

城市交通智能管控技术演进与创新应用

刘东波, 何广进, 徐新东, 徐棱, 华璟怡
(公安部交通管理科学研究所, 江苏 无锡 214151)

摘要: 依托“十二五”“十三五”“十四五”国家重大科技项目中城市交通智能管控领域的研究成果, 系统总结城市交通智能管控技术的发展脉络与应用实践, 为城市交通智能管控技术的持续迭代与优化升级提供标准支撑与应用参考。首先, 从城市交通运行特征变化、管控技术发展及应用方向转变3个方面, 概述当前城市交通管控环境面临的变化与挑战。进而梳理城市交通智能管控技术的演进路径及典型特征, 包括从单一节点到智能网联融合, 从单一数据到大数据驱动, 从端到云到端云一体化的演进过程, 并总结了该过程中的重大创新与典型应用。最后, 系统阐述智能网联环境下基于数据驱动的新一代城市交通智能管控技术标准体系的建设与完善。该体系既契合中国城市交通管控的实际特点, 也为管控技术的标准化、规范化应用提供了重要支撑。

关键词: 城市交通管理; 城市交通智能管控技术; 技术演进; 车路协同; 智能网联; 标准体系

Evolution and Innovative Application of Intelligent Urban Traffic Management Technologies

LIU Dongbo, HE Guangjin, XU Xindong, XU Ling, HUA Jingyi

(Traffic Management Research Institute of the Ministry of Public Security, Wuxi Jiangsu 214151, China)

Abstract: Building on the research achievements of major national science and technology projects in the field of intelligent urban traffic management during China's 12th, 13th, and 14th Five-Year Plans, this paper systematically reviews the developmental trajectory and practical applications of intelligent traffic management technologies. The objective is to provide standardization support and application reference for the continuous iteration and optimization upgrade of these technologies. First, the paper outlines the current changes and challenges in the urban traffic management environment from three perspectives: the evolving characteristics of urban traffic operations, the advancement of management technologies, and the transition in application directions. The paper then traces the evolutionary pathway and key features of intelligent traffic management technologies, highlighting the transition from single-node control to integrated intelligent connectivity, from isolated data sources to big data-driven approaches, and from end-to-cloud to integrated end-cloud architectures. Major innovations and representative applications emerging from this process are also summarized. Finally, the paper elaborates on the construction and refinement of a data-driven next-generation standard system for intelligent traffic management technologies under the intelligent connected environment. This system not only aligns with the actual characteristics of China's traffic management practices but also provides vital support for the standardized and regulated application of management technologies.

Keywords: urban traffic management; intelligent urban traffic management technologies; technological evolution; vehicle-road collaboration; intelligent connectivity; standard system

收稿日期: 2025-03-17

基金项目: 国家重点研发计划项目“端网云一体化道路交通全要素智能控制技术”(2023YFB4302600)

作者简介: 刘东波(1975—), 男, 吉林大安人, 博士, 研究员, 副所长, 研究方向为交通控制、交通工程, 电子邮箱dbliu@vip.sina.com。

引用格式: 刘东波, 何广进, 徐新东, 等. 城市交通智能管控技术演进与创新应用[J]. 城市交通, 2025, 23(6): 97-105.

LIU D B, HE G J, XU X D, et al. Evolution and innovative application of intelligent urban traffic management technologies[J]. Urban transport of China, 2025, 23(6): 97-105.

0 引言

伴随中国经济社会的高速发展和城镇化进程的深入推进, 机动化水平显著提升。全国汽车保有量从2014年1.54亿辆增至2024年3.53亿辆, 年均增长率8.6%, 其中96个城市的汽车保有量超过百万辆。机动化出行, 特别是私人小汽车出行比例的大幅增长, 导致中国城市交通拥堵由高峰时段向全天候、常态化转变^[1]。为缓解日益加剧的城市交通压力, 自2014年至今, 中国连续在“十二五”“十三五”“十四五”时期部署国家科技项目, 重点对城市交通联网联控、交通系统协同控制、网联环境下全要素智能控制等重大共性关键技术进行前瞻性研究。

公安部交通管理科学研究所紧跟国家科研攻关战略方向, “十二五”时期牵头国家科技支撑计划项目《中等城市道路智能联网联控技术集成及示范》(2014BAG03B00)。围绕中国中等城市道路交通发展需求和城市交通运行特征, 该项目重点突破多模式联网的道路交通信号智能联控技术瓶颈, 集成构建基于多源感知的道路交通智能诱导系统和联网联控支撑平台, 夯实和规范引领中等城市交通管控的科技应用; “十三五”时期牵头完成国家重点研发计划项目《城市多模式交通系统协同控制关键技术与系统集成》(2018YFB1601000), 针对交通拥堵诊断难、精细治理协同弱、智能管控水平低等难题, 重点突破道路交通系统协同管控的重大技术瓶颈, 攻克了系统物联互联、交通主动优化、数据驱动控制、协同联动管控等关键技术, 为提升城市交通智能化管控效能提供科技支撑; “十四五”时期牵头国家重点研发计划项目《端网云一体化道路交通全要素智能控制技术》(2023YFB4302600), 面向不同自主化水平网联车辆混合通行的管控需求, 依托新一代通信技术与智能网联大数据环境, 构建交通智能交互控制数字化平台, 突破不同自主化水平交通系统端网云一体化智能控制的共性关键技术, 保障网联车辆安全、有序、高效通行。

依托牵头完成的“十二五”“十三五”“十四五”国家重大科技项目, 本文系统梳理城市交通智能管控技术的演进路线和核心特征, 总结演进过程中具有里程碑意义的创新成果及其应用, 完善城市交通智能管控技术标准体系, 为推动中国城市交通智能管控技术发展提供标准支撑与应用参考。

