

团体标准

T/FSTI 001—2025

无人机无人船协同海洋测绘作业规程

The protocol for collaborative ocean survey operations using unmanned aerial vehicles (UAVs) and unmanned surface vehicles (USVs)

2025 - 02 - 10 发布

2025 - 04 - 01 实施

佛山市南海区九江科技创新协会

发布

目次

目次 I

前言 II

引言 III

无人机无人船协同海洋测绘作业规程 1

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 总体要求 1

5 设备和系统要求 2

5.1 无人船 2

5.2 无人机 2

5.1. 软件系统 2

6 测绘作业流程 2

6.1 总体流程 2

6.2 协同作业流程 2

6.3 协同作业能力评估 4

7 安全注意事项及要求 4

7.1 遵守法规 and 规定 4

7.2 风险评估和预防措施 4

7.3 作业场地安全 5

7.4 设备安全和维护 5

7.5 人员培训和操作规范 5

7.6 天气条件监测和应对 5

7.7 应急响应和沟通协调 5

7.8 数据隐私和安全保护 5

参考文献 6

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020给出的规则起草。

本文件由广东省科学院广州地理研究所提出。

本文件由佛山市南海区九江科技创新协会归口。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件起草单位：广东省科学院广州地理研究所、广东中科臻恒信息技术有限公司、广州海格通信集团股份有限公司、暨南大学、深圳南一海洋科技有限公司、黄埔海关技术中心、广州工业智能研究院、广州交信投科技股份有限公司、华南理工大学、西安邮电大学、天津大学、中山大学、烟台大学、天津科畅慧通信息技术有限公司、广州市交通站场建设管理中心有限公司、中科院广州电子技术有限公司、广东利通科技投资有限公司智能交通研究院、广东高速科技投资有限公司、灵境机器人（山东）有限公司、佛山市南海区九江科技创新协会、广东中元创新科技有限公司、广州如约数据科技有限公司、中科智诚（广州）科技有限公司、亚哲科技股份有限公司、广宜（广东）科技服务有限公司、寒荷（佛山）科技有限公司、广州云伴智能科技有限公司、北京中青体科技有限公司、海南热带海洋学院崖州湾创新研究院、天津水运工程勘察设计院有限公司、海南立岛海洋科技有限公司、青岛泰达海洋工程有限公司、广东中科畅行恒达信息技术有限公司。

本文件主要起草人：赵玲玲、杨敬锋、段琴、彭勃、张南峰、冯东英、周良明、林立峰、徐飞、冯川、黄钦炎、陈超、叶瑞雯、田震华、董莹、谭雪松、黄泽进、王立、郑艳伟、李玲、李晓军、王伟文、杨志勇、李鑫华、梁乒、李藻、李玉红、牟晓倩、李超亮、朱树涌、张浩、李聪端、刘继海、肖金超、王宏刚、潘若禹、张浩、郑少锋、殷慧媛、陈阳、肖科、张伟强、关楚仪、刘晓松、杨峰、邓国勇、魏忠伟、李明、王文杰、胡兢、周晓栩、安永宁、张田雷、田春和、何琦、王连明、徐明奇、贺鹏飞、陈浩、熊俊峰、罗志勇、薛昌政、黄双莲、王娜、姚增辉、牛山、邓一杰、欧阳明、蔡俊坤、刘汪帅、王梓尹、黄艳。

本文件是首次发布。

引 言

无人机（UAV）和无人船（USV）在海洋测绘作业中的协同合作代表了海洋探索和地图绘制技术的重大进步。本文件旨在建立无人机和无人船在进行综合海洋测绘任务时的协调操作的标准程序。通过充分利用无人机和无人船各自的独特优势，本规程旨在提高海洋测绘作业的效率、准确性和安全性，从而促进对海洋环境的更好理解，并有助于各种应用，如海岸淤进监测、海洋养殖容量评估、海洋资源管理、环境监测和海岸工程、海关口岸码头淤积监测（口岸海洋生态环境监测）、海关口岸码头水下结构安全监测等。通过本文件提供的系统指南，海洋产业的相关经营者可以优化其测绘作业，优化资源利用，并确保生成可靠且高质量的测绘数据。

