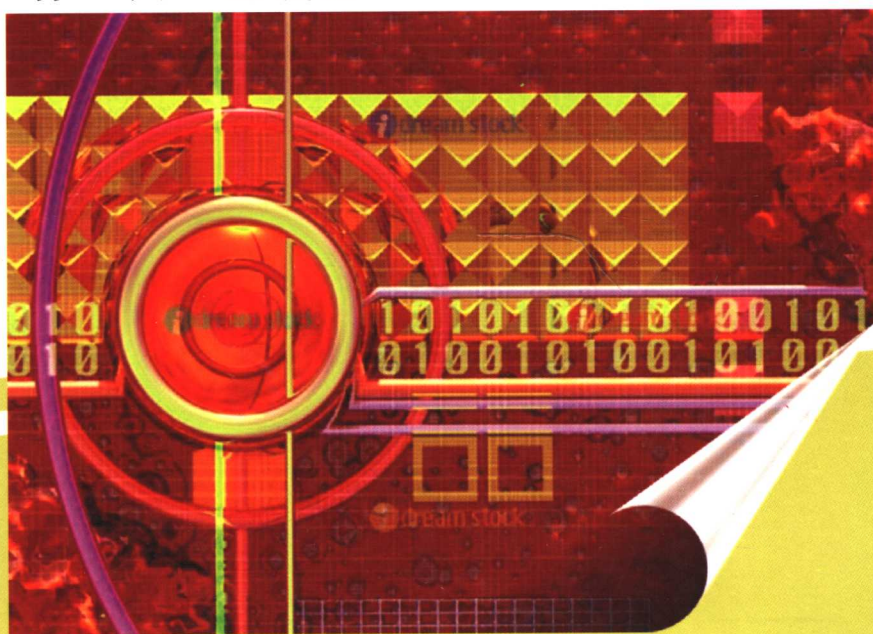


理工科电子信息类 **DIY** 系列丛书

电路与信号系统 实验指导

● 林红 徐清源 编著
孙兵 陈虞苏



13-33

苏州大学出版社

TM13-33

8

Y 系列丛书

电路与信号系统实验指导

林 红 徐清源 编 著
孙 兵 陈虞苏

苏州大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电路与信号系统实验指导/林红等编著. —苏州:苏州大学出版社, 2005. 11

理工科电子信息类 DIY 系列丛书

ISBN 7-81090-565-1

I. 电… II. 林… III. ①电路—实验—教学参考资料②信号系统—实验—教学参考资料
IV. TM13—33②TN911.6—33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 117007 号

内 容 简 介

本书是理工科电子信息类 DIY 系列丛书之一。

本书将电路与信号系统两门课程的实验内容融合在一起,在内容上分为实验基础知识、电路实验、信号系统实验与附录。其中电路实验包括 9 个实验,信号系统实验包括 8 个实验。每一实验都由理论与实验两部分组成,多数实验分为基础实验和提高实验两部分,给广大师生提供了很大的选择空间和自我发挥空间。附录部分介绍了实验所用仪器设备及工具软件的特点、使用方法。

本书适用于本科、大专、职教、成教等各种层次的学生,也可作为相关专业技术人员的参考书。为方便教师准备和指导实验,编者制作了光盘。光盘以实验报告的形式给出了翔实的实验数据、电路连接图以及实验过程和结果。如需光盘,指导教师可与编者联系。本教材中每个实验独立成篇,与上课使用何种教材无关,也与实验时使用何种实验箱无关。

电路与信号系统实验指导

林 红 徐清源 孙 兵 陈虞苏 编著

责任编辑 苏 秦

苏州大学出版社出版发行

(地址:苏州市干将东路 200 号 邮编:215021)

常熟高专印刷有限公司印装

(地址:常熟市元和路 98 号 邮编:215500)

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 9.5 字数 226 千

2005 年 11 月第 1 版 2005 年 11 月第 1 次印刷

ISBN 7-81090-565-1/TM·5 定价:19.00 元

苏州大学版图书若有印装错误,本社负责调换
苏州大学出版社营销部 电话:0512-67258835

电工电子实验教材编委会

主 编：胡仁杰

副主编：赵鹤鸣 汪一鸣

编 委：赵德安 仲嘉霖 杨季文 翁桂荣

邹丽新 徐大诚 周 江

序 言

为了进一步加强高等学校综合实力,整合和共享教学资源,充分发挥理工科专业实验实践教学环节对于创新型人才培养的重要作用,从根本上提高本科教学的质量,提高大学生继续深造及创业就业的竞争力,近年来,各大学纷纷建立面向全校甚至所在城市的校级实验教学中心。实验中心的建立,统一和规范了实验仪器配备、实验教学要求,加强了实验教学的人才和梯队建设。

