

6kg 数字指示秤示值误差测量结果 不确定度评定

□浑源县综合检验检测中心 熊洪主

【摘要】本文依照JJG539-2016《数字指示秤》和JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》，以ACS-6数字指示秤为例，通过明确测量方法（“闪变点”法）和建立数学模型，分别对秤量点1kg(500e)、4kg(2000e)和6kg(最大称量)进行示值误差测量结果不确定度评定，最后对得出的结果进行分析报告。

【关键词】测量方法；示值误差；不确定度评定

文献标识码：A 文章编号：1003-1870（2024）08-0031-04

引言

数字指示秤广泛应用于商场、集贸市场、超市等贸易结算场合，属于强检计量器具，其测量结果数据准确性，直接影响人们的经济利益。通过对示值误差不确定度评定，不仅能确定示值误差的可靠范围，给出准确的测量结果，还可以找出影响电子秤示值误差的因素，进而采取相应措施，减小影响，提高测量准确度^[1]。

1 概述

1.1 测量依据

依据JJG539-2016《数字指示秤》对数字指示秤进行测量，根据测量结果计算示值误差。依据JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》，对检数字指示秤的示值误差测量结果不确定度评定。

1.2 环境条件

环境温度：23℃；环境相对湿度：60%RH。

1.3 测量标准

M₁等级砝码：10个200mg附加砝码、2个20g砝码、1个50g砝码、1个100g砝码、1个500g砝码、2个1kg砝码、2个2kg砝码、1个5kg砝码。

1.4 被测对象

型号：ACS-6数字指示秤，最大称量是6kg，最小称量20g，检定分度值 $e=d=2g$ ，准确度等级Ⅲ级。

1.5 测量方法

将标准砝码通过加载或卸载方式置于数字指示秤承载器上，然后找“闪变点”，确定化整前的示值，将化整前示值与标准砝码的标称值做差，即为该指示秤的示值误差^[2]。

1.6 评定结果的使用

本文对ACS-6数字指示秤的三个测量点进行不确定度评定，测量点分别是1kg（500e）、4kg（2000e）和6kg（最大称量）。

2 数学模型

$$E = P - m = I + 0.5e - \Delta m - m \quad (1)$$

式中： E ——电子秤化整前的示值误差；

P ——电子秤化整前的示值；

I ——电子秤显示的示值；

Δm ——附加小砝码；

m ——标准砝码值。

3 方差和灵敏度系数

$$u^2(E) = c_1^2 u^2(I) + c_2^2 u^2(m) + c_3^2 u^2(\Delta m) \quad (2)$$

式中： $c_1=1$ ； $c_2=-1$ ； $c_3=1$

由于附加砝码的示值和误差都非常小，对测量结果不确定度的影响不大，所以在实际测量过程中， $u(\Delta m)$ 忽略不计，式（2）可写成：

$$u^2(E) = c_1^2 u^2(I) + c_2^2 u^2(m) \quad (3)$$

4 秤量实验

从零点起，按照顺序由小到大逐步施加砝码到最大称量，然后递减逐步卸载砝码到零点（注：在加

载砝码过程不能使秤回到零点，尤其是回程的零点测试），称量测试按要求至少选定5个称量点。称量数据如下表1所示。

表1 称量数据汇总表

载荷 m (kg)	示值 (kg)		附加载荷 (g)		误差 (g)		修正误差 (g)		最大允差 MPE (g)
	$\downarrow I$	\uparrow	$\downarrow \Delta m$	\uparrow	$\downarrow E$	\uparrow	$\downarrow E_c$	\downarrow	
0.02	0.02	0.02	1	1	0	0	0	0	$\pm 1g$
0.04	0.04	0.04	1	1.2	0	-0.2	0	-0.2	$\pm 1g$
1	1	1	0.8	0.8	0.2	0.2	0.2	0.2	$\pm 1g$
3	3	3	0.4	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	$\pm 2g$
4	4	4	1	1.2	0	-0.2	0	-0.2	$\pm 2g$
6	6	/	0.4	/	0.6	/	0.6	/	$\pm 3g$

5 各输入量的标准不确定评定

5.1 由标准砝码误差引入的不确定度分量 $u(m)$ (B类评定)

标准砝码溯源至上一级计量标准，具有检定证书，且在测量过程中仅使用标称值表示，因此，查询标准砝码证书或JJG99-2022《砝码检定规程》中5.1.1.1条可知，标称值1kg (500e)、4kg (2000e)和6kg (最大称量值)的M1等级砝码最大允许误差为 $\pm 0.05g$ 、 $\pm 0.2g$ 和 $\pm 0.3g$ ，按均匀分布处理，取 $k = \sqrt{3}$ 。得到1kg、4kg和6kg测量点的标准不确定度分量。

$$1\text{kg 时: } u(m_1) = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.028g$$

$$4\text{kg 时: } u(m_4) = \frac{0.1 \times 2}{\sqrt{3}} = \frac{0.2}{\sqrt{3}} = 0.115g$$

$$6\text{kg 时: } u(m_6) = \frac{0.05 + 0.25}{\sqrt{3}} = \frac{0.3}{\sqrt{3}} = 0.173g$$

