



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110553926 B

(45) 授权公告日 2022. 03. 25

(21) 申请号 201910870838.9

审查员 部建培

(22) 申请日 2019.09.16

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 110553926 A

(43) 申请公布日 2019.12.10

(73) 专利权人 哈尔滨工业大学

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西  
大直街92号

(72) 发明人 咸贵军 李承高 董少策 郭瑞

(74) 专利代理机构 哈尔滨市阳光惠远知识产权

代理有限公司 23211

代理人 李恩庆

(51) Int. Cl.

G01N 3/20 (2006.01)

G01N 3/02 (2006.01)

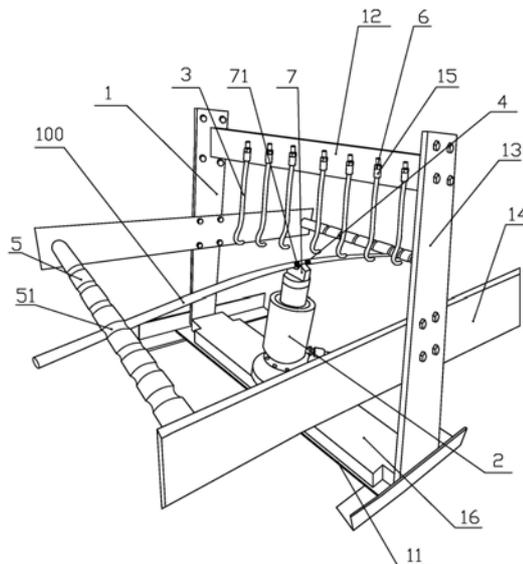
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种纤维增强复合材料杆的弯曲蠕变测试装置

(57) 摘要

一种纤维增强复合材料杆的弯曲蠕变测试装置,属于土木工程技术领域。本发明解决了现有的用于纤维增强复合材料杆的弯曲蠕变性能测试的装置对尺寸及环境的适用范围小、变形控制精度低的问题。它包括支架、千斤顶加载装置、拉力弯钩、应变片及两根支撑杆,两根支撑杆相互平行且均水平固设在支架上,千斤顶加载装置竖直设置在两根支撑杆之间,纤维杆体的中部搭设在千斤顶加载装置顶端,且纤维杆体的两端部分别抵设在两根支撑杆的下方,所述拉力弯钩竖向设置,拉力弯钩的下部为钩体部,拉力弯钩的上部穿设在支架上且通过螺母固定,拉力弯钩、纤维杆体及千斤顶加载装置由上到下正对设置,应变片粘贴在纤维杆体表面。



1. 一种纤维增强复合材料杆的弯曲蠕变测试装置,其特征在于:它包括支架(1)、千斤顶加载装置(2)、拉力弯钩(3)、应变片(4)及两根支撑杆(5),两根支撑杆(5)相互平行且均水平固设在支架(1)上,千斤顶加载装置(2)竖直设置在两根支撑杆(5)之间,纤维杆体(100)的中部搭设在千斤顶加载装置(2)顶端,且纤维杆体(100)的两端部分别抵设在两根支撑杆(5)的下方,所述拉力弯钩(3)竖向设置,拉力弯钩(3)的下部为钩体部,拉力弯钩(3)的上部穿设在支架(1)上且通过螺母(6)固定,拉力弯钩(3)、纤维杆体(100)及千斤顶加载装置(2)由上到下正对设置,应变片(4)粘贴在纤维杆体(100)表面,工作过程中,启动千斤顶加载装置(2)对纤维杆体(100)施加弯曲荷载,并通过应变片(4)监测纤维杆体(100)的应变,待纤维杆体(100)的应变接近所需值后停止加载,将纤维杆体(100)固定至拉力弯钩(3)内,通过调整拉力弯钩(3)上部的螺母(6)来调节纤维杆体(100)的弯曲应变至所需值。

