

基于多波束测深技术的海底地形测量

余启义

(厦门市规划数字技术研究中心, 福建 厦门 361001)

摘要:为获取某海岛停泊水域、回旋水域水下地形情况,采用 SeaBat T20-P 多波束测深系统结合 POS MV SURFMASTER 惯性导航系统进行扫海测量,获取了停泊水域、回旋水域 1:500 水底三维模型图。对多波束测量精度进行内、外符合检查,结果表明,精度符合规范要求。通过对水下地形情况进行定性分析,获得了测区停泊水域、回旋水域的准确高程值。实验表明:采用 SeaBat T20-P 多波束测深系统可实现高精度水下三维地形的获取,本文的研究结果可为相关工程应用提供参考。

关键词:多波束测深系统;惯性导航系统;扫海测量;停泊水域

中图分类号:P229.1 文献标识码:A 文章编号:1672-5867(2022)09-0262-03

Seabed Topography Measurement Based on Multi-beam Bathymetry Technology

YU Qiyi

(Xiamen Research Center of Urban Planning Digital Technology, Xiamen 361001, China)

Abstract:In order to obtain the underwater topography of the mooring waters of an island, the SeaBat T20-P multi-beam sounding system combined with the POS MV SURFMASTER inertial navigation system was used for sea sweeping surveys, and the 1:500 scale bottom three-dimensional model of the mooring waters was obtained. The multi-beam measurement accuracy was inspected internally and externally, and the results showed that the accuracy met the specification requirements. Through the qualitative analysis of the underwater terrain, the accurate elevation values of the mooring water area and the turning water area of the survey area are obtained. Experiments show that the SeaBat T20-P multi-beam sounding system can achieve high-accuracy underwater three-dimensional terrain acquisition. The research results in this article provide references for related engineering applications.

Key words:multi-beam sounding system; inertial navigation system; sea sweeping measurement; mooring waters

0 引言

随着我国海洋大开发战略的深入推进,对海岛的开发利用成为一项基础性工程,而海岛周边海域的地形地貌数据则是十分关键的支撑数据。海底地形测量是一项基础性海洋测绘工作,主要通过测量海底点的三维坐标来构建海底地形地貌^[1]。海底地形测量的核心是水深测量^[2],长期以来,水深测量经历了从人工到电子化,再到单波束技术的变革。近年来,又从基于单波束的点线测量模式发展到基于多波束的面状全覆盖测量模式^[3],极大地提高了测量精度和效率。水深测量技术需要与定位技术同步结合才能获得水深点的三维坐标,目前主要借助全球卫星导航定位技术来实现水深点的定位^[4]。在应用中可以根据需要选择 RTK、PPK、PPP 等技术,3 种定位

技术均可获得厘米级的垂直解,实际工作中多采用基于区域 CORS 系统、单基准站 CORS 或者临时基准站实现测区的定位。水深测量技术还需搭载稳定的船体才能实现在海域内的测量,同时还需同步开展潮位、定位和声速测量,以提高测量精度^[5]。为了获得某海岛停泊水域、回旋水域水下地形,本文将 SeaBat T20-P 多波束测深系统应用于海岛周边海域的地形测量,详细地介绍了多波束测深关键技术和精度提高方法,并采用与主测线方向垂直的检查线和单波束检查线进行内外符合检查,获得了海岛停泊水域、回旋水域的水下三维模型图。

1 多波束测深技术

多波束测深系统是近年来广泛采用的水深测量系统,具有分辨率高、精度高、覆盖范围大、自动化成图、效率高等特点^[6]。该系统由多个角度固定的正交换能器组

收稿日期:2020-12-24

作者简介:余启义(1986-),男,福州罗源人,工程师,学士,主要从事海洋测绘与 GIS 应用工作。

成,换能器向水下发射声波,再通过接收器得到与行船方向垂直的窄波束,据此探测水下地形数据^[7]。因采用探测仪器的不同,多波束测深系统在进行水深测量的作业过程和测量精度也存在很大差异。SeaBatT20-P 多波束测深仪是一套使用简单的便携式系统,具有超高分辨率和独特的横摇稳定功能,它以 165°的覆盖宽度采集水深数据,拥有独特波束形成技术,最大水深可达 500 m。其具备多频功能,可以通过在线切换有效解决频率干扰问题,也可以通过在线调节条带覆盖角度,获得超多的波束个数^[8]。

2 工程应用

某海岛海洋工程二期工程新建码头,码头长为 105 m,宽为 15 m,可停靠 1 000 t 级交通艇。码头前沿停泊水域宽度 25 m,设计底标高为-5.3 m(当地理基,下同);回旋水域直径 213 m,设计底标高为-5.8 m。为了准确获取该码头停泊水域、回旋水域水下地形的开挖情况,需要对该区域进行水下地形测量,测量范围如图 1 所示。

