

文章编号:1005-0523(2019)01-0073-06

停车场对连接路段车辆速度的影响研究

朱斌宁, 郑长江

(河海大学土木与交通学院, 江苏 南京 210098)

摘要:为了研究停车场出入口处车辆驶入驶出对连接路段车辆速度的影响,对停车场规模、驶入驶出率、出入口道路长度等影响因素进行分析,引入时间障碍率参数,利用时间障碍率来反映停车对路段车辆的影响,将停车影响作为路段车辆的交通阻抗,在BPR路阻函数模型的基础上建立主路车流受停车影响的车辆速度模型。运用VISSIM仿真软件进行停车场出入口处仿真,与车速模型计算结果进行对比分析。结果表明,车速模型计算结果与仿真结果相差较小,车速模型具有一定的准确性。

关键词:停车场;车辆速度;时间障碍率;仿真

中图分类号:U491.1

文献标志码:A

近年来,国民经济快速发展,机动车保有量也随之大幅增长。调查资料显示,截至2017年底,汽车驾驶人已超过三亿,对于这个数目庞大的驾驶人而言,停车属于典型的高频、刚需、强痛点场景。现有的停车配套设施不足,停车难问题已严重影响人们的生活,由此可见改善停车设施规划的重要性。

停车场根据其与道路系统所处的相对位置可以分为路内和路外两种类型。目前,国内外学者针对路内停车对道路交通流影响的研究较多,内容主要包括路内停车对路段车速和延误的影响研究。Jason研究路内停车对道路通行能力及车辆行程时间的影响,结果表明,道路通行能力有一定程度的降低,车辆运行时间增加^[1];Jilla研究非机动车道对交通流的影响,结果表明:机动车在正常行驶过程中会受附近的非机动车道上非机动车的影响,其速度会降低,位置也会发生偏移^[2]。在路外停车研究方向上,针对停车场入口道长度的计算方法,覃峰提出将入口道视为“单通道”,利用排队论方法设计入口道^[3]。在车流延误计算方法研究方面,武亚鹏提出了一种右转车辆穿越直行非机动车流延误计算方法^[4]。

由于路内停车对道路交通影响较大,在路内设置停车位越来越少,路外停车场的设置越来越多。根据现有的研究可知,关于路外停车对道路交通流影响的研究较少。因此,本文针对路外停车场进行研究,基于停放车辆的驶入驶出特征,定量分析其对主路车流的影响特性。

1 停车场对路段交通影响分析

一般认为,路外停车场不属于道路系统的一部分,而是利用一条特殊的连接道路将路外停车场与道路连接起来。路外停车右转进出主路的影响具体表现在两个方面。一方面,停放车辆在到达出入口前,进行变道、减速和等待等行为,导致主路车道车流速度变化,影响区内会形成瓶颈路段,导致交通堵塞。另一方面,主路车辆驶入停车场时,发生减速转弯过程,停车场车辆驶出时发生的转弯加速行为,均会干扰上游车辆。在道路交通量较大的情况下,驾驶人在出入口处等待进出停车场,可穿越时机很低,当等待时间超过驾驶人能够接受的范围,驾驶人会选择遵守让行规则而进行强行穿越,这就会阻断路段车辆的通行,造成交通阻塞,这一过程称为路内停车带的“阻滞”效应,即路外停车场的车辆驶入驶出会阻断主路交通流。

收稿日期:2018-07-19

基金项目:国家自然科学基金项目(51608171)

作者简介:朱斌宁(1995—),女,硕士研究生,主要研究方向为交通规划与管理。

通讯作者:郑长江(1966—),男,教授,博士,主要研究方向为交通规划与管理。

停车场出入口处车辆驶入驶出对动态交通的影响因素主要有车辆驶入驶出率、出入口道长度和停车场类型等。当停车场的车辆驶入数量偏大,而入口道设计长度小于一定值时,停放车辆会在入口道甚至连接路段上游排队,阻碍上游通行车辆,而入口道长度大于一定值时,会对土地资源造成浪费。停车场的建造类型主要有三类,即地下停车场、地上停车场和立体停车场,它们的区别主要在于出入口道的长度,地下停车场的出入口道较长,车辆有足够的空间进入停车场,很少发生排队现象;地上平面停车场可达性好,当车辆在出入口处减速停车时,对路段的交通影响较大;立体停车场的入口道都设计的很短,车辆在停车场外的连接路段完成驶入和排队两个过程。除此之外,停车场规模限制了停车高峰时期停车场内能够停放的车辆数上限,决定了停放车辆疏散的快慢程度。

