



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112298132 A

(43) 申请公布日 2021.02.02

(21) 申请号 202011086241.4

(22) 申请日 2020.10.12

(71) 申请人 清华大学苏州汽车研究院(相城)
地址 215134 江苏省苏州市相城区渭塘镇
爱格豪路19号中汽零大厦

(72) 发明人 俄文娟 丁延超 郑四发 许述财
王枫

(74) 专利代理机构 苏州创元专利商标事务所有
限公司 32103
代理人 孙仿卫

(51) Int.Cl.
B60T 7/22 (2006.01)

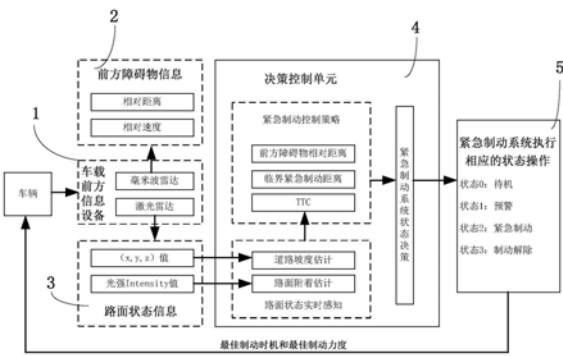
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种车辆自主紧急制动控制系统和控制方法

(57) 摘要

本发明涉及一种车辆自主紧急制动控制系统和控制方法。车辆自主紧急制动控制系统包括车载感知设备、前方障碍物信息处理单元、路面状态信息处理单元、决策控制单元和制动执行单元。车载感知设备采集第一类参数和第二类参数;前方障碍物信息处理单元基于第一类参数获得障碍物信息;路面状态信息处理单元基于第二类参数获得路面状态信息;决策控制单元根据障碍物信息、路面状态信息和车辆的制动踏板信息做出制动决策;制动执行单元根据制动决策进行预警或控制车辆的制动系统执行制动动作。车辆自主紧急制动控制方法由该车辆自主紧急制动控制系统执行。本发明综合考虑路面状态信息和障碍物信息实现车辆制动的控制,可有效地避免车辆与障碍物发生碰撞。



CN 112298132 A

1. 一种车辆自主紧急制动控制系统, 设置于车辆上并用于控制所在车辆实现自主紧急制动, 其特征在于: 所述车辆自主紧急制动控制系统包括:

车载感知设备, 所述车载感知设备用于采集能够反映所述车辆前方的障碍物信息的第一类参数和能够反映所述车辆行驶所在道路的路面状态信息的第二类参数;

前方障碍物信息处理单元, 所述前方障碍物信息处理单元与所述车辆感知设备相连接, 用于基于所述第一类参数获得所述障碍物信息;

路面状态信息处理单元, 所述路面状态信息处理单元与所述车辆感知设备相连接, 用于基于所述第二类参数获得所述路面状态信息;

决策控制单元, 所述决策控制单元分别与所述前方障碍物信息处理单元、所述路面状态信息处理单元、所述车辆的制动踏板相连接, 用于根据所述障碍物信息、所述路面状态信息和所述车辆的制动踏板信息做出制动决策;

制动执行单元, 所述制动执行单元分别与所述决策控制单元、所述车辆的制动系统相连接, 用于根据所述制动决策进行预警或控制所述车辆的制动系统执行相应的制动动作。

2. 根据权利要求1所述的一种车辆自主紧急制动控制系统, 其特征在于: 所述车载感知设备包括用于采集所述第一类参数的第一雷达、用于采集所述第二类参数的第二雷达。

3. 根据权利要求2所述的一种车辆自主紧急制动控制系统, 其特征在于: 所述第一雷达为毫米波雷达, 所述毫米波雷达用于采集作为所述第一参数的所述车辆与其前方的障碍物之间的相对距离和相对速度; 所述第二雷达为激光雷达, 所述激光雷达用于采集作为第二参数的所述车辆前方的路面反射强度和点云数据。

4. 一种车辆自主紧急制动控制方法, 用于控制车辆实现自主紧急制动, 其特征在于: 所述车辆自主紧急制动控制方法包括以下步骤:

步骤1: 采集能够反映所述车辆前方的障碍物信息的第一类参数和能够反映所述车辆行驶所在道路的路面状态信息的第二类参数;

