# “智平方”动态称重系统破解高速公路称重作弊难题的技术创新与实践

□罗检民[1] 贺华[1] 孙兆涛[1] 罗珩馨[1] 莫渝[1] 韩长青[2]

1. 湖南省计量检测研究院 2. 中储恒科物联网系统有限公司

【摘 要】高速公路入口治超、出口倒查称重长期存在货车“蹭岛”“冲秤”“跳秤”等作弊行为，传统称重系统防作弊能力弱、通行效率低、运维成本高且施工占道影响大，严重威胁路网运行安全与货运市场公平秩序。本研究依托“一平方单位精细感知”设计理念，研发融合高密度传感阵列、AI 动态算法与模块化结构的“智平方”动态称重系统，搭建“智能感知—精准取证—主动拦截”全流程治超解决方案。经多省份高速公路规模化落地应用验证表明，该系统可精准识别全类型称重作弊行为，同步提升通行效率、压缩全生命周期运维成本。文章阐述系统工作原理、架构体系、核心技术创新及工程应用成效，为智慧交通高速称重检测技术升级与智慧治超推广提供理论与工程参考。

【关键词】动态称重；防作弊；AI 行为算法；高密度感知；智慧交通；模块化设计

文献标识码：A 文章编号：1003-1870（2026）07-0005-05

## Technological Innovation and Practice of "Zhifang" Dynamic Weighing System on Tackling Highway Weighing Fraud

【Abstract】In highway entrance overload control and exit retroactive weighing, fraudulent behaviors such as "lane drifting," "weigh-in motion fraud," and "scale-jumping fraud" by trucks have persisted for a long time. Traditional weighing systems suffer from weak anti-fraud capability, low traffic efficiency, high operation and maintenance costs, and significant disruption to traffic due to construction, which severely threatens road network operation safety and the fair order in the freight market. Based on the "One-Square-Unit Fine Perception" design concept, the "Zhifang" dynamic weighing system is developed in this paper, which integrates a high-density sensor array, AI dynamic algorithms, and a modular structure, and establishes an end-to-end overload control solution featuring "intelligent perception - precise forensics - active interception". Verified by large-scale deployments on highways across multiple provinces, the system can precisely identify full-coverage weighing fraud behavior, simultaneously improve traffic efficiency, and reduce life-cycle operation and maintenance costs. The working principle, architecture, core technological innovations, and engineering application effectiveness of the system is elaborated in this paper, providing a theoretical and engineering reference for the upgrading of highway weighing detection technology and the promotion of smart overload control in smart transportation.

【Keywords】dynamic weighing; Anti-cheating; AI behavior algorithm; high-density perception; smart transportation; Modular design

## 引言

随着全国高速公路取消省际收费站以及“治超一张网”的全面建成，入口治超已成为保障道路桥梁安全、维护公平运输秩序的关键环节[1]。然而，在高速入口称重检测区，部分货车司机通过“蹭岛”（紧贴收费岛边缘减轻称重压力）“冲秤”（加速闯磅篡改车辆总重量数据）“跳秤”（颠簸车身规避真实载重）等违规操作规避称重监管，不仅扰乱了公平的运输市场秩序，更因超载车辆长期行驶导致路面破损、桥梁老化加速，极大增加了巨大的交通安全隐患[2]。

传统称重系统主要依赖人工监督与单一称重设备，面对瞬时完成的作弊行为，普遍存在“发现难、取证难、处置难”的困境。同时，传统设备安装需大面积开挖路面，施工周期长、对交通影响显著，且后期维护成本高、抗恶劣环境能力弱，难以适应智慧交通发展对高效、精准、低成本称重检测的需求[3]。

为破解上述行业痛点，本研究依托深厚的物联网感知技术积淀，研发了“智平方”动态称重系统，通过技术革新实现了从“人为甄别”到“智能感知”、从“被动处置”到“主动拦截”的转型。该系统已在湖南、重庆、安徽、广东等多个省成功落地，入选高速公路信息化年度典型案例，其技术创新与应用成效为衡器行业在智慧交通领域的发展提供了新路径。

