



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 204666117 U

(45) 授权公告日 2015. 09. 23

(21) 申请号 201520195140. 9

G01B 17/00(2006. 01)

(22) 申请日 2015. 04. 02

(73) 专利权人 香港理工大学深圳研究院

地址 518000 广东省深圳市南山区高新园南区粤兴一道 18 号香港理工大学产学研大楼 205 室

(72) 发明人 景兴建 孙秀婷

(74) 专利代理机构 深圳中一专利商标事务所
44237

代理人 李艳丽

(51) Int. Cl.

G01B 21/02(2006. 01)

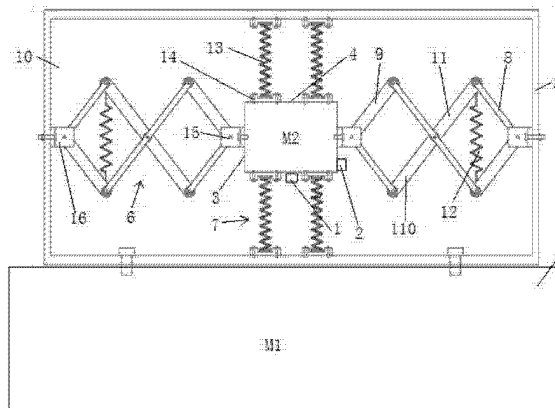
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54) 实用新型名称

基于零刚度隔振结构的多方向绝对位移测量装置

(57) 摘要

本实用新型提供了一种基于零刚度隔振结构的多方向绝对位移测量装置,其包括框架、配重块、连接于配重块与框架之间的连接结构、固定于配重块上以测量该配重块在竖直、水平方向上与被测振动结构之间的距离的第一、第二距离传感器及电性连接于第一、第二距离传感器上的上位机。连接结构包括分别弹性连接于配重块的两个第一侧面与框架的对应的内侧面之间的第一连接机构及分别弹性连接于配重块的两个第二侧面与框架的对应的内侧面之间的第二连接机构,两个第一连接机构与两个第二连接机构正交,每一个第一连接机构包括 X 型结构及拉伸连接于其中一对连接末端的铰接处之间的拉伸弹簧。在较低成本的情况下,直接测量振动物体多个方向的绝对位移。



1. 一种基于零刚度隔振结构的多方向绝对位移测量装置,用于固定于一被测振动结构上以测量该被测振动结构的绝对位移,其特征在于:该装置包括固定安装于所述被测振动结构上的框架、配重块、连接于所述配重块与所述框架之间以将所述配重块悬空于所述框架中央的连接结构、固定于所述配重块上以测量该配重块在竖直方向上与所述被测振动结构之间的距离的第一距离传感器、固定于所述配重块上以测量该配重块在水平方向上与所述被测振动结构之间的距离的第二距离传感器及电性连接于所述第一距离传感器及所述第二距离传感器上的上位机,所述配重块具有四个侧面,每相邻两个所述侧面相互垂直,四个所述侧面分为相互平行的两个第一侧面及相互平行的两个第二侧面,所述连接结构包括分别弹性连接于两个所述第一侧面与所述框架的对应的内侧面之间的第一连接机构及分别弹性连接于两个所述第二侧面与所述框架的对应的内侧面之间的第二连接机构,两个所述第一连接机构水平设置,两个所述第二连接机构竖直设置,两个所述第一连接机构连接于所述配重块的左右两侧,两个所述第二连接机构连接于所述配重块的上下两侧,每一个所述第一连接机构包括铰接于所述框架的同一处的首端连杆组、铰接于所述配重块的同一处的末端连杆组及连接于所述首端连杆组与所述末端连杆组之间的至少一个中间连杆组,所述首端连杆组的连杆末端、所述中间连杆组的连杆末端及所述末端连杆组的连杆末端依次铰接形成X型结构,所述X型结构具有若干对连杆末端的铰接处,所述第一连接机构还包括拉伸连接于其中一对连接末端的铰接处之间的拉伸弹簧。

2. 如权利要求1所述的基于零刚度隔振结构的多方向绝对位移测量装置,其特征在于:每一个所述第二连接机构包括连接于所述第二侧面与所述框架的对应的内侧面之间的第二弹簧。

3. 如权利要求1所述的基于零刚度隔振结构的多方向绝对位移测量装置,其特征在于:每一个所述第二连接机构的结构与所述第一连接机构的结构相同。

4. 如权利要求1-3任一项所述的基于零刚度隔振结构的多方向绝对位移测量装置,其特征在于:所述中间连杆组包括中部相互铰接的两个连杆。

5. 如权利要求1-3任一项所述的基于零刚度隔振结构的多方向绝对位移测量装置,其特征在于:两个所述第一连接机构相对于所述配重块左右对称。

6. 如权利要求2所述的基于零刚度隔振结构的多方向绝对位移测量装置,其特征在于:所述拉伸弹簧的刚度大于所述第二弹簧的刚度。

7. 如权利要求3所述的基于零刚度隔振结构的多方向绝对位移测量装置,其特征在于:所述第一连接机构的所述拉伸弹簧的刚度大于所述第二连接机构的所述拉伸弹簧的刚度。

8. 如权利要求1-3任一项所述的基于零刚度隔振结构的多方向绝对位移测量装置,其特征在于:所述配重块的第一侧面上安装有第一铰接支座,所述框架的对应侧面上安装有第二铰接支座,所述首端连杆组与所述末端连杆组分别铰接于所述第一铰接支座和所述第二铰接支座上。

