

港湾式公交站点位置对交叉口通行能力影响模拟分析

赵胜

(华南理工大学 土木与交通学院, 广东 广州 510640)

摘要: 通过建立港湾式公交站点元胞自动机模型, 运用 Visual C++ 编程对城市道路中港湾式公交站点影响下的混合交通流运行情况进行模拟, 分析港湾式公交站点布设位置对其下游交叉口进口道通行能力的影响。结果表明, 存在一个临界布设位置使港湾式公交停靠站对其下游交叉口进口道通行能力的影响最小, 且该临界位置受下游交叉口进口道处车辆平均排队长度的影响。

关键词: 城市交通; 公交站点; 交叉口; 元胞自动机; 通行能力

中图分类号: U491.2

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2017)05-0017-03

港湾式公交停靠站具有占用城市道路空间少, 在停车期间对城市交通影响较小等优点, 在中国各城市均得到广泛应用。虽然在一般情况下港湾式公交停靠站对道路交通的影响相对较小, 但公交车在进出站时仍会与周围其他车辆相互干扰, 在道路拥挤路段更严重。港湾式公交停靠站若设置不合理, 不仅会严重影响自身的运行速度, 还会造成该区段交通不畅和交通量明显下降, 成为路段的交通瓶颈, 不利于提高道路乃至路网的通行能力及通行效率。目前, 一些学者研究了港湾式公交站点布设位置对信号交叉口处车辆延误的影响。该文通过建立港湾式公交站点的元胞自动机模型, 对城市道路中港湾式公交站点影响下的混合交通流运行情况进行模拟, 分析港湾式公交站点布设位置对其下游信号交叉口进口道通行能力的影响。

1 港湾式公交站模型

建立图 1 所示路段, 该路段有 2 条车道, 车辆行驶方向为自左向右。路段长度为 L 个元胞, 路段下游为两相位信号交叉口入口, 港湾式公交停靠站设置在交叉口上游 L_B (L_B 为相对于道路模型上游端点的距离) 处。公交停靠站的上游和下游分别设置车辆进站区和出站区, 这两个区域都恰好能容纳一辆公交车。公交站第一个元胞的位置为 L_B , 出站区最后一个元胞的位置为 L_C 。在进站区, 需停靠的公交车必须行驶在邻停靠站的车道上, 以便车辆进站停靠。系统中考虑小汽车和公交车两种类型车辆, 小汽车占据 1 个元胞, 公交车占据 2 个元胞, 且两种车型所允许的最大行驶速度不同, 公交车的速度用 v_b 表示、进出站时的速度均为 v_{be} , 小汽车的速度用

v_c 表示。

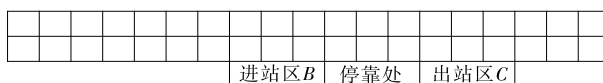


图 1 路段示意图

2 车辆运行和换道规则

2.1 车辆在路段上向前运行状态的更新规则

公交车在进站区和出站区内具有特殊的运行规则, 进站时的运行规则为:

$$v_B = \begin{cases} 0, s=1 \text{ 或 } d_{c, \text{back}} < 2 \\ v_{be}, s=0 \text{ 和 } d_{c, \text{back}} > 2 \end{cases}$$

公交车离站时的运行规则为:

$$v_B = \begin{cases} 0, t_s < t_0 \text{ 或 } d_{c, \text{back}} < 2 \\ v_{be}, t_s > t_0 \text{ 和 } d_{c, \text{back}} > 2 \end{cases}$$

式中: s 表示公交停靠站停靠位置的状态, $s=1$ 表示停靠位置已满, $s=0$ 表示还有停靠位置; t_s 、 t_0 分别为当前公交车的停靠时间和公交车所需的最短停靠时间; $d_{c, \text{back}}$ 为公交停靠站出站口与近停靠站车道上后车的空元胞数。

公交车进站前需判断停靠站内是否有停靠位置, 若有则停靠, 若没有则等待有停靠位置空出后再进站停靠。公交车需在停靠站至少停靠最短停靠时间后才能判断交通状况是否满足离站的安全要求, 若满足则离站, 若不满足则继续等待。

在其他区域, 车辆具有相同的运行规则, 即采用 Nagel 和 Schreckenberg 于 1992 年提出的 Nasch 运行规则: 1) 加速规则为 $v_n \rightarrow \min(v_n + 1, v_{\max})$, 反映司机倾向于以尽可能大的速度行驶的特点, 且车辆的加速度为 1, 车辆的速度不会超过最大速度。2)

减速规则为 $v_n \rightarrow \min(v_n, d_n)$, 确保车辆不会与前车发生碰撞且尽量少地减速。3) 随机慢化规则为以概率 p , $v_n \rightarrow \max(v_n - 1, 0)$ 。4) 位置更新规则为 $x_n = x_n + v_n$ 。其中 x_n 、 v_n 分别表示第 n 辆车的位置和速度; d_n 表示第 n 辆车和前车 $n+1$ 之间的空元胞数, $d_n = x_{n+1} - x_n$ 。

