

# 无人机无人船协同测量作业技术研究

刘国伟 何志勇 郑宏佳  
长江重庆航道测绘处 重庆 401121

**摘要:** 随着科技的飞速发展,无人机与无人船作为新兴的无人平台,在测量作业中展现出巨大潜力。本研究深入探讨了无人机无人船协同测量的关键技术,包括高精度定位导航、实时通信技术、数据融合处理及协同作业规划等,旨在实现空中与水下/水面的全方位、高精度测量。该技术不仅提高了测量作业的效率 and 精度,还拓展了应用范围,为地理测绘、环境监测等领域提供了强有力的技术支持,具有广阔的应用前景。

**关键词:** 无人机;无人船;协同测量作业技术

**引言:** 随着遥感技术和自动化技术的不断进步,无人机与无人船作为新型测量平台,正逐步改变传统的测量作业方式。无人机具备快速响应、高空覆盖的优势,而无人船则擅长于水下环境的精细探测。两者的协同作业不仅能够显著提升测量效率与精度,还能实现对复杂环境的全方位、立体化监测。本研究旨在探索无人机无人船协同测量的关键技术及其应用场景,为相关领域提供高效、可靠的解决方案,推动测量技术的创新与发展。

## 1 无人机无人船协同测量技术概述

### 1.1 无人机无人船协同测量的定义

无人机无人船协同测量是指利用无人机和无人船这两种无人平台,通过先进的通信技术、导航定位系统及数据处理算法,实现对目标区域进行空中与水下/水面协同、高精度、全方位的测量作业。无人机主要负责空中侦察、地形测绘、影像采集等任务,而无人船则专注于水下地形测量、水质监测、水下目标探测等作业。两者的有机结合,形成了高效、全面的立体测量体系。

### 1.2 无人机无人船协同测量的原理

无人机与无人船协同测量的核心在于两者的协同作业机制。首先,通过高精度导航定位系统(如GPS、北斗等)确保无人机与无人船在三维空间中的精确定位。然后,基于先进的通信技术,无人机与无人船之间可以实现实时的数据传输与共享,确保测量数据的同步性与完整性。在实际作业中,无人机搭载高分辨率相机、激光雷达等传感器,从空中对目标区域进行高精度的影像采集与地形测绘;同时,无人船则利用多波束测深仪、声呐等设备,对水下地形进行精确测量。两者的测量数据通过协同处理算法进行融合,形成完整、高精度的立体测量成果。

### 1.3 无人机无人船协同测量的特点与优势

无人机无人船协同测量技术具有以下独特性和优

势:(1)高效性。无人机与无人船的协同作业可以显著提高测量效率,缩短作业周期。同时,由于无人平台无需人员直接操作,可以24小时不间断作业,进一步提升了测量效率。(2)高精度。无人机与无人船均搭载高精度的传感器与导航定位系统,能够实现对目标区域的高精度测量。两者的数据融合进一步提升了测量成果的精度与可靠性。(3)全面性。无人机与无人船的协同作业可以实现空中与水下/水面的全方位测量,形成完整、立体的测量成果。这有助于更全面地了解目标区域的地形地貌、水质环境等信息。(4)安全性。无人平台的应用降低了测量作业中的人员风险,提高了作业安全性。同时,由于无需人员直接参与,也减少了因人为因素导致的测量误差。相对于单一平台测量,无人机无人船协同测量技术具有更高的效率、精度与安全性,为测绘、环境监测、灾害评估等领域提供了更加全面、高效的解决方案。

## 2 无人机无人船协同测量的关键技术研究

### 2.1 通信与数据传输技术

(1)通信协议、数据传输速率和稳定性。无人机与无人船之间的通信协议选择需综合考虑距离、数据量和实时性等因素。短距离通信时,Wi-Fi因其高带宽和低延迟成为首选;而在长距离通信中,LoRa、Zigbee等低功耗广域网技术更为适用。为了确保数据传输的稳定性,需采用冗余通信链路、数据重传机制以及抗干扰技术。同时,通过优化协议栈和提高传输效率,可以实现更高的数据传输速率,满足实时测量需求<sup>[1]</sup>。(2)5G/6G、卫星通信技术的应用。5G/6G技术的引入,为无人机无人船协同测量提供了前所未有的通信能力。5G技术的高带宽、低延迟特性,使得无人机可以实时传输高分辨率影像数据,无人船也能快速上传水下测量结果。随着6G技术的研发,通信速率、容量和可靠性将进一步提升,

为更复杂的协同作业场景提供支持。卫星通信技术则解决了无人机与无人船在偏远地区或海上作业时的通信难题。通过卫星链路,即使在没有地面基站的情况下,也能实现稳定的数据传输。这对于扩展协同测量作业的范围和提高应急响应能力具有重要意义。

