

公路车辆动态衡器的准确度分析及实际应用

□陕西四维衡器科技有限公司 薛林军

【摘要】分析常见公路车辆动态衡器的计量准确度，溯源动态衡器测量偏差的影响因素和根本性原因，对比各种类型的公路车辆动态衡器的优缺点及适合的应用场景，重点介绍水泥台面的三模块动态衡器在非现场治超执法中的实际应用的优势。

【关键词】公路车辆动态衡器；称重准确度；多模块水泥秤台

文献标识码：A

文章编号：1003-1870（2025）07-0043-04

Accuracy Analysis and Practical Application of Weigh-in-motion Instruments for Road Vehicles

【Abstract】This paper analyzes the measurement accuracy of common weigh-in-motion instruments for road vehicles, traces the influencing factors and fundamental causes of measurement deviations of weigh-in-motion instruments, compares the advantages and disadvantages of various types of weigh-in-motion instruments for road vehicles and their suitable application scenarios, and focuses on introducing the advantages of the three-module weigh-in-motion instruments on the cement platform in the practical application of off-site overload control enforcement.

【Keywords】weigh-in-motion instruments for road vehicles; weighing accuracy; multi-module cement weighing platform

概述

随着交通运输的快速发展，动态公路车辆自动衡器应用（以下简称“动态汽车衡”）越来越广泛。动态公路车辆衡器是指在车辆行驶过程中自动测量车辆重量的智能化称重设备，它由称重传感器、数据采集器和数据处理仪表等部分组成。当车辆低速或者匀高速正常行驶过程中，称重传感器实时采集车辆对秤台的压力，采集器对数据进行信号放大和转化后传输给数据处理仪表，仪表软件通过滤波、降噪等算法分析数据得到重量数据，从而实现了对车辆进行准确称重，达到实时监测车辆的荷载情况的效果。动态公路车辆自动衡器不需要停车称重，相比于传统的静态称重，具有高效、快速的特点，节省了车辆检测时间，避免车辆排队拥堵，提高了公

路运输的效率，避免了超载车辆对公路及桥梁的损坏或者超载引发交通事故，保障了交通运输的安全性，促进了公路运输行业的良性发展。

1 公路车辆动态衡器准确度分析

公路动态称重是捕捉车辆运动中轮胎对传感器的动态力信号。动态力信号采样率一般大于500Hz，信号呈现时变性，低频波动中夹杂着高频振动信号。动态力可以分解为静态分量（真实重量）和动态分量（秤台和车体振动、车辆轮胎冲击），其中动态分量是车辆在运动中因速度变化、路面不平整、秤台振动、车辆振动等多方面因素引起，严重干扰着真实重量的分析计算。也就是说，车辆行驶产生的各种复杂因素可能导致动态称重结果具有一定的不确定性。车辆动态称重时，车辆以一定的速度通

过秤台的作用时间很短，而且作用在秤台上的力除真实轴重外，还有许多因素产生的干扰力，如车速、车辆自身振动、秤台的振动、路面状态、轮胎特性等，给信号处理带来了难度，车重或轴重往往被淹没在各种干扰力中，给称重数据的精确解析造成很大的难度，得到误差偏大的数据。

车辆动态称重是一项比较复杂的技术，它需要从多个复杂因素干扰的动态力信号中提取静态重量（真实的轴重/总重）。动态称重技术中轴重（轴组重）衡器由于称重台的工作面窄，数据采集时间短，要求数据采集速度快，数据采集数量较大。在这些称重数据中不仅包含轴（轴组）的真实重量，同时还在其上叠加了比较复杂的干扰，这些干扰包括车辆运行中的振动和其他干扰所引起的瞬时载荷等。因此，采集的数据具有一定的离散性，导致在动态力信号处理中异常复杂，比如通过滑动平均滤波、小波变化及奇异谱分析等方法，可以消除秤台振动引发的高频干扰信号，达到去噪效果，但很难分离车辆自身振动（弹簧板）带来的低频干扰信号，而这些低频干扰严重影响着车辆称重的准确度。

车身振动的低频信号跟路面平整度、车速以及载荷有着最直接的关系。路面凹凸不平、车速快且荷载重就会导致行驶中的车辆振动幅度增大，振动周期增大。捕获的动态力时变信号普遍采用重构周期波形后算术平均测量法，算术平均测量法就是对传感器产生的轴重信号取其算术平均值作为测量结果。从理论上讲有一定的准确度，但是在实际应用中受到路面平整度、车重、荷载很多因素的影响，如秤台较短，数据采集时间有限，测量中受到车辆上台台下台冲击以及车辆自身振动等，同时车辆在非匀速行进过程中，其重点是在不断变化的，因此在很窄的秤台上很难获取或重构出一个完整周期内的车重或者轴重（轴组）的变化信号，也就很难准确测量出车辆的实际重量。

