

公交车站对交通流影响模拟分析*

贾 斌^{1)†} 李新刚¹⁾ 姜 锐²⁾ 高自友¹⁾

1) 北京交通大学交通运输学院, 城市交通复杂系统理论与技术教育部重点实验室, 北京 100044)

2) 中国科技大学工程科学学院, 合肥 230026)

(2009 年 1 月 21 日收到, 2009 年 2 月 24 日收到修改稿)

采用元胞自动机模型对城市道路中公交车站影响下的交通流特性进行模拟分析. 研究了非港湾式车站和港湾式车站两种设置方式下交通流特性, 对公交车比例和公交车站长度的影响进行了分析. 模拟结果显示非港湾式车站对交通流的影响较大, 通过增加车站长度并不能有效地提高系统流量; 港湾式车站对交通流的影响较小, 通过增加车站长度可以较大幅度地增加系统流量.

关键词: 公交车站, 混合交通流, 元胞自动机

PACC: 0550

1. 引 言

近年来, 交通流理论作为一门新兴的交叉性边缘学科, 受到了众多领域研究人员的关注. 为了描述实际交通特性, 揭示交通流内在的演化机理, 学者们提出了众多理论模型^[1-3], 包括跟驰模型、元胞自动机模型、连续模型, 以及气体动理论模型. 其中元胞自动机模型由于其规则容易修改, 计算效率高, 越来越受到研究人员的青睐. 自 20 世纪 90 年代开始, 元胞自动机交通流模型得到了迅猛发展. Nagel 和 Schreckenberg^[4]于 1992 年提出了著名的 NaSch 模型, NaSch 模型规则简单却可以模拟很多实际交通现象. 随后很多学者在该模型的基础上提出了诸多改进模型^[5-15], 并推广到对实际交通状况的模拟研究中^[16-18], 还通过引入换道规则对多车道系统进行了模拟研究^[19-22].

上述模型都是针对高速公路上的交通流特性而建立的, 然而在城市道路上存在大量的公交车, 而且在路段上设置公交车站, 公交车的停站会影响到其他车辆的正常行驶, 从而降低了路段的通行能力. 公交车站作为城市道路上的一个典型瓶颈, 经常造成相应区域交通混乱. 对公交车站附近交通流特性进行模拟分析, 研究交通流的复杂特性, 有助于深入理

解公交车站附近拥堵产生的机理, 从而为公交车站处交通流的合理组织提供决策依据. 目前, 一些学者对公交车站的影响进行了初步的模拟分析. 赵小梅等对交叉口与公交车站共同影响下的交通流特性进行了详细研究^[23, 24]; 钱勇生等对港湾式公交车站建立元胞自动机模型进行了研究^[25]. 本文分别对非港湾式车站和港湾式车站进行了建模, 比较分析了两种设置方式的优劣, 并研究了公交车比例、公交车站长度对系统流量的影响.

2. 模 型

公交车站有两种设置方式, 即非港湾式和港湾式. 应用元胞自动机模型将具有公交车站的路段描述成如图 1 所示的系统. 路段有两个车道: 左车道和右车道, 路段长度为 L 个元胞. 在路段上, 车辆可以自由换道. 在公交车站上游区域 A 内, 公交车需要提前换到右车道以完成停站, 公交车在此区域内具有特殊换道行为, 该区域长度为 L_A 个元胞. 公交车站的长度为 L_B . 港湾式公交车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够容纳一辆公交车. 系统中考虑两种类型的车辆, 小汽车和公交车, 小汽车占据一个元胞, 公交车占据两个

* 国家重点基础研究发展计划(批准号: 2006CB705500) \ 国家自然科学基金(批准号: 70631001, 70501004, 70701004) \ 教育部新世纪优秀人才支持计划(批准号: NCET-07-0057) 和北京交通大学优秀博士生科技创新基金(批准号: 48025) 资助的课题.

† E-mail: jiabin@jtsy.bjtu.edu.cn

元胞. 车辆类型用 s 表示, $s = 1$ 表示小汽车(占据 1 个元胞长度), $s = 2$ 表示公交车(占据 2 个元胞长度). 下面分别介绍车辆的向前运动规则和换道规则.