2. 根据权利要求1所述的一种纤维增强复合材料杆的弯曲蠕变测试装置,其特征在于:纤维杆体(100)与千斤顶加载装置(2)之间设置有受力垫块(7),所述受力垫块(7)上加工有开口向上的弧形通槽(71),纤维杆体(100)搭设在弧形通槽(71)上。

3. 根据权利要求2所述的一种纤维增强复合材料杆的弯曲蠕变测试装置,其特征在于:纤维杆体(100)的直径小于弧形通槽(71)的直径设置。

4. 根据权利要求1、2或3所述的一种纤维增强复合材料杆的弯曲蠕变测试装置,其特征在于:每个支撑杆(5)上均沿其周向加工有若干环形通槽(51),且若干所述环形通槽(51)沿支撑杆(5)长度方向布置,纤维杆体(100)卡设在所述环形通槽(51)内。

5. 根据权利要求4所述的一种纤维增强复合材料杆的弯曲蠕变测试装置,其特征在于:纤维杆体(100)的弯曲应变调节至所需值后,纤维杆体(100)与每根支撑杆(5)之间均通过塑料扎带(8)固定连接。

6. 根据权利要求1、2、3或5所述的一种纤维增强复合材料杆的弯曲蠕变测试装置,其特征在于:蠕变测试过程中,拉力弯钩(3)的钩体部内弧面与纤维杆体(100)的外圆面之间为无间隙接触。

7. 根据权利要求6所述的一种纤维增强复合材料杆的弯曲蠕变测试装置,其特征在于:所述支架(1)包括底板(11)、顶板(12)、两个纵板(13)及两个横板(14),两个所述纵板(13)相互平行且均垂直固设在底板(11)顶部,两个所述横板(14)相互平行且对应垂直固设在两个纵板(13)的中部,所述顶板(12)固设在两个纵板(13)之间且位于两个横板(14)的上方,顶板(12)的一侧面固设有若干定位筒(15),若干所述定位筒(15)沿顶板(12)长度方向布置且均竖直设置,拉力弯钩(3)的上部对应穿设在定位筒(15)内,螺母(6)的数量与拉力弯钩(3)的数量相同,且对应设置于定位筒(15)的上方,千斤顶加载装置(2)设置在底板(11)上。

8. 根据权利要求7所述的一种纤维增强复合材料杆的弯曲蠕变测试装置,其特征在于:拉力弯钩(3)与定位筒(15)之间为间隙配合。

9. 根据权利要求4所述的一种纤维增强复合材料杆的弯曲蠕变测试装置,其特征在于:拉力弯钩(3)的数量与每个支撑杆(5)上环形通槽(51)的数量相同。

10. 根据权利要求1、2、3、5、7、8或9所述的一种纤维增强复合材料杆的弯曲蠕变测试装置,其特征在于:每个纤维杆体(100)上对应设置两个应变片(4),且两个所述应变片(4)分别位于拉力弯钩(3)的两侧。

## 一种纤维增强复合材料杆的弯曲蠕变测试装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种纤维增强复合材料杆的弯曲蠕变测试装置,属于土木工程技术领域。

### 背景技术

[0002] 当传统钢筋混凝土结构长期应用于复杂土木环境中,温湿度、交变荷载、水分和酸雨等逐渐沿混凝土表面渗入其内部,从而造成钢筋的锈蚀作用。据统计,全世界每年因钢筋锈蚀造成的损失超过1500亿美元。

[0003] 为解决钢筋混凝土结构中钢筋的锈蚀作用,纤维增强复合材料(Fiber reinforced polymer,简称FRP),具有轻质、高强和耐腐蚀等特点,可有效避免钢筋的锈蚀问题,并能够降低混凝土结构的后期维护成本。FRP复合材料是由增强纤维、树脂基体及纤维/树脂界面三部分组成,其中增强纤维决定了FRP复合材料的静力性能(如强度、模量及刚度)和疲劳性能(疲劳退化及寿命);树脂基体在FRP复合材料中起成型及固定纤维作用,以确保纤维间的共同受力,且在长期荷载作用下易产生蠕变变形;纤维/树脂界面作为FRP复合材料的过渡区域主要起在纤维和树脂之间承担并传递应力作用,保证了纤维和树脂的整体受力及FRP复合材料的短/长期力学性能。

