



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111619776 B

(45) 授权公告日 2022. 05. 03

(21) 申请号 202010516047.9

B63H 21/17 (2006.01)

(22) 申请日 2020.06.08

B63B 35/00 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

审查员 李利文

申请公布号 CN 111619776 A

(43) 申请公布日 2020.09.04

(73) 专利权人 天津大学

地址 300354 天津市津南区海河教育园区
雅观路135号

(72) 发明人 王树新 杨亚楠 刘冰汐

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任
公司 11021

代理人 任岩

(51) Int. Cl.

B63H 9/061 (2020.01)

B63H 19/04 (2006.01)

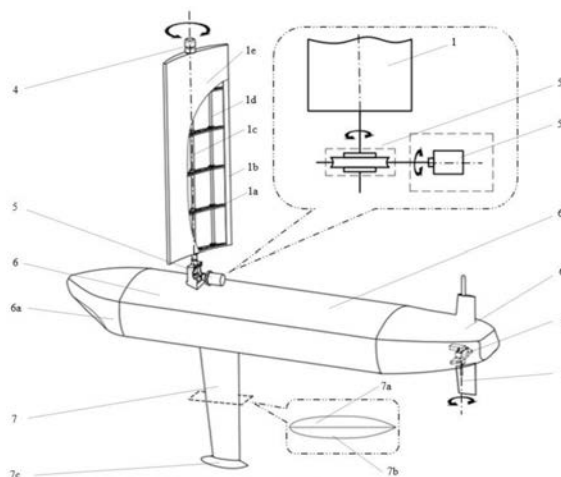
权利要求书3页 说明书8页 附图5页

(54) 发明名称

自然环境流体驱动的变构型双航态长航程
海洋无人航行器

(57) 摘要

本发明公开了一种自然环境流体驱动的变构型双航态长航程海洋无人航行器,具有水面航行模式、航行切换模式和水下航行模式,包括:风能收集单元,接收海洋风施加的气动力驱动航行器航行;浮力调节单元,在水下航行模式时调节航行器自身浮力,并结合航行器运动时迎面水流施加的水动力实现航行器的升沉运动与水平行进;翼龙骨;联动单元,在航行切换模式时完成风帆和翼龙骨的位姿变换;光伏发电单元,在水面航行模式时收集太阳能并为航行器耗电器件提供电能供应。本发明提供的该自然环境流体驱动的变构型双航态长航程海洋无人航行器,利用自然环境的海表风气流、水下水流、太阳光实现能量自给,在水面与水下两种航态下均具备长距离航行能力。



1. 一种自然环境流体驱动的变构型双航态长航程海洋无人航行器,其特征在于,所述海洋无人航行器具有水面航行模式、航行切换模式和水下航行模式,且所述海洋无人航行器包括:

风能收集单元,设置于航行器船体中部,包括风帆(1),所述风帆(1)在水面航行模式时为竖直位姿,用于接收海洋风施加的气动力驱动航行器航行,并在水下航行模式时变换为水平位姿;

浮力调节单元,安装于航行器船艏内部,用于在水下航行模式时调节航行器自身浮力,并结合航行器运动时迎面水流施加的水动力实现航行器的升沉运动与水平行进;

翼龙骨(7),设置于航行器船体底部,包括:

相互对称的两部分(7a、7b),其合拢后外形为流线弧面轮廓且相对于沿航行器中轴线的纵垂面对称,所述相互对称的两部分(7a、7b)在水下航行模式时为水平位姿,结合所述浮力调节单元实现航行器的升沉运动与水平行进,并在水面航行模式时变换为竖直位姿;

压载重块(7c),连接于所述翼龙骨(7)的末端,用于在水面航行模式和航行切换模式时调节航行器重心高度;

联动单元(10),设置于航行器船体内部,用于在航行切换模式时完成风帆(1)和翼龙骨(7)的位姿变换,所述联动单元(10)包括翼龙骨收展机构(10b),安装于航行器的横剖面,所述翼龙骨收展机构(10b)包括:液压缸(11)、驱动滑块(12)、滑块导轨(13)、龙骨连接件(17a、17b)、龙骨连杆(18a、18b)和龙骨铰链(19a、19b),其中:

所述液压缸(11)输出驱动力并推动所述驱动滑块(12)沿所述滑块导轨(13)做直线运动;

所述驱动滑块(12)经所述龙骨连杆(18a、18b)带动所述龙骨连接件(17a、17b)分别绕所述龙骨铰链(19a、19b)旋转 90° ,用于控制所述翼龙骨(7)为竖直位姿或水平位姿;

光伏发电单元,用于在水面航行模式时收集太阳能并为航行器耗电器件提供电能供应。

2. 根据权利要求1所述的海洋无人航行器,其特征在于,所述风能收集单元包括:

所述风帆(1),为圆弧形截面刚性硬帆,采用蒙皮-骨架结构,骨架包括横肋(1a)、边框(1b)、主桅杆(1c)和辅助支撑(1d),蒙皮(1e)覆盖于骨架表面,用于承受和传递气动载荷;

风向传感器(4),安装于所述风帆(1)的顶部,用于在水面航行模式中实时采集风向信息;

转帆机构(5),安装于所述风帆(1)的底部,包括回转电机(5a)和蜗轮蜗杆变速器(5b),实现风帆(1)绕主桅杆(1c)在 360° 范围内旋转;所述蜗轮蜗杆变速器(5b)具有自锁功能,用于防止风帆(1)在外力作用下受迫转动;通过所述转帆机构(5)调节风帆(1)处于最佳转帆角位置并获得最大行进驱动力。

3. 根据权利要求2所述的海洋无人航行器,其特征在于,所述光伏发电单元包括:

太阳能电池板(2),为柔性薄膜材料,并根据风帆(1)的弧形外包络弯曲贴合安装;

电能储蓄装置,具有承压外壳,安装于航行器船体内部,用于接收所述太阳能电池板(2)的输出电能。

4. 根据权利要求1所述的海洋无人航行器,其特征在于,所述航行器的船体(6)采用圆舳折角船型,包括:

船艏(6a),采用“穿浪”构型;

中部船身(6b),采用平行中体外形,其横截面外包络采用外飘式舷弧线;

船艉(6c),采用U型横剖面,并自中部船身(6b)末端以光滑曲面延伸至船艉(6c)末端,且船艉(6c)末端采用方形艉。

5.根据权利要求4所述的海洋无人航行器,其特征在于,所述航行器还具有航向控制单元,安装于航行器的船艉(6c),包括方向舵(8)和转向舵机(9),其中:

