

信号控制交叉口行人与左转车流冲突的解决思路

李 博

(深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司, 广东 深圳 518057)

摘要: 信号控制交叉口行人与左转车流的冲突问题普遍存在, 探索行人与左转车流冲突的解决思路有助于提升行人过街体验。通过深圳市一个典型交叉口案例, 讨论行人与左转车流的冲突成因, 并形成两个优化方案。在此基础上, 将行人与左转车流的冲突情形分为三种: 同时放行的行人与左转车流、行人与绿灯末尚未通过交叉口的左转车流、绿灯末进入斑马线的行人与左转车流。针对这三种冲突情形, 分别提出早启机动车相位、拆分相位、使用行人专用相位、增设行人过街安全岛、采用禁左控制策略, 延迟行人绿灯启亮时间、合理压缩交叉口面积, 更改行人清空灯色方案、采用感应式行人过街信号控制等解决思路。

关键词: 交通工程; 交通控制; 信号控制交叉口; 人车冲突; 相位; 渠化设施

Solutions to the Conflict Between Pedestrians and Left-Turning Vehicles at Signalized Intersections

LI Bo

(Shenzhen Urban Transport Planning Center Co., Ltd., Shenzhen Guangdong 518057, China)

Abstract: he conflicts between pedestrians and left-turning traffic flow is widespread at signalized intersections. Exploring solutions to these conflicts contributes to the improvement of the pedestrian crossing experience. Taking a typical intersection in Shenzhen as an example, this paper discusses the causes of these conflicts and develops two optimization schemes. On this basis, the conflicts between pedestrian and left-turning traffic flow are divided into three types: pedestrians and left-turning traffic flow that are released simultaneously, pedestrians and left-turning traffic flow that has not yet traveled through the intersections at the end of the green light, and pedestrians entering the zebra at the end of the green light and left-turning traffic flow. Given these three situations, the paper proposes the following solutions respectively: 1) early start the motor vehicle phases, split phases, use the dedicated pedestrian phase, add pedestrian crossing safety island, and adopt left prohibition control strategy; 2) delay the pedestrian green light and reduce the area of intersections reasonably; 3) change the plan of pedestrian clearing light color, and adopt the inductive pedestrian crossing signal control.

Keywords: traffic engineering; traffic control; signalized intersections; conflicts between pedestrians and traffic flow; phase; channelized facilities

收稿日期: 2021-10-09

作者简介: 李博(1994—), 男, 广东罗定人, 本科, 交通工程师, 助理工程师, 主要研究方向: 城市道路交规规划与控制、交通建模仿真分析。E-mail: 275369779@qq.com

道路交叉口信号控制方案的优化调整不仅能够缓解交通拥堵问题, 也能提升行人过街体验, 是城市治理与人文关怀必不可少的一环。通常情况下, 道路交叉口的信号控制策略需要兼顾机动车、非机动车以及行人等不同交通参与者的通行需求, 并根据道路交通运行状况以及交通管理需求而制定。为兼顾路网整体的流量平衡, 交通管理者倾向于对关键节点采用机动车通过量最大化的控制

策略^[1]。此时部分信号控制交叉口受自身渠化设施条件等因素制约, 其信号控制方案中相位相序的调整空间十分有限, 部分相位会引起行人与左转车流的冲突, 导致行人过街体验较差。因此有必要对此类冲突情形进行分析, 为信号控制方案的优化调整提供参考, 不断提高城市交通治理水平。本文结合实际案例, 讨论常见行人与左转车流冲突情形的解决思路。

1 实例分析

1.1 案例概况

新沙路—永通路十字路口位于深圳市宝安区沙井街道中心片区(见图1)。其中新沙路为东西双向6车道的城市主干路,东接107国道,西至锦程路,主要承担沿线片区的内部交通以及对外交通联系功能;永通路为南北双向4车道的城市次干路,南起新沙路,北至觉园西路,主要承担沙井片区内部交通联系功能,路中设有行人过街安全岛。