[0004] 目前,土木工程中常用的纤维复合材料杆体形式主要包括混凝土内受力筋、体外预应力筋、斜拉索和地锚等。当上述纤维复合材料杆体应用于土木工程中,不可避免的面临复杂交变荷载的短/长期作用等,从而引起纤维复合材料长期使用下的蠕变破坏,导致复合材料及增强/加固构件承载力的下降,引起结构的安全性、适用性及耐久性问题。因此,对纤维复合材料长期蠕变性能的研究对于推进纤维复合材料在土木工程中的应用具有至关重要作用。

[0005] 目前关于申请纤维增强复合材料杆的弯曲蠕变的专利较少,且少量国外文献报道的蠕变装置,其主要针对于小尺寸纤维复合材料拉挤板材,且应用范围具有较大限制,不能进一步推广至大尺寸纤维复合材料的其他形式(如筋和索等),这极大地影响对纤维复合材料在土木环境下蠕变性能的研究,阻碍了对纤维复合材料在工程应用中的蠕变寿命预测。

### 发明内容

[0006] 本发明是为了解决现有的用于纤维增强复合材料杆的弯曲蠕变性能测试的装置对尺寸及环境的适用范围小、变形控制精度低的问题,进而提供了一种纤维增强复合材料杆的弯曲蠕变测试装置。

[0007] 本发明为解决上述技术问题所采用的技术方案是:

[0008] 一种纤维增强复合材料杆的弯曲蠕变测试装置,它包括支架、千斤顶加载装置、拉力弯钩、应变片及两根支撑杆,两根支撑杆相互平行且均水平固设在支架上,千斤顶加载装置竖直设置在两根支撑杆之间,纤维杆体的中部搭设在千斤顶加载装置顶端,且纤维杆体的两端部分别抵设在两根支撑杆的下方,所述拉力弯钩竖向设置,拉力弯钩的下部为钩体

部,拉力弯钩的上部穿设在支架上且通过螺母固定,拉力弯钩、纤维杆体及千斤顶加载装置由上到下正对设置,应变片粘贴在纤维杆体表面。

[0009] 进一步地,纤维杆体与千斤顶加载装置之间设置有受力垫块,所述受力垫块上加工有开口向上的弧形通槽,纤维杆体搭设在弧形通槽上。

[0010] 进一步地,纤维杆体的直径小于弧形通槽的直径设置。

[0011] 进一步地,每个支撑杆上均沿其周向加工有若干环形通槽,且若干所述环形通槽沿支撑杆长度方向布置,纤维杆体卡设在所述环形通槽内。

[0012] 进一步地,纤维杆体的弯曲应变调节至所需值后,纤维杆体与每根支撑杆之间均通过塑料扎带固定连接。

[0013] 进一步地,蠕变测试过程中,拉力弯钩的钩体内弧面与纤维杆体的外圆面之间为无间隙接触。

[0014] 进一步地,所述支架包括底板、顶板、两个纵板及两个横板,两个所述纵板相互平行且均垂直固设在底板顶部,两个所述横板相互平行且对应垂直固设在两个纵板的中部,所述顶板固设在两个纵板之间且位于两个横板的上方,顶板的一侧面固设有若干定位筒,若干所述定位筒沿顶板长度方向布置且均竖直设置,拉力弯钩的上部对应穿设在定位筒内,螺母的数量与拉力弯钩的数量相同,且对应设置于定位筒的上方,千斤顶加载装置设置在底板上。

