

# 高速公路入匝控制的一个元胞自动机模型<sup>\*</sup>

梅超群<sup>1)†</sup> 黄海军<sup>1)†</sup> 唐铁桥<sup>3)</sup>

1) 北京航空航天大学经济管理学院, 北京 100083)

2) 首都经济贸易大学统计学院, 北京 100070)

3) 北京航空航天大学交通科学与工程学院, 北京 100083)

(2007 年 10 月 14 日收到, 2008 年 4 月 10 日收到修改稿)

采用元胞自动机模型研究高速公路入匝控制问题. 利用主路上测定区域内的车辆数设计了一种新型入匝信号控制方法. 模拟分析了各种参数对主路和匝道交通的影响. 结果表明, 设置匝道信号灯可以保证主路交通畅通, 尤其是匝道处的车辆到达率比较高时效果非常明显. 测定区域位置、抑制入匝车流量以及并道区长度的不同组合可以导致不同的主路和匝道交通流, 合理搭配这三个参数可以兼顾主路和匝道的流量和通行时间. 测定区域应该设置在并道段前或并道段上游的适当位置.

关键词: 交通流, 元胞自动机, 入匝控制, 并道规则

PACC: 0565, 0250, 0520

## 1. 引 言

过去几十年中, 人们提出了各种各样的道路交通流模型<sup>[1]</sup>, 以期解释巨量微观交通行为所涌现出来的复杂交通流现象. 除了解释现象, 学者们还提出了交通流的控制模型. Davis<sup>[2]</sup>发现在高速公路入匝系统中加入自适应导航控制可以提高车流量并缩短通行时间. 文献 3-4 采用宏观交通流模型研究了入匝车流对主路交通的影响. 最近, Li 等<sup>[5]</sup>使用元胞自动机 (cellular automaton, 简记为 CA) 模型分析了匝道上安装有信号灯的高速公路在并道区域附近的交通流特性, 发现信号控制可以提高车流量和安全性. Kerner<sup>[6]</sup>利用实测数据研究了含出入匝道的高速公路的交通流特性, 对阻塞类型进行了深入分析.

现实中出于安全等因素考虑, 在入匝处往往为进入主道的车辆设计一段并道区域. 入匝控制是指在入匝段和并道区域之间设置一个信号灯, 达到控制入匝车流、保证主路畅通的目的<sup>[7-10]</sup>. Papageorgiou 等<sup>[7,9]</sup>主张严格控制匝道流入量、保证主道车流是自由流. Kerner<sup>[10]</sup>则认为, 应将主道的拥挤流保持在一个可以接受的范围内, 以提高下游的流量并减少入匝车辆在信号灯前的等待时间. 文

献 11] 使用流体力学模型研究了城市高架路的入匝控制问题.

大量的研究成果表明, CA 模型适合用来模拟道路交通流, 可以再现和分析各种非线性交通现象<sup>[12-21]</sup>. Jia 等<sup>[22,23]</sup>使用 CA 模型研究了匝道入口和出口附近的交通行为. 本文用 CA 模型研究高速公路入匝处的交通控制问题, 提出一种基于测定区域内车辆数的新型匝道信号灯控制方法, 利用模拟结果分析了测定区域位置、抑制入匝车流的强度和并道段长度对主路和匝道交通的影响.

## 2. 模 型

如图 1 所示, 将所研究的高速公路离散成元胞, 元胞长度  $\Delta x = 7.5 \text{ m}$ , 并道区域由  $m$  个元胞构成, 匝道上设置了信号灯. 为简单起见, 本文假定所研究的主路为单车道情形.

### 2.1. 迭代规则

取模拟迭代的时间步长为  $1 \text{ s}$ , 每个元胞或为空或被一辆车所占据. 设  $v_{\max}$  为最大车速,  $v_n$  为第  $n$  辆车的速度,  $x_i(t)$  为第  $i$  辆车在  $t$  时步的位置,  $d_i(t) = x_{i-1}(t) - x_i(t) - 1$  为  $t$  时步第  $i$  辆车前方

<sup>\*</sup> 国家重点基础研究发展规划 (批准号: 2006CB705503) 和国家自然科学基金 (批准号: 70521001, 70701002) 资助的课题.

<sup>†</sup> 通讯联系人. E-mail: haijunhuang@buaa.edu.cn

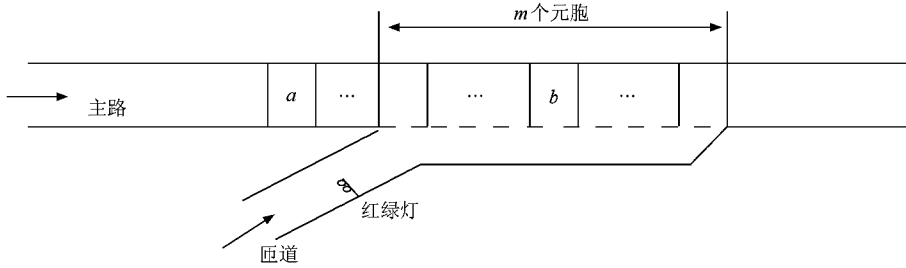


图 1 有入匝信号控制的高速公路示意图

的空置元胞数. 模型从  $t$  到  $t+1$  时步采用 Nagel 和 Schreckenberg<sup>[12]</sup>提出的 NS 更新规则. 加速,

