

基于全时空数据的公路治超检测设备计量监管方法研究

□林硕¹ 梁伟² 赖征创¹

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

【摘要】针对公路交通治超检测设备采用周期性计量检定工作量大且难以覆盖全部性能的问题，提出一种基于全时空数据分析的技术路线实现智能远程计量监管方法。采用由大量试验数据建立的参考标准设备模型、固定式参考标准车辆模型及临时参考标准车辆共同构成的立体化监测体系，不同点位数据的关联度经过评估后，作为搭建智慧计量监管平台使用的数据基础，实现了对治超检测设备的远程实时监控与在线动态管理。

【关键词】智能交通；计量监管；治超

文献标识码：A 文章编号：1003-1870（2025）11-0029-06

Research on Metrological Supervision Method for Highway Overload Control Detection Equipment Based on All Spatio-temporal Data

【Abstract】 Aiming at the problem that the periodic metrological verification of highway traffic overload control detection equipment has a large workload and is difficult to cover all performance, a technical route based on all spatio-temporal data analysis is proposed to realize the intelligent remote metrological supervision method. A three-dimensional monitoring system composed of a reference standard equipment model established by a large number of test data, a fixed reference standard vehicle model and a temporary reference standard vehicle is adopted. After the correlation degree of data at different points is evaluated, it is used as the data basis for building an intelligent metrological supervision platform to realize the remote real-time monitoring and online dynamic management of overload control detection equipment.

【Keywords】 intelligent transportation; metrological supervision; overload control

引言

公路交通超限超载检测在保障道路安全，维护运输市场秩序，减少交通事故方面发挥重要作用。随着科技治超在全国的推进建设，大量非现场执法检测点成为治超检测的主力^[1]。超限超载检测设备，主要是对货运车辆的车货总重、外轮廓进行检测。系统中包括，用于动态称重的称重传感器、称重仪

表，轮廓检测的激光雷达，车牌识别的相机以及用于分离车辆的线圈车检器等设备。这些检测设备在受到恶劣环境或安装、使用不规范等影响时，容易出现异常或性能衰退，从而无法对过往车辆进行正常检测^[2]。其中的动态汽车衡，更是被列入强制性管理计量器具目录。在广东、湖南等地区，轮廓测量系统也被列入周期检定范畴^{[3][4]}。作为强检计量器

具，治超检测设备的检定均应严格按照规程进行。由于每台设备按照环境、使用状态等不同，其计量性能变化和最适宜检定周期也大相径庭。因此，因上述计量器具随治超点的设置存在分布区域广、数量较多等问题，若采用统一周期巡检方式进行计量监管，存在可能周期内失准，检定成本高，碳排放大，无法有效覆盖全部性能等问题。

针对上述问题，多个研究机构开展了远程计量研究。河南省计量院提出了一种利用经控制衡器称重的社会车辆进行远程计量的方法^[5]，李慧霞等研究了基于物联网和大数据分析技术实现动态汽车衡、轨道衡的在线监测诊断算法^[6]，袁佳美等通过神经网络、小波分析、机器学习等方法，实现基于数据驱动的实时和在线监测^[7]，董一鸣等研究了路侧激光雷达的数据融合^[8]，但未能实现多种检测设备数据融合的有效远程计量监管。

本文研制了一种公路交通治超检测设备智慧计量监管方法，提出一种基于全时空数据分析的方法，设计一套由参考标准设备、固定式参考标准车辆和临时参考标准车辆构成的监测体系，建立了智慧计量监管平台，使治超计量器具的使用中检查实现数字化手段和在线化，可准确评估每台设备的计量性能变化情况，动态确定检定周期，为实施精准计量监管提供了技术依据。

1 基本原理

要实现对一个区域范围内的多个治超检测站点的检测设备进行性能监控，主要方法是借助动态途经多个站点的车辆作为参考标准。但区别于由计量机构配置的专用参考标准车辆，社会车辆的准确总重、轮廓尺寸如未经过控制衡器和标准尺寸测量仪器测定，其“约定真值”是未知的。实现监管的原理和组成如图1所示。

