

中华人民共和国交通运输部部门计量检定规程

汽车轴重动态检测仪

（征求意见稿）

编制说明

《汽车轴重动态检测仪》计量检定规程编写组

2017年8月20日

## 目 录

一、工作简况.....	3
二、规程编制原则和确定规程主要内容.....	7
三、主要试验（或验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果.....	14
四、采用国际标准和国外先进标准的程度，以及与国际、国外同类标准水平的对比情况，或与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况.....	27
五、与有关的现行法律、法规和强制性标准的关系.....	34
六、重大分歧意见的处理经过和依据.....	34
七、贯彻规程的要求和措施建议.....	34
八、其他应予说明的事项.....	34
九、附件：汽车轴重动态检测仪测量不确定度分析报告.....	34

## 一、工作简况

### 1.1、任务来源

根据交通运输部交科技函[2016]506号文《交通运输部关于下达2016年交通运输标准化计划的通知》附件中《2016年交通运输标准化计划制修订项目计划表》，计划编号为：JJG 2016-2，由招商局重庆交通科研设计院有限公司主持，交通运输部公路科学研究所、浙江省机电设计研究院有限公司、苏交科集团股份有限公司和重庆市华驰交通科技有限公司五家单位共同承担该规程的编制工作。

根据《通知》的工作安排组织了JJG（交通）005《汽车轴重动态检测仪检定规程》的修订工作。修订工作计划于2017年完成，归口全国公路专用计量器具计量技术委员会管理。

起草组严格按照2002年质检总局36号令《国家计量检定规程管理办法》、JJF 1001《通用计量术语及定义》、JJF 1002《国家计量检定规程编写规则》、JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》等规范要求开展规程的修订工作，确保规程修订项目按时、保质完成。

### 1.2、协作单位

在本规程的制定过程中，得到了相关单位的支持、协助与配合，多次组织行业专家进行了研讨并开展了必要的试验验证工作，取得了大量具有建设性的意见、建议和试验数据，主要协作单位名单如下：

交通运输部公路科学研究所

浙江省机电设计研究院有限公司

苏交科集团股份有限公司

重庆市华驰交通科技有限公司

### 1.3、规程制定的必要性

汽车轴重动态检测仪是一组安装在路面（之下）的传感器和（或）承载器以及含有软件的电子仪器等，通过测量汽车在运动状态下车辆各轮胎对路面施加的动态车辆轮胎力和车辆通过的时间，来测算一辆运动的车辆总重量和部分重量

(如轴重、轴组重等)、轴距和速度等数据的计量设备,简称轴重仪。

轴重仪可以由一个显示器连接一个数据采集(传感器)称量单元或多个称量单元。多个车道可以对应一个显示器。

轴重仪主要用于道路管理部门交通数据采集、统计和分析;基础设施(道路和桥梁等)的设计、维护或评估;超限超载车辆预选和车辆的超限超载执法;道路管理部门计重收费;有时也用于港口、矿山、工厂、物流等场所的计重等。

### 1.3.1、国家及交通主管部门的相关要求

本规程适用于汽车轴重动态检测仪(以下简称“轴重仪”)的首次检定、后续检定和使用中检查。

交通部2000年颁布了2号令《超限运输车辆行驶公路管理规定》保障公路设施和人民生命财产安全,其颁布与实施加快了汽车轴重仪检测技术研究的步伐。

2004年交通部实施了《关于在全国开展车辆超限超载治理工作的实施方案》,掀起了动态称重(Weighing-In-Motion WIM)研究的高潮。交通部先后在江苏、安徽、河南、山东、青海、四川等省市的部分收费公路上开展计重收费试点工作,并取得初步成效。

2014年12月30日交通部出台《关于全面深化交通运输改革的意见》明确提出治超非现场执法为今后改革方向。目前已在全国大多数省份安装了试点工程,全国非现场执法市场预计会远远大于计重收费市场。

交通运输部2016年颁布了《超限运输车辆行驶公路管理规定》第62号令。

“第四十条 公路管理机构应当根据保护公路的需要,在货物运输主通道、重要桥梁入口处等普通公路以及开放式高速公路的重要路段和节点,设置车辆检测等技术监控设备,依法查处违法超限运输行为。”“第五十条 违法行为地或者车籍所在地公路管理机构可以根据技术监控设备记录资料,对违法超限运输车辆依法给予处罚,并提供适当方式,供社会公众查询违法超限运输记录。”明确了超限运输检测技术监控记录资料以及计重数据等资料作为证据使用的规定,确立了计重数据等资料的法律效力。“第四十一条 新建、改建公路时,应当按照规划,将超限检测站点、车辆检测等技术监控设备作为公路附属设施一并列入工程预

算，与公路主体工程同步设计、同步建设、同步验收运行。”明确了经费来源，保证了制度的落实。

### 1.3.2、现行相关检定规程和标准存在的主要问题

#### (1) 本行业执行的现行汽车轴重仪相关检定规程和标准

目前我国与本规程相关的主要有 JJG 907-2006《动态公路车辆自动衡器》国家计量检定规程、GB/T 21296-2007《动态公路车辆自动衡器》国家标准、JJG(交通)005-2005《汽车轴重动态检测仪》交通行业计量检定规程。

#### (2) 我国现行汽车轴重仪检定规程和标准存在的问题

JJG907-2006《动态公路车辆自动衡器》国家计量检定规程在测试方法与要求上虽然适用于普通公路上安装的高速动态称重设备，但是由于其要兼顾全国所有行业的需求，对于汽车轴重动态检测仪的可操作性相对来说针对性不强。

当轴重仪用于道路管理部门交通数据采集、统计和分析；基础设施（道路和桥梁等）的设计、维护或评估等用途时，对轴重仪的精度要求不高，而 JJG907-2006《动态公路车辆自动衡器》国家计量检定规程按衡器的要求来对轴重仪检定，最低精度也是 10 级，远远大于公路轴载调查的需要。

汽车对桥梁、路面的损害，一方面来自车辆的总重，但更多的来自轴重，以及总重在轴之间的分配，轴之间的距离等。同样的重量，由于轴距的不同，导致车辆对桥梁的破坏作用完全不一样，JJG907-2006《动态公路车辆自动衡器》国家计量检定规程未对轴距进行要求，无法获得车辆总重的分布情况，从而无法用于对车辆对道路破坏的分析、统计和利用等。

现行 JJG(交通)005-2005《汽车轴重动态检测仪》交通行业计量检定规程内容简略，严重落后于汽车技术和检定技术的发展，无法用于实际检定工作中，质检部门也无法依据该规程出具检定证书，导致国家大量投资得不到有效利用。

因此，亟需修订《汽车轴重动态检测仪》检定规程以便业主检定，从而进行后续工作，减少车辆对路面的破坏和保证交通安全，提高和规范汽车轴重动态检测仪的质量，解决业主和厂家、施工等单位的现实困境，促进我国轴载检测的健康、良性、持续发展。

本规程一方面是对 JJG907-2006 在交通行业轴重仪领域的细化与拓展，另一

方面是对现行 JJG(交通)005-2005 的完善。

#### 1.4、主要编制过程

本项目任务书下达后，主要起草单位招商局重庆交通科研设计院有限公司和相关单位共同成立了检定规程编制组。编制组进行了相关资料的查阅和收集工作，收集了目前已发布的汽车轴重动态检测仪相关法律法规及汽车轴重动态检测仪行业状况、相关检定规程标准实施情况、国外相关法规检定规程标准等有关资料，并对汽车轴重动态检测仪行业技术水平进行了调研。

自 2016 年 9 月起，在浙江、重庆、河南等地进行了调研或测试，其中包括：弯板式汽车轴重动态检测仪、压电式（石英、压电薄膜、压电电缆）汽车轴重动态检测仪、秤台式汽车轴重动态检测仪等，基本覆盖了国内目前的汽车轴重动态检测仪类型，测试道路类型涵盖了高速公路、国省道和城市道路等，以评估不同环境影响下所引起的结果差异。

2016 年 10 月完成检定规程开题论证。检定规程开题论证会后，编制组开始分析整理试验数据，并多次与相关业主、计量院、路政、交警等单位管理和技术专家交流，形成检定规程征求意见初稿。

2016 年 11 月至 2017 年 2 月，多次召开小组内部审查会，逐步完善征求意见初稿。

2016 年 3 月至 2017 年 6 月，将征求意见初稿发送相关使用单位、行业专家、计量专家征求意见，根据反馈意见，反复修改，完成了检定规程征求意见稿和编制说明等文件。主要理清了标准与规程的边界，国外标准规程与国情的切合等。

2017 年 7 月 11 日，在北京京仪酒店召开征求意见会。来自计量和交通行业的十名专家对规程进行了讨论，分别从用户、检定机构、行业主管、运营单位等角度提出了意见和建议。

2017 年 8 月，根据征求意见会专家意见修改完善规程征求意见稿。

#### 1.5、主要起草人及其所做的工作

本规程主要起草人：雷荣富、杜长东、蒋海峰、陶杰、胡晓光、王玉、黄丹、熊山山、唐练、王长华、张洪明、胡军、班钊、李雪。上述同志承担的主要工作

如下：

——雷荣富作为项目负责人负责《汽车轴重动态检测仪》检定规程项目的总体策划、组织实施等工作。

——杜长东负责规程的组织实施及编写工作，参加规程技术指标及相关方法的编制，保证规程适用性。开展国内外技术调研，修订规程适用引言、范围、引用文件、术语和计量单位、概述和计量性能要求等工作。

——蒋海峰负责对国内外超限非现场检测技术进行深入调研，修订规程通用技术要求等工作。

——陶杰以浙江省机电设计研究院有限公司的实验室为依托对新建和在役轴重仪进行测试提供相关数据，修订计量器具控制、规程检定记录、检定证书、检定通知书等工作。

——胡晓光以苏交科集团股份有限公司所属江苏省机动车辆检测仪器计量检定站的轴重仪检定实验室为依托对现场方法进行测试提供相关数据，修订规程计量器具控制等工作。

——王玉、黄丹以重庆市华驰交通科技有有限公司的实验室为依托对新建和在役轴重仪进行测试提供相关数据，修订规程检定记录、检定证书、检定通知书等工作。

——熊山山、唐练负责参考文献的收集、相关数据的比对等工作。

——王长华、张洪明、班钊、胡军、李雪负责规程编制说明的草拟，参加规程中的相关工作。

## 二、规程编制原则和确定规程主要内容

### 2.1、规程编制原则

严格贯彻执行国家有关法律、法规、方针和政策，特别是安全、文明、资源、环境等方面的新要求，加快推进“四个交通”建设，实现可持续发展。

符合国家质量监督检验检疫总局、国家标准化委员会《标准的结构和编写》(GB/T 1.1-2009)和国家质量监督检验检疫总局《国家计量检定规程编写规则》(JJF 1002-2010)的相关要求及交通运输部相关规定。

