

预信号控制交叉口的交通流组织优化

栗波^{1,2}, 高超¹, 樊兆董³

1. 山东交通学院交通与物流工程学院, 山东 济南 250357; 2. 北京交通大学交通运输学院, 北京 100044;
3. 山东省交通科学研究院, 山东 济南 250031

摘要:为解决城市道路交叉口交通流饱和及过饱和引发的拥堵难题,提高交叉口交通流组织效率,提出一种预信号控制交叉口交通流组织优化方法,基于交叉口进口道渠化设计和主信号、预信号相位相序协同,提高交叉口进口方向左转与直行交通流通行效率及交叉口时空资源利用率,设计进口方向左转与直行相位连续放行模式和分开放行模式,并进行试验验证。结果表明:交叉口进口道在不同流量下,采用预信号控制交叉口的信号周期、车辆平均延误随进口道流量增大的速率均小于传统单停车线交叉口,采用预信号控制交叉口进口方向左转与直行相位分开放行模式的信号周期、车辆平均延误随进口道流量增大的速率均小于采用预信号控制交叉口进口方向左转与直行相位连续放行模式;在交叉口进口道流量饱和及过饱和时,采用预信号控制交叉口进口方向左转与直行相位分开放行模式的车辆平均延误最短。

关键词:预信号控制;交叉口;交通流;渠化设计;相位相序

中图分类号:U491

文献标志码:A

文章编号:1672-0032(2025)04-0001-08

引用格式:栗波,高超,樊兆董.预信号控制交叉口的交通流组织优化[J].山东交通学院学报,2025,33(4):1-8.

LI Bo, GAO Chao, FAN Zhaodong. Optimization of traffic flow organization at pre-signal controlled intersections[J]. Journal of Shandong Jiaotong University, 2025, 33(4): 1-8.

0 引言

道路交叉口是车辆汇集、转向与疏散的关键节点,其疏散能力与城市交通的畅通程度直接相关^[1]。在交叉口道路结构已形成且正常运行的情况下,改造不合理的道路结构成本较高、时间较长,且极易造成交通不畅甚至拥堵^[2]。科学调整交通信号相位时序可实现低成本投入,高效率疏通交通拥堵,是治理交通不畅的优选路径^[3]。结合智能信号调控技术优化相位相序配置,可显著改善交叉口拥堵现象,有效提高交叉口车辆通行效率^[4-5]。

当前对交叉口交通流的预信号控制研究处于探索阶段,系统性成果较少。部分学者对公交优先导向的预信号控制方法开展研究,通过设置间歇式车道^[6]、柔性车道^[7]、可变车道^[8]等优先信号,对缓解交叉口交通拥堵起到一定作用。田鑫等^[9]提出基于车速引导的交叉口公交优先自适应控制模型,建立公交车车速与信号配时参数间的联系,实现交叉口信号配时方案和公交车车速引导方案的同步优化求解。张卫华等^[10]研究公交优先信号控制的预信号设置、配时优化方法和延误计算,分析主信号与预信号间的协调关系,提出能精准确定主信号停车线与预信号停车线间距离的有效方法。Zhou等^[11]研究右转车辆较少的交叉口,采用右转车道为公交车直行车道,并配合特定信号控制策略,实现公交车辆绕社会车辆候驶车流,优先通过交叉口。Ma等^[12]以实现主信号与预信号配时最优化及最佳协调为目标,构建主信号、预信号配时参数及相位差的集成优化模型,结合实际案例证明该模型可有效改善交叉口交通运行效率。栗波等^[13]进行基于车辆平均延误的预信号交叉口信号配时优化研究,建立主信号和

收稿日期:2025-01-18

基金项目:山东省自然科学基金项目(ZR2021QE046)

第一作者简介:栗波(1991—),男,济南人,讲师,博士研究生,主要研究方向为交通安全,E-mail:libo1915@126.com。

预信号处车辆的延误计算模型,构建预信号交叉口的配时优化模型,当交叉口处于饱和或过饱和状态时,该模型可有效降低车辆平均延误。已有研究中公交预信号技术已较成熟,但对机动车流预信号控制研究不足,渠化方案尚存优化空间,且主信什么号、预信号相位在时间和空间衔接过程不顺畅,主信号、预信号联合协调控制关系不清晰。科学渠化设计可提高主信号、预信号时空协同效率,减小交叉口交通延误时间^[14-15]。

