

智慧交通背景下高速公路交通安全设施的智能化升级路径

黄昌林

云南省交通科学研究院有限公司 云南 昆明 650217

【摘要】：高速公路交通安全设施智能化升级是智慧交通发展的关键支撑。智慧交通与设施智能化定义为基
础，智能化升级的全要素感知、数据驱动决策等特征得以梳理，传统设施相比，响应效率、安全保障方面的优
势得以明确。交通流量增长、复杂场景安全保障等需求为导向，感知、预警、管控类设施的智能化升级方向得
以阐释，现有设施改造、多部门数据互通等路径与保障措施同步提出。研究为高速公路交通安全设施从“被动
防护”向“主动防控”转型提供参考，提升交通运行效率与安全保障水平。

【关键词】：高速公路；交通安全设施；智能化升级；主动防控；数据互通

DOI:10.12417/2811-0536.26.04.021

引言

我国经济社会发展带动高速公路客货运输需求激增，交通流量持续攀升。团雾、路面结冰等复杂场景叠加影响下，传统交通安全设施被动防护、响应滞后的局限愈发明显，难以适配动态交通环境安全保障需求。依托人工智能、物联网等技术推动交通安全设施智能化升级，是破解传统设施困境、提升交通治理能力的必然选择。本文梳理高速公路交通安全设施智能化升级核心内涵与特征，分析现实需求与核心升级方向，探索实施路径与保障措施，为智慧交通落地、高速公路安全保障强化提供借鉴。

1 高速公路交通安全设施智能化升级相关概念与内涵

(1) 智慧交通与交通安全设施智能化的核心定义：智慧交通以新一代信息技术为核心，多源数据融合协同应用，实现交通系统“感知-决策-管控-服务”全流程智能化，属现代交通形态。核心目标提升交通运行效率、保障出行安全、优化服务体验^[1]。高速公路交通安全设施智能化是智慧交通关键支撑，在传统交通设施功能基础上，依托人工智能、物联网、大数据等技术，对信号灯、护栏、交通标志、照明设施等开展数字化改造与功能拓展，构建可自主感知路况、气象、车辆状态等信息，分析风险隐患，响应交通需求的新型安全保障载体。核心打破传统设施“被动防护”局限，实现“主动防控”功能升级，推动安全设施从单纯物理屏障与信息标识，转变为交通系统中具备数据交互与智能决策能力的重要节点。

(2) 高速公路交通安全设施智能化升级的核心特征：高速公路交通安全设施智能化升级呈现多维度核心特征。感知层面实现全要素覆盖，整合路面状况、气象条件、交通流量、车辆运行状态等多源信息，摆脱传统设施单一功能限制，完成交通环境全面感知。

决策层面依托数据驱动，算法模型实时分析采集的海量数据，预判潜在风险，基于交通流量数据预判拥堵点、气象数据预警恶劣天气影响，为后续管控提供科学依据。响应层面达成实时化联动，智能化设施通过网络实现数据互通与协同作业，感知团雾天气时，联动可变信息标志发布预警、调整照明设施亮度、触发护栏警示灯，形成全方位风险应对体系。具备持续进化性，长期数据积累优化算法模型，提升感知精度与决策效率，使设施功能始终适配交通环境动态变化。

(3) 智能化升级与传统设施的差异化优势：与传统高速公路交通安全设施相比，智能化升级差异化优势显著。传统设施采用固定功能设计，交通标志标识信息固定、护栏仅承担物理防护作用，依赖人工巡检维护，存在响应滞后、管理效率低等问题，应对突发交通状况或复杂环境时多被动处置。两者核心量化差异见表1。

表1 应对突发交通状况或复杂环境时多被动处置

对比维度	传统设施	智能化设施
设施故障发现时间(小时)	24	1
恶劣天气预警提前时间(分钟)	0(无主动预警)	10
相关路段事故率下降比例(%)	0(被动防护)	30 以上
车道通行方向调整响应时间(分钟)	人工调整,约 60	自动调整,约 5

除上述量化差异外，智能化设施实现功能动态适配，可依据交通流变化、环境条件调整运行模式，京雄高速智能可变车道标志，依托实时车流量调整车道通行方向，提升道路利用率^[2]。管理模式上，依托自动化监测与智能巡检技术，无人机巡检、传感器实时监测替代传统人工巡查，降低人力成本，大幅提升隐患排查效率与覆盖面。安全保障效能上，从“事后处置”转向“事前预防”，提前预警、主动干预降低事故发生率，浙江杭绍甬高速路面结冰预警系统可提前

