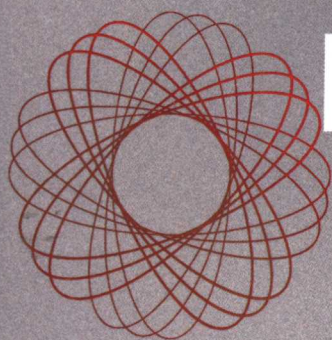


DIANGONG DIANZI JISHU SHIYAN YU SHIXUN

新世纪高职高专规划教材



电工电子技术 实验与实训

DIANGONG DIANZI
JISHU SHIYAN YU SHIXUN

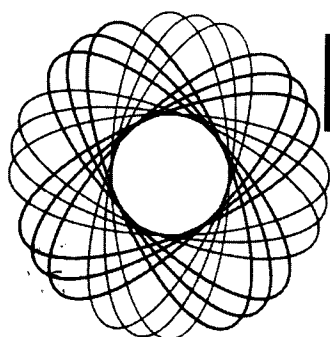
主 编 王庆云 朱云辉
副主编 栗 慧 姜 涛
主 审 蔡明生



 湖南科学技术出版社
Hunan Science & Technology Press

DIANGONG DIANZI JISHU SHIYAN YU SHIXUN

新世纪高职高专规划教材

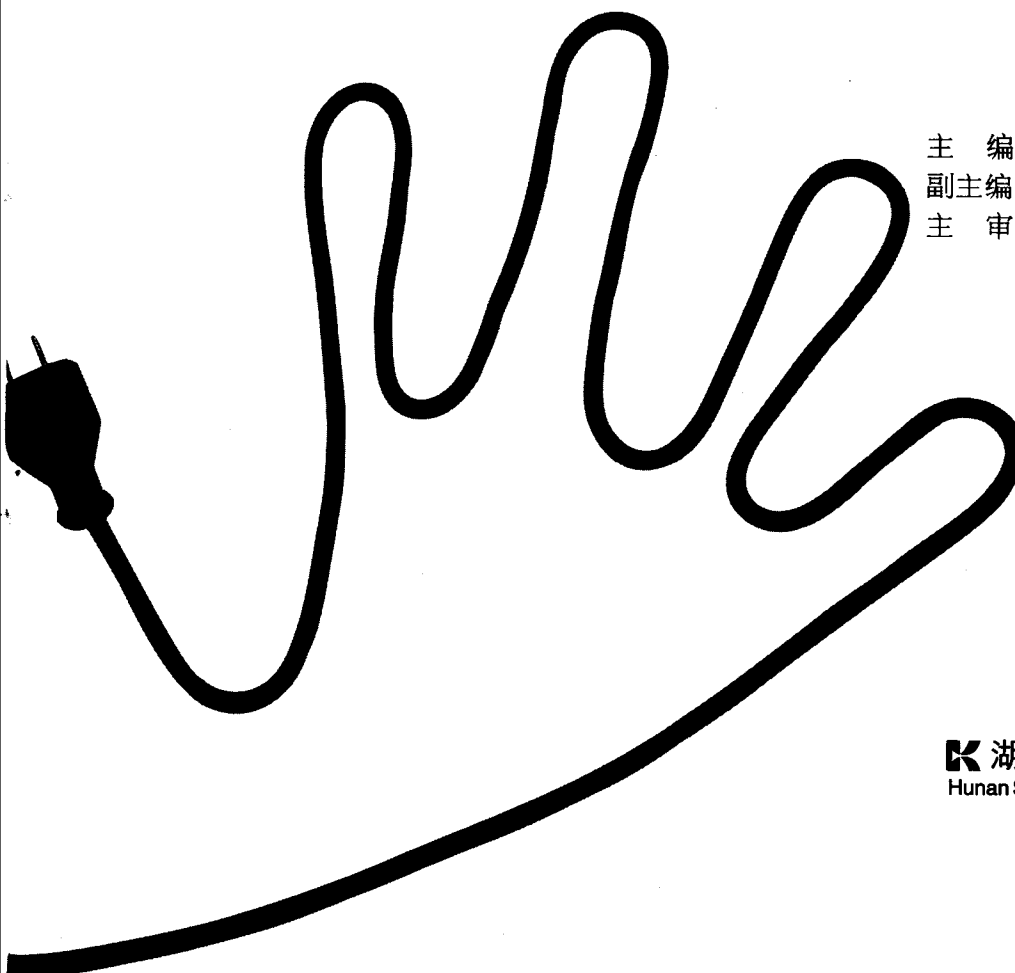


电工电子技术 实验与实训

DIANGONG DIANZI

JISHU SHIYAN YU SHIXUN

主 编 王庆云 朱云辉
副主编 栗 慧 姜 涛
主 审 蔡明生



 湖南科学技术出版社
Hunan Science & Technology Press

图书在版编目 (CIP) 数据

电工电子技术实验与实训/王庆云编. —长沙: 湖南科学技术出版社, 2007. 8

ISBN 978-7-5357-4999-4

I. 电… II. 王… III. ①电工技术②电子技术 IV. TM
TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 093023 号

新世纪高职高专规划教材

电工电子技术实验与实训

主 编: 王庆云 朱云辉

副 主 编: 粟 慧 姜 涛

主 审: 蔡明生

责任编辑: 贾平静 袁 军

出版发行: 湖南科学技术出版社

社 址: 长沙市湘雅路 276 号

<http://www.hnstp.com>

邮购联系: 本社直销科 0731-4375808

印 刷: 衡阳博艺印务有限责任公司

(印装质量问题请直接与原厂联系)

厂 址: 湖南省衡阳市黄茶岭光明路 21 号

邮 编: 421008

出版日期: 2007 年 8 月第 1 版第 1 次

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 8.5

字 数: 200000

书 号: ISBN 978-7-5357-4999-4

定 价: 19.80 元

(版权所有·翻印必究)

