

基于远程在线监测技术的动态汽车衡计量评价研究

□金宇翔^{1,2,3}

[(1. 福建省计量科学研究所 2. 福建省力值计量测试重点实验室 3. 国家市场监督管理总局重点实验室 (力值计量测试)]

【摘要】针对当前动态汽车衡按照固定周期检定方法的效率低、数据滞后及无法实时监测的问题，本文提出了一种基于远程在线监测技术的动态汽车衡计量评价方法。通过整合“线上数据分析+线下计量评价”模式，建立了多维度数据采集、误差智能分析及判定计量评价方法。线上环节利用社会运输车辆的历史称重数据与参考值进行比对，实时计算误差并判定设备状态；线下环节针对数据不足或异常设备进行现场复检，确保评价可靠性。以福建省某地区四台动态汽车衡及就近一台参考动态汽车衡为案例，分析24 h内有效采集称重值，及时获取四个点位的误差分布及是否合格的结论。结果表明，该方法可有效识别设备失准问题，提升检定效率，为动态汽车衡的实时监测、精准监管及衡器产业发展提供技术支撑。

【关键词】动态称重；动态汽车衡；远程在线；监测技术；计量

文献标识码：A 文章编号：1003-1870 (2025) 05-0030-06

Research on Measurement Evaluation of Weigh-in-motion Equipment Based on Remote Online Monitoring Technology

【Abstract】 In view of the problems of low efficiency, data lag and real-time monitoring failure of the current dynamic truck scale verification method according to the fixed period, a dynamic truck scale measurement evaluation method based on remote online monitoring technology is proposed in this paper. By integrating the "online data analysis + offline measurement evaluation" mode, a measurement evaluation method of multi-dimensional data acquisition, intelligent error analysis and judgment is established. In the online link, historical weighing data of social transport vehicles are compared with reference values, to calculate the error in real time and determine the equipment status; in the offline link, equipment with insufficient or abnormal data are subject to on-site re-inspection to ensure the reliability of the evaluation. Taking four dynamic truck scales in a certain area of Fujian Province and a nearby reference dynamic truck scale as examples, the weighing values effectively collected within 24 h are analyzed, to obtain the error distribution of four points and the conclusion of whether they are qualified in a timely manner. The results show that this method can effectively identify the equipment misalignment problem, improve the verification efficiency, and provide technical support for the real-time monitoring and precise supervision of dynamic truck scales and the development of weighing instrument industry.

【Keywords】 weigh-in-motion; weighing instruments for vehicles in motion; remote online; monitoring technology; measurement

引言

准确、可靠的动态称重，在道路交通安全的各个环节中都发挥着至关重要的作用，已然成为判定货运车辆是否超载的关键手段。目前，我国动态汽车衡的保有量达数十万台，仅福建省内就有2100余台。这些动态汽车衡广泛应用于高速公路收费站出入口、普通公路路面以及超限检测站内等诸多场景，肩负着车辆总重计量以及贸易结算商品的称重任务。其准确性与可靠性，直接关联着道路安全、车辆合规性以及运输效率。依据市场监管总局发布的《关于调整实施强制管理的计量器具目录的公告》（2020年42号），动态汽车衡需进行强制检定。各计量技术机构均依照JJG 907—2006《动态公路车辆自动衡器检定规程》^[1]（以下简称“JJG 907规程”），对其开展定期强制检定工作。当下，动态汽车衡主

要通过每6个月或12个月的周期检定，来保障其计量结果的准确性、可靠性。然而，这种检定方式无法实时、充分地反映出动态汽车衡的实际运行状况，亟需研究出一种基于远程在线监测技术的计量评价方法，以解决现有动态汽车衡基数庞大，传统检定方法难以满足实际需求的问题。近年来，许多学者均对远程在线计量检测方法及其应用展开了相关研究^{[2][3][4]}。

1 开展远程在线监测计量评价的必要性

随着交通物流领域蓬勃发展，动态汽车衡建设的数量逐年增长且分布广泛，传统检定方式已经难以满足实际产业需求，此时的远程在线监测的必要性愈发凸显，如图1所示为某地区普通公路动态汽车衡现场检定图片。



图1 某地区普通公路动态汽车衡现场检定图片

动态汽车衡采用基于远程在线监测技术的计量评价方法的必要性主要体现在以下两个方面：

第一方面是传统检定方法困境重重：（1）数量与分布过于分散：动态汽车衡在公路治超、港口货运等众多领域得到了广泛应用。其设备数量庞大且分布极为零散，特别是在偏远地区或山区，不仅设备覆盖范围广，而且路况复杂多样。在这种情况下，传统的人工现场检定模式，需动用不少于三部检衡车进行现场数百米的道路布控，同时配备多个执勤人员以及安全保障车辆（夜间检定时还需防撞车等），导致检定效率极为低下；（2）检定流程复杂耗时：动态汽车衡的检定工作较为复杂，需要定期进行示值误差、重复性等多项检定项目。检定过程中，需携带不少于三部检衡车（装载数十吨砝码）以

