

城市错位交叉口交通改善措施研究

——以赣州河套老城区为例

杨永红, 刘 宁

(赣州市天成市政规划设计有限公司, 江西 赣州 341001)

摘 要: 通过研究总结错位交叉口运行特点, 提出错位交叉口四大优化改善策略, 降低错位交叉口对路网通行效能的负面影响。赣州河套老城区红旗大道沿线为典型的错位交叉口, 同时运用左转右置渠化和双向绿波协调控制, 并通过 VISSIM 仿真软件对方案进行仿真评价, 综合改善措施能有效缓解交叉口交通流的延误。

关键词: 错位交叉口; 交叉口渠化; 交叉口信控; 交通仿真

中图分类号: U412.35

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)10-0032-05

0 引 言

随着城市化进程的深入, 居民出行机动化水平飞速提升, 以道路拥堵为代表的交通问题一直是民生关注的问题、城市治理的重点。就城市道路系统而言, 道路交叉口是道路网中重要的转换节点, 也是道路网中潜在的通行瓶颈。在提高单个交叉口通行能力、改善交叉口拥堵溢出方面, 国内有较为丰富的理论研究成果和实践改造经验。然而, 国内城市中仍存在相当规模的错位交叉口, 由于间距较近极易造成排队拥堵, 甚至导致交叉口阻塞死锁。本研究试图通过对错位交叉口运行特点与改善难点的认识, 针对性地提出错位交叉口优化改善策略, 降低错位交叉口对路网通行效能的负面影响, 同时通过实例进一步验证改善措施的可行性和改善效果的有效性。

1 错位交叉口概述

1.1 错位交叉口组成形式

《城市道路交叉口设计规程》(CJJ152—2010)中将平面交叉口按几何形状分为十字形交叉口、T形交叉口、Y形交叉口、X形交叉口、多叉形交叉口、错位交叉口和环形交叉口。其中, 十字形交叉口与T形交叉口是最主要也是最常见的平交口形式。错位交叉口, 顾名思义, 是连接交叉口的叉路的道路中心线发生错位, 无法与相向叉路重合或落于相向叉路道路红线范围内, 从而出现两个或多个紧密相连却又

不能简单归并的特殊平面交叉口。

根据已有的相关研究^[1-6], 错位交叉口被描述为: 一般位于城市主干道上, 由两个距离较小的T形交叉口和主干道组成, 2个T形交叉口间距在100~500 m之间, 干道交通量大, 且双向交通量基本均衡。尽管其中李建红的研究将错位交叉口的表现形式进行拓展, 包含部分近距离交叉口或畸形交叉口, 但本研究认为错位交叉口组成形式特指两个或多个T形交叉口的同轴近距离排布, 形成错位叉路, 如图1所示。

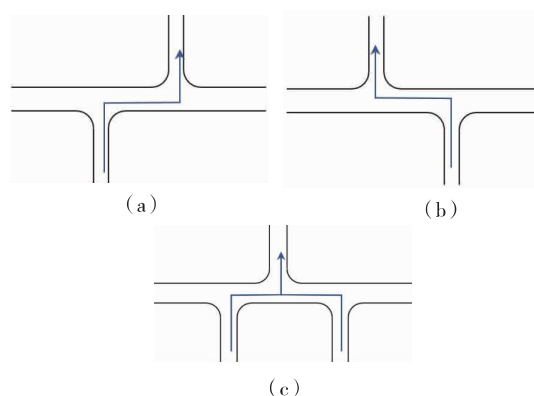


图1 错位交叉口组成形式

《城市道路交叉口设计规程》(CJJ 152—2010)中规定各类交叉口最小间距应满足转向车流变换车道所需最短长度、满足红灯期车流最大排队长度, 以及进口道总长度的要求, 且不宜小于150 m。《城市综合交通体系规划标准》(GB/T 51328—2018)道路网络布局应体现密路网的理念, 对于居住区街区尺度推荐值不大于300 m, 中心区介于100~200 m之间。综合以上交叉口间距规定, 本研究认为, 错位T形交叉口间距应在300 m之内, 大于300 m间距的错位交叉口