前 言

近年来,我国经济发展的进程日益加快,高等职业技术教育随之突飞猛进,高等职业院校迅速发展,学生规模不断扩大,高等职业技术教育已发展成为高等教育的一支生力军。面对高等职业技术教育发展的大好形势,根据教学需要编写合适的实践性教材成为发展高职教育面临的迫切任务。本书就是为适应这种需求,总结作者多年教学实践经验而奉献给高职院校师生的一本实践性教材。

本实验与实训教材遵循“理论适度、重在实践”的职业教育理念,紧密结合电路、电工技术、电子技术、电机与拖动等理论课程内容编写而成。本书内容选择上力求精练、适当,既有必要的验证性实验,又有适当的设计性实验,针对性强,适用面广,既紧密结合理论,又适当增加实际应用的份量。该书每个实验都包含实验目的、实验原理、实验设备及器件、实验内容及步骤、实验报告及要求等五项项目,既可作为课程内实验的教材使用,也可作为独立实践环节的教材使用。

本书共五章:第一章电工电子实践基础,介绍常用电子元器件及电工操作工艺基本规程;第二章常用电工电子仪器的使用,介绍万用表、示波器、信号发生器、钳形电表等电工仪表及其使用;第三章电工与电拖实验,共设置14个实验;第四章模拟电子技术实验,共设置了9个实验;第五章数字电子技术实验,共设置10个实验;第六章电工电子实训,共安排5个综合性实训题目,每题给出基本方案,又留有适当的思考空间,以培养学生的综合素质和职业能力。

本书由王庆云、朱云辉主编,栗慧、姜涛参编。具体编写任务如下:王庆云编写第四章,朱云辉编写第一、第三章,栗慧编写第二、第五章,姜涛编写第六章。全书由王庆云统稿。

本书由湖南大学蔡明生教授主审,许文玉教授、李蜀青副教授审读了部分书稿并提出了许多宝贵意见,长沙南方职业学院的相关部门和湖南科技出版社为本书出版给予了积极支持,在此谨致诚挚的谢意。

电子技术的发展日新月异,职业教育的改革任重道远,加之编者水平有限,时间仓促,本书不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2007年5月

目 录

第一章 电工电子实践基础 (1)

第一节 常用电子元器件..... (1)

第二节 电工操作工艺基本规程 (16)

第二章 常用电工电子仪器的使用 (23)

第一节 指针式万用表 (23)

第二节 数字式万用表 (24)

第三节 钳形电流表 (25)

第四节 函数信号发生器 (26)

第五节 示波器 (27)

第三章 电工与电拖实验 (32)

第一节 电路元件伏安特性的测绘 (32)

第二节 基尔霍夫定律实验 (34)

第三节 叠加原理实验 (35)

第四节 戴维南定理实验 (37)

第五节 RC 一阶电路的响应测试 (39)

第六节 R 、 L 、 C 元件阻抗特性 的测定 (41)

第七节 R 、 L 、 C 串联谐振电路 实验 (42)

第八节 日光灯电路及功率因数 的提高 (45)

第九节 互感电路观测 (47)

第十节 三相交流电路电压、电 流的测量 (48)

第十一节 三相鼠笼式异步电动机 (49)

第十二节 他励直流电动机的启 动与调速 (52)

第十三节 他励直流电动机串电 阻的反接制动 (54)

第十四节 单相变压器实验 (55)

第四章 模拟电子技术实验 (58)

第一节 晶体二极管、三极管的 伏安特性测量 (58)

第二节 晶体管共射极单管放大器 (60)

第三节 射极跟随器 (63)

第四节 差动放大器 (65)

第五节 负反馈放大器 (68)

第六节 集成运算放大器的基本 应用 (70)

第七节 RC 正弦波振荡器 (73)

第八节 低频功率放大器 (75)

第九节 直流稳压电源 (76)

第五章 数字电子技术实验 (79)

第一节 基本门电路逻辑功能的 测试 (79)

第二节 OC 门与三态门的功能 测试与使用 (82)

第三节 组合逻辑电路的设计与 测试 (84)

第四节 译码器及其应用 (86)

第五节 数据选择器及其应用 (88)

第六节 触发器及其应用 (89)

第七节 计数器及其应用 (92)

第八节 计数译码显示电路

.....	(95)	调试.....	(110)
第九节 555 型集成时基电路及其应用	(97)	第五节 数字万用表的组装和调试.....	(112)
第十节 D/A 和 A/D 转换器	(99)	附录	(116)
第六章 电工电子实训	(103)	附录一 印制电路板手工焊接操作技能.....	(116)
第一节 电子秒表.....	(103)	附录二 常用半导体集成电路的引脚及功能.....	(119)
第二节 智力竞赛抢答装置	(106)	附录三 实验报告格式.....	(127)
第三节 三相鼠笼式异步电动机 Y- Δ 降压启动控制	(108)	参考文献	(128)
第四节 家用简易配电板安装与			

第一章 电工电子实践基础

第一节 常用电子元器件

元器件是组成电子电路的基本要素，正确地选择和使用元器件是保证电路良好运行的重要条件。本节主要介绍电阻器、电容器、电感器、二极管、三极管及集成电路等常用电子元器件，以便读者掌握常用元器件的结构特点、性能参数及基本检测方法，并能借助元器件手册正确识别和科学选用实验中所需的电子元器件。

一、电阻器

电阻器是电路元件中应用最广泛的一种，它的主要作用是限流、分流、降压、分压、负载、阻抗匹配、阻容滤波等。在电路中，主要用来稳定和调节电流、电压，作为分流器和分压器，并可作电路的负载。

1. 电阻器的类别

电阻器有多种分类方式，按结构可分为固定电阻器、可变电阻器（电位器）和敏感电阻器。按材料和工艺分为膜式电阻器、实芯电阻器、线绕电阻器等。常用电阻器的外形和符号如图 1-1 所示。电阻器的材料、分类代号及其意义如表 1-1 所示。

