



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108680364 B

(45)授权公告日 2020.09.04

(21)申请号 201810268913.X

(22)申请日 2018.03.29

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108680364 A

(43)申请公布日 2018.10.19

(73)专利权人 南京航空航天大学
地址 210016 江苏省南京市秦淮区御道街
29号

(72)发明人 金智林 李静轩 严正华 梁为何
陈国钰

(74)专利代理机构 江苏圣典律师事务所 32237
代理人 贺翔

(51)Int.Cl.
G01M 17/007(2006.01)

(56)对比文件

刘飞、熊璐、邓律华、冯源肖鹏.基于相平面法的车辆行驶稳定性判定方法.《华南理工大学学报(自然科学版)》.2014,第63-70页.

李占旗.基于差动制动的汽车横摆与侧翻稳定性集成控制研究.《中国优秀硕士学位论文全文数据库 工程科技II辑》.2011,C035-11页.

Shoji I,Lkuo K,Masaki Y..Analysis on vehicle stability in critical cornering using phase Plane method.《International Symposium on Advanced Vehicle Control (1994 : Tsukuba- shi, Japan). Proceedings of the International Symposium on Advanced Vehicle Control 1994》.1994,287-292页.

审查员 张珊

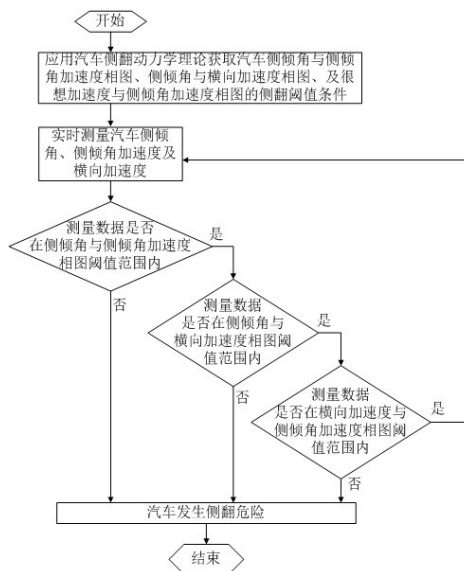
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种汽车侧翻评价指标及评价方法

(57)摘要

本发明公开了一种汽车侧翻评价指标及评价方法,属车辆主动安全领域。在该方法中,应用汽车侧翻动力学理论求解出汽车侧翻评价指标的侧翻阈值条件,并将其转为相图模式;将汽车行驶过程中实时测量的侧倾角、侧倾角加速度以及横向加速度转为侧倾角与侧倾角加速度相图、侧倾角与横向加速度相图、及横向加速度与侧倾角加速度相图,并与各自对应的侧翻阈值条件比较,判断汽车是否存在侧翻危险。本发明通过实时测量的行车参数直接与阈值条件进行比较,侧翻评价指标准确,实时性好;此外,参数图像化能更直观反映出各参数对汽车侧翻的影响,有利于实际行驶中指导驾驶人员或者主动安全设备采取防侧翻措施。



1. 一种汽车侧翻评价指标及评价方法,其特征在于,汽车侧翻评价指标包括:侧倾角与侧倾角加速度相图、侧倾角与横向加速度相图、以及横向加速度与侧倾角加速度相图;

汽车侧翻评价方法,包括如下步骤:

一、应用汽车侧翻动力学理论求解所述汽车侧翻评价指标中的侧倾角与侧倾角加速度相图、侧倾角与横向加速度相图、以及横向加速度与侧倾角加速度相图的侧翻阈值条件;

二、实时测量汽车行驶过程中的侧倾角加速度,侧倾角以及横向加速度的数据;

三、根据实时测得的侧倾角,侧倾角加速度及横向加速度数据获得侧倾角与侧倾角加速度相图、侧倾角与横向加速度相图、以及横向加速度与侧倾角加速度相图;

将获得的侧倾角与侧倾角加速度相图、侧倾角与横向加速度相图、以及横向加速度与侧倾角加速度相图与所述汽车侧翻评价指标中各自对应的侧翻阈值条件进行比较,若测量数据均在侧翻阈值条件范围内,则汽车没有侧翻危险,否则汽车发生侧翻;

其中,所述汽车侧翻评价指标的侧翻阈值条件求解包括以下步骤:

1) 建立汽车侧翻的四自由度动力学模型,包括:横向运动、横摆运动、簧载质量侧倾和非簧载质量侧倾的运动方程;

$$\text{横向运动方程为: } ma_y - m_s h \ddot{\varphi}_s = 2F_f + aF_r \quad (1)$$

$$\text{横摆运动方程为: } I_z \dot{r} = 2aF_f - 2bF_r \quad (2)$$

$$\text{簧载质量侧倾运动方程为: } I_x \ddot{\varphi}_s = m_s h a_y + m_s g h \varphi_s - K_s (\varphi_s - \varphi_u) - D_s (\dot{\varphi}_s - \dot{\varphi}_u) \quad (3)$$

