

海底管道外部检查及裸露悬空治理对策

唐明良（辽河油田公司国际合作部，辽宁 盘锦 124010）

摘要：海底管道是海上油气田开发中用于油气输送的重要设施，它的安全是保证油田安全生产和保护海洋环境的重要因素，为了确保海底管线不被船舶抛锚损坏，浅海地区的海底管道通常都是铺设在海底1.5m以下的底泥中，但常年受海流冲刷等因素影响，海底管线会出现裸露和悬空现象，极易遭受外力破坏，最终造成海管破损，原油泄漏的事故，不仅造成重大经济损失，更重要的是造成无法挽回的环境污染。本文介绍浅海地区管道外部检查方法及裸露和悬空治理对策。

关键词：海底管道；裸露；悬空

0 引言

海底管道在运行过程中有可能受到外部载荷的作用或腐蚀而损坏，而这些损坏可分为以下几类：①在运行过程中由于海水的腐蚀造成的管道的穿孔泄漏；②在运行过程中由于受到外力的冲击（如受到船舶抛锚冲击或鱼网拖拉等）造成管道变形或破裂；③在运行过程中，海底埋地管道由于受到海流的冲刷而产生悬跨并因涡激振动而产生疲劳断裂或变形。

在运行过程中因存在以上风险，导致海管冲刷裸露或悬空，极易遭到外力破坏，导致原油泄露，污染海洋生态环境。为了确保海底管线安全运行，定期对海管外部检查，发现问题及时治理，将检查及治理情况形成报告存档，为以后检查分析提供对比依据，更全面掌握海管运行状况，确保海底管线安全运行，本文将从以下几方面介绍海底管线从外部检查到治理的过程。

1 海管外部检测内容

本单位海管运行管理部门负责组织海管外部检查工作的实施，委托具有资质的承包商对海管运行外部状况详细检查。组织对被外检测的海底管道，编制外检测技术方案和作业风险分析，根据批准后的外检测技术要求及检测工作计划，合理安排实施海管外检测工作。必要时组织专家对承包商资质及技术方案进行审查，承包商资格审查应考虑以下因素：①承包商的业绩；②承包商拥有符合业主检测需要的外检测设备，并具有外检测技术能力和质量控制体系；③承包商外检测的操作人员，数据收集、处理、分析和报告的人员应具有业内认可的专业人才；④承包商无不良记录，按业内要求提供检测档案及数据。

海管外检测主要包含平管和立管两部分内容：

平管的外部检查：①管道位置、走向、埋设深度或暴露状况；②自由悬跨及裸露，包括长度、高度、端部支撑状况及该段管线两侧30m范围内的冲刷情况；③影响海底管道完整性或影响附属结构的局部海床冲刷；④管道保护物的完整性（例如：护垫、覆盖物、沙袋、砾石坡等）；⑤管道、涂层和阳极的机械损坏；⑥大量处于或靠近海底管道的瓦砾堆，可能导致海底管道或外部防腐系统的损坏；⑦明显的管道屈曲变形。

立管的外部检查：①由于管道膨胀或基础沉降引起的立管位移；②涂层损坏；③在封闭条件下或套管里任何立管的腐蚀控制技术；④海生物发展程度；⑤立管支撑和导向的完整性和功能；⑥保护结构的完整性和功能。

2 海管外部检查过程及采取的方法

2.1 导航定位

导航定位使用美国Trimble差分GPS。导航软件为美国Coastal Oceanography公司的HYPACK MAX版综合海洋测量软件，该软件是目前世界上较先进的海洋工程导航定位数据采集软件，软件能与上百种设备连接。工作时，软件显示测线的基本信息和测量船的偏航信息。在测量过程中，为了按照既定的计划线进行测量，并使软件和侧扫声呐等同步，工作时采用定位软件进行导航并送出同步信号。

2.2 多波束微地貌探测

多波束测深仪是20世纪70年代出现的，安装于船底的换能器向海底发射数百束窄波波束，发射波束与测线方向垂直呈扇形分布，当声波到达海底时产生反射，由换能器上的接收传感器接收到反射声信号，并转换为数字信号，计算每个波束的测量水深。使用多波束测深仪可获得测线两侧7倍于水深范围内进行全覆盖扫描，属于“面”测量。

2.3 水深数据采集

多波束系统换能器为船舷式安装,以运动传感器向下与水面交点作为参考点建立船体坐标系。本次多波束换能器安装在测量船的左舷, GPS 定位仪的天线盘安装在船体的中轴线的顶部,运动传感器安装在测量船的中轴线上附近;定义船右舷方向为 X 轴正方向,船头方向为 Y 轴正方向,垂直向上为 Z 轴正方向,量取各传感器相对于参考点的位置,往返各量一次,取其中值。多波束系统在进入测区后,首先进行仪器支架固定即测深杆与船体进行固定;然后启动外业工作站,连接姿态传感器、罗经、GPS 数据线,启动外业采集软件,测试各个数据是否正常,输入各个仪器的相对关系数据;进行声速测量,找出多波束探头吃水深度的声速值输入到采集软件中,以上准备工作完成后进行安装校准测量,最后驶入目标海域进行水深测量。