步骤2: 对所述第一类参数和所述第二类参数进行处理, 基于所述第一类参数获得所述障碍物信息, 基于所述第二类参数获得所述路面状态信息;

步骤3: 根据所述障碍物信息、所述路面状态信息和所述车辆的制动踏板信息做出制动决策;

步骤4: 根据所述制动决策进行制动预警或控制所述车辆的制动系统执行相应的制动动作。

5. 根据权利要求4所述的一种车辆自主紧急制动控制方法, 其特征在于: 所述步骤1中, 采集所述车辆与其前方的障碍物之间的相对距离和相对速度作为所述第一类参数, 采集所述车辆前方的路面反射强度和点云数据作为所述第二类参数。

6. 根据权利要求5所述的一种车辆自主紧急制动控制方法, 其特征在于: 所述步骤2中, 将所述车辆与其前方的障碍物之间的相对距离和相对速度作为所述障碍物信息, 基于所述车辆前方的路面反射强度和点云数据预估所述车辆前方的路面附着系数和道路坡度, 并将所述车辆前方的路面附着系数和道路坡度作为所述路面状态信息。

7. 根据权利要求6所述的一种车辆自主紧急制动控制方法, 其特征在于: 基于所述车辆前方的路面反射强度和点云数据预估所述车辆前方的路面附着系数和道路坡度的方法为: 利用所述车辆前方的路面反射强度与路面附着系数经验值进行聚类、对比分析而预估当前

所述车辆前方的路面附着系数;利用所述点云数据进行坡度计算而预估当前所述车辆前方的道路坡度。

8. 根据权利要求6所述的一种车辆自主紧急制动控制方法,其特征在于:所述步骤3包括以下子步骤:

子步骤3-1:根据所述车辆与其前方的障碍物之间的相对距离和相对速度,计算若以当前所述车辆的行驶状态,所述车辆与所述障碍物的碰撞时间TTC;根据所述车辆前方的路面附着系数和道路坡度以及所述车辆与其前方的障碍物之间的相对速度,计算若所述车辆以最大减速度紧急制动,所述车辆与所述障碍物的最小碰撞时间 TTC_b ;

子步骤3-2:比较所述车辆与所述障碍物的碰撞时间TTC和所述车辆与所述障碍物的最小碰撞时间 TTC_b ;若所述车辆与所述障碍物的碰撞时间 $TTC > 所述车辆与所述障碍物的最小碰撞时间TTC_b + 预警时间阈值$,则做出不制动的制动决策;若所述车辆与所述障碍物的碰撞时间 $TTC = 所述车辆与所述障碍物的最小碰撞时间TTC_b + 预警时间阈值$,则做出进行制动预警的制动决策;若所述车辆与所述障碍物的最小碰撞时间 $TTC_b < 所述车辆与所述障碍物的碰撞时间TTC < 所述车辆与所述障碍物的最小碰撞时间TTC_b + 预警时间阈值$,检测所述车辆的制动踏板信息是否变化,若所述车辆的制动踏板信息未变化,则在所述车辆与所述障碍物的碰撞时间 $TTC = 所述车辆与所述障碍物的最小碰撞时间TTC_b$ 时,做出启动制动的制动决策。

9. 根据权利要求8所述的一种车辆自主紧急制动控制方法,其特征在于:所述预警时间阈值=1.4s。

10. 根据权利要求4至9中任一项所述的一种车辆自主紧急制动控制方法,其特征在于:所述车辆自主紧急制动控制方法应用于如权利要求1至3中任一项所述的车辆自主紧急制动控制系统中。

一种车辆自主紧急制动控制系统和控制方法

技术领域

[0001] 本发明属于智能交通系统中的车路协同与安全控制技术领域,具体涉及一种设置于车辆上并基于车路协同而控制车辆实现自主紧急制动的车辆自主紧急制动控制系统和车辆自主紧急制动控制方法。

