DOI 编码：10.13646/j.cnki.42-1395/u.2022.05.026

基于无人机联合无人船的航道测绘分析

汤倩[1]，马新国[2]

（1. 长江武汉航道局，湖北 武汉 430010；2. 长江岳阳航道处，湖南 岳阳 414000）

摘　要：文章利用无人机实施二维重建，以此为基础进行无人船测区划定和测线布设，解决了无人船航测存在的问题，并根据航测后照片开展空三建模，获取出水部分地物的三维模型，联合无人机和无人船完成了航道测绘。

关键词：无人机；无人船；航道测绘

中图分类号：U612　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**1006—7973（2022）05-0075-03

目前，相对于测量船，无人船因吃水浅、机动性高的优势在航道测绘中的应用越来越普及，尤其是在浅滩水域的测量中得到了较好的应用成效。随着无人船在航道测绘中的应用，众多学者也进行了深入的研究和分析，发现浅滩水域的航道测绘中无人船在实际应用中还存在两个方面的缺陷：一方面自动化测量中的避障能力较弱，容易发生碰撞；另一方面视角较矮，难以满足手动操作的要求，且图传延迟。鉴于此有学者提出利用无人机的正射影像辅助无人船进行测绘。本次研究基于无人机与无人船的联合，通过协同作业完成浅滩水域的航道测绘，为该方面的研究提供有效参考。

1 无人船测深系统概述

1.1 系统构成

无人船测深系统包含任务模块、推进模块、电源模块、数传模块以及船体。岸基系统包含基站、数据接收系统、控制系统以及远程控制软件，如图 1 所示。底部分别是测深仪、主控系统、罗盘、电源等，船上分别是数据传输天线、遥控器天线、GPS、摄像头、避障雷达等等。

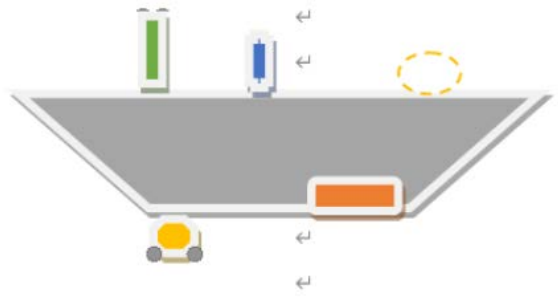

图 1 无人船测深系统构成图

1.2 无人船操作

1.2.1 自动航行模式

如图 2 所示，自动航行的应用原理是根据坐标文件或者是卫星影像划定测区，根据比例尺自动生成路线开展航行，在不借助外界手动遥控的基础上完成测量工作。一般来说，自动航行模式在开阔无障碍的水域较为适用，且能够较大程度上降低外业测量人员的劳动强度，实现了超视距作业。

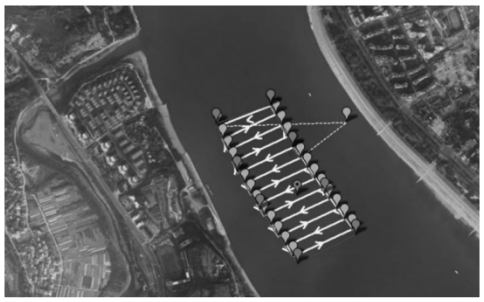

图 2 无人船规划航线示意图

1.2.2 手动遥控模式

如图 3 所示，手动遥控模式主要是作业人员控制遥控器，通过对视野的判断来决定无人船的行动方向。手动遥控模式一般适用于岸线较为复杂且具有出水障碍的水域中，对操控人员的要求较高。但是因船载摄像头存在视野盲目、网络图传输延迟的劣势，因此不能超视距作业。

