

儿童秤示值误差测量不确定度评定

□马鞍山市计量测试研究所 胡赛赛

【摘要】儿童秤示值误差测量不确定度的评定过程中，需要对测量结果有明显影响的所有测量不确定度来源进行分析。本文以载荷在不同位置引入的标准不确定度分量作为创新点，旨在为儿童秤的校准及相关工作提供技术参考。

【关键词】儿童秤；载荷；测量不确定度；创新点

文献标识码：A 文章编号：1003-1870 (2024) 09-0035-04

引言

非自行指示秤是一种非自动衡器，是基于杠杆平衡（增砵的增减或游砵在标尺上的移动、计量杠杆的摆动来确定平衡状态）原理而设计，完全靠人员操作来取得平衡位置的机械秤，如儿童秤等。这些杠杆秤使用时，人工操作对称重过程和结果均产生影响，因此需要对儿童秤的测量结果有明显影响的所有测量不确定度的来源进行分析。测量不确定度一般由若干分量组成，其中一些分量可根据一系列测量值的统计分布，按测量不确定度的A类评定进行评定，并可用标准偏差表征。而另一些分量则可根据基于经验或其他信息获得的概率密度函数，按测量不确定度的B类评定进行评定，也用标准偏差表征^[5]。测量不确定度评定方法依据JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》^[6]。在实践中笔者发现，利用载荷在不同位置的示值偏差作为分量，可以更好地计算儿童秤示值误差测量不确定度。下面将具体给出步骤、描述及实例。

1 被测量信息

测量对象：儿童秤（RGT-50型）；最大称量50kg；分度值 $d=50\text{g}$ ；Ⅲ级。

环境条件：温度 23.5°C ，相对湿度 54.5% 。

测量依据：JJG 14-2016《非自行指示秤检定规程》。

测量标准： M_1 等级标准砝码。

测量过程：将标准砝码加载到杠杆秤的承载器上，读取杠杆秤示值，杠杆秤称重示值误差按照公式(1)计算示值误差。

2 测量模型

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

式中： E ——杠杆秤示值误差，kg或g；

I ——取得平衡状态的示值，kg或g；

m ——标准砝码质量值，kg或g。

测量模型（公式1）中 I 和 m 为不相关的量，由不确定度传播率用方和根的方法给出杠杆秤示值误差的合成不确定度为：

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

式中灵敏系数为

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

方差传播公式

$$u^2(E) = u^2(I) + u^2(m)$$

上述合成不确定度简化按照公式（2）

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

3 测量不确定度主要来源

3.1 输入量 I 的标准不确定度 $u(I)$ 主要有以下来源

（1）测量重复性误差引起的测量不确定度。

(2) 分辨力引起的测量不确定度。

通常情况下，由于重复性测量中已包含被测对象分辨力对测量结果的影响，因此，重复性所引起的不确定度分量和分辨力所引起的不确定度分量中，取两者中的较大者。

(3) 载荷在不同位置引入的标准不确定度分量。

3.2 输入量 m 的标准不确定度 $u(m)$ 主要由 M_1 等级标准砝码的质量误差引起

3.3 测量不确定度来源还有：测量方法与规程

方法的不一致、人员误差、环境对测量结果的影响等

4 输入量的标准不确定度评定

4.1 重复性引入的标准不确定度分量 u_1

用接近0.8倍最大称量的载荷点40kg砝码进行重复性测量，连续测量3次，示值为：40.02kg，40.03kg，40.01kg，则 u_1 极差由公式(3)确定：

$$u_1 = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{C} = \frac{40.03 - 40.01}{1.68} = 0.012\text{kg} = 12\text{g} \quad (3)$$

其中 C 为极差系数见表1。

表1 极差系数

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C	1.13	1.68	2.06	2.33	2.53	2.70	2.85	2.97	3.08

4.2 秤的分辨力引起的标准不确定度分量 u_2 采用B类不确定度评定方法，按均匀分布考虑，儿童秤区间半宽为 $0.2d/2$ ，则 u_2 由公式4确定：

$$u_2 = \frac{0.2d}{2\sqrt{3}} = \frac{0.2 \times 50}{2\sqrt{3}} = 2.89\text{g} \quad (4)$$

4.3 载荷在不同位置引入的标准不确定度分量 u_3

首先将接近1/3最大称量的试验载荷放置在秤的

中心位置，然后将试验载荷按照1、2、3、4的顺序依次加放在对应的位置区域内，每次更换位置区域前可以移除载荷并置零。使用质量值大的砝码优于使用质量值小的砝码组合。若使用单个的砝码，应将其放置在每个区域的中心位置。若使用砝码组合时，则应将它们均匀分布在对应的位置区域，不同位置区域划分如图所示。^[3-4]