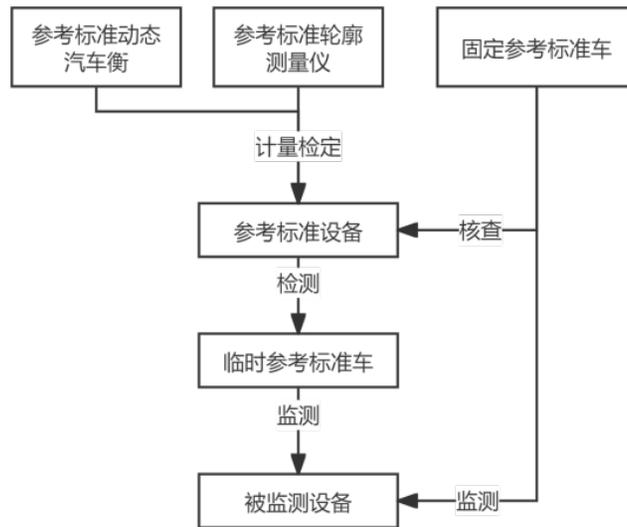


图1 组成与原理

本系统由参考标准设备和参考车辆组成。其中参考标准设备包括动态汽车衡和轮廓测量仪，选定安装条件好、经前期考核性能稳定的设备作为参考标准设备，按周期或在周期内进行全项目依据规程检定。参考标准车辆分为固定和临时两类，其中固定参考标准车由计量技术机构提供，其车辆总重使用符合JJG 539-2016的中准确度级控制衡器确认，轮廓尺寸使用经JJF 1749-2019校准的汽车外廓尺寸检

测仪确定，沿不固定路线正常行驶，定期通过参考标准设备进行核查。其经过被检设备1~n时，引入质量变化修正模型后，如这n台设备无超差，可作为临时参考标准设备组。

通过被监测设备数量最多的是特性未知的社会车辆，但其需要经过一系列筛选后，才能作为临时标准车用于监测治超检测设备。通过平台智能选取行经临时参考标准设备组（或参考标准设备）的社会

车辆，作为临时参考标准车辆用于判断其他设备，经过交叉比对，判定超差设备作为存疑对象。在此过程中，需按特定算法排除社会车辆异常行驶行为和自身故障后，可作为判断被监测设备计量性能下降的依据。

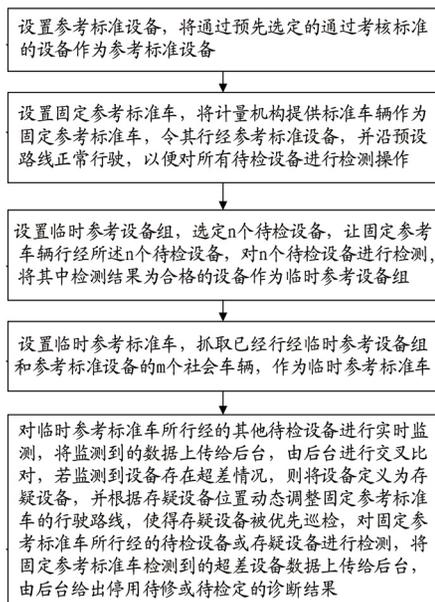


图2 判断步骤

如图2所示，首先设置参考标准设备，将通过预先选定的通过考核标准的设备作为参考标准设备。第二，设置固定参考标准车，将计量技术机构提供标准车辆作为固定参考标准车，令其行经参考标准设备，并沿预设路线正常行驶，以便对所有待检设备进行检测操作。第三，设置临时参考设备组，选定 n 个待检设备，让固定参考标准车行经上述设备并进行检测，将其中检测结果为合格的设备（通过将其检测数据与固定参考标准车的对应数据进行比较，数据之间没有超差的作为合格的设备，该设备个数为 $1\sim n$ ， n 的取值根据实际情况进行调整）作为临时参考设备组。第四，设置临时参考标准车，抓取已经行经临时参考设备组和参考标准设备的 m 个社会车辆，作为临时参考标准车， m 的取值根据实际情况进行调整。第五，对临时参考标准车所行经的其他待检设备进行实时监测，将监测到的数据上传给后台，由后台进行交叉比对；由于准确度为5级的动态汽车衡使用中最大允许误差为 $\pm 5\%$ ，考虑被比对两台设备可能处于误差限，将合格条件设置为：待检设