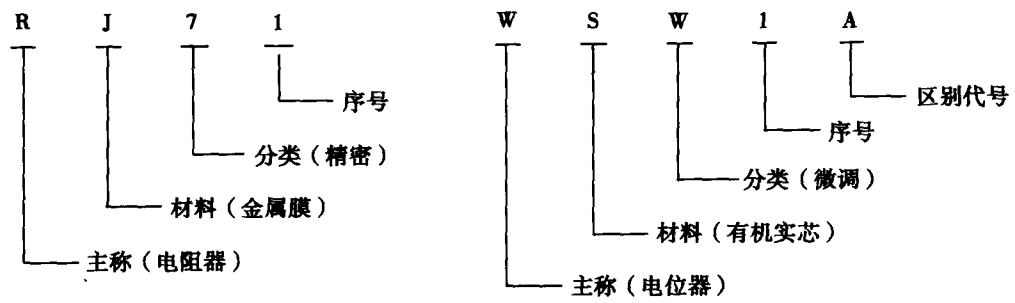
表 1-1 电阻器的材料、分类代号及其意义

材 料			分 类				
代号	意 义	数字 代号	意 义		字母 代号	意 义	
			电阻器	电位器		电阻器	电位器
T	碳 膜	1	普 通	普 通	G	高功率	——
H	合 成 膜	2	普 通	普 通	T	可 调	——
S	有机实芯	3	超高频	——	W	——	微 调
N	无机实芯	4	高 阻	——	D	——	多 圈
J	金 属 膜	5	高 温	——	说明：新型产品的分类根据发展情况予以补充		
Y	氧 化 膜	6	——	——			
C	沉 积 膜	7	精 密	精 密			
I	玻璃釉膜	8	高 压	特种函数			
X	线 绕	9	特 殊	特 殊			

示例：

(1) RJ71 型精密金属膜电阻器

(2) WSW1A 型微调有机实芯电位器



固定电阻器简称为电阻器。可变电阻器分为滑线式变阻器和电位器，常用于调节电路。敏感电阻器有光敏电阻、热敏电阻、压敏电阻、气敏电阻等。它们均是利用材料电阻率随物理量变化而变化的特性制成，多用于控制电路。新型的电阻元件是片状电阻器，也称为表面安装电阻元件，是由陶瓷基片、电阻膜、玻璃釉保护层和端头电极组成的无引线结构电阻元件。这种片状的新型电阻元件具有体积小、重量轻、性能优良、温度系数小、阻值稳定、可靠性强等优点，但功率一般都不大。

2. 电阻器的主要参数

电阻器的参数很多，通常考虑标称阻值、允许偏差和额定功率等。对有特殊要求的电阻器还要考虑它的温度系数、稳定性、最大电压、噪声和高频特性。

标志电阻器的阻值和误差的方法主要有两种：一是直标法；二是色标法（固定电阻器用）。除此之外，还有文字符号法和数码法。直标法是将阻值用数字直接标注在电阻上。色标法是用不同颜色的色环来表示电阻的阻值和误差，各色环颜色所代表的含义如图 1-2 所示，色标法表示的单位为欧姆。表 1-2 说明了固定电阻器色标符号的规定。

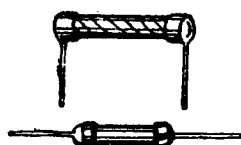
例如，图 1-2 中第一色环为红、第二色环为紫、第三色环为橙、第四色环为金，则电阻阻值为 $27 \times 10^3 \Omega = 27k\Omega$ ，允许误差 $\pm 5\%$ 。图 1-3 是三位有效数字色环表示法的示例，其方法与图 1-2 类似，只多了一位有效数字。采用文字符号法时， 0.33Ω 的标志符号为 R33。采用数码表示法时，2.2K 的标志符号为 222J（J 表示偏差为 $\pm 5\%$ ）。色标符号规定见表 1-2。

表 1-2 固定电阻器色环符号规定

颜 色	有效数字	乘 数	允许偏差%
银 色	—	10^{-2}	± 10
金 色	—	10^{-1}	± 5
黑 色	0	10^0	—
棕 色	1	10^1	± 1
红 色	2	10^2	± 2
橙 色	3	10^3	—
黄 色	4	10^4	—
绿 色	5	10^5	± 0.5

续表

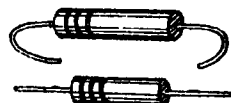
颜 色	有效数字	乘 数	允许偏差%
蓝 色	6	10^6	± 0.2
紫 色	7	10^7	± 0.1
灰 色	8	10^8	—
白 色	9	10^9	+50 -20
无 色	—	—	± 20



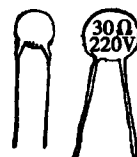
碳膜电阻器



金属膜电阻器



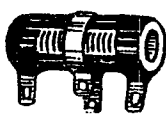
炭质电阻器



热敏电阻器



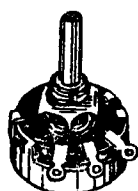
线绕电阻器



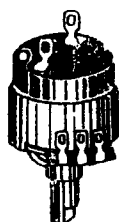
微调电位器



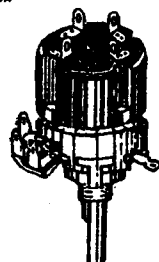
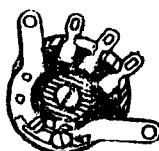
有机实芯电位器



