

测量误差与测量不确定度之间的联系与异同

李慎安

TH701

计量技术规范 JJG1027-91《测量误差及数据处理》以及国际标准化组织的工作组 ISO/TAG4/WG3 于 1993 年公布的《测量不确定度表达指南》(以下简称《指南》)均已明确对测量结果的表达用测量不确定度或相对测量不确定度 U 或 U_r , 而不再用其它的量, 但这决不意味着测量比较表

误差的概念已不存在, 也并非不再使用测量误差。而是各有各的用处, 不能互相代替。(国际上现已确定测量误差是绝对测量误差的同义语)

本文下面给出一个相比较的简表, 然后对其中的重点问题加以说明:

项目	测量误差	测量不确定度
定义	测量结果减真值(或约定真值)	与测量结果相联系, 表达其分散性的参数。
表达	用带有正号或负号的误差值, 如用相对误差, 也具有正或负号	用标准偏差或其倍数, 或具有给定置信概率的半置信区间, 只有正值
分类	测量误差的分量, 分成随机误差、系统误差	按获得(评定)它们的方法是否是按统计方法分为 A、B 类
合成	某个测量结果的误差, 是各个分量的代数和	各个分量(规定用标准偏差表示)的方和根成为合成标准不确定度
量纲	与被测量有相同量纲, 如是相对误差, 量纲为 1	同左, 如是相对不确定度, 量纲为 1
传递	可以传递(传播)	可以传递(传播)
用途	说明测量结果与真值间的差别大小及其是偏大还是偏小	说明测量结果不能肯定的程度、或用于表示置信区间

2. 关于定义问题

测量误差 = 测量结果 - 真值

由于真值只是个理想概念, 按其定义是不能通过测量获得的, 因此, 测量误差也不可能准确知道。实际工作中, 用约定真值代替上式的真值, 这样得到的测量误差也是一个近似的。由于这一定义, 测量误差不是正就会是负。在讨论测量误差与测量不确定度之间的异同和联系时, 必须注意不要把测量误差与那些用正负号(\pm)表示的。例如: 允许误差、引用误差等, 以及只具有正值的误差限(δ)混同起来。(参阅

JJG1001-91《通用计量名词及定义》144、145、136)。

测量不确定度现在国际上通用的定义是: 与测量结果相联系的参数, 表征合理地赋予被测量值的分散性。从而可得出:

- a、它应是完整测量结果附加的组成部分;
- b、它只与测量程序、操作有关而与测量结果(通过测量所得到的量值大小)无关;
- c、它表征的是被测量值的分散性, 而只具

有正值,其实质是量的一个范围(或区间);

d、测量结果是给定测量程序(包括测量人员和条件在内)下,被测量的最佳值。

e、分散性中应考虑到影响测量结果的全部系统效应和随机效应,因而是它们的综合。

f、关于“分散性”一词,在JJG1027以及《指南》中均未作为一个术语予以定义。用分散性表达的量则有:重复性、复现性。它们均指出了实验标准偏差 s 是表征分散性的量。

3、分类问题

测量误差是由若干分量相加构成的。这些分量可分成随机误差和系统误差。后者可能某种程度地掌握而对测量结果进行修正,但修正量决不可能恰如其分,即修正量也还存在它自己的测量误差,其值的大小是未可知的,它仍以系统误差的形式进入测量误差。

随机误差现在国际上的定义是:测量结果减去重复条件下对同一被测量进行无穷多次测量结果的平均值。它等于测量误差中减去了系统误差后剩下的部分。其期望恒为零。

系统误差现在国际上的定义是:在重复条件下对同一被测量进行无穷多次测量结果的平均值减去被测量的真值。

必须注意,通过上述定义,随机误差与系统误差都不是不确定度的分量。

在《指南》中,谨慎地使用:“随机效应导致的不确定度;系统效应导致的不确定度……”这样的概念,而不用随机误差;系统误差。

测量不确定度的分量不能像测量误差那样,分成为随机不确定度,系统不确定度。这是早在1980年国际计量委员会通过的INC-1建议书中就明确的。这是因为随机效应导致的不确定度分量并不一定只能用A类方法估计,有时,甚至只能用B类方法估计;而系统效应导致的不确定度分量的估计方法,既可以有A类,也可以有B类。

A、B两类不同的不确定度分量,只是获得它们的方法不同,决不意味着它们之间有什么本质上的差别。A类分量的估计方差 u^2 由重复观测列算出,即熟知的统计方差估计 s^2 、标准偏

差估计 s 等于 u^2 的正平方根,因此: $u=s$,其含义即测量不确定度分量就是算出的实验标准偏差 s 。 s 可以由随机效应导致,但它本身决非随机误差。B类分量的方差 u^2 按已有的信息评定,标准偏差等于 u^2 的正平方根。因此,A类分量是用一组观测得到的频率分布近似的概率密度函数得到的,而B类分量则是由一个假定的概率密度函数得到的,此函数基于对事件发生的信任程度(常称主观或先验概率)。

4、合成问题

JJG1027-91中给出了下式:

$$\Delta Y = Y - Y_0;$$

$$\Delta Y = \sum_{K=1}^n \Delta Y_K$$

其中: Y_0 为被测量的真值, Y 为测量结果; ΔY 为测量误差(绝对误差); ΔY 为测量误差的各个分量。第一个式子即测量误差的定义。第二个式子为其构成,即各分量的代数和。

不确定度分量合成时,只要它们彼此独立,就用方和根。如下式

$$U_c = \sqrt{\sum U_i^2}$$

其中: u_c 为合成不确定度, u_i 为各个分量。

但如其中存在相关项时,则应考虑用协方差的估计值。

这个开方,恒只取正值而非正负(±)

5、传递问题

所谓误差的传播定律,在JJG1001-91中称为“间接测量误差合成定律”。参与合成的,实际上并非随机误差而是实验标准偏差(见该技术规范130)。现在,它应称为不确定度传播定律用于间接测量中A类标准不确定度的合成。但如也包括B类标准不确定度,则该技术规范中的 s 均应改成为 u 。

附带说明,本文所涉及的名词是以《国际通用计量学基本术语》1993年的第二版为依据的,与《指南》一致。

(作者单位:国家技术监督局)