在影响因素分析的基础上结合 BPR 路阻函数模型建立主路车流受停车影响的车辆速度模型,为研究停车场出入口处车辆驶入驶出对连接路段车辆速度的影响提供依据。

2 建立模型

2.1 交通调查

本次交通调查采用了多种方法。首先是录像法和车牌照法,结合这两种方法进行数据收集和整理,计算可得路段车流量、不受停车影响的车辆速度和停车影响的车辆速度。其次,采用人工实地调查记录停车场出入口车辆的驶入驶出时间和数量。选择调查地点时考虑避免交叉口影响,调查区间两端距离交叉口应在 80 m 以上。选定南京市洪武北路主路和与其连接的路外停车场为调查点,停车场容量为 110 辆,主路属于城市主干路。根据道路各时间段的交通运行特性,选取五个工作日的 14:30—15:30 和 17:00—18:00 作为调查时间段对象,调查区的长度设为 200 m。调查路段位置示意如图 1 所示,灰色区域为本次调查路段。

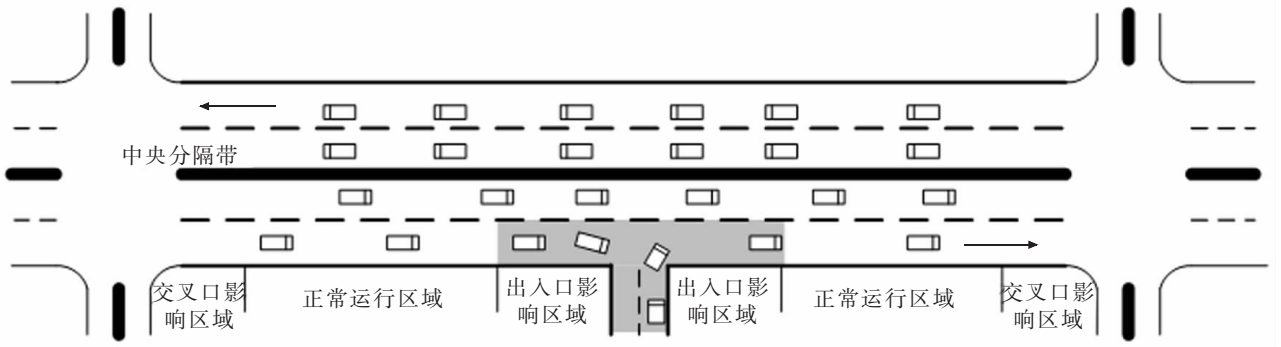


图 1 停车场影响区域示意图
Fig.1 Area influenced by parking lot

本文中的调查路段洪武北路属于城市主干路,城市主干路的设计速度取 60 km/h,一条车道的的基本通行能力(小客车单位)为 1 800 pcu/h^[5],实际通行能力可表示为

$$C=C_0\gamma\xi\eta \quad (1)$$

式中: C 、 C_0 分别为路段实际通行能力、一条车道理论通行能力; γ 、 ξ 、 η 分别代表大型车修正系数、机动车道的道路分类系数、车道折减系数^[6]。调查得大型车和小型车比例为 0.1,则 $\gamma=0.9$,调查路段为城市主干路,则 $\xi=0.85$,研究车道为靠近路中线的第二车道,则 $\eta=0.9$ 。计算得路段实际通行能力 $C=1\ 240$ pcu/h。

选择 5 min 为道路交通流统计时间间隔和停车影响指标的时间间隔。根据计算结果发现,各时间段内的车流量较为平均,主路上单车道的平均车流量为 792 veh/h。不受停车影响车辆通过路段的平均时间是 6.36 s,平均速度是 46.39 km/h。受停车影响车辆通过路段的平均时间是 15.02 s,平均速度是 19.69 km/h。

停车影响前后车辆的速度与机动车饱和度关系见图 2, $\frac{q}{c}$ 为车辆饱和度,表示不受停车影响车辆的速度;

v_1 与饱和度呈现比较明显的相关性, v_1 随 $\frac{q}{c}$ 的增大而减小; v_2 表示停车影响车辆的的速度, v_1 与 $\frac{q}{c}$ 有一定相关性, 但分布比较散乱。

