



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200510057361.0

[43] 公开日 2006年4月12日

[11] 公开号 CN 1758043A

[22] 申请日 2005.11.3
 [21] 申请号 200510057361.0
 [71] 申请人 重庆邮电学院
 地址 400065 重庆市南岸区黄桷垭堡上园1号
 [72] 发明人 郑太雄 李银国 王平 冯辉宗
 李锐

[74] 专利代理机构 重庆市恒信专利代理有限公司
 代理人 刘小红

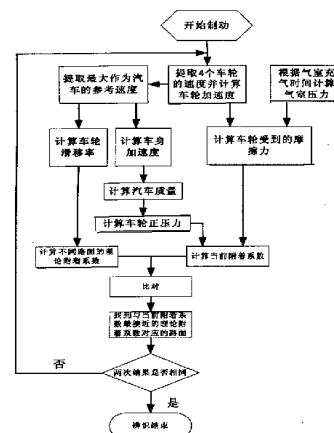
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

[54] 发明名称

一种载重车 ABS 路面辨识方法

[57] 摘要

本发明请求保护一种载重汽车制动防抱死系统 (ABS) 路面辨识方法, 涉及汽车电子控制技术领域, 它把汽车车轮的最大轮速作为汽车的参考速度, 然后根据车轮的角加速度计算得到每个车轮受到的地面摩擦力, 再由此计算汽车的质量和汽车在载重情况下的车身参数, 并由此得到汽车车轮的正压力, 从而计算得到地面的附着系数。然后计算出车轮的滑移率, 再根据理论公式计算出在当前滑移率下不同路面的理论附着系数, 将两次计算的附着系数进行比对, 从而辨识出路面情况。该方法适用于汽车制动防抱死系统 (ABS), 特别是能够解决载重车在不同的载重情况下的路面辨识。



1、一种载重车 ABS 路面辨识方法，其特征在于，包括如下步骤：

(1) 轮速传感器在线提取制动过程中汽车轮速信号，获取汽车制动中车轮的滑移率；

(2) 计算汽车制动器产生的制动力矩；

(3) 计算车轮受到的地面摩擦力；

(4) 计算汽车的质量、汽车的质心高度和质心距前轴与后轴的距离，以及车轮受到的正压力；

(5) 根据正压力与车轮受到的地面摩擦力确定当前附着系数；

(6) 提取在当前滑移率下不同路面的理论附着系数；

(7) 比较当前附着系数与理论附着系数，若连续两次比较结果接近，则判断车轮在该路面上。

2、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于：所述汽车 ABS 制动中的滑移率由汽车的参考车速、车轮半径和车轮角速度确定；所述汽车制动器产生的制动力矩由制动气室的气体压力确定；所述车轮受到的地面摩擦力由车轮受到的制动力矩和车轮的角加速度确定；所述汽车的质量以及汽车的质心高度和质心距前轴与后轴的距离由汽车受到的地面摩擦力、车身加速度和车辆空载时的车身参数确定；所述当前附着系数由正压力与车轮受到的地面摩擦力确定。

3、根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于：将最大轮速作为汽车的参考车速；建立车辆的动力学模型，由公式 $F_{si} = \frac{M_{bi} - J_i \ddot{\omega}_i}{R}$ 确定计算车轮受到的地面摩擦力；由公式 $M = \frac{\sum F_{si}}{\dot{v}}$ 确定载重汽车的质量；汽车质心高度 h 的变化以及汽车质心距离前轴的距离 a 的变化满足线性关系；任意一个车轮的当前附着系数由公式 $\mu_i = \frac{N_i}{F_{si}}$ 确定。

