



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113538896 B

(45) 授权公告日 2022.07.12

(21) 申请号 202110423620.6
 (22) 申请日 2021.04.20
 (65) 同一申请的已公布的文献号
 申请公布号 CN 113538896 A
 (43) 申请公布日 2021.10.22
 (73) 专利权人 清华大学
 地址 100084 北京市海淀区清华大学
 (72) 发明人 李萌 郭娅明 张伟 王世华
 闫慧敏 马永锋
 (74) 专利代理机构 北京领科知识产权代理事务
 所(特殊普通合伙) 11690
 专利代理师 梁军丽
 (51) Int.Cl.
 G08G 1/01 (2006.01)
 G08G 1/16 (2006.01)
 G08G 1/0967 (2006.01)
 B60W 30/095 (2012.01)

(56) 对比文件
 CN 102568218 A, 2012.07.11
 CN 110962927 A, 2020.04.07
 CN 112115610 A, 2020.12.22
 CN 107618512 A, 2018.01.23
 US 9297722 B2, 2016.03.29
 US 2015/0120177 A1, 2015.04.30
 Juan Aznar-Poveda et.al. Advisory
 Speed Estimation for an Improved V2X
 Communications Awareness in Winding
 Roads.《2020 22nd International
 Conference on Transparent Optical
 Networks (ICTON)》.2020, 第1-4页.
 田林 等. 横风作用下复杂路段汽车运行安
 全的概率评估.《武汉理工大学学报》.2014, 第
 61-65页.

审查员 上官旭东

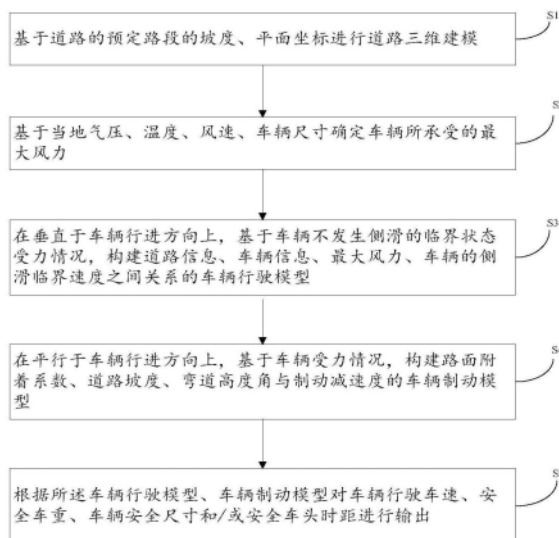
权利要求书2页 说明书13页 附图5页

(54) 发明名称

一种临界行驶条件分析方法和车辆安全行
驶提示系统

(57) 摘要

本发明公开了一种基于道路和天气情况的
临界行驶条件分析方法。该方法包括：基于道路
的预定路段的坡度、平面坐标进行道路三维建
模；基于当地气压、温度、风速、车辆尺寸确定车
辆所承受的最大风力；在垂直于车辆行进方向
上，基于车辆不发生侧滑的临界状态受力情况，
构建道路信息、车辆信息、最大风力、车辆的侧
滑临界速度之间关系的车辆行驶模型；在平行于车
辆行进方向上，基于车辆受力情况，构建路面附
着系数、道路坡度、弯道高度角与制动减速度的
车辆制动模型；根据所述车辆行驶模型、车辆制
动模型对车辆行驶车速、安全车重、车辆安全尺
寸和/或安全车头时距进行输出，本发明能够根
据道路天气情况，给出切实可行的安全行驶指
导，有利于保障安全。



1. 一种基于道路和天气情况的临界行驶条件分析方法,其特征在于,该方法包括:

基于道路的预定路段的坡度、平面坐标进行道路三维建模;

基于当地气压、温度、风速、车辆尺寸确定车辆所承受的最大风力;在垂直于车辆行进方向上,基于车辆不发生侧滑的临界状态受力情况,构建道路信息、车辆信息、最大风力、车辆的侧滑临界速度之间关系的车辆行驶模型,所述道路信息包括道路坡度、道路摩擦力系数、弯道高度角、弯道半径;所述车辆信息包括车辆质量、车辆尺寸,所述车辆行驶模型为:

$$v = \left(Rg \cos \alpha \cos \beta (\sin \alpha + f \cos \alpha) - \frac{1}{2} \frac{Rhlpw^2 \cos \alpha}{m} \right)^{1/2}$$

其中, v 为侧滑临界速度, R 为当前弯道的半径, g 为重力系数, α 为弯道高度角, β 为道路坡度角, f 为道路横向力系数, h 为车辆高度, l 为车辆长度, w 为风速, ρ 为空气密度, m 为车辆质量;

在平行于车辆行进方向上,基于车辆受力情况,构建路面附着系数、道路坡度、弯道高度角与制动减速度的车辆制动模型,所述车辆制动模型为:

$$a_b = g(\varphi \cos \alpha \cos \beta + i)$$

其中, a_b 为制动减速度, g 为重力系数, φ 为路面附着系数, α 为弯道高度角, β 为道路坡度角, i 为坡度, $i = \tan \beta$,车辆上坡时, i 取正值,反之取负值;

根据所述车辆行驶模型、车辆制动模型对车辆行驶车速、安全车重、车辆安全尺寸和/或安全车头时距进行输出。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征还在于,基于道路的预定路段的坡度、平面坐标进行道路三维建模,包括:

采集整条道路的多个预定路段的坡度数据,所述坡度数据包括起桩号、终桩号、坡度信息,采集整条道路中心线上预定路段上多个采样点的平面坐标,

根据所述坡度数据对所述平面坐标进行三维拉伸以对道路三维建模。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征还在于,该方法还包括:

基于所述车辆行驶模型,根据道路信息、车型信息、天气情况确定侧滑临界速度,并基于所述侧滑临界速度对车辆的实际行驶速度进行提示或者控制;

和/或基于所述车辆行驶模型,根据已知行驶速度、道路信息、天气情况、车型信息确定车辆的安全重量;

和/或基于所述车辆行驶模型,根据已知行驶速度、道路信息、天气情况、已知车辆重量确定车辆的安全尺寸;

和/或基于车辆制动模型,根据车辆行驶速度、驾驶员反应时间确定安全车头时距。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征还在于,所述方法基于Carsim仿真软件实现。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征还在于,该方法还包括:

基于汽车的车辆动力性能参数、车辆的驱动力 F_t 与行驶阻力 F_r 平衡

$$F_t = \frac{1}{r} \left[M_m - \frac{M_m - M_p}{(n_p - n_m)^2} \left(n_m - \frac{\gamma}{0.377r} v \right) r \eta \right]$$

$$F_r = \frac{kAv^2}{21.15} + mgf_r$$

确定汽车最高行驶速度,其中 M_m 、 M_p 分别为发动机最大扭矩和最大功率时的扭矩, n_m 、 n_p 分别为发动机最大扭矩时的转速和发动机最大功率时的转速, η 为汽车的机械效率, γ 为总变速比, r 为车轮半径, f_r 为地面上滚动摩阻系数, k 为空气阻力系数, A 为汽车的轴向迎风面积;采集道路坡度信息 i ,结合所述道路坡度信息、车辆动力性能参数、车辆的驱动力与行驶阻力平衡

$$F_t = \frac{1}{r} \left[M_m - \frac{M_m - M_p}{(n_p - n_m)^2} \left(n_m - \frac{\gamma}{0.377r} v \right) \gamma \eta \right]$$

$$F_r = \frac{kAv^2}{21.15} + mgf_r \pm mgi$$

确定汽车临界坡道行驶速度;

获取道路弯道信息,基于算法 $v = \min \left(\sqrt{\frac{\phi + i_y}{1 - \phi i_y} gR}, \sqrt{\frac{B + 2h_c i_y}{2h_c - B i_y} gR} \right)$ 确定车辆弯道行驶临界速

度,其中 ϕ 为路面的附着系数, i_y 为路面超高, $i_y = \tan \alpha$, R 为弯道半径, B 为车辆的轮距, h_c 为车辆重心高度, g 为重力系数。