[0015] 进一步地,拉力弯钩与定位筒之间为间隙配合。

[0016] 进一步地,拉力弯钩的数量与每个支撑杆上环形通槽的数量相同。

[0017] 进一步地,每个纤维杆体上对应设置两个应变片,且两个所述应变片分别位于拉力弯钩的两侧。

[0018] 本发明与现有技术相比具有以下效果:

[0019] 通过本申请能够实现对不同直径的纤维杆体进行弯曲蠕变测试,适用范围广泛;

[0020] 可通过多组弯曲蠕变测试装置同时进行多根纤维杆体的蠕变测试,且该测试装置可置于不同的实验室加速环境中(如冻融循环、湿热循环、紫外老化等),应用范围广;

[0021] 通过拉力弯钩上部的螺母承受并调整纤维杆体的弯曲荷载,保证纤维杆体长期可靠而稳定的蠕变荷载;

[0022] 通过应变片保证纤维杆体在弯曲加载过程中的精确性,对纤维杆体的蠕变变形可控精度高;

[0023] 本申请结构简单、受力可靠、变形控制精度高、经济性好,适用范围广泛,能够实现对纤维复合杆体施加有效、稳定而长期的弯曲蠕变。

## 附图说明

[0024] 图1为本发明的第一立体结构示意图(对单根纤维杆体的弯曲蠕变加载过程);

[0025] 图2为本发明的第二立体结构示意图(对若干纤维杆体的弯曲蠕变测试过程)。

## 具体实施方式

[0026] 具体实施方式一:结合图1~2说明本实施方式,一种纤维增强复合材料杆的弯曲蠕变测试装置,它包括支架1、千斤顶加载装置2、拉力弯钩3、应变片4及两根支撑杆5,两根

支撑杆5相互平行且均水平固设在支架1上,千斤顶加载装置2竖直设置在两根支撑杆5之间,纤维杆体100的中部搭设在千斤顶加载装置2顶端,且纤维杆体100的两端部分别抵设在两根支撑杆5的下方,所述拉力弯钩3竖向设置,拉力弯钩3的下部为钩体部,拉力弯钩3的上部穿设在支架1上且通过螺母6固定,拉力弯钩3、纤维杆体100及千斤顶加载装置2由上到下正对设置,应变片4粘贴在纤维杆体100表面。

[0027] 所述纤维杆体100即纤维增强复合材料杆,

[0028] 拉力弯钩3可沿竖直方向上下滑动,通过螺母6限定其上、下的位移。

[0029] 拉力弯钩3的钩体部靠近纤维杆体100设置,

[0030] 支架1上部还可设置位移传感器,位移传感器的下端与纤维杆体100接触,用于校验测试结构的准确性。位移传感器的数量小于或等于纤维杆体100的数量。

[0031] 纤维杆体100的弯曲蠕变由应变片监测系获得,且加载蠕变值应根据纤维杆体100的基本力学参数及三点弯曲试验提前确定,所述基本力学参数及三点弯曲试验均为本领域人员公知常识。

[0032] 通过本申请能够实现对不同直径的纤维杆体100进行弯曲蠕变测试,适用范围广泛;

[0033] 可通过多组弯曲蠕变测试装置同时进行多根纤维杆体100的蠕变测试,且该测试装置可置于不同的实验室加速环境中如冻融循环、湿热循环、紫外老化等,应用范围广;

[0034] 通过拉力弯钩3上部的螺母6承受并调整纤维杆体100的弯曲荷载,保证纤维杆体100长期可靠而稳定的蠕变荷载;

[0035] 通过应变片4保证纤维杆体100在弯曲加载过程中的精确性,对纤维杆体100的蠕变变形可控精度高;

[0036] 本申请结构简单、受力可靠、变形控制精度高、经济性好,适用范围广泛,能够实现对纤维复合杆体施加有效、稳定而长期的弯曲蠕变。

[0037] 纤维杆体100与千斤顶加载装置2之间设置有受力垫块7,所述受力垫块7上加工有开口向上的弧形通槽71,纤维杆体100搭设在弧形通槽71上。便于纤维杆体100的定位,且保证在千斤顶加载装置2在加载过程中纤维杆体100与千斤顶加载装置2之间的相对位置稳定。