备获取的 m 个临时参考标准车重量中，与参考标准设备偏差不超过10%的比例高于95%。若监测到设备存在超差情况，则将设备定义为存疑设备，并根据存疑设备位置动态调整固定参考标准车的行驶路线，使得存疑设备被优先巡检，对固定参考标准车所行经的待检设备或存疑设备进行检测，将固定参考标准车检测到的超差设备数据上传给后台，由后台给出停用待修或待检定的诊断结果。

2 标准模型的建立

2.1 参考标准设备

参考标准设备是指经过试验后选定的某一台动态汽车衡和外轮廓测量仪。动态汽车衡的整车总重量最大允许误差应不低于JJG907-2006的5级，外轮廓测量仪准确度符合JJG(闽)1169-2025的要求。其中影响动态汽车衡计量性能的因素有很多，设备自身因素（如传感器类型、传感器性能、承载器刚度等）、安装与环境因素（如路面平整度、引道直线段、温湿度等）、被测车辆及其行驶状态（如轴型、速度、驾驶行为等）、使用维护状态（如使用频次、维护状况等）均会对其计量性能造成影响，考虑全部因素的模型极其复杂且为非线性。由于环境因素和使用频率对输出性能影响显著且表现为线性，经简化的动态汽车衡的环境-输出修正模型表示为：

$$I_{\text{correct}} = \eta_t \eta_w \eta_d I \quad (1)$$

式中 I_{correct} 表示修正后的动态汽车衡示值， I 为修正前示值， η_t 表示温湿度影响模型， η_w 表示使用频率的影响模型， η_d 表示距离上次标定时间的影响模型。这些影响模型经试验获得，可以以公式、表格等形式表示。

2.2 固定式参考标准车

固定式参考标准车是计量部门提供的，其装载物为标准砝码，具有质量稳定的特征。根据计量检定规程，要确定参考标准车辆的车辆总重，需要使用中准确度级及以上的电子汽车衡（一般为整车式）作为控制衡器，对参考车辆的全部重量（含车辆、砝码、驾驶员、油、水等）进行称重，获得准确的车辆总重基准值 M_0 。

但是，在长期使用中，固定式参考标准车也会随运行条件产生质量变化。其中车辆变化重量主要

是燃油消耗 m_{oil} 、驾驶员体重变化 m_{driver} 、降雨积水 m_{rain} 、尘土堆积 m_{earth} 、结构性重量损耗 m_{loss} 等，因此固定参考质量修正模型可表示为：

$$M=M_0+m_{oil}+m_{driver}+m_{rain}+m_{earth}+m_{loss} \quad (2)$$

因此，为准确掌握和控制车辆重量变化，对上述模型的变量进行进一步简化。对于难以准确衡量的降雨积水和尘土堆积，固定式参考车辆选择采用厢式运输车装运砝码，车厢表面为光滑平面以尽可能减少降雨积水和尘土。定期清洗车辆，清除车辆底盘附着的尘土。对于可测量的变量，在车辆油箱处安装油量传感器，实时监控油液消耗量。随车携带经检定的体重秤定期监控驾驶员体重，并将上述两种测量设备通过物联网上传数据。通过上述方法，固定参考标准车的质量计算值修正为：

$$M=M_0+m_{oil}+m_{driver} \quad (3)$$

2.3 临时参考标准车

临时参考标准车是从通过治超检测点的众多货运车辆中选取的，其选定通过智能识别算法进行，算法中重点考虑以下几个因素：

路线：以前期选定的参考标准设备作为基点，认为通过该检测点的车辆检测数据置信度高，作为临时参考标准车的候选目标。根据车道相机识别的车号作为匹配依据，在平台上可依据该车牌信息分析该车行驶路径，将距离、位置等因素作为被监控设备选择的重要因素。