6. 根据权利要求5所述的临界行驶条件分析方法,其特征还在于,所述地面上滚动摩阻系数 f_r ,空气阻力系数 k 由路侧设备采集或者由实验获取得到。

7. 一种车辆安全行驶提示系统,该系统包括信息获取模块、计算模块,信息获取模块用于获取道路固有信息、道路实时信息、天气信息,所述道路固有信息包括弯道的半径、弯道高度角和/或道路坡度,所述道路实时信息包括路面的地面上滚动摩阻系数和/或路面附着系数,所述天气信息包括风速、空气阻力系数和/或空气密度信息,所述计算模块执行权利要求1-6任一项所述的临界行驶条件分析方法步骤。

8. 根据权利要求7所述的一种车辆安全行驶提示系统,所述信息获取模块为路侧设备,所述计算模块为车载设备,所述路侧设备、计算模块之间通过短距离通信协议通信。

一种临界行驶条件分析方法和车辆安全行驶提示系统

技术领域

[0001] 本发明涉及道路交通技术领域,尤其涉及一种基于道路和天气情况的临界行驶条件分析方法和车辆安全行驶提示系统。

背景技术

[0002] 对于一条交通道路,弯道、坡度等复杂道路情况和冰雪、大风等恶劣天气条件会对车辆安全行驶造成严重影响,需要根据具体状况制定相应的车辆和交通管控策略。目前,当遭遇不良天气时,道路交通管理人员往往依靠经验制定管理措施,缺乏量化分析的标准和依据。在上述几种情况中,当有两种或两种以上因素同时出现,它们之间的耦合作用会使得情况更加复杂。因此,需要提出一种在复杂道路和恶劣天气条件下的道路临界行驶条件分析方法,用于确定在特定条件下的安全行驶车速、安全车辆重量、尺寸等信息。同时,在道路层面,也需要分析整条道路的行驶风险,从而对风险较大的地方给予更多关注并采取针对性措施。在交通层面,安全车头时距的确定能够帮助制定交通安全管理措施,指导车辆安全行驶。

发明内容

[0003] 鉴于上述问题,提出了本发明以便提供一种克服上述问题或者至少部分地解决上述问题的技术方案。因此,本发明的一个方面,提供了一种基于道路和天气情况的临界行驶条件分析方法,该方法包括:

[0004] 基于道路的预定路段的坡度、平面坐标进行道路三维建模;

[0005] 基于当地气压、温度、风速、车辆尺寸确定车辆所承受的最大风力;

[0006] 在垂直于车辆行进方向上,基于车辆不发生侧滑的临界状态受力情况,构建道路信息、车辆信息、最大风力、车辆的侧滑临界速度之间关系的车辆行驶模型,所述道路信息包括道路坡度、道路摩擦力系数、弯道高度角、弯道半径;所述车辆信息包括车辆质量、车辆尺寸;

[0007] 在平行于车辆行进方向上,基于车辆受力情况,构建路面附着系数、道路坡度、弯道高度角与制动减速度的车辆制动模型;

[0008] 根据所述车辆行驶模型、车辆制动模型对车辆行驶车速、安全车重、车辆安全尺寸和/或安全车头时距进行输出。

[0009] 可选的,基于道路的预定路段的坡度、平面坐标进行道路三维建模,包括:采集整条道路的多个预定路段的坡度数据,所述坡度数据包括起桩号、终桩号、坡度信息,采集整条道路中心线上预定路段上多个采样点的平面坐标,

[0010] 根据所述坡度数据对所述平面坐标进行三维拉伸以对道路三维建模。

[0011] 可选的,车辆行驶模型为:

$$[0012] \quad v = \left(Rg \cos \alpha \cos \beta (\sin \alpha + f \cos \alpha) - \frac{1}{2} \frac{R h l \rho w^2 \cos \alpha}{m} \right)^{1/2}$$

[0013] 其中, v 为侧滑临界速度, R 为当前弯道的半径, g 为重力系数, α 为弯道高度角, β 为道路坡度角, f 为道路横向力系数, h 为车辆高速, l 为车辆长度, w 为风速, ρ 为空气密度, m 为车辆质量。

[0014] 可选的, 车辆制动模型为:

$$[0015] \quad a_b = g(\varphi \cos \alpha \cos \beta + i)$$

[0016] 其中, a_b 为制动减速度, g 为重力系数, φ 为路面附着系数, α 为为弯道高度角, β 为道路坡度角, i 为道路坡度, $i = \tan \beta$ 。

[0017] 可选的, 该方法还包括:

[0018] 基于所述车辆行驶模型, 根据道路信息、车型信息、天气情况确定侧滑临界速度, 并基于所述侧滑临界速度对车辆的实际行驶速度进行提示或者控制;

[0019] 和/或基于所述车辆行驶模型, 根据已知行驶速度、道路信息、天气情况、车型信息确定车辆的安全重量;

[0020] 和/或基于所述车辆行驶模型, 根据已知行驶速度、道路信息、天气情况、已知车辆重量确定车辆的安全尺寸;

[0021] 和/或基于车辆制动模型, 根据车辆行驶速度、驾驶员反应时间确定安全车头时距。

[0022] 可选的, 所述方法基于Carsim仿真软件实现。

[0023] 可选的, 该方法还包括:

[0024] 基于汽车的车辆动力性能参数、车辆的驱动力 F_t 与行驶阻力 F_r 平衡

$$[0025] \quad F_t = \frac{1}{r} \left[M_m - \frac{M_m - M_p}{(n_p - n_m)^2} \left(n_m - \frac{\gamma}{0.377r} v \right) \gamma \eta \right]$$

$$[0026] \quad F_r = \frac{kAv^2}{21.15} + mgf_r$$

[0027] 确定汽车最高行驶速度, 其中 M_m 、 M_p 分别为发动机最大扭矩和最大功率时的扭矩, n_m 、 n_p 分别为发动机最大扭矩时的转速和发动机最大功率时的转速, η 为汽车的机械效率, γ 为总变速比, r 为车轮半径, f_r 为地面上滚动摩阻系数, k 为空气阻力系数, A 为汽车的轴向迎风面积;

[0028] 采集道路坡度信息 i , 结合所述道路坡度信息、车辆动力性能参数、车辆的驱动力与行驶阻力平衡

$$[0029] \quad F_t = \frac{1}{r} \left[M_m - \frac{M_m - M_p}{(n_p - n_m)^2} \left(n_m - \frac{\gamma}{0.377r} v \right) \gamma \eta \right]$$

$$[0030] \quad F_r = \frac{kAv^2}{21.15} + mgf_r \pm mgi$$

[0031] 确定汽车临界坡道行驶速度;

[0032] 获取道路弯道信息, 基于算法 $v = \min \left(\sqrt{\frac{\varphi + i_y}{1 - \varphi i_y} gR}, \sqrt{\frac{B + 2h_c i_y}{2h_c - B i_y} gR} \right)$, 确定车辆弯道行驶临

界速度, 其中 φ 为路面的附着系数, i_y 为路面超高, $i_y = \tan \alpha$, R 为弯道半径, B 为车辆的轮距, h_c 为车辆重心高度, g 为重力系数。

[0033] 可选的, 所述地面上滚动摩阻系数 f_r , 空气阻力系数 k 由路侧设备采集或者由实验

获取得到。

[0034] 本发明还提供一种车辆安全行驶提示系统,该系统包括信息获取模块、计算模块,信息获取模块用于获取道路固有信息、道路实时信息、天气信息,所述道路固有信息包括弯道的半径、弯道高度角和/或道路坡度,所述道路实时信息包括路面的地面上滚动摩擦系数和/或路面附着系数,所述天气信息包括风速、空气阻力系数和/或空气密度信息,所述计算模块前面所述的临界行驶条件分析方法步骤。

[0035] 可选的,所述信息获取模块为路侧设备,所述计算模块为车载设备,所述路侧设备、计算模块之间通过短距离通信协议通信。

[0036] 本申请提供的技术方案,至少具有如下技术效果或优点:

[0037] 在一些复杂道路路段或者危险道路路段,提出了切实可行的安全行驶指导,使得人们不再仅仅依靠经验行驶,有利于避免交通事故的发生、保障安全。

[0038] 上述说明仅是本发明技术方案的概述,为了能够更清楚了解本发明的技术手段,而可依照说明书的内容予以实施,并且为了让本发明的上述技术方案和其目的、特征和优点能够更明显易懂,以下特举本发明的具体实施方式。

