



(CNAS—GL09:2008)

校准领域测量不确定度评估指南

Guidance on Evaluating the Uncertainty
of Measurement in Calibration

中国合格评定国家认可委员会 编译



中国计量出版社

CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE



(CNAS—GL09:2008)

校准领域测量不确定度评估指南

中国合格评定国家认可委员会 编译



中国计量出版社

图书在版编目(CIP)数据

校准领域测量不确定度评估指南(CNAS—GL09:2008)/中国合格评定国家认可委员会
编译. —北京:中国计量出版社,2009.7

ISBN 978-7-5026-3100-0

I. 校… II. 中… III. 校准—测量—不确定度—评估—指南 IV. TB9-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 107142 号

内 容 提 要

本书是中国合格评定国家认可委员会(CNAS)的指南性文件,通过介绍校准领域典型项目测量不确定度评估实例,旨在为校准领域测量不确定度评估提供指导,并对校准实验室在实施认可准则时提供指引。

本书可供校准实验室管理和技术人员使用,也可作为实验室认可评审员的必备文件。

中国计量出版社 出版

地 址 北京和平里西街甲 2 号(邮编 100013)

电 话 (010)64275360

网 址 <http://www.zgjl.com.cn>

发 行 新华书店北京发行所

印 刷 北京市媛明印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 4.25

字 数 65 千字

版 次 2009 年 7 月第 1 版 2009 年 7 月第 1 次印刷

印 数 1—2 000

定 价 17.00 元

如有印装质量问题,请与本社联系调换

版权所有 侵权必究

编 审 委 员 会

主 任	宋桂兰	乔 东		
副主任	邵 力	潘嘉声	陈旭东	张明霞
主 编	牛兴荣			
副主编	杨志华	吴建英	陈明华	
编 译	(按姓氏笔画为序)			
	王春艳	卢春风	刘丽东	汤昌社
	苏 祎	来 磊	陈 曦	张丽萍
	沈菊霞	袁松宏	徐晓梅	黄玉琿
	傅云霞	蔡明钢		
主 审	刘智敏			

序

自 1963 年,美国国家标准局的 Eisenhart 先生在研究“仪器校准系统的精密度的估计”时,提出了定量表示不确定度的建议以来,“不确定度”这个术语逐渐在检测和校准领域广泛应用。

中国合格评定国家认可委员会(CNAS)为确保获认可的检测和校准实验室能够正确理解和有效应用“测量不确定度”这一概念,公开发布了一系列的认可准则和认可指南文件,这些文件包括《测量不确定度评估和报告通用要求》(CNAS—CL07)、《测量不确定度要求的实施指南》(CNAS—GL05)、《化学分析中不确定度的评估指南》(CNAS—GL06)、《电磁干扰测量中不确定度的评估指南》(CNAS—GL07)、《电器领域不确定度的评估指南》(CNAS—GL08)、《材料理化检验测量不确定度评估指南及实例》(CNAS—GL10)。由于“测量不确定度”涉及领域广,不同领域应用要求有所差异,CNAS 把“测量不确定度”的工作作为技术难点和重点进行研究。

本书介绍的《校准领域测量不确定度的表示》,其内容等同采用欧洲认可合作组织(EA)发布的指南文件《Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration》(EA—4102),CNAS 发布该文件的目的是指导校准实验室进行测量不确定度的评估工作,也可供评审员作为评审过程中的参考资料。

本书介绍的内容还有待在实践中加以总结和改进,对其中存在的错误和不足欢迎各界人士提出意见和建议,以便我们进一步补充和完善。

乔东

2009 年 6 月

前 言

1993 年国际计量局(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)、国际理论与应用化学联合会(IUPAC)、国际理论与应用物理联合会(IUPAP)和国际法制计量组织(OIML)等 7 个国际组织正式发布了《测量不确定度表述指南》(GUM),为计量标准的国际比对和测量不确定度的统一表述奠定了基础。许多国家校准与检测实验室,以及有关国际组织也相应地以 GUM 为依据,制定了与它相一致的规定或准则。1999 年 12 月,欧洲认可合作组织(EA)发布了 EA-4/02 号文件《校准领域测量不确定度的表示》(Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration)(1999),来进一步规范在校准领域测量不确定度的计算和表达。

