

Research on Optimization of Congestion Control Strategies for Urban Traffic Engineering

Dong Song

Heze Transportation Bureau, Heze, Shandong, 274000, China

Abstract

With the continuous acceleration of urbanization, the number of motor vehicles has shown a sharp increase. Urban traffic congestion has become a key issue restricting residents' quality of life and sustainable urban development. Traditional traffic management strategies are gradually showing obvious limitations under complex and changing traffic demands, and there is an urgent need for optimization and upgrading. This article analyzes the current situation and causes of urban traffic congestion, and proposes optimization paths for congestion management strategies from three dimensions: intelligent transportation system application, traffic structure adjustment, and traffic demand management. By combining case analysis and data modeling, the article explores the practical effects of new technologies and concepts in congestion management, with the aim of providing systematic solutions for urban traffic congestion management and helping to achieve an efficient, green, and intelligent urban transportation system.

Keywords

urban transportation; Congestion control; Intelligent transportation system; Traffic structure; Requirements Management

城市交通工程拥堵治理策略优化研究

宋栋

菏泽市交通运输局, 中国·山东 菏泽 274000

摘要

随着城市化进程不断加速发展, 机动车保有量呈现出激增态势, 城市交通拥堵已然成为制约居民生活质量以及城市可持续发展的关键问题, 传统交通治理策略在复杂多变的交通需求之下逐渐显露出明显局限性, 迫切需要进行优化升级。本文对城市交通拥堵现状和成因进行分析, 从智能交通系统应用、交通结构调整、交通需求管理这三个维度, 提出拥堵治理策略的优化路径, 采用案例分析和数据建模相结合的方法, 探讨新技术和新理念在拥堵治理当中的实践效果, 目的是为城市交通拥堵治理提供系统性解决方案, 帮助实现高效绿色智能的城市交通体系。

关键词

城市交通; 拥堵治理; 智能交通系统; 交通结构; 需求管理

1 引言

近年来, 中国城市规模迅速膨胀, 据公安部数据统计, 截至 2024 年底, 全国机动车保有量 4.8 万辆, 其中私家车占比超过 70%, 城市人口、交通规模的膨胀带来交通拥堵的急剧恶化, 北上等城市高峰时段均出现行车速度小于 20km / h 的情况, 拥堵所带来的时间、经济、环境成本也进一步攀升。传统的解决交通拥堵的方法路径主要集中在道路的建设, 执法交通, 无法从根本上解决交通拥堵问题, 面对此类现状, 如何优化交通拥堵科学、系统的路径是摆在城市管理者及交通领域专家面前所共同面临的问题。

2 城市交通拥堵现状与成因分析

2.1 交通拥堵现状特征

当前城市交通拥堵呈现出“日常化、区域性、时段化”的特征, 从时间上讲, 早晚高峰拥堵指数高, 部分城市拥堵延时系数在工作日一天中的高峰时段大于 2.0, 拥堵时间比畅通时间高出 1 倍以上; 从空间上讲, 拥堵热点城市中心、学校、医院等人口密集区域以及瓶颈点、上下快速路等交通节点, 同时, 随着城市规模的扩展, 潮汐性交通流突出, 城市外围道路拥堵也在时段内发生^[1]。

2.2 拥堵成因多维剖析

从城市路网建设来看, 道路滞后于机动车增长, 路网的密度不饱和, 道路的等级结构不科学等, 部分城市次干路、支路比例偏低, 主干道负担过重, 交通信号灯设置不科学, 交通标志标线设置不科学, 交通法规执行不严, 交通秩序混乱, 居民不合理出行, 私家车过多过滥、公共汽车出行不愿

【作者简介】宋栋 (1988.01), 男, 汉族, 籍贯山东省菏泽市, 本科, 助理工程师, 研究方向: 交通工程

意等也是造成交通拥堵的原因。当前部分城市公共交通分担率不足 30%，国际大城市的公共交通分担率在 60%-80% 之间。

3 智能交通系统在拥堵治理中的创新应用

3.1 智慧交通感知体系构建

智慧交通感知系统是拥堵城市问题交通拥堵治理的根基，由各种设备组合构成全域交通数据感知网络。物联网传感器、高清摄像头、地磁检测器等设备较多地应用于拥堵城市道路、路口、节点等交通拥堵的地点，物联网传感器能检测车辆时速、车辆流、车辆比例等信息，高清摄像头借助计算机视觉技术能够检测车流、车牌、行人信息等，地磁检测器能够检测车辆通过过程中带来的磁场变化，从而检测到车流信息。不同感知设备的相互补充，弥补了单类监测设备监测空缺的问题，举例：部分城市在桥梁隧道等特殊路段，使用微波设备和视频监测设备，能够实现全天候不停歇的车辆检测；另外，5G 的大规模普及应用，传输实时可靠性进一步提高，以分钟级甚至秒数级进行车辆数据传输等，交通数据更加精准、实时，交通信息的实时性大大提高^[2]。