9. 如权利要求1-3任一项所述的基于零刚度隔振结构的多方向绝对位移测量装置,其特征在于:所述X型结构的连杆末端的铰接处的铰接结构包括固定于相铰接的两个连杆中的一个连杆上的轴承支座(18)、外圈固定于所述轴承支座(18)上的转动轴承及固定连接于所述转动轴承的内圈上的导杆(17),相铰接的两个连杆中的另外一个连杆固定于该导杆

(17) 上。

基于零刚度隔振结构的多方向绝对位移测量装置

技术领域

[0001] 本实用新型属于振动测量领域,尤其涉及一种基于零刚度隔振结构的多方向绝对位移测量装置。

背景技术

[0002] 随着科技进步,近年来汽车、航天发展迅猛,一般来说,对于汽车、航空航天等装载的仪器或人员,需要有效的主动控制时时抑制振动。主动控制的控制回路中的第一步就是需要控制信号,一般来说,利用振动物体本身的绝对位移来控制其运动是最有效的方法。然而,如何得到振动物体的绝对位移一直是一个需要解决的问题。

[0003] 振动测量装置主要是测量运动物体的运动状态信号,用于检测振动物体的安全性和稳定性,进一步的使用运动状态信号实现时时的主动控制。有效的振动测量装置不单单是有效的测量振动物体的运动状态,也能应用在航空、船舶中对结构或仪器进行时时检测、故障诊断并且进行隔离振动的保护。

[0004] 目前,在利用机械装置进行振动测量中,如何直接获得振动物体的绝对位移是一个需要解决的问题。其中,准确性和稳定性是衡量测量装置的两个指标,而对于机械式的测量振动的绝对位移的装置来说,如何同时保证准确性和稳定性是一个较大的问题。因此,基于不同的振动下的绝对位移的测量和信号的使用的需求,需要提出一种稳定的能够准确测量振动物体绝对位移的测量装置。

[0005] 现如今,在常用的测量装置中,利用机械结构进行振动测量的装置一般是利用压电作用的加速度传感器。加速度传感器是最常用的测量振动信号的传感器,将加速度传感器固定在被测物体上获得单个方向或多个方向的振动加速度,将信号做放大、两次积分等处理后,在采集仪器上显示或再将其用于主动控制或分析。但是由于信号处理、转换以及运算的过程中,时间滞后以及失真问题无法避免;而基于光学仪器或定位系统(GPS)的测量装置能够有效精确的测量振动的绝对位移和速度,但是由于这类仪器的价格较高,并且需要较大的使用空间和较高的操作要求,无法在汽车、小型结构等领域大量使用。

实用新型内容

[0006] 鉴于现如今位移传感器的适用性窄、成本高、无法适用于不同的领域等缺点,本实用新型的目的在于提供一种基于零刚度隔振结构的多方向绝对位移测量装置。

[0007] 本实用新型是这样实现的,一种基于零刚度隔振结构的多方向绝对位移测量装置,用于固定于一被测振动结构上以测量该被测振动结构的绝对位移,该装置包括固定安装于所述被测振动结构上的框架、配重块、连接于所述配重块与所述框架之间以将所述配重块悬空于所述框架中央的连接结构、固定于所述配重块上以测量该配重块在竖直方向上与所述被测振动结构之间的距离的第一距离传感器、固定于所述配重块上以测量该配重块在水平方向上与所述被测振动结构之间的距离的第二距离传感器及电性连接于所述第一距离传感器及所述第二距离传感器上的上位机,所述配重块具有四个侧面,每相邻两个所

述侧面相互垂直,四个所述侧面分为相互平行的两个第一侧面及相互平行的两个第二侧面,所述连接结构包括分别弹性连接于两个所述第一侧面与所述框架的对应的内侧面之间的第一连接机构及分别弹性连接于两个所述第二侧面与所述框架的对应的内侧面之间的第二连接机构,两个所述第一连接机构水平设置,两个所述第二连接机构竖直设置,两个所述第一连接机构连接于所述配重块的左右两侧,两个所述第二连接机构连接于所述配重块的上下两侧,每一个所述第一连接机构包括铰接于所述框架的同一处的首端连杆组、铰接于所述配重块的同一处的末端连杆组及连接于所述首端连杆组与所述末端连杆组之间的至少一个中间连杆组,所述首端连杆组的连杆末端、所述中间连杆组的连杆末端及所述末端连杆组的连杆末端依次铰接形成X型结构,所述X型结构具有若干对连杆末端的铰接处,所述第一连接机构还包括拉伸连接于其中一对连接末端的铰接处之间的拉伸弹簧。

[0008] 进一步地,每一个所述第二连接机构包括连接于所述第二侧面与所述框架的对应的内侧面之间的第二弹簧;或者,每一个所述第二连接机构的结构与所述第一连接机构的结构相同。