$$v_n \rightarrow \min(v_{\max}, v_n + 1);$$

减速,

$$v_n \rightarrow \min(v_{\max}, d_n);$$

以概率  $p$  随机减速,

$$v_n \rightarrow \max(v_n - 1, 0);$$

位置更新,

$$x_n \rightarrow x_n + v_n.$$

车辆进入匝道区域后需要减速, 所以假定匝道区域的最大车速  $v'_{\max}$  小于其他区域的最大车速  $v_{\max}$ . 模拟中, 主路的右边界是完全开放的, 即假定车辆到达右边界时都自由离开. 在每一时步中, 主路上起点处车辆到达率是  $\alpha_1$ , 匝道起点处车辆到达率是  $\alpha_2$ . 到达的车辆若因前方被占而不能进入系统, 就被删除.

## 2.2. 匝道规则

从匝道进入匝道区域的车辆需要寻找合适的机会进入主道. 匝道区域的长度是有限的, 进入匝道区域的车辆总是想尽早换道, 以免在匝道区域的尽头停车等待. 因此其换道意向主要与本车道和邻车道的前车距离有关. 主路上的车辆会注意右前方车辆的状况, 随时减速以应对前方车辆的匝道行为. 于是, 我们提出下面的匝道规则:

$$\begin{aligned} d_i &\leq d'_i, \\ d'_i &\geq 1, \end{aligned} \quad (1)$$

其中  $d_i$  为匝道区域中第  $i$  辆车与前车之间的元胞数,  $d'_i$  为第  $i$  辆车与邻车道前车之间的元胞数. 假设匝道后第  $i$  辆车的速度不变.

## 2.3. 控制方法

不受控制的入匝车流是造成主道堵塞的主要原

因之一. Papageorgiou 等<sup>[7,9]</sup>使用探测器获取主道上并道区域前方某点或后方某点的流量, 计算出信号灯调节参量  $q_{\text{on}}(t)$ .  $q_{\text{on}}(t)$  表示  $t$  时刻被允许进入主道的流量, 单位为  $\text{s}^{-1}$ , 其值小于 1. Kerner<sup>[10]</sup>通过比较探测器得到的主道车速和预先定义的容许拥挤速度  $v_{\text{cong}}$  确定  $q_{\text{on}}(t)$ . 信号灯每次变绿时, 允许一辆车通过, 通过后信号灯立即变红. 假设车辆通过信号灯所需的时间为一个迭代时步,  $t_s$  为信号灯第  $s$  次由绿变红的时间, 则信号灯再次变绿的时间为

$$t_{s+1} = \text{int} \left[ t_s + \frac{1}{q_{\text{on}}(t_s)} \right], \quad (2)$$

其中  $\text{int}[x]$  指不小于  $x$  的最小整数.

借用上述思想, 本文使用测定区域内的车辆数设计一种新的控制策略. 在现代信息技术的支持下, 我们可以即时获取特定区域内的交通参数. 如图 1 所示, 在主路上选择一个包含  $k$  个元胞的测定区域, 其起点元胞是  $a$ , 终点元胞是  $b$ . 设  $t_s$  时刻测定区域内的车辆总数是  $N_k(t_s)$ , 信号灯再次变绿的时间为

$$t_{s+1} = t_s + \Delta T(t_s), \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \Delta T(t_s) &= \begin{cases} N_k(t_s) - \text{int}[\lambda k] & (N_k(t_s) - \text{int}[\lambda k]) > c, \\ 1 & (N_k(t_s) - \text{int}[\lambda k]) \leq c, \end{cases} \end{aligned} \quad (4)$$

其中  $c$  为正整数,  $\lambda \in (0, 1)$ .  $\lambda$  和  $k$  的乘积定义了测定区域里允许容纳的车辆数,  $\lambda$  越小测定区域内允许容纳的车辆数越少, 条件  $N_k(t_s) - \text{int}[\lambda k] > c$  越容易满足.  $N_k(t_s) - \text{int}[\lambda k]$  越大, 信号灯需要间隔更长的时间才能变绿, 说明红灯相位时间长, 系统抑制入匝车流的强度大. 当  $N_k(t_s) \leq c + \text{int}[\lambda k]$  时, 主道测定区域内的车辆数没有达到需要抑制入匝车流的条件, 信号灯在下一个迭代步应该继续保持绿灯相位. 常数  $c$  是一个经验系数, 需要提高抑制入匝

车流的强度时,可将  $c$  取较小值,如 2 或 1 甚至 0;反之可取 3, 4 或 5.

应该说明的是,上述控制方法是比较繁杂的,参数  $\lambda$  和常数  $c$  是根据实际需要确定的,本文只是从理论上表明,适当组合这两个参数可以达到调节入匝车流强度的目的.

### 3. 模拟与分析

将 40 km 长的主路离散成 5333 个元胞,从左至右对这些元胞依次编号,第 4001 号元胞是并道区域的起点(离主路起点约为 30 km),第  $4000 + m$  号元胞是并道区域的终点. 将包括并道段的匝道离散成  $400 + m$  个元胞,依次编号为 3601, 3602, ...,  $4000 + m$ . 信号灯设置在第 3988 号元胞(离匝道起点约 2.9 km)上,第 4001 号元胞是并道段的起点(距离匝道起

点约为 3 km),第  $4000 + m$  号元胞是并道段的终点. 这样,主路并道区域和匝道并道段的起始与终点元胞具有相同的号码,说明它们是并行的,便于下面的叙述. 模拟中没有直接设置匝道的停车容量,而是以有限的匝道元胞数间接表达. 主路和并道段的最大车速分别是  $v_{\max} = 4$  和  $v'_{\max} = 3$ ,设(4)式中的  $c = 3$ .