数据挖掘阶段，人工智能技术起到重要作用，机器学习、深度学习的原理、深度学习方法等将大量数据进行挖掘、分析，了解当下交通运行状况以及预测未来交通流量趋势。预测模型是在历史数据、实时数据的基础上，结合节假日、天气等要素提前数小时乃至几天预测交通拥堵状况，为交通部门提供应急处理、调整交通调度方案等。此外，将交通感知数据与互联网的大数据结合（地图数据、公交通券数据）丰富、分析其，对城市交通规律全方位认知。

3.2 动态交通信号优化与诱导

传统交通信号灯固定配时方案难以适应动态变化的交通需求，“绿灯空放”“有车不放”等交通拥堵现象层出不穷。动态交通信号优化技术以实时交通数据为基础，利用强化学习、遗传算法等智能算法不断优化交通信号灯配时方案，通过感知装置感知不同方向的车流、排队长度等信息，通过算法计算最佳配置参数，对信号灯位、信号序列、信号时长等进行实时优化调整，将交通资源分配到合理的方案之中。在多路口协同方面，通过建设区域交通信号控制网，打破单一人口瓶颈，使路口信号灯全局信号协调，如部分城市采用的“绿波带”控制，根据路段平均速度、车流量，协调相邻路口信号灯的相位差，使车辆连续通过多个绿灯路口，提升道路通行，更加高级的动态绿波诱导，可以根据动态交通量，调整绿波速度与配时，如通过自适应信号机动态绿波诱导，根据车辆流量的动态变化，进行交通控制子区动态划分与合并，调整信号周期、绿信比与相位差，使绿波带随着交通流量的变化而变化，减少车辆在路口处停留。

交通诱导系统作为缓解交通拥堵的一项有效手段，通过交通诱导屏、交通诱导软件等方式为出行者提供交通实时

的路况信息和最佳路线选择方案。前者是根据大数据和交通数据计算分析出绕行拥堵路线，并且通过语音播报提醒驾驶人员绕道；后者是将交通诱导大屏设置在交通要道、快速路等车流量较大的路段，简单明了地提示前方道路拥堵状况，使驾驶人员提前规划行程。还有，有些城市利用手机短信、广播等形式播报出行交通预警信息，提醒人们有计划地提早出行，均衡交通流时空分布，减轻局部路段拥堵的压力。

3.3 车路协同与自动驾驶技术赋能

车路协同技术通过构建“车-路-云”一体化智能网络，实现车辆与道路设施、其他车辆及行人之间的实时信息交互与协同控制，是未来交通发展的重要方向。车路协同技术利用车路云通信、边缘计算技术、车获取超远距离的信息，提前对道路信息做出反应，在拥堵时，可以车路协同技术，推送前方路况、道路施工、道路管制等信息，让司机合理调整车速、车距，减少由于急刹车、塞车带来的拥堵。另一方面，利用路侧设备与车协同感知，可以解决单车智能感知距离近、感知不准、感知不安全等问题，解决自动驾驶安全稳定问题^[3]。自动驾驶应用对道路通行能力具有提升潜力。有学者研究表明在自动驾驶控制车速和车距有序行驶，高密度排队行驶，道路行驶能力提升 30% 以上；自动驾驶车辆能够通过路旁单元和云系统进行车路协同，根据道路交通环境变化，进行行驶方向和方式的实时调整，提高交通流效率，高速公路车辆编组的自动驾驶跟驰通过车路协同系统的实现，提高车辆运行效率，降低油耗和碳排放，城市道路中自动驾驶车辆协同车辆交通信号灯“一路绿灯”，减少停车等待时间。

车路协同从理论研究到应用实践经历了不同的阶段。2011 年起，清华大学等科研院所陆续开始研究车路协同关键技术；2016 年起，陆续开始建设智能网联汽车示范区；2020 年，中国首条高速公路高级自动驾驶车路协同，车路协同迎来新进展；2024 起，中国开始建设车路云一体化应用试点，持续提升车端网联率，推进公共领域存量车车载 C-V2X 应用，推动智能网联汽车和智慧交通系统有机融合。目前，北京、广州、南京等地都相继开始启动车路协同、自动驾驶试点，在智慧高速、城市道路等多场景开展应用实践，为高速公路拥堵治理开辟新思路、积累新经验。

4 交通结构调整与需求管理策略优化

4.1 公共交通服务品质提升

公共交通服务水平的提高是缓解道路交通拥堵、优化城市交通结构的关键，交通设施建设上离不开大运量公共交通建设，地铁交通以其运量大、准时率高、能耗低等优势，是超大型城市道路交通网的重要干线，其加密对于疏散地面交通、引领城市空间布局、拉动“轨道+物业”、扩大对轨道交通出行意向供给等具有重要作用。快速公交系统（BRT）成本低，线路设置灵活，能满足中运量客流需求。

