

李慎安 编 著

CELIANG BUQUEDINGDU
BAIWEN

测量不确定度百问



中国计量出版社

CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE

责任编辑：李素琴

封面设计：平面设计



CELIANG BUQUEDINGDU BAIWEN

测量不确定度百问



ISBN 978-7-5026-2971-7



9 787502 629717 >

定价：42.00元

图书在版编目(CIP)数据

测量不确定度百问/李慎安编著. —北京:中国计量出版社,2009.4
ISBN 978-7-5026-2971-7

I. 测… II. 李… III. 测量—不确定度—问答 IV. TB9-44

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第024621号

测量不确定度百问

内 容 提 要

本书是作者对近几年来接触到的有关测量不确定度问题的讨论,特别包括了对当前存在的一些误区的辨析。书中给出了近百种常用测量仪器示值不确定度的评定方法要点与评定的结果,供工作中查找和参考。本书以简明、实用为主,不涉及理论上的探讨。

可供理化实验室、实验室认可、质量认证的工作人员参考。

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) 84275360
<http://www.zgjl.com.cn>
北京市媛明印刷厂印刷
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15 字数348千字

2009年4月第1版 2009年4月第1次印刷

中国计量出版社

印数1-3 000 定价:42.00元

前 言

在国家计量技术规范 JJF 1059—1999《测量不确定度评定与表示》发布和实施之后,特别是2001年初我写的那本《测量不确定度表达百问》出版之后,承蒙读者们厚爱,经常有人继续提出一些问题共同探讨,这也促使我这几年来继续写点小文章,发表在《中国计量》和《工业计量》上,也写了点相关的书。随着实践的不断深入、新问题的不断出现,促使我在2001年那本书的基础上重写一本,这就是本书的缘起。这一意图得到出版社的支持,令我十分感激,特别是李素琴编辑的辛勤和细致。

本书除了修正2001年那本书中的谬误,补充了某些不足之外,还增加了不少新的问题,其中也有一些我个人的观点。例如:测量不确定度的分量的分类,输入量估计值之间出现相关情况下的处理,单侧检验结果的不确定度;仪器示值不确定度;不确定度评定的简化等方面。在使用的符号中,也有一些是《GUM》和《JJF 1059—1999》中没有规范化的。例如: $u_{\text{sys}}(q)$, $u_{\text{rd}}(q)$, $u_{\text{rep}}(q)$ 等,只是我觉得有必要而且合适,因此,凡是未规范化的符号,读者均不必拘泥于本书,包括我写的其他文章和书。

想封笔了,但还不拟裹足和缄口。总认为继续和同行们探讨些问题,仍会给我的生活增加一些乐趣、生机,也有益于健康的持续,因此,我对这些,总充满感激之情。

还是老地址:100013(邮编)北京和平里11区33楼1—401。电话:010—64219073。可惜,我至今不会电脑,自然也无E-mail。仍是老承诺:有来无往非礼也,来信必复。如联系遇到困难,可请出版社编辑部或《中国计量》杂志编辑部协助。有时,我一连好几天不在家。

李慎安

2009年2月21日

说 明

本书用以下简称代替其全称:

《JJF 1001》代替 JJF 1001—1998《通用计量术语及定义》;

《JJF 1059》代替 JJF 1059—1999《测量不确定度评定与表示》;

《JJF 1094》代替 JJF 1094—2002《测量仪器特性评定》;

《JJF 1135》代替 JJF 1135—2005《化学分析测量不确定度评定》;

《JJF 1027》代替 JJF 1027—1991《测量误差及数据处理(试行)》(现已废止);

《GUM》代替 1995 年由 ISO 等 7 个国际组织联合发布的《测量不确定度表述导则》(Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement);

《VIM》代替 1993 年由 ISO 等 7 个国际组织联合发布的《International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology, 2nd edition》, 汉译为《国际计量学基本术语》。

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

目 录

1 总 则

1.1 《GUM》是怎样的一个文件?	1
1.2 在《JJF 1027》中哪些已明确的问题在《JJF 1059》中有了改变?	1
1.3 《JJF 1059》中有哪些重要内容是《GUM》中所没有的?	2
1.4 测量不确定度评定方法中强调的必须“内部协调一致”与“可传播”的内涵何在?	2
1.5 建议书 INC-1(1980)、CI-1981 以及 CI-1986 的基本内容如何?	3
1.6 表示不确定度的量应该能从有贡献的各分量导出,并且与分量怎样分解无关的意义何在?	4
1.7 《GUM》与《JJF 1059》是否适用于单侧检验结果的不确定度评定?	5