本文融合交叉口多维参数,采用预信号控制交叉口交通流组织优化方法,建立主信号与预信号在时间与空间维度上协调联动机制,设计进口道渠化方案,将主停车线后方左转和直行车辆从横向分布重构为纵向蓄车队列,以期提高进口道通行效率。通过主信号、预信号相位相序精准匹配,引导左转和直行车流在主信号绿灯周期内全域调用待行区车道资源,以期提高时空资源利用效率。构建进口道流量与信号配时的试验方案,对比分析不同信号相位相序设计形式下最优配时及延误,选取最优信号相位相序方案,以期减少交叉口内部交通冲突与拥堵程度,为复杂城市路网的信号协调控制提供新的技术路径。

1 预信号交叉口渠化方案设计

当前城市道路交叉口渠化主要采用横向物理扩展、车道功能重组及导流设施系统布设等技术路径^[16-17]。此类渠化措施虽能提高通行效率,但存在显著空间依赖,仅适用于具备横向拓展冗余度的交叉口节点,在空间约束型交叉口面临立体化改造瓶颈^[18-19]。基于交叉口渠化现状,提出预信号协同的进口道纵向渠化方案,通过车流时空重组技术实现有限空间下的集约化管控,为高密度路网交叉口治理提供全新范式。

1.1 主信号、预信号交叉口进口道布局

在标准进口道基础设施(含主信号灯组、转向专用道)上增设预信号停车控制单元,并将主信号、预信号区间车道标线重构为可变导向标线系统,形成动态变道冗余空间,构建主信号、预信号协同控制架构,实现待行区车流轨迹柔性优化^[20-21]。主信号、预信号交叉口进口道布局如图 1 所示。

通过设置预信号实现车流空间重构,将左转车辆/直行车辆由横向分布转为纵向排列。主信号放行时,定向释放单一流向车流,消除左转车辆和直行车辆并行涌出的现象,提高单一流向的通行效率。左转车辆在通过普通信号交叉口时,行驶速度较慢且通行距离较长,严重影响直行车辆的通行。设置预信号可消除左转车辆和直行车辆的分流,减弱左转车辆对直行车辆的影响,确保车辆通过交叉口时通行秩序较好,通行效率较高,保障交通安全。

在主信号、预信号协同控制时,右转车流较少且对其他车流影响较少,主要聚焦左转、直行流向动态优化。车流须经预信号准入触发进入待行区,通过动态重组实现单一流向队列空间重构;待主信号相位协同放行指令触发后,车流方可通过交叉口。

1.2 进口道渠化方案设计

采用预信号控制的交叉口进口道布局方案,通过在车道上游增设预信号停车线及信号装置,实现交通流的精细化组织。采用双停车线设计,主信号红灯期间,预信号系统可引导左转和直行车流中某一走向车流占据主信号停车线、预信号停车线间全部车道,另一走向车流则在预信号停车线前候行,充分利用道路纵向空间进行车道动态分配。除右转车道可能存在分流行为外,各相位放行车流均保持单一行驶方向,有效避免传统交叉口中交通流交织现象,显著减小产生冲突点、合流点和分流点的概率。通过空间与

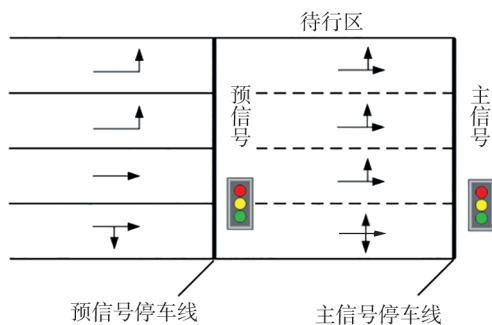
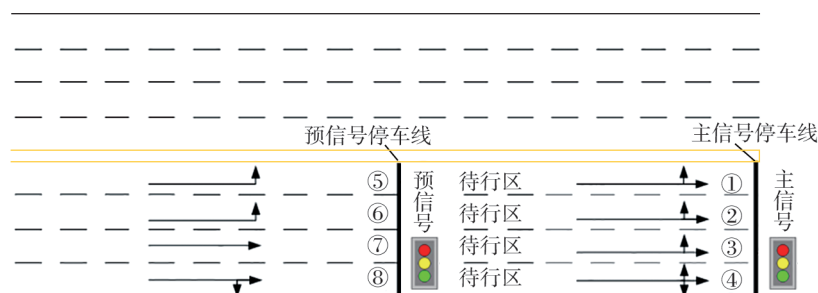


