商品检验不确定度评定释例

续编

主编 李慎安

中国计量出版社
CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE

商品检验不确定度
评 定 释 例

（续　编）

中国计量出版社

图书在版编目（CIP）数据

商品检验不确定度评定释例：续编／李慎安主编. 北京：中国计量出版社，2003.7

ISBN 7-5026-1770-1

Ⅰ.商… Ⅱ.李… Ⅲ.商品检验-不确定度-分析 Ⅳ.F760.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2003）第 036357 号

内 容 提 要

本书通过一些典型测量算例，多侧面介绍了国际上近年来贯彻执行七个国际组织颁布的《测量不确定度表达导则》的最新信息，重点阐述了产品物理性能检测中不确定度评定的具体作法及国际上有关技术规范给出的简明范例。它是本社 2002 年版《商品检验不确定度评定释例》一书的重要补充。

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 jlfxb@263.net.cn
北京市密东印刷有限公司印刷
新华书店北京发行所发行

*
850 mm×1168 mm 32 开本 印张 8.5 字数 218 千字
2003 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月第 1 次印刷
*
印数 1—4 000 **定价：25.00 元**

本书所采用的简写和缩写词的含义

JJF1001—1998	国家计量技术规范《通用计量术语及定义》
JJF1059—1999	国家计量技术规范《测量不确定度评定与表示》
JJG	国家计量检定规程
GB	国家标准
ISO	国际标准、国际标准化组织
VIM	ISO/IEC 等 7 个国际组织于 1993 年修订公布的《国际计量学基本术语》
MPE	最大允许误差
GUM	ISO/IEC 等 7 个国际组织于 1995 年修订公布的《测量不确定度表达导则》
DIN	德国标准

有关物理量的符号，与 ISO31—1992《量和单位》一致。但个别的符号按有关国家标准 GB 采用了。

有关不确定度的符号，与《GUM》和《JJF1059—1999》一致。在第 4 章中 4.3 以后的内容，不少符号和术语采用我国现行计量检定规程规定，但多数作了注解或说明。

前　　言

在《商品检验不确定度评定释例》一书于2002年7月初按计划完稿后的次月，也就是在当年的8月19日至21日，由中国计量协会在北京召开了计量技术规范JJF1059—1999的研讨会，共有30余位专家出席。会上讨论了一些在概念上以及不确定度评定方法中的十分具体的问题。有关研讨会的报导，当时《中国计量》与《计量技术》有较详细的报导。会上一个十分突出的问题是在《GUM》公布后国际上执行中的一些具体作法。这方面，会上有所涉及，会后写的报导中按某些ISO的内容又作了一些补充，限于篇幅未能充分反映。有感于此，我们这些作者认为应该立即着手编写续编。这个意见得到计量出版社的支持，于当年9月12日就签订了图书出版合同，开始了运作。本续编侧重于：(1) 物理性能指标的检测；(2) 国际上在技术规范中给出的范例以及某些观点；(3) 产品合格评定。这是针对本书“初编”的重要补充。

本书多位撰稿人均为相关专业的专家。他们的工作单位以及邮政编码列在各章之后，供读者联系。全书由李慎安（国家质量监督检验检疫总局，离休；住址：北京和平街11-33，1-401，100013）总其成并统审。凡由主编直接撰写的部分，不再于章后署名。

编　者

2003年4月

目　　录

1　不确定度评定与表示中的某些问题的补充

本章所涉及的是测量不确定度评定中带有某种共同性的问题。但是，凡已在《商品检验不确定度评定释例，2002 版》(以下简称《商检释例，2002 版》)以及在《测量不确定度表达百问》(2001 年中国计量出版社出版，李慎安编著)进行过讨论而又没有新的补充的问题，不再讨论。因此，可以认为本章是上述两书相关内容的补充。

