



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112523969 A

(43) 申请公布日 2021.03.19

(21) 申请号 202011374876.4

(22) 申请日 2020.11.30

(71) 申请人 中国电建集团华东勘测设计研究院  
有限公司

地址 310014 浙江省杭州市潮王路22号

(72) 发明人 高山 王滨 沈侃敏 梁宁 李炜  
李瑜 陈金忠 姜贞强

(74) 专利代理机构 浙江杭州金通专利事务所有  
限公司 33100

代理人 刘晓春

(51) Int. Cl.

F03D 13/25 (2016.01)

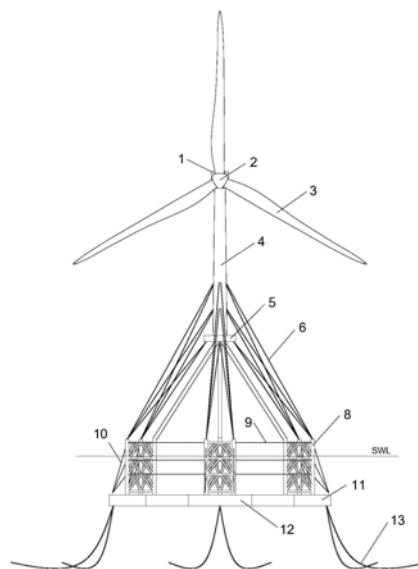
权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54) 发明名称

一种桁架拉索型漂浮式海上风电机组结构

(57) 摘要

本发明公开了一种桁架拉索型漂浮式海上风电机组结构,包括呈三角形布置的压载舱,所述压载舱的各转角处均固定连接系泊系统,且其上方均通过第一斜拉索固定连接桁架式结构,各桁架式结构之间通过横拉索相连;所述桁架式结构上方的一定高程处通过若干斜撑固定连接安装平台,所述安装平台上表面与风机塔筒底端固定连接,所述风机塔筒顶端固定连接风机。本发明特有的桁架结构型式减小了结构在水线面附近所遭受的波浪荷载,降低了结构对于恢复力的需求,进而减小了结构的外型尺度,缩减了用钢量;本发明特有的拉索设计,有效降低了上部风机塔筒的用钢量,有效省去了下部浮体连接横撑、连接斜撑设计,减小了自重,节约了建造成本。



1. 一种桁架拉索型漂浮式海上风电机组结构,其特征在于:包括呈三角形布置的压载舱,所述压载舱的各转角处均固定连接有系泊系统,且其上方均通过第一斜拉索固定连接有桁架式结构,各桁架式结构之间通过横拉索相连;所述桁架式结构上方的一定高程处通过若干斜撑固定连接有安装平台,所述安装平台上表面与风机塔筒底端固定连接,所述风机塔筒顶端固定连接有机舱。

2. 根据权利要求1所述的一种桁架拉索型漂浮式海上风电机组结构,其特征在于:所述风机塔筒与所述各桁架式结构之间均通过若干第二斜拉索固定连接。

3. 根据权利要求1所述的一种桁架拉索型漂浮式海上风电机组结构,其特征在于:所述压载舱为由三个圆柱形压载舱之间通过方形压载舱相连而成的三角形结构,且各圆柱形压载舱上方分别对应焊接有桁架式结构。

4. 根据权利要求1或3所述的一种桁架拉索型漂浮式海上风电机组结构,其特征在于:所述压载舱呈正三角形布置。

5. 根据权利要求1所述的一种桁架拉索型漂浮式海上风电机组结构,其特征在于:所述桁架式结构为由钢制立管、钢制横撑管与钢制斜撑管通过焊接构成的三棱柱结构。

6. 根据权利要求1所述的一种桁架拉索型漂浮式海上风电机组结构,其特征在于:所述压载舱内部可容纳填充物。

7. 根据权利要求1所述的一种桁架拉索型漂浮式海上风电机组结构,其特征在于:所述每个系泊系统主要由导缆孔、锚机以及锚链组成。

8. 根据权利要求1或7所述的一种桁架拉索型漂浮式海上风电机组结构,其特征在于:所述系泊系统采用悬链线式系泊或张紧式系泊,三个系泊点之间的夹角为120度,每个系泊点处布置两根夹角为60度的锚链。

