



Excel

在测量不确定度 评定中的应用

编著 范巧成

主审 李慎安



中国计量出版社

CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE



Excel 在测量不确定度 评定中的应用

编 著 范巧成
主 审 李慎安

中国计量出版社

图书在版编目(CIP)数据

Excel 在测量不确定度评定中的应用/范巧成编著. 北京:中国计量出版社,2003.8

ISBN 7-5026-1818-X

I.E… II.范… III.电子表格系统,Excel-应用-测量-不确定度-评价 IV.TB9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 060235 号

内 容 提 要

本书主要介绍了测量不确定度评定的意义与表示,与不确定度评定应用有关的 Excel 基本知识,Excel 在测量不确定度评定中的应用原理和各种电子表格的设计方法,按照本书提出的原理,给出了校准和检测两部分应用实例。在实例的选择上注重了专业的代表性,或是一些数学模型相对复杂,用传统方法评定有一定困难的实例,目的是介绍这种方法,引导大家使用这种方法,达到对测量不确定度的简化评定。

本书可供计量部门以及其他行业的校准和检测实验室工作人员借鉴和参考,可作为实验室认可评审员的参考资料,也可作为有关院校学习测量不确定度的参考书。

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲 2 号

邮政编码 100013

电话 (010)64275360

E-mail jilfxh@263.net.cn

北京市迪鑫印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

*

787 mm × 1092 mm 16 开本 印张 8 字数 175 千字

2003 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月第 1 次印刷

*

印数 1—3 100 定价:24.00 元

序 言

测量不确定度是与测量结果相联系参数。严格地说,无论校准实验室还是检测实验室,只要给出一个测量结果就应附以一个不确定度,以表示测量结果的质量。

对校准实验室,这个要求是理所应当的,因为用户要根据校准证书给出的示值误差以及该误差的不确定度,去评定它往下传递量值时的测量结果的不确定度。目前,国外校准实验室出具的校准证书确实是按此要求做的,国内的校准实验室也正在朝此目标努力。对检测实验室,当不确定度与检测结果的应用或有效性有关,或用户有要求,特别当不确定度影响到对标准或规范限值的符合性时,也应在检测报告上给出有关不确定度的信息。这种信息当然也应该是有一个检测结果就对应一个不确定度。

然而,要做到测量结果和不确定度一一对应,计算工作量很大而且容易出错。很多检测和校准人员就是因为怕麻烦,明知测量结果不确定度是要计及被校或被检样品的性能、状态以及它和装置的适配关系的,仍然笼统地提供整套校准或检测装置的不确定度,甚至给出自己也说不明白对应哪个量程的信息。

本书介绍的利用 Excel 电子表格处理测量结果的不确定度的方法可使问题迎刃而解。Excel 是人们经常使用的电子表格软件,用它进行涉及不确定度的有关信息处理,简单易行,值得推荐,希望广大校准和检测工作者尝试应用,定会收到事半功倍的实效。

中国计量科学研究院研究员 席德熊

2003 年 6 月

前 言

为了满足 ISO/IEC17025 和中国实验室国家认可委员会认可规则文件 CNAL/AR11:2002《测量不确定度政策》的要求以及各校准、检测实验室对测量不确定度评定的需求,帮助大家快捷地给出每一个校准、检测结果的测量不确定度,笔者就近两年对测量不确定度评定与表示的理解,以及对使用 Excel 电子表格辅助不确定度评定的探索和研究,编写了这本《Excel 在测量不确定度评定中的应用》。

本书主要介绍了测量不确定度评定的意义与表示,与不确定度评定应用有关的 Excel 基本知识,Excel 在测量不确定度评定中的应用原理和各种电子表格的设计方法,给出了校准和检测两部分应用实例。本书给出的实例为一些典型的和相对复杂的 Excel 应用实例,目的是介绍这种方法,引导大家使用这种方法,达到简化评定的目的。例如,实例 5.8 是相当复杂的,共有 10 个输入量 14 个计算公式,使用该方法后却变得十分简便。若某测量结果的不确定度随被测量的大小不同而不同,此时就可以根据数学模型的形式和具体的测量条件,将各不确定度分量汇总为一个 Excel 表格,利用它的计算功能来实现测量结果的合成标准不确定度及其有效自由度和扩展不确定度的计算,甚至将变化的不确定度分量与测量结果联系起来,输入不同的测量结果,即可快捷地得到最终测量结果的合成标准不确定度及其有效自由度和扩展不确定度,使给出每一个测量结果的不确定度变得简单易行,从而推动测量不确定度的评定和应用。