坚持继承、完善和创新相结合的原则。修订在详细研究原规范的基础上进行，

既把原规范中普遍使用且经实践检验好用、适用的内容充分继承下来，又删除落后，不适用的内容；同时还进行相应的创新。修订内容有增有删，另外，修订中的删、增、改均做了原因说明。

坚持成熟性、先进性、实用性兼顾的原则。修订后的规程能适应现状和不久的将来的发展。在技术上，积极而谨慎的采纳新设备、新材料、新工艺、新技术，既注意与国际接轨，又考虑到与我国国情的适应性。

坚持实事求是，广泛征求意见的原则。认真总结各方经验教训，以合理性为原则将之升华为规范条文。

坚持格式规范、逻辑严谨、结构清晰、用词简明、准确的原则。

## 2.2、主要内容

按照《国家计量检定规程编写规则》JJF 1002 的要求制定轴重仪检定规程。在内容与格式上保持一致，规程的具体内容有范围、引用文件、术语和计量单位、概述、计量性能要求、通用技术要求、计量器具检定控制（包括检定条件、检定项目、检定方法、检定结果的处理及检定周期）。

### 2.2.1、范围

根据专家意见会专家的意见删除本规程不适用的范围，只写适用范围。

### 2.2.2、术语

根据专家意见会专家的意见增加了本段“本规程中所用的术语与JJF 1181《衡器计量名词术语及定义》、JJG 907《动态公路车辆自动衡器》、GB/T 21296《动态公路车辆自动衡器》相一致，为使用方便和便于理解特引用了部分术语，并增加了仅适用于本规程的专用术语”。减少了不必要的术语重复，仅对关键重要的术语进行重复和定义。

根据专家意见会专家意见删除集成控制衡器的有关描述。

根据专家意见会专家的意见将轴组的说法调整为与GB 1589《汽车、挂车及汽车列车外廓尺寸、轴荷及质量限值》相一致。

### 2.2.3、概述

轴重仪主要用于道路管理部门交通数据采集、统计和分析；基础设施（道路和桥梁等）的设计、维护或评估；超限超载车辆预选和车辆的超限超载执法；道路管理部门计重收费；有时也用于港口、矿山、工厂、物流等场所的计重等。

当车辆按规定速度行驶过安装在称量控制区内轴重仪的称重传感器和（或）承载器，轴重仪将质量转换为电信号，再通过数据处理装置处理及计算，获取一辆运动车辆总重、轴重、轴距和速度等数据。

轴重仪主要由承载器、引道、称重传感器和称重显示器等部件组成。必要时还应包括打印、车辆引导、车辆识别和称量速度测量等装置。

### 2.2.4、计量性能要求

根据目前公路工程使用的轴重仪的技术现状以及使用要求，制定以下计量性能要求：

目前市场上的轴重仪生产厂家较多，编制组到全国十多个厂家实地考察，完成国内外同类产品资料收集和产品技术参数的调研。根据轴重仪检测要求确定了计量性能参数：准确度等级、最大允许误差和最大允许偏差、分度值、最小称量。确定指标如下：

#### （1）车辆轴载荷和车辆总重的准确度等级关系

根据专家会专家意见，将总重 0.2 和 0.5 两个等级删除。主要原因有两个，一为目前的轴重仪的准确度等级要达到 0.2 和 0.5 的等级比较困难；二为目前的交通功能需求没有这么高的要求，因此接受专家意见删除这两个脱离目前轴重仪本身质量和社会需求的准确度等级。根据专家有关意见增加 7 和 15 两个等级。主要原因有两个，一为目前的轴重仪在高速下进行称量准确度等级一般在 5 和 10 之间，要稳定在 5 的等级比较困难，交通需求 5 当然很好，10 偏差较大，7 是一个比较接受的等级。；二为美国 ASTM E1318 和欧洲 COST323 的等级中有 7 和 15 两个等级，也符合目前轴重仪的现实情况，因此接受专家意见增加 7 和 15 两个等级，更符合目前轴重仪本身质量和社会需求的准确度等级，也与国际标准规程相接轨，也解决了大量进口产品和国产产品实际等级为 7 的检定问题，原来厂家一般为了更好的销售产品，根据我国国情，将产品等级一般申明为 5，导致检

定和实际使用中出現一些意外情况。

表1 车辆轴载荷和车辆总重的准确度等级关系

单轴载荷或轴组载荷的准确度等级	车辆总重的准确度等级						
	1	2	5	7	10	15	20
B	✓						
C	✓	✓					
D	✓	✓	✓				
E	✓	✓	✓	✓	✓		
F		✓	✓	✓	✓	✓	✓
G			✓	✓	✓	✓	✓

(2) 车辆总重的最大允许误差

表2 车辆总重的最大允许误差

车辆总重准确度等级	车辆总重约定真值的百分比	
	首次检定和后续检定	使用中检查
1	±0.50%	±1.00%
2	±1.00%	±2.00%
5	±2.50%	±5.00%
7	±3.50%	±7.00%
10	±5.00%	±10.00%
15	±7.50%	±15.00%
20	±10.00%	±20.00%

(3) 双轴刚性参考车辆试验的最大允许误差

表3 双轴刚性参考车辆试验的最大允许误差

单轴载荷准确度等级	与静态参考单轴载荷约定真值的百分比	
	首次检定和后续检定	使用中检查
B	±0.50%	±1.00%
C	±0.75%	±1.50%
D	±1.00%	±2.00%
E	±2.00%	±4.00%
F	±4.00%	±8.00%
G	±8.00%	±16.00%

(4) 其它参考车辆（除双轴刚性车辆外）的最大允许偏差

表4 其它参考车辆（除双轴刚性车辆外）的最大允许偏差

单轴载荷和轴组载荷的准确度等级	与单轴载荷（或轴组载荷）修正后的载荷（平均）值的百分比表示	
	首次检定和后续检定	使用中检查
B	±1.00%	±2.00%
C	±1.50%	±3.00%
D	±2.00%	±4.00%
E	±4.00%	±8.00%
F	±8.00%	±16.00%
G	±16.00%	±32.00%

### 2.2.5、通用技术要求

轴重仪从以下六方面进行了要求：

#### （1）计量安全性

轴重仪不应有任何便于欺骗性使用的特征。

对不允许使用者自行调整的装置，应加封记。

#### （2）指示装置和打印装置

#### （3）车辆识别装置

如果轴重仪自动地指示或打印车辆总重、单轴载荷或轴组载荷等信息，应配备车辆识别装置。该装置应检测到车辆的出现，并检测出车辆是否已被完全地测量。

#### （4）车辆引导装置

为了保证车辆完整地通过承载器或承载器组合，可以采用一个侧向引导装置（如：隔离柱）或其他方式（如：标识标线）确保车辆完全通过承载器或承载器组合。

如果轴重仪仅允许单向称量，当车辆行驶方向错误时，应给出行驶方向错误信号。

#### （5）称量速度

称量速度应在轴重仪明示的称量速度范围内。

#### （6）计量法制标志和计量器具标识

计量法制标志和计量器具标识应标注在轴重仪的明显易见位置。标志和标识必须清晰可辨、牢固可靠。由不同制造商生产的称重指示器和称重传感器组成的轴重仪，则每个独立单元应有各自的说明性标识。

## 2.2.6、计量器具检定控制

根据计量性能要求以及通用技术要求，综合考虑了并调研了目前的试验方法，兼顾现有技术一定程度创新的基础上确定了检定条件、检定项目，并制定了下述检定方法、检定结果的处理、检定周期。

### (1) 检定条件

#### a) 路面条件

根据专家意见会专家的意见将原来第六章“通用技术要求”中的“安装”，即称量控制区、承载器、标线、车道等的要求，纳入第七章“计量器具控制”中的“检定条件”的路面条件，作为计量检定的条件，理顺了关系。

根据专家意见会专家的意见将路面条件中有路面平整度要求的路面出承载器方向长度改为GB 1589《汽车、挂车及汽车列车外廓尺寸、轴荷及质量限值》中车辆的最长长度22米。

对高速检定和低速检定分别规定了路面条件：用于低速称重的轴重仪路面条件应符合JJG 907《动态公路车辆自动衡器》和GB/T 21296《动态公路车辆自动衡器》中对路面条件的要求；用于高速称重的轴重仪路面条件应符合本规范有关的规定。

#### b) 检定用标准器

主要规定了标准砝码、控制衡器、距离测量装置、测速装置

#### c) 环境条件

根据专家会专家意见，轴重仪在全国范围内使用，不应限定温度范围-10℃至40℃，应能在当地的气温下稳定运行，删除具体的温度范围。

检定应在环境温度稳定的条件下进行，温度变化率每小时应不超过5℃，特殊情况应另外说明。

#### d) 参考车辆

双轴刚性车辆外，至少还应有两种不同类型的参考车辆，以适应于不同的轴

结构、牵引车/挂车结构、牵引车/挂车连接系统及悬挂系统。

应从下列三种车型中至少选择二种车型：

——一辆三轴/四轴的刚性车辆；

——一辆至少四轴的铰接挂车；

——一辆双轴/三轴刚性车辆，再加挂一辆两轴/三轴的拖车。

e) 动态称量的次数

对于双轴刚性参考车辆，应至少运行 10 次（包括规定的不同速度）。

对于除双轴刚性参考车辆之外的其它所有的参考车辆，每种参考车辆为取得参考车辆每一轴载荷的修正平均值在典型称量速度下至少运行 10 次，在其它速度下至少运行 10 次。

