

# 城市交通潮汐车道设置条件与动态判别研究

林 灏, 赵 星, 葛友宾, 周柏良, 刘惊灏

(河海大学土木与交通学院, 南京 210000)

**摘要:** 针对我国城市道路产生早晚高峰单向拥堵的潮汐交通问题, 本文对具有潮汐现象的道路设置潮汐车道的影响因素进行分析, 以判别在不同条件下潮汐车道设置的必要性及道路达到拥堵状态时对应的交通量, 在潮汐车道切换时机及切换车道数的方法上有所创新。以设置潮汐车道后次要车流方向的服务水平不低于主要车流方向的服务水平为基础对切换潮汐车道的道路方向分布系数进行计算, 并进一步给出切换潮汐车道数的方法。以南京市北京西路为实例进行仿真, 通过对比设置潮汐车道前、传统方法设置潮汐车道后、临界状态下设置潮汐车道后三种状态下的道路相关数据, 论证切换潮汐车道时机的准确性对道路拥堵的缓解作用。

**关键词:** 公路运输; 潮汐车道; 通行能力; 交通量; 方向分布系数

中图分类号: U491 文献标识码: A 文章编号: 1674-2850(2019)05-0816-08

## Research on setting conditions and dynamic discriminating of urban traffic tidal lanes

LIN Hao, ZHAO Xing, GE Youbin, ZHOU Bailiang, LIU Jinghao

(College of Civil and Transportation Engineering, Hohai University, Nanjing 210000, China)

**Abstract:** In view of the tidal traffic problem of one-way traffic jam in morning and evening rush hours on urban roads in China, the influencing factors of setting up tidal lanes on the roads with tidal phenomenon are analyzed in this paper, in order to determine the necessity of setting up tidal lanes under different conditions and the corresponding traffic volume when the road reaches the congestion state, which has some innovations in the method of tidal lane switching timing and number of lanes. The road direction distribution coefficient of the tidal lane-switching is calculated based on that the service level of the secondary traffic flow direction after setting the tidal lane is not lower than that of the main traffic flow direction, and the method of the number of tidal lane-switching is given. Taking the simulation of Beijing West road in Nanjing city as an example, the relevant road data in the three states before the setting of tidal lanes, after the setting of tidal lanes in the traditional way, and after the setting of tidal lanes in the critical state are compared, and then it is demonstrated that the accuracy of the timing of switching tidal lanes can alleviate the road congestion.

**Key words:** road transport; tidal lanes; traffic capacity; volume of traffic; direction distribution coefficient

## 0 引言

随着我国经济的发展和人民生活水平的提高, 一方面各大城市的汽车保有量增长趋势明显, 导致城市交通问题严重, 交通整体状况日益严重<sup>[1]</sup>; 另一方面, 城市规模越来越大, 受城市规划布局的影响, 逐渐形成了工作单位及商业区在城市中心城区、居民住宅区在外围区域的格局, 即越来越多的人选择在市区工作娱乐、在市郊生活居住的生活模式<sup>[2]</sup>, 从而造成了上班早高峰由市郊往市区行驶方向的道路

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金 (2017B12714); 江苏省交通科学研究计划项目 (20185004802)

作者简介: 林灏 (1998—), 男, 本科生, 主要研究方向: 城市交通规划与管理

通信联系人: 赵星, 副教授, 主要研究方向: 应急疏散交通管理、城市轨道交通客流特征分析与预测. E-mail: zhaoxing@hhu.edu.cn

发生拥堵，出城方向的道路使用率较低；而在下班高峰期间由市区往市郊行驶方向的道路发生拥堵，进城方向的道路使用率较低。这种早晚固定时段交通双向流量分布不均衡的现象称为潮汐现象。由此设置的随不同时段交通流量的不同情况可改变行驶方向的车道称为潮汐车道。设置潮汐车道已成为了一种最常用的解决方法，在国外，包括旧金山、洛杉矶、纽约在内的多个城市设置了潮汐车道；而我国的北京、深圳、上海等城市也开始试制并应用潮汐车道<sup>[3]</sup>。潮汐车道的应用，对于缓解特定时段的道路拥堵问题、提高通行效率具有重要意义。

