



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF××××-202×

公路车辆检测专用动态轴重衡校准规范

Calibration Specification of Special Weighing Instruments

for Axles of vehicle in Motion for Road Detection

(征求意见稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

国家市场监督管理总局 发布

公路车辆检测专用动 态轴重衡校准规范

JJF XXXX-202X

Calibration Specification of Special
Weighing Instruments for Axles in Motion
of vehicle for Road Detection

本规范经国家市场监督管理总局××××年××月××日批准，并自
××××年××月××日起实施。

归口单位：全国衡器计量技术委员会

主要起草单位：

参加起草单位：

本规范由全国衡器计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

参加起草人：

目 录

引 言	1
1 范围	1
2 引用文件	1
3 术语和计量单位	1
3.1 术语	1
3.2 计量单位	3
4 概述	3
5 计量特性	4
5.1 车辆总质量示值相对误差	4
5.2 速度示值误差	4
6 校准条件	4
6.1 环境条件	4
6.2 工作电源	4
6.3 路面及交通条件	4
6.4 测量标准及其它设备	4
7 校准项目和校准方法	5
7.1 校准项目	5
7.2 校准方法	5
8 校准结果表达	7
9 复校时间间隔	8
附录 A 校准原始记录（推荐）格式	9
附录 B 校准证书内页（推荐）格式	11
附录 C 动态轴重衡车辆总质量示值误差测量结果不确定度评定（示例）	12
附录 D 动态轴重衡速度示值误差测量结果不确定度评定（示例）	18

引 言

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

本规范主要参考了 JJG 907-2006《动态公路车辆自动衡器》的相关内容，并结合公路车辆检测专用动态轴重衡的计量特性进行制定。

本规范为首次发布。

公路车辆检测专用动态轴重衡校准规范

1 范围

本规范适用于公路车辆检测专用动态轴重衡的校准。

2 引用文件

JJG 99 砝码

JJG 907 动态公路车辆自动衡器

JJF 1181 衡器计量名词术语及定义

GB 1589 汽车、挂车及汽车列车外廓尺寸、轴荷及质量限值

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

3 术语和计量单位

3.1 术语

JJG 907 和 JJF 1181 界定的及以下术语和定义适用于本规范。

3.1.1 动态轴重衡 automatic instrument for weighing the single-axle loads or the axle-group loads of a road vehicle

对行驶车辆的每一个轴（或轴组）分别称量，并能自动累加轴（或轴组）的称量结果，获得车辆总质量和轴（或轴组）的动态汽车衡。

3.1.1.1 公路检测专用动态轴重衡 special weighing instruments for axles of vehicle in motion for road detection

嵌入安装于公路或桥梁引桥路面上，检测通过的车辆进而获得车辆轴重、轴型及总质量等的专用动态轴重衡，主要用于公路、桥梁管理部门对车辆进行超限、超载预警提示、交通情况统计分析或对涉嫌超限、超载车辆进行预选筛查等用途。

3.1.1.2 动态称重 weighing-in-motion, WIM

通过测量和分析动态车轮力，来确定被检测车辆质量、轴载荷的过程。

3.1.2 车辆 vehicles

检测时能够被动态轴重衡识别的车辆，可以是空车或重车。

3.1.2.1 轴 axle

由两个或两个以上的车轮与一个沿中心旋转横向共同轴构成的组合,轴的两端至整个车辆宽度,并与车辆行驶方向垂直。

3.1.2.2 轴载荷 axle load

在一根轴上所有轮子的轮载荷的总和,在进行称量时由重力产生的施加到静态轴上的车辆总质量的分量,也称轴重。

3.1.2.3 车辆总质量 vehicle mass

包括车辆所有连接部件在内车辆联接体的总质量。

3.1.2.4 参考车辆 reference vehicle

用于动态试验的已知约定真值的车辆,可以是:

- 已知车辆总质量和单轴载荷的双轴刚性车辆;
- 已知车辆总质量,并用于动态试验的其它类型车辆。

车辆的约定真值应由控制衡器确定。

3.1.3 称量区 weigh zone

由承载器及其前后沿车辆行驶方向的引道组成的路面区域。

3.1.3.1 称量控制区 controlled weighing area

公路检测专用动态轴重衡进行称量操作的特定地点。

3.1.4.2 承载器 load receptor

用于承受车辆的轮载荷的称量区部分。

3.1.3.3 引道 apron

位于承载器沿行车方向任何一端,用于导引车辆上下承载器的一段较直、近似水平、平整的称量区路面。

3.1.3.4 车道 lane

公路车辆检测专用动态轴重衡一般为多车道同时运行检测,即一套主控设备可以控制一个或多个车道的动态轴重衡,车道的划分按相同的行车方向自左向右起依次划分为第1车道、第2车道、第3车道等,如图1所示。

