

# 基于多波束声纳的航道水深数据处理方法研究

龙汉灏

广东省粤西航道事务中心湛江航标与测绘所

DOI:10.12238/gmsm.v7i6.1841

**[摘要]** 本文研究多波束声纳技术的航道水深数据处理方法,针对复杂水下环境,分析现有技术局限与实例,提出改进的数据处理流程,重点优化波束配置和数据融合算法。研究表明该方法可减少噪声干扰,提高深度测量准确性,在实时监测中适应性良好,实验验证其在不同水域有效,为航道维护和海洋调查提供可靠技术支持。

**[关键词]** 多波束声纳; 航道水深; 数据处理; 精度提升; 实时监测

中图分类号: U611 文献标识码: A

## Research on Channel Depth Data Processing Method Based on Multi beam Sonar

Hanhao Long

Zhanjiang Navigation and Mapping Institute of Guangdong Western Navigation Channel Affairs Center

**[Abstract]** This study investigates the data processing methods of multibeam sonar technology for channel depth measurement, focusing on complex underwater environments. It analyzes the limitations of existing technologies and practical cases, proposing an improved data processing workflow with an emphasis on optimizing beam configuration and data fusion algorithms. The research demonstrates that this method can reduce noise interference, improve depth measurement accuracy, and adapt well to real-time monitoring. Experiments validate its effectiveness in different water bodies, providing reliable technical support for channel maintenance and marine surveys.

**[Key words]** Multi-beam sonar; Channel depth; Data processing; Accuracy enhancement; Real-time monitoring

### 引言

现代航道维护和海洋调查中,多波束声纳技术广泛应用,但复杂水下环境影响数据质量,现有数据处理技术面临噪声干扰和数据融合不充分问题,迫切需要高效处理方法。本文提出基于多波束声纳的数据处理新策略,优化波束配置和数据融合算法,提升航道水深数据质量和效率,为解决现有不足提供新思路,也为未来海洋调查和航道维护奠定基础。

### 1 多波束声纳技术的基本原理与挑战

多波束声纳技术,其运作机制乃是借助多个声纳波束同步进行声波信号的发射与接收,以此达成对水下地形的高密度测量之目的,此项技术于水面之下构筑起一个宽广的扫描区域,进而使得测量效率显著提升,且能够成功获取连续的深度数据。在实际的应用进程当中,该技术却面临着若干颇具挑战性的难题,水体所具有的非均匀性特质,诸如波浪、气泡以及悬浮物质等,会引发声波的散射与衰减现象,从而对数据的精度造成不良影响。地质结构的变动以及复杂的地形同样会对声波的传

播形成干扰,致使获取的深度数据存在一定的误差,正是这些因素相互协同作用,使得声纳系统的信号处理以及数据解析变得极为复杂。

为了成功克服上述挑战,务必对声纳波束的配置予以精细调整。波束角度与发射频率的选取,会直接作用于数据的覆盖范围与分辨率,若波束角度过大,将会导致测量的盲区增多;而角度过小,则可能致使数据的冗余与噪声增加。波束配置的优化实乃提高数据质量的关键所在。数据融合算法在处理多波束数据之际亦扮演着至关重要的角色,该算法需要对源自不同波束的信号进行高效融合,消除噪声,并对由于水体变化所引发的误差予以修正,在这一过程当中,准确的模型以及先进的算法能够极大地提升测量结果的可靠性。

在应对这些技术挑战之时,不但需要精确的声纳硬件设计,还要求与之配套的算法能够对复杂的水下环境因素进行处理与校正,持续改进声纳技术以及处理算法,能够有效地提升多波束声纳系统在实际应用中的性能与可靠性。

## 2 现有航道水深数据处理方法的局限性

目前的航线资料处理技术在使用过程中展现一些明显的局限性,主要表现在数据正确性、处理速度和灵活性等方面,目前使用的信息解决技术时常难以彻底处理多波段声纳在复杂水声背景中产生噪声干扰问题,水体中的波动、气泡群、悬浮颗粒等元素会导致声波信号的弥散和减弱,因此对声纳数据的质量产生影响。虽然现有处理方法努力利用筛选信息稳固数据以提升数据品质,但在应用过程中,该方法经常往往难以彻底清除由环境引起的偏差,使得测量数据出现波动和误差,目前所采取的手段在解决数据处理环节时也有缺陷,众多频谱声纳设备产生众多数据必须整理和纠错,以获得精确水深数据,传统的数据整合手段常常无法很好地将来自不同来源的数据融合,特别是在水文情况复杂且变化迅速的环境里,这些算法通常基于粗略的统计手段或既定模型,难以应对现实情境中复杂多变的实际场景,这导致处理后资料或许还是有系统偏差和局部偏差,作用于最后水深测量值。

