



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111021393 A

(43)申请公布日 2020.04.17

(21)申请号 201911113073.0

(22)申请日 2019.11.14

(71)申请人 中国能源建设集团广东省电力设计  
研究院有限公司

地址 510663 广东省广州市黄埔区广州科  
学城天丰路1号

(72)发明人 陈嘉豪 裴爱国 任灏 刘博  
杨敏冬 马兆荣 刘晋超 元国凯

(74)专利代理机构 广州华进联合专利商标代理  
有限公司 44224

代理人 李鹏

(51)Int.Cl.

E02D 27/42(2006.01)

B63B 35/44(2006.01)

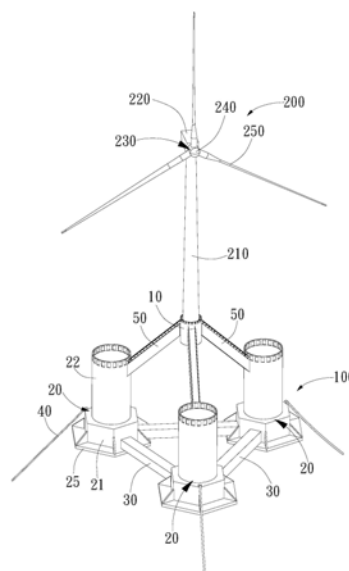
权利要求书1页 说明书6页 附图9页

(54)发明名称

漂浮式风机基础、风机及其施工方法

(57)摘要

本发明涉及一种漂浮式风机基础、风机及施工方法,漂浮式风机基础包括:塔筒支撑件;及多个立柱型浮箱,设于塔筒支撑件的下方并以塔筒支撑件为中心均匀分布;立柱型浮箱包括底部浮箱及设置在底部浮箱上的上部浮箱,底部浮箱的横截面大于上部浮箱的横截面;相邻两个底部浮箱之间连接有横向支撑件,底部浮箱上还连接有锚链;上部浮箱与塔筒支撑件之间连接有斜向支撑件。上述漂浮式风机基础,底部浮箱的横截面大于上部浮箱的横截面,使得立柱型浮箱的横截面呈阶梯式变化,使得底部浮箱可提供较大的浮力,有助于减少波浪流对上部浮箱的载荷作用力,从而有利于增加漂浮式风机基础的垂向运动阻尼,优化了漂浮式风机基础的水动力性能。



1. 一种漂浮式风机基础,其特征在于,包括:

塔筒支撑件;及

多个立柱型浮箱,设于所述塔筒支撑件的下方并以所述塔筒支撑件为中心均匀分布;所述立柱型浮箱包括底部浮箱及设置在所述底部浮箱上的上部浮箱,所述底部浮箱的横截面大于所述上部浮箱的横截面;相邻两个所述底部浮箱之间连接有横向支撑件,所述底部浮箱上还连接有锚链;所述上部浮箱与所述塔筒支撑件之间连接有斜向支撑件。

2. 根据权利要求1所述的漂浮式风机基础,其特征在于,所述立柱型浮箱的数量为三个,三个所述立柱型浮箱环绕所述塔筒支撑件呈三角形分布。

3. 根据权利要求1所述的漂浮式风机基础,其特征在于,所述立柱型浮箱还包括垂荡板,所述底部浮箱设置在所述垂荡板上。

4. 根据权利要求3所述的漂浮式风机基础,其特征在于,所述垂荡板的横截面大于所述底部浮箱的横截面。

5. 根据权利要求3所述的漂浮式风机基础,其特征在于,所述立柱型浮箱的所述垂荡板与所述底部浮箱之间连接有多个肋板,多个所述肋板环绕所述底部浮箱均匀分布。

6. 一种漂浮式风机,其特征在于,包括风机本体及权利要求1至7中任一项所述的漂浮式风机基础,所述风机本体安装在所述塔筒支撑件上。

7. 根据权利要求6所述的漂浮式风机,其特征在于,所述风机本体包括塔筒、机电组件、桨叶组件,所述塔筒的底端与所述塔筒支撑件连接,所述机电组件安装在所述塔筒的顶端上,所述桨叶组件与所述机电组件连接。

8. 一种漂浮式风机的施工方法,基于权利要求8所述的漂浮式风机,其特征在于,所述漂浮式风机的施工方法包括以下步骤:

步骤S10:将多个所述底部浮箱分别安装在多个所述垂荡板上,并将多个所述底部浮箱通过所述横向支撑件依次首尾相连,且所述底部浮箱和所述垂荡板之间通过肋板连接,形成所述环形体;

步骤S20:将多个所述上部浮箱分别安装在所述环形体的底部浮箱上,形成第一半组装体;

步骤S30:将所述塔筒支撑件通过所述斜向支撑件连接所述第一半组装体的上部浮箱,形成第二半组装体;

步骤S40:将所述风机本体安装在形成第二半组装体的塔筒支撑件上,形成组装体;

步骤S50:将所述组装体运输至预设工作部署地点;

步骤S60:通过锚链对所述组装体进行锚定,以形成漂浮式风机;

步骤S70:调节所述漂浮式风机的压载直至漂浮式风机达到预设的吃水深度。

9. 根据权利要求8所述的漂浮式风机的施工方法,其特征在于,所述步骤S10至所述步骤S30均在船坞上进行。

10. 根据权利要求8所述的漂浮式风机的施工方法,其特征在于,所述步骤S40在靠近预设工作部署地点的码头上进行。

## 漂浮式风机基础、风机及其施工方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及风力发电技术领域,特别是涉及一种漂浮式风机基础、风机及施工方法。

### 背景技术

[0002] 随着全球对清洁的可再生能源的日益增长的需求,当前风能已成为商业化程度最高可再生清洁能源技术之一,并呈现蓬勃发展的态势,风电逐渐从陆地走向海洋,从近海走向远海。然而,固定式海上风机因为技术和经济问题,其运用被限制在50m水深以内的海域,为了获得更优质的风能以及拓展风能发展的空间资源,漂浮式风机技术近年来得到广泛关注。

[0003] 海上浮式风机基础设计需要从三个方面进行考量,一个是具有较好的水动力性能,包括具有较好的稳性,以及对运行海域的波浪等载荷响应较小;另外一个为基础设计尽可能简单可靠,这包含较好的强度特性和疲劳特性;最后一个是基础的经济性,一个具有竞争力和可持续发展的产品必须具有市场竞争力。传统海上浮式风机基础的结构设计欠佳,水动力性能差,气隙设计不足,桁架结构过多导致制造困难和结构疲劳问题突出。

### 发明内容

[0004] 基于此,有必要针对目前传统技术的问题,提供一种结构简单、水动力性能好、且具有较大的气隙设计的漂浮式风机基础,还提供一种漂浮式风机及施工方法。

[0005] 一种漂浮式风机基础,包括:

