



高职高专“十一五”电子信息类专业规划教材

电子产品工艺 与实训



王成安 主编
毕秀梅

赠送电子教案



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

高职高专“十一五”电子信息类专业规划教材

电子产品工艺与实训

主 编 王成安 毕秀梅
副主编 霍跃军 李亚平
参 编 王 超 贾厚林
宋月丽



机械工业出版社 (100044 北京)

本书按照现代电子产品生产工艺要求的顺序进行编写,内容包括电子元器件检测、电子材料选用、电子产品装配前的准备、电子元器件焊接、印制电路板制作、电子产品安装、电子产品调试、电子元器件表面安装、电子产品的检验与包装等全部生产工艺,每章后面都安排有相应的实训环节。为了提高管理水平和电子技能,还增加了电子工艺文件的识读和电子产品工艺综合训练两章。

本书在选材上具有先进性和实用性,详细介绍了现代电子产品的实际生产步骤,可作为高职院校电子信息和应用电子技术专业的教材,对从事电子产品生产工艺操作的技术人员也有一定的参考价值。

为方便教学,本书配有免费电子教案,凡选用本书作为教材的学校,均可来电索取,咨询电话:010-88379564

目次

图书在版编目(CIP)数据

电子产品工艺与实训/王成安,毕秀梅主编. —北京:机械工业出版社,2007.1

高职高专“十一五”电子信息类专业规划教材

ISBN 978-7-111-20663-7

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

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第165188号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:于宁 责任编辑:曲世海 版式设计:冉晓华

责任校对:申春香 封面设计:王伟光 责任印制:李妍

北京铭成印刷有限公司印刷

2007年2月第1版第1次印刷

184mm×260mm·12.75印张·314千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-20663-7

定价:20.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)68354423

封面无防伪标均为盗版

前 言

《电子产品工艺与实训》是为高职院校的电子信息专业和应用电子技术专业编写的一本专业教材,也可供高职其他电类专业作为电子技能实训教材。

电子技术的飞速发展,使得各种新器件、新电路、新技术和新工艺如雨后春笋般涌现,电子产品工艺教材必须及时反映出这些新进展,与时俱进,才能胜任现代电子技术对高职教育的要求。特别是在大规模集成电路被广泛应用的今天,电子技术正朝着专用电子集成电路(ASIC)、硬件和软件合为一体的电子系统(CPLD 和 FPGA)的方向发展,以硬件电路设计为主的传统设计方法,正向着充分利用器件内部资源和外部引脚功能的设计方法转化。电子产品的生产也由传统的手工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上已经基本普及。正是为了适应社会的实际需要,我们编写了这本教材,力图反映电子产品新工艺和新技术,介绍电子新器件和新电路,体现电子产品工艺教学的新模式和新方法,更好地为高职教育服务。

根据高职教育培养目标的要求,高职层次培养的人才必须具有大学专科的理论基础,并有较强的本专业职业技能。高职教育培养的人才是面向生产第一线的技术型人才,这类人才不同于将学科体系转化为图样和设计方案的工程技术人员,而主要是如何把图样和设计方案转化为实物和产品的实施型高级技术人才,因此电子产品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,再也不能只教一些学而无用的知识和已经落后的技能了。

我们编写的目标是:

1) 电子产品工艺与实训是一门专业技能性质的课程,既要有技能知识的基础性,又要有技能的先进性,所以在内容的安排上,除了包含有电子技术技能训练的基本内容,还把先进的电子产品工艺,如 SMT 技术和计算机制作印制电路板等工艺做为训练内容,使电子产品工艺教材的内容能跟上时代的发展步伐。

2) 在技能的训练上,以“必须”和“够用”为原则。对基本技能进行训练时,不做过于繁杂的理论讲解,重点放在基本技能的训练上;对先进的电子产品工艺进行训练,重在对设备的认识和操作上,因为先进的电子产品工艺已经基本上实现了自动化操作。

3) 在实训内容的安排上,以单项技能训练为主,最后再进行综合技能训练,以便更好地配合教学的进度。配合每项技能训练都精心设计了自测题,以方便教师和学生对该项技能训练的效果进行检查;更有特色的是,结合各项技能训练,精心安排了“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,相信对提高学生的电子技术技能和开拓学生的视野会有所帮助。

本书由2003年辽宁省高等学校精品课程主讲人——辽宁机电职业技术学院王成安教授和毕秀梅副教授任主编,霍跃军高级工程师和李亚平副教授任副主编。王成安制定了编写大纲,撰写了前言和绪论,编写了第1章、第5章、第7章和附录,并对全书进行统稿。毕秀梅编写了第2章和第8章,王超副教授编写了第4章,贾厚林副教授编写了第6章,李亚平编写了第9章,霍跃军编写了第3章和第10章,宋月丽老师编写了第11章。在编写过程中编者参考了许多资料,在此附书后,并对书后所列参考文献的各位作者表示衷心的感谢。

