



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110984418 A

(43)申请公布日 2020.04.10

(21)申请号 202010032350.1

(22)申请日 2020.01.13

(71)申请人 东南大学

地址 210096 江苏省南京市玄武区四牌楼2号

(72)发明人 王浩 郜辉 祝青鑫 汪志昊 赵恺雍

(74)专利代理机构 南京众联专利代理有限公司 32206

代理人 周蔚然

(51)Int.Cl.

E04B 1/98(2006.01)

E04H 9/02(2006.01)

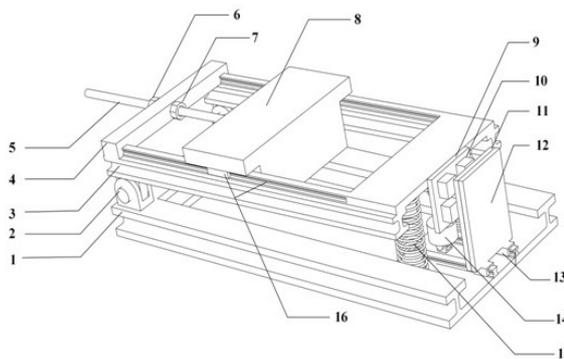
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

一种可调式超低频竖向电涡流调谐质量阻尼器

(57)摘要

本发明公开了一种可调式超低频竖向电涡流调谐质量阻尼器,属于结构振动控制技术领域,所述的超低频竖向电涡流调谐质量阻尼器包括底座、刚性框架、刚性框架横梁、质量块位置调节杆、第1螺帽、第2螺帽、质量块、永磁体固定板、永磁体组、导体铜板、导磁钢板、第1线性导轨、惯容-阻尼系统、螺旋弹簧、第2线性导轨;本发明通过惯容-阻尼系统降低调谐质量阻尼器的实际物理质量,解决超低频竖向调谐质量阻尼器弹簧净伸长过大的问题;通过移动质量块到固定铰的距离实现装置频率的连续调节;采用电涡流阻尼技术,通过调节永磁体组与导体铜板的间距实现装置阻尼的连续调节。此外,本装置具有装配简单、频率和阻尼易于调节、耐久性好等优点。



1. 一种可调式超低频竖向电涡流调谐质量阻尼器,其特征在于:包括底座(1)、刚性框架(3)、刚性框架横梁(4)、质量块位置调节杆(5)、质量块(8)、永磁体组(10)、导体铜板(11)、导磁钢板(12)、第1线性导轨(13)、惯容-阻尼系统(14)、螺旋弹簧(15)、第2线性导轨(16);所述刚性框架(3)设置在底座(1)上方,刚性框架(3)前端通过固定铰(2)与底座(1)相连,刚性框架(3)后端通过惯容-阻尼系统(14)和螺旋弹簧(15)与底座(1)相连,所述第2线性导轨(16)横向安装在刚性框架(3)上,所述刚性框架横梁(4)纵向设置在刚性框架(3)上方前端,所述质量块(8)安装在第2线性导轨(16)的滑块上,所述质量块位置调节杆(5)穿过刚性框架横梁(4)与质量块(8)固结,刚性框架横梁(4)两端设有第1螺帽(6)、第2螺帽(7)与质量块位置调节杆(5)连接,永磁体固定板(9)竖直安装在刚性框架远离固定铰(2)的一侧,永磁体组(10)安装在永磁体固定板(9)上;所述第1线性导轨(13)安装在底座(1)上,导体铜板(11)和导磁钢板(12)一起安装在第1线性导轨(13)的滑块上。