在国内外许多大型城市设置潮汐车道来缓解潮汐交通所造成的道路拥堵问题的同时，关于潮汐车道的研究也逐渐深入。国内外许多学者从交通流特性、交通需求、信号设施的控制等多个方面进行潮汐车道的技术研究。HOOSE<sup>[4]</sup>对潮汐车道技术的信号控制和对应的交通细则进行了较为系统的研究；李丽丽等<sup>[5]</sup>通过在交叉口处渠化区域布设检测器，根据检测器收集到的车流特性数据来确定潮汐车道的属性，并给出了基于检测器实时数据的潮汐车道控制方法。

目前，研究人员对不同城市道路的潮汐车道切换方式、交通组织等问题进行研究分析。潮汐车道的实施可缓解某一时段部分道路通行能力不均衡的问题<sup>[6]</sup>，但至今为止，潮汐车道的使用及切换都是静态的，即潮汐车道的切换时间是固定不变的。而同一条道路每天的交通拥堵情况都不相同，即每天的拥堵时间、拥堵程度都有差异。若潮汐车道在道路拥堵过后进行切换，则无法及时对道路的拥堵现象进行疏导；若在道路拥堵前进行切换，则会在一定程度上造成道路资源的浪费。因此，在固定时间对具有潮汐现象的道路进行潮汐车道的切换显然是不适宜的。设置潮汐车道的条件中包括了需要满足车辆数达到一定程度从而达到道路的饱和度，以及道路上两个方向的交通量不均衡<sup>[7]</sup>，即不均匀方向分布系数（distribution coefficient,  $K_d$ ）达到一定数值时才能设置切换潮汐车道。因此，本文从设计通行能力及方向分布系数  $K_d$  等方面研究切换潮汐车道的时机，并进行道路模拟仿真测试有效性。

## 1 潮汐车道设置条件分析

设置潮汐车道，可用于解决城市道路中发生的潮汐交通流的拥堵现象，但并不是所有城市道路都适合设置潮汐车道，设置潮汐车道的道路需要满足以下条件<sup>[8]</sup>：

- 1) 一般道路的机动车车道数应在 3 条以上，而对于城市道路中的主干道则至少在 5 条车道以上；
- 2) 设置潮汐车道的路面上不存在电车轨道或中央隔离带；
- 3) 道路长度太短不适合设置潮汐车道，因此潮汐车道的设置长度应在 1 km 以上；
- 4) 高峰时段重交通流方向的交通量造成道路拥堵，甚至超过道路最大通行能力；
- 5) 高峰时段双向交通量呈不均匀分布，重交通流方向的分布系数达到 2/3 左右，并且在切换潮汐车道后，两个方向的车道数能够满足各自方向的交通量需求。

假设  $Z$  的取值决定了是否设置并切换潮汐车道，则变量  $X_1, X_2, X_3, X_4$  和  $X_5$  分别对应以上 5 个条件。则有公式：

$$Z = X_1 \times X_2 \times X_3 \times X_4 \times X_5, \quad (1)$$
$$X_i (i = 1, 2, 3, 4, 5) = \begin{cases} 1, \\ 0. \end{cases}$$

表 1 为不同情况下  $X_i$  的取值：

当  $\forall X_i = 1$  时， $Z = 1$ ，此时进行潮汐车道的切换；

当  $\exists X_i = 0$  时， $Z = 0$ ，此时不能设置或切换潮汐车道。

对于同一段道路，车道数、道路中央是否有设施、道路长度都确定不变，当某道路确定设置为潮汐车道时，切换潮汐车道方向的时机由交通量、方向分布系数和是否满足双向交通量需求决定，因此  $X_5$  中的方向分布系数  $K_d$  的具体推导过程将在下文展开。

