



普通高等教育“十三五”国家级规划教材



高等学校电气信息类规划教材
总主编 王耀南

electric information

电路实验

DIAN LU SHI YAN

石冰 邹津海 邓晓 编著

湖南大学出版社



普通高等教育“十三五”国家级规划教材
高等学校电气信息类规划教材
总主编 王耀南

电路实验

编 著 石冰 邹津海 邓晓

内 容 简 介

本书根据国家教育部颁布的高等院校理工科电类专业《电路实验》的要求编写,各章内容与电路、电路分析基础等课程内容相对应。全书分为六个章节和一个附录:第1章为实验测试基础知识;第2章介绍了PSpice 软件在电路分析中的应用;第3章为直流电阻电路实验,包含4个实验;第4章为动态电路及其响应,包含2个实验;第5章为正弦交流电路实验,包含7个实验;第6章为有源电路和双口网络实验,包含5个实验;附录部分介绍了常用电子测试仪器的使用。

本书可作为大专院校理工科电类专业电路实验教材使用,也可供电工技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电路实验/石冰,邹津海,邓晓编著. —长沙:湖南大学出版社,2016.7

(高等学校电气信息类规划教材)

ISBN 978-7-5667-1144-1

I. ①电… II. ①石… ②邹… ③邓… III. ①电路—实验—高等学校—教材 IV. ①TM13—33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 137758 号

电路实验

DIANLU SHIYAN

作 者:石 冰 邹津海 邓 晓 (编著)

策划编辑:卢 宇

责任编辑:黄 旺 责任校对:全 健 责任印制:陈 燕

印 装:长沙宇航印刷有限责任公司

开 本:787×1092 16 开 印张:10.25 字数:245 千

版 次:2016 年 7 月第 1 版 印次:2016 年 7 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-5667-1144-1

定 价:25.00 元

出 版 人:雷 鸣

出版发行:湖南大学出版社

社 址:湖南·长沙·岳麓山 邮 编:410082

电 话:0731-88822559(发行部),88821327(编辑室),88821006(出版部)

传 真:0731-88649312(发行部),88822264(总编室)

网 址:<http://www.hnupress.com>

电子邮箱:274398748@qq.com

版权所有,盗版必究

湖南大学版图书凡有印装差错,请与发行部联系

高等学校电气信息类规划教材

编辑委员会

主任:章兢

(湖南大学副校长,教授,博士生导师)

总主编:王耀南

(湖南大学电气与信息工程学院院长,教授,博士生导师)

常务副主任:彭楚武 罗安 何怡刚 黄辉先 黎福海 黄守道 王英健

副主任:(按姓氏笔画为序)

王新辉 邓曙光 包艳 朱荣辉 刘志壮 陈日新 杨家红

张万奎 张忠贤 周少武 贺达江 黄绍平 彭解华 瞿遂春

委员:(按姓氏笔画为序)

丁跃尧 方厚辉 王辉 王群 王建君 田学军 刘祖润

肖强晖 李益华 李正光 李茂军 李春树 李欣然 余建坤

汪鲁才 张学军 金可音 孟凡斌 欧青立 唐勇奇 康江

黄智伟 揭屿 曾喆昭 熊芝耀 戴瑜兴

参编院校

(排名不分先后)

湖南大学

国防科学技术大学

湘潭大学

湖南师范大学

长沙理工大学

湖南科技大学

湖南农业大学

南华大学

湖南工业大学

湖南工程学院

吉首大学

湖南商学院

湖南理工学院

湖南文理学院

湖南城市学院

邵阳学院

怀化学院

湖南科技学院

长沙学院

湖南工学院

前 言

电路实验是高等院校电类本、专科必不可少的实践环节。本书根据国家教育部颁布的高等院校理工科电类专业《电路实验》的基本要求编写,各章内容与电路、电路分析基础等课程内容相对应,可作为大专院校理工科电类专业电路实验教材使用,也可供电工技术人员参考。

本书是在总结湖南大学电路实验课程多年教学经验的基础上编写而成,在编写过程中,既继承了我校原有电路实验教材的框架和内容,又增加了新知识与新内容,在每个项目中加入仿真、设计、创新的内容,以提升学生的实践能力、综合能力、创新能力。

