



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105444852 A

(43) 申请公布日 2016. 03. 30

(21) 申请号 201510992212. 7

(22) 申请日 2015. 12. 25

(71) 申请人 湖南大学科技园有限公司

地址 410000 湖南省长沙市岳麓区长沙高新技术产业开发区谷苑路 186 号

(72) 发明人 韩旭 吴长德 卢程 汪红兵

(74) 专利代理机构 深圳市沃德知识产权代理事务所 (普通合伙) 44347

代理人 高杰 于志光

(51) Int. Cl.

G01G 19/02(2006. 01)

G01L 17/00(2006. 01)

权利要求书4页 说明书11页 附图6页

(54) 发明名称

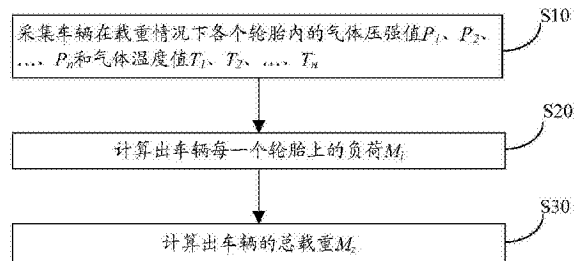
基于 TPMS 的车辆载重检测方法及装置、车辆实时载重监控方法及系统

(57) 摘要

本发明公开一种基于 TPMS 的车辆载重检测方法,包括如下步骤:TPMS 采集车辆在载重情况下各个轮胎内的气体压强值 P<sub>1</sub>、P<sub>2</sub>、...、P<sub>n</sub>和气体温度值 T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>、...、T<sub>n</sub>,其中 n 为车辆的轮胎总数目;载重处理模块采用如下公式

$$M_i = \frac{K_i}{g} \sqrt{\frac{\pi^2 (P_{0i} T_i - P_i T_{0i})^2 (R_i^2 - r_i^2)^2 W_i}{2 P_{0i} T_{0i} R_i}}$$
 计算

出车辆每一个轮胎上的负荷;载重处理模块在计算出车辆各个轮胎上的负荷 M<sub>1</sub>、M<sub>2</sub>、...、M<sub>n</sub>后,采用公式 M<sub>2</sub> = α<sub>1</sub>M<sub>1</sub> + α<sub>2</sub>M<sub>2</sub> + ... + α<sub>n</sub>M<sub>n</sub> 计算出车辆的总载重 M<sub>2</sub>,其中,α<sub>1</sub>、α<sub>2</sub>、...、α<sub>n</sub> 分别为各个轮胎的权系数,且 α<sub>1</sub> + α<sub>2</sub> + ... + α<sub>n</sub> = 1。本发明基于 TPMS 的车辆载重检测方法,能够更加精确地检测车辆的总载重。本发明还公开一种基于 TPMS 的车辆载重检测装置、车辆实时载重监控方法及系统。



1. 一种基于TPMS的车辆载重检测方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤S10:TPMS采集车辆在载重情况下各个轮胎内的气体压强值 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $\dots$ 、 $P_n$ 和气体温度值 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $\dots$ 、 $T_n$ ,并通过无线方式将所述气体压强值 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $\dots$ 、 $P_n$ 和气体温度值 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $\dots$ 、 $T_n$ 传输给载重处理模块,其中 $n$ 为车辆的轮胎总数目;

步骤S20:载重处理模块接收所述气体压强值 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $\dots$ 、 $P_n$ 和气体温度值 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $\dots$ 、 $T_n$ ,并采用如下公式(1)计算出车辆每一个轮胎上的负荷,

$$M_i = \frac{K_i}{g} \sqrt[3]{\frac{\pi^2 (P_{0i} T_i - P_i T_{0i})^2 (R_i^2 - r_i^2)^2 W_i}{2 P_{0i} T_{0i} R_i}} \quad (1)$$

其中, $M_i$ 为第 $i$ 个轮胎上的负荷, $i$ 为正整数且 $1 \leq i \leq n$ , $K_i$ 为第 $i$ 个轮胎在其载重指数所对应的载重下对应的径向静刚度, $g$ 为重力加速度, $\pi$ 为圆周率, $P_{0i}$ 为第 $i$ 个轮胎空载时轮胎内的气体压强值, $T_{0i}$ 为第 $i$ 个轮胎空载时轮胎内的气体温度, $T_i$ 为第 $i$ 个轮胎在载重情况下的气体压强值, $P_i$ 为第 $i$ 个轮胎在载重情况下的气体温度值, $R_i$ 为第 $i$ 个轮胎的外径、 $r_i$ 为第 $i$ 个轮胎的内径、 $W_i$ 为第 $i$ 个轮胎的宽度;

步骤S30:所述载重处理模块在计算出车辆各个轮胎上的负荷 $M_1$ 、 $M_2$ 、 $\dots$ 、 $M_n$ 后,采用如下公式(2)计算出车辆的总载重 $M_z$ ,

$$M_z = \alpha_1 M_1 + \alpha_2 M_2 + \dots + \alpha_n M_n \quad (2)$$

其中, $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\dots$ 、 $\alpha_n$ 分别为各个轮胎的权系数,且 $\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n = 1$ 。

2. 如权利要求1所述的车辆载重检测方法,其特征在于,所述步骤S20中,对于每个轮胎上的负荷 $M_i$ ,具体通过如下过程得出:

将轮胎视为空心圆柱体,轮胎的外径为 $R_i$ ,轮胎的内径为 $r_i$ 、轮胎的宽度的 $W_i$ ,并将轮胎内的气体视为理想气体;

在载重情况下,轮胎的形状发生形变,设轮胎与地面的接触面积为一个长为 $L_i$ 、宽为 $W_i$ 的矩形,轮胎沿竖直方向上的变形量为 $x_i$ ,轮胎内心与所述矩形长方向两个边缘连线所形成的角度为 $\beta_i$ ,轮胎内心到路面的高度为 $h_i$ ,则有:

$$h_i = R_i - x_i \quad (3)$$

$$L_i = 2\sqrt{R_i^2 - h_i^2} \quad (4)$$

轮胎内气体的体积变化量为 $\Delta V_i$ ,则

$$\Delta V_i = \Delta S_i W_i \quad (5)$$

其中 $\Delta S_i$ 可由如下公式(6)计算得到,

$$\Delta S_i = \frac{1}{2} R_i^2 \beta_i - \frac{1}{2} L_i h_i \quad (6)$$

将所述矩形的长度 $L_i$ 视为与角度 $\beta_i$ 所对应的弧长相等,则有:

$$L_i = R_i \beta_i \quad (7)$$

由以上公式(3)、(4)、(5)、(6)、(7)可得

$$x_i^4 - 2R_i x_i^3 + \left(\frac{\Delta V_i}{W_i}\right)^2 = 0 \quad (8)$$

在上述公式(8)中,略去 $x_i$ 的四次方项,可得

$$x_i = \sqrt[3]{\frac{(\Delta V_i)^2}{2R_i W_i^2}} \quad (9)$$

又根据理想气体状态方程,可得

$$\frac{P_{0i} V_{0i}}{T_{0i}} = \frac{P_i V_i}{T_i} \quad (10)$$

轮胎内气体的体积变化量为  $\Delta V_i$  可表示为

$$\Delta V_i = -(V_i - V_{0i}) \quad (11)$$

将充满气体后的轮胎视为一个刚度很大的弹簧,将轮胎在不同载重下的径向静刚度视为一定值,并用轮胎在其载重指数所对应的载重下的径向静刚度  $K_i$  表示,则根据胡克定律,可得

$$K_i x_i = M_i g \quad (12)$$

由以上公式(9)、(10)、(11)、(12)可得所述公式(1)

$$M_i = \frac{K_i}{g} \sqrt[3]{\frac{\pi^2 (P_{0i} T_i - P_i T_{0i})^2 (R_i^2 - r_i^2)^2 W_i}{2 P_{0i} T_{0i} R_i}} \quad (1)$$

3. 一种基于TPMS的车辆载重检测装置,其特征在于,包括TPMS和载重处理模块,其中:

所述TPMS用于采集车辆在载重情况下各个轮胎内的气体压强值  $P_1, P_2, \dots, P_n$  和气体温度值  $T_1, T_2, \dots, T_n$ , 并通过无线方式将所述气体压强值  $P_1, P_2, \dots, P_n$  和气体温度值  $T_1, T_2, \dots, T_n$  传输给载重处理模块,其中  $n$  为车辆的轮胎总数目;

所述载重处理模块用于接收所述气体压强值  $P_1, P_2, \dots, P_n$  和气体温度值  $T_1, T_2, \dots, T_n$ , 并采用如下公式(1)计算出车辆每一个轮胎上的负荷,

$$M_i = \frac{K_i}{g} \sqrt[3]{\frac{\pi^2 (P_{0i} T_i - P_i T_{0i})^2 (R_i^2 - r_i^2)^2 W_i}{2 P_{0i} T_{0i} R_i}} \quad (1)$$

其中,  $M_i$  为第  $i$  个轮胎上的负荷,  $i$  为正整数且  $1 \leq i \leq n$ ,  $K_i$  为第  $i$  个轮胎在其载重指数所对应的载重下对应的径向静刚度,  $g$  为重力加速度,  $\pi$  为圆周率,  $P_{0i}$  为第  $i$  个轮胎空载时轮胎内的气体压强值,  $T_{0i}$  为第  $i$  个轮胎空载时轮胎内的气体温度,  $T_i$  为第  $i$  个轮胎在载重情况下的气体压强值,  $P_i$  为第  $i$  个轮胎在载重情况下的气体温度值,  $R_i$  为第  $i$  个轮胎的外径,  $r_i$  为第  $i$  个轮胎的内径,  $W_i$  为第  $i$  个轮胎的宽度;

所述载重处理模块还用于在计算出车辆各个轮胎上的负荷  $M_1, M_2, \dots, M_n$  后,采用如下公式(2)计算出车辆的总载重  $M_z$ ,

$$M_z = \alpha_1 M_1 + \alpha_2 M_2 + \dots + \alpha_n M_n \quad (2)$$

其中,  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$  分别为各个轮胎的权系数,且  $\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n = 1$ 。

