

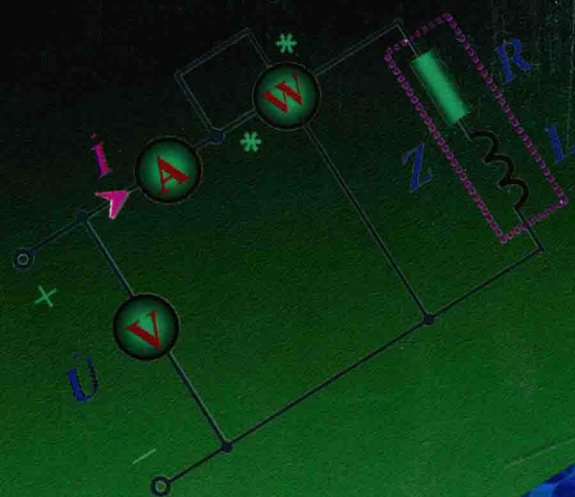
河南省“十二五”普通高等教育规划教材



电工电子实践系列教程 —电路测试技术

主 编 李玉东

副主编 杨晓邦



河南省“十二五”普通高等教育规划教材

电工电子实践系列教程

——电路测试技术

主 编 李玉东

副主编 杨晓邦

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

电工电子实践系列教程. 电路测试技术/李玉东主编. --北京:
煤炭工业出版社, 2015

河南省“十二五”普通高等教育规划教材

ISBN 978-7-5020-4933-1

I. ①电… II. ①李… III. ①电工技术—高等学校—教材
②电子技术—高等学校—教材 ③电路—测试技术—高等学校—教材
IV. ①TM ②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 173038 号



电工电子实践系列教程——电路测试技术
(河南省“十二五”普通高等教育规划教材)

主 编 李玉东
责任编辑 徐 武
责任校对 刘 青
封面设计 晓 杰

出版发行 煤炭工业出版社 (北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
电 话 010-84657898 (总编室)
010-64018321 (发行部) 010-84657880 (读者服务部)

电子信箱 cciph612@126.com

网 址 www.cciph.com.cn

印 刷 煤炭工业出版社印刷厂

经 销 全国新华书店

开 本 787mm×1092mm¹/₁₆ 印张 9 字数 205 千字

版 次 2015 年 8 月第 1 版 2015 年 8 月第 1 次印刷

社内编号 7779 定价 15.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换,电话:010-84657880

内 容 简 介

本书是密切配合电路基础课程教学的实验教材，共分为五章。第一章，绪论。第二章，实验基础，包括基本测量方法，误差分析与消除，常用的测量仪器仪表的基本工作原理、主要技术指标和使用方法。第三章，基础实验，旨在通过基础实验加深对理论知识的学习。第四章，综合设计性实验，通过典型的综合实验可以加强学生设计电路、分析电路能力的培养。第五章，虚拟实验。

本书可作为电路实验的教学教材，供高等学校电气类专业师生使用，也可供电子电路设计类技术人员使用和参考。

前言

实践教学是高等学校教学活动中的重要组成部分,在培养学生实践能力、分析与解决问题能力等方面,具有其他教学环节无法替代的作用,为此,河南省教育厅组织编写了电工电子实践系列教程。电路测试技术是此套系列教程之一。

编者全面贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作提高教学质量的若干意见》文件精神,参照国家级实验教学示范中心建设有关标准,结合我国当前电路实验教学体系、内容、实际水平,以及工科院校多年实验教学经验、改革研究的成果,在不削弱传统工程实验教学的情况下,增大综合设计性、设计性和研究性实验项目的比例,系统地、科学地编写了本实验教材,旨在帮助学生验证、消化和巩固基本理论,培养学生的实际动手能力与创新能力。本教材在编写上充分考虑了学生的学习特点和21世纪人才培养的要求,具有以下特点:

(1) 层次清晰。书中首先阐述实验课程的重要意义,以及做实验时所必备的基本知识,其次结合教学大纲介绍相关的基础实验,最后介绍综合性实验。这种层次编排使学生从思想上重视实验课,同时通过基础实验,加深对理论知识的理解和掌握,通过综合实验,加强学生分析问题和解决问题能力的培养。

(2) 先进实用。实操实验时,电子电路设计方案的修改和完善需要更换元器件,费时、费力;而学生采用 Multisim12.0 软件进行仿真实验时,可以对自己的实验方案及时修改、完善,同时又可避免实操实验时更换元器件的问题。

