

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01G 19/08 (2006.01)

G01M 17/007 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200510100119.7

[43] 公开日 2007年4月4日

[11] 公开号 CN 1940509A

[22] 申请日 2005.9.27

[21] 申请号 200510100119.7

[71] 申请人 比亚迪股份有限公司

地址 518119 广东省深圳市龙岗区葵涌镇延安路比亚迪工业园

[72] 发明人 宋佑川

[74] 专利代理机构 深圳创友专利商标代理有限公司
代理人 江耀纯

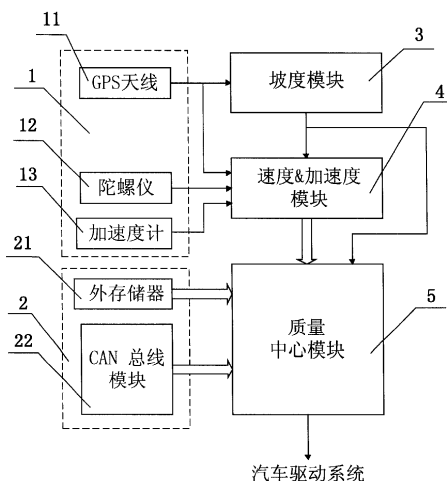
权利要求书 4 页 说明书 11 页 附图 4 页

[54] 发明名称

一种汽车质量估计系统和方法

[57] 摘要

一种涉及汽车的汽车质量估计系统和方法，包括外部数据设备、内部参数设备、坡度模块、速度 & 加速度模块和质量中心模块，外部数据设备接收汽车运行实时数据并将其提供至坡度模块和速度 & 加速度模块；内部参数设备接收汽车固有或内部参数并将其提供至质量中心模块；坡度模块根据外部数据设备所提供的数据，计算汽车的坡度角并将有关参数或数据传至速度 & 加速度模块和质量中心模块；速度 & 加速度模块根据外部数据设备和坡度模块所提供的数据，计算汽车的速度与加速度，并将有关参数或数据传至质量中心模块；质量中心模块根据内部参数设备、坡度模块和速度 & 加速度模块所提供的参数或数据，计算出汽车质量，并向汽车驱动系统发布质量信息，本发明质量估计准确度高，实时性好，实用性强。



1. 一种汽车质量估计系统，其特征在于：它包括外部数据设备（1）、内部参数设备（2）、坡度模块（3）、速度&加速度模块（4）和质量中心模块（5），其中，
- 5 所述的外部数据设备（1）用于接收汽车运行实时数据，并将其提供至坡度模块（3）和速度&加速度模块（4）；
- 所述的内部参数设备（2）用于接收汽车固有或内部参数，并将其提供至质量中心模块（5）；
- 所述的坡度模块（3）根据外部数据设备（1）所提供的数据，
- 10 计算汽车的坡度角，并将有关参数或数据传至速度&加速度模块（4）和质量中心模块（5）；
- 所述的速度&加速度模块（4）根据外部数据设备（1）和坡度模块（3）所提供的数据，计算汽车的速度与加速度，并将有关参数或数据传至质量中心模块（5）；
- 15 所述的质量中心模块（5）根据内部参数设备（2）、坡度模块（3）和速度&加速度模块（4）所提供的参数或数据，计算出汽车质量，并向汽车驱动系统发布质量信息。
2. 根据权利要求 1 所述的汽车质量估计系统，其特征在于：所述的外部数据设备（1）包括 GPS 天线（11）、陀螺仪（12）和加速度计（13），
- 20 其中，
- 所述的 GPS 天线（11）接收 GPS 原始数据，测量出汽车的水平速度 V_x 和垂直速度 V_z ，并将数据传送至坡度模块（3）；
- 所述的陀螺仪（12）测量汽车的横摆角速度 ω ，用于判断汽车是否为直线行驶，并将数据传送至速度&加速度模块（4）；

所述的加速度计 (13) 测量汽车的纵向加速度 a_x 和横向加速度 a_y , 并将数据传送至速度&加速度模块 (4)。

3. 根据权利要求 1 所述的汽车质量估计系统, 其特征在于: 所述的内部参数设备 (2) 包括外存储器 (21) 和 CAN 总线模块 (22), 其中,

5 所述的外存储器 (21) 向质量中心模块 (5) 提供汽车固有及相关参数, 包括主减速器传动比 i_0 、传动系的机械效率 η_T 、车轮的半径 r 、重力加速度 g 、空气阻力系数 C_D 、迎风面积 A 、空气密度 ρ 和汽车旋转质量换算系数 δ ;

10 所述的 CAN 总线模块 (22) 接收汽车上其他功能模块数据, 向质量中心模块 (5) 提供内部参数, 所提供的参数包括发动机输出转矩 T_{iq} 、变速器传动比 i_g 和滚动阻力系数 f 。

4. 一种汽车质量估计方法, 其特征在于: 它包括如下步骤:

A、通过外部数据设备 (1)、内部参数设备 (2)、坡度模块 (3) 和速度&加速度模块 (4) 取得或计算出相关参数, 将所述相关参数
15 传送至质量中心模块 (5);

