

非自动衡器检定装置的计量比对分析

□宜兴市产品质量和食品安全检验检测中心 任志斌 戚健民

【摘要】本文探讨了非自动衡器检定装置电子计价秤项目的计量比对分析，希望能够对进行非自动衡器检定装置计量比对的同行有所帮助，更好地完成计量比对工作。

【关键词】非自动衡器；电子计价秤；检定装置；计量比对

文献标识码：B 文章编号：1003-1870（2023）07-0044-04

概述

根据上级要求，我中心参加了由山东计量科学院组织的非自动衡器检定装置电子计价秤项目的计量比对。这次比对是对本单位的其称量示值测量能力进行了评估，客观反映了我中心的电子计价秤计量检定测试水平和综合能力。

1 比对方法

1.1 比对依据

JJF 1117-2010《计量比对》、JJG 539-2016《数字指示秤》、JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》。

1.2 比对方式

本次比对采用固定地点比对方式，参比实验室在主导实验室提供的统一环境下完成比对试验。

1.3 比对样品

比对样品为碧彩(上海)衡器技术有限公司生产的条码打印计价秤，以下简称电子计价秤。

比对样品如下图所示，详细参数见表1。



图 比对样品

表1 比对样品参数

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

2 比对不确定度评定

2.1 概述

(1) 测量依据：JJG539-2016《数字指示秤》检定规程

(2) 检定环境条件：温度21.5℃，相对湿度61.9%

(3) 测量标准及配套设备：M₁等级砝码5kg×2、M₁等级标准砝码组1kg×5、M₁等级砝码(500mg×10、100g、500g)

(4) 被测电子计价秤信息

规格型号：SC II 100，出厂编号：20334885，最大称量：15kg，检定分度值：5g。

(5) 测量方法：依据JJG539-2016《数字指示秤》检定规程进行检定，采用直接比较法进行测量，将标准砝码放置在计价秤秤盘上，通过计价秤的示值与标准砝码的标称值进行比较，得出计价秤的示值误差。

2.2 数学模型

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

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。

2.3 不确定度来源

2.3.1 标准砝码引入的标准不确定度

按照砝码最大误差绝对值，且在检定过程中仅使用砝码标称值，服从矩形分布，其标准不确定度为：

$$u_L = \text{MPEV} / \sqrt{3}$$

式中：MPEV——砝码的最大允许误差绝对值。

载荷2.5kg 砝码标称值最大允许误差绝对值累加如表2。

表2 载荷2.5kg砝码标称值最大允许误差绝对值累加

标准砝码标称值	最大允许误差绝对值 MPEV (g)
1kg	0.050 × 2
500g	0.025
标称值最大允许误差绝对值累加	0.125

$$\text{故 } u_L = \text{MPEV} / \sqrt{3} = 0.125 / \sqrt{3} = 0.072\text{g}$$

表4 电子计价秤称量化整示值

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
示值 I (kg)	7.500	7.500	7.500	4.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500
附加载荷 ΔL (g)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
化整前的示值 P (kg)	7.4995	7.4995	7.4995	7.4995	7.4995	7.4995	7.4995	7.4995	7.4995	7.4995

故 $u_p = s_p = 0\text{g}$ 。

2.3.3 电子计价秤分辨率引入的标准不确定度

被测电子计价秤的检定分度值为5g，即 $d=e=5\text{g}$ ，按照均匀分布， $k=\sqrt{3}$

$$u_d = \frac{0.1d}{2\sqrt{3}} \quad (3)$$

式中： d ——秤的实际分度值，g。

$$\text{故 } u_d = \frac{0.1d}{2\sqrt{3}} = \frac{0.5}{2\sqrt{3}} = 0.144\text{g}$$

在测量不确定度评定中，根据JJF1059.1-2012 要

载荷15kg 砝码标称值最大允许误差累加如表3。

表3 载荷15kg砝码标称值最大允许误差及累加

标准砝码标称值	最大允许误差绝对值 MPEV (g)
5kg	0.25 × 2
1kg	0.05 × 5
标称值最大允许误差绝对值累加	0.75

$$\text{故 } u_L = \text{MPEV} / \sqrt{3} = 0.75 / \sqrt{3} = 0.433\text{g}$$

2.3.2 电子计价秤示值测量重复性引入的标准不确定度

电子计价秤示值测量重复性引入的标准不确定度 u_p 主要通过连续测量得到测量列，用A类不确定度评定方法计算标准不确定度。分别用5kg、1kg × 2、500g 的标准砝码，对于电子计价秤7.5kg 测量点连续测量10次，得到化整前的示值 P ，采用贝塞尔公式(2)计算出电子计价秤称量的标准偏差，计算结果见表4。

$$u_p = s_p = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2} \quad (2)$$

式中： P_i ——秤的化整前示值，kg；

\bar{P} ——秤的化整前示值的平均值，kg；

求对每个检定点进行测量不确定度评定，重复性和分辨率引入的标准不确定度取其大者。

2.3.4 电子计价秤偏载引入的标准不确定度

$$u_e = \frac{P |\Delta P_e|_{\max}}{2P_e \sqrt{3}} \quad (4)$$

$$\Delta p_e = p_{\text{偏}} - p_{\text{中心}} \quad (5)$$

式中： p ——被校准点的化整前的示值，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；

偏载测量数据及 p_e 计算结果见表5。

表5 偏载测量数据及计算结果

位置	载荷L (kg)	示值I (kg)	附加载荷 ΔL (g)	载荷在不同位置的化整前示值 $p_{偏}$ (kg)	Δp_e (kg)	$ \Delta p_e _{max}$ (kg)
中心	5	5.000	2.5	5.000	/	0.0005
1	5	5.000	3.0	4.9995	-0.0005	
2	5	5.000	2.5	5.000	0.0000	
3	5	5.000	3.0	4.9995	-0.0005	
4	5	5.000	3.0	4.9995	-0.0005	