另外,通过设计好的 Excel 电子表格,可方便地改变某个不确定度分量的大小,来看合成标准不确定度或扩展不确定度的变化,据此可以获得在满足测量不确定度要求的情况下,如何去选择所用设备的准确度或不确定度,以及对环境条件的要求等,从而做到对测量系统的运作及测量方法的充分了解,为改进测量程序和准确度,以及对测量的哪些方面加以注意提供依据。

本书阐述的方法适用于所有需要进行测量不确定度评定的检测和校准工作。

本书由国家质量监督检验检疫总局教授级高级工程师,《JJF 1059—1999 测量不确定度评定与表示》主要起草人李慎安(已离休)老师担任主审工作。在编写过程中,中国计量科学研究院席德熊研究员给予了热情帮助和指导,同时还得到了山东省疾病预防控制中心张霞、辽宁鲅鱼圈出入境检验检疫局郑江、山东省计量科学研究所纪建英以及编者所在单位山东电力研究院娄爱中、张杏梅等诸位专家的帮

助和建议,在此表示衷心感谢!

由于时间仓促,加之学识有限,书中可能存在不少缺点错误,敬请批评指正。

编 者

2003 年 6 月

目 录

1	测量不确定度评定的意义与表示	(1)
1.1	评定测量不确定度的原因	(1)
1.2	《测量不确定度政策》(CNAL/AR11;2002)	(2)
1.3	测量不确定度在计量检定和校准中的作用	(3)
1.4	测量不确定度在符合性评定中的作用	(5)
1.5	测量不确定度的表示	(7)
2	Excel 知识概述	(10)
2.1	Excel 的工作窗口	(10)
2.2	基本操作	(11)
2.3	编辑工作表	(14)
2.4	工作表的格式	(15)
2.5	公式和函数的使用	(17)
2.6	在 Word 文档下插入 Excel 电子表格	(20)
3	Excel 在测量不确定度评定中的应用	(22)
3.1	Excel 在合并样本标准差计算中的应用	(22)
3.2	应用 Excel 计算合成标准不确定度及其有效自由度的原理	(26)
3.3	Excel 在不确定度分量的汇总及扩展不确定度计算中的应用	(38)
3.4	Excel 在线性最小二乘法校准的不确定度评定中的应用	(43)
3.5	应用 Excel 进行测量不确定度评定的步骤	(47)
4	校准不确定度评定的 Excel 应用实例	(49)
4.1	电能表示值误差测量结果的不确定度评定	(49)
4.2	电流互感器比值差、相位差测量结果的不确定度评定	(52)
4.3	直流高压高阻箱阻值测量结果的不确定度评定	(55)
4.4	数字式绝缘电阻表示值误差测量结果的不确定度评定	(57)
4.5	标准电阻阻值测量结果的不确定度评定	(60)
4.6	直流数字电流表示值误差测量结果的不确定度评定	(62)
4.7	数字多用表示值误差测量结果的不确定度评定	(65)
4.8	精密压力表示值误差测量结果的不确定度评定	(68)
4.9	工业铂热电阻温度计阻值测量结果的不确定度评定	(71)
4.10	二等标准水银温度计示值修正值测量结果的不确定度评定	(76)
4.11	(0.5 ~ 100) mm 3 等量块中心长度测量结果的不确定度评定	(79)

4.12	模拟式磁通表示值误差测量结果的不确定度评定	(82)
4.13	F ₂ 等(级)标准砝码质量测量结果的不确定度评定	(85)
4.14	标准玻璃量器容量衡量法测量结果的不确定度评定	(87)
5	检测不确定度评定的 Excel 应用实例	(91)
5.1	生活饮用水中总硬度测量结果的不确定度评定	(91)
5.2	聚氯乙烯树脂溶液粘数测量结果的不确定度评定	(94)
5.3	用原子吸收光谱法测定陶制品中镉溶出量的测量不确定度评定	(96)
5.4	氢氧化钠溶液浓度标定结果的不确定度评定	(101)
5.5	酸碱滴定结果的不确定度评定	(103)
5.6	标准溶液浓度稀释结果的不确定度评定	(105)
5.7	轻质燃料油总酸值测量结果的不确定度评定	(108)
5.8	冷气机性能试验结果测量不确定度评定	(110)
参考文献		(119)

