



(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 207225614 U

(45)授权公告日 2018.04.13

(21)申请号 201621267378.9

(22)申请日 2016.11.22

(73)专利权人 哈尔滨工业大学深圳研究生院
地址 518000 广东省深圳市南山区西丽镇
深圳大学城哈工大校区

(72)发明人 李朝 肖仪清 周盛涛 韩喜双
刘海涛 王晓璐

(74)专利代理机构 深圳市科吉华烽知识产权事
务所(普通合伙) 44248
代理人 严涓逢

(51)Int.Cl.

B63B 39/02(2006.01)

B63B 35/44(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

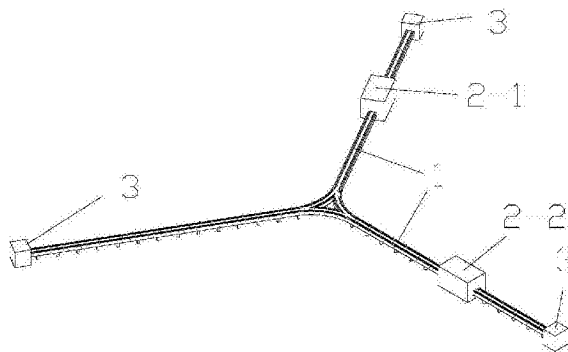
权利要求书1页 说明书6页 附图11页

(54)实用新型名称

一种浮式风机的移动压载调平控制装置

(57)摘要

本实用新型提供了一种浮式风机的移动压载调平控制装置,可抑制浮式风机的倾斜和运动响应。包括可移动压载,滑动轨道,限位支座及调平控制服务器等。可移动压载带有动力、刹车及锁定系统,能够实时接收信号在轨道上滑动,制动及锁死。滑动轨道依据浮式风机基础的布局及可利用空间设置,并布设压载移动所需的滑轨、铰链、丝杠等。轨道的端部设置限位支座,防止压载装置滑出轨道,并放置压载动力的辅助设备。调平控制服务器可安装在基础的甲板或风机塔筒内,依据风、浪、流的速度大小及方向监测数据,向移动压载装置发送实时主动控制指令。



1. 一种浮式风机的移动压载调平控制装置, 安装于浮式风机基础的内部空间, 其特征在于所述装置包括:

滑动轨道(1),

可移动压载(2),

限位支座(3),

调平控制服务器安装于基础的甲板上或塔筒(8)内。

2. 根据权利要求1所述的浮式风机的移动压载调平控制装置, 其特征在于: 可移动压载(2)可以为一个或多个, 可由钢材、混凝土、石材这些高密度材料或者充满的密封水箱构成, 其带有动力、刹车及锁定系统, 能够实时接收信号在轨道上滑动, 制动及锁死。

3. 根据权利要求1所述的浮式风机的移动压载调平控制装置, 其特征在于: 滑动轨道(1)依据半潜式基础的布局及可利用空间设置, 并布设压载移动所需的滑轨、铰链、丝杠。

4. 根据权利要求1所述的浮式风机的移动压载调平控制装置, 其特征在于: 限位支座(3)设置在滑动轨道(1)的端部, 防止压载装置(2)滑出轨道, 并放置压载动力的辅助设备。

5. 根据权利要求1所述的浮式风机的移动压载调平控制装置, 其特征在于: 固体压载的动力可通过自身携带电动机实现, 也可通过在轨道上铺设螺杆, 利用滚珠丝杠实现, 还可通过曳引机和钢丝绳拖拽实现。

6. 根据权利要求1所述的浮式风机的移动压载调平控制装置, 其特征在于: 还包括依据风、浪、流的速度大小及方向监测数据, 向移动压载装置发送实时主动控制指令, 调整可移动压载在轨道上位置, 基础的质量分布、重心及浮心位置, 抑制系统整体运动和动力响应的调平控制服务器。

一种浮式风机的移动压载调平控制装置

技术领域

[0001] 本实用新型属于风力发电领域,涉及一种海上漂浮式风机基础。

背景技术

[0002] 陆地风资源的逐步枯竭将人类的视线转移到了清洁能源的新方向——海上风电。海上风电具有风速高、电量大、运行稳定、适合大规模开发等优势,且海上风能资源最丰富的东南沿海地区,毗邻用电需求大的经济发达地区,可以实现用电就近消化,降低输送成本,发展潜力巨大。据估算,海上风能资源的能量效益比陆上风电要高20%至40%。

[0003] 对于水深大于40米的深水海洋环境,漂浮式的风机基础经济性更好。与海上风机的固定基础相比,漂浮式风机基础的优势包括:

[0004] (a) 受水深限制小,风场地址选取更灵活;

[0005] (b) 远海上风资源量更足、质更高;

[0006] (c) 风机、浮式基础及系泊锚的海上安装工艺简单,大部分施工可在港口完成;

[0007] (d) 受海床地基条件的影响小,成型方案可移植性高;

[0008] (e) 可安装在远海消除对近海景观的视觉污染。

[0009] 目前,依托于石油工业的海洋平台技术,主要存在三种浮式风机基础:单柱型(Spar)、张力腿型(Tension-Leg Platform, TLP)、半潜型(Semi-Submersible)。

[0010] 张力腿型的浮式基础具有非常好的垂荡和转动稳性,但张力腿造价高、安装复杂,潮汐变化也会影响系泊腿中张力大小,且上部结构与张力腿系统的同频耦合振动都使得此类系统难于设计与施工。

[0011] 单柱型基础结构简单,通过降低重心及较大的吃水深度,可提供足够回复力矩和稳性,其在竖向波浪外激力较小,具有较好的垂荡稳性。但较小的水线面面积无法贡献横摇及纵摇两个方向的稳性,风机的倾覆力矩将降低基础稳定和风机效率。本实用新型利用固体压载提供的回复力矩,能够克服立柱式基础大倾角稳性不足的问题。

[0012] 此外,依靠分散柱体稳定的半潜式多柱平台水线面积较小(材料省)却能提供较大的回复力矩,在保证经济性的前提下,平台稳定性最好。此外,该基础和风机的施工安装均可在港口完成,拖航至海上风场下锚固定。

[0013] 基于以上分析,国际上提出的浮式风机概念设计很多,但目前已建造运营的浮式海上风机多数采用了柱稳式半潜基础,包括由Principle Power公司的Windfloat及日本Fukushima Forward项目中2MW Mirai及7MW Shimpuu。

[0014] Windfloat是由Principle Power公司设计海上浮式风机基础产品。在2011年建造了全尺寸原型机安装在离海岸5km的葡萄牙海域,其上安装了一台2MW风机,试运行一年后的发电量为3GWh。该平台由对称的三个圆立柱及连接的杆件组成,三个圆立柱底部设置了压水板,与桁架式立柱平台类似。风机安装在一个立柱上,每个圆立柱底部设置了恒定的压水舱用来降低浮体中心,提高稳性。当来流风向改变时,通过主动控制的闭环水泵调节三个浮筒的压舱水重也可提高系统的稳性,抑制振动。

