

21世纪高职高专规划教材

电工电子 实验与实训

王慧玲 主编

33



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



21 世纪高职高专规划教材

TMI-33

W227

TN01-33

电工电子实验与实训

主编 王慧玲

参编 陈 强 路 昭 韩毓文

主审 高启时



机械工业出版社

11/24/09

本书是高职高专实验教学用书,也可供中等职业学校实验教学使用,同时可作为从事电气电子技术工作的工程技术人员进修学习的参考资料。

全书共六部分,第一部分介绍了电工电子技术实验的基本知识;第二部分介绍了电工实验与实训;第三部分介绍了模拟电路实验与实训;第四部分介绍了数字电路实验与实训;第五部分介绍了常用电工电子实验设备;第六部分简单介绍了电路仿真技术。

本教材以教育部相关课程指导委员会的课程基本要求为依据,以经典的电工电子实验实训选题,科学得当的实验方案,以及通用灵活的实验设备选型,为各院校的实验教学提供了很好的教学素材。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子实验与实训/王慧玲主编. —北京:机械工业出版社, 2003.10
21世纪高职高专规划教材
ISBN 7-111-13008-1

I. 电... II. 王... III. ①电工技术—实验—高等学校:技术学校—教材②电子技术—实验—高等学校:技术学校—教材 IV. ①TM-33②TN-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第078054号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:周娟 版式设计:冉晓华 责任校对:张媛

封面设计:张静 责任印制:路琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2003年10月第1版第1次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·11.25印张·271千字

0 001—4 000册

定价:16.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

前 言

为了适应现代电子技术的飞速发展,更好地培养 21 世纪的应用型技术人才,培养学生的工程技术素质和较强的动手能力,本书作者在结合多年的教学实践经验和体会的基础上编写了本教材。

对科学的认识从实验开始,对实验的兴趣是课程的入门。电工电子实验与实训是培养电类技术人才必不可少的教学环节。通过电工电子实验与实训,培养学生的工程技术素质和实际动手操作能力有着非常重要的意义。因此,我们精心编写了本书,以期达到强化实验教学效果,规范实验过程,真正掌握电工电子技术,实现培养一线高素质电气电子技术人才的目的。

本书的具体内容是:电工部分有十四个实验和一个电工实训课题(万用表的组装与调试)。该课题与以往同课题的做法不同,其侧重点放在组装与调试上,技能与能力训练的思路体现得准确清楚。模拟部分有十一个实验和一个模拟实训课题(直流稳压电源的制作)。它进一步提高学生实现电路的本领,也使学生对系统的概念有了认识。数字部分有十二个实验和一个数字实训课题(数字电子钟)。数字电子钟实训把门电路、组合电路和时序电路知识综合起来,起到了数字电路综合提高的作用。

本书的特点是厚基础,重实践,既有电工电子技术的理论支撑,又有科学得当的适众性、经典性实验方案,实验设备选取通用型;实验内容既有测试性、验证性实验,又有综合性、提高性实验。全书的构架完整,选用灵活,既可配合电工、模拟电路、数字电路的课程教学,又可作为实验教学独立设课的教学用书。

本书由王慧玲担任主编,路昭、陈强、韩毓文参编。其中王慧玲编写了第一、二、五章;陈强编写了第三章,并编写了第二章的实训选题;路昭编写了第四章;韩毓文老师参加了第三章的编写;全书由王慧玲统稿。

本教材由高启时主审,他为本书提出了许多宝贵意见,并撰写了电路仿真技术简介,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有不足之处,恳请读者批评指正。