图1 道路交叉口区位

Fig.1 Location of road intersections

该道路交叉口两侧主要为商业服务业设施用地及居住用地,临近壆岗小学。2021年6月23日(星期三)17:00-20:00进行的交通调查显示(见图2),交叉口晚高峰期间机动车交通量为4 904 $\text{pcu}\cdot\text{h}^{-1}$,服务水平为E级,过街行人交通量为3 026 $\text{人次}\cdot\text{h}^{-1}$,且购物中心出入口紧邻交叉口东侧南北两端,行人过街需求较大。

1.2 冲突成因

道路交叉口现状信号控制方案为东单放—东西对直—西单放—南北对放(见图3),其中第四相位采用南北方向行人与左转、直行机动车流同时放行的方式,是人车冲突的主要成因。交叉口晚高峰南北方向东西两侧的过街行人人数分别为1 078 $\text{人次}\cdot\text{h}^{-1}$ 及784 $\text{人次}\cdot\text{h}^{-1}$,而南北方向左转车流分别为80 $\text{pcu}\cdot\text{h}^{-1}$ 及280 $\text{pcu}\cdot\text{h}^{-1}$ 。由此可见,现状信号控制方案下行人与左转车流发生冲突的现象明显,尤其是道路交叉口东出口道的人车冲突严重,方案需进一步调整。

1.3 优化方案

1) 方案一:调整信号相位。

将现状的第四相位拆分为南、北方向车流单独放行,行人与左转车流冲突的问题得到解决(见图4)。但是,采用拆分相位的方式容易使交叉口信号周期偏大,从而增加行人过街等待时间以及交叉口平均延误。调整后的信号相位由原四相位变成了五相位,信号周期由178 s增加到223 s,在通行能力变化不大的情况下,道路交叉口的服务水平由E级降至F级,平均延误时间由67 s增加至

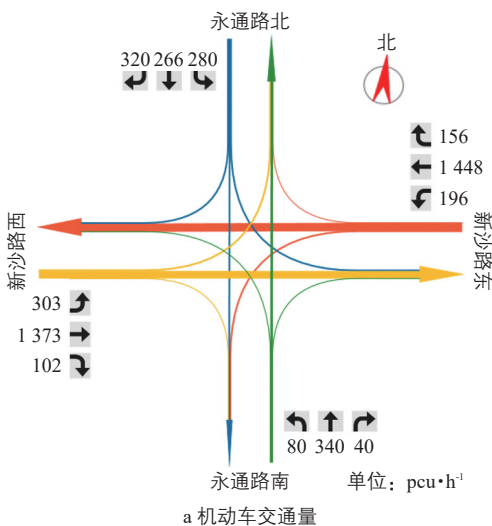
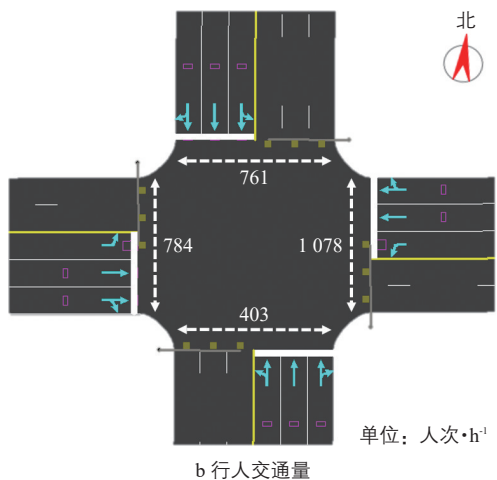


图2 道路交叉口晚高峰交通量

Fig.2 Evening peak volume at road intersections



112.4 s, 东西两侧行人最大等待时间为164 s。相关研究表明, 行人最大可忍受等待时间为90 s^[2]。因此, 方案一可能会增加行人闯红灯的概率。

2) 方案二: 同时调整交叉口渠化设施和信号相位结构。

《城市道路交叉口规划规范》(GB 50647—2011)7.1.5条规定: 人行过街横道长度超过16 m时(不包括非机动车道), 应在人行横道中央规划设置行人过街安全岛, 行人过街安全岛的宽度不应小于2.0 m, 困难情况不应小于1.5 m。新沙路—永通路交叉口东西方向机动车道均为6车道, 应设置行人过街安全岛, 并增加行人交通信号灯。