[0015] Fukushima Forward项目第一阶段(2011-2013)包括建造一台2MW的半潜式四柱漂浮风机。Fukushima Mirai采用全钢结构设计,采用了高品质钢材以提高平台防腐和抗疲劳特性,其上安装的2MW风机转子直径80m,轮毂高度离水面65m,基础平台高度为32m,吃水约16m,采用6根悬链式的钢制系泊索。改基础结构中四根立柱均为圆柱,外围圆柱底部向外扩展,起到了垂荡板的作用,底部浮筒截面较大,提供浮力并降低重心。

[0016] Fukushima Forward项目第二阶段(2014-2015)包括建造一台7MW的漂浮式风机Fukushima Shimpuu,采用钢材制造,V型三柱式平台,立柱截面为矩形。

[0017] 此外,已建造运营的浮式海上风机还有部分采用了立柱式半潜基础,包括有挪威的SWAY及Hywind 2.3MW,以及日本Fukushima Forward项目中的Hamakaze 5MW。

[0018] SWAY是一台1:6的测试风机,2011年3月安装于挪威卑尔根沿海,基础由一根立柱组成,全尺寸SWAY风机能够承受26米高巨浪,而该缩尺风机仅可经受4米高海浪。当年11月,一次超过6米的波浪导致风机沉没。

[0019] Statoil公司的Hywind立柱式风机2009年9月安装于挪威离岸10公里的西南沿海,基础的立柱由钢材制造,底部填入了压舱水和石块,水下长度为100米,通过三点悬链系泊保持风机不发生漂移。自2010年以来,已发电32,5GWh。基于该测试风机的设计,英国苏格兰海域正在筹划建立 5台6MW的30MW的浮式风机风场。

[0020] 日本Fukushima Forward项目第二阶段(2014-2015)包括建造一台5MW的漂浮式风机Fukushima Hamakaze,采用钢材制造,吃水33米,立柱底部有一边长为30米的正六边形截面柱体。为了提高稳性,在水线面附近也设置了相同截面的舱室。

[0021] 海上浮式风机基础的设计并不能完全按照成熟的油气海洋平台设计方法进行。一方面,一部5MW风机的重量(700ton)约为一般海洋平台上部结构重量的十分之一甚至更小,因此浮式风机基础在波浪力作用下的动力响应将更大。另一方面,海洋平台的钻井及输油升管无法承受较大的竖向变形,因此对垂荡运动的抑制至关重要,而摇摆对平台的安全运营影响较小。海上风机对浮式基础平台的水动力特性要求恰恰相反,垂荡运动对于风机采能影响不大,只有足够小的纵摇及横摇自由度动态响应才能保证风机的高效运转。

实用新型内容

[0022] 为了解决50米以上水深的海上风能利用问题,本实用新型提供了一种浮式风机的移动压载调平控制装置,安装于浮式风机基础内部,可抑制漂浮式风机的运动响应,适用于各级别风机,保证正常作业、极限自存下的结构强度,提高风能转化效率。

[0023] 本实用新型中的移动压载调平控制装置包括可移动压载,滑动轨道,限位支座及调平控制服务器等。

[0024] 作为本实用新型的进一步改进,移动压载可以为一个或多个,可由钢材、混凝土等廉价高密度材料构成,其带有动力、刹车及锁定系统,能够实时接收信号在轨道上滑动,制动及锁死。

[0025] 作为本实用新型的进一步改进,滑动轨道依据半潜式基础的布局及可利用空间设置,并布设压载移动所需的滑轨、铰链、丝杠等。

[0026] 作为本实用新型的进一步改进,限位支座设置在滑动轨道(1)的端部,防止压载装置(2)滑出轨道,并放置压载动力的辅助设备。

[0027] 作为本实用新型的进一步改进,固体压载的动力可通过自身携带电动机实现,也可通过在轨道上铺设螺杆,利用滚珠丝杠实现,还可通过曳引机和钢丝绳拖拽实现,但不局限于以上动力系统。

[0028] 作为本实用新型的进一步改进,调平控制服务器依据风、浪、流的速度大小及方向监测数据,向移动压载装置发送实时控制指令。

[0029] 作为本实用新型的进一步改进,通过实测来流风速及风向,波浪及海流的速度和大小,调平控制服务器实时发送最优主动控制信号,调整可移动压载在轨道上位置,基础的质量分布、重心及浮心位置,以达到抑制系统整体运动和动力响应的目的,包括倾斜角度,机舱加速度及结构疲劳荷载。

[0030] 作为本实用新型的进一步改进,可移动压载的质量大小以及滑动轨道的空间位置及尺寸需结合风机的功率及基础的尺寸确定。

[0031] 作为本实用新型的进一步改进,主动控制策略包括各种工况下移动压载在轨道上的位置坐标,移动速度等,可通过遗传算法等多目标全局优化算法获得。

[0032] 由上可见,本实用新型的浮式风机的移动压载调平控制装置能够实现WindFloat的液体压载调平的基础功能,如:

[0033] a) 结构的非对称性将使不同方向下的稳性差别较大,但合理的调节基础重心,依靠风气象资料选择安装角度,可使基础提供更大的抗倾覆力矩;

[0034] b) 在风向改变时及时连续的调整结构重心,控制风机的倾斜角度,保证发电效率。

[0035] 除此之外,本实用新型与WindFloat相比的优势和原创性包括:

[0036] a) 固体压载的调节响应速度远大于液体压载泵送速度,能够使风机更快地调节至最优工作状态,提高发电效率;

[0037] b) 固体压载在轨道上滑动的能量消耗低于液体泵送的能量消耗,即调平的控制系統工作时更节能;

[0038] c) 固体压载装置密度更高,可放置于基础较低的位置,使基础重心更低,降低基础的摇摆及荡动。

附图说明

[0039] 结合以下附图及实施例的描述,可使本实用新型的优点及原创性更加清晰和易于理解,其中:

[0040] 图1是本实用新型的实施例1——“V”型半潜式基础的等轴视图;

[0041] 图2是本实用新型的实施例1——“V”型半潜式基础中的移动压载调平控制装置等轴视图;

[0042] 图3是本实用新型的实施例1在东北风作用下的压载控制示意图;

[0043] 图4是本实用新型的实施例1在西风作用下的压载控制示意图;

[0044] 图5是本实用新型的实施例1在西南风作用下的压载控制示意图;

[0045] 图6是本实用新型的实施例2——“人”型半潜式基础的等轴视图;

[0046] 图7是本实用新型的实施例2——“人”型半潜式基础中的移动压载调平控制装置等轴视图;

[0047] 图8是本实用新型的实施例2在西南风作用下的压载控制示意图;

- [0048] 图9是本实用新型的实施例2在东北风作用下的压载控制示意图；
- [0049] 图10是本实用新型的实施例2在西风作用下的压载控制示意图。
- [0050] 图11是本实用新型的实施例3——饼状浮筒立柱式风机系统的等轴视图；
- [0051] 图12是本实用新型的实施例3——饼状浮筒立柱式基础中的移动调平控制装置等轴视图；
- [0052] 图13是本实用新型的实施例4——圆环状浮筒立柱式风机系统的等轴视图；
- [0053] 图14是本实用新型的实施例4——圆环状浮筒立柱式基础中的移动调平控制装置等轴视图；
- [0054] 图15是本实用新型的实施例3、4中在西南风作用下的压载控制示意图；
- [0055] 图16是本实用新型的实施例3、4中在西风作用下的压载控制示意图。

