



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111926937 B

(45) 授权公告日 2024.05.10

(21) 申请号 202010864156.X

E04B 1/36 (2006.01)

(22) 申请日 2020.08.25

E04H 9/02 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 111926937 A

(43) 申请公布日 2020.11.13

(73) 专利权人 华侨大学

地址 362000 福建省泉州市丰泽区城东城  
华北路269号

(56) 对比文件

CN 102936926 A, 2013.02.20

CN 102995785 A, 2013.03.27

CN 212453168 U, 2021.02.02

JP H11315886 A, 1999.11.16

KR 20120128523 A, 2012.11.27

审查员 张凡

(72) 发明人 梅真 郭子雄 胡红松 王海峰  
高毅超

(74) 专利代理机构 厦门市首创君合专利事务所  
有限公司 35204

专利代理师 张松亭 张迪

(51) Int. Cl.

E04B 1/98 (2006.01)

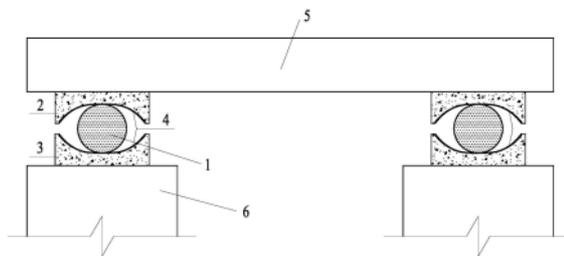
权利要求书1页 说明书3页 附图3页

(54) 发明名称

一种滚摆减振装置

(57) 摘要

本发明提供了一种滚摆减振装置,包括一个质量块以及至少三组的滚摆支座;所述滚摆支座对称设置,且不在同一直线上;所述滚摆支座包括第一支座、第二支座、球体以及金属橡胶垫层;所述第一支座与第二支座均具有一形状相同的曲面凹槽,所述曲面凹槽两两相对形成一容纳腔,用于容纳所述球体,使得所述球体可以在所述容纳腔内滚动;所述曲面凹槽上还设置有金属橡胶垫层,所述金属橡胶垫层与所述曲面凹槽紧密贴合。所述滚摆减振装置安装于主体结构的顶部。应用本技术方案可实现减小高层建筑或高耸结构在地震或风荷载作用下的动力反应。



1. 一种滚摆减振装置,其特征在于包括一个质量块以及至少三组的滚摆支座;所述滚摆支座对称设置,且不在同一直线上;所述滚摆支座包括第一支座、第二支座、球体以及金属橡胶垫层;所述第一支座与第二支座均具有一形状相同的曲面凹槽,所述曲面凹槽两两相对形成一容纳腔,用于容纳所述球体,使得所述球体可以在所述容纳腔内滚动;所述曲面凹槽上还设置有金属橡胶垫层,所述金属橡胶垫层与所述曲面凹槽紧密贴合;所述第一支座与第二支座均由混凝土浇筑而成;所述第一支座远离所述球体的一端与质量块固定连接,第二支座远离所述球体的一端与突出屋面的混凝土柱浇筑在一起;调整所述金属橡胶垫层在所述曲面凹槽的不同部位的致密程度,使得球体和金属橡胶垫层之间的滚动摩擦系数与第一支座、第二支座的水平相对位移或球体的角位移成正比。

2. 根据权利要求1所述的滚摆减振装置,其特征在于,所述曲面凹槽中的三维曲面为直角坐标系中表达式 $z = a|x|^\alpha + b|y|^\beta$ 所表示的曲面;其中 $a$ 、 $b$ 、 $\alpha$ 和 $\beta$ 为曲面形状参数。

