



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117480321 A

(43) 申请公布日 2024. 01. 30

(21) 申请号 202180097596.X

(22) 申请日 2021.12.27

(30) 优先权数据

10202104452U 2021.04.29 SG

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.10.27

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/SG2021/050825 2021.12.27

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/231511 EN 2022.11.03

(71) 申请人 海庭新加坡私人投资有限公司

地址 新加坡新加坡城

(72) 发明人 王烁 玛雅·斯里德哈兰 林进利

张信翼 谢晓丽

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

专利代理师 黄霖

(51) Int.Cl.

F03D 13/25 (2006.01)

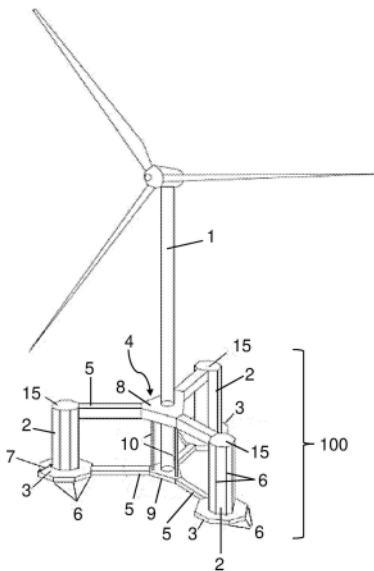
权利要求书2页 说明书12页 附图11页

(54) 发明名称

用于在海上部署中接纳风力涡轮机的塔架的浮力结构

(57) 摘要

本文公开了一种用于海上部署的浮力结构。浮力结构包括：第一甲板，第一甲板具有穿过第一甲板的第一通道；第二甲板，第二甲板具有穿过该第二甲板的第二通道，其中，第一甲板和第二甲板彼此联接并且布置成彼此间隔开；以及多个可浮动子结构，所述多个可浮动子结构联接至第一甲板和第二甲板中的至少一者并且围绕第一甲板和第二甲板中的至少一者，所述多个可浮动子结构布置成彼此间隔开，其中，第一通道和第二通道对准，以接纳风力涡轮机的塔架的至少一部分。



1. 一种用于海上部署的浮力结构,所述浮力结构包括:
第一甲板,所述第一甲板具有穿过所述第一甲板的第一通道;
第二甲板,所述第二甲板具有穿过所述第二甲板的第二通道,其中,所述第一甲板和所述第二甲板彼此联接并且布置成彼此间隔开;以及
多个可浮动子结构,所述多个可浮动子结构联接至所述第一甲板和所述第二甲板中的至少一者并且围绕所述第一甲板和所述第二甲板中的至少一者,所述多个可浮动子结构布置成彼此间隔开,
其中,所述第一通道和所述第二通道对准,以接纳风力涡轮机的塔架的至少一部分。
2. 根据权利要求1所述的浮力结构,还包括用以将所述多个可浮动子结构联接至所述第一甲板和所述第二甲板中的至少一者的多个连接元件,其中,所述多个可浮动子结构以径向方式围绕所述第一甲板和所述第二甲板中的至少一者布置,并且从所述第一甲板和所述第二甲板中的至少一者向外延伸。
3. 根据权利要求1至2中的任一项所述的浮力结构,还包括用以将所述第一甲板和所述第二甲板直接联接的支承元件。
4. 根据权利要求3所述的浮力结构,其中,所述支承元件沿着所述第一甲板和所述第二甲板的周缘布置成彼此间隔开。
5. 根据权利要求3或4所述的浮力结构,其中,所述支承元件选自包括杆、网格框架、梁、壁及其任意组合的组。
6. 根据权利要求1至5中的任一项所述的浮力结构,其中,所述多个可浮动子结构中的每个可浮动子结构包括顶表面和与所述顶表面相反的底表面,所述第一甲板的顶表面和所述多个可浮动子结构的顶表面大致沿着甲板平面布置,并且/或者所述第二甲板的底表面和所述多个可浮动子结构的底表面大致沿着龙骨平面布置。
7. 根据权利要求1至6中的任一项所述的浮力结构,其中,所述多个可浮动子结构中的每个可浮动子结构包括长形柱。
8. 根据权利要求7所述的浮力结构,其中,所述长形柱具有多边形水平横截面。
9. 根据权利要求8所述的浮力结构,其中,所述长形柱具有八边形或梯形水平横截面。
10. 根据权利要求7至9中的任一项所述的浮力结构,其中,所述多个可浮动子结构中的每个可浮动子结构包括联接至所述长形柱的浮筒。
11. 根据权利要求10所述的浮力结构,其中,所述浮筒具有多边形水平横截面。
12. 根据权利要求11所述的浮力结构,其中,所述浮筒具有八边形或矩形水平横截面。
13. 根据权利要求10至12中的任一项所述的浮力结构,其中,所述长形柱联接至所述浮筒的大致中央区域。
14. 根据权利要求10至12中的任一项所述的浮力结构,其中,所述长形柱联接至所述浮筒的基本上偏离中心的区域。
15. 根据权利要求10至14中的任一项所述的浮力结构,其中,所述长形柱包括顶部区域和与所述顶部区域相反的底部区域,所述顶部区域联接至所述第一甲板,并且所述底部区域联接至所述浮筒。
16. 根据权利要求10至15中的任一项所述的浮力结构,其中,所述浮筒联接至所述第二甲板。

17. 根据权利要求16所述的浮力结构, 其中, 所述浮筒联接至所述第一甲板。

18. 根据权利要求1至17中的任一项所述的浮力结构, 还包括构造成通过所述第一通道和所述第二通道使所述塔架升高和降低的顶起模块。

19. 根据权利要求1至18中的任一项所述的浮力结构, 还包括用于系泊所述浮力结构和/或压载系统的多个锚固点。

20. 根据权利要求1至19中的任一项所述的浮力结构, 其中, 所述多个可浮动子结构包括至少三个可浮动子结构。

用于在海上部署中接纳风力涡轮机的塔架的浮力结构

[0001] 本申请要求于2021年4月29日提交的名称为“Semi Integrating Vertically Adjustable Mast(SI-VAM) 半结合式可竖向调节的桅杆(SI-VAM)”、申请号为10202104452U的新加坡专利的优先权,该新加坡专利通过参引整体并入本文。

技术领域

[0002] 本发明涉及用于海上部署的浮力结构、具体地涉及用以接纳风力涡轮机的塔架的浮动式海上风力平台或基础结构。

背景技术

[0003] 在现有技术中,存在各种浮动式平台设计。用于海上风力涡轮机的大多数现有结构通常具有用于将风力涡轮机结合到其中的管状中央件。例如,许多已知的浮动式平台可以各自包括被锚固或系泊的浮动式基部、从浮动式基部向上延伸的高架结构,其中,高架结构的顶表面保持在海平面以上,其中,风力涡轮机支承在高架结构的顶表面(甲板)上。

[0004] 其他已知的浮动式平台可以各自采用设置在平台上的柱,以允许风力桅杆安装在其上。这种柱被称为非无柱式,因为该柱具有带封闭式底端部的实心管状壁,以便在部署这种浮动式平台以进行操作时防止水通过实心管状壁和封闭式底端部进入该柱。这些浮动式平台中的一些浮动式平台可以具有设置在浮动式平台的大致中心处的柱,而其他浮动式平台可以具有设置成偏离浮动式平台的中心的柱。

[0005] 浮动式平台设计目前面临的挑战是要求满足增加的风力涡轮机容量和更恶劣环境的可操作性。

发明内容

[0006] 在本发明的第一方面中,提供了一种用于海上部署的浮力结构,该浮力结构包括:第一甲板,第一甲板具有穿过该第一甲板的第一通道;第二甲板,第二甲板具有穿过该第二甲板的第二通道,其中,第一甲板和第二甲板彼此联接并且布置成彼此间隔开;以及多个可浮动子结构,所述多个可浮动子结构联接至第一甲板和第二甲板中的至少一者并且围绕第一甲板和第二甲板中的至少一者,所述多个可浮动子结构布置成彼此间隔开,其中,第一通道和第二通道对准,以接纳风力涡轮机的塔架的至少一部分。有利地,浮力结构可以用于在水体中、例如在海或海洋中支承风力涡轮机。有利地,“无柱式”中央件提供了优于现有系统的若干优点,包括在浮力结构的子结构的中心的较小的水平面面积,这提供了更好的运动特性,减少了总的钢用量和重量,并且增加了容纳其他功能的空间可用性。

[0007] 优选地,浮力结构还包括用以将所述多个可浮动子结构联接至第一甲板和第二甲板中的至少一者的多个连接元件,其中,所述多个可浮动子结构以径向方式围绕第一甲板和第二甲板中的至少一者布置,并且从第一甲板和第二甲板中的至少一者向外延伸。

[0008] 优选地,浮力结构还包括用以将第一甲板和第二甲板直接联接的支承元件。有利地,支承元件允许浮力柱的中心与可浮动子结构之间的跨度更短,从而提高浮力结构的结

构完整性。

[0009] 优选地,支承元件沿着第一甲板和第二甲板的周缘布置成彼此间隔开。

[0010] 优选地,支承元件选自包括杆、网格框架、梁、壁及其任意组合的组。

[0011] 优选地,所述多个可浮动子结构中的每个可浮动子结构包括顶表面和与该顶表面相反的底表面,第一甲板的顶表面和所述多个可浮动子结构的顶表面大致沿着甲板平面布置,并且/或者第二甲板的底表面和所述多个可浮动子结构的底表面大致沿着龙骨平面布置。

[0012] 优选地,所述多个可浮动子结构中的每个可浮动子结构包括长形柱。更优选地,长形柱具有多边形水平横截面。在实施方式中,长形柱具有八边形水平横截面。在实施方式中,长形柱具有梯形水平横截面。有利地,多边形横截面减少了施工工作量,从而允许提高产量,同时提高了疲劳寿命并显著减少了材料浪费量。

[0013] 优选地,所述多个可浮动子结构中的每个可浮动子结构包括联接至长形柱的浮筒。更优选地,浮筒具有多边形水平横截面。在实施方式中,浮筒具有八边形水平横截面。在实施方式中,浮筒具有梯形水平横截面。有利地,多边形横截面减少了施工工作量,从而允许提高产量,同时提高了疲劳寿命并显著减少了材料浪费量。

