

[19] Patents Registry
The Hong Kong Special Administrative Region
香港特別行政區
專利註冊處

[11] 1235622 A

[12]

SHORT-TERM PATENT SPECIFICATION 短期專利說明書

[21] Application No. 申請編號
17106257.6

[51] Int.Cl.⁸ F16F

[22] Date of filing 提交日期
23.06.2017

[30] Priority 優先權

26.08.2016 CN 201620957512.1

[45] Publication Date of granted patent 批予專利的發表日期
09.03.2018

[73] Proprietor 專利所有人

The Hong Kong Polytechnic University Shenzhen Research
Institute
CHINA

香港理工大学深圳研究院

中國內地/中國

南山區高新園南區

粵興一道 18 號

香港理工大學產學研大樓 205 室

[72] Inventor 發明人

JING, Xingjian 景興建

[74] Agent and / or address for service 代理人及/或送達地址

中一聯合國際知識產權有限公司

香港九龍

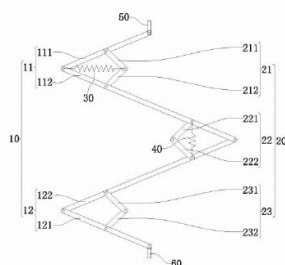
尖沙咀漆咸道南 45-51 號

其士大廈 803 室

[54] NONLINEAR STIFFNESS DAMPING DEVICE BASED ON THE IMITATION LEG STRUCTURE 基於仿腿型結構的非線性剛度阻尼裝置

[57] The utility model relates to the technical field of vibration isolation device, and relates to a nonlinear stiffness damping device based on the imitation leg structure, including a long and a short linkage mechanism, a horizontal and a vertical elastic members; the long linkage mechanism includes a long linkage group connected to a vibration isolating object and a vibration source; the short linkage mechanism includes a short linkage group connected to the top long linkage group, a short linkage group connected between the top long linkage group and the bottom long linkage group, and a short linkage group connected to the bottom long linkage group; the horizontal elastic member and the vertical elastic member are respectively connected between the short link mechanism and the short link mechanism. The utility model can realize characteristics of adjustable nonlinear stiffness and damping, realize the nonlinear stiffness characteristic of high load capacity and low dynamic stiffness, and realize a high damping at the resonant frequency and low damping at the other frequency, and realize an ideal nonlinear damping characteristics which changes with frequency and vibration displacement, so that the vibration isolation effect is obvious, the carrying capacity and stability is great and the application range is wide.

本實用新型涉及隔振裝置技術領域，涉及基於仿腿型結構的非線性剛度阻尼裝置，包括長、短連杆機構、水平和垂直彈性件；長連杆機構包括與隔振對象連接的和用於與振動源連接的長連杆組；短連杆機構包括連接於頂端長連杆組的短連杆組、連接於頂端長連杆組和底端長連杆組之間的短連杆組以及連接於底端長連杆組的短連杆組；水平彈性件和垂直彈性件分別連接於短連杆機構與短連杆機構之間。本實用新型可以實現可調節的非線性剛度和阻尼特性，實現高承載能力和低動剛度的非線性剛度特性，並實現在諧振頻率處高阻尼在其他頻率處低阻尼、隨頻率隨振動位移而變化的理想非線性阻尼特徵，從而使得隔振效果明顯，同時具有良好承載能力和穩定性，適用範圍廣。



说明书

基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置

技术领域

本实用新型涉及隔振装置技术领域，尤其涉及基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置。

背景技术

刚度阻尼系统的作用主要是形成良好的隔振环境。好的隔振装置不但能给车辆和飞机上的乘客和驾驶员带来更好的乘坐环境，也能应用在航空、船舶中对仪器进行隔离振动的保护。隔振系统从结构特性来看，可以分为线性隔振系统和非线性隔振系统。目前，在被动隔振领域，有效性和稳定性是设计和应用隔振系统时存在的两大问题。其中，隔振频带和隔振效率是衡量隔振效果的两个指标，而对于具有非线性特性的振动系统来说，通常在设计的过程中就要保证结构具有足够的稳定性。因此，基于对于能够使用在不同环境和领域的隔振系统的需求，需要提出一种具有可调节刚度和阻尼特性的刚度阻尼系统。

随着科技进步，近年来汽车、航天得到迅猛的发展，对于保护人员和零部件，相应的，经济有效的隔振装置得到了广泛的关注。刚度阻尼系统通过弹性零部件将隔振对象和振动源连接在一起，通过弹性部件对振动能量的吸收或耗散实现振动的消减或隔离效果，起到对人员、结构或部件的防护作用，对于刚度阻尼系统的设计、装配和搭建过程来说，有效性和稳定性是两个关键的指标。被动隔振系统在设计 and 装配过程中，系统在机械结构和被动

元件特性相关参数上都具有较多的设计变量，并且在应用与不同环境和背景时，被动元件的参数很难进行调节，一般的被动隔振装置只能应用于某种特性的环境下。一旦被动元件的取值确定（例如，弹簧刚度，阻尼系数），隔振装置的有效隔振范围和承载能力也相应地确定，如果需要改进隔振效果，那么更换弹簧元件或阻尼装置会带来麻烦和经济上的浪费。

而从另一方面来说，主动控制元件的成本和控制方法的设计费时费力，其成本远远大于被动装置，并且一般来说，由于主动控制元件需要控制器作动器，所以其重量要大于被动元件。所以，从结构出发设计具有可调节的刚度和阻尼特性的被动隔振结构，并根据实际应用情况获取具体物理参数的设计原则，可以减少隔振装置的成本和难度，使其实现广泛的应用并具有重要意义。

实用新型内容

本实用新型的目的在于提供一种基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置，旨在解决现有技术的被动隔振装置的适用性窄、承载能力较差、调节参数困难等的技术问题。

为实现上述目的，本实用新型的技术方案是：一种基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置，包括长连杆机构、短连杆机构、水平弹性件和垂直弹性件；

所述长连杆机构包括用于与隔振对象连接的顶端长连杆组和用于与振动源连接的底端长连杆组，所述顶端长连杆组包括相互铰接的第一顶端长连杆和第二顶端长连杆，所述底端长连杆组包括相互铰接的第一底端长连杆和第二底端长连杆，所述第二顶端长连杆与所述第二底端长连杆铰接；

所述短连杆机构包括顶端短连杆组、中间短连杆组和底端短连杆组，所述顶端短连杆组包括相互铰接的第一顶端短连杆和第二顶端短连杆，所述中间短连杆组包括相互铰接的第一中间短连杆和第二中间短连杆，所述底端短连杆组包括相互铰接的第一底端短连杆和第二底端短连杆；

- 5 所述第一顶端短连杆和所述第二顶端短连杆分别与所述第一顶端长连杆和所述第二顶端长连杆铰接，所述第一中间短连杆和所述第二中间短连杆分别与所述第二顶端长连杆和所述第二底端长连杆铰接，所述第一底端短连杆和所述第二底端短连杆分别与所述第二底端长连杆和所述第一底端长连杆铰接；

