



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113958014 B

(45) 授权公告日 2022. 12. 06

(21) 申请号 202110425345.1

(22) 申请日 2021.04.20

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 113958014 A

(43) 申请公布日 2022.01.21

(73) 专利权人 武汉工程大学  
地址 430074 湖北省武汉市洪山区雄楚大街693号

专利权人 中铁大桥局集团有限公司

(72) 发明人 吴巧云 李仁赏 陈旭勇 荆国强

(74) 专利代理机构 湖北武汉永嘉专利代理有限公司 42102

专利代理师 崔友明

(51) Int. Cl.

E04B 1/98 (2006.01)

E04B 1/36 (2006.01)

E04H 9/02 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 103541429 A, 2014.01.29

CN 108374501 A, 2018.08.07

CN 110468695 A, 2019.11.19

CN 101029539 A, 2007.09.05

CN 101333829 A, 2008.12.31

CN 111042368 A, 2020.04.21

JP 2002371725 A, 2002.12.26

CN 111042368 A, 2020.04.21

CN 109763581 A, 2019.05.17

CN 1560395 A, 2005.01.05

US 5456047 A, 1995.10.10

JP 2000193029 A, 2000.07.14

孙建刚等. 柔性储罐底环梁基础隔震地震动响应分析.《建筑结构学报》.2008,全文.

颜学渊等. 三类三维隔震抗倾覆支座力学性能试验研究.《振动与冲击》.2009, (第10期),全文.

审查员 郑媛

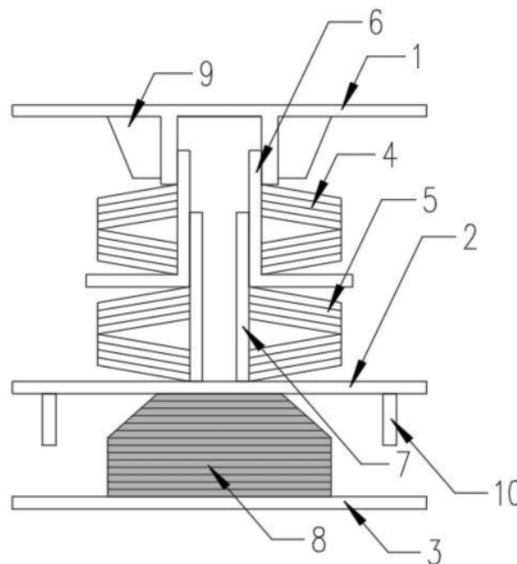
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

一种自适应变刚度三维隔震/振装置

(57) 摘要

本发明涉及土木工程以及机械工程领域和隔震/振技术领域,提供了一种自适应变刚度三维隔震/振装置,包括用于迎接冲击力的受力组件以及具有弹性的支座,所述支座承载所述受力组件,沿垂直于冲击力的方向平切所述支座形成的多个截面中,至少两个所述截面的面积不相同。本发明通过变截面支座可以在不同受力状态下提供不同的水平刚度和阻尼力,能满足大跨空间结构和中高层建筑在遇到不同等级的建筑环境振动和地震时的隔震/振需求,进而达到自适应变刚度的目的,能起到良好的隔离环境振动和竖向地震动的效果。



1. 一种自适应变刚度三维隔震/ 振装置, 其特征在于: 包括用于迎接冲击力的受力组件以及具有弹性的支座, 所述支座承载所述受力组件, 沿垂直于冲击力的方向平切所述支座形成的多个截面中, 至少两个所述截面的面积不相同; 所述支座包括沿冲击力的方向依次形成的圆台形本体以及圆柱形本体, 所述圆台形本体靠近所述受力组件设置; 所述圆台形本体的大口径端面与所述圆柱形本体的端面贴合; 所述受力组件包括上连接板、限位套筒以及上层弹簧组, 所述限位套筒具有可供所述上层弹簧组套设的导轴, 所述上连接板具有外套筒, 所述外套筒具有供所述导轴插入的孔洞, 所述外套筒的内径与所述导轴的外径相等; 所述受力组件还包括中作板以及下层弹簧组, 所述中作板具有供所述下层弹簧组套设的导杆, 所述导轴具有供所述导杆插入的孔洞, 所述导轴的内径与所述导杆的外径相等; 在所述导轴未插入所述外套筒和所述导杆未插入所述导轴前, 所述上连接板、所述限位套筒以及所述中作板沿冲击力的方向依次布设; 所述上层弹簧组和所述下层弹簧组也沿冲击力的方向依次布设; 所述限位套筒还包括第一平板, 所述导轴垂直连接在所述第一平板上; 在有所述中作板时, 所述中作板还包括第二平板, 所述导杆垂直连接在所述第二平板上; 所述中作板远离所述上连接板的一侧设有限位钢筒, 所述支座与所述限位钢筒抵接; 还包括用于搁置所述支座的下连接板。