车型：临时参考标准车型的选择应具有代表性，参考计量检定规程要求，除应包括两轴刚性车辆外，至少还应有两种以上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，用于确认检测设备对不同测量对象的适应性。优先选择质量和外观尺寸稳定的非载货专项作业车（如起重车、混凝土泵车、桥梁检测车等）作为参考标准。

行驶状态：参考标准车在通过检测点时应以合规状态正常行驶，不应有各种以逃避检测为目的的异常行驶行为，主要包括跨道、逆行、停车、跳磅等。如前端检测系统发现异常行驶行为，则该车辆数据不应作为监测依据。异常行驶数量多的车辆，将不被认定为参考标准车。

时长：临时参考标准车作为监测“标准”的时长是有限的，根据称重设备的允许误差以及相应车型的平均油耗、被监测设备距离参考标准设备的距离，核定被标记的车辆可作为临时标准的时长，并进行动态准入和调整。

3 全时空数据关联度分析

对于被监测的多个治超检测点位而言，在进行全时空数据处理时，需要评估多个点位之间、规定时间段内相同车辆的测量数据是否一致，并分析不同点位之间的相互关系，确认其在整体监测中的数据协作能力，决定其数据是否可用于监管系统。

3.1 多系统数据一致性评价模型

数据一致性评价的目的是判断同一辆车在不同检测点除重量和轮廓外的测量结果是否一致，主要包括车型、轴数和速度的一致程度。

车型一致性表示为：

$$D_s = \begin{cases} 1, & s_1 = s_2 = \dots = s_n \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (4)$$

式中 s_i 为第 i 个检测系统检测到的车型，车型分为中小客车、大客车、小型货车、中型货车、大型货车、特大型货车、集装箱车、摩托车、拖拉机共9种类型。

轴（轴组）数一致性表示为：

$$D_m = \begin{cases} 1, & m_1 = m_2 = \dots = m_n \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (5)$$

式中 m_i 为第 i 个检测系统检测到的同一辆车轴（轴组）数。

速度一致性表示为：

$$D_v = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |v_i - \bar{v}|}{\sum_{i=1}^n v_i} \quad (6)$$

式中 \bar{v} 为平均速度。

3.2 数据关联度评价模型

为分析各点位之间的关联程度，依据上述数据一致性指标，可以从车型、轴（轴组）数和速度三个维度建立数据关联度评价模型。其中车型关联度可表示为：

$$D_{\text{model}} = \frac{m_{\text{total}}}{n} \quad (7)$$

式中 m_{total} 为各点位间共同识别出的车型数量， n 为总车型数。速度关联度可表示为：

$$D_{sync} = 1 - \frac{S_v}{v} \quad (8)$$

式中 S_v 是多点位测量车速的标准差。

因此，考虑上述维度的数据关联度可表示为：

$$D = w_1 \cdot D_v + w_2 \cdot D_m + w_3 \cdot D_s + w_4 \cdot D_{sync} + w_5 \cdot D_{model} \quad (9)$$