- 10 所述水平弹性件连接于所述第一顶端长连杆与所述第二顶端长连杆的铰接处和所述第一顶端短连杆与所述第二顶端短连杆的铰接处之间，或者所述水平弹性件连接于所述第二顶端长连杆与所述第二底端长连杆的铰接处和所述第一中间短连杆与所述第二中间短连杆的铰接处之间，或者所述水平弹性件连接于所述第一底端长连杆与所述第二底端长连杆的铰接处和所述第一底端短连杆与所述第二底端短连杆的铰接处之间；

- 15 所述垂直弹性件连接于第一顶端长连杆与所述第一顶端短连杆的铰接处和所述第二顶端长连杆与所述第二顶端短连杆的铰接处之间，或者所述垂直弹性件连接于第二顶端长连杆与所述第一中间短连杆的铰接处和所述第二底端长连杆与所述第二中间短连杆的铰接处之间，或者所述垂直弹性件连接于第二底端长连杆与所述第一底端短连杆的铰接处和所述第一底端长连杆与所述第二底端短连杆的铰接处之间。
- 20

优选地，所述水平弹性件为水平弹簧、水平阻尼器或者所述水平弹簧与所述水平阻尼器的结合件。

优选地，所述垂直弹性件为垂直弹簧、垂直阻尼器或者所述垂直弹簧与所述垂直阻尼器的结合件。

5 优选地，所述第一顶端长连杆的末端连接有助于与所述隔振对象连接的顶端连接杆；所述第一底端长连杆的末端连接有助于与所述振动源连接的底端连接杆。

优选地，所述第一顶端长连杆的长度小于所述第二顶端长连杆的长度；所述第一底端长连杆的长度小于所述第二底端长连杆的长度。

10 优选地，所述第一顶端短连杆、所述第二顶端短连杆、所述第一中间短连杆、所述第二中间短连杆、所述第一底端短连杆和所述第二底端短连杆的长度均相等。

优选地，所述第一顶端长连杆、所述第二顶端长连杆、所述第一底端长连杆和所述第二底端长连杆的长度均大于所述第一顶端短连杆、所述第二顶端短连杆、所述第一中间短连杆、所述第二中间短连杆、所述第一底端短连杆和所述第二底端短连杆的长度。

15 优选地，所述第一中间短连杆与所述第二顶端短连杆一体成型，所述第二中间短连杆与所述第一底端短连杆一体成型。

优选地，所述第一顶端长连杆与所述第二顶端长连杆通过轴承或者铰链铰接，所述第一底端长连杆与所述第二底端长连杆通过轴承或者铰链铰接，所述第二顶端长连杆与所述第二底端长连杆通过轴承或者铰链铰接；

20 所述第一顶端短连杆与所述第二顶端短连杆通过轴承或者铰链铰接，所述第一中间短连杆与所述第二中间短连杆通过轴承或者铰链铰接，所述第一底端短连杆与所述第二底端短连杆通过轴承或者铰链铰接。

优选地，所述第一顶端短连杆与所述第一顶端长连杆通过轴承或者铰链铰接，所述第二顶端短连杆与所述第二顶端长连杆铰接通过轴承或者铰链铰接；

所述第一中间短连杆与所述第二顶端长连杆通过轴承或者铰链铰接，所述第二中间短连杆与所述第二底端长连杆通过轴承或者铰链铰接；

5 所述第一底端短连杆与所述第二底端长连杆通过轴承或者铰链铰接，所述第二底端短连杆与所述第一底端长连杆通过轴承或者铰链铰接。

本实用新型的有益效果：本实用新型的基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置，通过长连杆机构和短连杆机构以及连接在长连杆机构和短连杆机构之间的水平弹性件和垂直弹性件的组合设计，可以改变仿腿型结构的层数、横纵弹
10 簧阻尼比、长短连杆角度和长短连杆长度的取值，以调节基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置的等效非线性刚度和阻尼，使得基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置可以实现可调节的非线性刚度和阻尼特性，从而使得基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置的隔振效果得到改进，同时也具有良好的承载能力和
15 稳定性，适用范围广，可以在航空、汽车、大型结构等不同的振动背景下得到有效地应用。

附图说明

图1为本实用新型实施例提供的基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置的结构示意图。

20 图2为本实用新型实施例提供的基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置的另一种结构示意图。

图3为本实用新型实施例提供的基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置的

静态刚度与各参数值之间的关系图。

图4为本实用新型实施例提供的基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置的隔振功效图。

附图标记包括：

5	10—长连杆机构	11—顶端长连杆组	12—底端长连杆组
	20—短连杆机构	21—顶端短连杆组	22—中间短连杆组
	23—底端短连杆组	30—水平弹性件	40—垂直弹性件
	50—顶端连接杆	60—底端连接杆	111—第一顶端长连杆
	112—第二顶端长连杆	121—第一底端长连杆	122—第二底端长连杆
10	211—第一顶端短连杆	212—第二顶端短连杆	221—第一中间短连杆
	222—第二中间短连杆	231—第一底端短连杆	232—第二底端短连杆。

具体实施方式

下面详细描述本实用新型的实施例，所述实施例的示例在附图中示出，其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图1~4描述的实施例是示例性的，旨在用于解释本实用新型，而不能理解为对本实用新型的限制。

在本实用新型的描述中，需要理解的是，术语“长度”、“宽度”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本实用新型和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本实用新型的限制。

此外，术语“第一”、“第二”仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此，限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括一个或者更多个该特征。在本实用新型的描述中，“多个”的含义是两个或两个以上，除非另有明确具体的限定。

5 在本实用新型中，除非另有明确的规定和限定，术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等术语应做广义理解，例如，可以是固定连接，也可以是可拆卸连接，或成一体；可以是机械连接，也可以是电连接；可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连，可以是两个元件内部的连通或两个元件的相互作用关系。对于本领域的普通技术人员而言，可以根据具体情况理解上述术语在本
10 实用新型中的具体含义。

如图 1 至图 2 所示，本实用新型实施例提供一种基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置，包括长连杆机构 10、短连杆机构 20、水平弹性件 30 和垂直弹性件 40。

所述长连杆机构 10 包括用于与隔振对象（图未示）连接的顶端长连杆组
15 11 和用于与振动源（图未示）连接的底端长连杆组 12，所述顶端长连杆组 11 包括相互铰接的第一顶端长连杆 111 和第二顶端长连杆 112，所述底端长连杆组 12 包括相互铰接的第一底端长连杆 121 和第二底端长连杆 122，所述第二顶端长连杆 112 与所述第二底端长连杆 122 铰接。具体的，振动源可以是飞机等交通工具，隔振对象可以是座椅或者其他精密仪器等。

20 所述短连杆机构 20 包括顶端短连杆组 21、中间短连杆组 22 和底端短连杆组 23，所述顶端短连杆组 21 包括相互铰接的第一顶端短连杆 211 和第二顶端短连杆 212，所述中间短连杆组 22 包括相互铰接的第一中间短连杆 221 和第