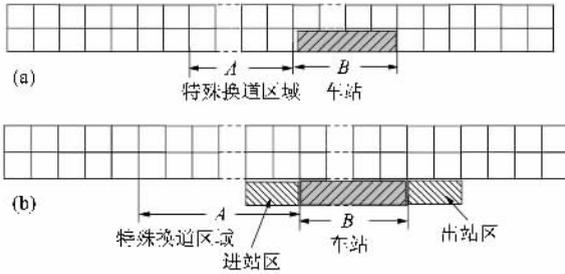


图 1 有公交车站的路段示意图 (a)非港湾式 (b)港湾式

2.1. 车辆向前运动规则

采用 NaSch 模型模拟车辆的向前行驶过程. 下面简要介绍一下 NaSch 模型的演化规则 (1)加速: $v_n \rightarrow \min(v_n + 1, v_{\max})$; (2)减速: $v_n \rightarrow \min(v_n, d_n)$; (3)随机慢化: 以随机概率 p 令 $v_n \rightarrow \max(v_n - 1, 0)$; (4)位置更新: $x_n \rightarrow x_n + v_n$. 其中 x_n, v_n 表示第 n 辆车的位置和速度; $d_n = x_{n+1} - x_n - l_{n+1}$ 表示第 n 辆车与第 $(n+1)$ 辆车之间空元胞的个数, l_{n+1} 表示第 $(n+1)$ 辆车的长度, 也就是其占据元胞的个数, p 是随机慢化概率, v_{\max} 是车辆的 maximum 速度. 小汽车的最大速度为 $v_{\max}^1 = 5$; 公交车的最大速度为 $v_{\max}^2 = 3$.

系统中的公交车存在三种状态: 未停站公交车, $k = 1$; 停站公交车, $k = 2$; 已停站公交车, $k = 3$. 公交车站起点在 $L/2$ 处. 对于非港湾式公交站, 左车道上未停站的公交车不准超过位置 $L/2 + L_B$; 对于港湾式公交站, 左车道上未停站的公交车不准超过位置 $L/2$, 右车道上未停站的公交车不准超过位置 $L/2 + L_B$.

公交车驶入车站后, 紧挨着前方的停站公交车开始停站, 如果前方没有停站公交车, 那么其在车站最前方开始停站. 也就是说公交车优先选择最靠前的位置停站. 停站后, 公交车状态变为 $k = 2$. 公交车的停站时间为 T_s , 已停站时间为 t_s . 如果 $t_s = T_s$, 公交车完成停站, 状态变为已停站公交车 $k = 3$, 可以出站继续向前行驶, 否则, 已停站时间累加 $t_s = t_s + 1$, 公交车继续停留在原处.

为了使得左车道上未停站的公交车能够及时换到右车道上完成停站, 并且尽量减少其对左车道上

小汽车的影响, 当左车道上未停站的公交车不能够继续向前行驶时, 右车道上的车辆需要对左车道上的公交车进行避让, 确保公交车能够换到右车道上. 对于港湾式车站, 为了保证停完站的公交车能够及时由港湾车站换到右车道上, 右车道上未停站的公交车需要避让停站的公交车.

2.2. 换道规则

除了区域 A 和 B 中的公交车需要停站, 具有特殊的换道行为之外, 小汽车和公交车在行驶过程中都可以自由变换车道. 车辆自由换道规则为

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

其中 $d_{n, \text{other}}$ 和 $d_{n, \text{back}}$ 分别表示与目标车道上的前车和后车之间的空元胞数. $d_n < \min(v_n + 1, v_{\max})$, $d_{n, \text{other}} > d_n$ 为换道动机, 表示车辆在当前车道上不能继续加速行驶, 而目标车道上的行驶条件比当前车道好. $d_{n, \text{back}} > v_{\max}$ 为安全性条件保证换道之后不与目标车道上后车发生碰撞. 针对于小汽车与公交车的混合系统, 当小汽车被公交车阻挡时, 即使上述安全性条件不满足, 小汽车也可能会选择换道, 这种换道会迫使目标车道上后车减速, 称为强行换道^[14]. 在模型中, 通过降低安全性条件来描述强行换道行为, 此时安全性条件为

$$s_n = 1, s_{n+1} = 2, d_{n, \text{back}} > 1. \quad (2)$$

在特殊换道区域 A 和 B 中, 在左车道上行驶的未停站公交车必须换到右车道上才能进入车站停站, 无论右车道上的行驶条件是好还是坏, 其都要换道, 此时换道动机与自由换道的动机是不同的. 特殊换道规则为

$$s = 2, d_{n, \text{other}} \geq l_n, d_{n, \text{back}} \geq v_b. \quad (3)$$

对于港湾式车站, 公交车从右车道换到车站中也是采用这一特殊换道规则. 在特殊换道区域中, 行驶在右车道上的未停站公交车不允许向左侧车道换道.

