

中国计量测试学会

量学函〔2025〕18号

中国计量测试学会关于《动态公路车辆自动 衡器非匀速计量测试规范》团体标准 征求意见的函

各有关单位：

根据国家标准化管理委员会、民政部印发的《团体标准管理规定》及《中国计量测试学会团体标准管理办法》有关规定，经中国计量测试学会批准立项，由中储恒科物联网系统有限公司、重庆市计量质量检测研究院、广西壮族自治区计量检测研究院、重庆云网科技股份有限公司、四川奇石缘科技股份有限公司、重庆锦亿繁科技发展有限公司、山东金钟科技集团有限公司、深圳亿维锐创科技股份有限公司、湖南省计量检测研究院、中国计量测试学会等单位牵头起草的《动态公路车辆自动衡器非匀速计量测试规范》团体标准现已完成征求意见稿的编制，为保证标准的科学性、严谨性和适用性，现面向社会广泛公开征求意见。

请各有关单位及专家对上述标准提出宝贵意见和建议，于2025年8月8日前将《征求意见反馈表》反馈至以下联系方式。

联系人：陈增典

电话：18691720852

电子邮箱：3096774079@qq.com

- 附件：1.《动态公路车辆自动衡器非匀速计量测试规范》征求意见稿
- 2.《动态公路车辆自动衡器非匀速计量测试规范》编制说明
- 3.《动态公路车辆自动衡器非匀速计量测试规范》验证报告
- 4.《动态公路车辆自动衡器非匀速计量测试规范》不确定度评定报告
- 5.征求意见反馈表



ICS 17.200
N 10

T/CSMT

团 体 标 准

T/CSMT-DE-00*-2025

动态公路车辆自动衡器
期间核查技术规范

Technical Specification for Intermediate Checks
of Automatic Instruments for Weighing Road Vehicles in Motion

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国计量测试学会 发布

目 次

前 言	II
引 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 计量单位	2
5 概述	2
5.1 原理	2
5.2 结构	2
5.3 用途	2
6 计量特性	2
6.1 零点示值误差（若适用）	2
6.2 动态称量误差	3
7 核查条件	3
8 核查项目和核查方法	3
8.1 核查前准备	3
8.2 核查项目	4
8.3 核查方法	4
9 核查结果	5
10 核查间隔	5
附录 A（资料性）动态汽车衡期间核查结果原始记录格式	6
附录 B（资料性）动态汽车衡动态称量误差测量结果的不确定度评定方法	8
附录 C（资料性）动态汽车衡动态称量误差测量结果的不确定度评定示例	13

前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》、JJF 1181-2007《衡器计量名词术语及定义》、JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》共同构成支撑本规范制定的基础性系列规范。

本文件的某些内容可能涉及知识产权。本文件的发布机构不承担识别知识产权的责任。

本文件由中国计量测试学会质量计量测试专业委员会提出。

本文件由中国计量测试学会归口。

本文件起草单位：中储恒科物联网系统有限公司、重庆市计量质量检测研究院、广西壮族自治区计量检测研究院、重庆云网科技股份有限公司、四川奇石缘科技股份有限公司、重庆锦亿繁科技发展有限公司、山东金钟科技集团有限公司、深圳亿维锐创科技股份有限公司、湖南省计量检测研究院、中国计量测试学会。

本文件主要起草人：郭莹晖、曹进、张长水、钟云亮、戴星、王强、吴明哲、汪庆、谷建斌、罗检民、张佳楠。

引 言

动态公路车辆自动衡器的计量周期检定工作依据 JJG907-2006《动态公路车辆自动衡器》检定规程开展，然而，在一个检定周期内，动态公路车辆自动衡器的计量性能可能因多种因素发生变化，而现有的检定周期内缺乏期间核查要求，实际应用中普遍存在检定周期内进行期间核查的需求。需特别指出的是，此类衡器作为路面固定安装设备，其计量性能稳定性不仅取决于产品自身质量，更与路面状况、衡器安装基础结构、环境温度影响等外部因素密切相关。在重型货车高频次碾压的工况下，衡器的机械运动部件易因磨损产生计量误差，容易导致称量结果失准。因此，为切实保障衡器全生命周期的计量有效性，亟需结合设备实际运行工况，在检定周期内增设科学规范的期间核查机制。

本文件通过制定《动态公路车辆自动衡器期间核查技术规范》，旨在统一技术指标要求和核查实施方法及内容，强化期间核查工作的标准化程度与数据可靠性，有效提升核查效率，为动态公路车辆自动衡器的准确度和稳定运行维护提供技术保障。

动态公路车辆自动衡器期间核查技术规范

1 范围

本文件规定了动态公路车辆自动衡器期间核查技术规范的术语和定义、计量特性、核查条件、核查项目和核查方法等要求。

本文件适用于各类动态公路车辆自动衡器的期间核查。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

JJG 539 数字指示秤

JJG 907—2006 动态公路车辆自动衡器

GB/T 21296.1 动态公路车辆自动衡器 第1部分：通用技术规范

3 术语和定义

JJF 1181 和 JJG 907 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

动态公路车辆自动衡器 automatic instrument for weighing road vehicles in motion

承载器并包括两端引道在内的，通过对行驶车辆的称量确定车辆的车辆总质量和（或）车辆轴载荷的一种自动衡器。例如：动态汽车衡、动态轴重秤等。

3.2

期间核查 intermediate checks

根据规定程序，为了确定计量标准、标准物质或其他测量仪器是否保持其原有状态而进行的操作。

[来源:JJF 1001—2011, 9.49]

3.3

参考车辆 reference vehicle

已知约定质量的车辆，可以是：

- 已知车辆总重量和单轴载荷的两轴刚性车辆；
- 用于动态试验已知车辆总重量的其他车辆。

车辆的约定质量应在控制衡器确定。

3.4

控制衡器 control instrument

用于确定参考车辆总质量，或静态参考单轴载荷的标准计量器具。

在动态试验中，作为提供参考值的控制衡器可以是：

- 与被测衡器分开的另外的一台独立衡器，称作分离式控制衡器；
- 若被测衡器具有静态称量模式，被测衡器自身也可作为控制衡器，称作集成控制衡器。

4 计量单位

使用的质量单位为：千克（kg）、吨（t）。

5 概述

5.1 原理

车辆车轮通过承载器时，其重力作用于称重传感器，产生一个电压或电荷信号。由承载器的若干传感器测量出车轮通过速度。根据车轮力和速度计算出车轮重量，两侧车轮重量相加得到轴重，轴重累加得到车辆总重。称重显示器综合运算补偿之后，得到最终车辆轴数、重量、速度，显示出来并上传到上位机进一步应用。

5.2 结构

动态公路车辆自动衡器（以下简称动态汽车衡）由承载器、称重传感器、轮胎判别器、车辆分离器、称重显示器等组成。

5.3 用途

广泛用于高速公路收费站入口货车超载拒入、出口复核，干线公路货车不停车超载检测，港口、码头放行控制等。

6 计量特性

6.1 零点示值误差（若适用）

车辆通过后，零点示值误差对称量结果的影响应不大于 $\pm 1e$ 。

注：其中“ e ”为动态汽车衡的分度值，定义见JJG 907。

6.2 动态称量误差

动态称量的车辆总重量的最大允许误差按照JJG 907的规定（使用中检验）执行。

注：以上计量特性指标不用于合格性判定，仅提供参考。

7 核查条件

7.1 环境条件

7.1.1 环境温度： $-10^{\circ}\text{C}\sim+40^{\circ}\text{C}$ ，核查期间温度变化应不大于 $5^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 。

