



引用格式:韩直,张杰,韩嵩乔.城市道路交通管控时间与区域长度控制方法[J].科学技术与工程,2020,20(16):6640-6643

Han Zhi, Zhang Jie, Han Songqiao. Urban road traffic control time and area length control method[J]. Science Technology and Engineering, 2020, 20(16): 6640-6643

# 城市道路交通管控时间与区域长度控制方法

韩直<sup>1,2</sup>, 张杰<sup>1</sup>, 韩嵩乔<sup>3</sup>

(1. 重庆交通大学交通运输学院, 重庆 400041, 2. 招商局重庆交通科研设计院, 重庆 400041, 3. 东北师范大学数学与统计学院, 长春 130024)

**摘要** 道路交通是时空问题,交通流在时间与空间上应具有相关性,为指导城市道路交通管理,使城市道路交通流管控时间与管控区域长度精确化。从交通流参数、道路长度、交通运行时间之间的关系、时间占有率与空间占有率的定义出发,定义累计时间占有率与累计空间占有率,得出交通流在时间与空间上的等效性。在此基础上,建立了道路交通流时空关系模型,并将该模型用于计算管控时长与管控区域长度,通过实例验证,得出其可精确计算管控时长与管控区域长度,避免了管控资源的浪费。

**关键词** 城市交通; 时空关系; 交通流; 累计时间占有率; 累计空间占有率; 管控时长; 管控区域长度  
**中图分类号** U491.4; **文献标志码** A

## Urban Road Traffic Control Time and Area Length Control Method

HAN Zhi<sup>1,2</sup>, ZHANG Jie<sup>1</sup>, HAN Song-Qiao<sup>3</sup>

(1. School of Traffic & Transportation, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400041, China; 2. Transportation Research and Design Institute Chongqing Investment Promotion Bureau, Chongqing 400041, China; 3. School of Mathematics and Statistics, Northeast Normal University, Changchun 130024)

**[Abstract]** Road traffic is a problem of time and space, and traffic flow should be correlated in time and space. The research was aiming to guiding the urban road traffic management and realizing high-precision of the urban road traffic flow control and time control area length. Based on the relationship between traffic flow parameters, road length, and traffic running time, and the definition of time occupancy and space occupancy, the cumulative time occupation rate and the cumulative space occupation rate were defined, and the equivalence of traffic flow in time and space was obtained. On this basis, the time-space relationship model of road traffic flow was established, which could be used to calculate the length of control time and control area. Through verification of examples, it is concluded that the model can accurately calculate the length of control time and control area, thus avoiding the waste of control and control resources.

**[Key words]** urban transportation; space-time relations; traffic flow; cumulative time share; accumulated space occupancy; duration of control; length of control area

随着交通运输业的发展,城市道路交通拥堵现状愈发严重,交通诱导管控显得越发必要,因此,对于管控时间与管控区域的选取也越来越重要。

传统管控时长与管控范围的选取主要根据道路交通量、速度、密度三个参数进行判别选取,但由于交通量、速度、密度是相互关联的,并不是相互独立的;无论速度与密度的关系是满足 Greenshields 所提出的直线线性关系,或是 Greenberg 所提出的对数模型,亦或是 Underwood 所提出的指数模型<sup>[1]</sup>,当知道速度、密度的关系时,则知晓三者间的关系,所以在实际应用中,无论用速度、密度或交通量中的

一个或多个对交通状态进行判别,其实均为单参数对交通状态进行判别,因此,所选择的管控时长与管控范围不准确,所以有必要探讨交通流在时间和空间上的关系,以此来精确计算管控时长与管控区域的长度。

在道路交通诱导管控研究中,对于管控范围的选取,多数研究<sup>[2-4]</sup>均采用不同的方法确定道路网络中的关键节点,以此通过节点来确定管控区域。此种选取方法可以得到管控区域的范围,但不能得到管控区域的精确长度。在道路交通流时空特性研究中,多数学者利用交通流的时空特性,建立了

收稿日期: 2019-09-20; 修订日期: 2019-12-01

基金项目: 重庆悦来会展中心片区重大活动智能交通管控技术研究与应用(cstc2019jsex-tjsbX0013)

