

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2019 年 1 月 31 日 (31.01.2019)



(10) 国际公布号
WO 2019/019849 A1

- (51) 国际专利分类号:
E04B 1/98 (2006.01) *E04H 9/02* (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2018/092741
- (22) 国际申请日: 2018 年 6 月 26 日 (26.06.2018)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201710610894.X 2017年7月25日 (25.07.2017) CN
201720905575.7 2017年7月25日 (25.07.2017) CN
- (71) 申请人: 山东大学 (SHANDONG UNIVERSITY)
[CN/CN]; 中国山东省济南市历下区经十路
17923号, Shandong 250061 (CN)。
- (72) 发明人: 曲冰 (QU, Bing); 中国山东省济南市历
下区经十路17923号, Shandong 250061 (CN)。 王

弘扬 (WANG, Hongyang); 中国山东省济南市历
下区经十路17923号, Shandong 250061 (CN)。 王
文豪 (WANG, Wenhao); 中国山东省济南市历下
区经十路17923号, Shandong 250061 (CN)。 侯
和涛 (HOU, Hetao); 中国山东省济南市历下区
经十路17923号, Shandong 250061 (CN)。 邱灿
星 (QIU, Canxing); 中国山东省济南市历下区经
十路17923号, Shandong 250061 (CN)。 刘晓芳
(LIU, Xiaofang); 中国山东省济南市历下区经十
路17923号, Shandong 250061 (CN)。

(74) 代理人: 济南圣达知识产权代理有限公司 (JINAN
SHENGDA INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY
CO., LTD); 中国山东省济南市经十路17703号华
特广场B308室, Shandong 250061 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家
保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG,

(54) Title: BUCKLING RESTRAINED BRACE CONTAINING LINEAR ENERGY DISSIPATION ELEMENT, BUILDING AND ASSEMBLY METHOD

(54) 发明名称: 含有一字型耗能元件的屈曲约束支撑、建筑物及组装方法

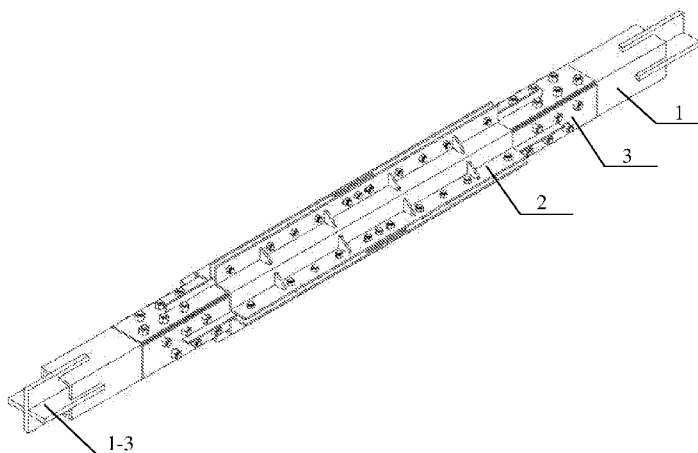


图 1

(57) Abstract: Provided is a buckling restrained brace containing a linear energy dissipation element. The brace comprises a telescopic inner restraining member (1), an outer restraining member (2) sheathed outside the inner restraining member (1), and a linear energy dissipation element located between the inner restraining member (1) and the outer restraining member (2). The inner restraining member (1) comprises a first square steel tube (1-1) and a second square steel tube (1-2) connected in a plugging manner. The linear energy dissipation element comprises four linear core plates (3). Two ends of the four linear core plates (3) are respectively in bolted connection with four faces of the first square steel tube (1-1) and the second square steel tube (1-2). The outer restraining member (2) has a square inner section and is used for covering the exterior of the linear energy dissipation element. A certain gap is arranged between the outer restraining member (2) and the linear energy dissipation element. Provided is a building containing the buckling restrained brace. Provided is an assembly method for assembling the buckling restrained brace. The buckling restrained brace is simple to dismount and replace and is reusable.

BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种含有一字型耗能元件的屈曲约束支撑, 包括可伸缩的内约束构件(1)、套设在内约束构件(1)外部的约束构件(2)、位于内约束构件(1)和约束构件(2)之间的一字型耗能元件; 内约束构件(1)包括插接连接的第一方钢管(1-1)和第二方钢管(1-2); 一字型耗能元件包括四个一字型芯板(3), 四个一字型芯板(3)的两端分别螺栓连接在第一方钢管(1-1)和第二方钢管(1-2)的四个面上; 约束构件(2)的内截面为方形, 用于包覆在一字型耗能元件的外部, 约束构件(2)和一字型耗能元件之间设置有一定间隙。一种建筑物, 其含有该屈曲约束支撑。一种组装方法, 用于组装该屈曲约束支撑。该屈曲约束支撑拆卸和更换简单, 可重复利用。

含有一字型耗能元件的屈曲约束支撑、建筑物及组装方法

技术领域

本发明涉及土建结构工程抵抗外力构件技术领域，特别是指一种含有一字型耗能元件的屈曲约束支撑、建筑物及组装方法。

背景技术

在多层或高层房屋钢结构体系中，框架是最基本的单元。支撑使钢框架具有更高的抗侧刚度和强度，减小地震时框架的侧向位移，避免或降低对非结构性构件的破坏。屈曲约束支撑克服了普通支撑受压屈曲的缺点，提高了支撑的耗能能力，减小了支撑拉压承载力的大小差异，也使计算机模拟更简单。

1994年北岭地震和1995年阪神地震以后屈曲约束支撑在新建建筑结构和现有建筑物的改造方面应用大幅度增加。各种高性能屈曲约束支撑层出不穷。但是目前的普通屈曲约束支撑有存在以下局限：

1) 拆除和更换繁琐：屈曲约束支撑的耗能元件在地震中需要消耗地震输入的能量，耗能不可避免的会造成耗能元件的损伤或者断裂，因此在余震或者随后的地震来临时，屈曲约束支撑的耗能减震效果可能会大打折扣。对于现存的屈曲约束支撑，尤其是以填充于钢管中的砂浆或者其他脆性非金属填充材料对耗能元件实现屈曲约束机制的屈曲约束支撑，在大地震后，如果要对耗能元件的损伤进行检测，需要拆除外约束构件，这不但操作麻烦还可能会对支撑造成损坏。即使特别的技术手段证实有必要更换已损伤的屈曲约束支撑，既有屈曲约束支撑的拆卸和新屈曲约束支撑的安装可能会十分繁琐，原因有很多，例如屈曲约束支撑端部的施工操作空间非常有限，尤其是当屈曲约束支撑与框架连接处的节点板完全或者部分被天花板或其他非结构构件遮挡时。另外许多现有的普通屈曲约束支撑通过焊缝与连接框架的节点板相连，这样更换整根支撑势必需要在节点板上施加二次焊接，二次焊接不仅难以施加，质量无法保证，而且焊接产生的热效应会影响节点板的力学性能，降低新支撑的承载力和疲劳性能。

2) 可循环利用性差：一个设计合理的屈曲约束支撑应该将损伤控制于耗能元件的约束屈服段中，而屈曲约束构件应始终保持弹性，然而，现在很多传统屈曲约束支撑中屈曲约束构件的重复利用率很低，这非常不利于实现基于可持续发展理念的设计的目标。

发明内容

本发明提供一种拆卸和更换简单，屈曲约束构件方便重复利用的含有一字型耗能元件的屈曲约束支撑、建筑物及组装方法。

为解决上述技术问题，本发明提供技术方案如下：

一方面，本发明提供一种含有一字型耗能元件的屈曲约束支撑，用作框架结构的支撑，包括可伸缩的内约束构件、套设在所述内约束构件外部的约束构件、位于所述内约束构件和约束构件之间的一字型耗能元件，其中：

所述内约束构件包括两个长度和外截面尺寸均相同的第一方钢管和第二方钢管，所述第一方钢管和第二方钢管插接连接，所述第一方钢管和第二方钢管互相远离的端部用于与框架结构连接；

所述一字型耗能元件包括 4 个一字型芯板，该 4 个一字型芯板的两端分别螺栓连接在所述第一方钢管和第二方钢管的四个面上，所述一字型芯板的中部两侧有切槽/切口，形成被削弱的屈服段，两端为未被削弱的非屈服段；

所述约束构件的内截面为方形，用于包覆在所述一字型耗能元件的外部，所述约束构件和所述一字型耗能元件之间设置有一定间隙。

进一步的，所述屈服段的外表面上沿长度方向设置有中间肋，所述约束构件与所述中间肋螺栓连接。

进一步的，所述第一方钢管和第二方钢管尺寸相同，所述第一方钢管和第二方钢管之间通过插接件连接，所述插接件为方钢管，所述插接件的中部设置有沿外周方向且垂直于方钢管平面的肋，所述插接件的外截面尺寸小于所述第一方钢管的内截面尺寸，所述插接件的一端与第一方钢管焊接或插接，另一端插入所述第二方钢管内。

