

电子计价秤示值误差的测量不确定度评定

□山东省计量科学研究院 刘平 秦璐璐 张凯 宋勇 宋娜 马以墨

【摘要】本文根据JJG 539-2016《数字指示秤国家计量检定规程》分析了电子计价秤示值误差的不确定度来源,参照JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》、欧盟校准指南第18号《非自动衡器校准指南》,通过对电子计价秤的重复性、分辨力、偏载的不确定度评定,标准砝码的不确定度评定,给出了电子计价秤最小称量、最大允许误差改变的载荷值、最大称量称量示值误差的测量不确定度。

【关键词】电子计价秤;示值误差;不确定度

概述

电子计价秤被普遍应用于集贸市场、商场超市等民生贸易结算领域,是一种量大面广的工作用计量器具,列入在我国实施强制管理的计量器具目

录。目前,全国绝大部分省、市和县级计量技术机构都建立了非自动衡器社会公用计量标准并获得授权,做好电子计价秤示值误差的不确定度评定,是建标时的一项重要工作。受国家市场监督管理总局委托,山东省计量科学研究院承担了2020年《电子计价秤检定装置计量比对》。通过比对,发现部分机构在不确定度评定来源分析、分量评定、结果表示等方面存在一定的问题,现举例分析电子计价秤称量示值误差的测量不确定度评定,以便为同行工作提供一定参考。

本文以最大称量15kg、检定分度值5g的中准确度级电子计价秤为例,分析了电子计价秤示值误差的测量不确定度。

1.1 测量对象(表1所示)。

表1 被测对象基本参数

名称	条码打印计价秤	制造厂	碧彩(上海)衡器技术有限公司
准确度等级	Ⅲ	型号	SC II 100
最大称量	15kg	检定分度值	5g

1.2 测量标准: M1 等级标准砝码, 测量范围 500mg ~ 15kg。

1.3 测量依据: JJG539-2016《数字指示秤》。

1.4 环境条件: 温度20.5℃, 湿度48%RH。

1.5 测量过程: 在规定的环境条件下, 对电子计价秤的称量示值进行测试, 从最小称量、最大允许误差改变的载荷值、最大称量等5个不同载荷进行进程和回程校准, 分别测定各称量的示值误差。

2 测量模型

被校电子计价秤称量示值误差的测量模型为:

$$E = I + e/2 - \Delta L - L \quad (1)$$

式中: E ——化整前的误差, g;

I ——示值, kg;

L ——载荷, kg;

e ——检定分度值, g;

ΔL ——附加砝码, g。

合成的标准不确定度计算公式为:

$$u_c^2(E) = c_I^2 u_I^2 + c_L^2 u_L^2 + c_{\Delta L}^2 u_{\Delta L}^2 \quad (2)$$

式中: $u_c(E)$ ——示值误差的测量不确定度;

u_1 —计价秤示值引入的不确定度分量；

u_L —标准砝码引入的不确定度分量；

$u_{\Delta L}$ —附加载荷引入的不确定度分量。

$$c_I = \frac{\partial E}{\partial I} = 1, c_L = \frac{\partial E}{\partial L} = -1, c_{\Delta L} = \frac{\partial E}{\partial \Delta L} = -1$$

由于实际测量时附加砝码的值和误差均很小，对测量结果影响很小，故将上式简化为：

$$u_c^2(E) = c_I^2 u_I^2 + c_L^2 u_L^2$$

3 不确定度来源分析

3.1 电子计价秤重复性测量引入的不确定度分

表2 计价秤重复性数据

次数	载荷 $L(\text{kg})$	示值 $I(\text{kg})$	附加载荷 $\Delta L(\text{g})$	误差 $E(\text{g})$
1	7.500	7.500	2.5	0.0
2	7.500	7.500	3.0	-0.5
3	7.500	7.500	3.0	-0.5

$$u_p = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{\sqrt{3}C} = 0.17\text{g}$$

