



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107945556 A

(43)申请公布日 2018.04.20

(21)申请号 201711286560.8

(22)申请日 2017.12.07

(71)申请人 华蓝设计(集团)有限公司

地址 530011 广西壮族自治区南宁市华东
路39号

(72)发明人 万千 李志斌 梁启宇 彭国庆
何林儒

(74)专利代理机构 南宁市来来专利代理事务所
(普通合伙) 45118

代理人 来光业

(51)Int.Cl.

G08G 1/0967(2006.01)

G08G 1/16(2006.01)

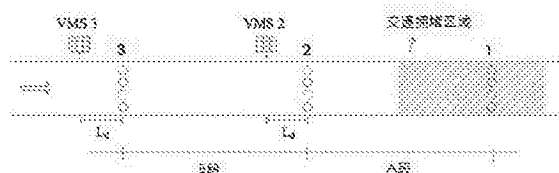
权利要求书2页 说明书8页 附图5页

(54)发明名称

一种快速道路不良天气下的动态限速优化
控制方法

(57)摘要

一种旨在减少快速路不良天气条件下二次
追尾事故的动态限速优化控制方法,在快速路各
路段布设交通流检测设备以及气象监测设备,获
取交通流状态以及气象数据,针对不良天气下交
通事故发生后导致的拥堵传播过程,采用车辆跟
驰模型为核心算法计算交通事故发生条件,从而
对上游路段最优限速值进行计算求解,并通过路
侧可变信息标志对限速值进行发布,从而达到降
低二次追尾事故的目的。本发明中改进的动态限
速优化控制方法与以往方法相比,同时考虑了道
路上交通流运行状态以及能见度、路面状况等气
象参数,从而计算出的最优限速值更加准确合
理,能够考虑具体道路的气候环境状况,有效降
低不良天气下二次追尾事故,提升我国快速道路
交通安全。



1. 一种快速道路不良天气下的动态限速优化控制方法,其特征在于,该控制方法包括以下步骤:

步骤一:在快速道路上等间距设置若干组交通流检测器,每组交通流检测器的上游均配套设置一个路侧可变信息牌,实现对行驶车辆的限速提示;

步骤二:在交通管理部门设置控制中心数据平台,每隔20-30秒,交通检测器对相应道路断面的交通流流量、密度、车辆速度及占有率进行一次检测,并将检测器获取的数据传送至控制中心数据平台;

步骤三:从气象站获取实时气象信息,并将信息数据传送至交通管理部门的控制中心数据平台,气象信息包括检测路面状态以及能见度两个指标;

步骤四:控制中心数据平台设有控制中心系统,控制中心系统根据检测数据及气象数据自动对交通事故发生风险进行计算,判断该区域是否存在不良天气条件下的车辆碰撞及二次事故高风险率,具体为当满足如下不等式时,即存在不良天气条件下的车辆碰撞及二次事故高风险率,

$$\bar{V}_U[t, t + \Delta t] > \bar{V}_D[t, t + \Delta t] - at_a + \sqrt{a^2 t_a^2 + 2a \min\{S, \bar{L}(\frac{1 - \bar{O}_U[t, t + \Delta t]}{\bar{O}_U[t, t + \Delta t]})\}}$$

其中,

Δt —检测器数据汇报周期,设置为20~30s,

\bar{L} —平均车辆长度,单位为m,

S —该天气条件下的视距,单位为m,

a —制动减速度

t_a —车辆减速期间时长,单位为s,

$\bar{V}_U[t, t + \Delta t]$ —上游检测站在时间段 $[t, t + \Delta t]$ 内检测到的平均车速,单位为km/h,

$\bar{V}_D[t, t + \Delta t]$ —下游检测站在时间段 $[t, t + \Delta t]$ 内检测到的平均车速,单位为km/h,

$\bar{O}_U[t, t + \Delta t]$ —上游检测站在时间段 $[t, t + \Delta t]$ 内的占有率,

若不满足该不等式,则启用正常天气状况下限速控制系统,即显示缺省的限速值;

步骤五:若满足步骤四所述不等式,则触发不良天气条件下降低二次事故风险的动态限速控制,控制中心系统根据获取相关的气象和交通流数据,运行内置的实时动态限速控制算法,依次计算自下游至上游检测点所对应的优化控制限速值,具体的算法方法如下:

$$V_{sz}(x_i, t + \Delta t) = V_{sz}(x_{i-1}, t) - at_a + \sqrt{a^2 t_a^2 + 2a \min\{S, \bar{L}(\frac{1 - O(x_i, t)}{O(x_i, t)})\}}$$

其中,

Δt —检测器数据汇报周期,设置为20~30s,

$V_{\text{SZ}}(x_{i-1}, t)$ —时刻t在编号为 x_{i-1} 的检测站(即下游检测站)检测汇报的速度限值,

$O(x_i, t)$ —时刻t在编号为 x_i 的检测站检测汇报的占有率值;

步骤六:根据预设的速度变化率,进一步确定各个可变信息牌上所应显示的限速值:

$$V_{\text{SZ}}(x_i, t+\Delta t) = \begin{cases} V_{\text{SZ}}(x_i, t) - \Delta V_{\text{SZ}}, & V_{\text{SZ}}(x_i, t+\Delta t) < V_{\text{SZ}}(x_i, t) - \Delta V_{\text{SZ}} \\ V_{\text{SZ}}(x_i, t) + \Delta V_{\text{SZ}}, & V_{\text{SZ}}(x_i, t+\Delta t) > V_{\text{SZ}}(x_i, t) + \Delta V_{\text{SZ}} \\ V_{\text{SZ}}(x_i, t+\Delta t), & V_{\text{SZ}}(x_i, t) - \Delta V_{\text{SZ}} < V_{\text{SZ}}(x_i, t+\Delta t) < V_{\text{SZ}}(x_i, t) + \Delta V_{\text{SZ}} \end{cases}$$