首先,令  $p = 0.1$ ,  $m = 40$ ,  $\lambda = 1/3$ ,  $\alpha_1 = 0.5$  和  $\alpha_2 = 0.4$ ,执行一次模拟,图 2(a)(b)是  $8000 \leq t \leq 8800$  期间的时空斑图. 为了比较,再执行一次无信号灯控制的模拟,结果显示在图 2(c)(d)中. 图 2 表明,不设信号灯时,主路上游的高密度车流一直延续到第 4040 号元胞;设置了信号灯以后,主路上游的密度有所降低,高密度车流没有延续至第 4040 号元胞,在第 4001 号元胞和第 4040 号元胞之间存在时空轨迹不整齐的过渡区域. 显然,信号控制影响了

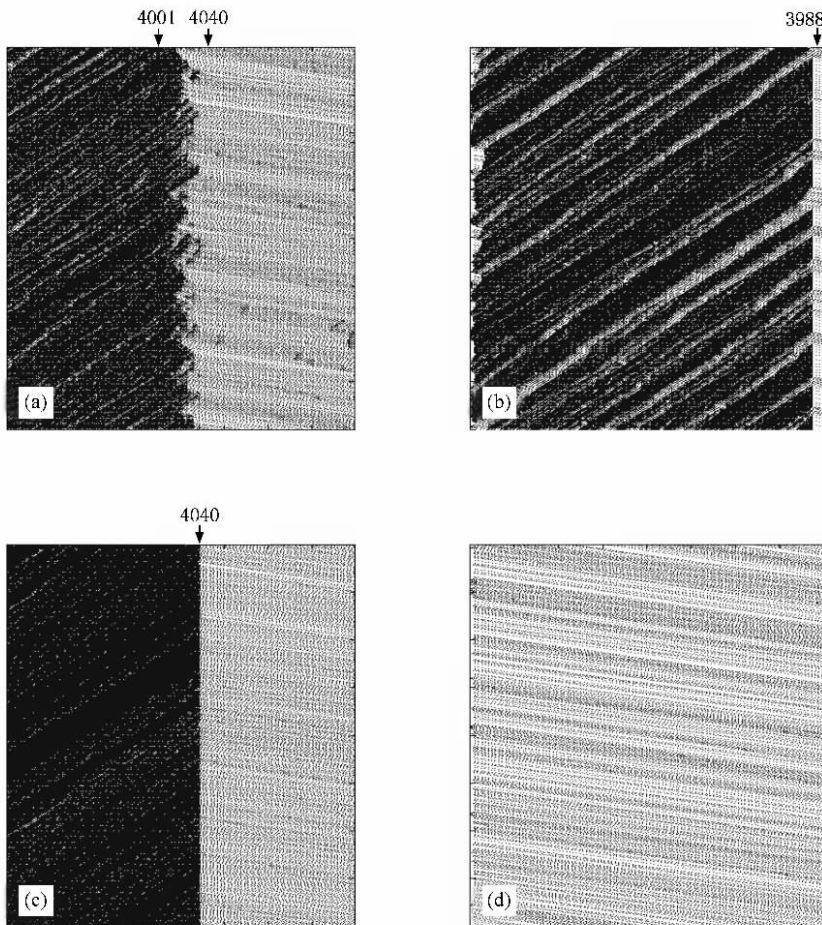


图 2 主路第 3821 号至第 4220 号元胞之间和匝道第 3601 号至第 4000 号元胞之间的时空斑图 (a)主路,有信号灯控制 (b)匝道,有信号灯控制 (c)主路,没有信号灯控制 (d)匝道,没有信号灯控制. 从左向右为车辆行驶方向,从上向下为时间延续方向

主路上的车流. 对于匝道上的车流, 由于信号灯的作用, 拥挤波从信号灯位置(第 3988 号元胞)向后传播, 这个位置之后的车流密度急剧减小, 如图 2(b) 所示. 若匝道上不设信号灯, 车辆可以顺利抵达第 4000 号元胞位置, 匝道上第 3601 号至第 4000 号元胞之间的时空斑图自然是向前光滑的, 如图 2(d) 所示.

令  $p = 0.1$ ,  $m = 30$ ,  $\alpha_1 = 0.5$  和  $\alpha_2 = 0.3$ , 改变抑制入匝车流强度的参数  $\lambda$ , 下面考察主路上并道区终点元胞之后 40 个元胞区段的交通. 图 3(a)(b) 和

(c) 分别对应于没有信号灯、 $\lambda = 1/2$  和  $\lambda = 1/3$  三种控制策略下的车流密度  $\rho$ 、速度  $v$  和流量  $q$ . 由此可以看出, 从不设信号灯到逐渐加大控制强度, 密度有所降低、速度有所提高、流量的振荡幅度减小, 但不同的控制策略并没有导致这些指标值的显著变化, 所以不宜将并道区终点元胞之后的区段选做测定区域. 若进一步减小  $\alpha_2$  的值, 即减小匝道的车辆到达率, 同时保持匝道信号灯对入匝车流的抑制强度, 则区域内的车辆密度继续下降、速度上升, 而流量基本不变, 如图 3(d) 所示.

