

# 无人船在水下地形测量中的应用与数据处理探讨

## Application and Data Processing of Unmanned Ship in Underwater Topographic Survey

左炜炜

Weiwei Zuo

江苏煤炭地质物测队 中国·江苏南京 210046

Jiangsu Coal Geological Geophysical Prospecting Measure Team, Nanjing, Jiangsu, 210046, China

**摘要:** 中国陆地地理信息数据丰富多彩,但水下地形、地貌数据缺乏并很单一。在水下地形三维数据的获取层面,无人船测量系统技术的发展,展现了其优势,并在水下测量中获得广泛运用,推动了水下地形测量的效率和数据质量优质化。论文讲述了无人船的测量应用和工作内容,融合案例进一步阐述无人船在水下地形测量的技术应用发展和内业数据处理方法。

**Abstract:** China's land geographic information data is rich and colorful, but the underwater terrain and geomorphic data are lacking and very single. At the acquisition level of underwater terrain 3D data, the development of unmanned ship survey system technology has demonstrated its advantages, and has been widely used in underwater survey, promoting the efficiency and data quality of underwater terrain survey. The paper describes the survey application and work content of unmanned ships, and further elaborates the technical application development and office data processing methods of unmanned ships in underwater topographic survey by combining cases.

**关键词:** 无人船; 水下三维数据采集; 数据处理方法

**Keywords:** unmanned vessel; underwater 3D data acquisition; data processing method

**DOI:** 10.12346/se.v4i4.7351

## 1 引言

水下测量大多使用 GNSS-RTK 定位技术,传统的测量方法有很多的局限性,水下测量是通过测量水底各点的空间三维坐标,可以让数据使用者对水下进行如陆上空间一般的研究、设计、施工等工作。随着技术的发展,测深杆、水轮、单波束、多波束测深仪等水深测量手段逐渐在海道测量、水运工程测量中起着重要的作用。近年来,无人船水下测量技术的引进,以及单波束和多波束无人船测深仪逐渐普遍,不管从技术层面还是行业发展趋势方面,无人船测绘技术正逐渐取代传统水下测量技术。

随着基于无人船测量技术的发展。商建伟<sup>[1]</sup>采用基于 GNSS-RTK 的单波束探测系统对山东省平湖水库进行了水深测量;何伟等基于一种单波束声呐的实时在线航道水深测量无人船,通过阈值法对单波束声呐图像进行处理,得到航道水深;宁新龙以山西汾河水库为例,对比分析了传统测量

方式和无人船测量技术得到的水下地形数据。

论文以上海市横沙东滩围栏网工程项目为例,采用单波束测深仪对水深和地形数据进行测量,获取了两期的断面数据,并进行了分析。

## 2 无人船水下地形测量技术思路

无人船水下测量系统能快速精准地获取水下地形数据,提高水下地形测绘效率的同时又能避免人员涉水危险。具备全自动防范风险、多元化测绘工程、单独手动式转换等特点。无人船水下测量系统广泛应用于中小河流、湖泊、水库、港湾,近海区域测量工作。无人测量船,是基于无人驾驶遥控船为载体,集成了控制系统、动力推进系统、无线通讯系统、卫星定位导航系统、测深系统等,可快速、精确地获取水下地形数据,并由天线经网桥传输到地面工作站中,无人船工作过程中可实时通过地面工作站和遥控器进行控制,GNSS-

【作者简介】左炜炜(1983-),男,中国江苏丹阳人,本科,高级工程师,从事地形图、不动产测绘、工程测绘研究。

RTK 卫星定位系统和测深仪,组成一套完整的水下地形测量系统。沿海地区通信基站操纵分布系统根据交互界面接收、解决、分析与制图,自动和手动转换测量方式<sup>[2]</sup>。

论文采用搭载有单波束测深仪的无人船进行测量,单波束测深仪的测量过程采用换能器垂直向下发射声波,当声波遇到水底时发生反射,反射回波信号返回换能器位置并被其接收。其水深值由声波在水中传播的双程时间和水中的平均速确定,假定传感器到水质底端之间的距离为  $H$ , 声波传播过程中的双程时间为  $T$ , 平均声速为  $C$ , 依据计算公式:  $H=C \times T/2$  可以获得  $H$  值。通过单波束测深仪、GNSS 定位系统采集的平面和高程数据,根据基站计算得到各点的三维坐标信息数据。

