**JJF1059.1《****测量不确定度评定与表示》修订
（征求意见稿）编制说明**

规范起草组

二〇二五年八月

**《测量不确定度评定与表示》修订
编制说明**

**一、任务来源**

本校准规范的修订任务于2022年1月向全国测量不确定度计量技术委员提出，2022年7月获得质检总局批复并下达了修订任务，批准号：市监计量发〔2022]70号。

**二、制订背景、目的与意义**

测量不确定度是表示测量结果的关键参数。等效采用由国际计量局和国际标准化委员会等8个国际组织共同制定的JCGM 100-2008 Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement（简称GUM2008，等同于ISO/IEC GUIDE98-3 2008）的JJF1059.1-2012是计量工作的基础性通用计量技术规范，也是JJF1059系列中最基础的规范。JJF1059.1-2012发布实施后对在我国特别是计量领域实施和推广测量不确定度评定国际指南发挥了重要作用，成为计量工作者必须学习并掌握的技术规范之一。

随着研究和应用的不断深入，逐渐认识到不少需要对JJF1059.1-2012改进之处和计量技术规范审查中反映出的有关JJF1059.1-2012文件及相关培训效果的典型问题。因此，需要及时修订JF1059.1-2012，以使JJF1059.1对重要概念的阐述更全面、更准确和易于理解，评定方法更贴近实际应用，规定更加简明和统一，增加示例以助对方法的理解，并更正发现的表示不当之处。

**三、主要参加单位及工作组成员**

 作为参加起草单位成立起草组，落实规范编写，人员如下表所示：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **姓名** | **职称** | **工作单位** |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

**四、规范修订原则**

起草组在该规范的修订中，力求按以下原则完成规范的起草工作：

（1）等效采用国际标准GUM。

（2）兼容JJF1059.1框架避免较大调整。

（3）增强概念和方法表述的清晰和严谨。

**五、技术依据**

在编制过程中，重点参考了以下标准和技术规范：

GUM

GUM-1, GUM-5CD

VIM､VIML

JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》

有关国标

参考JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》及其修订稿中关于格式的规定。

**六､重要或涉及全文的问题说明**

6.1 等效采用国际标准GUM和兼容JJF1059.1框架避免较大调整

GUM原文与我国计量技术规范读者熟悉的框架有较大差异，所以与JJF1059-1999、JJF1059.1-2012和JJF1059.2-2012均选择等效采用方式。而且已对JJF1059进行了大量推广培训，为大量使用者所熟悉，因此本次修订仍选择等效采用方式｡

修订将在原有版本基本上与GUM国际标准等效的基础上，加强与GUM国际标准的等效程度｡除有意修改之处，尽量减小或减少与GUM国际标准的偏差，以减小新规范的学习、培训和使用推广成本｡

本次修订，对GUM原文中少量概念不严谨之处，和JJF1059.1-2012及早期的JJF1059-1999引用的JJF1001部分相关术语的概念严谨性做了必要的改进。

6.2 增强测量不确定度与评定的概念和方法表述的清晰和严谨性

1）强调真值概念与测量不确定度概念的关系。这些观念在GUM和VIM中都有体现，但在之前的JJF 1059版本中强调不够，已造成读者的误解；

2）强调统计学概念与测量不确定度概念之间的异同；

3）在概念和方法上区分对被测量定义的不确定度和测量引入的不确定度的处理方法；

4）不推荐A类不确定度和B类不确定度的习惯表述，避免基于A、B类评定的不确定度来源划分方式或暗示以及符号*u*A、*u*B的使用；

5）取消计算标准偏差的沿用老版本的极差法。理由：（1）信息利用率低，在计算机时代计算简单的优势不突出；（2）其无偏估计特点与基于有效自由度的Up计算方法有概念冲突；（3）给出的极差系数表仅适用于正态分布或t分布，而贝塞尔公式无分布限制；（4）非GUM中的方法。