2.2 车辆在普通路段上的换道规则

在其他区域, 车辆的换道规则参照文献[7]中的对称换道规则:

$$d_n < \min(v_n + 1, v_{\max}), d_{n, \text{other}} > d_n, \\ d_{n, \text{back}} \geq v_{\max} \quad (1)$$

式中: $d_{n, \text{other}}$ 为第 n 辆车与目标车道上前车的空元胞数; $d_{n, \text{back}}$ 为第 n 辆车与目标车道上后车的空元胞数。

式(1)表示当前车道不能满足车辆加速或以最大速度行驶的要求, 而目标车道的交通状况比当前车道好, 且换道能满足车辆安全行驶的条件。

3 交叉口通行能力影响分析

模拟时采用的参数如下: $L = 150$; 公交停靠站最短时间 $t_s = 15$ s; 公交停靠站长度为 4, 即停靠站可同时停靠 2 辆公交车; 公交车所占比例 $p = 5\%$; 公交车停靠站位置为 L_B ; 每个元胞的实际长度为 7.5 m; 公交车最大行驶速度为 2, 即 54 km/h; 小汽车允许最大行驶速度为 3, 即 81 km/h; 下游交叉口红灯时长为 R 。车辆的车型和速度在进入道路模型时都是随机的, 道路上游端点上无车时即让车辆进入, 以保证车流饱和。根据上述模型及所给参数, 运用 Visual C++ 进行编程。程序共运行 10^4 个时步, 前 2 000 个时步的数据略去, 统计 2 000 时步以后通过交叉口的交通量 Q 。

3.1 公交车停靠站位置对交叉口通行能力的影响

研究公交车停靠站位置对交叉口通行能力的影响时, 设 L_B 为自变量, 通过改变 L_B 的值(即改变公交停靠站与交叉口的距离)得到在不同红灯时长下的交通量(见图 2)。

由图 2 可知: 1) L_B 与 Q 的关系曲线存在拐点 P , 称为临界港湾式公交停靠站位置。在拐点之前, 通过交叉口的交通量只是在波动, 且上下浮动较小, 说明港湾式公交站在拐点之前的位置变化对交叉口通行能力的影响相同, 即单从交叉口通行能力出发, 港湾式公交停靠站可设置在拐点以前的任一位置; 而在拐点之后, 港湾式公交站距交叉口越近, 通过

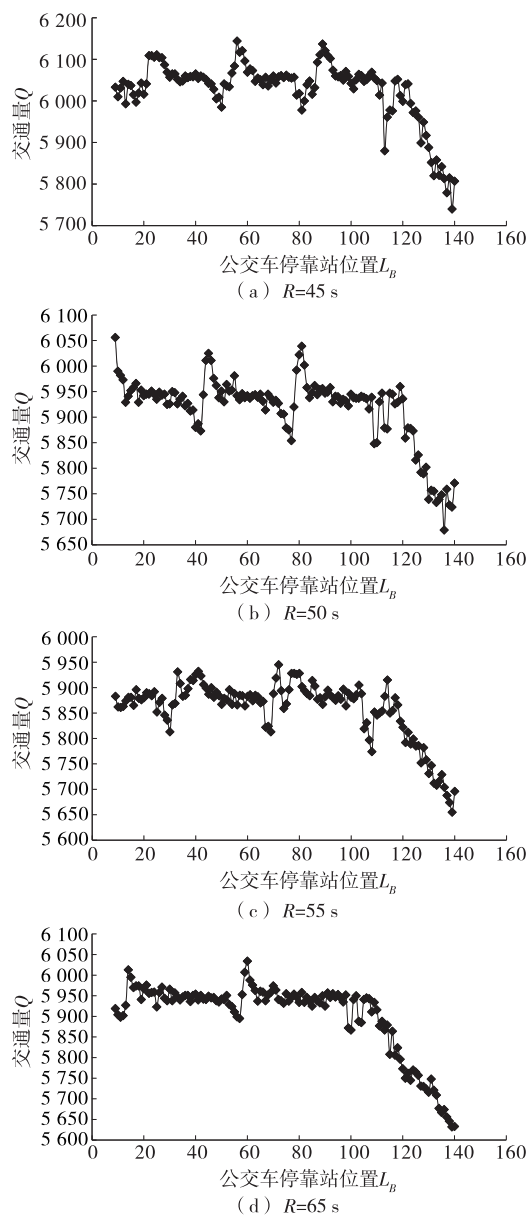


图 2 不同红灯时长下 L_B 与 Q 的关系曲线

交叉口的交通量越小, 说明在拐点以后, 港湾式公交停靠站距交叉口越近对交叉口通行能力的影响越大。2) 交叉口的红灯时间越长, P 点位置距交叉口越远, 说明交叉口的红灯时长对临界港湾式公交停靠站位置有较大影响, 需对信号交叉口红灯时长对临界港湾式公交停靠站位置的影响进行研究。

