(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 115352603 B
(45)授权公告日 2024.09.13

(21)申请号 202211047915.9
(22)申请日 2022.08.30
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 115352603 A
(43)申请公布日 2022.11.18
(73)专利权人 哈尔滨工业大学
地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西大直街92号
(72)发明人 张紫涵 张闻一 张守一 高星宇 杨林翰 李松晶 刘佳男
(74)专利代理机构 哈尔滨市松花江联合专利商标代理有限公司 23213
专利代理师 高志光
(51)Int.Cl.
B63C 11/52(2006.01)
B63G 8/00(2006.01)
B63G 8/08(2006.01)
B63B 3/13(2006.01)
B60F 5/02(2006.01)
(56)对比文件
CN 103085955 A,2013.05.08
CN 113320665 A,2021.08.31
审查员 杨国彬

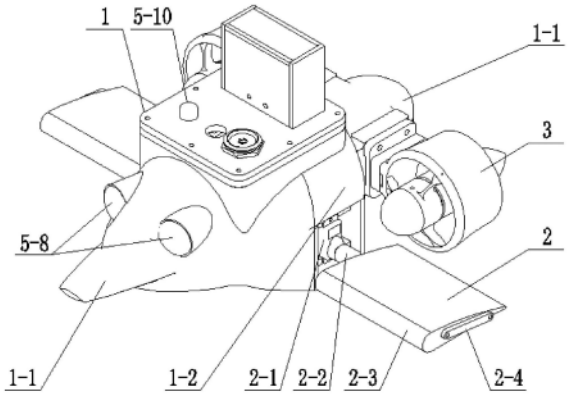
权利要求书2页 说明书11页 附图8页

(54)发明名称

一种可实现海空切换的仿企鹅型水下机器人

(57)摘要

一种可实现海空切换的仿企鹅型水下机器人,涉及海洋勘测技术领域。为了解决现有的水下机器人行进速度小,且由于处于水下,水对无线电波的传播存在阻碍作用,使得水下机器人航行的距离有限的问题。本发明包括流线型机体、舵机组件、推进组件、取水连通器、控制系统和电源系统;流线型机体采用企鹅型的流线型外形结构,其包括轴向依次设置的纺锤形流线型机头、圆柱形机身和机尾,机尾的外径小于机身的外径;两组舵机组件和两组推进组件分别对称设置在流线型机体的两侧,两组舵机组件安装在机身的两侧,两组推进组件安装在机尾的两侧,控制系统用于舵机组件和推进组件的控制,电源系统为舵机组件、推进组件和控制系统供电。本发明主要用于水下勘测。



CN 115352603 B

1.一种可实现海空切换的仿企鹅型水下机器人,其特征在于:它包括流线型机体(1)、两组舵机组件(2)、两组推进组件(3)、取水连通器(4)、控制系统(5)和电源系统(6);所述的流线型机体(1)采用企鹅型的流线型外形结构,其包括轴向依次设置的流线型机头(1-1)、机身(1-2)和机尾(1-3),所述的流线型机头(1-1)为纺锤形,机身(1-2)为圆柱形,机尾(1-3)的外径小于机身(1-2)的外径;

所述的两组舵机组件(2)和两组推进组件(3)分别对称设置在流线型机体(1)的两侧,两组舵机组件(2)安装在机身(1-2)上两侧偏下的位置处,两组推进组件(3)安装在机尾(1-3)的两侧;

所述的控制系统(5)用于舵机组件(2)和推进组件(3)的控制,所述的电源系统(6)为舵机组件(2)、推进组件(3)和控制系统(5)供电;

所述流线型机体(1)为舱体结构,在流线型机体(1)的顶端开有舱口(1-4),所述的舱口(1-4)处设置有舱盖(1-5),舱盖(1-5)与舱口(1-4)为可拆卸连接,且二者之间设置有密封圈(1-6);

每组舵机组件(2)包括一个防水舵机(2-1)、一根连接杆(2-2)和一个舵片(2-3);所述的舵片(2-3)通过连接杆(2-2)连接在防水舵机(2-1)上,其中舵片(2-3)的旋转角度范围为-30°~30°;

所述的舵片(2-3)为变截面的流线型结构,舵片(2-3)的上表面面积大于下表面面积;舵片(2-3)的前端至尾端截面逐渐减小,且舵片(2-3)前端的截面为半圆形;

所述的舵片(2-3)上开有贯穿于两侧侧壁的中心通孔(2-3-1),且在舵片(2-3)内部中心通孔(2-3-1)的两侧分别设置有两个空腔(2-3-2),所述的连接杆(2-2)通过舵片(2-3)上的中心通孔(2-3-1)插装在舵片(2-3)内;

所述的取水连通器(4)与流线型机体(1)形成一体式结构;取水连通器(4)为一个狭长曲折的管道,包括依次连通的第一进水通道(4-1)、第二进水通道(4-2)、进水口(4-3)、储水腔(4-4)、排水口(4-5)和排水通道(4-6);所述的第一进水通道(4-1)、第二进水通道(4-2)、进水口(4-3)和排水口(4-5)处于储水腔(4-4)的上方,所述的排水通道(4-6)为直角形通道,排水通道(4-6)中与排水口(4-5)连接的一段管道处于储水腔(4-4)的上方,排水通道(4-6)中的另一段管道处于储水腔(4-4)的一侧;所述的第一进水通道(4-1)设置在流线型机体(1)的流线型机头(1-1)的前端,第一进水通道(4-1)为扁锥形结构,排水通道(4-6)中与排水口(4-5)连接的管道与第二进水通道(4-2)处于同一条直线上,且二者沿着水下机器人的轴线方向设置,所述的进水口(4-3)设置在第二进水通道(4-2)的尾端,排水口(4-5)设置在排水通道(4-6)的首端;

所述的控制系统(5)包括遥控信号发射器(5-1)、上位机信号发射器(5-2)、遥控信号接收器(5-3)、微处理器(5-4)、两个调速控制器(5-5)、图传发射器(5-6)、摄像头(5-7)、测距传感器(5-8)、陀螺仪(5-9)和深度传感器(5-10);所述的遥控信号发射器(5-1)或者上位机信号发射器(5-2)向遥控信号接收器(5-3)发射信号;遥控信号接收器(5-3)发出的信号传入微处理器(5-4)中进行处理,通过微处理器(5-4)获得两个螺旋桨的油门大小和两个舵片的转动角度,然后微处理器(5-4)将获得的两个螺旋桨的油门大小输出至用于调控螺旋桨速度的调速控制器(5-5)中,微处理器(5-4)将获得的两个舵片的转动角度输出至两个防水舵机;所述的陀螺仪(5-9)将仿企鹅型水下机器人的实时运动姿态传至微处理器(5-4)进行

处理;所述的测距传感器(5-8)及深度传感器(5-10)采用UART协议将获得的深度及距离信号以TTL协议传输至微处理器(5-4)进行处理;

所述的遥控信号发射器(5-1)或上位机信号发射器(5-2)以及摄像头(5-7)向图传发射器(5-6)发射信号,图传发射器(5-6)与遥控信号发射器(5-1)或上位机信号发射器(5-2)进行对频后,视频信号经AV视频采集卡传输到电脑。

2.根据权利要求1所述的一种可实现海空切换的仿企鹅型水下机器人,其特征在于:每组推进组件(3)包括一个螺旋桨(3-1)和一个螺旋桨连接板(3-2),所述的螺旋桨(3-1)通过螺旋桨连接板(3-2)安装在机尾(1-3)上。

3.根据权利要求2所述的一种可实现海空切换的仿企鹅型水下机器人,其特征在于:所述的测距传感器(5-8)安装在流线型机头(1-1)前面的“仿生眼”处,感应角度为22.5°,安装后双眼轴线之间的夹角为20°,所述的深度传感器(5-10)安装在机体舱盖(1-5)上。

4.根据权利要求3所述的一种可实现海空切换的仿企鹅型水下机器人,其特征在于:所述的电源系统(6)包括12V蓄电池和3.7V蓄电池;12V蓄电池经电源变换器分别输出12V电压和5V电压,所述的12V电压为两个螺旋桨(3-1)提供电力,所述的5V电压为两个防水舵机(2-1)提供电力;所述的3.7V蓄电池为调速控制器(5-5)、图传发射器(5-6)、摄像头(5-7)、测距传感器(5-8)、陀螺仪(5-9)和深度传感器(5-10)提供电力。

一种可实现海空切换的仿企鹅型水下机器人

技术领域

[0001] 本发明涉及海洋勘测技术领域,尤其涉及一种可实现海空切换的仿企鹅型水下机器人

背景技术

[0002] 随着科学的发展,各行各业的工作逐渐开始被机器人所取代,水下作业也一样。仿生水下机器人体积相对一般水下机器人较小,而且能够自由地运动,耗能低、续航能力强,能够在水下实现多种任务如海洋目标探测、水体采样等功能。

