

# 城市空间结构对惠州市中心城区 交通事故影响的时间差异分析

柳 林<sup>1,2</sup>, 宋广文<sup>1</sup>, 周素红<sup>1</sup>, 陈建国<sup>1</sup>, 郑 重<sup>3</sup>, 刘 凯<sup>1</sup>

(1. 中山大学地理科学与规划学院/中山大学综合地理信息研究中心, 广东 广州 510275;

2. 辛辛那提大学地理系, 美国 辛辛那提 OH45221-0131; 3. 爱因霍芬科技大学,  
建筑环境学院, 荷兰 爱因霍芬 5600MB)

**摘要:** 利用惠州的交通事故数据, 结合惠州的土地利用类型及重要设施的分布数据来探讨城市空间结构对交通事故的影响, 使用 Kernel 核心密度法定性探讨交通事故密度的时空变化, 把土地利用类型及重要设施抽象化为点空间要素, 建立对数线性回归模型定量讨论城市空间结构对城市交通事故影响的时间差异。分析结果表明, 在各个时期惠城区商业用地对交通事故的影响均很显著; 工作地和车站对交通事故的影响主要体现在交通流高峰及消散期2个时间段内, 但影响程度比商业用地低; 在交通流次高峰时, 交叉口和工作地的交互作用容易导致事故的高发; 城市空间结构通过聚集人流或影响人们的出行等方式对交通事故的发生产生影响。

**关键词:** 城市空间结构; 交通事故; 时间差异; 商业用地; 工作地; 交叉口; 车站

**中图分类号:** K901 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2015)01-0075-09

2010年, 中国共接报道路交通事故3 906 164起, 同比上升35.9%。其中, 涉及人员伤亡的道路交通事故219 521起, 造成65 225人死亡、254 075人受伤, 直接财产损失9.3亿<sup>[1]</sup>。交通事故已成为现代社会威胁人身安全和造成经济损失的重要因素, 解决城市交通问题对社会的稳定与和谐有着重要的意义。

学术界对交通事故发生的原因研究较多, 可分为微观因素和宏观因素两大类。微观层面重点关注事故发生的具体环境, 把事故归因于特定的因素。这些因素通常覆盖人流、车流、道路三大系统<sup>[2-4]</sup>, 具体包括人的社会属性(性别、年龄等)、车辆的类型及特征(机动车、摩托车、安全车或故障车等)和道路的特征(长度、车道数、曲率半径等)<sup>[5-10]</sup>。宏观层面的研究往往选取反映社会、经济特征的指标来解释交通事故的产生, 包括区域人口总数、机动车保有量、公路通车里程和人均GDP等指标<sup>[11-14]</sup>。城市空间结构也是研究交通事故的重要切入点<sup>[15-17]</sup>(城

市空间结构内涵较丰富, 本文主要是指由城市土地利用类型所反映的城市空间结构<sup>[18]</sup>)。

此类研究可以分两大类, 一是从土地利用类型的角度入手, 探讨土地利用类型与城市交通事故的关系, 另一类是针对具体的设施来探讨城市空间结构与交通事故的关系。在土地利用类型层面, 国内的研究多集中在探讨城市空间结构与交通发展或人们出行行为的关系, 一般认为, 城市空间结构对交通流流向乃至交通量有着重要的影响<sup>[19]</sup>, 间接探讨城市结构与交通事故的关系<sup>[19-22]</sup>; 国外以交通事故为直接对象的研究相对较多, 一般认为土地利用类型的差异影响交通流量的分配, 特定的用地类型周边容易发生交通事故<sup>[14, 23, 24]</sup>。国内外对具体设施与交通事故的关系研究相对较多, 重要设施(如学校、交叉口、零售店等)被认为与交通事故的发生有较大的关联性, 不少研究通过划分缓冲区或单元格建立分析单元, 把交通事故与该单元内的重要设施关联起来再行讨论<sup>[25, 26]</sup>。学界对交通事故

收稿日期: 2014-01-11; 修订日期: 2014-04-25

基金项目: 国家自然科学基金项目(41171140, 41271166)资助。

作者简介: 柳 林(1965-), 男, 湖南湘潭人, 博士, 教授, 主要从事犯罪空间模拟, 多智能体模拟, GIS应用等研究。E-mail: liulin2@mail.sysu.edu.cn

与设施关系的探讨主要集中在空间层面,一般认为设施对交通事故的影响存在空间上的差异<sup>[27-30]</sup>,仅有少数研究从时间的角度进行研究<sup>[31-33]</sup>。

综合前人的研究,可以认为交通事故是由人、车、道路环境三大要素组成的系统失去平衡所造成<sup>[34]</sup>,由土地利用类型和重要设施所反映的城市空间结构并不会直接产生交通事故<sup>[35]</sup>,往往是空间要素分布不均衡引起的较大的车流及城市空间本身所承载的复杂的人类活动对交通事故产生影响<sup>[36, 37]</sup>。但是,上述研究也存在一些局限,鲜有综合考虑土地利用类型、重要设施及其交互作用对交通事故的影响,且对交通事故影响因素的时间变化关注度不够,或对时间的分析仅停留在定性的描述上,未能定量分析城市空间结构与交通事故的关系。因此,本文以惠州市惠城区为例,结合惠州的土地利用类型及重要设施(两者统称“空间要素”)的分布来探讨城市空间结构对交通事故的影响。并根据交通流的特点将时间细划分为小时段,先定性探讨交通事故密度的时空变化规律,再进一步采用定量的方法研究不同时间段空间要素与城市交通事故的关系。

