



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104401458 B

(45)授权公告日 2017.01.25

(21)申请号 201410686305.2

E02D 27/52(2006.01)

(22)申请日 2014.11.24

审查员 衣冠顺

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104401458 A

(43)申请公布日 2015.03.11

(73)专利权人 新疆金风科技股份有限公司

地址 830026 新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市经济技术开发区上海路107号

(72)发明人 李荣富

(74)专利代理机构 北京铭硕知识产权代理有限公司

公司 11286

代理人 王秀君

(51)Int.Cl.

B63B 35/44(2006.01)

E02D 27/42(2006.01)

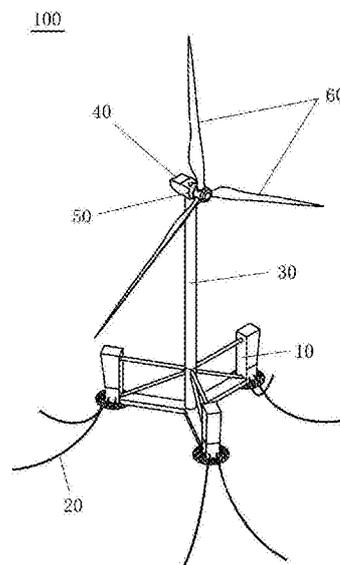
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

半潜式浮动风机基础和浮动风机

(57)摘要

提供了一种半潜式浮动风机基础和浮动风机,包括:至少三个立柱;立柱连接结构,与每个立柱的下端分别连接,以使立柱和立柱连接结构形成一体;支撑立柱,设置在浮动风机基础的中央,用于支撑风机的塔架、机舱、叶片和风力发电机组,其中,每个立柱的横截面面积均在水面以下的预定位置向上变大。浮动风机,包括:所述半潜式浮动风机基础;塔架,安装在所述半潜式浮动风机基础的支撑立柱上;机舱,安装在塔架的顶端;风力发电机组和叶片,安装在机舱的前端。通过应用上述半潜式浮动风机基础,浮动风机的结构和运动性能均被改善,并降低了生产本和安装成本。



1. 一种半潜式浮动风机基础,包括:
至少三个立柱;
立柱连接结构,与每个立柱的下端分别连接,以使立柱和立柱连接结构形成一体;
支撑立柱,设置在浮动风机基础的中央,用于支撑风机的塔架、机舱、叶片和风力发电机组,
其特征在於,每个立柱的外侧表面均从水面以下的预定位置处开始相对于竖直向上的方向而向浮动风机基础的外侧倾斜,且每个立柱的内侧表面保持竖直。
2. 如权利要求1所述的半潜式浮动风机基础,其特征在於,所述立柱在所述预定位置以下的部分具有相同的横截面。
3. 如权利要求1所述的半潜式浮动风机基础,其特征在於,所述立柱的底端设置有垂荡板。
4. 如权利要求1所述的半潜式浮动风机基础,其特征在於,所述立柱的外侧相对于竖直方向向外倾斜5度至10度。
5. 如权利要求1所述的半潜式浮动风机基础,其特征在於,每个立柱和支撑立柱之间通过直撑杆和斜撑杆互相连接。
6. 如权利要求1所述的半潜式浮动风机基础,其特征在於,所述立柱连接结构是底浮箱或桁架结构。
7. 如权利要求6所述的半潜式浮动风机基础,其特征在於,在立柱的底部和底浮箱内设置有压载水调节系统。
8. 如权利要求3所述的半潜式浮动风机基础,其特征在於,在垂荡板上形成有多个整流孔。
9. 如权利要求3所述的半潜式浮动风机基础,其特征在於,垂荡板通过倾斜的连接杆与立柱连接。
10. 如权利要求1所述的半潜式浮动风机基础,其特征在於,所述浮动风机基础通过悬链线式系泊缆索被锚固于海底。
11. 如权利要求3所述的半潜式浮动风机基础,其特征在於,所述浮动风机基础通过悬链线式系泊缆索被锚固于海底,其中,系泊缆索的上端与垂荡板连接。
12. 如权利要求6所述的半潜式浮动风机基础,其特征在於,所述底浮箱具有Y形形状。
13. 一种浮动风机,其特征在於,包括:
如权利要求1至12中任一所述的半潜式浮动风机基础;
塔架,安装在所述半潜式浮动风机基础的支撑立柱上;
机舱,安装在塔架的顶端;
风力发电机组和叶片,安装在机舱的前端。

