

# 机械式人体秤示值误差校准结果的不确定度评定

□甘肃省计量研究院 孙兆军 赵栋

【摘要】本文依据JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》计量技术规范，对常见的四种类型（量程）机械式人体秤的示值校准结果的不确定度进行了分析和计算，并通过实际校准操作，对四种量程的机械式人体秤在最大秤量点进行了不确定度评定。本文的研究为人体秤的示值误差不确定度评定提供了实际参考。

【关键词】机械式人体秤；示值校准；不确定度；评定

文献标识码：B 文章编号：1003-1870（2023）02-0030-03

## 引言

机械式人体秤是广泛使用在医院、诊所及药店用于检测体重的测量设备，近年来，随着国家医疗卫生领域规范化管理的加强，作为医疗卫生领域的必备称重检测仪器，根据人体称重数据，医生对病人进行定量的给药，因此，对人体秤准确性的保证及溯源显得尤为重要。目前对人体秤准确性的溯源，国家层面没有相对应的计量技术规范。本文以地方计量技术规范JJF（甘）0047-2019《机械式人体秤校准规范》<sup>[1]</sup>为依据，对常见的四种类型（量程）机械式人体秤进行了校准测量，并对其不确定度进行了分析和评定。

## 1 基本概述

1.1 测量依据：JJF（甘）0047-2019《机械式人体秤校准规范》。

1.2 测量环境：常温、常湿下进行。

1.3 评定依据：JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》<sup>[2]</sup>。

1.4 测量标准：测量范围为M<sub>1</sub>等级的5~20kg和100mg~2kg的组合标准砝码。

1.5 被测对象：①最大秤量160kg、分度值为0.5kg的通用型机械式人体秤，其不确定度记为 $u_a$ ；

②最大秤量120kg、分度值为0.5kg的通用型机械式人体秤，其不确定度记为 $u_b$ ；③最大秤量50kg、分度值为0.2kg的少年儿童专用机械式人体秤，其不确定度记为 $u_c$ ；④最大秤量10kg、分度值为0.1kg的婴幼儿专用机械式人体秤，其不确定度记为 $u_d$ 。

1.6 测量过程：在规定的测量环境下，以标准砝码作为标准器，将砝码直接加载置于机械式人体秤承载区域，然后读取表盘示值，示值与标准砝码值之差即为机械式人体秤的示值误差。

## 2 测量模型

将标准砝码放置在机械式人体秤承载区域，通过仪表盘示值与砝码的标称值相比较，得出示值误差，公式如下：

$$E = I - L$$

式中：

$E$ ——某校准点上，人体秤的示值误差，kg；

$I$ ——某校准点上，人体秤的示值，kg；

$L$ ——某校准点上，标准砝码值，kg。

## 3 灵敏系数

根据JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》中的规定，依方程：

$$u_c^2 = \sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i)$$

其中： $u_c$  为被测量的合成标准不确定度； $u(x_i)$  为每一个输入量的标准不确定度。

由上式得：

$$u_c^2(E) = \left( \frac{\partial E}{\partial I} \right)^2 \cdot u^2(I) + \left( \frac{\partial E}{\partial m} \right)^2 \cdot u^2(m)$$

$$C(I) = \frac{\partial E}{\partial I} = 1 \quad C(m) = \frac{\partial E}{\partial m} = -1$$

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

#### 4 输入量的标准不确定评定

输入量的标准不确定度在机械式人体秤校准测试过程中产生，从日常校准工作来看，主要有以下三个方面：一是人体秤示值分辨力引起的标准不确定度分量，二是测量重复性引起的标准不确定度分量，三是由标准砝码误差引起的标准不确定度分量。

#### 4.1 示值分辨力引入的标准不确定度 $u(I_1)$

机械式人体秤是刻度指示重量，分辨力为一个刻度即分度值  $d$ ，区间半宽度  $a = d/2$ ，按均匀分布处理，包含因子  $k = \sqrt{3}$ ，则其不确定分量为：

$$u(I_1) = \frac{d}{2\sqrt{3}}$$

计算可得：

$$u_a(I_1) = u_b(I_1) = d/2\sqrt{3} = 0.5/2\sqrt{3} = 0.1443 \text{ kg}$$

$$u_c(I_1) = 0.2/2\sqrt{3} = 0.0577 \text{ kg}$$

$$u_d(I_1) = 0.1/2\sqrt{3} = 0.0289 \text{ kg}$$

#### 4.2 测量重复性引入的标准不确定度 $u(I_2)$

按照JJF(甘)0047-2019《机械式人体秤校准规范》的要求，机械式人体秤重复性测量需在1/3最大称量点进行，用标准砝码在重复性条件下连续10次重复测量，结果如表1所示，用此组数据计算由重复性引入的标准不确定度。

