

误差与测量不确定度的探讨

张春勇

(盐城工学院电气工程系, 盐城 224003)

摘要 对测量不确定度与误差之间的联系和区别进行了分析讨论。认为误差与测量不确定度是两个截然不同的概念,但误差是不确定度的基础,不确定度是误差的综合和发展。

关键词 测量 误差理论 不确定度 误差

分类号 P207

人类为了认识和改造自然,需要不断地对自然界的各种现象进行测量和研究。误差公理指出,测量结果存在误差。如何评价测量质量的高低呢?长期以来,人们习惯于用误差大小来反映测量和实验所得数据与被测量真值之间的差异。但是,被测量的真值是一个理想概念,一般是不可知的。因此,误差也是一个不能确切知道的量。

经典误差理论一直认为误差服从正态分布,从而可以用统计的方法来研究和表示误差。事实上,不同的测量方法和测量过程,对同一测量得到的测量误差是有明显差异的,这就使得测量结果与被测量真值之间的接近程度难以进行统一的描述和评定。随着现代生产、科技与商贸的发展,急需找到一种统一的、广泛适用的、简明的评定测量质量的方法。从19世纪70年代开始,人们开始逐步引入测量不确定度的概念来评定测量结果。不确定度概念的提出和应用受到了国际社会的普遍重视。鉴于国际间表示不确定度的不一致,世界最高计量权威机构——国际计量委员会(CIPM)于1978年要求国际计量局(BIPM)向各国标准计量研究院征询意见,并提出建议。1993年初,由ISO等7个国际组织联名正式出版了《测量不确定度指南》的正式文本。从此测量不确定度的概念正式确定下来,并开始在各国全面贯彻。

1 不确定度的定义、表示和评定

1.1 不确定度的定义

《测量不确定度指南》中给不确定度下的定义是:用以表征测量结果中合理赋予被测量值的分散性的一个参数。(1)这个参数可以是标准差的给定倍数或置信水准区间的半宽度。(2)也可以说测量不确定度是测量结果中被测量的估计值中可能误差的度量。(3)或者说,测量不确定度是表征被测量真值所处量值范围的估计。

上述三种说法着眼点不同。第一种明确指出不确定度是一个参数,它的值反映了测量结果的不肯定程度或被测量真值附近的可能波动范围。它只涉及测量结果和变化程度两个可知量,而不涉及真值和误差一类不可知量,因此这是一个可操作的定义。另外两个则与传统的误差概念相联系,便于理解,但它们都涉及到不可知量“真值”或“误差”,因此,它们没有可操作性。

1.2 不确定度的表示

测量不确定度一般包含若干个分量,其中一些分量可由一系列的测量结果统计分布来评定,并用标准差来表征;而另一些分量则由基于经验和其它信息所认定的概率分布来评定,但同样也可以用标准差来表征。用标准差表示的测量不确定度称为标准不确定度。当测量结果由若干其它量得到时,这些量的方差或协方差加权后的正平方根称为合成标准不确定度;合成不确定度乘上一个数值因子,以确定测量结果区间的量称为扩展不确定度。使用扩展不确定度的目的是提供测量结果的取值范围或区间,使被测量的值可望以高概率位于其中。

1.3 不确定度的评定方法

不确定度的评定方法分为 A、B 两类。用统计分析一系列重复观测数据来评定不确定度的方法称为 A 类评定。用不同于统计分析的其它方法来评定不确定度的方法称为 B 类评定。

设某测量过程的模型表示为如下函数

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

式中 Y 为输出量, x_i 为输入量, N 为整数, 输入量集合 $\{x_i\}$ 包括如下几个方面:

- ① 当前测量过程中直接测得的量 $\{x_{ij}, j=1, \dots, n\}$;
- ② 影响量、影响系数、已知效应引起的位移或漂移;
- ③ 其它测量的结果;
- ④ 外部得来的值, 如基本物理常数等。

设其中 m 个输入量 x_1, x_2, \dots, x_m 是由重复测量得到的, 则可用 A 类评定它们的不确定度

$$\bar{x}_i = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}$$

其标准不确定度为

$$u_{ci} = S_i(\bar{x}_i) = \sqrt{\frac{1}{n_i(n_i - 1)} \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)^2}$$

其自由度为 $\nu_i = n_i - 1, (i=1, 2, \dots, m)$

剩余的 $(N - m)$ 个输入量可以根据以前的测量结果、类似仪器的检定数据、所用设备和材料的特点等估算出来, 这时经常可以用极限误差来计算。这些误差都服从均匀分布, 且极限误差为 Δ_i , 则它们的标准不确定度可用 B 类评定:

$$u_{ci} = \frac{\Delta_i}{\sqrt{3}} \quad (i = m + 1, \dots, N)$$

这样, 测量结果的合成不确定度为

$$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^m u_{ci}^2 + \sum_{i=m+1}^N u_{ci}^2}$$

2 不确定度与误差的区别

2.1 不确定度是一个定量概念, 而误差则是一个定性概念

从上面例子可以明显看出, 不确定度是一个可操作的定量概念。而误差从表面看来似乎是一个定量概念: 误差 = 测得值 - 真值。而实际上, 由于真值是未知的, 所以误差也无法确切知道。只有当通过某种方法对真值有一个约定时, 误差才有量的概念。正是因为误差数值上的模糊性, 曾有人建议用模糊数学来研究误差。