2. 根据权利要求1所述的一种可调式超低频竖向电涡流调谐质量阻尼器,其特征在于:所述永磁体组(10)的相邻永磁体沿水平方向磁极相同布置,沿竖直方向磁极相反布置。

3. 根据权利要求1所述的一种可调式超低频竖向电涡流调谐质量阻尼器,其特征在于:所述惯容-阻尼系统(14)从上至下包括上连接端(17)、传力杆(18)、滚珠螺母(19)、滚珠丝杆(20)、推力轴承(21)、上永磁体组(22)、惯性飞轮(23)、下永磁体组(24)、外筒(25)、下连接端(26);所述上连接端(17)通过铰链固定在刚性框架(3)上,所述传力杆(18)一端与上连接端(17)相连,另一端与滚珠螺母(19)相连;所述滚珠丝杆(20)与滚珠螺母(19)套装在一起,滚珠丝杆(20)穿过推力轴承(21)和惯性飞轮(23);所述推力轴承(21)嵌套在外筒(25)的上端板内,所述上永磁体组(22)安装在外筒(25)上端板的内壁上,下永磁体组(24)安装在外筒(25)下端板的内壁上;所述下连接端(26)通过铰链固定在底座(1)上。

4. 根据权利要求1所述的一种可调式超低频竖向电涡流调谐质量阻尼器,其特征在于:所述惯性飞轮(23)的材料是铜。

5. 根据权利要求1所述的一种可调式超低频竖向电涡流调谐质量阻尼器,其特征在于:所述上永磁体组(22)和下永磁体组(24)的磁极相反布置。

6. 根据权利要求1所述的一种可调式超低频竖向电涡流调谐质量阻尼器,其特征在于:所述螺旋弹簧(15)为两个,分别设置在惯容-阻尼系统(14)的两侧。

7. 根据权利要求1所述的一种可调式超低频竖向电涡流调谐质量阻尼器的使用方法,其特征在于:当质量块(8)振动时,通过刚性框架(3)带动惯容-阻尼系统(14)的上连接端(17)和下连接端(26)产生相对线性运动,滚珠螺母(19)和滚珠丝杆(20)组成的传动系统将上连接端(17)和下连接端(26)的相对线性运动转化为惯性飞轮(23)的高速旋转运动,惯性飞轮(23)的高速旋转运动产生大于其自身物理质量几百倍的惯性质量,放大调谐质量阻尼器质量比的同时将超低频竖向电涡流调谐质量阻尼器的物理质量降为所需物理质量的几分之一,提升了调谐质量阻尼器的减振效果,解决了超低频竖向调谐质量阻尼器弹簧元件净伸长过大的问题;同时,惯性飞轮(23)高速旋转将切割上永磁体组(22)和下永磁体组(24)产生磁场,显著放大了电涡流阻尼的耗能效率;另一方面,通过调节质量块(8)距离固定铰(2)的距离改变了装置振动的等效刚度,实现了装置振动频率的连续调节;通过调节永磁体组(10)和导体铜板(11)的间距可以调节导体铜板(11)位置的磁感应强度,实现了装置电涡流阻尼的连续调节。

一种可调式超低频竖向电涡流调谐质量阻尼器

技术领域

[0001] 本发明属于结构振动控制技术领域,具体涉及一种可调式超低频竖向电涡流调谐质量阻尼器。

背景技术

[0002] 调谐质量阻尼器(TMD)作为一种应用最为广泛的被动式减振装置,对超高层建筑和大跨度桥梁等风敏感结构的振动控制效果突出。TMD一般由弹簧元件、阻尼元件和质量元件三部分组成,根据质量元件的运动方向可分为水平向TMD和竖向TMD,其中竖向TMD主要用于控制大跨度桥梁的涡激振动和抖振、工业厂房的楼板振动以及人行桥的人致振动。

竖向 TMD 在控制结构的振动时,其弹簧元件的静伸长量 $\Delta \approx 0.25 / f^2$, 式中, Δ 表示弹簧元件的静伸长量, f 表示受控结构的振动频率。当控制结构振动频率较低时, 竖向 TMD 将存在弹簧元件静伸长过大的问题, 以日本东京湾桥为例, TMD 的工作频率为 0.33Hz, TMD 弹簧元件的静伸长量将达到 2.27m。

