[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G01L 5/16 (2006.01)

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02815449.5

[45] 授权公告日 2006 年 3 月 29 日

[11] 授权公告号 CN 1247973C

[22] 申请日 2002.8.2 [21] 申请号 02815449.5

[30] 优先权

[32] 2001. 8. 6 [33] FR [31] 01/10565

[86] 国际申请 PCT/EP2002/008620 2002.8.2

[87] 国际公布 WO2003/014687 法 2003.2.20

[85] 进入国家阶段日期 2004.2.6

[71] 专利权人 米其林技术公司

地址 法国克莱蒙 - 费朗

共同专利权人 米其林研究和技术股份有限公司

[72] 发明人 D·伯特兰

审查员 霍成山

[74] 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司

代理人 程 伟 王 刚

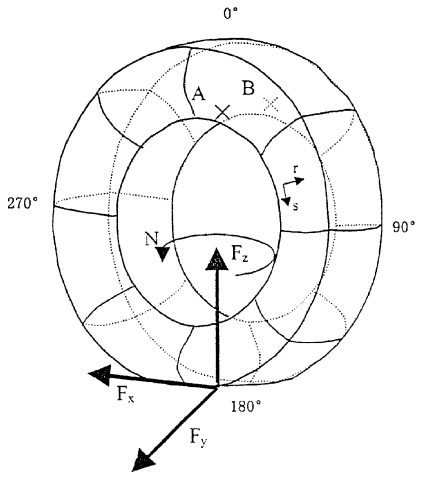
权利要求书 3 页 说明书 17 页 附图 14 页

[54] 发明名称

根据应力确定轮胎特性的方法

[57] 摘要

本发明涉及一种确定至少一个特性的方法，该特性可从道路表面作用在轮胎的接触区域上的合力的三个分力，和内轮胎产生的自对准扭矩中选择。该方法是从至少是二个空间固定的点上的剪切应力的一个测量中推导出的所述特性。 所述两个固定点中的每一个点位于一个胎边上。



1.一种确定从下列特性中选择至少一种特性的方法：道路作用在轮胎接触区域上的合力的三个分力，由轮胎产生的自对准扭矩，外倾角和压力；所述特性是从位于一个胎边的空间中的不同方位的至少三个固定点处的应力的至少一个测量中推导出来的。

2.如权利要求 1 所述的方法，其特征为，所述的三个固定点为：

• 一个点相应于接触区域中心的方位角，或与接触区域相反的点的方位角；

• 另外二个点相对于通过接触区域中心的垂直平面对称。

3.如权利要求 1 所述的方法，其特征为，应力的测量是在 10%应变时扬氏模量大于 5MPa 的橡胶零件中计算的。

4.如权利要求 2 所述的方法，其特征为，测量方位角 α 选择成相对于接触区域中心的方位角对称，即 180° +α ° 和 180° -α ° ，其中 α 不等于 0° 或 180° ；V_1^1 和 V_2^1 为在第一个胎边上的这些方位角处测量的值；V_1^2 和 V_2^2 为在第二个胎边上，这些方位角处测量的值；分力 Fx 的计算由 f_x（$a_1V_1^1+a_2V_2^1+b_1V_1^2+b_2V_2^2$）给出，式中 a_1,a_2,b_1 和 b_2 为正的实系数，f_x 为单调连续函数。

5.如权利要求 2 所述的方法，其特征为，测量方位角 α 选择成相对于接触区域中心的方位角对称，即 180° +α ° 和 180° -α ° ，其中 α 不等于 0° 或 180° ；V_1^1 和 V_2^1 为在第一个胎边上的这些方位角处测量的值；V_1^2 和 V_2^2 为在第二个胎边上，这些方位角处测量的值；分力 Fz 的计算由 f_z（$c_1V_1^1-c_2V_2^1+d_1V_1^2-d_2V_2^2$）给出，式中，$c_1$，$c_2$，$d_1$ 和 d_2 为正的实系数，f_z 为单调连续函数。

6.如权利要求 2 所述的方法，其特征为，测量方位角 α 选择成相对于接触区域中心的方位角对称，即 180° +α ° 和 180° -α ° ，其中

α 不等于 0° 或 180° ；V_1^1 和 V_2^1 为在第一个胎边上的这些方位角处测量的值；V_1^2 和 V_2^2 为在第二个胎边上，这些方位角处测量的值；自对准扭矩 N 的计算由 $f_n(e_1V_1^1+e_2V_2^1-f_1V_1^2-f_2V_2^2)$给出，式中 e_1,e_2,f_1 和 f_2 为正的实系数，f_n 为单调的连续函数。

7.如权利要求 2 所述的方法，其特征为，测量方位角 α 选择成相对于接触区域中心的方位角对称，即 180° +α ° 和 180° -α ° ，其中 α 不等于 0° 或 180° ；V_1^1 和 V_2^1 为在第一个胎边上的这些方位角处测量的值；V_1^2 和 V_2^2 为在第二个胎边上，这些方位角处测量的值；分力 Fy 的计算由 $f_y(g_1V_1^1-g_2V_2^1-h_1V_1^2+h_2V_2^2)$给出，式中 g_1,g_2,h_1 和 h_2 为正的实系数，f_y 为单调的连续函数。

8.如权利要求 2 所述的方法，其特征为测量方位角 α 选择成相对于接触区域中心的方位角对称，即 180° +α ° 和 180° -α ° ，其中 α 不等于 0° 或 180° ；V_1 和 V_2 为在这些其他的分位角上测量的值；Fz 的计算由 f_z（$r_2V_2-r_1V_1$）给出，式中，r_1 和 r_2 为正的实系数，f_z 为单调的连续函数。

9.如权利要求 2 所述的方法其特征为，一个方位角与接触区域的中间相适应,V_c 为在这个方位角上测量的值，其他的测量方位角选择成相对于接触区域中心的方位角对称，即 180° +α ° 和 180° -α ° ，其中 α 不等于 0° 或 180° ;V_1 和 V_2 为在这些其他方位角上测量的值；Fy 的计算由 f_y（s_cV_c-（$s_1V_1+s_2V_2$））给出，式中 s_1,s_2 和 s_c 为正的实系数，f_y 为单调的连续函数。

10.如权利要求 2 所述的方法，其特征为，一个方位角与接触区域的中间相适应，V_c 为在这个方位角上测量的值，其他的测量方位角选择成相对于接触区域中心的方位角对称，180° +α ° 和 180° -α ° 对称，其中 α 不等于 0° 或 180° ;V_1 和 V_2 为在这些其他方位角上测量的值；Fx 的计算由 f_x（$u_cV_c+u_1V_1+u_2V_2$）给出，式中，u_1,u_2,和 u_c 为正的实系数，f_x 为单调的连续函数。

11.如权利要求 1 所述的方法，其特征为，为了计算外倾角，可根据胎边中应力的测量，求出在每一个胎边上作用的应力的差别。

12.权利要求 1 所述的方法，其特征为，为了计算压力，可根据胎边上的应力的测量求出与由结构性质决定的成分分开的、由气压性质决定的成分。

13. 一种确定从下列特性中选择至少一种特性的方法：道路作用在轮胎接触区域上的合力的三个分力，由轮胎产生的自对准扭矩，外倾角和压力，该方法包括下列步骤：

• 确定测量方位角和收集至少在一侧的胎边中的圆周方向剪切应力的值，在轮胎的约束变化的过程中，选择可以覆盖的选择的特性计算在正常使用中是允许的全部范围的约束，该选择的约束适用于在正常使用过程容易碰到的所有连接；

• 阅读测量值和相应的选择的特性值，以便形成训练基础；

• 根据训练基础，确定用于建立在测量的量和所选择的特性值之间的联系的插值函数的系数；

• 通过将所选择特性的计算与由另一个测量装置指示的值进行比较，测试传递函数。

14.如权利要求 13 所述的确定方法，其特征为，插值函数为具有一个隐藏的神经原的层和一个输出神经原的层的网络。

15.如权利要求 13 或 14 所述的确定方法，其特征为，它可用于确定如权利要求 4-10 中所述的一种方法中的系数。

根据应力确定轮胎特性的方法

本发明涉及车辆，并涉及道路作用在车辆轮胎上的力的测量。

本发明还涉及用于车辆制动器的防锁紧控制或驱动车轮的防滑控制，车辆轨迹控制或轮胎压力的控制或监视的其他形式的各种电子辅助装置。

为了控制车辆的操纵，必需确定一些运行参数。例如，为了减少车轮的纵向滑动，开发了滑动限制系统（A.B.S, A.S.R）。这些系统可以根据由每一个车轮回转速度的变化而造成滑动的变化，调制由发动机或制动器传递给车轮的扭矩。为了确定传送给道路的扭矩的变化，提出了测量轮胎侧壁的扭转（圆周方向的角度变形）。这种从回转速度变化推导可以比直接的测量更精细地控制滑动限制系统。

为了保证车辆实际上遵循司机所希望的轨迹行驶，还可以使用影响制动器或加在车轮上的驱动功率的系统（例如 E.S.P.）。为了做到这点，一般要同时测量偏转速度（车辆围绕垂直轴线的转动速度）、滚动速度、车辆的横向加速度和司机加在方向盘上的角度位置。

本发明从观察所有道路作用在车辆上的力都通过车轮传递这点出发。这些力的平衡就形成了车辆的加速度。因此，确定所有这些力可以省去上述的各种传感器，或补充这些传感器，以得到完整的信息。

本发明的方法基于下列事实：即作用在轮胎外胎面和道路之间的力使胎边应力产生巨大和可再现地改变。如果在轮胎转动过程中，可以实时地单独测量这些应力，则可以知道在每一个时刻作用在轮胎上的力的方向和大小，以及轮胎产生的自对准扭矩的符号和大小。

根据轮胎设计和工作模式的不同，当受约束时，轮胎中产生的变

形和内应力取决于其充气压力。因此，充气压力是这里提出的方法的参数中的一个参数。这个压力可以通一个专门的测量装置知道，该测量装置与本发明的测量是独立的。其一个例子为压力传感器，这个压力还可通过对测量应力进行特殊处理而得到。