收稿日期: 2021-02-23

作者简介: 杨永红(1981—), 男, 本科, 注册土木工程师(道路专业), 工程师, 从事城市道路设计和技术管理工作。

可分离为若干个独立交叉口进行分析。

1.2 错位交叉口运行特点

根据错位叉路的转向联系,图1(a)所示的机动车与非机动车行驶路径将通过先右转再左转完成等效的“错位直行”。同理,图1(b)“错位直行”将经历左转再右转的路径,图1(c)则复合前两者的路径。由此可见,“错位直行”的路径需求导致交通流通过交叉口距离与时间增加,同时对相交道路的交通流造成相当程度的干扰与影响。尤其是机动车需要在错位交叉口间距内进行车道转换,从而产生交织情况,导致交通流速度降低、延误增加、停车次数升高、安全性降低等问题。吴炼等^[5]的研究通过图示方式详细阐述了错位交叉口交错点分布情况。其中,冲突点主要发生在交叉口内部,而路段中则主要包含合流点与分流点,如图2所示。交叉口影响最大的冲突点可通过信号灯不同时间下的通行权分配进行消除,合流点与分流点则距离较近形成交织区影响路段上通行情况,交织区越短,通行影响越大。因此,设计规程中建议的最小间距150 m正是将交织纳入考虑的结果。

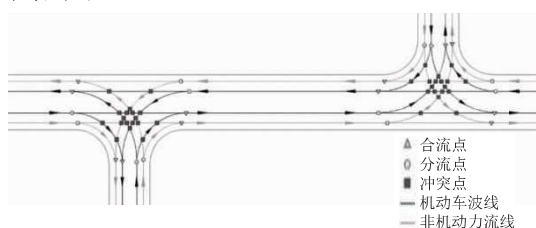


图2 错位交叉口交错点分布示意图^[5]

同样,以图1(a)所示的右错位交叉口为例,交织区运行情况如图3所示。“错位直行”车辆首先通过左侧交叉口右转进入横向道路,根据车道施划情况进行车道转换,从而进入右侧交叉口的左转车道。陈林圻等的研究中指出,当车辆转入横向道路后,在行驶至下一个交叉口之前需要经过等待可插入间隙段、判断形势采取措施段、变换车道段、减速停车或排队等候段4个过程。为便于分析,将该模型进行部分简化。由于错位交叉口交织区较短,按照规定,行驶轨迹应重复两次车道变换,路段上反复出现合流、分流情形。若横向道路处于红灯期间车流排队现象,连续两次车道变换将变得极为困难,从而影响上游后续车流的正常通行。然而,实际生活中,车流为避免无法变换车道的情况,会出现直接变右转至左转车道的行驶轨迹(右转通常不设专用信号灯)。但这种驾驶行为不仅不规范,更在交叉口以较大角度相互交叉形成一系列新的冲突点,极大影响交通安全

与通行效率。

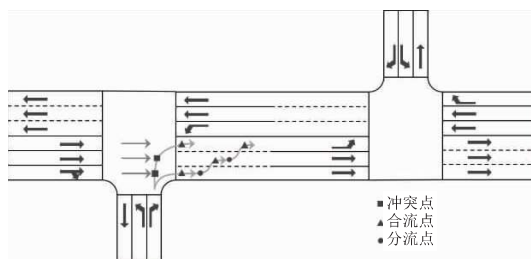


图3 错位交叉口交织运行示意图

1.3 错位交叉口改善难点

(1)《城市道路工程设计规范》(CJJ 37—2012)与《城市道路交叉口设计规程》(CJJ 152—2010)等均明确指出,已有的错位交叉口、畸形交叉口应加强交通组织与管理,并应加以改造。可见,错位交叉口因其特殊的运行特点,极易成为道路运行的堵点、通行效率的瓶颈。然而,错位交叉口的形成通常受诸多历史因素影响,主要包括开发时序先后、土地权属划分、用地布局形成、规划介入滞后、建设审批缺漏等。所以,错位交叉口通常出现在老城区。所处区位导致错位交叉口进行工程改造的余地极为有限,实施难度较大。