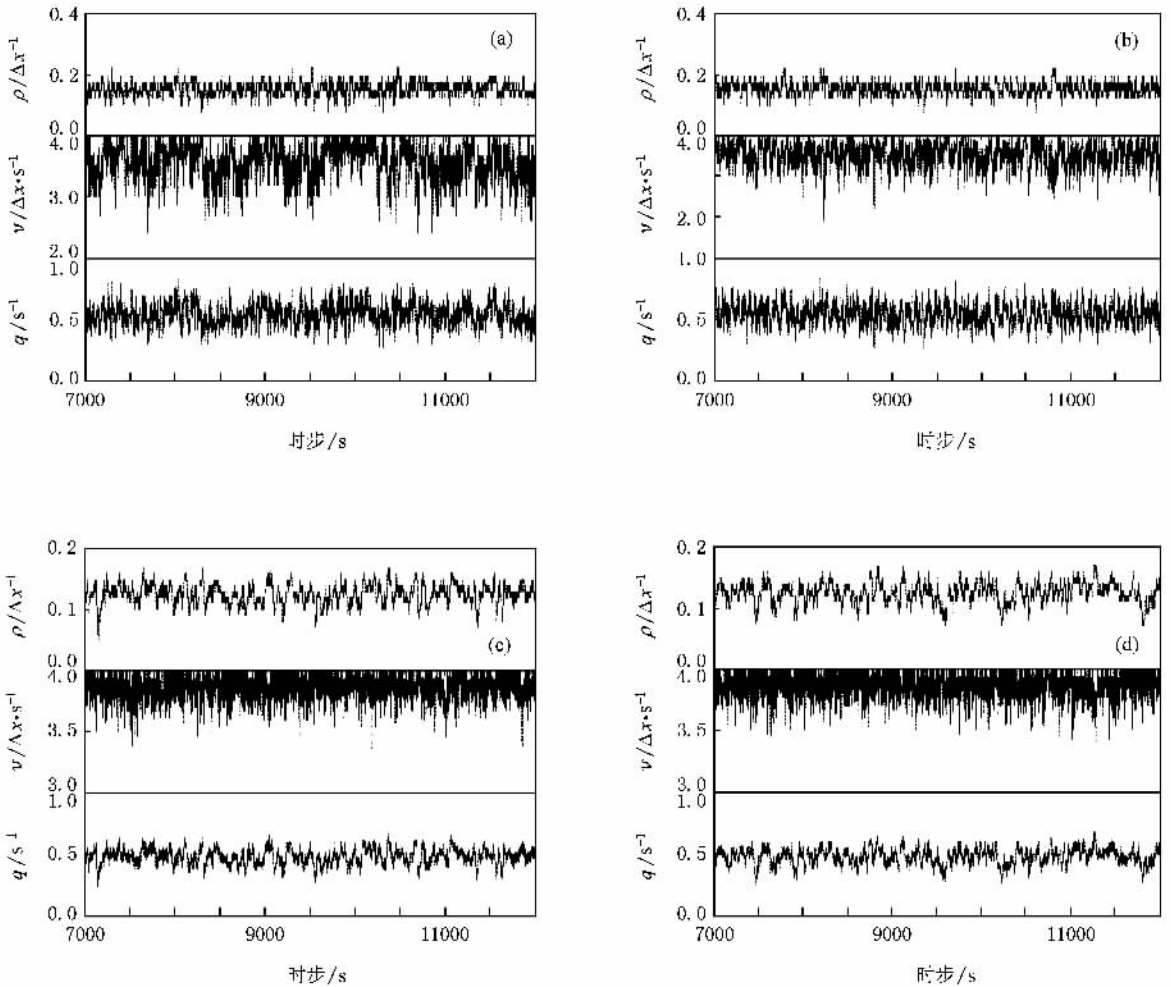


图 3 主路第 4030 号至第 4070 号元胞之间的车流密度、速度和流量 (a) 没有信号灯控制  $\alpha_2 = 0.3$ ; (b)  $\lambda = 1/2$ ,  $\alpha_2 = 0.3$ ; (c)  $\lambda = 1/3$ ,  $\alpha_2 = 0.3$ ; (d)  $\lambda = 1/3$ ,  $\alpha_2 = 0.1$

令  $p = 0.1$ ,  $m = 40$  和  $\alpha_1 = 0.5$ ,  $0 \leq \alpha_2 \leq 1$ , 现在考察主路并道段起点元胞上游 10 km 处到并道段终点元胞下游 1 km 处的通行时间, 同时考察并道段终点元胞下游 1 km 处到终点元胞下游 10 km 处的流量(图 4(a)), 以及匝道起点到并道段起点的通行时

间和流量(图 4(b)). 从图 4 可以发现, 设置信号灯可以使主路段的通行时间减少、流量增加, 而匝道的情况则相反. 当  $\alpha_2$  值比较小时, 有无信号灯控制导致的结果差别不大, 但随着  $\alpha_2$  值的增加, 信号灯控制对主路交通产生的效果开始出现, 随后又稳定下

