

公路动态称重系统远程核查的架构设计与关键技术

□尚贤平¹ 陈洁¹ 赵志灏¹ 王长华² 李娜¹ 胡威³ 毛晓辉¹ 马丙辉¹ 闵玥¹

(1.浙江省计量科学研究院(浙江省市场监管测力和称重重点实验室); 2.浙江机电设计研究院有限公司; 3.杭州四方称重系统有限公司)

【摘要】动态公路称重系统是公路治超的关键计量设备,称重系统计量数据的准确、可靠是保障治超执法公平公正的基础。动态称重系统由于使用频繁,使用环境相对恶劣,加上承重单元容易受到低频冲击、疲劳等影响,计量性能在使用过程中容易造成偏离,对系统的计量参数进行定期核查,有利于提高动态称重系统计量性能的可信度。物联网技术的应用,对现场安装的动态称重系统进行远程核查提供可能,通过核查标准的识别、系统通讯协议的标准化、称重数据传输与诊断、核查方法等关键技术的研究,可以实现对公路动态称重系统计量特性的远程核查,提高系统使用的置信度。

【关键词】计量学; 动态称重系统; 物联网; 远程核查; 多协议适配技术

引言

近年来,由车辆超载超限运输引发的桥梁断裂、路基路面损坏及车辆失控造成的重特大交通事故时有发生,已经成为危害我国道路运输安全的主要隐患之一。综合治理车辆超载超限行为,杜绝重特大事故发生,已成为各级政府关注的重点。运用科技手段,建立对公路车辆实施动态实时检测、精准识别的车辆动态称重管控系统是解决当前公路车辆超载超限顽疾的有效方法。在过去的近10年里,据不完全统计,我国配置了超过7万套各种形式的公路动态称重系统,用于公路的称重计量监测和治超工作,为规范道路运输行为,减少道路运输安全隐患做出了巨大的贡献。但由于公路动态称重系统是对运动中的载货汽车进行计量这一特点,使

得动态汽车衡的计量准确度与车辆驾驶人的驾驶习惯、安装形式、车辆运行速度等有很大的关联,通过多年的检定发现,公路动态称重系统从检定完成到下一周期检定的使用段内,在未经任何调整的情况下,动态称重系统的周期检定合格率总体维持在50%~70%左右,且不同结构型式的动态汽车衡有较大的差距,因此,动态称重系统计量数据在检定周期内的可靠性有较大的疑问,这就给治超执法的准确性带来隐患,如何提高动态称重系统计量数据的可靠性,是本研究的重点。

1 动态称重系统期间核查的必要性

期间核查(intermediate checks)的目的是为了保持对设备检定\校准状态的可信度,在两次检定\校准之间进行特定参数的核查,可以有效增强使用者的信心,保证检测数据的准确可靠。对一些测量设备由于使用环境的严酷性、其计量特性在一个使用周期里有较大变化的,对测量设备进行必要的期间核查,是提高测量数据可靠性的有效方法。动态称重系统大多安装在高速公路出入口、国省道非现场执法点等,基本处于无人值守状态,由于其使用环境差异性大,计量数据的影响因子多等特点,从而导致动态计量的可靠性有较大的局限性,除了静态影响因素外,比较典型的动态影响因素如下所述:

1.1 称量区设置的影响

为了确保在称量过程中,尽量减少路面因素对称量结果的影响,JJG907-2006(等同采用OIML R134)对称量区域提出了严格的要求,如图1所示,在秤台前后16m区间内对路面的平整度有严格的要求,其目的是保证车辆的平稳过衡。