进一步的，所述第一方钢管和第二方钢管的长度均为 100~5000mm，所述第一方钢管和第二方钢管之间的间距为 20~500mm，所述插接件的外壁与第二方钢管的内壁之间的间隙为 1~10mm，所述插接件插入到第二方钢管的长度为 20~800mm。

进一步的，所述非屈服段的外侧部分上设置有与所述第一方钢管和第二方钢管连接的螺栓孔，所述非屈服段包括设置有螺栓孔的无约束连接段、未设置螺栓孔且未被约束构件包覆的无约束非屈服段和未设置螺栓孔且被约束构件包覆的约束非屈服段，所述约束构件包覆在所述屈服段和约束非屈服段上，所述屈服段为被所述内约束构件和约束构件约束的约束屈服段。

进一步的，所述一字型芯板的屈服段的中部设置有未被削弱的非屈服段，形成中间约束非屈服段，所述中间约束非屈服段的长度大于屈曲约束支撑发生最大设计抗拉

承载力变形时所述第一方钢管和第二方钢管之间的间距，所述中间肋设置在所述中间约束非屈服段上；所述约束非屈服段和无约束非屈服段的外表面上沿长度方向设置有端部肋。

进一步的，所述外约束构件由 4 个 W 形钢板扣接形成，相邻的 W 形钢板螺栓连接，所述外约束构件和所述一字型耗能元件之间的间隙为 1~5mm，所述间隙内填充有无粘结材料。

进一步的，所述中间肋的中部设置有圆孔，所述圆孔的两侧均设置有长圆孔，相邻两 W 形钢板之间的螺栓穿过所述圆孔和长圆孔，相邻两 W 形钢板之间设置有垫片；所述约束非屈服段、约束屈服段和中间约束非屈服段之间的过渡区为弧线、直线或直线加弧线。

另一方面，本发明提供一种建筑物，包含上述的含有一字型耗能元件的屈曲约束支撑。

再一方面，本发明还提供一种上述的含有一字型耗能元件的屈曲约束支撑的组装方法，包括：

步骤 1：将所述插接件的一端与第一方钢管焊接或插接，另一端插入至第二方钢管内，形成所述内约束构件；

步骤 2：在所述一字型耗能元件的外表面上沿长度方向焊接中间肋和端部肋，调整第一方钢管和第二方钢管之间的间距，并将所述一字型耗能元件的无约束连接段螺栓连接在第一方钢管和第二方钢管上；

步骤 3：将所述一字型耗能元件的中间肋通过螺栓与相邻两 W 形钢板连接，然后将相邻两 W 形钢板两两螺栓连接。

本发明具有以下有益效果：

与现有技术相比，本发明的含有一字型耗能元件的屈曲约束支撑，内约束构件和一字型耗能元件之间采用螺栓连接，方便安装和拆卸，便于在地震后对一字型耗能元件进行损伤检测和更换；本发明的含有一字型耗能元件的屈曲约束支撑，安装时，内约束构件的第一方钢管和第二方钢管插接连接，然后将 4 个一字型芯板螺栓连接在第一方钢管和第二方钢管的四个面上，最后将外约束构件包覆在一字型芯板的外部，在受拉或受压时，可以将损伤集中在一字型芯板的屈服段，地震后内约束构件和外约束构件仍然保持弹性，可重复利用，只需要更换一字型芯板，屈曲约束支撑即可恢复耗能减震功能。

附图说明

图 1 为本发明的含有一字型耗能元件的屈曲约束支撑的整体结构示意图；

图 2 为本发明的含有一字型耗能元件的屈曲约束支撑的各部件的拆分图；

图 3 为本发明的一字型耗能元件与内约束构件的连接示意图；

图 4 为本发明的内约束构件的第一种实施方式示意图；

图 5 为本发明的内约束构件的第二种实施方式示意图；

图 6 为本发明的内约束构件的插接件的结构示意图；

图 7 为本发明的内约束构件的插接件的组成形式示意图；

图 8 为本发明的内约束构件的第一方钢管的结构示意图；

图 9 为本发明的一字型芯板的立体图；

图 10 为图 9 的俯视图；

图 11 为图 9 的侧视图；

图 12 为本发明的一字型芯板的不同结构形式示意图；

图 13 为本发明的外约束构件的第一种实施方式截面示意图，其中：(a) 为 4 个 W 形钢板扣接的截面示意图，(b) 为单个 W 形钢板截面示意图；

图 14 为本发明的外约束构件的第二种实施方式截面示意图，其中：(a) 为 4 个 W 形钢板扣接的截面示意图，(b) 为单个 W 形钢板截面示意图；

图 15 为本发明的外约束构件的第三种实施方式截面示意图，其中：(a) 为 4 个 W 形钢板扣接的截面示意图，(b) 为单个 W 形钢板截面示意图；

图 16 为本发明的外约束构件的第一种实施方式组装完成后的截面示意图，其中：(a) 为端部肋处对应截面示意图，(b) 为中间肋处对应截面示意图，(c) 为未设置肋处对应截面示意图；

图 17 为试件 A1 至 A6 的滞回曲线。

具体实施方式

为使本发明要解决的技术问题、技术方案和优点更加清楚，下面将结合附图及具体实施例进行详细描述。

一方面，本发明提供一种含有一字型耗能元件的屈曲约束支撑，用作框架结构的支撑，如图 1 至图 16 所示，包括可伸缩的内约束构件 1、套设在内约束构件 1 外部的约束构件 2、位于内约束构件 1 和约束构件 2 之间的一字型耗能元件，其中：

内约束构件 1 包括两个长度和外截面尺寸均相同的第一方钢管 1-1 和第二方钢管 1-2，第一方钢管 1-1 和第二方钢管 1-2 插接连接，第一方钢管 1-1 和第二方钢管 1-2 相互远离的端部用于与框架结构连接，具体的，第一方钢管 1-1 或第二方钢管 1-2 的

外端四周可以开条形槽，通过连接板 1-3 或者直接与框架结构的节点板连接，如图 8 所示，连接板 1-3 的截面为十字形，十字形的连接板 1-3 焊接在第一方钢管 1-1 和第二方钢管 1-2 的外端，内约束构件 1 的第一方钢管 1-1 和第二方钢管 1-2 在支撑轴线方向上可以相对运动，在安装后，要确保屈曲约束支撑在受到最大设计抗压承载力变形时，第一方钢管 1-1 和第二方钢管 1-2 的互相靠近的外截面尺寸相同的端部不会互相接触，在受到最大设计抗拉承载力变形时，第一方钢管 1-1 和第二方钢管 1-2 的互相靠近的端部不会互相脱出；值得注意的是，在满足拉压受力的条件下，第一方钢管 1-1 和第二方钢管 1-2 也可以均为矩形管或者其他截面形状的钢管，本领域的技术人员可以灵活选择，不影响本发明的创造性；另外，本发明的最大设计抗拉/抗压承载力为本领域技术人员根据具体的框架结构的受力特点设计。

一字型耗能元件包括 4 个一字型芯板 3，该 4 个一字型芯板 3 的两端分别螺栓连接在第一方钢管 1-1 和第二方钢管 1-2 的四个面上，此处的螺栓可以采用满足设计要求的盲孔螺栓或螺杆足够长的高强螺栓等，第一方钢管 1-1 和第二方钢管 1-2 可以按照设计位置和大小开螺栓孔，同一个面上，螺栓孔的排列方式可以选择并列或错列，螺栓孔的开口既不能使螺栓互相影响，又不能影响第一方钢管 1-1 和第二方钢管 1-2 的相对活动，在平行两个面上开孔可以一致，垂直两个面开孔可以错开，具体操作可以根据实际采用的螺栓类型而定。

一字型芯板 3 的中部两侧有切槽/切口 4，形成被削弱的屈服段 3-1，两端为未被削弱的非屈服段 3-2；

外约束构件 2 的内截面为方形，用于包覆在一字型耗能元件 3 的外部，外约束构件 2 和一字型耗能元件之间设置有一定间隙。

与现有技术相比，本发明的含有一字型耗能元件的屈曲约束支撑，内约束构件和一字型耗能元件之间采用螺栓连接，方便安装和拆卸，便于在地震后对一字型耗能元件进行损伤检测和更换；本发明的含有一字型耗能元件的屈曲约束支撑，安装时，内约束构件的第一方钢管和第二方钢管插接连接，然后将 4 个一字型芯板螺栓连接在第一方钢管和第二方钢管的四个面上，最后将外约束构件包覆在一字型芯板的外部，在受拉或受压时，可以将损伤集中在一字型芯板的屈服段，地震后内约束构件和外约束构件仍然保持弹性，可重复利用，只需要更换一字型芯板，屈曲约束支撑即可恢复耗能减震功能。

