

# 公交站台邻近慢行共享路段交通冲突分析\*

缪灵一, 邓院昌, 刘菲菲

广东省智能交通系统重点实验室 / 中山大学智能工程学院, 广东 深圳 518107

**摘要:** 为了探究城市公交站台邻近慢行共享路段中影响乘客与非机动车冲突严重程度的关键因素, 采用最小预计后侵入时间、避险减速度和横摆率作为冲突判别指标, 通过K-means聚类算法将冲突按严重程度进行分类。从冲突特征、乘客特征、非机动车特征和道路环境4个方面考虑19个特征变量, 并构建多元有序Logistic模型, 以分析各显著影响因素对冲突严重程度的具体影响。研究表明: 特征变量冲突所在路段区域、穿行道路行为、候车乘客占道数量、前往停车点停车行为、加装遮阳伞/挡风被情况、非机动车密度、人非隔离设施布置和公交站台出入口违规停放非机动车情况是冲突严重程度的关键影响因素。

**关键词:** 交通安全; 公交站台; 慢行共享路段; 多元有序Logistic模型; 冲突严重程度

**中图分类号:** X951; U491 **文献标志码:** A **文章编号:** 2097-0137(2025)05-0068-08

## Traffic conflict analysis of slow-moving shared paths adjacent to bus stops

MIAO Lingyi, DENG Yuanchang, LIU Feifei

Guangdong Provincial Key Laboratory of Intelligent Transportation Systems / School of Intelligent Systems Engineering, Sun Yat-sen University, Shenzhen 518107, China

**Abstract:** To investigate the key factors influencing the severity of conflict between passengers and non-motor vehicles on slow-moving shared paths adjacent to bus stops, minimum forecast post-encroachment time, deceleration rate to avoid crashes, and yaw rate are used as conflict evaluation indicators. 19 explanatory variables were considered in terms of conflict features, passenger, non-motor vehicle and road environment. A multivariate ordered logistic model is constructed to analyze the significant variables on the severity of conflict. The results show that the road section, road crossing behavior, the number of waiting passengers occupying the road, parking behavior, sunshade installation, the density of non-motor vehicle, the arrangement of pedestrian/non-motor vehicle segregation facilities, and illegal parking at the entrance/exit of bus stop, are the important influencing factors on the severity of the conflict.

**Key words:** traffic safety; bus stop; slow-moving shared path; multivariate ordered Logistic model; conflict severity

为推动绿色低碳交通建设,“慢行+公交”模式已成为我国众多城市交通发展的重要战略方向(王

正同等,2024)。公交站点作为衔接慢行交通和公共交通的关键节点,其周边慢行空间设计对于保障交

\* 收稿日期:2025-03-06

录用日期:2025-03-31

网络首发日期:2025-06-05

基金项目:国家自然科学基金(U6237338)

作者简介:缪灵一(2001年生),女;研究方向:交通行为;E-mail:miaoly5@mail2.sysu.edu.cn

通信作者:邓院昌(1972年生),男;研究方向:交通行为;E-mail:dengych@mail.sysu.edu.cn

全文阅读



ZR20250043

通安全和通行效率至关重要(Yendra et al., 2024)。然而,部分城市慢行交通基础设施建设相对滞后,加之道路资源有限,许多地区采用“人非共板”设计,即非机动车与行人共用同一慢行共享道路。这种设计导致人非混行现象严重,尤其在公交站台区域,由于路权不明晰,乘客与非机动车的交通冲突频发。乘客在上下车时需要在慢行共享道路穿行和停留,缺乏明确的路径指引和交通控制措施,使其与非机动车通行轨迹频繁交织,不仅影响非机动车通行效率,还增加乘客受到碰撞的风险,给慢行交通管理带来挑战。

已有学者针对慢行共享道路的人非混行问题展开研究。Liang et al. (2021)分析了人非冲突双方的行为和特征。研究结果表明,高交通流量和交通复杂性会导致更严重的冲突;Beitel et al. (2018)提出以自行车速度、接近角度、行人密度和后侵入时间(PET, post encroachment time)作为替代安全措施,以评估行人与自行车的冲突风险;Haworth et al. (2021)调查了共享道路内不同类型非机动车的危险骑行行为以及与行人的交互特征;Zheng et al. (2020)考虑个体特征、环境和道路条件等因素,建立随机拦截系数模型探究行人和骑行者发生违规行为的主要致因。

为深入分析公交站台区域混行交通流的安全性,现有研究针对乘客与非机动车冲突的判别及其影响因素展开了分析。Yan et al. (2019)构建广义事件计数模型,分析乘客流量、非机动车流量等因素对冲突次数的影响;Yang et al. (2021)选取冲突距离和碰撞时间(TTC, time to collision)作为判别指标,分别采用聚类分析法和累计频率曲线法划分冲突

