

教育部规划教材

中等职业学校电子电器专业

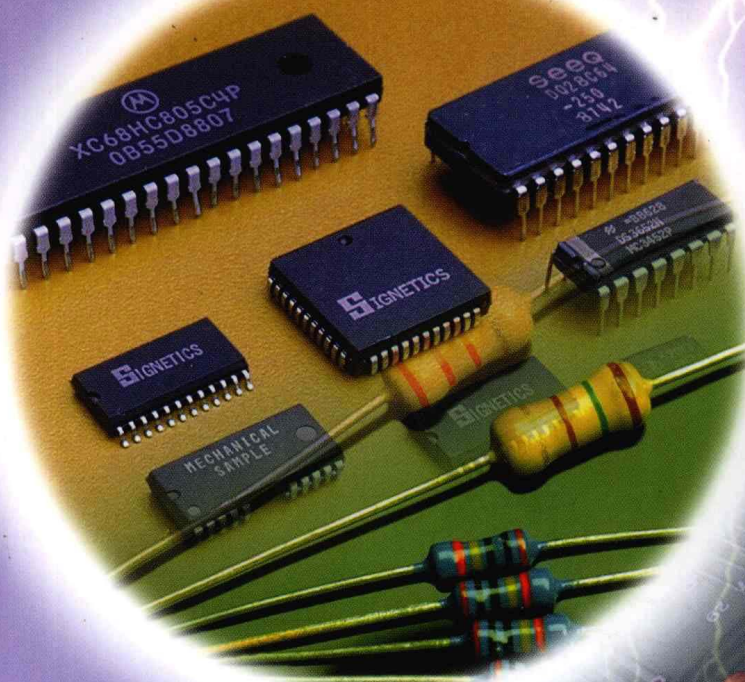
(含岗位培训 行业中级技术工人等级考核)

电子技能与训练

(第二版)

全国中等职业学校电子电器专业教材编写组编

朱国兴 主编



高等教育出版社

教育部规划教材
中等职业学校电子电器专业
(含岗位培训 行业中级技术工人等级考核)

电子技能与训练

(第二版)

全国中等职业学校电子电器专业教材编写组编
朱国兴 主编

高等教育出版社

内容简介

本书是教育部职业教育与成人教育司组织编写的全国中等职业学校电子电器专业教材，是教育部规划教材。全书以原国家教委颁布的“电子技能与训练教学大纲”为依据，并参照了国家有关部门最新颁发的家用电子产品、家用电器中级工人技术等级标准而编写。

本书系统地介绍了常用电子元器件、模拟电路、脉冲与数字电路、电子实用技能与应用电路，并将行业部门颁发的中级技术工人考核标准中的应会内容，融汇于各个章节。从中等职业教育的实际出发，通过对电子元器件的识别、判断与测试；对电子电路的分析、制作及故障排除，对常用仪器仪表的反复操作与使用，使学生掌握基础理论、培养动手能力。

本书概念清楚、重点突出、语言通顺易懂，既注意实际应用，又具有较强的可读性。
本书可作为中等职业学校电子电器专业学生“双证”考核、中级技术工人等级考核的教材，也可作为中等职业学校机电、电工专业以及技工学校同类专业的教材，还可作为军地两用人才和职工上岗培训教材。

图书在版编目（CIP）数据

电子技能与训练 / 朱国兴主编；全国中等职业学校电子电器专业教材编写组编. —2 版. —北京：高等教育出版社，2000（2008 重印）

ISBN 978 - 7 - 04 - 008148 - 0

I. 电… II. ①朱…②全… 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（1999）第 56388 号

电子技能与训练(第二版)
全国中等职业学校电子电器专业教材编写组编

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010 - 58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800 - 810 - 0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010 - 58581000		http://www.hep.com.cn
		网上订购	http://www.landaco.com
			http://www.landaco.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	畅想教育	http://www.widedu.com
印 刷	高等教育出版社印刷厂		
开 本	787 × 1092 1/16	版 次	1995 年 3 月第 1 版
印 张	16 5		2005 年 5 月第 2 版
字 数	390 000	印 次	2008 年 6 月第 17 次印刷
插 页	1	定 价	19.60 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 8148 - 00

第二版前言

《电子技能与训练》(第一版)一书自1996年5月出版后,已发行30余万册,深受各地师生和用户的欢迎。根据教育部职业教育与成人教育司的意见,结合1999年2月在苏州召开的规划教材修订会议精神,本书在第一版的基础上进行了修订。

教材的修订原则,突出职业教育的特点,力求新颖、实用。在原有的基础上,增加了一批实际中常用器件和常用仪器装置的介绍和应用,并针对中等职业学校学生的特点,增加了基础技能训练的内容,强调了仪器仪表的操作。同时,增加了电子实用技能与应用电路的章节,主要介绍了实用电路的工作原理、元器件选择、组装及部分故障的分析、排除方法,对进一步培养学生掌握最新技术的能力,打下良好的基础。

本书教学共需144学时,各章学时分配参考表如下:

序 号	技 训 内 容	课 时 安 排
一	常用电子元器件	40
二	模拟电路	44
三	脉冲与数字电路	34
★四	电子实用技能与应用电路	22
五	机动	4

本书还有选修部分(打★号),在教学过程中,教师可根据情况选讲带★内容,也可作为家庭作业或第二课堂活动内容。

本书由朱国兴同志主编。参加编写工作的有程晋贤、范荣欣、周金生、石小法等同志。全书由姜有根、贾蜀轩同志主审。

本书在编写过程中得到了江苏省教委职教处、江苏省无锡职业教育中心等领导的大力支持;本书实验所采用的DS-ⅢC型电子电工教学实验设备(见附录十)由浙江亚龙教仪有限公司提供,在此一并表示衷心地感谢。本书还摘用了部分已发行的图表、资料,对此深表谢意。

