(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 119801166 A
(43)申请公布日 2025.04.11

(21)申请号 202510235197.5

(22)申请日 2025.02.28

(71)申请人 石家庄铁道大学
地址 050041 河北省石家庄市北二环东路17号

(72)发明人 李春雨 袁钊汇 艾宇聪 李运生 王军文 郭进 李勇

(74)专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限公司 37221
专利代理师 赵敏玲

(51)Int.Cl.
*E04B 2/00*(2006.01)
*E04B 2/56*(2006.01)
*E04C 5/08*(2006.01)
*E04C 5/12*(2006.01)
*E04B 1/98*(2006.01)
*E04H 9/02*(2006.01)
*E04G 21/00*(2006.01)

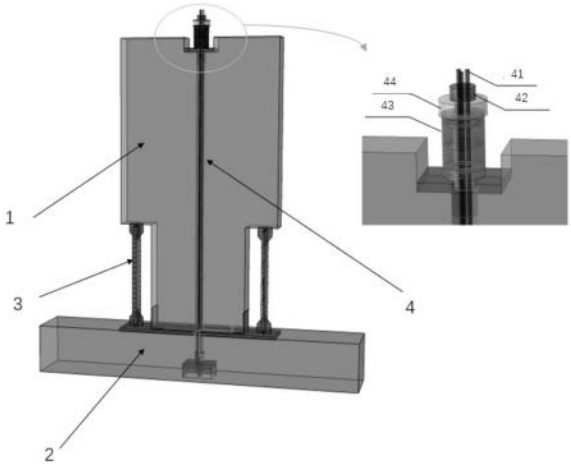
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种高变形能力屈服后刚度可控的自复位剪力墙及工作方法

(57)摘要

本发明公开了一种高变形能力屈服后刚度可控的自复位剪力墙及工作方法,属于建筑耗能抗震技术领域,包括剪力墙墙体,剪力墙墙体底部与基础连接,剪力墙墙体脚部和基础之间设置耗能装置,剪力墙墙体内部贯穿设置自复位装置;所述自复位装置包括预应力筋材,预应力筋材顶部设置第一锚具,第一锚具和剪力墙墙体顶部之间设置组合碟簧。该剪力墙可作为高延性剪力墙,或者对预应力筋材施加预应力,形成自复位剪力墙。




CN 119801166 A

1.一种高变形能力屈服后刚度可控的自复位剪力墙,其特征是,包括剪力墙墙体,剪力墙墙体底部与基础连接,剪力墙墙体脚部和基础之间设置耗能装置,剪力墙墙体内部贯穿设置自复位装置;所述自复位装置包括预应力筋材,所述的预应力筋材沿着墙体的高度方向竖向设置,预应力筋材的底部穿过剪力墙墙体,被锚固在基础内,预应力筋材的顶部穿过剪力墙墙体,通过第一锚具锚固,且第一锚具和剪力墙墙体顶部之间设置组合碟簧。

2.如权利要求1所述的高变形能力屈服后刚度可控的自复位剪力墙,其特征是,所述预应力筋材的底部设置第二锚具,第二锚具以将预应力筋材锚固在基础内。

3.如权利要求2所述的高变形能力屈服后刚度可控的自复位剪力墙,其特征是,还包括引导管,所述的引导管为T字型,引导管的顶部水平部分位于组合碟簧顶部,竖直部分贯穿组合碟簧内部,所述的组合碟簧底部与剪力墙墙体接触,预应力筋材穿过引导管通过第一锚具锚固。

4.如权利要求1所述的高变形能力屈服后刚度可控的自复位剪力墙,其特征是,所述剪力墙墙体和基础均设置竖向通孔,预应力筋材穿过剪力墙墙体和基础的竖向通孔。

5.如权利要求1所述的高变形能力屈服后刚度可控的自复位剪力墙,其特征是,所述自复位装置设置多个,多个自复位装置在剪力墙墙体宽度方向均布设置。

6.如权利要求1所述的高变形能力屈服后刚度可控的自复位剪力墙,其特征是,所述预应力筋材施加有预应力。

7.如权利要求1所述的高变形能力屈服后刚度可控的自复位剪力墙,其特征是,所述的剪力墙墙体顶部设置第一凹槽,用于安装所述的碟形弹簧以及第一锚具;所述的剪力墙墙体底部边侧位置设置第二凹槽,用于安装耗能装置。

