



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107769611 A

(43)申请公布日 2018.03.06

(21)申请号 201711037706.5

(22)申请日 2017.10.31

(71)申请人 长春工业大学

地址 130012 吉林省长春市朝阳区延安大街2055号

(72)发明人 卢晓晖 程廷海 姜雨 张晓松
乔永禄 邢辉达

(51)Int.Cl.

H02N 2/18(2006.01)

H02K 35/02(2006.01)

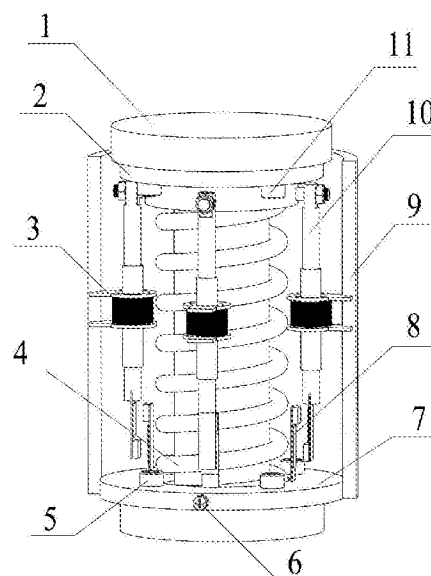
权利要求书2页 说明书5页 附图9页

(54)发明名称

基于汽车悬架振动的压电-电磁复合式宽频能量俘获装置

(57)摘要

本发明公开了基于汽车悬架振动的压电-电磁复合式宽频能量俘获装置,以解决当前悬架振动俘能装置俘能频带窄、能量转换效率低等问题。本发明主要由减震器、发电固定装置、电磁发电组件、弹簧、筒型外壳底端盖、压电发电组件、筒型外壳和驱动组件组成。其中弹簧由于伸缩变形带动驱动组件上下运动,使驱动组件末端磁铁与压电发电组件末端的磁铁相互作用,实现低频带宽下获得高频响应的压电发电;同时驱动组件的中部磁铁与电磁发电组件的线圈产生相对运动,实现电磁发电。本发明能够将悬架振动能转变为电能,具有结构简单、俘能频带宽、俘能效率高等特点,可为车用传感器供电或汽车蓄电池充电,在汽车振动能量回收技术领域具有很好的应用前景。



1. 基于汽车悬架振动的压电-电磁复合式宽频能量俘获装置,其特征在於所述基于汽车悬架振动的压电-电磁复合式宽频能量俘获装置由减震器(1)、发电固定装置(2)、电磁发电组件(3)、弹簧(4)、螺钉Ⅰ(5)、螺钉Ⅱ(6)、筒型外壳底端盖(7)、压电发电组件(8)、筒型外壳(9)、驱动组件(10)和螺钉Ⅲ(11)组成;所述发电固定装置(2)与减震器(1)上端通过螺钉Ⅲ(11)旋合连接,所述电磁发电组件(3)与筒型外壳(9)的内壁通过胶粘连接,所述弹簧(4)与减震器(1)套接,所述筒型外壳底端盖(7)与减震器(1)下端通过螺钉Ⅰ(5)旋合连接,所述压电发电组件(8)与筒型外壳底端盖(7)通过胶粘连接,所述筒型外壳(9)与筒型外壳底端盖(7)通过螺钉Ⅱ(6)旋合连接,所述驱动组件(10)与发电固定装置(2)通过连接轴(2-1)旋合连接,同时驱动组件(10)穿过电磁发电组件(3);所述减震器(1)上端周向均布四个上端螺纹孔(1-1),所述上端螺纹孔(1-1)与发电固定装置(2)上的固定盘(2-2)通过螺钉Ⅲ(11)旋合连接;所述减震器(1)下端周向均布四个下端螺纹孔(1-2),所述下端螺纹孔(1-2)与筒型外壳底端盖(7)上的端盖通孔(7-1)通过螺钉Ⅰ(5)旋合连接;所述发电固定装置(2)包括连接轴(2-1)和固定盘(2-2),所述连接轴(2-1)与固定盘(2-2)旋合连接;所述电磁发电组件(3)包括线圈上固定端(3-1)、线圈下固定端(3-2)、线圈(3-3)和圆形套筒(3-4),所述线圈上固定端(3-1)与筒型外壳(9)上的方形槽Ⅱ(9-1)通过胶粘连接,所述线圈下固定端(3-2)与筒型外壳(9)上的方形槽Ⅲ(9-2)通过胶粘连接;所述线圈(3-3)缠绕于圆形套筒(3-4)外圆周面上;所述筒型外壳底端盖(7)的上表面(7-4)周向均布四个端盖通孔(7-1),所述端盖通孔(7-1)与减震器(1)的下端螺纹孔(1-2)通过螺钉Ⅰ(5)旋合连接;所述筒型外壳底端盖(7)的上表面(7-4)周向均布四个方形槽Ⅰ(7-2),所述方形槽Ⅰ(7-2)与压电发电组件(8)的金属基板Ⅰ(8-3)通过胶粘连接;所述筒型外壳底端盖(7)的侧圆周面对称设置有两个端盖螺纹孔(7-3),所述端盖螺纹孔(7-3)与筒型外壳(9)的外壳通孔(9-3)通过螺钉Ⅱ(6)旋合连接;所述压电发电组件(8)包括磁铁Ⅰ(8-1)、压电片Ⅰ(8-2)和金属基板Ⅰ(8-3);所述压电发电组件(8)上的磁铁Ⅰ(8-1)与金属基板Ⅰ(8-3)通过胶粘连接;所述压电发电组件(8)上的压电片Ⅰ(8-2)与金属基板Ⅰ(8-3)通过胶粘连接;所述压电发电组件(8)上的金属基板Ⅰ(8-3)与筒型外壳底端盖(7)上的方形槽Ⅰ(7-2)通过胶粘连接;所述筒型外壳(9)的内壁上沿轴向设有方形槽Ⅱ(9-1)和方形槽Ⅲ(9-2),所述方形槽Ⅱ(9-1)与线圈上固定端(3-1)通过胶粘连接,所述方形槽Ⅲ(9-2)与线圈下固定端(3-2)通过胶粘连接;所述筒型外壳(9)的下端沿周向对称设置有两个外壳通孔(9-3),所述外壳通孔(9-3)与筒型外壳底端盖(7)的端盖螺纹孔(7-3)通过螺钉Ⅱ(6)旋合连接;所述驱动组件(10)由电磁发电部分(10-1)和压电发电部分(10-2)组成,所述压电发电部分(10-2)安装于电磁发电部分(10-1)下端,所述驱动组件(10)穿过圆形套筒(3-4)。