[0009] 进一步地,所述中间连杆组包括中部相互铰接的两个连杆。

[0010] 进一步地,两个所述第一连接机构相对于所述配重块左右对称。

[0011] 进一步地,所述拉伸弹簧的刚度大于所述第二弹簧的刚度;或者,进一步地,所述第一连接机构的所述拉伸弹簧的刚度大于所述第二连接机构的所述拉伸弹簧的刚度。

[0012] 进一步地,所述配重块的第一侧面上安装有第一铰接支座,所述框架的对应侧面上安装有第二铰接支座,所述首端连杆组与所述末端连杆组分别铰接于所述第一铰接支座和所述第二铰接支座上。

[0013] 进一步地,所述X型结构的连杆末端的铰接处的铰接结构包括固定于相铰接的两个连杆中的一个连杆上的轴承支座18、外圈固定于所述轴承支座18上的转动轴承及固定连接于所述转动轴承的内圈上的导杆17,相铰接的两个连杆中的另外一个连杆固定于该导杆17上。

[0014] 该测量装置是一种新的机械式的测量结构,在较低成本的情况下,适用于在不同的振动环境下,能够直接测量振动物体多个方向的绝对位移,并且直接用于响应分析、故障诊断和主动控制等领域。

附图说明

[0015] 图1是本实用新型第一实施例提供的基于零刚度隔振结构的多方向绝对位移测量装置的结构示意图。

[0016] 图2是图1的基于零刚度隔振结构的多方向绝对位移测量装置的X型结构的装配示意图。

[0017] 图3是本实用新型第二实施例提供的基于零刚度隔振结构的多方向绝对位移测量装置的结构示意图。

具体实施方式

[0018] 为了使本实用新型的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本实用新型进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释

本实用新型,并不用于限定本实用新型。

[0019] 须知,本说明书所附图式所绘示的结构、比例、大小等,均仅用以配合说明书所揭示的内容,以供熟悉此技术的人士了解与阅读,并非用以限定本发明可实施的限定条件,故不具技术上的实质意义,任何结构的修饰、比例关系的改变或大小的调整,在不影响本发明所能产生的功效及所能达成的目的下,均应仍落在本发明所揭示的技术内容得能涵盖的范围内。同时,本说明书中所引用的如“上”、“下”、“左”、“右”、“中间”及“一”等的用语,亦仅为便于叙述的明了,而非用以限定本发明可实施的范围,其相对关系的改变或调整,在无实质变更技术内容下,当亦视为本发明可实施的范畴。

[0020] 请参阅图 1 和图 2,本实用新型第一实施例提供的基于零刚度隔振结构的多方向绝对位移测量装置 10 用于固定于一被测振动结构 M_1 上以测量该被测振动结构 M_1 的绝对位移。

[0021] 该装置 10 包括固定安装于所述被测振动结构 M_1 上的框架 5、配重块 M_2 、连接于所述配重块 M_2 与所述框架 5 之间以将所述配重块 M_2 悬空于所述框架 5 中央的连接结构、固定于所述配重块 M_2 上以测量该配重块 M_2 在竖直方向上与所述被测振动结构 M_1 之间的距离的第一距离传感器 1、固定于所述配重块 M_2 上以测量该配重块 M_2 在水平方向上与所述被测振动结构 M_1 之间的距离的第二距离传感器 2 及电性连接于所述第一距离传感器 1 及所述第二距离传感器 2 上的上位机(图未示),所述配重块 M_2 具有四个侧面,每相邻两个所述侧面相互垂直,四个所述侧面分为相互平行的两个第一侧面 3 及相互平行的两个第二侧面 4,所述连接结构包括分别弹性连接于两个所述第一侧面 3 与所述框架 5 的对应的内侧面之间的第一连接机构 6 及分别弹性连接于两个所述第二侧面 4 与所述框架 5 的对应的内侧面之间的第二连接机构 7,两个所述第一连接机构 6 水平设置,两个所述第二连接机构 7 竖直设置,两个所述第一连接机构 6 连接于所述配重块 M_2 的左右两侧,两个所述第二连接机构 7 连接于所述配重块 M_2 的上下两侧,每一个所述第一连接机构 6 包括铰接于所述框架 5 的同一处的首端连杆组 8、铰接于所述配重块 M_2 的同一处的末端连杆组 9 及连接于所述首端连杆组 8 与所述末端连杆组 9 之间的至少一个中间连杆组 11,所述首端连杆组 8 的连杆末端、所述中间连杆组 11 的连杆末端及所述末端连杆组 9 的连杆末端依次铰接形成 X 型结构,所述 X 型结构具有若干对连杆末端的铰接处,所述第一连接机构 6 还包括拉伸连接于其中一对连接末端的铰接处之间的拉伸弹簧 12。

[0022] 在第一实施例中,每一个所述第二连接机构 7 包括连接于所述第二侧面 4 与所述框架 5 的对应的内侧面之间的第二弹簧 13。具体地,第二弹簧 13 通过弹簧支座 14 对称地装配在配重块 M_2 上下,将第二弹簧 13 与弹簧支座 14 固定连接。第二弹簧 13(即竖直弹簧)的刚度记为 k_1 ,原长记为 l_{10} 。