在实际使用的条件下，车轮的外倾角是经常改变的。这导致轮胎的变形和胎边中的应力分布的改变，该外倾角是本发明的方法的一个参数。该外倾角可通过表面的测量装置知道，该测量装置与本发明的测量独立，其一个例子为外倾角传感器。这个外倾角也可以从胎边测量应力的特殊处理中获得。

本发明提出了一种确定下列特性中选择至少一种特性的方法：道路作用在轮胎接触区域上的合力的三个分力，由轮胎产生的自对准扭矩，外倾角和压力；所述特性是从位于一个胎边的空间中的至少三个固定点处的应力的至少一个测量推导而出来的。最好，所述的至少三个空间中的固定点为：

• 一个点相应于接触区域中心的方位角，或与接触区域相反的点的方位角；

• 另外二个点与通过接触区域中心的垂直平面对称。

本发明的基本部分涉及测量剪切应力的情况。然而，这种方法不是限制性的，其他应力的测量，例如在相同位置上观察到的挠曲或压缩应力，也可以确定同样的特性。

在优选实施例中，本发明提出计算在胎边的圆周方向的剪切应力。剪切应力的测量可以在胎体固定在由扬式模量相当高（最好在 10%应变下大于 5Mpa）的橡胶零件制成的胎边中的区域内进行。例如，可将传感器安装在叠加在胎边钢丝上的橡胶组成部分上，如附图所示那样。然而，根据轮胎设计的不同，这只是许多种可能的方式中的一种特定的情况。

本说明的其余部分利用附图来更详细地说明本发明，其中：

图 1 为一个轮胎的透视图，其上确定了理解本发明有用的一些规则。圆周方向剪切应力相应于在径向方向（图中用 r 表示）和圆周方向

（图中用“c”表示）之间的剪切应力。该剪切应力用 σ_{rs} 表示；

图 2a 和 2b 表示垂直分力 FZ 对应力 σ_{rs} 的影响，

—其中，实线相应于垂直负荷为 400daN，

—虚线相应于垂直负荷为 500daN，和

—点划线相应于垂直负荷为 300daN；

图 3a 和 3b 表示分力 Fx 对应力 σ_{rs} 的影响，

—其中，实线相应于垂直负荷为 400 daN，并没有任何力 Fx，

—虚线相应于垂直负荷为 400 daN 和力 Fx 为-400 daN（制动），和，

—点划线相应于垂直负荷 400 daN 和力 Fx 为 400 daN（驱动）；

图 4a 和 4b 表示分力 Fy 对应力 σ_{rs} 的影响，

—其中，实线相应于垂直负荷为 400 daN，没有力 Fy，

—虚线相应于垂直负荷为 400 daN，力 Fy 为 280 daN，和

—点划线相应于垂直负荷为 400 daN，力 Fy 为-280 daN；

图 5 表示当加入外倾角时轮胎的变形；

图 6a 和 6b 表示外倾角对剪切应力信号的影响，

—其中，实线相应于垂直负荷为 400 daN，没有力 Fx 和 Fy，并且外倾角为零；

—虚线相应于垂直负荷为 400 daN，外倾角为 2°；

—点划线相应于垂直负荷为 400 daN，外倾角为 4°；

图 7 表示神经网络的结构；

图 8 表示传递函数的例子；

图 9a 和 9b 表示如果充气压力改变，可以考虑轮胎充气压力的结构的二个例子；

图 10 表示剪切应力传感器的一个例子，它由装备着二个应变片的倒 T 字形测试体组成；

图 11 和 12 表示将图 7 所示的传感器安装在轮胎胎边区域中的一个例子；

图 13 表示原始和滤波的时间信号；

图 14 表示根据时间信号辨识通过接触区域的情况；

图 15 表示利用一个传感器和一个模型工作的一个例子；

图 16 表示利用三个传感器和一个模型工作的一个例子；

图 17 表示利用三个传感器和二个模型工作的一个例子，

—其中，实线所示位置表示进行用作模型 1 的输入的测量的方位角，

—虚线所示的位置表示进行用作模型 2 的输入的测量的方位角，和

—C1,C2 和 C3 表示在轮胎的胎边上的传感器的方位角位置。

所述方法基于下列事实：即加在接触区域轮胎上的每一个力都使胎边的剪切应力改变。现考虑安装在车轮上的充气轮胎的情况，在该轮胎的第一个胎边的一个点 A 表示在胎边高度。在第二个胎边上，在与 A 相同的方位角和相同的半径上，选择一个点 B。在轮胎上不加任何力的情况下，作为轮胎-车轮组件的回转角度的函数的剪切应力为常数，并相当于残余充气应力。

当轮胎受力作用时，对于所述力的每一个分力有下列影响：

•垂直分力（以 Fz 表示）将轮胎压在地面上，通过形成接触区域，当装配组件转动时，其导致在点 A 处的剪切应力改变。图 2a 和 2b 分别表示在点 A 和点 B 上的剪切应力与该二个点的方位角的函数关系。轮胎带通过侧壁与胎边连接。所加的垂直分力的增加导致车轮相对轮胎带的垂直位移。在接触区域的入口和出口，侧壁在相反方向剪切胎边。还值得注意，在接触区域中心的方位角，以及与接触区域中心相反的点上，剪切应力保持为零。

•在滚动方向的水平分力（用 Fx 表示）由加在车轮上的驱动或制动扭矩产生。这要求车轮相对于轮胎带转动。轮胎带形成侧壁，并在所有的方位角上剪切胎边。图 3a 和 3b 通过表示点 A 和 B 处的剪切应力与该二点的方位角的函数关系，表示所加的力的分力 Fx 的影响。当施加正向力 Fx（驱动扭矩）时，剪切应力在二个胎边的所有方位角上减小。当施加负的力 Fx（制动扭矩）时，剪切应力在二个胎边的所有方位角上增大。

•横向方向上的水平分力（用 Fy 表示）主要造成二个胎边之间的

差别，图 4a 和 4b 通过表示点 A 和 B 处的剪切应力与其方位角的函数关系，表示这种形式的约束的影响。在正的 Fy 约束的情况下，一个胎边在接触区域的入口侧的剪切应力增加，而在出口侧的剪切应力减小。另一个胎边在接触区域入口侧的剪切应力减小，而在出口侧增加。与加负载的情况相反，当加力 Fy 时，在方位角为 180° 和 0° 的点的相反方向上，剪切应力变化。

严格地说，自对准扭矩 N（围绕垂直轴线的力矩）不是要施加的力。结果是，分力 Fx，Fy 和 Fz 加在接触区域上。如果分力 Fx，Fy 和 Fz 的合力作用点不是接触区域的中心，则这个合力产生一个围绕 Oz 的力矩。这个力矩为自对准力矩。这个力矩的存在主要要求接触区域围绕着 Oz 转动。这个影响的结果是，相对于自对准扭矩为零的情况，在接触区域中心的方位角处的一胎边的剪切应力增加，而在同一个方位角上的另一个胎边的剪切应力减少。

当外倾角加在轮胎上时，二个胎边的情况不同。简单地说，如果一个胎边承受的负荷比另一个胎边大，则什么事情都会发生。图 5 表示没有外倾角和带有外倾角 γ 时，接触区内的一部分轮胎的横截面的比较情况。这也造成接触区域的微小横向位移，从而引起在 Y 方向的一个推力。图 6a 和 6b 表示在二个胎边中剪切应力的改变。在超载的胎边（点 A）上，改变与负荷增加的改变相同，在另一个胎边（点 B）上，改变与所支承的负荷的减小相适应。如果已知相对于胎边和相对于方位角的信号改变为奇数次，则与 Fy 的影响相同，可以将外倾角的影响与 Fx，Fz 或 N 形式的影响区别开来。图 4 和图 6（a 与 b）还表示，Fy 和一外倾角的影响不同。因此，可以建立应力信号和外倾角之间的明确的关系。然后，可以利用胎边中应力的测量，计算轮胎工作的外倾角的值。

轮胎的表观刚度来源自气胎性能（来自充气压力）和结构刚度（轮胎的结构刚度）。测量的应力信号本身也包含气胎分力和结构分力。例如，充气至 2 巴和沿着 Z 轴加 400 daN 负荷的轮胎的应力信号，与同一个轮胎在 2.5 巴和 500 daN 负荷下输出的应力信号不同。这个差别与结构影响相适应，并可借以计算轮胎的充气压力。

当充气压力改变时，联系施加的力和应力信号的关系数量上改变，

但其性质不改变。胎边中的应力受压力和负荷的影响。负荷的压力由气胎性质（即取决于充气压力）造成的影响，和由结构性质（即轮胎及其附件的结构材料）造成的影响构成。当压力改变时，结构性质不改变，因此可以得到关于压力的信息。

为了简单起见，首先在假设充气压力固定不变的情况下，来说明该方法，同样，为了使说明更清楚，下面考虑外倾角为常数和零，并且只讨论涉及这个参数的最有兴趣的情况。

在继续详细说明应力测量至少是在空间中的二个固定点进行的几个例子之前，应注意至少有一种情况，在一个胎边的应力测量可以计算合力中的一个分力。从图 2a，2b，3a，3b，4a 和 4b 中可看出，加在接触区域中的分力 Fy 或 Fz 对在与接触区域（方位角为 0°）相反的方位角上测量的剪切应力没有影响。在这个点上的剪切应力测量可以计算加在接触区域上的力的分力 Fx。

当施加混合了分力 Fx，Fy 和 Fz 的约束时，则上述的对圆周方向的剪切应力的影响叠加。所提出的方法的一个优点是，它可以将所加的约束的每一个分力的影响分开，因此可以计算这些分力中的每一个分力。