全书共分六个章节和一个附录:第1章为实验测试基础知识,介绍了电路实验课的目的及要求、安全用电知识、基本电子元器件的识别、电气测量、测量误差、测量数据的记录和处理以及实验中常见故障及其排除方法;第2章为 PSpice 软件在电路分析中的应用,介绍了软件的基本使用方法,通过实例分析学习仿真设计的步骤;第3章为直流电阻电路实验,包含常用实验设备及仪器使用、元件伏安特性及电源外特性的测量、基尔霍夫定律和叠加定理的研究、戴维南定理和诺顿定理的研究等4个实验;第4章为动态电路及其响应,包含一阶电路的响应测试、二阶电路过渡过程的研究等2个实验;第5章为正弦交流电路实验,包含正弦交流参数的测量、日光灯电路的研究、最大功率传输定理的研究、互感电路实验、RLC 谐振电路的研究、变压器特性测试等7个实验;第6章为有源电路和双口网络实验,包含受控源电路的设计与研究、二端口网络参数的测定、负阻抗变换器及其应用、回转器电路的研究、非线性振荡电路研究等5个实验;附录部分介绍了常用电子测试仪器的使用。

本书的编写得到了学校、学院和实验中心的大力支持,并参考了国内外众多的相关资料和文献,在此表示诚挚的谢意。

由于作者水平有限,书中有不妥之处恳请读者批评指正。

编 者

2016年3月



目次

第1章 电路实验基本知识

1.1 电路实验课的目的及要求	001
1.2 安全用电	003
1.3 基本电子元器件的识别	005
1.4 电气测量	011
1.5 测量误差	015
1.6 测量数据的记录和处理	016
1.7 电路实验中常见故障及其排除方法	019

第2章 PSpice 电路仿真软件

2.1 OrCAD/PSpice 软件简介	021
2.2 PSpice 软件的组成和功能	022
2.3 PSpice 软件的使用	024
2.4 PSpice 电路分析举例	032

第3章 直流电阻电路实验

3.1 常用实验设备及仪表使用	044
3.2 元件伏安特性及电源外特性的测量	047
3.3 基尔霍夫定律和叠加定理的研究	051
3.4 戴维南定理和诺顿定理的研究	054

第4章 动态电路及其响应

4.1 一阶电路的响应测试	060
4.2 二阶电路过渡过程的研究	067

第5章 正弦交流电路实验

5.1 正弦交流电路参数的测量	071
5.2 日光灯电路的研究	076
5.3 最大功率传输定理的研究	080



5.4	互感电路实验	085
5.5	RLC 谐振电路的研究	091
5.6	变压器特性测试	096
5.7	三相交流电路的研究	100
 第 6 章 有源电路和双口网络实验		
6.1	受控源电路的设计与研究	106
6.2	二端口网络参数的测定	112
6.3	负阻抗变换器及其应用	116
6.4	回转器电路的研究	122
6.5	非线性振荡电路研究	127
 附录 常用电子测量仪器介绍		
附录 1	电工电路实验台	131
附录 2	数字示波器	134
附录 3	函数信号发生器	144
附录 4	直流稳压电源	150
 参考文献		155



第1章 电路实验基本知识

1.1 电路实验课的目的及要求

1.1.1 电路实验课的目的

电路实验是电路课程教学的重要环节,是培养学生科学精神、独立分析问题和解决问题能力的重要手段,学生通过电路实验,学习常用电子仪器与仪表的性能、工作原理及其使用方法;掌握基本的测量方法,包括电流与电压的测量、阻抗的测量、网络伏安特性的测量、网络频率的测量、网络动态响应的测量等;培养基本的实验技能,包括正确选用仪器与仪表,制订合理的实验方案,实验中各种现象的观察和判断,实验数据的正确读取和处理,误差分析,实验报告的编写等;学习 PSpice 电路分析软件的使用,掌握虚拟实验和系统仿真技术。

1.1.2 电路实验的基本要求

1. 实验准备

明确实验目的、任务与要求;弄清实验原理、方法,熟悉并设计实验电路,制订实验方案,阅读思考题和注意事项;估算实验结果,便于在实验中及时发现问题,保证实验结果的准确性;根据实验目的、任务与要求,提出元器件、仪器与仪表清单,查阅相关资料了解所用材料和设备性能;利用 PSpice 电路分析软件对实验进行仿真和优化设计;写出预习报告。