无人船调研工作内容分成下列五个流程:

①设定主要参数和基本参数,包含横向移动、偏移、遥控、通信、三维坐标的投射和编写程序等行为预设。

②数据收集,并有效管理收集的数据和从始至终的全流程。

③船只操纵,包含全自动回航和航道操纵。

④数据处理方法,包含对数据库的基本挑选和数据修改、数据类型和坐标数据的变换。

⑤表明数据信息,现阶段常见的动态显示有实时动态跟踪、水中地貌和轨迹图显示。

### 3 经典案例

#### 3.1 项目概况

以中国上海市横沙东滩围栏网工程项目——护岸及护堤监测分析为例。上海市横沙东滩圈的调研目标就是对新堤以及外场开展长期性检测,该圈坐落于长江入海口最东端的海岛周边。调查的关键难点在于:①调研水域坐落于长江入海口,没经申报的载客船只不得随意进入到河内;②水位仅有 1~5m,船舶非常容易抛锚;③该水域潮汐影响大,流入繁杂多种多样。该区域有人力块石,载客船舶无法正常通过。充分考虑这种测量的技术,本项目分析应用无人船开展水下地貌测量。

#### 3.2 测量方式

根据测控技术地区数据信号的差别,无法选用网络 RTK 方式对无人船开展测控技术。此次选用通信基站相互配合桥传的形式进行测控技术操纵无人船。

与传统人力资源测量方式对比,无人船载单波束天线测量技术性能还可以在沙滩和危险区工作中,确保操作人员的安全性。无人船多波束测量能节省 90% 的准备工作时间与改正设备的流程,完善人们在船只实验中综合潜在性,它可以借助导航技术完成自主巡航<sup>[3]</sup>。

无人船选择华测华微六号无人型海洋探测船,船体配有 GNSS 自动导航系统,出航畅顺、待机时间长,速度可以达到 5m/s,船体选用含化学纤维高强度材料,耐抗腐蚀、重

量较轻、抗冲击等。无人船由控制系统自动智能实际操作,具体测量水流量的过程与方法如下所示。

#### 3.2.1 船体下水

测量的自然环境挨近海洋,必须组装水上光伏以确保安全,当主船壳吃水深度超 18cm,能够为水环境治理带来了很多资源优势。船壳中全部设备的总重大约为 15kg,两人需要安装浮体。假如不需要浮体进去的话,一人就可以完成作业任务。入水时,船体能够自主导航或人工遥控器出航。轻便灵活且多变的船体和相对较低的吃水条件,又为排水作业环境带来了更多的可能性。当船体入水时,可以选择手动式出航或自动巡航。本工程选用断面法开展测量。首先依靠水文水利勘察手段,根据国家标准规范设定横剖面区域内的规划线。然后依据工程项目具体情况,规划线应尽量设在与防波堤垂直的 90m 处方位,横断面间隔宜设为 100m<sup>[4]</sup>。

#### 3.2.2 巡航路线导航

将待测地区依照人工块石划分成多个地区,无人船要独立的整体规划航道,区别划分待测地区,设置好船只的巡航途径和作业总体目标后,无人船要单独整体的规划航道,区划待测地区,设定船只巡航线路。无人船逐渐独立巡航、提供躲避障碍物的工作能力。降低或彻底清除人类活动参与,全自动巡航行车路线分为两种方式,一是根据在线的一键图形形成和路线导航;二是根据轨迹分析的观点路线构建及计划的关键所在。

#### 3.2.3 测量过程管理

当无人勘察时,风速应低于 6 级,当船壳因大风大浪太大而左右摇摆时,应暂时停止工作。水中无人勘察时,要保持平行线,均速出航。转换测试线时,需转换成手动模式时。依据规范标准,具体导航线和原整体规划测试线的偏差间距不能超过测线间距的 50%。在贴近块石时,也要转换到手动操作,以确保无人船的安全性。此次测量的具体线路及计划线路不能超过 5%。