半潜式浮动风机基础和浮动风机

技术领域

[0001] 本发明涉及海上风力发电机领域,更具体地讲,涉及一种结构改进的半潜式浮动风机基础以及具有该半潜式浮动风机基础的浮动风机。

背景技术

[0002] 在50米以上深海区域,可开发利用的风资源更多更优质,市场前景也更广阔。要开发这些海域的深海风电场,按照目前近海风场普遍采用的各种贯穿桩结构固定在海底的做法将不具备优势,因为:随着水深增加,固定式基础成本直线上升;固定式海上风机建造运维成本比浮动式更高。因此,为了使海上风电场的建设可以向深海区发展,需要开发经济实用的浮动式风力发电机。因此,如何开发运动特性优异、结构紧凑、经济实用的浮动式风机基础已经成为开发浮动式风机最关键的课题。

[0003] 应用于海上风电领域的浮动式风机基础承受的载荷不同于传统的海油工程中的移动式平台,因为浮动式海上风机基础除了承受风浪流的联合作用外,还要承受风机这一高耸结构运行所引起的陀螺回转效应,倾覆力矩 M_x , M_y 以及绕垂直轴的扭矩 M_z ,整个风机会产生六个自由度的剧烈运动,包括X、Y和Z轴的轴向移动和绕轴的摆动,这给风机的变桨和偏航控制系统带来巨大挑战,会影响到风机的正常运行,影响发电量,甚至会危及整个系统结构的安全性。

[0004] 因此,有必要开发出一种能够使风力发电机组保持平稳运行的浮动风机基础。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种结构改善的半潜式浮动风机基础以及具有该半潜式浮动风机基础的浮动风机。

[0006] 本发明的另一目的在于提供一种运动性能提高的半潜式浮动风机基础以及具有该半潜式浮动风机基础的浮动风机。

[0007] 本发明的另一目的在于提供一种生产成本和安装成本降低的半潜式浮动风机基础以及具有该半潜式浮动风机基础的浮动风机。

[0008] 为了实现上述目的,提供了一种半潜式浮动风机基础,包括:至少三个立柱;立柱连接结构,与每个立柱的下端分别连接,以使立柱和立柱连接结构形成一体;支撑立柱,设置在浮动风机基础的中央,用于支撑风机的塔架、机舱、叶片和风力发电机组,其中,每个立柱的横截面面积均在水面以下的预定位置向上变大。