2. 实验操作

熟悉设备,检查元器件。认真听取指导教师对实验装置的介绍,对所用元器件与导线等进行测试。

连接实验线路。注意合理摆放实验对象,电源、负载、测量仪器等实验对象的摆放,一般原则是使实验电路布局合理,即对象排放的位置、距离、连线长短等对实验结果影响小;使用安全方便,即实验对象的接线、调整、测试读取数据方便,摆放稳固,操作安全;连线简单可靠,即用线短且用量少,尽量避免交叉干扰,防止接错线和接触不良。按电路图上的接点与实物元器件接头的一一对应关系来接线,实验电路走线、布局应简洁明了,便于测量,尽量少用连接线。注意地端连接,电路的公共地端和各种仪器设备的接地端应接在一起,既可作为电路的参考零点,又可避免引起干扰。

实验电路通电。完成线路连接后,仔细检查一遍,确定无误后方可通电;通电时要时刻注意,一有异常(如声响、异味、冒烟、打火等)应立即切断电源,分析原因,查找故障。

测量数据,观察现象。正确操作仪器仪表,读数时姿势要正确,思想集中,观察各种测量的变化情况和现象是否合理,将测量数据与理论数据对照,分析原因。将所有的数据记录在原始记录表中,数据记录要完整、清晰、表格化,合理取舍有效数字。



完成实验,检查实验结果无误后,拆除接线,整理好连接线和仪器设备,关闭电源。

3. 实验报告

实验报告是对实验现象全过程的陈述和总结,通过编写实验报告,将理论和实践相结合,加深对理论知识的理解,同时找出理论分析和实验结果的差异,特别是通过实验方法的改进,培养学生的工程实践能力和独立思考能力。

实验报告的一般格式如下:

- (1)实验名称。
- (2)实验目的。
- (3)实验原理和电路。
- (4)实验仪器及器件。
- (5)仿真结果。
- (6)实验原始数据和波形。

(7)测量数据的分析与处理。对实验数据的处理,应有理论计算值、仿真数据和实验数据的比较、误差分析等,要合理取舍有效数字,所有的图表、曲线均按工程化要求绘制,对于预习结果相差较大的原始数据要分析原因,必要时应对实验电路和测试方法提出改进方案及重新进行实验。

(8)存在的问题的分析与处理。对于实验过程中发现的问题要说明现象、分析原因、解决问题,总结在处理问题过程中的经验与教训。

(9)回答思考题。

(10)实验的收获和体会。在实验能力和综合素质上有哪些收益,掌握了哪些基本操作技能,对该实验有哪些改进建议以及体会。

1.1.3 电路实验的教学方式

电路实验的教学与电路理论课同步进行,是单独学分课程,学生完成必做实验内容后,可以在实验室开放时间自行选做实验。学习成绩的评定包括平时成绩的评定和考试成绩的评定,平时成绩由实验操作成绩和实验报告成绩两部分组成,实验考试是在完成必做实验后每个学生给定某个实验任务,在规定时间内自主独立设计电路并完成该项实验任务。

1.1.4 电路实验安全规则

- (1)实验前应充分预习,明确实验目的、内容、方法、步骤和注意事项。
- (2)实验中不得用手触摸任何可能带电的金属部分,养成只触摸绝缘部分的习惯。
- (3)按导线类型连接好实验电路,认真检查,并收走多余导线,特别是应保证没有一端悬空的导线,在通知同组人员后,才可接通电源。
- (4)改接实验电路及拆线必须在切断电源、电容器用导线短接放电后进行。
- (5)不得擅自打开实验机柜和拆卸任何仪器设备,实验台上不得放置与实验无关的物品。
- (6)实验课中随时注意有无异常现象,如果发生故障,应立即切断电源,报告指导老师,和老师一起检查处理。



(7)实验课不得迟到早退,实验室保持安静整洁,不做与实验无关的事。

(8)对违反操作规定而造成实验仪器损坏者,按学校有关规定进行赔偿。

(9)实验结束后,关闭各种电源。

1.2 安全用电

在电路和电工原理实验和日常工作、生活中,安全用电极为重要。安全用电包括人身安全和设备安全。当发生人身安全事故时,轻则灼烧,重则死亡;当发生设备安全事故时,轻则损坏设备,重则引发火灾,其危害均是非常严重的,因此掌握安全用电知识十分必要。