为了进行这种分离，所用的方法部分地基于与轮胎的自然对称性相适应的明显的同等特性。

方位角 θ 定义为分析胎边的圆周方向剪切应力的角度。方位角的原点在接触区域中心的相反一侧上。因此，接触区域中心的方位角为 180°。

作为方位角函数的应力信号 s（θ）可以分成二个信号 s_p（θ）和 s_i（θ），它们是：

$$s(\theta) = s_p(\theta) + s_i(\theta),$$

$$s_i(180+\theta) = -s_i(180-\theta),$$

$$s_p(180+\theta) = s_p(180-\theta),$$

式中 s_i 称为 s 的奇数部分，s_p 称为 s 的偶数部分。

同样，若 s^1（θ）和 s^2（θ）为与在轮胎的每一侧测量的圆周方向剪切应力有关的信号，则可得到下式：

$$s^p(\theta) = \frac{s^1(\theta) + s^2(\theta)}{2},$$

$$s^p(\theta) = \frac{s^1(\theta) - s^2(\theta)}{2}$$

式中，s^p称为与胎边有关的偶数部分，

s^i称为与胎边有关的奇数部分。

应当注意，这种根据胎边的同等性能划分同样可以应用于s_i和s_p。然后，根据在每一个胎边上进行的测量可得到 4 个信号s_i^i，s_i^p，s_p^i，s_p^p。

由于其方位的关系，力 Fx，Fy，Fz 和自对准扭矩 N 与一定的对称性有联系。特别是，可以利用这个原理去隔断力的分叠对轮胎的影响。

这样，根据观察（图 2a，2b，3a，3b，4a 和 4b），信号：

- s_p^p为主要与力 Fx 有联系，
- s_i^i主要与力 Fy 有联系，
- s_i^p主要与力 Fz 有联系。

所用的对称性还可以确认，信号s_p^i主要与自对准扭矩 N 有联系。

根据这些观察，这里说明的方法提出在至少是轮胎的一侧上，进行胎边圆周方向剪切应力的测量。通过数字运算（在各种方位角进出的测量的线性或非线性组合），这些测量可以计算在某些方位角时的信号s_i^p，s_p^i，s_p^p和s_i^i的值，从而可以评估所加力的分力。

为了搞清楚该方法，这里提供一些使用该方法的一些原理。这些例子不是包罗一切无遗漏的，也不会限制上述方法的应用。

现在只考虑在一个胎边上进行测量的情况。

例 1

本例子的目的是要根据在三个方位角上，对轮胎一个胎边的圆周方向剪切应力的测量，来计算加在接触区域的力的分力和自对准扭矩。测量的方位角按下述方法选择：

- 一个方位角相应于接触区域的中间或与接触区域相反的点的方位角，（方位角为 180°）。设V_c为在这个点测量的值。

•其他二个方位角与接触区域的中心的方位角对称，（180°＋α°和 180°－α°）。设 V_1 和 V_2 为在这些点测量的值。

根据以上的观察：

• V_2-V_1 可以计算在接触区域入口和出口之间的平衡。这个值主要与分力 Fz 有联系。Fz 的计算由 f_z（r_2V_2-r_1V_1）给出，式中，r_1 和 r_2 为正的实系数，f_z 为单调的连续函数。

• V_c-（V_1+V_2）可以计算通过接触区域和在接触区域外面之间的差别。结果主要与 Fy 有联系。Fy 的计算值 f_y（s_cV_c-（s_1V_1+s_2V_2））给出，式中 s_1,s_2 和 s_c 为正的实系数，f_y 为单调的连续函数。

• V_c+V_1+V_2 指示胎边的总的剪切。这个值主要与所加力的分力 Fx 有联系。Fx 的计算由 f_x（u_cV_c+u_1V_1+u_2V_2）给出，式中 u_1，u_2，u_c 为正的实系数，f_x 为单调的连续函数。

在这个例子中，根据圆周方向剪切应力的三个测量，计算四个分力（Fx，Fy，Fz 和 N）。的确，有这种情况，即自对准扭矩直接和只取决于分力 Fx，Fy 和 Fz。然后，也可计算该扭矩。在自对准扭矩取决于其他参数的情况下，为了正确计算所述的四个分力，必需在更大数目的方位角上，测量胎边的圆周方向剪切应力。

例 2

本例子的目的是要根据在 5 个方位角上测量的在轮胎一侧上的胎边的圆周方向剪切应力，来计算加在接触区域上的力的分力和自对准扭矩。测量方位角按以下方法选择：

• 一个方位角相应于接触区域的中间（方位角 180°）或与接触区域相反的点的方位角（方位角为 0°）。设 V_c 为在这个点测量的值。

•其他二个方位角与接触区域的中心的方位角对称，（180°＋α°和 180°－α°）。设 V_1 和 V_2 为在这些点测量的值。

• 最后二个方位角相对于接触区域的中心的方位角对称，（180°+β°和 180°-β°），设 V_3 和 V_4 为在这些点测量的值。

在这种情况下，包括自对准扭矩不仅仅是取决于分力 Fx，Fy 和 Fz 的情况，性质相同，但比例 1 中所示点稍微复杂的组合，可以确定分力 Fx，Fy，Fz 和 N.

现在来考虑在二个胎边进行测量的情况。

例 3

本例子的目的是要根据在每一个胎边上的二个方位角上测量的轮胎二个胎边的圆周方向的剪切应力，计算加在接触区域上的力的分力和自对准扭矩。测量方位角相对于接触区域中心的方位角对称地选择（180°+α°和 180°-α°）。这样可以计算 Fx，α必需不等于 0°或 180°。设 V_1^1 和 V_2^1 为在第一个胎边的这些方位角上测量的值，而 V_1^2 和 V_2^2 为在第二个胎边的这些方位角上测量的值。

利用这四个值，可以通过使用根据与方位角有关和与胎边有关的比率进行的分解，确定分力：

• $V_1^1+V_2^2+V_2^1+V_2^2$ 给出与方位角有关和与胎边有关的偶数分量。因此，这个组合直接与 Fx 有联系。Fx 的计算由 f_x（$a_1V_1^1+a_2V_2^1+b_1V_1^2+b_2V_2^2$）给出，式中，$a_1$，$a_2$，$b_1$ 和 b_2 为正的实系数，f_x 为单调连续函数；

• $V_1^1+V_1^2-(V_2^1-+V_2^2)$给出与方位角有关的函数和与胎边有关的偶数分量。因此，这个组合直接与 Fz 有联系。Fz 的计算由 f_z（$c_1V_1^1-c_2V_2^1+d_1V_1^2-d_2V_2$2）给出，式中 c_1，c_2，d_1 和 d_2 为正的实系数，f_z 为单调连续函数；

• $V_1^1-V_1^2+(V_2^1-V_2^2)$给出与方位角有关的偶数和与胎边有关的奇数分量。因此，这个组合直接与 N 有联系。N 的计算由 f_n（$e_1V_1^1+e_2V_2^1-f_1V_1^2-f_2V_2^2$）给出，式中，$e_1$，$e_2$，$f_1$ 和 f_2 为正的实系数，f_n 为单调的连续函数；

• $V_1^1-V_1^2-(V_2^1-V_2^2)$给出与方位角有关的奇数与胎边有关的奇数分量。因此，这个组合直接与 Fy 有联系。Fy 的计算由实系数 f_y（$g_1V_1^1-g_2V_2^1-h_1V_1^2+h_2V_2^2$）给出，式中，$g_1$，$g_2$，$h_1$ 和 h_2 为正的实系数，f_y 为单调的连续函数。

这种形式的结构可以最大限度地利用轮胎对称性，并且当重新构造加在接触区域的约束的分量时，精度非常好。

例 4

本例子的目的是要根据在每一个胎边上的三个方位角处对轮胎二测的胎边的圆周方向剪切应力的测量计算加在接触区域中的力的分力和自对准扭距。测量方位角按以下方法选择：

• 二个方位角相对于接触区域中心的方位角对称性地选择（180°+α° 和 180°-α°）。设 V_1^1 和 V_2^1 为在第一个胎边的这些方位角上测量的值，而 V_1^2 和 V_2^2 为在第二个胎边的这些方位角上测量的值。

• 一个方位角相应于接触区域的中心。设 V_c^1 和 V_c^2 为在这些方位角上测量的值。与接触区域相反一侧相应的方位角也可同样利用。

处理与例 3 的处理相同。V_c^1 和 V_c^2 值允许信息有一定的冗余度，但以上分力 Fx 的所有计算都较好。

关于 Fx 的信息是借助 V_c^1 和 V_c^2 得到的，而关于 Fz，Fy 和 N 的信息是使用 V_1^1，V_1^2，V_2^1 和 V_2^2 得到的。可以使用分离各种成分的另外的方法。

例 5

本例子的目的是要根据在每一个胎边的 4 个方位角上，对轮胎两侧的胎边圆周方向的剪切应力的测量，计算加在接触区域上的力的分力和自对准扭矩。测量方位角以下述方法选择：

• 二个方位角相对于接触区域中心的方位角对称性地选择（180°+α° 和 180°-α°）。设 V_1^1 和 V_2^1 为在第一个胎边的这些方位角上测量的值，而 V_1^2 和 V_2^2 为在第二个胎边的这些方位角上测量的值。

• 一个方位角相对于接触区域中心的方位角选择（180°+β°）。β 不等于 α。设 V_3^1 为在第一个胎边的这个方位角上测量的值，V_3^2 为在第二个胎边的这个方位角上测量的值；

• 一个方位角相应于接触区域的中心。设 V_c^1 和 V_c^2 为在这些方位角上测量的值。与接触区域相反一侧相应的方位角也可同样利用。

在这种情况下，可采用与情况 3 和 4 相同的处理，但考虑到信息的冗余度，处理的稳定性和保持性应更大。除了计算力的分力和扭矩 N 以外，这里所提出的应力测量还可以在外倾角容易改变的情况下，计算外倾角。在这种情况下，困境包括确定由分力 Fy 和外倾角构成的二个与方位角相关的奇数和与胎边有关的奇数分量部分。

相对于接触区域中心的二个不同角度上的测量可能评估作为方位角函数的信号的斜度，并将 Fy 的影响与外倾角影响区分开来。在二个胎边上进行的剪切应力测量可使相对于外倾角变化的计算更稳定和一致，还可以计算外倾角。

上述例子所进行的线性组合是非常初步的，只考虑了主要的影响。为了使力的分力计算更精确，和考虑轮胎的非线性性质，所述方法利用更完善的传递函数，求取测量与力的计算的关系。在这方面，可以利用能够在测量的量和选择的特性值之间建立联系的任何插值函数。使用训练基础，（见下面），可以确定插值函数的系数。