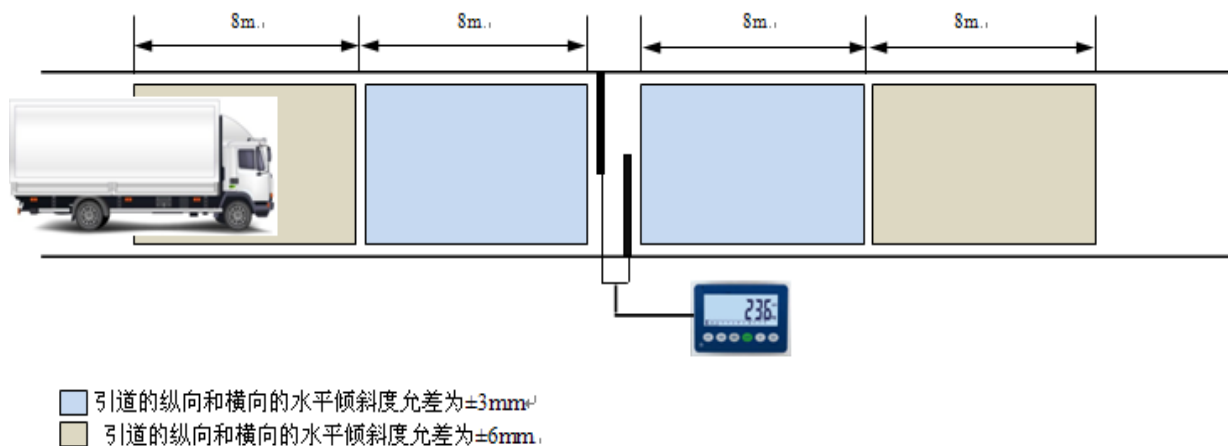


图1 称量区的控制要求

但是目前部分路段由于场地的限制，难以对称量区前后16m 路面区域进行有效控制，如图2 所示，

由于秤量区路面的因素，会影响动态称重性能的可靠性。

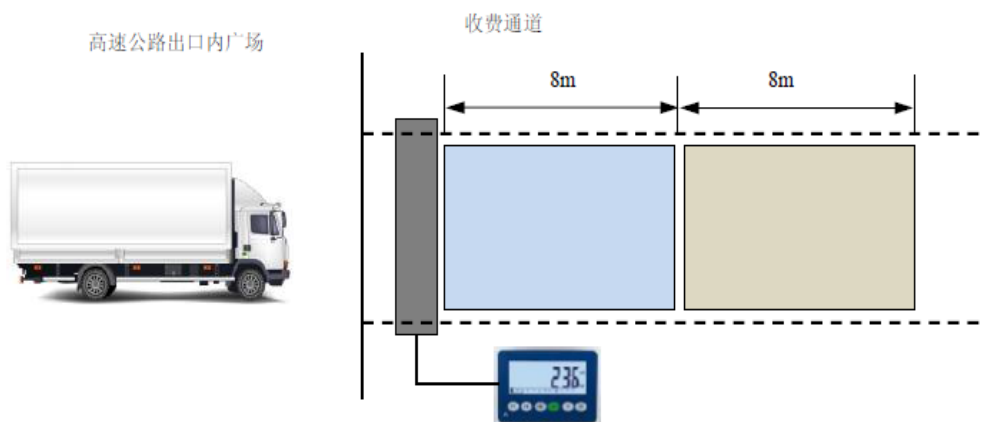


图2 部分称量区域实际状况示意图

1.2 高冲击、疲劳的影响

动态称重系统使用频次很高，通常以每天300 次的通行频次计算，1 年周期的通行频次超过10 万次以上，使用中过于频繁的冲击、疲劳会对计量性能产生影响。

1.3 低频振动的影响

动态称重系统关键计量特性在车辆过衡时容易受到其他运动车辆低频随机振动的影响，称重计量数据随着车辆的运动而出现波动，导致其计量数据会受到影响，进而也影响了称量的准确度。

1.4 非正常行驶的影响

车辆过衡时一些驾驶员会以非正常的行驶状态，如加减速、蠕行、跳磅和冲磅等方式来过衡，通过这种非正常方式驶过系统，由于惯性的存在，汽车在加减速时重心会前后变化，导致动态称重结果有较大的影响。上述因素导致了动态称重系统在计量检定周期里其计量特性有较大的变化，图3 展示了某一区域路段动态称重系统在一个使用周期里计量特性的变化趋势，总体上反映了一次检定合格率维持在50%-70% 左右。因此对公路动态称重系统实施期间核查非常有必要。