2 有关基本术语及概念

2.1 物理量中的同种量与同类量从定义来看有何不同,不确定度评定中应如何处理?	6
2.2 量值在《JJF 1001》中的定义应如何理解,有没有不具备测量单位的量值?	6
2.3 被测量之值是否就是被测量的真值?	7
2.4 什么叫被测量的真值,为什么说只能通过完善的测量才能获得?	7
2.5 量的约定真值在《JJF 1001》中的定义应如何理解?	7
2.6 测量仪器的示值可以就是测量结果,那么示值是否有不确定度?	8
2.7 测量结果的完整表述中为什么要包括测量不确定度及有关影响量的取值范围?	8
2.8 什么叫被测量之值的估计和最佳估计?	8
2.9 定性概念与定量概念的区别何在?	9
2.10 测量准确度与测量仪器的准确度的概念如何,怎样表达?	9
2.11 测量结果的重复性与测量仪器的重复性的定义应如何理解,它们如何定量表述?	9
2.12 重复性限 r 是如何定义的,与重复性标准偏差 s_r 之间有何关系?	10
2.13 什么叫复现性、复现性标准偏差 s_R 和复现性限 R ,为什么在 s_R 与 R 的评定中要强调是已修正结果?	10
2.14 用于计算实验标准偏差的贝塞尔公式使用时应注意哪些问题?	11
2.15 测量不确定度定义中的“合理”、“分散性”与“相联系”应如何理解?	12
2.16 按不确定度的定义,对被测量进行一次测量所得结果是否也有不确定度?	12
2.17 为什么在给出测量结果不确定度时,必须是被测量之值的最佳估计?	12
2.18 导致产生不确定度的系统效应与随机效应间有何区别?	13
2.19 为什么不能用随机不确定度和系统不确定度这样的概念?	13
2.20 测量不确定度是否就是测量结果的误差限;是否是被测量真值所处范围的评定?	13
2.21 测量不确定度一般如何分类,在使用它们的名称和符号时应注意哪些问题?	14
2.22 包含因子的概念如何,有哪几种,如何定它们的值?	15
2.23 自由度是不是个量,如何计算,含义是什么,有哪几种?	15
2.24 测量不确定度定义为与测量结果相联系的参数,那么它是否物理量?	16

目 录

2.25	什么是测量误差,是否测量不确定度?	16
2.26	随机误差与系统误差之间有什么区别,所谓未知系统误差是否不确定度,随机误差是否也是不确定度?	17
2.27	修正值等于零时,是否存在不确定度?	18
2.28	已修正的测量结果的误差为什么并非测量不确定度?	18
2.29	测量误差与测量不确定度的区别有哪些方面?	18
2.30	“偏差”一词的含义如何?是否就是误差?	19
2.31	期望或期望值的含义是什么,期望为零的含义又是什么,为什么说修正值系统效应导致的误差期望为零?	20
2.32	校准与检定的区别在哪里,它们有不确定度吗?	20
2.33	当实验标准偏差 $s(x_i)$ 或合并样本标准偏差 $s_p(x_i)$ 的自由度增大时,是否意味着标准不确定度 $u(x_i)$ 减小了?	21
2.34	为什么单次观测值 x_i 的标准偏差 $s(x_i)$ 的自由度与算术平均值 \bar{x} 的标准偏差 $s(\bar{x})$ 的自由度一样,扩展不确定度或相对扩展不确定度的自由度与合成标准不确定度的自由度一样?	21
2.35	标准不确定度的两类评定有哪些差异?	21
2.36	修正值的不确定度如何评定?	22
2.37	实验标准偏差 $s(x_i)$ 所表示的是误差的分散性还是测量结果的分散性?	22
2.38	测量不确定度的评定是否可称为误差分析?	22
2.39	“某个测量结果的不确定度等于多少”这种表述有意义吗?	22
2.40	测量结果 y 中的随机误差,现行定义是否存在不妥之处?	23
2.41	可否按标准差来合成随机误差?	23
2.42	被测量 X 的 n 次独立观测结果的平均值 \bar{x} 的随机误差 $e(\bar{x})$,是否就是它的标准差 $s(\bar{x})$?	24
2.43	可否用极限误差来表示测量结果的可疑程度?	24
2.44	实验室偏倚 Δ 主要来自哪些效应?如何评定?	25
2.45	测量方法的偏倚主要来自哪些效应?如何评定?	25
2.46	准确度在《JJF 1095》与 GB 6379 中是否有实质上的矛盾?	25
2.47	“正确度”的含义是什么?	28
2.48	“精密性”的定义是什么?	28
2.49	测量方法的准确度是如何定量表达的?	30
2.50	测量方法的准确度(正确度与精密性)与测量方法的不确定度在含义、表述与评定中有何区别?	31
2.51	检测水平的含义如何?是不是不确定度?	32
2.52	A、B 两类评定方法的区分严格吗?	32
2.53	什么是变异系数?是否也是一种不确定度?	33
2.54	非物理量的检测结果是否也存在不确定度?	33
2.55	“被测量之值”或“被测量的值”是否都可理解为真值?	34
2.56	不确定度与误差有哪些相同之处?	34
2.57	如何理解测量仪器不稳定性量测对数据的影响?例如对结果量测法误差量测更准确还是更不准确?	35
2.58	一次检测结果是否也具有其不确定度?	35
2.59	合成标准不确定度的定义在《JJF 1001》与《JJF 1095》中不同,为什么?	37
2.60	重复性应如何表述?	37
2.61	随机误差 e 与系统误差 Δ 新定义的区别何在?	38

