

中等专业学校
电子信息类

规划教材



电子元件测量基础



刘希富 张楼英



华中理工大学出版社

中等专业学校电子信息类规划教材

电子元件测量基础

刘希富 张楼英

华中理工大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电子元件测量基础/刘希富 张楼英
武汉:华中理工大学出版社, 2000年10月
ISBN 7-5609-2314-3

I. 电…

I. ①刘… ②张…

Ⅲ. 电子元件-测量技术

N. TN606

电子元件测量基础

刘希富 张楼英

责任编辑:叶翠华
责任校对:张欣

封面设计:潘群
责任监印:熊庆玉

出版发行:华中理工大学出版社 武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87545012

经 销:新华书店湖北发行所

录 版:华中理工大学出版社照排室
印 刷:华中理工大学出版社沔阳印刷厂

开本:787×1092 1/16

印张:8.75

字数:192 000

版次:2000年10月第1版

印次:2000年10月第1次印刷

印数:1—1 500

ISBN 7-5609-2314-3/TN·58

定价:10.00元

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本书全面地、系统地介绍了电子元件参数的基本测量方法、测量原理及有关测量技术,同时对误差理论及电子元件测量新技术作了必要的阐述。全书包括绪论、误差理论、基本测量技术、电子元件阻抗测量方法、电子元件基本参数的测量、电子元件其它参数的测量、电子元件测量新技术等七章。

本书为中专电子元件专业的统编教材,也可作为相应专业的技工学校、职工培训的教材,同时,对于从事电子元件测量的技术工人和工程技术人员也有一定的参考价值。

出版说明

为做好全国电子信息类专业“九五”教材的规划和出版工作,根据国家教委《关于“九五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》和《普通高等教育“九五”国家级重点教材立项、管理办法》,我们组织各有关高等学校、中等专业、出版社,各专业教学指导委员会,在总结前四轮规划教材编审、出版工作的基础上,根据当代电子信息科学技术的发展和面向 21 世纪教学内容和课程体系改革的要求,编制了《1996—2000 年全国电子信息类专业教材编审出版规划》。

本轮规划教材是由个人申报,经各学校、出版社推荐,由各专业教学指导委员会评选,并由我部教材办商各专业指导委员会、出版社后,审核确定的。本轮规划教材的编制,注意了将教学改革力度较大、有创新精神有特色的教材和质量较高、教学适用性较好、需要修订的教材以及教学急需、尚无正式教材的选题优先列入规划。在重点规划本科、专科和中专教材的同时,选择了一批对学科发展具有重要意义,反映学科前沿的选修课、研究生课教材列入规划,以适应高层次专门人才培养的需要。

限于我们的水平和经验,这批教材的编审、出版工作还可能存在不少缺点和不足,希望使用教材的学校、教师、同学和广大读者积极提出批评和建议,以不断提高教材的编写、出版质量,共同为电子信息类专业教材建设服务。

电子部教材办公室

前 言

本教材系按电子工业部的《1996—2000年全国电子信息类专业教材编审出版规划》，由中专元器件教学指导委员会编审、推荐出版。本教材由淮阴电子工业学校刘希富担任主编，北京电子工业学校蔡继勇任主审，杜金朋任责任编委。

本教材的参考教学时数为70学时。全书共分七章：第一章绪论；第二章误差理论和数据处理；第三章基本测量技术；第四章至第六章分别介绍了电子元件参数的测量方法、测量原理、测量技术及有关测量仪器；第七章简要介绍了电子元件测量的自动化、智能化等新技术。

本教材由刘希富编写一、二、三、六章，张楼英编写四、五、七章。在编写过程中得到了淮阴电子工业学校刘涛老师的帮助和指导，这里表示诚挚的感谢。由于编者水平有限，书中难免还存在一些缺点和错误，殷切希望广大读者批评指正。