[0009] 所述立柱的横截面面积可在所述预定位置发生突变。

[0010] 所述立柱的横截面面积可从所述预定位置开始向上逐渐增大。

[0011] 所述立柱可在所述预定位置以下的部分具有相同的横截面。

[0012] 所述立柱的底端可设置有垂荡板。

[0013] 所述立柱的外侧表面可相对于竖直方向向浮动风机基础的外侧倾斜。

[0014] 所述立柱的外侧可相对于竖直方向向外倾斜5度至10度。

- [0015] 所述立柱的内侧表面可保持竖直。
- [0016] 每个立柱和支撑立柱之间可通过直撑杆和斜撑杆互相连接。
- [0017] 所述立柱连接结构可以是底浮箱或桁架结构。
- [0018] 在立柱的底部和底浮箱内可设置有压载水调节系统。
- [0019] 在垂荡板上可形成有多个整流孔。
- [0020] 垂荡板可通过倾斜的连接杆与立柱连接。
- [0021] 所述浮动风机基础可通过悬链线式系泊缆索被锚固于海底。
- [0022] 所述浮动风机基础可通过悬链线式系泊缆索被锚固于海底,其中,系泊缆索的上端可与垂荡板连接。
- [0023] 所述底浮箱可具有Y形形状。
- [0024] 根据本发明的另一方面,提供了一种浮动风机,包括:如上所述的半潜式浮动风机基础;塔架,安装在所述半潜式浮动风机基础的支撑立柱上;机舱,安装在塔架的顶端;风力发电机组和叶片,安装在机舱的前端。
- [0025] 本发明通过应用变截面立柱不仅可实现比传统半潜式平台结构减重至少20%,而且还可实现整个浮动式风机湿拖安装,避免了使用昂贵的大型海上运输船和安装船。
- [0026] 本发明提出的变截面半潜式浮动风机基础在中等水深海域使用时,运动性能、经济性和安装运维的综合指标优于导管架基础,比如对于6MW风机,该基础用钢量可比导管架基础降低约15%。
- [0027] 本发明提出的在立柱的底端设置垂荡板可提供较大的附加阻尼和附加质量,降低了基础运动幅度,可满足风机正常运行发电要求,提高发电量;而且,在综合采用的变截面立柱和垂荡板的情况下,与传统半潜平台比,能够降低整体结构成本约30%。
- [0028] 根据本发明的半潜式浮动风机基础的加工制造方便,可在一般船坞中或船台上建造,在岸边码头实行整机拼装,对港口水深要求不高,可整体湿拖,省去了常规海上吊装需要的大型浮吊船,给海上风机安装带来便利,大大节省运输安装成本。
- [0029] 对于采用了根据本发明的半潜式浮动风机基础的浮动风机,当需要大部件更换或遇台风来袭时,可以解缆,只需要一条普通拖船即可整体拖航回港进行部件更换或避风,机动灵活性能好,节省了大型浮吊船和运输船的高昂费用,避免了台风对机组造成的危害。

附图说明

- [0030] 通过下面结合附图进行的描述,本发明的上述和其它目的和特点将会变得更加清楚,其中:
- [0031] 图1是应用了根据本发明的实施例的半潜式浮动风机基础的浮动风机的立体图;
- [0032] 图2是根据本发明的实施例的半潜式浮动风机基础及其系泊系统的立体图;
- [0033] 图3是根据本发明的实施例的半潜式浮动风机基础的立体图。

具体实施方式

- [0034] 以下,参照附图来详细说明本发明的实施例。
- [0035] 如图1所示,根据本发明的实施例的浮动式风机或浮动风机100包括浮动风机基础10、系泊缆索20、塔架30、机舱40、风力发电机组50和叶片60。在根据本发明的实施例中,浮

动风机基础10为半潜式浮动风机基础,顾名思义,在浮动风机100安装就位于海面时,浮动风机基础10的一部分会没入于海面以下,以这种方式支撑风机的主体,即,塔架30、机舱40、风力发电机组50和叶片60等。由于浮动风机基础10能够随海浪移动,因此其通过系泊缆索20被锚固于海底。优选地,系泊缆索20为悬链线式系泊缆索。

[0036] 如图1至图3所示,在浮动风机基础10的中央设置有支撑立柱11,支撑立柱11与塔架30连接,以支撑安装在塔架30顶端的机舱40、风力发电机组50和叶片60。如图1所示,风机具有三个叶片60,发电机组50的转子通过叶片60的旋转而与定子相互作用,从而可将风能转化为电能。在附图1中,虽然示出了风机具有三个叶片,但是本发明不限于三个,风机也可以具有2个或更多个叶片。

[0037] 下面将结合附图2-3详细描述根据本发明的实施例的半潜式浮动风机基础10的具体结构。

[0038] 如图2至图3所示,浮动风机基础10包括三个立柱12和连接立柱12的底浮箱13。底浮箱13具有Y形形状,即,底浮箱13的三个伸出端分别与每个立柱12的下端连接,从而立柱12和底浮箱13形成为一体式结构。在底浮箱13的中央(即整个浮动风机基础10的中央)设置有支撑立柱11,用于支撑风机的主体。支撑立柱11具有圆柱形形状,其顶端通过法兰与塔架30的底端连接。支撑立柱11的作用除了支撑塔架30和风机主体(即,机舱40、发电机组50和叶片60)以外,还可以在其内部放置电气柜等,增大了布置空间。支撑立柱11的横截面形状不限于圆形,也可采用方形形状。

[0039] 浮动风机基础10还包括连接立柱12和支撑立柱11的多个撑杆。多个撑杆包括直撑杆14和斜撑杆15。如图2和图3所示,在每个立柱12和支撑立柱11之间通过一个直撑杆14和一个斜撑杆15连接,其中,直撑杆14连接于立柱12的上端和支撑立柱11的上端之间,而斜撑杆15倾斜地连接于支撑立柱11的上端和立柱11的下端之间,以此加强立柱11、支撑立柱14和底浮箱13的连接结构。