8.如权利要求7所述的高变形能力屈服后刚度可控的自复位剪力墙,其特征是,所述的第二凹槽在剪力墙墙体底部边侧位置对称设置。

9.如权利要求1所述的高变形能力屈服后刚度可控的自复位剪力墙,其特征是,当所述的自复位装置设置一个时,预应力筋材穿设于剪力墙墙体的中心位置。

10.如权利要求1-9任一项所述的高变形能力屈服后刚度可控的自复位剪力墙的工作方法,其特征是,包括以下步骤:

在小震作用下,自复位剪力墙处于弹性变形阶段,预应力的作用下墙底面与基础顶面贴紧,侧向刚度与传统现浇钢筋混凝土剪力墙相同,此时剪力墙的侧向刚度最大;剪力墙的屈服分为两个阶段:第一阶段,在中震和大震作用下,剪力墙墙体与基础接触面张开间隙,耗能构件屈服耗散能量,预应力系统消除残余变形,该阶段的侧向刚度由组合碟簧-高强预应力筋材串联组件控制,该阶段的变形能力为组合碟簧与高强预应力筋材变形贡献的叠加;第二阶段,在特大震作用下,组合碟簧压平,该阶段的侧向刚度由高强预应力筋材提供,该阶段变形能力由高强预应力筋材的剩余弹性变形能力决定。

# 一种高变形能力屈服后刚度可控的自复位剪力墙及工作方法

## 技术领域

[0001] 本发明属于建筑耗能抗震技术领域,具体涉及一种高变形能力屈服后刚度可控的自复位剪力墙及工作方法。

## 背景技术

[0002] 这里的陈述仅提供与本发明相关的背景技术,而不必然地构成现有技术。

[0003] 目前,剪力墙结构由于具有广泛的适用性和良好的抗震性能,在高层建筑中得到了广泛的应用。

[0004] 基于预应力技术的自复位剪力墙残余变形小、损伤控制能力强,是提高建筑结构抗震性能、实现震后功能恢复的有效手段。传统预应力自复位剪力墙主要包括耗能系统和预应力系统,地震作用下,耗能部件屈服耗散能量,预应力筋作为自复位系统消除残余变形。但发明人发现,这样的方式存在以下问题:(1)传统自复位剪力墙通过对预应力筋的高张拉,以实现完全自复位,高预应力的复位需求导致复位系统的弹性变形储备不足,一旦预应力筋屈服断裂,可导致主震和余震作用下结构刚度和强度的退化,增加自复位结构破坏与倒塌风险。(2)地震作用下,当自复位剪力墙中的耗能构件屈服后,结构侧向刚度显著降低,难以满足大震下刚度需求,使其侧向变形模式易于受到高阶模态效应的不利影响。

## 发明内容

[0005] 针对现有技术存在的不足,本发明的目的是提供一种高变形能力屈服后刚度可控的自复位剪力墙及工作方法,该自复位剪力墙通过耗能装置和自复位装置的相互配合,可以实现不同阶段不同震级强度下的抗震耗能,提高结构承载能力。

[0006] 为了实现上述目的,本发明是通过如下的技术方案来实现:

[0007] 第一方面,本发明提供了高变形能力屈服后刚度可控的自复位剪力墙,包括包括剪力墙墙体,剪力墙墙体底部与基础连接,剪力墙墙体脚部和基础之间设置耗能装置,剪力墙墙体内部贯穿设置自复位装置;所述自复位装置包括预应力筋材,所述的预应力筋材沿着墙体的高度方向竖向设置,预应力筋材的底部穿过剪力墙墙体,被锚固在基础底面,预应力筋材的顶部穿过剪力墙墙体,通过第一锚具锚固,且第一锚具和剪力墙墙体顶部之间设置组合碟簧。

[0008] 作为进一步的技术方案,所述预应力筋材的底部设置第二锚具,第二锚具以将预应力筋材锚固在基础内。

[0009] 作为进一步的技术方案,还包括引导管,所述的引导管为T字型,引导管的顶部水平部分位于组合碟簧顶部,竖直部分贯穿组合碟簧内部,所述的组合碟簧底部与剪力墙墙体接触,预应力筋材穿过引导管通过第一锚具锚固。