方案二的信号相位为东西对左—东西对直—南北对放, 增加了东西两侧行人二次过街的放行相位(见图5)。调整后的信号周期为160 s, 交叉口服务水平为E, 平均延误时间为66.4 s, 较现状方案略有提升, 而东西两侧行人最大等待时间变为80 s, 较现状方案减少53 s, 此时行人与左转车流冲突的问题也得到解决。

3) 小结。

受道路交叉口的渠化设施条件限制, 方案一虽然能通过调整相位的方式消除行人与左转车流形成的冲突点, 但也不可避免地增加了信号相位数, 导致信号周期偏大; 而方案二在增设交叉口东西两侧的岛后, 相位调整更加灵活, 不仅能解决人车冲突问题, 还能缩短交叉口信号周期以及行人的等待时间, 提升出行体验。由此可见, 复杂交通条件下行人与左转车流冲突问题不能仅仅依靠信号相位调整解决, 需对人车冲突的实际情形进行分析, 综合考虑渠化设施、相位相序、信号周期、绿灯间隔、交通管理策略等因素, 才能制定出较为理想的优化方案。

2 行人与左转车流冲突的解决思路

行人与左转车流的冲突情形可分为以下三种: 同时放行的行人与左转车流, 行人与绿灯末尚未通过交叉口的左转车流, 绿灯末进入斑马线的行人与左转车流^[3]。

2.1 行人与左转车流同时放行

行人与左转车流同时放行的情形常见于行人以及左转机动车流量较少的交叉口。《道路交通信号灯设置与安装规范》(GB

14886—2016)第6.1节“机动车信号灯和方向指示信号灯组合形式”中指出, 机动车信号灯中绿灯亮表示, 准许车辆通行, 但转弯的车辆不得妨碍被放行的直行车辆、行人通行。当这一情形行人与左转车流冲突严重时, 可采取如下解决思路(见图6)。

1) 早启机动车相位。

当交叉口某一方向左转车流量较少时, 可通过提前启亮该方向的机动车信号灯, 提前释放红灯期间内排队等待的左转车流, 在下一相位行人与同向机动车同时放行时, 对向的直行车可将左转车流隔开, 降低人车冲突的概率。

2) 拆分相位。

当行人与左转车流冲突较为严重时, 可将行人与左转、直行机动车流同时放行的单个相位拆分成行人仅与同向左转、直行机动车流同时放行的多个相位, 以达到消除交织的效果。由于每个相位均需保证行人过街的最短绿灯时间, 且相位数量增加会导致交叉