为规范我国测量不确定度的评定与表示工作,我国于 1999 年 1 月 11 日批准发布了中华人民共和国国家计量技术规范 JJF 1059—1999“测量不确定度评定与表示”(Evaluation and Expression of uncertainty in Measurement),为明确我国实验室国家认可过程中使用不确定度描述测量结果质量的要求,中国合格评定国家认可委员会(CNAS)制定了《测量不确定度评估和报告通用要求》(CNAS—CL07)。在 JJF 1059—1999 和 CNAS—CL07 的基础上,为进一步规范校准领域测量不确定度的计算与表述,从而促进科学、技术、商业、工业、国防、贸易、交通、环境、医疗、卫生、食品安全和管理等方面,对不确定度的认识、理解、评价和比较。我们等同采用 EA-4/02 发布的指南文件编制了本指南,旨在为校准实验室进行不确定度评估提供指导。本文件是 CNAS 实验室的指南性文件,只对校准实验室在实施认可准则时提供指引,并不增加对 CNAS—CL01:2006《检测和

校准实验室能力认可准则》的要求。文件编号为 CNAS—GL09:2008,自 2008 年 3 月 15 日起实施。

在本文件的翻译和编制得到了中国计量科学研究院、上海计量测试技术研究院、华南国家计量测试中心、中国航空工业总公司 304 所和中国测试技术研究院的大力协助,在此表示感谢。

中国合格评定国家认可委员会
2009 年 6 月

目 录

测量不确定度评估指南基本要求	(1)
1 引言	(1)
2 概要和定义	(2)
3 输入量估计值的测量不确定度评估	(3)
4 输出量估计值的标准不确定度的评估	(6)
5 扩展不确定度	(8)
6 校准证书中测量不确定度的表示	(9)
7 测量不确定度评估的基本步骤	(9)
附 录	(11)
附录 A 对最佳测量能力评估的解释	(11)
附录 B 相关术语的词汇表	(13)
附录 C 测量不确定度的来源	(14)
附录 D 相关输入量	(15)
附录 E 从有效自由度得出的包含因子	(17)
补充实例	(18)
补充实例 1	(18)
S1 引言	(18)
S2 标称质量为 10 kg 砝码的校准	(18)
S3 标称值为 10 k Ω 标准电阻的校准	(20)
S4 标称尺寸为 50 mm 量块的校准	(23)
S5 1 000 $^{\circ}\text{C}$ 时 N 型热电偶的校准	(26)
S6 频率为 19 GHz 时功率传感器的校准	(30)
S7 设置为 30 dB 时同轴步进衰减器的校准(增益损耗)	(34)
补充实例 2	(37)
S8 绪论	(37)

S9	手持式数字万用表 100V DC 点的校准	(39)
S10	游标卡尺的校准	(42)
S11	180 °C 块状温度校准器的校准	(46)
S12	家用水表的校准	(49)
S13	标称直径 90 mm 环规的校准	(53)
参考文献		(58)

测量不确定度评估指南基本要求

(1) 目的与范围

• 本指南是为校准实验室更好地实施 CNAS—CL01:2006《检测和校准实验室能力认可准则》(等同采用 ISO/IEC 17025:2005)和 CNAS—CL01:2006《测量不确定度评估和报告通用要求》的有关规定而制订的,是《测量不确定度评估和报告通用要求》在校准实验室具体应用的实施指南。

• 本指南适用于校准实验室进行测量不确定度的评估,也可供认可评审员在评审过程中使用。

(2) 引用文件

下列文件中的条款通过引用而成为本文件的条款。以下引用的文件,注明日期的,仅引用的版本适用;未注明日期的,引用文件的最新版本(包括任何修订)适用。

• Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM). BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML, 1st edition, 1995.《测量不确定度表示指南》。

• International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology (VIM). BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML, 2nd edition, 1993.《国际通用计量学基本术语》。

• JJF 1001—1998《通用计量术语和定义》。

• JJF 1059—1999《测量不确定度评定和表示》。

• CNAS—CL01:2006《检测和校准实验室能力认可准则》。

1 引言

1.1 本指南提出了校准领域测量不确定度评估和在校准证书中表述的要求及原则,给出了适用于所有校准领域的一般水平测量不确定度的评估和表示方法。对于不同的校准领域,可能需要补充某些更为具体的评估导则,以使上述方法更为适用。为了确保不同领域之间的协调一致,补充评估导则的制定应该服从于本指南所提出的一般原则。