为方便教学,本书配有免费电子教案,凡选用本书作为教材的学校,均可来电索取,咨询电话:010-88379564

尽管我们在电子产品工艺与实训教材的建设方面做了许多努力,但由于编者水平所限,书中不妥之处在所难免,敬请兄弟院校的师生给予批评和指正。请您把对本书的建议告诉我们,以便修订时改进。所有意见和建议请寄往:
E-mail: wang-ca420@sohu.com。

编 者

目 录

前言	
绪论	1
第1章 电子元器件的检测工艺	3
1.1 电阻器的识别与检测	3
1.1.1 电阻器的类型	3
1.1.2 电阻器的主要参数	4
1.1.3 电位器	6
1.1.4 电阻(位)器的测试	7
1.2 电容器的识别与检测	8
1.2.1 电容器的型号命名法	9
1.2.2 电容器的主要参数	9
1.2.3 常见电容器的类型与选用 原则	10
1.2.4 电容器的检测	12
1.3 电感器的识别与检测	13
1.3.1 电感器	13
1.3.2 变压器	14
1.3.3 电感线圈和变压器的型号及命名 方法	15
1.3.4 电感器和变压器的主要参数	16
1.3.5 电感器和变压器的选用及 测量	17
1.4 半导体分立器件的识别与 检测	18
1.4.1 国产半导体器件型号命名法	19
1.4.2 半导体二极管	19
1.4.3 晶体管	20
1.5 集成电路的测量	23
1.5.1 数字集成电路	23
1.5.2 模拟集成电路	24
1.5.3 音乐集成电路	26
1.6 电声器件与光电器件的 检测	27
1.6.1 电声器件的检测	27
1.6.2 光敏器件	30
1.7 开关、接插件和继电器的 检测	32
1.7.1 开关器件	32
1.7.2 插接件	33
1.7.3 继电器	34
1.8 半导体传感器	36
1.8.1 热敏传感器	37
1.8.2 磁敏传感器	38
1.8.3 力敏传感器	38
1.8.4 气敏传感器	39
1.8.5 湿敏传感器	39
1.9 压电器件和霍尔器件的检测	39
1.9.1 压电器件	39
1.9.2 霍尔器件	42
自测题一	43
实训一 电子元器件的识别与 检测	43
第2章 电子材料的选用工艺	45
2.1 一般安装导线	45
2.2 绝缘材料	46
2.3 印制电路板	49
2.4 焊接材料	51
2.5 磁性材料	54
2.6 粘接材料	56
自测题二	58
实训二 电子材料的识别与检测	58



第3章 电子产品装配前的准备工艺	60	5.4 印制电路板的计算机设计	93
3.1 导线加工的方法	60	5.4.1 计算机辅助设计印制电路板	
3.1.1 绝缘导线的加工方法	60	— 软件	93
3.1.2 屏蔽导线端头的加工	61	5.4.2 CAD与EDA	95
3.2 线扎的制作	62	5.5 印制电路板技术的发展趋势	96
3.3 电子元器件装配前的加工	65	5.5.1 多层印制电路板	97
自测题三	67	5.5.2 特殊印制电路板	97
实训三 导线加工与线扎的制作	67	自测题五	99
第4章 电子元器件的焊接工艺	69	实训五 手工制作印制电路板技能	
4.1 手工焊接工具的使用和操作		训练	100
方法	69	第6章 电子产品的安装工艺	101
4.1.1 手工焊接工具	69	6.1 电子产品安装工具的使用	101
4.1.2 手工焊接的方法	70	6.1.1 紧固工具及紧固方法	101
4.2 手工锡焊的操作技巧	71	6.1.2 常用紧固件及选用	101
4.2.1 手工焊接的诀窍	71	6.2 电子产品元器件的安装	102
4.2.2 具体焊件的锡焊操作技巧	72	6.3 电气连接的其他安装方法	106
4.3 手工拆焊方法与技巧	75	6.3.1 压接	106
4.3.1 拆焊操作的原则与工具	76	6.3.2 绕接	107
4.3.2 具体元器件的拆焊操作	76	6.4 电子产品的整机安装	108
4.4 工厂焊接设备与工艺	77	自测题六	108
自测题四	78	实训六 元器件安装和整机装配	
实训四 手工焊接技能训练	78	训练	109
第5章 印制电路板的制作工艺	80	第7章 电子产品的调试工艺	110
5.1 印制电路板的种类和特点	80	7.1 电子产品的调试设备	
5.1.1 印制电路板的类型	80	与内容	110
5.1.2 印制电路板的材料	81	7.1.1 电子产品的调试设备配置与	
5.2 印制电路板的设计基础	81	调试内容	110
5.2.1 印制电路板的设计内容		7.1.2 电子产品样机的调试工作	112
及要求	81	7.1.3 电子产品批量生产的调试	
5.2.2 印制电路板的布局	82	工作	114
5.2.3 印制电路板的具体设计过程		7.2 电子产品的检测方法	115
及方法	88	7.2.1 观察法	115
5.3 印制电路板的制造与检验	90	7.2.2 测量电阻法	116
5.3.1 印制电路板的制造工艺	90	7.2.3 测量电压法	117
5.3.2 印制电路板的质量检验	91	7.2.4 替代法	117
5.3.3 印制电路板的手工制作方法	92	7.2.5 波形观察法	117
		7.2.6 信号注入法	118