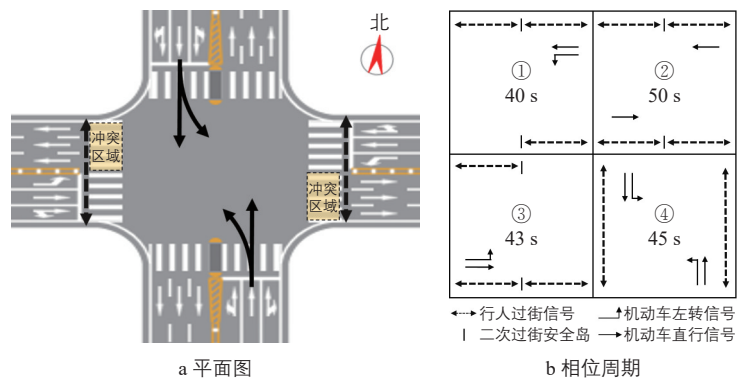


图3 道路交叉口冲突区域及现状信号控制方案

Fig.3 Conflict areas of road intersections and the current signal control plans

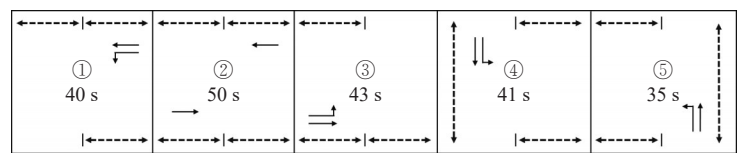


图4 方案一信号相位

Fig.4 Signal phases of the first plan

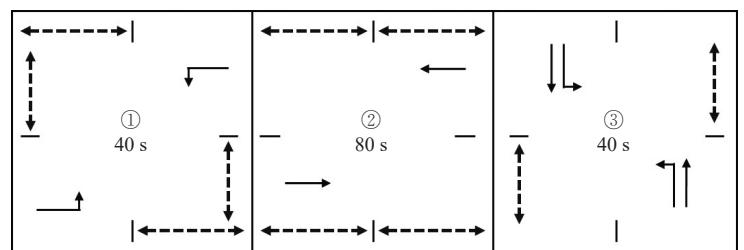


图5 方案二信号相位

Fig.5 Signal phases of the second plan

口的信号周期增大，从而增加交叉口延误，因此该方法适用于机动车流量较少，服务水平较高的交叉口。

3) 使用行人专用相位。

当道路交叉口各方向的行人过街需求较大时，可考虑使用行人专用相位，但此种方

法也会导致相位数的增加，从而增加交叉口延误。因此该方法同样适用于机动车流量较少，服务水平较高的交叉口。

4) 增设行人过街安全岛。

行人过街安全岛的设置使信号相位的调整更加灵活，可设置更多的行人相位，降低行人的等待时间；为减少行人在岛上驻足停留的时间，可通过调整行人相位相序的方式实现行人绿波，提高过街的连续性(见图7)。

5) 采用禁左控制策略。

处于学校、医院、大型运动场馆等特殊位置的道路交叉口，人车通行需求较大，无法通过渠化设施改造及信号控制方案调整解决人车冲突、车辆排队问题，此时可考虑采用机动车禁左的控制策略。交叉口禁左可以简化交通流组织和信号控制，显著减少行人与机动车、机动车与机动车之间的冲突，提高安全性与通行效率。但是，单个交叉口实行禁左的控制策略会将左转车流转移至周边交叉口，可能引发其他交叉口产生新的问题，需评价对整个路网的影响^[4]。