非簧载质量侧倾运动方程为:

$$(2F_f + 2F_r)h_c + m_u (h_u - h_c) a_y = K_u \varphi_u - m_u g (h_u - h_c) \varphi_u - K_s (\varphi_s - \varphi_u) - D_s (\dot{\varphi}_s - \dot{\varphi}_u) \quad (4)$$

其中,

$$\begin{cases} F_f = -k_f \beta_f \\ F_r = -k_r \beta_r \\ \beta_f = \frac{(v + ar)}{u} - \delta \\ \beta_r = \frac{(v - br)}{u} \end{cases} \quad (5)$$

式中, m 为汽车质量, m_s 为汽车簧载质量, h 为簧载质量质心到侧倾中心的距离, h_u 为非簧载质量质心高度, h_c 为侧倾中心高度, a 为前轴到质心距离, b 为后轴到质心距离, F_f 为前轮侧向力, F_r 为后轮侧向力, v 为汽车侧向速度, u 为汽车纵向速度, r 为横摆角速度, a_y 为汽车横向加速度, δ 为前轮转角, k_f 为前轮胎侧偏刚度, k_r 为后轮胎侧偏刚度, β_f 为前轮侧偏角, β_r 为后轮侧偏角, I_z 为横摆转动惯量, I_x 为簧载质量绕侧倾中心转动惯量, K_s 为悬架等效侧倾刚度, D_s 为悬架等效侧倾阻尼, K_u 为轴向等效侧倾刚度, φ_s 为簧载质量侧倾角, φ_u 为非簧载质量侧倾角, $\dot{\varphi}_s$ 为簧载质量侧倾角速度, $\dot{\varphi}_u$ 为非簧载质量侧倾角速度, $\ddot{\varphi}_s$ 为簧载质量侧倾角加速度, $\ddot{\varphi}_u$ 为非簧载质量侧倾角加速度;

2) 传统横向载荷转移率LTR的定义为: $LTR = \frac{F_{Z1} - F_{Z2}}{F_{Z1} + F_{Z2}}$,其中, F_{Z1} 汽车左轮胎的垂直力,

F_{z2} 表示汽车右轮胎的垂直力；

通过所述四自由度动力学模型的运动方程对LTR进行转化：

$$\begin{cases} F_{z1} - F_{z2} = F_2 - F_1 \\ F_{z1} + F_{z2} = mg \end{cases} \quad (6)$$

其中, F_1 表示左悬架力, F_2 表示右悬架力；

$$\frac{T_w}{2}(F_2 - F_1) = -K_s(\varphi_s - \varphi_u) - D_s(\dot{\varphi}_s - \dot{\varphi}_u), \quad (7)$$

由式(3)得，

$$F_2 - F_1 = \frac{2}{T_w} \left[I_x \ddot{\varphi}_s - m_s h a_y - m_s g h \varphi_s \right] \quad (8)$$

获得汽车侧翻指标为：

$$RI = \frac{-\frac{2}{T_w} (I_x \ddot{\varphi}_s - m_s h a_y - m_s g h \varphi_s)}{mg} \quad (9)$$

当汽车侧翻指标RI的值为 ± 1 时，汽车处于侧翻的临界状态；

3) 将 $RI = \pm 1$ 代入所述汽车侧翻指标表达式(9)中，

$$\frac{-\frac{2}{T_w} (I_x \ddot{\varphi}_s - m_s h a_y - m_s g h \varphi_s)}{mg} = \pm 1 \quad (10)$$

并将其转化为簧载质量侧倾角加速度 $\ddot{\varphi}_s$ 与汽车横向加速度 a_y ，簧载质量侧倾角加速度 $\ddot{\varphi}_s$ 与簧载质量侧倾角 φ_s ，汽车横向加速度 a_y 与簧载质量侧倾角 φ_s 的函数关系式：

$$\ddot{\varphi}_s = \frac{m_s h}{I_x} a_y + \frac{m_s h g \varphi_s}{I_x} \pm \frac{mg T_w}{2 I_x} \quad (11)$$

$$\ddot{\varphi}_s = \frac{m_s h g}{I_x} \varphi_s + \frac{m_s h a_y}{I_x} \pm \frac{mg T_w}{2 I_x} \quad (12)$$

$$a_y = -g \varphi_s + \frac{I_x \ddot{\varphi}_s}{m_s h} \pm \frac{mg T_w}{2 m_s h} \quad (13)$$

