

海洋油田工程输油管道软管清管通球分析

刘国民 宫鹏群 崔少卿 邓 叁 (天津德瑞安海洋工程有限公司, 天津 300462)

付 鑫 (中海石油(中国)有限公司天津分公司工程建设中心, 天津 300450)

摘要: 本文对渤海湾南部海域垦利(KL) 6-1油田的柔性复合软管在线通球作业进行可行性分析和研究。研究发现, 柔性复合软管在海底铺设过程中受到多种因素的影响, 可能导致软管破裂和故障。因此, 在软管铺设后需要进行检查和修复。针对软管的条件和内部状况, 采取一系列措施来协助通球作业, 包括注入破乳剂和调整海管温度。通过分析通球作业中的海管压力变化, 研究发现该油田产物中的杂质可以溶解在原油中, 不会导致海管堵塞。本文研究为油田工程领域提供了有关柔性复合软管在线通球作业的重要见解, 有助于提高油气开采过程的可靠性和效率。

关键词: 海洋油田工程; 柔性复合软管; 通球作业

Abstract: This paper conducts a feasibility analysis and study on the online pigging operation of flexible composite hoses in the KL6-1 oilfield in the southern Bohai Bay. The research reveals that during the underwater deployment of flexible composite hoses, various factors can impact them, potentially leading to hose ruptures and failures. Therefore, inspections and repairs are required after hose installation. Several measures have been taken to assist pigging operations, including the injection of demulsifiers and adjustments to the seawater temperature within the hoses, considering the hose's conditions and internal state. Through an analysis of pressure changes during the pigging operation, the study finds that impurities in the oilfield's products can dissolve in the crude oil, eliminating the risk of hose blockages. This research provides valuable insights into online pigging operations for flexible composite hoses in the oilfield engineering field, contributing to enhanced reliability and efficiency in oil and gas extraction processes.

Key words: Marine Oilfield Engineering; Flexible Composite Hoses; Pigging Operations

0 引言

软管系统在深水油田和海底油气的开发项目中用于输送原油、天然气和水等各种物质, 在海洋工程中起着至关重要的作用。然而随着时间的推移, 这些软管系统可能会由于各种因素的影响导致海管堵塞以及损坏, 如沉积物、盐结晶以及海水腐蚀等, 从而降低了其性能和可操作性。

软管清管通球作为一种软管的维护和修复方法, 旨在还原受损软管系统的功能, 延长其寿命, 减少潜在的故障风险。杜晓毅^[1]结合长庆油田在施工上的不足结合自身对通球的理解编写了第六采油厂的管道施工要点; 宫鹏群^[2]对海上无人平台软管通球存在的问题进行研究, 提出了一种智能化无人通球技术; 陈阳^[3]对某油田首次进行通球后施工作业效果进行了探究与分析, 对后续的通球清管方式进行了进一步的完善; 谢志前等^[4]对南海某工程的海管通球作业施工工艺进行了研究, 根据不同的工况对施工工艺进行改善, 提高了施工质量; 李希明等人^[5]对渤海某油田通球作业

得到的管道垢样进行物理及化学分析, 发现管垢主要是由金属氧化物和泥沙构成, 从而调整了后续日常清理工作中除垢剂的组成成分。

本研究对渤海湾南部海域垦利(KL) 6-1油田柔性复合软管首次在线通球作业进行可行性分析及研究,

旨在为油田工程领域的专业人员提供有价值的见解, 以优化软管系统的维护和管理, 从而提高油气开采过程的可靠性和效率。

1 工程概况

KL6-1油田位于渤海湾南部海域, 其搭建的平台1所处的海域水深约为115m。平台1所产出的物质通过柔性复合软管输往平台2, 与平台2所产出的物质混合后一同运输往处理站进行处理。根据渤海湾南部海域的实际情况, 在运输过程中温度会由高到底, 因此柔性复合软管采用设计温度分别为55℃和45℃的两种软管拼接而成。柔性复合软管的设计总长度为17.9km, 内径为239mm, 计划使用时长为20年。图