注:车道划分和编号方法仅为示例。

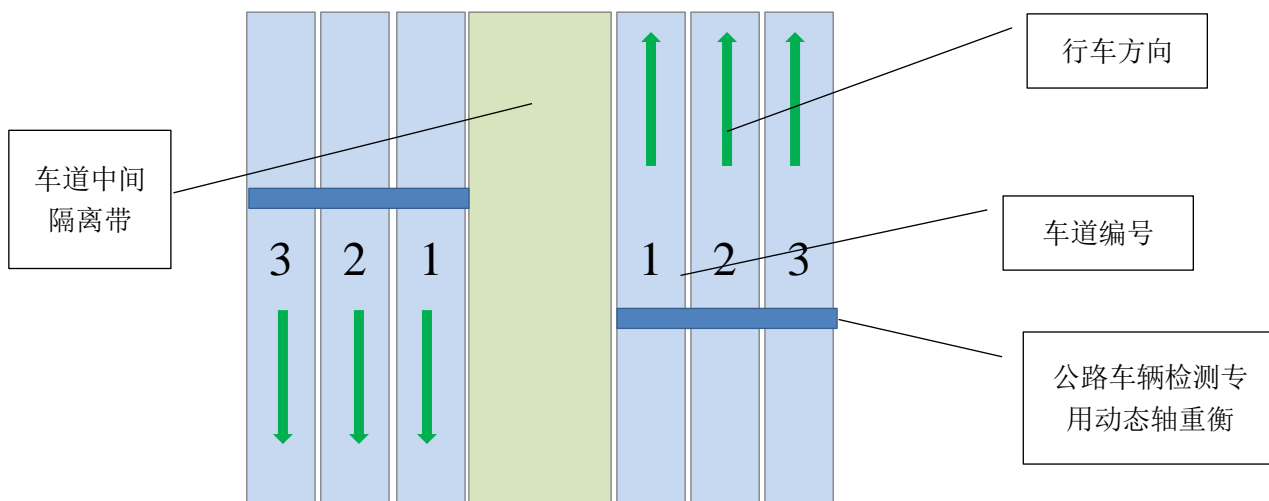


图 1 车道示意图

3.1.4 速度 speed

3.1.4.1 最高运行速度 maximum operating speed, v_{\max}

公路检测专用动态轴重衡设计规定的能进行正常动态称量的最高车速，超过该速度称量结果可能产生过大的相对误差。

3.1.4.2 最低运行速度 minimum operating speed, v_{\min}

公路检测专用动态轴重衡设计规定的能进行正常动态称量的最低车速，低于该速度称量结果可能产生过大的相对误差。

3.1.4.3 运行速度范围 range of operating speeds

能进行动态称量的最低称量速度与最高称量速度之间的范围。

3.1.4.4 道路最高限制速度 road speed limit, v_l

公路检测专用动态轴重衡安装位置的道路最高限速。

3.2 计量单位

使用的计量单位应为法定计量单位，包括：千克 (kg)或吨 (t)。

4 概述

4.1 用途

公路车辆检测专用动态轴重衡（以下简称轴重衡）主要用于公路、桥梁管理部门对车辆进行超限、超载预警提示、交通情况统计分析或对涉嫌超限、超载车辆进行预选筛查等用途。

4.2 原理

轴重衡是采用安装在称量控制区内的承载器和（或）称重传感器，对在运行速度范围内

行驶的车辆进行测量，车辆在通过承载器时车辆轮胎时产生的压力被转换为电信号，再通过数据处理装置处理及计算后得到车辆轴重、总质量等数据。

4.3 结构

主要由承载器和（或）称重传感器、引道和动态称重显示控制器等部件组成，必要时还包括车辆引导、车辆识别、轴识别和称量速度测量等装置。

5 计量特性

5.1 车辆总质量示值相对误差

车辆总质量示值误差与被测参考车辆质量约定值的百分比不超过 $\pm 5.0\%$ 。

5.2 速度示值误差

轴重衡指示的车辆行驶速度示值与测速装置速度标准值之差不大于 2km/h 。

注：以上所有计量特性指标不用于合格性判定，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度： $-10^{\circ}\text{C}\sim+40^{\circ}\text{C}$ ；温度变化一般不超过 5°C/h 。