9. 根据权利要求1所述的一种桁架拉索型漂浮式海上风电机组结构,其特征在于:所述风机主要由机舱、轮毂和叶片组成。

10. 根据权利要求1所述的一种桁架拉索型漂浮式海上风电机组结构,其特征在于:所述横拉索、第一斜拉索及第二斜拉索均为钢缆拉索结构。

## 一种桁架拉索型漂浮式海上风电机组结构

### 技术领域

[0001] 本发明涉及海上风电开发设备技术领域,具体涉及一种桁架拉索型漂浮式海上风电机组结构。

### 背景技术

[0002] 我国正处于能源转型的关键阶段,风能作为一种可再生清洁能源,技术日趋成熟,成本不断下降,在我国的新能源开发中扮演着举足轻重的角色。与陆上风力发电相比,海上风力发电具有独特的优势。海上风资源丰富且风速与风向稳定;海上风电场具有不占用土地资源;单机容量大,适合大规模开发。目前,近海固定式风电的开发已经基本实现工业化,一些早期建立的近海风电场正在走入中、后期的开发阶段。但是,对于面向水深超过50米的漂浮式风电开发,无论是国内还是国际都还处于试验研究阶段。从长远来看,随着潮间带及近海区域风电资源的开发的日趋饱和,海上风电开发从近海走向深远海是必然趋势,漂浮式海上风电机组结构的研发与设计势在必行。

[0003] 漂浮式海上风电机组结构是一种多系统联合的复杂工程装备,由多个子系统构成,主要包含上部风机、中部塔筒、下部漂浮式基础以及系泊系统。其中,漂浮式基础是整个风电机组稳定发电工作的依赖,漂浮式基础的设计是整个装置设计中的重中之重。现有的漂浮式海上风电机组(FOWT)的支撑基础主要有三类,分别是:单柱式(Spar)、半潜式(Semi-Submersible)和张力腿式(Tension-Leg Platform, TLP)。不同于陆上风电机组结构与近海固定式风电机组结构,漂浮式海上风电机组结构需要通过锚泊装置(系泊系统)连接至海床,进而实现其运动的边界控制。换言之,系泊系统为漂浮式基础提供了一个“软”边界条件。

[0004] 不同于固定式基础,漂浮式基础的体量对水深并不敏感,其用钢成本往往取决于结构在服役期间可能遭受的环境荷载量级以及上部风机(塔筒、机舱、叶片)重量。因此,漂浮式海上风电机组结构设计优化需要从两个方面入手,一是降低结构所遭受的环境荷载,包括波浪荷载、风荷载,二是减少结构自身的重量,包括塔筒重量、机舱重量以及结构支撑基础的重量。

[0005] 基于上述情况,本发明提出了一种桁架拉索型漂浮式海上风电机组结构,可有效解决以上问题。

### 发明内容

[0006] 针对现有技术中存在的不足,本发明的目的在于提供一种桁架拉索型漂浮式海上风电机组结构。区别于传统的浮筒式结构,本发明特有的桁架结构型式减小了结构在水线面附近所遭受的波浪荷载,降低了结构对于恢复力的需求,进而减小了结构的外型尺度,缩减了用钢量;本发明特有的拉索设计,有效降低了上部风机塔筒的用钢量,有效省去了下部浮体连接横撑、连接斜撑设计,减小了自重,节约了建造成本。

[0007] 为解决上述技术问题,本发明通过下述技术方案实现:

[0008] 一种桁架拉索型漂浮式海上风电机组结构,包括呈三角形布置的压载舱,所述压载舱的各转角处均固定连接系泊系统,且其上方均通过第一斜拉索固定连接桁架式结构,各桁架式结构之间通过横拉索相连;所述桁架式结构上方的一定高程处通过若干斜撑固定连接安装平台,所述安装平台上表面与风机塔筒底端固定连接,所述风机塔筒顶端固定连接风机。

