

HOV 车道设置特性及可行性分析

Characteristics and Feasibility Analysis of Setting HOV Lanes

李春燕, 陈 峻, 邓社军

(东南大学交通学院, 江苏 南京 210096)

Li Chunyan, Chen Jun, Deng Shejun

(Transportation Department, Southeast University, Nanjing Jiangsu 210096, China)

摘要: HOV 车道是国外常见的一种交通措施。首先结合实例从用地形态、设置位置、与公交线路的关系三方面,总结了国外 HOV 车道系统的宏观特征。然后以美国休斯敦的一段 HOV 车道为例,通过对比不同车道设置类型和运行方式下 HOV 车道和普通车道的车辆行驶速度,探讨 HOV 车道的缓堵效果。综合上述两方面的分析,总结了国外 HOV 车道的设置经验。最后结合用地形态、道路特征、公交专用车道的设置状况,阐述了中国城市设置 HOV 车道的可行性,并以南京市玄武大道花园路路口段为例,从车辆行驶速度和延误两方面,通过仿真对比分析不同 HOV 车道设置方案的交通运行状况。结果显示,除单独设置两条 HOV 车道的方案外,其余方案均可提高路段平均车速。

Abstract: HOV lanes are commonly adopted in other countries. This paper first summarizes the macroscopic features of HOV lanes in other countries from three aspects: land use, location, and its relationship with public transit. Taking one segment of the HOV lanes in Houston, U.S. as an example, the paper investigates the performance of HOV lanes in mitigating traffic congestion by comparing travel speeds on HOV lanes and the regular lanes under various configurations. Then the paper summarizes the experience of setting HOV lanes in other countries based on the above analyses. Finally, the paper elaborates the feasibility of setting HOV lanes in Chinese cities considering the patterns of land use, characteristics of roadway system, and bus exclusive lanes. Taking the intersection at Xuanwu Road and Huayuan Road as an example, the paper analyzes the traffic operational performance of different HOV lane settings in terms of travel speed and delay time through simulation. The results show that all designs can improve the average travel speed significantly except setting two HOV lanes.

关键词: HOV 车道; 宏观特征; 微观特征; 可行性

Keywords: HOV lanes; macroscopic features; microscopic features; feasibility

中图分类号: U491

文献标识码: A

收稿日期: 2012-03-06

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863 计划)项目(2011AA110304); 区域交通动态协同优化控制技术; 江苏省 2010 年度普通高校研究生科研创新计划项目“基于效率优化分析的城市 HOV 专用道设置方法研究”(CX1013_071Z)

作者简介: 李春燕(1986—), 女, 山东临沂人, 博士, 主要研究方向: 交通运输规划与管理。E-mail:chunyanli.seu@gmail.com

0 引言

HOV 车道(High-Occupancy Vehicle Lane)即高载客车辆车道, 于 20 世纪 60 年代在美国兴起, 并得到广泛应用。之后, 加拿大、英国、澳大利亚等多个国家也相继采用。国外对 HOV 车道的定义为: 在高速公路、普通公路或街道上, 为承载人数在 2 人或以上的车辆设置的优先通行车道, 运营时间为全日 24 h 或某些时段。

根据与普通车道间是否有分隔, 可将 HOV 车道分为三类: 1)物理分隔型——HOV 车道与普通车道间以物理设施隔离, 主要设置在道路中央位置(即道路中间分车带位置), 适用于 HOV 车辆较多、道路合流与分流量较大且 HOV 车道较长的情形。2)缓冲标线分隔型——HOV 车道与普通车道间以双实线分隔, 双实线之间的宽度为 0.6~1.2 m(标准设计宽度为 1.2 m); 这种类型的

HOV 车道一般是双向两车道，设置在道路内侧(即靠近中间分车带的车道)，在运营时段内不允许同向普通车道的车辆进入。3)无分隔型——HOV 车道与普通车道间无任何隔离，仅用一条标线来划分车道；这种类型的HOV 车道一般不适用于高速公路，主要在干线道路上设置。

目前，中国 HOV 车道的研究仍处于起步阶段^[1-2]，有必要借鉴其他国家 HOV 车道的相关经验探讨其在中国实施的可行性。本文从HOV 车道设置的宏观特征、微观特征及规范标准等方面分别对美国及其他国家的HOV 车道进行分析，并结合中国城市用地、道路特征和现有的技术支撑，从宏观和微观两个层面分析HOV 车道设置的可行性。

