



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110397066 A

(43)申请公布日 2019.11.01

(21)申请号 201910573481.8

(22)申请日 2019.06.28

(71)申请人 天津大学

地址 300350 天津市津南区海河教育园雅  
观路135号天津大学北洋园校区

(72)发明人 丁红岩 张浦阳 乐丛欢 郭耀华

(74)专利代理机构 天津市北洋有限责任专利代  
理事务所 12201

代理人 琪琛

(51) Int. Cl.

E02D 27/42(2006.01)

E02D 27/52(2006.01)

F03D 13/25(2016.01)

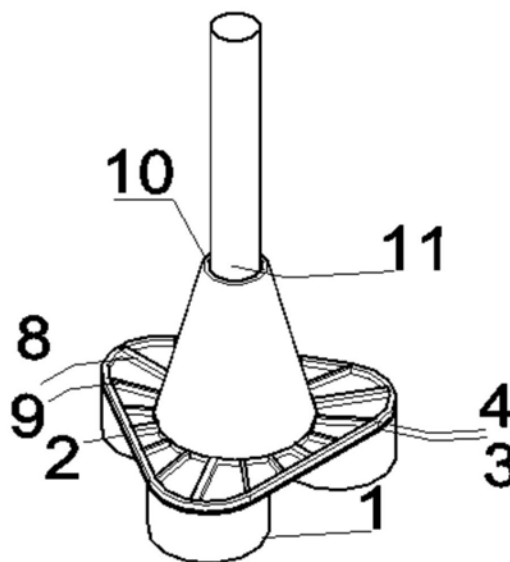
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种多筒组合基础结构及其施工方法

(57)摘要

本发明属于海洋工程的基础结构技术领域，公开了一种多筒组合基础结构及其施工方法，包括中心点连成正多边形的多个钢筒基础，多个钢筒基础上部连接有钢顶板，钢顶板上设置有混凝土板，混凝土板上分布有梁板体系，中环梁上坐落有混凝土过渡段，混凝土过渡段上部嵌装连接有钢制塔筒，钢制塔筒上部和下部连接处均通过弹性缓冲装置与混凝土过渡段和内环梁接触；其施工方法包括陆上预制、岸边吊装、水上拖航、负压下沉、负压加固等步骤。本发明具有筒型基础的优点，适用范围广、运输安装方便、可回收利用、承载力高，施工期、运行期可以通过上下两部分的弹性缓冲装置将上部荷载传递到过渡段以及梁板体系上。



1. 一种多筒组合基础结构,包括多个相同的钢筒基础,多个所述钢筒基础在水平面上按照其中心点连线能够构成一个正多边形进行排布,其特征在于,多个所述钢筒基础顶部共同连接有钢顶板,所述钢顶板上部设置有混凝土板,所述混凝土板上部设置有混凝土过渡段,所述混凝土过渡段为圆环截面的直线型薄壁结构,且底部圆环直径大于顶部圆环直径;所述混凝土过渡段的上部设置有一段钢制塔筒,所述钢制塔筒下部穿过所述混凝土过渡段并与所述混凝土板接触;

所述混凝土板顶面设置有外环梁、中环梁、第一内环梁、第二内环梁;所述外环梁位于所述混凝土板顶面外侧边缘处;所述中环梁位于所述混凝土板顶面中部,并设置于所述混凝土过渡段下部;所述第一内环梁设置于所述钢制塔筒内侧,所述第二内环梁设置于所述钢制塔筒外侧;所述钢制塔筒底端插入于所述第二内环梁和所述第一内环梁之间;

所述混凝土板顶面径向均匀布置有混凝土主梁,所述混凝土主梁由所述第二内环梁延伸至所述外环梁;所述混凝土板顶面在每两根相邻的所述混凝土主梁之间径向均匀布置有混凝土次梁,所述混凝土次梁由所述中环梁延伸至所述外环梁;

