

基于二次车速差的公交专用道运行表现分析

林航飞, 崔海鹏

(同济大学 道路与交通工程教育部重点实验室, 上海 201804)

摘要: 提出一种基于二次车速差的量化分析方法, 选取深圳市 54 条道路, 总长 208.4 km, 其中公交专用道长度 143.8 km. 使用公交车和出租车的全球定位系统(GPS)数据、站点数据和路段数据, 分析了深圳市主要道路公交专用道的车速特征. 在消除公交车与出租车 2 类车辆行驶特性差异和公交停站影响的情况下, 通过公交车与出租车之间车速差的差值关系获得了公交专用道对于公交运行所起作用的量化值, 并验证了该作用的显著性. 结果表明: 公交专用道对二次车速差有显著的积极影响, 路段站点密度、站点形式以及站点位置因素对二次车速差的影响均不显著; 公交专用道总体上起到了作用, 使用公交专用道能显著减小高峰期公交车速与其他车辆车速的差值, 提高公交运行效率, 但仍有部分专用道作用不明显.

关键词: 公交专用道; 公交车速; 二次车速差; 全球定位系统(GPS)数据; 运行表现

中图分类号: U491.2

文献标志码: A

Performance Evaluation of Dedicated Bus Lanes Based on Secondary Speed Difference

LIN Hangfei, CUI HaiPeng

(Key Laboratory of Road and Traffic Engineering of the Ministry of Education, Tongji University, Shanghai 201804, China)

Abstract: A novel method aiming at analyzing the effect of dedicated bus lanes (DBLs) in improving bus operation performance based on secondary speed difference concept was proposed. With global positioning system (GPS) data of buses and cabs, stop data and road segment data from 54 roads in Shenzhen City, we analyzed the speed characteristics of DBLs on major urban roads in Shenzhen City, characterized the quantified effect of DBLs using the secondary speed difference of bus and cab with the bias of vehicle travelling difference and bus stop eliminated, and verified the significance level of this effect. The results show that DBL brings a remarkable effect on secondary speed difference while factors including bus stop density, bus stop form and bus stop location do not;

DBL is effective in improving bus operation performance, the using of DBL will significantly reduce the speed difference between bus and other vehicles, thereafter improves operation efficiency, however some of DBLs are not effective.

Key words: dedicated bus lane (DBL); bus speed; secondary speed difference; global position system (GPS) data; operational performance

在中国, 公交专用道作为提升公共汽车运行效率、保障公交优先的重要手段被许多大城市广泛使用. 目前深圳市的公交专用道里程数已超过 820 km, 达到 $54.6 \text{ km} \cdot \text{千辆}^{-1}$ 公交车^[1]; 上海市的公交专用道里程数已超过 300 km, 达到 $17.6 \text{ km} \cdot \text{千辆}^{-1}$ 公交车^[2]; 北京市的公交专用道里程数已超过 400 km, 达到 $16.9 \text{ km} \cdot \text{千辆}^{-1}$ 公交车^[3]. 各个城市在未来均将保持或者加大对公交专用道建设的投入.

然而, 部分公交专用道的设置却引来了一些市民强烈的不满和质疑. 上海市沪太路是一条贯穿上海市北部的南北向重要通道, 大多数路段为单向三车道, 单独划设出一条公交专用道后在高峰期社会车辆通过一些特定交叉口的时长增加到了 3 个信号灯周期, 而公交车的运能并没有随着公交专用道的设置而得到提升^[4].

国内部分学者和机构对公交专用道实施效果进行了研究, 但是研究过程中仅选取个别道路进行分析, 由于个体道路之间的差异性, 获得的结论缺乏客观性和代表性. 上海市的相关研究院所在 2015 年进行的公交专用道运行后评估研究中选取了 3 条有公交专用道的道路, 对车速等指标进行了分析. 结果表明, 公交专用道的布设对公交运行表现的提升是较小的, 甚至其中部分路段的公交车速出现了下降^[5]. 然而, 部分学者认为公交专用道的设置对公交运行

收稿日期: 2017-04-01

基金项目: 国家自然科学基金(51238008)

第一作者: 林航飞(1962—), 男, 教授, 博士生导师, 工学博士, 主要研究方向为交通运输规划与管理. E-mail: linhangfei@126.com

效益的提升是令人满意的^[6]。因此,目前对于公交专用道的效果好坏没有一个统一的意见。

部分学者使用仿真的手段对公交专用道的效益进行分析^[7]。由于仿真模型将现实场景模拟成较为理想的场景,存在较多的前提和简化,导致与实测研究中得出的结论存在不一致性。这进一步说明对于公交专用道需要更多实际的数据支撑。

本文以二次车速差为因变量建立统计模型。使用深圳市 15 000 辆公交车产生的全球定位系统(GPS)数据和 16 000 辆出租车产生的 GPS 数据,对全市范围内中心区大部分公交专用道以及非中心区部分主要道路公交专用道的运行表现进行分析,判断公交专用道对于公交车速的提升是否有显著影响,并初步确定影响公交运行的主要影响因素。