1 HOV 车道系统的宏观特征

1) HOV 车道的设置与用地形态密不可分。

城市用地是影响HOV 车道规划设计的重要因素，用地形态决定了HOV 车道的分布。以美国休斯敦地区和加拿大多伦多地区为例(见图 1)，休斯敦的城市用地形态较为简单明了，居住用地与商业用地有明显的界限，前者主要集中于郊区，后者主要集中于中心城区，这种用地形态决定了用来连接城市中心区和郊区的州际高速公路是设置 HOV 车道的优先选择。与休斯敦相比，多伦多的用地较为混杂，居住用地和商业用地距离较近，使得HOV 车道的长度较短，并且主要设置在

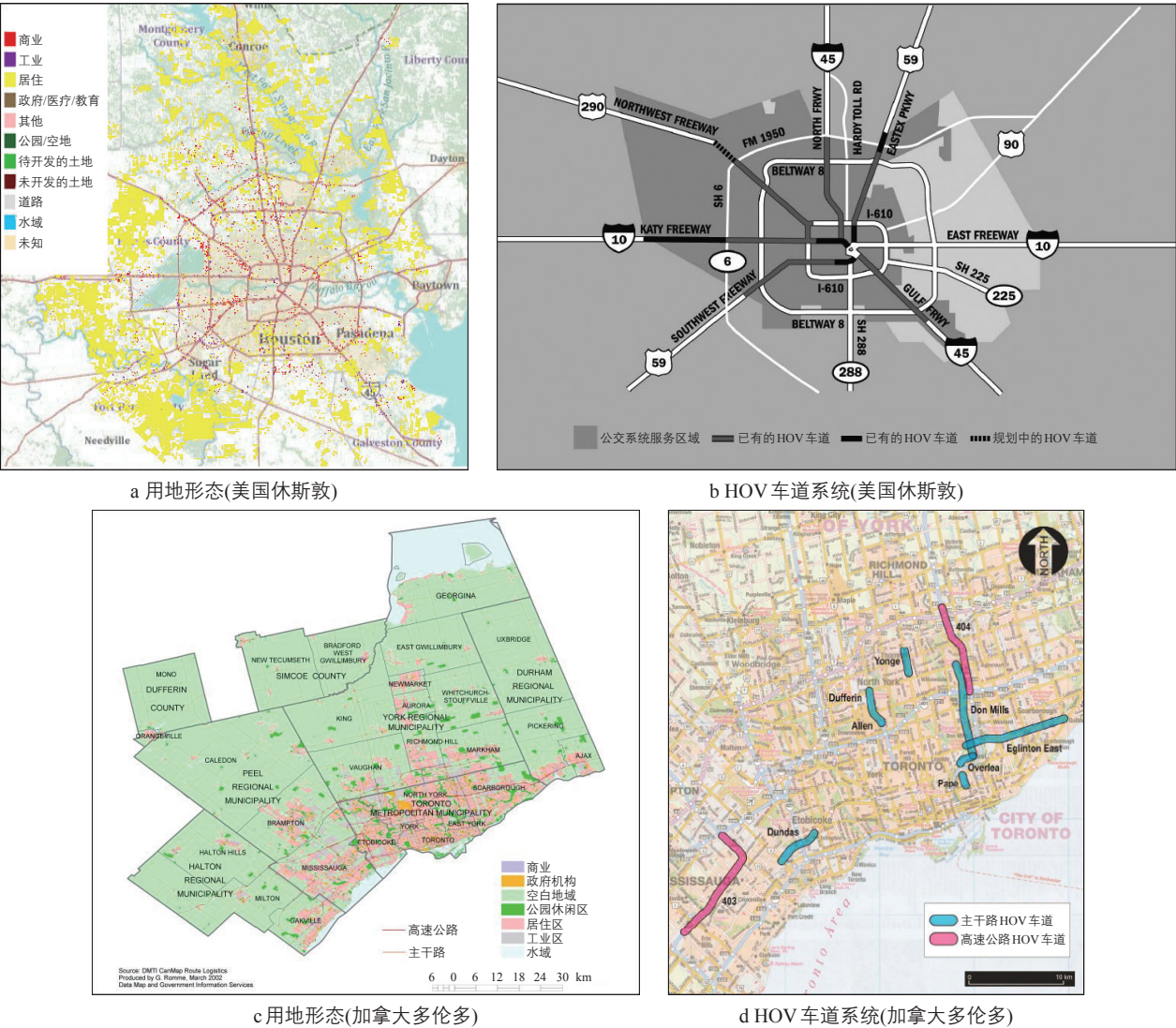


图 1 城市用地形态和 HOV 车道设置比较
Fig.1 Land use and HOV lane settings in different cities

连接城市居住用地和商业用地的主干路上^[2]。

2) HOV 车道沿城市交通走廊分布。

HOV 车道主要设置在承担大量交通的城市快速路和主干路上，这些道路是城市的交通走廊，是连接居住区和商业区的主要通道。澳大利亚悉尼市的 HOV 车道(图中红线)主要沿城市主干路(图中黄线)分布(见图2)，目的是缓解交通走廊上的拥堵状况。挪威特隆赫姆市的 Holtermanns 主干路是该市的一条重要交通走廊，在 HOV 车道开通前，Holtermanns 路双向均运行大量车辆，交通量大；HOV 车道开通后，合乘和公交优先政策使很多出行者选择这两种方式出行，道路交通量明显下降，见图3。

3) HOV 车道与公交线路相辅相成。

为了践行公交优先政策，许多城市会设置公