1.1　误差分析与不确定度分析的区别

某个被测量 Y 的测量结果(包括其最佳估计值) y 的误差 Δy，按《VIM》以及《JJF1001—1998》所给出的定义：

$$\Delta y = y - Y$$

式中：Y——被测量之值(也就是真值)。

由于真值不能确定，实际上用的是约定真值 Y'，从而给出的 y 的误差只是 Δy 的一个估计 $\Delta' y$

$$\Delta' y = y - Y'$$

如果我们所分析的是 $\Delta' y$ 的大小，那么，当然可以称之为“误差分析”。至于 $\Delta' y$ 的不确定度 $u[\Delta' y]$ 则是没有分析的必要的，因为

$$u[\Delta' y] = u(Y')$$

即为所采用约定真值 Y' 的不确定度。

“误差分析”一词十分广泛地用于 20 世纪，我国 50 年代以后亦广泛使用。因为不确定度的概念及其评定，国际上是在《GUM》提出后，也就是近十年来才开始规范化，也才开始普遍地

运用。过去“误差分析”中所涉及的内容往往并非测量误差(error of measurement),而是可能误差(possible error),而测量结果的可能误差则属于不确定度的概念。因此,如果所分析的内容不是误差而是不确定度时,不宜称之为“误差分析”而最好改称之为“不确定度分析”或“不确定度评定”。

1.2 是否还存在“误差传播律”、“误差传递系数”

我国于1991年1月12日批准,于同年10月1日起实施的计量技术规范《JJG1001—91 通用计量名词及定义》中,列有“间接测量误差合成定律”(law of cambination of errors for indirect measurements)。其中,设间接被测的量 y 和直接测量的各独立分量 x_1, x_2, …, x_m 间的函数关系为

$$y=F(x_1, x_2, \cdots, x_m) \tag{1.1}$$

式中:y——用间接测量求得的量值;

x_1, x_2, …, x_m——用直接测量求得的各分量的量值。

①已定系统误差合成方法

间接被测的量 y 的系统误差 Δy 等于直接测量的各分量的已定系统误差与相应的偏导数的乘积之代数和

$$\Delta y=\frac{\partial F}{\partial x_1}\Delta x_1+\frac{\partial F}{\partial x_2}\Delta x_2+\cdots+\frac{\partial F}{\partial x_m}\Delta x_m \tag{1.2}$$

式中:Δx_1, Δx_2, …, Δx_m——需直接测量的各分量 x_1, x_2, …, x_m 已定系统误差。

②实验标准偏差的合成方法

同一间接测量被测量 y 的实验标准偏差 s_y 等于各分量的实验标准偏差与相应的偏导数的乘积的平方和的平方根

$$s_y=\sqrt{\left(\frac{\partial F}{\partial x_1}\right)^2 s_{x_1}^2+\left(\frac{\partial F}{\partial x_2}\right)^2 s_{x_2}^2+\cdots+\left(\frac{\partial F}{\partial x_m}\right)^2 s_{x_m}^2} \tag{1.3}$$

式中:s_{x_1}, s_{x_2}, …, s_{x_m}——各分量 x_1, x_2, …, x_m 直接测量的实验标准偏差。

上述技术规范已为《JJF1001—1998》所代替,且在

《JJF1001—1998》中已不再出现“误差合成定律”，而是在《JJF1059》中给出了“不确定度传播律”（按《GUM》给出；当输入量估计值 x_i 彼此独立的条件下），其形式类似式（1.3），只是所用符号不同，它基于泰勒级数的一阶近似，而简化为

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^{N}[c_i u(x_i)]^2 \tag{1.4}$$
$$= \sum_{i=1}^{N} u_i^2(y)$$

式中：c_i——灵敏系数，按定义为 x_i 的偏导；

$u_i(y)$——输出量 y 的第 i 个不确定度分量；

$u(x_i)$——第 i 个输入量 x_i 的标准不确定度；

$u_c(y)$——输出量估计值 y 的合成标准不确定度。

长期来，式（1.4）在国外也曾称之为“误差传播律”，但现在均按《GUM》已改称为“不确定度传播律”。它说明：

a. 输入量 x_i 的不确定度 $u(x_i)$ 如何构成输出量 y 的一个不确定度分量 $u_i(y)$；

b. 所有分量应如何合成为 $u_c(y)$。

至于式（1.2），实际上是系统误差的合成式，各系统误差分量带有各自的正负号，各偏导也是带有符号的一个量值。因此，式（1.2）的各误差分量为其代数和，至于这个式子能否称之为“误差传播律”还是“误差合成定律”，以及其中的偏导能否称之为“误差传递系数”，当前尚未见有国际文件或国内文件的规定。

1.3 灵敏系数

在输入量 X_i 的估计值 x_i 彼此独立的条件下，如果函数 f 的形式表现为

$$Y = f(X_1, X_2, \cdots, X_N)$$
$$= cX_1^{p_1} X_2^{p_2} \cdots X_N^{p_N}$$

其中，系数 c 并非灵敏系数，指数 p_i 可以是正数、负数或分

数，设 p_i 的不确定度 $u(p_i)$ 可忽略不计，则不确定度传播律可表示为：

$$[u_c(y)/y]^2 = \sum_{i=1}^{N}[p_i u(x_i)/x_i]^2$$

这时，式中的指数 p_i 是否就是灵敏系数?