B、所述质量中心模块 (5) 根据相关参数计算出汽车归化动力 F ;

C、所述质量中心模块 (5) 根据相关参数计算出汽车归化加速度 a ;

D、所述质量中心模块 (5) 计算出汽车质量 m , 并向汽车驱动系统发布质量信息。

20 5. 根据权利要求 4 所述的汽车质量估计方法, 其特征在于: 所述的步骤 A 包括如下步骤:

A1、坡度模块 (3) 根据外部数据设备 (1) 提供的数据计算出道路坡度角 α 并将其提供给速度&加速度模块 (4) 和质量中心模块
(5);

25 A2、速度&加速度模块 (4) 根据外部数据设备 (1) 提供的数据计算出汽车纵向速度 u_x 和纵向加速度 a_x 并将其提供给质量中心模块

(5);

A3、内部参数设备(2)向质量中心模块(5)提供汽车固有或内部参数。

6. 根据权利要求4所述的汽车质量估计方法,其特征在于:所述的步骤A1中,坡度模块(3)根据GPS天线(11)所提供的水平速度 V_x 和垂直速度 V_z ,按如下方式计算道路坡度角 α :

$$\alpha = \arctan\left(\frac{V_z}{V_x}\right)$$

7. 根据权利要求4所述的汽车质量估计方法,其特征在于:所述的步骤A2包括如下步骤:

A21、速度&加速度模块(4)接收GPS天线(11)、陀螺仪(12)和加速度计(13)的运行实时数据及道路坡度角 α ;

A22、判断汽车是否直线行驶,进行如下操作:

A221、若是直线行驶,则判断道路是否有坡度,进行如下操作:

A2211、若道路没有坡度,采用GPS天线提供的数据计算汽车纵向速度 u_x 和纵向加速度 a_x ;

A2212、若道路有坡度,利用卡尔曼滤波器计算汽车纵向速度 u_x 和纵向加速度 a_x ;

A222、若不是直线行驶,利用卡尔曼滤波器计算汽车纵向速度 u_x 和纵向加速度 a_x ;

A23、向质量中心模块(5)发送汽车纵向速度 u_x 和纵向加速度 a_x 。

8. 根据权利要求7所述的汽车质量估计方法,其特征在于:所述的步骤A22中,预先设定一个正横摆阈值 ω_e ,通过该阈值与汽车的横摆角速度 ω 相比较,若 $|\omega| \leq \omega_e$,则判断汽车是直线行驶;否则,判断汽车不是直线行驶。

9. 根据权利要求7所述的汽车质量估计方法,其特征在于:所述的步

骤 A221 中, 预先设定一个正坡度阈值 α_e , 通过该阈值与道路坡度角 α 相比较, 若 $|\alpha| \leq \alpha_e$, 则判断道路没有坡度; 否则, 判断道路有坡度。

10. 根据权利要求 4 所述的汽车质量估计方法, 其特征在于: 所述的
5 步骤 B 中, 所述的质量中心模块 (5) 按照如下方法计算汽车归化动力 F :

$$F = \frac{T_{iq} i_g i_0 \eta_T}{r} - \frac{1}{2} C_D A \rho u_x^2, \text{ 其中,}$$

各参数为发动机输出转矩 T_{iq} 、变速器传动比 i_g 、主减速器传动比 i_0 、传动系的机械效率 η_T 、车轮的半径 r 、空气阻力系数 C_D 、迎
10 风面积 A 、空气密度 ρ 、汽车纵向速度 u_x 。

11. 根据权利要求 4 所述的汽车质量估计方法, 其特征在于: 所述的
步骤 C 中, 所述的质量中心模块 (5) 按照如下方法计算汽车归化
速度 a :

$$a = gf \cos \alpha + g \sin \alpha + \delta a_x, \text{ 其中,}$$

15 各参数为重力加速度 g 、滚动阻力系数 f 、道路坡度角 α 、汽车旋转质量换算系数 δ 、纵向加速度 a_x 。

一种汽车质量估计系统和方法

技术领域

5 本发明涉及汽车，尤其涉及一种汽车质量估计系统和方法。

背景技术

在美国专利 US 6839615 中，利用车轮转速传感器或车轮角速度传感器和加速度计，并在汽车行驶方程的基础上绘制出“速度的平方—车轮转矩”图，其斜率为汽车的质量、截距为道路的坡度，利用车轮的转速来计算汽车的速度，虽然经过校正，但仍然不能代表真实的汽车的速度，而且在汽车行驶方程中忽略了空气阻力和滚动阻力，使得对汽车质量的估计不够准确。

还有的公开文献中，如“Recursive Least Squares with Forgetting for Online Estimation of Vehicle Mass and Road Grade: Theory and Experiments”中，利用 SAE J1939 规定的端口的数据，在汽车行驶方程的基础上利用递归最小二乘法估计出汽车的质量和道路的坡度，该方法中所需要的数据绝大部分来自 SAE J1939 规定的端口，这些端口所提供的数据往往只是近似值，而不是准确值，尤其是汽车的速度更加不准确，因此，对汽车质量的估计也不够准确。