1 测量不确定度评定的意义与表示

本章就评定测量不确定度的原因,我国的《测量不确定度政策》,测量不确定度在计量检定和校准中的作用,测量不确定度在符合性评定中的作用,以及在表达最佳测量能力和出具证书或报告时应如何表示测量不确定度等作一介绍。

1.1 评定测量不确定度的原因

评定测量不确定度的原因大致可从以下几个方面去理解:

(1) 测量不确定度的评定可使不同实验室或同一实验室内对同一量的测量结果作有意义的比较,或者使测量结果与技术规范或标准中所给出的参考值可作比较。这种信息的作用能由使用者来判断结果间的等效性,如差得不大则可避免作不必要的重复检测或校准。

(2) 在解释检测或校准结果时,需要考虑检测或校准结果的不确定度。例如,对不同批次材料的测量比较,如果测得的差仅仅是在检测程序的固有变化的范围内,则就表明特性或性能无实际差异。同样,如果产品特性的检测结果或测量仪器的校准结果与规定值之间的差在不确定度范围内,那么偏离规定值就不会大。

(3) 在某些情况下,可能认为检测或校准结果的测量不确定度小到不值得作正式评定。但是,这种不作正式评定的考虑,凭的是直觉,因此一旦提出疑问时,就不可能作出有说服力的回答。

(4) 有些类型的检测结果会有很大的不确定度,例如对本身特性很不一致的样品作检测。这种情况下,可断定比起样品变化的不确定度来,与测量有关的不确定度即使相对较大也可忽略。但是,除非作了测量不确定度评定,否则这种断定的有效性是无法保证的。

(5) 充分评定分量对测量不确定度的贡献还可以指明,为了改进测量程序和准确度,应该对检测或校准方法哪些方面加以注意。这也能提高对检测或校准方法原理的认识,其应用的实践经验会对方法确认起关键作用。

(6) 国家计量技术规范 JJF1033—2001《计量标准考核规范》规定,在填写《计量标准技术报告》时,要完成“测量不确定度评定”栏目的撰写。此处的“测量不确定度评定”是指在计量检定规程的条件下,用该计量标准对典型的被检定(或校准)对象,进行检定(或校准)时所得结果的不确定度,该不确定度中应包括被测对象和环境条件对测量结果的影响,并同时规定测量不确定度的评定方法原则上应依据国家计量技术规范 JJF1059—1999《测量不确定度评定与表示》的规定。涉及的计量术语应执行 JJF1001—1998《通用计量术语及定义》。如果国际上已公布某一领域的测量不确定度评定细则,则在该领域内的测量不确定度评定也可以按照该细则的规定进行。

(7) 对国际标准 ISO/IEC 17025《General requirements for the competence of testing and calibration

laboratories》的执行,现在对所有被认可的实验室评定并报告测量不确定度有一个普遍的要求。该标准要求各实验室“必须具有并应用评定测量不确定度的程序”。评定不确定度所需的严格程度,检测与校准实验室之间会有不同,在某些情况下,由于检测方法的性质,决定了无法从计量学和统计学角度对测量不确定度进行有效而严格的评定。尽管如此,仍然要求实验室应尽力找出所有的不确定度来源并作合理评定。

(8) 对产品的给定技术指标作出“合格”或“不合格”的结论时,要考虑测量不确定度的影响。

1.2 《测量不确定度政策》(CNAL/AR11:2002)

1.2.1 前言

(1) 中国实验室国家认可委员会(以下简称:认可委员会。英文缩写 CNAL)充分考虑目前国际上与合格评定相关的各方对测量不确定度的关注,以及测量不确定度对测量、试验结果的可信性、可比性和可接受性的影响,特别是这种影响和关注可能会造成消费者、工业界、政府和市场对合格评定活动提出更高的要求。因此,认可委员会在认可体系的运行中给予测量不确定度评定以足够的重视,满足客户、消费者和其他各有关方的期望和需求。

(2) 认可委员会在测量不确定度评定和应用政策方面将始终遵循国际规范的相关要求,与国际相关组织的要求保持一致,并在国际规范和有关行业制定的相关导则框架内制定具体的测量不确定度要求。

(3) 认可委员会注意到测量不确定度概念应用的时间不长。因此,认可委员会将按照“目标明确、重要先行、循序渐进”的原则,逐步开展测量不确定度的评定和应用。

1.2.2 要求

(1) 认可委员会在认可实验室的技术能力时,必须要求校准实验室和开展自校准的检测实验室制定测量不确定度评定程序并将其用于所有类型的校准工作,必须要求检测实验室制定与检测工作特点相适应的测量不确定度评定程序,并将其用于不同类型的检测工作。