4. 如权利要求3所述的车辆载重检测装置,其特征在于,所述载重处理模块具体通过如下过程计算每个轮胎上的负荷  $M_i$ :

将轮胎视为空心圆柱体,轮胎的外径为  $R_i$ , 轮胎的内径为  $r_i$ , 轮胎的宽度的  $W_i$ , 并将轮胎内的气体视为理想气体;

在载重情况下,轮胎的形状发生形变,设轮胎与地面的接触面积为一个长为  $L_i$ 、宽为  $W_i$  的矩形,轮胎沿竖直方向上的变形量为  $x_i$ , 轮胎内心与所述矩形长方向两个边缘连线所形

成的角度为 $\beta_i$ ,轮胎内心到路面的高度为 $h_i$ ,则有:

$$h_i = R_i - x_i \quad (3)$$

$$L_i = 2\sqrt{R_i^2 - h_i^2} \quad (4)$$

轮胎内气体的体积变化量为 $\Delta V_i$ ,则

$$\Delta V_i = \Delta S_i W_i \quad (5)$$

其中 $\Delta S_i$ 可由如下公式(6)计算得到,

$$\Delta S_i = \frac{1}{2} R_i^2 \beta_i - \frac{1}{2} L_i h_i \quad (6)$$

将所述矩形的长度 $L_i$ 视为与角度 $\beta_i$ 所对应的弧长相等,则有:

$$L_i = R_i \beta_i \quad (7)$$

由以上公式(3)、(4)、(5)、(6)、(7)可得

$$x_i^4 - 2R_i x_i^3 + \left(\frac{\Delta V_i}{W_i}\right)^2 = 0 \quad (8)$$

在上述公式(8)中,略去 $x_i$ 的四次方项,可得

$$x_i = \sqrt[3]{\frac{(\Delta V_i)^2}{2R_i W_i^2}} \quad (9)$$

又根据理想气体状态方程,可得

$$\frac{P_{0i} V_{0i}}{T_{0i}} = \frac{P_i V_i}{T_i} \quad (10)$$

轮胎内气体的体积变化量为 $\Delta V_i$ 可表示为

$$\Delta V_i = -(V_i - V_{0i}) \quad (11)$$

将充满气体后的轮胎视为一个刚度很大的弹簧,将轮胎在不同载重下的径向静刚度视为一定值,并用轮胎在其载重指数所对应的载重下的径向静刚度 $K_i$ 表示,则根据胡克定律,可得

$$K_i x_i = M_i g \quad (12)$$

由以上公式(9)、(10)、(11)、(12)可得所述公式(1)

$$M_i = \frac{K_i}{g} \sqrt[3]{\frac{\pi^2 (P_{0i} T_i - P_i T_{0i})^2 (R_i^2 - r_i^2)^2 W_i}{2 P_{0i} T_{0i} R_i}} \quad (1)$$

5. 如权利要求3所述的车辆载重检测装置,其特征在于,所述载重处理模块位于所述车辆的ECU中或者位于远程监控中心中。

6. 一种车辆实时载重监控方法,其特征在于,包括如下步骤:

采用如权利要求1所述的车辆载重检测方法检测出车辆的当前总载重,

远程监控中心获取车辆的当前总载重,进行分析综合后得出相应操作命令,并通过无线数据传输方式将所述操作命令发送给所述车辆的ECU。

7. 如权利要求6所述的车辆实时载重监控方法,其特征在于,所述载重处理模块位于所述远程监控中心中,所述TPMS采集的气体压强值 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $\dots$ 、 $P_n$ 和气体温度值 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $\dots$ 、 $T_n$ 先通

过无线短距离通信方式传输给车辆的ECU,再由车辆的ECU通过无线数据传输方式发送给所述远程监控中心的载重处理模块。

8.如权利要求7所述的车辆实时载重监控方法,其特征在于,所述车辆的ECU还将气体压强值 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $\dots$ 、 $P_n$ 和气体温度值 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $\dots$ 、 $T_n$ 发送给车辆的显示屏进行显示。

9.一种车辆实时载重监控系统,其特征在于,包括车辆和远程监控中心,所述车辆包括TPMS和ECU,其中:

所述TPMS用于采集车辆在载重情况下各个轮胎内的气体压强值 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $\dots$ 、 $P_n$ 和气体温度值 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $\dots$ 、 $T_n$ ,并通过无线短距离通信方式将所述气体压强值 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $\dots$ 、 $P_n$ 和气体温度值 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $\dots$ 、 $T_n$ 传输给所述ECU,其中 $n$ 为车辆的轮胎总数目;

所述ECU用于将接收到的所述气体压强值 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $\dots$ 、 $P_n$ 和气体温度值 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $\dots$ 、 $T_n$ 通过无线数据传输方式发送给所述远程监控中心;

所述远程监控中心包括接收模块、载重处理模块、分析模块和发送模块,其中:

所述接收模块用于接收所述ECU所发送的所述气体压强值 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $\dots$ 、 $P_n$ 和气体温度值 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $\dots$ 、 $T_n$ ;

所述载重处理模块用于根据所述气体压强值 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $\dots$ 、 $P_n$ 和气体温度值 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $\dots$ 、 $T_n$ ,采用如下公式(1)计算出车辆每一个轮胎上的负荷,

$$M_i = \frac{K_i}{g} \sqrt[3]{\frac{\pi^2 (P_{0i} T_i - P_i T_{0i})^2 (R_i^2 - r_i^2)^2 W_i}{2 P_{0i} T_{0i} R_i}} \quad (1)$$

其中, $M_i$ 为第 $i$ 个轮胎上的负荷, $i$ 为正整数且 $1 \leq i \leq n$ , $K_i$ 为第 $i$ 个轮胎在其载重指数所对应的载重下对应的径向静刚度, $g$ 为重力加速度, $\pi$ 为圆周率, $P_{0i}$ 为第 $i$ 个轮胎空载时轮胎内的气体压强值, $T_{0i}$ 为第 $i$ 个轮胎空载时轮胎内的气体温度, $T_i$ 为第 $i$ 个轮胎在载重情况下的气体压强值, $P_i$ 为第 $i$ 个轮胎在载重情况下的气体温度值, $R_i$ 为第 $i$ 个轮胎的外径、 $r_i$ 为第 $i$ 个轮胎的内径、 $W_i$ 为第 $i$ 个轮胎的宽度;

所述载重处理模块还用于在计算出车辆各个轮胎上的负荷 $M_1$ 、 $M_2$ 、 $\dots$ 、 $M_n$ 后,采用如下公式(2)计算出车辆的总载重 $M_z$ ,

$$M_z = \alpha_1 M_1 + \alpha_2 M_2 + \dots + \alpha_n M_n \quad (2)$$

其中, $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\dots$ 、 $\alpha_n$ 分别为各个轮胎的权系数,且 $\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n = 1$ ;

所述分析模块用于对车辆的当前总载重进行分析综合后得出相应操作命令;

所述发送模块用于将所述操作命令通过无线数据传输方式发送给所述车辆的ECU。

10.如权利要求9所述的车辆实时载重监控系统,其特征在于,所述车辆还包括显示屏,所述显示屏用于显示所述车辆各个轮胎的气体压强值 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $\dots$ 、 $P_n$ 和气体温度值 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $\dots$ 、 $T_n$ ,以及用于显示所述操作命令。

## 基于TPMS的车辆载重检测方法、装置、车辆实时载重监控方法及系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及交通运输和智能测控技术领域,尤其涉及一种基于轮胎压力监测系统(Tire Pressure Monitoring System,简称TPMS)的车辆载重检测方法、装置、车辆实时载重监控方法及系统。

### 背景技术

[0002] 现在对于车辆的载重进行检测时,通常采用的方法时,将轮胎假设为空心圆柱体,并将轮胎外径与地面的接触面视为矩形接触面,根据作用力与反作用力原理得到轮胎内部压强对矩形接触面部分的压力与地面对轮胎的支撑力相等(即 $Mg=PS$ ),通过仅检测轮胎内部的气体压强来计算轮胎上的负荷。然而由于轮胎与地面的接触压强和轮胎里面的压强不是同一个对象,因此通过检测方法得出的车辆的载重不够精确。另外,现有监控车辆载重的方法,通常是利用无线传感器网关和无线传感器网络将数据传输到监控中心,无线传感器网关设置在市区定点的垃圾中转站上,这样只是在特定地方才能够将数据传送给监控中心,不能够达到实时监控的目的。

### 发明内容

[0003] 本发明的主要目的在于提供一种基于TPMS的车辆载重检测方法、装置、车辆实时载重监控方法及系统,旨在更加精确地检测车辆的总载重,并实现对车辆的实时监控以及方便地对车辆进行调度。

[0004] 为了实现上述目的,本发明提供一种基于TPMS的车辆载重检测方法,包括如下步骤:

[0005] 步骤S10:TPMS采集车辆在载重情况下各个轮胎内的气体压强值 $P_1、P_2、\dots、P_n$ 和气体温度值 $T_1、T_2、\dots、T_n$ ,并通过无线方式将所述气体压强值 $P_1、P_2、\dots、P_n$ 和气体温度值 $T_1、T_2、\dots、T_n$ 传输给载重处理模块,其中 $n$ 为车辆的轮胎总数目;

[0006] 步骤S20:载重处理模块接收所述气体压强值 $P_1、P_2、\dots、P_n$ 和气体温度值 $T_1、T_2、\dots、T_n$ ,并采用如下公式(1)计算出车辆每一个轮胎上的负荷,

$$[0007] \quad M_i = \frac{K_i}{g} \sqrt{\frac{\pi^2 (P_{0i} T_i - P_i T_{0i})^2 (R_i^2 - r_i^2)^2 W_i}{2 P_{0i} T_{0i} R_i}} \quad (1)$$

[0008] 其中, $M_i$ 为第 $i$ 个轮胎上的负荷, $i$ 为正整数且 $1 \leq i \leq n$ , $K_i$ 为第 $i$ 个轮胎在其载重指数所对应的载重下对应的径向静刚度, $g$ 为重力加速度, $\pi$ 为圆周率, $P_{0i}$ 为第 $i$ 个轮胎空载时轮胎内的气体压强值, $T_{0i}$ 为第 $i$ 个轮胎空载时轮胎内的气体温度, $T_i$ 为第 $i$ 个轮胎在载重情况下的气体压强值, $P_i$ 为第 $i$ 个轮胎在载重情况下的气体温度值, $R_i$ 为第 $i$ 个轮胎的外径、 $r_i$ 为第 $i$ 个轮胎的内径、 $W_i$ 为第 $i$ 个轮胎的宽度;