7.3 电子产品的调整方法	118	第10章 电子工艺文件的识读	145
7.3.1 电路静态工作点的调整	118	10.1 电子工艺文件的内容	145
7.3.2 电路动态特性的调整	119	10.2 实际电子产品工艺文件示例	147
7.4 实际电子产品的调试	120	自测题十	153
7.4.1 收音机电路的组成	121	第11章 电子产品工艺综合训练	154
7.4.2 收音机电路的调试	122	11.1 超外差式收音机的装 调实训	154
自测题七	124	11.2 数字万用表的装调实训	163
实训七 电子产品调试训练	125	11.3 充电器和稳压电源两用 电路的装调实训	166
第8章 电子元器件表面安装工艺	126	11.4 集成电路扩音机的装调 实训	172
8.1 表面安装技术	126	11.5 集成时基电路 555 的应 用设计实训	176
8.2 表面安装元器件和材料	129	11.6 多路竞赛抢答器的装调 实训	179
8.2.1 表面安装元器件	129	11.7 交通信号控制系统的装调 实训	183
8.2.2 表面安装的其他材料	135	11.8 数字电子钟的装调实训	189
8.3 表面安装设备与手工操 作 SMT	136	附录	193
8.3.1 表面安装设备	136	附录 A 现代电子电路中常用 的二极管和晶体管	193
8.3.2 手工 SMT 的基本操作	137	附录 B Protel 99 的元器件库 名中英文对照表	194
自测题八	138	参考文献	196
实训八 工业表面贴装设备的认识 训练	138		
第9章 电子产品的检验与包装 工艺	140		
9.1 电子产品的检验工艺	140		
9.2 电子产品的包装工艺	141		
自测题九	143		
实训九 了解电子产品的检验与 包装工艺	144		

绪 论

世纪交替,风云际会,世界正在受到新科技革命浪潮的冲击,科学技术正处在历史上最伟大的变革时期。在 20 世纪为人类生产和生活条件的改善做出巨大贡献的电子技术,仍然充当着新世纪高新技术的领头羊。电子技术的发展历史很短,迄今不过百年,却从根本上改变了世界的面貌。纵观电子技术的发展历程,炎黄子孙将感到振兴中华的责任重大而迫切,中国要强大,就必须有先进的科学技术,中国的强盛正面临着国情的挑战,面临着世界的挑战,面临着 21 世纪的挑战。

电子技术的发展大致可分为三个阶段。20 世纪 20 年代到 40 年代为第一阶段,以电子管为标志,由此促使了电子工业的诞生,发展了无线电广播和通信产业。1946 年诞生的世界上第一台电子计算机(美国制造,名为 ENIAC)可以认为是这个阶段的典型代表和终极产品。虽然它的运算速度只有 5000 次/s,却是一个重为 28t、体积为 85m³、占地 170m² 的庞然大物。它由 18000 个电子管组成,耗电 150kW,其内部的连线总长可以绕地球 20 圈。

1948 年,第一只晶体管的问世,标志着电子技术第二阶段的开始,掀起了电子产品向小型化、大众化、高可靠性和低成本进军的革命风暴。半导体进入电子领域,促进了无线广播电视和移动通信的高度发展,使得计算机的小型化变为现实,从而使人造地球卫星遨游太空。电子产品逐渐由科研和军用领域向民用领域普及,极大地改善了人们的生活质量。

到 20 世纪 70 年代,集成电路的使用已经不再新奇,电子技术步入了第三个发展阶段。正是在这个阶段,电子技术飞速发展,各种电子产品如雨后春笋般涌现,世界进入了空前繁荣的电子时代。电子计算机朝着超大型化和微型化发展,其应用领域由科研转向工业及各个行业,自动控制、智能控制得以真正实现,航天工业得到从未有过的发展。随着制造工艺的提高,在一块 36mm² 的硅片上制造 100 万个晶体管已经不是梦想。1999 年美国英特尔公司宣布,其生产的奔腾 4 CPU,在一块芯片上集成了 2975 万个晶体管,使微型机的运算速度远远超过以往的大型计算机。掌上电脑已经问世,移动通信已发展到全球通,数字式 CDMA 通信技术已非常成熟,手机已不再是奢侈品。笔记本电脑正在把人们的工作地点从办公室里解放出来。家用电器基本普及,人们的生活质量大幅提高,中国古代传说中的“千里眼”和“顺风耳”都在电子技术的发展过程中变成现实。人们可以“上九天揽月”,能够“下五洋捉鳖”。2003 年,人类将高度智能化的火星探测器送上火星,研制成功了可用于修补大脑的集成电路芯片,量子计算机的基本电路也研制成功,这一切都有赖于电子技术的巨大成就。可以预料,在新的世纪里,电子技术仍将高速发展,其所能达到的水平和发展速度无论你如何想象都不过分。