6）贝塞尔公式的相关表达：通用公式符号普适化。

（1）鉴于A类评定方法适应场合的广泛性，通用实验标准偏差的概念公式中的数据变量符号，由通用测量模型中的符号，改为与GUM一致，即*s*($q\_{k}$)。

（2）在A类评定方法部分，按不确定度来源的不同属性，分别给出在应用中的概念和公式差异。

平均值的实验标准偏差。除以根号n方法的限定条件。

7）测量结果表达方式中，对扩展不确定度表达方式由4种简化为2种。调整后与GUM一致。

6.3 补充并调整了部分示例。

6.4 按JJF1071规定对公式和表格编号，如公式A.2改为A-2，表F.3改为F-3。

6.5 规范名称调整

根据计量司的新规定，技术委员会已申请将规范名由“测量不确定度评定与表示技术规范”改为“测量不确定度评定与表示技术规范”。

**七､修改的主要具体内容**

*关于标注的说明*

在征求意见稿中，为便于与2012版比较，修改之处用蓝色字体标注。

2012版修改单更正内容用橙色字体标注。

章以下编号为JJF 1059.1-2012中的编号。斜体为*标题。*

*引言*

根据修订做了相应调整。

*1范围*

调整了JJF1059.1的作用和适用性的表述。总体上为三个递进的层次：测量不确定度的作用，测量不确定度评定与表示的通用方法及其应用领域

1) 参考GUM-1 2.5的有关表述，最前面增加了体现测量不确定度的重要作用的10方面需求。

2) 原a)调整为b)，原“适用”改为“应用”。这里讲的应用领域，不是数学原理是否成立的适用性。参考GUM原文，增加了6）生产过程的质量保证以及产品的检验和测试。7）[原6）]中增加了执法领域。

3) 原b)和c)合并为c)，微调原表述,并增加了本规范是基于测量不确定度传播律的表述。相应地，在d)中，说明的JJF1059.2采用的方法，以更明确地体现两规范的核心差异。

4) 在d)中，在新增对不确定度传播律的测量不确定度评定方法的要点的概述之后，将原适用性表述改为不满足上述(适用)条件时的建议。适用条件中的3)关于测量模型线性的要求提前到2)，因为该假设是采用传递输入量估计值和应用不确定度传播律公式计算合成标准不确定度的要求，而原来的2)是在此基础上进一步计算扩展不确定度所需的假设条件.同时调整对测量模型线性的表述，使之更准确和严谨。

5) 原表述中的部分"适用"改为"应用"。因为广泛应用的领域并不对应该方法必然适用。

*3 术语和定义*

规范中采用了不少JJF1001-2011中的术语和定义。但JJF1001-2011的定义需做较多修改，面临修订。本修订稿目前基本上采用与JJF1001-2011保持一致的原则，所做部分调整仅为与测量不确定度密切相关的必要内容。

3.2 *量的真值*，新增术语和定义

真值概念对于读者正确理解对测量不确定度及相关概念的理解是非常重要的。本规范采用JJF1001中的定义，并对注做了一些调整。其中，注1只给出“不确定度方法”的观念，删除了qitaliang种方法的不同观念，以免误解。参考GUM 3.1.3的内容，增加了有助于上述概念深入理解的注4。

在术语“测量结果”和“测量不确定度”的注中，也相应增加了一条与真值关系的说明。特别是本规范未全面包含GUM原文中的第三章Basic concepts和附录 D “True” value, error, and uncertainty的系统性说明的情况下，在本规范的术语和定义和下文相关表述中强调这一点尤为重要。

3.3 *影响量*，新增术语和定义

有助于对不确定度来源和测量模型的理解，并区分与输入量概念的异同。

采用JJF1001（VIM3）中的概念，而与VIM3基本上同期发布的GUM的术语，多采用VIM2的概念，在实践中会引起用词概念的歧义。

3.12 *方差*，新增术语和定义

与术语“协方差”和“相关系数”的定义相对应，本术语给出方差在统计学中的概念。采用GUM中C.3.2的统计学定义。但注2中的公式中的随机变量z改为与3.10术语“实验标准偏差”公式中已知的符号q。