具有双向称量功能的轴重仪应分别进行两个方向的试验。

(3) 检定项目

表5 检定项目一览表

检定项目		对应条款	首次检定	后续检定	使用中检查	
检查	计量单位的检查	3.2	+	-	-	
	计量性能要求的检查	5.2、5.5 和 5.6	+	-	-	
	通用技 术要求 的检查	计量安全性	6.1	+	+	+
		指示装置和打印装置	6.2	+	-	-
		车辆识别装置	6.3	+	-	-
		车辆引导装置	6.4	+	-	-
		称量速度	6.5	+	+	+
计量法制标志和计量器 具标识	6.6	+	+	+		
动态 试验	参考车辆的静态总轴距	7.3.2.1	+	+	+	
	参考车辆的静态称量	7.3.2.2 或 7.3.2.3	+	+	+	
	双轴刚性参考车辆动态称量（车辆 号牌）	7.3.3.1	+	+	+	
	其它参考车辆动态称量（车辆号牌）	7.3.3.2	+	+	+	
	其它参考车辆动态称量（车辆号牌）	7.3.3.2	+	+	+	
	参考车辆的动态速度测量	7.3.3.3	+	+	+	
	参考车辆的动态总轴距测量	7.3.3.3	+	+	+	
异常通过速度	7.3.3.4	+	-	-		

注：“+”表示应检项目，“-”表示可不检项目。

(4) 检定方法

a) 计量单位、计量性能要求和通用技术要求的检查

通过目测判定轴重仪的计量单位、计量性能要求和通用技术要求。

#### b) 参考车辆的静态测量

按照本规程相关规定的原则选择参考车辆，按照规程确定的方法确定参考车辆的总轴距的约定真值 ( $WL_{ref}$ ) 以及空载参考车辆 (空车) 或有载参考车辆 (重车) 总重的约定真值 ( $WL_{ref}$ )。具体见规程。

#### c) 动态测量

通过动态车辆测量相应的轴重、总重、速度、总轴距在相应的最大误差和最大偏差范围内。具体见规程。

根据专家会专家意见，将速度修约由 0.1km/h，调整为 1km/h，以符合中国目前检定器具的

### 三、主要试验（或验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果

#### 3.1、主要试验结论

本规程中关于计量性能要求和检定方法主要参考了 ASTM E1318 (2009) 《The Standard Specification for Highway Weigh-In-Motion Systems with user Requirements and Method》、Cost 323 《Weight-In-Motion of Road Vehicles》、NIST 44 (2016) 《Specifications, Tolerances, and Other Technical Requirements for Weighing and Measuring Devices》、OIML R134-1(2006) 《Automatic instruments for weighing road vehicles in motion and measuring axle loads Part1: Metrological and technical requirements-Tests》、JJG 907-2006《动态公路车辆自动衡器》、GB/T 21296-2007 《动态公路车辆自动衡器》、JJG(交通)005-2005《汽车轴重动态检测仪》等检定规程和标准的检定方法和计量性能要求，并结合我国实际情况修订优化。根据专家会专家意见，中国是世界上轴重仪种类最多，使用量最大，使用最成熟的国家，应不拘泥于某一规程标准，应采众家之长，把规程修订成实际操作性强又有中国特色的规程。

按照本规程给出轴重仪的计量性能要求和检定方法，经过对使用单位的产品试验，本规程的各项计量性能合理，并具有一定的先进性。其次，对轴重仪的测量结果不确定度的评定，主要内容就是评定轴重仪综合误差的不确定度，详细评定过程见附录《汽车轴重动态检测仪测量不确定度分析报告》。





图 3 非两轴刚性车（三轴刚性货车）动态试验



图 4 非刚性车（五轴铰接挂车）动态试验

### 3.1.2、示值误差

表 6 两轴刚性车辆示值误差

车辆轴重动态测量			轴重动态测量			6130
测量次数	车速	位置	轴载荷	车辆静态	车辆轴距	标准

	km/h		Axle1	Axle2	质量	(m)	速度
车辆参考轴重测量							
1			2470	3660		3.853	
2			2470	3660		3.855	
3			2480	3660		3.856	
4			2470	3670		3.847	
5			2480	3660		3.852	
6			2460	3660		3.864	
7			2470	3670		3.85	
8			2480	3650		3.853	
9			2480	3650		3.85	
10			2470	3660		3.865	
均值			2473	3660	6133	3.8545	
修正平均 载荷			2472	3658	6130		
动态测量							
测量次数	车速 km/h	位置	轴载荷		车辆质量 VM	车辆轴距 (m)	标准 速度
			Axle1	Axle2			
1	6	中心	2490	3660	6150	3.83	
2	4	中心	2460	3680	6140	3.82	
3	5	中心	2450	3680	6130	3.84	
4	8	中心	2470	3650	6120	3.84	
5	4	中心	2480	3600	6080	3.86	
6	3	中心	2470	3650	6120	3.88	
7	3	偏左	2450	3690	6140	3.84	
8	3	偏左	2480	3640	6120	3.87	
9	5	偏右	2450	3650	6100	3.86	
10	5	偏右	2460	3660	6120	3.88	
11	76	中心	2490	3630	6120	3.88	75
12	74	中心	2460	3660	6120	3.89	75
13	75	中心	2450	3680	6130	3.89	75
14	78	中心	2450	3650	6100	3.89	77
15	74	中心	2470	3680	6150	3.89	75
16	73	中心	2470	3670	6140	3.88	74
17	73	偏左	2450	3690	6140	3.88	73
18	73	偏左	2460	3640	6100	3.89	74
19	75	偏右	2450	3650	6100	3.89	76
20	75	偏右	2460	3660	6120	3.9	75
21	46	中心	2490	3690	6180	3.88	44
22	44	中心	2460	3660	6120	3.89	43
23	45	中心	2450	3680	6130	3.88	45
24	48	中心	2470	3640	6110	3.88	49
25	44	中心	2480	3680	6160	3.9	43

26	43	中心	2470	3670	6140	3.89	42
27	43	偏左	2450	3650	6100	3.88	45
28	43	偏左	2440	3640	6080	3.88	44
29	45	偏右	2450	3650	6100	3.88	45
30	45	偏右	2460	3660	6120	3.88	43
31	16	中心	2490	3690	6180	3.9	
32	14	中心	2460	3670	6130	3.89	
33	13	中心	2450	3680	6130	3.9	
34	22	中心	2490	3640	6130	3.9	21
35	24	中心	2460	3660	6120	3.91	23
36	23	中心	2480	3670	6150	3.89	24
37	32	中心	2450	3680	6130	3.9	32
38	33	中心	2470	3640	6110	3.89	32
39	35	中心	2450	3650	6100	3.88	34
40	54	中心	2470	3600	6070	3.83	55
41	53	中心	2500	3670	6170	3.83	54
42	53	中心	2450	3690	6140	3.84	53
43	63	中心	2470	3640	6110	3.85	64
44	65	中心	2450	3650	6100	3.86	65
45	65	中心	2460	3660	6120	3.85	66
均值			2464	3661	6124	3.88	
修正平均值			2472	3658	6130	3.85	
最大差值			-32	-58	-60	0.06	
MPE			100	150	150	0.15	

表 7 非两轴刚性车辆示值误差

车辆轴重动态测量			轴重动态测量				31640	
测量次数	车速 km/h	位置	轴载荷			车辆静态质量	车辆轴距(m)	标准速度
			Axle1	Axle2	Axle3			
1	12	中心	4180	5160	22390	31730	5.84	
2	13	中心	4060	5180	22660	31900	5.908	
3	10	中心	4170	5140	22860	32170	5.926	
4	15	中心	4170	5200	22070	31440	5.939	
5	11	中心	4130	5210	22150	31490	5.957	
6	12	中心	4120	5160	22380	31660	5.968	
7	12	中心	4080	5190	22280	31550	5.963	
8	10	中心	4100	5150	22240	31490	5.956	
9	12	中心	4170	5230	22100	31500	5.96	
10	11	中心	4090	5210	22060	31360	5.966	
均值			4127	5183	22319	31629	5.9383	
修正平均载荷			4128	5185	22327	31640		

动态测量								
测量次数	车速 km/h	位置	轴载荷			车辆质量 VM	车辆轴距 (m)	标准速度
			Axle1	Axle2	Axle3			
1	8	中心	4020	5180	21980	31180	5.966	
2	6	中心	4170	5210	21900	31280	5.945	
3	8	中心	4100	5150	22240	31490	5.975	
4	7	中心	4070	5270	22100	31440	5.95	
5	7	中心	4000	5300	21960	31260	5.959	
6	5	中心	4190	5370	22170	31730	5.986	
7	6	偏左	4060	5270	22050	31380	5.964	
8	6	偏左	4010	5250	22660	31920	5.963	
9	7	偏右	4170	5310	21860	31340	5.974	
10	8	偏右	4280	5190	22860	32330	6.017	
11	77	中心	4280	5380	21890	31550	5.992	77
12	76	中心	4280	5290	21440	31010	5.984	75
13	78	中心	4160	5080	22300	31540	5.998	76
14	77	中心	4020	5230	22140	31390	5.983	77
15	74	中心	4070	5000	22930	32000	5.96	75
16	76	中心	4020	5380	22890	32290	5.979	74
17	75	偏左	3970	5360	21870	31200	5.998	73
18	78	偏左	3980	5280	22520	31780	5.984	77
19	76	偏右	3960	5190	21920	31070	6.002	76
20	77	偏右	4040	4990	22640	31670	5.99	75
21	47	中心	4170	5290	22070	31530	5.96	46
22	48	中心	4130	4970	22150	31250	5.991	47
23	46	中心	4120	5160	22380	31660	5.974	45
24	45	中心	3990	5260	22480	31730	5.994	44
25	42	中心	4080	5000	22870	31950	6.007	43
26	46	中心	4280	5380	21850	31510	5.988	46
27	44	偏左	4280	4970	21840	31090	5.96	45
28	46	偏左	4120	5240	22780	32140	5.908	44
29	47	偏右	3990	5210	22060	31260	5.926	45
30	43	偏右	3980	5320	21980	31280	5.939	43
31	16	中心	4310	4980	22560	31850	5.84	
32	18	中心	4310	5040	22730	32080	5.968	
33	16	中心	4030	5250	22640	31920	5.957	
34	24	中心	3980	5180	22610	31770	5.963	24
35	25	中心	4250	5260	22040	31550	5.963	23
36	26	中心	4080	5280	21970	31330	5.945	24
37	34	中心	3990	5260	22140	31390	5.96	32
38	33	中心	4060	5000	22850	31910	5.956	32
39	32	中心	3950	5250	21900	31100	5.959	34
40	53	中心	3980	5170	22380	31530	5.966	55

