



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110206178 B

(45) 授权公告日 2021.09.10

(21) 申请号 201810166828.2

审查员 王梦雅

(22) 申请日 2018.02.28

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 110206178 A

(43) 申请公布日 2019.09.06

(73) 专利权人 香港理工大学

地址 中国香港九龙红磡理工大学陈鲍雪莹
楼10楼1009室

(72) 发明人 王斌 朱松晔

(74) 专利代理机构 隆天知识产权代理有限公司
72003

代理人 聂慧荃 郑特强

(51) Int.Cl.

E04B 1/98 (2006.01)

E04H 9/02 (2006.01)

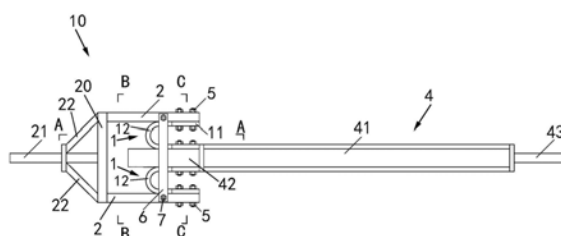
权利要求书3页 说明书6页 附图5页

(54) 发明名称

自复位耗能支撑装置

(57) 摘要

本发明提供一种自复位耗能支撑装置,包括固定架、支撑构件和至少一对自复位组件。固定架包括固定臂和一端固定连接于固定臂且相互平行的两个承载臂;支撑构件的一端伸入两个承载臂之间,且与固定臂之间间隔一距离;至少一对自复位组件对称设置于支撑构件的两侧;自复位组件包括一个或多个形状记忆合金,每个形状记忆合金具有两个相互平行的连接臂和连接于两个连接臂的耗能臂,两个连接臂分别连接于支撑构件和承载臂。本发明具有良好的耗能能力和自复位能力。



1. 一种自复位耗能支撑装置,其特征在于,包括:

固定架(10),包括固定臂(20)和一端固定连接于所述固定臂(20)且相互平行的两个承载臂(2);

支撑构件(4),一端伸入两个所述承载臂(2)之间,且与所述固定臂(20)之间间隔一距离;

至少一对自复位组件,每对自复位组件对称设置于所述支撑构件(4)的两侧;所述自复位组件包括一个或多个U型形状的形状记忆合金(1),每个所述形状记忆合金(1)具有两个相互平行的连接臂(11)和连接于两个所述连接臂(11)的耗能臂(12),两个所述连接臂(11)分别连接于所述支撑构件(4)和所述承载臂(2);

至少一对耗能组件,每对耗能组件对称设置于所述支撑构件(4)的两侧;所述耗能组件包括一个或多个钢元件,每个所述钢元件具有两个相互平行的第二连接臂(13)和连接于两个所述第二连接臂(13)的第二耗能臂(14),两个所述第二连接臂(13)分别连接于所述支撑构件(4)和所述承载臂(2),其中所述至少一对耗能组件的屈服承载力小于所述至少一对自复位组件的屈服承载力的0.5倍,

其中,所述耗能臂包括分别连接两个所述连接臂(11)且相互平行的两个平板部分(121)和连接两个所述平板部分(121)的弧形部分(122),所述弧形部分(122)的宽度小于所述连接臂(11)的宽度,所述形状记忆合金(1)的屈服承载力根据以下公式计算:

$$F = \frac{f_y b t^2}{3D}$$

其中 f_y 是形状记忆合金材料的相变强度, b 为所述弧形部分(122)的宽度, t 为所述弧形部分(122)的厚度, D 为所述弧形部分(122)的直径。

2. 根据权利要求1所述的自复位耗能支撑装置,其特征在于,所述耗能臂(12)包括分别连接两个连接臂(11)且相互平行的两个平板部分(121)和连接两个所述平板部分(121)的弧形部分(122)。

3. 根据权利要求1所述的自复位耗能支撑装置,其特征在于,所述连接臂(11)与所述支撑构件(4)之间的连接为可拆卸连接,和/或所述连接臂(11)和所述承载臂(2)之间的连接为可拆卸连接。

4. 根据权利要求1所述的自复位耗能支撑装置,其特征在于,所述形状记忆合金(1)由具有超弹性的材料制成。

5. 根据权利要求1所述的自复位耗能支撑装置,其特征在于,所述形状记忆合金(1)的屈服承载力小于所述支撑构件(4)、所述固定架(10)的屈服承载力。

6. 根据权利要求1所述的自复位耗能支撑装置,其特征在于,所述支撑构件(4)包括固定连接的第一支撑臂(41)和第二支撑臂(42),所述形状记忆合金(1)的连接臂(11)连接于所述第二支撑臂(42)。

7. 根据权利要求6所述的自复位耗能支撑装置,其特征在于,所述第一支撑臂(41)是矩形钢、圆钢或工字型钢,和/或所述第二支撑臂(42)是矩形钢或工字型钢。

8. 根据权利要求1所述的自复位耗能支撑装置,其特征在于,所述固定架(10)还包括固定于所述固定臂(20)的第一连接段(21),所述第一连接段(21)的中心线与所述支撑构件