7.1.2 相对湿度： $\leq 85\%RH$ 。

7.1.3 其他：特殊情况应另外说明。

7.2 核查设备

7.2.1 标准器

参考车辆中装载的载荷应首选符合JJG99中M等级的标准砝码。

7.2.2 替代载荷

当没有标准砝码时，宜选择质量值恒定的固态载荷，载荷不能抛洒、流动和移动。

7.2.3 参考车辆

用于核查的参考车辆应是动态汽车衡预期使用的车辆，参考车辆的选择应尽可能地覆盖动态汽车衡的称量范围，可以根据核查的需求确定参考车辆的类型和数量。

7.2.4 控制衡器

选择一台在检定合格有效期内的能够进行静态整车称量的分离控制衡器，该控制衡器应确保其确定的每种参考车辆约定质量的误差不超过动态试验最大允许误差MPE的 $1/3$ 。也可选择用户提供的集成控制衡器，该集成控制衡器应满足JJG907中6.4.1~6.4.4和8.1.8.3的要求。

8 核查项目和核查方法

8.1 核查前准备

8.1.1 参考车辆静态称量

在能够进行整车静态称量的分离控制衡器上对参考车辆进行称量，称量结果作为参

考车辆的约定质量。

如果被核查动态汽车衡具有静态整车称量模式，可以按照 JJG539 进行测试，符合要求时可以作为集成控制衡器使用。

8.1.2 预热

核查前，开机预热时间至少 30min。也可按照制造商说明书中规定的时间通电预热。

8.2 核查项目

8.2.1 零点示值误差（若适用）

8.2.2 动态称量误差

8.3 核查方法

8.3.1 零点示值误差（若适用）

用与实际工况相适应称量的参考车辆，按照动态汽车衡预期使用的典型速度且不超过道路限速的前提下，通过被测衡器 3 次。记录通过前零点示值 I_f 和通过后零点示值 I_r ，按照式（1）计算单次零点示值误差。最终零点示值误差以绝对值最大的差值计算。

$$E_0 = I_r - I_f \quad (1)$$

式中：

E_0 ——零点示值误差；

I_f ——参考车辆通过前零点示值；

I_r ——参考车辆通过后零点示值。

8.3.2 动态称量误差

用与实际工况相适应称量的参考车辆，按照动态汽车衡预期使用的典型速度且不超过道路限速的前提下，匀速通过被测衡器 3 次，记录总重示值 I ，按照式（2）计算单次称量的总重误差。最终总重误差以最大差值计算。

$$E = I - P \quad (2)$$

式中：

E ——动态称量总重误差；

I ——总重示值；

P ——参考车辆约定质量。

8.4 核查项目表

核查项目见表3。

表 3 核查项目一览表

序号	核查项目	计量要求章节号	核查方法章节号
1	零点示值误差（若适用）	6.1	8.3.1
2	动态称量误差	6.2	8.3.2

9 核查结果

经核查的动态汽车衡的结果，应在核查证书上反映并发给核查证书，给出证书相关信息（原始记录格式见附录 A）。

核查证书应至少包含以下信息：

- a) 标题：“动态汽车衡期间状态核查证书”；
- b) 动态汽车衡的名称及安装地址；
- c) 委托单位的名称和地址；
- d) 进行核查的日期；
- e) 对核查所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- f) 核查用标准器信息；
- g) 核查用设备信息；
- h) 核查环境的描述；
- i) 核查证书签发人的签名、职务或等效标识。

10 核查间隔

动态汽车衡的使用者可根据动态汽车衡的核查结果、使用频次、使用条件等情况自行确定核查时间间隔。建议期间核查时间不超过 12 个月。

附录 A

(资料性)

动态汽车衡期间核查原始记录格式

表 A.1 基础信息表

委托单位			单位地址		
被核查 计量器具	型号/规格		出厂编号		
	制造厂		安装地点		
速度范围		准确度等级		分度值	
最大称量		温度	℃	湿度	%RH
技术依据					
核查用 标准器信息					
核查用 参考车辆信息					
核查人			核验员		
核查日期	年 月 日				

表 A.2 零点示值误差表 (若适用)

序号	参考车辆类型	速度 km/h	通过前示值 I_f kg	通过后示值 I_r kg	零点误差 E_0 kg
1					
2					
3					

表 A.3 动态称量误差表 (参考车辆类型一)

序号	参考车辆 具体类型	速度 km/h	约定质量 P kg	通过后示值 I kg	差值 $I-P$ kg	相对误差 E (%)
1						
2						

3						
---	--	--	--	--	--	--

表 A.4 动态称量误差表（参考车辆类型二）

序号	参考车辆 具体类型	速度 km/h	约定质量 P kg	通过后示值 I kg	差值 $I-P$ kg	相对误差 E (%)
1						
2						
3						

表 A.5 动态称量误差表（参考车辆类型三）

序号	参考车辆 具体类型	速度 km/h	约定质量 P kg	通过后示值 I kg	差值 $I-P$ kg	相对误差 E (%)
1						
2						
3						

附录 B

(资料性)

动态汽车衡动态称量误差测量结果的不确定度评定方法

B.1 概述

B.1.1 测量对象：动态汽车衡。

B.1.2 测量标准：M 等级及以上标准砝码、参考车辆、控制衡器。

B.1.3 测量依据：《动态公路车辆自动衡器期间核查技术规范》。

B.1.4 环境条件：(-10 ~ +40) °C，温度变化一般不超过 5°C/h。

B.1.5 测量过程：在规定的条件下，依据《动态公路车辆自动衡器期间核查技术规范》8.3.2 条款规定的方法，进行 3 次重复性动态称量，对动态称量误差测量不确定度进行评定。

B.2 测量模型

$$E = I - P \quad (\text{B.1})$$

式中：

E ——动态称量误差，kg 或 t；

I ——动态汽车衡示值，kg 或 t；

P ——参考车辆约定质量，kg 或 t。

$$\text{由 } u_c^2(E) = \left(\frac{\partial E}{\partial I}\right)^2 u^2(I) + \left(\frac{\partial E}{\partial P}\right)^2 u^2(P)$$

$$\text{灵敏系数： } c_1 = \frac{\partial E}{\partial I} = 1, \quad c_2 = \frac{\partial E}{\partial P} = -1$$

得到合成标准不确定度的计算公式：

$$u_c(E) = \sqrt{u^2(I) + u^2(P)} \quad (\text{B.2})$$

B.3 测量不确定度的来源分析

B.3.1 动态汽车衡分辨力引入的不确定度 $u_1(I)$ ，B 类评定；

B.3.2 动态汽车衡测量重复性引入的不确定度 $u_2(I)$ ，A类评定；

B.3.3 动态汽车衡零点误差引入的不确定度 $u_3(I)$ ，B类评定；

B.3.4 控制衡器测量误差引入的不确定度 $u_1(P)$ ，B类评定；

B.3.5 控制衡器分辨力引入的不确定度 $u_2(P)$ ，B类评定；

B.3.6 控制衡器测量重复性引入的不确定度 $u_3(P)$ ，A类评定。

B.4 测量不确定度的评定

B.4.1 动态汽车衡示值引入的标准不确定度 $u(I)$

B.4.1.1 动态汽车衡分辨力引入的不确定度 $u_1(I)$

动态汽车衡分辨力 d 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，则此标准不确定度为：

$$u_1(I) = \frac{d}{2\sqrt{3}} \quad (\text{B.3})$$

B.4.1.2 动态汽车衡测量重复性引入的不确定度 $u_2(I)$

在重复性测量条件下，进行3次参考车辆测试，采用极差法，则此标准不确定度为：

$$u_2(I) = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{C} \quad (\text{B.4})$$

