

海上油气设备运维清洗工程质量控制优化分析

高 程

天津滨海概念人力信息科技有限公司 天津 300450

摘 要：海上油气设备运维清洗是保障海洋油气平台安全稳定运行的关键工作。受海洋复杂工况、作业条件限制，当前清洗工程质量管控存在工艺不规范、现场监管薄弱、人员设备管理松散、验收复盘机制缺失等问题。本文结合行业技术标准与工程现状，深入剖析质量问题成因，构建全流程精细化质量管控体系，从工艺、技术、管理、人员多维度提出优化方案，配套完善保障与评价机制，有效提升清洗工程质量与设备运维安全性。

关键词：海上油气设备；运维清洗工程；质量控制优化

引言：随着海洋油气开发规模持续扩大，海上油气设备长期暴露于复杂海洋环境中，易产生结垢、锈蚀、生物附着等问题，严重影响设备运行效率与服役寿命。运维清洗是设备运维管理的核心环节，其质量控制直接关系到平台安全生产与海洋生态环境。目前行业清洗质量管控模式较为传统，存在标准化不足、数字化程度低、闭环管理缺失等短板。为此本文开展质量控制优化研究，旨在完善管控体系，提升海上油气设备清洗施工质量与运维水平。

1 海上油气设备运维清洗及质量控制基础理论

1.1 海上油气设备运维清洗核心概述

（1）清洗作业核心对象。核心清洗对象包括压力容器、输油输气管道、换热设备及钻井水下设备。压力容器内壁易结焦，管道系统弯多程长，换热设备管束密集，水下钻井结构复杂可达性差，清洗方案需因设备制宜。（2）主要清洗杂质类型及危害。常见杂质有油污、海洋生物附着、锈蚀结垢与泥沙沉积物。油污降低传热效率，生物附着加速点蚀，锈蚀垢层破坏钝化膜，泥沙沉积造成磨损堵塞，四者交互作用危及运行安全与设备寿命^[1]。（3）运维清洗工程特性。海上清洗具有高风险、强约束、空间窄、工况变、标准严等特性。易燃易爆环境要求极高安全等级，潮汐风浪压缩作业窗口，紧凑布局限制施工机具，验收须同时满足设备性能与环保排放指标。

1.2 主流运维清洗工艺及技术标准

（1）常规清洗工艺。高压水射流以超高压水剥离污垢，适用管道内壁，无残留；化学清洗利用溶剂溶解油垢，适合复杂结构，须配套废液处理；机械打磨依靠研磨去除锈蚀，适用于局部修复；超声波清洗借空化效应清除精密件污物，洁净度高。（2）新型智能化清洗工艺。机器人清洗搭载视觉系统实现水下与狭小空间自主

作业；激光清洗以脉冲气化污染物，不损伤基体；自动化喷淋过程程控覆盖，提升效率与一致性。（3）行业质量标准。以SY/T6646为核心，配套安全规范与Q/HS清洁度验收标准，明确表面洁净度等级与残留物限值，环保上须满足废水达标排放要求。

1.3 运维清洗工程质量控制核心要素

（1）人员要素。人员技能、安全意识、实操经验与持证资质直接决定清洗质量与应急水平，须落实岗前培训与定期演练。（2）设备与材料要素。设备性能、药剂浓度与缓蚀配伍性、耗材耐磨等级共同约束施工效果，须实施入场检验与过程监控。（3）工艺与环境要素。工艺选型与参数设置须匹配污垢类型与材质，海洋气象水文条件影响作业窗口，需纳入动态评估。（4）管理要素。流程管控、质量监管、验收体系与风险防控形成闭环管理，三级检查保障节点可控，应急预案确保突发处置有效。

2 海上油气设备运维清洗质量控制现状及问题成因分析

2.1 运维清洗工程质量控制现状调研

（1）调研方案设。选取我国近海典型油气平台运维清洗项目为调研对象，涵盖不同作业水深、设备类型与清洗工艺的施工项目。采用现场走访、施工数据统计、典型质量案例整理及一线人员访谈相结合的方式，从工艺执行、过程监管、设备管理、验收机制四个维度开展系统调研，旨在全面掌握当前质量控制的实际运行状态。（2）现有质量控制流程。当前海上油气设备清洗工程基本形成前期筹备、现场施工、竣工验收、后期复盘四阶段管控流程。前期筹备包括设备检测、方案编制及清洗药剂选型；施工阶段侧重作业监督与数据记录；竣工验收包含清洁度检查与设备试运行确认；后期复盘通过质量数据汇总与问题整理形成闭环。（3）现行质量

管控体系。企业现行质量管控体系以三级质检制度为核心,涵盖班组自检、项目部抽检与监理验收三个层级。验收标准主要参照SY/T6646及Q/HS系列规范,考核机制以施工过程合规率与一次验收合格率为主要指标。监管模式以现场巡检与完工后检验为主,辅以清洗记录溯源,整体呈现制度化运行态势,但精细化、数字化程度仍有提升空间。

