

多波束水下扫测水底地形测量方法研究

张运鑫¹, 赵卫丽², 王 群¹

(1. 自然资源部第三地形测量队, 黑龙江 哈尔滨 150025; 2. 黑龙江地理信息工程院, 黑龙江 哈尔滨 150081)

摘要:利用多波束实时测深系统和惯性导航系统对某大型人工河谷水库进行测量导航、数据采集,生成水下地形图。通过获得的三维点云模型数据处理和成图,快速直观地获得水底底质、水下坡度、地貌地形特等信息,生成1:500水下地形图、水底横断面图,进而实现土方量测量功能。与传统的方法相比,改测深系统具有更强的噪点处理能力、抗干扰能力,且覆盖范围广,分辨率更高。

关键词:多波束扫测;水下地形图;断面图

中图分类号:P229.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-5867(2022)S1-0302-03

Research on Multi-beam Scanning Method for Underwater Topographic Survey

ZHANG Yunxin¹, ZHAO Weili², WANG Qun¹

(1. The Third Topographic Survey Brigade, Ministry of Natural Resources, Harbin 150025, China;
2. Heilongjiang Institute of Geomatics Engineering, Harbin 150081, China)

Abstract: Multi-beam real-time sounding system and inertial navigation system are used for survey and navigation, data acquisition of a large artificial Valley Reservoir, and underwater topographic map generation. Based on the three-dimensional point cloud model data post-processing and mapping, we can quickly and intuitively obtain the underwater sediment, underwater slope, topography, and other information, generate 1:500 scale underwater topographic map and underwater cross-section map, and then realize the earthwork measurement function. As compared with the traditional method, the modified sounding system has stronger noise processing ability, anti-interference ability, wider coverage, and higher resolution.

Key words: multi-beam scanning; underwater topographic map; section map

1 工程概况

水下地形测量相对于陆地测量方法,测量难度更大,其工作主要是对海底点、水库、港湾、江河、湖泊等水底进行高程和平面位置的施测,最后绘制水下地形图。对于拦江合拢后形成的大型人工河谷水库,进行水下障碍物的测量时,选用条带式扫测系统多波束与侧扫声呐是较为有效且常用的探测方式。这2种系统均能实现水底地形的全覆盖无遗漏扫测^[1]。实验过程选用多波束数据采集系统进行数据获取、数据处理,绘制水底地形图。

实验工程区为某水电站拦江合拢后形成的大型人工河谷水库。全长180 km,湖面最宽处约5 km,水深平均30—40 m,最深处达75 m,湖面面积550 km²,湖水正常高水位261 m,最大库容量为108亿m³。扫测范围为坝西码头

往东南方向约1 km位置,扫测宽度为200 m,水深范围为2—57 m,总面积约0.23 km²。

2 多波束扫测系统

2.1 多波束扫测系统组成

多波束探测系统因其高精度、方便快捷等优点在水下测深中得到广泛应用。多波束探测系统设备结构单元包含测深设备、定位设备、罗经及运动传感器、声速剖面仪和辅助设备5个单元^[2]。

本工程选用浅水型多波束扫测系统水下地形扫测 Reson T20-P 系统。具备灵活模式功能(灵活模式可以集中大部分波束扫测某个区域,能够得到更详细的信息,同时还可以得到边缘区域的水深),单探头标准版具有512个波束,可选最高2560个波束,可得到水库更多的细节,如大坝扫测、岸壁扫测等,具有超高辨识度。

收稿日期:2021-01-18

作者简介:张运鑫(1985-),男,黑龙江哈尔滨人,助理工程师,学士,主要从事工程测量工作。

2.2 多波束扫测系统的技术参数

多波束扫测系统选用的频率为 190—420 kHz,测深分辨率 6 mm,测深范围 0.5—575 m,波束数 512 个,波束角 $1^\circ \times 1^\circ$,扫宽最大角度 165° ,PING 值 50 Hz,换能器空气中重量 10.4 kg。定位 GPS 系统可以接收网络或电台信号,定位精度可以达到厘米级,技术指标为水平 $1\text{ cm} \pm 1\text{ ppm}$,垂直 $2\text{ cm} \pm 1\text{ ppm}$,测量使用七参数^[3]。选用的惯性导航系统可以提供航向、横摇、纵摇、起伏等信息,实时改正测量时船的姿态信息,实现高精度水深测量,与探头一起安装,免安装校准,即装即测。惯性导航系统的技术指标为:接收 RTK 差分水平 $1\text{ cm} \pm 1\text{ ppm}$,垂直 $2\text{ cm} \pm 1\text{ ppm}$,横摇纵摇精度 0.02° ,航向精度 0.02° (2 m 基线),起伏 5 cm 或 5%,IP68 水下版,与换能器一起水下安装。