6.2 工作电源

电压波动不超过轴重衡正常额定电压的 $-15\%\sim 10\%$ ，校准期间不应断开设备电源。

6.3 路面及交通条件

轴重衡在校准时应充分考虑试验现场的交通安全状况，对所校准设备所在车道应做好充分的交通隔离措施，在确保交通安全的前提下保证参考车辆的启动加速空间及刹停安全空间。

6.4 测量标准及其它设备

6.4.1 标准砝码

用于确认有载参考车辆总质量约定真值的标准砝码应符合JJG 99中 M_1 等级或 M_{12} 等级砝码的要求。

6.4.2 控制衡器

用于确定参考车辆约定真值的控制衡器应符合JJG 539中中准确度等级数字指示秤的要求。若车辆从控制衡器到被校轴重衡必须要经过相当的距离，则应对环境条件密切关注，

应尽可能避免出现因天气的差异可能引起的误差无法确定的情况，同时还应考虑燃油的消耗和其它因素给参考值可能带来的影响。

6.4.3 参考车辆

用于动态校准的参考车辆必须是符合GB 1589的相关要求，且是轴重衡预期检测使用的车辆。参考车辆的数量和类型不限，参考车辆的车辆总质量应尽可能接近GB 1589中所规定的车辆最大允许总质量限值。

6.4.4 测速装置

用于动态校准的测速装置，其误差应不大于 $\pm 2\text{km/h}$ 。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

车辆总质量示值误差、速度示值误差。

7.2 校准方法

7.2.1 校准前的准备工作

7.2.1.1按照本规范6.4.3的规定选择参考车辆。

7.2.1.2 确定参考车辆总质量的约定真值

确定参考车辆总质量的约定真值有以下二种方法：

a)将空载参考车辆置于控制衡器上，得到空载参考车辆总质量的约定真值，再向参考车辆施加标准砝码。空载参考车辆总质量约定真值加上标准砝码量值就可以得到有载参考车辆总质量的约定真值；

b)将试验载荷加载到空载参考车辆上，然后将有载参考车辆置于控制衡器上进行称量，得到有载参考车辆总质量的约定真值。

7.2.2 一般要求

所有的校准开始时，应使参考车辆在距轴重衡有足够的距离处开始启动，并有足够的车辆加速距离，使得参考车辆能够以规定的速度驶向轴重衡，车辆应尽可能保持匀速通过称量区。

参考车辆在称量速度范围内进行不少于10次的动态称量测试，其中需包含：

3次接近最大称量速度 v_{\max} 或道路最高限速 v_1 ，两者取最低值；

3次接近最小称量速度 v_{\min} ；

在最小称量速度 v_{\min} 至最大称量速度 v_{\max} 或最高限速 v_1 (两者取最低值)按不大于20km/h的速度区间范围均匀分布试验4次或4次以上。

7.2.3 车辆总质量示值误差校准

按公式(1)计算车辆总质量示值平均值:

$$\overline{VM} = \frac{\sum_{j=1}^n VM_j}{n} \quad (1)$$

式中:

VM_j ——车辆第 j 次试验车辆总质量示值;

\overline{VM} ——车辆总质量示值平均值;

按公式(2)计算车辆总质量示值误差:

$$E_{VM} = \overline{VM} - VM_{ref} \quad (2)$$

式中:

E_{VM} ——车辆总质量示值误差。

VM_{ref} ——车辆总质量约定真值。

按公式(3)计算车辆总质量示值相对误差:

$$E\% = \frac{E_{VM}}{VM_{ref}} \times 100\% \quad (3)$$

式中:

$E\%$ ——车辆总质量示值相对误差。

7.2.4 速度示值误差校准

按照现场测速装置使用要求安装,调整使其处于正常工作状态。现场测速装置与轴重衡同时对称量区内的参考车辆进行测量,在参考车辆动态试验时接近接近最大称量速度 v_{\max} 或道路最高限速 v_1 同时进行速度示值测量,共测量3次,取每次速度测量值与测量装置测量的标准速度值速度之差平均值为示值误差。