[0009] 步骤S30:所述载重处理模块在计算出车辆各个轮胎上的负荷 $M_1、M_2、\dots、M_n$ 后,采用如下公式(2)计算出车辆的总载重 $M_z$ ,

[0010]  $M_z = \alpha_1 M_1 + \alpha_2 M_2 + \dots + \alpha_n M_n$  (2)

[0011] 其中,  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$  分别为各个轮胎的权系数, 且  $\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n = 1$ 。

[0012] 特别地, 所述步骤S20中, 对于每个轮胎上的负荷  $M_i$ , 具体通过如下过程得出:

[0013] 将轮胎视为空心圆柱体, 轮胎的外径为  $R_i$ , 轮胎的内径为  $r_i$ , 轮胎的宽度的  $W_i$ , 并将轮胎内的气体视为理想气体;

[0014] 在载重情况下, 轮胎的形状发生形变, 设轮胎与地面的接触面积为一个长为  $L_i$ 、宽为  $W_i$  的矩形, 轮胎沿竖直方向上的变形量为  $x_i$ , 轮胎内心与所述矩形长方向两个边缘连线所形成的角度为  $\beta_i$ , 轮胎内心到路面的高度为  $h_i$ , 则有:

[0015]  $h_i = R_i - x_i$  (3)

[0016]  $L_i = 2\sqrt{R_i^2 - h_i^2}$  (4)

[0017] 轮胎内气体的体积变化量为  $\Delta V_i$ , 则

[0018]  $\Delta V_i = \Delta S_i W_i$  (5)

[0019] 其中  $\Delta S_i$  可由如下公式(6)计算得到,

[0020]  $\Delta S_i = \frac{1}{2} R_i^2 \beta_i - \frac{1}{2} L_i h_i$  (6)

[0021] 将所述矩形的长度  $L_i$  视为与角度  $\beta_i$  所对应的弧长相等, 则有:

[0022]  $L_i = R_i \beta_i$  (7)

[0023] 由以上公式(3)、(4)、(5)、(6)、(7)可得

[0024]  $x_i^4 - 2R_i x_i^3 + \left(\frac{\Delta V_i}{W_i}\right)^2 = 0$  (8)

[0025] 在上述公式(8)中, 略去  $x_i$  的四次方项, 可得

[0026]  $x_i = \sqrt[3]{\frac{(\Delta V_i)^2}{2R_i W_i^2}}$  (9)

[0027] 又根据理想气体状态方程, 可得

[0028]  $\frac{P_{0i} V_{0i}}{T_{0i}} = \frac{P V_i}{T_i}$  (10)

[0029] 轮胎内气体的体积变化量为  $\Delta V_i$  可表示为

[0030]  $\Delta V_i = -(V_i - V_{0i})$  (11)

[0031] 将充满气体后的轮胎视为一个刚度很大的弹簧, 将轮胎在不同载重下的径向静刚度视为一定值, 并用轮胎在其载重指数所对应的载重下的径向静刚度  $K_i$  表示, 则根据胡克定律, 可得

[0032]  $K_i x_i = M_i g$  (12)

[0033] 由以上公式(9)、(10)、(11)、(12)可得所述公式(1)

[0034]  $M_i = \frac{K_i}{g} \sqrt[3]{\frac{\pi^2 (P_{0i} T_i - P T_{0i})^2 (R_i^2 - r_i^2)^2 W_i}{2 P_{0i} T_{0i} R_i}}$  (1)

[0035] 本发明还提供一种基于TPMS的车辆载重检测装置, 包括TPMS和载重处理模块, 其中:

[0036] 所述TPMS用于采集车辆在载重情况下各个轮胎内的气体压强值 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $\dots$ 、 $P_n$ 和气体温度值 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $\dots$ 、 $T_n$ ,并通过无线方式将所述气体压强值 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $\dots$ 、 $P_n$ 和气体温度值 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $\dots$ 、 $T_n$ 传输给载重处理模块,其中 $n$ 为车辆的轮胎总数目;

[0037] 所述载重处理模块用于接收所述气体压强值 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $\dots$ 、 $P_n$ 和气体温度值 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $\dots$ 、 $T_n$ ,并采用如下公式(1)计算出车辆每一个轮胎上的负荷,

$$[0038] \quad M_i = \frac{K_i}{g} \sqrt[3]{\frac{\pi^2 (P_{0i} T_i - P_i T_{0i})^2 (R_i^2 - r_i^2)^2 W_i}{2 P_{0i} T_{0i} R_i}} \quad (1)$$

[0039] 其中, $M_i$ 为第 $i$ 个轮胎上的负荷, $i$ 为正整数且 $1 \leq i \leq n$ , $K_i$ 为第 $i$ 个轮胎在其载重指数所对应的载重下对应的径向静刚度, $g$ 为重力加速度, $\pi$ 为圆周率, $P_{0i}$ 为第 $i$ 个轮胎空载时轮胎内的气体压强值, $T_{0i}$ 为第 $i$ 个轮胎空载时轮胎内的气体温度, $T_i$ 为第 $i$ 个轮胎在载重情况下的气体压强值, $P_i$ 为第 $i$ 个轮胎在载重情况下的气体温度值, $R_i$ 为第 $i$ 个轮胎的外径、 $r_i$ 为第 $i$ 个轮胎的内径、 $W_i$ 为第 $i$ 个轮胎的宽度;

[0040] 所述载重处理模块还用于在计算出车辆各个轮胎上的负荷 $M_1$ 、 $M_2$ 、 $\dots$ 、 $M_n$ 后,采用如下公式(2)计算出车辆的总载重 $M_z$ ,

$$[0041] \quad M_z = \alpha_1 M_1 + \alpha_2 M_2 + \dots + \alpha_n M_n \quad (2)$$

[0042] 其中, $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\dots$ 、 $\alpha_n$ 分别为各个轮胎的权系数,且 $\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n = 1$ 。

[0043] 特别地,所述载重处理模块具体通过如下过程计算每个轮胎上的负荷 $M_i$ :

[0044] 将轮胎视为空心圆柱体,轮胎的外径为 $R_i$ ,轮胎的内径为 $r_i$ 、轮胎的宽度的 $W_i$ ,并将轮胎内的气体视为理想气体;

[0045] 在载重情况下,轮胎的形状发生形变,设轮胎与地面的接触面积为一个长为 $L_i$ 、宽为 $W_i$ 的矩形,轮胎沿竖直方向上的变形量为 $x_i$ ,轮胎内心与所述矩形长方向两个边缘连线所形成的角度为 $\beta_i$ ,轮胎内心到路面的高度为 $h_i$ ,则有:

$$[0046] \quad h_i = R_i - x_i \quad (3)$$

$$[0047] \quad L_i = 2\sqrt{R_i^2 - h_i^2} \quad (4)$$

[0048] 轮胎内气体的体积变化量为 $\Delta V_i$ ,则

$$[0049] \quad \Delta V_i = \Delta S_i W_i \quad (5)$$

[0050] 其中 $\Delta S_i$ 可由如下公式(6)计算得到,

$$[0051] \quad \Delta S_i = \frac{1}{2} R_i^2 \beta_i - \frac{1}{2} L_i h_i \quad (6)$$

[0052] 将所述矩形的长度 $L_i$ 视为与角度 $\beta_i$ 所对应的弧长相等,则有:

$$[0053] \quad L_i = R_i \beta_i \quad (7)$$

[0054] 由以上公式(3)、(4)、(5)、(6)、(7)可得

$$[0055] \quad x_i^4 - 2R_i x_i^3 + \left(\frac{\Delta V_i}{W_i}\right)^2 = 0 \quad (8)$$

[0056] 在上述公式(8)中,略去 $x_i$ 的四次方项,可得

$$[0057] \quad x_i = \sqrt[3]{\frac{(\Delta V_i)^2}{2R_i W_i^2}} \quad (9)$$



[0058] 又根据理想气体状态方程,可得

$$[0059] \quad \frac{P_{0i}V_{0i}}{T_{0i}} = \frac{PV_i}{T_i} \quad (10)$$

[0060] 轮胎内气体的体积变化量为  $\Delta V_i$  可表示为

$$[0061] \quad \Delta V_i = -(V_i - V_{0i}) \quad (11)$$

[0062] 将充满气体后的轮胎视为一个刚度很大的弹簧,将轮胎在不同载重下的径向静刚度视为一定值,并用轮胎在其载重指数所对应的载重下的径向静刚度  $K_i$  表示,则根据胡克定律,可得

$$[0063] \quad K_i x_i = M_i g \quad (12)$$

[0064] 由以上公式(9)、(10)、(11)、(12)可得所述公式(1)

$$[0065] \quad M_i = \frac{K_i}{g} \sqrt{\frac{\pi^2 (P_{0i} T_i - P_i T_{0i})^2 (R_i^2 - r_i^2)^2 W_i}{2 P_{0i} T_{0i} R_i}} \quad (1)$$

[0066] 特别地,所述载重处理模块位于所述车辆的电子控制单元(Electronic Control Unit,简称ECU,中文又称为行车电脑)中或者位于远程监控中心中。

[0067] 本发明还提供一种车辆实时载重监控方法,包括如下步骤:

[0068] 采用前述的车辆载重检测方法检测出车辆的当前总载重,

[0069] 远程监控中心获取车辆的当前总载重,进行分析综合后得出相应操作命令,并通过无线数据传输方式将所述操作命令发送给所述车辆的ECU。

[0070] 特别地,所述载重处理模块位于所述远程监控中心中,所述TPMS采集的气体压强值  $P_1, P_2, \dots, P_n$  和气体温度值  $T_1, T_2, \dots, T_n$  先通过无线短距离通信方式传输给车辆的ECU,再由车辆的ECU通过无线数据传输方式发送给所述远程监控中心的载重处理模块。