[0023] 在本实施例中,所述拉伸弹簧 12 的刚度大于所述第二弹簧 13 的刚度。所述拉伸弹簧 12 刚度记为 k_2 ,原长记为 l_{20} ,其预拉量记为 λ_s ;拉伸弹簧 12 与力传感器(图未示)串联连接,力传感器的型号可以灵活选择,一般选用的是压电式的力传感器。

[0024] 所述框架 5 与被测振动结构 M_1 通过螺纹元件固定或焊接成一体,使得被测振动结构 M_1 的振动直接反应在该基于零刚度隔振结构的多方向绝对位移测量装置 10 上。

[0025] 两个所述第一连接机构 6 相对于所述配重块 M_2 左右对称。两个所述第一连接机构 6 的结构相同,具体地,在配重块 M_2 的第一侧面 3 上安装第一铰接支座 15,同样在框架 5

的相应侧面上安装第二铰接支座 16, 首端连杆组 8 与末端连杆组 9 分别铰接于第一、第二铰接支座 15、16 上, 所述中间连杆组 11 包括中部相互铰接的两个连杆 110。

[0026] 在第一实施例中, 中间连杆组 11 为一个, 在其他实施例中, 中间连杆组 11 可多于一个, 中间连杆组 11 的连杆末端依次铰接。

[0027] 请再次参阅图 2, X 型结构中的铰接形成是利用相同的转动轴承 (图未示)、导杆 17 及轴承支座 18 来完成, 具体地以两个连杆的铰接为例, 轴承支座 18 固定于相铰接的两个连杆中的一个连杆上, 转动轴承的外圈固定于轴承支座 18 上, 轴承支座 18 的开孔直径为转动轴承的外径。然后将导杆 17 固定连接于转动轴承的内圈上, 另外一个连杆固定于该导杆 17, 如此, 两个连杆可以转动, 且仅有相对转动。优选的, 这里所用的转动轴承、导杆 17、连杆和轴承支座 18 的尺寸必须相互匹配。转动轴承是标准尺寸的零件, 可以通用。

[0028] 选用的导杆 17 的直径与转动轴承的内径相等, 导杆 17 和转动轴承连接了两根连杆, 使之能够相互转动。选用的导杆 17 质量分布均匀。

[0029] 为了形成 X 型结构, 并且安装轴承支座 18、导杆 17 与转动轴承, 在本实施例中, 连杆分为宽边连杆和窄边连杆, 根据选定的 X 型结构的层数 n , 分别需要 $2n$ 根宽边连杆和 $2n$ 根窄边连杆。其中, 对于宽边连杆, 在其一端和中点, 需要预留直径为转动轴承外径的开孔, 而在另一端, 开孔的直径为转动轴承的内径 (或导杆 17 的直径); 对于窄边连杆, 在两端和中点的开孔的直径相等, 为轴承的内径 (或导杆 17 的直径)。

[0030] 装配 X 型结构的过程为: 1)、将转动轴承固定在宽边连杆开孔较大的一端和中点; 2)、将导杆 17 通过宽边连杆的另一端和两个转动轴承的内圈; 3)、将窄边连杆两端和中点的开孔穿过导杆 17, 固定导杆 17 和窄边连杆; 4)、重复 1) 至 3) 步直到完成前侧需要的层数的 X 型结构。

[0031] 在多层 X 型结构的某一层装配竖直方向的拉伸弹簧 12。可以通过挂钩或粘合剂, 将拉伸弹簧 12 的相对两端固定在同一层的导杆 17 上。为了使得 X 型结构能够产生水平方向的预压效果, 需要将 X 型结构中的拉伸弹簧 12 进行预拉。

[0032] 将第一、第二距离传感器 1、2 分别固定在配重块 M_2 的竖直和水平方向, 用以配重块 M_2 和振动物体 M_1 之间的相对位移。这里所使用的第一、第二距离传感器 1、2 为本领域技术人员通用的, 不作过多描述, 第一、第二距离传感器 1、2 也可以是超声波传感器。

[0033] 本发明提供的基于零刚度隔振结构的多方向绝对位移测量装置 10 的装配包括以下步骤:

[0034] 1)、首先将配重块 M_2 的上下竖直对称的连接第二弹簧 13 (即竖直弹簧), 利用弹簧支座 14 将竖直弹簧固定在配重块 M_2 上;

[0035] 2)、选取 n 根宽边连杆和 n 根窄边连杆, 利用相同的转动轴承连接, 将连杆搭建成 X 型, 利用粘合剂将轴承和连杆连接, 保证连杆之间只能相对转动;

[0036] 3)、在搭建好的 X 型结构的任意一层中的上下两个转动轴上连接拉伸弹簧 12;

[0037] 4)、将测量相对距离的第一、第二距离传感器 1、2 固定在配重块 M_2 的竖直和水平方向上, 以测量配重块 M_2 与被测振动结构 M_1 之间的竖直方向和水平方向上的相对位移;

[0038] 5)、将带有预拉伸弹簧 12 的 X 型结构对称的装配在配重块 M_2 的左右两侧;

[0039] 6)、将上下连接的竖直弹簧, 左右两边连接 X 型结构的配重块 M_2 与框架 5 固定, 形成绝对位移测量装置 10;