交专用车道。随着 HOV 车道的实施，同时也为了提高公交专用车道的利用率，有些城市会在已有的公交专用车道上设置 HOV 车道，允许公交车辆和达到一定载客人数的私人汽车共用 HOV 车道。图4为澳大利亚布里斯班市公交系统和主干路 HOV 车道系统的对照图，HOV 车道的设置明显与很多公交线路重合。加拿大为了推行公交优先、限制小汽车的交通政策，在城市主干路设置 HOV 车道，并在1993年通过的“Transport 2021”中详细给出了设置 HOV 车道的六大交通走廊，并积极加以实施，鼓励人们采用公交或合乘方式出行；HOV 车道系统自实施以来，除个别 HOV 车道转回普通车道或挪作他用之外，大多数 HOV 车道的运行状况良好、运营效率较高，平均每千米节约出行时间9~600 s。

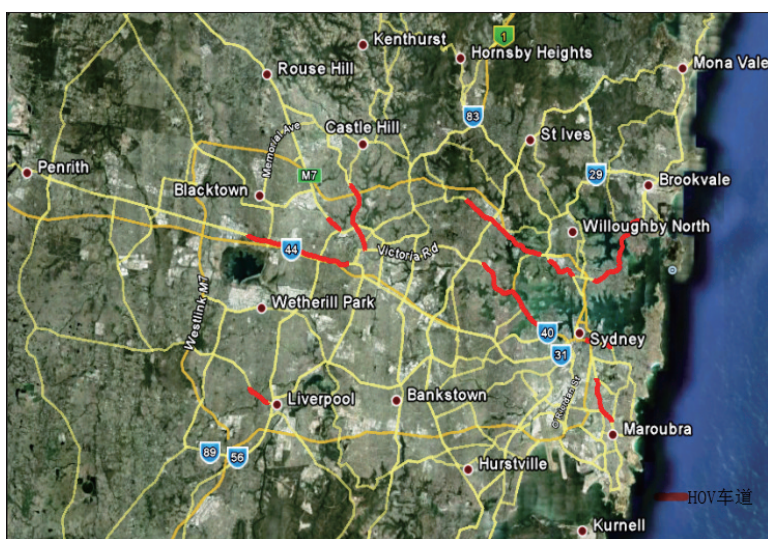


图2 澳大利亚悉尼市 HOV 车道分布情况

Fig.2 The HOV lane system in Sydney, Australia



a HOV 车道开通之前

b HOV 车道开通之后

图3 挪威特隆赫姆市 Holtermanns 主干路交通运行情况

Fig.3 Traffic flow on Holtermanns arterials in Trondheim, Norway

2 HOV 车道的微观特征

实际运行时，HOV 车道对普通车道有多大影响？设置 HOV 车道后交通拥堵现象是否有所改观？这些问题需要从微观层面进一步分析。以美国休斯敦为例，通过对比分析州际 10 号凯蒂高速公路的 HOV 车道和普通车道的车辆运行速度，探讨 HOV 车道对普通车道的影响。

