



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104044585 B

(45)授权公告日 2017. 11. 03

(21)申请号 201410089684.7

(22)申请日 2014.03.12

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104044585 A

(43)申请公布日 2014.09.17

(30)优先权数据

13/795629 2013.03.12 US

(73)专利权人 固特异轮胎和橡胶公司

地址 美国俄亥俄州阿克伦东市场街1144号

(72)发明人 K.B.辛赫 A.W.帕森斯 M.恩格尔

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001

代理人 臧霖晨 王忠忠

(51)Int.Cl.

B60W 30/04(2006.01)

B60W 40/107(2012.01)

B60W 40/109(2012.01)

B60W 40/112(2012.01)

(56)对比文件

US 2007/0017727 A1,2007.01.25,

CN 102198833 A,2011.09.28,

US 8255114 B2,2012.08.28,

JP 特开2003-118558 A,2003.04.23,

CN 101801755 A,2010.08.11,

审查员 邢伟

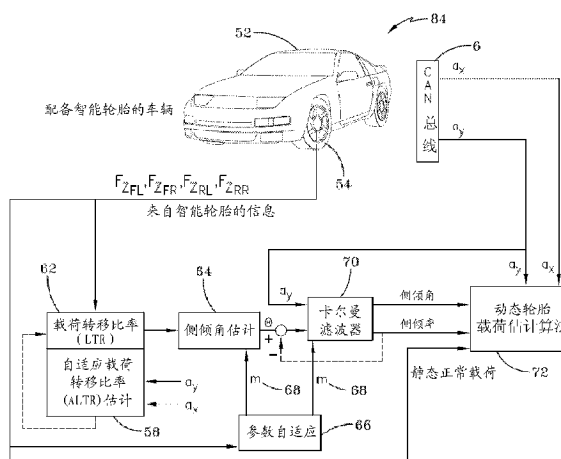
权利要求书2页 说明书11页 附图25页

(54)发明名称

车辆动态载荷估计系统和方法

(57)摘要

本发明涉及车辆动态载荷估计系统和方法。提供了一种动态载荷估计系统和方法,该系统包括支撑车辆的轮胎;用于确定车辆横向加速度和车辆纵向加速度的车辆安装的加速度传感器;用于确定车辆侧倾角的侧倾角计算模型;用于确定车辆侧倾率的侧倾率计算模型;用于计算测得的静态正常载荷的静态正常载荷计算模型;以及用于根据测得的静态正常载荷、车辆侧倾角、车辆侧倾率、车辆横向加速度和车辆纵向加速度来计算所估计的轮胎上的动态载荷的动态轮胎载荷估计模型。



1. 一种用于估计车辆载荷的动态载荷估计系统,其特征在于包括:
支撑车辆的至少一个轮胎;
用于确定车辆横向加速度和车辆纵向加速度的加速度传感器装置;
用于确定车辆倾侧角的倾侧角计算装置;
用于确定车辆倾侧率的倾侧率计算装置;
用于计算测得的静态正常载荷的静态正常载荷计算装置;以及
用于根据测得的静态正常载荷、车辆倾侧角、车辆倾侧率、车辆横向加速度和车辆纵向加速度来计算所估计的轮胎上的动态载荷的动态轮胎载荷估计装置。
2. 根据权利要求1的动态载荷估计系统,其特征在于还包括:
用于确定测得的一个轮胎上的载荷转移力的轮胎传感器装置;
用于基于车辆横向加速度和车辆纵向加速度来确定自适应载荷转移比率估计的自适应载荷转移比率估计装置;
用于根据测得的载荷转移力和自适应载荷转移比率估计来确定载荷转移比率的载荷转移比率生成装置;
用于基于载荷转移比率来生成倾侧角估计的倾侧角估计装置。
3. 根据权利要求2的动态载荷估计系统,其特征在于还包括:
用于生成参数自适应调整的参数自适应装置;并且其中倾侧角估计装置基于如通过参数自适应调整进行调整的那样的载荷转移比率生成倾侧角估计。
4. 根据权利要求3的动态载荷估计系统,其特征在于还包括:
用于确定测得的倾侧率的倾侧率传感器装置;以及
用于根据测得的倾侧率和倾侧角估计来确定车辆倾侧角和车辆倾侧率的滤波器装置。
5. 根据权利要求3的动态载荷估计系统,其特征在于还包括:
用于根据倾侧角估计和车辆横向加速度来确定车辆倾侧角和车辆倾侧率的滤波器装置。
6. 根据权利要求5的动态载荷估计系统,其特征在于,
所述滤波器装置在操作上根据如通过参数自适应调整进行调整的那样的车辆横向加速度和倾侧角估计来确定车辆倾侧角和车辆倾侧率。
7. 根据权利要求6的动态载荷估计系统,其特征在于,
所述滤波器装置包括基于横向模型的倾侧状态估计器。
8. 根据权利要求7的动态载荷估计系统,其特征在于,
所述基于横向模型的倾侧状态估计器包括龙伯格观测器模型。
9. 一种用于估计支撑车辆的轮胎上的载荷的动态载荷估计方法,将加速度传感器装置安装到车辆,用于测量车辆横向加速度和车辆纵向加速度;
确定车辆倾侧角;
确定车辆倾侧率;
确定轮胎上的静态正常载荷;以及
将静态正常载荷、车辆倾侧角、车辆倾侧率、车辆横向加速度和车辆纵向加速度应用于动态轮胎载荷估计算法以产生载荷估计。
10. 根据权利要求9的动态载荷估计方法,其特征在于还包括:

确定测得的轮胎上的载荷转移力；

基于车辆横向加速度和车辆纵向加速度来确定自适应载荷转移比率估计；

根据测得的载荷转移力和自适应载荷转移比率估计来确定载荷转移比率；

基于载荷转移比率来生成倾侧角估计。

11. 根据权利要求10的动态载荷估计方法，其特征在于还包括：

生成参数自适应调整；以及基于如通过参数自适应调整进行调整的那样的载荷转移比率来从倾侧角估计装置生成倾侧角估计。

12. 根据权利要求3的动态载荷估计系统，其特征在于还包括：

根据安装到车辆的倾侧传感器装置来确定测得的倾侧率；以及部署滤波器装置，用于根据测得的倾侧率和倾侧角估计来确定车辆倾侧角和车辆倾侧率。

13. 根据权利要求12的动态载荷估计系统，其特征在于还包括：

由所述滤波器装置根据倾侧角估计和车辆横向加速度来确定车辆倾侧角和车辆倾侧率。

14. 根据权利要求13的动态载荷估计系统，其特征在于还包括：

由所述滤波器装置根据如通过参数自适应调整进行调整的那样的车辆纵向加速度和倾侧角估计来确定车辆倾侧角和车辆倾侧率。

15. 根据权利要求14的动态载荷估计系统，其特征在于还包括：

利用基于横向模型的倾侧状态估计器来作为所述滤波器装置。

16. 根据权利要求15的动态载荷估计系统，其特征在于还包括：

利用龙伯格观测器模型来作为基于横向模型的倾侧状态估计器模型。

车辆动态载荷估计系统和方法

技术领域

[0001] 本发明一般地涉及用于在车辆操作期间收集测得的轮胎参数数据的轮胎监测系统,并且更特别地涉及为了基于这样的测得的轮胎参数数据来估计轮胎加载而生成的系统和方法。

背景技术

[0002] 可以通过轮胎压力监测系统(TPMS)来监测车辆安装的轮胎,该轮胎压力监测系统(TPMS)在车辆操作期间测量诸如压力和温度之类的轮胎参数。来自轮胎装配的TPMS系统的数据被用来基于测得的轮胎参数来查明轮胎的状态,并且使驾驶员意识到可能需要补救维护的状况,诸如低轮胎压力或泄露这类。在轮胎制造的预固化阶段或者在对轮胎的后固化组装中,在每个轮胎内安装传感器。

[0003] 对于车辆操作和安全性来说,诸如轮胎加载之类的其他因素是重要的考虑因素。因此进一步希望的是,测量轮胎加载并且将载荷信息连同测得的压力和温度的轮胎参数一起传递给车辆操作员和/或车辆系统(诸如制动系统)。

发明内容

[0004] 根据本发明的一个方面,提供一种动态载荷估计系统和方法,该系统包括:支撑车辆的至少一个轮胎;用于确定车辆横向加速度和车辆纵向加速度的至少一个车辆安装的加速度传感器;用于确定车辆倾侧角的倾侧角计算模型;用于确定车辆倾侧率的倾侧率计算模型;用于计算测得的静态正常载荷的静态正常载荷计算模型;以及用于根据测得的静态正常载荷、车辆倾侧角、车辆倾侧率、车辆横向加速度和车辆纵向加速度来计算所估计的轮胎上的动态载荷的动态轮胎载荷估计模型。

[0005] 在另一方面,动态载荷估计系统包括:用于确定测得的一个轮胎上的载荷转移力的至少一个轮胎传感器;用于基于车辆横向加速度和车辆纵向加速度来确定自适应载荷转移比率估计的自适应载荷转移比率估计模型;用于根据测得的载荷转移力和自适应载荷转移比率估计来确定载荷转移比率的载荷转移比率生成模型;以及用于基于载荷转移比率来生成倾侧角估计的倾侧角估计模型。

[0006] 依照另一方面,动态载荷估计系统包括用于生成参数自适应调整的参数自适应模型;由此倾侧角估计模型基于如通过参数自适应调整进行调整的那样的载荷转移比率生成倾侧角估计。

[0007] 在另一方面中,动态载荷估计系统包括:用于确定测得的倾侧率的至少一个倾侧率传感器装置;以及用于根据测得的倾侧率和倾侧角估计来确定车辆倾侧角和车辆倾侧率的滤波器模块(诸如卡尔曼滤波器)。基于横向模型的倾侧状态估计器(诸如龙伯格观测器模型)可以被用来可操作上地根据倾侧角估计和车辆横向加速度来确定车辆倾侧角和车辆倾侧率。

[0008] 一种用于估计车辆载荷的动态载荷估计系统,其特征在于包括:支撑车辆的至少

一个轮胎;用于确定车辆横向加速度和车辆纵向加速度的加速度传感器装置;用于确定车辆倾侧角的倾侧角计算装置;用于确定车辆倾侧率的倾侧率计算装置;用于计算测得的静态正常载荷的静态正常载荷计算装置;以及用于根据测得的静态正常载荷、车辆倾侧角、车辆倾侧率、车辆横向加速度和车辆纵向加速度来计算所估计的轮胎上的动态载荷的动态轮胎载荷估计装置。

[0009] 进一步地,其特征在于还包括:用于确定测得的一个轮胎上的载荷转移力的轮胎传感器装置;用于基于车辆横向加速度和车辆纵向加速度来确定自适应载荷转移比率估计的自适应载荷转移比率估计装置;用于根据测得的载荷转移力和自适应载荷转移比率估计来确定载荷转移比率的载荷转移比率生成装置;用于基于载荷转移比率来生成倾侧角估计的倾侧角估计装置。

[0010] 进一步地,其特征在于还包括:用于生成参数自适应调整的参数自适应装置;并且其中倾侧角估计装置基于如通过参数自适应调整进行调整的那样的载荷转移比率生成倾侧角估计。

[0011] 进一步地,其特征在于还包括:用于确定测得的倾侧率的倾侧率传感器装置;以及用于根据测得的倾侧率和倾侧角估计来确定车辆倾侧角和车辆倾侧率的滤波器装置。

[0012] 进一步地,其特征在于还包括:用于根据倾侧角估计和车辆横向加速度来确定车辆倾侧角和车辆倾侧率的滤波器装置。

[0013] 进一步地,其特征在于,所述滤波器装置在操作上根据如通过参数自适应调整进行调整的那样的车辆横向加速度和倾侧角估计来确定车辆倾侧角和车辆倾侧率。

[0014] 进一步地,其特征在于,所述滤波器装置包括基于横向模型的倾侧状态估计器。

[0015] 进一步地,其特征在于,所述基于横向模型的倾侧状态估计器包括龙伯格观测器模型。

[0016] 进一步地,其特征在于还包括:根据安装到车辆的倾侧传感器装置来确定测得的倾侧率;以及部署滤波器装置,用于根据测得的倾侧率和倾侧角估计来确定车辆倾侧角和车辆倾侧率。

[0017] 进一步地,其特征在于还包括:由所述滤波器装置根据倾侧角估计和车辆横向加速度来确定车辆倾侧角和车辆倾侧率。

[0018] 进一步地,其特征在于还包括:由所述滤波器装置根据如通过参数自适应调整进行调整的那样的车辆纵向加速度和倾侧角估计来确定车辆倾侧角和车辆倾侧率。

[0019] 进一步地,其特征在于还包括:利用基于横向模型的倾侧状态估计器来作为所述滤波器装置。

[0020] 进一步地,其特征在于还包括:利用龙伯格观测器模型来作为基于横向模型的倾侧状态估计器模型。

[0021] 一种用于估计支撑车辆的轮胎上的载荷的动态载荷估计方法,将加速度传感器装置安装到车辆,用于测量车辆横向加速度和车辆纵向加速度;确定车辆倾侧角;确定车辆倾侧率;确定轮胎上的静态正常载荷;以及将静态正常载荷、车辆倾侧角、车辆倾侧率、车辆横向加速度和车辆纵向加速度应用于动态轮胎载荷估计算法以产生载荷估计。

[0022] 进一步地,其特征在于还包括:确定测得的轮胎上的载荷转移力;基于车辆横向加速度和车辆纵向加速度来确定自适应载荷转移比率估计;根据测得的载荷转移力和自适应

载荷转移比率估计来确定载荷转移比率;基于载荷转移比率来生成倾侧角估计。

[0023] 进一步地,其特征还在于还包括:生成参数自适应调整;以及基于如通过参数自适应调整进行调整的那样的载荷转移比率来从倾侧角估计装置生成倾侧角估计。

[0024] 定义。

[0025] “ANN”或“人工神经网络”是一种用于非线性统计数据建模的自适应工具,该自适应工具基于在学习阶段期间流过网络的外部或内部信息来改变其结构。ANN神经网络是用来建模输入和输出之间的复杂关系或找出数据中的模式的非线性统计数据建模工具。

