

多波束测深系统在大洋河涨潮段水下地形测量的应用

梁 帅

(辽宁省丹东水文局, 辽宁 丹东 118001)

摘 要: R2Sonic2024 多波束测深系统具有较高的分辨率, 通过采用高精度的 RTK 基站技术和测船姿态等数据信息, 经过声速改正和数据合并, 以及采用 Cube 技术处理可生成水下三维地形图, 实现精准的水下地形测量。笔者介绍了 R2Sonic2024 多波束测深系统的组成, 分析了传统水下地形测量存在的问题, 详细介绍了 R2Sonic2024 多波束测深系统在大洋河涨潮段水下地形测量中的具体应用过程以及应用中的注意事项, 为受涨潮影响的河道、近海岸和水库清淤测量提供借鉴。

关键词: 多波束测深系统; 水下地形测量; 涨潮; 大洋河

中图分类号: P217; TV221.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-408X(2021)04-0045-04

Application of Multibeam Sounding System in Underwater Topographic Survey of Dayang River Flood Tide Section

LIANG Shuai

(Liaoning Dandong Hydrological Bureau, Dandong, Liaoning, 118001)

Abstract: R2Sonic2024 multibeam sounding system has high resolution. By using high-precision RTK base station technology and ship attitude data, through sound velocity correction and data merging, and using Cube technology, underwater 3D topographic map can be generated to achieve accurate underwater topographic survey. This paper introduces the composition of R2Sonic2024 multibeam sounding system, analyzes the problems existing in the traditional underwater topographic survey, and introduces in detail the specific application process and the matters needing attention of R2Sonic2024 multibeam sounding system in the underwater topographic survey of the Dayang River flood tide section, so as to provide reference for the desilting survey of rivers, offshore and reservoirs affected by flood tide.

Keywords: multibeam sounding system; underwater topographic survey; flood tide; Dayang River

0 引言

R2Sonic2024 浅水多波束测深系统采用窄波束技术, 在水深测量时具有较高的分辨率, 通过波速扫描可以进行精确的水深测量工作^[1]; 同时, 通过岸边架设 RTK 基站、测量船设置 GPS 流动站信号^[2]并结合测船姿态测量数据信息的调整, 获得测量工作中的精确坐标, 为生成水下三维地形图提供条件。与采用传统单波束测深仪测量相比, R2Sonic2024 多波束系统可以一次形成 256 个波束并实现数据的连续记录, 为测量工作提供了便利。

1 R2Sonic2024 多波束测深系统组成及参数

R2Sonic2024 多波束测深系统一般由硬件设备和系统软件两大部分组成。硬件设备一般指换能器、罗经运动传感器、姿态传感器、声速剖面仪、验潮仪、RTK 基站设备及 GPS 设备、接线盒、专用计算机、连接杆、法兰盘以及各类连接线缆等实体设备。R2Sonic2024 多波束测深系统软件主要指采集数据时采用的 Qinsy 软件、数据后处理应用的 CARIS HIPS 软件以及声速剖面仪使用的 SeaCast 软

收稿日期: 2021-05-12; 修回日期: 2021-06-11

作者简介: 梁 帅(1988), 男, 河南商丘人, 工程师, 从事水资源勘测评价工作, E-mail: 815508163@qq.com。

件等。其中, Qinsy 软件与各类硬件设备结合起来主要用于数据的采集工作, 并保证采集数据的准确性; SeaCast 软件主要用于处理声速剖面仪采集的数据, 并计算出波束在不同水深的传播速度; CARIS HIPS 软件主要实现数据的后期处理和相关成果及图片的输出工作。

R2Sonic2024 多波束测深系统信号带宽为 60 kHz, 工作频率为 200 ~ 400 kHz^[3], 覆盖宽度为 10°~160°, 量程分辨率为 1.25 cm。波束发射最大数量为 256 个, 最大水深量程为 500 m, 脉冲宽度为 0.01 ~ 1 ms, 最大发射率为 75 Hz, 采用相位和振幅进行深度检测, 工作温度一般为 0 °C ~ 40 °C, 电功耗小于 50 W。

2 大洋河简介

大洋河发源于鞍山市岫岩满族自治县偏岭镇, 最大海拔高程 928.90 m, 流经鞍山岫岩满族自治县及丹东市、凤城市、东港市, 于东港市大孤山镇附近注入黄海。流域总面积 6 433 km², 河长 166.5 km, 平均坡降 2.19‰。流域多属山区, 丹东境内多以丘陵为主。大洋河主要支流为哨子河和亮子河^[4], 河道落差大, 水资源较丰富, 多年平均地表水资源量 28.7 亿 m³。大洋河属于半干旱半湿润地区山区性河流, 水位涨落急剧, 汛期水位变幅较大, 洪水来自流域的集中降雨, 径流量多集中于汛期, 枯季流量小而稳定。流域植被状况较好, 但局部的暴雨、泥石流经常发生。