[0014] 在实施方式中,长形柱联接至浮筒的大致中央区域。

[0015] 在实施方式中,长形柱联接至浮筒的基本上偏离中心的区域。有利地,通过具有偏心柱中心,浮力结构的稳定性性能被进一步增强,使得其更容易从良性环境扩展至恶劣环境,以及从较低兆瓦的涡轮机安装扩展至较高兆瓦的涡轮机安装。

[0016] 优选地,长形柱包括顶部区域和与该顶部区域相反的底部区域,顶部区域联接至第一甲板,并且底部区域联接至浮筒。

[0017] 优选地,浮筒联接至第二甲板。在实施方式中,浮筒进一步联接至第一甲板。

[0018] 优选地,浮力结构还包括构造成通过第一通道和第二通道使塔架升高和降低的顶起模块。

[0019] 优选地,浮力结构还包括用于系泊浮力结构和/或压载系统的多个锚固点。

[0020] 优选地,所述多个可浮动子结构包括至少三个可浮动子结构。

[0021] 在实施方式中,浮力结构是半结合式可竖向调节的桅杆(SI-VAM),并且是为浮动式海上风力行业设计的三柱半潜式浮力子结构,其中,任何类型的风力涡轮机可以结合至SI-VAM。SI-VAM的设计特点导致施工工作量显著减少,从而实现大规模生产,同时提高了疲劳寿命。材料浪费量也显著减少。

[0022] SIV-VAM可以作为浮动式海上风力平台部署,其具有良好的运动特性,以提高可操作性,并且具有成本有效、便于构造的解决方案和增强的结构完整性。此外,SI-VAM易于扩展以适用于海上风力行业增加的风力涡轮机容量。

[0023] 该设计可以包括一个或多个多边形柱和一个或多个浮筒。该设计还可以包括无柱式柱,以接纳穿过其中的风力塔架/桅杆。无柱式柱可以是无柱式中心柱。目的是实现在重量节省、可构造性、可扩展性和改进的运动特性方面的坚固、稳定和优化的设计。

[0024] 在各种实施方式的上下文中,无柱式柱可以是具有敞开式底部的柱。换句话说,无柱式柱允许被接纳的塔架/桅杆的至少一部分向下延伸并延伸出敞开式底部。

[0025] SI-VAM是浮动式海上风力平台,其包括无柱式中心柱与顶部和底部互连结构的组

合。独特的无柱式中心柱可以提供多种功能,如附图中更详细描述。

[0026] 在附图中:

[0027] 图1A示出了SI-VAM的实施方式的立体示意图,其中,SI-VAM接纳有风力涡轮机并且风力涡轮机从其延伸,其中,柱处于同心位置/布置。

[0028] 图1B示出了与图1A类似的SI-VAM的实施方式的立体示意图,但是其中柱处于示例性偏心位置/布置。应当理解的是,柱的其他偏心位置/布置也是可能的。

[0029] 图2A示出了图1A的实施方式的俯视示意图,其中,柱处于同心位置/布置。

[0030] 图2B示出了图1B的实施方式的俯视示意图,其中,柱处于偏心位置/布置。类似地,应当理解的是,柱的其他偏心位置/布置也是可能的。

[0031] 图3A示出了另一实施方式在没有风力涡轮机情况下的立体示意图。

[0032] 图3B示出了图2A的实施方式的横截面侧视示意图。

[0033] 图4示出了具有不同的无柱式中心柱的实施方式的立体示意图。

[0034] 图5示出了具有不同的无柱式中心柱的实施方式的立体示意图。

[0035] 图6A示出了没有中央支承件的实施方式的立体示意图。

[0036] 图6B,出于与图6A进行比较的目的,示出了具有中央支承件的实施方式的立体示意图。

[0037] 图7示出了具有梯形形状的长形柱的实施方式的立体示意图。

[0038] 图8示出了图1A中的实施方式的示意图以及作用在该设计上的力。

[0039] 图9示出了图1A中的实施方式在正进行安装或维护工作的情況下的侧视横截面图。

[0040] 图10A和图10B示出了本文中的实施方式和现有系统的升沉和俯仰的比较。

[0041] 图11示出了与可以与所描述的实施方式一起使用的不同压载系统的比较。

[0042] 在以下描述中,阐述了许多具体细节,以便提供对本发明的各种说明性实施方式的透彻理解。然而,本领域技术人员将理解的是,本发明的实施方式可以在没有这些具体细节中的一些或全部具体细节的情况下被实践。在方法或装置中的一者的上下文中描述的实施方式对于其他方法或装置类似地有效。类似地,在方法的上下文中描述的实施方式对于装置类似地有效,并且相反地,在装置的上下文中描述的实施方式对于方法类似地有效。

[0043] 除非另有定义,否则本文中所使用的所有技术和科学术语具有本发明所属领域的技术人员通常理解的含义。

[0044] 术语“约”、“大约”、“基本上”必须参考整个申请的上下文来理解,并且考虑由这种词限定的特定技术术语在相关领域中通常具有的含义。例如,可以理解的是,某个参数、功能、效果或结果可以在某个容限内执行或获得,并且相关技术领域的技术人员知道如何获得这种术语的容限。

[0045] 短语“A和B中的至少一者”意味着仅需要A单独、B单独或A和B,即仅需要A或B中的一者。

[0046] 在不脱离本公开的范围的情况下,可以对本文中所描述的系统、设备和方法进行修改、添加或省略。例如,系统和设备的部件可以被结合或分开。此外,本文中所公开的系统和设备的操作可以通过更多、更少或其他部件来执行,并且所描述的方法可以包括更多、更少或其他步骤。此外,可以以任何合适的顺序执行步骤。如本文档中所使用的,“每个”是指

组的每个构件或组的子组的每个构件。

[0047] 如本文中所使用的,关于特征或元件使用的冠词“一”、“一种”和“该”包括对特征或元件中的一个或更多个特征或元件的引用。如本文中所使用的,术语“和/或”包括相关联的列出项目中的一个或更多个项目的任何和所有组合。如本文中所使用的,术语“第一”、“第二”和“第三”等仅用作标记,并不意在对其对象强加数值要求。如本文中所使用的,术语“顶部”、“底部”、“左”、“右”、“侧部”、“竖向”和“水平”用于描述元件和特征的相对布置。如本文中所使用的,术语“彼此”表示两个或更多个对象之间的相互关系,这取决于所涉及的对象的数量。

[0048] 范围在本文中可以表示为从“约”一个特定值,和/或至“约”另一特定值。当表达这种范围时,另一方面包括从一个特定值和/或至另一特定值。类似地,当通过使用先行词“约”将值表示为近似值时,将理解的是,该特定值形成了另一方面。还将理解的是,范围内的每个范围的端点相对于另一端点以及独立于另一端点都是重要的。还应当理解的是,本文中公开了许多值,并且除了值本身之外,每个值在本文中还被公开为“约”该特定值。例如,如果公开了值“10”,则也公开了“约10”。还应当理解的是,也公开了两个特定单元之间的每个单元。例如,如果公开了10和15,则也公开了11、12、13和14。

[0049] 词语“基本上”不排除“完全”,例如“基本上不含”Y的组合物可以完全不含Y。必要时,词语“基本上”可以从本发明的定义中省略。

[0050] 尽管这些术语中的每个术语都具有不同的含义,但是术语“包括”、“由……组成”和“基本上由……组成”在本申请中可以彼此互换。术语“具有”具有与“包括”相同的含义,并且可以用术语“由……组成”或“基本上由……组成”来代替。

[0051] 诸如“联接”、“连接”、“附接”、“结合”和“连结”之类的术语在本文中可以互换使用,并且除非上下文另有明确规定,否则包括直接和间接的连接、附接、连结或结合。两个部件的联接可以指两个部件直接或间接、可移除或不可移除地固定、焊接或紧固。

[0052] 所谓“多边形”,是指具有三个或更多个边的表面,或者除了顶表面和底表面之外还具有三个或更多个侧表面的三维对象。可以使用的多边形形状的示例包括三角形、四边形、五边形、六边形、七边形、八边形、九边形、十边形等。

[0053] 浮力结构100可以具有上(第一)甲板8、下(第二)甲板9和多个可浮动子结构,所述多个可浮动子结构联接至上甲板8和下甲板9中的至少一者并且围绕上甲板8和下甲板9中的至少一者。上甲板8和下甲板9彼此联接并且布置成在竖向上彼此间隔开。上甲板8和下甲板9的联接可以是直接的或间接的,如下面更详细地解释的。可浮动子结构布置成彼此间隔开,并且在下面进行更详细地解释。目的是在重量节省和更好的运动特性方面实现坚固、稳定和优化的设计。

[0054] 上甲板8和下甲板9各自具有穿过其甲板的通道(通道穿过甲板的相反表面、例如从甲板的顶表面通向底表面)。通道在两个端部处都是端部敞开的,以允许塔架1穿过通道和甲板8、9。当部署在海洋或其他水体中时,下甲板9将浸没在水中,并且水能够流动通过下甲板9的通道。上甲板8和下甲板9的通道对准以形成第三连续通道,以接纳风力涡轮机的塔架1的至少一部分。因此,第三通道由上甲板8、下甲板9的通道和甲板8、9之间的通道组成。如在浮力结构处于使用中时所看到的,浮力结构100可以具有在竖向方向上的中心轴线。中心轴线可以在第三通道的中间平行于第三通道的纵向轴线,并且必然平行于上甲板8和下

甲板9的通道。在实施方式中,中心轴线可以与第三通道的纵向轴线同轴。在另一实施方式中,中心轴线与第三通道的纵向轴线平行但是以偏离中心对准的方式不对准。塔架1可以通过允许塔架固定至浮力结构100的附接装置或固定系统联接至浮力结构100。作为示例,在具有风力涡轮机的浮力结构100的操作条件期间,塔架1可以与下甲板9的底部齐平。然而,在安装或维护期间,由于风力涡轮机的降低的高度,因此塔架1可能移位超过(例如低于)浮力结构100。