## 2.2 定位与导航技术

(1) 卫星导航系统的应用。GPS和北斗等卫星导航系统为无人机与无人船提供了全天候、高精度的定位服务。通过接收卫星信号,两者可以实时获取经度、纬度、高度等信息,为后续的测量作业提供精确的位置基准。在复杂地形和水域中,卫星导航系统的可靠性尤为重要。(2) 提高定位精度和导航自主性。为了提高定位精度,可以采用差分GPS技术或RTK(实时动态差分定位)技术。这些技术通过接收多个卫星的信号并进行差分处理,可以显著减小误差,提高定位精度至厘米级甚至毫米级。在导航自主性方面,无人机与无人船需要具备自主规划路径、自主避障和自主调整飞行/航行状态的能力。这可以通过集成惯性测量单元、激光雷达、视觉传感器等多元传感器,并结合先进的导航算法来实现。这些算法能够利用传感器提供的信息,对周围环境进行感知和判断,从而指导无人机与无人船进行自主导航<sup>[2]</sup>。

## 2.3 数据融合与处理技术

(1) 数据融合。无人机获取的空中影像数据与无人船获取的水下测量数据在时空尺度上存在差异。为了实现数据融合,需要对两者进行预处理,包括去噪、校准、配准等步骤。然后,采用数据融合算法(如加权平均法、卡尔曼滤波法、粒子滤波法等)将两者进行整合。在融合过程中,需要确保数据的时空一致性和分辨率匹配,以获得完整、连续的立体测量成果。(2) 数据处理算法和技术。先进的数据处理算法和技术在数据整合、分析和提取中发挥着重要作用。例如,深度学习算法可以用于影像数据的特征提取和目标识别;机器学习算法可以对水下测量数据进行分类和聚类;图像处理和计算机视觉技术则可以对地形地貌进行三维重建。这些算法和技术能够充分利用数据中的信息,提取出有用的特征和规律,为后续的决策和分析提供支持。

## 2.4 任务分配与协同规划技术

(1) 任务分配原则与方法。任务分配需依据测量区域特征、平台性能及任务需求进行。原则在于最大化资源利用、最小化测量误差并保障安全。分配方法多样,可基于规则,根据测量区域形状、大小及复杂度制定;也可采用遗传算法、粒子群算法等优化算法寻求最佳方案;还可利用机器学习,通过学习历史数据预测任务分

配效果,实现智能决策。(2) 协同规划算法作用。协同规划算法综合考虑任务需求、平台性能及环境因素,优化资源利用,提升测量效率。它需处理任务优先级、时间约束及资源限制等挑战,确保无人机与无人船协同作业,避免冲突与浪费。算法可实时调整规划方案,应对变化<sup>[3]</sup>。实际应用中,基于图的规划、启发式搜索或模拟规划等算法可根据需求选择,实现最佳规划效果。这些算法能够智能地协调无人机与无人船的行动,确保测量任务的高效、准确完成,为无人系统协同作业提供有力支持。

## 3 无人机无人船协同测量的应用场景与实践

### 3.1 地理测绘领域的应用

(1) 具体应用案例。在地理测绘领域,无人机与无人船的协同测量为地形地貌、海岸线变迁、河流流域等复杂地理环境的测绘提供了全新视角。例如,在某沿海城市的海岸线变迁监测项目中,无人机从空中捕捉高分辨率影像,揭示海岸线的宏观形态变化,而无人船则潜入水下,利用声纳和激光扫描技术精确测量海底地形和水深。两者数据融合后,生成了详尽的三维海岸线变迁模型,为城市规划、海洋生态保护提供了科学依据。

(2) 提高测绘效率和精度。无人机与无人船的协同作业显著提升了测绘工作的效率和精度。无人机能快速覆盖大面积区域,获取高空间分辨率的影像数据,为测绘提供宏观视角。无人船则擅长于水下复杂环境的精密测量,填补无人机在水下数据获取上的空白。两者的数据融合,实现了空中与水下信息的无缝衔接,不仅提高了测绘的全面性,还通过多源数据校验,显著增强了测绘结果的准确性。此外,无人机与无人船的自动化作业能力,减少了人力依赖,缩短了测绘周期,提高了工作效率。

### 3.2 环境监测与保护的应用

(1) 空气质量、水质监测等方面的应用。在环境监测方面,无人机与无人船的协同测量发挥了重要作用。无人机搭载空气质量传感器,可在高空快速监测大气污染物浓度,如PM2.5、SO<sub>2</sub>等,为城市空气质量预警提供即时数据。无人船则在水域中定期采集水样,通过内置的水质分析仪器检测溶解氧、pH值、重金属含量等指标,全面评估水质状况。两者的协同,构建了立体化的环境监测网络,实现对环境质量的全方位、实时监测。