在公交车站处, 未停站的公交车优先进入车站停站. 对于非港湾式车站, 只要车站位置是空的, 左车道上相应位置上的未停站公交车就换到右侧车道上. 对于港湾式车站, 只要车站位置是空的, 右车道上相应位置上的未停站公交车就换到车站上; 只要右车道相应位置有空位, 车站上已停站的公交车就换到右车道上.

系统中小汽车数量为 N_1 , 公交车数量为 N_2 . 小汽车的平均速度为 \bar{v}_1 , 公交车的平均速度为 \bar{v}_2 . 由

于小汽车和公交车的长度不一致, 公交车长度为 2, 小汽车长度为 1. 将一辆公交车换算为两辆小汽车, 然后以小汽车为单位统计系统的密度 ρ 、平均速度 v 与流量 q , 有

$$\rho = \frac{N_1 + 2N_2}{2L}, \quad (4)$$

$$v = \frac{N_1 \bar{v}_1 + 2N_2 \bar{v}_2}{N_1 + 2N_2}, \quad (5)$$

$$q = \rho v = \frac{N_1 + 2N_2}{2L} \frac{N_1 \bar{v}_1 + 2N_2 \bar{v}_2}{N_1 + 2N_2}, \quad (6)$$

系统中公交车的比例为 $r_b = 2N_2 / (N_1 + 2N_2)$.

公交车站每次可以同时容纳 $L_B/2$ 辆公交车停站. 系统中公交车数量 $N_2 = 2\rho L r_b / 2$; 每辆公交车之间的平均间距 $1/(\rho r_b)$; 公交车自由行驶时的速度 $v_{\max}^2 - p$; 假设公交车以等间隔到达, 那么达到公交车站处理能力时, 在平均停站时间 T_s 内恰好到达 $L_B/2$ 辆公交车. 由此条件建立等式

$$T_s (v_{\max}^2 - p) = \frac{L_B}{2} \frac{1}{\rho_c r_b}, \quad (7)$$

可得

$$\rho_c = \frac{L_B}{2T_s r_b (v_{\max}^2 - p)}, \quad (8)$$

这里 ρ_c 表示达到公交车站处理能力时的临界密度.

采用周期性边界条件进行模拟, 对于已停站公交车在经过元胞 L 之后状态变为未停站公交车 $k = 1$.

3. 模拟结果分析

初始状态时, 公交车在系统中均匀放置, 小汽车随机放置. 取道路长度 $L = 2000$, 公交车站上游特殊换道区域长度 $L_A = 20$, 随机慢化概率 $p = 0.1$, 公交车停站时间 $T_s = 30$ s.

首先选取公交车比例 $r_b = 0.2$, 公交车站长度 $L_B = 6$ (可以同时停 3 辆公交车) 对系统的交通流特性进行分析. 此时达到公交车站处理能力的临界密度为 $\rho_c = 0.17$. 图 2 为系统流量与密度的关系图. 如图所示, 系统可按照密度划分为四个区域. 对于非港湾式车站, 当 $\rho < \rho_1$ 时, 系统流量随密度的增加线性增长, 车辆处于自由行驶状态, 小汽车不会受到停站公交车的影响, 车站上游没有发生堵塞(图 3(a) 和 (b)); 当 $\rho_1 < \rho < \rho_c$ 时, 系统流量随密度的增大而减小, 如果公交车站有公交车停站, 那么小汽车受到

干扰, 车站上游产生堵塞, 如果公交车站没有公交车停站时, 堵塞开始消散(图 3(c) 和 (d)); 当 $\rho_c < \rho < \rho_2$ 时, 流量基本不变, 此时系统中公交车的数量超过公交车站的处理能力, 由于公交车在车站上游排队等待进站, 两个车道都产生了一定程度的堵塞(图 3(e) 和 (f)), 密度越大堵塞区域的宽度越大; 当 $\rho > \rho_2$ 时, 随着密度的增加, 系统流量逐渐减少, 堵塞充满整个车道(图 3(g) 和 (h)). 对于港湾式车站, 同样划分为四个密度区域, 当 $\rho < \rho_3$ 时, 车辆处于自由行驶状态; 当 $\rho_3 < \rho < \rho_c$ 时, 公交车站上游产生暂时的堵塞; 当 $\rho_c < \rho < \rho_2$ 时, 公交车站上游一定范围内产生堵塞; 当 $\rho > \rho_2$ 时, 整个系统都处于堵塞状态. 由图 2 还可以看出在中间密度区域, 港湾式车站系统的流量大于非港湾式车站系统的流量.