## 1 “智平方”动态称重系统工作原理与核心架构

### 1.1 基本工作原理

“智平方”动态称重系统基于矩阵式称重检测设计，核心由3 排多个模块式称重平板、称重显示控制器、车辆分离器及车型识别器等组成。其中模块式称重平板由称重传感器和承载器构成，通过在车道内铺设3 排多个模块式称重平板组成矩阵式称重检测系统( 简称: 智平方)，车辆各轴依次通过时，各模块式称重平板将测量信号传输至称重显示控制器将信号转换成重量，并指示车辆单轴载荷和轴组载荷重量以及车辆总重量，实现动态行驶状态下的精准称重[4]。基本工作原理如图1 所示。

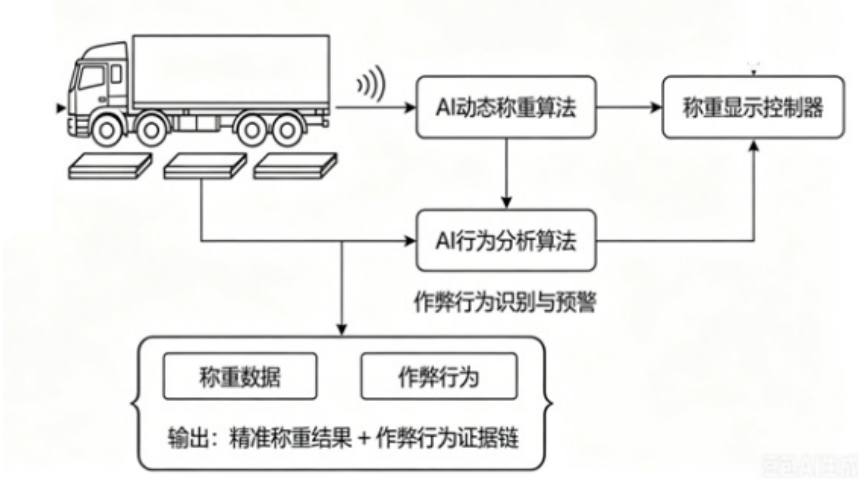



**图1 “智平方”动态称重系统工作原理框图**

（说明：区别于传统单排单点称重，采用矩阵式多点同步采集 + AI 行为分析双链路，并行输出重量数据与行为特征，解决传统系统“只测重、不防作弊”的缺陷）

### 1.2 核心系统架构

系统采用三层分布式架构，实现感知、算法、应用的解耦与协同，架构清晰、扩展性强。核心系统架构如图2 所示。

#### 1.2.1 应用层

采用高密度布设的称重传感器阵列，传感器间距按“米级”优化设计，结合全方位密封结构，可在 –45 ~80 ℃环境温度范围内稳定工作，有效抵御

泥沙、污水等恶劣环境侵蚀，确保感知数据的连续性与可靠性。

1.2.2　算法层

“智平方”深度融合动态称重算法与 AI 行为分析算法，精准感知车辆在各类行驶态下重量的细微变化，实时捕捉车辆过磅时的姿态、速度、轨迹等多维数据，建立异常行为识别模型，可精准识别“S”形行驶、跨道并行、压线、加速、急刹、蹭岛、冲秤、跳秤等多种作弊特征。

1.2.3　感知层

集成称重显示、预警拦截、数据统计、远程管理等功能，可与车道控制系统无缝联动，实现作弊行为的实时报警、车辆通行权限锁定及多维度数据统计分析。并将该行为与称重数据进行精准时间戳绑定，为后续判定提供证据。