[0003] 对于水下机器人的控制,分为有缆ROV和无缆AUV控制两种。前者通过线缆与陆上操作站相连,大多采用驾驶员控制,此种控制方式对水下机器人的运动距离存在一定的限制;而对于后者,由于遥控器与水下机器人之间通过无线电波传输,水对于无线电波的传播存在阻碍作用,使得遥控控制适用于距离较近的场合,远距离场合应采用自主控制的算法。但是,现有的仿生水下机器人大多采用仿鱼型推进设计,使用鱼鳍或尾部摆动提供推力,如美国研发的仿生推进器NUWCBAUV和Nekton Pilot Fish采用多片胸鳍提供动力;仿生水下机器人在国内也有一些较新的研究成果,如北京航空航天大学研制出的“SPC-II仿生鱼”以及哈尔滨工程大学的叶秀芬等研发的仿生鲫鱼,采用仿鱼类尾鳍的方式推进。以上的仿生水下机器人虽然灵活性高,但是前进速度均小于2ms,在用于实际的长距离海洋探测,尤其是对于污染水质搜索、跟踪军事目标等对于时效性要求严格场景时效率较低,不适合使用。而且,由于仿生鳍推进的水下机器人活动关节数量多,机体的动力学参数计算难以建模,且水下机器人受到外界水体环境中多种不确定因素的干扰,使得运动模型难以准确建立,对自主控制算法产生的巨大影响,导致现有自主控制难以实现精确控制。

发明内容

[0004] 本发明需要解决的技术问题是:现有的采用仿生鳍推进的水下机器人行进速度小,且由于处于水下,介质水对无线电波的传播存在阻碍作用,在遥控控制下使得水下机器人航行的距离有限,对于自主控制算法,由于仿生鳍推进的水下机器人动力学参数难以建模,且受到外界干扰多,使得运动模型难以准确建立,对算法产生的巨大影响,导致难以实现精确控制;进而提供一种可实现海空切换的仿企鹅型水下机器人。

[0005] 本发明为解决上述技术问题采用的技术方案是:

[0006] 一种可实现海空切换的仿企鹅型水下机器人,它包括流线型机体、两组舵机组件、两组推进组件、取水连通器、控制系统和电源系统;所述的流线型机体采用企鹅型的流线型外形结构,其包括轴向依次设置的流线型机头、机身和机尾,所述的流线型机头为纺锤形,机身为圆柱形,机尾的外径小于机身的外径;

[0007] 所述的两组舵机组件和两组推进组件分别对称设置在流线型机体的两侧,两组舵机组件安装在机身上两侧偏下的位置处,两组推进组件安装在机尾的两侧;

[0008] 所述的控制系统用于舵机组件和推进组件的控制,所述的电源系统为舵机组件、

推进组件和控制系统供电。

[0009] 本发明与现有技术相比产生的有益效果是：

[0010] 1、本发明的水下机器人采用仿企鹅的设计，具有纺锤形机头、圆柱形机身以及与真实企鹅翼类似的舵片结合的方式，整体的结构形式能够在容积最大的前提下最大限度减小水中阻力；企鹅型水下机器人采用对称布置的螺旋桨式的推进器作为动力源，提高水下机器人的运行速度和稳定性，在水流速度为0的情况下，仿企鹅型水下机器人理想中最大行进速度可以达到3.256ms。

[0011] 2、本发明采用螺旋桨推进器代替传统冗杂的鱼鳍推进，不仅获得更高的前进速度，还简化了机身动力参数，从而简化了机体的动力学建模，减少了受到外界水体干扰的可能；使用螺旋桨作为水下推进动力源以及通过仿企鹅型的舵片调整水下姿态，最终实现“海空”切换、水中多姿态运动、水下巡航检测以及“隐身”躲避雷达的功能，做到海空一体化。

[0012] 3、在远距离航行下，由于水下机器人在水面以下无法通过无线方式收发信息，因此本发明的水下机器人可以模仿企鹅跃出水面，通过模仿企鹅跃出水面在空中免受水体干扰，完成信息交互。本发明在选用无线方式进行信息交互的同时弥补了远距离航行无法水下无线传输指令的不足，信息交互方便快捷，易于使用。无线的信息交互方式使得该发明能够在运动空间上更加自由，不会因控制者与机器的距离而对控制机器造成困难。同时本发明可以通过瞬时跃出水面的方式弥补水体对信息交互的干扰，在远距离航行时依旧可以直接操控仿企鹅型水下机器人完成预计功能。

[0013] 4、本发明采用无缆控制，搭载了遥控和自主控制两套系统，对于遥控控制，采用遥控器信号结合PID控制推进算法修正航向；对于水下自主控制，使用图像传输配合神经网络学习的视觉方式，满足对目标检测和追踪的要求，同时采用激光测距传感技术，在遇见水下障碍时利用距离信息结合PID控制推进算法自动避障。

附图说明

[0014] 附图作为本申请的一部分，用来提供对本发明的进一步的理解，本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明，但不构成对本发明的不当限定。

[0015] 图1为仿企鹅型水下机器人的轴测图；

[0016] 图2为仿企鹅型水下机器人的主视图；

[0017] 图3为仿企鹅型水下机器人的俯视图；

[0018] 图4为仿企鹅型水下机器人的左视图；

[0019] 图5为流线型机体的轴测图；

[0020] 图6为流线型机体的剖视图；

[0021] 图7为舵片的左视图；

[0022] 图8为舵片的剖视图；

[0023] 图9为螺旋桨连接板的主视图；

[0024] 图10为螺旋桨连接板的侧视图；

[0025] 图11本发明控制系统的控制元件关系示意图，其中M1为左侧螺旋桨，M2为右侧螺旋桨，S1为左侧防水舵机，S2为右侧防水舵机；

[0026] 图12为理想推进器力学模型示意图，(a)表示水流进出推进器时的模型图，(b)为

水流进出推进器时速度的变化图,(c)为水流进出推进器时压强的变化图;

[0027] 图13为螺旋桨尺寸示意图,(a)为螺旋桨内径、外径及螺旋桨中心点距离连接板端部的尺寸示意图,(b)为螺旋桨连接板上安装孔横向间距与纵向间距;

[0028] 图14为本发明处于水下的最大浮力示意图。

[0029] 图中:1、流线型机体;1-1、流线型机头;1-2、机身;1-3、机尾;1-4、舱口;1-5、舱盖;1-6、密封圈;2、舵机组件;2-1、防水舵机;2-2、连接杆;2-3、舵片;2-4、固定条;2-3-1、中心通孔;2-3-2、空腔;3、推进组件;3-1、螺旋桨;3-2、螺旋桨连接板;4、取水连通器;4-1、第一进水通道;4-2、第二进水通道;4-3、进水口;4-4、储水腔;4-5、排水口;4-6、排水通道;5、控制系统;5-1、遥控信号发射器;5-2、上位机信号发射器;5-3、遥控信号接收器;5-4、微处理器;5-5、调速控制器;5-6、图传发射器;5-7、摄像头;5-8、测距传感器;5-9、陀螺仪;5-10、深度传感器;6、电源系统。

具体实施方式

[0030] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,以下实施例用于说明本发明,但不用来限制本发明的范围。

[0031] 在本发明的描述中,需要说明的是,术语“上”、“下”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。

[0032] 在本发明的描述中,需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连。对于本领域的普通技术人员而言,可以具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0033] 如图1至图11所示,本申请实施例提供一种可实现海空切换的仿企鹅型水下机器人,包括流线型机体1、两组舵机组件2、两组推进组件3、取水连通器4、控制系统5和电源系统6;所述的流线型机体1包括轴向依次设置的流线型机头1-1、机身1-2和机尾1-3,所述的两组舵机组件2和两组推进组件3分别对称设置在流线型机体1的两侧,两组舵机组件2安装在机身1-2上两侧对称偏下的位置处,两组推进组件3安装在机尾1-3上的两侧对称位置,推进组件3的高度高于舵机组件2的高度,且推进组件3与舵机组件2在纵向的投影上存在重叠部分。

[0034] 本实施例中,如图4和图5所示,所述的流线型机体1采用企鹅型的流线型外形结构,其中流线型机头1-1为纺锤形,机身1-2为圆柱形,机尾1-3的外径小于机身1-2的外径,在保证一定的安装空间范围内,使得机体的整体体积达到最小、质量达到最小,从而减小水下机器人在水中的运行阻力和耗能;整体流线型机体1的外形可以最大限度减小水下机器人在水中的阻力,保证水下机器人在水中的正常运动;所述流线型机体1为舱体结构,其材质为光固化树脂,壁厚为3mm;在流线型机体1的顶端开有舱口1-4,所述的舱口1-4处设置有舱盖1-5,舱盖1-5与舱口1-4为可拆卸连接,优选在舱口1-4的端面上均匀开有若干个螺孔,在舱盖1-5上相应的位置开有若干个螺孔,舱盖1-5与舱口1-4之间通过螺钉进行连接;所述

舱盖1-5的上表面可以设计成平面的形式,可以为许多附加功能的元件提供安装位置;所述的舱口1-4与舱盖1-5之间还可以设置有密封圈1-6,所述的密封圈1-6采用橡胶材质,具有抗拉强度高、弹性大和延伸率大等特点,起到防水的作用,且可靠易于拆卸。

[0035] 本实施例中,如图1、图7和图8所示,每组舵机组件2包括一个防水舵机2-1、一根连接杆2-2和一个舵片2-3;所述的舵片2-3通过连接杆2-2连接在防水舵机2-1上,并且在防水舵机2-1的驱动下实现旋转,其中舵片2-3的旋转角度范围为-30°～30°。

[0036] 所述的防水舵机2-1可拆卸地安装在机身1-2上,优选的在防水舵机2-1上开有两个安装孔,机身1-2上相对应的位置处开有两个螺孔,防水舵机2-1与机身1-2之间通过螺栓进行连接,防水舵机2-1的电源线和信号线伸入流线型机体1内并与流线型机体1中的电路板完成线路连接,防水舵机2-1与机身1-2连接处的缝隙处分多次注入硅胶,以保证线孔彻底密封不渗水;所述防水舵机2-1的型号为KM1850MD。

