

# 道路交通事故的影响范围算法

Method to Determine the Influence Area of Street Accidents

俞斌<sup>1</sup> 陆建<sup>2</sup> 陶小伢<sup>1</sup>

(1.常州市规划设计院,常州 213003;2.东南大学交通学院,南京 210096)

Yu Bin<sup>1</sup>, Lu Jian<sup>2</sup> and Tao Xiaoya<sup>1</sup>

(1. Changzhou Urban Planning & Design Institute, Changzhou 213003, China; 2. Transportation College, Southeast University, Nanjing 210096, China)

**摘要:** 为了及时有效地采取交通流诱导措施以减少交通事故对路网的影响,对交通事故影响范围的确定方法进行的研究。首先分析了路段和交叉口两种类型交通事故对路网的影响。以交通波理论为基础进行交通事故影响范围算法分析,将影响范围分成交通事故处理和交通事故持续影响两个时间段,对每一段的交通波速度、排队长度等给出相应的计算方法和步骤,最终得到确定影响范围的流程图。以虚拟路网进行算例分析,证明了算法的可行性和实用性。

**Abstract:** In order to resume traffic after an accident in a timely and effective manner, thus to mitigate its impact on street network operations, a research was conducted to determine the influence area of traffic accidents. First, this paper analyzes the impacts of traffic accidents that occur both on street segments and within intersections. Then, based on traffic wave theories, the paper establishes a flowchart to determine traffic accident impact areas by classifying accident impacts into two stages: accident clearing and post impacts, and by providing steps to calculate the speeds of traffic waves and queuing lengths within each stages. Finally, the validity and applicability of the method was illustrated through an example performed on an imaginary network.

**关键词:** 交通管理; 交通安全; 道路交通事故; 影响范围; 交通波; 排队长度

**Keywords:** traffic management; traffic safety; road traffic accident; influence area; traffic-wave; queue length

中图分类号: U491.3

文献标识码: A

收稿日期: 2007-02-08

作者简介:俞斌,男,硕士,常州市规划设计院助理工程师,主要研究方向:城市交通规划与交通设计。

E-mail:xiciyu@163.com

## 0 引言

城市道路或交叉口一旦发生交通事故,就会堵塞部分车道甚至完全阻断交通,此时车辆速度降低甚至停车,产生的车辆排队向上游迅速延伸,使若干道路和交叉口也发生严重堵塞。除了尽快排除交通事故外,及时而合理地确定哪些道路和交叉口需要进行交通管制、交通流诱导,是尽快恢复道路通畅、减小交通事故影响的手段之一。为此,必须正确计算交通事故的影响范围,以便交管部门采取及时的管制措施,尽最大可能减少事故对城市交通和环境的影响。

国外学者在交通事故对路网的影响方面作了大量的研究,文献[1]提出了发生交通事故时评价交通网络功效的一般框架;文献[2]考虑了交通信息对交通网络功效的影响,利用修正的静态UE均衡模型,提出在已知交通事故发生的条件下如何评价交通事故对城市交通网络功效的影响。国内一些学者也作了相关研究,文献[3]就交通事件对路网的功效进行了研究分析,文献[4]研究了交通事件对城市快速路的影响。基于国内外研究现状,本文以交通波理论为基础,初步探讨交通事故影响范围的确定方法。

## 1 道路交通事故对路网的影响

### 1) 路段交通事故对路网的影响

如图1所示,假设在时刻 $t_0$ ,路段AB上C点发生交通事故,造成事故点附近通行能力下降,形成交通瓶颈。根据交通事故现场数据的检测,如占道情况等,利用通行能力公式计算事故地点的通行能力 $C_c$ 。

① 当交通事故十分严重时,事故路段发生交通拥挤阻塞,此时 $C_c = 0$ 。车辆排队,进而向上游蔓延,影响整个路网。

②当交通事故占用部分车道时,  $C_c \neq 0$ , 交通事故越严重,  $C_c$  越小。若上游交通量  $q > C_c$ , 就会在事故点处产生排队并向上游蔓延, 发生交通拥挤堵塞, 进而影响整个路网。

2) 交叉口交通事故对路网的影响

如图2所示, 假设在时刻  $t_0$ , 交叉口A发生交通事故, 造成交叉口秩序混乱, 通行能力降低, 形成交通瓶颈, 从而导致与交叉口相连的所有路段发生交通堵塞, 车辆排队沿路段向四周蔓延开去, 进而影响整个路网。