#### 3.2.4 数据记录和传送

明确测量区域,设置导航栏途径和操作任务。出航时,绕开障碍物,完成高韧性和繁杂的海上工作目标。积极完善巡航通道的整体规划分为两种技术性,一是电子海图航道整体规划是技术性的;二是根据航道形状进入轨道巡航。航道技术性,预置测量点挑选有误,可能忽略重要测量点。必须引进数字信号对初始数据开展一定程度的填补和优化。记录结束后,无人船运用约 1km 外的 2.4G 桥或约 5km 外的 2W 站开展水中回到数据精确测量和三维坐标数据。

### 3.3 数据剖析与分析

在无人船自动控制系统中,水中状况根据中台传输给电子计算机系统,首先过滤人的大脑,检验无人船探测器检测出的数据里的噪声。伪数据开展基本处理和进一步解决,与此同时在传统载人船值班精确测量在实践中,无人船检测系统选用的技术均值滤波法去噪效果明显,与传统处理噪声的

方式相比更为有效，以保证检验数据的精确性和实际效果。

### 3.3.1 数据和处理生产制造

无人船巡航过程中产生的声波频率在抵达深海的路上会因为初始声波的频率撞倒水生花卉，或挪动的鱼群会被反射，造成水位测量数据出现异常，由于信息内容会出现一定差异，因此根据原始数据和仿真模拟数据，对异常值开展调整，并标明水中高程点数据。需充分考虑无人船在巡航环节中遭受大海影响，应用姿势感应器设备所获得的测量值被自动校准。除此之外，如果发现收集的数据点过度聚集时，可以先设定过滤的方式和间距并开展“去除”，随后编解码。

采用水文水利勘察软件对获取的数据进行处理，点击数据解决水位取样，然后点击水位数据 dep 文件。首先，将与处理有关的数据的主要参数调整至适宜的水平轴和竖轴，精确挑选验潮仪文档，查验数据测量，保证数据平稳回到正常的截面。待设定并测试好测线后，将数据采集间隔设置成 5m。其次，对水深数据进行声速剖面改正。通过设置七个参数，对原有坐标进行坐标转换。最后，对所测数据进行精准统计。然后选择一条测试线的水位数据样板，按日期归类存放指定位置。改动编写后，形成数据成效，制作水下地图。

### 3.3.2 精确性查验

根据电子器件巡航应用最短路径算法技术，在水中地貌测量中是质量控制不可或缺的一部分，会对精密度做出评价。水位的测量精密度一般用“等精密度观察”来测试。水中地貌调研后，各自依据主测线和检测站数据进行处理，查验主测线与检测站重合点的误差是不是在规范许可的误差

范围内。本项目主测线长 8km，检测网站站长 1.8km，占主测线 22.5%。在精度检查中，挑选主测线与查验线交叉的高程点进行对比，挑选海域上、中、下游各 50 点进行水中精确测量。精密度检验统计分析，水下高程定位点平面中误差限值必须控制在一定方位内。水中选择点平面偏差限定应操纵在一定方向内。水中选择点平面上的偏差限定根据海域的具体情况。开始调研后，无人船需要控制人员事前分配，调整好数据信息，无人测量船需要与电脑端相连接，无人船的控制人员应当将事先布置好的航线数据导入测深数据采集软件中，并结合实际勘测地形对无人船进行实时控制，针对水深的实际状况灵活实施勘测计划。

检测结果占总量的 100%，水位偏差为 0.08m，统计分析结果显示，无人船测量水中地貌高程点数据精度高，符合《水运工程测量标准》标准规范规定。

### 3.3.3 结果分析

于 2020 年 7 月至 8 月的两个测量数据开展分析得到的结果如图 1 所示。

如图 1 所示，选取了四个持续横断面数据开展两期比照，分别是 7 月份单波束天线调研数据和 8 月份无人船调研数据。纵坐标是横剖面数据的高程信息，横坐标是横剖面长度信息。比照数据选择的地区地貌比较平整，两次测量数据的平面图部位差别比较小。高程信息内容也可以反映出无人船的测量数据与单波束天线的测量数据一致，表明无人船的测量数据精密度靠谱，可以满足本项目的测量必需。

