



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106504533 A

(43)申请公布日 2017.03.15

(21)申请号 201611063500.5

(22)申请日 2016.11.28

(71)申请人 东南大学

地址 210096 江苏省南京市四牌楼2号

(72)发明人 徐铖铖 欧阳鹏瑛 刘攀

(74)专利代理机构 南京苏高专利商标事务所

(普通合伙) 32204

代理人 柏尚春

(51)Int.Cl.

G08G 1/01(2006.01)

G06N 3/12(2006.01)

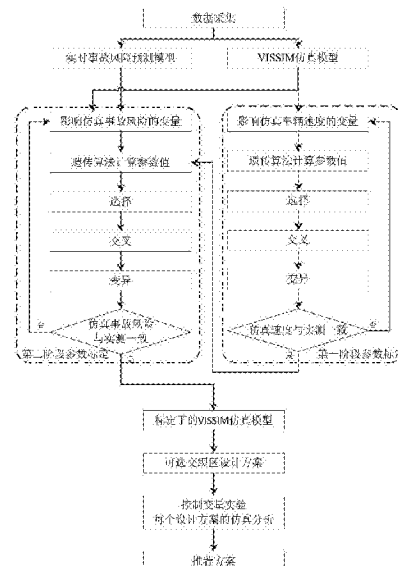
权利要求书4页 说明书9页 附图4页

(54)发明名称

基于交通事故风险仿真分析的高速公路交织区确定方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于交通事故风险仿真分析的高速公路交织区确定方法,包括步骤10)采集高速公路的实时交通流数据、道路设计数据和天气资料;步骤20)建立实时事故风险预测模型和VISSIM仿真模型;步骤30)两阶段参数标定方法计算VISSIM参数;步骤40)设计交织区型式,并建立对应的VISSIM仿真模型;步骤50)所有VISSIM仿真模型均采用步骤30)中的计算参数值运行;步骤60)比较各设计方案中交织区部分的仿真事故风险,总体事故风险值最小的交织区为最安全的设计方案。本发明为评价高速公路交织区事故风险和考虑安全因素的交织区设计提供了一套细致有效的方法。



1.一种基于交通事故风险仿真分析的高速公路交织区确定方法,其特征在于,该方法包括以下步骤:

步骤10)采集高速公路的实时交通流数据,获取道路几何数据和天气检测站中的天气数据,所述实时交通流数据包括车流量、空间占有率和速度;

步骤20)根据实时交通流数据、道路几何数据和天气数据建立实时事故风险预测模型,根据道路几何数据、车流量和速度建立VISSIM仿真模型,所述车流量是指在设定时间段内所选道路上测得的大车和小车的数量;

步骤30)用两阶段参数标定方法标定和校准VISSIM软件中的参数:

第一阶段参数标定:首先,按照以下方法逐个判断VISSIM软件中跟车和车道变换中的每一个参数是否需要标定:改变仿真软件的跟车中任一个参数或车道变换中任一个参数的取值,以该参数在取值范围内的多个不同取值,分别运行VISSIM仿真模型,将其得到的速度分布与参数全为默认值时的速度分布进行比较,判断是否有显著不同,若是,则该参数是需要被标定的参数;否则进一步比较VISSIM仿真模型输出的所有速度的平均值,若其变化趋势能够用幂函数、指数函数或多项式函数来拟合,则该参数也是需要被标定的,否则无需标定该参数;

然后,进行参数标定:以运行VISSIM仿真模型时段内仿真速度与实测速度的绝对差之和为适应度函数,以适应度函数的最小值为计算目标,用遗传算法或自适应性算法计算对应运行的VISSIM仿真模型中需标定参数的参数值,将该参数值赋值给VISSIM软件中对应的参数;

第二阶段参数标定:首先,按照以下方法逐个判断VISSIM软件中跟车和车道变换中的每一个参数是否需要标定:改变仿真软件的跟车中任一个参数或车道变换中任一个参数的取值,以该参数在取值范围内的多个不同的值,分别运行VISSIM仿真模型,将其得到的事故风险分布与参数全为默认值时的交织区的事故风险分布比较,判断是否有显著不同,若是,则该参数是要被标定的参数;否则进一步比较VISSIM仿真模型输出的所有实时事故风险的平均值,若其变化趋势可用幂函数、指数函数、多项式函数来拟合,则该参数也是需要被标定的,否则无需标定该参数;所述事故风险值是由VISSIM仿真模型中的实时车速、占有率、车流量,道路几何数据,以及默认为良好的天气值代入步骤20)中建立的实时事故风险预测模型中计算得到;

然后,进行参数标定:以运行VISSIM仿真模型时段内仿真事故风险与实际事故风险的绝对差之和为适应度函数,以适应度函数的最小值为计算目标,用遗传算法或自适应性算法计算对应运行的VISSIM仿真模型中需标定参数的参数值,将该参数值赋值给VISSIM软件中对应的参数;

步骤40)采用所述步骤30)两阶段标定的参数值,运行VISSIM仿真模型,判断经过两阶段标定了的VISSIM仿真模型中的速度和事故风险与实际情况的差别是否符合精度要求,若符合,则将经过步骤30)两阶段标定的参数值作为最终的标定结果,进入步骤50);否则,按以下方式对步骤30)两阶段标定的参数值进行修正:以运行VISSIM仿真模型时段内仿真速度与实测速度的绝对差之和为适应度函数,以适应度函数的最小值为计算目标,对步骤30)第一阶段参数标定中判定为无需标定的参数,用遗传算法或自适应性算法计算对应运行的VISSIM仿真模型中的参数值,将计算结果赋值给VISSIM软件中对应的参数;再以运行

VISSIM仿真模型时段内仿真事故风险与实际事故风险的绝对差之和为适应度函数,以适应度函数的最小值为计算目标,对步骤30)第二阶段参数标定中判定为无需标定的参数,用遗传算法或自适应性算法计算对应运行的VISSIM仿真模型中的参数值,将计算结果赋值给VISSIM软件中对应的参数,然后进入步骤50);

步骤50)根据研究路段交织区的路面宽度和车道数,上下匝道的路面宽度和车道数,交织区上下游主线的路面宽度和车道数,以及当地土壤是否适合填挖,设计多种可行的交织区型式,在所述步骤20)建立的VISSIM仿真模型的基础上,根据所述交织区型式,改变交织区的道路设计,从而得到含有每个新设计交织区型式的VISSIM仿真模型;

