

水下地形测量中数字化测绘技术的实践应用

袁一 董聪慧 董亚萍

生态环境部太湖流域东海海域生态环境监督管理局生态环境监测与科学研究中心, 上海 200125

[摘要]随着我国高新经济的全面发展, 水下地形测量在海洋科学研究和资源开发领域越来越受到关注。然而, 由于我国水下地形测量的发展起点相对较低, 因此需要依托国内外相关技术的结合与创新来解决该领域面临的种种挑战。数字化测绘技术在水下地形测量中的应用对于我国深入了解海洋、湖泊和河流水下地形, 以及推动相关资源开发具有重要意义。文中主要对数字化测绘技术在水下地形测量中的应用进行了分析, 并深入探讨了该课题的实际意义。这将为我国海洋科学研究和水下资源开发提供重要的技术支持和指导。

[关键词] 水下地形测量; 数字化测绘技术; 技术应用; 实践应用

DOI: 10.33142/sca.v7i5.12186

中图分类号: P20

文献标识码: A

The Practical Application of Digital Surveying and Mapping Technology in Underwater Terrain Measurement

YUAN Yi, DONG Conghui, DONG Yaping

Ecological Environment Monitoring and Scientific Research Center of the Taihu Lake Basin East China Sea Ecological Environment Supervision and Administration Bureau, Shanghai, 200125, China

Abstract: With the comprehensive development of Chinese high-tech economy, underwater topographic survey has received increasing attention in the field of marine science research and resource development. However, due to the relatively low starting point of underwater topographic survey development in China, it is necessary to rely on the combination and innovation of relevant domestic and foreign technologies to solve the various challenges faced in this field. The application of digital surveying technology in underwater topographic survey is of great significance for China to deeply understand the underwater topography of oceans, lakes, and rivers, and promote the development of related resources. This article mainly analyzes the application of digital surveying technology in underwater topographic survey and explores the practical significance of this topic, which will provide important technical support and guidance for Chinese marine science research and underwater resource development.

Keywords: underwater terrain measurement; digital surveying and mapping technology; technology application; practical application

水下地形测量作为海洋科学研究和水下工程规划中的关键环节, 一直以来都面临着诸多挑战, 例如测量效率低、数据准确性难以保证等问题。然而, 随着数字化测绘技术的不断发展和应用, 这些挑战正在逐步得到解决。数字化测绘技术利用先进的传感器、数据处理算法和地理信息系统, 能够实现对水下地形的高效、精确和全面的测量与分析。本文将深入探讨数字化测绘技术在水下地形测量中的实践应用, 从声呐测深技术、光学成像技术到数据处理与分析, 剖析其原理、方法和应用案例, 并探讨其在海洋科学研究、海洋资源开发、水下文化遗产保护等领域的重要作用。通过系统地梳理和总结, 旨在为水下地形测量领域的研究者和从业者提供参考和借鉴, 推动数字化测绘技术在水下地形测量中的进一步发展和应用。

1 数字化测绘技术的特点

数字化测绘技术作为地理信息科学领域的重要组成部分, 在地形测量领域中具有独特的特点和优势。首先, 数字化测绘技术采用了先进的传感器和数据处理方法, 使得地形数据的获取和分析更加高效、准确。传统测绘方法

通常需要依赖人工测量和绘图, 而数字化测绘技术则借助于激光雷达、多波束声呐等先进传感器, 可以实现自动化、快速化的数据采集, 大大提高了测量效率。其次, 数字化测绘技术具有高精度和高分辨率的特点。通过激光扫描、多波束声呐等技术获取的地形数据能够实现亚米甚至亚厘米级别的精度, 同时能够获取到丰富的地形细节信息, 包括地表形态、地下地形、水下地貌等, 为地质、水文、海洋等领域的研究提供了高质量的数据支撑。此外, 数字化测绘技术还具有数据多源性和多样性的特点。传统的测绘方法受限于设备和技术手段, 往往只能获取局部区域的地形数据, 而数字化测绘技术可以通过卫星遥感、航空摄影、无人机等多种途径获取数据, 覆盖范围更广、空间分辨率更高。同时, 不同传感器获取的数据具有互补性, 可以结合使用, 进一步提高地形数据的全面性和准确性。

