



# (12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 211816916 U

(45) 授权公告日 2020. 10. 30

(21) 申请号 201921365662.3

E04H 9/02 (2006.01)

(22) 申请日 2019.08.20

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

(73) 专利权人 华南理工大学

地址 510640 广东省广州市天河区五山路  
381号

专利权人 北京堡瑞思减震科技有限公司

(72) 发明人 赵俊贤 陈熙隆 郭超海 杜永山  
韩伟 迟雪晶

(74) 专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限  
公司 44102

代理人 何淑珍 江裕强

(51) Int. Cl.

E04B 1/24 (2006.01)

E04B 1/58 (2006.01)

E04B 1/98 (2006.01)

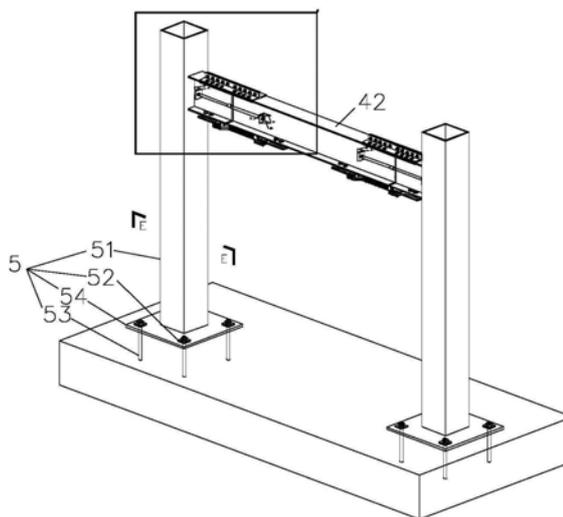
权利要求书2页 说明书7页 附图14页

## (54) 实用新型名称

一种由铰接柱与弹性复位梁组合的免预应力韧性钢结构

## (57) 摘要

本实用新型公开了一种由铰接柱与弹性复位梁组合的免预应力韧性钢结构。其包括一个弹性复位梁和两个柱脚铰接箱型柱；所述弹性复位梁包括两个悬臂段工字形钢梁、一个中间段工字形钢梁和屈曲约束高强钢棒，且悬臂段工字形钢梁固定在柱脚铰接箱型柱上，两悬臂段工字形钢梁之间连接中间段工字形钢梁，所述屈曲约束高强钢棒沿梁中轴线对称布置于腹板两侧，一端与悬臂段工字形钢梁腹板紧固连接，另一端与中间段工字形钢梁的腹板紧固连接；所述免预应力韧性钢结构左右对称设置。本实用新型在震后利用屈曲约束高强钢棒的弹性恢复力，配合铰接柱脚实现了在免预应力情况下节点和柱的整体自复位。通过拼接角钢提供抗剪承载力，解决了传统自复位节点抗剪能力弱的问题。



1. 一种由铰接柱与弹性复位梁组合的免预应力韧性钢结构,其特征在于,包括一个弹性复位梁(4)和两个柱脚铰接箱型柱(5);所述弹性复位梁(4)包括两个悬臂段工字形钢梁(41)、一个中间段工字形钢梁(42)和屈曲约束高强钢棒(46),且悬臂段工字形钢梁(41)固定在柱脚铰接箱型柱(5)上,两悬臂段工字形钢梁(41)之间连接中间段工字形钢梁(42),所述屈曲约束高强钢棒(46)沿梁中轴线对称布置于腹板两侧,一端与悬臂段工字形钢梁(41)腹板紧固连接,另一端与中间段工字形钢梁(42)的腹板紧固连接;所述免预应力韧性钢结构左右对称设置。

2. 根据权利要求1所述的一种由铰接柱与弹性复位梁组合的免预应力韧性钢结构,其特征在于,所述屈曲约束高强钢棒(46)包括一个高强度螺杆(461)、一个固定圆柱形螺母(462)、两个约束钢管(463)和一个中间段约束短钢管(464);固定圆柱形螺母(462)通过螺纹固定在高强度螺杆(461)中点位置,约束钢管(463)对称布置在固定圆柱形螺母(462)两侧,并通过对接焊缝与固定圆柱形螺母(462)紧固连接,两个约束钢管(463)的内径大于高强度螺杆(461)的直径,保证高强度螺杆(461)与两个约束钢管(463)之间预留有间隙;中间段约束短钢管(464)穿过固定圆柱形螺母(462),两端通过角焊缝分别与两个约束钢管(463)紧固连接,其中中间段约束短钢管(464)中点位置与高强度螺杆(461)中点位置对齐。

3. 根据权利要求1所述的一种由铰接柱与弹性复位梁组合的免预应力韧性钢结构,其特征在于,屈曲约束高强钢棒(46)两端与连接钢板(471)通过两侧高强螺母紧固连接,连接钢板(471)与两块传力钢板(472)通过对接焊缝紧固连接,连接钢板(471)的上下边缘分别与一个传力钢板(472)的上边缘以及另一个传力钢板(472)的下边缘一一对齐,悬臂段工字形钢梁(41)侧的传力钢板(472)通过两侧角焊缝与悬臂段工字形钢梁(41)腹板紧固连接,中间段工字形钢梁(42)侧的传力钢板(472)通过两侧角焊缝与中间段工字形钢梁(42)腹板紧固连接。

4. 根据权利要求1所述的一种由铰接柱与弹性复位梁组合的免预应力韧性钢结构,其特征在于,还包括屈曲约束耗能板(45),且一端固定在悬臂段工字形钢梁(41)下翼缘的下部,另一端固定在中间段工字形钢梁(42)下翼缘的下部;屈曲约束耗能板(45)由一字形芯板(451)、第一约束钢板(4521)、第二约束钢板(4522)和两个限位钢板(453)组成;一字形芯板(451)采用狗骨形状,在一字形芯板(451)的长度方向的两个侧面各加工一个与限位钢板(453)形状相吻合的凹槽,沿一字形芯板(451)长度方向的两端连接段上均开有槽孔,一字形芯板(451)定位于第一约束钢板(4521)与第二约束钢板(4522)之间,且限位钢板(453)定位于一字形芯板(451)两侧,以及限位钢板(453)与一字形芯板(451)结构相匹配,在限位钢板(453)上设置若干螺栓孔,以及在第一约束钢板(4521)、第二约束钢板(4522)分别与限位钢板(453)对应的位置设置螺栓孔,通过螺栓连接将一字形芯板(451)固定,第一约束钢板(4521)与两个限位钢板(453)通过角焊缝紧固连接,其中一字形芯板(451)的左侧面、右侧面、上侧面以及下侧面均粘有无粘结材料,一字形芯板(451)的厚度与两个限位钢板(453)的厚度不同,保证一字形芯板(451)上表面和下表面分别与第一约束钢板(4521)和第二约束钢板(4522)之间预留间隙;限位钢板(453)与一字形芯板(451)的屈服段间均预留间隙,保证一字形芯板的左侧面和右侧面分别与限位钢板之间均预留有间隙。

5. 根据权利要求4所述的一种由铰接柱与弹性复位梁组合的免预应力韧性钢结构,其特征在于,屈曲约束耗能板(45)还包括两个下摩擦垫板(454),且下摩擦垫板(454)通过角

焊缝以及对接焊缝固定连接在一字形芯板(451)的两端,两个下摩擦垫板(454)上表面采用喷砂处理,其摩擦系数不低于0.45,两个下摩擦垫板(454)上的槽形螺孔和一字形芯板(451)两端的槽形螺孔一一对应;悬臂段工字形钢梁(41)和中间段工字形钢梁(42)下翼缘的下部均通过焊缝连接固定上摩擦垫板(44),且悬臂段工字形钢梁(41)和中间段工字形钢梁(42)下翼缘的圆形螺孔与上摩擦垫板(44)的圆形螺孔一一对应,上摩擦垫板(44)下表面采用喷砂处理,其摩擦系数不低于0.45;上摩擦垫板(44)与下摩擦垫板(454)接触,且一字形芯板(451)、下摩擦垫板(454)、上摩擦垫板(44)和悬臂段工字形钢梁(41)或中间段工字形钢梁(42)的下翼缘从下至上依次排列,并通过螺栓连接。

6. 根据权利要求1所述的一种由铰接柱与弹性复位梁组合的免预应力韧性钢结构,其特征在于,还包括悬挂连接件(43),悬挂连接件(43)一端固定在悬臂段工字形钢梁(41)的上翼缘,另一端固定在中间段工字形钢梁(42)的上翼缘;悬挂连接件43包括两个竖向抗剪切板(431)、一个第一拼接角钢(4321)、一个第二拼接角钢(4322)、一个第一拼接钢板(4331)和一个第二拼接钢板(4332);第一拼接角钢(4321)、第二拼接角钢(4322)、第一拼接钢板(4331)和一个第二拼接钢板(4332)的长度相等,且长度等于竖向抗剪切板(431)长度的两倍加上中间段工字形钢梁(42)与悬臂段工字形钢梁(41)沿轴线方向的间隙;一个竖向抗剪切板(431)通过对接焊缝与悬臂段工字形钢梁(41)上翼缘上表面固定连接,另一个竖向抗剪切板(431)通过对接焊缝与中间段工字形钢梁(42)上翼缘上表面固定连接,第一拼接角钢(4321)的短侧板和第二拼接角钢(4322)的短侧板通过高强螺栓与竖向抗剪切板(431)固定连接,其中第一拼接角钢(4321)短侧板和第二拼接角钢(4322)短侧板对称布置在抗剪切板(431)两侧;第一拼接钢板(4331)分别与悬臂段工字形钢梁(41)上翼缘和中间段工字形钢梁(42)上翼缘以及第一拼接角钢(4321)长侧板通过高强螺栓固定连接,其中工字形钢梁上翼缘位于第一拼接钢板(4331)与第一拼接角钢(4321)长侧板之间;第二拼接钢板(4332)分别与悬臂段工字形钢梁(41)上翼缘和中间段工字形钢梁(42)上翼缘以及第二拼接角钢(4322)长侧板通过高强螺栓固定连接,其中工字形钢梁上翼缘位于第二拼接钢板(4332)与第二拼接角钢(4322)长侧板之间。