[0055] 可选地,可以设置支承元件10来直接联接上甲板8和下甲板9。支承元件的示例包括具有多个杆的杆、网格框架、梁和壁。支承元件10优选地围绕上甲板8的底表面和下甲板9的顶表面的周缘或边缘布置。将理解的是,上甲板8和下甲板9的顶表面是相对的并面向相同的方向,并且对于上甲板8和下甲板9的底表面也是类似的。因此,上甲板8的顶表面是背离第二甲板的表面,而上甲板8的底表面面向下甲板9的顶表面。有利地,这提供了额外的结构完整性并且取决于浮力结构100所承载的负载(例如风力涡轮机)的要求。此外,支承元件10、例如多个杆提高了浮力结构的结构完整性,并且允许甲板8、9与可浮动子结构之间的跨度更短。

[0056] 在实施方式中,支承元件10是连续的壁(例如,具有圆形水平横截面或椭圆形水平横截面的壁),并且第三通道的位于上甲板8与下甲板9之间的部分可以具有围绕第三通道的中间部分的壁,将理解的是,壁将不会封闭两个端部部分,以允许塔架1接纳在通道中。壁可以从上甲板8的底表面延伸至下甲板9的顶表面,其中,上甲板8的底表面面向下甲板9的顶表面。壁也可以被认为是具有敞开式端部的中空柱体。上甲板8、下甲板9和第三通道可以被称为无柱式柱4。优选地,上甲板8、下甲板9和第三通道以及因此无柱式柱4位于浮力结构100的中央。

[0057] 有利地,无柱式柱4减少了浮力结构100的中央的水平面面积,从而提供了更好的运动特性,同时减少了浮力结构的重量和材料使用、特别地减少了所使用的总钢重量。此外,无柱式柱4增加了对于其他用途的空间可用性,并且提高了运动响应,同时减少了所使用的钢的量。

[0058] 可浮动子结构可以联接至上甲板8和下甲板9中的至少一者、优选地联接至上甲板8和下甲板9两者。可浮动子结构可以布置成彼此间隔开且围绕联接的甲板(上甲板8和下甲板9中的任一者或两者),并且优选地彼此等距。优选地,存在至少三个可浮动子结构。通过连接元件5将多个可浮动子结构附接至上甲板8和/或下甲板9允许在塔架1接纳在浮力结构中时浮力结构100的至少上甲板8位于吃水线21上方,而下甲板9可以浸没在水中。将理解的是,在没有塔架1的情况下,甲板8、9的相对位置可以根据尺寸而不同。可浮动子结构可以以径向方式围绕上甲板8和下甲板9中的至少一者布置并且从联接的甲板向外延伸。因此,这种径向联接可以被视为毂和辐条,其中,甲板8、9作为毂,并且可浮动子结构作为辐条的端部。

[0059] 每个可浮动子结构可以包括长形柱2和浮筒3。优选地,长形柱2和浮筒3中的一者或两者可以具有多边形水平横截面。有利地,从可构造性的角度来看,长形柱2和浮筒3的多边形水平横截面(即,直板的弯曲半径和顶点6)易于制造。长形柱2和浮筒3可以各自具有在各边缘之间具有顶点6的多边形水平横截面。长形柱2和浮筒3由于其多边形水平横截面也可以被视为具有多边形形状,并且因此在本文中可以称为多边形长形柱2和多边形浮筒3。

长形柱2和浮筒3两者的多边形横截面可以具有三个或更多个边缘、优选地具有三个至十个边缘。在实施方式中,多边形具有八个边缘。因此,可以使用的多边形形状包括三角形、四边形、五边形、六边形、七边形、八边形、九边形、十边形等。多边形形状可以是正多边形(换句话说,多边形的角度是相等的,并且所有的边具有相同的长度)。在实施方式中,长形柱2具有顶部区域和与该顶部区域相反的底部区域,并且浮筒3联接至长形柱2的底部区域。长形柱2的顶部区域可以联接至上甲板8。下甲板9可以联接至浮筒3。在实施方式中,上甲板8也联接至浮筒3。

[0060] 可选地,上甲板8的顶表面与可浮动结构的顶表面15齐平,该可浮动结构的顶表面15可以是长形柱2的顶表面15。上甲板8和可浮动结构或长形柱2的顶表面大致沿着同一平面布置并且该平面可以称为甲板平面22。联接上甲板8和可浮动结构或长形柱2的连接元件5的顶表面也可以与甲板平面22齐平。可选地,下甲板9的底表面与可以是浮筒3的可浮动结构的底表面齐平。可浮动结构或浮筒3和下甲板9的底表面大致沿着同一平面布置并且该平面可以称为龙骨平面24。此外,联接下甲板9和可浮动表面或浮筒3的连接元件5的底表面也可以与龙骨平面齐平。优选地,浮筒3、下甲板9和连接元件5的顶表面也处于同一浮筒甲板平面23。

[0061] 多边形长形柱2和多边形浮筒3定形状成使得施工工作量显著减少,从而实现大规模生产,同时提高了疲劳寿命。材料浪费量也显著减少。

[0062] 实施方式的另一有利的特征是选择具有用于可浮动子结构的偏心的柱中心而不是同心的柱中心,以进一步增强稳定性性能。这使得实施方式容易从良性环境扩展至恶劣环境,以及从较低兆瓦(MW)的涡轮机安装扩展至较高兆瓦的涡轮机安装。在同心柱布置中,长形柱2联接至浮筒3的大致中央区域(例如,接近或处于浮筒的中央)。在偏心布置中,长形柱2联接至浮筒3的基本上偏离中心的区域(例如,靠近边缘或处于浮筒3的边缘与中心之间)。

[0063] 可以设置多个连接元件5(即,互连结构)以将可浮动子结构联接至上甲板8和/或下甲板9。如本文中所描述的实施方式中的一个实施方式中明显的是,连接元件5也可以将上甲板8间接联接至下甲板9。连接元件的示例包括杆和梁。连接元件5可以用于将上甲板8联接至长形柱2的顶部区域,其中,长形柱2的底部区域附接至浮筒3。连接元件5可以用于将下甲板9联接至浮筒3。对角连接元件5也可以用于将上甲板8联接至浮筒3。

[0064] 上甲板8和下甲板9可以通过支承元件10直接联接在一起,或者通过连接元件5和支柱11间接联接在一起,这根据附图和本文的描述将是明显的。

[0065] 图1A示出了浮力结构100的实施方式的立体图,其中,在浮力结构100中接纳有、特别地在浮力结构100的通道中接纳有风力涡轮机。图2A示出了图1A中的实施方式在没有塔架的情况下的俯视平面图。在图1A中,上甲板8具有从上甲板8的顶表面通向底表面的通道,并且该通道可以被视为第一通道、即穿过上甲板8的孔,该孔形成上甲板8的通道。类似地,下甲板9具有从下甲板9的顶表面通向底表面的通道,并且该通道可以被视为第二通道。上甲板8和下甲板9的通道对准以接纳风力涡轮机的塔架1(也可以称为桅杆)。上甲板8和下甲板9的通道以及上甲板8与下甲板9之间的中间空间可以被视为形成第三通道。上甲板8、下甲板9和通道也可以称为“无柱式”中心柱4,因为中心部分是中空的,以接纳塔架1。在图3A中所示的另一实施方式中,在没有塔架1的情况下,可以更清楚地看到通道。应当理解的是,

上甲板8和下甲板9在尺寸、形状和横截面方面可以相同或不同。例如,上甲板8可以比下甲板9更厚,因为可能需要在在上甲板8上安装更多的设备。另外,浮力结构100的中心轴线可以位于中间,并且与第三通道12(以及上甲板8和下甲板9的通道)的纵向轴线平行且同轴(或重合)。

[0066] 在图1A中,支承元件10包括三个杆(或柱)10,所述三个杆10各自位于连接元件5和甲板8、9的相交部处。上甲板8可以通过连接元件5、例如梁或棒联接至长形柱2,并且下甲板8可以类似地联接至浮筒3。

[0067] 在图1A和图2A中,该实施方式具有三个可浮动子结构,所述三个可浮动子结构各自连接至上甲板8和下甲板9。第三通道12(该第三通道12由上甲板8、下甲板9的通道和甲板8、9之间的通道形成)包含浮力结构100沿着其纵向侧或长侧的中心轴线,并且也优选地穿过甲板平面和龙骨平面的质心。三个可浮动子结构可以彼此等距布置,使得每个可浮动子结构可以被视为等边三角形的端部。该实施方式还包括三个支承元件10,所述三个支承元件10各自安置在连接元件5与上甲板8和下甲板9的相交部附近。

[0068] 在图1A和图2A中,长形柱2和浮筒3各自具有在各边缘之间具有顶点6的多边形水平横截面、特别是八边形水平横截面。长形柱2和浮筒3也可以由于其多边形水平横截面而被视为多边形(特别是八边形)形状。在该实施方式中,如在图2A中最清楚地看到的,长形柱2联接在浮筒3的大致中央区域(如由虚线所指示的),在长形柱2和浮筒3的边缘之间具有大致均匀的间距7。长形柱在浮筒3的大致中央区域中的安置可以称为同心布置。

[0069] 塔架1可以通过允许塔架固定至浮力结构100的附接装置或固定系统联接至浮力结构100。作为示例,在具有风力涡轮机的浮力结构100的操作条件期间,塔架1可以与下甲板9的底部齐平(即,与龙骨平面齐平,如在下文所说明且在图3B中所示出的)。然而,在安装或维护期间,由于风力涡轮机的降低的高度,因此塔架1可能移位超过(例如低于)浮力结构100。