限于水平,书中错、漏难免,不当之处,恳请读者批评指正。

本书自2000年出版以来,不断得到广大读者的批评与指正,为进一步提高质量,编者在原教材的基础上,又对发现的错漏之处进行了挖改与重排。敬请读者对书中的缺点与不足,继续予以指正。

编者
2005年2月

第一版前言

1992年9月国家教育委员会职教司召开了由北京、四川、江苏、广东、辽宁、山东、河南、福建、浙江、湖南、湖北、内蒙、天津、重庆、武汉、广州、济南等省市教委选派出的专业教师、教研员参加的全国职业高中电子电器专业的部分课程教学大纲审定会。这次会议审定通过了全国职业高中电子电器专业教学计划与23门专业课程教学大纲,落实了该专业新一轮国家规划教材的编写任务,成立了“全国职业高中电子电器专业教学研究组。”

与会代表充分肯定了由国家教委职教司与高等教育出版社组织编写的上一轮职业高中电子电器专业教材,认为这一轮教材对提高全国职业高中电子电器专业教学质量,强化技能训练方面的教学改革起到了保证作用,受到了全国各地职高师生的好评,社会效益明显。

随着职业技术教育改革的深化,特别是国家教委教职017号文件“关于制定职业高级中学(三年制)教学计划的意见”的颁布,迫切需要制定新的职业高中电子电器专业的教学计划和按照新的教学计划对教材进行修订。为此,经过与会代表认真、细致的研讨,提出了职业高中电子电器专业的教学计划、教学大纲以及新一轮教材编写的改革构想与实施方案。其中,对职业高中电子电器专业新一轮教材编写工作,主要做了以下几方面的改革与完善:

一、将国家教委教职017号文件的原则与精神,具体落实到该专业教学计划的制定与教材编写工作当中。根据017号文件精神,职业高中电子电器专业的培养目标是掌握该专业所需要的文化基础知识、专业技术知识与实际操作技能的中级技术工人;政治课和文化课与专业课、实习的课时比例定为3:3:3.5左右,另安排了大约5%的专业选修课。

二、在教学大纲制定与教材编写中,要以劳动部、电子、国内贸易部最新颁布的电子行业、家用电器维修专业的有关工种中级工人技术等级标准为依据。

三、电子电器专业是一个很大专业群的总称,它是职业高中面对人才市场需要,为适应毕业生不包分配这一特点而设置的,具有职业高中特色。该专业包括电子、电器两大分支。电子类产品是以电子技术为基础设计和生产出来的各种产品;电器类产品是以电动、电热、电磁原理为基础设计和生产出的各种产品。每个分支按实际工作需要,又可分成若干个门类、工种,例如以劳动部、电子部最新颁布的电子行业工人技术等级标准分类,电子电器专业含无线电装接工、调试工、成品检验工、家用电子产品维修工等;以国内贸易部最新颁发的家用电器维修专业工人技术等级标准分类,电子电器专业包括家用视频设备维修、家用音频设备维修、家用制冷设备维修、家用电热器具与电动器具维修、复印设备维修和一般办公设备维修等工种。面对上述情况,职业高中电子电器专业有关的教学计划与教材编写,采用了积木式教学法,将电子电器专业课分为两段教学。

第一段教学安排在一二年级的前半段,主要针对上述两种共有的专业知识要求与基本技能要求,开设了:电工技术基础、电工技能与训练、电子技术基础(含模拟与数字电路)、电子技能与训练、机械常识与钳工基本技能、微处理器在家用电器中的应用、计算机语言与应用。这段教学要体现职业高中的“宽口径”特点,保持相对稳定性。

第二段教学安排在二年级后半段至三年级前半段。根据人才市场的需要,这段教学又可分别安排为若干个积木块。这次会议向全国推荐了三个较为成熟的积木块,它们是:音频与视频设备维修;电热、电动与制冷设备维修;电子产品生产工艺。这次会议制定了这三个积木块开设的课程、课时与教学要求(教学大纲)。其中,音频与视频设备维修类开设:音响设备原理、音响设备维修技术、电视机原理、电视机维修技术、录像机原理与维修技术;电热、电动与制冷设备维修类开设:制冷与空调设备原理、制冷与空调设备维修技术、电热与电动器具原理、电热与电动器具维修技术;电子产品生产工艺类开设:电子仪表与测量、电子整机装配工艺与技能训练、整机原理与维修技术(整机内容要根据就业方向而定,例如,分配方向为电视机生产线工人,即开设电视机原理与维修技术)。为适应专业间相互渗透的发展趋势,每个门类(积木块)还要开设选修课(大约 200 学时),即对另一门类(积木块)的专业技术课进行选修,例如,音频与视频设备维修类,可选修制冷与空调设备原理与维修技术。在这些积木块的教学大纲制定与教材编写中,注意贯彻了有关部委制定的中级工人技术等级标准。这段教学具有“对口就业”倾向,安排上体现了一定的灵活性。

实践证明,职业高中的专业技术培训不能只对准单一工种,而要对准某一子类或主类进行,并且要随着市场产品的变化进行调整。“积木块”式的课程设置方法,对职业高中进入市场经济,是一种行之有效的教学手段。

四、上一轮教材采用了双轨制,即为保证技能训练的内容与实施,将理论与技能训练分别设课和编教材,同步教学。几年的实践证明,“双轨制”教学是保证和突出技能训练的重要措施,符合 017 号文件关于职业高中要重视技能训练的精神。在这次制定教学计划与教学大纲过程中,既坚持了上一轮教材的“双轨制”方向,也针对其存在的问题进行了修改。例如,在编写《电子技术基础》与《电子技能与训练》时,验证性实验归到《电子技术基础》,而《电子技能与训练》这门技能培训课程,主要是根据电子行业工人技术等级标准中的技能要求,进行专业技能训练。这样,理论与技能课分工明确,更有利于教学和提高教学质量。在新一轮技能训练教材的编写中,明确了要求,训练要有具体内容与目标(部颁标准),要具有可操作性和可检测性,要突出实用性和效益性。同时,在教材编写中,注意了对有关教具、器材的配套、规范化和革新。

