



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102951158 A

(43) 申请公布日 2013. 03. 06

(21) 申请号 201210433269. X

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2012. 11. 02

B60W 40/13(2012. 01)

(71) 申请人 浙江吉利汽车研究院有限公司杭州分公司

地址 311228 浙江省杭州市萧山区临江工业园区农二场房屋 206 号

申请人 浙江吉利汽车研究院有限公司  
浙江吉利控股集团有限公司

(72) 发明人 刘红梅 竺福庆 彭鸿 门永新  
赵福全

(74) 专利代理机构 上海波拓知识产权代理有限公司 31264

代理人 邓铁华

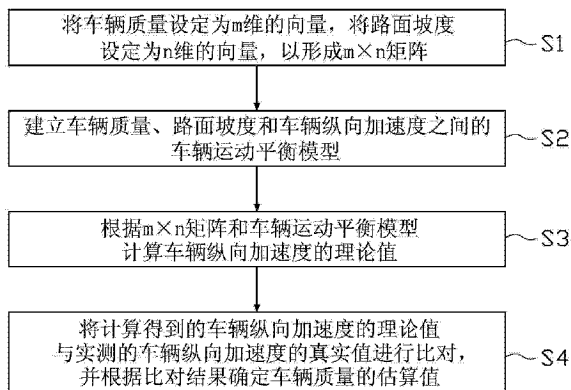
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 1 页

(54) 发明名称

车辆质量估算方法

(57) 摘要

本发明涉及一种车辆质量估算方法,包括以下步骤:(1) 将车辆质量设定为  $m$  维的向量,将路面坡度设定为  $n$  维的向量,以形成  $m \times n$  矩阵;(2) 建立车辆质量、路面坡度和车辆纵向加速度之间的车辆运动平衡模型;(3) 根据  $m \times n$  矩阵和车辆运动平衡模型计算车辆纵向加速度的理论值;(4) 将计算得到的车辆纵向加速度的理论值与实测的车辆纵向加速度的真实值进行比对,并根据比对结果确定车辆质量的估算值。本发明可以准确估算出车辆当前的整车质量,能够为主动安全控制系统提供准确的质量输入参数,提高了主动安全控制系统的控制精度,保障了车辆的行车安全。



1. 一种车辆质量估算方法,其特征在于,包括以下步骤:

将车辆质量设定为  $m$  维的向量,将路面坡度设定为  $n$  维的向量,以形成一  $m \times n$  矩阵;

建立车辆质量、路面坡度和车辆纵向加速度之间的一车辆运动平衡模型;

根据该  $m \times n$  矩阵和该车辆运动平衡模型计算车辆纵向加速度的理论值;

将计算得到的车辆纵向加速度的理论值与实测的车辆纵向加速度的真实值进行比对,并根据比对结果确定车辆质量的估算值。

2. 如权利要求 1 所述的车辆质量估算方法,其特征在于,车辆质量、路面坡度和车辆纵向加速度之间的该车辆运动平衡模型为:

$$\dot{v}_x = \frac{1}{M} \left( \frac{T_{iq} - I_{en} \dot{\omega}_{en}}{r_g} - F_b - F_w \right) - g \frac{\sin(\alpha + \alpha_f)}{\cos \alpha_f}$$

其中,  $\dot{v}_x$  为车辆纵向加速度,  $M$  为车辆质量,  $T_{iq}$  为发动机输出在飞轮上的转矩,  $I_{en}$  为传动系转动惯量,  $\dot{\omega}_{en}$  为发动机转动加速度,  $r_g$  为车轮半径和传动比的比值,  $F_b$  为制动力,  $F_w$  为空气阻力,  $g$  为重力加速度,  $\alpha$  为道路坡度的角度值,  $\alpha_f = \arctan(f)$ ,  $f$  为滚动阻力系数。