4) 根据汽车侧翻动力学模型求解出汽车实际行驶过程中，当RI恰好为 ± 1 时簧载质量侧倾角加速度 $\ddot{\varphi}_s$ ，汽车横向加速度 a_y 和簧载质量侧倾角 φ_s 的值，将簧载质量侧倾角 φ_s 的值代入式(11)中，汽车侧向加速度 a_y 的值代入式(12)中，簧载质量侧倾角加速度 $\ddot{\varphi}_s$ 代入式(13)中，求得各参数间的一次函数表达式，即得到侧翻阈值条件边界曲线。

一种汽车侧翻评价指标及评价方法

技术领域

[0001] 本发明涉及车辆主动安全领域,尤其涉及一种汽车侧翻评价指标及评价方法。

背景技术

[0002] 在交通事故中,侧翻事故致死致伤率都相当高,尤其对于存在高重心、高惯性等特点的诸如大型客车、大货车、混凝土搅拌车等车辆来说,更易发生侧翻事故,而该类车辆一旦发生侧翻,后果不堪设想。因此,提前准确预测汽车侧翻对于防止发生交通事故具有重要的意义。

[0003] 经查阅相关文献,中国专利CN201510368690.0公开了一种汽车侧翻时间测量装置及计算方法,该装置及方法通过传感器测得各车轮的垂向载荷,并计算出汽车行驶过程中发生侧翻的时间,使车载控制系统或驾驶员在汽车发生侧翻前对汽车行驶状态做出调整。但是,垂向载荷测定较为困难,实时性差,很难获得精确数据,因此该方法可靠性不足。

[0004] 美国专利US201113227565公开了一种检测车辆侧翻的系统和方法,该系统和方法测量反应力并通过反应力的值来计算汽车侧向加速度,然后将其与各个侧向加速度阈值比较,对是否发生侧翻进行判断。该装置侧向加速度阈值的确定较为困难并且需要设置不同的阈值,实施起来难度较大。

发明内容

[0005] 本发明针对上述问题提出了一种汽车侧翻评价指标及评价方法,该评价方法实时性好、可靠性高,汽车行驶参数实时测量获取,其所使用的侧翻评价指标准确度高且能直观体现出各参数对于汽车侧翻的影响。

[0006] 本发明所采用的技术方案为:

[0007] 一种汽车侧翻评价指标及评价方法,所述汽车侧翻评价指标包括:侧倾角与侧倾角加速度相图、侧倾角与横向加速度相图、以及横向加速度与侧倾角加速度相图;

[0008] 所述汽车侧翻评价方法,包括如下步骤:

[0009] 一、应用汽车侧翻动力学理论求解所述汽车侧翻评价指标中的侧倾角与侧倾角加速度相图、侧倾角与横向加速度相图、以及横向加速度与侧倾角加速度相图的侧翻阈值条件;

[0010] 二、实时测量汽车行驶过程中的侧倾角加速度,侧倾角以及横向加速度的数据;

[0011] 三、根据实时测得的侧倾角,侧倾角加速度及横向加速度数据获得侧倾角与侧倾角加速度相图、侧倾角与横向加速度相图、以及横向加速度与侧倾角加速度相图;

[0012] 将获得的侧倾角与侧倾角加速度相图、侧倾角与横向加速度相图、以及横向加速度与侧倾角加速度相图与所述汽车侧翻评价指标中各自对应的侧翻阈值条件进行比较;若测量数据均在相图阈值范围内,则汽车没有侧翻危险,否则汽车发生侧翻。

[0013] 进一步地,所述汽车侧翻评价指标的侧翻阈值条件求解包括以下步骤:

[0014] 1) 建立汽车侧翻的四自由度动力学模型,包括:横向运动、横摆运动、簧载质量侧

倾和非簧载质量侧倾的运动方程；

$$[0015] \quad \text{横向运动方程为: } ma_y - m_s h \ddot{\varphi}_s = 2F_f + aF_r \quad (1)$$

$$[0016] \quad \text{横摆运动方程为: } I_z \dot{r} = 2aF_f - 2bF_r \quad (2)$$

$$[0017] \quad \text{簧载质量侧倾运动方程为: } I_x \ddot{\varphi}_s = m_s h a_y + m_s g h \varphi_s - K_s (\varphi_s - \varphi_u) - D_s (\dot{\varphi}_s - \dot{\varphi}_u) \quad (3)$$

[0018] 非簧载质量侧倾运动方程为：

$$[0019] \quad (2F_f + 2F_r)h_c + m_u (h_u - h_c) a_y = K_u \varphi_u - m_u g (h_u - h_c) \varphi_u - K_s (\varphi_s - \varphi_u) - D_s (\dot{\varphi}_s - \dot{\varphi}_u) \quad (4)$$

[0020] 其中，

$$[0021] \quad \begin{cases} F_f = -k_f \beta_f \\ F_r = -k_r \beta_r \\ \beta_f = \frac{(v + ar)}{u} - \delta \\ \beta_r = \frac{(v - br)}{u} \end{cases} \quad (5)$$