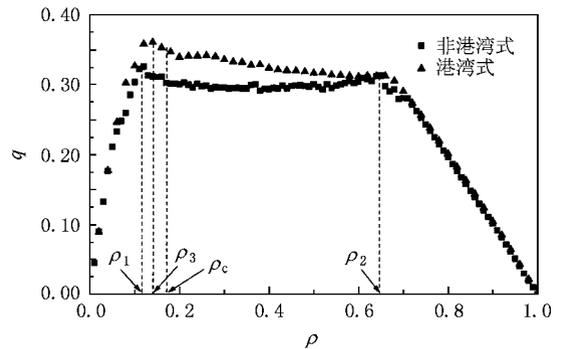


图 2 系统流量与密度的关系图 $r_b = 0.2, L_B = 6$

公交车站作为系统的一个瓶颈, 限制了系统的最大流量. 非港湾式车站系统中, 公交车停站时, 只有左车道可以通行, 港湾式车站系统中, 公交车停站时, 如果右车道上没有排队等待的进站公交车, 那么左右车道都可以通行. 显然非港湾式车站这一瓶颈对系统造成的影响更大, 非港湾式车站系统最大流量要小于港湾式车站系统最大流量.

图 4 为各车道上车辆平均速度与密度的关系图. 图 5 显示了小汽车和公交车在两个车道上的分布情况, R 表示分布比例. 对于港湾式车站, 统计车辆分布时将车站停站的公交车视为其处在右车道上. 下面针对非港湾式车站的情况进行分析, 港湾式车站的结果是类似的. 由图 5 可以看出, 当密度很小时 ($\rho < 0.04$), 小汽车全部在左车道上行驶, 公交车全部在右车道上行驶, 小汽车和公交车之间没有相互影响. 随着密度的增大, 小汽车在右车道上的比例先增大后减小, 而公交车在右车道上的比例先减小