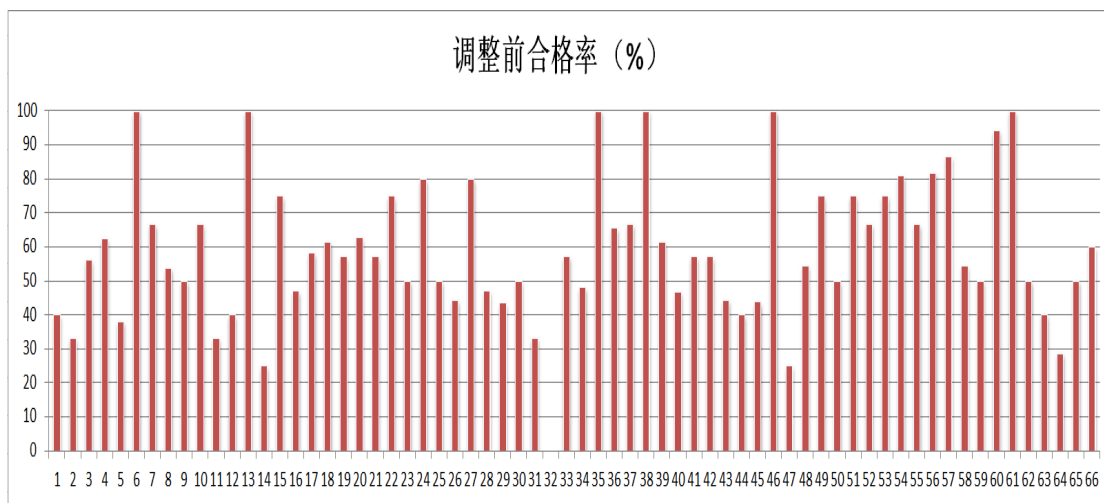


图3 区域路段动态称重系统调整前合格率统计图

2 应用物联网技术进行远程核查可行性

2.1 物联网技术的应用是未来智慧检测趋势

物联网技术是通过视频识别、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等信息感知设备，将获得数据按约定的协议与互联网相连接，进行信息交换和通讯，以实现智能化识别、定位、追踪、监控和管理，通过监测、分析和整合各种数据以做出智能化的响应，提升资源运用的效率，优化管理和服务。物联网技术的应用，为公路动态称重系统的远程核查提供了可能，也极大提高核查效率和计量数据的可靠性。因此，物联网技术的应用也是未来智慧计量检测趋势。

2.2 基于物联网技术的公路动态称重系统远程核查的基础优势

根据交通运输部办公厅2019年第29号文件要求，将进一步规范入口称重检测方式，实现“货车必检、超限禁入”，强化检测设施（设备）运维管理，保证不间断检测，及时上传数据，实现本区域内高速公路入口称重检测和出口计重收费信息的汇集、整合和联动，并与省级治超联网运行，实现数据联通和业务协同。利用系统本身形成的网络，在使用中采用灵活便捷的远程核查作为补充，实现称重数据的远程采集和分析处理，使得核查过程变得方便快捷，从而大大减少因使用故障等而导致计量数据失准等情况的发生。

3 远程核查的架构设计研究

公路动态称重系统远程核查研究主要包含核查标准、远程核查方法、适应不同协议的动态称重系统、多源数据融合的远距离传输、核查算法等方面的研究，公路动态称重系统通过物联网远程核查，将核查标准运行的各项数据与称重系统检测数据整合起来进行综合分析，为公路行政管理人员判断动态称重系统的计量数据可信度提供分析、诊断和优化等服务。研究设计建立面向公路智慧治超的动态称重远程核查系统结构分为感知层、通讯层、决策层、应用层，如图4所示。

3.1 适用于远程核查的核查标准研究和建立

为了验证公路动态称重系统计量特性的可信度，研究建立符合相应准确度等级的核查标准是关键。从目前公路治超主流配置看，公路动态称重系统总重计量的准确度为5级，其计量特性在检定时要求总重计量误差为 $\pm 2.5\%$ ，使用中检查要求总重计量误差为 $\pm 5\%$ ，为了提高期间核查的有效性，核查标准的误差应不低于使用中检查要求的1/3，核查标准为公路常用的各种参考车辆，同时应包含但不限于1辆三轴刚性车、1辆四轴以上的铰接车，参考车辆约定真值可以由相应准确度和相应秤量值的控制衡器进行确定，控制衡器的误差应不低于核查标准约定误差的1/3。考虑到基于物联网的数据传输特点，用于远程核查的参考车应进行相应的标记。