虽然，这里列举的所有例子使用的测量方位角都是选择的可以最大限度地利用轮胎的对称性和便于重构的，但因为足够数目的测量的组合可以计算所加的约束的分量，因此，测量这些值时方位角位置的选择时自由的（方位角不是必需对称的）。在这种情况下，可以直接寻找给出分力 Fx，Fy，Fz 和 N 与在已知方位角上，在轮胎一侧或二侧上，对胎边的圆周方向剪切应力的测量的函数关系的函数。传递函数不再必须根据轮胎的力学分析，而是根据轮胎一侧或二侧上胎边的圆周方向剪切应力对其所受的力的响应来确定。

不论测量方位角是根据物理分析选择或更任意地决定的，神经网络似乎更适合于建立所进行的测量和力的分力 Fx，Fy ,Fz 和 N 之间的传递函数，如果适当的话，外倾角也可以是要计算的量之一，并且可以出现在传递函数的输出中。在最简单的应用情况中，使用具有一个隐藏的神经原的层和一个输出神经原的层的网络可以适合作为建立测量的量与所加约束的分量的值之间联系的插值函数。这些隐藏的神经原使用一个 δ 形传递函数。输出神经原使用线性传递函数（图 7）。当用作为一个近似的结构时，这种形式的网络的过分节俭的性质是非常有利的。每一个要计算的分量可以使用一个网络，或者根据多个输出，一个网络可以计算所有的分量。

如果选择测量方位角，以便利用对称性或物理观察，则在输入至网络中之前，将各个量进行线性组合是有利的。在这种情况下，主要分量的分析可以方便地确定这些组合的系数，并简化所需要的神经网络。得到图 8 所示的结构，它表示输入线性组合为随意的传递函数的例子。可以使用带有多个输出的网络，或带有一个输出的多个网络，或任何其他组合。指出了可能的输出量（Fx，Fy，Fz，N，P 和 γ），但它们是任选的。

具体地说，工作是如下这样进行的：

• 第一步，在确定测量方位角后，要在轮胎约束变化的过程中，收集至少在一侧上的胎边圆周方向剪切应力的值。该约束应该选择将能覆盖正常使用的评估所选择的特性的全部范围。所选择的约束还需要包括在正常使用过程中容易碰到的所有连接。测量值和相应的选择的特性或特性（由另一个测量装置得到）集构成训练基础。在外倾角容易改变的情况下，希望将代表将来的使用的范围的外倾角的变化引入训练基础中。

• 第二步是在这样形成的基础上，进行网络加权的训练（或者，更一般地说，进行插值函数系数的确定）。这个阶段结束时，得到传递函数。

• 第三步是通过将选择的特性或特性计算与另一个测量装置指示的值进行比较；以测试传递函数。

除了神经网络以外，例如可以使用多项式函数。

在轮胎的充气压力容易随着时间推移而改变的最现实的情况下，根据分力测量所希望的精度，必需考虑压力的变化。

第一个过程是校正作为压力的函数在传递函数输出中的计算的力。这样，可以进行第一级的校正。在不考虑压力的传递函数情况下，将约束加在轮胎上。如果压力为参考压力（建立传递函数的压力）的二倍，则传递函数以比参考压力小大约二倍的测量应力作为输入。

因此，可以评估比实际加的力弱二倍的力。计算的力要乘以 2。

然而，最精确的方法是将压力作为一个参数引入传递函数中。这包括：

• 在训练基础上进行传递函数或多个传递函数的训练，该训练基础包含轮胎在各种涵盖所希望的工作范围的充气压力条件下受约束的情况；

• 随个人的自由，通过测量应力本身或利用其他辅助装置，测量或评估充气压力。

下面，将不加限制地说明获知压力的二种方法。第一种方法是使用由与应力传感器不同的压力传感器给出的压力测量。除了在方位角的应力值以外，将测量的应力值送至传递函数或多个传递函数。图 9a 示意性地表示相应的结构。

第二种方法是根据测量的应力，计算充气压力。应力信号具有结构分量和气压分量，可以通过分析这些分量得到关于充气压力的信息。这种处理方法要求确定以在所希望的方位角上测量的应力作为输入的传递函数，并可以计算在预期的工作范围上的充气压力。还可采用与上述相同的方法：

- 形成混合了所加力和充气压力的变化的训练基础；
- 通过训练确定传递函数。

实际上，如果如上述这样进行的压力确定的精度对于本发明的一个具体实施例不够，则可以容易改善。轮胎中压力的改变是比轮胎转动缓慢的现象。因此，可以取压力计算的平均值或进行滤波，只保留低频分量。这样可得到充气压力的好的计算，图 7b 示意性地表示由这种方法得出的结构。除了知道合力以外，该方法不需另外的传感器，可以提供充气压力的计算。

为了改善这种确定方法的效率，根据相同的原理，可以考虑许多其他变量（除了测量在胎边的圆周方向的剪切应力以外）。这就是涉及轮胎温度或回转速度的情况。根据传感器的形式和测量的位置，则所得到的应力信号可能稍许取决于轮胎的转动速度。为了改善计算的精度，可以加入转动速度作为传递函数的输入参数。速度可从安装在车辆上的另一个零件进行的测量得知，或可以从应力信号本身提取。

一般，测量点的数目比例子中所具有的最小数目大，并且因为拥有信息的冗余度，可使结果更精确或更可靠。

提高该方法的精度或稳定性和一致性的另一种途径是使用多维测量代替一维测量。例如，且非限制地使用圆周方向的剪切应力和横向剪切应力，该二个量可以非限制地同时用同一个在同一个位置的二维传感器测量。

使用这二种应力可以形成一种方案，即单一一个胎边装有传感器，其性能与二个胎边都装有传感器的结构一样稳定，其精度也与后者一样高。特别是，这种方案即使在只有一个胎边装有传感器的情况下，也可以测量轮胎外倾角，而在一个胎边中使用一维传感器则不能做到。

在这种情况下，传递函数的输入由在各种方位角上的一种或另一种或不同形式的应力的各种测量组成。除了这个不同以外，可以使用

完全相同的过程来确定传递函数。这种方法是非常有利的，因为就生产最终产品而言，即使传感器本身制造较昂贵，但只装备一个胎边，还是较简单和便宜的。

在轮胎的一侧或两侧上，测量胎边 1 的剪切应力，可以使用在轮胎外部的装置或在轮胎内部的装置中的任何一种方法进行。作为一个例子，将说明利用放置在胎体的固定区域 2 中且随轮胎转动的一个或多个传感器 3 来测量胎边 1 的圆周方向剪切应力的情况。

与轮胎做成一个整体并局部地测量一个或多个胎边的圆周方向的剪切应力的这个传感器或多个传感器 3，可以使用任何物理测量原理。传感器由测试体 30 构成，测试体上装有应变片 31，例如电阻片。测试体的变形，使粘接在其表面上的应变片 31 的电阻改变（图 10，11 和 12）。通过惠斯登电桥，放置在测试体 30 每一侧的二个应变片 31 形成了与圆周方向剪切应力有很强联系的信号。主动传感器 3 可以利用无绳电源由车辆供电，或由安装在车轮或轮胎中的电池供电，或由任何其他装置供电。可以用无线电或其他装置将信息传递至车辆。传感器 3 本身必需能够连续地输送信息，或具有相对于车轮转动周期足够快的刷新频率。

传感器 3 的一个可能的变型为使用压电元件代替应变片 31。压电气体与电荷放大器连接，可以输出与测试体的挠曲成比例的电压。这个变型的优点是，它不但可提供测量信号，而且可将电能供给处理和/或传递信息的电路。

为了测量圆周方向的剪切应力和横向剪切应力，还可以使用放在胎边中的专利申请 EP02/014144 所述形式的传感器。这个申请说明了一种铁钉式的力传感器，它具有受到要检测的力限制的刚性的杆，和一个头部、该头部具有一个固定在该杆上、且当该杆受约束时，可以变形或产生应力的元件。该铁钉式传感器放置在与图 11 所示的传感器 3 相同的位置上，该杆的方向基本上在径向，并向着最大的半径；或者另一种方式是，该杆的方向基本上与上述的方向垂直，并朝向轮胎的内腔。

由于装在轮胎上的传感器 3 在车轮转动的过程中，可以检测所有的方位角，因此使用与轮胎做成一体的传感器 3 等的这个方法的优点

为，可以知道在轮胎一侧或两侧，所有方位角上的剪切应力。

基于测量在一定方位角上的圆周方向的剪切应力的重构力的分力的方法，要解决放置传感器 3 的位置的问题，以便在正确的方位角上获取所需要的值。

可以访问传感器 3，或它在测量时以固定和已知的频率输出。因此，它可输出局部圆周方向剪切应力随时向改变的信号。测量的信号表示在图 13 中。在这个时间信号上，容易看见先后的观察的（图 2a，2b，3a，3b，4a 和 4b）车轮旋转的符号。除了车轮每一个的旋转符号外，这个信号还包含噪声。第一个工作是利用低通滤波器减少噪声，该低通滤波器的截止频率可与车轮的转动速度有联系。

根据所用设备，可有几种情况：

• 如果能测量车轮的角度位置，则可以知道传感器 3 通过测量方位角的时刻。阅读在此时刻测量的值，可提供在所希望的方位角上的剪切应力的值。车轮角度位置的这个测量可以通过计算车轮转速的 ABS 传感器的转换而得到。

• 如果没有外部装置来帮助确定传感器 3 的位置，则可以只使用传感器本身的信号。为了计算车轮的角度位置，本发明建议使用与轮胎做成一体的传感器或其他传感器的信号。

传感器 3 每一次通过接触区域，不论其通过方向如何，都会使胎边的剪切应力迅速改变，造成明显倾斜。通过观察，可以发现传感器 3 通过接触区域中心的时刻。进行这个工作的最简单的方法是将滤波信号对于时间微分，以确定每一个时刻的斜率。在通过接触区域中心的过程中，得到的微分信号有极值，然后可以求这个微分信号的阈值，并在各个值中寻找比这个阈值大的极大值（图 14 中的“算法 1”）。这个方法可以避免检测与通过接触区域不适应的最大值。极值所在的时刻相应于传感器 3 通过接触区域中心的时刻。