1.2.1 电流对人体的危害

若不慎接触带电体,人体会受到各种伤害。根据伤害的性质,触电事故可分为电击和电伤两种。电击是指电流通过人体使内部器官受到的伤害,如果触电者不能迅速脱离带电体,最后将导致死亡。电伤是指电弧等对人体外部的伤害,如烧伤、金属溅伤等。

根据对触电事故资料的分析和实验,证实电击所引起的伤害程度与下列因素有关:

1. 人体电阻的大小

人体电阻越大,通过人体的电流就越小,伤害程度也就越轻。当皮肤有完好角质外层并且很干燥时,人体电阻为 $10^4 \sim 10^5 \Omega$ 。当角质外层被破坏时,则降到 $800 \sim 1\,000 \Omega$ 。

2. 电流通过时间的长短

电流通过人体的时间越长,伤害越严重。

3. 电流的大小

如果通过人体的电流小于 50 mA ,仅触电部分的肌肉发生痉挛。如果超过 50 mA ,肌肉痉挛迅速加剧,使触电者不能自觉脱离带电体,最后中枢神经系统麻痹,使呼吸和心跳停止而导致死亡。人体是导体,人体的最小电阻约为 800Ω ,故有致命危险的电压估算为 $0.05\text{ A} \times 800 \Omega = 40\text{ V}$ 。一般来说,接触 36 V 以下电压时,通过人体的电流不会超过 50 mA ,故把 36 V 电压定为安全电压。若在潮湿的场所,因绝缘电阻的降低,安全电压也会降至 24 V 或 12 V 。

此外,电击的伤害程度还与电流通过人体的路径以及与带电体接触的面积和压力有关。

1.2.2 常见的触电

(1)电源中性点接地的单相触电,如图1.2.1所示,此时人体处在相电压之下,电流经人体、大地后通过中线构成回路,危险性较大。

(2)电源中性点不接地的单相触电,如图1.2.2所示,电源中性点不接地,似乎不构成电流通过人体的回路,但实际上导线与地面之间存在着分布电容,绝缘不良时,或者有一相接地,即构成电流的通路,故此种触电也有危险。

(3)两相线间的触电(图1.2.3)和相线与零线间的触电(图1.2.4)虽不常见,但最危险。一是人体处于相、线电压之下,二是线路的安全保护装置因不能判断线路连接的是正常负

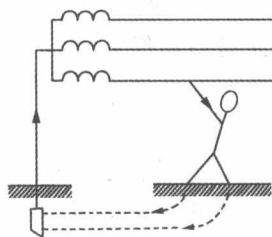


图 1.2.1 电源中性点接地的单相触电

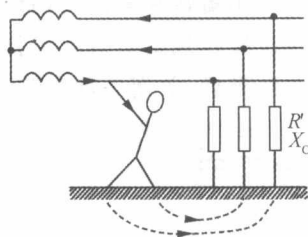


图 1.2.2 电源中性点不接地的单相触电

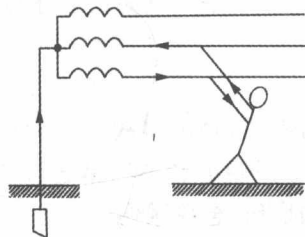


图 1.2.3 两相线间的触电

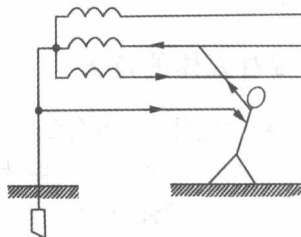


图 1.2.4 相线与零线间的触电

载还是人体而无法启动,从而造成极为严重的触电事故。

1.2.3 接地和接零

为了人身安全和电力系统工作需要,要求电气设备采取接地措施。按接地目的的不同,可分为工作接地、保护接地、保护接零三种,如图 1.2.5 所示。图中的接地体是埋入地中并且与大地良好接触的金属导体(要求接地电阻小于 4Ω)。

