

Research on High-Precision Mapping Method of Marine Topography Based on Multi-Beam Bathymetry Technology

Dongxiang Yu

Zhonghai Huigu Geoscience Services (Shenzhen) Co., Ltd., Tianjin, 300450, China

Abstract

Multi-beam sounding technology can simultaneously emit multiple beams to achieve comprehensive, efficient and precise detection of Marine topography. It not only greatly improves the measurement efficiency, but also significantly enhances the integrity and reliability of the data. Based on this, the article first introduces the principle of multi-beam bathymetry technology, and analyzes the characteristics of high-precision mapping of Marine topography based on multi-beam bathymetry technology from four aspects: configuring advanced transducer arrays, band measurement methods, precise measurement performance, and high-precision data map generation. It also constructs the high-precision mapping process of Marine topography based on multi-beam bathymetry technology. And an outlook for the subsequent development was made.

Keywords

Marine topography High-precision surveying and mapping Multi-beam sounding technology

基于多波束测深技术的海洋地形高精度测绘方法研究

余冬祥

中海辉固地质服务(深圳)有限公司, 中国·天津 300450

摘 要

多波束测深技术能够同时发射多个波束,实现对海洋地形的全面、高效、精准探测,不仅极大地提升了测量效率,也显著增强了数据的完整性和可靠性。文章基于此,首先介绍了多波束测深技术的原理,并从配置先进的换能器阵、带状测量方式、精准测量性能、高精度数据图生成四个方面,分析了基于多波束测深技术的海洋地形高精度测绘的特点,构建了基于多波束测深技术的海洋地形高精度测绘流程,并对后续发展做了展望。

关键词

海洋地形;高精度测绘;多波束测深技术

1 引言

在致 2019 中国海洋经济博览会的贺信中,总书记指出“海洋对人类社会生存和发展具有重要意义,海洋孕育了生命、联通了世界、促进了发展”^[1],充分凸显了海洋的战略意义,为新时期海洋开发与海洋强国建设指引了方向。海洋地形测绘作为海洋强国建设的基础性工程,指采用现代化的测绘技术、方法,对海洋底部及相关区域的测量、描绘和分析,具体内容包括海底深度测量、海底地形地貌特征测绘、海洋地质构造探测等。海洋地形测绘具有多元化的价值,一方面,其能为海洋资源开发、海洋科学研究、海洋工程建设等提供参考依据,另一方面,其也是保障航海安全的必要工作^[2]。以往,受技术条件的限制,海洋地形测绘面临着精度不高的问题。随着时代的不断发展,海洋地形测绘技术也迎

来了前所未有的变革。多波束测深技术是一种新型的测绘技术,在海洋地形测绘中有着广阔的应用空间。因此,要加强多波束测绘技术在海洋地形测绘中的应用,提高海洋地形测绘精度。

2 多波束测深技术概述

多波束测深技术为综合性探测技术,由换能器、发射基阵、接收基阵、数据采集与处理系统、定位系统、辅助传感器等多个部分构成。发射基阵、接收基阵是多波束测深技术的核心,前者以扇形波束形式向水下投射航迹线方向狭窄,但垂直航迹线方向宽广的高频声波,实现大面积高精度扫描,后者则以相反的配置,接受反射回的声波信号,并利用波束形成技术,将反射回的信号转换为多个独立的水深测量点^[3]。与传统的单波束测深技术相比,多波束测深技术单次测量便能获取上百个采样点的水深信息,并且,其测量条带覆盖范围是水深的 2-8 倍。因此,自诞生以来,多波束测深技术便被应用于海洋地形测绘中,并且,随着技术的不断

【作者简介】余冬祥(1989-),男,中国湖北荆州人,本科,助理工程师,从事海洋工程测量等研究。

发展,多波束测深技术的测绘精度持续提高。

3 基于多波束测深技术的海洋地形高精度测绘特点

3.1 配置先进的换能器阵

换能器阵是多波束测深技术的核心部件,由多个换能器按照一定的规则,在平面或曲面上排列而成,主要功能是发射并接收声波信号,并将接受到的声波信号,转换为电信号,为后续的数据分析与处理提供依据。换能器阵的性能,如发射频率、波束宽度等,对多波束测深技术的测量效果有着直接的影响。换能器阵的排列方式主要有直线形、圆形两类,并且,二者在海洋地形测绘中有着不同的适用场景。对大面积测量而言,可采用圆形排列的换能器阵,其具有更广阔的覆盖区域,能够实现大面积快速测量的目标,而对小范围精确测量而言,可采用直线形排列的换能器阵,其具有高精度测量的优点,能够提供更高的分辨率。