[0006] 塔筒支撑件;及

[0007] 多个立柱型浮箱,设于所述塔筒支撑件的下方并以所述塔筒支撑件为中心均匀分布;所述立柱型浮箱包括底部浮箱及设置在所述底部浮箱上的上部浮箱,所述底部浮箱的横截面大于所述上部浮箱的横截面;相邻两个所述底部浮箱之间连接有横向支撑件,所述底部浮箱上还连接有锚链;所述上部浮箱与所述塔筒支撑件之间连接有斜向支撑件。

[0008] 上述漂浮式风机基础,底部浮箱主要用于提供浮力,上部浮箱不仅用于提供浮力,还用于确定漂浮式风机基础的水线面,对漂浮式风机基础的静倾稳性和耐波性起到重要的作用;由于底部浮箱的横截面大于上部浮箱的横截面,使得立柱型浮箱的横截面呈阶梯式变化,即底部浮箱的横截面较大,使得底部浮箱可提供较大的浮力,上部浮箱的横截面较小,有助于减少波浪流对上部浮箱的载荷作用力,上述的底部浮箱和上部浮箱的横截面积构成阶梯式变化,从而有利于增加漂浮式风机基础的垂向运动阻尼,优化了漂浮式风机基础的水动力性能;该漂浮式风机基础的整体结构简单,杆件结构少,有效地降低制造难度,且结构抗疲劳特性良好,具有很好的经济性和拓展性;且通过斜向支撑件以倾斜方式支撑塔筒支撑件,有效增大漂浮式风机基础的气隙。

[0009] 在其中一个实施例中,所述立柱型浮箱的数量为三个,三个所述立柱型浮箱环绕所述塔筒支撑件呈三角形分布。

[0010] 在其中一个实施例中,所述立柱型浮箱还包括垂荡板,所述底部浮箱设置在所述垂荡板上。

[0011] 在其中一个实施例中,所述垂荡板的横截面大于所述底部浮箱的横截面。

[0012] 在其中一个实施例中,所述立柱型浮箱的所述垂荡板与所述底部浮箱之间连接有多个肋板,多个所述肋板环绕所述底部浮箱均匀分布。

[0013] 一种漂浮式风机,包括风机本体及上述所述的漂浮式风机基础,所述风机本体安装在所述塔筒支撑件上。

[0014] 在其中一个实施例中,所述风机本体包括塔筒、机电组件、桨叶组件,所述塔筒的底端与所述塔筒支撑件连接,所述机电组件安装在所述塔筒的顶端上,所述桨叶组件与所述机电组件连接。

[0015] 一种漂浮式风机的施工方法,上述所述的漂浮式风机,所述漂浮式风机的施工方法包括以下步骤:

[0016] 步骤S10:将多个所述底部浮箱分别安装在多个所述垂荡板上,并将多个所述底部浮箱通过所述横向支撑件依次首尾相连,且所述底部浮箱和所述垂荡板之间通过肋板连接,形成所述环形体;

[0017] 步骤S20:将多个所述上部浮箱分别安装在所述环形体的底部浮箱上,形成第一半组装体;

[0018] 步骤S30:将所述塔筒支撑件通过所述斜向支撑件连接所述第一半组装体的上部浮箱,形成第二半组装体;

[0019] 步骤S40:将所述风机本体安装在形成第二半组装体的塔筒支撑件上,形成组装体;

[0020] 步骤S50:将所述组装体运输至预设工作部署地点;

[0021] 步骤S60:通过锚链对所述组装体进行锚定,以形成漂浮式风机;

[0022] 步骤S70:调节所述漂浮式风机的压载直至漂浮式风机达到预设的吃水深度。

[0023] 在其中一个实施例中,所述步骤S10至所述步骤S40均在船坞上进行。

[0024] 在其中一个实施例中,所述步骤S40在靠近预设工作部署地点的码头上进行。

## 附图说明

[0025] 图1为本发明漂浮式风机的结构示意图;

[0026] 图2为图1漂浮式风机的漂浮式风机基础的结构示意图;

[0027] 图3至图9为本发明漂浮式风机的施工方法的流程图。

[0028] 附图中各标号的含义为:

[0029] 漂浮式风机基础100,塔筒支撑件10,第一安全栏11,立柱型浮箱20,底部浮箱21,上部浮箱22,连接件23,第二安全栏24,垂荡板25,肋板26,横向支撑件30,锚链40,斜向支撑件50,扶梯51,风机本体200,塔筒210,机电组件220,桨叶组件230,轮毂240,桨叶250,环形体300,第一半组装体400,第二半组装体500,第三半组装体600,第三半组装体700,组装体800,漂浮式风机900。

## 具体实施方式

[0030] 为了便于理解本发明,下面将对本发明进行更全面的描述。但是,本发明可以以许多不同的形式来实现,并不限于本文所描述的实施例。相反地,提供这些实施例的目的是使对本发明的公开内容的理解更加透彻全面。

[0031] 除非另有定义,本文所使用的所有的技术和科学术语与属于本发明的技术领域的技术人员通常理解的含义相同。本文中在本发明的说明书中所使用的术语只是为了描述具体的实施例的目的,不是旨在于限制本发明。

[0032] 需要说明的是,当元件被称为“固定于”另一个元件,它可以直接在另一个元件上或者也可以存在居中的元件。当一个元件被认为是“连接”另一个元件,它可以是直接连接到另一个元件或者可能同时存在居中元件。相反,当元件被称作“直接在”另一元件“上”时,不存在中间元件。本文所使用的术语“垂直的”、“水平的”、“左”、“右”以及类似的表述只是为了说明的目的。

[0033] 请参考图1至图2,为本发明一实施方式的漂浮式风机,漂浮式风机基础100及安装在漂浮式风机基础100上的风机本体200。漂浮式风机基础100包括塔筒支撑件10及多个立柱型浮箱20。风机本体200安装在塔筒支撑件10上。多个立柱型浮箱20设于塔筒支撑件10的下方并以塔筒支撑件10为中心均匀分布;具体地,立柱型浮箱20包括底部浮箱21及设置在底部浮箱21上的上部浮箱22,底部浮箱21的横截面大于上部浮箱22的横截面,以使立柱型浮箱20的横截面呈阶梯式;相邻两个底部浮箱21之间连接有横向支撑件30,底部浮箱21上还连接有锚链40,锚链40用于连接海床;上部浮箱22与塔筒支撑件10之间连接有斜向支撑件50。

[0034] 上述漂浮式风机基础100,塔筒支撑件10用于连接风机本体200,塔筒支撑件10分别通过斜向支撑件50与多个立柱型浮箱20的上部浮箱22连接,立柱型浮箱20用于漂浮于水面上,且立柱型浮箱20通过锚链40与海床连接,使得漂浮式风机基础100实现一定程度的运动与空间约束。