五、本次会议成立了由国家教育委员会职业技术教育司直接领导,由部分市教委选派专家、专业教师及专业教研人员参加的全国职业高中电子电器专业教学研究组。该教学研究组的成立,将从组织上保证教学计划的实施与高水平教材的出版。

《电子技能与训练》一书为职业高级中学专业教材之一,与《电子技术基础》一书成姊妹篇。本书在编写过程中既考虑到与《电子技术基础》课程的衔接,又注意到与专业基础实验的区别,既突出基本技能的训练,又避免了与专业生产实习的重复,内容丰富,可操作性强。

本书各章节基本电子电路的安装、调试本着由浅入深、循序渐进的原则,使学生在亲自动手制作的过程中,通过声、光和机械动作的形象变化,加深对基本电路的理解,进一步增进知识、增加兴趣、增强技能,为培养又有理论基础、又有实践技能的专业人才,打下坚实的基础。

为了适应电子工业高速发展的需要,本书除加强集成电路方面的技能训练外,还增设了新颖电路应用介绍的章节,通过对国内外先进新颖电路介绍,更进一步地拓宽学生的知识面,为当今高新技术服务。

本书第五章常用仪器的使用,以介绍通用、典型的仪器为主。本着现学现用的原则,本章

节的内容分别穿插在其他各章中分别讲授，不再单独安排授课时数。

本书教学共需 144 学时，各章学时分配参考表如下：

序 号	技 训 内 容	课 时 安 排
一	常用电子元器件	30
二	模拟电路	48
三	脉冲与数字电路	34
四	新颖电路应用介绍	28
五	常用仪器的使用	穿插在各章节中
六	机 动	
	合 计	144

书中还有选修(打 * 号)部分，既可作课堂内容，也可作家庭作业或第二课堂活动内容，供各校选用。

参加本书编写的有程晋贤(第一章)、范荣欣(第二章)、周金生(第三章)、石小法(第四章)、朱国兴(第五章)等同志。朱国兴任主编，由徐祖兴主审。

本书在编写过程中得到了江苏省教委职教处李步斗、睦平等同志的大力支持，还得到无锡电子职业中学姜鹤年、孙志云等领导及曹迪、许云等教师的鼎力相助，在此表示衷心地感谢。

限于水平，书中错、漏难免，不当之处，恳请读者批评指正。

编者
1995 年 3 月

目 录

第一章 常用电子元器件	1	第一节 电源变压器的设计和绕制	187
第一节 电阻器	1	第二节 维修用直流稳压电源	195
第二节 电容器	11	第三节 简易信号发生器的制作	199
第三节 电感器	19	第四节 小容量电容器测试仪	202
第四节 半导体分立器件	27	第五节 模拟自然风控制装置	205
第五节 半导体集成电路	51	第六节 易燃气体报警器	207
第六节 电声器件、光电器件和压电器件 ...	59	第七节 蓄电池充电器	211
第七节 片状元器件	67	第八节 红外无绳耳机	213
第八节 表头	71	第九节 新型无线遥控系统	217
第九节 开关与接插件	74	第十节 固态继电器	221
第十节 传感器	76	习题	225
第十一节 印制电路板	79	附录	226
习题	85	附录一 国内外常用整流二极管参数表	226
第二章 模拟电路	86	附录二 部分国产三极管参数及相应型号 对照表	227
第一节 晶体二极管电路	86	附录三 日、韩产硅小功率三极管参数表 ...	228
第二节 晶体三极管电路	95	附录四 模拟集成运算放大器国内外型号 对照表	228
第三节 振荡器电路	104	附录五 常用 TTL(74 系列)数字集成电路 型号及引线排列表	230
第四节 直流放大与集成运算放大器	108	附录六 常用 CMOS(C000 系列)数字集成 电路型号及引线排列表	231
第五节 调谐放大器	122	附录七 常用 CMOS(CC4000 系列)数字 集成电路国内外型号对照及引线 排列表	232
第六节 直流稳压电源	128	附录八 装配工艺要求	233
第七节 可控硅电路	137	附录九 技训报告	234
习题	142	附录十 DS-ⅡC 型电子电工教学实验设备 在教材中的应用	235
第三章 脉冲与数字电路	143		
第一节 门电路	143		
第二节 组合逻辑电路	149		
第三节 集成触发器	152		
第四节 计数器	159		
第五节 脉冲与整形电路	165		
习题	186		
★第四章 电子实用技能与应用电路 ...	187		

第一章 常用电子元器件

第一节 电 阻 器

一、电阻器和电位器的型号命名方法

根据 GB2470/T—1995 规定，国内电阻器和电位器的型号一般由四部分组成，如图1-1 所示。各部分有其确切的含义，见表1-1。

表 1-1 电阻器和电位器型号的命名方法

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		用数字表示序号
符号	意 义	符号	意 义	符号	意 义	
R	电阻器	T	碳膜	1	普通	
W	电位器	P	硼碳膜	2	普通	
		U	硅碳膜	3	超高频	
		H	合成膜	4	高阻	
		I	玻璃釉膜	5	高温	
		J	金属膜(箔)	7	精密	
		Y	氧化膜	8	电阻；高压；电位器；特殊	
		S	有机实芯	9	特殊	
		N	无机实芯	G	高功率	
		X	线绕	T	可调	
		C	沉积膜	X	小型	
		G	光敏	L	测量用	
				W	微调	
				D	多圈	

