

市政道路交叉口优化设计对交通效率的影响研究

谭诚

中城科泽工程设计集团有限责任公司荆门分公司

DOI: 10.32629/jpm.v7i2.8717

[摘要] 市政道路交叉口是城市交通流交汇转换的核心节点，设计合理性直接决定整体交通网络运行效率。当前城市机动车保有量持续攀升，混合交通流冲突加剧，交叉口拥堵、延误等问题频发，制约交通通行效能。本文聚焦市政道路交叉口优化设计，梳理核心设计要素与交通效率评价指标，剖析各设计要素对交通效率的影响机制，构建多维度优化方案，结合实例验证优化效果，为城市交叉口改造升级、提升交通效率提供实践参考与技术支持。

[关键词] 市政道路；交叉口设计；交通效率；优化方案；信号控制

Research on the Impact of Optimal Design of Municipal Road Intersections on Traffic Efficiency

Tan Cheng

Jingmen Branch, Zhongcheng Keze Engineering Design Group Co., Ltd.

[Abstract] Urban road intersections are the core nodes where urban traffic flows converge and transition, and their design rationality directly determines the operational efficiency of the overall traffic network. Currently, the number of urban motor vehicles continues to rise, leading to intensified conflicts in mixed traffic flows, frequent congestion and delays at intersections, and other issues that restrict traffic flow efficiency. This paper focuses on the optimal design of urban road intersections, outlines core design elements and traffic efficiency evaluation indicators, analyzes the impact mechanism of each design element on traffic efficiency, constructs a multi-dimensional optimization scheme, and verifies the optimization effect through practical examples. It provides practical reference and technical support for the renovation and upgrading of urban intersections and the improvement of traffic efficiency.

[Key words] municipal roads; intersection design; traffic efficiency; optimization scheme; signal control

引言

交叉口作为城市市政道路网络的关键枢纽，承担着交通流汇集与分流的重要功能，也是交通拥堵的高发区域。相较于路段通行，交叉口涉及多类交通参与者的交互，设计疏漏易引发交通冲突、增加通行延误。随着城镇化进程加快，城市交通需求持续增长，传统交叉口设计已难以适配潮汐交通流与混合交通流特征，拥堵加剧、效率下滑等问题不仅影响群众出行，还加剧能源消耗。因此，研究交叉口优化设计与交通效率的关联，构建科学可行的优化方案，破解通行瓶颈，对完善交通基础设施、提升交通管理水平具有重要现实意义。

1. 市政道路交叉口核心设计要素与交通效率评价指标

1.1 交叉口核心设计要素

1.1.1 几何设计要素

几何设计是交叉口优化的基础，直接决定交通流运行空间与轨迹合理性。交叉口主要分为平面交叉与立体交叉，平面交

叉因建设成本低、适配中小城市布局，应用最为广泛。车道数与宽度需匹配交通流量，合理规划可避免交通流过度集中，宽度不足会限制通行速度。渠化设计通过导流岛、专用转向车道分离不同流向交通流，减少交叉冲突。进口道展宽长度需结合高峰排队长度测算，转角半径需适配大型车辆转弯需求，保障通行顺畅^[1]。

1.1.2 交通控制设计要素

交通控制设计是调节交通流秩序、提升通行效率的关键。信号控制分为固定配时、感应配时与自适应配时，适配不同交通流特征。信号相位与周期需兼顾冲突控制与通行效率，合理设置相位可减少交织，周期时长需匹配峰谷时段流量差异。绿信比分配直接影响各方向通行时长，需根据交通流时空分布动态调整。科学选择单向、双向或多相位放行方式，可优化交通流疏导节奏。

1.1.3 交通组织设计要素

交通组织设计聚焦交通流合理引导，减少混行冲突。机动

车组织通过左转待转区设置、右转危险区管控,规范转向轨迹,降低对直行车流的干扰。非机动车与行人组织需明确专用通行空间,合理设置非机动车道与人行横道,保障慢行交通通行权^[2]。通过物理隔离或信号引导实现机非、人车分流,减少交叉冲突,提升整体通行秩序。

1.2 交通效率评价指标体系

1.2.1 核心指标

核心指标直接反映交叉口通行效能,是优化效果评价的关键依据。通行能力指单位时间内交叉口最大可通过车辆数,体现交通承载能力。平均行程速度反映车辆通过交叉口的顺畅程度,速度提升即意味着效率改善。车辆延误时间包括排队与行驶延误,是衡量拥堵程度的核心指标。排队长度直观体现高峰拥堵规模,优化后需实现显著缩短。

1.2.2 辅助指标

辅助指标从安全、环境维度完善评价体系。交通冲突次数涵盖各类交通参与者间的冲突,冲突减少可降低事故发生率,间接提升通行连续性。车辆停车次数与通行效率负相关,优化设计需减少不必要的停车等待。油耗与尾气排放随通行效率提升而降低,顺畅通行可减少车辆怠速,实现效率与生态效益协同^[3]。