及静态检定设备等。但由于受到运输条件、道路限行、场地协调等多种因素的限制，依据JJG 907规程的检定要求，单台检定耗时有时甚至长达数小时，这使得全国各地计量技术检定机构或授权机构的检定保障能力普遍不足。

第二方面是动态汽车衡称重结果存在差异所引发的争议，其根源在于称重误差具有不同判定标准、恶劣环境对设备寿命的影响等现状问题：（1）称重误差判定标准不一。动态汽车衡允许0.2级至10级多个准确度级别，并且误差范围包含正负偏差，这就导致同一车辆在不同设备上的称重结果存在显著差异。针对此问题，应当明确治超、贸易场景的强制准确度等级（如统一按5级），限定误差方向为单向负差（如路桥被压塌并非由少许误差造成），

该论文依托2024年福建省计量科学研究院科技计划项目（项目名称：基于智能在线监测技术的公路货运车辆超限超载动态称重系统检定方法研究，项目编号：FJJLK2024004）。

可参考同样用于交通执法的机动车测速仪和酒检仪强制检定结果为负差的要求；（2）恶劣环境影响设备寿命，安全隐患突出。动态汽车衡通常为露天安装，长期遭受日晒雨淋、重载冲击等恶劣环境因素的影响，容易导致秤台移位、传感器示值漂移、基础结构变形等一系列影响设备寿命的问题。

传统周期检定法存在数据滞后、效率低、数据孤岛及现场安全防护难以保障等问题。动态汽车衡在持续不断的大量重载货车交替冲击作用下，其计量性能的稳定性很难在检定有效期内得到充分保障，其真实误差只有在检定或维护时才会被发现，无法有效追踪设备状态中关键计量性能的变化情况，导致难以发现“检后失灵”的问题，或者存在失准“真空期”的隐患。随着智能在线监测和大数据

技术在各领域的深度融合应用，通过海量称重数据的深度挖掘，及对多设备间的称重数据进行智能对比分析，可打破数据孤岛，有利于深入挖掘超限超载行为的规律和特点。利用在线监测技术进行数据实时采集、分析和处理，能够实现对动态汽车衡的持续监控和即时评估，为动态称重管理提供有力支持。因此，动态汽车衡远程在线监测计量评价方法应用于实际检定中已经是一项迫在眉睫的产业需求问题。

2 计量评价方法设计

动态汽车衡基于远程在线监测技术的计量评价方法主要是采取“线上+线下”两种模式相结合。如图2所示，本文以普通公路动态汽车衡点位分布特点为例，其过程如下：

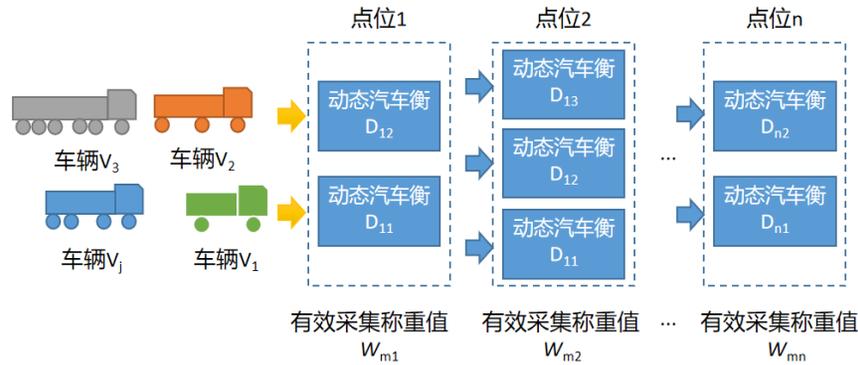


图2 普通公路动态汽车衡点位分布及计量评价过程示意图

（1）首先对全部动态汽车衡进行车辆总重赋值，生成有基础参考价值的 W_{ref1} 数据。考虑地理环境和道路点位影响，依据区域划分及路段重要性，筛选出车辆总重计量性能稳定数据构建更可靠的 W_{ref2} ，确保参考数据反映不同场景特性。专业机构在特定周期不定期开展称重复核试验，甄别出计量稳定的动态汽车衡，整合其称重结果形成新序列，如 $W_{ref3}, W_{ref4}, \dots, W_{refn}$ 等，并将静、动态数据上传至云端存储，为后续分析提供参考数据。