我国的电子工业在解放前基本上是空白。新中国成立后,在一批海外留学归国科学家的引领下,于 1956 年自主生产出第一只晶体管,1965 年生产出第一块集成电路,1983 年研制出银河 I 型亿次机,标志着中国的计算机业迈入了巨型机的行列。1992 年我国又研制出 10 亿次/s 银河计算机,1995 年研制成功的曙光 1000 型并行处理计算机,其运行速度可达 25 亿次/s。2004 年,曙光超级服务器研制成功,峰值速度达到 12 万亿次/s。我国自己研制的



神州5号和神州6号载人飞船已经成功地进行了航天飞行,正朝着登陆月球的目标迈进。我国的电子工业从无到有,从小到大,虽然起步晚,但起点高,现在我国家用电器的产量已居世界第一,质量提高也很快。这些成就的取得,电子技术功不可没。尽管如此,我国在电子核心元器件和高级电子产品的生产与开发等方面,与发达国家相比还有较大差距。努力缩小差距,赶超世界先进水平,这正是历史赋予我们这一代人的光荣使命。

电子技术的知识范围很广,其分支也很多,有些分支已发展成为一门独立的学科,如计算机、单片机、晶闸管和可编程序控制器等,但这些学科的知识基础仍然是电子技术。

从对信号的处理方式上来分,电子技术可分为模拟电子技术和数字电子技术。模拟电子技术是研究用硅、锗等半导体材料做成的电子器件组成的电子电路,对连续变化的电信号(如正弦波)进行控制、处理的应用科学技术。比如我们日常生活中使用的固定电话、收音机和电视机等都属于模拟电子技术应用的产品。数字电子技术是研究处理二进制数值信号的应用科学技术。像VCD机、DVD机、数码照相机、数码摄像机和计算机等都是数字电子技术应用的典型产品。现代电子技术的发展,已经将模拟电子技术和数字电子技术融为一体,在一个电路甚至是一个芯片中,将模拟信号和数字信号同时进行处理,比如移动通信所使用的手机就是将语音这样的模拟信号进行数字化处理后再发射出去。

从电子技术所包含的内容上来分,电子技术可以分为电子元器件和电子电路两部分。在电子元器件这部分内容中,主要研究各种电子元器件的结构、特点、主要参数和生产工艺,其设计和制造属于电子技术的一个重要领域,其使用、装配和检测是在电子技术工艺中要着重训练的课题;电子电路是把电子元器件按照对电信号处理的要求进行一定的连接,以实现预定的功能。这是模拟电子技术和数字电子技术理论教材要着重研究的内容。

高等职业技术学院电子信息专业的学生都必须学习电子产品工艺,要进行电子技能方面的训练,这是学习电子技术的必由之路。通过电子技能方面的训练,了解电子产品工艺的基本过程和基本方法,掌握电子新电路和新元器件,更要熟练掌握电子技术中的基本技能,以适应就业岗位对高职学生的要求。通过实际技能的学习和训练,树立起现代电子产品工艺的新思想和新方法,掌握现代电子技术的新工艺和新技术,掌握新型电子元器件的使用和检测方法,为直接上岗打下良好的基础。

电子产品工艺是一门实践性很强的课程,其实践性充分体现在对电子技术基本技能的训练之中。我们要在学习基本理论的基础上,多参与实践,通过参加电子产品工艺实训,达到会认识和检测常用电子元器件、会焊接和安装小型电子电器产品、会调试和维护小型电子系统,会操作现代电子产品工艺设备。通过实践你会发现,电子技术就在你的身边,电子技术会激起你的极大兴趣,会给你带来无穷的欢乐。让我们共同遨游在电子世界的海洋里,为社会的发展和进步,为人类生活的更加美好,做一名合格的建设者,当然你也会分享到社会进步带给你的幸福。