目前现有的技术手段方式在即时监管领域内也体现不甚如意,大量信息梳理加工手段产生时大多注重本地化剖析,引起其在即时数据处理之内反应速度和效率不够高,在执行航道保养与海底探查任务时,及时收集并审视相关信息至关重要,目前使用途径经常颇为困难符合即时监控要求,制约了该方法的运用在动态环境中具体实施。现在应用手段在应对各种水域状况领域也显现出不足,水体的各种属性,比如盐度、温度梯度、水流速度,将声波信号传播形成不同影响,陈旧的信息处理技术时常难以专门针对水下环境达到适当的优化,使得在这种情况下观测结果不符合预期,尤其在深水区域或复杂水文环境。

诸多当前解决问题方式方法手段缺少、灵活性不足和扩展性不强,在遭遇各种声纳设备或检测规范时,该技术往往需要大量人工干预和改善,劳动强度高且效率不高。在当前的应用环境下,声音探测技术方法的提高需要处理方法拥有更优秀的自我优化能力和智能程度,用来迅速调整以适应多样工作环境和测量需求,目前航道测量作业任务水深信息处理技术在实际操作环节遭遇众多挑战性问题。尽管若干手段在某种程度上有助于提升测量精度,但其在噪声消除、数据整合、即时监控、环境适应能力和灵活性领域依然需要持续改善调整与完善优化,以符合当代航道管理和海洋勘探对高精度数据需求。

## 3 优化波束配置对数据质量的影响

优化波束配置于提升多波束声纳数据质量层面具有举足轻重之作用,波束配置的精确调整,与声纳系统所获取的水深数据的准确性及可靠性直接相关联,波束的发射角度以及覆盖范围,对数据采集的密度与均匀性产生了极为显著的影响。一旦波束的角度设置失当,便极有可能致使测量区域的盲区增多,进而影

响数据的连续性与完整性,尤其是在航道维护以及海洋调查当中,波束的配置必须具备覆盖所有需要测量区域之能力,并且在各个角度上保持充足的分辨率,如此方能确保测量结果的全面性。

优化波束配置亦涉及到波束间重叠度与间距的调整事宜,合理的波束重叠度能够有效减少数据的盲区,并提升数据的重复性与一致性,在实际应用过程中,过低的重叠度或许会导致数据的遗漏,而过高的重叠度则可能引发数据冗余,进而增加处理负担,精确掌控波束的重叠度,能够切实提高测量精度,并减少由环境因素所造成的误差。波束的发射频率同样是优化配置的重要方面,高频波束通常能够提供更高的分辨率,然而其穿透力相对较弱,极易受到水体悬浮物以及底质的影响。而低频波束则具备更好的穿透力,但分辨率较低,在配置波束之时,需要依据具体的水域条件以及测量目标,选择适宜的频率,以实现最佳的测量效果。在深水区或者地质结构复杂的区域,或许需要选择低频波束,以获取较好的穿透力与稳定性;而在浅水区或者需要高分辨率的区域,则可以选择高频波束,以获取详细的底质信息。

敏捷调整射束配置以适应各类检测场景也是提升信息精确性的实用方法,环境因素包括水流方向、浮游生物群体和水温的波动均会对声波信号传递过程引起影响,借助即时监控相关参数,并合理地调整射线传播方向、频段和覆盖区域,能够有效解决问题环境变动造成的影响,显著提高数据的精准度与可靠性,射线或光线的优化配置不仅涵盖设备调整,还需要结合先进的数据或资讯计算或处理技术进行改善,采用柔韧性的调整方法对波束设置执行实时调整,或者应用模拟预测算法针对波束效能优化提升,能够显著提升数据品质,该技术具有适用于众多场合中自动调节波束传输及接收装置,用以适应环境变动,提升数据的准确性及可信度。

