



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112945362 A

(43) 申请公布日 2021.06.11

(21) 申请号 202110129007.3

(22) 申请日 2021.01.29

(71) 申请人 长安大学

地址 710064 陕西省西安市碑林区南二环路中段

(72) 发明人 曹阳森 沙爱民 李新舟 郝运
袁东东 李佳容

(74) 专利代理机构 西安通大专利代理有限责任公司 61200

代理人 姚咏华

(51) Int. Cl.

G01G 19/02 (2006.01)

G08G 1/052 (2006.01)

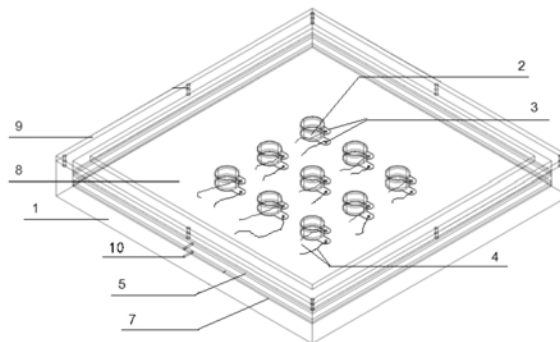
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

一种轴重、车速动态感知装置及测量方法

(57) 摘要

本发明公开了一种轴重、车速动态感知装置及测量方法,包括底座、多个压电陶瓷和压板;底座顶面设置有矩形槽,多个压电陶瓷阵列排布在底座的矩形槽中,压电陶瓷顶底端分别连接有一个电极,每个电极连接有一根导线,压板设置在压电陶瓷顶部,压板底面大于多个压电陶瓷的阵列面积,压板顶面设置在路表。能够准确获取车辆相应数据,并且可实现车辆轴重、速度的同时感知。



1. 一种轴重、车速动态感知装置,其特征在于,包括底座(1)、多个压电陶瓷(2)和压板(8);

底座(1)顶面设置有矩形槽,多个压电陶瓷(2)阵列排布在底座(1)的矩形槽中,压电陶瓷(2)顶底端分别连接有一个电极(3),每个电极(3)连接有一根导线(4),压板(8)设置在压电陶瓷(2)顶部,压板(8)底面大于多个压电陶瓷(2)的阵列面积,压板(8)顶面设置在路表。

2. 根据权利要求1所述的轴重、车速动态感知装置,其特征在于,压电陶瓷(2)顶底端的电极(3)上下分别设置有上垫片(5)和下垫片(7),上垫片(5)和下垫片(7)大小均与底座(1)的矩形槽相同,上垫片(5)和下垫片(7)间隔设置。

3. 根据权利要求2所述的轴重、车速动态感知装置,其特征在于,底座(1)侧面设置有两个走线孔(10),两个走线孔(10)分别与上垫片(5)和下垫片(7)位置对应。

4. 根据权利要求1所述的轴重、车速动态感知装置,其特征在于,矩形槽底设置有限位板(6),限位板(6)与矩形槽大小相同,限位板(6)上设置有多个阵列排布的通孔,通孔位置和数量与压电陶瓷(2)对应,压电陶瓷(2)设置在通孔中。

5. 根据权利要求1所述的轴重、车速动态感知装置,其特征在于,压板(8)为上下双层结构,上层尺寸小于下层尺寸。

6. 根据权利要求5所述的轴重、车速动态感知装置,其特征在于,底座(1)顶面设置有封环(9),封环(9)内环将压板(8)上层侧面包裹,封环(9)底面与底座(1)顶面连接。

7. 一种基于权利要求1-6任意一项所述装置的轴重、车速动态测量方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤一、获取压电陶瓷(2)阵列行数、阵列列数、相邻两列压电陶瓷(2)间距、单个压电陶瓷(2)横截面面积、动态感知装置沿行车方向长度、单个压电陶瓷(2)高度和单个压电陶瓷(2)压电应变常数;

步骤二、将动态感知装置埋入行车道路中,压板(8)顶面设置在路表;

步骤三、待车辆经过后,计算车辆的轴重和车速;

车速 v 为:

$$v = \frac{1}{m \times (n-1)} \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{i=1}^m \frac{l}{t_{i,j+1} - t_{i,j}}$$

