



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103334509 B

(45) 授权公告日 2016. 03. 16

(21) 申请号 201310289997. 2

EP 1160482 A2, 2001. 12. 05,

(22) 申请日 2013. 07. 10

CN 201561089 U, 2010. 08. 25,

(73) 专利权人 隔而固(青岛)振动控制有限公司

JP 2005344811 A, 2005. 12. 15,

地址 266108 山东省青岛市城阳区流亭空港

审查员 张婷

工业聚集区金刚山路 7 号

专利权人 尹学军

(72) 发明人 尹学军 孔祥斐 王乾安

(74) 专利代理机构 青岛发思特专利商标代理有限公司 37212

代理人 巩同海

(51) Int. Cl.

E04B 1/98(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101457553 A, 2009. 06. 17,

权利要求书1页 说明书9页 附图8页

CN 102537184 A, 2012. 07. 04,

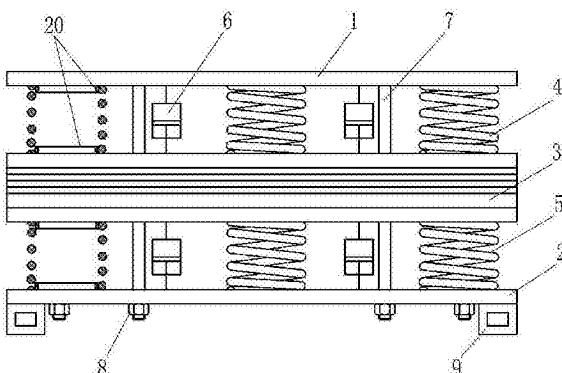
CN 203361392 U, 2013. 12. 25,

(54) 发明名称

高频调谐质量减振器

(57) 摘要

本发明属于高频调谐质量减振器。其包括连接板、弹性元件、阻尼元件和质量块，质量块设置在连接板与预紧连接件之间，质量块与预紧连接件之间及质量块与连接板之间分别设置弹性元件，阻尼元件设置在质量块与预紧连接件之间或/和质量块与连接板之间，连接板与预紧连接件之间设置预紧结构，通过预紧结构对弹性元件施加预紧力，压缩弹性元件直至弹性元件端部与相邻的质量块、预紧件或连接板充分接触，进入弹性元件承受的外力与弹性元件的压缩位移成正比的线性变化阶段。本发明的空间结构紧凑，适用于 15Hz 甚至更高频率结构振动的控制，性价比十分优越，市场应用前景十分广阔。



1. 一种高频调谐质量减振器，包括连接板、弹性元件、阻尼元件和质量块，其特征在于还包括预紧连接件，质量块设置在连接板与预紧连接件之间，质量块与预紧连接件之间及质量块与连接板之间分别设置弹性元件，阻尼元件设置在质量块与预紧连接件之间或 / 和质量块与连接板之间，连接板与预紧连接件之间设置预紧结构，通过预紧结构对弹性元件施加预紧力，压缩弹性元件直至弹性元件端部与相邻的质量块、预紧件或连接板充分接触，进入弹性元件承受的外力与弹性元件的压缩位移成正比的线性变化阶段。

2. 根据权利要求 1 所述的高频调谐质量减振器，其特征在于预紧结构可选用预紧连杆、预紧挂勾、预紧链条或预紧支架之一。

3. 根据权利要求 2 所述的高频调谐质量减振器，其特征在于弹性元件的中部设有空腔，预紧连杆从弹性元件中部的空腔穿过。

4. 根据权利要求 2 所述的高频调谐质量减振器，其特征在于预紧连杆的两端分别设有螺纹结构，预紧连杆贯穿预紧连接件和连接板设置，利用螺母与螺纹结构配合，锁定预紧连接件与连接板的相对位置。

5. 根据权利要求 2 所述的高频调谐质量减振器，其特征在于预紧连杆的一端设有螺纹结构，另一端固定在预紧连接件上，预紧连杆带有螺纹结构的一端贯穿连接板设置，利用螺母与螺纹结构配合，锁定预紧连接件与连接板的相对位置。

6. 根据权利要求 2 所述的高频调谐质量减振器，其特征在于预紧连杆的一端设有螺纹结构，另一端固定在连接板上，预紧连杆带有螺纹结构的一端贯穿预紧连接件设置，利用螺母与螺纹结构配合，锁定预紧连接件与连接板的相对位置。

7. 根据权利要求 6 所述的高频调谐质量减振器，其特征在于预紧连接件与螺母集成为一体。

8. 根据权利要求 1 所述的高频调谐质量减振器，其特征在于阻尼元件和弹性元件集成为一体。

高频调谐质量减振器

技术领域

[0001] 本发明属于土木工程结构减振技术领域，具体涉及一种用于控制建筑结构高频振动的调谐质量减振器。

背景技术

[0002] 随着城市建设的发展，各种高层、超高层建筑和细高结构、大跨度建筑物日益增多，在防治这类大跨度、低频结构物发生破坏性共振成为工程建设中不得不着手解决的现实问题，实践证明，调谐质量减振器（也有文献中称质量调谐阻尼器，或称质量调谐减振器，本文中也简称 TMD）是一种有效的振动控制装置，将它的固有频率调整到接近结构的自振频率，然后安装在结构上。当结构受到激振力干扰发生振动时，引起质量调谐减振器的共振，利用调谐质量的振动惯性力反作用于结构本身，从而抵消激振力，达到减小结构反应的目的。要想最大限度发挥质量调谐减振器的减振作用，要求其固有频率要尽可能与主结构的自振频率一致，否则 TMD 的减振效果就会大幅下降。例如专利号为 200410087664.2 的中国专利公开了这样一种定向垂直可调式调谐质量减振器，可以用于控制过街天桥或港口栈桥等建筑结构在人行激励作用下引发的共振。

[0003] 这样结构的 TMD 适合 15Hz 以下的应用场合，当应用于高频场合时（15Hz 及以上）会遇到困难。原因在于，由于橡胶等弹性材料的刚度是非线性的，因此现有高品质质量调谐减振器产品中大多采用钢弹簧作为弹性元件。根据理论力学常识，此类调谐质量减振器的固有频率与全部弹簧的总刚度及全部弹簧的整体静变形的关系如公式（1）及公式（2）所示：

$$[0004] f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (1)$$

$$[0005] \delta = \frac{g}{4\pi^2} \cdot \frac{1}{f^2} \quad (2)$$

[0006] 其中：f 是频率，单位是 Hz；k 是全部弹簧的总刚度；m 是质量；π 是圆周率；g 是重力加速度；δ 是全部弹簧的整体静变形，单位是 mm。

[0007] 由固有频率的计算公式（1）可以知道，现有的此类调谐质量减振器可以对 2Hz 左右的人行激励等低频振动提供良好的控制，拓展后大致可以适用于 10Hz 左右的结构振动的减振，但是却很难适用诸如 15Hz 以上的高频结构振动。这是因为，由计算公式（1）可知，假设在质量 m 相同的条件下，调谐质量减振器的固有频率为 3Hz 时所需全部弹簧的总刚度为 K，则固有频率为 15Hz 时所需全部弹簧的总刚度为 25K，全部弹簧的总刚度需提高 25 倍，如果直接利用大刚度的弹簧，则生产成本大大提高，如果利用大量低刚度弹簧并联，则产品平面尺寸很大，同时需要较大的平面空间摆放布置，适用性较差；此外，由公式（2）可以得出，当调谐质量减振器的固有频率为 3Hz 时，全部弹簧的整体静变形为 27.6mm；而固有频率为 15Hz 时，全部弹簧的整体静变形仅为 1.1mm；固有频率为 20Hz 时，全部弹簧的整体静变

形仅为 0.6mm。可是单个弹簧在加工时必然会有高度误差,以设置四个弹簧的调谐质量减振器为例,由于加工高度误差的存在,如图 1 所示,第一个弹簧的刚度曲线如 K_1 所示,弹簧变形量达到 S_1 时,该弹簧的刚度 K_1 开始进入线性变化阶段;同理,第二个弹簧变形量达到 S_2 时,该弹簧的刚度 K_2 开始进入线性变化阶段;第三个弹簧变形量达到 S_3 时,该弹簧的刚度 K_3 开始进入线性变化阶段;第四个弹簧变形量达到 S_4 时,该弹簧的刚度 K_4 开始进入线性变化阶段,因此,理论上,当四个弹簧组合使用时,至少使压缩变形量达到 S_4 ,另外还要扣除振幅,才能使所有弹簧在振动时在刚度线性阶段变化,此时由上述弹簧构成的调谐质量减振器的固有频率才是一个稳定值,实践中,以螺旋圆柱弹簧为例, $S_1 \sim S_4$ 可以达到 0.5 ~ 4mm, 以 2mm 振幅为例,弹簧压缩量达 2.5 ~ 6mm 时,才能保证质量块振动时在刚度线性阶段变化,对应的 TMD 工作频率为 10 ~ 6.5Hz。

