

文章编号: 1674-5566(2019)02-0313-07

DOI:10.12024/jsou.20180802378

一种半潜式无人艇的设计

赵 涛, 何 龙, 李 卫, 高 浩, 胡庆松, 张丽珍

(上海海洋大学 工程学院, 上海 201306)

摘 要: 为了动态检测海洋、湖泊的水文数据,设计一种半潜式无人艇。基于模块化的设计思想,该半潜式无人艇分为下潜主艇体、水面浮体、控制舱和升降机构等 4 个功能模块。下潜主艇体的结构设计成双体,由左、右两个下潜艇体组成,每个下潜艇体外形呈鱼雷状,根据功能要求分为导流罩、传感器舱 1、电池舱、传感器舱 2 和电机舱等 5 个功能模块;水面浮体的外形为船形,控制舱嵌入其中;升降机构采用步进电机和丝杆,调节主艇体的下潜深度。基于已经设定的半潜式无人艇的主尺寸,对半潜式无人艇进行稳性校核。利用 FLUENT 软件分析模型阻力,计算所需功率,选配合适的电机。水池实验表明,设计的半潜式无人艇在水中的姿态稳定,具有前进、改变主艇体的下潜深度等功能。

关键词: 半潜式无人艇; 模块化设计; 稳性校核; 流体力学分析

中图分类号: TH 122 **文献标志码:** A

无人艇在海洋中用途广泛:在军事方面可用于情报搜集、海洋环境勘查、敌舰定位等;在民用领域,可用于水文信息采集、渔业监测等^[1]。现有的无人艇要么为水面艇,要么为水下无人潜水器,相关研究也分别围绕这两个方向。但水面无人艇有诸多缺点,比如在执行任务时容易暴露自己,耐波性较差等。半潜式无人艇作为一种先进的无人艇,大部分潜入水中,水面上只露一个小的平台。它具有主艇体规避浪区^[2]、通信和定位不受影响、自稳性、隐蔽性优良和吃水线调节方便等优点,具有很大的应用价值。

在半潜式无人艇的技术研究方面,美国处于领先地位,率先开发研究出了实用型的半潜式无人艇,中国和加拿大也相继开发出了可用的半潜式无人艇,其中著名的研究机构有美国的 C&C 技术公司^[3]、加拿大的纽芬兰纪念大学^[4]和中国的天津海之星海洋科技发展有限公司^[5]等。现有的半潜式无人艇的水下主艇体的外形结构有单体、双体两种,艇身基本都为流线型,其中以鱼雷型回转体为多,这种外形阻力小,能耗低^[6-8]。艇体内部结构大致可分为一体式和模块化结构两

类:一体式结构是指整个艇体只有一个舱,所有的仪器设备放在舱的不同位置;模块化结构是指整个艇体按功能划分并设计成不同的模块,模块之间相互组合成半潜式无人艇。

总的来说,现有的半潜式无人艇下潜深度基本都是不可调节的,功能也有限,需要进一步研发新型、功能强大的半潜式无人艇。本文基于上述背景,开展半潜式无人艇的研究,研制了模块化结构、具有升降功能等特点于一身的半潜式无人艇。

1 半潜式无人艇的方案设计

1.1 半潜式无人艇的总体结构方案选择

半潜式无人艇的结构形式对其自身性能,诸如快速性阻力、运动稳定性和耐波性有很大影响。半潜式无人艇由水面浮体和水下主艇体两部分组成。主艇体位于水面以下,能根据水面风浪的大小调节潜深。水下主艇体的结构形式一般有单体、双体等两种形式,其中双体型比单体型重心稳定,有更大的容量空间,抗风浪性能好,运动状态也容易控制^[9],所以本文的半潜式无人

收稿日期: 2018-08-11 修回日期: 2018-12-06

基金项目: 上海市科学技术委员会科研计划项目(16050502100)