第1章 电子元器件的检测工艺

1.1 电阻器的识别与检测

电阻器(简称电阻)是在电子电路中用得最多的元件之一,在电路中起着限流和分压的作用。

1.1.1 电阻器的类型

电阻器从结构上可分为固定电阻器和可变电阻器两大类,常见电阻器的外形和图形符号如图 1-1 所示。电阻器的文字符号用大写字母“R”表示。

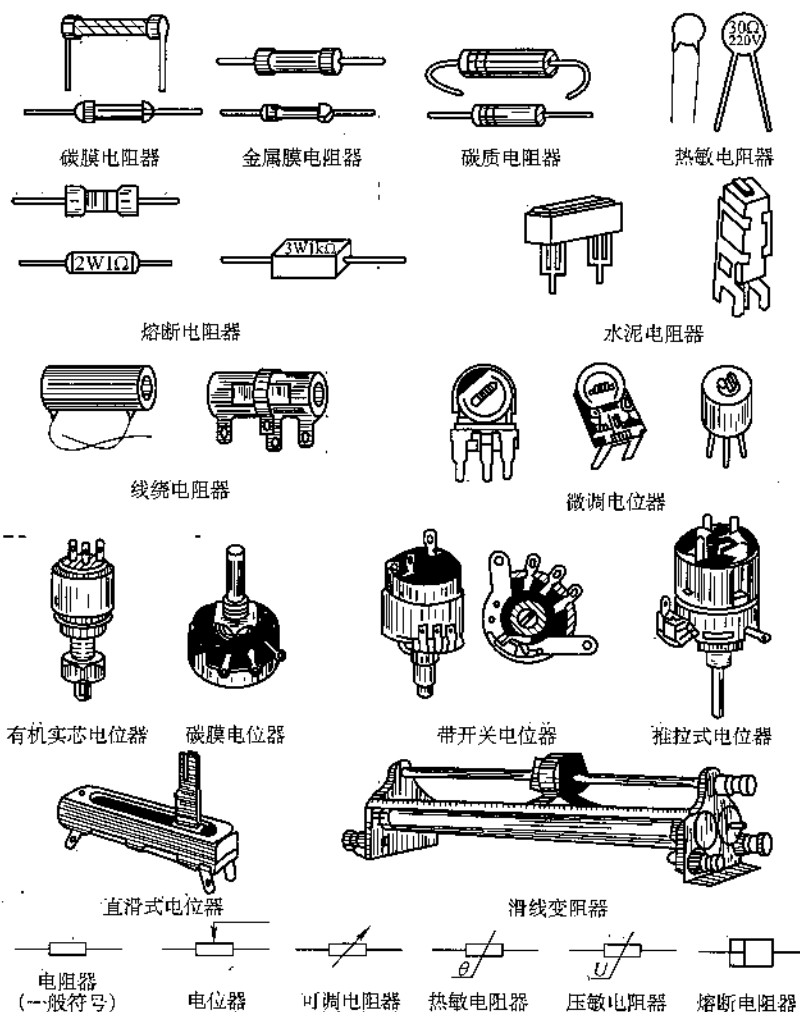


图 1-1 常见电阻器的外形和图形符号



固定电阻器的阻值是固定不变的,阻值的大小即为它的标称阻值。固定电阻器按其材料的不同可分为碳膜电阻器、金属膜电阻器和线绕电阻器等。

可变电阻器的阻值可以在一定的范围内调整,它的标称阻值是最大值,其滑动端到任意一个固定端的阻值在0和最大值之间连续可调。可变电阻器又有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中。电位器就是在可调电阻器上再加一个开关,做成同轴联动形式,如收音机中的音量旋钮和电源开关就是一个电位器。

从电阻的使用场合不同可分为: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、光敏电阻器和熔断电阻器等。

根据国家标准 GB 2470—1995 的规定,电阻器及电位器的型号由四个部分组成,如表 1-1 所示。

表 1-1 电阻(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 阻值 允许误差 精度等级等
		H	合成膜	3	超高频	
W	电位器	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	有机实芯	T	可调	
		N	无机实芯	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 电阻器的主要参数

1. 电阻器的阻值

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值之差除以标称值所得到的百分数,为电阻器的允许误差。误差越小的电阻器,其标称值规格越多。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,因此在选用时必须按阻值系列去选用,使用时将表中的数值乘以 $10^n \Omega$ (n 为整数),就成为这一阻值系列。如 E24 系列中的 1.8 就代表有 1.8Ω 、 18Ω 、 180Ω 、 $1.8k\Omega$ 、 $18k\Omega$ 、 $180k\Omega$ 等系列电阻值。随着电子技术的发展,对器件数值的精密度越来越高,所以近年来,国家又相继公布了 E48、E96、E192 系列标准,使电阻的系列值得以增加,阻值误差也越来越小,可参见科学出版社 2005 年出版的书籍《开关稳压电源原理与实用技术》,上面有详细资料。



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	1.1	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

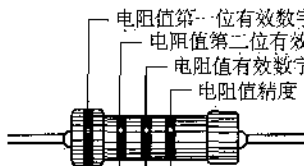
允 许 误 差	$\pm 0.5\%$	$\pm 1\%$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$
等 级	005	01	I	II	III
文 字 符 号	D	F	J	K	M

阻值和允许误差在电阻器上常用的标志方法有下列三种:

(1) 直接标志法 将电阻器的阻值和误差等级直接用数字印在电阻器上。对小于 1000Ω 的阻值只标出数值, 不标单位; 对 $k\Omega$ 、 $M\Omega$ 只标注 k 、 M 。精度等级标 I 或 II 级, III 级不标明。