5.2 数字指示秤示值引入的不确定度分量 $u(I)$

$u(I)$ 不确定度主要源于数字指示秤测量重复性 $u_1(I)$ 、分辨力 $u_2(I)$ 和偏载 $u_3(I)$ 。

5.2.1 由被检数字指示秤示值测量重复性引入的不确定度 $u_1(I)$ (A类评定)

本次重复性实验选用1kg、4kg和6kg三个测量点，在相同条件下重复测量3次实验(采用“闪变点”法)得到测量值，计算极差，根据测量次数 n 查极差系数 C_n 表， $C_n = 1.69$ ，计算实验标准偏差 s ，实际测量仅测量一次，因此， $s = u_1(I)$ ，数据如下表2所示。

$$1\text{kg 加载: } u_1(I_1) = 0.12g$$

$$4\text{kg 加载: } u_1(I_4) = 0.12g$$

$$6\text{kg 加载: } u_1(I_6) = 0.24g$$

表2 重复性测量引入的标准不确定度分量

称量点	量值	测得值 (g)			极差 $R = P_{max} - P_{min}$	标准偏差 $S = R/C$	标准不确定度分量 $u_j(I)$
		1	2	3			
1kg (500e)	示值 I (g)	1000	1000	1000	0.2g	0.12g	0.12g
	附加砝码 Δm (g)	0.8	0.8	1			
	化整前的示值 P (g)	1000.2	1000.13	1000			
4kg (2000e)	示值 I (g)	4000	4000	4000	0.2g	0.12g	0.12g
	附加砝码 Δm (g)	1	1.2	1			
	化整前的示值 P (g)	4000	3999.93	4000			
6kg (最大称量)	示值 I (g)	6000	6000	6000	0.4g	0.24g	0.24g
	附加砝码 Δm (g)	0.4	0.4	0.8			
	化整前的示值 P (g)	6000.6	6000.47	6000.2			

5.2.2 由被检电子计价秤分辨力引入的不确定度 $u_2(I)$ (B类评定)

计价秤的实际分度值 $e=d=2\text{g}$, 在进行秤的检定时, 采用“闪变点”法确定计价秤化整前的示值误差。方法如下: 对于计价秤某一载荷 m , 示值是 I , 逐一加放 $0.1e$ 的小砝码, 直至秤的示值明显地增加了一个分度值 e , 变成 $(I+e)$, 由此可知, 分辨力为 $0.1e(0.2\text{g})$, 不确定度区间半宽为 $a = \frac{0.1e}{2} = 0.1\text{g}$, 设为均匀分布, 取 $k = \sqrt{3}$, 则:

$$u_2(I) = \frac{a}{k} = \frac{0.1}{\sqrt{3}} = 0.058\text{g}$$

在考虑分辨力引入的不确定度时, JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》明确规定, 重复性和分辨力引入的标准不确定度取其较大者^[3], 由于重复性引入的不确定度分量 $u_1(I)$ 包含分辨力引入的不确定度分量 $u_2(I)$, $u_1(I) > u_2(I)$, 因此选用重复性引

入的标准不确定度 $u_1(I)$ 。

5.2.3 由被检电子计价秤偏载引入的不确定度 $u_3(I)$ (B类评定)

偏载选最大量程 $1/3$ 点进行实验, 对秤中心及四个偏载点进行偏载测试, 得到化整前示值数据, 如下表3所示, 计算 $|\Delta P_e|_{\max} = |P_{\text{偏}} - P_{\text{中心}}| = 0.2\text{g}$, $P_e = 2000.05\text{g}$ 。由上表2可知, 得到加载 1kg 、 4kg 和 6kg 测量点时化整前示值平均值 \bar{P} 分别是 1000.13g 、 3999.93g 和 6000.47g 。

$$1\text{kg 时: } u_3(I_1) = \frac{P_1 |\Delta P_e|_{\max}}{2P_e \sqrt{3}} = \frac{1000.13 \times 0.2}{2 \times 2000.05 \times \sqrt{3}} = 0.029\text{g}$$

$$4\text{kg 时: } u_3(I_4) = \frac{P_4 |\Delta P_e|_{\max}}{2P_e \sqrt{3}} = \frac{3999.93 \times 0.2}{2 \times 2000.05 \times \sqrt{3}} = 0.115\text{g}$$

$$6\text{kg 时: } u_3(I_6) = \frac{P_6 |\Delta P_e|_{\max}}{2P_e \sqrt{3}} = \frac{6000.47 \times 0.2}{2 \times 2000.05 \times \sqrt{3}} = 0.173\text{g}$$