步骤60)进行控制变量实验,确定交织区型式对事故风险的影响:首先将经步骤40)判断符合精度要求或修正的参数值赋给VISSIM软件中对应的参数,运行步骤20)中建立的VISSIM仿真模型,用步骤20)中建立的实时事故风险预测模型计算该VISSIM仿真模型中交织区的事事故风险;然后仍采用步骤40)判断符合精度要求或修正的参数值,运行所述步骤50)中建立的含有各交织区型式的VISSIM仿真模型,用步骤20)中建立的实时事故风险预测模型计算所述步骤50)中设计的各交织区的事事故风险;

步骤70)比较步骤60)中各VISSIM仿真模型中的交织区的事事故风险大小,将事故风险最小的VISSIM仿真模型中的交织区型式作为最终确定的高速公路交织区。

2.根据权利要求1所述的基于交通事故风险仿真分析的高速公路交织区确定方法,其特征在于,所述步骤10)中按照如下方式设置采集实时交通流数据:

高速公路路段上,相邻的两个交通流检测设备之间的距离为500米到1500米,相邻的两个环境气象站之间的距离为5公里到15公里,且交通流检测设备和环境气象站均沿高速公路均匀布置;所述的交通流检测设备为电磁感应线圈或视频交通流检测设备;

所述道路几何数据包括路面全宽、中央分隔带宽度、路肩宽度、车道数和道路线形是否为曲线。

3.根据权利要求1所述的基于交通事故风险仿真分析的高速公路交织区确定方法,其特征在于,所述的步骤30)中的两阶段参数标定方法,VISSIM软件中跟车和车道变换两类参数如下表所示:

跟车（第三栏为默认值）		
前视距离	最大	250 m
	最小	0 m
	观察到的车辆	2
后视距离	最大	150 m
	最小	0 m
Wiedemann 99 跟车模型	CC0（停车间距）	1.5 m
	CC1（车头时距）	0.9 s
	CC2（跟车变量）	4 m
	CC3（进入跟车状态阈值）	-8
	CC4（消极跟车状态阈值）	-0.35
	CC5（积极跟车状态阈值）	0.35
	CC6（车速振动）	11.44
	CC7（加速度波动幅度）	0.25 m/s
	CC8（停车时的加速度）	3.5 m/s <sup>2</sup>
	CC9（车速大于 80 km/h 的加速度）	1.5 m/s <sup>2</sup>
车道变换（第三栏为默认值）		
一般行为	自由车道选择	自由车道选择
必要的更换车道（路径） 自身的，超越的车	最大减速度	-4 m/s <sup>2</sup>
	-1 m/s <sup>2</sup> /距离	200 m
	可接受的减速度	-1 m/s <sup>2</sup>
必要的更换车道（路径） 自身的，超越的车	最大减速度	-3 m/s <sup>2</sup>
	-1 m/s <sup>2</sup> /距离	200 m
	可接受的减速度	-0.5 m/s <sup>2</sup>
其他参数	消失前的等待时间	60 s
	最小车头空距	0.5 m
	安全距离折减系数	0.6
	协调刹车的最大减速度	-3 m/s <sup>2</sup>

4. 根据权利要求1、2或3所述的基于交通事故风险仿真分析的高速公路交织区确定方法，其特征在于，所述的步骤30)中，判断速度分布是否显著不同和实时事故风险分布是否显著不同均采用以下方法：

用F-检验判断每两组之间的速度或实时事故风险的方差在置信度水平下是否相同：若相同，则用假设方差相同的t-检验判断两组速度分布或实时事故风险分布在统计学上是否显著不同；

若不同，则用假设方差不同的t-检验判断两组速度分布或实时事故风险分布在统计学上是否显著不同。

5. 根据权利要求1、2或3所述的基于交通事故风险仿真分析的高速公路交织区确定方法，其特征在于，所述的步骤30)两阶段参数标定中，改变仿真软件跟车中任一个参数或车道变化中任一个参数的取值，是进行如下操作：

首先依据交通流参数与实际相符的原则确定参数的最大值和最小值，然后在这个范围之间按照等差数列取10~20个数值，运行VISSIM模型前将这些数值赋值给对应的参数，有

多少个参数取值,则对该参数应进行相应数量的仿真运行。

6. 根据权利要求1、2或3所述的基于交通事故风险仿真分析的高速公路交织区确定方法,其特征在于,所述的步骤50)中,根据下式判断经过两阶段标定了的VISSIM仿真模型中的速度和事故风险是否符合精度要求:

$$\frac{\text{标定后的模型评价指标} - \text{标定前的模型评价指标}}{\text{标定前的模型评价指标}} \times 100\% \leq \alpha$$

若式(1)成立,则符合精度要求,否则不符合精度要求,其中 $\alpha$ 为精度,在0~1之间取值。

7. 根据权利要求1、2或3所述的基于交通事故风险仿真分析的高速公路交织区确定方法,其特征在于,所述的步骤50)中,交织区型式是指以根据车流交织特点定义的交织区构造型式,以及交织区和连接道路的车道数;所述交织构造型式包括以下三种:

A型交织构造:两股交织车流都需要至少变道一次才能实现行车目的,且这些变道行为都跨越同一条车道边界线;根据匝道与主线车道数的分配,又分为以下两类:(a)匝道交织/一侧交织区,(b)有路拱线的大交织;

B类交织构造:有一股交织车流无需变换车道即可实现交织目的,另一股则需变道至少一次,根据车道与匝道三角区的衔接关系又分为三类:(a)在出口三角区平衡的大交织,(b)在入口三角区汇合的大交织,(c)在入口三角区汇合并且在出口三角区车道平衡的大交织;

C类交织构造:存在一股交织车流,至少需要变道联系才能实现交织目的,该类构造又分为两种:(a)没有车道平衡或汇合的大交织,(b)两侧交织。

8. 根据权利要求1、2或3所述的基于交通事故风险仿真分析的高速公路交织区确定方法,其特征在于,所述的步骤70)中,按如下方法比较各VISSIM仿真模型中的交织区的事故风险大小:

计算交织区事故风险的平均值和方差,若有平均值和方差均最小的方案,则该方案为事故风险最小的方案;若不存在平均值和方差都最小的方案,则对平均值最小的方案1和方差最小的方案2,如果二者的交织区事故风险平均值的差值在两者平均值的1%以内,选择方差最小的方案,否则,选择平均值小的方案。

## 基于交通事故风险仿真分析的高速公路交织区确定方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于高速公路设计和交通安全领域,涉及一种基于交通事故风险仿真分析的高速公路交织区确定方法。