3.2 带状测量方式

传统的单波束测深技术为点式测量,难以保障海洋地形测量的连续性和全面覆盖性,由此导致的结果便是测量数据缺失以及地形数据遗漏,不利于把握海洋地形的全貌。多波束测深技术采用的为带状测量方式,即同时发射多个波束,并接收反射回来的信号。带状测量方式克服了点式测量断裂性、覆盖范围小的缺陷,不仅可以极大地提高海洋地形测量的效率,也能精准捕捉海洋地形的细微变化。带状测量的优越性能,强化了多波束测深技术在海洋地形测绘中的应用价值。

3.3 精准测量性能

对海洋地形测绘而言,测量数据的精确性,是高精度测绘的前提,而多波束测深技术则在提高测量数据的精确性有着显著的优势。海洋地形测绘受到多种因素的影响,恶劣的天气条件、复杂的海况等,均会影响测量数据的精准性。多波束测深技术配有高精度导航设备,如光纤罗经、集成运动传感器等,这些高精度导航设备能够实时捕捉动态数据,有效降低了其他因素对测量数据的影响。并且,多波束测深技术配置的数据处理系统,能够精确处理、实时校正测量数据,最大限度减少了数据误差,保证了测量结果的准确性。

3.4 高精度数据图生成

多波束测深技术配有功能强大的数据处理与数据图生成软件,该软件能够对采集而来的数据,进行多样化的处理和分析,并根据海洋地形测绘的需求,生成不同类型的高精度数据图,如测量深度图、水深等值线图、地形模型图、地形阴影图、彩色水深图等。这些高精度的数据图,具有广泛的应用价值,不仅能够让科研人员直观、准确地了解海洋地形,为科学研究提供帮助,也为与海洋相关的决策,提供了科学依据。更为难得的是,软件同样具有质量报告生成功能,能够根据测绘的目标、过程、内容等,生成全面、细致的测

绘质量报告,对测绘进行全面的评估、总结,这为后续海洋地形测绘工作的开展提供了可靠的依据^[5]。

4 基于多波束测深技术的海洋地形高精度测绘流程

4.1 设备安装与调试

设备安装与调试,是多波束测深技术在海洋地形测绘中应用的第一步。首先,做好换能器的安装以及辅助设备的配置。换能器作为多波束测深技术的核心部件,其安装位置的选择,对测量结果的准确性有直接的影响。考虑到船舶航行的习惯以及作业的难易程度,换能器一般安装于测量船的左舷,GNSS天线、POS MV惯导系统等辅助设备,多紧邻换能器杆架设。船舶姿态变化易导致定位误差,这种配置方式,能够将定位误差最小化,保证测量结果的准确性。其次,设备校准与调试。在正式测量前,从角度、发生功率、时间等维度,校准换能器,确保其能够准确发射及接收声波信号。同时,根据测量区域的深度以及海洋地形的复杂程度,对设备的发射频率、波束宽度、采样间隔等参数,进行调试,确保设备处于最佳作业状态。

4.2 数据采集

多波束测深技术应用中的数据采集,既包括多波束测深数据的采集,也包括相关辅助数据的采集。多波束测深数据的采集即声波信号的采集,换能器的接收基站,接收反射回的声波信号,将其转化为电信号,通过对声波信号发射、接收时间的计算,准确得出海底各点的深度信息,同时,将深度值、方位角、波束角等测量数据记录下来,形成多波束测深数据文件。海洋地形高精度测绘同样离不开大量的辅助数据,如横摇、纵摇、艏向信息等测量船的姿态数据,又如,风速、风向、浪高、海流等气象水文数据。多波束测深系统配备的姿态传感器、气象水文传感器,能够动态捕捉辅助数据,并将其传输至数据处理系统,为辅助数据、多波束测深数据的集成化分析与处理提供支持。此外,GIS系统提供的高精度的三维坐标信息,也是数据采集的重要方面。

4.3 数据处理

多波束测深技术的数据处理系统,能够对采集而来的数据进行处理,首先,回声信号处理。接收信号捕捉的回声信号,存在着背景噪声、混响噪声等,这些噪声会影响测量结果的准确性。数据处理系统通过滤波算法,将噪声从回声信号中去除,提高回声信号的质量,然后,处理后的回声信号进行转化与分析,提取海洋地形信息。其次,地形建模。对数据进行网格化处理,并依据海洋地形的复杂情况以及海洋地形测绘的精度要求,确定网格间距,接着,利用数据处理系统,对海洋地形建模,生成直观、具象的海洋地形三维模型,利用三维模型进行各种数据分析,为后续的成果输出与应用奠定坚实的基础。最后,质量控制。围绕连续性、一致性、重复性等指标,评估数据质量,对存在质量问题的数

