 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v7i8.11562

Research on Improving the Traffic Efficiency of Urban Main Road Networks in the Context of Smart Transportation

Qixin Guo

Shandong Road and Bridge Group Co., Ltd., Taian, Shandong, 271600, China

Abstract

As the core framework of the urban transportation system, the main arterial road network directly affects the overall operation rhythm of the city. Currently, most main arterial roads in cities are plagued by frequent peak-hour congestion and delayed response to control measures. The traditional control mode is unable to match the dynamically changing traffic demand. The development of smart transportation technology provides a new technical path for improving the traffic conditions of the road network. This paper conducts an analysis from four dimensions: intersection signal control, road network flow guidance, traffic incident handling, and infrastructure upgrading. It explores the improvement paths for the traffic efficiency of the main arterial road network under the intervention of smart technologies, providing a reference for the intelligent construction of urban main arterial road networks. The technological iteration in the field of smart transportation offers more possibilities for solving this predicament.

Keywords

smart transportation; urban main arterial road network; traffic efficiency

智慧交通背景下城市主干路网通行效率提升研究

郭启欣

山东省路桥集团有限公司，中国 · 山东 泰安 271600

摘　要

城市主干路网作为城市交通系统的核心骨架，其通行效率直接关系城市整体运行节奏。当前多数城市主干路面临高峰拥堵频发、管控响应滞后等问题，传统管控模式难以匹配动态变化的车流需求。智慧交通技术的发展，为改善路网通行状态提供了新的技术路径。本文从路口信号调控、路网流量诱导、交通事件处置与基础设施升级四个维度展开分析，探讨智慧技术介入下主干路网通行效率的改良路径，为城市主干路网的智慧化建设提供参考。智慧交通领域的技术迭代，为破解这一困境提供了更多可能。

关键词

智慧交通；城市主干路网；通行效率

1 引言

城市主干路网串联城市核心功能区，承担全市大部分通勤与过境交通流量，是支撑城市运行的关键脉络。随着城镇化进程推进与机动车保有量增长，国内多数城市的主干路网通行压力持续攀升，早晚高峰时段的长距离排队、节点性拥堵成为普遍现象。传统交通管控多依赖经验制定固定方案，对车流的动态变化响应迟缓，难以充分挖掘道路的通行潜力[1]。

2 路口信号智慧化调控

2.1 多源感知数据的实时采集与处理

传统路口交通数据采集依赖地磁线圈，设备埋入路面结构，长期受车辆碾压损耗较快，雨雪天气下检测精度容易出现偏差。现有智慧化改造中，路口布设的高清视频检测器与微波雷达形成互补，可同步抓取断面流量、车型占比与排队长度等多维度信息。出租车辆与公交车辆的浮动定位数据，可作为固定检测设备的补充，还原路段区间的通行速度变化。数据汇入边缘计算节点后，先完成噪声过滤与异常值剔除，再按照分钟级粒度完成聚合，为信号配时调整提供基础依据。部分城市在试点路段引入非机动车与行人的检测模块，将慢行交通的通行需求纳入数据采集范围，减少机非冲突对信号周期的干扰。受限于部分老路口的杆位资源，感知设备的布设无法做到全覆盖，通常优先保障流量最大的进口道检测精度。

2.2 单路口自适应配时算法优化

固定配时方案依据历史流量数据设定，只能覆盖典型时段的通行需求，面对工作日通勤流量的波动、节假日车流

【作者简介】郭启欣（1998–），男，中国山东泰安人，本科，助理工程师，从事公路工程研究。

的突发增长，往往出现相位时长与实际需求不匹配的情况。早高峰进口道排队溢出时，绿灯时长不足会拉长车辆等待时间。平峰时段车流稀少，过长的红灯周期会造成通行资源的闲置。自适应配时算法以实时检测的车流数据为基础，动态调整各相位的绿灯放行时长。算法会优先保障排队长度更长的进口道，在不突破最小绿灯时长的前提下，压缩空放相位的通行时间。针对早晚高峰的过渡时段，算法可跟随流量的渐变过程逐步调整周期长度，避免方案切换带来的通行波动。部分试点路口引入饱和度预判机制，在排队长度到达阈值前提前延长绿灯时长，进一步压缩车辆等待时长。算法的参数设置需结合路口的实际渠化条件，不能直接套用统一标准。渠化条件较好的宽路口，可适当放大单周期的调整幅度。

