

基于 VISSIM 仿真的 交叉口公交专用道适用性分析

张范磊¹, 付晶燕², 赵靖¹

(1. 上海理工大学管理学院, 上海 200093; 2. 中国城市规划设计研究院, 北京 100044)

摘要: 本文对交叉口处设置公交专用道的可行性进行分析。首先对信号控制建立多目标优化配时模型, 在优化配时的基础上使用 vissim 仿真软件输出不同类型车辆的延误数据, 对不同流量水平和转向比例下设置交叉口公交专用道的可行性进行分析。选取交叉口进口总流量以及转向比例作为主要影响因素, 通过对比分析发现在进口道总流量 1600pcu/h 时交叉口公交专用道具有较好的适用性, 同时相比常规交叉口渠化对于不同的转向比具有更好的鲁棒性。

关键词: 交叉口公交专用道; 多目标优化; 仿真分析; 信号优化模型

中图分类号: U491

文献标识码: A

文章编号: 1006—7973 (2021) 12—0148—03

随着城市规划部门近年来越来越提倡公交出行, 发展好公交出行方式的便捷性、舒适性以及准时性成为了吸引道路交通流的关键所在。

在对交叉口通行效率的提升上, 赵靖等考虑交通的波动性, 建立信号控制鲁棒优化方法显著改善交叉口运行效率; 赵靖等以交叉口总延误最小为目标, 建立排队式交叉口最佳周期理论模型, 以较小的周期时长提高了交叉口运行效率。任义凡等针对过饱和交叉口采用多目标优化模型, 以减少车辆延误额排队为目标求解了优化的配时方案。

在对公交专用道问题的研究上, 赵靖等通过分析各种实测饱和车头时距, 提出有、无公交专用进口道情况下的社会车辆、公交车辆和车道组的通行能力计算模型; 宋现敏等提出了一种新型动态公交专用道来提高公交的运行效率; 史远等基于路阻模型对公交专用道进行了优化设置; 陈保斌等以厦门为例使用 vissim 仿真软件对公交专用道的运行效益进行仿真分析。

为满足以上条件, 本文提出一种节点式公交专用道的设置方式, 在提高公交运行质量的同时尽可能减少对社会车辆的影响。首先使用多目标优化配时模型对交叉口进行最优配时, 考虑了不同流量水平以及不同转向比例对节点式公交专用道设置的影响, 使用 vissim 仿真软件对延误结果进行输出, 对比分析不同工况下节点式公交专用道的适用性, 定量确定了节点式公交专用道的适用场景, 可以为不能做全线公交专用道的断点式公交专用道提供一定的依据。

1 节点式公交专用道几何特征

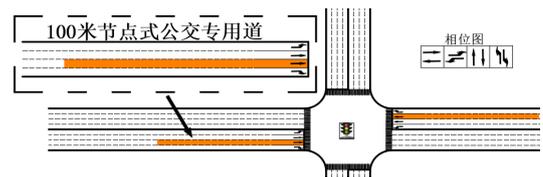


图1 节点式公交专用道设置图示

节点式公交专用道设置如上图1所示, 公交专用道设置在交叉口前距离停车线 100 米的距离。对于一些常规交叉口来说, 如果交通量比较大或者信号相位设置不合理会对公交车产生比较大的影响, 比如交叉口处排队时间太长甚至需要二次排队。通过设置该段公交专用道能够让公交在该距离下路段上避开与社会车辆的混行以及较长的排队情况。

2 多目标优化配时模型

2.1 模型建立目标函数

在优化配时过程中主要保证对社会车辆的影响尽可能小, 因建立的多目标优化模型以社会车辆的通行效率最大和车辆在交叉口的滞留时间最小为目标, 如式(1)所示:

$$Z = \max \left(c - \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N d_{ij} \right) \quad \forall i = 1, \dots, N; j = 1, \dots, N \quad (1)$$

式中 $i=1, 2, 3, 4$ 分别表示交叉口四个进口道, $j=1, 2, 3$ 分别表示左、直、右三个流向, Z 为目标函数, c 为交叉口通行效率, d_{ij} 为 i 进口 j 方向车辆平均延误。

2.2 约束条件

(1) 根据 Webster 延误计算公式, 每一相位车均延误满足等式(2):

$$d_{ij} = \frac{c(1-\lambda_j)^2}{2(1-y_{ij})} + \frac{x_{ij}^2}{2q_{ij}(1-x_{ij})} d_{ij} = \frac{c(1-\lambda_j)^2}{2(1-y_{ij})} + \frac{x_{ij}^2}{2q_{ij}(1-x_{ij})} \quad (2)$$

式中 C 为周期时长, λ_j 为 j 流向的绿信比, y_i 为 i 进口 j 流向的流量比, q_{ij} 为 i 进口 j 流向的流量, x_{ij} 为 i 进口 j 流向的饱和度。