表1 重复性测量结果

测量次数	max=160kg	max=120kg	max=50kg	max=10kg
1	50.5kg	40.5 kg	15.2 kg	4.1kg
2	50.5kg	40.5 kg	15.2 kg	4.0kg
3	50.5kg	40.5 kg	15.0 kg	4.1kg
4	50.5kg	40.0 kg	15.2 kg	4.0kg
5	50.0kg	40.5 kg	15.0 kg	4.0kg
6	50.0kg	39.5 kg	15.0 kg	4.0kg
7	50.0kg	40.5 kg	14.8 kg	4.0kg
8	50.5kg	40.5 kg	15.2 kg	4.0kg
9	49.5kg	40.0 kg	15.2kg	4.1kg
10	50.5kg	40.0 kg	15.2 kg	3.9kg
$\bar{I}$	50.25kg	40.25kg	15.1kg	4.02kg

计算公式为：

$$s_p = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (I_i - \bar{I})^2}{n-1}}$$

$$u(I_2) = s_p / \sqrt{n}$$

由上式计算得：

$$u_a(I_2) = 0.1118\text{kg} \quad u_b(I_2) = 0.1118\text{kg}$$

$$u_c(I_2) = 0.0447\text{kg} \quad u_d(I_2) = 0.02\text{kg}$$

### 4.3 由标准砝码引入的标准不确定度 $u(m)$

对四种量程的机械式人体秤的最大秤量进行测量需要M<sub>1</sub>等级砝码组合使用,在测量过程中仅使用砝码的标称值,且其允许误差为均匀分布。则不确定分量为:

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

根据上式计算,可得标准不确定度分量如表2所示。

表2 标准不确定度分量  $u(m)$  的计算结果

项目	max=160kg	max=120kg	max=50kg	max=10kg
砝码的MPE(kg)	0.008	0.006	0.0025	0.0005
$u(m)$ (kg)	0.0047	0.0035	0.0015	0.0003

### 5 合成标准不确定度的评定

以上标准不确定度分量相关性为0,则合成标准不确定度按下式计算:

$$u_c = \sqrt{u^2(I_1) + u^2(I_2) + u^2(m)}$$

代入数据得:  $u_c(a) = u_c(b) = 0.1827\text{kg}$ ;

$u_c(c) = 0.0731\text{kg}$ ;  $u_c(d) = 0.0352\text{kg}$ 。

### 6 扩展不确定度的评定

因主要分量可视为正态分布,因此可取包含因子  $k=2$ ,  $P \approx 95\%$ ,则四种量程的机械式人体秤在其最大秤量点的扩展不确定度如表3所示:

$$U = ku_c(E)$$

表3 扩展不确定度评定结果

项目	max=160kg	max=120kg	max=50kg	max=10kg
$u_c$ (kg)	0.1827	0.1827	0.0731	0.0352
$U$ (kg)	0.4	0.4	0.2	0.1

### 7 校准结果的不确定度评定与报告

最大秤量160kg,分度值为0.5kg的通用型机械式人体秤,使用M<sub>1</sub>等级砝码测量160kg秤量

点,该秤量点的最大允许误差为:  $MPE = \pm 1.5 e = \pm 1.5 \times 0.5 = \pm 0.75\text{kg}$ ,测量结果的扩展不确定度表示为:  $U = 0.4\text{kg}, k = 2$ 。

最大秤量120kg,分度值为0.5kg的通用型机械式人体秤,使用M<sub>1</sub>等级砝码测量120kg秤量点,该秤量点的最大允许误差为:  $MPE = \pm 1.5 e = \pm 1.5 \times 0.5 = \pm 0.75\text{kg}$ ,测量结果的扩展不确定度表示为:  $U = 0.4\text{kg}, k = 2$ 。

最大秤量50kg,分度值为0.2kg的少年儿童专用机械式人体秤,使用M<sub>1</sub>等级砝码测量50kg秤量点,该秤量点的最大允许误差为:  $MPE = \pm 1.5 e = \pm 1.5 \times 0.2 = \pm 0.3\text{kg}$ ,测量结果的扩展不确定度表示为:  $U = 0.2\text{kg}, k = 2$ 。

最大秤量10kg,分度值为0.1kg的婴幼儿专用机械式人体秤,使用M<sub>1</sub>等级砝码测量10kg秤量点,该秤量点的最大允许误差为:  $MPE = \pm 1.0 e = \pm 1.5 \times 0.1 = \pm 0.15\text{kg}$ ,测量结果的扩展不确定度表示为:  $U = 0.1\text{kg}, k = 2$ 。

### 8 总结

本文以常见的四种类型(量程)机械式人体秤为例,研究了其示值误差校准结果不确定度的评定方法,并对输入量的标准不确定度分量进行了分析和计算,同时对最大秤量点进行了扩展不确定度的评定与报告,本研究为机械式人体秤示值误差的不确定度评定和数据处理提供了实际参考。

### 参考文献

- [1] JJF(甘)0047-2019,机械式人体秤校准规范[S].
- [2] JJF1059.1-2012,测量不确定度评定与表示[S].

### 作者简介

孙兆军 男,硕士研究生学历,助理工程师,现供职于甘肃省计量研究院,主要研究方向:衡器计量、动态称重技术。

赵栋 男,本科,硕士学位,高级工程师,甘肃省计量研究院衡器计量研究所副所长,主要研究方向:衡器计量。