二中间短连杆 222, 所述底端短连杆组 23 包括相互铰接的第一底端短连杆 231 和第二底端短连杆 232。

所述第一顶端短连杆 211 和所述第二顶端短连杆 212 分别与所述第一顶端长连杆 111 和所述第二顶端长连杆 112 铰接, 所述第一中间短连杆 221 和所述
5 第二中间短连杆 222 分别与所述第二顶端长连杆 112 和所述第二底端长连杆 122 铰接, 所述第一底端短连杆 231 和所述第二底端短连杆 232 分别与所述第二底端长连杆 122 和所述第一底端长连杆 121 铰接;

所述水平弹性件 30 连接于所述第一顶端长连杆 111 与所述第二顶端长连杆 112 的铰接处和所述第一顶端短连杆 211 与所述第二顶端短连杆 212 的铰接
10 处之间, 或者所述水平弹性件 30 连接于所述第二顶端长连杆 112 与所述第二底端长连杆 122 的铰接处和所述第一中间短连杆 221 与所述第二中间短连杆 222 的铰接处之间, 或者所述水平弹性件 30 连接于所述第一底端长连杆 121 与所述第二底端长连杆 122 的铰接处和所述第一底端短连杆 231 与所述第二底端短连杆 232 的铰接处之间。

15 所述垂直弹性件 40 连接于第一顶端长连杆 111 与所述第一顶端短连杆 211 的铰接处和所述第二顶端长连杆 112 与所述第二顶端短连杆 212 的铰接处之间, 或者所述垂直弹性件 40 连接于第二顶端长连杆 112 与所述第一中间短连杆 221 的铰接处和所述第二底端长连杆 122 与所述第二中间短连杆 222 的铰接处之间, 或者所述垂直弹性件 40 连接于第二底端长连杆 122 与所述第一底端短连杆 231 的铰接处和所述第一底端长连杆 121 与所述第二底端短连杆 232 的
20 铰接处之间。

本实施例图 1 和图 2 所示只是其中两种基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼

装置的具体结构，针对水平弹性件 30 和垂直弹性件 40 不同位置的设定可以衍生出更多种结构形式的基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置，在此不再一一列举各种结构形式的基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置的结构图。

具体的，本实用新型实施例的基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置，通过长连杆机构 10 和短连杆机构 20 以及连接在长连杆机构 10 和短连杆机构 20 之间的水平弹性件 30 和垂直弹性件 40 的组合设计，可以改变仿腿型结构的层数、横纵弹簧阻尼比、长短连杆角度和长短连杆长度的取值，以调节基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置的等效非线性刚度和阻尼，使得基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置可以实现可调节的非线性刚度和阻尼特性，从而使得基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置的隔振效果得到改进，同时也具有良好的承载能力和稳定性，适用范围广，可以在航空、汽车、大型结构等不同的振动背景下得到有效地应用。

进一步地，本实用新型实施例的基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置还可以通过安装简单的被动或半被动控制元件来实现多元化的振动控制。并且，由于本实用新型实施例的基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置只利用被动元件，所以起加工成本低，装配容易，并且装置的稳定性好，且隔振效果优越。

需要说明的是，本实用新型实施例中的第一顶端长连杆 111、第二顶端长连杆 112、第一底端长连杆 121、第二底端长连杆 122、第一顶端短连杆 211、第二顶端短连杆 212、第一中间短连杆 221、第二中间短连杆 222、第一底端短连杆 231 和第二底端短连杆 232 的长度根据需要进行选择适合的长度。且第一顶端长连杆 111 与第二顶端长连杆 112 的铰接连接后的角度、第一底端长连杆 121 与第二底端长连杆 122 铰接连接后的角度，第二顶端长连杆 112 与第二底端长连杆 122

铰接连接后的角度根据需求设定适合的角度。同样，第一顶端短连杆 211 与第二顶端短连杆 212 铰接连接后的角度、第一中间短连杆 221 与第二中间短连杆 222 铰接连接后的角度以及第一底端短连杆 231 与第二底端短连杆 232 铰接连接后的角度也是根据需求设定适合的角度。如此，根据各连杆之间的铰接角度，
5 进一步选择适合长度的水平弹性件 30 和垂直弹性件 40 即可。

其中，水平弹性件 30 和垂直弹性件 40 的刚度特性或阻尼特性可以是线性的也可以是非线性的。

本实施例中，所述水平弹性件 30 为水平弹簧、水平阻尼器或者所述水平弹簧与所述水平阻尼器的结合件。具体的，根据实际组成的基于仿腿型结构的
10 非线性刚度阻尼装置，可以选择使用水平弹簧、水平阻尼器或者水平弹簧与水平阻尼器的结合件作为水平弹性件 30 使用，这样可以确保选择多样化，同时能够组装出多种基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置的产品，从而满足不同场合使用的需求。

进一步地，水平弹性件 30 的设置基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置提供刚度和阻尼，此处可以用线性的刚度或阻尼，亦可是非线性的。
15

本实施例中，所述垂直弹性件 40 为垂直弹簧、垂直阻尼器或者所述垂直弹簧与所述垂直阻尼器的结合件。具体的，根据实际组成的基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置，可以选择使用垂直弹簧、垂直阻尼器或者垂直弹簧与垂直阻尼器的结合件作为垂直弹性件 40 使用，可以确保选择多样化。结合上述
20 的水平弹性件 30，从而能够组装出多种基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置的产品，从而满足不同场合使用的需求。

进一步地，垂直弹性件 40 的设置基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装

置提供辅助刚度和阻尼，消除负刚度，此处可以用线性的刚度或阻尼，亦可是非线性的。

本实施例中所说的“水平”和“垂直”只是对弹性件设置的位置的形容，而并非是对弹性件的结构限定。例如，弹性件呈水平设置时，即该弹性件即为水平弹性件 30，弹性为呈垂直设置时，即该弹性件即为垂直弹性件 40。

本实施例中，所述第一顶端长连杆 111 的末端连接有助于与所述隔振对象连接的顶端连接杆 50；所述第一底端长连杆 121 的末端连接有助于与所述振动源连接的底端连接杆 60。具体的，顶端连接杆 50 的设置便于将顶端长连杆组 11 与隔振对象实现组装连接，例如，可以采用紧固件（螺栓、螺钉、螺丝等）进行连接。同理，底端连接杆 60 的设置便于将底端长连杆组 12 与振动源实现组装连接，例如，可以采用紧固件（螺栓、螺钉、螺丝等）进行连接。这样，结合顶端连接杆 50 和底端连接杆 60 的设置，可以便于将本实施例的基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置与隔振对象和振动源实现组装连接，进而便于将本实施例的基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置有效应用在航空、汽车、大型结构等不同的振动背景下。

如图 1 和图 2 所示，本实施例中，所述第一顶端长连杆 111 的长度小于所述第二顶端长连杆 112 的长度；具体的，第一顶端长连杆 111 位于第二顶端长连杆 112 的上方，这样较长的第二顶端长连杆 112 能够更加方便地与其他部件连接，较短的第一顶端长连杆 111 主要与隔振对象连接，而较长的第二顶端长连杆 112 则具有更多的安装面积供与其他部件连接安装。所述第一底端长连杆 121 的长度小于所述第二底端长连杆 122 的长度；具体的，第二底端长连杆 122 位于第一底端长连杆 121 的上方，这样较长的第二底端长连杆 122 能够更加方