[0008] 由此我们可以发现,对于专利号为 200410087664.2 中这类“直接支承式”的 TMD :
1) 当振幅大于自重作用下的静变形量时, TMD 的固有频率参数为一变量,不能正常工作;
2) 当弹簧初始非线性误差大于振幅和自重作用下的静变形量之和, TMD 的固有频率参数为一变量,也不能正常工作。

[0009] 此外,除了弹簧自身的加工高度误差外,弹簧装配在调谐质量减振器中时还会有装配误差,因此实际应用中,如图 2 所示,调谐质量减振器中所有弹簧的总刚度 K_0 在所有弹簧至少被压缩 S_0 时才会进入线性变化阶段,也就是本发明中所述的弹性元件承受的外力与弹性元件的压缩位移成正比的线性变化阶段,此时,调谐质量减振器的固有频率才是一个稳定值。现有结构的调谐质量减振器仅仅依靠质量块的自重难以完全消除所有弹簧的加工高度误差和装配误差,达到弹性元件承受的外力与弹性元件的压缩位移成正比的线性变化阶段,特别在高频振动时,弹簧的工作振幅又非常小,甚至可能出现所有弹簧的高度误差与装配误差累计后的最终误差范围超出了弹簧静变形与工作振幅叠加后的数值范围的情况,这种情况下调谐质量减振器工作时,全部弹簧的总刚度呈非线性变化,因此调谐质量减振器的固有频率难以准确控制,无法使调谐质量减振器的固有频率始终与结构的自振频率保持一致或接近,所以其减振性能无法满足工程应用要求。

[0010] 综上可以看出,现有利用钢弹簧直接支撑质量块的调谐质量减振器难以适用于 15Hz 以上的高频振动。而现在诸如汽轮发电机等许多大型回转设备引发的结构振动,自振频率都在 15Hz 以上,甚至超过了 20Hz,因此市场迫切要求提供一种可以适用于高频结构振动控制的质量调谐减振器产品。

发明内容

[0011] 本发明的目的在于克服上述缺陷,提供一种空间结构紧凑,可以适用于 15Hz 甚至更高频率结构振动控制的高频质量调谐减振器。

[0012] 本发明高频质量调谐减振器是这样实现的,包括连接板、弹性元件、阻尼元件和质量块,其特征在于还包括预紧连接件,质量块设置在连接板与预紧连接件之间,质量块与预紧连接件之间及质量块与连接板之间分别设置弹性元件,阻尼元件设置在质量块与预紧连接件之间或 / 和质量块与连接板之间,连接板与预紧连接件之间设置预紧结构,通过预紧结构对弹性元件施加预紧力,压缩弹性元件直至弹性元件端部与相邻的质量块、预紧件或连接板充分接触,进入弹性元件承受的外力与弹性元件的压缩位移成正比的线性变化阶

段。

[0013] 所述预紧结构可选用预紧连杆、预紧挂勾、预紧链条或预紧支架之一；只要能够实现锁定预紧连接件与连接板的相对位置，都能实现同样的效果。

[0014] 为节约装配空间，可以在弹性元件的中部设有空腔，预紧连杆从弹性元件中部的空腔穿过。本发明高频质量调谐减振器中预紧连杆的结构及装配方式可以多种多样，例如，预紧连杆的两端分别设有螺纹结构，预紧连杆贯穿预紧连接件和连接板设置，利用螺母与螺纹结构配合，锁定预紧连接件与连接板的相对位置；或者预紧连杆的一端设有螺纹结构，另一端固定在预紧连接件上，预紧连杆带有螺纹结构的一端贯穿连接板设置，利用螺母与螺纹结构配合，锁定预紧连接件与连接板的相对位置；或者预紧连杆的一端设有螺纹结构，另一端固定在连接板上，预紧连杆带有螺纹结构的一端贯穿预紧连接件设置，利用螺母与螺纹结构配合，锁定预紧连接件与连接板的相对位置。

[0015] 作为一种特例，预紧连接件与螺母还可以集成为一体。

[0016] 本发明中，适用的弹性元件和阻尼元件多种多样。例如，弹性元件包括螺旋弹簧、碟簧、板簧、金属橡胶复合弹簧、橡胶弹簧（包括剪切式橡胶弹簧）及弹性聚氨酯弹簧等；阻尼元件包括小孔节流型阻尼器、粘滞阻尼器、摩擦阻尼器以及直接利用阻尼性能好的高分子材料制成的阻尼器等，比如橡胶块、弹性聚氨酯块等。值得一提的是，弹性元件还可以与阻尼元件集成为一体。在此，所述集成为一体的含义包括弹性元件可以通过硫化、热贴合、粘接等连接工艺与阻尼元件牢固连接在一起，或者弹性元件和阻尼元件为同一个元件，例如，橡胶块不但可以提供良好的弹性，还可以有效提高系统的阻尼比，因此其可以同时作为弹性元件和阻尼元件使用。

[0017] 本发明高频质量调谐减振器中，由于在连接板与预紧连接件之间设置了预紧结构，通过预紧结构对弹性元件进行了预紧，消除了弹性元件初始非线性的影响，使弹性元件始终处于承受的外力与弹性元件的压缩位移成正比的线性变化阶段，高频质量调谐减振器中弹性元件的总刚度和高频调谐质量减振器的工作频率始终保持稳定，因此其可以适用于15Hz以上的高频振动控制，减振耗能效果十分稳定。

[0018] 本发明高频质量调谐减振器的空间结构紧凑，可以适用于15Hz甚至更高频率结构振动的控制，性价比十分优越，其有效扩大了调谐质量减振器产品的适用范围，市场应用前景十分广阔。

附图说明

[0019] 图1为单个钢弹簧的刚度随压缩变形量变化的曲线图。

[0020] 图2为现有质量调谐减振器的刚度随压缩变形量变化的曲线图。

[0021] 图3为本发明高频质量调谐减振器的结构示意图之一。

[0022] 图4为图3的仰视图。

[0023] 图5为本发明高频质量调谐减振器的结构示意图之二。

[0024] 图6为图5的俯视图。

[0025] 图7为本发明高频质量调谐减振器的结构示意图之三。

[0026] 图8为图7的俯视图。

[0027] 图9为本发明高频质量调谐减振器的结构示意图之四。

- [0028] 图 10 为图 9 的俯视图。
- [0029] 图 11 为本发明高频质量调谐减振器的结构示意图之五。
- [0030] 图 12 为本发明高频质量调谐减振器的结构示意图之六。
- [0031] 图 13 为本发明高频质量调谐减振器的结构示意图之七。
- [0032] 图 14 为本发明高频质量调谐减振器的结构示意图之八。
- [0033] 图 15 为图 14 的俯视图。
- [0034] 图 16 为本发明高频质量调谐减振器的结构示意图之九。

具体实施方式

[0035] 实施例一

[0036] 如图 3 和图 4 所示本发明高频质量调谐减振器，包括连接板 2、弹性元件、阻尼元件 6 和质量块 3，此外，还包括预紧连接件 1，连接板 2 与预紧连接件 1 之间设置预紧结构 7。其中，预紧连接件 1 由钢板制成，尺寸与连接板 2 相同，质量块 3 设置在连接板 2 与预紧连接件 1 之间；弹性元件包括螺旋钢弹簧 4 和 5，螺旋钢弹簧 4 设置在质量块 3 与预紧连接件 1 之间，螺旋钢弹簧 5 设置在质量块 3 与连接板 2 之间；阻尼元件 6 采用小孔节流式阻尼器，阻尼元件 6 分别固定设置在质量块 3 与预紧连接件 1 之间和质量块 3 与连接板 2 之间。另外，本例中，连接板 2 与预紧连接件 1 之间设置预紧结构 7 具体为六根预紧连杆，预紧连杆的一端设有螺纹结构，另一端焊接固定在预紧连接件 1 上，预紧连杆带有螺纹结构的一端贯穿连接板 2 设置，利用螺母 8 与螺纹结构配合，锁定预紧连接件 1 与连接板 2 的相对位置，为了便于装卸螺母 8，在连接板 2 底面还固定设置四个支脚 9，支脚 9 由方钢管制成。通过预紧结构 7 对螺旋钢弹簧 4 和 5 施加预紧力，压缩螺旋钢弹簧 4 和 5，直至螺旋钢弹簧 4 和 5 端部与相邻的质量块 3、预紧连接件 1 或连接板 2 充分接触，使本发明高频质量调谐减振器中的每一个螺旋钢弹簧进入承受的外力与其自身的压缩位移成正比的线性变化阶段。为了防止弹性元件在使用过程中发生水平滑动，预紧连接件 1、连接板 2 及与弹性元件相邻的质量块 3 上分别固定设有限位座 20，装配时限位座 20 嵌入螺旋钢弹簧的内圈中。