2. 根据权利要求1所述的基于汽车悬架振动的压电-电磁复合式宽频能量俘获装置,其特征在於所述连接轴(2-1)的两端分别设有外螺纹Ⅰ(2-1-1)和外螺纹Ⅱ(2-1-2),所述外螺纹Ⅰ(2-1-1)与固定盘(2-2)上的固定盘螺纹孔(2-2-2)旋合连接,所述外螺纹Ⅱ(2-1-2)与驱动组件(10)中的连接装置螺纹孔(10-1-5)旋合连接;所述固定盘(2-2)的上端环形盘端面(2-2-4)周向均布四个固定盘通孔(2-2-1),所述固定盘通孔(2-2-1)与减震器(1)的上端螺纹孔(1-1)通过螺钉Ⅲ(11)旋合连接;所述固定盘(2-2)的下端环形盘圆周面(2-2-3)的均布四个固定盘螺纹孔(2-2-2),所述固定盘螺纹孔(2-2-2)与连接轴(2-1)一端的外螺纹Ⅰ(2-1-1)旋合连接。

3. 根据权利要求1所述的基于汽车悬架振动的压电-电磁复合式宽频能量俘获装置,其特征在于所述电磁发电部分(10-1)包括圆柱形磁铁连接装置I(10-1-1)、圆柱形磁铁连接装置II(10-1-2)、方形凹槽(10-1-3)、圆柱磁铁(10-1-4)和连接装置螺纹孔(10-1-5);圆柱形磁铁连接装置I(10-1-1)和圆柱形磁铁连接装置II(10-1-2)与圆柱磁铁(10-1-4)的两端部通过胶粘连接;所述电磁发电部分(10-1)的下端部设有方形凹槽(10-1-3),其与压电发电部分(10-2)中的金属基板II(10-2-1)通过胶粘连接;所述电磁发电部分(10-1)的上端部设有连接装置螺纹孔(10-1-5),其与连接轴(2-1)旋合连接;所述压电发电部分(10-2)的压电片II(10-2-2)与金属基板II(10-2-1)通过胶粘连接,所述压电发电部分(10-2)上的磁铁II(10-2-3)通过胶粘连接于金属基板II(10-2-1)自由端。

4. 根据权利要求1所述的基于汽车悬架振动的压电-电磁复合式宽频能量俘获装置,其特征在于所述电磁发电组件(3)可为 m 个, m 为大于等于1的正整数;所述压电发电组件(8)可为 n 个, n 为大于等于1的正整数,且 $m=n$ 。

基于汽车悬架振动的压电-电磁复合式宽频能量俘获装置

技术领域

[0001] 本发明涉及基于汽车悬架振动的压电-电磁复合式宽频能量俘获装置,属于汽车振动能量回收技术领域。

背景技术

[0002] 悬架是汽车的车架与车桥之间的一切传力连接装置的总称,它的作用是把路面作用于车轮上的垂直反力、纵向反力和侧向反力以及这些反力所造成的力矩传递到车架上,以保证汽车的正常行驶。汽车在道路上行驶时,来自路面的激励以及各种复杂的道路工况等原因,汽车一部分能量会因悬架的振动转换为热能消耗掉,如果能把这部分能量进行回收利用,能在很大程度上降低消耗,节约资源,同时减少使用成本。并且随着集成电路的发展,电子设备呈现出微型化的发展趋势,传感器被广泛用在汽车上,用来监测汽车的使用状态,而且其所需的功率一般都很小。部分传感器是由电池供电,但电池供电存在着使用寿命有限、需定期更换、环境污染等缺点。如果对悬架振动能量进行收集并直接将其给汽车传感器供电或锂电池充电,便能很好的解决对微电子产品供能的需求。

