

# 电子汽车衡示值误差测量不确定度评定

□齐新宇 石飞 卜军 沈佳骏 胡斌 靳晶

嘉兴市计量检定测试院

【摘要】本文依据 JJG539-2016《数字指示秤》计量检定规程，对一台 SCS-60 型电子汽车衡（最大称量 60t，检定分度值  $e=20\text{kg}$ ，中准确度等级）的示值误差进行测量不确定度评定。评定选取  $500e$ （10t）、 $2000e$ （40t）和最大称量（60t）三个称量点，直接采用标准砝码并通过闪变点法确定化整前示值误差。不确定度来源主要包括：测量重复性、分辨力、标准砝码引入的分量。本评定的方法与结论，可为电子汽车衡的校准工作提供不确定度评定参考。

【关键词】电子汽车衡示值误差测量不确定度评定

文献标识码：A 文章编号：1003-1870（2025）12-0041-03

## Evaluation of Measurement Uncertainty in Indication Error of Electronic Truck Scale

【Abstract】This paper evaluates the measurement uncertainty in the indication error for an SCS-60 electronic truck scale (maximum weighing capacity 60t, verification scale interval  $e=20\text{kg}$ , medium accuracy class) based on the JJG539-2016 *Verification Regulation for Digital Indicating Weighing Instruments*. Three weighing points:  $500e$  (10t),  $2000e$  (40t), and the maximum weighing capacity (60t) are selected, standard weights are used directly, and the flash point method is adopted to determine the indication error before rounding. The sources of uncertainty mainly include: measurement repeatability, resolution, and components introduced by standard weights. The method and conclusion of this evaluation can provide a reference for the uncertainty evaluation in the calibration of electronic truck scales.

【Keywords】Evaluation of Measurement Uncertainty in Indication Error of Electronic Truck Scale

### 引言

电子汽车衡作为贸易结算与工业生产中的关键计量设备，其示值误差的准确评定直接关系到量值传递的可靠性。依据 JJG539-2016 要求，对中准确度等级的 SCS-60 型电子汽车衡（最大称量 60t，分度值  $e=20\text{kg}$ ）进行示值误差测量不确定度评定，是确保其计量性能符合法规要求的重要环节。

本次评定聚焦  $500e$ （10t）、 $2000e$ （40t）和最大称量（60t）三个称量点，采用直接加、卸载标准砝码的测量方法，通过添加  $0.1e$  附加砝码并观察闪变点，确定化整前示值误差  $E$ （模型： $E = P - L$ ，其

中  $P$  为化整前示值， $L$  为载荷值）。评定过程中，重点分析了被检电子汽车衡重复性、分辨力以及标准砝码允差等不确定度来源，忽略附加砝码的微小影响。通过方差传播与灵敏度分析，合成各分量并扩展得到最终结果。本评定的方法与结论，可为电子汽车衡的校准工作提供技术参考。

### 1 概述

1.1 测量依据：国家计量检定规程 JJG 539-2016《数字指示秤》。

1.2 环境条件：依据 JJF 1834-2020 非自动衡器通用技术要求的规定，温度范围为  $-10^\circ\text{C}$ ~ $+40^\circ\text{C}$ ，相

对湿度≤80%HR。

1.3 测量标准：M1 等级标准砝码，规格：2000g、10kg；M12 等级标准砝码，规格：500kg、1000 kg。

1.4 被测对象：SCS-60 型电子汽车衡，检定分度值 $e=20\text{kg}$ ，最大称量60t、最小称量：400kg，中准确度等级。

1.5 测量方法：在电子汽车衡的承载器上直接加卸载荷，通过找闪变点的方法确定其化整前的示值，计算两值之差，即为该电子汽车衡的示值误差。

1.6 评定结果的使用：本不确定度评定，对电子汽车衡的500e、2000e 和最大称量三个不同的称量点进行。在符合上述条件下的测量，一般可直接使用本不确定度评定结果，其他称量点的示值误差不确定度评定可参照本评定方法。

## 2 测量模型

化整前的误差为：

$$E=P-L=I-L+0.5e-\Delta L$$

因本次测量得到零点误差为0.0kg，因而本文引用的 $E$ 即为JJG539-2016《数字指示秤》中化整前的修正误差 $E_c$ ，以下统一用 $E$ 表示 $E_c$ ：

式中： $E$ ——被检电子汽车衡化整前的示值误差；

$P$ ——被检电子汽车衡化整前的示值；

$I$ ——被检电子汽车衡的示值；

$L$ ——附加载荷；

$\Delta L$ ——加载至下一个示值所加的附加载荷。

## 3 方差和灵敏度系数

由测量模型  $E = P - L = I - L + 0.5e - \Delta L$ ，得方差传播公式：

$$u^2(E) = c_1^2 u^2(I) + c_2^2 u^2(L) + c_3^2 u^2(\Delta L)$$

式中： $u(E)$ ——示值误差的测量不确定度；

$u(I)$ ——由被检汽车衡引入的不确定度分量；

$u(L)$ ——由标准砝码引入的不确定度分量；

$u(\Delta L)$ ——由附加载荷引入的不确定度分量。

灵敏度系数： $c_1 = \partial(E) / \partial(I) = 1$

$$c_2 = \partial(E) / \partial(L) = -1$$

$$c_3 = \partial(E) / \partial(\Delta L) = -1$$

由于实际测量时附加标准砝码的值和误差均很小，对测量结果不确定度的影响很小，可以忽略不计，故： $u^2(E) = c_1^2 u^2(I) + c_2^2 u^2(L)$