[0035] 上述漂浮式风机基础100的底部浮箱21主要用于提供浮力,上部浮箱22不仅用于提供浮力,还用于确定漂浮式风机基础100的水线面,对漂浮式风机基础100的静倾稳性和耐波性起到重要的作用;由于底部浮箱21的横截面大于上部浮箱22的横截面,即底部浮箱21的横截面较大,使得底部浮箱21可提供较大的浮力,上部浮箱22的横截面较小,有助于减少波浪流对上部浮箱22的载荷作用力,即有利于减少漂浮式风机基础100的静水面附近所受到的波浪流载荷,上述的阶梯式变化的浮箱横截面有利于增加漂浮式风机基础100的垂向运动阻尼,优化了漂浮式风机基础100的水动力性能;该漂浮式风机基础100的整体结构简单,杆件结构少,有效地降低制造难度,且结构抗疲劳特性良好,具有很好的经济性和拓展性。

[0036] 通过斜向支撑件50以倾斜方式支撑塔筒支撑件10,有效增大漂浮式风机基础100的气隙,有效减少或避免波浪对塔筒支撑件10底部的抨击。另外斜向支撑件50还可以提高漂浮式风机基础100对风机本体200的竖向承载力,增加漂浮式风机基础100的稳定性,同时有利于节约材料成本。

[0037] 请参考图1,具体地,风机本体200包括塔筒210、机电组件220及桨叶组件230,塔筒210的底端与塔筒支撑件10连接;进一步地,塔筒210的底端通过法兰与塔筒支撑件10连接。

机电组件220安装在塔筒210的顶端上,机电组件220可绕塔筒210的中心轴线旋转进行偏航运动。桨叶组件230与机电组件220连接,桨叶组件230包括连接机电组件220的轮毂240及连接轮毂240的桨叶250,桨叶250在海风的吹动下旋转以捕获风能。

[0038] 在一些实施例中,塔筒支撑件10为圆柱形结构,塔筒支撑件10的横截面尺寸与塔筒210的底端的直径尺寸相匹配。请参考图2,进一步地,塔筒支撑件10的顶端设置有第一安全栏11,有效确保操作员在塔筒支撑件10上操作时的安全性。

[0039] 在本实施例中,立柱型浮箱20的数量为三个,三个立柱型浮箱20环绕塔筒支撑件10呈三角形分布;具体地,三个立柱型浮箱20呈正三角形分布,稳定性好。可以理解地,底部浮箱21及上部浮箱22的数量均为三个。当然,在其他实施例中,立柱型浮箱20的数量还可以是四个、五个及六个等,可根据实际需求进行设计。

[0040] 在一些实施例中,底部浮箱21、上部浮箱22及横向支撑件30均采用钢材制造而成。

[0041] 底部浮箱21的横截面可以为多种形状,如底部浮箱21的横截面可以是圆形、方形等。具体到本实施例中,底部浮箱21的横截面为多边形,有利于降低制造难度,节约成本,同时,有利于提高漂浮式风机基础100的首摇运动的水动力阻尼,有效优化了漂浮式风机基础100的首摇运动性能。进一步地,底部浮箱21的横截面可以是正五边形、正六边形等。

[0042] 上部浮箱22与底部浮箱21同轴心设置。上部浮箱22的横截面也可以为多种形状,如上部浮箱22的横截面可以是圆形、方形等。具体到本实施例中,上部浮箱22的横截面为圆形,进一步减少波浪流对上部浮箱22的载荷作用力。

[0043] 在一些实施例中,底部浮箱21为中空结构,底部浮箱21内部设置有多个第一舱壁,每个第一舱壁上设置有第一水平加强筋和第一竖向加强筋,第一舱壁、第一水平加强筋及第一竖向加强筋有利于加强底部浮箱21的结构,且第一舱壁、第一水平加强筋及第一竖向加强筋及将底部浮箱21的内部空间分隔成多个第一舱室,第一舱室的压载固定,且第一舱室内的压载物可选用水、混凝土、矿砂以及砂石等材料。上部浮箱22也为中空结构,上部浮箱22内部设置有多个第二舱壁,每个第二舱壁上设置有第二水平加强筋和第二竖向加强筋,第二舱壁、第二水平加强筋及第二竖向加强筋有利于加强上部浮箱22的结构,且第二舱壁、第二水平加强筋及第二竖向加强筋将上部浮箱22的内部空间分隔成多个第二舱室,第二舱室内的压载物为液体,如水,第二舱室的压载可调节,从而可根据不同的工作状态,进行调节第二舱室的压载直到漂浮式风机基础100达到预设的吃水深度。

[0044] 进一步地,上部浮箱22的竖向长度大于底部浮箱21的竖向长度,由于第一舱室的压载固定,第二舱室的压载可调节,从而通过将上部浮箱22的竖向长度设为大于底部浮箱21的竖向长度,可有效提高漂浮式风机基础100吃水高度的调节范围。

[0045] 横向支撑件30为矩形结构,且横向支撑件30呈水平设置,即横向支撑件30垂直底部浮箱21设置。在一些实施例中,横向支撑件30也为中空结构,横向支撑件30的内部设置有横向舱壁及纵向加强筋,横向舱壁及纵向加强筋将横向支撑件30的内部空间分隔成多个压载舱,压载舱内的压载物为液体如水,压载舱的压载也可调节。

[0046] 在本实施例中,由于底部浮箱21的数量为三个,从而横向支撑件30的数量也为三个,三个横向支撑件30分别首尾连接在两个相邻底部浮箱21之间,呈等边三角形分布。

[0047] 在一些实施例中,底部浮箱21上设置有连接件23,连接件23设置在底部浮箱21的上端面,锚链40的一端与连接件23连接,锚链40的另一端用于连接海床。进一步地,锚链40

为重力式悬链线锚泊或张紧式锚链。在本实施例中,由于底部浮箱21的数量为三个,从而锚链40的数量也为三根或六根,当锚链40的数量为六根时,每个底部浮箱21与两根锚链40连接。

[0048] 在一些实施例中,上部浮箱22的外周侧上安装有爬梯、靠船设施及防撞设施,上部浮箱22的顶端上设置有第二安全栏24,有效确保操作员在上部浮箱22顶端上操作时的安全性。

[0049] 在一些实施例中,立柱型浮箱20还包括垂荡板25,底部浮箱21设置在垂荡板25上,且底部浮箱21与垂荡板25同轴心设置,垂荡板25的设置进一步优化了漂浮式风机基础100的垂向运动性能。进一步地,垂荡板25的横截面大于底部浮箱21的横截面,使得立柱型浮箱20呈多级阶梯式变化,进一步增加漂浮式风机基础100的垂向运动阻尼。具体地,垂荡板25的横截面也为多边形,即垂荡板25为多边形板状体,且垂荡板25横截面的边数和底部浮箱21横截面的边数相同且方位对齐。