41	55	中心	4070	5170	22360	31600	5.975	54
42	54	中心	4060	5360	21510	30930	5.974	53
43	64	中心	4200	5080	21870	31150	5.986	64
44	65	中心	3930	5110	22000	31040	5.96	65
45	67	中心	4260	4980	22850	32090	5.974	66
均值			4097	5181	22269	31547	5.97	
修正平均值			4128	5185	22327	31640	5.9383	
最大差值			-198	-215	-887	-710	-0.098	
MPE			300	400	1800	800	0.30	

表 8 非刚性车辆示值误差

车辆轴重动态测量				轴重动态测量			47500	
测量次数	车速 km/h	位置	轴组载荷			车辆静态质量	车辆轴距(m)	标准速度
			Axle1	AxleGroup1	AxleGroup2			
1	9	中心	5720	18790	22530	47040	15.298	
2	8	中心	5820	18880	22910	47610	15.439	
3	9	中心	5800	18900	22580	47280	15.431	
4	8	中心	5800	19020	22660	47480	15.429	
5	10	中心	5840	18950	22720	47510	15.557	
6	9	中心	5830	19140	22350	47320	15.512	
7	9	中心	5820	19080	22920	47820	15.438	
8	10	中心	5710	19170	22440	47320	15.231	
9	9	中心	5660	19140	22660	47460	15.532	
10	11	中心	5610	18900	22940	47450	15.53	
均值			5761	18997	22671	47429	15.4397	
修正平均载荷			5770	19025	22705	47500		
动态测量								
测量次数	车速 km/h	位置	轴组载荷			车辆质量 VM	车辆轴距(m)	标准速度
			Axle1	AxleGroup1	AxleGroup2			
1	5	中心	5660	19100	22520	47280	15.58	
2	6	中心	5660	19370	22830	47860	15.574	
3	8	中心	5730	19130	23260	48120	15.58	
4	8	中心	5710	19090	22800	47600	15.573	
5	8	中心	5790	18870	22400	47060	15.572	
6	9	中心	5830	18800	22710	47340	15.559	
7	10	偏左	5850	18570	22680	47100	15.586	
8	11	偏左	5830	19030	22620	47480	15.57	
9	11	偏右	5610	18940	22420	46970	15.534	

10	9	偏右	5740	18940	22840	47520	15.564	
11	74	中心	5830	18770	22840	47440	15.559	77
12	73	中心	5780	19030	22450	47260	15.587	75
13	74	中心	5800	19110	23170	48080	15.546	76
14	74	中心	5760	19060	23280	48100	15.554	77
15	75	中心	5740	18580	23030	47350	15.625	75
16	76	中心	5850	18550	22370	46770	15.782	74
17	77	偏左	5670	18800	23220	47690	15.56	73
18	78	偏左	5590	18970	23210	47770	15.591	77
19	76	偏右	5650	18920	23200	47770	15.583	76
20	77	偏右	5650	18600	22560	46810	15.591	75
21	44	中心	5760	18640	23050	47450	15.618	46
22	45	中心	5860	18740	22470	47070	15.59	47
23	48	中心	5830	18650	22870	47350	15.603	45
24	43	中心	5840	18770	22710	47320	15.585	44
25	45	中心	5650	18930	23050	47630	15.621	43
26	46	中心	5830	19160	23070	48060	15.563	46
27	44	偏左	5710	18630	22670	47010	15.571	45
28	48	偏左	5760	18600	22850	47210	15.598	44
29	47	偏右	5650	18650	23020	47320	15.592	45
30	46	偏右	5650	18670	23140	47460	15.6	43
31	17	中心	5720	18810	22820	47350	15.596	
32	15	中心	5580	18720	23070	47370	15.589	
33	18	中心	5720	18670	22950	47340	15.599	
34	25	中心	5600	18580	23000	47180	15.61	24
35	26	中心	5780	19520	22730	48030	15.639	23
36	24	中心	5780	18990	22950	47720	15.619	24
37	36	中心	5850	18840	22490	47180	15.619	32
38	33	中心	5820	18690	22930	47440	15.591	32
39	35	中心	5980	18870	22730	47580	15.642	34
40	54	中心	5840	18680	22860	47380	15.604	55
41	55	中心	5960	18440	22770	47170	15.617	54
42	57	中心	5850	18660	22980	47490	15.612	53
43	64	中心	5760	18930	22170	46860	15.603	64
44	66	中心	5880	18380	22880	47140	15.615	65
45	64	中心	5740	18810	22320	46870	15.571	66
均值			5763	18783	22854	47401	15.59	
修正 平均值			5770	19025	22705	47500	15.4397	
最大 差值			210	-645	-825	-730	0.342	
MPE			450	1500	1800	1200	0.60	

## 3.2、综述报告

### 3.2.1、轴重仪检测技术国外研究现状

公路超限超载问题一直是一个世界性的难题，许多国家都面临着这一普遍存在于公路运输中的问题，该现象引发的各类严重社会问题也引起了广泛关注，为解决这一问题，避免超限超载车辆对公路造成破坏，早在上世纪 50 年代末，美国、法国、德国等欧美国家就开始对动态称重(WIM)系统进行了研究，并取得了一定的成果。

1938 年由美国加利福尼亚理工学院的 E.Simmons 教授和麻省理工学院的 A.Ruge 教授同时研制出的纸基丝绕式电子应变计，为后期 WIM 系统的研发与生产奠定了理论基础与物质基础，具有深远的意义。

20 世纪 50 年代末，美国开始了对 WIM 系统为期 16 年的研究。

20 世纪 60 年代末，南非获得了第一个电容式 WIM 传感器专利；而与此同时，西德的 PAT 公司开始了对弯板式车辆动态汽车称重传感器的研究。

1974 年，美国第一次在车辆载荷研究中使用了 WIM 系统；也在这一年，法国取得了一项名为 Vibracoax 的压电缆动态汽车称重传感器的专利。

20 世纪 80 年代中期，美国各大州开始对 WIM 系统进行推广。

1988 年，英国研制了一种性能更加优于 Vibracoax 的新型压电称重传感器，即 Vebetek5，于 1991 年将其型号升级为 Vebetek20。

1992 年，欧盟开始了 COST323 计划，该计划由欧洲高速公路系统研究实验室联盟（FEHRI）发起，并按照欧盟运输委员会（ECTD）的程序框架执行。该计划主要是对公路行驶车辆进行动态载荷监控研究，并在瑞士进行了为期 30 个月的系统实际使用情况测试。

1994 年，欧盟国家开始进行 WAVE(Weighing in motion of Axle and Vehicles for Europe)计划，该计划在瑞典寒冷气候条件下从 1997 年 6 月到 1998 年 6 月进行了为期一年的产品系统测试。该测试结果表明德国的 PAT、瑞士的 Kistler、美国的 Mikros 等公司的产品在恶劣条件下的测量性能方面处于领先水平。

2000 年，在 ITS 年会上，一种由美国公司研究的共聚物压电式轴传感器被展出，该传感器可同时测量车速、车轴数、轴距，还可对车辆同时进行分类动态称

重，是当时较为先进的动态称量技术。

在 20 世纪末，动态称重系统经过各国的不断努力，得到了很大的发展，并且出现百家齐放的现象，各国都研发生产了各种动态称重系统。为了规范各种动态称重系统，促进动态称重技术领域的相互交流与进一步发展，早在 1990 年美国德克萨斯大学就起草了 ASTM E1318-90 标准，并通过了美国材料试验协会 ASTM 标准委员会认定，并在 1995 年再次公布了 ASTM E1318-94 标准，而这也成为了动态称重技术精度要求的国际参考标准。

美国在载货车载重上限方面是依据车轴数量和总轴距而定的。其依据的公式是： $W=500 [(L \times N / (N-1)) + 12N + 36]$  (其中 L 代表总轴距，N 代表车轴数量，单位为英制)。例如，32 英尺(约 10 米)的 2~7 轴载货车，最高载重量分别为 40,000 磅(约 18 吨)，60,000 磅(约 27 吨)，63,500 磅(约 29 吨)，68,000 磅(约 31 吨)，73,000 磅(约 33 吨)，78,500 磅(约 36 吨)。根据货车载重能力和速度限制的关系，货车速度也能跑到 130km/h，且美国大多数州的限速为 80 英里/小时(约 130km/h)，故国外动态称重系统的速度要求可以达到 130km/h。

从国外汽车轴重仪检测技术的发展中可以看出，80 年代以前，对于提高动态称重精度主要集中在对硬件的研究上，虽然后来的研究逐渐由硬件向软件转变，但相关的报道还并不多见。目前国外的产品单轴载荷平均误差从  $\pm 5.0\% \sim \pm 30\%$  不等，相应置信度为 90%~95%，最好的动态称重系统单轴载荷误差可以优于  $\pm 5.0\%$ ，但成本太昂贵且主要适应于低速场合。

### 3.2.2、轴重仪检测技术国内研究现状

在国内，有效控制超限超载车辆以减小对公路路面和桥梁结构的破坏，已成为业界共识。我国“八五”期间开始引进和消化国外公路动态称重技术，同时也开始对动态称重系统进行研制，发展速度较快。1999 年，德国 PAT 载荷监控产品开始进入中国市场，云南航天新技术工程有限公司引进其技术并于 1999 年 8 月获得了国家质量技术监督局颁发的《计量器具型式批准证书》。

国外动态称重系统的速度要求可以达到 130km/h，而我国研究的动态称重系统要求速度跟国外相比还有较大的差距。根据《中华人民共和国道路交通安全法实施条例》“第七十八条 高速公路应当标明车道的行驶速度，最高车速不得超

过每小时 120 公里，最低车速不得低于每小时 60 公里。在高速公路上行驶的小型载客汽车最高车速不得超过每小时 120 公里，其他机动车不得超过每小时 100 公里，摩托车不得超过每小时 80 公里。”，即我国的限速为最高 120km/h，货车为 100km/h，为了能检测车流，特别是货车车流，车辆动态称重系统的速度范围最高应可达 120km/h 或 100km/h。根据 GB1589-2016《汽车、挂车及汽车列车外廓尺寸、轴荷及质量限值》规定了货车最大允许总质量限值（最高 49 吨），根据目前国内货车的质量和实际行驶情况，在高速公路上货车的速度可达 100km/h。目前一般认为对车速为 15km/h 以上的车辆进行的动态称重为高速动态称重，对车速为 15km/h 以下的车辆进行的称重为低速动态称重。有时为了获得更高的称重精度，会强制车速降到 15km/h 以下。虽然我国对动态称重系统的研究取得很大的进步，研究的种类样式也逐步增多，但由于我国研究起步晚，对车辆高速动态称重过程中的各种干扰未作深入分析，轴重检测精度平均误差一般在  $\pm 1\% \sim \pm 30\%$  之间。