3.2 红灯时长对临界港湾式公交站位置的影响

研究交叉口红灯时长对 P 点位置的影响时, 设公交车所占比例 $p = 5\%$, 红灯时长 R 及 L_B 为变量。通过改变红灯时长进行仿真模拟, 设 P 点位置距下游交叉口的距离为 d , 仿真结果见表 1, 红灯时长与 d 的关系见图 3。

表 1 不同红灯时长时的 P 点位置

红灯时 长 R/s	P 点 位置	红灯时 长 R/s	P 点 位置	红灯时 长 R/s	P 点 位置
20	0	40	16	60	28
25	6	45	18	65	31
30	9	50	20	70	33
35	11	55	24		

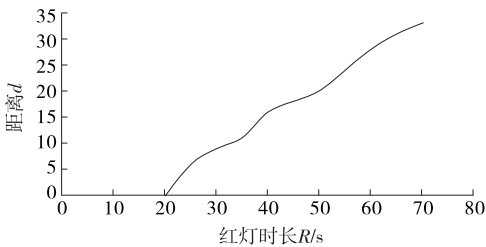


图 3 红灯时长 R 与 d 的关系曲线

由图 3 可知: P 点距下游交叉口的距离 d 与红灯时长 R 具有正相关关系,即红灯时长越长, P 点位置离下游交叉口越远。红灯时长之所以能影响 P 点位置,是因为红灯时长引起交叉口处排队长度变化,红灯时间越长,排队长度越长;红灯时间越短,车辆排队长度越短。 P 点位置受交叉口处车辆排队长度的影响,排队长度与 P 点距下游交叉口的距离 d 存在直接联系。

3.3 排队长度对临界港湾式公交站位置的影响

在研究排队长度对临界港湾式公交停靠站位置的影响时,设公交车所占比例 $p=5\%$,红灯时长 R 及 L_B 为变量。在改变红灯时长时,同时记录相应红灯时长下交叉口的车辆平均排队长度,结合上一节中交叉口红灯时长对 P 点位置的影响分析进行仿真模拟,结果见表 2,平均排队长度与临界港湾式公交停靠站位置距下游交叉口的距离 d 的关系曲线见图 4。

由图 4 可知:平均排队长度与临界港湾式公交停靠站位置距下游交叉口的距离 d 存在直接关系,

表 2 不同平均排队长度时的 P 点位置

平均排 队长度	P 点 位置	平均排 队长度	P 点 位置	平均排 队长度	P 点 位置
8	0	18	16	27	28
10	6	20	18	29	31
12	9	22	20	31	33
15	11	25	24		

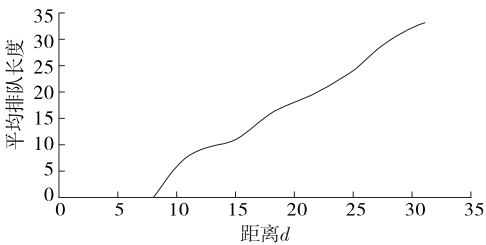


图 4 平均排队长度与 d 的关系曲线

两者位置大体一致,说明临界港湾式公交停靠站位置与交叉口处高峰时段的平均排队长度相吻合,即港湾式公交停靠站设置在平均排队长度以外时对下游信号交叉口进口道通行能力的影响最小。

4 结语

该文构建了设有港湾式公交停靠站的双车道元胞自动机模型并规定了相应的车辆运行规则,基于该模型和规则,运用 Visual C++ 编程模拟了包括公交车在内的城市混合交通流运行情况。通过对下游交叉口交通量的分析,得出存在一个临界位置使港湾式公交停靠站的布设位置对下游交叉口通行能力的影响最小;通过分析在不同红灯时长条件下的下游交叉口交通量,得出该临界位置受红灯时长的影响;通过对交叉口处平均排队长度与临界位置关系的分析,得出港湾式公交停靠站应设置在其下游交叉口处高峰时段平均排队长度以外,此时其对下游交叉口处进口道通行能力的影响最小。

参考文献:

[1] 徐辉,包渊秋.城市道路公交站点设置关键技术研究[J].公路交通科技:应用技术版,2015(3).

[2] 葛宏伟.城市公交停靠站点交通影响分析及优化技术研究[D].南京:东南大学,2006.

[3] 梁士栋,赵淑芝,马明辉,等.路段直线式公交站点设对公交车延误的影响[J].吉林大学学报:工学版,2016,46(6).