[0003] 为降低竖向TMD控制超低频结构弹簧元件的静伸长量,日本东京湾桥采用杠杆机构使弹簧元件的静伸长量由2.27m降至0.45m(Fujino Y, Yoshida Y. Wind-induced vibration and control of Trans-Tokyo Bay Crossing Bridge)。专利“一种永磁式超低频竖向调谐质量阻尼器”,采用柔性铰链将配重块的直线运动转化为惯性飞轮的高速转动,从而降低配重块的实际质量,但柔性铰链传动机构线性运动和旋转运动的转换效率较低,仅能实现弹簧静伸长量的有限降低;专利“一种超低频液体质量调谐阻尼器及设计方法”,利用液体浮力降低超低频TMD的弹簧净伸长量,但液体浮力会降低TMD的等效质量,影响TMD的减振效果;专利“一种可调式的低频竖向减振调谐质量阻尼器及其工作方法”,利用粘弹性减振片静态刚度大、动态刚度小的特点降低TMD弹性元件的静伸长量;专利“一种能够显著减小弹簧静伸长量的低频竖向减振调谐质量阻尼器”,通过串联不同高度的弹簧降低TMD弹簧元件的净伸长量,但该装置频率调节困难,易导致TMD减振的失谐问题。

[0004] 另一方面,TMD对控制结构的振动频率十分敏感,当TMD的控制频率与主结构的振动频率失谐时,将导致TMD减振效果的显著下降;此外,TMD的阻尼比也会显著影响TMD的减振效果。为避免TMD各元件因设计误差导致频率和阻尼的失谐,实际应用时TMD的频率和阻尼应在一定范围内连续可调。

发明内容

[0005] 为解决上述问题,本发明公开了一种可调式超低频竖向电涡流调谐质量阻尼器,采用滚珠丝杠式惯容-阻尼系统,有效降低了TMD质量元件的物理质量,提升TMD减振效果并减少了TMD的弹簧元件的静伸长量;通过调节质量块与固定铰之间的距离实现TMD振动频率的连续调节;采用电涡流阻尼器技术提升TMD阻尼元件的耐久性,通过调整阻尼元件中永磁体和导体铜板的间距实现TMD阻尼的连续调节。

[0006] 为了实现上述目的,本发明采用以下的技术方案:

一种可调式超低频竖向电涡流调谐质量阻尼器,包括底座、刚性框架、刚性框架横梁、质量块位置调节杆、质量块、永磁体组、导体铜板、导磁钢板、第1线性导轨、惯容-阻尼系统、螺旋弹簧、第2线性导轨;所述刚性框架设置在底座上方,刚性框架前端通过固定铰与底座相连,刚性框架后端通过惯容-阻尼系统和螺旋弹簧与底座相连,所述第2线性导轨横向安装在刚性框架上,所述刚性框架横梁纵向设置在刚性框架上方前端,所述质量块安装在第2线性导轨的滑块上,所述质量块位置调节杆穿过刚性框架横梁与质量块固结,刚性框架横梁两端设有第1螺帽、第2螺帽与质量块位置调节杆连接,所述永磁体固定板竖直安装在刚性框架远离固定铰的一侧,永磁体组安装在永磁体固定板上;所述第1线性导轨安装在底座上,导体铜板和导磁钢板一起安装在第1线性导轨的滑块上。

[0007] 进一步地,所述永磁体组的相邻永磁体沿水平方向磁极相同布置,沿竖直方向磁极相反布置。

[0008] 进一步地,所述惯容-阻尼系统从上至下包括上连接端、传力杆、滚珠螺母、滚珠丝杆、推力轴承、上永磁体组、惯性飞轮、下永磁体组、外筒、下连接端;所述上连接端通过铰链固定在刚性框架上;所述传力杆一端与上连接端相连,另一端与滚珠螺母相连;所述滚珠丝杆与滚珠螺母套装在一起,滚珠丝杆从上至下穿过推力轴承和惯性飞轮;所述推力轴承嵌套在外筒的上端板内,所述上永磁体组安装在外筒上端板的内壁上,下永磁体组安装在外筒下端板的内壁上;所述下连接端采用铰链固定在底座上。