[0070] 图1B和图2B示出了浮力结构100的另一实施方式的立体图和俯视平面图。该实施方式与图1A和图2A中所示的实施方式之间的区别在于,如可以在图1B和图2B中观察到的,长形柱2在浮筒上在基本上偏离中心的区域或靠近边缘处联接至浮筒3。因此,长形柱2的边缘与浮筒3的边缘之间的间距7不均匀。在实施方式中,间距7在长形柱2的面向连接元件5的一侧较大,如图2B中所示。上甲板8、下甲板9、连接元件5和支承元件10的其他特征与图1A中所描述的特征相同。可以在图2B中观察到的是,长形柱2大部分位于由虚线所指示的象限中的一个象限中,并且长形柱2的中心纵向轴线和竖向轴线不再与浮筒3的中心同轴。这被称为偏心布置。长形柱2在基本上偏离中心的区域处的安置可以被称为偏心布置。有利地,偏心长形柱2和浮筒3的布置增强了浮力结构100的稳定性性能。长形柱2在浮筒3上的不同可用布置使得实施方式容易从良性环境扩展至恶劣环境,以及从较低兆瓦的涡轮机安装扩展至较高兆瓦的涡轮机安装。因此,长形柱2的安置可以根据浮力结构100的操作位置进行调节。

[0071] 图3A示出了与图1A中的实施方式类似的实施方式在没有塔架1的情况下的立体图。图3A中的实施方式在上甲板8与浮筒3之间具有附加的支柱11,以将上甲板8与浮筒3联接在一起。支柱11可以单独或组合地联接至长形柱2或浮筒3的底部区域。

[0072] 图3B示出了图3A中的实施方式在塔架接纳于第三通道12中的情况下的侧视横截

面图。可以观察到的是,当塔架1接纳在浮力结构100中时,浮力结构100部分浸没,其中,下甲板9位于吃水线21下方并浸入在水中,而上甲板8位于吃水线21上方,并且设备和人员可以位于上甲板8上。在图1A、图1B和图3A中所示的实施方式中,长形柱2(以及必要的可浮动结构)的顶表面15、在长形柱的顶部区域与上甲板8之间的连接元件5的顶表面以及上甲板8的顶表面基本上在同一甲板平面22上。浮筒3(以及必要的可浮动结构)的底表面、在浮筒3与下甲板9之间的连接元件5的底表面以及下甲板9的底表面基本上在同一龙骨平面24上。此外,浮筒3的顶表面13、在浮筒3与下甲板9之间的连接元件5的顶表面以及下甲板9的顶表面基本上在同一浮筒甲板平面23上。

[0073] 图4示出了与图3A中的实施方式类似的实施方式的立体图。两个实施方式之间的区别在于,在图4中,支承元件10是网格框架10,而不是图3A的实施方式中的三个杆。网格框架10通常包括杆的网状件,该网状件包括多个竖向杆、水平杆和对角杆。在图4中,网格框架10包括三个竖向杆,在三个竖向杆之间具有多个水平杆和对角杆。然而,任何合适的网格框架都可以用作支承元件10。

[0074] 图5示出了与图3A中的实施方式类似的实施方式的立体图,但是是从底部(或浮筒3侧)观察的。在图5的实施方式中,支承元件10包括三个竖向杆(如图3A中的竖向杆)和另外的联接上甲板8和下甲板9的圆形壁。该壁围绕第三通道12的位于上甲板8与下甲板9之间的中间部分。该壁和通道可以被视为具有敞开以接纳塔架1的两个端部的中空筒形壳体。

[0075] 图6A和图6B分别示出了没有支承元件10和有支承元件10的两个实施方式的比较。图6B从不同的角度示出了图3A中的实施方式。在图6A和图6B两者中,浮力结构的较暗的下部部分图示了由于操作吃水深度导致的吃水线。换句话说,浮力结构100的较暗区域可以在操作吃水深度下浸没在水中。在图6A中,该实施方式不具有用以直接联接上甲板8和下甲板9的支承元件10。上甲板8和下甲板9改为通过连接元件5间接地联接。在图6A中,连接元件5包括位于上甲板8与长形柱2的顶部区域之间的三个梁5、位于下甲板与浮筒3之间的三个梁5以及位于上甲板8与浮筒3(或者替代性地,长形柱2的下部区域)之间的三个对角支柱。与图6A中的实施方式相比,图6B中的实施方式中的附加支承元件10(例如如图6B中所示的三个竖向杆)可以提高浮力结构100的结构完整性,并且导致甲板8、9与可浮动子结构(例如,上甲板8与长形柱2,以及下甲板9与浮筒3)之间的跨度(和连接元件5)更短。有利地,这减少了所需材料的量,并且减轻了浮力结构的重量。

[0076] 图7示出了具有可浮动子结构的实施方式的立体图,该可浮动子结构具有四边形形状(换句话说,四边形水平横截面)的长形柱2和浮筒3、特别是梯形形状的长形柱2和大致方形或矩形形状的浮筒3。当从顶部观察时,长形柱2具有梯形水平横截面。优选地,长形柱2的联接至上甲板8的顶部部分大于长形柱2的坐落在浮筒3上的底部部分。在图7中所示的实施方式中,梯形形状的横截面具有一对平行边,其中,梯形的较短的边联接至连接元件5并且面向浮力结构100的中心。平行边的较长的边面向浮力结构100的外部。浮筒3可以具有包括方形水平横截面的矩形水平横截面,或者可以是本文中所描述的其他多边形横截面。图7中的实施方式的连接元件5将上甲板8联接至长形柱2,并且将下甲板9联接至浮筒3,也可以使用本文中所描述的其他构型。另外,支柱11将上甲板8联接至浮筒3。支承元件10可以是联接上甲板8和下甲板9的圆形壁,并且可以被视为具有敞开以接纳塔架1的两个端部的中空筒形壳体。

[0077] 图8示出了具有风力涡轮机和系泊系统的浮力结构100的立体图。浮力结构100可以包含用于系泊浮力系统的多个锚固点、优选地至少三个锚固点。锚固点可以位于长形柱2的顶部区域。示例系泊系统可以是具有伸展悬链式系泊设计的成本有效的三线14概念。该实施方式使用了拖曳锚,但是也可以使用其他类型的锚。可以在浮力结构100的甲板处使用导缆器连接,以增强抵抗风致倾覆力矩的稳定性。如可以在图8中观察到的,风载荷的力作用在风力涡轮机上,而定位系泊载荷的力作用在浮力结构100上并产生力矩臂。

[0078] 图9示出了部署在水体中的浮力结构100的侧视横截面图。安装船200或维护船200可以用于安装风力涡轮机或者在浮力结构100和风力涡轮机上执行维护工作。

[0079] 浮力结构100可以设置有顶起模块,该顶起模块构造成通过第一通道、第二通道和第三通道12使塔架1升高和降低。顶起模块可以用于使塔架在维护期间降低,并提供降低的安装和维护高度。这降低了高空作业的风险和预期的操作费用(OPEX)。此外,顶起模块减少了对大型起重能力安装船的依赖,并且因此可以产生更大的成本节约和效率。作为示例,顶起模块可以是便携式单元,其可以在安装或维护工作期间与浮力结构100一起部署。可以在上甲板8上设置接口结构或平台,以允许顶起模块与浮力结构100一起牢固地使用。替代性地,顶起模块可以与浮力结构100一体地建造、例如建造在上甲板8上。

[0080] 如表1中所示,可以使用的风力涡轮机的示例是GE Haliade X风力涡轮机,其容量为12MW至14MW。

[0081] 表1:可以与浮力结构100一起使用的风力涡轮机的特性

[0082]	特性	规格值
	转子直径 (m)	220 (右侧的注释2)
	叶片长度 (m)	107
	扫掠面积 (m ²)	38,000
	切入风速 (m/s)	3.5
	切出风速 (m/s)	28

[0083] 图10A和图10B比较了浮力结构100的两个实施方式和其他系统的运动特性。图10A示出了随时间(周期)变化的升沉响应幅值算子(RAO)。图10B示出了随时间变化的俯仰响应幅值算子(RAO)。浮力结构100的RAO数据可以从aqwa软件获得。RAO是基于在中等环境条件下12MW风力涡轮机的浮力结构100而获得的。现有浮力结构的RAO数据是从公共领域获得的,但可能基于不同的涡轮机功率设定。

[0084] 线56和线59分别示出了图7和图1A中所示的浮力结构的实施方式与其他系统相比的升沉性能,并且可以观察到的是,所描述的浮力结构100的实施方式提供了比现有系统更好的运动特性。升沉和俯仰特性可以部分取决于部署有浮力结构100的环境条件。这导致浮力结构100的风力涡轮机组件和风力涡轮机具有更高的可操作性,因为风力涡轮机组件能够承受比现有系统更恶劣的条件。

[0085] 所有风力涡轮机及其组件都具有下述最大俯仰角度和/或升沉角度:风力涡轮机及其组件可以在该最大俯仰角度和/或升沉角度下操作。如果海况恶劣并且风力涡轮机组件超过最大角度,则风力涡轮机停止操作。通过具有比现有系统更好的升沉和俯仰特性,本文中所描述的浮力结构100能够在更恶劣的条件下操作,并且使风力涡轮机的操作时间最大化。

[0086] 表2:浮力结构100与现有系统之间的Steek重量对比

	单位	本文中所描述的 浮力结构	系统 A	系统 B	系统 C
功率	MW	12	5	5	10
吃水深度	m	20	20	13.2	22
出水高度	M	11.5	12	18	11
船体钢重量	mt	3500 (NTE)	2084	2660	3213
桅杆钢重量	mt	477	270	270	540
总钢重量	mt	3900 (NTE)	2354	2930	3753
钢重量/MW	MT/ MW	<375	471	586	375

[0088] 上面的表2示出了浮力结构100和现有系统(或装置)的比较。由于其他系统适用于不同的风力涡轮机容量,因此每个系统的钢重量/MW提供了对各种系统的相应重量的更公平的比较。从表2中可以观察到的是,浮力结构100的实施方式具有不超过(NTE)3900mt的总钢重量,并且浮力结构100的实施方式的钢重量/MW比其他现有系统低。

[0089] 图11示出了可以使用的不同压载系统,其中,阴影区域表示压载部件。在实施方式中,海水在没有任何其他主动压载系统的情况下被用作压载物。下甲板9中的端部敞开的通道允许海水流动通过。该实施方式满足按照挪威船级社(DNV)要求的完整稳定性和按照移动式海上钻井装置(MODU)要求的损坏稳定性。在另一实施方式中,可以使用具有不同压载物含量的固定压载物,其中,稳心高度(GM)增加为约1.88m并且如图11中所示。例如,混凝土或重晶石可以用作固定的压载含量。压载系统可以定位在浮筒3和/或长形柱2处和/或浮筒3和/或长形柱2内。