大洋河涨潮段水面较宽, 最宽处超过 1 km。潮水位变化较大, 一般每日变幅为 6~7 m, 受潮水每天涨落影响, 河道水流冲刷频繁, 断面冲淤变化较大, 水下地形复杂。同时, 因潮水段泥沙淤积比较严重, 潮水浑浊, 水深测量精度不高, 水下地形测量困难, 每次测量需要耗费大量的人力、物力, 且难以保持精度要求。

大洋河受潮水涨落影响, 传统水下地形测量一般采用单波束或测深仪与 GPS 相结合的方式, 测量过程费时、费力。传统测量手段受潮水涨落, 测船的纵摇、横摇, 以及振动噪音的影响较大, 在测量过程中忽视了声波在水中传播速度的影响, 并且测量密度不易把握, 后期需要进行数据拟合处理, 整体测量误差较大。

3 R2Sonic2024 多波束测深系统的应用

3.1 多波束测深系统安装

多波束测深系统安装包括主要设备的安装和相

关软件的安装。主要设备安装在水文测船上。换能器安装在测船右侧距离船头 3 m 的水下, 并远离发动机部位; 换能器探头安装在固定的铁质架上, 并通过法兰盘与外部安装杆连接, 安装杆是一根直径为 75 mm 的空心白钢杆, 能够有效地减少振动的影响。将电缆穿过法兰盘和安装杆接到声呐接线盒, 声呐接线盒又称 SIM 盒, 能够为换能器提供电力支持并保证换能器与控制软件之间的数据交换; 同时, 声呐接线盒也提供 GPS 与 PPS 接口、SVP 接口和姿态等各类运动传感器接口, 并进行实时横摇补偿; 在每个声呐接线盒的 RS232 接口旁边都垂直排列有 2 盏 LED 灯, LED 的颜色反映输入数据状态, 绿色表示接收到数据并已正确解码, 红色表示没接收到数据, 黄色表示接收到数据但不能解码; 同时, 在给声呐接线盒供电时, 一定要注意电源短路的问题。罗经运动传感器安装在测船船室中央地板上, 并用螺丝固定。RTK 基站架设在岸边坝上, 并远离干扰地带^[5]。移动站 GPS 架设在测船船顶, 并通过线缆与声呐接线盒连接。Qinsy 软件、CARIS HIPS 软件及 SeaCast 软件安装在 Windows 系统上, 但是需要密码狗才能使用。

在安装过程中, 注意减少噪音和振动对仪器的影响。常见的噪音影响主要有测船发动机和螺旋桨的影响、船体转向时引起的噪音影响和水流、潮涌的影响等。振动影响主要来自连接杆, 一般不能使用太细的材料作为连接杆, 并且需要将连接杆固定好, 以减少振动的影响。

3.2 大洋河涨潮段水下地形测量

测量操作主要有以下步骤: 1) 按需要创建工程, 设置参数。参数设置主要包括新建配置文件, 同时定义坐标系统; 添加对象主要包括测量船及定义多波束及辅助设备安装对象, 添加 GPS、多波束、姿态传感器、罗经运动传感器、1PPS 同步脉冲等, 并激活数据库。在测量之前, 需要先绘制计划测线, 计划测线可以参考谷歌地图地形地貌, 以确定每条计划测线起点和终点的经纬度, 并初步筛选合适的测量地点以减少各类不利因素的影响。计划测线绘制以后, 需要建立水深格网文件; 水深格网文件一般由若干个单元组成, 格网单元大小可根据分辨率的要求自行设定, 河道测量一般设置为 1 m×1 m; 水深格网文件主要用来在测量过程中标记水深覆盖的范围和大小, 并采用不同的颜色来代表不同的水深; 同时, 水深格网文件还用来生成河底等高线地图和水下断面地形图等。2) 在线测量。首先, 测量过程设置, 主要包括计算设置、测

深仪设置、计划测线设置、总体设置(设置单位、颜色等)和显示窗口设置,显示窗口设置主要包括报警显示、数据显示、导航显示、断面显示、深度显示、原始测量值显示、三维显示、舵手显示、侧扫图像显示等;其次,添加DXF文件为背景并记录数据。3)回放数据和水深数据处理。水深数据处理主要包括声速改正、潮位改正、验证等。因为采用的软件均为英文版,在实际测量中,需要掌握相应英文的概念,以利于测量工作的开展。