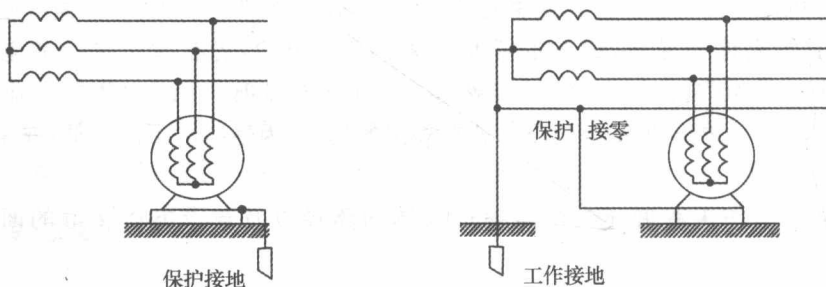


图 1.2.5 工作接地、保护接地和保护接零

1. 工作接地

电力系统由于运行和安全的需要,常将中性点接地(图 1.2.5),称为工作接地。工作接地有以下目的:

(1)降低触电电压。在中性点不接地的系统中,当一相接地而人体触及另外两相之一时,触电电压为线电压;而在中性点接地的系统中,触电电压可减小为相电压。

(2)迅速切断故障设备。在中性点不接地的系统中,一般情况下导线和地面间存在的阻抗很大,一相接地时接地电流很小,不足以使保护装置动作而切断电源,接地故障不易发



现,长期存在对人身安全不利;而在中性点接地的系统中,一相接地后的接地电流较大(接近单相短路),保护装置可迅速启动切断电源。

(3)降低电气设备对地的绝缘要求。在中性点不接地的系统中,一相接地时将使另外两相的对地电压升高到线电压;而在中性点接地的系统中,则接近于相电压,故可降低电气设备的输电线的绝缘要求,节省投资。但是中性点不接地也有好处,一是一相接地往往是瞬时的,能自动消除,在中性点不接地的系统中,就不会跳闸而发生停电事故;二是一相接地故障可允许短时间存在,以便寻找故障和进行修复。

2. 保护接地

将电机、变压器、电子设备的金属外壳用导线与接地体可靠连接起来的接线方式称为保护接地,适用于中性点不接地的低压系统中(图 1.2.5)。这种接地方式常用钢管、钢带打入地下一定深度或利用埋在地下的自来水管作接地极(小于 $4\ \Omega$)。当仪器设备的某相绕组因绝缘损坏而碰壳时,由于人体电阻比接地电阻大得多,故绝大部分电流经接地电极与分布电容构成回路,几乎没有什么电流流经人体,从而保证了人身安全。此种接线方式一定要保证接地可靠,如果设备没有保护接地或接地不可靠,则人体接触到带电外壳会造成触电(相当于中线不接地的单线触电情况)。

3. 保护接零

在电源中点接地的低压系统中,将电气设备的金属外壳与中线相接的方式称为保护接零(图 1.2.5)。如果设备发生碰壳使绝缘破坏,由于中线电阻很小,因而短路电流很大,使电路的保护装置启动,切断电源,从而避免了触电的危险。

1.3 基本电子元件的识别

电子元件是为表示自然界中客观存在的电气特性而抽象出来的模型符号总称。它们的种类有限,且相对稳定,是组成电路原理图的基本元素,也可用来构成电子器件模型。基本电子元件有电阻、电容、电感等。

电子器件是为完成某种特定电气功能而专门制造的实物的总称。它们的品种繁多,更新迅速,是组成一个实际电路或电子产品的最基本元素,如电阻器、电容器、电感器等。

从定义上可以看出电子元件和电子器件是两个完全不同的概念。但在日常生活中,往往不需要特指就可以把电阻器、电容器称为电阻、电容等。这种方式不仅满足称呼上的简洁性,更主要的是体现了同类元件与器件之间存在同样的基本物理特性。

电子元器件可分为有源器件和无源器件两大类。无源器件是指没有电压、电流或功率放大(或控制)能力的元器件,这类器件最常用的有电阻器(电阻)、电容器(电容)、电感器(电感)、二极管等。有源器件是指具有电压、电流或功率放大(或控制)作用的器件,例如三极管、场效应管及运算放大器等。

这里只介绍电阻器、电容器、电感器这三种最基本器件的分类及性能参数的规定,而对于其他有源器件和无源器件则在相应的电路实验课程中对应介绍。

1.3.1 电阻器和电位器



1. 电阻器和电位器的命名法(表 1.3.1)

