

电工测量技术 与电路实验

主编 黄筱霞 刘 宏 任金霞

主审 梁礼明

华南理工大学出版社

电工测量技术 与 电路实验

主 编 黄筱霞 刘 宏 任金霞
主 审 梁礼明

华南理工大学出版社
·广州·

图书在版编目 (CIP) 数据

电工测量技术与电路实验/黄筱霞, 刘宏, 任金霞主编. —广州: 华南理工大学出版社, 2004.9 (2006.1 重印)

ISBN 7-5623-2107-8

I. 电… II. ①黄… ②刘… ③任… III. ①电气测量-高等学校-教材 ②电路-实验-高等学校-教材 IV. ①TM93 ②TM13-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 069217 号

总发行: 华南理工大学出版社 (广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)

发行部电话: 020-87113487 87111048 (传真)

E-mail: scutc13@scut.edu.cn <http://www.scutpress.com.cn>

责任编辑: 欧建岸

印刷者: 广东省阳江市教育印务公司

开本: 787×960 1/16 印张: 13 字数: 255 千

版次: 2006 年 1 月第 1 版第 2 次印刷

印数: 2001~4000 册

定价: 21.00 元

版权所有 盗版必究

前 言

本书是根据普通高等教育“九五”国家级重点教材邱关源主编的《电路》基本要求编写的,可供电类专业和相关专业电路实验及相关课程作为教材使用,也可供有关技术人员参考。

全书共分上、下两篇,上篇主要介绍电工测量基本知识,下篇主要介绍电路实验。下篇共有 18 个实验,其中第十八个实验为虚拟实验,利用计算机作为辅助手段对电路进行分析。这些实验对每个实验项目都提出了目的和要求,简要说明了实验原理,详细地叙述了实验步骤。为使学生能更好地掌握实验原理,在实验的安排上,除含有传统的理论验证性内容以外,大部分实验都由浅入深,由易到难,从验证性的实验任务逐渐过渡到综合性的实验任务,一方面通过实验使学生的基本实验技能得到训练,另一方面促进学生对电路理论的理解。各个实验内容不同,实验目的侧重也不同,最后实验报告的内容也不同。每个实验都有有针对性的思考题,以便开拓学生的思路,培养学生独立思维和创新精神,有助于学生各种能力和综合素质的培养。

由于作者水平有限,书中难免有许多疏漏和错误之处,衷心欢迎使用本书的师生和其他读者批评指正。

编 者

2004 年 9 月

实验室守则

实验室是学校教师、学生进行实践教学和科学研究的重要场所。为保证教学、科研活动的正常进行,学生到实验室进行实验时必须遵守如下规则:

(1)学生应在课程表规定的时间内到实验室进行实验,不得无故迟到、缺席。若确实需变动实验时间,须事先征得实验指导教师同意。

(2)实验开始前,实验者要认真、仔细地检查实验桌上的仪器、设备及器材是否齐全完好,若发现问题,应及时向实验指导教师报告,不得随意移动或调换其他实验桌上的仪器、设备和器材。

