

# Research on Underwater Terrain Measurement with Multi-beam on Unmanned Ship

Huachen Zhang

Shanghai Investigation, Design & Research Institute Co.,Ltd., Shanghai, 200434, China

## Abstract

At this stage, the multi beam measurement equipment carried by unmanned ships has been widely used and popularized in the field of underwater topographic survey and mapping, which largely alleviates the shortcomings of the traditional measurement mode, such as low efficiency, affected by terrain and environmental constraints. Firstly, this paper expounds the application background of unmanned ship equipment, introduces its operation mode, analyzes the implementation process and data processing, and finally discusses the characteristics and advantages of unmanned ship carrying multi beam.

## Keywords

unmanned ship; multi-beam; underwater terrain; survey

## 无人船搭载多波束对水下地形的测量研究

张华臣

上海勘测设计研究院有限公司, 中国·上海 200434

## 摘 要

现阶段, 无人船搭载多波束测量设备在水下地形测量和绘制领域得到了大范围的应用和普及, 这在很大程度上缓解了传统的测量模式效率低下、受地形和环境限制影响等缺陷。论文首先阐述了无人船设备的应用背景, 介绍了其作业模式, 并对实施过程和数据处理进行了分析, 最后探讨了无人船搭载多波束的特点和优势。

## 关键词

无人船; 多波束; 水下地形; 测量

## 1 引言

传统的水下地形测量方法通常是在载人船只上安装上单波束的探测设备, 在经过 GNSS 定位系统的处理来获得某一区域的具体三维坐标。但载人船只尺寸较大, 吃水程度较高, 因此很难接近岸边和浅滩地区; 而皮划艇尽管具备吃水程度较低且灵活机动的优点, 但抗风险能力较弱, 在水流湍急的地区很容易发生危险, 这就会使水下地形的探测区域受限制。单波束测深仪虽然具备测量精度高的优点, 但是测量范围很小, 效率低下, 对于大面积水域的测量使用, 无法进行快速、高效地测量, 这满足不了当下测量的需求。无人船搭载技术的引入可以有效开展包括内河、码头、近海、水库等浅水区域的测量工作, 同时还具备及时搜救和紧急测量绘图等功能, 解决了传统的测量模式下工作效率低下、受限制要素较多等

缺陷<sup>[1]</sup>。而多波束测深仪的应用, 提高了当前的测量效率, 对于大面积水域的测量能够快速、高效地完成任务, 而且当前多波束测深仪的测量精度完全能够满足当前需要。

## 2 无人船搭载测量技术的应用背景

无人船搭载测量技术已经被大范围地使用于水深测量、地形勘察、紧急测量绘制等多个领域, 其工作效率和精确度符合实际工作中测量的需求。作为近段时间才新兴的水下信息采集的自动化测量方式, 无人船测量技术可以分别搭载单波束、多波束、水质仪、侧扫声呐、三维激光器等设备, 并按照预定的观测范围设计规划测量航线, 沿着测线进行短距离、长距离走航式测量。无人船测量技术在是水下调查测量、海洋救助救援和水上环境探测等多个领域都发挥着不可忽视的作用。其运用场景越来越广泛, 扮演的角色也越来越重要。

## 3 无人船搭载多波束的作业模式

无人船测量技术是依靠无人船只作为载体, 以河道、

【作者简介】张华臣(1989-), 男, 中国上海人, 硕士, 从事工程测绘研究。

湖泊、海岸、水库等为主要观测对象<sup>[2]</sup>，利用高精度的信号接收设备来进行地理方位的确定，并依赖远距离遥控操作的方式，动态获得观测区域的水下地貌、地形和水质等信息参数。无人船测量技术通常由远距离无人船测量系统和岸边控制系统两部分构成，远距离无人船测量系统通常由动力设备、电源、多波束探测仪器、陀螺仪、定位设备、船体控制系统和信息传输系统等部分组成，而岸边控制系统则主要通过交互的方式进行信息数据的传送、加工、处理和分析，以远程遥控的方式控制着无人测量船只的自动或手动测线绘制，并帮助无人测量船只完成自动返航，之后再对所收集到的数据信息进行处理和图像产出。

