



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 113530761 A

(43)申请公布日 2021.10.22

(21)申请号 202010315116.X

(22)申请日 2020.04.21

(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 沈侃敏 高山 王滨 姜贞强
陈金忠 赵生校 王淡善 李炜
李昕

(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)

F03D 80/00(2016.01)

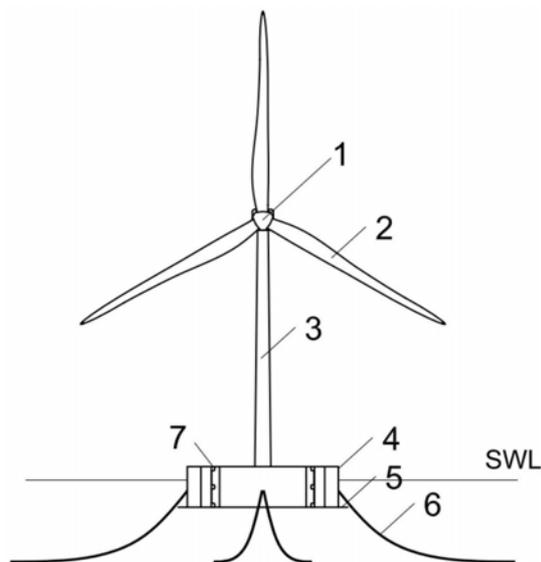
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

一种格栅式结构的海上风电机组漂浮式基础及施工方法

(57)摘要

本发明提供了一种格栅式结构的海上风电机组漂浮式基础及施工方法,包括风电机组机舱、风电机组叶片、塔筒、锚泊系统,所述漂浮式基础设置格栅式扇环基础、中心立柱以及下部压水板;所述格栅式扇环基础由多个外轮廓为扇环形的钢制舱室组成,所述格栅式扇环基础围绕于中心立柱,中心立柱和格栅式扇环基础之间通过连接结构连接;在漂浮式基础的底部安装下部压水板。本发明较传统的漂浮式基础具有更好的水动力运动性能,稳性更高。



1. 一种格栅式结构的海上风电机组漂浮式基础,包括风电机组塔筒、锚泊系统,其特征在于:所述漂浮式基础设置格栅式扇环基础、中心立柱以及下部压水板;

所述格栅式扇环基础由多个外轮廓为扇环形的舱室组成,所述格栅式扇环基础围绕于中心立柱,中心立柱和格栅式扇环基础之间通过连接结构连接;在漂浮式基础的底部安装下部压水板。

2. 如权利要求1所述的一种格栅式结构的海上风电机组漂浮式基础,其特征在于所述扇环形的舱室与中心立柱同轴,由中心向外侧层层分布,所述格栅式扇环基础的每层有数个扇环形舱室,每层扇环形舱室的分布位置存在一定间距,相邻层之间具有一定间距,层与层之间的扇环形舱室通过连接结构进行连接,中心立柱和最内层的各扇环形舱室之间也通过连接结构连接。

3. 如权利要求1所述的一种格栅式结构的海上风电机组漂浮式基础,其特征在于相邻层的扇环形舱室交错布置,使得漂浮式基础内部形成了方向各异的弧形水道。

4. 如权利要求1所述的一种格栅式结构的海上风电机组漂浮式基础,其特征在于每一个扇环形舱室都是一个水密压载舱,并且为可独立灌注压载水和调节压载水的加入量;所述漂浮式基础根据安装于风电机组机舱的运动传感器的反馈来控制各扇环形舱室的水泵,调整格栅式扇环基础中各扇环形舱室的压载情况,使上部风电机组获得稳定的工作环境。

5. 如权利要求1所述的一种格栅式结构的海上风电机组漂浮式基础,其特征在于所述风机塔筒与中心立柱连接;中心立柱的外径与风机塔筒匹配,无需额外布置过渡段。

6. 如权利要求1所述的一种格栅式结构的海上风电机组漂浮式基础,其特征在于中心立柱由钢制外壳和钢筋混凝土核心组成,风机塔筒的下端钢板上焊有剪力键,在建造时将风机塔筒下端插入中心立柱钢筋混凝土核心的钢筋网,并浇筑混凝土进行两者的连接。