[0090] 可以使用浮力结构100的非限制性条件包括大约44m/s的风速、高达且大约10.9m的显著波高以及大约9秒至16秒的峰值周期范围。浮力结构100可以如上所述进行修改,以适应待操作的环境的操作条件。

[0091] 本文中所描述的浮力结构100的实施方式与现有系统相比提供了若干技术优势。这些实施方式与现有系统相比具有更高的可操作性,其中,动力发电最大化且运动特性如升沉、俯仰和漂移良好。这些实施方式具有满足包括损坏稳定性在内的行业稳定性要求的坚固的船体设计,并且具有较低的竖向重心(VCG)。这些实施方式与现有系统相比具有显著降低的船体重量,其中,每功率重量(MT/MW)值(或比)更低。这些实施方式具有改进的结构强度和疲劳寿命,其中,估计寿命为25年。这些实施方式具有改进的可构造性,其中,船体形式简化且便于构造,弯曲的半径降低了焊接要求。这些实施方式能够例如通过在可浮动子结构中的浮筒3上使用同心或偏心的长形柱2布置而按比例修改为满足增加的涡轮机容量。可以预计的是,对于大型风力涡轮机,可以节约更多成本。另外,不需要主动压载系统,但是如果需要,则可以根据环境条件提供。这些实施方式具有用于操作、安装和维护(OIM)的改进的天气包络。

[0092] 浮力结构100的各种实施方式可以以下述方式提供:

[0093] 1.一种浮力结构100,该浮力结构100适用于风力涡轮机的塔架1。

[0094] 2.一种浮力结构100,该浮力结构100具有多边形柱2,多边形柱2具有三个或更多个边并且具有规则或不规则的形状。

[0095] 3.一种浮力结构100,该浮力结构100具有多边形浮筒3,多边形浮筒3具有三个或更多个边并且具有规则或不规则的形状。

[0096] 4.一种浮力结构100,该浮力结构100具有无柱式中心柱4,无柱式中心柱4具有减小的水平面面积,以用于更好的运动特性和重量节省。

[0097] 5.一种浮力结构100,该浮力结构100具有无柱式中心柱4,无柱式中心柱4具有增加的可用空间。

[0098] 6.一种浮力结构100,该浮力结构100在多边形的顶点(6)处具有改进的疲劳寿命设计。

[0099] 7.一种浮力结构100,该浮力结构100具有偏心或同心浮筒3和长形柱2布置。

[0100] 8.一种浮力结构,该浮力结构具有互连结构5,互连结构5包括但不限于顶部、底部、竖向和对角结构以及支撑件。

[0101] 在实施方式中,提供了一种浮动式海上浮力结构100,该浮力结构100包括:

[0102] • 柱4,柱4构造成接纳风力涡轮机的塔架1的至少一部分,其中,柱4具有用于使塔架1的至少一部分进入的敞开式顶端部以及与该敞开式顶端部相反的敞开式底端部,敞开式底端部构造成允许水流动通过,由此提供无柱式柱4;以及

[0103] • 多个可浮动子结构,所述多个可浮动子结构以径向方式布置和联接,所述多个可浮动子结构从浮力结构100的中心轴线向外延伸,每个可浮动子结构具有顶端部和与该顶端部相反的底端部,

[0104] • 其中,柱4联接至所述多个可浮动子结构中的至少一个可浮动子结构,使得柱的敞开式顶端部和所述多个可浮动子结构的顶端部大致沿着同一甲板平面22布置,并且柱的敞开式底端部和所述多个可浮动子结构的底端部大致沿着同一龙骨平面24布置。

[0105] 优选地,所述多个可浮动子结构中的每个可浮动子结构包括具有多边形水平横截面的长形柱2。

[0106] 优选地,所述多个可浮动子结构中的每个可浮动子结构包括具有多边形水平横截面的浮筒3。

[0107] 优选地,所述多个可浮动子结构中的每个可浮动子结构包括具有多边形水平横截面的长形柱2和具有多边形水平横截面的浮筒3,其中,长形柱2从浮筒3向上延伸。

[0108] 优选地,无柱式柱4包括沿着浮力结构100的中心轴线布置的无柱式中心柱4。

[0109] 优选地,无柱式柱4包括在敞开式顶端部与敞开式底端部之间延伸的多个支承件10,所述多个支承件10沿着无柱式柱4的外圆周布置成彼此间隔开。更优选地,所述多个支承件10形成网格框架10。

