



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 117222811 B

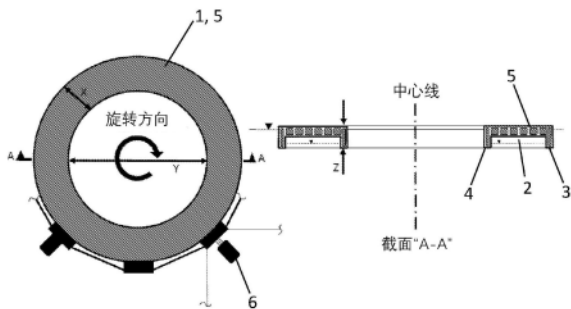
(45) 授权公告日 2025. 05. 13

(21) 申请号 202280020683.X	(73) 专利权人 维德格有限公司
(22) 申请日 2022.01.31	地址 英国萨里郡
(65) 同一申请的已公布的文献号 申请公布号 CN 117222811 A	(72) 发明人 P·罗伯茨
(43) 申请公布日 2023.12.12	(74) 专利代理机构 广州嘉权专利商标事务所有 限公司 44205
(30) 优先权数据 2101376.8 2021.02.01 GB	专利代理师 郑勇
(85) PCT国际申请进入国家阶段日 2023.09.11	(51) Int.Cl. F03G 3/08 (2006.01) F16F 15/30 (2006.01)
(86) PCT国际申请的申请数据 PCT/GB2022/050249 2022.01.31	(56) 对比文件 CN 108700044 A,2018.10.23 DE 19819929 A1,1999.11.11
(87) PCT国际申请的公布数据 W02022/162394 EN 2022.08.04	审查员 孔改荣

权利要求书2页 说明书16页 附图13页

(54) 发明名称
一种发电和/或储能装置

(57) 摘要
一种发电和/或储能装置,包括浮力飞轮(1),其中飞轮在使用中配置成与液体主体接触,以绕基本上竖直的轴线旋转,飞轮的下侧包括周向延伸的开口82),其中,在使用中,气体被液体的表面截留在开口内,以限定用于支撑飞轮的气垫。



1. 一种发电和/或储能装置,包括浮力飞轮,其中,所述飞轮在使用中配置成与液体接触以绕竖直轴线旋转,所述飞轮的下侧包括周向延伸的开口,其中,在使用中,气体被所述液体的表面截留在所述开口内以限定用于支撑所述飞轮的气垫,其中,所述飞轮具有由多个单元组成的蜂窝状结构,并且设有压载系统,所述压载系统包括一个或多个阀,所述压载系统配置用于控制液体从所述单元的引入和排出。

2. 根据权利要求1所述的装置,其中,周向开口围绕所述飞轮的整个圆周基本上连续地延伸。

3. 根据权利要求1或2所述的装置,其中,所述飞轮基本上是环形的。

4. 根据权利要求3所述的装置,其中,所述装置包括盖,所述盖是气密的并且封闭所述环形的飞轮的中心。

5. 根据权利要求4所述的装置,其中所述盖包括能够是蜂窝状的圆盘,或者由外壳封闭的框架,所述框架包括钢、混凝土、玻璃钢或气密织物。

6. 根据权利要求4或5所述的装置,其中所述盖封闭所述开口。

7. 根据权利要求1所述的装置,其中,所述飞轮包括在使用中从所述飞轮悬垂的一对间隔开的周向壁,其中,所述开口设置在壁之间。

8. 根据权利要求7所述的装置,其中所述周向壁中的一个为外周向壁。

9. 根据权利要求1所述的装置,其中,所述飞轮包括在使用中从所述飞轮悬垂的单个周向壁,其中,所述开口由所述周向壁设置。

10. 根据权利要求9所述的装置,其中,所述周向壁设置在所述飞轮的周边处或者与所述飞轮的周边径向向内间隔。

11. 根据权利要求7所述的装置,其中,所述周向壁在使用中穿透所述液体的表面。

12. 根据权利要求7所述的装置,其中,所述周向壁在使用中基本竖直地悬垂。

13. 根据权利要求7至12中任一项所述的装置,其中,所述开口完全或部分地由所述周向壁和所述周向壁所依附的甲板封闭,其中,所述甲板在使用中基本上平行于所述液体的表面。

14. 根据权利要求13所述的装置,其中,所述装置包括盖,所述盖是气密的并且封闭环形的飞轮的中心;其中,所述甲板、所述周向壁和所述盖中的一个或多个或全部具有蜂窝状结构。

15. 根据权利要求1所述的装置,其中所述压载系统还包括泵,所述泵用于将所述液体泵送到所述单元中和/或用于将水泵送出所述单元。

16. 根据权利要求1所述的装置,包括用于将空气供应至所述开口的一个或多个压缩机。

17. 根据权利要求1所述的装置,包括安装到所述飞轮的一个或多个帆。

18. 根据权利要求17所述的装置,其中,所述帆基本上围绕所述飞轮的整个圆周延伸。

19. 根据权利要求17或18所述的装置,其中,所述帆是刚性的或柔性的。

20. 根据权利要求17所述的装置,其中,设置有控制系统,用于在所述飞轮旋转时改变所述帆相对于风向的定向。

21. 根据权利要求17所述的装置,其中,所述帆安装到桅杆,所述桅杆为自支撑的或由在所述桅杆之间延伸的支撑件支撑,其中,所述支撑件可包括索具,且能够配置以允许所述

帆及索具平放。

22. 根据权利要求17所述的装置, 其中, 设置有两个或更多径向间隔开的周向延伸的帆阵列。

23. 根据权利要求1所述的装置, 其中, 所述飞轮具有1500米或更大的直径。

一种发电和/或储能装置

技术领域

[0001] 本发明涉及发电和/或储能装置。尤其涉及一种利用浮力飞轮的系统。

背景技术

[0002] 全球范围内有一个广为人知的长期计划,即从化石燃料发电转向更环保的替代能源。风能和太阳能等可再生能源显然有潜力减少对化石燃料的依赖。除其他因素外,对气候变化的担忧导致这两种技术的部署应用不断增加。太阳能光伏和风能都有间歇性输出。应当理解,由于电网的大部分能量来自这些能源,这些能源的可变性引起了对电网可靠性的担忧。众所周知,能源储存将成为未来能源系统的重要组成部分,尤其是随着对可再生能源依赖的增加。

[0003] 现有几种电能储存方法,包括抽水蓄能、电池、压缩空气储能和飞轮。

[0004] 本发明是与提供改进的能量产生和/或储能装置相关的工作的成果。

发明内容

[0005] 在一个方面,本发明提供了一种发电和/或储能装置,其包括浮力飞轮,其中,飞轮在使用中被配置成与液体接触以围绕基本竖直的轴线旋转,飞轮的下侧包括基本周向延伸的开口,其中,在使用中,气体被液体的表面截留在开口内以限定用于支撑飞轮的气垫。

[0006] 通过这种配置,飞轮在使用中被配置成漂浮在气垫的表面上。飞轮与液体的接触为气垫提供了流体密封。该液体可以是开放区域的水,例如海或湖,或者可以包括在合适的槽或者其他内。开口可以面向液体,使得气垫由液体的表面支撑,否则它可以面向除液体之外的支撑表面,使得气垫由支撑表面支撑。在进一步的配置中,它可以面向水体和除水体之外的支撑表面。不管结构如何,飞轮通过与液体接触而在纵摇和横摇方面上稳定。与液体主体的接触优选通过一个或多个周向的从属壁,其中通过将一个或多个周向从属壁移动到液体主体中来实现稳定。

[0007] 气体最优选是空气。该液体最优选是水。该开口优选围绕飞轮的整个圆周基本连续延伸。

[0008] 根据这种配置,飞轮支撑在一个或多个气垫上,最优选支撑在空气气垫上。气垫起到减小摩擦力的作用。此外,在开放水域设施的情况下,有效地减少了任何波浪引起的运动。通过引入更多的气体,可以保持或恢复气垫的体积和飞轮的牵引力。这可以通过使用空气压缩机来实现。

[0009] 虽然如上所述,气体不限于空气,但是为了简单起见,下面的描述将集中在空气气垫的设置上。然而,必须认识到,如本领域技术人员将容易认识到的,可以适当地修改任何所描述的配置,以使用除空气之外的气体。

[0010] 实施例提供了一种大型浮动水平飞轮,其通过绕其竖直轴旋转来存储机械能。它可以起到储存自发电能和/或储存从别处输入的转换电能作为旋转机械能的作用。这种机械能随后可以根据需要重新转换成电能,并通过电缆输送给最终用户。或者,这种电力可以

用于其他目的。例如,它可以用在装置上或装置附近,通过电解产生氢气,然后氢气可以通过管道输出到最终用户,如果需要的话,与共同产生的氧气一起在单独的管道中输出。

[0011] 对于自发风能,飞轮可以设置有多个附接到其上的帆。

[0012] 包括非常大的飞轮的实施例具有在千兆瓦量级上存储、产生和输出能量的潜力。

[0013] 根据一个或多个实施例,该装置可以设置在离岸和开放水域,还可系泊到海床。在替代实施例中,它可以漂浮在陆上的圆形水槽中,或者以其他方式实现。

[0014] 在优选的配置中,为了安装在开放水域中,飞轮的总尺寸与入射波长相比可以足够大,使得基本上减弱入射波浪对飞轮的纵摇和横摇运动的影响并且保持最小。实现这种减弱的特征最小总尺寸可以是,例如在典型的波浪谱占优势的开放水域中大约1500米。

[0015] 基本的陀螺稳定是各种实施例的特征,这有利于性能。

[0016] 飞轮可以基本上是环形的。飞轮可以包括盖,该盖是气密的并且封闭圆环面的中心。该盖可以包括圆盘,该圆盘可以是蜂窝状的,或者可以包括由外壳(skin)封闭的框架,该框架可以包括钢、混凝土、玻璃增强塑料或气密织物。盖子可以封闭开口。

[0017] 无论其形式如何,飞轮都可以包括一对间隔开的周向壁,周向壁在使用中从飞轮悬垂,其中开口设置在壁之间。其中一个周向壁可以是外围壁,或者两个壁都可以从飞轮的外围径向向内间隔。可选地,飞轮可以包括在使用中从飞轮悬垂的单个周向壁,其中开口由周向壁提供。周向壁可以设置在飞轮的外围,或者可以从飞轮的外围径向向内间隔。在使用中,周向壁优选地基本上竖直。在使用中,周向壁优选穿透液体表面。这种穿透将提供浸没的表面,该表面将飞轮支撑在液体表面上。如上所述,通过将周向壁移动到液体中,可以稳定纵摇和横摇。

[0018] 在这种离岸实施例中,旋转浸没表面与周围水之间的表面摩擦将产生循环涡旋。这可以进一步提供可利用的进一步的能量存储容量,并且由于旋转涡旋的浸没表面和水之间的相对速度的降低,将用于降低表面摩擦。

[0019] 根据各种实施例的装置对于波浪是半透明的,因为入射波浪的大部分能量将在壁下传播并穿过限定气垫下侧的降低的水面,然后在随后的壁下传播回到开放的水中,从而减小入射波浪力。当波浪以这种方式通过飞轮下方时,由气垫中波浪的波峰排出的空气简单地移动到波浪的波谷中,结构上的空气压力实际上为零变化。这可以通过观察来表征其解耦,即飞轮在流体静力学和流体动力学表现为就好像它是由气垫支撑但是通过其表面穿透元件/壁来稳定的半潜式平台,因此体现了浮力和稳定性解耦。

[0020] 气垫的存在和由用作支撑的表面穿透元件的浮力产生的最小弯曲力矩允许采用相对较轻的结构。

[0021] 飞轮可以由任何合适的材料制成,例如,不排除其他材料,钢或混凝土。优选实施例由后张力混凝土制成。

[0022] 飞轮可以具有间隔/单元结构,由此隔间/单元可以用水施加压载。对单元进行压载可以增加飞轮的极二阶惯性矩,从而增加其对于任何给定角速度的能量存储容量。

[0023] 有压载的单元中的水可以处于相当大的离心压力下,其中水可以切向地释放以再生电能。

[0024] 在一些实施例中,通过保持适当数量的单元不被淹没和/或通过安装气垫的周向分隔物,可以实现增强的对损坏的稳定性。

[0025] 流体密封可以包括分段迷宫。迷宫可以由多个互锁单元形成,每个互锁单元由从飞轮1悬垂的从属壁和与从属壁相对突出的面对壁形成。

[0026] 根据一个或多个实施例,从别处输入的电能不能由固定设施可逆地转换成旋转机械能,用于由飞轮存储在固定设施和飞轮之间的界面处,从而导致飞轮旋转。

[0027] 根据一个或多个实施例,从其他地方输入的电能不能传导到飞轮上,并在那里通过飞轮上携带的设备可逆地转换成旋转机械能,以供飞轮存储并从而导致飞轮旋转。

[0028] 根据一个或多个实施例,安装在飞轮上的设施可以将风能直接转换成旋转机械能,以供飞轮存储并从而导致飞轮旋转。

[0029] 根据一个或多个实施例,安装在飞轮上的设施可以可逆地将来自周围水的旋转流体动力能量直接转换成旋转机械能,以供飞轮存储并从而导致飞轮旋转。

[0030] 此外,在从属权利要求中呈现了优选的特征。

附图说明

[0031] 现在将参考附图,仅通过非限制性示例来描述本发明的实施例,其中:

[0032] 图1示出了根据第一布置的储能装置的平面图和截面图;

[0033] 图2示出了沿图1中的线A-A截取的如图1所示装置的飞轮的局部放大剖视图;

[0034] 图3示出了如图2中详细示出的视图A和视图B;

[0035] 图4示出了通过飞轮的能量输入/输出配置的局部放大剖视图;

[0036] 图5和图6示出了另外能量输入/输出配置;

[0037] 图7、图8和图9公开了不同的压载配置和系泊配置;

[0038] 图10A、图10B和图10C示出了三种不同的飞轮配置的剖视图;

[0039] 图11A和图11B示出了不同的陆上配置;

[0040] 图12A和图12B示出了不同的帆配置;

[0041] 图13、图14、图15A、图15B、图16、图17和图18A、图18B和图18C公开了图12A和图12B的帆结构的不同配置;

[0042] 图19和图20示出了典型的增强损坏稳定性的配置;

[0043] 图21示出了优选的优化飞轮构造的剖面正视图;

[0044] 图22示出了图21的飞轮的平面图;

