



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110453715 A

(43)申请公布日 2019.11.15

(21)申请号 201910658373.0

(22)申请日 2019.07.21

(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 张浦阳 齐欣 丁红岩 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)

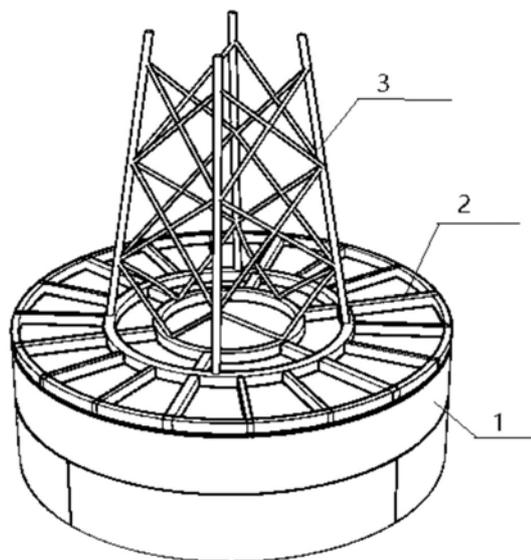
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

可气液置换的组合式筒型导管架基础结构  
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，公开了一种可气液置换的组合式筒型导管架基础结构及其施工方法，复合钢筒内部的中空舱底板将复合钢筒分隔为上部的中空舱和下部的分舱；复合钢筒的顶板设置有灌浆通道和通气/水孔，灌浆通道延伸至中空舱，通气/水孔延伸至分舱；复合钢筒上部设置有混凝土梁板体系，混凝土梁板体系上部设置有导管架过渡段；其施工方法包括陆上预制、岸边调试、水上拖航、自重下沉、负压下沉、负压加固灌浆操作等步骤。本发明结合了重力式基础、吸力式筒型基础和导管架的优点，安装施工快速，避免使用大型设备，成本低，综合造价低，且应力分布合理，承载能力强，使用范围广。



1. 一种可气液置换的组合式筒型导管架基础结构,包括复合钢筒,所述复合钢筒设置有顶板和筒壁,其特征在于,所述复合钢筒内部设置有中空舱底板,所述中空舱底板将所述复合钢筒分隔为上部的中空舱和下部的分舱;所述顶板设置有灌浆通道和通气/水孔,所述灌浆通道延伸至所述中空舱,所述通气/水孔延伸至所述分舱,各个所述分舱的所述通气/水孔均匀分配;所述复合钢筒上部设置有混凝土梁板体系,所述混凝土梁板体系上部设置有导管架过渡段。

2. 根据权利要求1所述的一种可气液置换的组合式筒型导管架基础结构,其特征在于,所述混凝土梁板体系包括设置在所述复合钢筒上的钢筋混凝土板,所述钢筋混凝土板顶面设置有外环梁、中环梁、内环梁;所述钢筋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内环梁延伸至所述外环梁;所述钢筋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;所述复合钢筒的所述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钢筋混凝土板和所述外环梁。

3. 根据权利要求2所述的一种可气液置换的组合式筒型导管架基础结构,其特征在于,所述钢筋混凝土板与所述顶板轮廓一致,所述钢筋混凝土板的厚度为0.3-1m。

4. 根据权利要求2所述的一种可气液置换的组合式筒型导管架基础结构,其特征在于,所述外环梁的外缘与所述钢筋混凝土板外缘齐平,且形状与所述钢筋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钢筋混凝土板顶面中部,形状为圆环形,宽度为0.5-1.5m,高度为0.8-1.8m;所述中环梁的外部半径为所述复合钢筒半径的0.5倍;所述内环梁的宽度为0.5-1.5m,高度为0.8-1.8m。

5. 根据权利要求2所述的一种可气液置换的组合式筒型导管架基础结构,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。

6. 根据权利要求1所述的一种可气液置换的组合式筒型导管架基础结构,其特征在于,所述导管架过渡段包括多根相同的立柱,多根所述立柱的底部均布在所述中环梁上并与所述中环梁通过法兰连接;相邻两根所述立柱之间连接有支撑杆构成桁架式钢结构;所述立柱下部和所述内环梁之间连接有斜杆。