1.2 本指南提出的方法是以 BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP 和 OIML(参考文献 1)在 1993 年首次出版的《测量不确定度表示指南》为依据的。鉴于参考文献 1 已经确定了大多数物理测量领域测量不确定度的评估和表示应该遵从的一般原则,本指南的重点是给出更适合于在校准实验室中所采用的协调一致的测量不确定度的评估和表示方法。具体内容包括以下几个方面:

- 术语和定义;
- 输入量测量不确定度的评估方法;
- 输入量和输出量测量不确定度之间的关系;
- 输出量的扩展测量不确定度;
- 测量不确定度的表示;
- 测量不确定度的计算步骤。

补充内容将针对不同领域的特定测量问题,对上述测量不确定度的评估和表示方法进行描述,并给出应用实例。

1.3 在实验室的认可范围内,一个特定被测量的单位、其一个或多个的量值,是由近乎理想的测量标准器来定义、实现、保存或复现的,或是由专用的近乎理想的测量仪器来测量的。当实验室对这些标准器和仪器实施或多或少的常规校准程序时,针对这个被测量所能够达到的最小测量不确定度就被定义为最佳测量能力。对被认可的校准实验室最佳测量能力的评估,必须基于本指南所描述的方法,但一般而言,应由测量数据来支持或确认。附件 A 即为认可机构提供了最佳测量能力评估的进一步说明。

2 概要和定义

注:当第一次出现与正文的上下文相关的术语时采用粗体字。附录 B 包含了这些术语的定义及其参考文献。

2.1 对测量结果的完整表述应包含对被测量有影响的值和与该值有关的测量不确定度。在本指南中,所有不能被准确地获得的量,包括可能影响测量结果的影响量,都被当作随机变量。

2.2 测量不确定度是表征合理地赋予被测量之值的分散性,并与测量结果相联系的参数。(参考文献 2)。在不会产生歧义的情况下,本指南中用简写术语不确定度代表测量不确定度。某一个测量中典型的不确定度来源见附录 C 中的列表。

2.3 被测量是依测量而定的一些特殊量。在校准中测量人员通常只涉

及一个被测量或输出量 Y , 根据函数关系式(2—1), 它取决于一系列输入量 X_i ($i=1, 2, \dots, N$)。

$$Y=f(X_1, X_2, \dots, X_N) \quad (2-1)$$

函数模型反映测量过程和评价方法。它描述了如何由输入量 X_i 获得输出量 Y 。大多数情况下它是一个分析表达式, 但它也可以是包含有对系统因素修正和修正因子的一组表达式, 因而导致了不能用一个单一的函数解析式来明确地表达一个关系更为复杂的结果。此外, f 可以通过实验来确定, 或者作为一个必须用数值评估的计算机算法存在, 或者它将是所有这些情况的组合。

2.4 根据对量值和与之相关的不确定度的确定方法, 可以把输入量 X_i 归为两类:

(a) 某些被测量其估值和与之有关的不确定度能够在测量中被直接确定。由这些量值来获得测量值, 例如, 从一个单次观测、重复观测或基于经验作出的判断。这些量值可以包括对仪器读数的修正值以及对影响量的修正值, 如环境温度, 气压或湿度;

(b) 某些被测量其估值和与之相关的不确定度是由外部原因带入测量而产生的, 如与校准时使用的测量标准有关的量, 有证标准物质或由手册中得到的参考数据。

2.5 对被测量 Y 的估值, 用 y 表示其输出量估计值, 是由代表输入量 X_i 的量值的输入量估计值 x_i 用公式(2—1)得到的。

$$y=f(x, x_2, \dots, x_N) \quad (2-2)$$

应该理解输入量的值是数学模型中的所有重要因素经过修正的最佳估计值。否则, 需要引入必要的修正量并作为单独的输入量。

2.6 对于一个随机变量, 其分布的变化或变化的算术均方根称为标准偏差, 用于表示测量值的发散程度。用 $u(y)$ 表示的标准测量不确定度, 与输出量估计值或测量结果 y 有关, 是被测量 Y 的标准偏差。标准不确定度由输入量 X_i 的估计值 x_i 和与其有关的标准不确定度 $u(x_i)$ 来决定。与某个估计值有关的标准不确定度与该估计值具有相同的量纲。在某些情况下, 使用相对标准不确定度可能会更合适, 它是与一个估计值有关的标准测量不确定度除以该估计值的模, 所以它是无量纲的。如果估计值等于零则此概念不适用。