[0071] 特别地,所述车辆的ECU还将气体压强值  $P_1, P_2, \dots, P_n$  和气体温度值  $T_1, T_2, \dots, T_n$  发送给车辆的显示屏进行显示。

[0072] 本发明还提供一种车辆实时载重监控系统,包括车辆和远程监控中心,所述车辆包括TPMS和ECU,其中:

[0073] 所述TPMS用于采集车辆在载重情况下各个轮胎内的气体压强值  $P_1, P_2, \dots, P_n$  和气体温度值  $T_1, T_2, \dots, T_n$ ,并通过无线短距离通信方式将所述气体压强值  $P_1, P_2, \dots, P_n$  和气体温度值  $T_1, T_2, \dots, T_n$  传输给所述ECU,其中  $n$  为车辆的轮胎总数目;

[0074] 所述ECU用于将接收到的所述气体压强值  $P_1, P_2, \dots, P_n$  和气体温度值  $T_1, T_2, \dots, T_n$  通过无线数据传输方式发送给所述远程监控中心;

[0075] 所述远程监控中心包括接收模块、载重处理模块、分析模块和发送模块,其中:

[0076] 所述接收模块用于接收所述ECU所发送的所述气体压强值  $P_1, P_2, \dots, P_n$  和气体温度值  $T_1, T_2, \dots, T_n$ ;

[0077] 所述载重处理模块用于根据所述气体压强值  $P_1, P_2, \dots, P_n$  和气体温度值  $T_1, T_2, \dots, T_n$ ,采用如下公式(1)计算出车辆每一个轮胎上的负荷,

$$[0078] \quad M_i = \frac{K_i}{g} \sqrt{\frac{\pi^2 (P_{0i} T_i - P_i T_{0i})^2 (R_i^2 - r_i^2)^2 W_i}{2 P_{0i} T_{0i} R_i}} \quad (1)$$

[0079] 其中,  $M_i$  为第  $i$  个轮胎上的负荷,  $i$  为正整数且  $1 \leq i \leq n$ ,  $K_i$  为第  $i$  个轮胎在其载重指

数所对应的载重下对应的径向静刚度,  $g$  为重力加速度,  $\pi$  为圆周率,  $P_{0i}$  为第  $i$  个轮胎空载时轮胎内的气体压强值,  $T_{0i}$  为第  $i$  个轮胎空载时轮胎内的气体温度,  $T_i$  为第  $i$  个轮胎在载重情况下的气体压强值,  $P_i$  为第  $i$  个轮胎在载重情况下的气体温度值,  $R_i$  为第  $i$  个轮胎的外径、 $r_i$  为第  $i$  个轮胎的内径、 $W_i$  为第  $i$  个轮胎的宽度;

[0080] 所述载重处理模块还用于在计算出车辆各个轮胎上的负荷  $M_1$ 、 $M_2$ 、 $\dots$ 、 $M_n$  后, 采用如下公式(2)计算出车辆的总载重  $M_z$ ,

$$[0081] \quad M_z = \alpha_1 M_1 + \alpha_2 M_2 + \dots + \alpha_n M_n \quad (2)$$

[0082] 其中,  $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\dots$ 、 $\alpha_n$  分别为各个轮胎的权系数, 且  $\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n = 1$ ;

[0083] 所述分析模块用于对车辆的当前总载重进行分析综合后得出相应操作命令;

[0084] 所述发送模块用于将所述操作命令通过无线数据传输方式发送给所述车辆的 ECU。

[0085] 特别地, 所述车辆还包括显示屏, 所述显示屏用于显示所述车辆各个轮胎的气体压强值  $P_1$ 、 $P_2$ 、 $\dots$ 、 $P_n$  和气体温度值  $T_1$ 、 $T_2$ 、 $\dots$ 、 $T_n$ , 以及用于显示所述操作命令。

[0086] 本发明的基于 TPMS 的车辆载重检测方法及装置、车辆实时载重监控方法及系统, 具有如下有益效果: 通过将充满气体后的轮胎视为一个刚度很大的弹簧, 并引入轮胎在载重下的径向静刚度这一概念, 利用轮胎的变形量和胡克定律来计算单个轮胎上的负荷, 使得对单个轮胎上的负荷的检测更精确, 并针对每一个轮胎确定其在总载重中权系数, 充分考虑了每一个轮胎的安装位置在总载重中的影响, 相对于现有的车辆载重检测方法, 本发明基于 TPMS 的车辆载重检测方法对于车辆的总载重的检测结果更加精确; 通过可以实现对车辆的实时监控并方便对车辆进行调度。

## 附图说明

[0087] 图1为本发明基于 TPMS 的车辆载重检测方法一实施例的流程图。

[0088] 图2为图1所示基于 TPMS 的车辆载重检测方法中, 轮胎在其载重指数所对应的载重下纵截面示意图。

[0089] 图3为图2所示轮胎在载重后, 轮胎与路面的接触面图。

[0090] 图4为本发明基于 TPMS 的车辆载重检测装置的一实施例的结构框图。

[0091] 图5为本发明车辆实时载重监控方法一实施例的流程图。

[0092] 图6为本发明车辆实时载重监控系统一实施例的结构框图。

[0093] 图7为图6所示车辆实时载重监控系统中车辆的结构框图。

[0094] 图8为图6所示车辆实时载重监控系统中远程监控中心的结构框图。

[0095] 本发明目的的实现、功能特点及优点将结合实施例, 参照附图做进一步说明。

## 具体实施方式

[0096] 应当理解, 此处所描述的具体实施方式仅仅用以解释本发明, 并不用于限定本发明。

[0097] 本发明提供一种基于 TPMS 的车辆载重检测方法。如图1所示, 在本发明的一实施例中, 基于 TPMS 的车辆载重检测方法包括如下步骤:

[0098] 步骤 S10: TPMS 采集车辆在载重情况下各个轮胎内的气体压强值  $P_1$ 、 $P_2$ 、 $\dots$ 、 $P_n$  和气

体温度值 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $\dots$ 、 $T_n$ ，并通过无线方式将所述气体压强值 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $\dots$ 、 $P_n$ 和气体温度值 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $\dots$ 、 $T_n$ 传输给载重处理模块，其中 $n$ 为车辆的轮胎总数目；

[0099] 步骤S20：载重处理模块接收所述气体压强值 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $\dots$ 、 $P_n$ 和气体温度值 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $\dots$ 、 $T_n$ ，并采用如下公式(1)计算出车辆每一个轮胎上的负荷，

$$[0100] \quad M_i = \frac{K_i}{g} \sqrt[3]{\frac{\pi^2 (P_{0i} T_i - P_i T_{0i})^2 (R_i^2 - r_i^2)^2 W_i}{2 P_{0i} T_{0i} R_i}} \quad (1)$$

[0101] 其中， $M_i$ 为第 $i$ 个轮胎上的负荷， $i$ 为正整数且 $1 \leq i \leq n$ ， $K_i$ 为第 $i$ 个轮胎在其载重指数所对应的载重下对应的径向静刚度， $g$ 为重力加速度， $\pi$ 为圆周率， $P_{0i}$ 为第 $i$ 个轮胎空载时轮胎内的气体压强值， $T_{0i}$ 为第 $i$ 个轮胎空载时轮胎内的气体温度， $T_i$ 为第 $i$ 个轮胎在载重情况下的气体压强值， $P_i$ 为第 $i$ 个轮胎在载重情况下的气体温度值， $R_i$ 为第 $i$ 个轮胎的外径、 $r_i$ 为第 $i$ 个轮胎的内径、 $W_i$ 为第 $i$ 个轮胎的宽度；

[0102] 步骤S30：所述载重处理模块在计算出车辆各个轮胎上的负荷 $M_1$ 、 $M_2$ 、 $\dots$ 、 $M_n$ 后，采用如下公式(2)计算出车辆的总载重 $M_z$ ，

$$[0103] \quad M_z = \alpha_1 M_1 + \alpha_2 M_2 + \dots + \alpha_n M_n \quad (2)$$

[0104] 其中， $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\dots$ 、 $\alpha_n$ 分别为各个轮胎的权系数，且 $\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n = 1$ 。

[0105] 轮胎压力监测系统(Tire Pressure Monitoring System, 简称TPMS)，是一种采用无线传输技术，利用固定于汽车轮胎内的高灵敏度微型无线传感装置在行车或静止的状态下采集汽车轮胎压力、温度等数据，并将数据传送到驾驶室的主机中，以数字化的形式实时显示汽车轮胎压力和温度等相关数据，并在轮胎出现异常时(预防爆胎)以蜂鸣或语音等形式提醒驾驶者进行预警的汽车主动安全系统。从而确保轮胎的压力和温度维持在标准范围内，起到减少爆胎、毁胎的概率，降低油耗和车辆部件的损坏。TPMS目前已经有大量生产，通过购买带有内置TPMS的轮胎即可，操作简单，无需再安装传感器。

[0106] 在步骤S10中，通过车辆中TPMS，能够方便地采集车辆在载重情况下各个轮胎内的气体压强值 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $\dots$ 、 $P_n$ 和气体温度值 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $\dots$ 、 $T_n$ 。采集时，可以是实时采集，这样可以做到对车辆载重的实时监控，还可以是定时采集，在预定的时间间隔或预定的事件发生时，TPMS才采用采集车辆在当前载重情况下各个轮胎内的气体压强值 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $\dots$ 、 $P_n$ 和气体温度值 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $\dots$ 、 $T_n$ 。

[0107] 上述基于TPMS的车辆载重检测方法中，将充满气体后的轮胎视为一个刚度很大的弹簧，并引入轮胎在载重下的径向静刚度这一概念，利用轮胎的变形量和胡克定律来计算单个轮胎上的负荷，使得对单个轮胎上的负荷的检测更精确，并针对每一个轮胎确定其在总载重中权系数，充分考虑了每一个轮胎的安装位置在总载重中的影响，相对于现有的车辆载重检测方法，本发明基于TPMS的车辆载重检测方法对于车辆的总载重的检测结果更加精确。