[0003] 目前,对于振动能量的回收主要有三种方式:(1)利用压电材料的压电效应将振动能转换为电能的压电式;(2)利用电磁感应现象将振动能转换为电能的电磁式;(3)利用电容原理将振动能转换为电能的静电式。这三种方式各有优缺点:压电俘能具有输出电压高、体积小、功率密度高、易于微型化等优点,但其带宽较窄,不适合低频场合;电磁俘能具有阻抗大、输出电流大等优点,但其感生电压低,难以集成化;静电俘能具有易于和微机电系统集成的优点,然而其需要外加电压源和电荷源,无法独立俘能,应用有限。

[0004] 目前,对于汽车悬架振动能量回收主要集中利用压电式,但是压电式俘能存在俘能频带窄的缺点,而且独立的俘能原理对悬架振动能量的收集存在能量转换效率低的问题。因此在悬架振动俘能过程中,如何拓宽悬架振动能量的频带宽度、提高俘能效率是我们迫切需要解决的问题。

发明内容

[0005] 为了解决上述悬架振动能量俘能频带窄、能量转换效率低等问题,本发明公开基于汽车悬架振动的压电-电磁复合式宽频能量俘获装置。

[0006] 本发明所采用的技术方案是:所述基于汽车悬架振动的压电-电磁复合式宽频能量俘获装置由减震器、发电固定装置、电磁发电组件、弹簧、螺钉Ⅰ、螺钉Ⅱ、筒型外壳底端盖、压电发电组件、筒型外壳、驱动组件和螺钉Ⅲ组成;所述发电固定装置与减震器上端通过螺钉Ⅲ旋合连接,所述电磁发电组件与筒型外壳的内壁通过胶粘连接,所述弹簧与减震器套接,所述筒型外壳底端盖与减震器下端通过螺钉Ⅰ旋合连接,所述压电发电组件与筒型外壳底端盖通过胶粘连接,所述筒型外壳与筒型外壳底端盖通过螺钉Ⅱ旋合连接,所述驱动组件与发电固定装置通过连接轴旋合连接,同时驱动组件穿过电磁发电组件。

[0007] 所述减震器上端周向均布四个上端螺纹孔,所述上端螺纹孔与发电固定装置上的

固定盘通过螺钉Ⅲ旋合连接；所述减震器下端周向均布四个下端螺纹孔，所述下端螺纹孔与筒型外壳底端盖上的端盖通孔通过螺钉Ⅰ旋合连接；所述发电固定装置包括连接轴和固定盘，所述连接轴与固定盘旋合连接；所述电磁发电组件包括线圈上固定端、线圈下固定端、线圈和圆形套筒，所述线圈上固定端与筒型外壳上的方形槽Ⅱ通过胶粘连接，所述线圈下固定端与筒型外壳上的方形槽Ⅲ通过胶粘连接；所述线圈缠绕于圆形套筒外圆周面上；所述筒型外壳底端盖的上表面周向均布四个端盖通孔，所述端盖通孔与减震器的下端螺纹孔通过螺钉Ⅰ旋合连接；所述筒型外壳底端盖的上表面周向均布四个方形槽Ⅰ，所述方形槽Ⅰ与压电发电组件的金属基板Ⅰ通过胶粘连接；所述筒型外壳底端盖的侧圆周面对称设置有两个端盖螺纹孔，所述端盖螺纹孔与筒型外壳的外壳通孔通过螺钉Ⅱ旋合连接；所述压电发电组件包括磁铁Ⅰ、压电片Ⅰ和金属基板Ⅰ；所述压电发电组件上的磁铁Ⅰ与金属基板Ⅰ通过胶粘连接；所述压电发电组件上的压电片Ⅰ与金属基板Ⅰ通过胶粘连接；所述压电发电组件上的金属基板Ⅰ与筒型外壳底端盖上的方形槽Ⅰ通过胶粘连接；所述筒型外壳的内壁上沿轴向设有方形槽Ⅱ和方形槽Ⅲ，所述方形槽Ⅱ与线圈上固定端通过胶粘连接，所述方形槽Ⅲ与线圈下固定端通过胶粘连接；所述筒型外壳的下端沿周向对称设有两个外壳通孔，所述外壳通孔与筒型外壳底端盖的端盖螺纹孔通过螺钉Ⅱ旋合连接；所述驱动组件由电磁发电部分和压电发电部分组成，所述压电发电部分安装于电磁发电部分下端，所述驱动组件穿过圆形套筒。

[0008] 所述连接轴的两端分别设有外螺纹Ⅰ和外螺纹Ⅱ，所述外螺纹Ⅰ与固定盘上的固定盘螺纹孔旋合连接，所述外螺纹Ⅱ与驱动组件中的连接装置螺纹孔旋合连接；所述固定盘的上端环形盘端面周向均布四个固定盘通孔，所述固定盘通孔与减震器的上端螺纹孔通过螺钉Ⅲ旋合连接；所述固定盘的下端环形盘圆周面的均布四个固定盘螺纹孔，所述固定盘螺纹孔与连接轴一端的外螺纹Ⅰ旋合连接。