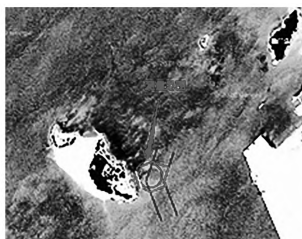


图 1 测区范围

Fig. 1 Measuring area range

将 SeaBat T20-P 多波束测深系统应用于该区域水深测量。多波束测深精度除了与仪器本身性能有关以外,还与定位精度、潮位改正、声速改正、参数校正等因素密不可分^[9]。为提高定位精度,采用 POS MV SURFMASTER 惯性导航系统用于本次导航和姿态控制,其定位精度 1 cm,横摇纵摇精度 0.03°,航向精度 0.06°。声速测量采用 Minisvp 声速剖面仪 1 台,其测速分辨率为 0.001 m/s,测速精度为 0.03 m/s,设立临时潮位站进行人工同步潮位观测,用于多波束后处理数据的潮位改正。换能器在安装过程中会产生几何误差,为保证多波束水深测量的精度,需进行多波束系统参数的校正^[10],校正参数包括横摇偏差、纵摇、首摇,同时还需要校正数据传输延迟引起的定位时延。

3 测量过程

3.1 设备安装

以换能器与水面交点为坐标原点,姿态位置和换能器成一条垂线,这样可以保证位置没有任何偏移,而且换能器摇摆也和姿态是完全同步的,尽量避免修正的误差。换能器吃水 1.18 m,超过船体吃水,姿态传感器安装在能准确反映测船或多波束换能器姿态的位置,其方向线平行于船的首尾线。具体安装如图 2 所示。

3.2 多波束校准

SeaBat T20-P 采集系统因采用 PPS 时间同步,在实

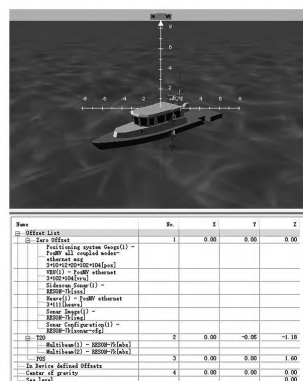


图 2 仪器安装位置示意图

Fig. 2 Schematic diagram of the installation position of the instrument

际测量过程中影响较小,故不做时间延迟这一项校准。其他 3 个参数误差会影响测深精度和位置精度,所以海上测量之前对这些参数进行专门的测定。在测区附近水域布设了多波束校准区,且校准区水下地形有明显起伏变化,校准区域的平均水深须大于测区的最大水深。选择 2 条航线作为校准线,设置测线断面间距为 30 m,断面长度约 200 m,条带间的重叠度达 80%,根据测区测量船及所用设备的具体情况设定多波束发射、接收单元的关键参数,一套参数尽量适用于整个测区或预计分区施测的某一体区域。校准项目的顺序横摇倾角、纵摇倾角、艏摇,测量之前在校准区按照设计好的顺序和速度扫测航线,具体如下:

横摇偏差:在平坦海区布一条测线,测量船以相同速度在测线上往返行驶 2 次。

纵摇:选择一个海底孤立目标,在目标的正上方布设一条测线,测量船航行 2 次,采集同一条测线 2 次数据,2 次测量的航速相同,方向相反。

首摇:选择一个海底特殊目标,在其两侧平行布设 2 条测线,测线间隔使一条测线的边缘波束覆盖另一条测线的航迹(大约 2 倍水深)。测量船以相同方向相同航速沿 2 条测线分别采集 2 组数据。

横摇偏差、纵摇、首摇解算后,获得系统校准参数,见表 1。

表 1 校准参数统计表(单位:度)

Tab. 1 Calibration parameter statistics table(unit: °)

横摇偏差	纵摇	首摇
0.57	-0.46	-0.75

3.3 声速改正

使用 MiniSVP 型声速剖面仪在不同时段分层测出测区声速剖面,根据声速剖面文件,在内业处理时用 PDS2000 软件对多波束水深数据进行声速改正。当日天气为阴天,气温 22℃—28℃,风力为微风,声速测量结果如图 3 所示。

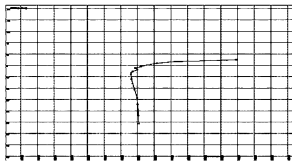


图 3 声速测量结果

Fig. 3 Sound velocity measurement results

3.4 潮汐改正

为有效控制测区内潮位变化,本次测量在码头进行验潮,观测数据均记录至 0.01 m,扫海测量前 10 min 开始观测,测量结束后 10 min 停止观测,潮位数据整理成规定的格式,供多波束后处理软件进行潮汐改正。