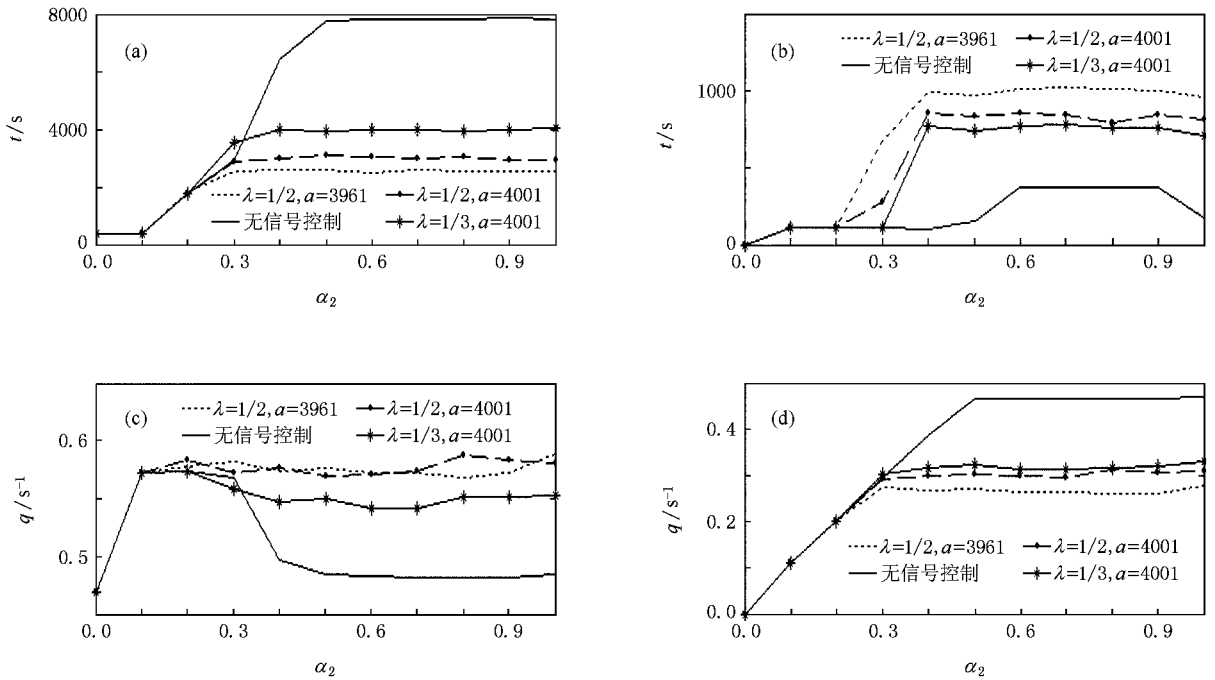


图 4 主路第 2801 号至第 4133 号元胞的通行时间和第 4133 号至第 5333 号元胞的流量以及匝道第 3601 号至第 4000 号元胞的通行时间和流量 (a)主路通行时间 (b)匝道通行时间 (c)主路流量 (d)匝道流量

来。当  $\alpha_2 \leq 0.1$  时, 主路段和入匝段均为自由流。当  $0.1 \leq \alpha_2 \leq 0.3$  时, 随着  $\alpha_2$  的增加, 主路段的通行时间增加、流量不变(因为速度减小和密度上升), 没有出现堵塞。匝道上分两种情形, 强控制策略导致的通行时间在  $\alpha_2 = 0.2$  时就开始增加, 而弱控制和无控制策略导致的通行时间不变, 匝道的流量在这个范围内基本不随控制策略的改变而变化。当  $\alpha_2 > 0.3$  时, 对于无控制策略, 主路的并道区和上游段严重堵塞, 通行时间增加, 流量下降, 直到  $\alpha_2 \geq 0.5$  时才开始稳定下来, 流量降到  $\alpha_2 = 0$  时的流量; 在有信号灯控制的策略下, 主道的流量和通行时间比较稳定, 匝道的流量也稳定, 但小于无控制策略下的流量, 匝道的通行时间迅速上升, 然后稳定下来。由此可知, 信号控制可以使主道和匝道的交通流量和通行时间都提前稳定下来。

图 4 中的虚线是针对一种新的测定区域, 该测定区域的起点设在并道段的上游(起点元胞  $a$  是第 3961 号元胞), 终点设在并道段的起始处。我们发现, 如此选取测定区域的位置可以显著地减少主路的通行时间并提高其流量, 但对匝道的负面影响也非常明显(通行时间最长、流量最低)。所以, 应该兼顾主路和匝道的交通流, 根据实际情况选取合理的测定区域位置和合适的控制参数(即  $\lambda$  值)。

进一步, 令  $p = 0.1, m = 40$  和  $\sigma_2 = 0.4$ , 设  $\sigma_1 = 0.7$  表示主路上游很拥挤, 分别考察有无信号灯控制对主路并道段起点元胞上游 10 km 处到并道段终点元胞下游 1 km 处和匝道起点到并道段起点这两段交通的影响。从图 5 和图 6 可以看出, 对于主路本身就很拥挤的情形, 若不控制入匝车流, 主路将变得越来越拥挤, 通行时间不断上升, 流量降低(0.5 左右); 加入信号灯控制后, 主路的通行时间可以维持在 3100 以下, 流量显著增加(大于 0.5, 处于 0.6 左右)。对于匝道而言, 实施信号灯控制以后, 车辆不能随意进入主路, 通行时间大幅上升、流量下降。值得一提的是, 当  $\sigma_1$  较大时, Kerner<sup>[10]</sup>的 ANCONA 控制方法将导致匝道通行时间无限上升, 而本文的控制方法可保证匝道通行时间处于一定的范围内,  $\lambda$  值越小, 匝道通行时间越长, 反之越短。