[0050] 进一步地,立柱型浮箱20的垂荡板25与底部浮箱21之间连接有多个肋板26,多个肋板26环绕底部浮箱21均匀分布。具体地,肋板26的一侧与底部浮箱21的外周侧面连接,肋板26的另一侧与垂荡板25的上端面连接,肋板26有利于加强垂荡板25与底部浮箱21的连接稳定性。

[0051] 斜向支撑件50相对塔筒支撑件10及上部浮箱22为倾斜设置,即斜向支撑件50的一端与塔筒支撑件10的外周侧面连接,斜向支撑件50的另一端与上部浮箱22的外周侧面连接,使得漂浮式风机基础100的上部分为锥形设置,斜向支撑件50为矩形空心结构;进一步地,斜向支撑件50的上端面安装有扶梯51,供操作员安全地在斜向支撑件50上行动。

[0052] 请参考图3至图9,本发明还提供了一种漂浮式风机的施工方法,基于上述漂浮式风机,漂浮式风机的施工方法包括以下步骤:

[0053] 步骤S10:请参考图3,将多个底部浮箱21分别安装在多个垂荡板25上,并将多个底部浮箱21通过横向支撑件30依次首尾相连,且底部浮箱21与垂荡板25之间通过肋板26加连接,形成环形体300;

[0054] 步骤S20:请参考图4,将多个上部浮箱22分别安装在环形体300的底部浮箱21上,形成第一半组装体400;

[0055] 步骤S30:请参考图5,将塔筒支撑件10通过斜向支撑件50连接第一半组装体400的上部浮箱22,形成第二半组装体500;

[0056] 步骤S40:请参考图8,将风机本体200安装在第二半组装体500的塔筒支撑件10上,形成组装体800;

[0057] 步骤S50:将组装体800运输至预设工作部署地点;

[0058] 步骤S60:请参考图9,通过锚链对组装体800进行锚定,以形成漂浮式风机900;

[0059] 步骤S70:调节漂浮式风机的压载直至漂浮式风机达到预设的吃水深度。

[0060] 需要说明的是,步骤S10至步骤S30均在船坞上进行。在步骤S40前,还包括将第二半组装体500、塔筒210、机电组件220及桨叶组件230运输至靠近预设工作部署地点的码头上的步骤;即步骤S40在靠近预设工作部署地点的码头上进行。

[0061] 在一些实施例中,步骤S40的具体步骤为:

[0062] 步骤S41:请参考图6,将塔筒210的底端与第二半组装体500的塔筒支撑件10连接,

形成第三半组装体600。具体地,塔筒210的底端通过法兰与塔筒支撑件10连接。

[0063] 步骤S42:请参考图7,将机电组件220安装在第三半组装体600的塔筒210的顶端上,形成第四半组装体700。

[0064] 步骤S43:请参考图8,将桨叶组件230与第四半组装体700的机电组件220连接,形成组装体800。

[0065] 在步骤S50中,通过拖船在海上将组装体800湿拖至预设工作部署地点。

[0066] 本发明的漂浮式风机的施工方法,先在船坞上将第二半组装体500组装好,再将第二半组装体500、塔筒210、机电组件220及桨叶组件230运输至靠近预设工作部署地点的码头上,通过将第二半组装体500、塔筒210、机电组件220及桨叶组件230可分开运输,有效减少占用空间,减少运输难度和运输成本;且通过在靠近预设工作部署地点的码头上将第二半组装体500、塔筒210、机电组件220及桨叶组件230进行组装,形成组装体800后,再将组装体800运输至预设工作部署地点,相对在预设工作部署地点上进行组装,有效减少工作强度、施工时间和降低施工成本。

[0067] 以上所述实施例的各技术特征可以进行任意的组合,为使描述简洁,未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述,然而,只要这些技术特征的组合不存在矛盾,都应当认为是本说明书记载的范围。

[0068] 以上所述实施例仅表达了本发明的几种实施方式,其描述较为具体和详细,但并不能因此而理解为对发明专利范围的限制。应当指出的是,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些都属于本发明的保护范围。因此,发明专利的保护范围应以所附权利要求为准。