[0110] 优选地,无柱式柱4包括在柱的敞开式顶端部与柱4的敞开式底端部之间延伸的壁10,壁10围绕无柱式柱4的外圆周布置。

[0111] 优选地,浮力结构100还包括沿着甲板平面21设置的顶起模块,其中,顶起模块构造成通过柱4使塔架1升高和降低。

[0112] 优选地,浮力结构100还包括用于系泊浮力结构100的多个锚固点。

[0113] 优选地,所述多个可浮动子结构通过互连结构在径向上联接并且从浮力结构的中心轴线向外延伸。

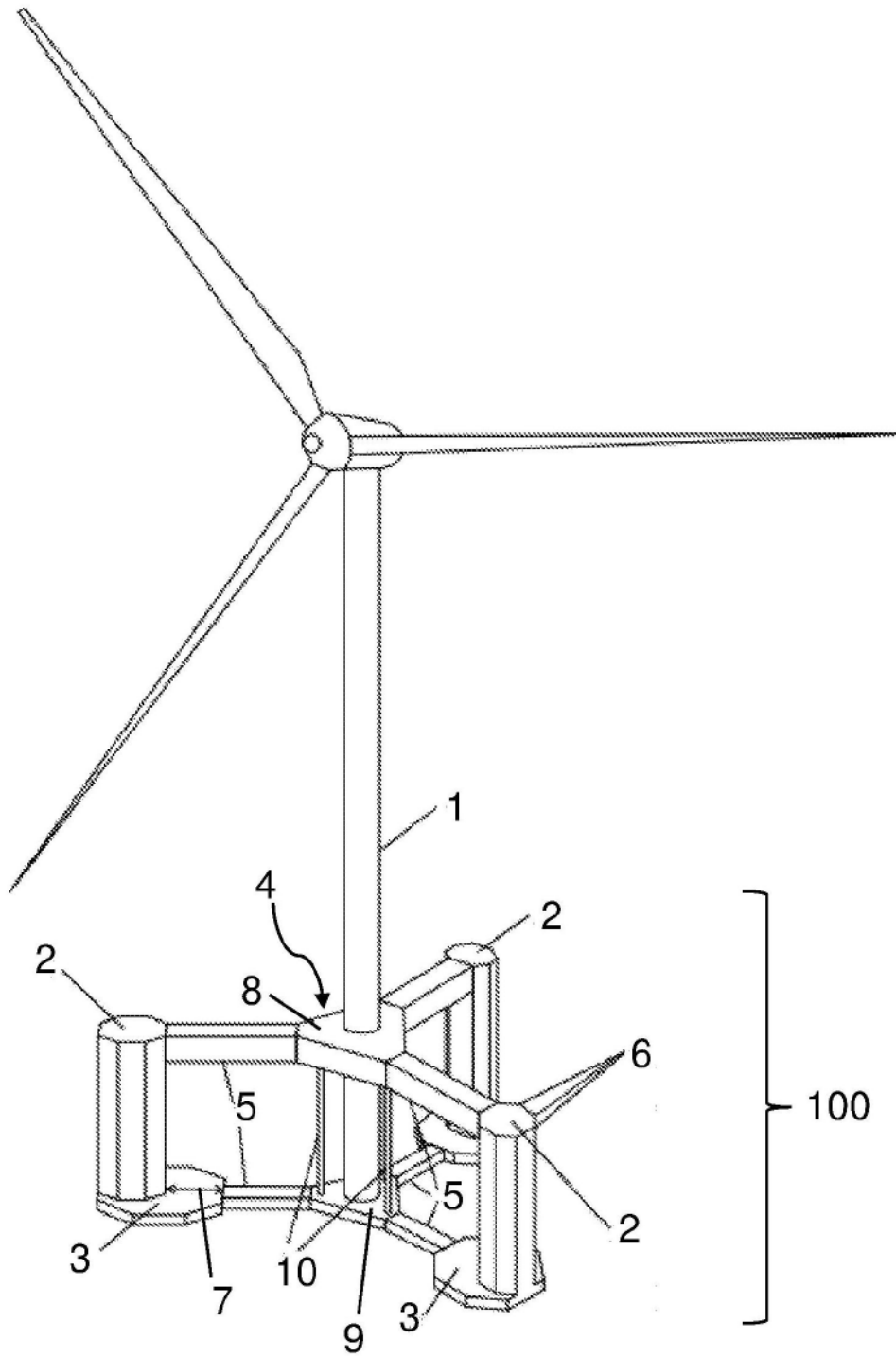


图1B

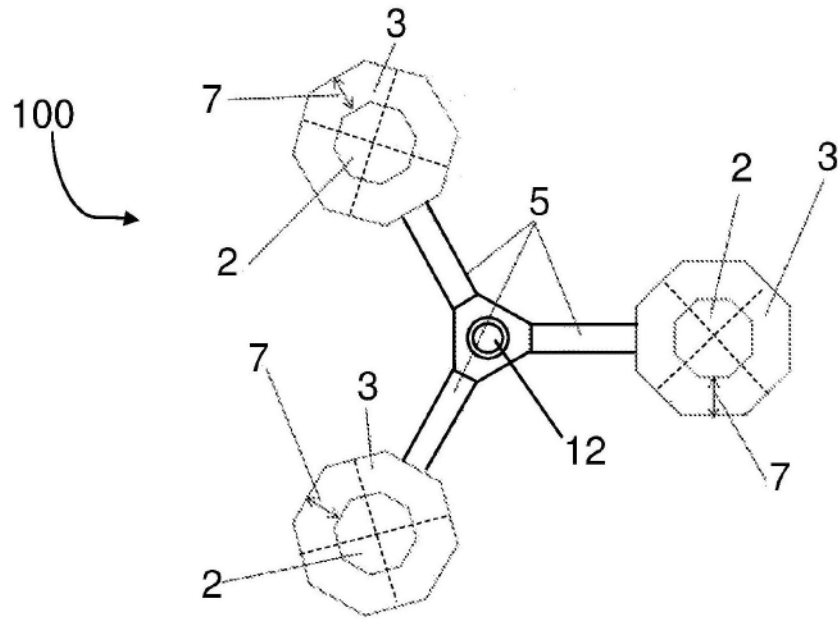