7. 根据权利要求6所述的一种可气液置换的组合式筒型导管架基础结构,其特征在于,所述多根所述立柱均由下至上以相同的角度向基础结构中心倾斜。

8. 根据权利要求1-7中任一项所述的一种可气液置换的组合式筒型导管架基础结构,其特征在于,所述复合钢筒的外径为35-40m,高度为8-12m;所述中空舱的高度为所述复合钢筒总高度的0.25-0.5倍。

9. 根据权利要求1-7中任一项所述的一种可气液置换的组合式筒型导管架基础结构,其特征在于,所述分舱包括中央圆形分舱和按所述复合钢筒正交对称轴分隔的四个边舱,所述中央圆形分舱的半径为所述复合钢筒外径的0.25倍。

10. 一种如权利要求1-9中任一项所述可气液置换的组合式筒型导管架基础结构的施工方法,其特征在于,按照如下步骤进行:

(1) 陆上预制所述复合钢筒;

- (2) 将所述复合钢筒的顶板作为底面模板,在所述顶板上绑扎钢筋,对所述混凝土梁板体系进行浇筑施工;
- (3) 在所述混凝土梁板体系上部安装所述导管架过渡段;
- (4) 将上述施工完成的所述组合式筒型导管架基础结构吊入水中,保持灌浆通道和通气/水孔处于关闭状态,检查气密性;根据拖航要求调节所述复合钢筒的吃水;
- (5) 将所述组合式筒型导管架基础结构进行浮运拖航;
- (6) 将所述组合式筒型导管架基础结构浮运拖航至到指定海域后,打开所述通气/水孔进行排气,利用基础结构的自重进行自重下沉,直至所述组合式筒型导管架基础结构自重与土体阻力平衡而停止下沉;
- (7) 打开所述灌浆通道进行第一次灌浆操作,将所述中空舱内部气体置换成浆体,增加基础结构的自重进一步自重下沉;
- (8) 打开所述通气/水孔对所述分舱进行排气或排水,将基础结构进行负压下沉到指定位置;
- (9) 下沉结束后对所述复合钢筒内部的土体进行负压加固;
- (10) 安装基础结构上部设备;
- (11) 打开所述灌浆通道对所述中空舱进行第二次灌浆操作,使所述中空舱注满浆体。

## 可气液置换的组合式筒型导管架基础结构及其施工方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及海洋工程的基础结构技术领域,具体的说,是涉及一种复合筒形基础结构及其施工方法。

### 背景技术

[0002] 目前在海上风电发电领域,风机基础的形式主要有重力式基础,导管架基础,筒型基础等。伴随海上风能资源的开发和利用,兆瓦级海上风电机组的基础设计成为难题,为了承受海上的波浪冲击、强风载荷、海水腐蚀、施工运输载荷等,海上风电机组的基础相较于陆上的结构复杂、技术难度大、建设成本高。另外,海上风机基础的过渡段形状复杂,传力效果不明确,生产加工难度大。

[0003] 重力式基础整体依靠结构自重以及其上填料和压载的重量抵抗外荷载,维持结构稳定性,施工原理简明,填料和压载材料成本低;但基础自重和几何尺寸很大,基础占据海床的范围比较广,对地质条件要求较高,因此重力式基础适用水深范围有限,成本高。吸力式筒型基础形式简单,承载力强,运输安装简单,回收容易,筒裙抗滑移稳定性较高。但是随着水深的增加,风浪流荷载变大,大弯矩荷载需要的筒型基础直径较大,运输和安装等过程需要大型设备。导管架结构简单、传力机理明确、应力分布合理、重量轻、可预制安装、成本低,且适用于较深水域。

### 发明内容

[0004] 本发明着力于解决上述技术问题,结合了重力式结构成本低、承载力强,筒型基础安装方便、造价低廉、可回收利用以及导管架过渡段结构简单、应力分布合理、可预制安装的特点,提出了一种可气液置换的组合式筒型导管架基础结构及其施工方法。

[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] 一种可气液置换的组合式筒型导管架基础结构,包括复合钢筒,所述复合钢筒设置有顶板和筒壁;所述复合钢筒内部设置有中空舱底板,所述中空舱底板将所述复合钢筒分隔为上部的中空舱和下部的分舱;所述顶板设置有灌浆通道和通气/水孔,所述灌浆通道延伸至所述中空舱,所述通气/水孔延伸至所述分舱,各个所述分舱的所述通气/水孔均匀分配;所述复合钢筒上部设置有混凝土梁板体系,所述混凝土梁板体系上部设置有导管架过渡段。

