

基于组合定位技术的多波束海洋地形测量

郑伯桢¹ 周长江¹ 葛俊涛²

(1. 韶关市国土资源技术中心 湖南韶关 512026; 2. 河南省地质矿产勘查开发局测绘地理信息院 河南郑州 450006)

摘要: 当前在海洋地形测绘中,主要采用 GNSS 导航定位与水声探测设备相结合的方式水下地形测绘。但由于 GNSS 导航定位技术在部分远海海域观测信号质量差,定位精度低,影响了海洋地形测绘的精度。为有效提高定位精度,使用 GNSS 与 INS 相结合的组合定位模式,采用 PP-RTX 技术对观测数据进行后处理。同时,将该组合定位技术与多波束水深测量技术相结合,应用于某海域地形测绘,获取测区的三维地图。精度分析结果表明,该方法可进一步提高数据的可靠性,从而提高海洋地形测绘精度。

关键词: 海洋测绘; 组合定位; 多波束水深测量; 事后实时扩展

中图法分类号: P229.1

DOI: 10.20007/j.cnki.61-1275/P.2022.03.11

Multi-Beam Ocean Topographic Survey Based on Technology of Integrated Positioning

ZHENG Bozhen¹ ZHOU Changjiang¹ GE Juntao²

(1. Shaoguan Land and Resources Technology Center, Shaoguan, Hunan 512026, China;

2. Institute of Surveying Mapping and Geoinformation, Henan Geologic and Mineral Exploration Development Bureau Zhengzhou, Henan 450006, China)

Abstract: At present, the combination of GNSS and underwater acoustic detection equipment is mainly used to complete underwater topographic surveying and mapping in marine topographic surveying and mapping. Due to the poor quality of observation signals and low positioning accuracy in some distant sea areas, GNSS affects the accuracy of marine topographic surveying and mapping. In order to improve the positioning accuracy effectively, this paper adopts the combined positioning mode combining GNSS and INS, and uses the PP-RTX technology to post-process the observation data. At the same time, the paper combines the combined positioning technology with the multi-beam bathymetric survey technology and applies it to the topographic surveying and mapping of a certain sea area to obtain a 3D map of the area. The results of precision analysis show that this method can further improve the reliability of data and the precision of marine topographic surveying and mapping.

Keywords: Hydrographic Surveying and Charting; Integrated Positioning; Multi-Beam Bathymetric Survey; PP-RTX

全球卫星导航系统(Global Navigation Satellite System, GNSS)是海洋测绘中广泛使用的定位系统^[1],可以提供高精度的导航定位信息,但是在远海海域、海洋岛礁和跨海大桥等区域,GNSS 信号质

量差,经常出现导航数据丢失的情况^[2],影响了海洋测绘精度。惯性导航系统(Inertial Navigation System, INS)能在不依赖外界信息的情况下提供连续稳定的导航信息,被广泛应用于各类运动载体

收稿日期: 2021-08-13

第一作者简介: 郑伯桢,工程师,现主要从事测绘地理信息相关工作。

中^[3]。基于 GNSS 与 INS 相结合的组合导航定位模式,能提供稳定、精确的定位和定向数据,可以在任何介质和任何环境下实现导航^[4],尤其在 GNSS 信号较弱的区域,结合 INS 提供高精度的定位和姿态数据^[5],数据输出稳定,短期定性好。

在组合导航定位模式中,GNSS 定位依然采用基准站与流动站差分来实现^[6],其定位精度仍会受到基准站架设距离的影响,在一些难以架设基准站的海域无法实现差分定位。事后实时扩展(Post-Processed Real-Time Extended, PP-RTX)技术的出现弥补了这一缺陷,它将基于参考站的差分全球卫星导航系统的高精度与全球卫星校正的高效广域覆盖相结合,能在不采用基准站、电台或网络参考站的情况下,实现厘米级的定位服务^[7]。