2. 如权利要求1所述的一种自适应变刚度三维隔震/ 振装置, 其特征在于: 所述支座为橡胶支座。

3. 如权利要求1所述的一种自适应变刚度三维隔震/ 振装置, 其特征在于: 所述外套筒外设有加劲肋。

## 一种自适应变刚度三维隔震/振装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及土木工程以及机械工程领域和隔震/振技术领域,具体为一种自适应变刚度三维隔震/振装置。

### 背景技术

[0002] 基础隔震技术被看作是20世纪地震工程领域最重要的技术进步之一,在世界范围内得到了较为广泛的应用。隔震技术的基本原理是通过在建筑底部设置隔震支座,得到水平刚度较小的隔震层,通过滤波效应减小上部结构地震加速度响应。并通过在隔震层设置耗能装置吸收消耗地震动能量。现代隔震技术已有近年的历史,属于一种被动的振动控制技术。

[0003] 然而,目前已有的传统建筑隔震支座存在以下的不足,一是不能隔离竖向地震振动以及水平向微振动。大量震害观察及有限元分析表明,竖向地震作用能导致结构竖向承压构件受压破坏。随着城市轨道交通发展,地铁等环境振动,尤其是微振动的竖向分量会对人们的居住舒适度产生较为严重的影响。二是传统的隔震支座在水平方向上存在着取得较好的隔震效果和控制隔震层极限位移的矛盾。如果建筑物使用水平刚度较大的隔震支座,在发生震级较小的交通振动和地震时,隔震支座受到的外力小于能发生变形的最小的力,隔震支座不发生变形,不能起到隔震、减震作用;如果建筑物使用水平刚度较小的隔震支座,当在发生震级较大的交通振动和地震时,隔震支座受到的外力可能大于其能承受的最大力,隔震支座发生过度变形甚至毁坏,危及建筑物的安全。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种自适应变刚度三维隔震/振装置,至少可以解决现有技术中的部分缺陷。

[0005] 为实现上述目的,本发明实施例提供如下技术方案:一种自适应变刚度三维隔震/振装置,包括用于迎接冲击力的受力组件以及具有弹性的支座,所述支座承载所述受力组件,沿垂直于冲击力的方向平切所述支座形成的多个截面中,至少两个所述截面的面积不相同。

[0006] 进一步,所述支座包括沿冲击力的方向依次形成的圆台形本体以及圆柱形本体,所述圆台形本体靠近所述受力组件设置。

[0007] 进一步,所述圆台形本体的大口径端面与所述圆柱形本体的端面贴合。

[0008] 进一步,所述支座为橡胶支座。

[0009] 进一步,所述受力组件包括上连接板、限位套筒以及上层弹簧组,所述限位套筒具有可供所述上层弹簧组套设的导轴,所述上连接板具有外套筒,所述外套筒具有供所述导轴插入的孔洞,所述外套筒的内径与所述导轴的外径相等。

[0010] 进一步,所述受力组件还包括中作板以及下层弹簧组,所述中作板具有供所述下层弹簧组套设的导杆,所述导轴具有供所述导杆插入的孔洞,所述导轴的内径与所述导杆

的外径相等;在所述导轨未插入所述外套筒和所述导杆未插入所述导轨前,所述上连接板、所述限位套筒以及所述中作板沿冲击力的方向依次布设;所述上层弹簧组和所述下层弹簧组也沿冲击力的方向依次布设。

[0011] 进一步,所述外套筒外设有加劲肋。

[0012] 进一步,所述限位套筒还包括第一平板,所述导轨垂直连接在所述第一平板上;在有所述中作板时,所述中作板还包括第二平板,所述导杆垂直连接在所述第二平板上。

[0013] 进一步,所述中作板远离所述上连接板的一侧设有限位钢筒,所述支座与所述限位缸筒抵接。

[0014] 进一步,还包括用于搁置所述支座的下连接板。

[0015] 与现有技术(例如厚肉隔振支座,隔振沟等)相比,本发明的有益效果是:

[0016] 1、通过变截面支座可以在不同受力状态下提供不同的水平刚度和阻尼力,能满足大跨空间结构和中高层建筑在遇到不同等级的建筑环境振动和地震时的隔震/振需求,进而达到自适应变刚度的目的,能起到良好的隔离环境振动和竖向地震动的效果。

