

双频声呐技术在内河航道水下目标探测中的应用

丁伟

安徽省中盛建设工程试验检测有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v5i12.7513

[摘要] 本文旨在探讨双频声呐技术在内河航道水下目标探测中的应用及其效果。通过实际试验和数据分析,本文详细阐述了双频声呐的工作原理、系统组成及其在应急情况下的水下目标探测能力。利用双频声呐对内河航道中的水下目标进行成像,结合三倍标准差阈值分割方法、形态学处理方法、边缘及角点检测方法,提出了水下目标物所在区域的距离及面积探测方法。为航道部门提供了有效的水下目标探测手段。同时也是重要的技术支持和参考。

[关键词] 双频声呐技术; 内河航道水下; 目标探测; 应用

Application of Dual Frequency Sonar Technology in Underwater Target Detection in Inland Waterway

Ding Wei

Anhui Zhongsheng Construction Engineering Testing Co., Ltd.

[Abstract] This article aims to explore the application and effectiveness of dual frequency sonar technology in underwater target detection in inland waterways. Through practical experiments and data analysis, this article elaborates in detail on the working principle, system composition, and underwater target detection capability of dual frequency sonar in emergency situations. A method for detecting the distance and area of underwater targets in inland waterways is proposed by using dual frequency sonar to image underwater targets, combined with three times the standard deviation threshold segmentation method, morphological processing method, edge and corner detection method. Provided effective underwater target detection methods for the navigation department. It is also an important technical support and reference.

[Key words] Dual frequency sonar technology; Underwater inland waterway; Target detection; application

引言

内河航道作为重要的水上交通通道,其水下环境复杂多变,对水下目标的准确探测对于保障航道安全、提高航运效率具有重要意义。在应急情况下,快速、准确地探测水下目标对于保障航道安全、提高航行效率具有重要意义。传统的水下探测方法如杆式测深、测深锤(砣)等存在效率低、受水流影响大等缺点,而声呐技术因其在水下环境中的独特优势逐渐成为主流探测手段。双频声呐技术作为声纳技术的一种高级形式,通过

发射高、低频两个声脉冲,结合成像处理,能够更加精细地探测水下目标。然而,由于光、电磁波等在水中衰减快、传播距离近,传统探测手段如雷达等在水下效能甚微。声呐技术,特别是双频声呐技术,以其独特的优势成为水下探测的重要工具[1]。

一、双频声呐技术原理

双频声呐技术是一种利用不同频率声波进行水下探测的技术。通过发射和接收声波,双频声呐能够生成水下目标的高分辨率图像,为探测提供直观的数据支持。该技术结合了主动

声呐的回声定位原理和图像处理技术，能够实现对水下目标的精确定位和识别。双频声呐系统通常由发射基阵、接收基阵、电子结构和辅助设备组成。发射基阵发射不同频率的声波，声波在水下传播并遇到目标后产生回波，接收基阵接收回波信号并将其转换为电信号进行处理。电子结构部分负责信号的发射、接收、显示和控制，辅助设备则包括电源、电缆等保障声呐功能实现的设备。

二、内河航道探测现状

内河航道常为淤泥质航道，航道的底部一般存在着流动的一层悬移质（浮泥），特别在疏浚的航槽内，浮泥更是一种比较普遍的现象。浮泥的存在，给航道适航水深的确定带来了很大困难。目前使用的单频回声测深仪，常把淤泥（浮泥）层表面以上的水深作为通航水深，从而造成了不必要的水深限制和过大的疏浚要求。双频测深仪是一种单波束双频测深设备，相对于原来的单频高频测深仪增加了低频工作部分。两个声学通道的模拟前端组件（发射、接收）以及信号的处理运算都相互独立、互不影响。高频换能器的信号频率一般在100~200kHz左右，低频换能器的信号频率一般在20~48kHz左右，由于低频声波与高频声波在介质中传递的物理特性不同，水对低频信号的吸收弱，低频信号的传播能力就强，一般可穿透一定厚度的淤泥。在有水底沉积物时低频声波可能穿过部分介质（如浮泥），传递到更深处。双频测深仪的测深结果能够提供更有用的关于水底地形和沉积物的信息。[2]。