编 者

2000年1月于淮阴

目 录

第一章 绪论	(1)
1.1 电子元件测量的意义与特点	(1)
一、测量的意义	(1)
二、元件测量的特点	(1)
1.2 测量与计量	(2)
1.3 电子元器件质量评定体系简介	(3)
一、电子元器件质量评定体系	(3)
二、IECQ 体系所用的电子元件技术标准	(4)
习题一	(4)
第二章 误差理论和数据处理	(5)
2.1 误差的基本概念	(5)
一、测量误差的来源	(5)
二、测量误差的分类	(6)
三、测量结果的评定	(7)
四、误差的表示方法	(8)
2.2 随机误差	(10)
一、随机误差的性质、特点和分布规律	(10)
二、测量值的数学期望与标准偏差	(11)
三、不确定度与坏值的剔除准则	(13)
2.3 系统误差	(14)
一、恒定系差的检查	(15)
二、变值系差的检查	(15)
三、消除或减弱系统误差的典型测量技术	(16)
2.4 误差的合成与分配	(17)
一、系统误差的合成	(18)
二、随机误差的合成	(19)
三、误差的分配	(19)
四、最佳测量方案的选择	(20)
2.5 测量数据的处理	(20)
一、有效数字的处理	(21)
二、测量结果的数据表示	(21)
三、测量数据的处理步骤	(22)
习题二	(24)
第三章 基本测量技术	(26)
3.1 测试信号源	(26)
一、概述	(26)
二、低频信号发生器	(27)
三、高频信号发生器	(28)

四、脉冲信号发生器	(30)
五、合成信号发生器	(32)
3.2 电压测量	(34)
一、对电压测量的基本要求	(34)
二、电压测量的基本方案	(35)
三、交直流变换器及其波形响应	(36)
四、数字式电压表	(42)
3.3 示波测量	(44)
一、波形显示原理	(45)
二、示波管	(45)
三、示波器的原理方框图	(48)
四、通用示波器的主要工作特性	(49)
五、示波器的应用	(50)
习题三	(53)
第四章 阻抗的测量	(54)
4.1 等效串、并联电路	(54)
一、等效串、并联电路	(54)
二、等效串、并联电路的互换	(56)
4.2 电子元件测量中的连接技术	(57)
一、测量端连接法	(58)
二、导线、连接器、测试夹具及其影响	(59)
4.3 电桥法	(60)
一、直流电桥	(61)
二、低频电桥	(63)
三、高频电桥	(64)
4.4 谐振法	(68)
一、工作原理	(68)
二、Q 表	(70)
三、谐振法测量阻抗的应用	(71)
四、谐振法测量的特点	(74)
4.5 虚、实部分离法	(74)
一、基本原理	(75)
二、阻抗测量的自动化	(77)
4.6 阻抗的常用测量方法比较	(78)
习题四	(79)
第五章 电子元件基本参数的测量	(81)
5.1 电子元件参数的基本定义	(81)
5.2 电子元件的检验要求	(81)
5.3 电阻器参数的测量	(82)
一、电阻器参数	(82)
二、电阻值的测量	(83)
5.4 电容器参数的测量	(91)
一、电容器参数及其测量条件	(91)
二、测量方法	(92)

三、测量仪器	(93)
四、电容器高频参数的测量	(94)
5.5 电感器参数的测量	(96)
一、电感器参数及其测量条件	(96)
二、测量方法	(97)
三、测量仪器	(99)
5.6 电子元件测量中的抗干扰技术	(99)
一、干扰现象	(100)
二、干扰种类及防护	(100)
三、干扰途径	(100)
四、电磁兼容技术	(101)
习题五	(102)
第六章 电子元件其它参数的测量	(103)
6.1 电阻元件噪声的测量	(103)
一、电阻器电流噪声的测量	(103)
二、电位器滑动噪声的测量	(105)
6.2 电子元件非线性的测量	(109)
一、电阻器的非线性	(109)
二、电容器的非线性	(110)
三、非线性的测量	(110)
6.3 电子元件温度系数的测量	(113)
一、基本概念	(113)
二、电阻温度系数的测量	(116)
三、电容温度系数的测量	(117)
6.4 电子元件抗电强度的测量	(118)
一、基本概念	(118)
二、影响耐压与击穿场强的因素	(118)
三、工频电压下的击穿场强测量	(120)
四、直流电压下的击穿场强测量	(121)
五、脉冲电压下的击穿场强测量	(121)
习题六	(122)
第七章 元件测量新技术	(123)
一、测量技术发展的新动向	(123)
二、VXI 产品的应用及其前景展望	(124)
三、虚拟仪器	(125)
习题七	(126)
参考文献	(127)