其中, m 为压电陶瓷(2)阵列行数; n 为压电陶瓷(2)阵列列数; l 为相邻两列压电陶瓷(2)间距; $t_{i,j}$ 为压电陶瓷(2)阵列中第 i 行, j 列压电陶瓷(2)电信号峰值时刻; $t_{i,j-1}$ 为压电陶瓷(2)阵列中第 i 行, $j-1$ 列压电陶瓷(2)电信号峰值时刻;

车辆轴重为:

$$F = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \frac{u_{i,j} \sqrt{\pi^2 v^2 \epsilon_0^2 \epsilon_r^2 A^2 R^2 + (l_1 + l_2)^2 h}}{\pi v d R h}$$

其中, F 为作用在动态感知装置上的总轴重; m 为压电陶瓷(2)阵列行数; n 为压电陶瓷(2)阵列列数; $u_{i,j}$ 为压电陶瓷(2)矩阵中第 i , j 号压电陶瓷(2)电压信号峰值; ϵ_0 为绝对介电常数; ϵ_r 为相对介电常数; A 为单个压电陶瓷(2)横截面面积; R 为外接电阻阻值; l_1 为轮胎接地长度; l_2 为压电感知器件沿行车方向长度; h 为单个压电陶瓷(2)高度; d 为单个压电陶瓷(2)压电应变常数。

一种轴重、车速动态感知装置及测量方法

技术领域

[0001] 本发明属于交通监测领域,涉及一种轴重、车速动态感知装置及测量方法。

背景技术

[0002] 近年来物联网的发展为人类社会的进步提供了新的契机,智能城市的概念使人们的生活更安全、更舒适、更方便。智慧城市概念中一个吸引人的愿景是通过中枢神经系统感知城市运行过程中的关键信息,实现城市的智能化管理和运营。物联网在创建智能城市的过程中充当中枢神经系统的神经元,智能交通系统是支持智能城市运营的血管。为了创建一个智能城市,有必要尽可能多地监测和收集基础设施系统中的关键信息,尤其是城市地区道路系统路面范围内的交通信息。

[0003] 目前已有很多解决方案和技术监控上述交通状况,但大多数现有解决方案都依赖于路侧单元,数据获取精度差。此外,现有的主流设备仅能够提供独立的信息,单个设备功能单一,并且导致了多源异构的大数据。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于克服上述现有技术的缺点,提供一种轴重、车速动态感知装置及测量方法,能够准确获取车辆相应数据,并且可实现车辆轴重、速度的同时感知。

[0005] 为达到上述目的,本发明采用以下技术方案予以实现:

[0006] 一种轴重、车速动态感知装置,包括底座、多个压电陶瓷和压板;

[0007] 底座顶面设置有矩形槽,多个压电陶瓷阵列排布在底座的矩形槽中,压电陶瓷顶底端分别连接有一个电极,每个电极连接有一根导线,压板设置在压电陶瓷顶部,压板底面大于多个压电陶瓷的阵列面积,压板顶面设置在路表。

[0008] 优选的,压电陶瓷顶底端的电极上下分别设置有上垫片和下垫片,上垫片和下垫片大小均与底座的矩形槽相同,上垫片和下垫片间隔设置。

[0009] 进一步,底座侧面设置有两个走线孔,两个走线孔分别与上垫片和下垫片位置对应。

[0010] 优选的,矩形槽底设置有限位板,限位板与矩形槽大小相同,限位板上设置有多个阵列排布的通孔,通孔位置和数量与压电陶瓷对应,压电陶瓷设置在通孔中。

[0011] 优选的,压板为上下双层结构,上层尺寸小于下层尺寸。

[0012] 进一步,底座顶面设置有封环,封环内环将压板上层侧面包裹,封环底面与底座顶面连接。

[0013] 一种基于上述任意一项所述装置的轴重、车速动态测量方法,包括以下步骤;

[0014] 步骤一、获取压电陶瓷阵列行数、阵列列数、相邻两列压电陶瓷间距、单个压电陶瓷横截面面积、动态感知装置沿行车方向长度、单个压电陶瓷高度和单个压电陶瓷压电应变常数;

[0015] 步骤二、将动态感知装置埋入行车道路中,压板顶面设置在路表;

[0016] 步骤三、待车辆经过后,计算车辆的轴重和车速;

