

# 浅析无人测量船在水下地形测量中的应用前景

欧阳飞

辽宁省自然资源事务服务中心, 辽宁 沈阳 110034

[摘要]随着智能化技术持续发展,无人测量船于水下地形测量领域的应用变得愈发普遍。全面且细致地梳理无人测量船的定义、系统构成、作业原理以及技术特点,同时深入剖析其在水下地形测量中的适用性根基。并结合当下的技术发展走向、市场方面的需求以及新兴技术融合的趋向,对其未来的发展前景展开探讨。无人测量船具备高效、安全、智能等诸多明显优势,能够在很大程度上替代传统测量方式,在未来的水利工程、港航建设、环境监测等诸多领域都有着极为广阔的应用空间。

[关键词]无人测量船;水下测量;地形测量

DOI: 10.33142/ect.v3i6.16856

中图分类号: TV221

文献标识码: A

## Brief Analysis of the Application Prospects of Unmanned Survey Ships in Underwater Terrain Surveying

OUYANG Fei

Liaoning Natural Resources Affairs Service Center, Shenyang, Liaoning, 110034, China

**Abstract:** With the continuous development of intelligent technology, the application of unmanned survey ships in the field of underwater terrain measurement has become increasingly common. Thoroughly and meticulously review the definition, system composition, operating principles, and technical characteristics of unmanned survey vessels, while deeply analyzing their applicability in underwater terrain surveying. Based on the current trend of technological development, market demand, and the trend of emerging technology integration, explore its future development prospects. Unmanned survey ships have many obvious advantages such as high efficiency, safety, and intelligence, and can largely replace traditional measurement methods. They have extremely broad application space in many fields such as water conservancy engineering, port and navigation construction, and environmental monitoring in the future.

**Keywords:** unmanned survey vessel; underwater measurement; topographic survey

### 引言

水下地形测量属于海洋及内陆水域调查里相当关键的一项基础性工作,其在水利工程建设、水域管理、防灾减灾还有资源开发等诸多领域均有广泛的应用。以往传统的水下地形测量多数依靠人工操作以及有人船平台来开展,这就存在着作业效率比较低下、作业所面临的风险较高以及人力成本偏大的一系列问题。伴随现代信息技术、人工智能、自动控制以及传感器技术不断地融合发展起来,无人测量船也就是 Unmanned Surface Vehicle, 简称 USV 便顺势诞生了,并且很快便成了水域测绘当中的核心装备之一。它一方面使得测量效率得以提升,另一方面也让数据精度有了提高,同时还为那些复杂或者危险水域的测量给出了较为可靠的技术途径。这篇文章会围绕无人测量船的技术构成、作业原理以及它在水下地形测量中的应用基础与发展前景等方面展开较为细致的探讨,希望能够给相关领域给予一定的理论方面的参考以及技术层面的借鉴。

### 1 无人测量船技术概述

#### 1.1 无人测量船的定义

无人测量船是一种通过遥控方式或者自主航行方式,借助精确卫星定位和自身传感即可按照预设任务在水面航行,同步开展环境调查、水域测绘、人员搜救等活动的

智能化水面机器人,英文缩写为 USV。它融合了船体设计、动力与推进系统、船控、通信、人工智能、模式识别、计算机软硬件、软件与算法、远程监控、计算机网络等综合技术,可实现整个水上作业过程的“智能化”“网络化”与“无人化”。

#### 1.2 系统组成

无人测量船属于高度集成的智能装备,其系统构成包含诸多子系统。控制系统在整个平台当中占据核心地位,负责达成路径规划、任务调度以及动态调整等相关事宜,借助高精度 GPS/RTK 导航模块以及惯性导航单元来保证航向与定位的精准程度。测绘系统主要是由多波束测深仪、侧扫声呐、水质传感器等部分所构成,其用途在于获取高精度的水下地形以及环境方面的数据。通信系统能够确保无人测量船和岸基站之间实现数据交互以及指令传输,常用的方式涵盖了无线电、4G/5G、卫星通信等多种类型。动力与结构系统则包含了电池供电模块、推进器还有浮体结构等部分,整体在设计时需要同时考虑到续航能力、抗风浪能力以及模块化维护特性等方面的情况。