3.2 研究基于物联网技术的公路动态称重系统远程核查方法

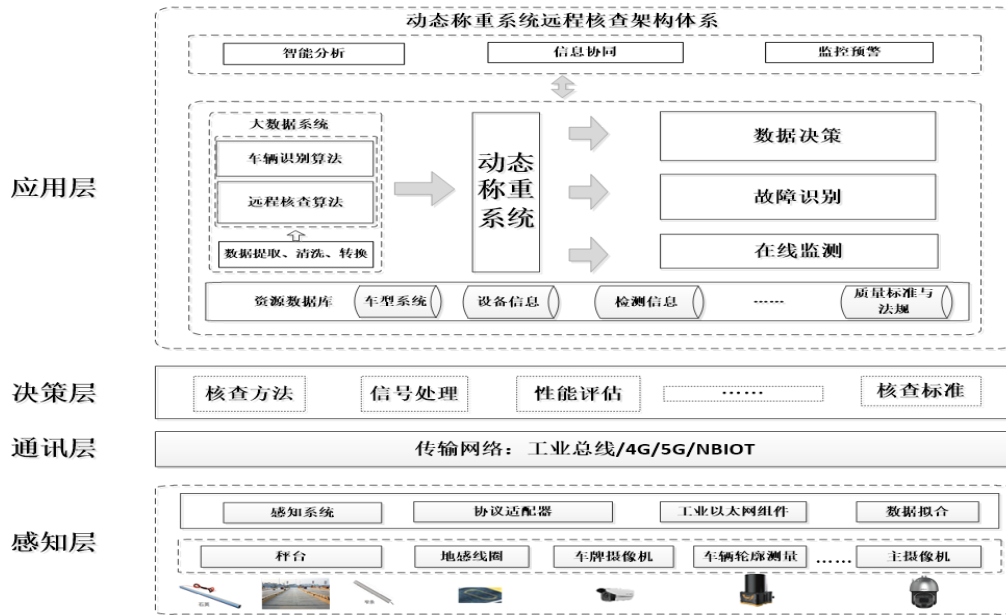


图4 动态称重远程核查系统结构

公路动态称重系统远程核查方法的建立主要是确保相关人员能按照相应的程序，得出相对一致的结果，以判定被核查称重系统计量数据的可信度，因基于物联网远距离核查，因此建立的核查程序应该容易被核查人员所理解，便于核查人员操作。核查程序应包括核查车型的选择（车辆的标记）、参考车辆额定装载量（约定真值的确定）、参考车辆运行速度、参考车辆过衡次数、参考车辆过衡的方式、总重计量误差的计算、误差限的设定。

3.3 研究基于物联网技术的称重控制系统及通

讯协议的标准化

称重控制终端是称重系统的主要模块之一，主要是对感知模块采集到的各种信号进行数据分析、数据传输、A/D转化、数据运算和指示等，并通过系统的各种接口与超限检测管控平台相连接，准确地传输载货车辆的动态称重数据，为称重系统对运行车辆超载行为做出判断、决策提供支持。因此，支持多源传感信号的称重控制终端的通讯协议的标准化研究，是动态称重系统结果的准确传输的关键，典型多源传感信号的称重控制终端模块结构如图5所示。

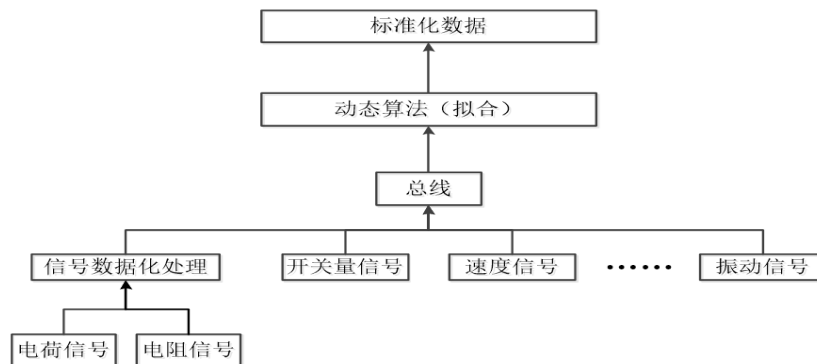


图5 典型多源传感信号的称重控制终端模块结构

3.4 研究建立公路动态称重系统监测和故障诊断预警系统

动态称重系统大多安装在高速公路出入口、国省道非现场执法点等，基本处于无人值守状态，当系统发生系统性故障时，系统无法正常开展工作，

严重影响执法的效率，为了对系统运行状态有效识别，提高动态称重系统运行可靠性，保障治超执法正常运行，研究建立动态称重系统在线监测和故障识别系统，实现动态称重系统运行状态实时监测与分析，实时了解设备运行状态非常关键。