按公式(4)计算速度示值误差:

$$\Delta v_j = (v_j - v_{j0}) \quad (4)$$

式中:

Δv_j ——轴重衡速度示值误差, km/h;

v_j —第 j 次轴重衡测量的速度值，km/h；

v_{j0} —第 j 次测速装置测量的标准速度值，km/h。

按公式(5)计算速度示值误差均值：

$$\overline{\Delta v} = \frac{1}{3} \times \sum_{j=1}^3 (\Delta v_j) \quad (5)$$

式中：

$\overline{\Delta v}$ —轴重衡速度示值误差平均值，km/h；

8 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映。校准证书或报告应至少包括如下信息：

- a) 标题，“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- d) 证书或报告的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期，若与校准结果的有效性及应用有关时，应说明被校对象的接收日期；
- h) 对校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- i) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- j) 校准环境的描述；
- k) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- l) 对校准规范的偏离的说明；
- m) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；
- n) 校准结果仅是对被校对象有效的声明；
- o) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书或报告的声明。

9 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由轴重衡的使用情况、使用者及轴重衡本身质量等诸因素所决定的，因此，委托单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录 A 校准原始记录（推荐）格式

公路检测专用动态轴重衡校准记录格式

1、基本信息					
受检单位					
校准地点		行车方向		车道号	
规格型号		出厂编号		制造单位	
最大秤量		分度值			
最高运行速度		最低运行速度		道路最高限速	
校准依据	JJF XXXX-xxxx 《公路车辆检测专用动态轴重衡校准规范》				
温度	°C	相对湿度			
校准日期		校准员		核验员	
参考车辆信息	静态称量 VM_{ref} :			车辆车型	
控制衡器信息	$Max=$		$e=$	出厂编号	
2、车辆总质量示值误差校准					
序号	车速 (km/h)	车辆总质量示值 VM			
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
车辆总质量平均值					
车辆总质量示值相对误差					

2、速度误差示值校准			
序号	标准速度值 v_0	速度示值 v	速度示值误差 Δv
1			
2			
3			
速度示值误差均值			

附录 B 校准证书内页（推荐）格式

校准证书内页（推荐）格式

证书编号：XXXXX

校准结果

<i>Max=</i>	<i>d=</i>
车行方向	
车道编号	
总质量示值相对误差	
速度示值误差	

校准结果内容结束

附录 C

轴重衡车辆总质量示值误差测量结果不确定度评定（示例）

C.1 校准方法

C.1.1 测量对象：轴重衡；

C.1.2 测量依据：《公路车辆检测专用动态轴重衡校准规范》；

C.1.3 测量过程：动态测量为用参考车辆在进行多次动态测试，测得示值与整车静态确定的车辆总质量之差，对示值误差测量不确定度进行评定。

C.2 测量模型

$$E_{VM} = \overline{VM} - VM_{ref} \quad (C.1)$$

式中： E_{VM} — 车辆总质量示值误差；

\overline{VM} —— 车辆总质量示值平均值；

VM_{ref} —— 车辆总质量约定真值。

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

$$\text{灵敏系数： } c_1 = \frac{\partial E_{VM}}{\partial \overline{VM}} = 1$$

$$c_2 = \frac{\partial E_{VM}}{\partial VM_{ref}} = -1$$

得到合成标准不确定度的计算公式：

$$u_c^2(E_{VM}) = u^2(\overline{VM}) + u^2(VM_{ref}) \quad (C.2)$$

C.3 测量不确定度的来源分析

影响测量不确定度的来源主要有：

- a. 重复性引入的标准不确定度 u_1 ；
- b. 动态轴重衡示值分辨力引入的标准不确定度 u_2 ；
- c. 参考车辆油耗引入的标准不确定度 u_3 ；
- d. 参考车辆在测量车辆总质量测量时引入不确定度 $u(VM_{ref})$

C.4 测量不确定度的评定

C.4.1 重复性引入的标准不确定分量 u_1

采用 A 类不确定度的评定方法，测量 n 次，单次测量结果的标准不确定度 $u(x_k)$ 由以下公式确定：

$$u(x_k) = s(x_k) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (\text{C.3})$$

在实际测量中，按照 7.2.2 的方法重复测量 n 次，测量结果算术平均值的实验标准偏差 s 作为测量结果的最佳估计值，则重复性引入的标准不确定度分量由以下公式确定：

$$u_1 = s(\bar{x}) = \frac{s(x_k)}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x})^2}{n(n-1)}} \quad (\text{C.4})$$