增加了注3，以说明注2中公式的适用性。

3.13 *标准偏差*，新增术语和定义

采用GUM附录C.3.3中的定义，定义句中补充了“反映随机个体间相对于期望的平均离散程度”。标准偏差的定义尽管形式简单，但其定义中使用术语“方差”。这对不熟悉方差概念的读者而言，并不易懂。因此，也增加了术语方差的定义。参考了名词委“术语在线”中多学科的标准偏差定义，给出更基础和适用性广的概念表述（不受限于平均值）。

3.14 *实验标准偏差*，修改定义

修改了“实验标准偏差”的定义，使之与测量和不确定度评定的应用场景相适应。

原定义定义受限于：i）对同一被测量（恒定量值）的测量；ii）将平均值作为恒定期望的估计。且原定义隐含了测量结果之间的分散性仅由测量误差引起之意，而测量不确定度的来源不仅包含测量误差的来源，也包含定义的不确定度（被测量自身的变化或差异）。

其次，实验标准偏差是标准偏差的估计值。如果前者仅用多次测量来定义，则暗示了标准偏差仅对应于无穷多次测量。而标准不确定度本身也是标准偏差，是一次测量认识到的真值的可能取值的标准偏差。在一定程度上受实验标准偏差原定义的影响，不少读者误认为测量不确定度是描述多次测量结果之间分散性的参数。

因此，本次修订，增加了术语“标准偏差”；与之对应地修改了在测量中实验标准偏差的定义。修改后的定义在适用原有的重复测量基础上，也更广泛地适用于对被测对象的分布测量、不稳定的被测量的测量等重要的场景。

2012版注3（即GUM原文中的$s(\overline{q})=s(q\_{k})/\sqrt{n}$，以及2012版引用的JJF1001-2010）。该公式对（统计学）恒定期望的随机变量成立，但对测量，可能不成立。本次修订，限定了注3的适用条件。详见修改后的4.3.2标准不确定度的A类评定。其中4.3.2.4 平均值的实验标准偏差，给出通用计算方法，限定了平均值的实验标准偏差简化计算方法的应用，说明其局限性。

3.16 测量不确定度，修改定义

定义中“表征赋予被测量值分散性”改为“表征赋予被测量的值的分散性”，以强调这里的“值”是真值的概念。

增加注1：定义中的“赋予被测量的值(the quantity values being attributed to a measurand)”是对被测量的（真）值的认识，即被测量（真）值的一组可能取值；“分散度”指这组可能取值的分散度，即不确定程度。被测量的值，即为被测量真值的概念，见3.2量的真值 的注3。

3.23 *包含区间*，修改定义

在定义中增加了用词“赋予”，使得修改后的定义与3.12的定义相协调，表示对测量结果的描述，而不是对客观真值得描述。“一组值”改为“全部可能值”，（1）一组改为全部（the set，全集之意），使得所述概率有确定意义；（2）表示为全部可能值后，以说明概率包含的值，才与测量不确定度定义中的“赋予被测量的值（values）”的概念相对应。

3.20 *包含概率*，修改定义

改为“赋予被测量的全部可能值包含在包含区间内的概率”。

（1）部分修改理由见上一条术语“3.19 包含区间”。

（2）弱化“规定的”。VIM原文定义中的specified有具体的之意。在不确定度评定中，给出的包含通常是根据给定包含概率确定的，而不是反之。

3.22 测量模型，修改定义

根据定义原文，测量中涉及的所有已知量，改为测量中已知涉及的所有量。

3.23 *测量函数*，修改定义表述。

3.28 *测量模型中的输入量*，微调定义表述。

改进了定义句的表述，使中文语法更规范。避免了用其指代后面的量，和“或”的两个主体在理解上的歧义。

3.30 *定义的不确定度*，微调定义表述。

采用意译，将“有限”改为不充分。注2，根据原文，改为“用于测量不确定度的B类评定”。

333 不确定度汇总，修改术语命名和定义。

将“不确定度报告uncertainty budget”改为不确定度汇总。其合理性体现在：（1）不确定度的报告（reporting）的内容可繁可简，与budget并不完全对应。（2）GUM原文未出现budget一词。而budget对应的很多中文中词都有强烈的项目制定前所定方案之意或暗示。而在测量不确定度评定中无这方面的限定，不确定度评定可能是多次修改提升的过程。