7. 根据权利要求1所述的一种由铰接柱与弹性复位梁组合的免预应力韧性钢结构,其特征在于,所述柱脚铰接箱型柱(5)包括箱型柱(51)、垫板(52)、锚栓(53)和底板(54),箱型柱(51)通过角焊缝与底板(54)固定连接,锚栓(53)穿过垫板(52)将底板(54)的四周与地基土固定连接;箱型柱(51)与悬臂段工字形钢梁(41)通过焊缝连接。

8. 根据权利要求2所述的一种由铰接柱与弹性复位梁组合的免预应力韧性钢结构,其特征在于,所述高强度螺杆(461)采用14.9级的高强螺栓制作。

## 一种由铰接柱与弹性复位梁组合的免预应力韧性钢结构

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及建筑结构抗震领域,尤其涉及一种由铰接柱与弹性复位梁组合的免预应力韧性钢结构。

### 背景技术

[0002] 我国是地震多发和地震灾害最严重的国家之一,以往震害表明,钢框架结构在地震中会在梁柱节点和柱脚节点处产生严重的塑性损伤,导致整体结构在震后产生严重的残余变形,难以对结构进行修复,不得不对原结构推倒重建,显著增加重建所需时间和成本。为此,当前建筑结构抗震设计的理念由以往的“防倒塌设计”转变为“可恢复设计”,其中自复位结构是一种可实现结构震后快速复位的新型结构体系,其技术思路是通过在梁柱节点中设置额外的预应力复位单元(预应力钢绞线等)对梁施加预压作用(如图1和2所示)。在较小的地震作用下,被预压构件的接触面通过预压作用保持较大的连接刚度以抵抗地震作用。在较大地震下,当接触面处产生的内力超过其预压作用,被预压构件可发生相对撬动变形以释放连接面刚度,减小主体结构的地震作用和内力,避免其进入塑性损伤状态,并通过设置在撬动变形处的耗能单元耗散地震能量,地震后通过复位单元克服结构残余变形实现自复位。从自复位结构的特点可知,其本质上仍依赖于预应力技术,具体会造成以下问题:

[0003] (1) 施工复杂:传统自复位结构需在施工现场对梁柱构件施加预应力,增加了现场施工的难度和施工周期,无法充分体现钢结构快速装配的施工优点。

[0004] (2) 抗剪性能差:梁柱构件的抗剪承载力完全依靠撬动后旋转中心点处的摩擦力,抗剪传力可靠性低,一旦预应力损失则容易产生钢梁抗剪失效滑脱的安全风险。

[0005] (3) 与楼板变形不协调:当梁柱构件发生撬动变形后,由于旋转中心位置在梁上下翼缘不断变换,造成楼板在负弯矩作用下(梁上翼缘张开)产生严重开裂(如图2所示),难以对楼板进行震后修复,且楼板约束效应也会降低在梁上翼缘设置的耗能单元的耗能能力。

[0006] (4) 减震效果降低:对于传统自复位结构,其实现震后自复位的关键技术要求在于,复位单元预应力所形成的复位弯矩需大于耗能单元内力产生的反向弯矩,因此会显著降低节点的耗能作用,导致节点的减震效果降低。

[0007] (5) 加速度反应大:传统自复位节点的梁柱构件反复撬动引起的碰撞和冲击会导致梁柱节点产生显著刚度突变,造成结构地震加速度响应增加,加剧非结构构件的破坏。

[0008] (6) 整体结构自复位能力弱:目前已有的自复位技术主要停留在梁柱节点层面的自复位,而实际震害表明,钢框架柱脚在地震中同样会产生严重的塑性损伤并引起显著残余变形,因此需从整体结构层面提出行之有效的结构自复位技术。

### 实用新型内容

[0009] 本实用新型的目的是提供一种由铰接柱与弹性复位梁组合的免预应力韧性钢结构,从本质上解决传统自复位钢结构因采用预应力而引起的系列技术难题,从整体结构层面实现震后自复位。

[0010] 本实用新型的目的至少通过如下技术方案之一实现。

[0011] 一种由铰接柱与弹性复位梁组合的免预应力韧性钢结构,包括一个弹性复位梁和两个柱脚铰接箱型柱;所述弹性复位梁包括两个悬臂段工字形钢梁、一个中间段工字形钢梁和屈曲约束高强钢棒,且悬臂段工字形钢梁固定在柱脚铰接箱型柱上,两悬臂段工字形钢梁之间连接中间段工字形钢梁,所述屈曲约束高强钢棒沿梁中轴线对称布置于腹板两侧,一端与悬臂段工字形钢梁腹板固定连接,另一端与中间段工字形钢梁的腹板固定连接;所述免预应力韧性钢结构左右对称设置,即其左右两侧结构相同。

[0012] 进一步的,所述屈曲约束高强钢棒包括一个高强度螺杆、一个固定圆柱形螺母、两个约束钢管和一个中间段约束短钢管;固定圆柱形螺母通过螺纹固定在高强度螺杆中点位置,约束钢管对称布置在固定圆柱形螺母两侧,并通过对接焊缝与固定圆柱形螺母固定连接,两个约束钢管的内径大于高强度螺杆的直径,保证高强度螺杆与两个约束钢管之间预留有间隙;中间段约束短钢管穿过固定圆柱形螺母,两端通过角焊缝分别与两个约束钢管固定连接,其中中间段约束短钢管中点位置与高强度螺杆中点位置对齐。

[0013] 进一步的,高强度螺杆两端与连接钢板通过两侧高强螺母固定连接,即屈曲约束高强钢棒两端与连接钢板通过两侧高强螺母固定连接,连接钢板与两块传力钢板通过对接焊缝固定连接,连接钢板的上下边缘分别与一个传力钢板的上边缘以及另一个传力钢板的下边缘一一对齐,悬臂段工字形钢梁侧的传力钢板通过两侧角焊缝与悬臂段工字形钢梁腹板固定连接,中间段工字形钢梁侧的传力钢板通过两侧角焊缝与中间段工字形钢梁腹板固定连接。

[0014] 进一步的,还包括屈曲约束耗能板,且一端固定在悬臂段工字形钢梁下翼缘的下部,另一端固定在中间段工字形钢梁下翼缘的下部;屈曲约束耗能板由一字形芯板、第一约束钢板、第二约束钢板和两个限位钢板组成;一字形芯板采用狗骨形状,在一字形芯板的长度方向的两个侧面各加工一个与限位钢板形状相吻合的凹槽,沿一字形芯板长度方向的两端连接段上均开有槽孔,一字形芯板定位于第一约束钢板与第二约束钢板之间,且限位钢板定位于一字形芯板两侧,以及限位钢板与一字形芯板结构相匹配,在限位钢板上设置若干螺栓孔,以及在第一约束钢板、第二约束钢板分别与限位钢板对应的位置设置螺栓孔,通过螺栓连接将一字形芯板固定,第一约束钢板与两个限位钢板通过角焊缝固定连接,其中一字形芯板的左侧面、右侧面、上侧面以及下侧面均粘有无粘结材料,一字形芯板的厚度与两个限位钢板的厚度不同,保证一字形芯板上表面和下表面分别与第一约束钢板和第二约束钢板之间预留间隙;限位钢板与一字形芯板的屈服段间均预留间隙,保证一字形芯板的左侧面和右侧面分别与限位钢板之间留有间隙。所述一字形芯板两端扩大段伸入约束钢板内部,伸入长度不小于一字形芯板两端扩大段宽度,从而防止一字形芯板在受到面外的力时产生面外的变形。

[0015] 进一步的,屈曲约束耗能板还包括两个下摩擦垫板,且下摩擦垫板通过角焊缝以及对接焊缝固定连接在一字形芯板的两端,两个下摩擦垫板上表面采用喷砂处理,其摩擦系数不低于0.45,两个下摩擦垫板上的槽形螺孔和一字形芯板两端的槽形螺孔一一对应;悬臂段工字形钢梁和中间段工字形钢梁下翼缘的下部均通过焊缝连接固定上摩擦垫板,且悬臂段工字形钢梁和中间段工字形钢梁下翼缘的圆形螺孔与上摩擦垫板的圆形螺孔一一对应,上摩擦垫板下表面采用喷砂处理,其摩擦系数不低于0.45;上摩擦垫板与下摩擦垫板

接触,且一字形芯板、下摩擦垫板、上摩擦垫板和悬臂段工字形钢梁或中间段工字形钢梁的下翼缘从下至上依次排列,并通过螺栓连接。

[0016] 进一步的,还包括悬挂连接件,悬挂连接件一端固定在悬臂段工字形钢梁的上翼缘,另一端固定在中间段工字形钢梁的上翼缘;悬挂连接件包括两个竖向抗剪切板、一个第一拼接角钢、一个第二拼接角钢、一个第一拼接钢板和一个第二拼接钢板;第一拼接角钢、第二拼接角钢、第一拼接钢板和一个第二拼接钢板的长度相等,且长度等于竖向抗剪切板长度的两倍加上中间段工字形钢梁与悬臂段工字形钢梁沿轴线方向的间隙;一个竖向抗剪切板通过对接焊缝与悬臂段工字形钢梁上翼缘上表面紧固连接,另一个竖向抗剪切板通过对接焊缝与中间段工字形钢梁上翼缘上表面紧固连接,第一拼接角钢的短侧板和第二拼接角钢的短侧板通过高强螺栓与竖向抗剪切板紧固连接,其中第一拼接角钢短侧板和第二拼接角钢短侧板对称布置在抗剪切板两侧;第一拼接钢板分别与悬臂段工字形钢梁上翼缘和中间段工字形钢梁上翼缘以及第一拼接角钢长侧板通过高强螺栓紧固连接,其中工字形钢梁上翼缘位于第一拼接钢板与第一拼接角钢长侧板之间;第二拼接钢板分别与悬臂段工字形钢梁上翼缘和中间段工字形钢梁上翼缘以及第二拼接角钢长侧板通过高强螺栓紧固连接,其中工字形钢梁上翼缘位于第二拼接钢板与第二拼接角钢长侧板之间。

[0017] 进一步的,所述柱脚铰接箱型柱包括箱型柱、垫板、锚栓和底板,箱型柱通过角焊缝与底板紧固连接,锚栓穿过垫板将底板的四周与地基土紧固连接;箱型柱与悬臂段工字形钢梁通过焊缝连接。