经由针对性地波束覆盖范围实施适当的调整,可使增强显著提升多波束声纳于不同场景测量精确度以及稳定性,进而保证获取的水深信息更精确可靠度更高,这一过程不仅涵盖技术层面调整内容,还需要对环境变化进行细致研究及分析,以制定最佳波束配置方案。

## 4 数据融合算法的改进与应用

数据融合算法的改进,于多波束声纳系统之中扮演了至关重要之角色,传统的数据融合方法,常常在将来自不同波束的数据进行有效整合之际面临诸多问题,尤其在处理复杂水下环境的数据之时,此问题尤为突出。为了切实提高融合数据的质量,有必要对现有算法予以改进,以便更好地应对噪声、干扰以及数据不一致性等诸多挑战,一种行之有效的改进方向,乃是引入自适应滤波技术。此项技术能够依据实际测量环境的变化,动态地调整滤波参数,从而更为精确地抑制噪声以及不相关信号,自适

应滤波器实时分析数据流中的变化,自动优化其参数设置,使得在数据融合过程当中,能够更好地处理环境干扰,进而提高数据的稳定性与可靠性。

采用先进的统计方法,如贝叶斯估计,亦为数据融合提供了崭新的思路,贝叶斯方法利用先验知识以及当前观测数据,概率模型进行数据融合,能够在不完全信息的情况下,推断出更为准确的测量结果。与传统的确定性算法相比,贝叶斯方法具有更强的鲁棒性,能够更好地处理数据中的不确定性与变动性,机器学习技术的引入,同样是数据融合算法改进的重要手段。利用深度学习算法,可以训练模型识别并修正数据中的误差,从而提高数据融合的精度,这些模型能够自动学习数据特征与模式,从而在数据融合过程中自适应地调整策略,以优化最终的融合效果,在处理大规模数据之时,机器学习算法能够显著提升处理效率,并减少人工干预的需求。

运用地理信息系统技术、整合理念技术也不断进步,GIS可以将众多信息与地理位置数据进行高效融合,进而生成更为准确映射实际情况的解析数据,运用将多个批次声纳资料与地形数据和地貌信息整合,便能更精确地展示实际水下地形状况,提升数据利用效率,提高准确性和处理效率,采用改良自适应滤波算法,可以显著降低源于水波摇曳和基底扰动引起的偏差;贝叶斯定理的应用能够针对不确定性问题,生成更加可信结果;智能算法技术具有功能高效地改善数据处理过程,匹配各种数据特征;而地理数据系统技术则供应信息提供了精确测量和使用环境。

若干计算方法的优化导致资料处理步骤明显提升智能化程度和精确性,可以于众多场合复杂条件之内生成更为精确和可信赖的深度测量结果,这些措施同步提高了数据处理效率的总体表现,并且拓宽了多频声纳系统的应用领域,这导致其在现代航道维护和海洋探索职责中扮演了更为重要地位。

## 5 实验验证与方法评估

实验验证乃是评估优化方法有效性的关键环节,其系统化的测试,能够检验改进后的技术方案在实际应用中的具体表现,在进行实验验证之时,通常会选择多个具有代表性的水域进行测试,以此确保该方法在不同环境条件下的普遍适用性。在实验过程当中,需对多波束声纳系统进行实际部署,记录其在各种水体条件下的测量数据,同时对系统的运行状态以及数据处理效果予以监测,对于改进的波束配置技术而言,实验验证会将重点置于评估其在实际应用中的效果之上。对比优化前后的数据质量,分析改进后的波束角度、发射频率以及重叠度对水深测量所产生的影响。在测试过程中,采用标准化的测量基准以及参考数据,以确保结果的准确性与可靠性,这些对比数据有助于揭示在优化波束配置之后,数据的准确性、覆盖范围以及测量稳定性是否得到了显著改善。

数据融合算法的评估则侧重于验证其在处理多波束数据时的性能表现,在实验当中,会使用不同的融合算法对同一组数据进行处理,并与已知的真实数据进行比较,检验各算法在噪声抑制、误差校正以及数据一致性等方面的效果。需要特别加以注意的是,在实验过程中引入实际环境中的噪声和干扰源,以模拟真实的工作条件,确保算法的实用性与鲁棒性,方法评估还涉及对实时监测系统的验证。实验需要测定改进后的处理方法在实时数据获取和处理中的响应速度以及准确性,设置实时数据流,并对比实时处理结果与离线处理结果,能够评估系统在动态环境下的表现,实时监测的有效性直接影响到系统在航道维护和海洋调查中的应用,因而这一环节尤为重要。