大洋河涨潮段水位变化较大,在落潮时,洋河大桥一带最高水深只有7 m左右,因此,一般在满潮时进行走航测量,以增加河道水下侧扫面积,并减少测船和仪器触底的风险。同时,因岸边淤泥较多,本次测量主要在主航道深水区附近进行,岸边浅水区暂时不采集数据,测量过程如图1所示。

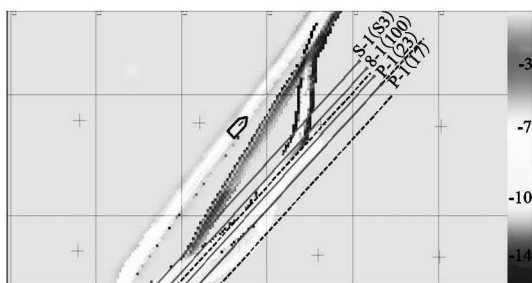


图1 大洋河涨潮段水下地形测量过程图

3.3 数据后处理

数据后处理采用CARIS HIPS软件,处理步骤如下:1)首先,编辑船配置文件,并建立空间直角坐标参考系。以水文测船为参考物,船舷向正右方向为 $+X$ 方向,船首向正前方向为 $+Y$ 方向,船身向正下方向为 $+Z$ 方向;其次,在运动坐标中,纵摇指以船头向上转时为正,横摇指以左舷向上转时为正,左、右摆动时,以船头顺时针转时为正。2)建立HIPS项目文件,并将XTF格式的原始数据文件转换成HIPS格式的文件。3)保存工作过程文件以后,选用最近时间或最近距离的声速剖面文件进行声速剖面改正。声速剖面文件的提取采用SeaCast软件,改正数据文件以减小因水深不同和盐度不同等引起的声速在水中传播速度不同的影响,保证测量的准确。4)输入潮位数据并进行数据合并。数据合并的主要目的是生成三维地理坐标数据系统,即:需要将经过声速剖面改正后的原始水深数据值、波束角和声传播时间格式的数据转成相对船的水平位置和相对安装位置的深度值;合并计算是根据罗经传感器数据、RTK定位数据和潮位改正数据,将每个水深点的坐标从船坐标转换为地理坐标系下的 X 、 Y 、 Z 数据。合并是生成水

下三维地形图的关键,只有保证合并数据处理的准确性,才能为以后的工作打好基础。5)计算每个水深点的总传播误差TPE,同时建立地域图表。地域图表主要用于生成数据处理及最终成果图用的加权网格模型。6)采用Cube技术生成网格化水深地形曲面。Cube法是指误差和水深联合估计法,在HIPS软件中,Cube法通常是一个有效的数据清理工具。在采用Cube法计算曲面上的某一节点的水深值时,可以根据周围实测水深点到该节点的距离及各实测水深点的总传播误差TPE值计算各点的权值,以增加地形曲面的可靠性。7)进行数据检测。数据检测包括检查、编辑GPS和运动传感器数据,将以时间为参考的原始数据逐条检查和编辑,条带滤波检测及数据清理,声速折射影响的改正以及进行子区域数据的清理。8)进行自动数据过滤工作。数据过滤主要有条带滤波数据清理和水深地形曲面过滤工作,后者主要滤除不在工作曲面上的数据,经过数据过滤与处理以后,需要重新计算水深地形曲面以及生成新的光滑水深曲面。9)相应的数据文件输出,可以根据工作的要求输出相应格式的成果文件。比如用CARIS编辑工具生成各种图片,并用新的HIPS地域图表编辑器生成等值线图和水深图等,以TIF格式输出各类水下地形图像,同时,水深值可输出到CARIS文件或以ASCII码格式输出等。

3.4 多波束测深系统应用的注意事项

通过R2Sonic2024浅水多波束测深系统在大洋河涨潮段实际测量的应用,测量效果较好,证明其在河流地形测量中具有可行性。整个测量过程比较复杂,涉及的知识比较广泛,数据后处理比较麻烦,需要相应的专业知识。在测量开始前,对仪器的调试也至关重要,可能一个接口的连接错误就会影响整个测量结果,同时,RTK基站信号的调试和连接也比较复杂。在实际操作中,发现机器的振动对仪器的影响也比较大,因此,在安装换能器时需要选好位置,远离发动机,并选用合适的连接杆,以减少噪音和振动对仪器的影响。测量过程中发现,磁场对仪器也有较大的影响,因此,在测量时,需要选择合理的时间和适合的地点,以避免磁场的影响因素。因数据量比较大,数据后处理的工作量也比较繁重,需要花费较长时间进行数据的处理工作。