[0009] 进一步地,所述惯性飞轮的材料是铜。

[0010] 进一步地,所述上永磁体组和下永磁体组的磁极相反布置。

[0011] 进一步地,螺旋弹簧为两个,分别设置在惯容-阻尼系统的两侧。

[0012] 本发明的有益效果是:

1、本发明融合滚珠丝杠式惯容-阻尼系统,显著放大了调谐质量阻尼器的质量比,提升了调谐质量阻尼器的减振效果;

2、有效降低了调谐质量阻尼器的实际物理质量,成功解决了超低频竖向调谐质量阻尼器弹簧元件静伸长过大的问题;

3、采用旋转式电涡流阻尼与板式电涡流阻尼相结合,在显著提升电涡流阻尼耗能效率的同时,调节板式电涡流阻尼器导体铜板与永磁体的间距实现了电涡流阻尼的连续调整;

4、采用位置可调的质量块,实现了调谐质量阻尼器频率的连续调节;

5、本发明构造简单、易于拆装,易于实现调谐质量阻尼器的装配式设计。

附图说明

[0013] 图1为本发明一种可调式超低频竖向电涡流调谐质量阻尼器的轴侧图;

图2为本发明一种可调式超低频竖向电涡流调谐质量阻尼器的侧视图;

图3为本发明一种可调式超低频竖向电涡流调谐质量阻尼器1/2结构的轴侧图;

图4为本发明一种可调式超低频竖向电涡流调谐质量阻尼器中惯容-阻尼系统的前视图;

图5为本发明一种可调式超低频竖向电涡流调谐质量阻尼器中惯容-阻尼系统的轴侧图。

[0014] 附图标记列表:

1底座,2固定铰,3刚性框架,4刚性框架横梁,5质量块位置调节杆,6第1螺帽,7第2螺帽,8质量块,9永磁体固定板,10永磁体组,11导体铜板,12导磁钢板,13第1线性导轨,14惯容-阻尼系统,15螺旋弹簧,16第2线性导轨,17上连接端,18传力杆,19滚珠螺母,20滚珠丝杆,21推力轴承,22上永磁体,23惯性飞轮,24下永磁体,25外筒,26下连接端。

具体实施方式

[0015] 下面结合附图和具体实施方式,进一步阐明本发明,应理解下述具体实施方式仅用于说明本发明而不适用于限制本发明的范围。需要说明的是,下面描述中使用的词语“前”、“后”、“左”、“右”、“上”和“下”指的是附图中的方向,词语“内”和“外”分别指的是朝向或远离特定部件几何中心的方向。

[0016] 如图1-3所示,本实施例的一种可调式超低频竖向电涡流调谐质量阻尼器,包括底座1、固定铰2、刚性杆3、刚性杆横梁4、质量块位置调节杆5、第1螺帽6、第2螺帽7、质量块8、永磁体固定板9、永磁体组10、导体铜板11、导磁钢板12、第1线性导轨13、惯容-阻尼系统14、螺旋弹簧15、第2线性导轨16。

[0017] 本实施例所述刚性框架3通过固定铰2、惯容-阻尼系统14和螺旋弹簧15与底座1相连,并能绕固定铰2自由转动;所述质量块位置调节杆5穿过第1螺帽6、刚性框架横梁4、第2螺帽7与质量块8固结;所述第2线性导轨16安装在刚性框架3上,所述质量块8安装在第2线性导轨16的滑块上,可沿第2线性导轨16自由移动;所述永磁体固定板9安装在刚性框架3远离固定铰的一侧,永磁体组10安装在永磁体固定板9上;所述第1线性导轨13安装在底座1上,导体铜板11和导磁钢板12一起固定安装在第1线性导轨的滑块上。