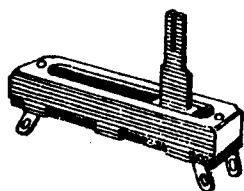
碳膜电位器



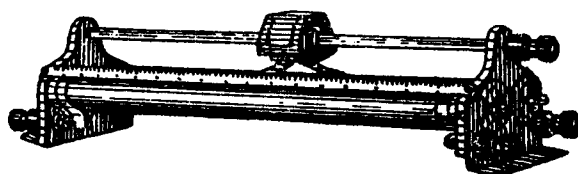
带开关电位器



推拉式电位器



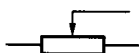
直滑式电位器



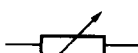
滑线式变阻器



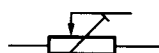
电阻器（一般符号）



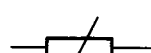
电位器



可调电阻器



频调电位器



热敏电阻器

图 1-1 电阻器及其图形符号

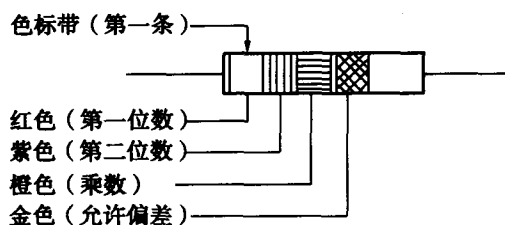


图 1-2 两位有效数字色环表示

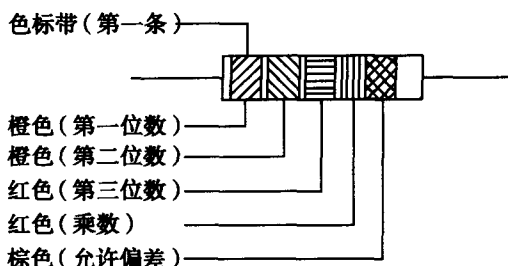


图 1-3 三位有效数字色环表示

额定功率：电阻器在规定的环境温度和湿度下，电阻器长期连续负荷所允许消耗的最大功率。为保证安全工作，一般选额定功率大于其在电路中消耗功率的 2~3 倍。额定功率的大小一般有 1/20W、1/8W、1/4W、1/2W、1W、2W、3W、5W、10W、25W 等。电阻器的功率大小决定其外形尺寸，因此功率小的可由其体积大小来判断，而功率较大的（2W 以上）将额定功率直接印在电阻体上。

3. 电阻器的选用和测量

表 1-3 给出部分电阻器的特点与主要用途，可供选用时参考。在选用电阻器时，还应注意它的引线形式。在装接之前还应先检查一下电阻器是否完好，如外观上电阻体是否损坏、引线是否折断等。

表 1-3 部分电阻器的特点及用途

名称及型号	特点及用途
碳膜电阻器 RT，小型碳膜电阻器 RTX，测量用碳膜电阻器 RTL	阻值范围大，性能较好。在 -55℃~40℃ 的环境温度中，可按 100% 的额定功率使用。用于无线电产品的直注、交流和脉冲电路中
金属膜电阻器 RJ，小型金属膜电阻器 RJX，氧化膜电阻器 RY	体积小，精度高。在 -55℃~70℃ 的环境温度中，可按 100% 的额定功率使用。用于电讯设备的直流、交流和脉冲电路中
实芯炭质电阻器 RS 型	价格便宜，分布电感小，但稳定性较差，噪声较大。在 -55℃~40℃ 的环境温度中，可按 100% 的额定功率使用。用于收音机中直流、交流或高频电路中
压敏电阻器 MY 型	可用于 -55℃~70℃ 环境温度中，用在自动化技术和保护电路的交流、直流和脉冲电路中，作过压保护、稳压、调幅、非线性补偿等用。特别适用于各种电感性电路熄灭电火花和过压保护
功率型被釉线绕电阻器 RX20，被漆线绕电阻器 RX21	功率大，能经受高热，本身产生的噪声小，稳定性也好。适用于功率和电流较大的低频（交流、直流）电路中作降压、分压或负载

测量电阻的方法很多，可用欧姆表、电阻电桥和万用表欧姆挡直接测量，也可通过测量电阻的电流和电压再由欧姆定律算出电阻值。

用万用表欧姆挡测量电阻的方法是：①选挡——拨功能开关到“Ω”挡位，拨量程开关至适合挡；②调零；③测阻值。

4. 电位器

电位器是一种可变电阻器，随旋转柄的旋转，电位器内部（电刷）与固定端之间的电阻

值将作相应的变动。电位器电子电路中用来调节电压或电流。按结构分类，电位器形式众多，有直滑式、旋转式、多圈式和微调式，等等。最常用的是旋转式碳膜电位器，当要进行精确调节时则可采用多圈电位器。

二、电容器

电容器是一种储能元件，在电路中，用于调谐、滤波、耦合、隔直、旁路、能量转换和延时等。

1. 电容器的类别

电容器按其电容量是否可调分为固定电容器、半可变电容器、可变电容器三种；按其所用介质分为金属化纸介电容、钽电解电容器、云母电容器、薄膜介质电容器、瓷介电容器等。几种常见电容器的外形及图形符号如图 1-4 所示。