[0037] 需要说明的是，在设计过程中，根据公式（1）和公式（2）可以确定本发明高频质量调谐减振器中弹性元件的总刚度 k，优选的，设置在质量块 3 与预紧连接件 1 之间的所有螺旋钢弹簧 4 的总刚度与设置在质量块 3 与连接板 2 之间所有螺旋钢弹簧 5 的总刚度相同，各为所需弹性元件总刚度 k 的一半，这样工作过程中每一个螺旋钢弹簧 4 和每一个螺旋钢弹簧 5 的变形基本一致，同理，设置在质量块 3 与预紧连接件 1 之间的阻尼元件 6 和设置在质量块 3 与连接板 2 之间的阻尼元件 6 在性能上也完全相同，这样，在本发明高频质量调谐减振器中，所有螺旋钢弹簧 4 和所有螺旋钢弹簧 5 构成并联，其刚度总合正好达到所需弹性元件的总刚度 k。应用时，通过支脚 9 将本发明高频质量调谐减振器设置在易发生高频振动的结构上，当结构受到激励发生高频振动时，本发明高频质量调谐减振器中的弹簧——质量调谐系统自动开始工作，利用调谐质量的振动惯性力反作用于结构本身，从而抵消激振力，达到减小结构反应的目的。由于本发明高频质量调谐减振器中设置了预紧结构，在预紧结构提供的预紧力作用下，所有的弹性元件都处于所承受外力与其自身的压缩位移成正比的线性变化阶段，因此可以保证在工作过程中弹性元件的总刚度不变，在参振质量也不变的情况下，本发明高频质量调谐减振器的固有频率是一个稳定参数，有利于准确调节本发明

高频质量调谐减振器的固有频率,使其更接近结构的自振频率,进而提高减振性能,更好地满足工程使用要求;此外,由于质量块3与预紧连接件1之间的所有螺旋钢弹簧4的总刚度与设置在质量块3与连接板2之间所有螺旋钢弹簧5的总刚度相同,设置在质量块3与预紧连接件1之间的阻尼元件6和设置在质量块3与连接板2之间的阻尼元件6在性能上也完全相同,因此在工作过程中每一个螺旋钢弹簧4和每一个螺旋钢弹簧5的变形基本一致,调整参数时更加简单方便;另外,由于将弹性元件设置成上下并联的两组,可以有效利用空间,在弹簧数量相同的条件下,占用较小的平面空间,更便于安装布置;再有,在平面空间相同的条件下,由于可以布置更多数量的弹性元件,也便于通过增加弹性元件的数量降低单个弹性元件的刚度,从而降低弹性元件的加工难度和成本。

[0038] 本发明的发明人最初在研究中采用现有直接支承结构的TMD控制15Hz及以上高频振动时发现,精心挑选弹簧组装TMD后,即使弹簧参数很准,TMD的频率仍然不稳定,经过反复检测和试验发现了是因为弹性元件存在初始非线性的原因,在TMD中增加预紧结构后,实现了TMD的频率稳定,取得了良好的减振耗能效果。本发明高频质量调谐减振器中可供选择的预紧结构多种多样,除了本例中已经提到的预紧连杆外,还可以是预紧挂勾、预紧链条或预紧支架等结构,甚至是上述结构的组合,只要能实现对弹性元件施加足够的预紧力,都能实现同样的效果,都在本发明要求的保护范围之中。此外,本发明中,适用的弹性元件和阻尼元件也是多种多样,例如,弹性元件包括螺旋弹簧、碟簧、板簧、金属橡胶复合弹簧、橡胶弹簧(包括剪切式橡胶弹簧)及弹性聚氨酯弹簧等;阻尼元件包括小孔节流型阻尼器、粘滞阻尼器、摩擦阻尼器以及直接利用阻尼性能好的高分子材料制成的阻尼器等,比如橡胶块、弹性聚氨酯块等。值得一提的是,弹性元件还可以与阻尼元件集成为一体。在此,所述集成为一体的含义包括弹性元件可以通过硫化、热贴合、粘接等连接工艺与阻尼元件牢固连接在一起,或者弹性元件和阻尼元件为同一个元件,例如,橡胶块不但可以提供良好的弹性,还可以有效提高系统的阻尼比,因此其可以同时作为弹性元件和阻尼元件使用。这些弹性元件和阻尼元件都可以适用于本发明高频质量调谐减振器中,都在本发明要求的保护范围之中。另外,本例所述技术方案中,预紧连杆7的一端设置有螺纹结构,利用螺纹结构和螺母8配合锁定预紧连接件1与连接板2的相对位置,其中设置螺母8的意义在于可以根据需要随时调整施加在弹性元件上的预紧力,并且可以随时拆分本发明高频质量调谐减振器对各组成部件进行维护更换,如果不考虑维护也不需要调节预紧力,也可以直接将预紧连杆7与连接板2焊接固定在一起,从而实现锁定预紧连接件1与连接板2的相对位置,也能实现很好的效果,也在本发明要求的保护范围之中。再有,本例中预紧结构包括六根预紧连杆,弹性元件包括六个螺旋钢弹簧4和六个螺旋钢弹簧5,阻尼元件6在预紧连接件1和质量块3之间设置两个,在质量块3与连接板2之间也设置两个,只为了更好地说明本发明的技术原理,在实际应用中预紧连杆、弹性元件及阻尼元件的数量的位置可以根据需要设置,都在本发明要求的保护范围之中。本例中限位座20嵌入螺旋钢弹簧4和5的内圈,使其无法水平移动,在实际应用中,也可以扩大限位座的尺寸,将螺旋钢弹簧的外圈嵌在限位座内,从而实现使其无法水平移动的目的,都是常用技术的简单替换,也在本发明要求的保护范围之中。上述特点适用于本发明所有技术方案,在此一并给予说明。

[0039] 本发明高频质量调谐减振器,将弹性元件设置成上下并联的两组,同时增设预紧连接件和预紧装置,通过对弹性元件施加预紧力,在使用前有效地消除弹性元件高度的加

工误差,使弹性元件的总刚度成为一个不变的参数,进而可以将本发明高频质量调谐减振器的固有频率调整的最接近结构的自振频率,实现良好的减振性能,达到减小结构反应的目的。这一优点适用于所有本发明高频质量调谐减振器的技术方案。此外,在应用过程中,预紧连杆还可以起到导向的作用,使本发明高频质量调谐减振器的工作更加稳定可靠。另外,基于本发明技术原理,本发明高频质量调谐减振器的技术方案同样也可以适用于控制结构的低频振动。尤其要指出的是,本发明中连接板也可以集成在待减振的结构中,或为待减振结构的一部分,都在本发明要求的保护范围当中。

[0040] 综上所述,本发明高频质量调谐减振器的结构简单紧凑,其减振性能好,成本低,使用寿命长,适用范围更广,可以适用于 15Hz 甚至更高频率结构振动的控制,市场应用前景十分广阔。

[0041] 实施例二

[0042] 如图 5 和图 6 所示本发明高频质量调谐减振器,与实施例一的区别在于,阻尼元件 6 仅设置在质量块 3 与连接板 2 之间,包括两个小孔节流式阻尼器。此外,预紧结构 7 中,每一根预紧连杆的两端分别设有螺纹结构,预紧连杆贯穿预紧连接件 1 和连接板 2 设置,利用螺母 8 与螺纹结构配合,锁定预紧连接件 1 与连接板 2 的相对位置。为了防止弹性元件在使用过程中发生水平滑动,预紧连接件 1、连接板 2 及与弹性元件相邻的质量块 3 上分别固定设有限位座 23,装配时螺旋钢弹簧 4 和 5 的外圈置于限位座 23 中。

