

❖ 普通高等教育电子信息类规划教材 ❖

电路分析实验 ——仿真与实训

CIRCUIT ANALYSIS EXPERIMENTS
SIMULATIONS AND TRAININGS



任姝婕 赵红 等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育电子信息类规划教材

电路分析实验——仿真与实训

任姝婕 赵 红 汪 莹 石 琼 编著



机械工业出版社

本书分5章,第1章介绍电类实验基础知识;第2章介绍了10个典型的验证性实验,每个实验包括仿真训练与实际训练两部分;第3章和第4章分别介绍了5个设计性实验与3个综合性实验;第5章介绍了常用的交、直流仪表。

本书适合高等院校电类专业、计算机专业及通信类专业师生使用,建议学时数为16~30学时。

图书在版编目(CIP)数据

电路分析实验——仿真与实训/任姝婕等编著. —北京:机械工业出版社, 2010.7

(普通高等教育电子信息类规划教材)

ISBN 978-7-111-31170-6

I. ①电… II. ①任… III. ①电路分析-实验-高等学校-教材
IV. TM133-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第126411号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码 100037)

策划编辑:李馨馨

责任编辑:李馨馨 赵东旭

责任印制:李妍

唐山丰电印务有限公司印刷

2010年8月第1版·第1次印刷

184mm×260mm·8.5印张·207千字

0001-3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-31170-6

定价:18.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者服务部:(010)68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

近年来,培养学生实践能力和创新能力已成为各高校实验教学的重点,为了适应院校教育转型和开设“三性”(验证性、设计性、综合性)实验的要求,我们编写了本书。本书在传统验证性实验的基础上,加大了设计性实验与综合性实验在实验课程中所占的比例,并介绍了本学科的发展动态与前沿技术。本书是与“电路分析基础”课程配套使用的实验类教材,也可以独立设课。

本书共5章。第1章介绍电类实验基础知识,包括常用元器件的识别与检测、常用仪表的原理、常用电参数的测量方法等内容。通过本章的学习,学生可以从总体上把握电类实验的基本内容,正确选择元器件和仪表,并采用适当的实验方法达到实验目的。本章还介绍了美国NI公司的Multisim 10软件和LabVIEW 8.20软件,利用这两个软件,学生可以在一个通用的实验平台上实现自己的“奇思妙想”,而不必再拘泥于实验室所提供的条件。

第2章介绍了10个典型的验证性实验。这些实验基本涵盖了“电路分析基础”课程中的经典教学内容。几乎每个实验都包括Multisim 10仿真训练与实际训练两部分,教师可根据实际情况自行选择。如果学时有限,建议教师演示仿真部分,学生完成实训部分;若时间充足,可由学生先利用仿真软件完成理论值的计算,再进行实际训练,以相互印证。

第3章介绍了5个设计性实验。通过这些实验,学生可以深入理解仪表的使用方法和电路知识在工程实践中的应用,培养自主创新能力。

第4章介绍了3个综合性实验。通过这些实验,可以掌握焊接、选件、组装、调试等方面的知识,为参加各类电子设计竞赛做“热身”。本章还开设了虚拟实验,通过虚拟仪表的研制,为学生“定制自己的仪表,组建自己的实验室”打下基础,方便他们参加各种小课题、小项目的研究。

第5章介绍了常用的交、直流仪表。除万用表外,每种仪表都至少介绍了两种型号,适用范围较广,教师可选择相应的型号进行讲解。在编写过程中,并没有对每一种型号的仪表进行单独介绍,而是从功能入手,分模块讲解,目的是希望学生能够适应不同型号的仪表。

本书具有以下特色:

(1) 将常用电参数的测量方法进行了归类。读者可以快速查阅某一类参数的测量方法。

(2) 选用Multisim 10作为仿真分析软件。Multisim作为一款电子仿真软件,以其易学易用而风靡业界,每一个电类爱好者和专业人士都应该掌握该软件。本书中将该软件的使用渗透到了每一个实验中,既能利用该软件计算理论值,又能在与实测值的对比中发现“理论与实际”的差别,从而培养读者的工程意识。