式中：

I_{\max} ——动态汽车衡示值最大值，kg或t；

I_{\min} ——动态汽车衡示值最小值，kg或t；

C ——极差系数，此处 $C=1.69$ 。

B.4.1.3 动态汽车衡零点误差引入的不确定度 $u_3(I)$

以动态汽车衡零点的最终示值与初始示值之差绝对值的1/2作为区间半宽，服从均匀分布，则此标准不确定度 $u_3(I)$ 为：

$$u_3(I) = \frac{|I_2 - I_1|}{2\sqrt{3}} \quad (\text{B.5})$$

式中：

I_1 ——零点的初始示值，kg 或 t；

I_2 ——零点的最终示值，kg 或 t。

B.4.1.4 动态汽车衡示值引入的标准不确定度 $u(I)$

重复性和分辨力的影响，取其较大者，则：

$$u(I) = \sqrt{\text{Max}^2[u_1(I), u_2(I)] + u_3^2(I)} \quad (\text{B.6})$$

B.4.2 参考车辆约定质量引入的标准不确定度 $u(P)$

B.4.2.1 控制衡器测量误差引入的不确定度 $u_1(P)$

参考车辆使用控制衡器进行车辆称量，控制衡器在车辆总质量载荷点最大允许误差为 MPE，服从均匀分布，则此标准不确定度为：

$$u_1(P) = \frac{|\text{MPE}|}{\sqrt{3}} \quad (\text{B.7})$$

B.4.2.2 控制衡器分辨力引入的不确定度 $u_2(P)$

采用“闪变点”法对车辆总质量进行称量，其分辨力为 0.1 倍检定分度值 e ，服从均匀分布，则此标准不确定度为：

$$u_2(P) = \frac{0.1e}{2\sqrt{3}} \quad (\text{B.8})$$

B.4.2.3 控制衡器测量重复性引入的不确定度 $u_3(P)$

在重复性测量条件下，将参考车辆在控制衡器上称量 3 次，再将其算术平均值 \bar{P} 作为参考车辆的约定质量，则此标准不确定度为：

$$u_3(P) = u(\bar{P}) = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{C\sqrt{3}} = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{1.69\sqrt{3}} \quad (\text{B.9})$$

式中：

\bar{P} ——参考车辆约定质量的平均值，kg 或 t；

P_{\max} ——参考车辆约定质量的最大值，kg 或 t；

P_{\min} ——参考车辆约定质量的最小值，kg 或 t；

C ——极差系数，此处 $C=1.69$ 。

B.4.2.4 参考车辆约定质量引入的标准不确定度 $u(P)$

重复性和分辨力的影响，取其较大者，则：

$$u(P) = \sqrt{u_1^2(P) + \text{Max}^2[u_2(P), u_3(P)]} \quad (\text{B.10})$$

B.4.3 合成标准不确定度

由于 $u(I)$ 和 $u(P)$ 彼此独立不相关，因此合成标准不确定度为：

$$u_c(E) = \sqrt{u^2(I) + u^2(P)} \quad (\text{B.11})$$

标准不确定度来源如表 B.1 所示。

表 B.1 标准不确定度来源汇总表

标准不确定度输入量	不确定度来源	标准不确定度	灵敏系数
$u(I)$	动态汽车衡分辨力	$u_1(I) = \frac{d}{2\sqrt{3}}$	1
	动态汽车衡测量重复性	$u_2(I) = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{1.69}$	
	动态汽车衡零点误差	$u_3(I) = \frac{ I_2 - I_1 }{2\sqrt{3}}$	
$u(P)$	控制衡器测量误差	$u_1(P) = \frac{ \text{MPE} }{\sqrt{3}}$	-1
	控制衡器分辨力	$u_2(P) = \frac{0.1e}{2\sqrt{3}}$	
	控制衡器测量重复性	$u_3(P) = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{1.69\sqrt{3}}$	

B.4.4 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，得到扩展不确定度：

$$U(E) = k \cdot u_c(E) \quad (\text{B.12})$$

B.4.5 相对扩展不确定度

相对扩展不确定度由以下公式确定：

$$U_{\text{rel}} = \frac{U(E)}{P} \times 100\% \quad (\text{B.13})$$

附录 C

(资料性)

动态汽车衡动态称量误差测量结果的不确定度评定示例

C.1 概述

C.1.1 测量对象：准确度等级为 2 级、分度值 $d=50\text{kg}$ 、速度范围为 $(0.5\sim 30)\text{ km/h}$ 的整车式动态汽车衡。

C.1.2 测量标准： M_1 等级标准砝码，3 轴刚性参考车辆，最大称量 $\text{Max}=60\text{t}$ 、检定分度值 $e=20\text{kg}$ 、Ⅲ级静态电子汽车衡。

C.1.3 测量依据：《动态公路车辆自动衡器期间核查技术规范》。

C.1.4 环境条件： $(-10\sim +40)\text{ }^\circ\text{C}$ ，温度变化一般不超过 5°C/h 。

C.1.5 测量过程：在规定的条件下，依据《动态公路车辆自动衡器期间核查技术规范》8.3.2 条款规定的方法，进行 3 次重复性动态称量，对动态称量误差测量不确定度进行评定。

C.2 测量模型

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

$$\text{灵敏系数: } c_1 = \frac{\partial E}{\partial I} = 1, \quad c_2 = \frac{\partial E}{\partial P} = -1$$

得到合成标准不确定度计算公式：

$$u_c(E) = \sqrt{u^2(I) + u^2(P)} \quad (\text{C.2})$$

C.3 测量不确定度的来源分析

C.3.1 动态汽车衡分辨力引入的不确定度 $u_1(I)$ ，B 类评定；

C.3.2 动态汽车衡测量重复性引入的不确定度 $u_2(I)$ ，A 类评定；

C.3.3 动态汽车衡零点误差引入的不确定度 $u_3(I)$ ，B 类评定；

C.3.4 电子汽车衡测量误差引入的不确定度 $u_1(P)$ ，B 类评定；

C.3.5 电子汽车衡分辨力引入的不确定度 $u_2(P)$ ，B类评定；

C.3.6 参考车辆测量重复性引入的不确定度 $u_3(P)$ ，A类评定。

C.4 测量不确定度的评定

C.4.1 动态汽车衡示值引入的标准不确定度 $u(I)$

C.4.1.1 动态汽车衡分辨力引入的不确定度 $u_1(I)$

动态汽车衡的分度值 $d=50\text{kg}$ ，则此标准不确定度为：

$$u_1(I) = \frac{d}{2\sqrt{3}} = \frac{50}{2\sqrt{3}} = 14.4 \text{ kg} \quad (\text{C.3})$$

C.4.1.2 动态汽车衡测量重复性引入的不确定度 $u_2(I)$

3次重复性测量，动态汽车衡的示值数据如表1所示：

表 C.1 动态汽车衡示值

次数	动态汽车衡示值 I (kg)	极差值(kg)
1	14050	50
2	14000	
3	14050	

则此标准不确定度为：

$$u_2(I) = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{C} = \frac{50}{1.69} = 29.6 \text{ kg} \quad (\text{C.4})$$

C.4.1.3 动态汽车衡零点误差引入的不确定度 $u_3(I)$

该动态汽车衡零点的最终示值为25kg，零点的初始示值为5kg，则此标准不确定度为：

$$u_3(I) = \frac{|I_2 - I_1|}{2\sqrt{3}} = \frac{|25 - 5|}{2\sqrt{3}} = 5.8 \text{ kg} \quad (\text{C.5})$$