第一章 绪 论

1.1 电子元件测量的意义与特点

一、测量的意义

测量是人类对自然界的客观事物取得数量观念的一种认识过程,是人们认识和改造自然的一种不可缺少的手段。在自然界中,对于任何被研究的对象,若要定量地进行评价,必须通过测量来实现。

在科学技术的发展过程中,测量结果不仅仅是验证理论正确与否的客观标准,而且往往是发现新问题,提出新理论的线索和依据。多数新现象、新规律的发现都是通过大量反复地测量和观察加以确认的,因此,测量是从事科学研究的基础。

电子工业是发展极为迅速的新兴工业,电子元件是各种电子设备或装置的基础,电子元件质量的优劣,直接影响整机和系统的性能。为了保证和提高电子产品质量,在电子元件生产过程中,必须对每一个元件进行规定的电气参数测量。也就是说,元件测量是电子工业生产中必不可少的手段。

近几年来,电子元件参数的测量技术有了一定的发展,已经从单一参数测量发展到综合参数测量,从手工测量发展到自动测试。电子计算机的应用,出现了计算机与测量仪器相结合的新一代测量仪器及测试系统,它们能对元件参数进行自动测量,并能自动选择量程,记录数据,计算结果,修正某些误差,检查故障等,给电子元件测量带来了新的活力。

随着改革、开放的进一步深化和发展,电子元件的测量技术和测量水平将会有更大的提高。目前,智能仪器以及计算机与若干程序控制的测量仪器组成的自动测试系统,将成为电子元件测量技术及仪器的重要发展方向。

二、元件测量的特点

电子元件测量与其它测量相比,具有以下特点:

1. 数量大、速度快

在电子元件生产厂中,由于生产的元件数量很大,因此测量的工作量也很大。这就要求测量具有高速度。而电子元件测量是通过电磁波和电子的运动来实现对元件进行测量的,因而可以实现元件测量过程的高速度。

2. 频率范围宽

电子元件测量的频率范围从零到几十吉赫以上。在不同的频率范围内,所采用的测量方法和测量仪器不同。例如在不同频率(如高频、低频、超低频)下,对电容器的容量和介质损耗角正切的测量,所采用的测量方法和测量仪器就有所不同。

3. 量程范围宽

电子元件测量仪表的量程范围很宽。例如:一只欧姆表可以测量几欧到几兆欧的电阻值,

量程范围达 $1:10^6$ 。新型数字电压表能测量的范围从 $1\mu\text{V}$ 到 1000V , 量程范围竟达 $1:10^9$ 。

4. 易于实现自动化

电子元件测量仪同计算机相结合, 使测量仪器智能化, 并在自动化系统中占了重要的地位。尤其是大规模集成电路和微处理器的应用, 使电子元件测量呈现了新的局面。例如, 自动转换量程, 自动调节, 自动校准, 自动记录, 自动地进行数据处理, 自动修复等。

1.2 测量与计量

计量学是研究测量, 保证测量统一和准确的一门科学。计量学研究计量单位及其基准, 标准的建立、保存和使用; 测量方法和计量器具, 测量的准确度以及计量法制和管理等。