[0010] 作为进一步的技术方案,所述剪力墙墙体和基础均设置竖向通孔,预应力筋材穿过剪力墙墙体和基础的竖向通孔。

[0011] 作为进一步的技术方案,所述自复位装置设置多个,多个自复位装置在剪力墙墙

体宽度方向均布设置。

[0012] 作为进一步的技术方案,所述预应力筋材施加有预应力。

[0013] 作为进一步的技术方案,所述的剪力墙墙体顶部设置第一凹槽,用于安装所述的碟形弹簧以及第一锚具;所述的剪力墙墙体底部边侧位置设置第二凹槽,用于安装耗能装置。

[0014] 作为进一步的技术方案,所述的第二凹槽在剪力墙墙体底部边侧位置对称设置。

[0015] 作为进一步的技术方案,当所述的自复位装置设置一个时,预应力筋材穿设于剪力墙墙体的中心位置。

[0016] 第二方面,本发明还提供了一种如上所述的高变形能力屈服后刚度可控的自复位剪力墙的工作方法,包括以下步骤:

[0017] 在小震作用下,自复位剪力墙处于弹性变形阶段,预应力的作用下墙底面与基础顶面贴紧,侧向刚度与传统现浇钢筋混凝土剪力墙相同,此时剪力墙的侧向刚度最大;

[0018] 剪力墙的屈服分为两个阶段:

[0019] 第一阶段,在中震和大震作用下,剪力墙墙体与基础接触面张开间隙,耗能构件屈服耗散能量,预应力系统消除残余变形,该阶段的侧向刚度由组合碟簧-预应力筋串联自复位装置控制(该阶段刚度最小),该阶段的变形能力为组合碟簧与高强预应力筋材变形贡献的叠加;第二阶段,在极大震作用下,组合碟簧压平,该阶段的侧向刚度由预应力筋提供(该阶段刚度居中),该阶段变形能力由高强预应力筋材的剩余弹性变形能力决定。

[0020] 上述本发明的有益效果如下:

[0021] 本发明的高变形能力屈服后刚度可控自复位剪力墙,在中震和大震作用下,由剪力墙墙体脚部的耗能结构进行屈服耗能,由组合碟簧-预应力筋串联自复位装置提供侧向刚度,由组合碟簧与预应力筋共同提供充分的侧向变形能力;在极大震作用下,组合碟簧压平,由高强预应力筋材继续提供侧向刚度和变形能力,形成高变形能力屈服后刚度可控自复位剪力墙。

[0022] 本发明的高变形能力屈服后刚度可控自复位剪力墙,一方面,利用碟形弹簧不同的串联与并联方式来改变组合碟簧的刚度,进而改变组合碟簧-预应力筋串联自复位装置的刚度,从而对耗能结构屈服后的墙体侧向刚度进行控制设计,降低高阶模态影响;另外一方面,通过改变碟形弹簧的串联数量来控制组合碟簧的变形能力,进而大幅提升自复位系统(组合碟簧-预应力筋串联自复位装置)的变形能力。

[0023] 本发明的高变形能力屈服后刚度可控自复位剪力墙,通过设计在耗能结构遭受大塑性变形、面临高疲劳断裂风险时,组合碟簧压平,此时由高强预应力筋材提供抗侧刚度,一旦耗能结构发生疲劳断裂,高强预应力筋材能够提供更大的侧向刚度,可以防止由于耗能装置突发断裂而引起的结构承载能力突然降低。

## 附图说明

[0024] 构成本发明的一部分的说明书附图用来提供对本发明的进一步理解,本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的不当限定。

[0025] 图1是本发明根据一个或多个实施方式的高变形能力屈服后刚度可控的自复位剪力墙示意图;

[0026] 图2是自复位装置的组装状态示意图；

[0027] 图3是引导管的示意图；

[0028] 图4是垫板的示意图；

[0029] 图5是锚具的示意图；

[0030] 图6是本发明根据一个或多个实施方式的高变形能力屈服后刚度可控的自复位剪力墙不同阶段的受力示意图；

[0031] 图中:为显示各部位位置而夸大了互相间间距或尺寸,示意图仅作示意使用；

[0032] 其中,1剪力墙墙体,2基础,3耗能装置,4自复位装置,41预应力筋,42锚具,43组合碟簧,44引导管,45垫板；

## 具体实施方式

[0033] 应该指出,以下详细说明都是例示性的,旨在对本发明提供进一步的说明。除非另有指明,本发明使用的所有技术和科学术语具有与本发明所属技术领域的普通技术人员通常理解的相同含义。

[0034] 需要注意的是,这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式,而非意图限制根据本发明的示例性实施方式。如在这里所使用的,除非本发明另外明确指出,否则单数形式也意图包括复数形式,此外,还应当理解的是,当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时,其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合；

