

文章编号:1005-0523(2018)02-0080-09

综合等待区用于交叉口的优化设计与仿真

姚宇, 邓明君

(华东交通大学交通运输与物流学院, 江西 南昌 330013)

摘要:当下城市交叉口优化方面广泛采用的方法通常是设置左转待行区和直行待行区等。但都有其自身的设置条件,对交叉口的几何特征和交通量都有一定的要求。综合等待区是近几年提出的交叉口优化的较新方法,该方法在充分利用道路空间的基础上能间接的增大排队容量并缩短了排队长度,降低车辆延误。为更好的优化交叉口的交通状况,对南昌市昌南大道与迎宾北大道交叉口进行实地调查和分析,通过设置综合等待区的方法加以优化设计,并对路口范围道路建模和仿真,最终效果和数据表明综合等待区的设置能较好的提高该交叉口的通行能力和效率,减少延误。

关键词:交通整治;交叉口优化;综合等待区;平均延误;VISSIM 微观仿真

中图分类号:U121

文献标志码:A

交叉口是城市道路的重要组成部分,交通拥堵、交通流的中断、交通事故主要发生在交叉口。通过技术手段提高交叉口的通行效率与安全是交叉口交通设计的重点工作之一^[1]。选择合适的交通设计模式可有效提高交叉口的通行效率和安全性,但前提是清楚认识其适用条件即适用性,主要指静态的道路条件和动态的交通条件、控制条件^[2]。许多城市在交叉口优化上采用设置直行待行区和左转待行区的优化方案,在一定条件下可以减小车均延误,提高交叉口车道的利用率,更好的利用时空资源,但是在用地问题上常常对该方法的实施造成局限性,此外当车流量较高时,待行区续车能力也将会出现不足的情况。在进口道车流量比较小时,车道宽度不同的交叉口通过的车流量非常接近,甚至是相等的,但是随着进口道车流量的增多,通过交叉口的车流量随着车道宽度增加明显呈现增多的趋势^[3]。综合等待区是通过将进口道全部设置为可变车道,可循环切换不同方向车流的通行权,与前两种直行和左转待行区相比,解决了在用地方案上的现实性需求,同时续车能力随着待转车道数和待转区长度将成比例上升,且该方法在实践中效果明显。

1 综合等待区的应用与研究进展

综合等待区是一种较为特殊的待行区,可在有限的时间资源内,充分挖掘利用道路的空间资源,提高交叉口的通行效率。综合等待区目前还是个比较新的概念,在我国上海、天津、咸阳、深圳都得到了应用。但实际道路交叉口优化改善对于设置综合等待区方式的大规模引入目前不多,多处于尝试阶段。同时此种交通改善方式相关案例研究较少,微观模拟研究分析角度较缺乏。现阶段的国内主要研究中,郭晓峰,肖代全^[4]对基于设置综合等待区的城市交叉口改善方法原理和特征进行了应用研究,分析了设置综合等待区的道路交叉口通行能力和计算方法,但对综合等待区设置的道路条件、交通条件、信号控制配时方法、待转区设置长

收稿日期:2017-10-23

基金项目:江西省自然科学基金(20142BAB201015);江西省教育厅科研项目(GJJ160476)

作者简介:姚宇(1992—),男,硕士研究生,主要研究方向为交通规划与设计。

通讯作者:邓明君(1978—),男,副教授,硕士生导师,主要研究方向为交通系统优化与信息处理。

度等的关联性上研究仍缺乏。江金胜,董力耘^[5]采用了多车道元胞自动机模型研究综合待转区的孤立信号灯交叉口系统,分析了待行区长度和信号灯周期对道路通行能力的影响,但缺少在多个路段和道路网中设置综合等待区的分析研究。董大明^[6]提出了基于综合等待区过饱和排队溢出优化模型,但对预停车线的设置位置及停车线后车流的运行组织分析较少。孙吉瑞,车国鹏,温汉辉^[7]等就综合等待区对交叉口通行能力及延误的影响进行了研究,但仅限于对单个道路的综合等待区设置。税彦斌,叶平一^[8]对综合待行区在成都市二环路下桥匝道处交叉口信号控制中的运用进行了分析与研究,应用案例较为单一。国外相关研究中专门针对综合等待区的研究不多,更多的倾向于左转和直行待行区的重点研究。国外对待行区的研究^[9-12],总结了如下的研究成果,确定了交叉口左转车辆的清尾时间,利用 M/G2/1 模型确定无信号交叉口左转车道长度,双左转车道下左转交通流的通行能力,左转专用车道的长度设计,采用 U 型左转时,车道中左转车辆的交通量占比对整个交通流的影响,采用 U 型左转交通组织方式时左转车流量的饱和和流率,直接左转与 U 型左转的安全性评价对比,在采用双左转车道方式时,左转车流在黄灯和红灯期间饱和和交通条件下的通行能力。