[0026] 轮胎的“横纵比”意指其断面高度(SH)与其断面宽度(SW)的比率,其乘以百分之百100用于表示为百分比。

[0027] “不对称胎面”意指具有关于轮胎的中心面或赤道面EP不对称的轮胎花纹的轮胎。

[0028] “轴向”和“轴向地”意指平行于轮胎的旋转轴的线或方向。

[0029] “CAN总线”是控制器区域网络的缩写。

[0030] “胎圈包布”是围绕轮胎胎圈的外侧放置的窄条材料,以保护帘布层(cord plies)免受轮辋的磨损和切割,并且在轮辋上分配挠曲。

[0031] “圆周的”意指沿着垂直于轴向方向的环形胎面的表面周界延伸的线或方向。

[0032] “赤道中心面(CP)”意指垂直于轮胎的旋转轴且穿过胎面中心的平面。

[0033] “覆盖区”意指当轮胎旋转或滚动时由具有平坦表面的轮胎胎面创建的接触区或接触斑点(contact patch)。

[0034] “凹槽”意指可围绕轮胎壁沿圆周或横向延伸的轮胎壁中的细长空区。“凹槽宽度”等于在其长度上的其平均宽度。凹槽的尺寸被制造成如所述的那样容纳气管。

[0035] “内板侧”意指当轮胎被安装在车轮上并且车轮被安装在车辆上时轮胎最接近车辆的一侧。

[0036] “卡尔曼滤波器”是实施预测器-校正器类型估计器的一组数学等式,当某些假定条件满足时从最小化估计的误差协方差的意义上来说该组数学等式是最优的。

[0037] “横向的”意指轴向方向。

[0038] “横向边缘”意指当在正常载荷和轮胎充气的情况下测量的与轴向最外侧胎面接触斑点或覆盖区正切的线,线与赤道中心面平行。

[0039] “龙伯格(Luenberger)观测器”是状态观测器或估计模型。“状态观测器”是根据真实系统的输入和输出的测量结果来提供给定真实系统的内部状态的估计的系统。其通常是计算机实施的,并且提供许多实际应用的基础。

[0040] “MSE”是均方误差的缩写,该误差是测得信号和卡尔曼滤波器最小化的估计信号之间的误差。

[0041] “净接触面积”意指接触了胎面的整个圆周周围的横向边缘之间的胎面元件的地面的总面积,除以横向边缘之间的整个胎面的总面积。

[0042] “无向胎面”意指不具有优选的向前行进方向且不需要以一个或多个特定车轮位置被定位在车辆上以确保胎面花纹与优选的行进方向对准的胎面。相反地,定向胎面花纹具有需要特定车轮定位的优选的行进方向。

[0043] “外板侧”意指当轮胎被安装在车轮上并且车轮被安装在车辆上时轮胎最远离车辆的一侧。

[0044] “蠕动”意指借助于沿着管状路径推进所包含的物质(诸如空气)的像波动一样的收缩进行操作。

[0045] “压电薄膜传感器”是使用通过薄膜体的弯曲致动的压电效应来通过将压力、加速度、应变或力转换成电荷来测量它们的薄膜体形式的设备。

[0046] “PSD”是功率谱密度(与FFT(快速傅里叶变换)同意的技术名称)。

[0047] “径向”和“径向地”意指径向地朝向或远离轮胎的旋转轴的方向。

[0048] “罗纹”意指通过至少一个圆周凹槽以及第二这样的凹槽或横向边缘限定的胎面上的沿圆周延伸的橡胶条,该条在横向上不会被全深凹槽分开。

[0049] “轮胎沟槽”意指模制成轮胎的胎面元件中的小狭缝,其再分胎面表面并且改进牵引,轮胎沟槽在宽度上通常窄,并且如与在轮胎的覆盖区中保持开放的凹槽相对的那样在轮胎覆盖区中封闭。

[0050] “胎面元件”或“牵引元件”意指通过具有邻近凹槽的形状限定的罗纹或块元件。

[0051] “胎面弧宽”意指如在胎面的横向边缘之间测量的那样的胎面的弧长。

附图说明

[0052] 将通过示例的方式并参考附图来描述本发明,在其中:

[0053] 图1A是示出横向动力学的车辆的图解视图。

[0054] 图1B是示出纵向动力学的车辆的图解视图。

[0055] 图2是示出在稳态(恒定速度)直线驾驶条件下引起轮胎载荷变化的因素的影响的完整汽车悬架模型。

[0056] 图3是示出在拐弯和/或制动期间的扰动向量的系统输入模型。

[0057] 图4A是示出在以下条件下随时间的簧载质量位移和道路输入干扰的影响的系统响应的示图:直线驾驶;无载荷横向迁移;以及仅道路输入扰动。

[0058] 图4B是在与图4A相同的条件下随着时间的道路输入和簧载质量位移之间的相对位移的示图。

[0059] 图4C是示出归一化簧载质量位移幅度[dB]与频率(Hz)之间的关系的归一化簧载质量加速度PSD的频率响应示图。

[0060] 图4D是示出非簧载质量位移幅度与频率之间的关系的非簧载质量加速度PSD的频率响应示图。

[0061] 图5A是随着时间将静态载荷与动态载荷进行比较的动态载荷变化示图。

[0062] 图5B是示出随着时间的以百分比的载荷变化的动态载荷变化示图。

[0063] 图5C是非簧载质量位移幅度[dB]与频率(Hz)之间的关系的动态载荷PSD的频率响应示图。

[0064] 图6是将随着时间的来自传感器估计的观测载荷值(Kg)与实际平均载荷进行比较的示图。

[0065] 图7是示出在对于500Kg乘用车的100Kg静态载荷的情况下的标准偏差的测量噪声正态分布统计示图。

[0066] 图8A是示出载荷估计算法性能的随着时间的轮胎载荷(Kg)的示图。

[0067] 图8B是示出随着时间的以百分比的误差并且将移动平均滤波器性能和卡尔曼滤

波器进行比较的估计误差示图。

[0068] 图9是有效载荷增加百分之十五对轮胎载荷估计和估计误差的影响(百分比)的影响的一对示图。

[0069] 图10是有效载荷增加百分之十五对轮胎载荷估计和估计误差的影响(百分比)的影响的一对示图,并且示出具有较好初始猜测值的卡尔曼滤波器的改进性能。

[0070] 图11是静态轮胎载荷估计算法的图解表示。

[0071] 图12A是基于模型的倾侧角估计器的图解表示。

[0072] 图12B是倾侧角估计器的流程图。

[0073] 图12C是将基于载荷转移的估计与基于卡尔曼滤波器观测器的估计进行比较的经估计的倾侧角的示图。

[0074] 图13是在倾侧率已知的情况下动态轮胎载荷估计算法的实例1示图。

[0075] 图14是对于实例1场景的动态载荷估计算法的数据流程图。

[0076] 图15是在倾侧率未知的情况下动态轮胎载荷估计算法的实例2场景示图。

[0077] 图16是对于实例2场景的动态载荷估计算法的数据流程图。

[0078] 图17A是以x和y坐标示出实验车辆路径的实验验证示图。

[0079] 图17B是示出纵向和横向加速度[g]的实验验证g-g示图。

[0080] 图17C是示出实际载荷(力轮毂)和估计的载荷(智能轮胎和观测器)之间的相关性的实验验证轮胎载荷估计示图。

[0081] 图17D是详细地示出相关性的图17C的分解示图部分。

具体实施方式

[0082] 参考图1,示出由轮胎12、14、16支撑并且具有重心(CG)18的代表性车辆10。动态轮胎载荷估计系统分析由力矢量20、22和车辆横向动力学24表示的车辆横向动力学。可以通过如由其中应用术语的以下数学陈述指示的那样的每个轮胎上的纵向载荷转移、横向载荷转移和静态法向力(右前(front right)、左前(front left)、右后(rear right)和左后(rear left))的和来估计车辆轮胎力:

[0083] a:从CG到前车轴的距离

[0084] b:从CG到后车轴的距离

[0085] a_y :横向加速度

[0086] a_x :纵向加速度

[0087] θ :倾侧角

[0088] θ' :倾侧率

[0089] t:轮距宽度

[0090] m_s :簧载质量

[0091] m_u :非簧载质量

[0092] k_{roll} :倾侧刚度

[0093] c_{roll} :倾侧阻尼

[0094] h_r :倾侧中心高度

[0095] h_a :非簧载质量的高度

$$[0096] \quad F_{Zf1} = F_{\text{静态}(f1)} - W_{\text{横向载荷转移}} - W_{\text{纵向载荷转移}}$$

$$[0097] \quad F_{Zfr} = F_{\text{静态 } fr} + W_{\text{横向载荷转移}} - W_{\text{纵向载荷转移}}$$

$$[0098] \quad F_{Zr1} = F_{\text{静态 } r1} - W_{\text{横向载荷转移}} + W_{\text{纵向载荷转移}}$$

$$[0099] \quad F_{Zrr} = F_{\text{静态 } r1} + W_{\text{横向载荷转移}} + W_{\text{纵向载荷转移}}$$

$$W_{\text{横向载荷转移}} = [(m_s * h_r + m_u * h_a) * a_y] + [k_{\text{roll}} * \theta + c_{\text{roll}} * \theta']$$

[0100]

$$W_{\text{纵向载荷转移}} = \frac{m_s * h_r * a_x}{t}$$

[0101]

$$2(a+b)。$$

[0102] 下面的数学陈述给出其中 $F_{Z\text{静态}}$ 是静态轮胎载荷的实时轮胎载荷的动态估计; a_y :横向加速度; a_x :纵向加速度; θ :倾侧角; θ' :倾侧率

$$F_{Z\text{动态}} = F_{Z\text{静态}} \pm [(m_s * h_r + m_u * h_a) * a_y] + (k_{\text{roll}} * \theta + c_{\text{roll}} * \theta')$$

[0103]

$$\pm \frac{[m_s * h_r * a_x]}{2(a+b)}。$$

[0104] 如将理解的那样, $F_{Z\text{静态}}$ 、 a_y 、 a_x 、 θ 、 θ' 表示用于确定载荷估计的输入。存在对考虑因为车身弹跳和车轮跳动频率下的振荡和车辆的加载状态(即百分比有效载荷)引起的静态车轴载荷变化的需要。从在配备ABS/VSC控制器的车辆上可用的标准传感器获得横向加速度和纵向加速度值。此外,在配备对于侧部帘式气囊部署的主动安全系统的车辆上,倾侧率可获得的。对于那些没有装配以提供倾侧率的车辆,下面在实例2场景的情况下提供并且解释用于估计倾侧率的装置。从测量倾侧角的传感器获得倾侧角,但是这样的传感器是昂贵的,并且倾侧角的估计(虽然可能从倾侧率的纯积分获得)对传感器偏差是极其敏感的。

[0105] 因此,依据主题系统和方法,通过考虑静态车轴载荷变化来改进稳态载荷估计。下面将进一步详细解释上面用于载荷估计算法的输入。

[0106] 图2中提供完整汽车悬架模型26的表示。根据该模型,可以分析促使在稳态(恒定速度)直线驱动条件下的轮胎载荷变化的因素。图3示出如由车辆在拐弯和/或制动期间的载荷偏置组成的扰动向量(F_{zd})和道路纵断面28输入(Z_d)。将图3中阐述的数学陈述应用于图2的系统。

[0107] 参考图4A到图4D,以图形形式概述系统响应和PSD(功率谱密度)分析。模拟条件是:直线驾驶;无载荷横向转移;以及扰动仅归因于大概51.44mph的车速下的道路变化输入。图4A中示出使道路输入与簧载质量的位移相关联的位移(mm)与时间的关系。图4B的示图示出簧载质量位移的相对位移随着时间的变化。图4C示出作为归一化幅度[dB]的簧载质量加速度PSD与频率(Hz)之间的关系。在图4D中,示出非簧载质量加速度PSD,以图形示出归

一化幅度[dB]与频率(Hz)之间的关系。根据图4A至4D,将会看出频率响应从大概0.5Hz扩展到20Hz,其中强调在车身弹跳频率(大概1Hz)和车轴谐振频率(大概10Hz)处的粗糙度。

[0108] 在图5A到图5C中,以图形方式概述动态载荷变化研究。在图5A中,示出动态载荷变化,其将静态载荷与动态载荷(Kg)随着时间进行比较。在图5B中以百分比示出该变化。图5C示出作为归一化幅度[dB]的动态载荷PSD与频率(Hz)之间的关系。如将从示图理解到的那样,甚至在稳态直线驾驶条件下的轮胎载荷变化可以高达百分之20。这意味着,对于基于轮胎的载荷估计系统,甚至可以在稳态驾驶条件下发生轮胎载荷的噪声估计。如在图示了在恒定速度直线测试条件下的载荷变化的图6中所示,观测值(传感器估计)与实际平均载荷的比较可能在百分之15到20之间变化。

[0109] 因为噪声可能对载荷估计具有显著影响,所以卡尔曼滤波器(下文中解释)必须补偿这样的变化。在图7中,示出对于噪声统计的正态分布曲线,其中平均值=0。百分之20的平均轮胎载荷(静态载荷)的标准偏差被看成大概等于100Kg。该示图针对大概400Kg乘用车的静态轮胎载荷。

[0110] 参考图11,示出静态轮胎载荷估计算法30。车辆32具有配备检测指示每个轮胎上的静态载荷的轮胎变形的传感器的轮胎。该车辆配备提供CAN总线34的稳定性控制系统。传感器生成加速度数据 a_x 、 a_y 。在通过参考并入于此的2012年10月19日提交的共同待审美国专利申请序列号No.13/655,787中描述主题类型的静态载荷估计系统。每个轮胎中的(多个)传感器生成原始传感器信号36,该原始传感器信号36被输入到数字信号处理器芯片38中并且用在生成载荷估计40的载荷估计算法中。传感器在低频的基础上提供来自每个轮胎的静态载荷数据。载荷估计40被用在移动平均滤波器42中并且由此生成对于离散卡尔曼滤波器44的初始猜测值。载荷估计40以及来自CAN总线34的加速度数据 a_x 、 a_y 被进一步输入到开关44。该开关44被编程为当输入2(来自CAN总线34的加速度数据)满足所选准则时经过输入1(载荷估计40)。否则,开关44经过输入3,表示来自(经过滤波的)载荷估计50的反馈。

[0111] 如下限定开关选择准则:

[0112] A_y 和 A_x 近似等于0;并且 F_{zf1} 近似等于 F_{zfr} ;并且 F_{zr1} 近似等于 F_{zrr} ;没有转弯、制动和加速度G力并且没有归因于道路扰动的重量转移。如果在输入2处准则被满足,则经过输入1。进入开关44的存储器48输入控制上述吞吐量准则的应用。

[0113] 部署离散卡尔曼滤波器44,从而得到来自开关44的输出以及来自移动平均滤波器42的初始猜测值,并且根据它们生成经过滤波的载荷估计50。如图9中所示,可能因为错误的初始猜测值而发生基于卡尔曼滤波器的载荷估计中的显著误差。在图9中,有效载荷的百分之15的增加被示出,如随着时间的轮胎载荷[Kg]指示。针对移动平均滤波器估计、卡尔曼滤波器估计和实际平均载荷图示观测值(噪声传感器估计)。在图9的估计误差示图中,对于移动平均滤波器性能和卡尔曼滤波器性能二者,随着时间的作为百分比的误差被示图。

[0114] 如由图10的示图所指示的那样,使用移动平均滤波器输出作为对于卡尔曼滤波器的初始猜测值会通过改进该初始猜测值来降低误差。在图10中,示出使用改进的初始猜测值的百分之15有效载荷增加之前和之后的轮胎载荷[Kg]估计,并且随着时间的误差(百分比)反映具有较好初始猜测值的卡尔曼滤波器的性能的改进。