## 1 数据来源及处理

惠州位于珠三角东北部,其2010年的GDP在广东省排名第6,人口规模排名第9<sup>[38]</sup>;惠州也曾荣获“2008中国魅力中小城市”称号<sup>[39]</sup>,因此惠州可以作为中小城市的典型代表,对其交通事故的研究成果对其它中小城市有较强的借鉴意义。由于惠州

中心城区是惠州市交通事故较为集中的区域,故本文选择惠州市中心城区(惠城区)作为研究区域。

本研究对惠州市2010年全年共计50 823条交警交通事故记录按5%抽样率进行等距抽样,共抽取2 541条数据,经过自动地址匹配得到交通事故的有效空间数据1 972条,其中位于中心城区的数据有1 469条,再经过人工校核排除错误信息,最终确定1 144条空间点数据。这些数据包括事故发生地点、日期、时间、严重程度和碰撞车辆类型等属性。路网数据包括了公路、主干道、次干道和支路的9 659条多段线。

结合前人的研究<sup>[33]</sup>及实地考察,发现商业用地、工作用地等土地类型及主干道交叉口、车站等设施对惠州的交通事故影响较大。本研究对基础数据进行了点抽象化处理,其中商业用地由惠州市土地利用现状图C2类商业用地的几何中心确定,结合实地调研进行校核;工作地由惠州市土地利用现状图除C2以外的C类公共设施用地(行政办公、文化娱乐、医疗卫生、教育科研等用地)和M类工业用地的几何中心确定;主干道交叉口为公路与公路、公路与主干道、主干道与主干道的交点,主干道与次干道和支路的交点不计在内;车站包括惠州汽车总站和惠州城南汽车站。以上共提取商业用地点62个、工作地点157、车站2个、主干道交叉口67个,共计288个设施点(图1)。

用ArcGIS对设施分布图、事故分布图及路网图进行叠加,并进行网格化处理。综合考虑地块半径、设施的影响范围及人的出行规律,发现将该

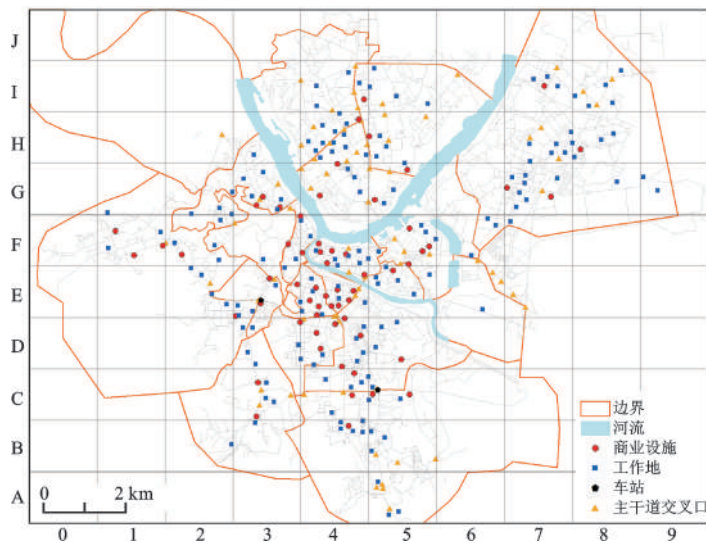


图1 网格化处理后的惠城区设施分布

Fig.1 The facilities distribution of Huicheng District after grid processing

区域划成 $10 \times 10$ 的网格(共100个网格)较合适,网格的大小为 $1.2 \text{ km} \times 1.7 \text{ km}$ 。在此基础上,通过图层合并的方法进一步提取单元格内交通事故点的时空属性及所包含的交通事故数(TA)、商业用地(S)、主干道交叉口(I)、工作地(W)、车站(ST)的数量,以此为基础研究交通事故与城市空间结构之间的关系。图1利用横纵坐标表示网格化后各分析单元的编号,方便下文将研究单元与实际空间对应。

## 2 惠州交通事故时空分布概况

### 2.1 交通事故的时间变化

结合实地调查及前人的研究<sup>[33]</sup>,惠城区的交通流可划分为交通流量高峰期、交通流量次高峰期、交通流量消散期3个阶段(以下简称高峰期、次高峰期、消散期),其中高峰期包括早高峰时间(7:30~9:30)、晚高峰时间(17:30~19:30),次高峰包括中午的2个时间段(11:30~12:30, 13:30~14:30),与此相对的消散期包括凌晨(00:30~7:30)、上午(9:30~11:30)、中午(12:30~13:30)、下午(14:30~17:30)和晚上(19:30~00:30)(图2)。