(2)错位交叉口的交通组织较为复杂。上节所分析的短距离交织问题将是错位交叉口改善的重难点。同时,交织冲突与排队溢出相叠加,直接影响后续到达车流,导致交叉口拥堵甚至引发死锁现象。

(3)最后也是极其重要的,交叉口均是以机动车作为主要改善对象进行的,从而忽略了非机动车和行人过街的安全与需求。行人穿越机动车、非机动车流,反而互相妨碍了双方的正常通行。故错位交叉口的改善,关键在于合理组织机动车和行人在交叉口内的运行流线,实现机动车和行人在空间和时间上的有效分离。

2 改善优化对策

2.1 交叉口工程改造

在错位交叉口改善优化策略中,土建工程改造是最直接有效的。其主要分为交叉口合并改造与主线连接立交改造。右错位交叉口工程改造如图4所示。

工程改造可有效解决交织冲突的问题,交叉口合并改造将错位叉路改线合并改造成最广泛使用的十字形交叉口,形式简单、组织方便。主线连接立交改造是直接通过立交形式将“错位直行”车流分离出地面交叉口,地面则可简化为右进右出组织。

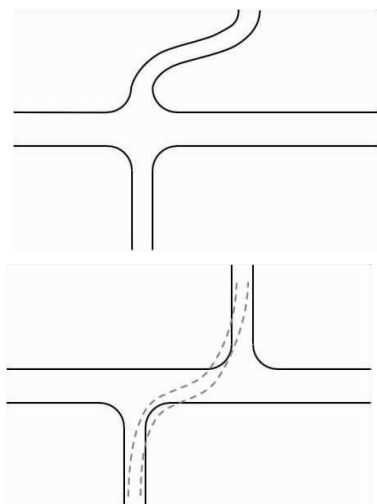


图4 错位交叉口工程改造示意图

此改善对策主要适用于错位交叉口关联道路功能等级高或“错位直行”流量大的情况,同时交叉口周边有可利用空间或有可改造计划。但正如上节所指出的,工程改造尽管改造效果彻底,但涉及周边土地拆迁安置、道路和市政管道改线,以及土地的再利用,财政支出耗费高,工程周期长,施工期间影响大。总体而言,实施难度高。

2.2 交叉口组织改善

错位交叉口组织改善主要通过简化交叉口流线、减少冲突点形成。考虑到左转对直行车流的影响,改善对策可通过左转远引调头组织来降低左转带来的延误。

对错位交叉口的错位叉路实施左转禁行策略,采用如图5所示的交通组织方案:左转交通量引流转化为右转交通并通过下一交叉口处(如右错位交叉口)或合适路段处(如左错位交叉口)进行调头,从而实现左转的目的。原本错位交叉口三相位的信号控制,均可通过两相位实现机动车各个方向车流的空间分离,从而消除冲突点,减少相互干扰,减少相位缩短信号周期,提高错位交叉口通行效率。

此改善对策主要适用于错位交叉口中错位叉路左转交通量较小的情况,交叉口改造成本较低,实施难度较低。即使现状左转流量低,但当左转流量可预见增长超过调头车道通行能力,车辆排队溢出仍将造成交叉口拥堵乃至死锁。

2.3 交叉口信控优化

错位交叉口信控优化是改造成本最低、影响程度最小、实施难度最低的改善优化对策。在不改变任何交叉口空间条件的基础上,仅通过交通时空特性的分析,采用针对性的信号控制调整。