[0018] 进一步的,所述高强度螺杆采用14.9级的高强螺栓制作。

[0019] 本实用新型的工作原理是:在竖向荷载作用下,悬挂连接件主要承担梁端的竖向剪力;在小震作用下,屈曲约束耗能板和屈曲约束高强钢棒均保持弹性,且二者共同承担水平地震作用下所产生的梁端弯矩;而悬挂连接件主要承担水平地震作用所产生的附加梁端剪力;在中大震下屈曲耗能约束板率先屈服耗能(力臂长且屈服强度低),梁柱节点的相对转动刚度变小,减小了结构的地震作用而屈曲约束高强钢棒(力臂短且弹性变形能力大)及主体结构保持弹性状态。屈曲约束高强钢棒的设置同时增加了节点的屈服后第二刚度,避免了某一楼层产生变形集中的现象,减小主体结构震后残余变形。震后,可以配合屈曲约束耗能板两端的开槽孔的设计,在地震后可释放屈曲约束耗能板与梁的螺栓预紧力,利用滑槽释放耗能板对悬臂段和中间段工字形钢梁的内力约束,通过屈曲约束高强钢棒的弹性恢复力实现节点的自复位,再配合柱脚铰接箱型柱中底板的弯曲刚度弱而不能约束箱型柱转动变形的特点(如图9所示),实现结构的整体免预应力自复位。

[0020] 本实用新型具有以下有益效果:

[0021] (1) 提出采用钢管对高强螺杆进行约束以实现拉压弹性且不会发生屈曲的复位单元,与两端开槽孔的屈曲约束耗能板配合使用,在地震后可释放屈曲约束耗能板与梁的螺栓预紧力,利用滑槽释放耗能板对悬臂段和中间段工字形钢梁的内力约束,通过高强螺杆弹性恢复力实现节点的自复位,实现了在免除预应力情况下的梁柱节点自复位效果。

[0022] (2) 提出铰接柱与弹性复位梁配合使用,避免柱脚在强震下产生严重塑性损伤,利用柱脚底板弯曲刚度弱的特点释放了底板对柱脚的约束刚度,通过弹性复位梁复位单元的弹性复位弯矩实现了在免预应力情况下节点和柱的整体自复位。

[0023] (3) 提出把屈曲约束耗能板两端扩大段伸入约束钢板的构造,可对悬臂段和中间

段工字型钢梁的平面外扭转变形起有效约束作用,有效保证了双向地震下悬臂段和中间段工字型钢梁在平面外方向的整体性,避免了梁段扭转变形而引起耗能和自复位失效的问题。

[0024] (4) 免除了施工现场的预应力工艺,显著提高整体结构的施工效率,解决了预应力损失的问题,提高了结构复位的可靠性。

[0025] (5) 通过梁上翼缘顶部的拼接角钢为钢梁提供抗剪承载力,解决了传统自复位节点仅依靠摩擦力传递竖向剪力引起的抗剪失效问题。

### 附图说明

[0026] 图1是现有预应力自复位梁柱节点正弯矩变形图;

[0027] 图2是现有预应力自复位耗能梁柱节点负弯矩变形图;

[0028] 图3a是本实用新型的整体结构立体示意图;

[0029] 图3b是本实用新型的整体结构局部放大图;

[0030] 图4是本实用新型的弹性复位梁立体示意图;

[0031] 图5是图3b的A-A剖视图;

[0032] 图6是图3b的B-B剖视图;

[0033] 图7是图3b的C-C剖视图;

[0034] 图8是图3b的D-D剖视图;

[0035] 图9是图3a的E-E剖视图;

[0036] 图10是柱脚铰接箱型柱变形图;

[0037] 图11是本实用新型一种由铰接柱与弹性复位梁组合的免预应力韧性钢结构的组装第一步和第二步的示意图;

[0038] 图12是本实用新型一种由铰接柱与弹性复位梁组合的免预应力韧性钢结构的组装第三步和第四步的示意图;

[0039] 图13是本实用新型一种由铰接柱与弹性复位梁组合的免预应力韧性钢结构的组装第五步和第六步的示意图;

[0040] 图14是本实用新型中屈曲约束耗能板的组装示意图;

[0041] 图15是本实用新型中屈曲约束高强钢棒的组装示意图;

[0042] 其中:1-预应力束;2-耗能设备;3-楼板;31-楼板裂缝;4-弹性复位梁;41-悬臂段工字形钢梁;42-中间段工字形钢梁;43-悬挂连接件431-竖向抗剪切板;4321-第一拼接角钢;4322-第二拼接角钢;4331-第一拼接钢板;4332-第二拼接钢板;44-上摩擦垫板;45-屈曲约束耗能板;451-一字形芯板;4521-第一约束钢板;4522-第二约束钢板;453-限位钢板;454-下摩擦垫板;46-屈曲约束高强钢棒;461-高强度螺杆;462-固定圆柱形螺母;463-约束钢管;464-中间段约束短钢管;471-连接钢板;472-传力钢板;5-柱脚铰接箱型柱;51-箱型柱;52-垫板;53-锚栓;54-底板。

### 具体实施方式

[0043] 以下结合具体实施例和附图对本实用新型的具体实施作进一步说明,但本实用新型的实施不限于此。

[0044] 实施例1

[0045] 结合图3a、图3b-图9、图13进行说明,一种由铰接柱与弹性复位梁组合的免预应力韧性钢结构,包括一个弹性复位梁4、两个柱脚铰接箱型柱5;一个弹性复位梁4包括两个悬臂段工字形钢梁41、一个中间段工字形钢梁42、两个悬挂连接件43、四个上摩擦垫板44、两个屈曲约束耗能板45以及四个屈曲约束高强钢棒46;两悬臂段工字形钢梁41之间连接中间段工字形钢梁42,四个屈曲约束高强钢棒46分别沿梁中轴线对称固定布置在梁腹板的两侧,起到连接悬臂段工字形钢梁41和中间段工字形钢梁42的作用,所述免预应力韧性钢结构左右对称设置。其中一个屈曲约束高强钢棒46两端与两个连接钢板471采用高强度螺母进行紧固连接(如图13所示),两个连接钢板471均与两块传力钢板472通过对接焊缝紧固连接,其中一个连接钢板471的上下边缘分别与一个传力钢板472的上边缘和一个传力钢板472的下边缘一一对齐,左端的两个传力钢板472通过两侧角焊缝与悬臂段工字形钢梁41腹板紧固连接,右端的两个传力钢板通过两侧角焊缝与中间段工字形钢梁42腹板紧固连接;屈曲约束高强钢棒46结构均相同。

[0046] 四个上摩擦垫板44分别通过焊缝连接固定在两个悬臂段工字形钢梁41和中间段工字形钢梁42两端下翼缘的下部,其中圆形螺孔一一对应,四个上摩擦垫板44下表面采用喷砂处理,其摩擦系数不低于0.45;两个屈曲约束耗能板45设置在工字形钢梁下翼缘的下部,其中一个屈曲约束耗能板45两端分别通过若干个高强度螺栓与两个上摩擦垫板44紧固连接;一个悬挂连接件43两端分别固定在悬臂段工字形钢梁41和中间段工字形钢梁42上;结构的两侧悬臂段工字形钢梁41通过焊缝连接与两个柱脚铰接箱型柱5刚接,本实施方式的一种由铰接柱与弹性复位梁组合的免预应力韧性钢结构的两个悬臂段工字形钢梁41中轴线与中间段工字形钢梁42中轴线对齐。

[0047] 结合图15进行说明,本实施方式的一个屈曲约束高强钢棒46由一个高强度螺杆461、一个固定圆柱形螺母462、两个约束钢管463和一个中间段约束短钢管464组成;固定圆柱形螺母462通过螺纹固定在高强度螺杆461中点位置,两个约束钢管463对称布置在固定圆柱形螺母462两侧,并通过对接焊缝与固定圆柱形螺母462紧固连接,两个约束钢管463的内径大于高强度螺杆461的直径,保证高强度螺杆461与两个约束钢管463之间有1-2mm的间隙;中间段约束短钢管464两端通过角焊缝分别与两个约束钢管463紧固连接,其中中间段约束短钢管464中点位置与高强螺栓461中点位置对齐。整体结构的四个屈曲约束高强钢棒46均如此设置。如此设置,结构简单,可以有效解决高强螺栓461受压整体失稳的问题。其它实施例与上均相同。

[0048] 结合图12、图14进行说明,屈曲约束耗能板45由一个一字形芯板451、一个第一约束钢板4521、一个第二约束钢板4522、两个限位钢板453和两个下摩擦垫板454组成;一字形芯板451采用狗骨形状,在一字形芯板451的长度方向的两个侧面上各加工一个与两个限位钢板453形状相互吻合的凹槽,第一约束钢板4521与两个限位钢板453通过角焊缝紧固连接,在限位钢板453上设置若干螺栓孔,第一约束钢板4521和第二约束钢板4522上的螺孔均与两个限位钢板453上的螺孔一一对应;一字形芯板451通过凹槽安装在两个限位钢板453之间,且定位于第一约束钢板4521与第二约束钢板4522之间,第二约束钢板4522通过若干个高强度螺栓与两个限位钢板453以及第一约束钢板4521紧固连接,并将一字形芯板451固定,其中一字形芯板451的左侧面、右侧面、上侧面以及下侧面均粘有无粘结材料,一字形芯

板451的厚度与两个限位钢板 453的厚度相差2mm,保证一字形芯板451上表面和下表面分别与第一约束钢板4521和第二约束钢板4522之间的间隙为1mm,两个限位钢板453宽度方向的相对距离与一字形芯板451屈服段的宽度相差4mm,保证一字形芯板451的左侧面和右侧面分别与限位钢板453之间的间隙为2mm;两个下摩擦垫板454 分别与一字形芯板451的两端通过角焊缝以及对接焊缝固定连接,两个下摩擦垫板454上表面采用喷砂处理,其摩擦系数不低于0.45,两个下摩擦垫板454 上的槽形螺孔和一字芯板451两端的槽形螺孔一一对应。整体结构的两个屈曲约束耗能板45均如此设置。如此设置,连接可靠。其它实施方式一相同。