最后, 我们研究并道区的长度对主路和匝道交通的影响。车辆在并道区域内寻找机会进入主路, 当主路流量较小时, 车辆可以尽早完成并道, 否则需要花较多的时间在并道区域内寻找机会或在信号灯前等待。令  $p = 0.1, \alpha_1 = 0.5$  和  $\alpha_2 = 0.4$ , 改变并道区域的长度  $m$ (匝道的并道区域总是起始于第 4001 号元胞), 考察测定区域的位置和信号灯对入匝车流控制强度的三种组合策略。第一种是测定的起始元

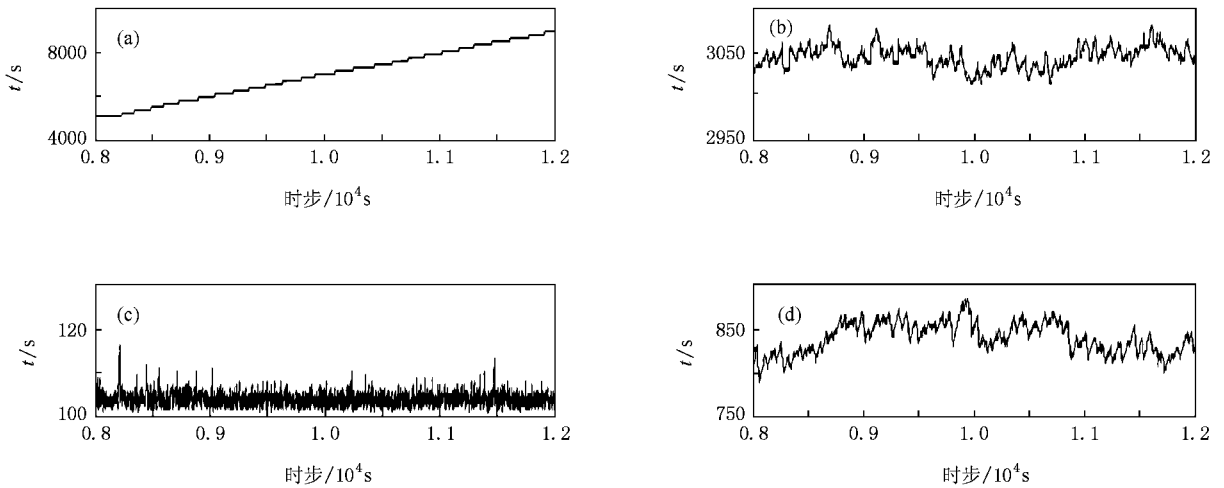


图5 主路第 2801 号至第 4133 号元胞和匝道第 3601 号至第 4000 号元胞的通行时间 (a)主路,没有信号灯控制 (b)主路,  $\lambda = 1/3$ ; (c)匝道,没有信号灯控制 (d)匝道,  $\lambda = 1/3$

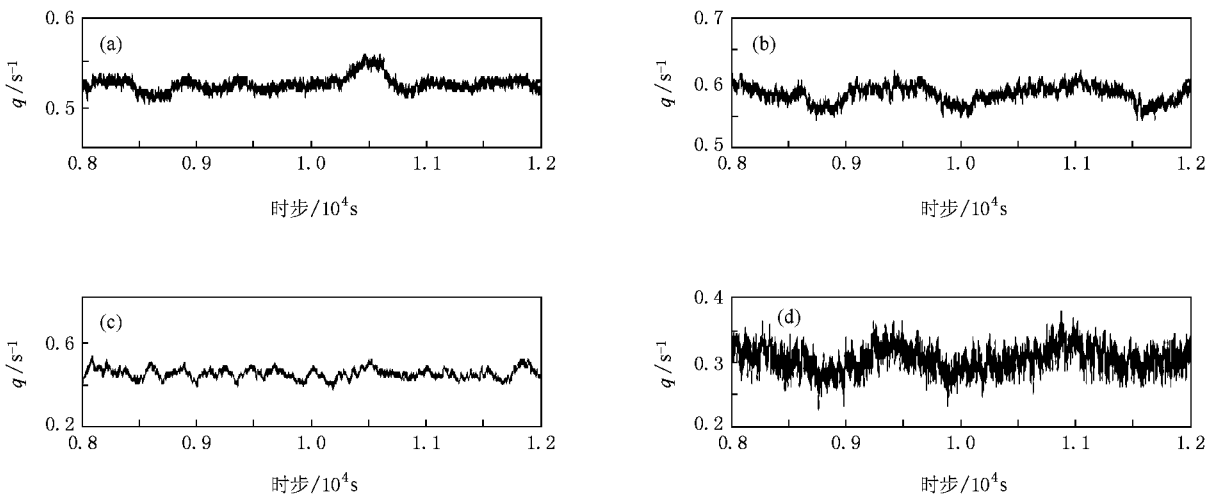


图6 主路第 4133 号至第 5333 号元胞和匝道第 3601 号至第 4000 号元胞的流量 (a)主路,没有信号灯控制 (b)主路,  $\lambda = 1/3$  (c)匝道,没有信号灯控制 (d)匝道,  $\lambda = 1/3$

