

探索基于尾拖作业方式的侧扫声呐探测应用

Explore the Application of Side Scan Sonar Detection Based on Tail Towing Operation Mode

张惟河

Weihe Zhang

中交广州航道局有限公司
中国·广东 广州 510220
CCCC Guangzhou Dredging Co., Ltd.,
Guangzhou, Guangdong, 510220, China

【摘要】论文简单介绍了侧扫声呐系统组成和探测基本原理,通过综合对比分析了侧扫声呐探测固定安装、侧拖以及尾拖等3种作业方式的优缺点。以湄洲湾航道三期工程海底礁石探测项目为依托,在侧扫声呐尾拖作业方式基础上研发一套拖体筏辅助装置,探索出了一种高效率、高质量、安全可靠的作业新方式。在该项目得到了很好的探测应用实践,具有良好的社会效益。

【Abstract】This paper briefly introduces the composition and detection principle of the side scan sonar system, and analyzes the advantages and disadvantages of the three operation modes of the side scan sonar, including fixed installation, side towing and tail towing. Based on the submarine reef exploration project of Meizhou Bay channel phase III project, a set of towed raft auxiliary device is developed on the basis of side scan sonar tail towing operation mode, and a new operation mode of high efficiency, high quality, safety and reliability is explored. In this project, it has got a good exploration application practice and good social benefits.

【关键词】侧扫声呐;尾拖作业;探测应用

【Keywords】side scan sonar; tail drag operation; detection application

【DOI】10.36012/se.v2i2.1541

1 侧扫声呐系统组成

水下换能器、拖鱼拖曳共用电、甲板单元、定位系统、数据传输等构成了典型的侧扫声呐装置。图1展示了一个典型的侧扫声呐系统^[1]。目前,侧扫声呐的主要频率从100kHz~1MHz不等,频率越高,探测得到的图像分辨率越高,探测精度越高,但同时探测的宽度越小。

2 侧扫声呐探测基本原理

侧扫声呐是向周围发射一个纵方向波束角小于 2° ,横方向波束角约 45° 的声波波束,通过对水下目标物的扫测,接收反射回波来探测目标物的分布形态的地球物理探测方法。波束开角的大小,需在保证分辨率的同时兼顾扫测宽度^[2]。

为了查明水下目标物的分布形态特征和沉积属性,所以就有了侧扫声呐探测,思路是利用水底物质背散射特征^[3]。其基本原理如图2所示,图2a为侧扫声呐野外探测原理示意图,图2b展示了一个水深深度为 h 、左右两侧对称的侧扫声呐传感器的工作情况,每个传感器周期性地产生一个超声波脉冲,在达

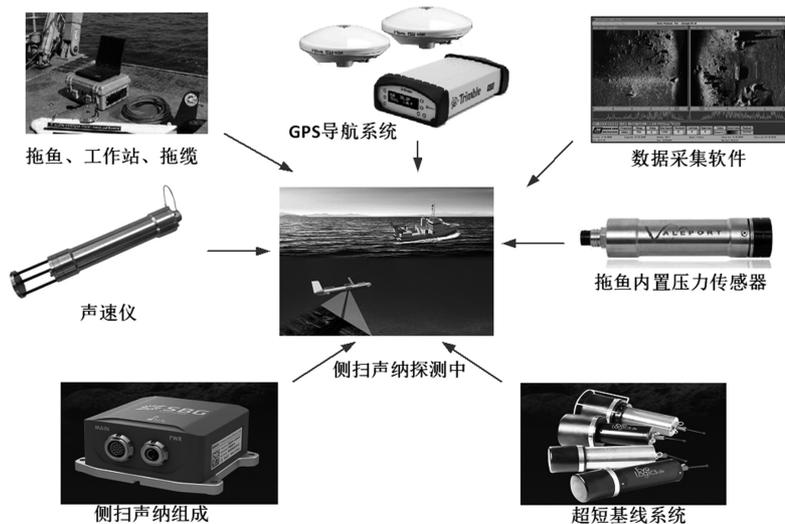
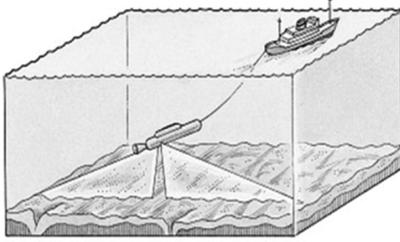


