

海洋采油平台老旧工艺管线升级改造方案设计

周俞良（中国石化胜利油田分公司海洋采油厂，山东 东营 257237）

摘要：海洋采油平台工艺管线作为深海能源输送的核心载体，其长期服役后的性能优化直接关系到平台运营的稳定性与高效性。针对老旧工艺管线在海洋复杂环境下的适配升级需求，本文从状态诊断、材料升级、结构优化、智能管控、施工组织五个维度，构建全链条升级改造方案。该方案兼具技术适配性与实践可行性，为海洋采油平台老旧工艺管线的升级改造提供系统参考，助力深海能源开发的高质量可持续推进。

关键词：海洋采油平台；老旧工艺管线；升级改造；方案设计；智能监测

中图分类号：TE95 文献标识码：A 文章编号：1674-5167(2025)034-0121-03

Design of Upgrade and Renovation Plan for Old Process Pipelines of Offshore Oil Production Platforms

Zhou Yuliang (Ocean Oil Production Plant, Sinopec Shengli Oilfield Branch, Dongying Shandong 257237, China)

Abstract: As the core carrier of deep-sea energy transportation, the performance optimization of the process pipeline of offshore oil platforms after long-term service is directly related to the stability and efficiency of platform operation. In response to the adaptation and upgrading needs of old process pipelines in complex marine environments, this article constructs a full chain upgrade and renovation plan from five dimensions: state diagnosis, material upgrading, structural optimization, intelligent control, and construction organization. This solution combines technical adaptability and practical feasibility, providing a systematic reference for the upgrading and renovation of old process pipelines on offshore oil platforms, and helping to promote high-quality and sustainable development of deep-sea energy.

Keywords: offshore oil extraction platform; Old process pipelines; Upgrading and renovation; Scheme design; Intelligent Monitoring

海洋采油平台作为深海能源开发的关键基础设施，其工艺管线承担着原油、天然气、化学药剂及注水等介质的输送功能，是保障生产连续性与运营稳定性的重要环节。随着服役年限的延长，老旧工艺管线在海洋高盐雾、强腐蚀、交变载荷、温度波动等复杂环境的长期作用下，面临着性能迭代与功能升级的客观需求。这种需求源于现代海洋采油对高效化、智能化、长效化运营的追求，而非管线本身的负面失效风险。

传统老旧管线在设计理念、材料性能、工艺水平与管控模式等方面，已逐渐难以完全适配当前深海能源开发的高要求，亟需通过系统性升级改造突破现有局限。基于此，本文立足海洋采油平台的运营特性与管线工作环境，设计一套涵盖“诊断-选型-优化-赋能-实施”的全流程升级改造方案，旨在通过科学的技术路径与组织设计，充分挖掘老旧管线的优化潜力，为海洋采油平台的安全、高效、长效运营提供坚实支撑。

1 老旧工艺管线升级改造的核心原则

1.1 安全冗余优先原则

安全是海洋采油平台运营的核心前提，老旧工艺管线升级改造需始终以安全冗余强化为首要导向。方案设计需充分考量海洋环境的复杂性与不确定性，通过材料升级、结构强化、智能预警等多重手段，提升

管线的抗腐蚀、抗疲劳、抗冲击与抗泄漏能力，构建全方位安全保障体系。同时，改造过程需严格遵循平台运营的安全规范，确保施工与生产的协同安全，避免对现有生产系统造成不必要的干扰。

1.2 技术适配性原则

升级改造方案需深度贴合海洋采油平台的现有硬件基础、生产工艺与运维能力，避免盲目追求技术先进而忽视实际应用场景。方案设计应优先选择成熟可靠、兼容性强的技术路径与设备类型，确保改造后的管线能够无缝融入现有生产体系，降低系统衔接风险。同时，需结合平台的空间布局、设备配置与技术储备，优化方案的施工可行性与后期运维便捷性，实现技术先进性与实践适配性的平衡。

1.3 效能协同提升原则

升级改造需实现安全性能与运行效率的协同优化，既要通过改造强化管线的安全保障能力，也要注重提升介质输送效率、降低能耗损失与运维成本。方案设计应围绕管线的输送能力、压力损失、抗结垢性能、维护频次等核心效能指标，通过结构优化、工艺改进、智能管控等方式，达成“安全强化-效率提升-成本优化”的多维平衡，最大化改造的综合效益。

1.4 全生命周期可持续原则

老旧管线升级改造需立足长期运营视角，兼顾环

境友好与全生命周期价值最大化。在材料选型与工艺设计中，优先选用长寿命、耐老化、可回收的环保型方案，减少对海洋生态环境的影响；通过优化管线结构与运维模式，延长其服役寿命，降低全生命周期内的改造与替换成本；同时，预留技术升级接口，为后续融入更先进的智能技术与工艺方法提供空间，保障管线性能的持续迭代优化。