[0035] 为了方便叙述,本发明中如果出现“上”、“下”、“左”、“右”字样,仅表示与附图本身的上、下、左、右方向一致,并不对结构起限定作用,仅仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的设备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发明的限制。

[0036] 术语解释部分:本发明中出现术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等,应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或为一体；可以是直接连接,也可以是通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部连接,或者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发明的具体含义。

[0037] 本发明的一种典型的实施方式中,如图1所示,提出一种高变形能力屈服后刚度可控的自复位剪力墙,其包括剪力墙墙体1,剪力墙墙体1底部与基础2连接,剪力墙墙体1脚部和基础2之间设置耗能装置3,剪力墙墙体1内部贯穿设置自复位装置4。基础2可为混凝土基础。通过耗能装置和自复位装置的配合,可以实现不同阶段不同震级强度下的抗震耗能,提高结构承载能力。

[0038] 其中,剪力墙墙体1为倒凸字形结构,剪力墙墙体1顶部设置一个小的凹槽,用于安装自复位装置4中的锚具42,组合碟簧43、引导管44和垫板45；剪力墙墙体1底部的边侧位置设置大的凹槽,用于安装耗能装置3,如图1所示,在剪力墙墙体1底部的左侧位置设置一个凹槽,在该凹槽内安装一个耗能装置3,在剪力墙墙体1底部的右侧位置设置一个凹槽,在该凹槽内安装一个耗能装置3,且为了保证整个墙体受力均匀性,两个耗能装置3相对于剪力墙墙体1对称设置；在两个凹槽之间的剪力墙墙体1凸起部分与基础2固连。

[0039] 进一步的,耗能装置3为金属耗能构件,其可以采用金属屈服型耗能构件,如屈曲约束支撑,或者也可以采用摩擦型耗能构件等,在此不作限制。

[0040] 具体的,如图2所示,上述自复位装置4包括预应力筋材41、锚具42、组合碟簧43、引导管44和垫板45,其中,预应力筋材41竖向设置,预应力筋材41底部穿过剪力墙墙体1延伸至墙体2内并且进行锚固,预应力筋材41顶部穿过剪力墙墙体1,预应力筋材41顶部设置锚具42,通过锚具42进行锚固,锚具42和剪力墙墙体1顶部之间设置组合碟簧43;具体的,在剪力墙墙体1顶部设置垫板45,所述的组合碟簧43底部与垫板45接触,组合碟簧43顶部设置一个引导管44,预应力筋材穿过引导管44通过锚具42锚固,引导管44主要是对预应力筋材41进行引导和导向;本发明通过设计在耗能结构遭受大塑性变形、面临高疲劳断裂风险时,组合碟簧压平,此时由高强预应力筋材提供抗侧刚度,一旦耗能结构发生疲劳断裂,高强预应力筋材能够提供更大的侧向刚度,可以防止由于耗能装置突发断裂而引起的结构承载能力突然降低。

[0041] 进一步的,如图3所示,所述的引导管44为T字型,引导管的顶部水平部分位于组合碟簧顶部,竖直部分贯穿组合碟簧内部,所述的组合碟簧底部与剪力墙墙体接触,预应力筋材穿过引导管通过第一锚具锚固。

[0042] 进一步的,需要说明的是,可以通过调节组合碟簧43弹性大小以及串并联方式、数量等,对金属耗能构件屈服后的墙体变形能力、侧向刚度进行控制设计。即本发明的高变形能力屈服后刚度可控自复位剪力墙,一方面,利用碟形弹簧不同的串联与并联方式来改变组合碟簧43的刚度,进而改变组合碟簧-高强预应力筋材组件的刚度,从而对耗能结构屈服后的墙体侧向刚度进行控制设计,降低高阶模态影响;另外一方面,还可以通过改变碟形弹簧的串联数量来控制组合碟簧的变形能力,进而大幅提升自复位系统(组合碟簧-高强预应力筋材组件)的变形能力。

[0043] 进一步的,预应力筋材41底部也设置锚具(图中未示出),将预应力筋材锚住。

[0044] 进一步的,预应力筋材41由上至下穿过剪力墙墙体1和基础2,剪力墙墙体1和基础2均设置竖向通孔,预应力筋材41穿过剪力墙墙体1和基础2的竖向通孔设置。