其中， w_i 为对应指标的权重，满足 $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ ，其

具体权重大小可以通过层次分析法求解。

4 平台系统的搭建

为实现远程计量监管，搭建了监管平台，其架构包括，感知层、网络层、平台层和应用层。

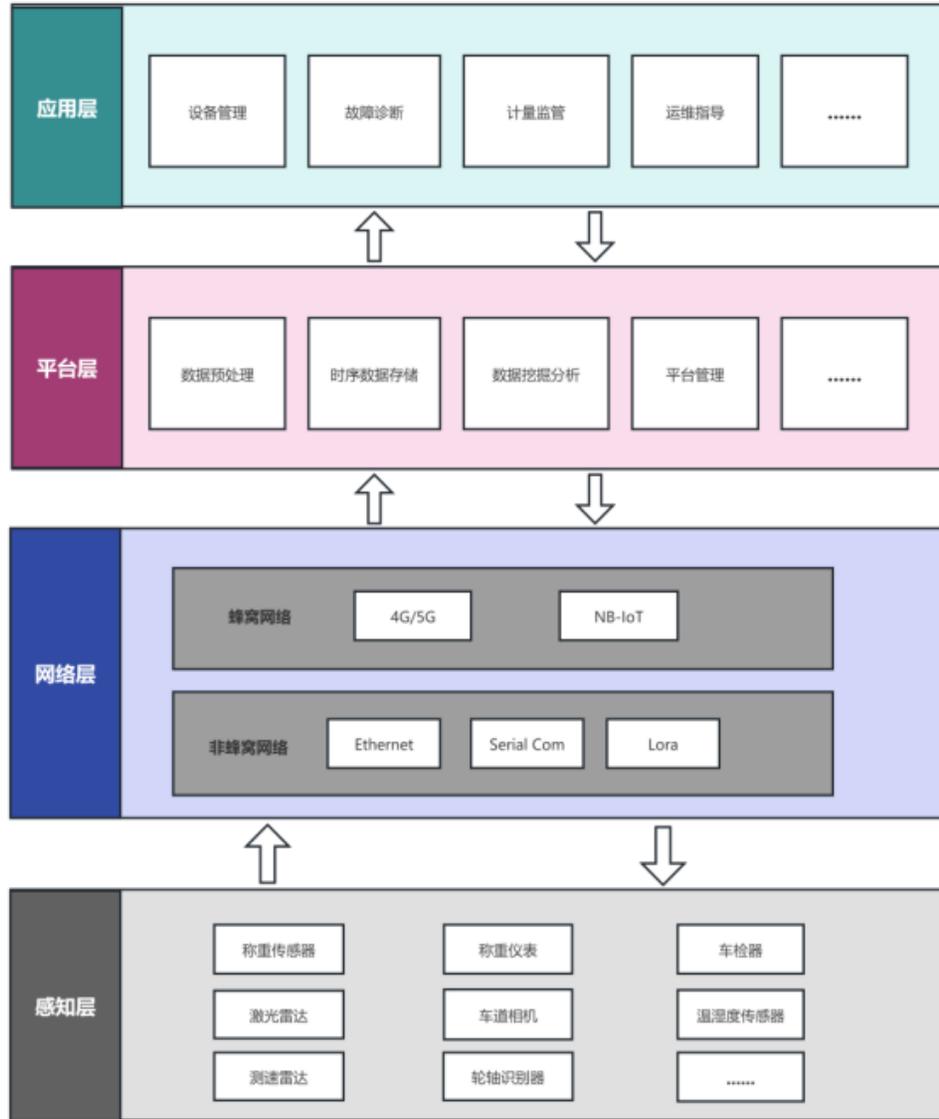


图3 平台构架

在感知层，主要是各类检测设备：包含各种类型的传感器和检测设备，如摄像头、雷达、称重传感器、称重控制器、地感线圈车检器、OBU 电子标签读写器等。这些设备负责采集交通相关的数据，包

括车辆的重量、外轮廓尺寸、速度、流量、车型、车牌号码等信息。网络层负责，将感知层采集到的数据传输到平台层。目前，采用多种通信方式，如光纤网络（以太网）、串口通信、4G/5G 无线网络，

以确保数据的稳定、高效传输。平台层负责数据处理与存储，对采集到的海量数据进行预处理，包括数据清洗、去噪、格式转换等，然后将处理后的数据存储到数据库中，以便后续分析和查询。

