

文章编号:1005-0523(2020)02-0097-08

考虑左转车道饱和度的左弯待转区设置研究

陈宜恒¹, 郑长江¹, 马庚华²

(河海大学 1.土木与交通学院; 2.港口海岸与近海工程学院, 江苏 南京 210098)

摘要:合理的左弯待转区设置可以大幅度提高左转车辆的通行效率。首先,针对不同交通饱和度的左转车道,探究了左弯待转区的设置条件及设置效益;其次,通过考虑待转区容量、绿灯间隔时间和机动车微观特性等因素,修正了左转车道通行能力模型;最后,基于南京市交通调查和 VISSIM 仿真分析,验证上述修正模型。研究结果表明:1)左弯待转区的渠化设计利于左转车道通行能力的提升,但随着交通饱和度的增大,通行能力的增量减小,左转车辆的最大排队长度增大;2)通过 VISSIM 仿真分析,在考虑了待转区容量等因素对左转车道通行能力的影响后,修正的左转车道通行能力模型可将误差控制在 2% 以下。

关键词:左弯待转区;左转车道通行能力;左转车道饱和度;VISSIM 仿真分析

中图分类号:U121

文献标志码:A

DOI:10.16749/j.cnki.jecjtu.2020.02.013

机动车保有量的快速增长^[1]往往伴随着交叉口拥堵现象的日益加重,由于左转车流与其他来向车流交织的冲突点最多,因此左转车流在交叉口的梳理尤为关键。近年来,左弯待转区作为提高左转车道通行能力的渠化方式,逐渐被多数设计者采用。

目前,已有许多的学者关注左弯待转区的设置条件及其对通行能力的影响。Yang Q 等^[2]提出在车道队列不溢出的情况下的随机排队模型,并依据该模型模拟左弯待转区的排队过程和排队性能;Yang Z 等^[3]以左转车道停车线为参考线,计算设有左弯待转区的左转车道通行能力,并通过敏感性分析,讨论了显示绿灯时间和待转区的最大容量对通行能力的影响;张东明等^[4]利用 VISSIM 对不同流量的 6 个方案进行仿真对比,总结左弯待转区的设置条件,提出在交通量小的交叉口设置左弯待转区,单位时间内通过的左转车辆数不会大幅度提高;宗二凯等^[5]考虑了启动波对车辆排队长度和排队位置的影响,通过线性回归得出左转车辆损失时间与其释放量呈负相关关系;陈永恒等^[6]运用流量累计曲线方法,分析左转车辆的到达和释放过程,并依据该模型得出设置待转区后左转车道通行能力的增量;杨路路等^[7]利用 VISSIM 仿真从通行能力和延误两个方面对设有待转区后的交叉口渠化方案进行评价,得出设置左弯待转区后通行能力平均提高了 7.5%。国内外学者大都从损失时间、机动车微观特性、排队等方面研究左弯待转区的设置条件和对通行能力的影响,但均是考虑单个因素对通行能力的影响,且未细致分析实际的交通流情况与左转车道通行能力间的关系。

因此,本文先是分析了左弯待转区设置后左转车流交通特性的变化,后应用交通波理论和流量累计曲线法,分析不同交通饱和度的左转车道对左弯待转区设置条件的影响,最终基于上述理论修正左弯待转区对左转车道通行能力的影响模型。

1 概述

左弯待转区是左转车道向交叉口内部以白色虚线的形式延伸数米,由白色虚线围成的区域。《城市道路交通标志和标线设置规范》(GB51038-2015)中规定,在设有左弯待转区的交叉口,宜采用后置型的信号配

收稿日期:2019-10-21

基金项目:国家自然科学基金(51808187);江苏省自然科学基金(BK20170879)

作者简介:陈宜恒(1996—),女,硕士研究生,研究方向为交通运输规划与管理。

时策略,即先放行同向直行车流,再放行左转车流。因此,在不影响对向直行车流运行的情况下,左转车辆可以利用同向直行车流的放行相位,提前进入交叉口内部,以缩短驶离交叉口的时间,同时也缩短了左转车流的头车与冲突点间的距离。

尽管左转车辆的到达特性并不会极大的受到左弯待转区的影响,但左转车辆在交叉口的停车行为和运行模式将因左弯待转区的设置而有所变化,因此下文将通过分析左转车辆在左转车道和待转区的到达、驶离行为,研究左弯待转区对左转车道通行能力的影响。