[0049] 悬臂段工字形钢梁41和中间段工字形钢梁42下翼缘的下部均通过焊缝连接固定上摩擦垫板44,且悬臂段工字形钢梁41和中间段工字形钢梁42下翼缘的圆形螺孔与上摩擦垫板44的圆形螺孔一一对应,上摩擦垫板44下表面采用喷砂处理,其摩擦系数不低于0.45;上摩擦垫板44与下摩擦垫板454接触,且一字形芯板451、下摩擦垫板454、上摩擦垫板44和悬臂段工字形钢梁41或中间段工字形钢梁42的下翼缘从下至上依次排列,并通过螺栓连接。

[0050] 结合图3a、图3b-图9、图12进行说明,悬挂连接件43悬挂连接件43一端固定在悬臂段工字形钢梁41的上翼缘,另一端固定在中间段工字形钢梁42的上翼缘;包括两个竖向抗剪切板431、一个第一拼接角钢4321、一个第二拼接角钢4322、一个第一拼接钢板4331和一个第二拼接钢板4332;第一拼接角钢4321、第二拼接角钢4322、第一拼接钢板4331和一个第二拼接钢板4332的长度相等,且长度等于竖向抗剪切板431长度的两倍加上中间段工字形钢梁42与悬臂段工字形钢梁41沿轴线方向的间隙;其中两个竖向抗剪切板431分别通过对接焊缝与悬臂段工字形钢梁41和中间段工字形钢梁42固定连接;第一拼接角钢4321的短侧板和第二拼接角钢4322的短侧板通过高强度螺栓与两个抗剪切板431固定连接,其中第一拼接角钢4321和第二拼接角钢4322的短侧板上的圆形螺孔与两个抗剪切板431上的圆形螺孔一一对应,通过高强螺栓固定,且第一拼接角钢4321短侧板和第二拼接角钢4322短侧板对称布置在抗剪切板431两侧;

[0051] 第一拼接钢板4331分别与悬臂段工字形钢梁41上翼缘和中间段工字形钢梁42上翼缘以及第一拼接角钢4321长侧板通过高强度螺栓固定连接,其中工字形钢梁翼缘位于第一拼接钢板4331与第一拼接角钢4321长侧板之间;第二拼接钢板4332分别与悬臂段工字形钢梁41上翼缘和中间段工字形钢梁42上翼缘以及第二拼接角钢4322长侧板通过高强度螺栓固定连接,其中工字形钢梁上翼缘位于第二拼接钢板4332与第二拼接角钢4322长侧板之间。整体结构的两个悬挂连接件43均如此设置。如此设置,结构简单,容易安装,对建筑使用功能不受限制。其它实施方式一相同。

[0052] 结合图9-图12进行说明,本实施方式的一个柱脚铰接箱型柱5由一个箱型柱51、四个垫板52、四个锚栓53以及一个底板54组成,箱型柱51通过角焊缝与底板54固定连接,底板54通过四个锚栓53与地基土固定连接,其中四个垫板52起到扩大受力面积的作用,使得受力更加均匀。两个柱脚铰接箱型柱均如此设置。如此设置,结构简单,保证柱脚不传递弯矩,底板54无法约束箱型柱51的变形,发挥铰接柱脚的作用。箱型柱51与悬臂段工字形钢梁41通过焊缝连接。

[0053] 根据图11-图13所示,本实用新型的一种由铰接柱与弹性复位梁组合的免预应力

韧性钢结构的加工方法是按以下步骤实现的：步骤一、两个箱型柱51与两个悬臂段工字形钢梁41通过焊缝刚接，两个箱型柱51与两个底板54通过角焊缝紧固连接，再将两个底板54通过锚栓53和垫板52与基础紧固连接；步骤二、中间段工字形钢梁42两端分别和两个悬臂段工字形钢梁41通过两个悬挂连接件43连接；步骤三、四个上摩擦垫板44根据螺栓孔一一对应的原则确定安装位置，与两个悬臂段工字形钢梁41下翼缘以及一个中间段工字形钢梁42下翼缘通过对接焊缝和角焊缝紧固连接，待主要的竖向荷载都施加到梁上后（如现浇混凝土楼板、隔墙等）再把两个屈曲约束耗能板45通过高强度螺栓与两个悬臂段工字形钢梁41以及一个中间段工字形钢梁42的下翼缘紧固连接，其中屈曲约束耗能板45上的下摩擦垫板454的槽形螺栓孔与上摩擦垫板44上的圆形螺栓孔一一对应；步骤四、两个传力钢板472通过对接焊缝与连接钢板471 紧固连接，两个传力钢板通过角焊缝与悬臂段工字形钢梁41腹板紧固连接，并保证梁端的中轴线与连接钢板471的长边中轴线重合，待一个屈曲约束高强钢棒46通过两个高强度螺母与一个连接钢板471紧固连接后，两个高强度螺母对称布置于连接钢板471的两侧，再按照相应的流程完成另一端一个连接钢板471、两个传力钢板472以及中间段工字形钢梁42三者之间相互的拼接和固定，并用高强度螺栓完成屈曲约束高强钢棒46另一端的紧固连接，另外三组屈曲约束高强钢棒46的紧固连接流程同理。

[0054] 以上所述，仅为本实用新型的较佳实施例而已，并非对本实用新型做任何形式上的限定。凡本领域的技术人员利用本实用新型的技术方案对上述实施例作出的任何等同的变动、修饰或演变等，均仍属于本实用新型技术方案的范围。