附图说明

[0039] 通过阅读下文优选实施方式的详细描述,各种其他的优点和益处对于本领域普通技术人员将变得清楚明了。附图仅用于示出优选实施方式的目的,而并不认为是对本发明的限制。而且在整个附图中,用相同的参考符号表示相同的部件。在附图中:

[0040] 图1示出了本发明提供的一种基于道路和天气情况的临界行驶条件分析方法的流程图;

[0041] 图2示出了对道路进行三维建模以及坐标插值示意图;

[0042] 图3示出了车辆在道路上的行驶模型;

[0043] 图4示出了车辆在垂直于前进方向上的受力情况;

[0044] 图5示出了车辆在平行于前进方向上的受力情况;

[0045] 图6示出了安全车头时距示意图;

[0046] 图7示出了示例道路的平面信息;

[0047] 图8示出了示例道路的三维信息;

[0048] 图9示出了环境温度为0摄氏度时示例道路各处的侧滑临界车速(千米/时);

[0049] 图10示出了示例道路上的安全车头时距。

具体实施方式

[0050] 下面将参照附图更详细地描述本发明的示例性实施例。虽然附图中显示了本发明的示例性实施例,然而应当理解,可以以各种形式实现本发明而不应被这里阐述的实施例所限制。相反,提供这些实施例是为了能够更透彻地理解本发明,并且能够将本发明的范围完整的传达给本领域的技术人员。

[0051] 本发明提供的是本发明的一个方面,如图1所示,提供了一种基于道路和天气情况的临界行驶条件分析方法,该方法包括:

[0052] S1.基于道路的预定路段的坡度、平面坐标进行道路三维建模;

[0053] S2. 基于当地气压、温度、风速、车辆尺寸确定车辆所承受的最大风力；

[0054] S3. 在垂直于车辆行进方向上, 基于车辆不发生侧滑的临界状态受力情况, 构建道路信息、车辆信息、最大风力、车辆的侧滑临界速度之间关系的车辆行驶模型, 所述道路信息包括道路坡度、道路摩擦力系数、弯道高度角、弯道半径; 所述车辆信息包括车辆质量、车辆尺寸;

[0055] S4. 在平行于车辆行进方向上, 基于车辆受力情况, 构建路面附着系数、道路坡度、弯道高度角与制动减速度的车辆制动模型;

[0056] S5. 所述车辆行驶模型、车辆制动模型对车辆行驶车速、安全车重、车辆安全尺寸和/或安全车头时距进行输出。

[0057] 步骤S1中, 基于道路的预定路段的坡度、平面坐标进行道路三维建模, 包括: 采集整条道路的多个预定路段的坡度数据, 所述坡度数据包括起桩号、终桩号、坡度信息, 采集整条道路中心线上预定路段上多个采样点的平面坐标, 根据所述坡度数据对所述平面坐标进行三维拉伸以对道路三维建模。

[0058] 具体来说, 对道路进行三维建模可以将坡度信息和弯道信息整合, 便于分析坡度和弯道的耦合作用。本步骤所述的内容需要基于以下信息:

[0059] (1) 整条道路的坡度数据, 需要包含起桩号、终桩号、坡度信息。其中, 起桩号即为当前坡道的起点位置, 终桩号即为当前坡道的终点位置, 起桩号和终桩号之间的距离代表坡长。上述信息的示例如下表。

| | 序号 | 起桩号 | 终桩号 | 坡度 |
|--------|----|-------|-------|----|
| [0060] | 1 | 0+000 | 0+100 | 3% |
| | 2 | 0+100 | 0+200 | 4% |
| | 3 | 0+200 | 0+300 | 5% |

[0061] (2) 整条道路中心线的平面坐标, 需要包含道路中心线上各采样点的横坐标、纵坐标。横纵坐标信息可以用经度和纬度数据替代, 此时应当能够保证数据的精确度。应当注意, 各采样点的距离不能过大, 以不影响道路整体线型表达为宜, 特别是在弯道处。上述信息的示例如下表。

| | 序号 | 横坐标 (米) | 纵坐标 (米) |
|--------|----|---------|---------|
| [0062] | 1 | 0 | 0 |
| | 2 | 10 | 0 |
| | 3 | 20 | 10 |

[0063] 应当说明, 上述两项信息的起点应当一致。基于上述信息, 通过以下方法实现道路的三维建模, 得到道路上的一系列坐标点:

[0064] $(x_k, y_k, z_k), k=0, 1, 2, \dots$ (1)

[0065] 为了方便, 将道路的起点坐标定义为:

[0066] $x_0=0, y_0=0, z_0=0$ (2)

[0067] 由于道路的平面坐标已经掌握, 对应的z坐标可以通过以下方式确定:

[0068] 表1: 算法1

[0069]

 步骤 1: 定义初始值

 坡道序号 $i=1$, 坐标序号 $k=0$

 起点坐标 $(x_k, y_k, z_k) = (0, 0, 0)$, 累计的坡道长度 $L_i = 0$

 第 i 个坡道的长度记为 S_i , 坡度记为 β_i

 步骤 2: 初步计算下一个平面坐标点所对应的空间 z_k^{temp} 坐标

 $k \leftarrow k + 1$

$$d_i = \sqrt{(x_k - x_{k-1})^2 + (y_k - y_{k-1})^2}$$

$$z_k^{temp} = z_{k-1} + \beta_i * d_i$$

$$L_i \leftarrow L_i + d_i$$

 步骤 3: 判断步骤 2 中得到的 z_k 是否合理

 如果 $L_i \leq S_i$

$$z_k = z_k^{temp}$$

执行步骤 2

否则

$$d_{interp} = S_i - L_{i-1}$$

$$x_{interp} = x_{k-1} + \frac{d_{interp}}{d_i} * (x_k - x_{k-1})$$

$$y_{interp} = y_{k-1} + \frac{d_{interp}}{d_i} * (y_k - y_{k-1})$$

$$z_{interp} = z_{k-1} + \beta_i * d_{interp}$$

$$(x_k, y_k, z_k) = (x_{interp}, y_{interp}, z_{interp})$$

$$i \leftarrow i + 1$$

$$L_i = 0$$

 执行步骤 2

步骤 4: 停止准则

如果所有平面坐标点对应的空间三维坐标均计算完毕

停止本算法

否则

 返回步骤 2

[0070]

[0071] 上述算法1给出了对所研究道路进行三位建模的方法。上述算法的核心是结合坡度信息对平面坐标进行三维拉伸,并在必要的时候进行插值处理。为了简便,算法1中采用了线性插值,实际操作时可以根据具体情况选取其他插值方式。图2为算法1的示意图。

[0072] 上述步骤S1将道路的坡度信息和弯道信息进行整合,在步骤S2中,将进行车辆形式模型搭建,参见图3。在图3中, α 为弯道处设置的超高, β 为坡道的坡度, x' 表示车辆的前进

方向。在进行分析时,将车辆的受力和运动在垂直于前进方向和平行于前进方向两个方向进行分解,分别考虑其侧滑问题和制动问题。在垂直于车辆运动方向上,可以对车辆进行受力分析如图4所示。在图4中, G 表示车辆所受的重力; F_N 表示路面提供的支承力; F_f 表示路面侧向摩擦力,由于车辆在经过弯道时,有脱离道路向弯道外侧滑动的趋势,因此 F_f 的方向指向弯道内侧。

[0073] F_w 表示风力,在实际中,风力的方向存在许多可能,其中,最不利的情况是,风的作用力指向弯道外侧,即大风具有使得车辆脱离弯道的作用。为了考虑最不利的情况,假设风力的方向为沿着弯道指向弯道外侧,并且在车辆运动的过程中时刻与车辆前进方向垂直。需要指出,实际上,当风向不变时,随着车辆在外道上前进,风力的方向与前进方向的夹角也在随之变化,上述建模方式代表了最不利的情况,能够保证所得结果的鲁棒性。

[0074] 风力的计算方法为:

$$[0075] \quad \rho = 1.293 * \frac{P}{P_s} * \frac{273.15}{T_k} \quad (3)$$

$$[0076] \quad p_w = \frac{1}{2} \rho w^2 \quad (4)$$

$$[0077] \quad F_w = A_s p_w = h l p_w \quad (5)$$

[0078] 在式(3) - (5)中, ρ 表示空气密度; P 表示当地气压; $P_s = 101.33\text{kPa}$ 为标准大气压力; T_k 表示当地的绝对温度(开尔文温度); p_w 表示风的动压, w 表示风速; A_s 表示车辆的侧向迎风面积,此处用车辆长度 l 和高度 h 的乘积表示。若无法测得当地大气压力,可以通过海拔与大气压力的关系进行换算。