[0007] 进一步地,所述混凝土梁板体系包括设置在所述复合钢筒上的钢筋混凝土板,所述钢筋混凝土板顶面设置有外环梁、中环梁、内环梁;所述钢筋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内环梁延伸至所述外环梁;所述钢筋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;所述复合钢筒的所述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钢筋混凝土板和所述外环梁。

[0008] 更进一步地,所述钢筋混凝土板与所述顶板轮廓一致,所述钢筋混凝土板的厚度

为0.3-1m。

[0009] 更进一步地,所述外环梁的外缘与所述钢筋混凝土板外缘齐平,且形状与所述钢筋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钢筋混凝土板顶面中部,形状为圆环形,宽度为0.5-1.5m,高度为0.8-1.8m;所述中环梁的外部半径为所述复合钢筒半径的0.5倍;所述内环梁的宽度为0.5-1.5m,高度为0.8-1.8m。

[0010] 更进一步地,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。

[0011] 进一步地,所述导管架过渡段包括多根相同的立柱,多根所述立柱的底部均布在所述中环梁上并与所述中环梁通过法兰连接;相邻两根所述立柱之间连接有支撑杆构成桁架式钢结构;所述立柱下部和所述内环梁之间连接有斜杆。

[0012] 更进一步地,所述多根所述立柱均由下至上以相同的角度向基础结构中心倾斜。

[0013] 进一步地,所述复合钢筒的外径为35-40m,高度为8-12m;所述中空舱的高度为所述复合钢筒总高度的0.25-0.5倍。

[0014] 进一步地,所述分舱包括中央圆形分舱和按所述复合钢筒正交对称轴分隔的四个边舱,所述中央圆形分舱的半径为所述复合钢筒外径的0.25倍。

[0015] 一种上述可气液置换的组合式筒型导管架基础结构的施工方法,按照如下步骤进行:

[0016] (1) 陆上预制所述复合钢筒;

[0017] (2) 将所述复合钢筒的顶板作为底面模板,在所述顶板上绑扎钢筋,对所述混凝土梁板体系进行浇筑施工;

[0018] (3) 在所述混凝土梁板体系上部安装所述导管架过渡段;

[0019] (4) 将上述施工完成的所述组合式筒型导管架基础结构吊入水中,保持灌浆通道和通气/水孔处于关闭状态,检查气密性;根据拖航要求调节所述复合钢筒的吃水;

[0020] (5) 将所述组合式筒型导管架基础结构进行浮运拖航;

[0021] (6) 将所述组合式筒型导管架基础结构浮运拖航至到指定海域后,打开所述通气/水孔进行排气,利用基础结构的自重进行自重下沉,直至所述组合式筒型导管架基础结构自重与土体阻力平衡而停止下沉;

[0022] (7) 打开所述灌浆通道进行第一次灌浆操作,将所述中空舱内部气体置换成浆体,增加基础结构的自重进一步自重下沉;

[0023] (8) 打开所述通气/水孔对所述分舱进行排气或排水,将基础结构进行负压下沉到指定位置;

[0024] (9) 下沉结束后对所述复合钢筒内部的土体进行负压加固;

[0025] (10) 安装基础结构上部设备;

[0026] (11) 打开所述灌浆通道对所述中空舱进行第二次灌浆操作,使所述中空舱注满浆体。

[0027] 本发明的有益效果是:

[0028] 本发明的基础结构同时具有重力式和筒型基础的优点,承载力高、安装运输方便,

适用范围广,成本大大降低;又兼具了导管架过渡段结构简单,传力机理明确,生产安装便捷的优点,适用于较深海域;通过中空舱中气体与浆体的置换,使其自重增加进而下沉,并在下沉结束后作为重力式基础增加基础稳性。本发明的基础结构通过灌浆下沉和负压下沉安装,可以实现基础结构的气液置换和下沉调平,另外注满的浆体可增加基础自重,使其成为重力式基础的一部分,施工成本低,技术难度小;安装施工快速,避免使用大型设备,成本低,综合造价低;且应力分布合理,承载能力强,使用范围广。

### 附图说明

[0029] 图1是本发明所提供的组合式筒型导管架基础结构的立体图;