[0022] 式中， m 为汽车质量， m_s 为汽车簧载质量， h 为簧载质量质心到侧倾中心的距离， h_u 为非簧载质量质心高度， h_c 为侧倾中心高度， a 为前轴到质心距离， b 为后轴到质心距离， F_f 为前轮侧向力， F_r 为后轮侧向力， v 为汽车侧向速度， u 为汽车纵向速度， r 为横摆角速度， a_y 为汽车横向加速度， δ 为前轮转角， k_f 为前轮胎侧偏刚度， k_r 为后轮胎侧偏刚度， β_f 为前轮侧偏角， β_r 为后轮侧偏角， I_z 为横摆转动惯量， I_x 为簧载质量绕侧倾中心转动惯量， K_s 为悬架等效侧倾刚度， D_s 为悬架等效侧倾阻尼， K_u 为轴向等效侧倾刚度， φ_s 为簧载质量侧倾角， φ_u 为非簧载质量侧倾角， $\dot{\varphi}_s$ 为簧载质量侧倾角速度， $\dot{\varphi}_u$ 为非簧载质量侧倾角速度， $\ddot{\varphi}_s$ 为簧载质量侧倾角加速度， $\ddot{\varphi}_u$ 为非簧载质量侧倾角加速度；

[0023] 2) 传统横向载荷转移率LTR的定义为： $LTR = \frac{F_{z1} - F_{z2}}{F_{z1} + F_{z2}}$ ，其中， F_{z1} 汽车左轮胎的垂

直力， F_{z2} 表示汽车右轮胎的垂直力；

[0024] 通过所述四自由度动力学模型的运动方程对LTR进行转化：

$$[0025] \quad \begin{cases} F_{z1} - F_{z2} = F_2 - F_1 \\ F_{z1} + F_{z2} = mg \end{cases} \quad (6)$$

[0026] 其中， F_1 表示左悬架力， F_2 表示右悬架力；

$$[0027] \quad \frac{T_w}{2} (F_2 - F_1) = -K_s (\varphi_s - \varphi_u) - D_s (\dot{\varphi}_s - \dot{\varphi}_u), \quad (7)$$

[0028] 由式(3)得，

$$[0029] \quad F_2 - F_1 = \frac{2}{T_w} [I_x \ddot{\varphi}_s - m_s h a_y - m_s g h \varphi_s] \quad (8)$$

[0030] 获得汽车侧翻指标为：

$$[0031] \quad RI = \frac{-\frac{2}{T_w}(I_x \ddot{\varphi}_s - m_s h a_y - m_s h g \varphi_s)}{mg} \quad (9)$$

[0032] 当汽车侧翻指标RI的值为±1时,汽车处于侧翻的临界状态;

[0033] 3) 将 $RI = \pm 1$ 代入所述汽车侧翻指标表达式(9)中,

$$[0034] \quad \frac{-\frac{2}{T_w}(I_x \ddot{\varphi}_s - m_s h a_y - m_s h g \varphi_s)}{mg} = \pm 1 \quad (10)$$

[0035] 并将其转化为簧载质量侧倾角加速度 $\ddot{\varphi}_s$ 与汽车横向加速度 a_y ,簧载质量侧倾角加速度 $\ddot{\varphi}_s$ 与簧载质量侧倾角 φ_s ,汽车横向加速度 a_y 与簧载质量侧倾角 φ_s 的函数关系式:

$$[0036] \quad \ddot{\varphi}_s = \frac{m_s h}{I_x} a_y + \frac{m_s h g \varphi_s}{I_x} \pm \frac{mg T_w}{2 I_x} \quad (11)$$

$$[0037] \quad \ddot{\varphi}_s = \frac{m_s h g}{I_x} \varphi_s + \frac{m_s h a_y}{I_x} \pm \frac{mg T_w}{2 I_x} \quad (12)$$

$$[0038] \quad a_y = -g \varphi_s + \frac{I_x \ddot{\varphi}_s}{m_s h} \pm \frac{mg T_w}{2 m_s h} \quad (13)$$

[0039] 4) 根据汽车侧翻动力学模型求解出汽车实际行驶过程中,当RI恰好为±1时簧载质量侧倾角加速度 $\ddot{\varphi}_s$,汽车横向加速度 a_y 和簧载质量侧倾角 φ_s 的值,将簧载质量侧倾角 φ_s 的值代入式(11)中,汽车侧向加速度 a_y 的值代入式(12)中,簧载质量侧倾角加速度 $\ddot{\varphi}_s$ 代入式(13)中,求得各参数间的一次函数表达式,即得到侧翻阈值条件边界曲线。