无人船搭载多波束的作业模式由以下几个方面组成：

- ①进行测量前的前期规划工作，详细罗列计划步骤；
- ②开始船只和搭载设备的安装和检查，并对相应参数进行提前设置和校准；
- ③规划无人测量船只的行驶路线，并对整体航向、航速进行调整；
- ④到达待观测区域后开始进行姿态上的调整和校准，并开展正式的数据收集工作；
- ⑤对采集和接收到的水下地形数据信息进行加工和处理；
- ⑥对数据信息的质量和可靠性进行监测和改正；
- ⑦产出合适的图像和影像成果。

## 4 水下地形测量流程和数据处理

### 4.1 测量方法

此次作业以三峡集团一上海勘测设计研究院有限公司的测量工程为例，介绍了水下地形测量的整体流程和数据处理输出结果。其中，此次项目使用的无人船型号为“华微”6号，如图1所示，安装在无人船上的多波束型号为NORBIT iWBMSH，如图2所示。



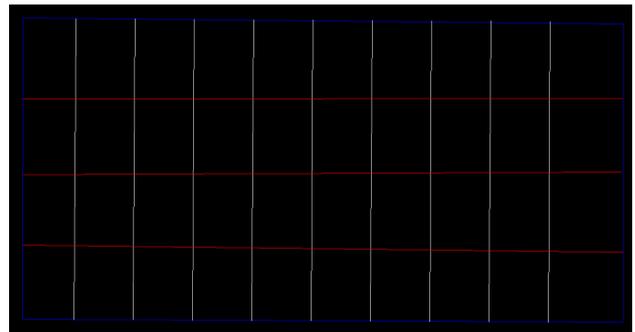
图1 “华微”6号无人船



图2 NORBIT iWBMSH 多波束

此次工程的具体测量方法和步骤如下所示：

- ①水下地形测量作业需要在风力较小的天气开展，本次测量的天气条件均满足测量需要，在测量方法上面，采用断面方法进行测量，先通过探测设备和导航设备规划好断面线段，计划线可以依据水面情况设置成与整体流向垂直的角度，根据测量水域水深情况，测量线间隔距离设置为20m上下，如图3所示。



(白色线为测量航线，红色线为检测线)

图3 航线规划

- ②无人船只在进行测量时，应尽可能地沿着测线按照均匀速度行驶，在更换航线或者更改测线时，则要在变换时缓慢转向，并在过程中保持全程定位；作业中测量船只的摇摆幅度应尽可能小，当水面浪高高于0.6m而导致探测设备上传递的回声波动较大时应及时停止作业。因本次测量天气条件良好，风浪很小，完全符合测量要求。

- ③在开始测量工作前，应该首先校准定位软件，本次工程采用岸上基站模式，定位精度完全满足本次测量需求。开启测量系统，提前设定好坐标参数和投影数据等相关数据参数，并完成远程控制和测线设定，将测探设备与计算机连接好后开始测量工作测试，待所有数据正常输出后再进行测量工作。无人船只在自动驾驶模式带领下行驶到指定区域，开

始定位和深度测量，在测量过程中可以依据返回的数据信息导出行驶轨迹图和水下地形图，保证无人船只一直沿着规定好的测线进行移动。本次测量工程在整个测量过程中完全正常，均符合测量标准需求。

④待测量工作完成时，应及时停止记录，并规范地相应关闭相关设备，从而确保测量数据正常保存。本次测量严格按照标准操作。

⑤在测量工作中，可能会因测量软件的提前设置发生漏测最深和最浅点等情况，因此在数据处理和加工时，需要依据探测设备记录的模拟数据信息，在原始数据中有效提炼最深点和最浅点的水下三维坐标。

⑥测量工作完成后，应将所用设备进行淡水冲洗工作，待设备风干后进行拆解、整理、装箱，确保下一次的正常使用。

#### 4.2 数据处理和图像绘制

外业测量数据经过校准后，再依赖专门的测量软件对其进行进一步的计算和水位的修正。多波束的后续数据处理主要包括数据导出、数据导入、数据转化、声波纳入、设置偏差校正、声速改正、条带和区域编辑以及最终成果输出等程序，最后经外业图像绘制板块获取待测区域的水深数据，通过相关软件生成水下三维模型图，如图4和图5所示。上述信息数据在通过传感装置进行调整和修正后，检查是否与断面情况相吻合，确保整体匹配程度较高。