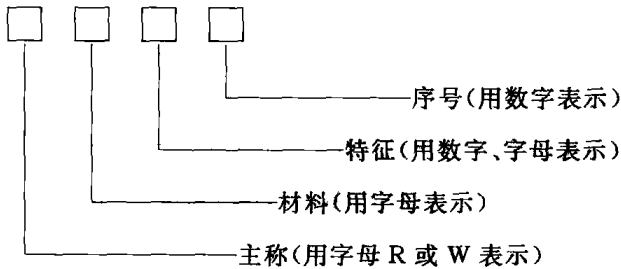


图 1-1 电阻器的型号命名方法

示例一：RJ71——精密金属膜电阻器。
 示例二：WSW1——微调有机实芯电位器。
 常用电阻器、电位器的外形及图形符号如图 1-2 所示。
 敏感元件的型号命名方法见表 1-2。

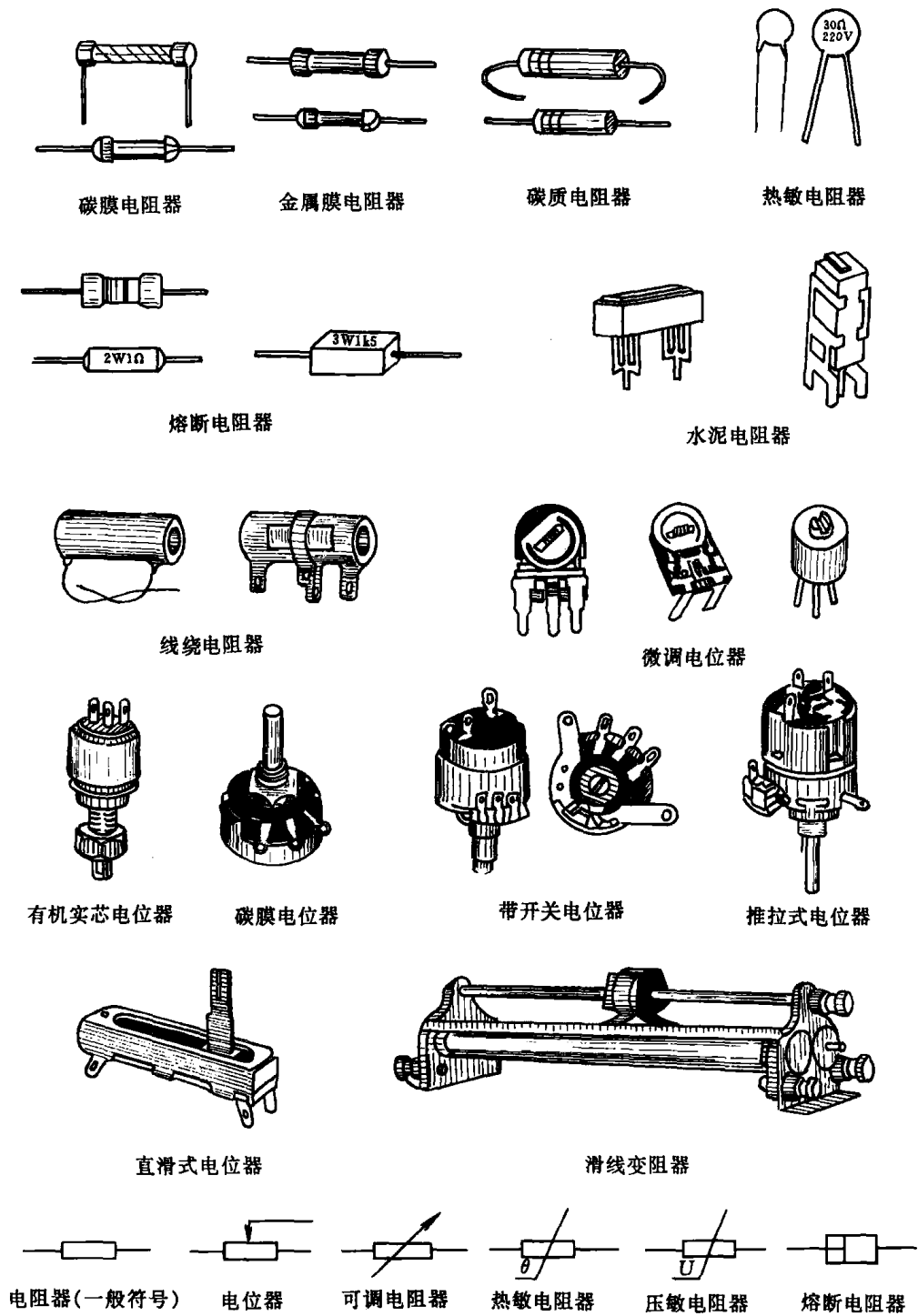


图 1-2 电阻器、电位器外形及图形符号

示例一：MF11——负温度系数热敏电阻。

示例二：MYL1——压敏电阻。

表 1-2 敏感元件的型号命名方法

第一部分：主称		第二部分：类别		第三部分：用途或特征												第四部分：序号	
字母	含义	字母	含 义	数字	用途或特征	字母	用途或特征	数字	用途或特征	字母	用途或特征	字母	用途或特征	字母	用途或特征	数字	用途或特征
M	敏感元件	Z	正温度系数热敏电阻器	1	普通用	W	稳压用	1	紫外光	C	测湿用	Y	烟 敏	Z	电阻器	1	硅应变片
		F	负温度系数热敏电阻器	2	稳压用	G	高压保护用	2	紫外光							2	硅应变梁
				3	微波测量用	P	高频用	3	紫外光							3	硅林
		Y	压敏电阻器	4	旁热式	N	高能用	4	可见光							4	
		S	湿敏电阻器	5	测温用	K	高可靠用	5	可见光	K	控湿用	K	可燃性	W	电位器	5	
		Q	气敏电阻器	6	控温用	L	防雷用	6	可见光							6	
				7	消磁用	H	灭弧用	7	红外光							7	
		G	光敏电阻器	8	线性用	Z	消噪用	8	红外光							8	
		C	磁敏电阻器	9	恒温用	B	补偿用	9	红外光							9	
		L	力敏电阻器	0	特殊用	C	消磁用	0	特 殊							0	