严重程度;沈金星等(2023)以PET作为冲突判别指标,建立超阈值极值模型研究不同机非隔离方案下公交站台区域非机动车的骑行安全水平;Zhang et al. (2022)从乘客、非机动车、冲突特征3个方面选取解释变量,分析专用非机动车道和机动车道内乘客与非机动车冲突的影响因素;魏中华等(2024)基于元胞自动机模型,探讨了乘客和非机动车到达率对非机动车道拥堵程度和人非冲突的影响。

但是,关于公交站邻近慢行共享路段内乘客通行安全的研究仍显不足。此外,大多数研究在量化人非冲突时,主要依赖传统的时空接近度指标。然而,鉴于慢行交通场景下无序混行的交通特征,仅从时空维度进行分析难以全面反映冲突的真实严重程度(Zheng et al., 2021)。因此,本文以最小预计后侵入时间、避险减速度、横摆率作为判别指标,基于K-means聚类算法将冲突严重程度划分为轻微冲突、一般冲突和严重冲突。然后,从冲突、乘客、非机动车及道路环境4个方面考虑特征变量,经过斯皮尔曼相关性分析筛选后,建立多元有序Logistic模型以确定冲突严重程度的显著影响变量。最后,根据模型结果提出针对性的安全改善建议,以期为公交站台区域的慢行交通管理提供参考。

## 1 数据采集与处理

### 1.1 视频数据采集

本文选取深圳市的3个公交站台作为调查地点。站台均沿机动车道和慢行共享路段之间分隔带设置,这是深圳市公交站台的常见布局形式。通过在人行天桥安置高精度摄像机(分辨率25帧/s),俯拍路段交通实况,如图1所示。

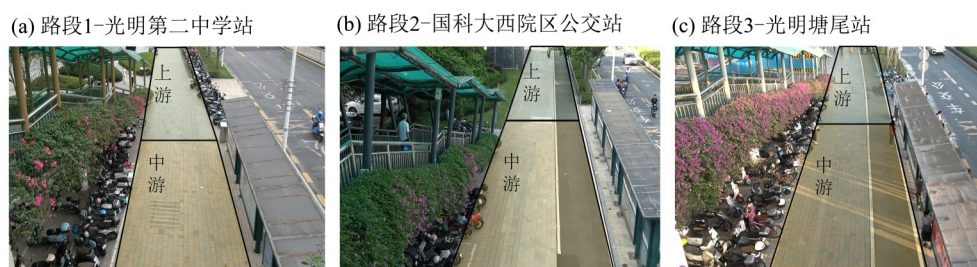


图1 调查路段实拍图

Fig. 1 Real time photo of survey road

实地观察发现,调查路段内非机动车和乘客流量较大,人非混行现象均较为严重。其中,路段1未采取人非隔离措施;路段2和3采用人非隔离设施(标线和道路材质)划分行人与非机动车的出行区

域,但由于路面之间不存在高差,道路使用者往往未严格遵循划定的出行区域,这也是当前慢行共享路段内普遍存在的现象。

实地调查发现,乘客进出站时主要集中在路段

的中上游行走,而下游路段乘客较少。因此,将路段中与公交站台长度一致的中游区间以及上游区间作为调查区域,每个区段长度约 15 m。调查时间选在工作日早晚高峰时段,共采集到 3.75 h 视频作为调查样本。

### 1.2 调查路段区域划分

考虑到调查路段的道路宽度和人非隔离形式

的差异,为获得各路段冲突分布的共同特征,对调查路段进行了区域划分。根据非机动车在道路中骑行的横向位置偏好,将道路横向沿车流顺行方向划分为左、中、右三段(董春娇,2021)。结合路段的中游、上游区间,最终将调查路段划分为 $2 \times 3$ 块区域,各区域编号如图 2 所示。在后续分析中,将记录乘客和非机动车冲突所对应的具体区域编号。