[0108] 参照图2和图3，所述步骤S20中，对于每个轮胎上的负荷 $M_i$ ，具体通过如下过程得出：

[0109] 将轮胎视为空心圆柱体，轮胎的外径为 $R_i$ ，轮胎的内径为 $r_i$ 、轮胎的宽度的 $W_i$ ，并将轮胎内的气体视为理想气体；

[0110] 在载重情况下，轮胎的形状发生形变，设轮胎与地面的接触面积为一个长为 $L_i$ 、宽为 $W_i$ 的矩形，轮胎沿竖直方向上的变形量为 $x_i$ ，轮胎内心与所述矩形长方向两个边缘连线所

形成的角度为 $\beta_i$ ,轮胎内心到路面的高度为 $h_i$ ,则有:

$$[0111] \quad h_i = R_i - x_i \quad (3)$$

$$[0112] \quad L_i = 2\sqrt{R_i^2 - h_i^2} \quad (4)$$

[0113] 轮胎内气体的体积变化量为 $\Delta V_i$ ,则

$$[0114] \quad \Delta V_i = \Delta S_i W_i \quad (5)$$

[0115] 其中 $\Delta S_i$ 可由如下公式(6)计算得到,

$$[0116] \quad \Delta S_i = \frac{1}{2} R_i^2 \beta_i - \frac{1}{2} L_i h_i \quad (6)$$

[0117] 将所述矩形的长度 $L_i$ 视为与角度 $\beta_i$ 所对应的弧长相等,则有:

$$[0118] \quad L_i = R_i \beta_i \quad (7)$$

[0119] 由以上公式(3)、(4)、(5)、(6)、(7)可得

$$[0120] \quad x_i^4 - 2R_i x_i^3 + \left(\frac{\Delta V_i}{W_i}\right)^2 = 0 \quad (8)$$

[0121] 在上述公式(8)中,略去 $x_i$ 的四次方项,可得

$$[0122] \quad x_i = \sqrt[3]{\frac{(\Delta V_i)^2}{2R_i W_i^2}} \quad (9)$$

[0123] 又根据理想气体状态方程,可得

$$[0124] \quad \frac{P_{0i} V_{0i}}{T_{0i}} = \frac{P_i V_i}{T_i} \quad (10)$$

[0125] 轮胎内气体的体积变化量为 $\Delta V_i$ 可表示为

$$[0126] \quad \Delta V_i = -(V_i - V_{0i}) \quad (11)$$

[0127] 将充满气体后的轮胎视为一个刚度很大的弹簧,将轮胎在不同载重下的径向静刚度视为一定值,并用轮胎在其载重指数所对应的载重下的径向静刚度 $K_i$ 表示,则根据胡克定律,可得

$$[0128] \quad K_i x_i = M_i g \quad (12)$$

[0129] 由以上公式(9)、(10)、(11)、(12)可得所述公式(1)

$$[0130] \quad M_i = \frac{K_i}{g} \sqrt[3]{\frac{\pi^2 (P_{0i} T_i - P_i T_{0i})^2 (R_i^2 - r_i^2)^2 W_i}{2 P_{0i} T_{0i} R_i}} \quad (1)$$

[0131] 在对单个轮胎上的负荷进行计算时,通过将充满气体后的轮胎视为一个刚度很大的弹簧,并引入轮胎在载重下的径向静刚度这一概念,利用轮胎的变形量和胡克定律来计算单个轮胎上的负荷,使得对单个轮胎上的负荷的检测更精确。

[0132] 本发明还提供一种基于TPMS的车辆载重检测装置。如图4所示,在本发明的一实施例中,基于TPMS的车辆载重检测装置100包括TPMS 10和载重处理模块20,其中:

[0133] 所述TPMS 10用于采集车辆在载重情况下各个轮胎内的气体压强值 $P_1, P_2, \dots, P_n$ 和气体温度值 $T_1, T_2, \dots, T_n$ ,并通过无线方式将所述气体压强值 $P_1, P_2, \dots, P_n$ 和气体温度值 $T_1, T_2, \dots, T_n$ 传输给载重处理模块20,其中 $n$ 为车辆的轮胎总数目;

[0134] 所述载重处理模块20用于接收所述气体压强值 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $\dots$ 、 $P_n$ 和气体温度值 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $\dots$ 、 $T_n$ ,并采用如下公式(1)计算出车辆每一个轮胎上的负荷,

$$[0135] \quad M_i = \frac{K_i}{g} \sqrt{\frac{\pi^2 (P_{0i} T_i - P_i T_{0i})^2 (R_i^2 - r_i^2)^2 W_i}{2 P_{0i} T_{0i} R_i}} \quad (1)$$

[0136] 其中, $M_i$ 为第 $i$ 个轮胎上的负荷, $i$ 为正整数且 $1 \leq i \leq n$ , $K_i$ 为第 $i$ 个轮胎在其载重指数所对应的载重下对应的径向静刚度, $g$ 为重力加速度, $\pi$ 为圆周率, $P_{0i}$ 为第 $i$ 个轮胎空载时轮胎内的气体压强值, $T_{0i}$ 为第 $i$ 个轮胎空载时轮胎内的气体温度, $T_i$ 为第 $i$ 个轮胎在载重情况下的气体压强值, $P_i$ 为第 $i$ 个轮胎在载重情况下的气体温度值, $R_i$ 为第 $i$ 个轮胎的外径、 $r_i$ 为第 $i$ 个轮胎的内径、 $W_i$ 为第 $i$ 个轮胎的宽度;

[0137] 所述载重处理模块20还用于在计算出车辆各个轮胎上的负荷 $M_1$ 、 $M_2$ 、 $\dots$ 、 $M_n$ 后,采用如下公式(2)计算出车辆的总载重 $M_z$ ,

$$[0138] \quad M_z = \alpha_1 M_1 + \alpha_2 M_2 + \dots + \alpha_n M_n \quad (2)$$

[0139] 其中, $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\dots$ 、 $\alpha_n$ 分别为各个轮胎的权系数,且 $\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n = 1$ 。

[0140] 上述基于TPMS 10的车辆载重检测装置100中,通过车辆中TPMS 10能够方便地采集车辆在载重情况下各个轮胎内的气体压强值 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $\dots$ 、 $P_n$ 和气体温度值 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $\dots$ 、 $T_n$ ,载重处理模块20在进行车辆载重计算时,将充满气体后的轮胎视为一个刚度很大的弹簧,并引入轮胎在载重下的径向静刚度这一概念,利用轮胎的变形量和胡克定律来计算单个轮胎上的负荷,使得对单个轮胎上的负荷的检测更精确,并针对每一个轮胎确定其在总载重中权系数,充分考虑了每一个轮胎的安装位置在总载重中的影响,因此本发明基于TPMS 10的车辆载重检测装置100,能够实现对于车辆的总载重的精确检测。

[0141] 请同时参照图2和图3,所述载重处理模块20具体通过如下过程计算每个轮胎上的负荷 $M_i$ :

[0142] 将轮胎视为空心圆柱体,轮胎的外径为 $R_i$ ,轮胎的内径为 $r_i$ 、轮胎的宽度的 $W_i$ ,并将轮胎内的气体视为理想气体;

[0143] 在载重情况下,轮胎的形状发生形变,设轮胎与地面的接触面积为一个长为 $L_i$ 、宽为 $W_i$ 的矩形,轮胎沿竖直方向上的变形量为 $x_i$ ,轮胎内心与所述矩形长方向两个边缘连线所形成的角度为 $\beta_i$ ,轮胎内心到路面的高度为 $h_i$ ,则有:

$$[0144] \quad h_i = R_i - x_i \quad (3)$$

$$[0145] \quad L_i = 2\sqrt{R_i^2 - h_i^2} \quad (4)$$

[0146] 轮胎内气体的体积变化量为 $\Delta V_i$ ,则

$$[0147] \quad \Delta V_i = \Delta S_i W_i \quad (5)$$

[0148] 其中 $\Delta S_i$ 可由如下公式(6)计算得到,

$$[0149] \quad \Delta S_i = \frac{1}{2} R_i^2 \beta_i - \frac{1}{2} L_i h_i \quad (6)$$

[0150] 将所述矩形的长度 $L_i$ 视为与角度 $\beta_i$ 所对应的弧长相等,则有:

$$[0151] \quad L_i = R_i \beta_i \quad (7)$$

[0152] 由以上公式(3)、(4)、(5)、(6)、(7)可得

$$[0153] \quad x_i^4 - 2R_i x_i^3 + \left( \frac{\Delta V_i}{W_i} \right)^2 = 0 \quad (8)$$

[0154] 在上述公式(8)中,略去 $x_i$ 的四次方项,可得

$$[0155] \quad x_i = \sqrt[3]{\frac{(\Delta V_i)^2}{2R_i W_i^2}} \quad (9)$$

[0156] 又根据理想气体状态方程,可得

$$[0157] \quad \frac{P_{0i} V_{0i}}{T_{0i}} = \frac{P V_i}{T_i} \quad (10)$$

[0158] 轮胎内气体的体积变化量为 $\Delta V_i$ 可表示为

$$[0159] \quad \Delta V_i = -(V_i - V_{0i}) \quad (11)$$

[0160] 将充满气体后的轮胎视为一个刚度很大的弹簧,将轮胎在不同载重下的径向静刚度视为一定值,并用轮胎在其载重指数所对应的载重下的径向静刚度 $K_i$ 表示,则根据胡克定律,可得

$$[0161] \quad K_i x_i = M_i g \quad (12)$$

[0162] 由以上公式(9)、(10)、(11)、(12)可得所述公式(1)

$$[0163] \quad M_i = \frac{K_i}{g} \sqrt[3]{\frac{\pi^2 (P_{0i} T_i - P T_{0i})^2 (R_i^2 - r_i^2)^2 W_i}{2 P_{0i} T_{0i} R_i}} \quad (1)$$

[0164] 所述载重处理模块20在对单个轮胎上的负荷进行计算时,通过将充满气体后的轮胎视为一个刚度很大的弹簧,并引入轮胎在载重下的径向静刚度这一概念,利用轮胎的变形量和胡克定律来计算单个轮胎上的负荷,使得对单个轮胎上的负荷的检测更精确。