进一步的，如图 9 所示，屈服段 3-1 的外表面上沿长度方向优选设置有中间肋 3-3，外约束构件 2 与中间肋 3-3 螺栓连接，中间肋 3-3 不但可以约束一字型芯板 3 在支撑压力作用下向内屈曲，还可以限制外约束构件 2 相对于一字型耗能元件发生较大的滑

动。

进一步的，第一方钢管 1-1 和第二方钢管 1-2 尺寸优选相同（即长度、厚度、外截面相同），材质优选也相同，如图 4 至图 6 所示，第一方钢管 1-1 和第二方钢管 1-2 之间通过插接件 1-4 连接，插接件 1-4 为方钢管，插接件 1-4 的一端与第一方钢管 1-1 焊接或插接，另一端插入第二方钢管 1-2 内，当插接件 1-4 与第一方钢管 1-1 插接时，插接件 1-4 的中部优选设置有沿外周方向且垂直于方钢管平面的肋 1-5（焊接时则不需要），防止插接件 1-4 滑入到第一方钢管 1-1 或第二方钢管 1-2 内，值得注意的是，肋 1-5 的外围尺寸不超过第一方钢管 1-1 或第二方钢管 1-2 最外围的尺寸，不影响一字型耗能元件的安装，插接件 1-4 的外截面尺寸小于第一方钢管 1-1 和第二方钢管 1-2 的内截面尺寸，既保证第二方钢管 1-2 与插接件 1-4 可以自由的相对滑动，又要确保第一方钢管 1-1 和第二方钢管 1-2 对一字型耗能元件起到比较有效的内约束作用。

优选的，第一方钢管 1-1 和第二方钢管 1-2 的长度可以均为 100~5000mm，安装完成后，第一方钢管 1-1 和第二方钢管 1-2 之间的间距为 20~500mm，即第一方钢管 1-1 和第二方钢管 1-2 相互靠近的端部的距离要满足屈曲约束支撑的最大设计抗拉/抗压承载力变形要求；插接件 1-4 的外壁与第二方钢管 1-2 的内壁之间的间隙优选为 1~10mm，保证插接件 1-4 与第二方钢管 1-2 可以自由滑动；第一插接件 1-4 插入到第二方钢管 1-2 的长度优选为 20~800mm，防止屈曲约束支撑在受拉时，插接件 1-4 脱出第二方钢管 1-2。

值得注意的是，如图 7 所示，插接件 1-4 的方钢管可以采用一体成型的钢管、两个方管焊接而成或是钢板和型钢焊接等多种形式，只要满足设计要求，均不影响本发明的实施。

优选的，如图 9 所示，非屈服段 3-2 的外侧部分上设置有与第一方钢管 1-1 和第二方钢管 1-2 连接的螺栓孔 3-2-1，非屈服段 3-2 包括设置有螺栓孔 3-2-1 的无约束连接段 3-2-2、未设置螺栓孔 3-2-1 且未被外约束构件 2 包覆的无约束非屈服段 3-2-3 和未设置螺栓孔 3-2-1 且被外约束构件 2 包覆的约束非屈服段 3-2-4，外约束构件 2 包覆在屈服段 3-1 和约束非屈服段 3-2-4 上，图 9 中的虚线为外约束构件 2 在一字型芯板 3 的包覆位置，虚线左侧为无约束非屈服段 3-2-3，虚线右侧为约束非屈服段 3-2-4，屈服段 3-1 为被内约束构件 1 和外约束构件 2 约束的约束屈服段。值得注意的是，约束非屈服段 3-2-4 的长度要足够长，在屈曲约束支撑承受最大设计抗拉承载力变形时不完全脱离外约束构件 2 的约束，无约束非屈服段 3-2-3 的长度要合适，确保屈曲约束支撑受到最大设计抗压承载力变形时，无约束连接段 3-2-2 与外约束构件 2 的端部之间仍然留有距离。

作为本发明的一种改进，由于内约束构件 1 的第一方钢管 1-1 和第二方钢管 1-2 之间的空隙处，插接件 1-4 的截面尺寸小，约束作用较差，在一字型芯板 3 的屈服段 3-1 的中部优选设置有未被削弱的非屈服段，形成中间约束非屈服段 3-4，中间约束非屈服段 3-4 的长度优选大于屈曲约束支撑发生最大设计抗拉承载力变形时第一方钢管 1-1 和第二方钢管 1-2 的相互靠近的端部之间的间距，中间肋 3-3 设置在中间约束非屈服段 3-4 上，中间肋 3-3 也加强了中间约束非屈服段 3-4 的强度，中间约束非屈服段 3-4 和中间肋 3-3 的设置，降低了插接件 1-4 处一字型耗能元件的应力大小和损伤集中程度，将塑形变形都控制在约束屈服段；约束非屈服段 3-2-4 和无约束非屈服段 3-2-3 的外表面上沿长度方向设置有端部肋 3-5，以避免在约束非屈服段 3-2-4 和无约束非屈服段 3-2-3 发生局部屈曲，端部肋 3-5 优选延伸至无约束连接段 3-2-2，端部肋 3-5 的肋高不能太高，不要碰到外约束构件 2 的连接螺栓。

一字型芯板 3 从一端到另一端依次包括无约束连接段 3-2-2、无约束非屈服段 3-2-3、约束非屈服段 3-2-4、约束屈服段、中间约束非屈服段 3-4、约束屈服段、约束非屈服段 3-2-4、无约束非屈服段 3-2-3 和无约束连接段 3-2-2；一字型芯板 3 加工时，先切割一字型板，然后焊接中间肋 3-3 和两个端部肋 3-5，中间肋 3-3 和端部肋 3-5 优选保持在同一直线上，端部肋 3-5 焊接在约束非屈服段 3-2-4 和无约束非屈服段 3-2-3 上，优选的，端部肋 3-5 可以适当延伸到无约束连接段 3-2-2，但不能影响拧动螺栓，端部肋 3-5 的焊缝最好不要延伸到约束屈服段，避免残余热变形影响一字型耗能元件的强度和耐疲劳、损伤能力。

本发明中，外约束构件 2 优选由 4 个 W 形钢板 2-1 扣接形成，相邻 W 形钢板 2-1 螺栓连接，方便拆卸。外约束构件 2 和一字型耗能元件之间的间隙为 1~5mm，该间隙内优选填充有无粘结材料，无粘结材料可以为润滑油、软玻璃或特氟龙材料等，也可以根据具体情况灵活选择，无粘结材料可以在一字型耗能元件发生高阶屈曲变形时，降低一字型耗能元件与内约束构件 1 和外约束构件 2 之间的摩擦力。

作为本发明的又一改进，中间肋 3-3 的中部设置有圆孔 3-3-1，圆孔 3-3-1 的两侧优选均设置有长圆孔 3-3-2，相邻两 W 形钢板 2-1 之间的螺栓穿过圆孔 3-3-1 和长圆孔 3-3-2，防止 W 形钢板 2-1 上的螺栓孔之间的一字型耗能元件发生面外屈曲变形，避免外约束构件 2 局部承受比较大的轴向力。一字型芯板 3 通过中间肋 3-3 的圆孔 3-3-1 和长圆孔 3-3-2 与外约束构件 2 连接，防止了一字型耗能元件向内侧屈曲变形，也防止了外约束构件 2 与一字型耗能元件发生较大的相对滑移，螺栓连接时，中间肋 3-3 对应截面处，螺栓依次穿过 W 形钢板 2-1、中间肋 3-3 和 W 形钢板 2-1，若一字型芯板 3 的中间肋 3-3 或端部肋 3-5 的焊脚高度较高，可以在中间肋两端增加合适的垫

片 5, 如图 16 (b) 所示; 也可以在端部肋处增减合适的垫片 5, 如图 16 (a) 所示, 螺栓依次穿过 W 形钢板 2-1、垫片 5 和 W 形钢板 2-1; 在未设置肋处, 也可以设置垫片 5, 如图 16 (c) 所示。

值得注意的是, 外约束构件 2 中 W 形钢板 2-1 可以采用钢板冷弯而成, 也可以采用钢板或型钢焊接而成, W 形钢板 2-1 的厚度的选择要保证受到最大压力时不发生局部屈曲, 也可以考虑在 W 形钢板 2-1 上增加适当的肋来提高外约束构件的强度, 如图 14 和图 15 所示。

进一步的, 如图 12 所示, 一字型芯板 3 的形式有很多种, 约束非屈服段 3-2-4、约束屈服段和中间约束非屈服段 3-4 之间的过渡区可以为弧线、直线或直线加弧线。

另一方面, 本发明提供一种建筑物, 包括上述的含有一字型耗能元件的屈曲约束支撑。由于结构与上述相同, 此处不再赘述。

再一方面, 本发明还提供一种上述的含有一字型耗能元件的屈曲约束支撑的组装方法, 包括:

步骤 1: 将插接件 1-4 的一端与第一方钢管 1-1 焊接或插接 (焊接时, 为工厂预制), 另一端插入至第二方钢管 1-2 内, 形成内约束构件 1, 第一方钢管 1-1 和第二方钢管 1-2 之间的间隔距离以及插接件 1-4 插入到第二方钢管 1-2 中的距离要满足屈曲约束支撑的最大设计抗拉/抗压承载力变形要求;

步骤 2: 在一字型耗能元件的外表面上沿长度方向焊接中间肋 3-3 和端部肋 3-5 (优选的, 中间肋 3-3 和端部肋 3-5 在工厂加工完成), 调整第一方钢管 1-1 和第二方钢管 1-2 之间的间距, 并将一字型耗能元件的无约束连接段 3-2-2 螺栓连接在第一方钢管 1-1 和第二方钢管 1-2 上;

步骤 3: 将一字型耗能元件的中间肋 3-3 通过螺栓连接在相邻两 W 形钢板 2-1 之间, 然后将相邻两 W 形钢板 2-1 两两螺栓连接。

本发明的含有一字型耗能元件的屈曲约束支撑, 参照上海市工程建设标准《高层建筑钢结构设计规程》(DG/TJ08-32—2008) (简称上海市高钢规)、《建筑抗震设计规范》(GB50011—2010) (简称抗规)、上海市建筑产品推荐性应用标准《TJ 屈曲约束支撑应用技术规程》(DBJ/CT105—2011) (简称 TJ 约束支撑规程) 和《建筑消能减震技术规程》(JGJ297—2013) (简称减震规程) 进行性能测试试验, 具体如下:

规范定义支撑净长为 L 抗规、上海市高钢规和 TJ 约束支撑规程要求对试件依次在 L/300、L/200、L/150 和 L/100 的位移幅值拉压各 3 次不产生超过 15% 的强度退化; 抗规、减震规程和 TJ 约束支撑规程要求试件在 L/150 的位移幅值上循环 30 次不产生超过 15% 的强度退化。

表 1

试件 编号	两屈服段 总长(mm)	屈服段 宽度 (mm)	无粘结 材料	钢材型 号	CPD	最大压拉比 β
A1	910	90	润滑油	Q235	1127	1.214
A2	910	90	润滑油	Q235	1535	1.258
A3	870	70	润滑油	Q235	1382	1.215
A4	1020	90	润滑油	Q235	821	1.244
A5	910	90	润滑油	Q235	2859	1.170
A6	910	90	润滑油	Q235	931	1.169

表 1 为含有一字型耗能元件的屈曲约束支撑的基本参数, 本次试验假定约束屈服段总长是支撑长度 L 的 0.50 倍, 依次对试件 A5 施加了位移幅值对应 $L/150$ 的 30 周次等幅加载和位移幅值依次对应 $L/300$ 、 $L/200$ 、 $L/150$ 和 $L/100$, 每级 3 周的增幅加载。等幅加载中, 受拉强度退化为 3.5%, 受压强度满足 15% 以内的要求。变幅加载过程中, 未出现明显 (超过 15%) 的强度和刚度退化, 满足规范要求。

表 1 中, 按照美国规范 AISC 341-16 (AISC 2016) 中的规定, 计算了各试件的累积塑性变形 (CPD), 各试件的累积塑性变形均超过 AISC 341-16 (AISC 2016) 给出的建议下限值 200, 其中试件 A5 的 CPD 达到了 2859。

表 1 中, 各试件的最大压拉比 β 值均小于 AISC 341-16 规定的上限值 1.3, 符合规范要求。

并且，按照表 1 中试件参数，得到的滞回曲线，如图 17 中 (a) 至 (f) 分别为试件 A1 至 A6 的滞回曲线，可以看出，各试件的滞回曲线均比较饱满，没有发生整体屈曲，表现出了相似的稳定的滞回性能。另外，上述试验研究中的内约束构件和外约束构件在试件 A1 至 A6 中循环使用，始终均未出现明显损伤。

以上所述是本发明的优选实施方式，应当指出，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明所述原理的前提下，还可以作出若干改进和润饰，这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

权 利 要 求 书

1. 一种含有一字型耗能元件的屈曲约束支撑，用作框架结构的支撑，其特征在于，包括可伸缩的内约束构件、套设在所述内约束构件外部的约束构件、位于所述内约束构件和约束构件之间的一字型耗能元件，其中：

所述内约束构件包括两个长度和外截面尺寸均相同的第一方钢管和第二方钢管，所述第一方钢管和第二方钢管插接连接，所述第一方钢管和第二方钢管互相远离的端部用于与框架结构连接；

所述一字型耗能元件包括 4 个一字型芯板，该 4 个一字型芯板的两端分别螺栓连接在所述第一方钢管和第二方钢管的四个面上，所述一字型芯板的中部两侧有切槽/切口，形成被削弱的屈服段，两端为未被削弱的非屈服段；

所述约束构件的内截面为方形，用于包覆在所述一字型耗能元件的外部，所述约束构件和所述一字型耗能元件之间设置有一定间隙。

2. 根据权利要求 1 所述的含有一字型耗能元件的屈曲约束支撑，其特征在于，所述屈服段的外表面上沿长度方向设置有中间肋，所述约束构件与所述中间肋螺栓连接。

3. 根据权利要求 2 所述的含有一字型耗能元件的屈曲约束支撑，其特征在于，所述第一方钢管和第二方钢管尺寸相同，所述第一方钢管和第二方钢管之间通过插接件连接，所述插接件为方钢管，所述插接件的中部设置有沿外周方向且垂直于方钢管平面的肋，所述插接件的外截面尺寸小于所述第一方钢管的内截面尺寸，所述插接件的一端与第一方钢管焊接或插接，另一端插入所述第二方钢管内。

4. 根据权利要求 3 所述的含有一字型耗能元件的屈曲约束支撑，其特征在于，所述第一方钢管和第二方钢管的长度均为 100~5000mm，所述第一方钢管和第二方钢管之间的间距为 20~500mm，所述插接件的外壁与第二方钢管的内壁之间的间隙为 1~10mm，所述插接件插入到第二方钢管的长度为 20~800mm。

5. 根据权利要求 1 所述的含有一字型耗能元件的屈曲约束支撑，其特征在于，所述非屈服段的外侧部分上设置有与所述第一方钢管和第二方钢管连接的螺栓孔，所述非屈服段包括设置有螺栓孔的无约束连接段、未设置螺栓孔且未被所述约束构件包覆的无约束非屈服段和未设置螺栓孔且被约束构件包覆的约束非屈服段，所述约束构件包覆在所述屈服段和约束非屈服段上，所述屈服段为被所述内约束构件和约束构件约束的约束屈服段。

6. 根据权利要求 5 所述的含有一字型耗能元件的屈曲约束支撑，其特征在于，所述一字型芯板的屈服段的中部设置有未被削弱的非屈服段，形成中间约束非屈服段，所述中

间约束非屈服段的长度大于屈曲约束支撑发生最大设计抗拉承载力变形时所述第一方钢管和第二方钢管之间的间距，所述中间肋设置在所述中间约束非屈服段上；所述约束非屈服段和无约束非屈服段的外表面上沿长度方向设置有端部肋。

7. 根据权利要求6所述的含有一字型耗能元件的屈曲约束支撑，其特征在于，所述外约束构件由4个W形钢板扣接形成，相邻的W形钢板螺栓连接，所述外约束构件和所述一字型耗能元件之间的间隙为1~5mm，所述间隙内填充有无粘结材料。

8. 根据权利要求7所述的含有一字型耗能元件的屈曲约束支撑，其特征在于，所述中间肋的中部设置有圆孔，所述圆孔的两侧均设置有长圆孔，相邻两W形钢板之间的螺栓穿过所述圆孔和长圆孔，相邻两W形钢板之间设置有垫片；所述约束非屈服段、约束屈服段和中间约束非屈服段之间的过渡区为弧线、直线或直线加弧线。

9. 一种建筑物，其特征在于，包括权利要求1-8任一所述的含有一字型耗能元件的屈曲约束支撑。

10. 权利要求8所述的含有一字型耗能元件的屈曲约束支撑的组装方法，其特征在于，包括：

步骤1：将所述插接件的一端与第一方钢管焊接或插接，另一端插入至第二方钢管内，形成所述内约束构件；

步骤2：在所述一字型耗能元件的外表面上沿长度方向焊接中间肋和端部肋，调整第一方钢管和第二方钢管之间的间距，并将所述一字型耗能元件的无约束连接段螺栓连接在第一方钢管和第二方钢管上；