编者

目 录

前言

绪论 1

第一章 电工电子技术实践的基本

知识 4

第一节 测量的基本知识 4

第二节 常用电子元器件 6

第三节 电路的设计、组装、调试与故障排除 18

思考题 21

第二章 电工实验与实训 22

第一节 认识实验 22

第二节 电位测量与基尔霍夫定律 25

第三节 数模变换解码电路 27

第四节 叠加定理 30

第五节 戴维南定理 31

第六节 示波器、信号发生器的使用练习 33

第七节 交流电路元件电压与电流关系的测试——示波器用法练习 40

第八节 RL 、 RC 串联电路的研究 41

第九节 感性负载功率因数的提高 44

第十节 三相负载的星形联结 46

第十一节 三相负载的三角形联结 49

第十二节 串联谐振电路 52

第十三节 并联谐振电路 54

第十四节 一阶动态电路响应的研究 56

第十五节 电工实训——万用表的组装与调试 59

第三章 低频电路实验与实训 65

第一节 二极管、三极管的特性测试 65

第二节 单管共射极放大电路 68

第三节 射极跟随器 69

第四节 负反馈放大电路 72

第五节 差动放大电路 74

第六节 运算放大器基本运算电路 76

第七节 RC 正弦波振荡电路 80

第八节 波形产生电路 82

第九节 低频功率放大电路 84

第十节 直流稳压电源 87

第十一节 有源滤波电路 90

第十二节 模拟电路实训——直流稳压电源的组装与调试 92

第四章 数字电路实验与实训 95

第一节 基本门电路的逻辑功能测试 95

第二节 集成门电路的功能测试和使用 100

第三节 组合逻辑电路实验（一）——加法器 103

第四节 组合逻辑电路实验（二）——编码器 108

第五节 组合逻辑电路实验（三）——译码器 110

第六节 组合逻辑电路实验（四）——数据选择器 113

第七节 触发器实验 117

第八节 时序逻辑电路实验（一）——移位寄存器 120

第九节 时序逻辑电路实验（二）——计数器 124

第十节 通用集成定时器 555 的原理及应用 127

第十一节 D/A 转换器 130

第十二节 A/D 转换器 134

第十三节 数字电路实训——数字电子钟的设计、组装与调试 137

第五章 常用电工电子实验设备 145

第一节 直流稳压电源 145

第二节 低频信号发生器 146

第三节	万用表	147
第四节	示波器	149
第五节	晶体管特性图示仪	154
第六章	电路仿真技术简介	157
附录		162

附录 A	常用符号说明	162
附录 B	半导体分立器件型号命名方法	165
附录 C	集成电路的型号命名	167
附录 D	集成电路芯片管脚图	168
参考文献		171

结 论

实验是对学生进行专业技能训练,提高学生的工程实践能力的一个重要的教学环节。电工电子实验与实训是一门以实践为主的重要的技术基础课。

在实验课程的进行中,教师应注重对学生的工程技术能力的培养,如:①使用常用电子测量仪器仪表的技能;②熟悉常用元器件性能并正确选用的能力;③实施实验并观察分析电路现象的能力;④应用电子测量技术的能力;⑤调试实验或简单故障排查的能力等;⑥焊接组装实验电路的能力,并注重全面素质的提高和创新精神的培养。

一、课程的基本要求

(1)能够正确熟练使用直流稳压电源、信号发生器、万用表、毫伏表、示波器等常用电子测量仪器仪表。

(2)熟悉电子技术中常用元器件的性能和使用方法。

(3)能够根据实验需要,正确选择电路元器件,正确连接实验电路,观察实验现象,调试实验电路,排除简单电路故障。

(4)了解误差理论,学会正确处理数据,绘制实验曲线,分析实验结果,撰写实验报告。

(5)认真研究实验现象,积极思考和讨论实验问题,培养创新精神;同时要有严肃科学的态度,团结协作的团队精神和爱护实验设备设施的良好风尚。注意实验操作规范,安全用电。

二、课程的进行方式

本教材中的电子测量基本知识,仪器仪表的功能、指标和使用方法,可以讲授或自学。实验部分可按下列顺序进行:

1. 课前预习

实验前要认真预习实验所涉及的有关知识,明确实验的目的和要求,了解实验原理、仪器仪表设备的使用方法、注意事项等。

2. 课程进行

(1)检查仪器仪表设备 首先检查本次实验所需的仪器仪表设备、部件是否齐全,仪器仪表的类型和量限是否合适,仪器仪表指针起始位置是否正确、指针摆动是否灵活等。同时记录仪器仪表设备的型号、规格及标号,以便在分析实验结果时,对数据的准确性和可靠性有个依据。

(2)连接线路 实验前,仪器仪表设备摆放和布局要合理,操作安全。断电状态时进行连线,按电路顺序相连。连线要可靠,线路要清楚有序,各分支、节点易辨别(可以利用导线的色彩特征等)。