[0037] 所述防水舵机2-1的动力伸出端与连接杆2-2的一端通过联轴器进行连接。

[0038] 所述舵片2-3采用与真实企鹅翼类似的变截面的流线型结构,其中舵片2-3的上表面面积要大于下表面面积;舵片2-3的前端至尾端截面逐渐减小,且舵片2-3前端的截面为半圆形,以减小水下阻力;所述的舵片2-3上开有贯穿于两侧侧壁的中心通孔2-3-1,且在舵片2-3内部中心通孔2-3-1的两侧分别设置有两个空腔2-3-2,用于减小整个水下机器人的重量,同时也减小防水舵机2-1带动舵片2-3旋转的载荷。

[0039] 所述的连接杆2-2为不锈钢材质,连接杆2-2的另一端垂直设置有一根固定条2-4,所述固定条2-4的两端开有安装孔,在舵片2-3远离流线型机体1的一侧侧壁上,中心通孔2-3-1两侧相对应的位置上各开有一个螺孔;所述的连接杆2-2通过舵片2-3上的中心通孔2-3-1插装在舵片2-3内,固定条2-4通过螺钉固定在舵片2-3远离流线型机体1的一侧侧壁上;虽然舵片2-3的空心结构可以减小其本身的重量,但同时其刚度也一并减小,舵片2-3在水中不仅能受到水的压力,还可能发生碰撞受到冲击,通过连接杆2-2的设置可以提高舵片2-3刚度。

[0040] 本实施例中,如图1、图3、图9、图10和图13所示,每组推进组件3包括一个螺旋桨3-1和一个螺旋桨连接板3-2,所述螺旋桨连接板3-2的一面为平面,另一面带有凹口,螺旋桨连接板3-2上的凹口处开有四个安装孔,所述的螺旋桨3-1通过螺钉安装在螺旋桨连接板3-2的凹口处,螺旋桨连接板3-2上还开有另外四个安装孔,在流线型机体1的机尾1-3上相对应的位置处开有四个螺孔,所述的螺旋桨连接板3-2通过螺栓连接在机尾1-3上;用于连接螺旋桨3-1的线通过机尾1-3上预留的线孔穿入流线型机体1内,并与内置在流线型机体1内的电路板连接,机尾1-3处的线孔用硅橡胶密封,该种固定方式节约了流线型机体1的空间并保留了流线型机体1外形的减阻特点。仿企鹅型水下机器人的推进主要靠两个螺旋桨3-1的转动实现,螺旋桨3-1上的驱动电机采用30A电调带动2216.500kV的rov电机旋转,使螺旋桨3-1工作,其中电调和电机为一体式结构。

[0041] 本发明的仿企鹅型水下机器人在控制方面旨在实现结合用户输入指令和机身测量得到的参数,控制两个螺旋桨3-1的水下动力源差速输出动力来进行姿态调整,实现在水下各类扰动中保持前进方向的稳定性,并结合用户输入控制仿企鹅舵实现跃出水面及姿态控制的功能,实现水下巡航检测、跟踪、隐身躲避雷达等功能。

[0042] 本实施例中,所述控制系统5中的部分元器件与取水连通器4纵向依次设置在流线

型机体1的安装舱内；

[0043] 如图6所示，所述的取水连通器4与流线型机体1形成一体式结构；取水连通器4为一个狭长曲折的管道，包括依次连通的第一进水通道4-1、第二进水通道4-2、进水口4-3、储水腔4-4、排水口4-5和排水通道4-6；所述的第一进水通道4-1、第二进水通道4-2、进水口4-3和排水口4-5处于储水腔4-4的上方，所述的排水通道4-6为直角形通道，排水通道4-6中与排水口4-5连接的一段管道处于储水腔4-4的上方，排水通道4-6中的另一段管道处于储水腔4-4的一侧；所述的第一进水通道4-1设置在流线型机体1的流线型机头1-1的前端，第一进水通道4-1为扁锥形结构，排水通道4-6中和排水口4-5连接的管道与第二进水通道4-2处于同一条直线上，且二者沿着水下机器人的轴线方向设置，所述的进水口4-3设置在第二进水通道4-2的尾端，排水口4-5设置在排水通道4-6的首端；所述的取水连通器4利用连通器原理，将水存储在预先设计好的储水腔4-4中，设计简单方便、易于执行，无需外加电路与控制元件；取水连通器4中腔体存水的结构不会失去水样，而会不断地对水样进行更新，属于动态采集，在期望的位置取样后迅速返回可以保存住水样。在仿企鹅型水下机器人水下工作结束返回后，操作者沿着企鹅前端“嘴”处倒出水样可进行相关的水质分析，采样体积为55ml。

[0044] 本实施例中，如图11所示，所述的控制系统5整体架构主要包括图传系统、驱动系统、通信系统、智能控制系统和用户服务系统五个部分。具体的，所述的控制系统5包括遥控信号发射器5-1、上位机信号发射器5-2、遥控信号接收器5-3、微处理器5-4、两个调速控制器5-5、图传发射器5-6、摄像头5-7、测距传感器5-8、陀螺仪5-9和深度传感器5-10；所述的遥控信号发射器5-1或者上位机信号发射器5-2向遥控信号接收器5-3发射信号；所述的遥控信号接收器5-3为R8EF接收器，遥控信号接收器5-3包括接收器CH1～CH4和CH7，所述的接收器CH1～CH4通路分别接收横滚、升降、前进后退、左右转向的指令，CH7负责接收系统的开关指令；遥控信号接收器5-3发出的具体信号形式为高电平时间1000us-2000us的50Hz的TTL协议PWM信号，并传入微处理器5-4中进行处理，通过微处理器5-4获得两个推进器M1、M2的油门大小和两个舵机S1、S2的转动角度，然后微处理器5-4将获得的两个推进器M1、M2的油门大小输出至左推进器M1和右推进器M2的调速控制器5-5，微处理器5-4将获得的两个舵机S1、S2的转动角度输出至左舵S1和右舵S2，达到精确操控仿企鹅型水下机器人的行进速度和姿态的目的。

[0045] 所述的陀螺仪5-9将仿企鹅型水下机器人的实时运动姿态传至微处理器5-4进行处理；所述的测距传感器5-8及深度传感器5-10采用UART协议将获得的深度及距离信号以TTL协议传输至微处理器5-4进行处理。

[0046] 所述的陀螺仪5-9是由高精度陀螺仪、加速度计、地磁场传感器组成，其采用高性能的微处理器和先进的动力学解算与卡尔曼动态滤波算法，能够快速求解出当前的仿企鹅型水下机器人的实时运动姿态；传感器获得原始数据后，采用先进的数字滤波技术，能有效降低测量噪声，提高测量精度；模块内部集成了姿态解算器，配合动态卡尔曼滤波算法，能够在动态环境下准确输出模块的当前姿态。

[0047] 所述仿企鹅型水下机器人上的测距传感器5-8的型号为XKC-KL200-UART，其安装在流线型机头1-1前面的“仿生眼”处，感应角度为22.5°，安装后双眼轴线之间的夹角为20°，感应距离为0-4m，两个测距传感器5-8的配合使用可以实现避障功能，激光测距传感器

可以设置一定的避障距离,假设企鹅的基本运动为向前运动,若两侧测距传感器5-8检测到的障碍物均大于避障距离或没有检测到障碍物,则企鹅运动环境良好,可以继续向前运动;若有一侧测距传感器5-8检测到障碍物小于避障距离,则仿企鹅型水下机器人会比较两个测距传感器5-8的数值,向数值大的方向行进,进行左转或右转,转弯角度视障碍距离而定;若两侧测距传感器5-8皆检测到障碍物小于避障距离,则说明前方有大障碍物,仿企鹅型水下机器人后退或跃出水面避过障碍物。

[0048] 所述仿企鹅型水下机器人上的深度传感器5-10的型号为MS5837,其安装在机体舱盖上,可以反馈深度数据,既便于操作者掌握仿企鹅型水下机器人所处位置,又能根据深度自主选择运动方式。摄像头5-7安装在机体舱盖上的密封亚克力壳里,保证摄像头5-7可检测的视野足够开阔。

[0049] 所述的遥控信号发射器5-1或上位机信号发射器5-2向图传发射器5-6发射信号,遥控信号发射器5-1或上位机信号发射器5-2的工作频道为1.2GHz,可以穿透水介质进行传输,图传发射器5-6与遥控信号发射器5-1或上位机信号发射器5-2进行对频后,视频信号经AV视频采集卡传输到电脑,以进行后续神经网络识别和指令发送。

[0050] 所述的控制系统5主要是由遥控模式和水下自主控制模式进行控制。对于遥控模式,采用遥控器信号结合PID控制推进算法修正航向;仿企鹅型水下机器人中装有JY901S陀螺仪,配合两个推杆的PID控制算法,能掌握企鹅的姿态,具有鲁棒性,速度和角度控制精确。操作者通过T8FB遥控器操作两个推杆来控制仿企鹅型水下机器人的运动。对于水下自主控制模式,使用图像传输配合神经网络学习的视觉方式,满足对目标检测和追踪的要求,同时采用激光测距传感技术,在遇见水下障碍时利用距离信息结合PID控制推进算法自动避障。其中,遥控信号发射器5-1、遥控信号接收器5-3、微处理器5-4、天线、陀螺仪5-9、两个推进器M1、M2和两个舵机S1、S2属于遥控模式中的元器件;上位机信号发射器5-2、遥控信号接收器5-3、微处理器5-4、天线、图传发射器5-6、摄像头5-7、测距传感器5-8、陀螺仪5-9和深度传感器5-10属于水下自主控制模式中的元器件。