鉴于上述原因，为了提高公路动态称重的准确度，路面平整度是公路车辆动态衡器的基本要求，尤其对于平板式、窄条式及石英式等动态轴重衡来说，必须要求前后18m范围内无坡度、路面打磨平整，并且要求车辆尽可能低速且匀速行驶进行称重，甚至对车辆的载荷也应该有一定范围要求，因

为车辆轮胎对秤台的冲击力阈值是非线性的。但是在实际应用中，上述这些客观或者非客观因素是很难做到称量准确度不受影响的，这也就是现行公路动态称重总是存在一定偏差原因。

2 公路车辆动态衡器分类及应用

目前，公路使用的动态汽车衡器根据称重方式主要分为两类：一类是对车辆整车称量的整车式动态汽车衡，包括整体台面式称重和模组台面式称重（台面由多个独立秤台组合）。另一类是对车辆轴或轴组称量的轴重式动态汽车衡，包括单秤台、双秤台、平板式、弯板式、石英式、窄条式等轴重式或轴组式称重方式。

整车式动态衡的载荷承载器（台面18m以上）长度大于被称车辆的总长，可以直接称量出汽车总重量。整车式称重准确度高，适用于高速公路入口超载劝返和治超检测站惩治超载车辆执法等现场治超管理，并且可以有效防范非规范过秤行为，如走S形、拖磅、跳磅和刹车等导致测量出现大幅度偏差。车辆整车称量的动态汽车衡缺点就是施工复杂，整体成本费用高昂且施工周期长，后期维护成本也较高。

动态轴重衡是一种对行驶中的车辆轮轴重量进行称重的衡器，称重时车辆的轮轴（或轴组）一个一个地通过秤台，仪表记录下每一个轮轴（或轴组）的重量，车辆全部通过后，累计得到整车的重量。动态轴重衡由于秤台面过窄、采集数据周期短的原因导致测量误差较大，所以轴重衡更适用于对车辆进行荷载的预检，比如窄条式和石英式施工简单，可以在高速或省级道路中铺设预检通行的货车荷载重量，对于超载车辆发出超载预警，如果用于治超管理部门对车辆超载执法的精准依据可能欠妥，有失公平公正地治超执法，毕竟动态轴重衡偏差较大，可能存在争议。

3 非现场治超执法中的动态衡器

在非现场治超执法中，许多地方使用窄条式和石英式的公路轴重动态衡，虽然成本费用低、施工简单且周期短，但是称重误差一般都大于 $\pm 5\%$ 。车辆整车称量的动态汽车衡器称量精度较高，但是整体成本费用高昂，施工量大且施工周期长，后期维护也不便。为了提高普通公路上非现场治超中公路

动态衡的称量准确度，同时尽可能降低成本费用和减短施工周期，推荐使用水泥秤台面的模组式整车动态衡。

水泥台面模组式整车动态衡器，就是按照车辆行进方向依次序排列，组成阵列排布的模块化集成的水泥台面称重模块，在车辆通过所述模块化集成称重系统时，各模块独自称重，并通过对车辆称重过程的监测监控，将承载车辆的称重模块自动组合，建立一个“整车称重系统”，通过各模块的称量组合即得到车辆的总重量。在非现场治超执法中，水泥台面称重模块在行车方向宽3.6m，根据实际路面情况可采用三模块、四模块和五模块组合，模块越多称重准确度越高。三模块整体秤台可达10.6m，可以

实现两轴、三轴、四轴、五轴以及短六轴车整体称重，长六轴车可以前后三轴分段式称重，按照车速60km/h 传感器采样频率500Hz 计算，可以捕获300多帧动态力信号数据，构建出一个完整周期的重量时变信号，称量误差可达 $\pm 2\%$ 以内，五模块整体秤台可达18m，常见车型基本上都可以实现整体称重，又因为各个称重模块独立称重，前后车辆的称重互不影响，通行车速满足0~80km/h。当五轴车和六轴重型货车时速56km/h 时，在通过非现场治超公路上三模块水泥秤台时，捕获的传感器动态力信号如图1 所示，可以采样到完整周期的重量时变信号，精确计算出货车的实际重量。