目前，在彩色电视机、空调机、计算机、复印机及贵重的仪器设备中还常用到保险电阻、水泥电阻、热敏电阻和压敏电阻等新型特殊元件。

保险电阻又叫熔断电阻，是一种新型双功能元件。正常使用具有普通电阻的功能，当电路出现故障，超过其额定功率时，它会在规定时间内开路，从而起到保护贵重元器件的作用。保险电阻可分为不可修复型和可修复型两类。不可修复型保险电阻温升达到 500~600℃时，电阻层自行剥落而熔断。一旦熔断，必须换上新的保险电阻，才能保证电路正常工作。可修复型保险电阻可供多次使用。当过负荷使用时，电阻体上的低温合金(如熔点为 183℃的松香焊锡丝)熔珠将被熔化，使磷铜线弹开，电阻开路。这种保险电阻开路后，经人工修复可继续使用。

保险电阻的阻值较小(零点几欧至 3.3kΩ)，圆柱体的功率一般为 0.25W~3W，长方体的功率可达 12W。熔断时间一般为几十秒。

保险电阻常用型号有：RF10 型(涂复型)、RF11 型(瓷外壳型)、RRD0910 型、RRD0911 型(瓷外壳型)等。RF10 型电阻表面涂有灰色不燃涂料，其电阻阻值用色环表示。RF11 型的阻值用字母表示，例如 1W10Ω、2W1Ω2 等。也有不标功率，只标阻值的，如 1Ω2、10Ω 等。

水泥电阻是一种陶瓷绝缘功率型线绕电阻，按功率可分为 2W、3W、5W、7W、8W、10W、15W、20W、30W、40W 等规格。常见型号为 RX27-1 型、RX27-3 型和 RX27-4 型几种。水泥电阻具有功率大、散热好、阻值稳定、绝缘性能强的特点，因而在计算机、电视机、仪器仪表中得到广泛的应用。

热敏电阻是电阻阻值随温度变化而显著变化的敏感元件。电阻阻值随温度升高而减小的称

为负温度系数热敏电阻，用 NTC 表示；电阻阻值随温度升高而增大的称为正温度系数热敏电阻，用 PTC 表示；电阻阻值随温度的变化有一临界点，超过临界点，阻值急剧下降2~4 个数量级的称临界温度热敏电阻，用 CTR 表示。热敏电阻有圆片状、方片状、管状、线状、杆状、垫圈状和珠状等多种形状。常见的型号有 MF11、MF13、MF51(负温度系数)，MZ61、MZ71、MZ73 (正温度系数)等。热敏电阻的阻值范围很宽，可从 10Ω 至 1MΩ 不等。NTC 热敏电阻通常用在温度测量和温度补偿等电子线路中，PTC 热敏电阻则常用于彩电消磁、电动机过热保护、电子线路过载保护等电路中。PTC 也可作为发热元件用于加温保温设备中。

压敏电阻是一种对电压十分敏感的氧化锌电阻器件，它的导电性能随施加电压的改变呈非线性变化。当压敏电阻两端所加电压低于其标称值时，其内部的晶界层几乎是绝缘的，呈高阻状态，对外电路不发生影响；而当电压高于其标称值时，其内部晶界层阻值在 ns 数量级的响应时间内，阻值急剧下降，迅速变成低阻状态，使过电压通过器件泄放。压敏电阻已在彩电、洗衣机、电冰箱、电话机、传真机、漏电保护器等家用电器中得到广泛应用。压敏电阻的保护作用能重复进行，一旦过电压消失，器件即又自动地恢复高阻状态。

二、电阻器的主要参数

1. 电阻器的标称阻值和偏差

电阻器的标称阻值分 E6、E 12、E 24、E 48、E 96、E 192六个系列，分别适用于允许偏差为±20％、±10％、±5％、±2％、±1％和±0.5％的电阻器。E 24系列为常用系列。

这种标称值系列见表 1-3，其优越性在于，在同一系列相邻两值中较小数值的正偏差与较大数值的负偏差彼此衔接或重迭，所以所有制造出来的电阻器，都可以按照一定标称值和误差分选。

表 1-3 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	4.7	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		

表中的标称值可以乘以 10ⁿ，例如 4.7Ω 这个标称值，就有 0.47Ω，4.7Ω，47Ω，470Ω，

4. 7kΩ，…。

电阻器的标称电阻值和偏差一般都标在电阻体上，其标志有四种：直标法、文字符号法、数码法和色标法。

(1) 直标法 直标法是用阿拉伯数字和单位符号在电阻器表面直接标出标称阻值，如图1-3 所示，其允许偏差直接用百分数表示。

(2) 文字符号法 文字符号法是用阿拉伯数字和文字符号两者有规律的组合来表示标称阻值，其允许偏差也用文字符号表示，见表1-4。符号前面的数字表示整数阻值，后面的数字依次表示第一位小数阻值和第二位小数阻值，见表1-5。例如，1R5 表示 1.5Ω，2k7 表示 2.7kΩ，R1 表示 0.1Ω。

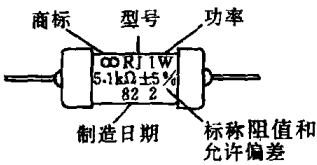


图 1-3 直标法表示的电阻器

表 1-4 表示允许偏差的文字符号

文 字 符 号	允 许 偏 差	文 字 符 号	允 许 偏 差
B	±0.1%	J	±5%
C	±0.25%	K	±10%
D	±0.5%	M	±20%
F	±1%	N	±30%
G	±2%		