相对而言，汇总（表）将本概念与测量不确定度评定与报告的实践中常用的表达方式相联系。

3.35 *自由度*，微调注的表述。

注3举例中的测量次数为10，改为9，使得计算更简单，结果容易记忆。

3.36 *协方差* 和 3.37 *相关系数*，修改注。

在原有的统计学定义之后，增加了澄清统计学的基于随机误差模型的术语概念与测量应用中术语概念的本质差异的内容。前者的随机量为每一次测量中的各种可能取值，而多次测量的偏差（残差）只能在侠义的测量环节部分地反映前者中的可能取值，其适用性与前者不同，会受到很多限制。

相应修改了原来的注，增加了以多次测量场景下的一组测得值代替统计学公式中的一个测量结果中的可能取值的适用条件。

删除了多次测量的平均值的协方差公式。该公式不正确，但GUM在C.3.4 Covariance的Note中也给出了类似的公式。在统计学随机误差模型下，协方差作为一种共同效应的产物，并不能通过n次取样的平均减小到原来的1/n；在测量应用中，其对应的标准不确定度通常也不能通过n次测量取平均减小到原来的$1/\sqrt{n}$。

上述修改对澄清概念和避免概念、公式的误用，保证测量不确定度评定方法的正确使用是必要的。GUM原文中，统计学概念是以独立于测量应用背景给出的，而两者的公式尽管形式相同，但其概念之间存在隐含在逻辑上的跳跃（即存在适用性差异），易引起误解和误用。

将“相关系数”中的注的2）和3）提前到1）和2）。

*4 测量不确定度的评定方法*

*4.1 测量不确定度来源分析*

在4.1.1中，将“还存在由随机效应导致的不确定度和由于对系统效应修正不完善导致的不确定度”，改为“还存在由于对系统效应修正不完善导致的不确定度。某个或某些系统效应中的随机表现也称为随机效应。因此，”。

在4.1.2中，将导致测量不确定度的许多可能来源，改为“来源包括”。j）中，“在相同条件下”改为“在近乎相同条件下”。

4.1.4 中，将测量不确定度评定中应剔除离群值的内容，改为：尽管测得值中的离群值（异常值）可通过对数据的适当检验后进行剔除，但严谨的测量不确定度评定，应对离群值为失误或突发因素所致做分析确认。

*4.2 测量模型的建立*

4.2.1的表述根据GUM整了表述。补充了注。

4.2.2[原4.2.2和4.2.3的内容]，根据GUM原文4.1.2改写。其中公式3的相关内容改为注，删除公式4的相关内容

4.2.3[原4.2.4], 根据GUM原文的4.1.2第1段调整了表述。第二句，将“”改为“其中，在某些对测量有影响的量难以用物理原理写出与被测量的函数关系的情况下，这部分可用实验方法确定（如用实验方法计算输出量对该量的灵敏系数），或仅以必需的数值算法形式给出。”。GUM原文4.1.2中用实验方法确定的不是整个测量模型函数关系，举例提到的原文5.1.4讲的是实验方法确定灵敏系数。如果测量模型完全用实验方法确定，就不能提现与被测量定义的关系，难以评定测量不确定度。

4.2.4[原4.2.5]，增加GUM原文4.1.2中的举例说明。

4.2.6[原4.2.7]。

4.2.7[原4.2.8]，改进关于GUM法的测量模型线性要求的表述，澄清为使用不确定度传播律的区域近似线性要求，而非测量模型的函数线性；将增加高阶项由必需改为考虑可能性。

4.2.8[原4.2.9, GUM原文4.1.4]。表述有调整。

*4.3 标准不确定度的评定*

 文中，1）将Ａ类(或B类)标准不确定度的表述统一改为Ａ类(或B类)评定的标准不确定度。2）用观测值表示一次取值，用估计值表示一组观测值的最佳估计值，测得值只用于表示测量结果（含所有修正）。