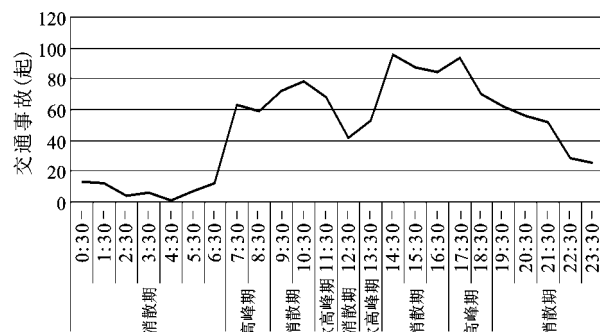


图2 惠城区各小时段交通事故量<sup>[33]</sup>

Fig.2 The traffic accident volume for each hour in Huicheng District<sup>[33]</sup>

由图2看到,惠城区的交通事故数随时间的波动较大,白天交通事故较多,晚上和凌晨事故较少。从划分的各个时期来看,早消散期和晚消散期的交通事故数相对较低,尤其是在凌晨时,事故值低于18,在4:30~5:30时,交通事故数接近0;白天交通事故高峰与交通流量的高峰并不一致,早事故高峰滞后于早交通高峰,下午事故高峰则比交通高峰提前,存在着明显的上下午交通消散期事故高发的现象。

### 2.2 交通事故空间分布及其时间耦合

惠城区交通事故的空间集聚性明显,事故密度由中心向四周递减呈南高北低分布,事故量较大的单元区域主要集中惠城区的中心区,东部和西部分布较少。如图3所示,E3、E4、D4属于事故高发区,H4、C4、F5、E5的事故量次之。E3、E4及D4区域是惠城最为繁荣的地方,拥有较多的商业用地和公共服务设施。

用核心密度估计方法(Kernel Density Estimation)对事故的时空特性进行更微观的分析,利用ArcGIS对数据进行处理,得到不同时期事故密度图(图4)。

随着时间的变化,交通事故密度分布也发生了较为明显的变化。但有部分区域一直属于事故高发区,而有些则只在特定的时间段内交通事故量较大,据此可分为交通事故常态高峰区域及交通事故特发区域。结合图3与图4,可以发现事故常态高峰区域主要包括惠州汽车总站(E3)、中心人民医院(E3)、花边岭广场(E4)、西枝江大桥北(E4);事故特发区域包括百佳(E4)、丽日购物广场(F3)、商务大厦区域(H4)、文昌路交叉口(H4),此类区域的事故密度值较小,仅在个别时段事故密度较大。

相比交通事故总量密度图,高峰期的交通事故分布较发散,事故黑点区域相比减少,而花边岭广场(E4)、惠州汽车总站(E3)、中心人民医院(E3)始终是热点区域。区域F5较特殊,事故密度值增加主要体现在惠州大道交叉口附近;百佳(E4)等大型商业用地附近区域的事故密度值降低较快,可能是商业用地对时间较敏感,该区域的人流、车流随时间变化较大,导致事故密度值出现较大的波动。

次高峰期交通事故黑点减少,但交通事故的集聚性更明显。E4、E3中心区的相对密度增加,东北部的I8、G7等单元区域出现事故黑点,交通事故主要是发生在交叉口附近区域。H4内的事故密度值变化明显,出现了文昌路交叉路口、文华路交叉路口、文明路交叉路口等多个交通事故密集点。在H5附近,商务大厦和华润广场附近的事故密度值增加较快,形成连片黑色区域。受商务大厦的影响,核心密度峰值偏离交叉口,偏向商务大厦;I8事故密度值变化也主要体现在交叉口附近。

消散期的交通事故密度分布范围有所收敛,主要集中在惠城区的中心区域。交通事故热点仍主要集中在E4、E3、D4分析单元内,惠州汽车总站事



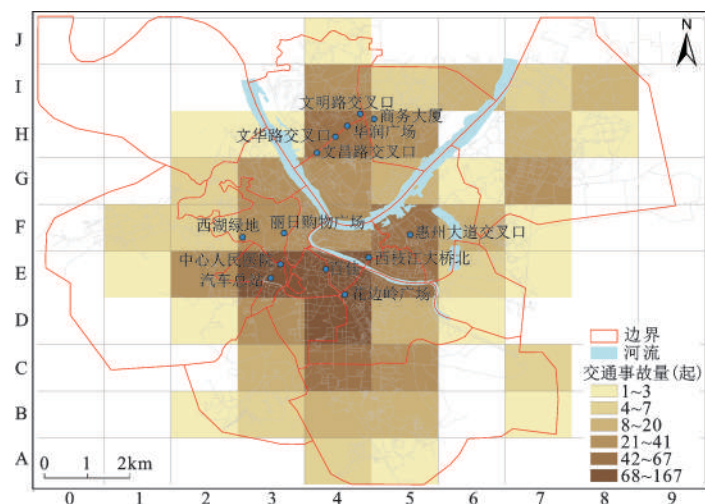


图3 惠城区交通事故总量灰度分布及重要设施布局

Fig.3 The ranked distribution of the total accidents in Huicheng District and locations of important facilities