本书共分为五章。第一章介绍了实践教学的意义与作用。第二章介绍了电工测量的基础知识,包括基本测量方法、误差分析与消除,以及常用的测量仪器仪表的基本工作原理、主要技术指标和使用方法。第三章给出了典型的基础电路实验示例,供教学选用。第四章选编了部分典型的综合设计性实验。第五章介绍了电子电路设计与仿真软件 Multisim12.0 的基本特点和要求,并安排虚拟实验,以扩大学生的知识面。

本书由河南理工大学电工电子实验中心李玉东、杨晓邦、张素妍、谢东奎和万方科技学院许荷袖编写,李玉东副教授为主编,杨晓邦实验师为副主

编，全书由李玉东和杨晓邦统稿。国家级电工电子实验教学示范中心艾永乐教授和原主任阎有运高级工程师对本书的编写工作十分支持，并提出了许多宝贵意见，纪洪准同学在书稿的录入和整理中做了许多工作，在此深表感谢。

由于编者水平有限，书中存在不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

2015 年 7 月于河南理工大学

目 次

第一章 绪论	1
第一节 实验的意义与方法	1
第二节 电路实验的基本要求	2
第二章 实验基础	7
第一节 常用电路电子器件的识别与测试	7
第二节 电气测量的基本知识	16
第三节 常用电工仪器仪表的使用	25
第三章 基础实验	47
实验一 电工实验装置和万用表的使用	47
实验二 示波器和信号源的使用	50
实验三 电路元件伏安特性的测定	51
实验四 基尔霍夫定律	55
实验五 受控源特性的研究	56
实验六 叠加原理实验	59
实验七 戴维南定理和诺顿定理实验	61
实验八 交流电路参数的测定	64
实验九 日光灯电路及功率因数的提高	66
实验十 RLC 串联谐振电路的研究	68
实验十一 互感电路的研究	71
实验十二 RC 选频网络特性测试	74
实验十三 三相交流电路的研究	77
实验十四 三相电路功率的测量	78
实验十五 一阶电路过渡过程的研究	81
实验十六 RLC 二阶串联电路暂态响应	84
实验十七 交流电桥测参数	86
实验十八 回转器的应用	87
实验十九 负阻抗变换器的应用	89
第四章 综合设计性实验	92
实验一 电子元器件参数测量	92

实验二	负载最大功率研究	94
实验三	线性含源一端口网络等效参数的测试	95
实验四	电路黑箱实验	96
实验五	电阻、电感和电容等效参数的测定	99
实验六	三相交流电路参数测定	101
第五章 虚拟实验		105
实验一	元件伏安特性的测试	105
实验二	叠加定理	109
实验三	戴维南定理	112
实验四	R、L、C 元件性能的研究	116
实验五	一阶电路过渡过程的研究	120
实验六	RLC 串联电路的幅频特性和谐振现象	122
附录 GDDS-1C 型电工电子系统实验装置使用说明		126
参考文献		135

第一章 绪 论

第一节 实验的意义与方法

一、实验的重要意义

实验工作在科学发展的过程中起着重大的作用，它不仅仅是验证理论的客观标准，还常常是新的发明和发现的线索或依据。1820 年奥斯特在—项实验中观察到放置在通有电流的导线周围的磁针会受力偏转，他由此认识到电流能产生磁场。从此使原来分立的电与磁的研究结合起来，开拓了电磁学这一新领域。1873 年麦克斯韦建立了完整的电磁场方程（即麦克斯韦方程组），预言了电磁波，并提出光的本质也是电磁波的论点。1887 年赫兹做了电磁波产生、传播和接收的实验，这项实验的成功不仅为无线电通讯创造了条件，还从电磁波传播规律上确认了它和光波一样具有反射、折射和偏振的特性，终于证实了麦克斯韦的论点。在门捷列夫之前，化学已有相当的发展，从大量实验中对已发现的化学元素（如氢、氧、钾、钠等）都有了一定认识，确定了这些元素各自具有的化学性质。但是，这种认识是孤立的，只是肯定了各元素的个性。门捷列夫整理了前人的大量实验结果，研究诸元素之间性质上的联系，终于发现了元素周期律，并据以预言了一些当时尚未发现的元素的存在和它们应有的性质。他的这些预言后来都被实验所证实，周期律大大推进了化学理论的进展。