*4.3.2 标准不确定度的A类评定*

删除了原文的4.3.2.3 极差法。极差法不是GUM中的方法。给出的极差系数表只适用于正态分布，而贝塞而公式无此限制，且信息利用率更高。在计算机时代，极差法计算简单的优势显著降低。

GUM原文和JJF1059.1-2012中提及的标准不确定度A类评定只涉及测量重复性引入的不确定度。本次修订，明确了A类评定可用于更广的范围。实际上，源信号或影响量的波动、均匀性、稳定性的统计表征都可以采用A类评定。

平均值的标准偏差的计算本次修订，根据被平均的样本变化因素主要是测量引入的因素还是被测对象（被测量）本身的属性，说明应采用不同的计算方法。

4.3.2.1 *计算实验标准偏差的贝塞尔公式法* [原4.3.2.2]，结合GUM原文4.2.1 和4.2.2，进行适当删减。

4.3.2.2*一组观测数据的实验标准偏差。*合并2012版4.3.2.1和4.3.2.2，并删减。本修订版的4.3.2.1给出基于随机量模型的计算方法。本条为涉及测量应用的背景和测量模型等概念的测量重复性特性计算中的应用。

删除2012版的4.3.2.3极差法。

分为三部分：

a）*通用方法和流程*

b）*单次观测值的测量重复性引入的标准不确定度*

c）*观测数据平均值的测量重复性引入的标准不确定度*。在这部分给出通用计算方法。考虑了测量仪器会随时间和测量条件产生漂移，而偏离数学期望为无漂移常量的随机数模型，说明GUM和JJF1059.1-2012及以前版本中$s(x)=\frac{s(X\_{k})}{\sqrt{p}}$的适用条件和风险。当随机效应源自被测量自身时的情况，作为特殊情况在后面的4.3.2.5专门介绍。

4.3.2.3[原4.3.2.4]*采用合并样本标准偏差获得较高自由度。*修改为适用于单次观测的实验标准偏差。平均值的标准偏差的原有内容和增加的适用条件改在4.3.2.2 c）介绍。本小节分为两部分：

a）*利用核查实验历史数据的合并样本*。

b）*利用规范化的常规检定、校准或检测数据的合并样本*。这部分为对2012版4.3.2.5的修改。

4.3.2.4 [原4.3.2.6] *预评估测量重复性*。

4.3.2.5 *不同于测量重复性概念的几种特殊情况*。新增内容，考虑被测量的随机效应导致的标准偏差。分为三部分：

*a）对反映被**测量随时间变化的分散性的一组观测数据的平均*

*b）对反映**不同被测对象或同一被测对象内空间不同位置的被测量分散性的一组观测数据的平均*

*c）空间分布测量与重复测量的组合*

4.3.2.6[原4.3.2.7]。保留对最小二乘拟合的说明，删除第二段关于与时间有关的随机变化的内容。阿伦方差的数学期望不是被测量，与这里的实验标准偏差（或实验方差）对测量而言不是同类概念。

4.3.2.7[原4.3.2.8与4.3.2.9，合并，有修改]。取消了A类评定更客观严谨的表述。GUM中有B类评定可与A类评定同样可靠的表述。

*4.3.3标准不确定度的B类评定*

4.3.3.1中，判断改为确定。根据GUM原文，增加了“标准不确定度的B类评定可以与A类评定同样可靠，尤其是当A类评定结果的自由度较低时。”的表述。

4.3.3.2中“区间半宽度a一般根据以下信息确定”，改为“B类评定依据的数据来源可能包含。因为有些数据可能不是区间半宽度，而是可直接获得标准不确定度或标准偏差。”

根据原文其中，b）中的技术资料改为材料；c）中说明书改为指标；d）文件改为证书；f）测试标准改为测试标准文本。

4.3.3.4 概率分布按以下不同情况假设，假设改为选取。

其下，被测量改为测量结果。并严谨化用词。删除了原注4。

4.3.3.5中，B类评定的标准不确定度的自由度，改为按半宽不受和受统计方法的随机效应影响两种情况。对于前者，没有自由度的概念（严谨地说，不是与A类评定自由度可类比的特性，也不会导致所得标准不确定度为有偏估计），或认为自由度无穷大。对后者的表述中，统一了不确定度的不确定度的不一致的符号表达。