### 背景技术

[0002] 近30年来,我国高速公路的建设得到了迅速发展。到2012年底,我国高速公路通车里程已达9.62万公里,超美国成为世界第一位。到2014年底,高速公路通车里程达11.2万公里;到2015年底,达到12.3万公里。随着交通量的大幅增长,高速公路上的交通拥堵和交通事故频频发生,对高速公路瓶颈区段进行交通安全评价和事故预防显得尤为重要。

[0003] 在高速公路动态交通监控与管理领域,已有许多研究证明了交通流状态与事故风险存在联系,建立了实时事故风险预测模型。模型计算结果显示,长度较短的交织区的事故风险较大,在仿真运行中也发现交织区区段在车流量较大时易产生排队造成拥堵。所以,为提高交织区的安全性,应首先从设计上避免易导致事故发生的因素。

### 发明内容

[0004] 技术问题:本发明提供一种基于交通事故风险仿真分析的高速公路交织区确定方法,该交织区确定方法利用交通流检测设备获取实时交通数据和环境气象站获取的天气数据,建立实时事故预测模型和VISSIM仿真模型,对特定设计因素进行事故风险分析,以达到减少交通事故的目的。

[0005] 技术方案:本发明的基于交通事故风险仿真分析的高速公路交织区确定方法,包括以下步骤:

[0006] 步骤10)采集高速公路的实时交通流数据,获取道路几何数据和天气检测站中的天气数据,所述实时交通流数据包括车流量、空间占有率和速度;

[0007] 步骤20)根据实时交通流数据、道路几何数据和天气数据建立实时事故风险预测模型,根据道路几何数据、车流量和速度建立VISSIM仿真模型,所述车流量是指在设定时间段内所选道路上测得的大车和小车的数量;

[0008] 步骤30)用两阶段参数标定方法标定和校准仿真软件中的参数:

[0009] 第一阶段参数标定:首先,按照以下方法逐个判断VISSIM软件中跟车和车道变换中的每一个参数是否需要标定:改变仿真软件的跟车中任一个参数或车道变换中任一个参数的取值,以该参数在取值范围内的多个不同取值,分别运行VISSIM仿真模型,将其得到的速度分布与参数全为默认值时的速度分布进行比较,判断是否有显著不同,若是,则该参数是需要被标定的参数;否则进一步比较VISSIM仿真模型输出的所有速度的平均值,若其变化趋势能够用幂函数、指数函数或多项式函数来拟合,则该参数也是需要被标定的,否则无需标定该参数;

[0010] 然后,进行参数标定:以运行VISSIM仿真模型时段内仿真速度与实测速度的绝对差之和为适应度函数,以适应度函数的最小值为计算目标,用遗传算法或自适应性算法计

算对应运行的VISSIM仿真模型中需标定参数的参数值,将该参数值赋值给VSSIM软件中对应的参数;

[0011] 第二阶段参数标定:首先,按照以下方法逐个判断VISSIM软件中跟车和车道变换中的每一个参数是否需要标定:改变仿真软件的跟车中任一个参数或车道变换中任一个参数的取值,以该参数在取值范围内的多个不同的值,分别运行VISSIM仿真模型,将其得到的事故风险分布与参数全为默认值时的交织区的事故风险分布比较,判断是否有显著不同,若是,则该参数是要被标定的参数;否则进一步比较VISSIM仿真模型输出的所有实时事故风险的平均值,若其变化趋势可用幂函数、指数函数、多项式函数来拟合,则该参数也是需要被标定的,否则无需标定该参数;所述事故风险值是由VISSIM仿真模型中的实时车速、占有率、车流量,道路几何数据,以及默认为良好的天气值代入步骤20)中建立的实时事故风险预测模型中计算得到;

[0012] 然后,进行参数标定:以运行VISSIM仿真模型时段内仿真事故风险与实际事故风险的绝对差之和为适应度函数,以适应度函数的最小值为计算目标,用遗传算法或自适应性算法计算对应运行的VISSIM仿真模型中需标定参数的参数值,将该参数值赋值给VSSIM软件中对应的参数;

[0013] 步骤40)采用所述步骤30)标定的参数值,运行VISSIM仿真模型,判断经过两阶段标定了的VISSIM仿真模型中的速度和事故风险与实际情况的差别是否符合精度要求,若符合,则将经过步骤30)两阶段标定的参数值作为最终的标定结果,进入步骤50);否则,按以下方式对步骤30)两阶段标定的参数值进行修正:以运行VISSIM仿真模型时段内仿真速度与实测速度的绝对差之和为适应度函数,以适应度函数的最小值为计算目标,对步骤30)第一阶段参数标定中判定为无需标定的参数,用遗传算法或自适应性算法计算对应运行的VISSIM仿真模型中的参数值,将计算结果赋值给VISSIM软件中对应的参数;再以运行VISSIM仿真模型时段内仿真事故风险与实际事故风险的绝对差之和为适应度函数,以适应度函数的最小值为计算目标,对步骤30)第二阶段参数标定中判定为无需标定的参数,用遗传算法或自适应性算法计算对应运行的VISSIM仿真模型中的参数值,将计算结果赋值给VISSIM软件中对应的参数,然后进入步骤50);

[0014] 步骤50)根据研究路段交织区的路面宽度和车道数,上下匝道的路面宽度和车道数,交织区上下游主线的路面宽度和车道数,以及当地土壤是否适合填挖,设计多种可行的交织区型式,在所述步骤20)建立的VISSIM仿真模型的基础上,根据所述交织区型式,改变交织区的道路设计,从而得到含有每个新设计交织区型式的VISSIM仿真模型;

[0015] 步骤60)进行控制变量实验,确定交织区型式对事故风险的影响:首先将经步骤40)判断符合精度要求或修正的参数值赋值给VISSIM软件中对应的参数,运行步骤20)中建立的VISSIM仿真模型,用步骤20)中建立的实时事故风险预测模型计算该VISSIM仿真模型中交织区的事故风险;然后仍采用步骤40)判断符合精度要求或修正的参数值,运行所述步骤50)中建立的含有各交织区型式的VISSIM仿真模型,用步骤20)中建立的实时事故风险预测模型计算所述步骤50)中设计的各交织区的事故风险;

[0016] 步骤70)比较步骤60)中各VISSIM仿真模型中的交织区的事故风险大小,将事故风险最小的VISSIM仿真模型中的交织区型式作为最终确定的高速公路交织区。

[0017] 进一步的,本发明方法中,步骤10)按照如下方式采集实时交通数据:

[0018] 高速公路路段上,相邻的两个交通流检测设备之间的距离为500米到1500米,相邻的两个环境气象站之间的距离为5公里到15公里,且交通流检测设备和环境气象站均沿高速公路均匀布置;所述的交通流检测设备为电磁感应线圈或视频交通流检测设备;

[0019] 所述道路几何数据包括路面全宽、中央分隔带宽度、路肩宽度、车道数和道路线形是否为曲线。

[0020] 进一步的,本发明方法中,步骤30)的两阶段参数标定中,VISSIM软件中的跟车和车道变换两类参数具体如表1所示:

[0021] 表1

[0022]

跟车 (第三栏为默认值)		
前视距离	最大	250 m
	最小	0 m
	观察到的车辆	2
后视距离	最大	150 m
	最小	0 m
Wiedemann 99 跟车模型	CC0 (停车间距)	1.5 m
	CC1 (车头时距)	0.9 s
	CC2 (跟车变量)	4 m
	CC3 (进入跟车状态阈值)	-8
	CC4 (消极跟车状态阈值)	-0.35
	CC5 (积极跟车状态阈值)	0.35
	CC6 (车速振动)	11.44
	CC7 (加速度波动幅度)	0.25 m/s
	CC8 (停车时的加速度)	3.5 m/s <sup>2</sup>
	CC9 (车速大于 80 km/h 的加速度)	1.5 m/s <sup>2</sup>
车道变换 (第三栏为默认值)		
一般行为	自由车道选择	自由车道选择
必要的更换车道 (路径) 自身的, 超越的车	最大减速度	-4 m/s <sup>2</sup>
	-1 m/s <sup>2</sup> /距离	200 m
	可接受的减速度	-1 m/s <sup>2</sup>
必要的更换车道 (路径) 自身的, 超越的车	最大减速度	-3 m/s <sup>2</sup>
	-1 m/s <sup>2</sup> /距离	200 m
	可接受的减速度	-0.5 m/s <sup>2</sup>
其他参数	消失前的等待时间	60 s
	最小车头空距	0.5 m
	安全距离折减系数	0.6
	协调刹车的最大减速度	-3 m/s <sup>2</sup>

[0023] 进一步的,本发明方法中,步骤30)中,判断速度分布是否显著不同和实时事故风险分布是否显著不同均采用以下方法:

[0024] 用F-检验判断每两组之间的速度或实时事故风险的方差在置信度水平下是否相同:若相同,则用假设方差相同的t-检验判断两组速度分布或实时事故风险分布在统计学上是否显著不同;



[0025] 若不同,则用假设方差不同的t-检验判断两组速度分布或实时事故风险分布在统计学上是否显著不同。

[0026] 进一步的,本发明方法中,步骤30)两阶段参数标定中,改变仿真软件的跟车中任一参数或车道变换中任一参数的取值,是进行如下操作:

[0027] 首先依据交通流参数与实际相符的原则确定参数的最大值和最小值,然后在这个范围之间按照等差数列取10~20个数值,运行VISSIM模型前将这些数值赋值给对应的参数,有多少个参数取值,则对该参数应进行相应数量的仿真运行。

[0028] 进一步的,本发明方法中,步骤50)中,根据下式(1)判断经过两阶段标定了的VISSIM仿真模型中的速度和事故风险是否符合精度要求:

$$[0029] \quad \frac{\text{标定后的模型评价指标} - \text{标定前的模型评价指标}}{\text{标定前的模型评价指标}} \times 100\% \leq \alpha \quad (1)$$

[0030] 若式(1)成立,则符合精度要求,否则不符合精度要求,其中 $\alpha$ 为精度,在0~1之间取值。

[0031] 进一步的,本发明方法中,步骤50)中,交织区型式是指以根据车流交织特点定义的交织区构造型式,以及交织区和连接道路的车道数;所述交织构造型式包括以下三种:

[0032] A型交织构造:两股交织车流都需要至少变道一次才能实现行车目的,且这些变道行为都跨越同一条车道边界线;根据匝道与主线车道数的分配,又分为以下两类:(a)匝道交织/一侧交织区,(b)有路拱线的大交织;

[0033] B类交织构造:有一股交织车流无需变换车道即可实现交织目的,另一股则需变道至少一次,根据车道与匝道三角区的衔接关系又分为三类:(a)在出口三角区平衡的大交织,(b)在入口三角区汇合的大交织,(c)在入口三角区汇合并且在出口三角区车道平衡的大交织;

[0034] C类交织构造:存在一股交织车流,至少需要变道联系才能实现交织目的,该类构造又分为两种:(a)没有车道平衡或汇合的大交织,(b)两侧交织。

[0035] 进一步的,本发明方法中,步骤70)中,按如下方法比较各VISSIM仿真模型中的交织区的事故风险大小:

[0036] 计算交织区事故风险的平均值和方差,若有平均值和方差均最小的方案,则该方案为事故风险最小的方案;若不存在平均值和方差都最小的方案,则对平均值最小的方案1和方差最小的方案2,如果二者的交织区事故风险平均值的差值在两者平均值的1%以内,选择方差最小的方案,否则,选择平均值小的方案。

[0037] 进一步的,本发明方法中,步骤60)中,对不同交织区型式的仿真模型均只计算交织区的事故风险值。这是因为交织区的上游路段没有任何形式的改变,事故风险值的变化不大,只存在系统误差。交织区的道路设计完全改变,所以不管是道路数据还是交通流数据均有一定程度的改变,会引起事故风险值的较大变化。交织区下游路段的交通流运行情况受交织区段内交通流变化的影响,车流紊乱程度与上游连接的交织区的车辆运行情况正相关。因此,交织区部分的事故风险值的大小可以衡量下游高速公路路段的事故风险。

[0038] 进一步的,本发明方法中,步骤70)中,比较不同交织区设计方案的仿真事故风险大小,首先通过直方图比较事故风险随时间的变化情况,相邻时段内的事故风险值不应差别太大,否则不能引起驾驶员的重视,失去了预测的意义;然后在数值上比较事故风险的均

值等统计指标。综合前述两点,按如下方法比较各VISSIM仿真模型中的交织区的事故风险大小:

[0039] 计算交织区事故风险的平均值和方差,若有平均值和方差均最小的方案,则该方案为事故风险最小的方案;若不存在平均值和方差都最小的方案,则对平均值最小的方案1和方差最小的方案2,如果二者的交织区事故风险平均值的差值在两者平均值的1%以内,选择方差最小的方案,否则,选择平均值小的方案。