图 1 主信号、预信号交叉口进口道布局

时间的协同调控,提高交叉口通行效率,改善行车安全性。预信号控制交叉口进口道渠化方案设计如图2所示。



注:①~⑧为车道标号。

图2 预信号控制交叉口进口道渠化方案设计示意图

由图2可知:在主信号停车线后方,间隔一定距离增设预信号停车线及配套信号灯组,形成双层控制架构。相较于常规交叉口,该设计通过引入预信号系统实现车流动态管理,主信号、预信号均采用箭头方向指示型灯组,可独立调控左转、直行等不同流向车辆的启停状态。在主信号红灯期间,预信号通过精确相位配时引导特定流向车辆占据主信号停车线与预信号停车线间的车道空间(待行区),其余流向车辆被约束在预信号停车线后方,在纵向空间维度上实现车道资源的弹性化分配与精细化管控,提高通行效率。

划分预信号停车线前的车道功能时,因右转车流相对较少且与直行车流干扰较小,设计车道⑧为直行与右转共用车道,提高车道利用率;车道⑦为直行车道;车道⑤、⑥为左转车道。各流向车道数需依据进口道流量分布特征(左转、直行、右转车流量分别与总车流量之比)动态调整,实现车道资源与通行需求的精准匹配,平衡不同转向车流的通行效率,实现空间分配的合理性。

采用白色虚线设计待行区车道标线,以便左转或直行车辆根据信号指示灵活调整行驶路线。待行区采用弹性交通组织模式,可兼容左转与直行不同流向车辆的临时驻停需求,且通过信号协同控制确保同一相位周期内仅允许单一方向车流进入待行区候行。

根据待行区空间利用规则,车辆需按分层级填充原则有序停靠:主信号红灯期间,左转车流须优先驶入外侧直行与右转共用车道延伸段(车道④)停候,仅当车道④满载后,方可依次向次外侧车道③扩展停候;直行车辆需优先选择内侧左转专用车道延伸段(车道①)停候,若车道①无余位,则依次占用次内车道②。采用阶梯式填充机制,严格规范不同流向车辆的停靠优先级与空间扩展路径,确保逐级高效利用待行区纵向空间,避免因无序停靠导致区域内部阻塞,实现车道延伸段与待行区整体通行能力的协同优化。若车辆驾驶员按驾驶习惯倾向于占据来时车道延伸后的进口道,先到达的车辆在待行区内不换道,占满来时车道延伸后的进口道,后到达的该流向车辆无法变换进口道,待行区未得到充分利用。

2 相位相序方案设计

2.1 设置预信号的交叉口交通流冲突

采用系统性交通组织设计预信号控制交叉口,从根本上消除传统平面交叉口的交通流冲突隐患。其核心机制为:1)通过设置直行与右转共用车道,将直行车辆与右转车辆整合为单向分流关系,规避车流交叉干扰;2)采用预信号系统将左转车辆与直行车辆在纵向空间上分层管控,采用预停车线将两类车流隔离至不同候行区域,通过相位协同控制实现分时放行。采用时空资源协同分配模式可消除主信号停车线前多向车流交织停候现象,避免不同流向车流同步放行时的相互阻滞。同时,预信号控制交叉口采用对称流向相位放行策略,确保交叉区域内的通行车流始终保持同向或平行运动状态,避免传统平面交叉口中因对向车流交汇形成的不小于90°的危险冲突夹角,消除交叉口内部的潜在冲突点、分流点等安全

隐患。

2.2 不同相位设计形式对比

预信号交叉口进口道采用双停车线模式下交通流时空分离布局,替代传统交叉口进口道单停车线模式下左转与直行车辆横向并列停候布局。通过纵向分层管控机制,将左转与直行车流隔离至不同停车线后方候行,采用预信号相位协同控制实现分时段独立放行。该设计可消除主信号灯启亮时左转和直行车辆的相互干扰,有效压缩相位切换过程中的清空延误,显著提高绿灯期间利用率,优化通行秩序,消除安全隐患,提高交叉口运行效率与安全性。

2.3 运行过程

基于预信号交叉口标准化渠化布局框架,设计两种单向三车道交叉口进口道相位相序控制策略:一为进口方向左转与直行相位连续放行模式,二为进口方向左转与直行相位分开放行模式。为实现主信号、预信号协同控制时序稳定,设置主信号、预信号周期相等。进口方向左转与直行相位连续放行模式交叉口交通流控制过程如图 3 所示。