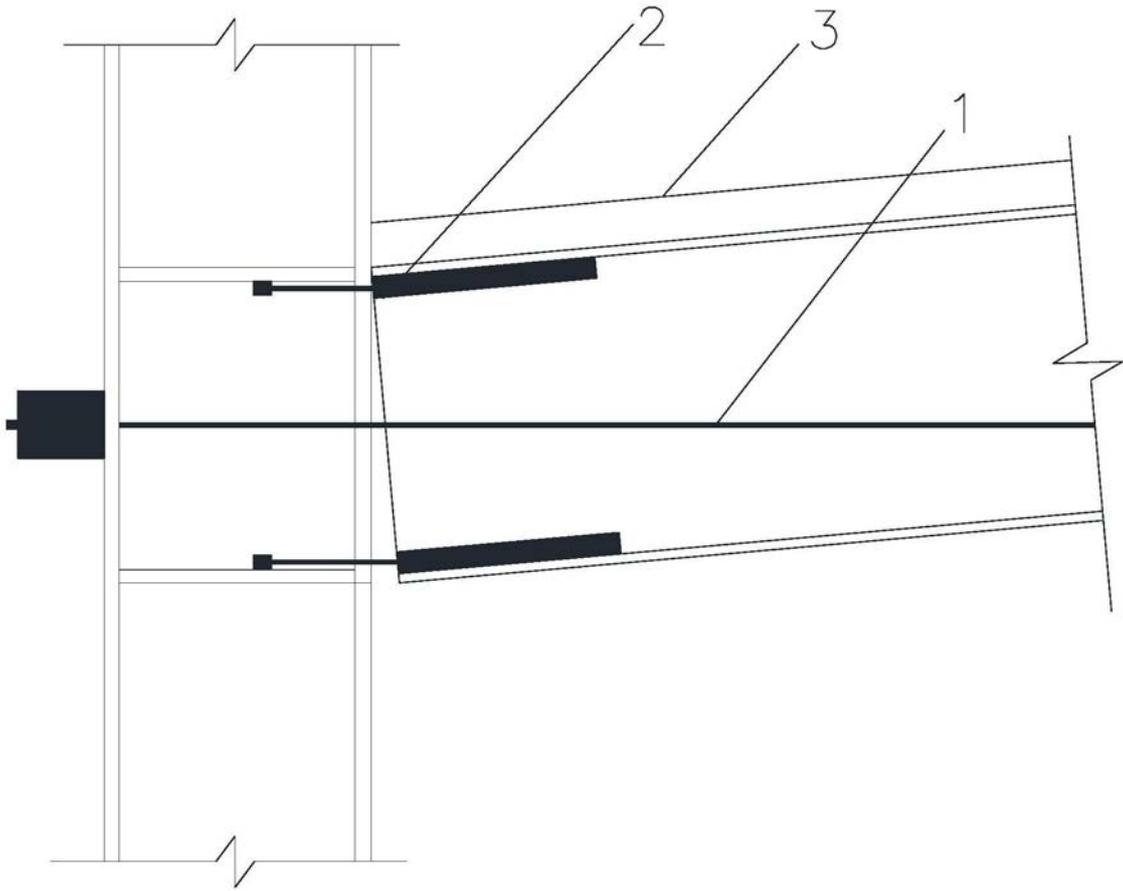


图1

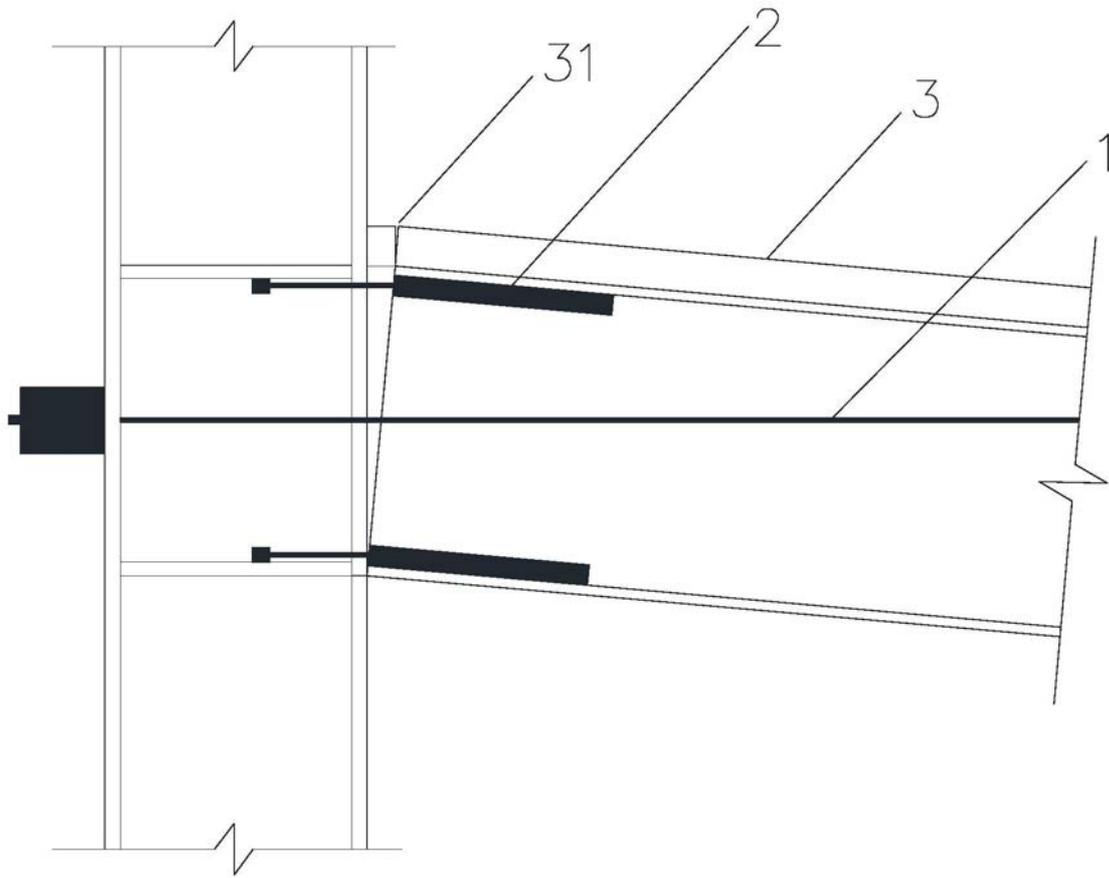


图2

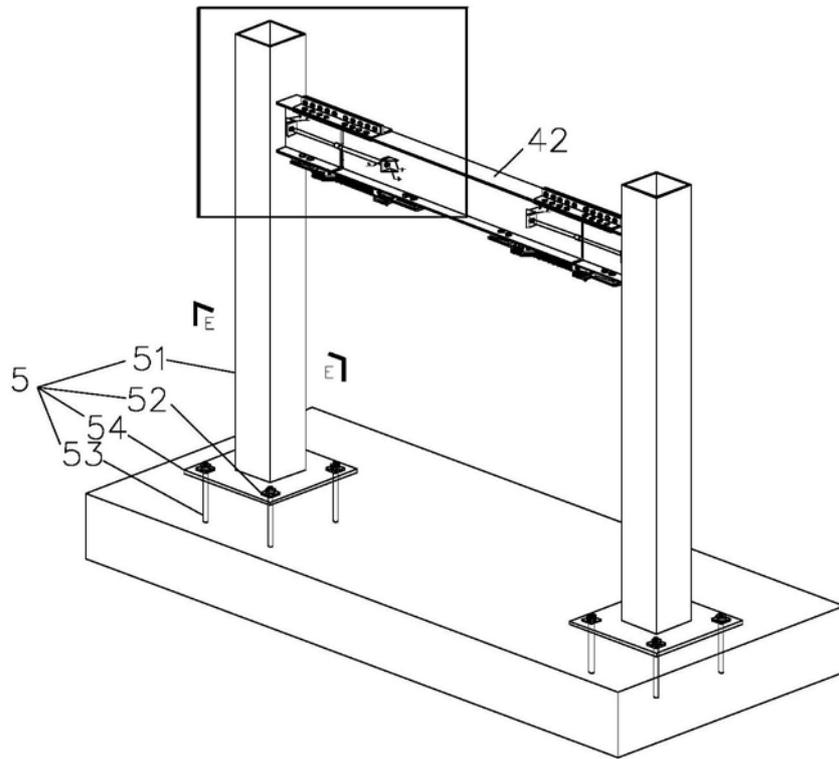


图3a

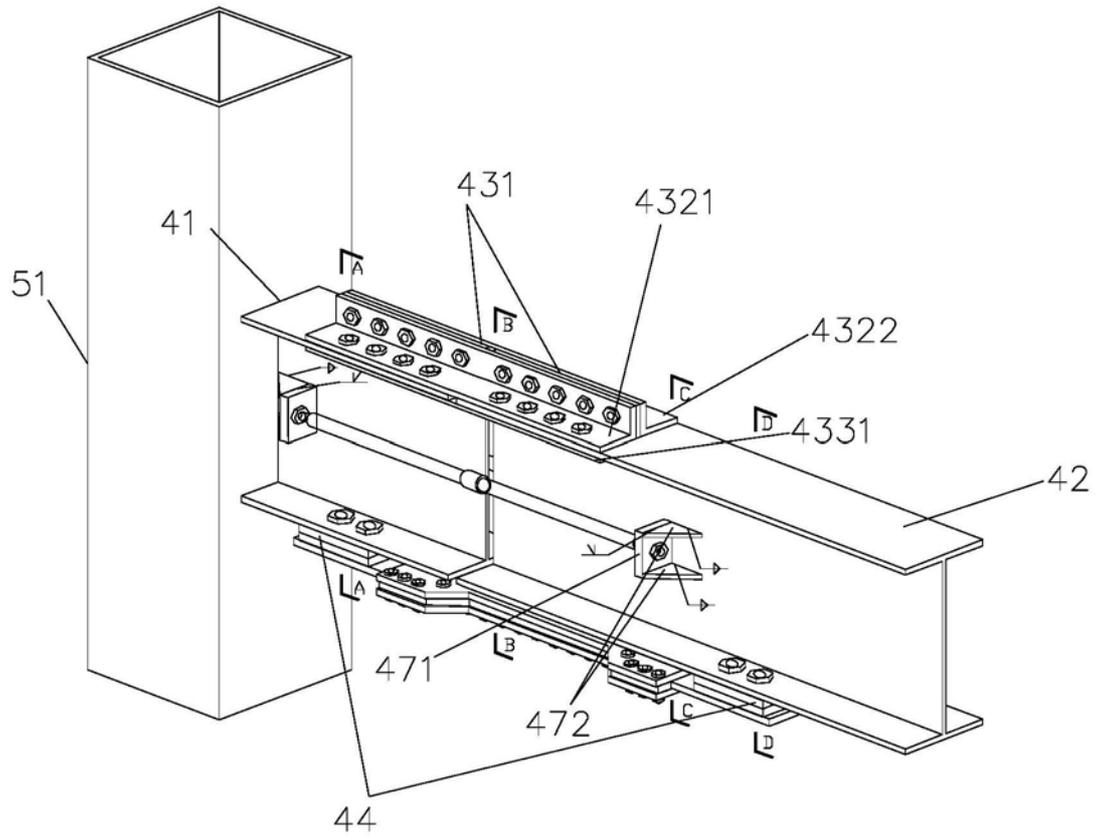


图3b