[0038] 纤维杆体100的直径小于弧形通槽71的直径设置。保证纤维杆体100的竖向弯曲加载过程。

[0039] 每个支撑杆5上均沿其周向加工有若干环形通槽51,且若干所述环形通槽51沿支撑杆5长度方向布置,纤维杆体100卡设在所述环形通槽51内。所述环形通槽51的槽内宽度取决于纤维杆体100的直径,即保证纤维杆体100卡设在环形通槽51内后,纤维杆体100与两端的支撑杆5处于完全垂直的状态,且沿支撑杆5长度方向不会产生位移即可。环形通槽51的槽内深度不限,只要能够保证为纤维杆体100提供稳定的支撑作用即可。

[0040] 纤维杆体100的弯曲应变调节至所需值后,纤维杆体100与每根支撑杆5之间均通过塑料扎带8固定连接。确保纤维杆体100承受稳定的长期蠕变荷载。

[0041] 蠕变测试过程中,拉力弯钩3的钩体部内弧面与纤维杆体100的外圆面之间为无间隙接触。使得纤维杆体100在调节弯曲应变过程中的受力均匀。

[0042] 所述支架1包括底板11、顶板12、两个纵板13及两个横板14,两个所述纵板13相互

平行且均垂直固设在底板11顶部,两个所述横板14相互平行且对应垂直固设在两个纵板13的中部,所述顶板12固设在两个纵板13之间且位于两个横板14的上方,顶板12的一侧固设有若干定位筒15,若干所述定位筒15沿顶板12长度方向布置且均竖直设置,拉力弯钩3的上部对应穿设在定位筒15内,螺母6的数量与拉力弯钩3的数量相同,且对应设置于定位筒15的上方,千斤顶加载装置2设置在底板11上。支架1结构简单,通过在一个支架1上设置的若干定位筒15、若干拉力弯钩3及若干螺母6,能够在一个支架1上同时对多个纤维杆体100进行蠕变测试。测试效率更高。

[0043] 所述底板11与两个纵板13之间、顶板与两个纵板之间以及两个纵板与两个横板之间均为螺栓连接。为了保证弯曲蠕变加载过程中的支架的稳定性及牢固性,可以在底板11上方放置垫板16,该垫板为厚钢板结构,在弯曲蠕变加载过程结束后,撤去垫板16,再进行蠕变测试。也可将所述底板11直接设计为厚钢板结构。

[0044] 拉力弯钩3与定位筒15之间为间隙配合。保证拉力弯钩3能够沿定位筒15竖直方向的上、下移动。

[0045] 拉力弯钩3的数量与每个支撑杆5上环形通槽51的数量相同。

[0046] 每个纤维杆体100上对应设置两个应变片4,且两个所述应变片4分别位于拉力弯钩3的两侧。

[0047] 工作原理:

[0048] 根据蠕变试验要求,将纤维杆体100切割至一定的长度,然后置于两个支撑杆5的下方,并保证纤维杆体100与两个支撑杆5均完全垂直,在纤维杆体100表面粘贴应变片4,确保应变片4的粘贴方向与纤维杆体100的轴向平行;将顶端放有受力垫块7的千斤顶加载装置2放置在纤维杆体100的正下方,并使得纤维杆体100位于受力垫块7的弧形凹槽内,启动千斤顶加载装置2对纤维杆体100施加弯曲荷载,并通过应变片4监测纤维杆体100的应变,待纤维杆体100的应变接近所需值后停止加载,将纤维杆体100固定至拉力弯钩3内,通过调整拉力弯钩3上部的螺母6来调节纤维杆体100的弯曲应变至所需值,最后撤去千斤顶加载装置2,用塑料扎带8将纤维杆体100固定在两个支撑杆5上。

