

时空重塑与科技赋能下的交叉口拥堵治理策略 ——以合肥市创新大道与云飞路交叉口为例

蒋 旭

(合肥市规划设计研究院, 安徽 合肥 230041)

摘 要: 城市道路交叉口作为交通流转换的关键节点,其运行效率与安全性直接影响城市交通系统的整体性能。以合肥市创新大道与云飞路交叉口为研究对象,针对其在慢行路权、空间尺度、交通组织、信号控制等方面存在的典型问题,提出“时空重塑+科技赋能”的系统性治理思路,综合运用交叉口压缩、慢行路权明确、右转半径优化、交通渠化调整、自适应信号控制等手段,显著提升路口通行效率与安全性。研究表明,“时空重塑+科技赋能”的治理策略可有效破解城市复杂交叉口拥堵难题,可为同类型交叉口精细化治理提供可复制的实践经验。

关键词: 拥堵治理;时空重塑;慢行优先;自适应控制;右转半径优化

中图分类号: U491.2*31

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2026)08-0091-04

Management Strategies for Intersection Congestion under Spatiotemporal Reshaping and Technological Empowerment: A Case Study of Chuangxin Avenue - Yunfei Road Intersection in Hefei

JIANG Xu

(Hefei Urban Planning and Design Institute, Hefei 230041, China)

Abstract: As key nodes for traffic flow conversion, the operational efficiency and safety of the urban road intersections directly affect the overall performance of the urban traffic system. Taking the intersection of Chuangxin Avenue and Yunfei Road in Hefei as a research object, aiming at the typical challenges in slow-traffic rights, spatial scale, traffic organization, and signal control, a systematic management idea centered on "spatiotemporal reshaping and technological empowerment" is proposed. By comprehensively applying measures such as intersection compression, clarification of slow traffic rights, optimization of right-turn radius, adjustment of traffic channelization, and control of adaptive signal, the traffic efficiency and safety at intersections are significantly enhanced. The research result indicates that the governance strategy of "spatiotemporal reshaping and technological empowerment" can effectively resolve the congestion at the complex urban intersections, providing the replicable practical experience for the refined governance of similar intersections.

Keywords: congestion management; spatiotemporal reshaping; priority for slow traffic; adaptive signal control; optimization of right-turn radius

0 引 言

城市道路交叉口作为交通网络的节点,其运行状况直接影响着整个城市交通系统的效率与安全。因此,交叉口的精细化治理成为提升城市交通品质的关键抓手。

合肥市近年来城市规模快速扩张,交通需求持续增长。创新大道与云飞路交叉口位于合肥高新区,是连接绕城高速、长江西路与高新区的重要节点,周边分布住宅、商业、产业园区及医院等多种功能单元,交通构成复杂、潮汐现象明显,具有典型的大城市复杂交叉口特征。

本研究通过对该交叉口问题的系统诊断与综合治理,探索出一套“时空重塑+科技赋能”的交叉口治理范式,对于解决当前城市交叉口普遍存在的空间尺度失衡、慢行路权缺失、信号控制僵化等问题具有

收稿日期: 2026-02-28

基金项目: 安徽省住房城乡建设科学技术计划项目(2023-YF095)

作者简介: 蒋旭(1988—),男,学士,高级工程师,从事城市道路与交通设计工作。

重要的理论价值与实践意义。其核心经验可为同类型交叉口拥堵治理提供可复制的参考模式。

1 交叉口现状与问题分析

1.1 区位特征与交通功能

创新大道为贯穿合肥南北方向的城市交通性主干道,双向10车道,并有独立慢行系统,设计速度60 km/h。道路两侧分布有住宅小区、产业园区、商业综合体及医院等,交通构成复杂,流量呈现明显的潮汐现象,过往非机动车通行量大、通行速度快^[1]。

云飞路为城市生活性次干路,双向4车道,两侧主要为创新实验小学、创新产业园等学校与科技产业园区,高峰期间交通量较大。

两条道路的功能定位差异决定了该交叉口兼具过境交通转换与区域生活服务双重功能,交通构成复杂^[2],治理难度大。

1.2 现状交通组织分析

改造前,交叉口交通组织存在以下突出问题:

