

doi:10.11918/j.issn.0367-6234.2015.02.008

信号交叉口展宽车道交通运行特性

马艳丽¹, 高月娥¹, 冷 雪², 李宗优¹

(1. 哈尔滨工业大学 交通科学与工程学院, 150090 哈尔滨; 2. 辽宁省交通规划设计院, 110166 沈阳)

摘 要: 为了解信号交叉口展宽车道的交通运行特性, 采用现场调查和统计分析相结合的方法, 对设置展宽车道的平面交叉口进行现场观测, 选取交通量、车头时距、车道使用率和事故类型 4 项指标作为特征参数, 分析各参数的变化规律, 进而获得展宽车道的交通运行特性。研究表明: 展宽车道在提高信号交叉口通行能力的同时, 其车头时距具有明显的“两阶段”性, 同时具有车道使用率低、刮擦事故多的特征。展宽车道设置时, 需配合交通标志标线布设措施, 做好渐变段、视距及下游长度优化设计。

关键词: 信号交叉口; 展宽车道; 运行特性; 改善措施; 交通安全

中图分类号: U491

文献标志码: A

文章编号: 0367-6234(2015)02-0042-04

Traffic operation characteristics of auxiliary through lane at signalized intersection

MA Yanli¹, GAO Yuee¹, LENG Xue², LI Zongyou¹

(1. School of Transportation Science and Engineering, Harbin Institute of Technology, 150090 Harbin, China;

2. Liaoning Provincial Communication Planning & Design Institute, 110166 Shenyang, China)

Abstract: Methods such as field investigation and statistical analysis were used to analyze the characteristics of auxiliary through lane (ATL) at signalized intersection. Variation of traffic volume, headway of vehicles, lane utilization ratio and types of accidents were chosen as the characterization parameters and the traffic operation characteristics of ATLs were analyzed. Results show that the ATL plays an important role in enhancing the operational capacity of signalized intersection, but the headway of vehicles driving on ATLs has obvious characteristics of "two stages", low lane utilization rate and more scratch accidents. Means like traffic sign layout improvement measures, transition section, sight distance and downstream length should be applied to improve traffic operation conditions of ATL.

Keywords: signalized intersection; auxiliary through lane; operation characteristics; improvement measures; traffic safety

随着城市的快速发展, 道路交通系统所面临的压力逐渐增大, 提高交叉口通行能力、确保行车安全已成为目前亟待解决的首要交通问题。展宽车道 (auxiliary through lane, ATL) 作为一种降低信号交叉口拥堵程度的过渡措施, 能够有效地提高信号交叉口通行能力, 降低交通事故发生率^[1-2]。

根据展宽车道使用性质的不同, 展宽车道可分为专用和共用两种, 前者仅用于直行或右转车辆, 而后者可同时满足直行和右转车辆需求^[3]。据统计, 在设置有展宽车道的所有交叉口中, 有 85% 的交叉口在上游和下游都设置了右侧展宽车道^[4]。国外针对展宽车道的研究主要集中在车道选择模型与通行能力的分析方面^[5-6], MOON J P 等对拓宽车道的运营评价问题进行研究, 并对合流区的交通安全进行了评估^[7]。国内学者通过仿真分析研究了展宽车道的渠化方式与通行能力^[8]。裴玉龙等对路口拓宽条件下信号交叉口通

收稿日期: 2014-01-24.

基金项目: 国家自然科学基金 (51108136).

作者简介: 马艳丽 (1974—), 女, 博士, 副教授.

通信作者: 马艳丽, mayanli@hit.edu.cn.

行能力和服务水平进行了研究^[9]. 东南大学提出了一种便捷通用的交叉口通行能力的综合计算也可应用于拓宽路口. 国内现有规范中对交叉口拓宽设计都有相关的规定, 但是存在规范标准不一, 相互间有冲突矛盾的问题. 已有研究表明, 展宽车道虽然可以在一定程度上提高交叉口的通行能力, 但由于其特殊的几何条件和运行特性, 常会引发刮擦等道路交通事故^[10]. 本文基于实地调查与历史数据, 研究信号交叉口展宽车道的交通运行特性, 从提高展宽车道使用率、减少刮擦事故角度, 给出了相应的展宽车道安全设计与优化建议.