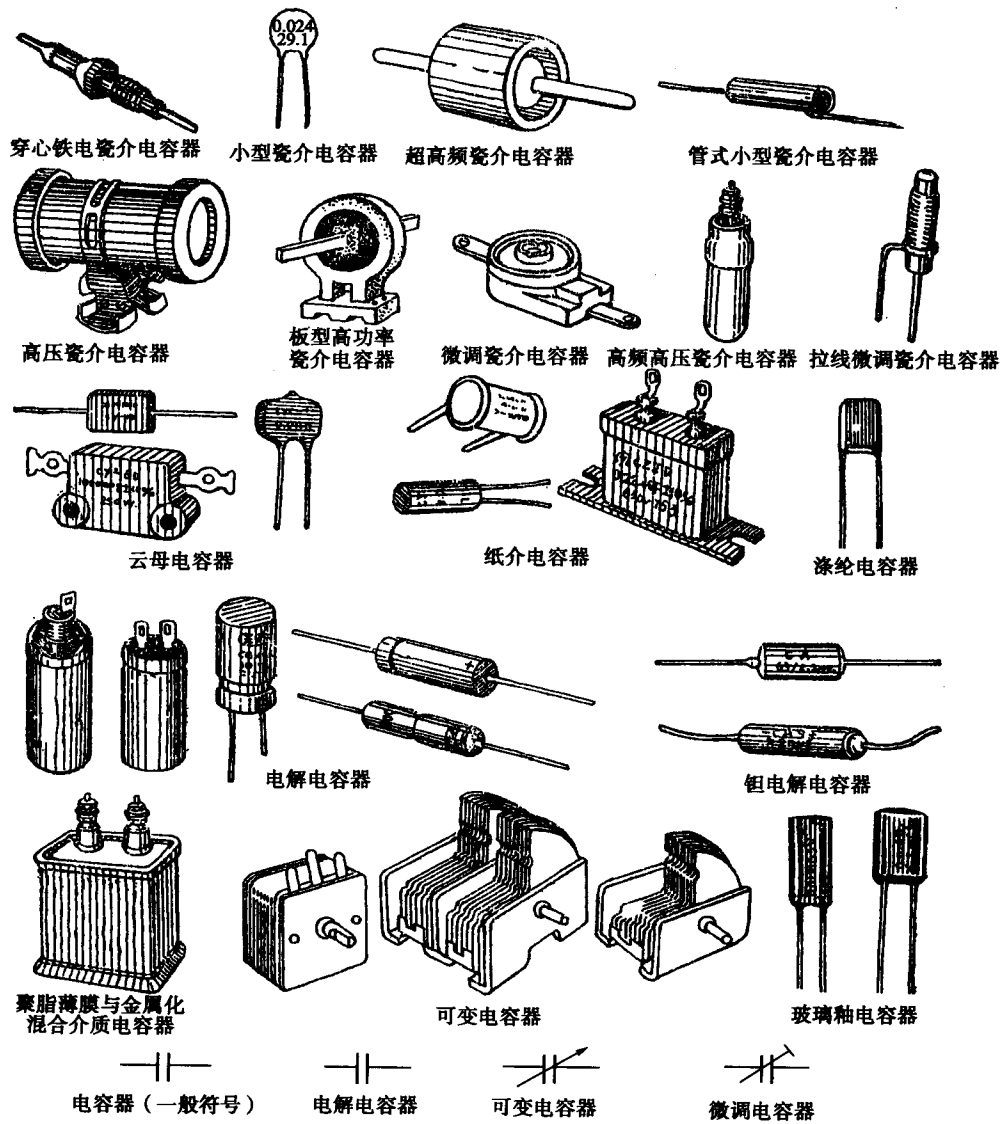


图 1-4 电容器及其图形符号

固定电容器简称为电容器。半可变电容器又称为微调电容器或补偿电容器，其特点是电容量可在小范围内变化（几 pF~几十 pF，最大可达 100pF）。可变电容器的电容量可在一定范围内连续变化，它们由若干片形状相同的金属片并接成一组（或几组）定片和一组（或几组）动片，动片可以通过转轴转动，以改变动片插入定片的面积，从而改变电容量。电容器型号中数字和字母代号的意义如表 1-4 所示。

表 1-4 电容器型号中数字和字母代号的意义

材 料				分 类						
代号	意 义	代号	意 义	数字 代号	意 义				字母 代号	意义
					瓷介	云母	有机	电 解		
C	高频瓷	Q	漆 膜	1	圆片	非密封	非密封	箔 式	G	高功率
T	低频瓷	H	复合介质	2	管形	非密封	非密封	箔 式	W	微 调
I	玻璃釉	D	铝电解质	3	叠片	密封	密封	烧结粉液体	说明：新型产品的分类根据发展情况予以补充	
O	玻璃膜	A	钽电解质	4	独石	密封	密封	烧结粉固体		
Y	云 母	N	铌电解质	5	穿心		穿心			
V	云母纸	G	合金电解质	6	支柱等					
Z	纸 介	L	涤纶等极性有机薄膜	7				无极性		
J	金属化纸			8	高压	高压	高压			
B	聚苯乙烯等非极性有机薄膜	LS	聚碳酸酯性有机薄膜	9			特殊	特殊		
BF	聚四氟乙烯非极性有机薄膜	E	其他材料电解质							

2. 电容器的主要参数

电容器的主要参数为标称电容量、允许误差、额定工作电压等。标称电容量是电容器上标出的名义电容量值。允许误差为实际容量与标称容量之间允许的容量最大偏差范围。额定工作电压是电容器在规定的工作温度范围内，长期、可靠地工作所承受的最高电压（又称耐压），通常选取的为实际电压的 2 倍。

电容器的标识方法有四种：一是直标法，二是数码法，三是色标法，四是文字符号法。

（1）直标法 将电容器的容量、耐压及误差直接标注在电容上。

（2）数码法 用三位数字来表示容量的大小，单位为 pF。前两位数字为有效数字，第三位表示倍率，即乘以 10^i ， i 的取值范围是 1~9，但 9 表示 10^{-1} 。例如，333 表示 33000pF 或 0.033μF；229 表示 2.2pF。

（3）色标法 与电阻器的色环表示法类似，其各色环颜色所代表的含义与电阻色环完全一样，单位为 pF。

（4）文字符号法 容量的整数部分写在标志符号前面，容量的小数部分写在标志符号的后面。例如，6800pF 写为 6n8。

3. 电容器的选用及测试

电容器的种类繁多，性能指标各异，合理选用电容器对实际电路很重要。对于一般电路，可选用瓷介电容器；对于要求较高的中高频、音频电路，可选用涤纶或聚苯乙烯电容

器。例如，谐振回路要求介质损耗小，可选用高频瓷介或云母电容器；电源滤波、退耦、旁路可选用铝或钽电解电容。应根据电路要求进行选择。常用电容器的性能特点见表 1-5。

表 1-5 几种常用电容器的性能特点

电容器的类别	型号	应 用 特 点
铝电解电容器	CD 型	有极性之分。电容量大，耐压高，电容量误差大，且随频率而变动，绝缘电阻低，漏电流大
钽电解电容器 铌电解电容器	CA 型 CN 型	有极性之分。体积小，电容量大，耐压高，性能稳定，寿命长，绝缘电阻大，温度特性好；但成本高，用在要求较高的设备中
云母电容器	CY 型	高频性能稳定，介质损耗小，绝缘电阻大、温度系数小，耐压高（从几百 V 到几 kV）；但电容量小（从几十 pF~几万 pF）
瓷介电容器	CC 型	体积小，损耗小，绝缘电阻大，温度系数小，可工作在超高频范围；但耐压较低（一般为 60~70V），电容量较小（一般为 1~1000pF）。为提高电容量，采用铁电陶瓷和独石为介质，其容量分别可达 680pF~0.047 μ F 和 0~几 μ F，但其温度系数大，损耗大，电容量误差大

