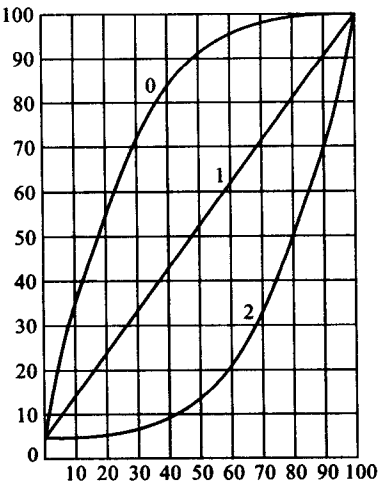


图 1.5 电位器阻值变化特性曲线

③ 动噪声。电位器的动噪声是电位器的动接点(电刷)在滑动时产生的电噪声。当电位器用于调节收音机音量时,动噪声会导致扬声器发出刺耳的声音。电位器的动噪声与转角速度、电刷接触压力及外加电压和电流的大小有关。

④ 分辨力。分辨力是衡量电位器输出量调节的精细程度的指标。线绕电位器的输出特性不是平滑上升,而是阶梯上升的。因为它的电刷不是沿电阻线长度平滑移动,而是一匝一匝地过渡移动,有时短接或跳过一些线匝。最小的调节量是一个阶梯的高度(即一匝所具有的阻值)。非线绕电位器的输出电压曲线也并不是很平滑的,但比线绕电位器好得多。

电位器的特性参数很多,其中许多与电阻器相同,如额定功率等,此处不再逐一介绍。

(2) 电位器的分类

电位器可分为接触式和非接触式两大类。接触式电位器是靠电刷和电阻体直接接触而工作的,目前常用的多属于这一类。非接触式电位器工作时没有直接接触的电刷,它是新近发展起来的新型电位器,如数字电位器、光电电位器和磁敏电位器等。

按电阻体所用的材料分,有合成碳膜电位器、金属膜电位器、金属氧化膜电位器、金属玻璃釉电位器、导电塑料膜电位器、合成实心电位器和线绕电位器等。

按调节方式分,有旋转式电位器和直滑式电位器两种。目前一般常用的多为旋转式。旋转式电位器转轴的轴端形式有三种,如图 1.6 所示。

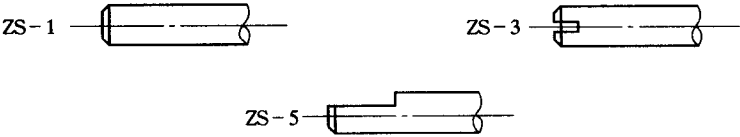


图 1.6 电位器转轴的轴端形式