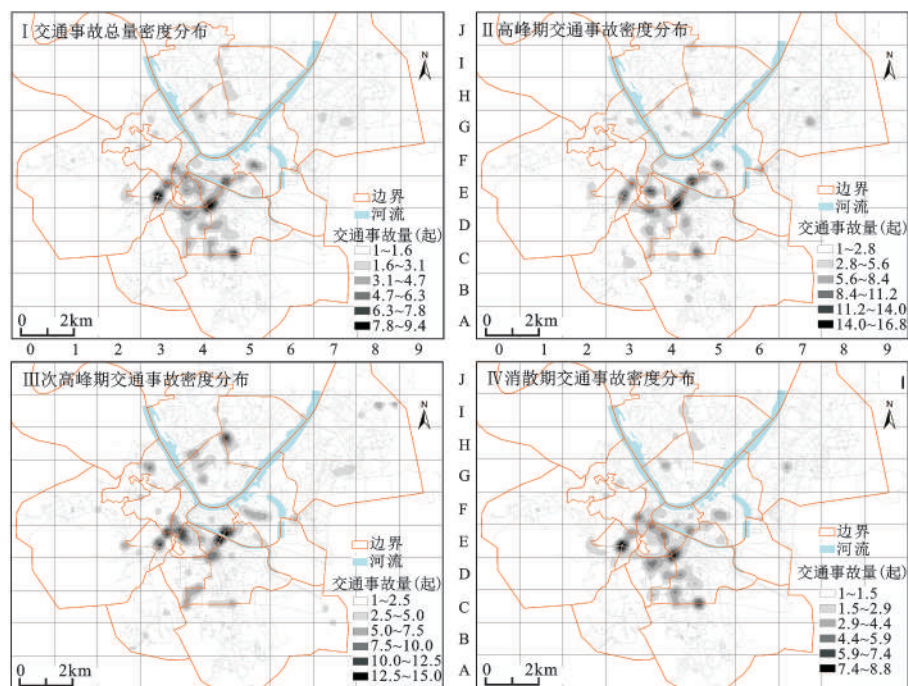


图4 惠城区交通事故总量及各时期交通事故密度分布

Fig.4 The density distributions of traffic accidents for each period and the whole

故密度值始终较高,而且商业用地附近区域的密度值增大且影响范围扩大,例如百佳超市、花边岭广场的交通事故密度均较高。但主干道交叉口附近的事故密度下降较快,交叉口对交通事故的影响范围变小。

### 3 交通事故分布与空间要素关系的时间差异

交通事故总量与主要空间要素数量的相关性

数矩阵(表1)表明商业用地与事故的相关性最高,工作地次之,车站与交通事故的相关性最低,相关系数仅有0.298。但是此四大设施与交通事故总量的相关系数均为正,意味着某类空间要素的增多,其周边的交通事故可能会增加,更确切的联系需进一步探讨。

为了更加系统地了解商业用地、工作地、交叉口、交通设施四大空间要素对交通事故的影响,

表1 交通事故总量与主要空间要素数量的相关系数矩阵  
Table 1 The correlation matrix of all variables

	事故总量	I	S	W	ST
事故总量	1.000	0.466	0.846	0.586	0.298
I	0.466	1.000	0.453	0.603	0.008
S	0.846	0.453	1.000	0.531	0.171
W	0.586	0.603	0.531	1.000	0.107
ST	0.298	0.008	0.171	0.107	1.000

注:S代表商业用地,W代表工作用地,ST代表车站数,I代表交叉口。

本研究将建立回归模型对其进行解释。鉴于各阶段的交通事故数的概率直方图近似泊淞分布,决定采用对数线性回归模型进行拟合。有个别单元的交通事故数为0,为了使方程有意义,将不同时期的交通事故数加上5后再取对数值作为因变量,即因变量为 $\ln(TA+5)$ 。以相应单元格内的商业用地的点数(S)、工作用地的点数(W)、车站数(ST)及交叉口的个数(I)为自变量,另外为了考虑商业用地、工作地与交叉口的交互作用,新增IS、IW两个变量,共设置了6个自变量。若某单元区域中,因变量或自变量的值不全为零,则将该单元区域作为研究单元,按此标准共提取51个研究单元。

经数据初步处理后,采用SPSS逐步回归方法进行模拟,设置双尾显著性概率为0.05,建立线性回归模型,结果如表2所示。

从表2可以看到,并非所有的自变量均能进入方程,说明空间要素对交通事故的影响因时而

异。商业用地在所有的模型中都进入了方程,而且标准系数较大,说明无论在哪个时间段,商业用地周边均是交通事故高发地;工作地和车站的高峰期、消散期时均进入了方程,而在次高峰时未能进入方程,说明在次高峰时,工作地和车站对交通事故的影响并不显著,而在高峰期和消散期时影响较显著。除商业用地外,在次高峰时仅交叉口与工作地的相互作用(IW)对交通事故的影响较为显著;交叉口I和交叉口与商业用地的相互作用IS始终没有进入方程,说明交叉口作为单一要素或者交叉口与商业用地的交互作用IS均对交通事故的影响不大。

3.1 交通事故总量模型分析

商业用地、工作地、车站均进入了方程,解释了因变量的71.1%,三者与交通事故量均成显著的正相关。其中商业用地的标准系数(0.473)最大,工作地次之,而车站的标准系数最小,仅有0.170。交通事故是人、车、道路环境三大系统相互作用的结果,单一系统对交通事故的影响较为有限,而多系统的综合作用则会强化其对交通事故的影响。从总体来看,工作地和商业用地均会吸引较大的车流和人流,使交通环境变得复杂,从而提高了交通事故发生的概率;而车站本身是人流、车流的聚集地,人车混行程度较高,使车站周边也成为交通事故易发地。