便地与其他部件连接，较短的第一底端长连杆 121 主要与振动源连接，较长的第二底端长连杆 122 则具有更多的安装面积供与其他部件连接安装。

当然，在其他实施例中，第一顶端长连杆 111 的长度大于或者等于第二顶端长连杆 112 的长度；第一底端长连杆 121 的长度大于或者等于第二底端长连杆 122 的长度，这样组装成型的基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置同样能够使得隔振效果得到改进，同时也具有良好的承载能力和稳定性，适用范围广，可以在航空、汽车、大型结构等不同的振动背景下得到有效地应用。

如图 1 和图 2 所示，本实施例中，所述第一顶端短连杆 211、所述第二顶端短连杆 212、所述第一中间短连杆 221、所述第二中间短连杆 222、所述第一底端短连杆 231 和所述第二底端短连杆 232 的长度均相等。具体的，该种各短连杆长度相同的结构设计，一方面能够适合进行大批量生产，且实现方便对各短连杆与对应的长连杆进行连接安装；另一方面，各短连杆主要作用是起到支撑各长连杆并与各长连杆铰接以供垂直弹性件 40 和/或水平弹性件 30 安装，确保组装成型的基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置具有阻尼特性和优越的隔振效果，结构设计合理，实用性强。

当然，在其他实施例中，也可以是第一顶端短连杆 211 与第二顶端短连杆 212 的长度相等，第一中间短连杆 221 与第二中间短连杆 222 的长度相等以及第一底端短连杆 231 与第二底端短连杆 232 的长度相等。

如图 1 和图 2 所示，本实施例中，所述第一顶端长连杆 111、所述第二顶端长连杆 112、所述第一底端长连杆 121 和所述第二底端长连杆 122 的长度均大于所述第一顶端短连杆 211、所述第二顶端短连杆 212、所述第一中间短连杆 221、所述第二中间短连杆 222、所述第一底端短连杆 231 和所述第二底端

短连杆 232 的长度。具体的，长连杆的长度大于短连杆的长度的设计可以确保
组装成型的基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置可以改变仿腿型结构的层
数、横纵弹簧阻尼比、长短连杆角度和长短连杆长度的取值，以调节基于仿腿
型结构的非线性刚度阻尼装置的等效非线性刚度和阻尼，使得基于仿腿型结构
5 的非线性刚度阻尼装置可以实现可调节的非线性刚度和阻尼特性，从而使得基
于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置的隔振效果得到改进，同时也具有良好的
承载能力和稳定性。

在不同的需求下，短连杆和长连杆均可采用不同的材料和结构，例如管
状结构或实心杆等。长连杆与短连杆共同实现基于仿腿型结构的非线性刚度
10 阻尼装置的刚度阻尼非线性。

本实施例中，所述第一中间短连杆 221 与所述第二顶端短连杆 212 可以是
分体结构（如图 1 所示）或者是一体成型（如图 2 所示），所述第二中间短连
杆 222 与所述第一底端短连杆 231 可以是分体结构或者是一体成型。具体的，
这样可以形成两种不同结构的基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置，也即是
15 可以实现基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置结构的变形，形成的基于仿腿
型结构的非线性刚度阻尼装置的效果和结构分析则完全等价。

本实施例中，所述第一顶端长连杆 111 与所述第二顶端长连杆 112 通过轴
承（图未示）或者铰链（图未示）铰接，所述第一底端长连杆 121 与所述第二
底端长连杆 122 通过轴承或者铰链铰接，所述第二顶端长连杆 112 与所述第二
20 底端长连杆 122 通过轴承或者铰链铰接；

所述第一顶端短连杆 211 与所述第二顶端短连杆 212 通过轴承或者铰链铰
接，所述第一中间短连杆 221 与所述第二中间短连杆 222 通过轴承或者铰链铰

接,所述第一底端短连杆 231 与所述第二底端短连杆 232 通过轴承或者铰链铰接。具体的,各长连杆之间和各短连杆之间的铰接处采用轴承或者铰链连接,如此,可以确保各长连杆和各短连杆能够以铰接处为轴心实现转动,确保本实施例的基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置使用的可靠性和稳定性。

5 本实施例中,所述第一顶端短连杆 211 与所述第一顶端长连杆 111 通过轴承或者铰链铰接,所述第二顶端短连杆 212 与所述第二顶端长连杆 112 铰接通过轴承或者铰链铰接;

 所述第一中间短连杆 221 与所述第二顶端长连杆 112 通过轴承或者铰链铰接,所述第二中间短连杆 222 与所述第二底端长连杆 122 通过轴承或者铰链铰接;

10 接;

 所述第一底端短连杆 231 与所述第二底端长连杆 122 通过轴承或者铰链铰接,所述第二底端短连杆 232 与所述第一底端长连杆 121 通过轴承或者铰链铰接。具体的,各长连杆与各短连杆之间的铰接处采用轴承或者铰链连接,如此,可以确保各长连杆与各短连杆之间能够以铰接处为轴心实现转动,进一步确保

15 本实施例的基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置使用的可靠性和稳定性。

 本实用新型实施例的基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置的装配包括以下步骤:

 S1: 首先,根据实际需要选择轴承或者铰链;

 S2: 根据实际需要选择仿腿型结构的层数 n 和结构所用的连杆的长度;

20 S3: 利用轴承或铰链将多根连杆连接成多层仿腿型结构;

 S4: 通过连接仿腿型结构的底端和顶端的连接铰链将仿腿型结构连接于需要的隔振对象和振动源之间;

S5: 根据要求的刚度和阻尼特性, 选择合适的水平弹性件 30 和垂直弹性件 40 的长度、刚度;

S6: 将水平弹性件 30 和垂直弹性件 40 安装连接放置在结构层对应的位置上, 并且连接在连杆之间的铰接处, 从而约束住仿腿型结构;

5 S7: 如果需要, 选择弹簧与阻尼器的结合件作为水平弹性件 30 和垂直弹性件 40 放置安装在仿腿型结构对应的位置, 这样可以进一步实现振动控制;

S8: 根据实际需要, 基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置可做出一些变形, 但效果和结构分析完全等价。

10 通过建立数学模型发现多自由度刚度阻尼系统利用仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置的刚度和阻尼特性是依赖于仿腿型结构的结构参数的非线性方程, 通过优化参数, 可以达到高静低动(高承载能力低共振频率)的特性, 而且通过加入垂直弹性件 40, 因此, 本实施例的基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置具有被动控制低成本、易维护, 效果好的优点, 极大的扩展了仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置的应用范围。

15 从而使得本实施例的基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置可以在复杂的振动环境下多方向的保护精密仪器、为汽车或飞机上的人员提供舒适的乘坐环境。并且, 此基于仿腿型结构的多自由度刚度阻尼装置可以通过配置被动或半主动元件进一步改善其隔振效果。本实施例的基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置也为汽车、航空、大型结构等领域提供了一种有效实用的被动隔振方法。