其中,

ΔV_{SZ} —速度变化率,用以确定单个周期内所允许的最大速度变化值,防止限速值的骤变;速度变化率的设置为5km/h的整数倍,根据各地方道路与交通条件进行设置,默认值可以设为每30s变化10km/h;

步骤七:控制中心系统根据步骤四中建立的不等式决策是否结束不良天气下的可变限速控制,具体步骤为首先判断当前的天气状况,若不良天气已经结束,则恢复显示缺省的限速值,若不良天气未彻底结束,则路侧可变信息牌显示步骤六中所得到的实时最优限速值,并返回步骤五进行循环。

2. 根据权利要求1所述的快速道路不良天气下的动态限速优化控制方法,其特征在于:所述的制动减速度 a 的计算方法如下:

$$a = g(\eta_b \mu + G_r)$$

其中,

g —万有引力常数,取值为9.8m/s²,

η_b —刹车效率,

μ —路面粘滞系数,根据天气状况取0.2~0.4,

G_r —道路坡度系数,

在不同的天气状况下路侧可变信息提示板与交通流检测器的距离 L_d 是不同的,处于保证行驶车辆有足够时间实现减速的目的,即保证 L_d 足够大,取 a 的最大值。

3. 根据权利要求1所述的快速道路不良天气下的动态限速优化控制方法,其特征在于:步骤六中的最大速度变化率取值为10 km/h每30s。

4. 根据权利要求1所述的快速道路不良天气下的动态限速优化控制方法,其特征在于:控制中心系统采用windows7操作系统,硬件构架采用32位或64位存贮服务器,4G-8G内存,4核高性能CPU,硬件防火墙提供128位强加密模块。

一种快速道路不良天气下的动态限速优化控制方法

技术领域

[0001] 本发明属于交通安全和智能交通技术领域,尤其是针对不良天气条件提出一种新的降低快速道路上二次事故风险的实时动态限速控制方法。

背景技术

[0002] 随着我国城市化和机动化进程的不断推进,交通拥堵、能源消耗、环境污染等问题逐步受到人们的重视。近年来,交通安全问题作为涉及公民生命财产的重要课题,成为讨论和研究的热点。

[0003] 动态限速控制作为一种快速道路控制策略,被越来越多地应用于改善道路交通安全的各个方面。传统情况下,车辆为确保行车安全,在跟驰过程中通过观察与前车的间距作出相应的减速或刹车的操作。而在不良天气条件下,较低的可见度和较差的路面条件导致了司机接收信息、反应和操作上的滞后以及车辆刹车距离的增大,这些都无疑将增加事故发生的风险率,也容易触发事故地点上游道路二次事故的发生。

[0004] 早先的研究主要针对不同等级的天气情况,依据实际经验预设相应的限速策略,并通过对天气状况的判断运行相应策略,是相对固定的动态限速控制策略。之后又有学者提出了可实现实时车辆动态限速控制的动态算法,可以计算出在不良天气条件下的实时最大安全车速。但该方法只考虑了天气条件对行车的影响,并没有将实时交通流状态纳入考虑,且只适用于流量较低、即车辆间距大于可视距离的情况,因此存在较大的局限性。

发明内容

[0005] 本发明要解决的问题是:

针对以往不良天气条件下的动态限速控制方法仅使用相对固定的速度控制方案,改进后也仅考虑道路几何与气象数据,而未纳入实时交通流状态数据的缺陷,以及其导致的限速方案与实际道路、交通状况契合度较低,安全控制效果较差等问题,提出一种优化的快速道路不良天气条件下的动态限速控制方法。该方法通过在快速路上游各路段布设线圈检测断面,获取道路、交通流状态并结合气象数据,针对下游路段发生交通事故的状况,运用以跟驰模型为核心的内置算法得到相应路段的速度限值,通过分析不良天气下二次追尾事故发生条件,从而对个情况下的最优安全限速值进行计算,利用可变信息牌实现限速提醒和对车辆的控制,从而达到诱导下游车队均匀缓慢减速、降低队尾二次事故发生概率的目的。

[0006] 本发明技术方案为:

一种快速道路不良天气下的动态限速优化控制方法,该控制方法包括以下步骤:

步骤一:在快速道路上等间距设置若干组交通流检测器,每组交通流检测器的上游均配套设置一个路侧可变信息牌,实现对行驶车辆的限速提示;

步骤二:在交通管理部门设置控制中心数据平台,每隔20-30秒,交通检测器对相应道路断面的交通流流量、密度、车辆速度及占有率进行一次检测,并将检测器获取的数据传送至控制中心数据平台;

步骤三:从气象站获取实时气象信息,并将信息数据传送至交通管理部门的控制中心数据平台,气象信息包括检测路面状态以及能见度两个指标;

步骤四:控制中心数据平台设有控制中心系统,控制中心系统根据检测数据及气象数据自动对交通事故发生风险进行计算,判断该区域是否存在不良天气条件下的车辆碰撞及二次事故高风险率,具体为当满足如下不等式时,即存在不良天气条件下的车辆碰撞及二次事故高风险率,

$$\bar{V}_U[t, t + \Delta t] > \bar{V}_D[t, t + \Delta t] - at_a + \sqrt{a^2 t_a^2 + 2a \min\{S, \bar{L}(\frac{1 - \bar{O}_U[t, t + \Delta t]}{\bar{O}_U[t, t + \Delta t]})\}}$$

其中,

Δt —检测器数据汇报周期,设置为20~30s,

\bar{L} —平均车辆长度,单位为m,

S —该天气条件下的视距,单位为m,

a —制动减速度

t_a —车辆减速期间时长,单位为s,

$\bar{V}_U[t, t + \Delta t]$ —上游检测站在时间段内检测到的平均车速,单位为km/h,

$\bar{V}_D[t, t + \Delta t]$ —下游检测站在时间段内检测到的平均车速,单位为km/h,

$\bar{O}_U[t, t + \Delta t]$ —上游检测站在时间段内的占有率,

若不满足该不等式,则启用正常天气状况下限速控制系统,即显示缺省的限速值;