[0165] 在车辆中,ECU实际上是一个“电子控制单元”(Electronic Control Unit),它是由输入电路、微机和输出电路等三部分组成。输入电路接受传感器和其它装置输入的信号,对信号进行过滤处理和放大,然后转换成一定伏特的输入电平。从传感器送到ECU输入电路的信号既有模拟信号也有数字信号,输入电路中的模/数转换器可以将模拟信号转换为数字信号,然后传递给微机。微机将上述已经预处理过的信号进行运算处理,并将处理数据送至输出电路。输出电路将数字信息的功率放大,有些还要还原为模拟信号,使其驱动被控的调节伺服元件工作。

[0166] 车辆载重检测装置100中,所述载重处理模块20可以是位于所述车辆的ECU,这样无需要将轮胎内的气体压强值 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $\dots$ 、 $P_n$ 和气体温度值 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $\dots$ 、 $T_n$ 进行远距离无线数据传输,利用ECU即可计算出车辆的重载重,但是这样需要ECU具有较强的数据处理能力。所述载重处理模块20还可以是位于远程监控中心中,远程监控中心为具有越强数据处理能力的服务器,这样就需要将轮胎内的气体压强值 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $\dots$ 、 $P_n$ 和气体温度值 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $\dots$ 、 $T_n$ 进行远距离无线数据传输给远程监控中心,再远程监控中心强大的数据处理能力,快速地计算出车辆的总载重,并且远程监控中心能够获取多个车辆的总载重,可以实现对车辆的实时监控并方便对车辆进行调度。

[0167] 本发明还提供一种车辆实时载重监控方法。如图5所示,在本发明的一实施例中,车辆实时载重监控方法包括如下步骤:

[0168] 步骤S10:TPMS采集车辆在载重情况下各个轮胎内的气体压强值 $P_1、P_2、\dots、P_n$ 和气体温度值 $T_1、T_2、\dots、T_n$ ,并通过无线方式将所述气体压强值 $P_1、P_2、\dots、P_n$ 和气体温度值 $T_1、T_2、\dots、T_n$ 传输给载重处理模块,其中 $n$ 为车辆的轮胎总数目;

[0169] 步骤S20:载重处理模块接收所述气体压强值 $P_1、P_2、\dots、P_n$ 和气体温度值 $T_1、T_2、\dots、T_n$ ,并采用如下公式(1)计算出车辆每一个轮胎上的负荷,

$$[0170] \quad M_i = \frac{K_i}{g} \sqrt{\frac{\pi^2 (P_{0i} T_i - P_i T_{0i})^2 (R_i^2 - r_i^2)^2 W_i}{2 P_{0i} T_{0i} R_i}} \quad (1)$$

[0171] 其中, $M_i$ 为第 $i$ 个轮胎上的负荷, $i$ 为正整数且 $1 \leq i \leq n$ , $K_i$ 为第 $i$ 个轮胎在其载重指数所对应的载重下对应的径向静刚度, $g$ 为重力加速度, $\pi$ 为圆周率, $P_{0i}$ 为第 $i$ 个轮胎空载时轮胎内的气体压强值, $T_{0i}$ 为第 $i$ 个轮胎空载时轮胎内的气体温度, $T_i$ 为第 $i$ 个轮胎在载重情况下的气体压强值, $P_i$ 为第 $i$ 个轮胎在载重情况下的气体温度值, $R_i$ 为第 $i$ 个轮胎的外径、 $r_i$ 为第 $i$ 个轮胎的内径、 $W_i$ 为第 $i$ 个轮胎的宽度;

[0172] 步骤S30:所述载重处理模块在计算出车辆各个轮胎上的负荷 $M_1、M_2、\dots、M_n$ 后,采用如下公式(2)计算出车辆的总载重 $M_z$ ,

$$[0173] \quad M_z = \alpha_1 M_1 + \alpha_2 M_2 + \dots + \alpha_n M_n \quad (2)$$

[0174] 其中, $\alpha_1、\alpha_2、\dots、\alpha_n$ 分别为各个轮胎的权系数,且 $\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n = 1$ 。

[0175] 步骤S40:远程监控中心获取车辆的当前总载重,进行分析综合后得出相应操作命令,并通过无线数据传输方式将所述操作命令发送给所述车辆的ECU。

[0176] 上述车辆实时载重监控方法,通过步骤S10至S30,即前述的车辆载重检测方法,能够较精确地检测出车辆的当前总载重,而通过远程监控中心,能够实现对车辆的实时监控并方便对车辆进行调度。

[0177] 所述载重处理模块20位于所述远程监控中心中,所述TPMS 10采集的气体压强值 $P_1、P_2、\dots、P_n$ 和气体温度值 $T_1、T_2、\dots、T_n$ 先通过无线短距离通信方式传输给车辆的ECU,再由车辆的ECU通过无线数据传输方式发送给所述远程监控中心的载重处理模块20。其中,无线短距离通信方式可以采用例如射频识别(Radio Frequency Identification,简称RFID)等通信方式,无线数据传输方式可以是通用分组无线服务技术(General Packet Radio Service,简称GPRS)、第三代移动通信技术(3G)、第四代移动通信技术(4G)等通信方式。通过移动基站进行数据传输,移动基站数量多,信号覆盖范围广,可以达到实时监控的目的。

[0178] 所述车辆的ECU还将气体压强值 $P_1、P_2、\dots、P_n$ 和气体温度值 $T_1、T_2、\dots、T_n$ 发送给车辆的显示屏进行显示。这样能够让车辆的驾驶员清楚地了解轮胎的当前状况,以便在出现异常时及时做出反应,有效地防止交通事故发生。

[0179] 本发明还提供一种车辆实时载重监控系统,。如图6至图8所示,在本发明的一实施例中,车辆实时载重监控系统200包括车辆1和远程监控中心2,所述车辆1包括TPMS 10和ECU 11,其中:

[0180] 所述TPMS 10用于采集车辆1在载重情况下各个轮胎内的气体压强值 $P_1、P_2、\dots、P_n$ 和气体温度值 $T_1、T_2、\dots、T_n$ ,并通过无线短距离通信方式将所述气体压强值 $P_1、P_2、\dots、P_n$ 和气体温度值 $T_1、T_2、\dots、T_n$ 传输给所述ECU 11,其中 $n$ 为车辆1的轮胎总数目,其中,无线短距离通信方式可以采用例如射频识别(Radio Frequency Identification,简称RFID)等通信方式;

[0181] 所述ECU 11用于将接收到的所述气体压强值 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $\dots$ 、 $P_n$ 和气体温度值 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $\dots$ 、 $T_n$ 通过无线数据传输方式发送给所述远程监控中心2,其中,无线数据传输方式可以是通用分组无线服务技术(General Packet Radio Service,简称GPRS)、第三代移动通信技术(3G)、第四代移动通信技术(4G)等通信方式。

[0182] 所述远程监控中心2为具有越强数据处理能力的服务器,包括接收模块21、载重处理模块20、分析模块23和发送模块24,其中:

[0183] 所述接收模块21用于接收所述ECU 11所发送的所述气体压强值 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $\dots$ 、 $P_n$ 和气体温度值 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $\dots$ 、 $T_n$ ;

[0184] 所述载重处理模块20用于根据所述气体压强值 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $\dots$ 、 $P_n$ 和气体温度值 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $\dots$ 、 $T_n$ ,采用如下公式(1)计算出车辆1每一个轮胎上的负荷,

$$[0185] \quad M_i = \frac{K_i}{g} \sqrt{\frac{\pi^2 (P_{0i} T_i - P_i T_{0i})^2 (R_i^2 - r_i^2)^2 W_i}{2 P_{0i} T_{0i} R_i}} \quad (1)$$

[0186] 其中, $M_i$ 为第 $i$ 个轮胎上的负荷, $i$ 为正整数且 $1 \leq i \leq n$ , $K_i$ 为第 $i$ 个轮胎在其载重指数所对应的载重下对应的径向静刚度, $g$ 为重力加速度, $\pi$ 为圆周率, $P_{0i}$ 为第 $i$ 个轮胎空载时轮胎内的气体压强值, $T_{0i}$ 为第 $i$ 个轮胎空载时轮胎内的气体温度, $T_i$ 为第 $i$ 个轮胎在载重情况下的气体压强值, $P_i$ 为第 $i$ 个轮胎在载重情况下的气体温度值, $R_i$ 为第 $i$ 个轮胎的外径、 $r_i$ 为第 $i$ 个轮胎的内径、 $W_i$ 为第 $i$ 个轮胎的宽度;

[0187] 所述载重处理模块20还用于在计算出车辆1各个轮胎上的负荷 $M_1$ 、 $M_2$ 、 $\dots$ 、 $M_n$ 后,采用如下公式(2)计算出车辆1的总载重 $M_z$ ,

$$[0188] \quad M_z = \alpha_1 M_1 + \alpha_2 M_2 + \dots + \alpha_n M_n \quad (2)$$

[0189] 其中, $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\dots$ 、 $\alpha_n$ 分别为各个轮胎的权系数,且 $\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n = 1$ ;

[0190] 所述分析模块23用于对车辆1的当前总载重进行分析综合后得出相应操作命令;

[0191] 所述发送模块24用于将所述操作命令通过无线数据传输方式发送给所述车辆1的ECU 11。

[0192] 上述车辆实时载重监控系统200,通过车辆1中TPMS 10能够方便地采集车辆在载重情况下各个轮胎内的气体压强值 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $\dots$ 、 $P_n$ 和气体温度值 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $\dots$ 、 $T_n$ ,通过远程监控中心2的载重处理模块20能够快速计算检测出车辆的当前总载重,并且通过远程监控中心2,能够实现对车辆的实时监控并方便对车辆进行调度。

[0193] 所述车辆1还包括显示屏13,所述显示屏13用于显示所述车辆1各个轮胎的气体压强值 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $\dots$ 、 $P_n$ 和气体温度值 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $\dots$ 、 $T_n$ ,以及用于显示所述操作命令,这样能够让车辆1的驾驶员清楚地了解轮胎的当前状况,以便在出现异常时及时做出反应,以及及时执行操作命令,有效地防止交通事故发生。

[0194] 本发明并不局限于以上实施方式,在上述实施方式公开的技术内容下,还可以进行各种变化。凡是利用本发明说明书及附图内容所作的等效结构变换,或直接或间接运用在其他相关的技术领域,均同理包括在本发明的专利保护范围内。



