

文章编号: 1002-0268 (2004) 07-0103-05

公交专用道设置前后无港湾 公交停靠站特性研究

周智勇¹, 黄艳君², 陈 峻¹, 王 炜¹

(1. 东南大学交通学院, 江苏 南京 210096; 2 深圳市城市交通规划研究中心, 广东 深圳 518031)

摘要: 对有无 公交专用道的路段上非公交车和公交车以及无港湾停靠站区域的非公交车分别提出车速模型公式, 并考虑交叉口 间距和车道宽度的影响。其中在无公交专用道的路段上采用美国联邦公路局路阻函数转化成线性模型, 定义停靠度指标。根据在南京市和深圳市采集的实测数据回归, 标定各模型参数, 并通过 F 检验和 t 检验。同时研究无港湾停靠站区域的影响范围, 从时间和空间上反映影响变化规律, 得到 一些有价值的结论。

关键词: 公交专用道; 无港湾停靠站; 模型; 影响

中图分类号: U412 37 文献标识码: A

Research on Bus Station Characteristics Without Bus Bay for Conditions Both with and Without Buslane

ZHOU Zhi-yong¹, HUANG Yan-jun², CHEN Jun¹, WANG Wei¹

(1. Southeast University Transportation College, Jiangsu Nanjing 210096, China;

2 Shenzhen Urban Transport Planning Center, Guangdong Shenzhen 518031, China)

Abstract: In this paper, speed models for urban road sections with and without bus lane, non-transit vehicle and bus and bus station section without bus bay for non-transit vehicle are brought forward. Such factors as distance between border intersections and driveway width are considered. BPR road resistance function which is applied to sections of the urban road that have no bus lanes is turned to linear model. Stop-degree factor is also defined. According to actual data which is collected in Nanjing and Shenzhen, parameters in all models are calibrated. The models passed F -test and t -test. At the same time, influence range of section without bus bay is researched, in terms of time and space. Some valuable conclusions are obtained in the end.

Key words: Bus Lane; Bus station without bus bay; Model; Influence

0 引言

公交专用道的设计和实施意见是对城市道路交通系统的资源进行合理的优化配置, 为公交优先通行积极创造客观条件。公交专用道决非仅限于一条车道的简单概念, 其外延还包括公交停靠站、交叉口进出口道、标志、标线或隔离等配套的道路交通工程设施体系。在整个体系的综合作用下, 才能保证专用道上公交车运行的连续性、高效性和低干扰性。

作为城市公共交通运营系统不可或缺的一个环节, 停靠站固有的功能和瓶颈特性无法忽略。有资料显示, 公交车在停靠站耗费的时间占其总运行时间的19%~21%^[3]。本文力图通过比较公交专用道设置前后停靠站附近交通运行受到的影响, 对公交专用道的设置效果进行局部直观评价, 为未来的完善提供指导。

1 研究目标

公交车的运营特性决定了它每隔一段距离, 就必

收稿日期: 2003-05-28
基金项目: 国家十五科技攻关课题资助项目 (2001BA402A04)
作者简介: 周智勇 (1972—), 男, 江西吉安人, 博士研究生, 研究方向为交通运输规划与管理。

须进入规定的停靠站。没有设置公交专用道时, 公交车的停靠和重新启动过程容易影响停靠站所在车道和相邻车道的非公交车辆的正常行驶状态; 设置公交专用道后, 如果是无隔离式, 有港湾停靠站在公交车从停靠站重新进入专用道时会有少许影响, 无港湾停靠站附近公交车对同向相邻车道非公交车辆的干扰依然比较明显。

1.1 研究对象

我国的交通规则是靠右行驶, 而大多数城市土地资源都十分宝贵, 能够充分实施港湾停靠站者数量有限。因此, 按照我国普遍的实际道路交通实施状况和公交专用道设置的基本条件, 本文的公交车停靠站研究对象定位如下: (1)城市 3 块板或 4 块板主干道; (2)中途停靠站; (3)无隔离(封闭)式; (4)停靠站设在前进方向右侧的机非分隔带上; (5)无港湾式。