关于公交专用道对公交运行的影响研究在 20 世纪 70 年代就已经存在。Cox^[8]对当时 Dallas 新布设的 2 条公交专用道进行布设前后的数据采集和分析,发现公交专用道的布设对流量等交通运行指标具有显著的改善效果^[8]。随后,又有部分学者以其他公交专用道为对象研究其对运行效益的提升作用,通过数据采集和分析,得出的结果截然相反。Sarna 等^[9]发现公交专用道的设置没有对出行时间起到改善作用,主要原因是慢行交通的侵入。Bauman^[10]发现公交专用道的设置对出行可靠性和速度都有提升。Jacques 等^[11]对公交流量与右转流量对公交车速的影响进行分析,讨论了它们之间的关系,并在后续研究中对通行能力与公交车速的估算方法进行改善^[12]。

越来越多的学者开始关注公交专用道对运行效益的影响^[13-16]。Surprenant-Legault 等^[13]选取了 2 条平行的公交线路,一条是大站线路,一条是常规线路,从早、晚高峰,总运行时间,准时情况等方面出发,研究公交专用道的增设对运行时间和准时情况的影响。数据来源于问卷调查,通过线性回归方法将专用道实施前后的数据进行对比,发现公交专用道的实施会对可靠性和运行时间带来改善。González 等^[14]考虑公交专用道完善程度的变化过程,在选取有专用道的线路和无专用道的线路各一条的基础上,引入第 3 条专用程度更高且完全隔离的公交专用道进行对比,发现随着专用道设施的逐渐完善,车速和通行能力都有提升,并且车速的变异系数也降低。Gan 等^[15]为了更全面地考量公交专用道对公交运行效益的影响,使用仿真软件对一个路段进行仿真分析,从流量、信号控制以及站点等角度选取 13

个指标建立了预测模型,所建立的模型精度在 0.7 以上。Thamizh Arasan 等^[16]采用仿真方法从反向进行分析,通过设置公交专用道之后其他社会车辆的车速减少来衡量公交专用道的设置对城市道路的影响,发现为了保证社会车辆达到 C 级服务水平,公交车的 V/C(车流量与通行能力的比值)不能大于 0.62。

目前学者大多是以公交车速作为研究对象对公交运行效益或者专用道设置效益进行研究,但是公交车速受到多方面因素影响,不能直观地反映公交专用道的效果好坏。同时,这些研究较多从个别公交专用道上公交车速这单一因素出发作为考量指标,没有关注城市范围内的实际情况。公交专用道作为公交优先的重要手段,目的是体现出高峰时段与其他车辆速度的差异。本文使用实际数据对深圳市范围内主要道路的公交专用道进行研究,试图补充这一空缺,并在此基础上通过统计方法分别以公交车速和二次车速差为因变量来分析公交专用道的主要影响因素。

深圳市位于中国的南方沿海,是继北京、上海和广州之后的中国第四大城市,常住人口 1 137 万,面积 1 997 km²。截至 2016 年,深圳市公共交通日均交通量达到 969.52 万人次,其中常规公交日均交通量达到 511.78 万人次,占据日均公共交通量的 52.79%^[17]。

深圳市公交专用道均为路侧式单车道公交专用道,启用时间是工作日早高峰 7:00—9:00 和晚高峰 17:30—19:30,一天的启用总时长是 4 h,节假日不启用(个别公交专用道除外),在启用时段内只允许公交车辆行驶。截至 2015 年底,深圳公交专用道里程数已达到 820 km,在全市 928 条公交线路中共有 844 条公交线路受益,预计至 2017 年底,深圳市公交专用道里程数将达到 1 000 km^[1]。

1 数据描述和二次车速差原理

1.1 数据描述

本文用到的所有数据包括以下几个方面:

(1) 车辆 GPS 数据。分为公交车 GPS 数据和出租车 GPS 数据,时间从 2015-05-05(星期二)至 2015-05-09(星期六)全天。公交车 GPS 数据的上传频率根据线路等级不同而不同,干线线路最频繁,支线线路最稀少,采样间隔介于 2~30 s,占据了 91% 的数据量,平均上传间隔为 10 s。出租车 GPS 数据上传间隔

为 15 s.

对 GPS 数据的清洗主要是将字段缺失、位置信息不符合逻辑、乱码等原因造成的无效数据剔除, 剩余数据量在 80% 左右.

(2) Shapefile 格式的地图路网数据. 公交专用道主要设置于交通量较大, 较容易产生拥堵的道路, 按照道路等级和区位 2 个因素分组进行道路的抽取, 保证样本的可靠性.

本研究涵盖深圳市 54 条道路, 总里程数达到 208.4 km, 公交专用道里程数达到 143.8 km, 占研

究路段总里程数的 69%, 启用时间为工作日早高峰 7:00—9:00 和晚高峰 17:30—19:30, 平峰期不启用. 本文的基本研究单元是路段, 定义为相邻信号交叉口之间的道路, 将 54 条道路划分为 292 个路段, 平均路段长度 714 m, 最小值 242 m, 最大值 2 834 m. 研究道路的分布如图 1 所示, 图中椭圆圈表示深圳市的中心区范围, 灰色和黑色显示的道路都是本文研究所选道路, 其中灰色代表布设公交专用道的道路, 黑色代表未布设公交专用道的常规道路, 详细信息见表 1.