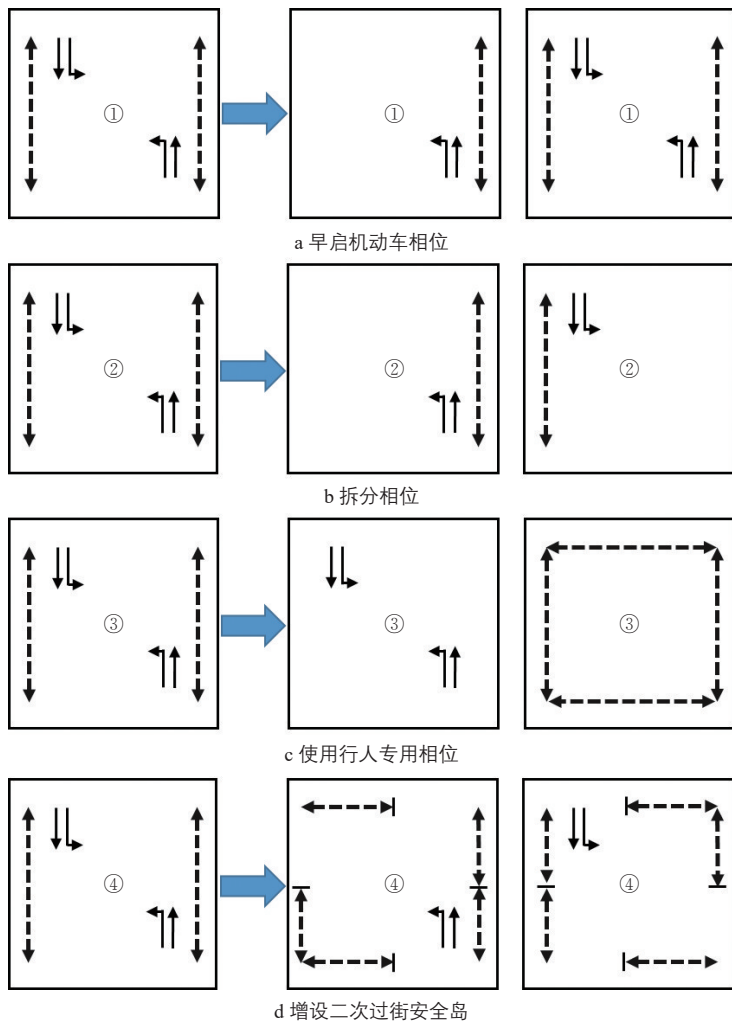


图6 四种处理行人与左转车流冲突的相位相序设计方法

Fig.6 Four phase sequence design methods for the conflicts between pedestrians and left-turning traffic flow

2.2 行人与绿灯末尚未通过交叉口的左转车流

行人绿灯起亮，行人步行进入人行横道之后，上一相位的左转机动车流尚未完全通过交叉口，与进入人行横道上的行人发生冲突，多见于面积较大而尾车清空时间不足的交叉口。解决思路如下：

1) 延迟行人绿灯启亮时间。

此种冲突情形可通过延迟该方向行人绿灯启亮时间或增加机动车清空时间避免，但增加机动车清空时间会导致交叉口信号周期的增加，导致交叉口延误变大。因此，在保证行人过街时间充足的前提下可优先考虑延迟单个或多个信号相位中的行人绿灯启亮时间，避免行人过早进入斑马线与左转车流产生冲突(见图8)。

2) 合理压缩交叉口面积。

交叉口面积过大会使停车线与道路中线的距离过长，从而增加车辆通过交叉口的时间，导致绿灯间隔时间内车辆清场不彻底，引起人车冲突。通过压缩交叉口面积可合理分配交叉口内的空间资源，提高不同交通流的通行安全，同时也能有效减少尾车清空时间，提升信号控制效果^[5]。

交叉口面积的压缩方式主要有以下几种：①将停车线、人行横道线提前，通过缩

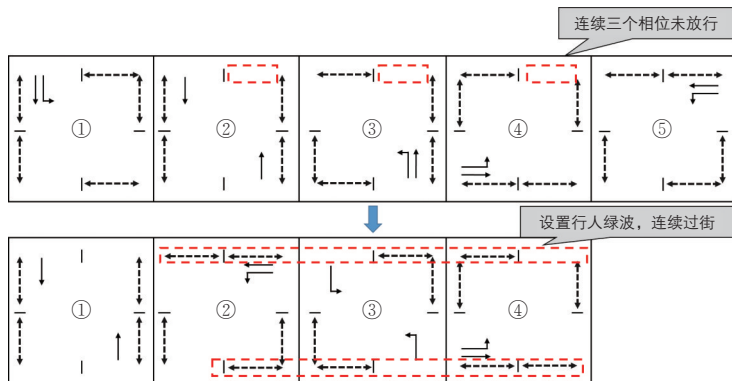


图7 行人绿波方案示例

Fig.7 Example of the pedestrian green wave

短停车线之间的距离减少车辆通过时间。需要注意的是，人行横道向交叉口方向平移的距离需根据进口车道数及右转机动车交通量的不同而进行调整，且对于视线条件不好的交叉口不宜采用这一规则^[6]。②精细化交通组织，通过施划导流线、渠化岛规范行车轨迹，减少交叉口冲突点和冲突区域，对于面积特大的交叉口，可考虑设置待行区减少转弯车辆的通行距离。③将多路交叉变成四路交叉，有利于精简交通组织，减少交叉口面积以及优化相位方案。