[0040] 虽然在实施例中示出了底浮箱13作为立柱连接结构,但是本发明不限于此,也可采用桁架结构代替底浮箱。然而,相对来讲,采用底浮箱作为立柱连接结构除了结构上的作用外,还有如下好处:由于Y形底浮箱13在工作状态下位于水面以下的深处,大大减小了波浪作用力。此外,在根据本发明的实施例中,Y形底浮箱13的每个伸出端具有矩形纵截面,有效地增加了整个浮动基础10的垂荡、横摇、纵摇和首摇的附加阻尼和附加质量,从而达到降低整个浮动风机运动幅度的目的。在岸边拼装时,该底浮箱13提供浮力支撑整个浮动风机,使基础的吃水较浅,满足港口浅吃水的要求;在设计吃水下,该底浮箱13中充满压载水,降低了整个基础重心,提高了稳性和耐波性。

[0041] 为了降低由于海浪对浮动基础10的冲击所带来的破坏作用,立柱12的横截面和底浮箱13的纵截面形状最好带有圆角。

[0042] 浮动风机基础10还可包括垂荡板16,垂荡板16安装在各个立柱12的底端,并通过倾斜的连接杆17与立柱12的下端连接。每个垂荡板16可具有圆形形状。

[0043] 在垂荡板16上形成有多个整流孔。垂荡板的空隙率可通过计算流体分析软件或者模型试验进行确定。垂荡板16与倾斜的连接杆17的结构尺寸可根据目标海域的气象和水文条件,结合实际风机运行工况,进行整机动力分析获取载荷进行结构强度分析以确定尺寸。垂荡板10的主要作用是增大垂荡横/纵摇附加阻尼和附加质量,从而降低浮动基础10的运

动幅度,其上的整流孔有效地改善了垂荡板附近的流体流动状况,进一步增加了附加阻尼。

[0044] 然而本发明不限于此,垂荡板16的形状不限于圆形,也可采用多边形形状,并且根据需要选择性地设置整流孔。

[0045] 在存在垂荡板16的情况下,系泊缆索20可与垂荡板16连接,以锚固整个风机。系泊缆索16可以使用各种合适的材料形成,例如钢管、聚氨酯、钢缆、锚链或这些材料的组合等。如果不设置垂荡板16,则系泊缆索20可连接至立柱12的下端的外缘。优选地,每个立柱可与两根系泊缆索20连接,以保持整个浮动风机被稳定地锚固。

[0046] 如图1至图3所示,立柱12为变截面方形立柱。下面将详细描述立柱12的具体结构。

[0047] 根据本发明的实施例,立柱12的横截面面积从其下部的预定位置向上变大。也就是说,立柱12在预定位置以上的部分的横截面面积大于立柱12在预定位置以下的部分的横截面面积。如图2和3所示,根据本发明的实施例的立柱12的横截面面积从预定位置向上逐渐增加,而立柱12在预定位置以下的部分的横截面面积则保持不变。由于本发明的浮动基础为半潜式浮动基础,因此在工作状态下,立柱12的下部会没入水中。预定位置设置在立柱12的下部的在水面以下的某位置处。这样,变截面立柱12能够增大浮动式基础在自由漂浮状态下的稳性以及耐波性。

[0048] 优选地,所述预定位置可在水下10米左右的深度。

[0049] 优选地,立柱12的内侧(具体地,立柱12的面对着中心支撑立柱11的一侧为内侧)保持垂直,外侧自水下的预定位置处开始外倾 $5\sim 20^\circ$ 呈锥面均匀过渡至立柱12的顶部,优选地,外侧自水下的预定位置处开始外倾 $5\sim 10^\circ$ 。由于立柱12的外侧外倾,浮动风机基础10横/纵摇角度越大,则水线面面积越大,面积形心到旋转轴的距离越大,面积矩越大,因此提供的回复力越大。同时,水面以下部分截面尺寸小,以及与其相连的底浮箱13尺寸也会变小,有效地减少了结构尺寸和重量,提高了结构利用率,降低了制造成本。

[0050] 变截面方形立柱12、中心圆形支撑立柱11和底浮箱13间通过撑杆14和15相连,一方面保证上部的风机载荷合理的分散传递到浮动基础10上,另一方面保证整个浮动式基础结构的整体强度。