表3 2kg秤量点偏载实验化整前示值

位置	示值 I	附加砝码 Δm	化整前示值 P
$P_{\text{中心}}$	2000	1	2000
$P_{\text{偏1}}$	2000	1	2000
$P_{\text{偏2}}$	2000	1	2000
$P_{\text{偏3}}$	2000	0.8	2000.2
$P_{\text{偏4}}$	2000	1	2000

5.2.4 数字指示秤示值引入的不确定度分量 $u(I)$ 的计算

$$u^2(I) = u_1^2(I) + u_3^2(I) \quad (4)$$

5.2.5 数字指示秤测量时各秤量的不确定度分量汇总表

不确定度分量汇总表, 数据如下表4所示。

表4 1kg、4kg和6kg秤量点加载标准不确定度分量一览表

秤量	不确定度分量		来源	标准不确定度	c_i	$ c_i u_i$
1kg	$u(I_1)$	$u_1(I_1)$	重复性	0.12	1	0.123
		$u_3(I_1)$	偏载	0.029		
	$u(m_1)$		标准砝码	0.028	-1	0.028
4kg	$u(I_4)$	$u_1(I_4)$	重复性	0.12	1	0.166
		$u_3(I_4)$	偏载	0.115		
	$u(m_4)$		标准砝码	0.115	-1	0.115

续表

称量	不确定度分量		来源	标准不确定度	c_i	$ c_i u_i$
6kg	$u(I_6)$	$u_1(I_6)$	重复性	0.24	1	0.296
		$u_3(I_6)$	偏载	0.173		
	$u(m_6)$		标准砝码	0.173	-1	0.173

5.3 合成标准不确定度计算

各输入量互相独立不相关，因此，根据公式：

$$u_c(E) = \sqrt{c_1^2 u^2(I) + c_2^2 u^2(m)}$$

$$1\text{kg 时: } u_c(E_1) = \sqrt{0.123^2 + 0.028^2} = 0.126 \text{ g}$$

$$4\text{kg 时: } u_c(E_4) = \sqrt{0.166^2 + 0.115^2} = 0.201 \text{ g}$$

$$6\text{kg 时: } u_c(E_6) = \sqrt{0.296^2 + 0.173^2} = 0.342 \text{ g}$$

6 扩展不确定度评定

取包含因子 $k=2$ ，电子计价秤分别在1kg（500e）、4kg（2000e）和6kg（最大称量）称量点的扩展不确定度：

$$1\text{kg 加载: } U(1) = k \times u_c(E_1) = 2 \times 0.126 = 0.25 \text{ g}$$

$$4\text{kg 加载: } U(4) = k \times u_c(E_4) = 2 \times 0.201 = 0.40 \text{ g}$$

$$6\text{kg 加载: } U(6) = k \times u_c(E_6) = 2 \times 0.342 = 0.68 \text{ g}$$

7 测量结果不确定度报告与表示

$$1\text{kg 称量点: } U=0.25\text{g}, k=2$$

$$4\text{kg 称量点: } U=0.40\text{g}, k=2$$

$$6\text{kg 称量点: } U=0.68\text{g}, k=2$$

8 不确定度评定的判断

电子秤1kg称量点 $MPE = \pm 1\text{g}$ ，满足 $U(1) < 1/3 MPE$

电子秤4kg称量点 $MPE = \pm 2\text{g}$ ，满足 $U(4) < 1/3 MPE$

电子秤6kg称量点 $MPE = \pm 3\text{g}$ ，满足 $U(6) < 1/3 MPE$

9 结语

通过对6kg数字指示秤（最大称量6kg，分度值2g）的称量测试及三个称量点（1kg、4kg和6kg）测量结果不确定度评定。分析结果显示，数字指示

秤示值测量重复性引入不确定度大一些，计算得到1kg、4kg和6kg的扩展不确定度符合要求。为同类数字指示秤示值误差测量不确定度评定提供参考。

参考文献

[1] 陈彪, 刘澍, 沈佳骏等. 用于贸易结算的数字指示秤示值误差测量不确定度评定[J]. 轻工标准与质量, 2023, (06): 101-103. DOI: 10.19541/j.cnki.issn1004-4108.2023.06.020.

[2] JJG 539-2016. 数字指示秤[S].

[3] JJF 1059.1-2012. 测量不确定度评定与表示[S].

作者简介

熊洪主（1986—），男，大学本科，工程师，取得国家二级注册计量师资格。现任职于浑源县综合检验检测中心，主要从事计量技术工作。