20

本实用新型实施例提出的利用仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置隔振效果由运动传递率决定, 运动传递率定义为隔振对象的振动幅值和底板接收激

励的幅值。本实用新型实施例利用仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置的隔振效果依赖于仿腿型结构的结构参数（层数 n 、连杆与水平所成角度 θ_1 、 θ_2 、连杆长度 L_1 、 L_2 、水平弹性件 30 刚度(Nm-1) k_h 以及垂直弹性件、垂直弹性件 40 刚度(Nm-1) k_v ）。

- 5 通过以上的基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置的设计和装配，在多种形式的激励下，能够通过调节仿腿型结构的参数，实现隔振系统的可调节刚度和阻尼特性，从而能适用于不同的振动环境和背景，起到工程所需要的良好的隔振作用。基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置的结构参数影响了刚度阻尼装置的刚度和阻尼特性，刚度阻尼装置的隔振效果和稳定性依赖于
- 10 结构的刚度和阻尼，由于单层的基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置沿着的竖直方向变形时，水平方向会产生牵连运动，并且竖直方向的运动和水平方向的运动关系为非线性关系，所以基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置的几何非线性给刚度阻尼装置的刚度和阻尼带来非线性效应。

经过数学建模分析，此系统的静刚度公式为：

$$F = \frac{1}{2} \left(\gamma + \frac{Y}{2n} \right) \left[\sqrt{1 - \gamma^2} + \sqrt{\beta^2 - \gamma^2} - \sqrt{1 - \left(\gamma + \frac{Y}{2n} \right)^2} - \sqrt{\beta^2 - \left(\gamma + \frac{Y}{2n} \right)^2} \right] \left[\frac{1}{\sqrt{1 - \left(\gamma + \frac{Y}{2n} \right)^2}} + \frac{1}{\sqrt{\beta^2 - \left(\gamma + \frac{Y}{2n} \right)^2}} \right] + \alpha \frac{Y}{n},$$

15

在这里：

L_1 和 L_2 为短长杆的长度；

θ_1 和 θ_2 为短长杆的初始安装角度；

k_h 水平弹性件 30 刚度(Nm-1);

k_v 垂直弹性件 40 刚度(Nm-1);

n 结构层数;

Y 无方向位移 i.e., $y/L1$;

5 α 刚度比 k_v/k_h ;

β 长短连杆长度比 $L2/L1$;

γ 初始安装角度参数 i.e., $\sin(\theta1)$ 。

其静态刚度与各参数值之间的关系也可从图 3 中看出。

此装置的动态刚度阻尼系数具有以下形式的非线性:

$$\begin{aligned}\bar{f}_1(\hat{y}) &= \xi_1 \hat{y} + \xi_2 \hat{y}^2 + \xi_3 \hat{y}^3 + \xi_4 \hat{y}^4, \\ \bar{f}_2(\hat{y}) &= \varsigma_0 + \varsigma_1 \hat{y} + \varsigma_2 \hat{y}^2 + \varsigma_3 \hat{y}^3 + \varsigma_4 \hat{y}^4,\end{aligned}$$

10

同时, 图 4 描述了此仿腿结构的隔振功效。

本实用新型实施例的基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置的刚度和阻尼可以通过调节仿腿型结构的结构参数来调节, 根据动力学方程, 基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置的参数设计依据为:

15 1) 当仿腿型结构的层数增加时, 结构的固有频率减小, 隔振效果可以改进;

2) 当仿腿型结构中的连杆与水平方向所称的角度减小, 隔振效果可以改进;

3) 当仿腿型结构长短杆长度比例变化时装置的效能可以加以改善;

20 4) 当仿腿型结构水平弹性件 30 和垂直弹性件 40 刚度比例变化时系统的效能可以加以改善;

5) 此装置可以通过设计以上参数达到零刚度，负刚度和正刚度；

6) 由于仿腿型结构所产生的刚度非线性，刚度阻尼装置的承载能力优于一般的线性被动隔振装置；

7) 以上所述对系统等效刚度的调节，同样适用于系统等效的非线性阻尼特性，即当上述结构参数改变时，可方便调节系统被动的阻尼特性在较大范围内变化。

所以利用仿腿型结构作为隔振装置，使得刚度阻尼装置的隔振效果改进，也使得平台具有一定的承载能力，从而基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置充分利用了结构自身的优势，实现了高静低动（高承载能力，低共振频率）的隔振理念；并实现在谐振频率处高阻尼在其他频率处低阻尼、随频率随振动位移而变化的理想非线性阻尼特征。

根据以上的分析，可以看出仿腿型结构是一种新颖的结构，在只利用线性弹簧和/或阻尼器的情况下，通过构建的组合可以实现等效的非线性刚度和阻尼效果，并且，由于仿腿型结构中的杆件的角度和结构层数可以很方便的调节，所以，仿腿型结构的等效非线性刚度和阻尼特性是可调节的。故，利用仿腿型结构的刚度阻尼装置可以实现具有可调节特性的被动振动隔离系统，并可以广泛地应用在不同的振动环境。

综上所述可知本实用新型乃具有以上所述的优良特性，得以令其在使用上，增进以往技术中所未有的效能而具有实用性，成为一极具实用价值的产品。

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，凡在本实用新型的思想和原则之内所作的任何修改、等同替换或改进等，均应包含在本实用新型的保护范围之内。

权 利 要 求 书

1. 一种基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置，其特征在于：包括长连杆机构、短连杆机构、水平弹性件和垂直弹性件；

所述长连杆机构包括用于与隔振对象连接的顶端长连杆组和用于与振动源连接的底端长连杆组，所述顶端长连杆组包括相互铰接的第一顶端长连杆和第二顶端长连杆，所述底端长连杆组包括相互铰接的第一底端长连杆和第二底端长连杆，所述第二顶端长连杆与所述第二底端长连杆铰接；

所述短连杆机构包括顶端短连杆组、中间短连杆组和底端短连杆组，所述顶端短连杆组包括相互铰接的第一顶端短连杆和第二顶端短连杆，所述中间短连杆组包括相互铰接的第一中间短连杆和第二中间短连杆，所述底端短连杆组包括相互铰接的第一底端短连杆和第二底端短连杆；

所述第一顶端短连杆和所述第二顶端短连杆分别与所述第一顶端长连杆和所述第二顶端长连杆铰接，所述第一中间短连杆和所述第二中间短连杆分别与所述第二顶端长连杆和所述第二底端长连杆铰接，所述第一底端短连杆和所述第二底端短连杆分别与所述第二底端长连杆和所述第一底端长连杆铰接；

所述水平弹性件连接于所述第一顶端长连杆与所述第二顶端长连杆的铰接处和所述第一顶端短连杆与所述第二顶端短连杆的铰接处之间，或者所述水平弹性件连接于所述第二顶端长连杆与所述第二底端长连杆的铰接处和所述第一中间短连杆与所述第二中间短连杆的铰接处之间，或者所述水平弹性件连接于所述第一底端长连杆与所述第二底端长连杆的铰接处和所述第一底端短连杆与所述第二底端短连杆的铰接处之间；