应该认为这里的 p_i 就是不确定度传播律中的灵敏系数 c_i 的特殊形式，而且应注意到 p_i 是带有符号的，当相关系数 $r \neq 0$ 的情况下，输出量 y 的相对合成方差 $u_{c\,rel}^2(y)$ 就应按以下式(1.5)计算

$$u_{c\,rel}^2(y) = \sum_{i=1}^{N} p_i^2 u_{rel}^2(x_i) + 2\sum_{i=1}^{N-1}\sum_{j=i+1}^{N} p_i p_j u_{rel}(x_i) u_{rel}(x_j) r(x_i, x_j) \tag{1.5}$$

在所有输入量估计值都相关而且 $r = 1$ 的特殊情况下，式(1.5)简化成为

$$u_{c\,rel}^2(y) = \left[\sum_{i=1}^{N} p_i u_{rel}(x_i)\right]^2 \tag{1.6}$$

很显然，p_i 的符号会决定某些分量是相加还是相减(这里式(1.6)中方括号内是取代数和，并不能把 $p_i u_{rel}(x_i)$ 作为 $u_{c\,rel}(y)$ 的一个分量，因为一切分量无例外地均为正值)。

1.4 《JJF1059》7.1 节所给出的两种扩展不确定度 U 与 U_p 中，对于 U 是否应考虑输出量 Y 可能值的分布

按《GUM》，也就是《JJF1059》7.1 节的规定，给出扩展不确定度 U 时，不必考虑 Y 可能值的分布，直接在合成标准不确定度 u_c 前乘以包含因子 k(= 2 或 3，一般只取 $k = 2$)即可得出。但是，7.3 节指出：

如果可以确定 Y 可能值的分布不是正态分布，而是接近于其他某种分布，则决不应按 $k = 2 \sim 3$ 或 $k_p = t_p(\nu_{eff})$ 计算 U 或

U_p。例如，Y 可能值近似为矩形分布，则包含因子 k_p 与 U_p 之间的关系如下：

对于

$$U_{95}, \ k_p = 1.65$$

对于

$$U_{99}, \ k_p = 1.71$$

这里所指的“其他某种分布”含义为那些十分规则的常见分布，例如：三角分布、梯形分布、U 形分布、两点分布等对称形状的分布，而非不规则的分布或非对称分布。

7.3 这一节的内容从理论上说是正确的，但是实际上不太会出现。因此，一般情况下不去考虑。

有一种十分特别的情况，例如，采用 0.05 级的电能标准装置(其相对示值误差不超过 ±0.05%)，检定 0.5 级的电能表，这时，被检表各检测点的示值误差 Δ_i(无例外地为一种测量结果，为被测量的估计)的相对扩展不确定度 U_{rel}的评定中，如果检定过程中导致的不确定度(调整，对零、估读、分辨力等，当然也都包括标准装置与被检表两部分) u_1 大大地大于 0.05 级标准装置所带来的不确定度分量(一般按均匀分布处理，其标准偏差为 $0.6 \times 0.05\% \times$ 示值) u_2，合成时 u_2 可忽略不计，则示值误差的标准不确定度 $u(\Delta_i)$等于 u_1。如果 u_2 并非可忽略，则

$$\begin{aligned} u_c^2 &= u^2(\Delta_i) \\ &= u_1^2 + u_2^2 \end{aligned}$$

但如果出现 $u_2 \gg u_1$ 而在合成时 u_1 可忽略不计的情况下，$u(\Delta_i) = u_2$。

这时，将 $u(\Delta_i)$计算成 Δ_i 的扩展不确定度时就应考虑是否可以取包含因子 $k=2$ 或 3 的问题。由于 u_2 是按均匀分布从标准装置的最大允许误差 MPE 乘以被换系数 0.6(为 $1/\sqrt{3}$的近似值)所得出，在此基础上，为得出 U_{rel}而乘以 $k=2$ 则明显是不合理的，这时，应考虑 7.3 节的内容，乘以 1.6 即可。