[0079] 基于以上分析,在坡道和弯道同时存在的条件下:

$$[0080] \quad F_N = G \cos \alpha \cos \beta = mg \cos \alpha \cos \beta \quad (6)$$

$$[0081] \quad F_f = f F_N = f mg \cos \alpha \cos \beta \quad (7)$$

[0082] 其中, m 为车辆的质量(含载重), g 为当地的重力加速度, f 为横向力系数。路面状况不同时, f 的数值也不同。潮湿和冰雪路面的摩擦力系数均低于干燥路面。

[0083] 在水平方向上,车辆所受各个力的合力提供车辆沿弯道做圆周运动的向心力,当车辆处于不发生侧滑的临界状态时:

$$[0084] \quad F_N \sin \alpha + F_f \cos \alpha = F_w \cos \alpha + m \frac{v^2}{R} \quad (8)$$

[0085] 其中, R 表示当前弯道的半径, v 表示车辆的临界速度。

[0086] 由(8)结合式(3) - (5)可以得到:

$$[0087] \quad v = \left(\frac{R \cos \alpha}{m} (mg \cos \beta (\sin \alpha + f \cos \alpha) - F_w) \right)^{1/2} = \left(\frac{R \cos \alpha}{m} \left(mg \cos \beta (\sin \alpha + f \cos \alpha) - \frac{1}{2} h l \rho w^2 \right) \right)^{1/2} \\ = \left(R g \cos \alpha \cos \beta (\sin \alpha + f \cos \alpha) - \frac{1}{2} \frac{R h l \rho w^2 \cos \alpha}{m} \right)^{1/2} \quad (9)$$

[0088] 根据式(9),可以在特定的路面情况、特定的风力大小、车辆尺寸情况下,计算得到在一条道路上的各个路端,使得车辆不发生侧滑的临界车速。根据式(9),道路的弯道半径越大,道路的坡度越小,路面的横向力系数越大,车辆的尺寸(迎风面积)越小,风速越小,车辆的质量越大,则临界速度 v 越大,此时车辆在道路上行驶的安全性更高。

[0089] 当考虑车辆的制动时,在平行于车辆前进方向上,车辆的受力情况如图5所示。其中, F_φ 表示路面提供的纵向摩擦力,其大小等于地面支承力 F_N 与路面附着系数 φ 的乘积:

$$[0090] \quad F_{\varphi} = \varphi F_N = \varphi mg \cos \alpha \cos \beta \quad (10)$$

[0091] 制动时,能够使车辆起到减速作用的地面制动力 F_b 及制动减速度 a_b 可以表示为:

$$[0092] \quad F_b = F_{\varphi} + mgi = \varphi mg \cos \alpha \cos \beta + mgi = mg(\varphi \cos \alpha \cos \beta + i) \quad (11)$$

$$[0093] \quad a_b = \frac{F_b}{m} = g(\varphi \cos \alpha \cos \beta + i) \quad (12)$$

[0094] 在式(11) - (12)中,当车辆沿上坡方向行驶时,道路的坡度 i 取正值;反之,取负值。可以看到,车辆的制动减速度 a_b 取决于路面情况、道路的坡度和超高。当路面变的光滑、附着系数下降时,车辆刹车更加困难;同时,下坡坡度也会影响车辆的制动。

[0095] 通过前面具体的说明,本发明提供了一种车辆行驶模型算法,

$$[0096] \quad v = \left(Rg \cos \alpha \cos \beta (\sin \alpha + f \cos \alpha) - \frac{1}{2} \frac{Rh \rho w^2 \cos \alpha}{m} \right)^{1/2} \quad \text{一种车辆制动模型算法,}$$

[0097] $a_b = g(\varphi \cos \alpha \cos \beta + i)$, 在基于上述模型和算法的基础上,进行安全车速、车辆安全重量和尺寸的分析。即,基于所述车辆行驶模型,根据道路信息、车型信息、天气情况确定侧滑临界速度,并基于所述侧滑临界速度对车辆的实际行驶速度进行提示或者控制;和/或基于所述车辆行驶模型,根据已知行驶速度、道路信息、天气情况、车型信息确定车辆的安全重量;和/或基于所述车辆行驶模型,根据已知行驶速度、道路信息、天气情况、已知车辆重量确定车辆的安全尺寸;和/或基于车辆制动模型,根据车辆行驶速度、驾驶员反应时间确定安全车头时距。

[0098] 具体来说,在下面各方面进行车辆安全驾驶数据提供:

[0099] 1) 安全车速:在已知道路和车型信息、路面和天气条件时,车辆在道路某处的侧滑临界车速可以根据式(9)得出,应保证车辆的实际行驶速度不大于式(9)得到的临界速度。

[0100] 2) 安全重量:当给定道路、路面和天气条件,以及车辆的行驶速度(道路限速)和尺寸时,要使得车辆不发生侧滑,车辆的重量应当满足如下条件:

$$[0101] \quad m \geq \frac{1}{2} \frac{h \rho w^2}{g \cos \alpha \cos \beta (\sin \alpha + f \cos \alpha) - v^2 / R} \quad (13)$$

[0102] 3) 安全尺寸。

[0103] 当给定道路、路面和天气条件,以及车辆的行驶速度(道路限速)和质量时,要使得车辆不发生侧滑,车辆的尺寸(主要是侧面迎风面积)应当满足如下条件:

$$[0104] \quad hl \leq 2 \frac{m(g \cos \alpha \cos \beta (\sin \alpha + f \cos \alpha) - v^2 / R)}{\rho w^2} \quad (14)$$

[0105] 4) 安全车头时距确定

[0106] 车辆在道路上行驶时的车头时距是影响交通安全的重要因素,保持安全车距有利于避免事故的发生。上述内容对车辆的制动过程进行了分析,基于此可以计算车辆的安全车头时距 t 。车辆在制动过程中行驶的距离由两个阶段构成,驾驶员反应时间内的匀速行驶和制动过程中的变速行驶,如图6所示。同时注意到,车辆并不是一个质点,因此在考虑安全车头时距时需要把车长也包括在内,即式(15)。

$$[0107] \quad t = \frac{s_{react} + s_{brake} + l}{v} \quad (15)$$

[0108] 其中, s_{react} 表示在驾驶员反应时间内车辆行驶的距离, s_{brake} 表示车辆在制动过程

中行驶的距离, l 表示车长, v' 表示车辆的行驶速度。用 t_{react} 表示驾驶人的反应时间, s_{react} 和 s_{brake} 满足:

$$[0109] \quad s_{\text{react}} = v' t_{\text{react}} \quad (16)$$

$$[0110] \quad s_{\text{brake}} = \frac{v'^2}{2a_b} \quad (17)$$

[0111] 结合上述内容对于车辆制动减速度的分析,可以得到安全车头时距为:

$$[0112] \quad t = t_{\text{react}} + \frac{v'^2}{2a_b} + \frac{l}{v'} \quad (18)$$

[0113] 将上述可提供的数据用于道路分析及管控,即可基于道路情况,提供如下管控:

[0114] 整条道路的风险分析主要包含以下几项内容:

[0115] 1) 侧滑临界车速。

[0116] 对于某一条交通道路,在特定的车型、路面和天气状况下,可以按照式(9)计算出道路全线的临界车速,以分析弯道和坡度对车辆安全行驶的耦合作用。在道路的不同位置,坡度、超高以及弯道的半径不同,得到的临界车速的数值也不同,在那些临界车速较小的地方,就需要设置局部限速标志标识,严格禁止超速,以免发生危险。

[0117] 2) 车辆制动难度。

[0118] 根据式(12),车辆制动时可以达到的减速度受到道路情况、路面状况的共同影响,雨雪天气路面湿滑,使得制动难度增大,坡度过大的路段同样会给车辆制动带来困难。不同路面情况下,在道路的不同位置,坡度、超高以及弯道的半径不同,车辆能达到的制动减速度不尽相同。当附着系数较低的路面(冰雪路面)和较大的坡度同时存在时,车辆甚至有可能无法制动。式(12)提供了判断车辆制动难度的方法,从而在不同天气和道路情况下,判断在何处设置安全提示,甚至根据计算结果进行封路管理。