传统的教学体制以理论教学为主，实践教学一直处于“教辅”地位。20 世纪末，尤其是进入 21 世纪后，随着社会经济体制的转变和社会对人才培养的需求变化，国家先后颁布了相关文件，加大对教育的投入幅度，实验室建设规模空前扩大。教育界普遍认为，应把实践教学环节提高到与理论教学同等重要的地位，使得承前启后的实践教学真正从“教辅”中解脱出来，与理论课教学有机地紧密结合在一起，使学生通过实践教学过程的训练，深化对基础理论的认识，同时加强培养学生的动手操作能力、实践创新能力以及科研创新能力，从而培养出适合社会需要的优秀人才。

二、实验方法

实验在科学技术工作中所具有的重要意义是很明显的，然而，要做好实验工作，还需注意以下几个重要方面：

一般讲，一次完整的实验应包括定性与定量两方面的工作。做实验首先强调观察，集中精力于研究对象，观察它的现象、它对某些影响因素的响应、它的变化规律和性质等等，这些属于定性；对研究对象本身的量值、它响应外部条件而变化的程度以及做数量上的测量和分析，这些属于定量。定性是定量的基础，定量是定性的深化，二者互为补充。

在完成定性观察和定量测量取得实验数据之后，实验工作并未结束。实验工作的重要

一环是对数据资料进行认真的整理与分析,去粗取精,去伪存真,由此及彼,由表及里,以求对实验的现象和结果得出正确的理解和认识。

三、电路实验的目的

至于学校教学计划中安排的实验示例,因其内容是成熟的,目的是明确的,结果是预知的,又有教师的指导,所以任务是不难完成的。但是,为使学生较为系统地获得有关实验的理论和有重点的培养有关实验的基本技能,实验课的设置又是必不可少的。我们的目的不是要学生完成多少个实验,而是希望学生在完成实验的过程中,在知识的增长和能力的培养上有最高的收益。

基于上述目的,本书列出了较多的实验示例,其中有些是基础实验,有些则是综合实验。在每个实验示例的指导书中,编写了实验所需的基本理论知识。在规定的教学时间内不要求同学们把所有实验全部做一遍,但希望同学们在接受必需的基本训练之后(或训练之余),能够根据自己的条件和兴趣,选做几个综合性较强的实验。选做的实验内容不一定全是理论课中讲过的,同学们需从查阅资料、掌握知识开始,经过确定实验方案(确定方法、选择仪器、制定实验步骤等),观察实验现象,测量和分析数据,排除可能出现的故障,直到得出正确的实验结果并写出完整的实验报告,在实验的过程中受到较为系统的训练。诚然,这需要实验者有充分的实验准备,要多花一些时间和精力,但这对于实验者知识和能力的提高无疑是有益的。

第二节 电路实验的基本要求

一、实验目的

电路分析是一门实践性很强的技术基础课,实验是本课程不可缺少的重要教学环节。要求学生在实验前认真做好预习;实验中要大胆细心地进行实验操作,正确连线,读取实验数据,并注意人身和设备的安全;实验后要按要求编写实验报告或总结报告。

通过电路实验课的学习,学生应在实验技能方面达到以下要求:

- (1) 会正确使用常用的电工仪表、电子仪器,掌握基本的电工测试技术。
- (2) 按实验要求,独立进行实验操作。
- (3) 能正确读取实验数据,描绘波形曲线,分析实验结果,按要求编写实验报告或总结报告。
- (4) 掌握电路实验误差分析和数据处理方法。
- (5) 学生具有初步电路实验线路设计、实验仪器仪表选择和仪表量程选择的能力。
- (6) 有安全用电的基本常识。

二、实验的要求

1. 实验前的准备工作

学生在每次实验前,必须认真预习。预习情况要通过教师检查,达不到要求的不准做实验。

(1) 认真阅读实验指导书,明确实验目的和实验要求,复习有关理论,搞清实验原理。

(2) 熟悉完成实验的方法和步骤,设计好实验数据记录表格。

(3) 理解并记住实验指导书中的注意事项。

(4) 参看附录有关内容,掌握实验仪表的正确使用方法。

(5) 完成预习报告。

2. 实验过程中的工作

(1) 接线前,首先了解各种仪器设备和元器件的额定值、使用方法。

(2) 实验中用到的仪器、仪表、电路元件等连线要可靠、清晰,保证仪器仪表调节或读数方便,布局合理。

(3) 电路连线可按先串联后并联的原则,先连无源电路,后连有源电路,两者之间应串控制开关。连线时应将所有电源开关断开,并将可调设备的旋钮、手柄置于安全位置。连好线要仔细检查无误后才能接通电源。初合开关时要注意观察各仪表的偏转是否正常。