实验教学质量的提高,也离不开实验教材的建设。在苏州大学出版社的大力支持下,苏州大学电工电子实验教学中心学术委员会聘请校内外专家,成立了电工电子实验教材编委会,将陆续组织出版一套理工科电子信息类 DIY 系列丛书。这套丛书包括《数字电子技术实验指导》、《电子线路实验指导》、《硬件描述语言实验指导》、《电路与信号系统实验指导》、《微型计算机原理及应用实验指导》、《电工电子技术基础实验指导》等共六本。丛书将着力考虑符合实验教学大纲的要求,同时对不同专业留有充分的选择余地,可以灵活组合。希望丛书的出版能够改变实验教学不够规范,随意性较大,相同的课程分散在多处做实验,要求不同、过程不同、设备不一的现状。

编委会将在丛书出版之后,广泛听取各方面的反映和意见,不断完善丛书的内容,提高丛书的学术水平和质量,更好地满足高等学校电工电子类实验教学的需求。

电工电子实验教材编委会

2004.6

前 言

电路理论与信号系统是高校电子专业的两门重要专业基础课程,具有理论应用性与技术实践性相结合的特点,其中实验是整个教学过程中的重要环节。

本书的特点是硬件、软件相结合,注重培养学生的实验动手能力和对工具软件的编程应用能力。本书基于理论与实践并重的思想,每个实验都由理论与实验两部分组成,在内容的安排上注重对学生基本实验技能的训练。实验的理论部分除了对实验的原理作必要的介绍外,特别对实验方法作了详细的介绍。实验方法中介绍了实验需要做什么,以及如何去做,并阐述它们之间的关系。这些方法不同于刻板的实验步骤,具有一定的普遍性。实验结果和理论计算是有差别的,而差别的产生是由许多原因导致的。通过分析这种差别,引导学生对实验现象作正确分析,让他们明白哪些因素可以忽略,而哪些却不能。实验现象是没有对错之分的,实验过程中会遇到各种情况,实验者要找到各种现象的产生原因,对实验结果作出合理的解释。出现问题、分析问题、找到原因、解决问题,这才是实验的全部意义。实验的真正目的是提高学生用基本理论分析问题、解决问题的能力,培养其严肃认真的科学态度、踏实细致的实验作风,开发学生的创新与动手能力。

本书将电路与信号系统两门课程的实验内容融合在一起,设计了新的实验方法,对传统实验内容和方法作了较大的改进。本书内容分为实验基础知识、电路实验、信号系统实验与附录,其中实验基础知识部分介绍了实验须知、电路器件的标识与测量方法。电路实验部分包括9个电路原理实验:电路元件参数的测定、戴维南定理、叠加定理与置换定理、运算放大器电路、一阶电路的动态响应、二阶电路的动态响应、串联谐振电路、线性无源二端口网络的参数测量和三相交流电路的基本测量,涵盖了电路课程的主要知识点。信号系统实验部分包括8个信号系统实验:周期信号的频谱分析、线性系统的频率特性、连续时间系统的模拟、有源滤波器、离散序列与系统的Z域分析、离散傅里叶变换与快速傅里叶变换、数字滤波器的设计和混合信号的滤波,涵盖了信号系统课程的主要知识点。附录部分介绍了实验所用仪器设备及工具软件的特点、使用方法,包括:实验仪器设备介绍、MATLAB基本知识、实验报告要求和样稿。

本书中的多数实验又分为基础实验和提高实验两部分,在内容的安排上基础实验注重对学生基本实验技能的训练,旨在通过实验使学生掌握常用仪器、仪表的基本原理、使用方法及数据的采集、处理和各种现象的观察、分析方法。在实际电路实验任务的设计中,要求学生尽可能多地重复使用各种常规电子仪器仪表,目的是使学生在重复性的使用过程中,真正掌握这些仪器、仪表的使用方法,使得在后续的课程实验乃至未来的工程实践中能得心应