发明内容

本发明的目的在于提供一种准确度高的汽车质量估计系统和方法，以克服现有技术中对于汽车质量估计不够准确的缺点。

本发明所采用的汽车质量估计系统包括外部数据设备、内部参数设备、坡度模块、速度&加速度模块和质量中心模块，其中，

5 所述的外部数据设备用于接收汽车运行实时数据，并将其提供至坡度模块和速度&加速度模块；

所述的内部参数设备用于接收汽车固有或内部参数，并将其提供至质量中心模块；

所述的坡度模块根据外部数据设备所提供的数据，计算汽车的坡度角，并将有关参数或数据传至速度&加速度模块和质量中心模块；

10 所述的速度&加速度模块根据外部数据设备和坡度模块所提供的数据，计算汽车的速度与加速度，并将有关参数或数据传至质量中心模块；

所述的质量中心模块根据内部参数设备、坡度模块和速度&加速度模块所提供的参数或数据，计算出汽车质量，并向汽车驱动系统发布质量信息。

15

所述的外部数据设备包括 GPS 天线、陀螺仪和加速度计，其中，

所述的 GPS 天线接收 GPS 原始数据，测量出汽车的水平速度 V_x 和垂直速度 V_z ，并将数据传送至坡度模块；

20 所述的陀螺仪测量汽车的横摆角速度 ω ，用于判断汽车是否为直线行驶，并将数据传送至速度&加速度模块；

所述的加速度计测量汽车的纵向加速度 a_x 和横向加速度 a_y ，并将数据传送至速度&加速度模块。

所述的内部参数设备包括外存储器和 CAN 总线模块，其中，

25 所述的外存储器向质量中心模块提供汽车固有及相关参数，包括主减速器传动比 i_0 、传动系的机械效率 η_T 、车轮的半径 r 、重力加速度 g 、

空气阻力系数 C_D 、迎风面积 A 、空气密度 ρ 和汽车旋转质量换算系数 δ ;

所述的 CAN 总线模块接收汽车上其他功能模块数据，向质量中心模块提供内部参数，所提供的参数包括发动机输出转矩 T_{iq} 、变速器传动比 i_g 和滚动阻力系数 f 。

5

这种汽车质量估计方法，其特征在于：它包括如下步骤：

- A、通过外部数据设备、内部参数设备、坡度模块和速度&加速度模块取得或计算出相关参数，将所述相关参数传送至质量中心模块；
- B、所述质量中心模块根据相关参数计算出汽车归化动力 F ；
- 10 C、所述质量中心模块根据相关参数计算出汽车归化加速度 a ；
- D、所述质量中心模块计算出汽车质量 m ，并向汽车驱动系统发布质量信息。

所述的步骤 A 包括如下步骤：

- 15 A1、坡度模块根据外部数据设备提供的数据计算出道路坡度角 α 并将其提供给速度&加速度模块和质量中心模块；
- A2、速度&加速度模块根据外部数据设备提供的数据计算出汽车纵向速度 u_x 和纵向加速度 a_x 并将其提供给质量中心模块；
- A3、内部参数设备向质量中心模块提供汽车固有或内部参数。

20

所述的步骤 A1 中，坡度模块根据 GPS 天线所提供的水平速度 V_x 和垂直速度 V_z ，按如下方式计算道路坡度角 α ：

$$\alpha = \arctan\left(\frac{V_z}{V_x}\right)$$

- 25 所述的步骤 A2 包括如下步骤：

A21、速度&加速度模块接收 GPS 天线、陀螺仪和加速度计的运行实时数据及道路坡度角 α ；

A22、判断汽车是否直线行驶，进行如下操作：

A221、若是直线行驶，则判断道路是否有坡度，进行如下操作：

5 A2211、若道路没有坡度，采用 GPS 天线提供的数据计算汽车纵向速度 u_x 和纵向加速度 a_x ；

A2212、若道路有坡度，利用卡尔曼滤波器计算汽车纵向速度 u_x 和纵向加速度 a_x ；

A222、若不是直线行驶，利用卡尔曼滤波器计算汽车纵向速度 u_x 和纵向加速度 a_x ；

A23、向质量中心模块发送汽车纵向速度 u_x 和纵向加速度 a_x 。

所述的步骤 A22 中，预先设定一个正横摆阈值 ω_e ，通过该阈值与汽车的横摆角速度 ω 相比较，若 $|\omega| \leq \omega_e$ ，则判断汽车是直线行驶；否则，
15 判断汽车不是直线行驶。

所述的步骤 A221 中，预先设定一个正坡度阈值 α_e ，通过该阈值与道路坡度角 α 相比较，若 $|\alpha| \leq \alpha_e$ ，则判断道路没有坡度；否则，判断道路有坡度。

20

根据权利要求 4 所述的汽车质量估计方法，其特征在于：所述的步骤 B 中，所述的质量中心模块按照如下方法计算汽车归化动力 F：

$$F = \frac{T_{iq} i_g i_0 \eta_T}{r} - \frac{1}{2} C_D A \rho u_x^2, \text{ 其中,}$$