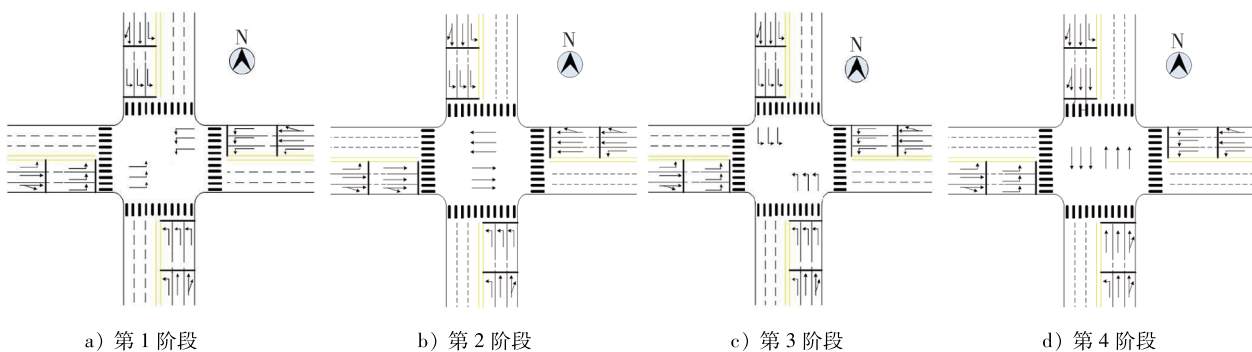


图 3 进口方向左转与直行相位连续放行模式交叉口交通流控制过程示意图

由图 3 可知:在第 1 阶段,东西方向主信号放行左转车,禁行直行车。东西方向预信号放行左转车,禁行直行车。东西方向预信号左转绿灯结束时,直行绿灯开始,禁止左转车进入待行区,准许直行车进入待行区。隔一定相位差(即车辆从预信号停车线驶过主信号停车线的平均时间)后东西方向主信号禁止左转车通行。在该阶段,南北方向主信号均禁行左转车和直行车,南北方向预信号准许左转车进入待行区内停候,禁止直行车进入待行区。

在第 2 阶段,东西方向主信号放行直行车,禁行左转车。东西方向预信号放行直行车,禁行左转车。东西方向预信号直行绿灯结束时,左转绿灯开始,禁止直行车进入待行区,准许左转车进入待行区。隔一定相位差后东西方向主信号禁止直行车通行。在该阶段,南北方向主信号均禁行左转车和直行车,南北方向预信号准许左转车进入待行区内停候,禁止直行车进入待行区。

在第 3 阶段,南北方向主信号放行左转车,禁行直行车。南北方向预信号放行左转车,禁行直行车。南北方向预信号左转绿灯结束时,直行绿灯开始,禁止左转车进入待行区,准许直行车进入待行区。隔一定相位差后南北方向主信号禁止左转车通行。在该阶段,东西方向主信号均禁行左转车和直行车,东西方向预信号准许左转车进入待行区内停候,禁止直行车进入待行区。

在第 4 阶段:南北方向主信号放行直行车,禁行左转车。南北方向预信号放行直行车,禁行左转车。南北方向预信号直行绿灯结束时,左转绿灯开始,禁止直行车进入待行区,准许左转车进入待行区。隔一定相位差后南北方向主信号禁止直行车通行。在该阶段,东西方向主信号均禁行左转车和直行车,东西方向预信号准许左转车进入待行区内停候,禁止直行车进入待行区。

连续放行模式主信号、预信号运行时序如图 4 所示。由图 3、4 可知:相同进口方向左转与直行相位连续放行模式下,交叉口交通流控制过程与主信号、预信号运行时序协调一致,主信号、预信号周期相等。交叉口交通流控制遵循第 1~4 阶段模式依次循环运行。