C.4.1.4 动态汽车衡示值引入的标准不确定度 $u(I)$

$$u(I) = \sqrt{\text{Max}^2[u_1(I), u_2(I)] + u_3^2(I)} = \sqrt{29.6^2 + 5.8^2} = 30.2 \text{ kg} \quad (\text{C.6})$$

C.4.2 参考车辆约定质量引入的标准不确定度 $u(P)$

C.4.2.1 电子汽车衡测量误差引入的不确定度 $u_1(P)$

使用电子汽车衡对参考车辆进行称重，在接近 14t 称量点的最大允许误差为 $\pm 1.0e$ ，则此标准不确定度为：

$$u_1(P) = \frac{|MPE|}{\sqrt{3}} = \frac{20}{\sqrt{3}} = 11.5 \text{ kg} \quad (\text{C.7})$$

C.4.2.2 电子汽车衡分辨力引入的不确定度 $u_2(P)$

电子汽车衡的检定分度值 $e=20\text{kg}$ ，采用“闪变点”法确定参考车辆总质量约定质量，则此标准不确定度为：

$$u_2(P) = \frac{0.1e}{2\sqrt{3}} = \frac{0.1 \times 20}{2\sqrt{3}} = 0.6 \text{ kg} \quad (\text{C.8})$$

C.4.2.3 参考车辆测量重复性引入的不确定度 $u_3(P)$

3 次重复性测量，参考车辆约定质量数据如表 2 所示：

表 C.2 参考车辆约定质量

测试次数	参考车辆约定质量 P (kg)	约定质量平均值 \bar{P} (kg)	极差值 (kg)
1	14018	14016	4
2	14016		
3	14014		

则此标准不确定度为：

$$u_3(P) = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{1.69\sqrt{3}} = \frac{4}{1.69\sqrt{3}} = 1.4 \text{ kg} \quad (\text{C.9})$$

C.4.2.4 参考车辆约定质量引入的标准不确定度 $u(P)$

$$u(P) = \sqrt{u_1^2(P) + \text{Max}^2[u_2(P), u_3(P)]} = \sqrt{11.5^2 + 1.4^2} = 11.6 \text{ kg} \quad (\text{C.10})$$

C.4.3 合成标准不确定度

$$u_c(E) = \sqrt{u^2(I) + u^2(P)} = \sqrt{30.2^2 + 11.6^2} = 32.4 \text{ kg} \quad (\text{C.11})$$

标准不确定度汇总表如表 3 所示：

表 C.3 标准不确定度汇总表

标准不确定度 输入量	不确定度来源		标准不确定度	灵敏系数
$u(I)$	动态汽车衡分辨力	14.4 kg	29.6 kg	1
	动态汽车衡测量重复性	29.6 kg		
	动态汽车衡零点误差	5.8 kg	5.8 kg	
$u(P)$	电子汽车衡测量误差	11.5 kg	11.5 kg	-1
	电子汽车衡分辨力	0.6 kg	1.4 kg	
	参考车辆测量重复性	1.4 kg		

C.4.4 扩展不确定度

$$U(E) = k \cdot u_c(E) = 2 \times 32.4 = 64.8 \text{ kg} \quad (\text{C.12})$$

C.4.5 相对扩展不确定度

$$U_{\text{rel}} = \frac{U(E)}{\bar{P}} \times 100\% = \frac{64.8}{14016} \times 100\% = 0.46\% \quad (\text{C.13})$$

由于该动态汽车衡使用中动态称量的最大允许误差 MPE: $\pm 2\%$, 而相对扩展不确定度 $U_{\text{rel}} < \frac{1}{3} \text{MPEV} \approx 0.67\%$, 因此该测量不确定度评定方法科学合理, 满足测试要求。

附件 2

《动态公路车辆自动衡器非匀速计量测试规范》

团体标准编制说明

《动态公路车辆自动衡器非匀速计量测试规范》

团体标准起草小组

2025年6月25日

《动态公路车辆自动衡器非匀速计量测试规范》

团体标准编制说明

一、任务来源

依据中国计量测试学会“中国计量测试学会关于征集 2025 年度第一批团体标准立项计划的通知”（量学发[2025]14 号）文件要求，由陕西四维衡器科技有限公司提议申请《动态公路车辆自动衡器非匀速计量测试规范》团体标准的制定工作。

本团体标准由中国计量测试学会质量计量测试专业委员会提出。

本团体标准由中国计量测试学会归口。

本团体标准的起草单位：陕西四维衡器科技有限公司、山东省计量科学研究院、陕西省计量科学研究院、江西众加利科技股份有限公司、广西壮族自治区计量检测研究院、中航电测仪器股份有限公司、山西国强高科股份有限公司、云南省交通科学研究院有限公司、云南云岭高速公路交通科技有限公司、中国计量测试学会。

二、编制依据

本标准按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的格式起草。本标准所用术语与 JJF1001-2011《通用计量术语及定义》和 JJF1181-2007《衡器计量名词术语及定义》保持一致。此外，本标准将增加了仅适用本规范的专用术语和定义。

标准中，计量要求及测试方法等主要参考 GB/T 21296.1《动态公路车辆自动衡器 第 1 部分：通用技术规范》、JJG907《动态公路车辆自动衡器》等多个国家标准、检定规程中规定的要求，共同构成支撑本标准制定工作

的基础。

三、编制背景

目前动态公路车辆自动衡器的国家标准乃至国际建议均要求车辆匀速行驶。但实际情况是在道路上行驶的车辆常存在变速行驶通过承载器的现象，车辆在非匀速场景过衡需求增多，亟需针对车辆非匀速条件下行驶情况下，编制专门的测试方法。此标准通过明确非均速行驶场景下的测试方法，可解决现有标准未覆盖的复杂工况问题。

当前各地对非均速行驶的检测方法存在差异，该标准将明确非均速工况下的计量溯源要求，确保动态公路车辆自动衡器在不同行驶条件下均符合衡器的计量性能，为交通运输超载超限提供可靠的参考数据。

四、标准的起草过程

1、从 2025 年 2 月有意向申请之日起，本标准的主要起草单位陕西四维衡器科技有限公司即着手投入制定前的准备工作，于 2025 年 3 月与山东省计量科学研究院、陕西省计量科学研究院、江西众加利科技股份有限公司、广西壮族自治区计量检测研究院、中航电测仪器股份有限公司、山西国强高科股份有限公司、云南省交通科学研究院有限公司、云南云岭高速公路交通科技有限公司、中国计量测试学会共同向中国计量测试学会团体质量计量测试专业委员会提出团体标准立项申请并完成了初稿，确定了标准制定的基本文稿。

2、2025 年 4 月 16 日，中国计量测试学会在北京线上组织召开了《动态公路车辆自动衡器非匀速计量测试规范》团体标准立项会议，会议听取了标准起草组对《动态公路车辆自动衡器非匀速计量测试规范》团体标准

的立项情况汇报，审查专家对有关问题进行了质疑，起草小组回答了专家的质疑。

3、2025年4月22日，起草小组收到中国计量测试学会的回复。立项会审查专家一致同意《动态公路车辆自动衡器非匀速计量测试规范》团体标准立项，并对标准文稿提出了7点建议。起草小组根据专家组的建议和意见，对标准文稿进行了修改，形成了小组讨论稿。

4、2025年6月23日，召开了起草组讨论会，并邀请行业有关资深专家参会，对提出的107条意见进行了讨论，其中：采纳97条，未采纳5条，部分采纳5条，在修改过程中对的不确定度评价部分做了较大修改。