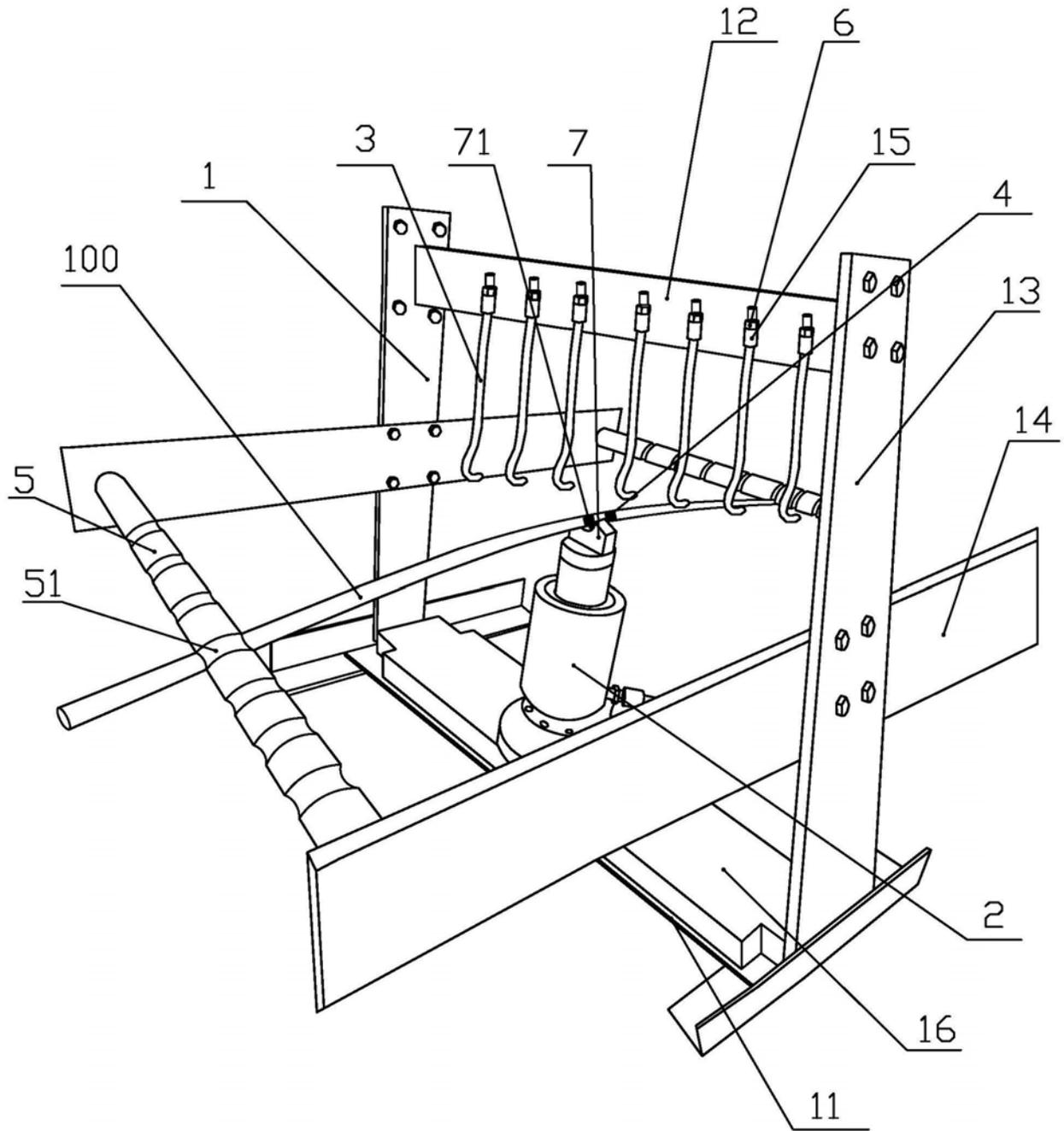


图1