[0009] 作为本发明的一种优选技术方案,所述风机塔筒与所述各桁架式结构之间均通过若干第二斜拉索固定连接。

[0010] 作为本发明的一种优选技术方案,所述压载舱为由三个圆柱形压载舱之间通过方形压载舱相连而成的三角形结构,且各圆柱形压载舱上方分别对应焊接有桁架式结构。

[0011] 作为本发明的一种优选技术方案,所述压载舱呈正三角形布置。

[0012] 作为本发明的一种优选技术方案,所述桁架式结构为由钢制立管、钢制横撑管与钢制斜撑管通过焊接构成的三棱柱结构。

[0013] 作为本发明的一种优选技术方案,所述压载舱内部可容纳填充物。

[0014] 作为本发明的一种优选技术方案,所述每个系泊系统主要由导缆孔、锚机以及锚链组成。

[0015] 作为本发明的一种优选技术方案,所述系泊系统采用悬链线式系泊或张紧式系泊,三个系泊点之间的夹角为120度,每个系泊点处布置两根夹角为60度的锚链。

[0016] 作为本发明的一种优选技术方案,所述风机主要由机舱、轮毂和叶片组成。

[0017] 作为本发明的一种优选技术方案,所述横拉索、第一斜拉索及第二斜拉索均为钢缆拉索结构。

[0018] 本发明与现有技术相比,具有以下优点及有益效果:

[0019] 1) 桁架式设计大大降低了结构在水线面处所遭受的波浪荷载,且有一定的消波能力,减小了结构在风浪作用下的运动响应,进而提高漂浮式基础的抗风浪能力,为上部风电机组提供更为稳定的工作环境。

[0020] 2) 本发明基于半潜式基础的设计理念,水深应用范围广,能够同时适用于浅水和深水海域。

[0021] 3) 桁架基础间通过预应力拉索相连,在拥有较大的水线面半径的同时,规避了使用大尺度横撑的过柔问题,同时节省了材料成本,拥有更好的稳定性和经济性。

[0022] 4) 取消了传统浮式基础中用于安装风机塔筒的底节过渡段,而是通过斜撑直接将安装平台与桁架式结构相连。斜撑与桁架式结构的高度取代了底节塔筒长度,节约了塔筒的钢材用量。

[0023] 5) 风机塔筒通过斜拉索与桁架基础相连,拉索为塔筒提供了额外的刚度,减少了塔筒中的钢板厚度,达到了节约钢材用量的目的。

[0024] 6) 桁架式结构下的整体式压载舱设置大大增加了结构的水动力阻尼,提高了结构的水动力性能,且有效降低了结构重心,提高了结构稳性。

## 附图说明

[0025] 图1是本发明一种实施例的正视图;

[0026] 图2是本发明一种实施例的侧视图;

[0027] 图3是本发明一种实施例的俯视图；

[0028] 图4是本发明一种实施例的立体示意图。

### 具体实施方式

[0029] 为了使本领域的技术人员更好地理解本发明的技术方案,下面结合具体实施例对本发明的优选实施方案进行描述,但是应当理解,附图仅用于示例性说明,不能理解为对本专利的限制;为了更好说明本实施例,附图某些部件会有省略、放大或缩小,并不代表实际产品的尺寸;对于本领域技术人员来说,附图中某些公知结构及其说明可能省略是可以理解的。附图中描述位置关系仅用于示例性说明,不能理解为对本专利的限制。

[0030] 如图1所示,本实施例提供的一种桁架拉索型漂浮式海上风电机组结构是一种大型钢制结构,主要包括风机(机舱1、轮毂2和叶片3)、塔筒4、安装平台5、第二斜拉索6、斜撑7、桁架式结构8、桁架式结构间横拉索9、桁架式结构8与圆柱形压载舱11间第一斜拉索10、圆柱形压载舱11、方形压载舱12、系泊系统13。

[0031] 如图1所示,风机塔筒4安装于安装平台5上,安装平台5与桁架式结构8通过斜撑7相连。可以看到,桁架式结构8和斜撑7的高度增加了塔筒4的底面高程。在风机轮毂2的高度不变的情况下,大大缩减了风机塔筒4的长度,节约了钢材用料。

[0032] 如图1所示,为避免采用斜撑7替代底节风机塔筒4后造成的结构刚度不足,利用第二斜拉索6将风机塔筒4与桁架式结构8进行相连,确保了上部结构的整体刚度,这一设计亦优化了斜撑7的钢材用量。

[0033] 如图1所示,桁架式结构8、圆柱形压载舱11、方形压载舱12构成了该漂浮式结构的支撑基础部分,是该漂浮式结构浮力的主要来源,亦是浮式结构在水中运动时的恢复力来源。如图1所示,该结构在正常工作时,设计水线SWL位于桁架式结构8的中上部,保证该浮式基础有足够的干舷高度。