[0045] 进一步的,上述预应力筋材41穿出剪力墙墙体1顶部的部分固定设置锚具42,锚具42和剪力墙墙体1顶部之间具有间隙,组合碟簧43设置于该间隙中。

[0046] 进一步的,上述的自复位装置4可设置一个或多个,在设置一个自复位装置4时,将自复位装置4的预应力筋材41穿设于剪力墙墙体中部的竖向通孔中,在设置多个自复位装置4时,多个自复位装置4的预应力筋材41在剪力墙墙体1宽度方向均布设置;本实施例中,预应力筋材41设置一个,一个预应力筋材41穿设于剪力墙墙体中部的竖向通孔中。当设置多个自复位装置4时,多个均布设置的预应力筋材,可以进一步提升剪力墙整体的抗震性能。

[0047] 本实施例提供的高变形能力屈服后刚度可控自复位剪力墙,在中震和大震作用下,由剪力墙墙体脚部的耗能结构进行屈服耗能,由组合碟簧-高强预应力筋材串联组件提供侧向刚度,由组合碟簧与高强预应力筋材共同提供充分的侧向变形能力;在特大震作用下,组合碟簧压平,由高强预应力筋材继续提供侧向刚度和变形能力,形成高变形能力屈服后刚度可控自复位剪力墙。

[0048] 具体得,该剪力墙的工作原理或者工作方法如下:

[0049] 在小震作用下,该剪力墙处于弹性变形阶段,侧向刚度由耗能装置和组合碟簧共同控制,此时剪力墙的侧向刚度最大;

[0050] 该剪力墙的耗能屈服分为两个阶段：

[0051] 在第一阶段，中震和大震作用下，剪力墙墙体脚部耗能装置屈服耗能，组合碟簧压缩变形，侧向刚度由组合碟簧控制，此时剪力墙的侧向刚度最小；在第二阶段，特大震作用下，组合碟簧压平，预应力筋材启动，结构侧向刚度由预应力筋材控制，此时剪力墙的侧向刚度居中。

[0052] 在上述的第一阶段，可以利用碟形弹簧不同的串联与并联方式来改变组合碟簧的刚度，从而对金属耗能构件屈服后的墙体侧向刚度进行控制设计，降低高阶模态影响。

[0053] 在上述的第二阶段，耗能装置遭受大塑性变形、面临高疲劳断裂风险时，设计组合碟簧压平，预应力筋材启动；一方面，结构抗侧刚度的显著提高可以降低结构的侧向变形，从而降低耗能装置的塑性应变，延缓疲劳断裂的发生；另外一方面，一旦耗能装置发生疲劳断裂，预应力筋材将代替耗能装置提供抗侧力，防止由于耗能装置突发断裂而引起的结构承载能力突然降低，在抗震过程中起到二道防线作用，控制墙体变形，保护墙体不受损。

[0054] 在该实施例中，该剪力墙为高延性剪力墙，结构整体延性和耗能能力较高。

[0055] 在其他的实施例中，对预应力筋材41施加预应力，形成自复位剪力墙，与其他可自复位的剪力墙相比，由于预应力筋材和组合碟簧的配合，该自复位剪力墙的自复位变形区间可达到翻倍效果。

[0056] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已，并不用于限制本发明，对于本领域的技术人员来说，本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