[0119] 3) 安全车头时距。

[0120] 式(18)提供了在考虑天气状况和道路条件(弯道、坡度)的耦合作用时,车辆行驶安全车头时距的计算方法。基于计算结果,可以确定道路全程的安全车头时距,从而在必要的地方设置标志标识,提醒驾驶员保持安全车距,减少事故发生的风险。

[0121] 本发明提供的一种基于道路和天气情况的临界行驶条件分析方法,还包括:

[0122] 基于汽车的车辆动力性能参数、车辆的驱动力 F_t 与行驶阻力 F_r 平衡

$$[0123] \quad F_t = \frac{1}{r} \left[M_m - \frac{M_m - M_p}{(n_p - n_m)^2} \left(n_m - \frac{\gamma}{0.377r} v \right) \gamma \eta \right]$$

$$[0124] \quad F_r = \frac{kAv^2}{21.15} + mgf_r$$

[0125] 确定汽车最高行驶速度,其中 M_m 、 M_p 分别为发动机最大扭矩和最大功率时的扭矩, n_m 、 n_p 分别为发动机最大扭矩时的转速和发动机最大功率时的转速, η 为汽车的机械效率, γ 为总变速比, r 为车轮半径, f_r 为地面上滚动摩擦系数, k 为空气阻力系数, A 为汽车的轴向迎风面积;

[0126] 采集道路坡度信息 i , 结合所述道路坡度信息、车辆动力性能参数、车辆的驱动力与行驶阻力平衡

$$[0127] \quad F_t = \frac{1}{r} \left[M_m - \frac{M_m - M_p}{(n_p - n_m)^2} \left(n_m - \frac{\gamma}{0.377r} v \right) \gamma \eta \right]$$

$$[0128] \quad F_r = \frac{kAv^2}{21.15} + mgf_r \pm mgi$$

[0129] 确定汽车临界坡道行驶速度；

[0130] 获取道路弯道信息，基于算法 $v = \min\left(\sqrt{\frac{\phi + i_y}{1 - \phi i_y}} gR, \sqrt{\frac{B + 2h_c i_y}{2h_c - Bi_y}} gR\right)$ ，确定车辆弯道行驶临

界速度，其中 ϕ 为路面的附着系数， i_y 为路面超高， $i_y = \tan\alpha$ ， R 为弯道半径， B 为车辆的轮距， h_c 为车辆重心高度， g 为重力系数。

[0131] 可选的，所述地面上滚动摩阻系数 f_r ，空气阻力系数 k 由路侧设备采集或者由实验获取得到。

[0132] 作为一种具体实施方式，本发明提供的所述方法可基于Carsim仿真软件实现。Carsim是一种车辆动力学仿真软件，能够模拟车辆对驾驶员输入、路面输入及空气动力学输入的响应，能够对车辆的操纵稳定性、制动性、动力性等特征进行分析。Carsim可以对车辆的车身、轮胎、悬架、转向系统、制动系统和动力传动系统进行细致的建模。考虑复杂道路条件和恶劣天气时，可以通过Carsim仿真对车辆行驶的安全性进行分析，具体步骤包括前面所述的道路三维建模、道路风险分析及管控，由于通过仿真软件实现，还需要进行实验场景搭建。给定所需的道路信息后，对于某种特定的车型，可以通过输入参数设置相应的车辆模型，风力的影响通过侧向力体现，路面的影响通过路面附着系数体现。通过设置不同的行车速度，可以仿真车辆在不同路面和风级情况下的行驶状态。此处选取滑移角和滑移率两项指标可以判断车辆在行驶过程中是否发生侧滑。对于某个路段和某种车型，可以通过设置不同的路面附着系数和不同风速并进行多次仿真，观察滑移角和滑移率的变化情况，判断该类车辆在该段道路上不发生侧滑的临界行驶速度。如前面所述，不侧滑的临界速度由路面条件、风级和车辆参数共同决定，若设置一个行驶速度，需要考虑该速度下能够安全行驶的天气条件和车型时，则需要多次改变道路和侧向力设置并进行仿真，给定天气条件同理。通过该实施方式得到结果可能更加精确，但在考虑多种因素的耦合作用时，往往需要进行大量的仿真实验。

[0133] 作为第二种具体实施方式，本发明还提供一种车辆安全行驶提示系统，该系统包括信息获取模块、计算模块，信息获取模块用于获取道路固有信息、道路实时信息、天气信息，所述道路固有信息包括弯道的半径、弯道高度角和/或道路坡度角，所述道路实时信息包括路面的地面上滚动摩阻系数和/或路面附着系数，所述天气信息包括风速、空气阻力系数和/或空气密度信息，所述计算模块前面所述的临界行驶条件分析方法步骤。所述信息获取模块为路侧设备，所述计算模块可为车载设备，所述路侧设备、计算模块之间通过短距离通信协议通信。

[0134] 基于路侧设备采集数据进行车辆安全行驶分析，从车路协同的角度，该系统主要由车载单元、路侧设备和专用的短程无线通信协议组成，用于路侧设备和车载设备的实时信息交换。

[0135] 给定路段 L ，该路段可能有坡度、弯道等。选择该路段面临恶劣天气的一段时间 t 。

[0136] 1. 数据收集

[0137] (1) 路侧设备收集车辆速度数据。

[0138] 收集车辆该路段行驶过程中各时刻的历史定位，并得到 t 内每一小段时间的平均

行驶速度。当采集数据的相邻时刻足够近的情况下,平均行驶速度近似于瞬时行驶速度。用一个表格储存所有车辆的时刻、位置和速度信息。

[0139] 其中历史定位可以由GPS定位、多传感器组合定位得到轨迹数据等方法得到。

[0140] (2) 收集车辆尺寸数据

[0141] 通过路侧的视频设备等方式收集每个时刻经过路段车辆的尺寸信息。并通过位置和时间相同,定位相同的车辆,与(1)的数据进行合并。

[0142] (3) 收集天气和路面情况。

[0143] 通过查阅国家气象信息中心的气象资料等方式,收集该路段包括气温、雨雪、能见度、风力等级等天气信息。通过气温和雨雪推算得到路面情况,包括干燥、潮湿和结冰三种类型。根据时刻相同,与(1)和(2)的数据进行合并。

[0144] 2. 数据处理

[0145] 检查数据一致性,处理无效值和缺失值等。去掉明显不合理的数据值。

[0146] 3. 数据分析

[0147] 分析行驶速度与车辆位置、车辆尺寸和天气情况的关系。可以尝试多项式拟合,或者采用随机森林的机器学习方法进行预测,并能够得到影响行驶速度的最重要因素。

[0148] 4. 说明

[0149] 此方法得到相应恶劣条件下的预测行驶速度,综合路面特征、车辆特征和天气情况等多种因素的行驶速度预测。虽然可以在预测速度的基础上略微提高速度进行安全行驶,但是预测结果表征了大多数驾驶员在该情况下会采取的行驶速度,对于安全行车具有较强的指导意义。

[0150] 以上对本发明提出的具体实施方式进行了详细说明,下面,通过一个具体的实例来说明本发明所提方法的技术效果。图7示出了所分析道路的平面线形,依据上述第一项的三维建模方法,得到道路的三维信息如图8所示。需要说明,图7、8中的坐标只代表相对位置,不表示道路的绝对位置。该道路是一条山区道路,全长约7.2公里,山上山下海拔相差约520米,道路全线圆曲线70多处,坡道和弯道的耦合作用明显,能够较好地体现本发明所提方法的效果。

[0151] 下面分析在不同路面情况下,该道路不同路段上的车辆制动难度,通过计算车辆制动时所能达到的最大减速度实现。在计算式,考虑干燥沥青路面、潮湿沥青路面、覆雪路面、结冰路面三种情况,相应的路面附着系数分别取 $\varphi = 0.85, 0.6, 0.2, 0.1$ 。相对于直路而言,弯道的存在会对制动产生不利影响,表2给出了三种路面情况下的部分弯道处的最大制动减速度。