胞位于  $a = 3961 + m$ 、终点元胞位于  $b = 4000 + m$  和  $\lambda = 1/3$ ;第二种是  $a = 3961, b = 4000$  和  $\lambda = 3/5$ ;第三种是  $a = 3961, b = 4000$  和  $\lambda = 1/2$ . 图 7 表明,没有信号灯控制时的主路流量最低和通行时间最长,而匝道的情况则相反. 由于  $\alpha_1$  取值比较大,主路车辆密度比较高,这使得要并道的车辆很容易集中到并道段的末端,并道段越长越如此. 图 7 还表明,  $m \geq 40$  对匝道的通行时间和流量没有什么影响,主路的通行时间略微增加和流量稍有降低,这说明没有必要将并道区域设计得非常长.

从图 7 可以看出:对于上述有信号灯控制的三种组合策略,随着并道区长度的增加,不同控制策略

所导致的通行时间差别和流量差别逐渐变小. 当  $m \leq 35$  时,在主路上,第一种策略的通行时间最少、流量最大,其次是第三种策略和第二种策略,而匝道的情况正好相反. 第一种策略的效果之所以好于其他两种策略,是因为其测定区域的终点止于并道段的末端,而起点的元胞号总是小于 3997,正如以上所述,测定区域应该置于并道段的上游. 第二种策略和第三种策略的测定区域虽然也位于并道段的上游,但相对于较短的并道长度而言,测定起点过于远离并道段起点了. 当  $m > 35$  时,第一种策略的测定区域起点元胞号大于 3996 (随着  $m$  增大,测定区绝大部分直至全部被移进并道区),第三种策略的测定

区域位置与并道段长度正好匹配,所以第三种策略的测定区位置与抑制强度参数搭配效果好于第一种策略(指主路指标)。第二种策略总是不如第三种策

略,因为它们的测定区域位置虽然相同,但第二种策略的 $\lambda$ 值太大,其控制入匝流量的力度甚至还不如第一种策略。

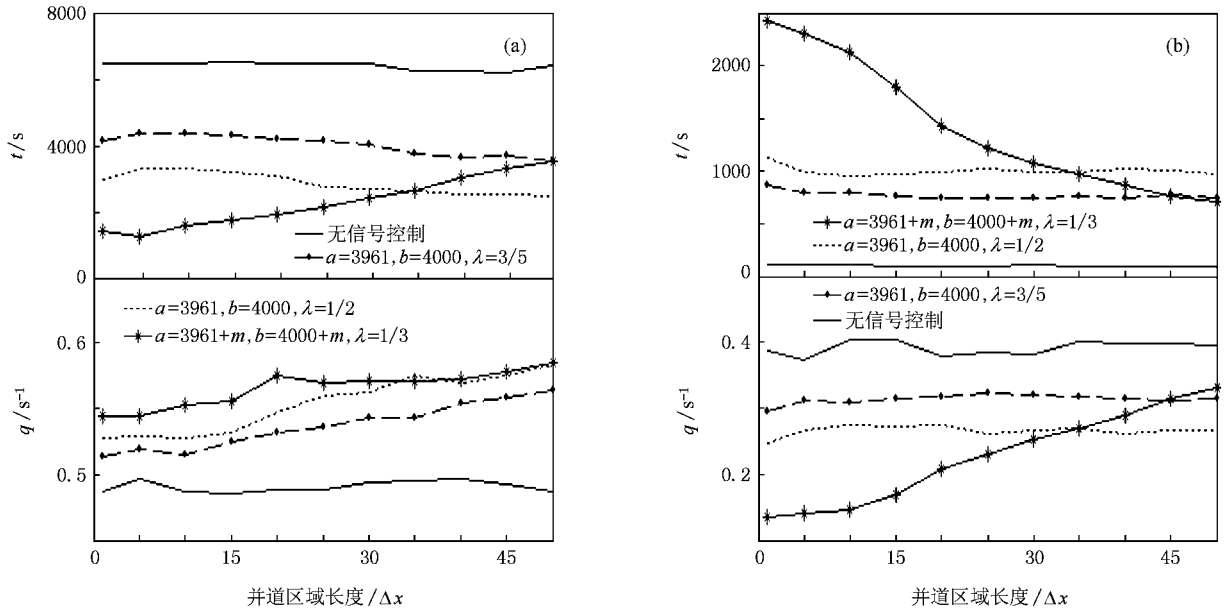


图7 主路第2801号至第4133号元胞的通行时间和第4133号至第5333号元胞的流量及匝道第3601号至第4000号元胞的通行时间和流量 (a)主路 (b)匝道

## 4. 结 论

本文采用 CA 模型研究高速公路匝道控制问题,提出一种基于测定区域内车辆数的新型匝道信号灯控制方法,利用模拟结果分析了测定区域位置、抑制入匝车流量和并道段长度对主路和匝道交通的影响。本文的模型可以在统计意义上正确描述车辆的并道行为和入匝信号灯的的控制效果,主路和匝道各个区域的交通波传播方向直观合理,所得到的速度、流量、密度和通行时间等交通流指标值符合逻辑