2 交叉口放行组织及综合等待区设置方法

2.1 交叉口常规放行方式及时空利用分析

交叉口机动车常规放行主要是根据信号灯固定的相位设置方式实现单一车道的左转、直行、右转分批次放行模式。常规的放行方法主要为时间分离的放行方法、空间分离放行方法、时空分离的放行方法。

1) 时间分离的放行方法。当交叉口行人流量大,机动车流量适中而非机动车流量小时,可采用时间分离的放行方法。时间分离法实质上是在信号周期内拿出一个专有相位放行行人和非机动车。

2) 空间分离放行方法。当交叉口面积大,非机动车与机动车流量大时,可采用空间分离的放行方法。即让非机动车按机动车相位走,不设单独的非机动车信号灯,只设置机动车信号灯和行人信号灯。

3) 时空分离的放行方法。当交叉口面积较大,且机动车、非机动车流量都较大时,可采用时空分离的放行方法。时空分离实质上是为了减少左转非机动车对直行机动车通过交叉口的影响,在交叉口中间设定一块面积作为非机动车禁驶区,左转非机动车在区域外二次停车,让直行机动车先行通过,即延迟左转非机动车到达冲突点的时间,以利于直行机动车优先通过交叉口。

2.2 综合等待区设置原理和方法

2.2.1 综合等待区放行组织设计

综合等待区的常规设置示意图见图 1。综合等待区后面设有预信号装置,当交叉口主信号为左转方向红灯禁行、直行方向黄灯等待相位时,预信号的信号灯为左转方向黄灯等待、直行方向红灯禁行,此时综合等待区内所蓄车辆处于车辆放行清空状态。当交叉口主信号为左转方向绿灯放行、直行方向红灯禁行相位时,预信号的信号灯变为直行方向绿灯放行、左转方向红灯禁行相位,直行车辆开始往等待区蓄车。当主信号为直行方向绿灯放行、左转方向黄灯等待相位时,预信号的信号灯变为左转方向放行、直行方向禁行相位,左转车辆开始往等待区蓄车。预信号相位要与主信号相位的方向放行顺序相互交叉配合,确保综合待行区的放行车辆能够在放行时间得到清空。设置综合等待区目的是为了增加路口的蓄车能力,可以通过相位将进口道的直行车辆和左转车辆分离,减少进入路口前各个转向车流的交织和冲突,提高进口道的使用效率,进而达到在相同的时间内可以放行更多的车辆。尤其适合某行驶方向特别是左转或掉头交通量较大又无法增加足够车道数的路口情况。