第一作者: 韩直(1962—),男,汉族,陕西渭南人,研究员,硕士研究生导师。研究方向: 交通工程。E-mail: 510177740@qq.com。

短时交通流预测模型<sup>[5-7]</sup>, 有效地对交通流进行了预测; 部分学者<sup>[8-9]</sup>分析了不同等级道路交通流的时空特性; 杨婷等<sup>[10]</sup>利用动态时间占有率分析了交通拥堵的效率; 董春娇等<sup>[11]</sup>利用时空特性对道路网进行了动态的划分。现有的研究结果中, 多为利用道路网的时空特性进行相关的研究, 缺少对交通流在时间上与空间上关系研究。为了更好地从时间与空间上研究交通流的特征以及确定交通管控时长与管控范围长度, 本文从时间占有率与空间占有率的定义出发, 定义了累计时间占有率与累计空间占有率, 证明累计时间占有率与累计空间占有率具有等效性, 基于此, 对累计时间占有率与空间占有率在一定时间段内积分, 建立交通流时空模型, 得出相关参数的关系, 并探讨了该模型的主要用处, 以期对交通管理提供参考。

## 1 累计时间占有率与累计空间占有率的关系

### 1.1 累计时间占有率与累计空间占有率定义

时间占有率<sup>[1]</sup> ( $R_t$ ) 是指在观测时间内, 所有车辆的车身长通过道路某断面所占用时间 ( $t_i$ ) 之和与总观测时间 ( $T$ ) 之比。空间占有率<sup>[1]</sup> ( $R_s$ ) 是指在某观测瞬间, 路段上所有车辆的车身长 ( $l_i$ ) 之和与路段长度 ( $L$ ) 之比,

$$R_t = \frac{\sum t_i}{T} \quad (1)$$

$$R_s = \frac{\sum l_i}{L} \quad (2)$$

由于时间占有率表示的是在一段时间内某一断面的道路拥挤情况, 空间占有率表示的是某一瞬间一段道路上的道路拥挤情况, 两者条件不同, 无法进行比较, 故应将时间占有率与空间占有率放在同一维度进行比较。

将累计时间占有率 ( $Q_{ct}$ ) 定义为在一定观测时间内, 所有车辆的车身长通过特定长度道路某一断面所占用时间之和与总观测时间之比; 将累计空间占有率 ( $Q_{cs}$ ) 定义为在观测时间  $T$  内, 进入路段所有车辆的车身长之和与路段总长度之比, 其中, 路段总长度为单条路段长度乘以车道数 ( $m$ )。即:

$$Q_{ct} = \frac{\sum t_i}{T} \quad (3)$$

$$Q_{cs} = \frac{\sum l_i}{mL} \quad (4)$$

### 1.2 累计时间占有率与累计空间占有率关系

假设  $T$  时间内, 进入长度为  $L$  的道路上有  $N$  辆

车, 未有车辆驶出, 车道数为  $m$ , 第  $i$  辆车的车辆长度为  $l_i$ , 速度为  $V_i$ 。根据累计时间占有率的定义可得, 在  $T$  内,  $L$  长的道路上, 累计时间占有率为

$$O_{ct} = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{T} = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{l_i}{v_i}}{T} \quad (5)$$

设该  $N$  辆车的平均长度为  $\bar{l}(m)$ , 以  $\bar{l}$  代替  $l_i$ , 则:

$$O_{ct} = \frac{\bar{l}}{T} \sum_{i=1}^N \frac{1}{v_i} = \frac{\bar{l}N}{Tv_s} = \frac{\bar{l}Q}{v_s} = K\bar{l} \quad (6)$$

式(6)中:  $K$  为多车道交通密度, 即所有车辆随机分配在  $m$  条车道时, 此状态下道路上的交通密度;  $v_s$  为区间平均车速。同理, 在  $T$  内,  $L$  长的道路上, 累计空间占有率为

$$O_{cs} = \frac{1}{mL} \sum_{i=1}^N l_i \quad (7)$$

$$O_{cs} = \frac{\bar{l}TQ}{mL} = \frac{\bar{l}N}{mL} = \frac{1}{m}K'\bar{l} = K'\bar{l} \quad (8)$$