具体实施方式

[0056] 下面结合附图说明,以5MW水平轴风机为例,详述本实用新型的四个实施例。

[0057] 图1是本实用新型实施例1——“V”型半潜式基础的等轴视图,图2是本实用新型的实施例1——“V”型半潜式基础中的移动压载调平控制装置等轴视图。该实施例1的三立柱半潜式海上风机基础包括三个不共线排列的垂向立柱(4)和(5),立柱总高度约为30米-40米。

[0058] 在主立柱(4)顶部与风力发电机的塔筒(8)相连,风机还包括机舱(9)及叶片(10)等关键部件。主立柱(4)水下底端通过浮筒(6)分别与外围两个次立柱(5)相连,而两立柱并不直接相连。

[0059] 立柱(4)和(5)及浮筒(6)截面为圆形或者带圆倒角的矩形或正多边形,截面的选取需在水动力荷载及结构抗力间取得平衡。其中立柱采用圆形截面水动力荷载较小,但可能会引起涡激共振破坏。采用圆柱壁面开设竖向凹槽,可避免规则旋涡脱落现象的发生。浮筒(6)设置为带圆倒角的矩形截面,提高截面的抗弯性能,表面设置水平向凹槽,可起到消波消能,抑制涡激振动,增加阻尼,减小基础的荡动和摇摆。

[0060] 立柱(4)和(5)及浮筒(6)内部中空且设置加劲肋,避免结构发生局部失稳。设置压载物舱室,用于存放内部固/液体压载物,保证舱室间的水密性,确保意外事故导致破舱时的整体稳性。通过调节内部固定压载物的初始质量及初始位置,使风机-基础的整体倾角在风速气象统计的大概率值附近为零,使在不调用外部压载平衡控制系统的情况下,风机依然能最大效率工作。

[0061] 可移动压载(2)可以为一个或多个,可由钢材、混凝土等廉价高密度材料构成,其带有动力、刹车及锁定系统,能够实时接收信号在轨道上滑动,制动及锁死。滑动轨道(1)依据基础的布局设计成“V”型,并布设压载移动所需的滑轨、铰链、丝杠等。限位支座(3)设置在滑动轨道(1)的端部,防止压载装置(2)滑出轨道,并放置压载动力的辅助设备。固体压载(2)的动力可通过自身携带电动机实现,也可通过在轨道上铺设螺杆,利用滚珠丝杠实现,还可通过曳引机和钢丝绳拖拽实现,但不局限于以上动力系统。调平控制服务器依据风、浪、流的速度大小及方向监测数据,向移动压载装置发送实时控制指令。

[0062] 图3、图4和图5分别是该实施例在东北风、西风、西南风作用下的压载控制示意图。当风向为东北风时,风机转子平面与东北风方向垂直,而风机所受到的推力指向西南方向,

此时,将两个移动压载分别移动到离风机立柱最远端的位置,为限制基础倾覆的重力提供最大力臂。同理,当风向为西风时,基础向东面倾斜,将有移动压载滑动至离开水面趋势的西边两个立柱中。本实施例中只是初步的给出了简单工况下的压载控制策略,但实际的海况更加复杂,应在该装置设计时,通过遗传算法等多目标全局优化算法获得可移动压载的质量大小,轨道上的位置坐标。

[0063] 图6是本实用新型实施例2——“人”型半潜式基础的等轴视图。该实施例2的四立柱半潜式海上风机基础包括四垂向立柱(4)和(5),为了降低垂荡影响,在立柱底部增加了垂荡板(12)。图7该实施例2的移动压载调平控制装置等轴视图,滑动轨道(1)的布置与基础的平面形状一致,放置于主立柱(4)、垂荡舱(12)及浮筒(6)中,其他设置与实施例1中相同。

[0064] 图8、图9和图10分别是该实施例在西南风、东北风、西风作用下的压载控制示意图。与实施例1类似,按照在具有浮出水面趋势的立柱中增加质量的方式,移动质量压载在轨道上的位置,实现抑制风机偏斜的目的。

[0065] 图11是本实用新型实施例3——饼状浮筒立柱式基础的等轴视图,图12是本实用新型的实施例3——饼状浮筒立柱式基础中的移动调平控制装置等轴视图。该实施例3的立柱式海上风机基础包括一根垂向立柱(4)顶部与风力发电机的塔筒(8)相连,风机还包括机舱(9)及叶片(10)等关键部件。主立柱(4)水下底端与浮筒(6)连接。

[0066] 立柱(4)截面为圆形或者带圆倒角的正多边形,截面的选取需在水动力荷载及结构抗力间取得平衡。其中立柱采用圆形截面水动力荷载较小,外表面可设置螺旋线状肋防止涡激共振。

[0067] 立柱(4)及浮筒(6)内部中空且设置加劲肋,避免结构发生局部失稳。设置压载物舱室,用于存放内部固/液体压载物,保证舱室间的水密性,确保意外事故导致破舱时的整体稳性。通过调节内部固定压载物的初始质量及初始位置,使风机-基础的整体倾角在风速气象统计的大概率值附近为零,使在不调用外部压载平衡控制系统的情况下,风机依然能最大效率工作。

[0068] 可移动固体压载装置(2)可以为一个或多个,可由钢材、混凝土等廉价高密度材料构成,其带有动力、刹车及锁定系统,能够实时接收信号在轨道上滑动,制动及锁死。滑动轨道(1)依据基础的布局设计成0型,并布设压载移动所需的滑轨、铰链、丝杠等。固体压载(2)的动力可通过自身携带电动机实现,也可通过在轨道上铺设螺杆,利用滚珠丝杠实现,还可通过曳引机和钢丝绳拖拽实现,但不局限于以上动力系统。调平控制服务器依据风、浪、流的速度大小及方向监测数据,向移动压载装置发送实时控制指令。

[0069] 图13是本实用新型实施例4——圆环状浮筒立柱式基础的等轴视图。该实施例4的立柱式海上风机基础包括立柱(4)和浮筒(6)。图14为该实施例4的移动调平控制装置等轴视图,滑动轨道(1)布置于浮筒(6)中,可移动固体压载装置(2)的截面调整至与浮筒截面相同,其他设置与实施例3中相同。

[0070] 图15和图16分别是该实施例在西南风和西风作用下的压载控制示意图。当风向为西南风时,风机转子平面与西南风方向垂直,而风机所受到的推力指向东北方向,此时,将移动压载分别移动到浮筒的西南位置,为限制基础倾覆的重力提供最大力臂。同理,当风向为西风时,基础向东面倾斜,将有移动压载滑动至离开水面趋势的西边位置。本实施例中

只是初步的给出了简单工况下的压载控制策略,但实际的海况更加复杂,应在该装置设计时,通过遗传算法等多目标全局优化算法获得可移动固体压载装置的质量大小,轨道上的位置坐标。