表1 不同条件下  $X_i$  的取值

Tab. 1  $X_i$  value under different conditions

$X_i$ 序号	$X_i=0$	$X_i=1$
$X_1$	车道数 $n < 5$	车道数 $n \geq 5$
$X_2$	路面有电车轨道或中央隔离带	路面没有电车轨道或中央隔离带
$X_3$	路段长度 $\leq 1$ km	路段长度 $> 1$ km
$X_4$	道路实际交通量 $V < 0.8C$	道路实际交通量 $V \geq 0.8C$
$X_5$	$K_d < \frac{(n_2+1)/n_1}{(n_1-1)/n_2+(n_2+1)/n_1}$	$K_d \geq \frac{(n_2+1)/n_1}{(n_1-1)/n_2+(n_2+1)/n_1}$

注：C 为道路通行能力； $n_1$  为次要行车方向车道数； $n_2$  为主要行车方向车道数

## 2 潮汐车道设置条件的动态判别方法分析

### 2.1 设计通行能力及交通量的确定

每条确定的城市道路都有其相应的路段设计通行能力。在进行潮汐车道的切换前，需要先对该路段上的交通量进行动态计算判别，以此确定该路段将产生拥堵并对某车道进行方向的切换。城市道路路段设计通行能力可根据一条车道的理论通行能力进行修正得到。而一条车道的理论通行能力的计算公式为

$$N_0 = 1\ 000V/L, \tag{2}$$

其中， $N_0$  为一条车道的理论通行能力； $V$  为道路实际交通量； $L$  为车头间距。

结合城市道路中还有小客车、大客车、卡车和通道车等各种车型行驶可知，对于城市道路而言，一条车道的理论通行能力，取 1 500 辆/h 是比较合理的。

道路设计通行能力由自行车影响、车道宽度、车道数及交叉口影响四个方面决定，即

$$N_a = N_0 \times \gamma \times \eta \times \beta \times n', \tag{3}$$

其中， $N_a$  为设计通行能力，即用来作为道路规划和设计标准而要求道路承担的通行能力，可以根据一个车道的理论通行能力进行修正得到； $\gamma$  为自行车修正系数； $\eta$  为车道宽度影响系数； $\beta$  为交叉口影响修正系数； $n'$  为车道修正系数。

经研究分析，在国家标准层面有 4 项现行标准与城市机动车车道宽度取值相关，其中，国家标准 1 项，为《城市道路交叉口规划规范（GB 50647—2011）》；行业标准 3 项，分别为《城市道路交叉口设计规程（CJJ 152—2010）》、《城市道路工程设计规范（CJJ 37—2010）》、《城市快速路设计规程（CJJ 129—2009）》。我国标准规范关于车道宽度主要考虑了“设计车速、车型、交叉口、改扩建条件”等因素，宽度值一般为 2.80~3.75 m，其中，3.50 m 宽的车道设计条件适用于城市除快速路外的一般道路，且大型车混行车道设计车速低于 60 km/h，或小型专用车道设计速度大于 60 km/h；以及城市道路交叉口，大型车混行车道出口车道。因此，城市道路的每车道的宽度为 3.50 m，设置的潮汐车道的宽度也为 3.50 m，则车道宽度影响系数为  $\eta = 100\%$ 。

我国采用的车道修正系数  $n'$  在具体规划时与车道数有关。例如，当单向车道数为 2 时，车道修正系数  $n' = 1.87$ ；当单向车道数为 3 时，车道修正系数  $n' = 2.60$ ；当单向车道数为 4 时，车道修正系数  $n' = 3.20$ 。

当机动车道与非机动车道之间有分离带时，路段上的自行车对机动车没有影响，可以不考虑折减，

即  $\gamma=1$ ；当机动车道与非机动车道之间无分离带但自行车道负荷不饱和时，自行车对道路上的机动车有影响，但自行车基本在非机动车道上行驶，对机动车的影响不大，建议取  $\gamma=0.8$ 。

交叉口影响修正系数取决于交叉口控制方式及交叉口间距。道路交叉口间距较小时，交叉口的停车延误不利于道路空间的利用及道路通行能力的有效发挥。交叉口间距增加时，有利于提高道路通行能力，交叉口修正系数可以表示为

$$\beta = \beta_0(0.0013s + 0.73),$$

其中， $\beta_0$  为交叉口有效通行时间比； $s$  为交叉口间距。当  $\beta > 1$  时，则取  $\beta=1$ 。

一般而言，需要设置潮汐车道的道路为有信号控制的城市主干道，其交叉口间距一般为 800~1 200 m，交叉口间距对潮汐车道的影响不大，因此可以取  $\beta=1$ 。

