

网络优先数字出版时间: 2017-08-18

DOI: 10.13657/j.cnki.gxkxyxb.20170818.001

网络优先数字出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/45.1075.N.20170818.1600.002.html>

双频识别声呐在浑浊海域 ROV 海管调查中的应用*

Application of Dual-Frequency Identification Sonar in the Pipeline Inspection with ROV in Poor Visibility Seawater

刘彬¹, 莫子翠¹, 张杰^{2**}, 曾晋¹, 狄冰¹

LIU Bin¹, MO Zicui¹, ZHANG Jie², ZENG Jin¹, DI Bing¹

(1. 中海辉固地学服务(深圳)有限公司, 广东深圳 518067; 2. 中国科学院海洋研究所, 山东青岛 266071)

(1. China Offshore Fugro Geosolutions (Shenzhen) CO., LTD., Shenzhen, Guangdong, 518067, China; 2. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao, Shandong, 266071, China)

摘要:【目的】为解决混浊海域 ROV 海管调查遇到的困难, 引入双频识别声呐协助作业。【方法】在中国南海某浑浊海域 ROV 海管调查作业中, 搭载双频识别声呐, 对整段海管、特征点进行声学成像, 同时与 ROV 搭载光学摄像头成像进行对比。【结果】在浑浊海域海管调查应用中, 双频识别声呐可以在 ROV 搭载光学摄像头无法成像的情况下声学成像, 生成几乎等同影像质量的图像。【结论】作为一种目视检查手段, ROV 搭载双频识别声呐可以清楚地观察海管的状态, 实时呈现动态画面, 有效地协助作业人员在浑浊海域进行 ROV 海管调查, 极大地提高了作业的安全, 保证了作业质量; 而且, ROV 搭载双频识别声呐在浑浊海域海管调查时的速度不亚于在能见度良好海域中的调查速度, 保证了其作业效率和经济性。

关键词: 双频识别声呐 水下机器人 海管调查 浑浊海域

中图分类号: P715 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-7378(2017)03-0191-04

Abstract:【Objective】To solve the difficulties of the ROV pipeline survey in poor visibility seawater, Dual-Frequency Identification Sonar was used to assist operations.【Methods】ROV equipped with Dual-Frequency Identification Sonar conducted pipeline survey to record real-time acoustic video for the pipeline and feature points. Meanwhile, imaging by optical camera fixed on ROV was also recorded to compare.【Results】Through analysis of application example of pipeline inspection in poor visibility seawater, it was found that Dual-Frequency Identification Sonar could present high quality of imaging where optics camera could not work and generate images that were almost equivalent to image quality.【Conclusion】The real-time dynamic images appearing in front of inspectors assist them to take the pipeline ROV inspection effectively in low-light seawater conditions, greatly improve the safety of operations and ensure the quality. Meanwhile, as a method of visual inspection, Dual-Frequency Identification Sonar can show the state of subsea pipeline clearly, ensuring the quality of the inspection. According to the actual operation process, the speed of ROV inspection with Dual-Frequency Identification Sonar in poor visibility seawater is no less

收稿日期: 2017-06-11

修回日期: 2017-07-28

作者简介: 刘彬(1986—), 男, 助理工程师, 主要从事海洋石油水下设施 ROV 检测和安装。

* 国家自然科学基金项目(No. 41006054)资助。

** 通信作者: 张杰(1976—), 男, 研究员, 主要从事海洋腐蚀与阴极保护研究, E-mail: zhangjie@qdio.ac.cn.

than that in good visibility condition which keeps the operational efficiency and economy of ROV pipeline inspection.

Key words: dual-frequency identification sonar, remotely operated vehicle, pipeline inspection, poor visibility seawater

0 引言

【研究意义】海底管道是用来在海底连续输送大量油(气)的密闭管道,是海上油(气)田开发生产系统的主要组成部分,也是目前最快捷、最安全和经济可靠的海上油气运输方式,在海洋油气工业中发挥着重要作用,必须定期或适时对其进行检测以保障其安全运营。海底管道的外检测作业方式包括 ROV (Remotely Operated Vehicle) 调查、AUV (Autonomous Underwater Vehicle) 调查、潜水员调查、拖鱼调查等。ROV 能在潜水员不能到达的深度和复杂的不安全海底环境下进行作业,并可实时返回检测画面,而且在设备正常的情况下没有作业时间的限制。因这些明显的优势,ROV 作为水下作业的载体越来越受到海洋油气田作业者们的青睐,正广泛应用于海底管线等水下设施的检测项目^[1]。