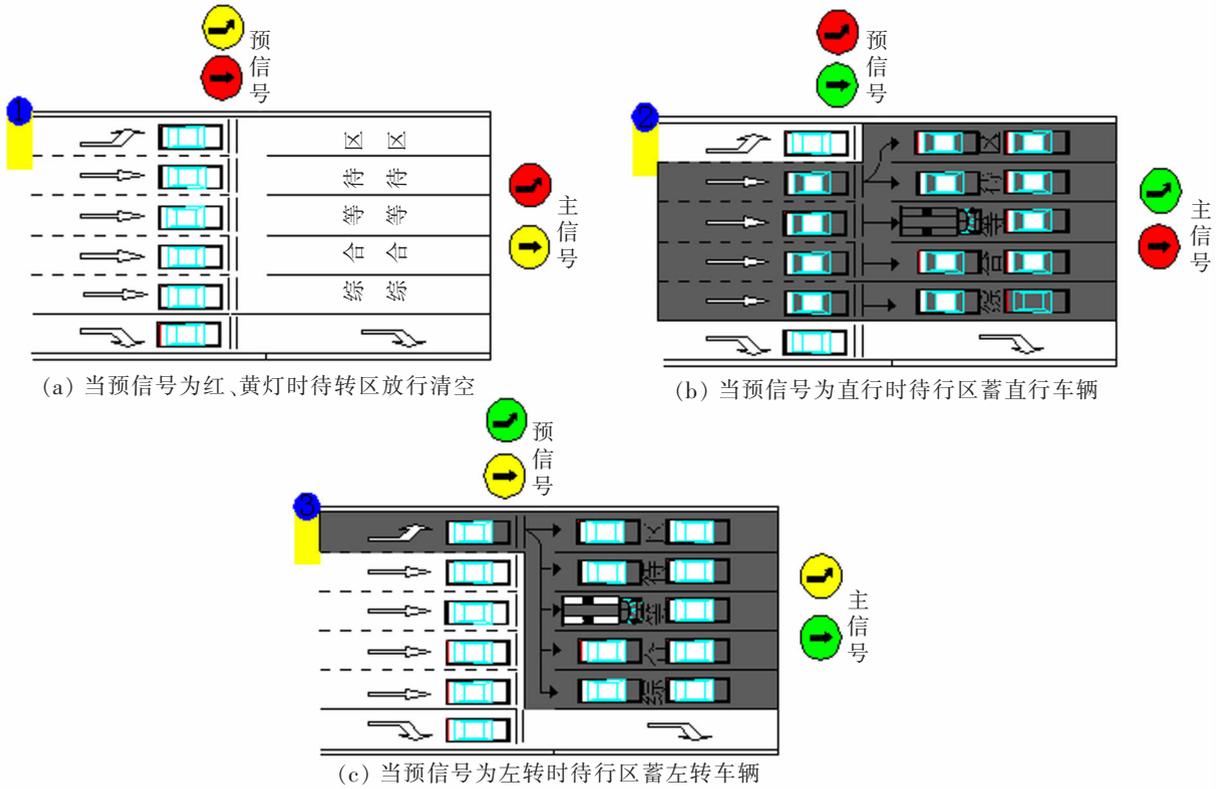


图1 综合等待区设置示意图

Fig.1 Setting diagram of integrated waiting area

2.2.2 综合等待区空间尺寸设计

国内最大信号周期时长一般取 150 s,对于某一个固定的信号周期时长,存在一个临界待行区长度。当待行区长度小于临界长度时,通行能力随待行区长度的增加而增大;但超过临界长度时通行能力逐渐减小。文献[8]中提出综合待行区模式距离交叉口停车线 70~150 m 范围内交通评价效益指标改善效果最好。实际道路交叉口中还应根据现状用地情况、交叉口特性、调查车流量及等待区排队车辆数控制要求来设定一个合适的等待区空间长度。一辆标准车通过交叉口要同时消耗约 6~7 m 的空间资源和 2 s 的时间资源,时间资源与空间资源是两个相互联系的集合,两者可相互转化相互补充。但在实际应用中,两者往往是静态的、分离的,忽略了两者的互动与反复优化,只能得到一个局部最优,时空资源没有得到充分的利用^[13]。等待区长度设置过长将导致等待区的空间资源得不到充分利用,等待区过多的空间资源将转化为时间资源的浪费,同步影响到预信号后车辆停车排队等待时间。等待区长度设置过短将导致综合等待区蓄车能力不足,预信号后车辆排队现象将愈发严重,短缺的空间资源将会由预信号的时间资源进行补充,造成车辆多次排队都未能进入等待区。因此,综合等待区长度应结合多方面因素综合考虑设定,并在仿真实例中验证效果。根据韦伯斯特的经典配时方法,在分析综合等待区长度的相关设置条件以及与排队车辆长度的关系后,给出了如下的综合等待区理论估算长度的计算方法。

第 i 相位的显示红灯时间 r_i :

$$r_i = \frac{\left[1.5 \sum_k (L_s + I - A)_k \right] + 5}{1 - \sum_i \max \left[\left(\frac{q_d}{S_d} \right)_i, \left(\frac{q_d}{S_d} \right)' \dots \right]} \left(1 - \frac{y_i}{Y} \right) + \sum_k (L_s + I - A)_k - L_s + A \quad (1)$$

式中: q_d 为进口道各条车道的高峰小时交通量, pcu/h; S_d 为各车道设计饱和流量, pcu/h; y_i 为第 i 相的流量

比; Y 为组成周期的全部信号相位的各个最大流量比 y_i 或 y_i' 值之和; L_s 启动损失时间,应实测,无实测数据时可取 3 s; A 为黄灯时长,可定为 3 s; I 为绿灯间隔时间,s; L 为信号总损失时间,s; k 为一个周期内的绿灯间隔数; C_0 最佳为信号周期时长,s; G_e 为一个周期内的有效绿灯时间,s; g_{e_i} 第 i 相位的有效绿灯时间,s; g_i 第 i 相位的显示绿灯时间,s。

单车道平均排队车辆数 m 为

$$m = \frac{q \times r}{n} \quad (2)$$

某一方向的单车道实际平均排队长度 L_{pd} 为

$$L_{pd} = m \times L_{pcu} \quad (3)$$

根据不同行驶方向的车道设计计算出的等待区长度 L_x 为

$$L_x = \frac{L_{pd} \times n}{N} \quad (4)$$

即:

$$L_x = \frac{q \times r \times L_{pcu}}{N} \quad (5)$$

综合等待区的理论估算长度 L_{dl} 为

$$L_{dl} = \max\{L_x\} \quad (6)$$

式中: q 为各进口道不同方向车道上的车辆到达率,veh/s; r 为一个信号周期某相位的显示红灯时间,s; n 为各进口道同一方向的排队车道数; L_{pcu} 为排队中一辆小轿车的平均占位长度即车头间距,m; N 为综合等待区内的蓄车车道数; L_x 中的 x 代表左转或直行车道行驶方向。 L_{dl} 为根据不同行驶方向的车道设计计算出的等待区长度中的最大值,以满足直行或左转车辆的预信号后续排队车辆能全部进入综合等待区内。