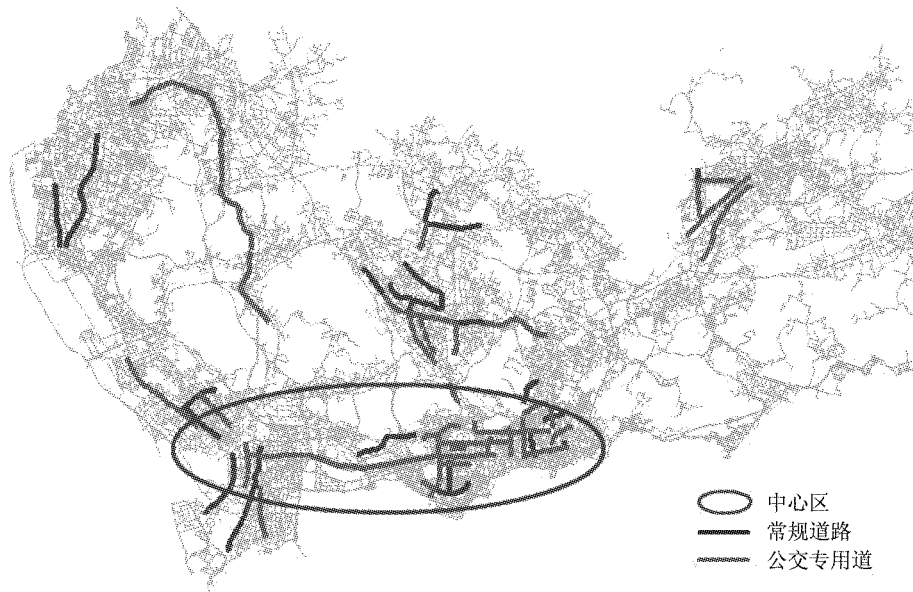


图 1 研究道路的分布

Fig.1 Research road distribution

(3) 公交线路与站点数据. 在研究道路上运行的线路有 220 条, 占深圳市运行线路总数的 23.7%; 所有研究道路上的平均站点密度为 2.3 km⁻¹, 平均站间距为 430 m, 详细的站点密度信息见表 1.

表 1 研究道路基本信息

Tab.1 Information of research roads

指标	里程/ km	公交专用 道里程/ km(占比)	平均信号 灯密度/ km ⁻¹	平均站 点密度/ km ⁻¹
主干道	44.30	36.21(81.7%)	1.04	1.87
中心区 次干道	46.68	28.82(61.7%)	2.06	2.98
小计	90.98	65.03(71.4%)	1.56	2.44
非中心区	117.42	78.78(67.1%)	1.28	1.61

站点数据包括站点名称、站点经纬度坐标信息、站点形式以及站点位置信息. 站点名称、站点经纬度坐标信息通过深圳市交通运输委员会官方网站直接获取, 站点形式以及站点位置信息通过街景地图实测得到.

1.2 路段车速计算

一个路段在某一时段的车速是由该时段内所有行驶经过该路段车辆的行驶距离之和除以相应的行驶时间之和得到的. 对于公交车而言, 单个路段车速包括了站点延误和下游交叉口延误; 对于出租车而言, 车速包括了下游交叉口延误. 该车速反映了乘客所体验到的实际速度, 计算公式如下:

$$v_{il} = \frac{\sum_{k=1}^n \Delta L_{ilk}}{\sum_{k=1}^n \Delta t_{ilk}} \quad (1)$$

式中: v_{il} 为时段 i 内路段 l 的平均车速, km · h⁻¹; ΔL_{ilk} 为时段 i 内路段 l 上车辆 k 所行驶的里程, km; Δt_{ilk} 为时段 i 内路段 l 上车辆 k 行驶 ΔL_{ilk} 所用的时间, h; n 为当前时段内路段上经过或部分行驶的公交车辆总数, 辆.

上述方法计算的是以 5 min 为时段长度的车速, 对于其他时段长度, 例如 1 h、2 h 等, 计算方法相

同.对于路段不进行合并计算,每次计算都以所有路段(总共 292 个路段)为对象.

对于出租车 GPS 数据,算法和路段都是一样的.计算出来的出租车速用以表征其他社会车辆的平均车速,可称为“背景车速”.计算基于 ArcGIS Engine 版本 10.1 二次开发.

1.3 二次车速差原理

二次车速差定义为高峰期车速差与平峰期车速差的差值,其中车速差指相同时段内同一路段上出租车速减去公交车速的值.高峰期启用公交专用道,平峰期不启用公交专用道.