[0043] 与实施例一相比,本例所述的技术方案中,阻尼元件 6 仅设置在质量块 3 与连接板 2 之间,因此预紧连接件 1 与质量块 2 之间的可利用空间更大,其意义在于可以选用低刚度的螺旋钢弹簧 4,通过增加使用数量来满足总刚度要求,这样有利于降低螺旋钢弹簧 4 的加工难度和产品成本,另外减少阻尼元件的数量也可以减少维护保养的工作量。基于上述技术原理,虽然本例中依旧以设置六个螺旋钢弹簧 4 和六个螺旋钢弹簧 5 为例进行说明,但是在实际应用中,预紧连接件和质量块之间设置弹性元件的数量与质量块与连接件之间设置弹性元件的数量也可以有所不同,只要满足总刚度要求,都能实现很好的效果;另外,除数量不同以外,预紧连接件和质量块之间设置弹性元件的刚度之和,与质量块与连接件之间设置弹性元件的刚度之和也可以有所不同,只要并联后的总刚度满足要求,也能起到很好的效果,但设计时应注意控制弹性元件的预紧量,保证所有弹性元件在工作过程中两端始终与质量块、预紧连接件或连接板紧密接触。在此上述技术方案仅以文字进行说明,都是基于本发明技术原理的不同结构布置,都在本发明要求的保护范围之中。

[0044] 实施例三

[0045] 如图 7 和图 8 所示本发明高频质量调谐减振器,与实施例二的区别在于,阻尼元件 10 仅设置在质量块 3 与预紧连接件 1 之间,具体为二个粘滞阻尼器。此外,预紧连杆 7 的一端设有螺纹结构,另一端焊接固定在连接板 2 上,预紧连杆带有螺纹结构的一端贯穿预紧连接件 1 设置,利用螺母 8 与螺纹结构配合,锁定预紧连接件 1 与连接板 2 的相对位置,预紧连杆 7 从弹性元件中部的空腔穿过,即从上下对应的螺旋钢弹簧 4 和 5 中部的空腔中穿过。

[0046] 与实施例一相比,除了减少了阻尼元件数量,维护工作量更少外,由于螺母 8 设置在预紧连接件 1 的上方,因此连接板可以省略支脚,产品的结构更加简单。此外,限位座 20 不再与预紧连接件 1、连接板 2 或质量块 3 固定在一起,省去了焊接连接工艺,维护更换更容

易,便于重复利用。另外,预紧连杆 7 从弹性元件中部的空腔穿过,不占用额外的空间,因此有利于设置更多数量的弹性元件,从而降低单个弹性元件的刚度,达到降低单个弹性元件加工难度和总体成本的目的。

[0047] 另外,要说明的是,在图 3 至图 8 所示的本发明高频质量调谐减振器中,为了方便对参振质量进行调整,质量块 3 均由多块钢板组合而成,并且钢板的厚度规格有所不同,在实际应用中,如果质量块可以准确设置的话,也可以采用整块或一体式的质量块,也能实现很好的效果,也在本发明要求的保护范围当中,这一点同样适用于本发明后面的技术方案中,在此一并给予说明。

[0048] 实施例四

[0049] 如图 9 和图 10 所示本发明高频质量调谐减振器,与实施例一的区别在于,弹性元件 11 和弹性元件 12 均采用螺旋钢弹簧 14 及高阻尼橡胶 13 构成的金属——橡胶复合弹簧,由于高阻尼橡胶 13 同时具有良好的阻尼性能,因此该金属——橡胶复合弹簧既是弹性元件,同时也是阻尼元件,其将阻尼元件和弹性元件集成于一体,因此不再另设阻尼元件。此外,预紧结构 7 包括八根预紧支架,预紧支架的两端分别与预紧连接件 1 及连接板 2 焊接固定在一起。装配时,预先将弹性元件压缩,直至螺旋钢弹簧 14 端部与相邻的质量块 3、预紧连接件 1 或连接板 2 充分接触,再将预紧支架与预紧连接件 1 及连接板 2 焊连,通过预紧结构 7 对弹性元件持续施加预紧力,压缩弹性元件,使本发明高频质量调谐减振器中的每一个弹性元件均进入承受的外力与其自身的压缩位移成正比的线性变化阶段。为了防止弹性元件在使用过程中发生水平滑动,利用弹性元件中的橡胶 13 通过硫化工艺使弹性元件的两端分别与预紧连接件 1、连接板 2 及与弹性元件相邻的质量块 3 固连在一起。

[0050] 本例中,由于采用了金属——橡胶复合弹簧,因此单个弹性元件的刚度呈现非线性的变化,但在施加了适当的预紧力后,位于质量块两侧的弹性元件在工作过程中的刚度变化形成互补,因此可以近似认为二者的组合刚度是线性的,所以高频质量调谐减振器的弹性元件总刚度是线性变化的,这一点在本发明后续采用复合弹簧或橡胶等非线性材料制成的弹性元件的技术方案中也适用,不再重复,在此一并给予说明。与实施例三相比,由于采用了金属——橡胶复合弹簧,弹性元件及阻尼元件集成在一起,因此空间利用效率更高,本发明产品的结构也更加简单。

[0051] 要指出的是,基于图 3 和图 5 所示本发明高频质量调谐减振器的技术原理,本例中,也可以在预紧连接件、连接板及相应的质量块上设置限位座,利用限位座实现弹性元件的水平限位,也能实现很好的效果;此外,预紧支架除了与预紧连接件及连接板焊接固定在一起外,还可以利用紧固件将预紧支架与预紧连接件及连接板固定连接,也能实现同样的效果,而且还更便于拆分维护;此外除了金属——橡胶复合弹簧以外,也可以采用金属——弹性聚氨酯复合弹簧,上述技术方案均是本例所述技术方案的简单变化,也在本发明要求的保护范围当中,在此仅以文字给予说明,不再另外附图说明。

[0052] 实施例五

[0053] 如图 11 所示本发明高频质量调谐减振器,与实施例四的区别在于,预紧结构 7 包括八根预紧链条,预紧链条一端与连接板 2 焊接固定,另一端通过预紧力调节螺杆结构 15 与预紧连接件 1 相连。此外,预紧连接件 1、连接板 2 及相应的质量块 3 上设置限位座 20,限位座 20 嵌在弹性元件 11 及 12 中部的空腔内,实现弹性元件的水平限位,因此弹性元件

11 及 12 未与预紧连接件 1、连接板 2 及相邻的质量块 3 固定相连。

[0054] 与实施例四相比,本例所述技术方案中由于在预紧链条中设置了预紧力调节螺杆结构 15,利用预紧力调节螺杆结构 15 就可以调节施加在弹性元件上的预紧力,十分方便,此外也便于拆分维护。此外,由于利用限位座 20 实现对弹性元件的水平限位,因此弹性元件不必再利用硫化等复杂工艺与预紧连接件 1、连接板 2 及相邻的质量块 3 固定相连,其加工工艺更简便,拆分和维护更换也更容易实现。

[0055] 当然本例中预紧链条中设置了预紧力调节螺杆结构 15,与预紧连接件 1 构成可拆分的连接结构,基于本例所述的技术原理,在实际应用中,也可以在预紧链条与连接板 2 之间设置预紧力调节螺杆结构 15,当然还可以将预紧链条两端分别与预紧连接件 1 及连接件 2 焊接固定,也都能实现很好的效果,也在本发明要求的保护范围之中。

[0056] 实施例六

[0057] 如图 12 所示本发明高频质量调谐减振器,与实施例五的区别在于,预紧结构 7 还可以是预紧挂勾,预紧挂勾的下端与连接板 2 焊接固定,上端弯勾部与预紧力调节螺杆结构 15 挂接。此外,弹性元件 11 和 12 由高阻尼橡胶材料构成。此外,在预紧连接件 1、连接板 2 及相应的质量块 3 上设置限位座 23,弹性元件 11 及 12 嵌置于限位座 23 内,实现弹性元件 11 及 12 的水平限位。

[0058] 当然基于本例所述的技术原理,也可以将预紧力调节螺杆结构 15 设置在连接板 2 上,将预紧挂勾的一端焊接固定在预紧连接件 1 上;或者在预紧连接件 1 及连接板 2 上同时设置预紧力调节螺杆结构 15,预紧挂勾两端分别设置弯勾部与预紧力调节螺杆结构 15 挂接;此外,如图 13 所示,还可以对应地分别在预紧连接件 1 及连接板 2 上设置预紧挂勾 24 和 25 构成预紧结构,装配时先压缩弹性元件,将所有的预紧挂勾 24 和 25 一一对应挂接,释放弹性元件后,由预紧挂勾 24 和 25 相互配合持续为弹性元件提供预紧力,也都能实现很好的效果,都在本发明要求的保护范围之中。