信号的形状基本上作为所加力的函数改变。在现实条件下，求阈值可能很复杂，因为阈值大小需要经常修改。另外，在一些条件下，采用阈值可能需要在车轮每转中检测几个极值。当施加大的力 Fy 时，会出现这种情况，一种可能的方法（但不是唯一的方法）是使用以下算法：

• 由于短缺而使用先前说明的称为“算法 1”的算法。

• 当检测到周期性时，为了预测将来通过接触区域的日期 t_n，使用最后通过接触区域的日期和根据最后的通过，对速度进行评估。

• 借助不确定性，确定围绕 t_n 的信号窗口$[t_n-d; t_n+d]$，其中 d 小于信号的半个周期。

• 为了确定与近似日期 t_n 相应的真实的日期 T_n，在这个窗口中求取阈值。

• 为了检测下一个回转，进行新的迭化。在出现错误（可看得见的假周期，在窗口边缘上发现的极值等）的情况下，重复“算法 1”，以便重新使过程同步。

每次都确定另一次通过接触区域，知道最后的通过（至少三次通过）的时刻可以计算车轮的转速及其加速度。根据这些计算，可以重构作为时间函数的传感器 3 所处的方位角的评估。然后，可以从测量中提取作为时间函数的一定的方位角上的值。

从以上所述可看出，为了改善在大的速度范围上计算力的分力的精度，可以利用转速的计算作为传递函数的输入。

为了实现测量，有几种方法，确定力的分力需要在多个方位角上进行测量。

• 第一个方法是，在要进行测量的每一个胎边中，只使用一个传感器 3。为了刷新在所考虑的方位角上的测量，在每次通过要求的位置时，都考虑传感器给出的值。假设相对于车轮转速，力的分力变化缓慢，则一个传感器可以在重构力所必需的所有方位角上进行测量。图 15 表示对需要在三个方位角（0° ，120° 和 240° ）进行测量的模型（传递函数）实施这种形式的工作。

•第二个方法是在圆周上设置多个传感器 3，使得在每一转中至少有一次，这些传感器同时处在要进行测量的方位角上。这样，可以得到在给定的时刻，在各种方位角上的轮胎变形图像，从而不再需要力相对于车轮转动变化较慢。理想情况（通频带最大）是，传感器数目至少与要计算的量的数目相等。这种方法一个实现方式是，将传感器 3 以相等的间隔分布在轮胎周围。因此，在安装 N 个传感器 3 的情况下，则在每一转中至少有 N 次传感器位置正确。图 16 表示利用 3 个传感

器的这种形式的工作，这时传感器每转三次处在要进行测量的方位角上（0°，120°和240°）。

• 最后可以将以上方法混合。

增加传感器数目可以：

• 增大力的计算的刷新频率，因而增大系统的通频带；

• 可提高对于加在接触区域的力的分力迅速变化的耐受性。

应当注意，可以确定以其他不同方位角的侧重作为输入的多个模型。即使利用一个传感器，也可以在车轮每一转过程中，得到多个计算。

图17给出使用三个传感器的例子。确定二个传递函数。第一个传递函数利用在0°，120°和240°处的测量，第二个传递函数利用在60°，180°和300°处的测量。当传感器到达的希望的测量位置时，可以加上传递函数。适当的配置传感器可以在这种形式的结构中，车轮每转6次计算力。为了提高精度和减少在力的计算中的噪声，可以将利用多个模型得到的这些计算求平均值或进行比较。

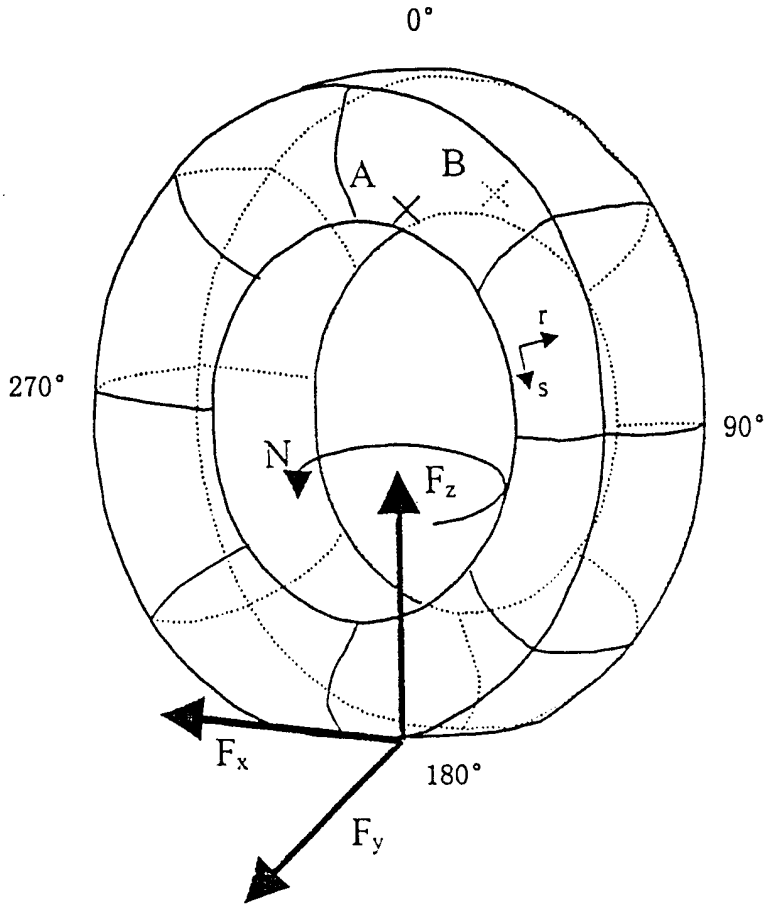


图1

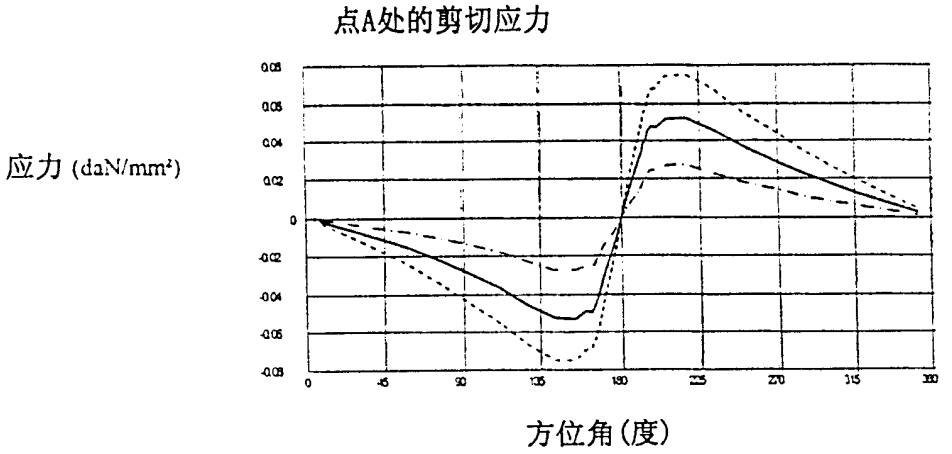

点A处的剪切应力
应力 (daN/mm²)
0.08
0.06
0.04
0.02
0
-0.02
-0.04
-0.06
-0.08
0
45
90
135
180
225
270
315
360
方位角(度)

图2A

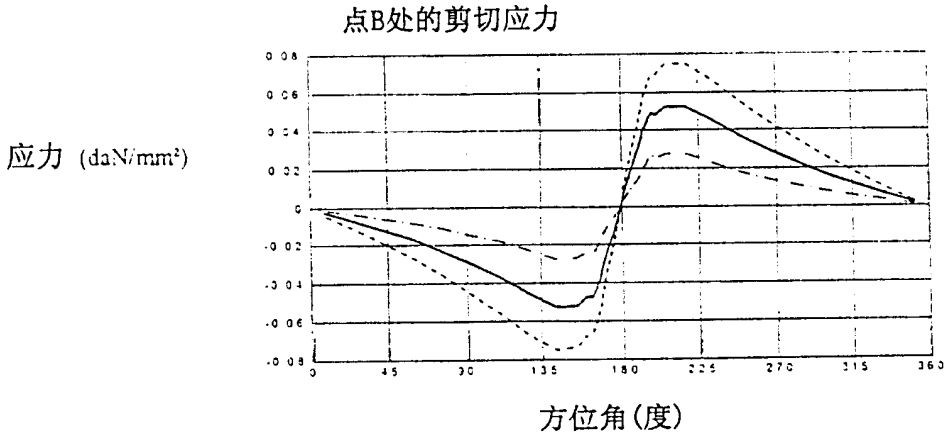

点B处的剪切应力
应力 (daN/mm²)
0.08
0.06
0.04
0.02
0
-0.02
-0.04
-0.06
-0.08
0
45
90
135
180
225
270
315
360
方位角(度)

图2B

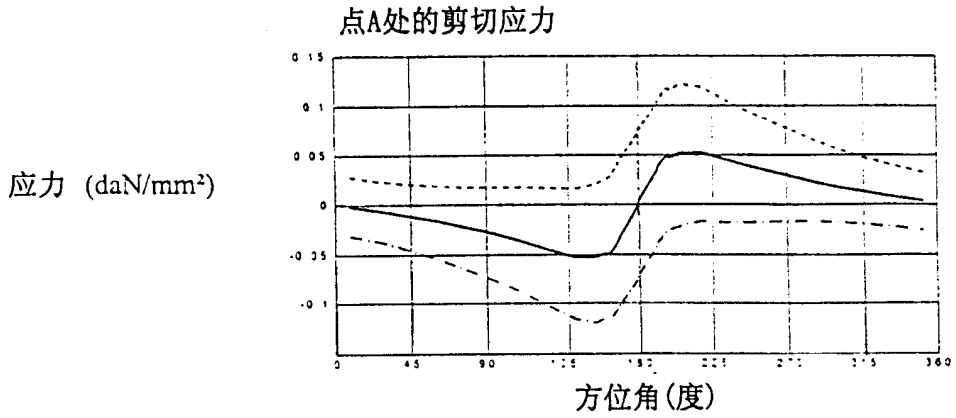

点A处的剪切应力
应力 (daN/mm²)
0.15
0.1
0.05
0
-0.05
-0.1
0
45
90
135
180
225
270
315
360
方位角(度)

