

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非匀速计量 测试规范

Test Specification for Non uniform Measurement of Dynamic Highway Vehicle
Automatic Weighing Instrument

(征求意见稿)

20**-00-00 发布

20**-00-00 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	3
5 概述	3
5.1 原理	3
5.2 结构	3
5.3 用途	3
6 计量特性	3
7 测试条件	3
7.1 环境条件	4
7.2 测试标准及其他设备	4
7.3 安全条件	4
7.4 测试前准备	4
8 测试方法	5
8.1 测试项目	5
8.2 测试方法	5
8.3 误差计算	5
9 测试结果表达	5
附录 A (资料性)动态公路车辆自动衡器非匀速计量测试记录	7
附录 B (资料性)测试证书/报告内页格式	8
附录 C (资料性)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	9
附录 D (资料性)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	13

前 言

本文件按照 GB/T1.1—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》的规则起草。

JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》、JJF1181《衡器计量名词术语及定义》共同构成支撑本文件制定工作的基础性系列规范。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

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：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、江西众加利高科技股份有限公司、广西壮族自治区计量检测研究院、中航电测仪器（西安）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。

本文件主要起草人：陈增典、赵伟、王喜阳、吝晓龙、胡其锋、张长水、王小岗、王凯、郭华、闻若伊、张佳楠。

本文件为首次发布。

引言

动态公路车辆自动衡器在我国广泛应用于公路车辆的计重收费和车辆不停车超载检测，也可用于港口、仓储物流等场所的货运车辆称重。货运车辆在行驶过程中，非匀速行驶时常发生，而现有的标准、计量技术规范未包含非匀速行驶时的测试，因此有必要对车辆非匀速行驶状态下动态公路车辆自动衡器的计量性能进行测试。从而不断提高其计量性能，促进动态公路车辆自动衡器的技术进步，更好的服务于国民经济的发展。

动态公路车辆自动衡器非匀速计量测试规范

1 范围

本文件规定了动态公路车辆自动衡器非匀速计量测试的计量特性、测试条件、测试方法等要求。

本文件适用于动态公路车辆自动衡器的非匀速计量测试。

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成为本文件必不可少的条款，其中注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（含所有修订）适用于本文件。

JJG 99	砝码
JJG 539	数字指示秤
JJG 907	动态公路车辆自动衡器
GB/T 21296.1	动态公路车辆自动衡器 第一部分：通用技术规范
T/CWIAS0006.2—2024	动态公路车辆自动衡器 第8部分：模组整车式

3 术语和定义

JJF 1181 界定的术语以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

自动衡器 Automatic Weighing Instrument

在称量过程中不需要操作者干预，就能按照预定的处理程序自动称量的衡器。

3.2

动态公路车辆自动衡器 Automatic Instruments 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。

3.3

承载器 Load Receptor

衡器中用于接受载荷的部件。

3.4

引道 Apron

对于自动轨道衡和动态公路车辆自动衡器，引道属于称量控制区的一部分，但不是承载器，而是位于承载器的两端。

3.5

控制衡器 Control Instrument

用于确定被测衡器的动态试验（或物料试验）中，被测载荷（物料）的约定质量（参考值）的非自动衡器。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，被测衡器本身也可作为控制衡器，称作集成式控制衡器。

3.6

参考车辆 Reference Vehicle

已知约定质量的车辆。

- 由控制衡器已确定总重量和单轴（或轴组）载荷的刚性车辆；
- 由控制衡器已确定总重量并用于动态试验的其他车辆。

3.7

刚性车辆 Rigid Vehicle

没有联结和拖挂的单一的车架公路车辆。

注：刚性车辆具有两个或更多沿车架长度方向固定的车轴，这些轴的轴线（车轮回转中心线）垂直于车辆行驶方向。

3.8

非匀速行驶 Non-Uniform Driving

车辆以非匀速的方式通过称重区，如加速行驶或减速行驶等。

3.9

绝对误差 Absolute Error

衡器的称量结果与约定质量之差，通常简称为误差。

[来源：JJF 1181—2007，8.5.7，有修改]

3.10

相对误差 Relative Error

称量结果与约定质量之商。

[来源：JJF 1181—2007，3.5.5，有修改]