在测量中, 如果未知量是与国家计量部门作为基准和标准的单位相比较来加以测量, 则这种过程便属于计量的范畴。从这个意义上来说, 计量是测量的一种特殊形式。

计量与测量不同, 但二者又有密切的联系。测量是用已知的标准单位量与同类未知量进行比较以获得该未知量数量的过程。这时认为被测量的真实数值是客观存在的, 其误差是由测量仪器和测量方法等引起的。而计量则认为使用的仪器是标准的, 误差是由受检仪器引起的。它的任务是确定测量结果的可靠性。计量学把测量技术和测量理论加以完善和发展, 对测量起着推动作用。

计量是国民经济的一项重要的技术基础, 计量工作在国民经济建设中占有十分重要的地位, 对于改善企业管理, 提高产品质量, 节约能源, 为实现标准化、自动化提供科学数据等方面起着重要的作用。计量科学技术的水平一般也可以标志着一个国家科学技术发展的水平。

计量工作对电子产品的质量管理尤为重要。产品出厂前要经过严格的计量检定, 仪器仪表在使用过程中要定期进行检验和校准, 以保证测量的准确性。

凡能用以直接或间接测出被测对象量值的量具、计量仪器(仪表)和计量装置统称为计量器具, 也包括计量基准和计量标准。

计量基准是指从法制规定的基本单位的定义出发, 用当代最先进的科学技术及工艺水平, 以最高的精度和稳定度建立起来的, 专门用以规定保持和复现某种物理量单位的特殊量具和仪器。经过严格的法定程序, 计量基准可作为国家标准。计量基准这个术语一般用于 7 个基本物理量的最高标准。这 7 个基本物理量是 1961 年第十一届国际计量大会通过的国际单位制(SI)的基本单位, 即米(m)、千克(kg)、秒(s)、安[培](A)、开[尔文](K)、摩[尔](mol)、坎[德拉](cd)。

根据计量基准的性质和用途的不同, 计量基准还可分为主计量基准、副计量基准、工作计量基准等。

计量标准是由 7 个基本物理量基准导出的, 用以复现量值的标准量具和仪器。它们是专门用于量值传递的。

根据标准的精度不同, 计量标准可分为一级标准、二级标准、三级标准等。

量值的传递是按照由计量基准→工作计量基准→各级标准→不同精度等级的量具和仪器设备的顺序, 根据法定的传递和检定规程进行的。

1.3 电子元器件质量评定体系简介

一、电子元器件质量评定体系

电子元器件质量评定体系(IECQ)的宗旨是促进国际和国内的电子元件贸易,具体方法是采用公认的并经批准的技术标准对有资格(经批准)的制造厂商的元件实施认证。每一认证全权国的认证业务由其相应的国家机构实施。

相应的国家机构保证全面履行国际上同意的章程。图 1-1 列出本体系的国际和国家的组成机构(图中的国家机构是以美国为例的)。国家机构的组成:国家监督检查机构(NSI)——批准电子元件制造商并对之施行持续的监督和审查;国家标准化机构(NSO)管理国内技术规范的制订和国家计量服务部门。