2 左转车道饱和度影响分析

在交叉口进口道处,实际通行的交通量直接影响到左弯待转区的设置效果。根据实地调查,由于左弯待转区虚线功能不明确,无法确定跟驰车辆是否跟随前车等心理因素^[8]以及部分司机天热情况倾向于停靠在绿化带附近的停车线处纳凉等驾驶习惯的影响,导致待转区内左转车流的车头间距较宽,甚至存在左弯待转区内仅停一辆左转车辆,其余车辆依旧停在第一停车线后,这种驾驶行为影响到待转区的设置效果。为全面反映上述现象,本节将应用交通波理论和流量累计曲线法分析左转车道饱和度与左弯待转区设置间的相关关系。

为便于分析,将进口道处左转专用车道的停车线记为第一停车线,待转区末端的停车线记为第二停车线,用第一停车线饱和度状态反映左转车道进口道车流状态,用第二停车线饱和度状态反映左弯待转区的车流状态。并假设车流为均匀到达,累计到达车辆数从车辆进入交叉口影响范围内开始算起。

2.1 未设待转区

如图 1 所示,假设在红灯初期进口道处已排队的车辆数为 Q_0 , R 为红灯时间, G 为有效绿灯时间。左转排队车辆数在红灯结束时达到最大值,即此时排队长度最大。当绿灯亮起时左转车辆开始释放,直至左转车流的到达率 q 与驶离率 S 相等,整个驶离过程不存在二次停车现象。此外,车辆排队长度 L 与启动波传播时间有如下关系^[6]

$$L=N \cdot h_s=u \Delta t \tag{1}$$

$$N=\frac{u}{h_s} \cdot \Delta t=j \cdot \Delta t \tag{2}$$

式中: L 为车辆排队长度, m; N 为已释放的左转车辆数, veh; u 为启动波波速, m/s, 可取 3 m/s; Δt 为启动波已传播时长, s; h_s 为平均车头间距, m; j 为左转车辆启动波的传播率, veh/s。

依据速度-密度模型,在不同的左转车道饱和度影响下,启动波波速 u 和传播率 j 计算结果列于表 1。由于 $\eta_2 < 1$ 且 $1 < (\eta_1 + \eta_2) < 2$, 则必有 $|j_3| < |j_2| < |j_1|$ 。

表 1 启动波波速和传播率计算结果(未设待转区)
Tab.1 Results of starting wave speed and propagation rate

情况	第一、第二停车线过饱和	第一停车线过饱和、第二停车线未饱和	第一、第二停车线未饱和
波速 $u_i=u_f[1-(\eta_1+\eta_2)]$	$-u_f$	$-u_f\eta_2$	$-u_f(\eta_1+\eta_2-1)$
传播率 $j_i=\frac{u}{h_s}$	$-\frac{u_f}{h_{s1}}$	$-\frac{u_f\eta_2}{h_{s2}}$	$-\frac{u_f(\eta_1+\eta_2-1)}{h_{s3}}$

注: η_1, η_2 为界限两侧标准化的密度,由于本文考虑的是设置待转区前后的交通流特性变化,因此该界限应为进口道停车线即第一停车线; u_f 为畅行速度, m/s; $h_{si}(i=1, 2, 3)$ 为三种情况下的平均车头间距, m/veh, 且有 $h_{s3} > h_{s2} > h_{s1}$ 。

2.2 增设待转区

2.2.1 第一、第二停车线过饱和

如图 2 所示,假设左弯待转区容量为 N_w , S_l 为左转车流的饱和流率。当直行绿灯亮起时(A 点),左转车

流从第一停车线起驶入待转区,直到待转区内车辆数达到 N_w 。当左转绿灯亮起(B 点),待转区内车辆启动,同时启动波以传播率 $|j_1|$ 向后方传递。对于待转区内 N_w 辆车,将第二停车线作为参考线,故 BD 线为待转区内 N_w 辆车的累计驶离线,驶离流率为 S_1 。

C 点处,启动波开始向待转区外的车辆传播。对于待转区外左转车辆,将第一停车线作为参考线,待转区外的饱和左转车流以流率 S_1 释放,驶离线为 CE 线。同理,当启动波传播到 a' 处,即最大排队处时,排队现象消失,之后到达的车辆以到达率 q 驶离交叉口。则最大排队长度 $L_{1\max}$ 为

$$L_{1\max} = [q(R+t_a) + Q_0] \times h_{s1} \tag{3}$$

式中: t_a 为启动波传播到 a' 点所用的时间, s。

当第一、第二停车线过饱和时,由图 2 可知增设左弯待转区后,左转车辆的释放量增加。与未设置左弯待转区相比,多释放的左转车辆数其最大值 $\Delta N_{1\max}$ 为

$$\Delta N_{1\max} = \left(\frac{N_w}{S_1} - \frac{N_w}{|j_1|} \right) \times S_1 = N_w \times \left(1 - \frac{S_1}{|j_1|} \right) \tag{4}$$