(3) 选用 LabVIEW 8.20 作为虚拟实验软件。该软件同样具有易学易用的特点。通过自制虚拟仪表,可以加深对仪表“功能块”的理解,开阅读者的视野,达到“虚实结合”、“软硬双修”的目的。

本书由任姝婕、赵红主编,汪莹和石琼编写。刘舒帆高工、陈军高工和张文主任对本书的编写给予了大力支持,提出了很多宝贵意见,在此致以衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在错误和不足之处,恳请读者批评指正。另外,本书为了便于读者理解,使用大量软件截屏图,与我国标准元器件符号不相符,故在书后附录中将软件中使用的元器件符号与我国标准元器件符号对照表给出,便于读者参考。

编 者

目 录

前言	
第 1 章 基础知识	1
1.1 实验课的目的与要求	2
1.1.1 开设实验课的目的	2
1.1.2 实验课的要求	2
1.2 电子测量与误差	3
1.2.1 电子测量	3
1.2.2 测量误差	3
1.2.3 测量数据的处理	4
1.3 常用元件	5
1.3.1 电阻（器）	5
1.3.2 电容（器）	8
1.3.3 电感（线圈）	9
1.3.4 元件的选用与检测	10
1.4 Multisim 10 仿真软件	11
1.4.1 Multisim 10 简介	11
1.4.2 Multisim 10 中的元件	12
1.4.3 Multisim 10 中的仪表	14
1.4.4 Multisim 10 中的分析方法	16
1.5 常用仪器仪表的原理	18
1.5.1 直流实验中的仪器仪表	18
1.5.2 交流实验中的仪器仪表	21
1.6 常用电参数的测量方法	25
1.6.1 电压（幅度）的测量方法	25
1.6.2 周期（时间间隔）的测量方法	30
1.6.3 同频信号相位差的测量方法	31
1.6.4 接地对测量的影响	31
1.7 利用 LabVIEW 软件搭建“定制仪器”	33
1.7.1 LabVIEW 开发环境简介	33
1.7.2 LabVIEW 中的操作选板	34
1.7.3 创建简易函数信号发生器	35
第 2 章 验证性实验	39
2.1 元件的识别与检测	40

2.1.1	预习	40
2.1.2	实验目的	40
2.1.3	实验内容与步骤	40
2.1.4	实验器材	42
2.1.5	思考题	42
2.2	基尔霍夫定律的验证	42
2.2.1	预习	42
2.2.2	实验目的	42
2.2.3	实验原理	43
2.2.4	实验内容与步骤	43
2.2.5	实验器材	46
2.2.6	思考题	47
2.3	戴维南定理与诺顿定理的验证	47
2.3.1	预习	47
2.3.2	实验目的	47
2.3.3	实验原理	47
2.3.4	实验内容与步骤	48
2.3.5	实验器材	51
2.3.6	思考题	51
2.3.7	实验报告	52
2.4	交流信号参数的测量	52
2.4.1	预习	52
2.4.2	实验目的	52
2.4.3	实验原理	53
2.4.4	实验内容与步骤	53
2.4.5	实验器材	56
2.4.6	思考题	56
2.5	一阶电路的暂态响应	56
2.5.1	预习	56
2.5.2	实验目的	56
2.5.3	实验原理	56
2.5.4	实验内容与步骤	58
2.5.5	实验器材	60
2.5.6	思考题	60
2.5.7	实验报告	60
2.6	二阶电路的暂态响应	61
2.6.1	预习	61
2.6.2	实验目的	61
2.6.3	实验原理	61



2.6.4 实验内容与步骤	62
2.6.5 实验器材	63
2.6.6 实验报告	63
2.7 正弦稳态电路的研究	63
2.7.1 预习	63
2.7.2 实验目的	63
2.7.3 实验原理	63
2.7.4 实验内容与步骤	64
2.7.5 注意事项	66
2.7.6 实验器材	66
2.7.7 思考题	67
2.7.8 实验报告	67
2.8 互感耦合电路的研究	67
2.8.1 预习	67
2.8.2 实验目的	67
2.8.3 实验原理	67
2.8.4 实验内容与步骤	69
2.8.5 实验器材	71
2.9 RC 电路频率特性的研究	71
2.9.1 预习	71
2.9.2 实验目的	71
2.9.3 实验原理	71
2.9.4 实验内容与步骤	74
2.9.5 实验器材	75
2.9.6 思考题	75
2.10 RLC 串、并联谐振电路的研究	75
2.10.1 预习	75
2.10.2 实验目的	75
2.10.3 实验原理	75
2.10.4 实验内容与步骤	78
2.10.5 实验器材	81
2.10.6 思考题	81
第3章 设计性实验	82
3.1 万用表的设计与检测	83
3.1.1 实验目的	83
3.1.2 实验原理	83
3.1.3 实验内容	85
3.1.4 注意事项	86
3.1.5 实验器材	86