[0040] 与现有技术相比,本发明的有益效果为:

[0041] 1、加速度、速度等参数更易于通过传感器测定,且测量结果更加准确,提高了侧翻指标的准确性,可靠性高;

[0042] 2、车辆参数实时测量并可直接通过行驶参数是否超出侧翻边界实时地判断汽车是否有侧翻危险,实时性好,侧翻预警效果好;

[0043] 3、阈值条件边界相图可以更直观地反映出汽车行驶参数对侧翻稳定性的影响情况,从而为运用何种防侧翻方式提供参考。

附图说明

[0044] 图1为本发明的汽车侧翻评价指标及评价方法原理流程图;

[0045] 图2为本发明的求解汽车侧翻评价指标的侧翻阈值条件原理流程图;

[0046] 图3为汽车实时侧倾角与侧倾角加速度相图 and 对应侧翻阈值边界曲线;

[0047] 图4为汽车实时侧倾角与横向加速度相图 and 对应侧翻阈值边界曲线;

[0048] 图5为汽车实时横向加速度与侧倾角加速度相图 and 对应侧翻阈值边界曲线。

具体实施方式

[0049] 下面结合附图对本发明作进一步说明。

[0050] 本发明提出的一种汽车侧翻评价指标及评价方法,该方法主要分为三个步骤,如图1所示:

[0051] 一、应用汽车侧翻动力学理论获取汽车侧翻评价指标的侧翻阈值条件,包括:汽车侧倾角与侧倾角加速度相图的侧翻阈值条件、侧倾角与横向加速度相图的侧翻阈值条件、以及横向加速度与侧倾角加速度相图的侧翻阈值条件;

[0052] 具体包括以下步骤,如图2所示:

[0053] 1) 建立汽车侧翻的四自由度动力学模型,包括:横向运动、横摆运动、簧载质量侧倾和非簧载质量侧倾的运动方程;

$$[0054] \quad \text{横向运动方程为: } ma_y - m_s h \ddot{\varphi}_s = 2F_f + aF_r \quad (1)$$

$$[0055] \quad \text{横摆运动方程为: } I_z \dot{r} = 2aF_f - 2bF_r \quad (2)$$

$$[0056] \quad \text{簧载质量侧倾运动方程为: } I_x \ddot{\varphi}_s = m_s h a_y + m_s g h \varphi_s - K_s (\varphi_s - \varphi_u) - D_s (\dot{\varphi}_s - \dot{\varphi}_u) \quad (3)$$

[0057] 非簧载质量侧倾运动方程为:

$$[0058] \quad (2F_f + 2F_r)h_c + m_u (h_u - h_c)a_y = K_u \varphi_u - m_u g (h_u - h_c)\varphi_u - K_s (\varphi_s - \varphi_u) - D_s (\dot{\varphi}_s - \dot{\varphi}_u) \quad (4)$$

[0059] 其中,

$$[0060] \quad \begin{cases} F_f = -k_f \beta_f \\ F_r = -k_r \beta_r \\ \beta_f = \frac{(v+ar)}{u} - \delta \\ \beta_r = \frac{(v-br)}{u} \end{cases} \quad (5)$$

[0061] 式中,m为汽车质量, m_s 为汽车簧载质量,h为簧载质量质心到侧倾中心的距离, h_u 为非簧载质量质心高度, h_c 为侧倾中心高度,a为前轴到质心距离,b为后轴到质心距离, F_f 为前轮侧向力, F_r 为后轮侧向力,v为汽车侧向速度,u为汽车纵向速度,r为横摆角速度, a_y 为汽车横向加速度, δ 为前轮转角, k_f 为前轮胎侧偏刚度, k_r 为后轮胎侧偏刚度, β_f 为前轮侧偏角, β_r 为后轮侧偏角, I_z 为横摆转动惯量, I_x 为簧载质量绕侧倾中心转动惯量, K_s 为悬架等效侧倾刚度, D_s 为悬架等效侧倾阻尼, K_u 为轴向等效侧倾刚度, φ_s 为簧载质量侧倾角, φ_u 为非簧载质量侧倾角, $\dot{\varphi}_s$ 为簧载质量侧倾角速度, $\dot{\varphi}_u$ 为非簧载质量侧倾角速度, $\ddot{\varphi}_s$ 为簧载质量侧倾角加速度, $\ddot{\varphi}_u$ 为非簧载质量侧倾角加速度;

[0062] 2) 传统横向载荷转移率LTR的定义为: $LTR = \frac{F_{z1} - F_{z2}}{F_{z1} + F_{z2}}$,其中, F_{z1} 汽车左轮胎的垂直力, F_{z2} 表示汽车右轮胎的垂直力;