3 产生测量不确定度的原因和测量模型化

3.1 从产生不确定度原因上所作的分类与从评定方法上所作的分类存在什么联系? 39

3.2 在不确定度评定中,指出不确定度分量属于哪一类能起什么作用? 39

3.3 为什么说被测量定义不完整会导致不确定度的产生? 40

3.4 为什么说复现被测量的测量方法不理想会导致不确定度的产生,应选择怎样的方法? 40

3.5 取样的代表性不理想,在不确定度评定中会导致怎样的分量出现? 40

3.6 对测量过程受环境影响的了解不恰如其分以及对环境的测量和控制的不理想会导致怎样的不确定度? 40

3.7 对模拟式仪器的读数是否也会导致不确定度? 41

3.8 测量仪器的哪些计量性能会导致产生不确定度? 41

3.9 在测量中所采用的标准器或标准物质校准证书中所给出的不确定度是否都必定是测量不确定度的一个分量? 41

3.10 引用的数据或量值是否也存在不确定度? 42

3.11 在重复观测过程中被测量本身的变化是否进入到测量不确定度之中,可否评定? 42

3.12 对于那些尚未认识到的系统效应,当然在不确定度的评定中不会加以考虑,但为什么会导致测量结果的误差? 42

3.13 什么是测量的数学模型? 43

3.14 什么是不确定度传播律? 43

3.15 什么是核查标准,在不确定度评定中起怎样的作用? 44

3.16 什么是控制图,说明什么问题? 44

3.17 在什么情况下我们可以认为某个不确定度分量可忽略不计? 44

3.18 什么情况下修正值可以不加到测量结果中,这种情况下,修正值的不确定度是否也可忽略不计? 46

3.19 什么叫异常值?在决定某个观测值是否属于异常值时,应注意哪些问题? 46

3.20 测量仪器的校准中,作为标准的标准器或标准物质,其不确定度不大于被校准测量仪器示值不确定度的多少分之一? 47

3.21 什么是数值方程,可否作为测量数学模型? 48

3.22 被测量Y的最佳估计值,在通过输入量 X_1, X_2, \dots, X_n 的最佳估计值算出时,有哪两种方法,何者在何种情况下较优越? 48

3.23 数学模型中出现的偶函数,按不确定度评定中可忽略的原则,如何决定其有效位数为多少? 49

3.24 什么样的数学模型是不确定度评定的透明箱模型? 50

3.25 什么样的数学模型称之为不确定度评定的黑箱模型? 50

4 标准不确定度的A类评定

4.1 什么方法是A类评定的基本方法? 53

4.2 在基本方法中,何种情况属于重复性条件下的标准偏差,何种情况属于复现性条件下的标准偏差? 54

4.3 基本方法中,要求观测次数 n 充分大,一般应达到何种程度? 54

4.4 是否可以用方差、合成方差来定量表示测量结果的可靠程度,为什么实际上只用标准不确定度、合成标准不确定度来给出? 54

4.5 合并样本方差 s_p 与合并样本标准偏差 s_p 的含义是什么,在标准偏差的评定中起什么作用? 54

4.6 规范化的常规测量含义如何,何种情况下才能采用 $s_p(q_k)$ 来代替基本方法得出的 $s(q_k)$? 55

4.7	用极差法评定 $s(x_k)$ 的程序如何,使用该法前必须满足的条件(有值域限制、重复性)……	55
4.8	直线拟合参数的标准不确定度评定的程序如何?……	56
4.9	协方差与相关系数估计值的 A 类评定程序如何?……	57
4.10	如果单次观测值 q_k 的实验标准偏差已知为 $s(q_k) = u(q_k)$, 现重复观测了两次, 而这两次结果相同, 其标准不确定度是多少?……	58
4.11	如采用标准压力表校准普通压力表时, 校准点为 5 点, $n=5$, 对每个点进行 $n=10$ 次独立重复观测, 那么, 可否按 $s(x) = \frac{1}{\sqrt{m(n-1)}} \sqrt{\sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^n (x_{kj} - \bar{x}_k)^2}$ 来计算用于单次测量的重复性标准偏差?……	58
4.12	重复性标准偏差 s_r 中, 是否包括所用测量仪器的分辨力所导致的标准不确定度分量?……	58
4.13	不确定度的 A 类评定中要求重复观测值相互独立, 是否就是指不相关?……	59
4.14	采用极差法评定任一次测量结果 x_k 的标准偏差 $s(x_k)$ 时, 可否按 $s(x_k) = \frac{R}{\sqrt{n}}$ 进行计算(R 为极差, n 为重复观测的次数)?……	59
4.15	采用极差法评定测量结果的标准偏差时, 如何认定这些结果是接近正态分布的?……	59
4.16	按贝塞尔公式计算出的实验标准偏差, 是否仍为“标准估计值”(如在校准证书中)?……	60
4.17	安全因子 k 是什么? 起到怎样的作用?……	60
4.18	评定合并样本标准偏差 s_p 的方法有哪几种?……	61
4.19	如果目的是得到给定方法测量结果在实验室间的再现性限 R , 需要重复地再评定实验室对同一个被测量在重复性条件下进行充分多次的重复观测吗?……	65
4.20	非连续加荷破坏性检测统计结果的不确定度如何评定?……	66
4.21	在重复性条件下, 对同一被测量 Q 进行了几次重复观测, 其中的最大结果 q_{\max} 与最小结果 q_{\min} 之差, 是否就是重复性限?……	67
4.22	平均方差的含义如何? 在不确定度评定中用在什么情况下?……	68
5	标准不确定度的 B 类评定	
5.1	什么叫不确定度的 B 类评定?……	69
5.2	用于评定 B 类标准不确定度的信息一般有哪些?……	69
5.3	当已知扩展不确定度 U 及包含因子 k 时, 如何评定其标准不确定度?……	70
5.4	如果检定、校准证书上给出总体标准偏差 σ 的倍数 k 时如何评定其标准偏差?……	71
5.5	已知扩展不确定度 U , 的情况下, 其标准不确定度如何评定?……	71
5.6	如果校准证书上既给出了 U , 又给出了其自由度 ν 时如何评定其标准不确定度?……	71
5.7	当已知量 X 之值 x 分散区间的半宽为 a , 且 x 落在 $x-a$ 至 $x+a$ 区间的概率为 100%, 即全部落在此范围内, 如何评定标准不确定度 $u(x)$?……	72
5.8	如何对分散区间 $x-a$ 至 $x+a$ 范围内 x 可能值的分布类别进行估计?……	73
5.9	当被测量 X 的最佳估计值 x 并不处于其可能值分散区间 $2a$ (即 $x+a-x-a$) 的中点时, 即 $x-a \neq x+a-x$, 如何评定其标准不确定度 $u(x)$?……	74
5.10	测量仪器分辨力导致的标准不确定度如何评定?……	74
5.11	对量值修约所导致的标准不确定度如何评定?……	74
5.12	按重复性限 r 与复现性限 R 如何评定该条件下的重复性标准偏差 s_r 和复现性标准偏差 s_R ?……	75
5.13	按校准证书已知某测量仪器的等级时如何评定其标准不确定度?……	75
5.14	按检定证书已知被检定测量仪器的级别时, 如何评定其标准偏差?……	75
5.15	什么情况下, B 类评定方法所得出的标准不确定度的自由度可推定为无限大?……	76
5.16	符号 $\Delta u(x)$ 指什么?……	76