(2) 认可委员会在认可实验室时应要求实验室组织校准或检测系统的设计人员或操作人员评定相关项目的测量不确定度,要求具体实施校准或检测人员正确应用和报告测量不确定度,还应要求实验室建立维护评定测量不确定度有效性的机制。

(3) 对于校准实验室,其测量不确定度的评定程序和方法应符合 JJF 1059—1999《测量不确定度评定与表示》中的有关规定,对用于校准和自校准所建立的计量标准和校准方法均须提供测量不确定度评定报告,对承担量值传递的标准和仪器设备应在其校准证书上报告测量不确定度。

(4) 检测实验室应有能力对每一项有数值要求的测量结果进行测量不确定度评定。当不确定度与检测结果的有效性或应用有关,或在用户有要求时,或当不确定度影响到对规范限度的符合性时,当测试方法中有规定时和认可委员会有要求时(如认可准则在特殊领域的应用说明中有规定),检测报告必须提供测量结果的不确定度。

(5) 检测实验室必须建立测量不确定度的评定程序。对于不同的检测项目和检测对象,可以采用不同的评定方法。

(6) 检测实验室在采用新的检测方法之前,应制定相关项目的测量不确定度的评定方法。

(7) 检测实验室对所采用的非标准方法,实验室自己设计和研制的方法,超出预定使用范围的标准方法以及经过扩展和修改的标准方法重新进行确认,其中应包括对测量不确定度的评定。

(8) 对于某些广泛公认的检测方法,如果该方法规定了测量不确定度主要来源的极限值和计算结果的表示形式时,实验室只要按照该检测方法的要求操作,并出具测量结果报告,即被认为符合本要求。

(9) 由于某些检测方法的性质,决定了无法从计量学和统计学角度对测量不确定度进行有效而严格的评定,这时至少应通过分析方法,列出各主要的不确定度分量,并作出合理的评定。同时应确保测量结果的报告形式不会使用户造成对所给测量不确定度的误解。

(10) 检测实验室测量不确定度评定所需的严密程度取决于:

①检测方法的要求;

②用户的要求;

③用来确定是否符合某规范所依据的误差限的宽窄。

(11) 为了便于用户比较实验室的能力和水平,对于一般应用,扩展不确定度应对应 95% 的置信水平。在表述实验室的能力时,一般采用最佳测量能力,即根据日常校准或检测系统,被校或被测样品接近理想状态时评定的最小测量不确定度,在校准证书或检测报告上应出具测量结果的不确定度。

1.3 测量不确定度在计量检定和校准中的作用

1.3.1 检定和校准的区别

(1) JJF1001—1998《通用计量术语及定义》中给出的检定的定义为:“查明和确认计量器具是否符合法定要求的程序,包括检查、加标记和(或)出具检定证书。”

检定是法制计量工作中计量器具控制的重要组成部分。它的对象是法制管理范围内的计量器具。由于各国的管理体制不同,法制计量管理的范围也不同。我国早在 1987 年由国家计量局发布《中华人民共和国依法管理的计量器具目录》共分十二大类上千种;同年,国务院发布了《中华人民共和国强制检定的工作计量器具目录》,即用于贸易结算、安全防护、医疗卫生、环境监测四个方面的工作计量器具 55 项,国家计量局又发布了明细目录共 111 种;1999 年,国家质量技术监督局根据国务院的授权又增补了 4 项 6 种。此外,在我国社会公用计量标准,部门和企业、事业单位的各项最高计量标准器要实行强制检定。这些就构成了我国计量器具检定的对象。

随着我国改革开放及经济的发展及加入 WTO 后,法制计量的范围将随之调整,今后要强化检定的法制性,属强制检定的计量器具实施检定,非强制检定的计量器具可采用校准、比对等方式达到统一量值、溯源的目的。请留意并关注国家对法制计量范围的调整。

检定的依据是计量检定规程。我国《计量法》第十条规定“计量检定必须按照国家计量检定系统表进行。国家计量检定系统表由国务院计量行政部门制定。计量检定必须执行计量检定规程。国家计量检定规程由国务院计量行政部门制定。没有国家计量检定规程的,由国务院有关主管部门和省、自治区、直辖市人民政府计量行政部门分别制定部门计量检定规程和地