而自变量交叉口(I)没能以任何形式进入方程,说明交叉口的分布对交通事故的影响较弱,主干道交叉口对交通事故的影响并不显著。

表2 交通事故量与主要空间要素量的回归模型的主要参数

Table 2 The regression parameters for each model						
变量	B	标准化系数	T统计量	变量	B	标准化系数
a 交通事故总量回归模型(adjusted R <sup>2</sup> =0.711)			T统计量	c 次高峰期交通事故回归模型(adjusted R <sup>2</sup> =0.573)		
(常量)	2.075		19.636	(常量)	1.710	39.371
S	0.210	0.473**	5.213	S	0.107	0.562**
W	0.153	0.452**	5.037	IW	0.008	0.372**
ST	0.800	0.170*	2.201			
b 高峰期交通事故回归模型(adjusted R <sup>2</sup> =0.678)				d 消散期交通事故回归模型(adjusted R <sup>2</sup> =0.711)		
(常量)	1.744		26.136	(常量)	1.926	20.547
S	0.131	0.492**	5.141	S	0.207	0.524**
W	0.082	0.402**	4.240	W	0.119	0.396**
ST	0.532	0.189*	2.318	ST	0.732	0.175*

注:\*表示在0.05的置信水平下显著,\*\*表示在0.01的置信水平下显著。

### 3.2 高峰期交通事故模型分析

高峰期交通事故模型的 $\text{adj}R^2$ 为0.678,三个自变量的标准系数均为正数,说明它们数量的增加会导致交通事故的增加。

商业用地S的标准化系数为三者最高,说明商业用地在高峰期对交通事故的影响最为显著。7:30~9:30及17:30~19:30是人们上下班的高峰期,交通流高峰主要体现为通勤流,这使得此时工作地周边事故要比其它时期要多。另外,车站的标准系数为0.189,车站对交通事故的影响较明显。居民进出城市的行为主要发生在上午和下午,对应时期车站的车流人流均较大,且人们上下班的出行心态较急,人流系统变得复杂,在综合因素的作用下,车站对交通事故的影响较大。

以上对各要素的分析表明,在高峰期时,由城市空间功能分异所引起的人们日常出行,增大了行人或车流的交通风险,相对大的车流量、人流量及其所构成的复杂的交通环境提高了交通事故发生的概率。而交叉口未能以任何形式进入方程,说明高峰期的交通事故与交叉口数量的关系不大。

### 3.3 次高峰期事故模型分析

在次高峰期,由于车站、工作地的显著性达不到要求被排除出模型,商业用地的标准化系数最高;交叉口与工作地的交互变量仅此一次进入模型;但模型的解释度较低, $\text{adj}R^2$ 仅为0.573。

工作地和交叉口的交互变量、商业用地均进入模型,表明次高峰期交通事故主要受工作地和交叉口交互作用及商业用地的影响,工作地或车站的单独影响较弱。11:30~12:30及13:30~14:30虽然不是人们购物休闲的高峰期,但人们可以在商业用地进行就餐等活动,商业用地仍可能是经济活动主要的产生地和目的地。

另外,工作地和交叉口组成的交互作用变量进入了方程。中午下班及下午上班高峰期工作地附近交通流较大,交叉口的存在使附近的交通情况变得复杂,且中午时段交通管制宽松,人们精神状态下降,司机的行为容易懈怠及行人容易粗心大意或违规行为(如闯红灯),在交叉口和工作地的双重影响下,交通事故发生的概率增加。车站未能进入方程则可能是车站的交通量较小所导致,经实地调研发现,在11:30~12:30及13:30~14:30这2个时间段,惠州汽车总站及惠州城南汽车站的发

车班次均较少,与假设一致。

### 3.4 消散期交通事故模型分析

消散期时,商业用地、工作地、车站同时进入方程,商业用地的标准化系数最高,工作地次之,车站最小,三大自变量解释了因变量的71.1%。消散期所包含的时间段较长,白天消散期车流量虽然比对应的高峰期和次高峰期小,但人们的社会经济活动仍较活跃,商业用地、工作地、车站所聚集的人流车流较大;晚上消散期往往是人们休闲娱乐的高峰期,商业用地成为大量人流车流的集散地,交通情况较为复杂,导致在消散期时,商业用地仍然是影响交通事故发生的重要因素;另外,对比消散期的模型与次高峰期的模型发现,在自变量、因变量相同的情况下,消散期模型中商业用地的标准系数比高峰期模型增大,工作地和车站的标准系数减小,说明工作地、车站的影响相对减弱,商业用地的影响则有所增强。

## 4 模型的残差讨论及影响点分析

上述模型对不同时期的交通事故进行了较好的拟合分析,但模型主要解释了一般性的情况,其解释度并不能达到100%,因此,有必要对模型进行检验,对特殊情况作进一步的讨论。残差及强影响点分析均是回归模型中常用的分析方法。

### 4.1 模型的残差分析

残差可以反映模型对案例的拟合情况,残差大说明模型对该案例的预测效果不好。因此,对残差进行分析,对特殊案例进行深入讨论,有利于弥补模型的不足,对交通事故发生的机制进行更深入的剖析。本研究采用SPSS中案例诊断的方法,以2倍标准差为标准提取特殊点(表3)。