3. 如权利要求 2 所述的车辆质量估算方法,其特征在于,车轮半径和传动比的比值  $r_g$  利用以下公式计算获得:

$$r_g = \frac{r_w}{i_g i_0 \eta_T}$$

其中,  $i_g$  为变速器传动比,  $i_0$  为主减速器传动比,  $\eta_T$  为传动效率,  $r_w$  为车轮半径。

4. 如权利要求 2 所述的车辆质量估算方法,其特征在于,制动力  $F_b$  利用以下公式计算获得:

$$F_b = K_b C_{brk} P_{brk},$$

其中,  $K_b$  为制动踏板开度,  $C_{brk}$  为制动器常数,  $P_{brk}$  为制动压力。

5. 如权利要求 2 所述的车辆质量估算方法,其特征在于,空气阻力  $F_w$  利用以下公式计算获得:

$$F_w = \frac{1}{2} C_D A \rho v_x^2,$$

其中,  $C_D$  为风阻系数,  $A$  为迎风面积,  $\rho$  为空气密度,  $v_x$  为车辆纵向速度。

6. 如权利要求 1 所述的车辆质量估算方法,其特征在于,将计算得到的车辆纵向加速度的理论值与实测的车辆纵向加速度的真实值进行比对,并根据比对结果确定车辆质量的估算值时,包括步骤:

找出与车辆纵向加速度的真实值最接近的车辆纵向加速度的理论值;

将计算该车辆纵向加速度的理论值时所采用的车辆质量作为车辆质量的估算值。

7. 如权利要求 1 所述的车辆质量估算方法,其特征在于,将车辆质量设定为  $m$  维的向量包括步骤:

设定车辆质量的变化范围;

设定车辆质量的变化间隔;

根据变化范围和变化间隔,将车辆质量设定为  $m$  维的向量。

8. 如权利要求 1 所述的车辆质量估算方法,其特征在于,将路面坡度设定为  $n$  维的向量

包括步骤：

设定路面坡度的变化范围；

设定路面坡度的变化间隔；

根据变化范围和变化间隔，将路面坡度设定为  $n$  维的向量。

## 车辆质量估算方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及车辆主动安全控制技术领域,特别涉及一种车辆质量估算方法。

### 背景技术

[0002] 作为现代社会中的一种主要代步工具和运输工具,车辆例如汽车深刻地融入了人们的生活,同时也带来了很多问题,其中汽车安全是最不容忽视的。

[0003] 随着电子信息技术和现代控制理论在汽车产业的结合渗透,汽车安全控制领域的概念和方法层出不穷,汽车的安全配置已经不再是安全带这样单一的配件,更多的配件和电控系统被集成起来,形成互不相同但又互相交叉的综合系统,汽车安全技术已经开始渗透到汽车的各个部分。

[0004] 对于汽车的主动安全控制技术,如车辆电子稳定性控制系统、汽车防侧翻控制系统等,系统需要根据车载的各种传感器(如轮速传感器、侧向加速度传感器等)和其他的电子控制系统(如发动机管理系统等)的信息来估算车辆的运行状态,而估算车辆运行状态时经常需要整车质量这一参数。然而,汽车的整车质量会随着载荷的变化而变化,尤其是客车和货车,很难事先确定,使得主动安全控制系统对车辆状态的估算不够准确,导致系统控制精度不够,控制失效,甚至严重影响到车辆的行车安全。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种车辆质量估算方法,以解决由于车辆质量难以确定而导致的主动安全控制技术准确性低的问题。

[0006] 本发明实施例提出的一种车辆质量估算方法,包括以下步骤:(1)将车辆质量设定为  $m$  维的向量,将路面坡度设定为  $n$  维的向量,以形成  $m \times n$  矩阵;(2)建立车辆质量、路面坡度和车辆纵向加速度之间的车辆运动平衡模型;(3)根据  $m \times n$  矩阵和车辆运动平衡模型计算车辆纵向加速度的理论值;(4)将计算得到的车辆纵向加速度的理论值与实测的车辆纵向加速度的真实值进行比对,并根据比对结果确定车辆质量的估算值。

[0007] 依照本发明较佳实施例所述的车辆质量估算方法,车辆质量、路面坡度和车辆纵向加速度之间的该车辆运动平衡模型例如为:

$$[0008] \quad \dot{v}_x = \frac{1}{M} \left( \frac{T_{tq} - I_{en} \dot{\omega}_{en}}{r_g} - F_b - F_w \right) - g \frac{\sin(\alpha + \alpha_f)}{\cos \alpha_f}$$