作者简介: 赵 涛(1992—),男,硕士研究生,研究方向为海洋渔业装备。E-mail:1074820190@qq.com

通信作者: 张丽珍, E-mail:lzzhang@shou.edu.cn

艇的主艇体采用双体结构。

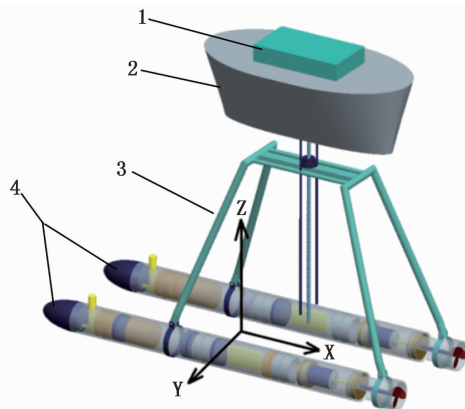
1.2 半潜式无人艇的结构模块化设计

模块化设计可以加速研究进程,降低研究费用,增加半潜式无人艇的使用功能,扩大其使用范围^[10-11],所以使用模块化设计方法进行半潜式无人艇的结构设计。模块化设计方法的原理是整个艇体按功能划分并设计成不同的模块,模块之间相互组合成半潜式无人艇。

1.2.1 整体结构的模块化设计

半潜式无人艇主要由下潜的主艇体、水面浮体、控制舱和升降机构组成。主艇体的功能是给整个艇体提供动力并搭载必要的元器件;水面浮体的功能是给整个艇体提供浮力并提高嵌入其中的控制舱的防水性能;控制舱的功能是控制半潜式无人艇的运动以及传输采集的水文数据;升降机构的功能是调整主艇体的下潜深度。

根据这些功能要求,按照模块化的设计思想设计了下潜主艇体、升降机构、浮体、控制舱等结构模块(图1)。主艇体采用双体式,分为左下潜艇体和右下潜艇体,左、右两个下潜艇体通过支架相连;水面浮体与升降机构连接,控制舱嵌入浮体中。



1. 控制舱; 2. 浮体; 3. 升降机构; 4. 主艇体
1. Control module; 2. Floating body; 3. Lifting mechanism;
4. Main hull

图1 半潜式无人艇的整体结构

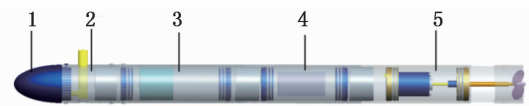
Fig.1 Integral structure of unmanned semi-submersible vehicle

1.2.2 主艇体的模块化设计

主艇体的功能是检测水文数据并给整个无人艇提供动力和能源,主艇体为双体结构,分为左下潜艇体和右下潜艇体。按照功能模块化的思想,把每个下潜艇体设计为艏部导流段、与水

接触的传感器舱、能源舱、不与水接触的传感器舱、动力舱等几个功能模块。艏部导流段的作用是破流,减小下潜艇体的运动阻力;与水接触的传感器舱安放需要接触水的一些传感器;能源舱放置电池,是整个无人艇的动力源;不与水接触的传感器舱放置不能接触水的一些传感器;动力舱安放推进器,控制整个无人艇前进、后退、转弯等运动。

根据上述功能要求,把每个下潜艇体分成导流罩、传感器舱1、电池舱、传感器舱2和电机舱等5个功能模块,其中左下潜艇体的结构见图2。导流罩的外形是一个半椭球,这种外形水阻较小^[12-13];传感器舱1的内部空间放置溶氧量检测仪和pH检测仪;这两个传感器需要接触水,所以放在一个舱室。电池舱内放置电池组,电池为下潜艇体提供所需电能。因水下空间有限,所以选择了重量相对较轻、能量密度高、安全性较高、可循环充电的锂电池。传感器舱2里面放置陀螺仪、侧扫声呐等传感器。电机舱的电机带动螺旋桨转动,使半潜式无人艇运动。为了静密封的可靠性^[14],在电池舱前后盖、传感器舱2的前后盖、电机舱的前后盖各放置两个O型圈。各个模块之间通过套管和螺钉连接起来,如图3所示。