[0051] 整个浮动基础10可设计吃水深度约 $10\sim 20\text{m}$,在每个立柱12底部和底浮箱13内部设置有压载水调节系统用以调节拖航和在位工况的吃水,从而能够实现整体拖航。整个基础具有明显的结构成本和安装运维成本优势,而且运动性能优异,满足风机正常发电工况下运动要求,五十年一遇的极端海况下运动幅度不超过 5° ,水平位移不超过水深的10%。

[0052] 在没有底浮箱13的情况下,可仅在立柱12的底部设置压载水调节系统。压载水调节系统可以使用海水、沙石或其组合进行压载。

[0053] 上述实施例中,所有部件均通过焊接连在一起,中间圆形支撑立柱11与上部塔架30连接,需要配合风机运行工况和极端海况下的结构强度分析进行合理的加强。变截面立柱12和底浮箱13内部需要进行合理加强以承受静水压力和波浪压力载荷,其结构尺寸可在满足浮性、稳性和强度要求,并避开波浪能量集中频段、塔架一阶频率、风机1P和3P频率范围的前提下,可以通过气动-水力-控制-结构整机动力分析软件、水动力软件或模型试验优化基础水动力性能,得到最优结构尺寸。

[0054] 虽然未示出,但是变截面立柱12的顶部还可设置护栏,布置锚机等设备,同时便于维护船只在方形立柱12一侧停靠后,现场运维人员登靠此平台然后通过连接立柱12和中间

支撑立柱11的通道进入风机进行维护。

[0055] 在上面的实施例中,以立柱12的外侧从预定位置向外倾斜的方式实现了横截面面积的变大,但是本发明不限于此,例如,立柱12也可在预定位置处出现横截面面积的突变。通过立柱12的横截面面积在预定位置处突变,可在该位置处形成台阶结构,这类似于在立柱12的预定位置处安装了垂荡板,从而增大浮动风机的垂荡横/纵摇附加阻尼和附加质量。

[0056] 在此基础上,立柱12在预定位置以上的部分的横截面面积可逐渐增大或保持不变。不仅如此,也可通过在立柱12的下部依次形成两个或更多个台阶结构,或另外设置多层垂荡板,这均可增大浮动风机的垂荡横/纵摇附加阻尼和附加质量,从而提高浮动风机的稳定性。

[0057] 增大立柱12的横截面面积的方式也不限于此,例如,立柱12的内侧(或内侧壁)和外侧(或外侧壁)可分别相对于竖直方向向内和向外倾斜,或者立柱12的全部侧壁均相对于穿过立柱的中心的竖直方向向外倾斜。

[0058] 在本发明的实施例中,以三个带倒圆角的变截面方形立柱12为例描述了本发明的变截面立柱,然而,本发明不限于此,例如,立柱的数目可以是4个或更多;立柱11的横截面形状也不限于大致矩形,例如还可以是圆形、椭圆形、大致正方形或者上述形状的结合等各种合适的形状。类似地,底浮箱13的形状也不限于此。例如,当立柱为4个时,底浮箱13或桁架结构可按照回形形状形成,当立柱为5个或更多时,底浮箱或桁架结构可按照辐射状图案形成,相应地,每个立柱13可分别设置在底浮箱或桁架结构的角处;底浮箱13的各个伸出端或连接部分的纵截面形状也不限于大致矩形,也可采用圆形、椭圆形、正方形等各种合适的形状。

[0059] 以上描述了采用变截面立柱的半潜式浮动风机基础以及具有该浮动风机基础的浮动风机的结构。根据本发明的变截面半潜式浮动基础可采用全钢制结构,针对不同容量的风力发电机组,在建造时可以选择靠近岸边的港口码头进行拼装,再整体湿拖至安装地点,然后通过系泊定位,而无需日常维护要求。

[0060] 通过以上描述清楚的是,根据本发明的实施例的半潜式浮动风机基础至少具有如下优点:

[0061] (1)本发明由于采用了变截面立柱,水上部分截面积大,具有较大的水线面面积矩,拖航时静稳性和耐波性俱佳,避免了使用昂贵的大型海上安装船,降低了安装成本;不仅如此,变截面立柱的应用有助于有效地减少水下部分结构用钢量,提高了结构利用率,减小了用钢量,减低了结构成本。