[0115] 如先前讨论的那样,对于动态载荷估计, F_z 静态、 a_y 、 a_x 、 θ (倾侧角)和 θ' (倾侧率)是输入。为了使动态载荷估计改进超过图11的静态载荷估计,引入倾侧角 θ 的使用。测量倾侧

角的传感器是昂贵的,并且通过倾侧率的积分,倾侧角的估计会经历因为传感器偏差引起的误差。通过将对前倾侧中心和后倾侧中心的力矩相加,基于轮胎载荷的稳态倾侧角估计可以被用于使用来自装配传感器的轮胎的轮胎载荷信息来估计倾侧角。图12A示出基于模型的倾侧角估计器。通过将力矩相加,导出下面对于倾侧角的表达式,其中LTR是载荷转移定量,其等于左轮胎上的载荷减去右轮胎上的载荷再除以所有轮胎上的载荷。

[0116] t_r :前轮距宽度;

[0117] a_y :横向加速度;

[0118] h_f, h_r :前和后倾侧中心高度;

[0119] k_f, k_r :前和后倾侧刚度;

[0120] m_s :簧载质量;

[0121] m :总质量

$$\theta = \frac{LTR * t_f / 2 - m_s * a_y * (h_f)}{m * g}$$

[0122]

$$\frac{(k_f + k_r)}{m * g}$$

[0123] 图12的基于模型的倾侧角估计器基于具有倾侧率测量结果的1DOF(单一自由度)车辆模型。状态是倾侧角和倾侧率,而输入是测得的横向加速度。反馈信号是测得的倾侧率。应用下面的表达式,其中 $a_{y,m} = a_y + g \sin(\theta)$,

[0124] $(I_x + m_s h_{roll}^2) \theta'' + c_{roll} \theta' + k_{roll} \theta = -m_s h_{roll} a_{y,m}$ 。

[0125] 图12B示出基于图12A的模型的倾侧角估计器。所测横向加速度是车辆加速度和重力的组合。如图12C的示图中看到的那样,倾侧角估计的验证在实验上经过验证。在图12C中,图示出随着时间的估计的倾侧角,其示出基于载荷转移比率的估计(来自力轮毂的载荷信息)和基于卡尔曼滤波器观测器的估计。使用轮胎载荷信息实现倾侧角的良好估计(方法1)。方法2输出被用作参考值用于比较。然而,具有来自智能轮胎(即配备检测传感器变形的轮胎)的连续轮胎载荷信息的假设是不现实的,因为轮胎载荷信息系统是单点传感器系统,即在轮胎的每个旋转中轮胎载荷估计仅生成一次。因此,所公开的动态载荷估计系统从配备传感器的轮胎获取以低频生成的信息,并且使用这样的信息来生成倾侧角估计,并且使用倾侧角估计以及来自车辆CAN总线的倾侧率和加速度信息来计算动态轮胎载荷估计。

[0126] 在下面的两个实例中讨论动态轮胎引导估计算法。第一个(在图13中表示)是其中车辆配备能够生成传感器产生的倾侧率数据的稳定性控制系统的实例。第二个实例(由图15表示)是其中车辆没有配备稳定性控制系统的实例。如下讨论两个实例。

[0127] 实例1。

[0128] 参考图13和图14,在图13中示出动态轮胎载荷估计算法系统50,并且在图14中示出与该系统相对应的数据流程图。该系统包括具有轮胎54的车辆52,每个轮胎配备一个或多个静态载荷传感器76,根据该传感器76来在低频的基础上(每个旋转一次)计算每个轮胎

上的静态加载。因此获得载荷数据 F_{ZFL} 、 F_{ZFR} 、 F_{ZRL} 、 F_{ZRR} 。静态轮胎载荷估计方法74被用来估计所有轮胎上的总静态加载 $F_{Z \text{ 静态}}$ 。在通过参考并入于此的2012年10月19日提交的共同待审美国专利申请序列号No.13/655,787中公开了静态载荷估计方法。

[0129] 通过使用下面的表达式中的低频静态加载数据来计算静态载荷转移比率(LTR)62:

$$LTR = \frac{F_{ZFL} + F_{ZRL} - F_{ZFR} - F_{ZRR}}{F_{ZFL} + F_{ZRL} + F_{ZFR} + F_{ZRR}} \quad (1)$$

[0130]

$$F_{ZFL} + F_{ZRL} + F_{ZFR} + F_{ZRR} \circ$$

[0131] 然后在下面的表达式(2)中使用结合有来自车辆CAN总线60的加速度数据 a_x 、 a_y 的静态载荷LTR来进行自适应载荷转移比率(ALTR)估计58。

$$LTR = P_1 * a_x + P_2 * a_y \quad (2)$$

[0133] 在公式(2)中,使用来自CAN总线的高频加速度数据 a_x 、 a_y (大概100Hz)和来自每个轮胎上的静态加载的LTR,可以标识参数 P_1 和 P_2 。LTR被输入到倾侧角估计64中。还利用从轮胎54接收到的每个静态载荷测量结果来更新车辆质量信息。

[0134] 在图14的数据流程图中,已更新的参数 P_1 和 P_2 以及静态轮胎载荷估计74和加速度数据 a_x 、 a_y 被应用于动态LTR和倾侧角估计器76。动态LTR和倾侧角估计器76生成估计的 θ 倾侧角,该估计的 θ 倾侧角以及来自CAN总线的倾侧率 θ' 数据被输入到卡尔曼滤波器70中。卡尔曼滤波器70确定作为输出的车辆的倾侧角和倾侧率,该车辆的倾侧角和倾侧率以及来自估计74的 $F_{Z \text{ 静态}}$ 输出和加速度数据 a_x 、 a_y 被输入到载荷估计器72。因此将会意识到,低频载荷数据被用来在连续低频基础上限定 P_1 和 P_2 参数,它们然后被用来修改输入到动态LTR和倾侧角估计器76的LTR。

[0135] 在图14中提供图13的系统的流程图,其中以虚线将低频数据流路径和高频数据流路径进行区别。将会意识到,静态轮胎载荷估计 $F_{Z \text{ 静态}}$ 以低频速率(每个旋转一次)操作以便以大概5Hz生成信息。因此以相同的低频来重新计算表达式(2)的静态载荷转移比率。系数 P_1 和 P_2 随着车辆的重心CG而改变。因此,在连续的基础上通过系数适应LTR用来使LTR适应车辆的CG改变。

[0136] 车辆52在其稳定性控制系统中提供有车载传感器,经由CAN总线从其获得高频加速度参数 a_x 、 a_y 以及倾侧率 θ' 。通过将上面已更新参数 P_1 和 P_2 (使用低频静态加载数据连续地重新计算)应用于来自车辆CAN总线的高频加速度数据,动态LTR和倾侧角估计器56可以被采用来产生动态倾侧角估计。来自估计器56的倾侧角以及来自CAN总线的倾侧率信息 θ' 被输入到卡尔曼滤波器中,以便生成动态倾侧角86,该动态倾侧角86以及CAN总线获得的倾侧率 θ' 和来自CAN总线的加速度数据,被输入到如下所述那样制造的动态载荷估计82和载荷估计器72中。

[0137] 通过在下面的表达式(3)中应用 a_x 、 a_y 、 θ 、 θ' 来进行动态载荷估计82,根据图2和图3的模型来概括力矩。

$$F_{Z \text{ 动态}} = F_{Z \text{ 静态}} \pm \left[\frac{(m_s * h_r + m_{ut} * h_a) * a_y}{t} + \frac{(k_{roll} * \theta + c_{roll} * \theta')}{t} \right] \pm$$

[0138]

$$\frac{[m_s * h_r * a_x]}{2(a+b)} \quad (3)$$

[0139] 实例2。

[0140] 图15和16示出用于车辆的动态载荷估计系统,这些车辆没有被配备成借助于CAN总线来提供倾侧率信息。图15和16的系统与上面在图13和14中描述的系统的差别仅在于,必须估计倾侧率 θ' 而不是由CAN总线传感器来提供倾侧率 θ' 。因此,在实例2系统84中,借助于龙伯格(Luenberger)观测器70来估计倾侧率,并且来自参数自适应66的因子 m 被龙伯格观测器用来调整倾侧率估计。来自动态LTR和倾侧角估计器76的倾侧角的输出被输入到倾侧状态估计器78(诸如龙伯格观测器)。然后在表达式(3)中使用来自倾侧状态估计器的倾侧率和倾侧角,以便完成对于实例2情形的动态载荷估计。

[0141] 图17A到图17D表示对于主题动态载荷估计系统的实验验证结果。在图17A中,在X和Y坐标位置中标识车辆路径。图17B是图示对于图17A的车辆路径的纵向加速度和横向加速度[g]的g-g图。图17C是轮胎载荷估计示图,示出了估计的 F_{zfl} 轮胎上的轮胎载荷随着时间的变化,并且将以细线表示的实际(力轮毂)和以粗线表示的估计的载荷(智能轮胎和观测器)进行比较。图17D表示图17C的示图的放大部分,示出了如在力轮毂处测得的轮胎上的实际加载和依照主题估计系统获得的估计的载荷之间的紧密吻合。经验上测得载荷估计在实际载荷的大概百分之十之内。

[0142] 根据前述内容,将会意识到,提供了用于具有倾侧稳定性控制传感器系统的车辆(实例1)或用于不具有所述系统的车辆(实例2)的动态载荷估计系统和方法。在任一实例中的系统利用车辆安装的加速度传感器,用于确定车辆横向加速度和车辆纵向加速度。在装配有倾侧稳定性系统的车辆中,车辆的倾侧率是可用的。车辆中的每个轮胎具有提供静态加载数据 $F_{Z \text{ 静态}}$ 的(多个)载荷测量传感器。使用诸如卡尔曼滤波器的滤波模型来计算倾侧角 θ ,该滤波模型具有作为输入的(从静态加载测量结果计算的)LTR、倾侧率 θ' 和(从CAN总线接收的)加速度 a_x 、 a_y 数据。然后将估计的倾侧角 θ 、倾侧率 θ' 和(从CAN总线接收的)加速度 a_x 、 a_y 数据应用于力矩表达式,以便计算车辆上的动态加载。

[0143] 此外,为了达到使LTR适应车辆CG的改变的目的,可以采用自适应载荷转移比率(ALTR)估计模型。采用参数自适应模型,从而生成参数自适应调整“ m ”;由此倾侧角估计模型基于通过参数自适应调整“ m ”调整的LTR生成倾侧角估计。

[0144] 如果车辆没有被配备成提供倾侧率 θ' ,则在实例2实施例中动态载荷估计系统是基于横向模型的倾侧状态估计器(诸如龙伯格观测器模型)。横向倾侧状态估计器在操作上根据倾侧角估计和车辆横向加速度来确定车辆倾侧角和车辆倾侧率。

[0145] 鉴于这里提供的本发明的描述,本发明的变化是可能的。尽管为了说明主题发明的目的已经示出了某些代表性实施例和细节,但是本领域技术人员将会意识到,在不偏离主题发明的范围的情况下,可以在这里做出各种改变和修改。因此,要理解,可以在所述的