电容器装接前应进行测量，看其是否短路、断路或漏电严重。利用万用表的欧姆挡就可以简单测量。具体方法是：容量大于 100 μ F 的电容器用 $R\times 100$ 挡测量；容量在 1~100 μ F 以内的电容器用 $R\times 1k$ 挡测量；容量更小的电容器用 $R\times 10k$ 挡测量；对于小于 5000pF 以下的电容器应用专门的测量仪器判别。对于极性电容，将黑表笔接电容器的正极，红表笔接电容器的负极，若表针摆动大，且返回慢，返回位置接近 ∞ ，说明该电容器正常，且电容量大；若表针摆动大，但返回时表针显示的 Ω 值较小，说明该电容漏电流较大；若表针摆动很大，接近 0 Ω ，且不返回，说明该电容器已击穿；若表针不摆动，则说明该电容器已开路，失效。对于非极性电容，两表笔接法随意。另外，如果需要对电容器再一次测量时，必须将其放电后才能进行。对于可变电容器而言，在旋转动片时应手感圆滑无松紧感觉。

如果要求更精确的测量，我们可以用交流电桥和 Q 表（谐振法）来测量，这里不作介绍。

三、电感器

电感器是利用电磁感应原理制成的元件，通常分为两类：一类是应用自感作用的电感线圈；另一类是应用互感作用的耦合电感。电感器的应用范围很广，它在调谐、振荡、匹配、耦合、滤波、陷波等电路中都是必不可少的。由于电感工作频率、功率、功用等不同，使其结构多种多样。一般电感器是由漆包线在绝缘骨架上绕制的线圈，作为存储磁能的元件。为了增加电感量，提高品质因素和减小体积，通常在线圈中加入软磁材料的磁芯。

1. 电感器的类别

根据电感器的电感量是否可调，电感器分为固定电感器、可变电感器和微调电感器。

可变电感器的电感量可利用磁芯在线圈内移动而在较大的范围内调节，它与固定电容器配合应用于谐振电路中，起调谐作用。

微调电感器可以满足整机调试的需要和补偿电感器生产中的分散性，一次调好后，不再变动。

除此之外，还有一些小型电感器，如色码电感、平面电感器和集成电感器，可满足电气

设备小型化的需要。部分电感线圈及其图形符号如图 1-5 所示。

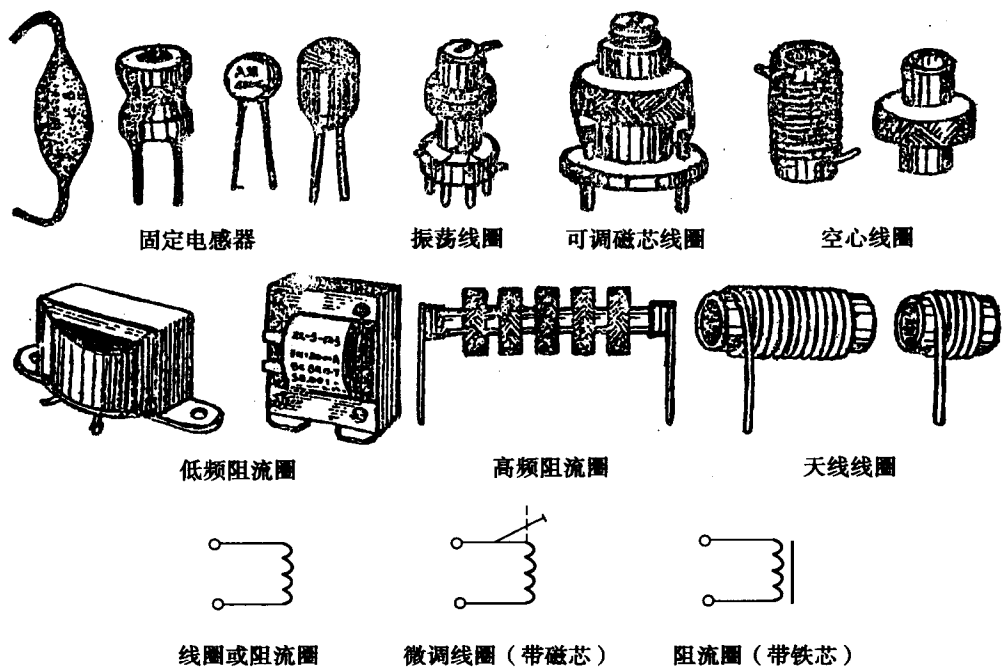


图 1-5 部分电感线圈及其图形符号

2. 电感器的主要参数

电感器的主要参数为电感量、品质因素和额定电流等。电感量是指电感器通过变化电流时产生感应电动势的能力。其大小与磁导率 μ 、线圈几何尺寸和匝数等有关。品质因素为线圈中存储能量和消耗能量的比值，通常用 $Q = \omega L / R$ 来表示，它反应电感器传输能量的效能。Q 值越大，损耗越小，传输效能就越高，一般要求 $Q = 50 \sim 300$ 。额定电流主要对高频电感器和大功率调谐电感器而言。通过电感器的电流超过额定值时，电感器将会发热，严重时烧坏。

3. 电感器的选用及测试

一般说来，根据电路要求选择电感器材的类型、电感量、误差及品质因素，根据电路工作电流选择电感器的额定电流。选电感器时，首先应明确其使用频率范围，如铁芯线圈只能用于低频，铁氧体线圈、空心线圈可用于高频，再考虑电感量、误差及品质因素等。