同时，将测量完成后所获取的测量数据资料，按照作业日期或者类型进行分类和排序整理，并将所有电子文件进行备份处理，并且对外业相关记录表格进行整理以及校验，相关负责人进行签字确认。以方便在需要时及时获得相应数据，表1就是经测量后得到的部分三维坐标信息和对应的水深数据。

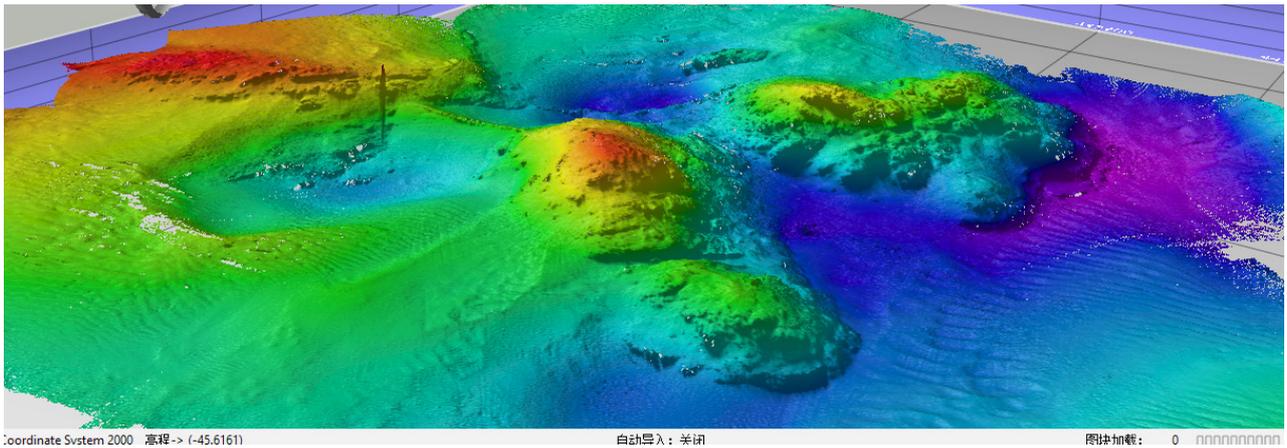


图4 水下三维地形图

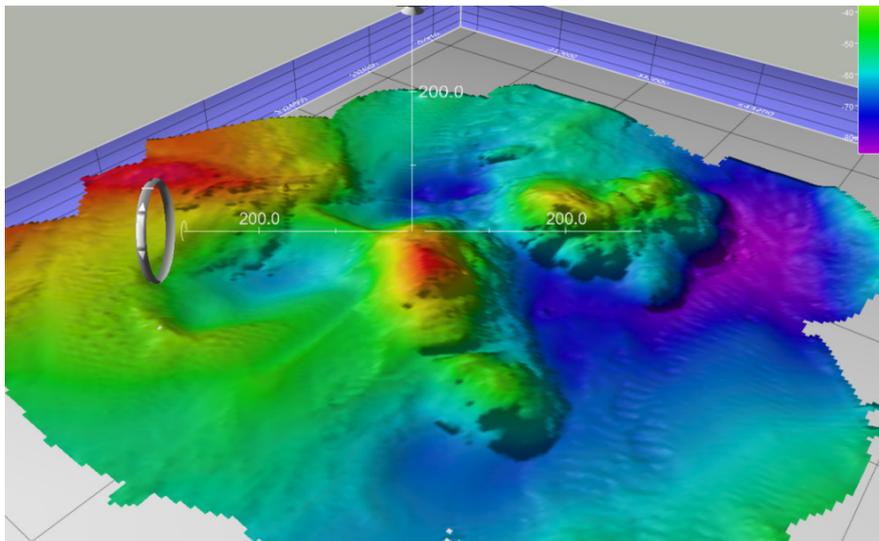


图5 水下三维地形图

表 1 无人船搭载多波束探测坐标和水深数据

横坐标	纵坐标	水深
443197.5	3324463	-63.409
443197.5	3324468	-61.063
443197.5	3324473	-58.92
443197.5	3324478	-56.933
443197.5	3324483	-55.722
443197.5	3324488	-55.072
443197.5	3324493	-54.777
443197.5	3324498	-54.112
443197.5	3324503	-52.214
443197.5	3324508	-49.715
443197.5	3324513	-48.729
443197.5	3324518	-47.706
443197.5	3324523	-47.434
443197.5	3324528	-47.259
443197.5	3324533	-46.157
443197.5	3324538	-45.523
443197.5	3324543	-44.694
443197.5	3324548	-43.856
443197.5	3324553	-43.313
443197.5	3324558	-42.592
443197.5	3324563	-40.013
442627.5	3323953	-21.389
442627.5	3323958	-21.801
442627.5	3323963	-22.191
442627.5	3323968	-22.508
442627.5	3323973	-22.874
442627.5	3323978	-23.143
442627.5	3323983	-23.247
442627.5	3323988	-23.063
442627.5	3323993	-22.87
442627.5	3323998	-22.749
442627.5	3324003	-22.639
442627.5	3324008	-22.558