4 关键技术

4.1 基于多协议适配技术的动态称重系统输出与传输协议的标准化

公路车辆动态称重系统是载货汽车超限检测的关键设备，主要包含车辆引导系统、载荷承载机构、感知层数据采集、称重控制终端、数据通讯等系统模块组成，动态称重系统通过称重控制终端获取的动态车辆的称重数据和车辆运行状态采集到的数据，通过无线通讯（GPRS、WIFI、蓝牙、4G、5G、LORA、NB-IOT等技术）或有线通讯（以太网）上传服务器（云端），并可以通过仪表终端、电脑端软件或手机APP等对实时称重数据、称重记录数据、计量相关参数进行查询、分析和判断。但由于称重数据和车辆运行状态数据如图像、速度、加速度、轮廓等信号数据需要多种不同的感知系统来实现运行状态的监测，同一类信号也可能采用不同厂家的感知系统进行信号采集和通讯，因各感知系统之间的协议、通讯接口各不相同，缺少相互协调和统一，一定程度加大了系统数据管理的难度，研究支持多协议适配技术的输出标准化可以把复杂、冗余的业务数据进行高效的信息匹配，实现数据快速准确的提取、分析和评估。

4.2 基于SOM神经网络的称重系统评估诊断技术

称重动态输出由于不同的干扰源的影响，难以用比较完备准确的模型对其性能及状态等进行有效的描述，因而给性能评估诊断带来了很大麻烦。称重系统输出曲线波形随着不同车辆运动模式带来的动态载荷变化，系统性能与状态也发生显著的改变，因此输出的曲线波形最能体现系统运行的状况。近年来，随着模式识别和神经网络理论的引入，为动态称重这类复杂系统的性能识别评估问题提供了一种新的解决途径。神经网络的输入输出非线性映射特性、信息的分布存储、并行处理和全局集体应用，特别是其高度的自组织和自学习能力，使其成为识别评估的一种有效方法和手段。本研究构建比较选择机制用于比较“判别函数”，并选择一个具有最大函数输出值的处理单元；同时激励被选择的处理单元及其最邻近的处理单元；从而增加其对应于特定输入“判别函数”的输出值，实现根据对称重系统输出曲线的识别，进而对称重系统的性能做出评估，为系

统状态监测和故障诊断预警提供了良好支撑。

5 结束语

公路动态称重系统是公路开展智慧治超的关键设备，如何有效检测和识别超载车辆，并对超载车辆实施有效管控，公路动态称重系统计量的准确性和可靠性显得非常关键，研究采用物联网的技术对公路动态称重系统实施远程核查，实现了在无人值守的情况下对公路动态称重系统进行检测、智能化识别与处置。同时可以通过远程传输对核查人员进行数据推送、跟踪、反馈，实现对称重系统的精准化管理，提升了系统运行的效率，保障了公路治超检测数据的可靠性，提高治超执法的有效性，同时也为应对治超关键计量设备数字化监管提供了新的科学技术解决途径，为实现公路智慧治超，保障道路运输安全提供了良好的技术支撑，本项目研究得到了浙江省市场监管系统科技项目（项目编号：20200306）的支持，为项目的顺利研究提供了经费保障，在此表示感谢！

参考文献：

- [1] 辛梅，基于神经网络的车辆动态称重系统设计和应用[J] 微型电脑应用 2020年第5期。
- [2] 陈洁等，公路治超关键计量设备数字化监管平台架构设计研究[J] 衡器（称重技术）2021年第7期。
- [3] 尚贤平等，动态公路车辆自动衡器检定周期动态性能的差异性研究[J] 衡器 2019年第7期。
- [4] 刑东华，动态汽车衡检定使用中存在的问题与分析[J] 机械与自动化仪表 2014年第9期。
- [5] 唐思毫等，ADAM改进BP神经网络与动态称重应用[J] 电子测量与仪器学报 2021年第4期。
- [6] 熊少康等，基于BP神经网络的车辆动态称重技术[J] 安徽工业大学学报 2014年1月。
- [7] 方立德等，计量仪器的远程量值传递与溯源技术探讨[J] 中国测试 2021年第3期。

作者简介：尚贤平（1966.9~），浙江省黄岩人，浙江省计量科学研究院正高级工程师，主要研究方向：称重技术、动态数据处理、称重技术规范、测量不确定度分析等，发表论文50多篇，多项成果获省部级科技进步奖等荣誉。