1. 导流罩; 2. 传感器舱1; 3. 电池舱; 4. 传感器舱2; 5. 电机舱

1. Dome; 2. Sensor module 1; 3. Battery cabin; 4. Sensor module 2; 5. Electric motor module

图2 半潜式无人艇的左下潜艇体结构

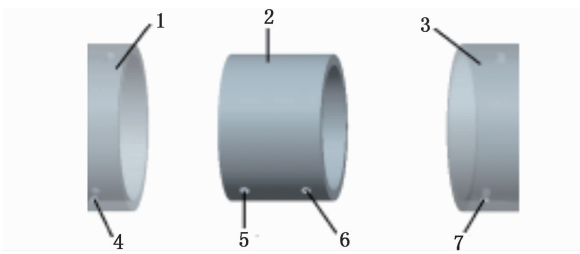
Fig.2 Left submarine structure of unmanned semi-submersible vehicle

1.2.3 升降机构的设计

升降机构的功能是调整主艇体的下潜深度,采用丝杆螺母式升降,其结构组成为步进电机、防水罩、丝杆、导向轴1、导向轴2、螺母和支架(图4)。导向轴1和导向轴2起到限位作用,防止浮体在主艇体的升降过程中旋转。

调整主艇体的下潜深度的原理是:步进电机转动带动丝杆及浮体上升一定高度时,主艇体的重力大于浮力,整个装置往下沉,当浮体的吃水深度回到初始值时,实现新的平衡,这样就加大

了主艇体的下潜深度。步进电机反转就可以减小主艇体的下潜深度。

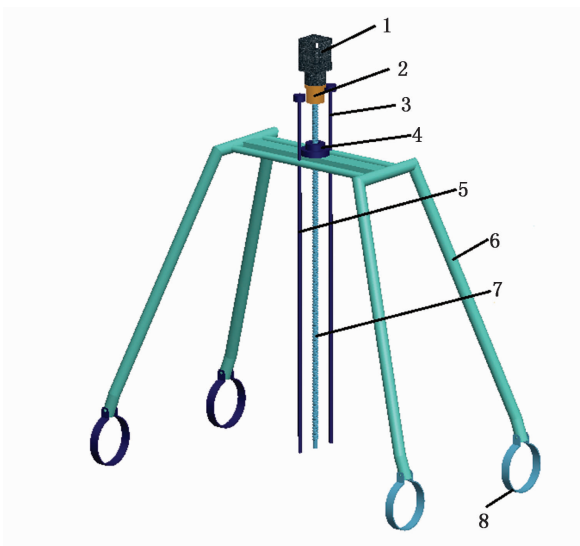


1. 模块 1; 2. 内套管; 3. 模块 2; 4. 螺纹孔 1; 5. 螺纹孔 2; 6. 螺纹孔 3; 7. 螺纹孔 4

1. Module 1; 2. Inner sleeve; 3. Module 2; 4. Threaded hole 1; 5. Threaded hole 2; 6. Threaded hole 3; 7. Threaded hole 4

图 3 模块之间的连接方式

Fig. 3 Connection between modules



1. 步进电机; 2. 防水罩; 3. 导向轴 1; 4. 螺母; 5. 导向轴 2; 6. 支架; 7. 丝杆; 8. 卡箍

1. Stepper motor; 2. Water shield; 3. Guide shaft 1; 4. Nut; 5. Guide shaft 2; 6. Stand; 7. Screw rod; 8. Clamp

图 4 升降机构

Fig. 4 Lifting mechanism

1.2.4 浮体及控制舱的设计

浮体的功能有两个:一是给整个机构提供浮力;二是加强嵌入其中的控制舱的水密性。浮体的外形设计成船形,这样的外形阻力较小。

控制舱内含有电机控制系统、步进电机控制系统和通信系统。浮体及控制舱如图 5 所示。

1.3 半潜式无人艇的稳性校核

半潜式无人艇在水中工作时,受到较小外力的作用时偏离其平衡位置,在外力消失后回到原

有平衡位置的能力,称为半潜式无人艇的稳定性。半潜式无人艇的稳性设计主要是把半潜式无人艇的重心和浮心设计到一条铅垂线上,并使重心在稳心之下。由此必须确定半潜式无人艇各个模块的安装位置,根据对各个模块的分析可知,只需确定升降机构的安装位置,就可确定半潜式无人艇的最终形态。最后计算此时半潜式无人艇的稳心,验证此时重心是否在稳心之下。