特定实施例中做出改变,它们将在如由下面所附权利要求所限定的本发明的完全意图范围之内。

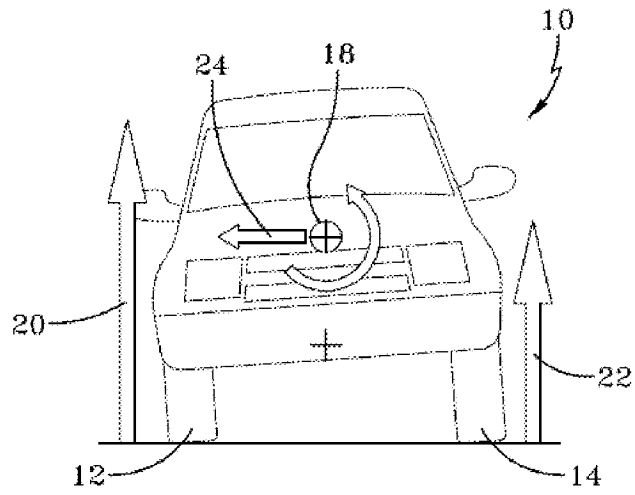


图 1A

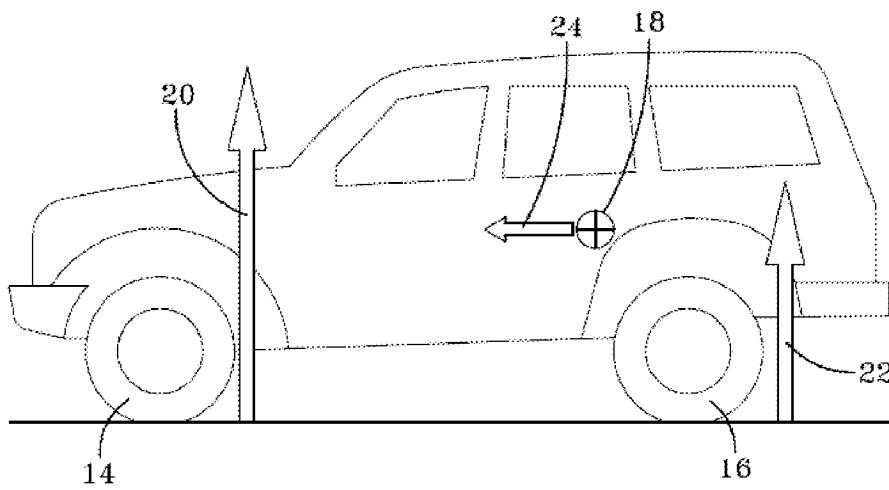


图 1B

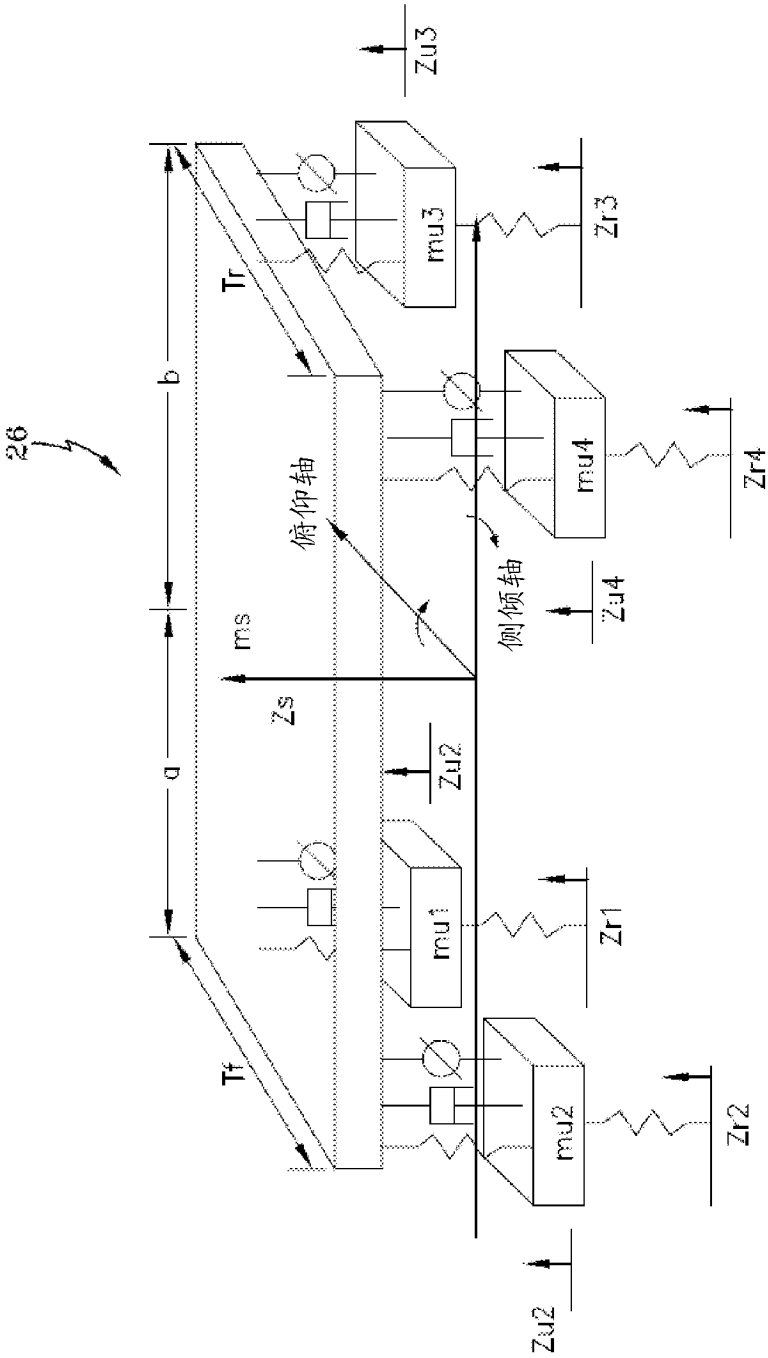


图 2

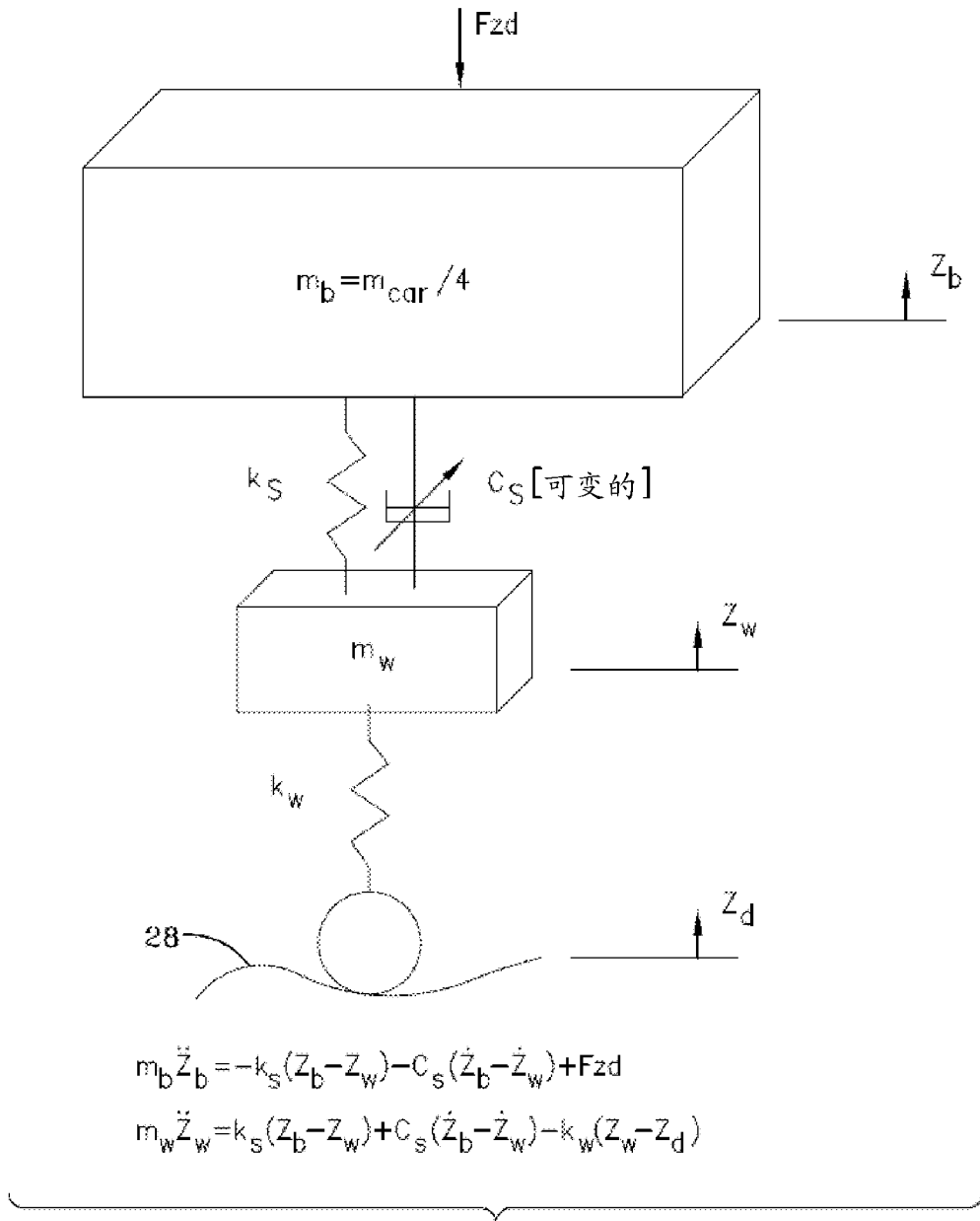


图 3

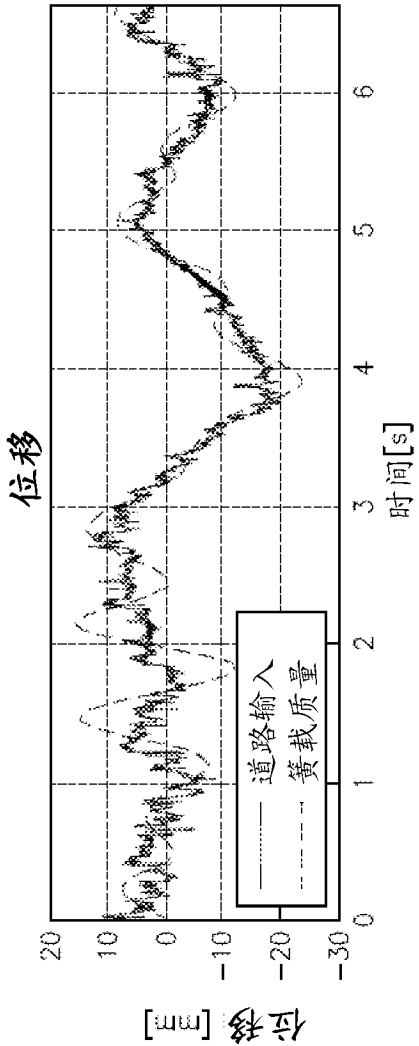


图 4A