步骤五:若满足步骤四所述不等式,则触发不良天气条件下降低二次事故风险的动态限速控制,控制中心系统根据获取相关的气象和交通流数据,运行内置的实时动态限速控制算法,依次计算自下游至上游检测点所对应的优化控制限速值,具体的计算方法如下:

$$V_{SL}(x_i, t + \Delta t) = V_{SL}(x_{i-1}, t) - at_a + \sqrt{a^2 t_a^2 + 2a \min\{S, \bar{L}(\frac{1 - O(x_i, t)}{O(x_i, t)})\}}$$

其中,

Δt —检测器数据汇报周期,设置为20~30s,

$V_{SL}(x_{i-1}, t)$ —时刻t在编号为*i*的检测站(即下游检测站)检测汇报的速度限值,

$O(x_i, t)$ —时刻t在编号为*i*的检测站检测汇报的占有率值;

步骤六:根据预设的速度变化率,进一步确定各个可变信息牌上所应显示的限速值:

$$V_{\text{SL}}(x_i, t + \Delta t) = \begin{cases} V_{\text{SL}}(x_i, t) - \Delta V_{\text{SL}}, & V_{\text{SL}}(x_i, t + \Delta t) < V_{\text{SL}}(x_i, t) - \Delta V_{\text{SL}} \\ V_{\text{SL}}(x_i, t) + \Delta V_{\text{SL}}, & V_{\text{SL}}(x_i, t + \Delta t) > V_{\text{SL}}(x_i, t) + \Delta V_{\text{SL}} \\ V_{\text{SL}}(x_i, t + \Delta t), & V_{\text{SL}}(x_i, t) - \Delta V_{\text{SL}} < V_{\text{SL}}(x_i, t + \Delta t) < V_{\text{SL}}(x_i, t) + \Delta V_{\text{SL}} \end{cases}$$

其中,

ΔV_{SL} —速度变化率,用以确定单个周期内所允许的最大速度变化值,防止限速值的骤变;速度变化率的设置为5km/h的整数倍,根据各地方道路与交通条件进行设置,默认值可以设为每30s变化10km/h;

步骤七:控制中心系统根据步骤四中建立的不等式决策是否结束不良天气下的可变限速控制,具体步骤为首先判断当前的天气状况,若不良天气已经结束,则恢复显示缺省的限速值,若不良天气未彻底结束,则路侧可变信息牌显示步骤六中所得到的实时最优限速值,并返回步骤五进行循环。

[0007] 一般地,所述的制动减速度 a 的计算方法如下:

$$a = g(\eta_b \mu + G_r)$$

其中,

g —万有引力常数,取值为 9.8m/s^2 ,

η_b —刹车效率,

μ —路面粘滞系数,根据天气状况取 $0.2\sim 0.4$,

G_r —道路坡度系数,

在不同的天气状况下路侧可变信息提示板与交通流检测器的距离 L_d 是不同的,处于保证行驶车辆有足够时间实现减速的目的,即保证 L_d 足够大,取 a 的最大值。

[0008] 一般地,步骤六中的最大速度变化率取值为10 km/h每30s。本申请过程中设置了多种速度变化率,从5 km/h每15s到30 km/h每30s,研究结果发现,当速度变化率取值为10 km/h每30s时,动态限速技术能够及时将速度调整至安全限速值范围内,又避免了限速变化过快对于交通流的紊乱。

[0009] 一般地,控制中心系统采用windows7操作系统,硬件构架采用32位或64位存贮服务器,4G-8G内存,4核高性能CPU,硬件防火墙提供128位强加密模块。

[0010] 本发明的有益效果:

本发明在原有研究考虑道路几何条件及气象信息数据的基础上,通过布设线圈检测站的方式提出并设计了融入实时交通流状态的不良天气条件下动态限速优化控制方法,将检测得到的浮动数据转换和嫁接,以适应控制方案模型所需数据形式,基于跟驰模型计算自下游至上游的路段车辆限速值,并利用路测可变信息牌对车辆进行限速提醒和控制,从而更有效地降低二次事故风险、保证不良天气行车安全的目的。为确保优化后的动态限速控制方法的有效性,应用自行研究和设计的仿真模型进行验证,得出该优化后的控制方法在提高不良天气条件下的道路运行安全性、降低二次事故风险的同时,也将车辆行程时间保

持在了较低的水准,实现了对不良天气条件下道路交通运行效益的权衡优化。

附图说明

- [0011] 图1为一种快速路不良天气下动态限速优化控制方法的流程图;
 图2为交通流数据采集及动态限速控制系统示意图;
 图3 为算例中交通流数据采集及动态限速控制系统的路段示意图;
 图4为车辆跟驰状态下减速过程中车辆轨迹线与TTC值变化的示意图;
 图5为无控制与动态限速控制下的事故风险曲线;
 图6为不同驾驶员超速幅度情形下冬天限速控制的安全效果曲线。

具体实施方式

[0012] 本发明提出一种快速路不良天气下动态限速优化控制方法,在快速路上游各路段布设线圈检测断面,获取道路、交通流状态并结合气象数据,针对下游路段发生交通事故的状况,运用以跟驰模型为核心的内置算法得到相应路段的速度限值,并以预设的最大速度变化率进行修正后,通过路测可变信息牌实现对车辆的限速提醒和控制。一种快速路不良天气下动态限速优化控制方法的流程如图1所示,详细阐释如下:

(1)、在快速道路上等间距设置多组交通流检测器,每组交通流检测器的上游均配套设置一个路侧可变信息牌,实现对行驶车辆的限速提示。此外,考虑到车辆的初始速度,为确保其在到某组检测器断面前,能顺利减速至此处信息牌所提示的限速值,路侧可变信息牌与配套的交通流检测器之间存在间距 L_d 。以图1为例,设置三处线圈检测站,将路段划分为A、B两个区域,并在2、3检测站上游 L_d 的位置分别布置路测可变信息提示牌VMS2、VMS3。且 L_d 计算公式如下:

$$L_d = \frac{V_U^2 - V_{SL}^2}{2a}$$

其中,

V_U —上游检测器检测到的车辆速度,单位为km/h,

V_{SL} —该处路测可变信息牌显示的限速值,单位为km/h,

a —车辆在该天气条件下的制动减速度值,

且制动减速度 a 的计算方法如下:

$$a = g(\eta_b \mu + G_r)$$

其中,

g —万有引力常数,取值为 9.8m/s^2 ,

η_b —刹车效率,

μ —路面粘滞系数,根据天气状况取 $0.2\sim 0.4$,

G_r —道路坡度系数,

可见,理论上在不同的天气状况下路侧可变信息提示板与交通流检测器的距离是不同的,处于保证行驶车辆有足够时间实现减速的目的,即保证 L_d 足够大,实际工程中一般取 a

的最大值。

[0013] (2)、在交通管理部门设置控制中心数据平台,每隔20-30秒,交通检测器对相应道路断面的交通流流量、密度、车辆速度及占有率进行一次检测,并将检测器获取的数据传送至控制中心数据平台;

(3)、从气象站获取实时气象信息,并将信息数据传送至交通管理部门的控制中心数据平台;

(4)、根据检测数据及气象数据,判断该区域是否存在不良天气条件下的车辆碰撞及二次事故高风险率,且当满足以下不等式时即存在不良天气条件下的车辆碰撞及二次事故高风险率。

$$\bar{V}_U[t, t + \Delta t] > \bar{V}_D[t, t + \Delta t] - at_a + \sqrt{a^2 t_a^2 + 2a \min\{S, \bar{L}\} \left(\frac{1 - \bar{O}_U[t, t + \Delta t]}{\bar{O}_U[t, t + \Delta t]} \right)}$$

[0014] 其中,

Δt —检测器数据汇报周期,设置为20~30s,

\bar{L} —平均车辆长度,单位为m,

S —该天气条件下的视距,单位为m,

a —制动减速度

t_a —车辆减速期间时长,单位为s,

$\bar{V}_U[t, t + \Delta t]$ —上游检测站在时间段 $[t, t + \Delta t]$ 内检测到的平均车速,单位为km/h,

$\bar{V}_D[t, t + \Delta t]$ —下游检测站在时间段 $[t, t + \Delta t]$ 内检测到的平均车速,单位为km/h,

$\bar{O}_U[t, t + \Delta t]$ —上游检测站在时间段 $[t, t + \Delta t]$ 内的占有率,

若满足出现不良天气下的车辆碰撞及二次事故高发率的条件则转入第(5)步,否则启用正常天气状况下限速控制系统。如图1所示,路段A内的车辆显著减速,此时检测站1即下游检测站,检测站2为上游检测站,若运算满足不等式,说明下游存在不良天气下的交通碰撞事故,即可转入步骤(5);

(5)、数据平台触发优化的不良天气条件下动态限速控制策略;

(6)、控制系统从数据平台获取相关的气象、道路几何及交通流信息。

(7)、运行内置的实时动态限速控制算法,依次计算自下游至上游检测点所对应的优化控制限速值。具体的计算法方法如下:

$$V_{sz}(x_i, t + \Delta t) = V_{sz}(x_{i-1}, t) - at_a + \sqrt{a^2 t_a^2 + 2a \min\{S, \bar{L}\} \left(\frac{1 - O(x_i, t)}{O(x_i, t)} \right)}$$

其中,

Δt —检测器数据汇报周期,设置为20~30s,

$V_{\text{限}}(x_{i-1}, t)$ —时刻t在编号为 x_{i-1} 的检测站(即下游检测站)检测汇报的速度限值,

$Q(x_i, t)$ —时刻t在编号为 x_{i-1} 的检测站检测汇报的占有率值。

[0015] (8)、根据预设的速度变化率,进一步确定各个可变信息牌上所应显示的限速值:

$$V_{\text{限}}(x_i, t+\Delta t) = \begin{cases} V_{\text{限}}(x_i, t) - \Delta V_{\text{变}}, & V_{\text{限}}(x_i, t+\Delta t) < V_{\text{限}}(x_i, t) - \Delta V_{\text{变}} \\ V_{\text{限}}(x_i, t) + \Delta V_{\text{变}}, & V_{\text{限}}(x_i, t+\Delta t) > V_{\text{限}}(x_i, t) + \Delta V_{\text{变}} \\ V_{\text{限}}(x_i, t+\Delta t), & V_{\text{限}}(x_i, t) - \Delta V_{\text{变}} < V_{\text{限}}(x_i, t+\Delta t) < V_{\text{限}}(x_i, t) + \Delta V_{\text{变}} \end{cases}$$

其中,

$\Delta V_{\text{变}}$ —速度变化率,用以确定单个周期内所允许的最大速度变化值,防止限速值的骤变;速度变化率的设置为5km/h的整数倍,根据各地方道路与交通条件进行设置,默认值可以设为每30s变化10km/h。

[0016] 如图1所示,从下游至上游依次计算各个检测点(非事故段,在图中对应2、3号检测站)在下一个时刻所对应的限速值 $V_{\text{限}}(2, t+\Delta t)$ 、 $V_{\text{限}}(3, t+\Delta t)$,并分别显示于VMS2和VMS3上;