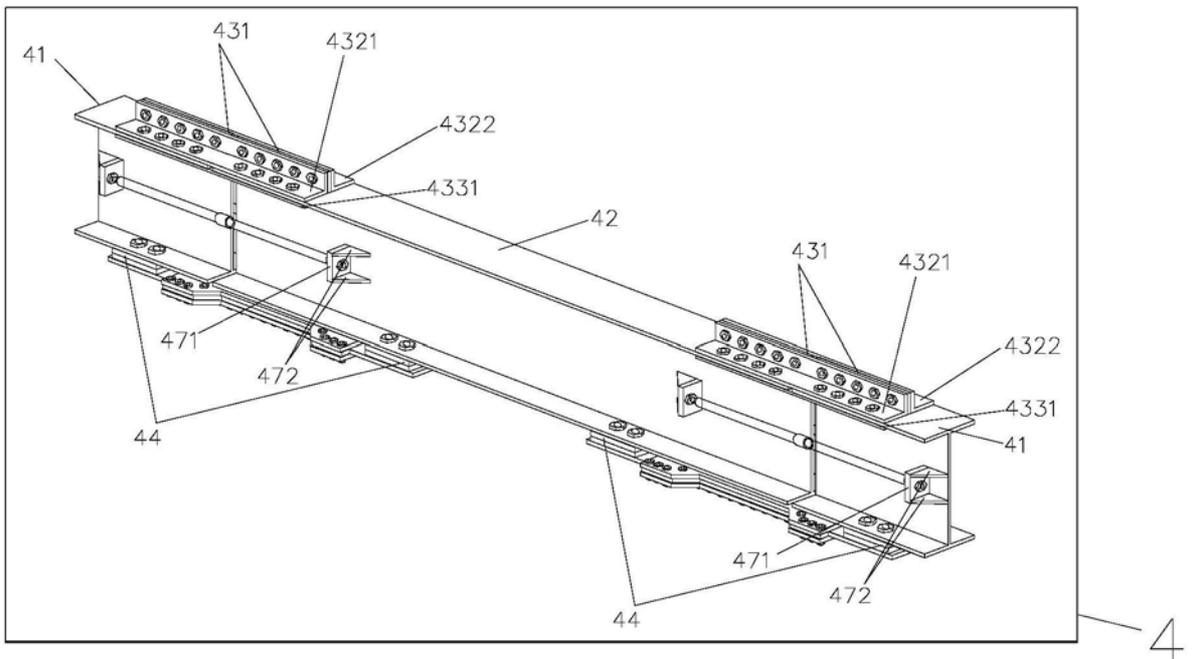


图4

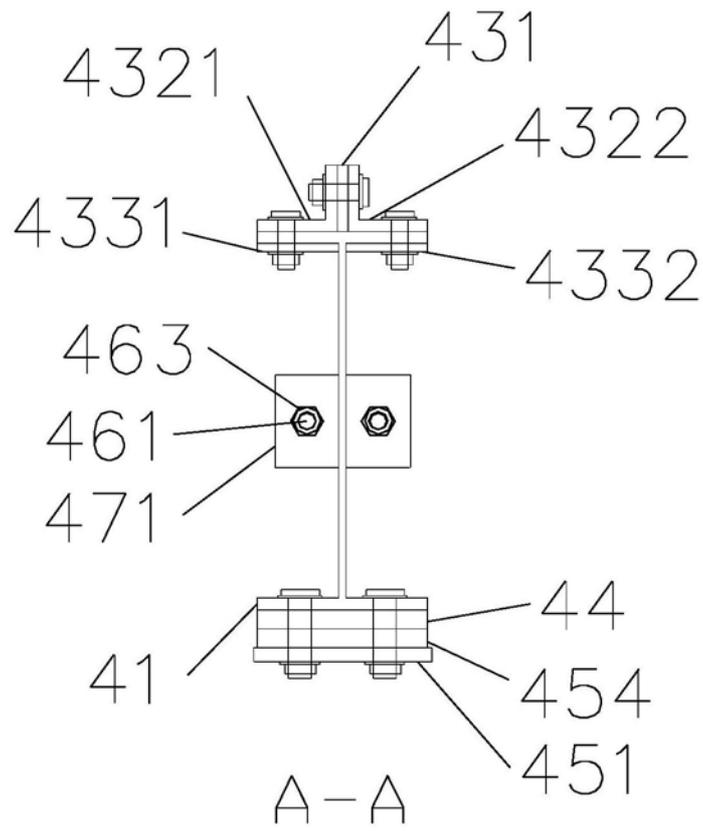


图5

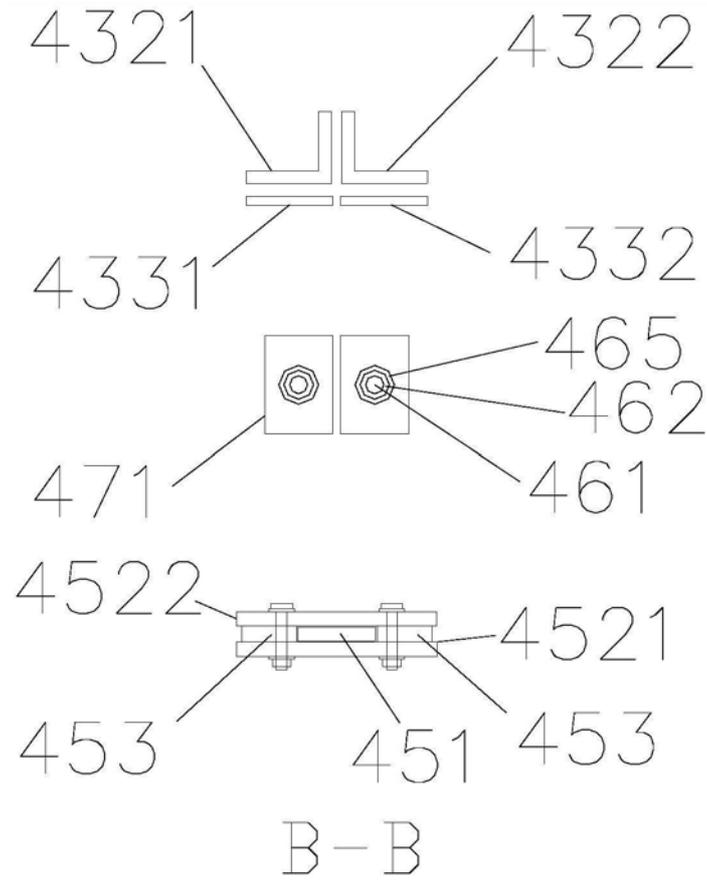


图6

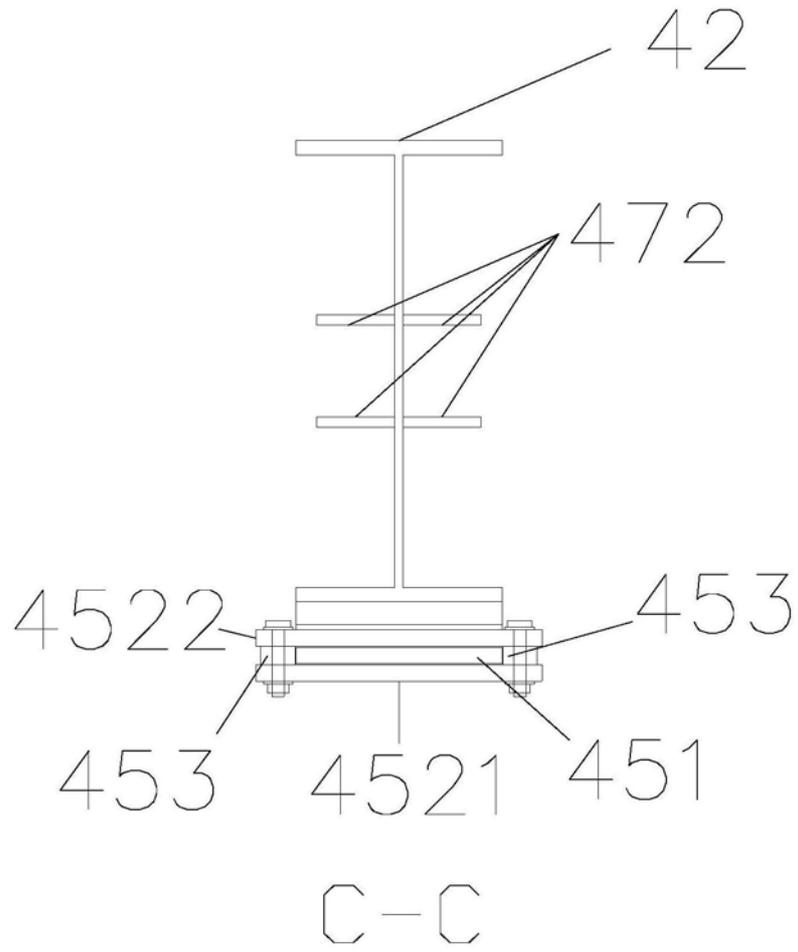


图7

