

# 基于交通冲突技术的交叉口事故多发点判别及致因分析\*

邓蕙菁 王雪松 谢 琨

(同济大学道路与交通工程教育部重点实验室 上海 201804)

摘要:事故数据记录不完善制约了基于事故数据的交叉口安全分析方法的运用.冲突数据样本量大、观测周期短,可以作为事故数据的补充,评价交叉口安全状况及分析事故致因.选取上海市区交叉口进行冲突视频观测,提取冲突类型及冲突严重程度等数据.建立了事故率与机-机、机-非、机-人严重冲突率多元线性回归方程,该方程可用于交叉口事故多发点判别.以武宁路-兰溪路交叉口为例进行致因分析,分析冲突类型及分布进而提出针对的改善措施.

关键词:交通冲突;交叉口安全;事故多发点鉴别;多元线性回归;致因分析

中图分类号:U491

DOI:10.3963/j.issn.1006-2823.2012.02.035

## 0 引言

在全国城市化、机动化进程日益加快的背景下,城市道路交通安全问题日益凸显,城市交通正面临严峻挑战.在城市道路中,交叉口是道路网的节点所在,是道路网的重要组成部分,同时也是交通事故的多发点之一.相交道路上的各种车辆及行人都要在交叉口出汇集、转向、通过,这样就存在较多的交通冲突,相互之间干扰严重.通过对我国城市道路交通事故抽样表明,有 30%左右的交通事故发生在平面交叉口及其周围<sup>[1]</sup>.

综合国内外对事故多发点的定义<sup>[2-3]</sup>,交叉口事故多发点可以描述为是在统计周期内,发生交通事故数目或者严重程度明显突出的交叉口.目前对事故多发点的管理主要建立在各地交警部门对事故进行处理的主观经验基础上,缺乏客观的管理评价体系.正确鉴别交叉口事故多发点可以合理利用资源,提高交通安全管理效率,改善城市交通安全水平.另一方面,在判断出事故多发交叉口后,进行致因分析,找出导致事故多发的影响因素,并提出针对性的改造措施,才能从本质上改变

事故多发交叉口的安全状况.

## 1 交通冲突技术

常用的事故多发点判别方法有:事故数法(crash frequency method)、事故率法(crash rate method)、等效物损法(equivalent property damage only method)<sup>[4]</sup>、质量控制法(rate quality control method)<sup>[5]</sup>等.这些事故多发点判别方法都是在记录得事故数据基础上进行安全分析的.然而在我国,事故数据记录还很不完善,并且对于新建的交叉口并没有可用的历史事故数据;另一方面事故数据具有随机性,同一交叉口在不同的统计周期内发生的事故数可能存在较大的差异,这就制约了基于事故数据的多发点判别方法的使用.

交通冲突的研究为弥补交通事故数据研究提供了一种最为有效的方法,交通冲突技术(traffic conflict technology, TCT)从观测交通冲突入手,作为交通事故数据分析的补充与完善,以大样本生成、观测周期短、定量研究交通安全现状与改善

收稿日期:2011-12-27

邓蕙菁(1989-):女,硕士生,主要研究领域为交通安全、交通行为分析

\* 国家自然科学基金项目(批准号:51008230)、同济大学道路与交通工程教育部重点实验室自主课题项目资助

效果的特点等优点,成为对交叉口进行安全分析的一种有效手段.交通冲突的实质是交通行为不安全因素的表现形式,其发展既可能导致事故发生,也可能因采取的避险行为得当而避免事故发生.事故与冲突的成因与前期过程完全相似,两者的唯一差别在于是否发生了直接的损害性后果.因此,利用冲突数据进行致因分析可以更直接快速的找到导致事故的隐患.

本文结合上海市交叉口事故数据和冲突数据,利用交通冲突技术对交叉口进行安全分析,对冲突类型进行分类,判别冲突的严重程度,建立基于冲突的交叉口事故多发点的判别方程,并进行致因分析找出潜在的事故发生源.