[0009] 其中,  $\dot{v}_x$  为车辆纵向加速度,  $M$  为车辆质量,  $T_{tq}$  为发动机输出在飞轮上的转矩,  $I_{en}$  为传动系转动惯量,  $\dot{\omega}_{en}$  为发动机转动加速度,  $r_g$  为车轮半径和传动比的比值,  $F_b$  为制动力,  $F_w$  为空气阻力,  $g$  为重力加速度,  $\alpha$  为道路坡度的角度值,  $\alpha_f = \arctan(f)$ ,  $f$  为滚动阻力系数。

[0010] 依照本发明较佳实施例所述的车辆质量估算方法,车轮半径和传动比的比值  $r_g$  例如利用以下公式计算获得:

$$[0011] \quad r_g = \frac{r_w}{i_g i_0 \eta_T}$$

[0012] 其中,  $i_g$  为变速器传动比,  $i_0$  为主减速器传动比,  $\eta_T$  为传动效率,  $r_w$  为车轮半径(滚动半径)。

[0013] 依照本发明较佳实施例所述的车辆质量估算方法,  $F_b$  制动力例如利用以下公式计算获得:

$$[0014] \quad F_b = K_b C_{brk} P_{brk}$$

[0015] 其中,  $K_b$  为制动踏板开度,  $C_{brk}$  为制动器常数,  $P_{brk}$  为制动压力。

[0016] 依照本发明较佳实施例所述的车辆质量估算方法,  $F_w$  空气阻力例如利用以下公式计算获得:

$$[0017] \quad F_w = \frac{1}{2} C_D A \rho v_x^2$$

[0018] 其中,  $C_D$  为风阻系数,  $A$  为迎风面积,  $\rho$  为空气密度,  $v_x$  为车辆纵向速度。

[0019] 依照本发明较佳实施例所述的车辆质量估算方法, 前述将计算得到的车辆纵向加速度的理论值与实测的车辆纵向加速度的真实值进行比对, 并根据比对结果确定车辆质量的估算值时, 例如包括步骤: (1) 找出与车辆纵向加速度的真实值最接近的车辆纵向加速度的理论值; (2) 将计算该车辆纵向加速度的理论值时所采用的车辆质量作为车辆质量的估算值。

[0020] 依照本发明较佳实施例所述的车辆质量估算方法, 前述将车辆质量设定为  $m$  维的向量例如包括步骤: (1) 设定车辆质量的变化范围; (2) 设定车辆质量的变化间隔; (3) 根据变化范围和变化间隔, 将车辆质量设定为  $m$  维的向量。

[0021] 依照本发明较佳实施例所述的车辆质量估算方法, 前述将路面坡度设定为  $n$  维的向量例如包括步骤: (1) 设定路面坡度的变化范围; (2) 设定路面坡度的变化间隔; (3) 根据变化范围和变化间隔, 将路面坡度设定为  $n$  维的向量。

[0022] 相对于现有技术, 本发明的有益效果是: 结合由车辆质量和路面坡度所构成的  $m \times n$  矩阵以及车辆运动平衡模型, 可以准确估算出车辆当前的整车质量, 从而为主动安全控制系统提供准确的质量输入参数, 提高了主动安全控制系统的控制精度, 保障了车辆的行车安全。

[0023] 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和其他目的、特征和优点能够更明显易懂, 以下特举较佳实施例, 并配合附图, 详细说明如下。

## 附图说明

[0024] 图 1 为本发明实施例车辆质量估算方法的一种实施流程图;

[0025] 图 2 为利用本发明实施例估算车辆质量的过程示意图。

## 具体实施方式

[0026] 为更进一步阐述本发明达成预定发明目的所采取的技术手段及功效, 以下结合附图及较佳实施例, 对依据本发明提出的车辆质量估算方法其具体实施方式、方法、步骤及功效, 详细说明如后。

[0027] 有关本发明的前述及其他技术内容、特点及功效,在以下配合参考图式的较佳实施例详细说明中将可清楚的呈现。通过具体实施方式的说明,当可对本发明为达成预定目的所采取的技术手段及功效得以更加深入且具体的了解,然而所附图式仅是提供参考与说明之用,并非用来对本发明加以限制。