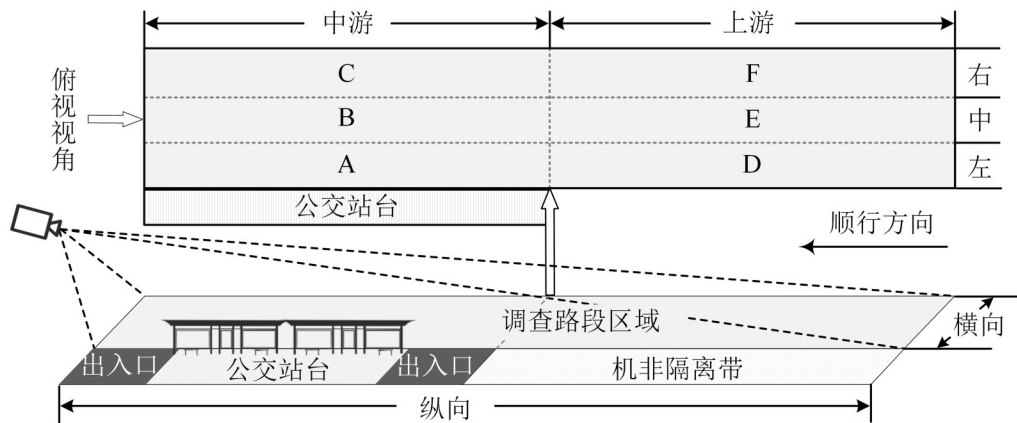


图 2 调查路段区域划分

Fig. 2 Regional division of survey road

### 1.3 交通冲突提取

交通冲突提取首先由观察人员反复观察调查视频,将冲突双方产生交互时是否采取减速或转向等避险行为作为标准,识别可能冲突事件。随后,利用 Petrack 软件提取乘客和骑行者的运动轨迹,以便后续冲突判别指标的计算。最后,基于冲突指标对可能冲突事件进行筛选,以排除主观识别的误判。

以往研究通常使用时间接近度指标界定交通冲突,如碰撞时间 TTC 和后侵入时间 PET,但这些指标不完全适用于非机动车与乘客之间的冲突分析。TTC 更适用于直线碰撞场景(Qu et al.,2021),而非机动车与乘客之间不仅存在追尾冲突,还涉及正面和角度冲突;PET 适用于角度冲突的识别,但需要明确冲突区域(常玉林等,2022),而由于非机动车和乘客体积较小,难以指定特定区域。

为选取适用于本研究场景的时间接近度指标,本文描述了两者的运动过程(如图 3 所示)。在  $t$  时刻,乘客和非机动车的位置分别为  $P(t)$  和  $B(t)$ ,其瞬时速度分别为  $v_p(t)$  和  $v_b(t)$ ;若乘客和非机动车保持当前速度和前行方向不变,则会产生潜在冲突点  $O(t)$ , $L_p(t)$  和  $L_b(t)$  分别为  $P(t)$  和  $B(t)$  到潜在冲突点  $O(t)$  的距离,两者预计到达潜在冲突点的时间之差反映了冲突双方的时空接近程度; $\varphi_p$

和  $\varphi_b$  分别表示乘客和非机动车从  $t$  到  $t+1$  时刻的偏航角, $O(t+1)$  为下一时刻产生的潜在冲突点。基于此,引入 Qu et al.(2021)提出的基于潜在二维轨迹冲突点的预计后侵占时间(FPET, forecast post encroachment time)指标,用于表示乘客和非机动车每一时刻到达潜在冲突点的预期时间之差,即

$$FPET(t) = \left| \frac{L_b(t)}{v_b(t)} - \frac{L_p(t)}{v_p(t)} \right|$$

基于 584 组可能冲突事件的 FPET 值,将冲突双方交互过程的最小预计后侵入时间  $FPET_{\min}$  作为冲突判别指标,以  $FPET_{\min} < 5$  s 作为筛选阈值,最终获得 449 组乘客-非机动车有效冲突样本。

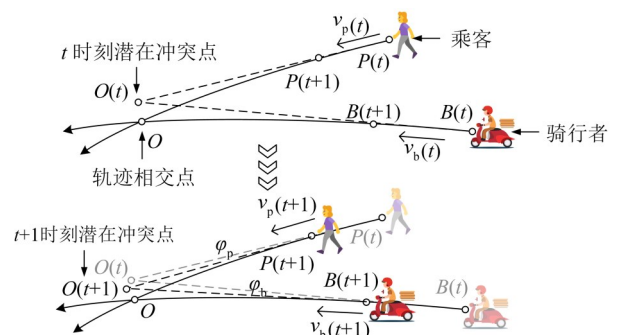


图 3 乘客和非机动车运动过程示意图

Fig. 3 Moving process of passenger and non-motor vehicle

## 2 冲突严重程度划分

### 2.1 冲突判别指标

采用  $FPET_{min}$  作为衡量乘客与非机动车冲突的时间接近程度的指标。此外,引入基于车辆运动学的避险行为指标,以提高冲突严重性判别的准确性 (Singh et al., 2023)。已有研究结果表明,非机动车的减速、转向行为与冲突的严重程度显著相关 (Yang et al., 2021; 沈金星等, 2023)。因此,引入避险减速度 (DRAC, deceleration rate to avoid crash) 和横摆率 (YR, yaw rate) 作为补充判别指标。

