

无人船搭载多波束测量技术在水下地形测量中的应用

于刚

(安徽省水利水电勘测设计研究总院有限公司,安徽 合肥 230009)

摘要:传统水下地形测量主要通过皮筏艇、人工手持RTK、机动船等方式来完成,这些手段存在各种各样的缺陷,无法获取完整高精度的水下地形数据。无人船搭载多波束测量技术是一种新型测量方式,介绍无人船搭载多波束测量技术在水下地形测量中的应用,着重分析了无人船以及多波束水下地形测量的优势,通过对比选择了适用的无人船和多波束型号,并结合皖南山区某水库进行了实地验证,并对测量数据和成果进行了详细的分析,证明了该技术的高效、智能,这种作业模式将会成为水下地形测绘的重要发展趋势,对测绘行业向智能化、数字化、精准化的转型升级会起到积极的推动作用。

关键词:无人船;多波束;水下地形测量

中图分类号:TV21,P2,TP229 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-8853(2022)06-0097-03

Application of Multi-beam Survey Technology on Unmanned Ship in Underwater Topographic Survey

YU Gang

(Anhui Water Resource and Hydropower Survey Design and Research Institute CO. LTD., Hefei 230009, China)

Abstract: Traditional underwater topographic survey is mainly completed by raft, manual hand-held RTK and motor boat. These methods have various defects and unable to obtain complete and accurate underwater topographic data. The measurement technology of multi-beam measurement technology on unmanned ship is a new measurement method. The application of multi-beam survey technology carried by unmanned ship in underwater topographic survey is introduced in this paper. The advantages of unmanned ship and multi-beam underwater topographic survey are analyzed emphatically. The suitable unmanned ship and multi-beam model are selected by comparison and the field verification is carried out with a reservoir in the mountainous area of southern Anhui.. The detailed analysis of the measurement data and results proves that the technology is efficient and intelligent. This operation mode will become an important development trend of underwater topographic mapping, and will play a positive role in promoting the transformation and upgrading of the mapping industry to intelligence, digitization and precision.

Key words: unmanned ship; multi beam; underwater topographic survey

1 概述

水下地形测量是掌握水下地理信息的重要手段,传统的水下地形测量方法,主要是通过皮筏艇、人工手持RTK、机动船等方式来完成,这些手段效率低,危险性大,容易受地形限制,浅水区、水流湍急区域难以到达,无法获取完整高精度的水下地形数据。

随着科技的发展,新的测量手段也层出不穷。在水下地形测量中无人船和多波束应用越来越广泛,以无人船为载体,搭载多波束进行水下地形测量成为了一种新的水下三维数据获取技术,并且越来越多的应用在了河道测量、水库测量、近海测绘等水利测绘领域。

2 无人船多波束测量技术

2.1 无人测量船的优势

①船体体积小、重量轻、吃水浅,随车方便携带,深水浅水

区均可使用,大大降低人力成本。②可根据任务需求搭载不同水下地形测量设备,结合RTK水下地形测绘,获取更加精准的水下地形数据。③地形复杂的水域,无人船可以灵活控制,避免了测量人员的安全隐患。④无人船可以根据水域分布情况发布任务指令,根据地面站指令,无人船全自动完成测绘任务并实时传输数据,避免出现遗漏或少测情况出现。

2.2 多波束测量的优势

①精度高。多波束波束角一般 $0.50^{\circ} \sim 2^{\circ}$,单波束角大约为 $6^{\circ} \sim 8^{\circ}$,根据测量理论,波束角越小,所测水深值越接近真实值,对水下地形地貌的反映越准确,见图1。在水流和涌浪较大的测区,会引起船体的倾斜和摇晃,导致测点位置的偏移和水深的误差;而多波束的横摇和纵摇改正可以有效的避免此类误差。②分辨率高。单波束的测量原理是“由点到线”,通过单个测量点的累加得到线的效果,多波束则是“由线到面”的方式,一次测量即可得到大量的水深点,可获得线的测量效果,再随着搭载工具的移动,进而得到面状的测量效果。③效率高。多波束以水深

作者简介:于刚(1987.3—),男,工程师,研究方向:水利水电测绘。

的8倍覆盖宽度扫测,降低了作业时长,提升了测量效率。



图1 单波束与多波束对比图

3 项目实践

为了验证无人船搭载多波束技术的效果,选取皖南山区某水库进行测量实践。由于2020年夏季连续暴雨引发山洪,使水库环境及周边景点受损严重,需要对水库的淤堵状态,靠近山体侧石块、树木的散落情况以及周边环境进行详细勘查,及时进行修复。

经初步调查,水库位置与景区重叠,且水下地形复杂,山洪过后,水域内存在大量漂浮物,靠近山体侧水深低于1 m,并且树木、碎石纵横交错,数据较难获取。基于上述实际状况,经过对比,选择无人船搭载多波束的测量方案作为最终选择。