手地应用这些仪器仪表。提高实验从验证性的实验任务逐渐过渡到综合性、设计性的实验任务,这部分给学生提供了很大的选择空间和自我发挥空间。随着计算机技术的飞速发展,计算机仿真能力已成为对当代大学生的基本要求,本书选编的4个计算机仿真实验提供给学生最基本的仿真实验训练,为学生更全面地应用计算机软件进行仿真分析奠定了基础。

由于水平有限,书中难免有不妥和疏漏之处,衷心欢迎读者和广大同行批评、指正,提出改进意见,以便今后修订提高。

编者

2005年9月

Contents

第一章 实验基础知识

- 第1节 实验须知 (1)
- 第2节 电路器件的标识与测量方法 (5)

第二章 电路实验

- 实验1 电路元件参数的测定 (22)
- 实验2 戴维南定理 (26)
- 实验3 叠加定理与置换定理 (29)
- 实验4 运算放大器电路 (31)
- 实验5 一阶电路的动态响应 (33)
- 实验6 二阶电路的动态响应 (36)
- 实验7 串联谐振电路 (41)
- 实验8 线性无源二端口网络的参数测量 (46)
- 实验9 三相交流电路的基本测量 (50)

第三章 信号系统实验

- 实验1 周期信号的频谱分析 (55)
- 实验2 线性系统的频率特性 (58)

- 实验3 连续时间系统的模拟 (63)
- 实验4 无源滤波器与有源滤波器 (67)
- 实验5 离散序列与系统的Z域分析 (71)
- 实验6 离散傅里叶变换与快速傅里叶变换 (73)
- 实验7 数字滤波器的设计 (75)
- 实验8 混合信号的滤波 (80)

附录1 实验仪器设备介绍 (83)

附录2 MATLAB 基本知识 (118)

附录3 实验报告要求和样稿 (127)



第一章 实验基础知识

第1节 实验须知

一、实验概述

在实际工作过程中,可能会产生一个新的想法,这样就需要采用某些手段或方法进行验证,实验就是最重要的验证手段。实验的一个很重要特点,就是可以设置一定条件,让某一种现象重复出现。另外,在学习过程中,通过实验可以使我们对理论知识的理解,并利用学到的知识去解决实际问题,培养我们的实践能力。实验过程中,必须坚持严格、严谨的科学态度。

要知道实验现象都是客观的,因此现象是没有对错的,只是它和我们的预期是否一致。若不一致,原因只可能有两个:我们的想法是错的,或者实验条件不满足我们的预期要求。

实验过程中碰到各种意外情况都是正常的,只是我们要对此作合理的解释,找到原因。在实验过程中一帆风顺未必就是好事,出现问题、分析问题、找到原因、解决问题,才是实验的全部意义。

二、实验任务

每个实验都有明确的目的,或是为了验证某个定理,或是根据实验结果发现某些变量之间的某种关系。实验的任务就是根据实验目的,设计合理的方案,并规划好实验步骤以及所需的仪器设备。

教学实验中,一般事先已经给定了实验方案,因此同学们要做的是理解方案的合理性,当然也可以在现有的实验条件前提下,自己设计方案。在实验过程中,一定要认真做好各项数据的记录工作。实验数据主要包括元器件的实际参数和电路结构、电源电压值,以及输入输出信号的值或波形等。对实验所用仪器的精度等级、测量范围等都要作翔实记录。实验结束后,要对数据作一定处理,利用各种方法消除或减小误差,从数据中发现和总结规律。

三、实验过程

实验过程分为三个阶段:实验前、实验中和实验后,下面分别介绍各阶段需要做的工作。

1. 实验前。

认真阅读实验教材,明确实验目的;对实验电路进行分析及理解;明确测量仪器的使用方法和注意事项;根据实验原理和方法理解实验步骤,清楚实验每一阶段需要测量的数据,并对数据的范围进行必要的理论计算。对于设计性实验,在预习时必须设计好实验电路、拟定实验步骤,并选择合适的测量仪器。