式中: N_w 为待转区容量, veh。

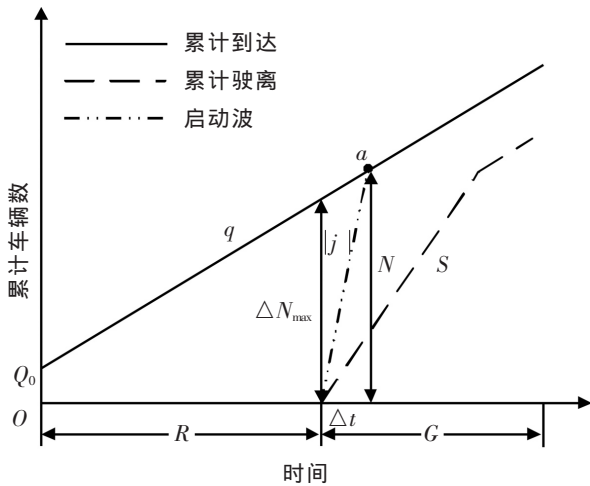


图 1 累计车辆图(未设待转区)

Fig.1 Cumulative chart of left-turn vehicle arrival and departure processes (without LRT)

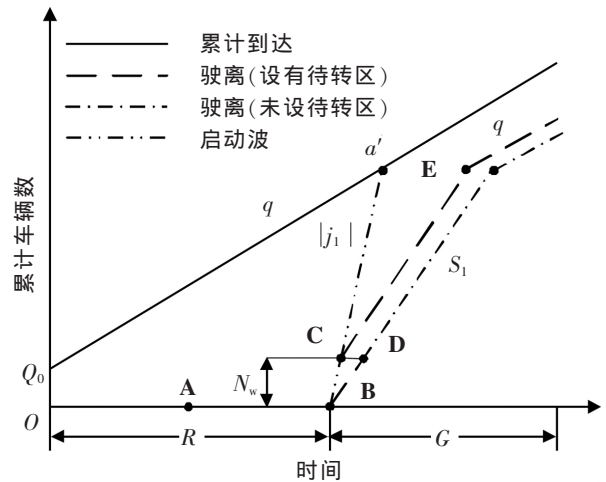


图 2 累计车辆图(第一、第二停车线过饱和)

Fig.2 Cumulative chart of left-turn vehicle arrival and departure processes (with over-saturated stop lines)

2.2.2 第一停车线过饱和、第二停车线未饱和

在绿灯放行相位亮起时,若左弯待转区内车辆数少于 2 辆,则认为此时的连续车流的头车应从第一停车线处算起,即此时交叉口的左转车辆运行特性与未设待转区交叉口一致。与上节类似,如图 3 当启动波消散的一刻(a' 点),就意味着车辆不在排队,即此时的车队长度为最大值,因此有式(5)

$$L_{2\max} = [q_1(R+t_{a'}) + Q_0] \times h_{s2} \tag{5}$$

式中: $t_{a'}$ 为启动波传播到 a' 点所用的时间, s。

当第一停车线过饱和、第二停车线未饱和时,设置待转区后的左转车辆的释放量增加,但对比图 2 和图 3 可知,在第一停车线过饱和、第二停车线未饱和的情况下,由于 C 点更靠近未设待转区的驶离线(单点划线),因此对于左转车辆释放增量,其增设左弯待转区的效果稍劣于第一、第二停车线饱和的情况。多释放的左转车辆数其最大值 ΔN_2 为

$$\Delta N_2 = \left(\frac{N_w'}{S_2} - \frac{N_w'}{|j_2|} \right) \times S_1 \tag{6}$$

式中: N_w' 为待转区内停靠的左转车辆数, veh。

与前节相比,这种不良的驾驶行为将降低多释放的左转车辆数 ΔN ,加大左转车队的最大排队长度 L_{\max} 。此外,左弯待转区的车辆占有率偏低将降低了左弯待转区的设置效益,即降低左转车辆的释放数,同时加大的左转车队最大排队长度可能会引发新的安全隐患,也可能导致左转车队溢出影响相邻车道等不良情况的发生。