[0059] 与实施例四中叙述的技术原理相似,本例所述技术方案中,弹性元件由高阻尼橡胶材料制成,虽然单个弹性元件的刚度呈现非线性的变化,但在施加了适当的预紧力后,位于质量块两侧的弹性元件在工作过程中的刚度变化形成互补,因此可以近似认为二者的组合刚度是线性的,所以本发明高频质量调谐减振器的弹性元件总刚度是线性变化的,高频质量调谐减振器的固有频率是一个稳定值,其可以准确调整至与待减振结构的自振频率尽可能接近,进而实现良好的减振效果,满足工程的需要。由此可见,本发明高频质量调谐减振器大大拓展了质量调谐减振器产品中弹性元件的选材范围,因此其适用性得到了显著提升。

[0060] 实施例七

[0061] 如图 14 和图 15 所示本发明高频质量调谐减振器,与图 7 所示高频质量调谐减振器的区别在于,弹性元件 11 和 12 均采用螺旋钢弹簧 14 及高阻尼橡胶 13 构成的金属——橡胶复合弹簧,由于高阻尼橡胶 13 同时具有良好的阻尼性能,因此该金属——橡胶复合弹簧既是弹性元件,同时也是阻尼元件,其将阻尼元件和弹性元件集成为一体,因此不再另设阻尼元件。此外,预紧连接件 1 对应弹性元件 11 分别独立设置,本例中弹性元件 11 设置了四个,因此预紧连接件 1 也设置四个。另外,弹性元件 12 也设置四个,对应的,预紧连杆 7 也设置四根,相应的连接板 2 及质量块 3 的尺寸有所不同。

[0062] 与实施例三相比,本例所述的技术方案中,采用了独立结构的预紧连接件1,有利于节约材料,同时还有利于降低产品的自身重量,可以避免待减振结构负重过大的现象发生。由于弹性元件中部的空腔尺寸较小,预紧连杆7贯穿弹性元件中部的空腔设置,其可以有效限制弹性元件的水平位移,因此本例中省略了限位座,其结构更简单,有利于简单化制造工艺及节省材料。

[0063] 实施例八

[0064] 如图16所示本发明高频质量调谐减振器,与实施例七的区别在于,弹性元件11和12均采用碟簧16与高阻尼聚氨酯材料17构成的复合弹簧,为保证碟簧16在工作过程中采力均衡,复合弹簧的上部和下部分别对应碟簧16设置钢板制成的上支承板22和下支承板21,上支承板22和下支承板21与高阻尼聚氨酯材料17热贴合成一体。此外,作为一种特例,螺母8直接当作预紧连接件使用,通过控制螺母8与连接板2之间的相对位置,即可控制施加在弹性元件中的预紧力。

[0065] 与实施例七相比,本例所述本发明高频质量调谐减振器利用金属碟簧与弹性聚氨酯材料制成的复合弹簧作为弹性元件,可以充分利用碟簧刚度大,使用寿命长,占用空间小等优点。此外,利用螺母8作为预紧连接件使用,可以进一步减少材料的投入,有利于降低成本。综上所述本例所述技术方案,结构更加紧凑,占用空间更少,材料投入更少。

[0066] 本发明高频质量调谐减振器的空间结构紧凑,可以适用于15Hz甚至更高频率结构振动的控制,性价比十分优越,其不仅可以采用钢弹簧作为弹性元件,还可以采用钢弹簧及弹性高分子材料的复合弹簧作为弹性元件,或者直接采用弹性高分子材料制成的弹性体作为弹性元件,有效扩大了调谐质量减振器产品的适用范围,市场应用前景十分广阔。此外,本发明中的实施例仅为更好说明本发明的技术方案,并不应视为对本发明的限制,其中许多实施例中的技术特征也可以交叉使用。实际应用时,弹性元件及阻尼元件使用的数量和位置分布可以根据需要设计,预紧结构也可以根据需要选择具体的结构形式,基于本发明技术原理,本领域技术人员可以对上述实施例所述技术方案重新进行组合或利用同类技术对其中某些元件进行简单替换,只要基于本发明的技术原理,都在本发明要求的保护范围内。

