

# 太阳能风能无人船研制

范家栋, 叶安琪

(扬州大学水利与能源动力工程学院, 江苏 扬州 225000)

**摘要:** 目前大部分水质监测系统都为定点监测, 后期维护成本较高, 操作不便, 且无法反馈污染源信息。此外, 水域监控也存在盲区, 致使人员溺亡事件和海事事故时有发生。研究提出一种新型双体船的结构设计, 能够搭载水质检测仪器在水库、河流及湖泊进行单独部署, 也能够通过船载摄像头及定位系统完成实时影像传输同位置反馈, 太阳能风能混合动力系统使船体始终保持工作状态。在零维护成本, 无人力消耗的基础上, 完成水质监测、水域监控、水面搜救, 船舶检查等任务。

**关键词:** 太阳能; 风能; 混合动力; 双体船

**中图分类号:** TM614      **文献标识码:** B      **文章编号:** 1007-7839 (2017) 12-0007-04

## Unmanned ship development of solar and wind energy

FAN Jiadong, YE Anqi

(College of Hydraulic, Energy and Power Engineering, Yangzhou University, Yangzhou 225009, Jiangsu)

**Abstract:** At present, most of the water quality monitoring systems was fixed point monitoring, whose later maintenance costs would be higher, the operation was inconvenient, and the pollution source information could not be feedback. In addition, there were blind areas of water surveillance, resulting in personnel drowning events and maritime accidents occurred occasionally. A new structure design of catamaran was proposed, which was capable of carrying water testing equipment to deploy in reservoirs, rivers and lakes separately. The real-time image transmission and location feedback could also be achieved through the on-board camera and positioning system. The ship body was always in good working condition with solar and wind hybrid power system. On the basis of zero maintenance cost and no manpower consumption, the tasks of water quality monitoring, water monitoring, water surface search and rescue, ship inspection and other tasks were completed.

**Key words:** solar energy; wind energy; hybrid; catamaran

## 0 引言

目前, 国内最有竞争力的两家无人船制造商分别是云洲智能科技及北京淳一航空科技有限公司, 但是从能源角度出发, 云洲无人船依靠锂电池供电, 所以需要返航进行充电, 才能继续执行工作

任务, 而淳一则单纯依靠太阳能发电, 所以难以保证连续阴雨条件下的工作状态。21世纪初, 世界上第一艘商用太阳能风能混合动力双体客船在澳大利亚悉尼水域的成功试航推动了全球混合动力双体船结构设计的发展<sup>[1]</sup>。迄今, 全球范围内混

收稿日期: 2017-06-15

作者简介: 范家栋 (1995-), 男, 本科, 研究方向为港口航道与海岸工程。

合动力双体船中最为成熟的当属 C-Enduro, 见图 1。其作用是降低传统监测船逐点采集数据所产生的经济成本, 并且能够提升传统监测船数据反馈的准确性和实时性。但是, C-Enduro 的风力发电装置布置在太阳能板上方, 故风力发电装置会使太阳能板上存在静态阴影, 资料显示, 在合理光照条件下, 被静态阴影所遮蔽的太阳能电池不仅对发电没有贡献, 而且会消耗其他电池产生的电量, 产生热斑效应<sup>[2]</sup>。

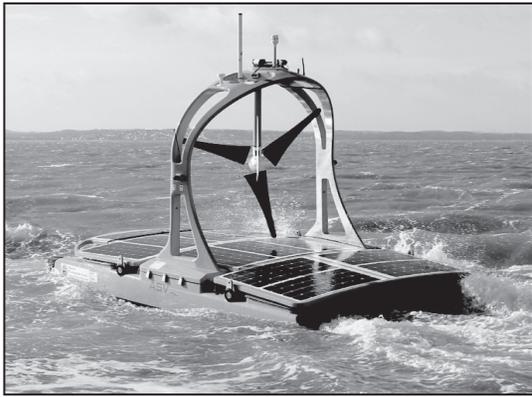


图 1 C-Enduro 混合动力双体船

## 1 总体方案

本文以现有双体船为基础, 设计并制作了国

内首款混合动力双体船, 其在结构上规避了目前双体船发展设计中存在的主要弊端, 同时也作为其最大的创新优化点, 该船的太阳能板布置在船体顶部, 而风力发电机采用垂直轴风力发电机且布置在船体中部, 一方面消除了风力发电机静态阴影对太阳能板发电量的影响, 另一方面船体甲板能够作为搭载平台来实现各类功能要求。所以在功能上, 该船作为基础载体, 其配备的 GPS 定位系统能够实时反馈其所处地理位置, 在此基础上船体根据需要, 能够搭载不同的水质监测仪器、摄像装置、四轴无人机等, 通过太阳能风能的电力自给, 长时间执行水质监测、水域监控、水面搜救、船舶检查等多项工作任务。