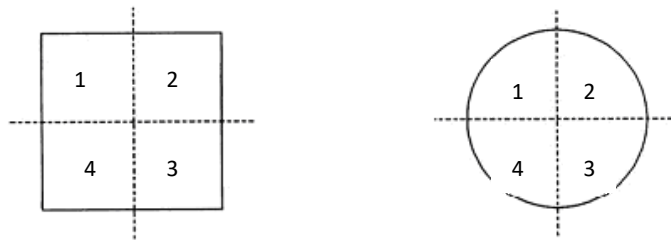


图 不同位置区域划分示意图

记录中心区域和4个位置区域的称量示值，按照公式(5)计算载荷在不同位置和中心位置示值的差值。

$$E_k = P_k - P_{\text{中心}} \quad (5)$$

式中： E_k ——载荷在不同位置和中心位置示值的差值，kg或g；

P_k ——载荷在 k 位置的化整前的称量示值，kg或g；

$P_{\text{中心}}$ ——载荷在中心位置的化整前的称量示值，

kg或g。

k ——4个位置的编号，分别为1，2，3，4。

取4个位置和中心位置的差值的绝对值的最大值作为载荷在不同位置的示值偏差 E_p ，按照公式(6)计算得到 E_p 。

$$E_p = |E_k|_{\max} \quad (6)$$

式中： E_p ——载荷在不同位置的示值偏差，kg或g。

由公式(6)得到载荷在不同位置的示值偏差

E_p ，每个校准点对应的不同位置的示值偏差 E_{pi} 与该校准点的试验载荷值成比例，由公式（7）确定。

$$E_{pi} = \frac{p_i}{m_p} E_p \quad (7)$$

E_{pi} ——第*i*个校准点不同位置的示值偏差，kg 或 g；
 p_i ——第*i*个校准点被测秤化整前的示值，kg 或 g；
 m_p ——载荷不同位置的测量所用试验载荷标称

值，kg 或 g。

采用B类不确定度评定方法，服从均匀分布，区间半宽为 $E_{pi}/2$ ，则 u_3 由公式（8）确定：

$$u_3 = \frac{E_{pi}}{2\sqrt{3}} \quad (8)$$

20kg 试验载荷在不同位置的测量值见表2。

表2 载荷在不同位置的测量值

单位：kg

位置	载荷 m	示值 p	示值的差值 E_{pk}	示值的偏差 E_p
中心	20	20.00	/	0.02
1	20	20.01	0.01	
2	20	20.02	0.02	
3	20	20.01	0.01	
4	20	20.02	0.02	

计算得到载荷在不同位置的示值偏差 $E_p=0.02\text{kg}$ ，由公式（7）得到40kg 校准点对应的不同位置的示值偏差 $E_{p5} = \frac{40}{20} \times 0.02 = 0.04 \text{ kg}$ 。

服从均匀分布，区间半宽为 $E_{p5}/2$ ，由公式（9）得到：

$$u_3 = \frac{0.04}{2\sqrt{3}} = 0.012 \text{ kg} = 12\text{g} \quad (9)$$

4.4 标准砝码引入的不确定度分量 $u(m)$

根据JJG 99-2022《砝码检定规程》，M₁等级砝码的最大允许误差按均匀分布考虑，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，标准砝码引入的合成不确定度见表3。

则 $u(m)$ 由公式10确定：

$$u(m) = \frac{|MPE|}{\sqrt{3}} \quad (10)$$

式中：MPE——标准砝码的最大允许误差。

表3 标准砝码引入的合成不确定度 $u(m)$

测量点/kg	MPE/g	$u(m)/g$
0	/	/
1	0.050	0.029
2.5	0.125	0.072
25	1.250	0.722
40	2.000	1.155
50	2.500	1.443

5 合成标准不确定度

不确定度分量均不相关，由公式（11）得到合成

不确定度见表4。

$$u_c(E) = \sqrt{u^2(I) + u^2(m)} \quad (11)$$

表4 合成标准不确定度

测量点/kg	$u(I)/g$			$u(m)/g$	$u_c(E)/g$
	$u_1(I)$	$u_2(I)$	$u_3(I)$		
0	/	/	/	/	/
1	/	/	/	/	/
2.5	/	/	/	/	/
25	12	2.89	7.2	0.722	14.01
40	12	2.89	12.0	1.155	17.01
50	12	2.89	14.4	1.443	18.80

6 扩展不确定度

取包含因子 $k = 2$ ，由公式 (12) 得到40kg 测量点示值误差，扩展不确定度见表5。

$$U = u_c(E) \times k, \quad k = 2 \quad (12)$$

表5 扩展不确定度

测量点/kg	$u_c(E)/g$	$U(k=2)/g$
0	/	/
1	/	/
2.5	/	/
25	14.01	28
40	17.01	34
50	18.80	38

7 结语

本文对儿童秤示值误差测量不确定度评定的过程进行了简要描述，列出对测量不确定度有影响的影响量，并给出用以评定测量不确定度的模型、方法和步骤。给出测量不确定度 U 的最后陈述，提供了关于扩展不确定度的足够信息，并能够利用这些信息从所给的扩展不确定度重新导出测量结果的合成标准不确定度。希望本文对有关技术人员的实际工作有所帮助。

参考文献

- [1] JJG 14-2016 非自行指示秤检定规程[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [2] JJG 99-2022 砝码检定规程[S]. 北京: 中国标

准出版社, 2023.

- [3] JJG 539-2016 数字指示秤检定规程[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [4] JJF 1847-2020 电子天平校准规范 [S]. 北京: 中国质检出版社, 2020.
- [5] JJF 1001-2011 通用计量术语及定义[S]. 北京: 中国质检出版社, 2012.
- [6] JJF 1059.1-2012 测量不确定度评定与表示[S]. 北京: 中国质检出版社, 2013.

作者简介

胡赛赛, 女, 大学本科。马鞍山市计量测试研究所工程师, 一级注册计量师。主要从事计量检定及校准工作。