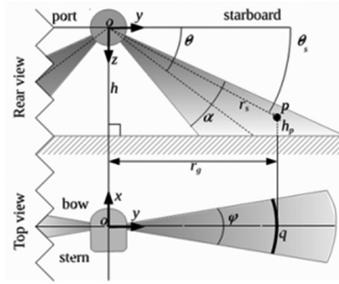
图1 侧扫声呐系统组成图

到海底后,部分脉冲信号分散传回传感器。侧扫声呐主机对接收到的回声进行分析,以获得该区域的海底地貌信息。

在侧扫声呐测量过程中会出现垂直的扇形声束沿着船两侧发射,如果遇到沉船、海底或礁石等异常情况的发生,那么声波会自动反射回来,并进行声波信号接收,再经过处理器处理以后会形成图像记录。



a 侧扫声呐野外探测原理示意图



b 侧扫声呐传感器工作示意图

图 2 侧扫声呐探测原理

侧扫声呐测量作业效率高, 声呐图谱反映海底礁石情况直观, 容易判断, 是探测海底礁石的有效方法。但是由于侧扫声呐扫海作业时, 有多种安装方式, 且每种安装作业都不同程度地受船体噪声、船速、航向、水的流速和流向等因素影响, 给海底礁石探测结果的精度和质量带来了困扰。

3 侧扫声呐三种传统作业方式特点

侧扫声呐传统的固定安装、侧拖及尾拖等作业方式。这三种传统作业方式各有特点, 主要表现在工前准备情况、测量船的选型、作业安全性、定位精度、姿态稳定程度、适应环境、数据采集质量等方面的不同, 三种作业方式优缺点明显, 且适应环境也不相同, 这些特点主要受到海域自然环境、各种干扰、现有设备装置限制等因素的影响。三者作业方式特点见表 1。

通过综合比较侧扫声呐集中作业方式优缺点, 可以发现侧扫声呐的固定安装和侧拖作业方式存在的缺点均不可控, 而尾拖作业方式中存在的缺点可通过研制一种尾拖装置可进行改善, 并通过制定一套规范的作业流程来改进, 从而有效摆脱传统尾拖作业的缺点, 最终使侧扫声呐野外作业快速、高效、操作简单、姿态稳定和数据采集信号好, 同时作业安全性较高、定位精度有保障, 并能适应浅水环境作业要求。

表 1 侧扫声呐传统作业方式特点情况

作业方式	优点	缺点及分析	适应环境
固定安装	对测量船选型无要求; 定位准确; 作业安全	前期准备耗时, 安装麻烦, 且测量架重复利用率低(不可控); 数据采集质量差(不可控); 姿态不稳定(不可控)	深水和浅水条件皆可
侧拖	定位准确; 拖鱼姿态稳定	对测量船的选型要求高, 前期准备耗时, 安装麻烦, 且测量架重复利用率低(不可控); 数据采集质量稍差(不可控); 作业安全性较差(可改善)	深水和浅水条件皆可
尾拖	无须进行前期准备, 对测量船无要求; 数据采集质量高; 拖鱼姿态稳定; 操作简单	定位偏差大(可修正); 作业安全性差(可改善)	仅适用于深水条件

4 基于侧扫声呐尾拖作业的拖体筏辅助装置

4.1 制作拖体筏装置

用铁丝将若干 PVC 管或者钢管固定, 组成一个刚性的框架结构拖体支架, 同时选择两个相同型号的浮筒, 将其捆绑在框架两侧, 形成协调、稳定的拖体筏装置(见图 3)。组装完成后的拖体筏装置与侧扫声呐拖鱼用绳子作柔性连接, 保证拖鱼作业姿态稳定, 同时可根据水深情况和实际需求将拖鱼入水深度进行适当调整。



图 3 基于侧扫声呐尾拖作业的辅助装置设计图

4.2 GPS 天线的固定安装

选择一根约 1.2m 长的杆, 将 GPS 天线置于杆顶并拧紧, 然后将它们直接固定安装在拖体筏支架上, 保证 GPS 天线不会受海水的直接浸泡, 同时选择一根电阻率小、信号衰减弱、质量好的 GPS 连接线与放置在船舱的 GPS 主机连接, 保证定位数据的稳定传输。

4.3 降低干扰源影响

尾拖作业方式侧扫声呐数据采集过程中的主要干扰来源有海浪、声呐拖鱼自身震荡, 测量船尾流作用等。针对上述干

扰源采取了如下措施: ①在开始进行侧扫声呐勘测前, 紧密跟踪测区天气变化, 时刻关注海浪情况, 野外作业尽量避开浪高风大的天气; ②收集详细的测区水流情况, 根据水流情况布设最为合理的计划测线, 减小由于水流的作用造成数据质量影响; ③在实际测量过程开始前, 通过不断调试仪器参数, 确定最佳的测量参数, 同时控制测量船速, 一般要求测量船速控制在 5 节以下, 避免拖鱼自身震荡影响数据采集质量; ④根据实际测量过程中测量船的尾流大小, 确定其影响范围, 将拖鱼释放于距离测量船尾适当位置, 很好地避开测量船尾流的影响。