(9)、判断当前的天气状况,若天气已好转,则退出该控制系统,恢复显示缺省的限速值。若天气未好转,则路侧可变信息牌发布步骤(8)中所得到的实时最优限速值,并返回步骤(6)进行循环。

[0017] 本发明在快速路上等距设置多个交通流检测器,基于实时自动检测获取的各路段交通流数据,结合气象数据,判断路段是否存在不良天气条件下的车辆碰撞及二次事故高发的风险,通过基于跟驰模型的优化内置算法,计算得到融入实时交通流数据的道路动态限速值,并通过路侧动态限速信息牌的实时提示,实现了对不良天气条件下快速路交通流的有效控制。该发明实现了车队行车速度的动态控制,尤其保证了队尾车辆减速过程均匀和缓慢的进行,减少了因能见度差和制动性能下降导致的事故地点上游车辆二次事故的发生概率。

[0018] 下面结合实例对本技术方案加以阐述:

如图3所示,某路段长4公里,且以0.5公里的间距共设置了8处线圈检测站,自上而下编号1~8。每处检测站的上游布置相应的路侧可变信息牌,分别对应编号#1~#8。假设上下游平均车速分别为80 km/h和0 km/h,道路粘滞系数为0.2,计算得到VMS与对应检测站的距离为100米。速度变化率为10 km/h每30s。根据上述跟驰模型,使用真实高速公路在2014年1月4日5:00~6:00 pm采集到的数据进行训练,得到模型待标定的4个参数值。不良天气条件下的可视距离可利用能见度传感器进行估测和确定。分别考察五种天气条件下该动态限速控制方法的控制效果。

[0019] 图3中下游黑点为事故发生点,位于7号与8号检测站之间。此时7、8号检测站间因

道路封闭、车辆减速等原因产生拥堵,并逐步向上游蔓延。7号检测站所布置的检测器开始检测到交通流状态的变化,结合气象台发来的气象信息,通过数据中心的运算判定下游不良天气下事故的发生,从而启动改快速路不良天气条件下动态限速优化控制方法,将限速值实时显示在可变信息牌#7~#1上。

[0020] 根据所获取的气象信息将当前的天气条件初步划分为五个气象类型,分别为中雨、大雨、轻雾、中雾及降雪。且其所对应的参数设置如下:

	1	2	3	4	5
气象类型	中雨	大雨	轻雾	中雾	降雪
路面条件	潮湿	泥泞	干燥	干燥	滑
能见度条件	中	差	差	恶劣	差
粘滞系数 μ	0.3	0.25	0.4	0.4	0.2
视距(m)	300	150	150	100	150
自由流速度(km/h)	100	80	80	50	50

以车辆到达冲突的时间间隔(TTC)为评判安全性指标进行初步分析,进而由TTC推出TTC曝光时间TET和TTC修正融合时间TIT,其中TET表示车辆处于事故风险处境中的总时间,TIT表示数值低于阈值TTC*的TTC的统计总量。TTT为车辆总行程时间。TET和TIT的增大均表示事故风险的升高。取阈值TTC*为2s。分析结果如图4和下表所示。从图4可以看到,在没有控制方案的情况下,当跟驰车辆观察到前车存在较低车速的时候便迅速减速,此时TTC值很小(如图4(a)4(c)所示)。当采用控制方案时,跟驰车辆则缓慢减速,相应的TTC值远大于前者(如图4(b)4(d)所示)。

[0021] 无控制以及动态限速控制下的TET和TIT曲线如图5所示。大多数情况下,本发明专利提出的动态限速优化控制技术能够有效降低TET和TIT的值。图中表明,当首次事故发生前期时,本发明提出的动态限速控制没有对事故风险有明显影响,但是在控制中后期显著减少了二次事故风险。造成此结果的原因在于,在首次事故发生与交通流出现显著拥堵之间存在一个时间差。此外,本发明提出的动态限速控制策略是逐步将限速值从自由流速度降低到控制速度,需要一定时间来充分实现控制效果。

[0022] 各种恶劣天气下本发明提出的动态限速控制的效果如下表所示。由上表可以可见,两种控制策略均能有效地降低TET与TIT的值,即降低二次事故发生的风险。但原始的动态限速控制策略,因其自身设计上的缺陷,针对大雨和轻雾天气的安全改善较小,针对小雨天气的安全改善几乎为零。虽然在中雾和降雪条件下的TET与TIT的指标上有大幅度的下降,但总行程时间TTT也有大幅度的上升,厚此薄彼。而本文所讨论的改进后的动态限速控制策略在五种天气状况对二次事故风险的降低均有较高程度的贡献,同时也没有引起总行程时间TTT的大幅度的上升,是一种较为全面和优化的控制策略。

[0023]

性能	中雨	大雨	轻雾	中雾	降雪
采用原始 VSL 控制策略					
TET 变化率	0.00%	-12.15%	-15.87%	-100%	-100%
TIT 变化率	0.00%	-11.50%	-17.73%	-100%	-100%
TTT 变化率	0.00%	3%	3%	78%	77.17%
采用本文讨论的 VSL 控制策略					
TET 变化率	-41.45%	-45.12%	-45.07%	-50.74%	-46.99%
TIT 变化率	-38.21%	-41.19%	-38.19%	-39.44%	-39.56%
TTT 变化率	0.11%	0.14%	0.21%	1.29%	38.21%

本发明提出的动态限速优化控制技术在实际应用过程中,可能存在驾驶员对限速值并不遵从的情况,可能影响该控制技术的应用效果。为此,对不同驾驶员遵从度情况下的动态限速优化控制结果进行分析。驾驶员超速幅度设置为从0到20 km/h,以5 km/h递增。以中雨情况为例阐述动态限速控制对二次事故风险的影响,结果如图6所示。从图中可以看出,当驾驶员对限速值遵从情况越低时,本发明提出的动态限速控制效果有所下降。因此,为了在实际应用中获得最优控制效果,可以与超速执法等手段相结合,以预防不良天气下二次追尾事故发生,充分发挥本发明提出的动态限速优化控制效果。