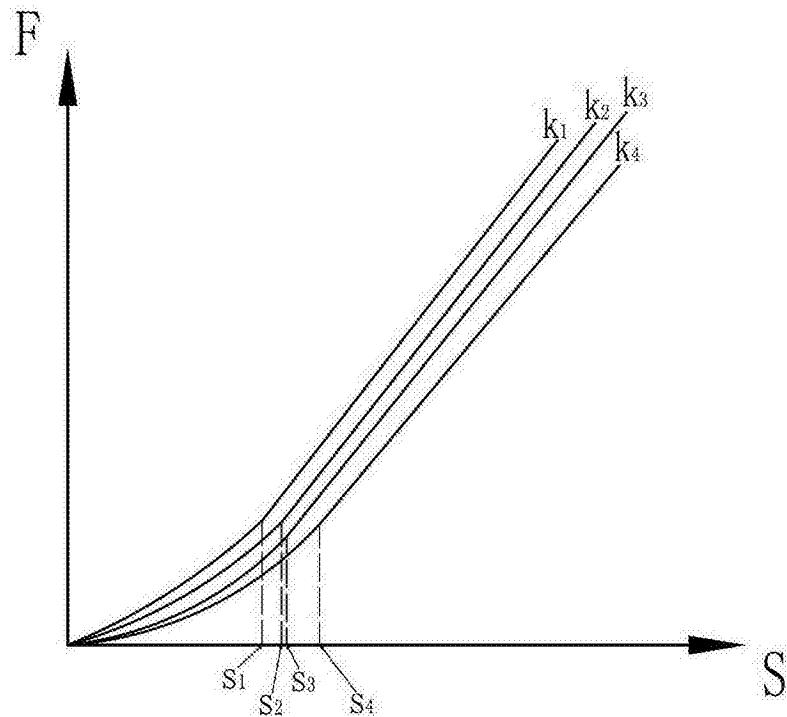


图 1

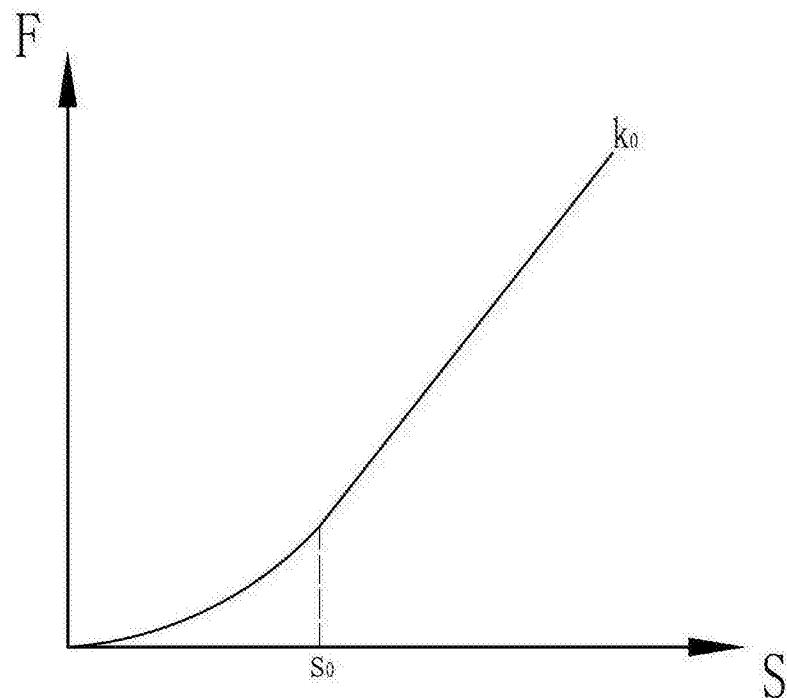


图 2

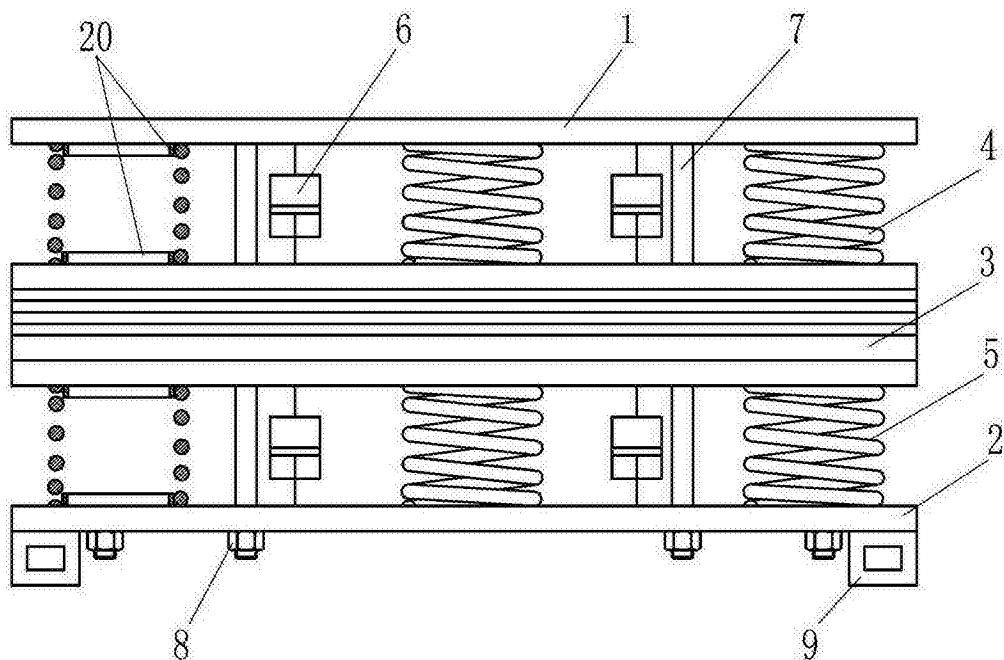


图 3

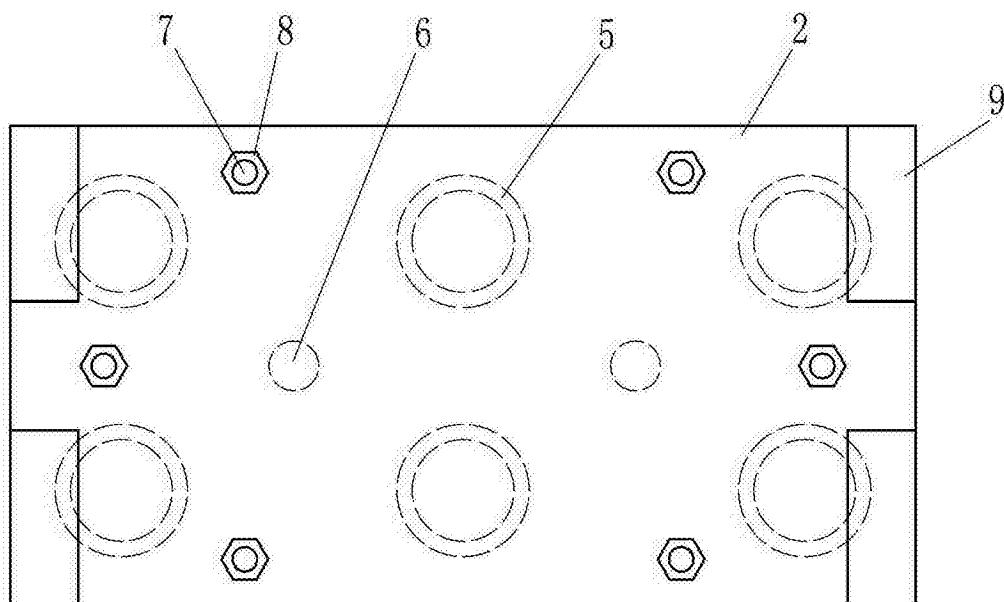


图 4

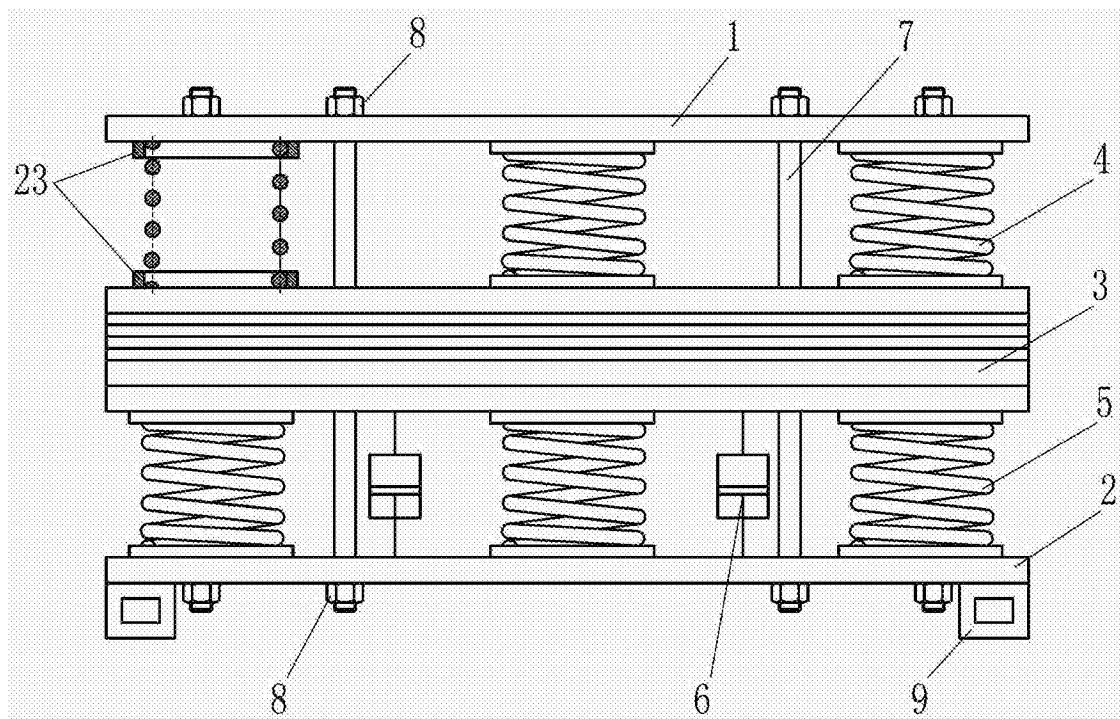


图 5