[0030] 图2是本发明所提供的组合式筒型导管架基础结构的主视图;

[0031] 图3是本发明所提供的组合式筒型导管架基础结构的俯视图;

[0032] 图4是本发明所提供的组合式筒型导管架基础结构中复合钢筒和混凝土梁板体系的立体图;

[0033] 图5是本发明所提供的组合式筒型导管架基础结构中复合钢筒的俯视图;

[0034] 图6是本发明所提供的组合式筒型导管架基础结构中复合钢筒的剖视图;

[0035] 图7是本发明所提供的组合式筒型导管架基础结构中钢筋混凝土梁板体系的结构示意图;

[0036] 图8是本发明所提供的组合式筒型导管架基础结构中导管架结构的结构示意图。

[0037] 图中:1、复合钢筒,11、中空舱,12、分舱,13、灌浆通道,14、通气/水孔;2、混凝土梁板体系,21、钢筋混凝土板,22、外环梁,23、中环梁,24、内环梁,25、混凝土主梁,26、混凝土次梁;3、导管架过渡段,31、立柱,32、支撑杆,33、斜杆。

### 具体实施方式

[0038] 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:

[0039] 如图1至图3所示,本实施例公开了一种可气液置换的组合式筒型导管架基础结构,主要包括复合钢筒1、混凝土梁板体系2、导管架过渡段3。复合钢筒1上部设置混凝土梁板体系2,混凝土梁板体系2上部设置导管架过渡段3,导管架过渡段3用于连接上部风电设备。

[0040] 如图4至图6所示,复合钢筒1是由顶板和筒壁构成的圆筒状结构,复合钢筒1的外径一般为35-40m,高度一般为8-12m。复合钢筒1内部设置有中空舱底板,中空舱底板将复合钢筒分隔为上部的中空舱11和下部的分舱12,中空舱11的高度通常为复合钢筒1总高度的0.25-0.5倍。本实施例中分舱12包括中央圆形分舱和按复合钢筒1正交对称轴分隔的四个边舱,其中中央圆形分舱的半径为复合钢筒1外径的0.25倍。复合钢筒1的顶板设置有多个灌浆通道13,用于灌浆操作。灌浆通道13延伸至复合钢筒1上部的中空舱11。复合钢筒1的顶板还设置有多个通气/水孔14,主要用于调平操作。通气/水孔14延伸至复合钢筒1下部的分舱,并且各个分舱12的通气/水孔14均匀分配。

[0041] 如图7所示,混凝土梁板体系2包括钢筋混凝土板21、外环梁22、中环梁23、内环梁24、混凝土主梁25、混凝土次梁26。复合钢筒1的顶板周边处设置有向上的钢制肋板,钢制肋

板的高度与钢筋混凝土板21和外环梁22的总高度相同；该钢制肋板用于插入到钢筋混凝土板21和外环梁22中，实现混凝土梁板体系2与复合钢筒1的有效连接。钢筋混凝土板21与复合钢筒1的顶板的轮廓一致，钢筋混凝土板21浇筑于复合钢筒1的顶板上部，钢筋混凝土板21的厚度为0.3-1m。

[0042] 外环梁22位于钢筋混凝土板21顶面外侧，其外缘与钢筋混凝土板21外缘齐平，且形状与钢筋混凝土板21的边缘一致；外环梁22宽度为0.5-1.5m，高度为0.8-1.8m。中环梁23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23的外部半径为复合钢筒1半径的0.5倍。内环梁24的内环半径与复合钢筒1中央圆形分舱的半径一致，宽度为0.5-1.5m，高度为0.8-1.8m。

[0043] 钢筋混凝土板21顶面在三道环梁之间连接有混凝土主梁25和混凝土次梁26。混凝土主梁25径向均匀布置在钢筋混凝土板21顶面，由内环梁24延伸至外环梁22。在本发明的一种实施例中，混凝土主梁25包括6根，相邻混凝土主梁25之间的夹角为60度；混凝土主梁25的宽度为0.5-1.5m，高度为0.8-1.8m。混凝土次梁26径向均匀布置在钢筋混凝土板21顶面的每两根相邻的混凝土主梁25之间，由中环梁23延伸至外环梁22。在本发明的一种实施例中，混凝土次梁26包括12-18根，每两根相邻的混凝土主梁25之间布置有2-3根混凝土次梁26，相邻混凝土次梁26轴线之间的夹角为20-30度。