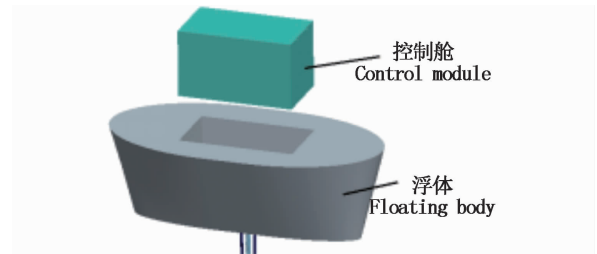


图 5 浮体与控制舱

Fig. 5 Floating body and control module

以主艇体的对称轴线为 X 轴,以主艇体长度的中点为原点,竖直方向为 Z 轴正方向, Y 轴垂直于 XOZ 面指向左下潜艇体,建立坐标系,单位为 mm (图 1)。分析浮体及升降机构的几何模型特征可知,半潜式无人艇在主艇体上升和下降的过程中,其重心、浮心的 X 轴和 Y 轴的坐标不会变化,变化的只是 Z 轴的坐标。因此求出半潜式无人艇在任一工作状态的平衡状态,就可以得到升降机构的安装位置。由于升降机构是关于 X 轴对称的,因此只需确定升降机构中丝杆的 X 轴坐标。下面以半潜式无人艇在水中工作,浮体底面与支架之间距离为 Z_0 时,求升降机构的安装位置。

1.3.1 半潜式无人艇重心位置的计算

经计算可知,主艇体的重心坐标点 B 为 $(54.79, 0, 0)$,质量 m_B 为 $9\ 186\ \text{g}$,设升降机构的重心坐标点 C 为 $(x, 0, 380)$,质量 m_C 为 $5\ 855\ \text{g}$,浮体和控制舱的重心坐标点 A 为 $(x, 0, 700 + Z_0)$,质量 m_A 为 $1\ 600\ \text{g}$,如图 6。

可求得半潜式无人艇的重心坐标为 $(30.24 + 0.45x, 0, 201 + 0.096Z_0)$ 。

1.3.2 半潜式无人艇浮心位置的计算

经计算可知,主艇体的浮心坐标点 D 为 $(28.26, 0, 0)$,质量 m_D 为 $8\ 144\ \text{g}$,设升降机构的浮心坐标点 E 为 $(x, 0, 380)$,质量 m_E 为 $8\ 144\ \text{g}$,浮体和控制舱的重心坐标点 F 为 $(x, 0, 600 +$

Z_0), 质量 m_F 为 7 756 g, 如图 7。可求得半潜式无人艇的浮心坐标为 $(13.83 + 0.51x, 0, 296.57 + 0.47Z_0)$ 。