(1)交通组织不满足实际需求

北进口为2左+3直+1右,南出口设置了6条车道,进出口车道数不匹配;南进口掉头需求高,无专用掉头车道^[3],导致左转道拥堵加剧。

(2)交叉口尺度失衡

交叉口面积达5 750 m²,过大的交叉口尺度导致行人过街距离长、暴露时间长,车辆延误时间长。

(3)机动车右转弯半径过大^[4-6]

右转弯半径较大,远超规范推荐值。大型车辆右转通过速度快,极易引发交通事故。

(4)非机动车越线停车

高峰期间非机动车流量较大,习惯外溢至停止线外等候过街,侵占机动车通行空间。

(5)慢行路权缺失^[7]

慢行系统过街路径模糊,与机动车流线(尤其是右转)交叉冲突点多,存在严重安全隐患。

(6)二次驻足区缺失^[8]

交叉口过大且未设中央驻足区,行人无法在一个绿灯周期内安全通过全部车道,存在隐患。

(7)信号配时方案僵化

交叉口各时段流量差异较大,原有信号控制系统采用固定配时方案,无法感知和适应不同时段或突发情况引起的车流量实时波动,时空资源分配与交通需求脱节。

1.3 问题成因剖析

综合分析上述问题,其深层成因可归纳为3个方面:一是在规划设计理念上,重机动车轻慢行,导致慢行路权被挤压^[9];二是在空间资源配置上,重尺度轻效率,导致交叉口尺度过大、利用率低;三是在技术手段应用上,重硬件轻智能,导致信号控制僵化、无法动态响应。这些问题的系统解决需要综合治理思路的转变。

2 治理措施与技术方案

针对上述问题,本研究提出“路权革命、空间重塑、科技赋能”三大策略,实现“安全优先、效率提升、慢行保障”的治理成效。

2.1 基于无人机AI的交通诊断技术

2.1.1 技术原理

通过无人机航拍获取连续交通影像,将航拍视频导入AI交通分析系统^[10]。系统基于深度学习算法自动识别和追踪各类交通参与者,提取交通量、车行轨迹、速度、排队长度、停车次数、延误时间等关键参数。

2.1.2 诊断成果

AI提取交叉口交通数据(见图1),AI诊断系统生成了交叉口交通运行的全息画像,清晰呈现了高峰时段交通流量构成、各进口道流量时变规律、冲突点分布、排队长度时空分布、信号配时效率评价等数据特征^[11]。

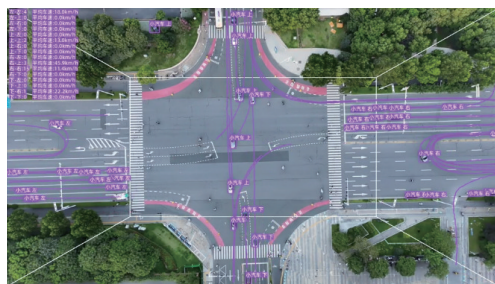


图1 交叉口交通数据AI提取图

2.2 慢行路权革命

2.2.1 空间上明确非机动车一次过街路权

采用非机动车左转一次过街的交通组织方式^[12],这是本次治理的核心创新点之一。具体措施包括:

(1)等候区前置

将非机动车等候区设置在机动车停止线之前,体现慢行优先理念,缩短非机动车通过交叉口的距离和时间^[13]。

(2)以色彩区分等候空间

在交叉口4个方向的前端设置彩色铺装的非机动车等候区,面积为30~50 m²,采用醒目的彩色涂料(绿色或红色)铺装,明确非机动车等候空间,剥离各转向车辆,如图2所示。