方计量检定规程,并向国务院计量行政部门备案。”

定义中指出检定包括检查、加标记和(或)出具检定证书。其中检查是“为确定计量器具是否符合该器具有关法定要求所进行的操作”。计量器具的法定要求分为三类:计量要求、技术要求和行政管理要求,具体操作是对其进行计量检查;确定计量器具的误差及其他计量特性。如测量不确定度、示值误差、准确度等级;稳定性、重复性和漂移;读数装置分辨力、分度值;电磁干扰敏感度等。技术检查:为满足计量要求而必须具备的结构、安装要求,读数的可见性,是否存在欺骗的可能等。行政检查:包括标识、铭牌、型式批准、检定标记、许可证标记、有关证书及有效期、密封、锁定和其他计量安全装置的完整性、检定、修理和维护记录等。上述三方面的检查也可称为检定的三分量。通过检定必须作出合格与否的结论,并加标记和出证书。合格的发给检定证书,不合格的发给不合格通知书。

(2) JJF1001—1998《通用计量术语及定义》中给出的校准的定义为:“在规定条件下,为确定测量仪器或测量系统所指示的量值,或实物量具或参考物质所代表的量值,与对应的由标准所复现的量值之间关系的一组操作。

“注:

“①校准结果既可给出被测量的示值,又可确定示值的修正值。

“②校准也可确定其他计量特性,如影响量的作用。

“③校准结果可以记录在校准证书或校准报告中。”

该定义的含义是:

①在规定的条件下,用一个可参考的标准,对包括参考物质在内的测量器具的特性赋值,并确定其示值误差;

②将测量器具所指示或代表的量值,按照校准链,将其溯源到标准所复现的量值。

校准的目的是:

①确定示值误差,并可确定是否在预期的允差范围之内;

②得出标称值偏差的报告值,可调整测量器具或对示值加以修正;

③给任何标尺标记赋值或确定其他特性值,以及给参考物质特性赋值;

④确保测量器具给出的量值准确,实现溯源性。

校准的依据是校准规范或校准方法,可作统一规定也可自行制定。校准的结果记录在校准证书或校准报告中,也可用校准因数或校准曲线等形式表示校准结果。

(3) 校准和检定的主要区别

①校准不具法制性,是企业自愿溯源的行为。检定具有法制性,是属法制计量管理范畴的执法行为。

②校准主要用以确定测量器具的示值误差。检定是对测量器具的计量特性和技术要求的全面评定。

③校准的依据是校准规范、校准方法,可作统一规定也可自行制定。检定的依据必须是检定规程。

④校准不判断测量器具合格与否,但需要时,可确定测量器具的某一性能是否符合预期的要求。检定要对所检的测量器具作出合格与否的结论。

⑤校准结果通常是出具校准证书或校准报告。检定结果合格的出具检定证书,不合格的出具不合格通知书。

从国际上多数国家看,检定是属于法制计量范畴,其对象主要是强制检定的计量器具,而大量的非强制检定的计量器具,为确保其准确可靠,为使其测量结果具有溯源性,一般通过校准来保证。因而,校准是实现量值统一和准确可靠的重要途径。实际上,校准一直起着这个作用,只是以前在我国没有明确地确定它在量值传递及量值溯源中的地位,而一直由政府统一管理,仅仅采用检定作为惟一合法的方式。这已不适应目前经济和技术发展的需要。此外,根据校准的定义,它可以直观地理解为是确定示值误差及其他计量特性的一组操作,所以在实施检定的计量性能检查中就包含着校准。校准是检定的基础,检定离不开校准。

1.3.2 测量不确定度在检定和校准中的作用

从以上比较可以看出,检定和校准即有区别又有联系,校准是检定的基础,检定离不开校准。假定测量仪器的最大允许示值误差为 $\pm a$,示值误差的测量扩展不确定度为 U_95 ,则:

对于检定,一般要求 $U_95 \leq \frac{1}{3} \text{MPEV}$ (MPEV——测量仪器最大允许示值误差 MPE 的绝对值)。

当按规定进行检定, $U_95 \leq \frac{1}{3} \text{MPEV}$ 时,检定出的示值误差不大于最大允许示值误差即可判为示值误差合格,不考虑误判区。

对于校准,没有规定测量不确定度与被校准仪器最大允许示值误差之间的关系,但一般要求在校准证书中给出校准结果的不确定度,仪器使用者根据报告中给出的实际值或修正值(校准结果)及其测量不确定度,确认测量仪器能否满足使用要求。对于加修正值使用的情况,在进行测量不确定度评定时,修正值的测量不确定度应作为一个分量来考虑。