2.2.3 第一、第二停车线未饱和

在图4中,由于左转车道进口道处于未饱和状态,上一轮滞留的左转车流数为0,即一个周期内到达的左转车辆均可驶离。待转区内外的左转车辆均以流率 S_3 驶离。累计驶离线和累计到达线几乎重合,且所有到达交叉口的左转车流均能在一个信号周期内消散。 a'' 点对应的时刻,左转车流有着最大的排队长度 $L_{3\max}$

$$L_{3\max} = [q_1(R+t_{a''}) + Q_0] \times h_{s3} \tag{7}$$

式中: $t_{a''}$ 为启动波传播到 a'' 点所用的时间, s。

在这种情况下,设有待转区的交叉口与未设待转区的交叉口有着近乎相同的左转车辆释放量,设置的效果并不显著。多释放的左转车辆数其最大值 ΔN_3 为

$$\Delta N_3 = \left(\frac{N_w''}{S_3} - \frac{N_w''}{|j_3|} \right) \times S_3 = N_w'' \times \left(1 - \frac{S_3}{|j_3|} \right) \tag{8}$$

式中: N_w'' 为待转区内停靠的左转车辆数, veh。

综合上述3种情况,在信号配时策略相同的情况下,通过相互比较,可得左转车辆释放数增量的最大值 $\Delta N_1 > \Delta N_2 > \Delta N_3$,且左转车流的最大排队长度 $L_{3\max} > L_{2\max} > L_{1\max}$ 。因此,在不同左转车道饱和度的组合方案下,易得出左弯待转区宜设置在左转交通流量大的交叉口,在流量小的交叉口或是饱和度较低的左转车道,设置待转区无法带来更多的左转车辆释放数,反而会增加左转车辆的排队长度。

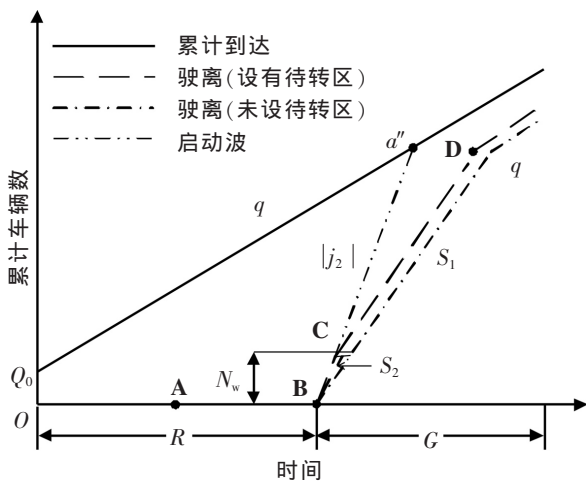


图3 累计车辆图(第一停车线过饱和、第二停车线未饱和)
Fig.3 Cumulative chart of left-turn vehicle arrival and departure processes (with the over-saturated 1st stop line and the unsaturated 2nd stop line)

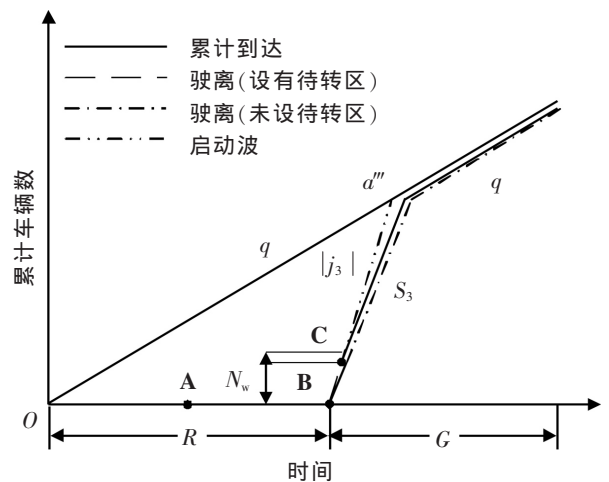


图4 累计车辆图(第一、第二停车线未饱和)
Fig.4 Cumulative chart of left-turn vehicle arrival and departure processes (with the unsaturated stop lines)

3 左弯待转区通行能力计算方法修正

国内大多学者研究左弯待转区对左转车道通行能力的影响时,常采用冲突点法和停车线法。对于交通流量大的采用多相位控制的交叉口,由于冲突次数多、车流运行相互影响,冲突点计算的通行能力往往不够准确^[9]。故对于交通量接近饱和或过饱和的交叉口,一般采用《城市道路设计规范》(CJJ37-90)中推荐的停车线法计算;设有左转保护相位时,1条左转专用车道的通行能力 C_L 如式(9)所示

$$C_L = \frac{3\ 600}{T_C} \times \frac{t_1 - \frac{v_l}{2a}}{t_0} \tag{9}$$

式中: T_C 为信号周期时长, s; t_1 为 1 个信号周期内左转的显示绿灯时间与黄灯时间之和, s; v_l 为左转车辆通过的平均行驶速度, km/h; t_0 为左转车流通过的平均车头时距, s。