图3A

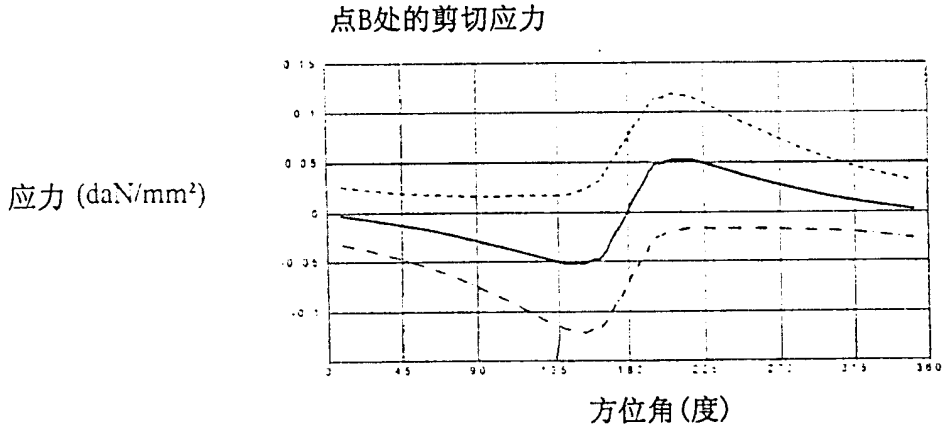

点B处的剪切应力
应力 (daN/mm²)
0.15
0.1
0.05
0
-0.05
-0.1
0
45
90
135
180
225
270
315
360
方位角(度)

图3B

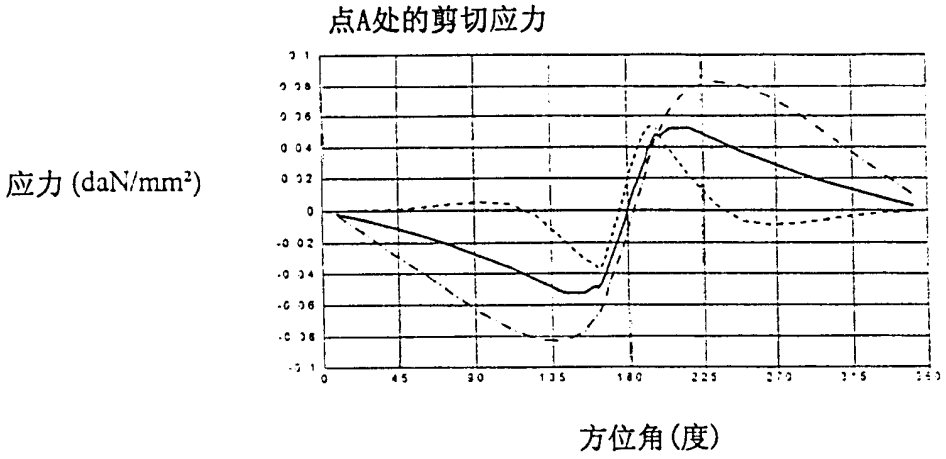

点A处的剪切应力
应力 (daN/mm²)
0.1
0.08
0.06
0.04
0.02
0
-0.02
-0.04
-0.06
-0.08
-0.1
0
45
90
135
180
225
270
315
360
方位角(度)

图4A

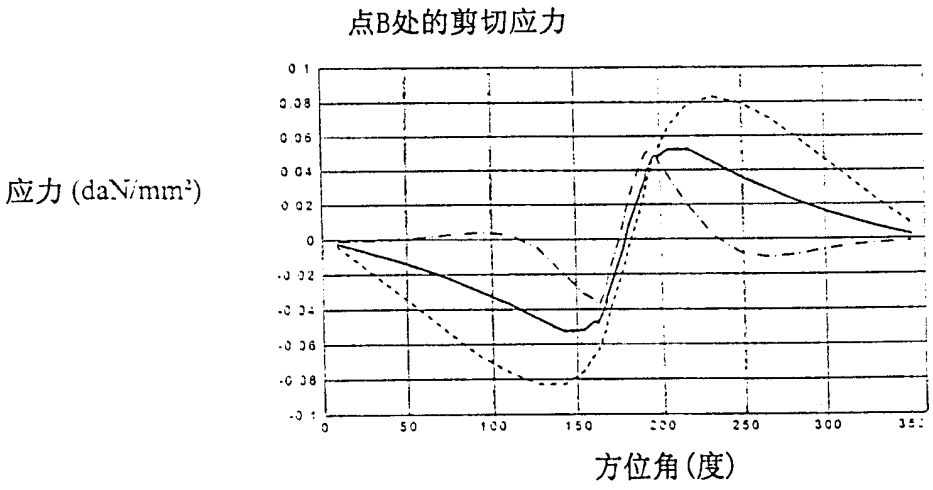

点B处的剪切应力
应力 (daN/mm²)
0.1
0.08
0.06
0.04
0.02
0
-0.02
-0.04
-0.06
-0.08
-0.1
0
50
100
150
200
250
300
350
方位角(度)

图4B

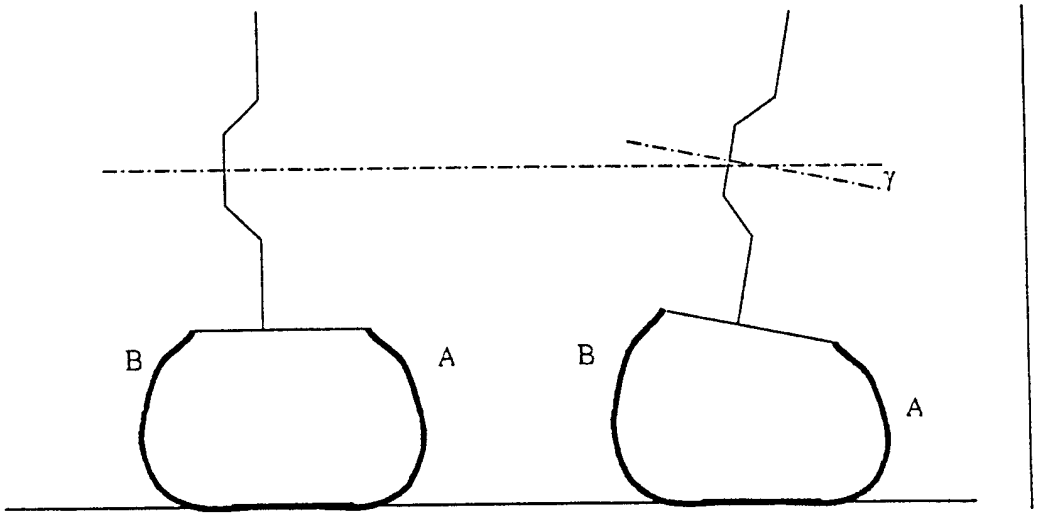

γ
B
A
B
A

图5

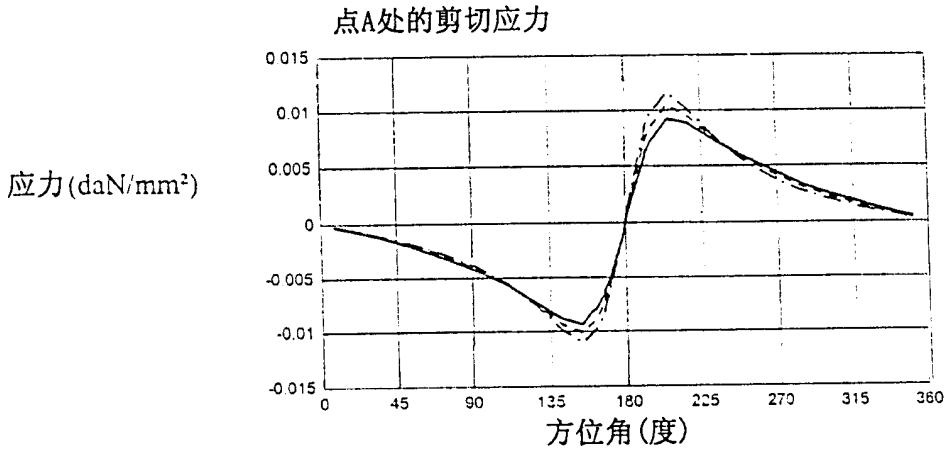

点A处的剪切应力
应力(daN/mm²)
0.015
0.01
0.005
0
-0.005
-0.01
-0.015
0
45
90
135
180
225
270
315
360
方位角(度)

图6A

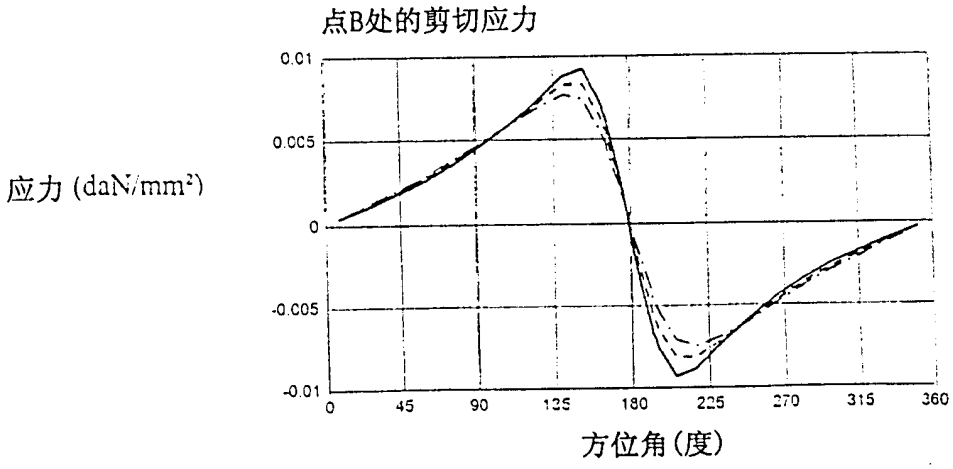

点B处的剪切应力
应力 (daN/mm²)
0.01
0.005
0
-0.005
-0.01
0
45
90
135
180
225
270
315
360
方位角(度)