[0044] 如图8所示，导管架过渡段3由四根相同的立柱31、若干支撑杆32、八根斜杆33构成。立柱31的钢管外径为0.3-0.7m，厚度为0.01-0.05mm。四根立柱31的底部在中环梁23上环向均布，即四根立柱31底端连线构成正方形，并且每根立柱31的底部通过法兰与中环梁23连接，四根立柱31均由下至上以相同的角度向基础结构中心倾斜，倾斜角度为80-85度。若干支撑杆32连接在每相邻两根立柱31之间，构成桁架式钢结构。支撑杆32的钢管外径为0.1-0.5m，厚度为0.01-0.05mm。每相邻两根立柱31之间还设置有一组（两根）斜杆33，每组斜杆33以倒三角形形式设置，每组的两根斜杆33上端分别连接于两根立柱31，两根斜杆33下端交汇在一起并与内环梁24相连，四个连接点环向均布于内环梁24，四个连接点连线构成正方形。导管架过渡段3有助于将上部荷载传到混凝土梁板体系2中，进而分散到复合钢筒1上。此外导管架结构整体性好，受风浪影响较小，且结构强度大，有利于承受外界荷载。

[0045] 上述可气液置换的组合式筒型导管架基础结构的施工方法，具体按照如下步骤进行：

[0046] (1) 陆上预制复合钢1；

[0047] (2) 将复合钢筒1的顶板作为底面模板，在顶板上绑扎钢筋，对混凝土梁板体系2的钢筋混凝土板21、外环梁22、中环梁23、内环梁24、混凝土主梁25、混凝土次梁26同时进行浇筑施工；

[0048] (3) 在混凝土梁板体系2上部安装导管架过渡段3；

[0049] (4) 将上述施工完成的组合式筒型导管架基础结构吊入水中，保持灌浆通道13和通气/水孔14处于关闭状态，检查气密性；根据拖航要求调节复合钢筒1的吃水；

[0050] (5) 将组合式筒型导管架基础结构进行浮运拖航；

[0051] (6) 将组合式筒型导管架基础结构浮运拖航至到指定海域后，打开通气/水孔14进行排气，利用基础结构的自重进行自重下沉；

[0052] (7) 打开灌浆通道13进行第一次灌浆操作，将中空舱11内部的部分气体置换成密

度大的浆体,增加基础结构的自重进一步自重下沉,贯入土体表面,直至组合式筒型导管架基础结构自重与土体阻力平衡而停止下沉;

[0053] (8) 打开通气/水孔14,通过水泵对各分舱12进行抽水或抽气,增大分舱12内与外界的压力差,将基础结构进行负压下沉到指定位置;并在下沉过程中,通过不同的通气/水孔14对分舱12进行进/排水或排气操作,借助内外压差实现复合钢筒1筒内产生正压或负压,进而实现调平结构对整个基础结构的调平操作;

[0054] (9) 下沉结束后继续进行一段时间负压,对复合钢筒1内部的土体进行负压加固;

[0055] (10) 安装基础结构上部设备;借助测量设备进行基础结构的水平度监测,如有倾斜,重复步骤(8)和步骤(9);