C.4.2 动态轴重衡示值分辨力引入的标准不确定度 u_2

采用 B 类不确定度评定方法，服从矩形分布，区间半宽为 $\pm d/2$ ，则其标准不确定度 u_2 由以下公式确定：

$$u_2 = \frac{d}{2\sqrt{3}} \quad (\text{C.5})$$

C.4.3 参考车辆油耗引入的标准不确定度 u_3

采用 B 类不确定度评定方法，参考车辆的每百公里油耗为 xg ，实际一次测试行驶距离约为 xl ，油耗服从均匀分布，区间半宽为，则其标准不确定度 u_3 由以下公式确定：

$$u_3 = \frac{\frac{xg}{100} \times xl}{2\sqrt{3}} \quad (\text{C.6})$$

C.4.4 示值的标准不确定度 $u(\overline{VM})$

示值的标准不确定度由以下公式确定：

$$u(\overline{VM}) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} \quad (\text{C.7})$$

C.4.5 参考车辆在测量车辆总质量时引入不确定度 $u(VM_{ref})$

采用 B 类不确定度评定方法，参考车辆使用控制衡器进行车辆总质量测量，控制衡器在车辆总质量载荷点最大允许误差为 $\pm \text{MPE}$ ，服从均匀分布，则标准不确定度 $u(VM_{ref})$ 由以下公式确定：

$$u(VM_{ref}) = \frac{MPE}{2 \times \sqrt{3}} \quad (C.8)$$

C.4.6 合成标准不确定度

不确定度分量均不相关，合成标准不确定度按以下公式计算：

$$u_c(E_{VM}) = \sqrt{u^2(VM) + u^2(VM_{ref})} = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u^2(VM_{ref})} \quad (C.9)$$

标准不确定度来源如表 C.1 所示。

表 C.1 标准不确定度来源汇总表

不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度	灵敏系数
u_1	重复性测量	$u_1 = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$	1
u_2	轴重衡示值分辨力	$u_2 = \frac{d}{2\sqrt{3}}$	1
u_3	参考车辆油耗	$u_3 = \frac{\frac{xg}{100} \times xl}{2\sqrt{3}}$	1
$u(VM_{ref})$	车辆总质量测量	$u(VM_{ref}) = \frac{MPE}{2 \times \sqrt{3}}$	-1

C.4.7 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，扩展不确定度由以下公式确定：

$$U(E_{VM}) = k \times u_c(E_{VM}) \quad (C.10)$$

C.4.8 相对扩展不确定度

相对扩展不确定度由以下公式确定：

$$U_{rel} = \frac{U(E_{VM})}{VM_{ref}} \times 100\% \quad (C.11)$$

C.5 举例

C.5.1 概述

被测对象的基本情况如表 C.2 所示，对动态轴重衡在 20km/h~60km/h 运行速度下进行车辆总质量示值误差不确定度评定。

表 C.2 被测对象基本情况

型号规格	ZDG-40-DZ
最大秤量	Max=40t
分度值	d=100kg
环境条件	温度 25°C, 湿度 52%RH。
参考车辆	车辆总质量为 24.45t 的三轴参考车辆;

C.5.2 重复性引入的标准不确定分量 u_1

用车辆总质量为 24.45t 的三轴参考车辆进行重复性测量, 重复性测量值如表 C.3 所示。

表 C.3 重复性测量值

序号	示值 (kg)
1	24700
2	24100
3	24600
4	24800
5	24200
6	23900
7	24900
8	24200
9	24800
10	24000

根据公式(C.4)计算得到重复性引入的标准不确定度分量

$$u_1 = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x})^2}{n(n-1)}} = 119\text{kg}$$

