

Prevention and Technical Application of Corrosion Hazards in Oil Pipeline

Xiaozhou Zhong¹ Chaoran Feng² Chao Su³

1. Sinopec Huizhou Huade Petrochemical Co., Ltd., Huizhou, Guangdong, 516300, China
2. Shenzhen Xuntong Intelligent Equipment Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China
3. Ruibang Intelligent Equipment (Qingdao) Co., Ltd., Qingdao, Shandong, 266071, China

Abstract

In the process of oil and gas transportation, scaling, blockage, corrosion, and wax deposition are the three major hazards, especially in water injection and blending pipelines. Non excavation repair and protection technology for pipelines has played a huge role in the field of oil and gas fields in recent years, with significant economic and social benefits, and has attracted increasing attention. This article combines the application of the “rotating airflow method” non excavation repair technology in oil and gas pipelines to analyze its economic and social benefits, in order to provide reference for enterprises to save energy, reduce consumption, control hidden dangers, and strengthen safety and environmental management.

Keywords

corrosion; Scaling; analysis; Rotating airflow technique; Repair and reconstruction; Hidden danger management; Energy conservation and consumption reduction; economic benefits

输油管线腐蚀隐患防治与技术应用

钟晓舟¹ 逢超然² 苏超³

1. 中石化惠州华德石化有限公司, 中国·广东惠州 516300
2. 深圳市迅通智能装备有限公司, 中国·广东深圳 518000
3. 瑞邦智能装备(青岛)有限公司, 中国·山东青岛 266071

摘要

在油气输送过程中, 结垢、腐蚀、结蜡为三大公害, 尤其注水及掺输管道尤为严重, 管道非开挖修复保护技术近年来在油气田领域发挥着巨大作用, 其经济效益和社会效益显著, 越发引起重视, 本文结合油气输管道应用“旋转气流法”非开挖修复技术应用, 分析其经济和社会效益, 以期为企业节能降耗、隐患治理、强化安全环保管理提供借鉴。

关键词

腐蚀; 结垢; 分析; 旋转气流法技术; 修复再造; 隐患治理; 节能降耗; 经济效益

1 油田注水、掺输管道腐蚀因素分析

1.1 注水管道腐蚀因素

溶解气体 O₂、H₂S、CO₂引起腐蚀。

氯离子含量高, 水对管材的腐蚀也是相当严重的。结垢倾向严重, 致使大部分管因结垢而报废。

硫酸盐还原菌的腐蚀。

1.2 掺输油管道腐蚀因素分析

在影响油田掺输管网腐蚀的诸多介质中, CO₂ 和 H₂S 是最常见和最有害的两种腐蚀气体介质, 它们的作用会导致所谓酸性腐蚀(sour corrosion)和甜腐蚀(sweet corrosion)。

另一种是以 CO₂+H₂S+Cl⁻ 等气体和介质共存的情况下

【作者简介】钟晓舟(1982-), 男, 中国广东惠州人, 本科, 工程师, 从事设备防腐蚀研究。

造成的腐蚀。

油田用水所产生的问题主要是由于地质结构不同, 油田采出水质差异很大, 常常使油井和集输系统产生严重腐蚀和结垢, 其中油田用水产生严重结垢是油田生产中不可避免的问题, 且随着原油开发进入中后期, 综合含水的不断提升, 产出水对油井及设备的腐蚀日趋严重, 输油、注水管道的使用寿命大大缩短, 频繁作业井急剧增多, 作业维修费用显著增大。

所以, 针对在服役的油田管道, 特别临近服役期的管道, 腐蚀比较严重, 泄漏风险较大, 传统办法只能是更换。若将老旧管网延长使用寿命, 从经济效益和企业节能降耗角度出发, 采用非开挖修护的办法, 对管道进行彻底清除锈垢, 内壁缺陷进行修复, 整体内部进行防腐蚀才能达到长期服役的预期目的。