3 实例设计与仿真分析

3.1 交叉口现状交通条件

3.1.1 道路渠化条件

结合综合等待区的设置方法和其交通流特性的适应性,选取南昌市昌南大道与迎宾北大道交叉口为分析研究对象。该交叉口现状为十字型平面信号交叉口,交叉口东西进口有一条左转专用车道,一条直行车道,一条直右车道和一条非机动车道;交叉口南进口有一条左转专用车道,一条直行车道和一条直右车道;交叉口北进口有一条左转专用车道,两条直行车道和一条右转专用车道。交叉口无特别渠化设计,交叉口内部标线不明。经调查发现该交叉口机动车流和非机动车流大,交通秩序混乱,安全隐患大,存在严重的机非混行和机非冲突、右转机动车占用非机动车道、直行车辆占用右转车道行驶等问题。昌南大道(生米大桥——昌东大道段)目前是城市主干道标准,路幅采用两块板形式,基本车道数为双向 8 车道。迎宾北大道为南北走向城市主干路,单幅路,双向 6 车道,规划红线宽 69 米,中间有隔离栏隔离,目前已建成未实现规划断面。昌南大道与迎宾北大道交叉口的冲突主要是南、东进口的分流点、冲突点和东出口的合流点。现状交叉口基本情况如图 2。交叉口高峰时段流量流向图和实际主要冲突点图如图 3。

3.1.2 现状信号方案及存在的问题

调查发现,现状交叉口信号控制有 5 个相位,控制方式(见图 7):信号周期时长 $G=197$ s。各相位绿灯时长(g)及绿信比(λ)如图 5。

1) 信号周期过长,在信号控制交叉口中,信号周期一般在 40~180 s 之间,并且不推荐长周期,不但不能明显提高通行能力而且车辆延误会随之增加,出行者若停车等待的时间过长,会极大地增加出行者的烦躁感。昌南大道/迎宾北大道交叉口的高峰时段信号周期长达 207 s,导致该交叉口有 1 个方向的饱和度超过 1,整个交叉口的平均饱和度达到 0.76;1 个方向的延误超过一个信号周期,直行相位的二次排队现象相当严重。

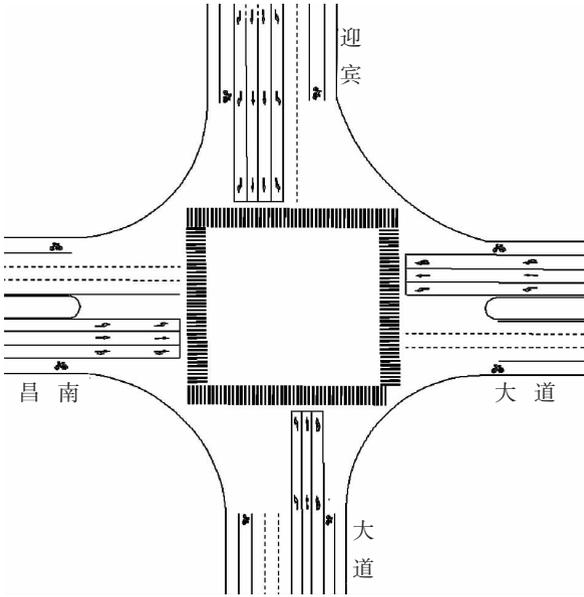


图2 现状交叉口基本情况
Fig.2 Current situation of intersection

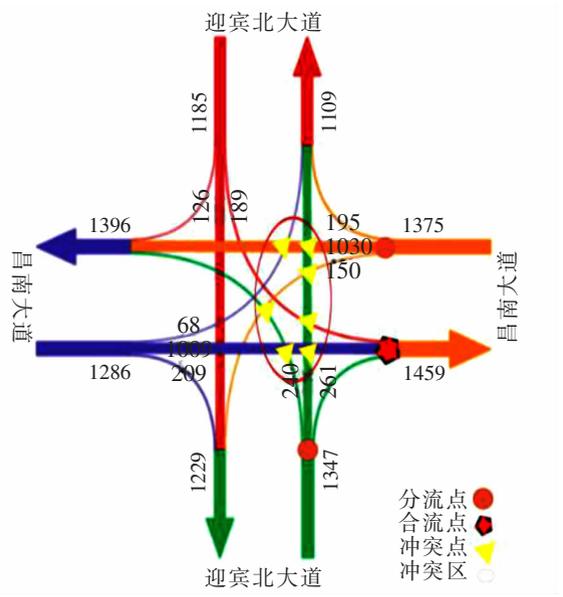


图3 交叉口高峰时段流量流向和实际冲突点图
Fig.3 Intersection peak flow and actual conflict point map

2) 信号配时不够合理,信号相位为5个,增加了车辆启动损失时间。南北执行相位绿灯时间过长,导致东西相位直行排队长度超过100 m,延误严重。而且在高峰时期需交警协助控制。