[0063] 通过所述四自由度动力学模型的运动方程对LTR进行转化:

$$[0064] \quad \begin{cases} F_{z1} - F_{z2} = F_2 - F_1 \\ F_{z1} + F_{z2} = mg \end{cases}, \quad (6)$$

[0065] 其中, F_1 表示左悬架力, F_2 表示右悬架力;

$$[0066] \quad \frac{T_w}{2}(F_2 - F_1) = -K_s(\varphi_s - \varphi_u) - D_s(\dot{\varphi}_s - \dot{\varphi}_u), \quad (7)$$

[0067] 由式(3)得,

$$[0068] \quad F_2 - F_1 = \frac{2}{T_w}[I_x \ddot{\varphi}_s - m_s h a_y - m_s g h \varphi_s] \quad (8)$$

[0069] 获得汽车侧翻指标为:

$$[0070] \quad RI = \frac{-\frac{2}{T_w}(I_x \ddot{\varphi}_s - m_s h a_y - m_s g h \varphi_s)}{mg} \quad (9)$$

[0071] 当汽车侧翻指标RI的值为 ± 1 时,汽车处于侧翻的临界状态;

[0072] 3) 将 $RI = \pm 1$ 代入侧翻指标表达式(9)中,

$$[0073] \quad \frac{-\frac{2}{T_w}(I_x \ddot{\varphi}_s - m_s h a_y - m_s g h \varphi_s)}{mg} = \pm 1 \quad (10)$$

[0074] 并将其转化为簧载质量侧倾角加速度 $\ddot{\varphi}_s$ 与汽车横向加速度 a_y ,簧载质量侧倾角加速度 $\ddot{\varphi}_s$ 与簧载质量侧倾角 φ_s ,汽车横向加速度 a_y 与簧载质量侧倾角 φ_s 的函数关系式:

$$[0075] \quad \ddot{\varphi}_s = \frac{m_s h}{I_x} a_y + \frac{m_s h g \varphi_s}{I_x} \pm \frac{mg T_w}{2 I_x} \quad (11)$$

$$[0076] \quad \ddot{\varphi}_s = \frac{m_s h g}{I_x} \varphi_s + \frac{m_s h a_y}{I_x} \pm \frac{mg T_w}{2 I_x} \quad (12)$$

$$[0077] \quad a_y = -g \varphi_s + \frac{I_x \ddot{\varphi}_s}{m_s h} \pm \frac{mg T_w}{2 m_s h} \quad (13)$$

[0078] 4) 根据汽车侧翻动力学模型求解出汽车实际行驶过程中,当RI恰好为 ± 1 时簧载质量侧倾角加速度 $\ddot{\varphi}_s$,汽车横向加速度 a_y 和簧载质量侧倾角 φ_s 的值,将簧载质量侧倾角 φ_s 的值代入式(11)中,汽车侧向加速度 a_y 的值代入式(12)中,簧载质量侧倾角加速度 $\ddot{\varphi}_s$ 代入式(13)中,即可求得各参数间的一次函数表达式,即为侧翻阈值边界条件曲线。其中,每两个参数间的一次函数表达式有两个,分别为其上边界和下边界,如图3、图4和图5虚线所示。

[0079] 二、通过安装在汽车上的传感器实时地测得汽车行驶过程中的侧倾角加速度,侧倾角以及横向加速度;

[0080] 三、根据实时测得的侧倾角、侧倾角加速度及横向加速度数据获取的侧倾角与侧倾角加速度相图、侧倾角与横向加速度相图、及横向加速度与侧倾角加速度相图,并与侧翻阈值条件比较,判断汽车是否存在侧翻危险。图3、图4和图5实线超出虚线边界,表明汽车会发生侧翻。

