

浅谈便携式动态轴重仪校准和测量结果不确定度评定

□贾琨¹ 隋佳硕²

[1. 吉林省计量科学研究院 (吉林省计量测试仪器与技术重点实验室)
2. 吉林省水文水资源局 (吉林省水环境监测中心)]

【摘要】 本文根据新颁布的JJF 1212-2023《便携式动态轴重仪》校准规范, 介绍便携式动态轴重仪的校准过程。结合实际工作, 利用三轴刚性车辆为参考车辆对轴重仪进行校准。通过控制衡器称量其整车载荷, 计算其修正系数和单轴、轴组载荷的修正平均值, 最终确定其车辆总质量、单轴载荷、轴组载荷的示值误差, 并对其测量结果不确定度评定。

【关键词】 便携式; 动态轴重仪; 单轴载荷; 轴组载荷; 示值误差; 测量不确定度

文献标识码: A 文章编号: 1003-1870 (2025) 05-0039-03

A Brief Discussion on Calibration of Portable Dynamic Axle Weighing Instruments and Evaluation of Uncertainty of Measurement Results

【Abstract】 This paper introduces the calibration process of portable dynamic axle weighing instruments according to the newly issued Calibration Specification of Portable Weighing Instruments for Axles of Vehicle in Motion (JJF 1212-2023). Combined with actual work, the axle weighing instrument is calibrated using a three-axle rigid vehicle as a reference vehicle. By controlling the weighing instrument to weigh the vehicle load, the correction coefficient and the corrected average value of single axle load and axle group load are calculated, and finally the indication error of total vehicle mass, single axle load and axle group load are determined, and the uncertainty of measurement results is evaluated.

【Keywords】 portable; dynamic axle weighing instrument; single axle load; axle group load; indication error; measurement uncertainty

引言

便携式动态轴重仪 (以下简称轴重仪) 通常用于对低速行驶的公路车辆的总质量和单轴 (轴组) 载荷的测量。轴重仪是一种可以直接放置在路面上使用的自动衡器, 当车辆经过其承载器后, 能自行指示车辆总质量和单轴 (轴组) 载荷。轴重仪通常主要由相互分离的两个台面组成的承载器和称重指示器, 具有质量轻、体积小、移动方便等特点。本文主要根据JJF 1212-2023《便携式动态轴重仪》校准规范, 介绍了轴重仪校准过程、数据处理和测量结果不确定度评定等方面的内容。

1 校准条件

1.1 被检设备

被校准设备名称为便携式动态轴重仪, 规格型号为HPS-30B/R, 最大称量Max=30 t, 最小称量Min=1 t, 显示分度值 $d=100$ kg, 电源供电为蓄电池供电, 12 V DC。

1.2 环境条件

便携式动态轴重仪校准选择在上午的10点钟左右, 温度为6.3℃, 相对湿度为38%, 满足校准条件。选择校准现场为一个平整、坚固的路面, 将承载器安装缓冲垫板, 确保车辆通行时不会造成承载

器与路面发生相对移动。便携式动态轴重仪为蓄电池供电，将承载器开机通电10分钟后，准备开始校准。

1.3 测量标准及其他设备

选择M1等级砝码、电子汽车衡作为主要标准器，选用三轴刚性参考车辆对便携式动态轴重仪进行校准，主要标准器及参考车辆的信息如表1所示。

表1 主要标准器及参考车辆信息

名称	测量范围	准确度等级	备注
砝码	(2~10) t	M1 等级	2t 砝码 5 个
电子汽车衡	(0.2~30) t	Ⅲ级	$e=d=10$ kg
参考车辆	车自重约 15.3 t	/	三轴刚性（前轴为单轴，后轴为轴组）

2 校准项目及校准过程

2.1 校准项目

将10 t 砝码放置在参考车辆上，对便携式动态轴重仪开展车辆总质量的示值误差、单轴（轴组）载荷的示值误差项目的校准。

2.2 校准前准备

将载荷加载到空载的三轴刚性参考车辆上，然后将装有载荷的参考车辆置于控制器中心位置，参考车辆置于“空挡”状态，熄火后进行称重，并记录其示值25330kg，如表2所示。在控制器上依次对单轴和轴组进行称重，记录单轴和轴组载荷的示值，在较低匀速下进行10次称量，示值如表2所示。