图 3 浅滩水域示意图

1.3 无人船航测优势

在航道测绘中，无人船的优势较为明显，比如体积小、吃水浅和操作灵活，并且减少了仪器的安装调试和船舶租赁的时间，通过和基站的功能结合还能降低测量

中的劳动强度，在浅滩水域的测量中较为适用[1]。

1.4 无人船航测缺陷

无人船航测的范围包含浅水区域、洲滩区域以及大船无法达到的区域，因实际地形与卫星影像存在较大的差异，在不同水位下岸线的变化也存在较大的区别，因此自动航行下较为容易发生搁浅或碰撞，通过手动遥控操控也会出现视野盲区发生偏航，或者因水浅发生搁浅，导致航测工作难以开展。

2 无人机航测系统

2.1 无人机航测系统构成

如图 4 所示，飞行平台、飞控系统、测量系统以及空三三维建模是组成无人机航测系统的主要构成。在本次实验中所选用的是大疆精灵 4RTK 无人机，在飞行平台上集成了航测相机、差分定位模块以及校准模块，遥控器终端通过飞控系统、图传和航线规划完成了整个系统的设计[2]。

图 4 无人机航测系统构成

2.2 无人机航测优势

与传统人工作业的方式相比，无人机技术较为灵活，外业数据采集的效率较高，并且设备的成本较低，操作较为简单，通过自动化操作系统能够降低外业人员的劳动强度。与此同时无人机技术还能够提供实景三维模型、DSM 等等测绘成果，实现了免接触时测量，在较为复杂的地理环境中同样适用[3]。

此外，无人机的视野较为开阔，受益于 RTK 模块、、三轴云台和空三团建算法以及数据采集系统的控制，通过三维模型的构建和正射影像的获取能够有效的满足无人船航测规划的需求，与传统的 GPS 测量作业模式相比，精准度较高。利用同步定位、地图构建和影像正射纠正算法，将其应用在无人机操作中，实现了二维正射影像的实时生成。通过无人机与无人船的联合应用，代替了卫星影像，能够生成实时正射影像，在无人船自动化测量和手动操作应用的过程中，解决了传统模式中存在的弊端，在浅滩水域具有良好的应用。除此之外两者联合的精准度和时效性较高，满足了无人船科学航线规划的实际要求，也能够保障无人船作业过程的安全性[4]。

3 基于无人机无人船联合应用的航测作业流程

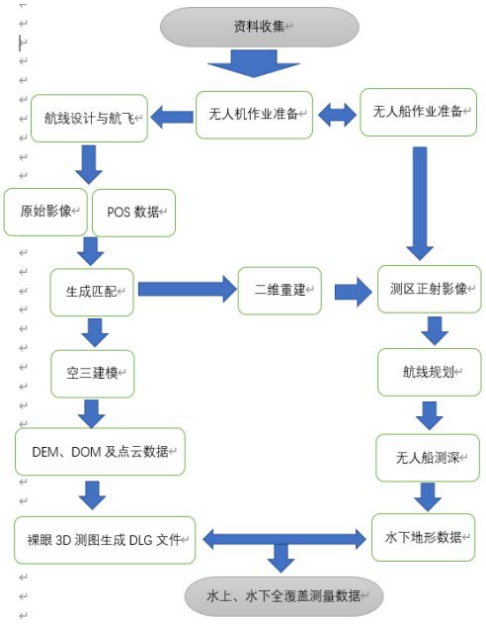

图 5 无人机无人船联合作业流程示意图

基于无人机联合无人船，在航道测绘的过程中其作业流程如图 5 所示。

4 案例分析

某长江航道整治建筑物位于某省界内，要求实时测量整治建筑物范围外延 100m 内的水下、岸上地形以及建筑物根部陆地区域地形测至坡顶后 50m 范围。河道地形图的比为 1：1000，针对洲头锁坝的图比加密至 1：500。本区域内在不同水位条件下出水范围变化较大，存在多处出水丁坝，抛石护滩带，对于吃水较深、水深较浅的大船难以抵达，有人驾驶的测量船在航道测绘的过程中也存在一定的危险性[5]。为了有效的分析区域内的变化情况，先通过无人机和无人船的联合实现全覆盖的航道测量。