5.17 符号 $\Delta u(x_i)/u(x_i)$ 或 $\sigma[u(x_i)]/u(x_i)$ 的含义如何;为什么用它来评定 B 类标准不确定度的
自由度? 76

5.18 相关系数 r 是否可以根椐经验确定? 77

5.19 在量块的比较校准中,由于标准量块与被校准量块可能出现的膨胀系数差 $\Delta\alpha$ 导致的标准
不确定度如何评定? 77

5.20 为什么说大多数测量仪器对同一被测量的示值一般都不是正态分布而且往往偏离甚远? 78

5.21 模拟式测量仪器示值估计的不确定度如何评定? 78

5.22 对于只能给出示值,其测量仪器准确度缺乏任何信息的测量仪器,如何评定其示值标准不
确定度? 78

5.23 在坐标图上如何表示出测量不确定度? 79

5.24 如何根据带有不确定度的坐标图评定不确定度? 80

5.25 测量仪器的引用误差如何定义,如何据以评定由它导致的标准不确定度及其自由度? 80

5.26 设已知测量仪器的引用误差,其示值的不确定度中系统效应导致的不确定度分量如何评定? 81

5.27 对没有给出不确定度的引用数据,如何评定其标准不确定度? 81

5.28 测量仪器的滞后导致的标准不确定度如何评定? 81

5.29 什么是分散区间半宽 a 至标准不确定度 u 的转换因子 k ? 82

5.30 “零修正”的含义是什么? 其不确定度如何评定? 82

5.31 如果在所使用的仪器证书上给出了若干个点的示值误差 Δ_i ,可否用其最大绝对值最大者
 $|\Delta_{max}|$ 来代替其最大允许误差绝对值 $MPEV$ 用于评定仪器示值不确定度中的系统效应
导致的那一部分分量? 83

5.32 怎样的情况下,应该考虑把数字显示式测量仪器的分辨力 Δx 所导致的不确定度,作为该
仪器示值 x 的不确定度 $u(x)$ 的一个分量? 83

5.33 为什么在《JJF 1059》的表 3 中,对于正态分布不是取 100% 的概率? 84

5.34 什么是回收率,平均回收率? 84

5.35 什么是修正因子? 84

5.36 修正因子的不确定度如何评定? 84

6 合成标准不确定度的计算 85

6.1 合成标准不确定度 $u_c(y)$ 的定义如何理解? 86

6.2 什么是输入量、输出量? 86

6.3 什么叫作线性合成? 86

6.4 什么叫灵敏系数? 86

6.5 在线性函数关系中输入量的相对标准不确定度 $u_r(x_i)$ 是否可以也按方和根合成为输出量
Y 的相对合成标准不确定度 $u_{rc}(y)$? 88

6.6 当输入量 X_i 与输出量 Y 之间的函数关系成为 $y = f(x_1, x_2, \dots, x_N) = c_1 x_1^{a_1} x_2^{a_2} \dots x_N^{a_N}$ 时,
是否也应先算出灵敏系数 c_i ,通过 $u_c^2(y) = \sum_{i=1}^N [c_i u(x_i)]^2 = \sum_{i=1}^N u_i^2(y)$ 合成? 88

6.7 当输入量 X_i 之间出现了两个或两个以上的量量明显相关时,是否可以在计算协方差
估计值 $\sigma(x_i, x_j)$ 或是相关系数估计值 $r(x_i, x_j)$ 遵循合成标准不确定度 $u_c(y)$ 的计算? 90