[0018] 本实施例所述惯容-阻尼系统14和螺旋弹簧15均位于刚性框架3远离固定铰2的一侧;能够最大限度的节约成本。

[0019] 本实施例所述质量块位置调节杆5具有与第1螺帽6和第2螺帽7相配的螺纹,所述质量块8的位置由质量块位置调节杆5、第1螺帽6和第2螺帽7固定,可调节。

[0020] 为最大限度提升电涡流阻尼构件的耗能效率,所述永磁体组10的相邻永磁体沿水平方向磁极相同布置,间距宜等于0.4倍的永磁体边长,沿竖直方向磁极相反布置,间距宜尽可能小。

[0021] 如图4和图5所示,所述惯容-阻尼系统14包括上连接端17、传力杆18、滚珠螺母19、滚珠丝杆20、推力轴承21、上永磁体组22、惯性飞轮23、下永磁体组24、外筒25、下连接端26。

[0022] 本实施例所述的上连接端17通过铰链固结在刚性框架上,传力杆18一端与上连接端17相连,另一端与滚珠螺母19相连;所述滚珠丝杆20与滚珠螺母19套装在一起,滚珠丝杆20穿过推力轴承21和惯性飞轮23;所述推力轴承21嵌套在外筒25的上端板内,所述上永磁体组22安装在外筒25上端板的内壁上,下永磁体组24安装在外筒25下端板的内壁上,所述下连接端26通过铰链固结在底座1上。

[0023] 本实施例所述惯性飞轮23的材料是铜,高速旋转的铜板产生的惯性质量效应在放大调谐质量阻尼器质量比的同时,可以切割上永磁体组22和下永磁体组24产生的磁感线,产生的电涡流阻尼效应显著提升了电涡流阻尼的耗能效率。

[0024] 本实施例所述上永磁体组22和下永磁体组24相对的永磁体磁极相反布置。

[0025] 本实施例所述螺旋弹簧15为两个,分别设置在惯容-阻尼系统14的两侧,受力均

匀。

[0026] 本实施例的工作原理如下：

本装置所述的一种可调式超低频竖向电涡流调谐质量阻尼器，底座1与外界连接，当质量块8振动时，将通过刚性框架3带动惯容-阻尼系统14的上连接端17和下连接端26产生相对线性运动，滚珠螺母19和滚珠丝杆20组成的传动系统将上连接端17和下连接端26的相对线性运动将转化为惯性飞轮23的高速旋转运动，惯性飞轮23的高速旋转运动将产生大于其自身物理质量几百倍的惯性质量，放大调谐质量阻尼器质量比的同时将超低频竖向电涡流调谐质量阻尼器的物理质量降为所需物理质量的几百分之一，提升了调谐质量阻尼器的减振效果，并有效的解决了超低频竖向调谐质量阻尼器弹簧元件净伸长过大的问题；同时，惯性飞轮23高速旋转将切割上永磁体组22和下永磁体组24产生磁场，显著放大了电涡流阻尼的耗能效率；另一方面，通过调节质量块8距离固定铰2的距离改变了装置振动的等效刚度，实现了装置振动频率的连续调节；通过调节永磁体组10和导体铜板11的间距可以调节永磁体组在导体铜板11位置磁场的磁感应强度，实现了装置电涡流阻尼的连续调节。