2 事故多发交叉口判别方程

2.1 数据准备

从市区信控交叉口中选择 7 个进行视频拍摄以获取冲突数据,它们分别是:曹杨路—武宁路交叉口、四平路—大连西路交叉口、天山路—古北路交叉口、武宁路—兰溪路交叉口、四平路—中山北二路交叉口、仙霞西路—剑河路交叉口及龙水北路—龙漕路交叉口.视频拍摄时间均为晚高峰时段,连续拍摄 1~2 h,截取 17:30~18:30 时段进行数据提取.利用 Adobe Premiere Pro CS3 软件可以方便的反复观测视频,记录每起冲突的类型及严重程度.交通流量的信息同样可以从观测视频中提取.另外,上述 7 个交叉口 2009 年的事故数据被用于本次研究.

结合我国混合交通的特点,国内大多数研究都使用混合交通当量(MPCU)的概念,混合交通当量量化了各类道路使用者的影响程度.引入事故率(事故数/混合交通当量)作为评价交叉口交通安全水平的指标,这样就排除了交通量对安全的潜在影响.将机动车流量、非机动车流量、人流量需乘以相应换算系数并求和可以得到混合交通当量<sup>[6-7]</sup>,换算系数取值见表 1.

表 1 换算系数

道路使用者	小客、小货	中客、中货	大客、大货	非机动车	行人
换算系数	1.0	1.5	2.0	0.2	0.1

交叉口的安全水平受到信号配时、几何设计、交通流量等多种因素的影响,在冲突技术中,用交通冲突可以将这些交叉口自身的特性体现出来.另外,我国交叉口交通组织复杂,机动车和行人的

流量比较大,因此必须考虑机-非冲突和机-人冲突的影响.交通冲突数是一个绝对指标,受到交叉口规模大小的影响,冲突数很大的交叉口不一定是危险交叉口,因此可以引入交通冲突率(冲突数/交通量)指标来表征交叉口安全水平<sup>[8]</sup>.

考虑到发生交通冲突的只是进入交叉口的某两个或者多个方向的车流或人流,并非所有参与者,因此作为基数的交通量应该是参与冲突的交通流<sup>[9]</sup>.计算交通冲突率的公式为

$$R_{i-j} = \frac{T}{\sqrt{P_i \times P_j}} \tag{1}$$

式中: $R_{i-j}$ 为冲突对象*i*和*j*之间的交通冲突率; $T$ 为单位时间冲突数,可以是冲突总数和严重冲突数; $P_i, P_j$ 为冲突对象*i*和*j*的当量交通量.

严重冲突与交通事故有着良好的关联关系<sup>[10]</sup>,因此应该对严重冲突率进行计算,本文将冲突时间小于 1 s 的冲突判定为严重冲突.最终提取的交叉口安全影响因素有事故率,机-机、机-非、机-人冲突率,机-机、机-非、机-人严重冲突率,变量的特征描述见表 2.

表 2 变量特征值

变量	10 <sup>-4</sup> pcu			
	均值	最大值	最小值	方差
事故率	210.03	371.51	27.61	11 553.24
机-机冲突率	55.27	115.33	23.47	964.89
机-非冲突率	234.94	423.16	86.07	14 586.58
机-人冲突率	364.18	1 328.03	37.16	205 979.47
机-机严重冲突率	19.60	37.63	4.69	120.93
机-非严重冲突率	102.26	177.28	41.92	3 012.49
机-人严重冲突率	90.34	159.56	37.16	2 422.82

2.2 回归结果

以交叉口事故率为因变量,分别以冲突率和严重冲突率为自变量,建立多元线性回归方程,结果表明严重冲突率与交叉口事故率有更好的关联性,标定结果见表 3.