所述转向舵机(9)带动方向舵(8)绕基于船体(6)的竖直轴线在 -20° 至 20° 范围内旋转;

所述方向舵(8)采用剖面形状为NACA0015的梯形舵型;

所述航向控制单元用于在水面航行模式和水下航行模式时利用水流施加的水动侧向力产生航行器回转力矩以调控或保持航行器航向。

6.根据权利要求1所述的海洋无人航行器,其特征在于,所述联动单元(10)包括风帆收展机构(10a),安装于航行器中轴线的纵垂面内,所述风帆收展机构(10a)包括:液压缸(11)、驱动滑块(12)、滑块导轨(13)、风帆基座(14)、基座连杆(15)和基座铰链(16),其中:

所述液压缸(11)用于输出驱动力并推动所述驱动滑块(12)沿所述滑块导轨(13)做直线运动;

所述驱动滑块(12)经所述基座连杆(15)带动所述风帆基座(14)绕所述基座铰链(16)的轴旋转 90° ,用于控制所述风帆(1)为竖直位姿或水平位姿。

7.根据权利要求4所述的海洋无人航行器,其特征在于,所述航行器还具有储备浮力调节单元,用于在航行切换模式中调节航行器储备浮力,包括:

前水箱(20a)与后水箱(20b),沿航行器轴线置于所述中部船身(6b)的内部,且两水箱间包括多条导管(22),用于实现两水箱连通;

注水泵(21a),与所述前水箱(20a)相连;

排水泵(21b),与所述后水箱(20b)相连。

8.根据权利要求1所述的海洋无人航行器,其特征在于,所述浮力调节单元包括:

油箱(23),具有导向筒壁(23a),且内置滑动活塞(23b),随油箱(23)装载液压油体积变化沿所述导向筒壁(23a)的轴线往复移动;

外油囊(24),浸泡在海水中,其材料为耐油、耐海水的氯丁橡胶;

双向液压泵(27),连通所述油箱(23)和所述外油囊(24);

溢流阀(26),其一侧具有两个端口,分别连接至所述双向液压泵(27)的两端形成两条连接通路;且其另一侧具有两个端口,分别连接至油箱(23)和外油囊(24);

电磁阀(25),具有两个端口,分别连接至所述双向液压泵(27)和所述溢流阀(26)形成的两条连接通路上。

9.根据权利要求4所述的海洋无人航行器,其特征在于,所述航行器还具有重心调节单元,沿所述中部船身(6b)平行布置,包括重块(28)、滑块螺母组件(29)、梯形丝杠(30)、双轴导轨(31)和丝杠电机(32),其中:

所述丝杠电机(32)用于驱动所述梯形丝杠(30)转动;

所述滑块螺母组件(29)在旋转的所述梯形丝杠(30)的带动下沿所述双轴导轨(31)直线移动;

所述重块(28)随与其紧固连接的滑块螺母组件(29)一同运动,且所述重块(28)的可移

动范围 $\leq$ 中部船身(6b)的长度;

所述梯形丝杠(30)采用梯形螺纹,且具有自锁功能。

自然环境流体驱动的变构型双航态长航程海洋无人航行器

技术领域

[0001] 本发明涉及新型海洋无人航行器技术领域,尤其涉及一种自然环境流体驱动的变构型双航态长航程海洋无人航行器。

背景技术

[0002] 海洋无人航行器是指在海洋航行的无人系统,是现代海洋观探测的重要工具。依据航行空间,通常分为水面无人航行器(无人船)与水下无人航行器(无人潜器)两类。水面航行与水下航行是两种不同的航行状态,为适应不同的航行空间与航态,现有水面无人航行器多基于小型船舶的技术体系开展研制与建造,现有水下无人航行器多基于鱼雷、潜艇的技术体系开展研制与建造。受技术的局限,上述两类无人航行器的航态、构型单一,仅能在水面或水下连续工作,无法满足未来海洋水面、水下多空间立体观测的需求。虽然已研制出可在水面与近水面航行的半潜式无人航行器,但满足水面、水下两种航态要求的无人航行器尚未问世。

[0003] 人类对海洋的探索由近岸、近海逐渐向远海延伸,对航行器的续航力与自持力提出了越来越高的要求。现有海洋无人航行器多由自身携带的有限量电池、燃料提供航行行进、各电器件工作所需的能量,能源已是制约海洋无人航行器长期在位运行的瓶颈。海洋自然环境通过各种物理过程接收、储存、散发能量,蕴藏着巨大能量资源,利用自然环境实现能量自给是解决海洋无人航行器长期能源供给问题的潜在途径。其中,海洋风气流、海洋水流在海洋中广泛存在,流体可直接推动船体行进,能量转化环节少,转化方式简单,已被人类在航海领域开发利用数千年。然而,借助海洋风气流的无人帆船仍无法达到全天候海况使用要求,在台风等恶劣海况下的生存能力弱,极易损坏与丢失。为规避海面恶劣海况,无人航行器有必要兼具海表风气流、水下水流的利用能力,实现水面、水下双航态能量自给、长距离航行。

发明内容

[0004] (一)要解决的技术问题

[0005] 本发明的目的是打破当前技术局限,提出一种自然环境流体驱动的变构型双航态长航程海洋无人航行器。航行器借助自然环境实现能量自给,采用变构型方式在水面与水下两种航态下均具备长距离航行能力。

[0006] (二)技术方案

[0007] 本发明的目的是通过以下技术方案实现的:

[0008] 本发明提供一种自然环境流体驱动的变构型双航态长航程海洋无人航行器,具有水面航行模式、航行切换模式和水下航行模式,包括:

[0009] 风能收集单元,设置于航行器船体中部,包括风帆1,所述风帆1在水面航行模式时为竖直位姿,用于接收海洋风施加的气动力驱动航行器航行,并在水下航行模式时变换为水平位姿;

[0010] 浮力调节单元,安装于航行器船艏内部,用于在水下航行模式时调节航行器自身浮力,并结合航行器运动时迎面水流施加的水动力实现航行器的升沉运动与水平行进;

[0011] 翼龙骨7,设置于航行器船体底部,包括:

[0012] 相互对称的两部分7a、7b,其合拢后外形为流线弧面轮廓且相对于沿航行器中轴线的纵垂面对称,所述相互对称的两部分7a、7b在水下航行模式时为水平位姿,结合所述浮力调节单元实现航行器的升沉运动与水平行进,并在水面航行模式时变换为竖直位姿;