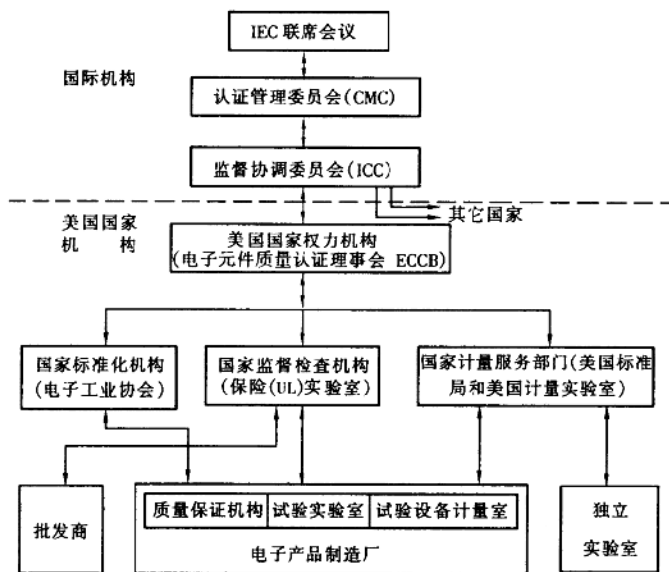


图 1-1 IECQ 体系的组成机构

成员国资格需得到 13 个全权国和 8 个参加国的广泛支持。全权国有:澳大利亚、比利时、丹麦、法国、德国、爱尔兰、以色列、日本、韩国、瑞士、英联合王国、俄罗斯和美国。参加国有:中国、匈牙利、印度、意大利、挪威、荷兰、波兰和瑞典。认证管理委员会(CMC)由国际电工委员会(IEC)联席会议领导和授权,对本体系的活动负全部责任。它由各参加国的国家权力机构(NAI)指定两名代表组成。CMC 下设监督协调委员会(ICC),负责办理与国家监督检查机构权益有关的事务和监督本体系的章程和实施程序的全面贯彻。它由各国权力机构指定两名代表组成,其中至少有一名为国家监督检查机构(NSI)成员。拥有本体系认证权的成员国在该委员会内有表决权,无认证权的成员国没有表决权。

例如在美国,负责 IECQ 体系工作的管理部门是电子元件质量认证理事会(法人)(ECCB)。向它报告工作的有两个机构:其一是国家标准化机构,它负责制订全部技术规范,批准和颁布认证产品的详细规范。电子工业协会(EIA)为 ECCB 承担这一职能。其二是国家监督检查机

构(MSI),它负责对本体系所要求的所有质量评定程序实施全面的监督。其中包括对制造厂商和独立实验室资格审批的评审和监督,以及对认证(已批准)元件的质量一致性合格证及其检测进行检查。保险(UL)实验室为 ECCB 执行这方面的职能。

二、IECQ 体系所用的电子元件技术标准

本体系以 IEC 标准为依据,作为 IEC 标准是经过国际上一致同意的。本体系的标准和技术规范有 5 个等级:基础规范、总规范、分规范、空白详细规范和详细规范。图 1-2 所示,说明这些规范间相互的关联和可能的合并情况。

