

海底管道应急维修中的调查技术

邓平, 袁汝华, 潘东民, 陈勇, 张大伟, 张伟

海洋石油工程股份有限公司, 天津 300451

摘要: 近年来, 海底管道损坏事故逐年增多, 这些事故对海上油气生产造成巨大影响, 同时环境危害和社会影响巨大。在对泄露的海管进行维修之前, 需要对管线漏点进行查找和确认, 同时对漏点形状、尺寸进行测量。常用的调查方法除了潜水员目视检测之外, 还包括地质地貌调查、DIDSON 双频识别声呐探测、金属管道探测仪调查等, 以期望建立一套快速可靠的海管泄露调查技术体系。

关键词: 海底管道; 应急维修; 调查技术

引言

海底管道作为海上油气田开发、生产与产品外输的主要生产设施, 被喻为海上油气田的“生命线”。近 30 年以来, 我国海洋石油工业飞速发展, 新开发的海上油气田逐年增多, 铺设的海底管道总长度已超过 3000 公里。在渤海海域, 最早铺设的埕北油田海底管道已运行超过 30 年。从 20 世纪 90 年代至今, 海底管道损坏事故逐年增多, 这些事故首先对海上油气生产造成巨大影响, 同时环境危害和社会影响巨大。在 1998 年平湖油田输气管道发现 2 处变形和 2 处泄露, 修复费用高达 3000 万美元, 导致管线停产 3 个月。由于海底管道事故具有突发性、不确定性及损失巨大的特点, 因此开展海底管道检测及维修方法等技术研究, 对于保障油气田安全生产具有重要意义。

1 海底管道应急维修简介

海底管道维修可分为水上维修和水下维修 2 大类。其中, 水下维修又可分为干式维修和湿式维修 2 种。水下干式维修分为常压干式维修及高压干式维修; 管道水下湿式维修分为不停产开孔维修、外卡维修和法兰对接维修等。无论采用该何种维修方法, 首先需要对管线漏点进行查找和确认, 同时对漏点形状、尺寸进行测量, 然后制定维修策略。

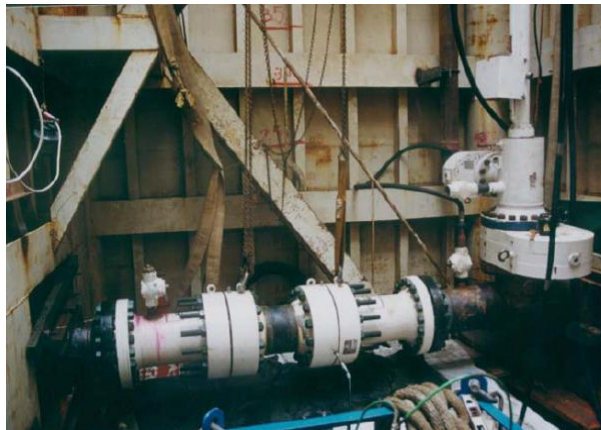


图 1 干式舱内更换球形法兰修复漏点段

2 探测技术与设备综述

海底管道的漏点查找一般采用常规地质地貌调查和潜水员水下检测等方法。地质地貌物探调查、海管埋深、路由所处地质情况及海床地貌特征、地形特征有关, 一般采用单波束/多波束测深仪、旁扫声呐、浅地层剖面仪以及管线剖面仪进行调查, 获取整个管线路由所处海域的海管埋设及地基地貌, 以便于评估确认维修方法。若采用潜水员对具体泄露位置进行调查确认, 除了潜水员目视检测探摸之外, 还可以采用 DIDSON 双频识别声呐、金属管线探测仪等设备。本文对常用地质地貌调查设备、DIDSON 及金属管线探测仪进行介绍。