(3)检查线路 线路接好后,同学之间应互查线路是否正确,除了检查电路连接外,还要检查滑线变阻器的动触点位置是否合适,调压器手柄指针位置是否接近零位,仪表量限和

极性是否符合要求。初次实验或较复杂的实验线路,须经老师核查线路后再通电。

(4) 接通电源 通电前,首先通知全组成员做好准备,以免发生人身事故或设备损毁,有异常现象时,应及时断电。

(5) 读取和审查数据 正确读取仪表数据,并准确记录,判断其合理性,由教师审定后再拆线。

(6) 拆除线路 数据经审查合格后,要切断电源后,再拆除线路,整理仪器仪表设备,清理导线。经老师允许后,方可离开实验室。

三、实验报告的撰写

实验结束后,必须认真及时地撰写实验报告。实验报告是实验结果的总结和反映。一个实验的价值,很大程度上取决于实验报告质量的高低。

1. 撰写实验报告的要求

(1) 实事求是的科学态度 实验数据与实验结果是对电路进行分析研究的依据。因此,实验取得的资料,如数据、图形等应真实地反映到实验报告中去,不允许更改、抄袭,或主观臆断。如果因操作错误使数据违背规律,应当重做实验,重新取得数据。

(2) 符合要求的具体内容 实验报告应以实验目的和实验要求为中心内容。

(3) 不断积累、深入探索的钻研精神 实验过程是培养实验技能,提高动手能力,增加实践经验的过程。学生应善于总结实验中的经验与不足,整理记录在实验报告中,对后面做好实验提供帮助。

(4) 报告形式应规范 实验报告应文字流畅,语言准确,书写清楚,整齐,数据完整,图表规范,分析合理,结论有据。

2. 实验报告的主要内容

(1) 实验名称,实验日期,实验者班级、姓名及学号,实验组别,同组人姓名。

(2) 实验目的 实验目的是实验的宗旨,只有明确目的,才能做好实验。在本栏中,学生应简明地概述本实验通过何种方法,训练哪些技能,达到怎样的要求等内容。

(3) 实验仪器与设备 列出完成实验所需的实验线路与设备。

(4) 实验电路 画出实验电路图与测试电路图,标明元器件及其参量和仪器仪表设备名称等。

(5) 实验记录 实验过程记录的数据、图形及绘制的曲线、图表。

(6) 实验结论和心得 实验的结果、说明的问题及学习心得等。

四、实验室的安全操作规则

在实验中,为了防止仪器仪表设备的损坏,保证人身安全,实验者必须严格遵守以下安全操作规则:

(1) 熟悉实验室的直流与交流电源,了解其电压、电流额定值和控制方式,区分直流电源的正负极和交流电源的相线与中性线。

(2) 要知道仪器仪表的规格、型号、使用方法,特别要注意额定值和量限。

(3) 通电前应通知全组人员有准备后再接通电源。

(4) 实验中不得用手触摸线路中带电的裸露导体。改、拆接线路时,应断开电源;使用电容时,导线短接放电(安全电压为 36V 以下,安全电流为 100mA 以下)。

(5) 发现异常现象，如仪表指针猛打，有焦臭、冒烟、闪弧、有人触电等，应立即切断电源，报告指导老师，查找原因，排除故障。

(6) 实验要规范有序，不要忙乱，应按操作步骤实施实验。不要乱动与本次实验无关的仪器设备。实验完毕后，仪器设备应恢复常位，并切断电源。

第一章 电工电子技术实践的基本知识

本章主要介绍电工电子技术实践的基本知识，内容有测量的基本知识、常用电子元器件和电路的组装、调试与排障等。

第一节 测量的基本知识

为了使读者在实验之前能够初步掌握测量的基本知识，本节主要介绍电量的基本测量方法、误差理论和提高测量准确度的方法等。

电工电子实践活动中经常要对电量进行测量，不同的电气参数，需要不同的测量仪器。电子测量仪器种类很多，有的简单，有的复杂。常用的测量仪器有万用表、示波器、晶体管图示仪等。而测量技术不仅要求正确使用测量仪器，还要选择合适的测量方法。

一、基本测量方法

电子测量方法有多种分类形式，一般按数据得到的过程分为直接测量法、间接测量法和组合测量法。

1. 直接测量法

直接测量法是用按已知标准刻好标度的测量仪器，对某一未知量进行测量，从而得出未知量的数据。用直接测量法可以达到很高的测量精度，而其仪器分为直读式和比较式两类。直读式是直接从仪器的指示器中读出数据，如指针式电压表、数字式频率表等。比较式则是将被测量与已知量进行比较，根据仪器的平衡条件，即可由已知量得到被测量的值，如电桥、Q表等。