图6B

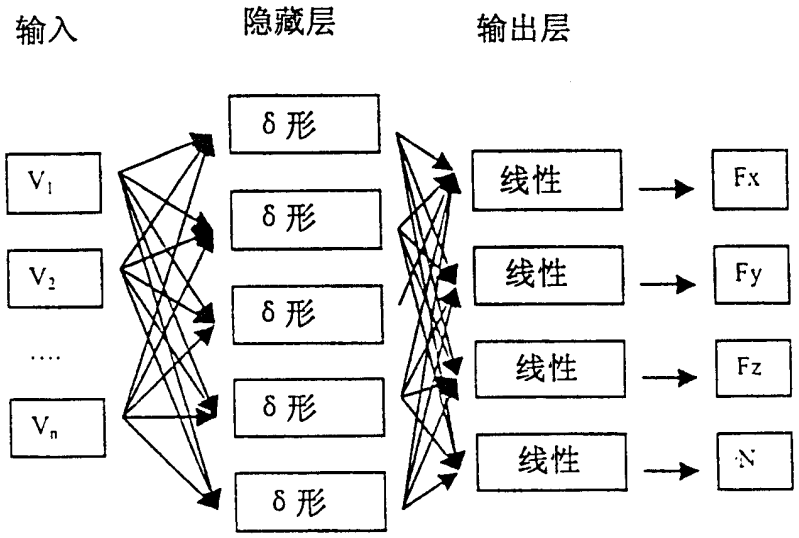


图7

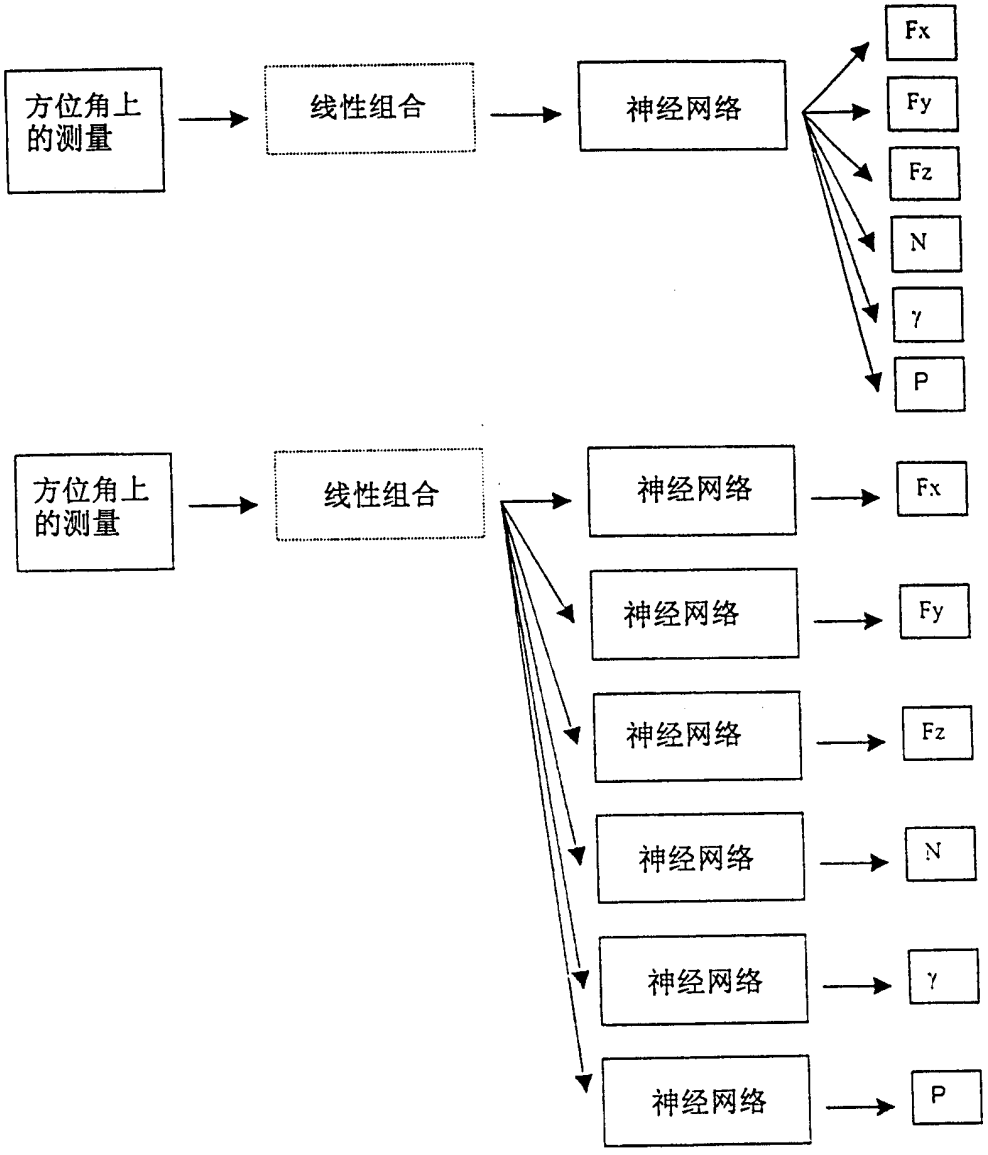

方位角上的测量
线性组合
神经网络
Fx
Fy
Fz
N
γ
P
方位角上的测量
线性组合
神经网络
Fx
神经网络
Fy
神经网络
Fz
神经网络
N
神经网络
γ
神经网络
P