2.4 多波束数据处理

严格按照《水运工程测量规范》(JTS 131-2012)的要求执行,测量成果资料必须进行标识、整理、上交归档保存。

2.5 侧扫声纳地貌调查

侧扫声纳技术用于海底形态测量,是识别海底地貌的重要手段,它的工作原理与测深仪相同。传感器拖鱼在测量过程中拖在测量船后,通过电缆与船上记录系统连接。高频声波以狭窄波束、一定周期从拖鱼发射,并在一定角度范围内扫描。当声波接触到不同粗糙程度的海底时反射回强度不同的声波,并被传感器接收传输到记录系统,用图解记录下声波强度对时间的关系。随着走航,以灰度表示的声纳图像实际上是声谱图。当海底突起部分朝向传感器的一面表现为暗色,它的背面是声学阴影区,表现为白色。

2.6 地貌调查

侧扫声纳系统在进入测区之前,量取声纳拖拽杆与 DGPS、拖鱼之间的相对关系,将侧扫声纳电缆线和安全绳标记好长度。进入测区后,首先进行声速测量,测出表面声速值,然后将拖鱼放入水中,启动工作站,连接 GPS 数据,输入 GPS 与拖鱼的相对关系和表面声速,选择合适的单侧量程和增益等相关参数,最后进行目标区域地貌测量。

侧扫声纳拖鱼采取侧边拖拽方式,将侧扫声纳的高频量程设为 50m,低频扫宽量程设为 75 m,使条带间的覆盖重叠率达到 100%。测量中航速保持在 4 节左右,保证声纳图像清晰。

2.7 地貌数据处理

侧扫声纳数据处理采用 EdgeTech 公司出品的 EdgeTech Discover 4200 软件。处理过程中着重参考了水声学中声波在海底不同介质中的反射、散射原理,结合该测区海洋动力因素,力求仔细分辨出海底冲刷以及明显的障碍物。最终输出为 AutoCAD DXF 文件,生成地貌图。

作为海管状态依据,采用了“眼见为实”的原则,即所有裸露及悬空状态下的数据由侧扫声纳和多波束水深数据提供。因为管沟的存在,且沟相对较窄,浅地层剖面仪对于沟沿会产生绕射效应,从而会在一定程度上掩埋了沟底及沟内海管。对海管的状态和深度判读都造成一定影响。然而,侧扫声纳资料和多波束可以清楚地“看见”管沟及裸露和悬空的海管。声纳数据对于悬空的海管会产生较长的阴影,阴影的长度反映的海管的悬空高度。

2.8 浅地层剖面仪地层调查

海底地层剖面仪是一种利用声波脉冲在水中和水下沉积物内传播和反射的特征来探测海底地层结构的设备。浅地层剖面测量根据不同的声波换能器震源,其穿透深度和分辨率不同。声波频率越高,分辨率也高,但是穿透深度就浅。反之,声波频率越低,穿透深度越深,但地层的细微特征就很难分辨。

2.9 管线探测

浅地层外业探测时,为减少和避免船体尾流对地层剖面仪探测效果的影响,保证探测图像的清晰,测量时,拖鱼采用侧挂方式,安装方式与侧扫声纳的安装方式相同。进行浅地层调查之前,先将仪器连接,然后将换能器放入水中,分别选用不同的脉冲宽度、能量大小、量程范围进行测试,调节 TVG 使浅地层剖面仪的图像效果最佳,选择最佳的工作参数。本次测量过程中,使用 50m 量程,2-15kHz 频率,100% 能量,航速保持在 3 节左右,实时并记录测量工作参数和测量班报。

2.10 浅地层探测数据处理

浅地层探测数据内业采用 EdgeTech 处理软件,根据反射波的振幅、频率、相位、连续性和波组组合关系等分析。海管探测的直接测量成果是双程反射时间剖面,其物理本质是地层界面间声波阻抗的反映。海管在剖面图中表现为声波遇到反射形成的抛物状曲线。在海管资料解释前,首先识别剖面记录上的干扰波,去除地质假象,初步分析各层面的空间形态及层间的接触关系。根据测区资