由于实际通行能力是指现实的道路交通环境下, 单位时间内交叉口进口道的某一断面所能通过的最大车辆数。因此, 本文以停车线法作为计算的基础公式, 以第一停车线作为参考线, 计算第一、第二停车线均为过饱和状态下的左转车道通行能力。

3.1 待转区容量

车辆从进入交叉口影响范围内算作到达状态, 对于停靠在待转区的左转车辆, 车辆驶离第二停车线被认为是驶离交叉口, 其余的左转车辆驶离均是以第一停车线作为参照线。

如图 5 所示, 设置左弯待转区后, 累计的左转车释放量明显提高, 可以认为设置左弯待转区后左转车道的通行能力得到提高。在考虑了待转区容量后, 左转车道通行能力的增量 ΔC_+ 为

$$\Delta C_+ = \frac{3\ 600}{T_C} \Delta N_1 = \frac{3\ 600}{T_C} \times N_w \times \left(1 - \frac{S_1}{|j_1|} \right) \tag{10}$$

显而易见, 待转区容量与左转车道通行能力呈正相关关系, 且随着待转区容量的逐渐增加, 左转车道的通行能力增量越大, 左转车道通行能力提升的越快。

3.2 绿灯间隔时间

绿灯间隔时间的调整需要考虑机动车微观特性, 特别是平均行驶速度 v_l 与加速度 a 。易知, 设置左弯待转区后, 左转车流的头车离冲突点更近, 这就要求有更长的绿灯间隔时间来保障上一相位的尾车与本相位头车均可顺利通过冲突点。

如图 6, 设置待转区前, 为保证交叉口车辆安全通过冲突点 B 和 D, 从时间上应满足

$$t_{TL} + t_S \leq t_{LF} + t_{损} + AR \tag{11}$$

式中: t_{TL} 为直行车流的尾车从 E 点到 D 点所需的行程时间, s; t_S 为冲突车辆间的安全时距, s; t_{LF} 为左转车流的头车从 A 点到 D 点所需的行程时间, s; $t_{损}$ 为总损失时间, s; AR 为全红时间, s。