所述钢制塔筒与所述混凝土过渡段顶部之间通过弹性缓冲装置接触,所述钢制塔筒底部与所述第一内环梁之间、所述钢制塔筒底部与所述第二内环梁之间均通过弹性缓冲装置接触。

2. 根据权利要求1所述的一种多筒组合基础结构,其特征在于,所述钢筒基础的数量为3-6个;所述钢筒基础的半径为10-15m,高度为8-12m;相邻两个所述钢筒基础的净距离为所述钢筒基础外径的1-3倍。

3. 根据权利要求1所述的一种多筒组合基础结构,其特征在于,所述钢顶板周边处设置有向上的钢制肋板,所述钢制肋板插入于所述混凝土板和所述外环梁。

4. 根据权利要求1所述的一种多筒组合基础结构,其特征在于,所述混凝土板与所述钢顶板的轮廓一致,所述混凝土板的厚度为0.3-1m。

5. 根据权利要求1所述的一种多筒组合基础结构,其特征在于,所述钢顶板和所述混凝土板中心均开设有圆孔,该圆孔的半径为钢筒基础1半径的0.5-1.0倍。

6. 根据权利要求1所述的一种多筒组合基础结构,其特征在于,所述混凝土过渡段为等厚结构,其壁厚为0.5-1.5m,中间分布有预应力钢绞线。

7. 根据权利要求1所述的一种多筒组合基础结构,其特征在于,所述外环梁的外缘与所述混凝土板外缘齐平,且形状与所述混凝土板的边缘一致;所述外环梁的宽度为0.5-1.5m,高度为0.8-1.8m;所述中环梁位于所述混凝土板顶面中部,形状为圆环形,宽度为0.5-1.5m,高度为0.8-1.8m;所述中环梁的半径为所述钢制塔筒半径的1.5-2.5倍;所述第一内环梁的外径小于所述钢制塔筒内径0.2m-1m,宽度为0.5-2.5m,高度为0.8-1.8m;所述第二内环梁的内径大于所述钢制塔筒的外径0.2m-1m,宽度为0.5-2.5m,高度为0.8-1.8m。

8. 根据权利要求1所述的一种多筒组合基础结构,其特征在于,所述混凝土主梁的宽度为0.5-1.5m,高度为0.8-1.8m;相邻所述混凝土主梁之间的夹角为60度;所述混凝土次梁包括12-18根,每两根相邻的所述混凝土主梁之间布置有2-3根所述混凝土次梁,相邻所述混凝土次梁轴线之间的夹角为20-30度。

9. 根据权利要求1所述的一种多筒组合基础结构,其特征在于,所述弹性缓冲装置12由防水层a、抗氧化层b、弹性金属线圈c、第一橡胶层d、橡胶凸起层e、第二橡胶层f依次组成,

厚度为0.2-1m,高度为0.8-1.8m。

10.一种如权利要求1-9所述的多筒组合基础结构的施工方法,其特征在于,按照如下步骤进行:

(1)陆上预制多个所述钢筒基础,并将多个所述钢筒基础在水平面上按照其中心点连线能够构成一个正多边形进行排布后,与所述钢顶板进行焊接;

(2)将所述钢顶板作为所述混凝土板的底面模板,在所述钢顶板上绑扎钢筋,对所述混凝土板、所述外环梁、所述中环梁、所述第一内环梁、所述第二内环梁、所述混凝土主梁、所述混凝土次梁以及所述混凝土过渡段一同进行浇筑施工;

(3)将上述浇筑施工完成的整体结构吊入水中,检查气密性,在所述混凝土板上安装所述钢制塔筒,在所述钢制塔筒底部与所述第一内环梁之间、所述钢制塔筒底部与所述第二内环梁之间、所述钢制塔筒与所述混凝土过渡段顶部之间安装弹性缓冲装置,并在所述钢制塔筒上安装机头,根据拖航要求调节所述钢筒基础的吃水;

(4)将所述多筒组合基础结构和所述机头进行浮运拖航;

(5)将所述多筒组合基础结构和所述机头浮运拖航至到指定海域后,先进行自重下沉,再进行负压下沉到指定位置;