7. 如权利要求1所述的一种格栅式结构的海上风电机组漂浮式基础,其特征在于所述锚泊系统连接在所述格栅式扇环基础上,能将所述的漂浮式基础系泊于海床上。

8. 一种格栅式结构的海上风电机组漂浮式基础的施工方法,其特征在于所述漂浮式基础的中心立柱与扇环形的舱室均在船坞内进行分段建造,然后再进行整体的焊接、浇筑、拼装;在漂浮式基础的主体结构完成后,再吊装其余装置,包括安全围栏、锚机、救生装置、扶梯、电气设备和工作生活模块,其中,工作生活模块安装于某一扇环形的舱室的上方,并将其作为生活工作平台;所述漂浮式基础在船坞中完成风电机组和塔筒的安装,再通过湿拖或者干拖的方式将其运至工作海域,随后连接系泊系统中的锚链将整个装置系泊于海床上。

一种格栅式结构的海上风电机组漂浮式基础及施工方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种格栅式结构的海上风电机组漂浮式基础,适用于海上风电开发领域,水深适用范围广。

背景技术

[0002] 海上漂浮式风力发电场的概念最早于1972年提出。在工程界,一般认为当水深超过60米时,漂浮式风机的经济成本和工程实践性将胜于固定式基础的海上风机。目前,漂浮式风机在海上风电中的应用尚处于探索阶段。然而,在海上石油天然气工业中,漂浮式钻井平台的应用已经有数十年历史。海上石油天然气工业的成功经验不仅表明漂浮式风力机的长期运行在技术方面具有可行性,而且为漂浮式风机的设计提供了多种可选的基础形式。

[0003] 目前主流的海上风机的漂浮式基础型式主要有单柱型、半潜型以及张力腿型。这些经典的由海上石油开采技术继承而来的漂浮式基础已在部分漂浮式风电项目上得以实施。但是,大量研究和项目报告表明这些漂浮式基础在应用海上风电开发领域依然存在很多问题:单立柱型基础的水线面对稳性的贡献小,发生转动时的阻尼较小,其横摇和纵摇运动都较大;此外,其较大的主尺度对于水深要求高,其建造和安装的难度也较大。张力腿型基础的系泊系统安装费用高,使用水深浅,张力筋腱的预张力受海流、潮汐的影响较大,上部结构和系泊系统的频率耦合易发生共振运动;对环境高频载荷敏感,易发生铃振现象,且张力筋腱易疲劳,风险大。相对而言,半潜型基础因其较大的水线面面积,稳性好,应用水深广,但相对的其建造费用也较高。

[0004] 对于海上风电开发而言,保证上部风电机组的工作条件是浮式基础设计的第一要务。为保证其稳定的发电效率,其设计上对于稳定性的要求要更严苛于石油开采工业。所谓的稳定性包含下部浮式基础的运动的最大幅值和倾角、最大速度和加速度等。

发明内容

[0005] 本发明的目的是针对漂浮式海上风电开发的需求,提供一种格栅式结构的海上风电机组漂浮式基础,较传统的漂浮式基础具有更好的水动力运动性能,稳性更高。为此,本发明采用以下方案:

[0006] 一种格栅式结构的海上风电机组漂浮式基础,包括风电机组塔筒、锚泊系统,其特征在于:所述漂浮式基础设置格栅式扇环基础、中心立柱以及下部压水板;

[0007] 所述格栅式扇环基础由多个外轮廓为扇环形的钢制舱室组成,所述格栅式扇环基础围绕于中心立柱,中心立柱和格栅式扇环基础之间通过连接结构连接;在漂浮式基础的底部安装下部压水板。

[0008] 所述扇环形的舱室与中心立柱同轴,由中心向外侧层层分布,所述格栅式扇环基础的每层有数个扇环形舱室,每层扇环形舱室的分布位置存在一定间距,相邻层之间具有一定间距,层与层之间的扇环形舱室通过连接结构进行连接,中心立柱和最内层的各扇环形舱室之间也通过连接结构连接。

[0009] 扇环形舱室的布置个数、层数可根据工程实际要求具体确定。

[0010] 由于每层的扇环布置间存在间隙,因此波浪与来流均可以由这些间隙进入扇环阵列的内部。更优的,层与层之间的扇环间隙交错分布,形成扇环阵列的交错弧形水道将改变进入阵列内部的水流走向。这一设计将一方面削弱波浪对于结构的荷载,起到消除波能的作用;一方面将提高结构在转动和平动时的阻尼,降低结构运动时的幅值与加速度,提高结构整体在风、浪、流作用下的运动稳性。

