

高速公路收费站智能化演进与管理模式转型

李龙龙

中交资产管理有限公司浦清高速运营项目经理部, 广西 玉林 537000

DOI:10.61369/UAID.2026010034

摘 要 : 高速公路收费站正处机械化向深度智能化发展关键阶段, 收费业务自动化、车辆识别精准化与交通流组织优化为核心的技术体系持续成熟, 赋予管理模式根本性重塑契机, 智能化演进提升通行效率与成本效益, 推动收费站脱离传统人工管控, 迈向数据驱动、预测主导的智慧管理模式。感知设备、边缘计算与协同调度平台广泛部署, 助力收费站实现状态实时掌握、资源按需配置与安全风险提前预警, 智能化水平持续提升, 让收费管理体系拥有更强响应能力与服务弹性, 驱动运营体制、岗位结构与流程机制深度变革, 夯实高效、可靠、低干扰通行环境的建设根基。

关 键 词 : 高速公路收费站; 智能化; 管理模式转型; 交通运行优化; 数据驱动

Intelligent Evolution And Management Mode Transformation of Expressway Toll Station

Li Longlong

China Communications Assets Management Co., Ltd. Puqing Expressway Operation Project Manager Department, Yulin, Guangxi 537000

Abstract : Expressway toll stations are in the critical stage of mechanization to deep intelligence development. The technical system with automation of toll service, accurate vehicle identification and optimization of traffic flow organization as the core continues to mature, which gives the management model a fundamental opportunity to reshape, improve traffic efficiency and cost-effectiveness through intelligent evolution, and push toll stations away from traditional manual management and control and move towards a data-driven and forecast-led intelligent management model. Perceptual devices, edge computing and collaborative scheduling platforms are widely deployed to help toll stations realize real-time status control, on-demand resource allocation and early warning of security risks, and the level of intelligence continues to improve, so that the toll management system has stronger responsiveness and service flexibility, driving deep changes in the operating system, post structure and process mechanism, and laying a solid foundation for the construction of an efficient, reliable and low-interference traffic environment.

Keywords : expressway toll station; intelligent; management mode transformation; traffic operation optimization; data driven

引言

高速公路网络扩张与交通结构快速变化, 令收费站承担的流量调节与运行组织任务愈发复杂, 传统模式难以适应多维度交通需求, 智能化改造成为解决现有问题的关键路径: 技术层面, 5G 与边缘计算技术成熟为实时数据处理提供支撑; 经济层面, 自动化升级可显著降低人工依赖与运维支出; 战略层面, 契合交通运输部智慧公路建设规划要求^[1]。推动管理体系探寻更高效、更灵活的技术路径。智能识别、自动计费、数据融合分析能力持续强化, 赋予收费站对车辆行为、运行状态与拥堵趋势即时感知和处理的条件, 管理方式自此朝协同化、透明化与动态化前行, 智能化演进改变收费业务运作方式, 推动资源配置方式、风险控制手段与运行机制全面提升, 赋予收费站支撑未来交通体系发展的动力和潜能。

一、智能化演进下收费站面临的核心矛盾

(一) 通行效率提升需求与传统模式的结构性的限制

高速公路交通量持续增长, 收费站高峰时段承载车流密度不

断攀升, 传统模式依托人工收费、现场指挥及线性交互流程, 形成难以突破的结构性的瓶颈, 车辆进出站停驻、交互和支付步骤偏多, 处理周期偏长, 排队时长与拥堵概率随流量增加呈倍数放大趋势。传统系统对复杂车流识别与分流能力有限, 面对车型混

行、支付方式多样化及高频进出站变化场景难以及时调整，车流出现波动时，系统缺少自动调节机制，难以实现快速扩容与能力均衡，结构性限制体现于技术层面，也包括规则固化和流程链条冗长，效率提升受到层层制约，智能化需求不断强化的大背景下矛盾愈发突出。

（二）业务流程固化导致的响应滞后问题

收费站长期运行形成一套固定业务链条，涵盖车辆识别、费用核算、道闸放行以及事后处理等环节，这些流程在固定场景下具备稳定性，面对交通结构突变、异常车辆增多或政策变化等情形，流程固化易导致响应滞后，传统流程需依靠人工判断完成调整，人工处置速度受信息获取、经验差异以及外界干扰等因素影响，无法满足突发状况下实时性需求。不同环节之间缺乏高频数据共享机制，信息传递链条较长，部分环节无法及时获取车辆状态、路段负荷和交通波动等关键参数，进一步放大滞后效应，流程固化造成处理方式单一化，难以针对临时性需求灵活配置资源，无法即时调整通道属性或分配处理优先级，最终运行组织难以形成闭环调节能力，高动态交通环境中显现明显不足。