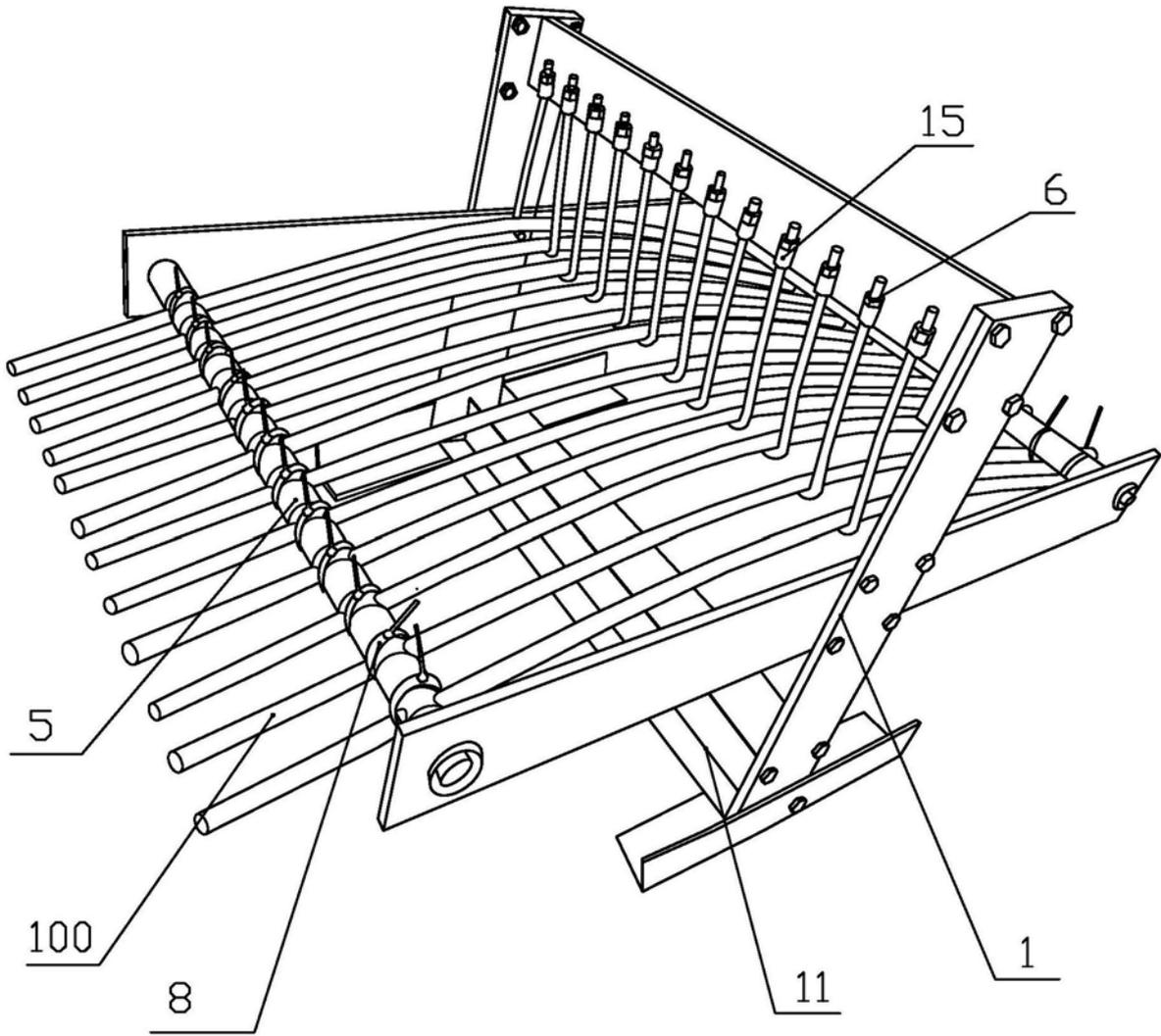


图2