避险减速度 DRAC 指交通冲突双方为避免碰撞事故所采取的制动减速度,其数值越大代表冲突越严重。

$$DRAC = |a(t)_{max}|,$$

式中  $a(t)$  为  $t$  时刻的瞬时加速度或瞬时减速度。

横摆率 YR 指非机动车绕  $z$  轴旋转的角速度,表示偏航角的变化率,可以量化非机动车的转向行为, YR 值越大代表冲突越严重。

$$YR(t) = \frac{d\varphi}{dt},$$

式中  $\varphi$  为偏航角。

### 2.2 基于 K-means 聚类算法划分冲突严重程度

基于 DRAC、YR 和  $FPET_{min}$  3 个指标,使用 K-means 聚类算法划分冲突严重程度。首先利用手肘法 (EM, elbow method) 计算每个聚类数下的误差平方和 (SSE),以确定最佳聚类数  $k$ 。由图 4 可知,当  $k = 3$  时, SSE 的下降趋势明显减缓,表明此处为“手肘点”。因此,最佳聚类数确定为 3,将冲突严重程度划分为轻微、一般和严重三个等级。

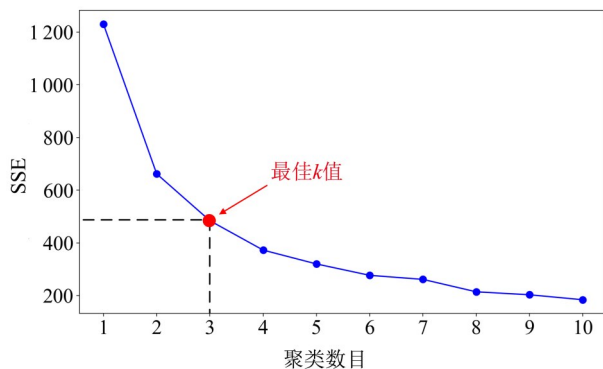


图4 手肘图

Fig. 4 Elbow figure

接着,使用 SPSS 数理统计软件对冲突判别指标数据进行聚类分析,经过 10 次迭代后聚类中心不再变动,实现收敛。分别以 DRAC 为  $x$  轴, YR 为  $y$  轴、

$FPET_{min}$  为  $z$  轴,构建乘客-非机动车冲突严重程度的三维散点图,如图 5 所示。冲突判别指标的最终聚类中心 (DRAC, YR,  $FPET_{min}$ ) 坐标见表 1。结果表明,随着冲突严重程度的增加, DRAC 和 YR 的数值逐渐增大,而  $FPET$  的数值逐渐减小,表明冲突双方的规避行为越剧烈,时间和空间上越接近,冲突的严重性也越高。

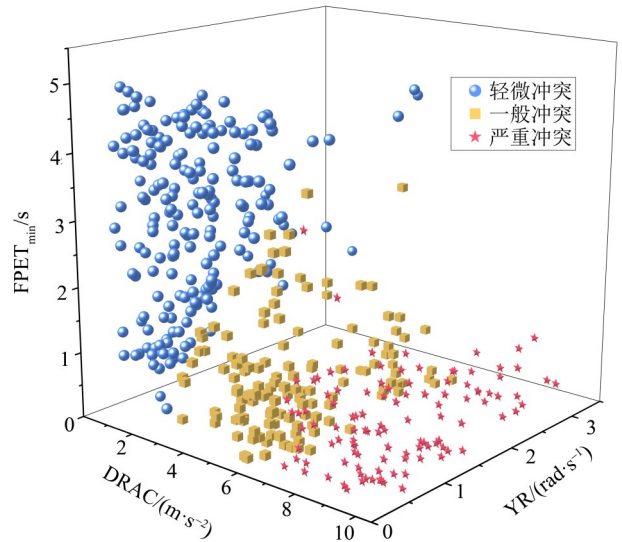


图5 乘客-非机动车冲突聚类散点图

Fig. 5 Scatter graph of conflict clustering

表1 冲突判别指标聚类中心

Table 1 Clustering centers of conflict indicators

项目	轻微冲突	一般冲突	严重冲突
冲突数量	200	137	112
DRAC/(m·s <sup>-2</sup> )	3.38	5.22	8.50
YR/(rad·s <sup>-1</sup> )	0.42	1.07	1.20
FPET <sub>min</sub> /s	3.27	0.89	0.58