线圈是磁感应元件，它对周围的电感性元件有影响。安装时一定要注意电感性元件的相对位置，一般应是相互靠近的电感线圈的轴线相互垂直，必要时可在电感性元件上加屏蔽罩。

用万用表欧姆挡，测量电感线圈的直流电阻 R ，并与其技术指标相比较。若阻值比规定的阻值小得多，则说明线圈存在局部短路或严重短路的情况；若阻值很大或表针不动，则表示线圈存在断路。对于多个绕组的线圈，还要测量绕组之间的线圈是否短路。对具有铁芯或金属屏蔽罩的线圈，要测量它的线圈与铁芯或金属屏蔽罩是否短路。也可以用电桥法、谐振回路法测量。常用测量电感的电桥有海氏电桥和麦克斯韦电桥。这里不作介绍。

四、半导体器件

半导体（晶体）二极管和三极管是组成分立器件电子电路的核心器件。二极管具有单向导电性，可用于整流、检波、稳压、混频电路中。三极管是一种电流型控制器件，它的基本作用是信号放大或作无触点开关。三极管的管壳上印有规格和型号，以便选用。

半导体器件型号主要由五个部分组成：第一部分表示电极数，第二部分表示材料和极性，第三部分表示类别，第四部分表示序号，第五部分表示规格号。如表 1-6 所示。

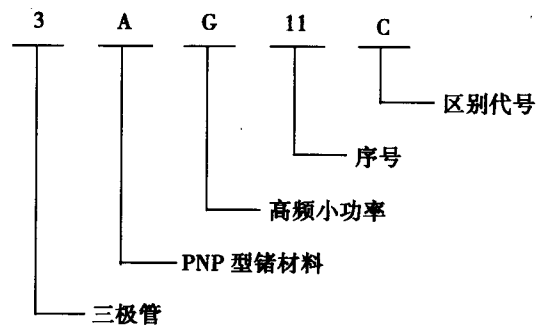
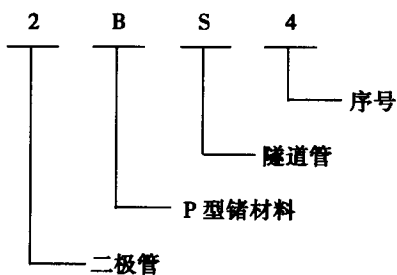
表 1-6 第二、第三部分各字母及其意义

第二部分		第 三 部 分			
字母	意 义	字母	意 义	字母	意 义
A	N 型, 锗材料	P	普通管	D	低频大功率管
B	P 型, 锗材料	V	微波管		($f_a < 3\text{MHz}$, $P_c \geq 1\text{W}$)
C	N 型, 硅材料	W	稳压管	A	高频大功率管
D	P 型, 硅材料	C	参量管		($f_a \geq 3\text{MHz}$, $P_c \geq 1\text{W}$)
A	PNP 型, 锗材料	Z	整流管	T	半导体闸流管 (可控整流器)
B	NPN 型, 锗材料	L	整流堆	Y	体效应器件
C	PNP 型, 硅材料	S	隧道管	B	雪崩管
D	NPN 型, 硅材料	N	阻尼管	J	阶跃恢复管
E	化合物材料	U	光电器件	CS	场效应器件
		K	开关管	BT	半导体特殊器件
		X	低频小功率管 ($f_a < 3\text{MHz}$, $P_c < 1\text{W}$)	PIN	PIN 型管
		G	高频小功率管 ($f_a \geq 3\text{MHz}$, $P_c < 1\text{W}$)	PH	复合管
				JG	激光器件

示例：

(1) P 型锗材料的隧道二极管

(2) N型锗材料的高频小功率三极管



1. 二极管

半导体二极管是一种具有单向导电性的半导体器件，由一个 PN 结加上引线及管壳构成的。

(1) 二极管的分类和主要参数 二极管的种类很多, 按其制作材料不同分为硅二极管和锗二极管, 按其结构不同分为点接触二极管和面接触二极管, 按用途不同分为整流二极管、检波二极管、发光二极管、光敏二极管、稳压二极管、变容二极管等。它们的性能特点及应