州际 10 号凯蒂高速公路的 HOV 车道，在 2005—2007 年采取的运营方式是分时段服务于高峰方向——早高峰时段(6:45—11:00)开通方向为入城方向，晚高峰时段(16:00—18:00)为出城方向。实施中发现，高峰交通流无明显方向性，双向交通量均较大，因此，2008 年开始改变其运营方式，双向均采用全日 24 h 连续运营模式。

图 5 为州际 10 号凯蒂高速公路的 HOV 车道和普通车道的示意图，带有菱形标志的车道为 HOV 车道，其余为普通车道。将包含 HOV 车道的道路

分为 5 个路段，利用休斯敦 Transtar 交通检测中心以 15 min 为间隔提供的、每一路段的平均速度数据，以路段 3 为例，综合其在 2005 年和 2011 年 8 月 16 日早晚高峰时段的速度数据，绘制 HOV 车道与普通车道的速度变化对比图，见图 6。

可以看出，HOV 车道对休斯敦的交通走廊有正面影响，在双向交通量都较大且有明显高峰方向的情况下，HOV 车道由单向单车道转变为双向双车道后，可显著提高非高峰方向普通车道的交通流时速，并且明显缩短拥堵持续时间。由此可得出下述结论：在交通量较大的路段，HOV 车道的利用率较高，对缓解路网的拥堵情况有一定作用。

单独一天的速度变化并不能代表所有情形下的速度变化规律，但却能反映城市居民对 HOV 车道的利用情况及出行规律的整体变化趋势，从而为 HOV 车道的设置及其对普通车道和整体交通网络的影响提供参考信息。同时，设置 HOV 车道对

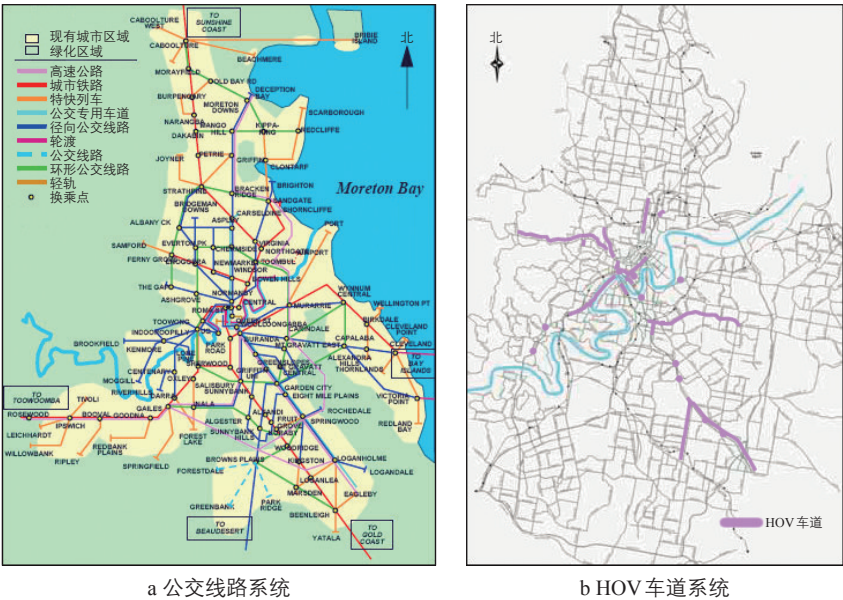


图 4 澳大利亚布里斯班市的公交线路分布与 HOV 车道系统
Fig.4 Bus transit lines and HOV system in Brisbane, Australia

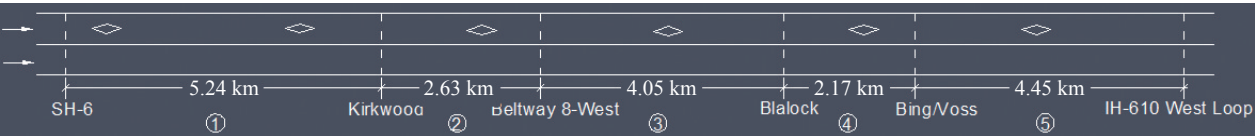


图 5 州际 10 号凯蒂高速公路入城方向 HOV 路段示意
Fig.5 Inbound HOV lanes on Katy Interstate-10 freeway