[0034] 如图1所示,3个桁架式结构8通过焊接固定于3个圆柱形压载舱11上。3个桁架式结构8之间通过一共18根钢缆横拉索9相连,额外的,每个桁架式结构8各通过6根第一斜拉索10与相邻的圆柱形压载舱11相连。其中,钢缆横拉索9提供了浮体基础在遭受上弯曲时的恢复刚度,第一斜拉索10提供了浮体基础在遭受下弯曲时的恢复刚度。3个圆柱形压载舱11之间通过3个方形压载舱12相连。

[0035] 如图1所示,桁架式结构8是由钢制横撑、钢制斜撑与钢制立管进行焊接而成,相对于传统的筒型设计,桁架式结构8在水线面处的横截面积更小,有效规避了波浪荷载,且对于波浪有一定的消波作用。

[0036] 如图1所示,3个圆柱形压载舱11和3个方形压载舱12可以填充压载水或是其他成分(例如:大密度的矿石、混凝土),进而调整结构的吃水状态与水中姿态。圆柱形压载舱11和方形压载舱12都可以根据实际的设计需求进行尺寸上的调整和细致的内部分舱划分。圆柱形压载舱11和方形压载舱12设计与大型压水板类似,为整个浮体结构提供在垂荡、横摇、纵摇时的额外运动阻尼力。

[0037] 如图3所示,三个桁架式结构8以及对应的圆柱形压载舱11构成三角形布置,并与塔架安装平台4构成四面体结构,结构的稳定性强。

[0038] 如图1所示,系泊系统13连接在圆柱形压载舱11上,将该浮式基础系泊于海床上,

每个系泊系统13都由导缆孔、锚机以及锚链组成,锚机设置在圆柱形压载舱11内,锚链通过导缆孔与锚机相连。在一个实施例中,如图1和图3所示,系泊系统13采用了悬链线方式,三个系泊点之间的夹角为120度,每个系泊点处布置两根夹角为60度钢制锚链。

[0039] 本发明提供的漂浮式结构在船坞内进行分段建造,然后再进行整体的焊接、拼装。漂浮式基础建造完成以后,进一步在船坞中完成风机和塔筒的吊装,完成钢缆拉索的安装,再通过湿拖或者干拖的方式将其运输至工作海域。其中,湿拖的过程中预加载部分压载,调整结构的拖航重心,便于拖航,到达安装位置后,再进行压载水二次加载并调整至设计吃水。系泊系统13将预先安装于工作海域,待漂浮式结构拖至现场后,将锚链连接至漂浮式结构上,完成系泊。

[0040] 风机塔筒4、安装平台5、斜撑6、桁架式结构8、圆柱形压载舱11内预留了电缆走线路径与孔洞。在现场运行过程中,风机产生的电能将通过布置结构内的电缆管线,经由海底电缆途径升压站等输送到陆上基站。结构服役期间,海上风电运维船可通过水线面附近设置的靠船构件和系缆桩在浮式基础边进行靠泊,维护工作人员通过斜撑6和桁架式结构8布置的爬梯从海上风电运维船上登到安装平台5,进而对风机进行维护。

[0041] 依据本发明的描述及附图,本领域技术人员很容易制造或使用本发明的一种桁架拉索型漂浮式海上风电机组结构,并且能够产生本发明所记载的积极效果。

[0042] 如无特殊说明,本发明中,若有术语“长度”、“宽度”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”、“顺时针”、“逆时针”、“轴向”、“径向”、“周向”等指示的方位或位置关系是基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此本发明中描述方位或位置关系的用语仅用于示例性说明,不能理解为对本专利的限制,对于本领域的普通技术人员而言,可以结合附图,并根据具体情况理解上述术语的具体含义。此外,术语“第一”、“第二”等仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性。

[0043] 除非另有明确的规定和限定,本发明中,若有术语“设置”、“相连”及“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言,可以具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0044] 以上所述,仅是本发明的较佳实施例,并非对本发明做任何形式上的限制,凡是依据本发明的技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、等同变化,均落入本发明的保护范围之内。