[0009] 所述电磁发电部分包括圆柱形磁铁连接装置Ⅰ、圆柱形磁铁连接装置Ⅱ、方形凹槽、圆柱磁铁和连接装置螺纹孔；圆柱形磁铁连接装置Ⅰ和圆柱形磁铁连接装置Ⅱ与圆柱磁铁的两端部通过胶粘连接；所述电磁发电部分的下端部设有方形凹槽，其与压电发电部分中的金属基板Ⅱ通过胶粘连接；所述电磁发电部分的上端部设有连接装置螺纹孔，其与连接轴旋合连接；所述压电发电部分的压电片Ⅱ与金属基板Ⅱ通过胶粘连接；所述压电发电部分上的磁铁Ⅱ通过胶粘，连接于金属基板Ⅱ自由端。

[0010] 所述电磁发电组件可为 m 个， m 为大于等于1的正整数；所述压电发电组件可为 n 个， n 为大于等于1的正整数，且 $m=n$ 。

[0011] 本发明的有益效果是：本发明利用电磁感应原理和压电材料的正压电效应将汽车的振动能转变为电能，进而为车用传感器供电或汽车蓄电池充电，极大的提高了该俘能装置的俘能效率及汽车振动能量的利用率，实现了汽车悬架振动能量的高效俘能。本发明解决了当前悬架振动俘能装置能量俘能频带窄、能量转换效率低等问题，同时本发明具有结构简单、俘能频带宽、能量利用率高、节能环保等特点，在汽车振动能量回收技术领域具有很好的应用前景。

附图说明

[0012] 图1 所示为本发明提出的基于汽车悬架振动的压电-电磁复合式宽频能量俘获装

置的结构示意图；

图2 所示为本发明提出的基于汽车悬架振动的压电-电磁复合式宽频能量俘获装置中减震器的结构示意图；

图3 所示为本发明提出的基于汽车悬架振动的压电-电磁复合式宽频能量俘获装置中发电固定装置的结构示意图；

图4 所示为本发明提出的基于汽车悬架振动的压电-电磁复合式宽频能量俘获装置中连接轴的结构示意图；

图5 所示为本发明提出的基于汽车悬架振动的压电-电磁复合式宽频能量俘获装置中固定盘的结构示意图；

图6 所示为本发明提出的基于汽车悬架振动的压电-电磁复合式宽频能量俘获装置中电磁发电组件的结构示意图；

图7 所示为本发明提出的基于汽车悬架振动的压电-电磁复合式宽频能量俘获装置中筒型外壳底端盖的结构示意图；

图8 所示为本发明提出的基于汽车悬架振动的压电-电磁复合式宽频能量俘获装置中压电发电组件的结构示意图；

图9 所示为本发明提出的基于汽车悬架振动的压电-电磁复合式宽频能量俘获装置中筒型外壳的结构示意图；

图10 所示为本发明提出的基于汽车悬架振动的压电-电磁复合式宽频能量俘获装置中驱动组件的结构示意图；

图11 所示为本发明提出的基于汽车悬架振动的压电-电磁复合式宽频能量俘获装置中电磁发电部分的结构示意图；

图12 所示为本发明提出的基于汽车悬架振动的压电-电磁复合式宽频能量俘获装置中压电发电部分的结构示意图。

具体实施方式

[0013] 具体实施方式：结合图1~图12说明本实施方式。

[0014] 本实施方式提供基于汽车悬架振动的压电-电磁复合式宽频能量俘获装置的具体实施方案。所述基于汽车悬架振动的压电-电磁复合式宽频能量俘获装置由减震器1、发电固定装置2、电磁发电组件3、弹簧4、螺钉Ⅰ5、螺钉Ⅱ6、筒型外壳底端盖7、压电发电组件8、筒型外壳9、驱动组件10和螺钉Ⅲ11组成；所述发电固定装置2与减震器1上端通过螺钉Ⅲ11旋合连接，所述电磁发电组件3与筒型外壳9内壁的方形槽Ⅱ9-1和方形槽Ⅲ9-2胶粘连接，所述弹簧4与减震器1套接，所述筒型外壳底端盖7与减震器1下端通过螺钉Ⅰ5旋合连接，所述压电发电组件8的金属基板Ⅰ8-3与筒型外壳底端盖7的方形槽Ⅰ7-2通过胶粘连接，所述筒型外壳9与筒型外壳底端盖7通过螺钉Ⅱ6旋合连接，所述驱动组件10与发电固定装置2通过连接轴2-1旋合连接，同时驱动组件10穿过电磁发电组件3的圆形套筒3-4。

[0015] 所述减震器1上端周向均布四个上端螺纹孔1-1，其与发电固定装置2上的固定盘2-2的固定盘通孔2-2-1通过螺钉Ⅲ11旋合连接，以实现减震器1与发电固定装置2的紧固连接；所述减震器1下端周向均布四个下端螺纹孔1-2，其与筒型外壳底端盖7上的端盖通孔7-1通过螺钉Ⅰ5旋合连接，以实现减震器1与筒型外壳底端盖7的紧固连接。