随着计算机技术、网络技术、通信技术、监控技术的迅速发展，超限执法、交通情况调查等检测技术也在不断更新。例如，现大力推广的非现场执法模式可以有效地避免以往只能在固定超限超载检测站内，通过静态检测车辆的弊病；轴载调查作为交通情况调查的一种，能够科学地为公路养护措施、合理分配公路养护和改造资金提供重要依据。汽车轴重动态检测仪作为超限预检、执法、轴载调查的动态称重核心装置，不断向多样化、智能化方向发展，但由于国内起步晚，为了更好的促进相应产品生产、使用和推广，需要对现有《汽车轴重动态检测仪》检定规程进行修订。

### 3.2.3、JJG(交通)005-2005 修订对比

与修订前对比，本规程新增了“引言”、“引用文件”、“术语和计量单位”三部分；在“计量性能要求”一章中，去掉了原规程中“轴重仪的精度要求”、“轴重仪置信度”两节，新增了“检测参数要求”“准确度等级”“最大允许误差和最大允许偏差”“分度值”“最小称量”“指示装置和打印装置的一致性”六节；在“通用技术要求”一章中，新增了“计量安全性”“指示装置和打印装置”“车辆识别装置”“车辆引导装置”“称量速度”“计量法制标志和计量器具标识”六节。

“检测参数要求”明确了检测车辆的主要参数；

根据轴重仪使用环境及我国情况，新标准提出轴重仪准确度检定采用一辆两轴刚性货车，一辆三轴或四轴刚性货车，及一辆至少四轴的绞接挂车用于测试。旧标准仅采用两轴载货汽车一辆，检定代表车型不完整。

### 3.3、预期的经济效果

#### 3.3.1 社会经济效益分析

##### (1) 超限执法带来的社会经济效益

传统治理超限检测系统具有极大的不便，待检货运车辆积压排队现象严重，严重影响了公路治超工作的顺利进行，治超站点的通行效率影响了公路、交通系统乃至一个地区、一个省份的对外形象。并且，传统的治超检测方式人工可干预检测，容易诱发治超执法过程中公路“三乱”行为，破坏治超秩序。

目前正在推广的非现场执法系统主要由汽车轴重动态检测仪、车辆分离系统、车辆抓拍与车牌识别系统、计算机超载自动判别系统、显示诱导系统、指挥系统等子系统组成。具有全自动、全封闭、不停车、快速检测、人为不可干预、不受自然因素影响、结构设计独特、密封性能良好、检测精度高、安装维修方便、可实现联网管理等的特点。

另外，多地安装的超限预检系统能够使超限车辆与非超限车辆有效分流，极大缓解超限检测站的工作压力，避免交通拥堵，无需人工干预，使治超工作人员劳动强度大大降低。

据统计，我国每年交通事故致死者中，有 30%至 40%是因超限超载车辆事故致死。货车所装货物每超限一倍，对路面的破坏程度可达六倍，每年我国因路面损坏维修所造成的损失高达 300 亿元。基于汽车轴重动态检测仪的非现场执法系统能够有效保护国家路产路权、减少公路不恰当损坏，保障公路完好、安全和畅通，突破传统公路低效、高危险的治超模式，按照仅治理一半的超限车辆计算，超限车辆因路面损坏维修费可减少 150 亿元。

相比传统治理超限模式，非现场执法系统能够大幅减少人力成本，节约土地资源。保守估计全国治超站数量约 8000 个，每个站点平均配备 20 人，每人每年花销约 10 万，通过非现场执法的使用，可节约人力成本至少 160 亿。超限站平

均占地 5 亩，按每亩征地费用 8 万元，可节约征地资源 32 亿。

尽管以上估算数据可能存在一定的不确定性，但基于汽车轴重动态检测仪的超限预检、非现场执法系统能够有效治理超限超载，大幅降低人力成本，促进公正公平、严格执法，增强治超社会透明度。同时，超限预检、非现场执法系统有效地提高了高速公路出入口车辆通行效率，解决了因治超引发的交通拥堵，还能够缓解相邻高速公路出入口的交通压力，保护城市道路，减少和节约由于停车、启动造成的污染与油耗，经济和社会效益明显，为建立高速公路治超工作长效机制探索出一条新路。

### （2）轴载调查带来的社会经济效益

对于公路交通观测方面，目前观测站点数量少，覆盖率低、自动化程度低，调查数据的代表性不强，不能真实反映路网交通量在时间和空间上的变化情况，交通资料整理和分析工作效率低、实时性差，多数观测站数据处理仍依靠人工，部分观测站所使用的数据处理系统软件也无法满足实际工作的需要，给工作带来极大不便，难以满足路面设计和管理的需要。

公路路面和桥梁结构在设计均需以标准轴重和疲劳寿命为主要依据。若大量车辆的轴重超过标准轴重将大大缩短路面和桥梁疲劳寿命，甚至直接破坏路面和桥梁结构。因此，及时对公路路面和桥梁结构进行轴载调查，能为设计、管养等提供合理、科学、可靠依据，起到防范于未然的重要作用。

轴载调查系统能够提供全面可靠的轴载信息数据，预测未来轴载分布趋势、评估公路路面和桥梁承载力、评估公路路面和桥梁受车辆载荷影响损伤程度等，大幅节约人力交通数据调查成本，降低因设计不合理带来的交通事故率，经济和社会效益显著。

汽车轴重动态检测仪具有称量迅速准确、操作使用方便、安装维护简单，占地面积小的特点，广泛用于公路交通管理、市政工程等领域，尤其适用于超限执法、预检、轴载调查等。在市场需求量正在迅速增长的环境下，通过修订《汽车轴重动态检测仪》检定规程，规范指导汽车轴重动态检测仪生产、使用和推广，能让产品更好的服务于社会，带来可观的经济效益。

### 3.3.2 检定能力可行性分析

我国自 2001 年实施计重收费已达 16 年，至 2011 年已全面实行高速公路载货类汽车计重收费。期间全国各地根据交通部出台的《收费公路试行计重收费指导意见》均制定了相应的计重收费政策。执行至今，高速公路计重收费政策不断得到完善，相应的动态称重检测技术、设备、人员、手段、经费等配套资源齐全，除检定的具体流程有区别外，为本规程的执行提供了较好的工作基础。

#### **四、采用国际标准和国外先进标准的程度，以及与国际、国外同类标准水平的对比情况，或与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况**

本规程遵循“积极采纳国内外相关标准内容；体现目前技术的先进性；实施中的可行性和可操作性”的修订原则，参照了 ASTM E1318 (2009)《The Standard Specification for Highway Weigh-In-Motion Systems with user Requirements and Method》、Cost 323《Weight-In-Motion of Road Vehicles》、NIST 44 (2016)《Specifications, Tolerances, and Other Technical Requirements for Weighing and Measuring Devices》、OIML R134-1(2006)《Automatic instruments for weighing road vehicles in motion and measuring axle loads Part1: Metrological and technical requirements-Tests》、JJG 907-2006《动态公路车辆自动衡器》国家计量检定规程、GB/T 21296-2007《动态公路车辆自动衡器》国家标准、JJG(交通)005-2005《汽车轴重动态检测仪》交通行业计量检定规程等检定规程和标准有关的内容，并结合我国实际情况修订。

#### **4.1 主要国家、地区及国际组织相关标准**

为了对汽车动态轴重仪进行规范，欧美国家均依据各自的国情相继制定了动态轴重仪标准体系。从科学的角度来讲，汽车动态轴重仪的检测精度既与轴重仪本身的软硬件相关，又会受到轴重仪应用场合的车辆、路面等工况影响，因此通常从统计学的角度来衡量汽车动态轴重仪的检测精度。目前国际已形成美国、欧洲两个主要的汽车轴重仪标准体系，虽然两大体系的精度划分有所区别，但均对现场环境、检测方法、结果处理做了明确的规定。

##### **4.1.1、美国汽车动态轴重仪标准体系**

(1) 美国材料试验学会 ASTM E1318

美国材料试验学会 ASTM 制定的公路动态称重系统标准 E1318《The Standard Specification for Highway Weigh-In-Motion Systems with user Requirements and Method》(1990) 是第一份包含检定程序及检定方法的正式文件。规范包含了动态称重系统的各个方面, 包括参考衡器的选择、检定及测试的流程、现场条件的要求等。

ASTM E1318 (2009) 根据公路动态称重系统的应用范畴将其划分为四类。一、二类为完备的高速动态称重系统, 设计为可安装在交通数据采集点的一个或多个车道, 一类设备要求速度范围为 16~130km/h, 二类设备要求速度范围为 24~130km/h, 二类设备不要求轮重信息。三类定义为超重车辆预检系统, 设计为安装在超重执法站或直接安装于主线公路上, 要求对速度范围 16~130km/h 的车辆进行检测, 安装于执法站的设备要求提供加速度信息。第四类为低速动态称重系统, 为称重执法站检验违法超重而设计, 要求可以在 3~16km/h 的速度范围内对车辆进行检测。四类系统的精度要求如表 6。

表 9 ASTM E1318 (2009) 动态称重系统精度要求

功能	95%的数据符合以下要求				
	一类	二类	三类	四类	
				最小值* (公斤)	正负误差* (公斤)
轮重	±25%		±20%	2300	100
轴重	±20%	±30%	±15%	5400	200
总重	±10%	±15%	±6%	27200	1100
速度	±2km/h*				
轴距	±0.15m*				

\*: 英制单位转国际单位的近似值

ASTM E1318 对动态称重系统的检定精度也做了明确的规定。动态称重系统型式评价、安装后的首次校准及现场环境发生改变后均需进行系统准确度检定的测试。四类系统的测试包含: ①两辆测试车辆分别以用户规定的最高速度和最低速度多次测试; ②交通流中选取的 51 辆车的的历史数据 (仅型式评价)。综合考虑两个项目测试结果, 如果超过 95% 的测试数据在允许误差范围内即判不合格。对于第