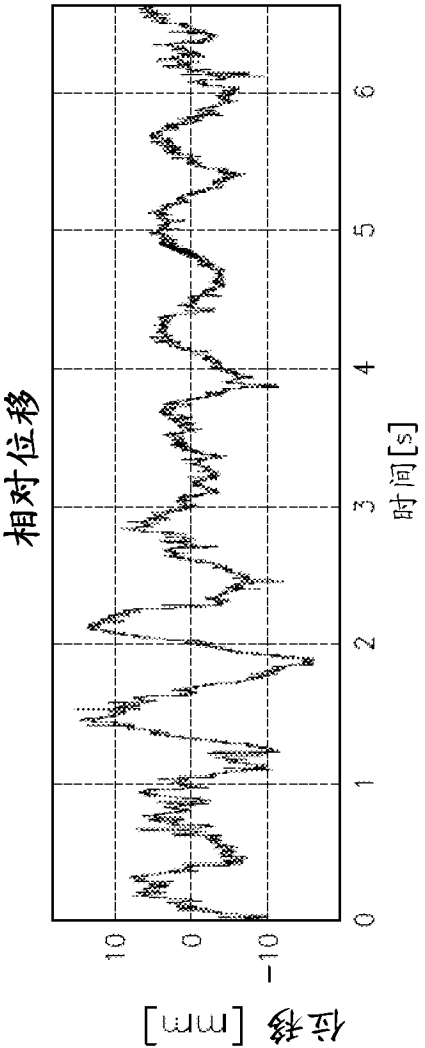


图 4B

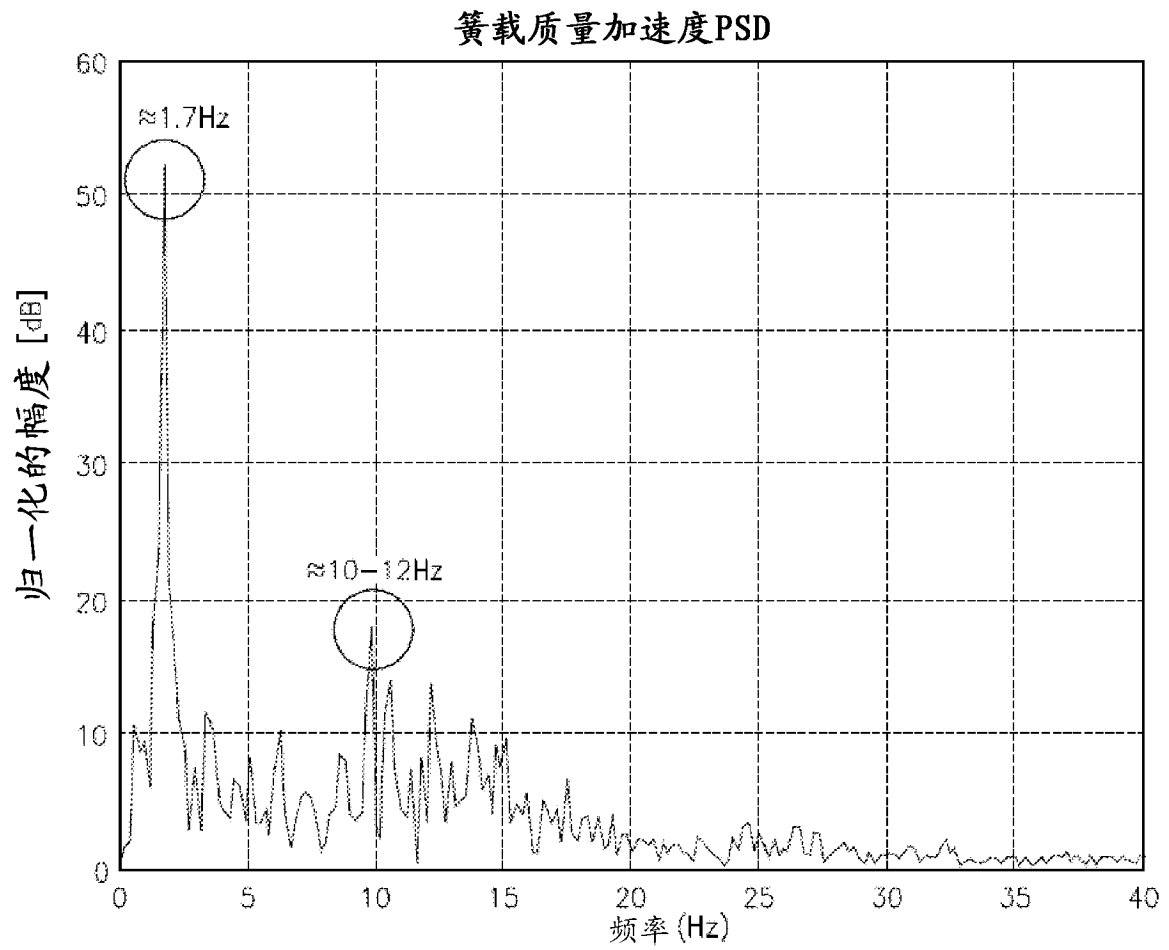


图 4C

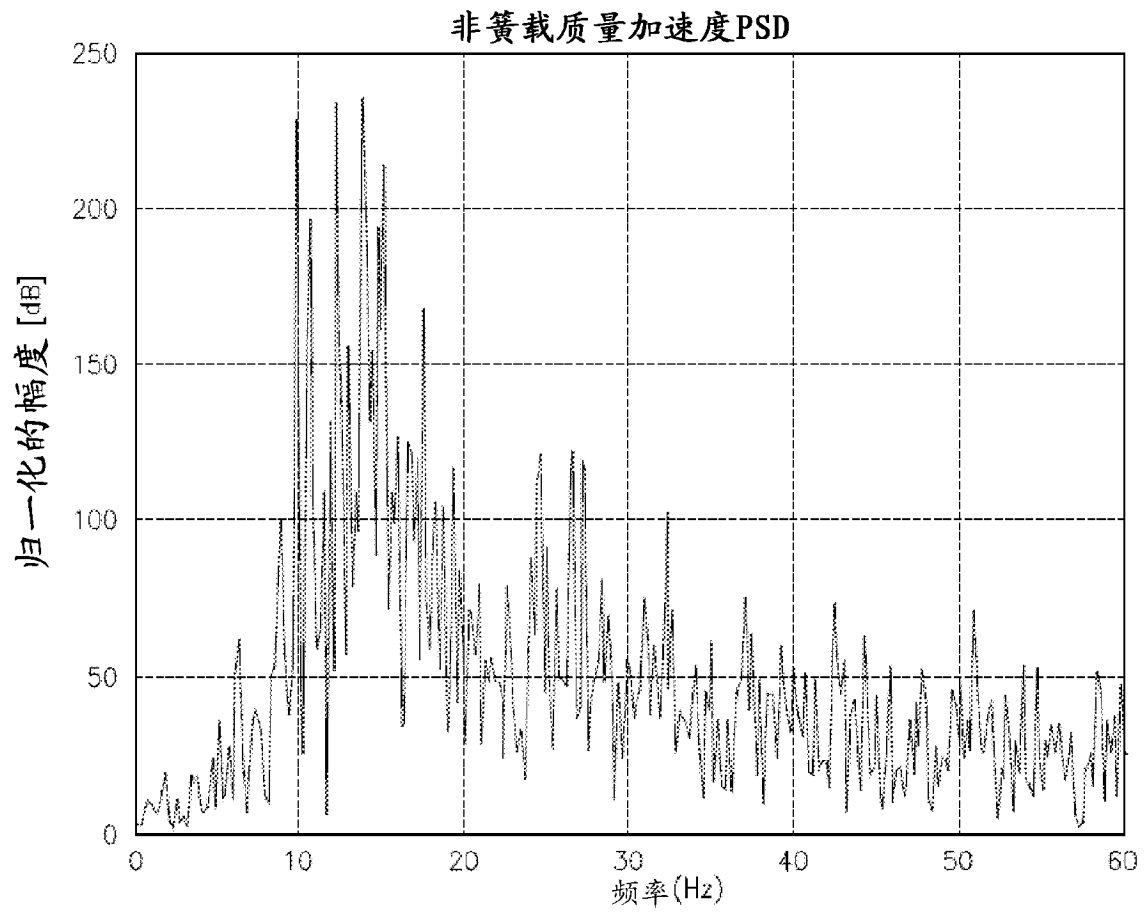


图 4D

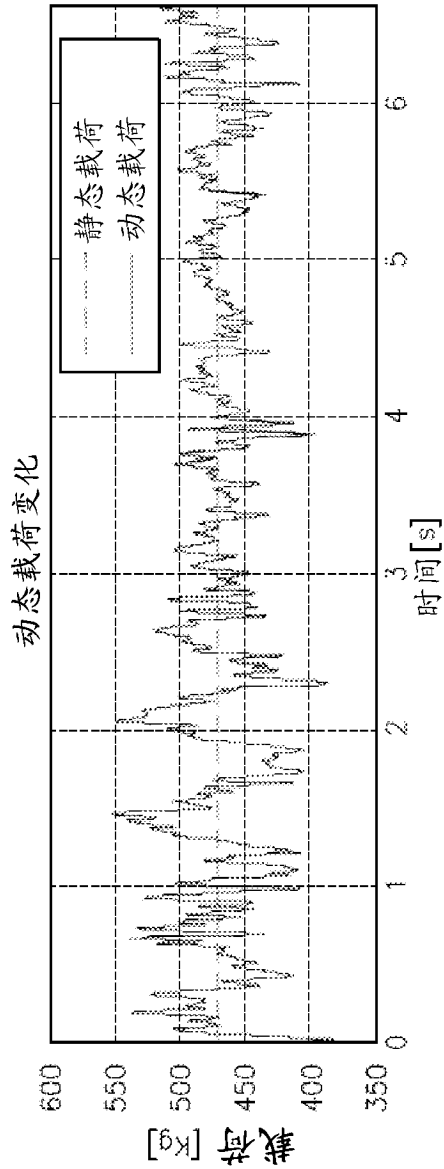


图 5A

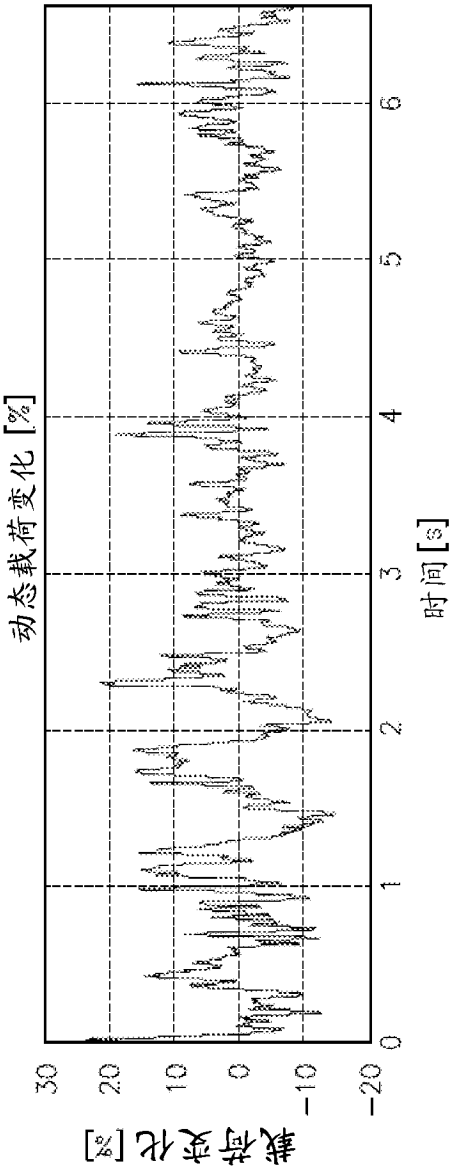


图 5B

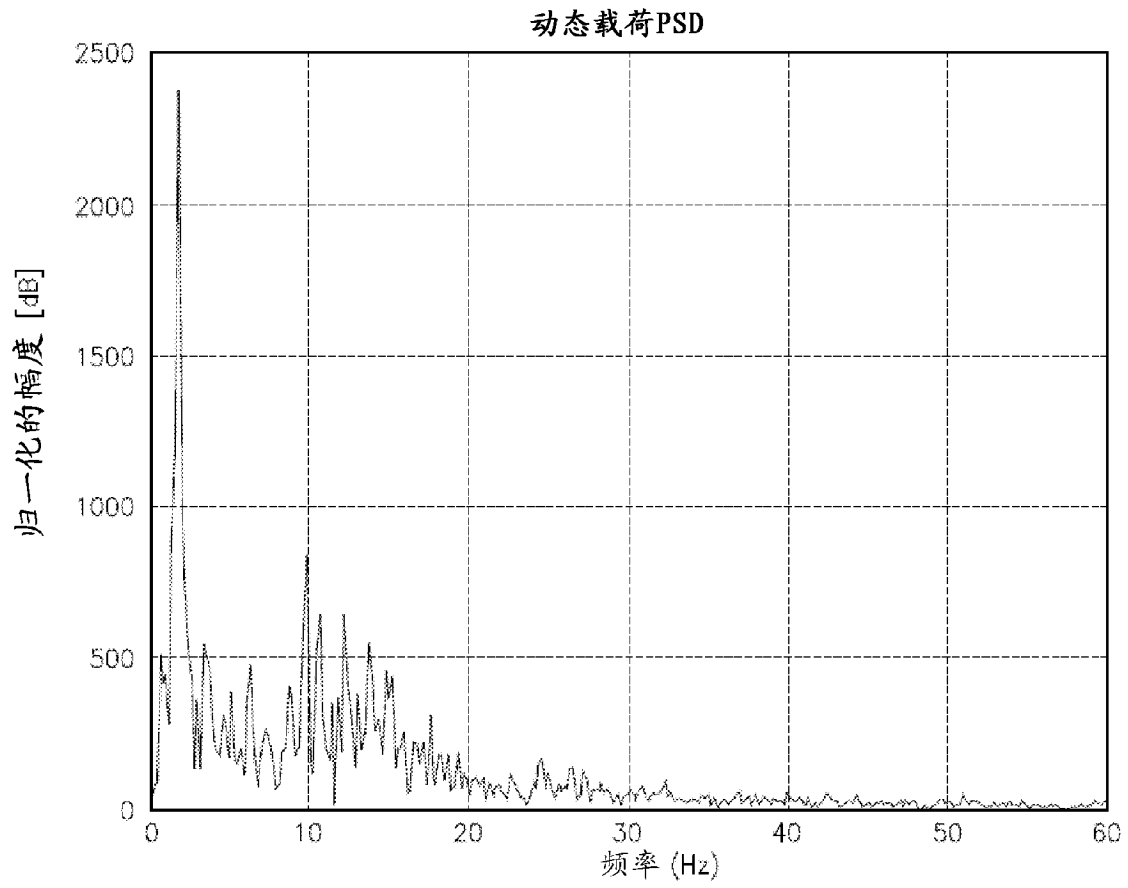


图 5C