2 理论基础

2.1 路段排队对上游交叉口的影响

以事故发生路段AB为例进行分析, 如图3所示。事

故发生点C与上游交叉口A的距离为  $x_{AC}$ , 事故发生前该路段的交通量为  $q$ , 事故地段的通行能力为  $C_c$ , 当  $q > C_c$  时, 车辆在事故点C处开始排队, 在事故持续时间  $T$  内产生的车辆排队长度为  $L_T$ , 若  $L_T > x_{AC}$ , 说明车辆排队延伸到交叉口A, 将产生“多米诺”现象<sup>[5]</sup>, 严重影响相交道路, 并从交叉口A沿另外3个进出口道向周围延伸。

2.2 排队长度分析

在交通事故持续时间  $T$  内, 交通波阵面  $S$  向上游移动的距离为  $|\omega| \cdot T$ , 若该长度小于事故地点至上游交叉口的距离, 则排队长度为  $|\omega| \cdot T$ ; 若大于事故地点至上游交叉口的距离, 则交叉口向后传播的交通波为停止波, 停止波向上游移动的距离为  $|\omega_{stop}| \cdot T$ , 根据交通波理论<sup>[6]</sup>, 可以计算停车数量:

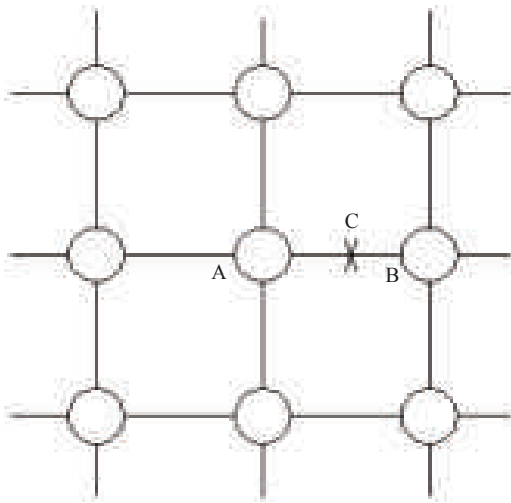


图1 路段交通事故示意图  
Fig.1 Traffic accident on street segments

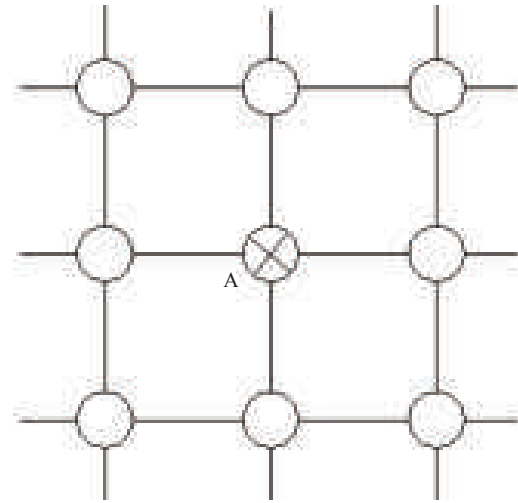


图2 交叉口交通事故示意图  
Fig.2 Traffic accident within intersections

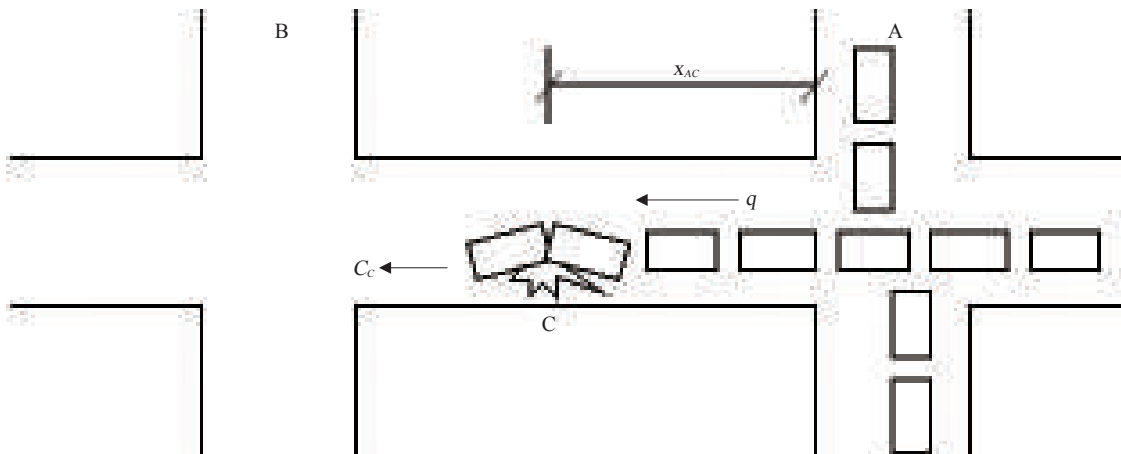


图3 路段车辆排队对上游交叉口的影响  
Fig.3 The impacts of queuing on upstream intersections

$$N_T = |\omega_{\text{stop}}| \cdot T k_j = q T k_j / (k_j - k) = q T / (1 - k/k_j), \quad (1)$$