四类系统，其允许误差为表 1 所示的一半。

(2) 美国国家标准与技术研究院 NIST 44 手册

美国商务部下属国家标准与技术研究院 NIST 在 2016 版的 44 手册中新增了暂定的用于车辆执法筛查的动态称重系统内容。其仅规定了一个等级 A 的要求，要求轴载荷误差不大于±20%，轴组载荷误差不大于±15%，总重误差不大于±10%。速度要求覆盖 0.8 倍的最高速至最高速度范围。测试时要求使用至少两辆车，推荐一辆轻载两轴刚性车和一辆重载五轴半挂车，每辆车至少 20 次动态测试以及 20 次不同位置的测试。

4.1.2、欧洲轴重仪标准体系

(1) 欧洲科技委员会 Cost 323

继美国之后，欧洲科技委员会制定了欧洲动态称重系统规范 Cost 323 《Weight-In-Motion of Road Vehicles》。Cost 323 总体上与 ASTM E1318 (1990) 一脉相承，其建立在美国标准的基础之上，内容更加丰富。

Cost 323 通过分析用户主要需求，发现动态称重系统主要有交通数据统计、车辆详细基础数据获取、预检和执法三大类用途。结合用户需求及动态称重系统技术条件，Cost 323 提出了适应范围更广的动态称重精度等级，见表 7。

表 10 Cost 323 动态称重精度等级要求

功能	使用条件	精度等级(置信区间 $[-\delta, +\delta]$ (%))						
		A(5)	B+(7)	B(10)	C(15)	D+(20)	D(25)	E
总重	总重>3.5吨	5	7	10	15	20	25	>25
单轴	轴载>1吨	8	11	15	20	25	30	>30
轴组中的轴		10	14	20	25	30	35	>35
速度	速度>30km/h	2	3	4	6	8	10	>10
轴距		2	3	4	6	8	10	>11
流量		1	1	1	3	4	5	>5

其中，速度条件仅适用于系统无法在静态或者低速下工作的系统。等级 E 按

精度不同可划分为 E(30)、E(35)、E(40)……具体精度划分为总重每个等级相差 5%，轴重每个等级相差 6%。

Cost 323 对用于动态检测的车辆具有明确的要求，其中一种测试方法为至少选择三至四辆测试车辆，其中两轴货车满载（ $3.5t \pm 1t$ ）、四轴以下刚性货车满载至其允许最大质量（ $10t \sim 25t$ ）、半挂车装载 30t 以上以及满载的全挂汽车列车。型式评价检定及安装后的首次检定包括两部分内容，第一部分为精度预划分测试，另一部分为精度检查测试。

精度预划分测试使用两辆货车，每辆货车一个负载，在最高速度进行 4 次测试、1.2 倍和 0.8 倍最高速度分别进行两次测试，共计 8 次测试。

精度检查测试使用四辆测试货车进行 110 次过车测试，各型车辆测试速度及测试次数见表 8。

表 11 Cost 323 各型车辆测试速度及测试次数

测试车辆	速度	合计次数	测试次数	
两轴刚性货车	1.2V <sub>m</sub>	30	8	20
	V <sub>m</sub>		14	
	0.8V <sub>m</sub>		8	
三轴或四轴刚性货车	1.2V <sub>m</sub>	6	1	4
	V <sub>m</sub>		4	
	0.8V <sub>m</sub>		1	
五轴半挂车	1.2V <sub>m</sub>	60	15	40
	V <sub>m</sub>		30	
	0.8V <sub>m</sub>		15	
汽车列车	1.2V <sub>m</sub>	14	4	9
	V <sub>m</sub>		6	
	0.8V <sub>m</sub>		4	

精度检查测试还包括两辆测试车辆共计 6 次的自由行车测试，分别为 2 轴刚性货车和半挂车。每辆车均需完成一次半个车身从传感器外通过，一次第一个传感器正常通过、第二个传感器半个车身外通过，以及一次刹车通过测试，以检查系统对于异常状况的识别情况。

(2) OIML 国际建议 R134

OIML R134 (2006) 规定了对动态公路车辆自动衡器 (简称“动态汽车衡”) 的要求和试验方法, 旨在用一致和溯源的方式为评价动态汽车衡的计量特性和技术特性提供标准化的要求和程序。

R134 (2006) 将动态汽车衡的车辆总质量的准确度等级划分为 6 个等级, 表示为: 0.2, 0.5, 1, 2, 5, 10。单轴载荷和轴组载荷的准确度等级划分为 6 个等级, 表示为: A, B, C, D, E, F (注: 对于单轴载荷和轴组载荷, 同一台动态汽车衡可具有不同的准确度等级)。

车辆轴载荷 (单轴载荷或轴组载荷) 和车辆总质量准确度等级的对应关系见表 9。

表 12 车辆轴载荷和车辆总质量的准确度等级关系

单轴载荷或轴组载荷的 准确度等级	车辆总质量的准确度等级					
	0.2	0.5	1	2	5	10
A	√	√				
B	√	√	√			
C		√	√	√		
D			√	√	√	
E				√	√	√
F						√

## 4.2 本规程与主要国家、地区及国际组织相关规程和标准的对比

### 4.2.1、实施时间对比

修订的本规程计划从 2017 年开始实施, 对我国汽车轴重动态检测仪进行检定。ASTM E1318 是国际上第一个正式发布的动态称重系统标准, 最早版本发布于 1990 年, 被国内外动态称重设备生产商广泛采用。后又相继发布了 90 E1 版、92 版 [1993. 1]、94 版 [1994. 6]、00 版 [2000. 9]、00 E1 版 [2000. 11]、02 版 [2002. 2] 及 09 版 [2009. 2]。Cost 323 作为在美国 ASTM E1318 (1994 版) 基础上发展起来的欧洲动态称重技术指导性文件, 有 19 个国家参与其中, 从 1993 年开始筹备, 2000 年完成出版。相比而言, 我国的汽车轴重动态检测仪检定规程实施时间晚

于美国，JJG 907《动态公路车辆自动衡器》国家计量检定规程最早版本于1996年发布实施，JJG(交通)005《汽车轴重动态检测仪》交通行业检定规程最早版本于1993年发布实施。

#### 4.2.2、精度测试方法对比

我国现行规程JJG907-2006《动态公路车辆自动衡器》国家计量检定规程规定的车辆总重准确度等级共6个，分别为0.2、0.5、1、2、5、10，每个等级对应的总重最大允许误差见表10，单轴载荷或轴组载荷的准确度等级共6个，分别为A、B、C、D、E、F每个等级对应的单轴载荷或轴组载荷最大允许误差见表11，车辆准确度等级与单轴载荷或轴组载荷的准确度等级对应关系见表12。

表13 JJG907-2006 车辆总重准确度等级

准确度等级	车辆整体总重量约定真值的百分比	
	首次和后续检定	使用中检查
0.2	±0.10%	±0.2%
0.5	±0.25%	±0.5%
1	±0.50%	±1.0%
2	±1.00%	±2.0%
5	±2.50%	±5.0%
10	±5.00%	±10.0%

表14 JJG907-2006 单轴载荷或轴组载荷的准确度等级

准确度等级	双轴刚性参考车辆实验时的最大允许误差		非双轴刚性参考车辆实验时的最大允许偏差	
	以静态参考单轴载荷约定真值的百分比		以单轴载荷(或轴组载荷)修正平均值的百分比	
	首次检定和后续检定	使用中检验	首次检定和后续检定	使用中检验
A	±0.25%	±0.50%	±0.50%	±1.00%
B	±0.50%	±1.00%	±1.00%	±1.50%
C	±1.00%	±1.50%	±1.50%	±2.00%

D	±1.50%	±2.00%	±2.00%	±4.00%
E	±2.00%	±4.00%	±4.00%	±8.00%
F	±4.00	±8.00	±8.00	±16.00%

表 15 JJG907-2006 车辆轴载荷和车辆整车总重量的准确度等级关系

单轴载荷或轴组载 荷的准确度等级	车辆整车总重量的准确度等级					
	0.2	0.5	1	2	5	10
A	√	√				
B	√	√	√			
C		√	√	√		
D			√	√	√	
E				√	√	√
F						√

现行 JJG（交通）005 为 2005 版，其中根据轴重仪的应用范围不同，仅规定了用于执法和收费为目的的轴重仪车辆总重允许误差±7%、轴重允许误差±11%，用于基础设施设计、维护或评估和超载车辆预选为目的的轴重仪车辆总重允许误差±10%、轴重允许误差±15%，用于交通数据采集和统计为目的的轴重仪车辆总重允许误差±20%、轴重允许误差±25%。

我国轴重仪主要使用范围包括超限预检、高速公路入口劝返、公路超限运输非现场执法、轴载调查等方面，根据我国轴重仪使用范围及轴重仪动态称重技术条件，提出以 JJG907-2006 准确度等级为主的分类标准，实际使用中由业主或计量院根据项目情况自行选择适用的检定规程。

根据轴重仪使用环境及我国情况，提出轴重仪准确度检定采用一辆两轴刚性货车，一辆三轴或四轴刚性货车，及一辆半挂车或汽车列车用于测试。每种测试车辆均应在最高速度、最低速度和典型速度分别完成 6 次道路中间通过、2 次道路左侧通过和 2 次道路右侧通过测试。轴重仪还应在速度间隔不大于 10km/h 的多个中间速度分别完成至少每个速度段的测试。试验最低速度和最高速度由检定申请单位根据本路段最高速度限制要求、招标要求、实际使用要求、路段路面现行情况等作出申请。

## 五、与有关的现行法律、法规和强制性标准的关系

无。

## 六、重大分歧意见的处理经过和依据

规程制订中，对一些重大意见分歧采取研讨和试验验证等方式加以解决，体现了科学化、民主化和行业化的工作特点。目前本规程征求意见稿无遗留的重大意见分歧。

## 七、贯彻规程的要求和措施建议

本规程由于其特殊性，颁布、贯彻实施前会及时在公众媒体、行业内部甚至对外的有关信息上公开宣传。使相关单位能够积极主动的购买有关规程和资料、参加培训、结合本单位实际学习研究规程并准备贯彻实施规程。