3.1.6 实验报告	87
3.2 电阻电路的设计	87
3.2.1 实验目的	87
3.2.2 实验原理	87
3.2.3 实验内容	87
3.2.4 实验报告	87
3.3 延时电路的设计	88
3.3.1 实验目的	88
3.3.2 实验原理	88
3.3.3 实验内容	88
3.3.4 实验报告	88
3.4 波形发生器电路的设计	88
3.4.1 实验目的	88
3.4.2 实验原理	88
3.4.3 实验内容	89
3.4.4 实验报告	89
3.5 仪表测试电路的设计	90
3.5.1 实验目的	90
3.5.2 实验原理	90
3.5.3 实验内容	90
3.5.4 实验报告	90
第4章 综合性实验	91
4.1 数字万用表的组装	92
4.1.1 实验目的	92
4.1.2 实验原理	92
4.1.3 实验内容与步骤	95
4.1.4 实验器材	96
4.2 基于 LabVIEW 的虚拟函数信号发生器	96
4.2.1 实验目的	96
4.2.2 实验原理	96
4.2.3 实验内容与步骤	97
4.2.4 实验报告	98
4.2.5 思考题	99
4.3 基于 LabVIEW 的虚拟示波器	99
4.3.1 实验目的	99
4.3.2 实验原理	99
4.3.3 实验内容与步骤	100
4.3.4 实验报告	101
4.3.5 思考题	101



第5章 常用仪器仪表的使用方法	102
5.1 万用表	103
5.1.1 面板图	103
5.1.2 使用方法	103
5.2 直流稳压电源	107
5.2.1 面板图	107
5.2.2 双路可调稳压源的使用方法	108
5.3 函数信号发生器	108
5.3.1 EE1641D 型函数信号发生器面板图	108
5.3.2 DF1641B 型函数信号发生器面板图	109
5.3.3 函数信号发生器的使用方法	110
5.4 交流毫伏表	110
5.4.1 DF2175/DF2175A 型交流毫伏表面板图	110
5.4.2 DF2175/DF2175A 型交流毫伏表的使用方法	111
5.4.3 DF2170A 型交流毫伏表面板图	112
5.4.4 DF2170A 型交流毫伏表的使用方法	113
5.5 双踪示波器	114
5.5.1 示波器面板图	114
5.5.2 示波器的使用方法	117
5.6 Multisim 10 中的仪表	119
5.6.1 直流稳压电源与万用表	119
5.6.2 函数信号发生器与示波器	122
附录	125
参考文献	126

第1章

基础知识

1.1 实验课的目的与要求

1.2 电子测量与误差

1.3 常用元件

1.4 Multisim 10 仿真软件

1.5 常用仪器仪表的原理

1.6 常用电参数的测量方法

1.7 利用 LabVIEW 软件搭建“定制仪器”

1.1 实验课的目的与要求

1.1.1 开设实验课的目的

为什么要开设实验课？大部分的同学可能会回答：培养动手能力。那么何为“动手能力”？本门课要培养什么样的“动手能力”呢？

在“百度”上搜索得到“动手能力”的定义如下：

(1) 从事某项工作、某一具体行业工作的实际本领，它是理论的延伸和深化。

(2) 正确理论指导下的独立操作能力，动手能力的强弱有赖于对基本理论的理解和掌握程度。

(3) 不仅是指实验技术能力，也应包括获取知识的能力。

(4) 与亲自进行操作有关的心理特征。

仔细揣摩上述定义，不难发现，“动手能力”这个名词，实际上是理论修养、实验技能、获取知识能力及心理素质的综合。而动手能力的强弱与对基本理论的掌握程度直接相关，应该是在“有理可依”情况下的“巧干”。定义中的“基本理论”至少应包括两方面的理论知识：首先是大家在学习相关电路原理时学到的知识，如“电路分析基础”课程中学到的戴维南定理、相量分析法等；其次是有关仪器仪表的设计原理、使用方法、误差分析等。这两方面知识的融合与互动就是动手能力强弱的具体表现。融合得好，就会觉得处处尽在掌握；反之，则会步步维艰。