[0040] 有益效果:本发明与现有技术相比,具有以下优点:

[0041] 1、与根据经验确定交织区型式的方式相比,本发明提供的设计方法以仿真实验数据为分析依据,更加有效和可靠。因为传统的按经验设计交织区型式,是依据已存在的类似的交织区对交通流运行效果影响的统计数据,具有相对的稳定性,但没有针对特定的交织区,缺少个性。所以,本发明利用VISSIM仿真技术,是以特定交织区为分析对象,更具有针对性。

[0042] 2、本发明提供的方法可作为HCM (highway capacity manual,美国高速公路通行能力手册) 中的分析程序的补充。HCM中是将交织区、匝道和基本路段组成的高速公路系统进行综合分析,按系统需求和交通需求估计修正路段通行能力。辅以本发明中提供的方法,交织区设计考虑了与交通安全有关的设计因素。因此,这样设计出来的交织区将不仅能满足HCM分析程序中对通行能力的要求,还能从设计上提高交织区的安全性。

[0043] 3、步骤30) 中提出的两阶段参数标定方法,使VISSIM仿真高度还原道路上的交通流和事故风险,为将仿真运用到实际交通安全的分析中提供了可行基础。因为VISSIM软件中的参数缺省值是按照软件开发国选取的研究路段上的交通流情况确定的,与中国很多道路上的交通流情况都不相符,所以要进行步骤30) 中第一阶段参数标定,在VISSIM仿真模型中重现道路上交通流在时间和空间上的变化,这也是大部分工程实践中都会标定的。本发明提供的方法中,不仅进行了常规的交通流的标定和校准,还提出了第二阶段标定仿真事故风险,使得VISSIM仿真模型对交通安全的分析更具有针对性。

## 附图说明

[0044] 图1为本发明的交通流检测设备和环境气象站的布设示意图。

[0045] 图2为本发明的流程框图。

[0046] 图3为B (b) 型交织区-原设计方案图。

[0047] 图4为A型交织区-改造1示意图。

[0048] 图5为B (c) 型交织区-改造2示意图。

[0049] 图6为改造方案1的事故风险示意图。

[0050] 图7为原交织区的事故风险示意图。

[0051] 图8为改造方案2的事故风险示意图。

## 具体实施方式

[0052] 下面结合实施例和说明书附图对本发明作进一步的说明。

[0053] 如图1和图2所示,本发明的基于交通事故风险仿真分析的高速公路交织区确定方法,包括以下步骤:

[0054] 步骤10) 采集高速公路的实时交通流数据,获取道路几何数据和天气检测站中的天气数据,所述实时交通流数据包括车流量、空间占有率和速度;进一步的,按如下方式采集实时交通流数据:

[0055] 高速公路段上,相邻的两个交通流检测设备之间距离为500米到1500米,相邻的两个环境气象站之间距离为5公里到15公里,且交通流检测设备和环境气象站均沿高速公路均匀布置,所述的交通流检测设备为电磁感应线圈或视频交通流检测设备;所述道路几何数据包括路面全宽、中央分隔带宽度、路肩宽度、车道数和道路线形是否为曲线。

[0056] 采集美国的880号州际公路自南向北方向(后文均简称为I-880N)全线199组感应线圈和5个气象监测站某一天的交通流数据、道路几何数据和天气数据,作为建立实时事故风险预测模型的数据资料;采集I-880N从起点始一段长47千米路段上6组主线线圈检测器和4组匝道线圈检测器中某一小时的交通流数据。1小时为VISSIM的最大仿真时长,因此建立VISSIM仿真模型的交通流数据只需采集1小时。道路资料包括道路全宽、中央分隔带宽度、外路肩宽度、内路肩宽度、车道数、是否为曲线线形、上下游两相邻检测站之间的距离,交通流数据包括各车道每30秒的平均速度、平均占有率和平均流量。

[0057] 步骤20) 根据实时交通流数据、道路几何数据和天气数据建立实时事故风险预测模型,根据道路几何数据、车流量和速度建立VISSIM仿真模型,所述车流量是指在设定时间段内所选道路上测得的大车和小车的数量;

[0058] 根据I-880 N全线一天中的交通流数据建立的实时事故风险预测模型如式(1)和式(2)所示:

$$\begin{aligned}
 [0059] \quad g(x) &= 0.074 * \text{DetOcc}_{u-d} + 0.06 * \text{SpdDev}_u + 0.05 * \text{SpdDev}_d + 0.119 * \text{OccDid}_d + 0.092 \\
 [0060] \quad & * \text{AvgCnt}_{u-d} + 0.026 * \text{AvgOcc}_{u-d} + 0.886 * \text{Weather} + 1.057 \\
 [0061] \quad & * \text{DetDist}_{u-d} - 0.049 * \text{Width}_s - 0.856 * \text{Width}_o + 0.508 * \text{Curve} \\
 [0062] \quad & - 7.376 \quad (1)
 \end{aligned}$$

$$[0063] \quad P(x) = \frac{1}{1 + e^{-g(x)}}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

[0064] 其中,P为某点某时发生事故的概率,式(1)中的变量含义如表1所示:

[0065] 表2

[0066]

符号	变量
DetOcc <sub>u</sub>	上游 30 秒内的平均检测器占有率 (%)
SpdDev <sub>u</sub>	上游 30 秒平均速度的标准差 (mile/h)
SpdDev <sub>d</sub>	下游 30 秒平均速度的标准差 (mile/h)
OccDif <sub>d</sub>	下游相邻车道的占有率差 (%)
AvgCnt <sub>u-d</sub>	上下游车辆数差 (veh/30s)
AvgOcc <sub>u-d</sub>	上下游占有率差 (%)
Weather	1—复杂天气 (雨、雾等); 0—其他
DetDist <sub>u-d</sub>	上下游相邻两检测站之间的距离 (mile)
Width <sub>s</sub>	道路表面宽度 (ft)
Width <sub>o</sub>	1—外路肩宽度大于 10 ft; 0—其他
Curve	1—曲线部分; 0—其他