(3)不得随意动用与本实验无关的仪器、设备。

(4)严格按照实验方法、步骤进行实验操作,注意人身和实验设备的安全。

(5)实验中如果发生意外事故或者发现异常现象,应首先设法切断实验电源,然后及时报告实验指导教师,由实验指导教师负责处理。学生不得随意破坏事故现场。

(6)凡因违反实验要求造成实验设备损坏的,一概追究其责任,并照章赔偿。

(7)保持实验室的安静整洁,实验室内不准吸烟,不可随意谈笑、大声喧哗。

(8)实验结束,离开实验室之前,要做好实验设备的整理和室内清洁卫生工作。

目 录

实验基础知识.....	(1)
-------------	-----

上篇 电工测量技术

第一章 测量和误差的基本概念	(3)
第一节 测量的基本概念.....	(3)
第二节 测量方式和方法的分类.....	(5)
第三节 测量误差.....	(7)
第四节 测量结果的数据表示法	(13)
第五节 实验数据的图示方法	(16)
第二章 电测量指示仪表的一般知识	(21)
第一节 电测量指示仪表的分类和型号	(21)
第二节 电测量指示仪表的基本结构及工作原理	(22)
第三节 电测量指示仪表的主要技术要求	(25)
第四节 电测量指示仪表的表面标记	(27)
第五节 电测量指示仪表的正确使用	(29)
第三章 常用电测量仪表	(33)
第一节 磁电系仪表	(33)
第二节 电磁系仪表	(39)
第三节 电动系仪表	(43)
第四节 万用表	(47)
第四章 常用电工电子元件	(52)
第一节 电阻器	(52)
第二节 电位器	(58)
第三节 电容器	(59)
第四节 电感器	(64)
第五节 半导体二极管、三极管、稳压管、发光二极管.....	(66)
第五章 常用仪器设备介绍	(72)
第一节 数字万用表	(72)
第二节 MF-47 型万用电表	(76)
第三节 V-5040、V-212 型双线示波器	(80)

第四节	XD7 低频信号发生器	(89)
第五节	GB-9B 型真空管毫伏表	(92)

下篇 电路实验

实验一	认识实验	(95)
实验二	电位、电压的测定及电路电位图的绘制	(113)
实验三	减小仪表测量误差的方法	(117)
实验四	电路基本元件(线性元件与非线性元件)伏安特性的测定	(122)
实验五	基尔霍夫定律的验证	(128)
实验六	电压源、电流源及实际电源两种模型等效变换的研究	(132)
实验七	线性电路叠加性和齐次性的研究	(137)
实验八	戴维南定理——有源二端网络等效参数的测定	(141)
实验九	受控源研究	(146)
实验十	一阶电路暂态过程的研究	(153)
实验十一	二阶电路暂态过程的研究	(159)
实验十二	正弦交流电路参数测量(三表法)	(163)
实验十三	日光灯电路的测量及电路功率因数的提高	(169)
实验十四	RLC 串联谐振电路的研究	(173)
实验十五	互感线圈电路的研究	(177)
实验十六	三相电路电压、电流的测量	(182)
实验十七	三相电路功率的测量	(187)
实验十八	PSPICE 程序的应用	(192)

实验基础知识

理论教学和实验教学是对同一学科进行学习、研究的两个重要教学环节,即两者任务一致,只是教学手段不同而已。前者通过理论分析和科学计算对教学内容进行学习、研究;后者则通过科学实验和测试技术对教学内容进行学习、研究。因此,为了使每堂实验课都能达到预期的教学效果,每个参加实验的学生都必须十分明确如下事项。

1. 实验目的

每个实验项目都有其各自的实验目的,其主要内容可以归纳为:

(1)用实验的方法来验证电路基本理论,以巩固和加深对电路基本理论的学习和理解。

(2)学习并掌握本实验所涉及的各种仪器、仪表的正确使用方法以及其主要的技术性能。

(3)训练实验技能,逐步熟练实验操作,学会分析实验现象和实验结果,养成严谨的科学作风和良好的实验习惯。

2. 实验预习要求

(1)每次实验前,学生必须明确实验目的,做好预习,弄懂实验原理,弄清实验任务与步骤,明白注意事项,绘出实验线路图,设计好实验数据表格,并在此基础上写好实验预习报告。

(2)经实验指导教师检查,凡未按要求预习者,实验指导教师可以暂停其参加实验。

3. 实验要求

(1)学生进入实验室后,在指定的桌位就坐,认真听取实验指导教师对本次实验的讲解和说明,并做好必要的记录。

(2)按要求连好实验线路后,先认真检查,再请实验指导教师复查,在得到指导教师的同意后,方可接通电源进行实验。

(3)在实验中,必须自觉遵守实验室规则,接受实验指导教师的指导,集中思想,规范操作,耐心细致地观察实验现象,做好实验原始数据的记录,有疑问应及时请教实验指导教师。

(4)实验进行中,严禁用手触实验线路中的带电部分,严禁在未切断电源的情况下改接实验线路和测试仪表的量限,以确保人身和实验设备的安全。

(5)实验完毕后,应及时对在实验中所获数据进行初步处理,经实验指导教师审阅签字后,方可拆除实验线路,整理好实验器材方可离开实验室。

4. 实验报告

实验后认真完成实验报告。实验报告是实验的全面总结,应完整、真实地反映实验情况。

1. 实验报告应包括的内容

- (1)实验名称;
- (2)实验日期、实验者的姓名、班级、学号、组别及同组者姓名;
- (3)实验目的;
- (4)实验线路图;
- (5)实验任务和实验步骤;
- (6)实验原始数据记录、数据处理、计算结果和曲线绘制;
- (7)注意事项;
- (8)实验现象的分析和科学推断;
- (9)回答思考题。