[0011] 每一个扇环形舱室都是一个水密压载舱,并且为可独立灌注压载水和调节压载水的加入量,因此,格栅分布的扇环形阵列实际上构成了一种离散式的环形分布分舱策略,面对不同方向的风、浪、流荷载,可以通过对各个舱室抽排压载水来达到对浮式风机基础在各个方向上的倾角、吃水的调节,进而在各种工况下都可以保证浮式结构的稳性和运动幅值。

[0012] 所述漂浮式基础根据安装于风电机组机舱的运动传感器的反馈来控制各扇环形舱室的水泵,调整格栅式扇环基础中各扇环形舱室的压载情况,使上部风电机组获得稳定的工作环境。

[0013] 所述的扇环形舱室均为钢制结构,内部均布置有用于有加强结构刚度的钢制加劲肋。所述的格栅式基础拥有较大的水线面半径,因此该基础有良好的稳性。同时,格栅式设计一定程度上减小了结构用钢量,降低了建造成本。

[0014] 在整个格栅式基础的下部设置有一个大型钢制压水板,格栅结构与压水板焊接相连。该压水板可以有效地提供机构在垂荡方向的运动阻尼,削减运动响应幅值。此外,该压水板为上方各个相对分离的扇环形结构提供了刚性连接,提高了结构的整体强度和变形刚度。

[0015] 所述风机塔筒与中心立柱连接;中心立柱的外径与风机塔筒匹配,这一设计省去了过渡段的连接,提高了结构强度。

[0016] 中心立柱由钢制外壳和钢筋混凝土核心组成,风机塔筒的下端钢板上焊有剪力键,在建造时将风机塔筒下端插入中心立柱钢筋混凝土核心的钢筋网,并浇筑混凝土进行两者的连接,省去了立柱和塔筒的灌浆连接,建造成本低,且能够降低结构整体重心高度,提高结构稳性。

[0017] 本发明的系泊系统可根据实际工作情况选用悬链线式系泊或张紧式系泊。导缆孔布置于格栅式基础的外侧海平面以下位置,以获得较大的系泊回复力臂,且让系泊缆避开了水线面处较大的波浪荷载。

[0018] 本发明还提供了一种格栅式结构的海上风电机组漂浮式基础的施工方法,其特征在于所述漂浮式基础的中心立柱与扇环形的舱室均在船坞内进行分段建造,然后再进行整体的焊接、浇筑、拼装;在漂浮式基础的主体结构完成后,再吊装其余装置,包括安全围栏、锚机、救生装置、扶梯、电气设备和生活工作模块,其中,生活工作模块安装于某一扇环形的舱室的上方,并将其作为生活工作平台;所述漂浮式基础在船坞中完成风电机组和塔筒的安装,再通过湿拖或者干拖的方式将其运至工作海域,随后连接系泊系统中的锚链将整个装置系泊于海床上。

[0019] 综上,本发明以上技术方案涉及的技术效果包括:

[0020] 1) 格栅式设计增大了漂浮式基础的平动和转动的阻尼,对于波浪有一定的消波能

力,减小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。

[0021] 2) 基于半潜型和立柱型混合的设计理念,水深应用范围广,能够同时适用于浅水和深水海域。

[0022] 3) 拥有较大的水线面半径,同时水线面面积较小,节省材料成本,拥有更好的稳性和经济性。

[0023] 4) 格栅式设计构成的环形分舱策略,可以可控地针对任意浪向、风向灵活调整舱内压载,调整结构吃水和在各个方向的倾角,对于多变的风浪方向能保证基础的稳性和发电效率。

[0024] 5) 中心立柱结构安装风机塔筒,其尺寸直径与风机塔筒的底部直径一致,省去了过渡段的连接,提高了结构强度,方便施工。同时,中心立柱是钢制外壳和混凝土核心结构,省去了立柱和塔筒的灌浆连接,建造成本低,且能够降低结构整体重心高度,提高结构稳性。

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;

[0029] 图5是本发明一种实施例的栅格式基础示意图;

[0030] 图6是本发明一种实施例的分舱示意图;