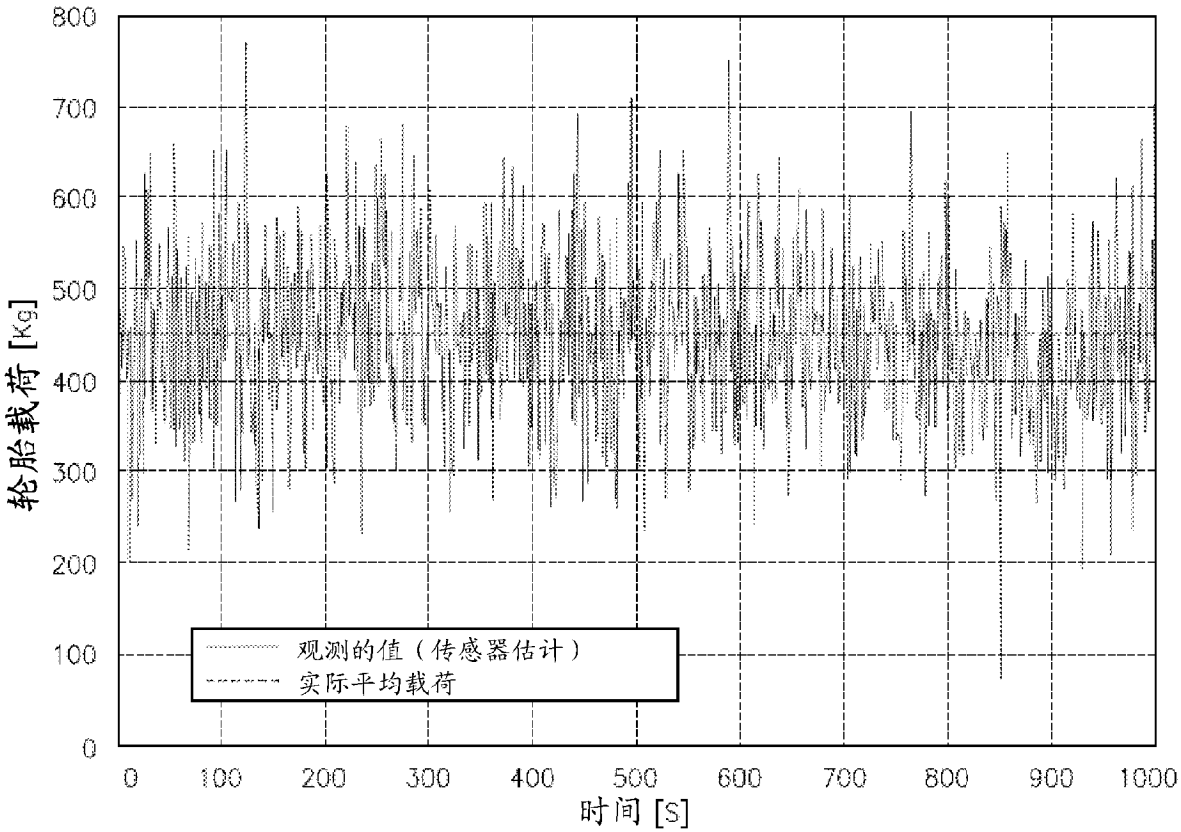


图 6

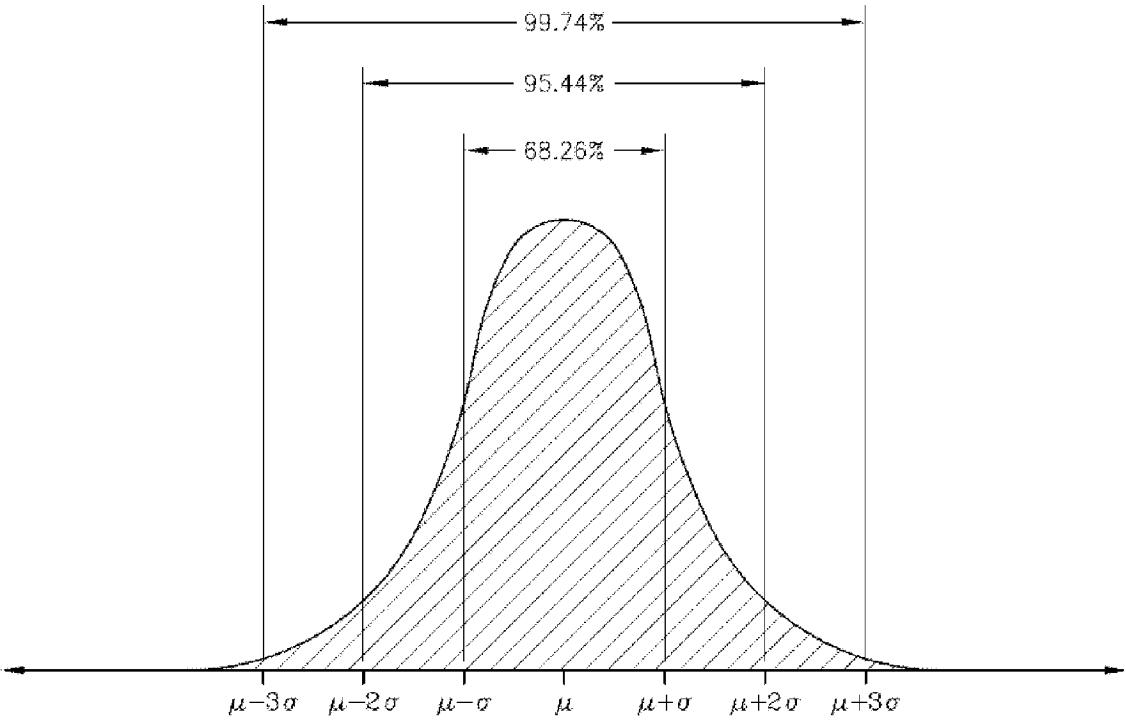


图 7

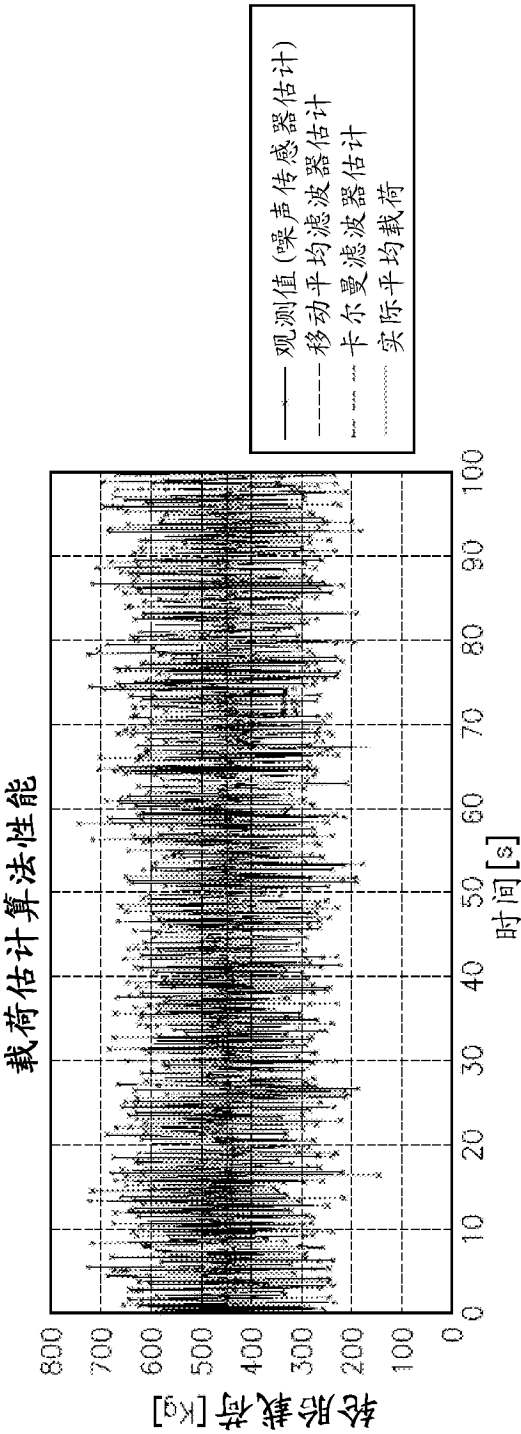


图 8A

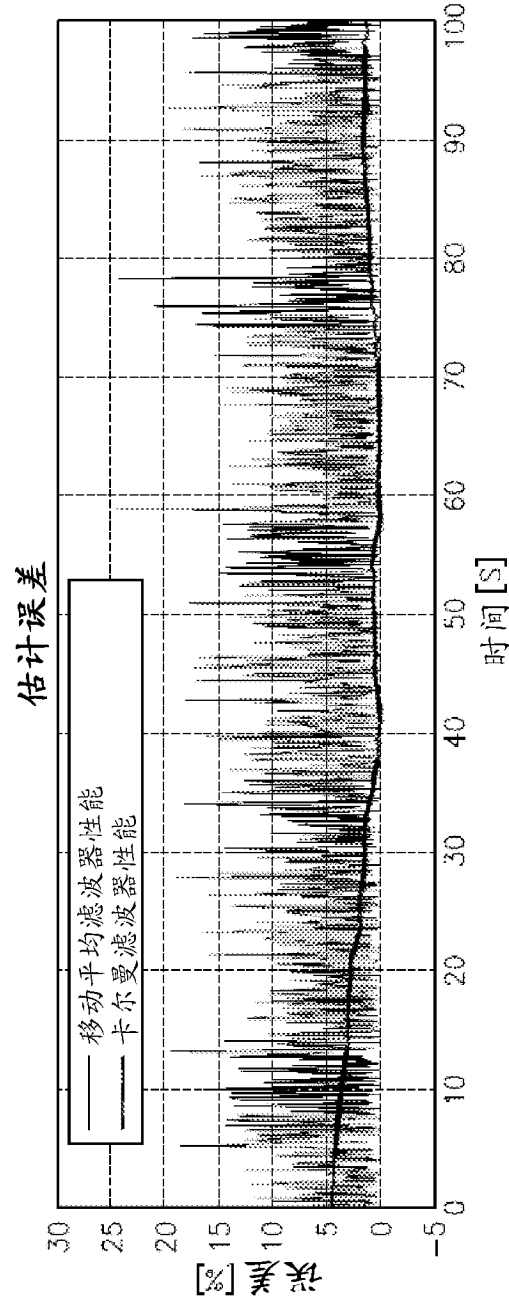


图 8B

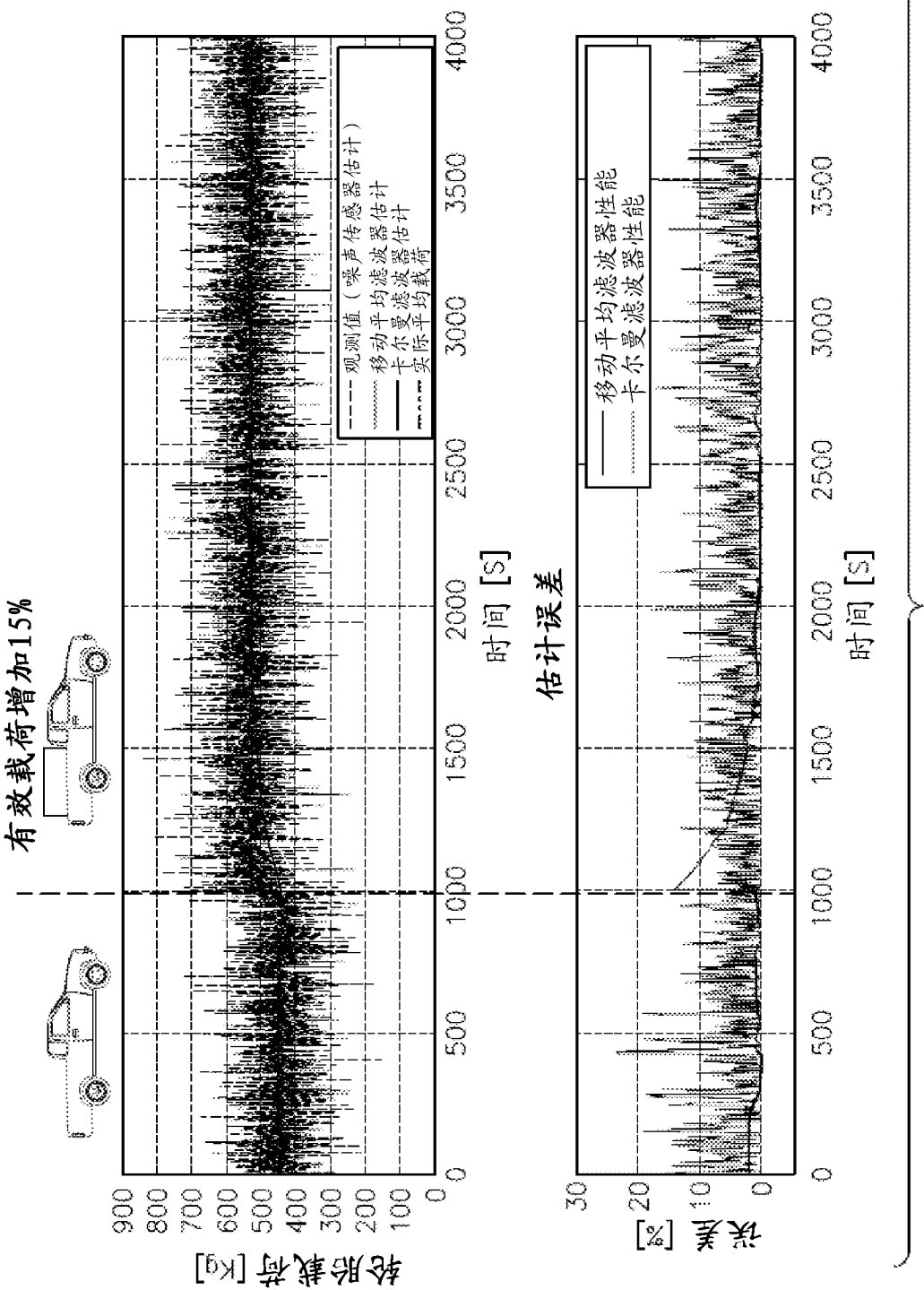


图 9

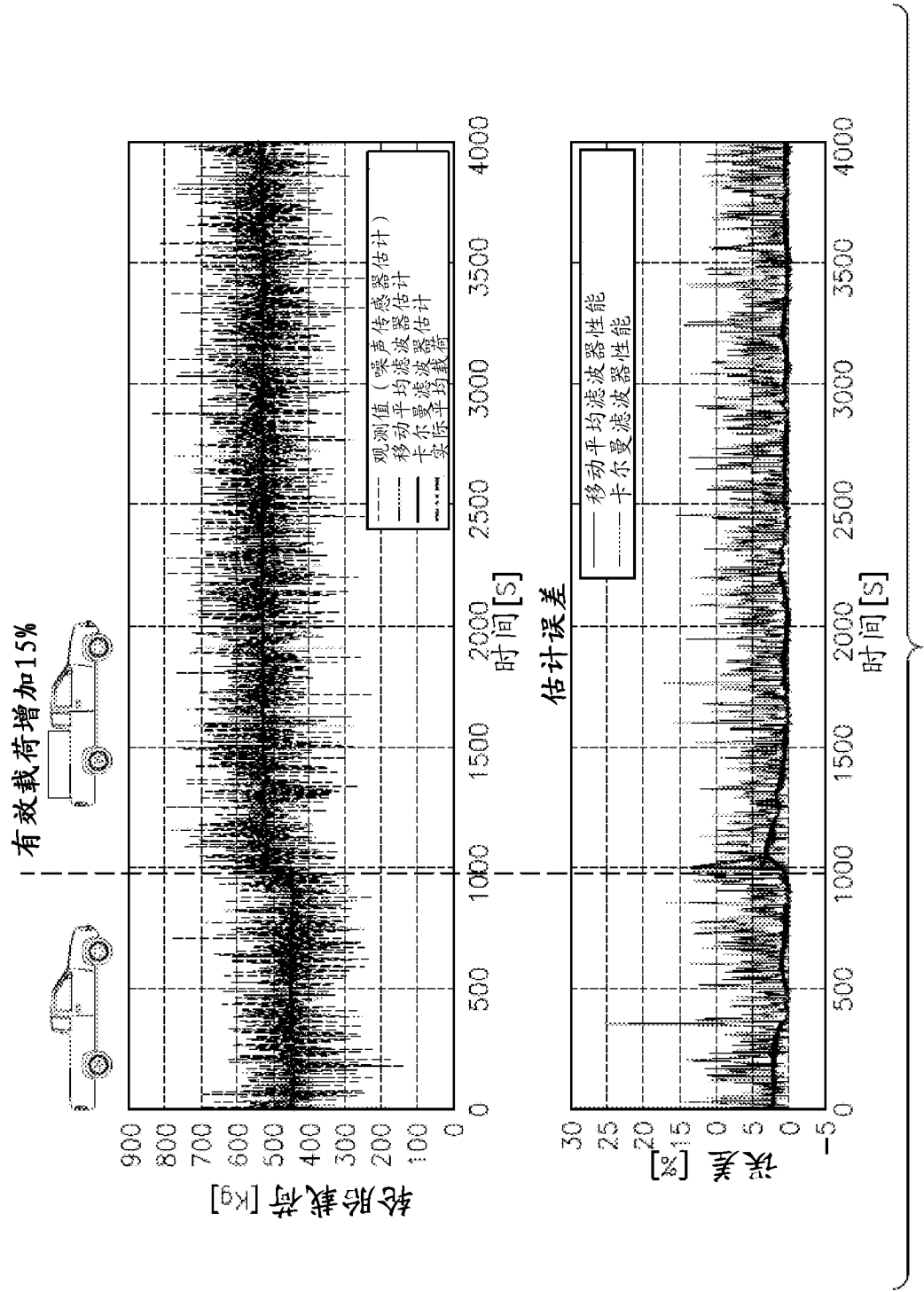


图 10

