

电子叉车秤的校准及不确定度评定

□苏州市计量测试院 董晨光 朱浩 瞿青云

【摘要】电子叉车秤作为一种称重计量器具，由于其便携、可移动、使用方便和读数迅速等特性被广泛应用于仓储物流及工厂企业等场所。本文针对其结构特性提出了一种校准方法，并重点分析了电子叉车秤示值误差不确定度，确保计量性能的准确性。

【关键词】电子叉车秤；校准；不确定度

文献标识码：A 文章编号：1003-1870（2024）11-0017-03

引言

电子叉车秤是与叉车装配成一体，对叉车所搬运物品进行称量的一种专用电子秤，其属于非自动衡器的一种称量型式。电子叉车秤如图1所示，主要由承载器、液压装置、称重传感器、仪表、水平指示装置（可选）等组成，其工作原理是将被称物置于

承载器上，称重传感器产生的电信号通过数据处理装置转换及计算，由指示装置显示出称量结果。而目前电子叉车秤在国内尚无相应的检定规程或校准规范，本文针对这一情况提出一种校准方法并对电子叉车秤示值误差进行不确定度评定。

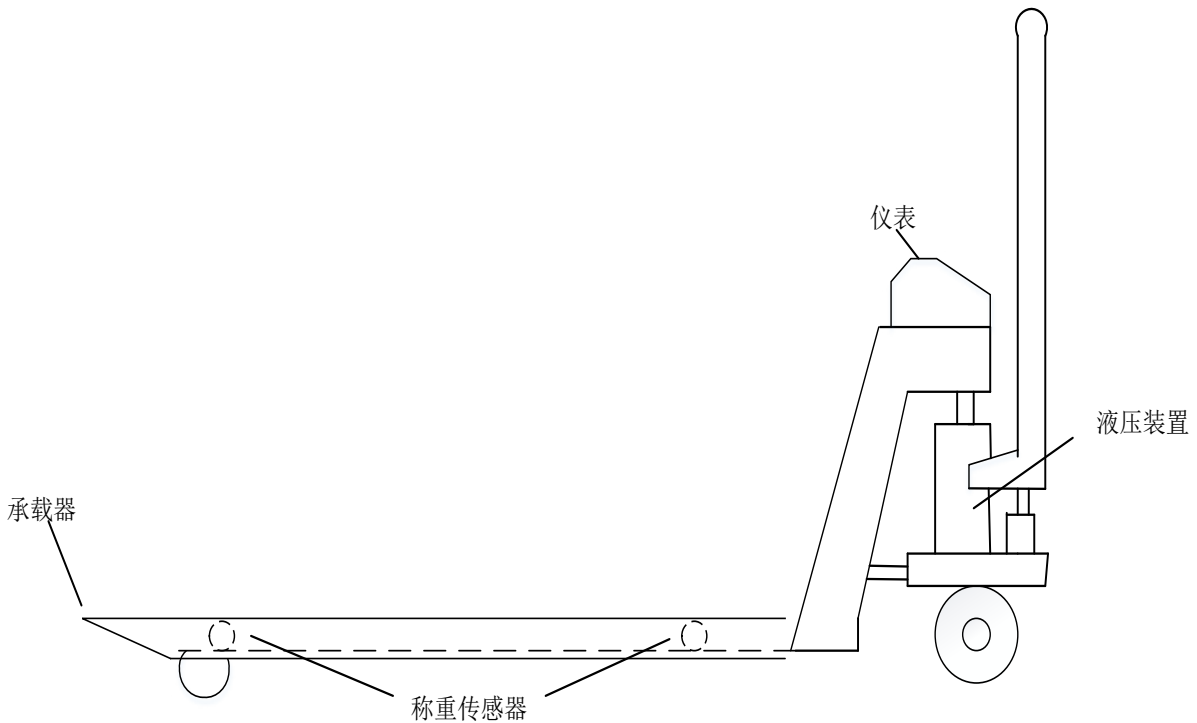


图1 电子叉车秤常见结构示意图

1 校准项目

本文针对电子叉车秤的结构特性和不确定度评定需求,选取了示值误差、重复性测试、同一载荷在不同位置的示值误差作为校准项目。

2 校准前准备

(1) 选取平整结实的地面作为校准地点,校准现场环境温度为(-10~+40)℃,温度变化一般不大于5℃/h。

(2) 使用栈板、托盘等辅助进行校准,标准器选用M1等级砝码。

(3) 预热时间等于或大于制造厂商规定的预热时间,一般不超过30min。

(4) 检查叉车秤是否固定,满足正常工作状态。

(5) 预加载一次到接近最大称量或确定的安全最大载荷,卸载全部载荷。

3 校准方法

本文中所有校准项目均选择在电子叉车秤承载器接近高度下限时进行校准,如用户有特殊要求也可选择其他高度进行校准。

3.1 示值误差

将砝码从零点增加至最大称量,按照用户的要求选取称量点。如用户无特殊要求,可以根据叉车秤的计量特性选取以下称量点进行校准:

表1 称量分度数与称量点的关系

称量分度数 n	称量点
1000 $<n \leq 10000$	10 d 、20 d 、500 d 、2000 d 、最大称量
100 $\leq n \leq 1000$	10 d 、50 d 、200 d 、最大称量