对海量检测数据进行清洗、去噪和标准化处理，通过时域分析、频域分析、统计特征等方法

从原始数据中提取对预测有意义的特征作为训练样本，可研究部署适用于治超远程监测的AI模型，实现基于数据驱动的治超检测设备智能计量监管。在应用层，为动态汽车衡用户提供对交通检测设备的集中管理、交通信息监测、智能预警与计量决策支持、远程控制与维护等功能。平台界面如图4所示。

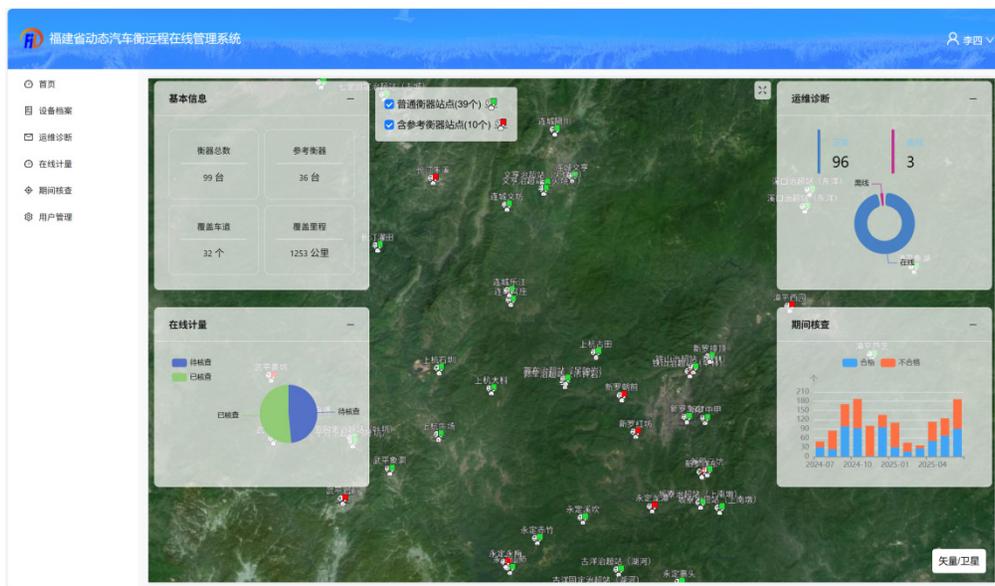


图4 软件系统主界面

5 结语

本研究提出一种公路交通治超检测设备智慧计量监管方法，创新性地提出基于全时空数据分析的技术路径。该方法设计了由参考标准设备、固定式参考标准车辆及临时参考标准车辆共同构成的立体化监测体系，并初步搭建起智慧计量监管平台。通过运用数字化手段，实现了对治超检测设备的远程实时监控与在线动态管理，为达成精准化的计量监管目标提供了坚实的技术支撑和实践依据。

参考文献

[1] 童秀清. 科技治超项目主要成效、存在问题及对策分析[J]. 福建交通科技, 2023, (03): 86-90.
 [2] 陈洁, 尚贤平, 赵志灏等. 动态汽车衡计量特性远程核查的测量不确定度分析[J]. 衡器, 2022, 51(09): 5-8+16.
 [3] 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.

[4] JJG (粤) 053-2019. 车辆外廓尺寸测量仪检定规程[S]. 广州: 广东省市场监督管理局, 2019.
 [5] 河南省计量测试科学研究院. 一种动态汽车衡远程计量及监测系统. 202111483121.2[P]. 2022-2-18.
 [6] 李慧霞. 汽车衡多传感器故障诊断方法研究[D]. 湖南师范大学, 2020.
 [7] 袁佳美, 王猛. 电子汽车衡在线比对方法研究[J]. 工业计量, 2022, 32(02).
 [8] 董一鸣. 基于混合固态激光雷达的车辆信息提取与类型识别研究[D]. 南京信息工程大学, 2022.
 [9] JJG (闽) 1169-2025. 货运车辆外廓尺寸检测仪检定规程[S]. 福州: 福建省市场监督管理局, 2025.

作者简介

林硕 (1985—) 高级工程师。研究方向: 智能测量技术。