2.2 不确定度与误差具有截然不同的性质

不确定度是一个数值, 且恒为正。而误差即使可用数值表示时, 它也有正负两种可能。这种差异是它们的性质差异的反映。

误差从本质上来讲是反映测得值与真值的偏离, 因此就可能有偏大或偏小两种可能。而不确定度并不表示这种偏离程度, 它只反映对被测量值认识的不足。在一个测量结果中, 即使不确定度大, 也可能这一测量值与真值非常接近。事实上, 测量不确定度表明: 给定被测量的测量结果并非一个值, 而是分散的无限个值。这种分散程度是与所有测量值, 其它数据以及人们对现实世界的认识相一致的, 并随可信度而便于被测量。因此, 不确定度的大小并不能说明测量结果误差的大小。

此外, 在单次重复测量中, 误差具有一定的分布特征, 误差源不同, 其分布特征不同。而对于一个测量过程来说, 不确定度则是一个定值, 不存在分布问题。事实上, 正是误差的分布特征不同, 测量不确定度也不同。

例如某不确定度分量的极限误差为 Δ , 若其服从均匀分布, 则标准不确定度为

$$u_c = \frac{\Delta}{\sqrt{3}}$$

若其服从反正弦分布则标准不确定度为

$$u_c = \frac{\Delta}{\sqrt{2}}$$

3 不确定度与误差的联系

3.1 误差分析是不确定度计算的基础

尽管不确定度概念的引入使误差分类的界限及其转化的问题淡化了, 但评定和计算不确定度, 还有赖于必要的误差分析。只有对各个误差源的性质、分布进行合理的分析和处理, 才能确定出各分量的不确定度和合成不确定度。

例如, 某不确定度分量 x_i 可以用 A 类方法评定, 则某标准不确定度 $\mu_c(x_i) = \sqrt{s^2(\bar{x}_i)}$ 式中 $s(\bar{x}_i)$ 是 \bar{x}_i 的标准差, 它是由误差分析计算得到。

3.2 不确定度是误差的综合和发展

不确定度概念的引入使不能确切知道的误差转化为一个可以定量计算的指标附在了测量结果中, 从而使测量结果的质量有了一个统一的比较标准。因此, 不确定度是误差概念的发展。

经典误差理论将误差分为随机误差和系统误差, 这两类误差的分析处理方法也不同, 因此, 以

前误差的合理分类一直被看得很重要。但不确定度概念的引入,使这种分类显得不重要了,如果有条件进行多次重复观测得到一系列可供统计分析的数据,则用A类评定,否则用B类。因此不确定度使误差实现了良好综合,成为一个整体。

4 结论

(1)不确定度与误差是两个截然不同的概念,

参 考 文 献

- 1 费业泰. 误差理论与数据处理. 北京:机械工业出版社,1995. 9~28
- 2 沙定国,刘智敏. 测量不确定度的表示方法. 北京:中国科学技术出版社,1994. 10
- 3 刘智敏. 误差与数据处理. 北京:原子能出版社,1981

Measurement Uncertainty and Error

Zhang Chunyong

(Department of Electric Engineering of Yancheng
Institute of Technology, Yancheng 224003, PRC)

Abstract The connexions and differences between Uncertainty and error are discussed in this paper. The results point out that uncertainty and error are essentially different conceptions, however, they are connected to a great extent; error is the foundation of uncertainty; uncertainty is the development and synthesis of error.

Keywords measurement; error theory; error; uncertainty

(上接第54页)

4 结束语

从以上的阐述可以看出,近年来对褐藻及褐藻胶的全面研究取得了重大进展,在食品行业,褐藻酸由于其独特的性质而越来越受到欢迎;其药

但它们之间有密切的联系。误差是不确定度的基础,不确定度是误差的综合和发展。

(2)不确定度使测量结果的质量评定有了统一的定量标准,它的推广应用对于实现交流有现实意义。

参 考 文 献

- 1 南开大学主编. 普通生物学. 北京:高等教育出版社,1983. 323
- 2 黄志斌. 水产品综合利用工艺学. 北京:中国农业出版社,1996. 89~93
- 3 H·Mateus, J. M. Regentein, et al, Economic Bot. 1977(31):24
- 4 张兴荣. 褐藻胶的应用价值. 中国海洋报,1998-10-17(3)
- 5 谭征. 海洋博物馆. 天津:天津教育出版社,1996. 267
- 6 姜凤梧. 中国海洋药物辞典. 北京:海洋出版社,1993. 267

用价值也逐步为人们确证并加以应用。

随着研究的深度和广度的加大和拓宽,并据目前的研究成果,我们可以预见并期待褐藻酸在食品、医药、环境污染治理等方面发挥更大的作用。

Present state and development of stuies on the brown algae and the brown alginicacids

Wu Jinhua Wang Zisheng

(Department of Ocean Engineering of Yancheng
Institute of Technology, Yancheng 224003, PRC)

Abstract The paper reported that the brown algae and its important product-alginic acid, which is extracted from the algae, are widely applied. It summarizes geographic distribution and biological characteristic of the algae, and the distribution, variety, chemical structure, physical and chemical property, production process, and application of the alginic acid were also introduced in this paper.

Keywords Brown algae; Alginic acid; Algin