[0051] 本实施例中,仿企鹅型水下机器人的流线型外形和流线型舵片可以定向反射达波,避免被雷达发现,可以执行水下秘密任务。仿企鹅型水下机器人的智能控制系统工作时可以自动避障,还可以通过在水中穿透力强的1.2G无线电反馈给用户服务系统实时位置和深度等数据,并具有图传功能,摄像头经过神经网络训练,可以对军舰、潜艇等进行识别,传回上位机,用户可以通过上位机对仿企鹅型水下机器人发出跟踪、运动等指令。跟踪时仿企鹅型水下机器人将监测军舰在视野中的位置并通过自身的运动始终与军舰保持一定的距离,采集水样的实施方案将在实施方案七中叙述,企鹅运动与实施方案四中的陀螺仪配合PID算法控制一致,只是此处发出指令的为上位机或企鹅的避障系统。

[0052] 本实施例中,如图11所示,所述的电源系统6包括12V蓄电池和3.7V蓄电池;其中,12V蓄电池经电源变换器分别输出12V电压和5V电压,所述的12V电压为两个推进器M1、M2提供电力,所述的5V电压为两个舵机S1、S2提供电力;3.7V蓄电池为其他控制元件提供电力。用于控制推进器M1、M2的电机和舵机S1、S2采用无极算法调速,以操控员输入的命令为主,配合控制自动调整。具体为,两侧舵机由遥控信号指令控制舵片偏转角大小,两侧推进器由遥控信号控制前进速度,并结合PID控制算法修正因推力偏差产生的偏航误差。其工作流程为,将陀螺仪测量的相对地磁的绝对偏向角与指令设定的前进角的差值作为控制算法输入

值,PID控制算法实时计算得到两电动机的修正推力,结合遥控指令输入的前进速度得到两电动机的实际输出转速以实现PID算法配合陀螺仪控制偏航角稳定。

[0053] 本实施例中,所述的仿企鹅型水下机器人采用纺锤形机头、圆柱形机身以及与真实企鹅翼类似的舵片结合的方式,整体的结构形式能够在容积最大的前提下最大限度减小水中阻力;企鹅型水下机器人采用对称布置的螺旋桨式的推进器作为动力源,提高水下机器人的运行速度和稳定性,在水流速度为0的情况下,仿企鹅型水下机器人理想中最大行进速度可以达到3.256ms。水下机器人最大行进速度的计算过程如下:

[0054] 首先,推进器的外壳直径为65mm,将推进器的理论模型可以理想化成一个轴向尺寸趋于零、水可自由通过的盘,该模型如图12所示。此盘可以拨水向后,同时盘的直径视为螺旋桨外壳直径,团队采用的推进器尺寸如图13所示。

[0055] 单位时间内通过推进器盘面的流体质量为:

[0056] $m=\rho A_0(V_A+u_{a1})$

[0057] 自流管远前方断面AA1断面流入的动量为:

[0058] $I_1=\rho A_0(V_A+u_{a1})V_A$

[0059] 自流管远后方断面CC1断面流出的动量为:

[0060] $I_2=\rho A_0(V_A+u_{a1})(V_A+u_a)$

[0061] 所以根据动量定理,作用于流体上的力等于单位时间内流体动量的增量,而根据牛顿第三定律,流体的反作用力就是推力,故推力为:

[0062] $F=I_2-I_1=\rho A_0(V_A+u_{a1})u_a$

[0063] 其中,$u_{a1}=0.5u_a$,由于是在水池中做实验,水池中的水流动速度V_A为0,故$V_A=0$,推进力F根据所给的技术参数可以得到:F=17.052N,水的密度近似看成1.0gcm^3。A_0就是推进器外壳所在圆的面积,代入数值后有:

[0064] $$u_a=\sqrt{\frac{1.74\times9.8\times2}{10^{-3}\times\pi\times32^2}}=3.256\text{m/s}$$

[0065] 因此,本申请中的水下机器人在没有阻力和场地限制的情况下,其理论最大推进速度为3.256ms,通过实验测得实际最大推进速度为2ms,虽然与理论最大推进速度存在一定的差距,但是也超过市面上很多仿生水下机器人的推进速度,可实现高效率长距离海洋探测、污染水质搜索及跟踪军事目标等目的,为未来批量化生产做好前期准备。

[0066] 本实施例中,所述的水下机器人与水平面间存在一定的倾角a,此倾角a的角度值是由以下三点因素决定的:一是、水下机器人在控制系统中部分元器件的安装下整体重心后移,水下机器人的轴线与水平面形成一定的自然倾角a,倾角的角度值为45°,此倾角为在不施加外力情况下的自然倾角;二是、仿企鹅型水下机器人的质量和密度经过了严密的配平,在质量最小的前提下尽可能减小体积,质量分配不均处通过软铅片配平,使得仿企鹅型水下机器人整体密度约为水的密度,有助于升降舵发挥作用,重心位置位于几何中心偏后,可形成一定的自然倾角;三是、水下机器人的倾角还可以通过水下机器人的初始自然倾角、推进速度和舵片的偏转角度进行改变,其倾角a的调节范围为-33°到63°;即水下机器人的初始自然倾角为30°、在0.75ms的推进速度和正常的安装条件下,水下机器人在舵片2-3偏转最大角度30°时,机身偏转角度为63°,在舵片2-3反向偏转最大角度30°时,机身偏转角度为-33°。其中,自然倾角为45°时跃水效果好,自然倾角为30°时综合性能更好。本发明的水

下机器人形成一定的自然倾角,有助于其跃出水面形成一定的攻角,延长其在空中停留时间和增大跃出高度,实际上本申请的水下机器人跃出水面最大高度可以达到350mm,本申请遥控器的最大传播深度为400mm,一般控制灵敏的基础深度为300mm。

[0067] 水下机器人理论最大跃出高度的计算过程如下:

[0068] 理论最大跃出高度的计算模型为抛物线运动,仿企鹅型水下机器人在水中以一定攻角和初速度跃出水面,跃出水面后无附加力作用,相当于做抛体运动。理论上企鹅的最大攻角α=60°,理论最大推进初速度v_0为3.256ms,根据抛体运动的运动学公式可求出理论最大跃出高度为:

[0069] $$h=\frac{(v_0\sin\alpha)^2}{2g}=\frac{(3.256\times\sin60^\circ)^2}{2\times9.8}=406\text{mm}$$

[0070] 由于本申请实际测得的最大初速度为2ms,且攻角大小受到场地限制略有减小(实际攻角为45°,也是实际测试中最优攻角),故测得的实际最大跃出高度为350mm,该值会因为场地限制导致最大攻角变化而变化。

[0071] 表1:水下机器人相关参数

[0072]

相关参数	具体数值	备注
尺寸	310mm*355mm*170mm	长*宽*高
续航时间	2h	
基本潜水深度	300mm	
采样体积	55mL	取实验平均值
避障距离	300mm	距离大小可调
跃出最大高度	350mm	
速度范围	0-2ms	
相机像素	5×10^6	
使用须知:相关参数测试是在室内水池中无干扰前提下测定,具体数据会因实际条件变动而变动。		

[0073] 本实施例中,所述舵片2-3偏转角度的范围为-30°~30°,比一般的舵式水下机器人偏转角度小,具有反应灵敏、控制容易的特点。此偏转角度即可满足机体上浮与下潜的要求,而且舵片2-3正向、逆向各30°的运动空间使得螺旋桨3-1的安装位置可以靠前设计,在与舵片2-3不发生干涉的安全距离内进行安装,缩短了机体的轴向长度,对于整体水下机器人的小型化具有贡献。

[0074] 本实施例中,所述的水下机器人利用仿生舵片实现浮沉及翻滚姿态控制,尽可能多地模拟企鹅的真实动作。舵片2-3上表面积为71.45cm^2,下表面积为69.65cm^2,分别对舵片2-3在两个极限位置时,即舵片2-3的偏转角度为-30°和30°时建立物理模型可求得,舵片2-3的最大上浮力为23.82N,最大下潜力为24.44N,相对于总质量为1.99kg的水下机器人,该上浮力与下潜力足够实现功能。上浮力与下潜力的计算过程如下:

[0075] 水下机器人的最大上浮力与下潜力是舵片处于极限角度30°时的姿态时出现,故在舵片处于该姿态时计算水下机器人的最大上浮力与下潜力,上浮与下潜的原理相同,只

有舵片上下表面积不同引起上浮力和下潜力不同,如图14所示。对该姿态下的舵片进行受力分析,水对舵片的作用力分解成上浮的力以及水平方向的阻力。水平方向力的计算我们取Δt时间内流过的水柱为一个微元体计算,根据动量定理,作用在下表面的力大小为:

[0076] $$F=\frac{m\Delta v}{\Delta t}=\frac{\rho S_{下表面}\sin 30^{\circ}\ v^{2}\Delta t}{\Delta t}=\rho S_{下表面}\sin 30^{\circ}\ v^{2}$$

[0077] 其中,推进速度v为2ms,舵片下表面的表面积为69.65cm^2,$s_{下表面}\sin 30^{\circ}$为阻力作用的有效面积。代入数值后有:

[0078] $F=\rho S_{下表面}\sin 30^{\circ}v^{2}=13.93N$

[0079] 故上浮力$F_{上浮}=\sqrt{3}F=23.82N$,这是一个舵片能够提供的上浮力。

[0080] 同理,下潜力为$F_{下潜}=24.44N$。

[0081] 本实施例中,所述的仿企鹅型水下机器人在舵片2-3姿态的调整下可实现水下机器人多姿态的运动形式,具体包括前、后、左、右、上、下任意方向游动,还可以瞬时跃出水面,实现“海-空”切换,此外,还能实现连续波浪式上浮下潜、后翻、原地转向、急停、定姿游动、侧倾等独特的运动形式,以适应不同的用户要求,水下机器人各种运动形式实现的过程如下:

[0082] 向前运动:流线型机体1与两个舵片2-3均处于水平状态,两侧螺旋桨3-1正转,水下机器人向前运动。

[0083] 向后运动:流线型机体1与两个舵片2-3均处于水平状态,两侧螺旋桨3-1反转,水下机器人向后运动。

[0084] 向左运动:流线型机体1与两个舵片2-3均处于水平状态,右侧螺旋桨3-1转速大于左侧螺旋桨3-1转速,转速差可根据转弯角度和速度大小改变,实现向左运动。

[0085] 向右运动:流线型机体1与两个舵片2-3均处于水平状态,左侧螺旋桨3-1转速大于右侧螺旋桨3-1转速,转速差可根据转弯角度和速度大小改变,实现向右运动。

[0086] 瞬时跃出水面运动:流线型机体1与两个舵片2-3与水平面均存在一定的自然倾角,且二者倾角相同,两侧螺旋桨3-1的速度达到最快,利用机身的自然倾角角冲出水面,要想实现最大高度跃出水面,水下机器人需处于水下300mm左右时冲出,实现瞬时跃出水面运动。

[0087] 上浮运动:流线型机体1处于水平状态,两侧舵片2-3向上偏转,两侧螺旋桨正转,实现上浮。

[0088] 下潜运动:流线型机体1处于水平状态,两侧舵片2-3向下偏转,两侧螺旋桨反转,实现下潜。

[0089] 波浪式上浮下潜运动:流线型机体1处于水平状态,两侧螺旋桨正转,两侧舵片同向往复正转与反转,则水下机器人处于一种波浪式的上浮下潜运动状态。

[0090] 后翻状态:两侧舵片向上偏转至30°,两侧螺旋桨处于正转状态,水下机器人可完成后翻运动。同理,两舵片反转,水下机器人可恢复后翻之前的状态。

[0091] 原地转向状态;流线型机体1与两个舵片2-3均处于水平状态,两侧螺旋桨转向相反,转速相同,实现原地转向的状态。

[0092] 急停状态:有一定前进速度时,两侧螺旋桨反转,使企鹅有向后运动加速度,快速停止前进。

[0093] 定姿游动状态:水对仿企鹅型水下机器人的作用使其运动参数产生的变化可以反馈到陀螺仪的传感器中,从而控制系统5可以做出一定的反馈进行速度的调整,即使水流有干扰,也能在控制系统5中的传感器、陀螺仪等智能控制元件的作用下自我调整螺旋桨转速和舵的偏角,完成定姿游动。

[0094] 侧倾状态:两侧舵片沿相反方向转动,两侧螺旋桨处于正转状态,企鹅可实现侧倾运动。

[0095] 本发明中,企鹅具有六个自由度的运动,除了上述姿态,通过升降舵片和螺旋桨的配合,还可以实现其他符合理论的相关动作或不同动作的合成与叠加。

[0096] 本发明整体机械结构分为“机身”、“舱盖”、“舵片”三个部分。机身外形采用最大限度减小水中的阻力流线型保证企鹅在水中正常运动。机身上各个零部件的安装位置是由质量体积的精确计算得到的,各部分质量及重点位置见下表,从而保证企鹅的空间利用率最高。

[0097] 表2水下机器人质量分配表格

[0098]

[0099]

部位	器件	质量(kg)
头部	测距传感器(2 个)	0.050
中部	电池	0.125
	舵机、舵、轴(2 套)	0.253
	芯片、稳压模块、导线、接收器等电子元件	0.100
	舱盖	0.074
	深度传感器	0.025
	摄像头及外壳	0.108
尾部	螺旋桨(2 个)	0.410
质心轴向坐标：x=195mm(长度方向)		

[0100] 本实施例中,所述的水下机器人还可以实现“隐身”作业,即在流线型机体1的表面以及舵片2-3的表面上涂有雷达隐身涂料,采用的雷达隐身涂料能吸收、衰减入射的雷达波,能有效避免雷达的监测,在水中“隐身”作业,为秘密勘测的实现提供了一定的结构基础和技术支撑。雷达隐身涂料实质上是一种功能性高分子复合涂料,具有将电磁能转换成热能而耗散掉或使电磁波因干涉而消失的功能,在装备表面涂覆雷达吸波涂料能够有效降低目标的雷达散射截面(RCS)。企鹅形水下机器人表面涂料采用纳米吸波涂料,纳米材料粒子由于粒径极小,比表面积大,处于表面的原子比例增大,增强了活性,在电磁场作用下,原子、电子运动加剧,促使磁化,使得电磁能转化为其它形式的能,增加对电磁波的吸收。同时,纳米粒子具有较高的矫顽力,可引起大的磁滞损耗。纳米吸波涂料具有高吸收、涂层薄、重量轻、吸收频带宽、红外微波吸收兼容等特点,是一种非常有发展前景的高性能、多功能吸波涂料。

[0101] 虽然在本文中参照了特定的实施方式来描述本发明,但是应该理解的是,这些实施例仅仅是本发明的原理和应用的示例。因此应该理解的是,可以对示例性的实施例进行许多修改,并且可以设计出其他的布置,只要不偏离所附权利要求所限定的本发明的精神

和范围。应该理解的是,可以通过不同于原始权利要求所描述的方式来结合不同的从属权利要求和本文中所述的特征。还可以理解的是,结合单独实施例所描述的特征可以使用在其他所述实施例中。