规程归口单位进行宣贯指导，组织规程宣贯培训班，由规程制定人员主讲。设立专门的答疑或咨询联络小组，为贯标单位排忧解难，根据需要采用无偿或有偿服务。

本规程适用于汽车轴重动态检测仪生产和使用单位的自检，也适用于计量部门的首次检定、后续检定和使用中检查。

建议本规程为交通运输行业检定规程。

## 八、其他应予说明的事项

无。

## 九、附件：汽车轴重动态检测仪测量不确定度分析报告

附件：

# 汽车轴重动态检测仪 测量不确定度分析报告

《汽车轴重动态检测仪检定规程》起草小组

2017年8月

## 1 测量模型及不确定度评定

### 1.1 测量模型

动态公路车辆自动衡器测量误差模型为：

单轴载荷：

$$E_{Axle} = Axle - \overline{CorrAxle} \quad (1)$$

其中， $E_{Axle}$  是单轴载荷测量误差， $Axle$  是单轴载荷测量值， $\overline{CorrAxle}$  是单轴载荷的约定真值。

整车总质量：

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

其中， $E_{VM}$  是整车总质量测量误差， $VM$  是整车总质量测量值， $VM_{ref}$  是整车总质量参考真值，由车辆在控制衡器上进行静态称量得到。

车辆总轴距：

$$E_{WL} = WL - WL_{ref} \quad (3)$$

其中， $E_{WL}$  是整车总轴距测量误差， $WL$  是整车总轴距测量值， $WL_{ref}$  是整车总轴距参考真值，由车辆水平面上进行轴距测量得到。

车辆速度：

$$E_{SP} = SP - SP_{ref} \quad (4)$$

其中， $E_{SP}$  是车辆速度测量误差， $SP$  是车辆速度测量值， $SP_{ref}$  是车辆速度参考真值，由车辆动态试验时通过标准测速仪测量得到。

对于轴重仪而言，用于轴重仪试验的参考车辆有双轴刚性参考车辆，三轴/四轴刚性参考车辆，挂车或铰接车辆。对于这些不同的车辆，整车总质量的误差、轴距误差及速度误差计算都是通过公式（2）得到；而对于轴载荷，尽管误差也是通过公式（1）计算，但单轴载荷的约定真值是通过不同的方法得到：对于双轴刚性参考车辆，各轴分别在控制衡器上进行多次静态称量（通常是 10 次），然后通过计算得到；对于其他类型参考车辆，均为各车辆在被测衡器上动态称量的平均值计算得到。由于相同载荷下双轴刚性参考车辆相对其他类型参考车辆的单

轴载荷允许误差的绝对值最小，因此本报告主要以双轴刚性参考车辆的情况进行分析。

## 1.2 不确定度评定

### 1.2.1 单轴载荷测量误差不确定度评定

根据公式 (1)，单轴载荷测量误差的不确定度主要包括两部分，下面分别进行阐述。

#### 1.2.1.1 单轴载荷测量值引入的不确定度分量

主要包括两个方面：

1) 测量引入的不确定度分量，

为 A 类不确定度分量，通过标准偏差得到，根据贝塞尔公式，有

$$u(I_{repi}) = s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (Axle_{ij} - \overline{Axle}_i)^2} \quad (5)$$

$$\overline{Axle}_i = \frac{\sum_{j=1}^{10} Axle_{ij}}{10}$$

其中： $i$ ——参考车辆轴的编号；

$j$ ——称量次数的序号；

$Axle_{ij}$ ——第  $i$  根轴的单轴载荷第  $j$  次示值；

$\overline{Axle}_i$ ——第  $i$  根轴的单轴载荷平均值。

2) 分度值  $d$  的影响

为 B 类不确定度分量。考虑到示值范围是  $\pm 1/2 d$  之间均匀分布，则其影响量为：

$$u(d) = d_{Axle} / 2\sqrt{3} \quad (6)$$

则

$$u(Axle_i) = \sqrt{u^2(I_{repi}) + u^2(d)} \quad (7)$$

#### 1.2.1.2 单轴载荷静态约定真值的不确定度分量

对于双轴刚性参考车辆，其单轴载荷的静态约定真值的计算公式为：

$$\overline{CorrAxle}_i = \overline{Axle}_i \times \frac{VM_{ref}}{VM} \quad (8)$$

$$\overline{VM} = \sum_{i=1}^2 \overline{Axle_i} \quad (9)$$

将 (9) 代入 (8)，则双轴刚性参考车辆第 1 个单轴的静态约定真值所引入的不确定度分量计算公式为：

$$u(\overline{CorrAxle_1}) = \sqrt{c_1^2 u^2(\overline{VM}_{ref}) + c_2^2 u^2(\overline{Axle_1}) + c_3^2 u^2(\overline{Axle_2})} \quad (10)$$

$$\text{其中 } c_1 = \frac{\overline{Axle_1}}{\overline{Axle_1} + \overline{Axle_2}}, \quad c_2 = \frac{\overline{Axle_2} \cdot \overline{VM}_{ref}}{(\overline{Axle_1} + \overline{Axle_2})^2}, \quad c_3 = \frac{\overline{Axle_1} \cdot \overline{VM}_{ref}}{(\overline{Axle_1} + \overline{Axle_2})^2}$$

对于第 2 个单轴，(10) 同样成立，此时仅系数  $c_1$  不同，为  $c_1 = \frac{\overline{Axle_2}}{\overline{Axle_1} + \overline{Axle_2}}$ 。

$u(\overline{VM}_{ref})$  是整车总质量参考真值的不确定度，其值见 1.2.2.2 中分析。

$u(\overline{Axle_i})$  ( $i = 1, 2$ ) 分别是第 1 个单轴和第 2 个单轴的静态约定真值的不确定度。

由于各单轴在控制衡器进行 10 次测量，且  $\overline{Axle_i}$  为其均值，则  $u(\overline{Axle_i})$  的分量中首先包括测量过程所引入的不确定度分量，按 10 次测量的平均标准差作为测量过程的不确定度分量，以  $u(AS_i)$  代表两个轴测量过程的不确定度分量。

在得到  $\overline{Axle_i}$  时需要考虑控制衡器分度值的影响，其引入的影响可参考 (6) 得到，以  $u(AZ_i)$  代表两个轴测量时控制衡器分度值引入的不确定度分量。

则有

$$u(\overline{Axle_i}) = \sqrt{u^2(AS_i) + u^2(AZ_i)} \quad (11)$$

则

$$u(E_{Axlei}) = \sqrt{u^2(\overline{Axle_i}) + u^2(\overline{CorrAxle_i})} \quad (12)$$

并按  $k = 2$  得到扩展不确定度。

## 1.2.2 整车总质量测量误差不确定度评定

### 1.2.2.1 整车总质量测量值引入的不确定度分量

主要包括两个方面：

1) 测量引入的不确定度分量，

为 A 类不确定度分量，通过标准偏差得到，根据贝塞尔公式，有

$$u(I_{repVM}) = s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (VM_j - \overline{VM})^2} \quad (13)$$

$$\overline{VM} = \frac{\sum_{j=1}^{10} VM_j}{10} \quad (14)$$

其中： $j$ ——称量次数的序号；

$VM_j$ ——整车总质量第  $j$  次示值；

$\overline{Axle_i}$ ——第  $i$  根轴的单轴载荷平均值。

## 2) 分度值 $d$ 的影响

为 B 类不确定度分量，用符号  $u(d_C)$  表示，评定方法参考式 (6)。

$$u(d) = d_{Axle} / 2\sqrt{3}$$

$$u(VM) = \sqrt{u^2(I_{repVM}) + u^2(d)} \quad (15)$$

### 1.2.2.2 整车总质量参考值引入的不确定度分量

整车总质量的参考值是将被测车辆加载到控制衡器上称量得到，因此其引入的不确定度分量主要由控制衡器的测量不确定度得到，当控制衡器具有校准证书时，可直接由校准证书得到。但本次测试时，控制衡器没有校准证书，只有检定证书，因此需要评定控制衡器的测量不确定度。其不确定度包括：

#### 1) 控制衡器的分度值 $d_C$ 引入的不确定度分量

B 类不确定度分量，与前面的分度值引入的不确定度分量处理方法一样，以  $u(VM_d)$  表示。

#### 2) 检定控制衡器所用标准砝码引入的不确定度分量

以  $u(w)$  表示由标准砝码引入的不确定度分量，且为 B 类不确定度分量。检定控制衡器时所用砝码为  $M_1$  等级砝码，由于在参考车辆处于空载时测量空车载荷，控制衡器的称量范围不超过 10 t，使用的砝码不超过 10 t，则  $M_1$  等级 10 t 标准砝码引入的不确定度分量为其 MPE 除以  $\sqrt{3}$  得到，为 0.29 kg。

考虑到标准砝码在使用中具有漂移及空气浮力影响，均为 B 类不确定度分量，漂移按标准砝码 MPE 除以  $3\sqrt{3}$  得到，为 0.09 kg；空气浮力影响按标准砝码 MPE 除以  $4\sqrt{3}$  得到，为 0.07 kg。则标准砝码引入的不确定分量为 0.31 kg。

则有

$$u(VM_{ref}) = \sqrt{u^2(VM_s) + u^2(VM_d) + u^2(w)} \quad (16)$$

在得到整车总质量测量值引入的不确定度分量和整车总质量参考值的不确定度分量后，则

$$u(E_{VM}) = \sqrt{u^2(VM) + u^2(VM_{ref})} \quad (17)$$

并按  $k=2$  得到扩展不确定度。

### 1.2.3 整车总轴距测量误差不确定度评定

#### 1.2.3.1 整车总轴距测量值引入的不确定度分量

主要包括两个方面：

1) 测量引入的不确定度分量，

为 A 类不确定度分量，通过标准偏差得到，根据贝塞尔公式，有

$$u(I_{repWL}) = s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (WL_j - \overline{WL})^2} \quad (18)$$

$$\overline{WL} = \frac{\sum_{j=1}^n WL_j}{n} \quad (19)$$

其中： $j$ ——称量次数的序号；

$WL_j$ ——整车总轴距第  $j$  次示值；

$\overline{WL}$ ——车辆总轴距测量的平均值。

2) 轴距分度值  $d$  的影响

为 B 类不确定度分量，用符号  $u(d_{WL})$  表示，评定方法参考式 (6)。

$$u(d_{WL}) = d_{WL} / 2\sqrt{3}$$

$$u(WL) = \sqrt{u^2(I_{repWL}) + u^2(d_{WL})} \quad (20)$$

#### 1.2.3.2 整车总轴距参考值引入的不确定度分量

整车总轴距的参考值是将被测车辆静置于水平面上多次测量第一根轴到最后一个轴中心线间的距离得到的，因此其引入的不确定度分量主要包括下面两个方面：

1) 测量引入的不确定度分量，

为 A 类不确定度分量，通过标准偏差得到，根据贝塞尔公式，有

$$u(I_{repWL_{ref}}) = s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (WL_{refj} - \overline{WL_{ref}})^2} \quad (21)$$