[0067] 步骤30)用两阶段参数标定方法校准仿真模型的参数;第一阶段:每次实验中只改变VISSIM跟车模型或车道变换中某一个参数的取值,其他参数保持默认值不变,运行后与缺省参数值时的速度分布比较,判断是否有显著不同,若是,则该参数是要被标定的参数;若速度分布相同,则应进一步对该参数取一组值进行仿真运行,比较多取值情况下仿真平均速度的变化,若平均速度的大小始终为一常数或随机变化,则该参数不是显著影响速度分布的因素,否则该参数是需要标定的参数;找出所有影响车辆运行速度的变量后,以仿真速度与实测速度的差异最小为目标函数计算参数值;第二阶段按第一阶段中所述的方法同样找出VISSIM跟车模型和车道变换中对仿真事故风险有显著影响的参数,以仿真事故风险和实测数据得到的事故风险差异最小为目标函数计算需标定参数的取值;仿真事故风险值是由步骤20)中的实时事故风险预测模型计算得到的,模型中的自变量是VISSIM仿真中的实时车速、占有率和车流量,以及道路几何数据,为排除天气因素的影响,模型中的天气取值对应的均为良好的天气状态。

[0068] 步骤30)用两阶段参数标定方法标定和校准VISSIM软件中的参数:

[0069] 第一阶段参数标定:首先,按照以下方法逐个判断VISSIM软件中跟车和车道变换中的每一个参数是否需要标定:改变仿真软件的跟车中任一个参数或车道变换中任一个参数的取值,以该参数在取值范围内的多个不同取值,分别运行VISSIM仿真模型,将其得到的速度分布与参数全为默认值时的速度分布进行比较,判断是否有显著不同,若是,则该参数是需要被标定的参数;否则进一步比较VISSIM仿真模型输出的所有速度的平均值,若其变化趋势能够用幂函数、指数函数或多项式函数来拟合,则该参数也是需要被标定的,否则无需标定该参数;

[0070] 然后,进行参数标定:以运行VISSIM仿真模型时段内仿真速度与实测速度的绝对差之和为适应度函数,以适应度函数的最小值为计算目标,用遗传算法或自适应性算法计

算对应运行的VISSIM仿真模型中需标定参数的参数值,将该参数值赋值给VSSIM软件中对应的参数;

[0071] 在该实施例中,分别对高速公路(自由车道选择)驾驶行为参数中的跟车、车道变换和横向行为三大类中各参数(表1)进行控制变量实验,用F-检验和t-检验分析仿真运行输出的每30秒车辆速度和计算的事故风险值,得出以下结果:

[0072] a、显著影响车辆速度的参数有:CC4和CC5(跟车状态阈值)、CC6(车速振动)、CC7(加速度波动幅度)、车道变换中的一般行为选择方式;

[0073] b、采用遗传算法计算参数取值,计算结果为:CC4=-9,CC5=9,CC6=10.9,CC7=4.5。

[0074] 第二阶段参数标定:首先,按照以下方法逐个判断VISSIM软件中跟车和车道变换中的每一个参数是否需要标定:改变仿真软件的跟车中任一个参数或车道变换中任一个参数的取值,以该参数在取值范围内的多个不同的值,分别运行VISSIM仿真模型,将其得到的事故风险分布与参数全为默认值时的交织区的事事故风险分布比较,判断是否有显著不同,若是,则该参数是要被标定的参数;否则进一步比较VISSIM仿真模型输出的所有实时事故风险的平均值,若其变化趋势可用幂函数、指数函数、多项式函数来拟合,则该参数也是需要被标定的,否则无需标定该参数;所述事故风险值是由VISSIM仿真模型中的实时车速、占有率、车流量,道路几何数据,以及默认为良好的天气值代入步骤20)中建立的实时事故风险预测模型中计算得到;

[0075] 然后,进行参数标定:以运行VISSIM仿真模型时段内仿真事故风险与实际事故风险的绝对差之和为适应度函数,以适应度函数的最小值为计算目标,用遗传算法或自适应性算法计算对应运行的VISSIM仿真模型中需标定参数的参数值,将该参数值赋值给VSSIM软件中对应的参数;

[0076] 该实施例中,分别对高速公路(自由车道选择)驾驶行为参数中的跟车、车道变换和横向行为三大类中各参数(表1)进行控制变量实验,用F-检验和t-检验分析仿真运行输出的每30秒车辆速度和计算的事故风险值,得出以下结果:

[0077] 显著影响仿真事故风险的参数有:车道变换中的一般行为选择方式。一般行为选择的取值只有自由车道选择和右行规则两种,所以可以直接选择更符合实际驾驶情况的“自由车道选择”。

[0078] 步骤40)采用所述步骤30)标定的参数值,运行VISSIM仿真模型,判断经过两阶段标定了的VISSIM仿真模型中的速度和事故风险与实际情况的差别是否符合精度要求,若符合,则将经过步骤30)两阶段标定的参数值作为最终的标定结果,进入步骤50);否则,以运行VISSIM仿真模型时段内仿真速度与实测速度的绝对差之和为适应度函数,以适应度函数的最小值为计算目标,对步骤30)第一阶段参数标定中判定为无需标定的参数,用遗传算法或自适应性算法计算对应运行的VISSIM仿真模型中的参数值,将计算结果赋值给VISSIM软件中对应的参数;再以运行VISSIM仿真模型时段内仿真事故风险与实际事故风险的绝对差之和为适应度函数,以适应度函数的最小值为计算目标,对步骤30)第二阶段参数标定中判定为无需标定的参数,用遗传算法或自适应性算法计算对应运行的VISSIM仿真模型中的参数值,将计算结果赋值给VISSIM软件中对应的参数,然后进入步骤50);

[0079] 在该实施例中,步骤30)标定的结果符合研究的精度要求。

[0080] 步骤50) 根据研究路段交织区的路面宽度和车道数,上下匝道的路面宽度和车道数,交织区上下游主线的路面宽度和车道数,以及当地土壤是否适合填挖,设计多种可行的交织区型式,在所述步骤20)建立的VISSIM仿真模型的基础上,根据所述交织区型式,改变交织区的道路设计,从而得到含有每个新设计交织区型式的VISSIM仿真模型;

[0081] 进一步的,交织区型式是指以根据车流交织特点定义的交织区构造型式,以及交织区和连接道路的车道数;所述交织构造型式包括以下三种:

[0082] A型交织构造:两股交织车流都需要至少变道一次才能实现行车目的,且这些变道行为都跨越同一条车道边界线;根据匝道与主线车道数的分配,又分为以下两类:(a) 匝道交织/一侧交织区,(b) 有路拱线的大交织;

[0083] B类交织构造:有一股交织车流无需变换车道即可实现交织目的,另一股则需变道至少一次,根据车道与匝道三角区的衔接关系又分为三类:(a) 在出口三角区平衡的大交织,(b) 在入口三角区汇合的大交织,(c) 在入口三角区汇合并且在出口三角区车道平衡的大交织;