2. 间接测量法

间接测量法是通过实际测量的参数与所需要的结果的函数关系，计算出其结果。例如，测量电阻中的电流，可以不断开电路而测量电阻两端的电压，通过关系式 $I = U/R$ 算出电流。间接测量一般在① 直接测量误差较大；② 直接测量很不方便；③ 缺乏直接测量仪器这三种情况下采用。例如，欲测量放大器的电压放大倍数 A_u ，先测量输出电压 U_o 和输入电压 U_i ，然后由 $A_u = U_o/U_i$ 算出 A_u 。

3. 组合测量法

组合测量法是根据某些直接测量所得的数据，通过解一组联立方程而求出未知量的数据。组合测量法常用来摸索和分析物理现象的规律以及寻求经验公式和实验方程的系数等。

二、误差理论

1. 测量误差的来源

测量误差的来源有仪器仪表误差和人为误差。仪器仪表制造工艺无论如何完善，仪表指示的数值和被测的实际值之间总还有一些差异，这种差异称为仪器仪表误差。人为误差是由于测量方法及读数方法不正确或读数不精细等原因引起的。

2. 误差的类别

误差的类别有系统误差、随机误差和疏失误差。系统误差是指在相同条件下重复测量同一个量时，其误差的大小和符号保持不变，或按照一定规律出现，这种误差主要是由测量设备、环境条件、人的因素等造成的，通过分析研究，可以将误差减少或消除。随机误差一般是不确定的、随机的，它有偶然性，发生时无规律可循，随机误差不能用实验方法消除。疏失误差主要是由于测量者对仪器不了解、粗心，导致读数不正确而引起的，或测量条件突然变化引起异常而操作者并没有在意，所以这种误差完全可以避免或消除。

3. 误差的表示法

仪器仪表误差的量一般可用绝对误差、相对误差和引用误差来表示。绝对误差 Δ 是指仪表的指示值 A_x 与被测量的真值 A_0 的差值，即 $\Delta = A_x - A_0$ 。相对误差 γ 是绝对误差 Δ 与被测量的真值 A_0 之间的比值，即 $\gamma = \Delta / A_0 \times 100\%$ 。在实际测量中，常常用仪表的指示值 A_x 代替真值 A_0 进行相对误差的近似估算，即 $\gamma \approx \Delta / A_x \times 100\%$ 。引用误差是用绝对误差作分子，仪表的测量量限 A_m 作分母，取其比值的百分数，即 $\gamma_n = \Delta / A_m \times 100\%$ 。由于仪表不同刻度点的绝对误差略有不同，如取可能出现的最大绝对误差与仪表的测量量限 A_m 比值的百分比为仪表的最大引用误差，即 $\gamma_{nm} = \Delta_m / A_m \times 100\%$ 。

三、提高测量准确度的方法

尽管实验中难免存在测量误差，但采取某些措施后可以减少或消除误差。

1. 经常对仪表进行校验

(1) 用标准表校验测量仪表，需要时对被校验表的读数引入校正值。

(2) 仪表使用前要作零点调整。例如，大部分仪表在未通电时，指针应指在零点；当偏离零点时，可用机械调零装置进行调整。而使用电阻表测量电阻时，则应先用零欧姆调节旋钮调零后再进行测量。

2. 仪表和仪器的安置要正确

放置仪表和仪器的环境应不受外界电磁场的干扰。仪表和仪器要按要求摆放，垂直摆放的仪表不能水平摆放，否则仪表的读数误差将加大。

3. 避免用大量限仪表测量小量限的被测量

实际上，在仪表的同一量程中，指针偏转越大，相对误差越小，测量准确度越高。所以在选择仪表量限时，既要考虑仪表的准确度等级，又要合理地选择仪表量程，才能保证有足够的测量准确度（一般应使指针偏转在仪表量限的 $2/3$ 以上为佳）。

4. 测量结果的正确处理

测量结果通常用数字或曲线表示。测量结果的数字处理是有效数字的问题；测量结果的曲线处理是曲线的修正问题。前者涉及仪表指示值的读取、表示和数据运算；后者则是把各种随机因素引起的曲线波动抹平，使其成为一条光滑、均匀的曲线。

