

# 无人船在潮迁带测量中的应用和探索

刘雨川

辽宁省自然资源事务服务中心职务

DOI:10.32629/gmsm.v9i2.2419

**[摘要]** 潮迁区位于海陆相交处,海潮水势起伏变化大、流速快是其最主要的特点,而环境条件瞬息万变也给此区域内地理空间信息采集带来了极大的困难。传统的测量方法在此地区常常面临着工作效率低下、风险系数高以及数据间缺乏连续性等一系列不足之处。本文以全新的角度来介绍无人船测量技术为解决潮迁区测量难题所提供的有效方案,并对其环境特点以及存在的主要问题进行了深入分析之后,又具体介绍了无人船测量系统的组成以及各方面的核心技术内容。

**[关键词]** 潮迁带测量; 无人船; 自主导航; 水文监测; 地形测绘

中图分类号: P331 文献标识码: A

## Application and Exploration of Unmanned Vessels in Tidal Zone Surveying

Yuchuan Liu

Liaoning Natural Resources Service Center

**[Abstract]** Tidal zones are located at the land-sea interface, characterized by significant tidal fluctuations and rapid currents. Their rapidly changing environmental conditions pose great challenges to the collection of geospatial information in such areas. Traditional surveying methods often suffer from low efficiency, high operational risks, and lack of data continuity in tidal zones. From an innovative perspective, this paper introduces effective solutions provided by unmanned vessel surveying technology to address the difficulties in tidal zone surveying. After an in-depth analysis of the environmental characteristics and major existing problems, it elaborates on the composition of the unmanned vessel surveying system and its core technologies in various aspects.

**[Key words]** tidal zone surveying; unmanned vessel; autonomous navigation; hydrological monitoring; topographic mapping

### 引言

潮滩区是陆地和海洋相互影响的重要过渡区,由于潮汐变化频繁、流速快且方向不定、环境复杂并常处于动态状态,导致了对潮滩进行地理空间信息获取困难重重。以往的船舶测量、人员下水测量和航空摄影等方式对于潮滩这一区域浅水、高危、快速变化的特点来说都存在着低效、危险、不完整或者精度差等问题,不符合现代化海洋测绘对于高精度、全范围覆盖、动态跟踪的要求。近年来无人船技术迅速成熟起来,它具有吃水浅、灵活性好、能够自行导航、可以携带多种传感器等特点,为解决潮迁带测量的问题提供了一个新的思路。

### 1 潮迁带测量的特点与挑战

#### 1.1 潮迁带环境特征

潮迁带的环境特性具有突出的动态性和多样性,这就使得对其进行测量工作的难度极大。潮迁带同时受天文潮汐、风暴潮及波浪等多种动力作用的影响,在很短的时间内出现大范

围大频率的涨落运动情况。从而给传统的固定高程参考面无法应用带来困难并且测量区段及其状况均处在不断的变化之中<sup>[1]</sup>。其次,潮迁带的海床地质情况一般较复杂,会存在沙脊、槽穴、暗礁和其他一些遗留物体等现象,还有基岩至砂质等各种不同的地质层状体,差异性很大。其次,该地区水文状况极其复杂,水流速度、方向经常变化,在这里经常会出现严重的波浪破碎的情况,常常会有较强的湍流以及旋涡出现,导致极为不稳定水动力状态。

#### 1.2 传统测量方式的局限性

对于潮汐带复杂的测量需求而言,传统的测量方式存在着很多难以解决的问题。用船进行测量虽然载重较大,续航时间较长,但是它需要一定的进水深度,所以不能进入非常浅的区域,在潮汐带附近以及在低潮的时候工作有很高的危险性容易导致船只搁浅或者相撞,并且费用昂贵,对测量人员的要求很高。人工涉水及滩涂测量虽然可以到达浅水区域,但是工作效率低并

且数据稀疏,最重要的是会对测量人员的生命造成很大的危险,因此很难满足潮迁带的复杂测量的要求。航空遥感及卫星遥感手段可以实现大面积同时观测,但是其分辨率对精确海底地貌测量来说通常都较小,不能进入水中获得精确的底质信息特别是不能得到较好的水下障碍物的形状和位置等详细情况。

## 2 无人船测量系统的技术构成

### 2.1 平台结构与动力设计

无人船测量系统的主要基础就是它能够适应潮迁带环境的平台载体,要在浅水、动荡的海域里进行平稳航行并且进行工作,无人船的船体材料一般选用轻便的高强度复合材料制作而成,构造考虑的是吃水浅、稳定性好的特点,平底部或者半滑行艇型比较多见,以此来降低搁浅的概率并增加浅水通过的能力。动力装置多使用电力驱动,通过电池组进行供电,配合防护式的螺旋桨或者是泵喷推进器,这样的装置噪音小、灵活性强、环保等优点。面对潮迁带可能会遇到的风浪流干扰,部分无人船还会增设稳定姿态的措施。平台的设计也是趋于模块化的,可以方便快捷地对不同任务的作业舱段以及传感器模组进行拆装,这样灵活的设计方式使无人船具有很高的通用性,不但可以完成一个特定地形的测绘,还可以完成一系列多种参数的联合监测。