[0062] (2)由于立柱底部配置了垂荡板,有效地增大了附加阻尼和附加质量,调整垂荡周期避开波浪能量集中的周期范围(通常3~20s),垂荡运动减小至少20%;同时还增大了横/纵摇附加质量和阻尼,使整个基础运动性能更佳,摇摆角度减小至少15%;由于浮动风机整体横/纵摇和垂荡运动周期在3s以下,避开了波浪能量集中的3~20s周期范围,避开了塔架的一阶频率,同时还避开风机的1P、3P频率范围,有效地减小了整个浮动式风机系统的共振响应,降低了整机极限载荷和疲劳载荷水平,保证了风机安全可靠运行;通过变截面立柱和垂荡板的组合技术,还可显著地降低整个浮动风机系统的横/纵摇运动幅度,减小了来流与叶轮的夹角,增加了风机在额定风速以下的发电量;在综合采用的变截面立柱和垂荡板的情况下,与传统半潜平台比,能够降低了整体结构成本约30%;

[0063] (3)本发明变截面半潜式浮动风机基础,运动性能优异,特别适于水深30m以上的海域,比传统浮动式风机基础成本低,而且具有独特优势——可移动性好,运维方便,回收可利用性好,安装拆除对环境的影响小。

[0064] (4)本发明的系泊系统可采用聚氨酯缆绳或钢缆,降低了系泊成本和施工难度。

[0065] (5)本发明具有明显的安装施工优势:在岸边港口码头整机拼装时,通过调整三个立柱及底浮箱中的压载水,使基础的吃水满足整个浮动结构的拼装要求,这时吃水较浅(不超过8米),拼装完毕后调整压载水到一定吃水,整机湿拖至安装地点就位,可打开连通底浮箱内部的阀门,灌入压载水,然后连接系泊缆索,再通过调载系统排出压载水直到设计吃水,整个操作简单方便,成本较低;本发明的半潜式浮动基础装备可调压载水系统还满足各种岸边拼装、拖航及在位工作状态等各种工况下的稳性要求,使各种工况下方便的海上施工作业成为可能;本发明中变截面半潜式浮动基础还可在船坞或船台上建造,不需要复杂的高空作业,并可在岸边码头通过陆上吊机完成整个浮动式风机的拼装,然后整体拖航(湿拖)至安装地点,通过系泊定位。因此该发明具备结构形式简单、加工方便、成本较低、易于实现的特点,本发明作为一种开发深海风电场的重要海工装备,用于支撑5MW以上大容量风电机组的安全运行。