式中： $\omega_{\text{stop}}$ 为停车波波速/( $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ )； $T$ 为交通事故持续时间/s； $k_j$ 为堵塞密度/( $\text{辆} \cdot \text{km}^{-1}$ )； $q$ 为事故点上游的交通量/( $\text{pcu} \cdot \text{h}^{-1}$ )； $k$ 为路段上的交通密度/( $\text{辆} \cdot \text{km}^{-1}$ )。

### 3 算法

交通事故的影响范围<sup>[7]</sup>主要分为两个时间段内的影响：交通事故处理时间和交通事故持续影响时间。其中前者又可以分为接警时间和处理时间。

#### 3.1 路段交通事故影响范围

##### 3.1.1 交通事故处理时间( $T_1+T_2$ )

交通事故处理时间内的影响范围确定主要包括以下几个步骤：

##### 1) 确定接警时间 $T_1$ 和处理时间 $T_2$

根据以往的交通事故资料，分析预测各种程度交通事故的  $T_1$  和  $T_2$ 。

##### 2) 计算交通波速度 $\omega$

根据交通检测系统监测事故占道情况，发生事故路段的交通流速度、密度和事故点上游的交通量、速度、密度等交通数据，以及路网的交通流数据，计算事故点的通行能力，利用交通波公式，计算出由交通事故导致的交通波速度  $\omega$ 。

在接警时间  $T_1$  内，交通波速度  $\omega = u_f [1 - (k_1 + k_2)/k_j]$ ，其中： $u_f$ 为事故路段的自由流速度/( $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ )，即该路段的设计车速，通过城市地理信息平台 GIS 可以得到道路基本资料； $k_1$ 为事故段的交通密度/( $\text{辆} \cdot \text{km}^{-1}$ )， $k_2$ 为事故点上游的交通密度/( $\text{辆} \cdot \text{km}^{-1}$ )，均可由交通检测系统监测得到； $k_j$ 为该路段的交通堵塞密度/( $\text{辆} \cdot \text{km}^{-1}$ )，可由道路基本资料计