料进行时——深转换,计算海管埋藏深度。最后在 AutoCAD 平台上生成海管状态剖面图。管沟的存在影响了海管剖面仪的使用效果,所以裸露和悬空的海管状态由侧扫声呐资料和多波束水深资料判读,而其他所有埋藏状态的海管数据由浅地层剖面仪剖面仪提供。对于绕射影响严重的剖面图像,沟底无法“看到”,但是海管形成的抛物线弧依稀可见,海管相对上部平均海底的高度可以量取。管沟需要通过多波束水深资料摘录沟底水深,然后计算出埋藏深度。当沟沿的绕射与海管抛物线弧重叠时,会影响海管深度的量取,所以本次调查海管埋深时存在一定的误差,估计最大会影响 0.1~0.2m。

2.11 潜水探摸

以测量作业获得的裸露情况为依据,在实地进行下潜探摸作业。及时反映水下海管现状,提供潜水一手报告。根据测量结果,详细编制外部检查报告。

3 海管裸露悬空治理对策

3.1 海管裸露和悬空治理方案的确定

以某油田海底管道治理方案为例,依据海管外部检查报告,确定对海管裸露悬空采取治理方案。海管裸露和悬空均采用沙袋回填方式治理,但分以下几种情况,针对不同情况采取的治理方案不同:

①非冲刷段裸露管线使用 30kg 砂袋覆盖在管线周围及上部,管线上部要求回填厚度 0.6m;②冲刷段裸露管线使用砂袋覆盖在管线周围及上部,管线上部要求回填厚度 0.6m,并使用 1600kg/个吨袋在砂袋两边做护边防护;③悬空段管线使用砂袋将管线底部填实后再覆盖在管线周围及上部,管线上部要求回填厚度 0.6m,并使用 1600kg/个吨袋在砂袋两边做护边防护。

3.2 施工前调查

①施工前对海底管线悬空位置复核调查,主要包括海管悬空准确位置、悬空长度、悬空高度、水深等;②潜水员对悬空海管进行水下探摸,核实仪器检查结果,并设置浮漂标记施工定位;③对海管两侧各 50m 范围内海域进行水深调查。

3.3 悬空段治理施工

①作业船码头装吨袋和沙袋;②作业船舶到达预定施工位置后按预设锚位抛锚就位;③调整船舶位置使管线位于船舷一侧合理范围内以便吊车作业;④在水下潜水员的引导下吊车将砂袋吊装下水;⑤在吊车配合下,潜水员适当调整砂袋位置,将砂袋将管线底部填实;⑥唯有管线悬空段管线垫

实后,再开始管线两侧和顶部砂袋回填;砂袋回填完成后将吨袋摆放在砂袋两侧进行支护;⑦决不允许在管线未垫实的情况下将砂袋直接压在管线上,以免造成管线损伤;⑧管线悬空回填从一端开始一个挨一个摆放砂袋(吨袋),管底砂袋间不允许留有空隙;⑨不允许分段回填吨袋或沙袋。

3.4 裸露段治理施工

裸露段管线分为冲刷段和非冲刷段管线回填。两段裸露管线治理分别按照设计要求使用砂袋进行回填。

3.5 质量保证措施

①控制进场材料的质量,不合格的产品及材料决不允许进场,并有专人验收检查;②船只及设备严格挑选必须满足施工要求;③人员进行上岗前进行技术培训,选择有经验、技术水平过硬的职工上岗;④施工前进行严格的技术交底,使操作人员及施工人员熟悉并掌握工艺要求;⑤各工序的管理明确责任人,抓好关键工序的控制;⑥对施工的问题,查出原因,拿出整改措施,并达到施工要求,使业主满意;⑦对施工过程中的桩点位置及深度进行记录,并找相关责任人确认签字后,留作档案资料。

4 外部检查及治理总结报告

①将外部检查情况报告存档,便于日后检查对比,使用单位更全面掌握海管运行动态;②将海管治理总结报告存档,为下次治理工作提供可靠性依据,为海管治理工作的质量及采取的方法是否得当做技术支撑。

参考文献:

- [1] 李士清.海底管线仿生防护技术研究[D].北京:中国海洋大学,2005.
- [2] 郭可谊.浅海海底管线维修工作舱[J].中国海洋平台,2008(04).
- [3] 冷志,叶宏平,范景涛,高庆立,赵强.海底管道悬空处理工艺[A].第十三届中国科协年会第13分会场-海洋工程装备发展论坛论文集[C].2011.
- [4] 梁爽,阿不来提·铁米诺夫,马虹伟.基于仿生防护技术的海底管线悬空治理研究[J].油气田环境保护,2014,24(1):3.
- [5] 王琮,赵冬岩,王风云.海底管线安全防护技术试验研究[J].中国造船,2009,50(A11):7.
- [6] 孟凡生,徐爱民,李军.滩海海底管线悬空问题治理对策[J].中国海洋平台,2006,21(1):3.
- [7] 王雷.海底管道悬空检测及治理技术研究.上海:中国石油大学(华东),2014.