快速公交专用道、信号优先,是中小城市、大城市外围公交客流集散地。建设完善物理隔断的 BRT 系统公交专用道网络,与智能运输相结合实施信号灯联动控制,能够极大提升地面 BRT 的快速性和可靠性。公交车线网布局应遵守“有效衔接、均衡覆盖”的原则,通过大数据分析居民交通出行规律,减少低效重复、合并线路,增加与轨道接驳,增加定制公交、微循环车等特色服务,满足差异化出行需求,加强公共交通和自行车交通的无缝衔接,提供自行车停车点、步行道,倡导“P+R”出行,推广新能源公交车,营造更舒适的绿色出行环境,增强公共交通吸引力。

4.2 慢行交通系统完善

慢行交通系统作为城市绿色交通的重要组成部分,是提升城市品质与居民生活质量的内在需求,构建连续、适宜、安全的慢交通路网需要从道路建设、空间设计和政策引导等方面进行探索。道路设施建设上,注重自行车道、步行道空间,确保其宽度、平整、连续;自行车道标线、护栏,与机动车分割,确保出行安全;步行道注重道路材质的舒适、增加盲道等设施、街道家具、绿化景观,为行人提供舒适的环境氛围。空间规划上,将慢行区域设立在城市中心点、商业聚集点等交通活动活跃区域,将道路空间倾斜提供给行人、自行车、公共交通等人群,限制或者禁止交通过街机动车辆使用,对机动车交通实行交通管制,将道路空间倾斜提供给行人、自行车、公共交通等人群,设立慢行街区、慢行自行车专用街区,减少机动车交通的干扰,提高自行车和步行舒适性。通过城市更新和街块更新,完善路网结构,增加支路,提高街块内交通的微循环。发展共享单车、共享电动车等,是解决“最后一公里”问题的一个好途径。通过合理选址和设置停放点、加强运营管理,杜绝乱停乱放;采取智能定位技术,精确计费,方便使用等。积极引导企业开展“共享单车+地铁”“共享电动车+公共汽车”的乘车优惠活动,引领市民绿色出行套餐,优化城市出行。

4.3 交通需求管理创新实践

交通需求管理从交通需求总量、时空需求分布、出行方式选择这三个方面入手,运用经济、政策和技术手段来限

制交通需求,从源头上治理交通拥堵问题。停车费差异化,非拥堵区和非高峰期降低停车收费标准,拥堵区和高峰期提高收费标准,分流非必要出行,提升停车率。停车收费标准要综合当地的交通状况、地段的土地价值和出行需求来制定,用价格引导群众绿色出行,采用智能停车系统,停车场实时监控,实时定价。通过错峰上下班、弹性的工作制来平衡交通流时空分布,政府鼓励企事业单位实行弹性工作制,错峰上班,避免出行高峰过于集中,同时实行学校错峰放学制,避免家长开车接送孩子上学、放学,这样通过多种错峰方式能够平衡交通流,削峰填谷。拥堵收费制度就是直接的需求管理手段,通过合理地制定收费路段、标准和时段,建设有效的管理系统,充分考虑社会公平性,给予特定人员减免政策性优惠,收取的费用用于公交公用和道路基础设施建设,形成“先收费,后治理”的良性循环,利用 ETC、车牌识别等技术实现收费管理智能化,提高效率、节约成本,最终通过各种手段,共同管理交通需求,解决城市拥堵。

5 结语

交通拥堵治理作为城市交通管理中的一项难题,必须借助一系列新技术、新结构、新政策进行综合治理。未来,各地在进行交通拥堵治理的过程中,应结合自身规模、交通结构、交通发展阶段特征,考虑三者之间的协调性,制定出适宜的交通拥堵治理策略。随着 5G、AI、大数据等的出现,以及绿色出行意识的逐渐提高,未来城市交通拥堵治理将朝着更加智能、绿色、人性化的交通发展,一步步朝着更好的方向发展,为城市交通拥堵治理提供一个宜居、舒适的环境。

参考文献

- [1] 彭凌枫,沈宙彪,曲文良.城市快速路拥堵节点交通综合治理探究[J].中国交通信息化,2025,(S1):263-265.
- [2] 张锋鑫,陈思曲,徐大林,等.基于深度学习的城市快速路交通拥堵点段车辆路径溯源[J].同济大学学报(自然科学版),2025,53(03):368-379.
- [3] 程耀林.一路一线全覆盖模式解决城市交通拥堵的研究[J].人民公交,2023,(04):76-82.