进口方向左转与直行相位分开放行模式交叉口交通流控制过程如图 5 所示。

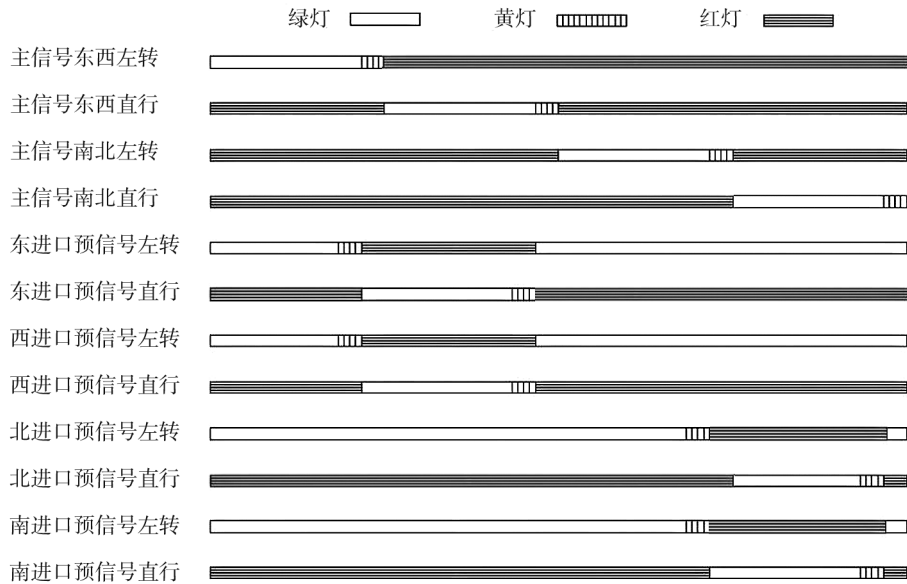


图4 进口方向左转与直行相位连续放行模式主信号、预信号运行时序示意图

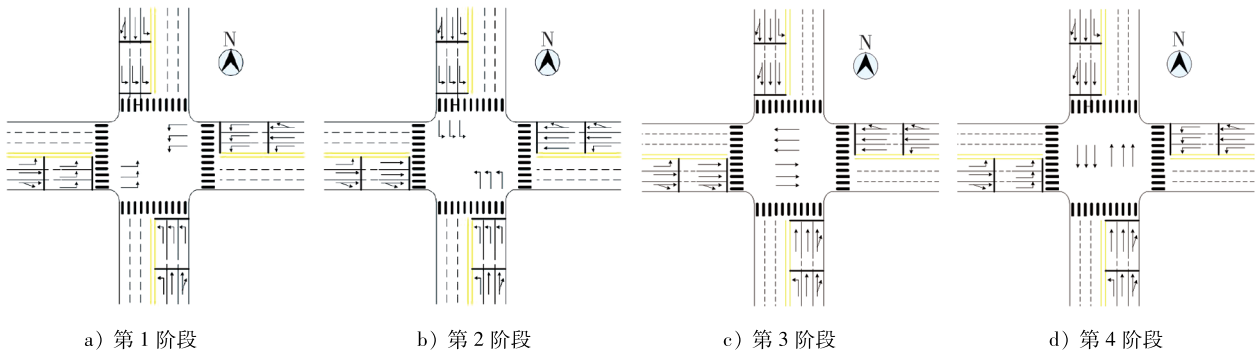


图5 进口方向左转与直行相位分开放行模式交叉口交通流控制过程示意图

由图5可知:在第1阶段,东西方向主信号放行左转车,禁行直行车。东西方向预信号放行左转车,禁行直行车。东西方向预信号左转绿灯结束时,直行绿灯开始,禁止左转车进入待行区,准许直行车进入待行区。隔一定相位差后东西方向主信号禁止左转车通行。在该阶段,南北方向主信号均禁行左转车、直行车,南北方向预信号准许左转车进入待行区内停候,禁止直行车进入待行区。

在第2阶段,南北方向主信号放行左转车,禁行直行车。南北方向预信号放行左转车,禁行直行车。南北方向预信号左转绿灯结束时,直行绿灯开始,禁止左转车进入待行区,准许直行车进入待行区。隔一定相位差后南北方向主信号禁止左转车通行。在该阶段,东西方向主信号均禁行左转车、直行车,东西方向预信号准许直行车进入待行区内停候,禁止左转车进入待行区。

在第3阶段,东西方向主信号放行直行车,禁行左转车。东西方向预信号放行直行车,禁行左转车。东西方向预信号直行绿灯结束时,左转绿灯开始,禁止直行车进入待行区,准许左转车进入待行区。隔一定相位差后东西方向主信号禁止直行车通行。在该阶段,南北方向主信号均禁行左转车、直行车,南北方向预信号准许直行车进入待行区内停候,禁止左转车进入待行区。

在第4阶段,南北方向主信号放行直行车,禁行左转车。南北方向预信号放行直行车,禁行左转车。南北方向预信号直行绿灯结束时,左转绿灯开始,禁止直行车进入待行区,准许左转车进入待行区。隔一定相位差后南北方向主信号禁止直行车通行。在该阶段,东西方向主信号均禁行左转车、直行车,东西方向预信号准许左转车进入待行区内停候,禁止直行车进入待行区。