用见表 1-7。部分二极管的外形及图形符号如图 1-6 所示。

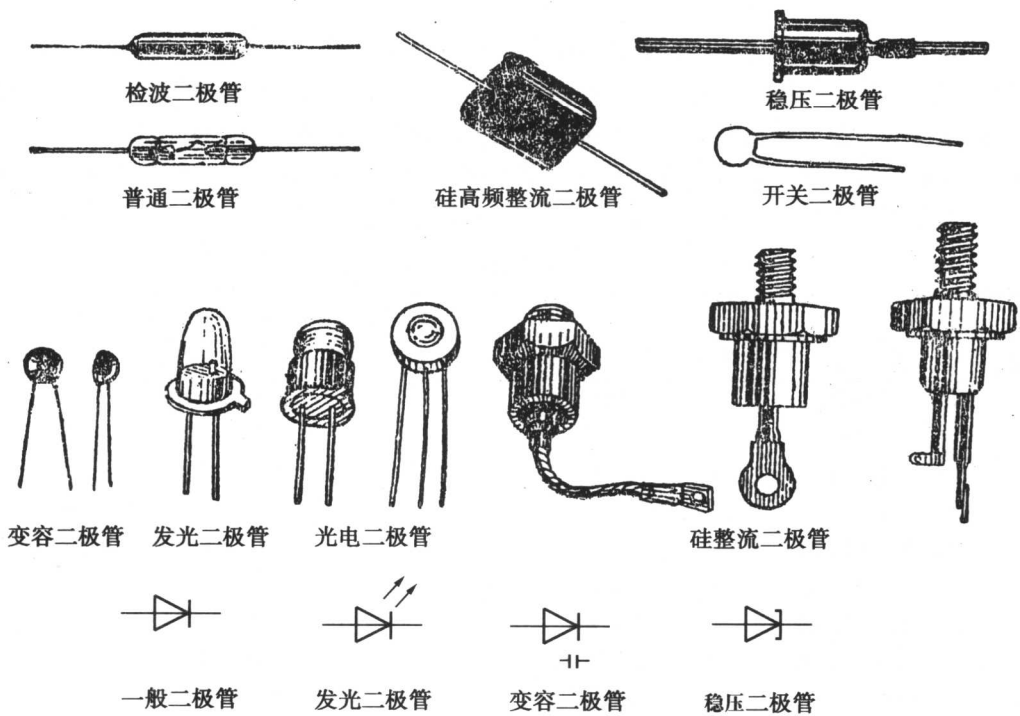


图 1-6 部分二极管及其图形符号

表 1-7 几种常用二极管的性能特点及应用

二极管的类别	应用特点
普通二极管	多用整流、检波。整流二极管不仅有硅管和锗管之分，而且还有低频和高频、大功率和中（小）功率之分。硅管具有良好的温度特性及耐压性能，故使用较多。检波实际上是对高频小信号整流的过程，它可以把调幅信号中的调制信号（低频成分）取出来。检波二极管属于锗材料点接触型二极管，其特点是工作频率高，正向压降小
发光二极管	它是将电信号转换成光信号的发光半导体器件，当管子 PN 结通过合适的正向电流时，便以光的形式将能量释放出来。它具有工作电压低、耗电少、响应速度快、寿命长、色彩绚丽及轻巧等优点（颜色有红、绿、黄等，形状有圆形和矩形等），广泛应用于单个显示电路或做成七段显示器、LED 点阵等。而在数字电路实验中，常用作逻辑显示器
光敏二极管	它是一种将光信号转换成电信号的半导体器件。光敏二极管 PN 结的反向电阻大小与光照强度有关系。光照越强，阻值越小。光敏二极管可用于光的测量，当制成大面积的光敏二极管时，可作为一种能源，称为光电池
稳压二极管	也称齐纳二极管，是一种用于稳压、工作于反向击穿状态的特殊二极管。稳压二极管以特殊工艺制造的面接触型二极管，它是利用 PN 结反向击穿后，在一定反向电流范围内，反向电压几乎不变的特点进行稳压的
变容二极管	在电路中能起到可变电容的作用，其结电容随反向电压的增加而减小。变容二极管主要用于高频电路中，如变容二极管调频电路

二极管的主要参数为最大整流电流、最高反向工作电压和最高工作频率等。最大整流电

流是指管子长期连续工作时，允许通过的最大正向平均电流。使用时应注意通过二极管的平均电流不能大于这个值，否则将导致二极管损坏。最高反向工作电压是指为避免二极管击穿，所能加于二极管上的反向电压最大值。为了安全起见，通常最高反向工作电压为反向击穿电压的 $1/3 \sim 1/2$ 。最高工作频率限制是由于 PN 结具有电容效应，当工作频率超过某一限度时，其单向导电性变差。

(2) 二极管的检测与选用 一般二极管的检测有极性判别和好坏判断。

① 二极管的极性判别 普通二极管外壳上一般标有极性，如用箭头、色点、色环或管脚长短等形式作标记。箭头所指方向或靠近色环的一端为阴极，有色点或长管脚为阳极。若标识不清时，可用万用表进行判别。用万用表的 $R \times 1k$ 挡（或 $R \times 100$ 挡），两表笔分别接触二极管两个电极，如果二极管导通，表针指在 $10k\Omega$ 左右（ $5 \sim 15k\Omega$ 之间）；若将两表笔反向，表针不动，二极管不导通，则二极管导通时黑表笔一端为二极管的正极，红表笔一端为二极管的负极。

② 二极管的好坏判断 用万用表检测二极管，当有下列现象之一者，表示二极管损坏或不良：

- a. 两表笔正反向测量表针均不动，二极管开路；
- b. 两表笔正反向测量阻值均很小或为 0Ω ，二极管短路；
- c. 正向测量表针指示 $10k\Omega$ 左右，反向测量表针指示值亦较小，二极管反向漏电流大，不宜使用。

对于检测的二极管，正反向电阻阻值差越大，说明管子的质量越好。

若用数字万用表进行检测，可以直接使用数字万用表的双二极管档。对于硅二极管，当红表笔接在管子的正极，黑表笔接在管子的负极时，显示数字在 $500 \sim 700$ 之间为正常。换表笔再次测量时，应无数字显示。对于锗二极管，当红表笔接在管子的正极，黑表笔接在管子的负极时显示数字小于 300 为正常。如果再次测量，均无数字显示，说明二极管开路。两次测量均为零，说明二极管短路。

在某些特殊情况下，若用万用表不能判断其性能，可用 JT-1 型晶体管图示仪模拟二极管的工作环境进行测量。

二极管的应用范围很广，要根据电路要求正确使用，选用原则是不能超过二极管的使用极限参数，即最大整流电流、最高反向工作电压、最高工作频率、最高结温等，并留有一定的余量。此外，还应根据技术要求进行选择。例如，当要求反向电压高、反向电流小、工作温度高于 100°C 时，应该选择硅管。需要导通电流大时，应选择面接触型硅管。要求低导通压降时应选择锗管。当工作频率高时，应选点接触型二极管（一般为锗管）。选择特殊二极管时，则要考虑其特殊功用和特有参数指标。

2. 三极管

(1) 三极管的分类和主要参数 半导体三极管是具有两个 PN 结的三极半导体器件。三极管的种类很多，按制作材料和导电性不同分为 NPN 硅管、PNP 硅管、NPN 锗管、PNP 锗管；按结构不同分为点接触型三极管和面接触型三极管；按功率不同分为大、中、小功率三极管；按频率不同分低频管、高频管、微波管；按功能和用途不同分为放大管、开关管、达林顿管等。部分三极管的外形及图形符号如图 1-7 所示。

三极管的主要参数为电流放大倍数、集电极最大允许电流、反向击穿电压、集电极最大允许耗散功率和特征频率等。