一种载重车 ABS 路面辨识方法

技术领域

本发明属于汽车电子控制技术领域,具体涉及一种载重车 ABS 路面辨识的方法。

背景技术

ABS 汽车防抱死系统是保证汽车在刹车过程中车轮不抱死的重要的电子系统,为保证车轮不抱死,同时又能以较快的速度制动,ABS 必须针对不同的路面情况采用不同的控制策略,因此 ABS 系统必须实时的辨识路面情况。然而由于汽车车身装载的传感器数量有限,ABS 能够获得的信息只有车轮的速度,因此 ABS 路面辨识算法必须能够从有限的信息中识别出路面的信息。为此陈军等在东北大学学报 2003 年 6 月,第 24 卷第 6 期发表的《基于竞争神经网络的 ABS 路面识别》采用神经网络技术进行路面辨识技术,农业机械学报,2001 年 9 月发表的《基于道路自动识别 ABS 模糊控制系统研究》采用对比车轮理论减速度与车轮实际减速度的方法辨识路面,Jin-Oh Hahn 等采用基于 GPS 的方法辨识轮胎与地面的摩擦系数(Jin-Oh Hahn, Rajesh Rajamani, and Lee Alexander. GPS-Based Real-Time Identification of Tire - Road Friction Coefficient, IEEE TRANSACTIONS ON CONTROL SYSTEMS TECHNOLOGY, VOL. 10, NO. 3)。然而纵观以上这些方法,基于神经网络的方法需要大量的样本数据对网络进行训练,对比车轮理论减速度与车轮实际减速度的方法需要知道汽车的质量,而 ABS 系统并不知道汽车装载任意质量后的总质量,所以该方法在载重车的 ABS 中不能实现路面的自动辨识,而基于 GPS 的方法需

要汽车配备全球定位系统，所以成本较高。

发明内容

本发明涉及了一种成本低廉，计算方法简单，不需对网络进行训练的适用于载重车 ABS 路面辨识的新方法。本发明提出一种载重车 ABS 路面辨识的方法，其目的是解决现有路面识别方法中存在的需要大量的样本数据进行训练，或对比车轮理论减速度与车轮实际减速度的方法中无法获得载重车质量以及制造成本高的缺点。

解决上述技术问题所采用的技术方案是：利用轮速传感器在线提取制动过程中轮速信号，获取汽车制动中 4 个车轮的角加速度，并提取最大的轮速作为汽车的参考车速，然后根据公式计算汽车制动器产生的制动力矩，再由 4 个车轮的角加速度和 4 个车轮制动器的制动力矩，分别计算 4 个车轮受到的地面摩擦力，根据 4 个车轮受到的地面摩擦力以及车身的加速度，计算得到汽车的质量，再由汽车的质量计算出汽车的质心高度和质心距前轴与后轴的距离，再根据汽车的质量，汽车的质心高度和质心距前轴与后轴的距离，汽车的加速度，计算汽车 4 个车轮受到的正压力，再由正压力与车轮受到的地面摩擦力计算得到当前附着系数。最后由理论公式计算在当前滑移率下不同路面的理论附着系数，将由正压力与摩擦力计算得到的附着系数和不同路面的理论附着系数连续进行计算并对比，若由正压力与摩擦力计算得到的附着系数连续两次都与某种路面下的附着系数接近，则可辨识当前路面状况，并判断车轮在该路面上。

附图说明

图 1 载重汽车 ABS 路面辨识方法流程图

图 2 四轮车辆系统模型

具体实施方式

现结合附图及实施例对该路面辨识方法的实施过程进行具体描述，图 1 所示为载重汽车 ABS 路面辨识方法流程图，其步骤如下：

1、 利用轮速传感器在线提取制动过程中轮速信号：汽车的线速度 v 、车轮角速度 ω ，获取汽车制动中 4 个车轮的滑移率，然后根据公式计算制动时车轮的滑移率：
$$S = \frac{v - r\omega}{v} \times 100\%$$

其中 r 表示车轮不受地面制动力时的滚动半径。

2、 根据制动气室的气体压力获取汽车制动器产生的制动力矩

通过实验获取经验值存入数据库中，获取制动器制动因数 k_p 、制动气室的压力 P ，克服制动缸中的弹簧力所需的压力 P_m 。车轮的制动力矩由制动器的制动气室的气体产生的压力提供，制动气室的气体压力与制动力矩 M_b 的关系