[0084] C类交织构造:存在一股交织车流,至少需要变道联系才能实现交织目的,该类构造又分为两种:(a) 没有车道平衡或汇合的大交织,(b) 两侧交织。

[0085] 在该实例中,可行的交织区型式如图3至图5所示,其中图3为现有设计方案,B(b)型交织区,图4为第一种改造方案,A型交织区,图5为第二种改造方案,B(c)型交织区。

[0086] 步骤60) 进行控制变量实验,确定交织区型式对事故风险的影响:首先将经步骤40)判断符合精度要求或修正的参数值赋给VISSIM软件中对应的参数,运行步骤20)中建立的VISSIM仿真模型,用步骤20)中建立的实时事故风险预测模型计算该VISSIM仿真模型中交织区的事故风险;然后仍采用步骤40)判断符合精度要求或修正的参数值,运行所述步骤50)中建立的含有各交织区型式的VISSIM仿真模型,用步骤20)中建立的实时事故风险预测模型计算所述步骤50)中设计的各交织区的事故风险;

[0087] 在本实例中,步骤50)中所述三种方案的交织区的事故风险分布如图6-图8所示,其中图6为改造方案1的示意图,图7为原交织区的事故风险示意图,图8为改造方案2的事故风险示意图。

[0088] 步骤70) 比较步骤60)中各VISSIM仿真模型中的交织区的事故风险大小,将事故风险最小的VISSIM仿真模型中的交织区型式作为最终确定的高速公路交织区。

[0089] 三种可选交织区方案分别是A型交织区(改造)、B(1)型交织区(原方案)和B(2)型出入口三角区交织区(改造)。从三种交织区的事故风险结果图中(即图6-图8)的数值大小,易得出结论:事故风险:B(c) > B(b) > A。因此,该路段若是在大部分时间都是此种交通流状态,在道路改建时应将这一交织区改为A型。

[0090] 本发明的提供的基于交通事故风险仿真的高速公路交织区安全设计方法通过计算不同设计方案的仿真事故风险大小,能够有效地提高交织区设计的安全性。本发明的方法具有实际的工程运用价值。

[0091] 上述实施例仅是本发明的优选实施方式,应当指出:对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和等同替换,这些对本发明权利要求进行改进和等同替换后的技术方案,均落入本发明的保护范围。