本文采用组合导航定位模式与多波束水深测量相结合的方式,完成了某远海海域地形测量,并采用

PP-RTX 技术进行数据后处理,最后获取测区三维地形,精度分析结果表明了本文方法的有效性。

1 组合导航定位技术

在海洋测绘中,多采用 POS MV (Position and Orientation Systems for Marine Vessels) 系统来实现组合导航定位。POS MV 系统主要由定位定姿计算机系统 (Positioning and Attitude System Computer System, PCS)、惯性测量单元 (Inertial Measurement Unit, IMU) 和天线组成,其工作原理如图 1 所示。其中,PCS 包含两台 220 通道的 GNSS 接收机和处理器单元,对 GPS、GLONASS、BeiDou、Galileo 和星站差分系统都具有较好的兼容性;IMU 包含 3 个高质量的加速度计和 3 个高精度的陀螺仪^[8],采用经过卡尔曼滤波的估算数据,实现导航解决方案的误差控制矫正^[9],从而提供稳定、精确的定位和定向数据。

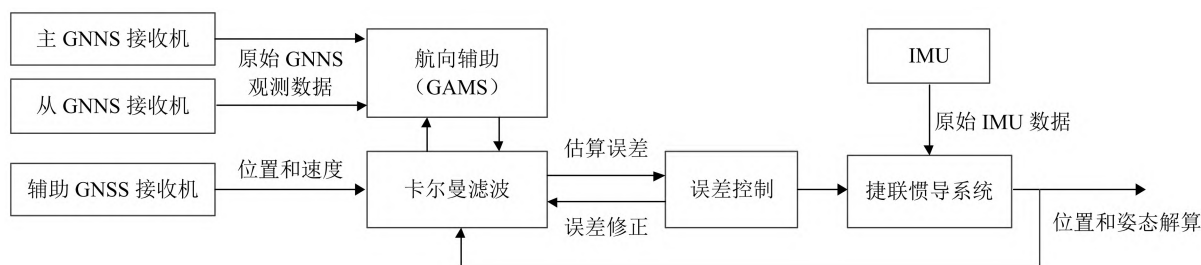


图 1 POS MV 系统工作原理

Fig. 1 Working Principle of POS MV System

为了提高测量精度,POS MV 系统采用微秒级的时间精度对位置(经度、纬度和高程)、方向(横摇角、纵摇角和航向角)、涌浪、速度和性能指标进行时间同步,将 GNSS 数据与 IMU 的角速度和加速度数据进行融合^[10]。同时,为了消除时间同步差,该系统可以与多波束水深测量系统保持同精度的时间同步^[11],将时间同步差由毫秒级提高到微秒级。该系统采用 PP-RTX 数据处理方法,能实现厘米级的定位精度。

POS MV 系统综合了 GNSS 与 IMU 两个系统的优势,当一个系统不能工作时,另一个系统也能提供稳定的导航解算,进一步提升了海洋测量精度,为各种纬度和动态状况下的作业船只提供稳定、精确的地理参考。

2 工程应用

2.1 扫海测量

为了获取某海岛海域地形图,需进行多波束全

覆盖测量、潮汐观测和声速剖面测量等扫海测量工作,测区面积约为 0.78 km²。

项目采用 Teledyne ReaSon SeaBat T20-P 便携式多波束测深系统采集水深数据。SeaBat T20-P 便携式多波束测深系统的工作频率为 200/400 kHz,波束数目有 512 条,最大水深可达 500 m,扫测最大角度为 165°,系统连接如图 2 所示。

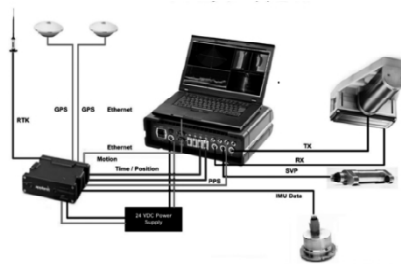


图 2 SeaBat T20-P 多波束测深系统

Fig. 2 SeaBat T20-P Multi-Beam Sounding System

多波束水深测量系统收发控制单元安装在船舶

上,通过采集软件控制多波束水深测量系统的工作状态。导航定位系统安装在船舶的顶部,通过导航控制软件实时显示船舶的航行信息。将安装设备固定后,测量多波束探头、光纤罗经与 GNSS 天线的位置和方位,并进行位置改正及仪器调试。由于本测区附近无法架设基站,也无法在短时间内获得高精度的基线解算结果,仅采用 GNSS 定位技术无法获得合格的水深测量结果。因此,多波束测深仪采用 POS MV 系统进行动态定位,导航定位、姿态数据通过 1 PPS(Pulse Per Second) 进行时间同步。