满足下式：
$$M_b = \begin{cases} 0 & P - P_m < 0 \\ k_p(P - P_m) & P - P_m > 0 \end{cases}$$

制动气室的气体压力与制动气室充气时间以及充气终了值有关，其“压力—时间”动特性曲线是一种渐近式的曲线，类似于 S 形曲线，采用指数形式 S 型曲线方程：
$$P(t) = \frac{a}{1 + b \cdot e^{-m \cdot t}}$$
 其中 a 是气室充气终了值， b 和 m 是两个增益，无具体物理意义，可通过试验确定。

3、 计算 4 个车轮受到的地面摩擦力

汽车在制动过程中车轮受到制动器产生的制动力矩和地面的摩擦力矩的作用，制动器产生的制动力矩将使车轮减速，而地面的摩擦力矩将使车轮加速，根据轮速传感器测得的车轮转速，可得到车轮的角加速度，在车轮的转

动惯量已知的情况下，车轮受到的摩擦力 F_{si} 可由下式计算 $F_{si} = \frac{M_{bi} - J_i \dot{\omega}_i}{R}$ 。

其中 M_{bi} 是第 i 个车轮的制动力矩， J_i 为第 i 个车轮的转动惯量等参数通过测量提取存入数据库中， $\dot{\omega}_i$ 为第 i 个车轮的角加速度，通过前后两次测得的车轮速度用差分法计算得到。

4、通过分别将两次测得的轮速的最大值作为车身的速度，然后用差分法计算得到车身的加速度，根据 4 个车轮受到的地面摩擦力以及车身的加速度，计算汽车的质量，再由汽车的质量计算出汽车的质心高度和质心距前轴与后轴的距离。根据 4 个车轮受到的地面摩擦力计算汽车的质量 $M = \frac{\sum F_{si}}{\dot{v}_x - \dot{\phi} \cdot v_y}$

其中 $\sum F_{si}$ 是车轮受到的摩擦力的和， \dot{v}_x 是汽车在纵向的线加速度， $\dot{\phi}$ 是车辆横摆的角速度， v_y 是车辆横向运动速度。

将最大轮速作为汽车的参考车速，建立如图 2 所示四轮车辆系统模型，(其中 v_x 是车辆纵向速度， v_y 是车辆横向速度， v 是汽车速度， F_{si} 是车轮受到的纵向摩擦力， F_{yi} 是车轮受到的横向摩擦力， ϕ 是车辆横摆角度， β 是车身与纵向之间的角度)，由图 2 可知， $v_y = v \cdot \sin \beta$ ，由于 β 很小，所以 $\sin \beta$ 近似为 0，也就是说 v_y 可近似为 0，而汽车车身的速度可用参考速度近似表示，计算参考速度的方法大致包括最大轮速法，斜率法和 X-II 法和递推法，几种方法计算出的参考速度与用速度传感器测得的车身速度都很接近，考虑到最大轮速法的简便，可使用最大轮速法作为车身加速度的计算方法，由此上式可简化为 $M = \frac{\sum F_{si}}{\dot{v}_x}$ 。若载重车空载时汽车质量为 M_1 ，前轴到质心的距离为 a_1 ，后轴到质心的距离为 b_1 ，质心高度为 h_1 ，载重车满载时汽车质量为 M_2 ，前轴到质心的距离为 a_2 ，后轴到质心的距离为 b_2 ，质心高度为 h_2 ，则可近似认为随着载重