[0028] 本发明的主要思想是将车辆质量和路面坡度这两个未知量分别设定为  $m$  维和  $n$  维的向量,组成  $m \times n$  矩阵,并将其中每个元素都代入车辆运动平衡模型方程式中计算整车纵向加速度的理论值,然后通过对比计算所得的车辆纵向加速度与传感器实测的车辆纵向加速度进行比对,从而估算出车辆当前的实际整车质量。本发明中所述的【纵向】是指车辆行驶的方向。

[0029] 以下结合图及图 2 具体说明本发明的较佳实施例。请参见图 1,其为本发明实施例车辆质量估算方法的一种实施流程图,其主要包括以下步骤:

[0030] 步骤 S1:将车辆质量设定为  $m$  维的向量,将路面坡度设定为  $n$  维的向量,以形成  $m \times n$  矩阵。

[0031] 行驶过程中的车辆质量和路面坡度是两个未知量,不能直接求解,但车辆质量和路面坡度的变化是有一定范围的。在建立  $m \times n$  矩阵时,可以先设定车辆质量和路面坡度的变化范围及变化间隔,然后根据变化范围及变化间隔,设定车辆质量为  $m$  维的向量,和路面坡度为  $n$  维的向量,从而便能建立  $m \times n$  矩阵。众所周知,路面坡度通常有两种表示方式:一种是利用角度值(以度数表示)来表示,另一种则是以坡度起止点的高度差与其水平距离的比值(也即角度值的正切值)的百分数来表示,两种表示方式之间可以相互转换。

[0032] 具体来说,车辆质量的变动范围随车型的不同而不同,假设设定为  $(M1, M2)$ ,将其变化间隔设为 20 千克(Kg)。设定路面坡度为  $(-G, G)\%$ ,间隔为 0.5%。则车辆质量和路面坡度的维数分别为  $m = (M2 - M1) / 20 + 1$ ,  $n = (G\% - (-G\%)) / 0.5\% + 1 = 4G + 1$ ,从而形成一个  $m \times n$  矩阵。

[0033] 步骤 S2:建立车辆质量、路面坡度和车辆纵向加速度之间的车辆运动平衡模型。本发明实施例优选的车辆运动平衡模型为以下公式(1):

$$[0034] \quad \dot{v}_x = \frac{1}{M} \left( \frac{T_{tq} - I_{en} \dot{\omega}_{en}}{r_g} - F_b - F_w \right) - g \frac{\sin(\alpha + \alpha_f)}{\cos \alpha_f} \quad \dots\dots(1)$$

[0035] 在公式(1)中,  $\dot{v}_x$  为纵向加速度,  $M$  为车辆质量;  $T_{tq}$  为发动机输出在飞轮上的转矩,驱动模式下为正,制动模式下为负,发动机管理系统会将这一转矩值按照其事先制定的协议发送到 CAN 总线上,使用时可以从 CAN 总线上按照同样的协议进行读取并还原为转矩值;  $I_{en}$  为传动系转动惯量,为常数;  $\dot{\omega}_{en}$  为发动机转动加速度(也即发动机转速  $\omega_{en}$  对时间求导),发动机转速  $\omega_{en}$  可通过安装在发动机曲轴上的转速传感器测出;  $r_g$  为车轮半径和传动比的比值,  $F_x$  为制动力,  $F_w$  为空气阻力,  $g$  为重力加速度;  $\alpha$  为道路坡度的角度值,其可通过对路面坡度变化范围  $(-G, G)\%$  中的取值求反正切值获得;  $\alpha_f = \arctan(f)$ ,  $f$  为滚动阻力系数。

[0036] 其中,车轮半径和传动比的比值  $r_g$  例如可以利用公式(2)计算获得:

$$[0037] \quad r_g = \frac{r_w}{i_g i_0 \eta_T} \quad \dots\dots(2)$$

[0038] 在公式 (2) 中,  $i_g$  为变速器传动比,  $i_0$  为主减速器传动比,  $\eta_r$  为传动效率,  $r_w$  为车轮半径。

[0039] 制动力  $F_b$  例如可利用以下公式 (3) 计算获得:

$$[0040] \quad F_b = K_b C_{brk} P_{brk} \cdots \cdots (3)$$

[0041] 在公式 (3) 中,  $K_b$  为制动踏板开度, 可通过踏板开度传感器测量得出;  $C_{brk}$  为制动器常数;  $P_{brk}$  为制动压力, 可通过压力传感器测出。