2.2 质量控制存在的核心问题

(1) 工艺管控不规范。工艺选型与设备工况不匹配,部分项目未充分评估污垢性质及材质即确定方案。施工参数调整随意,高压水射流压力、化学清洗温度与浓度等关键参数缺乏实时校准;清洗工序简化、时间缩短,导致清洗不彻底或局部过洗造成二次腐蚀。(2) 现场监管体系不完善。全过程动态监管缺失,重点工序(药剂配比、冲洗终点判定)无专职人员全程跟踪。质量检查依赖肉眼和经验,量化检测不足,表面清洁度缺乏仪器验证;隐患排查以事后发现为主,事前预警薄弱。(3) 人员与设备管理薄弱。作业人员专业水平参差,部分临时人员未经系统培训即参与关键工序。设备维护不及时,高压泵密封件磨损、喷嘴堵塞频发;化学药剂选用随意,缓蚀剂与清洗剂配伍未经试验验证,影响清洗质量与设备安全。(4) 验收与复盘机制缺失。质量验收标准执行不严,清洁度等级判定模糊,指标缺乏细化量化。完工后缺少设备运行状态跟踪与数据回访,问题复盘分析和经验反馈机制基本缺位,同类质量缺陷在不同项目中重复出现。

2.3 质量问题成因深度分析

(1) 制度层面。质量管控制度体系覆盖不全,全流程管控条款存在盲区,特别是在药剂入场检验、工艺变更审批等环节缺乏明确规定。岗位权责划分不够清晰,质量责任追溯困难;考核奖惩机制与质量指标挂钩不紧密,管控执行力逐级衰减。(2) 技术层面。传统清洗工艺对海洋恶劣工况及复杂垢层的适应性不足,智能化管控技术在海上平台的应用普及率偏低。质量检测手段仍以人工观察和简易工具为主,缺乏基于传感器实时监测和数字化评价手段,难以实现精准化、数据化的质量管控^[2]。(3) 管理层面。施工流程标准化程度低,不同项目、不同班组之间操作规范性差异明显。现场精细化管理不足,物料堆放、工艺隔离、废水收集等辅助环节管理松散;事前风险预判不够充分,事中动态纠偏能力不足,事后闭环分析机制尚未形成,管理链条存在断裂。(4) 人员层面。专业运维清洗人才培养周期长、储备不足,行业内专业技术人员供不应求。常态化技能培训、

安全培训、质量意识培训体系不完善,多数培训集中在岗前阶段,继续教育和技能更新机制缺失,难以适应工艺技术快速迭代的发展需求。

3 海上油气设备运维清洗工程质量控制优化方案与保障措施

3.1 质量控制优化总体思路与原则

(1) 优化总体思路。立足海上作业特殊工况环境,以全流程精细化管理为核心导向,从制度完善、工艺优化、技术升级、人员赋能、监管强化五个维度协同发力,系统构建"事前预防—事中管控—事后验收—持续优化"的闭环质量控制体系,实现质量管控从被动应对向主动预防转型,全面提升清洗工程质量的可靠性与稳定性。(2) 优化基本原则。遵循安全性原则,所有管控措施须优先保障人员、设备与作业环境安全;适配性原则,优化方案须贴合海上平台空间限制与工况波动特征;标准化原则,统一工艺参数、验收指标与操作规范,消除执行偏差;高效性原则,兼顾质量提升与作业效率平衡,避免过度管控影响工期;环保性原则,全过程管控化学药剂使用与废物排放,确保符合海洋环保法规要求,实现质量、安全、效益与生态的协调统一。

3.2 全流程质量控制优化方案设计

(1) 施工事前质量预控优化。建立设备工况勘察与工艺选型适配机制,施工前完成材质、垢层、运行参数检测并制定针对性方案。完善方案专项审核,组织专家评审工艺可行性与安全风险;实施人员岗前考核,确保持证上岗并熟悉关键控制点;强化设备与药剂入场质检,校验高压泵性能、药剂浓度及缓蚀剂配伍性;健全风险预判防控,针对气象、设备故障等制定分级预案,从源头规避隐患。(2) 施工事中动态管控优化。规范标准化工序流程,编制操作卡片,明确作业要点、质量要求与记录规范。细化工艺参数管控,对射流压力、药液温度、循环流量、清洗时长等设定允许波动范围并实时监控。引入数字化监管,部署压力、温度、pH在线监测设备,实现数据自动采集与异常预警。强化重点工序旁站监管,药剂配比、冲洗终点等关键节点须专职质检员现场确认签字放行^[3]。(3) 施工事后验收管控优化。细化量化验收指标体系,清洁度采用污渍残留量检测及光泽度检测,替代传统目视;设备完整性通过壁厚测量、内窥镜检查确认无二次腐蚀与机械损伤。完善多维度验收标准,涵盖清洁度等级、腐蚀速率、表面损伤等指标。验收台账完整记录检测数据、人员及结论,实现结果可追溯、可复核。(4) 后期质量跟踪优化。建立清洗后设备运行质量跟踪机制,在清洗后7天、30天、90天