[0071] 此外,主次立柱(4)和(5)上分别设置了维护船舶停靠点及上甲板扶梯(11),便于风机和基础运营设备的维修和保养。水上高度约占总高 $1/3\sim 1/4$,一般大于10米,避免上浪造成风机设备浸水破坏。

[0072] 基础一般采用悬链系泊(7),其海底端与固定在海床上的拖曳式锚连接,保证系统的位置保持,不发生漂移。

[0073] 以上实施例的基础结构均可因地制宜的采用高强度钢材或者现浇高强混凝土建造,采用混凝土材料时,预留孔道,通过后张法为结构提供预应力。在干船坞中施工养护完毕后,拼装风机,放水并拖航至目标场地。

[0074] 以上内容是结合具体的优选实施方式对本实用新型所作的进一步详细说明,不能认定本实用新型的具体实施只局限于这些说明。对于本实用新型所属技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本实用新型构思的前提下,还可以做出若干简单推演或替换,都应当视为属于本实用新型的保护范围。

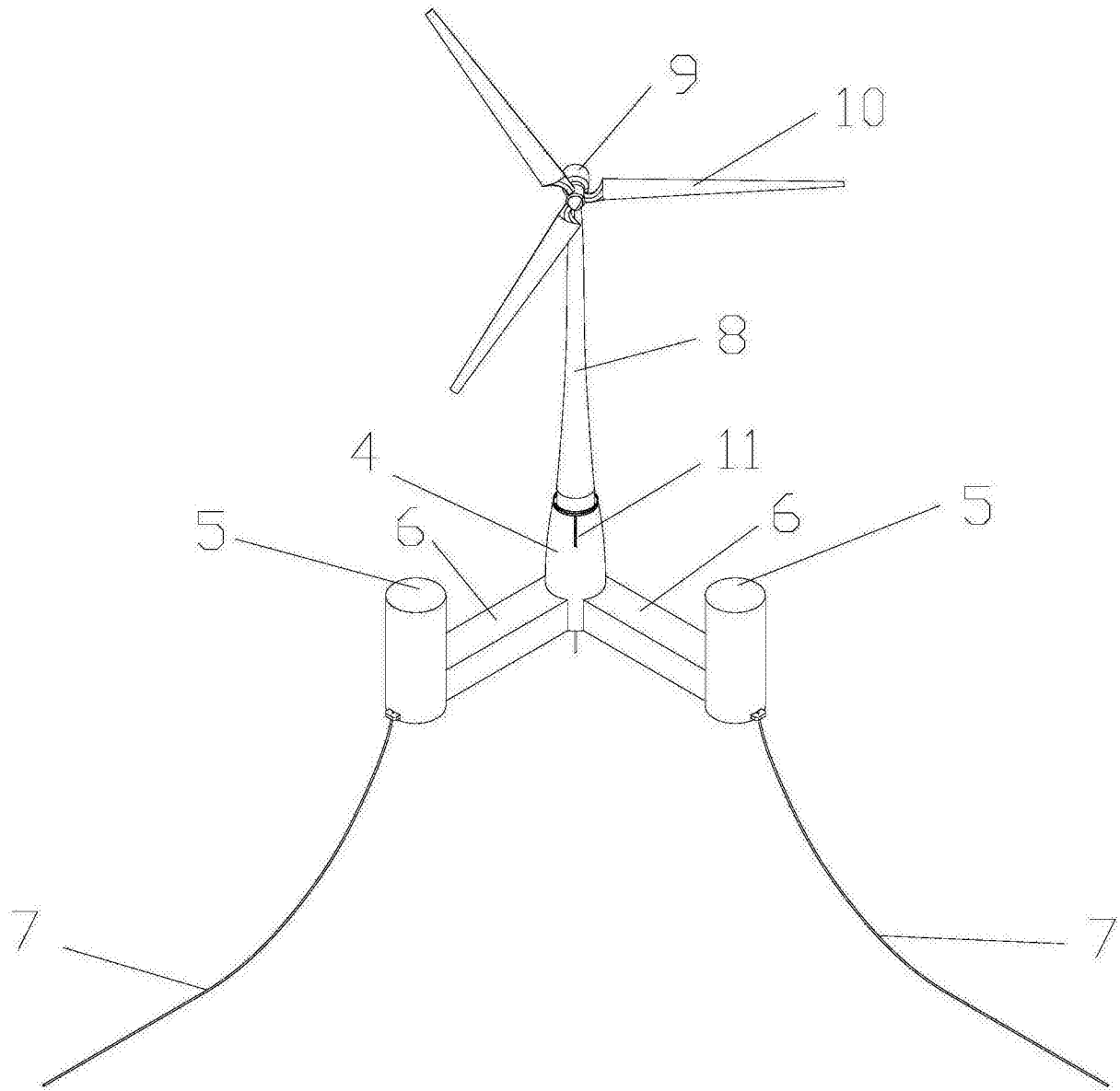