[0042] 空气阻力  $F_w$  例如可以利用以下公式 (4) 计算获得:

$$[0043] \quad F_w = \frac{1}{2} C_D A \rho v_x^2 \quad \cdots \cdots (4)$$

[0044] 其中,  $C_D$  为风阻系数,  $A$  为迎风面积,  $\rho$  为空气密度,  $v_x$  为纵向速度, 可以通过安装在车轮上的轮速传感器测量得到。

[0045] 上述公式 (1) 至公式 (4) 为本发明较佳的实施方式, 但并不以此限制本发明, 上述公式均可以视实际环境条件或车辆配置来进行调整。

[0046] 步骤 S3: 根据  $m \times n$  矩阵和车辆运动平衡模型计算车辆纵向加速度的理论值。

[0047] 由于建立的车辆运动平衡模型中只有三个未知量, 即车辆质量、路面坡度和车辆纵向加速度, 因此只要将  $m \times n$  矩阵中设定的车辆质量和路面坡度代入车辆运动平衡模型公式 (1) 中, 就可以求得车辆纵向加速度的理论值。具体来说, 是将  $m \times n$  矩阵中的每个元素都代入车辆运动平衡模型公式 (1) 中, 并求出对应的车辆纵向加速度, 总的计算次数为  $1 = m \times n$ , 也即会得出 1 个车辆纵向加速度的理论值, 在图 2 中以  $\dot{v}_1, \dot{v}_2, \dots, \dot{v}_l$  来表示。

[0048] 步骤 S4: 将计算得到的车辆纵向加速度的理论值  $\dot{v}_1, \dot{v}_2, \dots, \dot{v}_l$  与实测的车辆纵向加速度的真实值  $\dot{v}_{xm}$  (如图 2 所示) 进行比对, 并根据比对结果确定车辆质量的估算值。

[0049] 在此, 车辆纵向加速度的真实值  $\dot{v}_{xm}$  是车辆纵向速度  $v_x$  对时间的求导值, 而车辆纵向速度  $v_x$  可以通过设置在车辆上的车速传感器实时测量得到, 因此而可相应地获得车辆纵向加速度的真实值  $\dot{v}_{xm}$ 。比对时, 计算根据车辆运动平衡模型公式 (1) 而计算得到的 1 个车辆纵向加速度的理论值  $\dot{v}_1, \dot{v}_2, \dots, \dot{v}_l$  分别与车辆纵向加速度的真实值  $\dot{v}_{xm}$  的误差值 (也即差值的绝对值)  $e_1, e_2, \dots, e_l$ , 再找出与车辆纵向加速度的真实值最接近的车辆纵向加速度的理论值, 也即从 1 个车辆纵向加速度的理论值  $\dot{v}_1, \dot{v}_2, \dots, \dot{v}_l$  中找出与真实值误差最小的值, 而找出的这个车辆纵向加速度的理论值所采用的  $m \times n$  矩阵中的车辆质量元素, 即作为车辆质量的估算值。

[0050] 为便于进一步理解本发明上述实施例, 下面结合公式 (1) 至公式 (4) 举例一具体计算过程。假设当前车辆纵向速度为 8 米/秒 (m/s), 整车质量的取值变化范围为 (10000, 15000) Kg, 路面坡度的取值变化范围为 (-10%, 10%)。将整车质量设定为质量间隔为 100Kg 的  $m=51$  维的向量 (10000:100:15000), 将路面坡度设定为坡度间隔为 0.5% 的  $n=41$  维的向量 (-10:0.5:10)%, 这样可以组成一个  $m \times n = (51 \times 41)$  维的矩阵。

[0051] 假设: 车轮半径  $r_w=0.52$ , 变速器传动比  $i_g=2.3$ , 主减速器传动比  $i_0=6$ , 传动效率

$\eta_1=0.95$ ,通过公式(2)可算得车轮半径和传动比的比值  $r_g$  约等于 0.0397。

[0052] 假设:制动踏板开度  $K_b=0$ ,制动器常数  $C_{brk}=50000$ ,制动压力  $P_{brk}=0.8\text{Mpa}$ ,通过公式(3)可算得制动力  $F_b=0$ ,即驱动工况下制动力为 0。