2.3 区域干线绿波协同调控

单路口的配时调整只能改善单点通行状态，主干路沿线路口关联性较强，单点放行效率的提高未必能带动整条线路的通行顺畅。传统干线绿波方案基于固定时段的流量均值设定，绿波带宽固定，一旦实际车流偏离预设值，车辆遭遇红灯的概率便会上升。智慧化管控模式下，干线沿线的路口信号接入统一管控单元，可根据实时车流的行驶速度与到达时间，动态调整各路口的相位差。车流集中到达时，适当拓宽绿波带宽，保障多数车辆可连续通过多个路口。车流分散时段，收缩绿波带范围，兼顾横向道路的通行需求。针对早晚高峰的潮汐车流特征，可对双向绿波带宽进行差异化设置，优先保障车流密集的方向。这种动态调整的模式，可降低车辆在沿线路口的停车次数，压缩全程的通行耗时。实际应用中需注意横向支路的通行需求，不能为保障主干路通行完全牺牲横向道路的放行权益，避免支路拥堵反过来影响主干路的车流汇入。

3 路网流量动态分流诱导

3.1 全域交通态势精准研判

城市主干路网的运行状态始终处于动态变化中，单一路段的通行阻滞，可能逐步向周边支路与相邻交叉口扩散。传统模式下，交通态势的判断依赖路面巡查与固定点位的监控反馈，信息存在滞后性，往往在拥堵形成后才能做出响应。智慧交通体系中，浮动车数据、路口检测数据与路段视频数据完成融合，可覆盖主干路网的全部节点与区间。管控系统按照分钟级频率更新各路段的通行速度与拥堵等级，还原路网整体的运行图景。针对常发拥堵的关键节点，系统可基于历史规律与实时流量变化，预判拥堵的蔓延方向与影响范围，为分流诱导预留准备时间。雨天、大型活动等特殊场景下，系统可调用对应场景的历史数据模型，修正研判结果，提高特殊条件下的判断准确性。

3.2 多路径动态诱导信息发布

交通诱导的核心作用，是将路网运行信息传递给出行者，引导车辆选择通行条件更好的路线，均衡路网整体的流量分布。传统道路上的可变情报板，多发布固定的拥堵提示与路线建议，信息更新频率低，与实际路况存在偏差。智慧化诱导体系中，路侧情报板与导航软件的信息同步更新，实时推送各备选路径的预计通行时长。主干路出现通行阻滞时，系统会筛选出平行的次干路与支路作为备选路线，计算不同路线的时间差，通过多渠道发布给沿线车辆。诱导信息的发布范围会根据拥堵程度动态调整，避免大范围分流造成备选路线出现新的拥堵。针对货运车辆等特定车型，可结合限行规则与道路承载条件，推送专属的绕行路线，减少大型车辆对主干路通行的干扰。

3.3 重点路段错峰分流管控

城市主干路网中，部分路段紧邻学校、商圈与医院，特定时段的集中出行会大幅拉高路段流量，超出道路承载能力。这类时段性拥堵具有明显的规律特征，但传统管控手段相对固化，难以灵活匹配流量的变化。智慧化管控模式下，可针对重点路段设置分级分流机制。早高峰学校周边的接送车流集中时，临时开放周边支路的单向通行权限，引导接送车辆快速驶离主干路。晚高峰商圈周边的进场车流较多时，调整周边路口的转向配时，引导车辆从不同入口进入停车场，避免车流在主干路排队。推行错峰出行引导，通过出行平台向通勤用户推送错峰建议，分散高峰时段的车流压力。这类柔性管控手段，可在不限制出行需求的前提下，拉平高峰时段的流量曲线。

4 交通事件智慧应急处置

4.1 异常事件自动识别与预警

交通事故、车辆抛锚与路面遗洒等突发异常事件，是造成主干路通行能力骤降的重要诱因。事件发现的速度，直接影响后续处置的效率与拥堵的影响范围。传统模式下，事件发现依赖路过市民报警与路面巡逻，从事件发生到确认信息往往需要数分钟时间，早高峰时段数分钟的延误便可能引发长距离排队。智慧交通体系中，路侧高清摄像头搭载智能识别算法，可自动捕捉车辆违停、碰撞、异物掉落等异常场景。系统识别到异常后，会第一时间向管控中心推送预警信息，同步标注事件位置与影响车道数。夜间与雨雾天气下，结合红外检测设备的补充，可降低恶劣环境对识别准确率的影响。针对识别结果的误报问题，管控人员可远程调取现场画面进行二次确认，保障预警信息的可靠性。

4.2 应急资源快速调度与部署

事件确认后，应急资源的调度速度决定了处置工作的推进节奏。传统调度模式下，管控人员需要人工查询周边的执勤力量与救援车辆位置，再逐一沟通指派，流程耗费较多时间。智慧化调度系统可实时掌握交警、清障车辆与救援人员的位置与状态，根据事件的严重程度与类型，自动匹配对应的处置力量。轻微剐蹭事故优先调度附近的执勤交警前往快处快赔。涉及车辆故障的事件，同步指派清障车辆赶赴现场。系统会根据当前路网的通行状况，为救援车辆规划最优行驶路线，保障救援力量快速到达。针对多事件并发的场景，