（三）管理资源配置与运行状态脱节的风险

收费站日常运行需要调配人员、设备、通道资源及后台系统能力，传统管理依赖周期性评估与固定计划，常与实时变化的交通状态存在明显偏差，车流波动剧烈或结构出现异常时，资源配置未必能与负荷相匹配，轻则造成资源闲置，重则导致关键节点拥堵，缺乏对运行状态的全面感知，管理层难以实时掌握各通道饱和度、设备性能变化或潜在风险点，影响资源投放精准度。部分收费站管理体系依赖经验规则，经验往往无法覆盖多变场景，资源分配出现滞后或方向失衡，设备维护、人员排班与应急预案未与实时运行数据联动，资源在关键时刻难以发挥应有效能。

二、智能化技术驱动的关键突破路径

（一）识别、计费与监测系统的协同升级

智能化技术发展，赋予收费站车辆识别、费用计算和运行监测更高同步处理能力，高清视频识别、激光雷达检测与车牌结构化算法应用，让车型判定、车速捕捉及车牌解析准确度显著提升，夯实后续计费过程数据基础，计费系统在多源数据校验、差错识别与自动匹配方面持续强化，车辆行为和交通负荷的持续采集，识别、计费、监测三者融合，促使数据在链条内部无缝流转，减少重复处理与延迟，提升业务闭环整体效率，协同升级后的系统具备面向复杂场景的适应能力，为收费站自动化运作和精细化管控提供技术支撑。

（二）数据融合下的运行状态实时感知

多类型数据源在收费站接入，运行状态感知方式逐步从单点监控转向系统化融合，车道流量、车辆属性、设备健康度、排队长度、气象信息以及周边路网状况等数据经融合算法处理，可构建对站区运行状态的完整映射，实时感知能力帮助系统捕捉流量突变、异常车辆出现、设备性能下降或交通节奏变化等关键指标，依托模型预测未来短时间内负荷趋势。

（三）自动化流程对瓶颈环节的重塑作用

自动化技术在收费站逐步渗透，重新构建传统模式中高耗时、高依赖的环节，车辆出入口放行、异常记录核查、车型校验、扣费确认、设备故障判断等步骤在自动化流程中实现链式处理，人工介入比例显著降低，自动化流程由逻辑规则、实时数据和算法模型驱动，能够对瓶颈环节进行重组，减少车辆停留时间、缩短信号等待周期、压缩异常处理路径。部分流程引入自适应调节机制，系统可根据车流规模与交通节奏自动调整工作模式，实现高峰期扩容、低负荷期收缩的自我调节能力，流程重塑还体现于场景适配，复杂车型混行、大规模车队通过、恶劣天气运行等情况可由系统自动策略切换，避免人工判断滞后造成拥堵。

三、管理模式转型中的实施策略

（一）调度体系的动态化与柔性化构建

智能化条件下，收费站调度体系逐步脱离固定模式，向动态化、柔性化方向演进，实时数据调度平台持续接收车流量、排队长度、设备运行状态及道路通行环境等信息，依托算法模型生成可即时更新的调度指令，通道配置、车道属性转换及车流引导方式更贴合实际波动，动态调度体系遭遇突发流量、特殊车辆集中出现或周边路段施工引发的交通扰动，可快速形成调整策略，降低滞后造成的拥堵风险。柔性化构建体现在指令快速生成，也涵盖执行层面多样化方式，支持临时增开道口、优化车辆分流路径、调整辅助资源投入等，调度体系强化自我学习与规则更新，使运行组织具备随场景变化自动优化的能力，为复杂交通环境下高效运行提供稳定支撑。见图1所示。

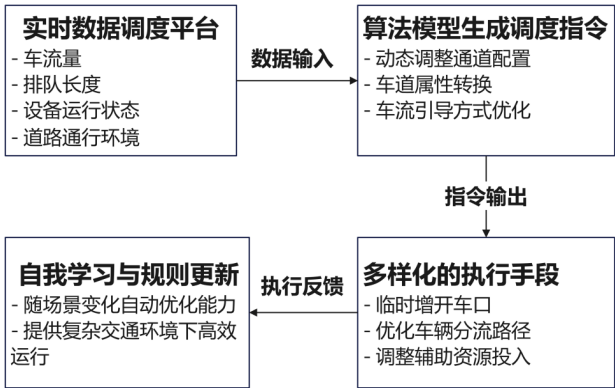


图1：高速公路收费站调度体系动态化与柔性化构建图

（二）安全与风控机制的预警化提升

风控体系随智能化转型深度强化，安全风险识别从事后处置转向提前预警，监测系统连续分析车辆异常行为、设备状态偏移、通道拥堵趋势和外部环境变化，构建多层次风险指标体系，为预警机制提供数据支撑，模型化风险评估可识别影响通行效率或设施安全的潜在因素，比如超宽、超限车辆集中出现，设备寿命衰减引发的潜在故障，或特定气象条件下的通行敏感区域。预警化提升还涉及响应链条整合，通过自动触发机制关联风险等级、处置策略和资源调配，问题在恶化前得到抑制，风控机制完