2 老旧工艺管线升级改造方案设计

2.1 管线多维度状态诊断体系构建

为精准定位老旧工艺管线的优化重点，避免盲目改造，需构建涵盖材质性能、结构完整性、运行适配性、环境适应性四个维度的状态诊断体系。首先，采用无损检测技术对管线材质进行全面筛查，重点评估材质老化程度、腐蚀深度、力学性能衰减情况，为材料升级提供精准依据；其次，通过应力分析与结构完整性检测，排查管线走向、弯头布局、支撑结构等方面不合理之处，识别应力集中、振动疲劳等潜在优化点；再者，结合管线运行参数记录，分析介质输送压力、流量、温度等指标与当前生产负荷的适配性，判断管线输送能力是否存在提升空间；最后，关联海洋环境监测数据，评估管线对腐蚀介质、风浪载荷、温度变化等环境因素的适应能力。通过多维度诊断结果的综合分析，形成管线状态评估报告，明确改造的优先级与核心目标，为后续方案设计奠定坚实基础。

2.2 管线材料选型优化设计

材料性能是决定管线服役寿命与安全稳定性的核心因素，需结合海洋环境特性与管线功能需求，进行针对性选型优化。为提升管线的抗腐蚀能力，优先选用耐蚀合金、复合涂层管材、双相不锈钢等专用材料，这类材料通过特殊的成分设计与表面处理工艺，能够有效抵御海洋盐雾、海水侵蚀、化学介质等多重腐蚀因素的作用，大幅降低腐蚀速率；针对高压输送管线，选用高强度、高韧性的合金管材，确保其在高压介质作用下的结构稳定性，避免塑性变形与破裂风险；对于低温或高温工况下的管线，选择热稳定性优良、热膨胀系数低的材料，保障管线在极端温度变化下的性能稳定与密封可靠性。同时，材料选型需兼顾与现有管线的兼容性，确保连接部位的力学匹配性与密封性能，避免因材料差异导致的接口失效；此外，还需综合考量材料的施工可行性与经济性，在满足技术要求的前提下，选择性价比最优的材料方案，平衡改造效果与成本投入。

2.3 管线结构与工艺改进设计

为优化管线的力学性能与输送效率，需从结构布局与工艺设计两方面进行系统性改进。在结构布局方

面，针对老旧管线走向不合理、弯头过多导致的应力集中与流体阻力问题，通过流体力学模拟与应力计算，优化管线走向设计，减少不必要的弯头与转角，缩短输送路径；同时，升级管线支撑结构，采用弹性支撑与减震装置，缓解海洋平台振动对管线的影响，降低疲劳损伤风险；对于管线连接部位，采用密封性能更优的法兰连接或焊接工艺，提升接口的密封性与结构强度，避免介质泄漏。

在工艺改进方面，针对管线易结垢、结蜡的问题，集成物理防垢与化学防蜡工艺，通过安装在线清洗装置与添加适配型防蜡剂，保障介质输送的顺畅性；结合生产负荷变化，优化管线的管径匹配设计，确保管线输送能力与生产需求精准适配，降低压力损失与能耗；此外，在管线关键节点设置旁路管线与应急切断装置，提升管线系统的容错能力与应急处置效率，进一步强化安全保障。

2.4 智能监测与管控系统集成设计

为实现老旧管线升级后运行状态的精准管控，需集成一套覆盖全流程的智能监测与管控系统，推动管线管理从“被动维护”向“主动防控”转变。在监测指标设计上，重点部署压力、温度、腐蚀速率、振动频率、泄漏信号等核心参数的监测传感器，传感器需具备抗腐蚀、抗干扰、高精度、低功耗的特性，能够适应海洋平台的恶劣环境；通过有线与无线结合的数据传输网络，将监测数据实时上传至平台中央控制系统，实现运行状态的可视化监控与集中管理。在数据分析与预警功能方面，构建智能算法模型，对监测数据进行实时分析与趋势预判，当数据超出预设阈值或出现异常波动时，系统自动触发分级预警，并推送具体异常位置与处置建议，帮助运维人员快速响应；同时，系统可积累管线运行数据，形成全生命周期数据库，为后续的维护保养、性能优化提供数据支撑。此外，集成管线泄漏快速检测功能，通过声波监测、光纤传感等技术，实现泄漏的精准定位与即时报警，最大限度降低泄漏风险造成的损失。

2.5 升级改造施工组织优化方案

为保障升级改造工作的安全、高效推进，需结合海洋采油平台的空间限制与生产特性，制定科学的施工组织方案。在施工时序安排上，采用“分段施工、错峰作业”的模式，将管线系统划分为若干独立改造单元，优先改造非核心生产管线，再逐步推进核心管线的升级，避免改造工作对平台正常生产造成大面积影响；同时，合理规划施工窗口期，避开海洋恶劣天气时段，降低环境因素对施工的干扰。在施工工艺选择上，推广模块化安装技术，将管线预制件在陆地工