[0013] 压载重块7c,连接于所述翼龙骨7的末端,用于在水面航行模式和航行切换模式时调节航行器重心高度;

[0014] 联动单元10,设置于航行器船体内部,用于在航行切换模式时完成风帆1和翼龙骨7的位姿变换;

[0015] 光伏发电单元,用于在水面航行模式时收集太阳能并为航行器耗电器件提供电能供应。

[0016] 一些实施例中,所述风能收集单元包括:

[0017] 所述风帆1,为圆弧形截面刚性硬帆,采用蒙皮-骨架结构,骨架包括横肋1a、边框1b、主桅杆1c和辅助支撑1d,蒙皮1e覆盖于骨架表面,用于承受和传递气动载荷;

[0018] 风向传感器4,安装于所述风帆1的顶部,用于在水面航行模式中实时采集风向信息;

[0019] 转帆机构5,安装于所述风帆1的底部,包括回转电机5a和蜗轮蜗杆变速器5b,实现风帆1绕主桅杆1c在360°范围内旋转;所述蜗轮蜗杆变速器5b具有自锁功能,用于防止风帆1在外力作用下受迫转动;通过所述转帆机构5调节风帆1处于最佳转帆角位置并获得最大行进驱动力。

[0020] 一些实施例中,所述光伏发电单元包括:

[0021] 太阳能电池板2,为柔性薄膜材料,并根据风帆1的弧形外包络弯曲贴合安装;

[0022] 电能储蓄装置,具有承压外壳,安装于航行器船体内部,用于接收所述太阳能电池板2的输出电能。

[0023] 一些实施例中,所述航行器的船体6采用圆艏折角船型,包括:

[0024] 船艏6a,采用“穿浪”构型;

[0025] 中部船身6b,采用平行中体外形,其横截面外包络采用外飘式舷弧线;

[0026] 船艉6c,采用U型横剖面,并自中部船身6b末端以光滑曲面延伸至船艉6c末端,且船艉6c末端采用方形艉。

[0027] 一些实施例中,所述航行器还具有航向控制单元,安装于航行器的船艉6c,包括方向舵8和转向舵机9,其中:

[0028] 所述转向舵机9带动方向舵8绕基于船体6的竖直轴线在-20°至20°范围内旋转;

[0029] 所述方向舵8采用剖面形状为NACA0015的梯形舵型;

[0030] 所述航向控制单元用于在水面航行模式和水下航行模式时利用水流施加的水动侧向力产生航行器回转力矩以调控或保持航行器航向。

[0031] 一些实施例中,所述联动单元10包括风帆收展机构10a,安装于航行器中轴线的纵垂面内,所述风帆收展机构10a包括:液压缸11、驱动滑块12、滑块导轨13、风帆基座14、基座连杆15和基座铰链16,其中:

[0032] 所述液压缸11用于输出驱动力并推动所述驱动滑块12沿所述竖直导轨13做直线运动；

[0033] 所述驱动滑块12经所述基座连杆15带动所述风帆基座14绕所述基座铰链16的轴旋转90°，用于控制所述风帆1为竖直位姿或水平位姿。

[0034] 一些实施例中，所述联动单元10包括翼龙骨收展机构10b，安装于航行器的横剖面，所述翼龙骨收展机构10b包括：液压缸11、驱动滑块12、滑块导轨13、龙骨连接件17a、17b、龙骨连杆18a、18b和龙骨铰链19a、19b，其中：

[0035] 所述液压缸11输出驱动力并推动所述驱动滑块12沿所述滑块导轨13做直线运动；

[0036] 所述驱动滑块12经所述龙骨连杆18a、18b带动所述龙骨连接件17a、17b分别绕所述龙骨铰链19a、19b旋转90°，用于控制所述翼龙骨7为竖直位姿或水平位姿。

[0037] 一些实施例中，所述航行器还具有储备浮力调节单元，用于在航行切换模式中调节航行器储备浮力，包括：

[0038] 前水箱20a与后水箱20b，沿航行器轴线置于所述中部船身6b的内部，且两水箱间包括多条导管22，用于实现两水箱连通；

[0039] 注水泵21a，与所述前水箱20a相连；

[0040] 排水泵21b，与所述后水箱20b相连。

[0041] 一些实施例中，所述浮力调节单元包括：

[0042] 油箱23，具有导向筒壁23a，且内置滑动活塞23b，随油箱23装载液压油体积变化沿所述导向筒壁23a的轴线往复移动；

[0043] 外油囊24，浸泡在海水中，其材料为耐油、耐海水的氯丁橡胶；

[0044] 双向液压泵27，连通所述油箱23和所述外油囊24；

[0045] 溢流阀26，其一侧具有两个端口，分别连接至所述双向液压泵27的两端形成两条连接通路；且其另一侧具有两个端口，分别连接至油箱23和外油囊24；

[0046] 电磁阀25，具有两个端口，分别连接至所述双向液压泵27和所述溢流阀26形成的两条连接通路上。

[0047] 一些实施例中，所述航行器还具有重心调节单元，沿所述中部船身6b平行布置，包括重块28、滑块螺母组件29、梯形丝杠30、双轴导轨31和丝杠电机32，其中：

[0048] 所述丝杠电机32用于驱动所述梯形丝杠30转动；

[0049] 所述滑块螺母组件29在旋转的所述梯形丝杠30的带动下沿所述双轴导轨31直线移动；

[0050] 所述重块28随与其紧固连接的滑块螺母组件29一同运动，且所述重块28的可移动范围≤中部船身6b的长度；

[0051] 所述梯形丝杠30采用梯形螺纹，且具有自锁功能。

[0052] (三) 有益效果

[0053] 与现有技术相比，本发明提供的该自然环境流体驱动的变构型双航态长航程海洋无人航行器的技术方案所带来的有益效果是：

[0054] (1) 本发明的海洋无人航行器具备两种航态与构型，即水面航行模式与水下航行模式，并且两种航态与构型可实施变换。相比于仅适用一种航态的海洋无人航行器(无人船或无人潜器)，本发明突破了航行区域界限，通过航行器本体的构型变换实现适航于水面、

水下两种航态,提升了航行器的空间覆盖能力,为开展海洋纵向剖面和水面横向范围的多维度立体化观测探测提供了可能;

[0055] (2) 本发明提供了一种海洋无人航行器的风帆、翼龙骨能源收集系统,实现借助自然流体(海面气流、水下水流)获取航行器行进的直接驱动力,实现由太阳光转换获取耗电器件工作所需的电能。本发明利用自然环境能量实现航行器能量自给,航行器自持力、续航力显著增强,适于在远洋、无岸岛依托海区长期应用部署;