进口方向左转与直行相位分开放行模式主、预信号运行时序如图 6 所示。

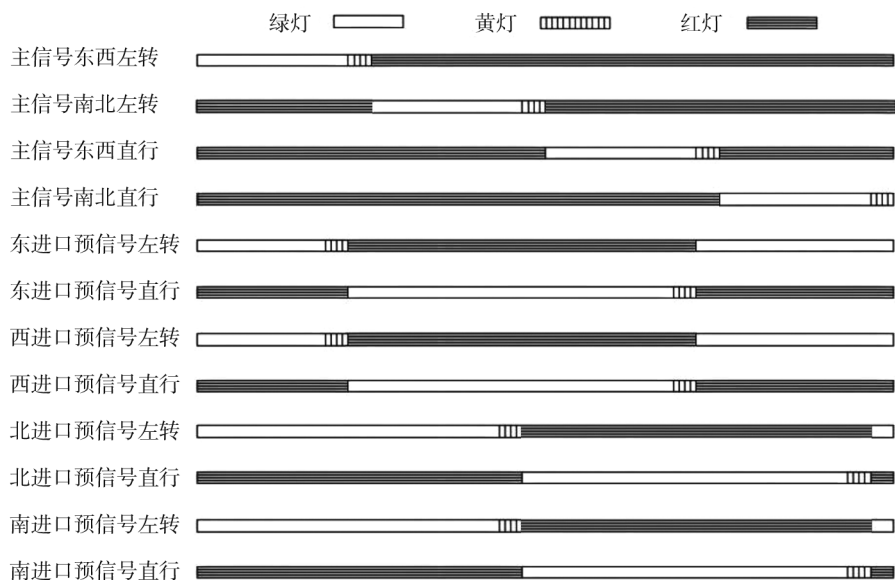


图 6 进口方向左转与直行相位分开放行模式主、预信号运行时序示意图

由图 5、6 可知:相同进口方向左转与直行相位分开放行模式下交叉口交通流控制过程与主、预信号运行时序协调一致,主、预信号周期相等。交叉口交通流控制按第 1~4 阶段依次循环运行。

3 试验验证

以单向三车道典型交通信号控制交叉口为对象,其原始配置采用四相位经典配时方案,即各进口道方向设置 1 条左转专用车道、2 条直行专用车道(含 1 条直行与右转共用车道),车道宽度均为 3.5 m,车道饱和流量均为 1 800 pcu/h,排队状态下平均车头间距为 7.0 m。改造升级后的预信号交叉口采用进口道双停车线渠化设计,并构建进口方向左转与直行相位连续放行(模式 1)和分开放行(模式 2)2 种差异化相位相序控制模式。设定仿真试验参数时,各进口道流量为 1 200~2 100 pcu/h,固定左转车流占比为 30%。通过 VISSIM 微观交通仿真平台,对 2 种预信号控制交叉口优化方案与 1 种传统单停车线交叉口方案(模式 3)进行对比测试,提取周期、相位差等关键参数的最优组合,并基于车辆延误指标评估不同控制策略的效能差异。进口道不同流量下 3 种放行模式的最优配时方案及延误试验结果分别如表 1~3 所示。

表 1 进口道不同流量下模式 1 最优配时方案及延误试验结果

$q/(\text{pcu} \cdot \text{h}^{-1})$	g_{wl}^m/s	g_{wt}^m/s	g_{sl}^m/s	g_{st}^m/s	g_{wl}^p/s	g_{wt}^p/s	g_{sl}^p/s	g_{st}^p/s	C/s	D/s
1 200	11	24	11	24	34	23	34	23	82	9.3
1 400	12	26	12	26	36	26	36	26	88	17.2
1 600	14	30	14	30	43	31	43	31	100	36.8
1 800	17	35	17	35	53	38	53	38	116	60.5
2 100	21	45	21	45	67	49	67	49	144	112.2

注: q 为交叉口进口道流量; g_{wl}^m 为西进口主信号左转相位绿灯时间; g_{wt}^m 为西进口主信号直行相位绿灯时间; g_{sl}^m 为南进口主信号左转相位绿灯时间; g_{st}^m 为南进口主信号直行相位绿灯时间; g_{wl}^p 为西进口预信号左转相位绿灯时间; g_{wt}^p 为西进口预信号直行相位绿灯时间; g_{sl}^p 为南进口预信号左转相位绿灯时间; g_{st}^p 为南进口预信号直行相位绿灯时间; C 为交叉口信号周期; D 为交叉口车辆平均延误。

表2 进口道不同流量下模式2最优配时方案及延误试验结果

$q/(\text{pcu} \cdot \text{h}^{-1})$	g_{wl}^m/s	g_{wt}^m/s	g_{sl}^m/s	g_{sl}^m/s	g_{wl}^p/s	g_{wt}^p/s	g_{sl}^p/s	g_{sl}^p/s	C/s	D/s
1 200	10	23	10	23	31	31	18	44	78	8.7
1 400	11	26	11	26	35	35	20	50	86	14.2
1 600	13	30	13	30	41	41	24	60	98	32.7
1 800	16	36	16	36	50	50	30	70	116	54.8
2 100	19	45	19	45	60	60	34	86	140	99.2