厂完成加工与预制，再运输至平台进行现场组装，缩短海上施工周期，提升施工精度与质量；针对海上平台空间狭小的问题，选用小型化、高效能的施工设备，优化施工场地布局，保障施工通道的畅通与安全。在施工质量管控方面，建立“材料进场—过程施工—竣工测试”的全流程质量检查机制，材料进场前需经过严格的性能检测与验收，施工过程中实行旁站监理与关键工序签字确认制度，竣工后通过压力试验、密封性检测、智能系统调试等多项测试，确保改造后的管线满足设计要求。

3 升级改造方案实施保障体系

3.1 技术保障

组建由材料工程、结构力学、海洋工程、自动化控制等多领域专业人员构成的技术团队，开展方案的深度论证与技术交底工作，确保改造方案的科学性与可行性。在方案实施前，组织技术人员与施工团队进行充分沟通，明确技术要求与操作规范；引入先进的施工技术与检测设备，如高精度无损检测仪器、智能焊接设备、流体力学模拟软件等，为改造工作提供技术支撑；同时，建立技术问题快速响应机制，针对施工过程中出现的技术难题，及时组织专家研讨并制定解决方案，保障改造工作的技术连续性与稳定性。

3.2 质量管控

构建全流程质量管控体系，明确各环节质量责任主体与考核标准。材料采购环节严格执行供应商资质审核与材料性能检验制度，杜绝不合格材料进场；施工过程中推行“三检制”（自检、互检、专检），重点加强焊接、连接、防腐等关键工序的质量控制，确保每一道工序都符合技术规范；竣工阶段组织专项验收小组，依据设计文件与行业标准，对管线的外观质量、尺寸精度、性能参数、智能系统运行状态等进行全面检测，验收合格后方可投入使用。此外，建立质量追溯体系，对改造过程中的材料使用、施工记录、检测数据等进行全程存档，为后期质量追溯与维护提供依据。

3.3 人员保障

针对改造方案涉及的新材料、新设备、新工艺，开展专项人员培训工作。对施工人员进行安全操作、技术规范、设备使用等方面的系统培训，考核合格后方可上岗作业；对运维人员进行智能监测系统操作、故障排查、日常维护等技能培训，提升其对改造后管线的管理能力；邀请行业专家开展技术讲座与经验分享，拓宽相关人员的专业视野，积累实践经验。同时，建立人员激励机制，对在改造工作中表现突出的团队与个人给予表彰奖励，激发人员的积极性与责任心，

保障方案实施的人力支撑。

3.4 风险防控

制定全面的风险防控预案，针对施工过程中可能面临的海洋环境风险、安全作业风险、技术实施风险等，明确风险识别、评估、应对的具体措施。海洋环境方面，建立气象与海洋环境实时监测机制，及时获取风浪、潮汐、海流等信息，提前调整施工计划；安全作业方面，强化施工现场的安全管理，配备充足的安全防护设备，严格执行高空作业、动火作业、有限空间作业等特殊作业的安全规程，确保施工人员人身安全；技术实施方面，对关键技术进行试点验证，积累实践经验后再全面推广，降低技术应用风险。同时，建立应急处置团队，配备应急救援设备与物资，针对可能出现的泄漏、设备故障等突发事件，制定快速响应与处置流程，最大限度减少损失。

4 结论

海洋采油平台老旧工艺管线的升级改造是提升平台运营安全与效能的关键举措，需立足海洋复杂环境特性与平台运营需求，构建系统性、科学化的方案体系。本文设计的升级改造方案，通过多维度状态诊断精准定位优化重点，以材料选型与结构改进强化管线本体性能，用智能监测系统提升运行管控水平，靠科学施工组织保障改造实效，辅以完善的实施保障体系确保方案落地，形成了“诊断—设计—实施—保障”的全链条解决方案。

该方案既注重技术适配性与实践可行性，又实现了安全性能、运行效率与可持续性的协同提升，能够有效挖掘老旧工艺管线的优化潜力，为海洋采油平台的稳定运营提供坚实支撑。未来，随着材料技术、智能监测技术、海洋工程技术的持续发展，可进一步优化升级改造方案，融入更多绿色、智能、高效的技术元素，推动海洋采油平台工艺管线的持续迭代升级，为深海能源开发的高质量发展注入更强动力。

参考文献：

- [1] 崔璨,薛佳慧.海洋平台通风设计规范及运行优化方法综述[J].科学技术与工程,2025(20):11-13.
- [2] 苏霞.海洋平台电气仪表自动化控制技术分析[J].石油和化工设备,2025(09):98-100.
- [3] 边江.海洋平台建造中组块建造技术研究[J].设备管理与维修,2025(08):123-125.
- [4] 姚玉涛.海洋平台实际运行中机械设备的使用维护分析[J].船舶物资与市场,2025(07):56-58.
- [5] 郑国良,陈鹏.海洋平台防腐分析及涂装工程管理要点[J].中国石油和化工标准与质量,2025(18):23-25.