背景技术

[0002] 近几年,随着信息技术、通信技术、云计算、大数据等先进技术的发展,车辆智能化、网联化水平越来越高,但无论是人工驾驶车辆还是自动驾驶车辆,其行驶安全性都是汽车和交通行业首要解决的问题。因此,作为车辆避撞有效手段之一的自主紧急制动(Automatic Emergency Braking,AEB)系统得到了快速发展。AEB系统搭载在车辆前方,通过雷达和摄像头等传感器感知前方障碍物,当前方出现障碍物,而驾驶者没有制动的情况下,车辆自己采取紧急制动措施,可以弥补驾驶员注意力不集中、制动过慢或制动力不足的问题,已成为关键时刻协助驾驶进行紧急制动的主动安全配备,为车辆行驶安全带来了极大保障。有报道称,安装AEB的车辆在车速小于50km/h时可减少38%的追尾意外事故。国外AEB系统技术已发展成熟,例如:美国已经制定的相关法律规定,从2022年9月开始,所有新车必须强制搭载紧急制动系统。我国针对AEB系统的研究也已经起步,虽未大范围普及,但也紧跟国外的脚步,在法律与行业发展层面助力提高AEB系统的装配率,例如2018版C-NCAP就加入了AEB等主动安全测试的规定,我国出台的《营运客车安全技术条件》(JT/T1094-2016)中也要求车长大于9米的营运客车应装备AEB系统。

[0003] 但现有的AEB系统大部分仅考虑对于路面障碍物的实时识别,而未考虑路面条件的实时识别,无法实现对不同路面附着的动态自适应,因此,仍然无法有效避免雨雪天气下的车辆追尾事故。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种综合考虑了障碍物和路面条件,从而能够给与车辆最佳制动控制的车辆自主紧急制动控制系统。

[0005] 为达到上述目的,本发明采用的技术方案是:

[0006] 一种车辆自主紧急制动控制系统,设置于车辆上并用于控制所在车辆实现自主紧急制动,所述车辆自主紧急制动控制系统包括:

[0007] 车载感知设备,所述车载感知设备用于采集能够反映所述车辆前方的障碍物信息的第一类参数和能够反映所述车辆行驶所在道路的路面状态信息的第二类参数;

[0008] 前方障碍物信息处理单元,所述前方障碍物信息处理单元与所述车辆感知设备相连接,用于基于所述第一类参数获得所述障碍物信息;

[0009] 路面状态信息处理单元,所述路面状态信息处理单元与所述车辆感知设备相连接,用于基于所述第二类参数获得所述路面状态信息;

[0010] 决策控制单元,所述决策控制单元分别与所述前方障碍物信息处理单元、所述路

面状态信息处理单元、所述车辆的制动踏板相连接,用于根据所述障碍物信息、所述路面状态信息和所述车辆的制动踏板信息做出制动决策;

[0011] 制动执行单元,所述制动执行单元分别与所述决策控制单元、所述车辆的制动系统相连接,用于根据所述制动决策进行预警或控制所述车辆的制动系统执行相应的制动动作。

[0012] 所述车载感知设备包括用于采集所述第一类参数的第一雷达、用于采集所述第二类参数的第二雷达。

[0013] 所述第一雷达为毫米波雷达,所述毫米波雷达用于采集作为所述第一参数的所述车辆与其前方的障碍物之间的相对距离和相对速度;所述第二雷达为激光雷达,所述激光雷达用于采集作为所述第二参数的所述车辆前方的路面反射强度和点云数据。

[0014] 本发明还提供一种综合考虑了障碍物和路面条件,从而能够给与车辆最佳制动控制的车辆自主紧急制动控制方法。

[0015] 一种车辆自主紧急制动控制方法,用于控制车辆实现自主紧急制动,所述车辆自主紧急制动控制方法包括以下步骤:

[0016] 步骤1:采集能够反映所述车辆前方的障碍物信息的第一类参数和能够反映所述车辆行驶所在道路的路面状态信息的第二类参数;

[0017] 步骤2:对所述第一类参数和所述第二类参数进行处理,基于所述第一类参数获得所述障碍物信息,基于所述第二类参数获得所述路面状态信息;

[0018] 步骤3:根据所述障碍物信息、所述路面状态信息和所述车辆的制动踏板信息做出制动决策;

[0019] 步骤4:根据所述制动决策进行制动预警或控制所述车辆的制动系统执行相应的制动动作。

[0020] 所述步骤1中,采集所述车辆与其前方的障碍物之间的相对距离和相对速度作为所述第一类参数,采集所述车辆前方的路面反射强度和点云数据作为所述第二类参数。

[0021] 所述步骤2中,将所述车辆与其前方的障碍物之间的相对距离和相对速度作为所述障碍物信息,基于所述车辆前方的路面反射强度和点云数据预估所述车辆前方的路面附着系数和道路坡度,并将所述车辆前方的路面附着系数和道路坡度作为所述路面状态信息。