4 结语

R2Sonic2024浅水多波束测深系统通过采用高

精度的 RTK 基站技术和测船姿态等数据信息,经过声速改正和数据合并,可以获得每个波束在地理坐标系统下的精确定位和水深测量,并采用 Cube 技术处理后生成水下三维地形图,实现精准的水下地形测量工作。多波束在发射、接受扇区指向呈正交性,最多可在船只横向一次形成 256 个波束,当船只在航行中各波束可扫掠一定宽度,形成一条测深横剖面,完成水下地形的连续记录,保证水下地形测量的连续性。

R2Sonic2024 浅水多波束测深系统采用验潮仪数据,消除了潮水涨落对测量结果的影响,并在测量过程中自动分配采用某个频率的换能器和不同频率的采样波束,减少泥沙对测量的影响,能够满足高含沙量的水深测量要求,保证了水深的测量精度。采用 R2Sonic2024 浅水多波束测深系统进行测量,消除了纵摇、横摇对测船的影响,同时,减小振动、噪音对测量的影响,利用声速剖面仪减小声波在不同水深的传播影响,利用验潮仪消除潮水涨落的影响。后期通过数据合并形成完整的测量文件,使测量综合考虑了各类影响因素,测量结果较为准确和可靠。

采用 R2Sonic2024 浅水多波束测深系统,数据精度较高,实时性好,数据传输和后处理比较方便,同时,系统集合了水深测量系统,水深、测量

具有一体性,能够快速准确地测量出断面水深,数据连续性好,数据处理方便、快捷。R2Sonic2024 多波束测深系统拥有专业的实时数据软件,在测量时,可以看到 GPS-GGA 航迹、实时水下地形以及实时的波束水深,自动化程度高,与传统水下地形测量相比,更省时、省力,减少了水文工作人员的工作量,提高了水下地形测量的安全性,为水文测量快速获取数据节省了宝贵的时间和物力。

随着经济的发展,水下地形测量越来越重要,R2Sonic2024 浅水多波束测深系统技术比较成熟,在受潮水涨落影响的河道、近海岸以及水库清淤测量中都将发挥重要的作用,应用前景广泛。

参考文献:

- [1] 李家彪.多波束勘测原理技术与方法[M].北京:海洋出版社,1999:48-50.
- [2] 王宝江.基于多波束测深系统的 RTK 三维水深测量技术应用研究[J].北京测绘,2014(6):48-51.
- [3] 马文喜,任宝学,张羽.R2Sonic2024 多波束系统在河道地形测量中的应用[J].东北水利水电,2016(3):55-56.
- [4] 张青山,任海青,张宁.大洋河沙里寨水文站洪峰流量预报方法研究[J].东北水利水电,2013(5):45-47.
- [5] 刘树东.论浅水多波束测量质量保证措施[J].港工技术,2007(2):52-54.

(责任编辑 秦凤荣)

(上接第 44 页)

件,工程投资可能略有增加,但用少量的工程投资换取长期的生态环境效果和效益是值得的。

5 结语

传统的混凝土面板堆石坝下游坝面一般采用的刚性护坡使大坝与周边自然环境界线分明,生态效果较差。在生态环境日趋恶化和对生态建设愈加重视的今天,对下坝水库面板堆石坝进行了生态坝坡优化尝试,利用工程土石料弃渣填筑、放缓下游坝坡并进行坝面绿化,能够使建筑物协调地融于环境之中,在保证建筑物安全、可靠的前提下,显著提高了工程生态效果;同时,有效地就地利用工程弃渣,为坝后交通创造了有利条件,还节省了建设工

期和工程投资。这对类似新建或已建工程都具有一定的借鉴意义。

参考文献:

- [1] 遵义水利水电勘测设计研究院.遵义市下坝水库工程初步设计报告[R].遵义:遵义水利水电勘测设计研究院,2017.
- [2] SL228-2013,混凝土面板堆石坝设计规范[S].
- [3] 金建峰.混凝土面板堆石坝背坡生态处理的探讨:以杭州市闲林水库为例[J].浙江水利科技,2018,46(3):67-69,76.
- [4] 宁杨.水库大坝坝后生态护坡植被恢复设计初探[J].水利科学与寒区工程,2020,3(3):128-131.
- [5] SL274-2020,碾压式土石坝设计规范[S].

(责任编辑 秦凤荣)