[0016] 所述发电固定装置2包括连接轴2-1和固定盘2-2,所述连接轴2-1的两端分别设有外螺纹I2-1-1和外螺纹II2-1-2,所述外螺纹I2-1-1与固定盘2-2上的固定盘螺纹孔2-2-2旋合连接,所述外螺纹II2-1-2与驱动组件10中的连接装置螺纹孔10-1-5旋合连接,以实现发电固定装置2与驱动组件10的连接;所述固定盘2-2的上端环形盘端面2-2-4周向均布四个固定盘通孔2-2-1,所述固定盘通孔2-2-1与减震器1的上端螺纹孔1-1通过螺钉III11旋合连接,以实现发电固定装置2与减震器1的紧固连接;所述固定盘2-2的下端环形盘圆端面2-2-3的均布四个固定盘螺纹孔2-2-2,所述固定盘螺纹孔2-2-2与连接轴2-1一端的外螺纹I2-1-1旋合连接。

[0017] 所述电磁发电组件3包括线圈上固定端3-1、线圈下固定端3-2、线圈3-3和圆形套筒3-4,所述线圈上固定端3-1与筒型外壳9上的方形槽II9-1通过胶粘连接,所述线圈下固定端3-2与筒型外壳9上的方形槽III9-2通过胶粘连接,以实现电磁发电组件3与筒型外壳9的固定连接;所述线圈3-3缠绕于圆形套筒3-4外圆周面上,所述圆形套筒3-4套筒内穿过驱动组件10,当驱动组件10与圆形套筒3-4产生相对运动时,可实现线圈3-3与驱动组件10中电磁发电部分10-1的圆柱磁铁10-1-4之间的相互作用,产生电磁感应现象,进行电磁发电;所述电磁发电组件3可为m个,m为大于等于1的正整数,本具体实施方式中m的取值为4,所述电磁发电组件3用于实现电磁发电。

[0018] 所述筒型外壳底端盖7的上表面7-4周向均布四个端盖通孔7-1,所述端盖通孔7-1与减震器1的下端螺纹孔1-2通过螺钉I5旋合连接;所述筒型外壳底端盖7的上表面7-4周向均布四个方形槽I7-2,其与压电发电组件8的金属基板I8-3通过胶粘连接;所述筒型外壳底端盖7的侧圆周面对称设置有两个端盖螺纹孔7-3,所述端盖螺纹孔7-3与筒型外壳9的外壳通孔9-3通过螺钉II6旋合连接,以实现筒型外壳底端盖7与筒型外壳9的固定连接。

[0019] 所述压电发电组件8上的磁铁I8-1与金属基板I8-3通过胶粘连接;所述压电发电组件8上的压电片I8-2与金属基板I8-3通过胶粘连接;所述压电发电组件8上的金属基板I8-3与筒型外壳底端盖7上的方形槽I7-2通过胶粘连接,以实现压电发电组件8与筒型外壳底端盖7的固定连接;所述压电发电组件8可为n个,n为大于等于1的正整数,本具体实施方式中n的取值为4,所述压电发电组件8用于实现压电发电。

[0020] 所述筒型外壳9的内壁上沿轴向设有方形槽II9-1和方形槽III9-2,所述方形槽II9-1与线圈上固定端3-1通过胶粘连接,所述方形槽III9-2与线圈下固定端3-2通过胶粘连接,以实现电磁发电组件3与筒型外壳9的固定连接;所述筒型外壳9的下端沿周向对称设置有两个外壳通孔9-3,所述外壳通孔9-3与筒型外壳底端盖7的端盖螺纹孔7-3通过螺钉II6旋合连接。

[0021] 所述驱动组件10由电磁发电部分10-1和压电发电部分10-2组成;其中,电磁发电部分10-1包括圆柱形磁铁连接装置I10-1-1、圆柱形磁铁连接装置II10-1-2、方形凹槽10-1-3、圆柱磁铁10-1-4和连接装置螺纹孔10-1-5;圆柱形磁铁连接装置I10-1-1和圆柱形磁铁连接装置II10-1-2与圆柱磁铁10-1-4的两端部通过胶粘连接;所述电磁发电部分10-1的下端部设有方形凹槽10-1-3,其与压电发电部分10-2中的金属基板II10-2-1通过胶粘连接;所述圆柱磁铁10-1-4与电磁发电组件3相互作用,产生电磁感应现象,实现电磁发电;所述电磁发电部分10-1的上端部设有连接装置螺纹孔10-1-5,其与连接轴2-1旋合连接;所述压电发电部分10-2的压电片II10-2-2与金属基板II10-2-1通过胶粘连接;所述压电发电部

分10-2上的磁铁Ⅱ10-2-3通过胶粘,连接于金属基板Ⅱ10-2-1自由端,其用于与压电发电组件8上的磁铁I8-1相互作用,使压电发电组件8和压电发电部分10-2在磁铁I8-1与磁铁Ⅱ10-2-3相互作用下产生初始偏转。