2. 实验报告的要求

- (1)实验报告要求字迹端正、数据真实、图表清晰、分析合理、结论正确。
- (2)实验报告每人写一份,一律用实验报告纸书写,并按时交给指导教师批阅。

上篇 电工测量技术

第一章 测量和误差的基本概念

第一节 测量的基本概念

一、测量及测量单位

测量是人们对自然界中的客观事物取得数量的一种认识过程。在这一过程中,人们借助专门的设备,通过实验的方法,把被测量的量与其同类的习惯上作为测量单位的量进行比较,以求出被测量的大小。因此,测量的过程实质上是一种比较过程。测量的结果通常可用两部分表示:一部分是数字值,另一部分是测量单位的名称,即

$$x = A_s x_0$$

上式表明,被测量的大小 x 等于 A_s 个单位量 x_0 。例如测量一根导线的长度 6m,亦即它的长度等于单位量米的 6 倍。

被测量的数字值因所选定的测量单位不同而异。选定的测量单位不同,将得到不同的数值。例如在测量某一被测量 x 时,先用测量单位 x_{01} ,后用测量单位 x_{02} ,则有

$$x = A_{s1} \cdot x_{01} \quad \text{和} \quad x = A_{s2} \cdot x_{02}$$

于是有

$$\frac{A_{s1}}{A_{s2}} = \frac{x_{02}}{x_{01}}$$

式中, A_{s1} 和 A_{s2} 分别为两次测量结果的数字值。由上面分析可知,被测量的数字值与选定的单位大小成反比。所选定的单位大,测量结果的数字值就小;反之,若选定的单位小,则测量结果的数字值就大。

如果令 $k = \frac{x_{01}}{x_{02}}$, 则

$$A_{s2} = kA_{s1}$$

称 k 为两个不同单位的换算因子,即用一定的单位去测量某一量所得的数字值,只有乘上它们之间的换算因子 k 后才能得出用新单位表示的该量的数字值。

测量单位的确定和统一是非常重要的。为了对同一量在不同时间、空间进行测量时得到相同的结果,必须采用统一的而且固定不变的单位。只有这样,测量才有实际意义。单位制的建立就是为了解决这个问题。单位制的种类很多,目前普遍采用的是国际单位制,代号为 SI。

国际单位制共有 7 个基本单位,即

- ①长度单位——米(m);
- ②质量单位——千克(kg);
- ③时间单位——秒(s);
- ④电流单位——安培(A);
- ⑤热力学温度单位——开尔文(K);
- ⑥光强度单位——坎德拉(cd);
- ⑦物质的量单位——摩尔(mol)。

这些基本单位是彼此无关地被确定的。由上述 7 个基本单位,再根据体现被测量之间存在的相互联系的数学公式,就可以导出各量的单位,称为导出单位。

二、电工测量及测量设备

所谓电工测量,就是将被测量的电量或磁量与作为测量单位的同类电量或磁量进行比较,以确定被测电量或磁量的大小。为了导出各电磁量单位,只用 4 个基本单位(米、千克、秒和安培)就可以了。以此制定的单位称为国际制(SI)的电磁学单位。

在测量过程中,用来实现这一过程的各种技术工具统称为测量设备。它包括两种基本类型:度量器和测量仪器。

1. 度量器

测量是一种比较过程,仅有测量单位并不能实现测量任务,还必须有体现测量单位的实物复制体,用来复制和保存测量单位。这种实物复制体就叫做度量器。根据度量器中量值传递上的作用和准确程度的高低,度量器可分为基准器、标准器和工作度量器三类。

基准器又分为主要基准器、副基准器、比较基准器和工作基准器。在电磁学计

量中,主要的基准器有电压基准器、电阻基准器和计算电容基准器。

标准器的准确度低于基准器,供计量部门对工作度量器进行检定或标定时使用。按其用途可分为一等标准器和二等标准器。

工作度量器是专供日常测量中使用的度量器。在电工实验中,常使用的度量器有标准电池、标准电阻、标准电容及标准电感等。

2. 测量仪器

测量仪器可分为测量指示仪表和较量仪器两类。直接由仪表指示机构的指示值读取测量结果的测量仪器称为测量指示仪表,如电压表、电流表等。测量过程中必须与度量器进行比较才能获得测量结果的测量仪器称为较量仪器,如电桥、电位差计等。