#### 1.3 作业原理

无人测量船的作业原理是依靠自主航行和远程控制协同来实现的。一开始,任务规划系统会依据测区的实际

需求去设定作业路径以及相关参数。接着,控制系统推动船体自主地导航到目标区域,在这个过程中,借助高精度定位系统以及姿态控制算法,能够不断地对航向还有航速加以修正。在测区里面,测绘传感器会实时地采集水深、地形、温度、浊度等方面的数据,并且这些数据经过板载计算机进行初步的处理以及储存,其中部分较为关键的核心数据还能够凭借通信模块回传到岸基控制中心。当测量任务全部完成之后,系统会自动返航,或者按照指令进入到待命的状态,最后再由地面平台来完成数据的汇总、后处理以及成果的输出工作。

#### 1.4 功能与技术特点

##### 1.4.1 智能化导航

无人测量船有着高度智能的导航能力,它把GPS/RTK、惯性导航以及地形匹配等多种定位手段都集成到了一起,在复杂的水域环境当中,它可以自主地去规划路径,还能避开障碍,并且能够稳定地航行。依靠自动航线控制算法,它可以根据测区的边界以及测线的密度来自动生成作业路径,以此来保证测量数据是完整且连续的,这在很大程度上提高了测绘作业的自动化程度以及精度方面的水平。

##### 1.4.2 数据自动采集与处理

在开展测量工作的过程当中,无人测量船能够达成对多种不同来源的水下数据展开同步采集这样的目的,而且还会配合着实时滤波方面的算法、插值相关的算法以及配准等各类算法来对所采集的数据进行初步的处理操作,如此一来便能够让后期针对数据进行整理时的负担得以大幅度地减少。与此自动采集系统还能够依据环境所发生的各种变化而自动地去对采样频率以及相关参数做出相应的调整,进而切实保证所获取数据具备准确性以及时效性这两个特性,从而充分满足在复杂地形状况以及动态水文条件之下所存在的测绘方面的需求。

##### 1.4.3 多传感器集成

无人测量船一般能够支持多种测绘以及环境传感器的集成工作,像单波束和多波束测深仪、侧扫声呐、水质监测仪还有水下摄像头等等都包含在内。借助统一的数据采集平台这一方式,是能够达成多源数据在时间方面以及空间方面的同步状态,并且还能协同处理这些数据,以此来强化对预测区整体特征的感知程度,进而为精细化开展水下地形建模以及进行综合环境评估给予相应的支撑。

##### 1.4.4 安全性与适应性优势

无人测量船在设计以及作业进程里极为看重安全性,借助遥控应急切换机制、航行避障系统以及状态监控模块达成在全天候、多种条件下都能稳定运行的状态。在出现极端天气的情况、水流特别湍急的时候或者污染状况十分严重的水域当中,无人测量船能够取代人来开展作业,以此降低作业时所面临的风险,确保人员的人身安全。与此

它的模块化结构以及轻型设计同样赋予了它不错的运输特性以及较强的环境适应能力,是适合在多种应用场景下进行部署的。

## 2 水下地形测量技术基础

### 2.1 水下地形测量的基本概念

水下地形测量属于一种技术活动,它是借助专用仪器设备来获取水体底部地貌特征以及空间位置参数的。其涉及水深测量、水下目标识别、水底结构建模等诸多方面。而它的核心任务在于建立起精确且完整的可视化水下数字高程模型(DEM),从而给工程设计、水文分析、水利管理等方面给予基础空间数据方面的有力支撑。水下测量一般都对精度、密度以及覆盖率有着较高的要求,所以对于测量手段的智能化以及系统化水平也提出了相应的要求。