1.5　在通过概率 $p=100\%$ 的分散区间半宽 a（参阅《JJF1059》5.6 节）来评定其所导致的标准偏差时，可有怎样的简化

《JJF1059》5.6 节的表 3"常用分布与 k、$u(x_i)$的关系"中给出了从正态分布到两点分布的共 6 种分布类别所对应的 k 值，即从 $\sqrt{9}$到 $\sqrt{1}$。

国际标准 ISO 14253－2：1999 提出了用转换系数 b（coefficient for transformation of a to u），如表 1—1。

表 1—1　把 a 转换为 u 的系数

分布类型	系数 b	标准不确定度 u
正态分布	0.5	$0.5a$
矩形分布	0.6	$0.6a$
U 形分布	0.7	$0.7a$

上述简化具有突出的实用性，简化计算并易于记忆。实际出现的在 $2a$ 之中的分布很难确定是某种分布；往往只是一种近似或可能，而且经常出现在某两种分布之间，例如：三角和正态之间，矩形和梯形之间等。因此，在标准偏差的评定中，恒也只能近似地给出。表 1.1 给出了这种稍有偏大的估计。

1.6　是不是测量仪器也有不确定度

在某些文件和文章中，经常可以看到"测量仪器的不确定度"这种表述不宜推荐。从不确定度的定义看，它只是与测量结果相联系的参数，只用于定量地说明测量结果的可疑程度，对于测量仪器或装置而言，是不好理解的。有书上提出，测量仪器的不确定度是指测量仪器所提供的量值的不确定度。但往往测量仪器可提供不同的量值，例如量块和砝码之类，其示值为其标称值，是所提供的一种量值，已按等进行过校准后的证书上，校准值往往

也作为它所提供的量值。除此之外，一些仪器的示值往往并不固定而受到诸多因素的影响，而不能简单地只以一个值给出，还需要指明某些条件，从而使不确定度的表述变得较为复杂。大量的测量仪器示值，只有最大允许误差（*MPE*）或是相对最大允差、引用误差等。这些术语所表达的概念是一个概率近似为 $p=100\%$ 的分散区间半宽，实际上也是一种“误差限”或“可能误差”，根据《GUM》2.2.4 节以及《JJF1059》2.11 节注 5 均指明：不确定度的本质（传统概念）也就是测量结果给出的被测量估计值可能误差的量度。从这一点上说 *MPE* 也是一种不确定度，只不过不是标准不确定度，也不是扩展不确定度 U 和 U_p。把它转变为标准不确定度得按 JJF1059 中 5.6 节所提供的方法。这十分类似 5.2 节通过 U/k 与 5.3 节通过 U_p/k_p 来转变为标准不确定度一样。为了使问题不致复杂化，我们不宜把 *MPE* 也视为一种扩展不确定度（$p=100\%$）。国际上至今未用扩展不确定度 U_{100}。在一些文件或规范中的表格里，往往把表头写成：“测量仪器不确定度、准确度等级或最大允许误差”，正说明了这一问题。即可以不用不确定度而是等、级或 *MPE*。

1.7　能否在不确定度评定中，把某些效应（或称之为原因，例如随机效应、系统效应）**导致的分量说成 A 类或 B 类或说属于 A 类或 B 类**

当前一些书籍和文章中，过分强调了 A 类和 B 类的区分，而且在不确定度评定中，往往不甚恰当地要求给出 A 类有哪些和 B 类有哪些，A 类评定过了才是 B 类的评定，或者说某种原因导致的 A 类分量有哪些等。事实上，用 A 类方法评定的分量往往也可以用 B 类方法评定，反之亦然。即评定的方法上并不局限于某种。但在不确定度所有分量中，随机效应导致的分量与系统效应导致的分量这两大类则往往总是并存而必须分别加以分析的。例如在化学分析中，如果平行试验是从取样和称取试样开始，经过处理而至最后得到两个独立的平行试验结果，则通过这两个结果