[0022] 本实施方式的工作原理:汽车行驶过程中,其悬架的振动使发电固定装置2随着弹簧4而上下运动,从而带动发电固定装置2上的驱动组件10上下运动,驱动组件10上的电磁发电部分10-1的圆柱磁铁10-1-4在电磁发电组件3的圆形套筒3-4内上下运动,基于电磁感应原理,从而使电磁发电组件3的线圈3-3产生感应电流,实现电磁发电;同时,在驱动组件10上下运动的过程中,压电发电部分10-2的磁铁Ⅱ10-2-3与压电发电组件8的磁铁I8-1发生相互作用,使压电发电组件8和压电发电部分10-2在磁铁I8-1与磁铁Ⅱ10-2-3相互作用下产生初始偏转,当驱动组件10继续运动时,磁铁I8-1与磁铁Ⅱ10-2-3之间的作用力会减弱,压电发电组件8和压电发电部分10-2仍能在各自的谐振频率下自由振动,实现了俘能装置在低频激励下获得高频响应,从而拓宽了悬架振动能量收集带宽,提高了能量转换效率;压电-电磁复合俘能方式能够克服独立的俘能方式,提高俘能效率,将产生的电能通过模块处理后可直接为车用传感器供电或汽车蓄电池充电,实现了汽车悬架振动能量的高效俘能。