所述垂直弹性件连接于第一顶端长连杆与所述第一顶端短连杆的铰接处和所述第二顶端长连杆与所述第二顶端短连杆的铰接处之间，或者所述垂直弹

性件连接于第二顶端长连杆与所述第一中间短连杆的铰接处和所述第二底端长连杆与所述第二中间短连杆的铰接处之间，或者所述垂直弹性件连接于第二底端长连杆与所述第一底端短连杆的铰接处和所述第一底端长连杆与所述第二底端短连杆的铰接处之间。

5 2. 根据权利要求 1 所述的基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置，其特征在于：所述水平弹性件为水平弹簧、水平阻尼器或者所述水平弹簧与所述水平阻尼器的结合件。

 3. 根据权利要求 1 所述的基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置，其特征在于：所述垂直弹性件为垂直弹簧、垂直阻尼器或者所述垂直弹簧与所述垂直
10 直阻尼器的结合件。

 4. 根据权利要求 1 所述的基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置，其特征在于：所述第一顶端长连杆的末端连接有助于与所述隔振对象连接的顶端连接杆；所述第一底端长连杆的末端连接有助于与所述振动源连接的底端连接杆。

15 5. 根据权利要求 1~4 任一项所述的基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置，其特征在于：所述第一顶端长连杆的长度小于所述第二顶端长连杆的长度；所述第一底端长连杆的长度小于所述第二底端长连杆的长度。

 6. 根据权利要求 1~4 任一项所述的基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置，其特征在于：所述第一顶端短连杆、所述第二顶端短连杆、所述第一中间
20 短连杆、所述第二中间短连杆、所述第一底端短连杆和所述第二底端短连杆的长度均相等。

 7. 根据权利要求 1~4 任一项所述的基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装

置，其特征在于：所述第一顶端长连杆、所述第二顶端长连杆、所述第一底端长连杆和所述第二底端长连杆的长度均大于所述第一顶端短连杆、所述第二顶端短连杆、所述第一中间短连杆、所述第二中间短连杆、所述第一底端短连杆和所述第二底端短连杆的长度。

5 8. 根据权利要求 1~4 任一项所述的基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置，其特征在于：所述第一中间短连杆与所述第二顶端短连杆一体成型，所述第二中间短连杆与所述第一底端短连杆一体成型。

 9. 根据权利要求 1~4 任一项所述的基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置，其特征在于：所述第一顶端长连杆与所述第二顶端长连杆通过轴承或者铰链铰接，所述
10 链铰接，所述第一底端长连杆与所述第二底端长连杆通过轴承或者铰链铰接，所述第二顶端长连杆与所述第二底端长连杆通过轴承或者铰链铰接；

 所述第一顶端短连杆与所述第二顶端短连杆通过轴承或者铰链铰接，所述第一中间短连杆与所述第二中间短连杆通过轴承或者铰链铰接，所述第一底端短连杆与所述第二底端短连杆通过轴承或者铰链铰接。

15 10. 根据权利要求 1~4 任一项所述的基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置，其特征在于：所述第一顶端短连杆与所述第一顶端长连杆通过轴承或者铰链铰接，所述第二顶端短连杆与所述第二顶端长连杆铰接通过轴承或者铰链铰接；