表 3 回归结果

解释变量	回归系数	标准差	T 值	P 值
常数项	-111.601	53.513	-2.085	0.128
机-机严重冲突率	4.099	1.745	2.348	0.100
机-非严重冲突率	1.521	0.307	4.953	0.016
机-人严重冲突率	0.950	0.382	2.484	0.089

根据标定结果的  $T$  值和  $P$  值,各变量对交叉口事故率的影响是比较显著的.检验回归方程的拟合优度,判定系数  $R^2$  为 0.930,调整判定系数  $R^2$  为 0.860,表明所选自变量可以解释因变量 86.0% 的变异.最终得到的交叉口事故多发点判别方程为

$$C = 4.099R_{机-机}^{严重} + 1.521R_{机-非}^{严重} + 0.950R_{机-人}^{严重} - 111.601 \tag{2}$$

式中: C 为交叉口事故率;  $R_{机-机}^{严重}$  为交叉口机-机严重冲突率;  $R_{机-非}^{严重}$  为交叉口机-非严重冲突率;  $R_{机-人}^{严重}$  为交叉口机-人严重冲突率.

交叉口事故多发点判别流程如下: 首先根据视频数据提取交叉口的冲突信息和流量数据; 接着计算出交叉口机-机、机-非、机-人严重冲突率; 最后根据回归公式(2)计算出交叉口预期事故率, 根据交叉口预期事故率的排名, 可以确定该交叉口是否为需要改善的事故多发点.

3 事故多发交叉口致因分析

在鉴别出交叉口事故多发点之后, 需要进一步基于冲突技术进行致因分析, 找出交叉口潜在的最大隐患. 利用式(2)计算各交叉口的预计事故率, 选取事故率高的交叉口进行致因分析. 以武宁路—兰溪路为例, 该交叉口位于上海市区, 为典型的两相位信号控制, 武宁路为主干道车流量较大, 非机动车和行人也比较多, 交通运行较为混乱. 各方向高峰小时流量见表 4.

表 4 武宁路—兰溪路交叉口高峰小时流量

进口道	机动车流量 /(pcu · h <sup>-1</sup> )			非机动车数 /(pcu · h <sup>-1</sup> )			行人 数
	左	直	右	左	直	右	
东进口道	56	1 552	114	0	428	56	48
西进口道	0	1 846	84	0	488	4	44
南进口道	60	160	26	48	360	168	124
北进口道	102	138	80	44	472	48	76

图 1 表示的是武宁路—兰溪路交叉口冲突类型及分布. 从冲突类型上看, 由于存在着大量非机动车, 机-非冲突比较严重, 机-非冲突约占冲突总数的 43%; 在机-机冲突中, 直行与对向左转冲突比较严重, 约占机-机冲突的 32%. 从冲突分布区域上看, 大部分的冲突都发生在交叉口的西南角, 约占冲突总数的 44%. 针对需要着重整治的冲突类型和区域, 我们可以采取相应的措施, 比如针对机-机冲突在武宁路上增设左转专用信号灯, 分开左转和直行车流, 从而大大减少直行与对向左转冲突; 又比如针对严重的机-非冲突, 针对机-非冲突集中发生的位置, 可以在西进口道上设置控制机动车右转的专用信号灯, 给西进口大量直行的非机动车以足够的通行权.

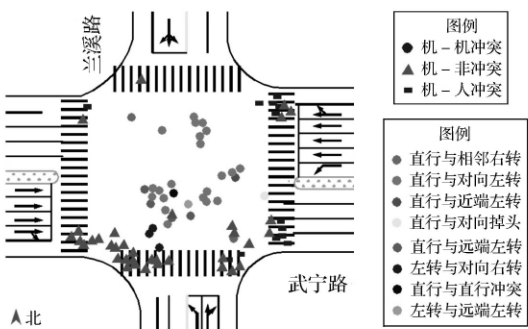


图 1 武宁路—兰溪路交叉口高峰小时冲突类型及分布

4 结束语

基于冲突技术的交叉口安全分析可以弥补传统基于事故数据安全分析的不足, 可以快速、准确的对交叉口的安全水平进行评价. 本文基于上海市交叉口冲突数据和事故数据, 以事故率为因变量, 机-机、机-非、机-人严重冲突率为自变量, 建立多元线性回归方程, 拟合结果表明, 严重冲突率与事故率存在着较大的关联, 可以作为评价交叉口安全的指标. 在致因分析方面, 通过交通冲突类型和分布图可以直观、迅速得找出交叉口现有隐患, 并提出有针对性的改善措施.