电子技术实验误差分析与数据处理应注意以下几点：

(1) 实验前应对实验情况有所估计，以便及时发现测量结果的谬误。

(2) 若时间允许，每个参数应多测几次，通过比较测量值分析引入误差的因素，尽可能提高测量的准确度。

(3) 由于测量值 = 指示值 + 误差，所以要注意测量仪器、元器件的误差范围对测量的影响。测量前对测量仪器的误差及检定、校准和维护情况应有所了解，在记录测量值时要注明

有关误差，或决定测量的有效位数。

(4) 正确估计方法误差的影响，电子技术中采用的理论公式多为近似式，会带来方法误差，而计算公式中元器件的参数多用标称值（而不是真值），又会带来随机性的系统误差。因此要考虑理论计算值的误差范围。

第二节 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。电阻器是电路元件中应用最广泛的一种。

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。按材料和工艺可分为膜式电阻器、实芯电阻器、线绕电阻器等。常用电阻器的外形如图 1-2-1 所示。

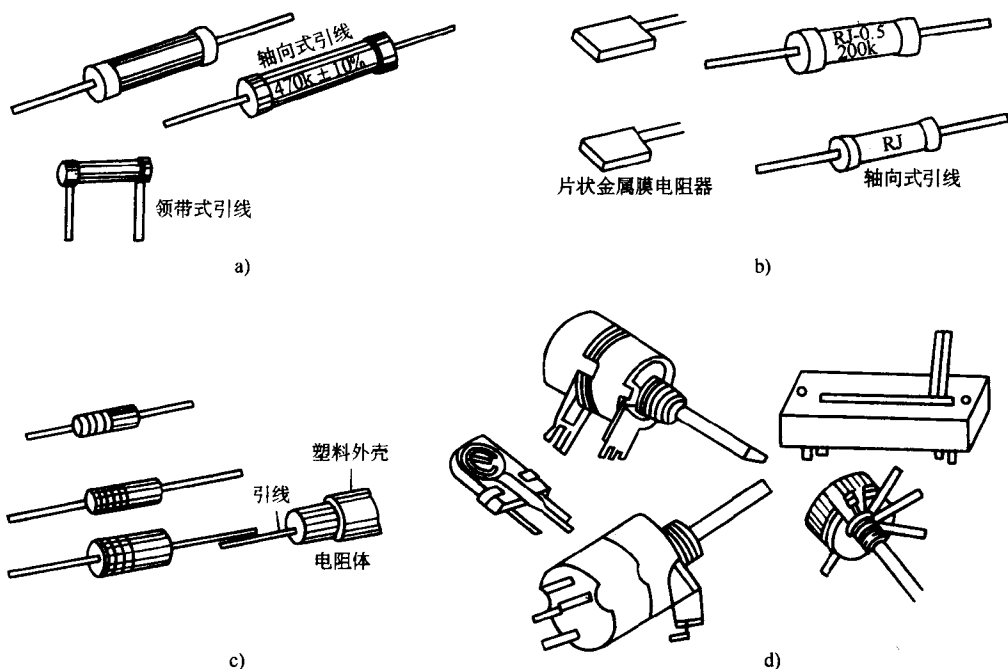


图 1-2-1 常用电阻器的外形

a) 碳膜电阻器 b) 金属膜电阻器 c) 有机实芯电阻器 d) 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，但其功率一般都不大。

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有两种：一是直标法；二是色标法（固定电阻器用）。直标法是用数字直接标注在电阻上，如图 1-2-2 所示。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 1-2-3 所示，色标法表示的单位为欧姆。