当道路的服务水平  $V/C \geq 0.9$ ，即道路实际交通量  $V \geq 0.9C$  时，道路服务水平达到 E 级，此时车流不稳定，道路达到拥堵状态<sup>[9]</sup>。

由此可以得到表 2 所示的潮汐车道相关数据。

表 2 道路拥堵时对应的交通量

Tab. 2 Corresponding traffic volume when roads are congested

单向车道数	是否有分离带分离机动车与非机动车	道路理论通行能力/(辆/h)	达到拥堵状态时对应的交通量/(辆/h)
2	是	2 805	2 525
2	否	2 244	2 020
3	是	3 900	3 510
3	否	3 120	2 808
4	是	4 800	4 320
4	否	3 840	3 456

## 2.2 方向分布系数 $K_d$ 的确定

早晚上下班的时间就是道路交通量分布不均的高峰期，除交通量的确定外，方向分布系数  $K_d$  的确定是是否切换潮汐车道的另一显著特征。以  $K_d$  表示交通方向的不均衡性，能够很好地判定道路是否需要切换潮汐车道进行切换。其中，以在设置潮汐车道以后，次要行车方向的交通流的道路服务水平不得低于主要行车方向的交通流的道路服务水平为主要限制条件。

假设某条道路上的两个行驶方向分别有  $n_1$  和  $n_2$  条车道。在切换潮汐车道前两个方向的道路通行能力分别用  $C_1$  和  $C_2$  表示。假设单位时间内每条车道的交通量均相同， $v_1$  为单位时间内次要行车方向每条车道的交通量， $v_2$  为单位时间内主要行车方向每条车道的交通量，则两个行车方向的交通量为

$$V_1 = n_1 \times v_1, \tag{4}$$

$$V_2 = n_2 \times v_2. \tag{5}$$

可以通过道路饱和度反映道路服务水平，计算公式为  $V/C$ ，具体如下：

$$V_1 / C_1 = \frac{v_1 \times n_1}{C_1} = \frac{v_1 \times n_1}{c \times \gamma \times \eta \times \beta \times n_1'}, \tag{6}$$

$$V_2 / C_2 = \frac{v_2 \times n_2}{C_2} = \frac{v_2 \times n_2}{c \times \gamma \times \eta \times \beta \times n_2'}, \tag{7}$$

其中， $c$  为一条车道的理论通行能力。

假设此时将次要行车方向的其中一条车道改变方向，将其加至主要行车方向的车道中以缓解主要行车方向的交通压力，那么次要、主要行车方向的各自饱和度（ $V/C$ ）将改变为

$$V_1 / C_1 = \frac{v_1 \times n_1}{C_1} = \frac{v_1 \times n_1}{c \times \gamma \times \eta \times \beta \times (n_1 - 1)'}, \tag{8}$$

$$V_2 / C_2 = \frac{v_2 \times n_2}{C_2} = \frac{v_2 \times n_2}{c \times \gamma \times \eta \times \beta \times (n_2 + 1)'}. \tag{9}$$

根据设置潮汐车道后，次要行车方向的交通流的道路服务水平不得低于主要行车方向的交通流的道路服务水平的条件可以得到：

$$V_1 / C_1 \leq V_2 / C_2. \tag{10}$$

当达到临界值，即两个行车方向的交通量的服务水平相等时可以得到：

$$\frac{v_1 \times n_1}{c \times \gamma \times \eta \times \beta \times (n_1 - 1)'} = \frac{v_2 \times n_2}{c \times \gamma \times \eta \times \beta \times (n_2 + 1)'}, \tag{11}$$

$$v_1 = \frac{(n_1 - 1)' \times n_2}{(n_2 + 1)' \times n_1} v_2. \tag{12}$$

最终可以得到临界方向分布系数为

$$K_d = \frac{V_2}{V_1 + V_2} = \frac{V_2}{\frac{(n_1 - 1)' \times n_2 + (n_2 + 1)' \times n_1}{(n_2 + 1)' \times n_1} V_2} = \frac{(n_2 + 1)' \times n_1}{(n_1 - 1)' \times n_2 + (n_2 + 1)' \times n_1}. \tag{13}$$