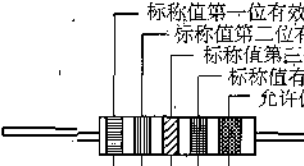
(2) 文字符号法 将需要标志的主要参数与技术指标用文字和数字符号有规律地标志在产品表面上。如: 欧姆用 Ω 表示; 千欧用 k 表示; 兆欧 ($10^6\Omega$) 用 M 表示; 吉欧 ($10^9\Omega$) 用 G 表示; 太欧 ($10^{12}\Omega$) 用 T 表示。

(3) 色环标志法 对体积很小的电阻和一些合成电阻器, 其阻值和误差常用色环来标注, 如图 1-2 所示。色环标志法有四环和五环两种。四环电阻的四道色环, 第一道环和第二道环分别表示电阻的第一位和第二位有效数字, 第三道环表示 10 的乘方数 (10^n , n 为颜色所表示的数字), 第四道环表示允许误差 (若无第四道色环, 则误差为 $\pm 20\%$)。色环电阻的单位一律为 Ω 。



颜色	第一色环 第一位数	第二色环 第二位数	第三色环 环倍数	第四色环 环误差
黑	0	0	10^0	
棕	1	1	10^1	
红	2	2	10^2	
橙	3	3	10^3	
黄	4	4	10^4	
绿	5	5	10^5	
蓝	6	6	10^6	
紫	7	7	10^7	
灰	8	8	10^8	
白	9	9	10^9	
金			10^{-1}	$\pm 5\%$
银			10^{-2}	$\pm 10\%$
无色				$\pm 20\%$

a) 普通型



颜色	第一 有效数	第二 有效数	第三 有效数	倍 数	允许 偏差
黑	0	0	0	10^0	
棕	1	1	1	10^1	$\pm 1\%$
红	2	2	2	10^2	$\pm 2\%$
橙	3	3	3	10^3	
黄	4	4	4	10^4	
绿	5	5	5	10^5	$\pm 0.5\%$
蓝	6	6	6	10^6	$\pm 0.25\%$
紫	7	7	7	10^7	$\pm 0.1\%$
灰	8	8	8	10^8	
白	9	9	9	10^9	
金				10^{-1}	
银				10^{-2}	

b) 精密型

图 1-2 电阻的色环标志法



精密电阻器一般用五道色环标注，它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。

采用色环标志的电阻器，颜色醒目，标志清晰，不易退色，从不同的角度都能看清阻值和允许偏差。目前在国际上都广泛采用色标法。

2. 电阻的额定功率

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。电阻的额定功率系列如表 1-4 所示，共分为 19 个等级，常用的有 1W/20、1W/8、1W/4、1W/2、1W、2W、3W、5W、10W、20W 等。各种功率的电阻器在电路图中的符号如图 1-3 所示。

表 1-4 电阻器额定功率系列

种 类	电阻器额定功率系列/W																		
线绕电阻	0.05	0.125	0.25	0.5	1	2	3	4	8	10	16	25	40	50	75	100	150	250	500
非线绕电阻	0.05	0.125	0.25	0.5	1	2	5	10	25	50	100								

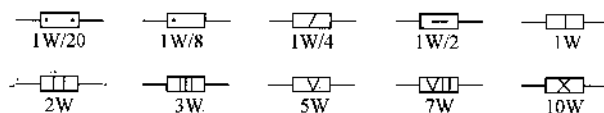


图 1-3 电阻器额定功率的符号表示

1.1.3 电位器

1. 电位器的分类

按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。按电位器的结构可将电位器分成单圈电位器、多圈电位器、单联电位器、双联电位器和多联电位器；按开关的形式又有旋转式、推拉式和按键式等。按阻值调节的方式又可分为旋转式和直滑式两种。

(1) 碳膜电位器 碳膜电位器主要由马蹄形电阻片和滑动臂构成，其结构简单，阻值随滑动触点位置的改变而改变。碳膜电位器的阻值范围较宽($100\Omega \sim 4.7M\Omega$)，工作噪声小、稳定性好、品种多，因此广泛用于无线电电子设备和家用电器中。电位器实物图和符号及连接方法如图 1-4 所示。