1.2 研究内容

速度是车辆运行时最易于直观表现的性能指标。根据车辆速度值的变化来衡量其受影响状态, 是非常自然的判断标准。另外, 停靠站的影响区范围对于道路交通规划、设计和管理均有重要的参考价值。笔者拟研究的内容为: (1) 公交专用道设置前后路段公交车和非公交车速度模型; (2) 公交专用道设置前后停靠站附近非公交车速度模型; (3) 公交专用道设置前后停靠站影响区范围。

2 研究途径

为了体现非公交车辆在停靠站区段受到的影响, 有必要按公交专用道设置前后的情况分别与正常路段上的行驶状态进行比较。

2.1 未设公交专用道时

2.1.1 路段车辆速度模型

由于本文拟研究城市 3 块板或 4 块板主干道, 道路横断面设有机非分隔带, 车辆在路段的行驶主要受机动车交通负荷的影响, 在此采用美国联邦公路局提出的 BPR 路阻函数模型^[4] (速度形式)

$$v = \frac{l}{t} = \frac{l}{t_0 [1 + \alpha (Q/C)^\beta]} = \frac{v_0}{1 + \alpha (Q/C)^\beta} \quad (1)$$

其中, 路段零流车速

$$v_0 = r \cdot r_c \cdot \eta \cdot u_0 \quad (2)$$

上两式中, 路段实用通行能力

$$C = N_0 \cdot r \cdot r_c \cdot \eta \cdot n \quad (3)$$

交叉口影响修正系数

$$r_c = r_0 \quad (s \leq 200\text{m})$$

$$\text{或} \quad r_c = r_0 (0.0013s + 0.73) \quad (s > 200\text{m}) \quad (4)$$

车道宽度影响系数

$$\eta = \begin{cases} 50(W_0 - 1.5) \times 0.01 & W_0 \leq 3.5\text{m} \\ (-54 + 188W_0/\beta - 16W_0^2/\beta) \times 0.01 & W_0 > 3.5\text{m} \end{cases} \quad (5)$$

式 (1) ~ (5)^[4,5] 其余参数意义如下: Q 为路段机动车交通量, pcu/h , 公交专用道上取, veh/h ; α 、 β 为回归参数, 用最小二乘法确定; r 为自行车影响折减系数, 本文取 1.0; u_0 为路段设计车速, 取 40 ~ 60 km/h ; N_0 为单条车道理论通行能力, 取 1500 pcu/h (标准小汽车); n 为车道数影响系数, 单向 1 ~ 4 条车道依次取 1, 1.87, 2.60, 3.20; r_0 为交叉口有效通行时间比, 信号交叉口处即取绿信比; s 为交叉口间距, m ; W_0 为一条机动车道宽度 m 。

公交车和非公交车尤其是小汽车的 u_0 值会存在差距, 道路横断面形式不完全统一, 这些将导致回归模型参数值有所不同。但模型形式不会改变, 所以统一采用式 (1) 表达。为加以区别, 后面以 v_b 、 v_f 分别表示公交车和非公交车的速度, 其余变量遇同样情况, 依此类推添加下标。

式(1)是非线性模型。为便于计算, 将其转化成线性模型。先经过代数变换, 化为 $v_0/v - 1 = \alpha(Q/C)^\beta$; 然后两边取自然对数, 得 $\ln(v_0/v - 1) = \ln\alpha + \beta\ln(Q/C)$; 令

$$\ln(v_0/v - 1) = y, \ln\alpha = \gamma, \ln(Q/C) = x \quad (6)$$

则有

$$y = \beta \cdot x + \gamma \quad (7)$$

2.1.2 停靠站段车辆速度模型

公交车在停靠站段从减速到重新启动直至恢复正常速度, 非公交车的行驶受交通流饱和度和公交车停靠次数 n_b (车次/h) 和停靠时间 t_b (s/次) 的共同影响^[1,2]。考虑到 t_b 值相差不大但不宜忽略, 而且 n_b 和 t_b 的分别作用影响有限, 在此定义停靠度指标 $Z = n_b \cdot t_b / 600$ 。采用线性回归模型如下