[0017] 车速v为:

$$[0018] \quad v = \frac{1}{m \times (n-1)} \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{i=1}^m \frac{l}{t_{i,j+1} - t_{i,j}}$$

[0019] 其中,m为压电陶瓷阵列行数;n为压电陶瓷阵列列数;l为相邻两列压电陶瓷间隔; $t_{i,j}$ 为压电陶瓷阵列中第i行,j列压电陶瓷电信号峰值时刻; $t_{i,j-1}$ 为压电陶瓷阵列中第i行,j-1列压电陶瓷电信号峰值时刻;

[0020] 车辆轴重为:

$$[0021] \quad F = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \frac{u_{i,j} \sqrt{\pi^2 v^2 \epsilon_0^2 \epsilon_r^2 A^2 R^2 + (l_1 + l_2)^2 h}}{\pi v d R h}$$

[0022] 其中,F为作用在动态感知装置上的总轴重;m为压电陶瓷阵列行数;n为压电陶瓷阵列列数; $u_{i,j}$ 为压电陶瓷矩阵中第i,j号压电陶瓷电压信号峰值; ϵ_0 为绝对介电常数; ϵ_r 为相对介电常数;A为单个压电陶瓷横截面面积;R为外接电阻阻值; l_1 为轮胎接地长度; l_2 为压电感知器件沿行车方向长度;h为单个压电陶瓷高度;d为单个压电陶瓷压电应变常数。

[0023] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:

[0024] 本发明所述装置通过压板放置在压电陶瓷顶部,压板顶部荷载可全部作用于压电陶瓷上,充分利用压电陶瓷优异的抗压性能,压电陶瓷反应灵敏,能够准确获取车辆相应数据,并且通过多个压电陶瓷阵列排布,能够通过排布间隔,车辆经过时间等数据,实现车辆轴重、速度的同时感知,减少设备的投入,并且导线连接电极,导线接头不与压电陶瓷顶底端直接接触,避免应力集中,提高压电陶瓷服役寿命并减少对数据精度的影响。

[0025] 进一步,限位板能够限制压电陶瓷横向滑动,防止倾覆。

[0026] 进一步,压板上层尺寸小于下层尺寸,使得车辆荷载不会分配到底座侧壁上,提高了荷载感知精度。

[0027] 进一步,封环能够限制压板竖向的跳动,避免装置损坏和影响数据获取精度。

[0028] 本发明所述方法的车辆速度计算利用多个压电感知元件响应数据,减少了速度采集时的偶然误差。车辆轴重计算考虑行车速度对轴载称量的影响,保障了轴重计算的动态性。

附图说明

[0029] 图1为本发明的装置结构示意图;

[0030] 图2为本发明的装置结构爆炸图;

[0031] 图3为本发明的装置应用图。

[0032] 其中:1-底座;2-压电陶瓷;3-电极;4-导线;5-上垫片;6-限位板;7-下垫片;8-压板;9-封环;10-走线孔。

具体实施方式

[0033] 下面结合附图对本发明做进一步详细描述:

[0034] 如图1所示,本发明所述的轴重、车速动态感知装置,如图2所示,该装置由从下往

上的底座1、内置组件、压板8和封环9组成。

[0035] 底座1顶面设置有矩形槽,矩形槽内形成空腔,矩形槽用于封装内部压电陶瓷2、电极3、导线4、上垫片5、下垫片7和限位板6。

[0036] 内置组件包括压电陶瓷2、电极3、导线4、上垫片5、下垫片7和限位板6。压电陶瓷2为感知器件核心部件,利用其正压电效应采集交通流信息。多个压电陶瓷2以阵列的形式排布在底座1内部矩形槽中。各个压电陶瓷2独立工作,压电陶瓷2之间既不并联也不串联。电极3为铜电极3,用导电银胶将其固定在压电陶瓷2两端。每个电极3连接有一根导线4,导线4用于导出压电陶瓷2正压电效应产生的电荷,电极3顶底端分别设置有上垫片5和下垫片7,上垫片5和下垫片7大小均与底座1的矩形槽相同,上垫片5和下垫片7间隔设置,底座1侧面设置有两个走线孔10,两个走线孔10分别与上垫片5和下垫片7位置对应。矩形槽底设置有限位板6,限位板6与矩形槽大小相同,限位板6上设置有多个阵列排布的通孔,通孔位置和数量与压电陶瓷2对应,压电陶瓷2设置在通孔中,限位板6位于上垫片5和下垫片7之间,将上垫片5和下垫片7分隔,限位板6用于限制压电陶瓷2单元横向滑动,防止倾覆。