步骤3：将所述一字型耗能元件的中间肋通过螺栓与相邻两W形钢板连接，然后将相邻两W形钢板两两螺栓连接。

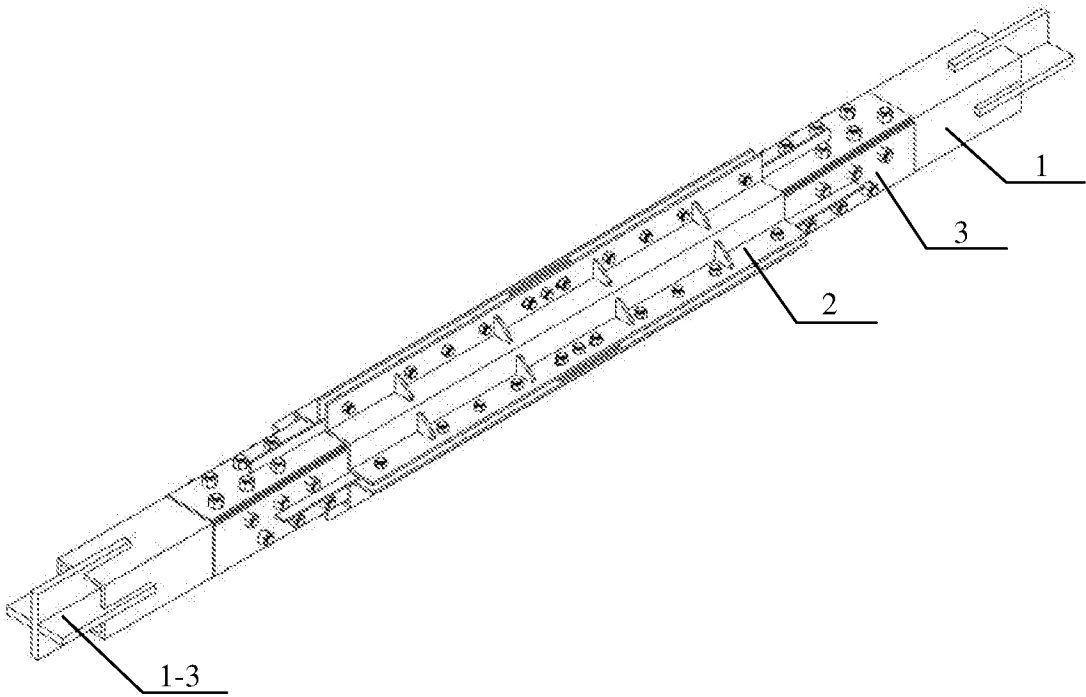


图 1

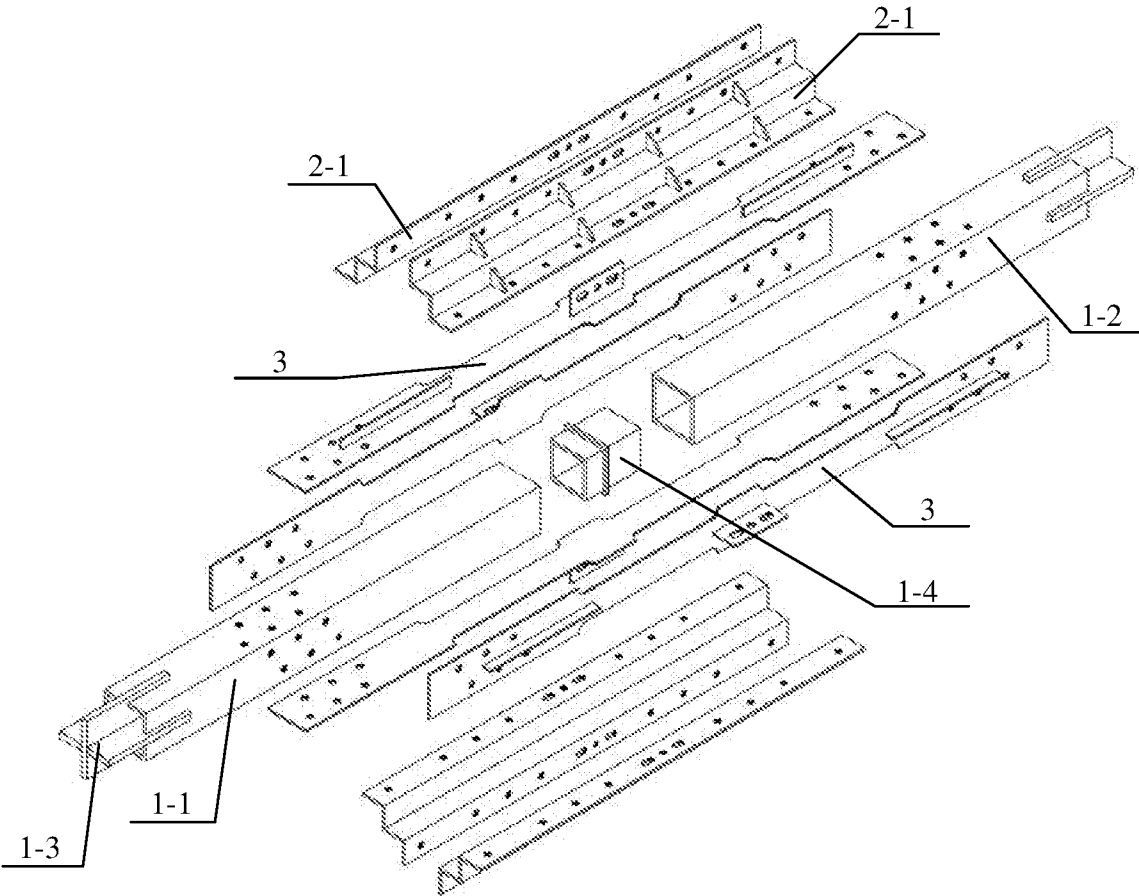


图 2

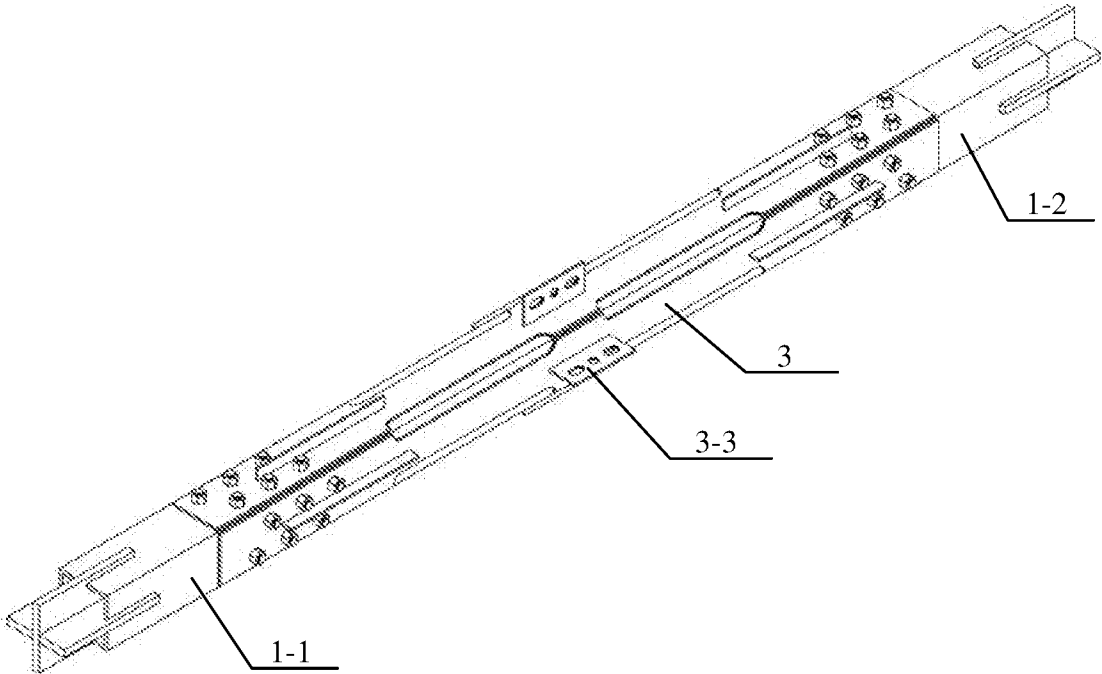


图 3

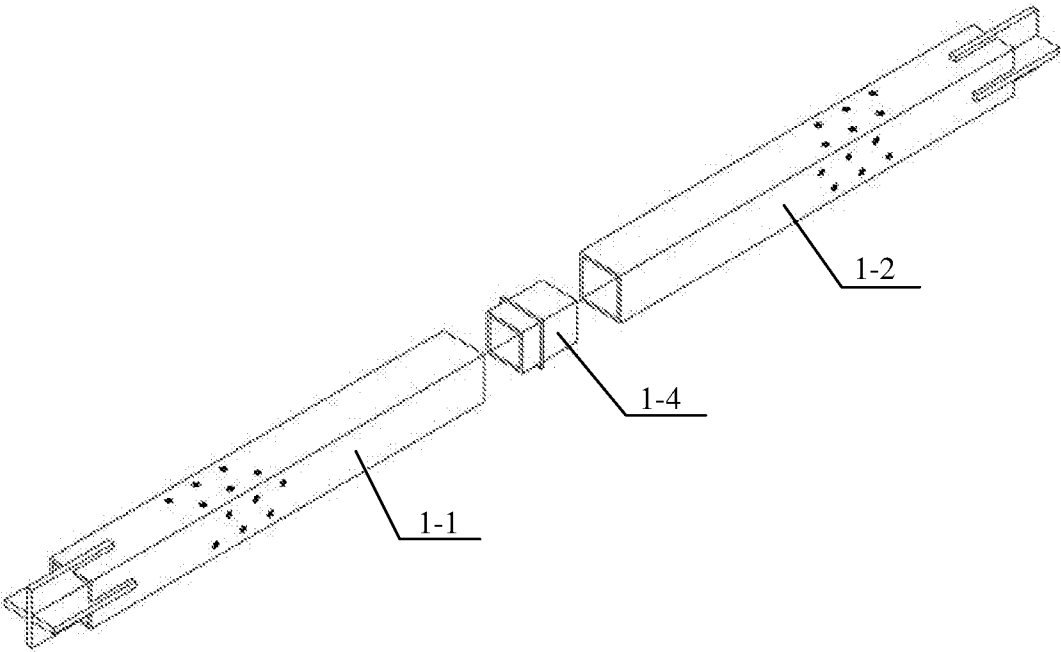


图 4

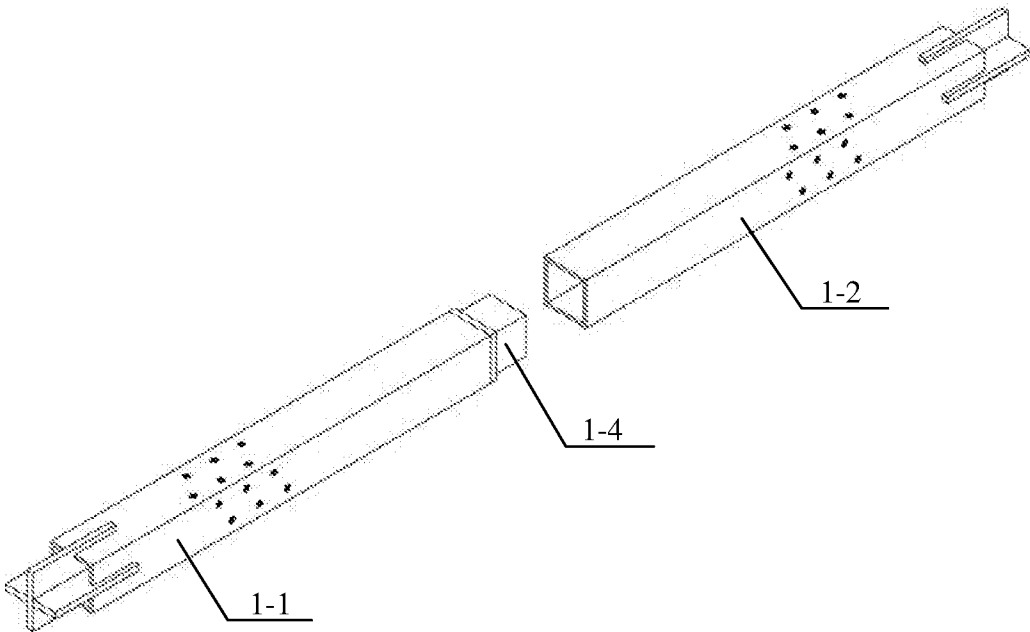


图 5

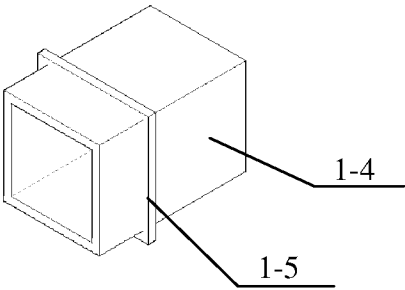


图 6

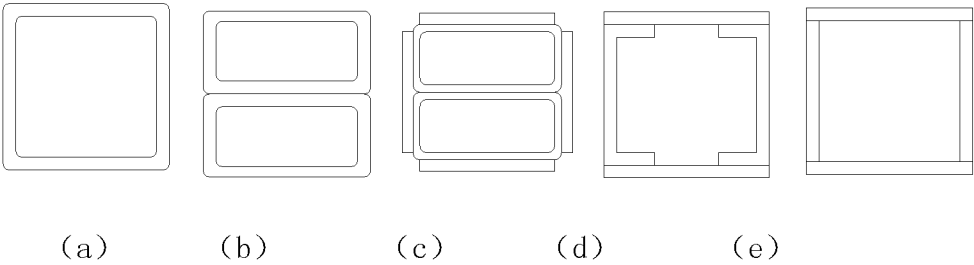


图 7