量的增加，汽车质心高度 h 的变化以及汽车质心距离前轴的距离 a 的变化满足线性关系，即

$$a = \frac{a_2 - a_1}{M_2 - M_1} M + \frac{a_1 M_2 - a_2 M_1}{M_2 - M_1}$$

$$h = \frac{h_2 - h_1}{M_2 - M_1} M + \frac{h_1 M_2 - h_2 M_1}{M_2 - M_1}$$

5、 根据汽车质量，车身加速度以及车身参数计算车轮受到的正压力与车轮受到的地面摩擦力计算得到附着系数

汽车在制动过程中车轮受到的正压力不仅是汽车的质量的函数，而且是汽车的线加速度以及车身参数的函数，其关系如下：

$$\begin{cases} N_1 = M((b \cdot g - \dot{v}_x h) / 2L + \dot{v}_y h / 2C) \\ N_2 = M((b \cdot g - \dot{v}_x h) / 2L - \dot{v}_y h / 2C) \\ N_3 = M((a \cdot g + \dot{v}_x h) / 2L + \dot{v}_y h / 2C) \\ N_4 = M((a \cdot g + \dot{v}_x h) / 2L - \dot{v}_y h / 2C) \end{cases} \quad \text{其中 } N_i \text{ 是第 } i \text{ 个车轮受到的正压力， } M \text{ 是整}$$

车质量， v_x 是车辆纵向速度， v_y 是车辆横向速度， C 车辆轴距， a 、 b 是前轴和后轴到车辆质心的距离， L 是车辆轴距。

$$\text{由于 } v_y \text{ 很小，上式可简化为 } \begin{cases} N_1 = M(b \cdot g - \dot{v}_x h) / 2L \\ N_2 = M(b \cdot g - \dot{v}_x h) / 2L \\ N_3 = M(a \cdot g + \dot{v}_x h) / 2L \\ N_4 = M(a \cdot g + \dot{v}_x h) / 2L \end{cases}$$

则任意一个车轮与地面的附着系数可由下式求得： $\mu_i = \frac{N_i}{F_{Si}}$

6、 根据传感器采集的当前路面滑移率，由理论公式计算在当前滑移率下不同路面的理论附着系数，并存入存储器中。汽车在不同的路面行驶时，车轮受到的摩擦力与滑移率有关，在相同滑移率 s 下，不同路面产生的附着系数 μ 不同，其关系如下：

$$\mu = \begin{cases} 0.9 \times [1.07 \times (1 - e^{-0.1773s}) - 0.0026s] & \text{干路面} \\ 0.47 \times [1.07 \times (1 - e^{-0.773s}) - 0.006s] & \text{湿路面} \\ 0.17 \times [1.07 \times (1 - e^{-0.38s}) - 0.003s] & \text{冰路面} \end{cases}$$

将由正压力与摩擦力计算得到的当前附着系数与相应路面的理论附着系数连续进行计算并对比，若当前附着系数连续两次都与某种路面下的理论附着系数接近，则可判断车轮在该路面上，以及汽车当前行驶的路面状态。

本发明方法简单，计算迅速，只需要根据 4 个车轮的角加速度计算车轮受到的地面摩擦力和汽车的质量，再由此计算车轮受到的正压力并得到当前附着系数，然后根据车轮的滑移率计算车轮在不同路面下的理论附着系数，最后将当前附着系数和理论附着系数进行对比由此判断汽车行驶的路面状态。该方法克服了基于神经网络的路面辨识方法需要大量的样本数据对网络进行训练，并且成本高的缺点。