（2）日常运行中，详细记录经过多台动态汽车衡的货运车辆信息与称重数据。车辆信息含车牌号、过车时间、点位名称、照片或视频；称重信息有称重值、行驶速度、所在车道、对应动态汽车衡标识。多维度数据相互补充，为剖析称重因素提供支撑。

（3）基于所采集的数据，在第一预设时间段

ΔT_1 内，选择较短时间窗口 Δt ，聚焦同一车辆经多台动态汽车衡的称重信息。识别出同时经过临近某台参考动态汽车衡的有效采集称重值 $W_{m1}, W_{m2}, W_{mj}, \dots, W_{mn}$ ，与参考称重值对比，计算出反映称重偏差的误差值 E_{wj} ，揭示实际运行中的称重差异，为评估计量性能提供依据。

（4）为科学评估，根据不同动态汽车衡的相应准确度等级，设定误差限 E_{lim} ，若 $|E_{wj}| = |W_{mj} - W_{ref}| \leq |E_{lim}|$ ，判定动态汽车衡为合格，否则判定动态汽车衡为不合格，将该动态汽车衡标记为待复检或重点监测对象误差绝对值在设定的误差限内，判定动态汽车衡计量性能合格；超出则标记为待复查并予以重点关注，排查潜在问题。实际监测中，若数据采集不足（例如3种以上双轴刚性、四轴刚性及六轴铰接货运车辆各100辆），如在 ΔT_1 或第二预设时间 ΔT_2 的短时间 Δt 内，部分动态汽车衡未获足够有效

采集称重值，便启动线下计量评价模式，用标准检衡车现场检定并上传数据获取结果。对标记对象再次现场复查，上传数据得准确复查结果。此“线上数据分析+线下计量评价”深度融合的体系，能实时、全方位监控评估动态汽车衡运行状态。

3 评价过程及相关案例研究

为项目研究需要，本文选取福建省内某地区已对车辆总重赋值的部分动态汽车衡，对其中的某四台临近动态汽车衡作为本次远程在线监测误差评估的研究对象，结合以往周期的检定情况筛选出某台动态汽车衡（车辆总重计量性能稳定）作为参考动态汽车衡，形成了一组参考称重值 W_{ref2} ，并将其静、动

态数据上传至“云端”存储，为后续分析提供参考数据；详细记录经过以上选定的多台动态汽车衡的货运车辆信息与称重数据。车辆信息含车牌号、过车时间、点位名称、照片或视频；称重信息有称重值、行驶速度、所在车道、对应动态汽车衡标识等；在第一预设时间段2025年3月15日至4月14日的一个月时间段内，选择其中某天的24h监测时间，聚焦多组同一车辆经多台动态汽车衡的称重信息，识别出同时经过以上选定的参考动态汽车衡的有效采集称重值 $W_{m1}, W_{m2}, W_{mj}, \dots, W_{mn}$ ，得到比如表1所示的某地区普通公路动态汽车衡的部分监测数据情况，因监测的数据量较大，表1仅提供部分数据为例。

表1 某地区普通公路动态汽车衡的部分监测数据

序号	轴型	参考 点位 W_{ref}/kg	点位1		点位2		点位3		点位4	
			W_{m1} (kg)	误差 (%)	W_{m2} (kg)	误差 (%)	W_{m3} (kg)	误差 (%)	W_{m4} (kg)	误差 (%)
1	2	3450	3500	+1.45	3450	0.00	3500	+1.45	3300	-4.35
2	3	19800	19800	0.00	19550	-1.26	20050	+1.26	19050	-3.79
3	2	4400	4450	+1.14	/	/	4350	-1.14	4150	-5.68
4	6	27900	28050	+0.54	28300	+1.43	27650	-0.90	27150	-2.69
...
497	2	4100	/	/	4150	+1.22	4050	-1.22	/	/
498	3	18700	18450	-1.34	18450	-1.34	18650	-0.27	18150	-2.94
499	3	20100	19850	-1.24	19850	-1.24	/	/	/	/
500	6	28900	29200	+1.04	28550	-1.21	28550	-1.21	28450	-1.56

从表1所示的某地区普通公路动态汽车衡的部分监测数据来看，经过点位1、点位2、点位3及点位4，且同时经过参考点位，全部车辆的监测数据最多为500个，但按本文对有效采集称重值的要求，其中部分监测数据疑似中途装卸货（因同时经过多个点位的时间不符合正常行驶情况）或跨道、逆行、超低速、超高速、跳磅、遮挡车牌及外界干预等导致称重数据出现异常，因此在以下的误差分布分析前予以剔除，其不属于有效采集称重值。