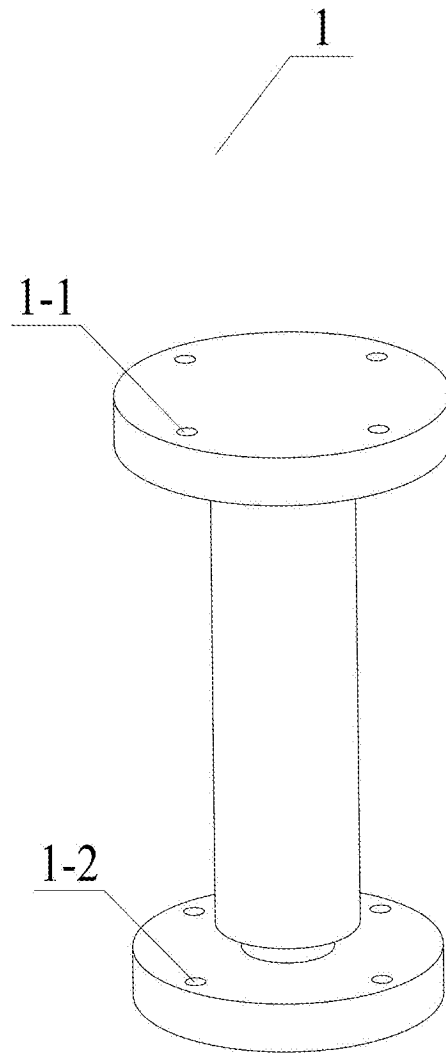


图2

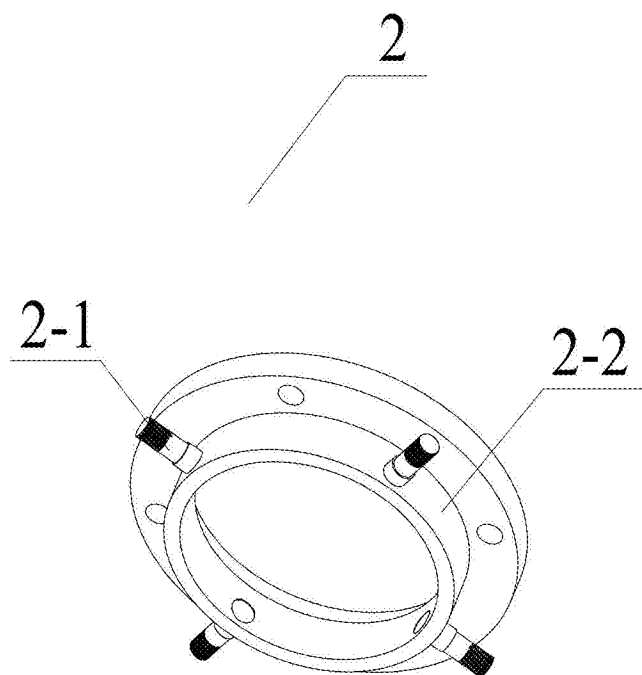


图3

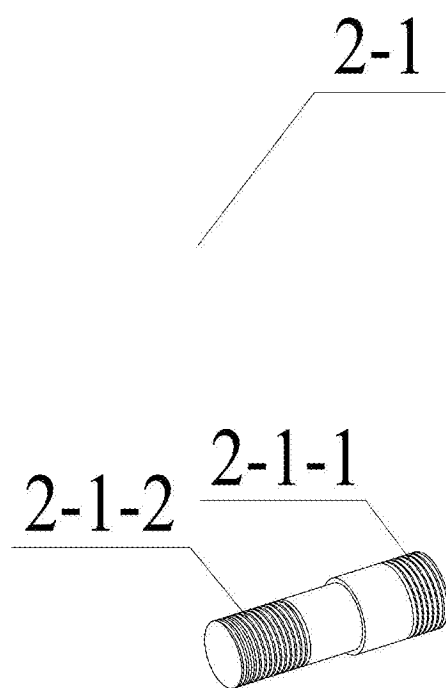


图4

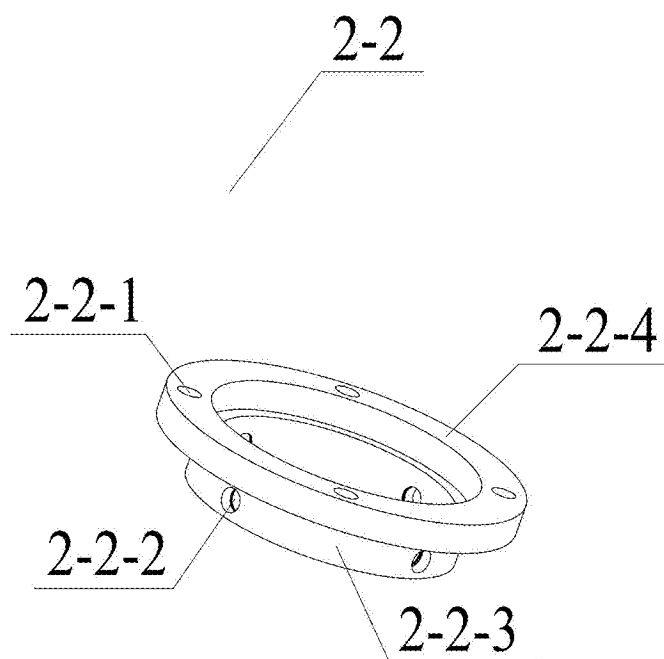


图5

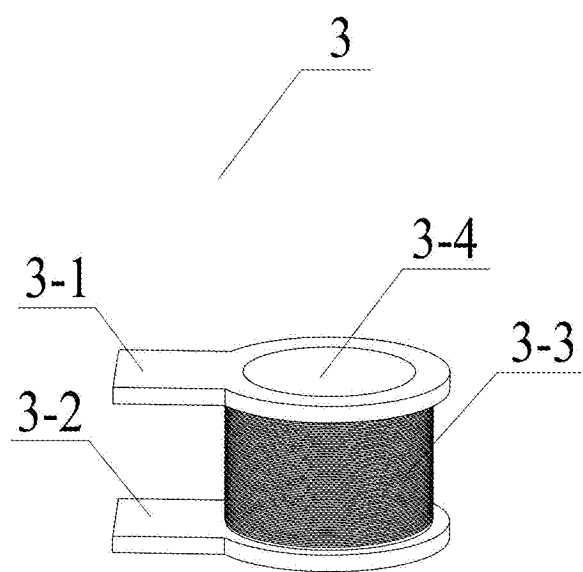


图6

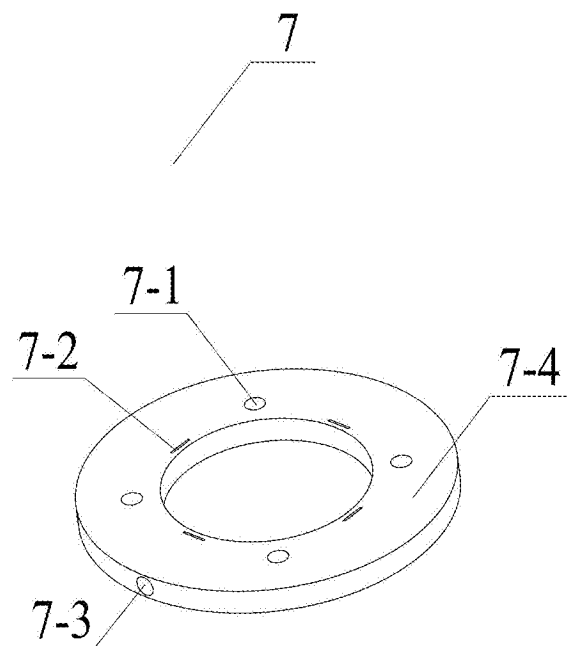