(2) 全面性和实时性的影响。无人机与无人船的协同测量极大地增强了环境监测的全面性和实时性。无人机的高空监测能力,使得空气质量监测不受地面障碍限制,能够捕捉到更广区域的环境变化。无人船的水下作业,则确保了水质监测的深度和细致度,填补了传统监测手

段的空白。两者数据的实时传输与融合,使得环境监测数据更加全面、准确,为环境保护政策的制定和调整提供了及时、有力的支持<sup>[4]</sup>。

### 3.3 灾害评估与资源管理的应用

(1) 灾害评估、资源管理等领域的应用实例。在灾害评估与资源管理方面,无人机与无人船的协同测量同样展现出了巨大价值。在洪水、地震等自然灾害发生后,无人机迅速升空,利用高分辨率相机捕捉灾区影像,评估灾害影响范围和程度。同时,无人船深入灾区水域,通过声纳和雷达技术探测淹没区的水下地形,为救援行动提供精确的地形信息。在资源管理方面,无人机与无人船协同监测森林覆盖、矿产资源分布等,为自然资源的高效利用和可持续管理提供数据支持。(2) 为灾害响应和资源管理提供决策支持。无人机与无人船的协同测量数据,为灾害响应和资源管理提供了科学、可靠的决策依据。灾害发生后,及时、准确的灾情评估数据有助于救援力量快速部署,减少灾害损失。在资源管理方面,详尽的自然资源分布数据,为资源开发利用的规划提供了科学依据,促进了资源的合理配置和高效利用。此外,无人机与无人船的自动化作业,减少了人员进入危险区域的风险,保障了人员安全。

## 4 无人机无人船协同测量技术的发展趋势与挑战

### 4.1 技术发展趋势

(1) 未来发展方向。无人机无人船协同测量技术的未来发展方向将聚焦于更高层次的自主化与智能化、更紧密的协同作业、多样化与定制化解决方案的开发,以及技术融合与集成能力的提升。随着人工智能、大数据、云计算等技术的不断融入,无人机与无人船的协同测量将实现更复杂的任务执行、更高效的数据处理与决策支持。(2) 技术影响。人工智能技术的引入将极大提升无人机与无人船的自主导航、环境感知与决策制定能力,使它们在复杂环境中能够更智能地应对变化。大数据与云计算技术则将为海量测量数据的存储、处理与分析提供强大支持,实现数据的实时传输、快速处理与智能挖掘,为决策提供及时、准确的信息。

### 4.2 面临的挑战与解决方案

(1) 主要挑战。无人机无人船协同测量技术在发展中面临的主要挑战包括技术兼容性、数据安全性、作业环境的复杂性以及专业人才短缺等问题。技术兼容性要求不同平台间能够实现无缝对接与数据共享,而数据安全性则关乎测量数据不被非法获取或篡改。此外,复杂多变的作业环境对无人机与无人船的适应性提出了更高要求,而专业人才的短缺则限制了技术的深入应用与发展。(2) 解决方案与策略。针对技术兼容性挑战,可通过建立统一的数据接口与通信协议,实现不同平台间的数据互通与协同作业。在数据安全性方面,采用加密传输与存储技术,确保数据在传输与存储过程中的安全性。针对作业环境的复杂性,可通过优化无人机与无人船的自主导航与环境感知算法,提高它们在复杂环境中的适应能力。同时,加强专业人才培养与引进,提升团队的技术实力与创新能力,为技术的深入应用与发展提供坚实的人才保障。

### 结束语

综上所述,无人机无人船协同测量作业技术凭借其高效、高精度的特点,在地理测绘、环境监测、灾害应急响应等领域展现出巨大潜力。本研究通过理论分析与实验验证,初步构建了无人机无人船协同测量的技术框架,为实际应用提供了重要的理论支撑与技术参考。未来,随着技术的不断发展与完善,无人机无人船协同测量作业将在更多领域发挥重要作用,为人类社会的可持续发展贡献力量。

### 参考文献

- [1]孙爱国,熊荣军.无人机无人船协同测量作业技术研究[J].中国水运,2023,(05):46-48.
- [2]胡合欢,汪剑桥,余永周.无人机无人船协同作业在航道测绘中应用探讨[J].中国水运.航道科技,2021,(07):68-70.
- [3]屈耀红,张峰,谷任能,袁冬莉.基于距离测量的多无人机协同目标定位方法[J].西北工业大学学报,2020,(15):166-167.
- [4]李猛,刘震磊.基于多无人机协同的地貌测量关键技术研究[J].中国高新科技,2020,(04):33-35.