### 2.2 传感器集成与数据采集

无人船作为一个移动测量载体,它的各项功能都是基于精密而一体化的传感器系统来完成。多波束测深声纳就是采集高精度、高分辨率海底地形地貌的主要工具,它利用辐射出扇形声波束并接收海底反射回来的目标信号,可以同时对本船下的一个狭长区域进行一次性地扫测水底深度分布情况,侧扫声纳用来发现并识别水下的可疑目标物体如沉船、礁石、电缆等,其良好的声纹图像能帮助判断出目标物体的状态及其形状特征等。同时,在无人船上也会配有GPS定位设备以及IMU惯导装置组成一个组合导航系统,从而为所有的测量结果提供准确无误的时间及空间坐标基点。为了开展水质监测,温盐深剖面仪、声学多普勒流速剖面仪、浊度计等传感器也会经常装上去。

### 2.3 自主导航与避障控制

自主导航以及智能避障能力是无人驾驶船舶顺利开展复杂潮迁带下测量工作的关键技术因素。自主导航装置需要根据事前设定的任务航线,无人船依靠组合导航装置传来的即时位置姿态,由控制器对舵机与电动机进行控制进而使无人船沿着设定的航线进行测量工作。但是,潮迁带内会有大量的静态或者动态障碍物,其中既包括了意外冒出水面的礁石、垃圾等各种物体也包含了其他船只等移动障碍物,则无人船就必须要有自主识别环境并做出相应躲避动作的能力。该能力主要是依靠无人船上安装的前视声呐、激光、摄像机等检测设备而获得的。传感器检测到周围环境并对遇到的障碍物进行捕捉,避障决策程序会依据障碍物所在位置以及其移动轨迹等迅速做出避开障碍的最佳路线,操控船舶实施避让措施。

## 3 无人船在潮迁带测量中的应用

### 3.1 海底地形地貌测绘

对海底的地形进行精准的测量是潮滩调查的首要工作,在这个方面无人驾驶船具有无法取代的优势。装备高频多波束测深系统无人驾驶船可以在离岸最近的距离处贴近海岸,对最浅处进行细致化探测,很好地弥补了有船无法进入部分测区的不足。它们可以通过预先设定的路线以密集式的高频率采集出更多的水深信息,然后对其加以仔细的研究得到电子等深线图以及高清精细的地貌图,从而可以详细地展示潮滩内的各种细微的地形高低变化,例如潮沟、沙脊及侵蚀地貌的形状及其演化过程等,并且也为精确确定潮滩体积以及探讨冲淤现象提供准确的依据。比如有的学者认为通过无人船来进行定期化重复观测,能够定量观察到海塘工程建设完后对滩槽反应变化的过程,这样的连续性观测方法有助于我们了解海岸演化规律。

### 3.2 水文参数动态监测

潮迁区是物理、化学、生物学多种作用强烈发生的地方,潮汐涨落期间该区域的时间和空间上的水文要素的变化是海洋水文学需要重点研究的问题之一。无人船就如同一个便捷可移动的临时水文站,可以根据潮汐涨落的不同周期段,在固定断面或者区域内进行走航式的测定。无人船上安装的温盐深剖面仪可以实时测量出海水的温度、盐度以及深度剖面数据,展示出潮迁锋、河口径流的范围,声学多普勒流速剖面仪可以对不同水层进行三维速度方向测量,可以进一步了解潮迁区复杂的混合环流模式、余流情况及物质运输状况。

### 3.3 水下障碍物与浅滩探测

保障航行安全也是潮迁带测量的一项重要使命,而对水下障碍物及危险浅滩的检测又是重中之重。携带高精度侧扫声纳的无人艇非常适合用来进行这种细致搜寻工作。它可以像搜寻一样或者像巡查一般,对可能存在障碍物的位置进行地毯式的搜索。侧扫声纳产生的声像图可以很好地反映海底的起伏变化及突起物状,并且熟练的判读者也能够上面分辨出暗礁,沉船,废弃锚索等航行上的隐患以及它们的确切坐标尺寸以及高度等信息<sup>[2]</sup>。与此类似对随水流移动而可能发生改变的浅区,无人船可以迅速开展加密观测,补充海图中标记的最浅水深与界限尺寸的缺失信息。如此便拥有了极强的机动探测手段,大大提高了港口、航道以及近海工程建设区内安全保障等级,给船舶航行、海上施工等带来实时精准的安全威胁提示。