[0056] (3) 本发明提供了一种圆弧截面外形的刚性风帆,与传统软帆相比,本发明的刚性风帆在各级风力下可保持一致的气动外形,避免了软帆的气动弹性变形问题,空气动力输出特性稳定。同时转帆机构调控风帆 360° 旋转,实现风帆获取最佳迎风角位置;

[0057] (4) 本发明提供了一种海洋无人航行器的双航态变构型联动机构(即联动单元),由一个驱动元件实现风帆、翼龙骨位姿的同时变换。联动变换方案结构紧凑,通过驱动元件复用,降低了航行器系统复杂程度;

[0058] (5) 本发明提供一种多用途翼龙骨,在水面航行模式下,翼龙骨以竖直位姿处于船体下方,降低了航行器重心高度,提升航行稳定性;在水下航行模式下,航行器借助翼龙骨获取水流驱动力,实现水下行进;

[0059] (6) 本发明提供一种储备浮力调节单元,通过水箱注、排水方式大体量改变航行器浮力,可实现航行器重心、浮心纵向位置关系互换,以适应水面、水下两种航态下的航行稳性要求;

[0060] (7) 本发明航行器的船体型线兼顾水面、水下两种航态。其中,船艏型线采用“穿浪”构型降低了水面行进兴波阻力,中部船身采用光滑的平行中体包络外形,减低了粘压阻力与摩擦阻力,中部船身舱容规整便于器件安放与布置;

[0061] (8) 本发明提供一种航行器的重心调节单元,采用小质量重块沿着与中部船身等长的导轨大范围移动方式改变航行器总体质量分布与重心位置,获取足量的姿态调节力矩。此方案中,导轨长度大,显著降低了移动重块质量需求,有助于航行器的轻量化。

附图说明

[0062] 图1是本发明一实施例中所述航行器的工作模式示意图;

[0063] 图2是本发明一实施例中所述航行器水面航行模式时的工作单元示意图;

[0064] 图3a-图3b是本发明一实施例中所述航行器水面航行模式时的工作原理示意图;

[0065] 图4是本发明一实施例中所述航行器构型变换时的联动单元示意图;

[0066] 图5a-图5b是本发明一实施例中所述航行器中储备浮力调节单元示意图;

[0067] 图6是本发明一实施例中所述航行器航行切换模式时的衡重特性变化示意图;

[0068] 图7是本发明一实施例中所述航行器水下航行模式时的工作单元示意图;

[0069] 图8是本发明一实施例中所述航行器水下航行模式时的工作原理示意图。

[0070] 附图标记说明:

[0071] 光伏发电单元:

[0072] 太阳能电池板2;

[0073] 蓄电池组3。

[0074] 风能收集单元:

- [0075] 风帆1:横肋1a,边框1b,主桅杆1c,辅助支撑1d,蒙皮1e;
- [0076] 风向传感器4;
- [0077] 转帆机构5:回转电机5a、蜗轮蜗杆变速器5b。
- [0078] 船体6:船艏6a、中部船身6b、船艉6c。
- [0079] 翼龙骨7:翼龙骨7a、7b,压载重块7c。
- [0080] 航向控制单元:
- [0081] 方向舵8;
- [0082] 转向舵机9。
- [0083] 联动单元10:
- [0084] 风帆收展机构10a:液压缸11,驱动滑块12,滑块导轨13,风帆基座14,基座连杆15,基座铰链16;
- [0085] 翼龙骨收展机构10b:液压缸11,驱动滑块12,滑块导轨13,龙骨连接件17a、17b,龙骨连杆18a、18b,龙骨铰链19a、19b。
- [0086] 储备浮力调节单元:
- [0087] 前水箱20a,后水箱20b,注水泵21a,排水泵21b;
- [0088] 导管22。
- [0089] 浮力调节单元:
- [0090] 油箱23:导向筒臂23a,滑动活塞23b;
- [0091] 外油囊24;
- [0092] 电磁阀25;
- [0093] 溢流阀26;
- [0094] 双向液压泵27。
- [0095] 重心调节单元:
- [0096] 重块28;
- [0097] 滑块螺母组件29;
- [0098] 梯形丝杠30;
- [0099] 双轴导轨31;
- [0100] 丝杠电机32。

具体实施方式

[0101] 下面结合附图,给出本发明的较佳实施例,并予以进一步详细描述。为了更好地说明本发明的实施例,附图某些部件会有省略、放大或缩小,并不代表实际产品的尺寸;对本领域技术人员来说,附图中某些公知结构及其说明可能省略是可以理解的。

[0102] 本发明提出一种自然环境流体驱动的变构型双航态长航程海洋无人航行器,具有水面航行模式、航行切换模式和水下航行模式三种模式状态,利用自然环境的海表风气流、水下水流、太阳光实现能量自给,在水面与水下两种航态下均具备长距离航行能力,如图1所示:

[0103] 在水面航行模式中,主要由海表风气流与风能收集单元发挥作用,具体表现为,所述航行器借助处于竖直位姿的风帆并利用海洋风施加的气动力驱动航行器航行;

[0104] 在水下航行模式中,主要由浮力调节单元及翼龙骨发挥作用,尤其是翼龙骨处于水平位姿时的流线弧面轮廓的作用,具体表现为,所述航行器利用浮力调节单元调节自身浮力并借助处于水平位姿的翼龙骨利用航行器运动时迎面水流施加的水动力实现航行器的升沉运动与水平行进,以锯齿形轨迹在水下航行;

[0105] 在航行切换模式中,所述航行器通过联动单元完成风帆、翼龙骨的位姿变换,改变重心、浮心纵向位置关系,满足两种航态下的航行稳性要求;

[0106] 此外,航行器在水面航行模式时采用光伏发电单元收集太阳能并为耗电器件提供电能供应。

[0107] 需要说的是,上述的风帆和翼龙骨均在水面航行模式时为竖直位姿,在水下航行模式时变换为水平位姿。

[0108] 有鉴于此,本发明提供一具体实施例并结合附图对所述航行器的三种工作模式进行详细说明:

[0109] 1. 水面航行模式

[0110] 所述航行器具有光伏发电单元如图1所示,在航行器水面航行模式中,处于竖直风帆1弧形表面的太阳能电池板2暴露在日光中,太阳能电池板2吸收太阳光辐射并转化输出电能,电能经水密线缆输送至电能储蓄装置(本实施例中如为蓄电池组3)存储,用于向航行器耗电器件提供电能供应。所述太阳能电池板2为柔性薄膜太阳能电池,其根据风帆1的弧形外包络弯曲贴合安装。所述蓄电池组3具有承压外壳,可承受下潜航行的外部水压。