[0045] 图23示出了图12A和图12B的优选优化配置C;以及

[0046] 图24示出了优选密封配置的局部剖视图。

具体实施方式

[0047] 总的来说,本发明的实施例提供了一种用于发电和/或储能的装置,其包括新颖的浮力飞轮。

[0048] 应当注意的是,在本文中尽管假定飞轮顺时针旋转,但是飞轮逆时针旋转也是可以接受的,这对于本领域技术人员来说是容易理解的。

[0049] 图1示出了根据第一实施例的发电和/或储能装置。该设备包括环形飞轮1。

[0050] 飞轮1是有浮力的,并且在使用中配置成与液体的表面接触,飞轮的下侧面向液体的表面。飞轮配置成围绕基本竖直的轴线旋转。下侧包括周向延伸的开口2。在使用中,气体

被液体表面截留在开口内。由此提供了一种气垫,该气垫用于为飞轮1提供支撑,并且如上所述,气垫提供了显著减小的旋转摩擦。

[0051] 在本配置中,优选地,周向开口基本上连续地围绕飞轮1的整个圆周延伸。或者,它可以如下面进一步讨论的包括多个单独的部分。

[0052] 在本配置中,如在截面图A-A中清楚示出的,飞轮包括一对间隔开的周向壁3、4,周向壁3、4在使用中从飞轮1悬垂,其中开口设置在壁之间。在本配置中,甲板(deck)5在壁之间延伸并封闭开口2的上侧。甲板封闭以将气体截留在开口内。

[0053] 如图所示,在使用中,壁优选竖直悬垂。在使用中,周向壁3、4穿透液体的表面,其中周向壁3、4由此限定了飞轮1的支撑表面。

[0054] 通过这种配置,在使用中,飞轮被配置成漂浮在开口2内所形成的气垫的表面上。飞轮通过周向壁3、4与液体的接触,从而为气垫提供了密封。飞轮1通过将周向壁3、4移动到液体中而与液体接触,从而在纵摇(pitch)和横摇(roll)方面上稳定。开口2面向液体。在陆上配置中,例如下面参照图11和图24讨论的那些配置。开口2可以面向固体支撑表面,例如地面或平台。

[0055] 本装置的飞轮1具有深度Z、甲板宽度X和内径Y。如本领域技术人员将理解的,增加这些尺寸中的任何一个都将增加飞轮1的极二阶惯性矩(Polar Second Moment of Inertia),从而增加其在任何给定角速度下的能量存储容量。

[0056] 参考图1,示出了一些示例性和非限制性的外部电能输入/输出系统6。应当注意,图1的实施例并不局限于以下段落中讨论的这些设施的存在或方式,如本领域技术人员所理解的,可以采取各种替代配置。

[0057] 当飞轮旋转时,典型的能量产生模块将在全局坐标中保持静止。能量产生模块和飞轮之间的相对运动将通过任何合适的常规装置产生发电或增加旋转机械能,常规装置例如但不限于连接到发电机/电动机的轮式转向架,发电机/电动机承载在能量产生模块的内表面上并支承在飞轮的外表面上。或者,根据情况需要,围绕飞轮圆周的一排励磁线圈或永磁体与能量产生模块内表面上的发电或供电线圈相对,可以形成发电机或电动机。另一个优选的替代方案是环形磁悬浮轨道,其具有双重目的,除了承担气垫上支撑的总重量的一部分或全部,使得气垫深度减小、附属壁尺寸减小和摩擦损失减小,还用于将输入的电能为旋转机械能来储存,并反之亦然。本领域技术人员将容易想到许多合适的配置,并且本发明在这方面不受限制。

[0058] 能量产生模块可以例如由围绕飞轮外圆周的轨道或壁架支撑在合适的轮式转向架或轴承上,以允许自由的相对圆周运动,以及允许飞轮携带能量产生模块竖直移动的自由。

[0059] 可选地,当电能在飞轮上产生用于输出,或者输入到飞轮上用于在飞轮上转换成旋转机械能时,能量产生模块可以简单地携带滑环(slip-ring)、受电弓(pantograph)或其他常规装置,以将电能传输到飞轮上或从飞轮传输出去,这可能是需要的并且本领域技术人员将容易理解。

[0060] 在一些示例性配置中,选定的能量产生模块还可以带有以海上浮动结构的常规方式由缆绳和/或链条形成的系泊腿的上端。在这种情况下,可以有三个或更多周向设置的系泊腿对,以将飞轮保持就位上并将相关的能量产生模块保持在全局位置,同时允许飞轮在

期望的竖直范围内自由竖直运动。

[0061] 在替代配置中,能量产生模块或集成模块可以不需要带有系泊腿对。例如,如本领域技术人员容易理解的,它们可以通过合适的模块连接器保持在全局位置。

[0062] 诸如图1所示的集成模块优选地是包括能量产生模块和电源管理设施的多处理模块。它可以包括额外的设施,包括但不限于电解设施,例如产生氢气和氧气。例如,它还可以提供住宿设施。

[0063] 应该注意的是,在一些配置中,集成模块可以位于邻近飞轮的固定结构上,在这种情况下,能量产生模块将被单独安装在飞轮上,并且由此产生的电能将被传输到集成模块。例如,它可以通过一根或多根悬链线电缆或其他方式传输。在使用悬链线电缆传输的情况下,这些电缆在到达附近圆周位置的目标集成模块之前,可以首先悬垂在模块连接器上。

[0064] 图2示出了飞轮的示例性且优选的构造。沿图1的线A-A截取的甲板宽度X以放大局部截面示出。

[0065] 如上所述,提供开口2以允许提供气垫,该气垫用于支撑飞轮。当在开放水域中使用,气垫将减弱飞轮对在飞轮下面和经过飞轮传播的入射波的纵摇和横摇响应,仅部分衰减,以进一步减轻入射波浪力。

[0066] 如上所述,优选飞轮具有蜂窝状结构。通过提供蜂窝状结构,可以减少材料体积(和成本),同时还允许通过压载来改变质量。要注意的是,任何壁或甲板可以以保持飞轮周向均匀质量分布的任何组合进行压载。

[0067] 飞轮1的能量存储容量可以通过增加其质量从而增加其极二阶惯性矩而得到提高。对于蜂窝状结构,可以通过用水对单元7进行加压来增加其质量。这为改变飞轮的质量提供了一种经济的解决方案,从而根据需要管理其能量存储容量和旋转角速度。

[0068] 优选地(尽管不是必需的),如在本配置中,每个单元由径向壁和周向壁界定,以便最小化任何部分充满的单元的自由表面对整个飞轮的流体静力稳定性的影响。在优选的操作实践中,大多数有压载的单元将被压满以最小化自由表面效应。

[0069] 值得注意的是,如可能实现的那样,在整个飞轮结构下的均匀空气压力将用于减少在图2所示的横截面中形成的弯矩,从而允许在甲板结构中采用非常经济的薄壁设计。

[0070] 根据需要,可以提供压载系统以允许对单元选择性的压载。压载系统包括多个阀8,并且优选地还包括泵9。压载系统允许从单元7中受控地引入和排出水。

[0071] 出于说明的目的,图2示出了具有(阴影的)有压载的单元和干的单元的配置。

[0072] 在本示例性配置中,单元7由入口歧管10供给,并由排出歧管11排出,该排出歧管11由阀8控制,该阀8优选地远程致动。本发明不需要局限于这种示例性配置。例如,替代的配置可以省略歧管。在包括歧管10、11的配置中,提供了入口12和出口13,入口12和出口13分别连接到入口歧管10和出口歧管11。入口12和出口13优选定向成使得飞轮的旋转有助于施加压载和去压载。有可能在不使用泵9的情况下以这种方式实现压载系统。然而,如图所示,优选地提供一个或多个泵。

[0073] 泵将有效地帮助压载,特别是当入口歧管在使用中处于入口上方的水平时,或者当飞轮旋转不够快而不能自动灌注系统时。

[0074] 在某些示例性配置中,特别是当泵被配置成既作为泵又作为涡轮机时,引入一个或多个泵能够进一步增加效用。

[0075] 在优选的配置中,输入的电能在能量产生模块中转换成机械能,通过如前面由机动转向架举例说明的方式,或者其中飞轮的外周充当电动机/发电机的转子,其中能量产生模块形成定子,这样转换的旋转机械能在该界面处被直接添加到飞轮,增加其角速度。可选地,在需要保持恒定角速度的情况下,通常,为了将目标切向速度保持在其设定点,例如,可以在飞轮上安装额外的压载物,以将飞轮的角惯性矩增加相应的量。当从存储的旋转机械能重新产生电能时,情况相反。

[0076] 当在飞轮上从飞轮储存的旋转动能转换为电能的情况下,另一个优选项是允许在离心压力下从有压载的单元7通过阀8流入排出歧管11,然后通过作为涡轮机的泵9,或者通过一个或多个单独的涡轮机,以产生电能。

[0077] 相反,当来自外部源(例如风电场等)的电能被输入到飞轮1,以在飞轮1上从电能转换成由飞轮1储存的旋转动能时,这种转换的一个优选项是,输入的电能为用作喷射泵的泵9提供动力,以通过出口排出高能量的水,从而在飞轮1上产生切向力,该切向力增加其角速度,从而增加储存的旋转动能的量。这样从出口喷出的水可以是从有压载的单元7通过阀8被抽入排出歧管11的,从而额外地降低了极二阶惯性矩,有助于加快切向速度向目标值所增加的速率。

[0078] 可选地,从出口13喷出的水可以是在离心压力下通过排出歧管11被抽吸,而直接从入口12通过与排出歧管(未示出)交叉连接的歧管的一部分,然后通过泵9,该泵9用作由输入电能驱动的涡轮,以增加切向速度并作为旋转机械能储存。

[0079] 要注意的是,上述配置可以使用单独的泵和涡轮机来实现,该泵和涡轮机可以安装在合适的歧管中,以允许其中一个或另一个起作用。

[0080] 虽然根据这里讨论的原理的飞轮将表现出相对平坦的性能曲线,表明“往返”能量存储和回收效率将在一定程度上容许实际的角速度,但是期望在任何特定的设计中将存在目标切向速度和相应的角速度。通过提供压载配置,根据上述示例性配置,或者以其他方式,飞轮将提供以下能力:首先,当接收电能用于转换和存储为旋转动能时承受压载;其次在从其旋转动能产生电能的相反情况下释放压载。这允许飞轮的总质量变化,使得其极二阶惯性矩变化以补偿存储能量的变化量,并且可以保持恒定的切向速度,从而保持最高运行效率并进一步有效地使性能曲线平坦。

[0081] 如图2中的示例所示,飞轮1可以可选地设置有牵引(drag)件14。牵引件14的形式不需要特别限制。牵引件14可以包括板。当飞轮位于开放水域中时,牵引件的使用尤其令人感兴趣。这种牵引件14可以安装在飞轮1的外圆周周围的规则点处。它们优选可伸缩地安装,其中它们可以根据需要打开,或者在不使用时收起使与飞轮1的外圆周齐平。为此目的,它们可以枢转地安装。本领域技术人员将容易理解多种合适的安装配置。图3在视图A中示出了完全展开的示例性牵引件14的侧视图,并且还示出了其可被装载到其中的凹部15。

[0082] 如上所述,气垫的一个功能是通过最小化浸湿面积来限制飞轮1和水之间的表面摩擦。将保留一些摩擦,因为这有助于降低切向速度,并通过在一定程度上通过牵引附近的水在浸湿表面周围流动从而使其附近的水循环。通过设置牵引件14,可以回收该循环水的一些动能。循环水的速度分布将随着远离飞轮的半径增加而减小,但是其有效平面尺寸将随着能量的积累继续径向向外增大,从而形成围绕飞轮的涡旋。这种涡旋是非常有效的旋转动能存储,其自然衰减相当缓慢。

[0083] 还要注意的,当涡旋从飞轮1吸收能量并且尺寸增大时,涡旋在与飞轮1的外部浸湿表面的界面附近的切向速度也增大,从而减小了涡旋和飞轮1之间的相对速度,并且减小了它们之间的剪切力,从而自限制了进入涡旋的能量损失。

[0084] 在这种情况下,牵引件14可以起到两种作用:

[0085] 首先,如果有必要尽可能快地停止飞轮1,例如为了一些计划外的维护,或者其他情况而言,则原本存储的能量必须被消耗。如果这超出了发电系统转换成电能的能力,或者超出了能量输出设施的传输或消耗能力,则可展开牵引件14,使得经受的牵引力增加,从而减慢旋转速度。这种牵引力将在牵引件14的路径上产生湍流,其中能量以热量的形式永久损失。然而,该牵引力也将增加涡旋的大小和动能,一些损失的能量将储存在涡旋中。

[0086] 其次,当储存的能量由于长时间的需求而被大量消耗而很少补充或没有补充时,可能会出现周围涡旋比飞轮1旋转得更快的情况。在这情况下,通过展开牵引件14以增加飞轮1上涡旋的切向牵引力,即与上述过程相反的过程,可以有效地回收飞轮储存能量中的一些。

[0087] 图3示出了如上面特别参照图2所讨论的入口12和出口13的侧视图。在所描绘的示例性配置中,入口12设置有喇叭口入口,该入口构造成使进入的流动平稳。如本领域技术人员将容易理解的,入口可以以其他方式配置。如图所示,入口12和出口13优选地容纳在平滑的舱中,以便最小化阻力。在一些配置中,这些舱可以是可缩回的,其中它们的缩回将为飞轮留下光滑的圆周表面,以在不使用舱时进一步限制阻力。

[0088] 该装置优选地配置成使得通过出口13的喷射流的速度可以变化。在一些示例性配置中,出口13可以可选地被分割成内径逐渐增加的两个或更多可伸缩部分,形成引流管,以在没有过度湍流损失的情况下使从出口出现的流动减速。图3示出了包含三个这样的部分的示例。在替代配置中,情况不必如此。特别地,可以有用于控制喷射水的速度的替代装置。

[0089] 如上所述,根据本发明原理的飞轮通常将被设计成在包括最佳切向速度 V_T 的最佳性能点或其附近运行。在这种情况下,来自出口13的流相对于飞轮1的排出速度可以被配置成使得其相对于其被喷射到的邻近水具有接近零的速度。这样的配置将使湍流损失最小化。然而,当飞轮1远离其最佳设计点运行时,可能希望加速飞轮1的旋转角速度,以减少或消除喷射流和涡旋中的水之间的速度不匹配,喷射流能够在涡旋中混合而没有不适当的损失。