具体到本门实验课程，需要同学们培养的“动手能力”如下：

(1) 学习电类实验中电子测量方面的基本知识。

(2) 掌握电类实验中常用仪器仪表的使用方法、误差分析。

(3) 选择正确的实验手段，规范合理布线，分析与排除故障。

(4) 正确读取实验数据、分析实验结果，撰写合乎要求的电类实验报告。

1.1.2 实验课的要求

为了达到教学目的，同学们须按照一定的要求完成实验的各个过程。实验课的实施一般分为3个阶段：

1. 课前预习

“预习是否充分”是实验课能否顺利进行和收到预期效果的重要前提。一般情况下预习的内容包括以下几点：

(1) 复习相关的理论知识，明确本次实验的目的，并思考通过何种实验手段来达到实验目的。

(2) 熟悉实验电路图，了解实验所用仪器仪表的使用方法及注意事项。

(3) 完成理论值的计算，预估数据的变化趋势，必要时画出曲线的草图。

例如，在“基尔霍夫定律的验证”实验中，预习时应明确基尔霍夫电压定律和基尔霍夫电流定律的基本内容；万用表测量直流电压、直流电流的方法；直流稳压电源的使用方法

等内容；计算出电压、电流的理论值。

2. 实验过程

实验过程是本次实验成功与否的关键。一般情况下包括以下几个方面：

- (1) 认真聆听教师关于本次实验重点、难点及注意事项的讲解。
- (2) 正确放置仪器仪表，合理布局，连接实验线路。
- (3) 设置好仪器仪表的初始工作状态。
- (4) 接通电源，正确读取数据，如实记录在实验表格中。
- (5) 根据预习报告中的理论值，初步分析实测数据是否满足要求，以便及时发现问题。
- (6) 实验完毕，应按操作规程，整理器材，整理实验桌，经教师允许后才能离开。

实验过程中要注意安全，养成不徒手触及带电部分、不带电改接线路的习惯。如实验过程中出现异味、火险等异常情况，要及时切断电源，待排除故障后才允许重新供电。

3. 实验报告

实验报告是实验的重要组成部分，不能随便完成，更不能相互抄袭。一份完整的实验报告至少应包括：

- (1) 实验名称、日期、姓名、学号等。
- (2) 实验电路图、实测数据、表格及曲线图。
- (3) 对实测数据、表格及曲线图的分析。在分析中应说明：实测数据是否正确、实测数据与理论值之间误差的来源、误差是否在允许范围内等。曲线图应有编号、标题，标明横纵轴代表的参数、极限值等内容，必要时应用坐标纸完成。
- (4) 实验中遇到的故障及解决方法、心得体会等。
- (5) 完成相关的思考题。

1.2 电子测量与误差

1.2.1 电子测量

测量是人类对客观事物取得数量观念的认识过程。在这个认识过程中，如果利用电子技术来取得客观事物的数量观念，则称为电子测量。进行电子测量，必须首先明确需要测量哪些物理量，这些待测物理量的大致范围，以及测量的精度要求等，然后才能正确地选择测量仪器和测量方法。

电路分析实验所要测量的基本量包括：

- (1) 与电能有关的电量，如电压、电流、功率等。
- (2) 电路参数，如电阻、电感、电容等。
- (3) 电信号的特性，如信号的波形、频率、相位等。
- (4) 电路的特性，如频率特性、暂态特性等。