2. 交叉口设计要素对交通效率的影响机制分析

2.1 几何设计要素的影响

2.1.1 车道配置的影响

车道配置是几何设计核心,直接决定交通流分配效果。进口道车道数需与流量匹配,不足易导致排队溢出、拥堵加剧,过多则浪费道路资源、增加建设成本。车道功能划分需清晰,未明确转向车道会引发车辆随意变道,降低通行速度并增加冲突风险。合理配置可实现交通流有序分流,同步提升效率与安全性。

2.1.2 渠化设计的影响

科学渠化可分离转向交通流,减少冲突点,规范行驶轨迹,提升通行顺畅度。导流岛与渠化车道能引导车辆按指定路线行驶,避免无序交织。但过度渠化会压缩通行空间,导致大型车辆转弯困难,反而降低效率。渠化设计需结合交叉口规模与流量特征,平衡冲突控制与空间利用^[4]。

2.1.3 进口道展宽的影响

进口道展宽可缓解高峰排队压力,避免拥堵蔓延至后续路段。展宽长度需精准匹配高峰排队长度,不足会导致排队溢出,过长则浪费资源、增加施工成本。渐变段长度需适配车辆行驶速度,保障车辆平稳变道,避免仓促变道引发冲突,维持通行连续性。

2.2 交通控制设计要素的影响

2.2.1 信号配时的影响

信号配时是调节交通流的核心手段,直接影响车辆延误。周期时长过长增加等待时间,过短则导致交通流无法完全通

过、排队累积。绿信比需适配各方向流量,分配失衡会引发局部拥堵或资源浪费。僵化配时无法应对潮汐流量变化,易加剧高峰拥堵。

2.2.2 相位设计的影响

相位设计需平衡冲突控制与通行效率,数量过多会增加信号损失时间、延长等待周期,数量过少则加剧交通流冲突、提升事故风险。针对混合交通流,需增设左转、行人专用相位分离冲突流。合理合并无冲突相位,可减少相位数量,提升信号利用率,缩短车辆延误。

2.2.3 控制方式的影响

不同信号控制方式的效率提升效果差异明显。固定配时适用于流量稳定的交叉口,但灵活性不足,无法适配流量波动。感应配时可根据实时流量调整放行时长,提升配时合理性。自适应控制依托智能检测与大数据,动态调整相位与绿信比,相比固定配时大幅降低延误,效果依赖数据采集精度与设备稳定性^[5]。

2.3 交通组织设计要素的影响

2.3.1 转向交通组织的影响

转向交通是交叉口冲突的主要来源,合理组织可显著提升效率。左转待转区能充分利用路口空间,增加左转放行量,减少对直行车流的干扰。右转专用信号可规避右转车辆与行人和非机动车的冲突,保障右转顺畅。规范转向轨迹,可减少无序变道与交织,提升整体通行节奏。

2.3.2 非机动车与行人组织的影响

非机动车与行人的无序通行是效率下降的重要诱因。合理规划慢行空间,设置物理隔离设施,实现机非、人车分离,减少混行冲突。优化人行横道与信号时长,保障行人安全过街的同时,避免滞留路口干扰机动车通行。完善慢行组织,兼顾各类参与者需求,提升交叉口整体效率。

3. 市政道路交叉口优化设计方案构建

3.1 几何优化设计方案

3.1.1 车道功能优化

基于实地流量调查,精准匹配各方向车道比例。针对左流量较大的交叉口增设左转专用车道,右转流量集中区域优化右转车道与转弯轨迹。清理车道功能混淆问题,规范标识引导,提升交通流分配合理性。

3.1.2 精细化渠化设计

结合交叉口类型与流量特征开展渠化改造,设置导流岛、减速带与清晰标线,分离不同流向交通流。优化进出口道衔接,提升通行连贯性。针对大型车辆较多的交叉口,扩大转角半径、设置专用转弯车道,避免干扰小型车辆通行。

3.1.3 进口道展宽优化

根据高峰排队长度测算,确定合理展宽与渐变段长度,确保容纳高峰排队车辆。适配车辆行驶速度设计渐变段,保障平稳变道,平衡空间利用与通行效率,避免排队溢出与资源浪费。

3.2 交通控制优化设计方案

3.2.1 信号配时优化

依托流量时空分布数据，采用 Webster 法、HCM 法优化信号周期与绿信比。针对潮汐流量设计峰谷差异化配时，高峰延长主流向绿信比，平峰简化配时，定期更新数据、动态调整方案。