分析。设置匝道信号灯可以保证主路交通畅通,尤其是当车辆的入匝率比较高时效果非常明显。测定区域位置、抑制入匝车流量以及并道段长度的不同组合可以导致不同的主路和匝道交通流,合理搭配这三个参数可以兼顾主路和匝道的流量和通行时间;测定区域应该设置在并道段前或并道段上游的适当位置。本文目前所采取的并线规则比较简单,现实中的并道或者换道是一个很复杂的过程,我们拟进一步分析并线规则、入匝控制策略、主路与匝道车流之间的内在联系,研究工作还将扩展到主路为双车道的入匝信号控制系统中。

[1] Chowdhury D, Santen L, Schadschneider A 2000 *Phys. Rep.* **329** 199  
 [2] Davis L C 2007 *Physica A* **379** 274  
 [3] Lee H Y, Lee H W, Kim D 1998 *Phys. Rev. Lett.* **81** 1130  
 [4] Helbing D, Treiber M 1998 *Phys. Rev. Lett.* **81** 3042  
 [5] Li F, Gao Z Y, Jia B 2007 *Physica A* **385** 333  
 [6] Kerner B S 2002 *Phys. Rev. E* **65** 046138  
 [7] Papageorgiou M, Hadj-Salem H, Blosseville J M 1991 *Transp. Res. Record* **1320** 58

[8] Banks J H 1991 *Transp. Res. Record* **1320** 83  
 [9] Papageorgiou M, Hadj-Salem H, Middleham F 1997 *Transp. Res. Record* **1603** 99  
 [10] Kerner B S 2005 *Physica A* **355** 565  
 [11] Lei L, Dong L Y, Ge H X, Dai S Q 2007 *Proceedings of the 5th Conference on Nonlinear Mechanics* (Shanghai: Shanghai University Press) pp985—989  
 [12] Nagel K, Schreckenberg M 1992 *J. Phys. I* **2** 2221  
 [13] Nagatani T 2002 *Rep. Prog. Phys.* **65** 1331

- [ 14 ] Nagatani T 2007 *Physica A* **377** 651
- [ 15 ] 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 ]
- [ 16 ] Kuang H , Kong L J , Liu M R 2004 *Acta Phys. Sin.* **53** 4138 ( in Chinese )[ 邝 华、孔令江、刘慕仁 2004 物理学报 **53** 4138 ]
- [ 17 ] Fu C J , Wang B H , Yin C Y , Gao K 2006 *Acta Phys. Sin.* **55** 4032 ( in Chinese )[ 付传技、汪秉宏、殷传洋、高 坤 2006 物理学报 **55** 4032 ]
- [ 18 ] Wu K F , Kong L J , Liu M R 2006 *Acta Phys. Sin.* **55** 6275 ( in Chinese )[ 吴可非、孔令江、刘慕仁 2006 物理学报 **55** 6275 ]
- [ 19 ] Lei L , Dong L Y , Song T , Dai S Q 2006 *Acta Phys. Sin.* **55** 1711 ( in Chinese )[ 雷 丽、董力耘、宋 涛、戴世强 2006 物理学报 **55** 1711 ]
- [ 20 ] Xiao R J , Kong L J , Liu M R 2007 *Acta Phys. Sin.* **56** 740 ( in Chinese )[ 肖瑞杰、孔令江、刘慕仁 2007 物理学报 **56** 740 ]
- [ 21 ] Wang W X , Wang B H , Zheng W C , Yin C Y , Zhou T 2005 *Phys. Rev. E* **72** 066702
- [ 22 ] Jia B , Jiang R , Wu Q S 2005 *Physica A* **345** 218
- [ 23 ] Jia B , Jiang R , Wu Q S 2004 *Phys. Rev. E* **69** 056105

## A cellular automaton model for studying the on-ramp control of highway<sup>\*</sup>

Mei Chao-Qun<sup>1,2)</sup> Huang Hai-Jun<sup>1)†</sup> Tang Tie-Qiao<sup>3)</sup>

<sup>1</sup> *School of Economics and Management , Beijing University of Aeronautics and Astronautics , Beijing 100083 , China )*

<sup>2</sup> *School of Statistics , Capital University of Economics and Business , Beijing 100070 , China )*

<sup>3</sup> *School of Transportation Science and Engineering , Beijing University of Aeronautics and Astronautics , Beijing 100083 , China )*

( Received 14 October 2007 ; revised manuscript received 10 April 2008 )

### Abstract

In this paper , a cellular automaton model for studying the on-ramp traffic control problem of highway is proposed. The number of vehicles contained in a highway segment adjacent to the ramp merging region is used to control the on-ramp signal light. Simulation results show that the on-ramp control can improve the highway traffic , particularly when the ramp traffic is heavy. It is found that the location of detected highway segment , the length of ramp merging region and the control parameter governing the light change affect the highway and ramp traffic simultaneously. These three parameters should be coordinately designed for the improvement of both highway and ramp traffic. In general , the detected highway segment should be located at the upstream of the ramp merging region and cover it in the proper direction.

**Keywords :** traffic flow , cellular automaton , on-ramp control , merging rule

**PACC :** 0565 , 0250 , 0520

<sup>\*</sup> Project supported by the State Key Development Program for Basic Research of China ( Grant No. 2006CB705503 ) and the National Natural Science Foundation of China ( Grant Nos. 70521001 , 70701002 ).

<sup>†</sup> Corresponding author. E-mail : haijunhuang@buaa.edu.cn