分别采集运行温度、压力、流量等参数,评估清洗持久性。形成质量跟踪台账,对异常数据及时分析并启动整改,实现发现问题、分析、整改、验证的闭环管理,为后续项目积累数据与经验。

3.3 专项质量优化措施

(1) 工艺技术优化。针对不同设备与杂质特征,开发组合清洗工艺,如“化学浸泡+高压水射流”处理重油垢设备、“激光清洗+机械打磨”用于精密部件。规范各工艺参数执行标准,建立参数调整审批程序,严禁随意变更。推广智能化装备与无损清洗技术,减少化学药剂用量,降低二次腐蚀与环境污染风险。(2) 人员管理优化。实行分级持证上岗,按高压操作、化学配药、设备维修等工种划分资质等级,定期复训考核。搭建常态化技能与质量意识培训体系,每月组织案例研讨与实操演练,每季度开展质量标杆评比。完善岗位权责说明书与绩效考核,将清洗质量指标与个人绩效挂钩,激发作业人员质量主体意识。(3) 管理制度优化。全面修订全流程质量管控制度,填补药剂入场检验、工艺变更审批、异常停工处置等制度空白。细化各环节管控标准与岗位权责,编制《海上清洗工程质量控制手册》,确保制度可操作、可检查。建立质量追责与奖惩机制,实行质量责任终身追溯制,对重复问题加重考核权重,增强制度严肃性与执行力^[4]。(4) 监管体系优化。构建数字化质量监管平台,集成施工数据采集、视频监控、异常预警、整改追踪等功能,实现全过程数据留存与动态可视化监控。平台预设控制阈值,自动识别超限参数并推送预警信息至管理人员。利用大数据分析识别质量波动规律与高风险工序,为精准监管提供决策支撑,提升质量管控的预见性与精准度。

3.4 优化方案实施保障与效果评价

(1) 组织保障。成立专项质量管控领导小组,由平台经理担任组长,下设技术监督组、现场执行组与数据管理组,明确各岗位管控职责与汇报关系。建立周调度会议制度,统筹协调方案落地实施中的资源配置、跨部门协作与难点攻关,确保优化措施有序推进、层层落实。(2) 技术保障。引入高精度壁厚检测仪、内窥镜、

表面清洁度检测仪等先进检测装备,以及高压泵自动校准系统、智能药剂配比装置等施工辅助设备。组建技术支撑团队,负责工艺方案优化、设备故障处置与数据平台运维,为质量管控提供持续技术保障。(3) 制度保障。修订完善配套管理制度,将优化方案要求固化纳入企业标准与作业规程。健全考核评价制度,每季度对各项目质量管控成效进行量化评分;建立问题整改闭环制度,明确整改时限、责任人与验收标准,保障优化方案常态化落地执行并持续改进^[5]。(4) 效果评价。构建多维度评价指标体系,涵盖清洗质量达标率、设备运行效率恢复率、施工安全事件发生率、单次清洗运维成本变化率等核心维度。每半年开展一次综合评价,通过对比优化前后的数据变化,验证优化方案的实效性,针对短板环节提出改进建议,形成“评价—反馈—优化”的螺旋上升机制,确保质量控制体系持续迭代完善。

结束语

本文系统分析海上油气设备运维清洗工程质量控制现状,梳理施工全过程存在的质量问题,从制度、技术、管理、人员四个层面剖析问题根源,搭建事前预防、事中管控、事后验收、持续优化的闭环管控体系。通过优化清洗工艺、升级监管模式、完善管理制度、强化人员管理,配套全方位实施保障措施,有效弥补传统管控短板。研究成果可为海上油气设备清洗工程质量提升、标准化施工提供参考与技术支撑。

参考文献

- [1]陈建宝.浮式储油轮舱室机械清洗工艺研究与应用[J].清洗世界,2025,41(06):28-30.
- [2]曾晋.海洋平台导管架清洗机器人控制系统研发[J].科学与信息化,2025,8(12):53-55.
- [3]刘畅.海上平台透平滑油冷却器改造实践与成效分析[J].工程技术研究,2025,10(04):89-91.
- [4]王浩宇.海上油气田海底管道清管清洗质量控制技术研究[J].化工管理,2023,24(18):112-114.
- [5]张磊.海上平台水下设备运维清洗安全与质量管控策略[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(24):36-38.