[0024] 以上所述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润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

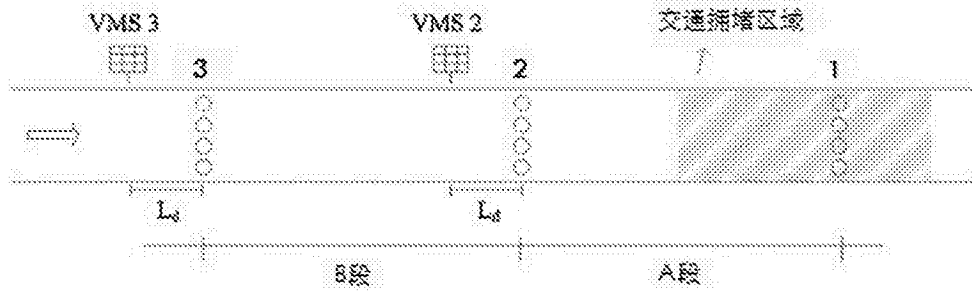


图1

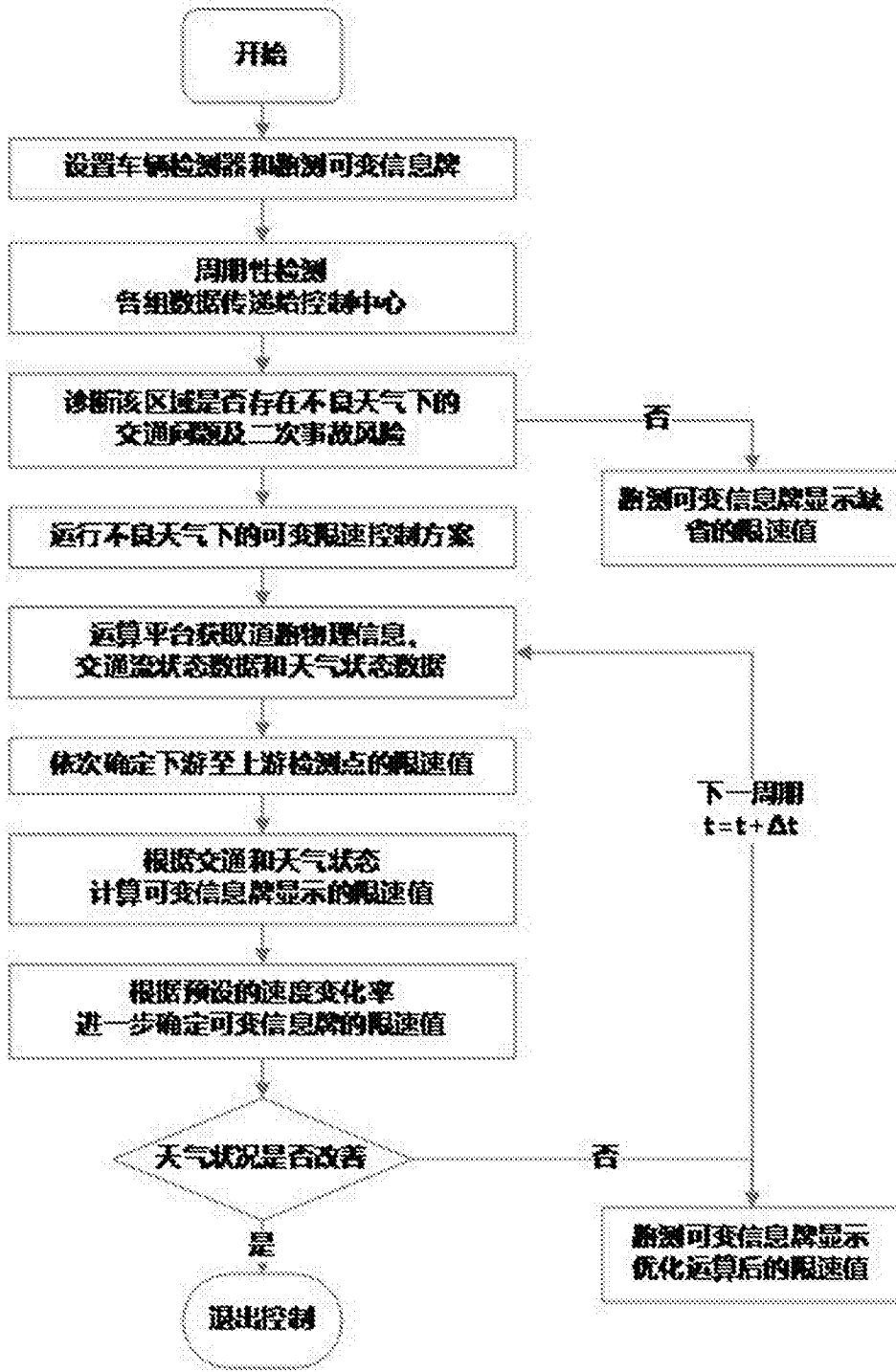


图2

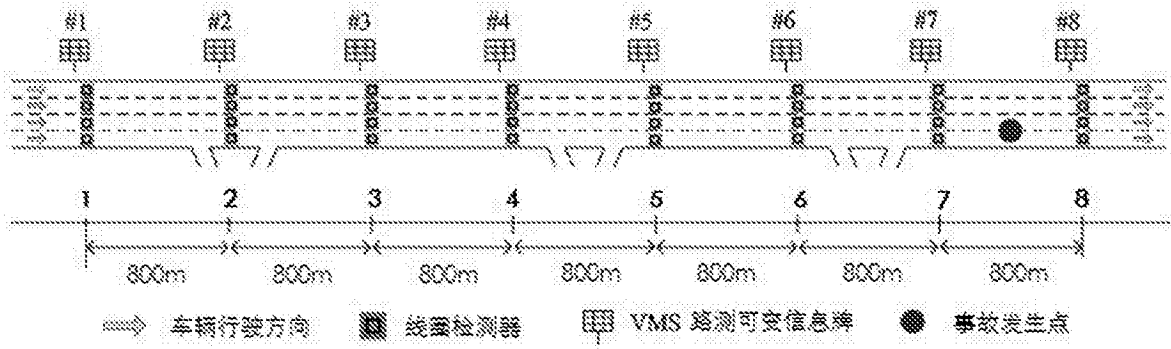


图3