[0090] 现在将更详细地考虑使用图3的示例性配置的速度控制。

[0091] 当飞轮已经达到其切向速度 V_T 的完全设计值时,从出口13喷出的水具有相对于周围的水速较高的相对速度可能是合适的。在这种情况下,只有舱的第一上游部分可以展开,并且出口的出口直径将是可用的最小直径。

[0092] 在启动时,当飞轮仍在缓慢旋转时,喷出的水和周围的水之间的速度失配要小得多,并且优选的是,在喷出的水进入周围的水中之前,允许喷出的水在较长的引流管中更加缓慢,以最小化能量损失。例如,在这里,所有三个部分都可以展开(如图3所示),以通过更紧密地匹配喷射水的速度和周围水的速度来最小化湍流损失。

[0093] 还有一种情况是,对于中等转速,只有两个部分适合展开。

[0094] 应该注意的是,如上所述,可以实施用于喷射水的速度控制的替代装置,如本领域技术人员将容易理解的,上述控制可替代地实现。

[0095] 图2示出了海床17。如果水很浅,底部间隙将受到限制,诱发的涡旋可能会造成侵蚀。这可以通过在安装前对该区域进行适当的岩石倾倒来避免。

[0096] 应该注意的是,在飞轮1的任何环形结构中,包括间隔开的悬垂的周向壁3、4,这些壁可以基本上彼此相同或者可以彼此不同。这些壁可以被认为包括内周向壁4和外周向壁3。内周向壁和外周向壁都可以包括单元7以允许它们被压载,内周向壁和外周向壁中只有一个可以包括单元,或者周向壁都不包括单元。内周向壁和外周向壁可以具有相同的厚度,也可以彼此厚度不同。在示例性配置中可以提供这些特征的不同组合。

[0097] 图4示出了一种示例性配置,其中外周向壁3的厚度大于内周向壁4的厚度。根据上述讨论,两个壁都具有压载的能力,尽管这不是必须的。

[0098] 因为外周向壁3处于飞轮的最大总直径处,因此外周向壁3做得更厚,其水下位移是维持飞轮的静液压横摇和纵摇稳定性的主要因素。内周向壁4是流体静力稳定性的次要因素,并且其厚度可以被选择为主要提供足够的结构强度,其中通过外周向壁的选定厚度已经更有效地提供了足够的流体静力稳定性。

[0099] 作为单独的考虑,同样适用于飞轮的所有环形配置,甲板5的厚度和构造可以变化。厚度可以设定为使其体积最大化,从而使其单元7中的压载水的质量最大化,以有效地增加能量存储容量。值得注意的是,作为气垫的优点,甲板和任何压载物的重量被均匀地支撑。这允许提供相对较轻的结构。气垫的均匀支撑使弯矩应力最小化。与没有这种均匀支撑的结构相比,气垫的应用使得飞轮的总成本降低。

[0100] 虽然不局限于图4所示的飞轮1的上述特征,但是图4的配置还示例性地公开了输出系统6,现在将进一步讨论该输出系统。应该注意的是,这种配置可以结合到包括替代构造的飞轮的替代装置中,例如本申请中其他地方讨论的那些飞轮。

[0101] 输出系统6包括集成模块,其中设置了电源管理系统。例如,这可以包括用于电力传输的常规电缆,例如但不限于高压直流电缆。它可以另外包括管道,例如但不限于钢制管道,用于当氢气可选地在集成模块中由电能产生时输出氢气。

[0102] 如图所示,这种类型的能量输出系统适于从固定结构输出,电缆可以固定在该固定结构上。例如,电缆可以通过穿过J形管向上拉而固定,或者在安装后附接到固定结构的支撑件或腿上。如果要提供管道,管道立管可以安装在固定结构上,以用于随后海底与管道的连接。管道也可以(如果管道直径较小)通过J形管向上拉。

[0103] 图5A公开了一种不存在固定结构的配置。例如,当水深足以以柔性电缆或柔性管道19的形式提供能量输出系统时,可以实施这种配置,能量输出系统具有足够的结构完整性以从飞轮到海床悬垂成悬链线。

[0104] 图5B示出了图4中的细节B。注意,在该示例性配置中,集成模块设有用于服务人员进入的直升机甲板。直升机甲板的提供完全是可选的。

[0105] 图6公开了另一替代方案,其中集成模块位于半潜式平台20上,该平台系泊在能量产生模块上。这种配置在深水环境中可能是有用的。在这种配置中,优选为半潜式平台提供支撑装置。在示例性描述的配置中,提供了铰接的系绳框架21。这优选地被配置为允许半潜式平台自由纵摇、横摇和升沉。它还可以被设置成通过服务人员和设备提供对飞轮1的进入。注意,还示出了能量产生模块的可选水平配置,其可以以本文讨论的各种替代配置来实现。

[0106] 图7公开了另一示例性配置,其包括飞轮1,该飞轮1的特征在于中心倒置的舱23。可以实现任何上述能量系统,并且该配置在这方面不受限制。中央舱23提供了施加压载的替代方式。在这种配置中,优选的是,舱23通过适当的径向延伸的流体运送构件24与飞轮结构的单元7的流体连通。在本配置中,这些包括管道。管道可以是辐条状的。进入舱23的液体将在离心压力下通过管道径向向外流动。如上所述,可以通过合适的出口或其他方式进行泄压。如同先前描述的配置,可以提供或不提供泵,该泵也可以充当涡轮机或者除了单独的涡轮机之外提供。

[0107] 一般来说,泵/涡轮机可以从任何装置中省略,以提高压载水的出口速度。这种配置提供了简化的辅助机械配合和减小的表面摩擦。

[0108] 图8示出了设置有系泊/支撑腿25的示例性配置。如图所示,这种系泊/支撑腿25可以连接到中心旋转接头(swivel)27上。无论如何,它们优选地基本上在飞轮1的平面覆盖区内部署到海床,以便提供紧凑的构造。

[0109] 图8还公开了机载模块26,其可以根据需要安装在任何上述装置上,但是特别是在具有机载能量产生的版本上。机载模块26可以根据需要容纳各种辅助机械装置和实用工具,在替代配置中,这些辅助机械装置可以另外容纳在集成模块中,或者另外定位/容纳。

[0110] 这种常规的辅助机械可以包括但不限于以下任何一种或多种:

[0111] o空气压缩机,用于控制气垫压力和体积,补充极端天气下或被吸收到海水中的结构下方损失的空气。

[0112] o电压控制,允许多种来源的电输入组合,并将其经济地输出到陆上电网。

[0113] o 紧急发电。

[0114] o 消防主泵。

[0115] o临时或永久的生活区。任何这样的载人空间都可以安装朝向飞轮中心轴倾斜的地板。倾斜角可以设置成使得重力和向心力的合力作用线模拟正常重力作用线,从而人员可以以目标圆周速度 V_T 而不受阻碍地四处移动。

[0116] o压载和/或去除压载泵。

[0117] o通信和AI辅助仪器和控制系统。

[0118] o电解装置,用于生产氢气并对其进行压缩和处理以供出口。如果需要,

[0119] 还可以干燥、加压和输出其同时产生的氧气。

[0120] 在包括旋转接头27的配置中,与上面的讨论一致,旋转接头27可以通过电缆和/或柔性氢气管道提供能量输出。它还可以被配置成提供从外部源输入的电能以存储为旋转动能。

[0121] 在优选的配置中,旋转接头包括浮箱30。浮箱30将优选构造为在使用中部分地浸没。

[0122] 浮箱30可以帮助支撑飞轮1的组成部件的重量。当提供浮箱30时,浮箱30可以帮助支撑一个或多个或所有以下组成部分的重量:旋转接头、直升机甲板31、辐条元件,其可以是如上所述的流体运送元件,或者可以替代地是如在所示的配置中的纯结构性元件。

[0123] 当提供系泊/支撑腿25时,浮箱30可以附加地或替代地配置系泊/支撑腿25,使得它们的作用线在与辐条元件相交的位置与旋转接头27相交。这种配置将使由于支撑/系泊腿限制的横向力而导致的辐条元件上的任何显著弯矩最小化。

[0124] 如所讨论的,飞轮1可以可选地设置有直升机甲板31。当设置时,直升机甲板可以安装在飞轮的中心。在具有辐条元件的配置中,这些辐条元件可以为直升机甲板31提供支撑,并且进一步提供进入设施的配置。例如,在飞轮的闭合圆形构造中,如图10A所示,可以简单地在甲板上标记直升机甲板。在足够大的飞轮中,如在本公开的范围内所预期的,将会有足够的畅通的通道以使直升机在其中心着陆。此外,在中心位置,旋转速度将足够低从而在飞轮运行时不会妨碍直升机的运行。例如,大飞轮完成一次旋转可能需要几分钟。

[0125] 图9示出了类似于图8的配置,即包括旋转接头27,但是还包括例如关于图7所讨论的中心倒置舱23。旋转接头27和舱23可以组合成单个单元。如同图7的配置,辐条元件优选地包括用于压载目的的管道。根据图8的配置提供系泊/支撑腿25。

[0126] 如上所述,并且本领域技术人员将容易理解,来自上述不同配置的不同特征/特征组合可以被组合/改变。特别地,结合特定配置的其他特征的特定特征的公开不将那些特征联系在一起。这些实施例是非限制性的,并且仅用于说明目的。

[0127] 图10A、图10B和图10C示出了飞轮结构的三种不同的示例性构造,其可以在包括上述关于所描述的配置所讨论的任何特征的配置中实施。

[0128] 图10A示出了封闭的圆形配置。这与上面讨论的飞轮的环形配置形成对比。与环形配置相比,封闭配置将产生更低的表面摩擦,因为它只有一个浸湿表面渗透。

[0129] 图10B示出了环形配置。如果它具有与图10A的闭合圆形配置相同的平面面积和质量,它将具有更大的能量存储容量,因为它的质量集中在其周边。

[0130] 图10C示出了分层环形配置。如果这与图10B的配置具有相同的平面尺寸,但是质量是图10B的两倍,则它将具有两倍的能量存储容量。

[0131] 然而,注意,任何飞轮配置的目标切向速度 V_T 可以被选择为具有类似的最大值,该最大值将外圆周和周围水之间的表面摩擦限制在合理的水平。例如,切向速度的上限可以设定为80km/hr。例如,如果如图10A所示的闭合圆形结构和如图10C所示的分层环形结构具有相同的切向速度 V_T ,则后者固有的能量存储优势由于其较大直径(假设是这种情况)导致其较低的旋转角速度而减弱。

[0132] 呈现图10A至图10C是为了帮助说明根据本公开的设计原理而不是限制性的。

[0133] 图11示出了示例性的、非限制性的飞轮的完整横截面。虽然飞轮是分层环形结构,但它不需要如此限制。它可以是环形的并根据任何一种上述配置形成。它也可以形成封闭的圆形结构。

[0134] 图11A示出了一种陆上配置选择,其中飞轮的内圆周和外圆周的下端浸没在分离的在平面图中完全是圆形的槽33、34中。

[0135] 图11B示出了另一种陆上配置选择,其中飞轮末端浸没在单个槽35中。

[0136] 这两个选项之间的选择是一个经济问题。例如,分离的槽可能比单个槽需要更少的现场挖掘。然而,在包括分离槽的装置的两个同心槽之间的暴露地面上,可能需要气密封闭,以经济地维持气垫所需的目标蓄水高度(target head)。如本领域技术人员容易理解的,槽可以以任何合适的常规方式构造。

[0137] 注意,与离岸飞轮不同,因为陆上配置中的水的体积可能是分离的体积,所以可能并且可能希望向水中添加减少摩擦的化学物质,例如但不仅仅是长链聚合物,以减少飞轮上的牵引力或者增加目标切向速度 V_T ,从而提供更大的能量存储容量。

[0138] 还要注意的,通过选择飞轮的高度,使得在飞轮下进行挖掘以提供离地间隙,其提供的挖掘材料量足以建造支撑外部分离槽的路堤,可以提高场地的经济性。

[0139] 可以提供多个能量产生模块。可以提供三个或更多等间距的能量产生模块,它们通过合适的支撑结构周向和径向保持就位。能量产生模块的竖直高度可以通过飞轮的位置来控制。支撑结构也可以被构造成将飞轮保持在平面位置上。

[0140] 而示例性的陆上配置是环形的。它同样可以包括封闭的圆形结构。

[0141] 值得注意的是,在陆上情况下,闭合环形配置、环形配置和分层环形配置之间的比较经济学指标不同于控制海上配置选择的指标,原因包括:

[0142] o通过具有大约1500米的最小总直径以减弱入射波浪能量对飞轮的影响的必要性不再适用。较小的直径可足以满足陆上飞轮的现场要求。

[0143] o只需要最外面的单独的槽。

[0144] o当气垫延伸到飞轮的整个平面区域时,遮蔽的区域可以大得多。

[0145] 对于海上设施,仍然存在其他系统和考虑,并且应当注意,如本领域技术人员将容易理解的,所公开的海上设施的装置的各个方面可以引入到陆上装置中。虽然简要提及,但迄今为止,该装置主要是针对外部产生的能量的存储进行讨论的。参照图12至图20,将考虑使用该设备发电。该设备可以配置成从风中产生动力,其中风向飞轮提供旋转动能,且在没有任何转换的情况下进行存储。

[0146] 为此目的,根据本文所述的任何配置的飞轮1可以设置有多个附接于其上的帆37。帆可以安装在飞轮的甲板5上,从而实际上形成了大型横流式风力涡轮机。它们可以以其他方式安装。如本领域技术人员将理解的,任何这样的帆可以采取多种构造。下面讨论一些非限制性的示例性帆的配置。

[0147] 图12A示出了设有帆的一个示例性配置。优选地,这种配置包括连续可变的帆的几何形状。在本示例性配置中,提供了单个柔性帆,其可以在水面上方以微小增量扭转成相对于任何高度处的主导风向的最佳迎角。

[0148] 这种配置精确地考虑了不同高度上连续变化的风速和风向。这种变化是自然发生的,但也是横流式涡轮机气流的特征。在该示例性配置中,存在优选为刚性的竖直桅杆38。考虑到桅杆所承受的来自帆的风力载荷,从而桅杆可被分成多个节段。节段的数量可以根据每个桅杆节段的最大容许弯矩和轴向欧拉屈曲能力来确定。