(2) 交叉口通行效率满足等式 (3)。

$$c = s_{ij} \times \lambda_j = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{N-1} c_{ij} \quad (3)$$

其中 s_{ij} 为 i 进口 j 流向的饱和流率 (pcu/h)。

(3) 周期时长的约束, 周期时长应保证在最小周期时长和最大周期时长范围内。

$$C_{min} \leq C \leq C_{max} \quad (4)$$

式中 C_{min} 为最小绿灯时间, C_{max} 为最大绿灯时间。

(4) 各相位绿灯时长的约束, 各流向绿灯时长在最大绿灯时间和周期时长之间。

$$g_{min} \leq g_{ij} \leq C \quad (5)$$

式中 g_{min} 为最小绿灯时间, g_{ij} 为 i 进口 j 流向的绿灯时间。

(5) 交叉口饱和度约束。

$$y_{ij} \leq \frac{\sum_{j=1}^{N-1} q_{ij}}{s_{ij}} \quad (6)$$

3 基于 vissim 仿真的节点专用道多工况分析

本文以金海路平庄公路交叉口为例进行分析, 根据不同的流量数据和转向比例数据, 按照多目标优化配时模型计算给出相应的最优配时方案。

3.1 等转向比例下不同流量数值分析

首先在等转向比的情况下改变主线金海路流量, 控制支路平庄公路流量不变 (现状流量)。控制相同转向比条件下将流量分为以下 6 个等级, 如下表所示。

表 1 主路不同流量水平以及转向比

交通需求	进口道总流量 (pcu/h)	转向比 (左/直/右) %
1	1000	20/70/10
2	1200	20/70/10
3	1400	20/70/10
4	1600	20/70/10
5	1800	20/70/10
6	2000	20/70/10

3.1.1 优化配时方案

当主线分别在 6 种流量水平下, 根据模型计算最优配时方案输出如下表所示配时方案。

表 2 不同流量水平下的优化配时

金海公路平庄公路优化配时 (s)					
流量水平	东西直行	东西左转	南北直行	南北左转	周期
1000	17	19	22	9	79
1200	18	20	28	10	88
1400	19	21	35	11	98
1600	22	25	46	15	120
1800	25	28	60	20	145
2000	30	34	80	25	181

3.1.2 专用道适用性分析

对上述 6 种流量水平进行建模分析, 以社会车辆和公交车辆的平均延误作为指标, 计算结果如下图所示。由图 2 可知, 随着流量水平增加, 不论是公交车还是社会车辆延误都有不同程度的增加。当流量大于 1600pcu/h 时未设置公交专用道的社会车辆延误分别提升了 17% 和 23%, 而设置了交叉口公交专用道的社会车辆延误提升了 20% 和 36%, 当流量大于 1600pcu/h 的水平时设置公交专用道会对社会车辆产生比较大的影响, 如图 3 所示。对于公交车而言, 当流量在 1400pcu/h 以下时是否设置交叉口公交专用道对公交运行提升有限, 当流量达到 1600pcu/h 时设置交叉口公交专用道对公交车的运行效率有大幅度提升 (如图 2), 并且此时设置公交专用道对社会车辆的影响也比较小。当流量大于 1800pcu/h 时公交专用道对提升公交运行效率的作用就逐渐减少甚至会很大程度上比不设置专用道延误更大。综上所述, 在左、直、右转向比为 20: 70: 10 的情况下, 当流量小于 1400pcu/h 考虑到道路建设成本不建议设置公交专用道, 当流量达到 1600pcu/h 时建设交叉口公交专用道能大幅提升公交车的运行效率, 但是当流量大于 1800pcu/h 会对社会车辆产生较大影响同时公交车的运行效率也会大幅下降, 因此在该流量水平下不建议设置交叉口公交专用道。