假设左转车辆到达冲突点 D 时, 达到平均行驶速度 v_l 则

$$t_{LF} = \frac{v_l}{a} = \frac{2(L_0 + L_{CD})}{v_l} \tag{12}$$

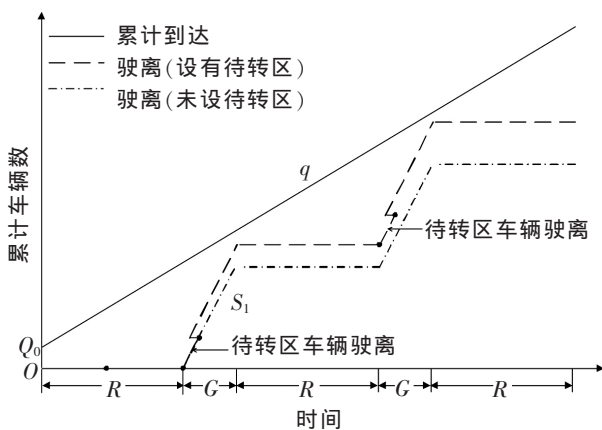


图 5 累计释放量分析模型

Fig.5 Cumulative chart of left-turn vehicle departure

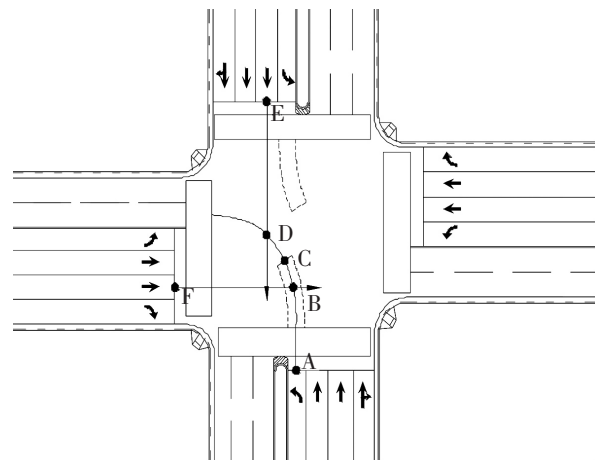


图 6 冲突点分析模型

Fig.6 Analysis model of conflict point

设置左弯待转区后,对式(11)进行修改

$$t_{L'}+t_s \leq t_{LF'}+t_{损}+AR' \quad (13)$$

式中: $t_{LF'}$ 为待转区内左转车流的头车从C点驶入D点所需的时间,s; AR' 为设置待转区后新的全红时间,s。

由于C,D点距离较近,因此车辆行驶到D点时无法达到平均行驶速度 v_l ,因此有

$$t_{LF'} = \sqrt{\frac{2L_{CD}}{a}} \quad (14)$$

$$\Delta t_{LF} = t_{LF} - t_{LF'} = \frac{2(L_0 + L_{CD})}{v_l} - \sqrt{\frac{2L_{CD}}{a}} \quad (15)$$

式中: L_0 为待转区长度,m; L_{CD} 为C点到D点的距离,m; Δt_{LF} 为设置待转区前后左转车流头车驶到冲突点D点相差的时间,s。

由于 t_{LF} 比 $t_{LF'}$ 大 Δt_{LF} 且式(11)与式(13)不等号左边项相等,则 AR' 应比 AR 大 Δt_{LF} 。可见,设置待转区后,左转放行相位与上一相位间的绿灯间隔时间应多 Δt_{LF} 。由于待转区仅对头几辆车的通行有影响,故可认为左转相位与下一相位的绿灯间隔时间保持不变^[10]。

参考停车线法,可知随着绿灯间隔时间的增大,将对通行能力的增加产生不利影响。假设在考虑绿灯间隔时间 Δt_{LF} 的影响下,优化后交叉口的信号周期为 T_c ,则左转车道的实际通行能力增量 ΔC 如式(16)

$$\Delta C = 3\ 600 \times \left(\frac{t_1 - \frac{v_l}{2a}}{t_0} \right) \times \left(\frac{1}{T_c - 2\Delta t_{LF}} - \frac{1}{T_c} \right) \quad (16)$$

3.3 通行能力修正计算模型

综上,左转车道通行能力 C_L 修正计算模型如下

$$\Delta C = \Delta C_+ - \Delta C_- = \frac{3\ 600}{T_c} \Delta N_1 - 3\ 600 \times \left(\frac{t_1 - \frac{v_l}{2a}}{t_0} \right) \times \left(\frac{1}{T_c - 2\Delta t_{LF}} - \frac{1}{T_c} \right) \quad (17)$$

$$C_L = C_0 + \Delta C = \frac{3\ 600}{T_c} \Delta N_1 + \frac{3\ 600}{T_c} \times \left(\frac{t_1 - \frac{v_l}{2a}}{t_0} \right) = \frac{3\ 600}{T_c} \Delta N_1 + C(T_c) \quad (18)$$

式中: ΔC 为左转车道通行能力增量,veh/h; C_0 为优化信号配时方案前交叉口的左转车道通行能力,veh/h; $C(T_c)$ 为周期时长为 T_c 时应用停车线法计算得出的通行能力,veh/h。

对比式(9)和式(18)可知,虽然规范推荐的停车法适用于交通量大的交叉口通行能力计算,但并未考虑到左弯待转区对左转车道通行能力的影响,因此有必要对停车线法公式进行修正。在考虑了待转区容量以及增加的绿灯间隔时间后,修正的停车线可以更精确的计算大流量交叉口下设有待转区的左转车道的通行能力。

4 算例

为验证上述模型,本文选择在南京市水西门大街与北圩路交叉口进行交通调查,该交叉口4个进口均是四进二出的双向六车道设计,且都设有左弯待转区,待转区容量 N_w 为3 veh,交叉口现状图和平面图如图7和图8所示。

基于交通调查数据和VISSIM仿真平台,获取各进口的待转区长度 L_0 、待转区末端到左直冲突点距离 L_{CD} 、左转车辆在各进口道的平均速度 v_l ,平均加速度 a ,并应用式(15)计算各进口左转车辆通行所需的绿灯间隔时间增量 Δt_{LF} ,将汇总的结果列于表2中。

以交叉口最小延误为优化目标,在不降低整个交叉口的服务水平且保证各车流安全运行的情况下,设计配时方案——取绿灯间隔时间为5 s,包括3秒的黄灯时间和2秒的全红时间,信号周期时长 T_c 为94 s。信号配时方案如图9所示。