[0066] 本发明不限于上述实施例,在不脱离本发明范围的情况下,可以进行各种变形和修改。

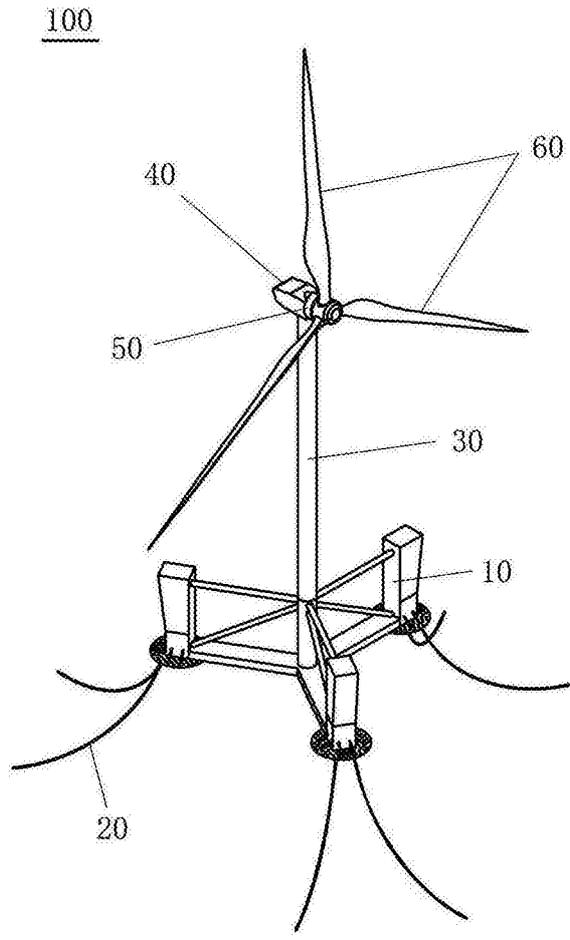


图1

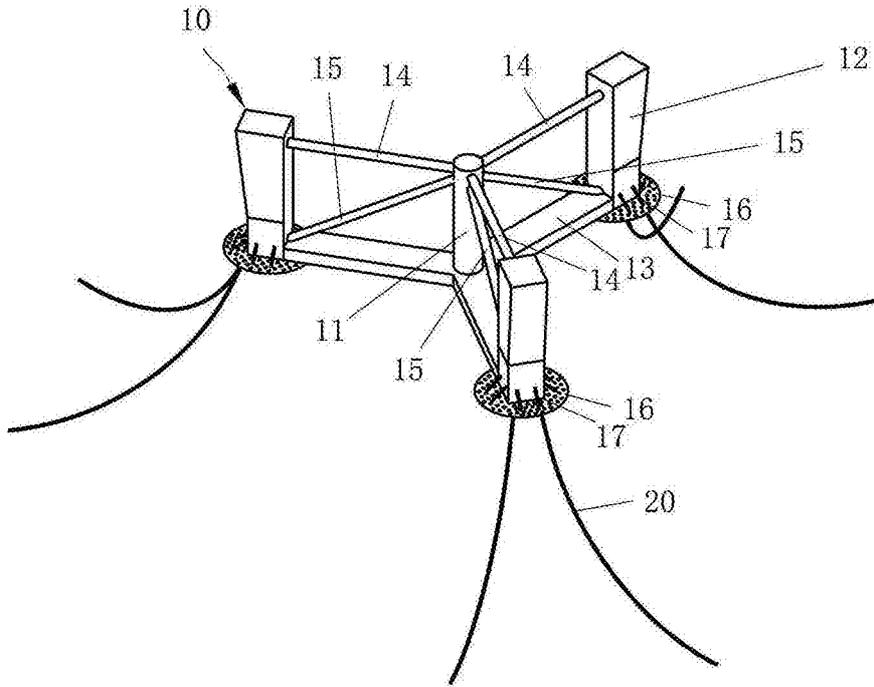


图2

10

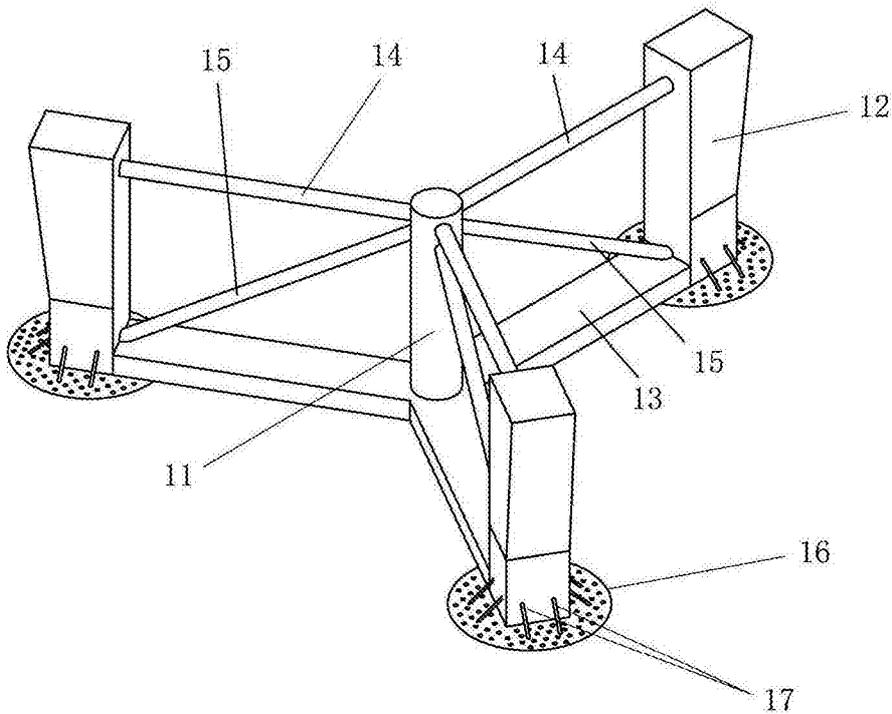


图3