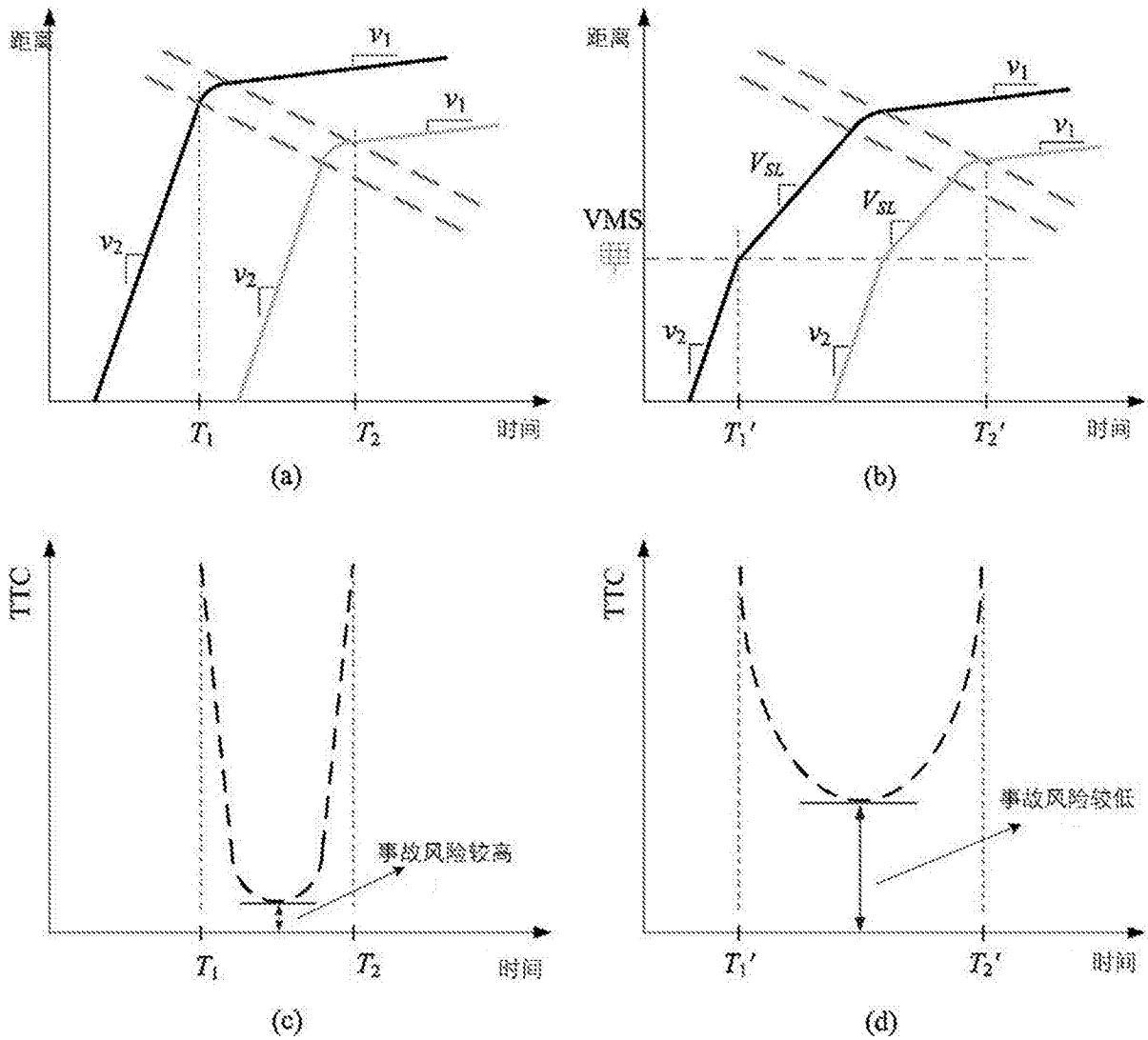


图4

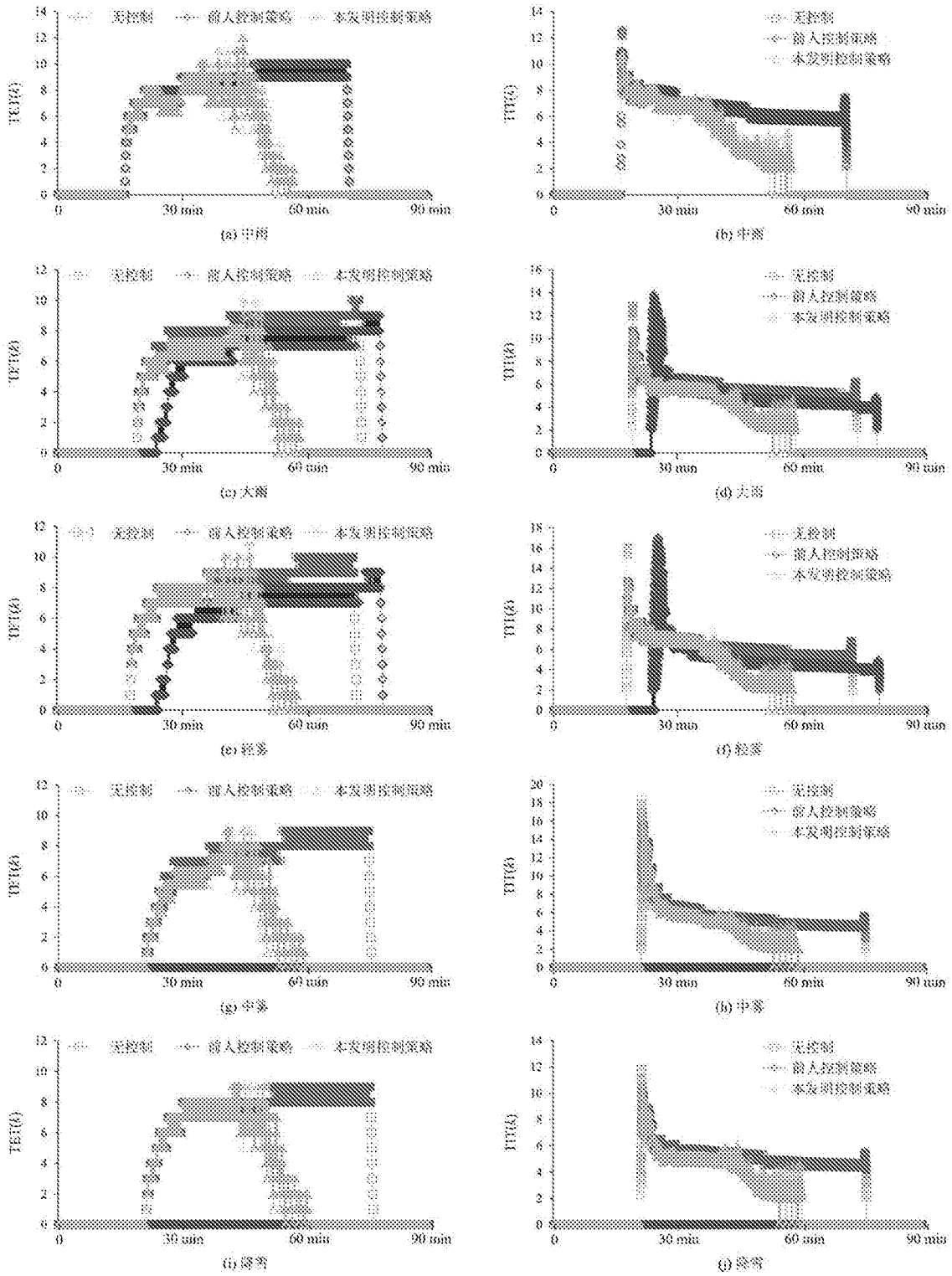


图5

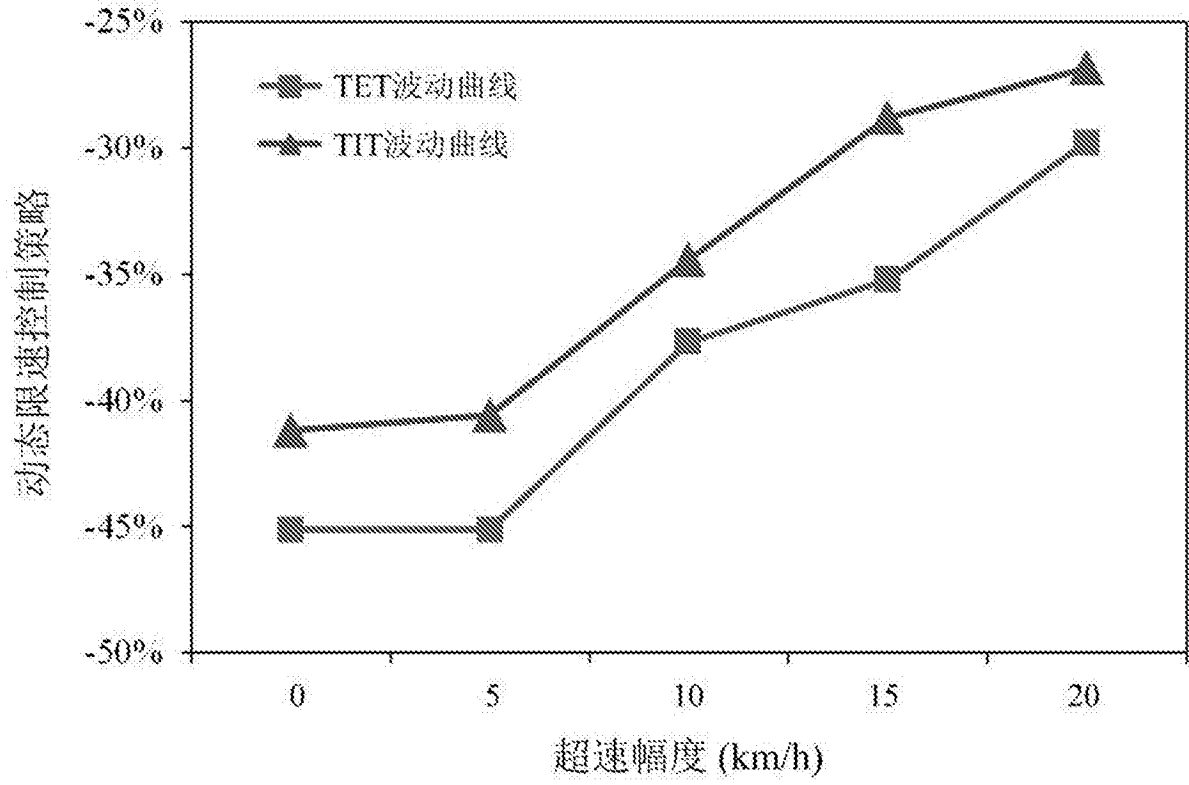


图6