10分钟发布预警信息，相关路段事故率下降30%以上，传统设施难以实现此类前瞻性安全保障。

2 高速公路交通安全设施智能化升级的现实需求与背景

(1) 高速公路交通流量增长下的设施适配需求：我国经济社会快速发展，高速公路客货运输需求持续攀升，交通流量大幅增长。重大节假日、物流高峰期，部分路段频繁出现交通拥堵、车流密集等情况，对交通安全设施适配能力提出更高要求。传统交通设施固定化设计难以应对动态变化的交通流量，固定车道配置无法缓解潮汐式拥堵，传统交通标志无法传递实时路况信息，导致通行效率下降，引发交通事故。我国东部某繁忙高速公路，日均车流量从5年前2.3万辆次增长至如今4.1万辆次，传统设施承载压力日益凸显，亟需智能化升级实现设施功能动态调整与精准适配。智能交通信号控制系统依据车流量实时优化配时，可变信息标志发布拥堵提示与绕行建议，提升道路通行效率，满足交通流量增长带来的使用需求。(2) 恶劣天气等复杂场景下的安全保障诉求：高速公路通行环境复杂，团雾、暴雨、暴雪、路面结冰等恶劣天气，长下坡、隧道出入口、桥梁等特殊路段，均为交通事故高发场景^[3]。传统交通安全设施在这些复杂场景下安全保障能力有限，雾天中传统交通标志可见距离大幅缩短，照明设施无法根据能见度自动调整亮度，护栏缺乏主动警示功能，难以引导车辆行驶，易引发连环碰撞等严重事故。我国西南某山区高速公路，每年冬季路面结冰期超3个月，传统设施依靠人工撒盐除冰和设置固定警示标志，效果不佳，结冰路段事故发生率占全年事故总数60%以上。智能化设施可感知恶劣天气与复杂路段路况变化，实现主动预警与动态防护，该路段部署的路面传感器实时监测结冰情况，联动可变信息标志发布预警、启动护栏警示灯、调整隧道照明亮度，同时将信息推送至驾驶员导航APP，形成全方位安全保障，有效降低复杂场景下事故风险，这一现实诉求推动交通安全设施智能化升级。(3) 传统设施局限性与智慧交通发展的适配缺口：传统高速公路交通安全设施存在诸多固有局限，功能单一且相互独立，缺乏数据交互与协同作业能力，交通标志、信号灯、护栏等设施各自发挥作用，无法形成统一安全保障体系。依赖人工管理与维护，效率低下，难以实时监控设施运行状态与排查隐患，设施故障无法及时发现修复，影响安全保障效能。当前智慧交通朝着全域协同、精准高效、数据驱动方向快速发展，强调交通系统各要素互联互通与智能协同，传统设施局限性使其与智慧交通发展存在明显适配缺口。传统设施

无法为智慧交通平台提供实时、全面的路况与设施运行数据，导致智能决策缺乏有力支撑，智慧交通协同管控功能也无法通过传统设施有效落地。这种适配缺口限制高速公路交通系统整体运行效率与安全水平提升，亟需智能化升级打破传统设施功能壁垒与数据孤岛，实现与智慧交通体系深度融合。

3 高速公路交通安全设施智能化升级的核心方向与技术支撑

(1) 感知类设施智能化升级：感知类设施智能化升级聚焦气象、路况、车辆状态全维度捕捉，是安全保障主动化实现的基础^[4]。气象感知突破传统固定气象站局限，高速公路沿线密集部署微型气象传感器、毫米波雷达等设备，实时采集温度、湿度、能见度、降水、路面结冰厚度等数据。浙江杭绍甬高速在桥梁、隧道出入口等关键路段安装路面结冰传感器，可监测路面冰点状态，为预警处置提供数据支撑。路况感知依托AI视频分析、雷视融合技术，实时检测路面破损、沉降、积水、拥堵、施工占道等异常情况。北方某高速采用的智能路况监测系统，通过高清摄像头与雷达融合，夜间、雾天等低能见度环境下仍能准确识别路面病害，识别准确率达95%以上。车辆状态感知通过路侧单元与车载终端联动，捕捉车辆超速、逆行、异常停车、跟车过近等危险行为。京雄高速部署的车路协同感知设备，实时获取车辆位置、速度、航向等数据，预判潜在碰撞风险（见图1）。

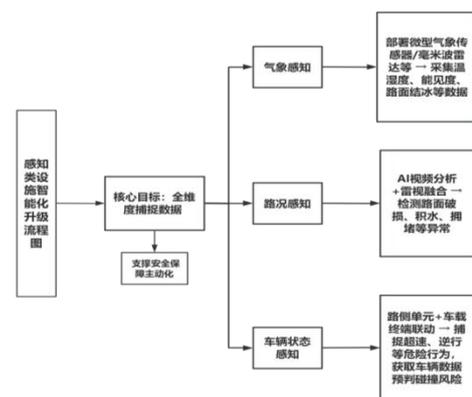


图1 感知类设施智能化升级流程图

(2) 预警类设施智能化升级：预警类设施智能化升级以动态预警、精准提示为核心，打破传统固定警示模式，实现预警信息个性化、场景化传递。动态预警设施可依据感知类设施采集的实时数据，自动调整预警方式与内容。团雾多发路段，传感器检测到能见度低于200米时，可自动触发沿线雾区引导灯，形成连续光带引导车辆行驶，联动可变信息标志发布“能见度低，减速慢行”警示信息。河北某高速雾区智能