缩短出行时间、提倡合乘理念,发挥着重要作用。

3 美国 HOV 车道的设置规范

美国城市在设置 HOV 车道后,会对 HOV 车道进行年度评价与分析,以保证其运行效率最大。经过多年的实施与研究,积攒了许多有关 HOV 车道的设置经验^[3-5],并制定了相应的规范,总结如下:

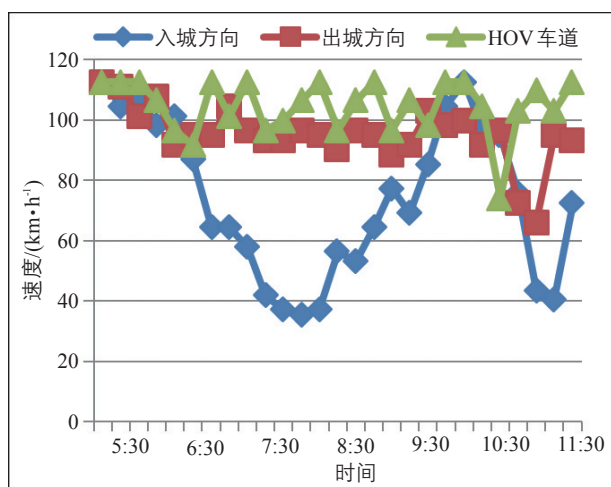
1) 设置 HOV 车道时,对普通车道的交通量或平均车速有一定要求,当道路(或高速公路)高峰小时交通量达到 1 700~2 000 辆·h⁻¹或平均车速低于 30 英里·h⁻¹(48 km·h⁻¹)时,可考虑设置 HOV 车道。

2) HOV 车道的设置长度必须保证高载客车辆

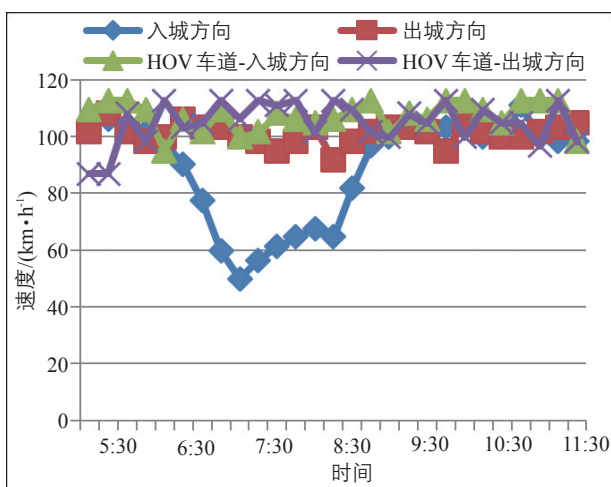
在高峰时段至少节省 5 min 的出行时间。

3) HOV 车道的运营要保证其利用率不可过低。对于非分隔型 HOV 车道,其交通量不可低于 400~500 辆·h⁻¹;对于分隔型 HOV 车道,不可低于 600~800 辆·h⁻¹。同时,还要保证 HOV 车道的拥堵程度不可过高,这可通过调节其最低载客率来实现。通常条件下,HOV 车道的车辆载客率要求在 2 人及以上,但当内侧 HOV 车道达到 1 500 辆·h⁻¹或者外侧 HOV 车道达到 1 200 辆·h⁻¹时,应考虑将载客率要求提高至 3 人及以上。

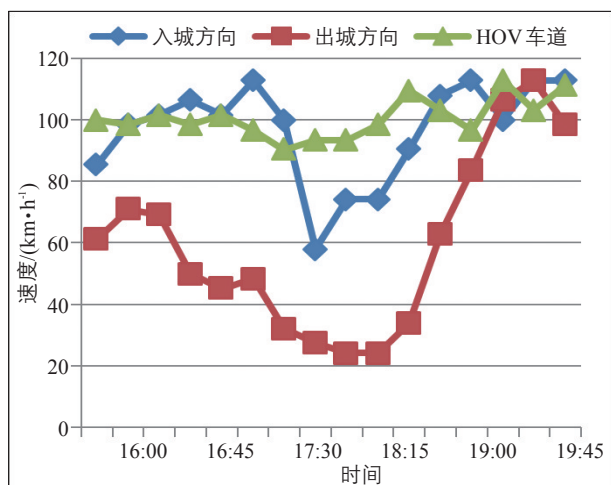
4) HOV 车道的运营时段应随道路高峰时段的变化而变化,一般分时段服务于高峰方向。在高峰时段和高峰方向不明显的道路上,HOV 车道应全日 24 h 运营,服务于双方向。