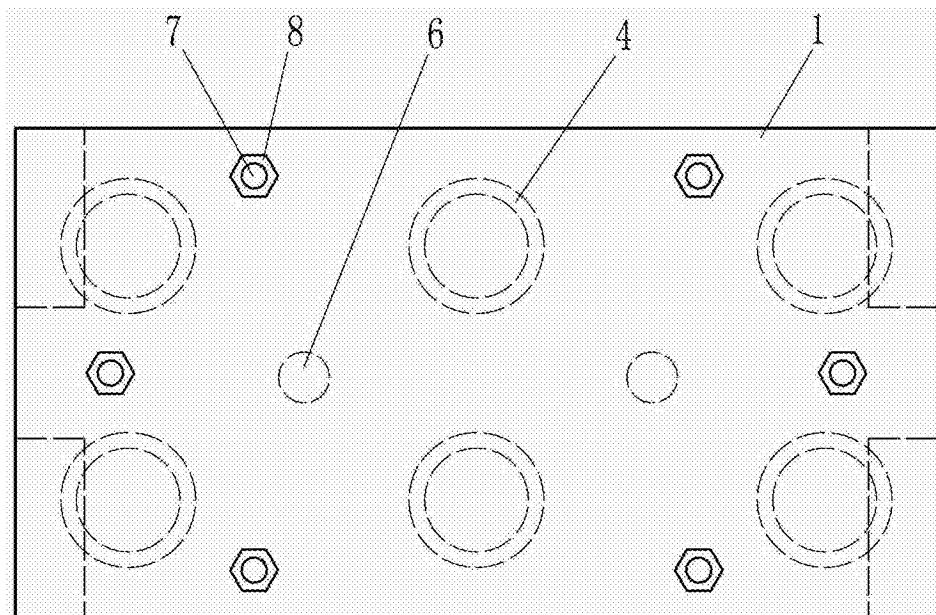


图 6

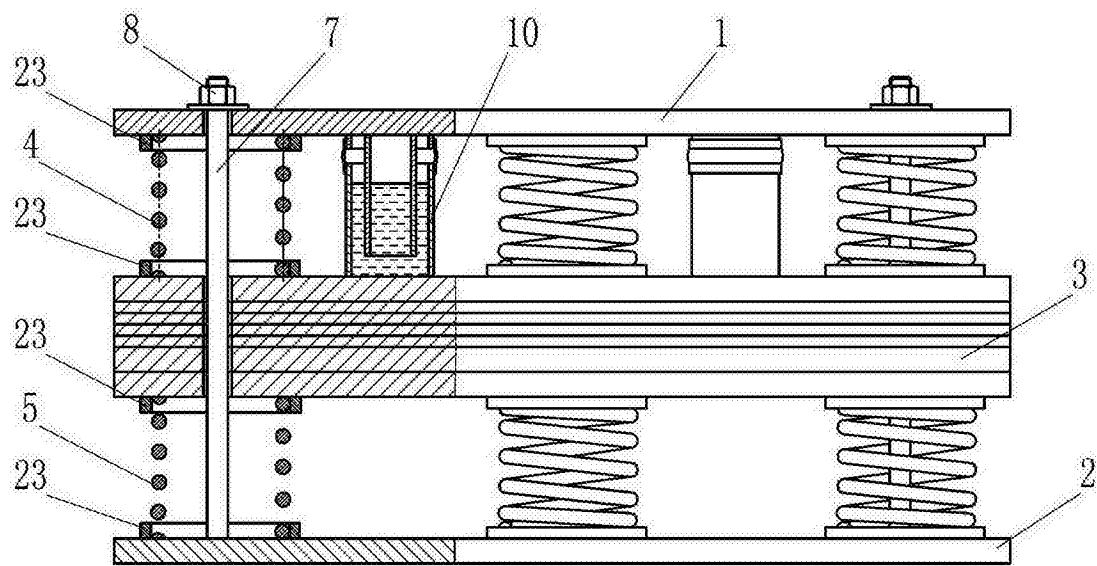


图 7

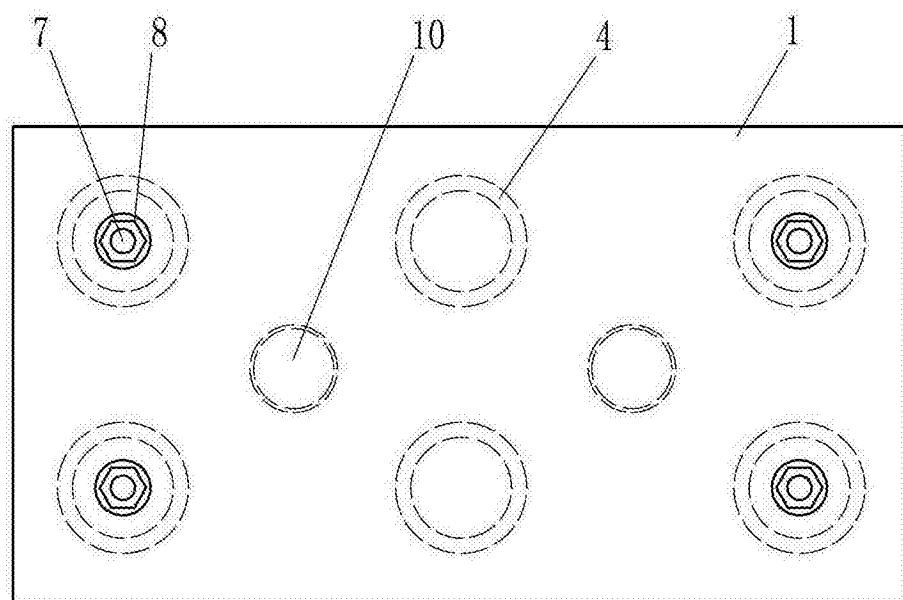


图 8

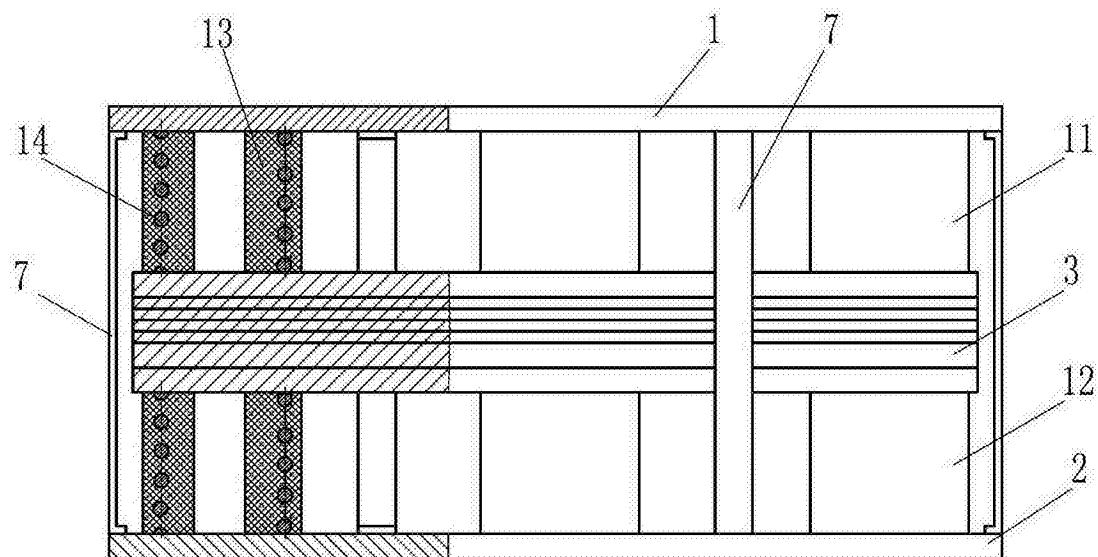


图 9

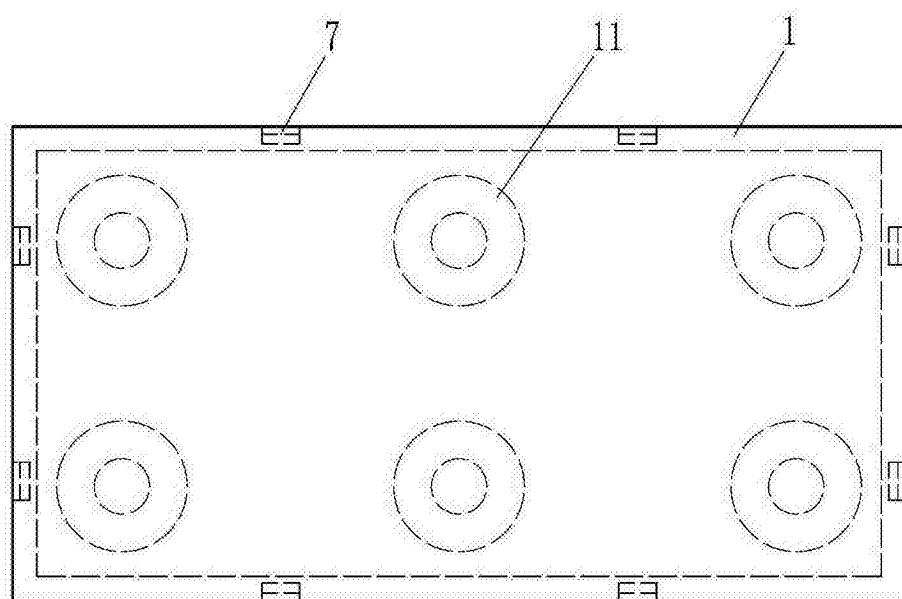


图 10

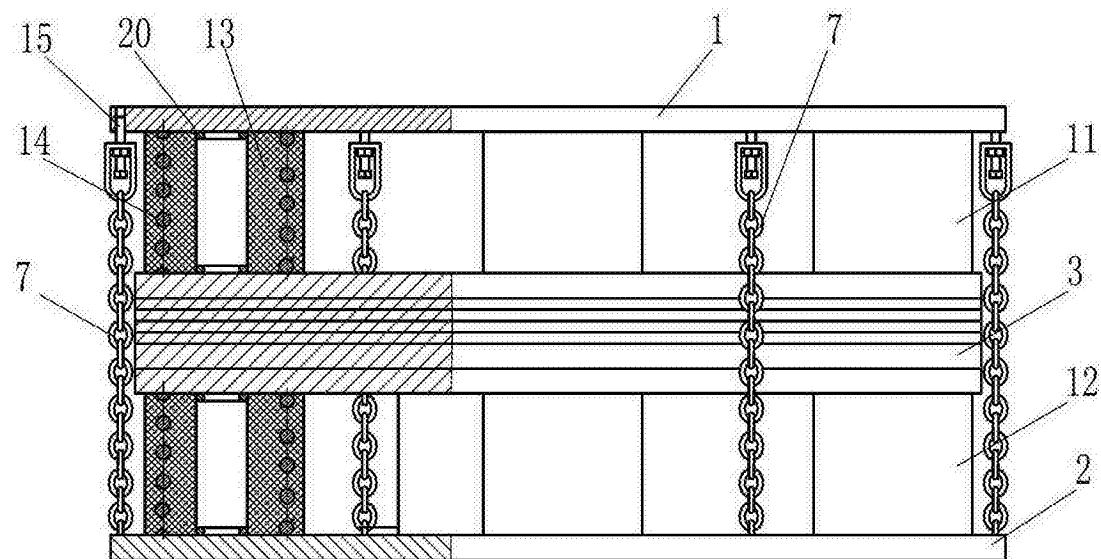