### 2.2 主流测量方法与技术比较

当前主流的水下地形测量方法有好几种,像人工操控的那种单波束测深方式,还有多波束声呐系统,另外激光水深探测也就是LiDAR bathymetry,以及侧扫声呐技术等等都算在内。单波束测深设备的操作是比较简单的,成本也不高,所以在小范围去做初步测量的时候挺合适的。多波束声呐就厉害了,它分辨率高,而且覆盖率也高,所以在精细测图方面应用得非常广泛。激光水深探测这种方法比较适合在水质清澈的水域使用,它的作业效率是挺高的,不过却很容易受到水质状况的影响。而侧扫声呐主要就是用来做水下物体识别以及地形起伏判别的工作。无人测量船其实是个能够集成多种平台传感器的载体,它可以很灵活地去搭载上述提到的那些设备,依据所要测量区域的具体特点来做出差异化的配置安排,进而提升测量的效率以及结果的质量。

### 2.3 无人测量船在水下测量中的适用性分析

与传统依靠人员开展的测量方式相比较而言,无人测量船有着诸多方面的适用性优势。它自身机动性较为出色,且体积相对较小,能够进入到像浅滩、狭窄河道这类传统船只很难抵达的区域去开展测量工作,如此一来便能够提升所测区域的覆盖率。其作业过程实现了高度的自动化,这就减少了对那些熟练操作人员的依赖程度,进而降低了人力成本以及操作过程中可能出现的误差。其搭载着多种类型的传感器组合,可以根据不同地形呈现出的特征来进行多模态的数据采集,从而提高整体测量的精度以及所获取数据的完整性。除此之外,在出现突发灾害或者污染事件的时候,无人测量船能够实现快速部署,顺利完成紧急测绘相关的任务,具备十分突出的应急响应能力。所以说,无人测量船已然成为现代水下测绘体系其中的一个极为重要的组成部分,并且在未来实现大规模替代传统人工作业这一方面也展现出了十分广阔的发展前景。

## 3 应用前景分析

### 3.1 技术发展趋势

随着人工智能、边缘计算、自动控制等相关技术不断

取得进展,无人测量船正迈向更高层级的智能化阶段。未来的无人测量平台不会仅仅依靠预设航线来执行任务,它还会拥有更出色的环境感知能力以及实时自主决策能力,进而能够在复杂的水域环境下达成动态避障、自适应路径调整以及航行策略优化等目标,以此切实提高作业所具有的灵活性与安全性<sup>[1]</sup>。多船协同作业会成为发展的关键点,借助构建分布式协同网络,各个船只彼此间可以共享环境数据、任务进度以及作业资源,实现区域内高效地分工与协同作业,大幅度提升测绘效率与作业规模。并且,测绘精度与数据处理能力也会因为新一代多波束测深仪、水下激光扫描仪、惯性导航系统等高性能传感器的集成,还有嵌入式高算力处理单元与边缘智能模块的应用而持续获得提升,让无人测量船能够应对更为复杂的地形结构以及更高分辨率的测绘需求。无人测量船水下地形测量技术会朝着自动化程度更高、空间分辨率更精细、数据采集更实时、处理更智能的方向不断发展,给水文调查、水利工程、港航疏浚、生态监测等诸多领域给予更为可靠且高效的技术支撑。

### 3.2 市场需求分析

从实际的应用需求方面来讲,像水利工程建设、河道治理、港航运维以及水资源监测等诸多领域,对于那种能够高效且精准开展测绘工作的技术,其依赖程度是越来越高的了。随着国家不断推进数字孪生水利、智慧海洋还有生态治理等工程的建设,这就对水下测绘所涉及的空间数据的质量以及获取的效率,都提出了更为严格的标准要求<sup>[2]</sup>。而无人测量船所具备的技术特性,恰好与这种发展趋势是十分契合的。除此之外,随着测量设备的成本逐渐降低并且技术也趋于成熟稳定,地方政府以及企业在对待无人测量装备时,无论是接受的程度还是投资的意愿,都有着较为明显的提高,由此看来,其产业化推广所能开拓的空间也是相当广阔的。