(4) 实验进行中要大胆细心,认真观察现象,仔细读取数据,随时分析实验结果是否合理。如发现异常现象,应及时查找原因并进行处理。

(5) 改接电路时要先切断电源,再拆线、连线,不要带电操作,注意安全。

(6) 实验完毕时,先切断电源,分析实验数据,核对结果,确定实验结果无问题,让老师签字后,再进行拆线,整理好连线并将仪器设备归好位后方可离开。

3. 实验后的整理工作

整理工作主要是编写实验报告或总结报告,这不仅是实验的总结,也是工程技术报告的模拟训练,应按要求认真完成。

基础实验报告包括预习情况、实验情况两部分。实验结束时,应按要求完成。

提高性实验报告主要包括:

(1) 实验名称。

(2) 实验目的。

(3) 实验原理图。

(4) 主要实验仪器设备。

(5) 数据处理:包括实验数据及计算结果的整理、分析,误差原因的估计、分析等。

(6) 实验中出现的问題、现象及事故的分析,实验的收获及心得体会等,并回答预习思考题。

对综合设计性实验写出实验总结报告,实验总结报告按学术论文格式要求,一般包括:①题目;②摘要;③正文;④参考文献。

三、实验设计方法

实验设计是指给定某个实验题目和要求,确定实验方案,组合实验仪器设备进行实验并解决实验中遇到的各种问题。

1. 实验方案的确定

根据实验题目、任务、要求,选择可行的实验方案,不仅要考虑可靠的理论依据,还

要考虑到有无实现的可能。实验方案能否正确的确定，是实验设计成败的关键。

确定实验方案要做的工作：

(1) 实验原理的研究。包括与实验题目有关的理论知识的掌握和了解，实验电路、实验方法选择等。

(2) 元件与仪器设备的选择。包括元件参数的确定，仪器仪表的选择等。

(3) 实验条件的确定。包括信号源电压、频率的选择，测量范围的确定等。

2. 实验方案的实施

实验方案确定后，通过实验不仅可以检验方案是否正确，还可以对实验能力进行考核。实验时可能出现的情况：

(1) 得不到预期的实验结果。这时需要检查电路、仪器设备、实验方法、实验条件等，如果这些都没有问题则需要检查实验方案，必要时要对实验方案进行修改或重新制订实验方案。

(2) 出现与理论不一致的情况。这时需要观察实验现象，分析数据并找出原因。

(3) 误差偏大。这时需要分析产生误差的原因，找出减小误差的办法。

3. 实验结果的分析

实验结果分析主要包括：实验结果的理论分析、实验的误差分析、实验方案的评价与修改、解决实际问题的体会等。

实验设计是对实验能力、独立工作能力的综合锻炼，也是理论与实践结合能力的检验。要较好地完成实验设计，必须要有坚实的理论基础，有一定的实验技能和实践经验，并且要有认真细致的作风和对工作高度负责的责任感。

四、注意事项

1. 首先注意人身和设备的安全

(1) 不得擅自接通电源。

(2) 不触摸带电体，严格遵守“先接线后通电，先断电后拆线”的操作程序。

(3) 发现异常现象（如声响、发热、焦臭味等）应立即切断电源，保持现场，报告指导教师。

(4) 注意仪器设备的规格、量程和使用方法，做到不了解性能、用法的仪器，不盲目使用。

(5) 搬动仪器设备时，必须轻拿轻放，并保持设备表面的清洁。

2. 线路连接

在连接线路时应注意以下几个方面：

(1) 在熟悉并掌握各设备正确使用的基础上注意设备的容量、参数要适当，工作电压、电流不能超过额定值；仪表种类、量程、准确度等级要合适。

(2) 合理布局，按照拟定的实验线路，桌面上合理放置仪器设备。布局的原则是全、方便、整齐，避免互相影响。

(3) 正确连线的方法：

① 先弄清电路图上的节点与实验电路元件的接头的对应关系。

② 根据电路图的结构特点，选择合理的接线步骤，一般是“先串后并”、“先分后

合”或“先主后辅”。

③养成良好的接线习惯，走线要合理，导线的长短、粗细要适当，防止连线短路。接线片不宜过多地集中在某一点上，每个接线柱原则上不要多于2个接线片，尤其是电表接头尽量不要接2根导线，并且接线的松紧要适当。