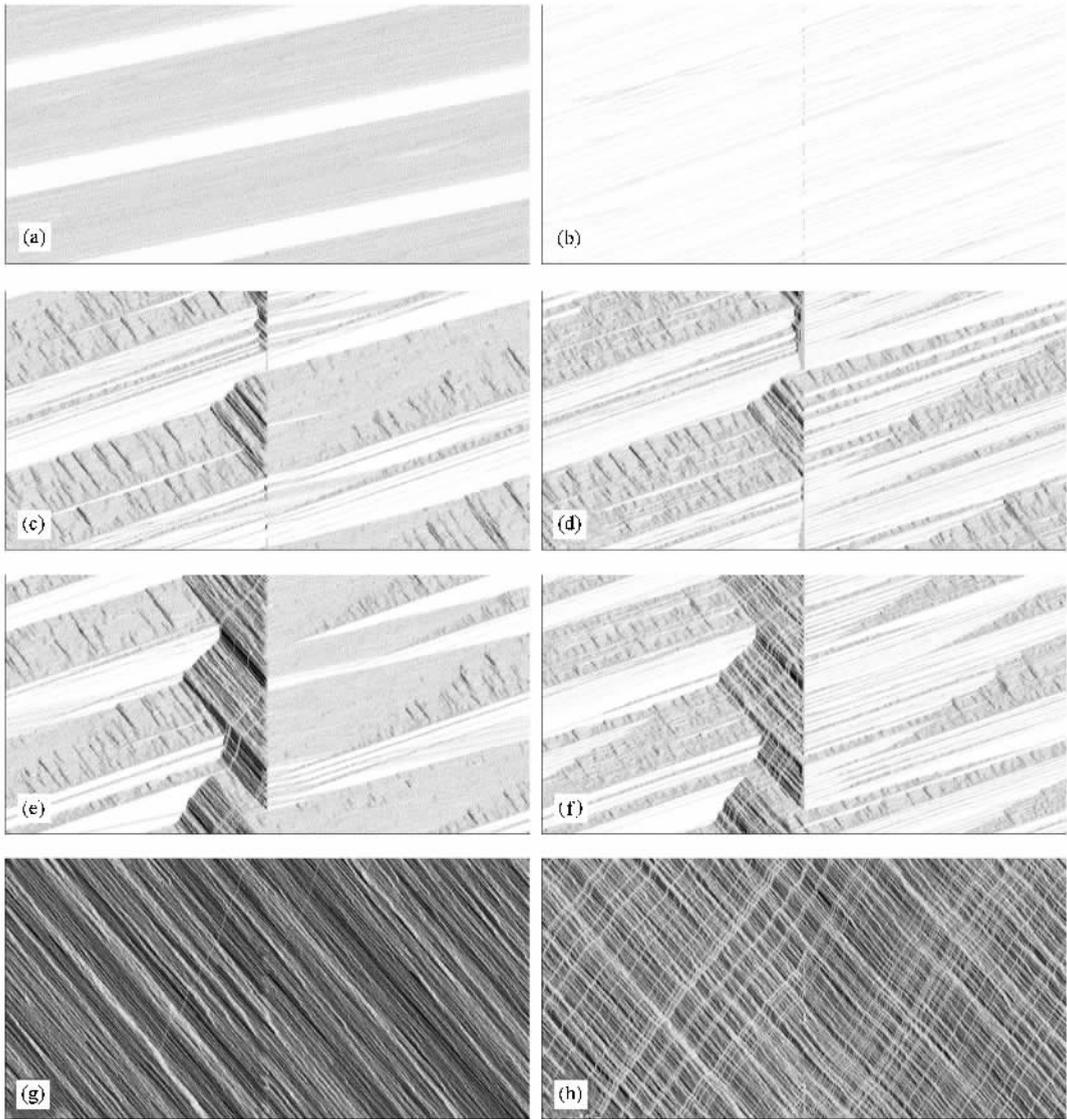


图3 不同密度条件下,非港湾式系统时空图.车辆由左向右行驶,由下向上是时间增长方向;取参数 $r_b = 0.2$, $L_B = 6$.
(a)和(b) $\rho = 0.06$ (c)和(d) $\rho = 0.15$ (e)和(f) $\rho = 0.18$; (g)和(h) $\rho = 0.7$ (a)(c)(e)和(g)表示左车道 (b)(d)(f)和(h)表示右车道

后增大.当两个车道上小汽车和公交车混合行驶时,它们之间就会产生相互影响,如果密度比较小 ($0.04 < \rho < 0.08$),公交车能够以最大速度自由行驶(图4(b)),而小汽车则不能够以最大速度行驶(图4(a)),由此可知,小汽车在行驶过程中会受到公交车的影响.当 $\rho > \rho_1$ 时,由于系统中公交车数量增多,其不能够及时进入车站停车,需要排队进站,小汽车也不能够顺利通过公交车站区域,这就造成了车站上游的堵塞.因此系统的流量受到公交车站这一瓶颈的限制.此时,小汽车在两个车道上分布的比例几乎不变,而且左车道上的小汽车数量多于右车道上的小汽车数量.而公交车在右车道上分布的比例先

减小后增大.导致这一结果的原因是,当密度较小时,公交车数量的增多使得右车道上的行驶条件越来越差,所以会有更多的公交车换到左车道上,而当密度较大时,左车道上的行驶条件并不比右车道好,而且由于空间有限,公交车换到左车道上变得越来越困难.因此公交车在右车道上分布的比例先减小后增大.当 $\rho > \rho_2$ 时,整个车道都处于堵塞状态,公交车在右道上停站后很难再换到左道上,因此,公交车几乎全部在右车道上.此时,小汽车在右车道上的比例比 $\rho_1 < \rho < \rho_2$ 时要大.当 $\rho = 1$ 时,小汽车和公交车都不能移动,车辆在各车道上的分布比例与初始状态一样,各占 50%.