无人机无人船协同海洋测绘作业规程

1 范围

本文件规定了无人机无人船协同海洋测绘作业的总体要求、设备和系统要求、测绘流程、安全注意事项等。

本文件适用于无人机和无人船协同进行海洋测绘作业，包括但不限于海洋地形测绘、海岸线监测、水下地形测量、海岸淤进监测、海洋养殖容量评估等。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 12327-2022 海道测量规范

GB 50026-2020 工程测量标准

GB/T 12898-2009 国家三、四等水准测量规范

GB/T 18314-2009 全球定位系统(GPS)测量规范

GB/T 24356-2023 测绘成果质量检查与验收

JTS 131-2012 水运工程测量规范等规程内容编制

CH/T 1004-2005 测绘技术设计规定

CH/T 2009-2010 全球定位系统实时动态测量(RTK)技术规范

CH/T 7002-2018 无人船水下地形测量技术规程

3 术语和定义

CH/T 7002-2018界定的术语和定义适用于本文件。

4 总体要求

4.1 测绘成果应符合法律法规的要求。

4.2 涉密成果的管理应符合国家现行规定。

4.3 平面控制测量坐标系统应采用 2000 国家大地坐标系(CGCS2000)，高程测量基准应采用 1985 国家高程基准。若采用其他平台坐标系统和高程基准时，应与国家坐标系统和高程基准建立联系。

4.4 深度基准在沿岸海域应采用理论最低潮位面，并通过与验潮站的水准联测建立联系。

4.5 水域测绘的日期应采用公元纪年，时间应采用北京时间。

4.6 测绘作业必须遵循以下技术标准，包括但不限于 GB 12327、GB/T 12898-2009、GB/T 18314-2009、GB/T 24356-2023、GB 50026、JTS 131-2012、CH/T 1004-2005、CH/T 2009-2010、CH/T 7002-2018。

5 设备和系统要求

5.1 无人船

- a) 应具备良好的稳定性和航行性能，具有良好的操控能力。
- b) 应配备定位系统和导航设备，确保位置和航迹准确记录。
- c) 应配备水下传感器，获取水下地形信息。
- d) 应具备通信模块，与无人机和软件平台进行数据传输和协调。
- e) 应配套软件平台，用于无人船控制、航行路径规划、数据采集及实时数据传输，并具有具备自主避障能力。

5.2 无人机

- a) 飞行性能稳定，应能搭载高分辨率传感器。
- b) 应配备卫星定位装置和惯性导航系统，确保飞行轨迹准确记录。
- c) 应具备自动航行能力，可根据预设航线飞行。
- d) 应具备长续航能力，可完成整个测绘任务。
- e) 应配套软件平台，用于飞行路径规划、传感器控制和实时数据传输。

5.3 软件系统

软件系统应具有稳定性、可靠性和易用性，并能与无人船和无人机的硬件设备具有兼容和可扩展性。

软件系统应具有航行路径规划、无人机/无人船参数配置、数据采集与控制、实时数据传输、数据处理与分析等功能。

6 测绘作业流程

6.1 总体流程

- a) 无人机和无人船的选用：根据测绘任务的具体需求，选择适合的无人机和无人船进行测量工作。
- b) 测量设备选择：根据具体测量任务，选取合适的机载遥感设备以及水下地形测量设备，包含但不限于超声波测深仪、激光测深仪、多波束声纳等。测量设备应具备符合要求的测量精度和适应不同水下环境的能力。
- c) 任务前准备：在进行测绘任务之前，应当对测量区域进行充分的了解，并规划测量路径。应检查无人机和无人船和测绘设备的状态，确保其正常工作。同时，应评估作业区域的气象、海洋环境，确保无人机、无人船能安全协同作业。
- d) 测量操作：根据测量计划和路径，进行水下地形测量操作。操作人员应熟悉测量设备的使用方法，进行准确的数据记录，并确保数据的完整性。
- e) 数据处理与分析：对采集到的测量数据进行处理和分析，得出相应的水下地形信息，并使用地形软件生成地形图或三维模型。
- f) 质量控制：在测量过程中，应进行质量控制，监测数据的准确性和可靠性。可进行重复测量或者与其他测绘数据进行对比，确保测量结果的准确性。
- g) 数据提交与报告编制：测量数据整理后，编制相应的测量报告，包括测量目的、方法、过程和结果等内容。