之差所计算出来的单次测量结果的合并样本标准差 s_p 中，包含了自称取样品直到最后结果的全过程中的随机效应导致的分散性的全部合成，那么，剩下的只有系统效应导致的分量了。

由于不确定度的定义是合理赋予被测量之值的分散性，很明显，这个分散的可靠程度决定于赋予被测量之值的多少(重复观测次数 n 的多少)，次数 n 越多，越可靠(自由度 ν 越大)，但是，当 ν 不够大时，要给出具有给定概率 p 的分散区间半宽时，就是通过包含因子 k_p 的适当增大(《JJF1059》附录 A 给出的就是增大的 k_p)来满足要求的。因此，不确定度评定中，对某些条件适当的放松，特别是日常检测中，准确度要求不是很高的情况下，得出的不确定度稍许偏大一点，往往是正常的或必要的。这是其定义导致的不确定度有其不确定性。

1.8 在什么情况下必须考虑测量仪器分辨力 δx 所导致的标准偏差 $0.29\delta x \approx 0.3\delta x$ 成为合成标准不确定度 u_c 的一个分量

如果重复观测所得到的若干结果中，末位存在明显的出入(差异)，很明显，由此按统计方法计算出的实验标准偏差 $s(q_k)$ 中，已包含了分辨力这一效应导致的分散性，但如果末位无明显出入，甚至相同，则所得 $s(q_k)=0$ 或甚小，则其中未包含分辨力导致的分散性，这时，$0.29\delta x$ 必须作为一个分量进入 u_c。在 $s(q_k)$ 与 $0.29\delta x$ 之间，可以按在 u_c 中只包含其中的一个较大者。

必须注意，当我们是给出平均值 $\bar{q}$ 的重复性标准偏差 $s(\bar{q})$ 时，这种情况下 $0.3\delta x$ 是不能除以$\sqrt{n}$的(n 为 $\bar{q}$ 所采用的重复观测次数)，按上述原则，是用统计方法所得 $s(\bar{q})$与 $0.3\delta x$ 相比较，u_c 中用它们两者中较大者作为一个分量。

1.9 可否对输出量 Y 估计值 y 用补零的办法使之与其所报告的不确定度的末位一致

这是指对《JJF1059》8.13 节第二段中输入和输出量的估计值(主要在于输出量)应修约到与它们不确定度的位数一致。即当采

用相同计量单位时，末位是对齐的，也就是给出的扩展不确定度 U 或 U_p（绝不是相对扩展不确定度 U_{rel} 和 $U_{p\,rel}$）到了哪一位，y 也只能或必须到这一位。多数情况下是，确定了扩展不确定度取几位（一或两位）之后，按这一修约间隔来修约所报告的测量结果。但有时也会碰到，特别是通过数字显示式仪器的一次测量结果作为被测量的最终结果时，评定出的扩展不确定度的末位已在所显示的末位之后。这时，对测量结果是否能采用补零的方式使其末位对齐？例如：通过数字式电压表一次测量的结果为 220.043 V 其扩展不确定度 $U = 2.5$ mV($k = 2$)，U 修约成两位有效值，末位达到 0.1 mV，但测量结果只到 1 mV，这时的测量结果应报告成 220.043 0 V。写成 $V = (220.043\,0 \pm 0.002\,5)$V，其末位才是对齐的。应该认为，表明测量结果可靠程度的不是所给出的结果本身而是其不确定度。那种认为物理实验结果只能保留一位不可靠的值（只有末位不可靠而不能有两位是不可靠的）观点和做法，与当今不确定度的表述并不一致。现在认为不确定度可以有两位有效数，从而测量结果的末两位均为可疑值了。

1.10 对于所报告出的扩展不确定度（包括 U，U_p，U_{rel} 以及 $U_{p\,rel}$）**是否均可无条件地采用"只进不舍"的修约方法使其为1～2位有效值**

修约，在《JJF1059》第 8.13 节给出两种方法均可以用，其一为"只进不舍"，其二为通用的修约规则，即大于半个修约间隔则进，小于半个修约间隔则舍，正好等于半个修约间隔则看前面一位是奇数还是偶数而定。根据其第一种方法，如果对 $U = 0.111\,2$ 修约成为一位有效数，按只进不舍，就成为 $U = 0.2$，比修约前增大了几乎一倍，虽不违反规则显然并不可取。如果 $U = 0.311\,2$，也只取一位有效而给成为 $U = 0.4$，比修约前也大了 1/4 左右似亦不可取。因此推荐采用：当第一个有效数为 1 和 2 时，取两位有效数为好，至于 3 以上，既可取一位也可取两位，对于一般测量，可均只取一位。至于是按上述两种修约方法中的