④调节时要仔细认真，实验时一般需要调节的内容：电路参数要调到实验所需值，分压器、调压器等可调设备的起始位置要放在最安全处，仪表要调零。

3. 操作、观察、读取和记录数据

操作、观察、读取和记录数据时要注意：

(1) 操作前应做到心中有数，目的明确。

(2) 操作时应手合电源，眼观全局，先看现象，后读数据。

(3) 读数时要弄清仪表量程及刻度，读数时要求“眼、针、影成一线”，以便得到较准确的读数。

4. 图表、曲线的描绘

实验报告中的所有图表、曲线均按工程图要求绘制，波形、曲线一律画在坐标纸上，并且比例要适当，坐标轴上应注意物理量的单位和符号，标明比例和波形、曲线的名称；作曲线时要用曲线板绘制，以求曲线平滑。

五、常见故障及查找方法

实验中常会遇到由于断线、接错线、接触不良、元器件损坏等造成的故障，使电路不能正常工作，严重时损坏仪器设备，甚至危及人身安全，因此，应及时查找，排除故障。

排除故障是锻炼实际工作能力的一个重要途径，需具备一定的理论基础和熟练的实验技能及丰富的实践经验。

1. 排除故障的一般原则

(1) 出现故障应立即切断电源，避免故障扩大。

(2) 根据故障现象判断故障性质。实验故障大致可分为两类，一类属破坏性故障，可使仪器、设备、元器件等造成损坏；另一类属非破坏性故障，其现象是无电流、无电压，或者电压、电流值不正常，波形不正常等。

(3) 根据故障的性质确定故障检查方法。对破坏性故障，不能采用通电检查的方法，应先切断电源检查有无短路、断路或阻值不正常等。对非破坏性故障，可采用断电检查，也可采用通电检查，也可采用两者结合的方法。

(4) 进行检查时，首先应对电路各部分的正常电压、电流、电阻值等心中有数，然后才能用仪表进行检查，逐步缩小故障区域，直到找出故障点。

2. 实验故障产生的原因

(1) 电路连接点接触不良，导线内部断线。

(2) 元器件、导线裸露部分相碰造成短路。

(3) 电路连线错误。

(4) 测试条件错误。

(5) 元件参数不适当。

(6) 仪器或元件损坏。

3. 检查故障的常用方法

(1) 电阻法：若电路出现严重短路或其他可能损坏设备的故障时，首先应立即切断电源，然后用万用表电阻挡检查不该连通的支路是否连通、元件是否良好。最后找到故障点给予排除。

(2) 电压法：若电路故障不是上述情况，可通用电电压表测量可能产生故障部分的电压，根据电压的大小和有无判断电路是否正常。

(3) 信号寻迹法：用示波器观察电路的电压和电流波形中幅值大小变化、波形形状、频率高低及各波形之间的关系，分析、判断电路中的故障点。

第二章 实验基础

第一节 常用电路电子器件的识别与测试

一、电阻器

电阻器（简称电阻）是电气、电子设备中用得最多的基本器件之一，主要用于控制和调节电路中的电流和电压，用作消耗电能的负载，或用作电路中的阻抗匹配、阻容滤波等。

1. 电阻器的种类

电阻器的种类很多，按结构可分为固定电阻、可变电阻和特种电阻；按材料和工艺可分为碳膜电阻、实心电阻、线绕电阻等。

在电子产品中，固定电阻应用最多。可变电阻主要有滑线式变阻器和电位器两种，常用于调节电路。特种电阻有光敏电阻、热敏电阻、压敏电阻、气敏电阻等。它们均是利用材料的电阻率随物理量变化而变化的特性制成，多用于控制电路。目前新型电阻多采用贴片电阻，具有体积小、质量轻、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. 电阻器的主要性能指标

电阻器的主要性能指标有标称阻值、容许误差、额定功率、温度系数、最大工作电压、噪声等。一般在选用电阻器时，仅考虑标称阻值、容许误差及额定功率3项参数，其他各项参数只有在有特殊要求的情况下才考虑。

1) 标称阻值

电阻器的标称阻值即电阻器表面所标注的阻值。一般有两种标注方法：直标法和色标法（固定电阻器用）。直标法就是用数字直接标注在电阻上，如图2-1所示。



图2-1 直标法电阻器

色标法是用不同颜色的色环来表示电阻的阻值和误差。色标法一般有两种表示法：一种是阻值为三位有效数字，共五个色环；另一种是阻值为两位有效数字，共四个色环。色标法表示的单位为欧姆。图2-2为四色标和五色标电阻器表示方法，各色环颜色所代表的含义见表2-1。如：某四色环电阻器的第一、二、三、四色环分别为红、棕、橙、金色，则该电阻的阻值为 $21 \times 10^3 \text{ k}\Omega$ ，误差为 $\pm 5\%$ ；某五色环电阻器的第一、二、三、四、五色环分别为棕、黑、黑、黄、棕，则该电阻的阻值为 $100 \times 10^4 \Omega = 1 \text{ M}\Omega$ ，误