3.1 无人船的选择

选择吃水浅、重量轻、体积小的无人船,以保证在浅水流域和无船水域也能畅通无阻,并且在狭小空间内也能灵活调头;船体应该具有一定的稳定性,以保证搭载多波束时能平稳航行和数据获取的准确性。经过综合对比,选择华测公司华微6号无人船作为搭载工具。

其主要参数见表1。

表1 华微6号无人船主要参数表

船体尺寸	1.80 m×0.50 m×0.25 m
自重	15 kg
最大载重	60 kg
抗风浪等级	6级风、4级浪

3.2 多波束的选择

传统多波束系统辅助设备多,结构复杂,无人船难以承载。此次选择NORBIT公司的iWBMS系列多波束测深仪,多波束体积小、重量轻、系统高度集成、操作简单、便于携带、功耗低,免安装校准,省去了横摇、纵摇检测等繁琐步骤,减少了测量前的准备时间。

其主要技术参数见表2。

表2 iWBMS多波束主要参数表

艏向精度	0.03°@2 m基线长度
纵横摇精度	0.02°
涌浪精度	2 cm 或 2%
定位精度	水平:±(8 mm+1 ppm),垂直:±(15 mm+1 ppm)
工作频率	中心频率400 KHz,支持200 KHz~700 KHz可调
条带宽度	7°~210°可设
垂直分辨率	<10 mm
波束数	256~512等角&等距
量程范围	0.20~275 m
波束开角	0.5°×1.0°

3.3 作业流程

无人船搭载多波束相对于传统测量其过程更加复杂,具体的作业流程见图2。

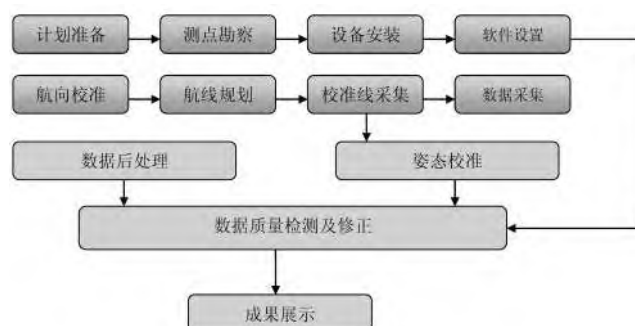


图2 无人船搭载多波束的作业流程图

3.4 实施方案

3.4.1 测区边界采集

利用手动控制测量的方式采集水库边界,确定测量范围,采集过程见图3。

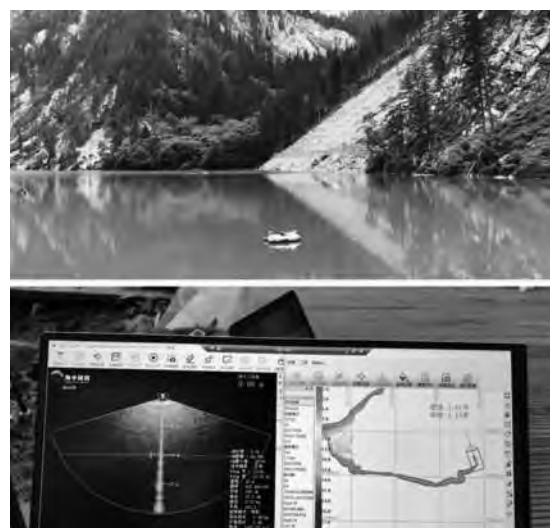


图3 测区边界采集图

3.4.2 航线设置

在手动测量确定的边界内布置测线,测线间隔为50 m一条,软件界面见图4。测量过程中根据现场实际情况进行手动与自动的灵活切换。既能确保测量过程的安全性,又能保证关键部位的数据质量,还有效提高了测量效率。

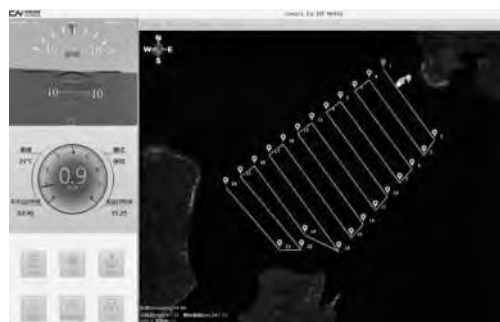


图4 部分测线布置图

3.4.3 测量成果分析

经过外业采集和数据后处理,获得了清晰的水下三维地形图和断面图,见图5、图6。

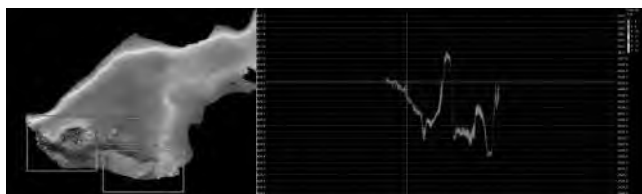


图5 水下三维地形图和典型断面图

结合水下三维地形图和断面可以判断出,水库中最深的区域约15 m,最浅区域为约0.40 m。图方框1、2、3标注的区域存在大量的树木,靠近山体侧的方框4有石块堆积,存在淤积现象,与周围水域有约1.50 m的落差。