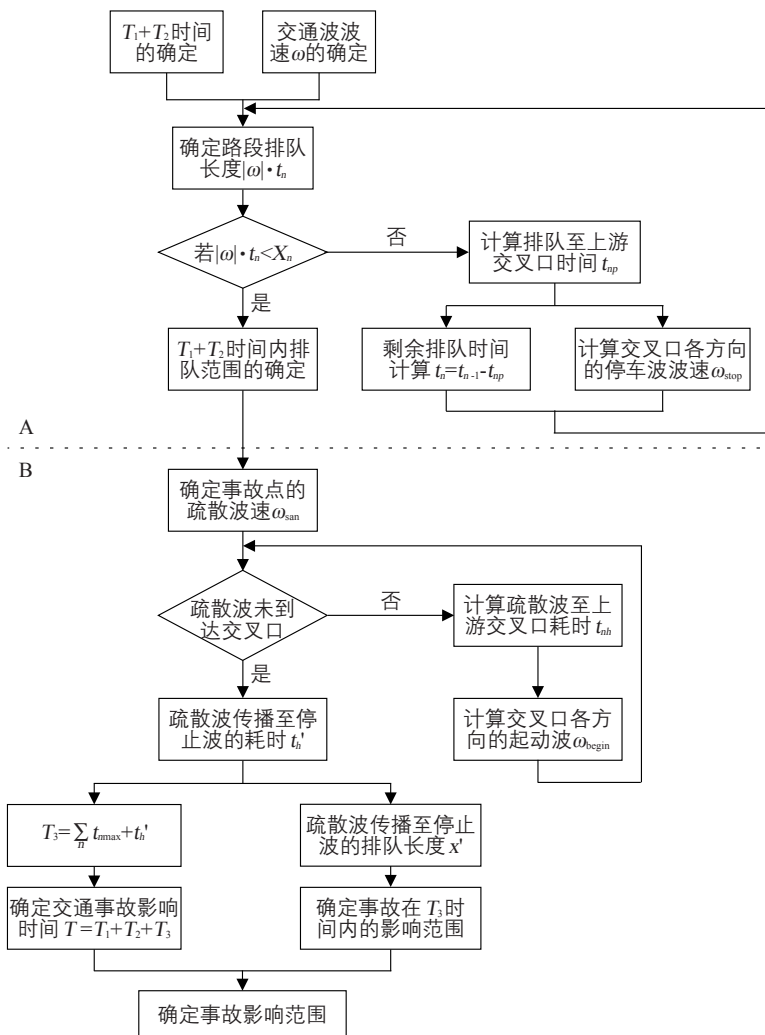


图4 交通事故影响范围的确定流程图

Fig.4 Flowchart to determine influence area of traffic accidents

算得到。

在处理时间  $T_2$  内，由于处理交通事故时需占用道路进行必要的现场勘测和事故现场保护，本文将事故发生路段在  $T_2$  时间看作封闭处理，即上游车辆在事故点排队，产生的停止波波速为  $\omega_{stop} = -q / (k_j - k)$ 。

3) 计算排队长度

在接警时间  $T_1$  内，车辆排队长度为  $|\omega| \cdot T_1$ ，与交通事故发生点距离上游交叉口的长度  $x$  进行比较。

① 若  $|\omega| \cdot T_1 < x$ ，则车辆排队长度为  $|\omega| \cdot T_1$ ；

② 若  $|\omega| \cdot T_1 > x$ ，则说明在  $T_1$  内，车流排队传播至上游交叉口，计算传播所需时间  $t = x / |\omega|$ ，在剩余时间  $T_1 - t$  内交通波由该交叉口向各个进出口道延伸，波速为各个交叉口的停止波波速  $\omega_{stop} = -q / (k_j - k)$ ，式中： $q$  为该交叉口某一进口交通量/( $\text{pcu} \cdot \text{h}^{-1}$ )， $k$  为该进口的车流密度/( $\text{辆} \cdot \text{km}^{-1}$ )，均可以通过交通检测系统监测得到； $k_j$  为该进口的交通堵塞密度/( $\text{辆} \cdot \text{km}^{-1}$ )，可由道路基本资料计算得到。在时间  $t_1 = T_1 - t$  内，各个进口道产生的排队长度为  $t_1 \cdot |\omega_{stop}|$ ，若排队延伸至下个交叉口，计算排队至下个交叉口时间  $t_{np}$  和该交叉口各方向的停车波速  $\omega_{stop}$ ，则剩余排队时间为  $t_n = t_{n-1} - t_{np}$ 。根据剩余排队时间  $t_n$ ，重复前面的计算过程，直到进行交通事故处理。

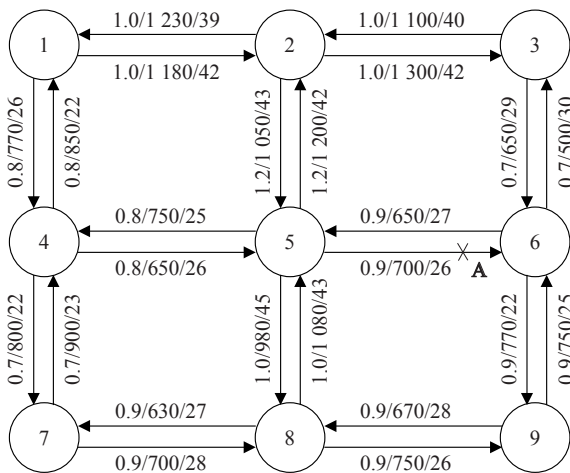


图5 虚拟交通路网图

Fig.5 An imaginary street network

在处理时间  $T_2$  内，若  $T_1$  内排队没有到达上游交叉口，则在排队长度  $|\omega| \cdot T_1$  的基础上车辆继续排队，此时的交通波为停止波，波速为  $\omega_{stop} = -q / (k_j - k)$ ，向上游交叉口传播，遇到交叉口则产生“多米诺”现象，重新计算交叉口各个进出口道的停车波速  $\omega_{stop}$ ，重复前面的计算步骤；若  $T_1$  内排队已到达上游交叉口，则不改变波速，将  $T_2$  直接与  $T_1$  相加，计算排队长度。具体计算流程见图4中A部分。