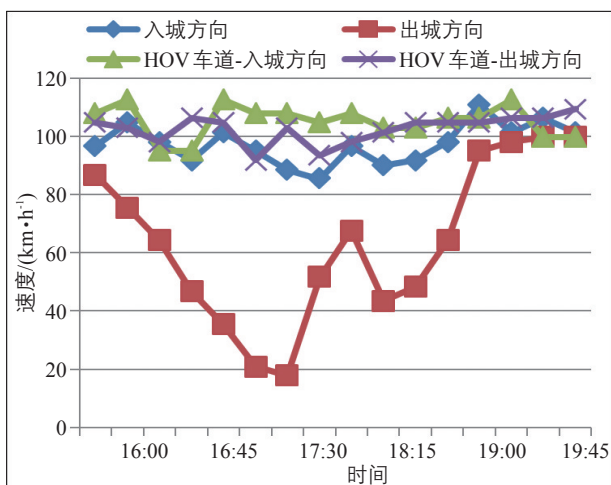
a 早高峰(2005-08-16)



b 早高峰(2011-08-16)



c 晚高峰(2005-08-16)



d 晚高峰(2011-08-16)

图6 美国州际10号凯蒂高速公路路段3 HOV 车道与普通车道在早晚高峰时段的速度变化

Fig.6 Comparison of travel speed between HOV lanes and regular lanes on the 3rd segment of Katy Interstate-10 freeway

4 中国大城市设置 HOV 车道的可行性

4.1 宏观分析

国外已有的 HOV 车道并没有严格统一的设置及实施标准,但其设置目标却是一致的,即缓解交通拥堵、降低交通污染程度。为达到该目标,具体的设置方式和运营方式可多种多样,这为中国城市设置 HOV 车道提供了可能。在城市用地形态方面,中国城市与很多欧洲城市相似,均具有多种类型土地混用的特点;在道路系统设置方面,城市快速路和主干路也是中国城市交通走廊经常采用的核心道路等级;在公交系统方面,中国大部分城市拥有较为成熟的公交系统,包括快速公交、常规公交、公交专用车道及轨道交通;在运营监管层面,智能交通监控设备发展迅速。这些都为 HOV 车道的设置提供了有利的物理条件和技术支撑。以北京市为例,在用地形态方面,其土地利用类型无明显界线,居住区以圈层形态向外扩散,并沿主干路发展;在道路系统方面,城市道路呈放射环形分布,快速路和主干路是进出中心区的主要通道;公交专用车道的设置已较为成熟、逐渐成网,已有的公交专用车道主要设置在向外辐射的城市主干路上,规划年的公交专用车道主要分布在圈层形式的城市快速路上^[6]。

综上,中国大城市设置 HOV 车道具有如下可行性:居住区与商业区无明显界限的城市用地形态,易使主干路出现交通拥堵,高密度的交通流为 HOV 车道的设置提供了交通条件。以主干路和快速路形成的城市交通走廊,为 HOV 车道的设置提供了道路条件。公共交通系统的迅速发展为 HOV 车道的设置提供了天然条件,可结合公交专用车道规划设置 HOV 车道;同时,中国城市的公交专用车道大多设置在城市主干路或公交客流量较大的路段,合理设置 HOV 车道与公交专用车道,可提高公交专用车道的利用率、缓解普通车道的拥堵状况。

4.2 微观分析

以南京市玄武大道花园路路口段为例,简要分析设置 HOV 车道后的道路交通运行状况。玄武

大道花园路路口段是一条双向六车道的东西向主干路,如图 7 所示;调查其分车型的交通量和载客数,以 5 min 为间隔,统计时长为 80 min,结果见表 1 和表 2。

双向六车道的典型城市主干路基本路段可选的专用车道设计方案有很多,根据每个方向的车道分配方法及 HOV 车道的准入条件,就玄武大道花园路路口段,本文选取其中比较可行的 7 个方案,见表 3,其中,记录原始状况(不设置专用车道时)的方案编号为 0。利用 VISSIM 软件对这 7 个方案进行仿真,并从车辆行驶速度和延误两方面对仿真结果进行评价,结果见图 8。