1 城市交通管控环境变化与挑战

1.1 交通运行特征变化

1) 机动化出行总量持续增长。

随着中国汽车保有量持续上升, 各城市机动化出行总量呈现稳定增长趋势。以广州市为例, 2014年全市机动车保有量为250.4万辆, 机动化出行总量达2 242万人次·d⁻¹^[2]; 至2023年, 机动车保有量增至384.1万辆(增长53.4%), 机动化出行总量达到2 406万人次·d⁻¹^[3], 较2014年增加164万人次·d⁻¹。

2) 通勤集聚特征显著变化。

2019—2023年, 中国45个主要城市中, 有42个城市职住分离程度增加, 39个城市通勤距离延长, 单程平均通勤时间超过36 min^[4]。交通拥堵的时空分布呈现新特征: 从以往早晚高峰时段的短期拥堵, 演变为商业区、医院、客运枢纽等区域在平峰时段出现常态化拥堵, 以及周末和节假日期间城市旅游景点周边出现爆炸式拥堵。这一通勤集聚特征的转变, 对城市交通管控提出了新的挑战。

1.2 交通管控技术发展

1) 从传统控制到智能化管控的初步探索。

近年来, 在电子和信息技术不断发展的推动下, 城市交通管控技术不断迭代升级。交通信号机、交通量检测等前端智能化设备逐渐普及, 可实时采集交通量、占有率(时间和空间)、车速、车头时距、排队长度、交通事件等多元化、丰富的感知数据, 为交通管控的智能化提供了坚实的数据支撑。

2) 从智能化到协同化管控。

随着大数据、云计算、人工智能等技术的高速发展, 智能交通系统逐步向协同化管控演进。通过跨行业、跨部门的数据共享与协作, 城市交通大脑、大数据平台、车联网平台等系统开始广泛应用于城市交通管控, 支持研判分析、指挥调度、疏堵等一系列的综合协同应用, 显著提升了交通系统的整体效能。

3) 从人工驾驶到智能网联驾驶。

随着人工智能、计算机视觉、激光雷达、毫米波雷达、高精度地图和定位等技术的飞速发展, 网联汽车的自动化水平显著提升。车辆具备环境自主感知与智能决策能力, 可实现不同等级的自动驾驶, 深刻改变了城市交通的运行组织模式与管理机制。

1.3 交通管控技术应用方向转变

1) 政策导向变化。

近年来，公安部交通管理局在交通管控领域持续发力，陆续出台了一系列指导意见、通知及相关政策文件。2016年，发布《关于推进城市道路交通信号灯配时智能化和交通标志标线标准化的通知》(公交管〔2016〕230号)，要求深入排查交通信号灯配时不科学、自动化程度不高等情况，将交通信号灯配时智能化作为一项常态化工作；2020年，发布《关于进一步加强城市道路交通信号控制应用工作的指导意见》(公交管〔2020〕302号)，提出加强交通检测设备建设和应用，加大信号联网联控力度，加强多源数据的融合应用；2023年，发布《关于印发<深化城市道路交叉口精细治理工作方案>的通知》(公交管〔2023〕81号)，要求利用智能交通管理系统、交通管理综合信息平台、互联网出行平台等多源交通数据进行分析研判，完善道路交叉口智能交通管控设备配置。

2) 管控对象特征演化。

城市交通运行从静态、常态化向动态、不确定性变化。例如：道路交叉口直左车道交通流的单向不均衡性动态变化、路段潮汐交通的双向不均衡性动态变化等；出行方式从传统的小汽车、出租汽车、公共汽车等机动化出行向共享出行、定制出行、自动驾驶等新兴方式转型。数据显示，2023年中国L2级新乘用车渗透率达47.3%，标志着辅助驾驶进入规模商用阶段。这一演变趋势要求交通管控从经验固化管理向动态适配转变，从群体管理向个体精准分类管理转变^[5]。

2 城市交通智能管控技术演进路线及特征

城市交通智能管控技术演进路线(见图1)总体遵循“多源数据闭环驱动”和“技术应用创新演进”两条主线。在当前城市交通管控环境动态变化的背景下，基于多元交通管控设备和多模式交通系统所产生的多源交