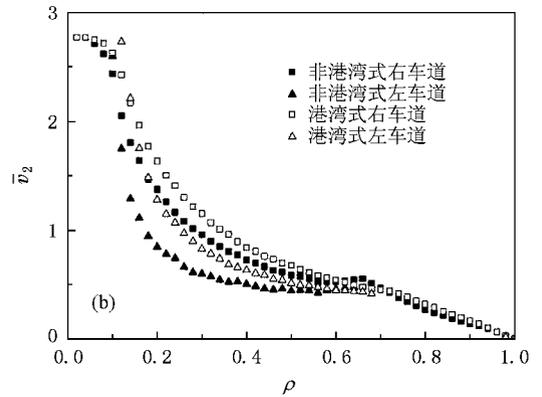
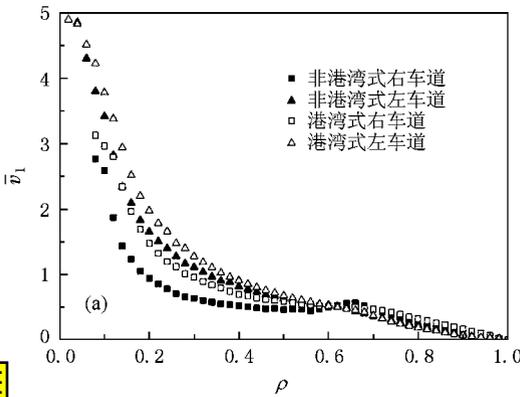


图 4 各车道上车辆平均速度与密度关系图 $r_b = 0.2, L_B = 6$. (a) 小汽车, (b) 公交车

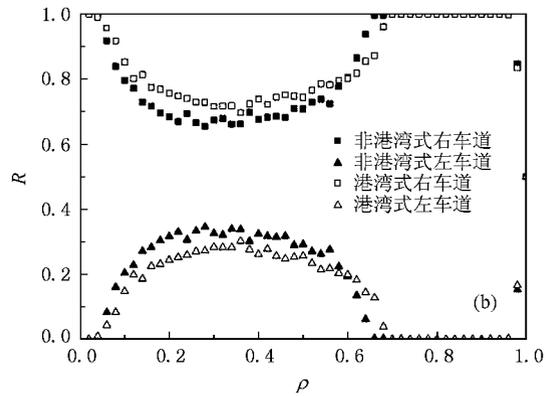
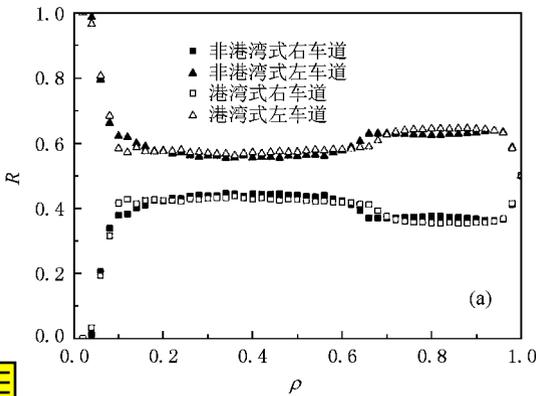


图 5 车辆在两个车道上的分布比例与密度的关系 $r_b = 0.2, L_B = 6$. (a) 小汽车, (b) 公交车

通过将港湾式车站系统与非港湾式车站系统进行比较, 可以发现在密度处于中间区域时, 港湾式车站系统中公交车在右车道上的分布比例比非港湾式车站系统中公交车在右车道上的分布比例大, 因此港湾式车站系统中, 在左车道上公交车数量较少, 小汽车受到公交车的影响比较小, 系统流量较大. 但是图 2 显示在 ρ_2 附近, 非港湾式车站系统流量大于港湾式车站系统流量, 这是由于取相应密度时, 非港湾式车站系统中公交车在右车道上的比例比港湾式车站系统中公交车在右车道上的比例大(图 5(b)). 此时非港湾式车站系统中, 左道上公交车数量少, 对小汽车的影响小.

系统中公交车的比例 r_b 和公交车站的长度 L_B 都会对系统流量产生影响, 下面逐一对这些因素的影响进行分析.

首先对公交车比例 r_b 的影响进行分析. 图 6 显示了 r_b 取不同值时, 系统流量与密度的关系. 由图 6 可以看出, 随着 r_b 的增大, 系统的最大流量减小, 自

由流与堵塞流的临界密度减小. 对于非港湾式车站系统, 当 r_b 较小或较大时, 在密度处于中间区域时不会出现先减小后增加的现象. 对于港湾式车站, 当 r_b 较小时, 由于公交车数量较少, 公交车几乎不用在公交车站处排队等待, 因此对系统的流量几乎没有影响. 然而, 对于非港湾式车站, 即使公交车数量