[0017] 2、通过上连接板和限位套筒咬合设计,限位套筒和中作板咬合设计,将上连接板和限位套筒之间、限位套筒和中作板之间的相对水平位移和转角锁死,仅能产生竖向位移,使装置竖向运动和水平向运动解耦。实现运动解耦的目的一是能使竖向隔震/振系统和水平向隔震/振系统相对独立工作,二是使支座在地震作用下,上作板和中作板之间没有相对水平向位移和转角,避免支座过大的摇摆作用,进而达到自适应变刚度的目的,提供更为优越的水平隔震效果和保证大震作用下的安全。

[0018] 3、由上层弹簧组和下层弹簧组串联承载,具有较高的竖向承载力且具有适宜的竖向刚度。竖向隔震/振系统能够高效地隔离建筑环境振动和竖向地震。同时上层弹簧组和下层弹簧组还可以配合变截面支座实现更好的竖向减震/振。

[0019] 4、本发明在竖向和水平向,能够更为有效地隔离三向环境振动。具体表现为当系统在平衡位置受到微振动作用,位移较小。由于自适应变刚度特性,此时的系统刚度较小,系统固有频率较小甚至接近与零,从而具有较低的隔振起始频率。极大地优于传统的线性隔振措施。在遭遇强烈振动作用(如大地震,车辆冲击等)时,有着更高的安全性。具体表现为当系统遭受较强振动作用,位移较大。由于自适应刚度特性,此时的系统刚度较大,能够限制结构出现过大大位移。

[0020] 5、整体构造较为简单,制作加工方便,具有同时完成三维隔震效果,并且具有良好的整体稳定性和工作安全性。

## 附图说明

[0021] 图1为本发明实施例提供的一种自适应变刚度三维隔震/振装置的竖向剖面结构示意图;

[0022] 图2为本发明实施例提供的一种自适应变刚度三维隔震/振装置的分解示意图;

[0023] 图3为本发明实施例提供的一种自适应变刚度三维隔震/振装置的安装与隔震振层示意图;

[0024] 图4为本发明实施例提供的一种自适应变刚度三维隔震/振装置的上连接板的结构示意图;

[0025] 图5为本发明实施例提供的一种自适应变刚度三维隔震/振装置的中作板的结构示意图;

[0026] 附图标记中:1-上连接板;101-外套筒;2-中作板;3-下连接板;4-上层碟形弹簧组;5-下层碟形弹簧组;6-限位套筒;7-导杆;8-变截面叠层橡胶支座;9-加劲肋;10-限位钢筒;11-上预埋件;12-下预埋件;13-隔震/振层上柱端;14-隔震/振层下柱端。

### 具体实施方式

[0027] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其它实施例,都属于本发明保护的范围。

[0028] 请参阅图1、图2、图3、图4和图5,本发明实施例提供一种自适应变刚度三维隔震/振装置,包括用于迎接冲击力的受力组件以及具有弹性的支座,所述支座承载所述受力组件,沿垂直于冲击力的方向平切所述支座形成的多个截面中,至少两个所述截面的面积不相同。优选的,所述支座包括沿冲击力的方向依次形成的圆台形本体以及圆柱形本体,所述圆台形本体靠近所述受力组件设置。优选的,所述圆台形本体的大口径端面与所述圆柱形本体的端面贴合。所述支座为橡胶支座。在本实施例中,可以将支座定义为变截面叠层橡胶支座8,它具有多个直径的截面,这种结构形式可以在不同受力状态下提供不同的水平刚度和阻尼力,能满足大跨空间结构和中高层建筑在遇到不同等级的建筑环境振动和地震时的隔震/振需求,进而达到自适应变刚度的目的,能起到良好的隔离环境振动和竖向地震动的效果。具体地,它可以采用橡胶材质,也可以采用弹簧,只要有弹性的即可,当然不管是采用什么材质均需要满足弹性要求。而结构上,首先限定冲击力的方向是如图2所示的竖向的方向,不管是楼栋的震/振动力还是汽车车辆的冲击力均是作用在上连接板1上。再说结构,它可以采用本实施例所示的圆台形+圆柱形的组合结构形式,这样在圆台形结构中,截面的直径是沿着冲击力的方向渐扩的,最大即为圆柱形结构的端面,圆台形结构和圆柱形结构可以平滑连接。当然,除了采用这种结构形式以外,其他满足要求的结构形式均是可行的。