[0152] 表2:不同天气情况下部分弯道处的最大制动减速度(单位: m/s^2)

| 道路信息 | | | 干燥沥青路面 | | 湿沥青路面 | | 覆雪路面 | | 结冰路面 | | |
|--------|-----------|-------|--------|------|-------|------|------|------|------|-------|------|
| 序号 | 半径 (米) | 坡度 | 上坡 | 下坡 | 上坡 | 下坡 | 上坡 | 下坡 | 上坡 | 下坡 | |
| 1 | 150 | 0.08 | 9.06 | 7.49 | 6.62 | 5.06 | 2.73 | 1.16 | 1.76 | 0.19 | |
| 2 | 150 | 0.08 | 9.06 | 7.49 | 6.62 | 5.06 | 2.73 | 1.16 | 1.76 | 0.19 | |
| 3 | 50 | 0.04 | 8.71 | 7.92 | 6.26 | 5.48 | 2.35 | 1.56 | 1.37 | 0.59 | |
| 4 | 60 | 0.12 | 9.38 | 7.03 | 6.97 | 4.62 | 3.11 | 0.76 | 2.14 | -0.21 | |
| 5 | 70 | 0.12 | 9.38 | 7.03 | 6.97 | 4.62 | 3.11 | 0.76 | 2.14 | -0.21 | |
| 6 | 25 | 0.03 | 8.61 | 8.03 | 6.17 | 5.58 | 2.25 | 1.66 | 1.27 | 0.68 | |
| 7 | 220 | 0.072 | 8.99 | 7.58 | 6.55 | 5.14 | 2.65 | 1.24 | 1.68 | 0.27 | |
| 8 | 20 | 0.072 | 8.99 | 7.58 | 6.55 | 5.14 | 2.65 | 1.24 | 1.68 | 0.27 | |
| [0153] | 9 | 70 | 0.04 | 8.71 | 7.92 | 6.26 | 5.48 | 2.35 | 1.56 | 1.37 | 0.59 |
| 10 | 90 | 0.04 | 8.71 | 7.92 | 6.26 | 5.48 | 2.35 | 1.56 | 1.37 | 0.59 | |
| 11 | 55 | 0.08 | 9.06 | 7.49 | 6.62 | 5.06 | 2.73 | 1.16 | 1.76 | 0.19 | |
| 12 | 160 | 0.08 | 9.06 | 7.49 | 6.62 | 5.06 | 2.73 | 1.16 | 1.76 | 0.19 | |
| 13 | 180 | 0.036 | 8.67 | 7.96 | 6.22 | 5.52 | 2.31 | 1.60 | 1.33 | 0.63 | |
| 14 | 210 | 0.105 | 9.26 | 7.21 | 6.84 | 4.78 | 2.97 | 0.91 | 2.00 | -0.06 | |
| 15 | 15 | 0.105 | 9.26 | 7.21 | 6.84 | 4.78 | 2.97 | 0.91 | 2.00 | -0.06 | |
| 16 | 150 | 0.04 | 8.71 | 7.92 | 6.26 | 5.48 | 2.35 | 1.56 | 1.37 | 0.59 | |
| 17 | 15 | 0.04 | 8.71 | 7.92 | 6.26 | 5.48 | 2.35 | 1.56 | 1.37 | 0.59 | |
| 18 | 50 | 0.06 | 8.88 | 7.71 | 6.44 | 5.27 | 2.54 | 1.36 | 1.56 | 0.39 | |
| 19 | 90 | 0.045 | 8.75 | 7.87 | 6.31 | 5.42 | 2.40 | 1.51 | 1.42 | 0.54 | |
| 20 | 65 | 0.105 | 9.26 | 7.21 | 6.84 | 4.78 | 2.97 | 0.91 | 2.00 | -0.06 | |

[0154] 可以看到,车辆的最大制动减速度随着路面附着系数的减小,呈现出逐渐变小的趋势;同时,同样的路面情况下,由于道路的坡度、弯道半径不同,最大制动减速度的值也不相同。对于干燥沥青路面,道路可以支持的最大减速度视道路上位置的不同,可以达到7-9m/s²。这是一个接近重力加速度的数值,事实上,一般来说虽然人体无法承受如此大的加/减速度,但这个数值在客观上是可以达到的。湿沥青路面上的最大制动减速度约为4-7m/s²,上坡行驶时制动更加容易,此时车辆在道路上行驶是比较安全的。然而,覆雪路面上的最大制动减速度则为0-4m/s²,下坡行驶时的最大制动减速度仅为0-2m/s²,此时制动变得困难,车辆需要经过更长的刹车距离才能停驶,增加了事故发生的风险。举例来说,在半径150米、坡度-8%的道路上,一辆以5m/s² (18km/h) 的速度行驶的车辆完全刹停需要4秒。当路面结冰时,车辆制动的难度进一步增大,沿上坡行驶的最大制动减速度仅为1-3m/s²;车辆下山时,这一数值更低,甚至出现了在某些位置最大制动减速度为负、无法制动的情况,这是由于低路面附着系数和大坡度造成的。综合以上分析,对示例道路来说,正常天气和下雨天气车辆均可正常行驶;路面有雪时,建议禁行下山方向,同时对上山车辆提示注意速度、保持车距;道路全线结冰时应当禁止车辆行驶,部分路段结冰时可以针对结冰路段做针对性分析,确定是否需要双向禁行,或禁行下山方向,或在必要的位置设置警告标识。当路面条件不佳但车辆必须行驶时,需要采取一定的防滑措施。

[0155] 下面分析车辆在道路上行驶的侧滑临界速度。根据AASHTO (1984) 给出的设计速度V与横向力系数μ之间的回归公式(19),可以得到不同设计速度对应的横向力系数。

$$[0156] \quad f = 0.25 - 0.204 * 10^{-2} * V + 0.63 * 10^{-5} * V^2 \quad (19)$$

[0157] 示例道路设计速度为15km/h,可以得到对应的横向力系数为0.22。需要说明的是,根据AASHTO (1984),该值不仅在正常路面条件下是安全的,在雨雪天气等路面附着系数降低时仍然有效。需要注意,根据式(3)-(5),环境温度可以通过影响空气密度影响车辆所受风力的大小。为了考虑环境温度的影响,考虑了环境温度分别为0摄氏度、-20摄氏度两种情

况。此外,考虑了0-24m/s的风速,以对应现实情况中的0-9级风力。其他参数的取值参见表3。

[0158] 表3:示例中的其他参数取值

| 符号 | 含义 | 取值 | 单位 | |
|------------|--------------|-------|---------|---------------------|
| g | 重力加速度 | 9.8 | m/s^2 | 米/(秒 ²) |
| h | 承受风力的车辆高度 | 2.8 | m | 米 |
| [0159] l | 车辆长度 | 9 | m | 米 |
| P | 道路所在区域平均大气压力 | 89.73 | kPa | 千帕 |
| m | 车重(自重+载重) | 6500 | kg | 千克 |

[0160] 基于上述分析和取值,得到不同风速下道路不同位置的侧滑临界车速,参见图9,颜色越深表示临界速度越低,车辆侧滑的风险越大。可以看出,随着风速增加,临界速度逐渐降低,在同一风速下,道路不同位置的临界速度差别很大。这能够揭示道路上风险较大的位置,以指定针对性的管控策略。在两种环境温度下,当有九级风时(风速21-24m/s),表4给出了示例道路上侧滑风险较大的几个位置上的临界速度。可以看到,温度越低,对车辆的安全形势越不利,-20摄氏度时有9处弯道对应的临界速度均小于14km/h。0摄氏度时,这9处弯道的临界速度仍小于设计速度,如果车辆按照设计速度行驶,将产生侧滑危险。其余情况下,车辆均能够按照设计速度在道路上安全行驶。