3.11

初速度 Initial Speed

v_0

参考车辆最前端进入承载器时的速度。

3.12

末速度 Terminal velocity

v_t

参考车辆最后端离开承载器时的速度。

4 计量单位

使用的计量单位：千克（kg），吨（t）。

5 概述

动态公路车辆自动衡器（简称动态汽车衡），属于自动衡器的一种型式。

5.1 原理

当车辆行驶过动态汽车衡的承载器，将质量转换为电信号，再通过数据处理装置处理及计算，由指示装置显示或打印出称量结果。

5.2 结构

主要由承载器、称重传感器、称重指示器和引道等部件组成。必要时还应包括打印、车辆引导、车辆识别和速度测量等装置。

5.3 用途

主要用于公路车辆的计重收费和车辆不停车超载检测，也可用于其他适用的场合，如用于港口、仓储物流等场所的货物称重。

6 计量特性

非匀速动态称量误差。

7 测试条件

7.1 环境条件

7.1.1 环境温度

在-10℃至+40℃的温度范围内，测试期间温度变化应不大于5℃/h。

7.1.2 环境相对湿度

≤85%RH。

7.2 测试标准及其他设备

7.2.1 砝码

测试用砝码应符合JJG99中M等级及以上的计量要求。

7.2.2 参考车辆

用于动态测试的参考车辆应是国家有关技术规范允许的，且是被测衡器预期使用的车辆。参考车辆的选择应尽可能地覆盖动态汽车衡的称量范围，可以根据测试的需求确定参考车辆的类型。

7.2.3 控制衡器

控制衡器应当满足：

- a) 具有整车静态称量功能；
- b) 控制衡器称量误差不得大于被测衡器允许的动态误差（MPE）的1/3；
- c) 必须在检定有效期内。

7.2.4 测速装置

测速装置测量误差应不大于±0.5%。

7.3 安全条件

7.3.1 测试应在封闭道路区域进行，确保测试过程中车辆行驶和人员的安全。

7.3.2 测试路段不得有结冰、积水等现象。

7.3.3 测试区域应有足够长的引道，以满足车辆加、减速要求。

7.4 测试前准备

7.4.1 参考车辆约定质量的确定：按照 JJG907 中 8.2.2.9 确定参考车辆约定质量。

7.4.2 对动态汽车衡进行目测检查，确认承载器间隙无异物卡死现象，主要结构及安装无明显可见缺陷。

7.4.3 用预期使用的参考车辆或应不少于 50%最大秤量的载重车辆往返通过承载器不少于 3 次。

7.4.4 按照制造厂商技术说明书中规定的供电方式接通被测动态汽车衡的电源。

8 测试方法

8.1 测试项目

非匀速动态称量误差。

8.2 测试方法

加、减速运行时车辆初速度 v_0 不应大于 20km/h，末速度 v_t 应不小于 0km/h。

8.2.1 运行加速

参考车辆加速通过承载器，要求车辆速度变化幅度应不小于 5km/h。

即：
$$v_t - v_0 \geq 5\text{km/h}$$

8.2.2 运行减速

参考车辆减速通过承载器，要求车辆速度变化幅度应不小于 10km/h。

即：
$$v_0 - v_t \geq 10\text{km/h}$$

8.3 非匀速动态称量误差计算

按照公式 (1) 进行计算：

$$E_{TMV} = TMV - TMV_{ref} \quad (1)$$

式中：

E_{TMV} ——动态称量示值误差，kg 或 t；

TMV ——动态汽车衡称量示值，kg 或 t；

TMV_{ref} ——参考车辆约定质量，kg 或 t。

或相对误差 E_r 按公式 (2) 计算：

$$E_r = \frac{E_{TMV}}{TMV_{ref}} \times 100\% \quad (2)$$

9 测试结果表达

测试结果应在测试证书上反映，测试证书至少应包含以下内容：

- 1) 标题：“测试证书”（测试报告）；
- 2) 实验室名称和地址；
- 3) 测试地点；
- 4) 测试报告的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；

T/CSMT-DE-00*-2025

- 5) 客户的名称和地址;
- 6) 被测对象的描述和明确标识;
- 7) 进行测试的日期;
- 8) 测试所依据的技术规范的标识, 包括名称及代号;
- 9) 本次测试所用测量标准的溯源性及有效性说明;
- 10) 测试环境的描述;
- 11) 测试结果, 测试证书的格式可参照附录 A、B 完成;
- 12) 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;
- 13) 报告签发人的签名或等效标识;
- 14) 测试结果仅是对被测对象有效的声明;
- 15) 未经实验室书面批准, 不得部分复制测试报告的声明