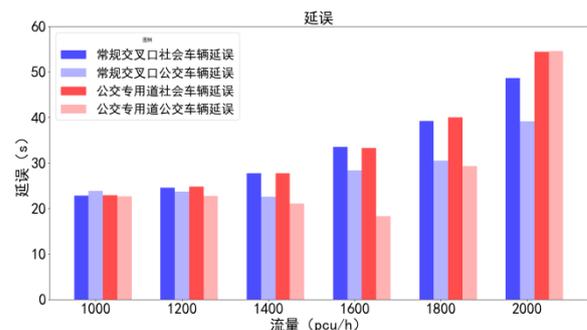


图 2 不同流量水平下各类车辆延误

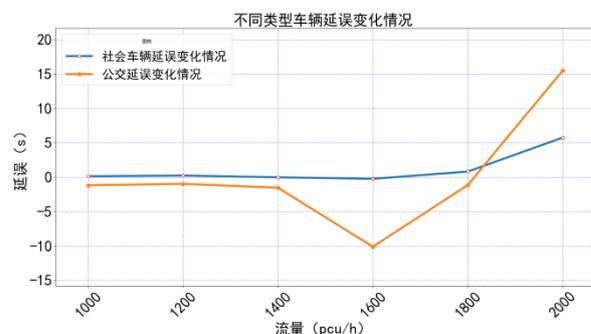


图 3 不同流量水平下各类车辆延误增减情况

3.2 等流量情况下不同转向比值分析

除了交叉口流量对交叉口专用道的设置影响相对较大以外,主路在交叉口的转向比例对交叉口是否设置公交专用道的运行也有很大的影响。通过图4可知当主路流量在1600pcu/h时,是否设置公交专用道对公交车的运行有较大的影响,因此在该部分选取主路流量为1600pcu/h的流量值来做不同流量比的数值分析。

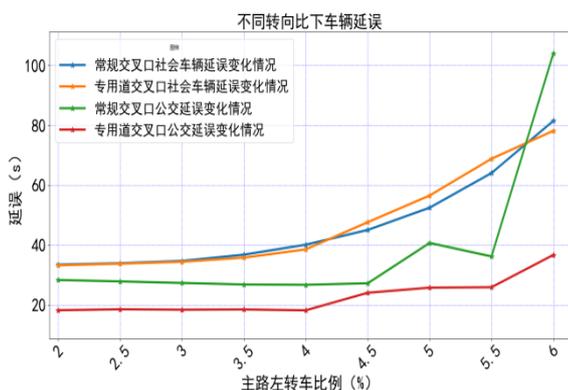


图4 不同转向比下车辆延误变化图示

为研究转向比对设置交叉口专用道的影响,在该部分的数值分析以5%为间隔将转向比从20%逐步增加。由图4可知随着转向比例的逐步增加,社会车辆的延误也随之增大,当左转比例达到45%~55%之间时设置交叉口专用道的车辆延误比常规交叉更大。对于公交车来说,不同转向比例下设置公交专用道的公交延误普遍小于常规交叉的公交专用道。当左转车比例达到45%时设置交叉口专用道的公交延误仅比常规交叉的公交延误少3s,考虑到社会车辆的延误增加较多,此时设置公交专用道效果不佳。当左转车比例增加到50%甚至更高的比例,常规交叉的公交延误会有大幅度增加,而对于设置交叉口公交专用道来说,更加极端的转向比下仍能够有较好的鲁棒性。综上所述,当主路流量达到1600pcu/h时设置交叉口公交专用道相较于常规交叉能够更好地适应不同转向比的情况。

4 结论

本文以多目标优化配时模型作为配时依据,在最优配时的基础上对所提出的节点式公交专用道进行分析并得出以下结论:

(1) 在最优的配时方案下,当进口道总流量达到1600pcu/h时设置公交专用道的效果最明显,当流量小于1400pcu/h时公交运营效率提升效果不明显,同时该

流量下节点式公交专用道的设置对社会车辆几乎没有影响。当流量大于1800pcu/h设置节点式公交专用道会给社会车辆带来很大的影响进而会导致公交在交叉口上游运行不畅,因此在该流量水平下不建议设置公交专用道。

(2) 在1600pcu/h的流量水平下,改变左转车的比例,交叉口的总体延误会逐渐变高,但是对于公交车的运营效率来说,节点式公交专用道在不同转向比下相比常规交叉有更好的鲁棒性。

参考文献:

- [1] 赵靖,杨晓光,白玉,劳云腾. 公交专用进口道对信号控制交叉口通行能力的影响[J]. 城市交通,2008(05):74-79.
- [2] 田关云,罗璐. 公交专用道精细化设计及微观仿真研究[C].2019年中国城市交通规划年会. 0.
- [3] 赵靖,陈凯佳,周溪召. 出口道左转交叉口信号控制鲁棒优化方法. 中国公路学报,2020,33(7):145-155.
- [4] 史远,安帅,富迪. 基于路阻模型的公交专用道的优化设置[J]. 汽车实用技术,2019(23):84-85+90.
- [5] 赵靖,郑喆,韩印. 排阵式交叉口延误及最佳周期模型. 中国公路学报,2019,32(3):135-144.
- [6] 宋现敏,张明业,李振建,王鑫,张亚南. 动态公交专用道的设置及其仿真分析评价[J]. 吉林大学学报(工学版),2020,50(05):1677-1686.
- [7] 白玉,薛昆,杨晓光. 公交专用车道效益评价方法探讨[J]. 公路交通科技,2004(01):102-105.
- [8] 李娟,刘安阳. 公交专用道的设置方式对信号控制交叉口通行能力影响[J]. 交通运输工程与信息学报,2016,14(04):10-17+29.

基金项目:上海市自然科学基金项目(20ZR1439300);上海市软科学重点项目(21692105100)。