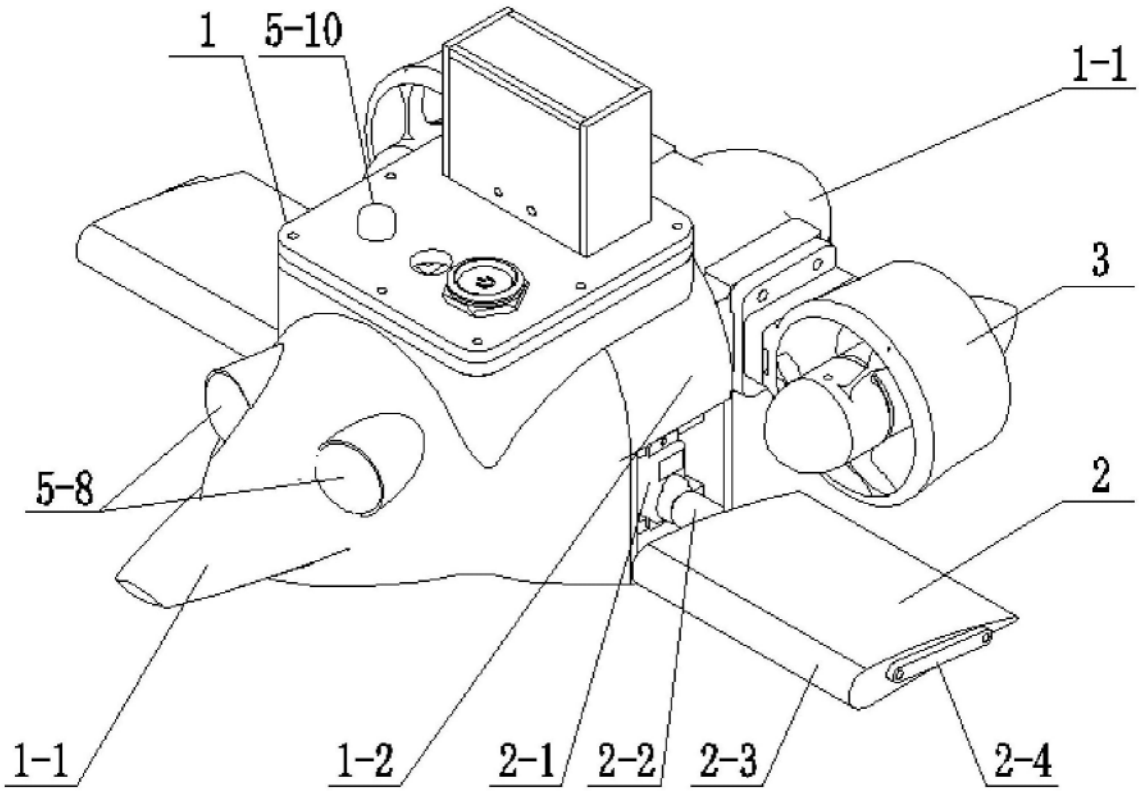


图1

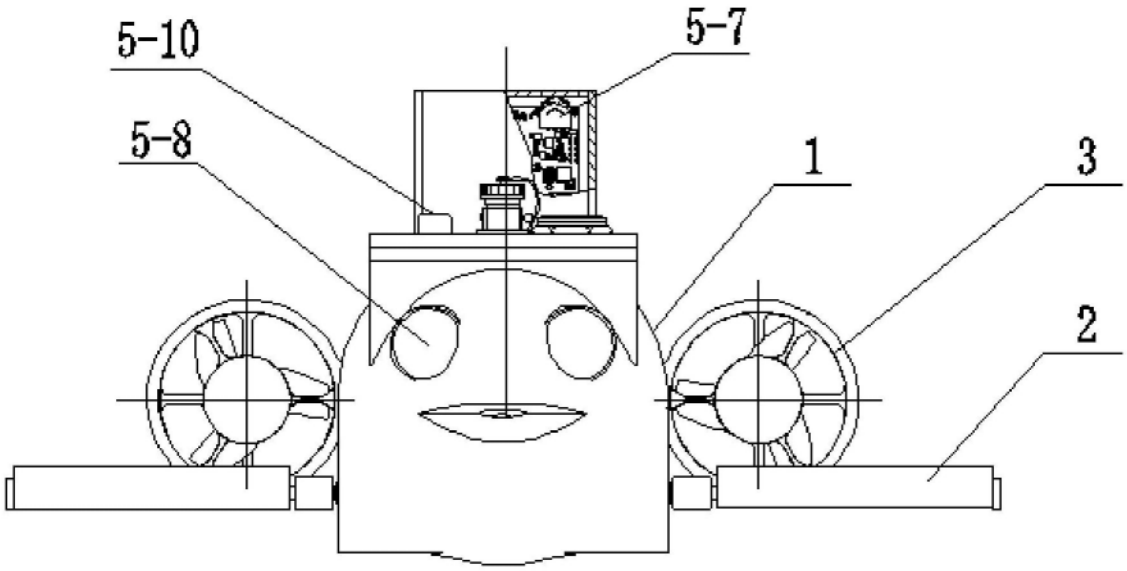


图2

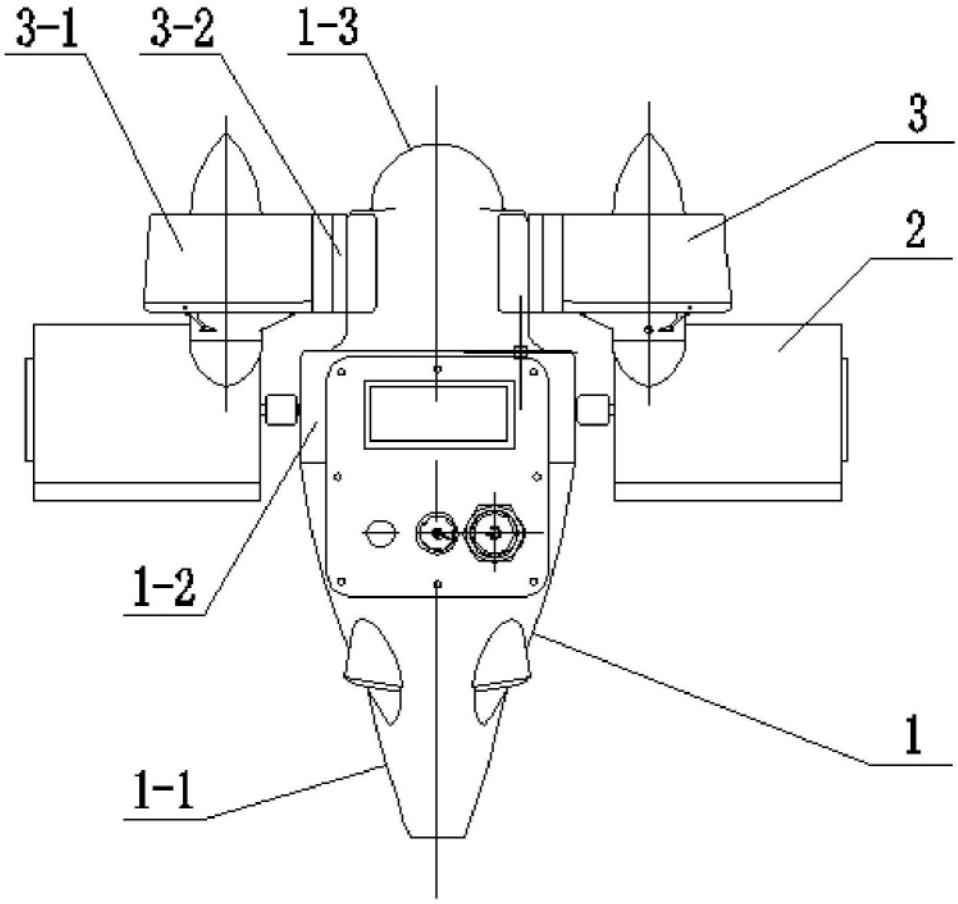


图3

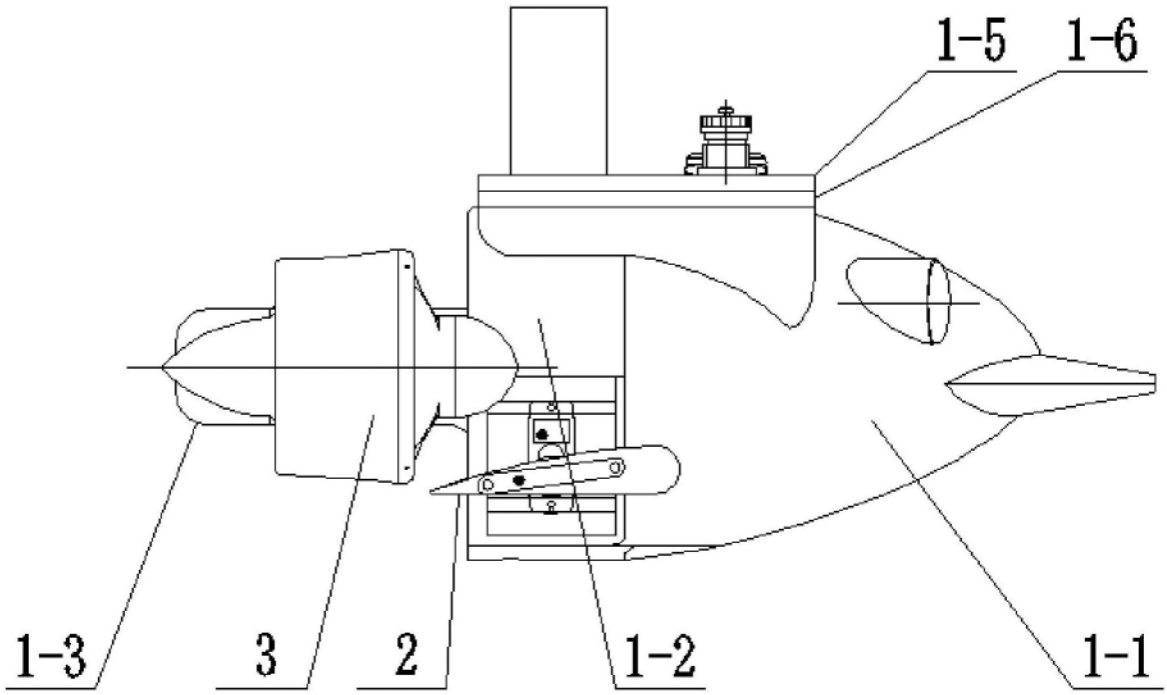


图4

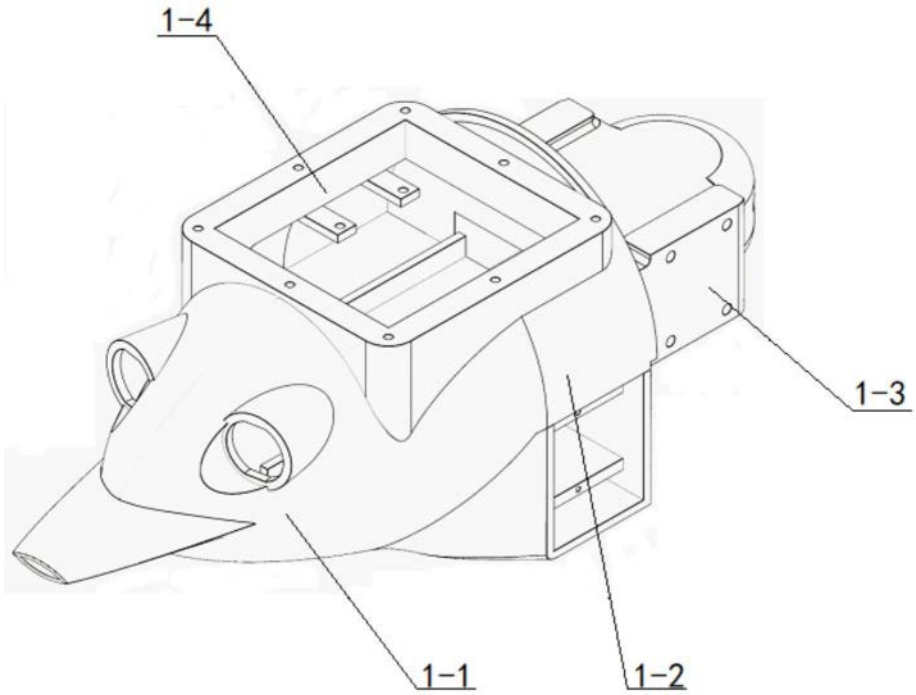


图5

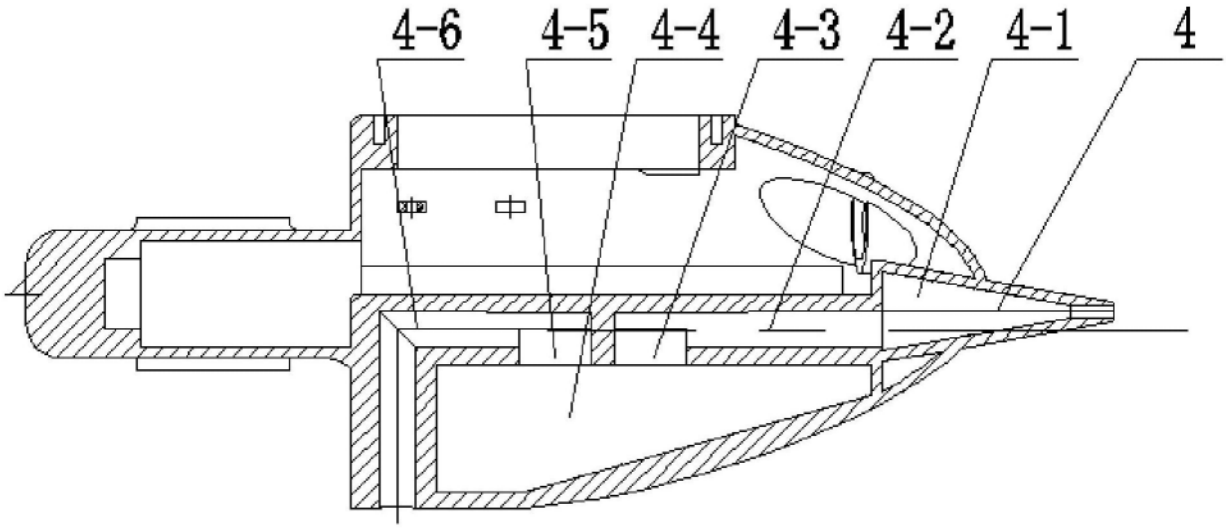


图6

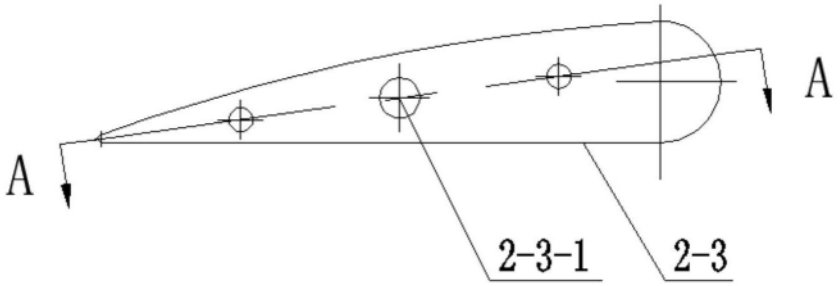