[0161] 表4:九级风速时两种温度下示例道路部分位置的侧滑临界速度

| 弯道半径(米) | 坡度 | 临界速度(千米/时) | | | |
|-----------|-------|------------|--------------|----------|--------------|
| | | -20 摄氏度 | | 0 摄氏度 | |
| | | 风速 22m/s | 风速 24m/s | 风速 22m/s | 风速 24m/s |
| 15 | 0.03 | 15.27 | 13.79 | 15.80 | 14.49 |
| 15 | 0.038 | 15.26 | 13.79 | 15.79 | 14.48 |
| 15 | 0.04 | 15.26 | 13.79 | 15.79 | 14.48 |
| 15 | 0.074 | 15.23 | 13.76 | 15.77 | 14.45 |
| 15 | 0.08 | 15.23 | 13.75 | 15.76 | 14.45 |
| [0162] 15 | 0.09 | 15.21 | 13.73 | 15.75 | 14.43 |
| 15 | 0.1 | 15.20 | 13.72 | 15.73 | 14.42 |
| 15 | 0.103 | 15.20 | 13.71 | 15.73 | 14.41 |
| 15 | 0.105 | 15.19 | 13.71 | 15.73 | 14.41 |
| 20 | 0.072 | 17.59 | 15.89 | 18.21 | 16.69 |
| 20 | 0.1 | 17.55 | 15.84 | 18.17 | 16.65 |
| 25 | 0.03 | 19.71 | 17.81 | 20.40 | 18.70 |
| 30 | 0.1 | 21.50 | 19.40 | 22.25 | 20.39 |
| 30 | 0.103 | 21.49 | 19.39 | 22.24 | 20.38 |

[0163] 下面分析车辆在示例道路上行驶的安全车头时距。取驾驶员反应时间 $t_{react} = 2.5s$, v' 按照设计速度取15km/h,计算得到的安全车头时距参见图10。需要说明,上述关于车辆制动的分析提到,在干燥沥青路面和湿沥青路面上,车辆能够达到的最大制动减速度的数值较大,实际上人体无法承受太大的减速度。因此,在计算安全车头时距时,对于这两种路面情况,依据相关资料取制动减速度 a_0 为 $4.5m/s^2$ 。此时得到的两种路面情况下的上下坡安全车头时距均相同,在图9中用湿沥青路面(下坡)来代表。当路面结冰时,下坡车辆在示例道路的部分位置无法制动,因此不考虑这种情况下的安全车头时距。从图9可以看到,大部分情况下,示例道路的安全车头时距在5-7秒之间,路面结冰时,道路上部分位置需要留出7秒以上的车头时距(上坡)。这一计算结果能够为示例道路上的车头时距管理提供依

据。

[0164] 本申请提供的技术方案,至少具有如下技术效果或优点:

[0165] 在一些复杂道路路段或者危险道路路段,提出了切实可行的安全行驶指导,使得人们不再仅仅依靠经验行驶,有利于避免交通事故的发生、保障安全。

[0166] 在此处所提供的说明书中,说明了大量具体细节。然而,能够理解,本发明的实施例可以在没有这些具体细节的情况下实践。在一些实例中,并未详细示出公知的方法、结构和技术,以便不模糊对本说明书的理解。

[0167] 类似地,应当理解,为了精简本发明并帮助理解各个发明方面中的一个或多个,在上面对本发明的示例性实施例的描述中,本发明的各个特征有时被一起分组到单个实施例、图、或者对其的描述中。然而,并不应将该公开的方法解释成反映如下意图:即所要求保护的本发明要求比在每个权利要求中所明确记载的特征更多的特征。更确切地说,如下面的权利要求书所反映的那样,发明方面在于少于前面公开的单个实施例的所有特征。因此,遵循具体实施方式的权利要求书由此明确地并入该具体实施方式,其中每个权利要求本身都作为本发明的单独实施例。

[0168] 应该注意的是上述实施例对本发明进行说明而不是对本发明进行限制,并且本领域技术人员在不脱离所附权利要求的范围的情况下可设计出替换实施例。在权利要求中,不应将位于括号之间的任何参考符号构造成对权利要求的限制。