[0022] 基于所述车辆前方的路面反射强度和点云数据预估所述车辆前方的路面附着系数和道路坡度的方法为:利用所述车辆前方的路面反射强度与路面附着系数经验值进行聚类、对比分析而预估当前所述车辆前方的路面附着系数;利用所述点云数据进行坡度计算而预估当前所述车辆前方的道路坡度。

[0023] 所述步骤3包括以下子步骤:

[0024] 子步骤3-1:根据所述车辆与其前方的障碍物之间的相对距离和相对速度,计算若以当前所述车辆的行驶状态,所述车辆与所述障碍物的碰撞时间TTC;根据所述车辆前方的路面附着系数和道路坡度以及所述车辆与其前方的障碍物之间的相对速度,计算若所述车辆以最大减速度紧急制动,所述车辆与所述障碍物的最小碰撞时间 TTC_b ;

[0025] 子步骤3-2:比较所述车辆与所述障碍物的碰撞时间TTC和所述车辆与所述障碍物的最小碰撞时间 TTC_b ;若所述车辆与所述障碍物的碰撞时间 $TTC > 所述车辆与所述障碍物的$

的最小碰撞时间 TTC_b +预警时间阈值,则做出不制动的制动决策;若所述车辆与所述障碍物的碰撞时间 $TTC = \text{所述车辆与所述障碍物的最小碰撞时间}TTC_b + \text{预警时间阈值}$,则做出进行制动预警的制动决策;若所述车辆与所述障碍物的最小碰撞时间 $TTC_b < \text{所述车辆与所述障碍物的碰撞时间}TTC < \text{所述车辆与所述障碍物的最小碰撞时间}TTC_b + \text{预警时间阈值}$,检测所述车辆的制动踏板信息是否变化,若所述车辆的制动踏板信息未变化,则在所述车辆与所述障碍物的碰撞时间 $TTC = \text{所述车辆与所述障碍物的最小碰撞时间}TTC_b$ 时,做出启动制动的制动决策。

[0026] 所述预警时间阈值=1.4s。

[0027] 所述车辆自主紧急制动控制方法应用于上述的车辆自主紧急制动控制系统中。

[0028] 由于上述技术方案运用,本发明与现有技术相比具有下列优点:本发明综合考虑道路路面状态信息和车辆前方障碍物信息,并据此实现对车辆自主紧急制动的控制,增强了车辆主动安全方面的预防性,可以更加有效地避免车辆与前方障碍物发生碰撞,尤其适用于冰雪路面。

附图说明

[0029] 附图1为本发明的车辆自主紧急制动控制系统的工作结构框图。

[0030] 附图2为车辆行驶在下坡路段的受力图。

[0031] 附图3为本发明的车辆自主紧急制动控制方法的流程图。

[0032] 以上附图中:1、车载感知设备;2、前方障碍物信息处理单元;3、路面状态信息处理单元;4、决策控制单元;5、制动执行单元。

具体实施方式

[0033] 下面结合附图所示的实施例对本发明作进一步描述。

[0034] 实施例一:如附图1所示,一种设置于车辆上并用于控制所在车辆实现自主紧急制动的车辆自主紧急制动控制系统,包括车载感知设备1、前方障碍物信息处理单元2、路面状态信息处理单元2、决策控制单元4和制动执行单元5。

[0035] 车载感知设备1搭载在车辆前方,其用于采集能够反映车辆前方的障碍物信息的第一类参数和能够反映车辆行驶所在道路的路面状态信息的第二类参数。本实施例中,车载感知设备1包括用于采集第一类参数的第一雷达和用于采集第二类参数的第二雷达。其中,第一雷达为毫米波雷达,用于采集作为第一参数的车辆与其前方的障碍物之间的相对距离和相对速度;第二雷达为激光雷达,用于采集作为第二参数的车辆前方的路面反射强度和点云数据。

[0036] 前方障碍物信息处理单元2与车辆感知设备1相连接,用于基于第一类参数获得障碍物信息。由于毫米波雷达可采集车辆与其前方的障碍物之间的相对距离和相对速度,因此前方障碍物信息处理单元2即直接将车辆与其前方的障碍物之间的相对距离和相对速度处理作为障碍物信息。