在阅读、理解实验原理的基础上写出预习报告(预习报告应包括实验名称、步骤、电路图和接线图、实验操作中的注意事项),并准备好数据记录纸,画好记录数据的表格。

2. 实验中。

实验时首先要熟悉实验环境,了解实验板的布局与功能,并检查实验仪器和附件是否齐全。实验操作大致可分为接线、查线、测试及数据记录等几个阶段。

(1) 接线。

在对实验电路理解的基础上,根据电路图进行接线。接线是实验中非常关键的步骤,初次接触电路实验者,经常因为接线错误浪费很多时间。

接线时最好按照一定的顺序,一般从电源的一端开始,一条支路一条支路地接线,最后回到电源的另一端。对于复杂的电路,可以将之分成几个功能相对独立的模块,一个模块一个模块地接线。

在接实验仪器时,要注意区分不同的输入或输出端子,并注意仪器的量程与使用方法。例如,电流表只能串联在电路中,否则不但破坏电路结构,也会损坏仪器。

注意不能电路一接好,就马上打开电源。必须对连接电路进行检查,确认无误后方可上电。

(2) 查线。

不管是简单还是复杂的电路,在接线过程中都可能发生错误。在接线完成后,必须对接线进行检查,检查各模块和各支路是否连接正确。查线的方法和接线方法是一致的。如果实验两人一组,最好一人接线,一人查线。

(3) 测试。

接上电源后,对关键点的信号进行测量,并与预先分析的理论值进行比较,确保电路正常工作。调节输入信号,检测输出信号。输入信号调节时,应用测量仪器进行校准,确保输入信号的准确无误。

对指针仪表在测量前应调零,有些仪表在换挡时也要调零(例如:指针万用表电阻挡)。

(4) 数据记录。

在记录输入输出信号时,应同时记录仪表的挡位和显示值,并注意单位。注意开关和按钮的位置。例如,示波器的幅值同时和好几个按钮及开关有关,如幅值挡位开关、幅值微调旋钮、测量探头上的衰减开关等。

在记录曲线时,为了完整反映整体形状,应在曲线变化大的地方多记录些数据点。只在曲线是直线时,数据点才平均分布。波形要记录关键点的幅值和时间值。

若测量时发现不正常现象应如实记录,并查找原因。排除故障后继续测量,直到认为正确无误后方可结束实验。

若不能确定实验数据是否完整和正确,要保留电路,以便重新测量。

3. 实验后。

实验后必须对实验数据进行分析,用适当的图表来表示。图表应方便他人直观地看出数据所表示的特性,总结得出的规律,并对相关的理论或定理加以验证。

在实验时应忠实地记录实验中的现象和结果,在实验后并不是照搬原始记录,而要认真整理各种数据。对实验数据进行科学分析,以修正实验时人为或仪器所造成的误差。在实验报告中要详细记录各种数据,并表明哪些是原始记录数据,哪些是计算数据,计算的公式



和原理是什么。

对实验结果说明的问题进行讨论,从实验中得出结论或提出自己的见解是实验报告中的核心部分。

四、实验故障及排除

在实验过程中由于种种原因,可能会出现各种各样的故障,要较快地排除故障必须有扎实的理论功底和熟练的实验技能。

1. 故障原因。

故障原因大致分为以下几种:

(1) 开路故障,也就是常说的接触不良。例如,接线不可靠、元件引脚折断等。表现为某点有信号,而周边的点却没有信号。

(2) 短路故障,就是连接线之间或和其他元件管脚相接触,其表现为信号急剧变大,可能会使保险丝熔断或元件被烧坏。

(3) 其他故障,比如由于器件老化,信号源或电源与标称值偏差太大等引起的故障,故障现象较难预测,没有一般规律。此时理论分析会有所帮助。

2. 故障排除。

在实验时碰到异常现象,不要惊慌,首先关掉电源。再根据现象分析可能的原因,并用一定的方法验证自己的预测,直到故障排除。一定要等故障排除后方可恢复供电。排除故障方法一般有以下几种:

(1) 测量电阻法。用万用表的欧姆挡测量元件和接线的电阻,可以查出是否有短路或断路的情况,这也是最常用的方法。

(2) 加电测量法。对故障加电的前提是,加电不会损坏设备和器件。加电后用万用表测量各点电压或电流,或用示波器测量各点的信号波形。把测量值和理论值进行比较,根据测试信号是否正常来缩小故障范围。