二次车速差原理如下所示:公交车辆在城市道路运行过程中车速主要受路段行驶,停站上、下客以及信号交叉口延误 3 个不同状态的影响,出租车辆主要受路段行驶和信号交叉口延误的影响,将路段行驶和信号交叉口延误影响统称为“运行影响”,公交专用道的作用主要体现于路段行驶时间的减小和信号交叉口延误的减小(运行影响的减小);为了得到公交车辆运行影响的变化,单纯的车速差无法消除公交停站影响和车辆自身运行差异的影响,不足以反映公交车辆运行影响的变化,需要在车速差的基础上,以平峰期的车速差作为参考,计算高峰期的车速差与之的差异得到二次车速差,消除不同车辆行驶特性差异影响和公交车停站影响;二次车速差反映的是高峰期相比于平峰期 2 种车辆运行影响差异的变化,该变化反映了公交专用道起到的作用.图 2 展示了二次车速差的图形化计算方法.

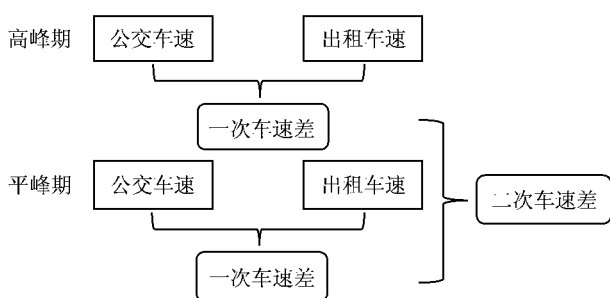


图 2 二次车速差计算方法框图

Fig.2 Block diagram of secondary speed difference calculation method

对同一路段而言长度不发生变化,因此用时间来表示车辆运行各个部分的影响,如下所示:

$$T_b = O_b + D_b + S_b = C_b + D_b \quad (2)$$

式中: T_b 是公交车总运行时间; O_b 是路段行驶过程的影响; D_b 是停站上、下客的影响; S_b 是信号交叉口延误的影响; C_b 是路段行驶过程影响和信号交叉口延误影响的合并.

需要说明的是,普通公交车辆采用先上车后买票的制度,即使高峰时段乘客有所增加, D_b 并不会产生明显的变化,在计算中假设 D_b 保持不变.同理,出租车各部分影响表示为

$$T_c = O_c + S_c = C_c \quad (3)$$

式中: T_c 是出租车总运行时间; O_c 是路段行驶过程的影响; S_c 是信号交叉口延误的影响; C_c 是路段行驶过程影响和信号交叉口延误影响的合并,称为运行影响.

将相同时段下同一路段上出租车速与公交车速的车速差异记为“车速差”,考虑到道路本身的运行状况不定,单纯用车速差不足以反映公交专用道是否起到了作用,因此通过对比同一路段下车速差在平峰期与高峰期不同数值的差异,记为“二次车速差”,来消除车辆自身运行状况差异的影响以及公交车停站的影响.

本文规定计算过程中均使用出租车速减去公交车速,以及平峰期的车速差减去高峰期的车速差的计算方法.

根据上述原理以及式(2)和(3),得到车速差以及二次车速差的计算公式分别为

$$\Delta T = T_c - T_b = \Delta C - D_b \quad (4)$$

$$\Delta(\Delta T) = \Delta T_{np} - \Delta T_p = \Delta C_{np} - \Delta C_p \quad (5)$$

式中: ΔT 表示车速差; $\Delta(\Delta T)$ 表示二次车速差; ΔC 表示运行影响的差值;下标 np、p 分别表示非高峰期(non-peak)和高峰期(peak).

为了更细致地表示这一作用原理,进一步根据式(2)~(4)将式(5)展开,整理得到

$$\Delta(\Delta T) = (O_c - O_b)_{np} - (O_c - O_b)_p + (S_c - S_b)_{np} - (S_c - S_b)_p \quad (6)$$

考虑到不同时段信号交叉口延误对车辆影响的变化不大,对二次车速差的影响可以忽略,则上式变为

$$\Delta(\Delta T) = (O_c - O_b)_{np} - (O_c - O_b)_p \quad (7)$$

式中: ΔO 表示路段行驶过程影响的差异.

由式(7)可以得到二次车速差的最终表达形式,即认为公交专用道带来的作用主要体现在路段运行这一部分.对于设有公交专用道的路段,若二次车速差值大于零(正向),认为公交专用道起到了作用,且二次车速差越大表示公交专用道作用越明显;同理,若二次车速差值小于零(负向),表明高峰期公交线路车速低于出租路段车速的程度较平峰期时更加严重,公交专用道并未起到作用.

综上所述,二次车速差原理由 2 次求差值过程组成,第 1 次求差值过程计算得出带有公交车辆停靠站影响误差和车辆自身运行差异误差的运行影响差异;第 2 次求差值过程将这 2 种误差消除,得到公交专用道作用量化值.然而,在式(7)中需要指出的是,不同时段内路段行驶因素各异,导致出租车与公交车的车速差值本身具有一定的固有差异,因此在计算最终的二次车速差时需要剔除掉这一固有差异的影响,方法是截取出远离交叉口未布设公交专用道且没有停靠站影响的路段进行二次车速差固有差异的计算.

2 公交专用道车速主要特征

2.1 车速时空变化特征与车速对比

对于工作日所有路段而言,高峰期内平均的路段公交车速是 $16.96 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$,出租车速是 $22.47 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$;平峰期内平均的路段公交车速是 $19.43 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$,出租车速是 $28.27 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$,中心区主干道上的公交车与出租车速与相同条件下次干道上的车速存在明显差异.各类型道路的详细车速信息见表 2.