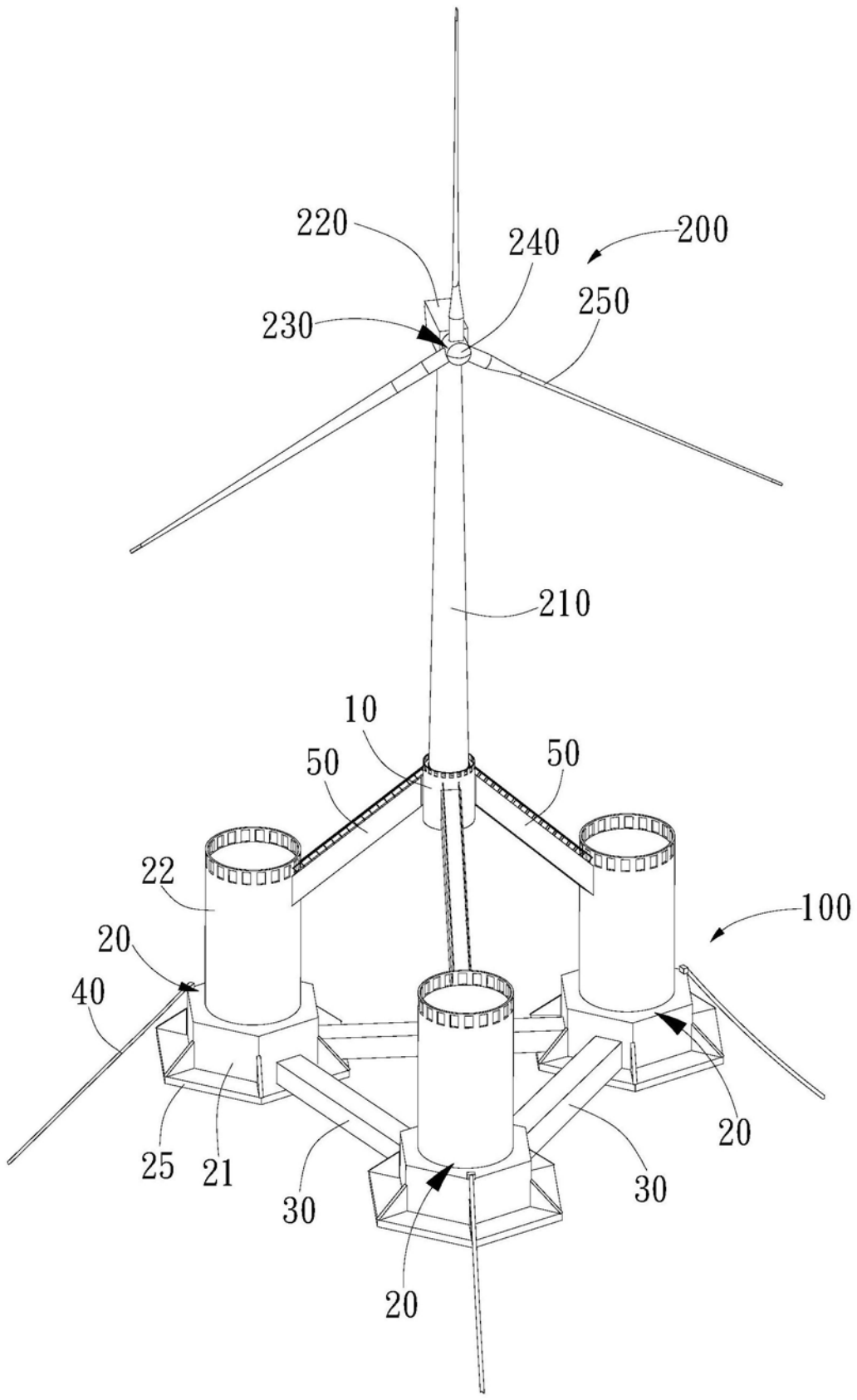


图1

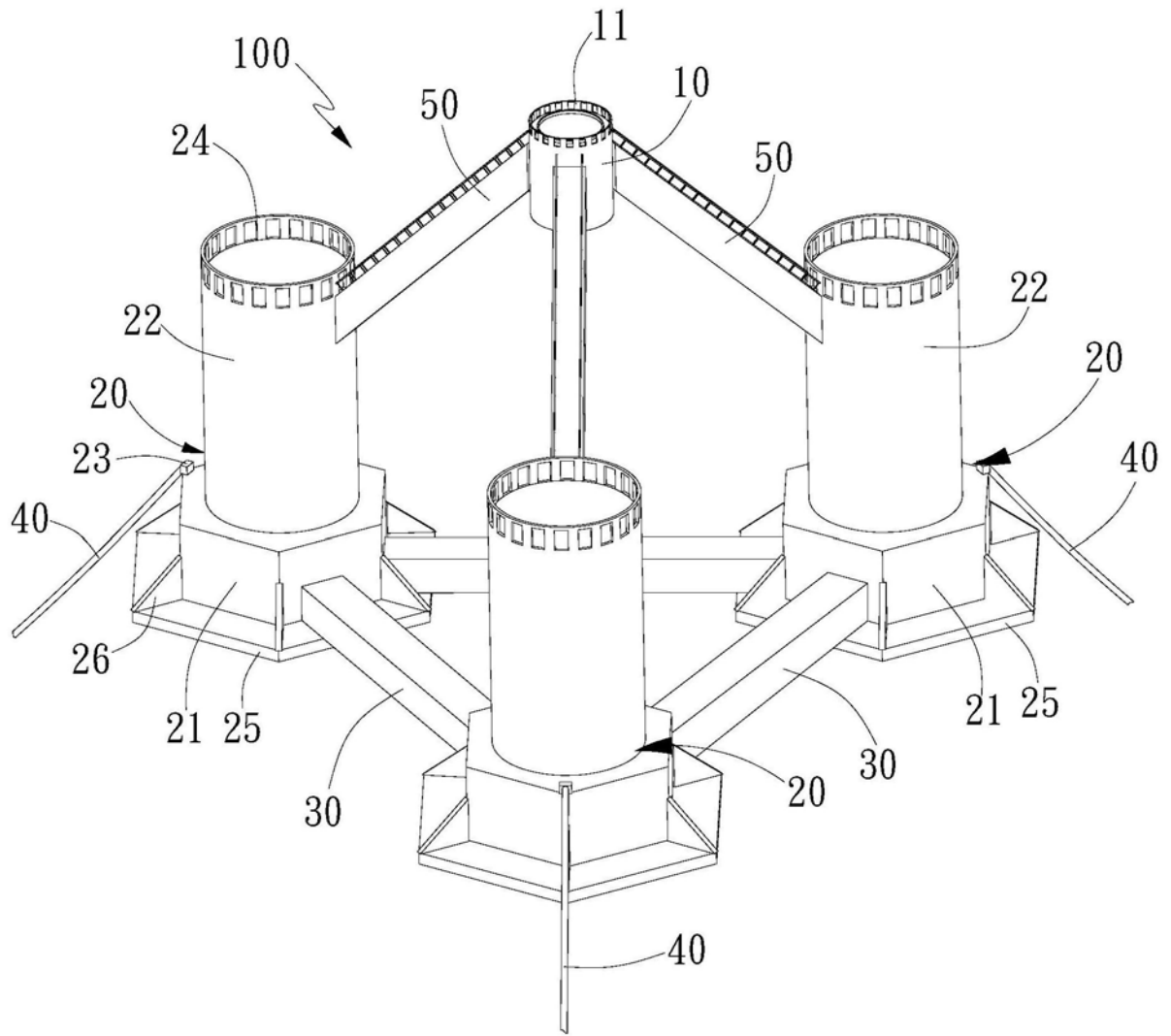


图2