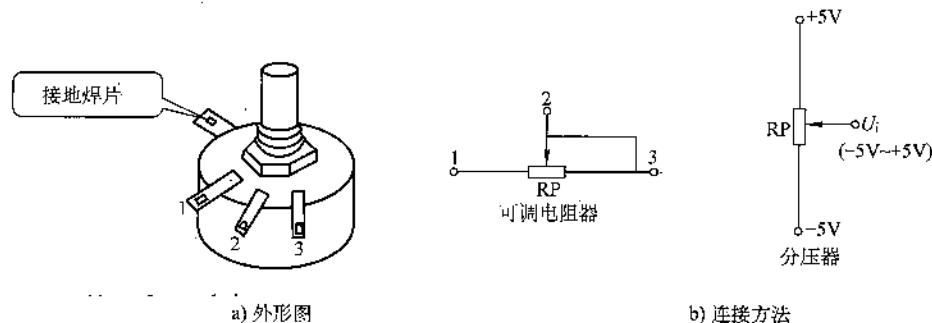


图 1-4 电位器外形符号及连接方法



(2) 线绕电位器 它是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,故在高频电路中不宜使用。

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

(4) 方形电位器 这是一种新型电位器,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中,不用另设支架。常用于电视机的亮度、对比度和色饱和度的调节,阻值范围在 $470\Omega \sim 2.2M\Omega$,这种电位器属旋转式电位器。

2. 电位器的主要参数

电位器的分类形式和主要参数如下所示。

(1) 根据阻值的变化形式分类 这是指电位器的阻值随转轴旋转角度的变化关系,可分为线性电位器和非线性电位器。常用的有直线式、对数式、指数式,分别用 X、D、Z 来表示。

直线式电位器适用于做分压器,常用于示波器的聚焦和万用表的调零等方面;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、录音机和电视机等的音量控制,其特点是先细调后粗调。X、D、Z 字母符号一般印在电位器上,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 电阻(位)器的测试

1. 普通电阻器的测试

当电阻器的参数标志因某种原因脱落或欲知道其精确阻值时,就需要用仪器对电阻器的阻值进行测量。对于常用的碳膜、金属膜电阻器以及线绕电阻器的阻值,可用普通指针式万用电表的电阻档直接测量。在具体测量时应注意以下几点:

(1) 合理选择量程 先将万用电表功能选择置于“ Ω ”档,由于指针式万用电表的电阻档刻度线是一条非均匀的刻度线,因此必须选择合适的量程,使被测电阻的指示值尽可能位于刻度线的 0 刻度到全程 $2/3$ 的这一段位置上,这样可提高测量的精度。对于上百千欧的电阻器,则应选用 $R \times 10k$ 档来进行测量。

(2) 注意调零 所谓“调零”就是将电表的两只表笔短接,调节“调零”旋钮使表针指向表盘上的“ 0Ω ”位置。

2. 热敏电阻器的测试

目前在电路中应用较多的是负温度系数热敏电阻。要判断热敏电阻器性能的好坏,可在测量其电阻的同时,用手指捏在热敏电阻器上,使其温度升高,或者利用电烙铁对其加热(注意不要让电烙铁接触上电阻)。若其阻值随温度的变化而变化,则说明其性能良好;若不随温度变化或变化很小,则说明其性能不好或已损坏。

3. 电位器的测试

(1) 测试要求 电位器的总阻值要符合标志数值,电位器的中心滑动端与电阻体之间要接触良好,其动噪声和静噪声应尽量小,其开关动作应准确可靠。

(2) 检测方法 先测量电位器的总阻值,即两端片之间的阻值应为标称值,然后再测



量它的中心端片与电阻体的接触情况。将一只表笔接电位器的中心焊接片，另一只表笔接其余两端片中的任意一个，慢慢将其转柄从一个极端位置旋转至另一个极端位置，其阻值则应从零(或标称值)连续变化到标称值(或零)。

1.2 电容器的识别与检测

电容器(简称电容)是一种能存储电能的元件，其特性可用12字口诀来记忆：通交流、隔直流、阻低频、通高频。电容器在电路中常用作耦合、旁路、滤波和谐振等用途。

电容器按结构可分为固定电容和可变电容，可变电容中又有半可变(微调)电容和全可变电容之分。电容器按材料介质可分为气体介质电容、纸介电容、有机薄膜电容、瓷介电容、云母电容、玻璃釉电容、电解电容和钽电容等。电容器还可分为有极性和无极性电容器。常见电容器的外形和图形符号如图1-5所示。