表3表明异常点主要集中在C4、E3、E5、F3、F4、F6这6个分析单元内,异常点较少,模型效果较好。负残差值全产生于F4单元区域内,交通事故总量、高峰期、次高峰期三个模型均高估了自变量的影响,预测值偏大。F4区域作为惠城区西部与东平岛的联结地带,拥有商业用地点6个,工作点9个,交叉口1个。虽然工作点和商业用地点较多,但它们的规模较小,模型放大了这些商业用地对交通事故的作用,而且该区域交叉口由桥和道路构成,合理疏导了交叉口附近区域的车流,降低了交通事故发生的概率。

在交通事故总量方程及消散期事故量方程



表3 四大模型的特殊点诊断

Table 3 The outliers for each model

模 型	单元编号	标准残差	实际值	预测值	残差
交通事故总量模型	C4	2.05	4.28	3.26	1.02
	F3	2.03	3.81	2.80	1.01
	F4	-2.17	3.64	4.72	-1.08
高峰期交通事故模型	E5	2.16	3.04	2.36	0.68
	F4	-3.07	2.30	3.26	-0.96
	F6	2.08	2.64	1.99	0.65
次高峰交通事故模型	E3	2.50	2.89	2.24	0.65
	E5	2.55	2.48	1.82	0.66
	F4	-2.47	1.79	2.43	-0.64
消散期交通事故模型	C4	2.26	3.93	2.94	0.99
	F3	2.16	3.53	2.58	0.95

中, C4、F3 区域预测值偏小。C4 内有大片的居住小区, 在消散期时人们多从居住区外出活动, C4 成为人流的产生地, 增大了该区域发生交通事故的可能性; F3 内绿地较多, 西湖绿地是人们休闲娱乐的重要目的地之一, 它在消散期时对人流的吸引力较大, 增大了 F3 发生交通事故的可能性, 导致该区域预测值偏小。

在高峰期和次高峰期时, E5 区域预测值偏小。E4 与 E5 交界处的西枝江大桥北交叉口附近事故密度较大, 而标记的交叉口仅落到 E4 内, E5 内的交叉口数为 0。该交叉口附近区域在高峰期和次高峰期时事故密度显著增加, 交叉口变量的缺失使得 E5 区域预测值偏小。

另外, F6 仅在高峰期、E3 仅在次高峰期时预测值偏小。在高峰期时, F6 的惠州大道交叉口周边事故增加较快, 该交叉口等级高, 车流量比其它交叉口大, 导致模型低估了 F6 的事故值。次高峰时, E3 内惠州市中心人民医院附近的交通事故密度增加较快, 医院对人流的吸引比其它工作地要大。E3 内医院等设施对人流的吸引力比其它设施的吸引力强, 导致 E3 交通事故值被低估。可以看到, 对残差的分析可以了解模型的不足, 也可以对交通事故与空间要素关系的理解更加客观。

## 4.2 强影响点分析

强影响点的存在会使方程的拟合效果出现较大的偏差。在 SPSS 中, Cook's 距离可以用于衡量第  $i$  个观测点被删除后回归系数的改变, 它的值越大表明该观测点的影响越强; 另外, 标准残差越

大, 也说明该点就越有可能是异常实验点。结合标准残差及 Cook's 距离对强影响点进行识别, 发现在高峰期交通事故模型中, F4 的 Cook's 距离 (0.7) 及标准残差 (-3.07) 均较大, 可以认为 F4 是相应的影响点, 故在高峰期交通事故模型中将其剔除, 重新建立对数线性回归模型; 其它时期的交通事故模型并未识别出较大的影响点。删除强影响点后高峰期交通事故的标准系数方程为:

$$\ln(TA_{\text{高峰}+5}) = 0.531^{**}S + 0.436^{**}W + 0.163^{*}ST, \\ \text{adj}R^2 = 0.754$$

式中, \* 表示在 0.05 的置信水平下显著, \*\* 表示在 0.01 的置信水平下显著。

把强影响点剔除后, 进入模型的变量没有变化, 但模型的解释度提高了 0.076, 商业用地的标准化系数比原来提高了 0.039, 工作地提高了 0.034, 车站下降了 0.026。F4 案例的存在使原高峰期交通事故模型中低估了商业用地 S 与工作地 W 的影响, 而高估了车站 ST 的影响。进一步研究发现, 该区域拥有商业用地点 6 个, 工作用地点 9 个, 车站数目却为 0, 高峰交通事故数为 5, 商业用地及工作地的点数较多, 而相对的事故数较少, 车站数目为 0, 对应的事故数却较多, 导致原模型车站变量标准系数偏高, 而 S 与 W 的系数偏低。可见, 将强影响点剔除有利于模型的优化, 提高模型的解释力。

## 5 结论及讨论

城市的空间结构与交通事故存在密切的关系。就惠州市而言, 其中心城区交通事故存在常态热点地区及事故特发区。空间要素如惠州汽车总站、花边岭广场、西枝江大桥北及中心人民医院的周边区域属于常态热点地区; 百佳、丽日购物广场等商业用地附近区域在消散期时交通事故较多, 商务大厦区域及文昌路交叉口等工作地和交叉口密集的地方在次高峰期时属于交通事故易发地, 此类区域均属于事故特发区域, 交通事故热点分布存在时空差异。