表3 进口道不同流量下模式3最优配时方案及延误试验结果

$q/(\text{pcu} \cdot \text{h}^{-1})$	g_{wl}^m/s	g_{wt}^m/s	g_{sl}^m/s	g_{sl}^m/s	C/s	D/s
1 200	16	19	16	19	82	38.7
1 400	18	21	18	21	90	51.3
1 600	14	31	14	31	102	93.6
1 800	24	29	24	29	118	135.9
2 100	26	38	26	38	140	277.8

由表1~3可知:交叉口进口道在不同流量下,放行模式1、2、3的平均信号周期分别为106.0、103.6、106.4 s,车辆平均延误均值分别为47.20、41.92、119.46 s,采用预信号控制交叉口的平均信号周期和车辆平均延误均值均小于模式3。进口道流量从1 200 pcu/h增至2 100 pcu/h时,采用模式1、2、3的车辆平均延误分别增大102.9、90.5、239.1 s,采用预信号控制交叉口的车辆平均延误随进口道流量增大的速率小于模式3,主要原因是预信号控制系统通过交通流预处理机制,在主信号红灯期间利用待行区对车流进行流向重组与空间预分布,待主信号绿灯时,待行区蓄积的定向车流以饱和流率无冲突地通过交叉口,显著提高交叉口整体吞吐效率和进口道时空资源利用率。

交叉口进口道在不同流量下,模式2的信号周期、车辆平均延误随进口道流量增大的速率均小于模式1。在交叉口进口道流量饱和(1 800 pcu/h)时,模式2的车辆平均延误为模式1的90.6%,为模式3的40.3%;在交叉口进口道流量过饱和(2 100 pcu/h)时,模式2的车辆平均延误为模式1的88.4%,为模式3的35.7%。

4 结束语

针对城市道路交叉口交通流量饱和及过饱和引发的拥堵难题,基于预信号控制交叉口交通流重组技术,提出基于双停车线的进口道空间重构方案,采用交叉口进口道渠化设计与主、预信号相位相序协同策略,交通流由传统横向并列模式转化为纵向分层蓄车模式,形成交叉口时空资源协同分配机制,并设计进口方向左转与直行相位连续放行模式和分开放行模式。

在不同流量下,采用预信号控制交叉口方案的交叉口进口道信号周期、车辆平均延误随交叉口进口道流量增大的速率均小于传统单停车线交叉口;采用预信号控制交叉口进口方向左转与直行相位分开放行模式的交叉口进口道信号周期、车辆平均延误随交叉口进口道流量增大的速率均小于采用预信号控制交叉口进口方向左转与直行相位连续放行模式;在交叉口进口道流量饱和(1 800 pcu/h)及过饱和(2 100 pcu/h)时,采用预信号控制交叉口进口方向左转与直行相位分开放行模式的车辆平均延误最小。

参考文献:

- [1] 宋浪, 安实, 俞山川, 等. 设置借道左转车道的排阵式交叉口组合设计方法[J]. 交通运输工程学报, 2025, 25(1): 295-310.