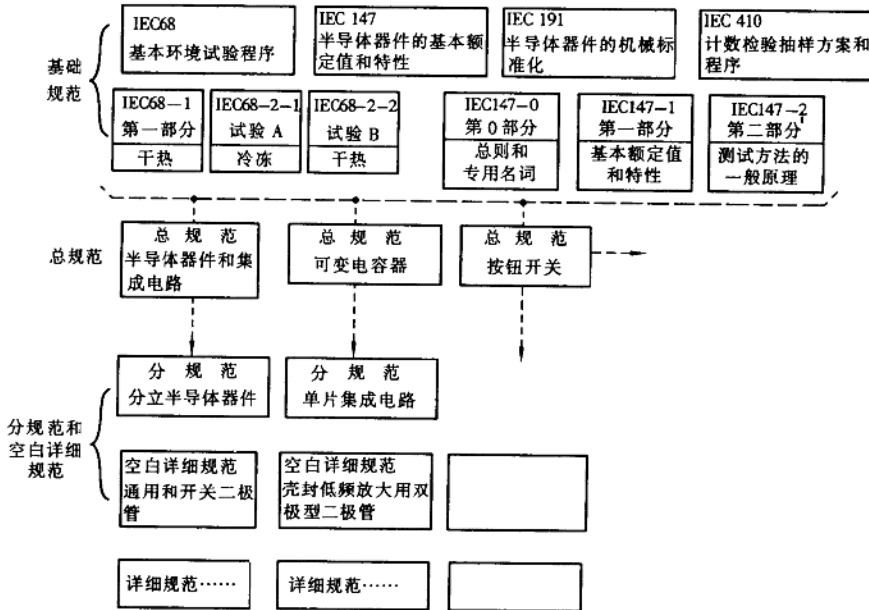


图 1-2 规范的 4 层次排序图

基础规范是普遍性的,涉及环境试验、抽样程序和其它通用的技术条件。

总规范适用于一个大类或支类的电子元件,并可包含分规范和空白详细规范在内。

详细规范适用于单一的元件,涉及其电性能、试验、检验及该元件的其它特殊要求。

空白详细规范是从总规范和分规范的技术要求引申出来的,其中包括评定元件质量所用的技术判据(电性能及极限值)一览表。

详细规范可由国家标准机构或获得资格(经批准)的制造厂商采用空白详细规范来制订。

IECQ 体系各个层次的标准虽然都可作为单一标准独立存在,但相互间紧密相关,共同构成一个严密的标准体系。该体系反映了当前国际上电子元器件生产的技术水平,尤其是其中的测试方法,比较科学合理,切实可行,可对电子元器件作出正确的质量评定。

习 题 一

1-1 电子元件测量的特点是什么?

1-2 测量与计量有何关系?

1-3 IECQ 体系的标准和技术规范分几个等级,各等级间有何关联?

第二章 误差理论和数据处理

2.1 误差的基本概念

如前所述,测量是人类对自然界的客观事物的性质取得数量观念的一种认识过程,我们把被测量所具有的真实大小称之为真值。在不同的时间和空间,被测量的真值往往是不同的。在一定的时、空条件下,某被测量的真值是一个客观存在的确定数值。

在测量中,人们通过实验的方法来求被测量的真值时,由于对客观规律认识的局限性、测量工具不准确、测量手段不完善及测量工作中的疏忽和错误等,测量结果与真值都会不同,造成测量误差。也就是说,测量误差是指被测量的测得值与该量的真实值之差值。然而,一个量的绝对真值是无法知道的。但随着人类认识的深化和发展,可以逐渐逼近它。在实际工作中,测量误差是指某个量的测得值与高一级的标准量具(或标准测量仪器)所确定该量的实际值之间的差值。

测量误差产生的原因是各式各样的,要完全掌握和消除所有的测量误差也是不可能的。研究误差理论的目的,就是要根据误差的规律,在一定的测量条件下尽力设法减小误差,保证研究课题与产品的质量,并根据误差理论合理地设计和组织实验,正确地选用仪器、仪表和测量方法,正确地进行测量。

一、测量误差的来源

1. 装置误差

由测量仪器和设备所引入的误差即为装置误差。例如电桥中的标准电阻,天平的砝码,示波器的探极线等都含有误差。仪器、仪表的零位偏移、刻度不准确以及非线性等引起的误差均属此类。

2. 环境误差

环境误差是指由环境条件与所要求的标准状态不一致等造成的误差,主要是外界的温度、湿度、气压、电磁场、辐射等影响所产生的误差。例如,数字式电压表的技术指标中常常单独给出的温度影响误差就属于此类。

3. 方法误差

方法误差是指测量时使用的方法不完善,或者依据的理论不严密,采用近似公式,对某些经典测量方法作不适当的修改等所产生的误差。

4. 人身误差

由于测量者的分辨能力、视觉疲劳、固有习惯或缺乏责任心等引起的误差称为人身误差。例如读错刻度,念错读数,操作不当等。这种误差往往因人而异。

在测量工作中,对于误差的来源必须认真分析,采取相应措施,以减小误差对测量结果的影响。

二、测量误差的分类

根据造成误差的4个方面原因,从误差的性质和特点可将测量误差分为系统误差、随机误差和疏忽误差3类。

1. 系统误差

系统误差又称为系差,它是指在相同条件下,多次测量同一量值时,误差的绝对值和符号保持不变,或在条件改变时,按一定规律变化的误差。它又可分为恒定系差和变值系差。这类误差是测量误差的主要部分,对测量结果的影响较为严重。

