

团 体 标 准

T/CI 326—2024

海洋牧场中无人船自动驾驶技术规程

Autonomous driving technology and methods of unmanned ship in marine ranching

2024 - 04 - 11 发布

2024 - 04 - 11 实施

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由哈尔滨工程大学提出。

本文件由中国国际科技促进会归口。

本文件起草单位：哈尔滨工程大学、中国科学院海洋研究所、威海海洋职业学院、中山大学、哈尔滨工业大学（威海）、西交利物浦大学、大连海事大学、苏州世航智能科技有限公司、山东产研博迈得科技有限公司、山东滨港海洋工程平台装备有限公司、山东水之心人工智能科技有限公司、中科探海（深圳）海洋科技有限责任公司、海云联科技（苏州）有限公司。

本文件主要起草人：张兰勇、贾春、赵世泉、邱天龙、谭银朝、李亮、孙景春、林承刚、杨红生、黄凯、庄宇飞、朱晓辉、郝立颖、陈晓博、孙志、王丽、李玉更、段益群、刘维、王盛炜。

目 次

| | |
|-------------------------------|---|
| 前言 | I |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义 | 1 |
| 4 自动驾驶系统 | 2 |
| 4.1 一般要求 | 2 |
| 4.2 控制系统 | 2 |
| 4.3 感知系统 | 2 |
| 4.4 决策系统 | 2 |
| 5 作业能力 | 2 |
| 5.1 播苗 | 2 |
| 5.2 投饵 | 2 |
| 5.3 环境监测 | 2 |
| 5.4 作业设备投放 | 3 |
| 5.5 安全规范 | 3 |
| 6 测试管理规范 | 3 |
| 6.1 测试相关方基本要求 | 3 |
| 6.2 被测船 | 3 |
| 6.3 测试项目 | 4 |
| 7 自检与故障处理 | 4 |
| 7.1 自检项目 | 4 |
| 7.2 故障处理 | 4 |
| 附录 A（资料性） 无人船自动驾驶系统硬件构成 | 5 |
| 参考文献 | 6 |

海洋牧场中无人船自动驾驶技术规程

1 范围

本文件规定了海洋牧场无人船自动驾驶技术方法，确立了海洋牧场中无人船作业流程。

本文件适用于船长大于等于1m并小于20m的无人船在海洋牧场中的自动驾驶，超过该尺度范围的无人船可参照本规程执行。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

避障 obstacle avoidance

无人船通过对工作环境进行探测，以获取障碍物的位置和几何性质等信息，对该环境下路径进行更新，实现避碰目的。

3.2

海洋牧场 marine ranching

基于海洋生态系统原理，在特定海域，通过人工鱼礁、增殖放流等措施，构建或修复海洋生物繁殖、生长、索饵或避敌所需的场所，增殖养护渔业资源，改善海域生态环境，实现渔业资源可持续利用的渔业模式。

[来源:SC/T 9111—2017, 3.1]

3.3

激光雷达 light detection and ranging; lidar

发射激光束并接收回波以获取目标三维信息的系统。

[来源:GB/T 14950—2009, 4.150]

3.4

雷达 radio detection and ranging; radar

利用电磁波发现目标并获取目标位置等信息的装置。

[来源:GB/T 3784—2009, 2.1.1.1]

3.5

数字（码）照相机 digital still camera; DSC

使来自被摄对象的光线，通过镜头并经曝光控制，成像在影像传感器上，通过影像传感器，将景物静态影像转换为电信号，并通过一系列的数字信号处理过程，将景物静态影像以数字的形式存储在存储媒体中（如存储卡或磁盘）的设备。数字照相机通常也称数码照相机。

[来源:GB/T 29298—2012, 3.1]

3.6

无人船 unmanned ship

一种直接通过远程遥控或自动驾驶系统控制以实现航行、操纵及作业的船舶，能通过搭载各种任务载荷执行指定任务。

3.7

远程控制remote control

指在具体作业下，从远程控制站控制和操作船舶的操作模式。

3.8

自动驾驶autonomous driving

由航行环境态势感知、船舶控制算法、自主决策和信息处理等技术装备或系统全部代替人工实现船舶操作的航行状态。

4 自动驾驶系统

4.1 一般要求

无人船自动驾驶系统包含控制系统、感知系统、决策系统，系统主要硬件构成见附录A，应符合下列要求：

- a) 系统启动时完成自身运行状态监测；
- b) 系统工作时完成自身故障诊断；
- c) 采用燃油或电力作为无人船动力源；
- d) 支持自主航行、远程遥控和船上方向盘推杆操控等三种操控模式。