表 1.3.1 电阻器和电位器的命名法

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				用数字表示符号
符号	意义	符号	意义	符号	意义	符号	意义	符号	意义	
R	电阻器	T	碳膜	Y	氧化膜	1、2	普通	G	高功率	包括:额定功率
		P	硼碳膜	S	有机实芯	3	超高级	T	可调	阻值
		U	硅碳膜	N	无机实芯	4	高阻	X	小型	允许误差
R _w	电位器	C	沉积膜	X	线绕	5	高温	L	测量用	精度
		H	合成膜	R	热敏	7	精密	W	微调	等级
		I	玻璃釉膜	G	光敏	8	高压(电阻器)	D	多圈	
		J	金属膜	M	压敏		特殊(电位器)			

2. 电阻器和电位器简述

电阻器是具有一定电阻值的电子元件,简称电阻。它是一种耗能器件,在电路中对电流起着阻碍作用,主要用作电路的负载、分流、限流、分压等。

电位器是一种具有三个接头两个固定端和一个滑动端的可变电阻器,其阻值由滑动端的位置决定。

电阻器用字母“R”表示,电位器用字母“R_w”表示。它们的基本单位是 Ω (欧姆),辅助单位有 m Ω ,k Ω ,M Ω ,G Ω 。它们的分类方式可按材料、用途等不同形式进行。电阻器与电位器的图形符号如图 1.3.1 所示。



图 1.3.1 电阻器与电位器的图形符号

3. 电阻器参数

电阻器的主要技术指标有标称值、允许误差(精确等级)、额定功率、温度系数、噪声系数、极限工作电压和高频特性等,其中前三项是它的主要技术指标。

(1)标称值。电阻器件表面所标的阻值称为标称值。标称值是按国家规定标准化了的电阻值系列,不同精度等级的电阻器有不同的阻值系列,见表 1.3.2。

表 1.3.2 电阻器标称值系列

标称值系列	精度/%	精度等级	电阻器标称值											
E24	± 5	I	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	± 10	II	1.0	1.2	1.5	1.8	2.2	2.7	3.3	3.9	4.7	5.6	6.8	8.2
E6	± 20	III	1.0	2.2	3.3	4.7	6.8							

(2) 允许误差。允许误差是指电阻器对标称阻值的最大允许偏差范围,它是产品的精度。允许误差的等级一般分为六级,见表 1.3.3。

表 1.3.3 允许误差的等级

级别	005	01	02	I	II	III
允许误差/%	± 0.5	± 1	± 2	± 5	± 10	± 20

(3) 额定功率。电阻器在规定的气压、温度等条件下长期工作时允许消耗的最大功率叫作额定功率。额定功率分为 19 个等级,常用的有(单位为 W):1/20,1/8,1/4,1/2,1,2,3,5 等。使用电阻器时,一般要求选用的电阻器的功率等于实际电路消耗功率的 1.5~2 倍。

(4) 极限电压。电阻器能够承受而不会造成损坏的最高电压称为电阻器的极限电压,当加在电阻器两端的电压超过极限电压时就会击穿短路,使电阻器损坏。

一般常用电阻器功率与极限电压对应结果如下:0.25 W-250 V,0.5 W-500 V,1~2 W-750 V 等。更高电压应选用高压型电阻器,也可采用适当串联电阻的形式。

(5) 温度系数。电阻器的温度系数是指电阻值随温度的变化率,单位是 $\Omega/^{\circ}\text{C}$ 。主要根据对电路热稳定性要求的不同选用适当温度系数的电阻。金属膜、合成膜都具有较小的温度系数,碳膜电阻的温度系数较大。

4. 电阻器的标注方法

受电阻器表面的限制,通常只在电阻器的外表面上标注电阻器的类别、标称值、精密等级和额定功率。对于小于 0.5 W 的电阻器,一般只标注标称值和允许误差,材料类型和额定功率常根据外形尺寸、样式和颜色判断。

电阻器的标注一般采用文字符号直接标注和色码标注两种方法。

(1) 文字符号直接标注。

[例 1] RJ71-2-5.1kI 型电阻器:

主称:R—电阻器;材料:J—金属膜;特征:7—精密;序号:1;标称阻值:5.1 k Ω ;额定功率:2 W;允许误差:I 级 $\pm 5\%$ 。

[例 2] RT10 k Ω 10%:表示阻值是 10 k Ω ,误差为 $\pm 10\%$ 的碳膜电阻。

[例 3] 5.11 k Ω 可标为 5 k1。在直接标注法中,可以用单位符号代替小数点。

(2) 色码标注。现在大量的电阻器是采用色码来标注的,即在电阻表面用不同颜色、不同位置、不同数量的色环来表示其意义。



色环的数量分为三环、四环、五环三种,环数越多,表明电阻器的精度越高。图 1.3.2 为色环电阻器的示意图,表 1.3.4 说明色码对应的数值。

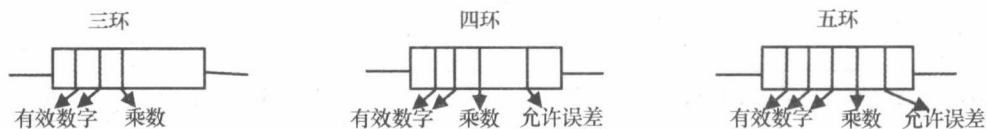


图 1.3.2 色环电阻器的示意图

表 1.3.4 色码对应的数值

颜色	棕	红	橙	黄	绿	兰	紫	灰	白	黑	金	银	本色
有效数字	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0			
乘数	10^1	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8	10^9	10^0	10^{-1}	10^{-2}	
允许误差/ $\pm\%$	1	2			0.5	0.25	0.1				5	10	20

[例 4] 色码顺序为红、红、橙、本色,则其标称值为 $22\text{ k}\Omega$,允许误差为 $\pm 20\%$ 。

[例 5] 色环顺序为棕、紫、绿、金、棕,则其标称值为 $17.5\text{ }\Omega$,允许误差为 $\pm 1\%$ 。

5. 电位器参数

电位器的参数主要有:标称值、允许误差、额定功率和阻值变化规律四项。

(1) 标称值、允许误差。电位器的标称值、允许误差与电阻器的相同。

(2) 额定功率。电位器的额定功率是指两个固定端之间允许耗散的最大功率,而滑动端与固定端之间所承受的功率要小于额定功率。线绕电位器额定功率系列为(单位为 W): 0.25, 0.5, 1, 2, 3, 5, 16, 25, 40, 63, 100; 非线绕电位器额定功率系列为(单位为 W): 0.025, 0.05, 0.1, 0.25, 0.5, 1, 2, 3 等。

(3) 阻值变化规律。电位器的阻值变化规律是指当旋转滑动片触点时,阻值随之变化的关系。常用的电位器有直线式(X)、对数式(D)和指数式(Z),如图 1.3.3 所示。

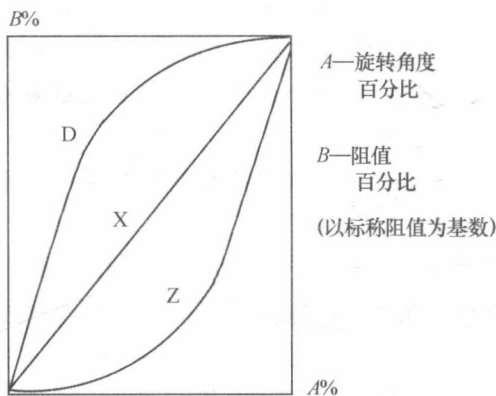


图 1.3.3 直线式(X)、对数式(D)和指数式(Z)
电位器的阻值百分比与旋转角度百分比之间的关系

线性电位器(X)常用于精密仪器、示波器、万用表等,其线性精度为 $\pm 0.05\%$, $\pm 0.1\%$, $\pm 0.3\%$, $\pm 1\%$, $\pm 2\%$ 。

对数式电位器(D)常用于电视机中的对比度调节,特点是先粗调后细调。

指数式电位器(Z)常用于收音机的音量调节,特点是先细调后粗调。

1.3.2 电容器

1. 电容器简介

电容器是电路中常用的器件,简称电容。它是由两个导电极板,中间夹一层绝缘介质构成。当在两个导电极板上加电压时,电极上就会储存电荷,电容器是一种储能器件。在电路中,电容器常用于隔直、滤波、旁路、耦合、调谐、能量转换等。

电容器用字母“C”来表示,基本单位是F(法拉),辅助单位有 μF , nF , pF 。它们的分类可按材料、结构、用途等不同形式进行。电容器的图形符号如图1.3.4所示。