表1部分油田水质情况

| 油田 | 水型 | 总矿化度, mg/l | Cl ⁻ , mg/l |
|-----------|--|--------------|------------------------|
| 大庆油田 | NaHCO ₃ | 6000-9000 | 1600-3500 |
| 胜利油田 | CaCl ₂ , NaHCO ₃ | 15000-200000 | 14000-128000 |
| 辽河油田 | NaHCO ₃ | 1500-6100 | 100-1300 |
| 中原油田 | CaCl ₂ | 30000-180000 | 13000-100000 |
| 华北油田 | NaHCO ₃ , CaCl ₂ | 1300-19000 | 490-11000 |
| 青海油田 | CaCl ₂ | 1000-170000 | 60000-100000 |
| 克拉玛依油田 | NaHCO ₃ , CaCl ₂ | 7000-49000 | 200-20000 |
| 顺北油气(新疆) | CaCl ₂ | 85824.06 | 51662.17 |
| 塔河油田自配模拟水 | CaCl ₂ | 214739.9 | 131489.2 |



图1注水管道结垢腐蚀情况



图2输油管道结垢腐蚀情况

2 国内外非开挖修复技术

考量国内外非开挖技术应用经济性，结合油田管网腐蚀及工况环境情况，分析技术应用的可行性。

管固化原位修复：作业面要求较大，进入内置工具及穿插内固化衬套需作业面3米左右，且管固化材料目前仅用于市政排水，给水，能否抗酸性腐蚀无案例考证存在技术应用风险。

软衬套法：内壁净化要求较高，对注水管道、输油管道油蜡垢，传统工艺净化难度较大情况下工艺很难达到技术要求。且工艺受转弯变径制约。

空穴射流及通球工艺：除垢达不到涂层防腐标准，且受弯头、变径、管道通径影响，实施难度较大。

“旋转气流法”技术：“旋转气流法”是国内首创技术，其原理是在管道内激发气旋做功的技术，通过研制的旋流激发设备对管道持续输入不同压力的气流，差压气流在管道内相互作用形成“龙卷风”一旋转气流，并以此气流为载体，可以完成在管道密闭空间内多种做功过程，实施完

成管道内壁净化及涂膜防腐。

高速旋转的气流作为载体夹带相应磨料做功高速撞击、高速旋转研磨，把附着在管道内壁上的水垢、水锈、化学反应附着物、沉积物等清理掉。然后再利用高速气旋夹带相应的涂料，均匀涂衬在管道内壁上，固化形成附着力很强的内涂薄膜，完成管道内壁保护。

技术特点：

物理方法，作业面小，不受管道复杂连接方式限制；污垢自行回收，无排放、无污染；内壁清除彻底，达到国家涂层标准，可达到Sa2.5。

表2几种非开挖修复技术对比

| 工艺方法 实施对比 | 旋转气流法 | 空穴射流及 通球 | 光固化及软衬 套法 |
|--------------|-------------|--------------|----------------|
| 弯头及缩颈 | 无需拆除或 切断 | 需要破拆 | 需要破拆 |
| 破拆地面 | 无需 | 作业面 4mX3m | 每口井周边 4mX3m |
| 设备能耗 | 低 | 高 | 高 |
| 效率 | 高 | 低 | 低 |
| 工程材料 | 较低 | 昂贵 | 昂贵 |
| 人工 | 4-5人 | 10以上 | 10以上 |

3 旋转气流法技术应用性

3.1 新建管道预防防腐

清理管道：旋风气流对新敷设管道投产前净管，除渣除锈更彻底，效率更高。

快速干燥：旋风气流可快速将管道内水汽吹出，快速风干管道内壁。

防腐施工：新铺设管线进行涂膜防腐，原位将普通钢管改造为优质复合管道。

3.2 老旧管道清垢防腐

管道清理：高速旋转气水流夹带磨料，在目标管段内形成“旋风柱”，磨料不断撞击、剪切、研磨管壁硬质垢锈层，污物由尾端持续排入回收箱，清垢除锈效果可达Sa2.5级以上。管道涂装：除锈清管达到涂装标准后，根据管输介质技术指标，选择适合的防护涂料，用旋风气流带动液态涂料涂覆管道内壁，原位将管道改造为优质。

3.3 旋转气流法的技术优势

环境友好：非开挖闭环工艺，配有污物回收装置，对环境无不良影响。

保护性强：管线整体内壁防护，替代传统管线维护管理方式，提高管线功效延长使用寿命，节能降耗。作业时间短：

工艺不受管道垂直、转弯、变径、分支、闸阀等复杂连接限制，可以根据管线实际情况选择作业距离，最长作业距离达2Km以上。综合成本低：物理方法，无需添加特殊药剂及装置，综合施工成本与更换新管相比降低50%以上。装备智能：自动化、智能化、集成化装备，适应复