*4.4 合成标准不确定度的计算*

*4.4.1 不确定度传播律*

将“线性测量函数”改为测量函数。详见编制说明6.2的3）和4），及本规范关于测量模型“非线性”的说明。

在公式（31）[原式（24）]之后的一段文字做了较大调整，分为两段。第一段对不确定度传播律的测量模型线性要求的概念做了澄清。第二段将增加高阶项表述为增加（相对于一阶）更高阶项，根据GUM原文将“必要时”改为“还应”。

4.4.2.3中，引入相对灵敏系数术语，以免应用中将不同概念的C和P均称为灵敏系数。

*4.4.4 各输入量间相关时合成标准不确定度的计算*

新增*4.4.4.1 相关性的分析*。强调协方差是共同效应的影响所致。应对包括不同输入量全部的不确定度分量的来源做量值相关性分析。分别给出 *两个测量结果受共同效应影响引起相关性的情况、可能引起相关性的情况* 和 *可忽略相关性（协方差或相关系数可取为零）的情况举例*。

修改4.4.4.2 *协方差的估计方法* [原4.4.4.1]。严谨化b）[原b）中的2）]中函数输入量的表达，使得增加的影响量q不是唯一的输入量。

4.4.4.4(原4.4.4.3)，对a）中的函数符号及概念的表述严谨化。新增*c）直接计算输出量的测量重复性*。

4.4.5.1，对自由度反映可靠性的表述严谨化。

*4.5 扩展不确定度的确定*

4.5.2，根据GUM原文，修改了关于包含概率与取k=2和k=3的表述。

4.5.3 *扩展不确定度*$U\_{p}$*。*

1) 突出了公式$k\_{p}=t\_{p}(v\_{eff})$是公式$U\_{p}=k\_{p} u\_{c}$的常用场景（t分布）的概念，以更好地对应下文关于非正态分布情形的表述。

2）将原4.5.4并入4.5.3，更符合逻辑。

2) 式(43)之前的一段“扩展不确定度$U\_{p}(y)=k\_{p} u\_{c}(y)$意味着...”移到本小节最后。

*5 测量不确定度的报告与表示*

5.1.2 c）国际比对，改为国际比对中的参考值。

5.1.5为关于合成标准不确定度的具体表示，后移到5.2测量不确定度的表示，作为新的5.2.1，这样与5.2.3（原5.2.2）的形式和表达逻辑相近。原5.2.1顺延为5.2.2。

5.2.3（原5.2.2）的d）中，对$U\_{P}$增加了给出$k\_{p}$的要求，以便引用本测量结果的后续测量能够计算标准不确定度。

5.2.3.1和5.2.3.2(原5.2.2.1和5.2.2.2)删除了U或Up原来四种形式中的后两种。避免在这一点与GUM不一致。

5.3.1增加了相对不确定度适用场合的说明。

5.3.8.1，细化了可以适当保留多一些位数的场合。

5.3.8.3，增加了根据测量仪器的数字显示分辨力确定被测量估计值的有效位末位的规定。注改为例。并相应增加了测量仪器的数字显示分辨力确定的一个特殊示例。

*6 测量不确定度的应用*

新增6.1 *测量不确定度评定适用的量*。强调有明确定义（真值）的被测量。注意与统计评价量的概念差异。

新增 6.4 *国家计量技术规范中的测量不确定度评定附录*。

*附录A 测量不确定度评定方法举例*

*A.1 标准不确定度的B类评定方法举例*

A.1.3的解，假设均匀分布之前给出理由。

A.1.4的解，增加了关于对称性的严谨化表述。

A.1.5问题中，增加一致信息“检定合格的数字电压表”。

*A.2 合成标准不确定度评定方法举例*

*A.2.1 （数字电压表的仪器的标准不确定度）*

避免将A、B作为不确定度符号的下标。在解中，将$u\left(∆\overline{V}\right)$表示为$\overline{V}$的不确定度分量$u\_{3}\left(\overline{V}\right)$。