式中:  $K'$  为单车道交通密度, 即所有车辆都集中在一条车道时, 此条道路上的交通密度。由式(4)、式(6)可得, 在一定条件下, 累计时间占有率与累计空间占有率具有等效性, 即:

$$O_{cs} = O_{ct} \quad (9)$$

## 2 数学模型

### 2.1 交通流的时空关系模型

由式(9)可得, 累计时间占有率与累计空间占有率具有等效性, 故在  $T$  内分别对累计时间占有率与累计空间占有率积分。对累计时间占有率积分得:

$$\int_0^T O_{ct} dt = \int_0^T \frac{\bar{l}}{T} dt \sum_{i=1}^N \frac{1}{v_i} = \frac{\bar{l}}{T} \int_0^T \sum_{i=1}^N \frac{1}{v_i} dt \quad (10)$$

在道路行驶的车辆速度  $V_i$  的倒数与行驶时间  $t$  存在一定的函数关系, 即:

$$\frac{1}{v_i} = f(t)_i \quad (11)$$

式(11)中:  $V_i$  为第  $i$  辆车的车行驶速度, 将  $f(t)_i$  通过泰勒公式展开得:

$$f(t)_i = a_{0i} + 2a_{1i}t + 3a_{2i}t^2 + \dots + (n+1)a_{ni}t^n \quad (12)$$

令:

$$f(t) = \sum_{i=1}^N f(t)_i = a_0 + 2a_1t + 3a_2t^2 + \dots + (n+1)a_nt^n \quad (13)$$

则:

$$\sum_{i=1}^N \frac{1}{v_i} = \sum_{i=1}^N f(t)_i = f(t) \quad (14)$$

式中： $a_j$  为待定系数，且  $a_j$  与道路等级相关； $n$  的取值与道路等级相关。

由式(8)~式(12)可得：

$$\int_0^T O_{ct} = \bar{l} \sum_{j=0}^n a_j T^j \quad (15)$$

对累计空间占有率积分得：

$$\int_0^T O_{cs} dt = \frac{T^2 Q \bar{l}}{mL} \quad (16)$$

式(16)中： $Q$  为  $T$  内的平均交通量。

由累计时间占有率累计空间占有率的等效性和式(15)、式(16)可得：

$$QT^2 = mL \sum_{j=0}^n a_j T^j \quad (17)$$

由上述推导可得  $Q$ 、 $T$ 、 $m$ 、 $L$  之间的关系，在实际应用中，可根据具体的应用场景，确定  $Q$ 、 $T$ 、 $m$ 、 $L$  代表的具体含义。

### 2.2 讨论

采取控制变量法，对式(17)进行求导，并根据求导结果进行讨论。

此模型可用于交通管控，则  $Q$  可代表管控时间段内平均交通量， $T$  可代表管控时间， $L$  可代表管控区域长度， $m$  为管控区域道路的车道数，利用此模型，可在管控时间确定时，精确地计算出管控区域长度，当管控区域长度确定时，精确地计算出管控时间。由表 1 可知，对于交通管控而言，当管控时间  $T$  一定时，平均交通量  $Q$  增加时，需管控更多的区域  $L$  对交通量进行分流； $L$  一定时，当平均交通量  $Q$  很小时，无需进行交通管控，当平均交通量  $Q$  增加到某一阈值时，需进行管控，且平均交通量  $Q$  越大，需管控的时间  $T$  也越长； $Q$  一定时，当管控时间  $T$  增加时，应管控的区域  $L$  也应增加，但不能一直增加，存在最佳的管控时间  $T$  与管控区域  $L$ 。

表 1  $Q$ 、 $T$ 、 $L$  相关关系

Table 1 Correlation of  $Q$ ,  $T$ ,  $L$

条件	一阶导数	关系
$T$ 一定时	$\frac{\alpha L}{\alpha Q} = \frac{T^2}{m \sum_{j=0}^n a_j T^j}$	正相关
$L$ 一定时	$\frac{\alpha T}{\alpha Q} = \frac{T^2}{mL \sum_{j=1}^n j a_j T^{j-1} - QT}$	先负相关再正相关
$Q$ 一定时	$\frac{\alpha L}{\alpha T} = \frac{2QT - mL \sum_{i=1}^n j a_j T^{j-1}}{m \sum_{j=1}^n a_j T^j}$	先正相关再负相关

