



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111075048 A

(43)申请公布日 2020.04.28

(21)申请号 201911422720.6

(22)申请日 2019.12.31

(71)申请人 同济大学

地址 200092 上海市杨浦区四平路1239号

(72)发明人 鲁正 周映旻 张迁迁

(74)专利代理机构 上海科盛知识产权代理有限公司 31225

代理人 顾艳哲

(51)Int.Cl.

E04B 1/98(2006.01)

E04H 9/02(2006.01)

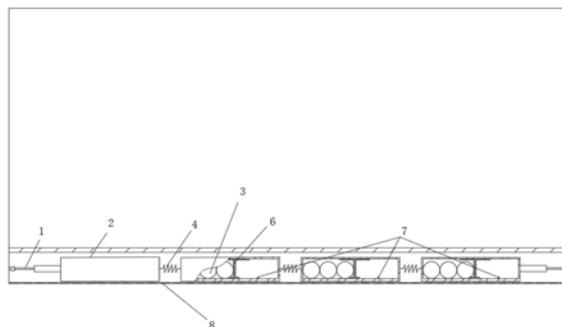
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种自复位的变刚度复合阻尼器

(57)摘要

本发明涉及一种自复位的变刚度复合阻尼器,包括由若干个有轨车串联组成的有轨车组,以及磁流变阻尼器,所述有轨车安装在设于减震结构上的滑轨上,所述有轨车组的两端通过所述磁流变阻尼器与减震结构相连接,相邻有轨车之间通过耗能连接组件相连接;所述有轨车内设有腔体,所述腔体内设有能够移动的磁性隔离滑片,所述腔体与磁性隔离滑片之间设有橡胶外包钢球,所述腔体在远离所述橡胶外包钢球的一端设有用于将磁性隔离滑片固定的锁定机构。面对小风、小震时利用螺旋弹簧、磁流变阻尼器、SMA拉索进行吸振耗能;通过橡胶外包钢球在有轨车中运动、碰撞进行耗能。



1. 一种自复位的变刚度复合阻尼器,其特征在于,包括由若干个有轨车(2)串联组成的有轨车组,以及磁流变阻尼器(1),所述有轨车(2)安装在设于减震结构上的滑轨(8)上,所述有轨车组的两端通过所述磁流变阻尼器(1)与减震结构相连接,相邻有轨车(2)之间通过耗能连接组件相连接;

所述有轨车(2)内设有腔体,所述腔体内设有能够移动的磁性隔离滑片(6),所述腔体与磁性隔离滑片(6)之间设有橡胶外包钢球(3),所述腔体在远离所述橡胶外包钢球(3)的一端设有用于将磁性隔离滑片(6)固定的锁定机构。

2. 根据权利要求1所述的一种自复位的变刚度复合阻尼器,其特征在于,所述有轨车(2)的腔体内部沿有轨车(2)运动方向设有多个容纳单排橡胶外包钢球(3)的运动轨道。

3. 根据权利要求1所述的一种自复位的变刚度复合阻尼器,其特征在于,所述耗能连接组件包括螺旋弹簧(4)和SMA拉索(5),根据需要设置一组或并排设置多组。

4. 根据权利要求3所述的一种自复位的变刚度复合阻尼器,其特征在于,所述螺旋弹簧的长度为有轨车长度的1/4,所述SMA拉索由6~8根直径为2mm的SMA丝绞合而成。

5. 根据权利要求1所述的一种自复位的变刚度复合阻尼器,其特征在于,所述橡胶外包钢球(3)由内部为奥氏体钢制成的内核和外部橡胶组成。

6. 根据权利要求1所述的一种自复位的变刚度复合阻尼器,其特征在于,所述磁性隔离滑片(6)采用对称工字形界面,且上翼缘宽度大于截面高度。

7. 根据权利要求1所述的一种自复位的变刚度复合阻尼器,其特征在于,所述锁定机构包括用于锁定所述磁性隔离滑片(6)的锁齿(7),所述锁齿(7)由有轨车(2)尾部的自启动机械计时器控制。

8. 根据权利要求1所述的一种自复位的变刚度复合阻尼器,其特征在于,所述磁流变阻尼器(1)包括活塞外筒(101)、活塞内杆(102)、活塞头(103)及磁性流体(104),