[0081] 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。

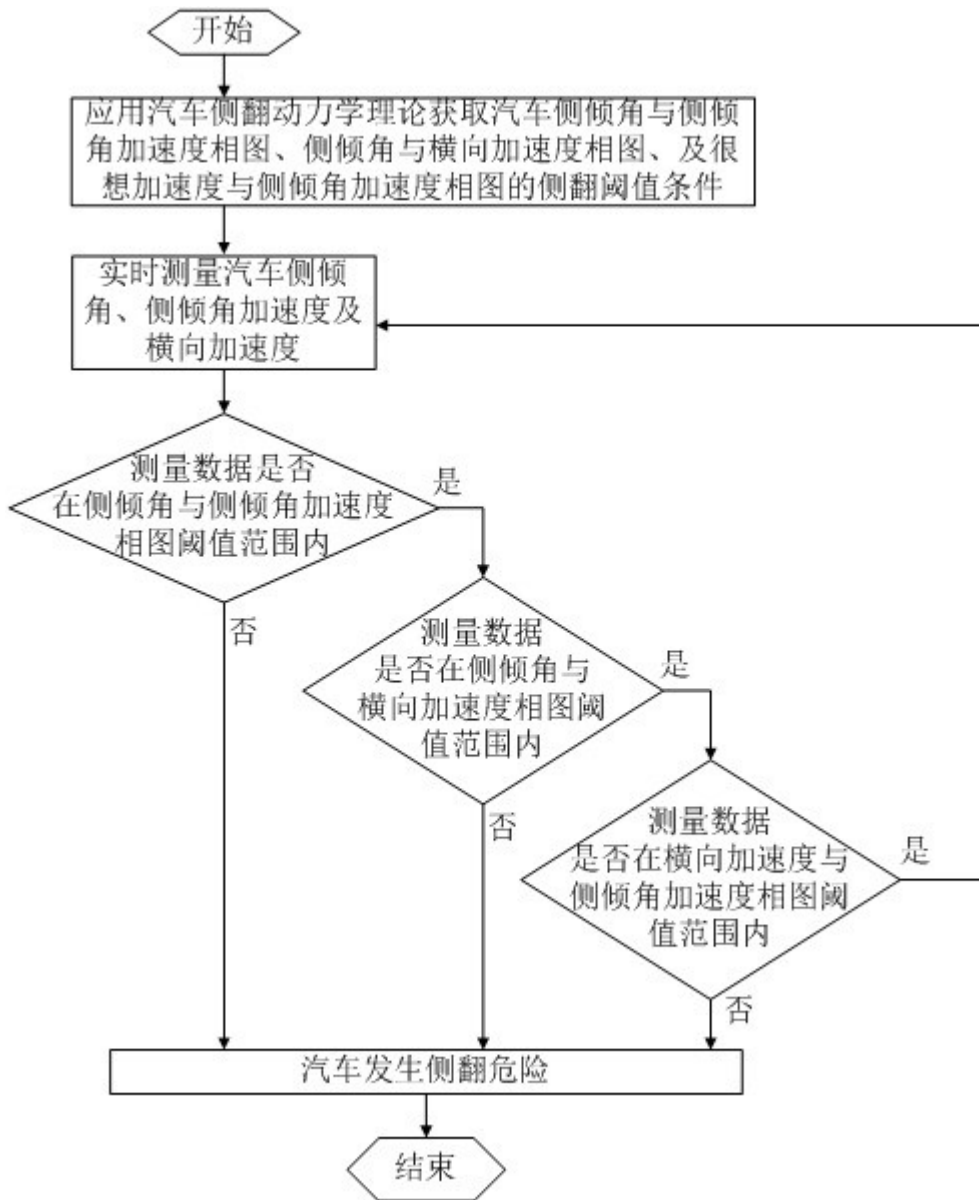


图1

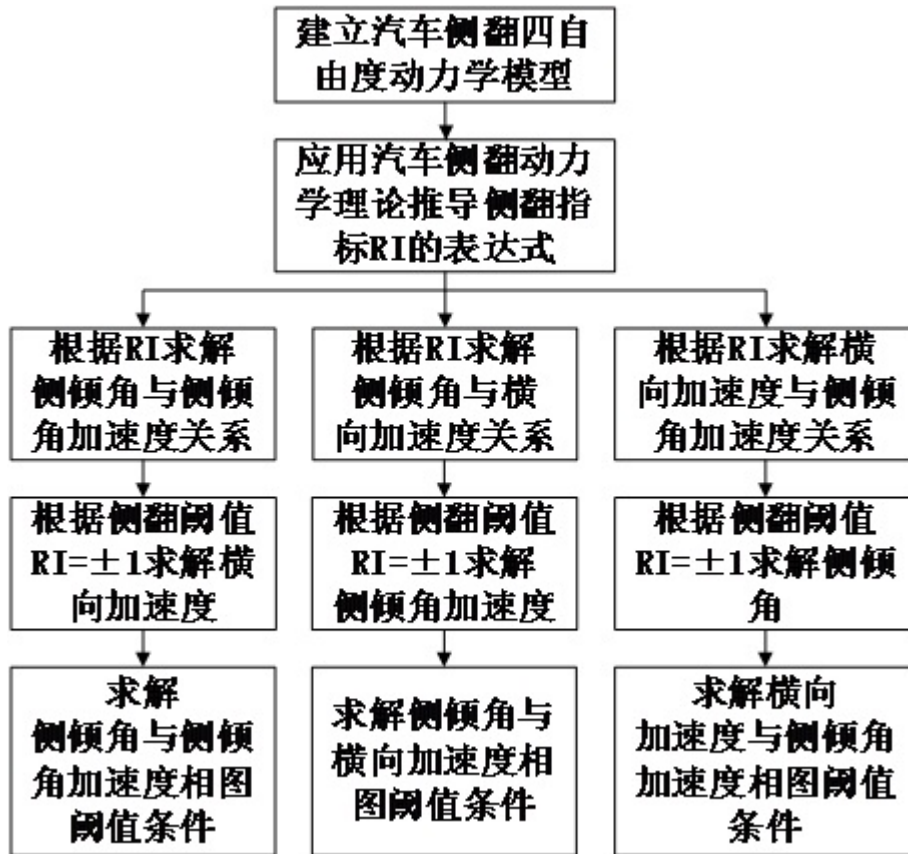