式中： C ——极差系数，此处 $C=1.69$

4.2 由计价秤分辨率引入不确定度 u_d

该计价秤的分度值 d 为5g，服从矩形分布，测量过程中由于采用了闪变点法，使其读数误差变为

量 u_p ；

3.2 标准砝码引入的不确定度 u_L ；

3.3 电子计价秤分辨率引入不确定度分量 u_d ；

3.4 电子计价秤偏载引入的不确定度分量 u_e 。

4 不确定度分量评定

4.1 电子计价秤重复性测量引入的不确定度分量 u_p 为：

采用7.5kg砝码对计价秤进行重复性测量，测得3次数据如表2所示：

0.1d，则：

$$u_d = \frac{0.1d}{2\sqrt{3}} = \frac{0.1 \times 5}{2\sqrt{3}} = 0.15\text{g}$$

4.3 由偏载引入的不确定度 u_e 。

用5kg砝码对计价秤进行偏载测试，测得数据如表3所示。

表3 计价秤偏载数据

位置	载荷 $L(\text{kg})$	示值 $I(\text{kg})$	附加载荷 $\Delta L(\text{g})$	化整前示值 $P(\text{g})$
	*0.050	0.050	2.5	*0.0500
中心	5.000	5.000	2.5	5.0000
1	5.000	5.000	3.0	4.9995
2	5.000	5.000	3.0	4.9995
3	5.000	5.000	2.5	5.0000
4	5.000	5.000	2.5	5.0000

$$u_e = \frac{P|\Delta P_e|_{\max}}{2\sqrt{3}P_e} \quad (3)$$

$$\Delta P_e = P_{\text{偏}} - P_{\text{中心}}$$

式中： P ——被校准点的化整前示值，kg；

P_e ——偏载试验所用载荷标称值，kg；

$P_{\text{偏}}$ ——载荷在不同位置的化整前示值，kg；

$P_{\text{中心}}$ ——载荷在中心位置的化整前示值，kg。

$$|\Delta P_e|_{\max} = 0.5\text{g}$$

对计价秤的各个称量点进行校准，其校准点的化整前示值如表4所示。

表4 计价秤称量示值数据

载荷 $L(\text{kg})$	示值 ↓ $I(\text{kg})$ ↑		附加载荷 ↓ $\Delta L(\text{g})$ ↑		化整前示值 ↓ $P(\text{g})$ ↑	
0.100	0.100	0.100	2.5	2.5	0.1000	0.1000
2.500	2.500	2.500	3.0	3.0	2.4995	2.4995

7.500	7.500	7.500	3.0	3.0	7.4995	7.4995
10.000	10.000	10.000	2.5	3.0	10.0000	9.9995
15.000	15.000	15.000	3.0	3.0	14.9995	14.9995

偏载引入的不确定度如表5所示。

表5 偏载引入的不确定度

载荷L (kg)	化整前示值P (kg)		标准不确定度 u_e (g)	
	↓	↑	↓	↑
0.100	0.1000	0.1000	0.003	0.003
2.500	2.4995	2.4995	0.072	0.072
7.500	7.4995	7.4995	0.216	0.216
10.000	10.0000	9.9995	0.289	0.289
15.000	14.9995	14.9995	0.433	0.433

4.4 由计价秤示值引入的不确定度 u_l

u_l 不确定度主要来源于计价秤的重复性引入的不确定度分量 u_p 、计价秤分辨率引入不确定度分量 u_d 和偏载引入的标准不确定度 u_e 。

$$u_l = \sqrt{u_p^2 + u_d^2 + u_e^2}$$

计价秤的分辨率也会影响其重复性，根据4.1、

4.2的结果可知，其重复性的不确定度分量大于分辨力所引入的不确定度分量，重复性中已经包含分辨力对结果的影响，故不应再考虑分辨力所引入的不确定度分量。

故 $u_l = \sqrt{u_p^2 + u_e^2}$ ，计价秤示值引入的不确定度如表6所示。

表6 计价秤示值引入不确定度

载荷L (kg)	标准不确定度 u_l (g)	
	↓	↑
0.100	0.170	0.170
2.500	0.185	0.185
7.500	0.275	0.275
10.000	0.335	0.335
15.000	0.465	0.465