表 1-5 表示电阻单位的文字符号

文 字 符 号	所表示的单位	文 字 符 号	所表示的单位
R	欧姆(Ω)	G	千兆欧姆(10 ⁹ Ω)
k	千欧姆(10 ³ Ω)	T	兆兆欧姆(10 ¹² Ω)
M	兆欧姆(10 ⁶ Ω)		

(3) 数码法 数码法是用三位阿拉伯数字表示，前两位数字表示阻值的有效数，第三位数字表示有效数后零的个数。例如，100 表示 10Ω，102 表示 1kΩ。当阻值小于 10Ω 时，以×R×表示，将 R 看作小数点，例如，8R2 表示 8.2Ω。

(4) 色标法 色标法是用不同颜色的带或点在电阻器表面标出标称阻值和允许偏差。

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1-4 所示。例如，电阻器上的色带依次为绿、黑、橙、无色，则表示 50×1 000=50kΩ，误差是±20%；电阻的色标是红、红、黑、金，其阻值是 22×1=22Ω，误差是±5%；又如，电阻的色标是棕、黑、金、金，其阻值是 10×0.1=1Ω，误差是±5%。

② 三位有效数字的色标法 精密电阻器用五条色带表示标称阻值和允许偏差，如图 1-5 所示。例如，色带是棕、蓝、绿、黑、棕，表示 165Ω±1%的电阻器。

2. 电阻器的额定功率

在正常大气压力(650mmHg~800mmHg)及额定温度下，电阻器长期连续工作并能满足规定的性能要求时，所允许耗散的最大功率称为电阻器的额定功率。

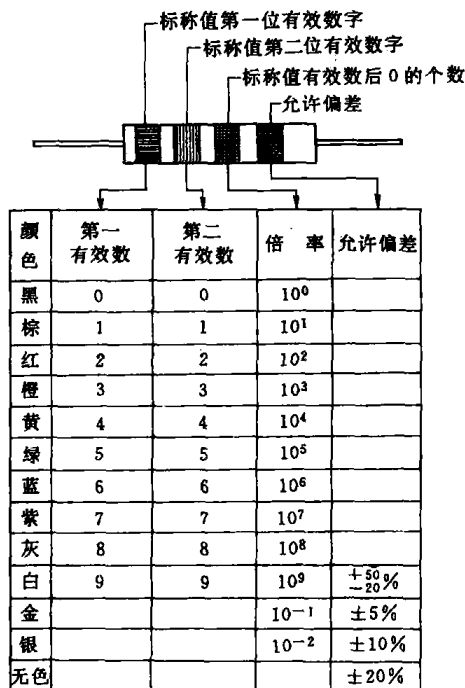


图 1-4 两位有效数字的阻值色标表示法

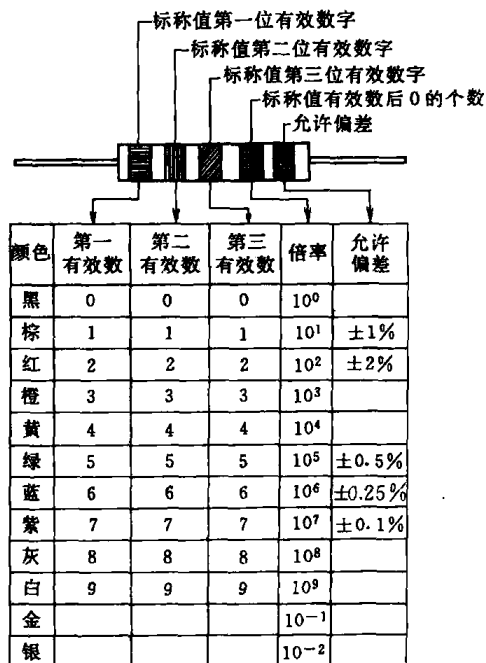


图 1-5 三位有效数字的阻值色标表示法

电阻器的额定功率采用标准化的额定功率系列值。其中线绕电阻器的额定功率系列为：3W、4W、8W、10W、16W、25W、40W、50W、75W、100W、150W、250W、500W。非线性绕电阻器的额定功率系列为：0.05W、0.125W、0.25W、0.5W、1W、2W、5W。

通常小于 1W 的电阻器在电路图中不标出额定功率值。大于 1W 的电阻器用阿拉伯数字加单位表示，如 25W。

在电路图中表示电阻器额定功率的图形符号如图 1-6 所示。

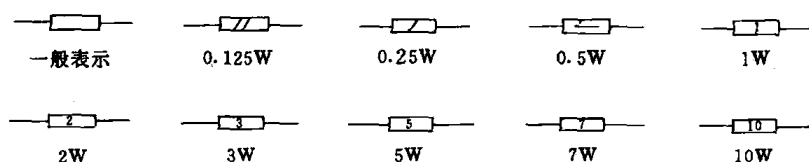


图 1-6 电阻器额定功率符号

三、电位器

电位器是一种常用的电子元件，它靠滑动臂（动接点）在电阻体上滑动，从而取得与电位器输入电压和滑动臂位移（或转角）成一定关系的输出电压。如图 1-7 所示为电位器的原理图，其输入电压加在电阻体 A、B 端，输出电压从动接点 C 和 A 两端之间取得，1、2、3 分别为电位器的三个引出端。另外，电位器还可作变阻器用。