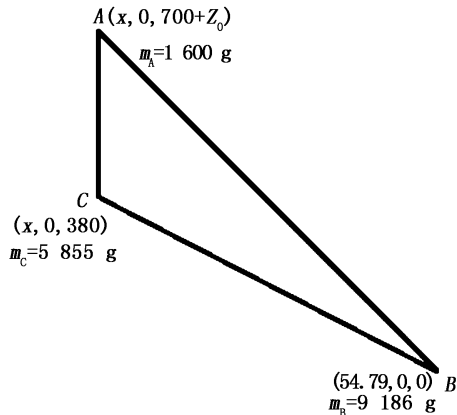


图 6 各个模块的重心

Fig. 6 The center of gravity of each module

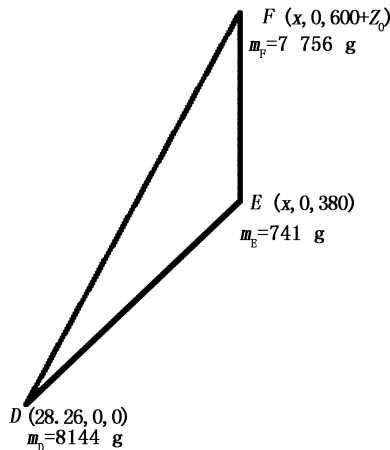


图 7 各个模块的浮心

Fig. 7 The center of buoyancy of each module

要使半潜式无人艇在水中的姿态稳定, 必须让重心和浮心在一条竖直线上, 也即重心和浮心的 X 轴坐标相等

$$13.83 + 0.51x = 30.24 + 0.45x \quad (1)$$

由(1)式可得: $x = 273.5$ mm, 此时半潜式无人艇的重心坐标为 $(153.32, 0, 201 + 0.096Z_0)$, 浮心坐标为 $(153.32, 0, 296.57 + 0.47Z_0)$ 。

也即在建立的半潜式无人艇的坐标中, 升降机构丝杆的轴线在 X 轴上的坐标为 273.5 时, 半潜式无人艇的重心和浮心在一条竖直线上。

由以上计算可知, 设计的半潜式无人艇的重心在浮心之下, 可知重心一定在稳心之下, 因此设计的半潜式无人艇稳定性较好。

2 半潜式无人艇的动力计算

计算半潜式无人艇的推进功率时首先需要计算其阻力, 目前关于艇体阻力的计算方法可以分为两大类: 第一类是通过实验和图解计算分析; 第二类是利用 CFD (计算流体动力学) 软件进行模拟仿真计算^[15]。第一类方法的缺点是需要花费大量的人力、物力和财力, 第二类最常用且精确度较高。本文用流体仿真软件 FLUENT 计算分析半潜式无人艇在最大航速 1 m/s 时的阻力, 然后计算推动电机功率并选配推进电机。

在选配步进电机时, 应根据负载重量计算驱动电机的驱动力矩, 然后根据驱动力矩选配电机。为了验证计算的准确性, 还需计算出负载转速, 用于与实验测量的数据对比。

2.1 流体仿真计算前进阻力

首先利用 gambit 对半潜式无人艇及其外流场进行网格划分, 然后利用 FLUENT 计算阻力^[15]。在保留原有特征主尺寸的情况下, 为了计算的简便, 对半潜式无人艇进行了适当的简化。仿真过程见图 8, 计算结果如图 9 所示, 流动时间经过 5 s 后, 阻力系数基本不变, 趋于稳定。

由图 9 可知, 半潜式无人艇在 1 m/s 时的阻力约为 38.28 N。

2.2 推进电机的功率计算及电机选配

半潜式无人艇在以 1 m/s 的速度匀速行驶时, 其阻力与推力相等, 则螺旋桨的总推力为 38.28 N。设半潜式无人艇的螺旋桨及轴系的总效率为 0.6, 则公式

$$P \times 0.6 = f \times V \quad (2)$$

式中: P 为总机功率, W; f 为螺旋桨的推力, 为 38.28 N; V 为半潜式无人艇的设计速度, 为 1 m/s。将 f 和 V 代入(2)式, 可得 $P = 63.8$ W, 也即单个电机功率为 31.9 W。