【前人研究进展】目前在渤海海域、北部湾以及南海近岸段等铺设大量海管,如东方气田海管等,这些海管所处的海底环境水下能见度较差。ROV 搭载传统光学摄像头在类似海域进行调查时,由于浑水中悬浮微粒对光线的反射和散射极大地限制了光学成像设备的使用,检测质量差、效率低、自身安全难以保障。双频识别声呐(Dual-Frequency Identification Sonar)的发明和应用很好地解决 ROV 在浑浊海域进行海管调查时遇到的困难,因为在水体中声波的波长差不多是可见光波长的 2 000 倍,这一特性使得它能避开浑水中的悬浮微粒声学成像,极大地提高调查的质量和效率。双频识别声呐是目前唯一运用声频“镜头”在昏暗的浑浊水体中生成几乎等同影像质量图像的高清晰度声呐,显现出清晰的动态“视频”画面,用于桥墩、大坝或船体检查、水下工程检查、搜寻救援等领域^[2-5]。国内用户主要集中在海事局、科研院所等机构用于水下安检、渔业资源调查等。**【本研究切入点】**目前国内 ROV 搭载双频识别声呐在浑浊海域进行海管调查运用相对较少,海管管理人员对声学成像的效果仍持保守的态度。本研究旨在通过 ROV 搭载双频识别声呐进行海管调查研究,说明其在浑浊海域 ROV 海管调查作业时的重要性。**【拟解决的关键问题】**通过双频识别声呐成像效果分析,解决在浑浊海域 ROV 海管调查作

业时安全系数低、作业质量无法保证、作业效率低下的难题,为浑浊海域 ROV 海管调查提供新的方法和保障。

1 材料与方 法

1.1 材 料

双频识别声呐系统是由主机、水下电缆、接线盒、电源适配器、操作手册、软件光盘等组成,目前国内 ROV 载双频识别声呐主要的机型有 DIDSON 双频识别声呐以及 ARIS (Adaptive Resolution Imaging System) 双频识别声呐(图 1)。其中 DIDSON 双频识别声呐根据作业水深和使用方式的不同,ROV 载 DIDSON 双频识别声呐的机型又可分为 DIDSON-300m 型、DIDSON-1000m 型和 DIDSON-3000m 型^[6]。本研究使用 ARIS 双频识别声呐。



图 1 双频识别声呐

Fig. 1 Dual-Frequency Identification Sonar

ROV 使用中海辉固公司组装的 125 匹 CF-CV1500 系列 ROV 系统(图 2)。配备 4 个水平和 4 个垂直液压推进器、Schilling TITIAN 4 七功能智能机械手和 Schilling Rigmaster 五功能重型机械手,采用光纤通讯,可适用于水下重型和复杂作业操作,作业支持船为“华鲲”三用工作船,ROV 在船中的布置如图 3 所示。

1.2 方 法

1.2.1 设备连接

ARIS 双频识别声呐尺寸:长 26 cm,宽 16 cm,高 14 cm,在空气中重量为 5 kg,灵活轻便,可以非常方便地安装在 ROV 上(图 4)。同时配备旋转云台可以实现双频识别声呐的自转和上下旋转(图 5)。利用水面控制软件可以实现声呐在水下旋转,利于从不同角度观察同一物体。



图 2 CFCV1500 系列 ROV 系统

Fig. 2 CFCV1500 ROV system



图 3 ROV 在船布置图

Fig. 3 Arrangement of ROV system on vessel's deck



图 4 ROV 搭载 ARIS 双频识别声呐

Fig. 4 ROV with adaptive resolution imaging system

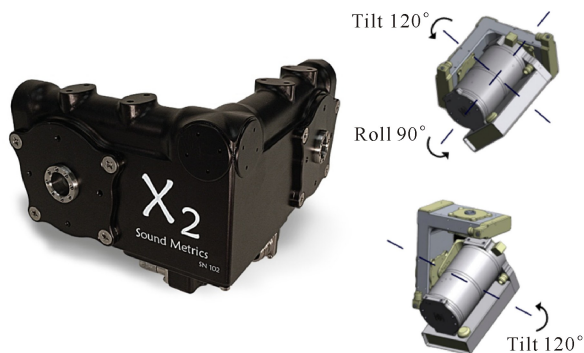


图 5 安装用云台

Fig. 5 Pan-tilt for ARIS installation

ROV 提供双频识别声呐及安装云台的电力供应以及信号传输的通道。数据采用以太网的形式传输至控制电脑,光纤传输直接将网络信号以光信号的形式传输至水面控制单元。整个设备的连接如图 6 所示。