(6)下沉结束后对所述钢筒基础内部的土体进行加固。

## 一种多筒组合基础结构及其施工方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种海洋工程的基础结构技术领域,具体的说,是涉及一种多筒组合基础结构及其施工方法。

### 背景技术

[0002] 目前在海上风电领域,风机基础的形式主要有重力式基础,导管架基础,筒型基础,桩基础,浮式基础等。

[0003] 大尺度筒型基础作为一种新型的海上风力发电基础,可以实现陆上建造、海上快速安装,其具有较强的抗倾覆能力,适用于各类地基地质,可以充分利用近海风能资源丰富的优势。过渡段作为这种新型海上风力发电基础的传力结构,关系到基础结构能否将上部荷载安全的传递到地基中,最大限度的发挥地基承载力。随着水深的增加,上部风机、塔筒受到的大弯矩传递到过渡段顶端的荷载更大,需要更大的过渡段结构,而且容易发生应力集中的现象。但是,更大的过渡段施工需要大型机具的辅助,钢筋、混凝土的需求更大,成本也增加很多。

### 发明内容

[0004] 本发明着力解决的是目前海上基础结构荷载传递不够合理及施工安装复杂的技术问题,提供一种多筒组合基础结构及其施工方法,巧妙地将施工期、运营期上部结构的荷载有效传递到直线型过渡段和混凝土顶板上,进而传递到下部的钢筒基础。

[0005] 为了解决上述技术问题,本发明通过以下的技术方案予以实现:

[0006] 一种多筒组合基础结构,包括多个相同的钢筒基础,多个所述钢筒基础在水平面上按照其中心点连线能够构成一个正多边形进行排布,其特征在于,多个所述钢筒基础顶部共同连接有钢顶板,所述钢顶板上部设置有混凝土板,所述混凝土板上部设置有混凝土过渡段,所述混凝土过渡段为圆环截面的直线型薄壁结构,且底部圆环直径大于顶部圆环直径;所述混凝土过渡段的上部设置有一段钢制塔筒,所述钢制塔筒下部穿过所述混凝土过渡段并与所述混凝土板接触;

[0007] 所述混凝土板顶面设置有外环梁、中环梁、第一内环梁、第二内环梁;所述外环梁位于所述混凝土板顶面外侧边缘处;所述中环梁位于所述混凝土板顶面中部,并设置于所述混凝土过渡段下部;所述第一内环梁设置于所述钢制塔筒内侧,所述第二内环梁设置于所述钢制塔筒外侧;所述钢制塔筒底端插入于所述第二内环梁和所述第一内环梁之间;

[0008] 所述混凝土板顶面径向均匀布置有混凝土主梁,所述混凝土主梁由所述第二内环梁延伸至所述外环梁;所述混凝土板顶面在每两根相邻的所述混凝土主梁之间径向均匀布置有混凝土次梁,所述混凝土次梁由所述中环梁延伸至所述外环梁;

[0009] 所述钢制塔筒与所述混凝土过渡段顶部之间通过弹性缓冲装置接触,所述钢制塔筒底部与所述第一内环梁之间、所述钢制塔筒底部与所述第二内环梁之间均通过弹性缓冲装置接触。

[0010] 进一步地,所述钢筒基础的数量为3-6个;所述钢筒基础的半径为10-15m,高度为8-12m;相邻两个所述钢筒基础的净距离为所述钢筒基础外径的1-3倍。