另外, 不同的空间要素对交通事故的影响特征不一样, 同一要素在不同时间段对交通事故的影响也存在差异。在各个时期商业用地周边均是交通事故高发地, 在交通高峰期及消散期时, 商业用地对交通事故的影响表现得最为明显, 次高峰期时相对较弱; 工作地和车站对交通事故的影响主要体现在高峰期及消散期 2 个时间段内, 但影响程度

比商业用地低。在次高峰时,交叉口和工作地的交互作用容易导致附近区域交通事故的高发;交叉口与商业用地的交互作用对交通事故的影响始终不大。该结果表明,惠城区的空间结构有待进一步优化,尤其是商业用地的布局,商业用地与交通事故的互动机制亦需在进一步的研究中理清。

总体而言,本研究的结论与前人的研究结论存在共性,均认为城市空间结构对交通事故的影响不容忽视,尤其是商业设施的布局对交通事故有重要的影响。本研究的创新主要体现在从定量的方法出发,同时考虑了不同空间要素间的交互作用(例如考虑交叉口与工作地的交互作用IW)及不同空间要素对交通事故影响的时间差异,并得出了较有价值的研究结论。本研究所总结的以空间要素为反映的城市空间结构与交通事故的时间关系特征及其变化规律,能为居民出行、城市规划及政策制定(如交警警力部署)提供有益的参考,降低交通事故发生的可能性。但本研究也存在一些不足。例如将同类空间要素作均一化处理,忽略设施的规模和性质;通过划分网格确定分析单元的做法把设施的作用或影响范围局限于某特定的单元区域;部分模型的解释度不高(例如在交通流次高峰时,模型的 $\text{adj}R^2$ 仅有0.573),可能存在其它重要的影响因素未被考虑。这些将在进一步的研究当中加以改进。

## 参考文献:

- [1] 公安部交通管理局. 2010年全国道路交通事故情况[R/OL]. <http://www.mps.gov.cn/n16/n85753/n85870/2758752.html>
- [2] 程连生,冯嘉苹.北京城市边缘交通事故地理研究[J].经济地理,1995,15(1): 98~107.
- [3] Vorko-Jović A, Kern J, Biloglav Z. Risk factors in urban road traffic accidents[J]. Journal of Safety Research, 2006, 37(1): 93-98.
- [4] Ulleberg P. Personality subtypes of young drivers. Relationship to risk-taking preferences, accident involvement, and response to a traffic safety campaign[J]. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 2001, 4(4): 279-297.
- [5] Anderson T K. Kernel density estimation and K-means clustering to profile road accident hotspots[J]. Accident Analysis & Prevention, 2009, 41(3): 359-364.
- [6] Clifton K J, Burnier C V, Akar G. Severity of injury resulting from pedestrian - vehicle crashes: What can we learn from examining the built environment?[J]. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2009, 14(6): 425-436.
- [7] Miranda-Moreno L F, Morency P, El-Geneidy A M. The link between built environment, pedestrian activity and pedestrian - vehicle collision occurrence at signalized intersections[J]. Accident Analysis & Prevention, 2011, 43(5): 1624-1634.
- [8] 王丰元,薛晶.城市道路交通设施对驾驶安全性的影响研究[J].交通与计算机,2008,26(4):148~151.
- [9] Polus A. Driver behaviour and accident records at unsignalized urban intersections[J]. Accident Analysis & Prevention, 1985, 17(1): 25-32.
- [10] Massie D L, Campbell K L, Williams A F. Traffic Accident involvement rates by driver age and gender[J]. Accident Analysis & Prevention, 1995, 27(1): 73-87.
- [11] 秦利燕,邵春福,赵亮.道路交通事故宏观预测模型[J].武汉理工大学学报(交通科学与工程版),2010,34(1):154~158.
- [12] 张志刚.道路因素、交通环境与交通事故分析[J].公路交通科技,2000,17(6): 55~59.
- [13] 陈宽民,王玉萍.城市道路交通事故分布特点及预防对策[J].交通运输工程学报,2003,3(1): 84~88.
- [14] Priyantha Wedagama D M, Bird R N, Metcalfe A V. The influence of urban land-use on non-motorised transport casualties[J]. Accident Analysis & Prevention, 2006, 38(6): 1049-1057.
- [15] 任英,王庆云,彭红星.交通事故与经济增长的变动关系[J].综合运输,2012,(1):21~26.
- [16] 刘冰,周玉斌.交通规划与土地利用规划的共生机制研究[J].城市规划汇刊,1995,(5):24~28.
- [17] 王殿海,杨兆升.城市小区土地利用与交通关系的测算方法探讨[J].公路交通科技,1996,(3):29~32.
- [18] 冯健,周一星.中国城市内部空间结构研究进展与展望[J].地理科学进展,2003,22(3):204~215.
- [19] 孙斌栋,潘鑫.城市空间结构对交通出行影响研究的进展——单中心与多中心的论争[J].城市问题,2008,(1):19~22.
- [20] 单刚,王晓原,王凤群.城市交通与城市空间结构演变[J].城市问题,2007,(9):37~42.
- [21] 周素红,闫小培.广州城市空间结构与交通需求关系[J].地理学报,2005,60(1):131~142.
- [22] 邓毛颖,谢理,林小华.基于居民出行特征分析的广州市交通发展对策探讨[J].经济地理,2000,20(2): 109~114.
- [23] Bowman J L. Activity Based Travel Demand Model System with Daily Activity Schedules[D]. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, USA, 1995.
- [24] Abdel-Aty M A, Radwan A E. Modeling traffic accident occurrence and involvement[J]. Accident Analysis & Prevention, 2000, 32(5): 633-642.
- [25] Vieira Gomes S, Geedipally S R, Lord D. Estimating the safety performance of urban intersections in Lisbon, Portugal[J]. Safety Science, 2012, 50(9): 1732-1739.
- [26] Wier M, Weintraub J, Humphreys E H, et al. An area-level model of vehicle-pedestrian injury collisions with implications for land use and transportation planning[J]. Accident Analysis & Prevention, 2009, 41(1): 137-145.
- [27] Jones A P, Haynes R, Kennedy V, et al. Geographical variations in mortality and morbidity from road traffic accidents in England