4.1 无人机航测实时二维重建

本次航道测绘中采用大疆精灵 4RTK 无人机，在实际运行中利用卫星影像规划航线，无人机实施航测，并实时构建二维影像，将卫星影像与二维影像进行对比，两者之间的差距如图 6 所示，因前后变化的差距较大，因此难以用作航线规划方案[6]。

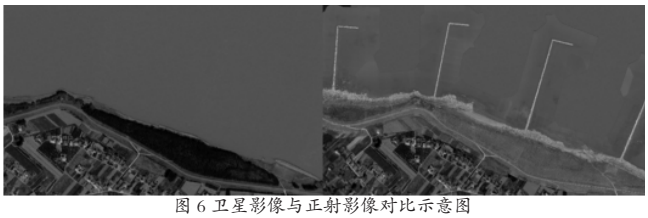

图 6 卫星影像与正射影像对比示意图

4.2 二维影像重建下的无人船航线规划

本次采用华微型号无人机进行航测，轻便灵活，单人就可以完成操作，在浅滩水域的航道测绘中较为适用[7]。

重建二维影像规划航道测绘的路线，将无人船适宜作业的区域规划出来，之后利用系统设置自动化的测深作业，如图 7 所示，其航线的规划如图 8 所示。

图 7 正射影像下的无人船测量区域规划示意图

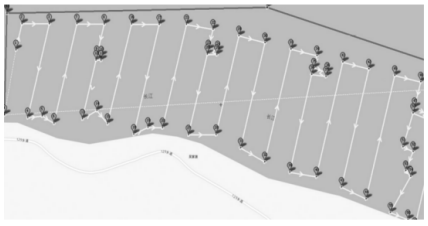

图 8 无人船航线规划示意图

4.3 空三建模、陆域 3D 测图

在无人机获取航测照片之后进行空三建模，采用 Context Capture 软件获取实景，通过 3D 测图开展陆域地形的采集工作[8]。

5 总结

本文针对无人机联合无人船在浅滩水域的航道测绘中提供了有效的作业方案，并通过案例分析对无人机无人船的联合应用实践进行了举例说明，从而证实了无人机与无人船的联合协同在较为复杂的浅滩水域能够高效地完成测量任务。另外在文章的研究中还得出相关的结论：无人船在航道测绘的过程中具有轻便灵活的特点，吃水浅，在浅水、洲滩以及岸线的航道测绘中较为适用。另外无人机的应用有效的满足了无人船二维建模的规划要求，并且最大程度上规避风险，实现了高精准化测量。除此之外无人机无人船的联合应用实现了优势互补，和传统模式相比，两者结合的模式在较为复杂的浅滩水域仍然适用，且能够完成全覆盖测量任务。

参考文献：

[1] 马随阳，谢齐，余永周．基于无人机影像与三维激光数据融合的桥梁三维建模方法研究 [J]. 中国水运．航道科技，2021(05):70-73.

[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(03):68-72.

[3] 张永杰，路海锋，王伟结，潘军杰．免像控无人机航测技术在航道测绘中的应用 [J]. 中国水运．航道科技，2021(01):77-80.

[4] 陈龙海．无人机倾斜摄影测量技术在航道测绘中的应用 [J]. 船舶物资与市场，2020(08):81-82.

[5] 金永宝，朱贵发，黄恩东，黄兆星．无人机测量系统在航道测绘中的应用探讨 [J]. 中国水运．航道科技，2017(03):72-75.

[6] 杨显博．航道测绘综合信息服务平台的设计与实现 [D]. 东南大学，2018.

[7] 蔡文兰．无人船水下测量技术的应用研究 [D]. 南昌工程学院，2019.

[8] 张树凯．基于数据驱动的无人船艇航线自动生成 [D]. 大连海事大学，2016.