3.2 综合等待区的优化设计措施

为优化现状存在的问题,采用综合等待区优化设计方法,分别从等待区设置及信号控制优化两方面对该交叉口的交通组织及管控进行优化改善。

3.2.1 昌南大道东进口道设置综合等待区的设计

鉴于昌南大道与迎宾北大道交叉口的实际主要冲突点在交叉口东半面,东进口直行和左转两个方向均存在二次排队现象,且东进口左转二次排队现象较为严重。故先以昌南大道东进口设置等待区作为研究示例。在分析过现状调查流量及排队情况后,参考等待区长度相关研究^[4,7],综合考虑交叉口实际用地情况后,根据实际的车流到达率、现状排队车辆长度情况以及信控损失等参数值,通过综合等待区长度估算公式的计算,确定该交叉口等待区的长度设置为50 m作为研究示例较为合理,该实例中单车道车辆排队长度大约控制在7~8辆之间,符合实际的放行空间需求,起始范围从东部路段距离东进口道50 m处至进口道停车线处。考虑到右转车道的优化设计。东进口道的综合等待区设置2个车道,依靠信号控制分别使左、直通行车辆在不同相位进入综合等待区,同时在排队车辆等待进入综合等待区的停车线前方要同步设置预信号的信号灯装置,预信号灯对排队等待进综合等待区的车辆实现两相位信号控制,起到对左转、直行车辆的分批次放行进入待转区,确保等待区内的车辆放行可以清空。具体设置和优化情况见图4。

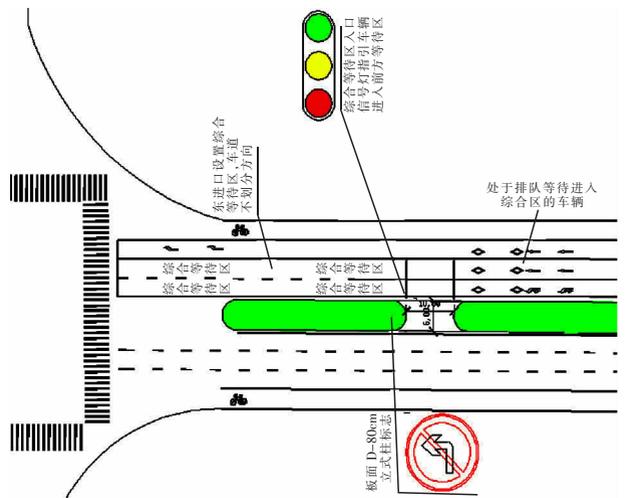


图4 综合等待区设置示意图
Fig.4 Integrated waiting zone diagram

3.1.2 交叉口的信号控制方案优化

设置综合等待区后,综合考虑实际问题及信号配时情况后,通过优化信号控制,调整周期时长,使信号相位更加灵活。故对等待区进行重新优化配时:因设置的综合等待区长度 $L=50\text{ m}$,通过实际观察,车辆在等待区车速可按 $V=50\text{ km/h}$,则等待区清空时间为 $t=L/V=36\text{ s}$,建议给予相位 2、4 即交叉口东西直行、左转相位的绿灯时长 $g_2=g_4=t=36\text{ s}$ 。南北方向由于没有设置等待区,为能最大程度提高放行速度和效率,可根据实时车流量进行动态调节,结合实地车流量情况,考虑放行效果能够达到最好,流量少时可适当再缩减绿灯时间。对于等待进入等待区的车辆,同步要在停车线前给与预信号提醒。预信号的放行要配合主信号的放行顺序应依次为直行和左转。在尽可能保证等待区放行车辆能够完全清空条件下,给予预信号相位 1 绿灯时长为(直行放行信号): $g_{11}=36\text{ s}$,预信号相位 2 绿灯时长为(左转放行信号): $g_{22}=36\text{ s}$,预信号总周期时长 $G_{11}=134\text{ s}$ 。在主信号相位南北方向直行放行时预信号相位 1 开始放行,在主信号相位南北方向左转放行时预信号相位 2 开始放行。优化前后的交叉口主信号相位和配时图见图 5。