1.4 测量不确定度在符合性评定中的作用

1.4.1 被测量 Q 在两个实验室进行测量,所得测量结果 q_1 与 q_2 之差与其扩展不确定度 $U(q_1)$ 和 $U(q_2)$ 之间的关系

在 GB/T15483.1—1999《利用实验室间比对能力验证》第一部分“能力验证计划的建立和动作”中的附录 A 给出了“处理能力验证数据的统计方法举例”。所谓实验室间比对,该 GB 定义为:“按照预先规定的条件,由两个或多个实验室对相同或类似检验物品进行检测的组织、实施和评价。其中,为一个检测物品提供参考值的实验室称为参考实验室,它所给出的 Q 之最佳估计值称为参考值 q_{ref} ,其扩展不确定度为参考扩展不确定度 U_{ref} 。设 q_i 为第 i 个实验室对 Q 所测量出的值其扩展不确定度为 $U_{\text{lab}i}$,则

$$|q_{\text{ref}} - q_i| / \sqrt{U_{\text{ref}}^2 + U_{\text{lab}i}^2} = E_n \leq 1$$

时被认为是满意的,否则不满意。”

该 GB 没有指明上述扩展不确定度 U 的包含因子 k 之值,但按一般规律(《JJF1001—1998》、《JJF1033—2001》)用 $k=2$ 。

对于不存在参考实验室的任两个实验室之间的测量结果 q_1 与 q_2 之间的差 $\Delta = q_1 - q_2$,按不确定度传播律,其差的扩展不确定度 $U(\Delta)$ 等于 $\sqrt{U^2(q_1) + U^2(q_2)}$ (k 均为2)。如自由度均足够大,也可以是置信概率 p 均为95%。即被测量 Q 两次测量结果 q_1 与 q_2 之差与其扩展不

确定度 $U(q_1)$ 和 $U(q_2)$ 之间的关系应满足:

$$|q_1 - q_2| / \sqrt{U^2(q_1) + U^2(q_2)} \leq 1$$

1.4.2 不确定度基本相同的多个实验室间比对应满足的关系

不确定度基本相同的多个实验室间进行比对, 设其扩展不确定度为 U (k 为 2), 多个实验室对同一被测量进行测量所得结果的平均值为 $\bar{q}$, 某个实验室的测量结果为 q_i , 则比对结果应满足下述关系:

$$|q_i - \bar{q}| \leq \sqrt{\frac{n-1}{n}} U$$

式中: n ——参加实验室个数 (n 应充分大, 一般不得小于 10)。

1.4.3 不确定度在产品接收中的应用

对于产品为保证质量, 其参数应在一定范围 $[x, z]$ 内, 但参数通过测量得出, 测量结果又有不确定度, 故测得参数的实际值比测得值可能大些或小些, 因此考虑到测量不确定度, 应将参数范围调整。

若测量的扩展不确定度为 U , 则测得参数 μ 的实际值为 $\mu - U$ 至 $\mu + U$ 。故考虑到测量不确定度, 参数的接收范围为:

紧限: $[x + U, z - U]$; 松限: $[x - U, z + U]$; 在 $[x - U, x + U]$ 和 $[z - U, z + U]$ 为误判区。

从图 1—1 可以直观地看出: 图示 1 为规范区间, 2 为合格区间, 3 为不确定区间, 4 为不合格区间。

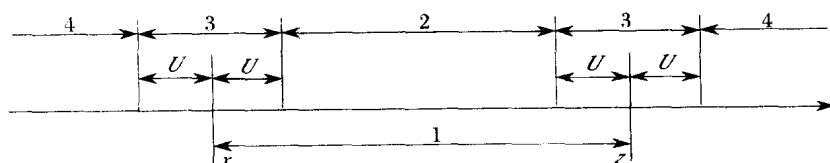


图 1—1 双侧检验

上述情况为双侧检验, 下面还有两种情况的单侧检验。

(1) 若参数 μ 应在的范围为 $(-\infty, z]$, 即规定 μ 的上限为 z , 则考虑测量不确定度后, 参数接收范围应为:

紧限: $(-\infty, z - U]$ 即不大于 $z - U$; 松限: $(-\infty, z + U]$ 即不大于 $z + U$ 。在 $[z - U, z + U]$ 为误判区。