裸船规格: 船长 240 cm, 船宽 160 cm, 设计吃水 30 cm, 干舷 16.5 cm, 固定建筑物高度 135 cm。

组成部分: 组合船体 (2×240 cm×20 cm×40 cm)、太阳能电池板 (2×67 cm×148 cm)、垂直轴风力发电机 (R=120 cm, H=60 cm)、双螺旋桨、锚缆机、GPS 定位装置。

主要技术指标: 太阳能电池板功率 150 W, 风力发电机功率 300 W (启动风速 2 m/s, 额定风速 12 m/s), 螺旋桨功率 318 W (推载力 200 kg), 锚定最大深度 8 m, 电池容量 200 AH。

各部分重力及浮力见下表 1。

表 1 水质监测机器人各部分浮力及重力

水质监测机器人各部分浮力					
编号	名称	参数	数量	单体浮力 (kg)	合并浮力 (kg)
1	船体	1600×400×200	2	128	256
2	船头	300×400×200	4	12	303
合计					304
水质监测机器人各部分重力					
编号	名称	参数	数量	单体重量 (kg)	合并重量 (kg)
1	太阳能电池板	1480×670×35	2	10.6	21.2
2	梯形门架	1580×(1380)×800	2	14.1	28.2
3	甲板	1600×10000	2	8.6	17.2
4	风力发电机	900×600	1	12.6	12.6
5	锚	1.5kg	1	1.9	1.9
6	推进器	32 磅	2	7.2	14.4
7	船体	1600×400×200	2	14.4	28.8
8	船头	300×400×200	4	11.5	46
9	电池	12V10Ah, 4 节	2	17.5	35
合计					205.3

## 2 结构设计

### 2.1 组合船体

该船船型结构为双体船, 单个船体可拆卸成为一个船身和两个船头, 便于分装运输同时提高了运输的安全性。船身为立方体, 规格 80cm×20cm×40cm, 船身内设电池仓, 内部做双层防水处理, 且两层隔水之间设有减震装置, 而电池仓内部设保险丝, 防止严重意外碰撞导致的渗水对电池产生威胁。而船头采用相同规格, 但是在艏、艉采用三角形结构优化, 一方面提高其碰撞稳定性, 另一方面减小航行时水流经过船体表面在艉产生的漩涡, 进而减小艏艉压力差, 以降低形状阻力<sup>[3]</sup>。此外, 双体船较普通船型浸水面积小, 且多用于水库湖泊, 故船体的摩擦阻力和兴波阻力都较小, 故船舶更易启动, 且航速较高<sup>[4]</sup>, 结构如图 2 所示。