### 3 实例验证

通过调查重庆内环快速路(东环立交-人和立

交)得到该道路管控时间为早上 8:00—10:00,并选取该时段的路段流量(间隔为 5 min)以及平均速度(间隔为 5 min)进行模型验证。将调查数据汇总并整理如表 2。

对表 2 中平均速度进行倒数:式(18)并通过多元线性回归方法进行函数拟合:式(19)在要求内得出速度倒数与时间、平均交通量与时间关系如图 2、图 3 所示。

表 2 调查数据  
Table 2 Survey data

时刻	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00
平均速度/( $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ )	47.43	38.82	35.40	30.37	31.71
流量/pcu	214	197	222.5	223	206.5
时刻	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00
平均速度/( $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ )	29.92	29.31	27.93	29.48	30.01
流量/pcu	240	204.5	196.5	206	225.5
时刻	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00
平均速度/( $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ )	32.75	29.92	17.39	12.72	15.71
流量/pcu	217.5	140	140.5	144	208.5
时刻	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
平均速度/( $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ )	19.33	28.56	33.97	35.28	32.54
流量/pcu	196	192.5	189	222	203
时刻	20:00	21:00	22:00	23:00	24:00
平均速度/( $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ )	30.28	28.31	22.49	20.52	20.94
流量/pcu	210	225	188.5	194	178

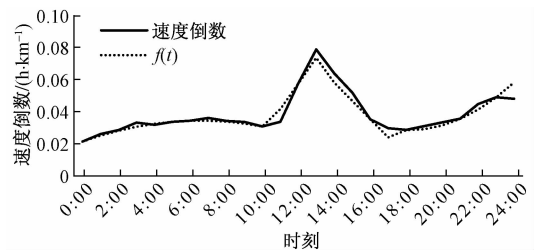


图 2 速度倒数拟合关系图

Fig. 2 Reciprocal velocity fitting diagram

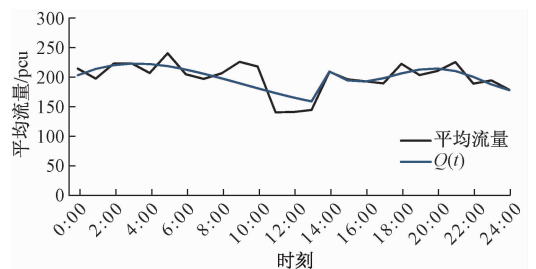


图 3 平均流量拟合关系图

Fig. 3 Average flow fitting diagram

$$\frac{1}{v} = \begin{cases} 0.0218 + 0.0040t - 0.0003t^2, & t \in (0,10) \\ -0.1347 + 0.0160t, & t \in (11,13) \\ 0.2174 - 0.0114t, & t \in (14,17) \\ 0.3178 - 0.0318t + 0.0009t^2, & t \in (18,24) \end{cases} \quad (18)$$

$$Q(t) = \begin{cases} 202.6997 + 12.9294t - 2.2456t^2 + 0.0241t^3 + \\ 0.0079t^4 - 0.0003t^5, & t \in (0,13) \\ 2348.2 + 14.6055t - 63.4637t^2 + 6.4867t^3 - \\ 0.24654t^4 + 0.003285t^5, & t \in (13,24) \end{cases} \quad (19)$$

对累计时间占有率及累计空间占有率在  $T$  内进行积分得:

$$\int_0^T O_{ct} d_t = \int_0^{T_1} O_{ct} d_t + \int_{T_1}^{T_2} O_{ct} d_t + \dots + \int_{T_{n-1}}^{T_n} O_{ct} d_t \quad (20)$$

将上述数据代入(20)得出如表3所示结果。

由表3可得,在保持原有管控方式与时间不变的情况下,应管控区域长度为4 846 m,实际管理3 300 m,造成了管控资源的浪费;在保持原管控区域长度不变的情况下,应将原管控时长2 h,变为1.2 h,避免管控资源的浪费。

表3 结果分析  
Table 3 Result analysis

不同情况	结果
在原管控时间段 8:00—10:00内	计算得出应管控区域长度为4 846 m,实际管控长度为3 300 m
在原管控区 域3 300 m内	计算得出应管控时间长为1.2 h,实际管控时间长为2 h