以上公式求出了关于潮汐车道切换前的临界方向分布系数  $K_d$  的函数，主要变量为道路两个方向的车道数  $n_1$  和  $n_2$ 。该式的临界方向分布系数  $K_d$  随着道路两个方向的车道数变化而变化，在正常情况下，道路两侧的车道数均相等，即  $n_1 = n_2 = n$ ，则可以求出：

$$K_d \geq \frac{(n + 1)'}{(n - 1)' + (n + 1)'}. \tag{14}$$

结合国内外研究的车道数修正系数采用值，可以得到不同车道数的情况下相应的方向分布系数，如表 3 所示。

表 3 方向分布系数的取值

Tab. 3 Value of the directional distribution coefficients

双向车道数	主要行车方向车道数	次要行车方向车道数	方向分布系数 $K_d$
3	1	2	0.78
4	2	2	0.72
5	2	3	0.68
6	3	3	0.63
7	3	4	0.62
8	4	4	0.60

由于大多数城市道路的车道数在 8 条或 8 条以下，因此上述两个表格列出双向车道数小于等于 8 的情况下相应的方向分布系数及达到拥堵状态时的交通量。由表 3 可以看出，当相应的道路车道数所对应的交通量达到 2 020~4 320 辆/h，对应的方向分布系数达到 0.60~0.78 时满足切换潮汐车道的要求。达到这两个范围时可以占用次要行车方向的 1 条甚至是多条车道来设置潮汐车道。

### 2.3 切换车道数的确定

切换潮汐车道时需要给次要行车方向留下至少一条车道，而潮汐车道切换的车道数多少同样取决于交通量和方向分布系数的大小。

路段上的交通量在某一时刻是确定不变的，在车道数不变的情况下，某一段确定的路段的理论通行能力固定不变；当切换潮汐车道时，车道数发生变化，道路的理论通行能力仅取决于车道修正系数，修正系数随着车道数的变化而改变，由

$$V/C = \frac{v \times n}{c \times \gamma \times \eta \times \beta \times n'} \quad (15)$$

得到道路的服务水平也仅取决于车道修正系数  $n'$ ，即与车道数  $n$  相关，因此可对与车道数相关的车道修正系数  $n'$  进行迭代计算以判别切换潮汐车道的车道数。假设一共需要切换的车道数为  $a$ ，那么需要满足的条件为

$$V/C = \frac{v \times n}{c \times \gamma \times \eta \times \beta \times (n+a)'} \geq 0.9, \quad (16)$$

即

$$V \geq 0.9 \times c \times \gamma \times \eta \times \beta \times (n+a)' \quad (17)$$

将式 (8)、式 (9) 中的车道方向改变数量由 1 条车道改为变量  $a$  条车道，带入式 (10) 可以计算得到：

$$v_1 \leq \frac{(n_1 - a)' \times n_2}{(n_2 + a)' \times n_1} v_2, \quad (18)$$

其中， $a=0,1,\dots,n_1-1$ 。

切换的车道数可通过迭代计算确定，计算过程如图 1 所示。

### 3 案例分析

以南京的北京西路为例，早高峰时段有大量车辆进城（从西往东方向行驶），出城（从东往西）方向车辆数较少；晚高峰反之。经调查发现，该路段无中央绿化隔离带，道路为双向六车道，机动车道与非机动车道相互隔离，且早晚高峰时期双向车流量差距较大，符合设置潮汐车道所需条件。

采用录像法对该路段交通量进行统计，数据采集时长为 1 h，每 10 min 统计 1 次，对统计的数据进行整合后得到表 4。

因此，该路段适合进行潮汐车道的设置。通过计算，当早晚高峰来临，重交通方向交通量达到拥堵状态，且方向分布系数达到该路段的临界值  $K_d=0.63$  时，对路段进行潮汐车道的切换。初始切换方式与传统方法相同，将轻

