

戥秤示值误差的不确定度评定

□北京市海淀区计量检测所 赵吉庆

【摘要】本文依据JJG 17-2016《杆秤检定规程》，对戥秤示值误差的测量方法进行概述，对示值误差的不确定度来源进行分析，采用了A类评定和B类评定两种不确定度评定方法，给出合成标准不确定度及扩展不确定度。

【关键词】戥秤；示值误差；不确定度；重复性测量

文献标识码：B 文章编号：1003-1870（2023）04-0032-02

概述

戥秤是杆秤的一种，是基于杠杆平衡原理而设计的非自动衡器，主要用在中草药配制时的称重。本文以最大称量为250 g的戥秤为例，对检定规程中要求的必检称量点进行测量，计算示值误差并评定不确定度。

（1）测量方法

戥秤的检定是依据JJG 17-2016《杆秤检定规程》进行，选用M₁等级标准砝码作为标准器。对需检定的称量点，游砣置于称量位置，在承载器上施加相应标准砝码，通过配衡砝码改变标准砝码质量，使秤杆取得平衡位置。

（2）测量模型

$$E=I-L \quad (1)$$

式中：E——戥秤的示值误差，g；

I——戥秤的示值，g；

L——标准砝码的质量，g。

输入量各分量彼此之间相互独立不相关，则有

$$u^2(E) = c_1^2 u^2(I) + c_2^2 u^2(L) \quad (2)$$

式中：u(E)——示值误差的测量不确定度，单位：mg；

u(I)——由被检戥秤带来的不确定度分量，单位：mg；

u(L)——由标准砝码带来的不确定度分量，单位：mg；

c——灵敏系数， $c_1 = \frac{\partial E}{\partial(I)} = 1$ ， $c_2 = \frac{\partial E}{\partial(L)} = -1$ 。

1 标准不确定度的评定

1.1 由被检戥秤带来的标准不确定度u(I)的评定

（1）检定结果重复性引入的不确定度分量u(I₁），A类评定

在重复性测量条件下，分别对戥秤的空秤（0 g）、末秤量（50 g）、首秤量（50 g）、1/2最大秤量（124 g）、最大秤量（250 g）进行10次独立重复测量，按公式（1）计算示值误差，并根据贝塞尔公式计算标准偏差s = $\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$ ，结果见表1。

表1 各称量点重复性测量结果

称量点	示值误差x _i /g										标准偏差 s/mg
	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	n=6	n=7	n=8	n=9	n=10	
空秤	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.2	0.2	70.7
末秤量	0.1	0.2	0.3	0.1	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	78.9
首秤量	0.2	0.3	0.1	0.2	0.1	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	73.8
1/2最大秤量	0.3	0.4	0.2	0.4	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.3	70.0
最大秤量	0.5	0.4	0.6	0.4	0.5	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	81.6

因检定结果是由单次测量得到, 则 $u(I_1) = s$ 。

(2) 由戥秤标尺分辨力引入的不确定度分量 $u(I_2)$, B 类评定

最大称量为 250g 的戥秤的检定分度值 $e = 1 \text{ g}$, 戥秤的标尺间距带来的称量结果误差不超过 $0.2e$, 为均匀分布, 则

$$u(I_2) = \frac{200}{2\sqrt{3}} = 57.7 \text{ mg}$$

当检定结果重复性引入的不确定度分量大于被检秤标尺分辨力引入的不确定度分量时, 取检定结果重复性引入的不确定度作为被检秤带来的不确定度, 即最大称量点处

$$u(I) = u(I_1) = 81.6 \text{ mg}$$

同理计算其余称量点, 结果见表 2。

1.2 由标准砝码带来的标准不确定度分量 $u(L)$ 的评定, B 类评定

对最大称量点的测量时, 标准砝码是由 M_1 等级 200 g、50 g 以及多个 500 mg、200mg、100 mg 的配衡

砝码组成, 各砝码的最大允许误差可由砝码检定规程获知, 误差为均匀分布, 取重复测量时示值误差最大值 0.6 g 时, 标准砝码的质量为 250.7 g, 标准砝码的不确定度为

$$u(L) = \sum_i u(L_i) = \frac{10}{\sqrt{3}} + \frac{3.0}{\sqrt{3}} + \frac{0.8}{\sqrt{3}} + \frac{0.5}{\sqrt{3}} = 8.3 \text{ mg}$$

同理计算其余称量点, 结果见表 2。

1.3 合成标准不确定度

最大称量为 250 g 的戥秤, 最大称量点的示值误差的合成标准不确定度为:

$$u(E) = \sqrt{u^2(I) + u^2(L)} = \sqrt{81.6^2 + 8.4^2} = 82 \text{ mg}$$

同理计算其余称量点, 结果见表 2。

1.4 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 于是最大称量点的示值误差的扩展不确定度为

$$U(E) = ku(E) = 164 \text{ mg}$$

同理计算其余称量点, 结果见表 2。

表 2 各称量点不确定度计算结果

称量点	重复性引入的不确定度分量 $u(I)/\text{mg}$	标准砝码引入的不确定度分量 $u(L)/\text{mg}$	合成标准不确定度 $u(E)/\text{mg}$	扩展不确定度 $U(E)/\text{mg}$
空秤	70.7	0.6	71	141
末称量	78.9	2.4	79	158
首称量	73.8	2.4	74	148
1/2 最大称量	70.0	6.4	70	140
最大称量	81.6	8.3	82	164

2 结束语

通过对戥秤示值误差的不确定度的分析与评定, 可知其来源主要是测量结果的重复性, 标尺分辨率所带来的不确定度小于重复性测量的不确定度。标准砝码是组合形式的砝码, 采用总个数尽量少的组合形式, 可减少标准砝码所引入的不确定度。

参考文献

- [1] 马堃, 李峻, 申东滨等. 杆秤: JJG 17-2016 [S]. 北京: 中国计量出版社, 2016.
- [2] 马堃, 李峻. JJG17-2016《杆秤检定规程》解读[J]. 中国计量, 2017(07):133-135.

- [3] 姚弘, 陈利, 惠程智等. 砝码: JJG 99-2006[S]. 北京: 中国计量出版社, 2007.

- [4] 叶培德, 赵峰, 施昌彦等. 测量不确定度评定与表示: JJF 1059.1-2012[S]. 北京: 中国计量出版社, 2013.

- [5] 林景星. 计量基础知识[M]. 北京: 中国质检出版社, 2015.

- [6] 倪育才. 实用测量不确定度 (第 5 版) [M]. 北京: 中国质检出版社, 2016.

作者简介

赵吉庆 (1988-), 北京市海淀区计量检测所工程师, 研究方向: 质量计量。