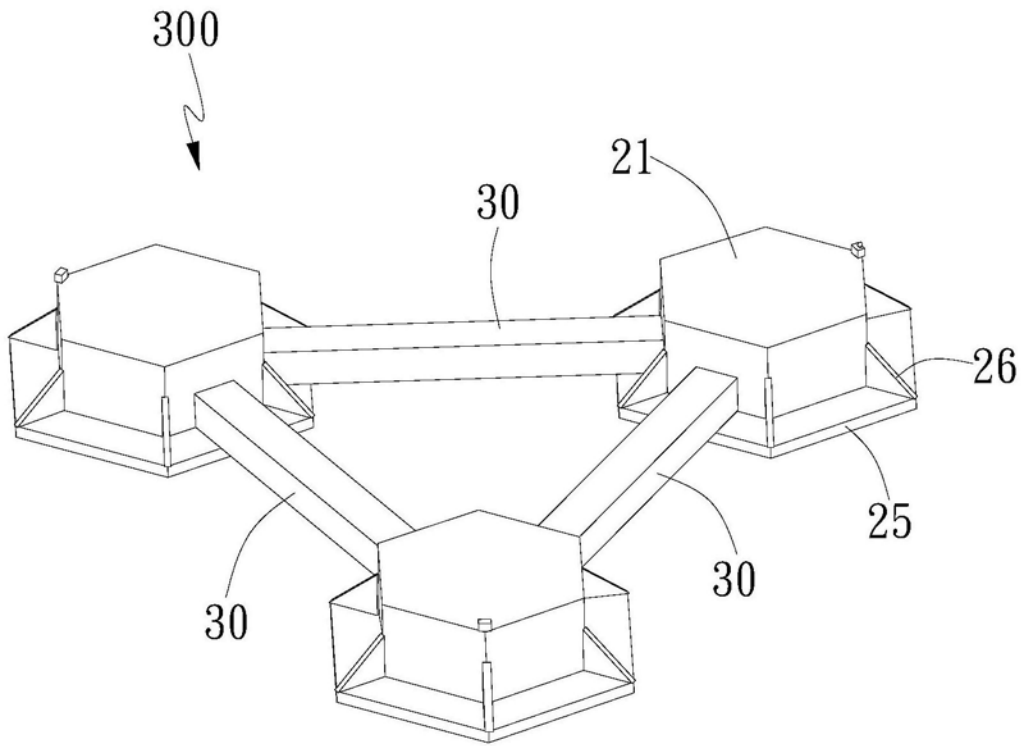


图3

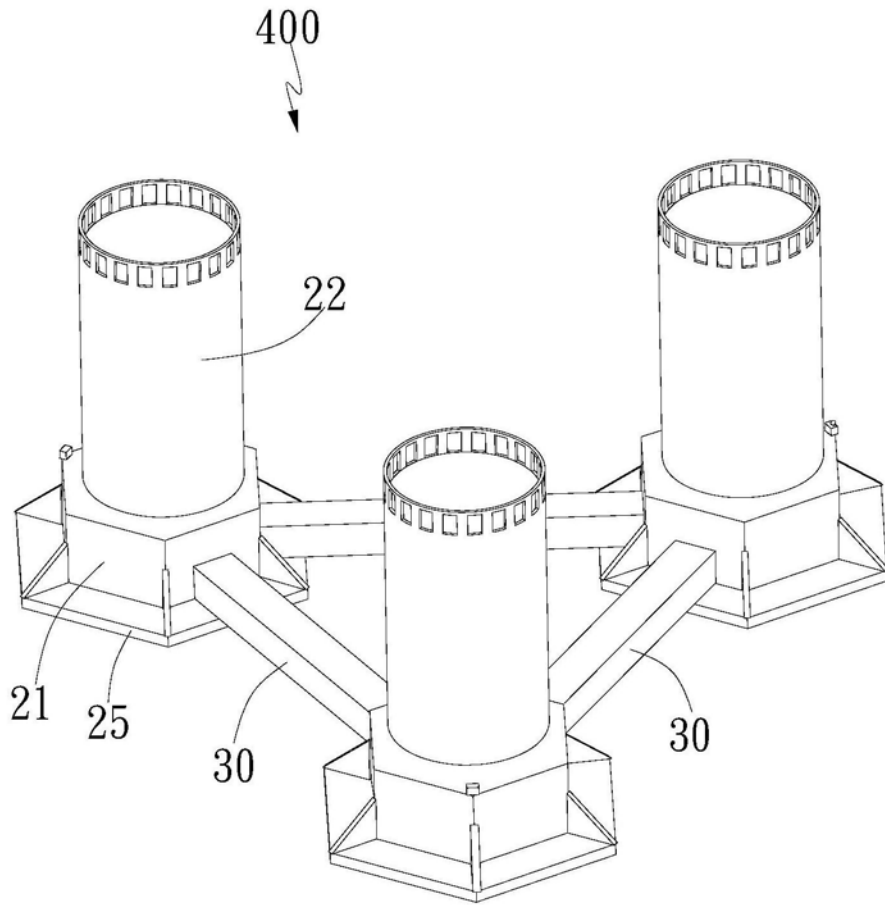


图4

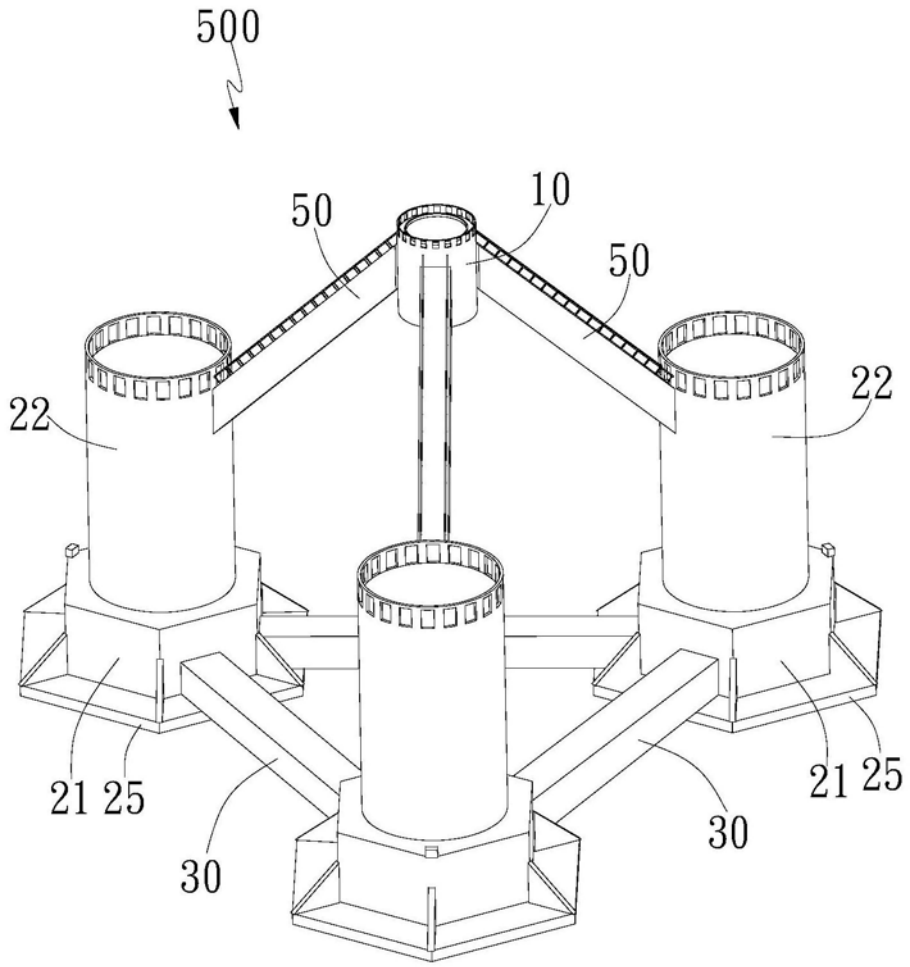