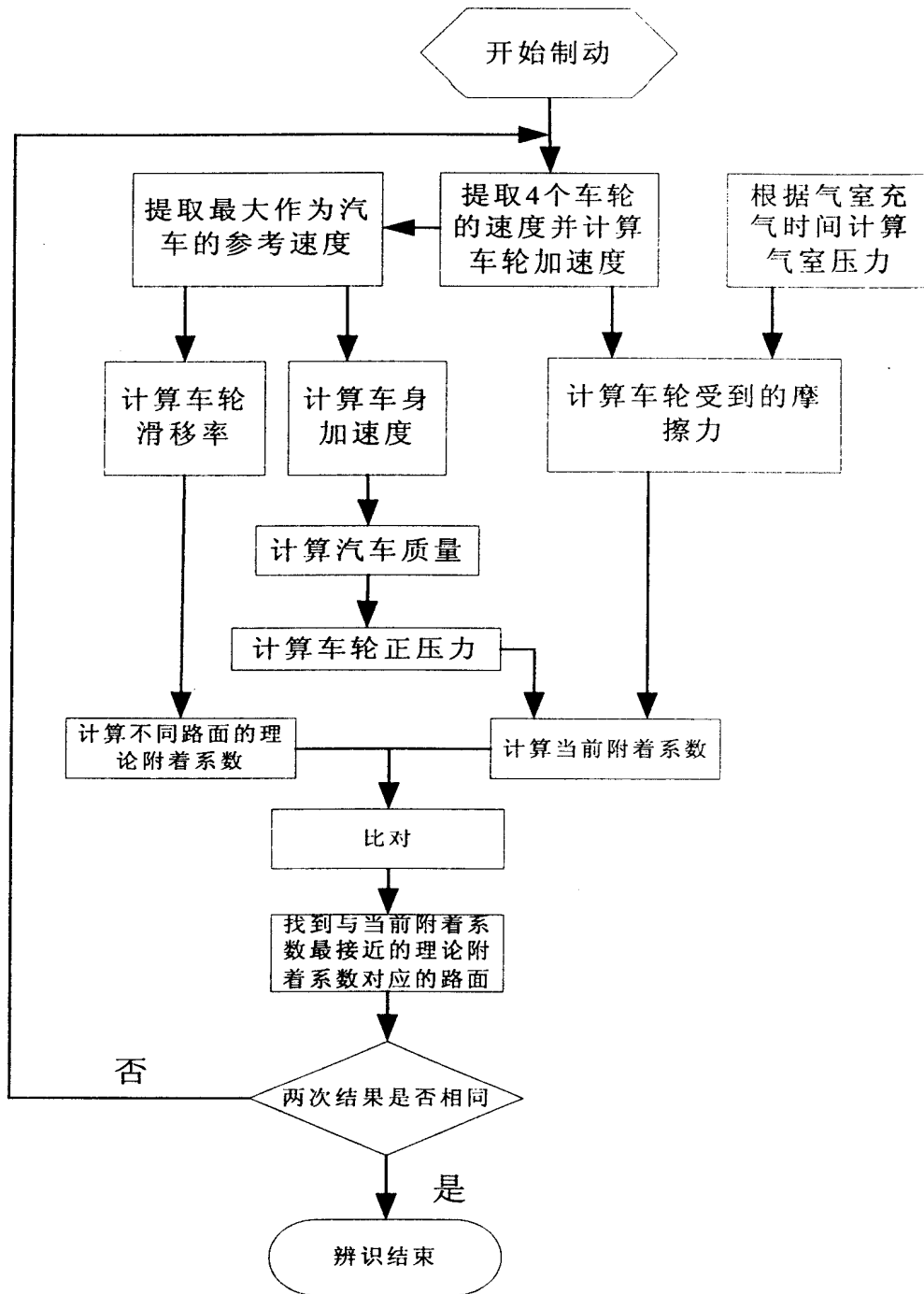


图 1

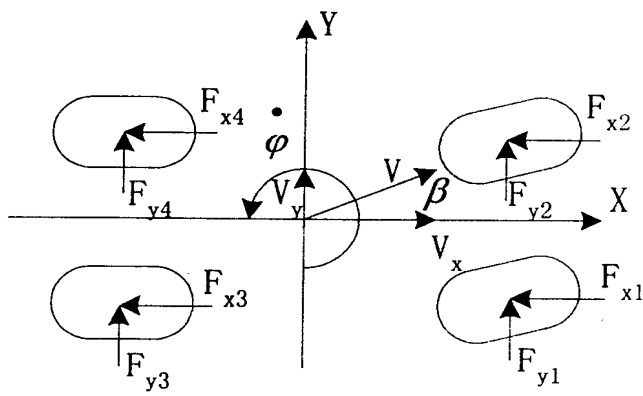


图 2