各参数为发动机输出转矩 T_{iq} 、变速器传动比 i_g 、主减速器传动比 i_0 、传动系的机械效率 η_T 、车轮的半径 r 、空气阻力系数 C_D 、迎
25

风面积 A 、空气密度 ρ 、汽车纵向速度 u_x 。

所述的步骤 C 中，所述的质量中心模块按照如下方法计算汽车归化加速度 a ：

5
$$a = gf \cos\alpha + g \sin\alpha + \delta a_x, \text{ 其中,}$$

各参数为重力加速度 g 、滚动阻力系数 f 、道路坡度角 α 、汽车旋转质量换算系数 δ 、纵向加速度 a_x 。

本发明的有益效果为：在本发明中，使用汽车行驶方程对汽车的质量进行估计，但没有忽略空气阻力和滚动阻力，通过外部数据设备传送大量的汽车运行实时数据，以及内部参数设备传送汽车固有或内部参数，综合地考虑了各方面的因素，鉴于本发明中应用的实时性，将空气阻力和滚动阻力当成已知量来考虑，减少了数据运行量，使系统的负荷不至于过大，采用简单的最小二乘法估计出汽车的质量，在确保汽车质量估计准确度的前提下，又兼顾了应用的实时性，使本发明具有良好的实用性。

10
15

附图说明

- 图 1 为本发明系统结构示意图；
- 20 图 2 为本发明应用示例示意图；
- 图 3 为本发明控制流程示意图；
- 图 4 为卡尔曼滤波更新状态模型。

具体实施方式

25 下面根据附图和实施例对本发明作进一步详细说明：

根据图 1 和图 2，本发明包括外部数据设备 1、内部参数设备 2、

坡度模块 3、速度&加速度模块 4 和质量中心模块 5。

如图 1 所示，外部数据设备 1 用于接收汽车运行实时数据，并将其提供至坡度模块 3 和速度&加速度模块 4。

如图 1 所示，外部数据设备 1 包括 GPS 天线 11、陀螺仪 12 和加速度计 13，其中，GPS 天线 11 接收 GPS 原始数据，测量出汽车的水平速度 V_x 和垂直速度 V_z ，并将数据传送至坡度模块 3，陀螺仪 12 测量汽车的横摆角速度 ω ，用于判断汽车是否为直线行驶，并将数据传送至速度&加速度模块 4，加速度计 13 测量汽车的纵向加速度 a_x 和横向加速度 a_y ，并将数据传送至速度&加速度模块 4。

如图 1 所示，内部参数设备 2 用于接收汽车固有或内部参数，并将其提供至质量中心模块 5。

如图 1 所示，内部参数设备 2 包括外存储器 21 和 CAN 总线模块 22，其中，外存储器 21 向质量中心模块 5 提供汽车固有及相关参数，包括主减速器传动比 i_0 、传动系的机械效率 η_T 、车轮的半径 r 、重力加速度 g 、空气阻力系数 C_D 、迎风面积 A 、空气密度 ρ 和汽车旋转质量换算系数 δ ，CAN 总线模块 22 接收汽车上其他功能模块数据，向质量中心模块 5 提供内部参数，所提供的参数包括发动机输出转矩 T_{tq} 、变速器传动比 i_g 和滚动阻力系数 f 。

如图 1 所示，坡度模块 3 根据外部数据设备 1 所提供的数据，计算汽车的坡度角，并将有关参数或数据传至速度&加速度模块 4 和质量中心模块 5。

如图 1 所示，速度&加速度模块 4 根据外部数据设备 1 和坡度模块 3 所提供的数据，计算汽车的速度与加速度，并将有关参数或数据传至质量中心模块 5。

如图 1 所示，质量中心模块 5 根据内部参数设备 2、坡度模块 3 和速度&加速度模块 4 所提供的参数或数据，计算出汽车质量，并向汽车

驱动系统发布质量信息。

汽车的行驶方程为：

$$F_t = F_f + F_w + F_i + F_j$$

式中， $F_t = \frac{T_{iq} i_g i_0 \eta_T}{r}$ ，为汽车的驱动力；

5 $F_f = mgf \cos \alpha$ ，为滚动阻力；

$F_w = \frac{1}{2} C_D A \rho u_x^2$ ，为空气阻力；

$F_i = mg \sin \alpha$ ，为坡度阻力；

$F_j = \delta m a_x$ ，为加速阻力。

因此，可作如下变换：

$$10 \quad \frac{T_{iq} i_g i_0 \eta_T}{r} = mgf \cos \alpha + \frac{1}{2} C_D A \rho u_x^2 + mg \sin \alpha + \delta m a_x$$

上式中， T_{iq} 为发动机输出转矩， i_g 为变速器传动比， i_0 为主减速器传动比， η_T 为传动系的机械效率， r 为车轮半径， m 为汽车质量， g 为重力加速度， f 为滚动阻力系数， α 为道路坡度角， C_D 为空气阻力系数， A 为迎风面积， ρ 为空气密度， u_x 为汽车纵向速度， δ 为汽车旋转质量
15 换算系数， a_x 为汽车纵向加速度。