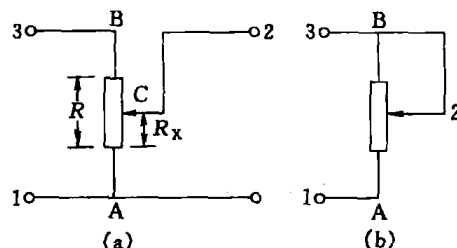


图 1-7 电位器的原理图
(a)作分压器 (b)作变阻器

电位器按电阻体材料可分为线绕电位器、合成电位器和薄膜电位器三大类，每一类又可分为

成若干品种。

电位器按调节机构的运动方式可分为旋转电位器和直滑电位器。

电位器按结构特点可分为单联电位器、多联电位器、带开关电位器、抽头电位器、多圈精密电位器和锁紧电位器等。

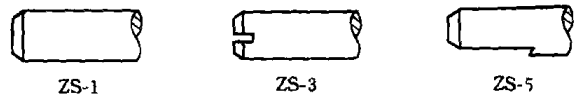


图 1-8 电位器轴端型式

电位器的尺寸大小，旋转轴柄的长短，轴端型式各有不同。

电位器的轴端型式一般分为三种：ZS-1 光轴式，ZS-3 带起子槽式，ZS-5 铣平面式，如图1-8所示。

电位器在旋转时，其阻值依旋转角度大小而变化，其变化关系如图1-9 所示。

X 型为直线式，其阻值按旋转角均匀变化。它适于作分压、调节电压、调整偏流、电视机中场频调整。

Z 型为指数式，其阻值按旋转角度依指数关系变化。它常用在音量调节电路里。由于人耳对声音响度的听觉特性是接近于对数关系的，当音量从零开始逐渐变大的一段过程中，人耳对音量的变化最灵敏，当音量大到一定程度后，人耳听觉逐渐变迟钝。所以音量调整一般采用指数式电位器，使声音变化听起来显得平稳、舒适。

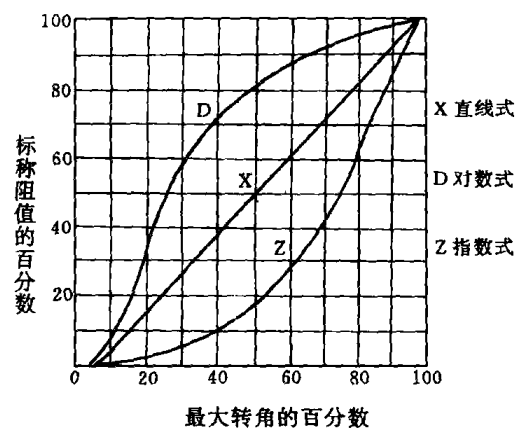


图 1-9 电位器旋转角和实际阻值变化关系

D 型为对数式，其阻值按旋转角度依对数关系变化。适用于音调控制等电路。

目前，在一些高档位的电子产品中还广泛使用了无触点电位器。无触点电位器也叫电子电位器，它实质上是一种新型的电子器件。使用时可用手动控制，也可用数字信号控制。自身带按钮，操作非常方便，断电后可存储原状态。因没有触点，不会产生接触不良或电阻体磨损的故障，大大提高了电路的可靠性。

四、电阻器、电位器的测量与质量判别

1. 电阻器、电位器的测量

通常可用万用表的电阻挡进行测量。值得注意的是，拿固定电阻器两只手的手指不要触碰在被测固定电阻器的两根引出端上，否则人体电阻与被测电阻器并联，影响测量精度。需要精确测量阻值时，可用万能电桥进行。

2. 电阻器的质量判别

电阻器的电阻体或引线折断、烧焦等，可以从外观上看出。电阻器内部损坏或阻值变化较大，可通过万用表欧姆挡测量来核对。若电阻内部或引线有毛病，以致接触不良时，用手轻轻地摇动引线，可以发现松动现象；用万用表欧姆挡测量时，就会发现指针指示不稳定。

3. 电位器的质量判别

图 1-10 所示的是最常见的碳膜电位器。这种电位器是由炭黑和树脂的混合物喷涂在马蹄形胶板上制成电阻片，从两端引出焊片“1”和“3”。电阻片上可以转动的活动臂由焊片“2”引

出。旋转电位器的旋转轴，可改变活动臂在电阻片上的接触位置，从而达到改变阻值的目的。

电阻片“1”、“3”两端的电阻值就是电位器的阻值。将万用表的两根表笔分别连接被测电位器的“2”、“3”端，这时活动臂与两端的电阻值随触点的位置而变。顺时针旋转电位器，“2”、“3”间的阻值应从零变化至电位器的标称值；“1”、“2”间的阻值变化相反。将表笔接中间焊片及电位器任何一端，旋转电位器轴柄，如表针平稳移动而无跌落、跳跃或抖动等现象，则说明电位器正常。

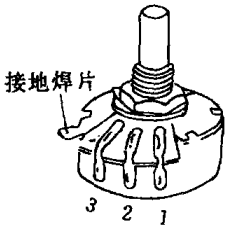


图 1-10 碳膜电位器

五、万用表中线绕电阻器的绕制和修理

万用表中常见的线绕电阻和线绕电位器有两种，如图 1-11 所示。

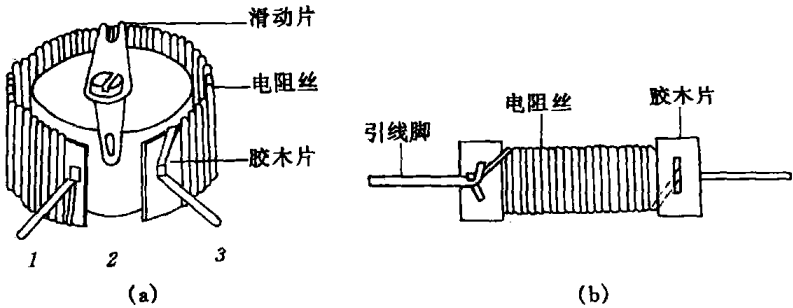


图 1-11 万用表中的线绕电阻、电位器

其中图 1-11(a)所示的为欧姆调零器所用的线绕电位器，它是将金属电阻丝绕在圆弧形的胶木片上，中间滑动片压紧在金属电阻丝上，且能转动，用来调节 1~2、2~3 间的阻值大小。常见故障为金属电阻丝与 1、3 焊片间断丝或中间滑动片将金属电阻丝刮断。因使用精度要求不太高，在没有备件的情况下，可将断线处接上，但要注意接头处需避开中间滑动片。