[0037] 压板8形状类似梯台,为上下双层结构,压板8上部小下部大,上层尺寸小于下层尺寸,压板8底面与上垫片5接触,压板8底面大于多个压电陶瓷2的阵列面积,压板8顶面与车辆轮胎直接接触。

[0038] 封环9类似一把锁,封环9外径与底座1外径相同,封环9内径与压板8上层外径相同,封环9内环将压板8上层侧面包裹,封环9底面与底座1顶面连接,封环9用于将内置组件和压板8全部封装在底座1内部。封环9四周有螺丝孔,便于用螺钉将封环9固定底座1上。

[0039] 该感知装置为全压式压电感知器件,即外界荷载作用于压板8后,荷载可完全传递给感知装置中的压电陶瓷2。

[0040] 如图3所示,动态感知装置放置在埋入路面上面层中,压板8顶面设置在路表,压板8顶面与车辆轮胎直接接触。

[0041] 本装置在进行轴重和车速测量过程为:

[0042] 步骤一、获取压电陶瓷2阵列行数、阵列列数、相邻两列压电陶瓷2间距、单个压电陶瓷2横截面面积、动态感知装置沿行车方向长度、单个压电陶瓷2高度和单个压电陶瓷2压电应变常数;

[0043] 步骤二、将动态感知装置埋入行车道路中,压板8顶面设置在路表;

[0044] 步骤三、待车辆经过后,计算车辆的轴重和车速;

[0045] 车速 v 为:

$$[0046] \quad v = \frac{1}{m \times (n-1)} \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{i=1}^m \frac{l}{t_{i,j+1} - t_{i,j}}$$

[0047] 其中, m 为压电陶瓷2阵列行数; n 为压电陶瓷2阵列列数; l 为相邻两列压电陶瓷2间隔; $t_{i,j}$ 为压电陶瓷2阵列中第 i 行, j 列压电陶瓷2电信号峰值时刻; $t_{i,j-1}$ 为压电陶瓷2阵列中第 i 行, $j-1$ 列压电陶瓷2电信号峰值时刻;

[0048] 车辆轴重为:

$$[0049] \quad F = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \frac{u_{i,j} \sqrt{\pi^2 v^2 \epsilon_0^2 \epsilon_r^2 A^2 R^2 + (l_1 + l_2)^2 h}}{\pi v d R h}$$

[0050] 其中,F为作用在动态感知装置上的总轴重;m为压电陶瓷2阵列行数;n为压电陶瓷2阵列列数; $u_{i,j}$ 为压电陶瓷2矩阵中第i,j号压电陶瓷2电压信号峰值; ϵ_0 为绝对介电常数; ϵ_r 为相对介电常数;A为单个压电陶瓷2横截面面积;R为外接电阻阻值; l_1 为轮胎接地长度; l_2 为压电感知器件沿行车方向长度;h为单个压电陶瓷2高度;d为单个压电陶瓷2压电应变常数。

[0051] 具体的,压电感知器件埋设在路面上面层,压电感知器件压头与路表齐平。当车辆驶过压电感知器件时,压电感知器件内的压电陶瓷2沿行车方向依次响应。

[0052] 压电感知器件中第一列压电陶瓷2输出的电压信号峰值时刻为 $t_{11}, t_{21}, t_{31} \dots$, t_{m1} 。第二列压电陶瓷2输出的电压信号峰值时刻为 $t_{12}, t_{22}, t_{32} \dots$, t_{m2} 。第三列压电陶瓷2输出的电压信号峰值时刻为 $t_{13}, t_{23}, t_{33} \dots$, t_{m3} 。……,第n列压电陶瓷2输出的电压信号峰值时刻为 $t_{1n}, t_{2n}, t_{3n} \dots$, t_{mn} 。由 t_{11} 和 t_{12} 可计算出车速 v_1 为:

$$[0053] \quad v_1 = \frac{l}{t_{12} - t_{11}}$$

[0054] 由于一组数据计算出的车速误差偶然性较大,因此采用第一列和第二列所有压电陶瓷2电压信号峰值时刻数据计算的车速 v_2 为:

$$[0055] \quad v_2 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{l}{t_{i,2} - t_{i,1}}$$