[0040] 7)、将整个装置固定在被测振动结构 M_1 上, 第一、第二距离传感器 1、2 测得的相对位移信号可以近似描述被测振动结构 M_1 的绝对位移;

[0041] 上述基于零刚度隔振结构的多方向绝对位移测量装置 10 的测量原理如下:

[0042] 本实用新型提出的基于零刚度隔振结构的绝对位移测量装置 10 的测量原理主要基于零刚度隔振结构的隔振特性, 将被测振动结构 M_1 的绝对振动位移设为 x_1 , 配重块 M_2 的绝对振动位移设为 x_2 , X 型结构的层数为 n 层, 连杆装配与竖直方向的角度记为 θ , 连杆长度为 l , X 型结构中的拉伸弹簧 12 预拉伸长度为 λ_s 时, 测量装置 10 的运动方程可以写为

[0043]

$$M_2 \ddot{x}_2 + k_1 \left(\frac{2 \tan^2 \theta}{n^2} - \frac{\lambda_s \sec^3 \theta}{l n^2} \right) \hat{x}_2 + \left[-\frac{2k_2}{l_{20}^2} + \frac{k_1 (2l \cos \theta - \lambda_s) (2 - \cos 2\theta) \sec^5 \theta}{8l^3 n^4} \right] \hat{x}_2 \hat{y}_2^2 + \left[\frac{k_2}{l_{20}^2} - k_1 \sec^6 \theta \left(\frac{3 - 2 \cos 2\theta}{4l^2 n^4} \right) \left(\frac{\lambda_s \sec \theta}{2l} - 1 \right) \right] \hat{x}_2^3 = 0 \quad (1)$$

[0044]

$$M_2 \ddot{y}_2 + \left(2k_2 - \frac{k_1 \lambda_s \sec \theta}{l n^2} \right) \hat{y}_2 + \left[\frac{k_1 (2l \cos \theta - \lambda_s) (2 - \cos 2\theta) \sec^5 \theta}{8l^3 n^4} - \frac{2k_2}{l_{20}^2} \right] \hat{x}_2^2 \hat{y}_2 + \frac{k_1 \sec^2 \theta}{4l^2 n^4} \left(1 - \frac{\lambda_s \sec \theta}{2l} \right) \hat{y}_2^3 = 0$$

[0045] 其中, x_2 和 y_2 为配重块 M_2 的水平位移和竖直位移, x_1 和 y_1 为被测振动结构 M_1 的绝对水平位移和竖直位移, $\hat{x}_2$ 和 $\hat{y}_2$ 为配重块 M_2 与被测振动结构 M_1 之间的水平相对位移和竖直相对位移, 可以被写为 $\hat{x}_2 = x_2 - x_1$ 和 $\hat{y}_2 = y_2 - y_1$; n 为 X 型结构的层数。

[0046] 在本实施例中, X 型结构的层数为 $n = 2$; θ 为 X 型结构的连杆与竖直方向的角度; l 为 X 型结构的连杆长度; λ_s 为 X 型结构中拉伸弹簧 12 的预拉长度; k_1 为第二弹簧 13 的刚度, 而 k_2 为 X 型结构中的拉伸弹簧 12 的刚度。

[0047] 因此, 带有 X 型结构的测量装置 10 的水平方向的等效线性刚度 K_x 为

$$K_x = k_1 \left(\frac{2 \tan^2 \theta}{n^2} - \frac{\lambda_s \sec^3 \theta}{l n^2} \right), \text{ 竖直方向的等效线性刚度 } K_y \text{ 为 } K_y = 2k_1 - \frac{k_2 \lambda_s \sec \theta}{l n^2}。 \text{ 因此, 当}$$

$\left(\frac{2 \tan^2 \theta}{n^2} - \frac{\lambda_s \sec^3 \theta}{l n^2} \right) = 0$, 并且 $2k_1 - \frac{k_2 \lambda_s \sec \theta}{l n^2} = 0$ 时, 测量装置 10 的水平方向和竖直方向的等效刚度和固有频率等于零, 因此, 配重块 M_2 的振动可以被完全隔离, 由此, 得出条件 $x_2 \approx 0$ 以及 $y_2 \approx 0$ 。

[0048] 固定在配重块 M_2 上的距离传感器 1、2 所测得的水平和竖直方向的相对位移信号分别可以写为 $S1 = \hat{x}_2 = x_2 - x_1$ 和 $S2 = \hat{y}_2 = y_2 - y_1$, 由于配重块 M_2 的振动完全被隔离, 有条件 $x_2 \approx 0$ 以及 $y_2 \approx 0$, 因此, 可以得到测量的信号可以写为 $S1 \approx 0 - x_1 \approx -x_1$ 和 $S2 \approx 0 - y_1 \approx -y_1$ 。因此可以看到, 由距离传感器 1、2 得到的相对位移的信号可以描述振动物体 M_1 的绝对位移信号, 并且能够直接用于主动控制的信号源。