6.2 协同作业流程

6.2.1 准备阶段

- a) 确定任务目标：明确测绘区域和所需获取的数据类型，包括但不限于海底地形、海岸线等，并记录所需数据的详细信息。
- b) 设定任务参数：根据任务目标和地理环境，确定无人机和无人船的航行路径、飞行高度、采样间隔等参数。
- c) 设备准备：检查无人机和无人船的硬件设备，进行作业前无人机起降、数据传输检验，确保其工作状态良好；准备必要的传感器和数据记录设备。
- d) 软件设置：在软件平台中设置航行路径规划和控制参数，确保无人机和无人船能够按照预定路径执行任务。
- e) 参数校准和参数同步：在确认设备能正常运行时，对所有设备进行必要的校准，并进行时间等参数同步。

6.2.2 实地作业

- a) 无人船航行：无人船按照预设的航行路径在水面航行，同时使用水下传感器获取水下地形数据。
- b) 无人机飞行：无人机在空中按照预设的航行路径飞行，使用搭载的传感器采集地形和地貌数据。
- c) 实时监控：操作人员通过地面站或监控设备实时监测无人机和无人船的运行状态，确保作业顺利进行。

6.2.3 数据采集与传输

- a) 数据采集：无人机和无人船根据预设的任务参数，定期采集地形和水下地形数据。
- b) 实时传输：采集到的数据通过通信模块实时传输至地面站或数据中心，确保数据及时存储和备份，以防数据丢失。

6.2.4 数据处理与分析

- a) 数据整合：将无人机和无人船采集到的数据进行整合和配准，确保数据一致性。
- b) 数据分析：利用处理后的数据进行海洋地形测绘和分析，生成包括海洋地图和水深图在内的测绘产品。
- c) 数据处理：对采集到的数据进行处理，包括去噪、滤波、校正等，以提高数据质量和准确性。
- d) 测量误差处理：通过精确的误差分析和校正方法，处理测量中的系统误差和随机误差，提高数据精度和可靠性。
- e) 数据分析：利用处理后的数据进行海洋地形测绘和分析，生成海洋地图、水深图等测绘产品。

6.2.5 评估协同能力

- a) 协同配合评估：评估无人机与无人船之间的协同配合能力，包括航行路径的规划及数据采集的时机协调。
- b) 通信稳定性评估：评估通信系统的稳定性和可靠性，确保无人机和无人船之间的实时数据传输畅通无阻。
- c) 作业效率评估：评估协同作业的效率，包括作业完成时间和数据采集速度等关键指标。

6.2.6 报告生成与存档

- a) 测绘报告：编制测绘报告，内容包括测绘结果、数据质量评估及误差分析。
- b) 数据存档：将原始数据和处理后的数据进行系统存档管理，确保数据的长期保存和可追溯性。

6.2.7 作业总结与评估

- a) 总结回顾：对整个作业流程进行总结与回顾，分析作业中存在的问题和改进措施。
- b) 效果评估：评估测绘作业的效果及其目标达成情况，为今后的作业提供参考和改进方向。

6.3 协同作业能力评估

6.3.1 航行路径规划协同能力

- a) 确定无人机和无人船之间的航行路径规划方式，评估其协调航行路径的有效性，避免相互干扰和冲突。
- b) 评估数据采集时机的灵敏性与准确性，确保根据实时情况及时调整采集计划。