1 调查样本与数据收集

1.1 样本选取

展宽车道与常规直行车道相比具有长度小, 数量少的特点. 由于一些交叉口有大量右转车辆, 会导致展宽车道的使用率降低^[11]. 另外, 一些信号交叉口展宽车道上设有公共汽车停靠站, 也会对在展宽车道上行驶的车辆产生不利影响, 使观测数据不具有普遍性.

因此, 在选择调查地点时应尽量避免上述两种情况, 选择右转车辆少, 展宽车道内无公交停靠站的交叉口进行观测. 本研究选择符合上述条件的 16 个信号控制交叉口进行现场调查观测.

1.2 调查方法

在对交叉口的实际状况进行调查时需进行实地勘测, 对右转车道的车道宽度、渐变段长度、存储段长度进行实地测量, 并记录相关数据.

在进行车流量调查时, 可选择人工调查的方法, 对所选交叉口进行 12 h 的交通流量调查. 如果条件满足, 可选择录像法、查看交叉口监控等方式进行流量的调查. 人工调查时, 需对配置的人员进行合理分工.

1.3 数据收集

与道路通行能力手册 (HCM2010)^[12] 分析信号交叉口交通运行特性相同, 对 ATL 交通运行情况需收集 15 min 高峰小时流率和大型车比例, 及交叉口几何参数和信号配时等信息.

如果展宽车道中存在直行车辆, 其直行交通量归到右转交通量中, 并假定左转交通没有影响到相邻的直行车道或 ATL 的运行.

具体需要收集的数据包括: 进口道的直行交通量, 进口道右转流率, 进口道的有效绿灯时间, 信号周期, 经过调整的进口道直行和右转车辆的饱和流率.

2 展宽车道交通运行状况分析

由于展宽车道自身几何条件的限制, 在交通量、车头时距、车道使用率三方面与直行车道存在明显差异.

2.1 交通量

采用分步分析法预测 ATL 的直行交通量, 依据无 ATL 交叉口的饱和度 (V/C 值), 对其各参数进行修正, 从而估算 ATL 的交通量期望值, 建立相应的预测模型^[12].

2.1.1 有两条直行车道时 ATL 交通量

对于具有两条直行车道和公用 ATL 的交叉口, 计算参数 X_R (右转交通量的 V/C 值), 有

$$X_R = \frac{V_R}{S_R \times \frac{g}{C}}. \quad (1)$$

式中: V_R 为右转交通流率, veh/h; X_R 为公用 ATL 的右转流率 (包括进入到下游车道的右转流率), veh/h; S_R 为公用 ATL 右转饱和流率 ($0.85S_T$), 其中 S_T 为每条直行车道的饱和流率, veh/h; g 为有效绿灯时间, s.

如果 ATL 为专用车道, ATL 直行交通流率为

$$V_{ATL} = 20.24 - 90.291X_R + \frac{1.73V_T}{100}. \quad (2)$$

式中: V_T 为进口道交通流率, veh/h.

两条直行车道上的交通量可以通过 V_T 和 V_{ATL} 相减获得.

2.1.2 ATL 交通量上限值确定

受 HCM2010 估计值上限的限制, HCM2010 规定了专用或公用车道的最大期望交通量, 其中公用车道上车辆可以自主选择车道行驶. 上限值考虑了右转交通的影响, 根据 ATL 交通量估算结果推算 ATL 的使用率.

如果 ATL 是专用车道, 那么有一条直行车道的进口道的 ATL 最大交通流率为

$$V_{ATL, \max} = V_T \left(1 - \frac{0.50}{f_{LV}} \right). \quad (3)$$

当进口道有两条直行车道, 则其交通流率上限值为

$$V_{ATL, \max} = V_T \left(1 - \frac{0.667}{f_{LV}} \right). \quad (4)$$

式中: $V_{ATL, \max}$ 为 ATL 交通流率上限值, veh/h; f_{LV} 为车道利用系数, 默认值为 0.85.

如果 ATL 是直行与右转共用的车道, 那么 f_{LV} 值不再适用, 因为驾驶员对车道的选择受到共用车道上右转交通量所引起的阻抗影响^[9]. 同样, ATL 交通流率的上限值为

$$V_{ATL,MAX} = \max \left[0, \frac{V_T}{N} \times \left(1 - \frac{\frac{V_R}{S_R}}{\frac{N-1S_T}{V_T}} \right) \right]. \quad (5)$$

式中： N 为进口道中直行车道和公用 ATL 数量； V_R 为公用 ATL 车道右转交通流率,veh/h,包括下游车道进行右转的车辆； S_R 为右转交通的饱和流率,veh/h.