(4)的中心线共线,和/或所述支撑构件(4)还包括固定于其端部的第二连接段(43),所述第二连接段(43)的中心线与所述支撑构件(4)的中心线共线。

9.根据权利要求1-8任一项所述的自复位耗能支撑装置,其特征在于,还包括至少一组拉接件,每组所述拉接件包括至少一个拉接杆(6),所述拉接杆(6)的两端分别连接于两个所述承载臂(2)。

10.根据权利要求9所述的自复位耗能支撑装置,其特征在于,所述拉接杆(6)可拆卸地连接于所述承载臂(2),和/或所述拉接杆(6)垂直连接于所述承载臂(2)。

11.根据权利要求1-8任一项所述的自复位耗能支撑装置,其特征在于,所述自复位组件包括多个形状记忆合金(1),且多个所述形状记忆合金(1)沿垂直于所述支撑构件(4)的中心线方向布置成多排,和/或沿所述支撑构件(4)的中心线方向布置成多列。

12.根据权利要求11所述的自复位耗能支撑装置,其特征在于,多个形状记忆合金(1)布置成两列,所述支撑构件(4)包括固定连接的第一支撑臂(41)和第二支撑臂(42),所述形状记忆合金(1)的连接臂(11)连接于所述第一支撑臂(41)。

13.根据权利要求1所述的自复位耗能支撑装置,其特征在于,所述第二耗能臂(14)包括分别连接两个第二连接臂(13)且相互平行的两个第二平板部分和连接两个所述第二平板部分的第二弧形部分。

14.根据权利要求13所述的自复位耗能支撑装置,其特征在于,所述钢元件具有两个第二耗能臂(14),所述两个第二耗能臂(14)分别连接于所述第二连接臂(13)的两端部,从而形成跑道型钢元件;或者所述形状记忆合金(1)具有一个第二耗能臂(14),所述一个第二耗能臂连接于所述第二连接臂(13)的一端部,从而形成U型钢元件。

15.根据权利要求1所述的自复位耗能支撑装置,其特征在于,所述第二连接臂(13)与所述支撑构件(4)之间的连接为可拆卸连接,和/或所述第二连接臂(13)和所述承载臂(2)之间的连接为可拆卸连接。

16.根据权利要求1所述的自复位耗能支撑装置,其特征在于,所述耗能组件包括多个钢元件,且多个所述钢元件沿垂直于所述支撑构件(4)的中心线方向布置成多排,和/或沿所述支撑构件(4)的中心线方向布置成多列。

17.根据权利要求1所述的自复位耗能支撑装置,其特征在于,对应每一对自复位组件和/或耗能组件,设置一组拉接件,每组所述拉接件包括至少一个拉接杆(6),所述拉接杆(6)的两端分别连接于两个所述承载臂(2)。

18.一种自复位耗能支撑装置,其特征在于,包括:

固定架,包括横截面呈多边形的筒体和连接于所述筒体一端部的筒底;

支撑构件,一端伸入两个所述筒体,且与所述筒底之间间隔一距离;

至少一组自复位组件,每组所述自复位组件包括多个沿所述支撑构件圆周方向均匀设置的U型形状的形状记忆合金,每个所述形状记忆合金具有两个相互平行的连接臂和连接于两个所述连接臂的耗能臂,两个所述连接臂分别连接于所述支撑构件和所述筒体;

至少一对耗能组件,每对耗能组件对称设置于所述支撑构件(4)的两侧;所述耗能组件包括一个或多个钢元件,每个所述钢元件具有两个相互平行的第二连接臂(13)和连接于两个所述第二连接臂(13)的第二耗能臂(14),两个所述第二连接臂(13)分别连接于所述支撑构件(4)和所述筒体,其中所述至少一对耗能组件的屈服承载力小于所述至少一对自复位

组件的屈服承载力的0.5倍,

其中,所述耗能臂包括分别连接两个所述连接臂(11)且相互平行的两个平板部分(121)和连接两个所述平板部分(121)的弧形部分(122),所述弧形部分(122)的宽度小于所述连接臂(11)的宽度,所述形状记忆合金(1)的屈服承载力根据以下公式计算:

$$F = \frac{f_y b t^2}{3D}$$

其中 f_y 是形状记忆合金材料的相变强度, b 为所述弧形部分(122)的宽度, t 为所述弧形部分(122)的厚度, D 为所述弧形部分(122)的直径。

自复位耗能支撑装置

技术领域

[0001] 本发明涉及土木工程消能减震技术领域,尤其涉及一种自复位耗能支撑装置。

背景技术

[0002] 支撑作为抗侧力构件,可明显提高主体结构的抗侧刚度和抗侧水平力,在多高层结构得到了广泛的应用。但是普通钢支撑在1994年美国北岭地震和1995年日本神户地震中发生严重的屈曲和断裂破坏,这使得国内外学者开始对普通钢支撑进行深入地研究并寻找新的支撑形式,屈曲约束支撑(Buckling-restrained brace, BRB)正是在这种形势下应运而生并在世界范围取得了广泛的应用。屈曲约束支撑是一种拉压都能达到全截面屈服的轴向受力构件,与传统的普通钢支撑构件相比具有更稳定的滞回行为,这种特性使它具有双重结构功能,既能为主体结构提供必要的抗侧刚度,又可以发挥耗能构件的作用。然而,屈曲约束支撑的设计与加工要求较高,需确保芯材在受力后依然与外套筒留有空隙,同时套筒、端头与节点等部位消耗了大量的钢材,钢材利用率不高。更为重要的是,屈曲约束支撑虽然能够通过自身良好的耗能实现了结构预期的抗震设防目标,但是其震后存在明显的残余变形,自复位性能差。无法在不破坏外套筒的前提下检查芯材,震后难以直接确定是否需要更换。不但造成其支撑本身修复困难,而且使得整体结构修复的难度较大,修复的经济成本和时间成本较高,容易导致结构的使用功能中断,为社会带来巨大的经济损失。

[0003] 在背景技术部分公开的上述信息仅用于加强对本发明的背景的理解,因此它可以包括不构成对本领域普通技术人员已知的现有技术的信息。

发明内容

[0004] 本发明的一个主要方面在于克服上述现有技术的不足,提供一种能消耗地震能量且自复位性能好的自复位耗能支撑装置。

[0005] 根据本发明的一个方面,一种自复位耗能支撑装置,包括固定架、支撑构件和至少一对自复位组件。固定架包括固定臂和一端固定连接于所述固定臂且相互平行的两个承载臂;支撑构件的一端伸入两个所述承载臂之间,且与所述固定臂之间间隔一距离;至少一对自复位组件对称设置于所述支撑构件的两侧;所述自复位组件包括一个或多个形状记忆合金,每个所述形状记忆合金具有两个相互平行的连接臂和连接于两个所述连接臂的耗能臂,两个所述连接臂分别连接于所述支撑构件和所述承载臂。

[0006] 根据本发明的另一个方面,一种自复位耗能支撑装置,包括固定架、支撑构件和至少一组自复位组件。固定架包括横截面呈多边形的筒体和连接于所述筒体一端部的筒底;支撑构件的一端伸入两个所述筒体,且与所述筒底之间间隔一距离;每组所述自复位组件包括多个沿所述支撑构件圆周方向均匀设置的形状记忆合金,每个所述形状记忆合金具有两个相互平行的连接臂和连接于两个所述连接臂的耗能臂,两个所述连接臂分别连接于所述支撑构件和所述筒体。

[0007] 由上述技术方案可知,本发明的优点和积极效果在于:

[0008] 本发明的自复位耗能支撑装置中,包括由自复位组件连接在一起的固定架和支撑构件,自复位组件包括一个或多个形状记忆合金。自复位耗能支撑受力变形时,变形将集中形状记忆合金上。形状记忆合金作为一种高性能金属材料,不仅具有独特的形状记忆特性和超弹性性能,还具有优越的抗疲劳性能和耐腐蚀性。其中,超弹性性能不仅可以提供自复位能力,而且又可以提供耗能。也就是说,本发明的自复位耗能支撑装置一方面起到消耗地震能量的作用;另一方面地震结束后,由于形状记忆合金的超弹性作用会使支撑装置恢复到初始状态,几乎没有残余变形,实现结构自复位的效果。

附图说明

[0009] 通过参照附图详细描述其示例实施方式,本发明的上述和其它特征及优点将变得更加明显。

[0010] 图1是本发明自复位耗能支撑装置第一实施方式的主视图;

[0011] 图2是图1的俯视图;

[0012] 图3是图1中沿A-A线作的剖视图;

[0013] 图4是图1中沿B-B线作的剖视图;

[0014] 图5是图1中沿C-C线作的剖视图;

[0015] 图6A是图1所示的自复位耗能支撑装置中的U型形状记忆合金的结构示意图;

[0016] 图6B是图6A所示的U型形状记忆合金的俯视图;

[0017] 图7是本发明自复位耗能支撑装置中的跑道型形状记忆合金的结构示意图;

[0018] 图8是本发明自复位耗能支撑装置第一实施方式在主体结构中安装示意图;

[0019] 图9是图1所示的自复位耗能支撑装置的力-位移试验结果图;

[0020] 图10是本发明自复位耗能支撑装置第二实施方式的结构示意图。

具体实施方式

[0021] 现在将参考附图更全面地描述示例实施方式。然而,示例实施方式能够以多种形式实施,且不应被理解为限于在此阐述的实施方式;相反,提供这些实施方式使得本发明将全面和完整,并将示例实施方式的构思全面地传达给本领域的技术人员。图中相同的附图标记表示相同或类似的结构,因而将省略它们的详细描述。

[0022] 本说明书中使用用语“一个”、“一”和“所述”用以表示存在一个或多个要素/组成部分/等;用语“包括”和“具有”用以表示开放式的包括在内的意思并且是指除了列出的要素/组成部分/等之外还可存在另外的要素/组成部分等。

[0023] 为了方便描述,本发明中使用了方位词“顶”、“底”,其含义为:本发明自复位耗能支撑装置在使用状态下的自然上端为顶,自然下端为底。以图1为例,图面的上端为“顶”,下端为“底”。其他方位词例如“上”、“下”等也是类似含义。