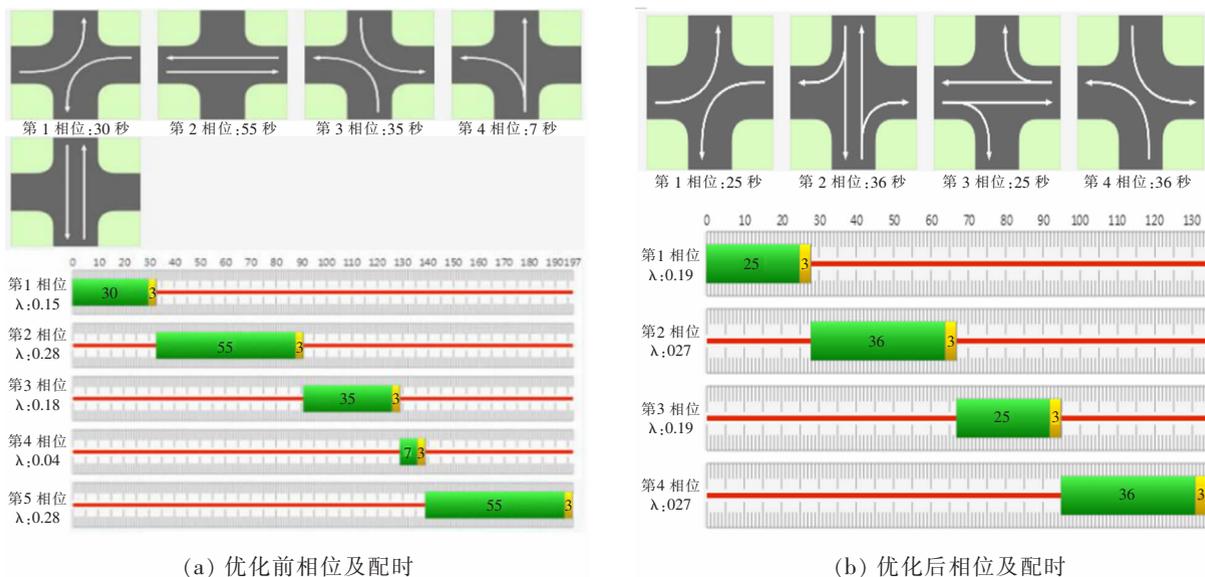


图 5 优化前后交叉口相位和配时图

Fig.5 Intersection phase and timing diagram before and after optimization

3.3 城市交叉口的进口道通行能力计算

3.3.1 一条直行车道的设计通行能力计算公式

在我国现行《城市道路工程设计规范》^[4]以及交通工程参考书中,信号交叉口通行能力按进口车道功能根据停车线法原理可以得到一条直行车道的设计通行能力计算公式,具体形式如下:

$$C_s = \frac{3600}{T} \left(\frac{t_g - t_{s1}}{t_s} + 1 \right) \phi \quad (7)$$

一条左转车道的设计通行能力计算公式

$$C_l = \frac{3600}{T} \left(\frac{t_g - t_{l1}}{t_l} + 1 \right) \phi \quad (8)$$

混合车道的设计通行能力计算公式

$$C_m = C_s K \quad (9)$$

其中: C_s 为一条直行车道的设计通行能力,pcu/h; C_l 为一条左转车道的设计通行能力,pcu/h; T 为信号灯周期,s; t_g 为信号灯每周期的绿灯时间,s; t_{s1} 为绿灯亮后第 1 辆直行车启动、通过停车线的时间,s,取 2.5; t_{l1} 为绿灯亮后第 1 辆左转车启动、通过停车线的时间,s; t_s 为直行车辆通过停车线的平均时间,s,取 1.3;实地测量 t_l 左转车辆通过停车线的平均时间,s; t_l 为左转车辆通过停车线的平均时间,s; ϕ 为折减系数,取 0.9; K 为转弯车辆的影响系数。

(2)综合待转区的交叉口设计通行能力计算公式

设置有综合待转区的交叉口专用车道通行能力:

$$C_T = a \frac{3600}{T} \left(\frac{t_g - t_0}{h_l} + 1 \right) \times n \quad (10)$$

式中: a 为折减系数, T 为信号周期, s ; t_g 为每周绿灯时间, s ; t_0 为绿灯亮后,第一辆车启动通过停车线时间, s ; h_l 为车辆通过停车线的车头时距, s ; n 为综合待转区内设置的专用车道数。现状交叉口的相位通行能力调查分析结果如表1所示。

表1 现状交叉口相位通行能力表
Tab.1 Status crossing phase capacity chart

方向	东进口			西进口			南进口			北进口		
	左	直	右	左	直	右	左	直	右	左	直	右
通行能力/(pcu/h)	287	681	122	99	637	131	149	894	215	116	726	363