442627.5	3324013	-22.463

### 4.3 检查线设置和精度检查

检查线的设置应整体上垂直于主要测线，并在重要的测量路段和水面区域均设置一定的检查线来进行实际测量，检查线的整体长度应该大于主要测线整体长度的 5% 以上，并在两个线段的相交点上数据进行取样，来检查测量精度，确保数据具有一定的置信度，本次测量项目，检查线完

全符合测量要求，如图 3 红色测量所示。因此，本次无人船搭载多波束测量的精度符合规范和标准。

## 5 无人船搭载多波束的特点和优势

### 5.1 节约测量成本

载人船只所需的燃料费和维修费用比较高，通常一次航行需要配备 4 人以上的团队；而无人船只仅需要在地面基站配备 1 人进行观测，1 人进行辅助，非常有效地降低了人工成本。

### 5.2 减少工作时间

载人船只搭载多波束测量时，设备安装和软件校准等环节所需时间较长；而无人船只安装多波束测量时，非常方便快捷方便，软件校准相对快速，因而大大减少了整体的工作时间。

### 5.3 提升作业效率

通常情况下，浅滩区域若依靠人工方式手动收集数据，则每分钟只能采集到 3~5 个数据点，且具有潜在危险性；利用无人船搭载多波束在每分钟给可以达到一万以上的测试点，深水区测量时，对比单波束一秒一个点的测量效率，多波束可以实现几十倍的工作效率，因此无人船搭载多波束测深仪测量可以实现全区域的动态测量，显著提升了作业效率。

### 5.4 提升测量精度

浅滩区域的人工测量一般会使用 RTK 模式进行，在测量过程中很容易会因棱镜杆体下滑或测量人员产生的测量偏移误差而导致采集数据不精准；无人船搭载多波束技术中船只设置有姿态调整设备，有效减少了因姿态不标准而导致的数据误差，提升了浅滩区域的测量精度。

## 6 结语

综合来看，无人船测量技术作为近段时间新兴的水下地形测量和绘制方法，因其特有的便捷性和高效率特点，越来越多地被应用到当前多个测量领域，其搭载多波束设备可以实现对水下待测区域的全方位覆盖和观测，进而获取精确度较高的水下地形图成像，是水域规划使用、水下设施检测、航道疏通、航行验收等的重要数据基础。此外，该技术提供了在浅滩区域获取水下地形数据的途径，在提高工作效率的同时也减少了测量成本，在水下测量领域，发挥的作用越来越大，其扮演的角色越来越重要。

### 参考文献

- [1] 李杰方.无人船搭载多波束在水下地形测量中的应用[J].工程技术研究,2020,5(13):109-110.
- [2] 胡黎霞,陈麒.无人船在水下地形测量中的应用与探讨[J].资源信息与工程,2017,32(3):135-136.