[0056] 为进一步减小速度误差,由n列 $m \times n$ 个压电元件电压峰值时刻数据,计算的车速 v 为:

$$[0057] \quad v = \frac{1}{m \times (n-1)} \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{i=1}^m \frac{l}{t_{i,j+1} - t_{i,j}}$$

[0058] 车辆轮胎全部作用于压电感知器件上时,轮胎重量全部由压电感知器件内的压电陶瓷2阵列承担。单个压电陶瓷2承担荷载 $F_{i,j}$ 与该压电陶瓷2电压峰值 $u_{i,j}$ 关系为:

$$[0059] \quad F_{i,j} = \frac{u_{i,j} \sqrt{\omega^2 C^2 R^2 + 1}}{d \omega R}$$

$$[0060] \quad \omega = \frac{\pi v}{l_1 + l_2}$$

$$[0061] \quad C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{h}$$

[0062] 联立式(4)、(5)、(6)可得单个压电陶瓷2承担荷载 $F_{i,j}$ 为:

$$[0063] \quad F_{i,j} = \frac{u_{i,j} \sqrt{\pi^2 v^2 \epsilon_0^2 \epsilon_r^2 A^2 R^2 + (l_1 + l_2)^2 h}}{\pi v d R h}$$

[0064] 全部 $m \times n$ 个压电陶瓷2总承担荷载,也就是作用在压电感知器件上的车辆荷载为:

$$[0065] \quad F = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \frac{u_{i,j} \sqrt{\pi^2 v^2 \epsilon_0^2 \epsilon_r^2 A^2 R^2 + (l_1 + l_2)^2 h}}{\pi v d R h}$$

[0066] 以下给出本发明具体实施例,需要说明的是本发明并不局限于以下具体实施例,凡在本申请技术方案基础上做的等效变换均落入本发明的保护范围。

[0067] 实施例1:

[0068] 压电感知器件整体尺寸为 $30 \times 30 \times 4\text{cm}$,压头顶面与轮胎接触部分平面尺寸为 $26 \times 26\text{cm}$,即 l_2 为 26cm 。内置9个圆柱式压电陶瓷 23×3 排列,压电陶瓷2类型为PZT-5H,压电应变常数 $d=670 \times 10^{-12}\text{C/N}$,相对介电常数为3400。单个压电陶瓷2直径为 20mm ,高度为 10mm ,列间距 l 为 5cm 。每个压电陶瓷2外接电阻 $R=10\text{M}\Omega$ 。接地长度 $l_1=20\text{cm}$ 的车轮碾压过压电感知器件后,采集到的9个压电陶瓷2输出电压峰值时刻 $t_{i,j}$ 如下:

$$[0069] \quad t_{i,j} = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & t_{13} \\ t_{21} & t_{22} & t_{23} \\ t_{31} & t_{32} & t_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.006 & 0.009 & 0.012 \\ 0.006 & 0.009 & 0.012 \\ 0.006 & 0.009 & 0.012 \end{bmatrix} \text{s}$$

[0070] 由 t_{11} 和 t_{12} 可得 v_1 。

$$[0071] \quad v_1 = \frac{0.05}{0.003} = 16.67 \quad \text{m/s}=60\text{km/h}$$

[0072] 由第一列和第二列 $t_{i,j}$,可得 v_2 。

$$[0073] \quad v_2 = \frac{1}{3} \left(\frac{0.05}{0.003} + \frac{0.05}{0.003} + \frac{0.05}{0.003} \right) = 16.67 \quad \text{m/s}=60\text{km/h}$$

[0074] 由整个 $t_{i,j}$ 矩阵,可得 v 。

$$[0075] \quad v = \frac{1}{3 \times 2} \left(\frac{0.05}{0.003} + \frac{0.05}{0.003} + \frac{0.05}{0.003} + \frac{0.05}{0.003} + \frac{0.05}{0.003} + \frac{0.05}{0.003} \right) = 16.67 \quad \text{m/s}=60\text{km/h}。$$

[0076] 车辆轮胎全部作用于压电感知器件上时,轮胎重量全部由压电感知器件内的压电陶瓷2阵列承担。某时刻,压电陶瓷2阵列电压峰值 $u_{i,j}$ 如下:

$$[0077] \quad u_{i,j} = \begin{bmatrix} 200 & 200 & 200 \\ 200 & 200 & 200 \\ 200 & 200 & 200 \end{bmatrix} \text{V}$$