记录停车场出入口处车辆的进车数以及进出入口所需的时间。表 1 表示路外停车场车辆驶入驶出出入口道所需时间的频数分布。表 2 表示 5 min 内出入口的车辆进出率, 车辆进出率的范围在 4%~9%。

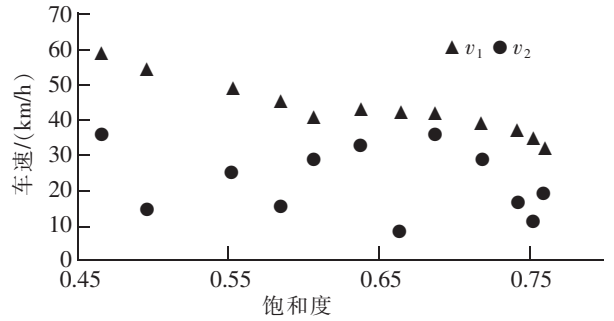


图 2 车辆速度与道路饱和度关系图

Fig.2 The relationship between vehicle speed and road saturation

表 1 路外停车场车辆驶入驶出时间

Tab.1 Time of vehicle turning into or out of parking lot

驶入驶出时间/s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
频数 f_g	3	3	9	8	10	8	10	7	7	5	5	6	3

表 2 出入口处车辆驶入驶出率

Tab.2 The number of vehicles turning into or out of parking lot

时间段(5 min)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
驶入驶出率/%	5.5	8.2	6.4	8.2	4.5	4.5	9.1	3.6	5.5	7.2	8.2	5.5

2.2 不受停车影响车速模型

本文研究的道路交通流为纯机动车流, 不考虑非机动车流。在研究中假设路段车辆的行驶状态是一致的, 不考虑车辆个体之间的速度差异性, 避免了建模的复杂性。在不同车流量下, 主路车辆的运行速度可以通过路阻函数模型表示。路阻函数的表达式有很多, 美国公路局的 BPR 函数、EMME/2 锥形延误函数、logit 延误函数、Akcelik 延误函数以及基于 BPR 延误曲线的广义费用函数是国际上认可的路阻函数^[7-9]。本文利用 BPR 路阻函数模型为基础构建路阻函数模型, 建立以下路段上不受停车影响的车辆速度模型进行拟合

$$v_1 = \frac{v_0}{1 + \alpha_1 \left(\frac{q}{c}\right)^{\beta_1}} \quad (2)$$

式中: v_1 为路段上不受停车影响的车辆速度, m/s; v_0 为车辆畅行车速, m/s; $\frac{q}{c}$ 为饱和度; α_1, β_1 为参数。

借助 SPSS 软件对模型参数进行标定。

利用实测数据标定公式(2), 结果为 $\alpha_1=2.327, \beta_1=3.979$, 即有

$$v_1 = \frac{v_0}{1 + 2.327 \cdot \left(\frac{q}{c}\right)^{3.979}}$$

相关系数 $r^2=0.889$, 均可以通过显著性水平 0.05 下的检验, 方差分析结果见表 3。

表 3 方差分析结果

Tab.3 Analysis of variance

参数	自由度	平方和	均方
回归分析	2	22 602.69	11 301.34
残差	10	73.556	7.36

2.3 停车影响车速模型

根据现有的研究,路内停车驶入驶出对路段车流产生摩擦效应和阻滞效应,分别通过空间障碍率和时间障碍率来体现,且路段交通流速度与空间障碍率呈线性单调下降关系,与时间障碍率呈二次函数单调下降关系^[10]。由于路外停车场不占用主路空间,所以不考虑空间阻碍影响,停车驶入主路会对路段行车有一个时间上的阻滞,因此可认为停车驶入驶出对主路交通流的影响主要体现在时间上的损失。路外停车场车辆驶入主路对主路的影响可用交通障碍率 R 指标来衡量。利用统计间隔内停车影响时间(T)分析车辆进出停车场对主路车辆速度的影响,假设进出停车场的车辆是独立的。不对车辆驶入和驶出停车场的的时间进行区别。一个统计间隔内驶入驶出停车场的车辆总数为 n ,停车数可以表示为停车场驶入驶出率与停车场容量的乘积,即