图 7 交叉口现状图

Fig.7 Present situation map of the intersection

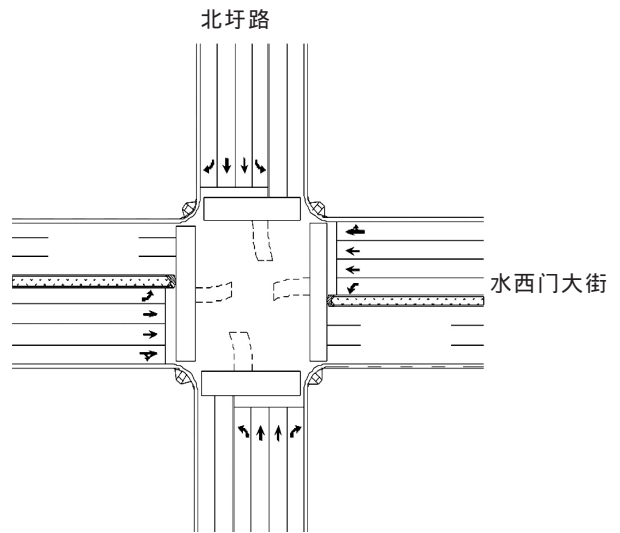


图 8 交叉口平面图

Fig.8 Plane figure of the intersection

表 2 绿灯间隔时间增量结果
Tab.2 The increment of change interval

进口	待转区长度 L_0/m	待转区末端到左直冲突点的距离 L_{CD}/m	平均速度 $v/(km/h)$	平均加速度 $a/(m/s^2)$	绿灯间隔时间增量 $\Delta t_L/s$
东	11.7	4.3	18.4	0.5	2.1
西	11.7	4.3	18.4	0.5	2.1
南	9.2	6.3	16.1	0.6	2.3
北	9.2	6.3	16.8	0.6	2.1

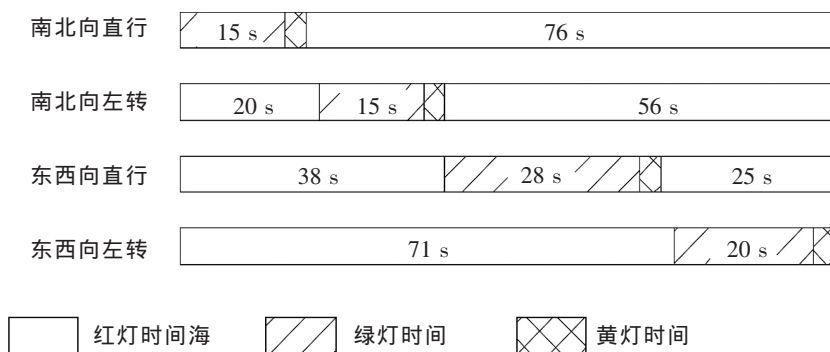


图 9 信号配时方案

Fig.9 Signal timing scheme

依照规范推荐的停车线法和本文修正的停车线法,分别计算设置左弯待转区后东西向和南北向的左转车道通行能力,并与未设待转区下左转车道通行能力进行对比。结果如表 3 和表 4 所示。

通过表 3 和表 4 可知,左弯待转区的设计利于左转车道通行能力的提高。此外,对比表 3 和表 4 可知,相比于规范中推荐的停车线法,本文提出的左转车道通行能力的修正模型在考虑了待转区容量以及绿灯间隔时间增量后,模型的相对误差可控制在 2% 以下,证明了模型的准确性。

表3 左转车道通行能力(停车线法)
Tab.3 The capacity of left-turn lane (under the stop line method)

进口	绿灯时间与黄灯 时间之和 t_l/s	车头时距 t_0/s	未设待转区下左转 车道通行能力/(veh/h)	设置待转区下左转车道通行能力		
				仿真值/(veh/h)	理论值/(veh/h)	误差
东	23	2.1	340	350	326	6.9%
西	23	2.1	340	355	326	8.2%
南	18	2.1	271	281	260	7.5%
北	18	2.1	271	280	257	8.2%

表4 左转车道通行能力(改进的停车线法)
Tab.4 The capacity of left-turn lane (under the improved stop line method)

进口	绿灯时间与黄灯 时间之和 t_l/s	车头时距 t_0/s	未设待转区下左转 车道通行能力/(veh/h)	设置待转区下左转车道通行能力		
				仿真值/(veh/h)	理论值/(veh/h)	误差
东	23	2.1	340	350	352	0.6%
西	23	2.1	340	355	352	0.8%
南	18	2.1	271	281	286	1.7%
北	18	2.1	271	280	283	1.1%