### 3.4 长期观测与应急调查

无人船在长周期监测以及应急观测也有着其特有的意义。对于一些对长时间序列要求较高的科研或者工程项目监测任务,可以通过多台无人船构建起一个监测网络,在重点区域实施定点驻留观测,从而获得持续稳定的无人化观测信息,节省了大量的人力资源的同时也提升了观测信息的时间连续性。而对于台风引发的风暴潮、船舶溢油及危险化学品泄漏之类的紧急海上突发事件,潮滩区是最容易受到影响也是最严重的地方之一。这个时候用有人员的船舶去进行现场勘查就会面临极大的危险并且反应速度慢。而无人驾驶船舶可以在很短的时间内进行投入,在第一时间内达到事故现场或者危险水域对污染程度进行勘察,

对水体指标做出初步测定以及地形地貌的变化观察,并把现场的画面及信息传递给指挥部,以便于做出紧急处理方案以及下一步的具体措施开展。

#### 4 技术挑战与发展趋势

##### 4.1 复杂水动力环境适应性问题

虽然无人船技术有了很大进步,但是面对潮迁带非常复杂的水流状况还存在着许多适应性难题。剧烈的波浪冲击、无序的潮流及短暂的浅水现象都会给无人船的航行稳定性以及定位精度带来很大的影响,同时也会使无人船上的所有传感器数据遭到较大的损坏。强烈的横摇、纵摇使得多波束声纳波束角产生畸变,从而导致了所获取到的水深信息不精确,快速的变化流速更是加大了无人船保持航线的难度。在浑水中声波衰减严重,有效测距及分辨率降低。怎样提高船体水动力性能的设计,研发新型高效的自动滤波及运动校正算法来使平台具有更好的抗浪能力和更高的可靠度成为目前迫切需要突破的技术难点问题。

##### 4.2 多源数据融合与实时处理

伴随传感器种类越来越多,在获取到声学、光学、惯导等多种异构信息之后怎样有效整合并且能在一定程度上做到船载实时预处理以及信息提取,这也是一个重要的技术方向。现在的无人船采集的数据量较大还是需要转移到岸上进行后期分析。这样就导致获取的信息有一定滞后性。以后的发展方向是在船舶计算平台上增加更强的边缘计算能力,可以一边航行一边对多波束原始数据进行质量检验、粗差去除和拼接,甚至构建出三维点云等一些基本的数字表层信息;并结合侧扫声纳图像、光学图像及激光点云来对指定的目标物体进行实时的自动辨识及分类等工作。

##### 4.3 自主智能与协同作业能力

从自动化发展到真正意义上的自主智能,才是无人艇技术研究的方向,未来无人艇需要有更高级别环境感知能力以及对

任务的理解和作出判断的能力,如可以自动规划出同时满足安全、高效、全覆盖等要求的最优化巡航路线;在遇到意外情况或者产生兴趣点的情况下,能够自主选择对其进行二次详细的侦察补扫等等。而且更多的无人艇甚至多个无人艇和无人艇搭配无人机及水下机器人组成的异构团队执行大规模复杂任务将会成为常态<sup>[3]</sup>。在这个体系下各个系统之间互为补充,互相分享传感器获取的信息并相互配合进行任务分配,使对潮迁带的空中到水下的全方位实时监控成为可能。

#### 5 结束语

无人船技术是解决潮迁带这个独特地区测绘问题的一种新颖方式。通过对潮迁带环境困难的研究以及对无人船平台技术、传感单元以及自动导航等方面的总结说明无人船可以应用于精确测图、水流观察、障碍物识别等场景中具有明显的优势,在复杂环境适应能力、实时数据传输处理和群体智能化等几个方面还存在一些不足,但是朝着高智能化、高协同化、高标准化发展的方向已经十分清晰了。无人船技术对于潮迁带测绘安全、高效以及提高数据精度具有重大作用,同时正在逐渐颠覆传统海洋观测手段。

#### [参考文献]

- [1] 赖纪海,李金铎,贺智能,等.基于多技术手段的潮间带地形高精度反演方法[J].北京测绘,2025,39(12):1806-1811.
- [2] 袁晨晨,汪磊,陈明,等.基于岸基视频监控系统的潮间带地形反演精度评估[J/OL].海洋通报,1-9[2026-02-24].
- [3] 邬江,吴思瑶,修睿,等.无人船载海洋重力测量重力异常提取方法研究[J].导航与控制,2026,25(01):50-57.

#### 作者简介:

刘雨川(1947--),男,沈阳人,毕业于沈阳理工大学计算机科学与技术专业,高级工程师,目前任职于辽宁省自然资源事务服务中心职务,研究方向:测绘。