$$v_f/v_0 = \epsilon_1(Q/C) + \epsilon_2 Z + \epsilon_3 \quad (8)$$

式中, ϵ_1 , ϵ_2 , ϵ_3 为系数, 采用最小二乘法回归确定。这样, 利用 Z 将 n_b 和 t_b 合二为一, 既简化了表达式和回归计算过程, 也使式(8)两边的变量均统一为无量纲单位, 物理意义更加明确。

2.1.3 停靠站影响区段范围

影响区段由进站、站台和出站 3 部分组成。假设公交车进站时的制动加速度 $a_{in} = 1.5\text{m/s}^2$ ^[3] 和出站时的启动加速度 $a_{out} = 1.0\text{m/s}^2$ ^[3] 保持定值, 不计路面纵坡, 则由运动学知识, 易得

公交车进站时间

$$t_{in} = v_b / a_{in} \tag{9}$$

进站阶段影响距离

$$l_{in} = v_b t_{in} - 0.5 a_{in} t_{in}^2 \tag{10}$$

公交车出站时间

$$t_{out} = v_b / a_{out} \tag{11}$$

出站阶段影响距离

$$l_{out} = v_b t_{out} - 0.5 a_{out} t_{out}^2 \tag{12}$$

中途停靠站往往是多路公交车共用，一般都有 2 辆以上的公交车同时停靠或启动，对非公交车产生影响的是影响区范围内的所有公交车。所以，取停靠站两端延伸，影响区长度 L 计算如下

$$L = l_{in} + l_z + l_{out} + h \tag{13}$$

式中， l_z 为站台有效影响长度，应扣除车身和站台纵向重叠部分，m； h 为纵向安全车头净空，取 2m。

由式（1）知， v_b 并不是固定值，它随饱和度变化。显然， L 将表现一定幅度的变动。

2.2 设公交专用道时

设置公交专用道后，机动车道的使用功能重新调配，公交车和非公交车的运行特性发生相应的变化，因此，它们的各项模型表达式也将有所改变。

2.2.1 路段车辆速度模型

公交车和非公交车各行其道，BPR 路阻函数模型不再适用。这时，公交车和非公交车的饱和度应分别表示，路段车辆速度受二者共同影响，回归模型采用如下的线性统一表达式

$$v_2 / v_0 = k_1 (Q_f / C_f) + k_2 (Q_b / C_b) + k_3 \tag{14}$$

式中， k_1 ， k_2 ， k_3 为系数，采用最小二乘法回归确定，公交车和非公交车有所不同。

2.2.2 停靠站段车辆速度模型

此时，由于公交车和非公交车分道行驶，非公交车车速主要受非公交专用道车辆饱和度和停靠度指标的综合影响，回归模型采用如下的线性表达式

$$v_{f2} / v_{f0} = \lambda_1 (Q_f / C_f) + \lambda_2 Z + \lambda_3 \tag{15}$$

式中， λ_1 ， λ_2 ， λ_3 为系数，采用最小二乘法回归确定。

2.2.3 停靠站影响区段范围

计算公式可完全参照式（9）~（13）进行，只需将其中的 v_b 用 v_{f2} 替换，而 v_{b2} 通过式（14）即可得到。

3 数据采集

南京市目前仅在太平南路有一段逆向公交专用道，而深圳市已经对总长约 35km 的城市主干道进行了公交专用道系统的规划和实施，在国内处于领先地位。

数据调查地点分别选择南京市和深圳市一批有代表性的主干道，在南京市调查无公交专用道的路段，在深圳市调查有公交专用道的路段。调查时间为 2002 年 12 月 10~20 日，具体调查道路及其主要特征参见表 1 和表 2。