[0027] 本实施例中需要注意以下几个方面：

一、质量块8的质量、滚珠丝杆20的导程、惯性飞轮23的尺寸以及螺旋弹簧15长度和刚度应根据被动结构的模态质量、控制的主频率确定；

二、刚性框架3的长度应根据质量块8的质量和所需的频率调节范围确定；

三、为最大程度节约成本，永磁体组10相邻永磁体的间距、导体铜板11及导磁钢板12的厚度可采用三维电磁场有限元优化；

四、装置控制结构振动时，应通过底座安装在结构最大振动位置，并对装置采取一定的密封保护措施以提升装置的耐久性。

[0028] 本发明方案所公开的技术手段不仅限于上述实施方式所公开的技术手段，还包括由以上技术特征任意组合所组成的技术方案。

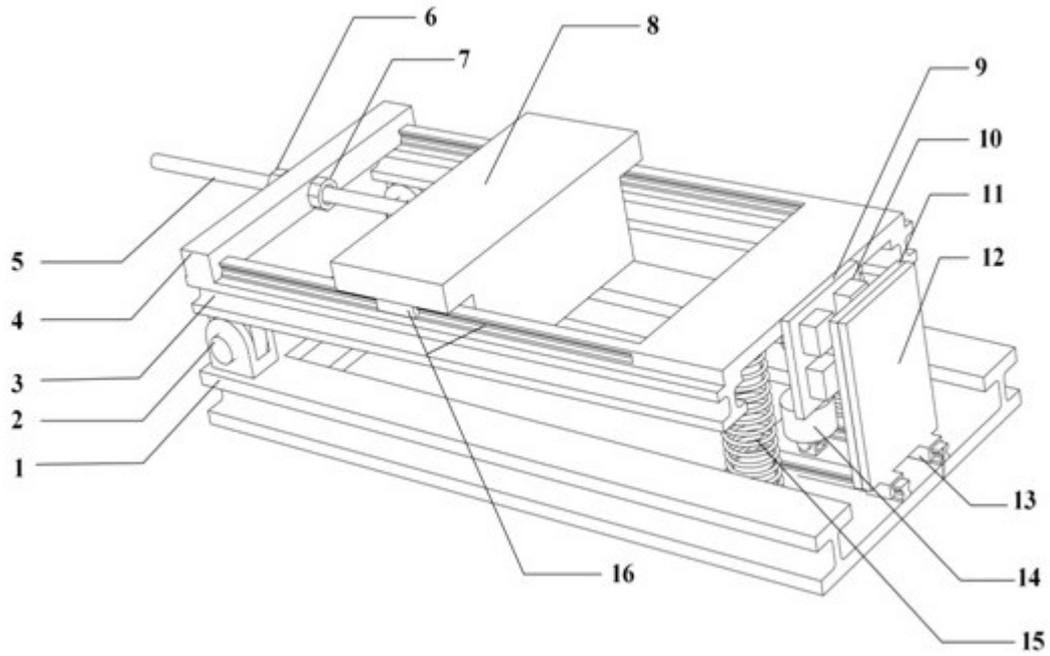


图1

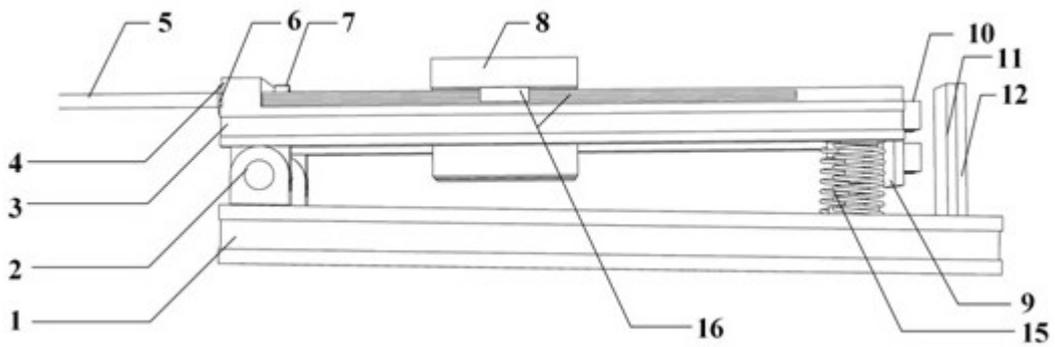


图2

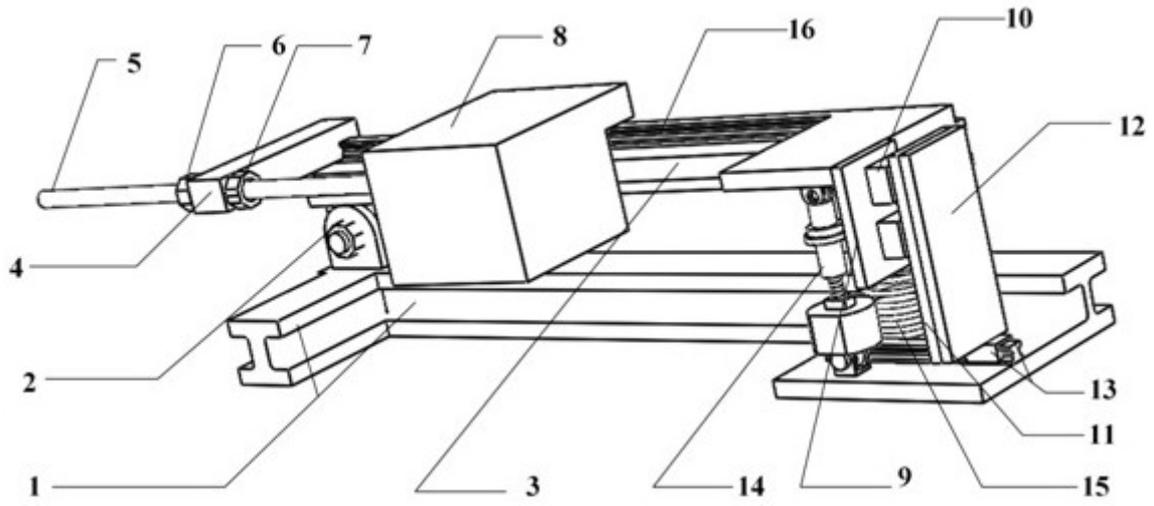


图3

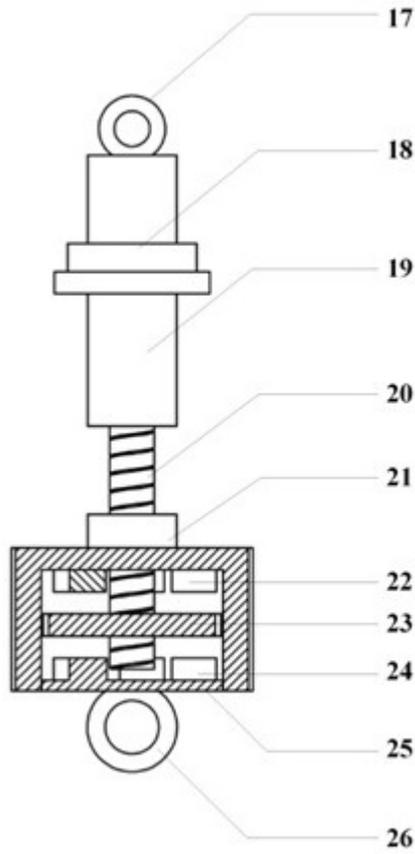


图4

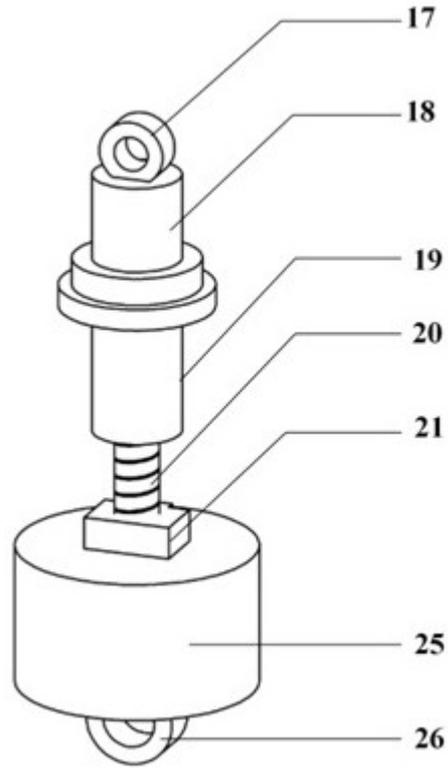


图5