表 2 工作日不同道路等级和区位路段公交车速和出租车速
Tab.2 Bus speed and cab speed under different road grades and positions on weekday

路段		km · h ⁻¹			
		公交车速		出租车速	
		高峰期	平峰期	高峰期	平峰期
中心区	主干道	19.12	23.26	23.67	28.30
	次干道	15.28	16.84	15.97	17.78
	平均	16.56	18.94	18.47	21.24
非中心区		19.06	20.41	23.94	25.31

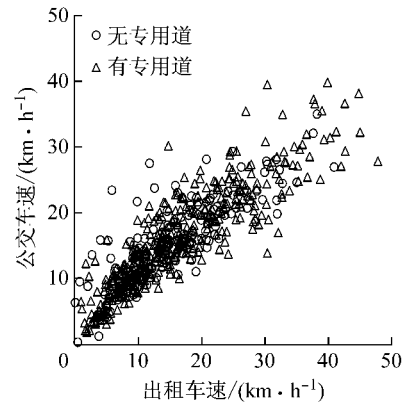
表 3 是不同时段下有、无专用道的公交车速和出租车速,对比工作日高峰期有专用道和无专用道的车速差,得到它们的差值为 $0.29 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$,有专用道的路段公交车速与出租车速的差距并没有比无专用道路段的小,考虑到有专用道路段与无专用道路段并非同一路段集合,道路条件不尽相同,因此需要借助二次车速差来判断.工作日有专用道的路段在高峰期的车速差为 $3.13 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$,平峰期的车速差为 $3.63 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$,说明公交车相对于社会车辆受到高峰期的影响更少,进一步说明公交专用道可能是使得公交车速在高峰期保障公交运行的原因之一.然而,这 2 个车速差的二次车速差值达到 $0.5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$,占平峰期车速差的 13.8%,该差异并不明显.

表 3 不同时段有、无专用道公交车速与出租车速

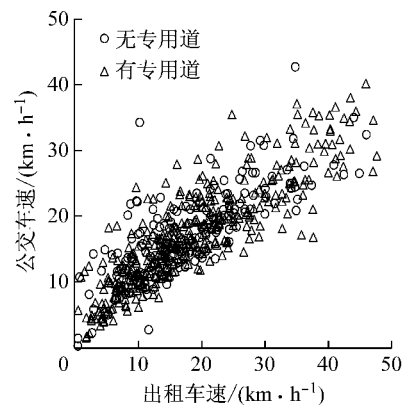
Tab.3 Bus speed and cab speed under different times and DBL situations

项目	高峰期		平峰期		
	公交车速	出租车速	公交车速	出租车速	
工作日	有专用道	18.49	21.62	20.26	23.89
	车速差	3.13		3.63	
	无专用道	16.57	19.98	18.51	21.59
	车速差	3.42		3.08	
非工作日	有专用道	19.51	23.29	19.45	22.77
	车速差	3.78		3.32	
	无专用道	17.38	20.92	17.85	19.56
	车速差	3.54		1.71	

从图 3 可以看出,无论是工作日还是非工作日,有专用道的车速数据和无专用道的车速数据都交织在一起,没有明显的高低之分,说明出租车速与公交车速之间存在着较强的相关关系,公交专用道的作用可能并不明显.



a 工作日高峰期有、无专用道车速对比



b 非工作日高峰期有、无专用道车速对比

图 3 工作日和非工作日高峰期有、无专用道车速对比

Fig.3 Speed difference between DBL road and non-DBL road on weekday and weekend

2.2 二次车速差特征分析

二次车速差反映的是相对于公交专用道不启用时段而言,在高峰期时出租车速与公交车速之间差

异的变化量.二次车速差为正,说明高峰期公交车速与出租车速的差异较平峰期有所减小,反之同理.二次车速差基于公交车和出租车 GPS 数据计算得出.在布设公交专用道的路段中,大于零(正向)的二次车速差平均值为 $4.58 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$,小于零(负向)的二次车速差平均值为 $-4.66 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$,如图 4 和表 4 所示.