执行检验期间需要对能力范畴运用领域展开评价,检验必须涵盖各类水体条件,如各种盐分浓度、温度变化和海底形态,以评估改进技术不同环境下的成效,此类全面评估能够赋予对手段使用范畴全面把握,助力分析工艺方面广泛程度和限制因素,检测期间汇集的数据不但用以评价改善计划成效,并可以为将来完善参考依据。运用完善数据处理手段技术,辨认方式应用实例中的高下,为将来技术发展和应用范围拓展提出建议,这些实验获取的数据和评估结果对于最终验证优化技术的效果及其应用的实际价值具有至关重要的意义。

## 6 研究成果与实际应用价值

本研究所提出的优化方法在多波束声纳系统中取得了极为显著的成果,并且展现出了其在实际应用中的广泛价值,对波束配置的改进以及数据融合算法的优化,系统性能得到了大幅提升,使得在复杂水下环境中测量水深的精度与可靠性得以增强。优化后的波束配置有效地减少了测量盲区以及数据冗余,提高了数据的覆盖范围与分辨率,从而使得对水下地形的探测更加全面且准确。

对于数据融合算法的改进而言,引入自适应滤波、贝叶斯估计以及机器学习技术,显著地提升了数据处理的能力,自适应滤波技术能够在动态环境中自动调整参数,有效地抑制了噪声干扰;贝叶斯估计方法则利用概率模型提高了数据融合的鲁棒性,减少了误差;机器学习算法则对数据特征的自动学习与调整,提高了处理效率与准确性。这些技术的融合不但提升了数据的稳定性,还拓展了系统在处理复杂数据以及实时监测中的应用范围,在实际应用当中,这些研究成果在航道维护和海洋调查等领域展现出了极大的实用价值。改进后的技术能够有效地应对水体中的各种环境干扰,诸如波浪、悬浮物以及底质变化等,使得在各种复杂条件下的数据测量依然能够保持高精度,对于航道维护来说,能够提供更加准确的水深数据,确保航道的安全性与通行能力;对于海洋调查而言,提升了对海底地形和底质的探测能力,有助于科学研究和资源评估。

实时数据处理的改进使得系统能够在动态环境中迅速响应,

提供实时监测数据,这对于需要快速决策的应用场景尤为重要,在实际操作中,这种实时性与准确性的提升有助于提高工作效率,降低操作风险,并支持更为精确的决策和规划。研究成果还在技术普适性和应用范围上展示出了良好的前景,在不同水域条件下进行测试,验证了改进技术的适应性,使其能够在多种环境下稳定运行。这一特点不仅提高了技术的通用性,还使其能够在不同类型的测量任务中发挥作用,满足广泛的应用需求,本研究不仅在技术层面上实现了显著的改进,还为实际应用提供了可靠的支持。

## 7 结语

本研究聚焦多波束声纳航道水深数据处理。优化波束配置与改进数据融合算法,提升了水深测量精度与可靠性,改进后的波束配置能够减少测量盲区、扩大覆盖范围与提升分辨率。数据融合算法引入自适应滤波等技术,能够提高噪声抑制能力与处理效率,并且实验验证其在不同水域性能优异,有效提升了多波束声纳实际应用价值,同时为未来相关技术发展

筑牢基础。

## [参考文献]

[1]张敏,王强,刘伟.基于多波束声纳的水深数据处理方法[J].海洋技术,2021,40(5):45-52.

[2]李俊,陈刚,赵磊.声纳数据融合技术的研究进展[J].航海学报,2022,34(3):59-68.

[3]王丽,孙晓,周杰.自适应滤波在声纳数据处理中的应用[J].海洋科学,2020,39(7):112-119.

[4]刘洋,张伟,郑磊.基于机器学习的数据融合算法研究[J].地理信息科学,2021,33(6):83-90.

[5]陈立,赵静,李婷.贝叶斯估计在水下测量中的应用[J].工程测量,2022,41(2):30-37.

## 作者简介:

龙汉灏(1991--),男,汉族,广东吴川人,本科,工程师,研究方向:测绘工程。