所述活塞内杆(102)与活塞头(103)固接,并安装于所述活塞外筒(101)内,所述活塞外筒(101)内填充磁性流体(104),所述活塞头(103)内设有磁体(106),所述活塞内杆(102)与所述活塞外筒(101)之间设有密封橡胶(105),所述活塞外筒(101)尾部固接于有轨车(2),所述活塞内杆(102)铰接于减震结构侧壁。

## 一种自复位的变刚度复合阻尼器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及结构消能减震技术领域,具体涉及一种自复位的变刚度复合阻尼器。

### 背景技术

[0002] 在土木工程领域,振动是土木工程结构面临的主要威胁之一。地震、风荷载、设备工作引起的振动不仅会引起生活在建筑结构内部人员舒适度的下降,引起身体的不适;剧烈的振动还会导致结构的破坏,造成严重的人民生命和财产的损失,造成严重的社会影响。为了确保工程结构的安全和建筑使用舒适性,土木工程领域展开了一系列针对结构消能减震措施的研究。包括但不限于结构部分构件构建加强或削弱、部分节点的构造措施、基础隔震支座、结构振动阻尼器等。其中阻尼器是一个重要且广泛的方向。

[0003] 颗粒阻尼器是一种安装简单、运行高效的被动控制装置,其通过颗粒容器内部的颗粒运动、颗粒间碰撞、颗粒与容器间碰撞将结构振动能量转化为热能和颗粒运动的动能,其可靠度高,鲁棒性好,并适用于复杂恶劣环境下的结构振动控制。但由于颗粒碰撞声音较大,其工作时对周围的产生较大的噪音污染,故不适用于低幅振动下的结构振动控制。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的就是为了解决上述问题而提供一种能够在更宽的振动频域工作,且对结构中人员干扰较小,并能够自复位的阻尼器。

[0005] 本发明的目的通过以下技术方案实现:

[0006] 一种自复位的变刚度复合阻尼器,包括由若干个有轨车串联组成的有轨车组,以及磁流变阻尼器,所述有轨车安装在设于减震结构上的滑轨上,所述有轨车组的两端通过所述磁流变阻尼器与减震结构相连接,相邻有轨车之间通过耗能连接组件相连接;所述有轨车内设有腔体,所述腔体内设有能够移动的磁性隔离滑片,所述腔体与磁性隔离滑片之间设有橡胶外包钢球,所述腔体在远离所述橡胶外包钢球的一端设有用于将磁性隔离滑片固定的锁定机构。

[0007] 所述磁性隔离滑片通过有轨车一端的强磁体吸引,将橡胶外包钢球支挡固定在有轨车强磁体一端。

[0008] 结构振动较小时,磁性隔离滑片与有轨车之间的磁力足够抵挡橡胶外包钢球的推力,消能减震由磁流变液阻尼器拉伸压缩,耗能连接组件完成(螺旋弹簧的拉伸压缩,SMA的拉伸完成);当结构振动较大时,有轨车内的橡胶外包钢球推力突破磁性隔离滑片与有轨车端部强磁体间吸引力,将磁性隔离滑片推至有轨车内部一段距离,到达锁定机构并被锁定一段时间,钢球开始滚动碰撞耗能,振动结束后,各阻尼单元由SMA拉索带动回归原位,磁性隔离滑片由锁定机构释放而回归原位。

[0009] 进一步地,所述有轨车的腔体内部沿有轨车运动方向设有多个容纳单排橡胶外包钢球的运动轨道。轨道内放置直径略小于轨道最小径向宽度的橡胶外包钢球,钢球的布置长度约为有轨车轨道长度的2/3。

[0010] 进一步地,所述耗能连接组件包括螺旋弹簧和SMA拉索,根据需要设置一组或并排设置多组。

[0011] 进一步地,所述螺旋弹簧的长度为有轨车长度的1/4,所述SMA拉索由6~8根直径为2mm的SMA丝绞合而成。

[0012] 进一步地,所述橡胶外包钢球由内部为奥氏体钢制成的内核和外部橡胶组成。钢质内核直径取橡胶外包钢球成品直径1/2。

[0013] 进一步地,所述磁性隔离滑片采用对称工字形界面,且上翼缘宽度大于截面高度。作用是防止磁性隔离滑片在受力运动中倾覆。

[0014] 进一步地,所述锁定机构包括用于锁定所述磁性隔离滑片的锁齿,所述锁齿由有轨车尾部的自启动机械计时器控制。当磁性隔离片被推至有轨车端部,触发端部的开关,锁齿固定磁性隔离片,机械计时器开始工作并倒计时,倒计时时间预设为10min,倒计时结束,锁齿释放,磁性隔离片退回初始位置,支挡橡胶外包钢球于有轨车一端并保持相互之间静止。