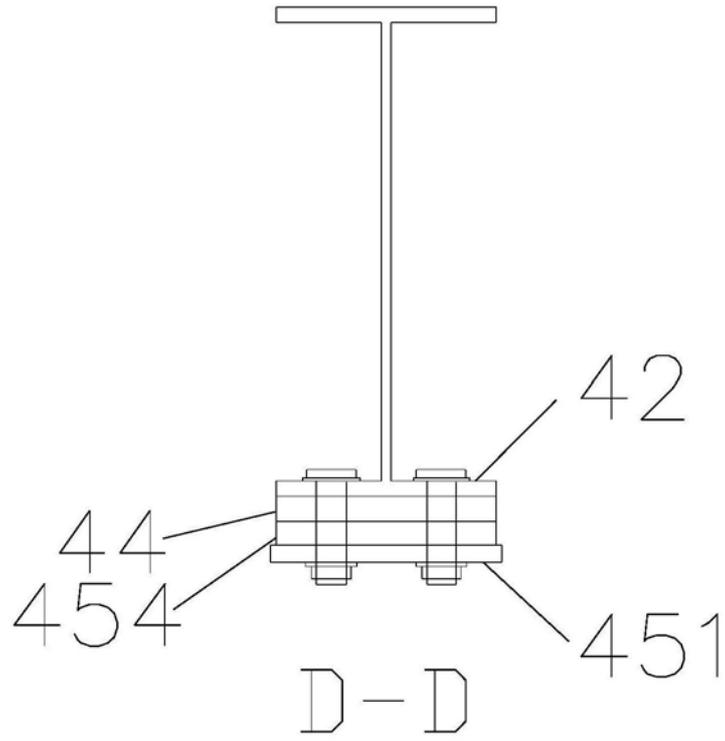


图8

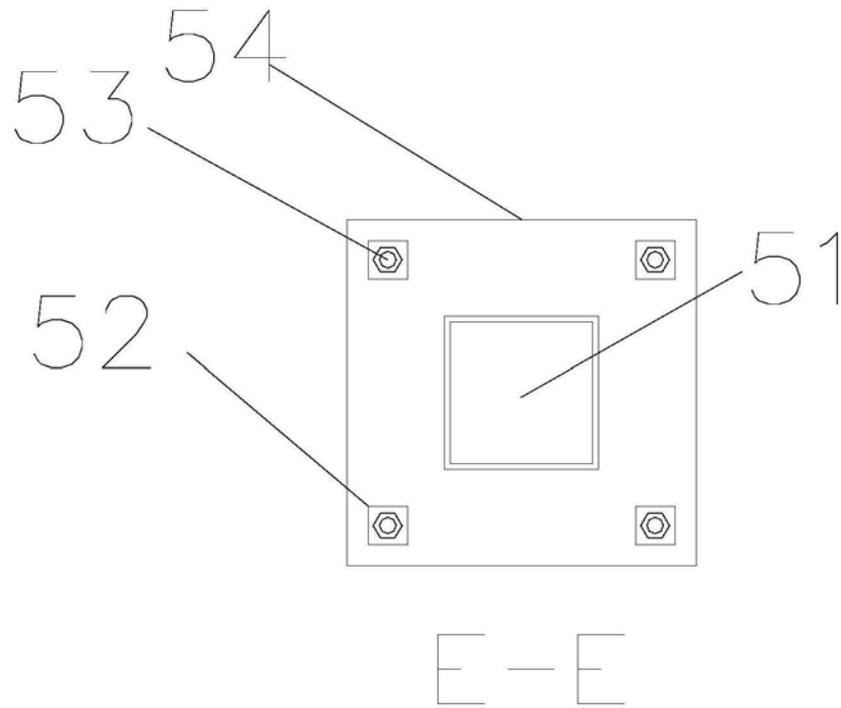


图9

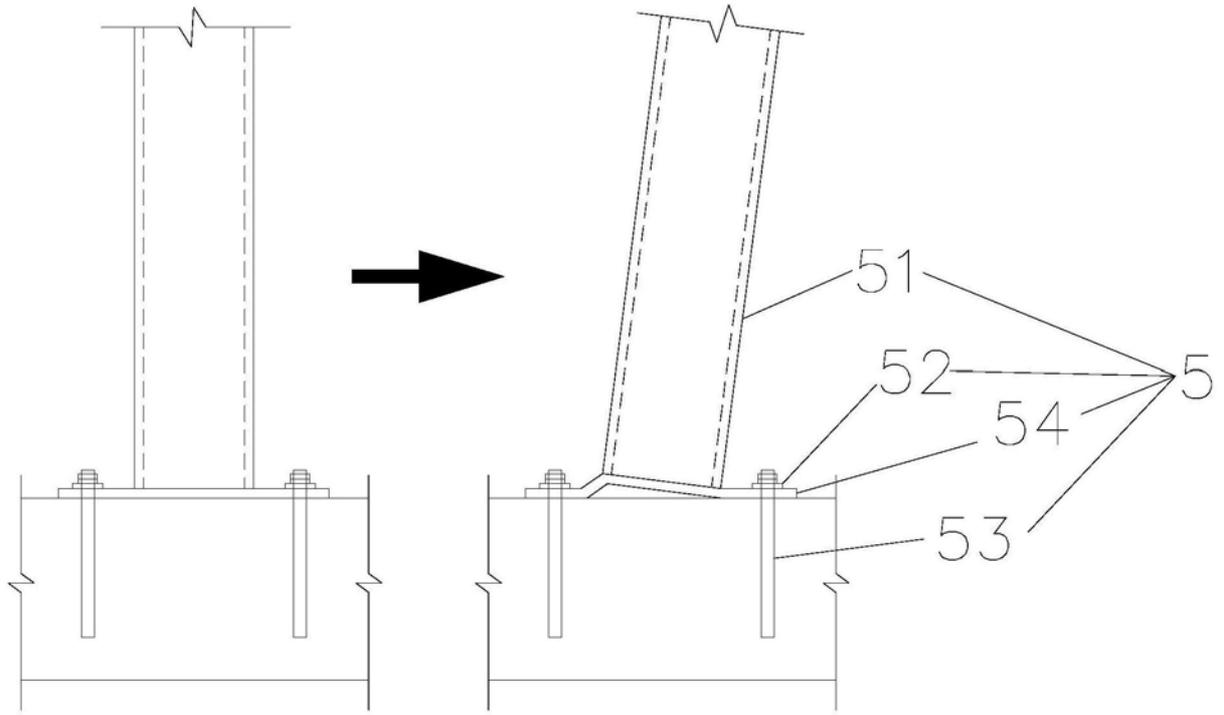


图10

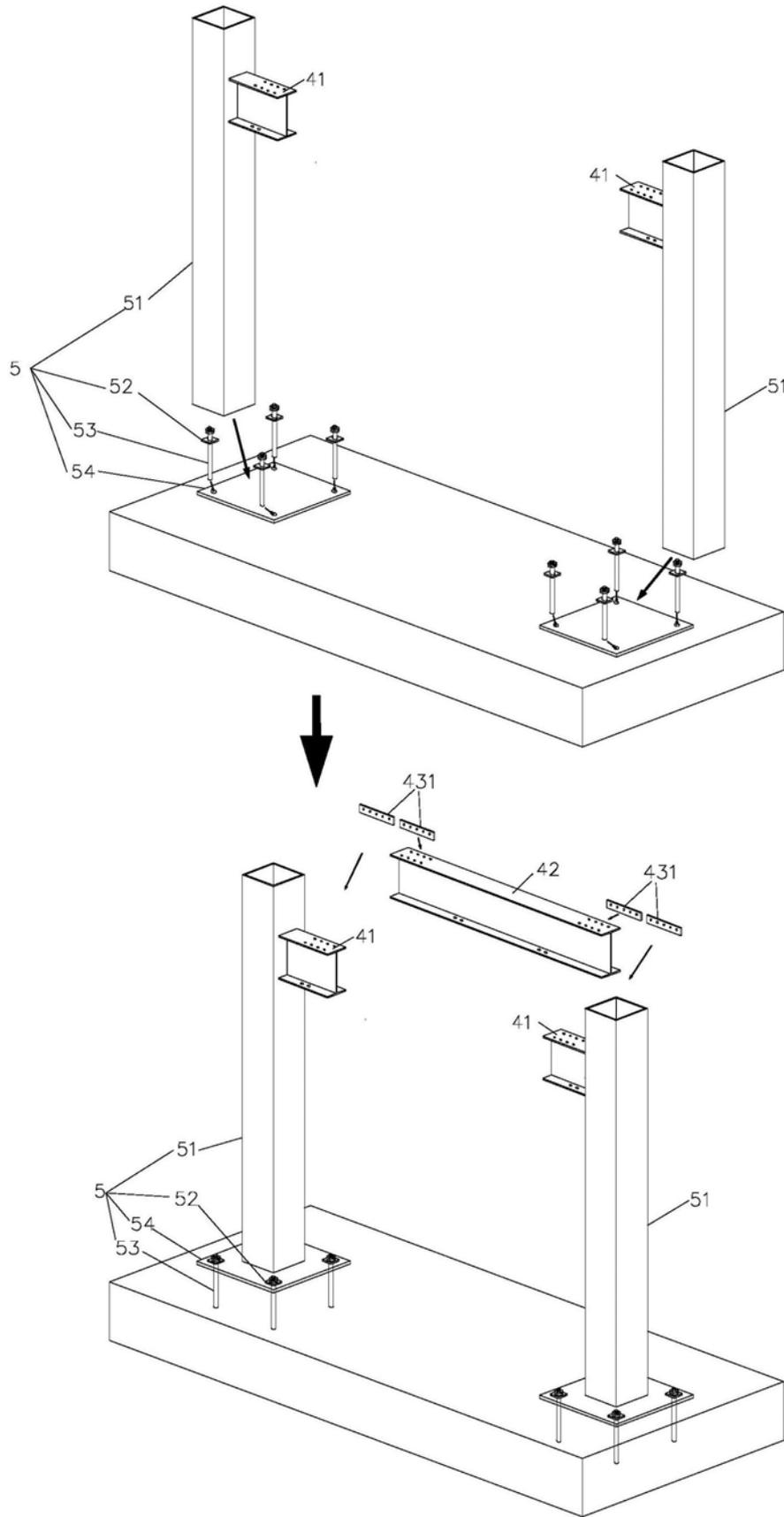


图11

