

非连续累计自动衡器（累计料斗秤）测量结果不确定度评定

□马鞍山市计量测试研究所 史恩忠

【摘要】本文依据JJG648-2017《非连续累计自动衡器（累计料斗秤）》和JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》，分析了非连续累计自动衡器（累计料斗秤）的测量过程，建立了相关的数学模型，并对不确定度来源进行分析，对非连续累计自动衡器（累计料斗秤）的测量结果不确定度进行了评定。对于在实际测量过程中符合本文条件的测量结果，可以参照使用不确定度的评定方法。

【关键词】非连续累计自动衡器；累计料斗秤；不确定度评定

文献标识码：A 文章编号：1003-1870（2024）09-0032-03

引言

非连续累计自动衡器（累计料斗秤）是通过把一批散料分成若干份分离的载荷，依次确定每份分离载荷的质量，累计其称量结果，并将分离载荷卸出，以得到该批散状物料总量的一种自动衡器。非连续累计自动衡器是一种将动态称量的过程转换为静态称量的衡器，从而提高称量准确度，在日常称量散状物料时，被广泛应用。非连续累计自动衡器（累计料斗秤）的量值准确与否，关系企业的经济效益和社会效益，本文依据JJG648-2017《非连续累计自动衡器（累计料斗秤）》和JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》对非连续累计自动衡器（累计料斗秤）的测量结果不确定度进行评定。

测量方法：使用符合JJG99-2022《砝码》的标准砝码和控制衡器，按照JJG648-2017《非连续累计自动衡器（累计料斗秤）》规定的方法在正常环境温度、湿度条件下对累计料斗秤进行测量。

测量标准： M_1 等级砝码，测量范围为(20~9000) kg和100mg~5kg； M_{12} 等级砝码，测量范围为(1~76) t。

被测对象：累计料斗秤（最大称量2000kg），检定分度值 $e=1\text{kg}$ ，准确度等级为1.0级。

1 测量过程

在JJG648-2017《非连续累计自动衡器（累计料斗秤）》规定的测量条件下，按照“检定规程中7.2 检定项目和7.3 检定方法的要求”进行测量。用1000kg砝码直接加卸载，通过化整误差的方法，得到该称量下的示值误差。

2 不确定度评定

2.1 不确定度评定数学模型

$$E = I - m + 0.5e - \Delta m$$

式中： E ——控制衡器的示值误差；

I ——控制衡器示值；

m ——标准砝码质量值；

Δm ——感量砝码质量值。

灵敏系数：

$$c_1 = \frac{\partial E}{\partial I} = 1 \quad c_2 = \frac{\partial E}{\partial m} = -1$$

2.2 不确定度来源

根据非连续累计自动衡器（以下简称累计料斗秤）测量结果不确定度评定数学模型可以得到，其测量结果受控制衡器示值（累计料斗秤测量重复性、读数时分辨力、累计料斗秤的偏载误差）和标准砝码的影响。

2.3 标准不确定度分量评定

(1) 累计料斗秤测量重复性引入的不确定度分量 $u(I_1)$ 的评定

由测量重复性引入的不确定度分量采用A类方法评定。用1000kg砝码在重复性条件下对累计料斗秤1000kg称量点进行10次连续称量，测得结果如表1：

表1 累计料斗秤10次重复测量数据

单位：kg

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量结果	1000.6	1000.5	1000.8	1000.4	1000.5	1000.9	1000.2	1000.4	1000.3	1000.7

由以上重复测量数据得到平均值 $\bar{I}=1000.53\text{kg}$
 单次实验标准偏差：

$$s(I_1) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (I_i - \bar{I})^2}{n-1}} = 0.22\text{kg}, \text{ 则}$$

$$u(I_1) = s(I_1) = 0.22\text{kg}$$

(2) 累计料斗秤在读数时分辨力引入的不确定度分量 $u(I_2)$ 的评定

被测累计料斗秤在1000kg称量点检定分度值为1kg，化整法的读数分辨力为0.5kg，服从均匀分布，则：

$$u(I_2) = \frac{e}{2\sqrt{3}} = \frac{0.5\text{kg}}{2\sqrt{3}} = 0.14\text{kg}$$