图 6 展示了调查路段各区域内冲突数量以及不同严重程度冲突的占比。区域 B 的冲突总数达到 118, 比其它各区域多出 57% 以上, 表明调查路段中游的中间区域为冲突高发区; 尽管区域 A 的冲突总数低于区域 B, 但其严重冲突的占比最高, 达到 40%, 是其它区域的 1.27~5.71 倍, 表明调查路段中游的左侧区域在严重冲突方面尤为突出。

## 3 冲突严重程度影响因素分析

交通冲突严重程度受到冲突特征、冲突双方特征以及道路环境特征等方面的影响 (裴玉龙等, 2024)。本文在已有研究选取的特征变量基础上, 补充 7 个特征变量, 包括冲突所在路段区域、乘客穿行

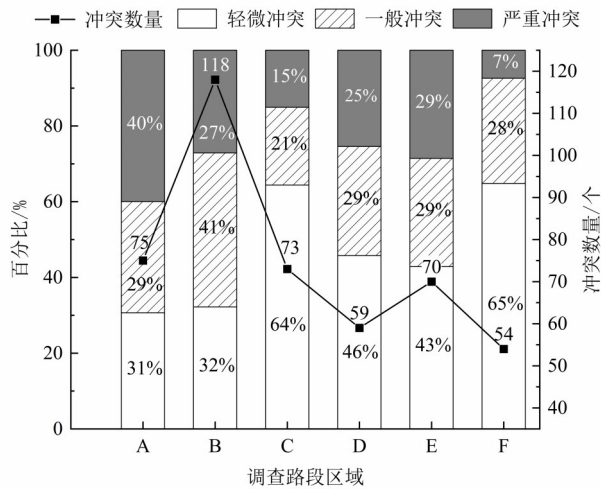


图 6 各路段区域冲突严重度占比

Fig. 6 Percentage of conflict severity of each region

道路行为、候车乘客占道数量、非机动车前往停车点停车行为、非机动车加装遮阳伞和挡风被情况、人非隔离设施布置和公交站台出入口违规停放非机动车情况,各变量的具体描述见表 2。

表 2 特征变量解释说明

Table 2 Explanation of characteristic variables

变量类型	名称	定义	描述及赋值	
冲突特征	$x_1$	冲突类型	角度冲突:0,正面冲突:1,追尾冲突:2	
	$x_2$	冲突所在路段区域	A:1,B:2,C:3,D:4,E:5,F:6	
乘客特征	$x_3$	年龄段	青年:0,中年:1,老年:2	
	$x_4$	性别	男:0,女:1	
	$x_5$	同行人数	0人:0,1人:1,2人及以上:2	
	$x_6$	是否使用电子设备	否:0,是:1	
	$x_7$	是否携带行李	否:0,是:1	
	$x_8$	穿行道路行为	否:0,是:1	
	$x_9$	候车乘客占道数量	$\leq 1$ 人:0,2~3人:1, $\geq 4$ 人:2	
	非机动车特征	$x_{10}$	非机动车类型	人力自行车:0,电动自行车:1
		$x_{11}$	骑行者性别	男:0,女:1
$x_{12}$		前往停车点停车行为	否:0,是:1	
$x_{13}$		是否为外卖配送车	否:0,是:1	
$x_{14}$		加装遮阳伞/挡风被情况	否:0,是:1	
$x_{15}$		逆行行为	否:0,是:1	
$x_{16}$		非机动车密度	低( $\leq 0.06$ 辆/ $m^2$ ):0,中等(0.06~0.12 辆/ $m^2$ ):1,高( $\geq 0.12$ 辆/ $m^2$ ):2	
道路环境特征	$x_{17}$	人非隔离设施布置	否:0,是:1	
	$x_{18}$	道路宽度	m	
	$x_{19}$	公交站台出入口违规停放非机动车情况	否:0,是:1	

### 3.1 特征变量筛选

为避免多重共线性对后续模型拟合的影响,利用斯皮尔曼相关性分析对特征变量进行筛选。各变量间的相关系数如图 7 所示, $x_{17}$ 与 $x_{18}$ 之间的相关性系数为 0.875,表现为强相关。考虑到各调查路段的道路宽度相近,因此剔除 $x_{18}$ 变量,此时其余相关系数均小于 0.5,符合共线性检验的标准,可以进行回归分析。

### 3.2 多元有序 Logistic 回归模型

本文的因变量为冲突严重程度等级,属于有序多分类变量,适合采用多元有序 Logistic 回归模型分析各特征变量对冲突严重程度的影响。该模型的基本原理是将因变量拆分为多个二元 Logistic 回归模型,从而构建  $j-1$  个 Logit 模型,以第一类作为对照组,对每一类别进行概率的累积计算,从而确定每个类别的发生概率(Bas et al., 2023)。模型如下:

$$p(y \leq j | x) = \frac{\exp(\beta_{j0} + \beta_{j1}x_1 + \dots + \beta_{ji}x_i)}{1 + \exp(\beta_{j0} + \beta_{j1}x_1 + \dots + \beta_{ji}x_i)}$$