2. 1. 3 增设展宽车道前后情况对比

设置公用或专用 ATL 均可明显缓解交叉口进口道的拥挤情况.表 1 中给出了改造前、改造成公用 ATL 及增设专用 ATL 后计算得出的 V/C 值.

表 1 改造或增设 ATL 后不同运行方向的 V/C 值

方向	V/C		
	改造前	公用 ATL	增设专用 ATL *
直行	1. 087	0. 915	0. 48
右转	0. 490	0. 832	0. 50

* 增设专用 ATL 的情况下依旧保留专用的右转车道.

由表 1 可知,在现有流量和交通信号不改变的情况下,短期内将右转专用车道改造为一条公用的 ATL 车道可以极大缓解交叉口拥堵情况.

2. 2 车头时距

结合现场调查资料与历史数据,对比同一地

表 2 展宽车道与常规直右车道使用率对比

交叉口	类型	%			
		最小使用率	平均使用率	最大使用率	右转车辆平均使用率
亚麻街与亚麻头道街	非拓宽	23	31	38	20
	拓宽	23	28	32	21
大英路与南宝路	非拓宽	25	27	29	23
	拓宽	23	26	29	22
龙丰路与义龙东路	非拓宽	21	27	34	25
	拓宽	19	23	27	26
海府路与琼苑路	非拓宽	29	32	35	30
	拓宽	15	20	25	27

由表 2 可知,设置展宽车道后,展宽车道使用率比常规直右车道使用率低,约为 20%.

图 1 为信号控制交叉口进口道(两条直行车道,一条 ATL 公用车道)ATL 使用率和相应的下游 ATL 长度间的关系.

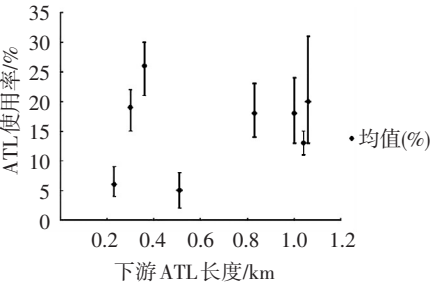


图 1 ATL 使用率和下游 ATL 长度之间的关系

从图 1 可以看出,下游 ATL 长度对上游 ATL 使用率几乎没有影响.因此,ATL 的下游长度仅需

点设置展宽车道前后的情况,记录当信号灯由红变绿后的 10 s 内,某一方向相同位置直行车道和展宽车道的车头时距变化情况,其中,直行车道饱和和车头时距均值为 1. 717,方差为 0. 103;展宽车道饱和和车头时距均值为 2. 353,方差为 0. 157.研究表明,展宽车道排队车辆在释放过程中,车头时距呈现明显的“两阶段”性:第一阶段车头时距相对平稳,由于车辆在排队等候时车辆间仅保持安全车距,信号灯刚刚由红变绿时,车辆启动速度比较慢,车辆间距离变化不大;第二阶段则发生明显的“稀疏”,在正常通行过程中,车辆进入展宽车道需要换道,速度会有所降低,车辆间距增加.

而对于直行车道来说,排队车辆在释放过程中车头时距保持相对平稳,在整个过程中,车头时距都没有发生明显的“稀疏”变化.因此,两阶段性是展宽车道车头时距变化的显著特点.

2. 3 车道使用率

设置展宽车道与不设置展宽车道相比,其车道使用率(某交叉口进口道的展宽车道通行车辆与其入口总交通量的比值,即展宽车道使用率)不同,与常规直右车道使用率进行对比分析,其数据结果见表 2.

满足车辆换道合流需求即可.

3 展宽车道车辆运行的安全性

设有展宽车道的交叉口交通事故情况见表 3. 由表 3 可知,设有展宽车道的交叉口碰撞事故率约为 52%,刮擦事故率约为 11%.与常规直右车道相比,展宽车道上发生刮擦事故的可能性更大.但是,设置展宽车道后最易发生的事故并不像其他事故那样严重.