多波束水深测量系统中的纵摇、横摇及时间同步误差会影响测量精度,需要进行校准。SeaBat T20-P 便携式多波束测深系统因采用 POS MV 系统进行定位,时间同步误差影响较小,故不需要做时间延迟这项校准。在测区内寻找具有明显起伏变化或具有一定坡度的地形,布设两条航线作为校准线,根据测区水深情况设置测线间距为 30 m,线路长度 80 m,条带间的覆盖率达 70%,在校准区按照设计好的顺序和速度扫测这两条航线。获取数据后在 PDS2000 多波束模块中使用第一条测线数据计算横摇和纵摇参数,用第二条测线和第一条测线同向数据计算出偏差参数,最后进行检核,得到 SeaBat T20-P 便携式多波束测深系统的校准参数,详见表 1。

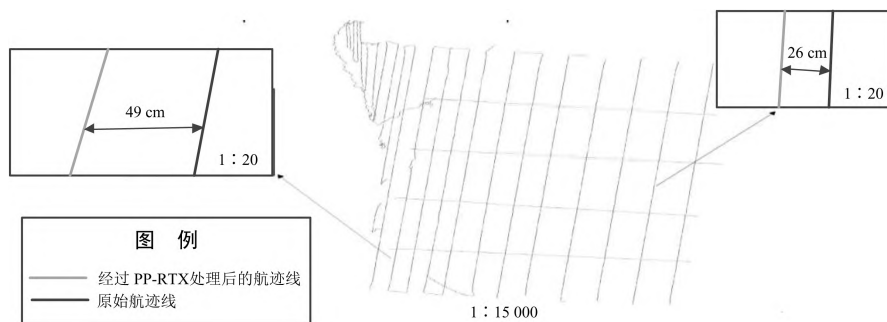


图3 改正前后的航迹

Fig.3 Tracks before and after Correction

水深数据采用 PDS2000 多波束 Editing 后处理模块进行处理。首先,加载水位文件、声速文件和校准参数,使用 PDS2000 强大的自动消除噪声和错误点剔除功能进行过滤,再进行人工详细处理,生成 2.5 m 格网文件;其次,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,分别将数据文件转换成 DAT 文件,使用南方 CASS7.0 成图软件生成水深图。海域三维模型如图 4 所示。

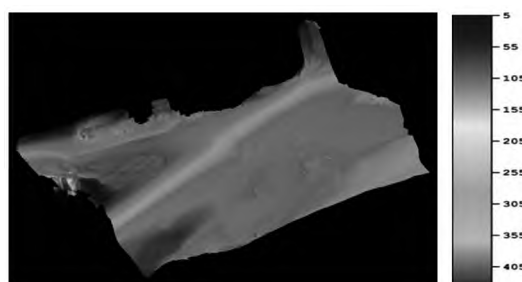


图4 海域三维模型

Fig.4 3D Model of Sea Area

表1 参数校准情况

Tab.1 Parameter Calibration Situation

校正参数	横摇偏差/(°)	纵摇/(°)	首摇/(°)
校正值	0.47	-0.32	-0.55

在扫海测量的同时,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。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。

使用 Teledyne ReaSon 公司自带的控制软件,严密监控多波束探头的信号情况,实时调整波束角、量程和功率,以消除噪声,保证信号的准确度。采用船载走航连续测量方式进行水深扫测。

2.2 数据处理

POS MV 导航数据使用 POSpac 数据处理软件进行处理。首先,导入 POS 数据,选择 PP-RTX 解算模型,从 RTX 服务器中检索下载 1 组精确的卫星改正数据进行高精度定位,获取改正后的航迹;其次,将改正后的坐标信息数据替换多波束水深数据中的坐标信息,并和水深数据进行融合,以提高坐标定位精度。改正前后的航迹如图 3 所示。

2.3 精度分析

利用 POSpac 数据处理软件分析本次测量中 POS MV 系统的定位精度,其诊断质量控制报告显示:平面定位均方根误差、加速度均方根误差及横摇

纵摇均方根误差均符合精度要求,具体详见图 5,因此,本次测量的均方根误差、加速度均方根误差及横摇纵摇均方根误差精度均满足相关规范要求,表明本次扫海测量中 POS MV 系统定位是有效的。