预警系统,通过这种方式使雾天事故率下降40%。精准提示设备依托车路协同技术,实现“一对一”精准信息推送。车辆即将进入施工路段时,路侧单元可直接向车载终端发送施工位置、限速要求等信息,驾驶员通过导航APP或车载显示屏实时接收,避免未及时发现路面标志导致的违规行驶。广佛肇高速车路协同预警系统,已实现施工路段、事故路段等场景精准提示,有效提升驾驶员应急反应能力。

(3) 管控类设施智能化升级:管控类设施智能化升级围绕智能闸机、可变车道控制等核心场景,实现交通流动态调控与高效管控^[5]。智能闸机突破传统收费闸机功能局限,融合车牌识别、ETC、AI图像识别等技术,达成无人化、快速通行。巴万高速将收费站混合车道改造为智能无人收费车道,高清摄像头自动识别车牌与车型,结合移动支付技术,单车通行时间从原来15秒缩短至5秒以内,大幅提升收费站通行效率。可变车道控制依据实时交通流量数据,通过智能可变车道标志调整车道通行方向或功能。深圳某高速潮汐车道智能控制系统,早高峰进城方向车流量大时,可将一条出城车道调整为进城车道,晚高峰反向调整,高峰时段通行效率提升30%以上。智能护栏、智能照明等管控设施同样完成智能化升级,车辆碰撞时智能护栏可自动检测碰撞位置与力度,向管理中心发送报警信息,启动防撞缓冲装置减少事故损失,某高速试点的智能防撞护栏已成功降低碰撞事故二次伤害风险。智能照明设施依据光照强度、交通流量自动调整亮度,保障行车安全同时节约能源,上海某高速智能照明系统通过车流量联动调光,年均节约电费25%。

4 高速公路交通安全设施智能化升级的实施路径与保障措施

(1) 现有设施智能化改造与新旧系统对接:现有设施智能化改造是降低升级成本、快速落地的关键路径,需结合传统设施结构特点与功能基础,开展模块化、低成本改造。交通标志、护栏等物理设施,可加装传感器、通信模块等设备赋予数据采集与交互能力。传统交通标志加装亮度传感器与智能调光模块,能根

据光照强度自动调整标识亮度,某高速对沿线2000余块交通标志完成此类改造,标志夜间可见距离提升30%。信号灯、照明设施等电气设备,可升级控制系统实现远程操控与智能联动。传统交通信号灯升级为智能信号机,接入区域交通大数据平台,依据实时车流量优化配时。新旧系统对接需制定统一接口标准,确保改造后传统设施与新建智能化系统无缝兼容。某省制定高速公路智能设施数据接口规范,明确传统设施改造后的数据传输格式、通信协议等要求,实现新旧设施数据实时共享,避免“新系统孤立运行、旧设施无法接入”问题。(2) 多部门数据互通与“信息壁垒”破除:多部门数据互通是设施智能化协同运行的核心保障。当前高速公路交通安全管理涉及交通运输、交警、气象、应急管理等多个部门,各部门数据分散存储、格式不一,形成“信息壁垒”,影响智能化升级整体效能。破除“信息壁垒”需建立跨部门数据共享平台,明确数据共享范围与责任。某省搭建的高速公路智慧交通数据共享平台,整合交通运输部门路况数据、交警部门事故数据、气象部门气象预警数据、应急管理部门应急资源数据等,实现多部门数据实时互通。需制定数据安全规范,保障数据共享同时,确保数据传输与存储安全。采用数据加密、访问权限控制等技术,防止数据泄露与滥用。多部门数据互通让智能化设施获取更全面信息支持,气象部门发布暴雨预警时,交通运输部门可提前联动沿线智能化设施发布预警、调整管控策略,提升应急处置协同性与时效性。

5 结语

高速公路交通安全设施智能化升级是智慧交通发展的重要基石,核心价值在于突破传统设施被动防护局限,实现主动防控功能转型。本文明确设施智能化升级的内涵、特征与差异化优势,厘清感知、预警、管控类设施升级方向,提出现有设施改造与多部门数据互通等关键实施路径。未来需持续强化技术创新与标准建设,推动新旧系统无缝对接与跨部门协同联动,提升设施智能化水平。这一升级进程将有效提升高速公路通行效率与安全保障能力,为构建现代化交通治理体系提供有力支撑。

参考文献:

[1] 杨远洪.基于运营高速公路项目的安全设施有效性评价分析[J].交通科技与管理,2025,6(21):182-184.
 [2] 郭文乐.高速公路交通安全设施设置及效果评估[J].交通世界,2025,(31):4-6.
 [3] 王德璋.高速公路改扩建工程中交通安全设施迁移施工技术[J].汽车周刊,2025,(11):143-145.
 [4] 黎俊驰.高速公路交通工程安全设施施工材料源头质量安全控制研究[J].中国品牌与防伪,2025,(11):155-157.
 [5] 於丹萍.浅谈高速公路交通工程安全设施的施工与管理[J].交通与运输,2025,38(S2):200-201+216.