3 地质地貌调查设备

地质地貌调查设备主要包括单波束/多波束测深仪、旁扫声呐、浅地层剖面仪以及管线剖面仪。测深设备主要是测量海底地形地貌包括单波束、多波束测深仪。单波束测深仪是一种利用海底反射回波进行深度测量的水声测深设备，在海洋探测领域广泛应用。多波束测深系统具有测量范围大、测量速度快、精度和效率高的优点，它把测深技术从点、线扩展到面，并进一步发展到立体测深和自动成图，适合进行大面积的海底地形探测。侧扫声呐系统广泛应用于海洋地形调查，探测海底管道、电缆、礁石、沉船以及各种水下目标，帮助了解和分析管线埋藏及悬跨情况，具有直观明晰特点。浅地层剖面仪可对海洋底部地层进行剖面显示，结合地质解释，可以探测到水底以下地质构造情况，可用于探测海管路由情况及浅层气及断层等地质灾害。典型多波束设备包括 Elac 公司 SeaBeam1185、SIMRAD 公司的 EM 3000S 等；侧扫声呐包括 Edgetech-4200FS、Ben-thos SIS-1624 及 SIS-1500 等型号产品；浅地层剖面仪包括 Edgetech-3200XS、GeoPulse 等产品。

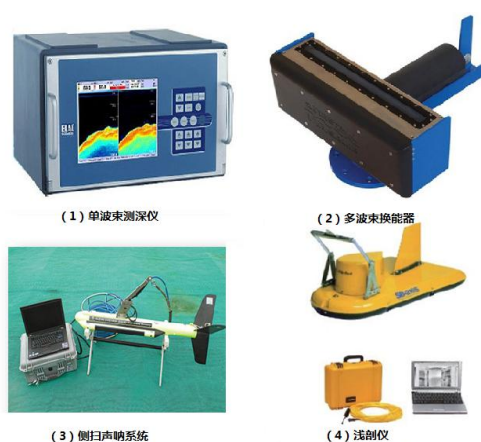


图 2 常用地质地貌调查设备

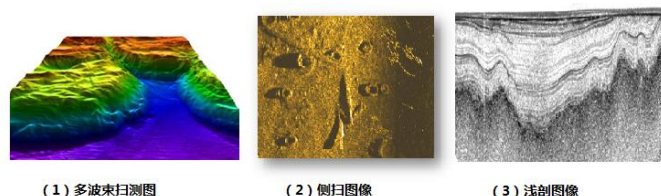


图 3 调查图像

4 DIDSON (双频识别声呐)

DIDSON 意为双频识别声呐，其有两组操作频率可供选择：一组是标准型：1.1MHz 和 1.8 MHz，另一组是长距型：700kHz 和 1.2 MHz。标准型的成像分辨率较高，成像范围从 1m 到 30m。长距型的成像分辨率较低，成像范围从 1m 到 90m。DIDSON 广泛用于水下安全、工程设计、水生生物、潜水、水下搜索等领域。在海管维修作业中，通过潜水员手持操作，用于查找及确认管线漏点。在浑水中，由于悬浮微粒对光线的反射和散射，极大的限制了光学成像设备在水中的使用。在水体中，声波的波长差不多是可见光波长的 2000 倍，声波的这一特性使得它可以绕过悬浮微粒从而使得声学成像成为可能。在水中，DIDSON 自身可以向物体发射声脉冲，物体的形状、大小、距离和位置都会影响回波信号返回的强度、方向和时间。DIDSON 通过接受含有物体信息的回波信号达到声学成像的目的。



图4 潜水员手持 DIDSON

DIDSON 在低频模式下产生 48 个波束，在高频模式下产生 96 个波束。DIDSON 形成一幅完整的画面需要进行多个 ping 循环，低频需要 4 个，高频需要 8 个。为了减小设备的体积和耗电量，在仪器内部只有 12 个平行的接收通道，每一个 ping 循环是以 12 个波束为一组。因此在低频模式下，通过 4 个 ping 循环，然后形成完整的一帧画面。在高频模式下，通过 8 个 ping 循环形成完整的一帧画面。

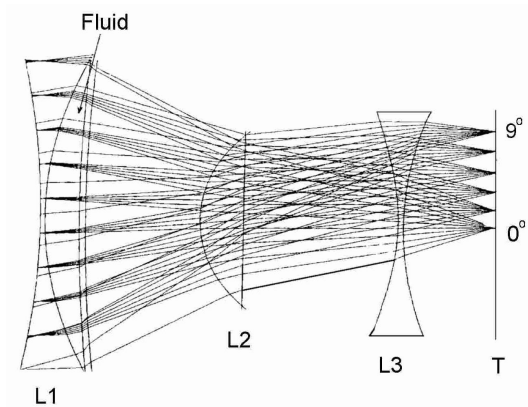


图5 DIDSON 工作原理图

2011 年底，DIDSON 用于珠海天然气管线泄漏点查找确认。该管线泄漏点距中海油珠海横琴天然气处理终端约 13 海里，泄漏点海域水深大约 5 米，水质浑浊，潜水员水下很难看清泄漏点情况。潜水员使用双频识别声纳对管线两处泄漏点进行了扫测调查，获取了现场泄漏点气泡破损点水泥脱落的情况，详见下图 6、图 7 所示。