[0029] 作为本发明实施例的优化方案,请参阅图1、图2、图3、图4和图5,所述受力组件包括上连接板1、限位套筒6以及上层弹簧组,所述限位套筒6具有可供所述上层弹簧组套设的导轴,所述上连接板1具有外套筒101,所述外套筒101具有供所述导轴插入的孔洞,所述外套筒101的内径与所述导轴的外径相等。优选的,所述受力组件还包括中作板2以及下层弹簧组,所述中作板2具有供所述下层弹簧组套设的导杆7,所述导轴具有供所述导杆7插入的孔洞,所述导轴的内径与所述导杆7的外径相等;在所述导轴未插入所述外套筒101和所述导杆7未插入所述导轴前,所述上连接板1、所述限位套筒6以及所述中作板2沿冲击力的方向依次布设;所述上层弹簧组和所述下层弹簧组也沿冲击力的方向依次布设。优选的,所述外套筒101外设有加劲肋9。所述限位套筒6还包括第一平板,所述导轴垂直连接在所述第一平板上;在有所述中作板2时,所述中作板2还包括第二平板,所述导杆7垂直连接在所述第二平板上。所述中作板2远离所述上连接板1的一侧设有限位钢筒10,所述支座与所述限位钢筒抵接。本装置包括用于搁置所述支座的下连接板3。在本实施例中,细化上述的受力组件。在本实施例中,上层弹簧组可以使上层碟形弹簧组4,下层弹簧组可以是下层碟形弹簧

组5。变截面叠层橡胶支座8与上层碟形弹簧组4和下层碟形弹簧组5组成的系统串联受压。为了加强外套筒101与上连接板1之间的连接强度,外套筒101外侧均匀设置多个加劲肋9,加劲肋9分别与上连接板1和外套筒101固定连接。加劲肋9为四个,均匀设置在外套筒101外侧。当然,加劲肋9也可以为八个或其他大于或等于2的偶数个。上连接板1与限位套筒6相互咬合,仅可实现相对竖向运动。限位套筒6与导杆7相互咬合,仅可实现相对竖向运动。上部隔震/振结构的重力通过上连接板1传导,由上层碟形弹簧组4和下层碟形弹簧组5共同承担。中作板2与导杆7端部焊接连接,中作板2与限位钢筒10焊接连接。变截面叠层橡胶支座8与中作板2和下连接板3通过内置螺栓紧密连接。为了提高变截面叠层橡胶支座的整体的阻尼特性,可在支座的中部安装铅芯,增加变截面叠层橡胶支座的阻尼力,增强其耗能能力,起到较好的缓冲效果。上连接板1与限位套筒6相互咬合,限位套筒6与导杆7相互咬合,以使上连接板1与限位套筒6之间的相对水平位移和转角锁死,仅能产生竖向运动,限位套筒6与导杆7之间的相对水平位移和转角锁死,仅能产生竖向运动,使支座竖向运动和水平向运动的解耦。上连接板1的外套筒101内径与限位套筒6外径相等,使得限位套筒6可以紧密嵌套入上连接板1的外套筒101中,两者相互咬合,从而使上连接板1和限位套筒6之间的相对水平位移和转角锁死。限位套筒6内径与导杆7外径相等,使得导杆7可以紧密嵌套入限位套筒6中,两者相互咬合,从而使限位套筒6和导杆7之间的相对水平位移和转角锁死。当支座承受上部建筑结构荷载,上连接板和中作板发生相对压缩位移,两者实现咬合。此时,上连接板和中作板之间仅能发生竖向相对运动,相对水平向运动和转角均被锁死。基于此设计,实现了支座水平向运动和竖向运动的解耦。下层碟形弹簧组5套于导杆7外,下层碟形弹簧组5直接放置于中作板2上方,导杆7焊接于中作板2上,限位套筒6套于导杆7外,限位套筒6下部与下层碟形弹簧组5接触但不连接,上层碟形弹簧组4套于限位套筒6外,限位套筒6的上端伸入上连接板1的内套筒内;上连接板1和限位套筒6相互咬合以实现运动导向设计;限位套筒6和导杆7也相互咬合;当装置承受上部建筑结构荷载,上连接板1和限位套筒6发生竖向相对位移;限位套筒6和导杆7发生竖向相对位移;上层碟形弹簧组4顶部与上连接板1接触但不连接,底部与限位套筒6接触但不连接;上连接板1与加劲肋9连接,中作板2底部与限位钢筒10连接。所述装置的上连接板1和加劲肋9通过焊接直接连接;中作板2底部和限位钢筒10通过焊接直接连接。上连接板1和限位套筒6相互咬合,限位套筒6和导杆7相互咬合,实现了运动导向设计。装置在静止和运动状态时上层碟形弹簧组4、下层碟形弹簧组5和变截面叠层橡胶支座8共同承担上部结构。