[0011] 进一步地,所述钢顶板周边处设置有向上的钢制肋板,所述钢制肋板插入于所述混凝土板和所述外环梁。

[0012] 进一步地,所述混凝土板与所述钢顶板的轮廓一致,所述混凝土板的厚度为0.3-1m。

[0013] 进一步地,所述钢顶板和所述混凝土板中心均开设有圆孔,该圆孔的半径为钢筒基础1半径的0.5-1.0倍。

[0014] 进一步地,所述混凝土过渡段为等厚结构,其壁厚为0.5-1.5m,中间分布有预应力钢绞线。

[0015] 进一步地,所述外环梁的外缘与所述混凝土板外缘齐平,且形状与所述混凝土板的边缘一致;所述外环梁的宽度为0.5-1.5m,高度为0.8-1.8m;所述中环梁位于所述混凝土板顶面中部,形状为圆环形,宽度为0.5-1.5m,高度为0.8-1.8m;所述中环梁的半径为所述钢制塔筒半径的1.5-2.5倍;所述第一内环梁的外径小于所述钢制塔筒内径0.2m-1m,宽度为0.5-2.5m,高度为0.8-1.8m;所述第二内环梁的内径大于所述钢制塔筒的外径0.2m-1m,宽度为0.5-2.5m,高度为0.8-1.8m。

[0016] 进一步地,所述混凝土主梁的宽度为0.5-1.5m,高度为0.8-1.8m;相邻所述混凝土主梁之间的夹角为60度;所述混凝土次梁包括12-18根,每两根相邻的所述混凝土主梁之间布置有2-3根所述混凝土次梁,相邻所述混凝土次梁轴线之间的夹角为20-30度。

[0017] 进一步地,所述弹性缓冲装置12由防水层a、抗氧化层b、弹性金属线圈c、第一橡胶层d、橡胶凸起层e、第二橡胶层f依次组成,厚度为0.2-1m,高度为0.8-1.8m。

[0018] 一种上述多筒组合基础结构的施工方法,按照如下步骤进行:

[0019] (1) 陆上预制多个所述钢筒基础,并将多个所述钢筒基础在水平面上按照其中心点连线能够构成一个正多边形进行排布后,与所述钢顶板进行焊接;

[0020] (2) 将所述钢顶板作为所述混凝土板的底面模板,在所述钢顶板上绑扎钢筋,对所述混凝土板、所述外环梁、所述中环梁、所述第一内环梁、所述第二内环梁、所述混凝土主梁、所述混凝土次梁以及所述混凝土过渡段一同进行浇筑施工;

[0021] (3) 将上述浇筑施工完成的整体结构吊入水中,检查气密性,在所述混凝土板上安装所述钢制塔筒,在所述钢制塔筒底部与所述第一内环梁之间、所述钢制塔筒底部与所述第二内环梁之间、所述钢制塔筒与所述混凝土过渡段顶部之间安装弹性缓冲装置,并在所述钢制塔筒上安装机头,根据拖航要求调节所述钢筒基础的吃水;

[0022] (4) 将所述多筒组合基础结构和所述机头进行浮运拖航;

[0023] (5) 将所述多筒组合基础结构和所述机头浮运拖航至到指定海域后,先进行自重下沉,再进行负压下沉到指定位置;

[0024] (6) 下沉结束后对所述钢筒基础内部的土体进行加固。

[0025] 本发明的有益效果是:

[0026] 本发明的多筒组合基础结构将多个单筒基础通过钢顶板和混凝土板连成整体,有利于增加多筒组合基础结构的抗倾覆力矩,提高运输过程中的稳定性;钢制塔筒底部直接与混凝土板相接以及板梁体系的结合,有效传递和均匀分散上部荷载,在筒型基础处近似

转化为拉力和压力,以发挥筒型基础最大的承载力,结构受力体系清晰;混凝土过渡段采用现浇工艺,为整体式结构,共同传递上部荷载,增加结构整体刚度,节省材料,降低造价。

[0027] 本发明的多筒组合基础结构,其钢制塔筒和混凝土过渡段之间、钢制塔筒和两个内环梁之间均有弹性缓冲装置的设置,在有效传递上部弯矩荷载的同时,还可以消散一部分荷载,防止钢制塔筒和混凝土结构之间的硬接触压碎混凝土。

[0028] 本发明的多筒组合基础结构,其钢顶板、混凝土板与钢制塔筒的连接增强了多个钢筒基础的整体性,能有效地改善施工过程中钢筒基础间的相互错动等情况,有利于提高施工质量,同时避免钢筒基础间内力差异过大,从而减小多筒组合基础结构整体的不均匀沉降,钢顶板和混凝土板中间圆孔的设置减小了多个钢筒基础在水中的下沉阻力,便于施工。