[0078] 由式得单个压电陶瓷2承担荷载 $F_{i,j}$ 为:

$$[0079] \quad F_{i,j} = \begin{bmatrix} 2.637 & 2.637 & 2.637 \\ 2.637 & 2.637 & 2.637 \\ 2.637 & 2.637 & 2.637 \end{bmatrix} \text{kN}$$

[0080] 作用在压电感知器件上的轮重为:

$$[0081] \quad F = 2.637 \times 9 = 23.733\text{kN}$$

[0082] 实施例2:

[0083] 压电感知器件整体尺寸为 $30 \times 30 \times 4\text{cm}$,压头顶面与轮胎接触部分平面尺寸为 $26 \times 26\text{cm}$,即 l_2 为 26cm 。内置9个圆柱式压电陶瓷 25×5 排列,压电陶瓷2类型为PZT-5H,压电应变常数 $d=670 \times 10^{-12}\text{C/N}$,相对介电常数为3400。单个压电陶瓷2直径为 20mm ,高度为 10mm ,列间距 l 为 3cm 。每个压电陶瓷2外接电阻 $R=10\text{M}\Omega$ 。接地长度 $l_1=20\text{cm}$ 的车轮碾压过压电感知器件后,采集到的25个压电陶瓷2输出电压峰值时刻 $t_{i,j}$ 如下:

$$[0084] \quad t_{i,j} = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & t_{13} & t_{14} & t_{15} \\ t_{21} & t_{22} & t_{23} & t_{24} & t_{25} \\ t_{31} & t_{32} & t_{33} & t_{34} & t_{35} \\ t_{41} & t_{42} & t_{43} & t_{44} & t_{45} \\ t_{51} & t_{52} & t_{53} & t_{54} & t_{55} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.006 & 0.008 & 0.010 & 0.012 & 0.014 \\ 0.006 & 0.008 & 0.010 & 0.012 & 0.014 \\ 0.006 & 0.008 & 0.010 & 0.012 & 0.014 \\ 0.006 & 0.008 & 0.010 & 0.012 & 0.014 \\ 0.006 & 0.008 & 0.010 & 0.012 & 0.014 \end{bmatrix}$$

[0085] 由 t_{11} 和 t_{12} 可得 v_1 。

$$[0086] \quad v_1 = \frac{0.03}{0.002} = 15 \quad \text{m/s}=54\text{km/h}$$

[0087] 由第一列和第二例 $t_{i,j}$,可得 v_2 。

$$[0088] \quad v_2 = \frac{1}{5} \left(\frac{0.03}{0.002} + \frac{0.03}{0.002} + \frac{0.03}{0.002} + \frac{0.03}{0.002} + \frac{0.03}{0.002} \right) = 15 \quad \text{m/s}=54\text{km/h}$$

[0089] 由整个 $t_{i,j}$ 矩阵,可得 v 。

$$[0090] \quad v = \frac{1}{5 \times 4} \left(\frac{0.03}{0.002} + \frac{0.03}{0.002} + \frac{0.03}{0.002} + \frac{0.03}{0.002} + \frac{0.03}{0.002} + \Lambda \right) = 15 \quad \text{m/s}=54\text{km/h}。$$

[0091] 车辆轮胎全部作用于压电感知器件上时,轮胎重量全部由压电感知器件内的压电陶瓷2阵列承担。某时刻,压电陶瓷2阵列电压峰值 $u_{i,j}$ 如下:

$$[0092] \quad u_{i,j} = \begin{bmatrix} 80 & 80 & 80 & 80 & 80 \\ 80 & 80 & 80 & 80 & 80 \\ 80 & 80 & 80 & 80 & 80 \\ 80 & 80 & 80 & 80 & 80 \\ 80 & 80 & 80 & 80 & 80 \end{bmatrix} V$$

