

珊瑚检测无人船的设计与实现

徐明奇 邹宁波 张立晨 吴东义 张 晶
(海南热带海洋学院 海南三亚 572022)

摘 要: 随着全球气候变化和人为活动的加剧, 珊瑚礁生态系统面临前所未有的威胁, 其中珊瑚白化现象尤为严重。有效的珊瑚礁监测对于科学家和环保人士理解珊瑚状况、采取保护措施具有重要意义。本研究旨在研制珊瑚检测无人船系统, 设计便携无人船搭载摄像头、雷达、能源系统、光源、通讯设备等组成珊瑚检测硬件系统, 软件系统通过结合最新的深度学习模型, 如 YOLOv5, 能够自动识别和分类珊瑚礁图像。本系统能够实现对于珊瑚礁高效的检测, 特别是针对珊瑚白化现象, 能准确地定位珊瑚白化区域, 为珊瑚礁保护提供了有力的技术支持。

关键词: 珊瑚检测, 珊瑚白化, 无人船, 电源系统, 通讯

Design and Implementation of Coral Detection Unmanned Ship

Xu Mingqi, Zou Ningbo, Zhang Lichen, Wu Dongyi, Zhang Jing
(Hainan Tropical Ocean College, Sanya, Hainan 572022)

Abstract: With the intensification of global climate change and human activities, coral reef ecosystems are facing unprecedented threats, with coral bleaching being particularly severe. Effective coral reef monitoring is of great significance for scientists and environmentalists to understand the condition of corals and take protective measures. This study aims to develop a coral detection unmanned ship system, which is equipped with a portable unmanned ship camera, radar, energy system, light source, communication equipment, etc. to form a coral detection hardware system. The software system can automatically recognize and classify coral reef images by combining the latest deep learning models, such as YOLOv5. This system can achieve efficient detection of coral reefs, especially for coral bleaching phenomena. It can accurately locate coral bleaching areas and provide strong technical support for coral reef protection.

Keywords: coral detection, coral bleaching, unmanned ships, power systems, communication

概述

珊瑚礁作为地球上最富生物多样性的海洋生态系统之一, 对维持海洋生态平衡和保护海岸线免受侵蚀起着至关重要的作用。^[1-3] 它们不仅提供了数以万计的海洋物种的栖息地, 还对全球数十亿人口的食物安全和经济福祉有着直接影响。^[4, 5] 然而, 由于气候变化、海洋酸化、过度捕捞和陆地来源的污染等因素, 珊瑚礁正遭受前所未有的威胁, 尤其是珊瑚白化事件的频发, 使得珊瑚礁的健康状况成为全球关注的焦点。^[6, 7]



在这样的背景下, 有效监测珊瑚礁的健康状态成为科学研究和环境保护工作的一个紧迫需求。传统的珊瑚礁监测方法, 如潜水员进行的直接观察或通过水下摄像头捕获的视频分析, 通常耗时耗力且效率低下。随着技术的发展, 尤其是无人船技术及深度学习技术在图像识别和分类任务中展现出的强大能力, 为珊瑚礁的自动检测和健康状态评估提供了新的解决方案。^[8-10]

1. 船体系统构成

1.1 无人双体船

无人船采用 EVA 浮力材料做浮体, EVA 材料重量轻韧性好, 强度高坚固耐用。采用折叠式结构设计, 体积可变小, 便于人工拆装运输, 可用货拉拉运走, 免去现有无人船运输需雇用吊车烦恼。采用 PVC 塑料膜进行热缩包装, 表面更加光滑, 可减少水体粘滞阻力, 更加结实耐用和漂亮。采用双体结构设计, 稳定性特别好, 双

体结构设计在海上有很好的抗浪特性。总装结构尺度为长 3 米，宽 1.5 米，高 0.5 米，船体总重为 80 公斤。船体连接全部为快拆结构设计，方便拆装。浮体连接采用 304 不锈钢方管材料 (30mm*30mm*2mm)。



图 1 船体可折叠设计及湖上测试

船体完成后在湖里水上进行实验,状态良好,在湖中载重测试,载重为 100kg。

1.2 无人船水面空气动力推进系统

利用小型汽油机+螺旋桨组合成空气动力推进系统,将空气推进系统装在无人船的尾部,可以改变推进方向,矢量驱动无人船前进,相较于安装在水中的螺旋桨,有诸多优点,可以避免被水草缠绕,不用考虑水下密封问题,同时船在浅水区时螺旋桨不会被水底砂石破坏。空气中螺旋桨带有防护罩,可以有效防止人员误碰受伤及叶片断裂飞出伤人。

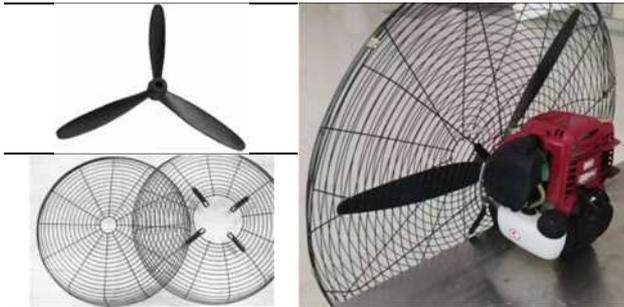


图 2 水面空气动力推进系统

2. 船载系统

2.1 激光雷达避障系统

激光雷达采用 Delta-2A 平面二维激光雷达,低成本低功耗,雷达采用光学三角测距原理,运用无线输电和无线通信技术,可实现长时间稳定可靠运行。Delta-2A 激光雷达可以实现在 2D 平面的 8m 半径范围内进行 360° 全方位扫描,采样频率高达 2~5KHz 并产生所在空间的平面点云地图信息。