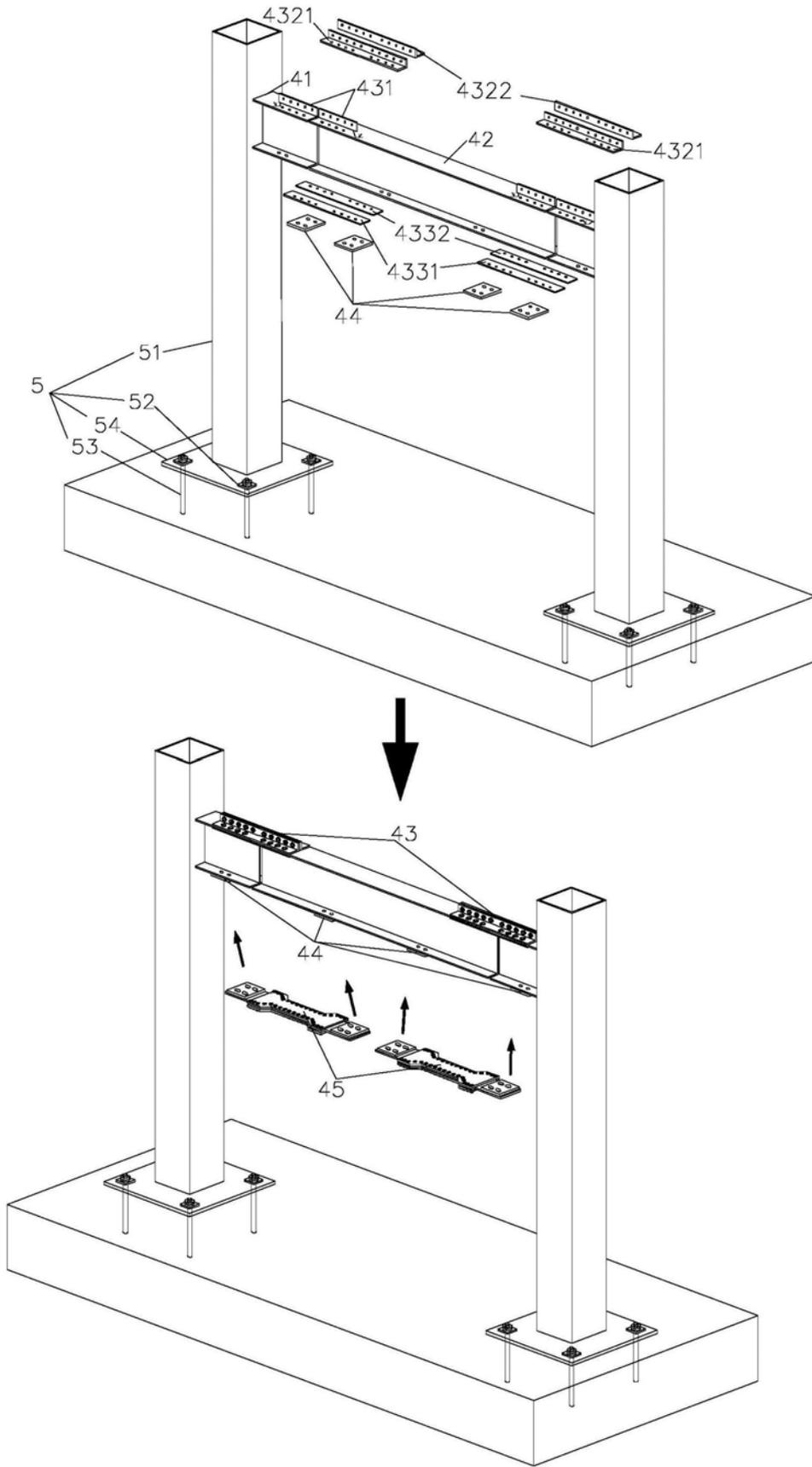


图12

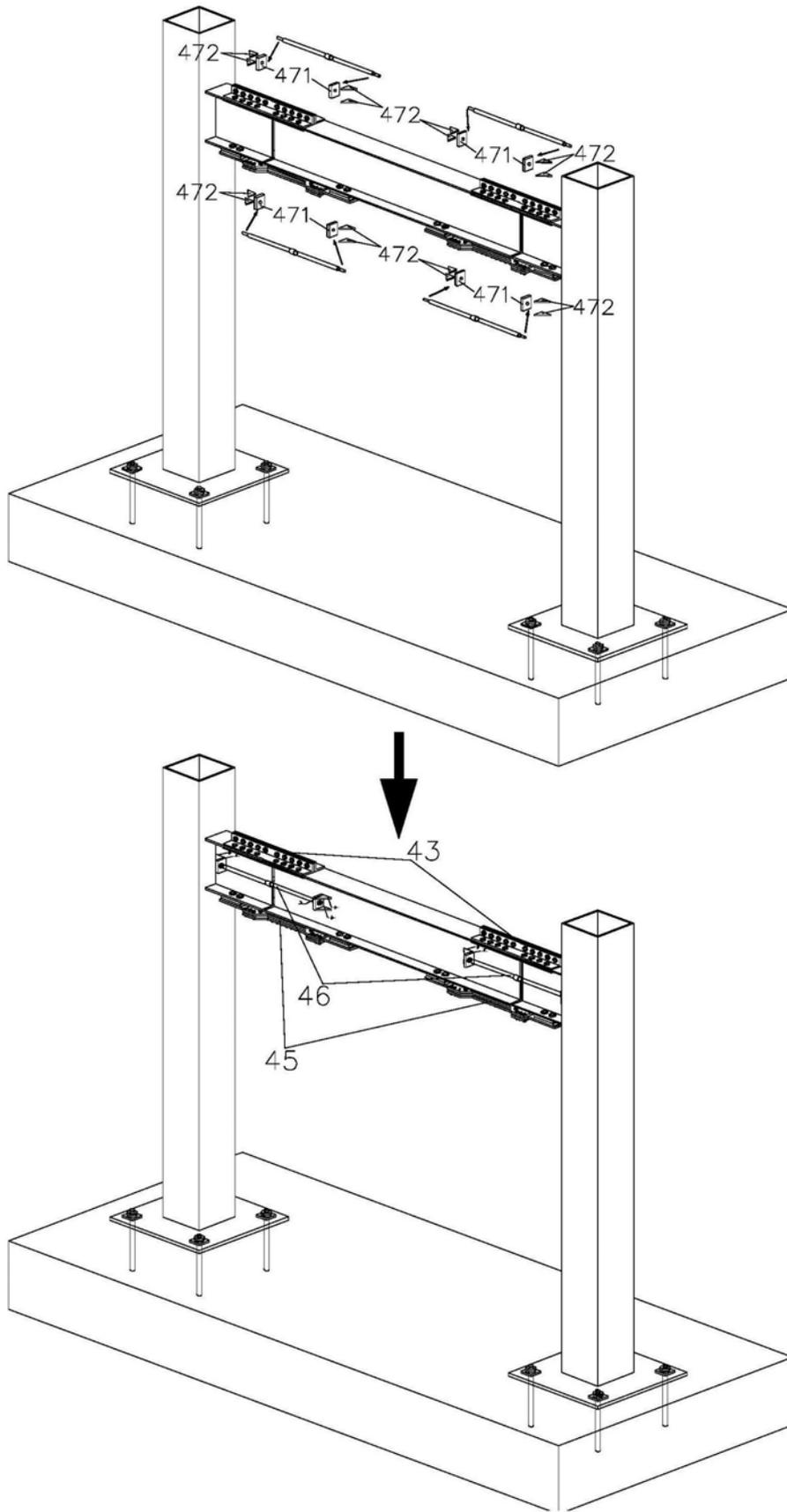


图13

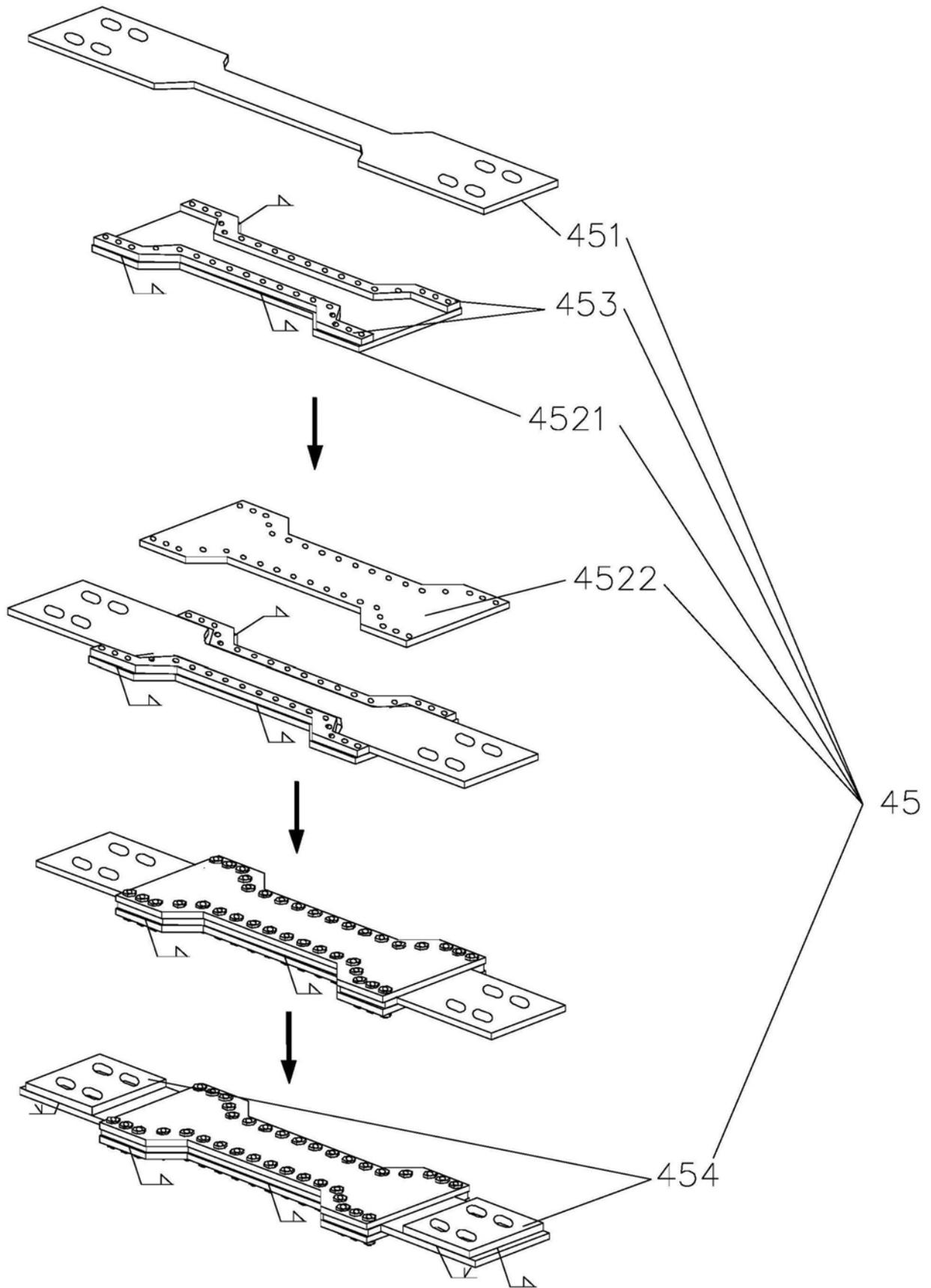


图14

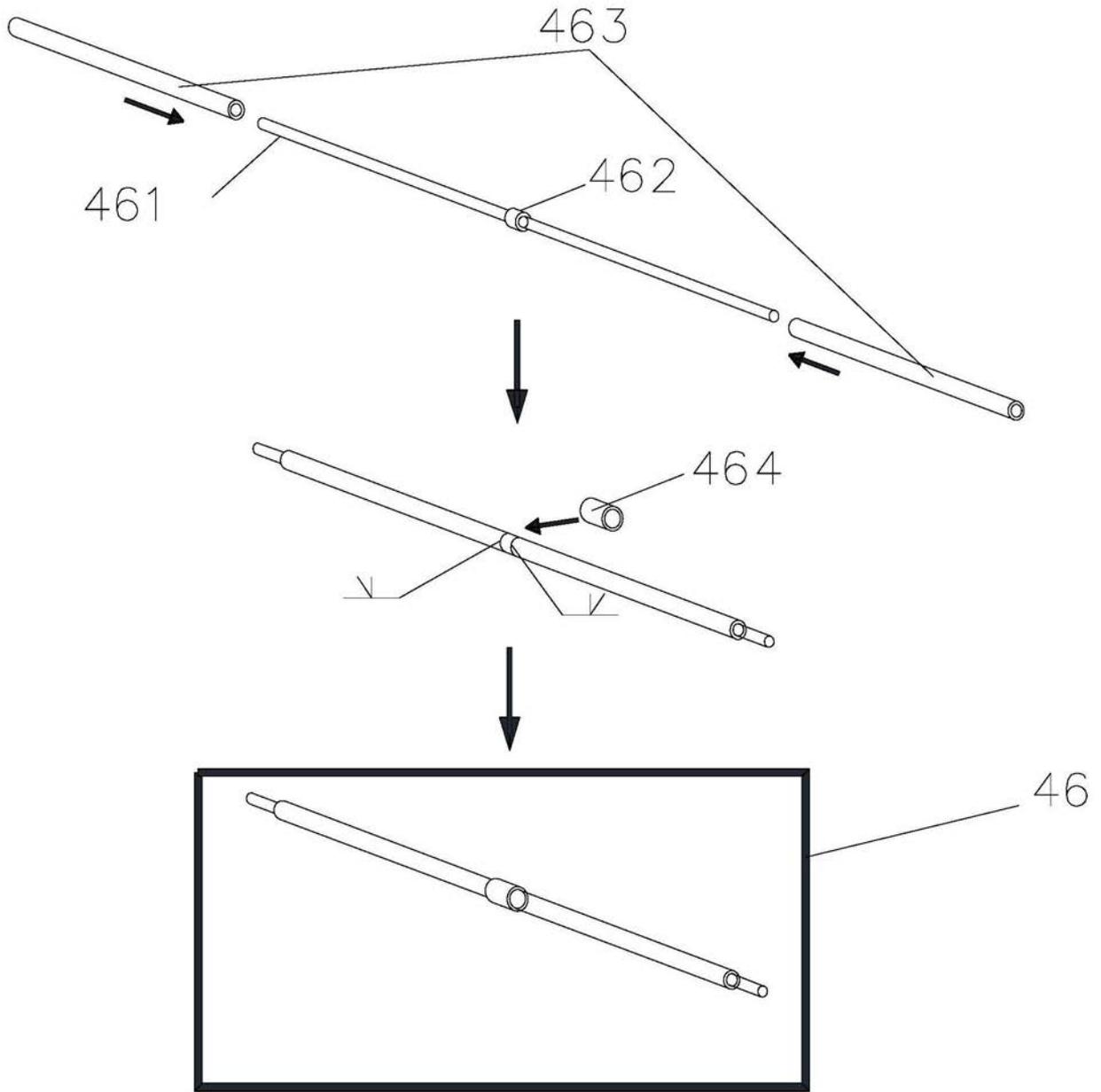


图15