三、系统组成

双频声呐系统通常由以下几个部分组成：

（一）发射基阵：负责发射高、低频声脉冲，通常由多个水声换能器按一定规则排列组成。

（二）接收基阵：接收水下目标反射回来的声信号，同样由多个水声换能器组成。

（三）电子处理系统：对接收到的声信号进行放大、滤波、A/D转换等处理，提取有用信息。

（四）成像处理软件：基于处理后的声信号，通过图像处理算法生成水下目标的二维或三维图像。

四、工作原理

（一）设备部署：将双频声呐系统部署在合适的位置，确保声波能够覆盖整个探测区域。

（二）数据采集：启动声呐系统，发射不同频率的声波，并接收回波信号进行数据采集。

（三）图像处理：对采集到的回波信号进行预处理和图像重建，生成水下目标的高分辨率图像。

（四）目标识别与探测：结合三倍标准差阈值分割方法、形态学处理方法、边缘及角点检测方法，对图像中的水下目标进行识别和探测。

（五）数据分析：对探测结果进行数据分析，计算目标物的距离和面积，并与实际情况进行对比验证。

五、试验设计与实施，试验目的

验证双频声呐技术在内河航道水下目标探测中的有效性和准确性。试验方法：在内河航道中选择具有代表性的试验区域，选定水下目标物，使用双频声呐系统进行探测。通过调整声呐参数，获取不同频率下的声信号。

1. 项目背景。某航道工程，全长33.6km，为非昼夜通航的I~IV级的内河航道，航道尺度30m×3.6m×480m（底宽×水深×最小弯曲半径），桥位处航道宽度为20m。设计代表船型为：型长56m，型宽9.8m，满载吃水3.5m；



图2 现场探测工作开展图



图3 双频测深仪工作界面（左高频右低频）

2. 主要仪器设备。采用华测公司生产的D580双频测深仪配合华测导航GNSS定位测量系统（RTK1+1），采取实时动态差分系统，获得毫米级精度的平面定位数据，同时，采取换能器向水底发射高、低频超声信号，通过水底反射、接收，考虑水温、

盐度影响，获得水深数据，在风浪较大环境中，通过姿态仪修正船体姿态数据；

3、探测方法。选择该项目航道某一侧边坡和滩地，选择10m×10m的范围作为测量区域，在测深底图上布设好测线，确定测量范围，采用测深水砣进行比照，测量区域范围布设两条断面，每个断面测设3点，共6点。测深砣和测深仪保持同点测试，保证比对结果准确、可靠。现场探测见

图2和图3。

六、数据处理与分析

采用三倍标准差阈值分割方法、形态学处理方法、边缘及角点检测方法对生成的声学图像进行处理，提取目标物的距离等关键信息，并与实际情况进行对比。具体测试数据如下：

1. 测试数据比对。根据测量方法形成测量数据详见表1，如下：

表1 双频测深仪与测深水砣测量数据比对表

测量编号	低频水深数据 (m)	高频水深数据 (m)	测深水砣水深数据 (m)	低频数据比对 (m)	高频数据比对 (m)	备注
测点1	1.59	1.16	1.36	0.23	-0.20	
测点2	1.62	1.14	1.33	0.29	-0.19	
测点3	1.55	1.18	1.40	0.15	-0.22	
测点4	1.49	1.19	1.40	0.09	-0.21	
测点5	1.52	1.20	1.36	0.16	-0.16	
测点6	1.50	1.18	1.38	0.12	-0.20	

七、结果与讨论试验结果

试验结果显示，双频声呐技术能够清晰地探测到水下目标物，通过与测深水砣的对比分析。通过图像处理算法，可以准确地计算出目标物的距离和面积，其高频信号，分辨率高，能够准确判断非浮淤土质航道水深，与水砣存在的系统误差可以通过修正加以解决，低频信号能量强，穿透深度较深，可能作为参考，判断水底的浮淤或水草的总深度，检测数据均在可接受范围内。[3]。

八、结果分析

双频声呐技术在水下目标探测中表现出色，主要得益于其高分辨率的成像能力和先进的图像处理技术。通过不同频率声波的发射和接收，声呐系统能够获取更为丰富的水下环境信息，为目标识别和探测提供了坚实的基础。同时，结合图像后处理技术，能够进一步提高目标识别的准确性和可靠性。

九、讨论

双频声呐技术相比传统探测方法具有显著优势。首先，其探测距离远、分辨率高，能够覆盖更广的水下区域，其次，通

过成像处理，可以直观地展示水下目标物的形状和位置，便于后续分析和处理；最后，该技术不受水流、水深等环境因素影响，具有较高的稳定性和可靠性。

十、结论与展望

本文探讨了双频声呐技术在内河航道水下目标探测中的应用，并通过实验验证了其有效性和可靠性。实验结果表明，该技术能够为航道部门提供准确的水下目标探测手段，对于保障航道安全、提高航运效率具有重要意义。未来，随着声呐技术的不断发展，双频声呐技术有望在内河航道及其他水下探测领域得到更广泛的应用和推广。同时，应进一步加强该技术与其他水下探测技术的融合研究，提升整体探测能力和水平。

[参考文献]

- [1]吴怀立, 李豪.基于双频声呐的内河航道水下目标探测方法试验.中国水运.2021, 01期.
- [2]长航救捞局, 声呐探测技术在航道整治质量监控中的应用.珠江水运 2021, 01期.
- [3]李启虎, 声呐——水中耳目[J].现代物理知识, 2021, 01期.