杂地形状况。

4 旋转气流法技术的实际应用

近年来旋转气流法技术在石油化工管道修复项目上,为企业节能降耗、降本增效发挥了优势作用。

4.1 吉林油田输油、注水管道清洗涂装项目

施工时间: 2018年。工程性质: 在役管道除锈除垢、部分内防腐。

技术效果: 恢复初始流量, 涂装降低维修率 80%以上。



图 3 注水管道除垢效果

4.2 中原油田地埋注水、输油管道清洗涂膜项目

施工时间: 2023年。

工程性质: 在役注水管道除锈除垢、输油管道涂膜防腐项目。



图 4 明 10 号站 201 注水线除垢效果



图 5 输油管道除垢效果



图 6 输油管道涂膜后效果

工艺实施效果满足生产工艺技术要求, 为企业在役老旧管道非开挖修复提供可靠技术支持。

清垢检测: 清垢标准 Sa2.5;

涂层检测: 湿膜厚度 270 μm ; 干膜厚度 240 μm , 附着力检测 1 级。

4.3 中石化惠州华德石化公司油库

新铺设管线内涂层防腐项目:

工程性质: 新铺设钢制管线内涂层防腐。

管道类型: 原油输送管道。

效果: 涂层保护, 杜绝腐蚀。

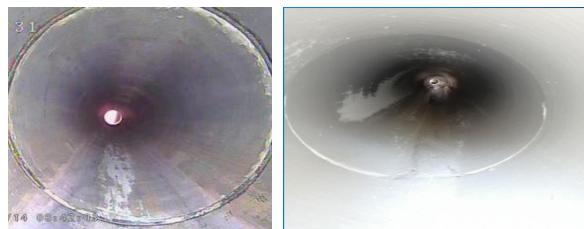


图 7 输油管道涂膜后效果

5 旋转气流法技术工艺实施效益效果分析

清垢、涂膜综合有效作业时间短, 非开挖封闭作业污垢自行回收, 不污染环境。有效工作效率较高, 对锈垢于堵特别严重管道效果、效率显著, 涂层管道清垢、涂层检测达到技术标准要求; 清垢效果: 各管段达到通径 99.9%; 工艺实施不受管道弯头制约限制, 影响较小; 经济效益: 经济效益显著, 亟大降低了油田注水管道服役时间过长、锈垢严重更换管道成本, 估算节约更换管道成本 50% 左右, 提高的介质传输效率, 降低综合能源消耗 24% 左右。

6 结语

本文简述的“旋转气流法”技术是国内集管道内壁净化与管道内壁护壁一体化修复技术, 其非开挖技术属性和不受管道复杂安装方式(转弯、变径等)限制, 可原位将管道修复改造成复合管道, 有效杜绝了管道腐蚀问题, 渗漏问题, 延长管道使用寿命 10 年以上, 为企业降低了开挖换管、硬化路面修复节约了大量成本。

技术适应工况环境强, 效率高, 可适应多种工艺管道, 如: 输油、输气、消防、排水、给水、循环水等。技术的普遍采纳将为企业节能降耗做出不可估量的贡献。

参考文献

- [1] 秦国志 丁良棉 田志明编著《管道防腐蚀技术》, 化学工业出版社, 2003年7月, P13.
- [2] 秦国志 田志明编著《防腐蚀技术及应用实例》, 化学工业出版社, 2002年4月, P28.
- [3] 周本省编著, 工业冷却水系统中金属的腐蚀与防护[M], 北京: 化学工业出版社, 1993年, P28~29;
- [4] 南京化工学院等合编。金属腐蚀理论及应用 北京: 化学工业出版社, 1984;
- [5] 王巍.钛纳米聚合物涂料在炼油厂设备防腐蚀中的应用[J].石油化工设备技术, 2007, 02: 34-37 +22.
- [6] 王巍.钛纳米聚合物涂料在埋地管道不开挖防腐蚀技术中研究与应用 石油化工设备技术, 2007, 02: 34-37 +22.