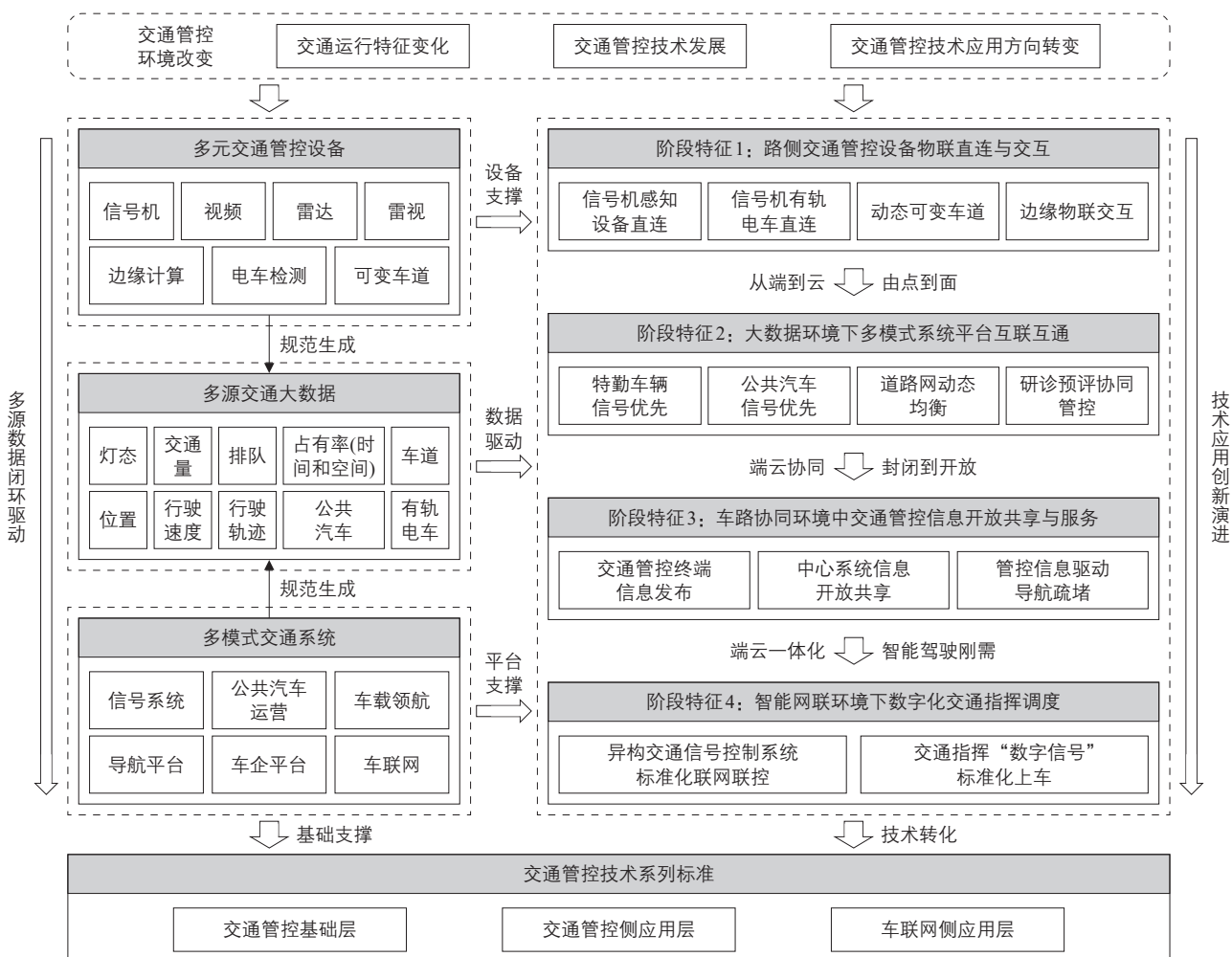


图1 城市交通智能管控技术演进路线

Fig.1 Evolutionary pathway of intelligent urban traffic management technologies

通大数据,实现了从数据驱动的路侧交通管控设备物联直连与交互,到大数据环境下多模式系统平台的互联互通,再到车路协同环境中交通管控信息开放共享与服务,最终发展为智能网联环境下数字化交通指挥调度。这一演进路线经过大规模实地示范应用验证后,研究团队逐步凝练形成完善的交通智能管控技术标准体系,推动并引领中国城市交通智能管控技术的迭代升级和高质量发展。

1) 从单一节点、单项系统到智能网联融合。

路侧多元交通管控设备之间的横向交互、设备与上位系统之间的纵向互联,以及跨平台的数据共享与协同,共同构成了一个纵横交错、多维度融合、复杂而有序的演进过程。在此过程中,各类交通管控设备不仅实现了路侧信息的交互与共享,还能将融合形成的路侧感知控制一体化数据上传至上位系统,支撑多模式交通系统中数据驱动的个性化应用。同时,通过跨平台数据共享与协同,打破不同系统之间的信息壁垒,实现多源大数据的融合分析,为交通管控技术应用奠定坚实的数据基础。

2) 从单一数据、多源数据到大数据驱动。

交通管控技术的演进经历了从单一数据驱动的智慧化管控,到多源数据驱动的智慧化管控,再到大数据驱动的协同化管控的发展过程。初期,交通管控系统主要依赖线圈、地磁等断面检测数据,实现感应控制、请求控制等基础智能化应用;随着感知手段多样化,交通量、占有率(时间和空间)、车速、车头时距、排队长度等多元感知数据推动系统向智慧化升级;进入大数据时代,交通管控系统通过与交通、医疗、互联网等多领域数据共享,实现了跨部门、跨行业的协

同化管控。

3) 从端到云、端云协同到端云一体化。

路侧管控终端通过物联直连交互,打破了不同设施间的横向数据壁垒,实现了端侧数据的实时交互和融合应用。大数据环境下,多模式系统平台的互联互通实现了云端数据交互,可支撑特勤车辆信号优先、公共汽车信号优先及道路网动态均衡等应用。交通管控技术发展进一步实现了车路协同环境下的信息开放共享服务:端侧通过信号机与车联网通信设备直连,推送信号状态、控制参数等实时信息;云端开放共享交通事件、管控策略等实时信息赋能车联网应用,形成端云协同模式。当前,随着汽车网联化、自动化和交通管控数字化深度融合,通过构建端云一体化的智能控制系统,实现了智能网联环境下数字化交通指挥调度,有效保障了智能汽车的安全、高效与舒适通行。

3 城市交通智能管控技术创新应用

3.1 路侧交通管控终端物联直连交互

1) 信号机与路侧感知设备直连交互。

随着交通感知技术的发展,感知数据呈现多样性特征,包括交通量、占有率(时间和空间)、车速、车头时距、排队长度、交通事件等运行状态数据。通过信号机与感知设备之间直连交互,信号机可融合来自检测器的多维度、全方位秒级实时感知数据,并依据不同信号灯态下的排队与放行状态,动态调整信号相位控制参数,从而实现交通感知与信号控制的一体化融合应用(见图2)。

该技术已在宿迁、唐山、苏州、无锡、泰州、海宁等城市实现规模化应用,经前后对比分析,道路交叉口在绿灯结束时的滞留排队长度、绿灯空放率及停车次数等关键指标显著降低,通行效率得到大幅提升。