2 数字化测绘技术在水下地形测量中的应用

2.1 水下地形数据获取

2.1.1 多波束声呐测深技术

多波束声呐测深技术是水下地形测量中常用的一种

数字化测绘技术,其原理是利用多个声波束同时发射和接收声波信号,通过测量声波的传播时间和回波强度来确定水下地形的高程信息。这项技术具有许多优点,使其成为水下地形测量的主要手段之一。首先,多波束声纳测深技术具有高效快速的特点。相比传统的单波束声纳测深技术,多波束声纳能够同时发射多个声波束,覆盖更广的水域范围,并且能够在单次测量中获取更多的地形数据,从而大大提高了测量效率。这使得多波束声纳技术特别适用于对大面积水域进行快速、高效的地形测量。其次,多波束声纳测深技术具有高精度的特点。通过同时接收多个声波束的回波信号,并结合多普勒效应等技术对声波信号进行精确分析,可以获取到水下地形的准确高程信息。这使得多波束声纳技术在需要高精度地形数据的水下工程、海洋科学研究等领域具有重要应用价值^[1]。此外,多波束声纳测深技术还具有多参数测量能力的特点。除了获取水下地形的高程信息外,多波束声纳还可以同时获取水深、海底地貌、海床类型等多种参数信息,为海洋地质、海洋生态等研究提供了丰富的数据支持。

2.1.2 单波束声纳测深技术

单波束声纳测深技术是数字化测绘技术在水下地形测量中的重要应用之一。该技术通过发射单一声波束并接收其回波,利用声波传播的时间和速度来确定水下地形的高程信息。尽管与多波束声纳技术相比,单波束声纳技术在覆盖范围和数据获取效率上略有不足,但仍然具有一些独特的优势和适用场景。首先,单波束声纳测深技术具有较低的成本和简易的操作特点。相比于多波束声纳系统,单波束声纳系统通常更为简单,设备成本和维护费用相对较低,操作起来也更为便捷。这使得单波束声纳技术特别适用于对小范围水域或者低预算项目的地形测量需求,例如湖泊、河流等地形的测量。其次,单波束声纳测深技术在一些特定的水下测量场景中具有独特的优势。例如,在较为复杂的水下地形环境中,单波束声纳系统通常能够更好地适应,因为其相对简单的声纳信号处理算法更容易应对复杂的声波传播路径,提高了数据的可靠性和准确性。此外,单波束声纳测深技术也具有一定的灵活性和适应性。由于其简单的结构和操作方式,单波束声纳系统可以方便地集成到各种不同的平台上,例如船载、潜水器等,从而适应不同的水下测量需求和环境条件。

2.1.3 光学成像技术

光学成像技术作为数字化测绘技术在水下地形测量中的重要应用之一,利用光学相机或摄像机捕获水下景物的图像信息,通过对图像进行处理和分析,实现对水下地形的获取和测量。与声纳技术相比,光学成像技术具有独特的优势和适用场景。首先,光学成像技术能够提供高分辨率的水下图像信息。相比声纳技术,光学成像技术能够在水下获取更为清晰、详细的图像,展现水下地形的细微

特征和地貌变化。这使得光学成像技术在对水下景物进行直观观察和识别时具有优势,尤其适用于水下考古、水下生物学等需要对水下环境进行精细观察和分析的领域。其次,光学成像技术具有较好的色彩还原能力和图像质量稳定性。通过对水下光学图像的处理和校正,可以有效克服水下光照条件不稳定、水质不均匀等问题,保证图像质量和色彩还原度,提高了数据的可靠性和可用性。此外,光学成像技术还具有一定的灵活性和多功能性。除了用于水下地形测量外,光学成像技术还可以用于水下资源调查、水下工程监测、水下文化遗产保护等多个领域。同时,光学成像设备通常体积小、操作简便,可以搭载于潜水器、无人机等平台上,实现对不同深度和位置的水下地形进行快速、高效的获取和测量。