[0029] 本发明的多筒组合基础结构在施工中可实现“陆上预制-浮运-拖航-下沉-调平”技术,浇筑质量可靠,没有打桩等冲击荷载,施工过程中避免了在海上使用起重设备等大型机械,减少了施工的工序,降低了由于海洋环境快速恶劣变化带来的海上作业难度及风机受损风险,所需设备简单,安全有效,海上安装时间仅需数小时,相对于传统基础结构建设周期短、效率高、质量好、安全性高,大幅降低海上风电施工和风机安装成本。

## 附图说明

[0030] 图1是本发明所提供的多筒组合基础结构的立体结构示意图;

[0031] 图2是本发明所提供的多筒组合基础结构的主视图;

[0032] 图3是本发明所提供的多筒组合基础结构的俯视图;

[0033] 图4是本发明所提供的多筒组合基础结构中钢筋混凝土梁板体系的结构示意图;

[0034] 图5是本发明所提供的多筒组合基础结构中去掉过渡段部分的结构示意图;

[0035] 图6是本发明所提供的多筒组合基础结构中弹性缓冲结构的剖面图。

[0036] 图中:1、钢筒基础;2、钢顶板;3、混凝土板;4、外环梁;5、中环梁;6、第一内环梁;7、第二内环梁;8、混凝土主梁;9、混凝土次梁;10、混凝土过渡段;11、钢制塔筒。

## 具体实施方式

[0037] 为能进一步了解本发明的发明内容、特点及效果,兹例举以下实施例,并配合附图详细说明如下:

[0038] 如图1至图3所示,本实施例公开了一种多筒组合基础结构,包括多个相同的钢筒基础1、钢顶板2、混凝土板3、外环梁4、中环梁5、第一内环梁6、第二内环梁7、混凝土主梁8、混凝土次梁9、混凝土过渡段10、钢制塔筒11。

[0039] 多个相同的钢筒基础1相互独立,在水平面上按照其中心点连线能够构成一个正多边形进行排布,并在上部共同与钢顶板2焊接。钢筒基础1的数量一般为3-6个;钢筒基础1为钢制圆筒形结构,半径为10-15m,高度为8-12m。相邻两个钢筒基础1的净距离为钢筒基础1外径的1-3倍。

[0040] 钢顶板2设置于多个钢筒基础1顶部,与钢筒基础1的顶面焊接。钢顶板2的形状由相邻钢筒基础1截面圆形的外公切线和外公切线之间的圆弧线段围成,每个圆弧线段的圆心投影与钢筒基础1截面圆形的圆心在水平面上为同一点。钢顶板2的厚度为0.006-0.01m。

钢顶板2周边处设置有向上的钢制肋板,钢制肋板的高度与混凝土板3和外环梁4的总高度相同;该钢制肋板用于插入到混凝土板3和外环梁4中,实现混凝土结构与多个钢筒基础1整体的有效连接。钢顶板2中心开设有圆孔,该圆孔的半径为钢筒基础1半径的0.5-1.0倍,用于减小多个钢筒基础1在水中的下沉阻力。

[0041] 钢顶板2上部设置有混凝土板3,混凝土板3与钢顶板2的轮廓一致,混凝土板的厚度为0.3-1m。混凝土板3浇筑于钢顶板2上部,且钢顶板2的钢制肋板向上深入到混凝土板3中,使混凝土板3与钢顶板2结合牢固。混凝土板3中心开设有圆孔,该圆孔的半径与钢顶板2上所开设圆孔的尺寸一致,同样用于减小多个钢筒基础1在水中的下沉阻力。