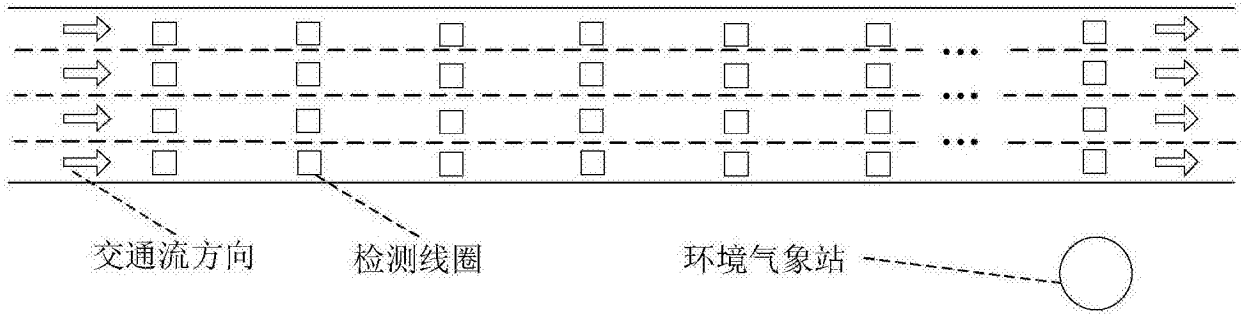


图1

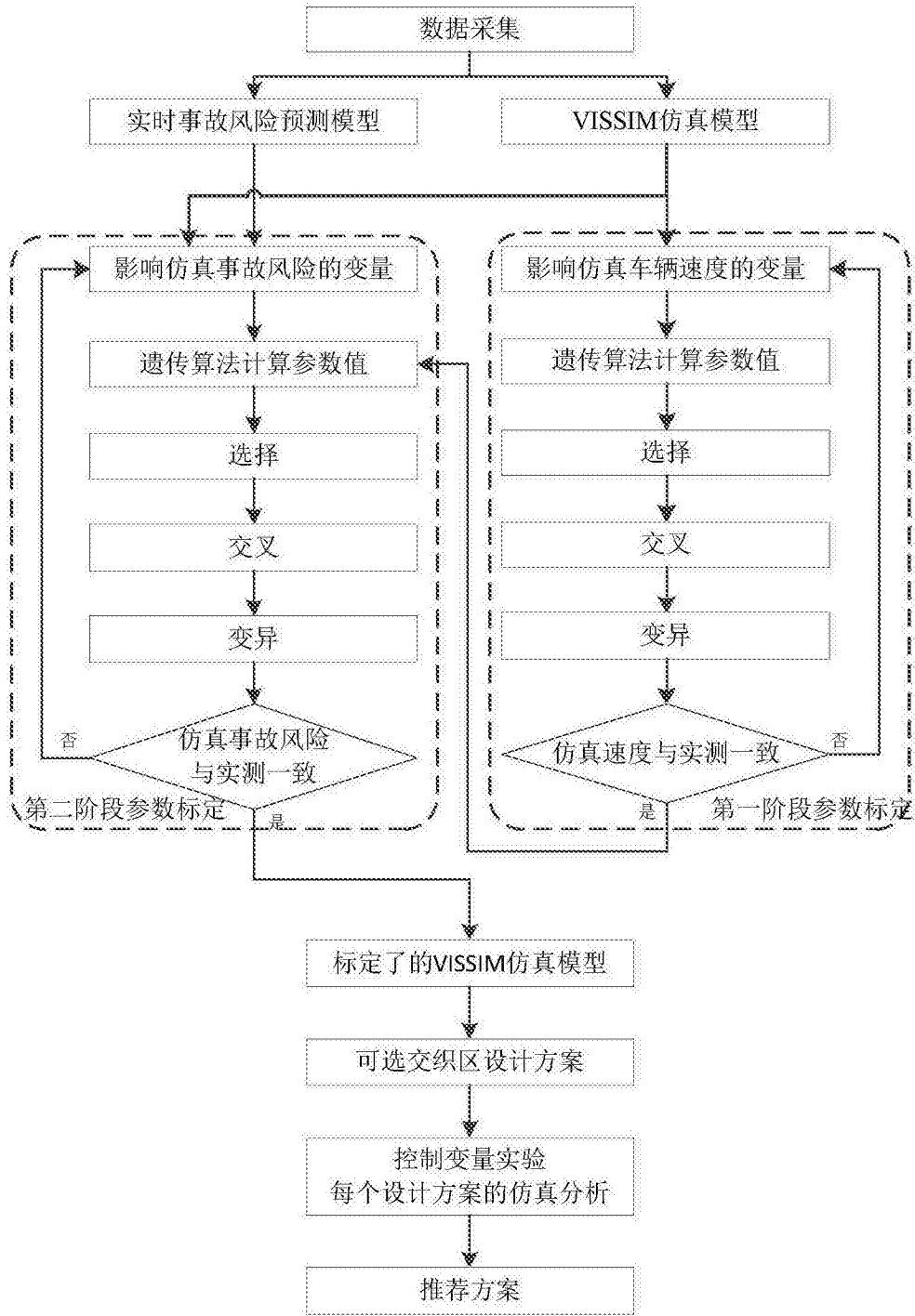


图2



图3





图4



图5

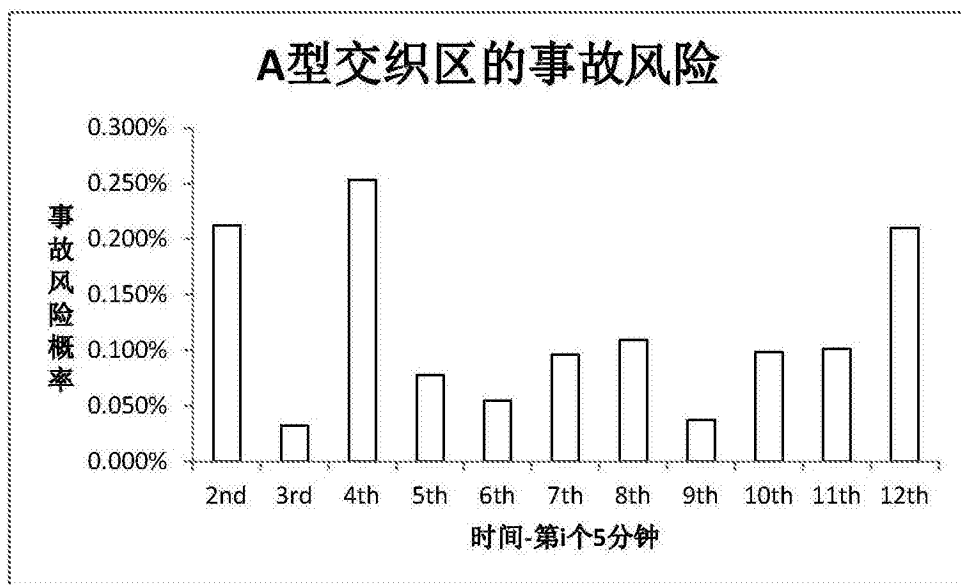


图6

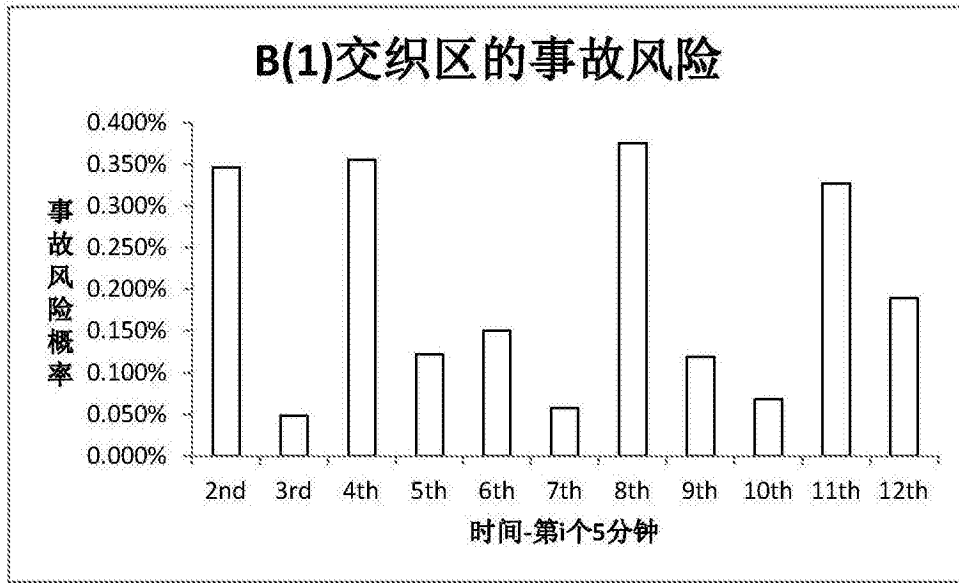


图7

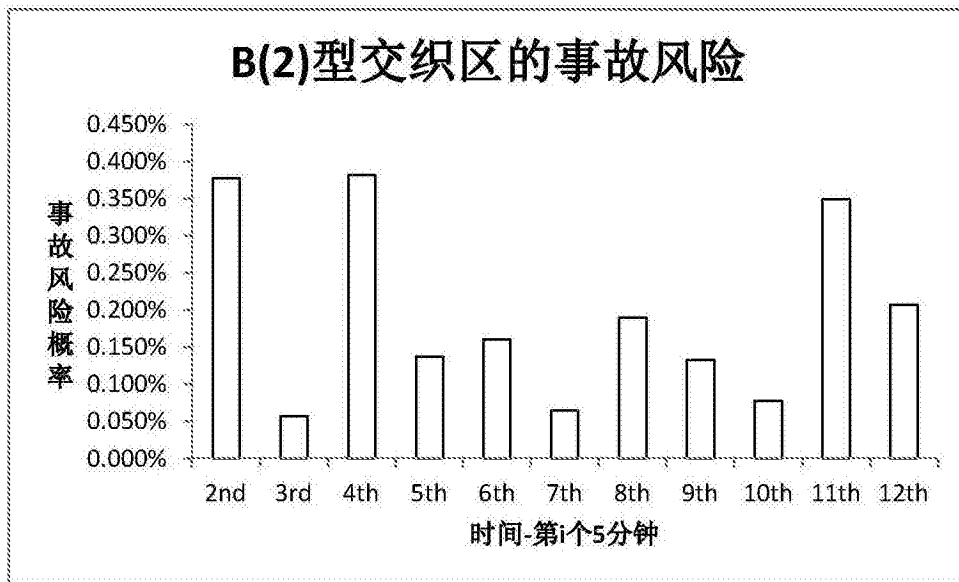


图8