[0111] 如图2所示,本实施例中:

[0112] 所述航行器具有风能收集单元,由风帆1、风向传感器4、转帆机构5构成。所述风帆1以竖直位姿立于船体中部,为圆弧形截面刚性硬帆,可利用海洋风气流获取航行气动力。风帆1采用蒙皮-骨架结构,骨架由横肋1a、边框1b、主桅杆1c、辅助支撑1d组成,风帆骨架可承受气流的剪力、弯矩、扭矩作用,蒙皮1e覆盖于骨架表面起到承受和传递气动载荷的作用。

[0113] 进一步的,所述风向传感器4安装于风帆1顶部,可实时采集当前来风方向;所述转帆机构5安装于风帆1底部,主要由回转电机5a、蜗轮蜗杆变速器5b组成,所述回转电机5a输出转帆扭矩,所述蜗轮蜗杆变速器5b完成转帆扭矩变向,实现风帆1绕垂直旋转轴在360°范围内旋转;同时,所述蜗轮蜗杆变速器5b具有自锁功能,防止风帆1在外力作用下受迫转动。在水面航行模式中,本发明所述航行器基于风向传感器4采集的当前风向信息,通过转帆机构5调节风帆1处于最佳转帆角位置以获得最大行进驱动力。

[0114] 所述航行器的船体6采用圆舳折角船型方案,并基于经典型线进行设计改善,兼顾规整舱容与低水阻特性。所述船体6包括:船艏6a、中部船身6b、船艉6c三部分。所述船艏6a前段采用“穿浪”构型,各水线高度处均保持尖锐进流角,航行器水面行进过程的迎面水流均沿船艏6a表面流向后方中部船身6b,避免了迎面水流反溅,降低了行进兴波阻力。所述中部船身6b采用平行中体外形,舱容规整并便于器件安放;结合图5所示,所述中部船身6b横截面外包络采用外飘式舷弧线,在航行器横倾过程中,中部船身6b外飘部分可率先浸水以削减航行器横倾角度。所述船艉6c采用U型横剖面方案并自中部船身6b末端以光滑曲面延伸至船艉6c末端,船艉6c末端采用方形艉并引导水流从航行器船艉6c平顺流出。

[0115] 所述航行器的底部布置了具有流线弧面轮廓的翼龙骨7。翼龙骨7由相互对称的两

部分7a、7b组成,其合拢后外形相对于沿航行器中轴线的纵垂面对称。所述压载重块7c安装在翼龙骨7末端,以降低航行器重心高度,增强航行器水面行进稳性。

[0116] 所述航行器具有航向控制单元,用于调节与保持行进航向,由方向舵8、转向舵机9构成并安装于航行器艏部位置。所述转向舵机9可带动方向舵8绕竖直轴线在 -20° 至 20° 范围内旋转;所述方向舵8采用剖面形状为NACA0015的梯形舵型,利用水流施加的水动侧向力产生航行器回转力矩以调控或保持航行器航向。

[0117] 基于以上实施例,所述航行器为水面航行模式时的工作原理如图3a-图3b所示,海洋风气流以迎风夹角 θ 流经圆弧形风帆1,并利用风帆1圆弧面两侧气压的差异对风帆1施加气动力 F_A 。气动力 F_A 沿航行器速度 v 方向的分力 F_D 驱动航行器行进,气动力 F_A 沿与速度 v 垂直方向的分力 F_S 导致航行器产生横倾力矩 M_h 。如图3b所示,因航行器横倾导致船体6浸水部位变化,航行器浮心位置由 O_B 横向偏移至 O_B' 。作用于 O_B' 的浮力 B 与航行器重心处的重力 G 形成横倾回复力矩 M_R 。回复力矩 M_R 与横倾力矩 M_h 相互平衡,航行器保持横倾角 Φ 平衡姿态。

[0118] 2. 航行切换模式

[0119] 所述航行器在航行切换模式中利用联动单元10驱动风帆1与翼龙骨7同时进行收展动作,如联动机构示意图(图4)所示。所述联动单元10置于中部船身6b内部且有两组平面曲柄滑块机构:风帆收展机构10a、翼龙骨收展机构10b组成。所述风帆收展机构10a位于航行器中轴线的纵垂面内,由液压缸11、驱动滑块12、滑块导轨13、风帆基座14、基座连杆15、基座铰链16组成。所述液压缸11输出驱动力并推动驱动滑块12沿滑块导轨13做直线运动。所述驱动滑块12经基座连杆15带动风帆基座14绕基座铰链轴16旋转 90° ,以实现风帆1在竖直(水面航行模式)与水平(水下航行模式)位姿间的变换收展动作。所述翼龙骨收展机构10b位于航行器横剖面,由液压缸11、驱动滑块12、滑块导轨13、龙骨连接件17、龙骨连杆18、龙骨铰链19组成。所述液压缸11输出驱动力并推动驱动滑块12沿滑块导轨13做直线运动。所述驱动滑块12经龙骨连杆18a、18b带动龙骨连接件17a、17b分别绕龙骨铰链19a、19b旋转 90° ,以实现同龙骨连接件17固连的翼龙骨7a、7b在水平(水下航行模式)与竖直(水面航行模式)位姿间的变换动作。

[0120] 所述航行器在航行切换模式中利用储备浮力调节单元调节航行器储备浮力。储备浮力调节单元主要由前水箱20a、后水箱20b、注水泵21a、排水泵21b构成,所述前水箱20a与后水箱20b沿航行器轴线置于中部船身6b内部,两水箱间由多条导管22连通,实现两水箱内部水位高度一致,如图5a所示。注水泵21a与前水箱20a相连,水箱20注水后内部水位高度上升,航行器储备浮力减小并整体浸没在水中,处于航行器重力与浮力相等的临界状态;排水泵21b与后水箱20b相连,水箱20排水后内部水位高度下降,航行器储备浮力增大,船体6顶部处的风帆1(水平位姿状态)露出海面,如图5b所示。