(1)恒定系差是指误差的数值在一定条件下保持不变的误差。例如测量仪器的零点未调整好,或者安装不平而朝某一方向倾斜等。

(2)变值系差是指误差的数值在一定条件下,按某一确定规律变化的误差。根据变化规律它可分为:

①累进性系差,它是指在整個測量過程中,误差的数值是在逐渐增加或逐渐减少的系统误差。

②周期性系差,它是指在測量過程中,误差的数值发生周期性变化的系统误差。例如测角仪,如果它存在偏心,则各分度线误差的变化就符合这种规律。

③按复杂规律变化的系差,如电工仪表整个分度线上存在的系统误差,其变化规律就属于此类系差。通常只能用曲线、表格或经验公式来表示。

系统误差的特点是,测量条件一经确定,误差就为一确切的数值。用多次测量取平均值的方法,并不能改变误差的大小。系统误差的产生原因是多方面的,但总是有规律的。我们应尽可能设法事先预见或找出系统误差的产生根源,针对其产生原因,采取相应的技术措施消除或减弱影响,也可以估计出其影响程度,在测量结果中加以修正。

2. 随机误差(偶然误差)

在相同条件下,多次测量同一量值时,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,也不可以预见的误差称为随机误差。

随机误差主要是由那些对测量值影响较微小,又互相关的多种因素共同造成的。例如热骚动,噪声干扰,电磁场的微变,空气扰动,测量人员感觉器官的各种无规律的微小变化等等。由于上述这些因素的影响,从宏观上来看,或者从平均意义上来说,虽然测量条件没变,比如使用的仪器准确的程度相同,周围环境相同,测量人员以同样的细心进行工作等等,但只要测量装置的灵敏度足够高,就会发现测量结果有上、下起伏的变化,这种变化就是由于随机误差造成的。

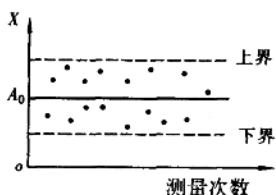


图 2-1 随机误差的有界性和对称性

就一次测量而言,随机误差没有规律,不可预见,但是当足够多次测量时,其总体服从统计的规律,多数情况下接近于正态分布。

随机误差具有以下几个特点:

(1)在多次测量中误差绝对值的波动有一定的界限,即具有有界性。

(2)绝对值相等的正误差和负误差出现的机会相同,即具有对称性。如图 2-1 所示,图中 A_0 是假设无系统误差情况下的实

际值。

(3) 当测量次数足够多时,随机误差的算术平均值趋近于零,即具有抵偿性。

(4) 由大量重复测量所获得的测量值或数据,会以其算术平均值为中心集中地分布,即具有单峰性。

这种误差的特点与正态分布的特点和规律是相同的,而与按复杂规律变化的系统误差有着本质的区别。因为系统误差服从确切的函数关系,无论规律怎样复杂,如果多次重复测量,该规律仍然不变。随机误差却没有这种重复性。

3. 疏忽误差

在一定的测量条件下,测量值明显地偏离其真值(或实际值)所形成的误差称为疏忽误差,又叫做粗大误差。

产生这种误差的原因有二:其一,一般情况下,它不是仪器本身固有的,主要是在测量过程中由于疏忽造成的。例如测量者工作过于疲劳,缺乏经验,操作不当或工作责任心不强等造成的读错刻度,记错读数或计算错误。这是产生疏忽误差的主观原因。其二,由于测量条件突然变化,例如电源电压,机械冲击等引起仪器示值的改变,这是产生疏忽误差的客观原因。

凡确认含有疏忽误差的测量数据统称为坏值,应当剔除不用。

三、测量结果的评定

为了正确地说明测量结果,通常用准确度、精密度和精确度来评定,它们的意义如下。

1. 准确度

它指测量值与真值的接近程度。它反映了系统误差对测量的影响程度,系统误差小,则准确度高。

2. 精密度

它指测量值重复一致的程度。测量过程中,在相同的条件下用同一方法对某一量进行重复测量时,所测得的数值相互之间接近的程度,数值愈接近,精密度愈高。换句话说,精密度用以表示测量值的重复性,反映随机误差的影响。