4.2 控制系统

无人船控制系统包括手动自动切换控制、油门挡位控制、液压转向控制、挂机故障监测、远程控制及数据回传监控。

4.3 感知系统

无人船感知系统用于对自身状态及周围环境的感知识别，系统组件包括雷达、相机、激光雷达、北斗全球定位系统模块、IMU（惯性测量单元）等。其中，北斗/惯性多源组合导航模块为无人船提供位置、航速、航向、横摇、纵摇等导航信息。雷达、激光雷达、相机用于检测视场范围内的障碍物，并生成障碍物信息。

4.4 决策系统

决策系统包括认知理解和决策规划。应根据感知层收集的信息对自身进行精准定位，并对周围环境做出准确理解。决策系统应支持下列功能：

- a) 目标检测和目标跟踪；
注：深度学习在此功能的实现中展现出更好的性能，从而被广泛应用。
- b) 对无人船周边船、艇、浮冰、漂浮物等障碍物进行识别预测，并给出安全的航行策略；
- c) 自动从起始位置至目标位置生成最优航行路线；
- d) 按预设几何路径上能精确、稳定地跟随路径；
- e) 在航行过程中，精确获取障碍物位置和几何信息，并更新路径实施避碰决策和操作。

5 作业能力

5.1 播苗

无人船应搭载投苗机到达指定作业区域，使用国家或行业标准规定的播撒装置实现精准播苗。

5.2 投饵

无人船应搭载投饵机到达指定作业区域，并根据规定的时间和投饵量进行作业。

5.3 环境监测

无人船通过船上定位装置、水质监测系统采集坐标信息和水质信息，通过无线通讯模块上传至管控系统，界面显示每个位置的投饵量、水温、溶氧和盐度等信息，实现海洋牧场环境检测。

船下应配备摄像头，拍摄生物生长视频，并上传管控系统，基于回传数据生成含坐标和水深信息的生物分布量图。

5.4 作业设备投放

无人船应搭载水下机器人及相关作业设备，达到指定作业区域进行投放。

5.5 安全规范

应在0~3级海况下进行作业，并综合考虑避障、紧急制动、天气与海况条件下的作业限制等。

6 测试管理规范

6.1 测试相关方基本要求

6.1.1 测试场运营方

测试场运营方应符合下列要求：

- 具备独立法人资格；
- 获得第三方机构的无人艇测试服务供方认可；
- 具备开展无人艇测试的技术保障能力；
- 具备场地的安全管理能力；
- 在船测试人员和岸端/船端操控人员已取得相应的资质。

6.1.2 测试委托方

测试委托方应符合下列要求：

- 能出具被测船的来源证明；
- 具备配合测试运营方和测试方完成测试相关活动的人员；
- 为操作人员提供无人船系统原理、硬件维护等培训内容。

6.1.3 测试方

测试方应符合下列要求：

- 具备独立法人资格。
- 具备测试的技术能力。
- 测试方的人员配备应符合下列要求：
 - 配备岸端/船端操控人员1名，在岸端/艇端对无人艇进行遥控驾驶或者自主航行操作。船端操控人员数量配置应符合行业规定的船舶最低安全配员规则要求；
 - 配备技术支持人员2名，在岸端/艇端能对无人艇提供远程操控或者自主航行的技术支持；
 - 配备在船测试人员若干，不直接参与航行操作，但在船上参与测试的相关作业；
 - 配备测试指挥人员1名，负责测试全过程，对岸端和船端进行指挥，以及与测试场运营方的沟通联系。

6.2 被测船

被测船应符合下列要求：

- 支持远程遥控和（或）自主航行功能。
- 具备满足航行需要避碰号灯号型。
- 支持紧急停车功能。
- 支持记录、存储测试过程数据的功能，并包括下列数据信息：
 - 无人船控制模式；
 - 无人船位置、速度、航行、艏向等运动状态；
 - 外部环境感知信息；