1- 图 3 为项目现场软管铺设的施工照。



图 1 柔性复合软管架设



图 2 柔性复合软管安装



图 3 柔性复合软管铺设

2 管道历史检测维修记录

2.1 管道故障及维修

在完成了柔性复合软管的安装施工后，进行通球作业前采用水下探机对柔性复合软管进行检查，发现柔性复合软管存在 A、B、C 共 3 个故障点，为了保证柔性复合软管的正常使用，将三个故障点切断，用三段新的软管将切断点进行连接。

2.2 故障原因分析

柔性复合软管在海底铺设过程中会受到扭矩、压力、温度以及海洋环境等因素的影响，从而发生软管破裂。具体的影响原因分析如下：

扭矩影响：柔性复合软管在铺设过程中需要通过张紧器和船尾斜滑道逐根连接铺设到海底，在此过程中管道由于受力不均，导致软管在海底扭曲，扭矩过

剩导致软管破裂。

压力影响：相较于海上，海底压力大，软管内部压力远小于外界压力，较大的压力差导致软管出现破裂。

温度影响：海底的温度较软管内部温度低，导致软管材料发生热胀冷缩从而出现破裂。

海洋环境影响：风浪和暗涌会导致铺设在海底的软管出现晃动导致应力集中，从而出现破裂。

3 清管可行性分析

3.1 管体条件分析

三通、阀门和弯头的设置符合管道清管的技术要求，能够保证球体的顺利通过，减少球体的磨损和损失。收发球筒及其周边设施的设计和维护也能满足发球的操作，能够有效控制球体的进出，监测球体的状态，排除空气和污水，保持压力平衡，避免环境污染。因此该管道系统具备良好的清管条件，能够保证清管作业的安全和效率。

3.2 管道内部状况分析

在进行柔性软管清管通球时发现平台的产液量并未达到通球条件，需要平台的产液以及海水作为通球介质协助进行清管通球。通过对平台产液的物理及化学分析发现平台产液的主要产物为混合着少量泥沙的油泥，其中油泥和泥沙的主要组成物质分别为沥青和蜡等有机物质以及黏土和轻质矿物。

根据平台产液的主要组成，可以采取以下两点措施协助通球：①在平台 1 处注入破乳剂，这将有助于减少油泥中的有机物质在通球过程中形成乳化物的可能性，从而降低通球操作的难度；②在柔性软管清管通球作业时适当提高作业时的温度以减少沥青质、胶质和蜡质有机物质的凝固和沉积，进一步降低对通球作业的不利影响。

4 海管冲洗作业分析

为了清除平台产出物中的蜡质、油泥、砂质等杂质，平台 1 到平台 2 海管先后进行两次海水冲洗作业，为后续的海管通球作业打下了良好基础。同时通过使用海水提高海管排液量，验证了这种方法能够有效地协助通球的可行性。

4.1 两次冲洗作业

为了准备海管在线通球作业，本次通球作业进行两次泥浆泵冲洗海管的操作。第一次采用 $110\text{m}^3/\text{h}$ 的排量，目的是清除海管内的泥沙、蜡质沥青质等油泥状沉积物。根据平台 2 的取样结果和收球筒的内部

情况发现本次冲洗作业有效地去除了海管内的部分杂质。

第二次采用 120m³/h 的排量, 当水推油快要结束时在平台 2 处发现取样结果中有乳化物出现。这种现象持续了近 10min 后消失。通过对乳化物进行加热离心处理, 发现乳化物中没有泥沙和油泥。本文推测这是由于油水界面处的搅动、含水率的变化以及海管和环境温度的差异等原因造成的。

4.2 海管冲洗作业总结分析

经过两次冲洗, 软管内部的悬浮物和杂质已经清除干净, 冲洗效果达到预期, 但是考虑到海水对软管骨架层的腐蚀作用以及油水混合物可能造成的堵塞风险, 建议后续无特殊情况避免再次进行海管冲洗作业。

5 海管通球作业

5.1 清管器和清管方式

本次柔性软管清管通球作业采用的通球器具为聚氨酯整体浇铸清管器, 该清管器的长度为 365mm, 直径为 253mm。清管方式为采用泥浆泵增加液量协助聚氨酯整体浇铸清管器进行柔性软管清管通球作业。