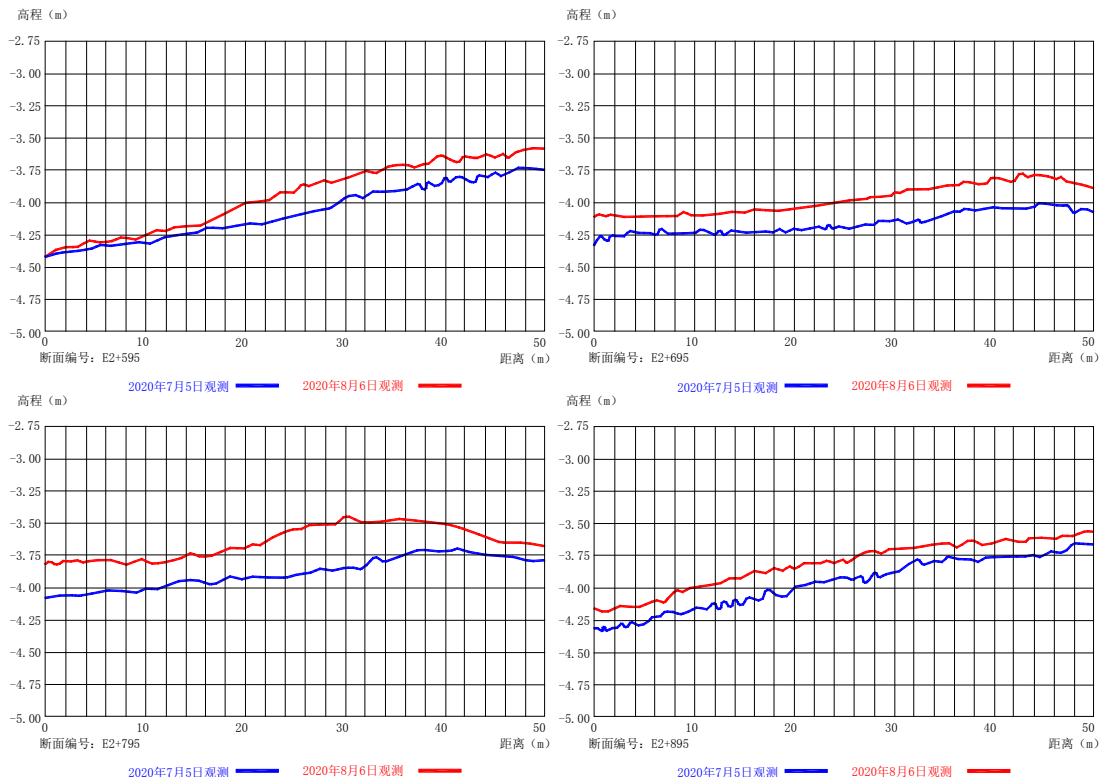


图 1 两期测量数据断面对比图

## 4 结语

通过本次实验得出,水中地貌测量在具体生产过程中可以按《水运工程测量标准》的技术标准开展无人船测量,测量结论既精准又安全。无人船最突出的特点可以在风险区、深水区、深海海域出航,大大缩短了水中地貌测量的周期时间,确保了测量的工作效率和质量。无人船水中测量具备可视化的市场发展前景,但是这种测量方法还处在实验研究与推广健全环节,无法规模性资金投入。在正式的水底地貌测量中,依然存在一些技术难点,如数据接收到的时差、计算和传送的主动性、测量数据的水位不一致等。总体来说,在不断地实验和优化的过程当中,无人船水中测量技术性存有的问题与不足将逐步有所改善,它将逐步替代传统水中地貌

测量,广泛用于深海航线测量、海洋地质调查、地形测绘等行业。

## 参考文献

- [1] 朱立辉,胡琴.GPS-RTK与测深技术在水下地形测量中的应用[J].测绘与空间地理信息,2011(5):162-164.
- [2] 赵晖.无人船在水下测量中的应用[J].科学技术创新,2020(12):165-166.
- [3] 商建伟.基于GNSS的单波束测深系统在大中型水库水下地形测量中的应[J].山东国土资源,2022,38(1):65-69.
- [4] 何伟,张代勇,林霞,等.基于单波束声呐的航道水深测量无人船设计与应用[J].中国水运(下半月),2019,19(7):10-11.