从图 8a 可以看出:1)在只设置 HOV 车道的方案 1, 2, 3, 4 中,设置 3 人以上合乘的 HOV 车道时,整个路段获得了最高的行驶车速;设置 2 人以上合乘的 HOV 车道时,路段行驶车速最低,低于原始方案下的行驶车速,其原因可能是不同车型和不同载客数的车辆比例过于不均匀,这说明具有上述车型组成比例和车辆载客人数的南京市典型城市主干路,并不适合设置 2 人合乘的 HOV 车道。2)方案 5, 6, 7 均设置一条公交专用车道,与原始方案相比,路段平均车速均有所提高;设置 HOV 车道(方案 6, 7)后,平均车速比单独设置公交专用车道和单独设置一条 HOV 车道的方案低,这说明对于具有此种车型组成比例及车辆载客人数分布的城市主干路,HOV 车道与公交专用车道的组合设计效果不佳。

从图 8b 可以看出:1)与原始方案相比,除只设置公交专用车道的方案 5 外,其他方案的延误时间均有所增加,尤其是设置两条 HOV 车道的方案 1,延误是原始方案的 10 倍。其原因可能是设置两条 HOV 车道时,公交车辆、中客车及 2 人以上合乘的小客车在 HOV 车道上混行,而单人驾驶的小客车与货车在普通车道上混行,在三条车道内各车型的车速差距较大,最高达 $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上,导致彼此间相互干扰,严重增加了 HOV 车道上合乘小客车及普通车道上单人小客车的延误,而这两种车型在各自车道的交通量中均占相当大的比例,因而导致路段平均延误大幅增加。不过,这种延误增加并不代表路段通行效率下降。2)方案

2, 3, 4, 5 的延误均维持在较低水平, 且随着 HOV 车道准入条件的提高(即合乘人数增加), 基本呈下降趋势。从该角度看, 在双向六车道的城市主干路上, 设置一条合乘人数较多的 HOV 车道比设置两条 HOV 车道或组合设置 HOV 车道与



图7 南京市玄武大道花园路路口段卫星图

Fig.7 Satellite image for intersection at Xuanwu Road and Huayuan Road in Nanjing

公交专用车道合理, 这一结论也与车速对比结果一致。

通过对比设置不同种类的专用车道后车辆的延误和行驶速度可以发现, 除了单独设置两条 HOV 车道的方案1外, 大多数方案的平均车速均比原始方案有所提升, 这说明设置专用车道后, 有利于提高路段的平均车速。设置一条 HOV 车道的方案2车速最高, 说明当专用车道和普通车道交通量比例接近车道数比例时, 车速将有所提升, 这也与日常的感性认识相符。

5 结语

通过分析总结国外城市 HOV 车道的特征及设置规范, 对中国城市设置 HOV 车道有整体指导作用。设置 HOV 车道, 除必备的道路物理条件和交

表1 玄武大道花园路路口段高峰时段分车型和流向的交通量调查结果

Tab.1 Peak-hour traffic volume and composition at the intersection of Xuanwu Road and Huayuan Road

交通流向	辆·h ⁻¹				
	小客车	中客车	大客车	货车	合计
东西方向	4 051	1 177	392	284	5 904
西东方向	2 946	867	306	188	4 307

表2 玄武大道花园路路口段高峰时段车辆实际载客人数调查结果

Tab.2 Occupancy of vehicles at the intersection of Xuanwu Road and Huayuan Road during the peak hour

交通流向	车辆类型	实际载客数/人	统计时段内车辆数/辆	折算交通量/(辆·h ⁻¹)	合计载客数/(人·h ⁻¹)
东西方向	小客车	1	2 038	1 439	1 439
		2	2 855	2 015	4 031
		3	703	496	1 489
		4	143	101	404
	中客车	15	1 667	1 177	17 651
	大客车	60	555	392	23 506
	货车	2	403	284	569
	汇总		8 364	5 904	64 761
西东方向	小客车	1	1 684	1 189	1 189
		2	2 023	1 428	2 856
		3	319	225	676
		4	147	104	415
	大客车	60	434	306	18 381
	中客车	15	1 228	867	13 002
	货车	2	267	188	377
	汇总		6 102	4 310	36 896