差为 1%。

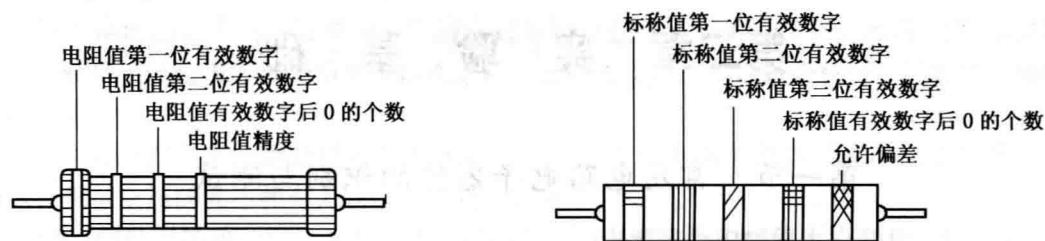


图 2-2 色标法电阻器

表 2-1 色环颜色的含义

颜色	黑	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	金	银	无色
代表数值	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
误差		± 1%	± 2%			± 0. 5%	± 5%	± 5%			± 5%	± 10%	± 20%

另外，电阻阻值的标注采用文字符号法和数码法。文字符号法通常表示有小数点的电阻阻值，如 5R1 表示 5.1 Ω、Ω33 表示 0.33 Ω、3K3 表示 3.3 kΩ 等；数码法如 102 表示 1000 Ω、473 表示 47000 Ω 等。

2) 容许误差

电阻器的容许误差是指电阻器的实际阻值相对于标称值的最大容许误差范围。容许误差越小，电阻器的精度越高。电阻器的常见容许误差有 ±5%、±10% 和 ±20% 3 个等级。

3) 额定功率

电阻器的额定功率是在规定的环境温度和湿度下，假定周围空气不流通，在长期连续负载而不损坏或基本不改变性能的情况下，电阻器上允许消耗的最大功率。当超过额定功率时，电阻器的阻值将发生变化，甚至发热烧毁。一般有两种表示方法：2 W 以上的电阻器，直接用数字印在电阻体上；2 W 以下的电阻器，以自身体积的大小来表示功率。为保证安全实际选用时，一般选其额定功率比它在电路中消耗的功率高 1~2 倍。表 2-2 中列出了电阻器的额定功率系列。

表 2-2 电阻器的额定功率

W

绕线电阻器的额定功率										非绕线电阻器的额定功率									
0.05	0.125	0.25	0.5	1	2	4	8	12		0.05	0.125	0.25	0.5	1	2	5	10	25	
16	25	40	50	75	100	150	250	500		50	100								

3. 电阻器的选取及测试

选用电阻时，除了考虑它的参数、阻值及功率外，还要考虑电阻器的结构与工艺特点。

测量电阻的方法很多，可用万用表、电阻表、电阻电桥和数字电阻表等直接测量，也可根据欧姆定律 $R = U/I$ ，通过测量流过电阻的电流 I 及电阻上的压降 U 来计算出电阻值。常用电阻器的结构与特点见表 2-3。

表 2-3 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	与碳膜电阻器相比，体积小，噪声低，稳定性好，但成本高，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
实心碳质电阻器	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，不适用于要求较高的电路
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，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 3 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

二、电容器

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

1. 电容器的分类

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 3 种。按其所用介质分为金属化纸介电容器、钽电解电容器、云母电容器、薄膜介质电容器、瓷片电容器。几种常用电容器的外形如图 2-3 所示。

2. 电容器的主要性能指标

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。标称电容量是指标于电容器上的名义电容量值。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 3 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器上。

(2) 数码法：用 3 位数字来表示容量的大小，单位为 pF。前两位为有效数字，第三位表示倍率，即乘以 10^i ， i 是第三位数字，但第三位是 9 时，表示为 10^{-1} 。例如，333 表示 33000 pF 或 0.033 μF；229 表示 2.2 pF。

(3) 色标法：与电阻的颜色表示的方法和含义完全一样，单位为 pF。