[0149] 图12A示出了包括两个这样的节段的配置,可以理解的是,与上面的讨论一致,根据本原理提供的任何配置中可以有更多或更少的节段。每个这样的节段的竖直长度优选地通过提供万向接头来增加,在该万向接头处,该节段连接到飞轮或另一节段,这将基本上消除这些相交点处的弯矩。每个节段可以通过索具39周向和径向向内限制在平面内并且通过索具40径向向外限制,其中索具39可以优选是斜的,并且索具40可以基本上是水平的。

[0150] 可以提供合适的仪器/传感装置,用于确定在每个高度增量处连续可变帆的几何形状的最佳迎角和/或翼型形状,和/或桅杆节段长度增量处的应力水平。如本领域技术人员将容易理解的,可以采用与那些在先进航空实践中使用的AI系统相当的AI系统。

[0151] 图12B示出了与图12A相似的帆配置。图12B的配置也包括多个帆节段。然而,在这种配置中,展开了多个刚性的帆节段。每个节段可以例如以常规的飞行器机翼结构的方式

配置。通过提供刚性的帆节段,不需要单独的刚性竖直桅杆,尽管具有这种桅杆的配置是可能的。每个单独的帆节段可以独立旋转,以使其与整个长度上的平均风速和方向一致,从而在该节段上提供最佳的可用方向和升力大小。节段的数量越多,帆节段将能够越精确地跟踪每个高度增量处的主导风速和风向。图12B以举例的方式示出了四个这样的节段。但并不局限于此。可以提供更多或更少的节段。如图12A所示,索具39、40用于支撑帆结构。考虑到要实施的节段的数量,增加帆的节段数将增加所需的索具。随着索具的增加,阻力也会增加。取得有效的平衡是希望的。

[0152] 如同图12A的配置一样,可以提供合适的仪器/传感装置用于输入到帆的控制系统。可以再次采用AI系统。

[0153] 图13示出了图12A配置的平面图。应当注意的是,图13中部分示出了两种可选的示例性的索具选项,分别标记为A和B。应当理解的是,这些是可选的,其中,一项仅针对每个提供的桅杆相关实施这些索具配置中的一种。根据配置A,每股索具39延伸到飞轮的中心。在配置B中,每股索具39延伸到从飞轮的中心径向向外处被支撑。可以为此目的提供合适的支撑结构。当然,在飞轮不是环形的配置中,顶部甲板将可用于安装索具支架的端部。实际操作中成本和阻力的比较经济学可能会决定任何给定设计的优选索具配置。此外,本领域技术人员将容易理解A和B的替代配置。如上所述,如本领域技术人员将理解的,这些配置纯粹是示例性的,并且可以以多种方式改变或修改。

[0154] 注意,可以提供设施,以便可以调整索具电缆的长度,从而安全地将整个帆和索具设施根据需要径向或周向平放在飞轮的甲板上,以便维护和随后返回到所示的操作配置。

[0155] 图14是说明连续可变帆的几何形状(如图12A所示)和刚性的帆节段(如图12B所示)的翼型形状可以反转并且也采用相对于箭头所示的平均风向对称的形状。

[0156] 从风向来看,不管它们的具体构造如何,帆节段可以被配置成采用所示的翼型形式,由此飞轮形状的远端半扇形和近端半扇形中的帆节段有助于顺时针旋转。在较近的和较远的半扇区的结合处的帆形节段优选地为如图所示的对称过渡形状。左侧末端帆节段优选地与风向成直角,以有助于顺时针旋转。右侧末端帆节段优选地具有在风向上观察的对称过渡形状,以直接面向风向,从而最小化其阻力。

[0157] 注意,每个翼型截面的方向和形状优选地不是简单地通过控制系统最大化,以给出最大的横向升力,其中控制切向速度的参数可以是横向升力围绕中心竖直旋转轴的力矩。因此,控制系统优选地连续计算并最大化围绕中心轴线的升力和围绕中心轴线的力矩臂的乘积,并相应地调整翼型形状和方向。由此可见,控制系统可以被配置成设定产生小于最大升力但在较大的力矩臂方向上的迎角。

[0158] 现在参照图15至图18,示出了用于将帆定向在其适当的形状和方向的控制系统的机械部件的示例性、非限制性配置。所公开的系统可以在连续可变帆的几何形状或刚性的帆节段方面实施。它是在刚性竖直桅杆的背景下描述的,但是可以适当地适用于省略桅杆的配置,例如但不限于包括刚性的帆节段的配置,如上所述。如本领域技术人员将容易理解的,许多替代的机械配置将是可能的。

[0159] 图15A公开了围绕刚性竖直桅杆38的短的翼型形状控制缸(aerofoil shape control cylinder)41。如图所示,翼型形状控制缸41承载球面轴承42,并且可以通过安装在刚性竖直桅杆38的衬套中的致动器43相对于刚性竖直桅杆38在任一方向上旋转,以便驱

动与相对的齿条啮合的齿轮44。翼型形状控制缸41保持与两个或多个惰轮45同心并由两个或多个惰轮45支撑。液压供应和回流管46在从电缆接收的信号的控制下为整个系统的所有元件提供动力。状态反馈信号也通过电缆传回。优选地利用AI实现所有控制系统元件的计算机化管理,计算机化管理是可以适当地容纳在集成模块或机载模块26中的设施之一。

[0160] 图15B公开了提供围绕翼型形状控制缸的同心的较短的帆定向缸(sail orientation cylinder)47。通过安装在刚性竖直桅杆中的致动器,帆定向缸可在任一方向上旋转,并且由多个、优选至少三个惰轮支撑并保持同心。

[0161] 图16公开了一种示例性配置,其中翼片定向缸47承载翼片轮廓拉伸器48。翼型鼻形剖面仪49安装在包含伸缩部分50a的支撑臂50上。支撑臂安装在承载在帆定向缸上的耳轴上,并滑动穿过承载在球面轴承42中的衬套。

[0162] 图17示出了图16中的截面“A-A”,并以正视图示出了图16中平面图所公开的相同部件。

[0163] 注意,在图15至图17中公开的完整组件可以安装在高度频繁增加的地方,在该地方展开连续可变的帆几何形状。相反,在使用刚性的帆节段的情况下,一个完整组件可以安装在,例如,在每个刚性的帆节段的底部。

[0164] 图18A、图18B和图18C示例性地公开了与上面图14的讨论一致的翼型截面的三种可能的关键形状的细节。

[0165] 在一个优选的示例性配置中,翼型截面的前缘可由坚固的织物制成,该织物在翼型截面的上表面和下表面上附接到帆形轮廓拉伸器,该帆形轮廓拉伸器本身由薄的柔性材料制成,例如但不限于钢板、铝、塑料或复合材料。翼型截面还可以包括如图18所示的延伸回到后缘,并且竖直延伸到连续可变的翼几何形状或刚性翼截面的整个表面上的翼剖面拉伸器。可选地,翼型截面的后部也可以由坚固的织物制成,在这种情况下,可以另外安装类似的机构,例如如图16和图17所示的用于改变翼型截面的前部主体的机构,从而改变翼型截面的后部主体的形状。

[0166] 一个可选的示例性优选解决方案包括帆形轮廓拉伸器,该拉伸器继续向后延伸到后缘以分段,并且以类似于虚线所示的飞行器翼上的襟翼的方式安装在最末端部分的致动铰接部分上。

[0167] 为了在任何给定高度旋转图14所示的平面中的任何帆,但不改变其翼型的形状,致动器和致动器可以一致地操作,使得它们之间没有相对旋转。为了改变翼型截面的形状,操作致动器43或致动器53,以在翼型形状控制缸和帆定向缸之间产生相对旋转。这种相对转动如图16所示,使翼型头部形状剖面仪在任一方向上移动。为了避免形成翼型截面前缘的柔性织物上的磨损,翼型鼻部形状轮廓可以被配置成顺时针或逆时针方向旋转。柔性织物可以由安装在支撑臂中的伸缩部分容纳。

[0168] 在控制系统如此要求的情况下,被致动的铰接部分可以同时展开以进一步改变翼型部分的形状。

[0169] 图19公开了一些示例性的、非限制性的措施,这些措施可以用来提高根据上述任何一种配置的飞轮的损坏稳定性。应该注意的是,图19以正视图示出了环形飞轮的两个不同部分的截面。

[0170] 图19首次示出了由形成“双层壳体”的蜂窝状结构所提供的任何飞轮的基本上优

越的固有对损坏的稳定性。两个分隔的表面被破坏以致使空气逸出。通过将选定的径向单元壁56和周向单元壁54延伸到甲板水平以下但高于气垫的下边界,形成开放单元周向壁和开放单元径向壁,稳定性可以获得进一步的增强。除了由于任何原因已经向大气开放的一个或多个单元情况之外,在气垫被释放到大气中的情况下,飞轮的干舷(freeboard)将随着其在水中的位置降低而减小,直到开放单元周向壁和开放单元径向壁进入水面的位置,并且它们捕获的空气压缩到浮力平衡的点。许多完整单元中多个气垫将被设计为提供足够的波浪作用顺应性,足以维持足够的(尽管减小的)干舷,以便足够长的时间减轻破坏性弯矩,以将损坏的飞轮恢复到浅水中,并进行必要的修理。

[0171] 当损坏时,可以通过将一个或多个周向单元55的壁向下延伸穿过气垫进入下面的水中来提供进一步的完整性。这将隔离环形圈或减少意外地向大气开放的环形圈的气垫损失,并限制受损情况下的随后的干舷减小。然而,在操作期间存在增加的表面摩擦损失。

[0172] 图19还使用倒三角形符号表示所有图上的水位,并示出自由水面和气垫表面之间的水面差为H。

[0173] 图20在平面图中示出了两个概念上的飞轮,闭合的圆形配置和环形配置。如参照图19所讨论的示例性的、非限制性的开放单元周向壁和开放单元径向壁。

[0174] 在前面描述的背景,可以设想许多进一步的配置。参照图21至图23所讨论两个优选但非限制性的例子。必须注意,这些配置的方面可以与任何上述配置的方面相结合。所示的例子不是限制性的。举例来说,图21和图22的飞轮配置可以用来代替任何上述配置中的可选飞轮结构,和/或任何这些飞轮的任何特征可以引入根据这里讨论的配置的飞轮中。此外,参照图12至图20讨论的任何发电装置都可以用根据下面的讨论配置的飞轮来实现。

[0175] 图21和图22分别以正视图和平面图示出了封闭的飞轮配置。飞轮1具有环形结构。然而,圆环的开口中心被盖60封闭。盖的形式没有特别的限制。在示例性描述的配置中,它采用轻质气密盘的形式。随着圆环的中心被封闭,可以提供单个周向壁3。这与先前描述的环形结构形成对比。然而,应该注意的是,诸如这里讨论的盖可以与上述任何环形飞轮一起使用,或者与包括一对周向壁3、4的任何其他形式的环形飞轮一起使用。优选使用单个从属周向壁3,因为它有助于减少来自水的表面摩擦阻力。

[0176] 盖60可以是蜂窝状的。这允许刚性轻质结构。此外,蜂窝盖可以被压载,与上面关于压载的讨论一致。具有压载的盖增加了能量存储容量,可能增加了盖的自重以更紧密地平衡气垫中的空气压力,使盖在操作中受到相对较轻的压力。盖的替代结构包括但不限于由钢或其他材料形成的轻质框架,用钢、混凝土、玻璃增强塑料、气密织物或其他合适材料的气密外壳封闭。

[0177] 以这种方式采用环形飞轮的封闭盖配置可以显著减小气垫厚度,从而最小化相关的壁深度及其浸湿表面积。

[0178] 从属的周向壁可以在离圆环的外周相当大的距离处呈阶梯状,即周向壁可以从飞轮的外周径向地向内转移。这是有益的,因为如图22所示它的作用是减少其圆周长度,从而减少表面摩擦阻力,同时保持足够的流体静力稳定性。然而,在替代配置中,周向壁可以设置在外围。圆环和中心圆盘优选地配置成保持在水面上方一段距离,该距离足以减小波浪冲击。

[0179] 图23示出了图12中索具装置的第三优选示例C。这种配置对应于以下观察结果,

即在实践中,桅杆之间的间距可能比图13中图示的要近得多,因此,每个桅杆的斜索具将与几个相邻桅杆的斜索具重叠,形成一组缆索,并可能在帆上形成尾流阴影,这可能在某种程度上限制它们的空气动力学性能。如图23所示,通过将桅杆排列成不同半径的若干排,并用水平索具在周向和横向支撑它们,可以显著减少斜索具支腿的数量。整体上,水平索具的相应的增加远小于斜索具的减少,从而节省了牵引力和成本。如本领域技术人员将容易理解的,许多替代的桅杆和/或索具配置也是可能的

[0180] 此外,在图23的配置中,水平索具投射尾流阴影,在竖直相邻的帆之间的接合处的水平处形成水平圆盘,这几乎不会破坏帆上的气流轮廓,从而提高性能。由于一个完整的水平索具模式比斜索具更大程度地位于共同的湍流尾流中,因此每个水平索具水平处的线缆也将比斜索具产生更小的单位长度阻力。

[0181] 示出的桅杆从圆环的外圆周以距离W步进。距离W被选择为足够大以向斜索具提供合理的几何形状。进一步增加W减少了可以安装的桅杆的数量,并且减少了围绕飞轮竖直轴的帆的升力的杠杆臂。如本领域技术人员将会理解的,距离W将会根据具体的实现来达到适当的平衡。

[0182] 参照图24,示出了包括可选流体密封件的装置的配置的局部剖视图,该装置特别适用于陆上配置。流体密封包括分段迷宫。在本配置中,迷宫由多个互锁单元形成,每个单元由从飞轮1悬垂的从属壁70和与从属壁70相对突出的面对壁71形成。在所示的结构中有四个互锁单元。应当理解,在替代配置中可以提供更多或更少的互锁单元。如图24所示,每个互锁单元对在从属壁70和面对壁71之间截留的水或其他流体F产生了水头差(head difference)K。累积形成的水头差等于气垫中的压头。在图24中,有四个单元,气垫压头等于4K。从属壁70和面对壁71周向延伸。如本领域技术人员将容易理解的那样,从属壁70和面对壁71在材料或形式方面没有特别限制。虽然从属壁70被示出从飞轮1的周向壁3悬垂,但是在替代配置中,周向壁3可以被省略,从属壁70直接附接到甲板5的下侧82。面对壁71可以连接到合适的基座72上,该基座可以是混凝土或其他材料。迷宫式密封中的流体F将气体截留在开口2中以限定气垫。飞轮1可以任何组合结合上述飞轮的任何特征。在一个优选的例子中,飞轮可以是带有盖的环形,采取如参照图21讨论的飞轮1的形式。当然,它也可以以其他方式形成。