以上是排除故障的一般方法,在实验时要结合具体情况具体分析,并不断积累经验,学会用理论知识对故障现象和原因作出分析,这样才可以举一反三,使自己不断提高。

五、数据测量

1. 什么是测量。

所谓测量就是把被测物理量与另一作为单位的同类标准量直接或间接比较,判断被测量是标准量的多少倍,从而确定被测量的大小。

例如:测得电压为 220V,这就是说,被测电压是以伏为单位量的 220 倍。

测量通常可分为直接测量和间接测量。一般都采用直接测量,只有在直接测量不方便、误差大或缺乏直接测量的仪器等情况下才采用间接测量。此外,在此两类基础上还发展了一类组合测量,通过解方程的形式求出未知量。

2. 测量误差及其消除。

我们把被测量的实际大小称为真实值,把测量结果称为测量值,把在测量过程中因使用的仪器、采用的方法、所处的环境以及人员操作技能等多种因素影响所造成的测量值与真实



值间存在的误差统称为测量误差。测量误差用绝对误差或相对误差表示,绝对误差定义为测量值与真实值之差;相对误差定义为绝对误差占实际值的百分比。

事实上真实值是无法测量到的,一般用更高准确度的仪表的测量值来代替。绝对误差一般使用修正值给出,修正值定义为绝对误差的负值。修正值在校准仪器时给出,以数据表格或是曲线的形式给出,使用时可通过查表获取与测量值对应的修正值,而真实值就是测量值与修正值之和。

相对误差能够表明某项测量的准确度,但用相对误差来表示仪表的测量精确度并不方便,因为测量值是变化的。为了划分仪表的精确度,统一规定使用绝对误差占仪表的满度值,称为满度相对误差。

测量误差按性质分为三类:系统误差、随机误差以及粗大误差。

系统误差具有一定的规律性。凡在一定条件下对同一物理量进行多次重复测量时,其值不随测量次数变化的误差,或者按一定规律变化的误差,称为系统误差。系统误差无法通过数据处理消除,必须严格操作规范和保证仪表的工作状态等。系统误差的存在会直接导致测量值的准确度下降。

随机误差具有随机性。凡在一定条件下对同一物理量进行多次重复测量时,其值具有随机特性的误差,称为随机误差。绝大多数的随机误差符合正态分布规律,出现正负误差的机会均等,具有对称性。一般通过多次测量可减小或消除随机误差。

粗大误差是因仪器故障、测量者操作、读数、计算、记录错误,或存在不能容许的干扰导致的。这种误差通常数值较大,明显地超出正常条件下的系统误差和随机误差。粗大误差一般能够及时被发现和纠正。凡含有粗大误差的数据被称为坏值,应剔除不用。

六、数据处理

1. 测量数据和有效数字。

直接测量数据是从测量仪表上直接读取的,读取数据的基本原则是允许最后一位有效数字(包括0)是估计的欠准数据。测量结果中有时会出现多余的有效数字,此时应按如下原处理:若大于5则入;若小于5则舍;若等于5,可根据前面数据的奇偶决定,是奇则入、是偶则舍。

间接测量数据,运算结果一般取参与运算中精度最差的那个数来决定。

2. 测量数据的处理。

单次测量结果的表达,除测量值外还需标明测量值的百分误差。百分误差使用仪表的等级误差,如1.5级仪表,表示满度相对误差为1.5%。一般情况下,用同一挡位测量时,指针越接近满度值,测量越精确。

重复多次测量数据的处理中,当对测量精度要求较高时,通常要采用多次等精度测量并求平均值的方法,这种方法对减小随机误差有效,却不能减弱系统误差。因此,在测量前应尽可能消除引入系统误差的各种影响因素,以提高测量精确度。

3. 多点曲线的处理。

以直角坐标系为例,根据离散的测量数据绘制出表明这些数据变化规律的曲线,并不是简单地在坐标图上把所有相邻的数据点用直线连接。由于测量数据中总会包含误差,如果曲线通过所有数据点,无疑会保留一切误差。因此曲线的绘制,不是保证它通过每一数据