- [2] 李岩, 史旋, 南斯睿, 等. 设置排阵式预信号的干线交通信号协调控制优化[J]. 交通运输工程学报, 2024, 24(2): 243-253.
- [3] 郑喆, 袁见, 安琨, 等. 排阵式交叉口车道功能-信号控制协同优化及效益分析[J]. 中国公路学报, 2023, 36(10): 238-250.
- [4] 胡晓伟, 包家烁, 安实. 城市交通治理政策研究综述与展望[J]. 交通运输系统工程与信息, 2021, 21(5): 139-147.
- [5] BIE Y M, LIU Z Y, LU L J. Optimization of coordinated signal settings for hook-turn intersections[J]. Journal of Advanced Transportation, 2016, 50(2): 197-213.
- [6] 张文会, 朱鸿涛, 宋子文. 城市道路交叉口间歇式公交专用道设置方案研究[J]. 交通信息与安全, 2023, 41(5): 158-166.
- [7] 李津, 孙雨彤, 魏小忠, 等. 考虑柔性车道设置的公交优先信号设计[J]. 吉林大学学报(工学版), 2023, 53(2): 448-456.
- [8] 陈永恒, 李婉宁, 吴场建. 基于可变车道的交叉口左转公交优先方法[J]. 交通运输系统工程与信息, 2020, 20(5): 79-85.
- [9] 田鑫, 卢凯, 高志刚. 基于车速引导的交叉口公交优先自适应控制模型[J]. 交通运输系统工程与信息, 2024, 24(4): 69-80.
- [10] 张卫华, 陆化普. 公交优先的预信号控制交叉口车辆延误分析[J]. 中国公路学报, 2005, 18(4): 78-82.
- [11] ZHOU G W, GAN A. Design of transit signal priority at signalized intersections with queue jumper lanes[J]. Journal of Public Transportation, 2009, 12(4): 117-132.
- [12] MA W J, XIE H Z, LIU Y, et al. Coordinated optimization of signal timings for intersection approach with presignals[J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2013, 2355(1): 93-104.
- [13] 栗波, 别一鸣, 成卫. 基于车均延误的预信号交叉口信号配时优化[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2018, 46(4): 35-43.
- [14] 栗波. 一种面向机动车流的十字交叉口交通预信号控制方法[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2017.
- [15] 李雪梅, 张存保, 曹雨, 等. 含可变导向车道交叉口的车道功能与信号控制协同优化方法[J]. 交通信息与安全, 2023, 41(5): 54-63.
- [16] 黄玮, 胡洋. 考虑交叉口渠化区排队特征的元胞传输模型[J]. 交通运输工程学报, 2023, 23(2): 212-224.
- [17] 孙伟, 杨晓光. 考虑让行的信号控制交叉口转向交通优化研究[J]. 城市交通, 2024, 22(3): 101-109.
- [18] 赵靖, 陈凯佳, 周溪召. 排阵式交叉口几何设计与信号控制协同鲁棒优化[J]. 中国公路学报, 2021, 34(11): 296-305.
- [19] 马万经, 谢涵洲. 双停车线进口道主、预信号配时协调控制模型[J]. 吉林大学学报(工学版), 2013, 43(3): 633-639.
- [20] 宋浪, 朱湧, 王少飞, 等. 连续流交叉口信号协调配时及延误模型[J]. 交通运输系统工程与信息, 2021, 21(3): 55-63.
- [21] 徐良杰, 朱然博, 陈国俊, 等. 考虑绿波控制的双相位移位左转交叉口效用分析[J]. 东南大学学报(自然科学版), 2021, 51(5): 874-882.

Optimization of traffic flow organization at pre-signal controlled intersections

LI Bo^{1,2}, GAO Chao¹, FAN Zhaodong³

1. School of Transportation and Logistics Engineering, Shandong Jiaotong University, Jinan 250357, China;

2. School of Traffic and Transportation, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China;

3. Shandong Transportation Research Institute, Jinan 250031, China

Abstract: To address the congestion problems caused by saturated and oversaturated traffic flow at urban road

(下转第 18 页)

speed characteristics of vehicles under maintenance scenarios, as well as the impact of maintenance work zone configurations on traffic flow. The results indicate that traffic volume in maintenance work zones varies significantly between off-peak and peak hours; after entering the warning area, vehicles shift from closed lanes to open lanes, with a marked decline in traffic efficiency during peak hours; vehicle speeds gradually decrease along the direction of traffic flow within maintenance work zones, with the lowest speeds and largest time headways observed in the activity area; in mandatory lane-changing behavior, the speed of the trailing vehicle in the target lane is a key factor influencing lane-changing decisions; in the two maintenance work zones, the proportions of lane-changing vehicles with higher speeds than those of the trailing vehicle are 65% and 71%, respectively; during peak hours, lane-changing initiation points are closer to the downstream end of the warning area, and the closer the lane-changing initiation point is to the activity area, the longer the lane-changing duration is.

Keywords: maintenance work zone; mandatory lane-changing behavior; traffic flow characteristic; traffic efficiency

(责任编辑:赵玉真)

.....

(上接第 8 页)

intersections and improve the efficiency of intersection traffic flow organization, an optimization method for traffic flow organization at pre-signal controlled intersections is proposed. Based on the channelization design of intersection approach lane and the coordination of main and pre-signal phase sequences, this method aims to improve the efficiency of left-turn and through traffic flows at intersection approaches and the utilization of intersection temporal and spatial resources. Two operation modes are designed for left-turn and through phases at approaches that continuous release mode and separate release mode. Experimental validation is conducted. Results indicate that: under different traffic volumes at intersection approach lane, pre-signal controlled intersections have smaller average signal cycle times, mean vehicle delays, and rates of increase in average vehicle delay with increasing approach lane traffic volume compared to traditional single-stop-line intersections, the separate release mode of pre-signal controlled intersections performs better than the continuous release mode in terms of average signal cycle times, mean vehicle delays, and rates of increase in average vehicle delay with increasing approach lane traffic volume; under the separate release mode of pre-signal controlled intersections during traffic flow saturated or oversaturated conditions on intersection approach lane, average vehicle delay time is minimized.

Keywords: pre-signal control; intersection; traffic flow; channelization design; phase sequence

(责任编辑:边文超)