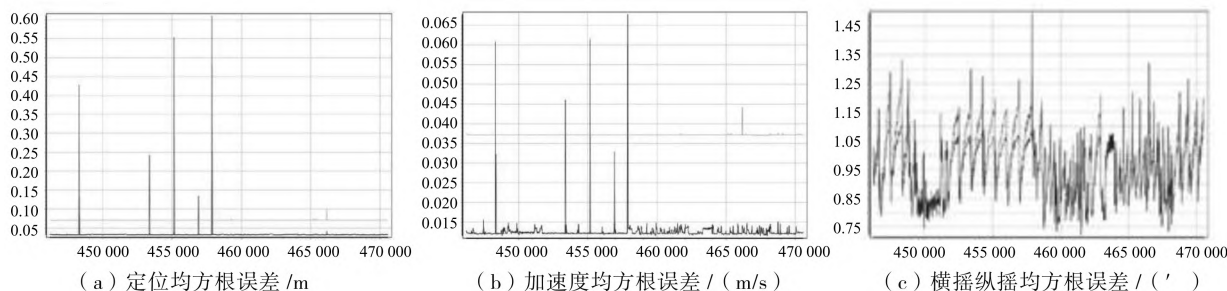


图5 定位精度统计

Fig. 5 Statistics of Positioning Accuracy

为检查多波束水深测量的精度,布设了与主测线方向垂直的检查线,进行内符合精度检查。

根据采集的数据,统计满足规范要求的重合点差值百分比,其值为 99.12%,优于《水运工程测量规范》的限差要求,表明数据可靠性较高。超限点统计结果见表 2。

表2 超限点统计

Tab. 2 Statistics of Overrun Points

总点数/个	超限点数/个	占总点数的百分比/%
2 630	23	0.88

3 结 语

现代海洋地形测绘技术融合了导航定位技术、多波束水深测量技术和潮位观测等内容,体现了多技术、多系统的集成化应用成果,它们的任何技术方法的改进都有利于海洋测绘的发展。本文采用 GNSS 与 INS 相结合的组合定位模式,采用 PP-RTX 技术对观测数据进行数据后处理,进一步提高了数据可靠性。同时,将该组合定位技术与多波束水深测量技术相结合进行海洋地形测绘,实践结果表明,该方法能够提高海洋地形测绘精度。

参考文献

- [1] 刘经南,陈冠旭,赵建虎,等.海洋时空基准网的进展与趋势[J].武汉大学学报:信息科学版,2019,44(1):17-37.
- [2] 杨彬,何林帮,汪佳丽.POS MV OceanMaster 系列数据格式解译及其应用[J].海洋测绘,2018,38(2):38-42.
- [3] 郭银景,孔芳,张曼琳,等.自主水下航行器的组合导航系统综述[J].导航定位与授时,2020,7(5):107-119.
- [4] 韩勇强,李利华,陈家斌,等.地面无人作战平台导航技术发展现状与趋势[J].导航与控制,2020,19(Z1):96-110.
- [5] 陈锐志,王磊,李德仁,等.导航与遥感技术融合综述[J].测绘学报,2019,48(12):1507-1522.
- [6] 吴敬文,付五洲,薛剑锋.沿岸多模式 GNSS 三维水深测量方法研究[J].海洋测绘,2019,39(3):41-44.
- [7] 杨国柱,王和平,邹彪,等.基于 PP-RTX 技术的机载 POS 定位精度分析[J].导航定位学报,2020,8(5):92-96.
- [8] 李忠利,刘小锋,陈修魁,等.基于信息融合的拖拉机组合导航定位系统研究[J].农业机械学报,2020,51(8):382-390,399.
- [9] 陈映秋,旷俭,牛小骥,等.基于车轮安装惯性测量单元的车载组合导航[J].中国惯性技术学报,2018,26(6):799-804.
- [10] 卢艳军,陈雨荻,张晓东,等.基于扩展 Kalman 滤波的姿态信息融合方法研究[J].仪器仪表学报,2020,41(9):281-288.
- [11] 冯义楷,丁继胜,杨龙,等.基于 GNSS 方位辅助惯性导航系统的水下地形精密测量技术[J].海洋技术学报,2019,38(5):43-48.