根据实地观测可以得到第一辆左转车启动通过停车线的时间为3.6 s,左转车辆通过停车线的平均时间为1.6 s。折算系数按0.95取。结合式(4)计算方法,优化后的交叉口东进口道的综合待转区的通行能力为

$$C_T = 0.9 \times \frac{3600}{134} \left(\frac{50 - 3.6}{1.6} + 1 \right) \times 2 = 1450 \text{ (pcu/h)}$$

交叉口综合待转区是由东进口道直行和左转两个车道优化后改进的,通过综合待转区的交叉口专用车道通行能力公式计算后发现,在交叉口东进口道设置了综合待转区后的通行能力变为1450 pcu/h,相比原东进口道直左两车道通行能力之和968 pcu/h有显著提高。

3.4 交叉口优化后的仿真分析与评价

3.4.1 交叉口仿真建模设计

在微观交通仿真中,建立一个符合实际的仿真路网是交通仿真的基础,也是取得可用的、有效的仿真评价指标的必要条件。通过导入路网底图,V/SS/M引入仿真路网底图,建立仿真路网。

3.4.2 仿真结果输出与现状情况对比分析

信号交叉口机动车交通的延误是反映车辆在信号交叉口上受阻、行驶时间损失的评价指标。影响延误的因素众多,涉及交叉口几何设计与信号配时的各个方面,能够综合反映交叉口的几何设计、交通组织和信号配时的状况和问题。由于右转车不受信号灯控制,延误主要是由行人过街引起(理论上为行人,实际调查发现此交叉口非机动车排队占道现象严重),为简单起见,本文只研究信号控制引起的延误,右转车延误暂不考虑。昌南大道与迎宾北大道交叉口各入口各方向车流基本达到饱和,适用过渡函数延误模型^[5],车辆平均过饱和和排队长度和延误公式采用以下公式:

$$Q_0 = \frac{Ct}{4} \left[(x-1) + \sqrt{(x-1)^2 + \frac{4x}{Ct}} \right] \quad (11)$$

$$d = \begin{cases} \frac{c(1-g/c)^2}{2(1-q/S)}, & (x < 1) \\ (c-g)/2, & (x \geq 1) \end{cases} + \frac{Q_0}{C} \quad (12)$$

式中: Q_0 为车辆平均饱和排队长度, m ; C 为该进口方向通行能力,pcu/h; x 为饱和度; t 为观察时段, s ; d 为每辆车的平均延误, s ; g 为有效绿灯时间, s ; c 为信号周期时长, s ; q 为平均到达率,veh/s; S 为饱和流量,pcu/h。

南进口右转、西进口左转和北进口右转饱和度小于1,可采用稳态延误模型分析延误。

$$\text{车辆总延误: } \frac{qSr^2}{2(S-q)} \quad (13)$$

$$\text{车辆平均延误: } d = \frac{D}{qc} \quad (14)$$

式中: q 为车辆平均到达率,veh/s; S 为饱和流量; r 红灯时长,s; c 为信号周期时长,s。现状交叉口延误计算情况如表 2。优化后的交叉口延误分析将通过软件模拟研究。

表 2 平均延误表
Tab.2 Average delay

方向	东进口		西进口		南进口		北进口	
	左	直	左	直	左	直	左	直
延误/s	81	198	75	186	94	97	70	113

通过在软件中对仿真交叉口相关参数的设置和多次调试,最终得到仿真模拟后的道路中车辆通行状况的相关数据,通过数据分析处理发现,虽然综合待转区的设置后预信号处以后某些时段仍有排队现象,但相比较而言,整体进口道排队长度明显缩短,车辆通行较为流畅。并进一步对软件模拟后车辆的延误情况进行了处理和分析,数据分析后表明设置了综合等待区的交叉口,车辆的平均延误缩短,交叉口东进口道直左两车道优化后的延误对比分析图如图 6 所示。