表2 测量标准测量及修正

单位：kg

其他参考车辆单轴（轴组）载荷修正平均值确定												
车辆编号	吉AH7430			车辆总质量 VM_r		25330		修正系数= $\frac{VM_r}{VM}$			0.9992	
序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值	约定真值
	8520	8530	8520	8530	8530	8520	8520	8520	8530	8530	8525	8518
	16820	16820	16820	16830	16830	16820	16830	16820	16830	16830	16825	16812
VM	25340	25350	25340	25360	25360	25340	25350	25340	25360	25360	25350	25330

表3 校准测量数据及结果

单位：kg

其他参考车辆总质量和单轴（轴组）载荷的测量												
序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
	8300	8600	8500	8700	8400	8500	8600	8600	8300	8600	218	
	16700	16800	16900	16700	16300	16200	16700	16600	16700	16800	612	
VM	25000	25400	25400	25400	24700	24700	25300	25200	25000	25400	630	

单轴载荷的平均值：

$$\overline{A_1} = \frac{\sum_{j=1}^{10} A_{1j}}{10} = 8525 \text{ kg}$$

轴组载荷的平均值：

$$\overline{G_2} = \frac{\sum_{j=1}^{10} G_{2j}}{10} = 16825 \text{ kg}$$

车辆总质量的平均值：

$$\overline{VM} = \sum_{i=1}^q \overline{A_i} + \sum_{i=1}^r \overline{G_i} = (8525 + 16825) = 25350 \text{ kg}$$

单轴载荷的修正平均值：

$$\overline{C_{A1}} = \overline{A_1} \times \frac{VM_r}{\overline{VM}} = (8525 \times \frac{25330}{25350}) = 8518 \text{ kg}$$

轴组载荷的修正平均值：

$$\overline{C_{G2}} = \overline{G_2} \times \frac{VM_r}{\overline{VM}} = (16825 \times \frac{25330}{25350}) = 16812 \text{ kg}$$

2.3 校准过程

校准开始时，应使参考车辆在距便携式动态轴重仪有足够的加速距离处开始启动，使得参考车辆能够以规定的速度驶向承载器，车辆应尽可能保持匀速通过承载器。在称量速度范围内进行10次称量测试，车辆总质量和单轴、轴组载荷的测量同时进行，校准测量数据和计算误差如表3所示。

单轴载荷的示值误差：

$$|D_{A1}|_{\max} = |A_i - \overline{C_{A1}}|_{\max} = |8300 - 8518| = 218 \text{ kg}$$

轴组载荷的示值误差:

$$|D_{A2}|_{\max} = |A_i - \overline{C_{A2}}|_{\max} = |16200 - 16812| = 612 \text{ kg}$$

车辆总质量的示值误差:

$$|E_{VM}|_{\max} = |VM - VM_r|_{\max} = |24700 - 25330| = 630 \text{ kg}$$

3 测量结果的不确定度评定

3.1 测量模型

$$E_{VM} = VM - VM_{ref}$$

式中: VM_{ref} ——控制衡器确定的参考车辆总质量的约定真值;

VM ——车辆总质量示值;

E_{VM} ——车辆总质量示值误差。

影响测量结果不确定度的来源主要有: 测量重复性引入的不确定度分量、轴重仪分辨率引入的不确定度分量、控制衡器测量误差引入的不确定度分量、控制衡器分辨率引入的不确定度分量。

3.2 测量重复性引入的不确定度分量 $\mu_1(VM)$

采用A类不确定度的评定方法, 进行10次参考车辆总质量的测量, 测量数据如表3所示。此不确定度分量为测量值的标准偏差, 应用贝塞尔公式可得:

$$\mu_1(VM) = s(VM) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (VM_j - \overline{VM_j})^2}{n-1}} = 283.8 \text{ kg}$$