图 1-2-2 电阻器直标法

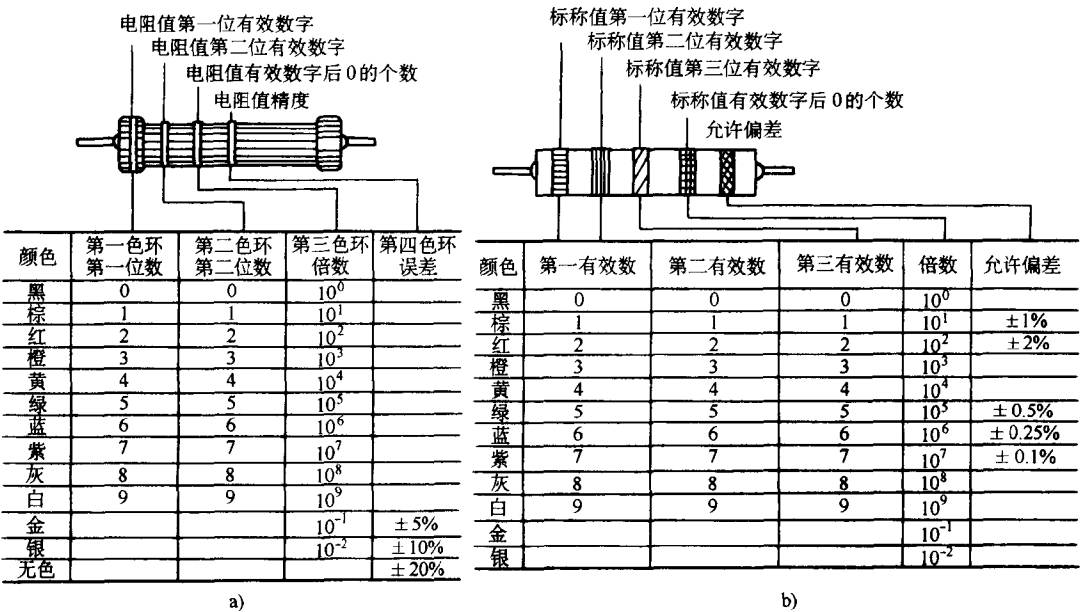


图 1-2-3 电阻器色标法

a) 普通型 b) 精密型

例如，图 1-2-3a 中第一色环为红、第二色环为黄、第三色环为橙、第四色环为银，则电阻阻值为 $24 \times 10^3 \Omega = 24\text{k}\Omega$ ，允许误差 10%。

额定功率：电阻器在规定的环境温度和湿度下长期连续工作，电阻器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。

3. 电阻器的选用和测量

表 1-2-1 给出几种常见电阻器的结构与特点，可供选用时参考。

表 1-2-1 几种常用电阻器的结构与特点

电阻器的类别	型号	应 用 特 点
碳膜电阻器	RT 型	性能一般，价格便宜、大量应用于普通电路中
金属膜电阻器	RJ 型	与碳膜电阻相比，体积小，噪声低，稳定性好，但成本较高，多用于要求较高的电路中
金属氧化膜电阻器	RY 型	与金属膜电阻器相比，性能可靠，过载能力强，功率大
实芯碳质电阻器	RS 型	过负载能力强，可靠性较高。但噪声大，精度差，分布电容电感大，不适宜要求较高的电路
线绕电阻器	RX 型	阻值精确，功率范围大，工作稳定可靠，噪声小，耐热性能好，主要用于精密和大功率场合。但其体积较大，高频性能差，时间常数大，自身电感较大，不适用于高频电路
碳膜电位器	WT 型	阻值变化和中间触头位置的关系有直线式、对数式和指数式三种，并有大型、小型、微型几种，有的和开关组成带开关电位器。碳膜电位器应用广泛
线绕电位器	WX 型	用电阻丝在环状骨架上绕制而成。其特点是阻值变化范围小，寿命长，功率大

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。

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、瓷介电容器等。几种常见电容器的外形如图 1-2-4 所示。

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，最高可达 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。

2. 电容器的主要参数

电容器的主要参数为标称电容量、允许误差和额定工作电压等。标称电容量是指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、可靠地工作所能承受的最高电压。

电容器的标识方法有三种：一是直标法；二是数码法；三是色标法。

- (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。前两位为有效数字，第三位

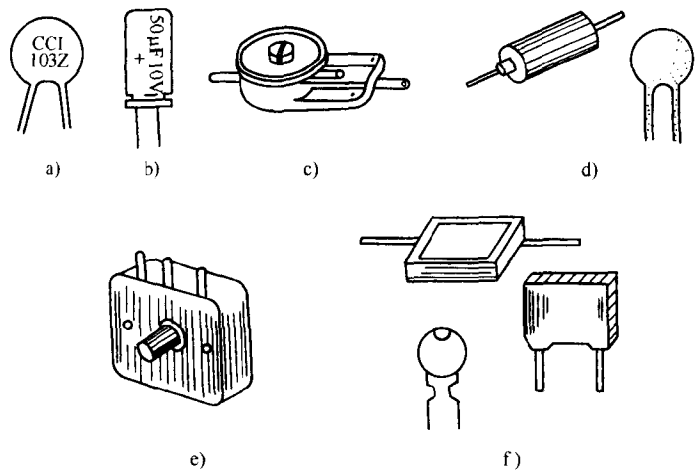


图 1-2-4 常用电容器的外形

a) 瓷片电容 b) 电解电容 c) 微调电容 d) 铝电容
e) 双联电容 f) 云母电容

表示倍率，即乘以 10^i ， i 的取值范围是 $1\sim 9$ ，但 9 表示 10^{-1} 。例如，333 表示 33000 pF 或 $0.033\mu\text{F}$ ；229 表示 2.2 pF 。