[0121] 所述航行器在航行切换模式中的衡重特性变化过程如图6所示。起始状态(水面航行模式),针对气流等外力作用所产生的较大倾覆力矩,所述航行器利用储备浮力实现水面防倾功能,风帆1与翼龙骨7保持竖直位姿,水箱20存水排空,风帆1露出水面,重心 O_G 位于浮心 O_B 上方,偏移浮心 O_B' 相对重心 O_G 的回复力矩与气流倾覆力矩实现平衡;收展动作后,联动单元10驱动风帆1与翼龙骨7由竖直转为水平位姿,因风帆1与翼龙骨7位置变化,航行器重心 O_G 高度下降,浮心 O_B 高度上升,重心 O_G 与浮心 O_B 间位置关系出现改变,浮心 O_B 位于重心 O_G 上方;储备浮力单元完成水箱注水后(水下航行模式),航行器整体浸没在水中,航行器重力与

浮力相等且储备浮力为0,浮心 O_B 位置升高,航行器增大重心 O_G 与浮心 O_B 纵向间距来提升重心 O_G 相对浮心 O_B 的回复力矩,实现水下状态的姿态稳定。

[0122] 3. 水下航行模式

[0123] 所述航行器利用浮力调节单元调节自身浮力以实现水下升沉运动,如图7所示。浮力调节单元安装于航行器船艏6a内部,主要由油箱23、外油囊24、电磁阀25、溢流阀26、双向液压泵27构成。所述油箱23利用导向筒壁23a的内部空腔装载液压油,内置滑动活塞23b随油箱23装载液压油体积变化沿导向筒壁23a轴线往复移动。外油囊24浸泡在海水中,由耐油、耐海水的氯丁橡胶制成,外油囊24排水量随其内部装载的液压油体积变化产生改变。在航行器液压油体积总量恒定的情况下,双向液压泵27调节液压油在油箱23与外油囊24中体积分布比例,进而改变航行器浮力。

[0124] 所述航行器具有重心调节单元,调节水下航行模式中的航行器重心 O_G 轴向位置,进而改变航行器俯仰姿态角 β 。如图7所示,重心调节单元沿中部船身6b平行布置,包括重块28、滑块螺母组件29、梯形丝杠30、双轴导轨31、丝杠电机32。重心调节单元采用丝杠螺母传动机构,丝杠电机32驱动梯形丝杠30转动,滑块螺母组件29在旋转的梯形丝杠30带动下沿双轴导轨31直线移动,重块28随与其紧固连接的滑块螺母组件29一同运动。如图7所示,重块28的可移动范围1与中部船身6b的长度几乎重合,重块28在中部船身6b内大范围移动,可改变航行器总体的质量分布,进而航行器重心 O_G 轴向位置移动至 O_G' ,因航行器重心、浮心在竖直方向始终处于同一直线,航行器俯仰姿态角 β 产生改变。此外,所述梯形丝杠30采用梯形螺纹,具有自锁功能,在静态状态可保持滑块螺母组件29与重块28的位置不变。

[0125] 再次参见如图7所示,在水下航行模式下,所述航行器仍采用方向舵8、转向舵机9构成的航向控制单元实施航向调控与保持。

[0126] 水下航行模式的工作原理如图8所示,航行器运动迎面水流以迎流夹角 α 流经处于水平展开位姿的翼龙骨7,并利用翼龙骨7弧面两侧水压的差异对翼龙骨7施加水动力 F_H ,水动力 F_H 沿竖直方向分力 F_L 与航行器重力 G 、浮力 B 共同组成了升沉运动速度 v_Y 的驱动合力,水动力 F_H 沿水平方向分力 F_D 为航行器水平运动速度 v_X 的驱动力。

[0127] 需要另外说明的是,本发明并不限于上文描述的实施方式。以上基于三种模式对航行器的具体实施方式的描述仅是本发明一优选实施例而已,旨在描述和说明本发明的技术方案,上述的具体实施方式仅仅是示意性的,并不是限制性的。在不脱离本发明宗旨和权利要求所保护的范围情况下,即在可以实现本发明自然环境流体驱动、双航态(水上航行和水下航行)以及长航程的基础上,本领域的普通技术人员在本发明的启示下还可做出很多形式的具体变换,比如对上述各部件做出的改动或增减,均属于本发明的保护范围之内。