随着电子科学技术的不断发展,以各种电子元器件、部件为核心组成的测量仪器大量出现,如各种多功能的电子示波器、信号发生器、图示仪、频谱仪及数字电压表等,这些测量仪器称为电子测量仪器。近几年来,随着微型计算机技术的引入、开发和应用,测量技术已进入一个向自动化、系统化、数字化、高性能、多智能、快速、小型和低价方向蓬勃发展的新阶段。

第二节 测量方式和方法的分类

一、测量方式的分类

1. 直接测量

将被测量与作为标准的量直接比较,或用事先刻度好的测量仪表进行测量,从而直接测得被测量的数值,这种测量方式称为直接测量。例如,用电流表测量电流、用直流电桥测量电阻等。

2. 间接测量

测量中,通过对与被测量有一定函数关系的几个量进行直接测量,然后再按这个函数关系计算出被测量的数值,这种测量方式称为间接测量。例如,测量电阻时,可用电压表测出该电阻两端的电压,用电流表测出流过它的电流,然后根据欧姆定律

$$R = \frac{U}{I}$$

求出被测量电阻 R 的值。

3. 组合测量

这种测量方式是在直接测量和间接测量所得到的实验数据基础之上,通过联立求解各函数关系方程,从而求出被测量的大小。例如,利用标准电阻的电阻值与温度之间的如下关系,测量标准电阻温度系数 α 和 β :

$$R_t = R_{20} [1 + \alpha(t - 20) + \beta(t - 20)^2]$$

式中, t 为摄氏温度; R_t 为温度 t 时的电阻值; R_{20} 为温度 20°C 时的电阻值, α 、 β 为标准电阻的温度系数。

因此,可在 20°C 、 t_1 、 t_2 这 3 个温度下,分别测出对应的 3 个电阻值 R_{20} 、 R_{t_1} 、 R_{t_2} ,然后求解下列方程组

$$\begin{cases} R_{t_1} = R_{20} [1 + \alpha(t_1 - 20) + \beta(t_1 - 20)^2] \\ R_{t_2} = R_{20} [1 + \alpha(t_2 - 20) + \beta(t_2 - 20)^2] \end{cases}$$

即可得到标准电阻的电阻温度系数 α 和 β 。

二、测量方法分类

测量是将被测量与作为测量单位的同类量进行比较,而作为复制体的度量器参与这一比较过程可以是直接的,也可以是间接的。因此,根据是否有度量器直接参与测量过程,可以将测量方法分为直读法和比较法两大类。

1. 直读法

用直接指示被测量的数值的指示仪表进行测量,能够直接在仪表上读取读数,这种测量方法称为直读法。在直读法的测量过程中,度量器不直接参与作用。例如用欧姆表测量电阻时,没有直接使用标准电阻与被测量的电阻进行比较,而是直接根据欧姆表指针在欧姆标尺上的位置读取被测电阻数值。在这种测量过程中,标准电阻间接地参与作用,因为欧姆表的标尺是事先经过“标准”的。此外,用电流表测量电流,用电压表测量电压等都是直读法测量的例子。用直读法进行测量虽测量过程简单,操作容易,然而准确度不太高。

2. 比较法

将被测量与度量器通过较量仪器进行比较,从而测量被测量数值的方法称为

比较法。在比较法中,度量器是直接参与作用的。例如,用天平测量物体质量的方法就是一种比较法。在测量过程中,做质量度量器的砝码始终参与使用。用比较法测量可以得到较高的测量准确度,但测量操作比较麻烦。

根据被测量与标准量进行比较时特点不同,又可将比较法分为平衡法、微差法和替代法。

(1)平衡法(零值法)。在测量过程中,连续改变标准量,使它产生的效应与被测量产生的效应相互抵消或平衡,这种方法称为平衡法。由于在平衡时指示器指零,所以又称为零值法。用电桥和电位差计进行测量就是应用平衡法原理。

(2)微差法(差值法)。如果在平衡法过程中,被测量与标准量不能平衡或标准量不便调节,则用测量仪器测量二者的差值或正比于差值的量,进而根据标准量的数值确定被测量的大小,这种方法就称为微差法。

(3)替代法。将被测量与标准量分别接入同一测量装置,在标准量替代被测量的情况下调节标准量使测量装置的工作状态保持不变,从而可以用标准量的数值来确定被测量的大小,这种方法就称为替代法。