### 3.3 与人工智能、大数据等技术的融合前景

无人测量船充当数据获取平台,其后端的数据处理、分析以及建模环节正逐步引入人工智能和大数据技术。利用深度学习算法能够达成对复杂水下地形特征的自动识别与分类,联合历史测绘数据可以展开预测性分析以及三维重建工作。并且,凭借大数据平台所具备的海量数据管理与可视化系统,能够助力跨区域、多时相的数据比对与趋势监控,提高水下地理信息的综合运用价值。在未来,伴随5G、云计算等新一代信息基础设施的建设部署,无人测量船将会构建起一个由数据驱动、智能响应且可远程协同的测绘新生态系统。

### 3.4 推广应用的主要挑战与应对策略

虽然无人测量船呈现出不错的技术潜力以及颇为可观的市场价值,不过在推广应用期间依旧碰到不少实实在在的难题,迫切需要全方位加以应对。就设备成本和维护

费用而言,其处于相对较高的水准,这在很大程度上限制了它在中小型水利项目以及基层单位当中的普及程度;像高精度定位模块、姿态传感器、高性能电机这类核心部件,部分还得依靠进口,如此一来便存在着技术方面被“卡脖子”的风险;还有,行业标准体系当下还不完备,缺少统一的技术规范以及作业流程,结果在实际运用的时候,设备的兼容性欠佳,数据质量也是良莠不齐;除此之外,操控系统的复杂程度以及配套培训体系的不够完善,致使部分单位在应用过程中遭遇操作门槛过高的情况,人员适应起来也比较缓慢。对于这些难题,得从多个不同的维度着手去统筹推进相关事宜:其一,要加大针对关键核心技术的研发力度以及成果转化方面的投入,借助政策方面的引导作用以及专项资金给予的支持,达成传感器、导航系统、控制软件等关键部件的国产化替换目标,以此降低整体的成本支出,并且进一步强化技术的安全保障;其二,要加快推进构建起涵盖设计、制造、测试、应用各个环节的行业标准以及操作规范,从而保证设备能够相互操作,并且让测量数据具备科学性以及一致性<sup>[3]</sup>。还需要强化技术服务体系的建设工作,建立起有层次、多渠道的培训机制,提高操作人员的专业技能水平以及应急处理的能力;与此还要积极探索和科研院所、高校展开产学研协同创新的机制,进而形成技术不断进步以及应用广泛推广的良好循环局面。凭借这样一系列系统的举措加以推进,是有可能有效地突破当前所面临的那些发展瓶颈的,进而推动无人测量船技术在更多的行业场景当中实现高效、安全且规模化的应用。

## 4 结语

无人测量船属于水下地形测量技术的重大创新成果,它在作业效率、测量精度以及安全性能等方面都对传统方式有了明显突破,已然成为智慧测绘领域极为关键的支撑工具。伴随核心技术持续取得进展以及应用体系逐步趋向完善,其在水利工程、生态治理、灾害应急、港口运维等诸多场景当中的应用将会进一步拓展开来。往后,凭借智能化、网络化、平台化这样的集成发展趋势,无人测量船会在推动水下测绘实现数字化转型以及提升水环境治理能力这些方面发挥出更加重要的作用。

### 【参考文献】

- [1]李海洲.无人测量船在水下地形测量中的应用[J].河南水利与南水北调,2024,53(7):102-103.
- [2]宁新龙.浅析无人测量船在水下地形测量中的应用前景[J].水利建设与管理,2021,41(3):47-50.
- [3]周京京.无人测量船在水下地形测量中的应用前景分析[J].大众标准化,2023(7):161-162.

作者简介: 欧阳飞(1973.9—),毕业院校:河海大学,测绘工程专业,当前入职单位:辽宁省自然资源事务服务中心,职称级别:高级工程师(专业技术六级岗位)。