图5

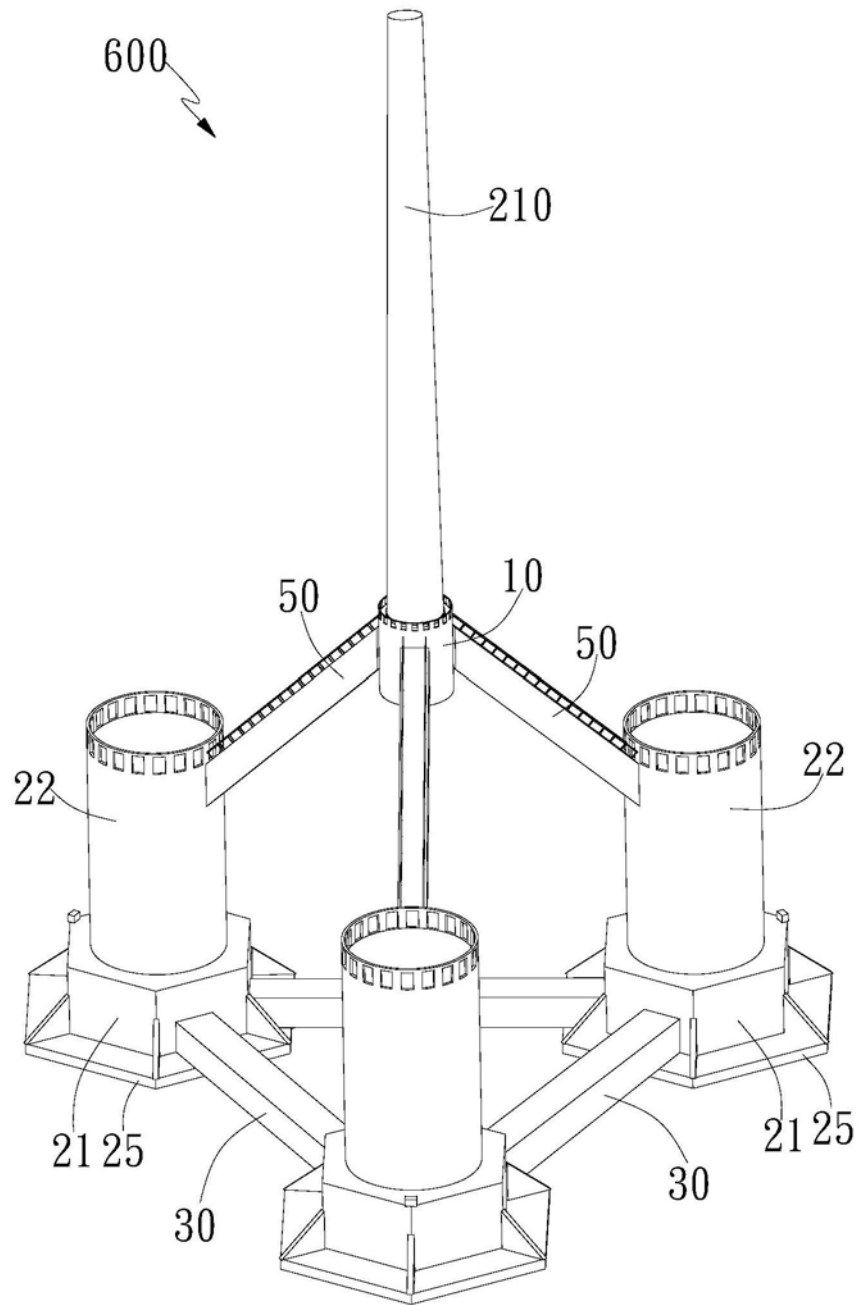


图6

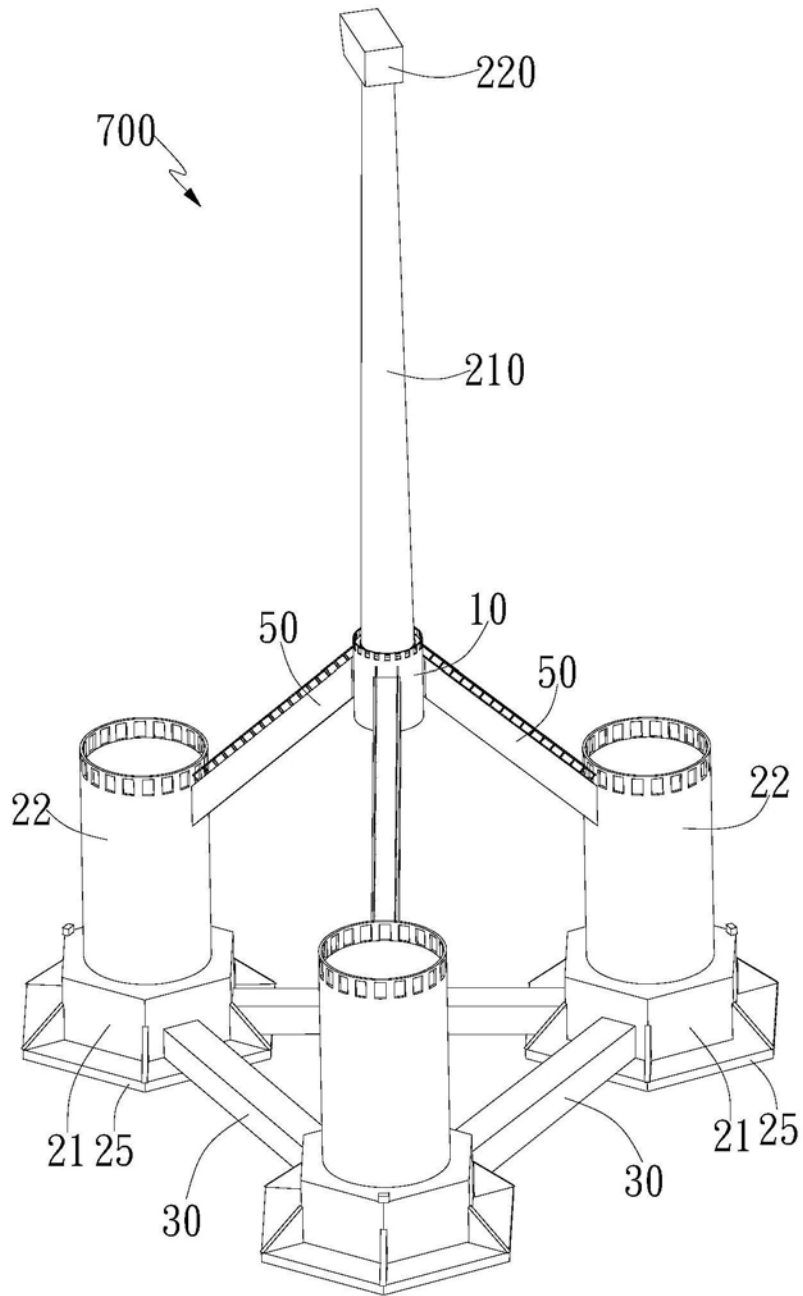