图 11

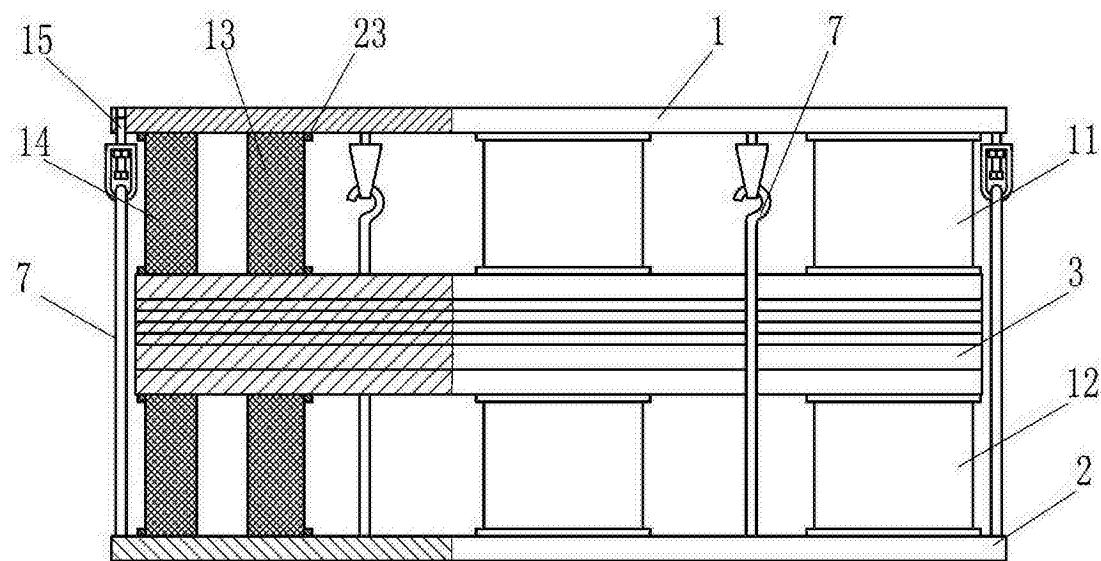


图 12

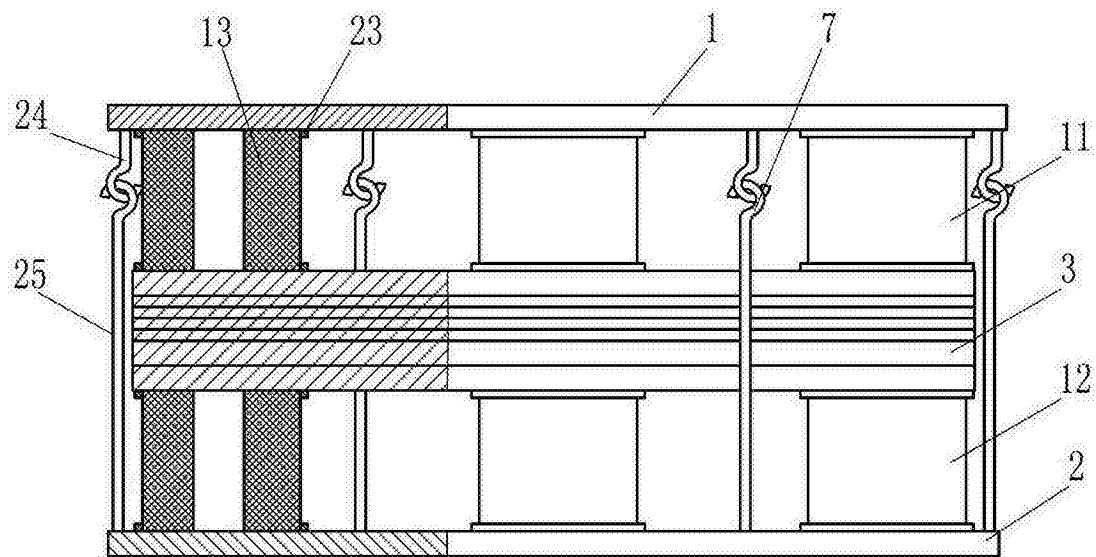


图 13

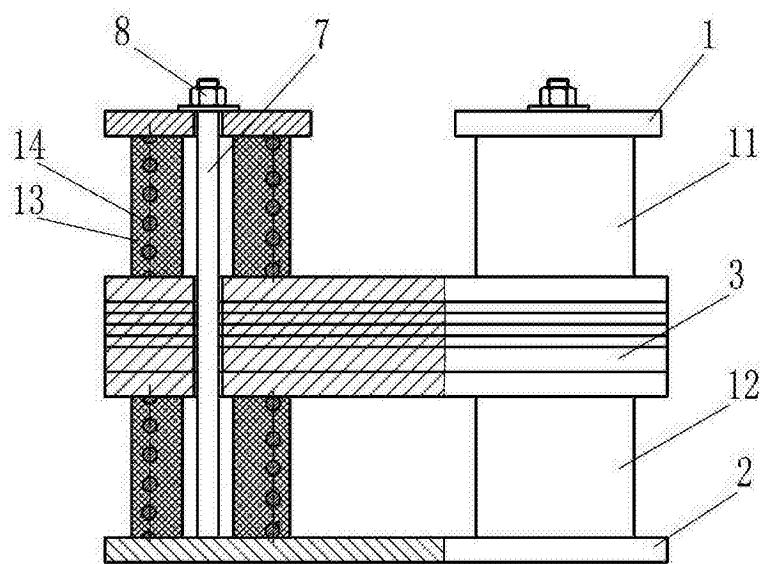


图 14

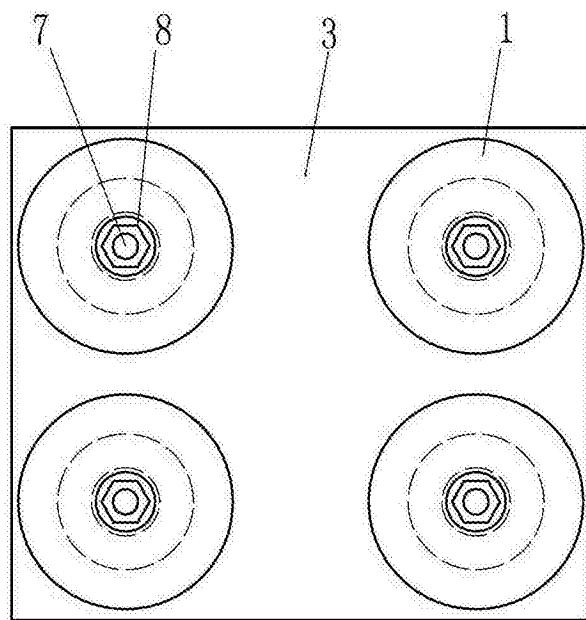


图 15

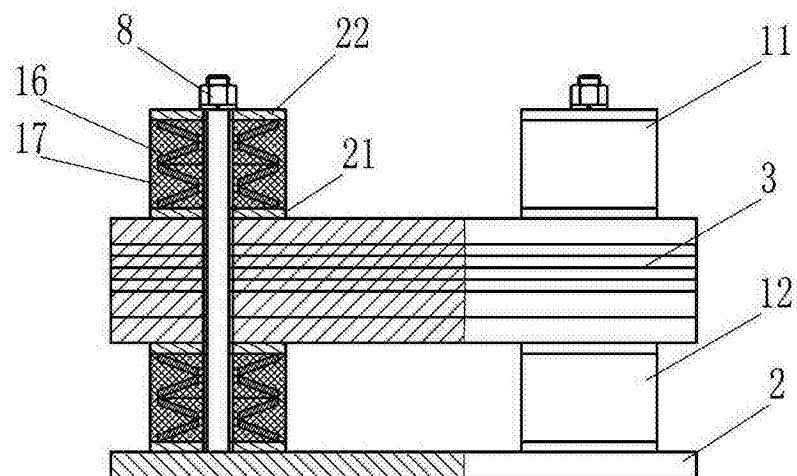


图 16