[0015] 进一步地,所述磁流变阻尼器包括活塞外筒、活塞内杆、活塞头及磁性流体,所述活塞内杆与活塞头固接,并安装于所述活塞外筒内,所述活塞外筒内填充磁性流体,所述活塞头内设有磁体(电磁线圈),所述活塞内杆与所述活塞外筒之间设有密封橡胶,所述活塞外筒尾部固接于有轨车,所述活塞内杆铰接于减震结构侧壁。当有轨车开始运动,推动活塞杆在活塞筒内滑动,流体通过活塞上的穿孔,切割磁感线,大幅提高孔内磁性流体的粘性,从而增大活塞运动的阻尼,提高阻尼器的耗能。

[0016] 本发明的机理为,该复合阻尼器包括以有轨车为容器的颗粒阻尼单元、磁流变阻尼器单元,颗粒阻尼单元通过螺旋弹簧相互串联为有轨车组,有轨车组在结构面层上安装的轨道上滑动,在振动引起有轨车的加速度较小的情况下,有轨车内部的磁性隔离滑片与有轨车端部强磁体吸引力阻止橡胶外包钢球的运动,此时,有轨车、磁流变阻尼器、SMA拉索共同形成第一阶段耗能减震组合;当结构振动使得有轨车产生的加速度足够大时,内部的橡胶外包钢球对磁性隔离滑片的推力大于磁性隔离滑片与有轨车端部强磁体间吸引力,将磁性隔离滑片推至有轨车端部,磁性隔离滑片由锁齿道锁固在有轨车一端,橡胶外包钢球开始在有轨车内部滑动、碰撞,此时内部橡胶外包钢球处于运动状态下的有轨车与磁流变阻尼器、SMA拉索共同形成第二阶段耗能减震组合。随着振动的结束,SMA拉索会自动恢复原形,将有轨车、磁流变阻尼器、螺旋弹簧还原至初始位置,有轨车内部的锁齿自动释放,磁性隔离滑片滑回初始位置,将有轨车内部轨道中的橡胶外包钢球推回原位并支挡固定。本发明具有多重耗能机制,包含磁流变阻尼单元耗能、SMA拉索耗能、以有轨车为载体的颗粒阻尼器耗能,在不同的振动强度下发挥相应的耗能功能,耗能效果连续有效。

[0017] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:

[0018] (1) 在小幅振动情况下,结构的振动控制工作状态噪音小,对建筑内部使用人员的干扰少,同时,有轨车、磁流变体阻尼器和螺旋弹簧的组合能够较好地完成微小振动的隔离与耗能工作。

[0019] (2) 在大震情况下,颗粒阻尼的加入使得阻尼系统的耗能能力大幅提高,保证阻尼器的工作性能满足结构的减震需求。

[0020] (3) 振动结束后结构通过材料性能,机械装置自动复位,可靠性高,维护成本低,适

合于建筑持续整个设计使用期限内的抗震,抗风等要求。

### 附图说明

[0021] 图1为本发明一种自复位的变刚度复合阻尼器的侧视图;

[0022] 图2为本发明一种自复位的变刚度复合阻尼器的俯视图;

[0023] 图3为本发明磁流变阻尼器构造图;

[0024] 其中,1为磁流变阻尼器、2为有轨车、3为橡胶外包钢球、4为螺旋弹簧、5为SMA拉索、6为磁性隔离滑片、7为锁齿、8为滑轨;101为活塞外筒、102为活塞内杆、103为活塞头、104为磁性流体、105为密封橡胶、106为磁体。

### 具体实施方式

[0025] 下面结合附图和具体实施例对本发明进行详细说明。

[0026] 实施例

[0027] 如图1、2,一种自复位的变刚度复合阻尼器,由磁流变阻尼器1、有轨车2、橡胶外包钢球3、螺旋弹簧4、SMA拉索5、磁性隔离滑片6、锁齿7、滑轨8组成,将有轨车2用螺旋弹簧4进行串联,串联为有轨车组,有轨车组两端通过磁流变阻尼器1与结构连接,橡胶外包钢球3放置在有轨车2轨道内,磁性隔离滑片6放置于有轨车2轨道内,将橡胶外包钢球3固定在有轨车2轨道的一侧,阻止橡胶外包钢球3的滑动,SMA拉索5拉结于有轨车2与结构之间、有轨车2与有轨车2之间。