$$\overline{WL_{ref}} = \frac{\sum_{j=1}^n WL_{refj}}{n} \quad (22)$$

其中： $j$ ——称量次数的序号；

$WL_{refj}$ ——整车总轴距参考值第  $j$  次示值；

$\overline{WL_{ref}}$ ——车辆总轴距测量的平均值。

## 2) 测距装置分度值 $d$ 的影响

为 B 类不确定度分量，用符号  $u(d_{WL_{ref}})$  表示，评定方法参考式 (6)。

$$u(d_{WL_{ref}}) = d_{WL_{ref}} / 2\sqrt{3}$$

$$u(WL_{ref}) = \sqrt{u^2(I_{repWL_{ref}}) + u^2(d_{WL_{ref}})} \quad (23)$$

在得到整车总轴距测量值引入的不确定度分量和整车总轴距参考值的不确定度分量后，有

$$u(E_{WL}) = \sqrt{u^2(WL) + u^2(WL_{ref})} \quad (24)$$

并按  $k=2$  得到扩展不确定度。

## 1.2.4 整车速度测量误差不确定度评定

### 1.2.4.1 整车速度测量值引入的不确定度分量

速度测量为单次测量的方式，其不确定度主要是由速度分度值引入的，为 B 类不确定度分量，用符号  $u(d_{SP})$  表示，评定方法参考式 (6)。

$$u(SP) = u(d_{SP}) = d_{SP} / 2\sqrt{3} \quad (25)$$

### 1.2.4.2 整车速度参考值引入的不确定度分量

整车速度的参考值是通过标准测速装置测量动态试验车辆得到的，其引入的不确定度分量主要由速度测量装置的测量不确定度得到。当标准测速装置具有校准证书时，可直接由校准证书得到。但本次测试时，标准测速装置没有校准证书，只有检定证书，因此需要评定标准测速装置的测量不确定度。其不确定度包括：

1) 标准测速装置的分度值  $d_{SP_{ref}}$  引入的不确定度分量

B 类不确定度分量，与前面的分度值引入的不确定度分量处理方法一样，以

$u(d_{SP_{ref}})$ 表示。

2) 标准测速装置的测量真值引入的不确定度分量

以 $u(SP_{real})$ 表示由距离测量装置引入的不确定度分量，且为B类不确定度，为其MPE除以 $\sqrt{3}$ 得到。则有

$$u(SP_{ref}) = \sqrt{u(d_{SP_{ref}})^2 + u(SP_{real})^2} \quad (26)$$

在得到整车速度测量值引入的不确定度分量和整车速度参考值的不确定度分量后，有

$$u(E_{SP}) = \sqrt{u^2(SP) + u^2(SP_{ref})} \quad (27)$$

并按 $k=2$ 得到扩展不确定度。

## 2 不确定度评定计算及分析

以双轴刚性参考车辆的一组测量值为例，进行计算分析。

一辆双轴刚性参考车辆的轴载荷测量值见表1。使用的控制衡器，测量时通过细分 $d=10\text{ kg}$ 。

表1 双轴刚性参考车辆的单轴载荷测量值

试验次数	车辆朝向	轴载荷 ( kg )		车辆质量, $VM$ ( kg )
		轴 1	轴 2	
1	前	2470	3660	
2	前	2470	3660	
3	前	2480	3660	
4	前	2470	3670	
5	前	2480	3660	
6	后	2460	3660	
7	后	2470	3670	
8	后	2480	3650	
9	后	2480	3650	
10	后	2470	3660	
均值		2473	3660	6133
修正平均轴载荷		2472	3658	6130
参考车辆质量 ( $VM_{ref}$ )				6130

通过表1可以得到 $\overline{u(Axle_i)}$ ，见表2。

表2  $\overline{u(Axle_i)}$  值

	第 1 轴 (kg)	第 2 轴 (kg)
$u(AS_i)$	2.13	2.10
$u(AZ_i)$	2.89	2.89
$u(\overline{Axle_i})$	3.59	3.57

对于整车总质量参考真值，其引入的不确定度分析见表 3。根据检定证书，控制衡器的重复性误差为 10 kg，考虑到检定时使用的载荷较大，而实际测量时使用的量程不超过 10 t，因此采用重复性误差除以 6 的方式给出  $u(VM_s)$ 。

表 3 整车总质量参考真值引入不确定度分量值

不确定度分量	不确定度分量值 (kg)
$u(VM_d)$	2.89
$u(w)$	0.31
$u(VM_{ref})$	3.35

一辆双轴刚性参考车辆的总轴距测量值见表 4。使用的距离测量装置  $d=0.001\text{m}$ 。

表 4 双轴刚性参考车辆的总轴距测量值

试验次数	车辆总轴距, $WL_{ref}$ ( m )
1	3.853
2	3.855
3	3.856
4	3.847
5	3.852
6	3.864
7	3.850
8	3.853
9	3.850
10	3.865
均值	3.8545

通过表 4 可以得到  $u(WL_{ref})$ ，见表 5。

表 5  $u(WL_{ref})$  值

	总轴距 (m)
$u(I_{repWL_{ref}})$	0.0059
$u(d_{WL_{ref}})$	0.0003
$u(WL_{ref})$	0.0059

动态试验的一组测量值见表 4。

表 4 动态试验双轴刚性参考车辆测量值

次数	车速 km/h	位置	轴载荷		车辆质量 VM	车辆轴距 (m)	标准速度
			Axle1	Axle2			
1	6	中心	2490	3660	6150	3.83	
2	4	中心	2460	3680	6140	3.82	
3	5	中心	2450	3680	6130	3.84	
4	8	中心	2470	3650	6120	3.84	
5	4	中心	2480	3600	6080	3.86	
6	3	中心	2470	3650	6120	3.88	
7	3	偏左	2450	3690	6140	3.84	
8	3	偏左	2480	3640	6120	3.87	
9	5	偏右	2450	3650	6100	3.86	
10	5	偏右	2460	3660	6120	3.88	
11	76	中心	2490	3630	6120	3.88	75
12	74	中心	2460	3660	6120	3.89	75
13	75	中心	2450	3680	6130	3.89	75
14	78	中心	2450	3650	6100	3.89	77
15	74	中心	2470	3680	6150	3.89	75
16	73	中心	2470	3670	6140	3.88	74
17	73	偏左	2450	3690	6140	3.88	73
18	73	偏左	2460	3640	6100	3.89	74
19	75	偏右	2450	3650	6100	3.89	76
20	75	偏右	2460	3660	6120	3.9	75
21	46	中心	2490	3690	6180	3.88	44
22	44	中心	2460	3660	6120	3.89	43
23	45	中心	2450	3680	6130	3.88	45
24	48	中心	2470	3640	6110	3.88	49
25	44	中心	2480	3680	6160	3.9	43
26	43	中心	2470	3670	6140	3.89	42
27	43	偏左	2450	3650	6100	3.88	45
28	43	偏左	2440	3640	6080	3.88	44
29	45	偏右	2450	3650	6100	3.88	45
30	45	偏右	2460	3660	6120	3.88	43
31	16	中心	2490	3690	6180	3.9	
32	14	中心	2460	3670	6130	3.89	
33	13	中心	2450	3680	6130	3.9	
34	22	中心	2490	3640	6130	3.9	21
35	24	中心	2460	3660	6120	3.91	23
36	23	中心	2480	3670	6150	3.89	24
37	32	中心	2450	3680	6130	3.9	32
38	33	中心	2470	3640	6110	3.89	32

39	35	中心	2450	3650	6100	3.88	34
40	54	中心	2470	3600	6070	3.83	55
41	53	中心	2500	3670	6170	3.83	54
42	53	中心	2450	3690	6140	3.84	53
43	63	中心	2470	3640	6110	3.85	64
44	65	中心	2450	3650	6100	3.86	65
45	65	中心	2460	3660	6120	3.85	66
均值			2464	3661	6124	3.88	
修正平均值			2472	3658	6130	3.85	
最大差值			-32	-58	-60	0.06	
MPE			100	150	150	0.15	

单轴载荷的不确定度评定值见表 5。

表 5 单轴载荷不确定度评定表

序号	不确定度来源	标准不确定度 (kg)	
		第 1 轴	第 2 轴
1	$u(\overline{Axle_i})$	3.59	3.57
2	$u(I_{rep_i})$	14.85	21.34
3	$u(d)$	2.89	2.89
合成标准不确定度 $u(E_{Axlei})$		15.41	21.78
扩展不确定度 $U(E_{Axlei})$ ( $k=2$ )		30.8	43.6

整车总质量不确定度评定值见表 6。

表 6 整车总质量不确定度评定表

序号	不确定度来源	标准不确定度 (kg)
1	$u(VM_{ref})$	3.35
2	$u(I_{repVM})$	24.15
3	$u(d)$	2.89
合成标准不确定度 $u(E_{VM})$		24.55
扩展不确定度 $U(E_{VM})$ ( $k=2$ )		49.1

整车总轴距不确定度评定值见表 7。

表 7 整车总轴距不确定度评定表

序号	不确定度来源	标准不确定度 (m)
1	$u(WL_{ref})$	0.0059

2	$u(I_{repWL})$	0.0241
3	$u(d_{WL})$	0.0002
合成标准不确定度 $u(E_{WL})$		0.0248
扩展不确定度 $U(E_{WL})$ ( $k=2$ )		0.0496

根据检定证书，速度测量装置的重复性误差为 1km/h。速度参考值误差  $u(SP_{real})$  按照重复性误差除以 6 得到，速度的不确定评定值见表 8

表 8 整车速度不确定度评定表

序号	不确定度来源	标准不确定度 (km/h)
1	$u(d_{SP})$	0.289
2	$u(d_{SPref})$	0.289
3	$u(SP_{real})$	0.167
合成标准不确定度 $u(E_{SP})$		0.441
扩展不确定度 $U(E_{SP})$ ( $k=2$ )		0.88

### 3 小结

根据 2 中分析和计算，可以得到表 7。

表 7 不确定度与 MPE 对照表

	第 1 轴 (kg)	第 2 轴 (kg)	总质量 (kg)	总轴距 (m)	速度 (km/h)
$U$	30.8	43.6	49.1	0.0496	0.88
MPE	100	150	150	0.15	3
$U/MPE$	0.31	0.29	0.32	0.33	0.29

根据表 7 可以看出， $U/MPE$  的值均小于 1/3，证明测量有效。