3.1.2 交通事故持续影响时间  $T_3$

当事故清除之后，产生交通起动脉，从队列头部迅速向尾部传递，在此过程中由于起动脉没有传递到排队的尾部，车辆排队的范围继续扩大，因此要确定交通事故持续影响时间  $T_3$ ，计算这部分时间的影响范围。主要步骤如下：

1) 确定事故点的疏散波速度  $\omega_{san} = -u_r \cdot k_2 / k_j = -(u_r - u_2)$ ，式中： $u_2$  为事故路段的可通行车流速度/( $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ )。

2) 当疏散波传播至交叉口时，交叉口的排队车流由停车状态开始启动，计算疏散波至上游交叉口的耗时  $t_{nh}$ 。当交叉口的车流由停止状态开始启动时，即形成起动脉，此时由于  $u_2$  是刚刚启动时的车速，其值与  $u_r$  相比可以忽略不计。则起动脉波速  $\omega_{begin} = -u_r$ 。确定影响范围内所有交叉口各个进出口道的起动脉波速。

3) 计算影响范围内起动脉传播至各个受影响交叉口的最长时间  $t_{n \max} = \max_h(t_{nh})$ 。在计算的同时，交通事故的影响范围也随着时间  $t_{n \max}$  不断扩大，直到疏散波传播至停止波时停止计算，确定传播时间  $t'_h$ ，得到交通事故持续影响时间  $T_3 = \sum_n t_{n \max} + t'_h$ 。

4) 根据  $t'_h$  计算疏散波传播至停止波的排队长度  $x'$ ，即  $T_3$  内所有产生堵塞的交叉口以及在交叉口下游产生排队的长度，确定  $T_3$  内的影响范围。

最终确定的交通事故影响范围见图4中B部分。

3.2 交叉口交通事故影响范围

当交通事故发生在交叉口，交通流直接在交叉口沿4个进出口道产生停止波，在  $T_1 + T_2$  时间内，可计算向四周产生的车辆排队长度；在交通事故持续影响时间  $T_3$  内，计

表1 影响范围计算事故有关数据

Tab.1 Data surveyed on scenes of traffic accidents

路段起讫点	距起点距离/km	接警时间/h	处理时间/h	通行车道数/个	交通量/( $\text{辆} \cdot \text{h}^{-1}$ )	速度/( $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ )
5—6	0.8	0.083	0.167	1	600	25

算方法与3.1.2一致，直到疏散波传播至停止波时停止计算。因此，可以确定交叉口交通事故的整个影响范围，包括产生停止波的交叉口和越过交叉口的路段排队长度。

### 4 算例

虚拟一个交通路网如图5所示，横线上数字依次是路段长度/km，交通量/(辆·h<sup>-1</sup>)，路段速度/(km·h<sup>-1</sup>)。在节点5—6路段上的A点发生一起一般交通事故，致使该路段产生车辆排队，下面进行事故影响范围算例分析。

根据前文的算法介绍，结合TRANSTAR程序进行交通事故影响范围程序开发<sup>[8]</sup>。程序设计数据库由多个数据文件组成，其中，以下6个数据文件是必备的，即：网络邻接目录表、网络几何要素表、交通节点类型表、路段交通量表、交通事故表以及交叉口信号配时表。

利用TRANGIS软件建立路网，运用TRANSTAR软件导出网络邻接目录表、网络几何要素表和交通节点类型表。通过对交通流检测数据、信号灯配时数据以及事故现场的性质判别数据的录入可以得到路段交通量表、交通事故表和交叉口信号配时表。