[0024] 实施方式1

[0025] 参见图1至图5、图8,图1是本发明自复位耗能支撑装置第一实施方式的主视图;图2是图1的俯视图;图3是图1中沿A-A线作的剖视图;图4是图1中沿B-B线作的剖视图;图5是图1中沿C-C线作的剖视图;图8是本发明自复位耗能支撑装置第一实施方式在主体结构中安装示意图。

[0026] 如图1至图5、图8所示,本发明自复位耗能支撑装置第一实施方式,包括固定架10、支撑构件4和两组自复位组件。

[0027] 如图1、图2、图8所示,固定架10包括固定臂20和两个承载臂2。两个承载臂2的一端分别固定连接于固定臂20的两端部,另一端为自由端,两个承载臂2相互平行。固定臂20可以连接到一主体结构100(见图8)。

[0028] 进一步地,固定架10还包括固定于固定臂20中间位置的第一连接段21。第一连接段21与承载臂2分居固定臂20的两相对侧。第一连接段21上可以固定一具有多个螺孔的第一安装板24,通过螺栓将本发明的复位耗能支撑的一端连接到主体结构100(见图8)。组成固定架10的固定臂20可以是钢构件例如圆钢,方钢、槽钢和工字型钢等,组成固定架的承载臂2和第一连接段21可以是方钢。

[0029] 在其他一些实施方式中,固定架10还可以进一步包括对称设置于第一连接段21两侧的两根加强杆22,加强杆22的一端固定于第一连接段21,另一端分别固定于固定臂20的两端部。

[0030] 以上仅仅举例说明了本发明自复位耗能支撑装置中固定架10的一种具体实施方式,现有的其他结构形式,只要包含两个相对设置的承载臂的固定架均可适用于本发明,这里不再一一列举。

[0031] 如图1、图2、图8所示,支撑构件4可以是一细长的钢构件,一端伸入两个承载臂2之间,且与固定臂20之间间隔一距离,另一端可以连接于一主体结构100。本发明中的支撑构件4并非必然是细长结构,其尺寸也可以是较短的,取决于主体结构中两支撑点之间的距离。

[0032] 在一实施方式中,支撑构件4还包括固定于其端部的第二连接段43,第二连接段43上可以固定一具有多个螺孔的第二安装板44,通过螺栓将本发明的复位耗能支撑的另一端连接到主体结构100(见图8)。本发明自复位耗能支撑装置在具有第一连接段21、第二连接段43情况下,优选地,第一连接段21、第二连接段43、支撑构件4三者的中心线共线,有利于受力平衡。

[0033] 在一实施方式中,支撑构件4包括固定连接的第一支撑臂41和第二支撑臂42,这种分体式结构的好处在于:一方面方便组装;另一方面,可以根据实际需要或设计需要使用不同横截面的材料。例如用作第一支撑臂41的矩形钢、圆钢或工字型钢可以与用作第二支撑臂42的矩形钢或工字型钢两两任意组配。

[0034] 如图1、图2、图6A、图6B和图7所示,图6A是图1所示的自复位耗能支撑装置中的U型形状记忆合金的结构示意图;图6B是图6A所示的U型形状记忆合金的俯视图;图7是本发明自复位耗能支撑装置中的跑道型形状记忆合金的结构示意图。两组自复位组件对称设置于支撑构件4的两侧;自复位组件包括一个或多个形状记忆合金1,每个形状记忆合金1具有两个相互平行的连接臂11和连接于两个连接臂11的耗能臂12,两个连接臂11分别连接于支撑构件4的第二支撑臂42和承载臂2。其中连接臂11与第二支撑臂42之间的连接以及连接臂11和承载臂2之间的连接可以是固定连接,优选为可拆卸连接,例如通过一个或多个螺栓5连接,这样方便维修更换形状记忆合金1等。

[0035] 形状记忆合金1优先地由具有超弹性的材料制成,例如NiTi、CuAlZn、CuAlMn或CuAlBe等。其中超弹性(superelasticity)是指记忆合金在外力作用下发生远大于其弹性

极限应变量的变形,在卸载时应变可自动回复的现象。但本发明不限于此,具有适当超弹性的U型形状记忆合金均可适用于本发明。在一实施方式中,形状记忆合金1的屈服承载力小于支撑构件4和固定架10的屈服承载力,这样可以确保构件的变形全部集中在形状记忆合金1处,而支撑构件4和固定架10在整个加载过程中处于弹性状态。

[0036] 如图6A和图6B所示,连接臂11的宽度W大于耗能臂12的宽度b。进一步地,U型形状记忆合金1的耗能臂12包括分别连接两个连接臂11且相互平行的两个平板部分121和连接两个平板部分121的弧形部分122。

[0037] 如图6A所示,形状记忆合金1具有一个耗能臂12,该耗能臂12的两端连接于两个连接臂11的一端部,从而形状记忆合金1形成U型形状记忆合金。在另外的实施方式中,如图7所示,形状记忆合金1具有两个耗能臂12,两个耗能臂12分别连接于两个连接臂11的两端部,从而形状记忆合金1形成跑道型形状记忆合金。