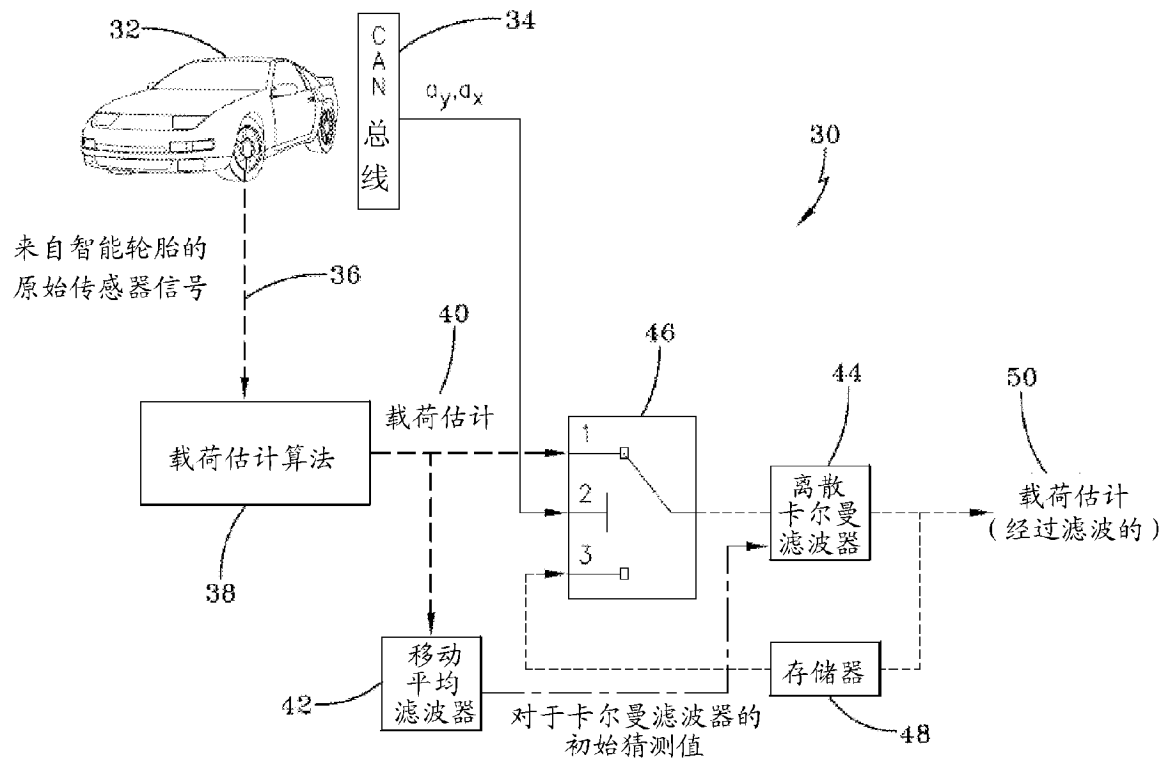


图 11

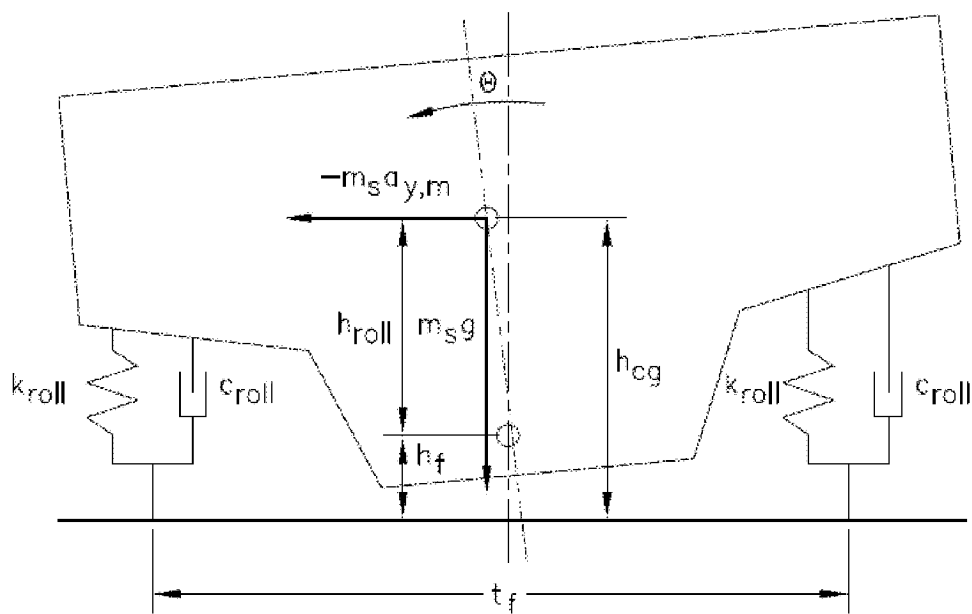


图 12A

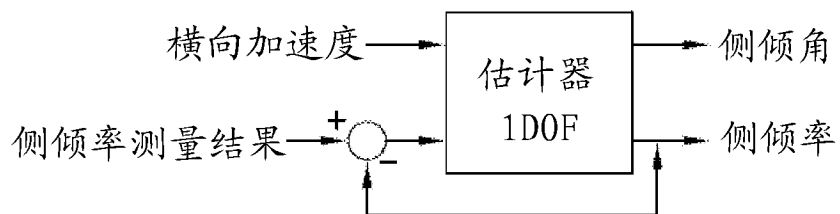


图 12B

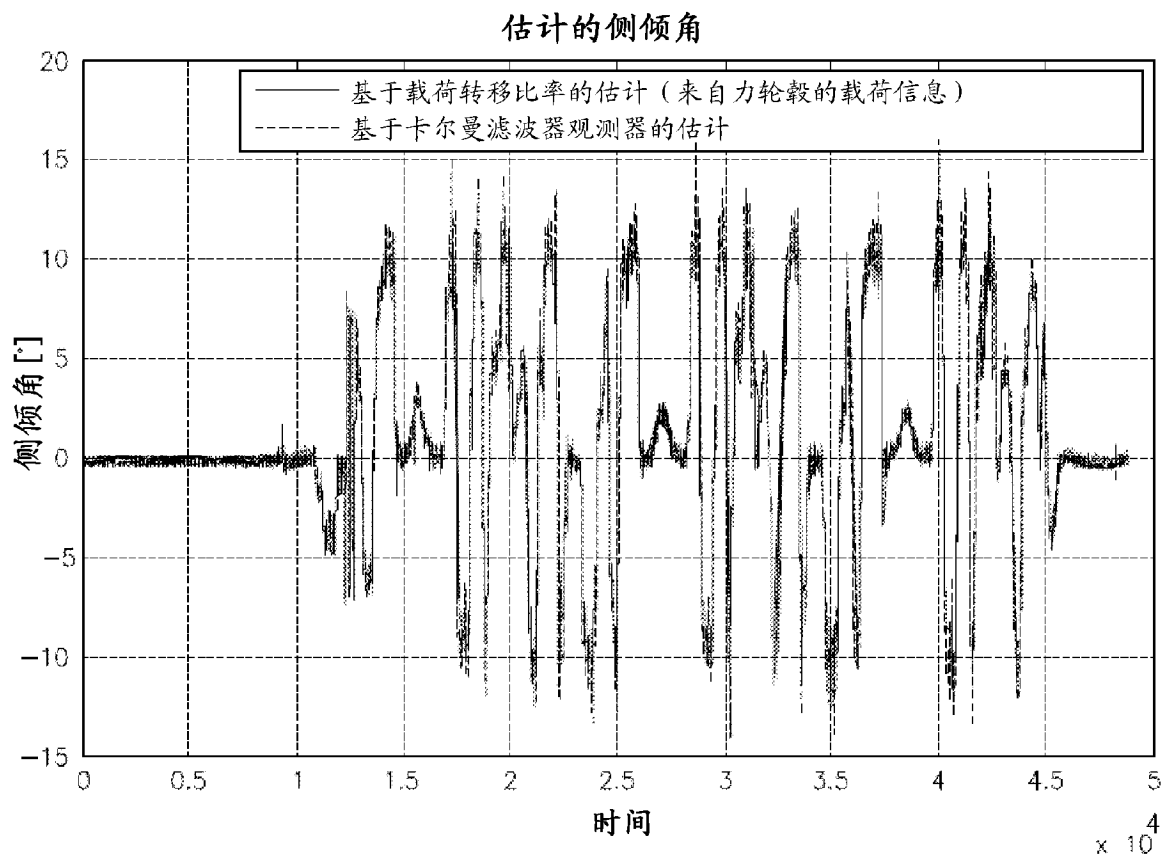


图 12C

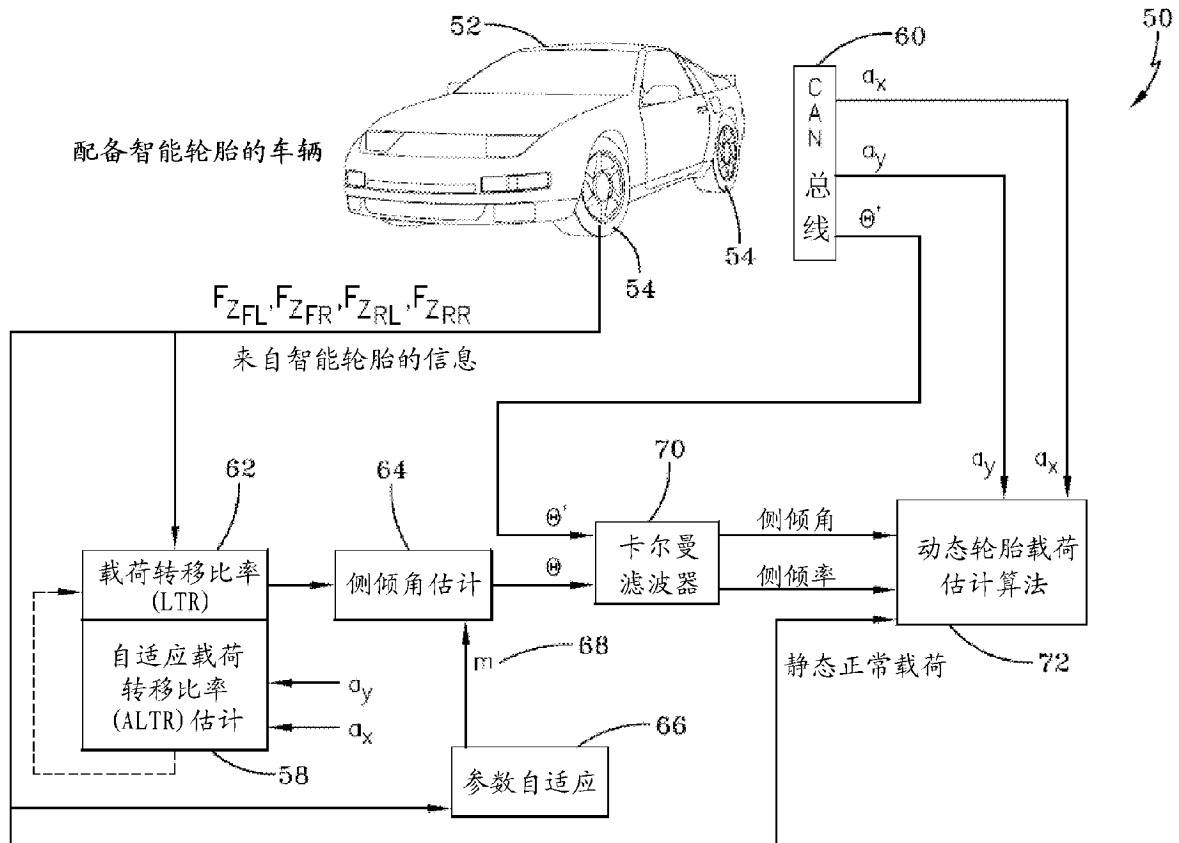


图 13

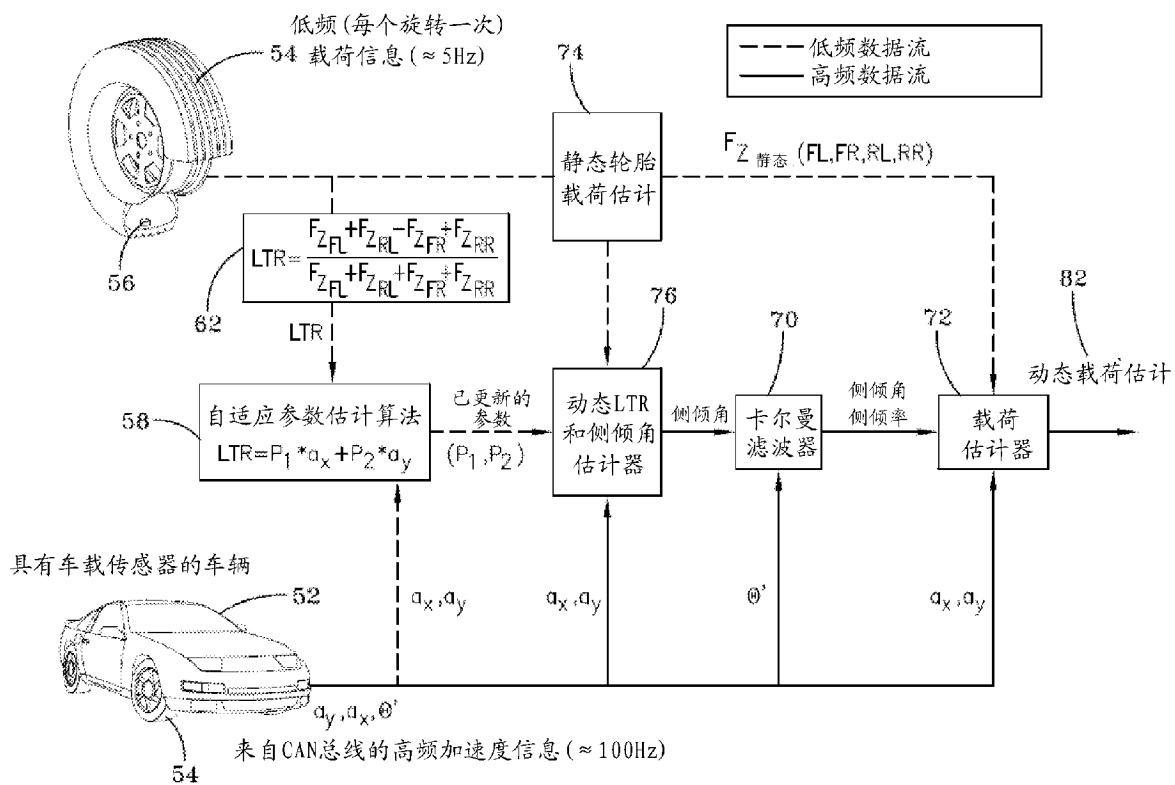


图 14