估算该路段上交通事故的接警时间 $T_1$ 为5 min，处理时间 $T_2$ 为10 min。假设事故点A与节点5的距离为0.8 km，事故造成路段单向一条车道堵塞，事故点的通行能力为600辆/h，速度为25 km/h，详见表1。运行交通事故的影响范围程序，得到该事故的影响范围和影响时间如下：该路网包含9个交叉口，24个路段；路段5—6的设计车速 $u_f=35$  km/h，路段5—6上游的交通密度 $k_1=13.4615$ 辆/km，下游的交通密度 $k_2=74$ 辆/km；交警到达前，堵

塞波的速度 $\omega_1=-1.6518$  km/h，堵塞传播的长度 $L_1=0.1371$  km， $L_1$ 小于事故点与节点5的距离；交警到达后堵塞波速度 $\omega_2=-3.7996$  km/h，堵塞增加的长度 $L_2=0.6345$  km； $L_1+L_2=0.7716$  km，小于事故点与节点5的距离；交警处理后的疏散波速度=设计车速，即 $\omega_3=35$  km/h；疏散波 $\omega_3$ 还未追上 $\omega_2$ 时，堵塞排队已经到达节点5；节点5—2方向，疏散波赶上堵塞波的耗时 $T_{[1]}=0.0247$  h，疏散波速度 $\omega_{[1]}=30$  km/h，影响长度 $L_{[2]}=0.0567$  km；节点5—4方向， $T_{[2]}=0.0295$  h， $\omega_{[2]}=14$  km/h， $L_{[4]}=0.0934$  km；节点5—6方向， $T_{[3]}=0.03$  h， $\omega_{[3]}=14$  km/h， $L_{[6]}=0.1001$  km；节点5—8方向， $T_{[4]}=0.0248$  h， $\omega_{[4]}=30$  km/h， $L_{[8]}=0.0585$  km；影响时间 $T=\text{Max} T_{[n]}=0.03$  h。事故影响范围见图6。

### 5 结语

本文以交通波理论为基础，分析交通事故发生时交通流的变化情况。根据交通事故处理时间及路段交通流状况，对交通事故引起的交通波进行分析，计算交通事故的持续影响时间，综合分析交通事故对路网的时空影响。在此基础上进行程序开发，并进行算例分析，为交通控制管理中心的事事故交通流管制与诱导提供支持。

### 参考文献

- 1 Sanso B., Soumis F. Communication and Transportation Networks Reliability using Routing Models[J]. IEEE Transportation Reliability, 1991, 40(1): 29-38
- 2 Sabso B., Milot L. Performability of A Congested Urban Transportation Network When Accident Information Is Available[J]. Transportation Science, 1999, 33(1): 68-79
- 3 石小法, 王炜. 交通事故对城市交通网络的影响研究[J]. 公路交通科技, 2000, 17(5): 38-41
- 4 臧华, 彭国雄. 城市快速道路异常事件下路段行程时间的研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2003, 3(2): 57-59
- 5 王殿海, 景春光, 曲昭伟. 交通波理论在交叉口交通流分析中的应用[J]. 中国公路学报, 2002, 15(1): 93-96
- 6 王殿海. 交通流理论[M]. 北京: 人民交通出版社, 2002
- 7 俞斌. 道路交通事故的影响范围与处理资源调动研究[D]. 南京: 东南大学, 2006
- 8 王炜, 等. 城市交通网络系统分析基础软件交运之星-TranStar (交通管理版) 使用指南[Z]. 南京: 东南大学, 2002

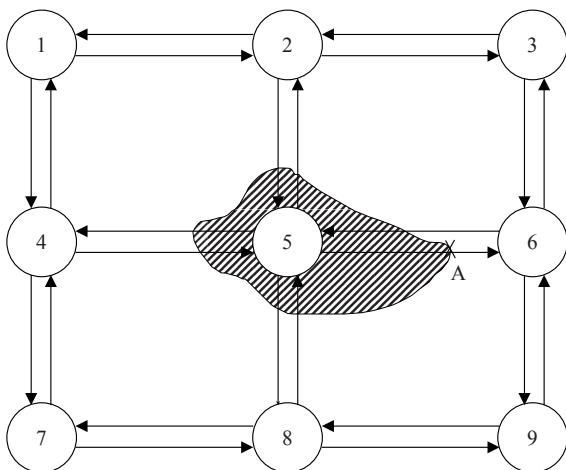


图6 道路交通事故影响范围示意图  
Fig.6 Illustration of traffic accident influence area