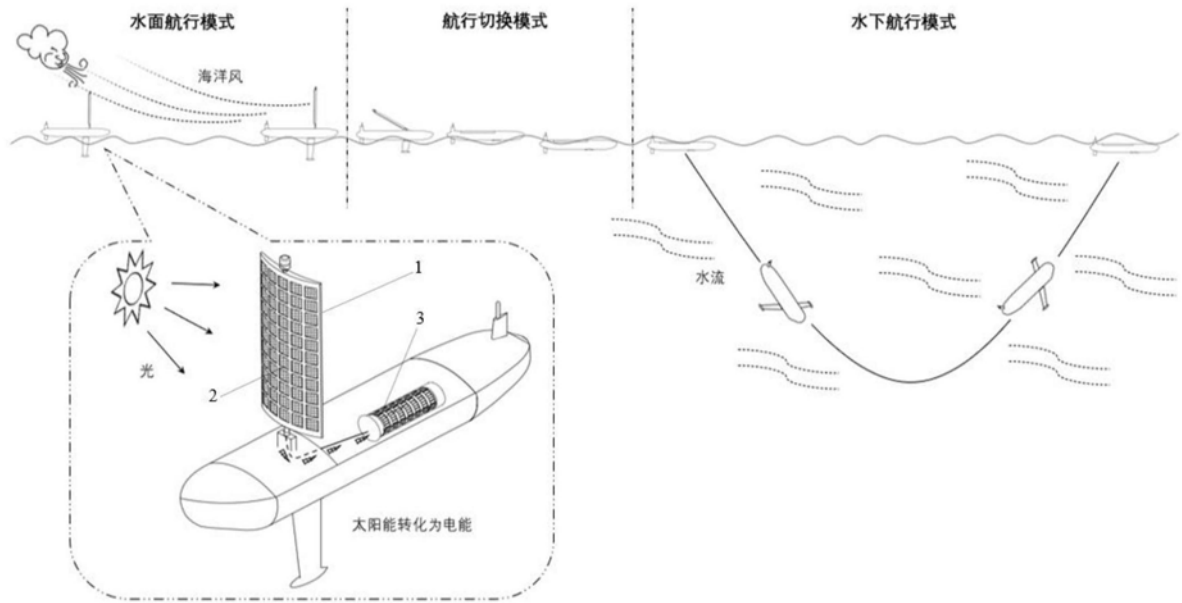


图1

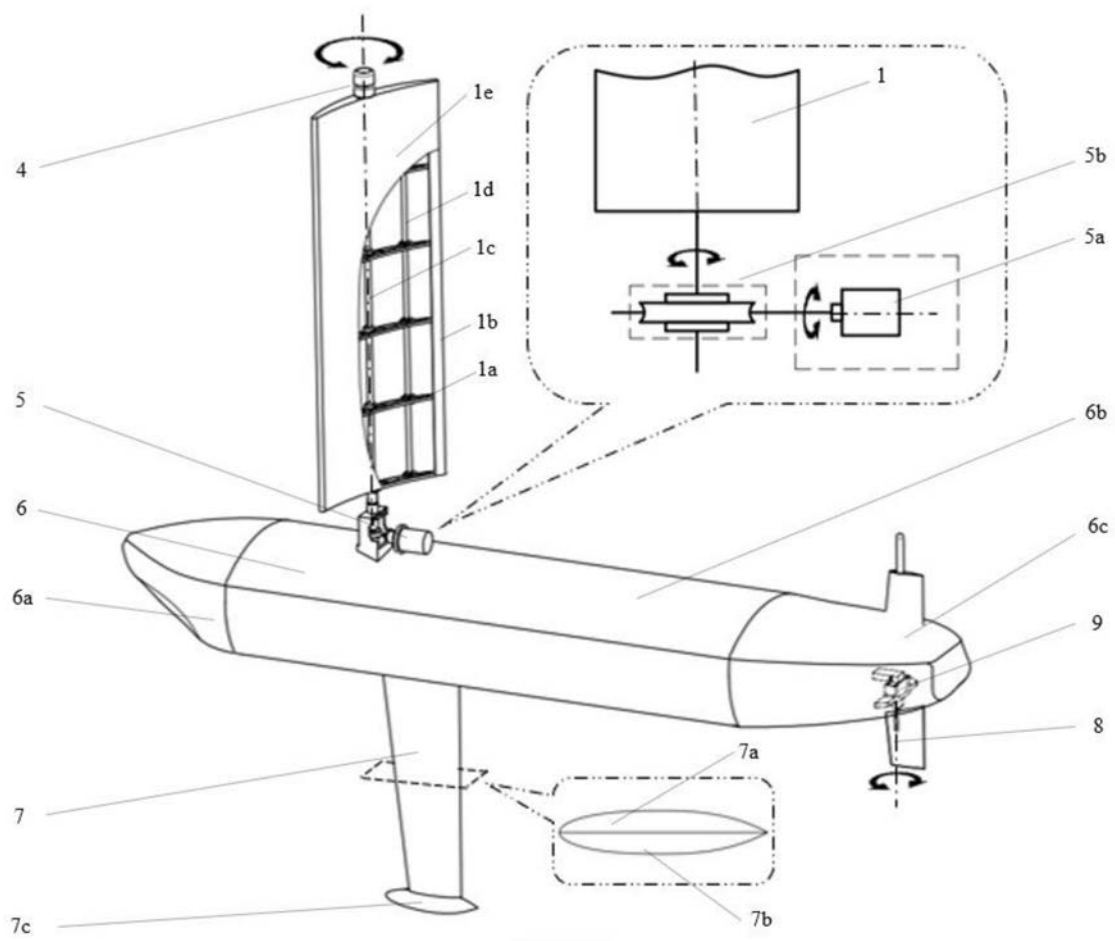


图2

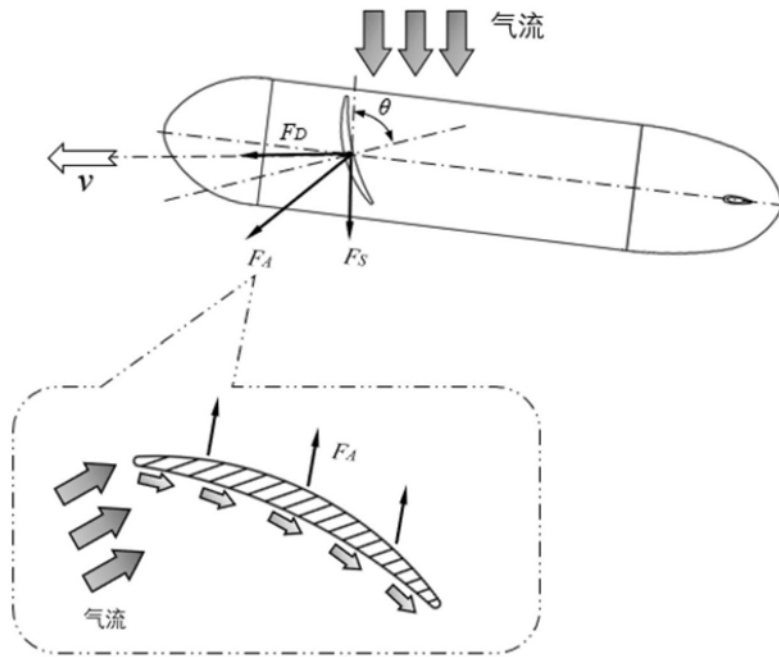


图3a

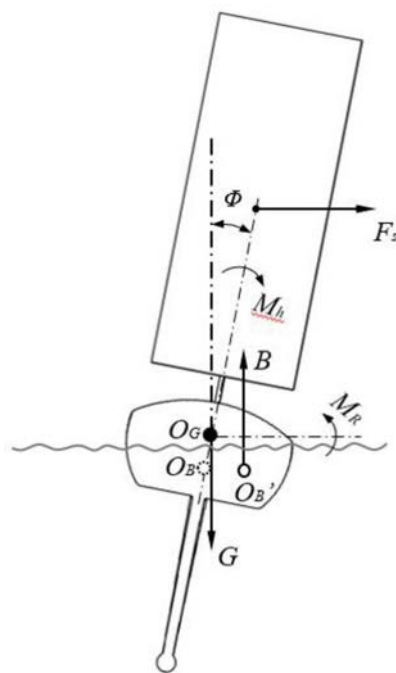


图3b