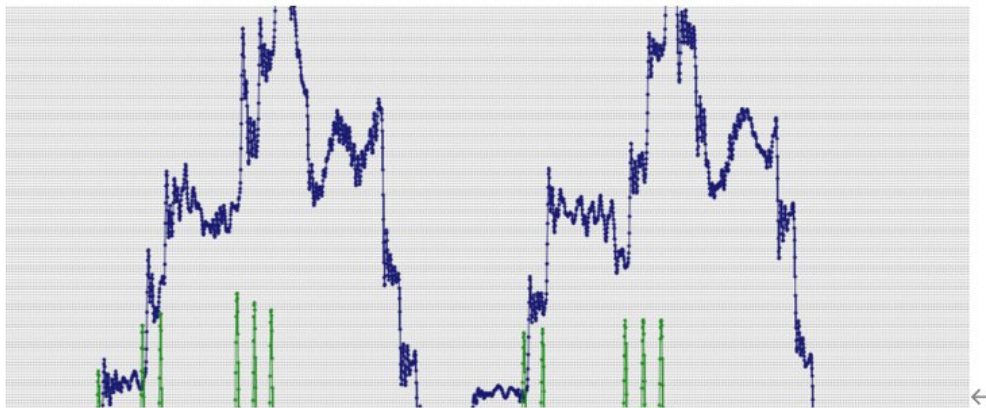


图1 三模块水泥秤台重量传感器动态力信号分析图

水泥台面模组式整车动态衡器，存在多方面优势。分割多个独立台面，便于运输、安装和维护，适应不同车型和轴型的称重需求。整体秤台长，既可整体式称重，也可检测每个车轴（或轴组）上秤台后在多个模块上的运行轨迹，称重传感器数据的采样周期长，捕获到完整的动态力信号，动态称重误差可控制在 $\pm 2\%$ 以内，满足高精度称重要求。可在坡度不超过3% 的路面安装，适用于多种复杂路况。能够识别并修正车辆跳秤、走S 形等作弊行为，保证称重准确性。水泥秤台耐用性强，使用寿命长，抗压抗冲击：水泥材质具有较高的抗压强度，适合长期承受重型车辆（如卡车、货车）或大型货物的碾压，不易变形或损坏。耐候性好，对温度变化、紫外线、雨水等环境因素的耐受性强，不易因热胀冷缩或潮湿导致结构损坏，维护成本低。抗腐蚀，相

比金属秤台（如钢制），水泥结构不易生锈，尤其在潮湿、盐碱或化学腐蚀性环境中更具优势，减少防锈涂层维护需求。表面易清洁：水泥平台表面平整，污渍、油渍易清理，日常维护简单。稳定性好，自重较大，减振效果好：水泥秤台自身重量大，能有效减少外部振动干扰（如车辆经过、机械作业），确保称重数据更稳定、精准。安装稳固，通常与地基一体化浇筑，长期使用不易移位，适合固定场所的称重需求。经济性优势，初期投资适中：相比高端金属秤台，水泥秤台的制造成本通常更低，适合预算有限的项目，因维护少、寿命长，综合使用成本更低。安全性高，水泥平台通常设计有防滑纹路，减少车辆或人员滑倒风险。三模块水泥秤台在非现场治超公路上实际应用布局见图2。



图2 三模块水泥秤台非现场治超公路中的布局

三模块水泥秤台在非现场治超公路上应用中进行实际测试试验。试验采用一辆短六轴货车装满沙石后静态称重48122kg，该货车以不同的速度通过三模块水泥秤台进行10次动态称重，记录每次称重数据并计算称重误差，准确度可控制在 $\pm 2\%$ 以内，具体数据见下表。

表 三模块水泥秤台在非现场治超公路的称重测试数据

三模块水泥秤台测试数据			
次数	车速 (km/h)	重量 (kg)	精确度 (%)
1	31	48350	+0.47
2	19	48262	+0.29
3	35	48031	-0.18
4	10	48166	+0.09
5	39	48405	+0.58
6	25	48128	+0.01
7	31	48363	+0.50
8	45	47899	-0.46
9	50	48442	+0.66
10	60	47662	-1.03

4 结语

总之，作为衡器必须做到公平精准，公路车辆动态衡器关乎交通公路运输的货运市场秩序和道路运输安全，在现代交通运输管理中扮演着越来越重要的角色，是治理车辆超载部门公平公正执法的可靠依据。因此，公路车辆动态衡器还需进一步科技革新，提高称重效率和称量准确度，真正做到车辆

在高速入口或者非现场治超执法的公路上高速畅通且称重精准无误，严格确保公平公正地执法，保障公路交通高效运输及道路安全。

作者简介

薛林军，软件工程师。主要从事车辆高速通行状态下动态称重的信号处理及称重算法研究，尤其在动态衡器的计量精度方面，做过大量的测试分析工作。