第三节 测量误差

在测量过程中,由于人们对客观事物认识的局限性、测量设备不准确、测量方法的不完善及测量工作中的疏忽或错误等,会不可避免地使测量结果与被测量的真实大小产生差别。这种差别就称为测量误差。被测量所具有的真实大小称为该被测量的真值。在一定的时间和空间内,被测量的真值是一个客观存在的确定数值。

一、测量误差的分类

测量误差按其性质和特点,可分为系统误差、随机误差和粗大误差三类。

1. 系统误差

系统误差是指在一定的测量条件下,误差的绝对值和符号保持恒定,或按某种确定的规律变化的误差。引起系统误差的原因有下列几种:

(1)仪表误差。任何一个测量仪表在测量时都存在误差,其指示值均为被测量的近似值。仪表误差是由于仪表结构上的不完善而产生的误差,为仪表所固有。

(2)方法误差。方法误差也称理论误差。方法误差是由于测量方法本身所形

成的误差或是由于测量所依据的理论本身不严谨等原因所引起的误差。

(3)外界误差。外界误差是指使用仪器时受到外界环境温度、湿度、气压、电磁场、机械震动、声音、光照、放射线等的影响所产生的误差。

(4)操作误差。操作误差是在使用过程中,由于安装、调试、布局和使用不当所产生的误差。如把应该水平放置的仪表倾斜使用,测量连线太长,接地不良或未按仪器使用要求进行预热、校准等都会产生操作误差。操作误差均因使用不规范所引起,故操作误差有时也被称为使用误差。

(5)人员误差。人员误差是由于测量人员的感觉器官和运动器官不完善而产生的误差。如对于某些测量需借助于耳、眼来判断其结果,如需要进行人工调谐的测量,均会产生人员误差。这类误差往往因人而异,并与测量人员当时的生理和心理状况密切相关。人员误差又称个人误差或简称人差。

系统误差决定了测量的准确度。系统误差越小,测量结果越准确。由于系统误差具有一定的规律性,因此可以根据误差产生的原因,采取一定的措施,设法消除或加以修正。

2. 随机误差

随机误差亦称偶然误差。随机误差是指在测量过程中,误差的绝对值和符号均发生变化,其值时大时小,其符号时正时负,没有确定的变化规律,也就是不可以预料的误差。随机误差主要是由于外界因素的偶然变化引起的。

一次测量的随机误差是没有规律的、不可控制的,也不能用实验的方法加以消除。但是,随机误差在足够多次测量的总体上服从统计的规律。也就是说,对于大量的测量,从统计的观点来看,随机误差表现了它的规律性。

随机误差的变化特点是:在多次测量中,随机误差的绝对值不会超过一定的界限,称为随机误差的有界性;绝对值相等的正负误差出现的机会相同,称为随机误差的对称性;随机误差的算术平均值随着测量次数的无限增加趋近于零,亦即在多次测量中随机误差有相互抵消的特性,称为随机误差的抵偿性。因此,可以通过对多次测量值取平均值的方法来削弱随机误差对测量结果的影响。

3. 粗大误差

粗大误差又称疏失误差,简称粗差。粗大误差是指在一定条件下,测量值显著地偏离其真实值(或实际值)所对应的误差。粗大误差主要是由读数错误、记录错误、仪器故障、测量方法不合理、操作方法不正确、计算错误以及不能允许的干扰等原因造成的。就数值大小而言,粗大误差一般明显地超过正常情况下的系统误差和随机误差。凡确认含有粗大误差的测量数据称为坏值。在正常的测量结果中不应含有坏值,坏值应当剔除。

应当指出,在实际测量过程中,系统误差、随机误差和粗大误差的划分并不是绝对的,在一定条件下的系统误差,在另外条件下可能以随机误差的形式出现,反之亦然。例如,电源电压引起的误差,如考虑缓慢变化的平均效应,则可视为系统误差;但如考虑瞬时波动,就应视为随机误差。

对于特别大的系统误差,有时也因为难以修正,或严重地改变了被测对象的工作条件而作为差错剔除。同样,对于离散性特别大、出现的次数又非常少的随机误差,利用概率论的方法可以判定的差错,亦应剔除。