图1

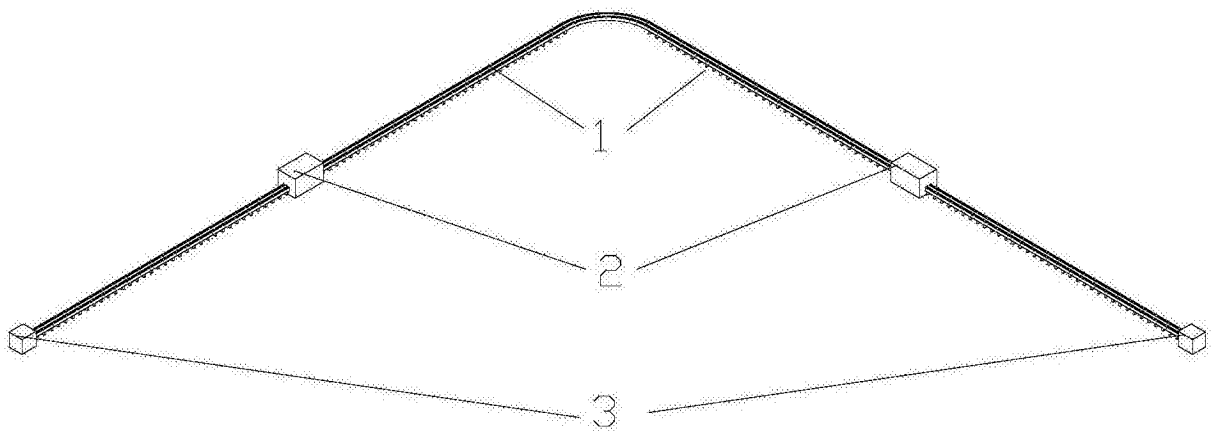


图2

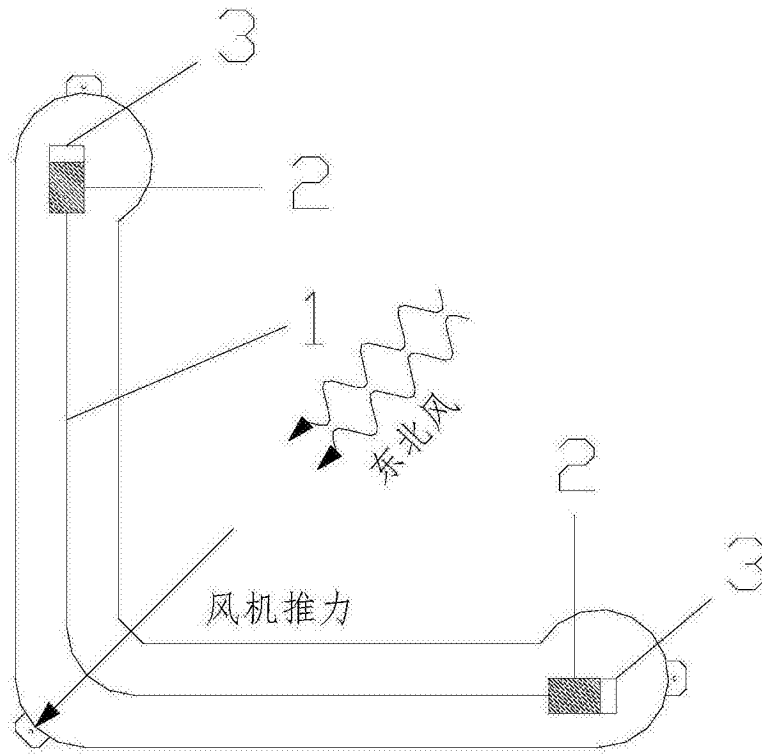


图3

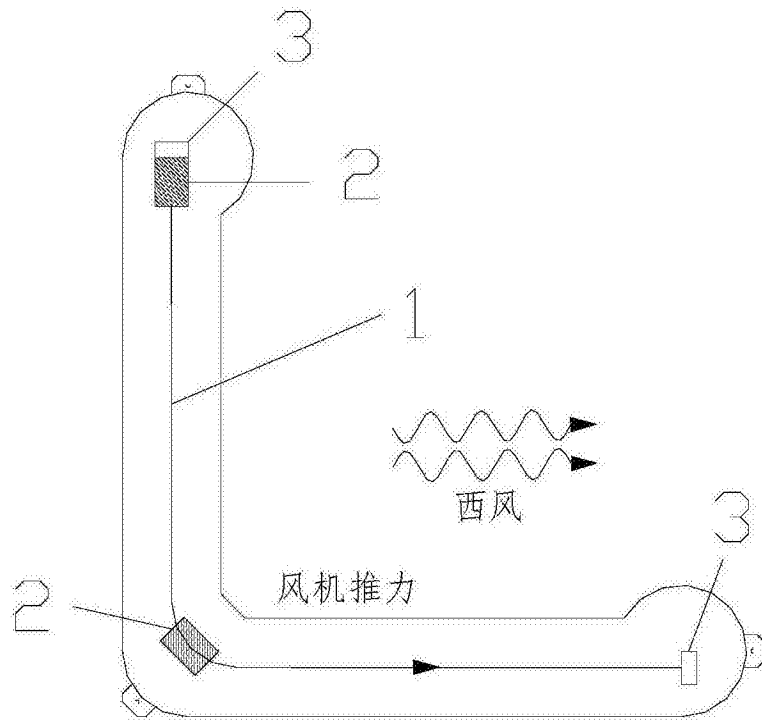


图4

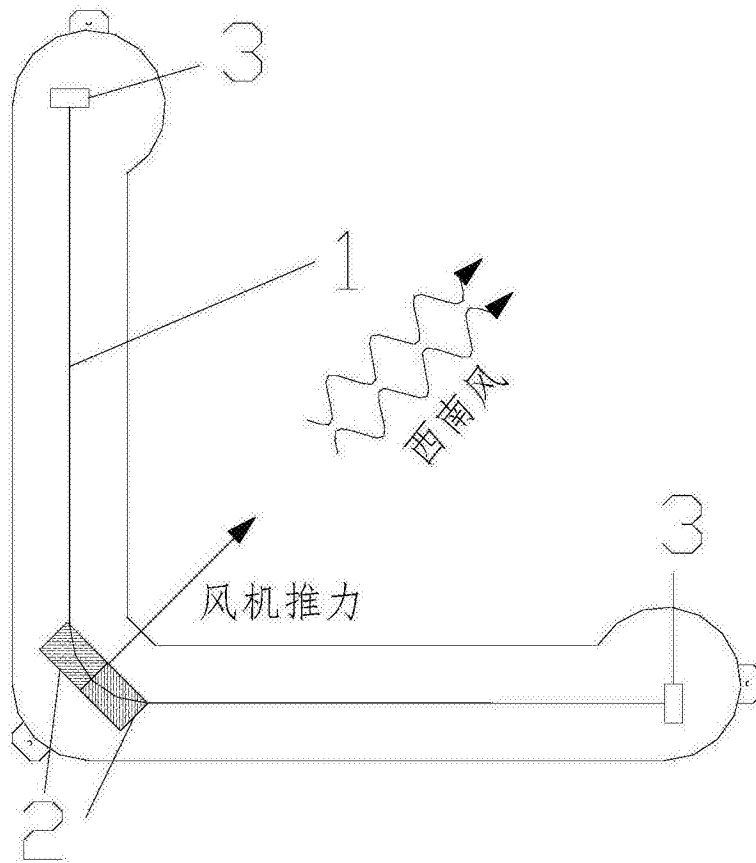


图5

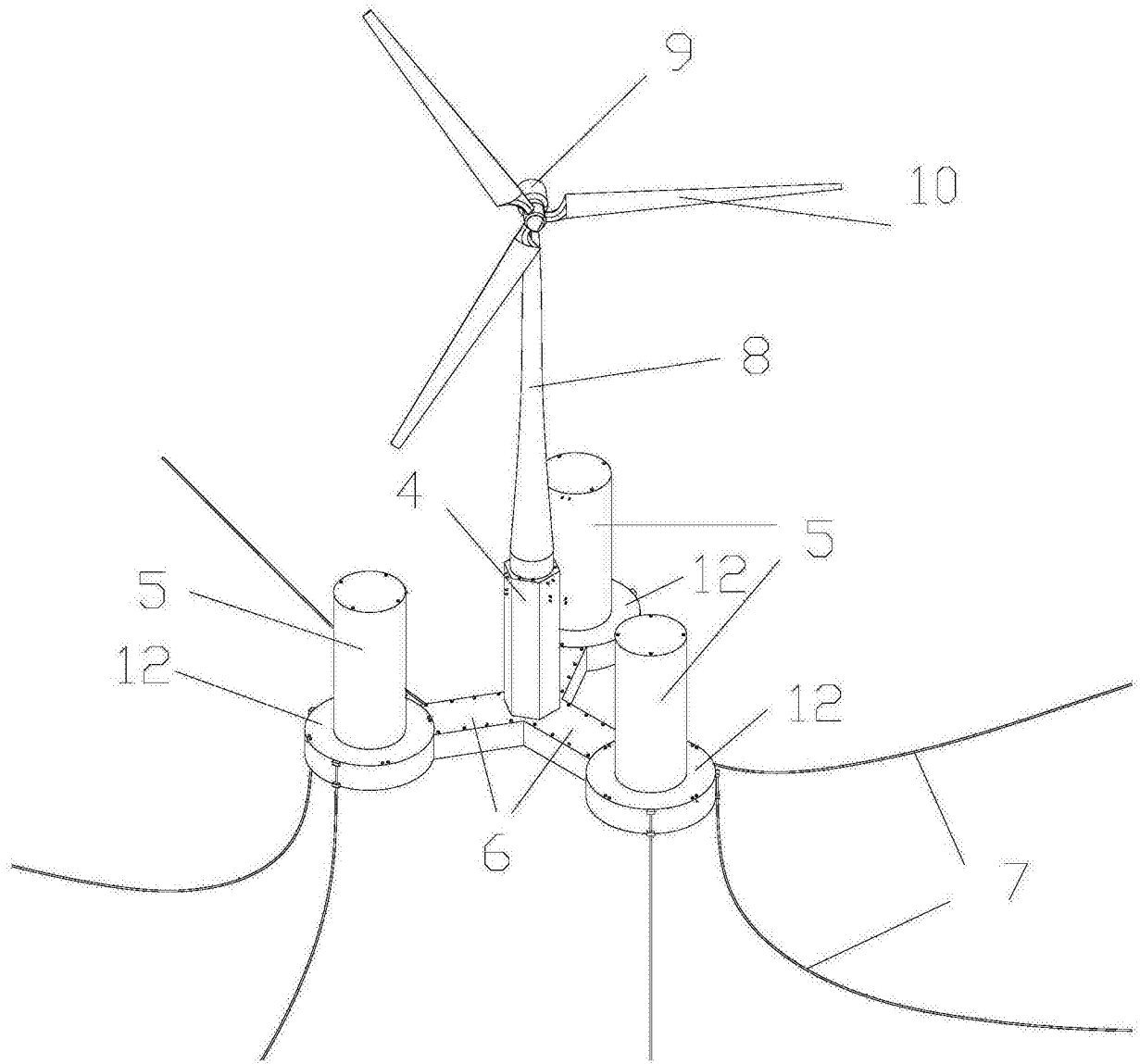