[0030] 作为本发明实施例的优化方案,请参阅图3,上预埋件11和下预埋件12分别通过浇筑的方式预埋在隔震/振层上柱端和隔震/振层下柱端。

[0031] 本发明的工作原理如下:

[0032] 通过支座变截面和设置限位装置解决了传统隔震支座的不足,且具备自适应刚度特性。自适应刚度特性是指系统的刚度能随着系统的位移而产生变化,属于一种被动的非线性属性。本发明中支座的刚度自适应具体是指当水平位移较小时,支座提供较小刚度;水平位移较大时,支座提供较大刚度。同时由于上部竖向隔震装置的存在,叠层橡胶支座部分承受的竖向压力变化受到竖向隔震效果的控制,变化较小,竖向压力对其水平向隔震的力学性能影响较小,水平向隔震效果比传统叠层橡胶支座更加稳定;变截面叠层橡胶支座8的抗拉承载力足以满足三维隔震装置的整体稳定性和工作安全性的要求。

[0033] 上部竖向隔震/振装置承担竖向荷载并隔离竖向震/振动。在正常使用以及隔震/振时均具有足够的竖向承载力,同时具有很强的自复位能力,且具备自适应刚度特性。竖向刚度能随着系统的竖向位移而产生变化,属于一种被动的非线性属性。本发明中竖向隔震/振系统的刚度自适应具体是指当竖向位移较小时,上层碟形弹簧组4与下层碟形弹簧组5形成串联,共同工作,此时系统竖向刚度较小,在上部结构承受较大振/震动,装置受到向下的力增大,上层碟形弹簧组4不断被压缩至限位套筒6上端与上连接板1凹槽底面相接触,上层碟形弹簧组4的运动达到极限位置,此时上层碟形弹簧组4退出工作,下层碟形弹簧组5继续工作,从而起到自适应刚度的特性。不需要外界提供能量,还可以通过适当的调节系统参数来获得较低的静态刚度和较高的动态刚度,从而在保证承载力的基础上具有良好的低频隔震/振性能,对于地铁等环境振动和地震动竖向分量有较好的隔震/振效果。同时由于其在大位移状态时提供较大刚度,故能很好地控制极限状态下的位移。与目前其他研究成果相比,隔震/振装置原理、构造简单,易于实施,造价低廉且更加安全可靠。

[0034] 在支座水平方向,通过支座变截面和设置限位装置,得到具有刚度自适应性的隔震/振体系。变截面叠层橡胶支座8在竖向承压的同时提供水平向非线性刚度,当隔震/振层水平位移较小时,由变截面叠层橡胶支座8上部提供较小的水平刚度,此时系统刚度较小有利于取得良好的隔震/振效果;当隔震/振层位移较大时,变截面叠层橡胶支座8上部的运动达到极限位置,限位钢筒10与变截面叠层橡胶支座8中部接触,变截面叠层橡胶支座8下部继续发生水平运动,此时系统水平刚度较大有利于控制隔震/振结构极限状态下位移。

[0035] 尽管已经示出和描述了本发明的实施例,对于本领域的普通技术人员而言,可以理解在不脱离本发明的原理和精神的情况下可以对这些实施例进行多种变化、修改、替换和变型,本发明的范围由所附权利要求及其等同物限定。