3. 精确度

它既指测量值的重现程度,又指测量值与真值的接近程度。它反映了系统误差和随机误差综合影响程度。精确度高,说明准确度及精密度都高。意味着系统误差和随机误差都小。一切测量都应力求既精密又准确。可用打靶的例子说明上述3种情况,如图2-2所示。

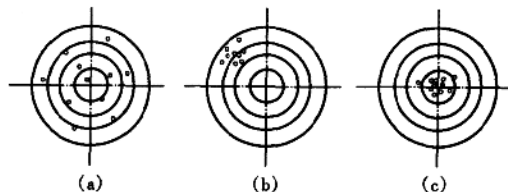


图 2-2 表示误差大小的 3 种情况

图 2-2(a)是准确度高而精密度低;图 2-2(b)是精密度高而准确度低;图 2-2(c)是精确度高。

根据上述误差来源、误差分类以及精确度之间的关系可以画出图 2-3。

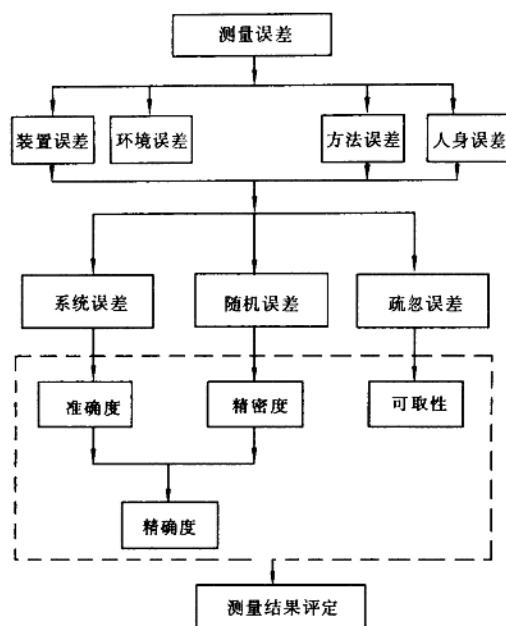


图 2-3 误差来源、分类及测量结果的关系

四、误差的表示方法

1. 绝对误差

它表示测量值 X 与真值 A_0 之差, 即

$$\Delta X_0 = X - A_0 \quad (2-1)$$

由于真值 A_0 一般无法求得, 故上式只有理论上的意义。通常采用上一级标准仪器的示值 A 作为实际值来代替真值 A_0 , X 与 A_0 之差称为仪器的示值误差, 习惯上也称绝对误差, 用 ΔX 表示, 记作:

$$\Delta X = X - A \quad (2-2)$$

定义与绝对误差大小相等、符号相反的量值为修正值 C , 即

$$C = A - X \quad (2-3)$$

在较准确的仪器中, 常常以表格、曲线或公式的形式给出修正值。在某些自动测量仪器中, 修正值可以先编成程序储存在仪器中, 在测量时仪器可以对测量结果自动进行修正。

修正值通常是在校准仪器时给出, 当测量时得到测量值 X 及修正值 C 以后, 由式 $C = A - X$ 就可以求出被测量的实际值。例如用某电流表测电流, 电流表的示值为 10mA, 该表在测定 10mA 刻度处的修正值为 +0.04mA, 则被测电流的实际值即为 10.04mA。

绝对误差及修正值是与给出值具有相同量纲的量, 绝对误差的大小和符号分别表示了给出值偏离真值的程度和方向。

2. 相对误差

绝对误差的表示方法有它的不足之处, 这就是它往往不能确切地反映测量的精确程度。例如测量两个频率, 其中一个频率 $f_1 = 1\,000\text{Hz}$, 其绝对误差 $\Delta f_1 = 1\text{Hz}$, 另一个频率 $f_2 =$