- 测试过程中发送的控制指令。
- 支持数据回传、数据分析功能。
- 配备相应的救生、消防设备。

6.3 测试项目

无人船海上测试项目包括，但不限于下列内容：

- 遥控器效用测试；
- 显控台效用测试；
- 操作模式切换功能测试；
- 路径跟踪测试；
- 感知能力测试；
- 通信能力测试；
- 自主避障能力测试；
- 协同能力测试；
- 数据收集、加密、备份和销毁能力测试。

7 自检与故障处理

7.1 自检项目

自检项目包含舷外机熄火、舷外机燃油量监测、舷外机电量监测、舷外机机油监测、传感器自检、通信链路自检、环境监测模块、搭载平台模块及空载情况下典型工况自检。

7.2 故障处理

当无人船系统发生故障时，将及时报告给航行控制系统和控制中心，处理流程如下：

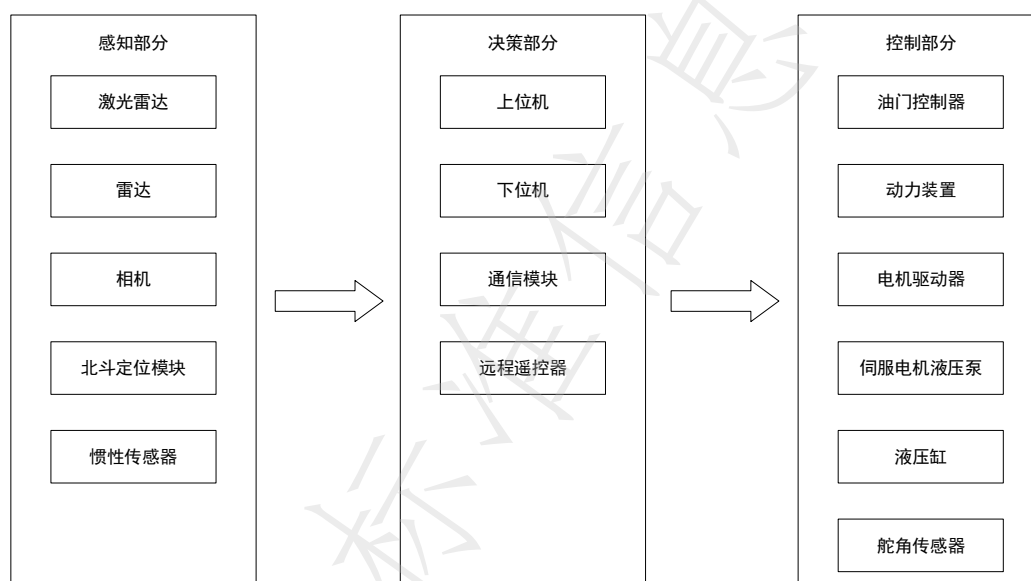
- a) 无人船运行过程中，舷外机故障熄火，在岸端远程点火重新启动无人船正常作业；
- b) 舷外机燃油量或电量、机油量进行监测，当余量不足时返回岸端进行补充。

附录 A
(资料性)
无人船自动驾驶系统硬件构成

A.1 无人船自动驾驶系统硬件构成

图A.1给出了无人船自动驾驶系统硬件构成，其中：

- a) 感知部分：激光雷达、雷达、相机、北斗定位模块和惯性传感器；
- b) 决策部分：上位机、下位机、通信模块和远程遥控器；
- c) 控制部分：油门控制器、舷外挂机、液压缸、电机驱动器、伺服电机液压泵、舵角传感器。



图A.1 无人船自动驾驶硬件构成

参 考 文 献

- [1] GB/T 3028—2012 船用电气号灯
 - [2] GB/T 3784—2009 电工术语 雷达
 - [3] GB/T 14950—2009 摄影测量与遥感术语
 - [4] GB/T 29298—2012 数字（码）照相机通用规范
 - [5] GB/T 35383—2017 播种监测系统
 - [6] GB/T 40946—2021 海洋牧场建设技术指南
 - [7] GB/T 42779—2023 海洋牧场基本术语
 - [8] LY/T 2158—2023 苗床播种机
 - [9] SC/T 9111—2017 海洋牧场分类
 - [10] DB4404/T 18—2021 无人水面艇海上测试管理规范
 - [11] 无人水面艇检验指南. 中国船级社 2018年
 - [12] 国际航行海船法定检验技术规则. 中华人民共和国海事局 2019年
 - [13] 船舶自主航行试验技术与检验暂行规则. 中华人民共和国海事局 2023年
 - [14] 智能船舶规范. 中国船级社 2023年
-