将上式变形整理后，得

$$\frac{T_{iq} i_g i_0 \eta_T}{r} - \frac{1}{2} C_D A \rho u_x^2 = m(gf \cos \alpha + g \sin \alpha + \delta a_x)$$

取汽车归化动力 F 如下：

$$F = \frac{T_{iq} i_g i_0 \eta_T}{r} - \frac{1}{2} C_D A \rho u_x^2$$

20 取汽车归化加速度 a 如下：

$$a = m(gf \cos \alpha + g \sin \alpha + \delta a_x)$$

根据下式计算汽车质量 m ：

$$m = F / a$$

由上式可知，只要汽车归化动力 F 和汽车归化加速度 a 可以得到，那么用简单的最小二乘法就可以将汽车质量 m 计算出来。

在本发明中，通过外部数据设备 1、内部参数设备 2、坡度模块 3 和速度&加速度模块 4 取得或计算出相关参数，将所述相关参数传送到质量中心模块 5，质量中心模块 5 根据相关参数计算出汽车归化动力 F 和汽车归化加速度 a ，计算出汽车质量 m ，并向汽车驱动系统发布质量信息。

如图 3 所示，本发明的具体控制流程如下：

- 10 1、坡度模块 3 根据 GPS 天线 11 提供的汽车的水平速度 V_x 和垂直速度 V_z ，计算出道路坡度角 α 并将其提供给速度&加速度模块 4 和质量中心模块 5，如图 2 所示，可按如下方式计算道路坡度角 α ：

$$\alpha = \arctan\left(\frac{V_z}{V_x}\right)$$

- 15 2、速度&加速度模块 4 接收 GPS 天线 11、陀螺仪 12 和加速度计 13 的运行实时数据及道路坡度角 α 。
- 3、预先设定一个正横摆阈值 ω_e ，通过该阈值与汽车的横摆角速度 ω 相比较，判断汽车是否直线行驶，进行如下操作：

- 31、若 $|\omega| \leq \omega_e$ ，则判断汽车是直线行驶，则预先设定一个正坡度阈值 α_e ，通过该阈值与道路坡度角 α 相比较，判断道路有没有坡度，进行如下操作：
- 20

- 311、若 $|\alpha| \leq \alpha_e$ ，则判断道路没有坡度，采用 GPS 天线 11 提供的数据计算汽车纵向速度 u_x 和纵向加速度 a_x ，其中，汽车纵向速度 u_x 直接由 GPS 测量的水平速度 V_x 得到，即，

$$u_x = V_x$$

- 25 汽车纵向加速度 a_x 由 GPS 测量的水平速度 V_x 时间的

微分得到，为

$$a_x = \frac{dV_x}{dt}$$

312、若 $|\alpha| > \alpha_e$ ，则判断道路有坡度，利用卡尔曼滤波器计算汽车纵向速度 u_x 和纵向加速度 a_x 。

5 卡尔曼滤波是一种公知的数学算法，其数学原理如下：

$$x[n+1] = \Phi x[n] + \Psi u[n] + \varepsilon[n]$$

$$y[n] = Hx[n] + \eta[n]$$

形如上式的状态模型，卡尔曼滤波满足以下递推方

10 程：

A. 测量更新（观测更新）

$$\hat{x}[n|n] = \hat{x}[n|n-1] + K[n](y[n] - H\hat{x}[n|n-1])$$

$$K[n] = P[n|n-1]H^T (HP[n|n-1]H^T + R[n])^{-1}$$

$$P[n|n] = (I - K[n]H)P[n|n-1]$$

15 B. 时间更新

$$\hat{x}[n+1|n] = \Phi \hat{x}[n|n] + \Psi u[n]$$

$$P[n+1|n] = \Phi P[n|n]\Phi^T + Q[n]$$

在以上 5 个公式中：

20 $\hat{x}[n|n]$ 表示利用 n 时刻的量测值 $y[n]$ 进行更新的 x 的更新值，也就是在 n 时刻对 x 进行的最佳估计，如图 4 所示。

$\hat{x}[n+1|n]$ 表示由 $y[0]$ 直到 $y[n]$ 的量测值估计的 $n+1$ 时刻的 x 值；

I 是单位矩阵；

25 $K[n]$ 是卡尔曼增益矩阵；

$Q[n]$ 是模型噪声 $\varepsilon[n]$ 的协方差矩阵，为

$$Q[n] = E(\varepsilon[n]\varepsilon[n]^T);$$

$R[n]$ 是量测噪声 $\eta[n]$ 的协方差矩阵，为

$$R[n] = E(\eta[n]\eta[n]^T);$$

$P[n|n]$ 和 $P[n|n-1]$ 是误差协方差矩阵，他们的定义为

$$5 \quad P[n|n] = E(\{x[n] - \hat{x}[n|n]\} \{x[n] - \hat{x}[n|n]\}^T)$$

$$P[n|n-1] = E(\{x[n] - \hat{x}[n|n-1]\} \{x[n] - \hat{x}[n|n-1]\}^T)$$

其中 $x[n]$ 表示在 n 时刻 x 的实际值，符号 $E(\)$ 的含义是求括号中表达式的期望值。

10 当给定 0 时刻的初始值 $x[1|0]$ 和 $P[1|0]$ 后，就可以反复迭代卡尔曼滤波算法的 5 个公式，从而在任一 n 时刻都可以估计出最佳的 x 值，在这里则可利用卡尔曼滤波器计算汽车纵向速度 u_x 和纵向加速度 a_x 。