C.5.3 动态轴重衡示值分辨力引入的标准不确定度 u_2

被测动态轴重衡的分度值为 100kg, 则根据公式(C.5)计算得到动态轴重衡示值分辨力引入的标准不确定度分量为

$$u_2 = \frac{d}{2\sqrt{3}} = 29\text{kg}$$

C.5.4 参考车辆油耗引入的标准不确定度 u_3

参考车辆的每百公里油耗为 22kg, 实际测试行驶距离总计约为 3km, 则根据公式(C.6), 计算得到参考车辆油耗引入的标准不确定度分量为

$$u_3 = \frac{\frac{xg}{2} \times xl}{2\sqrt{3}} = 0.38kg$$

C.5.5 示值的标准不确定度 $u(\overline{VM})$

示值的标准不确定度由公式(C.7)确定:

$$u(\overline{VM}) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = 122kg$$

C.5.6 参考车辆在测量车辆总质量时引入不确定度 $u(VM_{ref})$

参考车辆均使用 SCS-60 的全电子汽车衡作为控制衡器进行车辆总质量的测量, 该全电子汽车衡 $e=20kg$, 在 10t~40t 最大允差为 $\pm 20kg$, 在 40t~60t 最大允差为 $\pm 30kg$, 服从均匀分布, 则由公式(C.7), 参考车辆在测量车辆总质量时引入不确定度为

$$u(VM_{ref}) = \frac{MPE}{2 \times \sqrt{3}} = 5.8kg$$

C.5.7 合成标准不确定度

不确定度分量均不相关, 由公式(C.9)得到合成标准不确定度

$$u_c(E_{VM}) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u^2(VM_{ref})} = 122kg$$

C.5.8 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 由公式(C.10)得到三轴参考车辆车辆总质量示值误差扩展不确定度

$$U(E_{VM}) = k \times u_c(E_{VM}) = 245kg$$

C.5.9 相对扩展不确定度

三轴参考车辆车辆总质量示值误差相对扩展不确定度

$$U_{rel} = \frac{U(E_{VM})}{VM_{ref}} = \frac{245kg}{24450kg} \times 100\% = 1.0\%$$

C.5.9 使用其他参考车辆的车辆总质量示值误差的不确定度

在使用其他参考车辆进行测量时, 车辆总质量示值误差的不确定度同样采用上述方法获得, 如表 C.4 所示。

表 C.4 不确定度汇总表 单位: kg

参考车辆类型	三轴	四轴	五轴	六轴	计算公式
重复性 u_1	119	152	214	262	(C.4)
分辨力 u_2	29	29	29	29	(C.5)

参考车辆油耗 u_3	0.38	0.45	0.55	0.69	(C.6)
车辆总质量 $u(VM_{ref})$	5.8	5.8	8.6	8.6	(C.8)
合成标准不确定度 $u_c(E_{VM})$	122	154	216	263	(C.9)
扩展不确定度 $U(E_{VM})$	245	309	432	527	(C.10)
相对扩展不确定度	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	(C.11)

附录 D

轴重衡速度示值误差测量结果不确定度评定（示例）

D.1 校准方法

D.1.1 测量对象：轴重衡；

D.1.2 测量依据：《公路车辆检测专用动态轴重衡校准规范》；

D.1.3 测量过程：动态测量为用参考车辆在接近最大称量速度或道路最高限速进行 3 次动态测试，测得速度示值与测速标准装置速度示值之差，对示值误差测量不确定度进行评定。

D.2 测量模型

$$\Delta v_j = v_j - v_{j0} \quad (\text{D.1})$$

式中： Δv_j —动态轴重衡速度示值误差；

v_j —第 j 次动态轴重衡测量的速度值；

v_{j0} —第 j 次测速装置测量的标准速度值。

$$\text{由 } u_c^2(\Delta v_j) = \left(\frac{\partial \Delta v_j}{\partial v_j}\right)^2 u^2(v_j) + \left(\frac{\partial \Delta v_j}{\partial v_{j0}}\right)^2 u^2(v_{j0})$$

$$\text{灵敏系数： } c_1 = \frac{\partial \Delta v_j}{\partial v_j} = 1$$

$$c_2 = \frac{\partial \Delta v_j}{\partial v_{j0}} = -1$$

得到合成标准不确定度的计算公式：

$$u_c^2(\Delta v_j) = u^2(v_j) + u^2(v_{j0}) \quad (\text{D.2})$$

D.3 测量不确定度的来源分析

影响测量不确定度的来源主要有：

- a. 重复性引入的标准不确定度 u_1 ；
- b. 动态轴重衡速度示值分辨力引入的标准不确定度 u_2 ；
- c. 测速标准装置引入的不确定度分量 u_3 ；