测量点为2.5和15kg的称量试验数据和表5的数据代入公式(5)，得到偏载引入的标准不确定度见表6。

表6 偏载引入的标准不确定度

载荷L (kg)	示值I (kg)		附加载荷 ΔL (g)		化整前的示值 p (kg)		偏载引入的标准不确定度 u_e (g)	
	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓
2.5	2.500	2.500	3.0	3.0	2.4995	2.4995	0.072	0.072
15	15.000	/	3.5	/	14.2990	/	0.433	/

2.4 不确定度汇总表

输入量的标准不确定分量汇总表见表7、表8、表9。

表7 2.5kg测量点(加载)标准不确定度汇总表

标准不确定分量	不确定来源	标准不确定度 (g)
u_L	标准砝码引入的标准不确定度分量	0.072
u_p	重复性引入的标准不确定度分量	0
u_d	分辨力引入的标准不确定度分量	0.144
u_e	偏载引入的标准不确定度分量	0.072

表8 2.5kg测量点(卸载)标准不确定度汇总表

标准不确定分量	不确定来源	标准不确定度 (g)
u_L	标准砝码引入的标准不确定度分量	0.072
u_p	重复性引入的标准不确定度分量	0
u_d	分辨力引入的标准不确定度分量	0.144
u_e	偏载引入的标准不确定度分量	0.072

表9 15kg测量点标准不确定度汇总表

标准不确定分量	不确定来源	标准不确定度 (g)
u_L	标准砝码引入的标准不确定度分量	0.433
u_p	重复性引入的标准不确定度分量	0
u_d	分辨力引入的标准不确定度分量	0.144
u_e	偏载引入的标准不确定度分量	0.433

由于以上分量彼此独立互不相关，重复性和分辨力取其大者，所以合成标准不确定度。

可按公式6 计算:

$$u_c = \sqrt{u_L^2 + u_d^2 + u_e^2} \quad (6)$$

故, 2.5kg 测量点(加载)的标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{0.072^2 + 0.144^2 + 0.072^2} = 0.176\text{g}$$

2.5kg 测量点(卸载)的标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{0.072^2 + 0.144^2 + 0.072^2} = 0.176\text{g}$$

15kg 测量点(加载)的标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{0.433^2 + 0.144^2 + 0.433^2} = 0.629\text{g}$$

2.5 扩展不确定

取包含因子 $k=2$, 扩展不确定为 $U=ku_c$.

故, 2.5kg 测量点(加载):

$$U=ku_c=2 \times 0.176 \approx 0.36\text{g} \quad (k=2)$$

2.5kg 测量点(卸载):

$$U=k \times 0.176 \approx 0.36\text{g} \quad (k=2)$$

15kg 测量点:

$$U=k \times 0.629 \approx 1.26\text{g} \quad (k=2)$$

3 比对结果

数据进行了汇总、计算处理, 比对结果见表10。

表10 比对结果

载荷 L (kg)	参比实验室修正误差 E_c		参比实验室扩展不确定度 $U(k=2)$ (g)		参考值修正误差 E_r (g)		参考值扩展不确定度 $U(k=2)$ (g)		E_n	
	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑
2.5	-0.5	-0.5	0.36	0.36	0.00	0.00	0.32	0.32	-1.0	-1.0
15	-1	/	1.26	/	-0.75	/	0.92	/	-0.2	/

JJF1117-2010《计量比对》, 用归一化偏差 E_n 值评价各参比实验室给出的比对结果, 如公式(7) 所示。

$$E_n = \frac{Y_{ji} - Y_{ri}}{\sqrt{U_{ji}^2 + U_{ri}^2}} \quad (7)$$

$$2.5\text{kg}: E_n = \frac{Y_{ji} - Y_{ri}}{\sqrt{U_{ji}^2 + U_{ri}^2}} = \frac{-0.5 - 0}{\sqrt{0.36^2 + 0.32^2}} \approx -1.0$$

$$15\text{kg}: E_n = \frac{Y_{ji} - Y_{ri}}{\sqrt{U_{ji}^2 + U_{ri}^2}} = \frac{-1 - (-0.75)}{\sqrt{1.26^2 + 0.92^2}} \approx -0.2$$

因为比对结果一致性的评判原则:

$|E_n| \leq 1$ 参比实验室的测量结果与参考值之差在合理的预期之内, 比对结果可以接受。

$|E_n| > 1$ 参比实验室的测量结果与参考值之差没有达到合理的预期, 应分析原因。

故此次比对结果是可以接受的。

4 比对总结

本文以SC II 100 型条码打印计价秤为例, 分析和计算了其测量示值误差的不确定度, 并与主导

实验室进行了计量比对。当今计量比对逐渐成为一项常态化工作, 通过参加计量比对, 可以加强同行的计量技术交流, 规范计量检定行为, 提高检定水平, 确保计量标准装置在量值传递中确保量值的统一、准确、可靠。

参考文献

- [1] JJF 1117-2010《计量比对》.
- [2] JJG 539-2016《数字指示秤》检定规程.
- [3] JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》.
- [4] 刘平等《电子计价秤示值误差的测量不确定度评定》.《衡器》2022-10.

作者简介

任志斌, 男, 江苏宜兴, 1980 年12 月, 大学本科学历, 国家一级注册计量师, 高级工程师。具有多年称重传感器设计经验, 现从事定量商品衡器计量检定工作。