[0037] 路面状态信息处理单元2与车辆感知设备1相连接,用于基于第二类参数获得路面状态信息。基于激光雷达所采集的车辆前方的路面反射强度和点云数据,路面状态信息处理单元2处理得到车辆前方的路面附着系数和道路坡度作为路面状态信息。

[0038] 决策控制单元4分别与前方障碍物信息处理单元2、路面状态信息处理单元2、车辆的制动踏板相连接,从而获得障碍物信息、路面状态信息和车辆的制动踏板信息,并用于根据障碍物信息、路面状态信息和车辆的制动踏板信息做出制动决策,即是否控制车辆制动或是否进行制动预警、何时开始实施制动等。

[0039] 制动执行单元5分别与决策控制单元4、车辆的制动系统相连接,用于根据制动决策进行预警或控制车辆的制动系统执行相应的制动动作。

[0040] 上述方案中,前方障碍物信息处理单元2、路面状态信息处理单元2可以集成在决策控制单元4中实现。

[0041] 基于上述车辆自主紧急制动控制系统,其采用的车辆自主紧急制动控制方法包括以下步骤:

[0042] 步骤1:采集能够反映车辆前方的障碍物信息的第一类参数和能够反映车辆行驶所在道路的路面状态信息的第二类参数。该步骤由车载感知设备1实施。

[0043] 步骤2:对第一类参数和第二类参数进行处理,基于第一类参数获得障碍物信息,基于第二类参数获得路面状态信息。该步骤由前方障碍物信息处理单元2、路面状态信息处理单元2实施。

[0044] 步骤3:根据障碍物信息、路面状态信息和车辆的制动踏板信息做出制动决策。该步骤由决策控制单元4实施。

[0045] 步骤4:根据制动决策进行制动预警或控制车辆的制动系统执行相应的制动动作。该步骤由制动执行单元5实施。

[0046] 如附图3所示,上述车辆自主紧急制动控制方法的详细实施过程如下:

[0047] 步骤1:利用车载感知设备1中的毫米波雷达和激光雷达,分别采集第一类参数和第二类参数。具体为:利用毫米波雷达采集车辆与其前方的障碍物之间的相对距离和相对速度作为第一类参数,利用激光雷达采集车辆前方的路面反射强度(Intensity)和点云数据(x,y,z)作为第二类参数。

[0048] 步骤2:前方障碍物信息处理单元2将车辆与其前方的障碍物之间的相对距离和相对速度作为障碍物信息;路面状态信息处理单元2基于车辆前方的路面反射强度和点云数据预估车辆前方的路面附着系数和道路坡度,并将车辆前方的路面附着系数和道路坡度作为路面状态信息。

[0049] 基于车辆前方的路面反射强度和点云数据预估车辆前方的路面附着系数和道路坡度的方法为:利用车辆前方的路面反射强度与路面附着系数经验值进行聚类、对比分析而预估当前车辆前方的路面附着系数;利用点云数据进行坡度计算而预估当前车辆前方的道路坡度。

[0050] 车辆行驶在下坡路段上是受力情况如附图2所示,通过激光雷达获取的点云数据(x,y,z)计算车辆前方的道路坡度的方法为:

$$[0051] \quad \varphi = \tan^{-1} \left(\frac{z_{LiDar}}{\sqrt{x_{LiDar}^2 + y_{LiDar}^2}} \right) \quad (1)$$

[0052] 式(1)中, φ 为车辆前方道路的坡度, x_{LiDar} 、 y_{LiDar} 、 z_{LiDar} 分别为激光雷达获取的点云数据。

[0053] 计算出车辆前方道路的坡度 φ 后,即可结合所确定的路面附着系数 μ 进一步计算出

在此路段上车辆紧急制动时能够获得的最大减速度 $a_{\mu\max}$:

$$[0054] \quad a_{\mu\max} = -\mu \cos \varphi + g \sin \varphi \quad (2)$$

[0055] 式(2)中, $g=9.8\text{m/s}^2$ 为重力加速度。

[0056] 步骤3包括以下子步骤:

[0057] 子步骤3-1:根据车辆与其前方的障碍物之间的相对距离和相对速度,计算若以当前车辆的行驶状态,车辆与障碍物的碰撞时间TTC(Time to Collision),即车辆与障碍物的碰撞时间TTC为车辆与其前方的障碍物之间的相对距离和相对速度之商。

[0058] 根据车辆前方的路面附着系数和道路坡度以及车辆与其前方的障碍物之间的相对速度,计算若车辆以最大减速度紧急制动,车辆与障碍物的最小碰撞时间 TTC_b ,求取过程如下:

$$[0059] \quad T_{\mu b} = \frac{v_b}{a_{\mu\max}} \quad (3)$$

$$[0060] \quad S_{\mu\max} = \frac{v_b \cdot T_{\mu b}}{2} \quad (4)$$

$$[0061] \quad TTC_b = \frac{S_{\mu\max}}{v_b} \quad (5)$$

[0062] 式(3)至式(5)中, $T_{\mu b}$ 为假定车辆做匀减速度运动以最大减速度制动到车辆运动停止时所需的时间, v_b 为车辆的自车车速, $S_{\mu\max}$ 为假定车辆做匀减速度运动以最大减速度制动到车辆运动停止时所行驶的最大距离。

[0063] 子步骤3-2:比较车辆与障碍物的碰撞时间TTC和车辆与障碍物的最小碰撞时间 TTC_b ,并对而二者的大小关系进行判断,从而得出对应的危险级别并做出相应的制动决策。

[0064] ①若车辆与障碍物的碰撞时间 $TTC >$ 车辆与障碍物的最小碰撞时间 TTC_b +预警时间阈值,表示车辆与其前方障碍物处于安全距离之内,则做出不制动的制动决策。

[0065] ②若车辆与障碍物的碰撞时间 $TTC =$ 车辆与障碍物的最小碰撞时间 TTC_b +预警时间阈值,则做出进行制动预警的制动决策。

[0066] ③若车辆与障碍物的最小碰撞时间 $TTC_b <$ 车辆与障碍物的碰撞时间 $TTC <$ 车辆与障碍物的最小碰撞时间 TTC_b +预警时间阈值,检测车辆的制动踏板信息是否变化,若车辆的制动踏板信息未变化,则在车辆与障碍物的碰撞时间 $TTC =$ 车辆与障碍物的最小碰撞时间 TTC_b 时,做出启动制动的制动决策。

[0067] 上述预警时间阈值可设置为1.4s。

[0068] 步骤4:若收到不制动的制动决策,则制动执行单元5不采取任何操作。若收到进行制动预警的制动决策,则制动执行单元5发出预警提示,以提醒驾驶人员需进行制动。若收到启动制动的制动决策,则制动执行单元5控制车辆的制动系统执行相应的制动动作,使车辆以最大减速度制动,防止车辆与前方障碍物发生碰撞。

[0069] 上述各步骤在车辆行驶过程中实时循环进行,从而适时给出车辆最佳的制动时机和最佳的制动强度。随着车辆与障碍物之间距离的缩短,危险等级逐渐升高。

[0070] 上述制动方案至少具有以下优点:

[0071] (1) 本发明的考虑路面状态实时感知的车辆自主紧急制动控制系统可实时获取前

方50m-150m道路路面状态信息和前方障碍物运行状态信息,并据此实时计算碰撞时间TTC和不同路面状态下车辆采取紧急制动直至停车时所需的最短时间 TTC_b ,与以往单独的车辆预警系统相比,该系统在车辆主动安全方面预防性增强。

[0072] (2) 本发明的考虑路面状态实时感知的车辆自主紧急制动控制系统可实时获取道路状态信息,测量精度高、数据多、速度快、鲁棒性强,可有效避免车辆与前方障碍物的碰撞,尤其在冰雪路面,可给予车辆最佳的制动时机和制动强度。

[0073] (3) 本发明的考虑路面状态实时感知的车辆自主紧急制动控制系统及其控制方法能够为驾驶员提供车辆通过无控交叉口时所需的安全车速和速度轨迹,极大地消除车辆驾驶员进入交叉口时的紧张心理;并且在驾驶员精力不集中的情况下,能强行控制车辆,避免发生不必要的碰撞事故,极大地提高车辆在不同附着路面上的行驶安全性。