图8

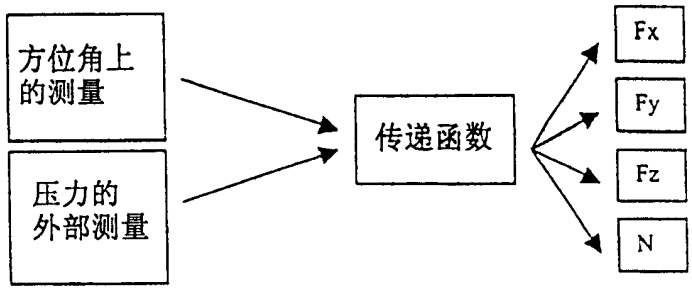

方位角上的测量
压力的外部测量
传递函数
Fx
Fy
Fz
N

图9A

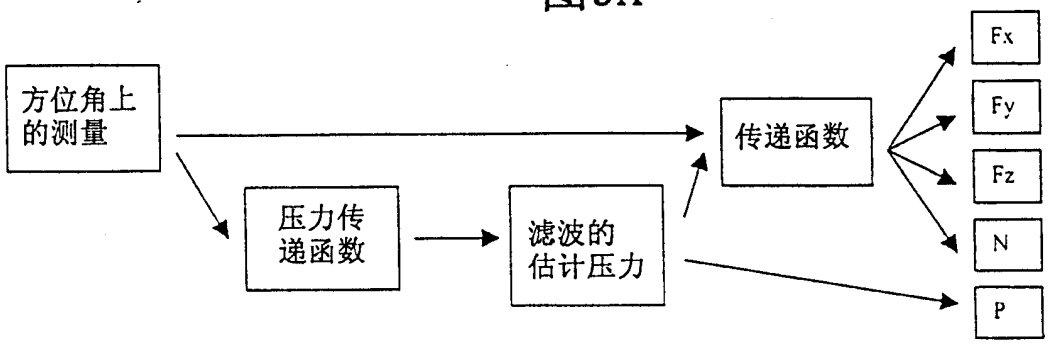

方位角上的测量
压力传递函数
滤波的估计压力
传递函数
Fx
Fy
Fz
N
P

图9B

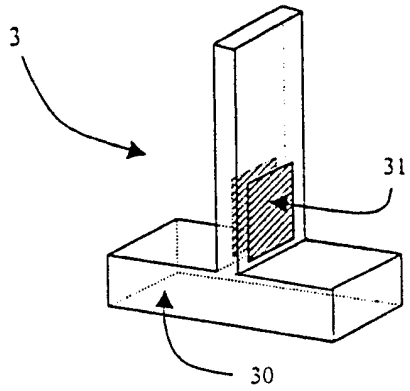


图10

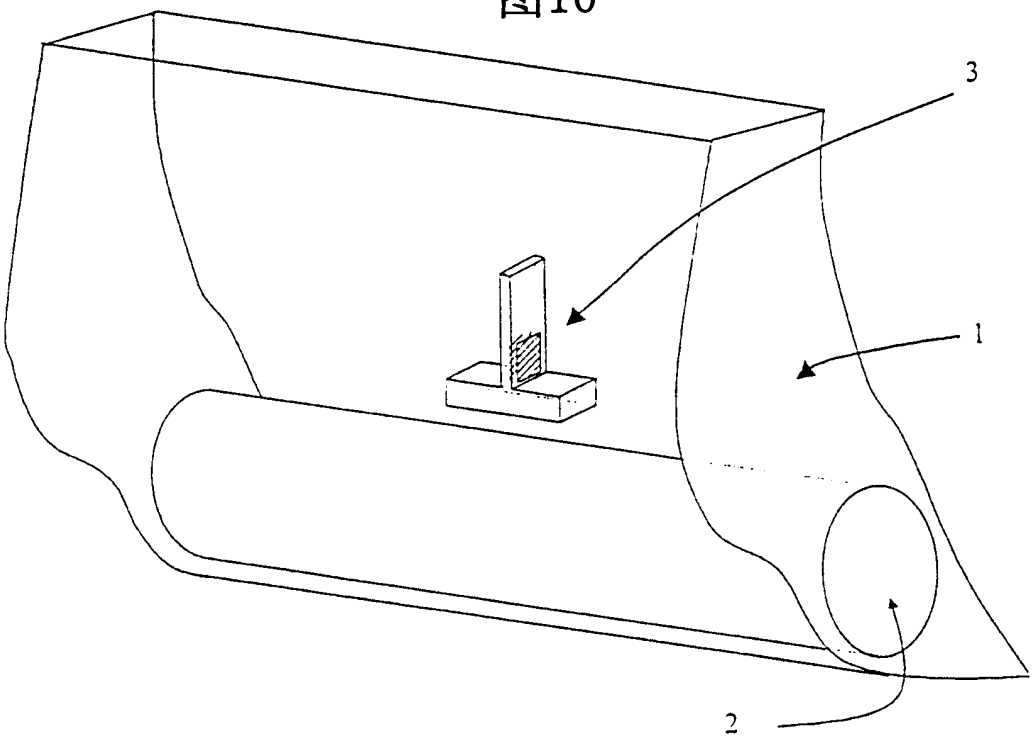


图11

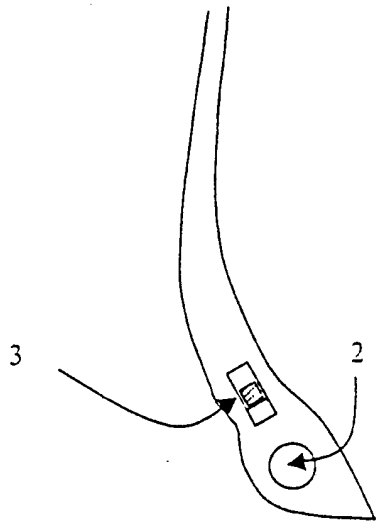


图12

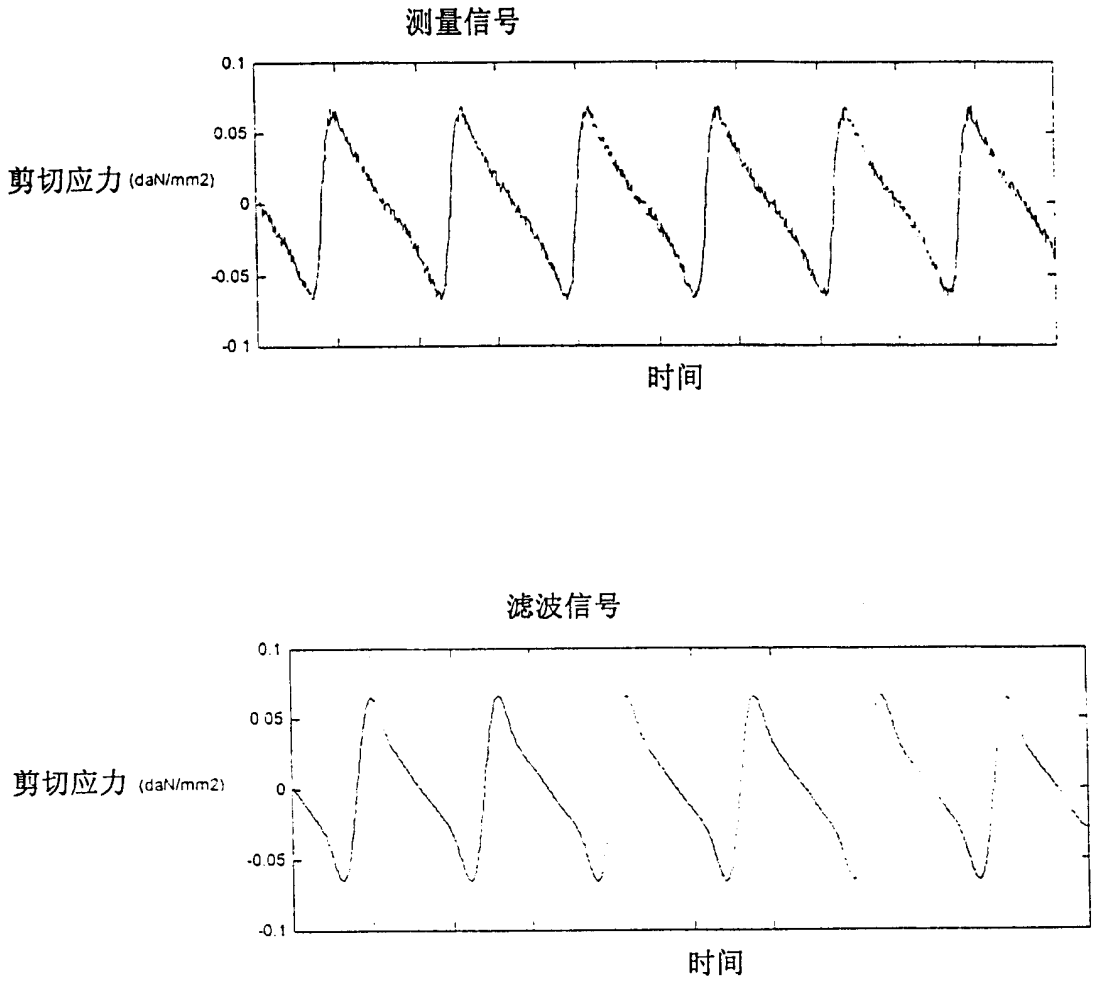

测量信号
剪切应力 (daN/mm2)
0.1
0.05
0
-0.05
-0.1
时间
滤波信号
剪切应力 (daN/mm2)
0.1
0.05
0
-0.05
-0.1
时间

图13

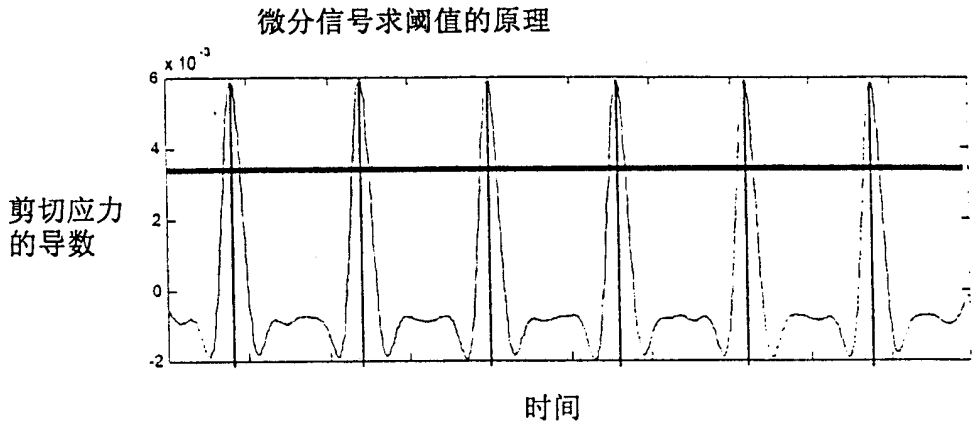


图14

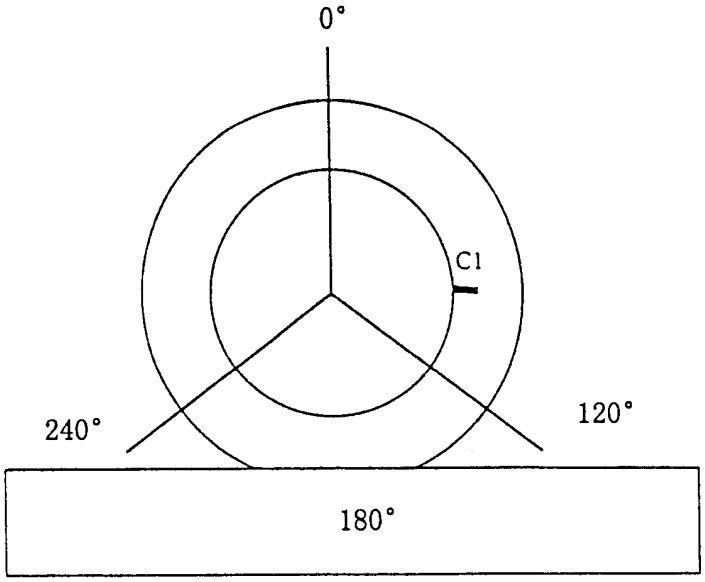


图15

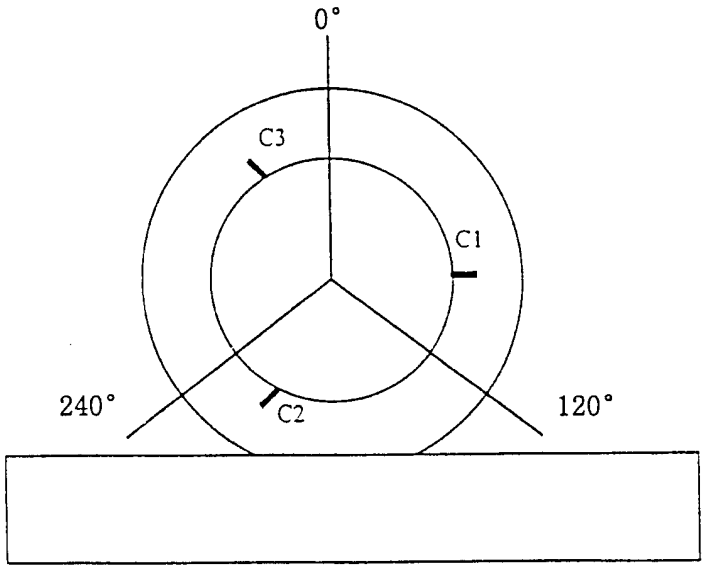


图16

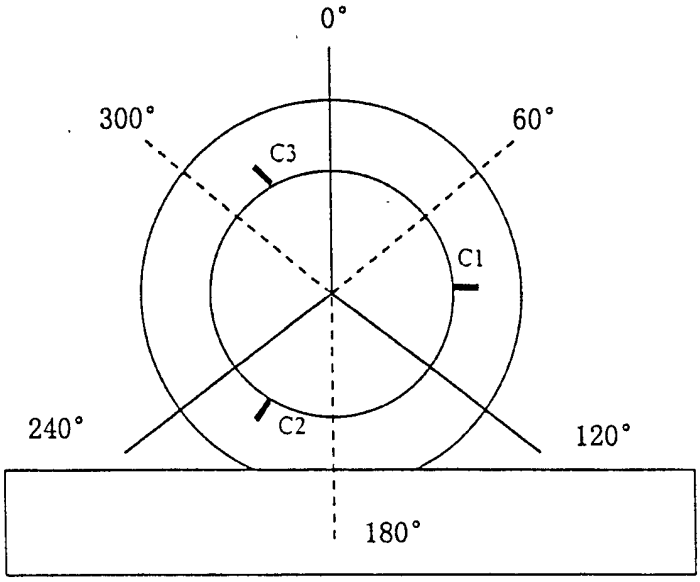


图17