## 4 各输入量的标准不确定度评定

4.1 由被检电子汽车衡引入的不确定度  $u(I)$  的评定：

4.1.1 由被检电子汽车衡测量重复性引入的标准不确定度分量  $u(I)_1$  的评定：

在重复条件下用标准砝码对被检电子汽车衡进行3次连续测量，得到测量值，采用极差法，服从正态分布， $C=1.69$ ，计算其实验标准偏差 $s$ ，实际测量中仅测量一次，故， $u(I) = s$ ，数据见表1：

表1 被检汽车衡重复性测量结果及不确定度分量

称量点	测得值			极差R	标准偏差 $S = \frac{R}{C}$	标准不确定度分量 $u(I)_1$
	1	2	3			
10t (500e)	10002kg	10002kg	10000kg	2kg	1.18kg	1.18kg
40t (2000e)	40002kg	40004kg	40006kg	4kg	2.36kg	2.36kg
60t (最大称量)	60008kg	60008kg	60012kg	4kg	2.36kg	2.36kg

4.1.2 由被检汽车衡测量分辨力引入的标准不确定度分量  $u(I)_2$  的评定：

被检电子汽车衡分度值为20kg，半宽 $a=10\text{kg}$ ，由于汽车衡的示值误差测量过程是通过逐个添加0.1e 的小砝码，采用找闪变点的方法确定的，因而此处的

半宽 $a=1\text{kg}$ ，服从均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，因此：

$$u(I)_2 = \frac{a}{k} = \frac{1\text{kg}}{\sqrt{3}} = 0.58\text{kg}$$

4.1.3 作为标准不确定度  $u(I)$ ，则各称量点的标准不确定度：

$$\mu(L) = \sqrt{[u(L)_1]^2 + [u(L)_2]^2}$$

数值见表2:

表2 被检汽车衡分辨力引入的标准不确定度分量

称量点	标准不确定度分量 $u(L)$
10t(500e)	1.31kg
40t(2000e)	2.43kg
60t(最大称量)	2.43kg

4.2 由标准砝码引入的不确定度分量 $u(L)$ 的评定:

根据JJG 99-2022《砝码检定规程》，1t的M12等级的砝码最大允许误差为： $\pm 100\mu\text{g}$ ，因此10t、40t、60t称量检定所用砝码最大允许误差分别为： $\pm 1.0\text{kg}$ ， $\pm 4.0\text{kg}$ ， $\pm 6.0\text{kg}$ ，实际操作采用砝码的修正值，因而砝码实际误差为最大允许误差的1/2，即 $\pm 0.5\text{kg}$ ， $\pm 2.0\text{kg}$ ， $\pm 3.0\text{kg}$ ，服从均匀分布，包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，因此各称量点的标准不确定度 $u(L)$ 见表3:

表3 标准砝码引入的标准不确定度分量

称量点	标准不确定度分量 $u(L)$
10t(200e)	0.29kg
40t(2000e)	1.16kg
60t(最大称量)	1.78kg

## 5 合成标准不确定度的评定

5.1 标准不确定度见表4。

表4 标准不确定度分量一览表

不确定度来源	称量点			灵敏系数
	10t	40t	60t	
被检汽车衡引入的	1.31kg	2.43kg	2.43kg	1
标准砝码引入的	0.29kg	1.16kg	1.78kg	-1

5.2 合成标准不确定度 $\mu_c(E)$ 的评定

各输入量彼此独立不相关，因此，合成标准不确定度:

$$\mu_c(E) = \sqrt{[|c_1| \times u(L)]^2 + [c_2 \times u(L)]^2}$$

各称量点的合成不确定度值见表5:

表5 各称量点合成标准不确定度

合成不确定度 $\mu_c(E)$	称量点		
	10t	40t	60t
	1.35kg	2.70kg	3.02kg

## 6 扩展不确定度的评定

取包含因子 $k=2$ ，则： $U=ku_c$ ，则各称量点的示值误差测量扩展不确定度见表6:

表6 各称量点扩展不确定度 ( $k=2$ )

扩展不确定度 $U$ ( $k=2$ )	称量点		
	10t	40t	60t
	2.7kg	5.4kg	6.1kg

## 7 测量不确定度报告与表示

SCS-60型电子汽车衡在10称量点，其示值误差测量不确定度为:

$$U=3\text{kg} \quad (k=2)$$

SCS-60型电子汽车衡在40t称量点，其示值误差测量不确定度为:

$$U=6\text{kg} \quad (k=2)$$

SCS-60型电子汽车衡在60t称量点，其示值误差测量不确定度为:

$$U=7\text{kg} \quad (k=2)$$

本评定系统分析了SCS-60型电子汽车衡在10t(500e)、40t(2000e)和60t(最大称量)三个称量点的示值误差测量不确定度。结果表明:合成不确定度主要来源于被检电子汽车衡的重复性、分辨力和标准砝码;在 $k=2$ 的包含因子下,扩展不确定度分别为:

$$10\text{t}: U=3 \text{ kg}$$

$$40\text{t}: U=6 \text{ kg}$$

$$60\text{t}: U=7 \text{ kg}$$

## 8 结语

上述结果验证了该电子汽车衡在中准确度等级下的计量特性,符合JJG 539-2016《数字指示秤检定规程》要求。本评定方法与结论可为同类计量器具的校准提供参考,尤其适用于工业生产、工艺控制等场景的测量结果可信度判断。

## 参考文献

- [1] JJF 1059.1-2012 测量不确定度评定与表示[S].
- [2] JJF 539-2016 数字指示秤计量检定规程[S].
- [3] JJF1834-2020 非自动衡器通用技术要求[S].

## 作者简介

齐新宇(1988—),工学硕士,现供职于嘉兴市计量检定测试院。研究方向:力学计量,几何计量,衡器计量。