2) 信号机与有轨电车控制器直连交互。

针对现代有轨电车的信号优先通行需求,开展信号机与有轨电车控制器直连交互技术的研究。通过信号机与有轨电车控制器一体化集成,信号机可实时获取有轨电车的运行状态,并根据其接近预告、接近请求、进入交叉口和驶离交叉口等信号,实现绿灯延长、红灯缩短和插入相位等信号优先控制;同时,有轨电车控制器接收来自信号机的优先信号,实时控制有轨电车信号灯状态(见图3)。

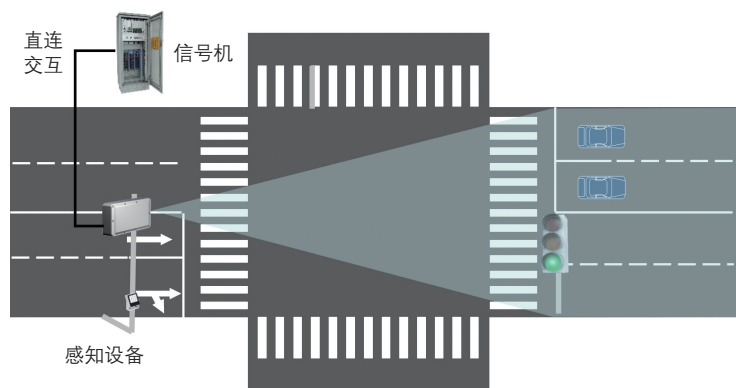


图2 信号机与路侧感知设备直连交互示意

Fig.2 Illustration of direct connection and interaction between traffic signal controllers and roadside sensing devices

该技术已在淮安、深圳、苏州、武汉、成都等地开展示范应用，并取得较好的优先通行效果。以淮安市有轨电车1号线为例，全程行驶时间从66 min缩短至50 min，平均行驶速度提升至 $24\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 以上，多项运营数据位居行业前列。

3) 感控一体化的动态可变车道控制。

为解决城市道路交叉口早晚高峰时段排队不均衡问题，基于信号机与感知设备直连所形成的交通感控一体化机制，感知设备实时监测交叉口各车道排队集聚状态，信号机则依据实时车道通行状态变化，采用阈值和模糊控制相结合的方法，实现对进口道非对称可变车道和出口道逆向可变车道的自适应控制(见图4)。

该技术先后在无锡、苏州、海宁等多地开展示范应用，经前后对比分析，道路交叉口排队长度平均缩短20%，平均延误降低约15%，交叉口时空资源得到充分利用，有效缓解了因交通流不均衡导致的通行压力。

4) 边缘物联交互环境下的信号动态响应控制。

基于边缘计算设备秒级汇聚多元通行状态感知数据与信号控制实时运行数据，利用深度学习算法提取进口车道绿灯放行与红灯排队状态的演化特征，并标定相位控制的关键参数。通过相位级动态切换控制，实时响应车道通行状态的变化，并采用迭代学习算法重构闭环反馈控制逻辑和应用，以实现绿灯损失最小化和放行能力最大化的控制目标(见图5)。依托边缘物联交互环境下多元感知与控制大数据的持续累积、自学习和闭环应用，建立了“车道级状态感知、相位级动态响应、周期级迭代反馈”的信号动态响应控制技术体系。

该技术已在无锡、苏州等多地开展规模化示范应用，经前后对比分析，道路交叉口整体绿灯损失时间减少40.1%，存在滞留车辆的周期占比减少31.3%，信号动态响应控制效果显著。

3.2 大数据环境下多模式系统平台互联互通

1) 基于车辆实时位置数据的特勤车辆信号优先。

随着移动互联技术的发展，基于车载移动终端的特种车辆定位与跟踪信号优先控制

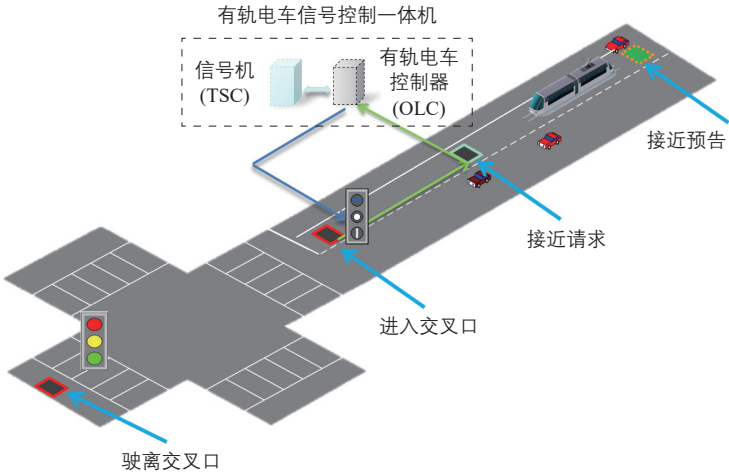


图3 信号机与有轨电车控制器直连交互示意

Fig.3 Illustration of direct connection and interaction between traffic signal controllers and tram controllers