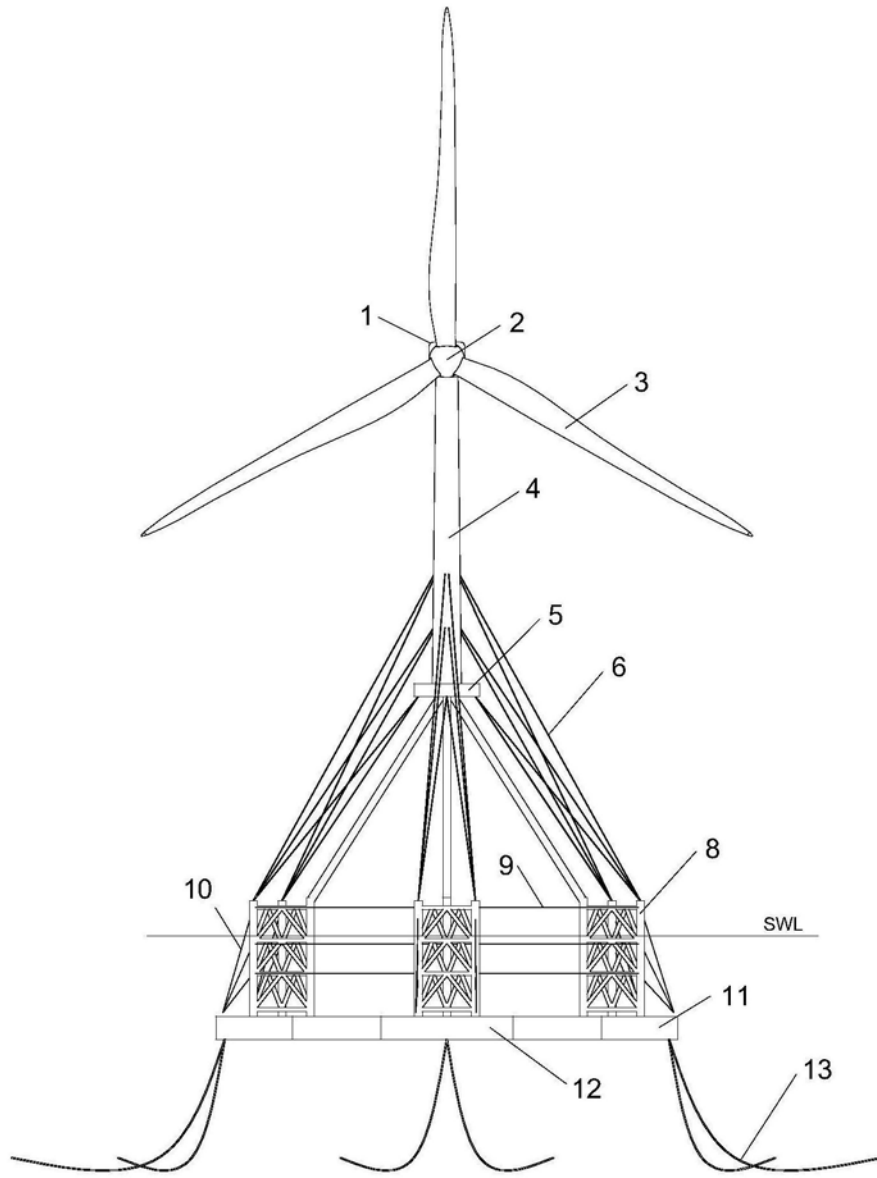


图1