[0056] (11) 打开灌浆通道13对中空舱11进行第二次灌浆操作,使整个中空舱11注满浆体。

[0057] 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。

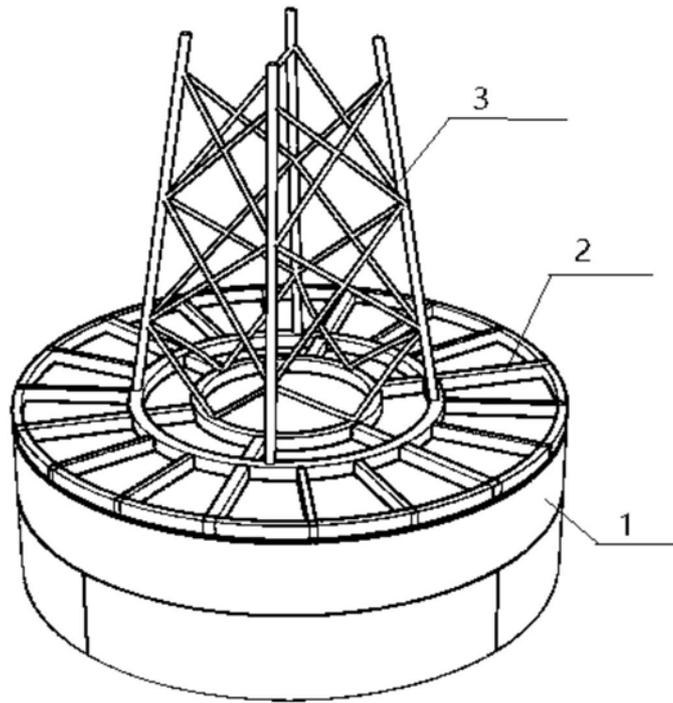


图1

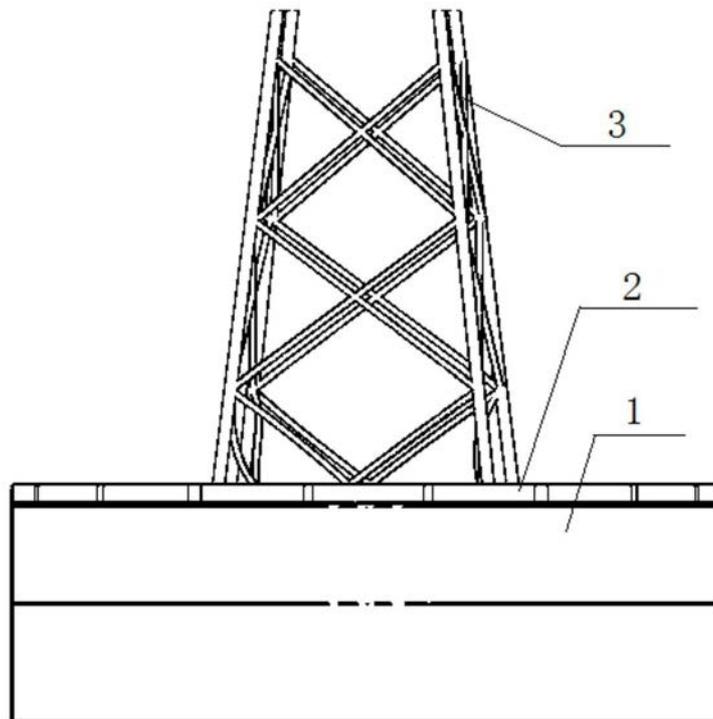


图2

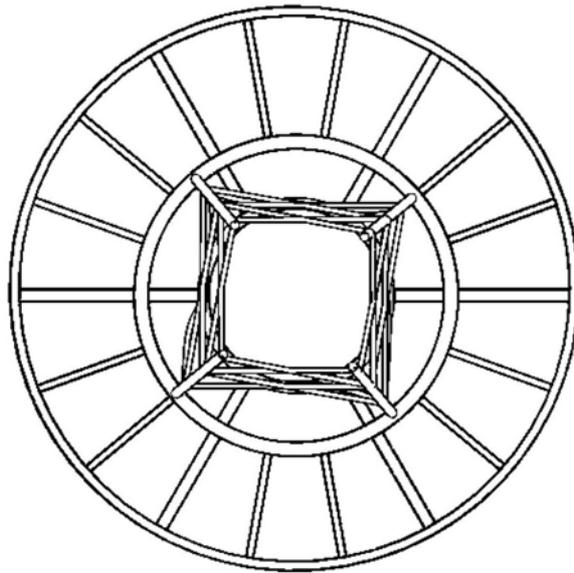