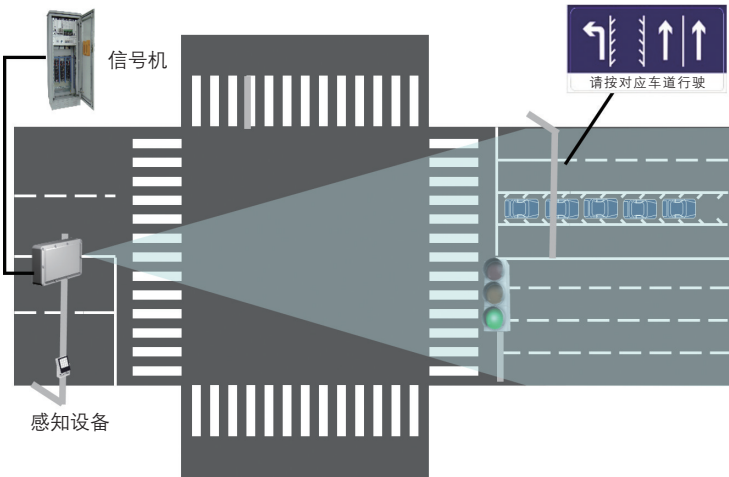


图4 感控一体化的进口道动态可变车道示意

Fig.4 Dynamic variable entry lanes with integrated sensing and control

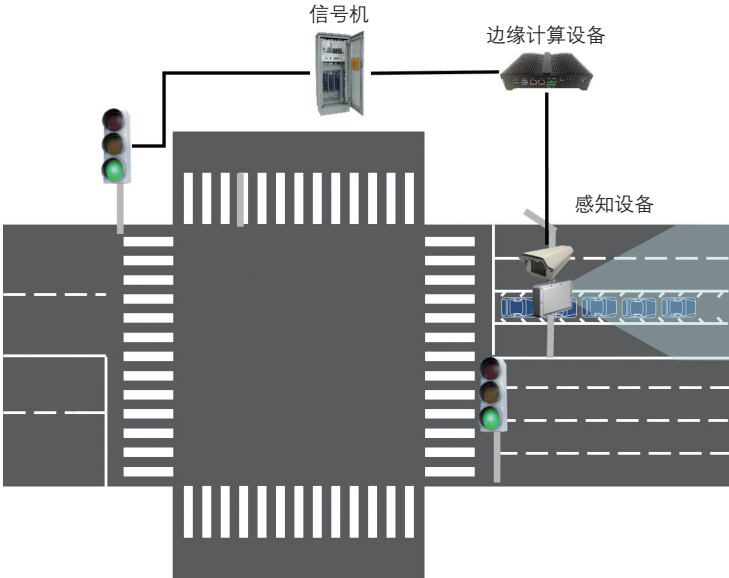


图5 边缘物联交互环境下的信号动态响应控制示意

Fig.5 Dynamic signal response control under edge IoT interaction

技术得到深入研究与应用。车载领航信号优先系统通过车载移动终端内置的GPS模块和4G/5G无线通信模块获取实时车辆位置数据。通过打通该系统与交通信号控制系统之间的交互通道,信号控制系统可自动追踪特勤车队的位置和行驶轨迹,并根据车队位置、实时车速及车队长度等信息,自动生成绿灯延长或红灯缩短等优先策略,实现特勤车辆的“一路绿灯”通行(见图6)。

该技术已在无锡、苏州、宿迁、唐山、湖州、衢州、海宁等地开展应用,经前后对比分析,特勤车辆的平均行程时间降低20%以上,平均车速提升30%以上,显著提升了特勤任务的执行效率和通行可靠性。

2) 交通信号控制系统与公共汽车运营系统互联互通下的信号优先。

基于车载定位的特勤车辆信号优先控制的成功实践,进一步开展了无专用车道条件下公共汽车信号优先控制技术研究。通过跨行业、跨平台打通交通信号控制系统与公共汽车运营系统之间的交互通道,实现了公共汽车线路、实时位置、车速及运营状态等数

据与交通信号控制系统的实时接入。基于这些实时数据,交通信号控制系统可动态实施红灯缩短、绿灯延长或插入相位等优先策略,为公共汽车提供高效信号优先控制(见图7)。

该技术已在无锡、苏州、宿迁等地开展应用。以宿迁“好巴士”项目为例,公共汽车全程行程时间减少4 min 54 s,绿灯通行率提高19.9%,行程速度提高17.3%,显著提升了公共汽车的通行效率和运营准点率。

3) 多源大数据驱动的道路网动态均衡控制。

随着物联网、互联网和大数据等新技术的快速发展,交通感知数据、车联网数据及互联网出行数据等多源大数据为城市交通拥堵治理提供了新思路。基于多源大数据的融合及深度挖掘,可分析城市网络交通流的时空交互和动态演变模式;通过构建个体出行OD提取算法,依据OD量进行路径叠加分析,能够精准识别拥堵关键路径,并追溯拥堵路段的关键车流来源。以网络交通流均衡调控为目标,可针对快速路上匝道拥堵、通勤路径过饱和排队、常发性交通拥堵等典型场景,自动生成相应的调控范围、调控时段和调控方案,从而实现网络整体通行效率的提升和拥堵的快速缓解。

该技术已在无锡、苏州、武汉、济南等地开展示范应用。城市主干路拥堵点段的最大排队长度优化效果显著,热点区域排队溢出周期次数和高峰时段拥堵持续时间均得到有效改善。

4) 基于网联大数据的研诊预评协同管控平台。

围绕网联多源大数据环境下拥堵警情的识别、处置与评估等全周期管理需求,基于网联大数据的研诊预评协同管控平台集成管控与执法业务系统,打通互联网与交通专网之间的跨网数据交换通道,系统构建了网联大数据中台与算法中台,以及集交通运行研判、拥堵症结诊断、场景化预警、管控预案优化、在线测评于一体的实战应用平台,实现了多智能应用系统的协同调控和调度。

该平台已在无锡、苏州等地开展了示范应用。以无锡市为例,平台实现了与互联网出行、公共汽车运营、车联网、信号控制等系统的互联互通,协同联动信号控制、警力调配、交通诱导、车路协同等管控手段,可准确掌握交通运行态势、精准诊断预警交通运行与管控间的失衡问题,并动态实施场景