[0042] 如图4所示,混凝土板3顶面设置有四道环梁,包括外环梁4、中环梁5、第一内环梁6、第二内环梁7。外环梁4位于混凝土板3顶面外侧,其外缘与混凝土板3外缘齐平,且形状与混凝土板3的边缘一致;外环梁4宽度为0.5-1.5m,高度为0.8-1.8m。中环梁5位于混凝土板3顶面中部,形状为圆环形,宽度为0.5-1.5m,高度为0.8-1.8m;中环梁5的半径为钢制塔筒11半径的1.5-2.5倍。第二内环梁7设置在第一内环梁6外侧,第一内环梁6的外径比钢制塔筒11内径小0.2m-1m,宽度为0.5-2.5m,高度为0.8-1.8m。第二内环梁7的内径比钢制塔筒11的外径大0.2m-1m,宽度为0.5-2.5m,高度为0.8-1.8m。

[0043] 混凝土板3顶面在环梁之间连接有混凝土主梁8和混凝土次梁9。混凝土主梁8径向均匀布置在混凝土板3顶面,由第二内环梁7延伸至外环梁4。在本发明的一种实施例中,混凝土主梁8包括6根,相邻混凝土主梁8之间的夹角为60度;混凝土主梁8的宽度为0.5-1.5m,高度为0.8-1.8m。混凝土次梁9径向均匀布置在混凝土板3顶面的每两根相邻的混凝土主梁8之间,由中环梁5延伸至外环梁4。在本发明的一种实施例中,混凝土次梁9包括12-18根,每两根相邻的混凝土主梁8之间布置有2-3根混凝土次梁9,相邻混凝土次梁9轴线之间的夹角为20-30度。

[0044] 混凝土板3上部设置有混凝土过渡段10,混凝土过渡段10为圆环截面的直线型薄壁结构,且底部圆环直径大于顶部圆环直径。混凝土过渡段10为等厚结构,其壁厚为0.5-1.5m,中间分布有预应力钢绞线。混凝土过渡段10的圆环形底面坐落在中环梁5上,其底面的圆环形截面与中环梁一致;混凝土过渡段10的高度为20-40m。直线型薄壁结构的混凝土过渡段10有助于将上部荷载传到混凝土梁板体系中,进而分散到多个钢筒基础1上。此外混凝土过渡段10增加了整个结构的自重,使整个结构可以利用自重来抵抗一部分水平的荷载。

[0045] 混凝土过渡段10上部设置有一段钢制塔筒11,钢制塔筒11穿过混凝土过渡段10,直接与混凝土板3接触。钢制塔筒11底端插入至第二内环梁7和第一内环梁6之间。

[0046] 如图5所示,钢制塔筒11与混凝土过渡段10顶部之间设置有弹性缓冲装置,钢制塔筒11底部与第一内环梁6之间、钢制塔筒11底部与第二内环梁7之间均设置有弹性缓冲装置。

[0047] 如图6所示,弹性缓冲装置由防水层a、抗氧化层b、弹性金属线圈c、第一橡胶层d、橡胶凸起层e、第二橡胶层f依次由胶体粘接组成,总体厚度为0.2-1m,高度为0.8-1.8m。

[0048] 上述多筒组合基础结构的施工方法,具体按照如下步骤进行:

[0049] (1)陆上预制好多个钢筒基础1,并将多个所述钢筒基础在水平面上按照其中心点连线能够构成一个正多边形进行排布后,与钢顶板2进行焊接;

[0050] (2) 将钢顶板2作为混凝土板3的底面模板,在钢顶板2上绑扎钢筋,对混凝土板3、外环梁4、中环梁5、第一内环梁6、第二内环梁7、混凝土主梁8、混凝土次梁9以及混凝土过渡段10一同进行浇筑施工;

[0051] (3) 将上述浇筑施工完成的整体结构吊入水中,检查气密性,在混凝土板3上安装钢制塔筒11,在钢制塔筒11底部与第一内环梁6之间、钢制塔筒11底部与第二内环梁7之间、钢制塔筒11与混凝土过渡段10顶部之间安装弹性缓冲装置,并在钢制塔筒11上安装机头,根据拖航要求调节钢筒基础的吃水;

[0052] (4) 将多筒组合基础结构和机头进行浮运拖航;