2.2 电源系统

珊瑚检测, ROV 需要供电,数据传输需要供电,如果利用电池供电,电池容量有限,检测时间很短,不利于长时间检测,本研究开创性的利用微型 4 冲程 40cc 汽油机带动高效发电机发电,总重 5kg,输出电压 26-28V,输出最大电流约 40A,最大发电功率约 1000W,发电系统与电池组合,给船上设备供电,可以实现长航时珊瑚检测。

发电机输出为三相交流电,利用整流桥及 DC-DC 稳压模块进行直流变换及稳压输出,输出后给电池充电。电池为高性能锂电池,电压 24V,总容量 10AH。



图 3 激光雷达避障系统



图 4 长续航电源系统

2.3 水下光源

为了更好的检测珊瑚,针对海水对光的吸收特性,研制了水下光源。选取高亮度 COB 封装灯芯,选取 316L 不锈钢制作外壳,外型尺寸为 300*200mm。用有机硅胶封灌,耐热温度 250 摄氏度,深度防水,抗压深度可达 2000 米,电源消耗功率为 116W。



图 5 高效 LED 水下光源

2.4 数据通讯

在珊瑚检测中,DTU 可以通过离岸 70km 范围内的 4G 网络进行数据传输。相较于 LoRa 通讯技术,DTU 不需要组网,且可以实现更远距离的数据传输,只需要有 4G 网络即可传输。相比于短报文卫星,DTU 传输速度更快、价格更加便宜。由于珊瑚采集区域位于 4G 网络覆盖范围,因此采用 DTU 模块传输温度、盐度、深度、PH 值、溶解氧、浊度等水文数据是最佳选择。通过 DTU 可以远程对无人船进行指令控制。



图 6 数据通讯 DTU 模块

2.5 船上视频传输及水下视频传输

采用海康威视的监控摄像头,利用海康威视的平台,手机上安装海康互联 app,登录账号,密码,在海康互联平台上就可以看到摄像头传回来的图像及视频。采用第一人称视角 FPV 模式,根据视频传输回来的图像及 GPS 定位信息远程操控无人船,水下视频摄像头也采用海康威视摄像头,便于后期的无线平台衔接。水下摄像头采用密封舱封装,可以 100 米防水,采集的视频信号通过水面上的天线传回海康威视平台。水下摄像头固定于船体下方 5 米处,采集的视频图像交给软件系统进行处理,软件系统通过结合最新的深度学习模型 YOLOv5,能够自动识别和分类珊瑚礁图像。截止目前,本系统只考虑了固定深度 10 米内的珊瑚的检测,更深的珊瑚无法检测,如果将摄像头固定在更深的深度,珊瑚检测船在行进过程中,水下的摄像头容易与珊瑚发生刮碰,为了解决这个问题,需要将来设计一个随动系统,摄像头随动珊瑚深度的不同而与珊瑚保持固定的距离。



图 7 视频采集摄像头及密封舱

3. 结语

组装好的珊瑚检测无人船系统进行了海试,长航时的效果非常令人满意。随着越来越多的人参与及国际合作的加强,珊瑚礁保护的未来越充满希望。随着这一研究领域的扩大,无人船系统与更复杂的 AI 模型、遥感等新兴技术结合起来,有潜力彻底改变我们对全球珊瑚礁生态系统的理解和保护。

参考文献:

[1]蔡玉林,索琳琳,孙旋,等.珊瑚礁白化监测方法研究进展[J/OL].海洋环境科学,2019,38(5):776-781. DOI:10.13634/j.cnki.mes.2019.05.019.

[2]黄晖,俞晓磊,黄林韬,等.珊瑚礁生态学研究现状和展望[J].热带海洋学报,2023:1-11.

[3]黄荣永,余克服,王英辉,等.珊瑚礁遥感研究进展[J].遥感学报,2019,23(6):1091-1112.

[4]吴虹蓉,朱岚巍,施冬.面向对象的三亚珊瑚礁底质信息提取[J/OL].测绘通报,2022(9):63-67. DOI:10.13474/j.cnki.11-2246.2022.0265.

[5]张宇.全球海洋生态系统面临威胁[J].生态经济,2023,39(9):1-4.

[6]卢俊港.全球变暖影响下的珊瑚白化事件的时空变化特征及其成因[D/OL].华东师范大学,2024[2024-03-29]. DOI:10.27149/d.cnki.gkdsu.2023.001881.

[7]马静,余克服.大规模白化对珊瑚礁生态系统的影响研究进展[J/OL].生态学杂志,2023,42(9):2227-2240. DOI:10.13292/j.1000-4890.202309.023.

[8]王广华,卢锟,刘建峰,等.近40年来大亚湾造礁石珊瑚群落结构的演变分析[J].海洋学报,2023,45(11):112-130.

[9]郑新庆,张涵,陈彬,等.珊瑚礁生态修复效果评价指标体系研究进展[J].应用海洋学报,2021,40(1):126-141.

[10]王耕,关晓曦.珊瑚礁生态系统模型研究现状及热点分析[J].生态学报,2020,40(4):1496-1503.

基金项目:2019年三亚市院地科技合作项目(2019YD09)
三亚市重大项目(ZDKJ-SY-2020-001)

作者简介:徐明奇(1977-)海南热带海洋学院教师,从事海洋探测及珊瑚检测研究。