图2A

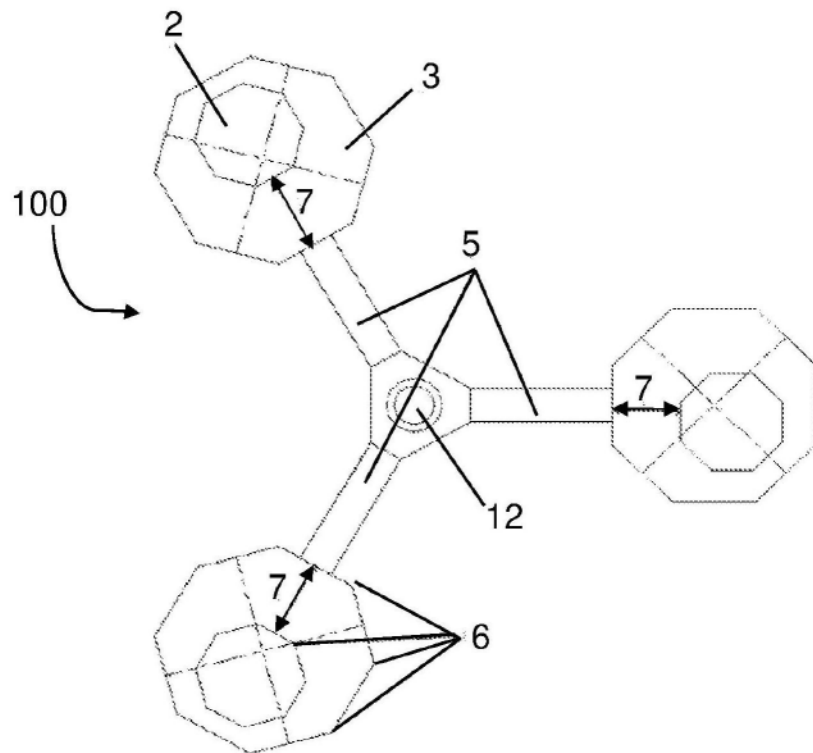


图2B

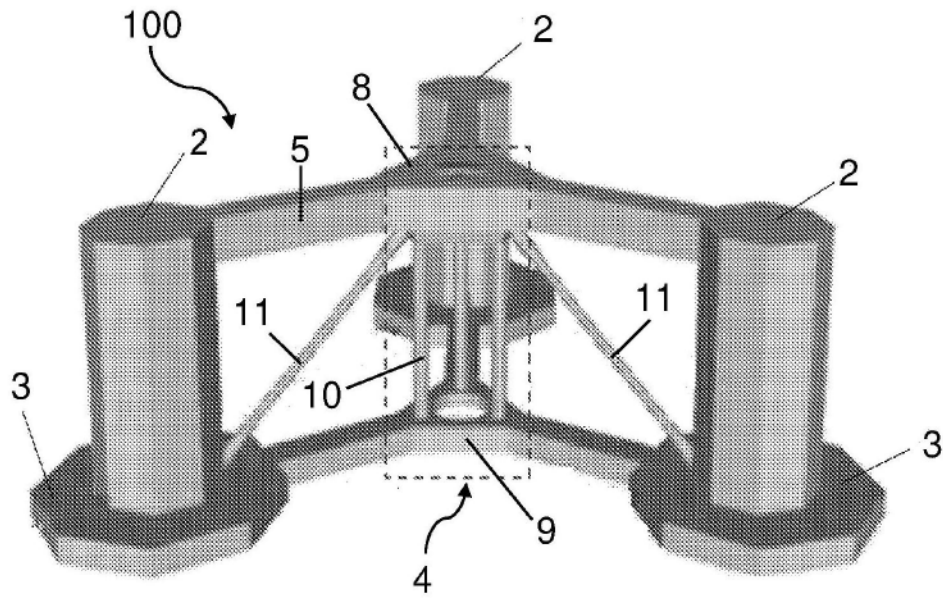


图3A

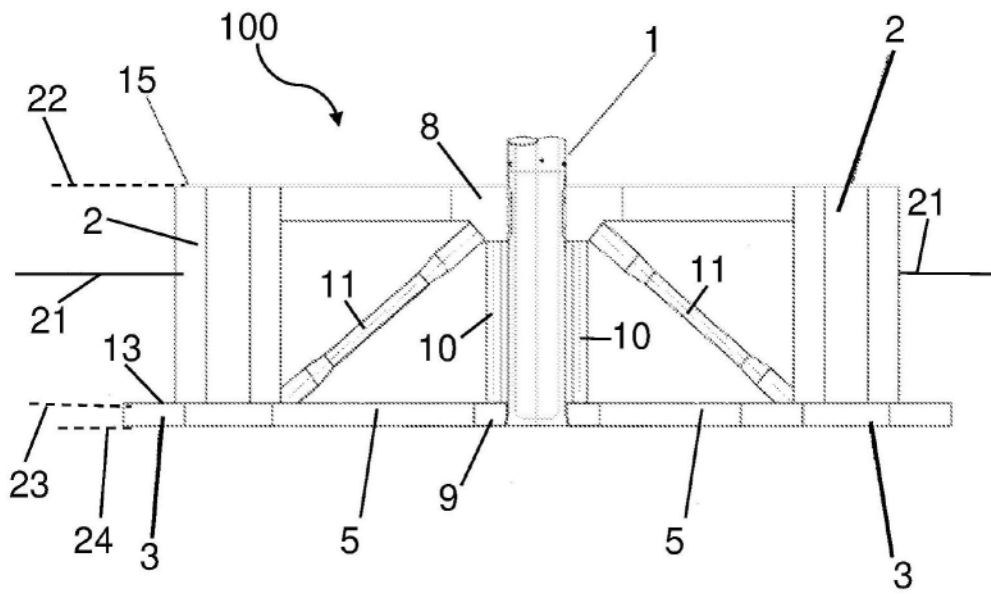


图3B

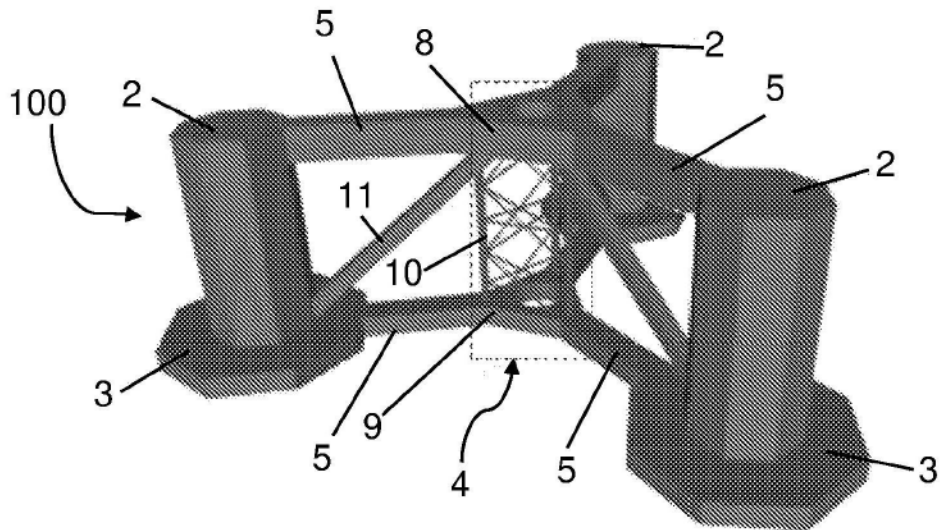


图4

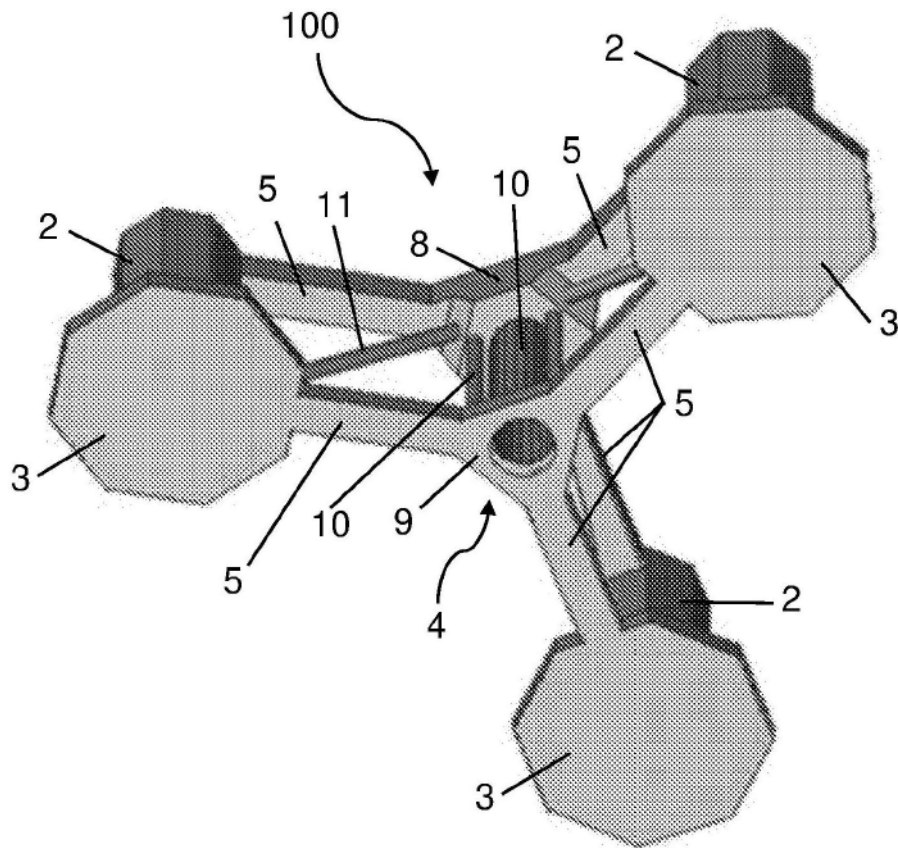


图5

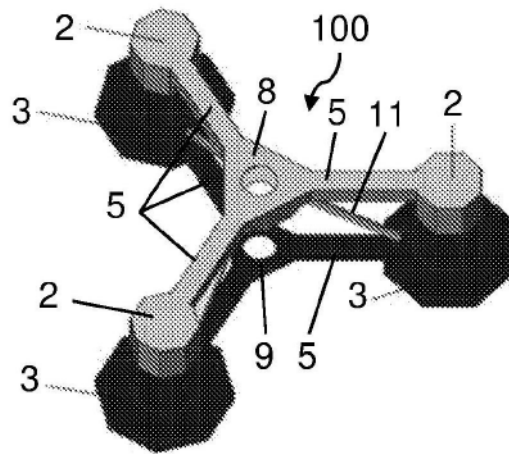


图6A