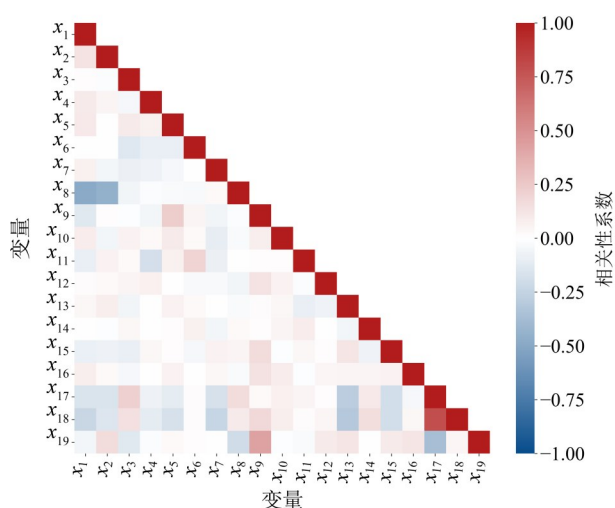


图 7 特征变量相关性系数

Fig. 7 Correlation coefficient of variables

$$\ln \frac{p(y \leq j|x)}{1 - p(y \leq j|x)} = \beta_{j0} + \beta_{j1}x_1 + \dots + \beta_{ji}x_i,$$

式中  $j$  表示冲突严重程度,  $j=1, 2, 3$ ;  $y$  是因变量;  $x_i$  为第  $i$  个特征变量,  $i=1, 2, \dots, 18$ ;  $p(y \leq j|x)$  表示  $j$  个类别的累计概率;  $\beta_{ji}$  为第  $j$  个冲突严重程度下第  $i$  个特征变量的回归系数。

通过 SPSS 进行多元有序 Logistic 回归分析, 并利用平行线检验来评估模型的适用性, 结果显示: 模型  $P$  值为 0.239, 且大于 0.05, 说明该模型具有统计学意义, 数据分析结果有效。最终得到多元有序 Logistic 回归分析结果, 如表 3 所示。

### 3.3 模型结果讨论

**3.3.1 冲突特征** 由表 3 可知, 路段区域在 0.05 显著水平下具有显著性。与区域 F 相比, 路段左侧区域 A (OR=3.104)、D (OR=1.790) 以及中间区域 B (OR=

表 3 多元有序 Logistic 回归模型分析结果<sup>1)</sup>

Table 3 Result of multivariate ordered Logistic model

变量	估算	标准差	$P$ 值	OR	变量	估算	标准差	$P$ 值	OR
$x_1=0$	-0.172	0.210	0.412	0.842	$x_9=0$	-0.464	0.193	0.017	0.629
$x_1=1$	-0.075	0.141	0.594	0.928	$x_9=1$	-0.222	0.157	0.157	0.801
$x_1=2$	0			1	$x_9=2$	0			1
$x_2=1$	1.133	0.240	0.000	3.104	$x_{10}=0$	-0.306	0.237	0.196	0.736
$x_2=2$	0.763	0.238	0.001	2.145	$x_{10}=1$	0			1
$x_2=3$	0.298	0.225	0.186	1.347	$x_{10}=2$	0.208	0.135	0.122	1.232
$x_2=4$	0.582	0.235	0.013	1.790	$x_{11}=1$	0			1
$x_2=5$	0.882	0.228	0.000	2.416	$x_{12}=0$	-0.623	0.301	0.039	0.536
$x_2=6$	0			1	$x_{12}=1$	0			1
$x_3=0$	-0.060	0.206	0.773	0.942	$x_{13}=0$	0.147	0.249	0.554	1.159
$x_3=1$	-0.084	0.200	0.675	0.920	$x_{13}=1$	0			1
$x_3=2$	0			1	$x_{14}=0$	-0.408	0.183	0.025	0.665
$x_4=0$	0.091	0.124	0.464	1.095	$x_{14}=1$	0			1
$x_4=1$	0			1	$x_{15}=0$	0.014	0.127	0.914	1.014
$x_5=0$	0.229	0.298	0.441	1.258	$x_{15}=1$	0			1
$x_5=1$	0.070	0.303	0.816	1.073	$x_{16}=0$	-1.268	0.237	0.000	0.281
$x_5=2$	0			1	$x_{16}=1$	-0.921	0.231	0.000	0.398
$x_6=0$	0.013	0.157	0.933	1.013	$x_{16}=2$	0			1
$x_6=1$	0			1	$x_{17}=0$	0.407	0.151	0.007	1.502
$x_7=0$	0.217	0.215	0.313	1.243	$x_{17}=1$	0			1
$x_7=1$	0a			1	$x_{18}$				
$x_8=0$	-0.430	0.186	0.021	0.650	$x_{19}=0$	-0.424	0.210	0.043	0.654
$x_8=1$	0			1	$x_{19}=1$	0			1