## 4 结论

首先,通过定义累计时间占有率与累计空间占有率,得出道路交通流的时空等效性,并建立了道路交通流的时空关系模型;其次,探讨并得出基于交通流的时间变化特征,可精确的计算出管控时间范围与管控区域长度;最后,通过实例验证了道路交通流时空关系模型的有效性,得出在重庆内环快速路(东环立交-人和立交)上,保持原管控时间不变时,应将管控区域扩大至4 846 m;保持管控区域不变,应将管控时间减少至1.2 h。

### 参 考 文 献

1 张生瑞,邵春福,周伟,等.交通流理论与方法[M].北京:中国铁道出版社,2000.  
Zhang Shengrui, Shao Chunfu, Zhou Wei, et al. Traffic flow theory

and method [M]. Beijing: China Railway Press, 2000.

- 2 王琳琛.城市路网关键节点和路段的识别研究[D].长春:吉林大学,2017.  
Wang Linhuang. Research on identification of key nodes and sections of urban road gateway[D]. Changchun: Jilin University, 2017.
- 3 严开,李玲.道路交通网络中的关键节点识别方法研究[J].计算机工程与科学,2018,40(11):81-88.  
Yan Kai, Li Ling. Research on key node recognition method in road traffic network[J]. Computer Engineering and Science, 2018, 40(11): 81-88.
- 4 郑黎黎,王世广,王伟,等.城市道路交通网络关键节点辨识方法研究[J].武汉理工大学学报(交通科学与工程版),2015(4):675-679.  
Zheng Lili, Wang Shiguang, Wang Wei, et al. Research on identification methods of key nodes in urban road traffic network[J]. Journal of Wuhan University of Technology (Transportation Science and Engineering Edition), 2015(4): 675-679.
- 5 邱敦国,兰时勇,杨红雨.基于时空特性的短时交通流预测模型[J].华南理工大学学报(自然科学版),2014(7):49-54.  
Qiudunguo, Lan Shiyong, Yang Hongyu. Short-term traffic flow prediction model based on temporal and spatial characteristics [J]. Journal of South China University of Technology (Natural Science Edition), 2014(7):49-54.
- 6 高为,陆百川,负天鹏,等.基于时空特性和RBF神经网络的短时交通流预测[J].交通信息与安全,2011,29(1):16-19.  
Gao Wei, Lu Baichuan, Yun Tianli, et al. Short-term traffic flow prediction based on time-space characteristics and RBF neural network[J]. Traffic information and safety, 2011, 29(1): 16-19.
- 7 邱世崇,陆百川,马庆禄,等.基于时空特性分析和数据融合的交通流预测[J].武汉理工大学学报(信息与管理工程版),2015(2):156-160.  
Qiu Shichong, Lu Baichuan, Ma Qinglu, et al. Traffic forecasting based on spatial-temporal characteristics analysis and data fusion[J]. Journal of Wuhan University of Technology (Information and Management Engineering Edition), 2015(2): 156-160.
- 8 孙维亚,周凌焱,宋志豪.基于GIS的城市交通流时空特征分析[J].地理空间信息,2014,12(2):76-78.  
Sun Weiya, Zhou Lingyan, Song Zhihao. Spatial and temporal characteristics of urban traffic flow based on GIS [J]. Geospatial information, 2014, 12(2): 76-78.
- 9 孙建平,郭继孚.基于速度变化的偶发性交通拥堵时空分布特性研究[J].交通运输系统工程与信息,2019,19(2):196-201.  
Sun Jianping, Guo Jifu. Temporal and spatial distribution characteristics of accidental traffic congestion based on speed change[J]. Transportation System Engineering and Information, 2019, 19(2): 196-201.
- 10 杨婷,尹传忠,肖崇紫.基于动态时间占有率的交通拥挤效率分析[J].公路,2015(4):155-161.  
Yang Ting, Yin Chuanzhong, Xiao Chongzi. Traffic congestion efficiency analysis based on dynamic time share [J]. Highway, 2015(4): 155-161.
- 11 董春娇,邵春福,马壮林,等.阻塞流状态下城市快速路交通流时空特性[J].交通运输工程学报,2012,12(3):73-79.  
Dong Chunjiao, Shao Chunfu, Ma Zhuanglin, et al. Spatial and temporal characteristics of urban expressway traffic flow under congested flow [J]. Journal of Transportation Engineering, 2012, 12(3): 73-79.