[0053] 假设:风阻系数  $C_D=0.5$ ,迎风面积  $A=3.5$ ,空气密度  $\rho=0.029$ ,车辆纵向速度  $v_x=8\text{m/s}$ ,通过公式(4)可算得空气阻力  $F_w$  约等于 1.6N(牛顿)。

[0054] 假设:发动机输出在飞轮上的转矩  $T_{iq}=280\text{N}\cdot\text{m}$ (牛顿·米),传动系转动惯量  $I_{en}=0.2$ ,滚动阻力系数  $f=0.03$ ,则  $\alpha_f=\arctan(0.03)$ 。首先进行第一次计算,整车质量  $M=10000\text{kg}$ ,路面坡度为  $-10\%$ ,则路面坡度的角度值  $\alpha=\arctan(-10\%)$ ,于是通过车辆运动平衡模型公式(1)可算得  $\dot{v}_x$  (也即图 2 中的  $\dot{v}_1$ ) 约等于  $1.39\text{m/s}^2$ 。然后进行第二次计算,即将整车质量  $M=10000\text{kg}$ ,路面坡度为  $-9.5\%$  代入公式(1)计算  $\dot{v}_2$ ,然后第三次计算,即将整车质量  $M=10000\text{kg}$ ,路面坡度为  $-9\%$  代入公式(1)计算  $\dot{v}_3, \dots$ ,直至将  $m \times n$  维的矩阵中整车质量和路面坡度之间的每种组合均通过公式(1)计算完毕,即得出  $l = m \times n = 51 \times 41 = 2091$  个  $\dot{v}_x$  的取值。

[0055] 如果通过传感器测量到的车辆纵向加速度的真实值  $\dot{v}_{xm}$  在  $1.35-1.45\text{m/s}^2$  之间,取中间值  $1.40\text{m/s}^2$ ,若在计算出的  $\dot{v}_x$  的所有取值中,  $\dot{v}_x$  的取值  $\dot{v}_1=1.39\text{m/s}^2$  与中间值  $1.40\text{m/s}^2$  之间的误差  $0.1\text{m/s}^2$  最小,则认为  $\dot{v}_1=1.39\text{m/s}^2$  这个理论值计算过程中所采用的整车质量  $M=10000\text{kg}$  与实际的车辆质量相符,将  $M=10000\text{kg}$  作为车辆质量的估算值,该估算值可作为安全控制系统的输入参数。

[0056] 本发明实施例结合由车辆质量和路面坡度所构成的  $m \times n$  矩阵以及相关于车辆纵向加速度、车辆质量和路面坡度的车辆运动平衡模型,可以准确估算出车辆当前的整车质量,从而能够为主动安全控制系统提供准确的质量输入参数,提高了主动安全控制系统的控制精度,保障了车辆的行车安全。

[0057] 以上所述,仅是本发明的较佳实施例而已,并非对本发明作任何形式上的限制,虽然本发明已以较佳实施例揭露如上,然而并非用以限定本发明,任何熟悉本专业的技术人员,在不脱离本发明技术方案范围内,当可利用上述揭示的技术内容作出些许更动或修饰为等同变化的等效实施例,但凡是未脱离本发明技术方案内容,依据本发明的技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、等同变化与修饰,均仍属于本发明技术方案的范围内。