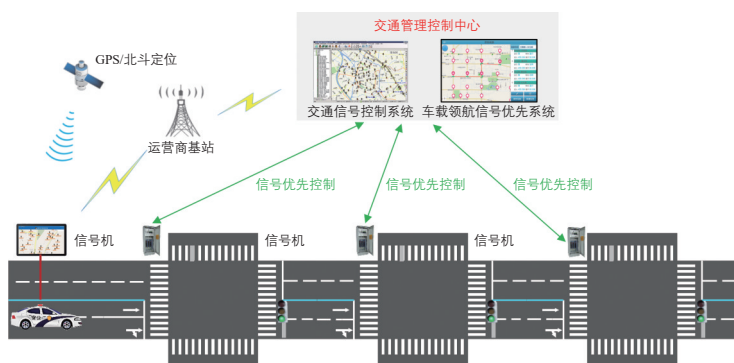


图6 基于车辆实时位置数据的特勤车辆信号优先示意

Fig.6 Signal priority for special service vehicles based on real-time vehicle location data

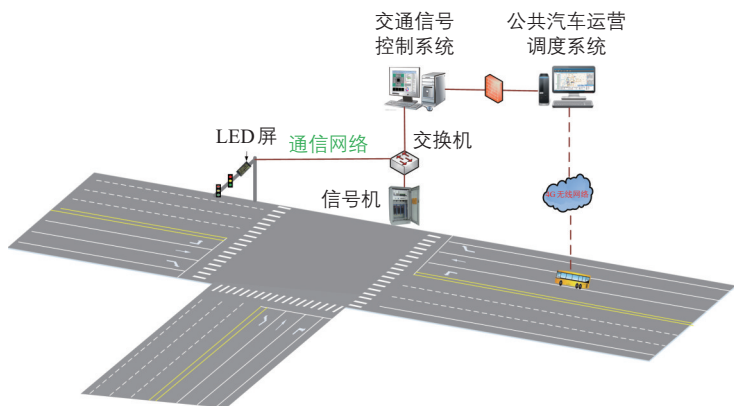


图7 交通信号控制系统与公共汽车运营系统互联互通下的信号优先示意

Fig.7 Signal priority under the interconnection between signal control systems and bus operation systems

化管控优化预案及在线效果测评,显著提升了实战应用能力(见图8)。

3.3 车路协同环境下交通管控信息共享服务

1) 智能网联交通动态管控与路况开放服务系统的车路协同服务信息交互。

围绕车路协同开放交互和智能驾驶需求,以提升交通管控信息开放水平和辅助驾驶安全性为目标,在路侧以信号机为核心,制定了面向车联网路侧通信设备及车载终端的信号机信息发布接口规范标准,将原本封闭的红绿灯信号状态、信号控制参数等管控信息实时转化为服务信息,并向网联汽车推送;在平台侧,汇聚交通管控云平台、V2X系统、互联网平台、地图服务商平台及网联汽车等多源交通信息,开放共享交通运行状态、交通事件、交通管控信息、急救车辆位置等数据,为网联汽车提供全面的驾驶辅助支持。

该技术已在国家级江苏(无锡)车联网先导区开展示范应用,实现了红绿灯信号状态、交通状态、交通事件、交通事故等各类管控和路况信息的开放共享,显著提升了无锡车路协同系统的服务能力(见图9)。

2) 交通管控信息驱动的互联网导航主动调控。

通过建立协同管控平台与互联网导航平台之间的交互通道,实现了双向数据共享:一方面,以交通管控警情信息与信号控制方案作为输入参数优化导航算法,计算出最优出行路径与精准出行时间,通过互联网导航主动引导交通流,实现基于管控信息的远端导航路线动态调控;另一方面,将研判生成的以管控为核心的情报信息主动推送至互联网导航平台,让导航服务具备管控信息、优先信息和诱导信息的显示功能,从而实现个性化出行的精准诱导。

该技术已在无锡、苏州等地开展示范应用,实现了面向网联汽车的最优出行路径和行驶时间推送,以及远端诱导分流和个性化出行管控信息的精准发布。

3.4 智能网联环境下数字化交通指挥调度

1) 异构交通信号控制系统标准化网联联控。

依托公安交通集成指挥平台,构建交通信号标准化网联联控系统,形成涵盖交通信号、交通量、交通事件、交通设施及网联汽

车等多源数据的标准化汇聚数据底座,实现对异构交通信号控制系统的统一网联联控,并为智能网联汽车提供标准化数据服务。

该系统对内标准化接入不同品牌的信号控制与感知数据,支持运行监控、方案配置、人工干预、查询分析、研判及运行维护等6类51项基础业务功能,并支持个性化扩展功能模块的调用,构建了开放式的标准应用生态;对外通过车路协同信息交互标准化服务模块,经安全边界接收网联汽车数据,将其转化为公安交通管控体系中的“浮动车”数据资源,提升交通智慧化管控能力。同时,系统向车联网平台与车企云平台输出具有交通管控数字身份的指挥调度与管制信息,赋能智能网联汽车的路径规划与决策。

2) 交通指挥“数字信号”标准化上车。

目前,智能网联汽车主要通过机器视觉识别交通信号以决策通行行为,该方式存在路权动态变化看不懂和超视距下潜在冲突看不到两大局限。针对智能网联汽车在实际道路行驶中的问题和应用需求,本文提出将交通信号设施所承载的指挥管理信息进行数字



图8 基于网联大数据的研评预评协同管控平台
Fig.8 Collaborative management platforms for research, diagnosis, prediction, and evaluation based on connected big data