1.2.2 测量误差

测量过程必然存在误差。误差的主要来源包括以下几个方面：

(1) 仪器误差。仪器误差是指由于仪器本身的电气或机械性能不完善所产生的误差。

(2) 使用误差。使用误差是指人们在使用仪器的过程中出现的误差。例如，调节和使用不当产生的误差。

(3) 环境误差。环境误差是指测量过程中受到温度、电磁场、机械振动等引起的误差。

(4) 方法误差。方法误差是指使用的测量方法不完善或理论不严密所造成的误差。

误差通常分为3大类：粗大误差、系统误差和随机误差。

(1) 粗大误差。粗大误差是由于测量人员的粗心或测量条件发生突变引起的误差，其量值与正常值明显不同。例如，读取数据有错误、记录有错误。应当判断出数据中哪些是必须剔除的坏值。

(2) 系统误差。系统误差是由仪器的固有误差、测量工作条件等整个测量系统引入的有规律的误差，如仪表未精确调零等。对于系统误差，可以用改进测量方法、用标准仪表进行校正等方法来减小或消除。

(3) 随机误差，又称为偶然误差。在相同的条件下，多次重复测量同一个量，各次测量的误差时大时小、杂乱地变化，这就是随机误差，无法校正和消除。但从多次重复测量中可以发现，这些误差总体服从一种统计规律，从该统计规律中可以找出误差的分布特性，从而对测量结果的可靠性作出评估。

1.2.3 测量数据的处理

测量数据的读数应注意以下几点：

(1) 仪表要先进行预热和调零。

(2) 选择合适的仪表，同时选择合理的量程。如测量电压、电流时，应选择使指针尽可能满偏的量程；测量电阻时，应使指针尽可能接近刻度线中心位置。

(3) 注意读取数据时的正确姿势。

(4) 当仪表指针与刻度线不重合时，应凭目测估读一位欠准数字。

对在实验中所记录的原始数据，通常需加以整理，如剔除坏值等，以便进一步分析，作出合理的评估，给出切合实际的结论。

测量得到的数据还可以用曲线的形式表示出来。曲线图有明显的直观性，能清楚地反映出变量之间的变化关系和趋势。由于实际测量中存在误差，且有限次的测量所得到的数据只是曲线上的一些离散点，因此，简单地将这些离散点连成一条折线是不行的，需对曲线进行拟合，一般包括以下步骤：

(1) 以被测量及相关量为坐标变量，选取合适的坐标系，常用的是直角坐标系。

(2) 在坐标纸选定后，要合理地确定图纸上每一格所代表的数值。应注意的是，格值的大小应与测量值所代表的精确度相适应。如果每一格代表1 V，则3.6 V应占3.6个格。

(3) 根据确定的坐标分度值，将测量数据作为点的坐标在坐标纸上标出，常用的符号有“×”、“△”、“●”。

(4) 绘制曲线时，转折点应尽量少，更不能出现人为折曲，应该是靠近数据点（不是通过所有点）的一条光滑而无斜率突变的曲线。

(5) 为曲线加注解说明，将曲线的意义清楚明白地写出。

1.3 常用元件

1.3.1 电阻（器）

电阻（器）（Resister）在电路中起限流、分流、降压、分压及阻抗匹配等作用，还经常与电容配合做成滤波器，是电气设备中的常用元件之一。

1. 电阻的种类

电阻的种类繁多，按其材料可以分为膜式电阻、线绕电阻、片式电阻等；按其结构可以分为固定电阻、可变电阻和敏感电阻。本节主要介绍固定电阻。

（1）碳膜电阻。碳膜电阻是由碳沉积在瓷质基体上制成的，通过改变碳膜的厚度或长度得到不同的电阻值，如图 1-1a 所示。其特点是价格低、高频特性好，但精度较差。

（2）金属膜电阻。金属膜电阻是用镍铬或类似的合金真空电镀技术，着膜于白瓷棒表面，经过切割以得到不同的电阻值，如图 1-1b 所示。其特点是阻值范围宽、噪声小、精度高，但功率较小。