图7

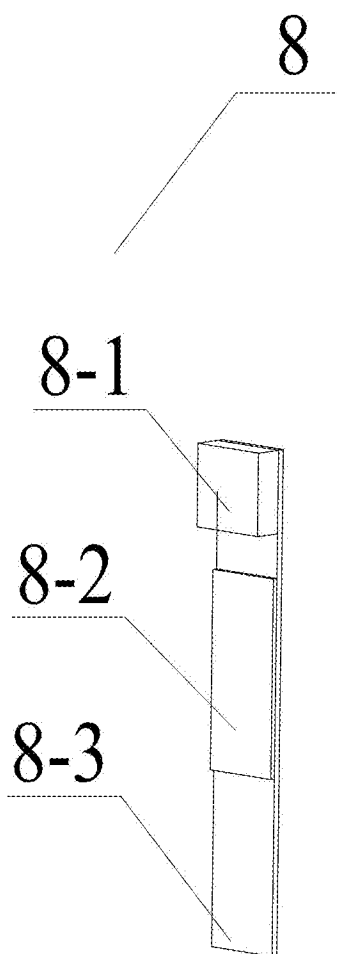


图8

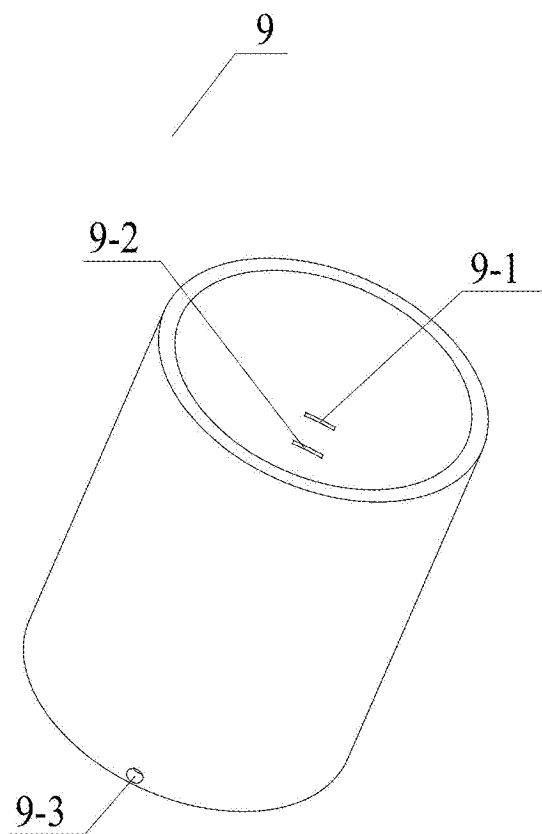


图9

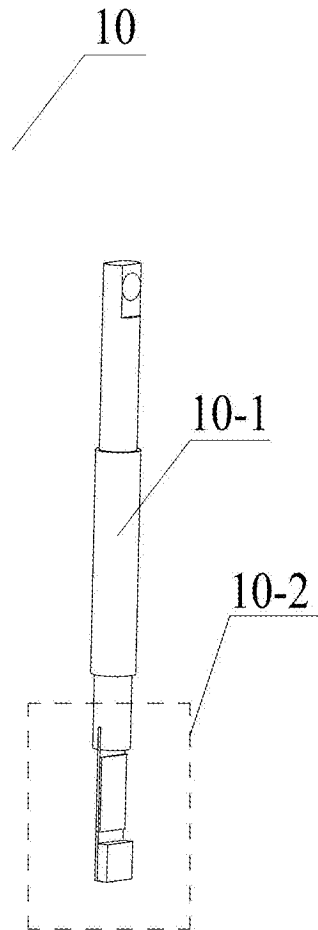


图10

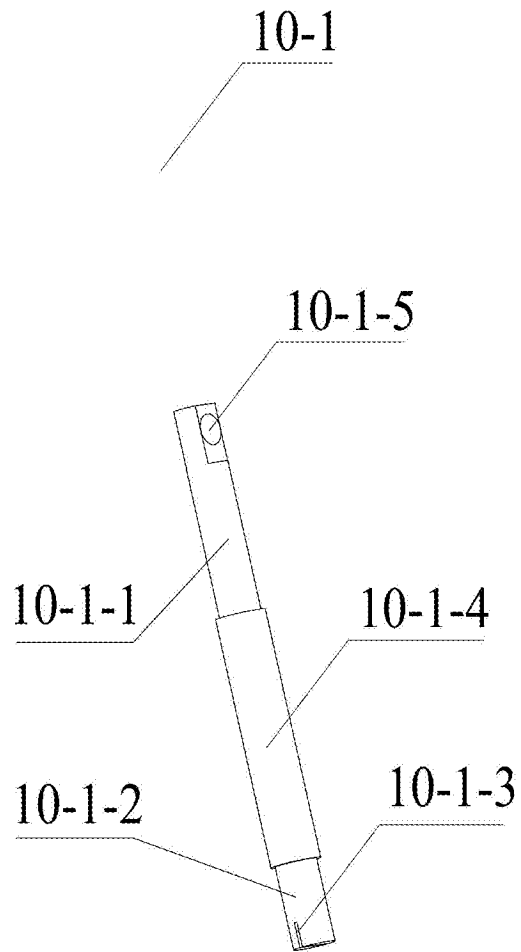


图11

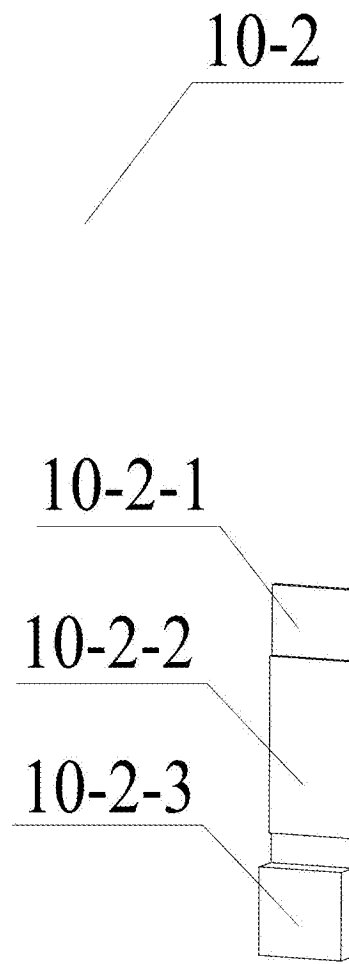


图12