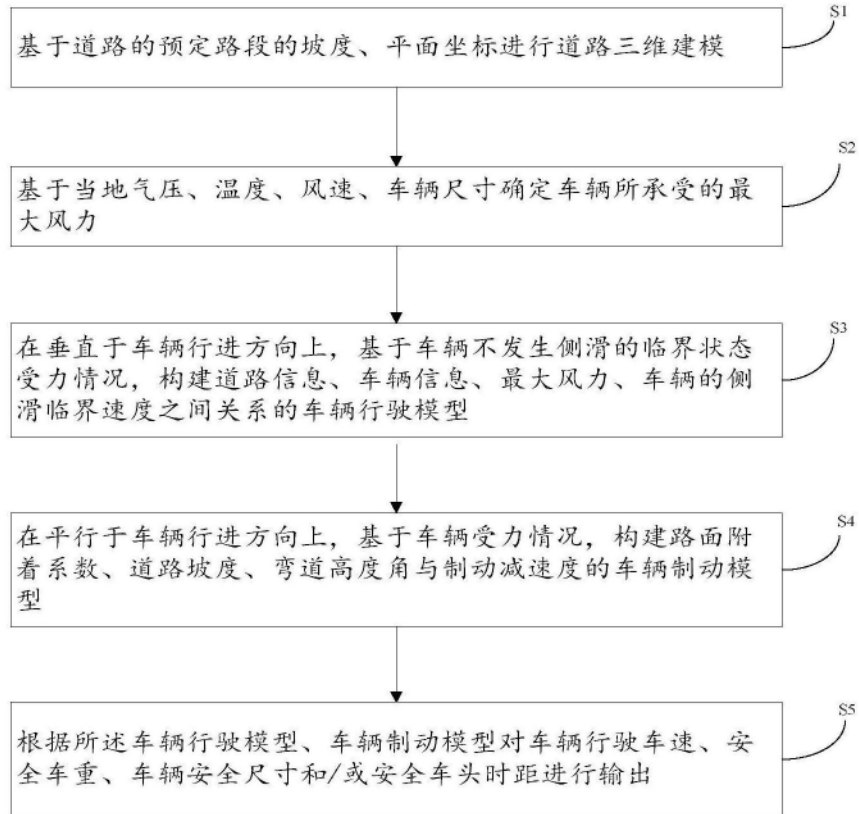


图1

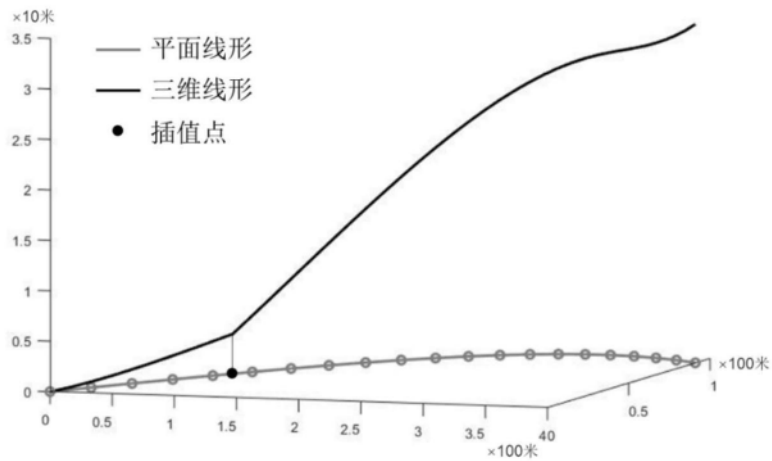


图2

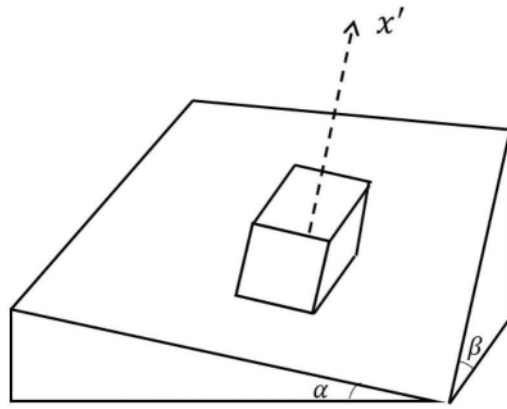


图3

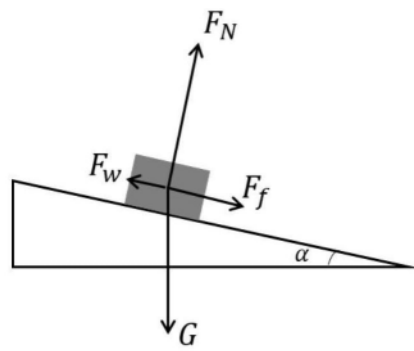


图4

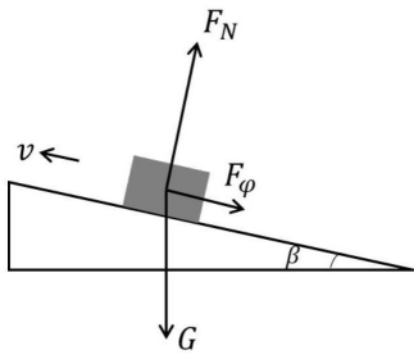


图5

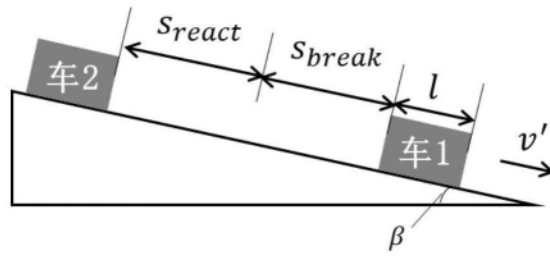


图6

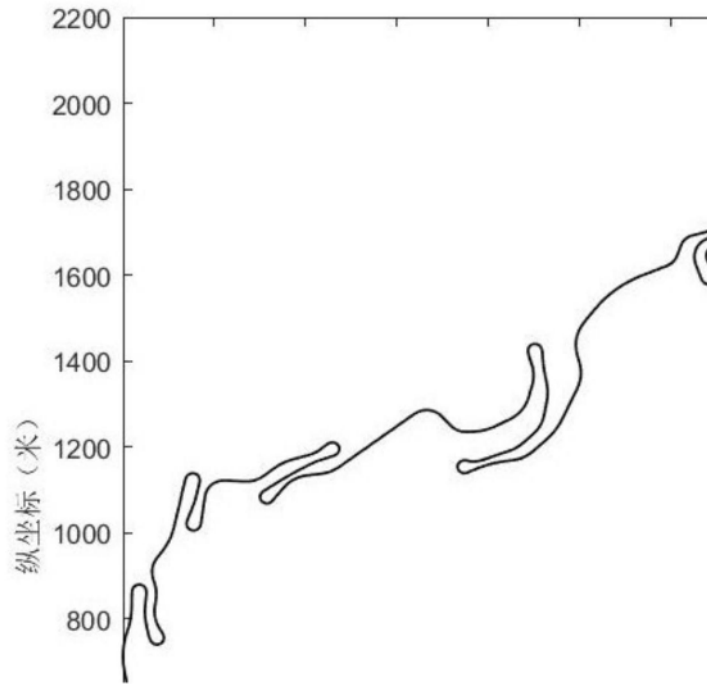


图7

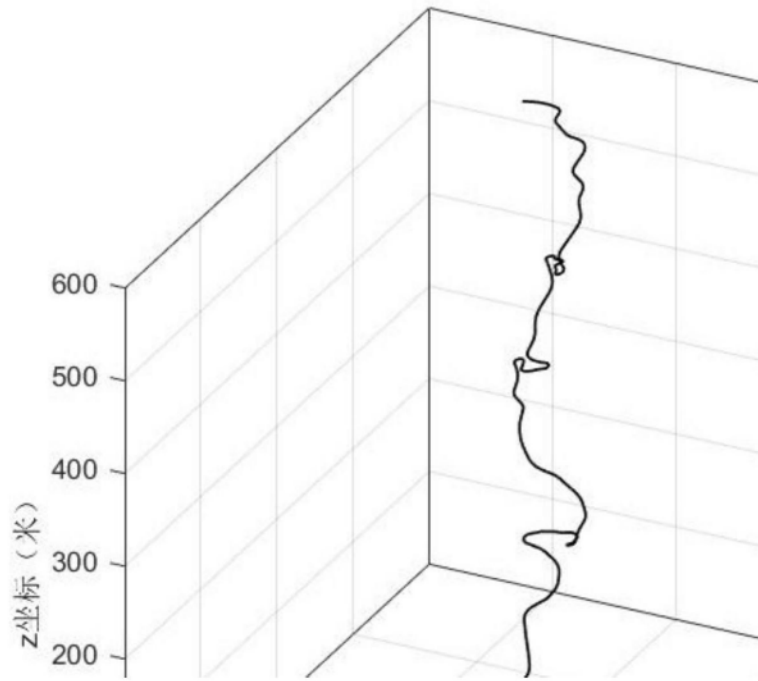


图8

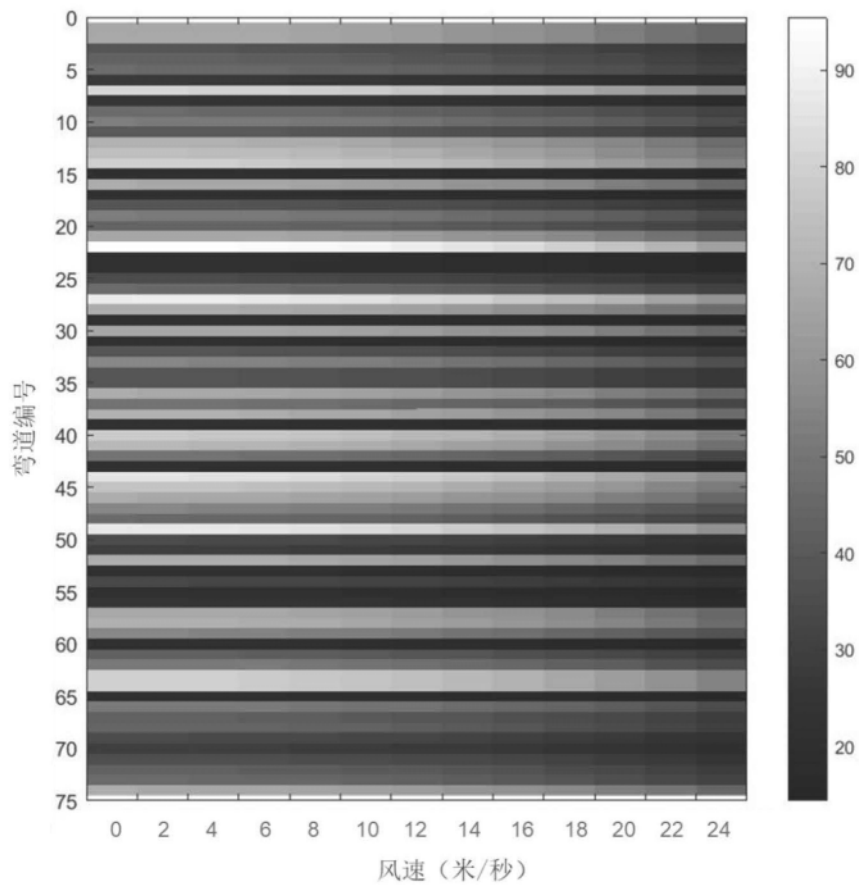


图9

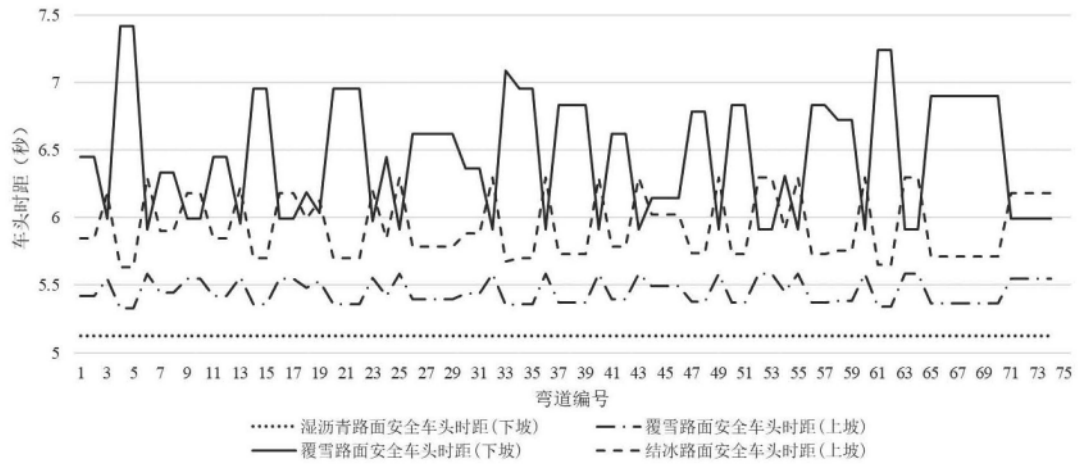


图10