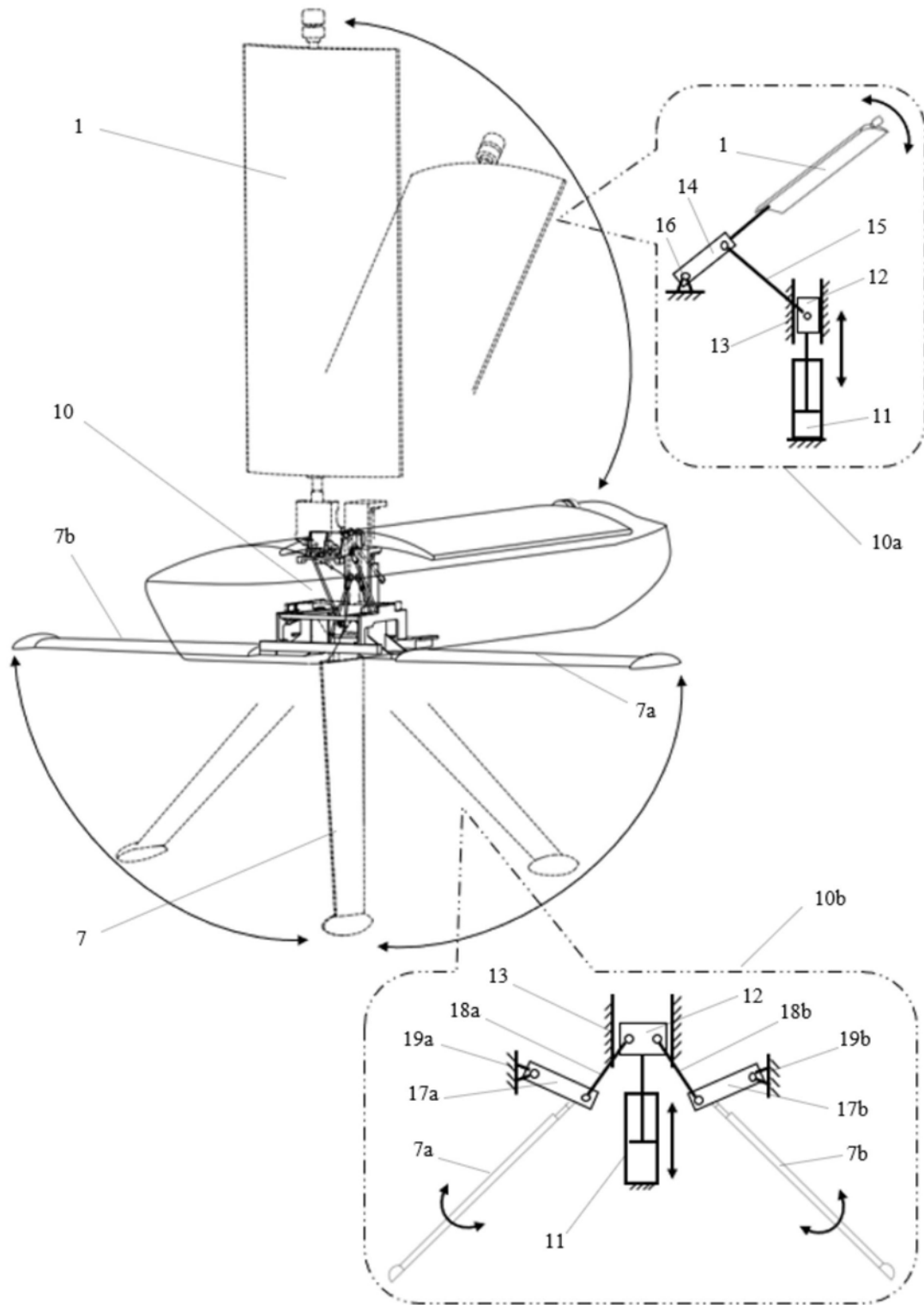


图4

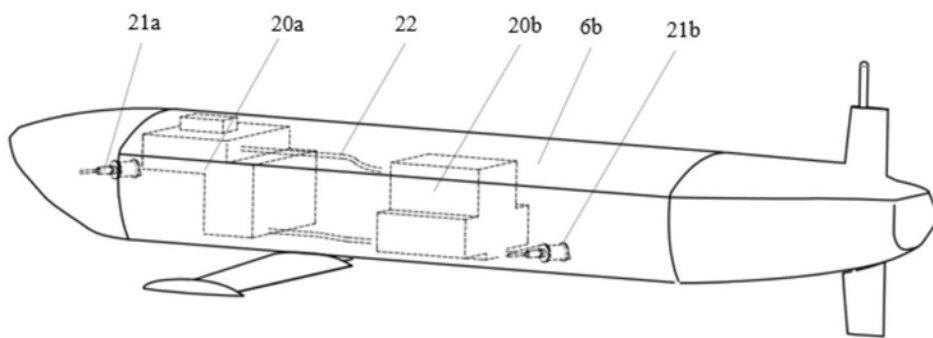


图5a

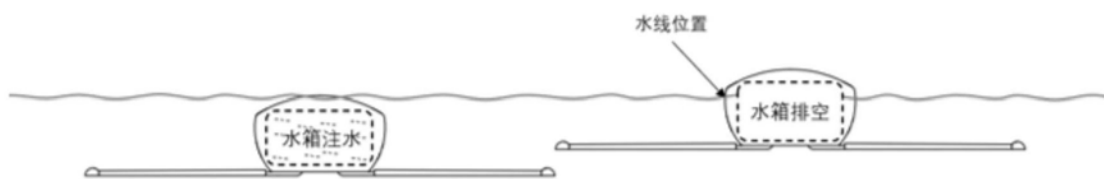


图5b

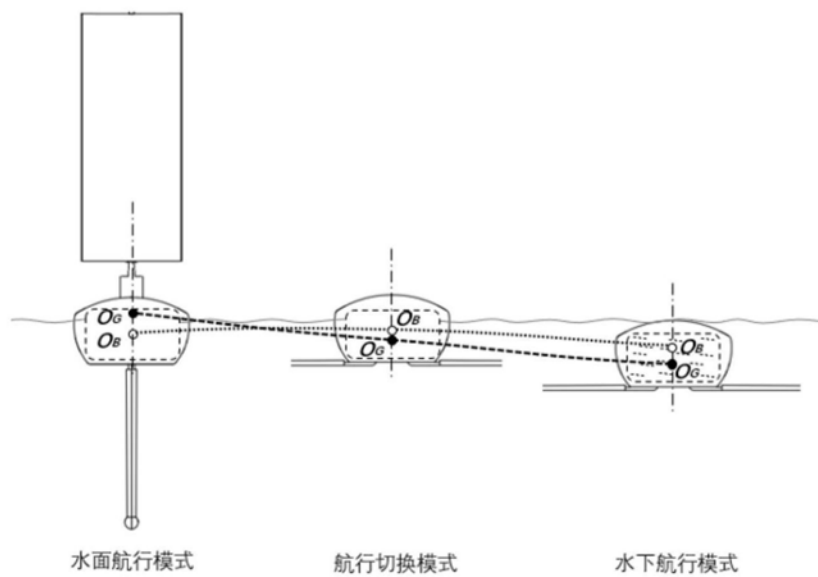


图6