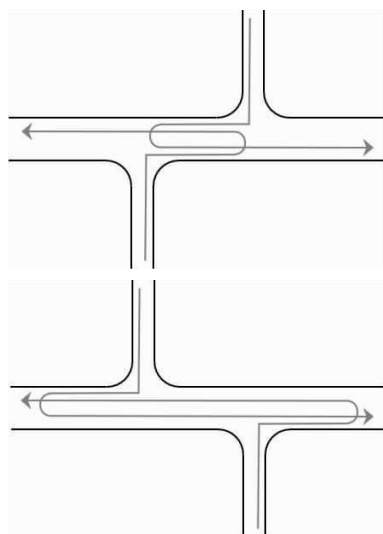


图5 错位交叉口左转远引调头组织示意图

由于错位交叉口中T形交叉口间距较近^[9],作为若干个交叉口进行信号控制,利用线性控制(绿波带)思路,均衡错位交叉口各个方向上的通行效率。

根据错位交叉口几何尺寸和交通流量流向数据,结合信号协调控制,通过计算确定该错位交叉口的信号协调控制方案,包含相位划分、公共信号周期、绿信比、绿波带宽和相位差,从而改善错位交叉口通行情况,降低延误^[7]。图6为错位交叉口信号协调控制相位划分示意图。

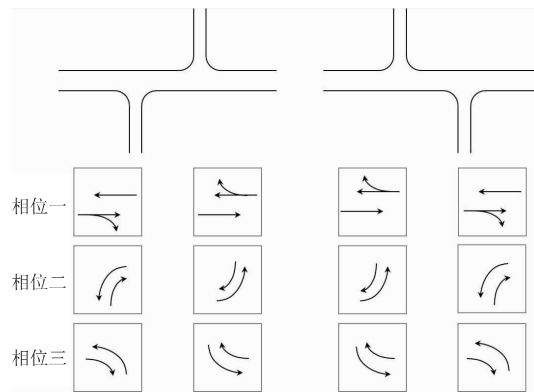


图6 错位交叉口信号协调控制相位划分示意图

2.4 交叉口渠化设计

基于错位交叉口运行特点的分析,交织冲突严重影响主线的通行能力,导致主线车流的运行速度降低、延误增加、停车次数升高、交通安全性降低^[8]。上述的组织改善与信控优化主要着眼于通行效率的提升和车均延误的下降,并未考虑交织冲突的解决。而错位交叉口渠化设计重点考虑优化路段运行情况,降低与主线车流冲突,减少交织范围,提高运行速度。

如图7所示右错位交叉口,采用左转右置的渠

化设计重新改变路段的车道功能划分,能有效减少“错位直行”车流的车道变换,将冲突点变为与主线车流的合流点,从而大幅度降低交织冲突。

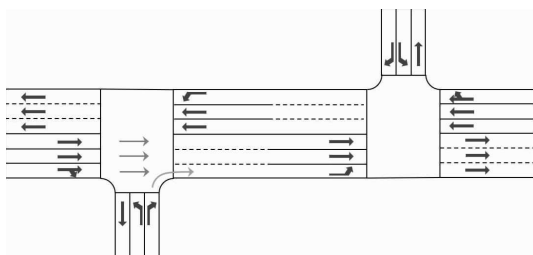


图7 错位交叉口左转右置渠化示意图

此改善对策适用于错位交叉口改造空间有限的情况。其本质上并未对错位交叉口的几何尺寸进行过多改动,而是通过标志标线的施划调整和车道功能的重新划分解决交织冲突问题。改造成本低、影响程度小、实施条件易,可配合其他改善优化对策综合使用,具有较为广泛的现实推广意义。