图6

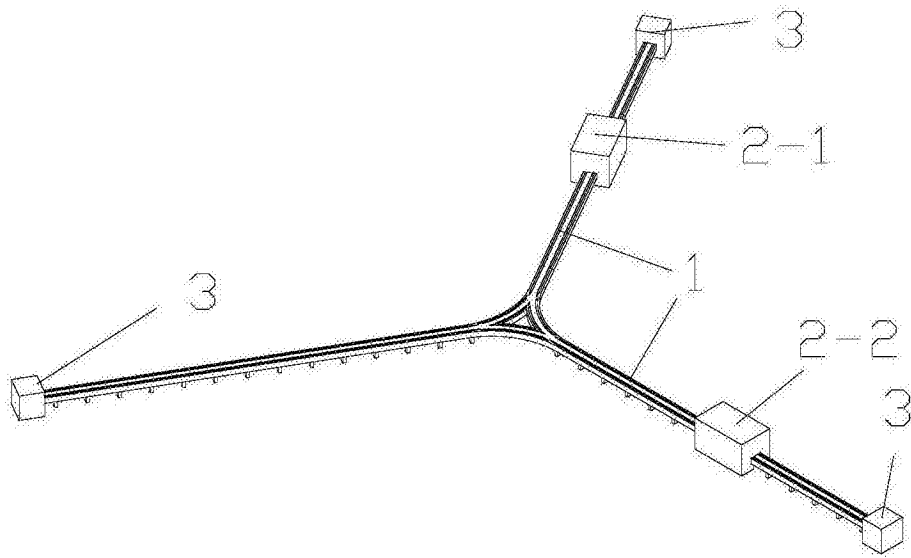


图7

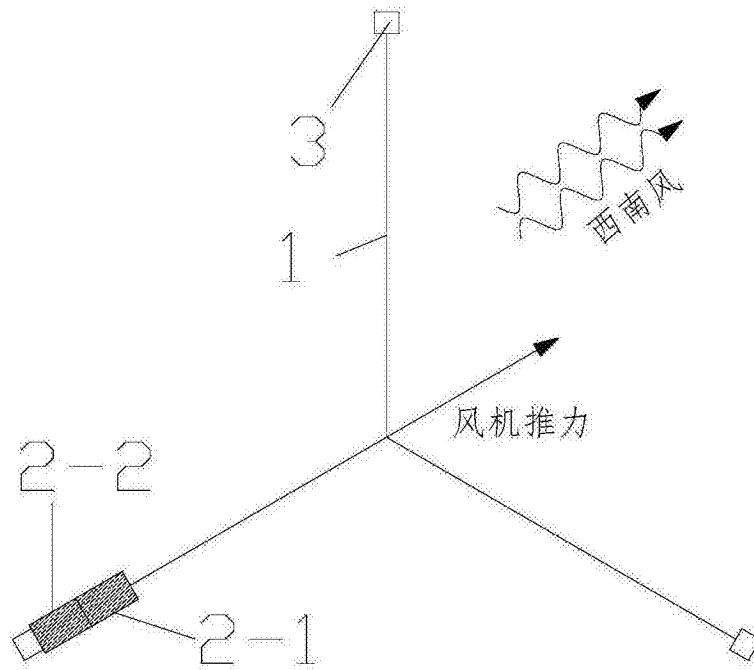


图8

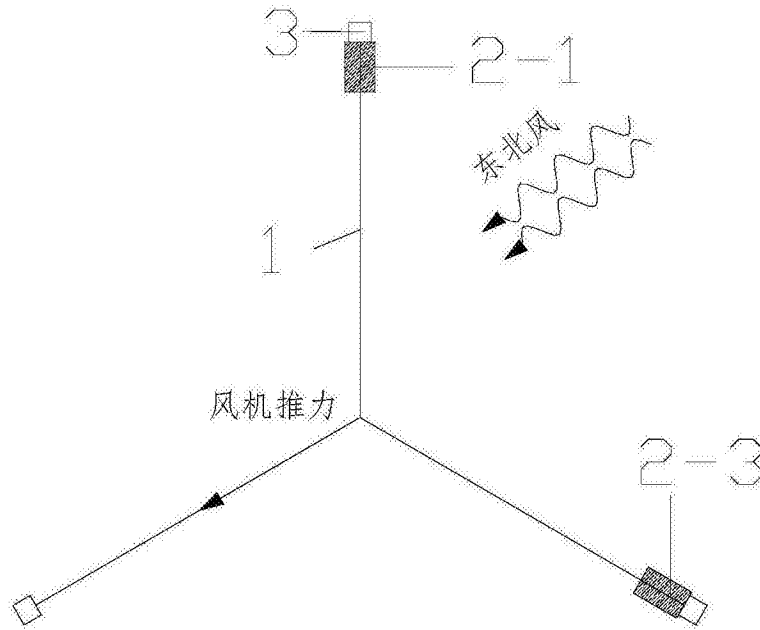


图9

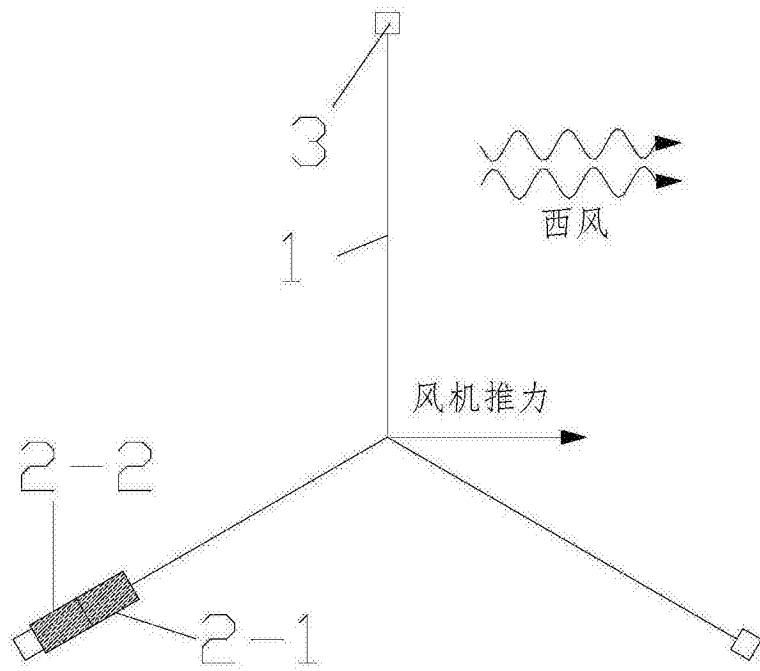


图10

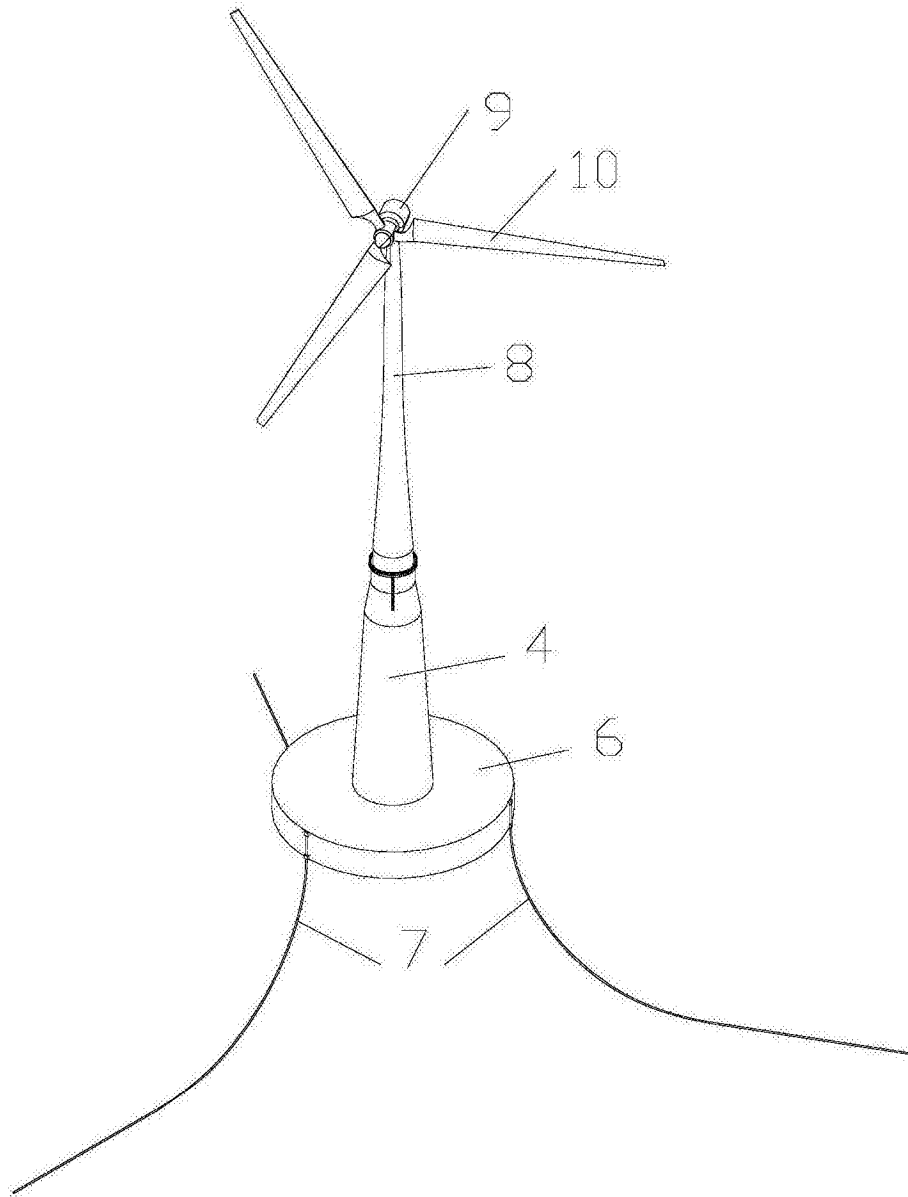


图11