[0183] 图24还示出了用箭头80表示的可选的流体注射口,其可选择地定位成在迷宫周边的适当点处将流体注射到密封迷宫的所有或选定单元中,以提供所需的操作功能,包括但不限于以下功能:

[0184] • 通过将水泵入选定的迷宫式单元或从迷宫式单元排水,保持每个单元中的最佳水头差K。

[0185] • 通过将压缩空气泵入选定的迷宫式密封室或从其中释放压缩空气,保持每个单元中的最佳水头差K。

[0186] • 从所选择的迷宫式单元中排出因流体摩擦而产生的过多热水,并用冷水代替热水。

[0187] • 将流体减阻化学品注入选定迷宫式单元的水中。

[0188] 在替代配置中,可以省略流体注射端口80。

[0189] 图24中还示出了可选的磁悬浮("MAGLEV")单元81,如本领域技术人员将理解的,

该单元可以提供期望的操作功能,包括但不限于以下功能:

- [0190] • 通过感应的切向扭矩将电能输入转化为储存的机械能。
 - [0191] ●相反地,通过感应的切向扭矩将储存的旋转机械能转换成电能输出。
 - [0192] • 提供额外的竖直支撑来补充气垫所提供的支撑。
 - [0193] ●将整个飞轮组件的竖直和水平位置保持在足够紧的范围内,以便于在实际公差范围内进行构造。
 - [0194] ●限制整个飞轮组件产生共振的任何趋势。
- [0195] 应当理解,磁悬浮单元81的图示配置纯粹是示意性的,不应当被视为限制性的。如本领域技术人员将容易理解的,磁悬浮单元81可以采取任何合适的形式。所示的用于旋转顶部和固定下部之间的界面的倒“V”形仅仅是提供竖直和水平支撑和对准的许多可选构造中的一种。其他这样的可选配置包括但不限于分离的竖直和水平磁悬浮单元,或者其中一个这样的分离单元是磁悬浮单元而另一个是常规机械配置的配置,围绕磁悬浮单元81的整个外围形成大圆锥或倒圆锥的平截头体的对角界面,直立的“V”形,“W”或“M”形。
- [0196] 应当理解,可以省略磁悬浮单元81,或者此外,可以集成到省略迷宫式密封的替代配置中,如本领域技术人员将理解的。
- [0197] 当在本说明书和权利要求中使用术语“包括”和“包含”及其变体意味着包括指定的特征、步骤或整体。这些术语不应被解释为排除其他特征、步骤或组件的存在。
- [0198] 在前面的描述或下面的权利要求或附图中公开的特征,以它们的特定形式或以用于执行所公开的功能的装置或用于获得所公开的结果的方法或过程来表达,适当地,可以单独地或以这些特征的任何组合来用于以其不同的形式实现本发明。
- [0199] 尽管已经描述了本发明的某些示例性实施例,但是所附权利要求的范围并不旨在仅局限于这些实施例。权利要求应被字面地、有目的地解释,和/或包含等同物。