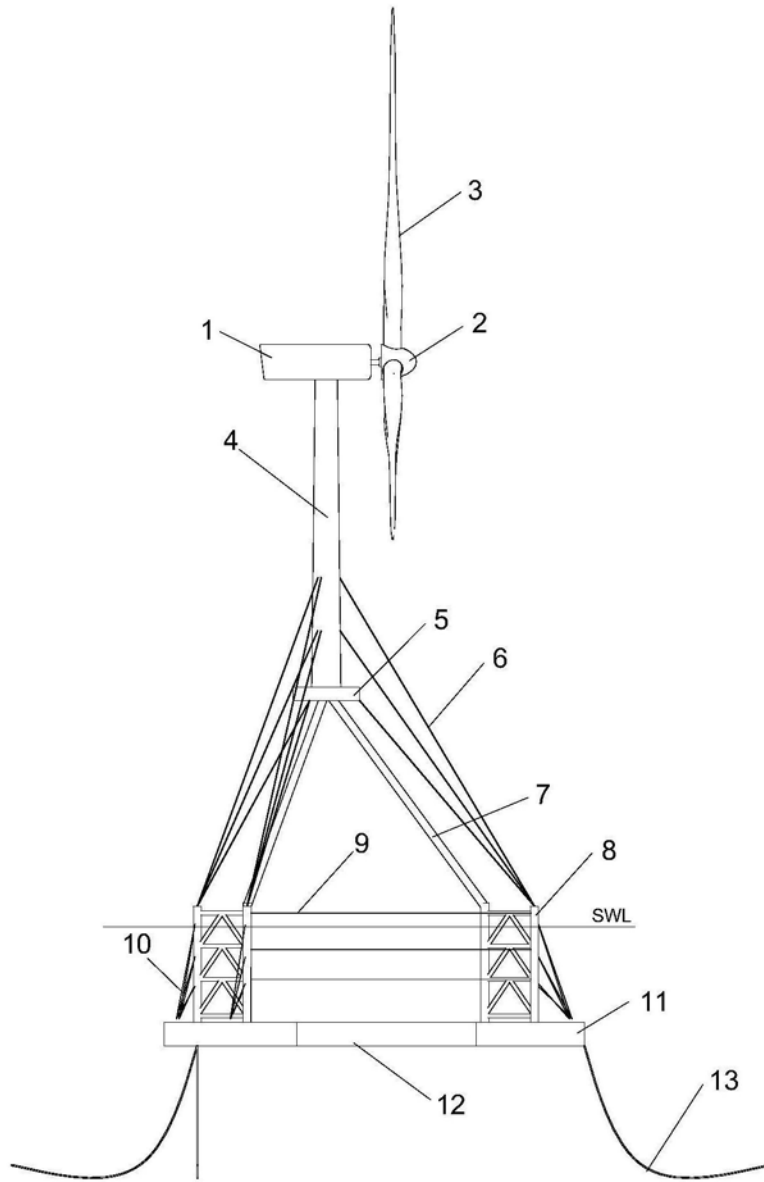


图2



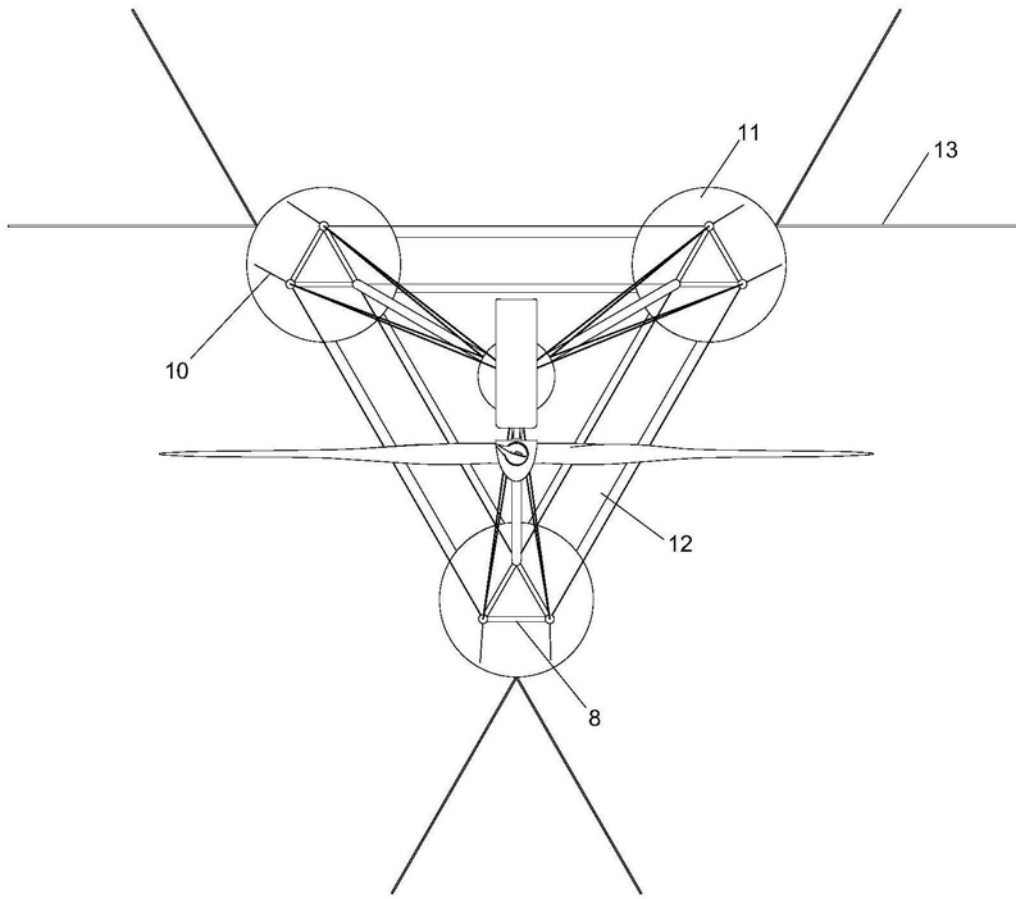