图2 非机动车等候区

(3)施划非机动车左转导流线

在交叉口内部施划非机动车左转导流线,引导非机动车按照弧形轨迹一次完成左转过街,避免二次过街的等待时间与绕行距离,如图3所示。

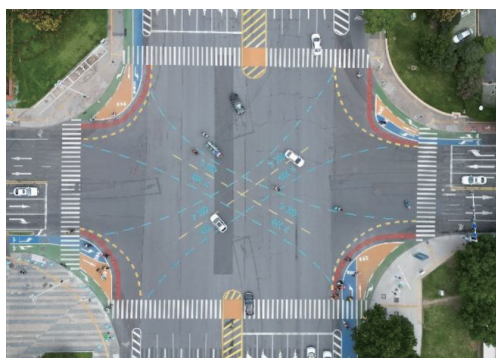


图3 非机动车左转导流线

2.2.2 时间上增设非机动车专用信号相位

(1)安装非机动车专用信号灯

灯面图案为非机动车图标,信号配时与机动车左转相位协调,确保非机动车左转一次过街的安全时间窗口,如图4所示。



图4 非机动车专用信号灯

(2)设置非机动车信息牌

在等候区附近设置信息牌,清晰说明并引导非机动车一次过街。

(3)优化信号相位时序

将非机动车左转相位与机动车左转相位同步,避免机非交织。

2.3 交叉口空间重塑

2.3.1 停止线前置与交叉口压缩

将4个方向的机动车停止线同步前移,交叉口面积由5 750 m²压缩至4 140 m²,缩小比例达38%。交叉口压缩后:缩短了行人过街距离约30%,减少了行人在交叉口的暴露时间;缩小了机动车通过交叉口的行驶距离,提高了通行效率;减少了信号相位间隔时间,提升了绿灯利用率;释放的空间可用于设置非机动车等候区和右转危险区。

2.3.2 右转弯半径压缩

通过调整路缘石线形,缩小转弯弧度,将4个方向的右转弯半径压缩至10~13 m^[14],满足规范最小值要求,迫使右转车辆必须减速通过。

同时,压缩转弯半径释放出的空间重新分配给前移的非机动车等候区,实现路权从机动车向慢行交通的再分配^[15]。

2.3.3 交通组织优化

(1)南进口车道调整

增加1条左转和1条直行车道,匹配南出口车道容量^[16-17],提升南进口通行能力约15%^[18]。

(2)设置专用掉头车道

分离掉头与左转车流,缓解左转道局部拥堵。

(3)增设行人驻足区(安全岛)^[19]

道路中央行人驻足区将长距离过街分解为两次短距离完成^[20],保障弱势群体的独立、安全过街权利。

2.4 科技赋能智能管控

2.4.1 部署双目雷视一体机

在交叉口4个方向安装双目雷视一体机,实时输出每辆车的行驶轨迹、速度、加速度等微观行为数据,为信号优化提供精细化数据支撑。

2.4.2 部署边缘智能体

在路口部署边缘计算单元(边缘智能体),负责处理雷视一体机采集的实时数据,运行自适应信号控制算法,生成优化配时方案。

2.4.3 自适应信号控制策略

基于雷视感知数据,实现时段自适应、周期自适应、绿信比自适应、相位相序自适应、协调控制自适应的多层次自适应信号控制。

2.4.4 数字孪生平台构建

基于BIM/GIS技术和实时感知数据,构建交叉口数字孪生平台,实现交通运行的动态复刻与仿真推演。

2.4.5 弹性勤务响应机制

针对交通事故、大型活动、恶劣天气等各类突发事件,建立全天候全场景弹性响应机制。

3 实施效果评估

交叉口优化提升后,交通组织井然有序,道路空间资源得到最大化利用,信号配时与交通量匹配得当。具体成效体现在3个层面。

(1)通行效率显著提升(见表1)

表1 优化前后指标对比表

指标	优化前	优化后	变化率
排队长度	96.15 m	89.34 m	↓7.1%
停车次数	0.675次	0.634次	↓6.1%
延误指数	31.52 s/veh	28.16 s/veh	↓10.66%
通行速度	33.26 km/h	34.80 km/h	↑4.6%
服务水平	B-E	B-D	↑

(2)交通安全明显改善

慢行系统路权明确,机非冲突大幅减少,右转弯车速有效降低,内轮差事故隐患消除。

(3)视觉环境优化提升

彩色铺装、导流线、警示柱等设施提升了道路辨识度与安全性,为城市街景增添了流畅而亮丽的视觉风景线。

4 结 语

本研究以合肥市创新大道与云飞路交叉口为试点,通过对现状交通组织、交叉口尺度、转弯半径等影响因素的分析,开展城市复杂交叉口拥堵治理研究,得出以下结论:

(1)该文提出的“空间重组+智能控制”治理策略,经项目实践验证是可行的,可供类似大型复杂交叉口精细化治理参考。

(2)树立“慢行优先”的价值导向,明确并保障了非机动车与行人的路权,不仅体现了对弱势群体的关怀,更是交叉口治理取得成效的思想基础。

(3)科技赋能的本质是以数据驱动替代经验判

断,实现交通治理从“粗放式”向“精细化”的跨越。

参考文献:

- [1] 范新科,宛岩,吴楠榛,等.复杂交通条件下的交叉口交通组织优化研究——以镇海区逸夫路-风华路交叉口为例[J].城市道桥与防洪,2025(9):89-94;105.
- [2] 陈丽甜,顾庆福.城市更新背景下旧城区道路交叉口改造方案研究——以揭阳天福东路下穿隧道为例[J].城市道桥与防洪,2025(9):85-88;98.
- [3] 魏金丽,姜鑫鑫,李安琪,等.基于轨迹数据分析的城市道路交叉口提前掉头设置研究[J].青岛理工大学学报,2025,46(5):119-126.
- [4] 彭翔.畸形交叉口安全风险评估及调优研究[J].城市道桥与防洪,2025(12):12-16.
- [5] 戴振华,廖祺硕,潘存书,等.城市干路交叉口右转车辆轨迹流线与曲率特性分析[J].交通信息与安全,2022,40(4):157-166.
- [6] 陈文强,勾小梅,汪勇杰,等.右转车道对机动化交通参与者非法过街行为的影响[J].中国公路学报,2023,36(8):271-279.
- [7] 何杰,陈维雨,陈昊泽,等.非机动车道路交通安全研究现状与发展趋势[J].中国安全科学学报,2026,36(2):1-14.
- [8] 梁华新.城市道路交叉口行人交通安全设计方法[J].工程设计与设计,2025(19):88-90.
- [9] 聂新民,张晖,余利军.城市街道一体化设计研究——以沙田北片区街道一体化为例[J].城市道桥与防洪,2025(10):32-36.
- [10] 李贤,何书剑,谷延锋.多模遥感立体信息获取发展现状与展望[J].航空学报,2026,47(10):8-33.
- [11] 郑展骥,冯昌奎,赵杨洋,等.无人机航拍视角下密集场景非机动车小目标检测方法[J].交通运输系统工程与信息,2025,25(4):147-161.
- [12] 陈辅光.城市道路交叉口慢行空间优化设计[J].工程技术研究,2025,10(20):192-194.
- [13] 张广俊,张智勇,李永行,等.非机动车影响下考虑不均衡车流的信号控制方案优化方法[J].重庆理工大学学报(自然科学),2024,38(1):180-191.
- [14] 王清洲,徐令选,范鑫,等.货车右转视线盲区形成机制及交叉口安全性研究[J].中国安全科学学报,2017,27(5):99-104.
- [15] 何寰,吴俊荻,徐莎莎,等.慢行交通多元融合体系构建与规划实践——以武汉市为例[J].城市规划学刊,2025(增刊2):129-137.
- [16] 肖仁和.城市道路平面交叉口交通组织与渠化设计研究[J].工程技术研究,2021,6(14):227-228.
- [17] 黄泽浪.道路交叉口交通组织优化设计研究[J].黑龙江交通科技,2021,44(1):230-232.
- [18] 张华,杨芬.平面交叉口城市化改造通行能力及几何设计研究[J].公路交通科技(应用技术版),2019,15(1):315-317.
- [19] 周洪,周竹萍,徐永能,等.交叉口绿闪信号行人过街行为模型[J].交通信息与安全,2018,36(1):74-80.
- [20] 曹瑾鑫,陈丽花,朱家正.交叉口一体化二次过街交通组织方案研究——以南茶坊交叉口为例[J].中国安全科学学报,2015,25(10):109-114.