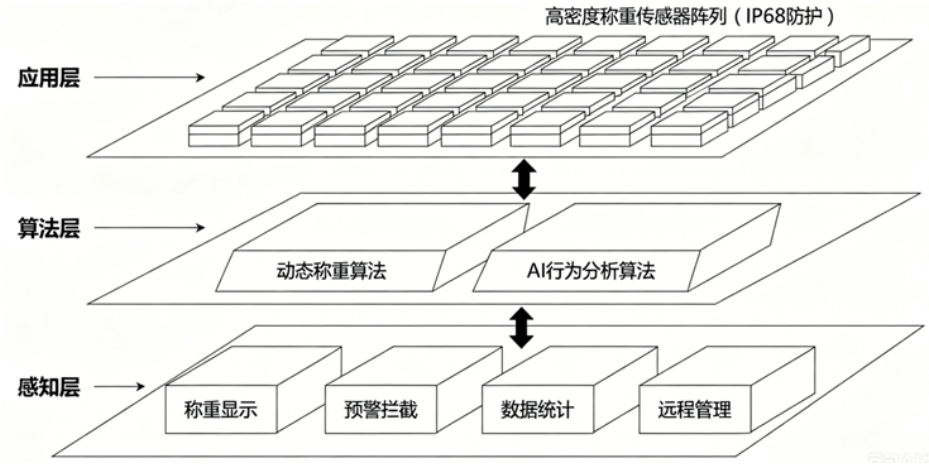



图2　“智平方”动态称重系统核心架构图

## 2　“智平方”动态称重系统核心技术创新

2.1　防作弊技术革新：从“单一称重”到“行为—数据”双闭环

传统称重系统仅关注重量数据采集，难以应对多样化作弊行为。“智平方”系统构建了“行为识别 + 数据溯源”的双闭环防作弊机制：一方面，通过 AI 智能算法实时分析车辆行驶状态，当检测到加速、急刹、S 形行驶等异常行为时，立即触发声光预警。另一方面，采用毫秒级数据采集技术，同步记录异常行为发生时每一根车轴的瞬时重量数据，通过精准时间戳将行为特征与称重数据绑定，形成完整的“行为—数据”证据链，为作弊行为的科学认定提供坚实支撑 [5]。

该技术突破了传统称重系统“重数据、轻行为”的局限，实现了对“蹭岛”“冲秤”“跳秤”等多种作弊行为的全覆盖识别，识别准确率达 99% 以上，从技术层面杜绝了作弊空间。

2.2　感知精度升级：高密度传感与算法融合，实现精准称重

针对动态称重精度难题，采用高密度传感阵列 + AI 数据融合算法：感知端矩阵化布局多点同步采集，规避单点偏移误差。算法端引入改进型随机森林融合模型，对多源数据进行降噪、温度补偿、速度修正与异常值剔除，抵消行驶速度、路面颠簸、异常变速（加速 / 急刹）等影响。动态称重误差按照 GB/T 21296.1–2020 高速动态衡器精度规范要求，准确度等级达1 级（非正常行驶工况），满足高速公路治超精度要求[6]。

2.3　工程化设计优化：模块化与速装技术降低全生命周期成本

针对传统称重设备安装复杂、运维成本高的痛点，系统进行了全方位的工程化优化：一是采用模块化设计，将称重平板、传感器、控制器等核心部件集成化生产，设备整体尺寸紧凑，安装时仅需“米级”开挖，配合速干料浇筑工艺，可实现 24 小时内完成安装并恢复通车，最大限度减少对交通的影

响。二是采用全方位密封结构设计，秤体防护等级达IP68，可有效避免泥沙、污水侵入，确保在多雨、多尘等恶劣环境下的长期稳定运行，后期维护频率降低 70%，运维成本大幅下降[7]。

2.4　运营模式革新：从“事后追责”到“事中阻断”

突破了传统称重系统“被动处置”的运营模式，构建了“主动识别—实时拦截—精准治理”的全流程运营体系：当系统识别到作弊行为时，可自动联动车道控制系统，锁定违规车辆通行权限，实现作弊行为的事中阻断。同时，系统平台支持对作弊行为进行多维度统计分析，精准描绘作弊高发车型、时段、路段等特征，为管理者优化防控策略、开展精准治理提供数据支撑，推动高速公路称重管理从“粗放式”向“精细化”转型[8]。