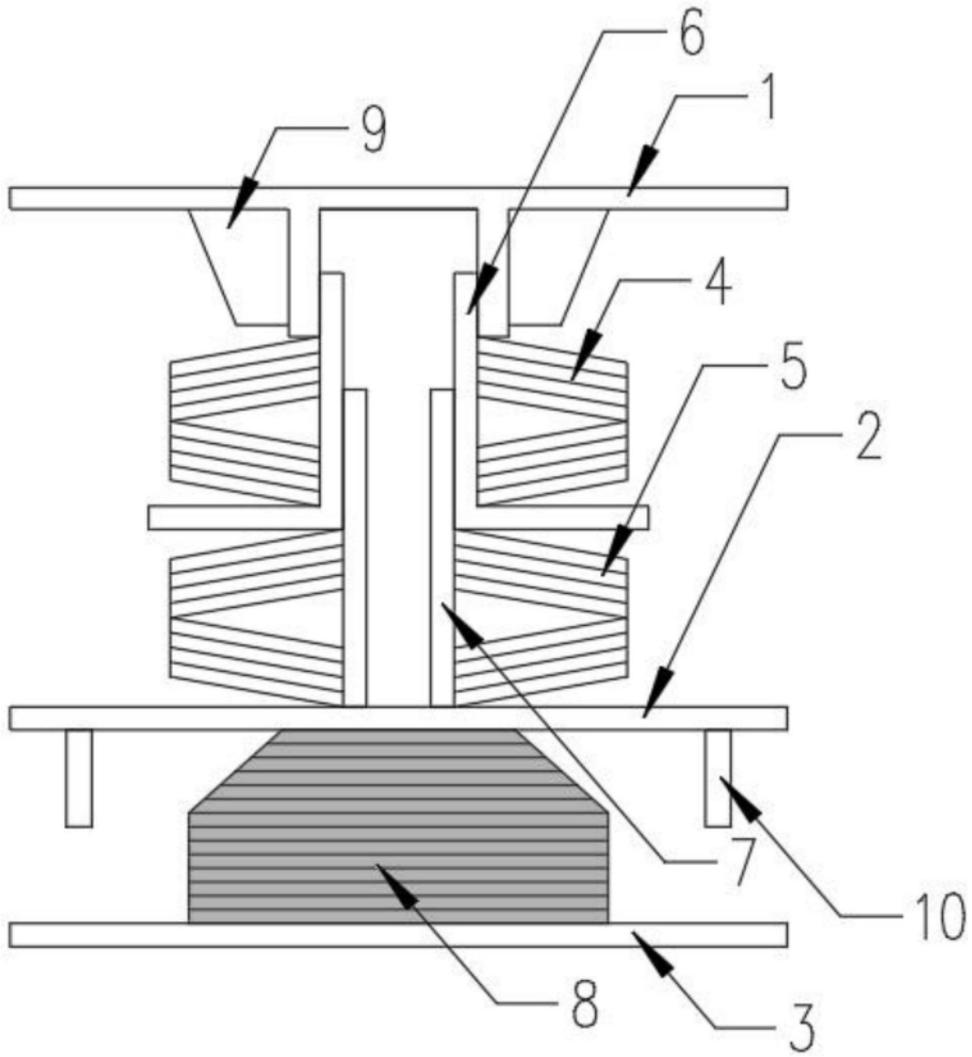


图1

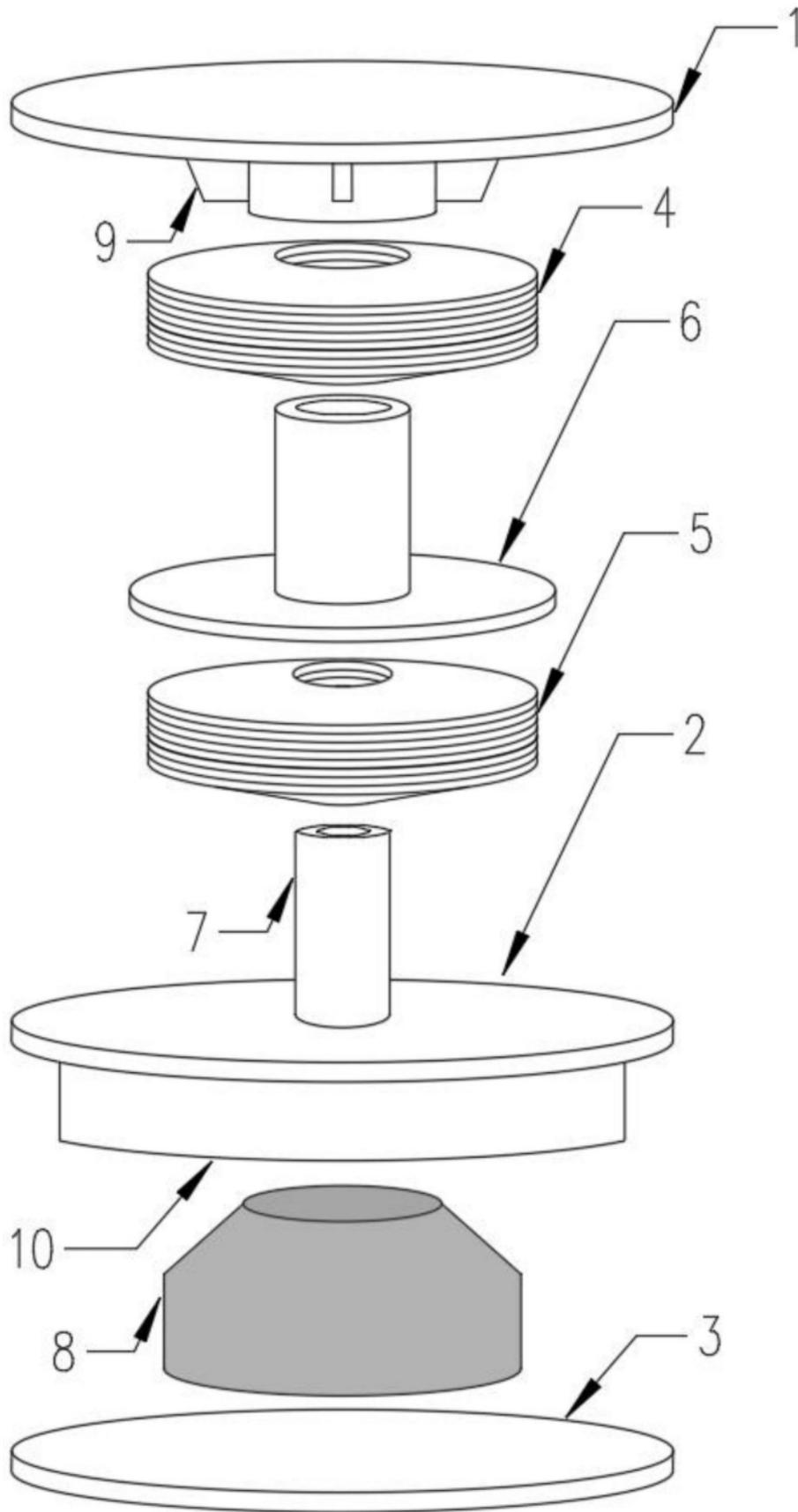