32、若 $|\omega| > \omega_e$ ，则判断汽车不是直线行驶，利用卡尔曼滤波器计算汽车纵向速度 u_x 和纵向加速度 a_x 。

15 4、速度&加速度模块 4 向质量中心模块 5 发送汽车纵向速度 u_x 和纵向加速度 a_x 。

5、内部参数设备 2 向质量中心模块 5 提供汽车固有或内部参数，其中，CAN 总线模块 22 向质量中心模块 5 提供的数据主要包括：

发动机输出转矩 T_{iq} 、变速器传动比 i_g 和滚动阻力系数 f 。

20 外存储器 21 向质量中心模块 5 提供的数据主要包括：

主减速器传动比 i_0 、传动系的机械效率 η_T 、车轮半径 r 、重力加速度 g 、空气阻力系数 C_D 、迎风面积 A 、空气密度 ρ 和汽车旋转质量换算系数 δ 。

6、质量中心模块 5 按照如下方法计算汽车归化动力 F ：

$$25 \quad F = \frac{T_{iq} i_g i_0 \eta_T}{r} - \frac{1}{2} C_D A \rho u_x^2, \text{ 其中,}$$

各参数为发动机输出转矩 T_{tq} 、变速器传动比 i_g 、主减速器传动比 i_0 、传动系的机械效率 η_T 、车轮的半径 r 、空气阻力系数 C_D 、迎风面积 A 、空气密度 ρ 、汽车纵向速度 u_x 。