D.4 测量不确定度的评定

D.4.1 重复性引入的标准不确定分量 u_1

采用 A 类不确定度的评定方法，测量 3 次，极差由以下公式确定：

$$S = \frac{R}{C} = \frac{R}{1.69} \quad (\text{D.3})$$

式中： S —单次测量结果的实验标准偏差；

R —3 次测得值中的最大值与最小值之差；

C —极差系数，测量次数为 3 时，查表得到 C 为 1.69。

速度示值误差测量只在在参考车辆动态试验时接近接近最大称量速度 v_{\max} 或道路最高限速 v_1 同时进行速度示值测量一组即可，则速度重复性引入的标准不确定度分量由以下公式确定。

$$u_1 = S = \frac{R}{C} = \frac{R}{1.69} \quad (\text{D.4})$$

D.4.2 动态轴重衡速度示值分辨力引入的标准不确定度 u_2

采用 B 类不确定度评定方法，服从矩形分布，区间半宽为 $\pm d/2$ ，则其标准不确定度 u_2 由以下公式确定：

$$u_2 = \frac{d}{2\sqrt{3}} \quad (\text{D.5})$$

D.4.4 示值的标准不确定度 $u(v_j)$

示值的标准不确定度由以下公式确定：

$$u(v_j) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} \quad (\text{D.6})$$

D.4.5 测速标准装置溯源引入的不确定度分量 u_3

采用 B 类不确定度评定方法，测量标准装置使用移动式机动车雷达测速仪，根据 JJG528-2015 移动式机动车雷达测速仪检定规程，100km/h 最大允许误差为 $(-6\sim 0)$ km/h，区间半宽为 3km/h，误差服从均匀分布，则标准不确定度 u_3 由以下公式确定：

$$u_3 = \frac{3}{2 \times \sqrt{3}} \quad (\text{D.7})$$

D.4.6 合成标准不确定度

不确定度分量均不相关，合成标准不确定度按以下公式计算：

$$u_c(v_j) = \sqrt{u^2(v_j) + u^2(v_{j0})} = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} \quad (\text{D.8})$$

标准不确定度来源如表 C.1 所示。

表 C.1 标准不确定度来源汇总表

不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度	灵敏系数
u_1	重复性测量	$u_1 = \frac{R}{1.69}$	1
u_2	轴重衡速度示值分辨力	$u_2 = \frac{d}{2\sqrt{3}}$	1
u_3	测速标准装置	$u_3 = \frac{3}{2 \times \sqrt{3}}$	-1

D.4.7 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，扩展不确定度由以下公式确定：

$$U = k \times u_c(v_j) \quad (\text{D.9})$$

D.5 举例

D.5.1 概述

被测对象的基本情况如表 D.2 所示，对动态轴重衡在 20km/h~60km/h 运行速度下进行速度示值误差不确定度评定。

表 D.2 被测对象基本情况

型号规格	ZDG-40-DZ
速度分度值	$d=1\text{km/h}$
环境条件	温度 25℃，湿度 52%RH。
参考标准	手持式多普勒雷达测速仪
校准点	60km/h

D.5.2 重复性引入的标准不确定分量 u_1

进行重复性测量，重复性测量值如表 D.3 所示。

表 D.3 重复性测量值

序号	示值 (km/h)	标准值 (km/h)	极差 R
1	61	60	2
2	60	60	
3	59	60	

根据公式(D.4)计算得到重复性引入的标准不确定度分量

$$u_1 = \frac{2}{1.69} = 1.18\text{km/h}$$

D.5.3 动态轴重衡速度示值分辨力引入的标准不确定度 u_2

被测动态轴重衡的速度分度值为 1km/h, 则根据公式(D.5)计算得到动态轴重衡示值分辨力引入的标准不确定度分量为

$$u_2 = \frac{d}{2\sqrt{3}} = 0.28\text{km/h}$$

D.5.4 示值的标准不确定度 $u(v_j)$

示值的标准不确定度由公式(D.6)确定:

$$u(v_j) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 1.22\text{km/h}$$

D.5.5 测速标准装置溯源引入的不确定度分量 u_3

由公式(D.7), 测速标准装置溯源引入的不确定度分量为

$$u(v_{jo}) = \frac{3}{2 \times \sqrt{3}} = 0.86\text{km/h}$$

D.5.7 合成标准不确定度

不确定度分量均不相关, 由公式(D.8)得到合成标准不确定度

$$u_c(\Delta v_j) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = 1.5\text{km/h}$$

D.5.8 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 由公式(D.9)得到速度示值误差扩展不确定度

$$U = k \times u(\Delta v_j) = 3.0\text{km/h}$$