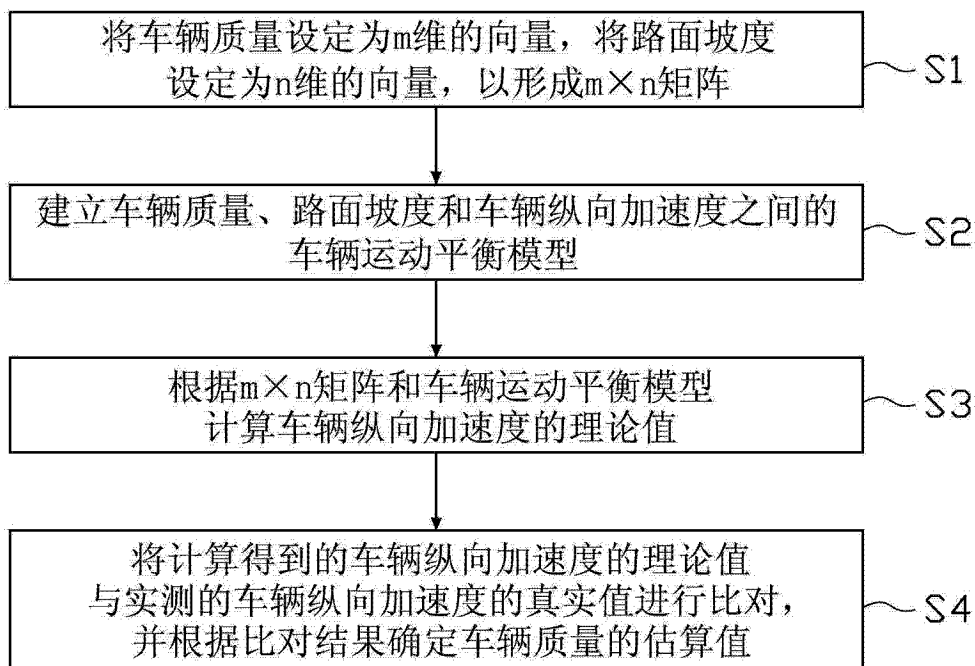


图 1

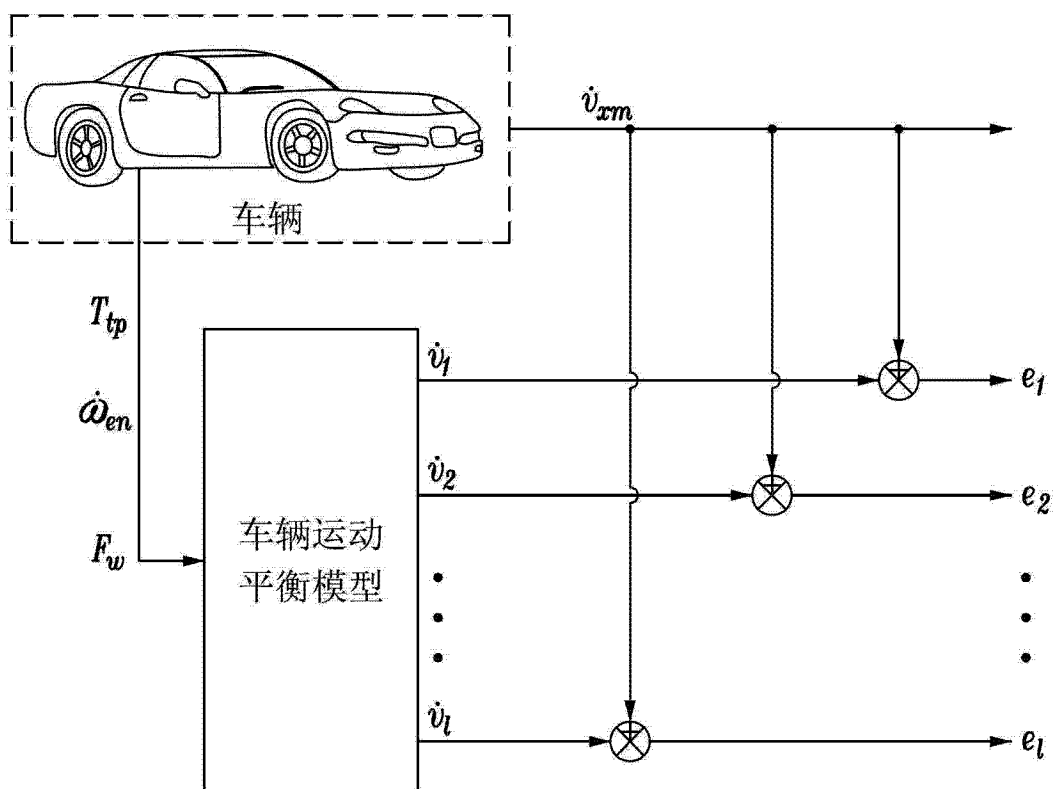


图 2