3.5 平面定位

平面定位全部集成在 POSMV 姿态内,POSMV 通过互联网连接上福建省 CORS 网后达到 RTK 精度,在扫测之前,事先将校准好的 V30RTK 在 POSMV 相位中心进行定位精度检测,通过便携机采集数和 RTK 数据比对,结果表明,中误差小于 0.02 m,符合《水运工程测量规范》要求。在多波束系统安装完毕后,使用钢卷尺对多波束探头、姿态传感器的相对位置进行准确的丈量,并将相应的位置信息输入到导航和采集软件中。

4 数据处理

4.1 多波束测量精度检验

为检查多波束测量的精度,布设了与主测线方向垂直的检查线,进行内符合检查,布设了单波束检查线,进行外符合检查^[11]。统计结果表明:内符合满足规范要求的重合点差值百分比为 97.32%,外符合满足规范要求的重合点差值百分比为 95.24%,均优于《水运工程测量规范》的限差要求。内、外符合精度统计情况见表 2。

表 2 内、外符合统计表

	比对总点数	超限点数	超限点数占比
内符合统计	560	15	2.68%
外符合统计	189	9	4.76%

4.2 水底地形分析

采用 PDS2000 多波束后处理模块 Editing 进行数据处理,先创建一个文件集,然后调用采集好的 *.pds 文件,再加载水位文件、声速文件、校准参数后,然后使用 PDS2000 强大的自动消除噪声和错误点剔除功能过滤一遍后,再进行人工详细处理,最后生成 1 m 格网文件,接着用 Grid Model Editor 将格网文件生成最浅点数据,再用 Hypack 数据排序程序根据比例尺进行位置提取并生成浅点数据,最后数据文件转换成 DAT 的文件供南方 CASS7.0 成图软件生成水深图。通过多波束的扫测,形成水底三维模型图,如图 4 所示。

通过多波束扫测情况表的数据可以得出,码头停泊水域最小水深为-5.32 m,回旋水域最小水深为-6.18 m,停泊水域边坡断面检测 19 个,通过率为 100%,均达到设计底标高的要求。详细数据见表 3。

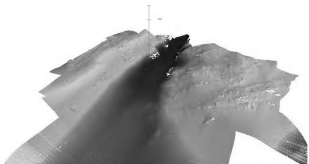


图 4 水底三维模型图

Fig. 4 3D underwater model

表 3 测区测量结果

Tab. 3 Measurement results of the measurement area

区域	设计底 高程 (m)	总测 点数 (个)	浅点数 (个)	最浅点 高程 (m)	最深点 高程 (m)	平均 高程 (m)
停泊水域	-5.3	311	0	-5.32	-8.00	-6.42
回旋水域	-5.8	3 814	0	-6.18	-36.33	-24.20

5 结束语

为获取某海岛停泊水域水下地形情况,采用 SeaBat T20-P 宽带多波束测深系统结合 POSMV 进行扫海测量,获得了停泊水域、回旋水域可视化和量化的地形数据。内外符合精度的统计结果表明,基于 SeaBat T20-P 多波束测深系统的扫海技术,能够保证测量精度。本文的研究结果可以为相关工程应用提供参考。

参考文献:

[1] 周立,张阳,张一,等.无人海洋测绘技术体系构建[J].测绘通报,2019(4):130-133.

[2] 赵建虎,欧阳永忠,王爱学.海底地形测量技术现状与发展趋势[J].测绘学报,2017,46(10):1786-1794.

[3] 张同伟,秦升杰,唐嘉陵,等.深水多波束测深系统现状及展望[J].测绘通报,2018(5):82-85.

[4] 翟国君,黄谟涛.海洋测量技术研究进展与展望[J].测绘学报,2017,46(10):1752-1759.

[5] 陆秀平,黄谟涛,翟国君,等.多波束测深数据处理关键技术研究进展与展望[J].海洋测绘,2016,36(4):1-6,11.

[6] 管孝汉.多波束测深技术优势与海洋测绘新思路[J].中国水运,2019(5):51-52.

[7] 耿智海,杨俊凯,颜惠庆,等.多波束测深系统在水下整治建筑物的检测应用[J].中国港湾建设,2019,39(4):59-62.

[8] 罗劲松.浅谈 RESON SeaBat T20-P 多波束在内河航道的应用[J].中国水运(下半月),2019,19(1):148-149,196.

[9] 付五洲,舒国栋,李涛,等.高分辨率多波束测深系统在长江口河底目标物探测中的应用[J].水利水电快报,2019,40(10):16-18.

[10] 黄辰虎,陆秀平,欧阳永忠,等.多波束水深测量误差源分析与成果质量评定[J].海洋测绘,2014,34(2):1-6.

[11] 叶昆平.水下地形测量精度评定的方法研究[J].地理空间信息,2020,18(8):73-75,93.

[编辑:任亚茹]