5、起草小组召开线上讨论会议，针对中国计量测试学会质量计量测试专业委员会资深专家提出的多条具体修改意见，进行了起草组研讨和修改，形成该团体标准征求意见稿。

6、2025年6月-9月，经过中国计量测试学会官网和全国团体标准公共信息平台向全国范围内公开征求意见，并进行修改。

7、2025年10-12月团体标准起草小组进行修改，形成《动态公路车辆自动衡器非匀速计量测试规范》送审稿，报专家评审修改后形成报批稿。

五、标准技术内容说明

《动态公路车辆自动衡器非匀速计量测试规范》征求意见稿的主要内容包括：

1、范围：明确本团体标准适用动态公路车辆自动衡器的车辆非匀速计量测试。

2、规范性引用文件：列举本团体标准所引用的相关标准文献。

- 3、术语和定义：主要对本团体标准涉及的术语作出说明和定义
- 4、计量单位：对使用的计量单位作出规定
- 5、概述：对动态汽车衡的原理、结构、用途、计量单位做描述
- 6、计量特性：规定测试规范的计量特性
- 7、测试条件：对测试的环境条件、设备条件、安全条件等做描述
- 8、测试方法：对测试方法作出规定
- 9、结果表达：对测试结果的表达作出规定

附录 A（资料性）动态公路车辆自动衡器检测记录表

附录 B（资料性）测试证书/报告内页格式

附录 C（资料性）动态公路车辆自动衡器检测结果不确定度评定

附录 D（资料性）动态公路车辆自动衡器检测结果不确定度评定示例

六、主要试验、验证及试行结果

该标准的制定，从技术的角度上，没有限制技术的进步和行业的发展，可对产品的设计、制造提供指导，使该产品的生产有规可循，技术机构的计量测试方法可行，易于操作。

根据《动态公路车辆自动衡器非匀速计量测试规范》的技术要求，为验证其科学性、可行性和适用性，2025年4月主要起草单位陕西四维衡器科技有限公司、陕西省计量科学研究院选取了一台动态公路车辆自动衡器，按照《动态公路车辆自动衡器非匀速计量测试规范》（初稿）提出的测试方法进行了测试，并将实验情况向起草小组做了汇报，起草成员认为初稿提出的测试方法符合公路自动衡器的实际情况，方法可行，具有可操作性。

七、工作小结

本标准在起草编写过程中,起草小组查阅了国内外相关的标准和技术资料,对动态公路车辆自动衡器非匀速计量测试的技术特点进行了深入研究,在确定计量要求、测试方法等过程中做了大量的研究和验证工作。我们坚持科学、合理、实用的原则,制定规范非均速计量测试方法,可为非匀速计量测试提供技术支撑,有利于提高动态公路车辆自动衡器的技术进步。

在此期间,标准起草工作组得到了各方面许多专家支持和帮助,尤其是中国计量测试学会质量计量测试专业委员会资深专家的技术指导和修改意见,在此衷心表示感谢!

由于我们的水平以及其他条件所限,规范中难免存在不妥之处,敬请各位专家能提出宝贵意见和建议,使规范更加科学、合理和适用。希望各位专家和领导批评指正。

《动态公路车辆自动衡器非匀速计量测试规范》

团体标准起草小组

2025年6月25日

《动态公路车辆自动衡器非匀速计量测试规范》 验证报告

1 试验目的

对 T/CSMT-DE-00*-2025《动态公路车辆自动衡器非匀速计量测试规范》（征求意见稿）中的测试条件、测试方法等进行验证。

2 主要试验设备

设备名称	主要技术参数	数量
四轴刚性车辆	约定总质量：29.2t	1 辆
测速仪	误差：≤±0.5%	1 台
静态汽车衡	准确度等级 Ⅲ	1 台

3 试验环境条件

- 1) 环境温度：27℃，温度变化未超过 5℃/h；
- 2) 相对湿度：52%；
- 3) 天气：多云；
- 4) 试验地点：陕西省宝鸡市高新区 陕西四维衡器科技有限公司试验场；
- 5) 试验人员：王喜阳、张长水、陈增典、齐小龙等。

4 实验依据

T/CSMT-DE-00*-2025 《动态公路车辆自动衡器非匀速计量测试规范》（征求意见稿）。

5 试验内容

- 1) 确定参考车辆总质量为 29.2t；

- 2) 目测检查衡器，符合测试条件；
- 3) 用一辆工程车（质量约 70t）通过承载器 3 次；
- 4) 加、减速行驶
 - a、车辆以加速方式通过衡器 3 次
 车辆到达承载器附近，立即加速驶过称量区。
 - b、车辆减速方式通过衡器 3 次
 车辆到达承载器附近，立即减速驶过称量区。

6 数据记录

动态公路车辆自动衡器非匀速计量测试记录表

委托单位				环境温度	27℃	湿度	52%RH
自动衡器名称	模组整车式动态汽车衡			准确度等级	2		
型号规格	ZDG-100-MZ			分度值	50kg		
出厂编号	20190360			最低运行速度	1km/h		
制造单位	陕西四维衡器科技有限公司			最高运行速度	30km/h		
最大称量	100t			测试地点	陕西四维衡器科技有限公司		
最小称量	1t						
标准器	仪器名称	型号规格	出厂编号	准确度等级	证书编号	证书有效期	
	静态汽车衡	60t					
	测速仪						
参考车辆	参考车辆车型			参考车辆约定总质量 TMV_{ref}			
	四轴刚性车			29200kg			
测试项目	行驶方式	参考车辆动态称量结果			误差 (kg)	相对误差 (%)	
		v_0 (km/h)	v_t (km/h)	称量示值 (kg)			
非 匀 速 计 量	加速 行驶	3	19	29150	-50	-0.17	
		5	21	29100	-100	-0.34	
		5	21.5	29050	-150	-0.51	
	减速 行驶	20	3	29100	-100	-0.34	
		18	2	29150	-50	-0.17	
		18	2	29200	0	0	

测试结果		最大相对误差(%)		测量结果扩展不确定度(%)	
		-0.51		0.42	
备注					
测试员	吝小龙	核验员	王喜阳	测试日期	2025.6.13

7 不确定度评价

7.1 概述

7.1.1 测量对象：准确度等级为2级、分度值 $d=50\text{kg}$ 的模组整车式动态汽车衡。

7.1.2 测量标准： M_1 等级标准砝码，4轴刚性参考车辆，最大秤量 $\text{Max}=60\text{t}$ 、检定分度值 $e=20\text{kg}$ 、 III 级静态电子汽车衡。

7.1.3 测量依据：T/CSMT-DE-00*-2025《动态公路车辆自动衡器非匀速计量测试规范》。

7.1.4 环境条件： 27°C ，温度变化未超过 $5^\circ\text{C}/\text{h}$ 。

7.1.5 测量过程：在规定的条件下，依据 T/CSMT-DE-00*-2025《动态公路车辆自动衡器非匀速计量测试规范》8.2 条款规定的方法，分别对参考车辆进行3次加速和减速称量，对动态称量误差测量不确定度进行评定。

7.2 测量模型

$$E_{\text{TMV}} = \text{TMV} - \text{TMV}_{\text{ref}}$$

$$\text{灵敏系数: } c_1 = \frac{\partial E_{\text{TMV}}}{\partial \text{TMV}} = 1, \quad c_2 = \frac{\partial E_{\text{TMV}}}{\partial \text{TMV}_{\text{ref}}} = -1$$