图7

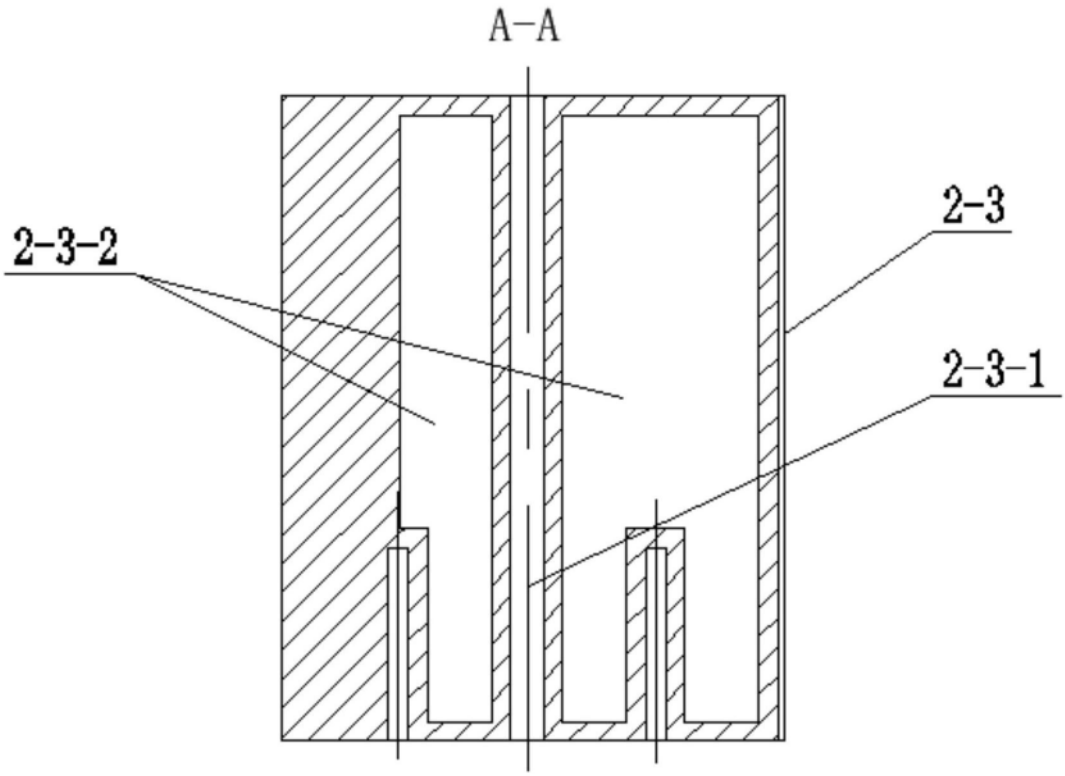


图8

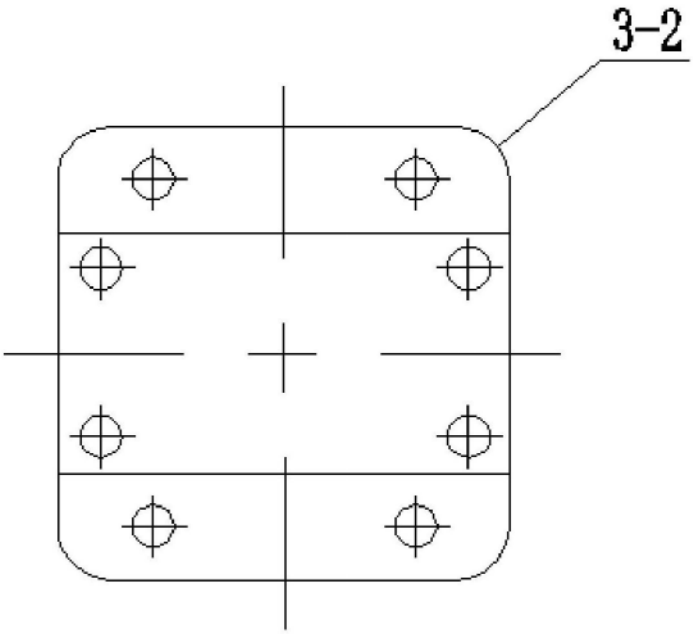


图9

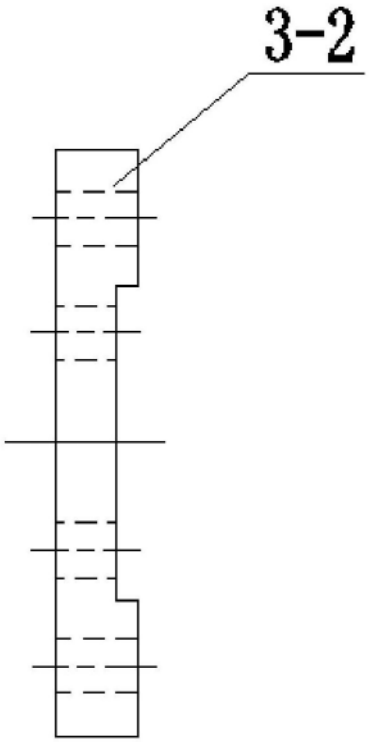


图10

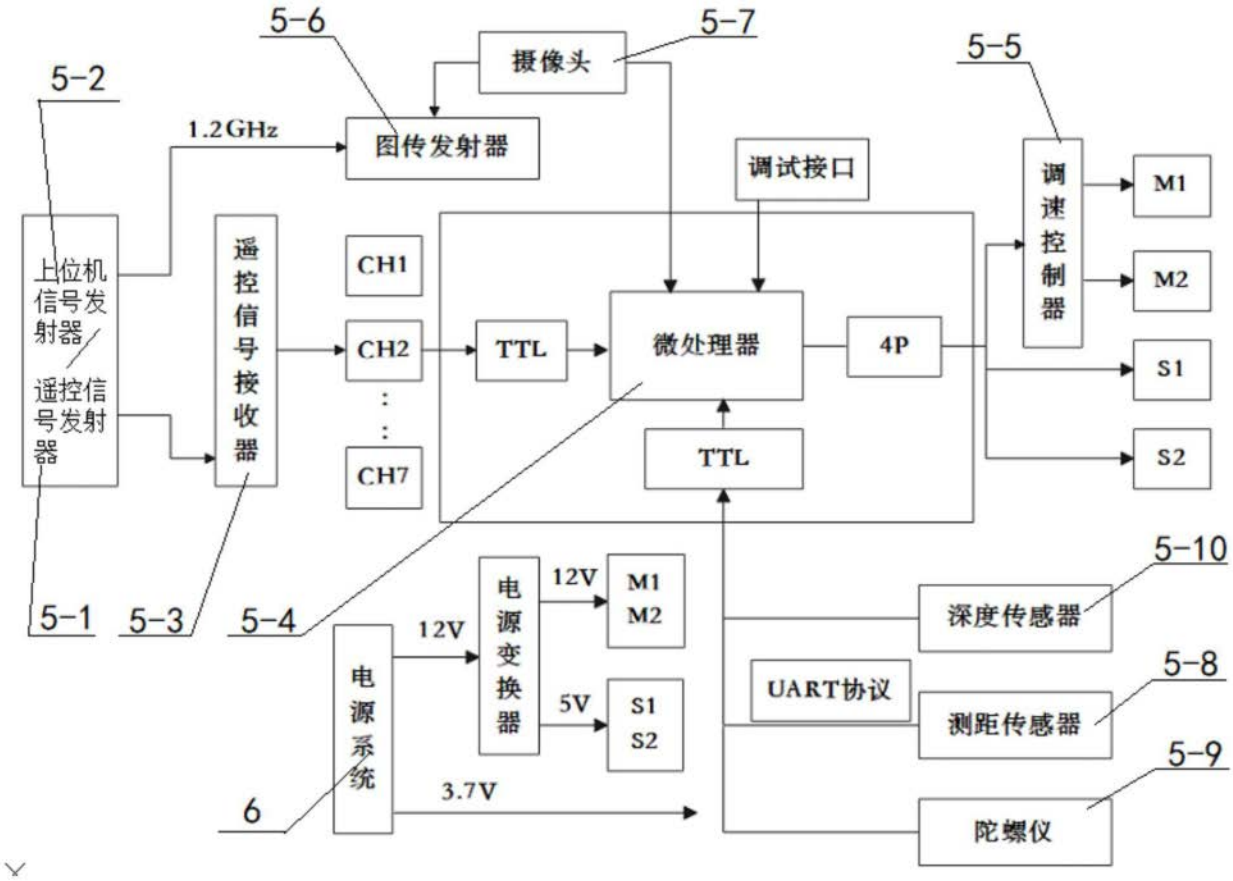

5-6
5-7
5-5
5-2
摄像头
1.2GHz
图传发射器
调试接口
调速控制器
M1
M2
S1
S2
上位机信号发射器
遥控信号发射器
遥控信号接收器
CH1
CH2
CH7
TTL
微处理器
4P
TTL
5-10