2.2 数据处理与分析

2.2.1 数据清洗与过滤

在数字化测绘技术在水下地形测量中的应用中,数据处理与分析阶段至关重要,其中数据清洗与过滤是一个关键步骤。水下地形测量所获取的数据可能受到多种因素的影响,包括水下环境、传感器误差、杂散信号等,因此需要进行数据清洗与过滤,以提高数据质量和准确性。首先,数据清洗与过滤是为了去除可能存在的噪声和异常值。水下环境中存在各种噪声源,例如水流、波浪、海底植被等,这些噪声会影响到测量数据的准确性。通过数据清洗与过滤,可以识别并剔除这些噪声,保留下真实有效的地形数据,提高数据的可信度和可用性。其次,数据清洗与过滤也有助于识别和修复数据中的缺失或异常值。在水下地形测量中,由于各种原因可能导致部分数据丢失或者出现异常,例如传感器故障、测量误差等。通过数据清洗与过滤,可以对这些缺失或异常值进行识别和修复,从而保证数据的完整性和一致性。此外,数据清洗与过滤还可以进行数据的空间和时间一致性校正^[2]。水下地形测量中获取的数据往往具有空间和时间上的分布不均匀性,通过数据清洗与过滤,可以对数据进行空间和时间上的校正,使得数据更加符合实际地形特征,提高了数据的可比性和可用性。

2.2.2 三维重建与建模

在数字化测绘技术在水下地形测量中的应用中,三维重建与建模是一个关键的数据处理与分析步骤。这一过程涉及将水下地形数据转换为具有空间结构的三维模型,以便进一步分析和可视化。首先,三维重建与建模通过将水下地形数据进行处理和拟合,生成高精度的三维模型。这个过程通常包括对水下地形数据进行插值、平滑和曲面拟合等操作,以准确地还原水下地形的真实形态。通过这一步骤,可以将原始数据转换为具有空间结构和几何特征的三维模型,为后续的地形分析和应用提供了基础。其次,三维重建与建模还可以通过融合多源数据,提高模型的准

确性和完整性。水下地形数据可能来自不同的传感器或测量方法,如声纳、光学成像等,这些数据往往具有互补性。通过将不同来源的数据进行融合和整合,可以得到更为全面和准确的三维地形模型,满足不同应用需求。此外,三维重建与建模还可以为水下地形的可视化和分析提供强大的支持。生成的三维地形模型可以通过虚拟现实技术或地理信息系统等工具进行可视化展示,帮助用户直观地理解水下地形的结构和特征。同时,还可以基于三维模型进行各种地形分析,如体积计算、地形剖面分析等,为水下环境管理、工程规划等提供决策支持。

2.2.3 地形特征提取与分析

在数字化测绘技术在水下地形测量中的应用中,地形特征提取与分析是数据处理与分析的重要步骤之一。通过地形特征提取与分析,可以从水下地形数据中识别和提取出各种地形特征,并进行进一步的定量分析和定性描述。首先,地形特征提取与分析可以帮助识别和描述水下地形的形态特征。通过对水下地形数据进行特征提取和分析,可以识别出水下地形的各种形态特征,如海底丘陵、河床谷地、海底峡谷等,从而对水下地形的整体形态和结构有更深入的认识。其次,地形特征提取与分析还可以用于研究水下地形的演化过程和动态变化。通过对历史地形数据和现代地形数据进行比较分析,可以揭示水下地形的演化规律和变化趋势,为地质学、水文学等领域的研究提供重要参考。此外,地形特征提取与分析还可以用于评估水下地形对环境 and 生态系统的影响。通过对水下地形数据进行特征提取和分析,可以评估水下地形对海洋生态系统、海底沉积环境等的影响,为海洋环境保护和生态保育提供科学依据。最后,地形特征提取与分析还可以用于水下工程规划和设计。通过对水下地形数据进行特征提取和分析,可以评估水下地形的稳定性、承载能力等关键参数,为水下管道敷设、海底隧道建设等工程项目的规划和设计提供重要参考。

3 测绘数据误差及其解决措施

在水下地形测量中,测绘数据误差是一个不可避免的问题,其来源包括设备误差、环境干扰、数据处理不准确等多方面因素。这些误差可能会对水下地形数据的质量和准确性产生影响,因此需要采取相应的解决措施来降低误差的影响,确保测绘数据的可靠性和有效性。首先,为了降低设备误差,需要选择高精度、高稳定性的测量设备。对于声纳测深技术而言,可以选择具有较高频率和分辨率的声纳设备,以提高数据的精度和准确性。同时,定期对测量设备进行校准和维护,确保设备处于最佳工作状态,减少设备误差的影响。其次,对于环境干扰造成的误差,需要采取相应的措施来减少其影响。例如,在测量过程中避免水下强流区域,减少水流对声纳信号的干扰;在光学成像技术中,可以通过调整光源、滤波等方式来减少水下