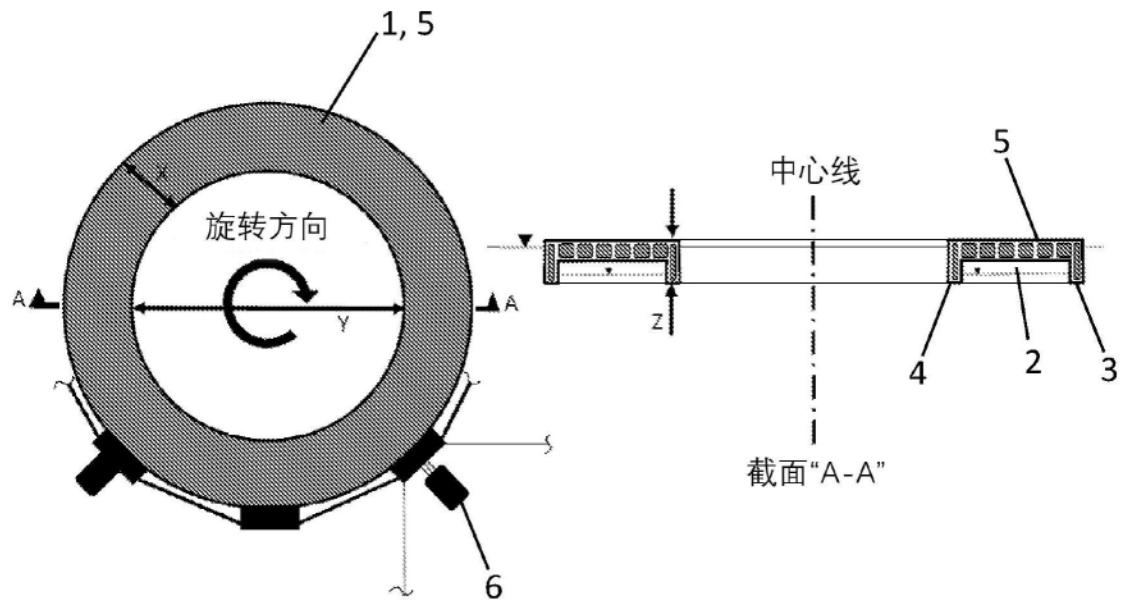


图1

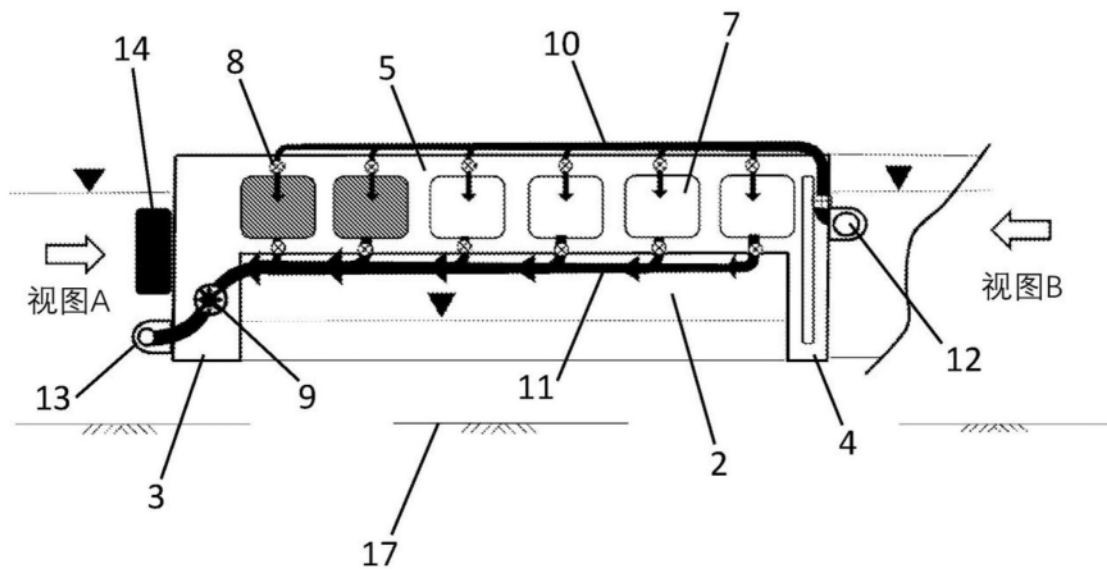


图2

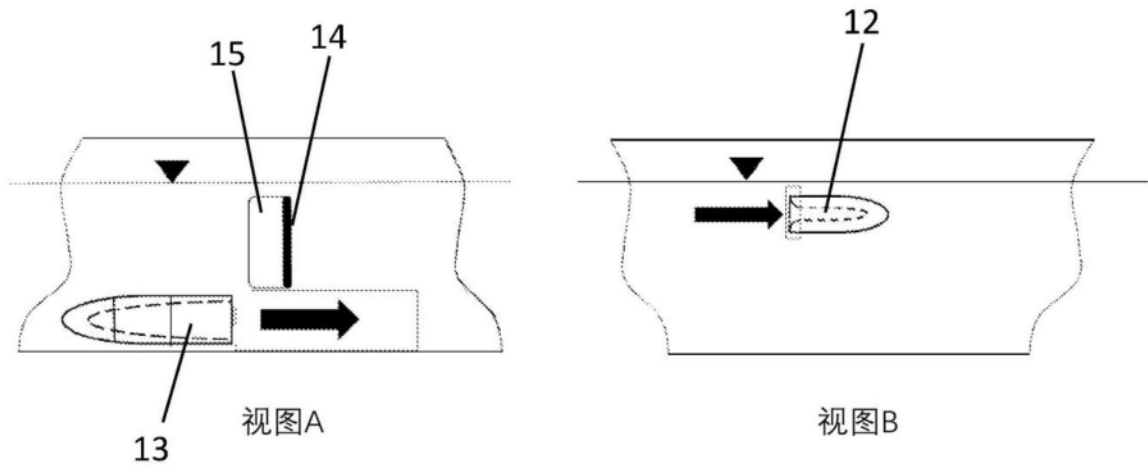


图3

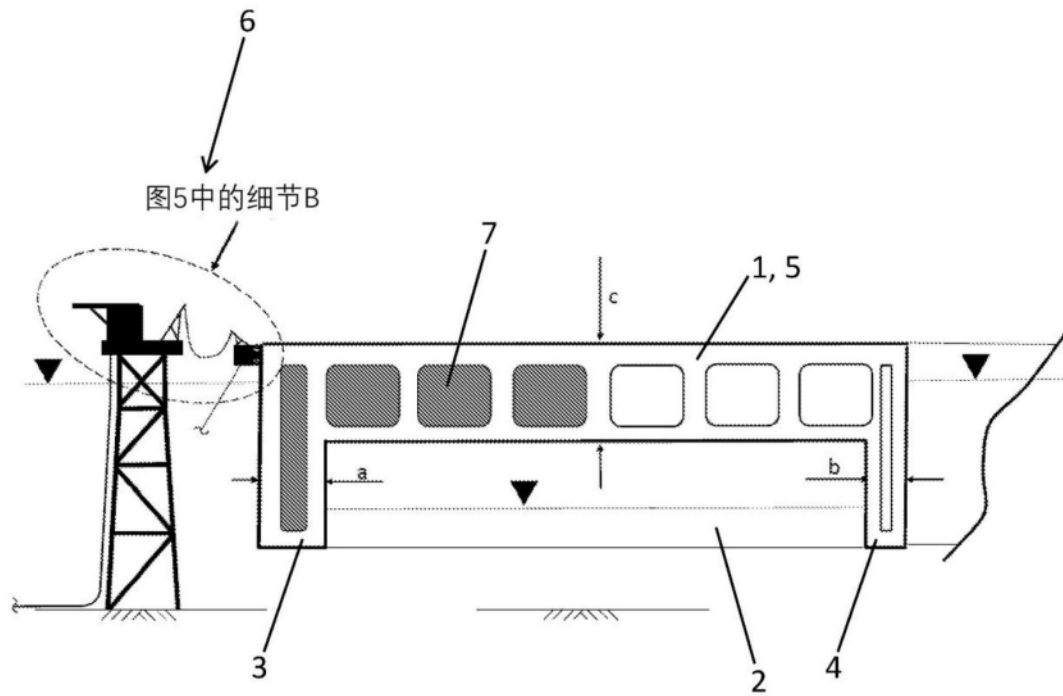


图4

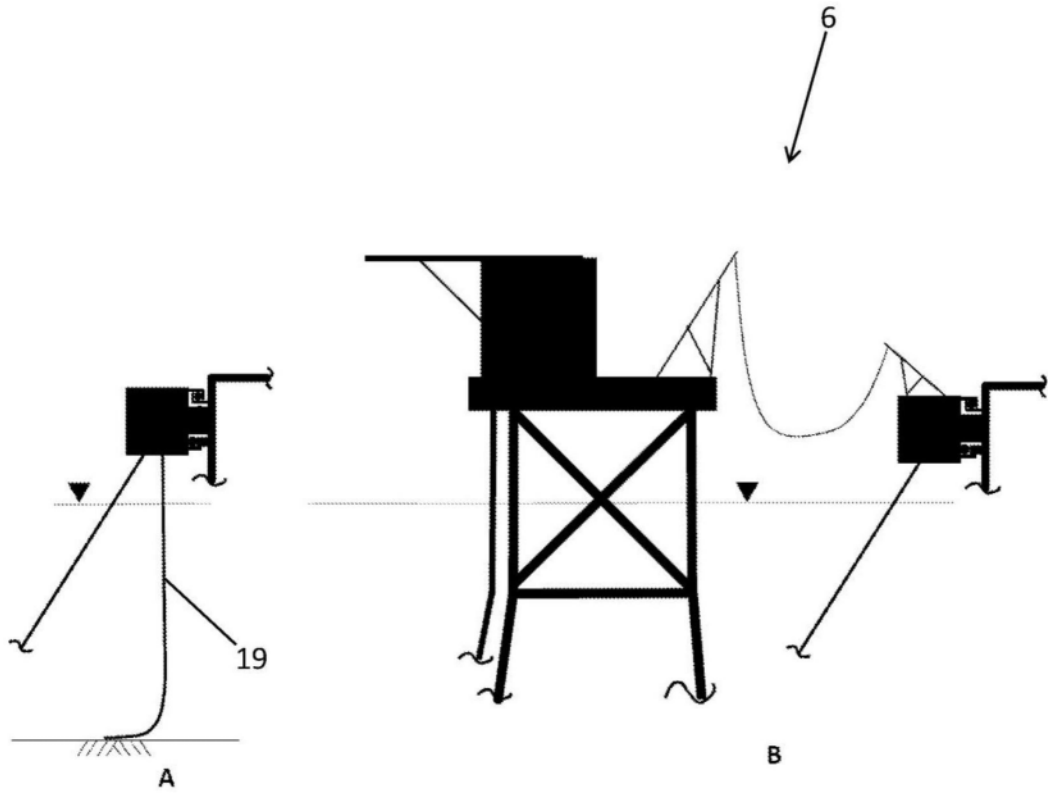


图5

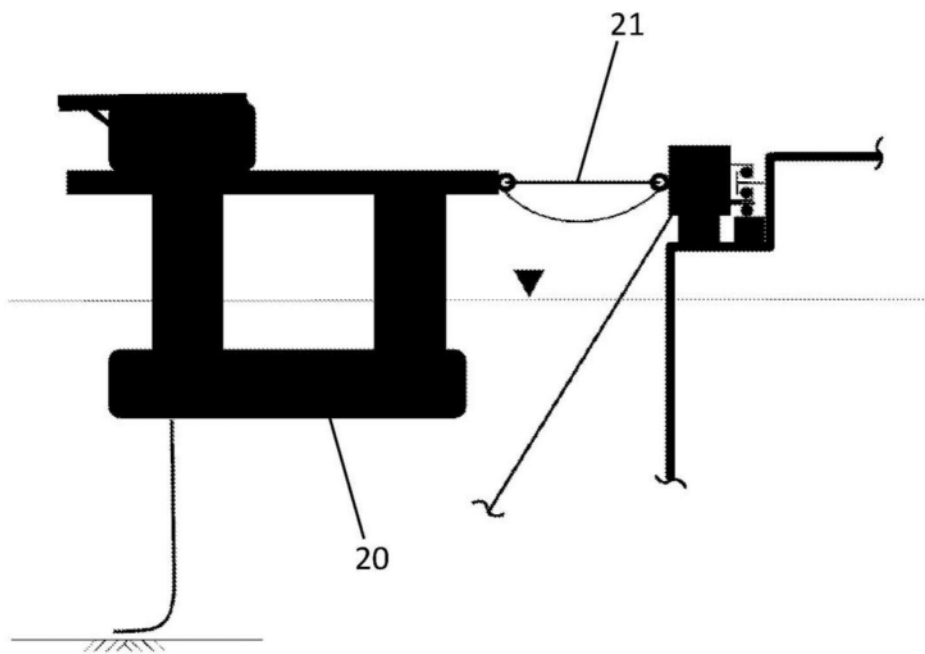


图6

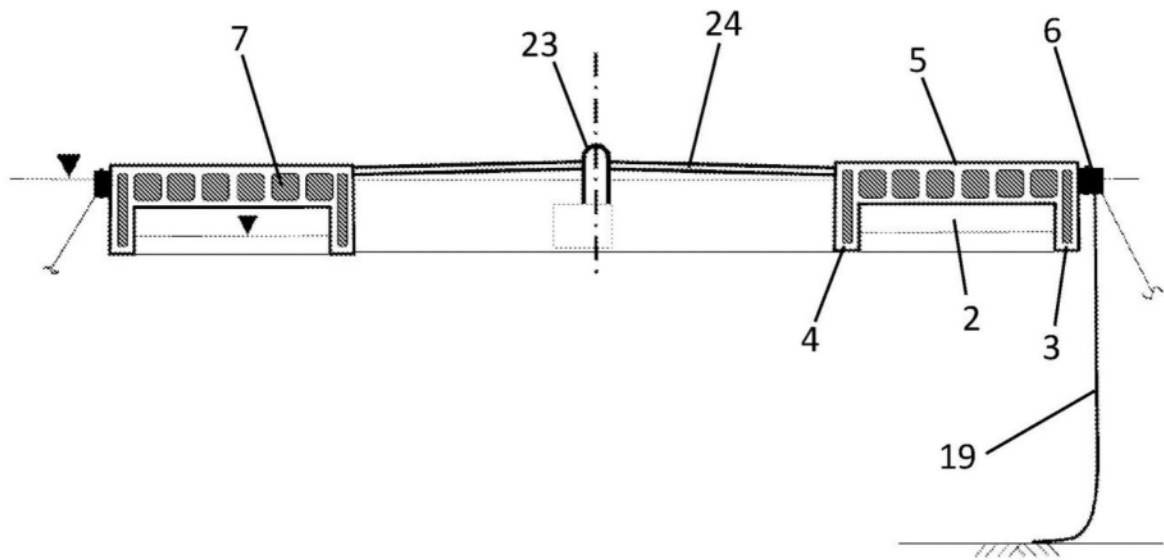


图7

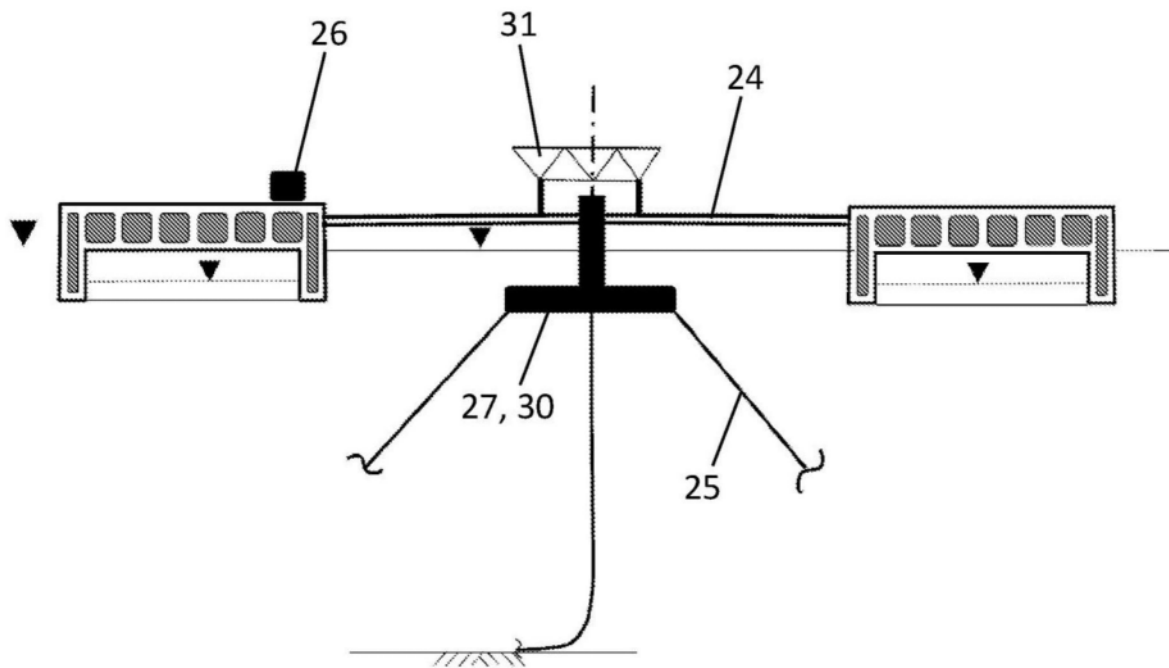


图8