3. 根据权利要求2所述的滚摆减振装置,其特征在于,所述球体在由所述曲面凹槽形成的容纳腔内滚动时,球体的两个滚动面均为非球面的三维曲面。

4. 根据权利要求3所述的滚摆减振装置,其特征在于,所述球体置于所述容纳腔内且滚摆减振装置处于静平衡位置时,第一支座底部与第二支座顶部之间的距离不小于20mm。

5. 根据权利要求4所述的滚摆减振装置,其特征在于,所述金属橡胶垫层由不锈钢丝冲压成型。

6. 根据权利要求1所述的滚摆减振装置,其特征在于,所述质量块的质量为主体结构质量的1%至5%;所述滚摆减振装置安装于主体结构的顶部。

7. 根据权利要求6所述的滚摆减振装置,其特征在于,所述球体由质地坚硬、无裂纹的石材制成。

## 一种滚摆减振装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及土木工程领域,具体是指一种滚摆减振装置。

### 背景技术

[0002] 地震等自然灾害对土木工程结构的安全造成较大威胁。为了在传统抗震设计的基础上进一步提高结构的抗灾能力,结构振动控制技术受到越来越广泛关注。结构振动控制根据是否需要外部能源输入以及所需能源功率大小可以分为被动、主动、半主动和混合控制等。其中,被动控制因具有装置简单、易于安装与维护、造价低廉、性能稳定可靠等优点,在实际工程中得到了相对广泛的应用。常见的被动控制方式包括:基础隔震、消能减振和调谐减振等。

[0003] 调谐质量阻尼器是一种较为常用的调谐减振装置,一般由质量块、线性弹簧和粘滞阻尼器组成。通过调整质量块的质量或线性弹簧的刚度,可以改变调谐质量阻尼器的振动频率,使之接近主体结构的自振频率或激励频率。当主体结构受激励振动时,调谐质量阻尼器将产生一个与主体结构振动方向相反的惯性力作用在主体结构上,使主体结构的振动衰减并受到控制。应当指出的是,只有当调谐质量阻尼器的自振频率调整到主体结构的受控频率并且外激励覆盖这个频率成分时才能取得较好的减振效果,即调谐质量阻尼器存在频率调谐敏感性问题的。

[0004] 非线性能量阱是一种非线性动力吸振器。它是通过阻尼和非线性回复力装置连接到主体结构的质量块。由于回复力与质量块位移之间是非线性关系,非线性能量阱没有固定的自振频率,因此能够在较宽的频率范围内取得良好的减振效果。但同时注意到,已有研究表明,非线性能量阱的减振性能易受到激励幅值的影响,即存在输入能量敏感性问题的。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的在于克服上述现有技术中的不足,提供一种减小高层建筑或高耸结构在地震或风荷载作用下动力反应的减振装置。

[0006] 为了解决上述技术问题,本发明提供了一种滚摆减振装置,包括一个质量块以及至少三组的滚摆支座;所述滚摆支座对称设置,且不在同一直线上;所述滚摆支座包括第一支座、第二支座、球体以及金属橡胶垫层;所述第一支座与第二支座均具有一形状相同的曲面凹槽,所述曲面凹槽两两相对形成一容纳腔,用于容纳所述球体,使得所述球体可以在所述容纳腔内滚动;所述曲面凹槽上还设置有金属橡胶垫层,所述金属橡胶垫层与所述曲面凹槽紧密贴合。

[0007] 在一较佳的实施例中,所述第一支座与第二支座均由混凝土浇筑而成;所述第一支座远离所述球体的一端与质量块固定连接,第二支座远离所述球体的一端与突出屋面的混凝土柱浇筑在一起。

[0008] 在一较佳的实施例中,所述曲面凹槽中的三维曲面为直角坐标系中表达式 $z=a|x|^\alpha+b|y|^\beta$ 所表示的曲面;其中 $a$ 、 $b$ 、 $\alpha$ 和 $\beta$ 为曲面形状参数。

[0009] 在一较佳的实施例中,所述球体在由所述曲面凹槽形成的容纳腔内滚动时,球体的两个滚动面均为非球面的三维曲面。

[0010] 在一较佳的实施例中,所述球体置于所述容纳腔内且滚摆减振装置处于静平衡位置时,第一支座底部与第二支座顶部之间的距离不小于20mm。

[0011] 在一较佳的实施例中,所述金属橡胶垫层由不锈钢丝冲压成型。

[0012] 在一较佳的实施例中,调整所述金属橡胶垫层在所述曲面凹槽的不同部位的致密程度,使得球体和金属橡胶垫层之间的滚动摩擦系数与第一支座、第二支座的水平相对位移或球体的角位移成正比。

[0013] 在一较佳的实施例中,所述质量块的质量为主体结构质量的1%至5%;所述滚摆减振装置安装于主体结构顶部。

[0014] 在一较佳的实施例中,所述球体由质地坚硬、无裂纹的石材制成。

[0015] 相较于现有技术,本发明的技术方案具备以下有益效果:

[0016] (1) 本发明所述的滚摆减振装置中球体的两个滚动面均为非球面的三维曲面,因此该减振装置没有固定的振动频率,能在较宽的频率范围内与受控结构发生共振,具有良好的宽频减振效果。

[0017] (2) 通过调整金属橡胶垫层在曲面凹槽上不同部位的致密程度,可以改变球体和金属橡胶垫层之间的滚动摩擦系数,使摩擦阻尼随质量块振幅的增大而增大,以实现“小振幅、小阻尼、少耗能,大振幅、大阻尼、多耗能”,从而减小输入能量即激励幅值对结构振动控制效果的影响。

[0018] (3) 合理设计球体上、下滚动面即三维曲面的形状,本发明所述的滚摆减振装置能够在两个正交的水平方向同时对受控结构进行有效的振动控制,并且对结构扭转振动也有一定的减振效果。

## 附图说明

[0019] 图1为本发明优选实施例中滚摆减振装置的正面结构示意图;

[0020] 图2为本发明优选实施例中滚摆支座的第二支座的结构示意图;

[0021] 图3为本发明优选实施例中滚摆支座的第二支座的A-A剖面示意图;

[0022] 图4为本发明优选实施例中滚摆减振装置的使用状态正视示意图。

## 具体实施方式

[0023] 下文结合附图和具体实施方式对本发明做进一步说明。

[0024] 一种滚摆减振装置,参考图1至4,包括一个质量块5以及至少三组的滚摆支座;所述滚摆支座对称设置,且不在同一直线上,每组滚摆支座包括一个第一支座2、一个第二支座3、一个球体1以及两片金属橡胶垫层4;在本实施例中,所述滚摆减振装置7包括一个质量块5以及四组滚摆支座,且这四组滚摆支座前后、左右对称设置在质量块5的下方。

[0025] 所述第一支座2与第二支座3具有一形状相同的曲面凹槽,所述曲面凹槽两两相对形成一容纳腔,用于容纳所述球体1,使得所述球体1可以在所述容纳腔内滚动;所述曲面凹槽上还设置有金属橡胶垫层4,所述金属橡胶垫层4与所述曲面凹槽紧密贴合。第一支座2远离所述球体1的一端与质量块5固定连接,第二支座3远离所述球体1的一端与突出屋面的混

凝土柱6浇筑在一起。具体来说,所述第一支座2与第二支座3均由混凝土浇筑而成。

[0026] 具体来说,所述曲面凹槽中的三维曲面为直角坐标系中表达式 $z = a|x|^\alpha + b|y|^\beta$ 所表示的曲面;其中 $a$ 、 $b$ 、 $\alpha$ 和 $\beta$ 为曲面形状参数。所述球体1在由所述曲面凹槽形成的容纳腔内滚动时,球体1的两个滚动面均为非球面的三维曲面。此时,滚摆减振装置7没有固定的振动频率,即振幅不同时振动频率不同。因此,滚摆减振装置7能够在较宽的频率范围内与受控结构发生共振,预期具有良好的宽频减振效果,可以在很大程度上克服调谐质量阻尼器存在的频率调谐敏感性问题。此外,第一支座2与第二支座3的曲面凹槽内的三维曲面沿 $x$ 轴和 $y$ 轴方向的形状参数即 $a$ 、 $\alpha$ 与 $b$ 、 $\beta$ 是独立的,可以分别通过优化分析确定最优参数值,以使得滚摆减振装置7能够在两个正交的水平方向同时对受控结构进行有效的振动控制。

[0027] 所述金属橡胶垫层4由不锈钢丝冲压成型,不含任何普通橡胶。相对于传统橡胶,金属橡胶耐高低温,具有变刚度和变阻尼特性,特别适合用于制作减、隔振器件。金属橡胶垫层4设置于第一支座2与第二支座3的曲面凹槽内,并且与曲面凹槽紧密贴合在一起。调整金属橡胶垫层4在曲面凹槽上不同部位的致密程度,可以改变球体1和金属橡胶垫层4之间的滚动摩擦系数,使得摩擦阻尼随质量块5振幅的增大而增大,以实现“小振幅、小阻尼、少耗能,大振幅、大阻尼、多耗能”。由于具有变阻尼特性,滚摆减振装置7能够在一定程度上克服非线性能量阱存在的输入能量敏感性问题,即当激励幅值变化时,能取得相对稳定的结构振动控制效果。