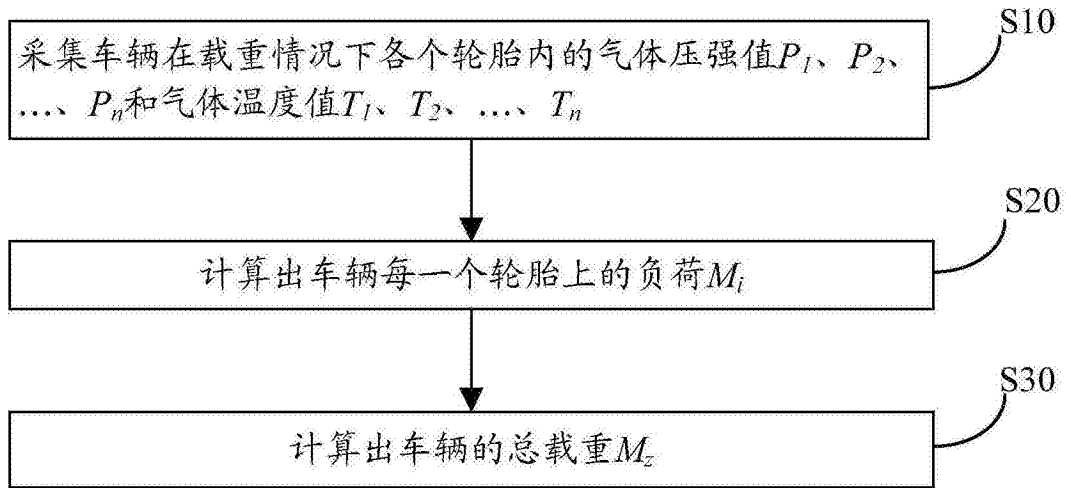


图1

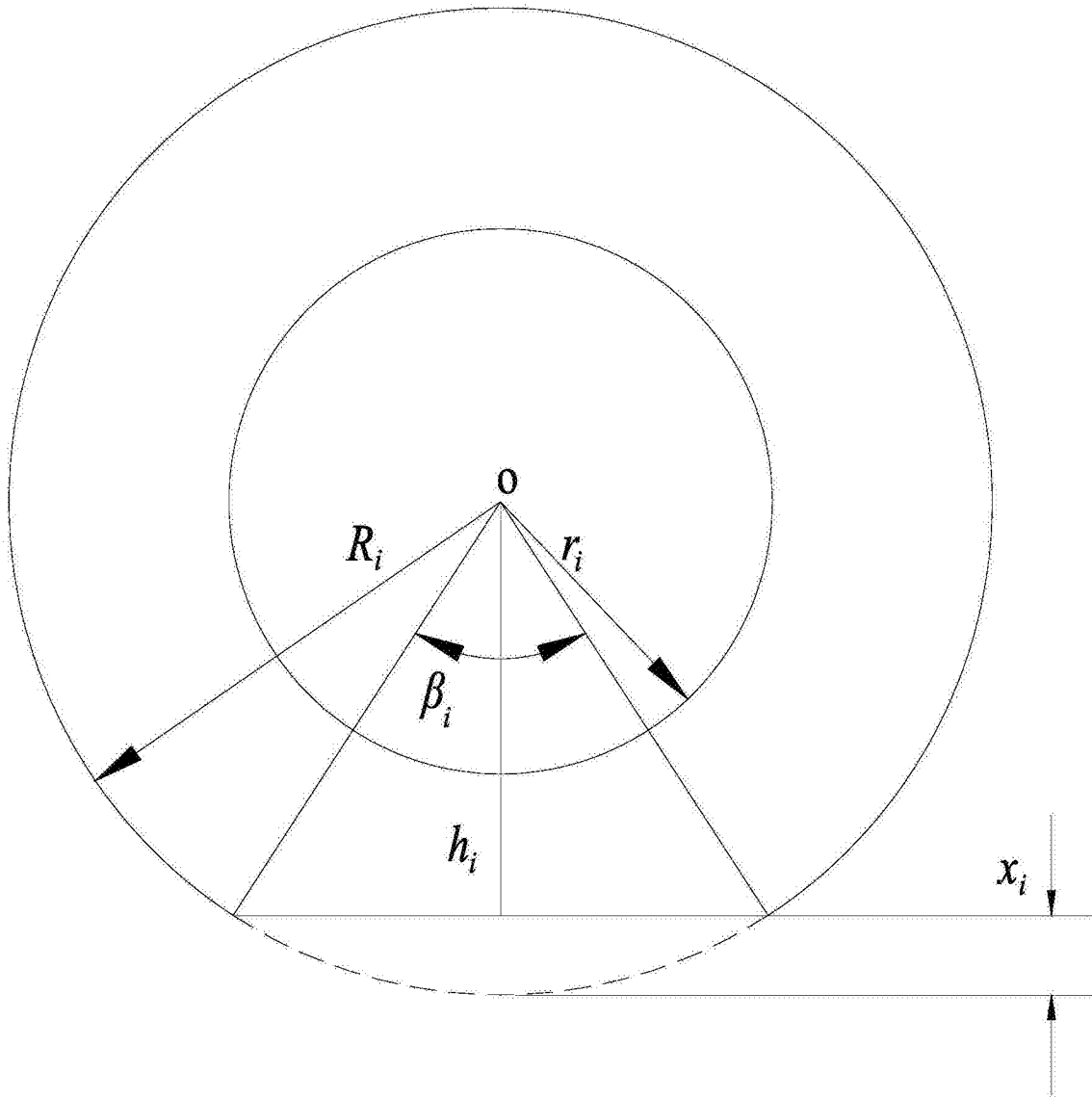


图2

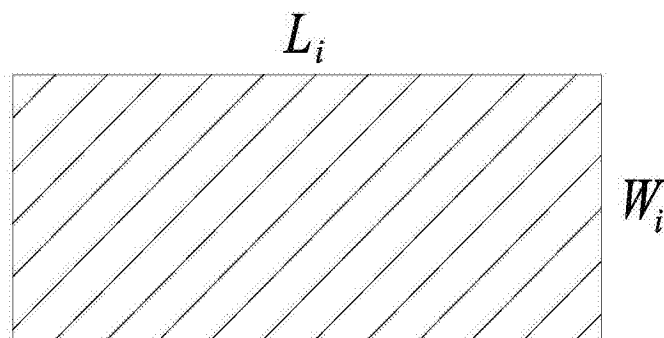


图3

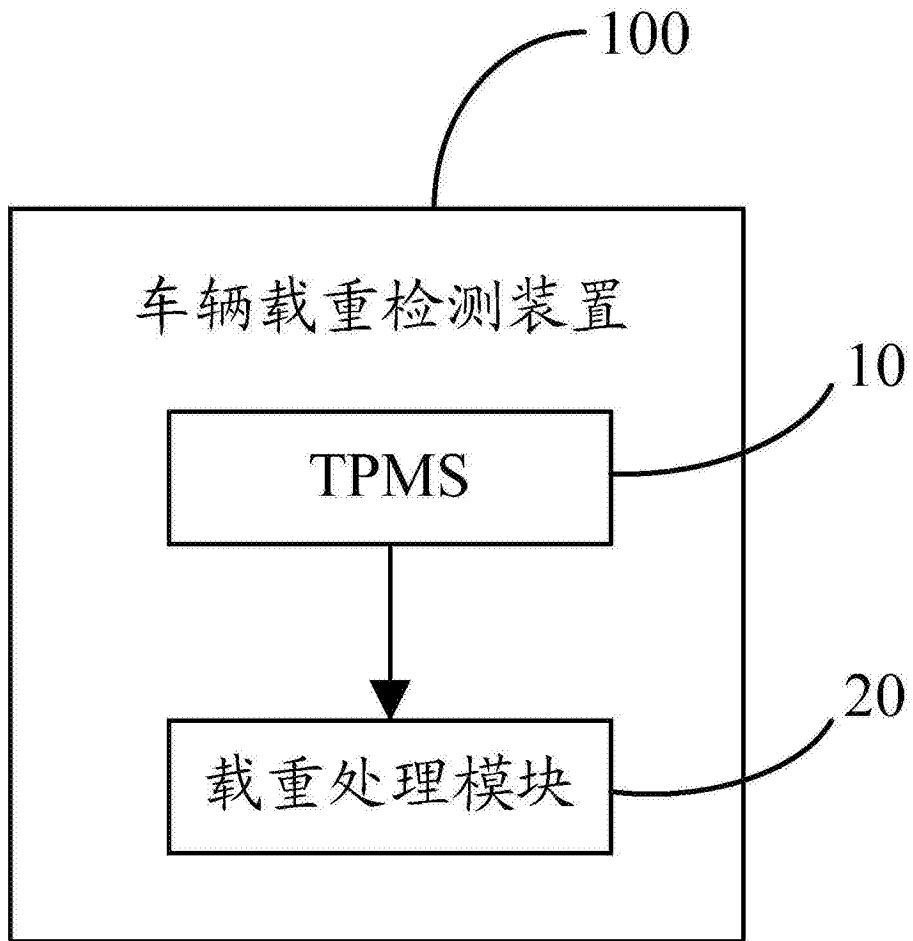


图4