3.3 轴重仪分辨率引入的不确定度分量 $\mu_2(VM)$

轴重仪分辨率引入的不确定度服从均匀分布, 以分辨力的1/2作为区间半宽, 其中轴重仪的分度值 $d=100 \text{ kg}$, 则此不确定度分量为:

$$\mu_2(VM) = \frac{d}{2 \times \sqrt{3}} = 28.9 \text{ kg}$$

3.4 控制衡器测量误差引入的不确定度分量 $\mu_3(VM_{ref})$

控制衡器选用 $\text{Max}=30 \text{ t}$, $e=d=10 \text{ kg}$, 并经立即检定并合格。在载荷为 25300 kg 的称量点处, 其最大允许误差为 $\text{MPE}=\pm 1.5e=15 \text{ kg}$, 服从均匀分布, 则此不确定度分量为:

$$\mu_3(VM_{ref}) = \frac{|\text{MPE}|}{\sqrt{3}} = 8.7 \text{ kg}$$

3.5 控制衡器分辨率引入的不确定度分量 $\mu_4(VM_{ref})$

参考车辆在控制衡器上选用直接称量模式, 未使用“闪变点法”, 其中分辨力即为 $d=10 \text{ kg}$, 服从均匀分布, 以分辨力的1/2作为区间半宽, 则此不确定度分量为:

$$\mu_4(VM_{ref}) = \frac{d}{2 \times \sqrt{3}} = 2.9 \text{ kg}$$

3.6 合成标准不确定度 $\mu_c(E_{VM})$

$$\begin{aligned} \mu_c(E_{VM}) &= \sqrt{\mu_1^2(VM) + \mu_2^2(VM) + \mu_3^2(VM_{ref}) + \mu_4^2(VM_{ref})} \\ &= \sqrt{283.8^2 + 28.9^2 + 8.7^2 + 2.9^2} = 285.4 \text{ kg} \end{aligned}$$

3.7 测量结果扩展不确定度 $U(E_{VM})$

$$U(E_{VM}) = k \cdot \mu_c(E_{VM}) = 571 \text{ kg}, \quad k=2$$

单轴和轴组的不确定也按照此评定方法进行, 通过计算可得:

单轴测量结果扩展不确定度为:

$$U(E_A) = k \cdot \mu_c(E_A) = 2 \times 140.2 = 281 \text{ kg}, \quad k=2$$

轴组测量结果扩展不确定度为:

$$U(E_C) = k \cdot \mu_c(E_C) = 2 \times 224.1 = 449 \text{ kg}, \quad k=2$$

4 校准结果

通过参考车辆的测量和数据的计算可得测量结果, 如表4所示。

最大秤量(最大轴载荷) $\text{Max}=30 \text{ t}$; 最小秤量(最小轴载荷) $\text{Min}=1 \text{ t}$; 分度值 $d=100 \text{ kg}$; 参考测量类型: 三轴刚性。

表4 校准结果

校准项目	示值误差	测量结果不确定度 $U, k=2$
车辆总质量的示值误差	-630 kg	571 kg
单轴载荷的示值误差	-218 kg	281 kg
轴组载荷的示值误差	-612 kg	449 kg

5 结语

本文以规格型号为HPS-30B/R的便携式动态轴重仪为例, 选用三轴刚性参考车辆对其校准。介绍了校准条件、校准项目及校准过程、测量结果不确定度评定和校准结果。结果规范, 推荐内页格式, 给予轴重仪的车辆总质量、单轴载荷、轴组载荷的示值误差, 并计算其对应的测量结果不确定度。希望本文对专业技术人员在实际校准中有所帮助。

参考文献

- [1] JJF 1212-2023 便携式动态轴重仪校准规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2023.
- [2] JJG 99-2022 砝码检定规程[S]. 北京: 中国标准出版社, 2023.
- [3] JJF 1059.1-2012 测量不确定度评定与表示[S]. 北京: 中国质检出版社, 2013.

作者简介

贾琨(1987—), 男, 硕士研究生, 工程师, 吉林省计量科学研究院。研究方向: 力学计量。