[0028] 所述质量块5的质量为主体结构质量的1%至5%;实际工程中,质量块5可以用消防水箱或屋顶花园替代,以进一步降低造价。以上所述滚摆减振装置7,一般安装于高层建筑或高耸结构8的顶部,例如屋顶。为防止大震或巨震时质量块5从主体结构顶部掉落,可以在质量块5与混凝土柱6之间设置限位钢绞线。特别指出,当滚摆减振装置7正常运行时,限位钢绞线应该处于非绷紧状态。

[0029] 所述球体1由质地坚硬、无裂纹的石材制成。采用石材制作球体1主要原因是:其一,石材的耐久性好,石材制作的球体1在服役过程中基本免于维护;其二,石制球体1价格不高,相对于钢制球体1造价更低。球体1安装于第一支座2和第二支座3之间,并且可以相对于第一支座2和第二支座3滚动。需要指出的是,球体1的直径应满足一定要求,即所述球体1置于所述容纳腔内且滚摆减振装置7处于静平衡位置时,第一支座2底部与第二支座3顶部之间的距离不小于20mm。

[0030] 以上所述,仅为本发明较佳的具体实施方式,但本发明的设计构思并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,利用此构思对本发明进行非实质性的改动,均属于侵犯本发明保护范围的行为。

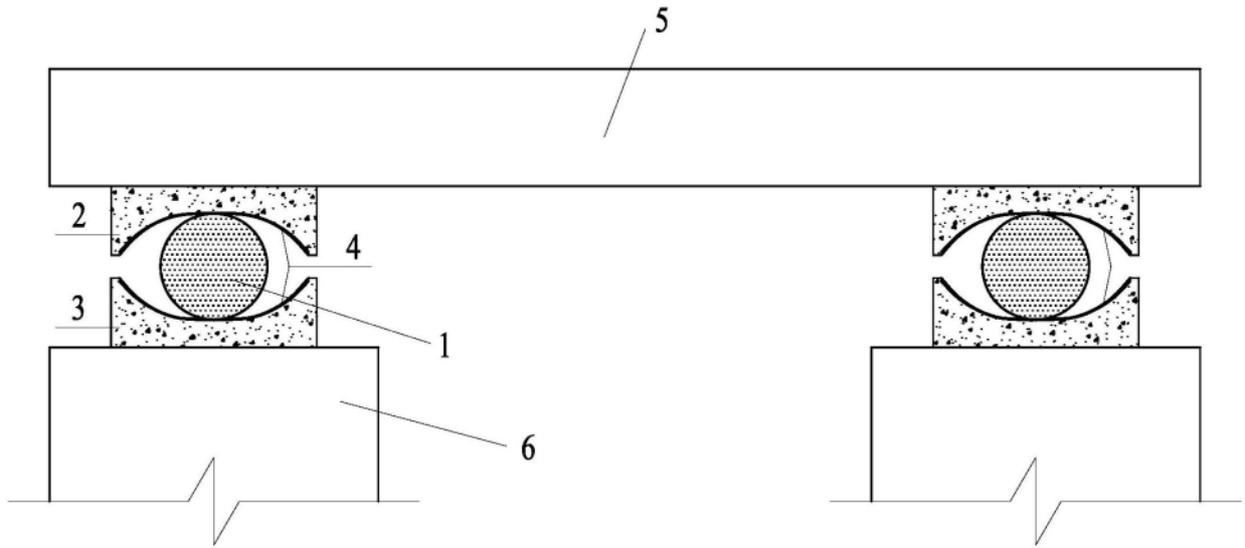


图1

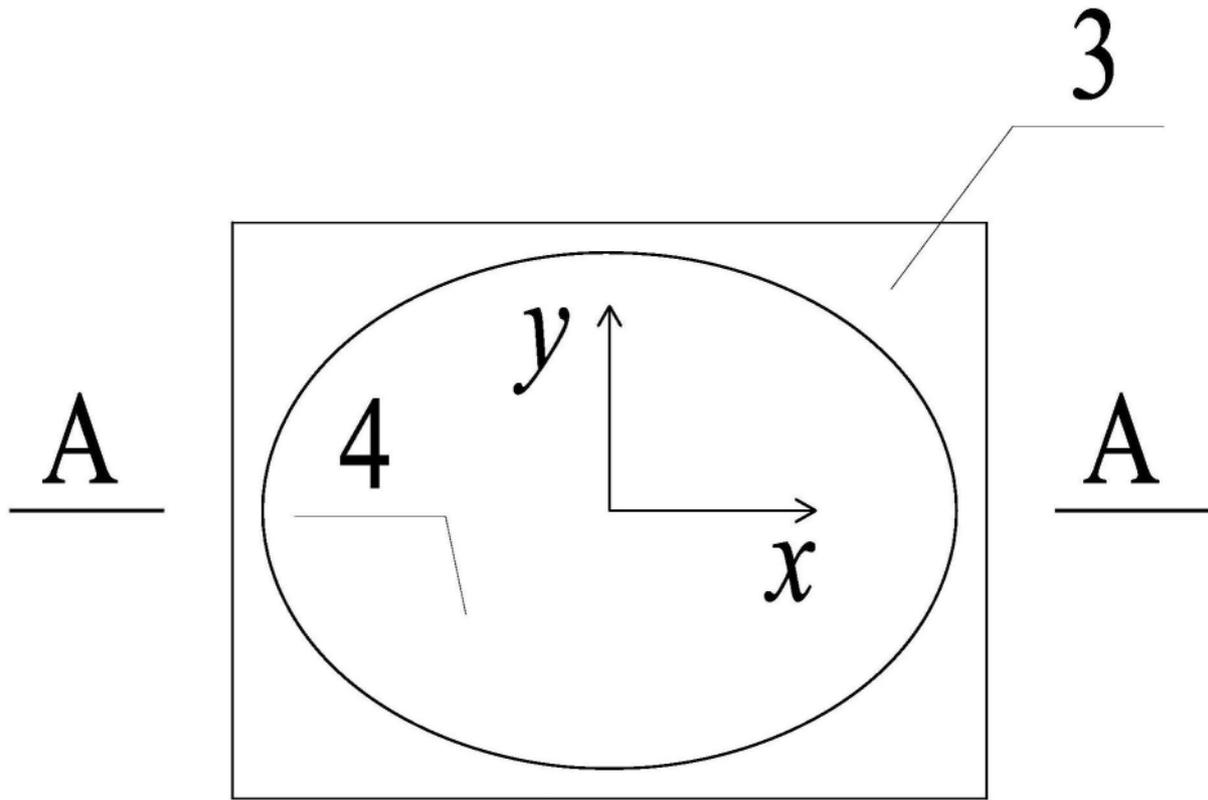


图2

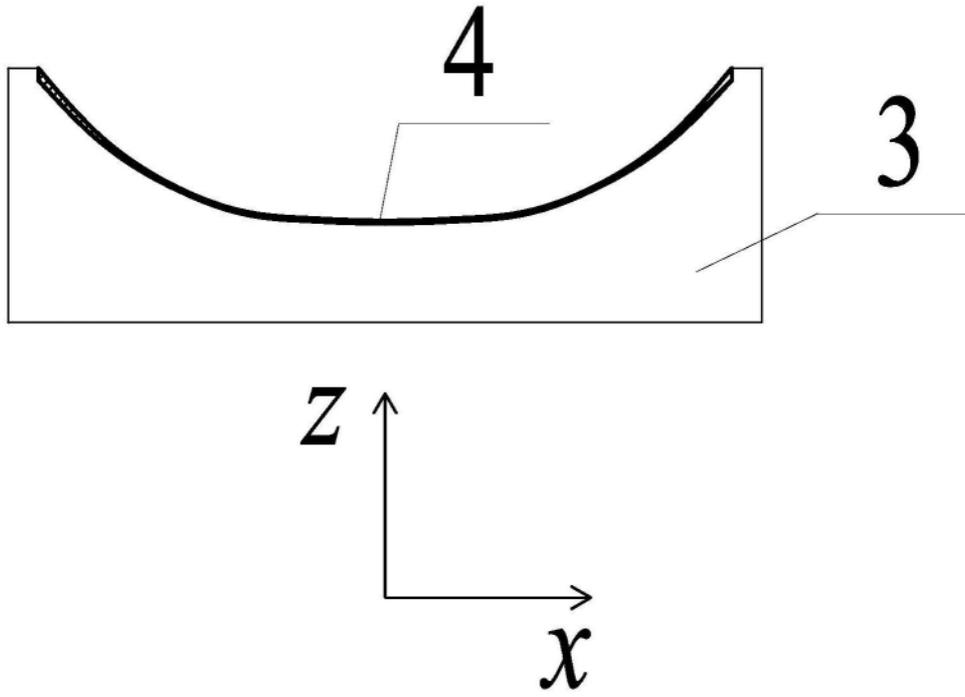


图3

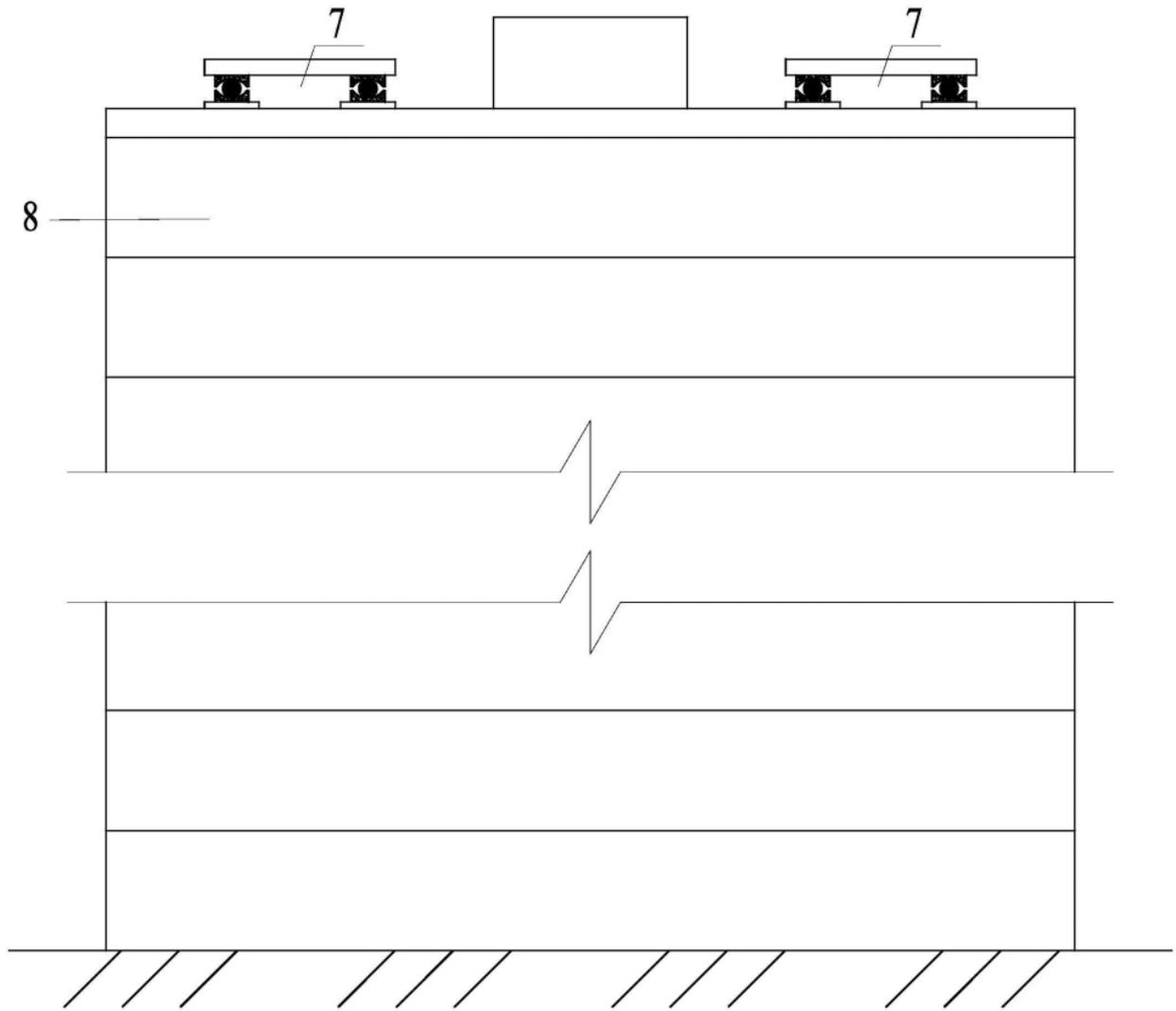


图4