设置展宽车道的交叉口易发生刮擦事故,部分原因是道路沿线的标志标线设置不合理,导致驾驶员对于展宽车道的几何特性以及车道性质不了解,不能及时作好换道准备,常常采取强制换道方式驶入展宽车道,导致与相邻车道车辆发生冲突.

因此,展宽车道设计和应用时,应注重以下几方面要点:1)标志标线应在交叉口上游,利用标志和标线明确指出展宽车道的使用性质,以提高展宽车道使用率.2)展宽车道渐变段的设计长度和角度应符合相关标准,渐变段长度与行车速度、缩减或拓宽的宽度及安全停车视距有关.3)设计较好的展宽车道行车视距,有利于吸引驾驶员使用展宽车道,减少交通事故发生.4)下游展宽车道需要有足够的长度和合流渐变段.

表3 展宽车道交叉口交通事故情况汇总

序号	追尾事故数	刮擦事故数	事故总数
1	54	13	112
2	45	6	99
3	42	5	54
4	41	12	207
5	34	2	45
6	33	6	44
7	29	5	48
8	28	1	63
9	27	2	58
10	27	33	35
11	24	2	32
12	23	4	34
13	20	12	115
14	17	12	33
15	15	0	22
16	12	4	49

4 结 论

1)展宽车道既可以应用于主干路也可以应用于次干路.在满足经济和环境限制条件下,信号交叉口设置展宽车道,能够提高交叉口的通行能力,降低通行车辆在交叉口的延误和排队时间.

2)展宽车道具有与常规直行车道完全不同的车头时距变化规律,车头时距具有明显的“两阶段性”.展宽车道使用率较常规直右车道使用率低,约为20%,下游ATL长度对上游ATL使用率几乎没有影响.

3)设置展宽车道后,增加了车辆换道行为,车辆间发生碰撞、刮擦事故的可能性增加,刮擦事故率约为11%.可通过合理布设标志标线,有效降低车辆发生事故的概率,提高展宽车道的使用率,进而改善交叉口的安全性,提高交叉口的运行能力.

参考文献

[1] HURLEY J W. Utilization of auxiliary through lanes at

signalized intersections with downstream lane reductions [J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 1996,1572: 167-173.

[2] BUGG Z, ROUPHAIL N, SCHROEDER B, et al. Implementing auxiliary through lanes in context of highway capacity analysis [J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2012, 2286, 21-28.

[3] TARAWNEH M S. Utilization of auxiliary through lanes at intersections of four-lane, two-way roadways [J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2000, 1737: 26-33.

[4] TARAWNEH M S, TARAWNEH T M. Effect on utilization of auxiliary through lanes of downstream right-turn volume [J]. Journal of Transportation Engineering, 2002, 128(5): 458-464.

[5] BUGG Z, ROUPHAIL N, SCHROEDER B. Lane choice model for signalized intersections with an auxiliary through lane[J]. Journal of Transportation Engineering, 2013, 139(4): 154-186.

[6] YOICHI M, MASAHICO M, SHOICHI H, et al. The effect on lane utilization and traffic capacity of adding an auxiliary lane original research [J]. Social and Behavioral Sciences, 2011, 16: 37-47.

[7] MOON J P, REESE P E, MICHAEL P. Evaluation of operations and safety in a congested freeway merging area with auxiliary through lane [C]//Transportation Research Board 91st Annual Meeting. Washington DC: Transportation Research Board, 2012.

[8] 许有俊, 郭楠. 城市快速路出口辅路附加车道长度的仿真研究[J]. 北京工业大学学报, 2009,35(11): 1516-1520.

[9] PEI Yulong, CHENG Guozhu. Research on service capacity of widened intersection based on traffic simulation[J]. Journal of Southeast University, 2003, 19(4): 383-386.

[10] NEVERS B, STEYN H, MERESZCZAK Y, et al. Guidelines on the use of auxiliary through lanes at signalized intersections[R]. Washington DC: American Association of State Highway Officials, Federal Highway Administration, 2011:19-21.

[11] RING J, SADEK A. Predicting lane utilization and merge behavior at signalized intersections with auxiliary lanes in Buffalo, New York [J]. Journal of Transportation Engineering, 2012, 138(9): 1143-1150.

[12] Transportation Research Board. Highway capacity manual 2010[M]. Washington DC: Transportation Research Board of the National Academics, 2011:186-193.

(编辑 魏希柱)