3.2.2 相位优化

梳理交通流冲突关系，合并无冲突相位以减少数量、缩短信号损失时间。针对冲突严重的转向交通，增设专用相位分离冲突流。优化相位顺序，优先放行大流量方向，平衡各方需求，减少延误与排队长度。

3.2.3 控制方式升级

推广自适应信号控制，整合视频监控、地磁检测器数据，实时采集流量与排队信息。依托大数据分析动态调整配时，提升灵活性与精准度，替代固定配时适配流量波动，实现智能疏导。

3.3 交通组织优化设计方案

3.3.1 机动车组织

在大流量交叉口设置左转待转区，提升左转放行效率。右转冲突严重区域设置警示标识，明确通行范围与避让要求。优化大型车辆通行路线，引导其靠外侧行驶，减少对小型车辆的交织干扰。

3.3.2 慢行交通组织

拓宽人行横道、设置行人安全岛，为行人过街提供临时停留空间。增设非机动车隔离护栏，明确专用通行区域，杜绝非机动车占用机动车道。优化慢行交通信号时长，保障通行权，实现各类交通有序分流。

3.3.3 特殊场景组织

学校、医院周边交叉口，结合出行高峰设置时段性限行与减速设施。优化公交优先措施，设置专用车道与优先信号，提升公交通行效率，引导绿色出行，缓解路口通行压力。

3.4 优化设计方案对比分析

不同优化方案的适用场景、成本及效果差异显著，需结合路口实际问题选型，具体对比见表 1，可为方案制定提供参考。

表 1 市政道路交叉口优化设计方案对比

优化类型	核心技术措施	适用场景	实施成本	预期效率提升效果
几何优化	车道重划、渠化改造、进口道展宽	空间充足、车道功能不合理	中-高	通行能力提升 15%-25%，延误降低 20%-30%
信号控制优化	配时调整、相位优化、自适应升级	流量波动大、配时僵化	低-中	延误降低 10%-20%，停车次数减少 15%-25%
交通组织优化	转向调整、机非分离、公交优先	混行冲突重、慢行流量大	低	冲突减少 25%-35%，效率提升 10%-15%
综合优化	几何+控制+组织多维度整合	拥堵严重、多问题叠加	高	通行能力提升 25%-40%，延误降低 30%-45%

4. 实例验证——以湖北省某城市主干道交叉口为例

4.1 案例现状与问题识别

选取湖北省典型城市主干道十字路口开展实证研究，该交叉口连接两条交通干道，周边商居密集，是常态化拥堵节点。优化前存在诸多问题：进口道车道配置与功能划分不合理，高峰时段左转、直行车辆排队溢出，延误严重；采用固定信号配时，无法适配潮汐交通流与周末流量波动，绿灯利用率低；机非混行冲突频繁，缺乏有效隔离与路权分配，高峰饱和度长期达 0.9 以上。

4.2 综合优化方案设计与实施

围绕“空间扩容、信号智能、组织有序”制定综合优化方案。几何改造上，拓宽东西向拥堵进口道、增设直行车道，优化渠化岛规范行车轨迹。信号控制上，升级为自适应控制系统，依托地磁与视频检测器实时采集数据，动态调整信号周期与绿信比，增设左转保护相位。交通组织上，增设机非隔离护栏，改造人行横道并设置二次过街安全岛，规范大型车辆通行指引。

4.3 优化效果评价与结论

优化后经一周监测，成效显著：车辆平均延误从 65.8 秒/辆降至 36.5 秒/辆，降幅 44.5%；主要进口道最大排队长度缩短超 50%，溢出问题根治；通行能力提升约 25%。机非冲突次

数下降 60%，行人过街安全性提升。研究表明，融合几何改造、智能信号控制与精细化组织的综合策略，可有效改善此类交叉口通行效率与安全，为湖北省同类交叉口优化提供可复制经验。

结束语：

市政道路交叉口优化需科学配置几何、控制、组织三大要素，实现交通流有序分流、减少冲突。本文构建的四类优化方案适配不同场景，实例表明综合优化效果最优。后续可结合智能交通技术完善自适应控制，针对不同类型路口制定差异化方案，持续提升城市交通网络效能。

[参考文献]

- [1]林虎. 市政道路工程设计基本要点与注意事项分析[J]. 科技创新与应用, 2025, 15 (09): 124-127.
- [2]石红松. 市政道路工程平面交叉口设计分析[J]. 汽车周刊, 2025, (03): 38-40.
- [3]林壤. 市政道路提升改造工程设计要点分析[J]. 工程技术研究, 2024, 9 (22): 205-207.
- [4]李杰, 舒鑫. 浅谈市政道路设计与交通安全的关系[J]. 居业, 2024, (11): 208-210.
- [5]耿中伟. 市政道路平面交叉口优化设计与评价方法研究[J]. 工程技术研究, 2024, 9 (16): 177-179.