5 结论

本文通过分析左转车辆累计到达-驶离曲线,研究不同的左转车道饱和度下左转车辆的到达、驶离行为,进而总结左弯待转区的设置条件。另外,通过分析待转区容量、机动车微观特性和绿灯间隔时间对左转车道通行能力的影响,提出左转车道通行能力修正模型。最后,以南京市交叉口为例,通过 VISSIM 仿真验证左转车道通行能力增量模型,得出在相似的交叉口情况下,可基于该模型对实际交叉口问题进行分析。由于实际的左转车流运行过程受多因素影响,包括驾驶员心理、左弯待转区设计形式等,因此在后续研究中,将通过搜集更多的调查数据,以得出准确性更高、适用条件更广的通行能力模型。

参考文献:

- [1] 国家统计局. 中国统计年鉴—2018[M]. 北京:中国统计出版社,2018.
- [2] YANG Q,SHI Z. Effects of the design of waiting areas on the dynamic behavior of queues at signalized intersections[J]. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications,2018(509):181-195.
- [3] YANG Z,LIU P,TIAN Z Z,et al. Effects of left-turn waiting areas on capacity and level of service of signalized intersections[J]. Journal of Transportation Engineering,2013,139(11):1076-1085.
- [4] 张东明,李友文. 左转待转区适用条件研究[J]. 市政技术,2015,33(6):34-37.
- [5] 宗二凯,邵长桥. 设有待行区的左转车道通行能力计算方法研究[J]. 武汉理工大学学报,2011,33(10):64-68.
- [6] 陈永恒,白乔文,魏雪延. 设有待转区的左转专用车道车辆释放过程建模[J]. 交通运输系统工程与信息,2014,14(1):174-179.
- [7] 杨路路,冯华. 提升城市交叉口通行能力的设计新思路[J]. 建材世界,2017,38(6):106-111.
- [8] 章国鹏. 信号交叉口左弯待转区的安全研究[D]. 成都:西南交通大学,2015.
- [9] 袁晶矜,袁振洲. 信号交叉口通行能力计算方法的比较分析[J]. 公路交通技术,2006(5):123-128,132
- [10] CHEN Y,QU Z,WANG D,et al. Analysis on waiting area for left-turn vehicles at signalization[C]//Proceedings of the Fifth International Conference on Traffic and Transportation Studies ICTTS,2006:288-298.

(下转第134页)

Application Research of Ultrasonic Phased Array in Underwater Wet Welding

Ye Jianxiong¹, Li Zhigang², Chen Qun³

(1. Zhejiang Insitution of Mechanic & Electric Engineering, Hangzhou 310053, China;

2. School of Mechatronics and Vehicle Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China;

3. Leping No.1 Middle School of Jiangxi Province, Leping 333300, China)

Abstract: The popular sensors used in land welding automation are faced with lot of difficulties while they are used in water. It is meaningful to find a new kind of sensor which is suitable for wet welding. Ultrasonic Phased Array (PA) can work in water conveniently, which controls each element to send out required sound beam separately and focus on specific points. Compared with single ultrasonic sensor, PA works fast and effectively. Interference principle of acoustic beam is analyzed at first, and then the relationship between focusing precision and the shape of PA, the number of sensor element, gap distance between adjacent units and time resolution is revealed with simulation. Then, proper physical parameters of PA are determined. Finally, high time-resolution circuit based on CPLD is given out, which works together with sound emitting and receiving circuits to realize fast scan on welding workpiece, so that the seam line could be deduced with underwater distance detection. Researches manifest that PA is effective for wet welding.

Key words: underwater wet welding; ultrasonic phased array; sound interference; circuit design

(上接第 104 页)

Study on Left-Turn Waiting Area Setting Considering Traffic Saturation

Chen Yiheng¹, Zheng Changjiang¹, Ma Genghua²

(1. College of Civil Engineering and Transportation Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China;

2. College of Harbor, Coastal and Offshore Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: A reasonable left-turn waiting area setting can greatly improve the capacity of the left-turn lane. Firstly, the conditions and effects of left-turn waiting area setting are explored under different traffic saturation of left-turn lanes. Secondly, the capacity model of left-turn lane is modified considering the factors such as the capacity of waiting area, change interval and the microscopic characteristics of the vehicles. Finally, the above modified model is verified by traffic survey and VISSIM simulation. The results show: 1) The left-turning waiting area channelization is beneficial to the improvement of the left-turn lane capacity, but with the increase of traffic saturation, the effect is smaller and the maximum queue length is larger; 2) Through VISSIM simulation, the error of the capacity model can be controlled below 2% considering the influence of factors such as the waiting area capacity.

Key words: left-turn waiting area; the capacity of left-turn lane; traffic saturation; VISSIM simulation