善让收费站应对突发情况时稳定性更强，借助可视化风险呈现，提升整体运行透明度与连续性。此外，智慧展示服务使用数据脱敏技术，

在不泄露个人隐私的前提下，利用数据分析结果提供决策支持。同时，系统通过收集和分析大量历史和实时数据，运用预测性分析技术来预见并防范潜在的安全威胁^[2]。

（三）岗位结构与流程机制的适配性调整

智能化水平提升推动岗位结构从传统人工操作导向，转向技术监控与系统管理导向，流程机制同步开展适配性调整，识别、计费与后台处理等环节自动化程度提高，现场岗位重点从直接操作转向策略执行、异常监管和系统维护，形成以监督、协同和技术支持为核心的新型岗位体系，流程机制同步优化，整合冗长人工链条为可自动触发的业务路径，流程更简洁、响应更迅速。适配性调整包括强化不同岗位间信息共享机制，依托统一数据平台，让各角色在同一信息框架下开展工作，提升组织协调效率，面对复杂场景，流程机制逐步具备可调整性，通过适配不同车流结构、环境条件和政策要求，增强系统运行弹性。

四、面向稳定运行的智能化管理体系塑造

（一）多层次协同的运行组织机制形成

在交通领域内，借助信息技术不断挖掘群众新的需求点，从点到面在高速公路领域内发展专业化的信息产业，这是未来高速公路信息化与智能化的重要发展方向^[3]。智能化条件下，运行组织机制呈现多层次协同结构特征，依托站区、路段和区域级平台联动，实现交通运行状态整体把握，站区层面凭借实时感知系统和智能调度模块，细化管理车道流量、设备状态、排队情况等关键指标，区域级平台连接多个收费站及更大范围道路网络，构建跨站协同机制，节假日高峰、局部拥堵或重大事件发生时，形成统一协调的运行调控体系，多层次机制依托数据共享、模型联动和标准化指令协调，实现不同层级间信息贯通、策略同步、执行

一致，为稳定运行筑牢结构化支撑。

（二）资源优化配置的持续化推进路径

资源配置作为收费站管理体系核心环节，随智能化转型逐步迈向精细化、持续化，基于实时数据的资源调度模型，精准识别各时段车流分布、通道负荷变化和设备使用频率，生成动态资源需求图谱，为人员排班、设备检修与辅助力量配置提供依据，资源优化路径推进依赖长期数据积累，挖掘历史运行规律构建预测模型，为未来高峰期资源投放提供提前布局条件。资源间协同度持续提升，通过跨流程、跨岗位配置逻辑，使设备、人力与系统能力形成互补体系，提高整体利用效率，资源优化涵盖设备生命周期管理，监测寿命曲线和性能衰减趋势，让维护计划精准匹配运行状态，减少突发故障对通行效率的影响^[4]。

（三）智能化能力向运营全周期的延展

智能化能力已从局部业务场景，延伸至运营全周期，在规划、建设、运行与维护各阶段形成贯穿式支撑体系，规划阶段运用仿真模型和数据预测技术，预评估车流增长趋势、实现质量可追溯、风险可量化。运行阶段依托自动化处理链、实时监测网络 and 智能调度体系，增强业务流程自适应能力，维护阶段通过健康评估模型、故障预测算法及远程诊断系统，分级管理设备状态，降低停机率、延长使用寿命。

五、结语

智能化进程深入，推动收费站技术体系、管理模式与运行机制全面革新，通行效率、资源配置与风险控制能力同步提升，识别、计费、监测等关键环节协同升级，数据驱动感知体系筑牢管理模式转型根基，自动化流程持续重塑业务结构，多层次协同、动态调度与全周期智能化运营体系逐步成型。面向未来，智能化技术发展将持续强化收费站系统韧性与运行适应力，更广范围实现交通资源高效协同与服务能力提升，为高速公路运行体系迈向更高水平注入持续动力。

参考文献

- [1] 卓建影, 戈洪彪, 陈月平. 高速公路低碳收费站评价方法与指标体系构建 [J]. 中国交通信息化, 2025, (12): 31-36.
- [2] 池海锋. 高速公路收费站机电设备安装与土建结构衔接的施工协同技术研究 [C]// 广西网络安全和信息化联合会. 第十二届工程技术管理与数字化转型学术交流会议论文集. 江苏安防科技有限公司; 2025: 641-643.
- [3] 屈松. 高速公路收费站机电控制系统智能化改造研究 [J]. 汽车画刊, 2025, (09): 188-190.
- [4] 傅萍. 智能化转型视域下企业运营管理模式的优化研究 [J]. 现代商业研究, 2025, (17): 124-126.