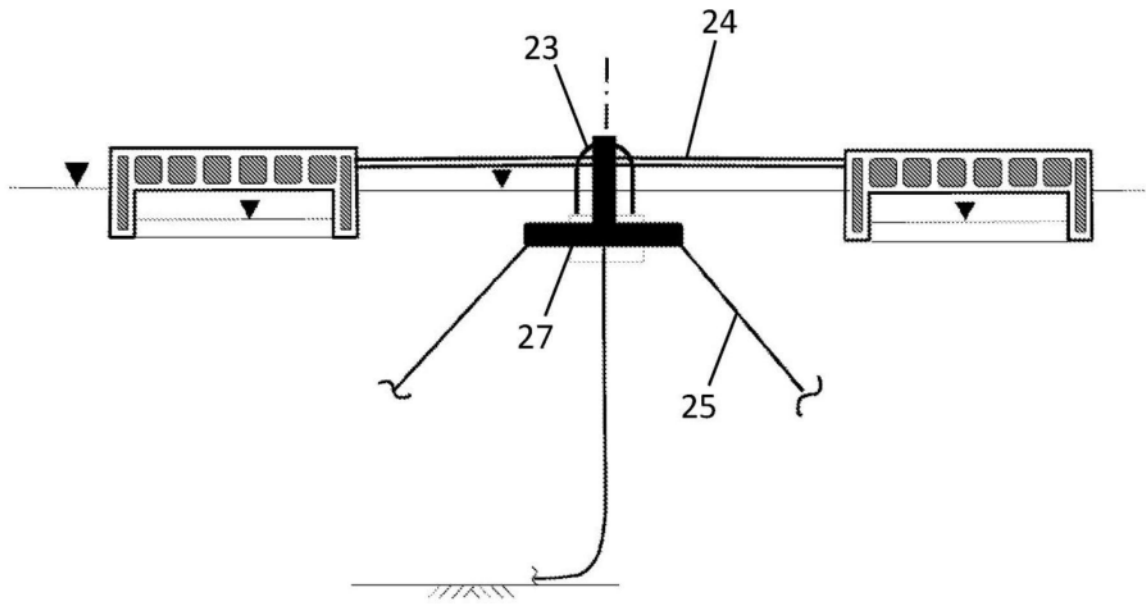


图9

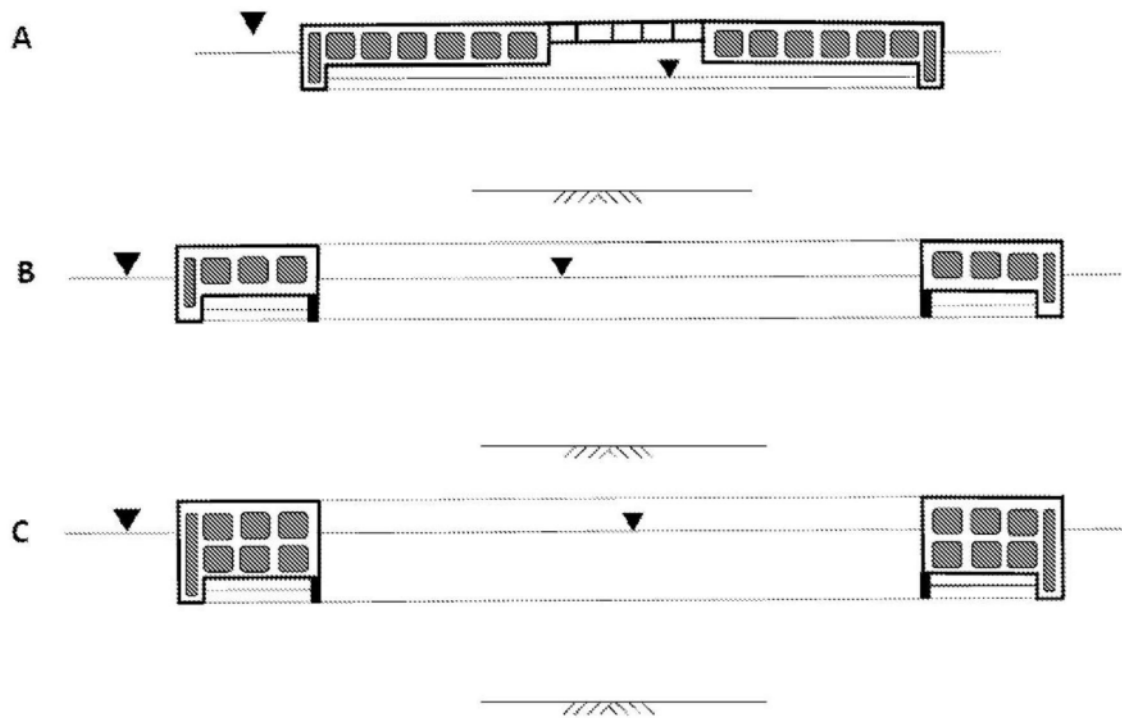


图10

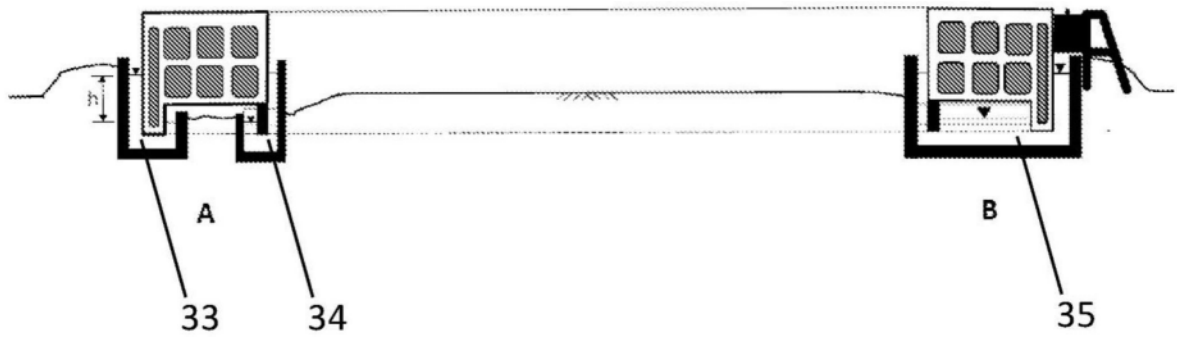


图11

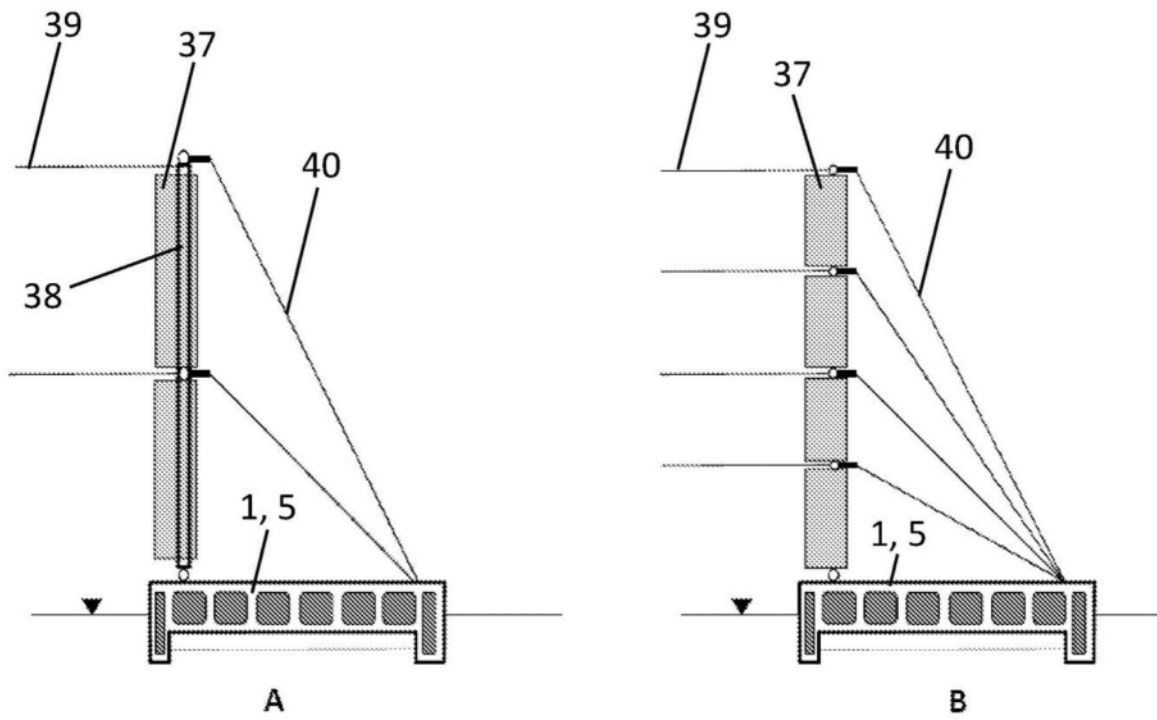


图12

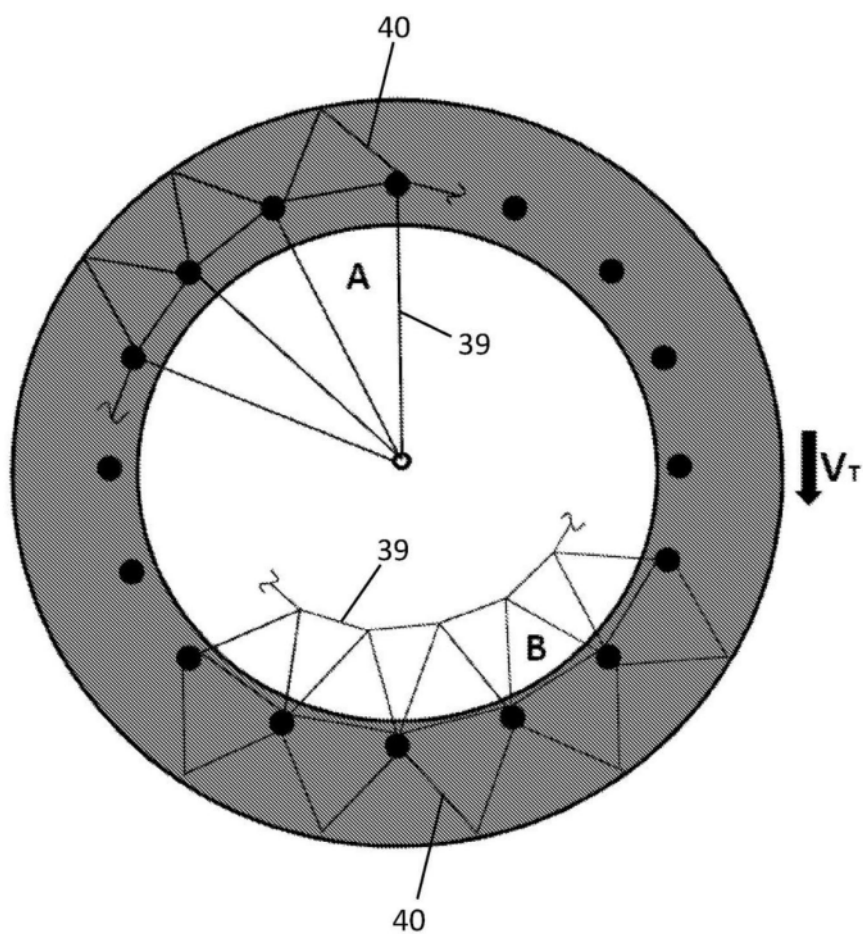


图13

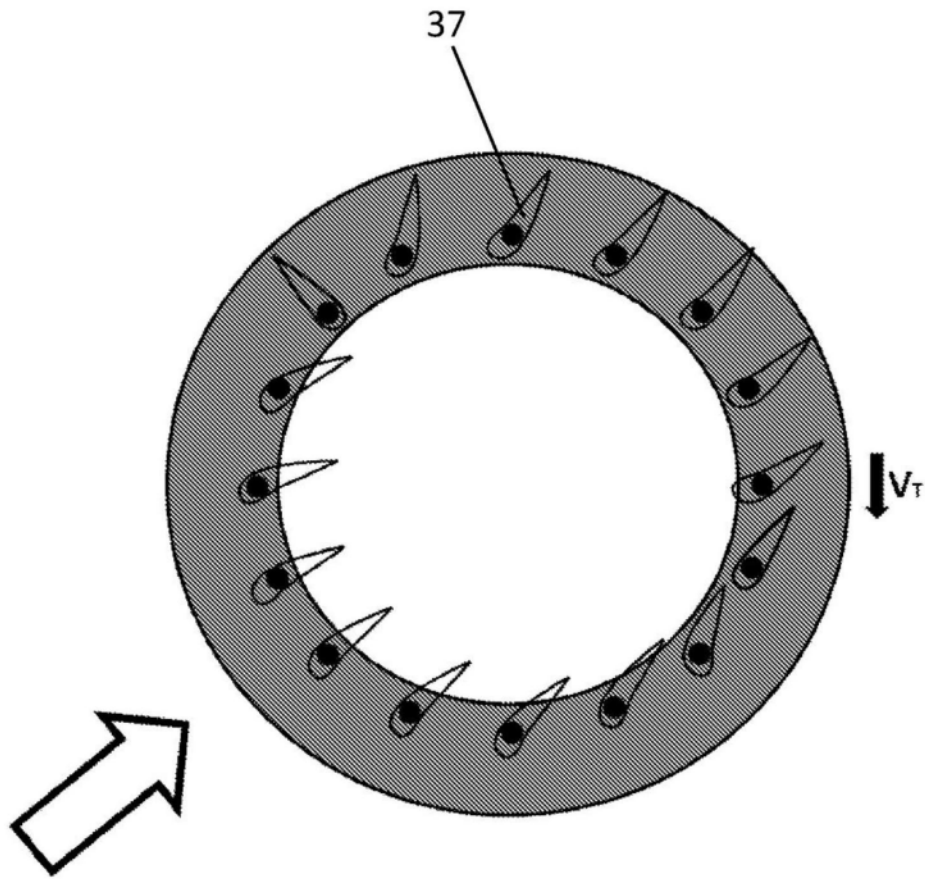


图14

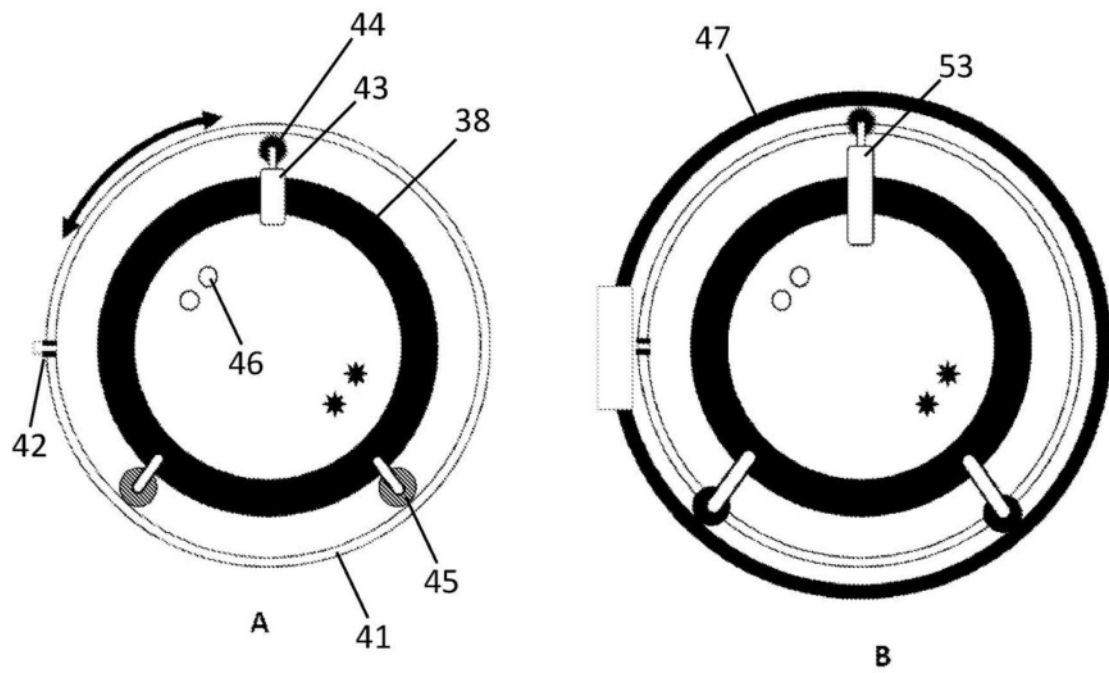


图15

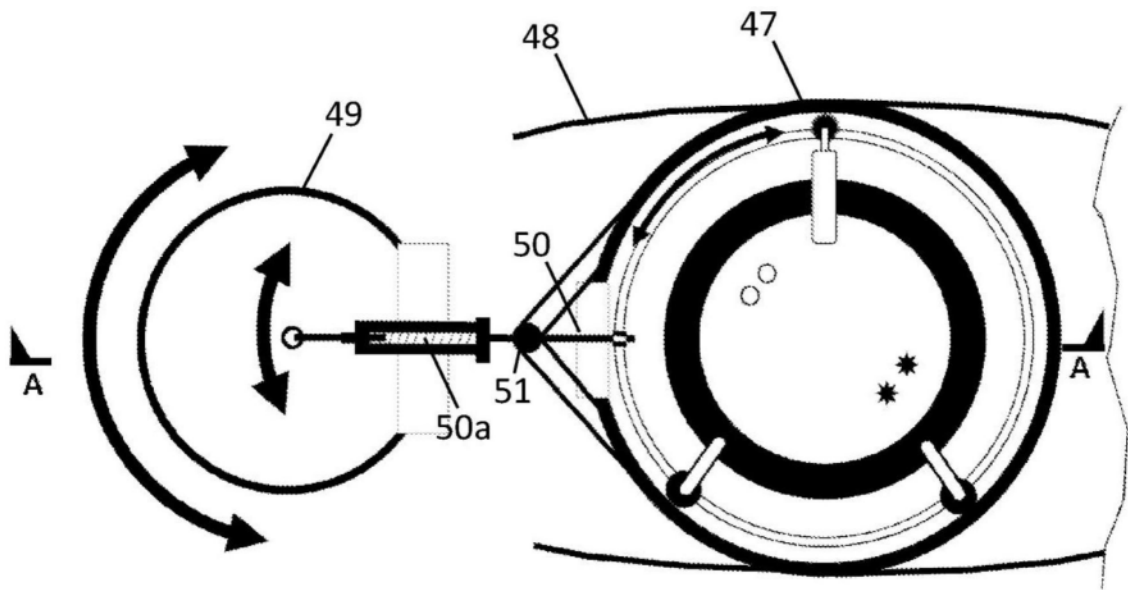


图16