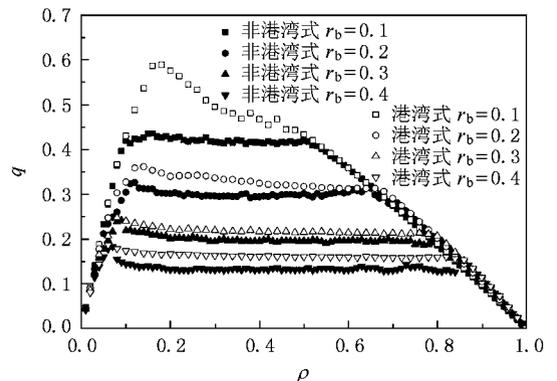


图 6 公交车比例不同时系统流量与密度关系图 $L_B = 6, T_s = 30$

少,不会在车站处排队进站,但是由于公交车停在右车道上,其他车辆只有利用左车道才能通过车站区域,这样必然会限制系统流量.因此,只有那些车流量较小,而且公交车比例不是很大的路段才适合设置非港湾式公交站.

接着对公交车站长度 L_B 的影响进行分析.图 7 显示了 L_B 取不同值时系统流量与密度的关系.随着 L_B 的增大,系统最大流量增加.非港湾式车站系统的最大流量增加的程度要小于港湾式车站系统最大流量增加的程度.当非港湾式车站同时容纳 3 辆公交车以上时,最大流量并不会太大的变化.增加公交车站的长度 L_B ,可以增加同时停站的公交车数量.

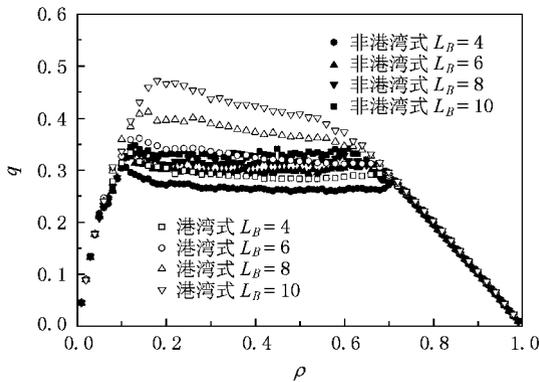


图 7 公交车站长度不同时的系统流量与密度关系图 $T_s = 30$, $r_b = 0.2$

对于非港湾式车站来说,这在一定程度上减少了车站上游排队的公交车数量,但是公交车停在右车道上,始终会限制系统流量,因此 L_B 的增加,并不能较大提高系统最大流量.对于港湾式车站来说,减少车站上游排队公交车的数量,就使得右车道更加畅通,因此会显著提高系统的最大流量.

4. 结 论

本文对周期边界条件下,路段上具有一个公交车站的系统进行了模拟研究,深入探讨了非港湾式车站和港湾式车站两种设置方式对交通流的影响.采用流量与密度关系图、车辆在两个车道上的分布比例、时空图对交通流的特性进行了分析.

由模拟结果可以看出,港湾式车站具有明显的优势,因此,在道路条件允许的条件下,应该尽量设置港湾式车站.只有在车流量不大,公交车比例很小的路段上,才较适合设置非港湾式车站.对于非港湾式车站,增加车站长度,并不能显著提高系统的最大流量.模拟结果显示能够同时容纳 3 辆公交车就已经足够.对于港湾式车站,增加车站长度,可以显著提高系统最大流量.

在下一步研究工作中,我们将对路段上具有多个公交车站的系统进行研究,并对公交车站与匝道等的组合瓶颈对交通流的影响进行探讨.