合成标准不确定度计算公式：

$$u_c(E_{\text{TMV}}) = \sqrt{u^2(\text{TMV}) + u^2(\text{TMV}_{\text{ref}})}$$

7.3 测量不确定度来源分析

- 7.3.1 动态汽车衡分辨力引入的标准不确定度 $u_1(TMV)$ ，B 类评定；
- 7.3.2 动态汽车衡测量重复性引入的标准不确定度 $u_2(TMV)$ ，A 类评定；
- 7.3.3 参考车辆速度变化引入的标准不确定度 $u_3(TMV)$ ，A 类评定；
- 7.3.4 电子汽车衡测量误差引入的标准不确定度 $u_1(TMV_{ref})$ ，B 类评定；
- 7.3.5 电子汽车衡分辨力引入的标准不确定度 $u_2(TMV_{ref})$ ，B 类评定；
- 7.3.6 电子汽车衡测量重复性引入的标准不确定度 $u_3(TMV_{ref})$ ，A 类评定。

7.4 测量不确定度的评定

7.4.1 动态汽车衡示值引入的标准不确定度 $u(TMV)$

7.4.1.1 动态汽车衡分辨力引入的标准不确定度 $u_1(TMV)$

动态汽车衡的分度值 $d=50\text{kg}$ ，则此标准不确定度为：

$$u_1(TMV) = \frac{d}{2\sqrt{3}} = \frac{50}{2\sqrt{3}} = 14.4 \text{ kg}$$

7.4.1.2 动态汽车衡测量重复性引入的标准不确定度 $u_2(TMV)$

进行 3 次重复性测量，动态汽车衡的示值数据如表 1 所示。

表 1 动态汽车衡示值 TMV

次数	动态汽车衡示值 TMV (kg)	约定质量平均值 \overline{TMV} (kg)	极差值 (kg)
1	29150	29200	50
2	29100		
3	29150		

则此标准不确定度为：

$$u_2(TMV) = \frac{TMV_{\max} - TMV_{\min}}{C} = \frac{50}{1.69} = 29.6 \text{ kg}$$

7.4.1.3 参考车辆速度变化引入的标准不确定度 $u_3(TMV)$

选取约定质量为 29200kg 的参考车辆，分别以加速、减速方式进行 3 次动态测量，动态汽车衡的测量值如表 2 所示。

表 2 加速、减速方式下动态汽车衡示值

次数	v_0 (km/h)	v_t (km/h)	称量示值 TMV (kg)
加速时			
1	3	19	29150
2	5	21	29100
3	5	21.5	29050
减速时			
1	20	3	29100
2	18	2	29150
3	18	2	29200

采用白塞尔公式法，则此标准不确定度为：

$$u_3(TMV) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^6 (TMV_i - \overline{TMV})^2}{5}} = 52.4 \text{ kg}$$

7.4.1.4 动态汽车衡示值引入的标准不确定度 $u(TMV)$

$$u(TMV) = \sqrt{\text{Max}^2[u_1(TMV), u_2(TMV)] + u_3^2(TMV)} = \sqrt{29.6^2 + 52.4^2} = 60.2 \text{ kg}$$

7.4.2 参考车辆约定质量引入的标准不确定度 $u(TMV_{\text{ref}})$

7.4.2.1 电子汽车衡测量误差引入的标准不确定度 $u_1(TMV_{\text{ref}})$

参考车辆使用电子汽车衡进行车辆称量，电子汽车衡在接近 29200kg 称量点的最大允许误差为 $\pm 1.0e$ ，服从均匀分布，则此标准不确定度为：

$$u_1(TMV_{\text{ref}}) = \frac{|\text{MPE}|}{\sqrt{3}} = \frac{20}{\sqrt{3}} = 11.5 \text{ kg}$$

7.4.2.2 电子汽车衡分辨力引入的标准不确定度 $u_2(TMV_{\text{ref}})$

采用“闪变点”法对车辆总质量进行称量，其分辨力为 0.1 倍检定分度值 e ，

服从均匀分布，则此标准不确定度为：

$$u_2(TMV_{\text{ref}}) = \frac{0.1e}{2\sqrt{3}} = \frac{0.1 \times 20}{2\sqrt{3}} = 0.6 \text{ kg}$$

7.4.2.3 电子汽车衡测量重复性引入的标准不确定度 $u_3(TMV_{\text{ref}})$

3 次重复性测量，参考车辆约定质量数据如表 3 所示。

表 3 参考车辆约定质量

次数	参考车辆约定质量 TMV_{ref} (kg)	约定质量平均值 $\overline{TMV_{\text{ref}}}$ (kg)	极差值 (kg)
1	29218	29200	4
2	29200		
3	29222		

则此标准不确定度为：

$$u_3(TMV_{\text{ref}}) = \frac{(TMV_{\text{ref}})_{\text{max}} - (TMV_{\text{ref}})_{\text{min}}}{1.69\sqrt{3}} = \frac{4}{1.69\sqrt{3}} = 1.4 \text{ kg}$$

7.4.2.4 参考车辆约定质量引入的标准不确定度 $u(TMV_{\text{ref}})$

$$u(TMV_{\text{ref}}) = \sqrt{u_1^2(TMV_{\text{ref}}) + \text{Max}^2[u_2(TMV_{\text{ref}}), u_3(TMV_{\text{ref}})]} = \sqrt{11.5^2 + 1.4^2} = 11.6 \text{ kg}$$

7.4.3 合成标准不确定度

$$u_c(E_{\text{TMV}}) = \sqrt{u^2(TMV) + u^2(TMV_{\text{ref}})} = \sqrt{60.2^2 + 11.6^2} = 61.3 \text{ kg}$$

标准不确定度汇总表如表 4 所示。

表 4 标准不确定度汇总表

标准不确定度输入量	不确定度来源		标准不确定度	灵敏系数
$u(TMV)$	动态汽车衡分辨力	14.4 kg	29.6kg	1
	动态汽车衡测量重复性	29.6 kg		
	参考车辆速度变化	52.4kg	52.4kg	
$u(TMV_{\text{ref}})$	电子汽车衡测量误差	11.5kg	11.5kg	-1

	电子汽车衡分辨力	0.6kg	1.4kg	
	电子汽车衡测量重复性	1.4kg		

7.4.4 扩展不确定度

$$U(E_{TMV}) = k \cdot u_c(E_{TMV}) = 2 \times 61.3 = 122.6 \text{ kg}$$

7.4.5 相对扩展不确定度

$$U_{\text{rel}} = \frac{U(E_{TMV})}{TMV_{\text{ref}}} \times 100\% = \frac{122.6}{29200} \times 100\% = 0.42\%$$

8 试验结论

符合 T/CSMT-DE-00*-2025《动态公路车辆自动衡器非匀速计量测试规范》的要求，验证了本团体标准的适用性和可行性。

附件 4

动态公路车辆自动衡器非匀速计量测试结果
不确定度评定报告

《动态公路车辆自动衡器非匀速计量规范》

团体标准起草小组

2025 年 6 月

动态公路车辆自动衡器非匀速计量测试结果不确定度评定

1 概述

1.1 测量对象：动态汽车衡。

1.2 测量标准：M₁等级及以上标准砝码、Ⅲ级静态电子汽车衡、参考车辆。

1.3 测量依据：T/CSMT-DE-00*-2025《动态公路车辆自动衡器非匀速计量测试规范》。

1.4 环境条件：(-10—+40)℃，温度变化不超过5℃/h。

1.5 测量过程：在规定的条件下，依据T/CSMT-DE-00*-2025《动态公路车辆自动衡器非匀速计量测试规范》8.2条款规定的方法，分别对参考车辆进行3次加速和3次减速称量，对动态称量误差测量不确定度进行评定。