[0053] (5) 将多筒组合基础结构和机头浮运拖航至到指定海域后,先进行自重下沉,再进行负压下沉到指定位置;

[0054] (6) 下沉结束后对钢筒基础1内部的土体进行加固。

[0055] 尽管上面结合附图对本发明的优选实施例进行了描述,但是本发明并不局限于上述的具体实施方式,上述的具体实施方式仅仅是示意性的,并不是限制性的,本领域的普通技术人员在本发明的启示下,在不脱离本发明宗旨和权利要求所保护的范围情况下,还可以作出很多形式的具体变换,这些均属于本发明的保护范围之内。

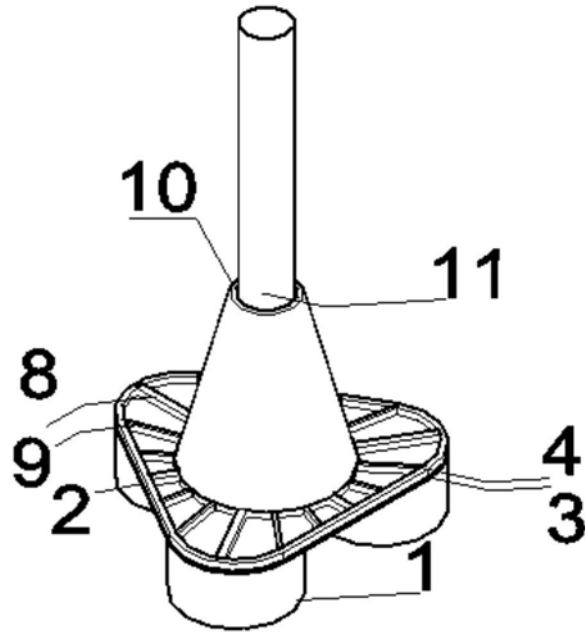


图1

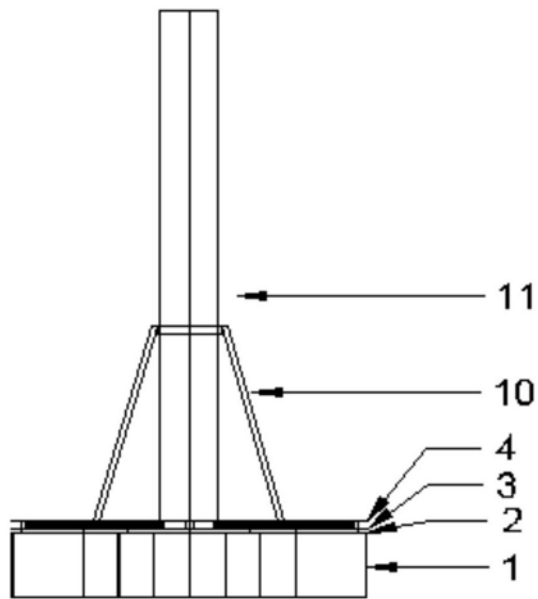


图2

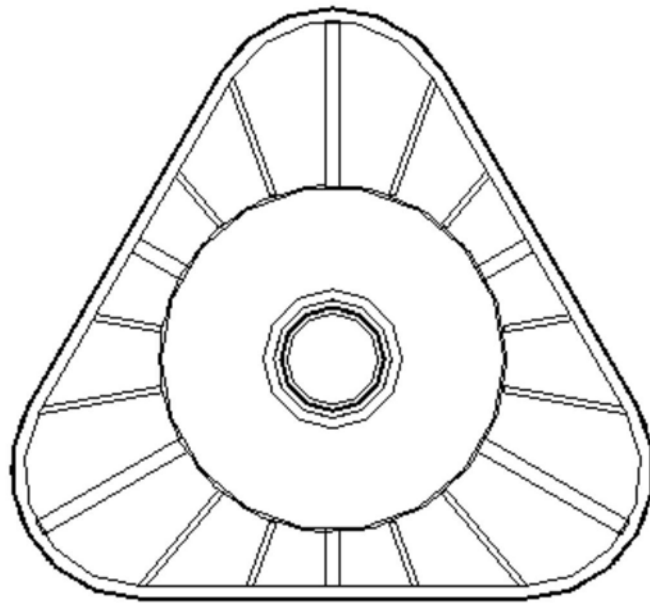


图3

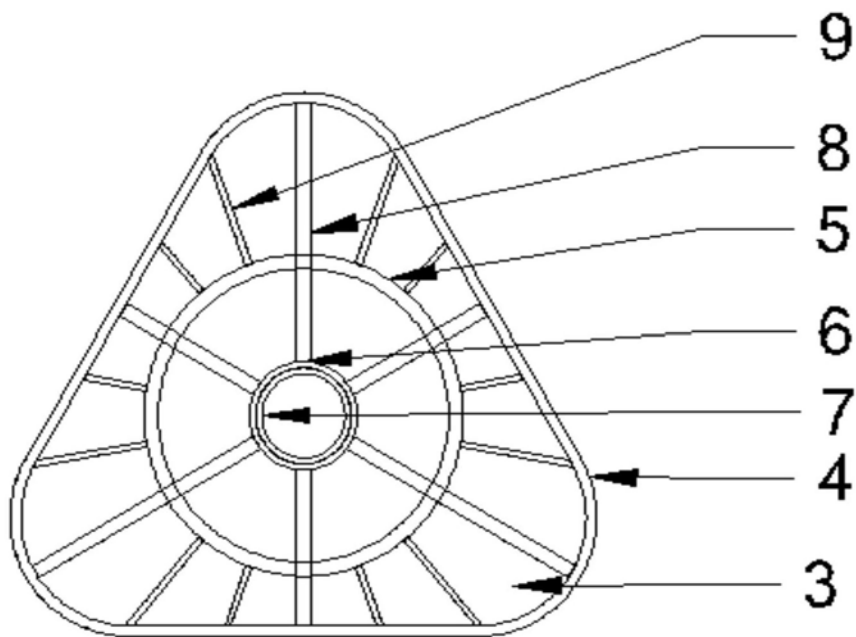


图4

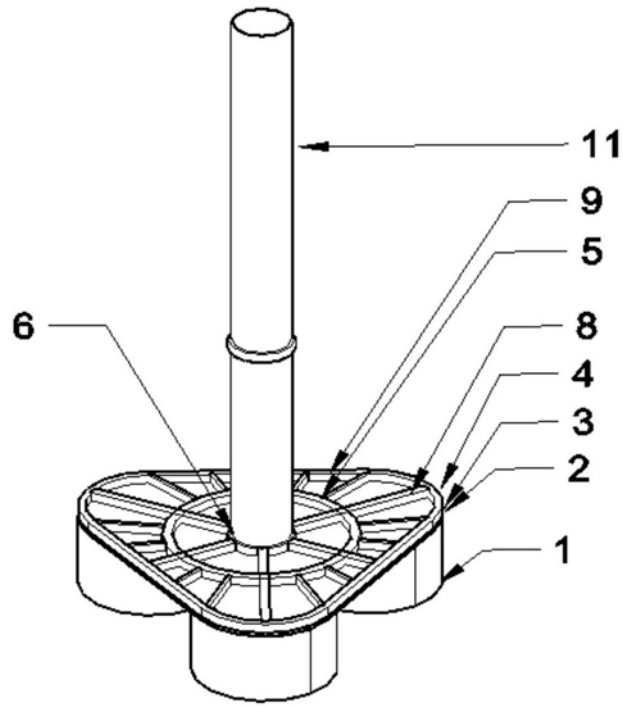


图5

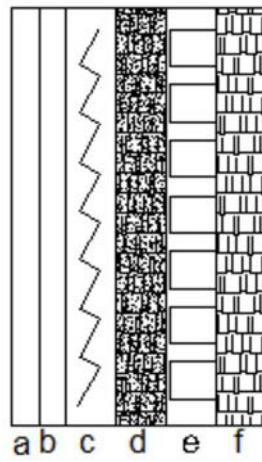


图6