7、质量中心模块 5 按照如下方法计算汽车归化加速度 a ：

$$5 \quad a = gf \cos \alpha + g \sin \alpha + \delta a_x, \text{ 其中,}$$

各参数为重力加速度 g 、滚动阻力系数 f 、道路坡度角 α 、汽车旋转质量换算系数 δ 、纵向加速度 a_x 。

8、质量中心模块 5 根据 $m = F/a$ ，计算出汽车质量 m ，并向汽车驱动系统发布质量信息。

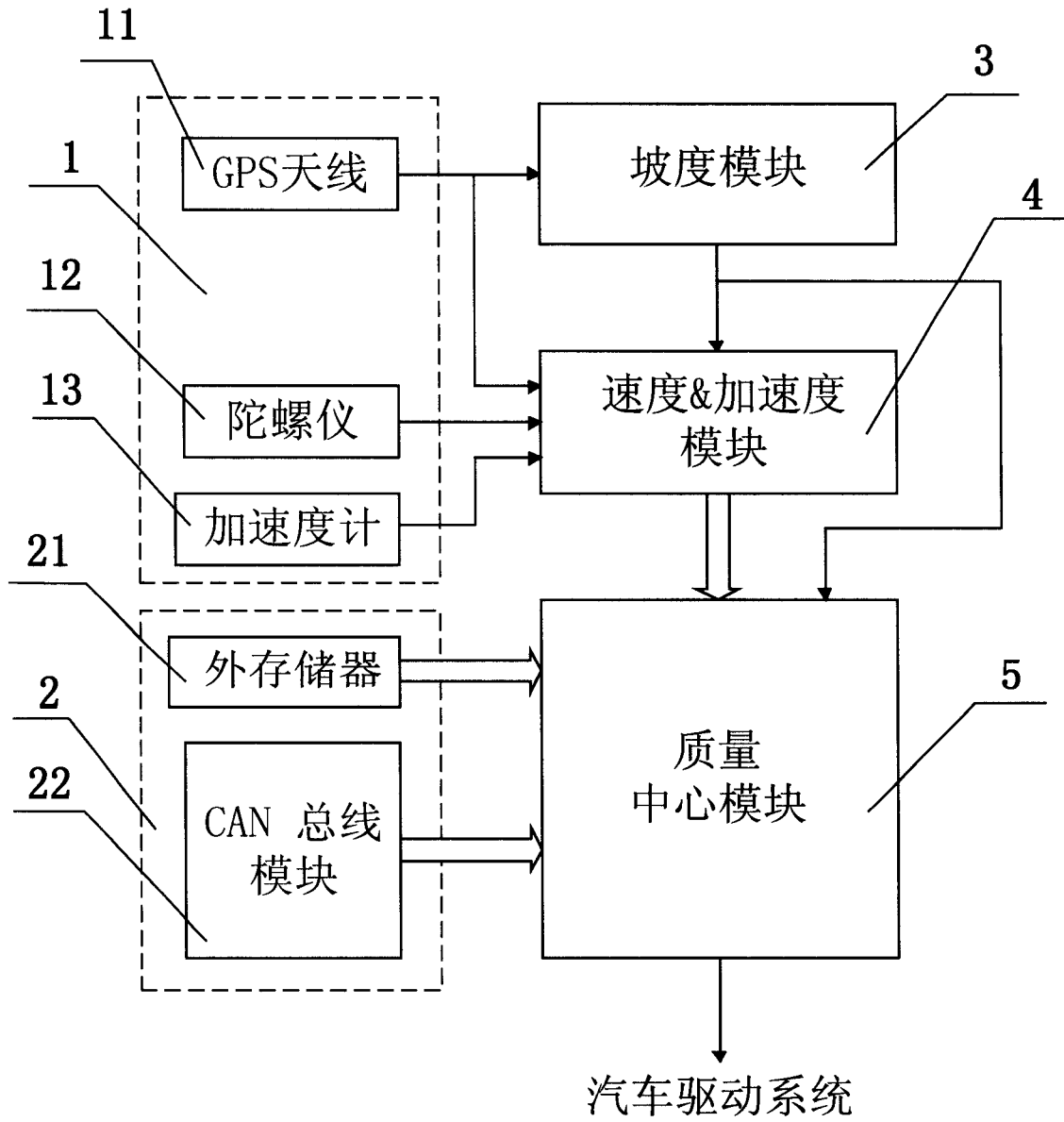


图1

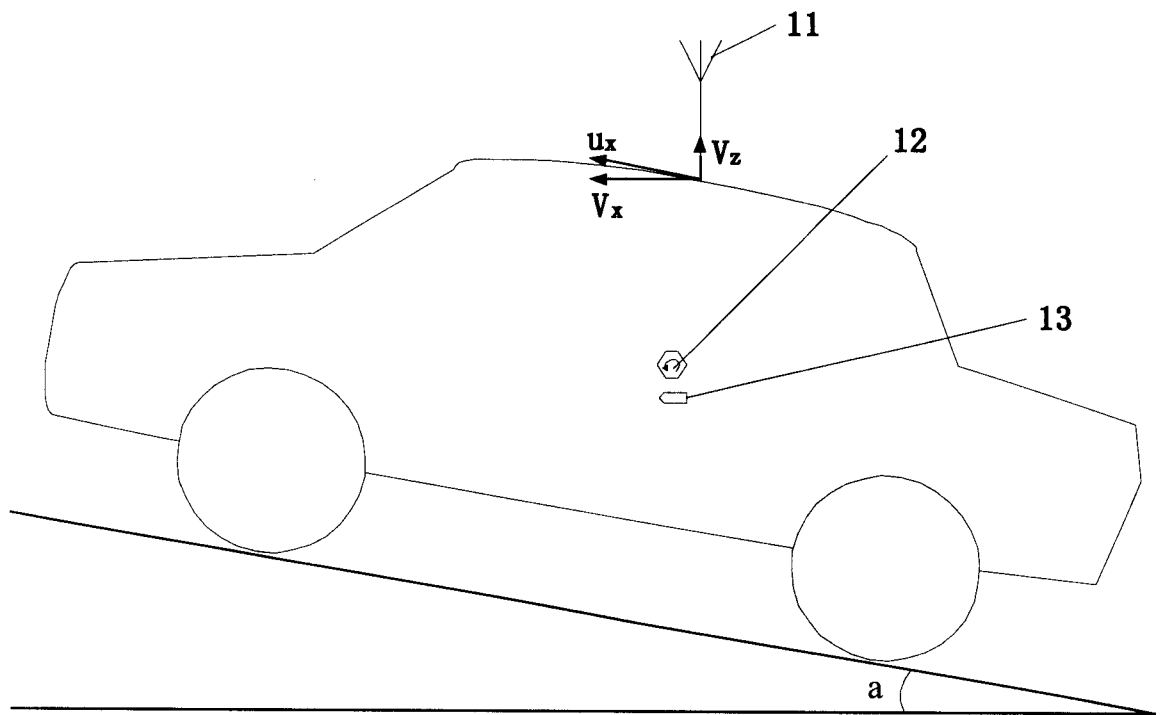


图2

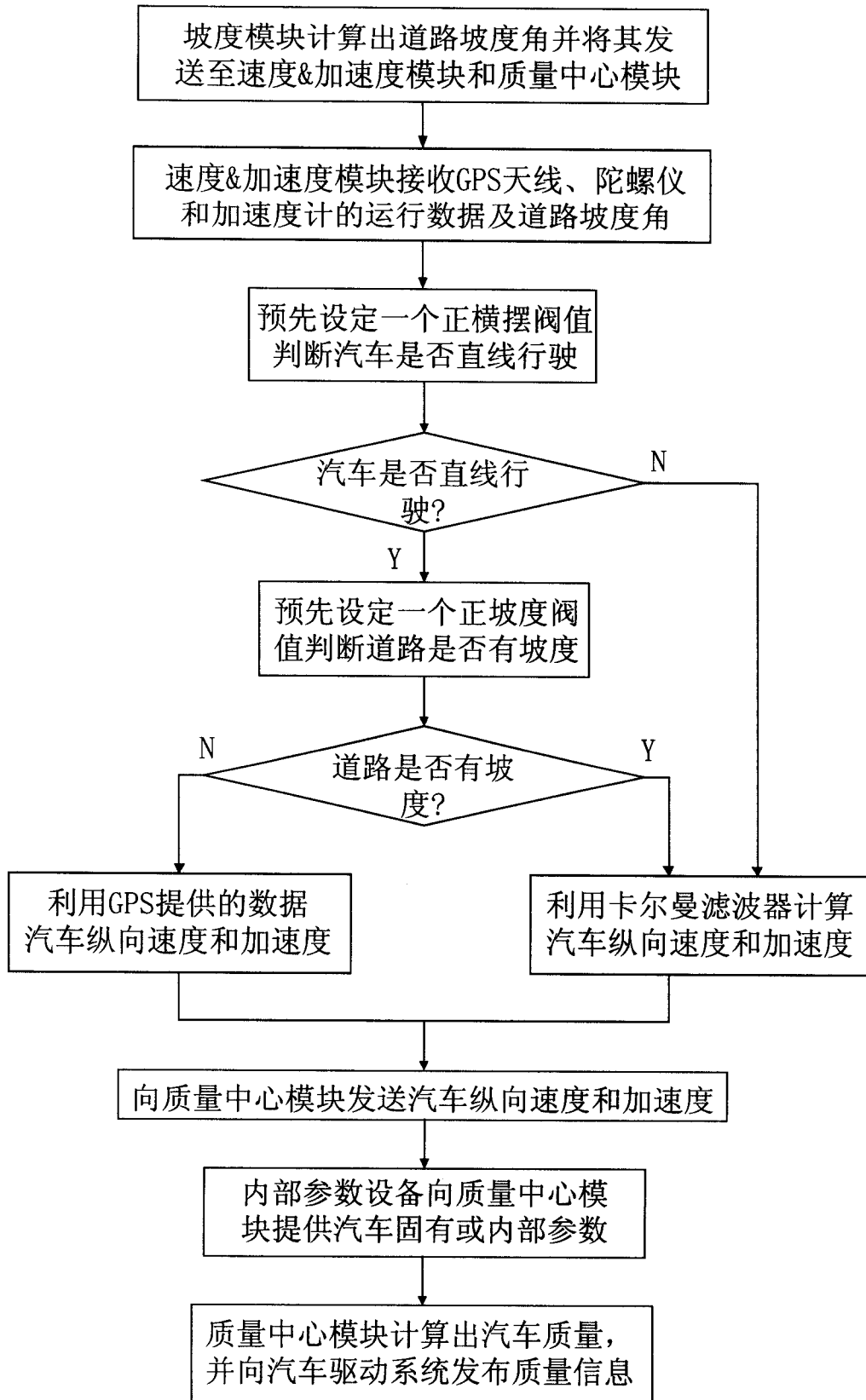


图3

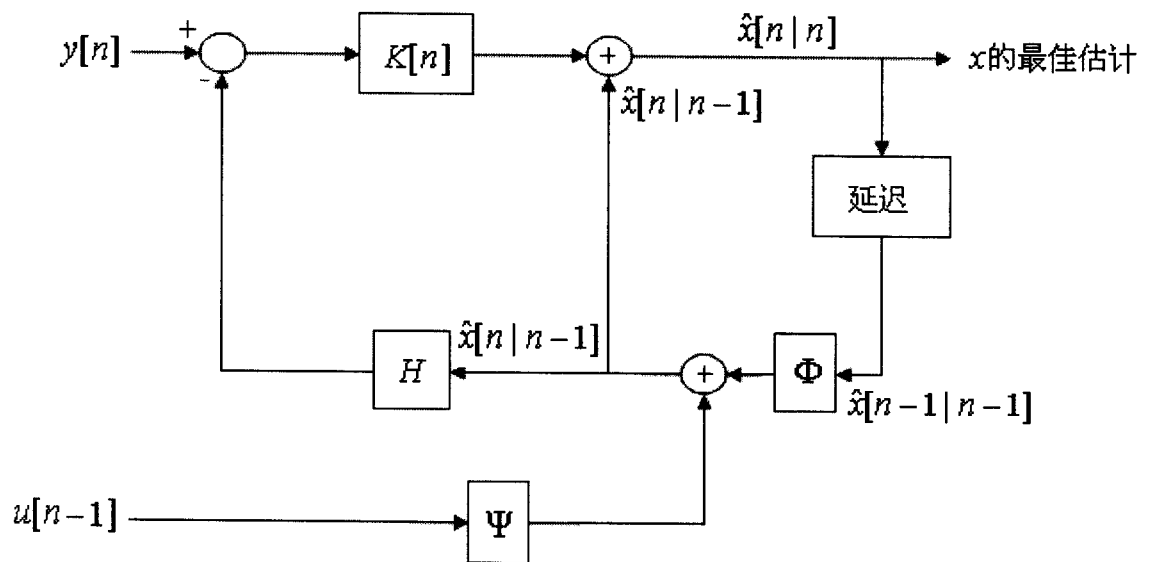


图4