[0038] 无论是U型还是跑道型的形状记忆合金1,在反复变形过程中,耗能臂12的平板部分121与第一支撑臂41和承载臂2之间的接触挤压面积是变化的,这使得形状记忆合金1在变形过程中屈服点是不断变化的,不会集中于某一固定点受力,从而提高了形状记忆合金1的抗疲劳性能。

[0039] 如图1、图2所示,在一些实施方式中,本发明自复位耗能支撑装置还包括至少一组拉接件,每组拉接件包括至少一个拉接杆6,图2中示出一组拉接件共两个拉接杆6,两个拉接杆6相对设置于承载臂2的前后两侧。每个拉接杆6的两端分别连接于两个承载臂2,优选地,拉接杆6可拆卸地连接于承载臂2,例如通过螺栓7安装于承载臂2。此外,拉接杆6可以垂直连接于承载臂2。拉接杆6的作用在于:确保两个承载臂2在受力过程中不向外扩张,使在受力状态下的形状记忆合金1始终受剪作用。当然本发明并非必然包含拉接杆6,在承载臂2的刚度足够大,或者在承载臂2与固定臂20之间固定拉板,等等,这时也可以省去拉接杆6。

[0040] 如图1、图4所示,自复位组件仅包括1个形状记忆合金1,在另外的实施方式中,自复位组件可以包括多个形状记忆合金1,多个形状记忆合金1可以沿垂直于支撑构件4的中心线方向布置成多排(图未示);在另外一些实施方式中,自复位组件包括多个形状记忆合金1,且多个形状记忆合金1在沿支撑构件4的中心线方向布置成多列(图未示)。

[0041] 以图6A所示的U型形状记忆合金1为例说明其作用原理:在地震作用下,自复位耗能支撑装置的变形将集中在超弹性形状记忆合金1中,起到消耗地震能量和自复位的作用。形状记忆合金1的承载力特性主要由其宽度b、厚度t和直径D决定,单个U型形状记忆合金1的初始屈服承载力F可以根据以下公式估算:

[0042]
$$F = \frac{f_y b t^2}{3D}$$

[0043] 其中 f_y 是形状记忆合金材料的相变强度,b为试件的宽度,t为试件的厚度,D为试件弯曲弧度的直径。

[0044] 形状记忆合金1的变形范围和长度h有关。自复位耗能支撑装置的承载力和变形能力可通过改变U型形状记忆合金1的宽度b、厚度t、直径D和长度h确定,进而满足不同要求的设计需求,设计灵活。

[0045] 参见图9,图9是图1所示的自复位耗能支撑装置的力-位移试验结果图。自复位组件包括两个U型形状记忆合金1,U型形状记忆合金1采用NiTi材料,U型形状记忆合金1尺寸

为： $t=5\text{mm}$ ， $D=40\text{mm}$ ， $b=20\text{mm}$ ， $h=30\text{mm}$ 。如图9所示，其位移-承载力滞回曲线表现出良好的旗帜型滞回行为，其耗能能力随着加载位移的不断增大而增大，并且在加载过程几乎没有强度退化和残余变形，具有良好的自复位能力。

[0046] 实施方式2

[0047] 参见图9，图9是本发源自复位耗能支撑装置第二实施方式的结构示意图。该自复位耗能支撑装置第二实施方式与第一实施方式的不同之处在于：该自复位耗能支撑装置第二实施方式中增加了至少一对耗能组件，图9示意性地示出一对，该对耗能组件对称设置于支撑构件4的两侧。耗能组件包括一个或多个钢元件，钢元件的设计形状采用与形状记忆合金1基本相同的形状，如图9所示钢元件为U型钢，另外，钢元件也可呈跑道型。U型钢具有两个相互平行的第二连接臂13和连接于两个第二连接臂13的第二耗能臂14，两个第二连接臂13分别连接于支撑构件4和承载臂2。

[0048] 其中至少一对耗能组件的屈服承载力小于至少一对自复位组件的屈服承载力的0.5倍，例如，耗能组件的屈服承载力是自复位组件的屈服承载力的0.4倍、0.3倍、0.2倍等，以保证耗能组件在提升耗能能力的同时，不影响自复位耗能支撑装置的自复位能力。自复位组件中的形状记忆合金1和耗能组件中U型钢的个数可以根据实际工程的需求确定。

[0049] 该第二实施方式中在沿支撑构件4的中心线方向上设有两组拉接件，两组拉接件的位置分别对应于耗能组件和自复位组件。每组拉接件包括一个或者前后两个拉接杆6，拉接杆6的两端分别可拆卸地连接两个承载臂2。