- and Wales[J].*Health & place*,2008,**14**(3):519.
- [28] Vasconcellos E A.Reassessing traffic accidents in developing countries[J].*Transport Policy*,1995,**2**(4): 263-269.
- [29] La Torre Giuseppe VB E,Gianluigi Q,Alice M,et al.Determinants of within-country variation in traffic accident mortality in Italy: a geographical analysis[J]. *International Journal of Health Geographics*,2007,**6**:49.
- [30] PriyanthaWedagama D M,Bird R N,Metcalfe A V.The influence of urban land-use on non-motorised transport casualties[J]. *Accident Analysis & Prevention*,2006,**38**(6):1049-1057.
- [31] Anowar S,Yasmin S,Tay R.Comparison of crashes during public holidays and regular weekends[J].*Accident Analysis & Prevention*,2013,**51**(1):93-97.
- [32] KinghamS,Sabel C E,BartieP.The impact of the ‘school run’ on road traffic accidents:Aspatio-temporal analysis[J].*Journal of Transport Geography*,2011,**19**(4):705-711.
- [33] 周素红,郑 重,柳 林.城市交通消散期事故高峰现象及成因[J].*地理科学*,2012,**32**(6):649~658.
- [34] 许洪国,周立鲁,光 泉.中国道路交通安全现状、成因及其对策[J].*中国安全科学学报*,2004,**14**(8): 34~39.
- [35] Mohan D.Traffic safety and city structure:lessons for the future [J].*SaludPublica De Mexico*,2008,**50**(1): S93-S100.
- [36] Ossenbruggen P J,Pendharkar J,Ivan J.Roadway safety in rural and small urbanized areas[J].*Accident Analysis & Prevention*, 2001,**33**(4):485-498.
- [37] Noland R B,QuddusM A.A spatially disaggregate analysis of road casualties in England[J].*Accident Analysis & Prevention*, 2004,**36**(6):973-984.
- [38] 广东统计局.广东 2011 年统计年鉴[M].北京:中国统计出版社, 2011.
- [39] 陈高燕.惠州获评中国魅力中小城市[N/OL].惠州日报,2008-4-28. [2013-10-11] <http://e.hznews.com/paper/hzrb/20080428/A1/7/>

## Temporally Impact of Urban Structure on City Traffic Accidents in Huizhou

LIU Lin<sup>1,2</sup>, SONG Guang-wen<sup>1</sup>, ZHOU Su-hong<sup>1</sup>, CHEN Jian-guo<sup>1</sup>, ZHENG Zhong<sup>3</sup>, LIU Kai<sup>1</sup>

(1.School of Geography Science and Planning/Center of Integrated Geographic Information Analysis,Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275,China; 2.Department of Geography, University of Cincinnati, OH45221-0131, USA;  
3. Built Environment Department, Eindhoven University of Technology,5600MB,Netherland)

**Abstract:** Nowadays, traffic accidents are key factors that influence the safety of residents' travel, and the urban structure, represented by the land use and important facilities in this study, plays a rather essential role in the happening of traffic accidents. Figuring out the impacts of urban structure on traffic accidents can provide references for government policies and residents' travel. However, the previous researches were rather qualitative or ignored the temporal characteristics of such spatial elements, which also failed to uncover the interacting effect between different spatial elements, and therefore it could not reveal the internal relations between spatial elements and urban traffic accidents. This study uses the Kernel Core Density method to discuss the spatio-temporal variation qualitatively by making use of the data of traffic accidents in Huizhou City. On this basis, it also adopts network-analysis unit to build a logarithm linear regression model to discuss the temporal disparity of spatial facilities' influencing on urban traffic accidents, with a purpose to further reveal the spatio-temporal relations between traffic accidents and their influencing factors. The study reveals that the layout of commercial facilities has significant impacts on traffic accidents for the whole day. The impacts of workplaces and stations having on traffic accidents mainly show in and after traffic rush hours, but the influence degree is lower than those of commercial facilities. Besides, the interaction between intersections and workplaces more easily leads to the occurring of accidents in the sub-rush hours. Urban structure has impact on the occurrence of traffic accidents by aggregating people or changing the way people travel. The conclusion of this research contributes to enrich the study of the relationship between urban structure and traffic accidents. Moreover, it also can be a reference for other similar studies.

**Key words:** urban structure; traffic accidents; spatio-temporal disparity; commercial facility; workplace; intersection; station