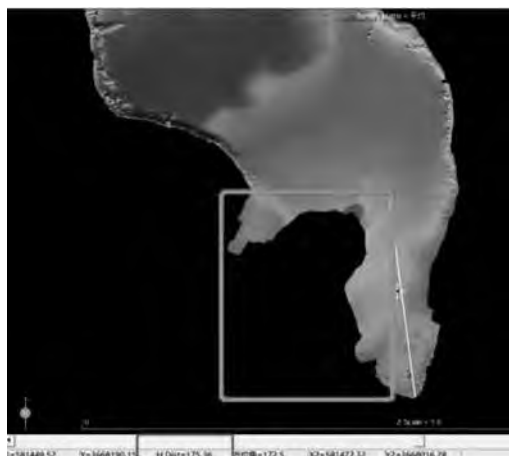


图6 水库入水口处水下三维地形图

配合软件从图中可以看出水库入水口部位长186 m,宽68 m,其中深水区域10.04 m,最浅区域0.80 m。其中入水口到下游的方向有175.36 m的范围水深变化1~3 m,在现场入水口能清晰地看到有灾后形成的堆积物(左侧框选位置形成一片滩涂,无人船无法进入)。

结合水下三维地形图和断面图可以直观看出整个水库的水下地形情况,可以为后续的水库治理提供翔实全面的数据。

4 结论

此次对该水库水下地形成果的分析,证明了无人船搭载多波束的技术在复杂的水域环境中也能高效可靠地完成水下地形勘测任务。既能满足测量的精度要求,还大大减少了外业的工作量。提高了工作效率的同时,也避免了外业人员水上作业的危险性。真正做到了智能化、高精度、高效益,可以预见这种作业模式将成为水下地形测绘的重要发展趋势,对测绘行业向智能化、数字化、精准化的转型升级起到积极的推动作用。

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).
- [2]文海量,刘志军.基于无人机机载激光和无人船多波束水陆一体化三维测量技术应用和探讨[J].水利技术监督,2021(11).
- [3]袁建飞.无人测量船在水下地形测量中的应用研究[J].北京测绘,2017(4).

收稿日期:2022-3-10

编辑:雍友玉

(上接第38页)

表3 大坡岭流域2000-2009日尺度径流模拟结果表

	年份	降雨量/mm	实测年径流深/mm	计算年径流深/mm	径流深相对误差/%	确定性系数
率定期	2002	957.05	324.44	348.73	7.49	0.86
	2003	1 113.26	547.91	541.20	-1.22	0.78
	2004	865.81	240.98	219.09	-9.08	0.91
	2005	1 417.34	774.30	716.45	-7.47	0.96
	2006	874.94	249.71	252.71	1.20	0.77
	2007	1 124.67	489.40	515.10	5.25	0.86
验证期	2008	1 080.75	488.25	506.72	3.78	0.90
	2009	840.99	266.07	269.72	1.37	0.83

基于总体最小二乘的岭估计解法的系统微分响应法率定得到的参数具有可信度,该方法适用于新安江模型的参数率定。在2002、2003、2008年的径流模拟中,模拟的流量峰值略大于实测的,这可能与模型本身参数和结构的局限性等因素有关。

3 结论

文章将岭估计-系统微分响应参数率定法结合新安江模型应用于大坡岭流域日尺度径流模拟。得出以下结论:①理想模型的应用检验表明,在给定不同初始值的情况下,新安江模型的敏感参数均能收敛到同一值附近,由于算法本身具有防止过拟合的特性,收敛值近似等于参数真值,与真值稍有偏差,但总体率定结果较好;②实际流域应用结果表明用基于岭估计-系统微分响应参数率定方法率定新安江模型参数是可行的,率定结果合理且十分高效。

参考文献:

- [1]Si, W., Gupta, H. v., Bao, W., Jiang, P., & Wang, W. (2019). Improved Dynamic System Response Curve Method for Real-Time Flood Forecast Updating [J]. Water Resources Research, 55(9):7493-7519.
- [2]Sun, Y., Bao, W., Jiang, P., Si, W., Zhou, J., & Zhang, Q. (2018). Development of a regularized dynamic system response curve for real-time flood forecasting correction [J]. Water (Switzerland), 10(4).
- [3]包为民,孙逸群,周俊伟,等.基于总体最小二乘法的系统响应修正方法[J].水利学报,2017,48(5):560-567.

收稿日期:2022-3-25

编辑:刘长垠