哪一种，评定人员可自行选用。上述的这种建议，在《JJF1059》以及《GUM》中都未提及，只是在某些国家的标准中，例如德国标准，则是提到的，不无道理，未必不可以参照使用。不过有的国际组织，例如国际纯化学和应用化学联合会(IUPAC)在公布相对原子质量 A_r 时，不论其不确定度的第一位有效数是否 1 或 2，是否 3 以上，其不确定度一律只给出一位，例如：碳的相对原子质量 $A_r(C)=12.011(1)$，即其不确定度为 0.001。对此国际上也并不认为不妥。

1.11 在报告测量结果的不确定度 U，U_p 或 u_c 时，是否应给出 u_c 的有效自由度 ν_{eff}

在《JJF1059》中，只推荐了在报告扩展不确定度 U_p 和 $U_{p\,rel}$ 时，给出 ν_{eff}，未提及其他。原因是在通过它们计算其标准偏差时，便于得出一个更为可靠的值(参阅《测量不确定度表达百问》5.6，中国计量出版社)。由于是推荐，所以也可不给出。实际上，不只是在用 U_p 或 $U_{p\,rel}$作为测量结果不确定度的情况下，国际上有的组织即令是用 u_c 来报告测量结果时，也给出其自由度。这样，有利于使用测量结果时，便于与其他分量合成中计算 ν_{eff}。例如：常数委员会(CODATA)在公布物理常量时，其公报中就交代了所给的标准不确定度的自由度 ν 的大小，例如：摩尔气体常数 $R=(8.314\ 510\pm0.000\ 070)\mathrm{J/(mol\cdot K)}$，其正负号后为标准偏差，自由度为 12。这类问题在《GUM》中目前尚未提及，但可以看出 CODATA 的这种作法是可取的。

1.12 当采用 $Y=(y\pm U)$的形式来表述被测量 Y 的测量结果 y 时，应采用怎样的计量单位

《JJF1059》的 8.7 与 8.8 节中，均给出了这样的表述形式，不论是扩展不确定度 U 还是 U_p。但是，当前有的文章或技术规范中，采用这一形式时，用了不确定度的单位，例如：

不确定度只用 1～2 位数字表达，测量结果与其对齐，截断，修约。例如 $U=0.15\mu\mathrm{m}$，被测长度 $L=100.000\ 32\ \mathrm{mm}$。

报告结果：

$L=100.000\ 32$ mm，$U=0.15$ μm，$k=2.62$，$\nu=120$，$p=0.99$。

或者

$L=(100\ 000.32\pm0.15)$ μm，$k=2.62$，$\nu=120$，$p=0.99$。

上述两种表述方式在《JJF1059》8.7 与 8.8 中均有涉及，只是未明确在这种情况下，当采用上述第二种形式时的单位。从《GUM》的表述例子以及《JJF1059》的例子，可以明确看出，上述例子中的第二种形式应以

$L=(100.000\ 32\pm0.000\ 15)$ mm，$\nu=120$，$p=0.99$

较为恰当，即用 mm 而不用 μm 作为单位。

1.13 标准偏差计算中，当其自由度较小时，要乘以一个安全因子 *h*，其作法与含义如何

安全因子 h(safety facfor for s)是 ISO 14253-2:1999 提出的，用于对标准偏差 s 不够可靠时，加以扩大，与统计方法的评定中重复次数 n 有关，也就是与自由度 $\nu(\nu=n-1)$有关，其值如下：

表 1—2

重复观测次数 n	安全因子 h	重复观测次数 n	安全因子 h
2	7.0	7	1.3
3	2.3	8	1.2
4	1.7	9	1.2
5	1.4	≥10	1
6	1.3		

也就是说，当 $n\geqslant10$ 或自由度≥9 以后，一般是可以认为实验标准偏差 s 的可靠性就可以了。否则，按 n 的大小，适当扩大所得出的标准差。注意，但并非扩展不确定度，而是其自由度不小于 10 了。