表 1 南京市调查路段、停靠站及其主要特征（无公交专用道）

路段名	横断面形式	测试长度/m	交叉口间距/m	半幅路宽/m	单向车道数/条	停靠站名
建宁路	3 块板	65	250	10.5	3	城河村
中央路	3 块板	65	300	9.8	3	公交总公司
龙蟠中路	4 块板	84	400	13.2	4	小营

表 2 深圳市调查路段、停靠站及其主要特征（有公交专用道）

路段名	横断面形式	测试长度/m	交叉口间距/m	半幅路宽/m	单向车道数/条	停靠站名
上步路	3 块板	80	1300	9.75+3.25	3+1	关山月美术馆
笋岗西路	4 块板	91	2300	9.9+3.3	3+1	黄岗路口

注：路宽和单向车道数栏均依次表示为：非公交专用道+公交专用道

3.1 调查内容和方法

本文需要分别现场采集非公交车辆和公交车辆的相关数据，现有的自动调查仪器不能有效识别车辆的分类，故在此采用人工调查法。调查地点选择尽量远离交叉口且没有开口的连续路段，调查内容包括非公交车交通量、公交车交通量、公交车停靠时间、公交车停靠次数、非公交车在路段和停靠站附近的车速、公交车在路段的车速等，参见表 3~表 6。

调查均在每天 6:00~10:00 进行，包含平峰时段和高峰时段。调查时每间隔 5min 统计一次。

3.2 数据处理

调查时对非公交车按小、中、大和摩托车分类统计，各类车的车种换算系数依次取 1、1.5、2 和 0.4^[4,5]。将每间隔 5min 统计出的交通量扩展成小时交通量，再求得各小时时段的平均值。

4 回归计算结果

各调查路段运用式（1）~（5）计算的前面未叙及的参数或变量取值见表 3。

根据式（1）~（15）和现场采集数据回归计算，标定各参数和回归模型及相关结果见表 4~表 6。

5 结语

（1）不论是否设有公交专用道，3 块板道路在路段和停靠站的对应系数值基本均大于 4 块板道路（仅设有公交专用道路段公交车的回归系数比较接近）。这是因为 3 块板道路没有中央分隔带，容易受对向车

表 3 计算参数或变量取值列表

路段名	r_0	r_C	η		$u_{j0}/\text{km}^\circ\text{h}^{-1}$	$u_{b0}/\text{km}^\circ\text{h}^{-1}$	$v_{j0}/\text{km}^\circ\text{h}^{-1}$	$v_{b0}/\text{km}^\circ\text{h}^{-1}$	$C_f/\text{pcu}^\circ\text{h}^{-1}$	$C_b/\text{veh}^\circ\text{h}^{-1}$
			非公交	公交道						
建宁路	0.6	0.63	—	1.000	55	50	34.82	31.65	2469	—
中央路	0.6	0.67	—	0.883	60	55	35.62	32.65	2315	—
龙蟠中路	0.6	0.75	—	0.900	60	55	40.50	37.13	2633	—
上步路	0.6	1.45	0.875	0.875	55	50	48.13	43.75	3412	656
笋岗西路	0.6	2.23	0.900	0.900	60	55	54.00	49.50	3510	675

表 4 回归计算各参数标定值列表

横断面	车辆分类	未设置公交专用道						设有公交专用道					
		γ	α	β	ϵ_1	ϵ_2	ϵ_3	k_1	k_2	k_3	λ_1	λ_2	λ_3
3 块板	非公交车	-1.104	0.331	0.672	-0.415	-0.164	1.054	-0.340	-0.174	1.018	-0.266	-0.037	0.984
	公交车	-0.898	0.407	0.380	—	—	—	-0.095	-0.238	0.879	—	—	—
4 块板	非公交车	-1.062	0.346	0.565	-0.304	-0.079	0.886	-0.210	-0.104	1.011	-0.175	-0.026	0.935
	公交车	-1.147	0.318	0.346	—	—	—	-0.114	-0.242	0.869	—	—	—