[0031] 图7是本发明一种实施例的遭遇波浪来流时格栅式结构内部水流走向图。

具体实施方式

[0032] 以下是本发明的一种实施例的详细说明。

[0033] 如图1、4所示,一种新型格栅式结构的海上风电机组漂浮式基础,主要包含:圆柱体的中心立柱8、格栅式扇环基础4、圆形压水板5以及系泊系统6。风电机组塔筒3与中心立柱8连接。

[0034] 如图1所示,该结构在工作时,设计水线SWL位于格栅式扇环基础4的中上部,保证在工作时该浮式基础有足够的干舷高度。风机机舱1安装在风电机组塔筒3上端,风电机组叶片2与风机机舱1连接。

[0035] 如图4所示,中心立柱8的外径与塔筒3一致,因此无需额外布置过渡段。中心立柱8由钢制外壳和钢筋混凝土核心组成,塔筒3的下端钢板上焊有剪力键,在建造时将塔筒3下端插入中心立柱8的钢筋混凝土核心的钢筋网,并浇筑混凝土进行两者的连接,省去额外的灌浆流程,此外,中心立柱8中的钢筋混凝土核心类似于固定压载,可以有效地降低结构的中心高度,提高结构稳性。

[0036] 如图1所示,该漂浮式基础的主要构成是格栅式扇环基础4。如图5所示,它由多个外轮廓为扇环形的钢制舱室40组成。这些扇环形舱室围绕中心立柱8层层分布,且每层有数个扇环形舱室,每层扇环形舱室的分布位置存在一定间距,各层以中心立柱8为共同的中

心,相邻层之间具有一定间距,相邻层扇环形舱室之间交错分布,构成一种格栅式阵列使得漂浮式基础内部形成了特定的水道。格栅式扇环基础4中所包含的扇环层数以及每层扇环形舱室的个数均可以根据实际工程要求具体设计,在图1所示的一个较优实施例中,布置有扇环3层、每层4个。

[0037] 如图1所示,层与层之间的扇环形舱室通过圆管横撑7进行连接,由上至下,总共布置有3层圆管横撑7。中心立柱8和最内层的各扇环形舱室之间也通过圆管横撑7连接。

[0038] 如图5所示,当本发明提供的漂浮式基础遭遇波浪与来流时,水流会进入栅格式基础,并按照扇环形舱室40界定的水道进行弧形流动,进而耗散掉波浪的能量,达到减小波浪荷载的作用。此外,栅格式设计一定程度地限制了结构周围的流场运动,因此,相较于传统设计,本发明这种圆弧形的栅格式设计在发生运动时具有更大的水动力阻尼,进而降低了结构在遭遇风、浪、流时水动力响应的幅值、速度和加速度。

[0039] 如图6所示是一个较优布置实例中的格栅式扇环基础4的分舱示意图。注意到,格栅式扇环基础4中的每一个扇环都是相互之间独立的水密分舱(压载舱101-112),完全水密,可以独立灌注压载水。注意到,压载舱101-压载舱112不仅离散地分布在扇环基础的内层、中层、外层,还离散地分布在不同的方向。因此,通过对压载舱101-压载舱112中压载水的调整可以改变结构静浮状态下的重心位置,可以改变结构的浮态,改变其在任一方向上的吃水与倾角,保证结构的稳性。在实际工程中,通过由风机机舱1处布置的运动姿态仪得到的反馈信息,根据实际监测的运动响应信息调整各分舱的压载水,改善结构运动状态,可控地提高结构在对抗任一方向风浪的能力。

[0040] 如图1所示,在浮式基础的底部,通过焊接的方式安装有一整块圆形压水板5,各扇环形舱室的底部和圆形压水板5连接,圆形压水板5中心有刚好匹配中心立柱8的孔而套在中心立柱8外或圆形压水板5也焊接在中心立柱8的底部。压水板5一方面为整个浮体结构在垂荡、横摇、纵摇时提供额外的运动阻尼力;一方面对扇环形舱室亦起到了连接的作用,提高了下部浮体的整体性,增加了结构刚度。

[0041] 如图1所示,锚泊系统6连接在格栅式扇环基础4上,将该浮式基础系泊于海床上,每个系泊装置6都包括锚机和锚链,锚机设置在格栅式扇环基础4内。在一个实施例中,如图1和图3所示,采用了悬链线系泊,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30度钢制锚链。