图2

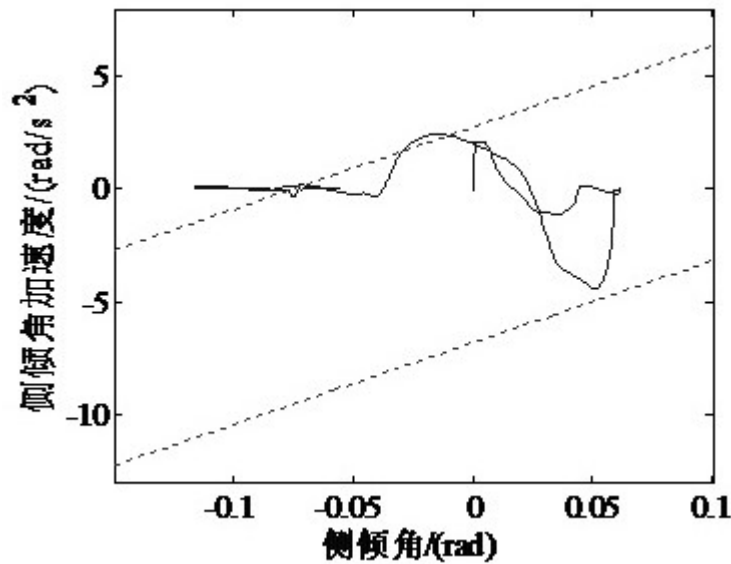


图3

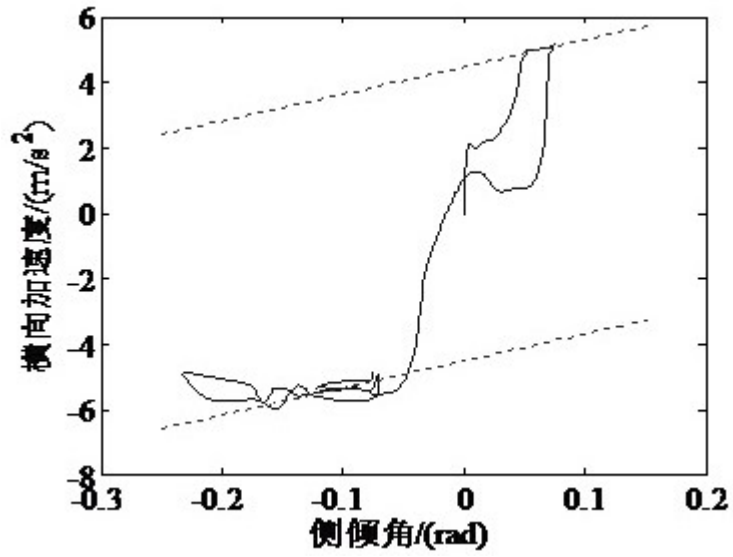


图4

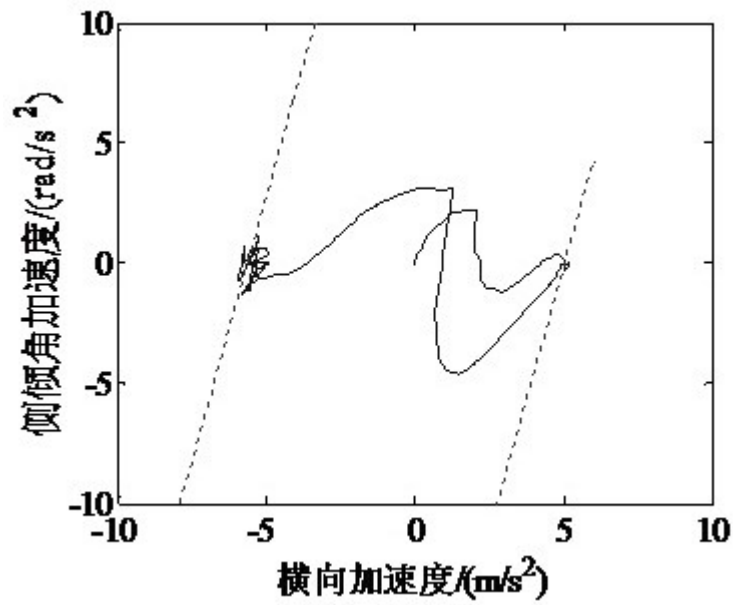


图5