表 5 回归模型和检验结果汇总表

分类	横断面	车辆类型	回归模型公式	相关系数 R^2	F 检验	t 检验
无公交专用道	3 块板	非公交车	$y=0.672x-1.104$	0.632	51.50> $F_{0.05}=4.17$	7.177> $t_{0.05}=1.697$
		公交车	$y=0.380x-0.898$	0.621	59.07> $F_{0.05}=4.17$	7.686> $t_{0.05}=1.690$
	4 块板	非公交车	$y=0.565x-1.062$	0.702	75.21> $F_{0.05}=4.15$	8.672> $t_{0.05}=1.696$
		公交车	$y=0.346x-1.147$	0.623	46.35> $F_{0.05}=4.20$	6.808> $t_{0.05}=1.701$
	3 块板	非公交车	$v_f/v_{j0}=-0.415(Q/C_f)-0.164Z+1.054$	0.689	72.08> $F_{0.05}=3.14$	9.511> $t_{0.05}=1.670$ 6.170> $t_{0.05}=1.670$
	4 块板	非公交车	$v_f/v_{j0}=-0.304(Q/C_f)-0.079Z+0.886$	0.773	44.24> $F_{0.05}=3.28$	7.892> $t_{0.05}=1.686$ 1.618> $t_{0.10}=1.305$
设公交专用道	3 块板	非公交车	$v_{j2}/v_{j0}=-0.304(Q_f/C_f)-0.174(Q_b/C_b)+1.018$	0.838	69.82> $F_{0.05}=3.35$	5.713> $t_{0.05}=1.703$ 1.402> $t_{0.10}=1.314$
		公交车	$v_{b2}/v_{b0}=-0.095(Q_f/C_f)-0.238(Q_b/C_b)+0.879$	0.575	14.19> $F_{0.05}=3.47$	1.433> $t_{0.10}=1.323$ 1.730> $t_{0.05}=1.721$
	4 块板	非公交车	$v_{j2}/v_{j0}=-0.210(Q_f/C_f)-0.104(Q_b/C_b)+1.01$	0.868	42.80> $F_{0.05}=3.38$	3.959> $t_{0.05}=1.708$ 1.493> $t_{0.10}=1.316$
		公交车	$v_{b2}/v_{b0}=-0.114(Q_f/C_f)-0.242(Q_b/C_b)+0.869$	0.682	35.65> $F_{0.05}=3.32$	2.874> $t_{0.05}=1.697$ 1.907> $t_{0.05}=1.697$
	3 块板	非公交车	$v_{j2}/v_{j0}=-0.266(Q_f/C_f)-0.037Z+0.984$	0.767	51.17> $F_{0.05}=3.31$	4.426> $t_{0.05}=1.695$ 1.773> $t_{0.05}=1.695$
	4 块板	非公交车	$v_{j2}/v_{j0}=-0.175(Q_f/C_f)-0.026Z+0.935$	0.816	86.43> $F_{0.05}=3.26$	5.354> $t_{0.05}=1.688$ 1.364> $t_{0.10}=1.305$

表 6 停靠站影响区范围列表

分类	道路名	v_b 或 $v_{b2}/\text{km}^\circ\text{h}^{-1}$	饱和度		l_{in}/m	l_{out}/m	L/m
			Q_f/C_f	Q_b/C_b			
无专用道	建宁路	22.57~25.07	0.316~0.969		13~16	20~24	51~58
	中央路	23.43~26.80	0.194~0.914		14~18	21~28	53~64
	龙蟠中路	28.86~33.25	0.055~0.740		21~28	32~43	71~89
有专用道	上步路	30.82~37.84	0.080~0.722	0.027~0.445	24~37	37~55	79~110
	笋岗西路	32.93~39.45	0.405~0.995	0.107~0.373	28~40	42~60	88~118

注: 1. l_e 按两辆公交车车身长度加车头安全净空计, 均取 16m;