[0050] 该自复位耗能支撑装置第二实施方式的其他结构，与第一实施方式基本相同，这里不再赘述。

[0051] 实施方式3

[0052] 本发源自复位耗能支撑装置第三实施方式，包括固定架、支撑构件和至少两组自复位组件。

[0053] 固定架包括筒底以及连接于特别是可拆卸连接于该筒底的筒体。筒体的横截面可以呈多边形例如正方形。

[0054] 支撑构件一端伸入两个筒体，且与筒底之间间隔一距离。

[0055] 至少一组自复位组件，每组自复位组件包括多个沿支撑构件圆周方向均匀设置的形状记忆合金，每个形状记忆合金具有两个相互平行的连接臂和连接于两个连接臂的耗能臂，两个连接臂分别连接于支撑构件和筒体。

[0056] 该自复位耗能支撑装置第三实施方式的其他结构的例如支撑构件、形状记忆合金等与前述实施方式基本相同，这里不再赘述。

[0057] 本发源自复位耗能支撑装置具有如下有益效果：

[0058] (1) 实现了自复位和耗能的目的。本发明的自复位耗能支撑利用形状记忆合金的超弹性能力，在地震作用中不但起到消耗地震能量的作用，更重要的是震后几乎没有残余变形，达到了支撑自复位的效果，实现了结构震后迅速恢复使用功能的要求。

[0059] (2) 构造简单，设计灵活。本发明中自复位组件利用超弹性形状记忆合金材料的特性，实现了耗能与自复位的双重目的。无需通过传统的构件组合方式去实现自复位与耗能能力。可以通过改变超弹性形状记忆合金段的宽度 b 、厚度 t 、弯曲直径 D 、直段长度 h 和数量等参数实现不同支撑的承载力和变形能力，可以满足不同抗震设防要求下支撑的性能。

[0060] (3) 施工方便。本发明的自复位支撑, 自复位组件与周围的钢构件之间采用螺栓连接等可拆卸连接方式, 施工方便。并且在震后便于检查, 如果需要也方便更换。

[0061] (4) 经济效应明显。本发明的自复位耗能支撑装置, 其变形绝大部分集中在自复位组件上, 其余钢构件的尺寸可以设计的更为经济。更为重要的是由于结构在震后实现了自复位效果, 既不会中断结构的使用功能, 也不会对结构进行过多的加固修复, 节约了大量的经济成本和时间成本, 经济效应明显。

[0062] 研究表明, 本发明利用形状记忆合金的超弹性能力, 在地震作用中实现耗能和结构自复位的双重效果。该自复位耗能支撑构造简单, 设计灵活, 且施工方便, 其自复位能力可以有效减少结构修复或加固的费用, 能有效快速地整体提升结构震后的可恢复能力, 在土木工程领域具有突出的有益技术效果。

[0063] 应可理解的是, 本发明不将其应用限制到本说明书提出的部件的详细结构和布置方式。本发明能够具有其他实施方式, 并且能够以多种方式实现并且执行。前述变形形式和修改形式落在本发明的范围内。应可理解的是, 本说明书公开和限定的本发明延伸到文中和/或附图中提到或明显的两个或两个以上单独特征的所有可替代组合。所有这些不同的组合构成本发明的多个可替代方面。本说明书所述的实施方式说明了已知用于实现本发明的最佳方式, 并且将使本领域技术人员能够利用本发明。