6.3.2 数据采集时机协调能力

- a) 评估无人机与无人船之间协调数据采集时机的能力，以确保在最佳时机获取所需数据。
- b) 考察数据采集时机的灵敏性和准确性，评估它们是否能够根据实时情况及时调整采集计划。

6.3.3 通信稳定性评估

- a) 评估通信系统的稳定性和可靠性，确保无人机与无人船之间的通信畅通。
- b) 评估通信系统在不同环境下的表现，包括信号覆盖范围和抗干扰能力等方面。

6.3.4 指令传递和执行协同能力

- a) 评估无人机与无人船之间指令传递和执行的效率及准确性，确保指令快速响应并准确执行。
- b) 考察指令传递的时延和执行的稳定性，评估其保证作业顺利进行的能力。

6.3.5 紧急情况处理协同能力

- a) 评估无人机和无人船在紧急情况下的协同应对能力，包括应对突发事件和异常情况的处理能力。
- b) 考察紧急情况处理的快速响应和协调配合，评估其有效应对各类紧急情况的能力。

6.3.6 实时监控和数据共享协同能力

- a) 评估无人机与无人船之间实时监控和数据共享的协同能力，确保操作人员及时获取作业进展情况和数据。
- b) 考察实时监控和数据共享的效率和稳定性，评估其实现信息及时共享与有效利用的能力。

7 安全注意事项及要求

7.1 遵守法规 and 规定

- a) 确保作业符合当地及国家法规，包括飞行和水域管理规定。
- b) 持有必要的飞行和航行许可证，遵守许可证的相关限制。

7.2 风险评估和预防措施

- a) 在作业前进行风险评估，识别潜在的危險和风险，并制定相应的预防和应急措施。
- b) 针对可能出现的风险情况制定针对性的应对方案，包括人员安全和设备安全方面的措施。

7.3 作业场地安全

- a) 确保作业场地符合安全要求，避免危险物品或障碍物。
- b) 对作业场地进行必要的标识和围挡设置，确保周围人员的安全。

7.4 设备安全和维护

- a) 定期检查和维护无人机和无人船的硬件设备，确保其正常运行。
- b) 定期检查和更换无人机及无人船的电池和电机等关键部件，以避免设备故障引发的安全问题。

7.5 人员培训和操作规范

- a) 保证作业人员具备必要的培训和资质，熟悉无人机和无人船的操作规范及安全流程。
- b) 严格执行作业人员的岗位责任，确保每位作业人员明确其职责和作业程序。

7.6 天气条件监测和应对

- a) 及时获取天气预报，评估天气对作业的影响，以决定是否延迟或暂停作业。
- b) 在作业过程中持续监测天气条件的变化，根据天气变化及时调整作业计划。

7.7 应急响应和沟通协调

- a) 建立应急响应机制，为可能出现的紧急情况和意外事件做好充分准备。
- b) 确保作业人员及外部机构之间的沟通畅通，及时协调处理突发情况和应急事件。

7.8 数据隐私和安全保护

- a) 确保采集的数据得到妥善保护，避免数据泄露和非法获取。
- b) 采取必要的措施保护数据的隐私和安全，包括数据加密及访问权限控制等措施。

参 考 文 献

- [1] HY/T 0350-2023 船载海陆地形地貌一体化调查技术要求
 - [2] HY/T 0351-2023 海底地形地貌调查导航定位技术要求
 - [3] HY/T 0352-2023 海底地形地貌调查单波束测深技术要求
 - [4] HY/T 0353-2023 无人船（艇）海底地形地貌调查技术要求
 - [5] HY/T 0354-2023 海洋卫星遥感与光学调查资料整编技术规范
 - [6] HY/T 0356-2023 海洋调查专题图分类、编码与制图格式
 - [7] HY/T 0357-2023 浮标站位选址论证技术导则
 - [8] HY/T 0358-2023 海洋站水质在线观测系统运行规程
 - [9] HY/T 0365-2023 海洋数据管理体系规范
-