

叉车秤校准规范

不确定评定方法及示例

《电子叉车秤校准规范规范》编制组

2022年6月

测量不确定度评定方法及示例

1 概述

1.1 测量对象：电子叉车秤（以下简称叉车秤）；

1.2 测量标准：标准砝码；

1.3 测量依据：JJF XXXX-202X《电子叉车秤校准规范》；

1.4 环境条件：25℃，55%RH。

1.5 测量过程：在规定的条件下，用标准砝码对叉车秤进行校准，分别测定各校准点称量的示值误差。

2 校准结果的不确定度评定

评定用 M_1 砝码对叉车秤（Max=2000kg， $d=1\text{kg}$ ）进行校准，在称量点 1000kg 时校准结果的不确定度。

2.1 测量模型

示值误差可由公式(C.1)给出：

$$E = P - L = I - 0.5 \Delta e \quad (\text{C.1})$$

式中：

E ——叉车秤化整前的误差，kg；

P ——叉车秤化整前的示值，kg；

L ——载荷，kg；

I ——叉车秤的示值，kg；

ΔL ——加载至下一个示值所加的附加载荷，kg。

当叉车秤具备扩展指示装置时，上述公式可直接简化为 $E = I - L$ 。

如果叉车秤不具备扩展指示装置，采用（C.1）式计算误差，考虑不确定度评定时，0.5d 为常量，不产生不确定度分量， ΔL 为附加小砝码，相对 I 和 L 至少小一个数量级，也可忽略，因此对于叉车秤的测量误差，进行不确定评定的测量模型为：

$$E = I - L \quad (\text{C.2})$$

2.2 方差传递公式

$$u_c^2(E) = c_1^2 u^2(I) + c_2^2 u^2(L) \quad (C.3)$$

2.3 方差和灵敏系数

$$I \text{ 的灵敏系数: } c_1 = \frac{\partial E}{\partial I} = 1 \quad (C.4)$$

$$L \text{ 的灵敏系数: } c_2 = \frac{\partial E}{\partial L} = -1 \quad (C.5)$$

因此

$$u_c^2(E) = u^2(I) + u^2(L) \quad (C.6)$$

2.4 不确定度来源分析

不确定度来源主要包括：

- 重复性测量引入的标准不确定度分量 $u_1(I)$ (A类评定)；
- 叉车秤分辨力引入的标准不确定度分量 $u_2(I)$ (B类评定)；
- 叉车秤偏载引入的标准不确定度分量 $u_3(I)$ (B类评定)；
- 标准砝码引入的标准不确定度分量 $u(L)$ (B类评定)。

2.5 标准不确定度评定

2.5.1 重复性测量引入的标准不确定度分量 $u_1(I)$

重复性校准时，用 1000kg 标准砝码对叉车秤重复测量 3 次得到实测值如表 1 所示：

表 1 测量重复性实测数据

载荷标准值	示值			重复性
	1	2	3	
1000kg	1000.3kg	1000.5kg	1000.5kg	0.2kg

重复性测量引入的标准不确定分量 $u_1(I)$ ：

$$u_1(I) = \frac{E_R}{C} = \frac{0.2}{1.69} \approx 0.118\text{kg} \quad (C.7)$$

式中：

E_R ——重复性；

C ——极差系数。

2.5.2 叉车秤分辨力引入的标准不确定度分量 $u_2(I)$

叉车秤分辨力为 d ，假设服从均匀分布，则其标准不确定度 $u_2(I)$ ：

$$u_2(I) = \frac{d}{2\sqrt{3}} \quad (C.8)$$

示例中由于叉车秤示值误差测试过程是通过逐个添加 $0.1d$ 的小砝码，采用找闪变点的方法确定，计算中 d 值为 0.1kg ，由此引起的标准不确定度为：

$$u_2(I) = 0.029\text{kg}$$

2.5.3 叉车秤偏载引入的不确定度分量 $u_3(I)$

叉车秤偏载与载荷值成比例，假设为均匀分布，其标准不确定度为：

$$u_3(I) = ID_L / 2L_{e1} \sqrt{3} \quad (C.9)$$

式中：

I ——示值；

D_L ——偏载测试时最大值与最小值之差；

L_{e1} ——偏载试验载荷标准值。

按照规范 7.2.5 方法用试验载荷 $L_{e1}=1000\text{kg}$ 确定偏载最大值与最小值之差 $D_L=0.3\text{kg}$ ，其引入标准不确定为：

$$u_3(I) = \frac{1000.2 \times 0.3}{2 \times 1000 \times 1.732} \approx 0.087\text{kg}$$

2.5.4 由标准砝码误差引入的不确定度分量 $u(L)$ 的评定

标准砝码的最大允许误差为其区间半宽度，服从均匀分布，其标准不确定为：

$$u(L) = \text{MPE} / \sqrt{3} \quad (C.10)$$

根据 JJG 99-2006《砝码》， 1000kg M_1 等级砝码最大允差为 50g ，因此

$$u(L) = 0.029\text{kg}$$

2.5.5 标准不确定度汇总

标准不确定度汇总见表 2。

表 2 标准不确定度分量汇总表

不确定度分量	不确定度来源	评定方法	标准不确定度
$u_1(I)$	测量重复性	A	$\frac{E_R}{C}$
$u_2(I)$	叉车秤分辨率	B	$\frac{d}{2\sqrt{3}}$
$u_3(I)$	偏载	B	$ID_L/2L_{st}\sqrt{3}$
$u(L)$	标准砝码误差	B	$MPE/\sqrt{3}$

2.6 合成标准不确定度 $u_c(E)$

将各分量不确定度代入方差传递公式，可得：

$$u_c(E) = \sqrt{u_1^2(I) + u_2^2(I) + u_3^2(I) + u^2(L)} \approx 0.152\text{kg} \quad (\text{C. 11})$$

2.7 扩展不确定度 U

取 $k=2$ ，则：

$$U = ku_c(E) \approx 0.30\text{kg} \quad (\text{C. 12})$$

3. 测量结果

对于此台 2000kg 叉车秤在 1000kg 点校准结果的扩展不确定度为 0.30kg， $k=2$ 。

对于其他称量点的不确定度评定均可参照上面的方法进行评定。