[0042] 本发明提供的漂浮式基础的中心立柱与扇环结构均可以在船坞内进行分段建造,然后再进行整体的焊接、浇筑、拼装。在基础的主体结构完成后,再吊装其余装置,如安全围栏、锚机、救生装置、扶梯、电气设备和工作和生活模块,其中,工作和生活模块可以安装于某一扇环结构的上方,并将其作为生活工作平台。该漂浮式基础可以在船坞中完成风电机组和塔筒的安装,再通过湿拖或者干拖的方式将其运至工作海域,随后连接系泊系统中的锚链将整个装置系泊于海床上。

[0043] 生产过程中,风电机组产生的小部分电能中将供平台工作(压载水控制等)及传感器等使用,主要的电能将通过布置于塔筒3、中心立柱8内的电缆管线(中心立柱在建造时预留走线路径与孔洞)由海底电缆途径升压站等输送到陆上基站。风电机组运行期间,海上风电维护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,维护工作人员通过爬梯从海上风电维护船上登到工作平台上,对风机进行维护。

[0044] 以上实施例仅为本发明的一种较优技术方案,本领域的技术人员应当理解,在不脱离本发明的原理和本质情况下可以对实施例中的技术方案或参数进行修改或者替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

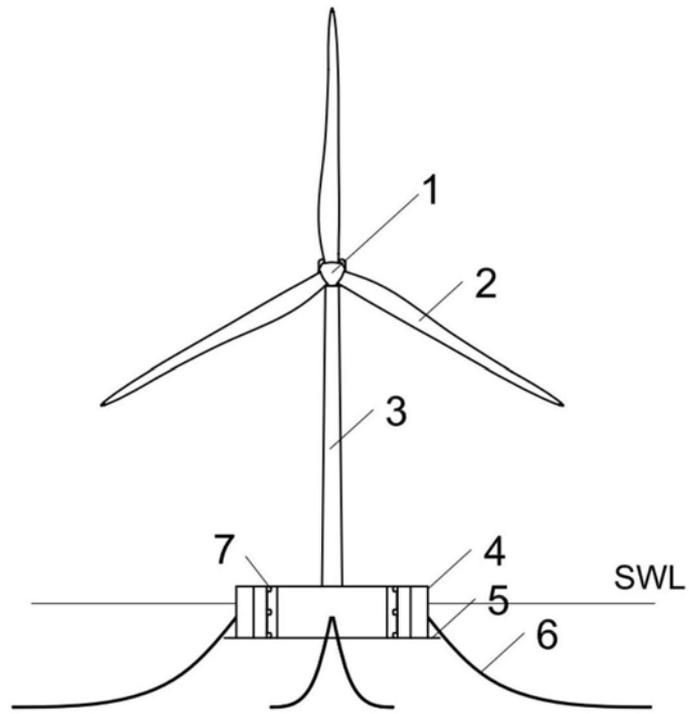