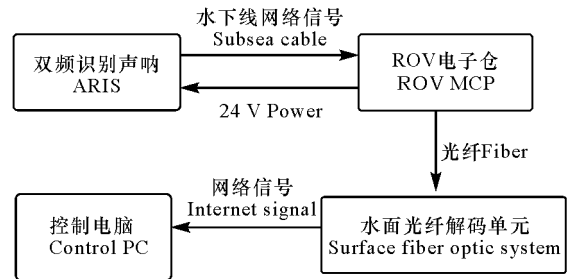


图 6 设备连接线路示意图

Fig. 6 Diagram of equipment connection

1.2.2 水下成像

在中国南海某海管近岸登陆段浑浊海域,运用 ROV 搭载双频识别声呐和高清光学摄像头下水检查海管,并分别对声学成像和光学成像进行录制,得到海管的水下状态。

2 结果与分析

2.1 特征点声学成像

双频识别声呐可以实时将成像结果呈现在 ROV 操作员面前,协助作业人员操作 ROV,同时检查海管的状态。通过处理可以将海管的各种信息叠加在视频上,如作业时间、海管名称、坐标、艏向、水深、高度、KP、偏移值。图 7 是 ROV 搭载双频识别声呐进行海管调查时的成像效果,从左图中可以看到海管在海床上的状态,海管旁边有一个废弃轮胎;右图中可以看到管线上的水泥压块。通过图中特征点的成像效果可以看到,双频识别声呐可以在浑浊水体中生成几乎等同影像质量的图像。



图 7 双频识别声呐海管特征点调查成像照片

Fig. 7 Pictures of feature points of pipeline by ARIS

2.2 声学成像与光学成像效果对比

如图 8 所示,在能见度较低海域,ROV 高清摄像头拍摄的海管画面中海管隐约可见(图 8a),而对应相同时间使用双频识别声呐成像的画面海管清晰可见(图 8b);在能见度为零的情况下,高清摄像头已无法观察到海管(图 8c),而此时双频识别声呐成像清晰(图 8d)。在海底能见度较差、甚至为零的情况下,光学摄像头观察海底管线已经十分模糊,甚至完全失效,而双频识别声呐成像不受影响,依然呈现高分辨率的图像,辅助 ROV 进行海底管道的调查,

使浑浊海域 ROV 搭载调查设备进行海管调查成为可能。因此,双频识别声呐可有效指导作业人员进行海管检查,配合 ROV 搭载的其它专业设备,可获取宝贵的海管状态数据,对海管的完整性评估和风险防范具有重要意义。

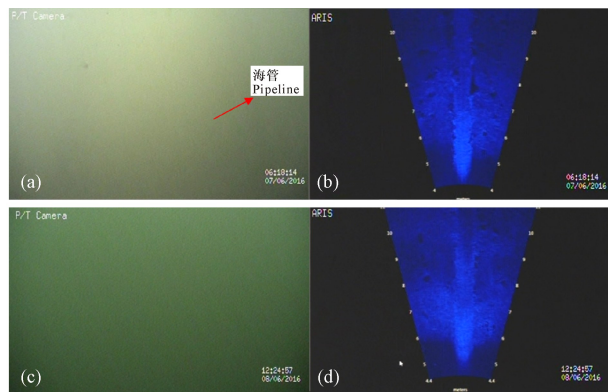


图8 浑浊海域海管调查中光学成像和双频识别声呐成像对比

Fig. 8 Comparison of pictures by optical camera and ARIS in poor visibility condition