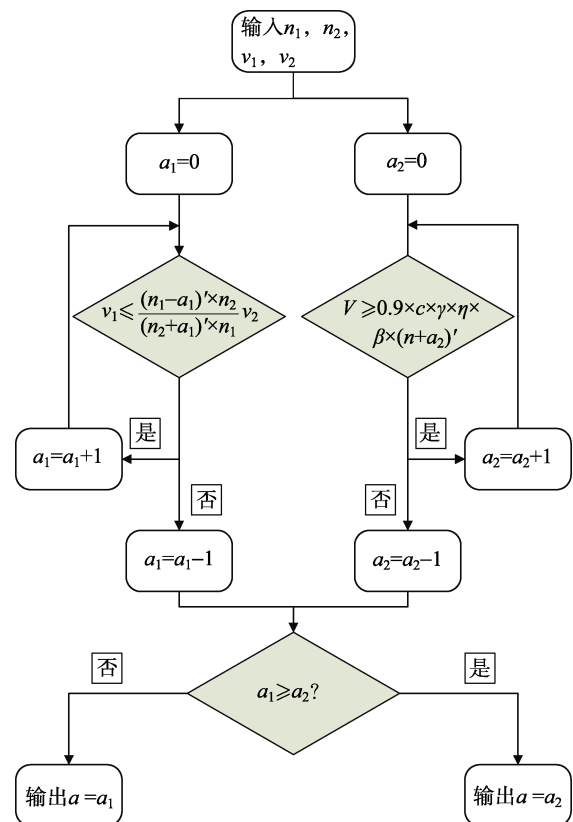


图 1 潮汐车道切换数计算流程  
Fig. 1 Calculation process of tidal lane switching number

交通流方向的一条车道切换为重交通流方向的车道,将道路车道布局变为早高峰“四进二出”、晚高峰“四出二进”,其余时期道路车道维持“三进三出”的方式<sup>[10]</sup>,随着道路交通量的变化进一步选择是否继续切换车道数。

表4 北京西路调查结果

Tab. 4 Survey results on Beijing West road

时间段	行驶方向	交通量/(辆/h)	方向分布系数 $K_d$
早高峰	进城(西—东)	3 578	0.70
7:30—8:30	出城(东—西)	1 552	0.30
晚高峰	进城(西—东)	1 861	0.33
17:30—18:30	出城(东—西)	3 710	0.67

为论证该方法较以往潮汐车道的设置方法更为适宜,根据北京西路的道路条件、交通量数据和潮汐车道的设置方式,采用 VISSIM 进行模拟仿真。将北京西路晚高峰潮汐车道实施前、以往潮汐车道设置方法实施后、本文提出的潮汐车道临界设置方法实施后的数据进行对比,其中以往潮汐车道设置方法指固定时间对道路车道方向进行切换;潮汐车道临界设置方法指根据实时动态对道路交通流进行检测,计算当道路交通流到达切换潮汐车道所满足的交通量及方向分布系数的临界值时对道路车道方向进行切换。结果如表5所示。

表5 仿真结果统计表

Tab. 5 Statistical table of simulation results

评价指标	平均车速/(km/h)		平均损失时间/s	
	轻交通流方向	重交通流方向	轻交通流方向	重交通流方向
实施前	48.13	33.77	13.60	21.27
传统方法实施后	45.30	39.37	14.97	18.10
临界设置方法实施后	44.72	42.25	14.70	13.97

仿真结果表明,在设置潮汐车道后,轻交通流方向的参数变化不大;通过临界设置方法实施潮汐车道后,重交通流方向的车辆平均行驶速度从 33.77 km/h 提高至 42.25 km/h,提高了 25.1%;车辆平均损失时间从 21.27 s 降低至 13.97 s,降低了 34.3%。同时,临界设置方法切换潮汐车道比传统方法定点设置潮汐车道的车辆平均车速提高了 7.3%,平均损失时间降低了 22.8%。由仿真数据可以看出,临界设置方法相较于传统方法设置潮汐车道缓解早晚高峰的道路拥堵问题有更好的效果,即通过实时动态对道路交通流进行检测,当达到切换出行车道方向的交通量及方向分布系数临界值时进行车道方向切换的方法,比传统的固定时间(静态)切换潮汐车道的方法可行性更高、效果更佳。