图1

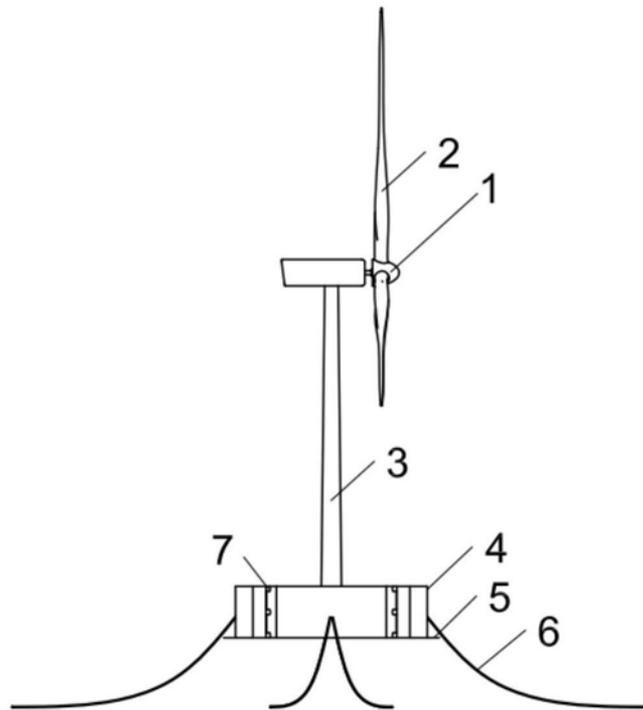


图2

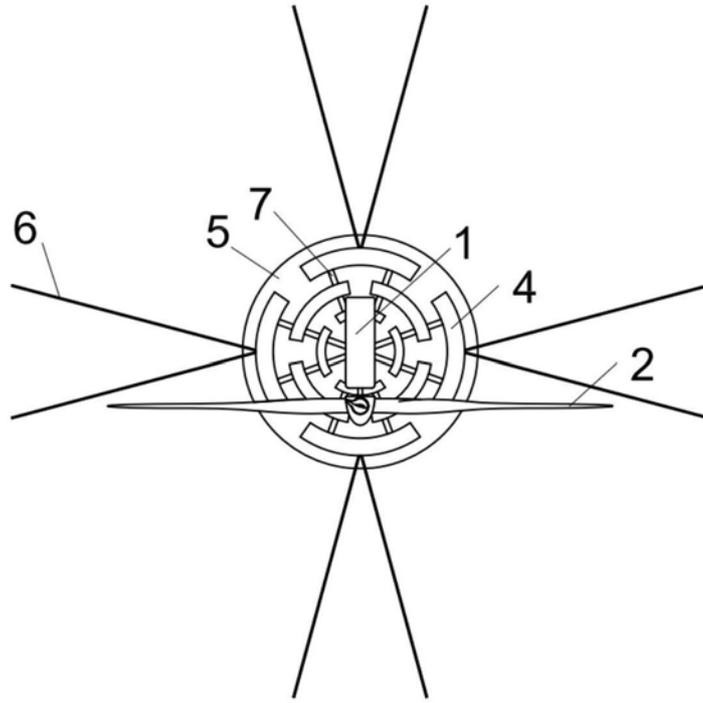


图3

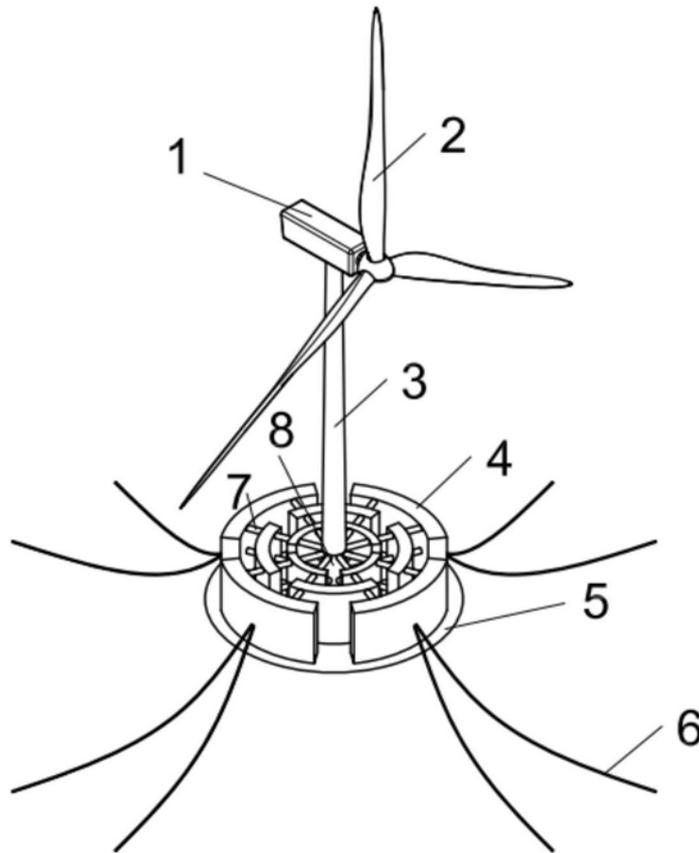


图4

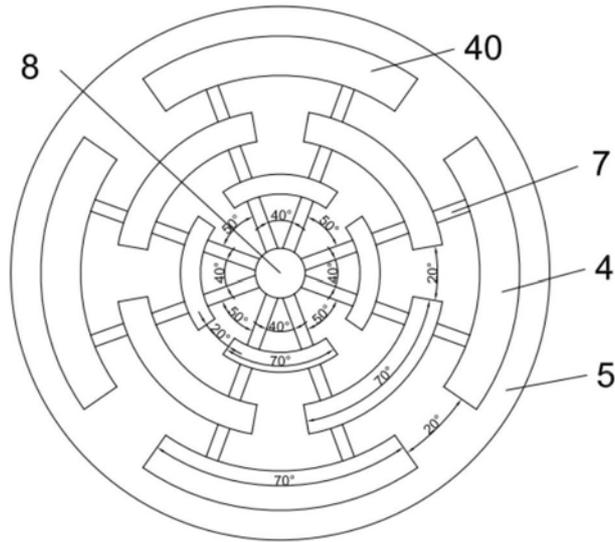


图5

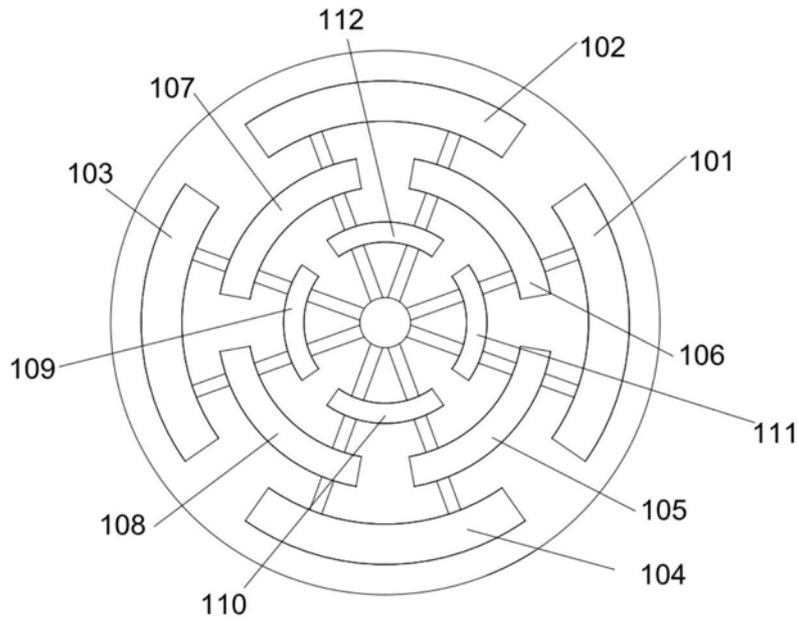


图6

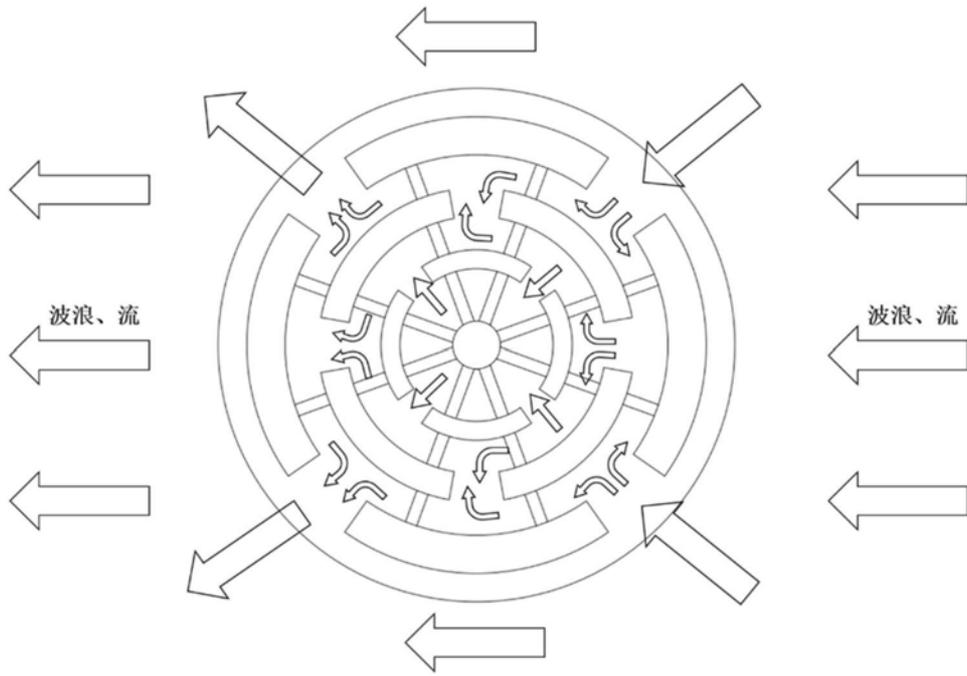


图7