 所述第一中间短连杆与所述第二顶端长连杆通过轴承或者铰链铰接，所述
20 第二中间短连杆与所述第二底端长连杆通过轴承或者铰链铰接；

 所述第一底端短连杆与所述第二底端长连杆通过轴承或者铰链铰接，所述第二底端短连杆与所述第一底端长连杆通过轴承或者铰链铰接。

说明书附图

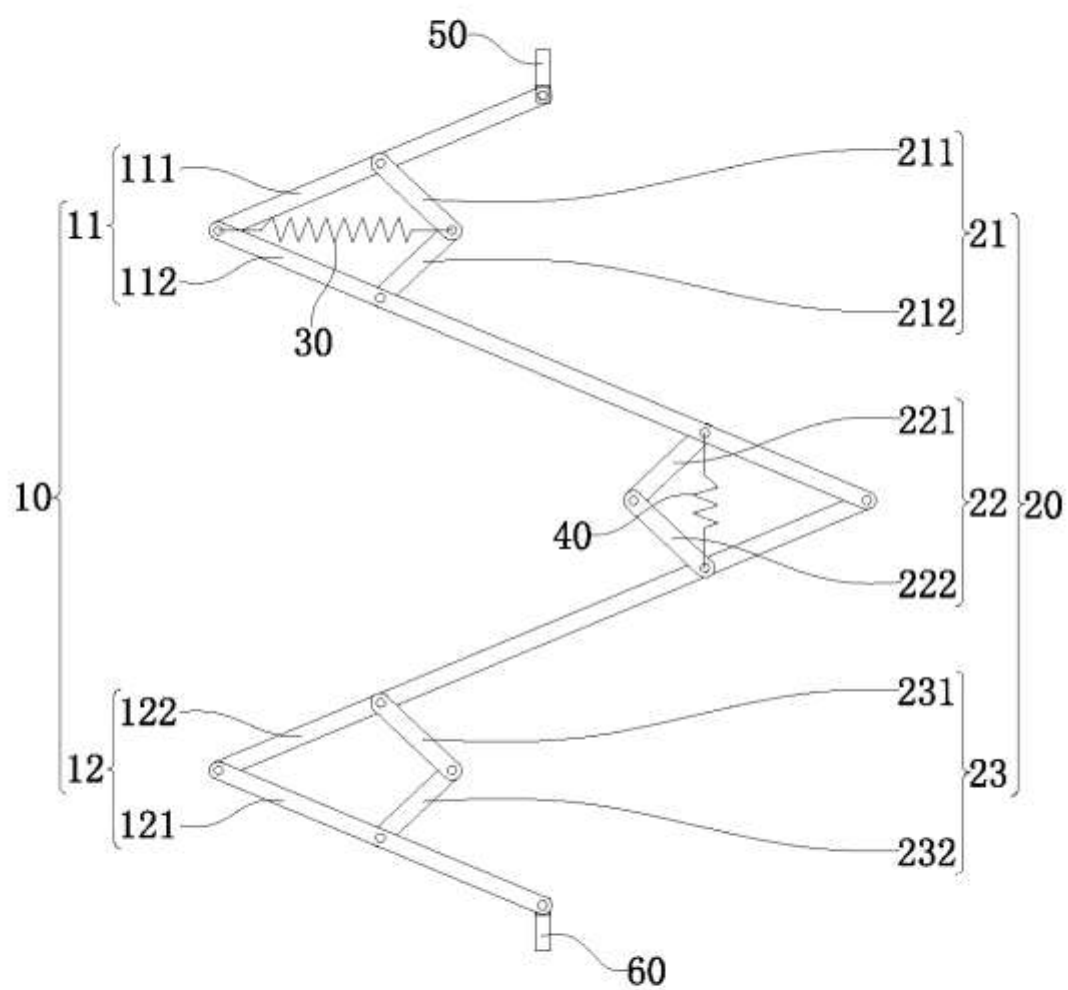


图 1

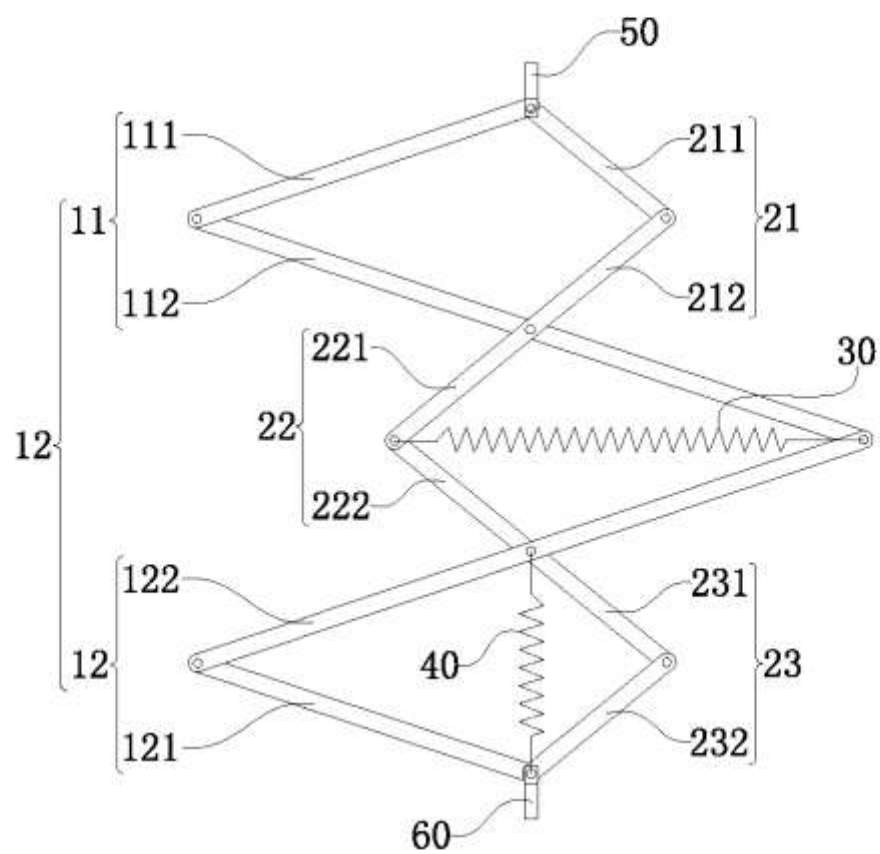


图 2

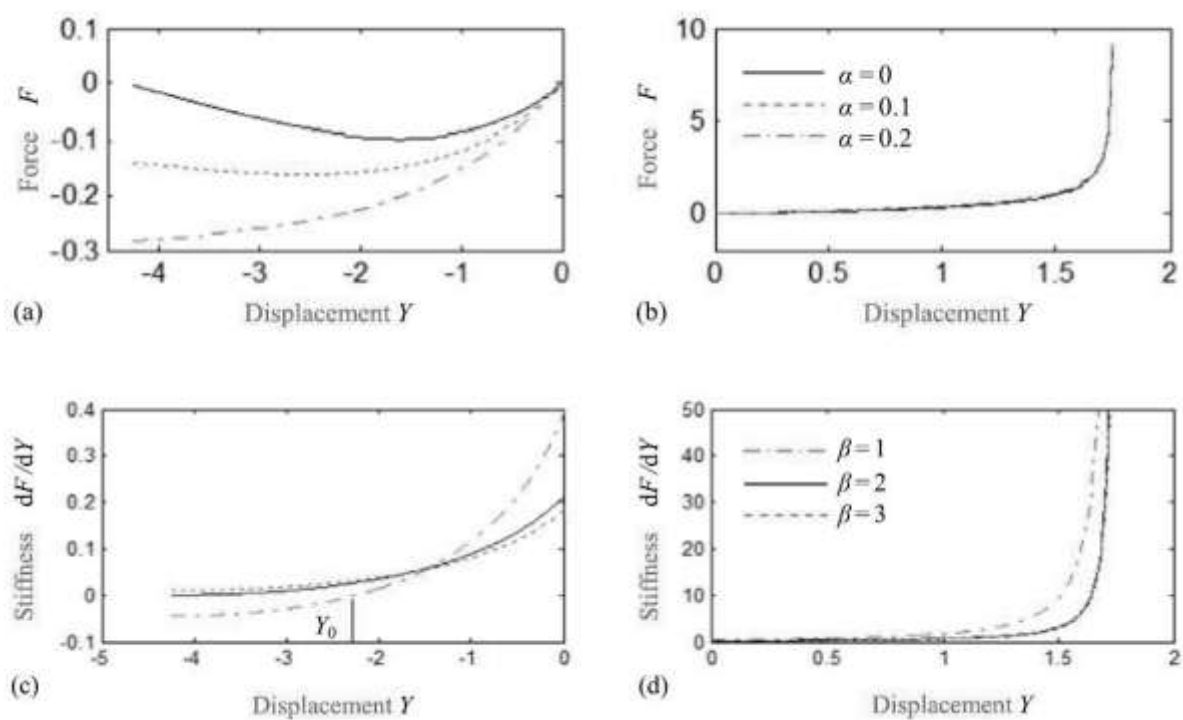


图 3

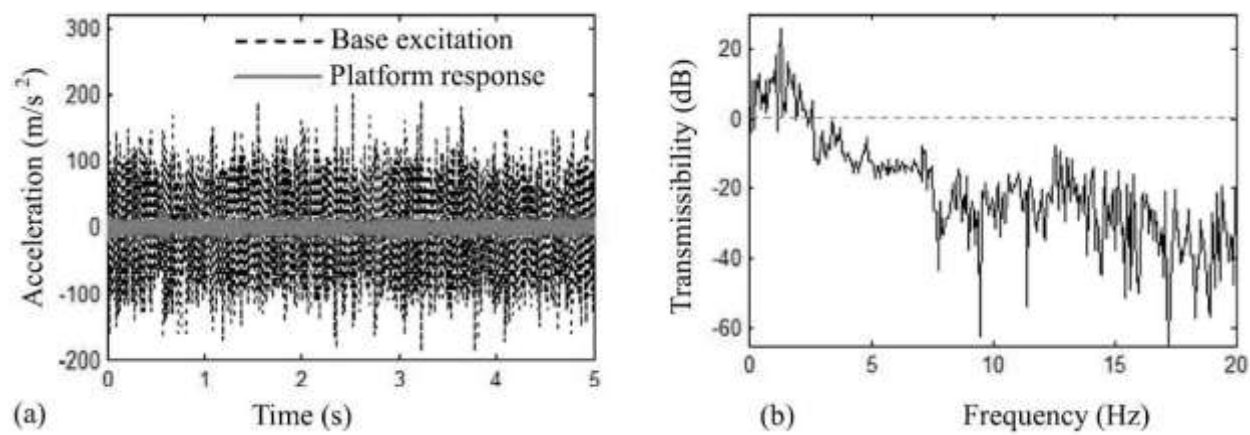


图 4

中华人民共和国国家知识产权局

委托日期 2017 年 5 月 18 日

委托方 香港理工大学深圳研究院

度阻尼装置

检索名称 基于仿腿型结构的非线性刚

检索报告

香港短期专利申请

编号 HK1700201

PSCC-Q1-7.5-01-06-5

175836

HK 1235622 A

中华人民共和国国家知识产权局

检索依据的技术材料：见附件		优先权日： 年 月 日	
权利要求数目： 10		说明书页数： 18	
附图页数： 3			
审查员确定的分类号：(IPC 第8版)			
F16F 15/04 (2006.01) I			
审查员实际检索的分类号：			
F16F			
检索使用的数据库：			
检索用专利文献			
<input checked="" type="checkbox"/> 国际专利文献数据库 (INPADOC)			
<input checked="" type="checkbox"/> 中国专利文摘数据库 (CNABS/CPRSABS)			
<input checked="" type="checkbox"/> 中国香港文摘数据库 (HKABS)			
<input checked="" type="checkbox"/> 化学物质登记数据库 (REGISTRY)			
<input checked="" type="checkbox"/> 美国化学文摘 (CA/CAPLUS)			
<input type="checkbox"/> 基因序列数据库 (DGENE/USGENE/PCTGENE)			
<input type="checkbox"/> 其它：_____			
检索用非专利文献			
<input checked="" type="checkbox"/> 中国知网系列数据库 (CNKI)			
<input checked="" type="checkbox"/> 万方数据知识服务平台			
<input type="checkbox"/> 汤森路透 ISI Web of Knowledge 平台			
<input checked="" type="checkbox"/> 荷兰医学文摘库 (EMBASE)			
<input type="checkbox"/> 美国工程索引库 (EI)			
<input type="checkbox"/> 英国科学文摘库 (INSPEC)			
<input type="checkbox"/> 中国药物数据库			
<input checked="" type="checkbox"/> 互联网			
<input type="checkbox"/> 国家图书馆非专利期刊			
<input type="checkbox"/> 知识产权网 (IP.COM)			
<input type="checkbox"/> 其它：_____			
检索使用的中文与外文关键词：			
中文：仿腿，震动，振动，隔振，阻尼，连杆，弹簧，弹性			
外文：connect rod, damping, vibration, spring, elastic			

中华人民共和国国家知识产权局

相 关 专 利 文 献					
类型	国别以及代码[11]	代码[43]或[45]	IPC 分类号	相关的段落和/或图号	涉及的权利要求
X	CN205978258 U	2017-02-22	F16F 15/04	全文	1-10
A	CN205154998 U	2016-04-13	F16F 7/00	全文	1-10