图2

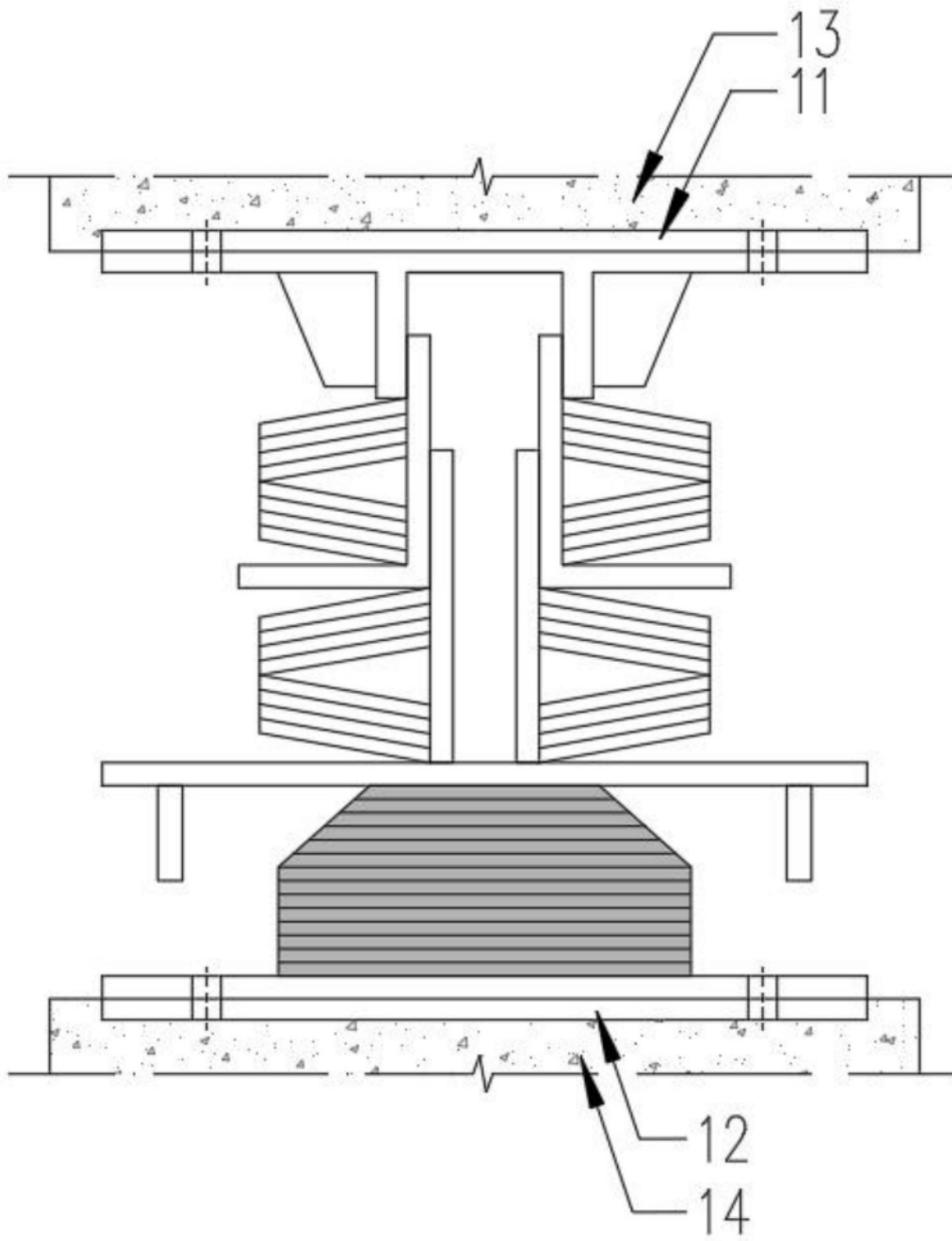


图3