实际测量过程中使用“时间飞跃”技术,获得声速剖面,量程 1 375—1 900 m/s,分辨率 0.001 m/s,精度 0.02 m/s。数据后处理系统选用丹麦 (TELEDYNE RESON 集团) Teledyne PDS2000,其功能是多波束实时测量导航、数据采集、后处理、成图、土方计算。施测时需要设置的技术指标包括工程管理、配置、航迹导航、大地参数计算器、传感器接口与测试、时钟同步、单波束数据采集与处理、多波束数据采集与处理、多波束侧扫模块数据采集、Snippet 小片数据采集、多波束校准、QC 显示、实时 3D 视图、多波束过滤器和 SVP 编辑器、3D 数据视图、坐标编辑器、潮位编辑器、3D 条带编辑器、3D 区域编辑器、CUBE 建模和处理、底质分析、DTM 编辑器、土方计算与报告、多种格式数据输出、成图模块、快速剖面绘图、批处理绘图、标记障碍物、自动分类与排序、计算物体的大小^[4]。

2.3 多波束扫测系统工作特点

针对水利行业,多波束系统具有以下特点^[5]:

1) 扫准:系统可搭载 $1\text{ cm} \pm 1\text{ ppm}$ GNSS 系统,实现精确的位置坐标,同时 6 mm 的超高分辨率声学单元及高精度姿态补偿系统可以精确扫测水库大坝、边坡等,研究水库冲淤情况。

2) 扫全:单探头具有全球最大开角 (165°),可拓展双探头,实际扫测范围最大可以达到 16 倍水深,轻松覆盖整个库区。

3) 扫到边:X-Range 超大量程功能可以增加量程,提高降噪能力及边缘波束的质量,即使在含沙量大的地方数据质量一样很好,提供更宽的有效扫宽。

4) 全球最高分辨率达 6 mm,不单是对水底地形进行精确的测量,还实现对水下障碍物精细扫测,如块石、铁锚、沉船、渔网、渔簖等。独有“灵活模式”功能,可以找到障碍物位置后集中部分等角波束到障碍物上进行精细测量,同时其他波束可以等距扫测障碍物周围水深地形,并根据不同扫描的角度显示障碍物的三维效果窗口。“多点探测”功能,单探头可每 PING 获取高达 2 560 个波束数目,精细测绘障碍物形态。

3 多波束水下地形测量

3.1 多波束数据采集

1) 数据基础

选用地方坐标系进行测量,最后与国家大地坐标系进行联测,投影信息选择高斯投影 3° 带,七参数,中央子午线为当地中央子午线 126° 。

水下地形三维数据为 .dat 文件,数据点密度为 1 m。三维点云图为 .xyz 文件夹,数据点密度为 0.2 m。

2) 数据获取

多波束水下扫测系统在测量时可分为超浅水测量、浑水测量等多个模式。超浅水测量时 RESON 多波束系统具备单探头最大的开角 165° ,可有效提升扫宽范围,单探头扫宽可达 7.3 倍水深。浑水测量时 T20 系列多波束具备 X-Range 以及 FM 调频功能,具备独特的脉冲,只有中间的脉冲能匹配得上,所以 FM 波长更短,分辨率更高,大大提高了抗噪能力,在浑水中测量也能游刃有余^[6]。

选用导航采集系统可以进行轨迹导航,获得实时 3D 视图、3D 数据视图、侧扫、背向反射视图以及设备信息等丰富的视图窗口,支持用户自定义。

3.2 数据处理

成图软件为 SCASS 海洋成图软件,其功能可以满足《水运工程测量规范》(JTJ 203—2012)图式和《中国海图图式》(GB 12319—1998)要求,具备完整的航道测绘图式符号库,可提供自定义符号接口;具有专门的等深线生成和绘制功能;航道断面图绘制和土方量计算等工程应用功能;提供方格网法、DTM 法、断面法、等高线法等多种完善的土方计算方法,可满足叠加多期河道测量数据计算土方量;提供地物信息(长度、距离、方位、面积等)的查询、统计等功能;软件基于 AutoCAD 平台开发。

噪点处理过程现场自动处理,选用 Autotrack 功能,可对噪点进行自动处理,后期根据工程经验进行人工干预删除噪点,也可灵活设定各种过滤器,综合水深范围、IHO 标准、传播误差等,轻松处理数据,减少后处理工作量。后处理删除噪点:本身 RESON 的数据质量就很干净,不需要做太多的后处理,特别是有强大的各种过滤器,人工删除噪点很少。经过预处理后获得的 1:500 比例尺水下地形图如图 1 所示。