校准证书的修正值，改为该测量偏离校准条件引入的附加修正值。

*A.2.2 电阻耗散功率的仪器的标准不确定度。*乘积分母加括号{}。

*A.2.3 （上例，存在相关形式时的处理）*

修改了2012版（GUM原文F.1.2.3 例1）中的测量模型，给出合理的温度计特性，避免了不符合物理规律的温度特性表达。原文中$t=αβ^{2}(t)R\_{s}^{2}−t\_{0}$，没有这样的温度传感器特性。热电阻实际特性近似为$t=α∆R+t\_{0}=α(βR\_{s}^{})+t\_{0}$。因此热电阻特性改为$r\_{t}\left(t\right)=r\_{0}[1+A\left(t−t\_{0}\right)]$。

$r\_{t}\left(t\right)$删除下标改t，避免与括号中的*t*重复表达。

*A.2.4 （串联10个电阻的相关性处理）*

对解中的表达作何少量简化；并删除了4）中的相关系数=1的计算内容；增加了合成方差计算公式中协方差项遗漏的一个式符号。

*A.3 不同类型测量时测量不确定度评定方法举例*

*A.3.1 量块的校准*

2）测量模型

不强调测量模型非线性，进而突出避免相关性的测量模型输入量选择。

将长度*L*将和估计值*l*统一为符号*l*（符合GUM原文，也与其他示例的符号用法一致。实际应用中分别用大小写字母的方式常会遇到符号冲突的问题）。

 4）*标准不确定度分量的评定*

根据4.3.3.5，比较仪示值不准引入的标准不确定度$u\_{2}(d)$，由于最大允许误差的数值0.015 mm为规定值，取$ν\_{2}=\infty $，并使得$ν\_{eff}(d)=539.8$。

量块温度差引入的标准不确定度$u(δ\_{θ})$，估计$u(δ\_{θ})$的不可靠程度由50%改为25%，使得$ν(δ\_{θ})$由原来的2增加到8。原来的估计，由于该不确定度分量的自由度过低，会导致U99的计算结果出现错误结果。清华大学朱鹤年教授发现并指出了这一问题，如果改进本示例的测量，例如使最大不确定度来源的标准不确定度降为0，U99会不降反升。

8）*考虑二阶项时不确定度的评定* 中，将给出两个二阶项的代数和形式（$l\_{s}^{}u(δ\_{α})u(θ)+l\_{s}^{}u(α\_{s})u(δ\_{θ})$）改为分别给出对应的标准不确定度。

用传播概率分布的蒙特卡洛法(MCM)验证结果描述，也移到本示例的最后，表明考虑二阶项时的评定结果更接近MCM的结果。

增加了有助于本示例二阶项buke忽略的原因的注。针对本示例采用的避免相关性的测量模型一阶近似公式（A-2），指出了不引入近似的通用方法。

*A.3.2 温度计的校准*

根据示例的具体内容，用词“拟合”（GUM中为fit）根据下文的实际数学运算，改为“回归”（regression）。

对同一概念的预示修正值、修正值、预示值，统一用词为预测修正值或预测值。

A.3.2.1，将公式（A-7）$b(t)=y\_{1}+y\_{2}(t−t\_{0})$严谨表述为线性回归依据的待定系数函数形式，而不是回归结果。式（A-7）后的“待测定的输出量”，改为“待定参数，由最小二乘法回归确定”。