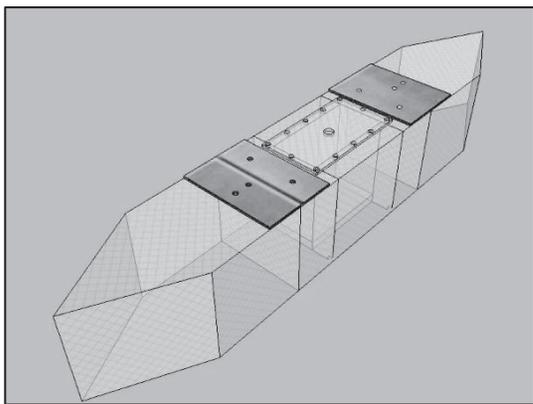


图 2 单个船体透视结构图

### 2.2 风力发电机

#### 2.2.1 风力发电机主轴方向确定

垂直轴风力发电机在工作中, 各个风向都能对其都产生相应作用, 而水平轴风力发电机只能调整船体方位以实现发电效率最高化, 在水库湖泊执行工作任务时, 迎风调整会延长工作时间, 且方位调整消耗其自身电量, 但是垂直轴风力发电机存在稳定性问题, 故设计过程中对轴部进行了以下优化: 首先采用下埋式轴部结构, 风力发电机上部为虚轴, 实体部分只有叶轮, 一方面在风力较强的时候, 虚轴不受荷载作用, 增强了风力发电机的抗倾稳定性, 另一方面, 叶轮在旋转中心产生的气流涡旋不会对轴部产生磨损, 增强了风力发电机的耐久性。此外, 为了进一步加固下埋式轴部的

稳定性, 在轴部布置双轴承以降低运动时的振动, 提升风力发电机抗风能力。

#### 2.2.2 风力发电机叶轮布置确定

假定风力发电机叶轮后侧不产生阻力, 分别采用双叶、三叶及四叶风力发电机计算启动所需风力, 得到通式:

$$q = \frac{2}{n} \times \frac{W}{Al\pi} \quad (1)$$

式中:

$q$ —风荷载;

$W$ —转动一周所产生的功

$A$ —叶轮面积

$l$ —叶轮中心到转动轴的距离

$n$ —叶轮数量

可见叶轮数量越多, 风力发电机转动一周所需风荷载越小, 即风力发电机更易启动, 故设计采用五叶结构。更优的, 拟采用主副叶结构, 在轴向增加一组副叶, 结构如图 3 所示。

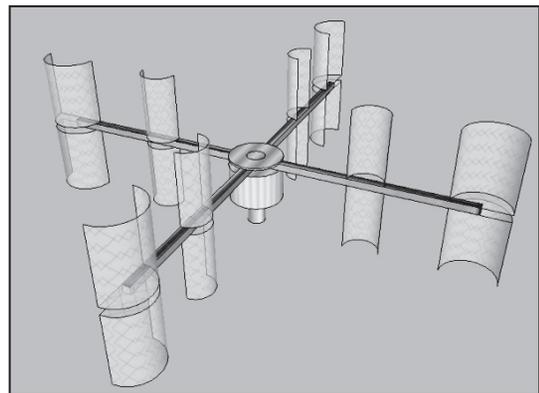


图 3 风力发电机叶轮结构图

### 2.3 太阳能电池板

太阳能电池板布置于船体顶部, 在两块 67 cm×148 cm 的太阳能电池板拼接部位用木质材料垫高, 使太阳能板呈一定角度倾斜, 使其在降水时能够迅速泄水, 以保护太阳能板以及甲板上的仪器设备。顶部太阳能电池板不受静态阴影影响, 发电时始终保持最高效率, 而且对太阳能电池本身起到了一定的保护作用, 极大地延长了太阳能板的工作寿命, 结构如图 4 所示<sup>[5]</sup>。

### 2.4 螺旋桨

该船安装有了两个螺旋桨, 每个螺旋桨杆长 76 cm (自由调整长度 30 cm), 推载力 200 kg, 额定电压 12 V, 额定电流 26 A, 功率 318 W, 转速

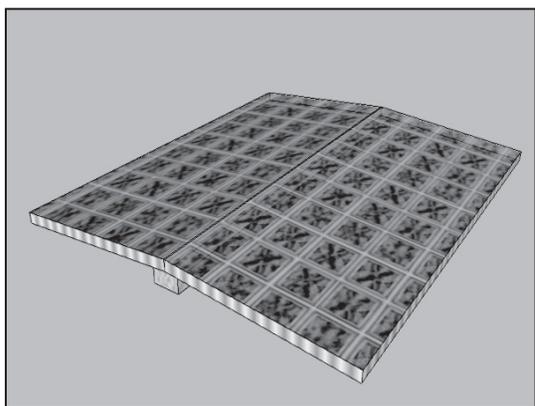


图4 太阳能电池板结构图

1800, 由于该船多应用于水库湖泊, 为了防止水草缠绕对电机影响, 螺旋桨叶轮前侧安装有防护网, 此外防护网能够在浅滩处对叶轮起保护作用, 减缓河床砂石对叶轮的直接碰撞。