据,重新测量,同时,采用精度测试、对比分析等方式,评估海洋地形测绘的精度。

4.4 成果输出与应用

成果输出与应用是基于多波束测深技术的海洋地形高精度测绘的最后一环,从成果输出的角度而言,多波束测深技术自带的软件,能够以多种形式输出海洋地形测绘的结果,具体有海底地形图、地形剖面图、三维地形模型等。以海底地形图为例,其为最常见的、最基本的海洋地形图,多波束测深技术输出的高精度海底地形图,不仅分辨率高,且能以等深线图的方式,直观呈现海洋地形的起伏变化,并准确标注出不同深度区域的范围及特征。从成果应用的角度而言,海洋地形测绘服务于海洋强国战略,多波束测深技术输出的成果,具有多元化的应用价值,而对输出结果的高效应用,也是充分发挥多波束测深技术作用的必然要求。以海洋科学研究为例,海底地形图、三维地形模型等输出结果,有助于研究人员了解海洋地质构造、海底地貌演化、海洋生态环境等方面的信息。

5 基于多波束测深技术的海洋地形高精度测绘展望

5.1 标准化

标准化建设是进一步发挥多波束测深技术在海洋地形测绘中作用的重要手段,也是多波束测深技术的发展趋势,具体内容包括设备标准化、数据采集标准化、数据处理标准化、质量控制标准化等。以数据处理标准化为例,数据处理标准化主要指数据存储格式的标准化以及数据采集流程的标准化,前者指从数据深度、波束角度等方面,统一多波束测深数据的存储格式,使其能够被不同的数据处理系统读取、处理,后者则指构建标准化的数据处理流程,确保数据处理结果的一致性。

5.2 智能化

人工智能以模拟和延展人类的智能为主要特点,是当前数字技术的热点。随着人工智能应用领域的不断拓展,人类社会步入人工智能时代,智能化也成为多波束测深技术的重要发展趋势。海底地质类型主要有淤泥型、砂质型、岩石型等多种类型,搭配人工智能算法的多波束测深技术,能够

精准识别海底底质类型,从而提高海洋地形测绘的效率,并且,人工智能强大的预测能力,也有助于海洋地形测绘中异常区的预测。基于人工智能的实时数据处理系统,能够改变数据图的生成方式,实现边测量便成图。

5.3 协同化

海洋地形测绘是一项综合性的工程,多波束测深技术与其他技术的联合运用,能够进一步提高海洋地形测绘的精准性。YEU Y 等的研究显示,多波束测深技术与激光雷达的结合,极大地提高了多波束测深的精度^[6]。当前,海洋地形测绘正处于蓬勃发展中,除多波束测深技术外,浅地层剖面探测技术、侧扫声呐探测技术、单道地震勘探技术等,均在海洋地形测绘中有着重要的作用。这些技术有着不同的技术原理、特点以及适用范围。多种技术的联合运用,可以避免单一技术在海洋地形测绘中局限性。

6 结语

我国为海洋大国,正向着海洋强国的方向迈进。海洋地形测绘,是海洋强国建设的基础性工作,对于海洋的开发有着重要的意义。多波束测深技术是海洋地形测绘中的常用技术,能够有效提高海洋地形测绘的精度,并且,当前多波束测深技术正向着标准化、智能化、协同化的方向发展,这进一步强化了多波束测深技术在海洋地形测绘中的应用价值。

参考文献

- [1] 习近平致2019中国海洋经济博览会的贺信[N].人民日报,2019-10-15(01).
- [2] 龚强.我国海洋测绘市场、海洋测绘技术综述[J].信息技术,2021(01):12-17,22.
- [3] 董雨.多波束测深系统在海洋航道测量中的应用研究[J].工程技术研究,2023,8(15):122-124.
- [4] 易远钦,苏庆.多波束测深系统在海洋航道测量中的应用研究[J].珠江水运,2025(02):117-119.
- [5] 王文杰.基于单波束多波束测深系统的海洋航道测量方法[J].电子测量技术,2019,42(08):5-51.
- [6] 林海文,蚁群川,方杰.几种探测方法在海洋地形测绘中的应用[J].测绘与空间地理信息,2023,46(06):188-194.