3 改善实例

3.1 背景概况

本研究选取赣州市河套老城区红旗大道沿线作为改善实例分析。红旗大道功能定位为交通性主干路,同时也承担着老城区城市发展主轴的功能。其运行质量直接关系到老城区干线道路交通能否实现通畅运行。优化改善该交叉口的交通组织对改善赣州河套老城区的交通状况有着十分积极的作用。次干路健康路-黄屋坪路、东桥路-张家围路位于文清路-东阳山路、八一四大道两条主干路之间。由于主干路间距较大,约1.8 km,四条次干路实际承担大量老城区中部区域南北向交通联系。如图8所示,健康路-黄屋坪路与红旗大道形成左错位交叉口,东桥路-张家围路与红旗大道形成右错位交叉口。健康路与黄屋坪路交叉口相距约133 m,东桥路与张家围路相距约190 m。



图8 红旗大道沿线错位交叉口区位示意图

目前红旗大道沿线错位交叉口均采用三相位控制,周期为90 s。同时,红旗大道东向西方向设置单向“绿波”,系统绿波带速为45 km/h。为便于分析,错位交叉口拓扑关系与车道分布简化图如图9所示。

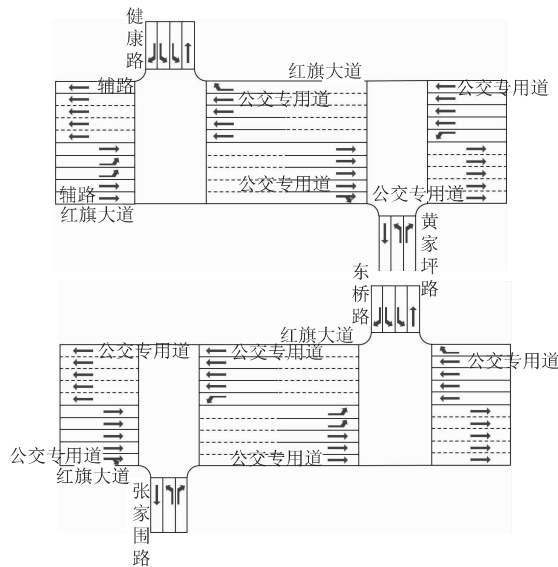


图9 红旗大道沿线错位交叉口分析简图

3.2 改善方案

由于红旗大道沿线所处已建成预期,错位交叉口改善尽可能避免交叉口工程改造,减少拆迁带来的成本上升。同时应减少错位交叉口二次转向带来冲突,优化交叉口渠化设置;提高错位交叉口通行效率,优化交叉口信号控制。故采用错位交叉口渠化设计与信号协调控制综合改善方案。

具体为东桥路-张家围路渠化采用左转右置,健康路-黄屋坪路调整进口道公交专用道,均保留路侧式公交专用道,同时对进口道与出口道进行车道数量匹配,如图10所示。渠化调整后,将减少红旗大道路段转向车辆变换车道的次数,不仅可提高运行速度,还可减少车辆停车次数、降低延误,有利于行车安全。优化交叉口信号配时,红旗大道沿线错位交叉口采用续进式协调控制,主线完善为双向绿波。另外,基于对慢行交通,尤其是行人过街的考虑,错位交叉口右转车流进行信号控制,参考图6所示的信号相位划分,从而实现机非人的时间分离,消除相互冲突,减少相互干扰。

对红旗大道沿线错位交叉口信号控制方案进行设计时,应首先保证红旗大道主线绿波带宽度,在此条件下最大限度地提高错位交叉口南北向的绿波带宽。结合信号协调控制模型,通过计算确定错位交叉口的信号协调控制方案,红旗大道交叉口公共信号周期长度为90 s,健康路-黄屋坪路信号相位差为