(3) 累计料斗秤的偏载误差引入的不确定度分量 $u(I_3)$ 的评定

累计料斗秤的偏载误差采用B类方法评定，服从均匀分布。则：

$$u(I_3) = \frac{d_1 \times D}{2\sqrt{3}} = \frac{1}{3} \times 1\text{kg} = 0.10\text{kg}$$

式中： d_1 ——估计的秤盘中心到砝码中心之间的距离；

d_2 ——秤盘中心到一个角的距离；我们假定 $d_1/d_2 = 1/3$ ，在实际检定过程中可以证实这一点。

D ——进行偏载测量时最大值和最小值之差，一般不超过1个分度值，即1kg。

(4) 控制衡器示值引入的标准不确定度 $u(I)$

由于重复性测量引入的不确定度大于分辨力引入的不确定度，则取重复性引入的不确定度进行合成，所以：

$$u(I) = \sqrt{u^2(I_1) + u^2(I_2)} = \sqrt{0.22^2 + 0.10^2} = 0.24\text{kg}$$

(5) 标准砝码的允差引入的标准不确定度 $u(m)$

根据JJG99-2006《砝码》检定规程，20kg M_1 等级砝码的允许误差为 $\pm 1\text{g}$ ，服从均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，1000kg砝码共计50只，得出：

$$u(m) = \frac{1\text{g}}{\sqrt{3}} \times 50 = 0.03\text{kg}$$

(6) 合成标准不确定度 u_c 的评定

各不确定度分量汇总如表2：

表2 各不确定度分量汇总表

不确定度来源		标准不确定度分量 $u(x_i)$	灵敏系数 c_i	标准不确定度 (kg) $ c_i u(x_i)$
控制衡器示值	测量重复性	$u(I_1)$	1	0.22
	读数分辨力	$u(I_2)$	1	0.14
	偏载误差	$u(I_3)$	1	0.10
标准砝码		$u(m)$	-1	0.03

输入量彼此独立不相关，故合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u^2(I) + c_2^2 u^2(m)} = \sqrt{0.24^2 + 0.03^2} = 0.24\text{kg}$$

(7) 扩展不确定度 U 的评定

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U = k u_c = 2 \times 0.24\text{kg} \approx 0.5\text{kg}$$

2.4 测量结果不确定的报告与结果评定

最大称量2000kg，准确度等级为1级的非连续累计自动衡器（累计料斗秤）在1000kg称量点的测量结果的扩展不确定度为：

$$U = 0.5\text{kg}, k=2$$

1级非连续累计自动衡器（累计料斗秤）在1000kg称量点的最大允许误差为：

$MPE = 1000 \times 0.50\% = 5\text{kg}$ ，测量结果的扩展不确定度为 $U = 0.5\text{kg}$ ， $k=2$ 。由于 $U < 1/3MPE$ ，故满足溯源要求。

3 结语

本文依据非连续累计自动衡器（累计料斗秤）的测量过程，分析影响累计料斗秤测量结果的因素，确定累计料斗秤测量结果的不确定度来源。选取了最大称量为2000kg，准确度等级为1级的累计料斗

秤，对其在1000kg称量点的测量结果进行不确定度评定并通过对测量结果不确定度的验证，表明了测量方法及过程符合检定规程要求，可以开展相关的检定工作。

参考文献

[1] 王均国等. JJG648-2017《非连续累计自动衡器（累计料斗秤）》[S]. 北京：中国质检出版社，2018.

[2] 姚弘等. JJG99-2006《砝码》[S]. 北京：中国计量出版社，2006.

[3] 胡满红等. JJF1834-2020《非自动衡器通用技术要求》[S]. 北京：中国标准出版社，2020.

作者简介

史恩忠（1975—），男，汉族，浙江宁波，大学本科学历，国家一级注册计量师，工程师。现供职于安徽省马鞍山市计量测试研究所，从事力学、热学计量工作。