2.3 绿灯末进入斑马线的行人与左转车流

行人在绿闪期间进入人行横道，因过街时间不足，在行人信号转换为红灯以后，未完全通过人行横道，会与左转车流发生冲突。解决思路如下：

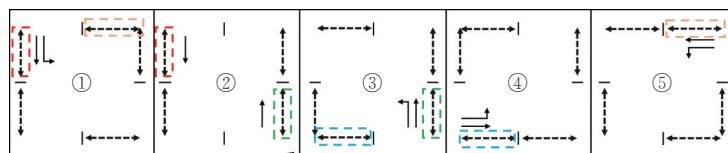
1) 更改行人清空灯色方案。

目前国内采用的行人清空灯色方案主要有绿灯闪烁、红灯闪烁、倒计时等，但实际上仍有相当数量的行人不了解绿闪的含义，选择在绿闪期间进入斑马线，导致交叉口行人清空失效。澳大利亚、德国、美国等国家采用红闪清空的信号控制方式，能够更好地让人理解和接受。采用绿闪作为清空信号的城市若想更改为红闪清空，需要政府部门的宣传推广以及行人的重新适应，实施难度较大，可作为远期的建设目标。短期内可考虑采用行人绿闪加倒计时的方式作为国内城市主要的行人清空信号，此种方式可为行人提供清晰的过街时间，当过街时间不足时行人会选择下一个绿灯相位通行或加速通过斑马线，同样可以减少人车冲突情形的发生。

2) 采用感应式行人过街信号控制。

采用行人红外探测器、激光雷达探测器的道路交叉口，可通过实时感知斑马线上行人的数量，实现行人过街时间动态调控，从而保证在绿灯末进入斑马线的行人有充足的过街时间^[7]。此种控制方式会增加车辆延误，长期实施易诱导行人于绿闪期间进入斑马线，无法从根源上消除此类冲突。一般考虑仅将其用于学校、医院、商圈周边行人过街需求较大的交叉口，且启用时段需结合实际人流量而定，不宜全天使用。

除上述两种思路外，同样可以考虑在符合条件的交叉口增设行人过街安全岛，为无法在剩余绿灯时间内通过斑马线的行人提供驻足空间。



部分情况连续两个以上的相位均放行行人，此时延迟绿灯启亮对行人过街时间影响较小

图8 行人绿灯启亮时间的优化示例

Fig.8 Example of optimizing pedestrian green light activating time

3 结语

行人过街时与左转机动车流的冲突常见而又危险，影响出行体验。本文通过一个典型道路交叉口案例对行人与左转车流的冲突问题进行分析，结合信号相位和交叉口渠化设施调整，提出信号控制优化方案。最后，针对三种常见行人与左转车流的冲突情形提出相应的多个解决思路。

参考文献：

References:

- [1] 陈晓明, 邵春福, 聂伟. 行人影响下的信号交叉口通行能力研究[J]. 土木工程学报, 2007, 40(3): 92-97.
CHEN X M, SHAO C F, NIE W. Studies on capacity of signalized intersections influenced by pedestrian traffic[J]. China civil engineering journal, 2007, 40(3): 92-97.
- [2] 刘光新, 李克平, 孙剑. 信号控制交叉口行人过街等待时间研究[J]. 中国安全科学学报, 2009, 19(9): 159-166.
LIU G X, LI K P, SUN J. Research on pedestrian's waiting time at signal control intersection[J]. China safety science journal, 2009, 19(9): 159-166.
- [3] 李克平, 倪颖. 城市道路交叉口行人过街信号控制问题分析[J]. 城市交通, 2018, 16(5): 71-78.
LI K P, NI Y. Analysis of problems in pedestrian signal control at urban intersections[J]. Urban transport of China, 2018, 16(5): 71-78.
- [4] 贾朝坡. 交叉口禁左通行控制[D]. 上海: 同济大学, 2008.
- [5] 王京元, 庄焰. 浅议缩小交叉口面积与缩窄行车道的措施[J]. 交通科技, 2007(4): 89-91.
WANG J Y, ZHUANG Y. Discussions about measures for narrowing the intersection area and lane width[J]. Transportation science & technology, 2007(4): 89-91.

(下转第66页)