基于以上已确定有效采集称重值的前提，如图3所示为该地区普通公路动态汽车衡的部分监测数据可以看出，在24h的监测时间内各点位的同一台动态汽车衡均有一定数量的双轴、三轴及六轴社会运输车辆经过，同时也经过参考动态汽车衡点位。

具体分析如下：

(1) 如图3(a)所示，其中参考点位共有195

个双轴社会运输车辆监测数据，同时全部经过点位1，经过点位2、点位3及点位4时分别降为182个、175个、132个，这说明部分双轴社会运输车辆并没有经过所有监测点位。同理，三轴社会运输车辆经过参考点位、点位1、点位2、点位3及点位4时分别为181个、181个、173个、154个及88个，此时的点位4出现了低于预设数量限值100个，不符合本次“线上”计量评价方法。如需要获取计量结果，应采取“线下”计量评价方法。再者，六轴社会运输车辆经过参考点位、点位1、点位2、点位3及点位4时，分别为124个、124个、112个、103个及53个，此时的点位4出现了低于预设数量限值100个，不符合本次“线上”计量评价方法。如需要获取计量结果，同样需要采取“线下”计量评价方法。而且，从该监测的有效采集称重值数量来看，因为点位4距离参考点位最远，一些社会货运车辆在点位3之后绕道至其