从图 1—2 可以直观地看出: 图示 1 为规范区间, 2 为合格区间, 3 为不确定区间, 4 为不合格区间。

(2) 若参数 μ 应在的范围为 $[x, +\infty)$, 即规定 μ 的下限为 x , 则考虑测量不确定度后, 参数接收范围应为:

紧限: $[x + U, +\infty)$ 即不小于 $x + U$; 松限: $[x - U, +\infty)$ 即不小于 $x - U$ 。在 $[x - U, x + U]$

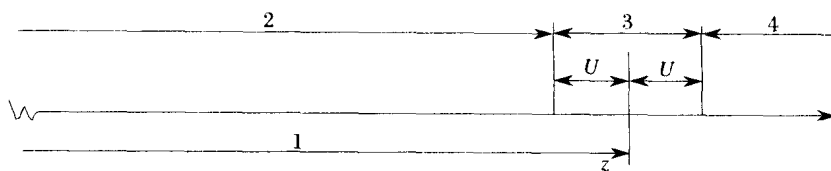


图 1—2 单侧检验

U]为误判区。

从图 1—3 可以直观地看出:图示 1 为规范区间,2 为合格区间,3 为不确定区间,4 为不合格区间。

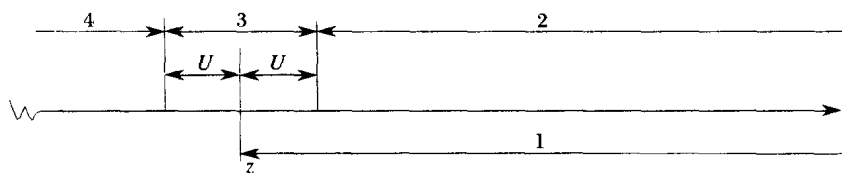


图 1—3 单侧检验

1.4.4 不确定度在认可数据中的应用

作为认可时,对于上述的双侧检验和两种情况的单侧检验,我们用紧限作为合格的判别。

1.5 测量不确定度的表示

1.5.1 在表达最佳测量能力时测量不确定度的表示

(1) 什么是最佳测量能力

JJF1001—1998《通用计量术语及定义》中给出了校准测量能力的定义:

“通常提供给用户的最高校准测量水平,它用包含因子 $k=2$ 的扩展不确定度表示。

“注:有时称为最佳测量能力。”

《测量不确定度政策》(CNAL/AR11:2002)中规定:“为了便于用户比较实验室的能力和水平,对于一般应用,扩展不确定度应对应 95% 的置信水平。在表述实验室的能力时,一般采用最佳测量能力,即根据日常校准或检测系统,被校或被测样品接近理想状态时评定的最小测量不确定度。”

最佳测量能力是用以确定认可实验室能力的参量之一,通常在其认可的能力表中列出。它是认可实验室指南中所引用的最基本信息之一,可以被实验室的潜在用户来判断实验室能否适合作实际测量。

最佳测量能力的给出意指在它认可的活动范围内,实验室不能宣称有比最佳测量能力还小的测量不确定度。在它的正常活动中,一般应要求实验室说明这时的不确定度比相应最佳

测量能力的不确定度大。

(2) 如何表示最佳测量能力

为便于用户比较,按照《测量不确定度政策》(CNAL/AR11:2002)中的规定,对于一般应用,扩展不确定度应对应 95% 的置信水平。当扩展不确定度是个常数时,即其值不随被测量的量值大小变化而变化,或者相对扩展不确定度是个常数,则可直接用该常数来表示。否则在表述实验室的最佳测量能力时,应给出测量范围及对应于该范围的扩展不确定度范围。国家认可委有统一规定的,按统一规定给出。

1.5.2 在用户报告中测量不确定度的表示

(1) 测量不确定度在检定证书中的表示

对于检定,一般要求测量扩展不确定度 $U_{95} \leq \frac{1}{3} \text{MPEV}$ (MPEV——测量仪器最大允许示值误差的绝对值),也就是说测量不确定度是相对较小的。目前,在我国现行的一些检定规程中,有的在检定证书的内容格式中规定了对测量不确定度的描述,有的没有规定对测量不确定度的描述,有些低等级的计量器具规定在证书中不给出测量结果,当然也就没有再给出测量不确定度的必要。究竟在证书上如何给出和给出什么,应按有关规程规定处理。