### 2.5 锚链机

锚链机由碳钢镀锡锚, 锚绳及减速电机构成, 锚绳长度为 20 m, 为最大适用水深的 2.5 倍, 锚伞直径 30 cm, 碳钢镀锡材料具有硬度高、耐磨损、防腐蚀等优点。当该船搭载水质监测仪器执行工作任务时, 需要进行定点测量, 所以锚链机对于要求定点进行的工作至关重要, 而且当该船所在水库或湖泊发生较大风浪流作用时, 船体抛锚能够减少在风浪流作用下船体所受碰撞磨损, 总体结构如图 5。

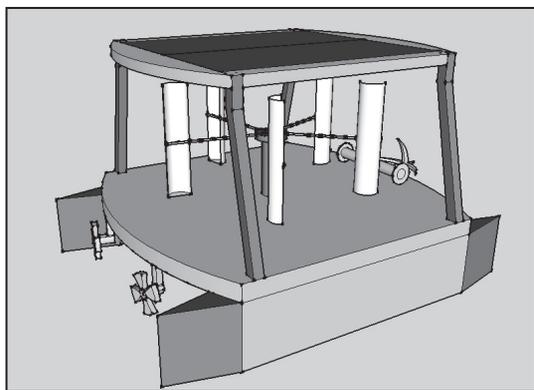


图5 风力发电机总体结构图

## 3 工作状态

### 3.1 风力发电机工作状态

假设环境为 6 级风, 风力发电机的额定风速为 12 m/s (6 级风: 10.8–13.9 m/s), 其额定功率 300 W 发电效率大概 70%, 一小时发电 300 WH

$\times 0.7 = 210 \text{ WH}$ , 充满蓄电池需要  $200 \text{ AH} \times 12 \text{ V} / 210 \text{ W} = 11.43 \text{ h}$ 。

### 3.2 太阳能电池板工作状态

天气晴好的条件下, 按照每天平均日照 8 小时计算, 则每天可发电  $300 \text{ W} \times 8 \text{ h} = 2400 \text{ WH}$ , 充满蓄电池需要  $200 \text{ AH} \times 12 \text{ V} / 300 \text{ W} = 8 \text{ h}$ 。

### 3.3 混合动力下工作状态

太阳能电池板和风力发电机同时向蓄电池充电  $200 \times 12 / (300 + 210) = 4.7 \text{ h}$ , 充满电的蓄电池可供 2 个推进器驱动时间, 推进器额定电流为 26 A, 蓄电池充满电 200 AH, 所以充满电的蓄电池可供 2 个推进器驱动  $200 \text{ AH} / (26 \text{ A} \times 2) = 3.85 \text{ h}$ 。

## 4 结语

该太阳能风能混合动力双体船能够根据需求搭载不同的工作装置, 包括水质检测仪器、摄像设备、测深装置等, 在水库、湖泊等水域执行水质监测、水域监控、水深测试等工作任务, 裸船通过自身太阳能电池板和风力发电机进行长时间供电, 能够实现长期工作计划, 零污染零排放, 节能环保。且后期无需投入维护成本, 启航运行返航半自动化, 使用者能够通过其反馈的地理位置实现远程控制, 若配合搭载实时影像系统, 能够实现实况驾驶操作。

该太阳能风能混合动力双体船是国内首艘集应用广泛型、功能完备型、资源节约型、环境友好型、回报稳定型于一身的多功能无人船载体。

### 参考文献:

- [1] 刘舒雨. 基于直翼全向推进器的新型船舶油电自混合动力系统研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2016.
- [2] 李世民, 喜文华. 光伏组件热斑对发电性能的影响 [J]. 发电设备, 2013, 27(1): 61–63.
- [3] 高玉玲, 陈霞萍, 柳卫东, 等. 超大型液化石油气船线型优化设计与试验研究 [R]. 西安: 中国造船工程学会, 2013.
- [4] 张智伟, 杨小令, 钱锴. 一种新型水质监测机器人的结构设计 [J]. 江西水利科技, 2016, 42(3): 198–201.
- [5] 郭琳琳, 鞠振河, 刘婕. 静态阴影对太阳能房光伏发电的影响与研究 [J]. 沈阳工程学院学报(自然科学版), 2014, 10(4): 289–294.

(责任编辑: 华智睿)