4.5 由标准砝码引入的不确定度 u_L

根据JJG99-2006《砝码》检定规程，在比对过程中仅使用砝码标称值，且服从矩形分布，其标准不确定度为：

$$u_L = \frac{|mpe|}{\sqrt{3}}$$

式中： $|mpe|$ ——标准砝码的最大允许误差的绝对值。

由标准砝码引入的不确定度如表7所示。

表7 标准砝码引入的不确定度

标准砝码 (kg)	$ mpe $ (g)	u_L (g)
0.100	0.005	0.0029
2.500	0.150	0.0866
7.500	0.400	0.2309
10.000	0.500	0.2887
15.000	0.750	0.4330

5 不确定度的合成

按照 $u_c(E) = \sqrt{c_1^2 u_1^2 + c_L^2 u_L^2}$ 进行分量不确定度的合成，取覆盖因子 $k=2$ ，得到扩展不确定度 U ，详见表8。

表8 不确定度评定汇总表

载荷 L (kg)	标准不确定度分量 u_{x_i}	不确定度来源	c_i	$ c_i u_{x_i}$ (g)		合成标准不确定度 $u_c(E)$ (g)		扩展不确定度 U ($k=2$) (g)	
				↓	↑	↓	↑	↓	↑
0.100	u_L	标准砝码误差	-1	0.0029	0.0029	0.17	0.17	0.4	0.4
	u_f	计价秤示值	1	0.170	0.170				
2.500	u_L	标准砝码误差	-1	0.0866	0.0866	0.20	0.20	0.4	0.4
	u_f	计价秤示值	1	0.185	0.185				
7.500	u_L	标准砝码误差	-1	0.2309	0.2309	0.36	0.36	0.8	0.8
	u_f	计价秤示值	1	0.275	0.275				
10.000	u_L	标准砝码误差	-1	0.2887	0.2887	0.44	0.44	0.9	0.9
	u_f	计价秤示值	1	0.335	0.335				
15.000	u_L	标准砝码误差	-1	0.4330	0.4330	0.64	0.64	1.3	1.3
	u_f	计价秤示值	1	0.465	0.465				

6 结束语

在不确定评定中，建议逐点或分段报告不确定度，且比对结果的不确定度末位应与修正误差末位保持一致，示值误差的测量不确定度与被评定电子计价秤示值对应的最大允许误差的绝对值之比满足小于或等于1:3。笔者查阅《质量与密度测量不确定度评定》《测量不确定度百问》、JJG 539-2016、JJF 1059.1-2012，以及欧盟校准指南第18号《非自动衡器校准指南》，通过对电子计价秤的重复性、分辨力、偏载和标准砝码的不确定度评定，给出了电子计价秤各称量示值误差的测量不确定度，希望对保障检定机构测量量值的一致性和计量标准的可靠性方面提供一定的支撑作用。

参考文献

- [1] JJG 539-2016,《数字指示秤》检定规程[S]. 中国计量出版社, 2016.
- [2] JJF 1059.1-2012,《测量不确定度评定与表示》[S]. 中国计量出版社, 2012.
- [3] JJF 1834-2020,《非自动衡器通用技术要求》[S]. 中国计量出版社, 2020.
- [4] GB/T 7722-2020,《电子台案秤》[S]. 中国标

准出版社, 2020.

- [5] No. 18<Guidelines on the Calibration of Non-Automatic Weighing Instruments >. European Union Calibration Guide,2009.

[6] 《质量与密度测量不确定度评定》[S]. 中国计量出版社, 2002.

[7] 沈立人, 罗建敏等. 对非自动衡器进行测量不确定度评定技术问题的探讨[J]. 衡器, 2016.

[8] 王锐, 黄亮. 校准测量不确定度报告常见问题及示例[J]. 计量技术, 2017.

作者简介: 刘平, 女, 山东招远人, 工程硕士, 正高级工程师, 现任职于山东省计量科学研究院, 主要从事力学计量工作。自2012年起担任全国衡器计量技术委员会委员, 从事衡器计量及科研工作20年, 起草国家技术规范、行业标准、地方校准规范、地方标准等13项, 获得国家省部级三等奖3项, 获得发明、实用新型专利8项, 软件著作权7项, 多次承担培训讲师, 衡器领域电视节目讲解专家, 承担衡器领域国家监督抽查、国家计量比对工作, 在省级以上刊物发表论文25篇。