深度传感器
5-8
测距传感器
5-9
陀螺仪
UART协议
5-1
5-3
5-4
电源系统
12V
电源变换器
12V
M1
M2
5V
S1
S2
3.7V
6

图11

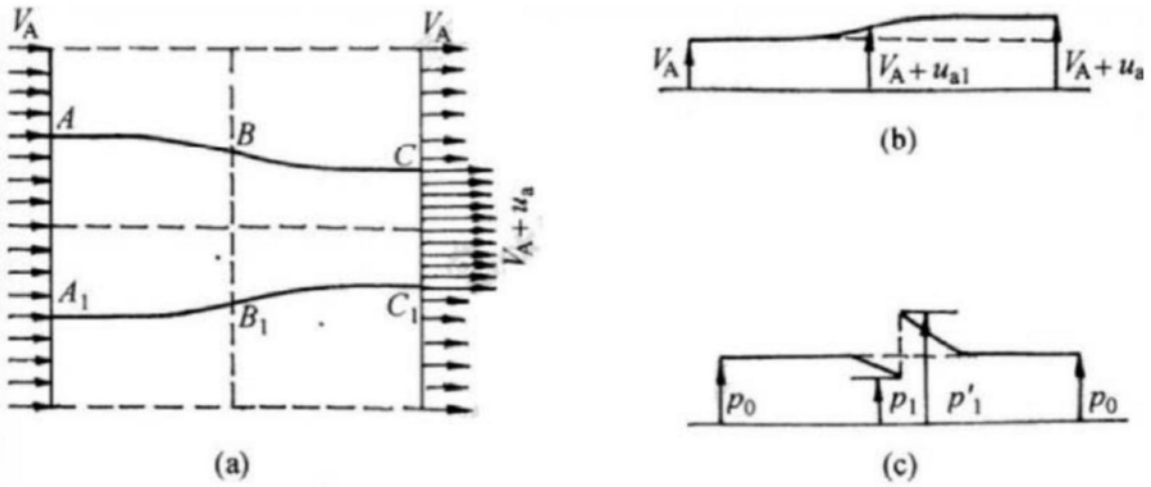

V_A
V_A
A
B
C
V_A+u_a
A_1
B_1
C_1
(a)
V_A
V_A+u_{a1}
V_A+u_a
(b)
p_0
p_1
p'_1
p_0
(c)

图12

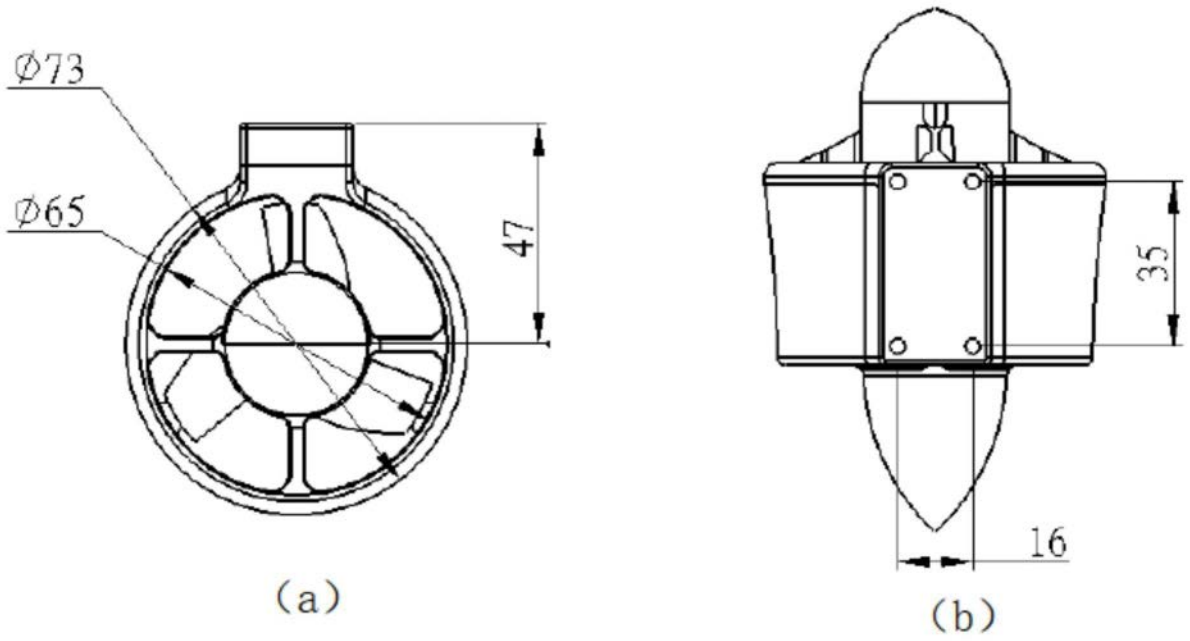


图13

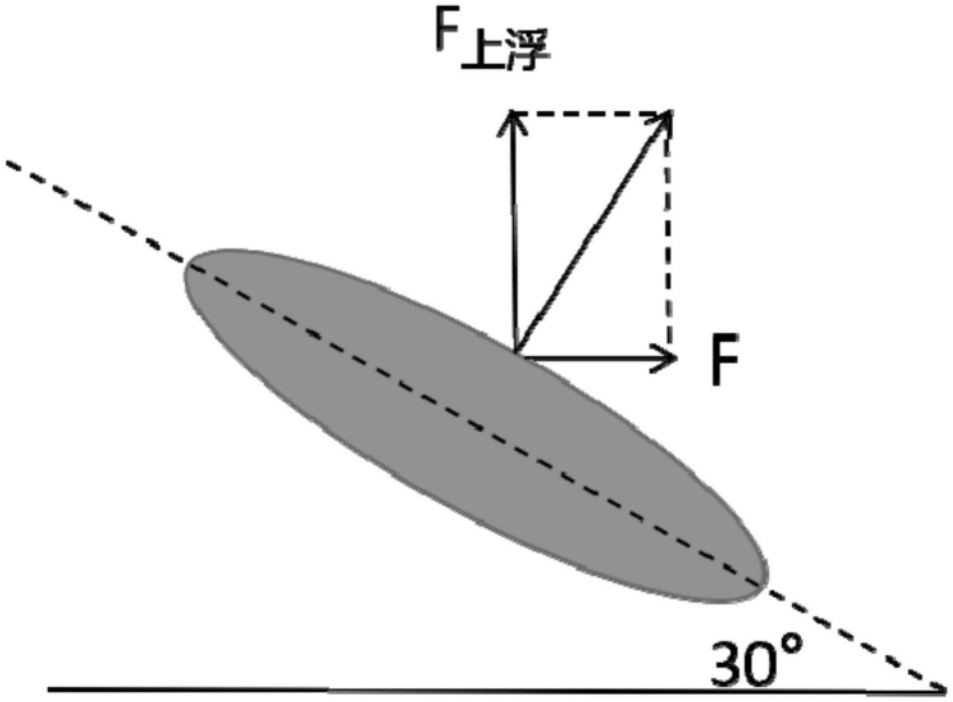


图14