[0093] 由式得单个压电陶瓷2承担荷载 $F_{i,j}$ 为:

$$[0094] \quad F_{i,j} = \begin{bmatrix} 1.0551 & 1.0551 & 1.0551 & 1.0551 & 1.0551 \\ 1.0551 & 1.0551 & 1.0551 & 1.0551 & 1.0551 \\ 1.0551 & 1.0551 & 1.0551 & 1.0551 & 1.0551 \\ 1.0551 & 1.0551 & 1.0551 & 1.0551 & 1.0551 \\ 1.0551 & 1.0551 & 1.0551 & 1.0551 & 1.0551 \end{bmatrix} kN$$

[0095] 作用在压电感知器件上的轮重为:

$$[0096] \quad F = 1.0551 \times 25 = 26.3775\text{kN}$$

[0097] 以上内容仅为说明本发明的技术思想,不能以此限定本发明的保护范围,凡是按照本发明提出的技术思想,在技术方案基础上所做的任何改动,均落入本发明权利要求书的保护范围之内。

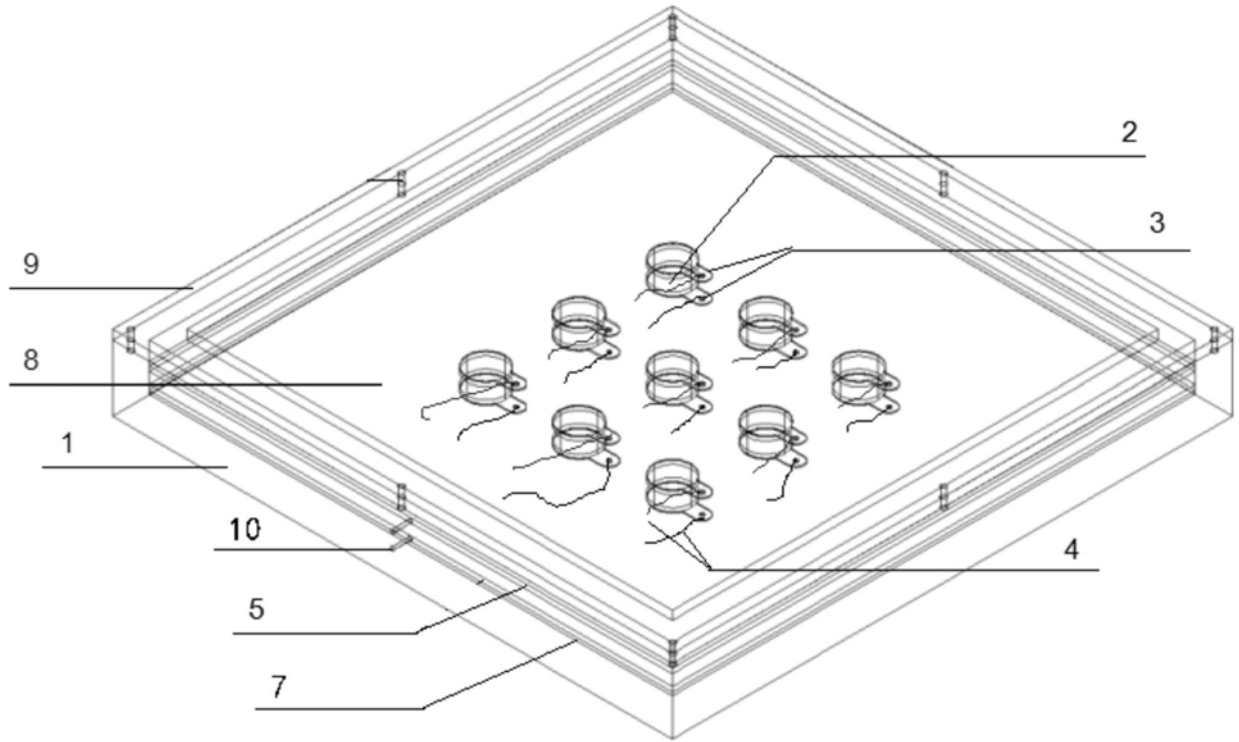


图1

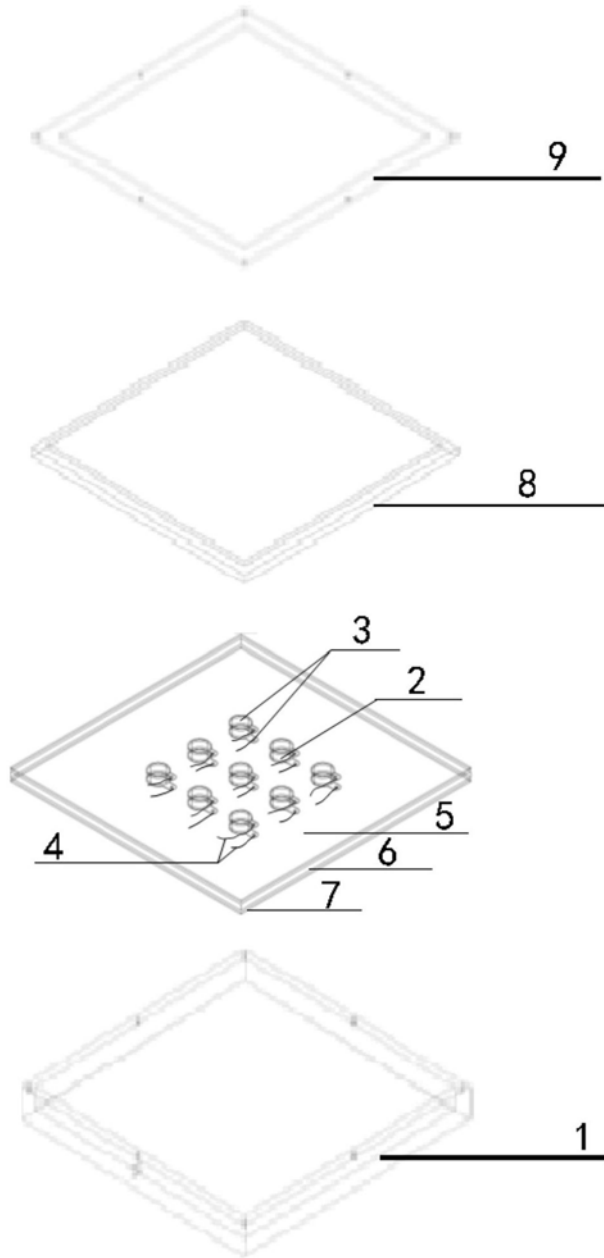


图2

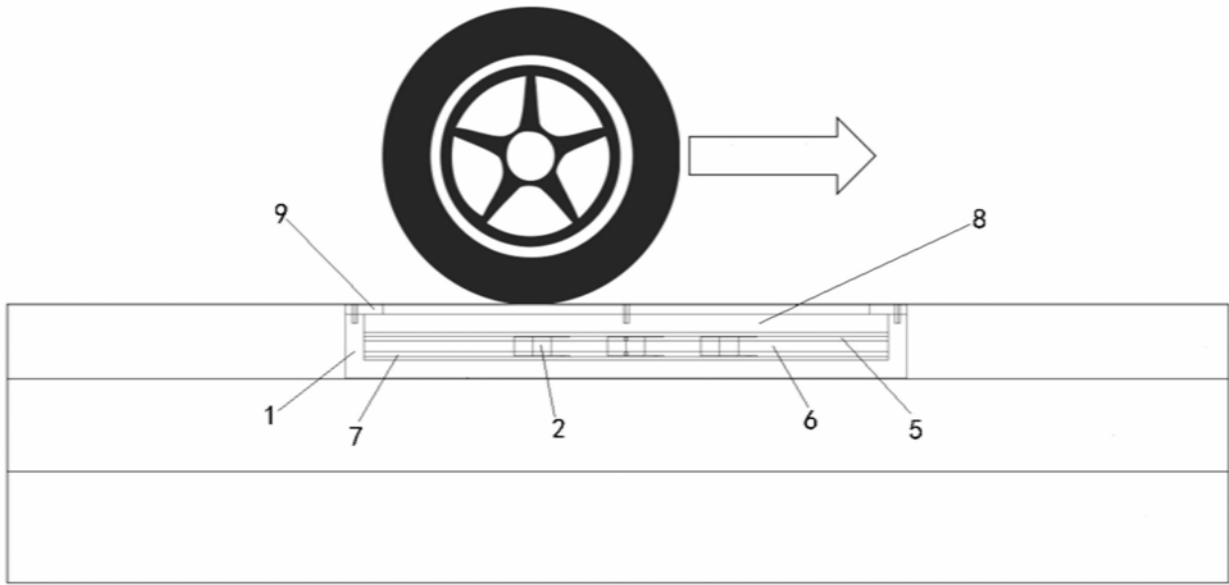


图3