2.3 障碍物的声学成像

渔网被认为是 ROV 的天敌。如果在浑浊海水中,无法对渔网等障碍物进行识别和避让,极有可能造成设备的损坏甚至丢失。同时,目视调查作为一种重要的海底管线检测手段,也具有重要的作用,可以对海管的整体状况进行直观判断并及时发现海管的潜在风险。如图9所示,ROV 搭载双频识别声呐可以很清晰地识别海管上所缠绕的渔网(图9a),还可直接观测到光缆与海管交叉点水泥枕块(图9b)。在浑浊海域,双频识别声呐很好地代替了传统光学摄像机,极大地提高了作业的安全和质量。

此处水下检查海管共计 217 km,作业海域渔业活动频繁,渔网众多,水质浑浊,尤其是靠近陆地段,能见度几乎为零。在保证自身安全的前提下,历时 12 d,ROV 搭载双频识别声呐高质量地完成检测作业,获取不亚于能见度较好海域状况下的调查数据,同时保证了作业的效率。

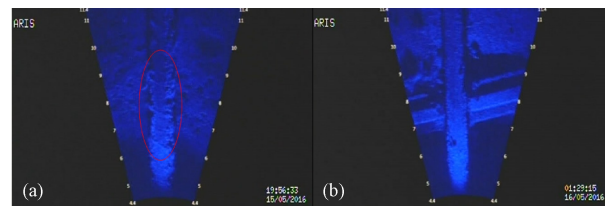


图9 浑浊海域海管调查中双频识别声呐成像效果

Fig. 9 Pictures by ARIS in poor visibility condition

3 结论

在水质浑浊的海域,ROV 搭载常规光学摄像头

进行海管检测异常困难,且无法保障 ROV 自身的安全,检测效率低下,检测质量难以保证。配备双频识别声呐后,很好地解决 ROV 在浑浊海域进行海管检测时遇到的难题。双频识别声呐灵活轻便,非常适合安装在 ROV 上进行作业,同时配备安装云台,可通过水面控制来调整设备在水下扫描的方向和角度,呈现最优的成像效果。ROV 搭载双频识别声呐在浑浊海域进行海管调查时,实时将成像结果呈现在检测屏幕上,可以有效指导 ROV 飞行的速度、姿态、高度等,遇到渔网等有害物可以及时避让,极大地提高了作业的安全、质量和效率。随着海底管线越来越多,ROV 作为一种安全、经济的检测载体,应用会越来越多。在浑浊海域 ROV 搭载双频识别声呐进行海管调查作为一种新型的检测手段,也会得到越来越多的应用。

参考文献:

- [1] 黄明泉. 水下机器人 ROV 在海底管线检测中的应用[J]. 海洋地质前沿, 2012, 28(2): 52-57.
HUANG M Q. The application of remotely operated vehicle (ROV) in seabottom pipeline inspection[J]. Marine Geology Frontiers, 2012, 28(2): 52-57.
- [2] 张进, 沈蔚, 韩军, 等. 成像声呐在人工鱼礁建设中的应用[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(8): 370-372.
ZHANG J, SHEN W, HAN J, et al. The application of imaging sonar in artificial reef construction[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2012, 40(8): 370-372.
- [3] 徐毅, 赵钢, 王茂枚, 等. 双频识别声呐技术在水工建筑物水下外观病害检测中的应用[J]. 水利水电技术, 2014, 45(7): 103-106.
XU Y, ZHAO G, WANG M M, et al. Application of dual-frequency identification sonar to detection of underwater apparent defect of hydraulic structure[J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2014, 45(7): 103-106.
- [4] 刘慧杰, 王从锋, 刘德富, 等. 双频识别声呐在鱼类资源调查中的应用进展[J]. 三峡大学学报: 自然科学版, 2015, 37(3): 28-34.
LIU H J, WANG C F, LIU D F, et al. Advances in application of dual-frequency identification sonar (DIDSON) to fish resources survey[J]. Journal of China Three Gorges University: Natural Sciences, 2015, 37(3): 28-34.
- [5] HANDEGARD N O, WILLIAMS K. Automated tracking of fish in trawls using the DIDSON (dual frequency identification sonar)[J]. ICES Journal of Marine Science, 2008, 65(4): 636-644.
- [6] AIRS Dual-frequency identification sonar introduction [EB/OL]. [2017-05-25]. www.soundmetrics.com.

(责任编辑:米慧芝)