附录 A
(资料性)

动态公路车辆自动衡器非匀速计量测试记录

委托单位				环境温度		湿度	
自动衡器名称				准确度等级			
型号规格				分度值			
出厂编号				最低运行速度			
制造单位				最高运行速度			
最大称量				测试地点			
最小称量							
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	
参考车辆	参考车辆车型			参考车辆约定质量 TMV_{ref} (kg)			
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						
	减速						
测试结果	误差(kg)				相对误差(%)		
	扩展不确定度 $U(k=2)$						
备 注							
测试员			核验员		测试日期		

附录 B
(资料性)
测试证书/报告内页格式

测试项目	测试结果		
	误差 kg	相对误差 %	扩展不确定度 $U(k=2)$ %
非匀速动态称量误差			
备注			

附录 C

(资料性)

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

C.1 概述

C.1.1 测量对象：动态汽车衡。

C.1.2 测量标准：M 等级及以上标准砝码，Ⅲ级静态电子汽车衡，参考车辆。

C.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》。

C.1.4 环境条件：(-10~+40)℃，温度变化不超过 5℃/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。

C.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：

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

C.3 测量不确定度来源分析

C.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；

C.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；

C.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；

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

C.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；

C.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。

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 $u(TMV)$

C.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：

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

C.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 $C=1.69$ 。

C.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：

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

C.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：

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

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

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

C.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：

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

C.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 $C=1.69$ 。

C.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：

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

C.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：

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

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
$u(TMV)$	动态汽车衡分辨率	$u_1(TMV) = \frac{d}{2\sqrt{3}}$	1
	动态汽车衡测量重复性	$u_2(TMV) = \frac{TMV_{\text{max}} - TMV_{\text{min}}}{1.69}$	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
$u(TMV_{\text{ref}})$	控制衡器测量误差	$u_1(TMV_{\text{ref}}) = \frac{ \text{MPE} }{\sqrt{3}}$	-1
	控制衡器分辨率	$u_2(TMV_{\text{ref}}) = \frac{0.1e}{2\sqrt{3}}$	-1
	控制衡器测量重复性	$u_3(TMV_{\text{ref}}) = \frac{(TMV_{\text{ref}})_{\text{max}} - (TMV_{\text{ref}})_{\text{min}}}{1.69\sqrt{3}}$	-1

C.4.4 扩展不确定度

取包含因子 $k = 2$ ，得到扩展不确定度：

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

C.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：

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

附录 D (资料性)

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

D.1 概述

D.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。

D.1.2 测量标准：M₁ 等级标准砝码，最大称量 Max=60t、检定分度值 $e=20\text{kg}$ 、Ⅲ级静态电子汽车衡，4 轴刚性参考车辆。

D.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》。

D.1.4 环境条件：27℃，温度变化未超过 5℃/h。

D.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。

D.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：

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

D.3 测量不确定度来源分析

D.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；

D.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；

D.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；

D.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；

D.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；

D.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。

D.4 测量不确定度的评定

D.4.1 动态汽车衡示值引入的标准不确定度 $u(\text{TMV})$

D.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：

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

D.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：

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

D.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、减速行驶动态汽车衡示值

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：

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

D.4.1.4 动态汽车衡示值引入的标准不确定度 $u(TMV)$

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

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

D.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 ±1.0e，服从均匀分布，则此标准不确定度为：

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

D.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：

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

D.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：

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

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

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

D.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
$u(TMV)$	动态汽车衡分辨率	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
	电子汽车衡分辨率	0.6kg	1.4kg	
	电子汽车衡测量重复性	1.4kg		

D.4.4 扩展不确定度:

取包含因子 $k = 2$ ，得到扩展不确定度

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

D.4.5 相对扩展不确定度

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

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：M₁ 等级标准砝码，4 轴刚性参考车辆，最大秤量 Max=60t、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℃，温度变化未超过 5℃/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

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

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。

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

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

得到合成标准不确定度的计算公式：

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

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 控制衡器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 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。