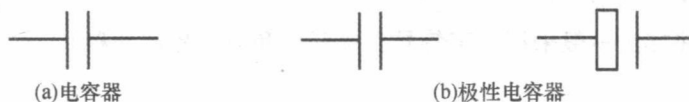


图 1.3.4 电容器的图形符号

2. 电容器的命名法(见表1.3.5)

表 1.3.5 电容器的命名法

第一部分	第二部分				第三部分				第四部分
名称	材料				特征				序号
电容器	符号	意义	符号	意义	符号	意义	符号	意义	符号
	C	高频瓷	J	金属化纸	T	铁电	M	密封	用数字或字母
符号 C	T	低频瓷	L	涤纶	W	微调	Y	高压	
	I	玻璃	D	铝电解	J	金属化	C	穿心式	
	Y	釉云母	A	钽电解	X	小型	S	独石	
	Z	纸介			D	电压			

3. 电容器参数

电容器参数有标称电容量、额定工作电压、绝缘电阻、损耗因数等。

(1)标称电容量。电容量是指电容器两端加上电压后,存储电荷的能力。常用固定电容器标称电容量系列如表1.3.6。

(2)额定工作电压。额定工作电压是指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。若工作电压超出这个电压值,电容器就容易被击穿损坏。常用固定式电容器的直流电压系列值为(单位为V):6.3,10,16,25,40,63,100,160,250,400,630,1000。

(3)绝缘电阻。绝缘电阻是指电容器两端所加直流电压与漏电流之比,它取决于所用介质的质量和几何尺寸。绝缘电阻越大越好,一般应达到数百兆欧到数千兆欧数量级。



(4)损耗因数。电容器在电场作用下因发热而消耗的能量称为电容器的损耗。通常用损耗功率和电容器无功功率之比,即损耗角的正切值来表示: $\tan \delta = \text{损耗功率} / \text{无功功率}$ 。

不同介质电容器 $\tan \delta$ 值相差很大,一般在 $10^{-4} \sim 10^{-2}$ 数量级。损耗角大的电容器不适合于高频情况工作。

表 1.3.6 电容器标称电容量

允许误差	标称电容量系列
$\pm 5\%$	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
$\pm 10\%$	1.0,1.2,1.5,1.8,2.2,2.7,3.3,3.9,4.7,5.6,6.8,8.2
$\pm 20\%$	1.0,2.2,3.3,4.7,6.8

4. 电容器的标注方法

电容器的标注方法一般采用文字符号直接标注和数字标注两种。

(1)直接标注。

[例 6] CJX-250-0.33- $\pm 10\%$ 电容器:

主称:C—电容器;材料:J—金属化纸介;特征:X—小型;额定工作电压:250 V;标称:0.33 μF ;允许误差: $\pm 10\%$ 。

[例 7] 如 CD25 V 47 μF ,表示额定工作电压 25 V,标称容量 47 μF 的铝电解电容。

(2)数字标注。

①只标数字:如 4 700,300,0.22,0.01 对应为 4 700 pF,300 pF,0.22 μF ,0.01 μF 。

②以 n 为单位:如 10n,100n,4n7 对应为 0.01 F,0.1 μF ,4 700 pF。

③用三位数码表示容量大小,单位是 pF,前两位是有效数字,后一位是十的指数,如:

102 为 $10 \times 10^2 \text{ pF} = 1\,000 \text{ pF}$,103 为 $10 \times 10^3 \text{ pF} = 0.01 \mu\text{F}$;

332 为 $33 \times 10^2 \text{ pF} = 3\,300 \text{ pF}$,474 为 $47 \times 10^4 \text{ pF} = 0.47 \mu\text{F}$;

339 为 $33 \times 10^{-1} \text{ pF} = 3.3 \text{ pF}$ (特殊)。

1.3.3 电感器

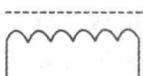
1. 电感器简介

电感器又称为电感线圈(简称电感),是由绕在支架或磁性材料上的导线组成,是一种储能器件,在电路中常用于耦合、滤波、延迟、谐振等。

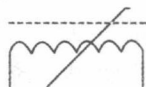
电感器用字母“L”表示,基本单位是 H(亨利),辅助单位是 mH、 μH 。它们的分类可按结构、工作方式、功能等不同形式进行。电感器的图形符号如图 1.3.5 所示。



(a) 空芯电感线圈



(b) 磁芯电感线圈



(c) 磁芯可调电感线圈

图 1.3.5 电感器的图形符号