(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 。

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、旁路可选用铝或铝电解电容。常用电容器的性能特点见表 1-2-2。应根据电路要求进行选择。

表 1-2-2 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 $60\sim 70\text{V}$ ），电容量较小（一般为 $1\sim 1000\text{pF}$ ）。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 $680\text{pF}\sim 0.047\mu\text{F}$ 和 $0\sim \text{几}\mu\text{F}$ ，但其温度系数大，损耗大，电容量误差大

(续)

电容器的类别	型号	应 用 特 点
纸介电容器	CZ 型	体积小, 电容量可以做得较大, 且结构简单, 价格低廉。但介质损耗大, 稳定性不高。主要用于低频电路的旁路和隔直电容。其电容量一般为 $100 \sim 10\mu\text{F}$
金属化纸介电容器	CJ 型	其性能与纸介电容器相仿。但它有一个最大特点是被高电压击穿后, 有自愈作用, 即电压恢复正常后仍能工作
(苯) 有机薄膜电容器 (涤纶) 有机薄膜电容器	CB 型 CL 型	与纸介电容器相比, 它的优点是体积小, 耐压高, 损耗小, 绝缘电阻大, 稳定性好; 但温度系数大

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地测量。具体方法是: 容量大于 $100\mu\text{F}$ 的电容器用 $R \times 100$ 挡测量; 容量在 $1 \sim 100\mu\text{F}$ 以内的电容器用 $R \times 1\text{k}$ 挡测量; 容量更小的电容器用 $R \times 10\text{k}$ 挡测量。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, 接近于 0Ω , 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。

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, 它通常分两类: 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、功用等的不同, 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, 提高品质因数和减小体积, 通常在线圈中加入软磁性材料的磁心。

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、可变和微调电感器。常见电感器的外形如图 1-2-5 所示。

可变电感器的电感量可利用磁心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, 如色码电感器、平面电感器和集成电感器, 可满足电气设备小型化的需要。

2. 电感器的主要参数

电感器的主要参数为电感量、品质因数和额定电流等。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。品质因数为线

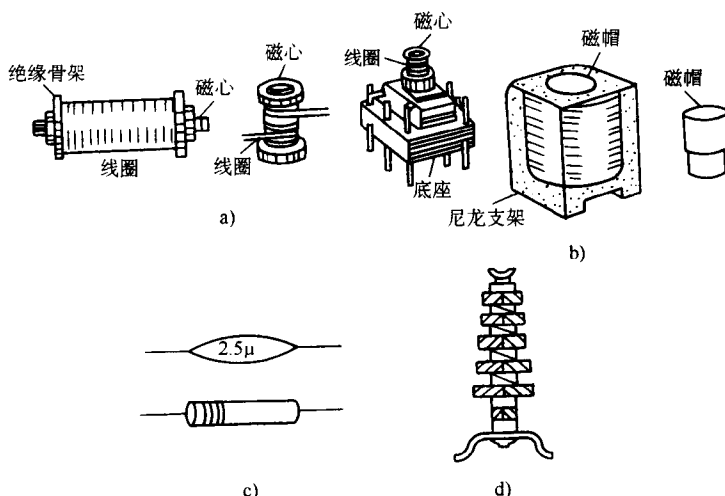


图 1-2-5 常见电感器的外形

- a) 螺线磁心线圈 b) 调节磁帽来改变电感量的线圈
c) 色码电感 d) 蜂房线圈

圈中存储能量和消耗能量的比值，通常用 $Q = \omega L/R$ 来表示，它反映电感器传输能量的效能。 Q 值越大，损耗越小，传输效能越高，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

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

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之间的相互位置，一般应使相互靠近的电感线圈的轴线互相垂直，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情况；若阻值很大或表针不动，则表示线圈存在断路。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。这里不做详细介绍。

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。三极管是一种电流控制型器件，它最基本的作用是信号放大或作无触点开关。它们的管壳上都印有规格和型号，以便选用。

1. 半导体器件的型号命名法

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。