1) 空格表示没有数值或数值无意义。

2.145)、E(OR=2.416)发生严重冲突的概率显著增加。原因可能在于这些区域内非机动车和乘客流线更加密集且混杂;此外,公交站台一侧的区域A发生冲突严重性上升的可能性最高,可能是因为公交站台设施遮挡了乘客和骑行者视线,从而增加冲突风险。因此,可设置物理隔离措施(绿化带、护栏)明确划分人行道和非机动车道,并在公交站台出入口正对处设置通道,以减少冲突点的分布范围;此外,可优化公交站台设计,以减少视线盲区,降低区域A的冲突风险。

**3.3.2 乘客特征** 穿行道路行为与冲突严重程度显著相关(OR=0.650,  $P = 0.021$ ),穿行道路时发生冲突严重性上升的可能性是未穿行时的1.538倍。这是因为乘客穿越道路时运动轨迹难以预判,导致骑行者的反应时间缩短。因此,可在非机动车道上设置抬高的人行横道并配合无障碍坡道,以强调乘客通行区域;同时降低非机动车的行驶速度。

当候车乘客占道数量不超过1人时,发生严重冲突的概率为超过3人时的0.629倍(OR=0.629,  $P = 0.017$ )。高峰期大量乘客占用道路空间等车,导致非机动车的可行驶空间受限,避让难度增加。因此,可以考虑将候车设施设置于人行道,并在公交车停靠区域增设安全岛(Yendra et al., 2024)。当公交车到达时,乘客可通过人行横道前往安全岛上车,从而减少候车乘客占用非机动车道的现象。

**3.3.3 非机动车特征** 在前往停车点停车时,发生严重冲突的概率是未前往停车时的1.866倍(OR=0.536,  $P = 0.039$ )。在调查路段,非机动车停车位位于人行道一侧,骑行者需要穿越人行道进行停车,且注意力集中于寻找停车位,难以及时避让行人。因此,可将停车点设置在非机动车道一侧,以减少停车流线 with 乘客流线的交织。

未加装遮阳伞或挡风被的非机动车在发生冲突时,其严重程度加剧的可能性只有加装此类装置车辆的0.665倍(OR=0.665,  $P = 0.025$ )。该类装置会影响车辆的制动性能和转向平衡,遮挡骑行者视线,妨碍其对周边道路信息的及时判断。因此,可对安装影响行车安全装置的现象加强管控。

非机动车密度通过冲突发生时以冲突双方为中心的测量区域计算得到,该区域长度为6 m,宽度为道路宽度。与低密度(OR=0.281,  $P = 0.000$ )或中

等密度(OR=0.398,  $P = 0.000$ )相比,高密度非机动车流显著增加了冲突严重性。在非机动车密度较高的情况下,前车的减速或转向行为容易引发后方车辆紧急避让,导致连锁反应。因此,应对电动自行车实行严格限速,以降低速度差异带来的碰撞风险。

**3.3.4 道路环境特征** 在未设置人非隔离措施的路段,发生严重冲突的概率比已设置人非隔离措施的路段高出50.2%(OR=1.502,  $P = 0.007$ )。这表明,人非隔离措施在一定程度上能够减少行人和非机动车之间的相互干扰。此外,当公交站台出入口被违停的非机动车占用时,发生严重冲突的概率增加了52.9%(OR=0.654,  $P = 0.043$ )。违停车辆阻碍了乘客进出站台的通道,迫使乘客在慢行共享路段绕行,增加了与非机动车的冲突机会。因此,可在公交站台出入口设置非机动车禁停标志,并安排巡逻人员引导非机动车有序停放。

## 4 结 论

1) 选取深圳市三处公交站台邻近慢行共享路段进行视频采集,利用Petrack软件提取冲突双方的轨迹数据,通过指标筛选获得449个有效冲突样本,以FPET<sub>min</sub>、DRAC和YR作为冲突判别指标,基于K-means聚类算法将冲突的严重程度划分为轻微冲突、一般冲突和严重冲突。