（3）线绕电阻。线绕电阻是用康铜丝或锰铜丝缠绕在绝缘骨架上制成的，如图 1-1c 所示。其特点是耐高温、噪声小、功率大，但体积大、高频特性差。

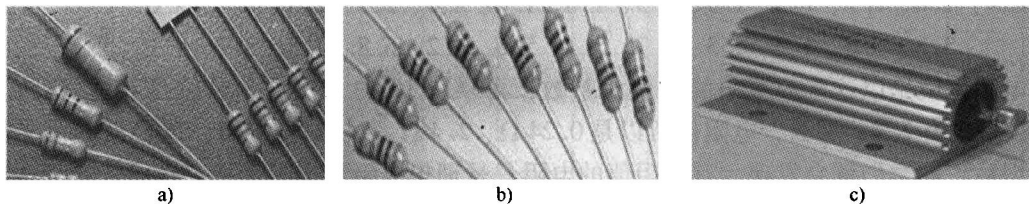


图 1-1 碳膜电阻、金属膜电阻、大功率铝壳线绕电阻

a) 碳膜电阻 b) 金属膜电阻 c) 大功率铝壳线绕电阻

（4）片式电阻。片式电阻俗称贴片电阻，是一种无引线元件，如图 1-2a 所示。目前应用较多的是厚膜片状电阻。

（5）熔断电阻。熔断电阻在正常情况下具有普通电阻的功能，一旦电路出现故障，超过其额定功率时，它会在规定时间内断开电路，从而达到保护其他元器件的作用。熔断电阻分为不可修复型和可修复型两种，如图 1-2b、c 所示。

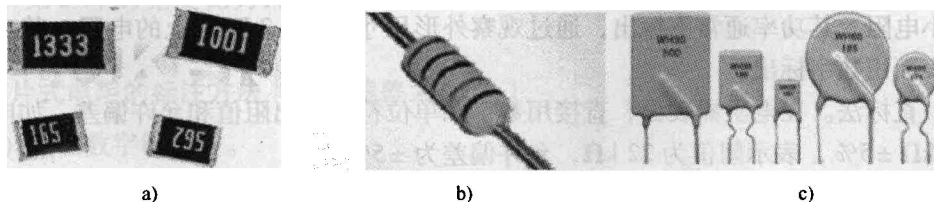


图 1-2 片式电阻、熔断电阻、自复熔断电阻

a) 片式电阻 b) 不可修复型熔断电阻 c) 可修复型熔断电阻

(6) 压敏电阻。压敏电阻是一种对电压十分敏感的元件。当电阻两端电压低于其标称值时, 呈高阻状态; 当电压高于其标称值时, 阻值急剧下降, 呈低阻状态, 从而保护其他元器件, 如图 1-3a 所示。

(7) 热敏电阻。热敏电阻是一种对温度十分敏感的元件, 其阻值随温度变化而显著变化, 如图 1-3b 所示。

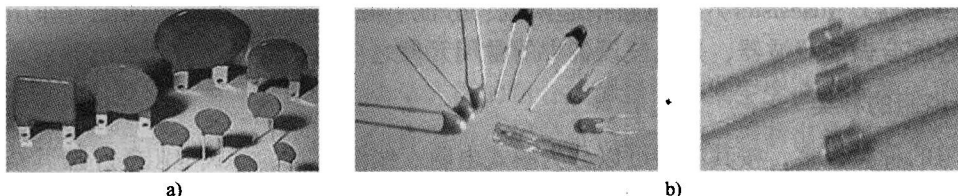


图 1-3 压敏电阻和热敏电阻

a) 压敏电阻 b) 热敏电阻

2. 电阻的主要参数

(1) 标称阻值和允许偏差。标称阻值是电阻表面所标注的阻值, 按照国家规定的电阻器标称阻值系列选定, 常用的有 E12 和 E24 数系。

E12: 1.0、1.2、1.5、1.8、2.2、2.7、3.3、3.9、4.7、5.6、6.8、8.2。

E24: 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。

电阻值就是以这些数系中的数值为基数, 再乘以 10 的 n 次方, 单位是欧姆 (Ω)。如 E24 数系中有 2.4, 那么, 电阻值可以是 0.24Ω 、 2.4Ω 、 24Ω 、 240Ω 、 2400Ω 等。了解这些知识后, 同学们就会发现, 有些阻值的电阻只是理想电阻, 实际是不存在的。如当理论计算需要一个 400Ω 的电阻时, 实际中只能用 390Ω 或 430Ω 的电阻代替。