点,而是寻找出能反映数据变化趋势的光滑曲线来,称为曲线拟合。

在要求不严时,拟合曲线的最简单方法就是观察。人为地画出一条光滑曲线,使所有数据点均匀地分布在曲线两侧。这种方法的缺点是不精确,不同人画出的曲线会有较大差别。

工程上最常用的方法是分段平均法。先把所有数据点在坐标上标出,再根据数据分布情况,把相邻的 2~4 个数据点划为一组,然后求每组数据的几何中心,再把这些中心点连接成一个光滑的曲线。这种方法可以抵消部分测量误差。

在精度要求相当高的情况下,可采用最小二乘法进行数据的曲线拟合。最小二乘法可以保证所有数据点离曲线的距离和最小,这种方法需要用计算机编程实现。

另外,也可以使用 EXCEL 中的图表工具,使用其中曲线平滑的功能,来自动绘制曲线。

第 2 节 电路器件的标识与测量方法

2.1 电阻器

一、概述

具有一定电阻数值的元件,称之为电阻器,通常叫“电阻”,用符号 R 表示。其最基本的作用就是阻碍电流的流动。电阻的主要指标是电阻标称数值、误差和额定功率。阻值用来表示电阻器对电流阻碍作用的大小,单位用欧姆(Ω)表示。除基本单位外,还有千欧和兆欧。功率用来表示电阻器所能承受的最大电流,用瓦特(W)表示,有 1/16W、1/8W、1/4W、1/2W、1W、2W 等多种,超过这一最大值,电阻器就会烧坏。

根据电阻器的制作材料不同,有水泥电阻(制作成本低,功率大,热噪声大,阻值不够精确,工作不稳定)、碳膜电阻、金属膜电阻(体积小,工作稳定,噪声小,精度高)以及金属氧化膜电阻等。根据其阻值是否可变可分为微调电阻、可调电阻、电位器等。图 1.2.1 为电阻器的符号。

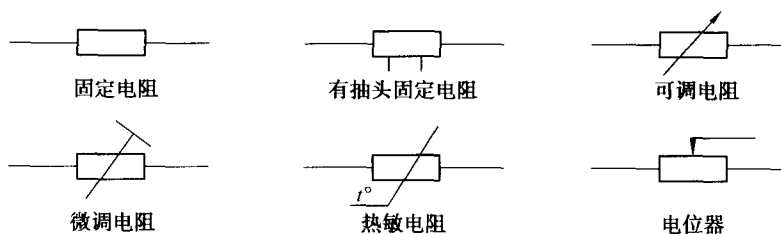


图 1.2.1 电阻器的符号

二、电阻的主要指标

1. 标称阻值和误差。

为了便于大量生产,同时也让使用者在一定的允许误差范围内选用电阻,规定了一系列



的阻值作为产品的标准,这一系列阻值就叫做电阻的标称阻值。

电阻的实际阻值不可能与它的标称阻值完全一样,两者之间存在一定的偏差。最大允许的偏差值除以该电阻的标称值所得到的百分数称为电阻的误差。普通电阻的误差可分为 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 和 $\pm 20\%$ 三种,在标志上分别以 I、II 和 III 表示。比如某电阻上印有“100K II”,那么它的标称阻值为 $100\text{k}\Omega$,最大误差不超过 10% 的电阻。误差小于 $\pm 2\%$ 的电阻称为精密电阻。

普通电阻的标称阻值系列如表 1.2.1 所示。

表 1.2.1 普通电阻的标称阻值

误差 $\pm 5\%$	误差 $\pm 10\%$	误差 $\pm 20\%$
1.0	1.0	1.0
1.1		
1.2	1.2	
1.3		
1.5	1.5	1.5
1.6		
1.8	1.8	
2.0		
2.2	2.2	2.2
2.4		
2.7	2.7	
3.0		
3.3	3.3	3.3
3.6		
3.9	3.9	
4.3		
4.7	4.7	4.7
5.1		
5.6	5.6	
6.2		
6.8	6.8	6.8
7.5		
8.2	8.2	
9.1		