6.8 合成标准不确定度 $u_c(y)$ 自由度的计算中应注意什么问题? 91

6.9 自由度 ν 是否也是相应方差的自由度? 91

6.10 如何应用表格形式简化计算有效自由度? 91

6.11 当被测量(输出量)不等于两输入量 X_1 和 X_2 之和或差时,测量结果的合成标准不确
定度 92

测量不确定度 $u(x)$ 是否有所不同? 92

6.12 采用一架停点天平通过对试样质量与沉淀的称重求沉淀(氯化银)在样品中的质量分数
 $w(\text{AgCl})$, 含银样品质量 $m_r = 0.200 \text{ g}$, 沉淀质量 m_p 和 250 mL 溶液天平每次停点观察的
 标准不确定度为 0.4 mg , 求由于观察停点所导致的标准不确定度的多少? 92

6.13 化学分析中的间接重量法所得到的组分质量分数 w 的不确定度如何评定? 93

6.14 在精密压力表(例如 0.25 级压力表)或工作压力表(例如 1.6 级压力表)的检定中, 所得出的
 被检表示值误差的不确定度是否也能采用各分量的相对不确定度 $u(x_i)/x_i$ 的几何平均值来合成? 94

6.15 当输入量 x_i 与输出量 y 之间有函数关系 $Y=f(X)$ 时输入量估计值的不确定度 $u(x_i)$ 与输出
 量的不确定度 $u(y)$ 间存在怎样的关系? 94

6.16 当计算出的有效自由度出现小数时应如何处理? 95

6.17 用一个 25 kg 标准砝码校准 4 个工作用的砝码, 砝码当用于构成 100 kg 的砝码组的合成
 标准不确定度如何评定? 95

6.18 如何对相关系数 r 进行单统计方法确定? 96

6.19 如何进行测量数学模型的单相关转换? 97

6.20 如何采用对数变换使非线性的函数关系完全线性化? 97

6.21 方法确认的重复性的含义如何? 98

6.22 方法确认的重复性标准偏差估计值 s_r 如何得出? 98

6.23 可否选取相关系数 $r = \pm 0.6$ 或 $r = \pm 0.5$? 100

6.24 设数学模型为 $y = a_1x_1 + a_2x_2$, 其中的两个输入量估计值相关系数为 r , 且其 $k=5$ 时, y 的
 合成标准不确定度会有怎样的结果? 101

6.25 如果数学模型的形式为 $y = f(x_1, x_2)$, 且 x_1 与 x_2 相关, 则输入量估计值相关
 ($r \neq 0$) 时的不确定度传播律形式如何? 102

6.26 当所有输入量估计值都相关, 且相关系数估计值 $r(x_1, x_2) = \pm 1$ 的情况下 $u(y)$ 是否
 为由每个输入量估计值 x_i 的标准不确定度 $u(x_i)$ 产生的输出估计值 y 的标准不确定
 度分量 $u_i(y) = c_i u(x_i)$ 的线性和? 103

6.27 相关的概念可否用于不确定度之间? 104

6.28 相关系数 $\rho(y, z)$ 的估计值 $r(y, z)$ 在不确定度评定中应给出怎样的数字? 104

6.29 采用同一个标准砝码 m_s 对一批名义值相同的砝码进行校准, 通过调整腔的调整使它们
 合格, 即处于最大允许误差 MPE 之内。采用若干个这样的砝码叠加起来的总质量 m 的
 合成不确定度 $u_c(m)$ 能否按相关系数 $r = +1$ 计算? 104

6.30 当输入量估计值相关系数 $r = -1$ 时, 是否可以按 $u_c(y) = \sum c_i u(x_i)$ 合成? 105

6.31 当数学模型是 $y = f(x_1, x_2)$ 时, 如果出现 x_1 与 x_2 相关, $r(x_1, x_2)$ 应如何处理? 在数学
 模型 $y = (x_1 - x_2)/(x_1 + x_2)$ 中如 x_1, x_2, x_3 都呈正相关, $r(x_1, x_2)$ 应如何评定? 106

6.32 滴定管的最大允许误差所导致的不确定度是否已进入方法确认的重复性 s_r 或 $s_{r, \text{中}}$ 之中? 108

6.33 在不确定度评定中, 是否必须对测量结果 x 的修正值 Δx 或修正因子 f_x 进行显著
 性的检验? 108

6.34 带有不确定度的检测结果, 在改变其计量单位时, 应如何处理? 109

6.35 当两个输入量 x_1 与 x_2 是若干个独立变量 x_i 的线性函数时, 求 x_1 与 x_2 之间的相关系数估计
 $r(x_1, x_2)$ 如何计算? 109

6.36 如果用合成标准不确定度 $u_c(y)$ 来报告被测量 Y 的测量结果 y , Y 的真值 Y_0 处于
 $y - u_c(y)$ 与 $y + u_c(y)$ 之间的概率为多少? 110

6.37 减量称量中, 如果出现相关系数 r , 称量结果 m 的不确定度 $u(m)$ 应如何处理? 110

6.38 任意两实验室采用规范化的同一方法时,可通过对同一被测量的检测结果之差,由较小标准偏差实验室的差 R ,来评定这同一方法所得被测量 Y 的检测结果 y 的合成标准不确定度 $u_c(y)$? 112