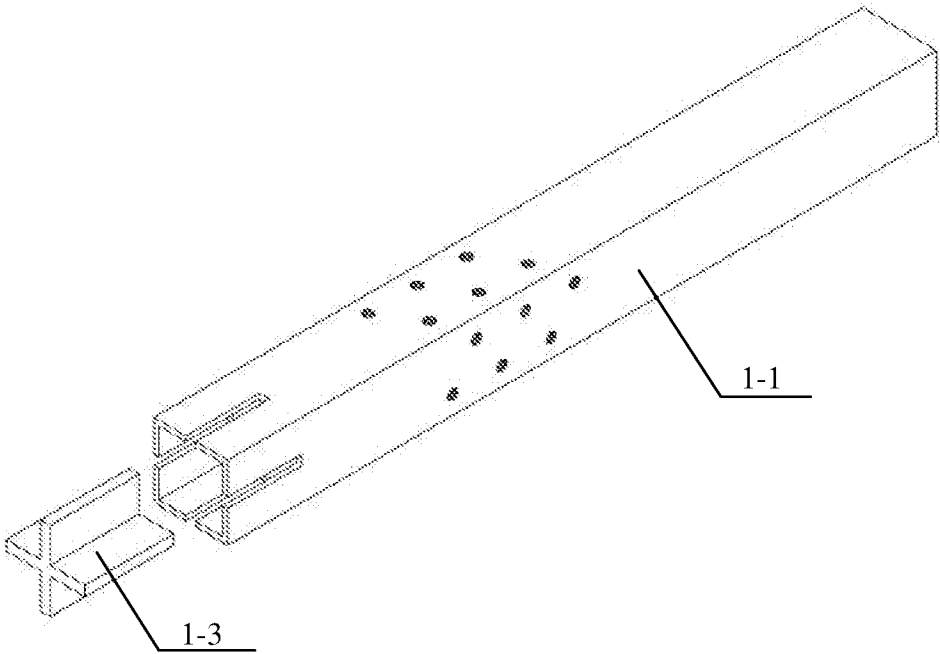


图 8

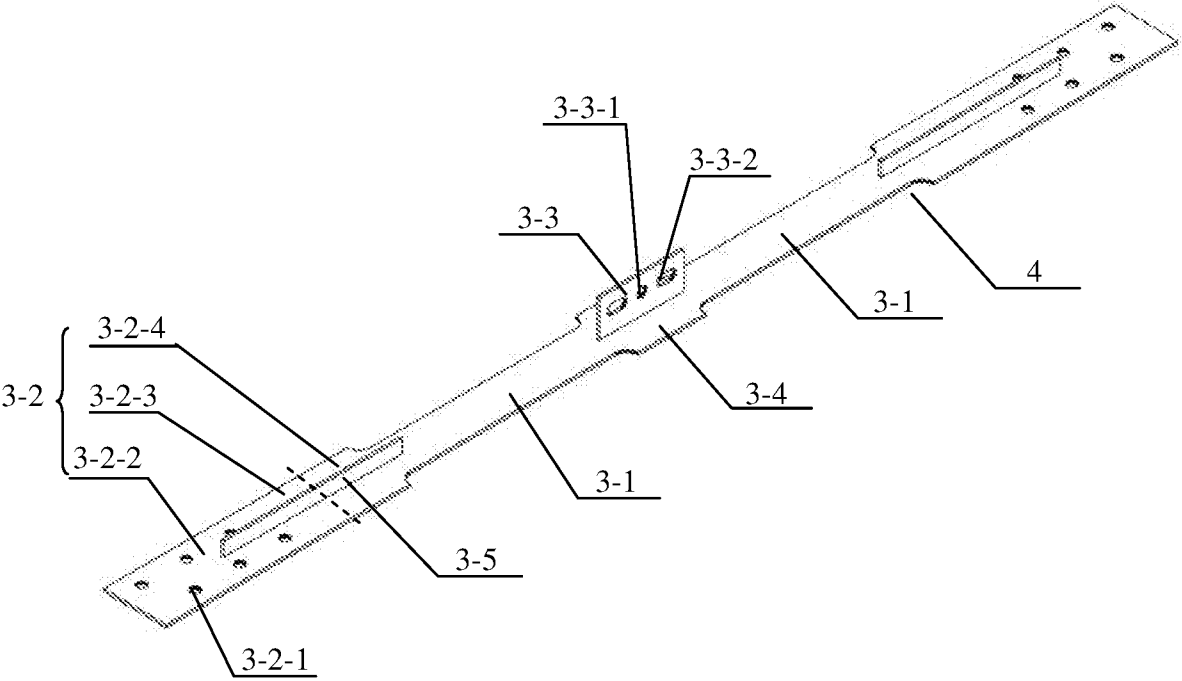


图 9

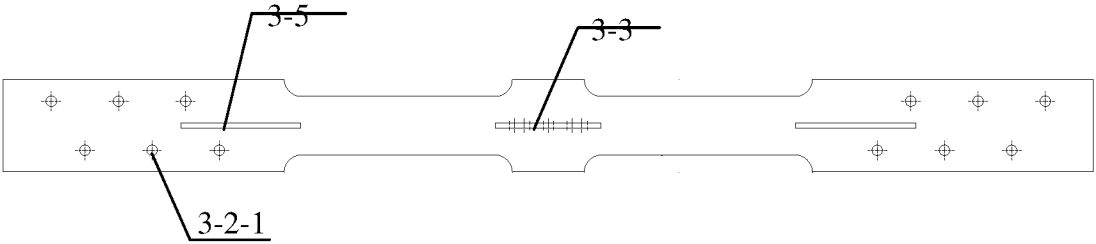


图 10

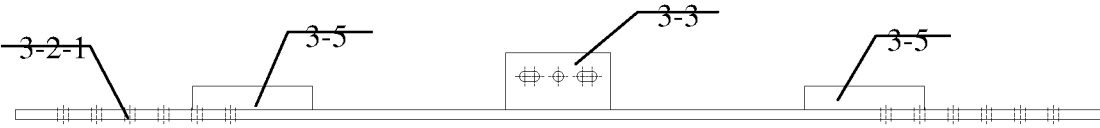
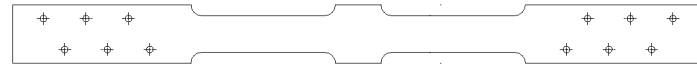
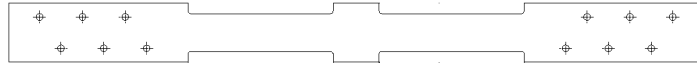


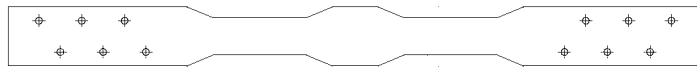
图 11



(a)



(b)

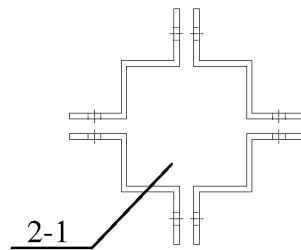


(c)