2) 统计冲突特征、乘客、非机动车和道路环境4个方面的19个特征变量,通过斯皮尔曼相关性分析,将与其他特征变量存在较强相关性的1个变量予以剔除。基于多元有序Logistic回归模型,探究影响冲突严重程度的显著变量。研究结果表明,路段中间和左侧区域的交通安全性较低;乘客穿行道路、候车乘客占道数量增加显著提高冲突的严重程度;非机动车前往停车点停车、加装雨棚和挡风被以及非机动车密度增加容易导致冲突严重程度上升;未设置人非隔离措施以及公交站台出入口被违停非机动车占用则会进一步增加碰撞风险。

3) 为了提高公交站台邻近慢行共享路段的安全性,结合模型分析结果,本文分别从路段基础设施优化和非机动车管理等方面提出交通安全改善建议。未来研究可以基于仿真模型,科学评估各项管理措施对于慢行共享路段交通安全的改善效果。

## 参考文献:

- 常玉林,吴照允,孙超,等,2021.无信控人行横道多类型冲突严重程度模型[J].交通运输系统工程与信息,22(5):205-214.
- 董春娇,薛维洋,谢坤,等,2021.电动自行车不安全骑行决策行为建模[J].北京交通大学学报,45(1):105-110.
- 裴玉龙,杜小敏,沈威宇,2024.基于Ordered Probit模型的人车冲突安全影响因素研究[J].中国安全生产科学技术,20(3):181-187.
- 沈金星,赵聪,2023.路侧直线式公交站台对非机动车行驶安全的影响[J].安全与环境学报,23(6):1908-1915.
- 王正同,吴奇峰,刘洋,2024.“绿色出行”目标导向下交通规划设计的创新与探索[J].公路,69(3):326-332.
- 魏中华,马厚强,王铭乾,等,2024.公交站点区域行人与非机动车交互行为建模与仿真[J].科学技术与工程,24(1):397-407.
- BAS J, AL-KHASAWNEH M B, ERDOĞAN S, et al, 2023. How the design of complete streets affects mode choice: Understanding the behavioral responses to the level of traffic stress[J]. *Transp Res A-Pol*, 173: 103698.
- BEITEL D, STIPANCIC J, MANAUGH K, et al, 2018. Assessing safety of shared space using cyclist-pedestrian interactions and automated video conflict analysis [J]. *Transport Res D-Tr E*, 65:710-724.
- HAWORTH N, SCHRAMM A, TWISK D, 2021. Comparing the risky behaviours of shared and private e-scooter and bicycle riders in downtown Brisbane, Australia[J]. *Accid Anal Prev*, 152: 105981.
- LIANG X, MENG X, ZHENG L, 2021. Investigating conflict behaviours and characteristics in shared space for pedestrians, conventional bicycles and e-bikes[J]. *Accid Anal Prev*, 158: 106167.
- QU Z, GAO Y, SONG X, et al, 2022. Traffic conflict identification of e-bikes at signalized intersections [J]. *Trans*,22(5):205-214.
- SINGH D, DAS P, GHOSH I, 2023. Surrogate safety assessment of traffic facilities under ordered and disordered traffic condition: Systematic literature review [J]. *KSCE J Civ Eng*,27(11): 5008-5029.
- YAN X, WANG T, CHEN J, et al, 2019. Analysis of the characteristics and number of bicycle-passenger conflicts at bus stops for improving safety [J]. *Sustainability*, 11(19): 5263.
- YANG B, CHEN H, LIU Z, et al, 2021. Trajectory-based study on the conflict characteristics of pedestrians and non-motorized vehicles at bus stops [C] // The 20th and 21st Joint COTA International Conference of Transportation Professional. Xi'an, China: 973-984.
- YENDRA D, HAWORTH N, WATSON-BROWN N, 2024. A comparison of factors influencing the safety of pedestrians accessing bus stops in countries of differing income levels[J]. *Accid Anal Prev*, 207: 107725.
- ZHANG C, DU B, SHEN J, et al, 2022. Empirical investigation on conflicts between bus passengers and cyclists at different types of bus stops [C]//25th International Conference on Intelligent Transportation Systems. Macau, China:1850-1855.
- ZHENG L, SAYED T, MANNERING F, 2021. Modeling traffic conflicts for use in road safety analysis: A review of analytic methods and future directions [J]. *Anal Methods Accid Res*, 29: 100142.
- ZHENG L, SAYED T, GUO Y, 2020. Investigating factors that influence pedestrian and cyclist violations on shared use path: An observational study on the Brooklyn bridge promenade [J]. *Int J Sustain Transp*,14(7):503-512.

(责任编辑 王海蓉)