二、测量误差的表示方法

测量误差的表示方法有多种,最常用的是绝对误差和相对误差。

1. 绝对误差

绝对误差又叫做绝对真误差。如果用 x 表示某一被测量的给出值, A 表示它的真值,则测量的绝对误差 Δx 可表示为

$$\Delta x = x - A$$

式中, x 是指在测量时,它为被测量的测得值;在检定仪表时,它为被检度量器的标称值,即铭牌上标明的值;而在近似计算中,它为所取的近似值。 A 是指在规定的时间和空间条件下,被测量所具有的真实大小。虽然它是客观存在的,但要确切地说出来,往往是很困难的。在有些情况下,真值可由理论给出,例如三角形的内角和真值为 180° 。但大多数真值只能尽量逼近而难以完全确定。在实验测量中,通常把更高一级的标准仪器或基准器进行比较测得的值作为真值。这种用更高一级的标准仪器或基准器测得的值称为被测量的实际值,用 A_0 表示。给出值 x 与实际值 A_0 之差称为实际绝对误差,即

$$\Delta x = x - A_0$$

在本书中,如无特殊说明,绝对误差均指实际绝对误差。

例 3-1 某一被测电压的实际值为 $U = 220\text{V}$,甲电压表的读数为 $U_1 = 220.5\text{V}$,乙电压表的读数为 $U_2 = 218.5\text{V}$,则它们的绝对误差分别为

$$\Delta x_1 = U_1 - U = 220.5 - 220 = 0.5(\text{V})$$

$$\Delta x_2 = U_2 - U = 218.5 - 220 = -1.5(\text{V})$$

显然,用甲电压表比用乙电压表测量要准确。即对同一个被测量来说,绝对误差的绝对值越小,表示测量值与实际值的差异越小,因而测量的准确程度也就越高。

除了上述的绝对误差外,在实际测量中还经常用到修正值这一概念。它的定

义是与绝对误差等值反号,即

$$C = A_0 - x$$

修正值 C 一般在校准仪器时给出。当测量时得到给出值和修正值 C 后,由上式即可求出被测量的实际值 A_0 。引进修正值后,可以对仪表进行校正,以消除误差。

例 3-2 用某电流表测量电流时,其读数为 10mA,该表在检定时给出 10mA 刻度处的修正值为 +0.04mA,则被测电流的实际值应为

$$I_0 = I + C = 10 + 0.04 = 10.04(\text{mA})$$

2. 相对误差

绝对误差的表示方法有它的不足之处,有时不能确切地反映测量的准确程度。

例如,测量两个电阻,其中一个电阻 $R_1 = 100\Omega$,测量的绝对误差 $\Delta R_1 = 1\Omega$,另一个电阻 $R_2 = 100\text{k}\Omega$,测量的绝对误差 $\Delta R_2 = 10\Omega$ 。虽然绝对误差 $\Delta R_2 > \Delta R_1$,但不能因此得出结论:对 R_1 的测量比对 R_2 的测量要准确。恰好相反, R_1 的测量误差对 $R_1 = 100\Omega$ 来说占 1%,而 R_2 的测量误差对 $R_2 = 100\text{k}\Omega$ 来说仅占 0.01%,对 R_2 的测量要比对 R_1 的测量更准确。为了确切地反映测量的准确程度,引入了相对误差的概念。

(1)相对误差,是指绝对误差与真值之比的百分数。若用 γ_0 表示,则有

$$\gamma_0 = \frac{\Delta x}{A} \times 100\%$$

相对误差表示给出值与真值之间的差异在真值中所占的百分比。相对误差越小,表示误差在真值中所占的百分比越小,测量的准确程度就越高。

(2)实际相对误差,是指绝对误差与实际值之比的百分数,记为 γ ,即

$$\gamma = \frac{\Delta x}{A_0} \times 100\%$$

它反映了给出值与实际值之间的差异在实际值中所占的百分比。在本书中,如无特殊说明,相对误差均指实际相对误差。

(3)示值相对误差,是指绝对误差与被测量的给出值的百分数,记为 γ_x ,即

$$\gamma_x = \frac{\Delta x}{x} \times 100\%$$

它反映了绝对误差在给出值中所占的百分比。由于给出值本身含有误差,因此这种表示相对误差的方法是不严格的,它只适用于工程测量中要求不高且绝对误差较小的场合。

(4)引用相对误差。前面介绍的相对误差虽然可以较确切地反映某次测量的