2. 饱和度按现场观测值确定范围

流干扰, 同时驾驶员的心理或多或少会增加紧张所致。

(2)没有公交专用道时, 路段饱和度对非公交车的影响比公交车显著。一般非公交车的正常行驶速度比公交车快 5~8km/h, 当饱和度增加尤其是超过 0.3 时, 非公交车对饱和度干扰表现得更敏感。

(3)设有公交专用道时, 路段上非公交车受非公交专用道饱和度施加的影响明显比来自公交专用道的大, 公交车则反之。这和车辆分类分道行驶直接相关。

(4)设有公交专用道的城市道路, 非公交车和公交车的路段正常行驶速度均有所提高。前者大约提高 6~10km/h, 后者加快了 4~7km/h 左右。4 块板道路的速度绝对值和增加幅度都更大些。

(5)不论是 3 块板或 4 块板道路, 设有公交专用道

时, 停靠站处车辆饱和度和停靠度的影响都有相当程度的下降, 非公交车在此的车速提高幅度约在 4.5 ~ 8.5km/h。公交专用道设置优势可见一斑。

(6)停靠站影响区不是一个固定值, 它随路况发生变化。本文计算的几条路段, 无公交专用道时, 3 块板道路为 51 ~ 64m, 4 块板道路为 71 ~ 89m; 有公交专用道时, 3 块板道路为 79 ~ 110m, 4 块板道路为 88 ~ 118m。

参考文献:

[1] 黄艳君. 城市公共交通路段优先通行技术及评价方法研究[D].

东南大学硕士学位论文, 2003.

[2] 尹红亮, 王伟, 王锦尧, 等. 公交运行对行驶车速影响的实验研究[J]. 公路交通科技, 2002(4): 93—96

[3] 陈学武, 李淑娟. 城市公共交通优先权的目标、效果与措施[J]. 中国市政工程, 2001(2): 15—17.

[4] 王伟, 徐吉谦, 杨涛, 等. 城市交通规划理论及其应用[M]. 南京: 东南大学出版社, 1998.

[5] 王伟, 过秀成, 等编著. 交通工程学[M]. 南京: 东南大学出版社, 2000

[6] 陆建, 王伟, 陈学武. 公交专用道设置条件与效益分析[J]. 东南大学学报, 1998(3): 103—107.

(上接第 98 页)

5 结论

本文首先用交通仿真系统对路段动态指标进行微观仿真, 从而获得这些指标的微观运算结果, 然后利用回归分析建立相应的模型。研究表明, 交通量构成对路段动态特征指标具有比较大的影响, 以往交通流建模研究将车型转化为标准当量车, 忽略了车辆本身的动力特性差异, 不同车辆的性能所具有的各自特性被统一的具有相同参数的当量车所掩盖, 这与宏观交通流将车流看成由相同性质的元素构成的流体是一致的, 在宏观领域的交通流模型中这种差异无法得到反映。但随着智能交通系统的发展, 动态交通分配建模中需要考虑交通量构成因素对路段行程时间、动态行

程车速等的影响, 以期更能真实、准确地反映现实交通流的各项特性, 满足智能交通系统实时计算的需要。

参考文献:

[1] Li S, Fan B, Fu L. The Speed-Flow Relationship Models for Freeways in Zhujiang River Delta Area of China[R]. Changsha: A Research Report in College of Civil Engineering Hunan University, 2003.

[2] Mehmood A, Hellinga B, Saccomanno F. Modeling Car Following Using System Dynamics[C]. Washington; TRB 2003 Annual Meeting, 2003.

[3] Nie X, Zhang H M. A Comparative Study of Some Macroscopic Link Models Used in Dynamic Traffic Assignment[C]. Washington; TRB 2003 Annual Meeting 2003.

[4] Toledo T, Koutsopoulos H N, Ben-Akiva M E. Modeling Integrated Lane Changing Behavior[C]. Washington; TRB 2003 Annual Meeting 2003.