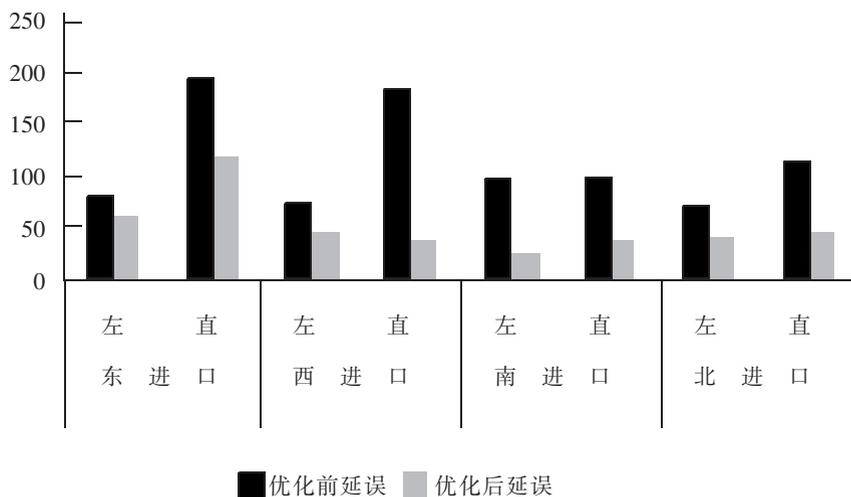


图 6 优化前后的延误对比分析图

Fig.6 Comparison and analysis of the delay before and after optimization

综合等待区的合理设置在一定程度上改善了道路交通拥堵状况,提高了通行能力,道路通行更加顺畅。评价结果分析后显示出在该交叉口设置了综合等待区后,交叉口通行能力得到提高,延误缩短。东侧进口道流量增加,放行能力提高,与此同时由于冲突点减少,交通冲突和拥堵现象得到缓解,交叉口服务水平同步提升,运行效率相比优化前得到改善。

4 小结

本例对南昌市昌南大道与迎宾北大道交叉口运用综合等待区优化设计方法并进行了优化设计和 VIS-SIM 微观仿真分析,以通行能力、延误为主要评价指标,计算结果和仿真情况验证了采用综合等待区的方式能够达到提高该交叉口的通行能力和降低延误的目的。同时在治理车流的混乱和优化交通状况上模拟效果明显改善,该研究可为具有类似交通特性的交叉口的优化设计提供一定借鉴。

参考文献:

- [1] 杨晓光,白玉,马万经,等. 交通设计[M]. 北京:人民交通出版社,2010.
- [2] 杨晓光,杨静,史玉茜. 信号控制交叉口左转非机动车过街模式适用性[J]. 城市交通,2012,4(10):65-71.
- [3] 周溪召,许琰. 车道宽度对信控交叉口通行能力及车辆延误影响研究[J]. 华东交通大学学报,2016,33(6):38-42.
- [4] 郭晓峰,肖代全. 基于设置综合等待区的城市交叉口交通改善方法应用研究[J]. 交通信息与安全,2013,31(5):68-73.
- [5] 江金胜,董力耕. 信号交叉口处综合待行区的建模与模拟[J]. 上海大学学报:自然科学版,2012,18(6):606-616.
- [6] 董大明,唐贵涛. 基于综合等待区的过饱和排队溢出优化模型研究[J]. 公路工程,2017,42(3):106-111.
- [7] 孙吉瑞,车国鹏,温汉辉,等. 综合待行区对交叉口通行能力及延误影响的研究[J]. 公路交通技术,2015(1):121-125.
- [8] 税彦斌,叶平一. “综合待行区”在成都市二环路下桥匝道处交叉口信号管控中的运用[J]. 勘察设计,2014,32(7):107-113.
- [9] AMP DE G, DENNEY R. Improved protected-permitted left-turn signal displays the texas approach[J]. ITE Journal, 1992(21): 125-136.
- [10] SANDO T, MUSSA R. Characteristics affecting operation of triple left-turn lanes [J]. Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board, 2003, 1852:55-62.
- [11] STROKE R W. Use and Effectiveness of Simple Linear Regression to Estimate Saturation Flows at Signalized Intersections[J]. Transportation Research Record, 1986, 1091:95-101.
- [12] LU, JIAN JOHN, DISSANAYAKE, SUNANDA. Safety evaluation of direct left turns right turns followed by u-turns traffic conflict[C]//Traffic and transportation studies proceedings of ICTTS 2002, 2002: 1039-1046.
- [13] 徐建敏. 交通管理与控制[M]. 北京:人民交通出版社,2007.
- [14] 住房和城乡建设部. CJJ37-2012, 城市道路工程设计规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2012.
- [15] 王殿海. 交通系统分析[M]. 北京:人民交通出版社,2007.

Optimization Design and Simulation Application of Integrated Waiting Area at Urban Intersection

Yao Yu, Deng Mingjun

(1. School of Transportation and Logistics, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: The current approach to optimizing the urban intersections is to set waiting-areas for left-turning and waiting-areas for direct movement. But the two methods have their own setting conditions, and have some requirements for geometric characteristics of the intersections and traffic. The integrated area is a new method for the improvement of the intersections in recent years, which can increase the queuing capacity, shorten the queuing length indirectly, and reduce the vehicle delay on the basis of making full use of the road space. In order to optimize the traffic situation, the site survey and analysis of the intersection of Changnan Road and Yingbin North Road in Nanchang city were carried out. The integrated waiting area was set to optimize the intersection, and the road modeling and simulation were carried out. The research results show that the setting of the integrated waiting area can improve the traffic capacity and efficiency of the intersection as well as reduce the delay.

Key words: traffic remediation; intersection optimization; integrated waiting area; average delay; VISSIM micro simulation