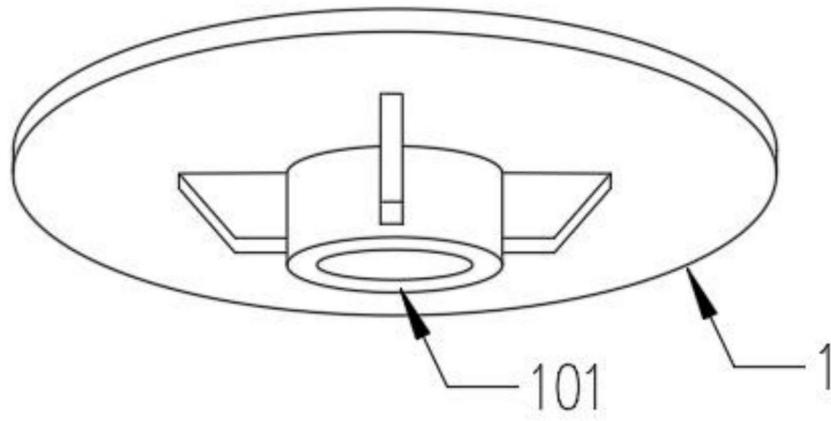


图4

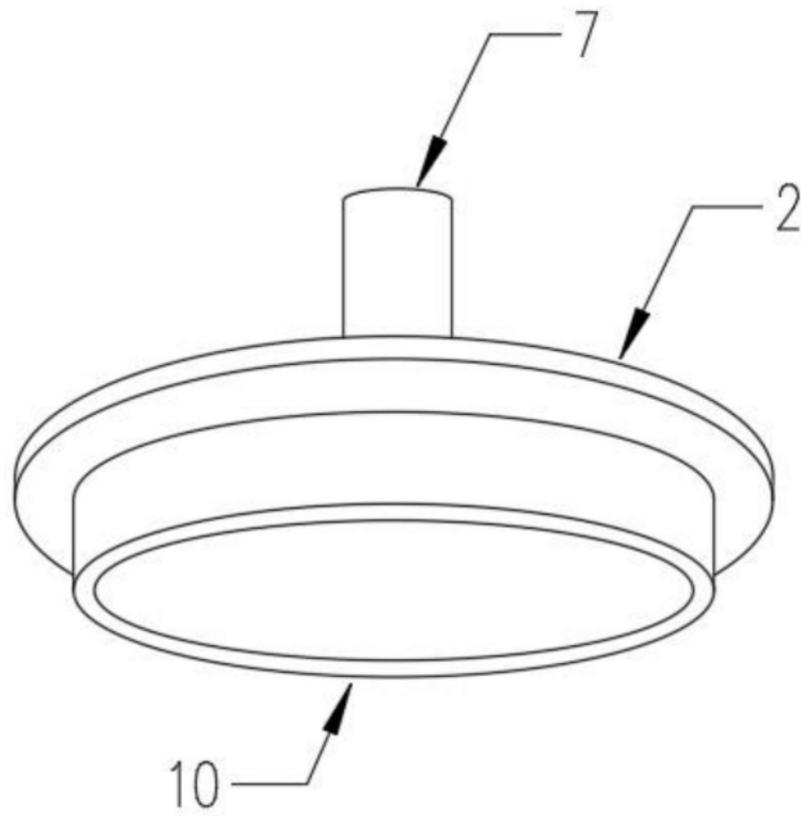


图5