图 1-11(b)所示的为精密线绕电阻，一般用漆包电阻丝绕在胶木片上组成。由于使用不当，比如在电阻或电流挡测量较高电压，因此时表内电阻甚小，会烧坏线绕电阻。常用的修理方法有两种：一是用一只数值较准的碳膜电阻代换；二是将烧黑的电阻丝一端焊下拆开，再将它间绕在胶木片上，注意线间不能短路，层与层之间要加绝缘层。实践证明后一种方法因不影响万用表的精度，效果较好。

六、电位器的修理

在电子设备、无线电广播设备、收录机、电视机等产品的使用过程中，往往因电位器接触不良而引起很大的噪声，严重时将导致工作失常。用示波器观测时，有一种无规律的幅度变化电压，这就是电位器的滑动噪声。

用外接直流电源(最好是干电池)，使一恒定直流电流经电位器，电位器的输出电压加到示波的 Y 输入端。如果电位器接触良好，且无噪声，示波器屏幕上将显示一条光滑的水平直线光迹。如有毛刺出现，就表示有噪声存在。一旦电位器出现噪声，可用酒精棉球擦洗或高效电器清洁剂喷洗相应部位即可除去。

七、MF50 型万用表的使用

1. 仪器面板结构(图 1-12)

2. 使用方法

(1) 测量前的准备 使用之前, 应注意指针是否指在零位, 如不指在零位, 可通过机械调零装置, 将指针调到零位。

把 1.5V 五号电池及 10F20 型 15V 层迭电池各一节装入万用表电池夹内。把两根表笔分别插到插座上, 红笔插在“+”插座内, 黑笔插在“*”插座(公用插座)内。

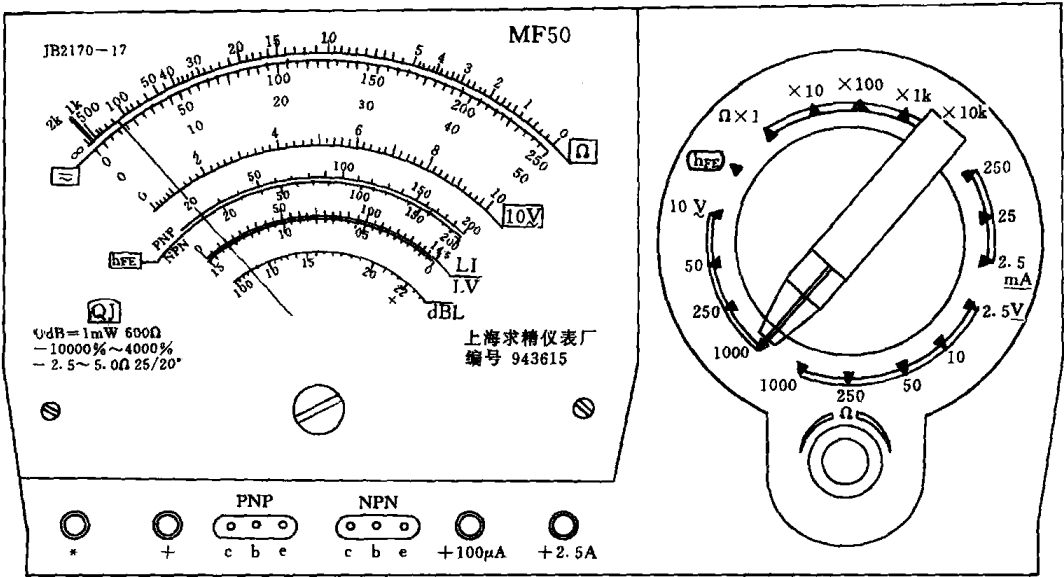


图 1-12 MF50 型万用表面板结构图

(2) 电阻的测量 先将开关拨到电阻挡范围内, 把红、黑两表笔短接, 调整“Ω”调零器, 使指针指在第一条刻度线的 0Ω 位置上(即满度位置), 再把表笔分开去测被测电阻的两端, 测量值在第一条刻度线上读出并乘上该挡的倍率。每转换一次挡位, 均需重新“Ω”调零。

测量电路中的电阻时, 应切断被测电路的电源, 如电路中有电容器存在, 应先将其放电后才能测量。

(3) 直流电流的测量 根据所测电流的大小, 把开关拨到相应的电流挡上, 测量时把万用表串接在被测电路中, 红笔接在电路的正端, 黑笔接在电路的另一端。

当使用 100μA 挡或 2.5A 挡时, 开关都应拨到 250mA 的位置上, 但测试的红表笔在使用 100μA 时应插在 +100μA 的插座内; 在使用 2.5A 挡时应插在 +2.5A 的插座内。

电流测量值在第二条刻度线上读出。

(4) 直流电压的测量 把开关拨到与被测电压相对应的直流电压挡上, 红笔接在电路的正端, 黑笔接在电路的负端。电压测量值在第二条刻度线上读出。

(5) 交流电压测量 与直流电压的测量相似, 只需把开关拨到交流电压范围挡内。交流 10V 挡的测量值在第三条刻度线上读出; 其它各挡交流电压值在第二条刻度线上读出。

(6) 三极管 h_{FE} 的测量 测量 h_{FE} 时应把开关拨到 $R \times 1k$ 挡, 调好欧姆零位后, 再把开关拨到