[4] 赵月,杜文.公交站点设置对道路通行能力的影响分析[J].公路交通科技,2007,24(8).

[5] 杨晓光,徐辉,王健,等.港湾式公交停靠站设置条件研究[J].中国公路学报,2011,24(1).

[6] S C Wong, W S Au Yeung, S L Cheuk, et al. Delay at signal-controlled intersection with bus stop upstream[J]. Journal of Transportation Engineering, 1998, 124(3).

[7] 贾斌,李新刚,姜锐,等.公交车站对交通流影响模拟分析[J].物理学报,2009,59(10).

[8] 吕双,袁振洲,曹志超.基于公交车到达率的港湾式车

旅馆、自驾车露营地等服务功能的条件。因此,依托交通区位优势,将明港停车区由传统型提升为拓展型,新增汽车旅馆、自驾车露营地等服务设施,是拓展服务功能、满足个性化服务的客观要求。

4 服务区建设规模确定

根据京港澳高速公路驻信段主线交通量、停留率、高峰率、停车时间等参数,综合考虑明港服务区功能的先进性、完备性及相邻服务区距离,结合以往经验确定未来明港停车区改服务区后的停车位需求。依据《河南省高速公路设计技术要求》,按该服务区停车位需要数量推算明港服务区建设规模。明港服务区各项用地规模见表 5、表 6。

表 5 明港服务区停车用地数量

车型	车位数/ 个	用地指标/ ($\text{m}^2 \cdot \text{辆}^{-1}$)	停车用地 面积/ m^2	停车场用地 面积/ m^2
小车	282	45	12 690	
客车	16	120	1 920	30 810
货车	108	150	16 200	

表 6 明港服务区各类用地数量

用地类型	占地面积 m^2
道路、停车场	53 147.17
建筑物、构筑物	8 304.02
广场铺地	8 766.64
绿化	25 118.97
合计	95 336.80

目前,明港停车区占地面积约 $13\,333.4\text{ m}^2$,根据需求分析,其停车区占地面积无法满足改扩建的需要。为满足服务区各项基本功能,同时依托区位优势及市场需求,增加汽车露营、汽车旅馆等多元化服务,确定将明港停车区改为双侧对称式服务区,场站建设总用地面积为 $95\,336.80\text{ m}^2$,包括现有占地面积 $13\,333.4\text{ m}^2$ 、新增面积 $73\,699.38\text{ m}^2$ 及建(构)筑物占地 $8\,304.02\text{ m}^2$ 。

5 结语

综上所述,完全有必要将京港澳高速公路明港停车区改建为服务区。明港停车区的改建,对优化河南省高速公路服务设施、提高高速公路整体服务效能、满足通行车辆及司乘人员的服务需求等具有十分重要的作用和意义。

参考文献:

- [1] 河南省统计局,国家统计局河南调查总队.河南统计年鉴 2015[M].北京:中国统计出版社,2015.
- [2] 河南省统计局,国家统计局河南调查总队.2015 年河南省国民经济和社会发展统计公报[Z].郑州:河南省统计局,2015.
- [3] 豫政[2016]86 号,河南省高速公路网规划调整方案(2016—2030 年)[S].
- [4] JTG D80—2006,高速公路交通工程及沿线设施设计通用规范[S].
- [5] 建标 124—2011,公路工程项目建设用地指标[S].
- [6] JTG B01—2014,公路工程技术标准[S].
- [7] 日本道路公团.日本高速公路设计要领[M].西安:陕西旅游出版社,1991.
- [8] The World Bank.Study of prioritization of highway investments and improving feasibility study methodologies[R].The World Bank,1995.
- [9] 张越.商丘一周口高速公路商丘段可行性研究[D].西安:长安大学,2008.
- [10] 陈鸿博.广东省高速公路服务区规划设计研究[D].广州:华南理工大学,2011.
- [11] 位军.京港澳高速公路许昌北互通立交工程可行性研究[D].重庆:重庆交通大学,2014.
- [12] 杨春龙.朱集至晋庄公路交通量预测[J].中小企业管理与科技:上旬刊,2009(12).
- [13] 吴毅.广东高速公路斗门服务区规划与设计[J].建筑与环境,2008(2).

收稿日期:2017—03—02

(上接第 19 页)

- 站对路段通行能力的影响分析[J].公路与汽运,2015(4).
- [9] 刘应东,牛惠民.多站台港湾式公交站交通流模型及仿真分析[J].交通运输系统工程与信息,2012,12(5).
- [10] 谭云龙.公共交通站点影响区段交通流特性的仿真研究[D].长春:吉林大学,2007.

- [11] 王敬东.港湾式公交停靠站设置问题研究[D].大连:大连理工大学,2003.
- [12] 张兵,凌璐.港湾式公交停靠站对路段通行能力的影响[J].交通信息与安全,2014,32(1).

收稿日期:2017—05—05