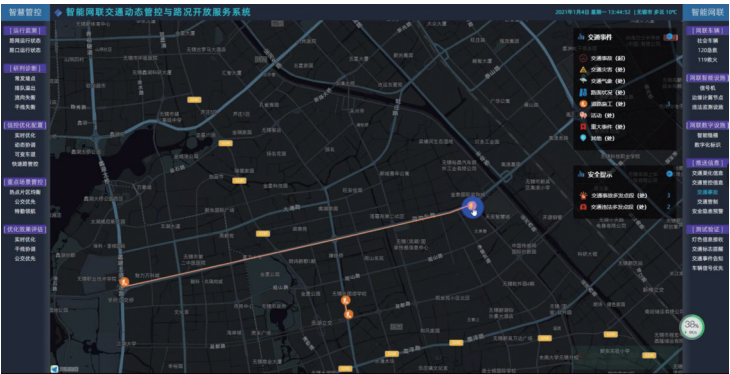


图9 智能网联交通动态管控与路况开放服务系统的车路协同服务信息交互
Fig.9 Information interaction of vehicle-road collaborative services in the intelligent connected transportation dynamic control and road condition open service system

刘东波 何广进 徐新东 徐俊 华漫怡
城市交通智能管控技术演进与创新应用

化表达,形成交通指挥“数字信号”。基于“对话式交通”理念,交通管控云平台与路侧设备依据国标标准化推送“数字信号”,使智能网联汽车能够精准接收交通指挥调度指令,提升车辆通行安全性、效率及乘坐舒适性。

交通指挥“数字信号”作为网络数字空间中用于调度智能汽车的公共安全信号和管理语言,不仅是构建智能网联交通管理模式的迫切需求,也是保障智能汽车安全、高效、舒适通行的关键支撑。

4 城市交通智能管控技术标准建设与完善

4.1 标准体系

本文构建了智能网联环境下以数据驱动为核心的新一代城市交通智能管控技术标准体系(见图10),不仅体现中国城市交通管控特点,而且为交通管控技术的规范化应用提供支撑。

该体系分为基础层和应用层。基础层聚焦于路侧交通管控设施的直连交互与数据汇聚,以及设施与上位系统之间的数据传输与交互控制;应用层则致力于推动路侧交通管控设施系统的智能管控和车联网的实际应用。基础层为应用层提供强有力且标准化的数据驱动支持,而应用层的实践反馈又进一

步促进基础层在数据采集和处理方面的完善与升级,使其更好地契合实际应用需求。

4.2 主要内容

1) 基础层。

依托路侧交通管控终端物联直连交互技术的成功实践,形成了以信号机为核心、涵盖路侧交通管控设施直连交互与数据汇聚的系列标准;基于异构交通信号控制系统标准化联网联控技术,制定了公安交通集成指挥平台与交通信号控制系统之间的数据通信技术标准。城市交通智能管控技术标准体系基础层标准的主要内容和作用见表1。

2) 应用层。

依托路侧终端物联直连交互技术在可变车道和有轨电车控制中的应用,以及系统、平台互联互通技术下公共交通优先和研诊预评协同管控中的应用,形成了交通信号控制方式的系列标准;基于车路协同环境下的交通管控信息开放共享服务,以及智能网联环境下的数字化交通指挥调度技术,制定了交通管控领域赋能车联网应用的系列标准。城市交通智能管控技术标准体系应用层标准的主要内容和作用见表2。

5 结束语

本文系统梳理了城市交通智能管控技术

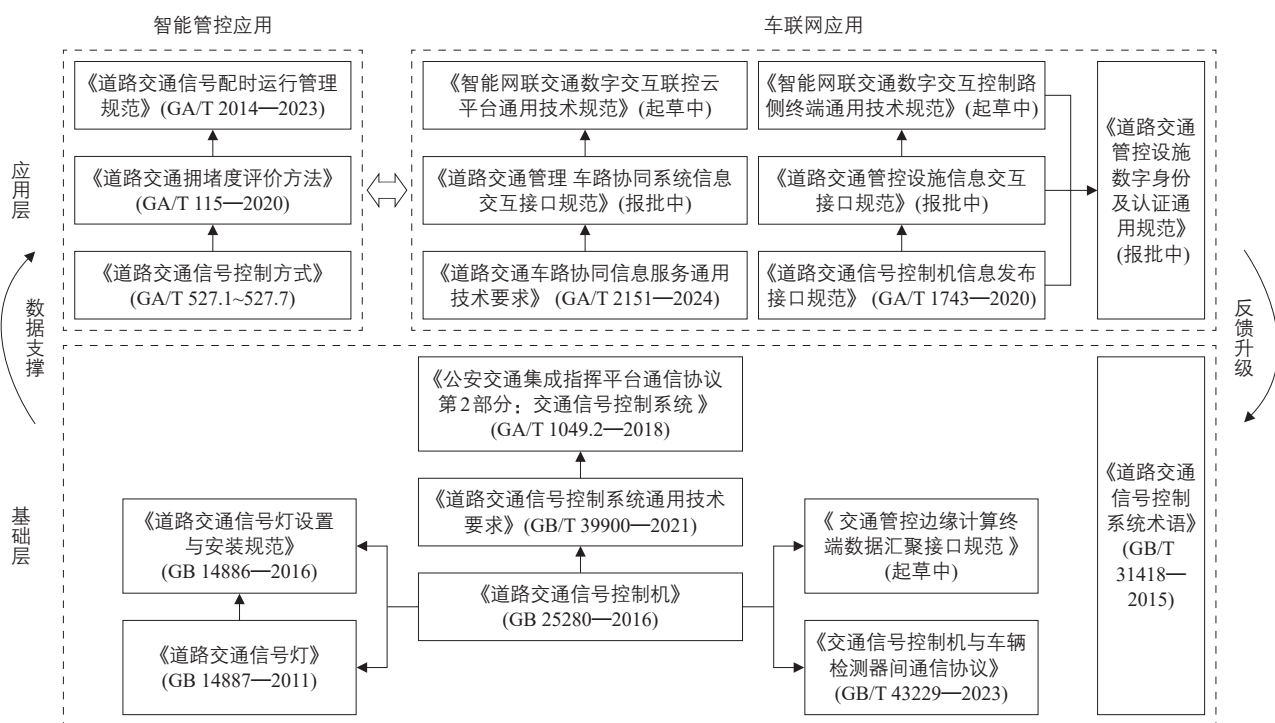


图10 城市交通智能管控技术标准体系

Fig.10 Standard system for intelligent urban traffic management technologies

的演进历程，重点分析了不同发展阶段的技术创新特征和应用实践效果，揭示了该技术体系的内在发展规律。在智能网联技术快速发展的背景下，城市交通智能管控技术体系正经历深刻变革，交通指挥调度亟须实现数