## 3　工程应用案例与成效分析

3.1　多省份规模化应用验证

截至目前，“智平方”动态称重系统已在湖南、重庆、安徽、湖北、广西、四川、河南、山东、广东等多个省份的高速公路收费站成功落地应用，覆盖 ETC 专用道、混合车道、超宽车道等多种场景，累计应用站点超 200 个，获 7 项国家专利证书，并入选高速公路信息化年度典型案例，得到行业广泛认可[9]。

2025 年 12 月，在湖南省高速公路集团有限公司湘西分公司花垣东收费站和湖南省高速公路集团有限公司怀化分公司土桥收费站的率先应用，解决传统设备效率低、纠纷多问题。吉查高速和怀新高速作为连接湘西地区的重要交通干线，入口治超压力较大，传统称重设备存在效率低、纠纷多等问题。系统启用后，通过一个月的试用，成效显著：过去司机因“差一公斤”反复倒车、争论不休的现象基本杜绝，车道通行效率提升 50% 以上，车主满意度大幅提高[10]，应用前后效果对比如图3 所示。

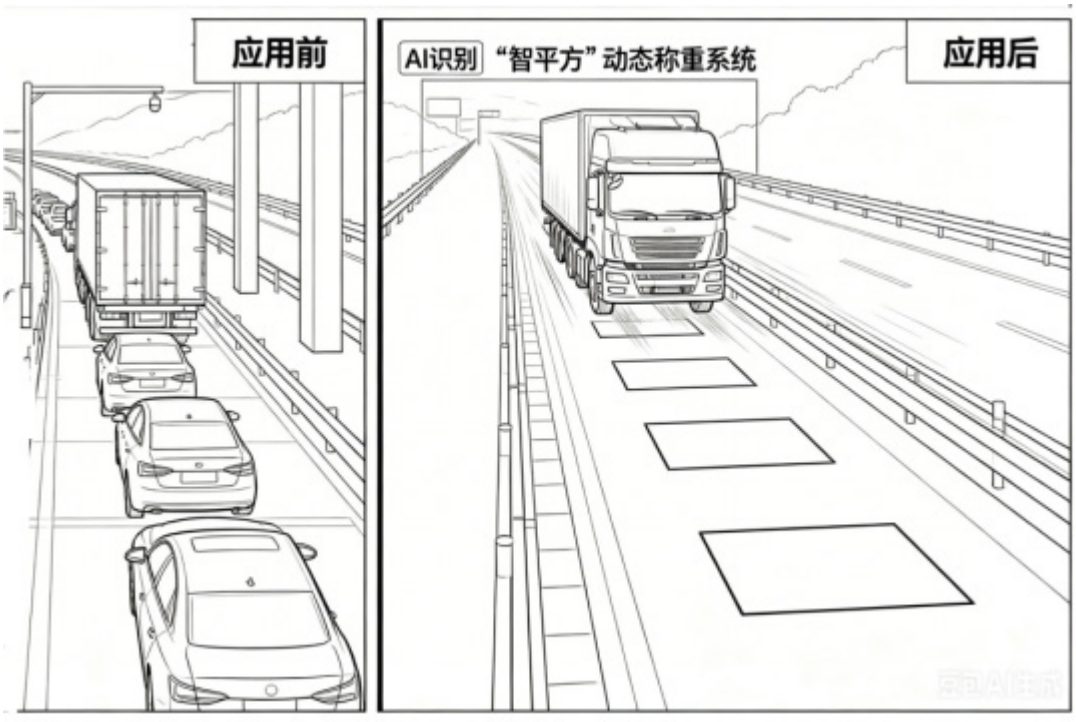



**图3　湖南花垣东收费站应用前后效果对比图**

（左：应用前，车辆排队拥堵、倒车争论频发；右：应用后，通行顺畅、作弊行为基本杜绝）

3.2　关键应用成效量化分析

3.2.1　显著增强防作弊能力

以湖南省高速公路集团有限公司湘西分公司花垣东收费站为例，系统投入使用后，“蹭岛”“冲秤”“跳秤”等作弊行为发生率从35% 降至1% 以下，称重数据的真实性与公正性得到充分保障，有