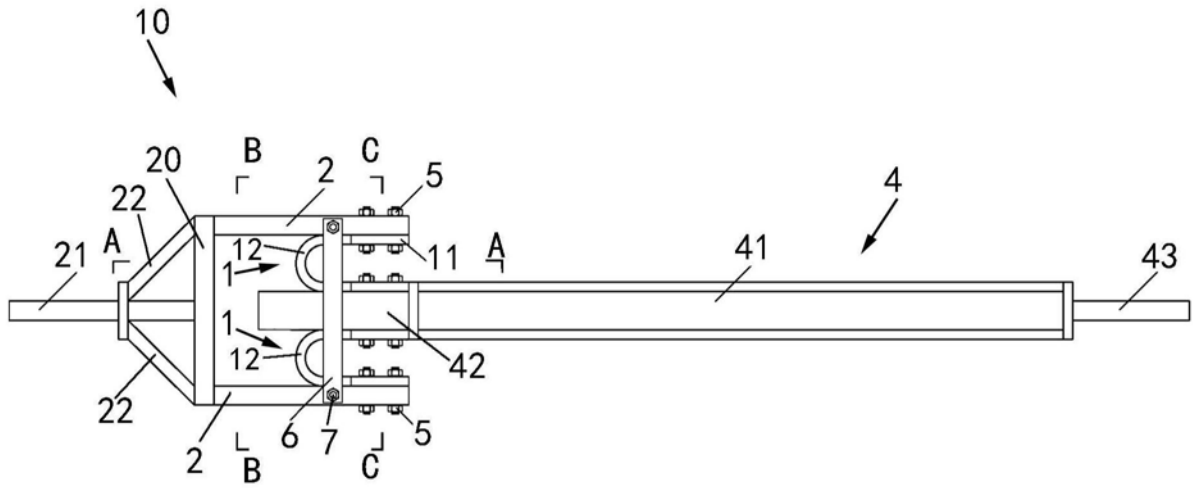


图1

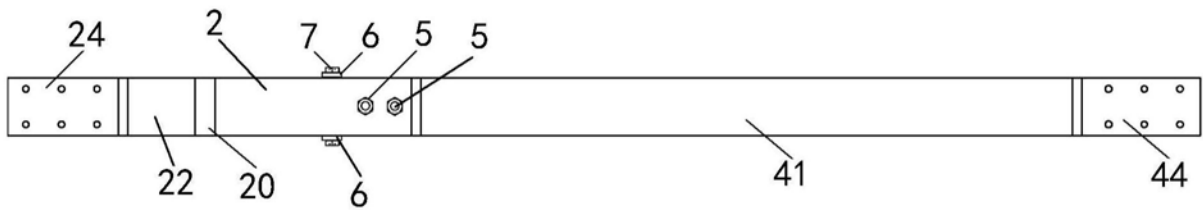


图2

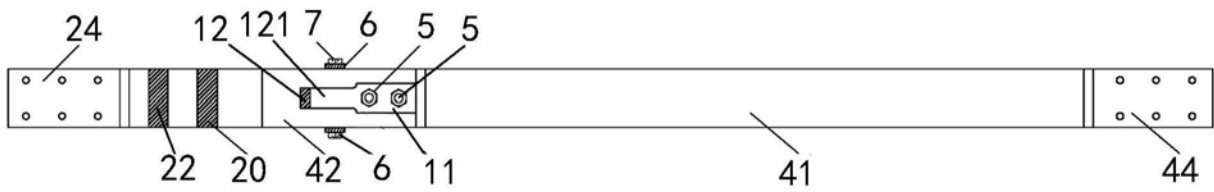


图3

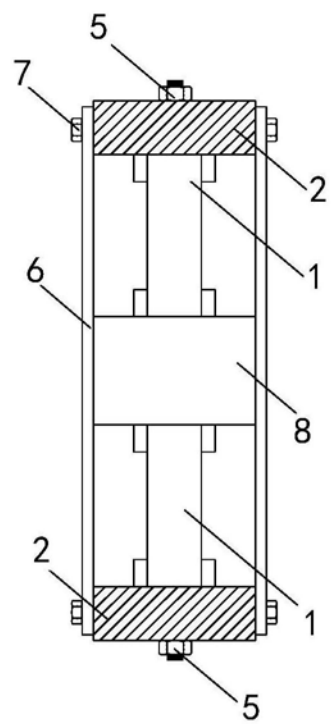


图4

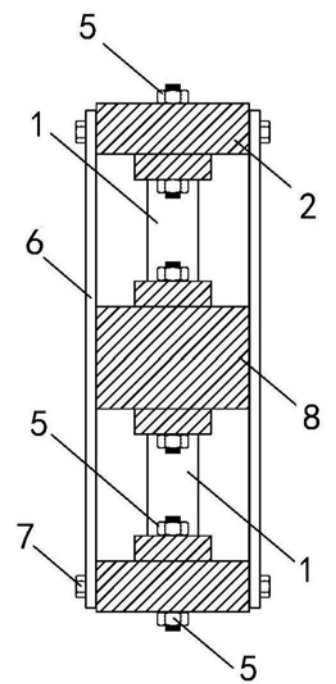


图5

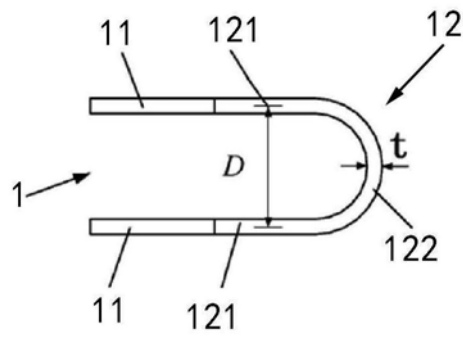