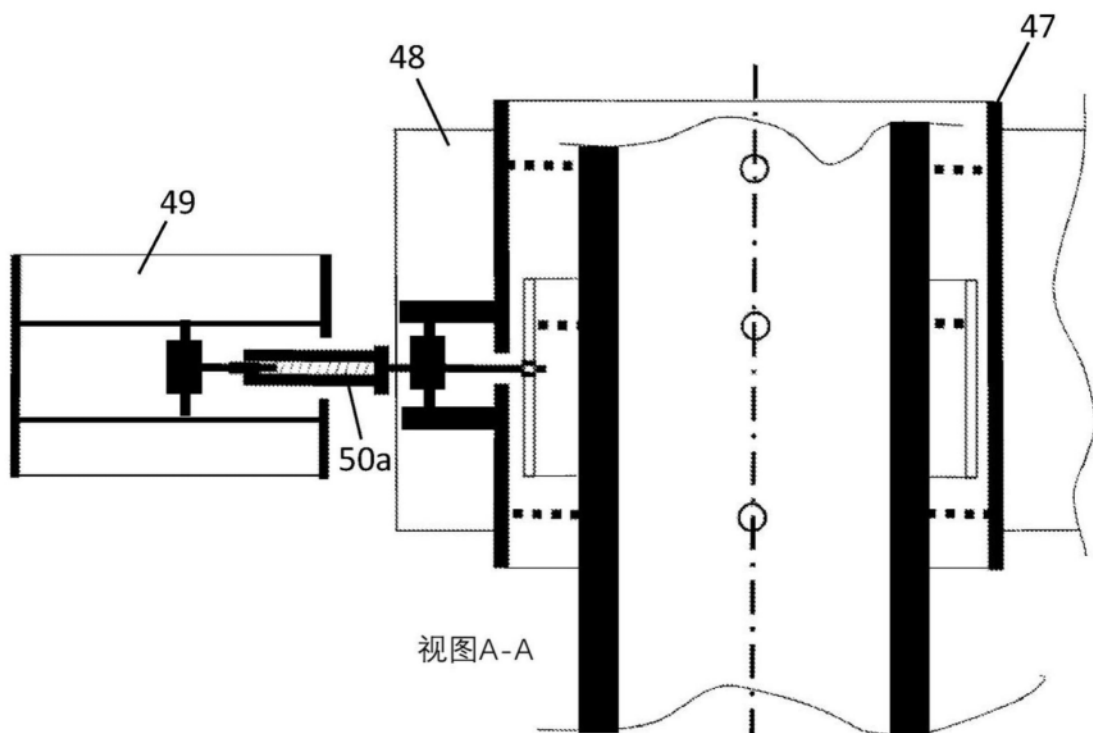


图17

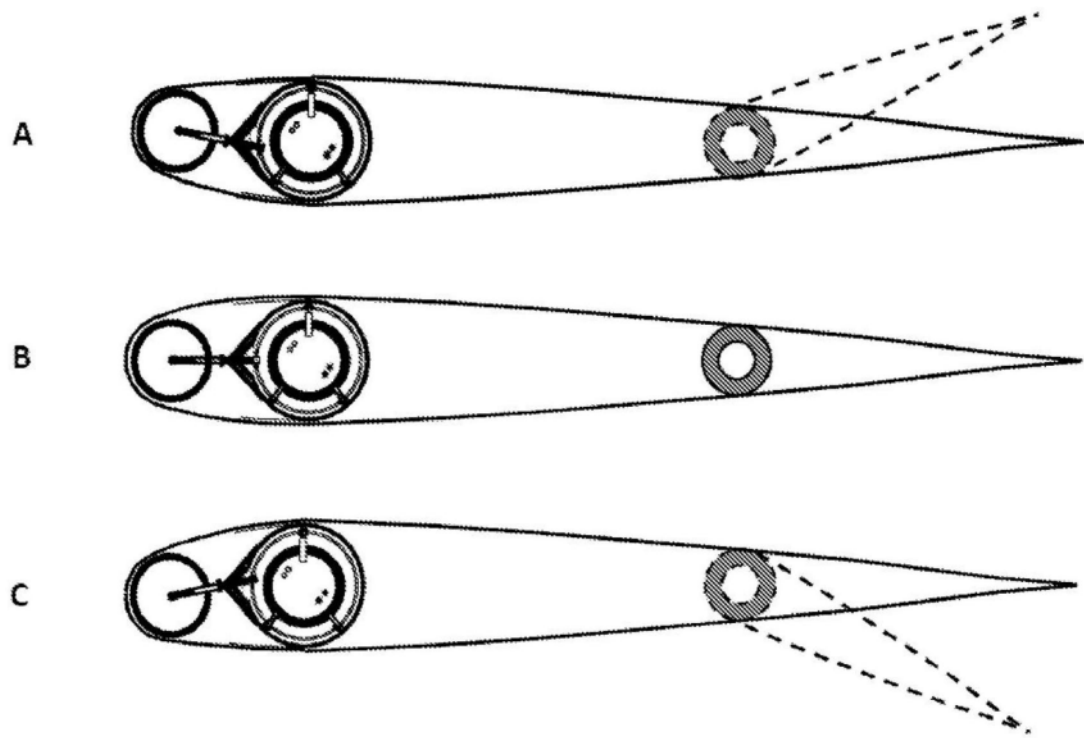


图18

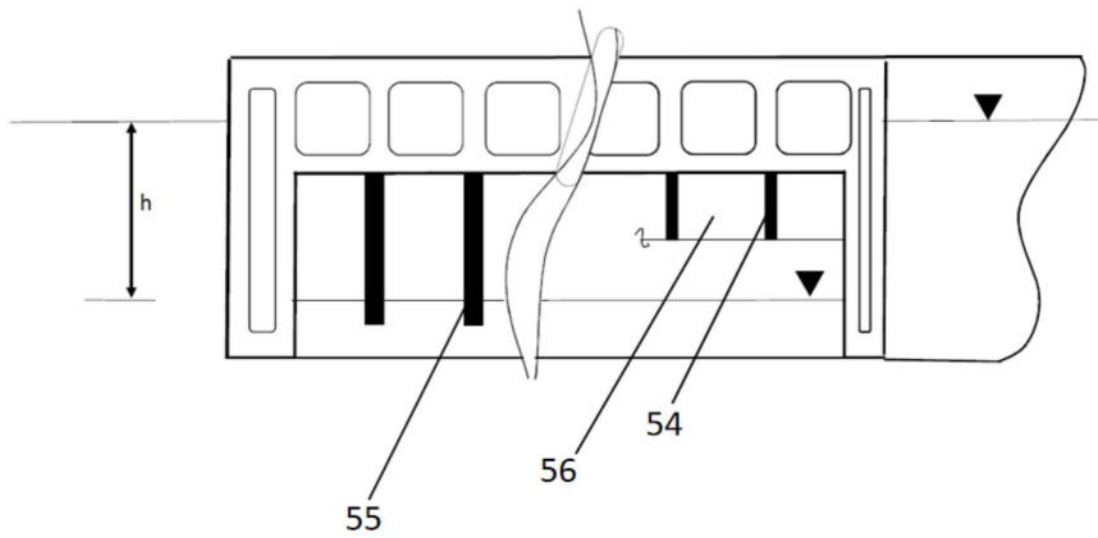


图19

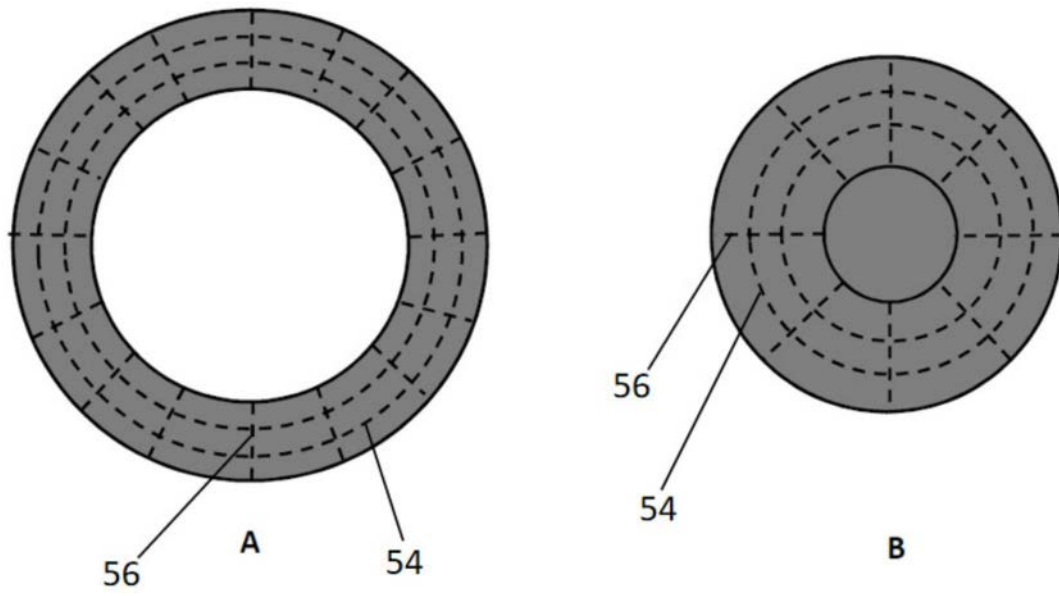


图20

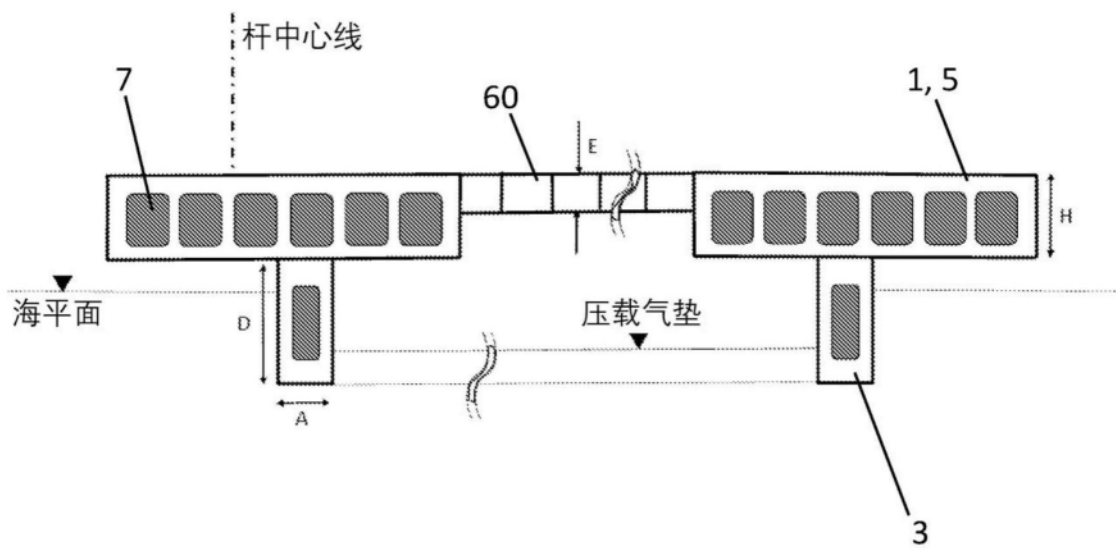


图21

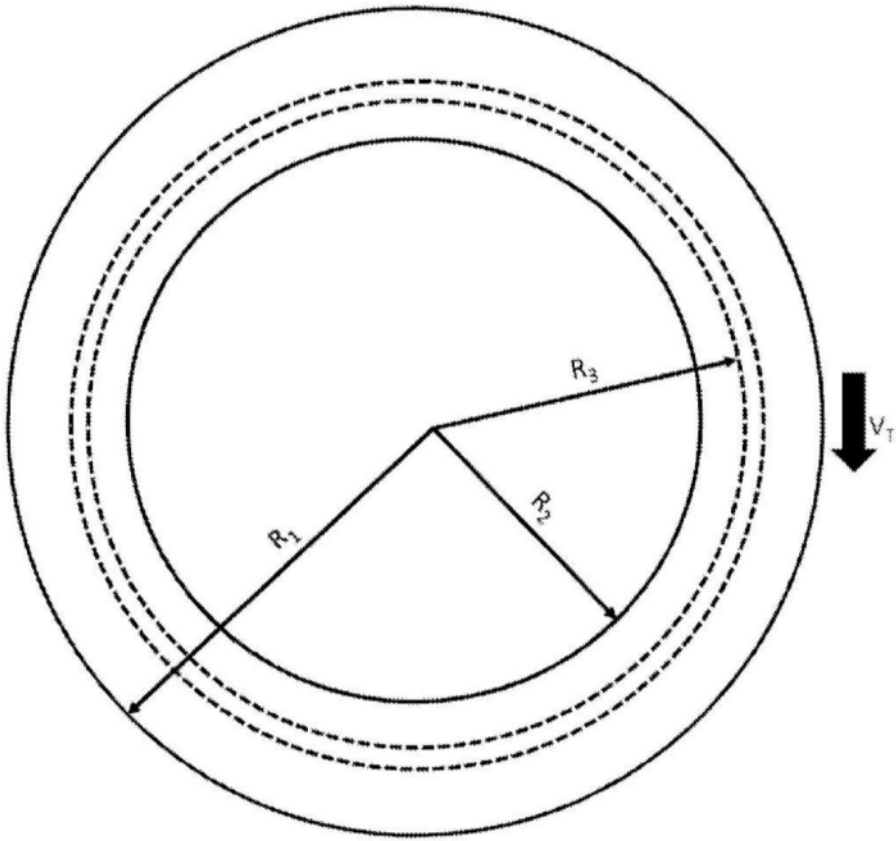


图22

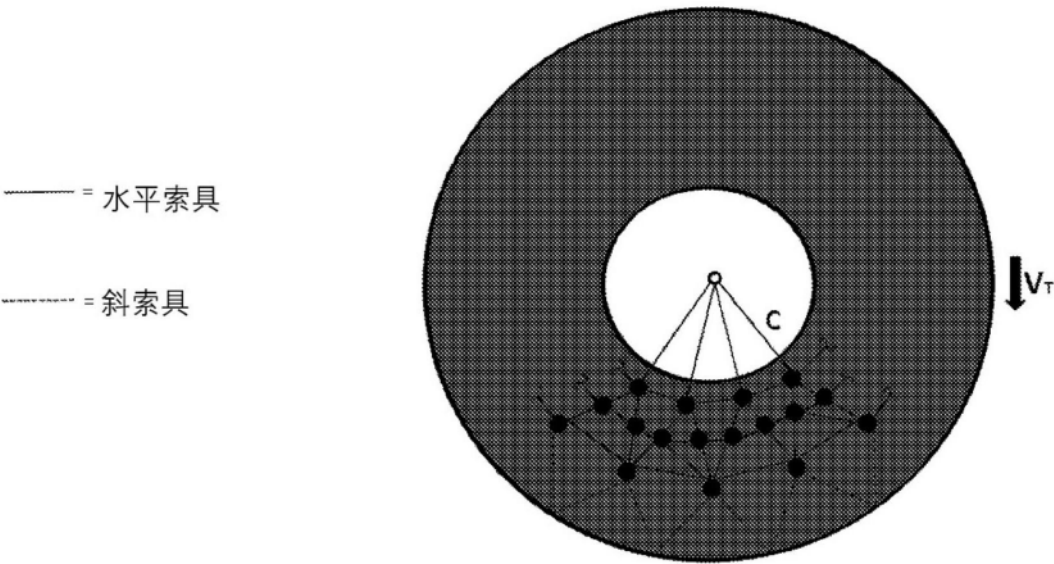


图23

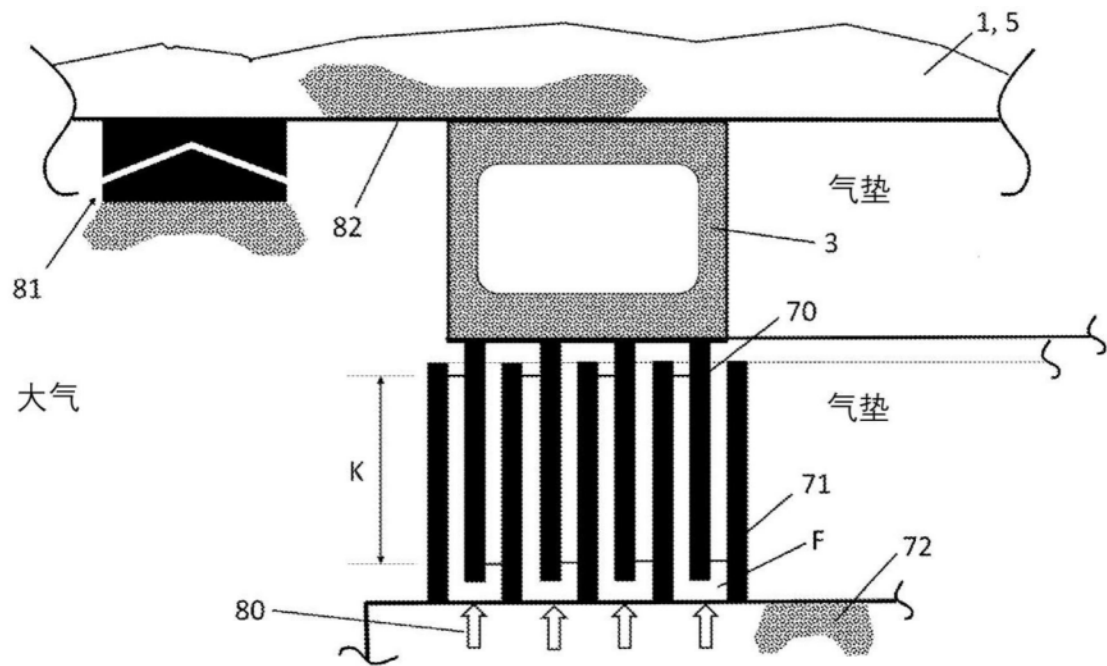


图24