[0074] 上述实施例只为说明本发明的技术构思及特点,其目的在于让熟悉此项技术的人士能够了解本发明的内容并据以实施,并不能以此限制本发明的保护范围。凡根据本发明精神实质所作的等效变化或修饰,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

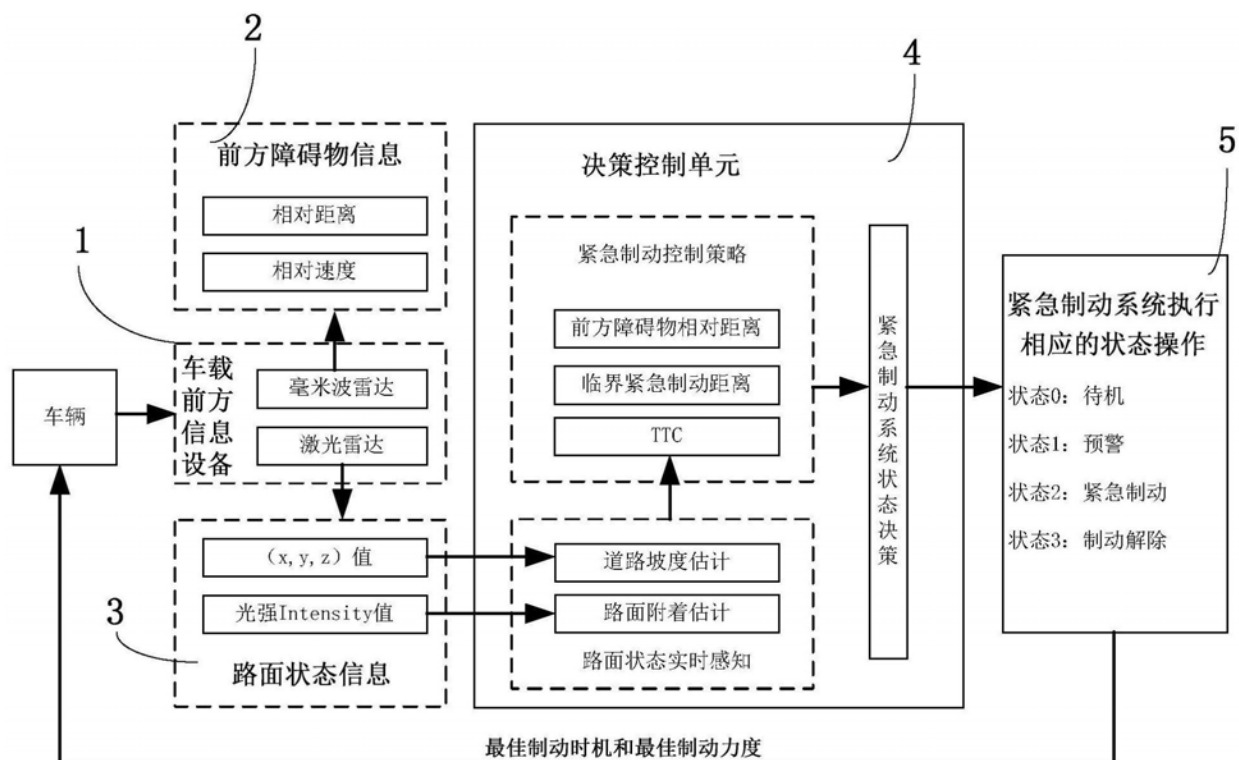


图1

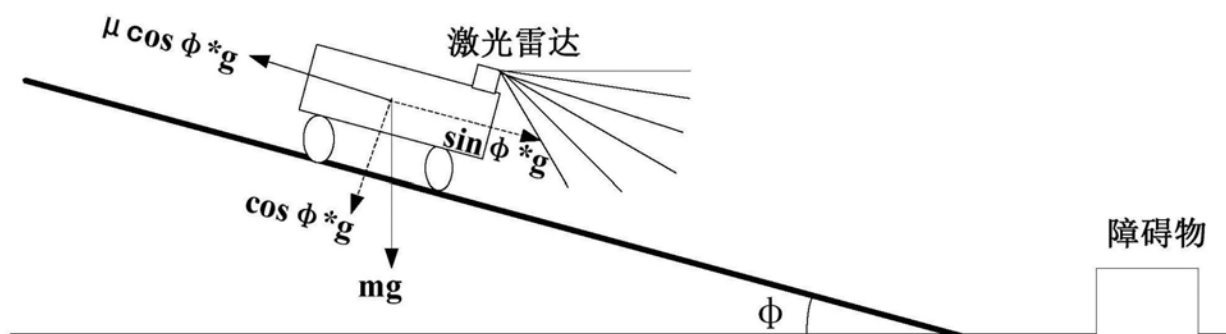


图2

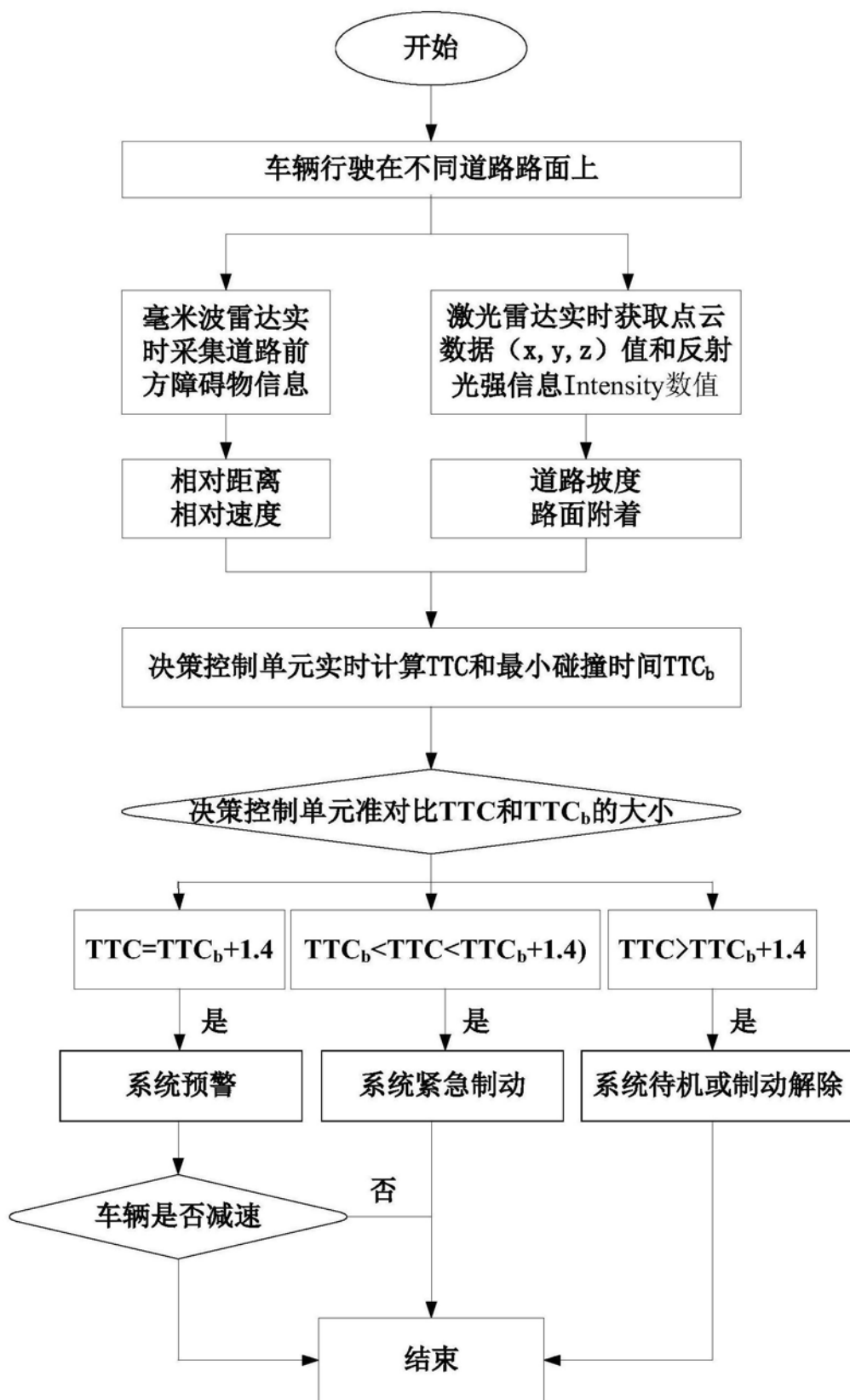


图3