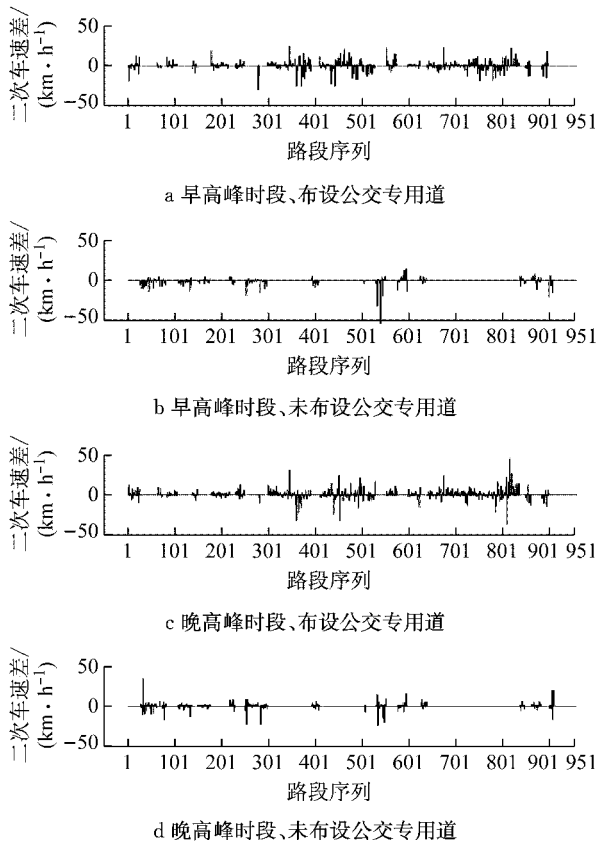


图 4 二次车速差柱状图

Fig.4 Histogram of secondary speed difference

表 4 二次车速差基本统计信息

Tab.4 Descriptive statistics of secondary speed difference

时段	有无专用道	路段个数	二次车速差均值/($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)	
早高峰	有	正向	155	4.43
		负向	156	-4.52
	无	正向	57	3.15
		负向	88	-5.90
晚高峰	有	正向	195	4.73
		负向	114	-4.79
	无	正向	76	4.00
		负向	68	-4.89

结合图 4 和表 4 的信息,总体上呈现出如下特点:无论是早高峰还是晚高峰,对于有公交专用道的路段而言,正负向的分布基本参半,但是正向路段的个数(350)要多于负向路段的个数(270),说明目前公交专用道总体上起到了一定的作用,但是仍有不

少路段的公交专用道未起作用.可能的原因是,由于路段上各种复杂条件共同作用下,专用道设置后的作用被其他因素所抵消.对于早、晚高峰而言,同等条件下二次车速差的均值基本上相同,说明对于布设公交专用道路段,其作用在早、晚高峰时段内没有较大差异.

为了剔除固有差异的影响,根据第 1.3 节中的方法,在研究道路中按照道路等级各选取若干路段进行固有差异的计算.通过各自的平均,得到主干道固有差异平均值为 $1.03 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$,次干道固有差异平均值为 $0.56 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.使用此固有差异值得出的二次车速差进行相应折减,本文呈现的二次车速差结果均为折减后的结果.

3 统计分析结果

本节利用统计产品与服务解决方案(SPSS)软件验证公交专用道对公交车辆运行速度提升的影响,并通过显著性检验判断各影响因素对公交车速是否具有显著影响,从而得出影响二次车速差的主要因素.检验方法采用 Omnibus 检验.该方法主要用于模型拟合优度检验,采用似然比检验的方法,可以选择单变量与仅截距变量模型进行对比来实现.样本量达到 1 168 个,包括所有 292 个路段早高峰和晚高峰双向的所有样本,放入统计模型中分析的因素有 4 个.

分别绘制各个自变量与因变量(二次车速差)的散点图,发现各自变量基本符合线性规律,因此选择线性回归方法进行检验.自变量选取的影响因素及其可能的取值或者选项如表 5 所示.由于部分变量是名义变量,其取值并不连续,最终决定采用广义线性方法进行分析.建立一个只有截距的回归模型作为基准,将各个影响因素分别单独加入模型中,使用 Omnibus 检验来判断加入的影响因素对于自变量的影响是否显著.对高峰时段的数据进行分析,需要注意的是,对于有站点的路段,可能不止一个公交站

表 5 影响因素和可能的取值/选项

Tab.5 Factors and possible values/options

影响因素	可能取值
公交专用道设置(编码)	未设置(0),已设置(1)
站点形式(编码)	无站点(0),无港湾式站点(1),部分港湾式站点(2),全部港湾式站点(3)
站点位置(编码)	无站点(0),无近交叉口站点(1),部分近交叉口站点(2),全部近交叉口站点(3)
站点密度/ km^{-1}	连续取值

点,站点形式和站点位置因素以路段上全部公交站点作为考虑对象。

3.1 影响因素散点图分析

将工作日早高峰和晚高峰的各对应路段的平均车速数据进行平均之后,得到工作日高峰期路段平均车速,然后根据定义计算得出二次车速差,做出各自变量与二次车速差的散点图。

图 5 为站点密度与二次车速差之间的散点图。从图 5 可见,散点较均匀地沿 $x=0$ 轴分布,说明站点密度对于二次车速差的影响并不明显,这也正好验证了本文中二次车速差的原理。