2 测量模型

$$E_{TMV} = TMV - TMV_{ref}$$

式中：

E_{TMV} ——动态称量误差，kg 或 t；

TMV ——动态汽车衡示值，kg 或 t；

TMV_{ref} ——参考车辆约定质量，kg 或 t。

$$\text{由 } u_c^2(E_{TMV}) = \left(\frac{\partial E_{TMV}}{\partial TMV}\right)^2 u^2(TMV) + \left(\frac{\partial E_{TMV}}{\partial TMV_{ref}}\right)^2 u^2(TMV_{ref})$$

$$\text{灵敏系数: } c_1 = \frac{\partial E_{TMV}}{\partial TMV} = 1, \quad c_2 = \frac{\partial E_{TMV}}{\partial TMV_{ref}} = -1$$

得到合成标准不确定度的计算公式：

$$u_c(E_{TMV}) = \sqrt{u^2(TMV) + u^2(TMV_{ref})}$$

3 测量不确定度来源分析

3.1 动态汽车衡分辨力引入的标准不确定度 $u_1(TMV)$ ，B类评定；

3.2 动态汽车衡测量重复性引入的标准不确定度 $u_2(TMV)$ ，A类评定；

3.3 参考车辆速度变化引入的标准不确定度 $u_3(TMV)$ ，A类评定；

3.4 控制衡器测量误差引入的标准不确定度 $u_1(TMV_{ref})$ ，B类评定；

3.5 控制衡器分辨力引入的标准不确定度 $u_2(TMV_{\text{ref}})$ ，B 类评定；

3.6 控制衡器测量重复性引入的标准不确定度 $u_3(TMV_{\text{ref}})$ ，A 类评定。

4 测量不确定度的评定

4.1 动态汽车衡示值引入的标准不确定度 $u(TMV)$

4.1.1 动态汽车衡分辨力引入的标准不确定度 $u_1(TMV)$

动态汽车衡分辨力 d 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，则此标准不确定度为：

$$u_1(TMV) = \frac{d}{2\sqrt{3}}$$

4.1.2 动态汽车衡测量重复性引入的标准不确定度 $u_2(TMV)$

在重复性测量条件下，进行 3 次参考车辆测试，采用极差法，则此标准不确定度为：

$$u_2(TMV) = \frac{TMV_{\text{max}} - TMV_{\text{min}}}{C}$$

式中：

TMV_{max} —— 动态汽车衡示值最大值；

TMV_{min} —— 动态汽车衡示值最小值；

C —— 极差系数，此处 $C=1.69$ 。

4.1.3 参考车辆速度变化引入的标准不确定度 $u_3(TMV)$

分别对参考车辆进行 3 次加速和减速测量，采用白塞尔公式法，则此标准不确定度为：

$$u_3(TMV) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (TMV_i - \overline{TMV})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^6 (TMV_i - \overline{TMV})^2}{5}}$$

4.1.4 动态汽车衡示值引入的标准不确定度 $u(TMV)$

重复性和分辨力的影响，取其较大者，则：

$$u(TMV) = \sqrt{\text{Max}^2 [u_1(TMV), u_2(TMV)] + u_3^2(TMV)}$$

4.2 参考车辆约定质量引入的标准不确定度 $u(TMV_{\text{ref}})$

4.2.1 控制衡器测量误差引入的标准不确定度 $u_1(TMV_{\text{ref}})$

参考车辆使用控制衡器进行车辆称量，控制衡器在车辆总质量载荷点最大允许误差为 MPE，服从均匀分布，则此标准不确定度为：

$$u_1(TMV_{\text{ref}}) = \frac{|\text{MPE}|}{\sqrt{3}}$$

4.2.2 控制衡器分辨力引入的标准不确定度 $u_2(TMV_{\text{ref}})$

采用“闪变点”法对车辆总质量进行称量，其分辨力为 0.1 倍检定分度值 e ，服从均匀分布，则此标准不确定度为：

$$u_2(TMV_{\text{ref}}) = \frac{0.1e}{2\sqrt{3}}$$

4.2.3 控制衡器测量重复性引入的标准不确定度 $u_3(TMV_{\text{ref}})$

在重复性测量条件下，将参考车辆在控制衡器上称量 3 次，再将其算术平均值 $\overline{TMV_{\text{ref}}}$ 作为参考车辆的约定质量，则此标准不确定度为：

$$\begin{aligned} u_3(TMV_{\text{ref}}) &= u(\overline{TMV_{\text{ref}}}) = \frac{(TMV_{\text{ref}})_{\text{max}} - (TMV_{\text{ref}})_{\text{min}}}{C\sqrt{3}} \\ &= \frac{(TMV_{\text{ref}})_{\text{max}} - (TMV_{\text{ref}})_{\text{min}}}{1.69\sqrt{3}} \end{aligned}$$

式中：

$\overline{TMV_{\text{ref}}}$ ——参考车辆约定质量的平均值；

$(TMV_{\text{ref}})_{\text{max}}$ ——参考车辆约定质量的最大值；

$(TMV_{\text{ref}})_{\text{min}}$ ——参考车辆约定质量的最小值；

C ——极差系数，此处 $C=1.69$ 。

4.2.4 参考车辆约定质量引入的标准不确定度 $u(TMV_{\text{ref}})$

重复性和分辨力的影响，取其较大者，则：

$$u(TMV_{\text{ref}}) = \sqrt{u_1^2(TMV_{\text{ref}}) + \text{Max}^2[u_2(TMV_{\text{ref}}), u_3(TMV_{\text{ref}})]}$$

4.3 合成标准不确定度

由于 $u(TMV)$ 和 $u(TMV_{\text{ref}})$ 彼此独立不相关，因此合成标准不确定度为：

$$u_c(E_{TMV}) = \sqrt{u^2(TMV) + u^2(TMV_{ref})}$$

标准不确定度来源如表 1 所示。

表 1 标准不确定度来源汇总表

标准不确定度 输入量	不确定度来源	标准不确定度	灵敏系数
$u(TMV)$	动态汽车衡分辨力	$u_1(TMV) = \frac{d}{2\sqrt{3}}$	1
	动态汽车衡测量重复性	$u_2(TMV) = \frac{TMV_{\max} - TMV_{\min}}{1.69}$	1
	参考车辆速度变化	$u_3(TMV) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^6 (TMV_i - \overline{TMV})^2}{5}}$	1
$u(TMV_{ref})$	控制衡器测量误差	$u_1(TMV_{ref}) = \frac{ MPE }{\sqrt{3}}$	-1
	控制衡器分辨力	$u_2(TMV_{ref}) = \frac{0.1e}{2\sqrt{3}}$	-1
	控制衡器测量重复性	$u_3(TMV_{ref}) = \frac{(TMV_{ref})_{\max} - (TMV_{ref})_{\min}}{1.69\sqrt{3}}$	-1

4.4 扩展不确定度

取包含因子 $k = 2$ ，得到扩展不确定度：

$$U(E_{TMV}) = k \cdot u_c(E_{TMV})$$

4.5 相对扩展不确定度

相对扩展不确定度由以下公式确定：

$$U_{rel} = \frac{U(E_{TMV})}{TMV_{ref}} \times 100\%$$

动态公路车辆自动衡器非匀速计量测试结果不确定度评定示例

1 概述

- 1.1 测量对象：准确度等级为 2 级、分度值 $d=50\text{kg}$ 的模组整车式动态汽车衡。
- 1.2 测量标准及设备： M_1 等级标准砝码，最大称量 $\text{Max}=60\text{t}$ 、检定分度值 $e=2\text{t}$ Ⅲ级静态电子汽车衡，4 轴刚性参考车辆。
- 1.3 测量依据：《动态公路车辆自动衡器非匀速计量测试规范》。
- 1.4 环境条件： 27°C ，温度变化未超过 $5^\circ\text{C}/\text{h}$ 。
- 1.5 测量过程：在规定的条件下，依据《动态公路车辆自动衡器非匀速计量测试规范》8.2 条款规定的方法，分别对参考车辆进行 3 次加速和 3 次减速称量，对动态称量误差测量不确定度进行评定。