7 扩展不确定度的计算 宝利贾宝利不直示器以量限用常

7.1 什么叫扩展不确定度? 113

7.2 扩展不确定度分成几种? 113

7.3 什么情况下使用扩展不确定度 U ,什么情况下使用 U_p 来说明测量结果的不确定度? 113

7.4 什么情况下可用包含因子 $k_{95}=2$ 及 $k_{99}=3$? 114

7.5 什么情况下,虽未计算合成标准不确定度 $u_c(y)$ 的有效自由度,取包含因子 $k=2$ 给出的扩展不确定度 U 可以估计是置信区间在 $p=95\%$ 的半宽,可否在检定证书中给出其值为 U_{95} ? 114

7.6 给出校准测量能力时,包含因子 k 应取多少? 114

7.7 已确知被测量 Y 可能值 y 的分布并非正态分布而是某种其他分布,例如三角分布或梯形分布或均匀分布、两点分布等较为典型而且规则的分布时,可否给出扩展不确定度 $U=k u_c(y)$ 或 U_p ? 114

7.8 标准测量仪器(或校准装置)的扩展不确定度中,是否应包含被校准测量仪器的赋值重复性? 115

7.9 单侧检验中,扩展不确定度 U_{95} 应如何计算? 115

7.10 重复性条件下,算术平均值的扩展不确定度应如何评定? 116

7.11 扩展不确定度定义中“合理赋予被测量之值分布的大部分可望舍于此区间”应如何理解? 116

7.12 按《JJF 1059》的7.3节给出 U 和 U_p 时,有哪些不同之处? 117

7.13 在区间 $\pm U$ ($k=2$ 的扩展不确定度)内的置信概率 p 大约是多少? 117

8 测量不确定度的报告与表示 (1005-79 DIL)刘成刚

8.1 测量结果报告中的合成标准不确定度 $u_c(y)$,扩展不确定度 U 或 U_p 以及相对合成标准不确定度 $u_{rel}(y)$,相对扩展不确定度 U_{rel} 或 $U_{p,rel}$ 的有效位是否均最多为两位,可否只用一位? 119