实际所需功率必然大于 31.9 W, 所以单个下潜艇体采用额定功率为 12 V, 额定电流为 3 A 的电机。其功率为 36 W, 稍大于计算所需值。

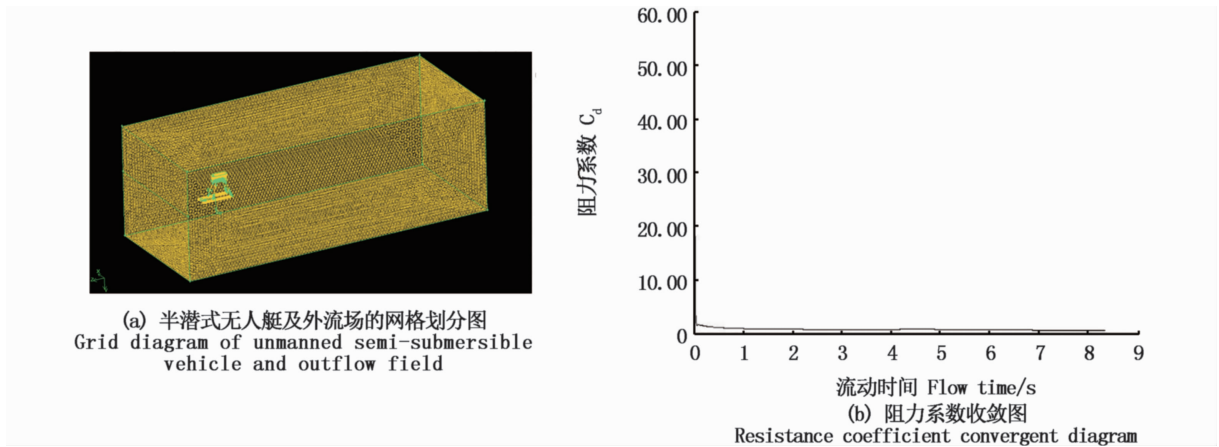


图 8 半潜式无人艇的仿真
Fig. 8 Simulation of Unmanned Semi-Submersible Vehicle

Forces - Direction Vector (0 0 -1)			Coefficients		
Zone	Forces (n)		Pressure	Viscous	Total
wall	34.593918	3.6817088	0.46208357	0.049177927	0.5112615
Net	34.593918	3.6817088	0.46208357	0.049177927	0.5112615

图 9 阻力报告
Fig. 9 Resistance report

2.3 升降机构的电机配置

驱动力矩 T_1 可由式(3)计算,

$$T_1 = \frac{mg\mu\rho_h}{2\pi\eta} \quad (3)$$

式中: m 为运送物体的质量,kg; g 是重力加速度, m/s^2 ; μ 为导向面的摩擦系数; ρ_h 为丝杆导程, m ; η 为丝杆的效率。

取 $m = 7 \text{ kg}$, $g = 9.8 \text{ m/s}^2$, $\mu = 0.05$, $\rho_h = 4 \times 10^{-3} \text{ m}$, $\eta = 0.85$ 。将 m, g, μ, ρ_h, η 代入(3)式, 可得升降电机的驱动力矩 $T_1 = 2.57 \times 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}$ 。

升降机构采用的步进电机为 24 V, 工作电流为 3.5 A, 步进角为 1.8° , 扭矩 T 为 $3 \text{ N} \cdot \text{m}$ 。

那么负载转速 n 可由(4)式计算,

$$n = 9549 \cdot \frac{P}{T} \quad (4)$$

式中: P 是理论上的步进电机额定功率, 为 0.084 kW; T 是步进电机扭矩, $3 \text{ N} \cdot \text{m}$ 。

将 P 和 T 代入(4)式, 可得负载转速 $n = 305.6 \text{ r/min}$ 。也就是说, 配备 24 V, 工作电流 4 A, 步进角 1.8° , 扭矩 T 为 $3 \text{ N} \cdot \text{m}$ 的步进电机后, 电机的工作转速将会达到 305.6 r/min 。