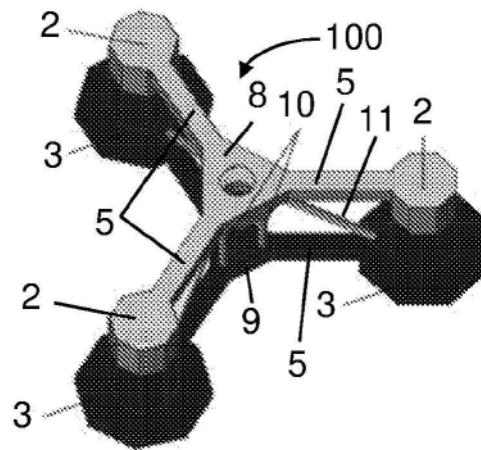


图6B

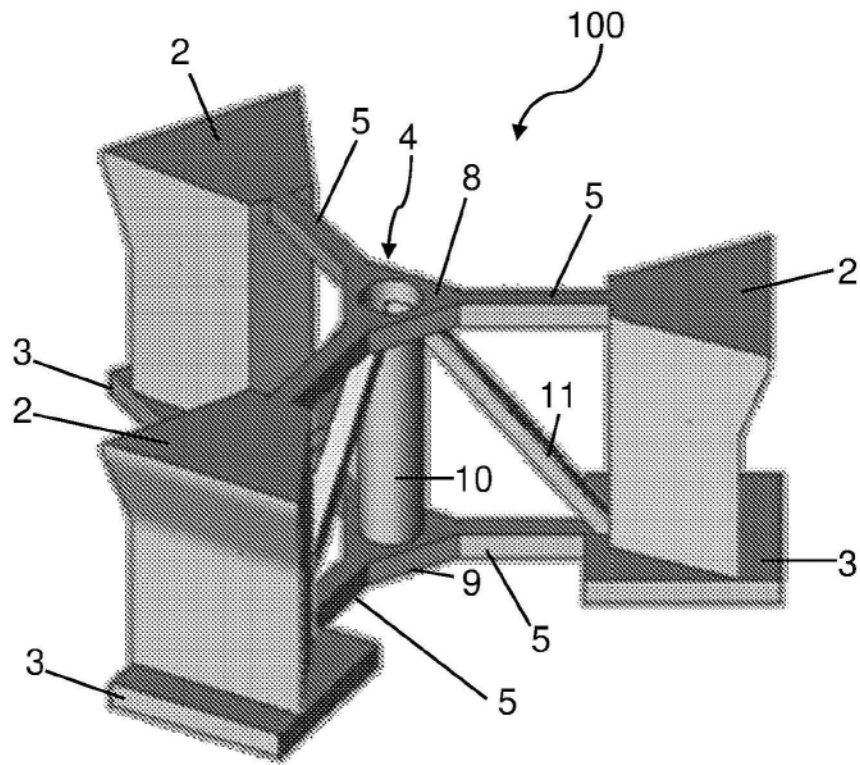


图7

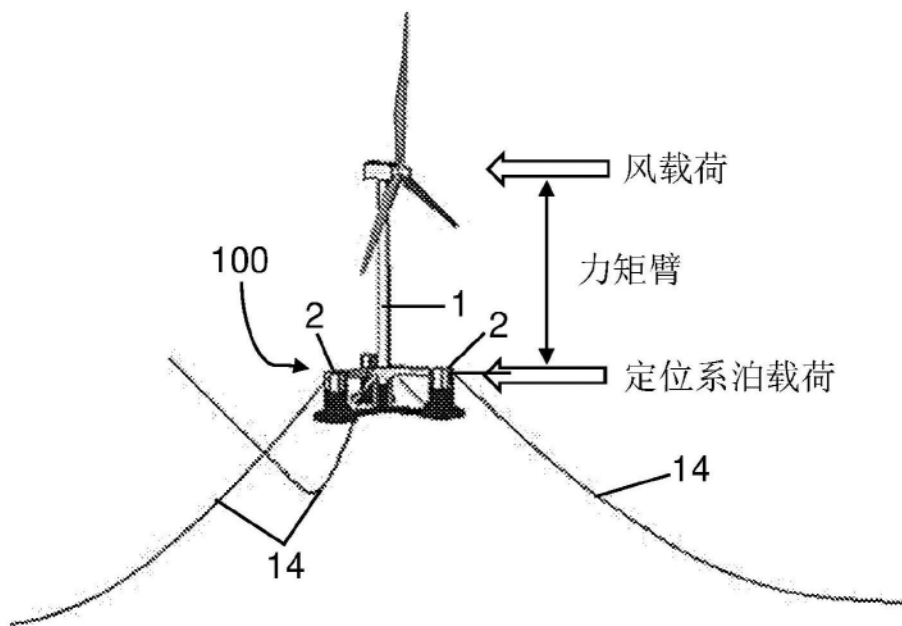


图8

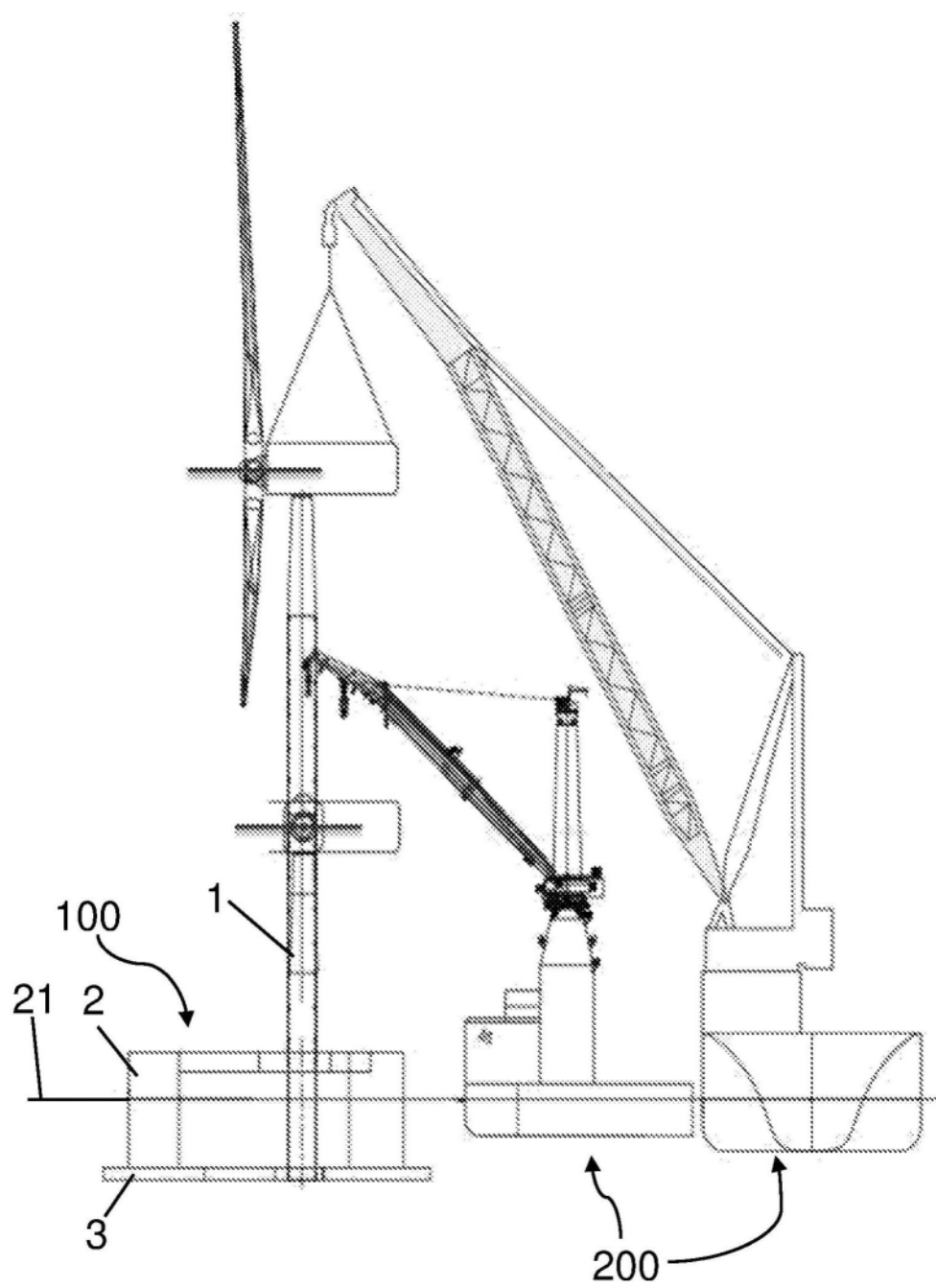


图9

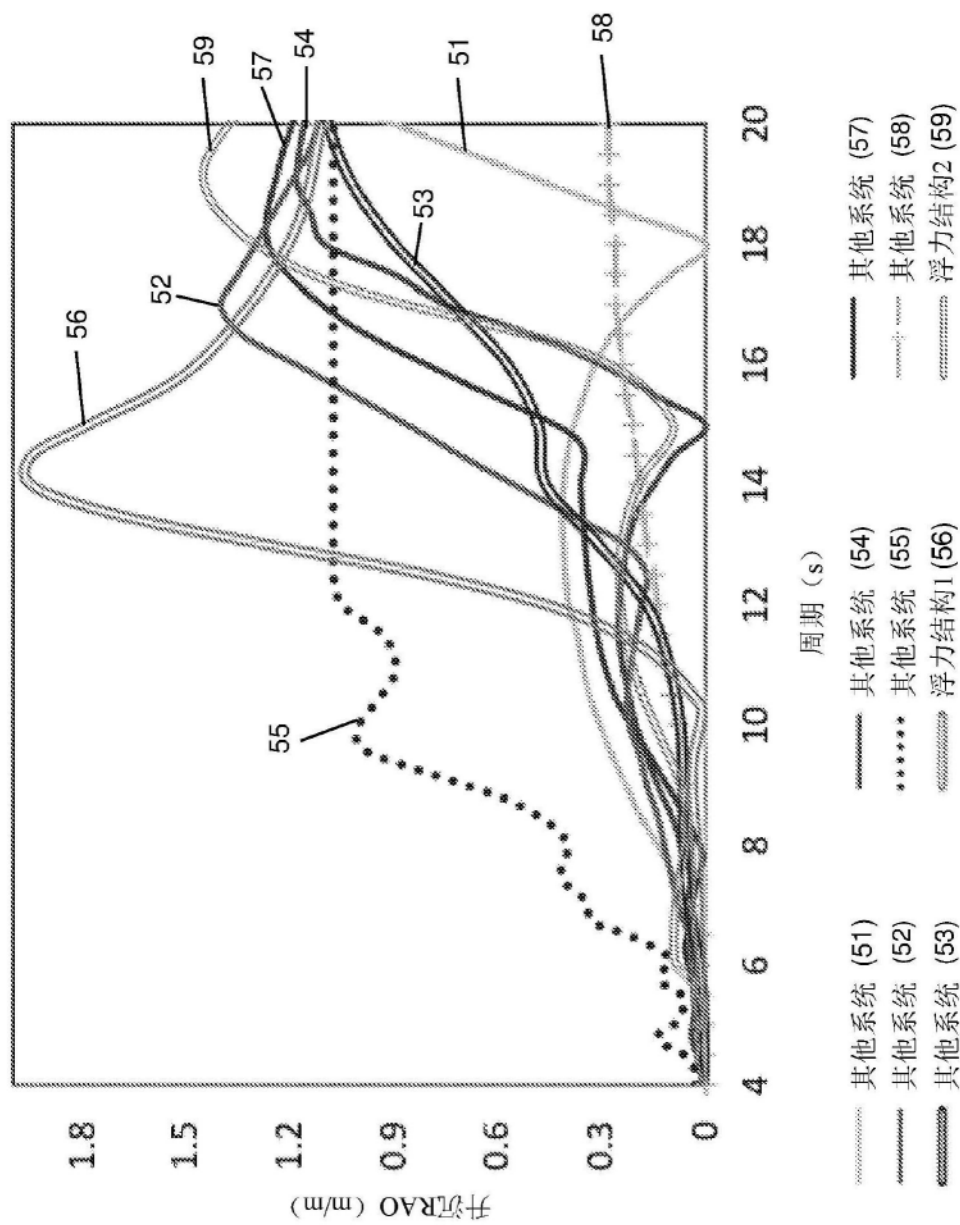


图10A

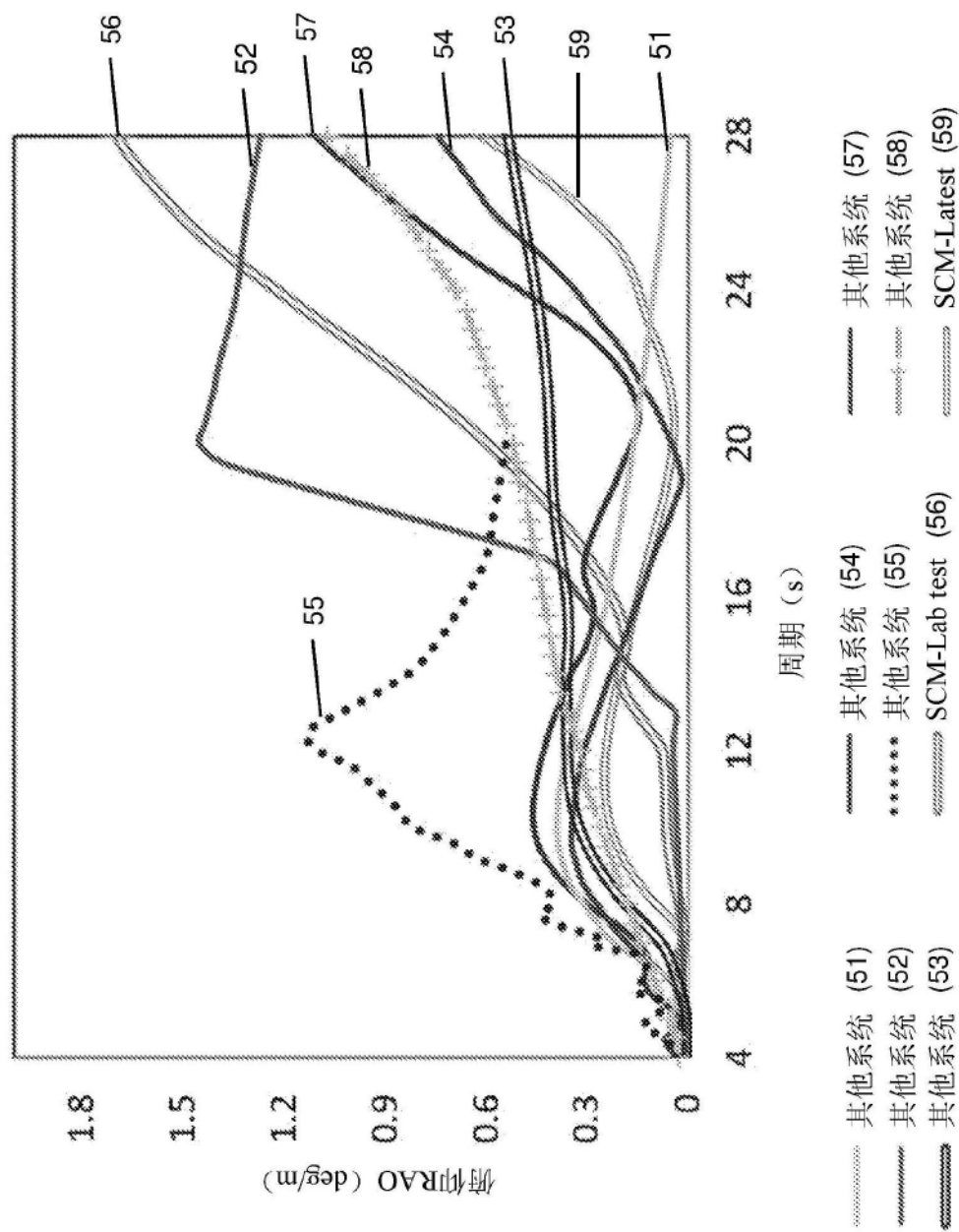


图10B

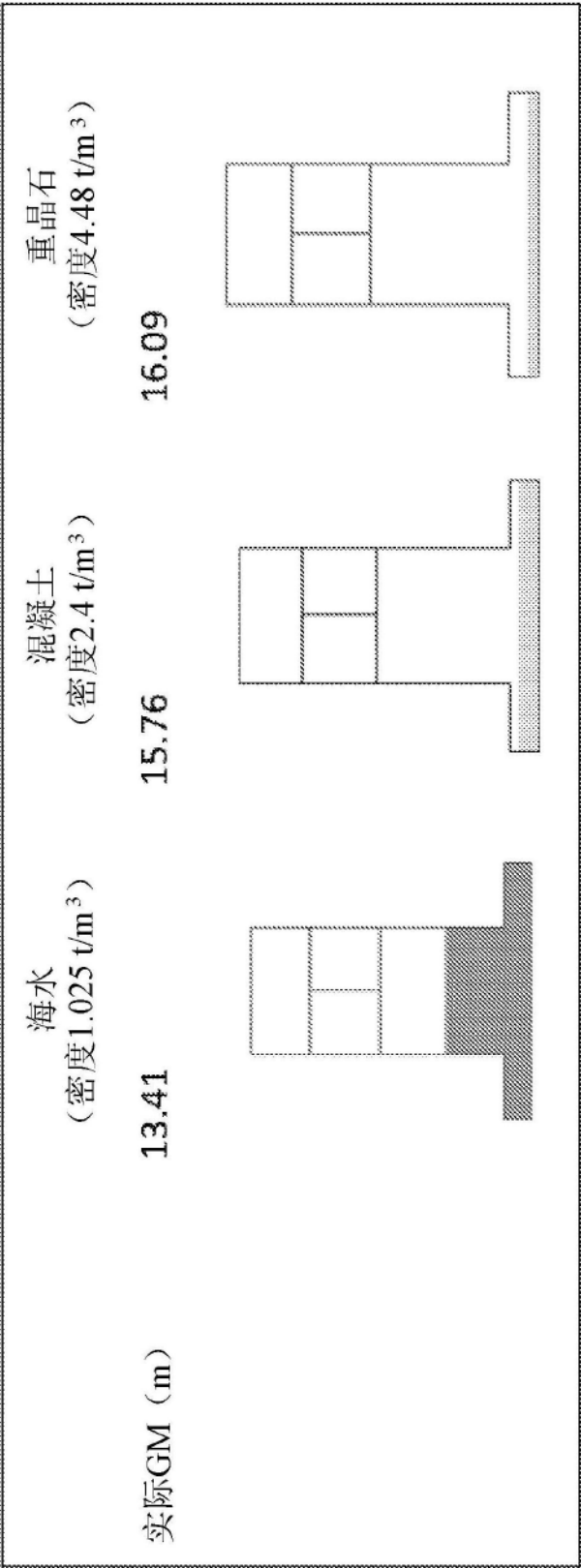


图11