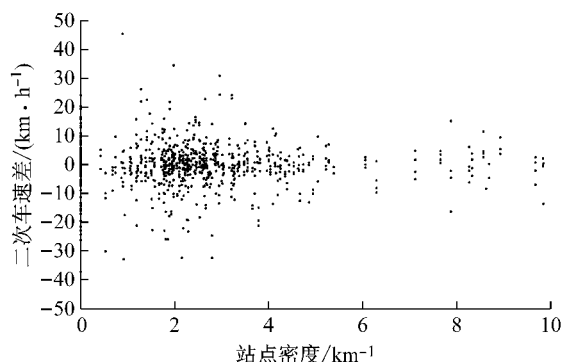


图 5 工作日高峰期站点密度与二次车速差的散点图

Fig.5 Stop density vs. secondary speed difference in weekday peak hours

有无公交专用道、站点形式和站点位置因素是分类变量,通过对散点图的观测发现,这 3 个因素与二次车速差的关系也符合线性规律。随着类型的变化,因变量的变化较小。

3.2 显著性检验结果

Omnibus 检验主要用于模型整体拟合优度检验,以仅有截距的模型作为基准模型,与放入因素变量的模型进行对比。采用每次放入单一因素的方式进行拟合优度检验。

将二次车速差作为因变量,公交专用道设置、站点形式、站点位置以及站点密度分次作为自变量进行 Omnibus 显著性测试分析,取置信水平 95%。测试结果见表 6。

表 6 的检测结果表明,站点形式、站点位置和站点密度 3 个因素的显著性均远大于 0.05,说明这 3 个因素对二次车速差的提升都没有显著影响。专用道设置的显著性远小于 0.05,相对于设置专用道的路段而言,未设置专用道路段的二次车速差减小,说明设置专用道对二次车速差造成了显著积极的影响,验证了二次车速差原理中停站影响作为干扰项应该去除的原理。

表 6 各个影响因素的 Omnibus 检验结果

Tab.6 Omnibus test results of each factor

因素	Omnibus 检验			参数估计数值(基准类别编码)
	似然比卡方	自由度	显著性	
专用道设置	12.067	1	0.001	-1.864
站点形式	1.202	2	0.548	0.761(3)
站点位置	2.386	2	0.303	-0.805(3)
站点密度	0.295	1	0.587	0.040

注:参数估计中基准类别编码参照表 5。

4 结果分析

结果表明,在高峰期公交专用道对于二次车速差的影响较为显著,说明公交专用道的设置使公交车速与出租车速的差异得到较为明显的缩减,反映了公交专用道的作用;出租车速与公交车速具有较强的相关性说明公交车速受到出租车速影响较为严重,可能的原因是由于公交专用道没有起到物理硬隔离的作用,加上道路两旁出入口的存在,导致部分车辆在行驶过程中需要跨越公交专用道,对公交车运行造成影响;路段站点密度对于二次车速差未起到显著影响。这验证了二次车速差原理能有效地表征公交专用道的作用并消除公交站点停靠和车辆固有行驶差异的影响。

然而,二次车速差特征分析结果表明,仍有相当一部分布设有公交专用道路段的二次车速差为负值,说明这些路段高峰期公交车辆车速与出租车速的差值相比于平峰期更加恶化。考虑到同一路段不同时段下除了流量/车速之外其他交通状况不会有明显改变这一因素,表明在这类路段上公交专用道并未起到作用。据笔者在上海市进行的一项调查中获得的数据,高峰期和平峰期平均情况下,在市区范围内公交车辆运行一个班次的过程中花费在信号交叉口的时间(包括通过和延误等待)占到了整条线路运行一个班次总时间的 38%~40%,平均经过 33 个信号交叉口^[18]。笔者认为在上述提及的路段中,公交专用道未起作用的原因可能是由于道路条件较差以及覆盖线路较多,导致公交车流量无法被道路提供的通行能力满足,在交叉口需要等待一个及以下的信号周期,加上其他车辆与公交车辆的性能差异在交叉口的体现,因此增加了二次车速差。因此,目前主要考虑道路条件(车道数)的专用道设置依据可能并非最优的设置标准,除了道路条件、运量条件之外,从微观层面应增加考虑交叉口通过效率(排队长度、等待周期等)对公交专用道的影响,对于这一类路段,可以适当地调整交叉口各相位的时间配比来

解决这一问题;从公交服务层面应考虑公交线路布置的合理性,可以采用流量调查和问卷调查的方式有效地规划线路需求,避免线路重复导致高峰期车辆排队等一系列问题。

5 结语

本文提出了一种基于二次车速差的公交专用道作用量化分析方法.考虑车辆运行过程中交叉口延误、站点停靠和路段行驶 3 个部分,在消除车辆自身行驶特性差异影响和公交停站影响的情况下,通过公交车速与出租车速的差值在不同时段之间的差异研究公交专用道的作用.选取深圳市 54 条道路,总里程数达到 208.4 km,其中专用道里程数达到 143.8 km.使用深圳市公交车辆和出租车辆的全样本 GPS 数据获得公交车速、出租车速以及二次车速差并分析了它们的特征,利用模型整体拟合优度检验分析得出公交专用道设置以及其他影响因素对于二次车速差的影响显著性.结果表明:公交专用道对二次车速差有显著影响;路段站点密度、站点形式和站点位置因素对二次车速差没有显著影响;路段公交车速显著依赖于社会车辆的平均车速;公交专用道总体上起到了一定的作用,使用公交专用道能显著减小高峰期公交车速与其他车辆车速的差值,提高公交运行效率,但仍有部分专用道效果不佳。

参考文献:

- [1] 深圳市交通运输委员会.深圳公交专用道里程已达近千公里[EB/OL]. [2017-03-17]. http://www.sztb.gov.cn/jtzz/gzdt/gjdt_80994/201602/t20160226_5261771.htm. Transport Commission of Shenzhen Municipality. The mileage of dedicated bus lanes in Shenzhen has reached almost 1 000 km [EB/OL]. [2017-03-17]. http://www.sztb.gov.cn/jtzz/gzdt/gjdt_80994/201602/t20160226_5261771.htm.
- [2] 上海市城乡建设和交通发展研究院.2014年上海市综合交通年度报告[R].上海:上海市交通委员会,2015. Shanghai Urban and Rural Construction and Transportation Development Research Institute. 2014 annual report of Shanghai comprehensive transportation[R]. Shanghai: Shanghai Municipal Transportation Commission, 2015.
- [3] 郭继孚,李先.2015年北京市交通发展年度报告[R].北京:北京交通发展研究中心,2016. GUO Jifu, LI Xian. 2015 Beijing transport annual report[R]. Beijing: Beijing Transportation Research Center, 2016.
- [4] 毛锦伟.沪太路设置公交专用道后路却堵多了 怎么更合理?[EB/OL]. [2016-02-14]. http://news.online.sh.cn/news/gb/content/2016-02/14/content_7716059.htm. MAO Jinwei. Too much dedicated bus lanes in Hutai Road, worse traffic jam, how to make it more reasonable? [EB/OL]. [2016-02-14]. http://news.online.sh.cn/news/gb/content/2016-02/14/content_7716059.htm.
- [5] 上海市交通港航发展研究中心.公交专用道后评估[R].上海:上海市交通港航发展研究中心,2015. Shanghai Transport & Port Research Center. Post evaluation of dedicated bus lanes[R]. Shanghai: Shanghai Transport & Port Research Center, 2015.
- [6] 欧振武.城市公交专用道交通效益分析[J].重庆科技学院学报(自然科学版),2014,16(6):111. OU Zhenwu. Evaluation of dedicated urban bus lanes traffic benefits[J]. Journal of Chongqing University of Science and Technology (Natural Science Edition), 2014, 16(6): 111.
- [7] 陈冠男,陈艳艳,吴克寒,等.基于Paramics的快速路公交专用道设置效果评价[J].道路交通与安全,2016,16(1):24. CHEN Guannan, CHEN Yanyan, WU Kehan, et al. Evaluation of dedicated bus lanes based on Paramics[J]. Road Traffic & Safety, 2016, 16(1): 24.
- [8] COX M. Reserved bus lanes in Dallas, Texas [J]. Transportation Engineering Journal, ASCE, 1975, 101(4): 691.
- [9] SARNA A C, SARIN S M, SHARFUDDIN, et al. Reserved bus-lane system: a case study of Delhi [J]. Journal of the Indian Roads Congress, 1985, 46(1): 239.
- [10] BAUMAN R D. Reserved bus lanes on arterial streets in Denver [C] // Annual Meeting, Institute of Transportation Engineers. Orlando: ITE, 1990: 5-7.
- [11] JACQUES K, LEVINSON H. Operational analysis of bus lanes on arterials [R]. Washington DC: National Academy Press, 1997.
- [12] JACQUES K, LEVINSON H. Operational analysis of bus lanes on arterials: applications and refinements[EB/OL]. [2016-02-14]. http://www.tcrponline.org/PDFDocuments/TCRP_RRD_38.pdf.
- [13] SURPRENANT-LEGAULT J, EL-GENEIDY A M. Introduction of reserved bus lane: impact on bus running time and on-time performance [J]. Transportation Research Record, 2011, 2218: 10.
- [14] MORENO G E, ROMANA M G, MARTINEZ Ó. Effectiveness of reserved bus lanes in Arterials[C]//Proceedings of the 92nd Annual Meeting of the Transportation Research Board. Washington DC: Transportation Research Board, 2013: 1-7.
- [15] GAN A, YUE H, ULBAKA I, et al. Development of operational performance and 29 decision models for arterial bus lanes[J]. Transportation Research Record, 2003, 1858: 18.
- [16] THAMIZH ARASAN V, VEDAGIRI P. Microsimulation study of the effect of exclusive bus lanes on heterogeneous traffic flow [J]. Journal of Urban Planning and Development, 2010, 136(1): 50.
- [17] 深圳市交通运输委员会.2016年交通运输运营指标统计年报[EB/OL]. [2017-05-26]. http://www.sztb.gov.cn/xxgk/tjxx/201702/t20170206_5949703.htm. Transport Commission of Shenzhen Municipality. Statistical annual report of transportation operation indicators in 2016 [EB/OL]. [2017-05-26]. http://www.sztb.gov.cn/xxgk/tjxx/201702/t20170206_5949703.htm.
- [18] 林航飞,崔海鹏,荆毅,等.道路专用路权的设置方案及优化利用结题报告[R].上海:同济大学,2016. LIN Hangfei, CUI Haipeng, JIN Yi, et al. Setting scheme and optimal utilization of dedicated road right [R]. Shanghai: Tongji University, 2016.