8.2 在不确定度评定过程中出现的不确定度分量的有效位一般如何确定? 119

8.3 测量结果报告中被测量的最佳估计值的有效位一般如何确定? 119

8.4 为什么在报告测量不确定度的量值时,可以不按一般的修约规则进行修约? 120

8.5 多量程、多参数的测量仪器的示值不确定度或最大允许示值误差应如何表达? 120

8.6 带有不确定度的测量结果表达式所采用的测量单位应如何确定? 120

8.7 过去习惯使用的量值表达原则“测量结果的量值只能有一位是不确定的”是否还继续使用? 120

8.8 是否可以把测量结果按 $y-U \leq Y \leq y+U$ 的形式表达? 121

8.9 单侧检验的结果表达形式如何? 121

8.10 给出扩展不确定度 U 时,必须注意什么问题? 121

8.11 给出扩展不确定度 U_p 时,必须注意什么问题? 121

8.12 在不确定度 $u_c(y)$ 或 U_p 的报告中,给出有效自由度 ν_{eff} 有什么好处? 122

8.13 用正负号(\pm)将被测量的最佳估计值与扩展不确定度联结起来表达测量结果时应注意什么? 122

8.14 当被测量 Y 是无量纲量时,测量结果及其扩展不确定度 U 以及相对扩展不确定度 U_{rel} 应如何表达? 122

8.15 什么叫0.5单位与0.2单位修约间隔,这种情况下,扩展不确定度 U 和 U_p 以及测量结果的报告中如何处理? 123

8.16 当测量结果只用相对扩展不确定度 U_{rel} 或 $U_{95,rel}$, $U_{99,rel}$ 表示时,测量结果的有效位应如何确定? 123

8.17 在测量不确定度报告中测量单位变化时应如何计算变化后的测量结果以及确定其有效位? 124

8.18	可否就用标准偏差来表示测量结果的分散性?	125
8.19	“一般测量”有些什么特点?采用JJF 1059所给出的方法,能方便地给出测量结果的不确定度吗?	125
9 常用测量仪器示值不确定度评定		
9.1	千分尺(JJG 21—2008)	126
9.2	内径千分尺(JJG 22—2003)	127
9.3	深度千分尺(JJG 23—2003)	127
9.4	杠杆千分尺、杠杆卡规(JJG 26—2001)	128
9.5	纤维卷尺、测绳(JJG 5—2001)	129
9.6	钢卷尺(JJG 4—1999)	129
9.7	钢直尺(JJG 1—1999)	130
9.8	直角尺(JJG 7—2004)	130
9.9	通用卡尺(JJG 30—2002)	131
9.10	万能角度尺(JJG 93—2002)	131
9.11	指示表(指针式、数显式)(JJG 34—2008)	131
9.12	杠杆表(JJG 35—2006)	133
9.13	机械式比较仪(JJG 39—2004)	134
9.14	塞尺(JJG 62—2007)	134
9.15	线纹比较仪(JJG 72—1980)	135
9.16	测角仪(JJG 97—2001)	135
9.17	电子水平仪、合像水平仪(JJG 103—2005)	136
9.18	扭簧式比较仪(JJG 118—1996)	137
9.19	量块(JJG 140—2003)	137
9.20	大量程百分表(JJG 379—1995)	138
9.21	电感测微仪(JJG 396—2002)	139
9.22	X射线测厚仪(JJG 480—2007)	140
9.23	α 、 β 和 γ 表面污染仪(JJG 478—1996)	141
9.24	电容式测微仪(JJG 570—2006)	141
9.25	读数、测量显微镜(JJG 571—2004)	141
9.26	光电测距仪(EDM)(JJG 703—2003)	142
9.27	金属洛氏硬度计(JJG 112—2003)	143
9.28	金属韦氏硬度计(JJG 944—1999)	144
9.29	金属维氏硬度计(JJG 151—2006)	145
9.30	肖氏硬度计(JJG 346—1991)	147
9.31	A型邵氏硬度计(JJG 304—2003)	147
9.32	锤击式布氏硬度计(JJG 411—1997)	148
9.33	显微硬度计(JJG 151—2006)	148
9.34	巴卡尔硬度计(JJG 610—1989)	149
9.35	超硬硬度计(JJG 654—1990)	150
9.36	里氏硬度计(JJG 747—1999)	150
9.37	塑料洛氏硬度计(JJG 884—1994)	150
9.38	塑料球压痕硬度计(JJG 1069—1993)	151

9.39	拉力、压力和万能试验机(JJG 139—1999)	152
9.40	非金属拉力、压力和万能试验机(JJG 157—2008)	152
9.41	抗折试验机(JJG 476—2001)	153
9.42	摆锤式冲击试验机(JJG 145—2007)	154
9.43	电子式万能试验机(JJG 475—2008)	155
9.44	扭转试验机(JJG 269—2008)	155
9.45	工作测力仪(JJG 455—2000)	156
9.46	木材万能试验机[JJG 474—1986(2005年确认有效)]	157
9.47	杯突试验机[JJG 583—1988(2005年重新确认)]	157
9.48	液压千斤顶(JJG 621—2005)	158
9.49	扭矩扳子(JJG 707—2003)	158
9.50	砝码(JJG 99—2006)	159
9.51	数字指示秤、非自动秤(JJG 539—1997;555—1996)	159
9.52	扭力天平(JJG 40—2004)	160
9.53	扭簧秤(JJG 47—2001)	161
9.54	工作玻璃浮子(JJG 42—2001)	161
9.55	弹簧管式一般压力表、压力真空表和真空表(简称压力表)(JJG 52—1999)	162
9.56	弹簧式精密压力表和真空表(JJG 49—1999)	162
9.57	膜盒压力表(JJG 573—2003)	163
9.58	水银气压表(JJG 210—2004)	163
9.59	转速表(JJG 105—2000)	164
9.60	浮子流量计(JJG 257—2007)	166
9.61	液体容积式流量计(JJG 667—1997)	167
9.62	皂膜流量计(JJG 586—2006)	167
9.63	速度式流量计(JJG 1029—2007; JJG 1030—2007; JJG 1037—2008; JJG 1038—2007)	168
9.64	直流电位差计(JJG 123—2004)	170
9.65	电流表、电压表、功率表及电阻表(JJG 124—2005)	171
9.66	特斯拉计(JJG 242—1995)	172
9.67	绝缘电阻表(兆欧表)(JJG 622—1997)	173
9.68	高绝缘电阻测量仪(高阻计)(JJG 690—2003)	173
9.69	工作用玻璃液体温度计(JJG 130—2004)	174
9.70	石油产品用玻璃液体温度计(JJG 50—1996)	176
9.71	工作用全辐射温度计(JJG 67—2003)	176
9.72	电接点玻璃水银温度计(JJG 131—2004)	177
9.73	工作用贵金属热电偶(JJG 141—2000)	178
9.74	工作用铂、铜热电阻(JJG 229—1998)	178
9.75	机械式温湿度计(JJG 205—2005)	178
9.76	双金属温度计(JJG 226—2001)	179
9.77	压力式温度计(JJG 310—2002)	180
9.78	工作用廉金属热电偶(JJG 351—1996)	180
9.79	高精密度玻璃水银温度计(JJG 618—1999)	181
9.80	表面铂热电阻(JJG 684—2003)	181
9.81	常用玻璃量器(JJG 196—2006)	182

9.82	专用玻璃量器(JJG 10—2005)	183
9.83	移液器(JJG 646—2006)	184
9.84	直流电桥(JJG 125—2004)	186
9.85	甲醛气体检测仪(JJG 1022—2007)	187
9.86	生化分析仪(JJG 464—1996)	187
9.87	环境监测用 X、γ 辐射空气比释动能(吸收剂量)率仪(JJG 521—2006)	188
9.88	光照度计(JJG 245—2005)	188