图3

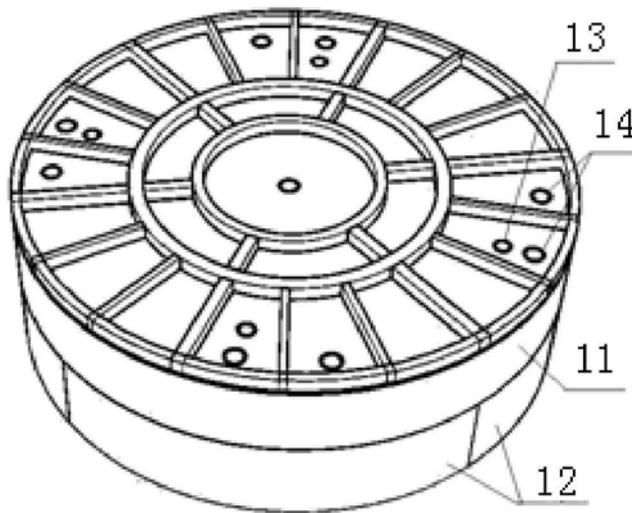


图4

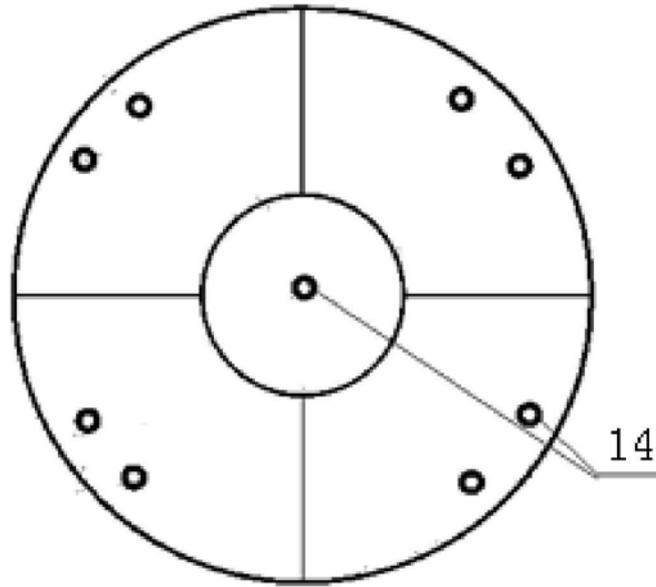


图5

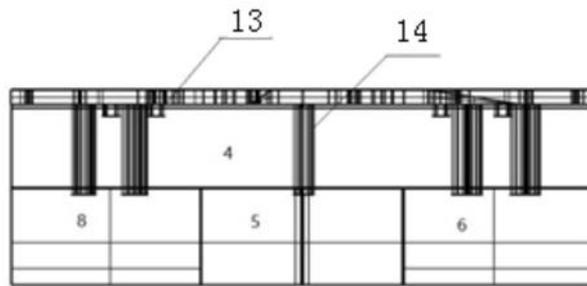


图6

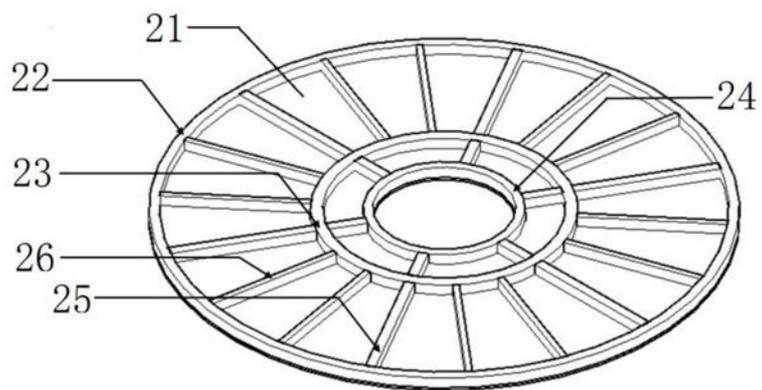


图7

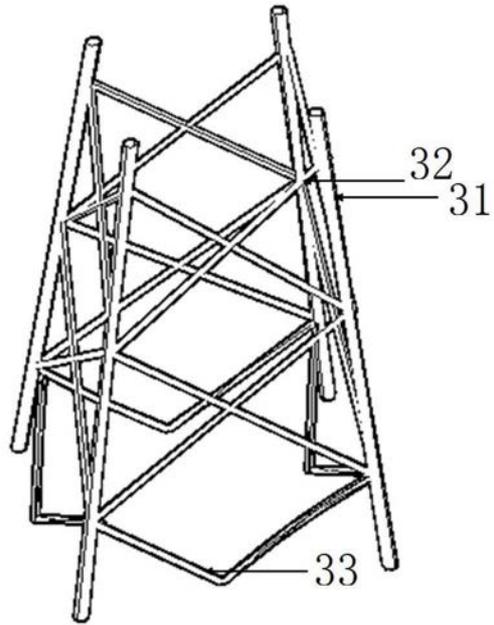


图8