3 输入量估计值的测量不确定度评估

3.1 通用事项

与输入量估计值相关联的测量不确定度可通过“A类”或“B类”方法来评

估,标准不确定度 A 类评估是对观测列值进行统计分析的不确定度评估方法,此时标准不确定度就是在求平均或者合适的回归分析处理之后得出的均值的实验标准偏差。标准不确定度的 B 类评估是用不同于对观测列进行统计分析的方法来评估不确定度,此时标准不确定度的评估是基于其他已有的科学认识而获得的。

注:有时某一量的所有可能值呈单边分布,但在校准中并不常遇到这种情形,余弦误差就是一个典型例子。此类特殊情形的处理可见参考文献 1。

3.2 标准不确定度的 A 类评估

3.2.1 当一个输入量的若干个独立观测值可以在相同测量条件下得到时,标准不确定度的 A 类评估方法适用。如果测量过程有足够的分辨率,观测值会表现出显著的发散性。

3.2.2 假定重复被测输入量 X_i 的值是 Q , 在 n 次独立统计的观测中($n > 1$), 量 Q 的估计值是 $\bar{q}$, 独立观测值 q_j ($j=1, 2, \dots, n$) 的算术平均值为:

$$\bar{q} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n q_j \quad (3-1)$$

根据以下任一种方法来评估与估计值 $\bar{q}$ 相关联的测量不确定度:

(a) 基于概率分布的方差估计就是值 q_j 的实验方差 $s^2(q)$, 由式(3-2)给出:

$$s^2(q) = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2 \quad (3-2)$$

其(正)平方根称为实验标准偏差。算术平均值 $\bar{q}$ 的最佳方差估计值就是平均值的实验方差, 由式(3-3)给出:

$$s^2(\bar{q}) = \frac{s^2(q)}{n} \quad (3-3)$$

其(正)平方根称为平均值的实验标准偏差。平均值的实验标准偏差就是与输入估计值 $\bar{q}$ 相关联的标准不确定度 $u(\bar{q})$:

$$u(\bar{q}) = s(\bar{q}) \quad (3-4)$$

重要提示:一般来说,当重复测量的次数 n 较少($n < 10$)时,由式(3-4)表示的标准不确定度 A 类评估的可靠性有待商榷。如果观测的次数不能再增加,就必须考虑本文中提到的其他标准不确定度评估方法。

(b) 如果测量的定义完善且处于统计控制条件下,对于从有限次数的观测值中得出的估计标准偏差,合并方差估计值 s_p^2 可更好地表达观测值的发散性。假设对输入量 q 在重复性条件下进行了 n 次独立测量,得到 $q_1, q_2, \dots, q_n$, 其平均值为 $\bar{q}$, 实验标准偏差为 s 。如果进行 m 组这样的测量,则合并方差估计值 s_p^2 可

按下式计算：

$$s_p^2 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m s_i^2 = \frac{1}{m(n-1)} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (q_{ij} - \bar{q}_i)^2$$

自由度： $\nu_p = m \times (n-1)$

如果输入量的值 Q 由次数 n 较少的独立观测值的算术平均值 $\bar{q}$ 决定，则平均值的方差可估计为：

$$s^2(\bar{q}) = \frac{s_p^2}{n} \quad (3-5)$$

根据该值与式(3-4)可得出标准不确定度。

3.3 标准不确定度的 B 类评估

3.3.1 用不同于对观测序列进行统计分析的方法来评估与输入量 X_i 估计值 x_i 相关联的不确定度称为不确定度的 B 类评估。对可能引起 X_i 变化的所有可用信息进行科学判断，从而对标准不确定度 $u(x_i)$ 进行评估。信息来源于以下几个方面：

- 以前的观测数据；
- 对有关材料和仪器性能特性的了解及经验；
- 生产部门提供的技术说明文件；
- 校准证书和其他检定证书中提供的数据；
- 手册上给出的参考数据及不确定度。