对于误差为 10% 的电阻,只生产标称值为 1.0、1.2、1.5、...、8.2 的电阻或这些数值乘



以 10、100、1000、… 的电阻。

如果需要选用一只 29Ω 的电阻,那么就可以选用 30Ω 的成品电阻,这时的误差为 3.33%,在规定误差的 5% 范围内。

2. 电阻的额定功率。

电阻的额定功率值,指的是电阻所能够承受的最大功率值,超过这个数值,电阻就有可能烧坏。每个电阻都有其额定功率值,常见电阻的额定功率一般分为 $1/8W$ 、 $1/4W$ 、 $1/2W$ 、 $1W$ 、 $2W$ 、 $3W$ 、 $4W$ 、 $5W$ 、 $10W$ 等。其中 $1/8W$ 和 $1/4W$ 的电阻较为常用。在大电流场合,大功率的电阻也用得很普遍。图 1.2.2 为各额定功率值的电阻在电路图上的符号。额定功率值在 $1W$ 以上用罗马数字表示。

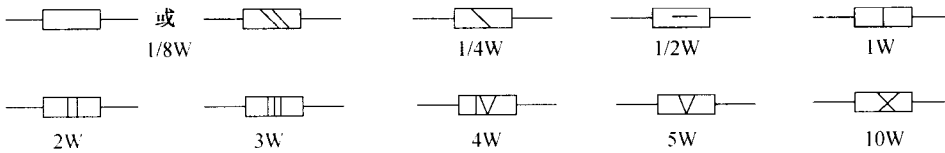


图 1.2.2 电阻的瓦数符号

当有的电阻上没有功率标识时,就要根据电阻体积大小来判断。常用的碳膜电阻与金属膜电阻,它们的额定功率和体积大小的关系如表 1.2.2 所示。

表 1.2.2 电阻额定功率和体积大小的关系

额定功率	碳膜电阻(RT)		金属膜电阻(RJ)	
	长度/mm	直径/mm	长度/mm	直径/mm
1/8	11	3.9	6~8	2~2.5
1/4	18.5	5.5	7~8.3	2.5~2.9
1/2	28	5.5	10.8	4.2
1	30.5	7.2	13.0	6.6
2	48.5	9.5	18.5	8.6

三、电阻的类别和型号

为了区别不同种类的电阻,常用几个字母表示电阻类别。如图 1.2.3 所示,第一个字母 R 表示电阻,第二个字母表示导体材料,第三个字母表示形状和性能。图中所示分别为碳膜电阻和精密金属膜电阻。

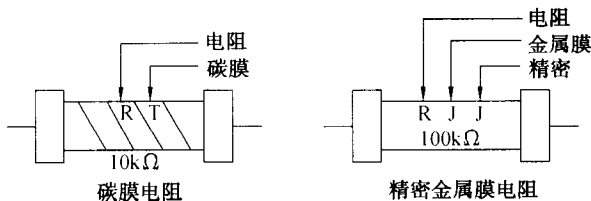


图 1.2.3 碳膜电阻和精密金属膜电阻



常用电阻的结构和特点如表 1.2.3 所示。

表 1.2.3 常用电阻的结构和特点

电阻种类	电阻结构 and 特点
碳膜电阻	气态碳氢化合物在高温和真空中分解,碳沉积在瓷棒或者瓷管上,形成一层结晶碳膜。改变碳膜厚度和用刻槽的方法变更碳膜的长度,可以得到不同的阻值。碳膜电阻成本较低,性能一般
金属膜电阻	在真空中加热合金,合金蒸发,使瓷棒表面形成一层导电金属膜。刻槽和改变金属膜厚度可以控制阻值。这种电阻和碳膜电阻相比,体积小、噪声低、稳定性好,但成本较高
碳质电阻	把碳黑、树脂、粘土等混合物压制后经过热处理制成。在电阻上用色环表示它的阻值。这种电阻成本低,阻值范围宽,但性能差,很少采用
线绕电阻	用康铜或者镍铬合金电阻丝,在陶瓷骨架上绕制成。这种电阻分固定和可变两种。它的特点是工作稳定,耐热性能好,误差范围小,适用于大功率的场合,额定功率一般在 1W 以上
碳膜电位器	它的电阻体是在马蹄形的纸胶板上涂上一层碳膜制成。它的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。碳膜电位器有大型、小型、微型几种,有的和开关一起组成带开关电位器。还有一种直滑式碳膜电位器,它是靠滑动杆在碳膜上滑动来改变阻值的。这种电位器调节方便
线绕电位器	用电阻丝在环状骨架上绕制成。它的特点是阻值范围小,功率较大