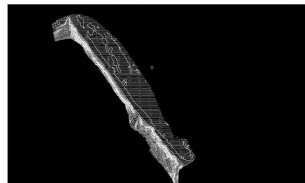


图 1 1:500 水下地形图

Fig. 1 1:500 scale underwater topographic map

3.3 测量结果应用

1) 底质分类

专业为水底底质分类设计,完整补偿声纳配置参数,

优化水深与背向反射数据,并通过实时标准背向反射数据处理及时确定水下物体的属性(硬质还是软质障碍物)。

2) 水底横断面测量

根据水底测量数据后处理后可以得到地形的横断面图,如图 2 所示,比例横比为 1:200,纵比为 1:100。

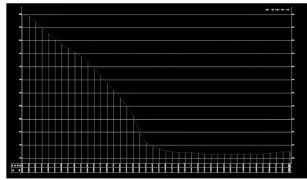


图 2 测区断面图

Fig. 2 Section of survey area

3) 土方量测量

多波束系统能测量不小于 1 m 水深航道,并提交三维坐标数据,经处理后可以实现以下成果:1) 根据布置的航道断面线实现任意断面切割并自动生成库区纵横断面图,如图 3 所示,利用断面计算法根据设计标准自动批量计算出航道疏浚工程量并提交土方量计算表。2) 生成三维图,并通过 2 次测量 2 期数据对比,实现冲淤情况的分析对比,2 个模型叠加,自动计算 2 次差值。

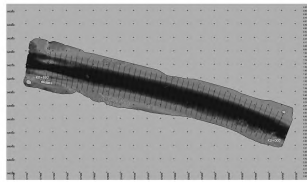


图 3 测量区任意切割断面线

Fig. 3 Arbitrary cutting section line in survey area

为了验证水下地形图精度,采用野外作业测绘部分水底高程,通过野外测量与多波束测扫地形图高程点进行对比,发现高差较大的点主要位于河岸和河床间的变坡区域,高差标准差为 0.28,各高差多分布在平均值附近,整体偏差不大,精度可靠。

4 结束语

结合该工程水下扫测地形图数据结果可知,多波束水下扫测能够实现水下障碍物的有效探测,也可以精准测量水下地形及障碍物,因此可以确保水域船舶通行的安全性,在水库救援中收效也良好。扫测系统测量数据处理智能化,可以避免其他系统处理数据带来的误差,水深、底宽、口宽的测量误差可以控制在 $\pm 10\text{ cm}$;设备安装方式灵活,可以固定安装,避免安装后再进行修正。

参考文献:

- [1] 胡翔志. 智能无人测量船在河道水下地形测量中的应用[J]. 工程技术研究,2020,5(13):107-108.
- [2] 马深. 依赖多波束合成孔径侧扫声呐图像的水底障碍物研究[J]. 电子测量技术,2020,43(5):102-106.
- [3] 殷宪峰. 一型海上支持/维护船安装深水多波束的可行性研究[J]. 中国水运,2020(5):82-84.
- [4] 别伟平,郭志勇,于永宽. 多波束与侧扫声呐在水下障碍物探测中的综合应用[J]. 港工技术,2019,56(1):157-159.
- [5] 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,2017,31(4):71-74.

[编辑:任亚茹]

(上接第 301 页)

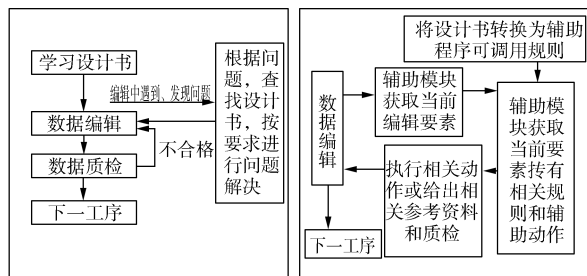


图 3 编辑模式对比图

Fig. 3 Comparison of editing modes

同步辅助作业模式与传统作业模式主要区别在于:1) 能为作业人员提供参考文献的自动辅助;2) 质检与编辑同步进行;3) 作业自动化程度高。基于该方式的作业模式,可以使作业人员快速切入生产,即时检查数据,有助于作业人员减少同类问题的发生,提高数据编辑效率,有效提升数据质量。

4 结束语

本文研究的作业方式,从整体架构和流程上较常规作业模式有明显的优势,但在具体的程序实现中,需注意数据异步处理的效率与用户体验的优化。否则不但提高了作业效率与数据质量,反而会起到反作用。

参考文献:

- [1] 林蒙安. 测绘产品质检管理系统的设计与实现[J]. 测绘与空间地理信息,2013,36(6):244-246.
- [2] 肖小虹. 基于 ArcEngine 的框架 DLG 数据质量检查系统的方法与应用研究[D]. 湘潭:湘潭大学,2018.
- [3] 张彦彦. 基于规则的 DLG 数据质量检查方法研究[D]. 南京:南京师范大学,2007.

[编辑:任亚茹]