2 测量模型

$$E_{\text{TMV}} = \text{TMV} - \text{TMV}_{\text{ref}}$$

$$\text{灵敏系数: } c_1 = \frac{\partial E_{\text{TMV}}}{\partial \text{TMV}} = 1, \quad c_2 = \frac{\partial E_{\text{TMV}}}{\partial \text{TMV}_{\text{ref}}} = -1$$

合成标准不确定度计算公式：

$$u_c(E_{\text{TMV}}) = \sqrt{u^2(\text{TMV}) + u^2(\text{TMV}_{\text{ref}})}$$

3 测量不确定度来源分析

- 3.1 动态汽车衡分辨力引入的标准不确定度 $u_1(\text{TMV})$ ，B 类评定；
- 3.2 动态汽车衡测量重复性引入的标准不确定度 $u_2(\text{TMV})$ ，A 类评定；
- 3.3 参考车辆速度变化引入的标准不确定度 $u_3(\text{TMV})$ ，A 类评定；
- 3.4 电子汽车衡测量误差引入的标准不确定度 $u_1(\text{TMV}_{\text{ref}})$ ，B 类评定；
- 3.5 电子汽车衡分辨力引入的标准不确定度 $u_2(\text{TMV}_{\text{ref}})$ ，B 类评定；
- 3.6 电子汽车衡测量重复性引入的标准不确定度 $u_3(\text{TMV}_{\text{ref}})$ ，A 类评定。

4 测量不确定度的评定

4.1 动态汽车衡示值引入的标准不确定度 $u(\text{TMV})$

4.1.1 动态汽车衡分辨力引入的标准不确定度 $u_1(\text{TMV})$

动态汽车衡的分度值 $d=50\text{kg}$ ，则此标准不确定度为：

$$u_1(TMV) = \frac{d}{2\sqrt{3}} = \frac{50}{2\sqrt{3}} = 14.4 \text{ kg}$$

4.1.2 动态汽车衡测量重复性引入的标准不确定度 $u_2(TMV)$

进行 3 次重复性测量，动态汽车衡的示值数据如表 1 所示。

表 1 动态汽车衡示值 TMV

次数	动态汽车衡示值 TMV (kg)	约定质量平均值 \overline{TMV} (kg)	极差值 (kg)
1	29150	29200	50
2	29100		
3	29150		

则此标准不确定度为：

$$u_2(TMV) = \frac{TMV_{\max} - TMV_{\min}}{C} = \frac{50}{1.69} = 29.6 \text{ kg}$$

4.1.3 参考车辆速度变化引入的标准不确定度 $u_3(TMV)$

选取约定质量为 29200kg 的参考车辆，分别以加速、减速方式进行 3 次动态测量，动态汽车衡的测量值如表 2 所示。

表 2 加速、减速动态汽车衡示值

次数	v_0 (km/h)	v_t (km/h)	动态汽车衡示值 TMV (kg)
加速			
1	3	19	29150
2	5	21	29100
3	5	21.5	29050
减速			
1	20	3	29100
2	18	2	29150
3	18	2	29200

采用白塞尔公式法，则此标准不确定度为：

$$u_3(TMV) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^6 (TMV_i - \overline{TMV})^2}{5}} = 52.4 \text{ kg}$$

4.1.4 动态汽车衡示值引入的标准不确定度 $u(TMV)$

$$u(TMV) = \sqrt{\text{Max}^2 [u_1(TMV), u_2(TMV)] + u_3^2(TMV)} = \sqrt{29.6^2 + 52.4^2} = 60.2 \text{ kg}$$

4.2 参考车辆约定质量引入的标准不确定度 $u(TMV_{\text{ref}})$

4.2.1 电子汽车衡测量误差引入的标准不确定度 $u_1(TMV_{\text{ref}})$

参考车辆使用电子汽车衡进行车辆称量，电子汽车衡在接近 29200kg 称量点的最大允许误差为 $\pm 1.0e$ ，服从均匀分布，则此标准不确定度为：

$$u_1(TMV_{\text{ref}}) = \frac{|\text{MPE}|}{\sqrt{3}} = \frac{20}{\sqrt{3}} = 11.5 \text{ kg}$$

4.2.2 电子汽车衡分辨力引入的标准不确定度 $u_2(TMV_{\text{ref}})$

采用“闪变点”法对车辆总质量进行称量，其分辨力为 0.1 倍检定分度值 e ，服从均匀分布，则此标准不确定度为：

$$u_2(TMV_{\text{ref}}) = \frac{0.1e}{2\sqrt{3}} = \frac{0.1 \times 20}{2\sqrt{3}} = 0.6 \text{ kg}$$

4.2.3 电子汽车衡测量重复性引入的标准不确定度 $u_3(TMV_{\text{ref}})$

3 次重复性测量，参考车辆约定质量数据如表 3 所示。

表 3 参考车辆约定质量

次数	参考车辆约定质量 TMV_{ref} (kg)	约定质量平均值 $\overline{TMV_{\text{ref}}}$ (kg)	极差值 (kg)
1	29218	29200	4
2	29200		
3	29222		

标准不确定度为：

$$u_3(TMV_{\text{ref}}) = \frac{(TMV_{\text{ref}})_{\text{max}} - (TMV_{\text{ref}})_{\text{min}}}{1.69\sqrt{3}} = \frac{4}{1.69\sqrt{3}} = 1.4 \text{ kg}$$

4.2.4 参考车辆约定质量引入的标准不确定度 $u(TMV_{\text{ref}})$

$$u(TMV_{\text{ref}}) = \sqrt{u_1^2(TMV_{\text{ref}}) + \text{Max}^2[u_2(TMV_{\text{ref}}), u_3(TMV_{\text{ref}})]} = \sqrt{11.5^2 + 1.4^2} = 11.6 \text{ kg}$$

4.3 合成标准不确定度

$$u_c(E_{\text{TMV}}) = \sqrt{u^2(TMV) + u^2(TMV_{\text{ref}})} = \sqrt{60.2^2 + 11.6^2} = 61.3 \text{ kg}$$

标准不确定度汇总表如表 4 所示。

表 4 标准不确定度汇总表

标准不确定度输入量	不确定度来源		标准不确定度	灵敏系数
$u(TMV)$	动态汽车衡分辨力	14.4 kg	29.6kg	1
	动态汽车衡测量重复性	29.6 kg		
	参考车辆速度变化	52.4kg	52.4kg	
$u(TMV_{\text{ref}})$	电子汽车衡测量误差	11.5kg	11.5kg	-1
	电子汽车衡分辨力	0.6kg	1.4kg	
	电子汽车衡测量重复性	1.4kg		

4.4 扩展不确定度

取包含因子 $k = 2$ ，得到扩展不确定度：

$$U(E_{\text{TMV}}) = k \cdot u_c(E_{\text{TMV}}) = 2 \times 61.3 = 122.6 \text{ kg}$$

4.5 相对扩展不确定度

$$U_{\text{rel}} = \frac{U(E_{\text{TMV}})}{TMV_{\text{ref}}} \times 100\% = \frac{122.6}{29200} \times 100\% = 0.42\%$$

由于该动态汽车衡使用中动态称量的最大允许误差 MPE：±2%，而相对扩展不确定度 $U_{\text{rel}} < \frac{1}{3} \text{MPEV} \approx 0.67\%$ ，因此该测量不确定度评定方法科学合理，满足测试要求。