$$n=\lambda V \quad (3)$$

式中: λ 为停车场车辆的驶入驶出率; V 为停车场容量。

影响时间 T 是根据每次停车驶入驶出对主路车辆的阻滞影响时间累计的,即

$$T=n\Delta t=\lambda V\Delta t \quad (4)$$

式中: Δt 为每车每次驶入或驶出需要的平均时间。根据实测数据得到平均时间为 6.67 s,取 $\Delta t=6.67$ s。

交通障碍率 R 是影响时间 T 和统计间隔 $T_{\text{间}}$ 的百分比,可用以下公式表达

$$R=\frac{T}{T_{\text{间}}}-100\%=\frac{\lambda V\Delta t}{T_{\text{间}}}-100\% \quad (5)$$

利用实测数据计算时间障碍率,停车影响车辆速度与时间障碍率的关系见图 3,对停车影响车辆速度与时间障碍率进行拟合,用幂函数进行拟合时, $R^2=0.394 1$,用对数函数进行拟合时, $R^2=0.461 1$,用二次函数进行拟合时, $R^2=0.711 1$ 。因此,考虑将时间障碍率以二次函数的形式进行模型构造。

将停车影响作为路段车辆行驶的阻抗,根据停车影响车辆速度与时间障碍率的关系,利用 BPR 路阻函数模型,建立以下受路外停车影响的车辆速度模型进行拟合

$$v_2=\frac{v_0}{1+\alpha_2\left(\frac{q}{c}\right)^{\beta_2}}(1-kR^2) \quad (6)$$

式中: v_2 为路段上受停车驶入影响后的车辆速度,m/s; R 为时间障碍率; α_2,β_2,k 为参数。

借助 SPSS 软件,利用实测数据标定公式(6),结果为 $\alpha_2=1.572,\beta_2=2.482,k=13.837$,即有

$$v_2=\frac{v_0}{1+1.572\left(\frac{q}{c}\right)^{2.482}}(1-13.837R^2) \quad (7)$$

相关系数 $r^2=0.928$,均可以通过显著性水平 0.05 下的检验,方差分析结果见表 4。

表 4 方差分析结果

Tab.4 Analysis of variance

参数	自由度	平方和	均方
回归分析	3	7 053.64	2 351.21
残差	9	73.78	8.20

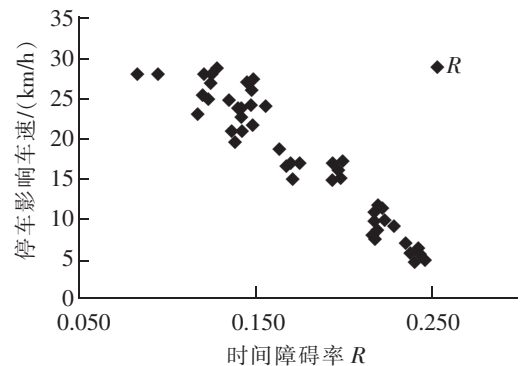


图 3 停车影响车速与时间障碍率关系图

Fig.1 The relationship between vehicle speed and time obstacle rate

得到路段不受停车影响的车辆速度和停车影响车辆速度后,对两者进行对比分析,发现停车对路段车辆速度的影响程度随时间障碍率的增大而增大,且车辆速度的下降趋势也随时间障碍率的增大而增大。

3 仿真分析

利用 VISSIM 4.3 仿真软件对调查的停车场及其连接路段进行仿真。城市主路为双向四车道,自由畅行速度为 60 km/h,道路的一侧设有路外停车场,停车出入口处的车速限制为 5 km/h,公交车的比例为 10%,道路交通流饱和度为 0.60,停车场规模为 110 个停车位。设置出入口处车辆驶入驶出率分别为 2%,3%,4%,5%,6%,7%,8%,9%,10%和 11%的情况进行仿真。对仿真数据计算整理后得到道路饱和度为 0.60 时,受到不同停车数影响的路段车辆速度。相同条件下,采用统计间隔为 5 min,平均每车驶入或驶出时间是 6.70 s,利用公式(7)对不同车辆驶入驶出率情况下路段车辆速度进行求解,求解结果见表 5。