系统可按照事件影响范围进行优先级排序，优先调配资源处置对主干路通行影响更大的事件，避免资源分配失衡。

4.3 事发路段交通流快速疏解

事件处置过程中，事发路段的通行能力会出现下降，若不及时引导车流疏解，排队长度会持续向上下游延伸。传统疏解方式多为现场交警人工指挥，覆盖范围有限，远端车辆难以及时获知路况信息。智慧化疏解模式下，事件确认后，系统会第一时间调整事发点上下游路口的信号配时，适当压缩事发方向的绿灯时长，减少持续涌入的车流量 [2]。同时通过路侧情报板与导航软件，向远端车辆推送绕行提示，引导车辆提前选择替代路线。针对占用车道的事件，系统可联动可变车道指示牌，临时调整车道功能，将对向车道或应急车道临时开放供通行使用，尽可能保留道路的通行能力。现场处置完成后，系统会逐步恢复信号配时与诱导信息，配合车流消散过程平稳过渡，避免恢复过程中出现新的通行波动。疏解方案需结合事件的持续时间动态调整，短时事件无需大范围分流，避免对路网正常运行造成不必要的干扰。

5 路网基础设施智慧升级

5.1 路口感知设备迭代布设

智慧交通管控功能的实现，以完善的感知设备为基础。当前多数城市主干路的感知设备布设存在不均衡问题，核心路口设备配置较全，外围路口与支路衔接处的感知覆盖存在盲区。部分早期建设的检测设备老化严重，数据精度下降，难以支撑精细化的配时调整。设备迭代过程中，优先补全主干路沿线关键节点的感知覆盖，尤其是流量转换频繁的合流点与分流点。采用视频与雷达一体化的检测设备，替代单一功能的老旧装置，提升复杂天气下的检测稳定性。针对机非混行严重的路口，增设非机动车与行人的检测单元，将慢行交通的运行数据纳入整体感知体系。设备布设过程中同步考虑后期运维需求，采用易维护的安装方式，降低后续检修对道路交通的影响。受限于老城区道路的空间条件，部分路口无法布设过多设备，改造时需优先保障核心检测功能，兼顾成本与效益的平衡。

5.2 智慧路侧设施协同改造

路侧的信号控制、交通诱导与车道管控等设施，是执行管控策略的终端载体。传统模式下各类设施分属不同系统，相互之间缺乏数据联动，管控策略难以形成合力。智慧化改造过程中，对主干路沿线的信号机进行联网升级，实现各路口设备的统一管控。打通可变车道指示牌与信号配时系统，根据车流方向的变化同步调整车道功能与信号相位。潮汐车道的切换，可配合早晚高峰的流量变化自动完成，无需人工现场操作。路侧的诱导屏与事件检测系统联动，异常事件发生后可自动更新提示内容，减少人工操作的延迟。设施改造过程对仍可正常使用的设备加装通信模块，避免全部替换带来的成本压力。

5.3 路网管控平台一体化整合

多数城市的交通管控系统由多个独立模块组成，信号管控、视频监控、事件处置分属不同平台，数据互通存在障碍。一体化管控平台的建设，可将各类感知数据与管控终端整合到统一界面，减少信息传递的中间环节。平台整合后，各系统的数据可实时共享，事件检测的结果可直接触发信号调整与诱导发布，缩短管控策略的响应时间 [3]。平台预留数据接口，可接入公交、停车等相关领域的交通数据，丰富管控决策的数据支撑。平台建设中打破部门数据壁垒，将城市管理部门的占道施工信息纳入平台，提前对施工路段的通行影响做出预判。平台的功能设计需贴合一线管控人员的操作习惯，简化操作流程，降低系统使用的学习成本。

6 结语

智慧交通技术为城市主干路网通行效率的改善提供了多元的技术手段。从单点信号调控到全域流量引导，从应急响应提速到基础设施升级，各项措施相互配合，可系统性改良路网运行状态。实际推进过程中，需要结合城市自身的路网特征与流量规律，逐步推进各项改造工作，兼顾技术可行性与实际应用效果。

参考文献

[1] 苗晨钟.“物联网+智慧交通”在交通运输行业治理中的应用研究[J].运输经理世界，2024(34):64-66.

[2] 朱兆芳，白子建，刘锐晶，等.大城市智慧道路交通研讨[J].城市道桥与防洪，2024(9):1-7,341

[3] 项鸿运.基于交通流分析的城市道路交叉口设计优化研究——以合肥市为例[J].安徽科技，2025,(01):44-47