[0049] 通过以上的多方向零刚度隔振结构的设计, 在多种形式的激励下, 利用零刚度结

构的隔振效果作为绝对位移测量装置 10,能够通过调节 X 型结构的参数和拉伸弹簧 12 的预拉值,保证多方向零刚度的特性,从而能适用于不同的振动环境的测量,起到工程中需要的时时检测,故障诊断和有效的主动控制等作用。

[0050] 本装置的测量效果和精度如下:

[0051] 本发明提出将零刚度隔振结构作为振动物体的绝对位移的测量装置 10,根据测量装置 10 耦合测量的振动对象的动力学方程, $\hat{x}_2 = x_2 - x_1$ 和 $\hat{y}_2 = y_2 - y_1$ 为振动物体 M_1 与配重块 M_2 之间的相对位移,由于线性刚度系数可以被调节至约等于零,因此动力方程中 $\hat{x}_2 = x_2 - x_1$ 和 $\hat{y}_2 = y_2 - y_1$ 的线性项等于零。又由于 $\hat{x}_2 = x_2 - x_1$ 和 $\hat{y}_2 = y_2 - y_1$ 的量级较小,因此, $\hat{y}_2 = y_2 - y_1$ 和 $\hat{y}_2 = y_2 - y_1$ 的三次方项也非常接近于零。因此代表了配重块 M_2 的绝对位移的 x_2 和 y_2 非常接近于零,因此 $\hat{x}_2 = x_2 - x_1$ 和 $\hat{y}_2 = y_2 - y_1$ 的值非常接近于 $-x_1$ 和 $-y_1$ 的值。

因此测量得到相对运动信号可以用来描述振动物体在多个方向下振动的绝对位移的大小。

[0052] 当测量装置 10 的线性刚度可以被调节至零,并且振动的幅度在分米量级以下时,本发明提出的机械式的测量装置 10 可以较准确的测得振动物体在不同的激励下的绝对位移。并且,在工程中,如果被测物体在激励下产生了转动位移,那么可以第一实施例中的竖直弹簧部分替换成多层 X 型结构,即得到第二实施例,如图 3 所示,详述在后面。无论是第一实施例,还是第二实施例,在配重块 M_2 的左右两边固定连接距离传感器 1、2,则振动物体 M_1 的绝对转动位移就可以通过配重块 M_2 上距离传感器 1、2 得到的位移信号求得。

[0053] 在第一实施例中,根据动力学方程,零刚度隔振结构的参数设计依据为:1)、当 X 型中弹簧的预拉增大,测量装置 10 的固有频率减小,配重块 M_2 的振动能够被有效的隔离;2)、当 X 型结构中的连杆与竖直方向所呈的角度减小,配重块 M_2 的隔振效果能够被改进;3)、当 X 型结构中的连杆长度减小时,配重块 M_2 的隔振效果能够被改进;4)、X 型结构中的第二弹簧 13 的刚度必须大于配重块 M_2 连接的竖直拉伸弹簧 12。另一方面来说,由于测量装置 10 的 X 型结构能够产生刚度非线性,因此,配重块 M_2 在装配过程中能够被调节至如图 1 所示的平衡点处。所以利用预压的 X 型结构,使得隔振结构的固有频率能够被减小到零,但保持一定的承载能力,能够使得配重块 M_2 的振动近似等于零,从而通过测量基于零刚度隔振结构的配重块和振动物体之间的相对位移就能够得到被测的振动物体的近似的绝对位移。由于本发明提出的测量装置 10 的固有频率可以被降到零,因此本发明提出的测量装置 10 对于从低频到高频的振动都能够有效准确的测量。

[0054] 根据以上的分析,可以看出将零刚度隔振结构作为绝对位移测量装置 10 是一种新颖的结构,在只利用力传感器、机械连杆和弹簧等弹性元件的情况下,通过构建的组合可以实现等效的零刚度结构和非常好的隔振效果,并且,由于 X 型结构中的杆件的角度、结构层数、连杆长度和弹簧预拉量可以很方便的调节,所以,带有 X 型结构的测量装置 10 的等效刚度系数是可以调节的。基于 X 型结构的几何特性以及可以产生等效预压效果,当配重块 M_2 在竖直方向运动时,预压的 X 型结构能够产生与配重块 M_2 的惯性力相反方向的等效作用力,因此能够实现零刚度特性。由于带有预压的 X 型结构的隔振装置具有零刚度特性和非常好的隔振性能,因此配重块 M_2 的振动可以完全被隔离,形成一个绝对的零点,因此测得的力信号能够有效的描述被测的振动物体的绝对位移。

[0055] 基于零刚度隔振结构设计能够隔离振动形成绝对零点的结构,利用其作为绝对位移测量装置 10,并根据实际配重、被测物体、弹性元件等情况获取具体物理参数的设计原则,可以更好的实现绝对零点,并改进测量的精度,使本发明提出的基于零刚度隔振结构的装置在不同的振动结构上实现广泛的应用。