将仿真结果与模型计算结果进行了对比,图 4 为饱和度为 0.60 下对停车影响车辆的计算值与仿真结果对比。分析可以看出计算模型与仿真结果的变化趋势相同,2 条曲线的拟合度高,说明模型具有一定的精确性。

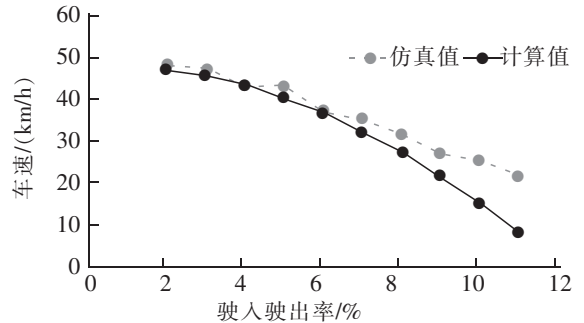


图 4 饱和度为 0.60 下停车影响车辆的计算值与仿真结果对比图

Fig.4 Comparison of calculation and simulation results of vehicle speed with the saturation of 0.60

表 5 饱和度为 0.60 下停车影响车辆的计算值

Tab.5 Results of vehicle speed with the saturation of 0.60

驶入驶出率/%	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
车辆速度/(km/h)	47.48	45.80	43.44	40.40	36.70	32.32	27.26	21.53	15.13	8.05

4 结论

本文将时间障碍率作为停车驶入驶出对主路车辆速度影响的表征参数,时间障碍率的主要决定因素有停车场规模、驶入驶出率等。以实际调查数据为基础,确定了路外停车场连接路段上受停车影响车辆和正常行驶车辆的速度模型,通过对比模型计算结果和仿真结果可知,停车影响车速模型具有一定的准确性,能在一定程度上反映停车场车辆驶入驶出对主路车辆速度的影响情况。该模型对于研究路外停车场对道路交通影响及停车场规划选址具有借鉴意义。

参考文献:

- [1] JSON Y, VAN H. Roadway capacity related to curb rarking maneuver[J]. Journal of the Transportation Engineering Division, 1973, 99(3):467-481.
- [2] JILLA R J. Effects of bicycle lanes on traffic flow [R]. Indiana: Purdue University School of Civil Engineering West Lafayette, 1974.
- [3] 覃峰. 排队论在停车场设计中的应用[J]. 现代交通管理, 1998(1):13-14.
- [4] 武亚鹏, 郑长江, 马庚华, 等. 右转车辆穿越直行非机动车流延误计算方法[J]. 华东交通大学学报, 2018, 35(3):49-55.
- [5] 住房和城乡建设部. CJJ37-2012 城市道路工程设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.
- [6] 李亚军, 赵永臣. 道路交通工程与控制[M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 2015.

- [7] 夏正浩,白轺韬,周继彪,等. 哈尔滨城市道路路阻函数的适用性研究[J]. 黑龙江工程学院学报:自然科学版,2009,23(3):39-40.
- [8] CETIN M,NICHOLS A P. Improving the accuracy of vehicle re-Identification by solving the assignment problem[J]. Transportation Research Record,2009,15(1):1-8.
- [9] ATHANASIOS Z,WHITNEY W. An intermodal optimum path algorithm for multimodal networks with dynamic arc travel times and switching delays[J].European Journal of Operational Research,2000,125(3):486-502.
- [10] 梅振宇.城市路内停车设施设置优化方法研究[D]. 南京:东南大学,2006.

Research on Influence of Parking Lot on the Speed of Vehicles on the Connecting Road

Zhu Binning,Zheng Changjiang

(College of Civil and Transportation Engineering,Hohai University,Nanjing 210098,China)

Abstract:In order to study the influence of vehicle entering and leaving at the exit of the parking lot on the speed of vehicles on the connecting road, this paper analyzes the influencing factors such as the size of the parking lot, the exit rate and the length of the entrance road. It used the time obstacle rate to reflect the impact of the parking vehicle on road traffic. By taking the parking effect as the traffic impedance of the vehicles in the section, it established the main road vehicle speed model for different types of vehicles based on the model of BPR. Then, it simulated a parking lot and connecting road using the VISSIM simulation software. Comparing the result calculated by the speed model and the simulation result, it found that the speed model can accurately describe the impact of parking lot on the vehicle speed of connecting road.

Key words: parking lot; vehicle speed; time obstacle rate; simulation