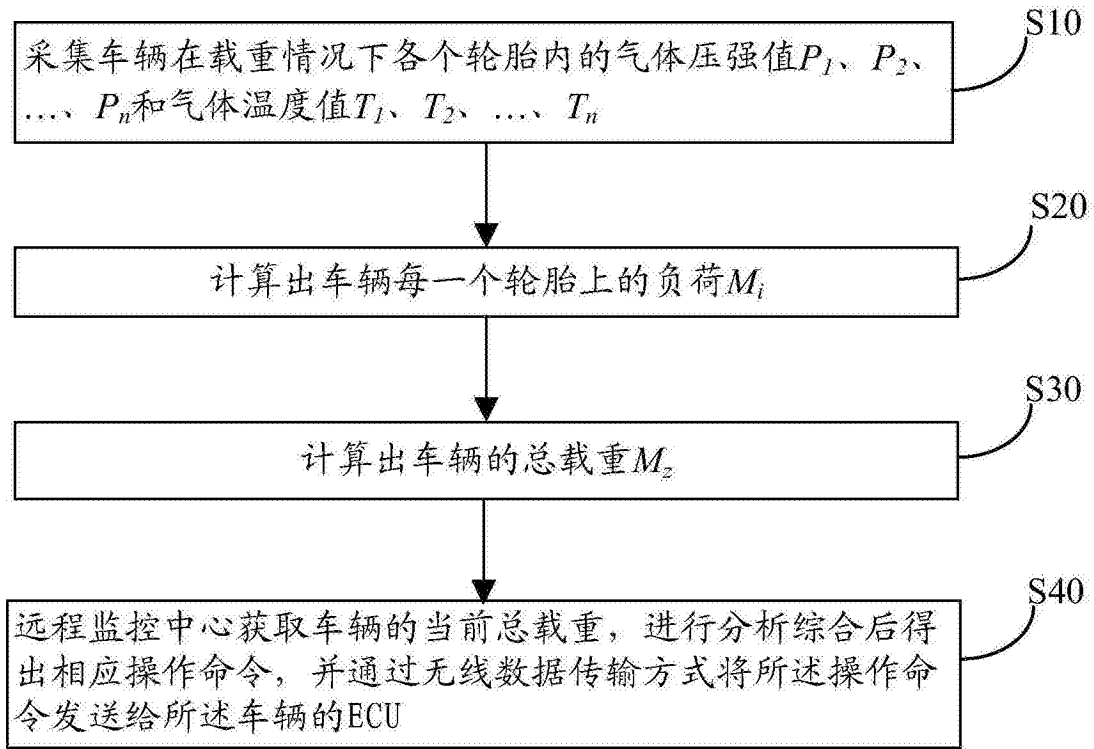


图5

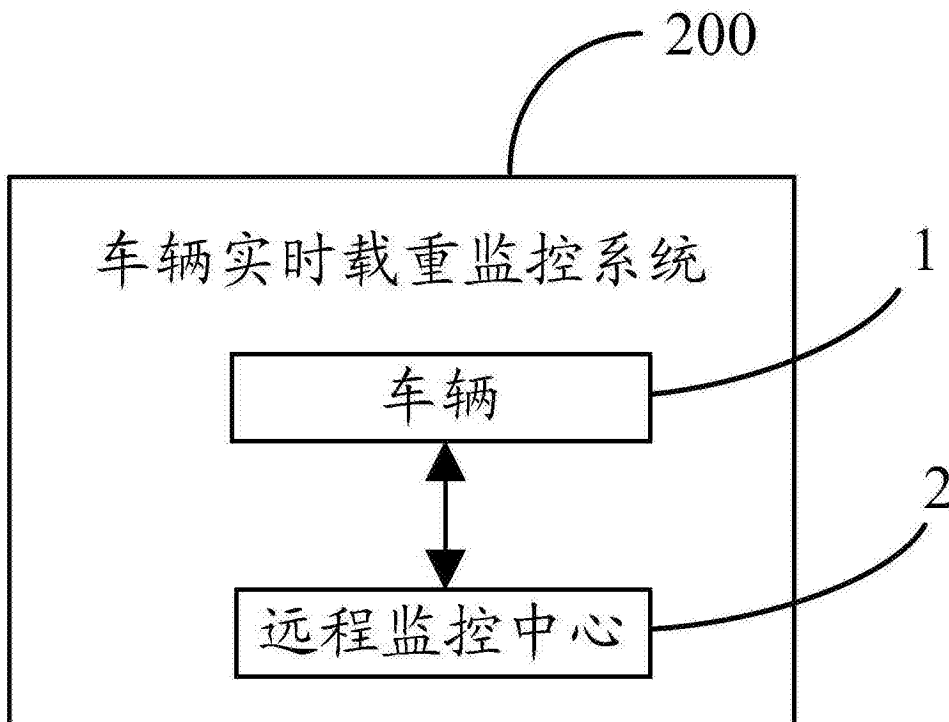


图6

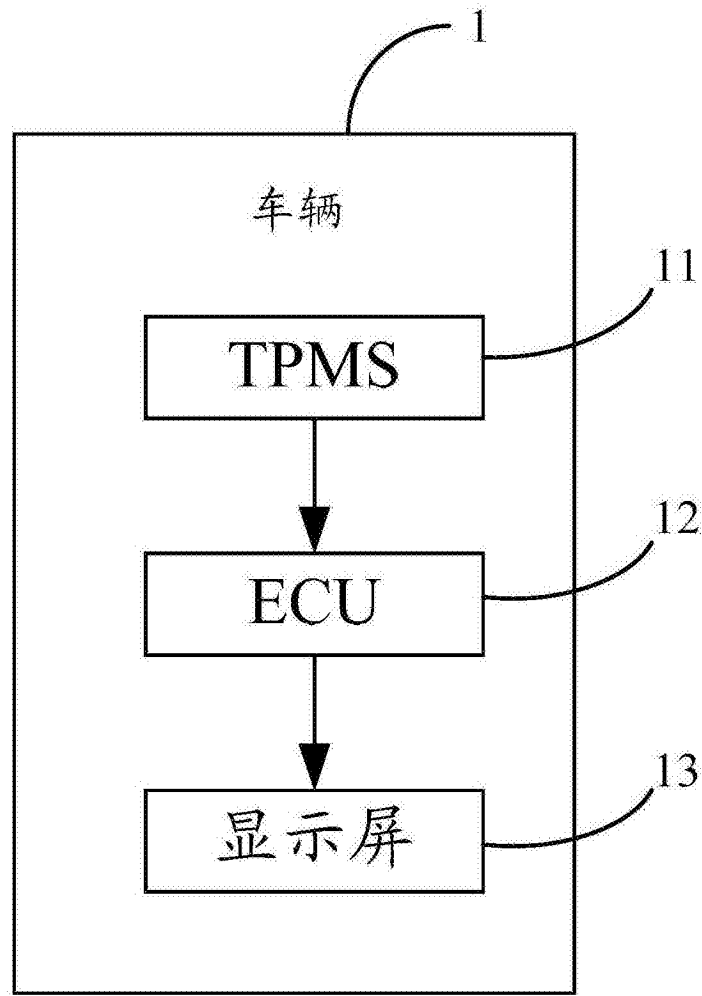


图7

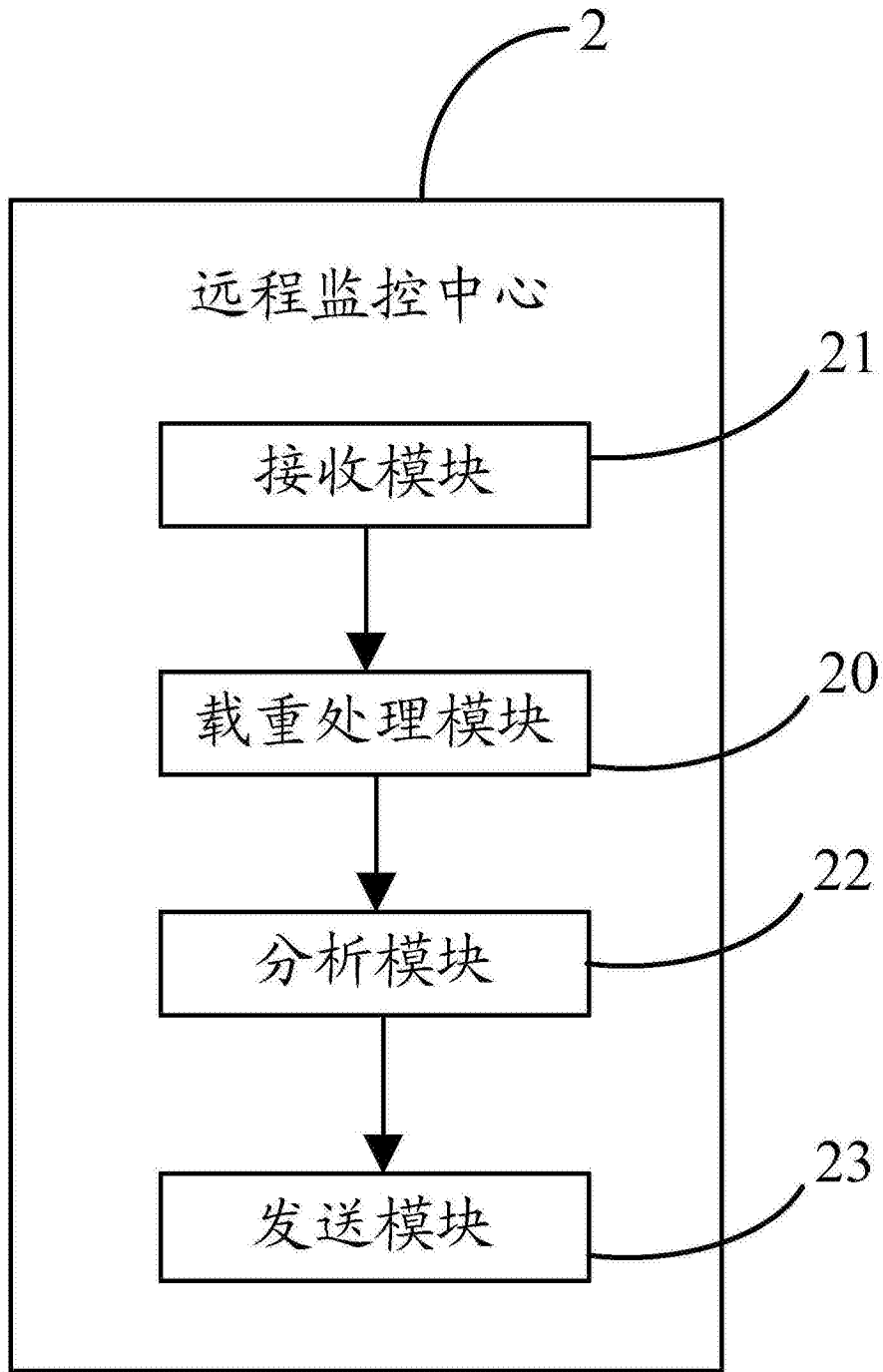


图8