本研究制作完成了如图4所示的拖体筏装置,基于拖体筏装置配合侧扫声呐在海底礁石探测中取得了良好的效果。



图4 拖体筏装置实物(左)及现场作业(右)图

5 探测应用实例

5.1 项目背景

湄洲湾航道三期工程,长度约 11.9km,分为航道内段和航道外段。航道内段设计标高-21.5m,疏浚范围内分布有大量的礁石,礁石分布状态复杂,有连片礁石区、零星礁石、裸露礁石、埋藏礁石。因此,该工程需要对礁石分布范围进行详细探测。

5.2 应用实例

5.2.1 设备选型

该工程区域礁石分布状态复杂,针对测区内海底礁石的分布特征,进行了侧扫声呐设备的选型工作,设备选型情况见表2。

表2 物探设备选型情况

设备名称	型号	工作频率	说明
侧扫声呐	4125P	400kHz	获取海底裸露礁石的分布范围

5.2.2 作业方法

侧扫声呐探测时,声呐拖鱼释放于测量船尾侧,利用拖体筏装置作支撑,将GPS天线直接安装于拖鱼顶部进行拖带作业。探测布线是根据勘察区域的特点和相关规范要求制定的,探测走线方向平行于航道布设,测线间距120m,可达到对海底进行全覆盖扫测。侧扫声呐探测进入测线前进行调试,待设备工作稳定后再开始外业工作。施测过程中严格按照相关规范要求,保证数据的真实性和准确性。图5为各传感器在调查船上的相对位置。

5.2.3 内业处理

侧扫声呐数据采用美国 ChesapeakeTech 公司的 SonarWiz5 软件处理。将数据导入软件后,进行跟踪设置、换能器深度改正、增益调制等操作后得到较为清晰的影像数据。根据侧扫声呐镶嵌图绘制出海底裸露礁石范围(见图6),最后

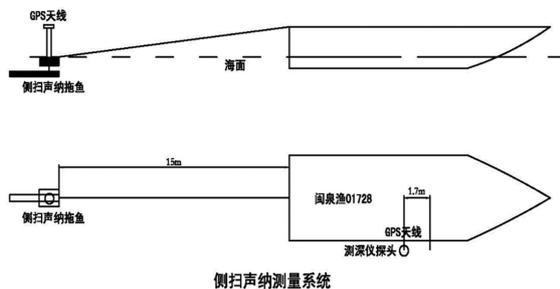


图5 传感器位置图

将经过几何改正的数据以 AutoCAD 格式输出。通过侧扫声呐探测,并结合多波束和浅地层剖面数据,精确地探明海底裸露礁石 35 处。

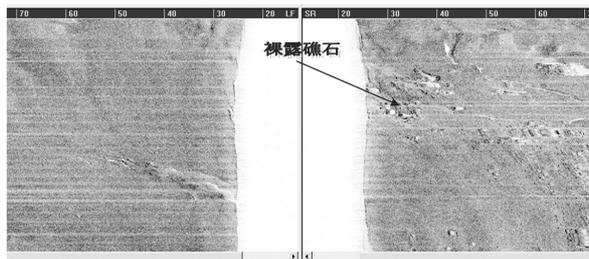


图6 侧扫声呐镶嵌图

6 结语

①通过综合比较侧扫声呐集中作业方式优缺点,可以发现侧扫声呐的固定安装和侧拖作业方式存在的缺点均不可控,而尾拖作业方式中存在的缺点可通过研制一种尾拖装置来进行改善。

②结合侧扫声呐尾拖作业特点,从适应水深条件、定位影响、数据采集质量和作业安全性等方面考虑,通过制作拖体筏装置、GPS天线的固定安装、降低干扰源影响等,研发一套基于拖体筏装置配合侧扫声呐探测系统。

③基于尾拖作业的侧扫声呐探测,利用拖体筏装置,促使侧扫声呐野外作业快速、高效、操作简单、姿态稳定和数据采集信号好,同时作业安全性较高、定位精度有保障,并能适应浅水环境作业要求,在湄洲湾航道三期工程海底礁石探测项目中得了有效的应用实践。

参考文献

- [1]温志坚,何志敏.应用侧扫声呐的海底目标探测技术研究[J].科技创新导报,2017,14(22):28-29.
- [2]许剑.侧扫声呐图像镶嵌与分割关键技术研究[D].南昌:东华理工大学,2017.
- [3]Ainslie Michael A.The Sonar Equation and the Definitions of Propagation Loss[J].Acoustical Society of America Journal,2004,115(1): 131.