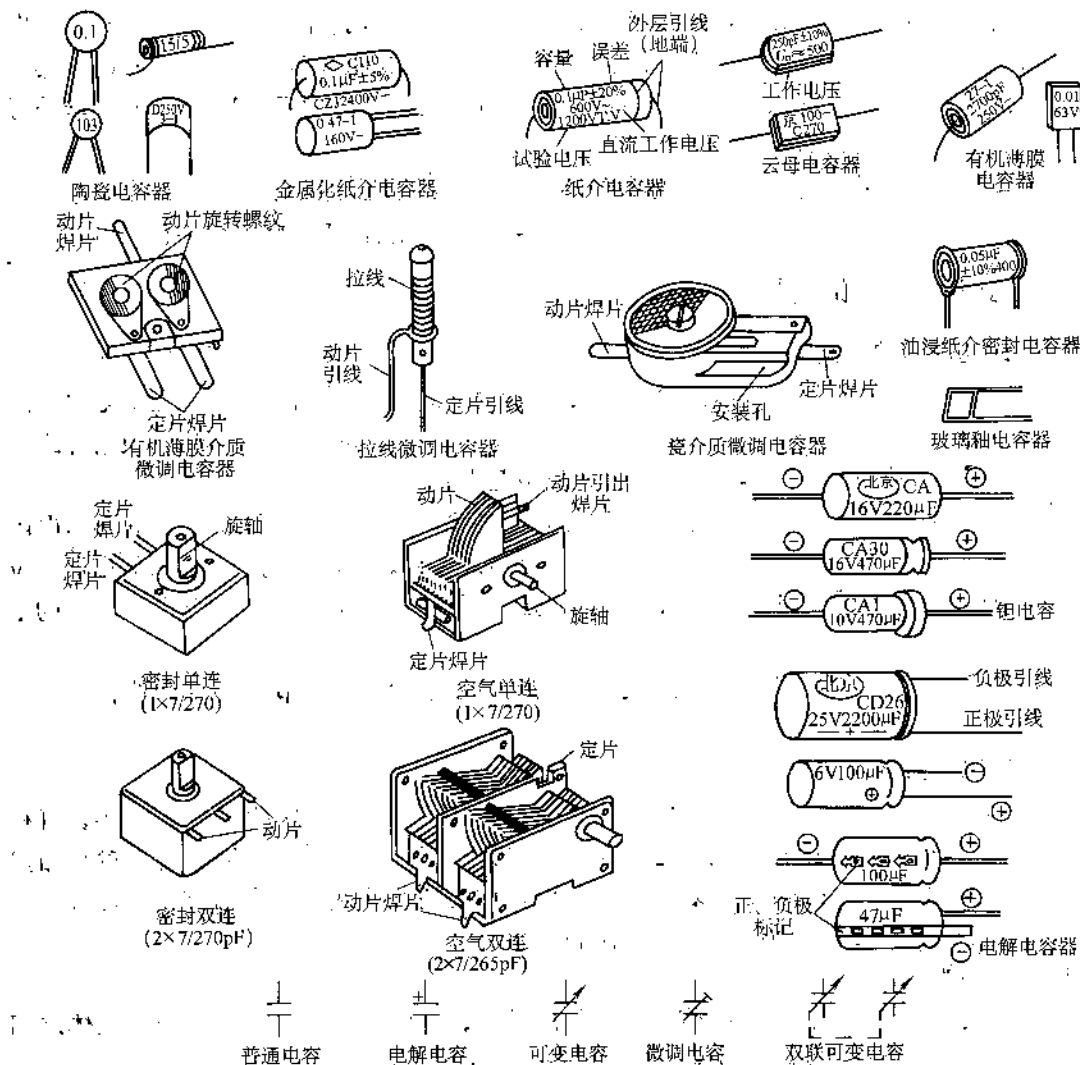


图 1-5 常见电容器的外形和图形符号



1.2.1 电容器的型号命名法

根据国标 GB 2470—1995 的规定,电容器的产品型号一般由四部分组成,各部分含义如表 1-5 所示。

表 1-5 电容器型号命名法

第一部分		第二部分		第三部分		第四部分
用字母表示主体		用字母表示材料		用字母表示特征		用数字或字母表示序号
符号	意义	符号	意义	符号	意义	意义
C	电容器	C	瓷介	T	铁电	包括:品种、尺寸代号、温度特性、直流工作电压、标称值、允许误差和标准代号等
		I	玻璃釉	W	微调	
		O	玻璃膜	J	金属化	
		Y	云母	X	小型	
		V	云母纸	S	独石	
		Z	纸介	D	低压	
		J	金属化纸	M	密封	
		B	聚苯乙烯	Y	高压	
		F	聚四氟乙烯	G	穿心式	
		L	涤纶			
		S	聚碳酸酯			
		Q	漆膜			
		H	纸膜复合			
		D	铝电解			
		A	钽电解			
		G	金属电解			
		N	铌电解			
		T	钽电解			
		M	压敏			
		E	其他电解材料			

1.2.2 电容器的主要参数

1. 电容器的标称容量与允许误差

在电容器上标注的电容量值,称为标称容量。标准单位是法拉(F),常用的是毫法(mF)、微法(μF)、纳法(nF)、皮法(pF),它们之间的换算关系为: $1\text{F} = 10^6\mu\text{F} = 10^9\text{nF} = 10^{12}\text{pF}$ 。电容器的标称容量与其实际容量之差,再除以标称值所得的百分比,就是允许误差。一般分为八个等级,如表 1-6 所示。

表 1-6 电容器的允许误差等级

级 别	01	02	I	II	III	IV	V	VI
允许误差	1%	$\pm 2\%$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$	$+20\% \sim -30\%$	$+50\% \sim -20\%$	$+100\% \sim -10\%$

误差的标志方法一般有三种: