

文章编号:1002-3682(2016)02-0041-09

扫描声呐技术在近平台钻井船就位中的应用*

李 军,朱友生

(中海油田服务股份有限公司 物探事业部,天津 300451)

摘 要:近平台钻井船就位前,需对就位区域进行精细地貌调查,目前常规物探调查方法难以实现。通过对扫描声呐系统工作原理和特点进行研究,总结出了一整套应用于近平台钻井船精细地貌调查方法、解释程序和注意事项,有效解决了常规物探调查难以实现、精度低等难题。本文结合扫描声呐技术在近平台钻井船就位项目实际案例,展示了其高精度、高效性等技术特点及作业优势,为以后近平台钻井船就位区域地貌精细调查项目实施提供了指导与参考。

关键词:扫描声呐;近平台;钻井船就位;海底地貌调查

中图分类号: P756.2 **文献标识码:** A **doi:**10.3969/j.issn.1002-3682.2016.02.006

近年来,渤海油田已进入大规模综合调整阶段,如绥中 36-1、秦皇岛 32-6、渤中 28/34 等油田区,需要钻井船在已建平台附近频繁就位。但已建平台附近海底管缆分布密集、错综复杂,平台附近海底地貌地形变化,平台附近施工产生的废弃物、遗弃物和工业垃圾等障碍物,都严重影响钻井船就位作业安全^[1]。所以准确地确定平台附近海底管缆的位置和海底地貌信息,对油田综合调整中钻井船就位顺利安全具有重大意义^[2]。

然而,由于已建平台设施影响,采用船载侧扫声呐进行常规物探调查^[3],无法实现全面覆盖调查区域,且精度相对较低;潜水探摸调查和水下机器人搭载地貌设备调查,不仅成本高昂、风险系数高、作业效率低、受海况天气影响很大,且渤海海域水质浑浊,很难实现预期近平台海底地貌精细调查。

根据近平台钻井船就位项目的作业需求,结合扫描声呐工作特点,本文总结一种全覆盖、高精度的旋转扫描声呐技术,适用于近平台钻井船就位区域海底地貌精细调查,为障碍物打捞提供位置参考信息,指导潜水员打捞作业,为钻井船安全顺利就位提供了保障。

1 扫描声呐系统

以钻井船就位区域调查使用的 MS1000 旋转扫描声呐为例介绍。MS1000 旋转扫描声呐是国外公司产品,其被公认为全球顶尖水平的水下成像声呐,以高精度、高分辨率处理系统著称,图像分辨率可高达 1 m^[4]。

* 收稿日期:2015-10-13

作者简介:李 军(1985-),男,工程师,主要从事海洋工程物探和工程勘察方面研究. E-mail:lijun35@cosl.com.cn

(王 燕 编辑)

对于较小区域海底地貌精细调查,如钻井船就位区域地貌精细调查,MS1000 旋转扫描声呐一般选择单点或多点释放扫描,而不是车载拖曳进行。通过三脚架垂直将设备释放到海底,以半径 10~100 m 采集海底地形地貌,生成圆形连续采集图像。软件处理程序是一个多功能甲板处理单元,通过 USB 直接传输给 PC 机或电脑,不需要任何其他插件和硬件。采集后的图像可以通过软件进行回放,对感兴趣图像数据可以保存为 tiff 图片,便于进行后期的地貌数据镶嵌。

1.1 旋转扫描声呐系统组成

MS1000 旋转扫描声呐系统由装有 MS1000 操作软件的 PC 机或电脑、软件狗、多功能甲板处理单元、声呐探头、USB 连接线、通讯电缆和装有高分辨率单波束 MS1000 扫描声呐的三脚架组成。系统具体组成及连接方式见图 1。

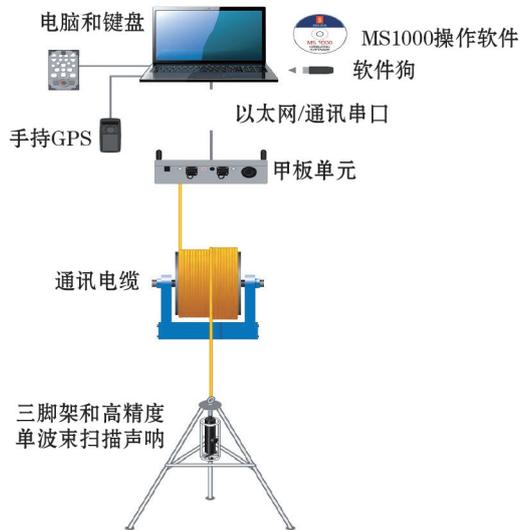


图 1 MS1000 扫描声呐系统组成及连接方式

Fig. 1 Components and connection mode of MS1000 Scanning Sonar System

1.2 旋转扫描声呐工作原理

MS1000 扫描声呐换能器以 $0.9^\circ \times 30^\circ$ 波束角度发射声脉冲,频率为 675 kHz,见图 2。当声波遇到物体或海底会反射回波,回波信号被声呐接收后,根据信号时延和强度形成图像^[5]。然后声呐探头以一定的角度步长旋转,再次重复发射和接收过程,见图 3。最后旋转 360° 形成一幅完整的海底影像^[6]。

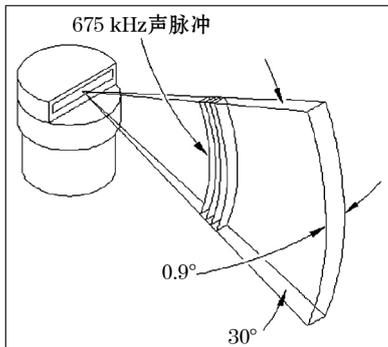


图 2 MS1000 扫描声呐波束角度示意

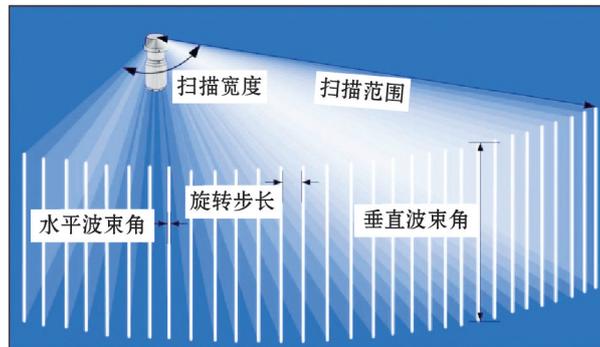


图 3 MS1000 扫描声呐波束组成

Fig. 2 Beam angle of MS1000 Scanning Sonar Fig. 3 Beam compositions of MS1000 Scanning Sonar

2 旋转扫描声呐在近平台钻井船就位区域调查方法

2.1 资料解析

根据近平台钻井船就位实施方案,可以确定就位平台信息。需对以下资料进行收集分析:

- 1) 平台附近水深情况、潮流潮汐情况;
- 2) 平台各层甲板尺寸布置图(含水下结构);
- 3) 各桩腿剖面图;
- 4) 平台附近管缆分布图。

通过以上资料的收集整理,绘制出平台尺寸结构图,包含各个桩腿及桩腿入泥点位置,明确是否有管缆在调查区域内。

2.2 作业场地

调查区域靠近平台,可以选择在平台上或作业支持拖轮上进行。考虑到调查后的障碍物需要进行潜水打捞,一般把作业场地选择在作业支持拖轮上进行。这样既便于旋转扫描声呐调查,又便于调查完后直接对障碍物实施潜水打捞,较大提高作业效率。

2.3 平台复测

前期的资料收集,可以得到平台的结构图,但无法确定平台实际坐标位置,需要对平台位置进行测量。为了获得高精度的平台位置数据,对平台位置测量使用 DGPS 定位系统。一般使用 Starfix、DGPS 定位系统和 Multifix 6 处理系统。利用 Starfix 无线电数据连续获得的差分数据去修正 GPS 接收机获取的 GPS 原始数据,差分数据由单独的 Starfix 天线接收。原始的定位数据和差分改正数据传输到装有 Starfix、seis 导航定位软件工作站进行处理,从而得到高精度的定位数据。

定位人员在平台上比较开阔无遮挡地方,选取 3 点以上分别架设 DGPS 接收机,采用静态观测方法,连续采集 1 h 的数据,剔除跳点,通过 Starfix、DGPS 和 Multifix 6 处理系统获取该点高精度定位数据。

平台艏向通过观测太阳高度角获得。在上甲板的开阔地方架设全站仪,连续对太阳高度角的观测,然后对原始观测值进行一系列后处理,最终获得平台方位或艏向。

基于 DGPS 观测点的高精度观测数据,实测的平台艏向以及资料收集的平台结构图,可以得到平台上所有关键点实际坐标以及桩腿入泥点坐标。此坐标作为扫描声呐资料解释的重要参考依据。

2.4 钻井船就位区域旋转扫描声呐调查

根据钻井船就位调查区域,作业支持拖轮在调查区域侧抛锚带缆就位完后。在船尾、船中和船头分别按照以下步骤进行扫描声呐调查:

- 1)连接高分辨率的单波束扫描声呐探头与甲板单元、控制单元之间通讯电缆;
- 2)打开 PC 机里面的 MS1000 操作软件,测试 MS1000 旋转扫描声呐是否工作正常;
- 3)安装 MS1000 声呐探头三角支架;
- 4)在平流期间前后或流速较小时,将带有钢丝绳的电缆缓慢向下释放支架,直到将支架释放到海底,然后把甲板上的钢丝绳和电缆固定好;
- 5)开机对海底地貌进行数据采集,扫描半径依次设置为 10,20,30,40,50,75,100 m,分别进行数据记录和保存图像资料;

- 6)地貌资料采集完毕,关闭设备,作业人员将 MS1000 声呐探头从海底收回;

在支持船上进行扫描声呐调查示意图如图 4 所示,扫描声呐获取的原始资料影像示意图如图 5 所示。

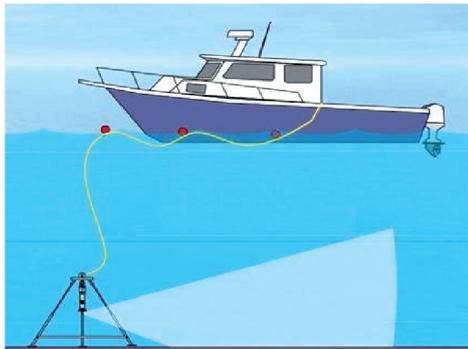


图 4 MS1000 扫描声呐现场作业示意

Fig. 4 Sketch map of working mode of MS1000 Scanning Sonar

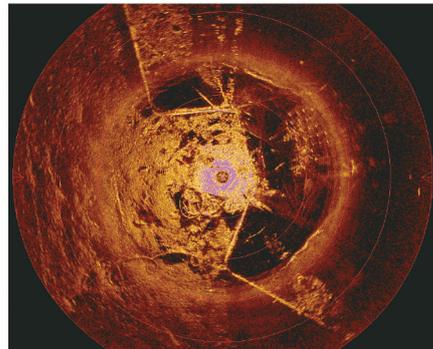


图 5 MS1000 扫描声呐原始影像

Fig. 5 Original image from MS1000 Scanning Sonar

2.5 扫描声呐资料解释

通过扫描声呐先进多功能处理单元,扫描声呐影像资料中物体间相对方向和相对位置准确,但扫描声呐自带的磁罗经精度较低,且靠近平台,获得扫描声呐影像资料并不是真实的方向和坐标。所以在资料解释前,需要对扫描声呐影像方向和坐标进行校正^[7]。

2.5.1 扫描声呐影像参考点选取

通常选取扫描声呐影像较明显的特征点,近平台区域一般选取扫描声呐影像中导管架桩腿点作为特征点。根据所获得声呐影像,找到 2 个以上的较明显特征点作为参考点。

2.5.2 确定缩放比例尺

根据平台复测位置,量取导管架桩腿入泥处的两桩腿点距离。将从 MS1000 保存的图片导入 AutoCAD 中,从图像上判读出导管架位置,并量取导管架间距离 R ,通过图像上选取导管架所对应的实际导管架间的距离 R_0 ,这样就得到图像的缩放比例因子即 $\kappa=R_0/R$ 。

2.5.3 偏角校正

根据缩放后的扫描声呐影像资料上 2 个特征点连线,以及对应 2 个实际特征点连线,量取两直线存在的角度偏角 α ,将影像资料旋转角度 α ,影像对应资料即为实际坐标位置。

2.5.4 资料判读

根据声呐成像的图像特征,对校正后的影像进行解释和判读^[8],获得钻井船就位区域的海底精细地貌情况,例如:裸露的海底管道、裸露海底电缆、管缆压块、海底障碍物等,标识出障碍物实际坐标位置,结合水上定位系统和 USBL 水下定位系统,指导潜水员完成钻井船就位区域的障碍物潜水打捞。

2.6 注意事项

获取高质量的扫描声呐影像资料是整个调查实施的关键^[9]。在调查实施过程中,需对以下情况特别关注:

需了解平台附近水深和潮流潮汐情况,选择在平潮期间进行扫描声呐资料采集作业,避免因流速较大,三脚架倾斜或一侧倒向海底,会造成扫描声呐成像质量差,无法辨识图像。

在三脚架内探头下方配置重锤,这样即使三脚架 3 个角不在一个水平面上或流速稍偏大时,也能保证扫描声呐探头保持垂直且在同一点上进行资料采集。

获取的影像资料上,无法获取 2 个以上的特征点,需要重新选择释放点进行扫描声呐影像采集。

3 工程应用实例

扫描声呐凭借其高分辨率、操作简单,可以指导潜水员进行打捞作业,作业效率高,目前已广泛应用于近平台钻井船就位区域海底地貌精细调查,提升了作业质量,也提高了作业效率,为钻井船安全顺利及时就位提供了可靠资料^[10]。下面以几个钻井船就位工程实例,展示扫描声呐拥有分辨率高、精度高及效率高等优点。

3.1 工程实例 1

某海上平台位于中国渤海北部,水深约 30~32 m。钻井船需要在平台东南侧就位,为确保钻井船就位安全,对钻井船就位区域 200 m×200 m 区域进行地貌精细调查并对障碍物进行潜水打捞。

作业支持船舶在钻井船就位区域抛锚带缆就位完后,使用 MS1000 旋转扫描声呐对调查区域进行扫描声呐调查,获取调查区域内精细地貌情况,指导潜水员对影响钻井船就位的障碍物、遗弃物及工业垃圾进行打捞。潜水打捞后再进行扫描声呐调查,核查障碍物潜水打捞前后的影像对比,确定障碍物是否打捞完全。障碍物潜水打捞前扫描声呐影像如图 6 所示,部分障碍物潜水打捞后如图 7 所示,障碍物实际打捞图如图 8 所示。通过打捞前影像图 6、打捞后影像图 7 和实际打捞图 8 对比后可以明确,遗弃物平台打水管已经打捞完成。

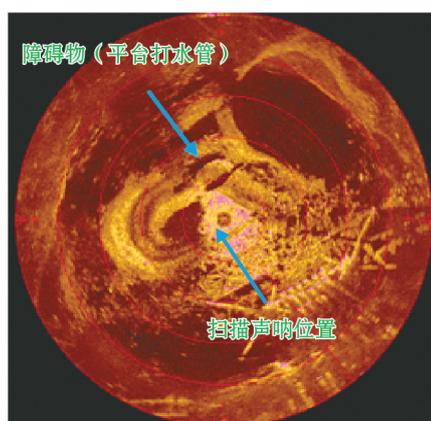


图6 打捞前扫描声呐影像

Fig. 6 Scanning sonar image before salvage

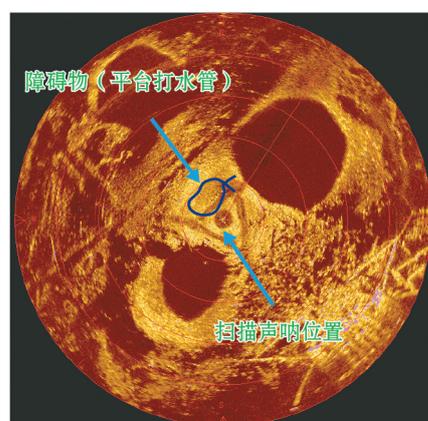


图7 障碍物打捞后扫描声呐影像

Fig. 7 Scanning sonar image after the salvage of obstacles



图8 实际打捞障碍物

Fig. 8 Practical salvage of obstacles

3.2 工程实例2

某海上平台位于中国渤海西南部,水深约 15~18 m。钻井船需要在平台东南侧就位,为确保钻井船就位安全,对钻井船就位区域 200 m×200 m 区域进行地貌精细调查并对障碍物进行潜水打捞。

作业支持船舶在钻井船就位区域抛锚带缆就位完后,使用 MS1000 旋转扫描声呐对调查区域进行扫描声呐调查,获得了调查区域内精细地貌情况。扫描声呐调查精度很高,通过影像资料可以分析调查区域内有较小成片障碍物,通过实际打捞为成片的螃蟹笼。图 9 和图 10 分别为扫描声呐影像图和影像资料对应打捞的螃蟹笼。

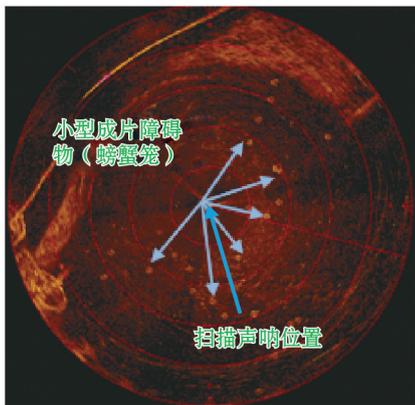


图 9 扫描声呐影像

Fig. 9 Scanning sonar image

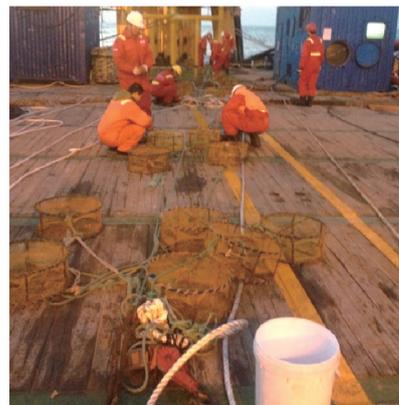


图 10 障碍物实际打捞

Fig. 10 Practical salvage of obstacles

3.3 工程实例 3

某海上平台位于中国渤海南部,水深约 18~22 m。两平台通过栈桥相连且管缆数较多(两个平台共 16 根管缆)。平台附近管缆的位置使用常规物探调查难以实现,通过在平台上使用扫描声呐进行调查高效完成管缆位置调查。

在平台上有管缆一侧释放扫描声呐至海底,可以获得近平台海底管缆位置,甚至可以获取高分辨的压块位置及分布。图 11 和图 12 分别为某近平台的扫描声呐影像图,从影像图中可以直观的看到平台水下结构(桩腿、井口区)、管道、电缆、压块、遗弃物、钻井船桩腿坑、凹陷或凹坑等精细地貌情况。

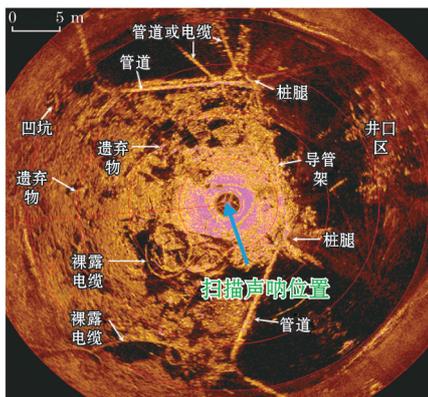


图 11 某平台扫描声呐影像

Fig. 11 Scanning sonar image of a platform

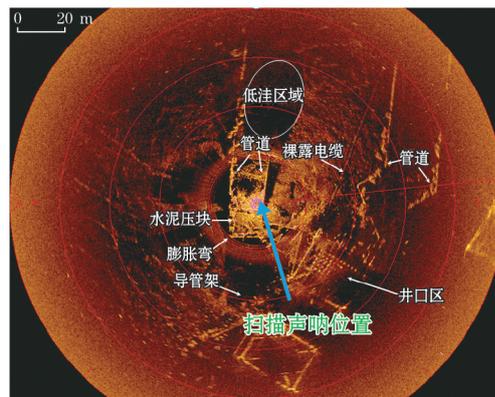


图 12 某平台扫描声呐影像

Fig. 12 Scanning sonar image of a platform

4 结 语

1)通过扫描声呐技术引用,凭借其调查的高精度、高效率、可单点释放采集及操作简便等优势,有效地解决了近平台常规物探调查无法全覆盖、精度相对较低的难题。

2)在资料收集及桌面研究时,收集就位平台的各层甲板布置、水下结构图及桩腿剖面图很重要,用于扫描影像资料的校正和解释。

3)获取扫描声呐的原始资料时,需要根据采集的原始影像资料,判断是否需要重新进行调查或重新选择扫描声呐释放点。如通过采集影像资料可以判断三角架倒向海底、整个三脚架放入深坑、三脚架没放到海底或重复影像不整合。

4)扫描声呐调查和潜水打捞队伍可同时进行,并有效地指导进行障碍物潜水打捞。实现现场资料解释处理和障碍物打捞,提高作业效率,节约了作业成本,为钻井船就位节省了较多时间并提供了可靠的资料,对油田综合调整实施的设计、施工和日常运营维护具有重大意义。

参考文献:

- [1] 柯萃干. 浅谈海洋平台附近海底管缆及障碍物探测[J]. 中国科技信息, 2014(5):191-192.
- [2] 李强,于汀,李家钢,等. 应用 MS1000 扫描声呐探测石油平台附近海底管道位置的方法与实例分析[J]. 中国造船, 2013(增 2):517-520.
- [3] 李启虎. 数字式声呐设计原理[M]. 合肥:教育出版社, 2002.
- [4] ATHERTON M W. Echoes and images the encyclopedia of side-scanning sonar operations[M/OL]. [2015-10-13]. <http://echoesandimages.com/>.
- [5] 唐晓峰,付桂,李为华. 高浊度河口复杂条件下护底软体排检测技术探讨[J]. 水运工程, 2013(3): 81-85.
- [6] 付传宝,叶家玮,刘愉强,等. 扫描声呐探测桥墩水下结构的方法与实例分析[J]. 广东公路交通, 2006(4):43-48.
- [7] 左光磊,常委锋,杨云. MS1000 扫描声呐对重力式码头水下沉箱安装质量的探测[J]. 铁道建筑技术, 2015, 264(11):115-117, 123.
- [8] 王彪. 声呐图像的处理及目标识别技术研究[D]. 兰州:西北师范大学, 2005.
- [9] 张小平. 高分辨率多波束成像声呐关键技术研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学, 2005.
- [10] 刘极莉,王佐强,刘楚. 海底管道冲刷及自由悬跨处理方法评估[C]//海洋石油工程股份有限公司,第十五届中国海洋(岸)工程学术讨论会论文集(上), 2011:35-36.

Application of Scanning Sonar Technology for Drilling Ship in Place Nearby the Platform

LI Jun, ZHU You-sheng

(*Geophysical, China Oilfield Services Limited, Tianjin 300451, China*)

Abstract: Before drilling ship in place nearby the platform, it is necessary to carry out a detailed geomorphological survey in the in-place area. By studying the working principle and characteristics of scanning sonar system, the methods, interpretative program and notes are proposed for carrying out detailed geomorphological survey by using scanning sonar technology for the purpose of drilling ship in place nearby the platform, which solves effectively the problem that can not be solved by the routine geophysical survey methods. It has been seen from a practical application case that the scanning sonar technology can provide high accuracy, high efficiency and advantage of operation for the detailed geomorphological survey in the in-place area. The methods proposed in the paper can provide guidance and reference for detailed and accurate geomorphological survey in the area where the drilling ships will be in place nearby the platform.

Key words: scanning sonar; nearby the platform; drilling ship in place; seabed geomorphological survey