增加了A.3.2.5 *避免待定系数相关性的回归方式*。

增加了A.3.2.6，明确在实际应用中，还应考虑用于回归的观测数据的测量不确定度。

*A.3.3 基于参考标尺的硬度测量*

修改了2012版的标题“硬度计量”。1）计量是一个抽象概念，一般不用于表示一个具体过程。2）改为基本上按原文直译，且与同级其他标题保持一致的逻辑。

关于硬度特性的函数表述改为：不能用于代数方程去定义其他可测的量；确定其大小的“传统的测量”改为“一种约定测量”；用“标尺”替代了表示scale的“测量方法”。

修改了关于硬度和硬度指数（原硬度数）的表述，以及符号表达。在一览表数值表达的相应调整使读者更易意识到不确定度来源对应的两种量的不同。

*A.3.3.1 测量问题*

避免使用“洛氏Ｃ”限定标尺单位，改用洛氏标尺单位。而“洛氏Ｃ”仅用于限定硬度这个量。标尺的测量单位，改为标尺单位。

除以0.002mm所得的“HRC硬度值”，改为HRC硬度指数。

量的符号由HRC和hRC，改为*H*RC和*h*RC；前者是用于文字表述的英文名的缩写。原表示不规范，修改后避免了与量符号、硬度标尺英文缩写以及标尺符号的混同。为避免误解，将GUM原文“the numerical value of hardness expressed in Rockwell units of length is called the “hardness index””，译为“以隐含长度形式的洛氏标尺单位表示的硬度的数值称为硬度指数”。

*A.3.3.3 硬度测量的合成方差*

取消将硬度指数符号简写为h。其出现次数不多。

*A.3.3.4 标准不确定度分量的评定*

显示器分辨力，改为示值分辨力。GUM原文中的indication（示值）更通用。

*A.3.3.6 数值举例*

原文这部分的重点是以具体数值形式说明硬度值和硬度数的概念和相互关系，并非计算流程。因此删除编号1）、2）、3）、4）。

原1）中，用洛氏Ｃ标尺法测量样块硬度，改为 测量洛氏C标尺样块硬度。

表A-3第二列及下文量值表示中的多处（HRC）改为（洛氏标尺单位）。尽管量值相同，但能体现这里涉及两种不同概念量值。

下文中$u\_{c}$，分别改为$u\_{c}(h\_{RC})$和$u\_{c}(H\_{RC})$，以利于区分概念。

原2）中，“这种测量方法是Rockwell C法。硬度值的单位符号用HRC表示。这里“HRC”是0.002mm，”，改为 “这里所用标尺是洛氏C（Rockwell C），用HRC表示，而洛氏标尺单位是0.002 mm。”

原4）中，传递标准块的硬度变化引入的标准不确定度$(xz^{'})^{2}/24=$0.11 HRC，$(xz^{'})^{2}/24$属GUM原文错误，改为 $\sqrt{(xz^{'})^{2}/24}=$0.11，相应单位HRC改为$ (洛氏标尺单位)$。

*A.3.4 样品中所含氢氧化钾的质量分数测定*

相对原子质量和不确定度更新到IUPAC2023发布的数值，更新相应计算结果。相对原子质量改为标准原子质量。

“A*.3.4.5 标准不确定度分量评定*”的 3）中，相对分子质量的计算公式移到相对分子质量已知信息之后，并简化分子质量计算信息的表达。

“*A.3.4.8 报告测量结果*”，根据5.2.3.1 $U=ku\_{c}(y)$的报告可用的两种形式，将“ω(KOH)$=$ 0.056 1$（4）$ （k=2）”调整为“ω(KOH)$=$ 0.056 1$\pm $0.000 4，k=2”。将“最佳估计值”改为“测得值”。

*A.3.5 工作用玻璃液体温度计的校准*

改进了2012版示例的测量模型表达形式，将被校温度计的修正值作为校准的被测量，相应完善了校准方法表述和测量模型。

增加了被校温度计读数分辨力引入的不确定度。

引入了校准的温度标准值的概念（温度标准值=标准温度计示值+修正值），恒温槽引入的不确定度作为温度标准值的不确定度分量，而不单是标准温度计示值的不确定度分量。调整了A.3.5.3 b)中的不确定度来源2)和3)的顺序，使得调整后的1)和2)均为标准温度计示值的不确定度分量。

在测量重复性引入的不确定度的评定，示范了以两温度计示值差计算测量重复性的方法，可消除两示值相关性的贡献。

由于标准水银温度计检定规程的修订，标准水银温度计不再分为一等和二等，将原二等标准水银温度计改为标准水银温度计。

*A.3.6 电阻和电抗的同时测量。*为新增示例，采用GUM中的H.2。

规范起草组

2025年8月8日