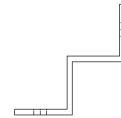


(d)

图 12



(a)



(b)

图 13

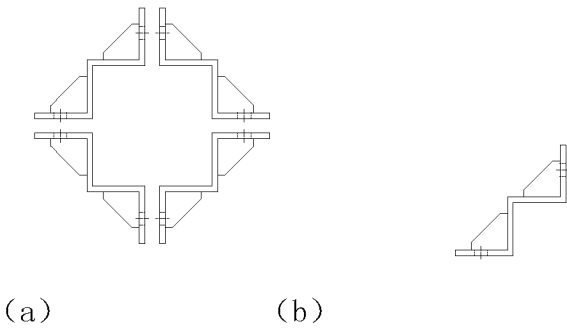


图 14

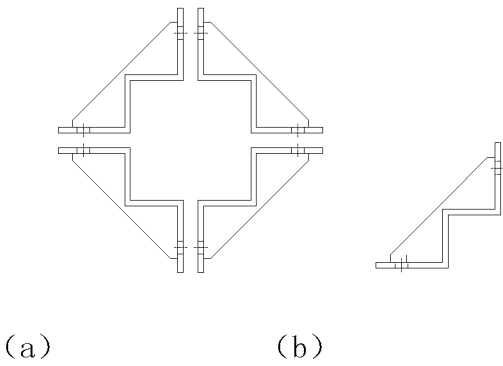


图 15

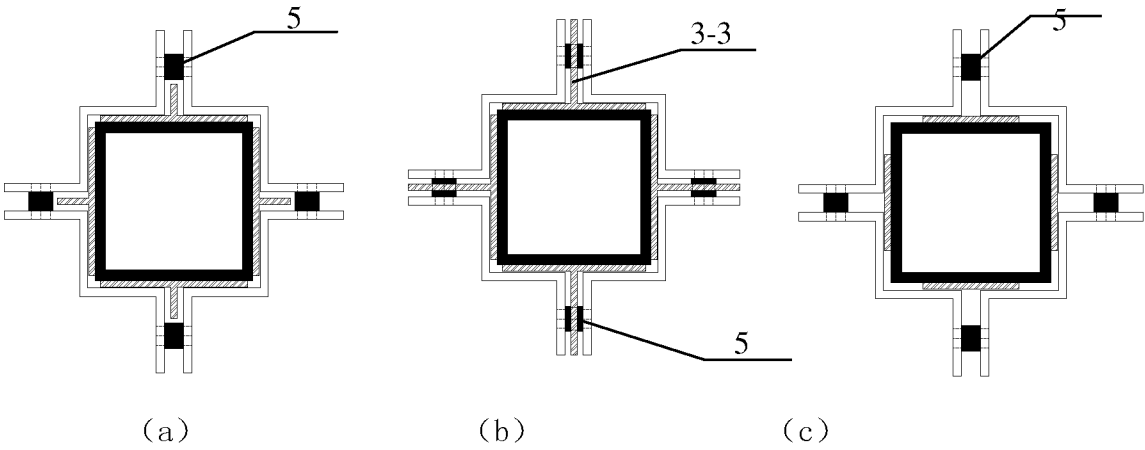
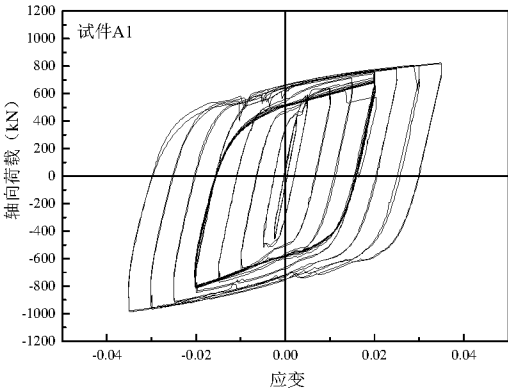
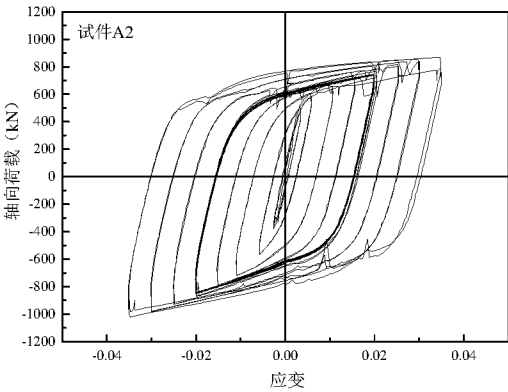


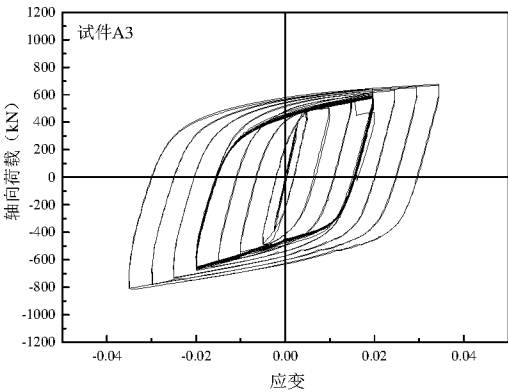
图 16



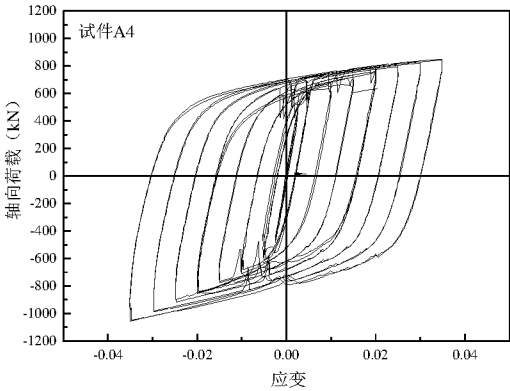
(a)