## 4 结论

潮汐车道的设置需要从车道数、路段长度、方向分布系数及交通量的均衡性等多个角度进行考虑,本文从设置、切换潮汐车道所需要达到的交通量和方向系数进行分析,对潮汐车道切换的时机进行研究,并对潮汐车道的切换数进行了相应分析。这一研究方便了道路状况的实时分析,优化了潮汐车道的切换时机选择,较好地改善了道路拥堵情况,在不影响轻交通流通行能力的前提下,提高了重交通流的通行能力,从而使资源紧张的道路环境得到了一定的缓解和改善。

### [参考文献] (References)

- [1] 马鑫俊. 基于潮汐式交通车道信号控制方法研究[C]//中国城市交通规划 2011 年年会暨第 25 次学术研讨会论文集. 武

- 汉, 2012: 1336-1344.
- MA X J. Research on signal control method based on tidal traffic lane[C]//Proceedings of 2011 Annual Conference and the 25th Symposium on Urban Transportation Planning in China. Wuhan, 2012: 1336-1344. (in Chinese)
- [2] 张国华. 关于城市道路潮汐车道的设置研究[J]. 交通科技, 2012 (3): 116-119.  
ZHANG G H. Study on the setting of tidal lane on urban road[J]. Transportation Science and Technology, 2012(3): 116-119. (in Chinese)
- [3] 代磊磊, 顾金刚, 俞春俊, 等. 潮汐车道交通流特性与设置方案仿真研究[J]. 交通信息与安全, 2012, 30 (1): 15-19.  
DAI L L, GU J G, YU C J, et al. Traffic flow characteristics on reversible lane and its operational plan based on simulation[J]. Traffic Information and Safety, 2012, 30(1): 15-19. (in Chinese)
- [4] HOOSE H J. Planning effective reversible lane control[J]. Traffic Quarterly, 1963, 17(3): 408-413.
- [5] 李丽丽, 曲昭伟, 陈永恒, 等. 可变车道的控制方法[J]. 吉林大学学报(工学版), 2009 (S1): 98-103.  
LI L L, QU Z W, CHEN Y H, et al. Control method of variable lane[J]. Journal of Jilin University (Engineering and Technology Edition), 2009(S1): 98-103. (in Chinese)
- [6] 徐红领, 于泉. 可变车道的国内外研究现状及展望[J]. 交通标准化, 2014, 42 (15): 64-67.  
XU H L, YU Q. Present situation and prospect of variable lane research at home and abroad[J]. Traffic Standardization, 2014, 42(15): 64-67. (in Chinese)
- [7] 孟杰, 孟志广, 黄富斌, 等. 潮汐可变车道设置研究[J]. 市政技术, 2015, 33 (6): 31-33, 37.  
MENG J, MENG Z G, HUANG F B, et al. Study on tidal variable lane setting[J]. Municipal Technology, 2015, 33(6): 31-33, 37. (in Chinese)
- [8] 耿巍, 刘向阳. 南京市“潮汐交通”可变车道的应用[J]. 交通标准化, 2014, 42 (15): 54-56.  
GENG W, LIU X Y. Application of variable lane base on tidal traffic in Nanjing[J]. Traffic Standardization, 2014, 42(15): 54-56. (in Chinese)
- [9] 敖志凡, 解琴. 道路服务水平分级方法研究[J]. 四川水泥, 2017 (9): 18, 37.  
AO Z F, XIE Q. Research on classification method of road service level[J]. Sichuan Cement, 2017(9): 18, 37. (in Chinese)
- [10] 许京鹏, 李雪芹. 潮汐车道的设计及其对交通拥堵缓解效果的研究[J]. 综合运输, 2017, 39 (7): 34-37.  
XU J P, LI X Q. The design of tidal lane and its effect on traffic congestion alleviation[J]. Integrated Transport, 2017, 39(7): 34-37. (in Chinese)

(责任编辑: 段桃)