图3

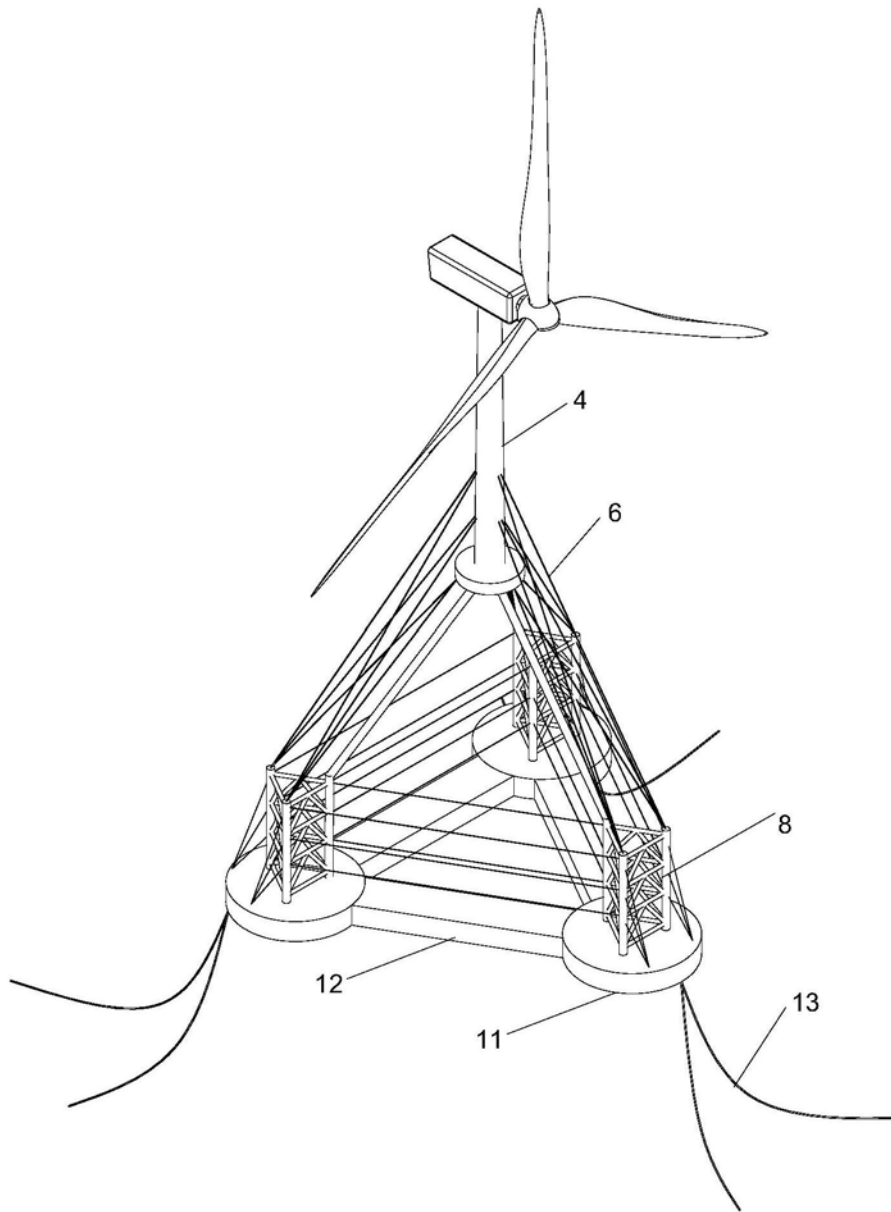


图4