图6A

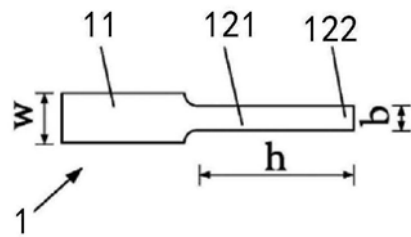


图6B

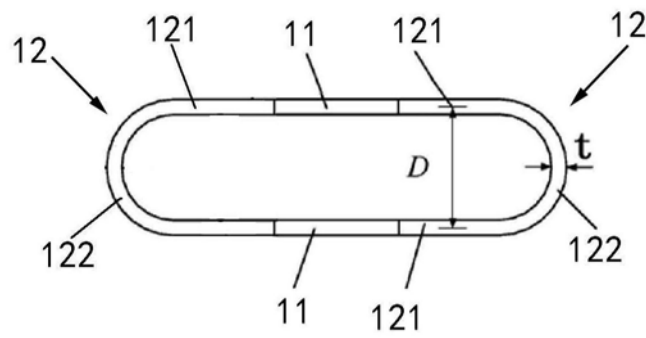


图7

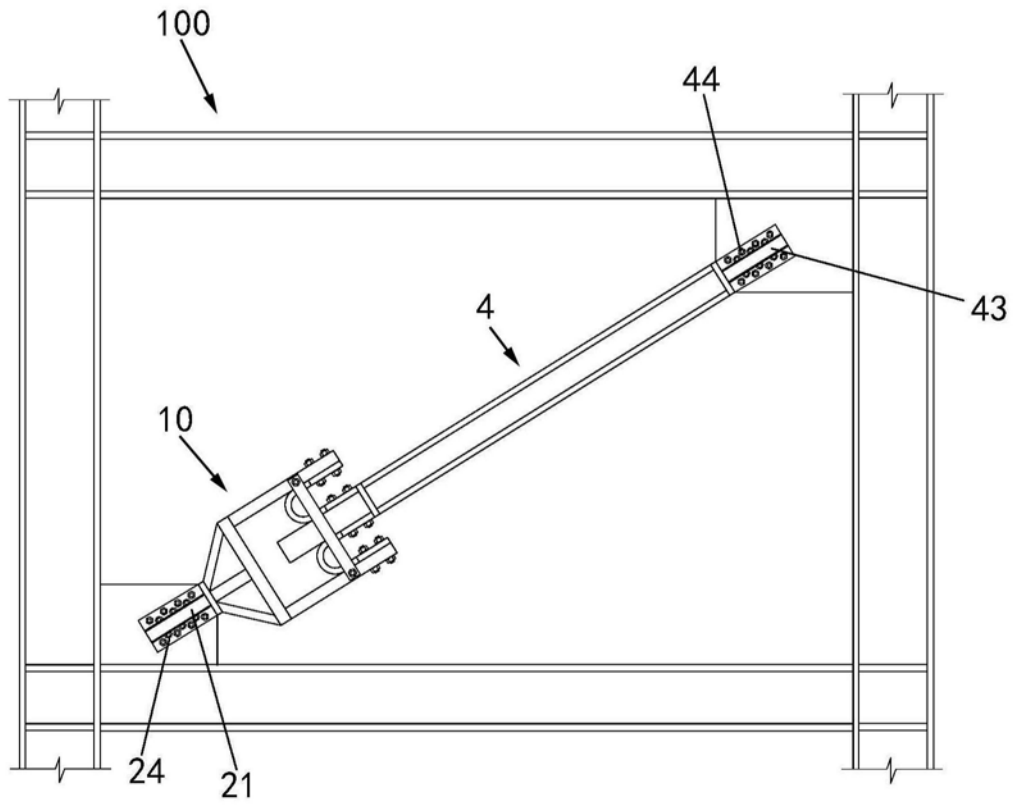


图8

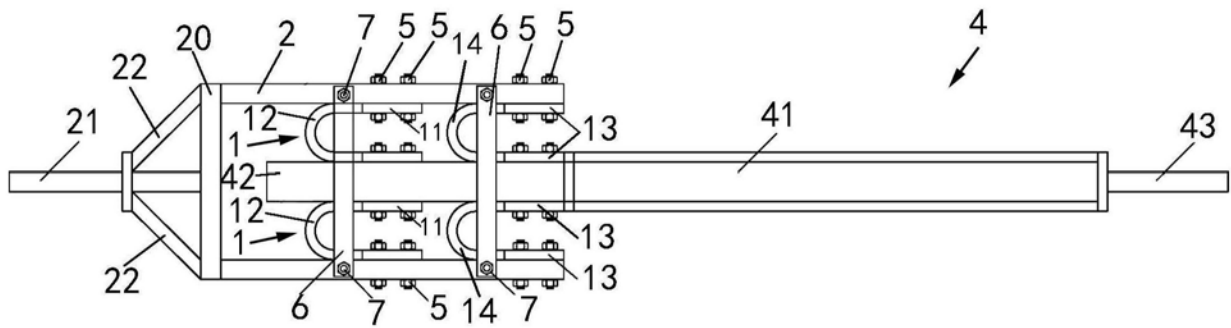


图9

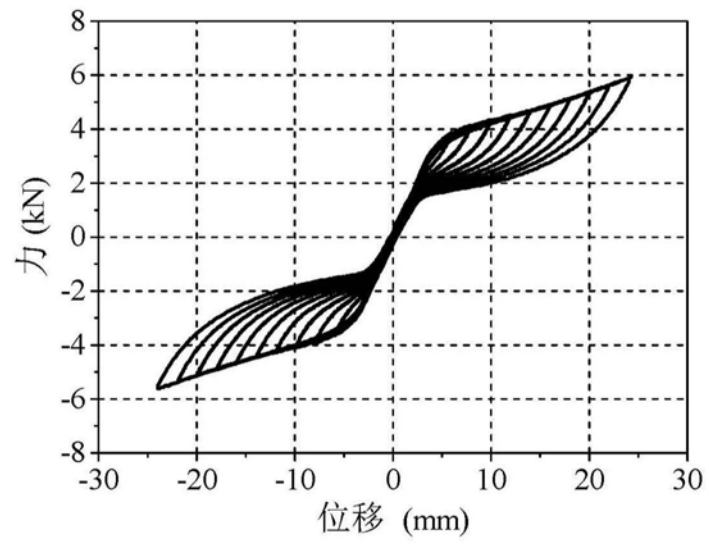


图10