表 3 双向六车道的城市干路基本路段车道数分配方案
Tab.3 HOV lane allocation for a 2-way 6-lane arterial

方案编号	HOV 车道的准入车型	双向六车道车道数分配(单向)/条		
		公交专用车道数	HOV 车道数	普通车道数
0	无 HOV 车道			3
1	2 人以上合乘汽车	0	2	1
2	3 人以上合乘汽车	0	1	2
3	4 人以上合乘汽车	0	1	2
4	中客车及大客车(不含公交车辆)	0	1	2
5	无 HOV 车道	1	0	2
6	3 人以上合乘汽车(不含大客车)	1	1	1
7	4 人以上合乘汽车(不含大客车)	1	1	1

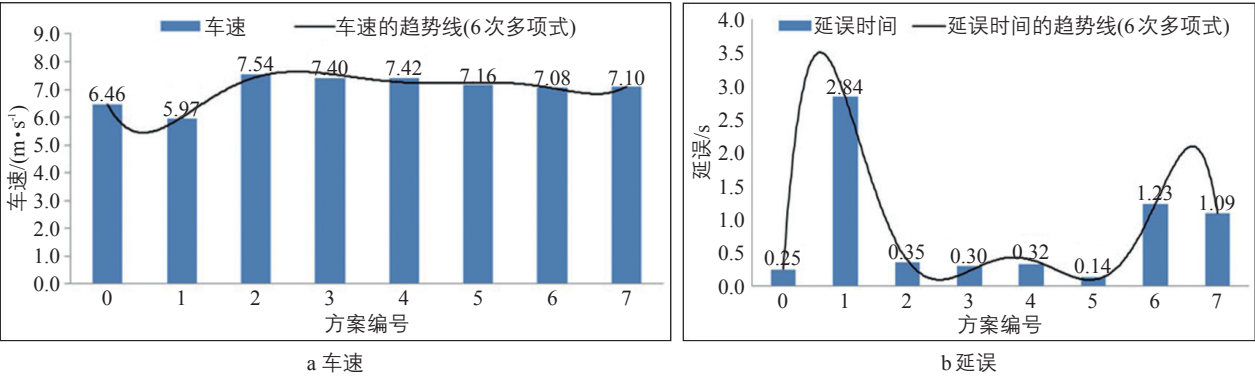


图 8 玄武大道花园路路口段不同设计方案评价图
Fig.8 Evaluation of different designs at the intersection of Xuanwu Road and Huayuan Road

通条件以外，道路使用者对 HOV 车道的态度、政策的重视与鼓励、前期的宣传以及人们对合乘理念的理解，也是 HOV 车道能否成功实施的重要保障。HOV 车道在中国还是一个较新的概念，许多出行者对它的功能、要求等都很陌生，在具备设置条件的城市，为了达到设置 HOV 车道的初衷，必须要做好前期宣传工作。

参考文献：

References:

[1] 詹嘉，潘晓东，等. HOV 车道的设计应用研究[J]. 交通与运输，2007，23(b07): 17-20.
Zhan Jia, Pan Xiaodong, et al. The Research for the Use and Design of HOV Lane[J]. Transportation, 2007, 23(b07): 17-20.
[2] 毕仁忠. 国外 HOV 专用车道的现状及发展趋势[J]. 公路，1997(2): 16-18.

[3] Huanyu Yue, Albert Gan, et al. A Decision Model for Bus-only and HOV Lanes on Freeways[C/CD] // Transportation Research Board. TRB 2003 Annual Meeting CD-ROM. Washington DC: TRB, 2002.
[4] Joy Dahlgren. High-Occupancy/Toll Lanes: Where Should They Be Implemented?[J]. Transportation Research Part A, 2002(36): 239-255.
[5] Washington State Department of Transportation. Washington State Department of Transportation (WSDOT) Design Manual[M]. Washington DC: WSDOT, 2009.
[6] 马清裕，张文尝. 北京市居住郊区化分布特征及其影响因素[J]. 地理研究，2006，25(1): 121-130.
Ma Qingyu, Zhang Wenchang. Characteristics and Factors Analyses of Suburbanization in Beijing[J]. Geographical research, 2006, 25(1): 121-130.