3.3.2 对于标准不确定度 B 类评估的可用信息的正确运用，需要在经验和综合认知中形成的洞察能力为基础，这种技能可以在实践中获得。条件足够充分下的标准不确定度 B 类评估，其可信度与标准不确定度 A 类评估是一样的，特别是在测量过程中仅以相对较少次数的独立统计观测值为基础时的 A 类评估。需认真考虑以下情形：

(a) 当只知道输入量 X_i 的单个值时，如：单个测量值、以往测量结果、文献参考值或修正值，这些都可看作估计值 x_i ，和 x_i 相关联的标准不确定度 $u(x_i)$ 即可被采用，否则不确定度需要通过准确的数据算出。如果不能得到这类数据，则不确定度需要依靠经验来评估。

(b) 若根据理论和经验能推断出输入量 X_i 的概率分布，其合适的期望值和该分布方差的平方根被分别用于评估估计值 x_i 及相关联的标准不确定度 $u(x_i)$ 。

(c) 如果只能估计出 X_i 的上限 a_+ 和下限 a_- （例如：测量器具厂商提供的技术指标，温度范围，自动数值修约所引入的舍入误差），则应假定输入量 X_i 的分布满足上下限之间概率密度为一常数的条件（矩形概率分布）。根据情形(b)，

可得出计算估计值和标准不确定度的平方的公式：

$$x_i = \frac{1}{2}(a_+ + a_-) \quad (3-6)$$

$$u^2(x_i) = \frac{1}{12}(a_+ - a_-)^2 \quad (3-7)$$

若两极限值之差用 $2a$ 表示, 则式(3-7)可写为：

$$u^2(x_i) = \frac{1}{3}a^2 \quad (3-8)$$

在对除极限值以外的信息了解不够充分的条件下, 矩形分布是对输入量 X_i 概率分布的合理表述。但是如果已知靠近变化间隔中心位置的量值比靠近极限的量值更可靠, 那么采用三角或者正态分布的模型会更好; 另一方面, 如果靠近极限的量值比靠近中心的量值更可靠, 那么 U 型分布模型会更合适。

4 输出量估计值的标准不确定度的评估

4.1 对于彼此不相关的输入量, 其输出量估计值标准不确定度的平方为：

$$u^2(y) = \sum_{i=1}^N u_i^2(y) \quad (4-1)$$

注：有时(但在校准中较少遇见)当模型函数为明显非线性或某些灵敏系数[见式(4-2)和式(4-3)]很小时, 在式(4-1)中还应包括高阶项。相应特殊情况的处理见参考文献1。

$u_i(y)$ ($i=1, 2, \dots, N$) 是由输入量估计值 x_i 的标准不确定度引起的输出量估计值 y 的标准不确定度分量。

$$u_i(y) = c_i u(x_i) \quad (4-2)$$

式中 c_i 为与输入量估计值 x_i 相关的灵敏系数, 即从对函数 f 在 $X_i = x_i$ 时求偏导得到

$$c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i} = \left. \frac{\partial f}{\partial X_i} \right|_{X_1=x_1, \dots, X_N=x_N} \quad (4-3)$$

4.2 灵敏系数 c_i 描述了输入量估计值 x_i 的变化对输出量估计值 y 影响的程度。通过式(4-3)可求得灵敏系数, 或利用数学方法, 即当输入量估计值 x_i 变化 $+u(x_i)$ 和 $-u(x_i)$ 时, 计算输出量估计值 y 的相应差值, 并将 y 的相应差值除以 $2u(x_i)$, 也可得到 c_i 的值。有时通过实验重复测量, 获得输出量估计值 y 随 $x_i \pm u(x_i)$ 的变化量可能更为恰当。

4.3 鉴于 $u(x_i)$ 通常是正数, 根据式(4-2), 标准不确定度分量 $u_i(y)$ 的正

负取决于灵敏系数 c_i 。

当输入量相关时需考虑 $u_i(y)$ 的正负, 见附录 D 中的式(D—4)。

4.4 如果函数 f 是输入量 X_i 的和或差的函数

$$f(X_1, X_2, \dots, X_N) = \sum_{i=1}^N p_i X_i \quad (4-4)$$

则根据式(2—2)输出量估计值也是输入量估计值的和或差的函数

$$y = \sum_{i=1}^N p_i x_i \quad (4-5)$$

灵敏系数等于 p_i , 式(4—1)转换为

$$u^2(y) = \sum_{i=1}^N p_i^2 u^2(x_i) \quad (4-6)$$

4.5 如果函数 f 为输入量 X_i 的乘积或商函数

$$f(X_1, X_2, \dots, X_N) = c \prod_{i=1}^N X_i^{p_i} \quad (4-7)$$

则输出量估计值也是输入量估计值的乘积或商的函数

$$y = c \prod_{i=1}^N x_i^{p_i} \quad (4-8)$$

如果采用相对标准不确定度式 $w(y) = u(y)/|y|$ 和 $w(x_i) = u(x_i)/|x_i|$, 则灵敏系数等于 $p_i y/x_i$, 并可以根据式(4—1)得到和式(4—6)相类似的表达式:

$$w^2(y) = \sum_{i=1}^N p_i^2 w^2(x_i) \quad (4-9)$$

4.6 如果两个输入量 X_i 和 X_k 彼此相关, 即它们在某种程度上相互依赖, 则对于不确定度分量还必须考虑两个输入量之间的协方差, 具体见附录 D。对输入量相关效应的分析能力依赖于对测量过程的了解和对其输入量相关性的判断。一般而言, 应牢记不要忽视输入量之间的相关性, 否则就不能正确地测量不确定度进行评估。

4.7 如果有下列情况之一的, 则与两个输入量 X_i 和 X_k 相连的协方差可以被视作零或非常小:

(a) 输入量 X_i 和 X_k 彼此独立, 举例来说, 由于输入量是在不同的独立的实验中非同时地重复观察所得或被独立地赋予不同值, 所以输入量 X_i 和 X_k 独立;

(b) 任一输入量 X_i 和 X_k 能被视作常数;

(c) 研究结果未给出输入量 X_i 和 X_k 之间具有相关性的信息。

有时可以通过选择适当的模型将输入量之间的相关性消去。

4.8 对某一被测量进行不确定度分析, 有时称作测量不确定度的评估, 此时应该包括一份所有与标准测量结果不确定度相关的不确定度来源的列表及

对其如何进行评估的方法。对于重复测量的，应说明重复测量的次数 n 。为了表达清楚，建议采用表格的形式来说明与评估有关的数据。在表中所有的量可以引用物理符号 X_i 或一个短标识符来表示。在表中需至少列入输入量估计值 x_i 及其标准测量不确定度 $u(x_i)$ 、灵敏系数 c_i 及不同的不确定度分量 $u_i(y)$ 。每个量的大小也应该以数值形式在表中表述出来。

4.9 表 4—1 给出了以不相关输入量为例的不确定度列表。表格的右下角给出了测量结果的标准不确定度 $u(y)$ ，它是最右栏里所有标准不确定度分量的平方和的根。表中灰色部分没有被填写。

表 4—1 是在测量不确定度分析中涉及的输入量、估计值、标准不确定度、灵敏系数及标准不确定度分量的示意图。

表 4—1

输入量 X_i	估计值 x_i	标准不确定度 $u(x_i)$	灵敏系数 c_i	标准不确定度分量 $u_i(y)$
X_1	x_1	$u(x_1)$	c_1	$u_1(y)$
X_2	x_2	$u(x_2)$	c_2	$u_2(y)$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
X_N	x_N	$u(x_N)$	c_N	$u_N(y)$
Y	y			$u(y)$

5 扩展不确定度

5.1 CNAS 规定被其认可的校准实验室必须给出扩展不确定度 U ， U 由输出估计值 y 的标准不确定度 $u(y)$ 和包含因子 k 相乘得到：

$$U=ku(y) \tag{5—1}$$

若被测量的分布服从正态(高斯)分布，且输出量的估计值的标准不确定度具有足够的可靠性，则当包含因子 $k=2$ 时，所得到的扩展不确定度具有近似 95% 的置信概率，在校准工作中大部分遇到的是这样的情况。

5.2 用实验的方式通常很难确认输出量的估计值是否属于正态分布。但是，在通常情况下，当几个不确定度的分量来源于概率分布独立的输入量(即 $N\geq 3$)，如服从于正态分布或矩形分布时，则依据中心极限定理可以假设输出量的分布接近于正态分布。

5.3 输出估计值的标准不确定度的可靠性由其所赋的有效自由度来决定(见附录 E)。但是，当所有不确定度的分量都不是来源于 10 次以下重复的观察所得的 A 类评估时，则其可靠性符合规范要求。