常用电阻的类别和符号如表 1.2.4 所示。

表 1.2.4 常用电阻的类别和符号

顺 序	类 别	名 称	简 称	符 号
第一个字母	主称	电阻器 电位器	阻 位	R W
第二个字母	导体材料	碳膜 金属膜 金属氧化膜 线绕	碳 金 氧 线	T J Y X
第三个字母	形状性能等	大小 精密 测量 高功率	小 精 量 高	X J L G

如图 1.2.4 所示为常用电阻器外形图。

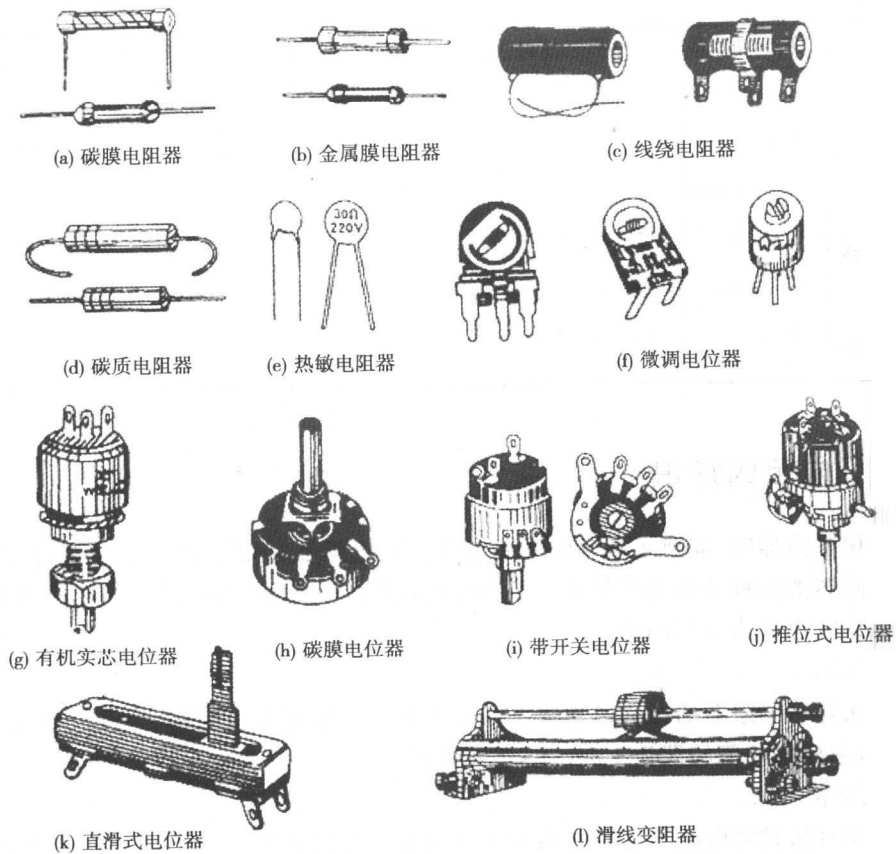


图 1.2.4 常用电阻器外形

常用电阻的技术特性如表 1.2.5 所示。

表 1.2.5 常用电阻的类别和符号

电阻类别	额定功率 /W	标称阻值范围 /Ω	温度系数 /(1/°C)	噪声电势 /(μ V/V)	运用频率
RT 碳膜电阻	0.05 0.125 0.25 0.5 1.2	$10 \sim 100 \times 10^3$ $5.1 \sim 510 \times 10^3$ $5.1 \sim 910 \times 10^3$ $5.1 \sim 2 \times 10^6$ $5.1 \sim 5.1 \times 10^6$	$-(6 \sim 20) \times 10^{-4}$	1~5	10MHz 以下
RU 硅碳膜电阻	0.125 0.25 0.5 1.2	$5.1 \sim 510 \times 10^3$ $5.1 \sim 510 \times 10^3$ $10 \sim 1 \times 10^6$ $10 \sim 10 \times 10^6$	$\pm(7 \sim 12) \times 10^{-4}$	1~5	10MHz 以下
金属膜电阻	0.125 0.25 0.5 1.2	$30 \sim 510 \times 10^3$ $30 \sim 1 \times 10^6$ $30 \sim 5.1 \times 10^6$ $30 \sim 10 \times 10^6$	$\pm(6 \sim 10) \times 10^{-4}$	1~4	10MHz 以下