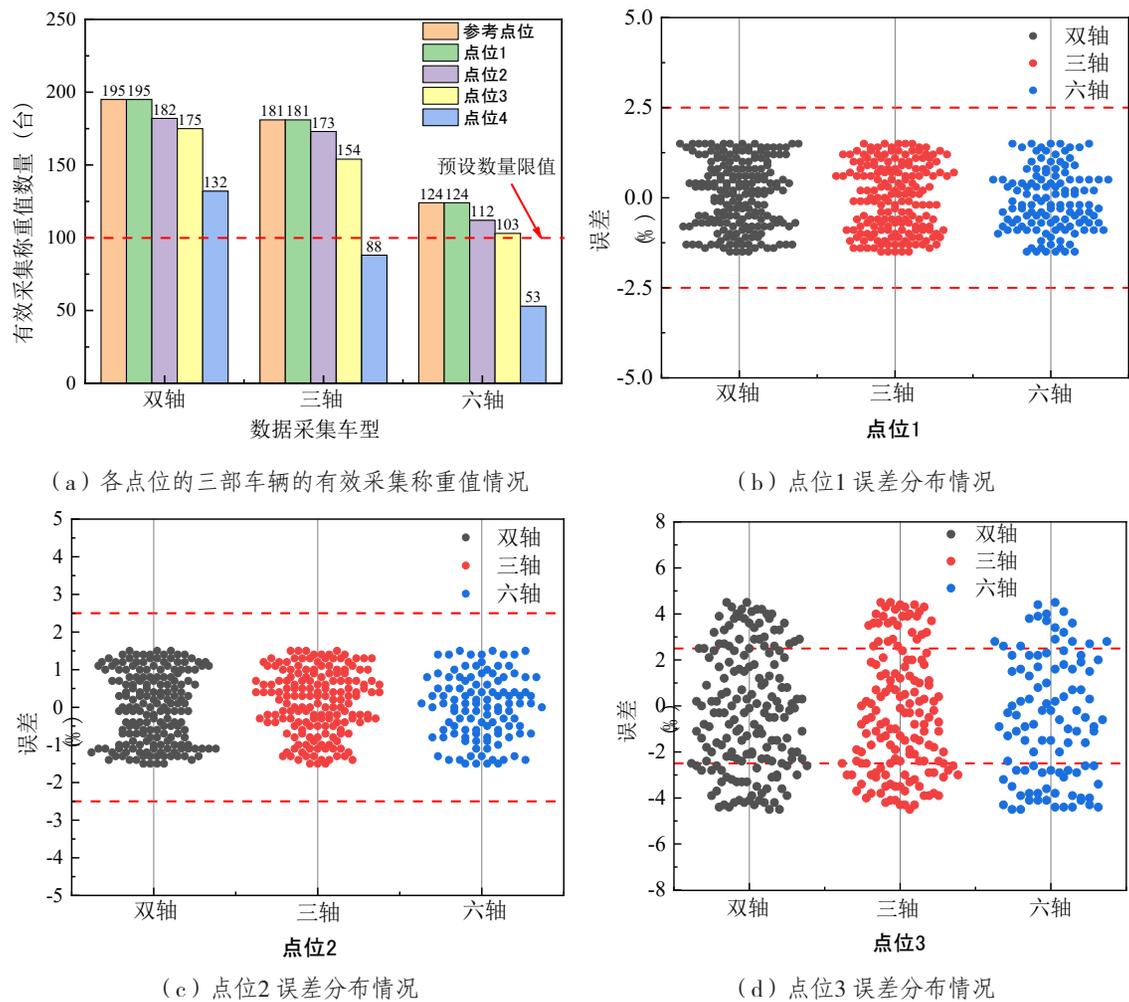


图3 某地区普通公路动态汽车衡的部分监测数据

他道路的概率较大，符合实际情况。

(2) 如图3 (b) 所示，经过点位1 的双轴、三轴及六轴社会运输车辆的监测结果显示的误差均在 $\pm 2.5\%$ 范围内；如图3 (c) 所示，经过点位2 的误差更优，均在 $\pm 1.5\%$ 范围内；如图3 (d) 所示，经过点位3 的部分误差在 $\pm 2.5\%$ 至 $\pm 5.0\%$ 范围内，按本文设定的误差限要求，该点位3 的动态汽车衡属于不合格，应标记为待复查并予以重点关注，排查潜在问题；由于上述提到的经过点位4 的双轴、三轴及六轴社会运输车辆达不到预设数量要求，应当采取“线下”计量评价方法，此处不再对其误差分布进行分析。

本文的研究对象为强检计量器具，因此对误差分析的数据不宜采取低于100% 的某种比例或概率，其结论只有合格或不合格之分，否则必然造成误

判。对于不符合“线上”计量评价方法的，不能过于勉强，应该采取“线下”计量评价方法，以实现动态汽车衡量值准确可靠的目标。此外，由于动态汽车衡在使用中检验允差误差可放宽至 $\pm 5\%$ ，因此在不影响安全通行的情况下，也可适当考虑放宽计量评价允差，以更适应当下普通公路动态汽车衡的技术水平和实际应用需求。

4 结论与展望

本文创新性地对远程在线监测与线下计量评价相结合，建立了一种动态汽车衡全新的远程在线计量评价方法。这一评价方法的建立，有效克服了动态汽车衡按照固定周期检定所面临的诸多难题，包括效率低下、数据孤岛现象以及“检后失灵”的潜在隐患等。通过具体的案例分析，本文取得了以下具有实践意义的研究成果：(1) 远程在线监测功能展

现出强大的设备异常识别能力，能够迅速捕捉设备的异常状况，例如点位3出现误差超限的情况时，系统可及时将其标记为不合格，为后续维护和线下检定工作提供了精准的方向；（2）通过结合参考数据与多维度车辆信息，该评价方法实现了对中途装卸货、跳磅干扰等异常数据的准确识别并予以剔除，从而极大地提升了评价结果的可靠性；（3）针对有效采集称重值数量不足的场景，例如点位4的情况，本评价方法具备灵活的应对策略，能够及时切换至线下计量评价模式，以此保障评价结论的准确性、适应性和稳健性。综上所述，本文提出的方法借助实时监测与智能分析技术，将误差判定与动态汽车衡运行状态紧密关联，显著提升了计量检定和监管效率，为动态汽车衡的计量监管提供了一种高效、可靠的全新模式。

为进一步推动动态汽车衡计量检定和计量监管的智能化发展，建议在强制检定工作中大力推广该计量评价方法，制修订相应的检定规程，并对在役的动态汽车衡相关软硬件进行适当升级，也为衡器产业的生产研发方向提供一些新方向。同时，结合监测数据分析，优化误差限动态调整策略，以更好地适应复杂路况和设备老化等因素带来的影响。通

过这些措施，有望为智慧交通治理提供更加科学、精准的数据驱动决策支持，助力交通行业的数字化转型与可持续发展。

参考文献

[1] JJG 907—2006 动态公路车辆自动衡器检定规程[S]. 北京: 中国计量出版社, 2006.

[2] 韩志强, 金永贺, 周碧红, 王莉萍. 远程计量技术探讨[J]. 中国计量, 2025,000(001):58-61.

[3] 张立宪, 苏舟, 姚俊峰. 不停车称重检测数据应用研究[J]. 中国交通信息化,2024,000(S05):512-515.

[4] 葛宗恩, 吴才章, 司延召, 等. 基于云平台的车辆动态称重及监测系统研究[J]. 山东农业大学学报自然科学版,2024,055(002):238-243.

作者简介

金宇翔（1992—），男，汉族，福建莆田，大学本科，工程师。现供职于福建省计量科学研究院，主要从事动态汽车衡、称重传感及专用设备的计量技术研究工作。