5.2 海水冲洗海管

为了减少油泥对柔性软管清管通球作业效果的干扰, 结合第三节和第四节的结果, 决定在不影响生产的情况下, 先用泥浆泵以 120~140m³/h 的流量对海管进行持续 24h 的冲洗, 然后再执行通球作业。在冲洗过程中还需要对平台 1 和平台 2 处的出泥出渣进行采用分析, 通过分析结果对通球作业进行适当的调整。

5.3 通球时间估算

在进行柔性软管清管通球作业时需要预先估算整个作业所需要的时间, 避免作业结束时在平台 2 处未做好收球准备。具体的通球时间的计算方法如式(1)所示:

$$T = \frac{\text{管道容积}(m^3)}{\text{排量}(m^3/d)} \times 24h \quad \text{式(1)}$$

本次柔性软管清管通球作业采用平台的产出物和泥浆泵的海水作为动力, 使聚氨酯整体浇铸清管器沿着海管以 80~110m³/h 的清管速度前行。根据海管的容量和聚氨酯整体浇铸清管器的运动速度, 估算出清管通球作业所需要的时间大约为 9.7h。

5.4 通球作业结果

本次清管作业共耗时 9.3h, 比预计的 9.7h 提前了 0.4h, 在作业时长达到 8.7h 时在平台 2 处已经做好收

球准备, 因此本次通球作业圆满完成。根据图 4 所示的上下海管的压力变化曲线, 可以判断聚氨酯整体浇铸清管器在整个通球作业过程中运行正常, 并没有发生卡顿现象。在平台 2 处收集到的杂物很少, 说明海管在投产后内部结构稳定, 没有发生结垢和堵塞, 说明该油田产物中的杂质可以溶解在原油中, 并不会沉积在海管内造成海管堵塞。

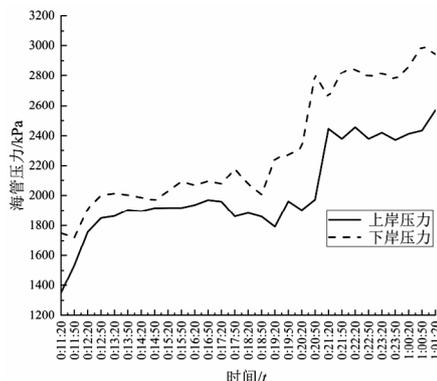


图 4 通球期间海管压力变化曲线

6 结论

本研究对渤海湾南部海域垦利(KL)6-1油田柔性复合软管首次在线通球作业进行可行性分析和研究。本研究的主要结论如下: ①柔性复合软管在海底铺设过程中会受到扭矩、压力、温度以及海洋环境等因素的影响, 从而发生软管破裂。因此在海管铺设完成后需要再次进行检查, 将发生故障的位置进行修复后使用; ②根据管道的条件和内部状况, 采取了一定的措施协助通球作业, 包括在平台 1 处注入破乳剂和在海管通球过程中适当提高海管温度; ③根据通球作业得到的海管压力变化曲线发现渤海湾南部海域垦利(KL)6-1油田产物中的杂质可以溶解在原油中, 并不会沉积在海管内造成海管堵塞。

参考文献:

- [1] 杜晓毅. 浅谈单管通球不掺水集油管道施工管理要点[J]. 全面腐蚀控制, 2021, 35(05): 42-44+100.
- [2] 宫鹏群. 海上无人平台油气海管内环路通球问题及解决方法[J]. 石化技术, 2021, 28(09): 42-43.
- [3] 陈阳. 海管首次通球清管作业实践与效果探究[J]. 化工管理, 2022(28): 134-137.
- [4] 谢志前, 杨勇, 吴二亮. 深水海管通球作业段塞工况处置方案优化[J]. 石油和化工设备, 2023, 26(05): 93-96.
- [5] 李希明, 孟成真, 罗懿等. 渤海某油田海管通球垢样分析研究[J]. 当代化工研究, 2023(11): 79-81.