参 考 文 献

[1] 潘福全, 陆 键, 项乔君, 等. 公路信号平面交叉口安全服务水平研究[J]. 东南大学学报: 自然科学版, 2008, 3(2): 298-303.

[2] 方守恩, 郭忠印, 杨 轸. 公路交通事故多发位置鉴别新方法[J]. 交通运输工程学报, 2001(1): 90-98.

[3] Elvik R. State-of-the-art approaches to road accident black spot management and safety analysis of road networks[R]. Oslo: Institute of Transport Economics, 2007.

[4] Tamburri T N, Smith R N. The safety index: method of evaluating and rating safety benefits[J]. Highway Research Record, 1970, 332: 28-39.

[5] Jake K. Road accident prediction modeling and diagnostics of accident causality a comprehensive methodology[D]. Colorado: University of Colorado, 2002.

[6] 中华人民共和国建设部. GB 50220—95 城市道路交通规划设计规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 1995.

[7] 杨晓光, 白 玉. 平面交叉口交通冲突安全评价失效分析及改进方法研究[J]. 中国安全科学学报, 2008, 18(2): 157-161.

[8] 赵建有, 杨雪峰. 城市道路平面交叉口安全评价指标的研究[J]. 长安大学学报, 2003, 20(3): 59-62.

[9] Mohamed T M. Development of a conflict rate pre-

diction model at unsignalized intersections[D]. South Florida: Department of Civil and Environmental Engineering College of Engineering University of South Florida, 2003.

[10] 张 苏. 中国交通冲突技术[M]. 成都:西南交通大学出版社,1998.

# Intersection Hotspot Identification and Crash Cause Analysis Based on Traffic Conflict Technology

Deng Huijing   Wang Xuesong   Xie Kun  
(Key Laboratory of Road and Traffic Engineering of the Ministry of Education,  
Tongji University, Shanghai 201804, China)

**Abstract:**In China, crash data analysis for intersection safety cannot be applied, largely because of the limitation of crash data record. Abundant traffic conflict data can be obtained in short period of time and therefore, traffic conflict data can severe as supplement of crash data to evaluate intersection safety condition and analyze crash causes. Traffic conflicts of intersections in urban areas of Shanghai were observed using cameras and conflict pattern and severity were extracted. Multiple linear regression equation was build to relate crash rate with vehicle-vehicle, vehicle-bicycle and vehicle-pedestrian serious conflict rate. It can be used to identify intersection hotspot. Taking Wuning-Lanxi intersection as an example of crash cause analysis, conflict pattern and location were analyzed and count-measures for safety improvement were put forward.

**Key words:**traffic conflict; intersection safety; hotspot identification; multiple linear regression; crash cause analysis

(上接第 369 页)

# A Multi-user Multi-mode Multi-criteria Stochastic User Equilibrium Model

Hu Wenjun<sup>1)</sup>   Zhou Xizhao<sup>2)</sup>  
(School of Transportation, Shanghai Maritime University, Shanghai 200135, China)<sup>1)</sup>  
(School of Management, Shanghai Maritime University, Shanghai 200135, China)<sup>2)</sup>

**Abstract:**A multi-user multi-mode multi-criteria stochastic user equilibrium model is established, under the hypothesis that there are many categories of users and modes in the network, every category chooses modes and paths based on two criteria: travel time and travel cost, and different modes have symmetry effects on each other. An equivalent mathematical programming problem is used to show the mixed equilibrium status. Then the equivalence of the problem and the equilibrium conditions and the existence and uniqueness the optimum solution are proved. A simple illustration is used to prove the correctness and feasibility of the model.

**Key words:**traffic engineering; stochastic user equilibrium; equivalent optimization; multi-user multi-mode multi-criteria