字化转型升级，以应对日益复杂且动态变化的城市交通环境。未来，交通指挥“数字信号”赋能智能网联汽车的技术路径，还需开展深入探索和规模化验证。

表1 城市交通智能管控技术标准体系基础层标准的主要内容和作用

Tab.1 Main contents and functions of basic-level standards in the standard system for intelligent urban traffic management technologies

标准名称	主要内容	作用
《道路交通信号控制机》 (GB 25280—2016)	规定信号机的分类、基本控制功能、技术要求等	解决信号机分类不规范、身份认证缺失及广播风暴防护等信息安全问题
《交通信号控制机与车辆检测器间通信协议》(GB/T 43229—2023)	规范信号机与检测器之间直连互通的信息格式、消息内容等	解决信号机与新型感知设备之间协议不适配、数据不一致等问题
《交通管控边缘计算终端数据汇聚接口规范》(起草中)	规定交通管控领域中边缘计算终端的交互对象、信息格式及消息内容等	明确边缘计算终端的数据汇聚实体连接关系，解决其信息交互接口协议不统一的问题
《道路交通信号灯设置与安装规范》 (GB 14886—2016)	规定交通信号灯的设置条件、组合形式及安装等	统一全国交通信号灯的设置与组合形式，提升规范化水平
《道路交通信号控制系统通用技术要求》 (GB/T 39900—2021)	规定交通信号控制系统的体系结构、功能要求及通信要求等	推动信号控制系统在规划、设计、建设、运维全生命周期中的标准化
《公安交通集成指挥平台通信协议 第2部分：交通信号控制系统》(GA/T 1049.2—2024)	规定公安交通集成指挥平台与信号控制系统之间的配置参数、运行状态信息及控制命令等方面的通信技术要求	实现对不同信号控制系统的统一接入与集中控制，解决多系统难以协同管理的问题

表2 城市交通智能管控技术标准体系应用层标准的主要内容和作用

Tab.2 Main contents and functions of application-level standards in the standard system for intelligent urban traffic management technologies

标准名称	主要内容	作用
《道路交通信号控制方式 第1部分：通用技术条件》(GA/T 527.1—2015)	规定交通信号控制方式分类与适用条件等通用技术要求	解决信号控制方式分类不统一、适用条件不明确等问题
《道路交通信号控制方式 第2部分：通行状态与控制效益评估指标及方法》(GA/T 527.2—2024)	规定道路通行状态和控制效益评估的指标、流程与方法	规范信号控制测评指标与方法，提升评估科学性
《道路交通信号控制方式 第3部分：单点信号控制方式实施要求》(GA/T 527.3—2018)、《道路交通信号控制方式 第4部分：干线协调信号控制方式实施要求》(GA/T 527.4—2018)	规定单点信号控制和干线协调信号控制的设置条件与实施流程	明确各类信号控制方式的适用条件与实施规范，提升控制一致性
《道路交通信号控制方式 第5部分：可变导向车道通行控制规则》(GA/T 527.5—2016)、《道路交通信号控制方式 第6部分：公交车交叉口优先通行控制规则》(GA/T 527.6—2018)、《道路交通信号控制方式 第7部分：有轨电车交叉口优先通行控制规则》(GA/T 527.7—2018)	规定可变车道、公共汽车信号优先及有轨电车信号优先的设置条件与实施要求	规范道路交叉口可变车道的设置和实施流程，明确公共汽车信号优先、有轨电车信号优先的实施条件、控制方式等
《道路交通信号配时运行管理规范》 (GA/T 2014—2023)	规定交通信号配时运行管理的主要内容与绩效评价方法	提升信号配时管理的透明性与客观性，规范绩效考核流程
《道路交通拥堵度评价方法》 (GA/T 115—2020)	规定道路交叉口及路段的交通拥堵度评价指标和方法	统一拥堵评价标准，增强评价工作的规范性与科学性
《道路交通管控设施信息交互接口规范》(报批中)、《道路交通信号控制机信息发布接口规范》(GA/T 1743—2020)	规定信号机、边缘计算终端等设施与车联网通信的技术要求与消息内容	推动路侧交通管控信息实时开放共享，解决以往信息封闭问题
《道路交通管理 车路协同系统信息交互接口规范》(报批中)、《道路交通车路协同信息服务通用技术要求》(GA/T 2151—2024)	规定交通管控系统面向车联网提供信息服务的安全要求与交互信息	促进信号灯色、可变标志、交通事件等管控信息向车端开放
《智能网联交通 数字交互控制路侧终端通用技术规范》(起草中)	规定数字交互控制路侧终端的系统架构、功能与数据交互要求	明确数字交互控制终端的功能应用，支撑智能网联汽车在道路交叉口安全与高效通行
《智能网联交通数字交互联控云平台通用技术规范》(起草中)	规定数字交互联控云平台架构、功能和安全等要求	明确数字交互联控云平台的功能应用，实现智能网联汽车道路网层面的信息服务与调度引导
《道路交通管控设施数字身份及认证通用规范》(报批中)	规定交通管控设施的数字身份标识与认证技术要求	保障车路协同应用中的信息安全交互与隐私数据保护

刘东波 何广进 徐新东 徐俊 华璟怡
城市交通智能管控技术演进与创新应用