(2) 测量不确定度在校准证书中的表示

在校准证书中,应给出校准值及其不确定度,这是符合《JJF1059—1999》中 8.2 节的要求的:“证书上的校准结果或修正值应给出测量不确定度。”以及符合本章 1.2 节中所述的《测量不确定度政策》(CNAL/AR11:2002)要求(3)“对承担量值传递的标准和仪器设备,应在其校准证书上报告测量不确定度”和要求(11)“在校准证书或检测报告上应出具测量结果的不确定度”。

由于测量不确定度概念在我国应用的时间不长,目前国内出具的一些校准证书,对测量不确定度的报告也存在许多版本。例如:

①有给计量标准或测量装置的不确定度的,如某电子式电能表校准证书中,给出的校准结果不确定度的描述:“校准用计量标准的扩展不确定度 $U = 0.010\%$, $k = 2$ 。”

又如某交流电压电流功率表校准证书中,给出的校准结果不确定度的描述:

“测量所用标准的不确定度为:三相三线:0.008% ($k = 3$)

三相四线:0.012% ($k = 3$)

单相:0.005% ($k = 3$)

电压电流:0.005% ($k = 3$)”

②有给典型值的测量不确定度的,如某兆欧表端电压测试仪校准证书中,对校准结果不确定度的描述给出了“测量结果的不确定度:电压值为 1 kV $U = 0.004 \text{ kV}$ ($k = 2$)”。

③有给的测量结果的不确定度过小的,如某低频频率计校准证书中给出的校准结果为:

单位:Hz

频率标准值	被测频率显示值
10	10.000
50	50.000
100	99.999

续表

频率标准值	被测频率显示值
200	200.00
500	500.00
1 000	1 000.0
2 000	2 000.1
5 000	5 000.0

对校准结果不确定度的描述给出了“测量结果的不确定度： $U_{\text{rel}} = 1 \times 10^{-6}$, $k = 3$ ”。显然从校准结果看,给的这个测量结果的不确定度过小了,因为对于 10 Hz,由被校频率表示值分辨力产生的标准不确定度为 $u = 0.001 \text{ Hz}/\sqrt{3} = 0.00058 \text{ Hz}$,相对标准不确定度为 $u_{\text{rel}} = 5.8 \times 10^{-5}$;对于 100 Hz,由分辨力产生的相对标准不确定度为 $u_{\text{rel}} = 5.8 \times 10^{-6}$ 。

④有描述不清的,如某绝缘耐压测试仪检定/校准证书中给出了输出电压、击穿电流、绝缘电阻和时间控制的校准结果,对校准结果不确定度的描述给出了“测量结果的不确定度： $U = 0.8\%$ $k = 2$ ”。这里并没有说明是哪一个参数的,实际上是给的输出电压和击穿电流的。

上述表述中,①和②在测量不确定度应用初级阶段还是可行的,至少提供了校准结果可靠性的一些信息,但这些信息也是不完整的,因为在不同的测量范围和不同的功率因数下,装置的不确定度也可能存在较大差异。③和④则容易给用户造成误解。

因此,为了完整地表述校准结果的不确定度和符合《测量不确定度政策》(CNAL/AR11:2002),在校准证书中可按如下几个原则来表述校准结果的不确定度:

①最理想的表述就是给出每一个校准结果的不确定度。

②对于有相同不确定度的可一起进行描述。

③对于不确定度相差不大的(如不足 1/10),可给出一个较大的不确定度。

如直流电阻箱的校准结果,同一个测量盘的测量不确定度相差不大,可只给出最大的作为该盘的测量不确定度,但各测量盘之间可能相差较大,应分别给出。

对于一般应用,报告的扩展不确定度应对应 95% 的置信水平。

(3) 测量不确定度在检测报告中的表示

本章 1.2 节中所述的《测量不确定度政策》(CNAL/AR11:2002)要求(4)规定:“当不确定度与检测结果的有效性或应用有关,或在用户有要求时,或当不确定度影响到对规范限度的符合性时,当测试方法中有规定时和认可委员会有要求时(如认可准则在特殊领域的应用说明中有规定),检测报告必须提供测量结果的不确定度。”报告的扩展不确定度应对应 95% 的置信水平或用包含因子 $k = 2$ 的扩展不确定度表示。要求(8)规定:“对于某些广泛公认的检测方法,如果该方法规定了测量不确定度主要来源的极限值和计算结果的表示形式时,实验室只要按照该检测方法的要求操作,并出具测量结果报告,即被认为符合本要求。”