[0056] 请参阅图 3,本实用新型第二实施例提供的基于零刚度隔振结构的多方向绝对位移测量装置 20 与第一实施例提供基于零刚度隔振结构的多方向绝对位移测量装置 10 大致相同,其不同之处在于:将配重块 M_2 的竖直方向的第二弹簧 13 替换成 X 型结构,选取适当的结构参数,可以实现被测物体 M_1 受到转动方向的激励产生的响应,即,每一个所述第二连接机构 7 的结构与所述第一连接机构 6 的结构相同,具体地,每一个所述第二连接机构 7 包括铰接于所述框架 5 的同一处的第二首端连杆组 80、铰接于所述配重块的同一处的第二末端连杆组 90 及连接于所述第二首端连杆组 80 与所述第二末端连杆组 90 之间的至少一个第二中间连杆组 30,所述第二首端连杆组 80 的连杆末端、所述第二中间连杆组 30 的连杆末端及所述第二末端连杆组 90 的连杆末端依次铰接形成 X 型结构,所述 X 型结构具有若干对连杆末端的铰接处,所述第二连接机构 7 还包括拉伸连接于其中一对连接末端的铰接处之间的第二拉伸弹簧 120,其中,所述第一连接机构 6 的所述拉伸弹簧 12 的刚度大于所述第二连接机构 7 的所述第二拉伸弹簧 120 的刚度。

[0057] 以上所述仅为本实用新型的较佳实施例而已,并不用以限制本实用新型,凡在本实用新型的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本实用新型的保护范围之内。