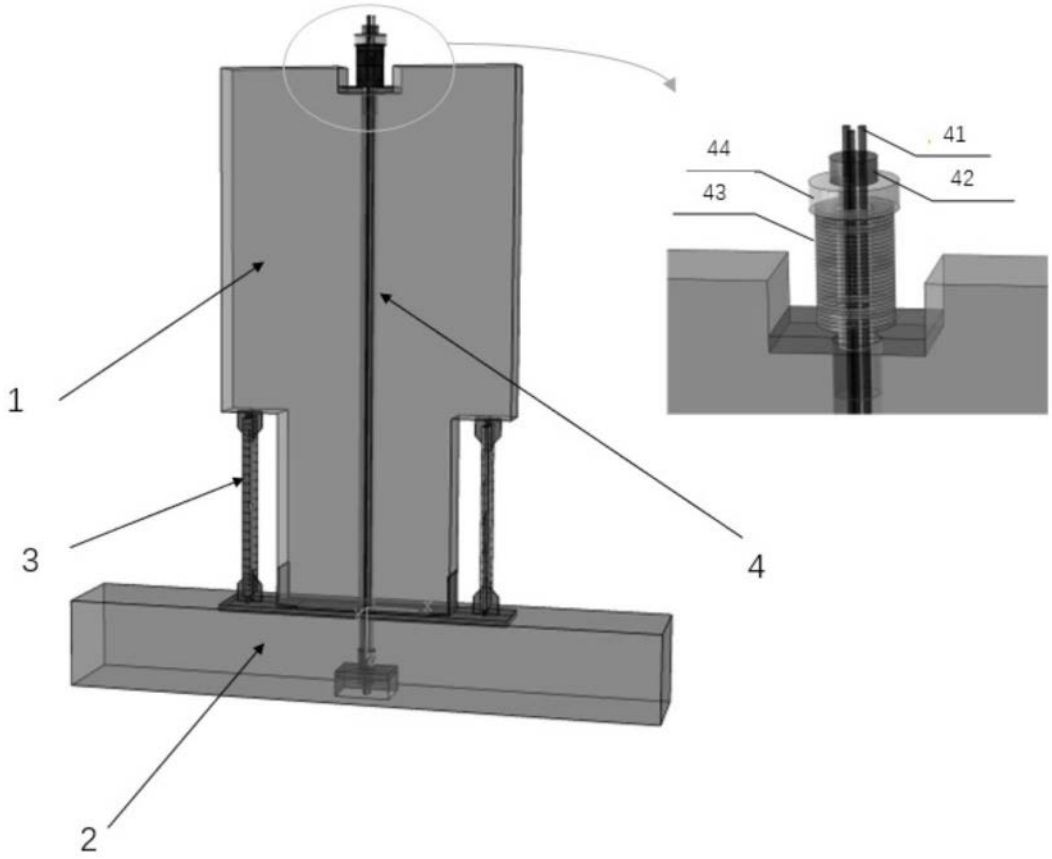



图1

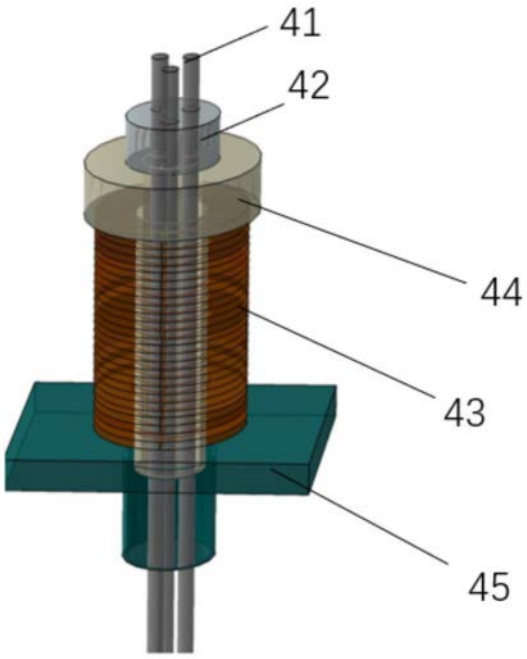



图2



图3

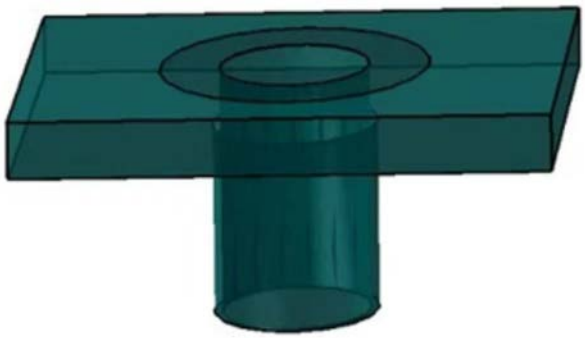


图4



图5

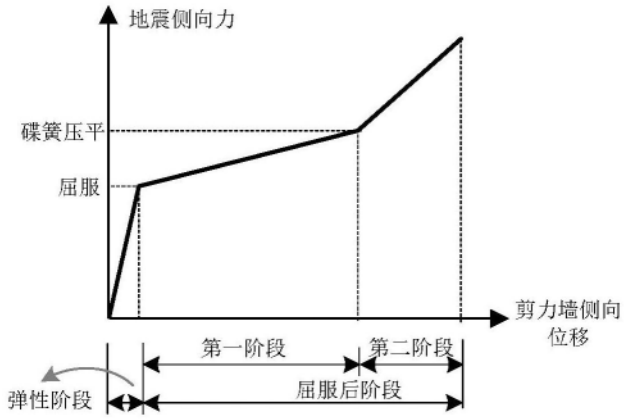



图6