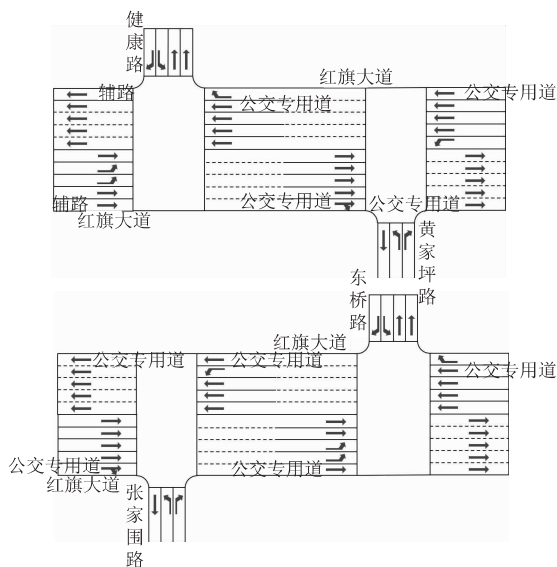


图10 红旗大道沿线错位交叉口渠化设计改善示意图

18 s,东桥路-张家围路信号相位差为23 s,东西向绿波带宽为40 s,南北向绿波带宽为16 s。

3.3 仿真分析

为比较分析错位交叉口进行渠化设计和信号协调控制后的改善效果,寻求有利于提高该交叉服务水平改善方案,本研究借助PTV VISSIM仿真软件对红旗大道沿线错位交叉口建立了仿真模型,如图11所示。



图11 错位交叉口仿真模型示意图

基于以上模型对红旗大道沿线错位交叉口进行仿真模拟,可以得到该错位交叉口采取综合改善前后各个方向的平均延误,如表1、表2所示。从仿真结果可以看出,采取信号联动控制可以明显改善错位交叉口中四条错位道路的交叉口延误水平,而渠化设计对减少干线道路上的交叉口延误也较有成效。

表1 健康路-黄屋坪路错位交叉口车均延误对比 单位:s

进口道方向	东向西	西向东	南向北	北向南
改善前	35.5	40.7	45.7	43.6
改善后	18.8	19.4	35.3	33.9

表2 东桥路-张家围路错位交叉口车均延误对比 单位:s

进口道方向	东向西	西向东	南向北	北向南
改善前	36.2	39.6	42.1	41.5
改善后	19.2	19.4	22.7	21.3

4 结语

本研究从城市错位交叉口运行特点与改善难点为切入点,针对性地提出错位交叉口四大有侧重的优化改善策略,降低错位交叉口对路网通行效能的负面影响。以赣州市河套老城区红旗大道沿线错位交叉口为例,根据交叉口的交通运行特征和道路交通条件,制定了相应的渠化设计和信号控制策略,并通过VISSIM仿真软件对方案进行仿真评价。最后分析可知,进行综合改善措施,能有效缓解交叉口交通流的延误,有利于东西向交通和南北向交通均衡地通过交叉口地区。

参考文献:

- [1] 马俊来,王炜,李文权. 错位交叉口信号相位设计的线性控制法[J]. 华中科技大学学报,2002,19(4): 27-29.
- [2] 陈涛,魏朗,陈荫三,等. 城市错位交叉口交通通行特性[J]. 交通运输工程,2003,3(1): 62-67.
- [3] 李建红. 错位交叉路口工程措施和管理措施 [J]. 城市道桥与防洪, 2004(6): 95-98.
- [4] 刘文婷, 马万达. 平面道路错位交叉口的信号配时优化方法研究 [J]. 上海公路,2007,24(3): 61-64.
- [5] 吴炼,王婧,李旭宏,等. 城市错位交叉口交通组织优化研究[J]. 交通信息与安全,2009,27(4): 39-42.
- [6] 苏跃江,王晓原,于良辉. 基于VISSIM微观仿真的错位交叉口改善策略[J]. 道路交通与安全,2009,9(5): 13-18.
- [7] 刘久明,李华,邓培杰,等. 左转错位交叉口信号配时策略的MILP模型[J]. 交通信息与安全,2013,31(6): 81-84.
- [8] 曹旭东,刘鹏鹏,郑鹏,等. 近距离错位交叉口的新型交通渠化方法 [J]. 交通标准化,2014,42(19): 7-12.
- [9] 陈林圻,周磊,潘兵宏. 城市双车道错位交叉口合理间距分析[J]. 中国科技论文,2020,15(8): 907-914.