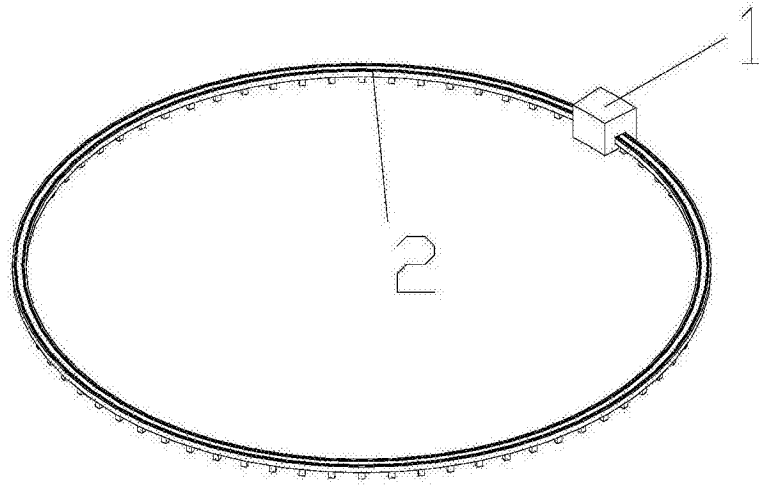


图12

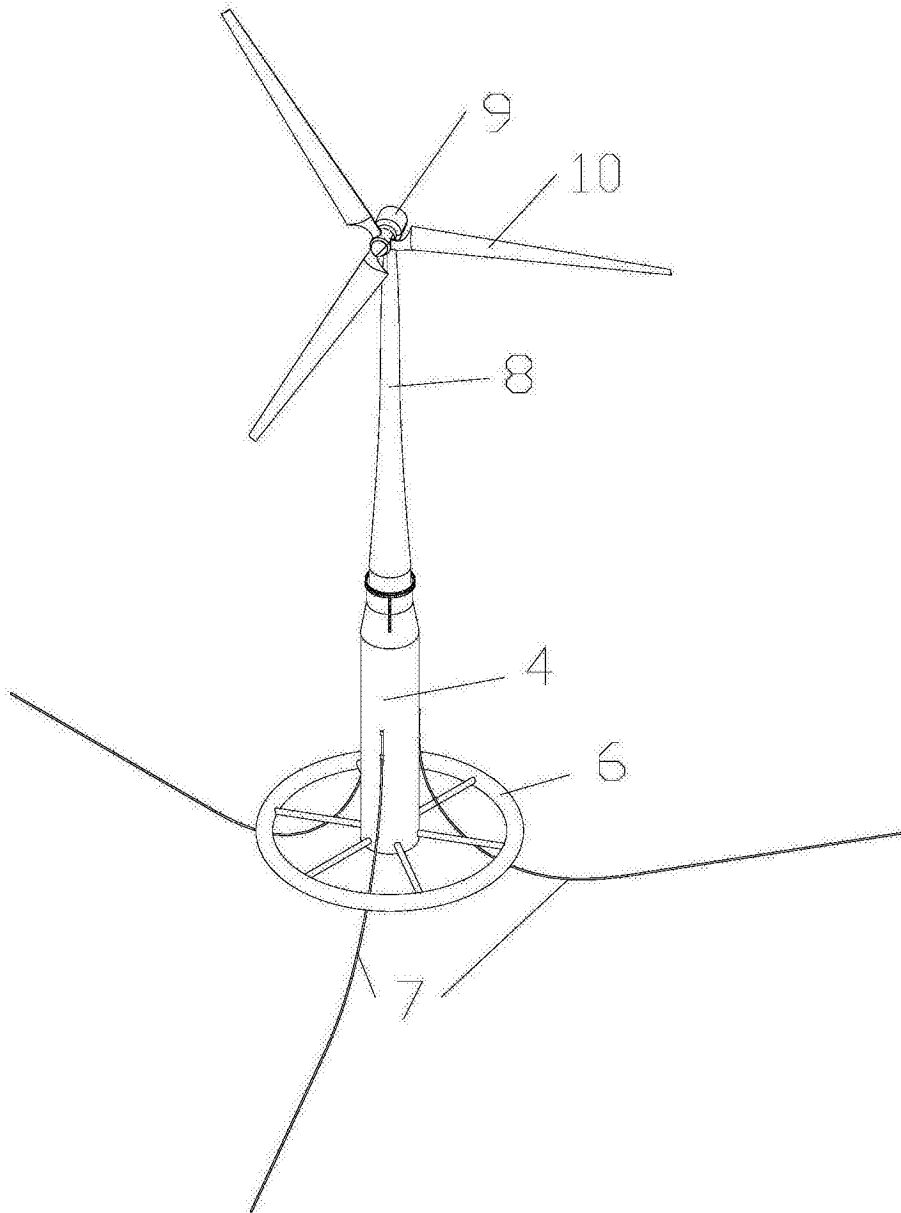


图13

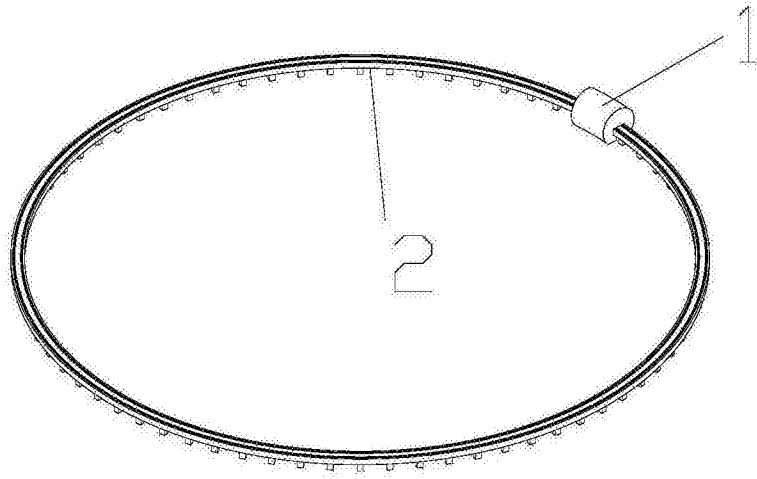


图14

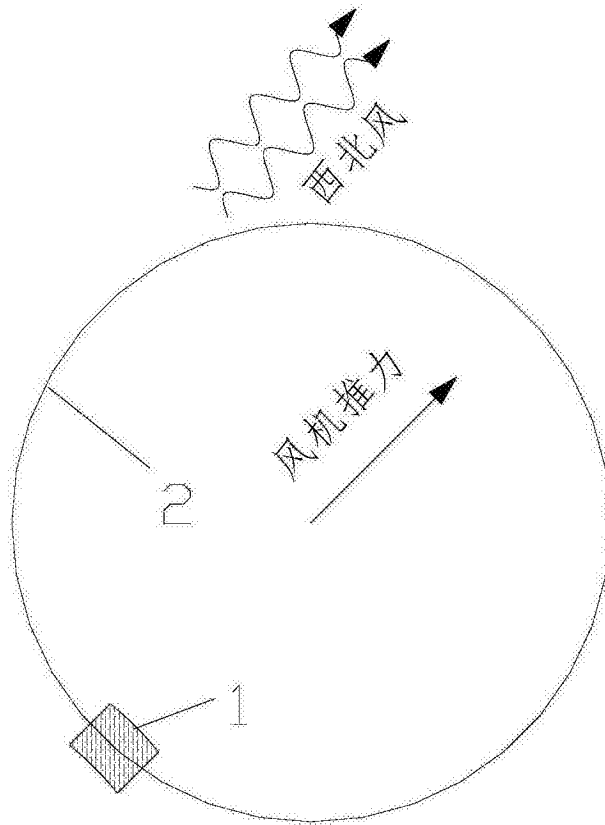


图15

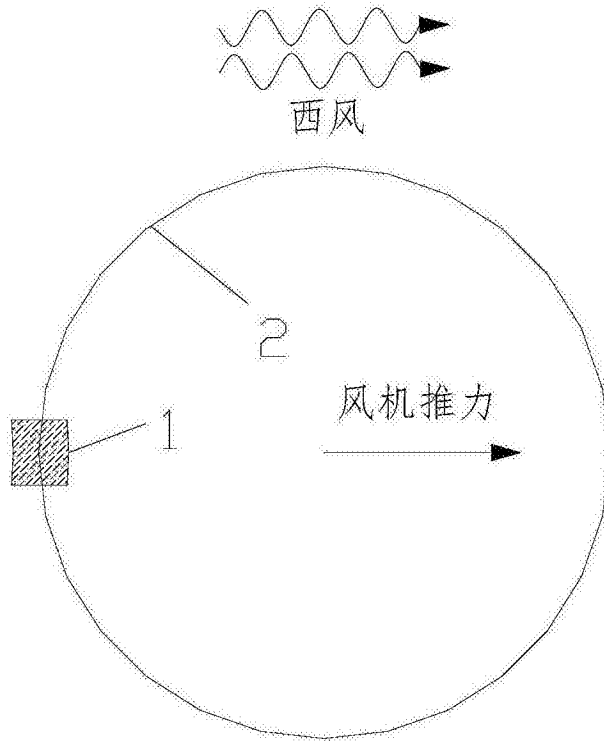


图16