3 试验结果

为了检测半潜式无人艇的升降、前进等基本

运动性能是否与设计相一致以及无人艇本身的稳定性, 制作了实物模型, 见图 10。2017 年 9 月在上海海洋大学的水池中进行实验测试, 测试场景如图 11。



图 10 半潜式无人艇的实物模型
Fig. 10 Physical model of unmanned semi-submersible vehicle

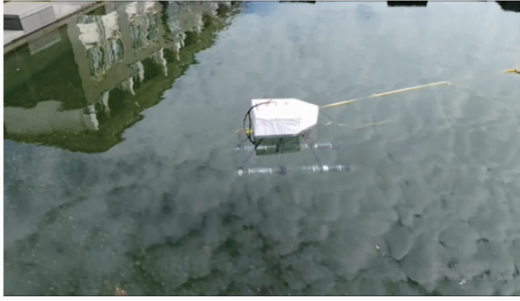


图 11 半潜式无人艇的水池实验

Fig. 11 Pool experiment of Unmanned Semi-Submersible Vehicle

实验结果表明:(1)在支架安装到指定位置后,半潜式无人艇在水中航行时姿态稳定。(2)经实际测量,半潜式无人艇在静水中的前进速度为 0.88 m/s,升降电机在水中工作的负载转速为 300 r/min,经过一段时间,主艇体通过升降完成主艇体下潜深度调整。前进速度、升降机构性能基本符合方案设计的技术参数要求。

4 结论

基于低阻力、功能模块化的思路,并运用机械设计和流体力学分析的方法,设计了一种半潜式无人艇。

按照功能模块化的思想,把整个半潜式无人艇分成主艇体、升降机构、控制舱和浮体等结构模块。再把主艇体分成左右两个对称的下潜艇体,每个下潜艇体按照功能设计为导流罩、传感器舱 1、电池舱、传感器舱 2 和电机舱等 5 个模块。升降机构采用丝杆螺母式,浮体采用低阻外形的船形。这样的模块化设计大大提高了设计的效率,可缩短设计和加工时间。

在设计好各个模块后,对半潜式无人艇进行稳定性校核,得出了升降机构丝杆的轴线在 X 轴上的坐标为 273.5 时,整个半潜式无人艇在水中姿态稳定的结论。经过计算,按照 1 m/s 设计航速,推进电机采用额定电压为 12 V、额定电流为 3 A 的电机,升降机构采用 24 V、4 A 的步进电机驱动,并计算出步进电机理论负载转速为 305.6 r/min。

2017 年 9 月完成了水池实验,在实验过程中,半潜式无人艇的姿态稳定,且在航行过程中具有良好的操纵性和稳定性。经实际测量,半潜式无人艇在静水中前进的速度为 0.88 m/s,升降

电机在水中工作的负载转速为 300 r/min。实验结果表明该半潜式无人艇基本实现预定航速、航行姿态稳定,安全可靠,也从侧面证明了理论计算是比较准确的。

半潜式无人艇具备基本的航行能力,为半潜式无人艇的结构设计提供了一种新的思路。

参考文献:

- [1] 李家良. 水面无人艇发展与应用[J]. 火力与指挥控制, 2012, 37(6): 203-207.
LI J L. Development and application of unmanned surface vehicle[J]. Fire Control & Command Control, 2012, 37(6): 203-207.
- [2] 张金泉, 胡庆松, 申屠基康, 等. 海上网箱网衣检测用框架式 AUV 设计与试验[J]. 上海海洋大学学报, 2016, 25(4): 607-612.
ZHANG J Q, HU Q S, SHENTU J K, et al. Frame-type AUV design and experiment for sea cage net damage detection[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2016, 25(4): 607-612.
- [3] ALLEMAN P, KLEINER A, STEED C, et al. Development of a new unmanned semi-submersible (USS) vehicle[C]//Proceedings of the OCEANS 2009. Biloxi, MS, USA: IEEE, 2009: 1-6.
- [4] SMITH N, LI Z, BACHMAYER R, et al. Development of a semi-submersible unmanned surface craft[C]//Proceedings of 2014 Oceans- St. John's. St. John's, NL, Canada: IEEE, 2014: 1-7.
- [5] 海之星. 1800 半潜式无人船[EB/OL]. <http://www.oceaneerstar.com/product.php?id=126>, 2017-01-01/2019-02-17.
Ostar. 1800 Unmanned Semi-Submersible Vehicle[EB/OL]. <http://www.oceaneerstar.com/product.php?id=126>, 2017-01-01/2019-02-17.
- [6] 张礼华, 刘芳华, 楼飞, 等. 单体式无人航行器的设计、实验及优化[J]. 中国造船, 2016, 57(4): 131-138.
ZHANG L H, LIU F H, LOU F, et al. Design, experiment and optimization of unmanned monohull vehicle [J]. Shipbuilding of China, 2016, 57(4): 131-138.
- [7] 张怀新, 潘雨村. CFD 在潜艇外形方案比较中的应用[J]. 船舶力学, 2006, 10(4): 1-8.
ZHANG H X, PAN Y C. Application CFD to compare submarine hull forms[J]. Journal of Ship Mechanics, 2006, 10(4): 1-8.
- [8] 秦丽萍. 水下航行器主体外形低阻低噪综合优化设计[D]. 西安: 西北工业大学, 2004.
QIN L P. The overall optimum design of the man body shape of underwater vehicle with low resistance and low noise[D]. Xi'an: Northwestern Polytechnical University, 2004.
- [9] 宋国华. 双体船的总性能设计[J]. 船舶, 1998(1):