A	CN105257778 A	2016-01-20	F16F 15/04	全文	1-10
A	JP11-210828 A	1999-08-03	F16F 15/04	全文	1-10
A	US4572471 A	1986-02-25	F16F 7/00	全文	1-10

相 关 非 专 利 文 献					
类型	书名、期刊或文摘名称 (包括卷号或期刊号)	出版日期	作者姓名、 出版者名称或文章标题	相关 页数	涉及的 权利要 求
表格填写说明事项:					
1.	关于说明书的页数,在有附图的情况下应当包括附图的页数,但不包括权利要求书和摘要的页数。				
2.	审查员实际检索领域的 IPC 分类号应当填写到大组和 / 或小组所在的分类位置。				
3.	对于期刊或其它定期出版物的名称,可以使用符合一般公认的国际惯例的缩写。				
4.	相关文件的类型说明:				
X:	一篇文件影响新颖性或创造性				
Y:	与本报告中的另外的 Y 类文件组合而影响创造性				
A:	背景技术文件				
E:	在香港短期专利申请的申请日的当天或之后公布的在先申请或专利				
P:	公布日先于香港短期专利申请的申请日但迟于所要求的优先权日的文件				

关于检索主题是否具有新颖性、创造性的简要说明：

检索员在检索中发现 1 篇相关文献：

【对比文件 1】：CN205978258 U，公告日 2017 年 2 月 22 日。

1、权利要求 1 请求保护一种基于仿腿型结构的非线性刚度阻尼装置，而对比文件 1 公开了一种基于 X 型结构的多自由度非线性被动隔振装置，与本发明属于相同的技术领域。在对比文件 1 中具体公开了以下的技术特征(权利要求 1)：一种基于 X 型结构的自由度非线性被动隔振装置，其特征在于：包括用于与振动源连接的下基座、用于与隔振对象连接的上平台以及连接于所述下基座与上平台之间的多个隔振单元，多个所述隔振单元在空间内交错分布；

各所述隔振单元包括铰接于所述下基座的底端连杆组、铰接于所述上平台的顶端连杆组以及连接于所述底端连杆组与所述顶端连杆组之间的至少一个中间连杆组，所述底端连杆组的连杆末端、所述中间连杆组的连杆末端以及所述顶端连杆组的连杆末端依次铰接形成 X 型结构，所述 X 型结构具有若干个分布于连杆末端的铰接处，所述隔振单元还包括拉伸连接于其中两个横向分布的所述铰接处之间的横向拉伸弹性件以及拉伸连接于其中两个纵向分布的所述铰接处之间的纵向拉伸弹性件。

由此可见，对比文件 1 没有公开权利要求 1 的全部技术特征。权利要求 1 所要求保护的技术方案相对于对比文件 1 具有新颖性，符合中华人民共和国专利法第二十二条第二款的规定。

对比文件 1 与权利要求 1 相比，区别在于：仿腿型以及同时具有长连杆结构和短连杆结构。而在本领域，上述区别技术特征所限定的内容是本领域的技术人员依据本领域的普通技术知识和实际工况即可作出的常规技术选择。因此，在对比文件 1 的基础上结合本领域的常规技术选择，以得出权利要求 1 所请求保护的技术方案，这对于本领域的技术人员来说是显而易见的，因此该权利要求所要求保护的技术方案不具备实质性特点和进步，权利要求 1 不具有创造性，不符合中华人民共和国专利法第二十二条第三款的规定。

2、对于权利要求 2-10，首先，在其引用的权利要求具有新颖性的情况下，权利要求 2-10 也具有新颖性，符合中华人民共和国专利法第二十二条第二款的规定。

其次，从属权利要求 2-10 均对阻尼装置做出了进一步的限定，但是上述从属权利要求限定部分的附加技术特征也是本领域的技术人员依据本领域的普通技术知识和实际工况即可作出的常规技术选择。因此，在其引用的权利要求不具备创造性的情况下，从属权利要求 2-10 不具有创造性，不符合中华人民共和国专利法第二十二条第三款所规定的创造性。

<div>检索结论： 权利要求 1-10 具有新颖性，符合中华人民共和国专利法第二十二条第二款的规定。 权利要求 1-10 不具有创造性，不符合中华人民共和国专利法第二十二条第三款的规定。</div>		
<div>机械发明审查部无切削加工室</div>	<div>审查员签章：李莎莎</div>	<div>完成检索日期：2017 年 6 月 7 日</div>
<div>发文： 2017.06.16.00 发 文</div>		