效维护了运输市场的公平秩序[10]。

3.2.2　大幅提升车辆通行效率

通过精准快速的称重检测与作弊行为的实时拦截，车辆过磅时间从传统设备的15～20秒/辆缩短至5～8秒/辆，车道通行能力提升60%以上，有效缓解了高速入口处的拥堵问题。

3.2.3　大幅降低运维成本

模块化设计与高防护等级的结构设计，使设备年故障率降至0.5%以下，称重传感器采用专利机械密封技术，实现全方位防护，有效抵御泥沙、污水等环境侵蚀且设备长期免维护。后期维护成本较传统设备降低60%，显著降低了高速公路运营单位的管理成本。

3.2.4　强化了安全保障

在湖南、重庆、安徽、湖北、广西、四川、河南、山东、广东等多个省份的高速公路收费站应用表明，“智平方”通过有效拦截超载车辆进站，辖区内高速公路路面破损率下降30%，桥梁结构安全隐患显著减少，交通事故发生率较之前降低25%，为路网安全提供了坚实保障[10]。

## 4　结论与展望

“智平方”动态称重系统通过高密度感知、AI算法融合、模块化设计等核心技术创新，成功破解了高速公路称重环节的作弊难题，同时实现了称重精度、通行效率与运维成本的全方位优化，为智慧交通领域的称重检测技术升级提供了可行方案。多省份的规模化应用验证表明，该系统不仅具备优异的技术性能，更具有显著的经济与社会效益，对推进“交通强国”战略实施具有重要意义。

未来，随着智慧交通技术的持续发展，本研究将进一步深化技术创新：在感知层面，引入毫米波雷达、机器视觉等多传感融合技术，提升复杂场景下的作弊行为识别能力。在算法层面，结合大数据与深度学习技术，构建自适应的称重误差补偿模型与作弊行为预测模型。在应用层面，推动系统与高速公路“一张网”管理平台的深度融合，实现称重数据的高效跨区域共享与协同治理，为高速公路称重检测提供更智能、更高效、更可靠的技术支撑，是智慧无人收费站称重设备的升级换代首选。

## 参考文献


[1] 湖南省人民政府办公厅. 湖南省高速公路联网收费管理办法[S]. 2021.

[2] 罗检民，吴振兴，李杨，罗珩馨. 浅析高速公路入口治超称重设备现状与选型 [J]. 中国检验检测. 2022 ,30 (05)

[3] 陈小龙. 基于智慧交通系统的城市物流配送路径优化[J]. 中国航务周刊，2026 (01).

[4] 中储恒科.“智平方” 动态称重系统技术手册 [Z]. 2024.

[5] 韩芝星，蔡晓龙. 基于二叉树SVM的动态称重系统作弊检测的研究 [J]. 工业仪表与自动化装置. 2018 (01).

[6] GB/T 21296.1−2020, 动态公路车辆自动衡器“第1部分：通用技术规范” [S].

[7] 梁益彰，肖广兵. 基于STM32的高速公路汽车超重监测系统[J]. 智能计算机与应用， 2021 ,11 (03)

[8] 潘鼎，如亮. 取消省界收费站关键技术拓展与应用[J]. 中国交通信息化，2021 (02)

[9] 中国公路学会. 2024年度高速公路信息化典型案例汇编 [Z]. 2024.

[10] 吉查高速和怀新高速运营管理中心.“智平方”动态称重系统应用报告 [R]. 2025.


## 作者简介


罗检民（1969—），男，湖南长沙人，正高级工程师，湖南省计量检测研究院衡器所所长。主要从事计量检测技术、非现场执法称重设备的研究。