- 32-46.
SONG G H. Overall performance design of catamaran [J]. Ships & Boat, 1998(1): 32-46.
- [10] 李宁, 张海宽, 刘宇. 潜艇模块化设计与建造技术探讨 [J]. 中国修船, 2006, 19(s1): 19-22.
LI N, ZHANG H K, LIU Y. Technological probe of model design and shipbuilding for submarine [J]. China Shiprepair, 2006, 19(s1): 19-22.
- [11] 金碧霞. 一种模块化水下机器人的设计 [J]. 机械与电子, 2014(4): 75-77.
JIN B X. Design of a modular underwater robot [J]. Machinery & Electronics, 2014(4): 75-77.
- [12] 李凤艳, 米智楠. AUV 轻外壳形体选型研究 [J]. 流体传动与控制, 2011(5): 38-40.
LI F Y, MI Z N. Research of the selection of body of light hull for AUV [J]. Fluid Power Transmission and Control, 2011(5): 38-40.
- [13] 李小华, 潘光, 宋保维, 等. 无人水下航行器壳体流体动力的计算 [J]. 机械设计与制造, 2006(8): 24-26.
LI X H, PAN G, SONG B W, et al. A study of autonomous underwater vehicle hull form using computational fluid dynamic [J]. Machinery Design & Manufacture, 2006(8): 24-26.
- [14] 孟永奇, 宋宏. 浅谈潜水电动机密封技术 [J]. 机械管理开发, 2009, 24(2): 19-20.
MENG Y Q, SONG H. Discuss on dynamic sealing technique of Immersible motor [J]. Mechanical Management and Development, 2009, 24(2): 19-20.
- [15] 涂海文, 孙江龙. 基于 CFD 的潜艇阻力及流场数值计算 [J]. 舰船科学技术, 2012, 34(3): 19-25.
TU H W, SUN J L. Numerical analysis of resistance and flow field of submarine based on CFD [J]. Ship Science and Technology, 2012, 34(3): 19-25.

Design of an unmanned semi-submersible vehicle

ZHAO Tao, HE Long, LI Wei, GAO Hao, HU Qingsong, ZHANG Lizhen

(College of Engineering Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: In order to dynamically detect the hydrological data of oceans and lakes, an unmanned semi-submersible vehicle was designed. Based on the design idea of modularization, the unmanned semi-submersible vehicle is divided into four functional modules; submergence main hull, surface floating body, control module and lifting mechanism. The main hull structure was designed into a catamaran, composed of left, right submarines, according to the functional requirements, each submarine is divided into five functional modules; dome, sensor module 1, battery module, sensor module 2 and electric motor module; The surface floating body is the shape of the ship, the control module is embedded in it; The lifting mechanism adopts stepper motor and screw rod to adjust the depth of the main hull. Based on the main size of the unmanned semi-submersible vehicle, the unmanned semi-submersible vehicle is checked for stability. Using FLUENT software to analyze the model, calculate the required power, and select the appropriate motor. The experiment shows that the design of unmanned semi-submersible vehicle is stable in the water and has the function of advancing and changing the depth of the main hull.

Key words: unmanned semi-submersible vehicle; modular design; stability checking; fluid mechanics analysis