图7

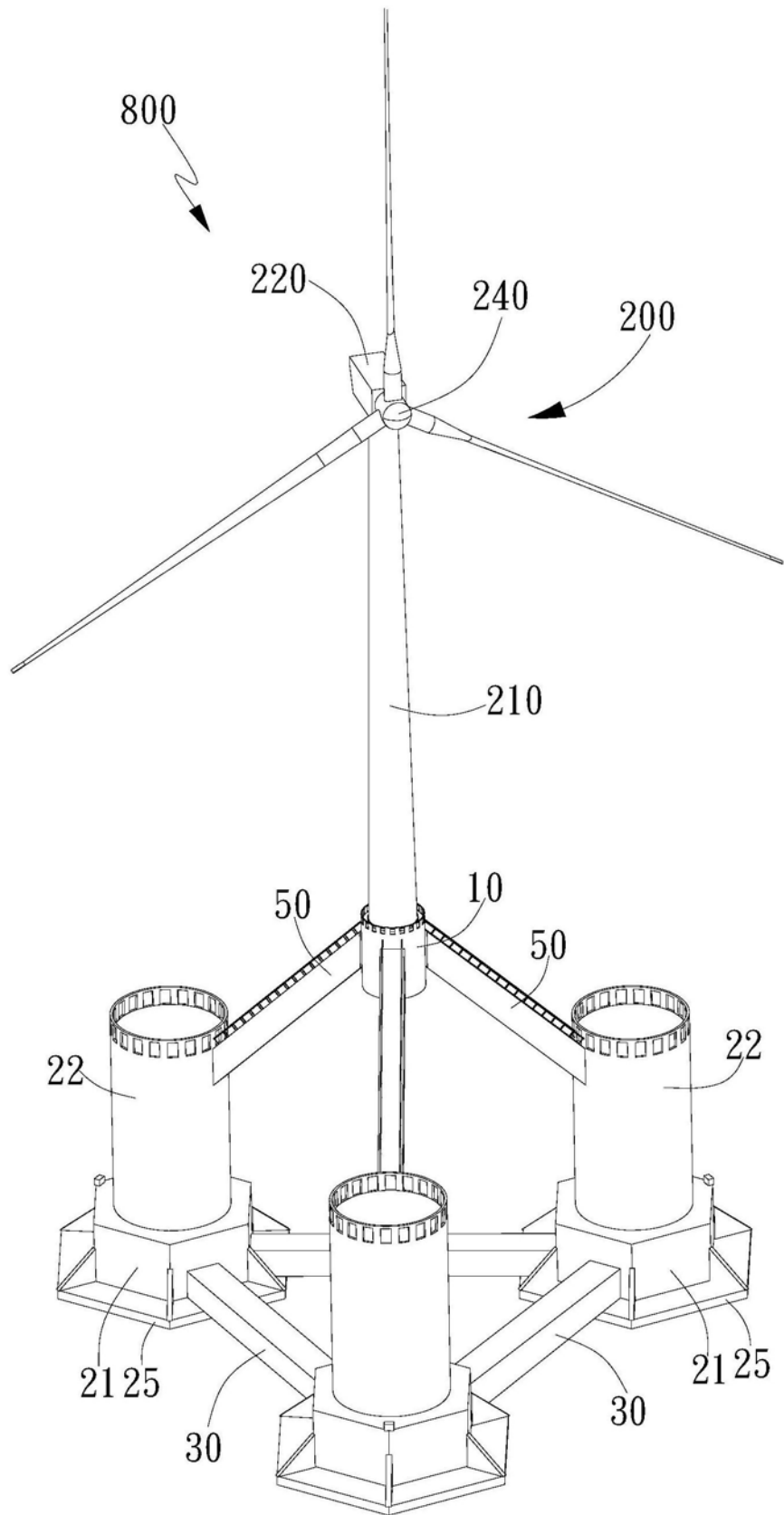


图8



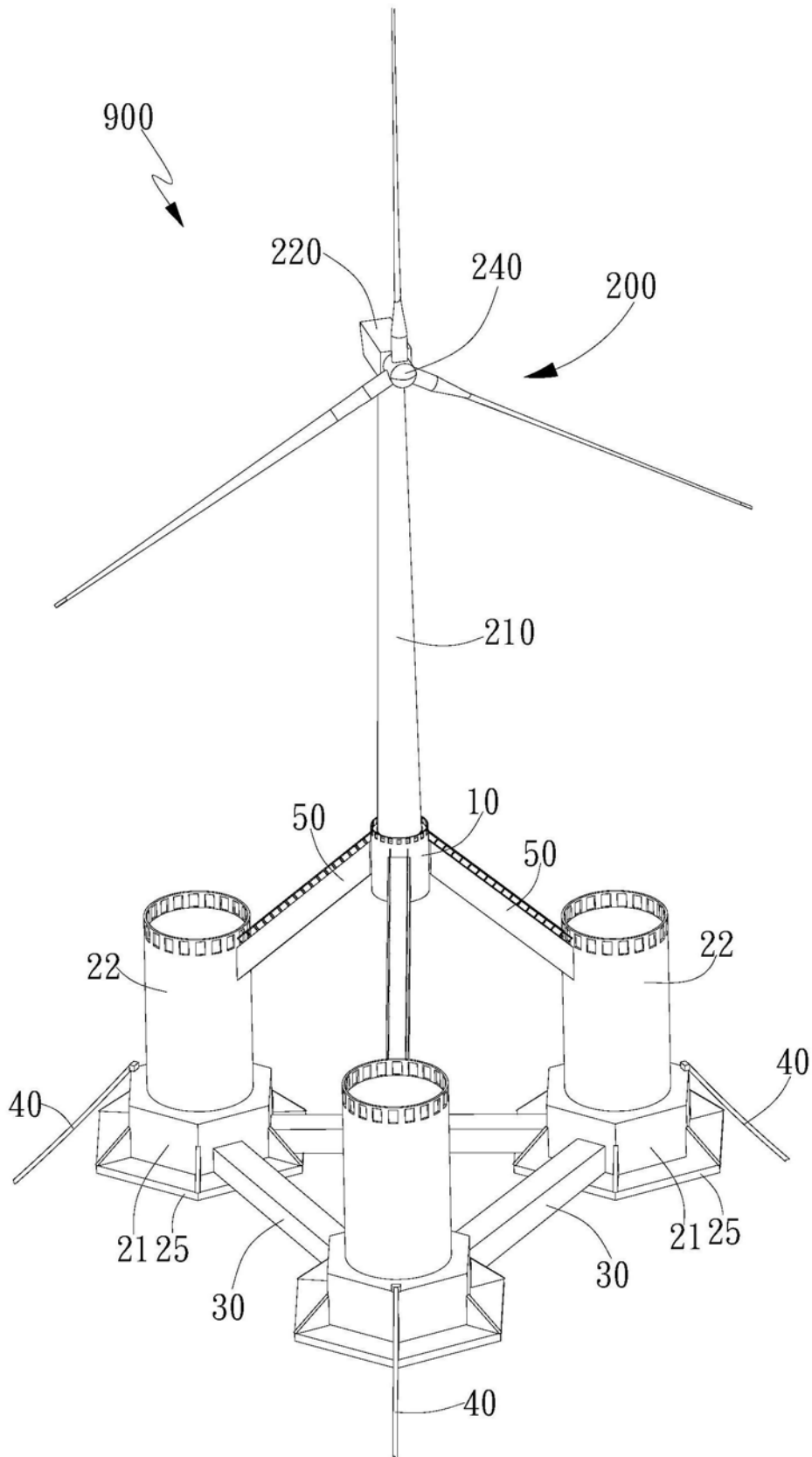


图9