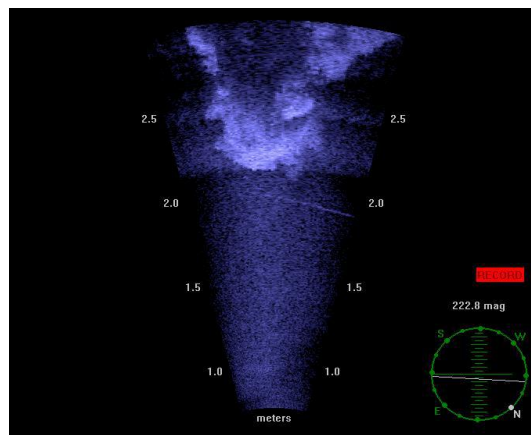


图6 泄漏的气泡

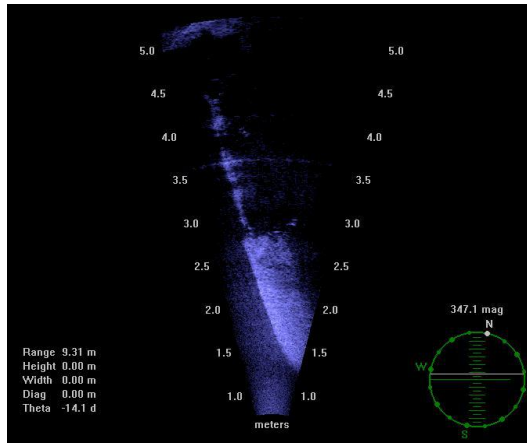


图 7 泄漏点水泥涂层剥落段情况

5 金属管线探测仪

金属管线探测仪采用改性磁技术，是一种灵敏的搜索式磁力强度计，专门用来定位和定位钢制管道以及铠装电缆，同时它也能检测埋在例如混凝土等任何种类金属下面的所有含铁目标，而且具有良好的探测距离。潜水员通过手持金属探测仪进行操作，可在水下对 4 寸的海管短管进行探测。在距离 2 米左右距离时，该探测仪可以探测到短管，并通过水下耳机音频报警及 LED 灯光显示上述信号。该设备具有“低中高”3 种灵敏度档位，可以根据目标物大小及距离，进行调节和操作。水下金属管线探测仪可应用于海管修复、海管探摸等工程，有助于提高潜水员在水下寻找埋设深度较大海管及电缆的效率。在修复海管之前，借助该设备，对埋在泥面以下的管道进行位置的探摸和确认，从而实现海管修复作业面确认及开挖。



图 8 作业结束，潜水员手持金属管线探测仪出水

6 结语

海底管道应急维修中的调查作业是一项多学科多技术的综合性作业，综合应用了潜水技术、水下目视检测、声学调查设备及声呐等。我们需要跟踪引进新的技术和设备，建立海管维修配套的调查、检测设备仪器，以期望建立一套快速可靠的海管泄露调查技术体系。同时，为了保障海底管道安全运营，建议注重和加强管道的定期检测，包括管道内检测及外部检测，以及时了解海底管道运营状况及对管道安全性进行评价。

参考文献

- [1] 魏中格, 齐雅茹, 海底管道维修技术[J]石油工程建设, 2002, 28(4):30-32
- [2] 刘春厚, 潘东民, 高峰, 海底双重保温管道水下修复工程实例[J]中国海上油气(工程), 2003, 15(6):2~4
- [3] 刘春厚, 潘东民, 吴谊山, 海底管道维修方法综述[J]中国海上油气, 2004, 16(1):59~62
- [4] 张彦昌, 郑佳海, 底管线调查综合物探作业方法研究[J]海洋技术学报, 2010, 29(1):78-81