

电子叉车秤测量结果不确定度分析与评定

□营口市计量检定测试所有限公司 王磊

【摘要】叉车是指对成件托盘货物进行装卸、堆垛和短距离运输、重物搬运作业的各种搬运车辆，属于物料搬运机械，广泛应用于工厂、仓库、港口、车站、机场等国民经济各部门，是机械化装卸、堆垛和短距离运输的高效设备。而叉车秤则是与起重叉车装配成一体，对叉车所搬运物品进行称量的一种专用秤。

【关键词】电子叉车秤；不确定度；分析

文献标识码：B 文章编号：1003-1870（2023）09-0025-02

概述

（1）定义：电子叉车秤是指在液压升降搬运叉车基础上增加称重传感器和智能化数字显示仪表而组成的称重系统，是为装载设备在装载过程中称量装载物料的一种称重计量器具。

（2）用途：广泛应用于车间、建筑、煤矿、仓储、物流、港口及铁路运输中的货物整理与称重。

（3）原理：将被称物品置于专用承载器上，液压装置提升专用承载器，由称重传感器产生的电信号通过数据处理装置转换计算，经指示仪表显示出称量结果。

（4）结构：由叉车车体部分、液压装置、称重传感器、接线盒、称重显示仪表组成。

（5）称量范围：0.5~3t。

（6）分度值：100~1000g。

1 不确定度评定

本文根据JJG539-2016《数字指示秤》检定规程要求，以最大称量为3000kg的电子叉车秤为例，对其最大称量点（3000kg）进行不确定度分析评定。

1.1 测量依据标准及测量方法

1.1.1 测量依据

JJG539-2016《数字指示秤》检定规程。

1.1.2 测量标准

M₁等级砝码

1.1.3 测量方法

采用直接加载砝码，将M₁等级砝码直接加到电子叉车秤的承载器上，观察示值闪变点，利用闪变

点方法来确定化整前的示值，进而得到示值误差。

1.2 测量模型

根据JJG539-2016《数字指示秤》检定规程的要求以及数学分析，采用直接读数法或闪变点法，可建立以下模型：

$$E = I - L \quad \text{或} \quad E = P - L$$

式中：E——示值误差或化整前的示值误差；

I——显示的示值；

L——标准砝码值；

P——化整前的示值： $P = I + 0.5d - \Delta L$ ；

ΔL ——附加砝码总量；

d——分度值。

1.3 方差和传播系数

1.3.1 方差

$$\text{根据 } u_c^2 = \sum c_i^2 u_i^2$$

$$\text{得到 } u^2(\Delta m) = c_1^2 u_1^2 + c_2^2 u_2^2$$

式中： u_1 ——I的不确定度；

u_2 ——L的不确定度。

1.3.2 传播系数

$$c_1 = \partial \Delta m / \partial I = 1$$

$$c_2 = \partial \Delta m / \partial L = -1$$

1.4 标准不确定度评定

1.4.1 影响叉车秤不确定度来源

（1）M₁等级砝码质量的误差；

（2）重复性误差；

- (3) 偏载引起的误差;
- (4) 液压系统的稳定度引起的误差;
- (5) 人员存在的误差;
- (6) 测量方法与规定的测量程序的不一致性;
- (7) 环境条件对测量结果的影响等。

因为参考条件下环境是相对稳定的,因此本评定只考虑砝码质量的误差、重复性误差、偏载误差、液压系统的稳定度。

1.4.2 基本参数

装载质量 $L=3000\text{kg}$, $e=1\text{kg}$, ㉓级电子叉车秤最大允许误差 $MPE=\pm 1.5d$ 。

1.4.3 标准不确定度的A类评定(3000kg点)

测量结果重复性引起的标准不确定度分量 $u(p_1)$

用标准砝码,在重复性的条件去进行一组连续10次测量,从而得到的测量列2996kg, 2998kg, 2996kg, 3000kg, 2996kg, 3000kg, 3000kg, 3000kg, 2998kg, 2996kg, 得到 $\bar{p}=2998\text{kg}$

$$\text{则: } s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = 1.9\text{kg}$$

$$u(p_1) = \frac{s}{\sqrt{10}} = 0.6\text{kg}$$

1.4.4 标准不确定度的B类评定

1.4.4.1 计算标准砝码引起的不确定度 $u(m)$

根据JJG99-2022《砝码》检定规程的表1中可得到3000kg的 M_1 等级砝码,其最大允许误差为 $\pm 150\text{g}$,为均匀分布,其标准不确定度应为:

$$u(m) = \frac{150\text{g}}{\sqrt{3}} = 0.1\text{kg}$$

1.4.4.2 该装置的偏载误差引起的标准不确定分量 $u(p_2)$

当进行偏载测量时,用1/10最大称量的标准砝码放置在各个承重点上,最大值与最小值之间的差一般不会超过2kg,半宽 $n=1\text{kg}$,而测量时放置砝码的位置较为注意,偏载量要远比偏载试验的时候少,假设其误差为偏载试验时的1/3,并且服从均匀分布,包含因子是 $k = \sqrt{3}$,可得:

$$u(p_2) = \frac{1\text{kg}}{3 \times \sqrt{3}} = 0.2\text{kg}$$

1.4.4.3 液压系统的稳定度引起的标准不确定度分量 $u(p_3)$

液压系统在规定条件下的变化可能会造成示值变化 $0.2e$,即4kg,假设半宽度 $a=4\text{kg}$,服从均匀分布。

$$\text{得到 } u(p_3) = 4 / \sqrt{3} = 2.4\text{kg}$$

1.4.4.4 标准不确定度一览表

标准不确定度的分量 $u(x_i)$	不确定度的来源	标准不确定度/kg	分布
$u(p_1)$	测量重复性	0.6	正态分布
$u(p_2)$	偏载	0.2	均匀分布
$u(p_3)$	液压系统稳定度	2.4	均匀分布
$u(m)$	标准砝码	0.1	正态分布

1.5 合成标准不确定度

由于各项标准的不确定度分量彼此之间独立且不相关,因此,

$$u_c^2 = u^2(p_1) + u^2(p_2) + u^2(p_3) + u^2(m)$$

$$u_c = 2.5\text{kg}$$

1.6 扩展不确定度的评定

置信概率 $p=95.45\%$, $k=2$,其(3000kg点)扩展不确定度为:

$$U = k \times u_c = 2 \times 2.5 = 5\text{kg}$$

1.7 测量不确定度报告

该装置3000kg称量测量结果的不确定度报告为:

$$U=5\text{kg}, k=2$$

参考文献

- [1] JJG539—2016.《数字指示秤》检定规程,中国质检出版社.
- [2] JJG99—2022.《砝码》检定规程,中国标准出版社.

作者简介

王磊,男,辽宁省营口市。毕业于河北工程大学机械设计制造及其自动化专业,工程师职称,二级注册计量师。现就职于营口市计量检定测试所有有限公司,负责营口地区大中小型衡器的检定工作。