环境对图像质量的影响^[3]。此外,对于海底植被、底质等因素可能引起的影响,也需要在数据处理中进行相应的修正和补偿。另外,针对数据处理过程中可能引入的误差,需要采取精确的数据处理方法和算法,以减少处理误差的积累。例如,在数据清洗与过滤过程中,可以采用适当的滤波算法和异常值识别方法,剔除异常数据;在三维重建与建模过程中,可以选择合适的插值和拟合算法,提高模型的精度和稳定性。此外,为了更好地评估和控制误差,可以采取数据质量评估和精度分析等方法,对测绘数据进行质量检验和评估,及时发现并修正可能存在的误差。同时,通过多次重复测量、交叉验证等手段,提高数据的可靠性和稳定性。

4 水下地形测量中数字化测绘技术的发展趋势

水下地形测量领域的数字化测绘技术正处于快速发展的阶段,未来的发展趋势主要体现在以下几个方面。首先,技术集成与创新将成为未来发展的重点。随着科技的进步和不断涌现的新技术,水下地形测量领域将更加注重多种数字化测绘技术的集成与创新。例如,声纳测深技术与光学成像技术的结合,可以实现对水下地形的多维度、多尺度测量,提高数据的全面性和准确性。同时,新型传感器、智能算法等技术的应用将进一步推动数字化测绘技术在水下地形测量中的发展。其次,智能化与自动化水下地形测量系统将逐渐成为趋势。随着人工智能、机器学习等技术的不断发展,水下地形测量系统将更加智能化和自动化。未来的水下地形测量系统将具备自主规划、自动执行任务、实时数据处理等功能,大大提高测量效率和数据质量,适应更加复杂的水下环境和任务需求。另外,数据融合与综合分析将成为发展的重要方向。随着水下地形数据量的不断增加,如何有效地融合和综合利用各种数据资源成为关键问题。未来的发展趋势将更加注重多源数据的融合与集成,通过综合分析和挖掘,发现更多的水下地形信息和规律,为海洋科学研究、海洋资源开发等提供更为丰富的数据支持。最后,可视化与应用拓展将成为发展的重要方向^[4]。随着虚拟现实、增强现实等技术的发展,水下地形数据的可视化与应用拓展将成为未来发展的重要方向。未来的水下地形测量技术将更加注重数据的直观展示和用户体验,为海洋科学研究、水下文化遗产保护、水下工程规划等领域提供更为便捷、高效的数据支持和决策参考。

5 结语

在水下地形测量中,数字化测绘技术的实践应用已经展现出了巨大的潜力和价值。通过先进的传感器和数据处理算法,数字化测绘技术为水下地形的快速获取、精确分析和全面理解提供了重要手段。这对于我国海洋科学研究、水下资源开发以及环境保护都具有重要意义。然而,数字化测绘技术的应用仍然面临着一些挑战,包括技术创新、

数据处理、设备性能提升等方面。因此,我们需要持续关注和支持数字化测绘技术的发展,不断完善技术手段和方法,以应对复杂多变的水下地形测量需求。在未来,随着数字化测绘技术的不断创新和应用,相信水下地形测量领域将迎来更加美好的发展前景。希望通过数字化测绘技术的不断推进,我们能够更加深入地探索水下世界,实现对海洋资源的有效利用和保护,为构建美丽中国、建设海洋强国做出更大的贡献。

[参考文献]

[1]祝慧敏,李静,孙伟红.数字化测绘技术在水下地形测

量中的应用[J].智能城市,2023,9(4):59-61.

[2]蒲焕尧.浅析水下地形测量中数字化测绘技术应用[J].建材与装饰,2019(17):222-223.

[3]顾飞艇,王灵锋.数字化测绘技术在水下地形测量中的应用[J].黑龙江科技信息,2016(17):76-77.

[4]汤立坤.数字化地形测量中测绘新技术的应用研究[J].计算机产品与流通,2017(7):152.

作者简介:袁一(1993.12—),女,汉,江苏常州,南京大学,地图学与地理信息系统,水下地形测量、生态环境遥感监测。