- [1] Chowdhury D, Santen L, Schadschneider A 2000 *Phys. Rep.* **329** 199
- [2] Helbing D 2001 *Rev. Mod. Phys.* **73** 1067
- [3] Jia B, Gao Z Y, Li K P, Li X G 2007 *Models and Simulations of Traffic System Based on the Theory of Cellular Automaton* (Beijing: Science Press)
- [4] Nagel K, Schreckenberg M 1992 *J. Phys.* **1** 2 2221 (in French)
- [5] Fukui M, Ishibashi Y 1996 *J. Phys. Soc. Jpn.* **65** 1868
- [6] Benjamin S C, Johnson N F, Hui P M 1996 *J. Phys. A: Math. Gen.* **29** 3119
- [7] Li X B, Wu Q S, Jiang R 2001 *Phys. Rev. E* **64** 066128
- [8] Tan H L, Huang P H, Li H B, Liu M R, Kong L J 2003 *Acta Phys. Sin.* **52** 1127 (in Chinese) [谭惠丽、黄兵花、李华兵、刘慕仁、孔令江 2003 物理学报 **52** 1127]
- [9] Kuang H, Kong L J, Liu M R 2004 *Acta Phys. Sin.* **53** 2894 (in Chinese) [邝 华、孔令江、刘慕仁 2004 物理学报 **53** 2894]
- [10] Xue Y, Dong L Y, Dai S Q 2001 *Acta Phys. Sin.* **50** 445 (in Chinese) [薛 郁、董力耘、戴世强 2001 物理学报 **50** 445]
- [11] Tan H L, Liu M R, Kong L J 2002 *Acta Phys. Sin.* **51** 2713 (in Chinese) [谭惠丽、刘慕仁、孔令江 2002 物理学报 **51** 2713]
- [12] Lei L, Xue Y, Dai S Q 2003 *Acta Phys. Sin.* **52** 2121 (in Chinese) [雷 丽、薛 郁、戴世强 2003 物理学报 **52** 2121]
- [13] Zheng R S, Tan H L, Kong L J, Liu M R 2005 *Acta Phys. Sin.* **54** 3516 (in Chinese) [郑容森、谭惠丽、孔令江、刘慕仁 2005 物理学报 **54** 3516]
- [14] Lei L, Dong L Y, Song T, Dai S Q 2006 *Acta Phys. Sin.* **55** 1171 (in Chinese) [雷 丽、董力耘、宋 涛、戴世强 2006 物理学报 **55** 1171]
- [15] Ge H X, Zhu H B, Dai S Q 2005 *Acta Phys. Sin.* **54** 4621 (in Chinese) [葛红霞、祝会兵、戴世强 2005 物理学报 **54** 4621]
- [16] Jiang R, Wu Q S, Wang B H 2002 *Phys. Rev. E* **66** 036104
- [17] Jia B, Jiang R, Wu Q S 2005 *Physica A* **345** 218
- [18] Jia B, Jiang R, Wu Q S 2004 *Phys. Rev. E* **69** 056105
- [19] Rickert M, Nagel K, Schreckenberg M, Latour A 1996 *Physica A* **231** 534
- [20] Nagel K, Wolf D E, Wagner P, Simon P 1998 *Phys. Rev. E* **58** 1425

- [21] Jia B , Jiang R , Wu Q S , Hu M B 2005 *Physica A* **348** 544
- [22] Li X G , Jia B , Gao Z Y , Jiang R 2006 *Physica A* **367** 479
- [23] Zhao X M , Gao Z Y , Jia B 2007 *Physica A* **385** 645
- [24] Zhao X M , Gao Z Y , Li K P 2008 *Physica A* **387** 4649
- [25] Qian Y S , Wang H L , Wang C L 2008 *Acta Phys . Sin.* **57** 2115 (in Chinese) [钱勇生、汪海龙、王春雷 2008 物理学报 **57** 2115]

The influence of bus stop on the dynamics of traffic flow^{*}

Jia Bin^{1)†} Li Xin-Gang¹⁾ Jiang Rui²⁾ Gao Zi-You¹⁾

1 *Key Laboratory for Urban Transportation Complex Systems Theory and Technology of Ministry of Education ,
School of Traffic and Transportation , Beijing Jiaotong University , Beijing 100044 , China)*

2 *School of Engineering Science , University of Science and Technology of China , Hefei 230026 , China)*

(Received 21 January 2009 ; revised manuscript received 24 February 2009)

Abstract

The impact of bus stop on the dynamics of traffic flow is studied by a cellular automata model. Two types of bus stops , non-harbor shaped and harbor shaped , are considered. The properties of traffic flow are investigated by analyzing the fundamental diagram and the spatial-temporal diagram. The influences of bus ratio and length of bus stop are analyzed in detail. The simulation results show that the non-harbor shaped bus stop has more influence on the traffic flow , and the flux cannot be effectively increased by extending the bus stop length ; the harbor shaped bus stop has less influence on the traffic flow and the flux can be improved by extending the bus stop length.

Keywords : bus stop , mixed traffic flow , cellular automata

PACC : 0550

^{*} Project supported by the National Basic Research Program of China (Grant No.2006CB705500) , the National Natural Science Foundation of China (Grant Nos. 70631001 , 70501004 , 70701004) , Program for New Century Excellent Talents in University of Ministry of Education of China (Grant No.NCET-07-0057) , and the Innovation Foundation of Science and Technology for Excellent Doctorial Candidate of Beijing Jiaotong University , China (Grant No. 48025) .

[†] E-mail : jiaabin@jtys.bjtu.edu.cn