[0028] 如图3,磁流变阻尼器1包括活塞外筒101、活塞内杆102、活塞头103及磁性流体104,活塞内杆102与活塞头103固接,并安装于活塞外筒101内,活塞外筒101内填充磁性流体104,活塞头103内设有磁体106,活塞内杆102与活塞外筒101之间设有密封橡胶105,活塞外筒101尾部固接于有轨车2,活塞内杆102铰接于减震结构侧壁。当有轨车开始运动,推动活塞杆在活塞筒内滑动,流体通过活塞上的穿孔,切割磁感线,大幅提高孔内磁性流体的粘性,从而增大活塞运动的阻尼,提高阻尼器的耗能。

[0029] 磁性隔离滑片6通过与强磁体的吸引力安装于有轨车2内部,并利用磁性隔离滑片6与强磁体的吸引力完成对中间橡胶外包钢球3的支挡固定。磁性隔离滑片6被橡胶外包钢球6推至有轨车锁齿7一端后,锁齿7能够固定住磁性隔离滑片6并触发计时器,计时结束锁齿7将释放磁性隔离滑片6,磁性隔离滑片6自行滑回初始位置。有轨车3内部磁性隔离滑片6采用对称工字形界面,且上翼缘宽度大于截面高度,作用是防止磁性隔离滑片6在受力运动中倾覆。

[0030] 该阻尼器安装于结构的楼板面层,其结构图如图1、图2所示。

[0031] 本实施例中,有6m\*5m建筑平面尺寸,在建筑结构面层上沿长边方向布置滑轨,滑轨宽度3cm,高度1.5cm,长度铺满沿长边方向布满.两侧滑轨与结构墙体的间距80cm,两滑轨间距70cm,滑轨上有轨车的外尺寸取1.2m\*0.8m\*20mm,厚度取10mm,分为下部车体和上车盖,车盖与车体通过螺栓连接。其中1.2m沿建筑平面长边方向,有轨车的其中一端安装强磁体,强磁体的尺寸与有轨车该安装端的截面相同,厚度取2mm,另一端安装锁齿,锁齿齿长25mm,安装在距该侧有轨车端部50mm处,有轨车安装到轨道上时强磁体一端近墙,由滑轨上布置3个有轨车,有轨车通过长30cm的螺旋弹簧连接,螺旋弹簧与有轨车的连接方式为锚栓

连接。有轨车沿宽度均分为5条沿有轨车长边方向的轨道,轨道内放置直径为19cm的橡胶外包钢球4个,相互紧靠放置于有轨车靠近墙的一端。磁性隔离滑片是截面如图中所示的形状,将磁性隔离滑片安装于橡胶外包钢球组的另一端,以使橡胶外包钢球在轨道内不能自由滚动为宜。有轨车组安装到位,将有轨车组两端的车尾焊接磁流变体阻尼器外筒尾端,将磁流变体活塞杆端铰接于墙上。根据阻尼器当前的各部件位置,将相邻的墙体、有轨车两两之间用由6根直径为2mm的SMA丝绞合而成的SMA拉索通过锚栓连接,以SMA拉索绷紧为宜。

[0032] 有轨车2,橡胶外包钢球3、磁性隔离滑片6共同组成颗粒阻尼器单元,磁流变阻尼器1单独组成磁流变阻尼单元,SMA拉索5单独组成耗能单元。在结构振动过程中,结构的部分振动动能通过磁流变阻尼器1传递给有轨车2,有轨车通过内壁与橡胶外包钢球3的碰撞将部分动能传递给橡胶外包钢球3。橡胶外包钢球3在运动、碰撞中耗散一部分能量,有轨车2剩余的动能通过螺旋弹簧4和SMA拉索5传递给下一个有轨车2,重复在有轨车2内的耗能过程,直到传递到另一端磁流变阻尼器1,完成一个方向的耗能过程。