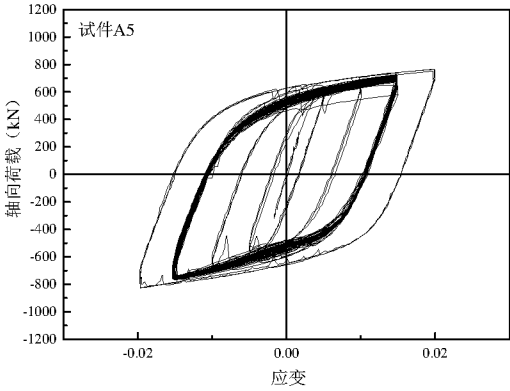
(b)



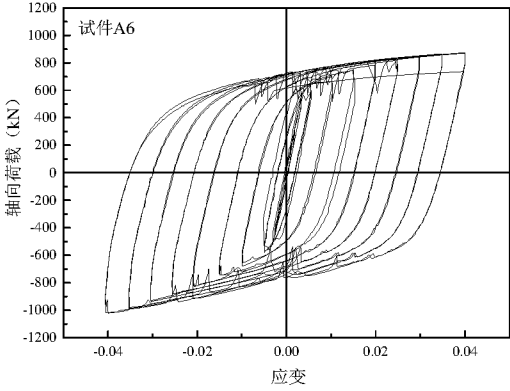
(c)



(d)



(e)



(f)

图 17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/092741

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

E04B 1/98(2006.01)i; E04H 9/02(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

E04B; E04H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS, CNTXT, CNKI, EPODOC, WPI, TWABS: 屈曲, 挫曲, 屈服, 约束, 支撑, 耗能, 装配, 拆卸, 组装, 组合, 替换, 更换, 套管, 套筒, 内, 外, buckling, yield, restrain, brace, BRB, dissipating, energy, assemble, replace, dismountable, detachable, removal, sleeve, inner, outer

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 107476459 A (SHANDONG UNIVERSITY) 15 December 2017 (2017-12-15) claims 1-10	1-10
PX	CN 207032556 U (SHANDONG UNIVERSITY) 23 February 2018 (2018-02-23) description, paragraphs 6-61, and figures 1-17	1-10
A	CN 201687219 U (HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 29 December 2010 (2010-12-29) description, paragraphs 11-24, and figures 1-11	1-10
A	CN 206309097 U (GUANGZHOU HUASEN BUILDING AND ENGINEERING DESIGN CONSULTANTS CO., LTD. ET AL.) 07 July 2017 (2017-07-07) description, paragraphs 19-25, and figures 1 and 2	1-10
A	CN 101509282 A (SOUTHEAST UNIVERSITY) 19 August 2009 (2009-08-19) entire document	1-10
A	TW 201116678 A (LIN, KEQIANG) 16 May 2011 (2011-05-16) entire document	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

22 August 2018

Date of mailing of the international search report

29 August 2018

Name and mailing address of the ISA/CN

State Intellectual Property Office of the P. R. China
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/092741**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KR 101403178 B1 (TOTAL STRUCTURAL ENG & CONST ET AL.) 02 June 2014 (2014-06-02) entire document	1-10
A	US 2014059950 A1 (BLUESCOPE BUILDINGS NORTH AMERICA INC.) 06 March 2014 (2014-03-06) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2018/092741

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	107476459	A	15 December 2017	None			
CN	207032556	U	23 February 2018	None			
CN	201687219	U	29 December 2010	None			
CN	206309097	U	07 July 2017	None			
CN	101509282	A	19 August 2009	None			
TW	201116678	A	16 May 2011	None			
KR	101403178	B1	02 June 2014	None			
US	2014059950	A1	06 March 2014	WO	2014039830	A1	13 March 2014
				CA	2884090	A1	13 March 2014
				US	9016007	B2	28 April 2015
				CA	2884090	C	11 October 2016
				MX	2015003008	A	05 October 2015
				US	2015197954	A1	16 July 2015
				US	9593504	B2	14 March 2017

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/092741

A. 主题的分类 E04B 1/98(2006.01)i; E04H 9/02(2006.01)i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类																										
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) E04B; E04H 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) CNABS, CNTXT, CNKI, EPODOC, WPI, TWABS: 屈曲, 挫曲, 屈服, 约束, 支撑, 耗能, 装配, 拆卸, 组装, 组合, 替换, 更换, 套管, 套筒, 内, 外, buckling, yield, restrain, brace, BRB, dissipating, energy, assemble, replace, dismountable, detachable, removal, sleeve, inner, outer																										
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 107476459 A (山东大学) 2017年 12月 15日 (2017 - 12 - 15) 权利要求1-10</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>CN 207032556 U (山东大学) 2018年 2月 23日 (2018 - 02 - 23) 说明书第6-61段, 图1-17</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 201687219 U (哈尔滨工业大学) 2010年 12月 29日 (2010 - 12 - 29) 说明书第11-24段, 图1-11</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 206309097 U (广州华森建筑与工程设计顾问有限公司 等) 2017年 7月 7日 (2017 - 07 - 07) 说明书第19-25段, 图1、2</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 101509282 A (东南大学) 2009年 8月 19日 (2009 - 08 - 19) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>TW 201116678 A (林克强) 2011年 5月 16日 (2011 - 05 - 16) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>KR 101403178 B1 (TOTAL STRUCTURAL ENG & CONST等) 2014年 6月 2日 (2014 - 06 - 02) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 107476459 A (山东大学) 2017年 12月 15日 (2017 - 12 - 15) 权利要求1-10	1-10	PX	CN 207032556 U (山东大学) 2018年 2月 23日 (2018 - 02 - 23) 说明书第6-61段, 图1-17	1-10	A	CN 201687219 U (哈尔滨工业大学) 2010年 12月 29日 (2010 - 12 - 29) 说明书第11-24段, 图1-11	1-10	A	CN 206309097 U (广州华森建筑与工程设计顾问有限公司 等) 2017年 7月 7日 (2017 - 07 - 07) 说明书第19-25段, 图1、2	1-10	A	CN 101509282 A (东南大学) 2009年 8月 19日 (2009 - 08 - 19) 全文	1-10	A	TW 201116678 A (林克强) 2011年 5月 16日 (2011 - 05 - 16) 全文	1-10	A	KR 101403178 B1 (TOTAL STRUCTURAL ENG & CONST等) 2014年 6月 2日 (2014 - 06 - 02) 全文	1-10
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																								
PX	CN 107476459 A (山东大学) 2017年 12月 15日 (2017 - 12 - 15) 权利要求1-10	1-10																								
PX	CN 207032556 U (山东大学) 2018年 2月 23日 (2018 - 02 - 23) 说明书第6-61段, 图1-17	1-10																								
A	CN 201687219 U (哈尔滨工业大学) 2010年 12月 29日 (2010 - 12 - 29) 说明书第11-24段, 图1-11	1-10																								
A	CN 206309097 U (广州华森建筑与工程设计顾问有限公司 等) 2017年 7月 7日 (2017 - 07 - 07) 说明书第19-25段, 图1、2	1-10																								
A	CN 101509282 A (东南大学) 2009年 8月 19日 (2009 - 08 - 19) 全文	1-10																								
A	TW 201116678 A (林克强) 2011年 5月 16日 (2011 - 05 - 16) 全文	1-10																								
A	KR 101403178 B1 (TOTAL STRUCTURAL ENG & CONST等) 2014年 6月 2日 (2014 - 06 - 02) 全文	1-10																								
☒ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																										
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																										
国际检索实际完成的日期 2018年 8月 22日		国际检索报告邮寄日期 2018年 8月 29日																								
ISA/CN的名称和邮寄地址 中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		授权官员 徐闻 电话号码 62084882																								

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/092741

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	US 2014059950 A1 (BLUESCOPE BUILDINGS NORTH AMERICA INC) 2014年 3月 6日 (2014 - 03 - 06) 全文	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/092741

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	107476459	A	2017年 12月 15日	无	
CN	207032556	U	2018年 2月 23日	无	
CN	201687219	U	2010年 12月 29日	无	
CN	206309097	U	2017年 7月 7日	无	
CN	101509282	A	2009年 8月 19日	无	
TW	201116678	A	2011年 5月 16日	无	
KR	101403178	B1	2014年 6月 2日	无	
US	2014059950	A1	2014年 3月 6日	WO 2014039830 A1	2014年 3月 13日
				CA 2884090 A1	2014年 3月 13日
				US 9016007 B2	2015年 4月 28日
				CA 2884090 C	2016年 10月 11日
				MX 2015003008 A	2015年 10月 5日
				US 2015197954 A1	2015年 7月 16日
				US 9593504 B2	2017年 3月 14日