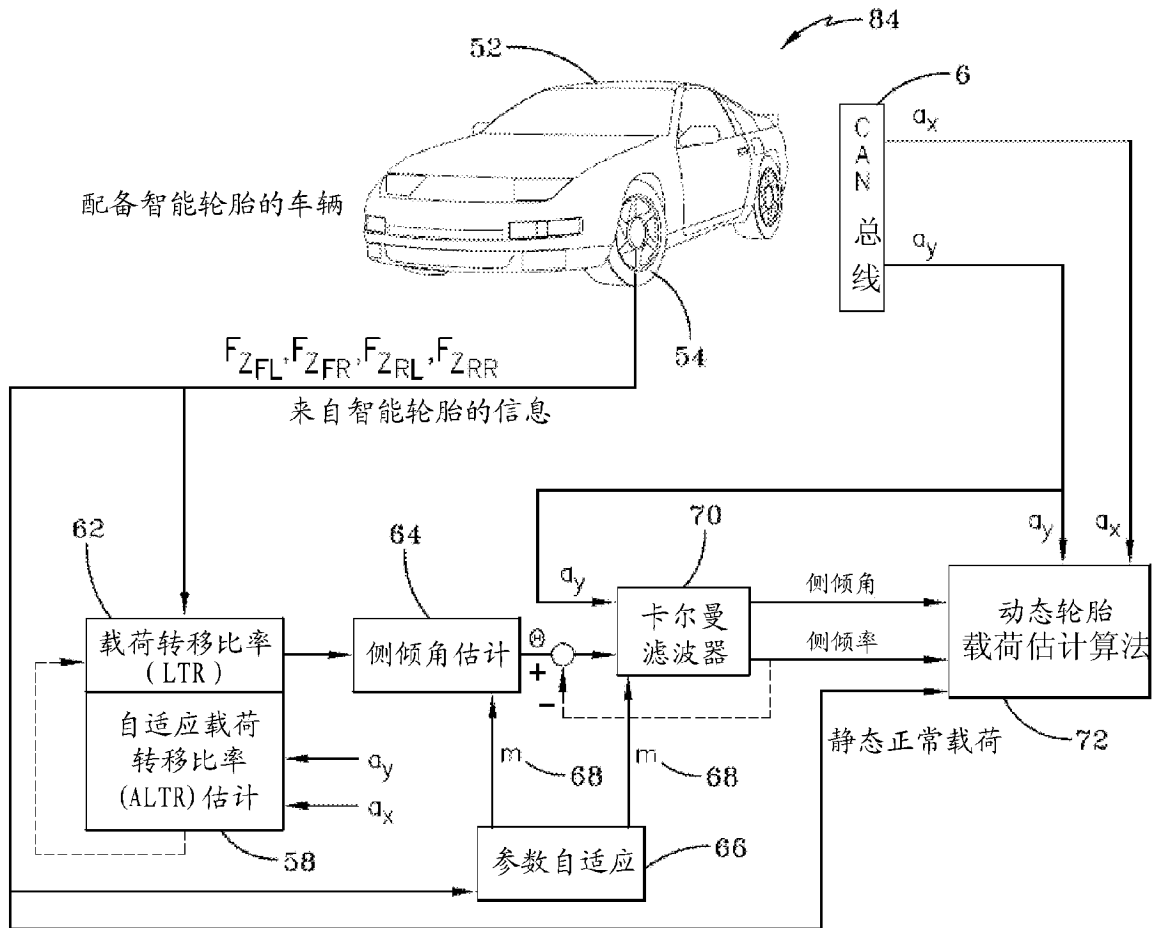


图 15

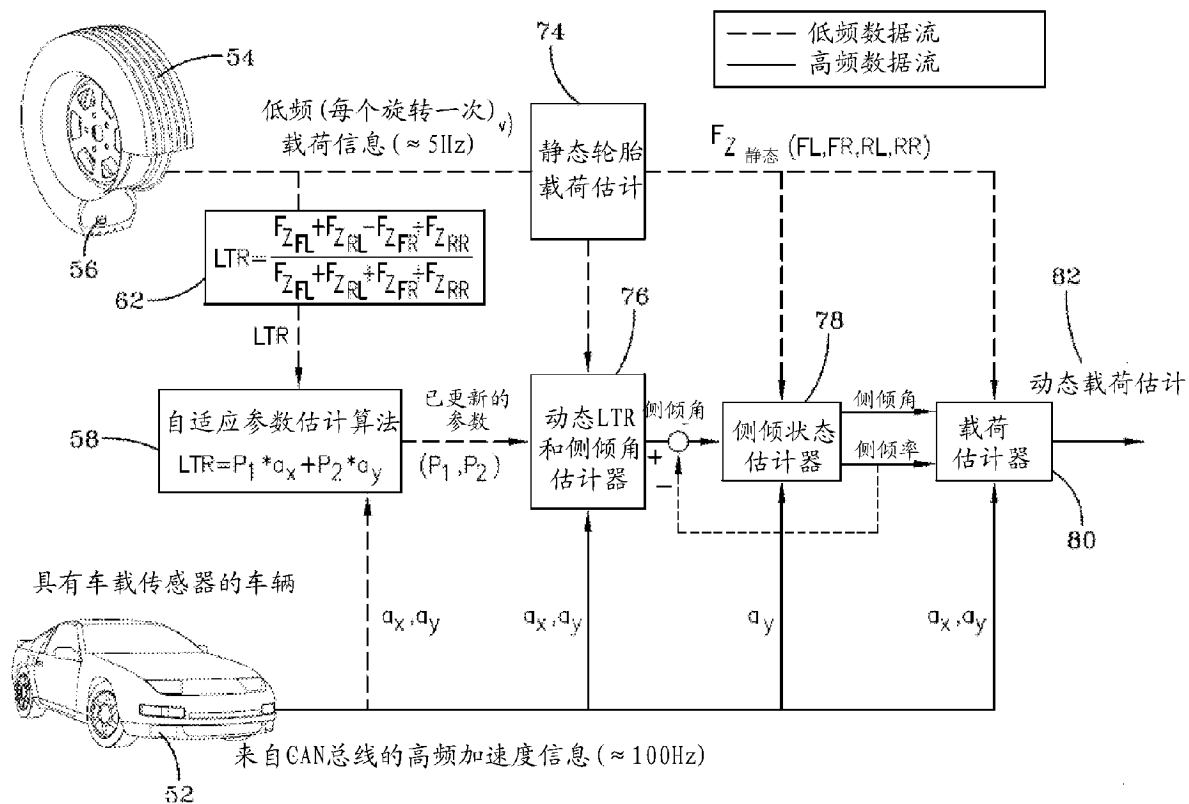


图 16

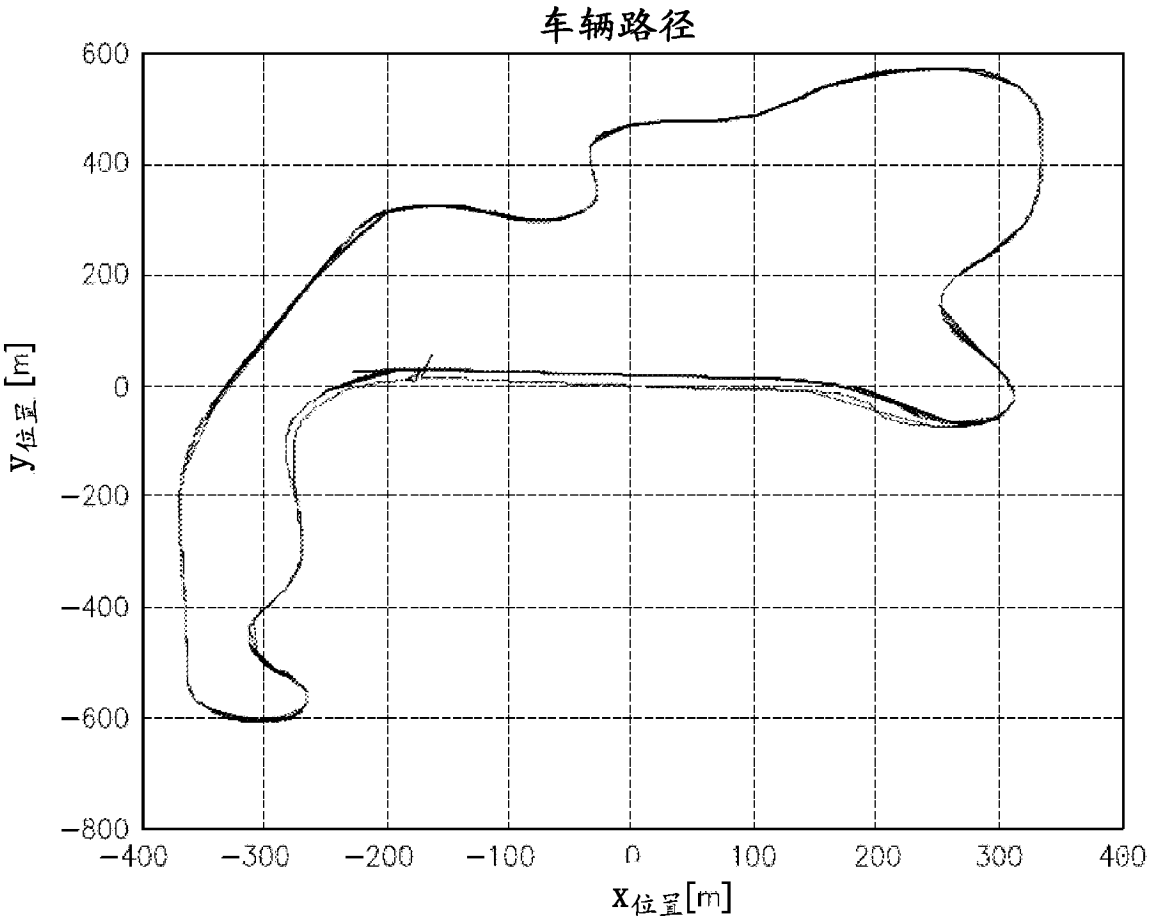


图 17A

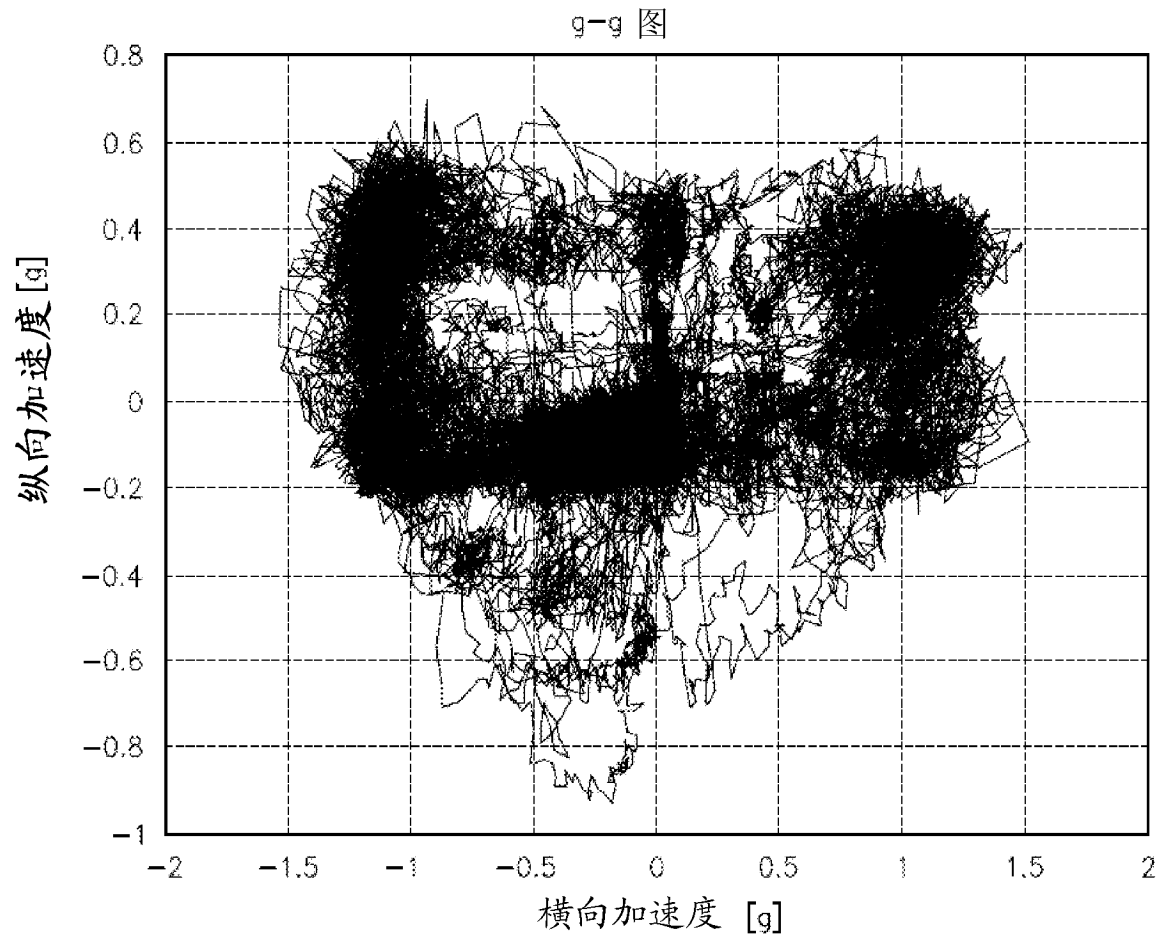


图 17B

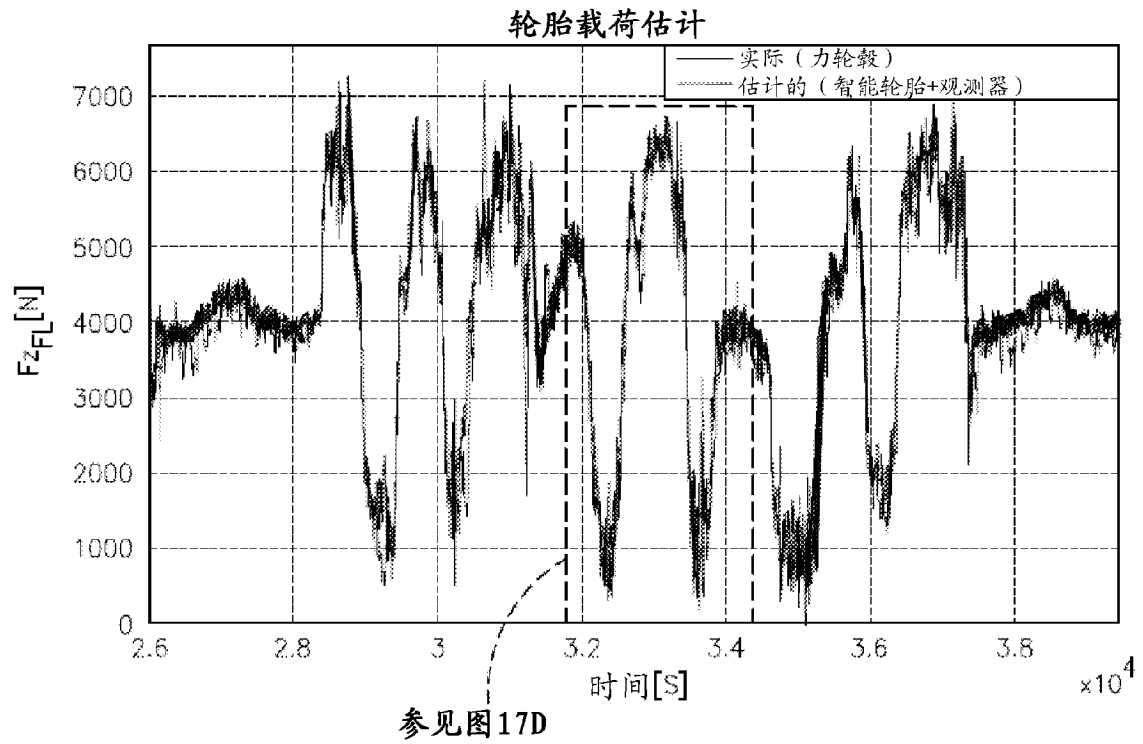


图 17C

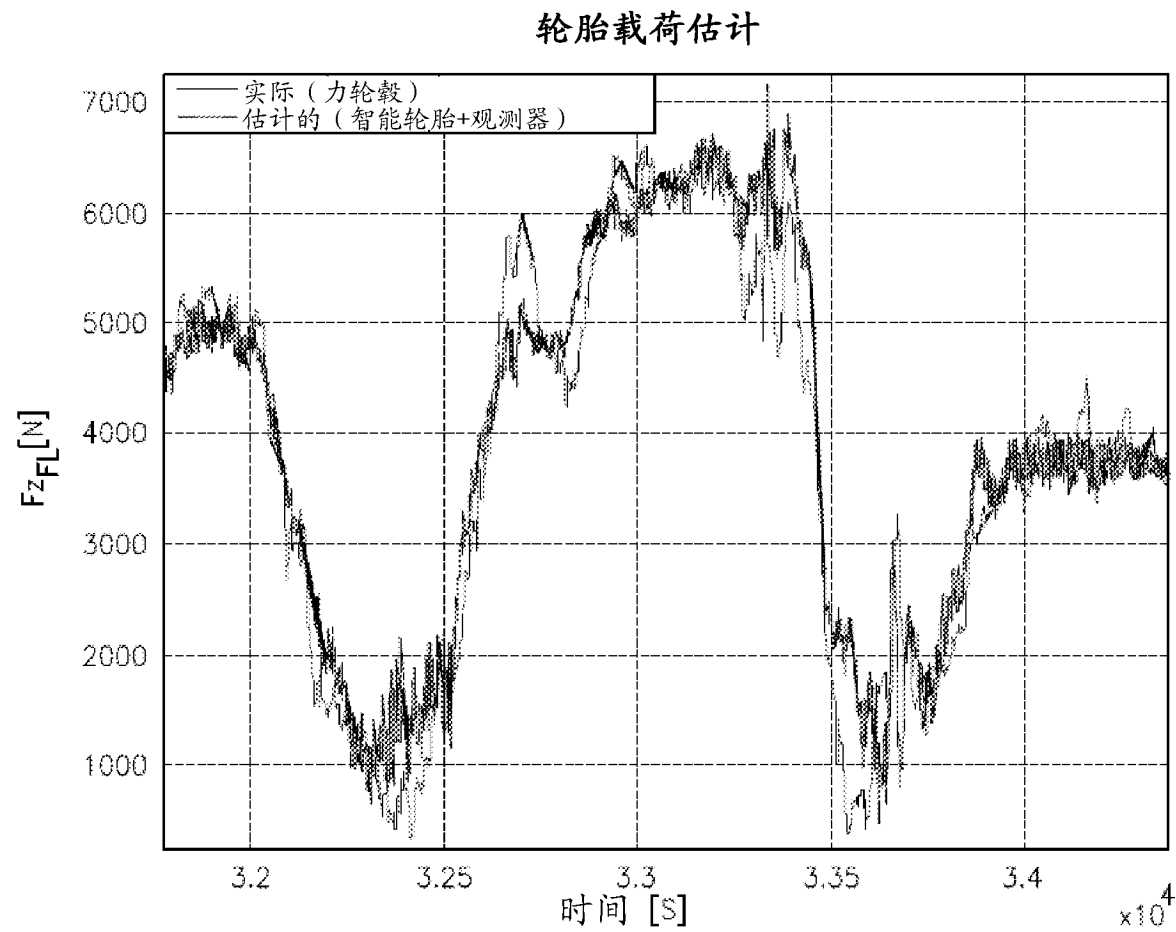


图 17D