[0033] 当结构振动时,若振动程度较小,则通过磁流变阻尼器1、螺旋弹簧4、SMA拉索5的拉伸压缩进行耗能;当振动程度较大时,除前述耗能模式外,橡胶外包钢球3的碰撞滚动开始发挥耗能作用,具备多阶段耗能机制,耗能频带宽,效果稳定。

[0034] 上述的对实施例的描述是为便于该技术领域的普通技术人员能理解和使用发明。熟悉本领域技术的人员显然可以容易地对这些实施例做出各种修改,并把在此说明的一般原理应用到其他实施例中而不必经过创造性的劳动。因此,本发明不限于上述实施例,本领域技术人员根据本发明的揭示,不脱离本发明范畴所做出的改进和修改都应该在本发明的保护范围之内。

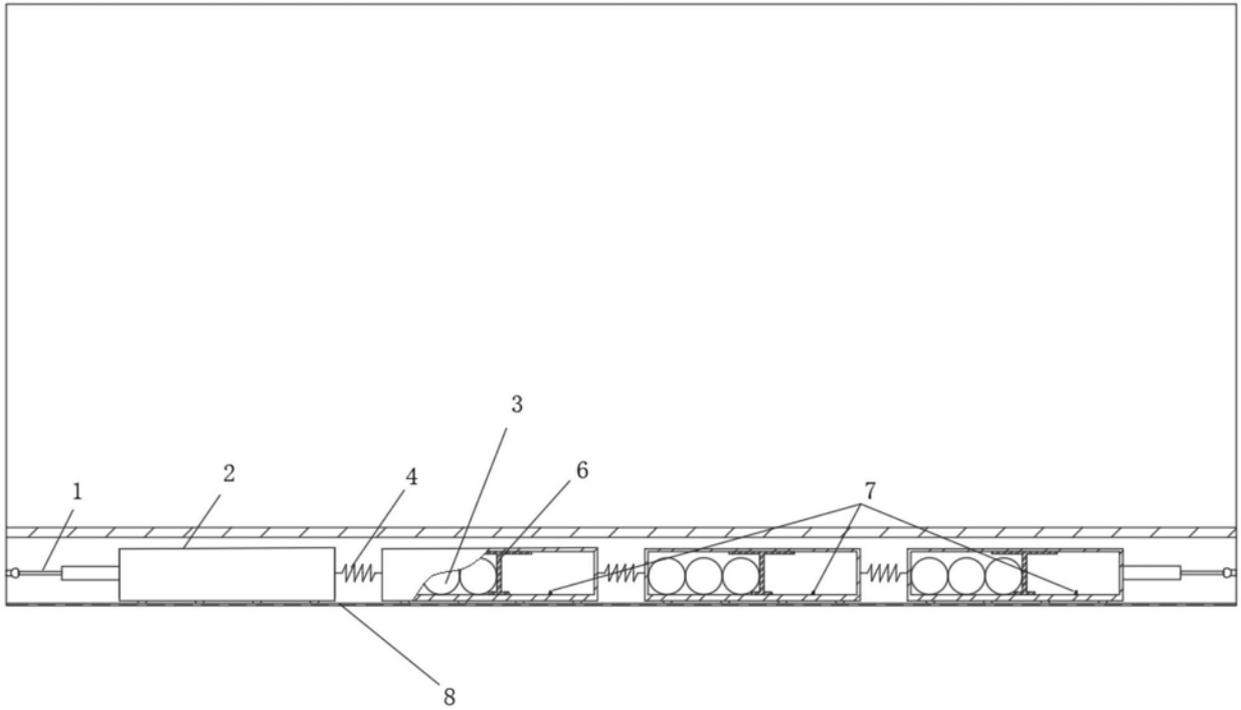


图1

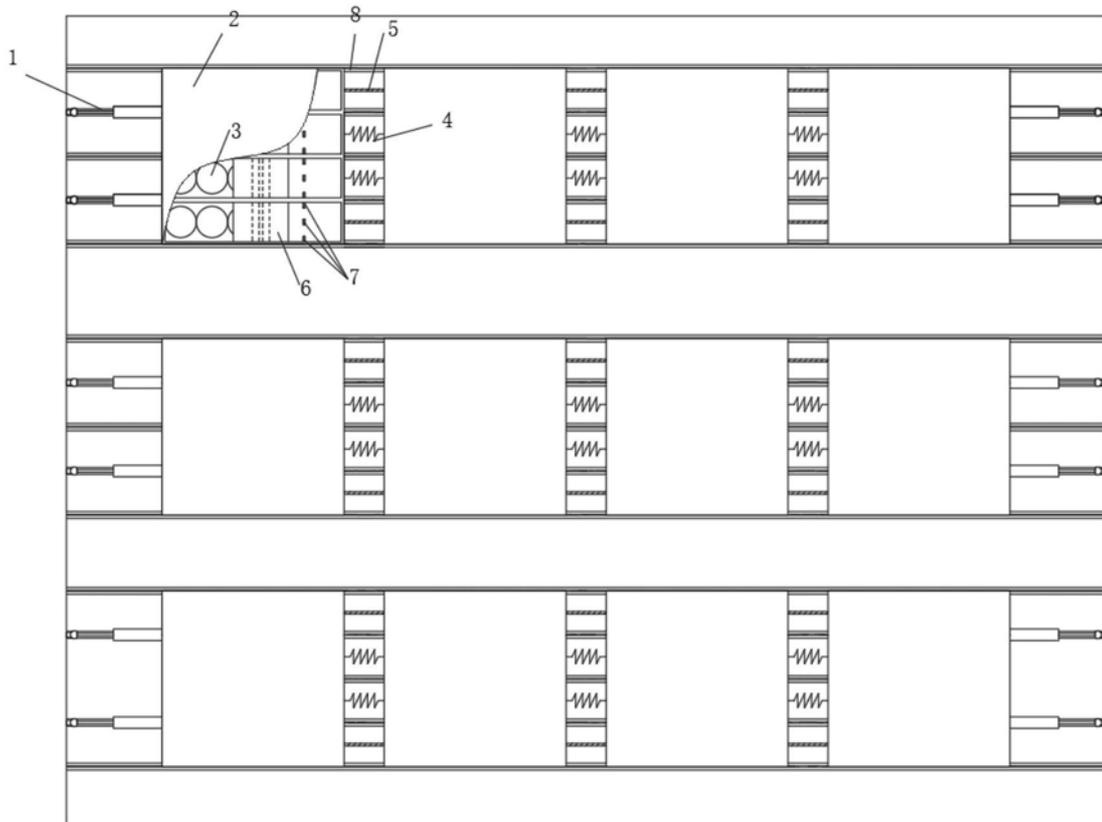


图2

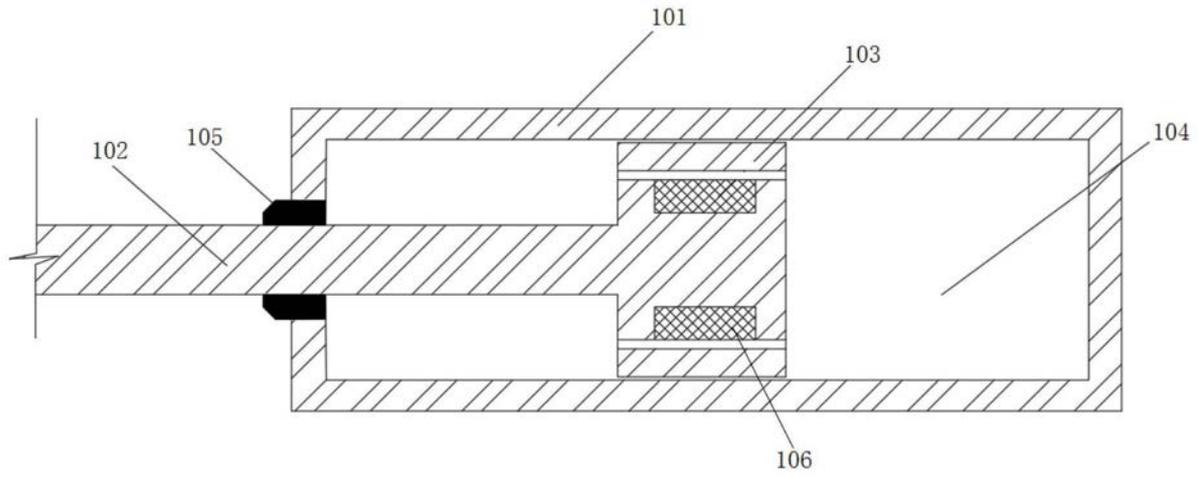


图3