允许偏差: 实际阻值与标称阻值之间有一定的偏差, 这个偏差与标称阻值的百分比叫做允许偏差。E12 数系电阻器的允许偏差为 $\pm 10\%$, E24 数系电阻器的允许偏差为 $\pm 5\%$ 。对于精密电阻, E48 数系的允许偏差为 $\pm 2\%$, E96 数系的允许偏差为 $\pm 1\%$ 。

(2) 额定功率。额定功率是使电阻器长期稳定工作、不会损坏的最大功率限度。通常有 $1/8 \text{ W}$ 、 $1/4 \text{ W}$ 、 $1/2 \text{ W}$ 、 1 W 、 2 W 、 5 W 、 10 W 等。

3. 电阻的标注方法

表示电阻的标称阻值和允许偏差的方法有直标法、文字符号法和色标法 3 种形式。2 W 以下的小电阻, 其功率通常不标出, 通过观察外形尺寸判定; 2 W 以上的电阻, 其功率数值在电阻表面用数字标出。

(1) 直标法。在电阻器表面, 直接用数字和单位符号标出阻值和允许偏差。如电阻器上印有 $22 \text{ k}\Omega \pm 5\%$, 表示阻值为 $22 \text{ k}\Omega$, 允许偏差为 $\pm 5\%$ 。

(2) 文字符号法。用数字和文字符号按一定规律组合表示电阻器的阻值。文字符号 R、k、M、G、T 表示电阻的单位, 文字符号前面的数字表示阻值的整数部分, 后面的数字表示小数部分, 如 R1 表示 0.1Ω , $2\text{k}7$ 表示 $2.7 \text{ k}\Omega$ 。用 J、K 分别表示 $\pm 5\%$ 和 $\pm 10\%$ 的允许偏差。

(3) 色标法。用不同颜色的色环表示电阻器的标称阻值和允许偏差，如表 1-1 所示。普通电阻用 4 环表示，精密电阻用 5 环表示。图 1-4 给出了电阻器色环表示的意义。

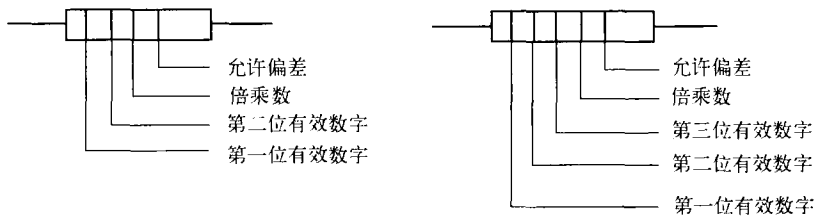


图 1-4 电阻器色环表示的意义

如某 4 环电阻的色环为蓝、红、棕、金，则该电阻的标称阻值为 $62 \times 10 \Omega \pm 5\%$ ，即 $620 \Omega \pm 5\%$ ；某 5 环电阻的色环为黄、橙、黑、红、棕，则该电阻的标称阻值为 $430 \times 10^2 \Omega \pm 1\%$ ，即 $43 \text{ k}\Omega \pm 1\%$ 。

表 1-1 色标法中色环的意义

色 环	定 义	色 环 颜 色											
		黑	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	金	银
普通电阻器													
第一色环	第一位数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	、 —	—
第二色环	第二位数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
第三色环	倍乘数	1	10	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁸	10 ⁹		
第四色环	允许偏差 (%)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	±5	±10
精密电阻器													
第一色环	第一位数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	—	—
第二色环	第二位数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
第三色环	第三位数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
第四色环	倍乘数	1	10	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁸	10 ⁹		
第五色环	允许偏差 (%)	—	±1	±2	—	—	±0.5	±0.25	±0.1	—	—	±5	—

利用色标法判断阻值时，需要先确认第一环。靠近电阻端面一端的色环为第一环；5 环电阻中，第 5 环的宽度比另外 4 环要大。也可以先确定偏差环，如金、银色不能用于第一环。

4. 片式电阻的标注方法（允许偏差为 $\pm 5\%$ ）

(1) 三位数字标注法。