10 质量监督中的不确定度及其他有关问题

10.1	质量监督检验中的测量不确定度在表达与评定中与《GUM》的规定有何不同?	190
10.2	什么叫不确定区? 如何确定?	192
10.3	什么叫合格区? 如何确定?	193
10.4	什么叫不合格区? 如何确定?	194
10.5	在测量仪器检定中, 其示值误差 Δ 评定的合格区与不确定区如何决定?	195
10.6	采用有证标准物质进行测量结果质量控制所用的判据值 E_n 与不确定度的关系如何?	197
10.7	在使用不同方法所得结果间进行质量监督时的判据值 E_n 与不确定度的关系如何?	197
10.8	使用相同方法进行内部质量监控的判据值 E_n 与不确定度的关系如何?	198
10.9	对存留物品进行再检测以进行内部质量监控的判据值 E_n 与不确定度的关系如何?	198
10.10	实验室比对中被测量 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 $U(q_2)$ 之间应满足怎样的关系?	199
10.11	设有两个用于考核的砝码, 其标称值分别为 200 g 和 100 g, 在发往一些实验室校准前, 分别用较高准确度的方法进行校准, 得到 200 g 砝码之值为 $m_1 = 200.006$ g, 并评定了其扩展不确定度 $U_{95}(m_1)$, $m_2 = 100.008$ g, 也评定了其 $U_{95}(m_2)$ 。在对一批实验室进行考核后, 重新按原来的测量程序又进行了一次校准, 发现 m_1 之值仍为原测结果, 而 $m_2 = 100.004$ g, 因此, 按平均值 $m_2 = 100.006$ g 作为参考值与各被考核实验室给出之值之差 Δm , U_{lab} 为实验室报告的扩展不确定度, 按 $\frac{\Delta m}{\sqrt{U_{lab}^2 + U^2}}$ 来评定实验室的测量水平。试问作为平均值的 U_{lab} 应如何评定?	199
10.12	不同扩展不确定度间有怎样的对应关系?	200
10.13	测量装置的不确定度中是否应该包含被检测量仪器的重复性?	200
10.14	测量仪器使用中的最大允许误差已知时, 其示值不确定度如何评定?	201
10.15	已知测量仪器检定时的最大允许误差时, 其示值不确定度如何评定?	201
10.16	对现有技术规范中暂未改的极限误差 3σ 应如何处理?	202
10.17	计量标准总不确定度的含义如何? 与测量不确定度有何区别?	202
10.18	法制计量中有关不确定度的要求如何?	203
10.19	在《JJF 1059》6.5 节中, 为了分析不确定度的方便, 将输入量 X_i 变换到 A_i , 使被测量 Y 近似地为线性函数。这里 δ_i 是指什么?	204
10.20	在《JJF 1059》6.5 节的例中, 对于 $\partial Y/\partial V=1$ 及 $\partial Y/\partial(\Delta V)=1$, 即 $c_i=1$ 如何理解?	204

附录

附录 I	测量不确定度常见符号及含义	205
附录 II	有关术语英汉对照及索引	212
附录 III	控制图	217

1 总 则

1.1 《GUM》是怎样的一个文件?

答:《GUM》是以7个有关的国际组织的名义公布的一个技术性文件。这7个组织是:国际计量局(BIPM)、国际电工委员会(IEC)、国际临床化学联合会(IFCC)、国际标准化组织(ISO)、国际纯化学和应用化学联合会(IUPAC)、国际纯物理和应用物理联合会(IUPAP)、国际法制计量组织(OIML)。具体起草这个文件的工作组设在ISO的第4技术顾问组ISO/TAG4,作为其第3工作组,代号为ISO/TAG4/WG3,成员由BIPM,IEC,ISO与OIML提名组成。1993年提出《GUM》第一版,以7个组织名义公布。1995年作了不太大的修正和勘误。至今,未作为ISO独家的Guide(编号),一般用《GUM》简称(这也是JJF 1059采用的)。目前《GUM》是在BIPM和国际计量委员会(CIPM)发布的《建议书 INC-1(1980)》和《CI-1981》、《CI-1986》的基础上制定的一个较为详细的用于实际工作的文件(参阅本书1.5)。在术语定义、概念、评定方法、不确定度的表达等方面都作了进一步的明确规定。此外,还有大量的附录,给出了一些实例和参考资料。因此,可以认为《GUM》代表了当前国际上的统一约定方法和形式,使不同国家和地区,不同学科和行业在表述测量结果及其不确定度时,便于相互理解和比较。《JJF 1059》原则上等同采用了《GUM》的基本内容。

自1997年起,成立了国际计量学导则联合委员会(JCGM),由原来的7个组织增加至国际实验室认可合作组织(ILAC),现其由8个国际组织组成。JCGM中的第七个工作组又称GUM委员会。其中心任务有:

- a. 《GUM》还没有涉及的测量情况;
- b. 《GUM》某些内容的进一步明确;
- c. 《GUM》补充件的制定;
- d. 讨论《GUM》的修订。

另外,在近期例如统一A、B两类不确定度,弱化有效自由度 ν_{eff} 和包含区间的数理问题。目前GUM委员会拟以“测量数据的评价”为题起草一个准备性文件,还包括对《GUM》的补充。第二个工作组是有关《MIM》的,本书不涉及。

1.2 在《JJF 1027》中哪些已明确的问题在《JJF 1059》中有了改变?

答:《JJF 1059》代替了《JJF 1027》中有关测量误差部分,而关于测量仪器的评定则不能代替后者由《JJF 1094》代替。《JJF 1059》对《JJF 1027》中有关误差部分作了大量修改与补充。这里只涉及其中那些有重要变化需引起注意的问题,而不涉及补充了哪些新的内容。