3.2 重复性

用50%最大称量的载荷进行一组测试,在承载器上进行3次称量,读数在每次示值达到稳定时进行。

3.3 同一载荷在不同位置的示值偏差

选取约1/3最大称量的载荷进行测试,为保障校准过程及校准数据的安全性,校准应在图2中虚线区域内进行。将载荷依次施加在1、2、3所示位置。

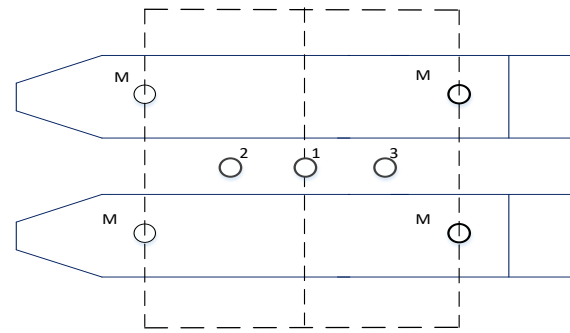


图2 不同位置加载示意图

4 示值误差不确定度评定

以最大量程2000 kg,分度值 d 为1 kg,分度数 n 为2000的电子叉车秤为校准对象,选取1000kg称量点进行示值误差测量不确定度评定。

4.1 数学模型

对于电子叉车秤的示值测量误差,进行不确定评定的测量模型为:

$$E = I - L$$

其中, E 为示值误差, I 为叉车秤示值, L 为载荷值。

4.2 不确定度传播公式

$$u_c^2(E) = c_1^2 u^2(I) + c_2^2 u^2(L)$$

其中:

$$I \text{ 的灵敏系数: } c_1 = \frac{\partial E}{\partial I} = 1$$

$$L \text{ 的灵敏系数: } c_2 = \frac{\partial E}{\partial L} = -1$$

因此:

$$u_c^2(E) = u^2(I) + u^2(L)$$

4.3 不确定度的分量评定

根据数学模型可知,电子叉车秤的测量共有2个不确定度分量,即示值引入的不确定度分量 $u(I)$ 及砝码引入的不确定度分量 $u(L)$ 。

4.3.1 示值引入的不确定度分量 $u(I)$

(1) 测量重复性引入的不确定度分量 $u_1(I)$

$u_1(I)$ 主要是秤的测量重复性,可以通过连续测量得到的测量列,采用统计分析方法即A类评定方法计算标准不确定度。

用1000 kg砝码对叉车秤重复测量3次得到实测值如表2所示:

表2 重复性实测数据

示值			重复性
1	2	3	
1000.3 kg	1000.5 kg	1000.5 kg	0.2 kg

由极差法确定重复性引入的标准不确定 u_1 :

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

(2) 电子叉车秤分辨力引入的不确定度分量 $u_2(I)$

电子叉车秤的分辨力引入的不确定度可按均匀分布处理, $k = \sqrt{3}$, 叉车秤的分度值 $d=1 \text{ kg}$, 因此:

$$u_2(I) = \frac{0.1d}{2\sqrt{3}} = 0.029d = 0.029 \text{ kg}$$

(3) 同一载荷在不同位置的示值偏差引入的不确定度分量 $u_3(I)$

该不确定度分量符合均匀分布, 按照本文4.3方法用试验载荷 $L_{ei}=1000 \text{ kg}$ 确定载荷在不同位置示值最大值与最小值之差 $D_L=0.3 \text{ kg}$, 因此:

$$u_3(I) = ID_L/2L_{ei}\sqrt{3} = \frac{1000.2 \times 0.3}{2 \times 1000 \times \sqrt{3}} \approx 0.087 \text{ kg}$$

其中: I ——示值, kg 或g;

D_L ——同一载荷在不同位置示值最大值与最小值之差, kg 或g;

L_{ei} ——同一载荷在不同位置测试试验载荷标准值, kg 或g。

4.3.2 砝码引入的不确定度 $u(L)$

以1000 kg 载荷点为例, 根据JJG 99-2022《砝码》, 1000 kg M1 等级砝码最大允差为50 g, 因此:

$$u(L) = \frac{MPE}{\sqrt{3}} = 0.029 \text{ kg}$$

4.4 标准不确定度汇总

标准不确定度汇总见表3。

表3 标准不确定度汇总表

不确定度分量	不确定度来源	不确定计算公式	标准不确定度值	灵敏系数
电子叉车秤示值 $u(I)$	重复性 $u_1(I)$	$\frac{E}{I}$	0.118kg	1
	叉车秤分辨力 $u_2(I)$	$\frac{d}{2\sqrt{3}}$	0.029kg	
	同一载荷在不同位置的示值偏差 $u_3(I)$	$ I /2L_{ei}\sqrt{3}$	0.087kg	

不确定度分量	不确定度来源	不确定计算公式	标准不确定度值	灵敏系数
砝码 $u(L)$	砝码允许误差 $u(L)$	$m_r/\sqrt{3}$	0.029kg	-1

4.5 合成标准不确定度

将各分量不确定度代入方差传递公式, 可得:

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

4.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 叉车秤1000 kg 载荷点的扩展不确定度为:

$$U(E) = k u_c(E) \approx 0.4 \text{ kg}$$

5 结语

电子叉车秤具有便携可移动、使用方便和读数迅速等优势, 其在工厂企业、仓储物流等场所具有广阔的应用前景, 本文针对其与传统数字指示秤机械结构与使用方式的差异提出了一中校准思路并对不确定度进行了评定, 但是在上述评定过程中难免有疏漏之处。希望广大读者能各抒己见, 共同探讨, 为衡器计量技术的发展提供强有力的保障。

参考文献

- [1] JJG 539-2016, 数字指示秤检定规程[S].
- [2] JJF 1001-2018, 通用计量术语及定义技术规范[S].
- [3] GB/T 26947, 步行式托盘搬运车[S].
- [4] 武丽仙. 测量不确定度的有关论述及其评定[J]. 计量技术, 2003.
- [5] 李金海, 曹锁胜, 席保吉等. 衡器计量[M]. 北京: 中国质检出版社, 2014.

作者简介

董晨光, 苏州市计量测试院衡器计量检测部部长, 长期从前衡器计量类工作。