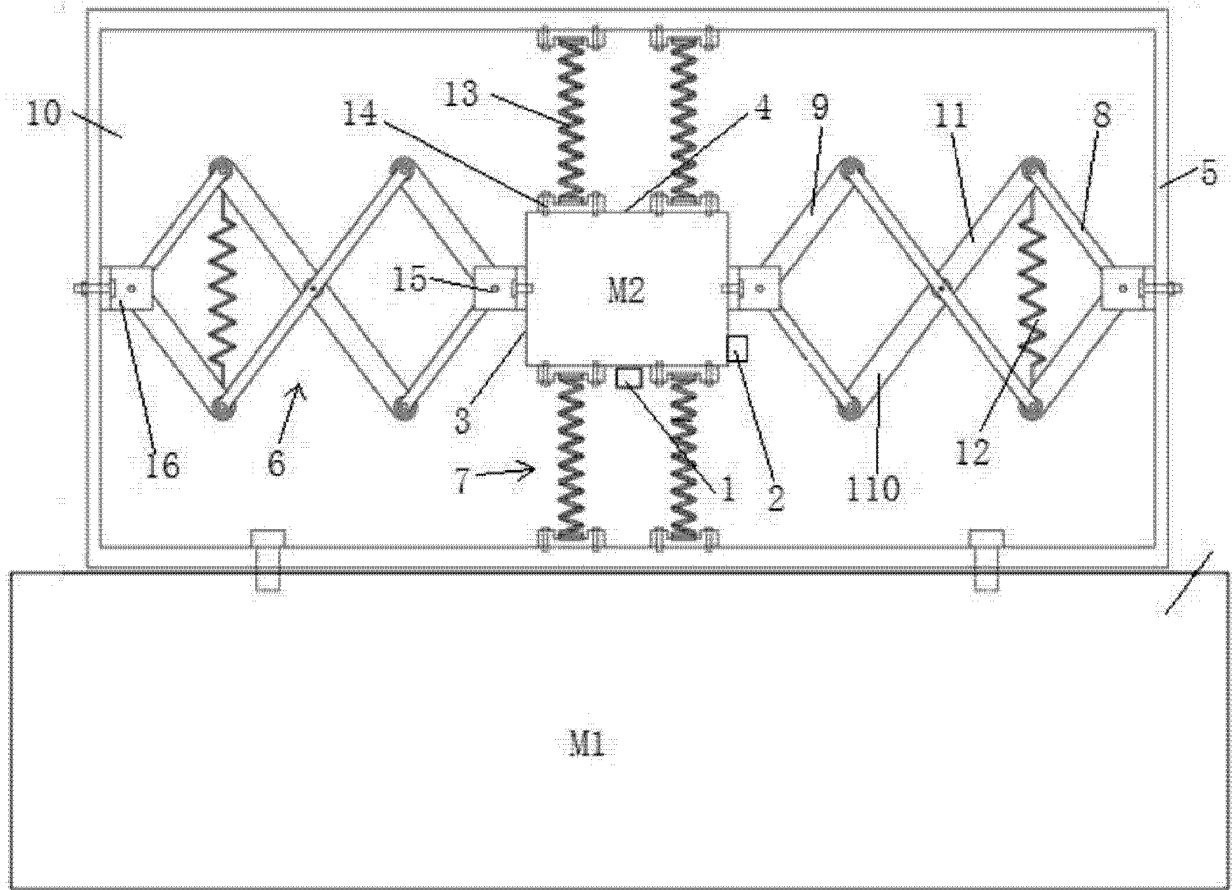


图 1

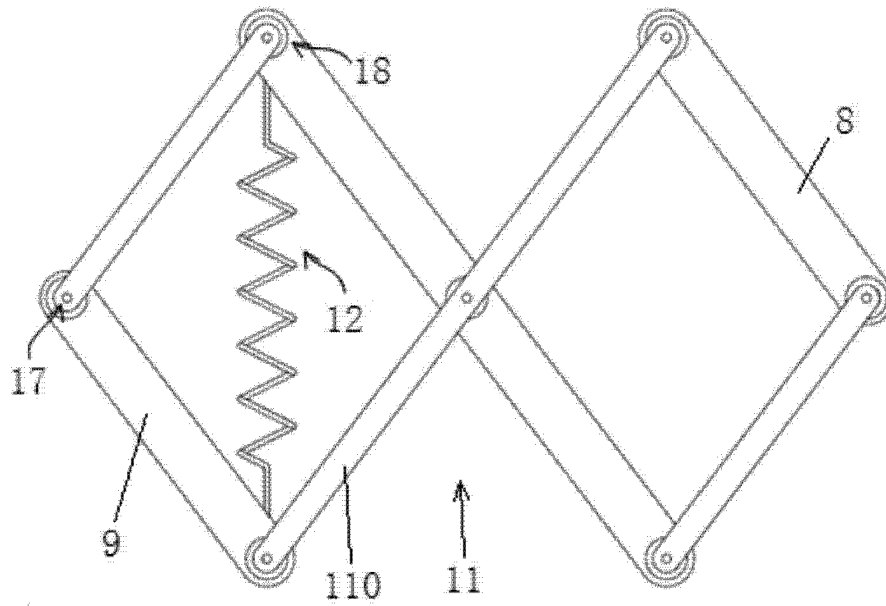


图 2

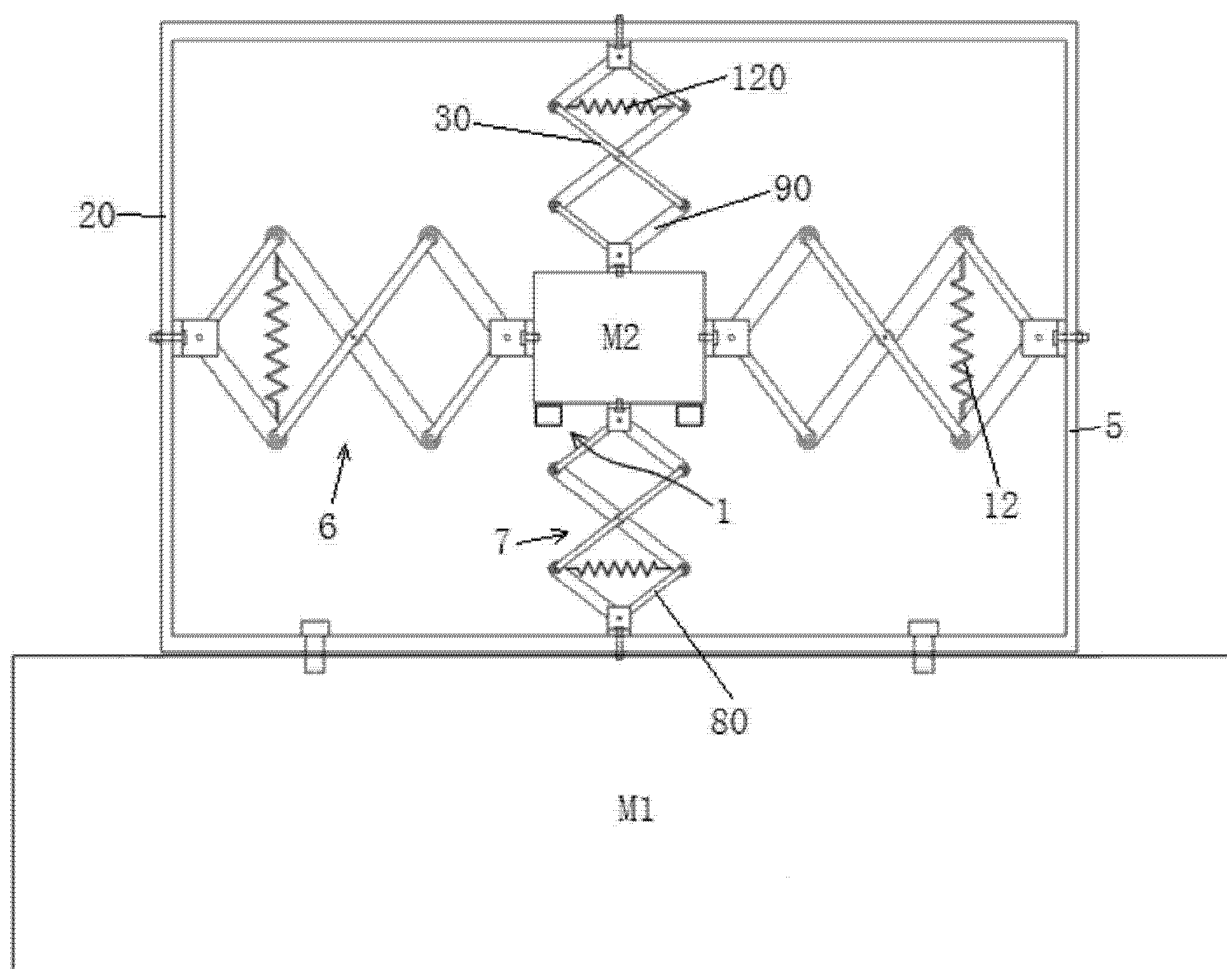


图 3