

石油工程设备的安全探究与降本增效分析

何云峰 (中国石化西北石油局, 新疆 乌鲁木齐 830000)

摘要: 随着石油资源的需求持续上升, 推动石油开采技术的发展, 优化石油设备的管理工作, 对于石油生产而言极为重要。石油设备的运行安全, 成为制约石油生产的关键因素。本文从石油工程设备安全管理对企业降本增效的意义入手, 提出石油工程设备的安全策略, 提升石油开采效率, 保障设备运行的安全性, 从而降低企业生产成本。对石油设备的降本增效, 为石油行业提供安全管理方向, 确保资源的利用, 持续稳定生产过程, 助力企业安全化高质量稳步发展。

关键词: 石油设备; 安全管理; 效率优化; 设备维护; 降本增效

中图分类号: TE9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2026) 004-0064-03

Safety Exploration and Cost Reduction and Efficiency Analysis of Petroleum Engineering Equipment

He Yunfeng (China Petrochemical Northwest Petroleum Bureau, Urumqi Xinjiang 830000, China)

Abstract: With the sustained growth in demand for petroleum resources, advancing oil extraction technologies and optimizing the management of petroleum equipment have become critical for oil production. The operational safety of petroleum equipment has emerged as a key constraint on oil production. This paper examines the significance of safety management for petroleum engineering equipment in reducing costs and improving efficiency for enterprises. It proposes safety strategies for petroleum engineering equipment to enhance extraction efficiency, ensure operational safety, and ultimately reduce production costs. To reduce costs and improve efficiency in oil equipment, providing safety management guidance for the petroleum industry, ensuring optimal resource utilization, maintaining stable production processes, and supporting enterprises in achieving safe, high-quality, and sustainable development.

Keywords: petroleum equipment; safety management; efficiency optimization; equipment maintenance; cost reduction and efficiency improvement

石油作为全球经济中的重要资源, 对其开采的安全问题极为重视。设备出现故障, 人员操作不当, 导致安全事故, 不仅会造成巨大的经济损失, 还可能带来环境污染等一系列问题。因此, 加强石油设备的安全管理, 优化设备操作流程, 提出必要的维护策略, 是提升石油生产效率的必要条件。从设备管理的角度出发, 探讨石油设备安全管理的重要性, 分析设备安全管理在提高生产效率中的作用。衡量石油设备运行中的风险点, 探讨现代安全管理理念在石油资源开采中的应用。

1 石油工程设备安全管理对企业降本增效的意义

1.1 保障人员生命安全与生态环境

石油工程设备的运行环境特殊, 在高压高温环境下, 结合这一高危特性, 设备出现失效, 人员操作失误, 都可能引发爆炸, 出现严重火灾, 导致有毒气体泄漏, 出现重大事故, 直接威胁现场作业人员的生命安全, 并对周边生态环境造成严重破坏。例如, 油气泄漏导致土壤污染, 水体出现酸化, 生物多样性下降, 后续安全事故引发连锁反应, 危及区域生态系统平衡。强化设备安全探究, 降低机械故障风险, 避免腐蚀泄漏, 减少因设备问题导致的人员伤亡。借助智能密封技术,

运用实时监测系统, 预防泄漏事故, 应用耐腐蚀材料, 延缓石油工程设备的老化, 避免环境污染的发生, 保障人员生命安全。

1.2 提升油气开采效率与设备寿命

石油工程设备的安全性直接影响油气开采的经济性。设备故障引发非计划停机, 导致产能下降, 运营成本攀升, 频繁的维修更换, 增加资源浪费。优化石油工程设备设计, 改进运维策略, 提升设备的稳定性。例如, 基于状态监测的故障预警系统, 提前识别设备潜在缺陷, 避免突发故障对生产流程的干扰。同时, 抗硫化氢腐蚀技术的突破, 延长设备在复杂工况下的使用寿命, 降低石油工程设备的维护频率, 尽可能避免不必要的资源消耗, 从而提高整体开采效率, 减少能源浪费。

1.3 降低事故经济损失与监管压力

石油工程事故往往伴随经济损失, 进而引发社会信任危机, 面临较大的监管压力。例如, 设备失效导致的泄漏事故, 消耗大量环境修复费用, 企业商誉受损, 社会影响较为恶劣。强化设备安全技术发展, 优化管理标准, 从根源上减少事故发生的可能性, 降低影响范围。例如, 优化石油工程设备设计, 降低爆炸

风险，自动应急系统遏制事故扩大化。构建符合安全规范的设备运维体系，规避因违规操作引发的监管处罚，降低社会舆论压力。从行业层面看，增强公众对能源开发的接受度，减少因安全事故导致的社会阻力，降低企业的监管压力。

2 石油工程设备安全风险分析

2.1 设备失效模式

石油工程设备长期处于恶劣环境中，易引发材料微观结构损伤，导致部件出现裂纹，最终发生断裂失效；设备在腐蚀性介质中运行，材料表面易发生化学侵蚀，出现机械摩擦损耗。例如，油气管道焊缝区的晶间腐蚀降低材料强度，而井下钻具的冲蚀磨损缩短其服役周期，因局部失效引发安全风险；防爆系统失效产生电火花，点燃可燃气体混合物，导致火灾。

2.2 环境风险因素

飓风、暴雨等强对流天气，造成钻井平台结构失稳；冻土区域的低温，使地面设备材料脆化，导致密封失效，连接部位断裂；沙尘暴等恶劣环境，加速设备磨损，导致电气元件污染；海底滑坡、地震等地质活动；直接破坏管道的埋设结构，引发悬空段应力集中，导致管道屈曲变形甚至破裂；海床液化现象，削弱管墩的支撑能力，加剧管道位移风险。多种环境因素共同作用，导致石油工程设备存在安全风险。

2.3 人为操作风险

未按标准周期执行压力容器壁厚检测、忽略设备防腐涂层修复等行为，可能使潜在缺陷持续扩展，最终引发突发性失效。例如，未及时更换老化的密封件可能导致介质泄漏，进而触发中毒或火灾。井喷事故中防喷器操作延迟、火灾初期扑救不当等人为判断偏差，可能放任事故升级为灾难性事件。人员培训不足，应急预案可操作性差，现场指挥混乱密切相关，在多设备协同作业场景中更易显现。简化安全锁闭程序，超限使用设备，存在习惯性违章行为，直接突破设备安全阈值，导致机械故障，出现工艺失控。

3 设备安全技术应用

3.1 智能监测技术

在设备关键部位部署振动、温度、压力等多参数传感器，钻井平台支撑结构，输油管道焊缝构建实时数据采集网络，实现对设备运行状态的连续感知。传感器数据借助边缘计算节点，预处理后传输至云端平台，为故障预警提供基础数据支撑。智能监测技术识别早期机械疲劳裂纹扩展，发现局部过热的潜在风险，避免因信息滞后导致的突发性故障。基于机器学习算法，构建设备异常检测模型，分析历史运行数据，衡量实时监测信号，自动识别设备异常模式，轴承磨损

导致的振动频谱偏移，密封失效引发的微小泄漏。模型动态优化阈值参数，适应不同工况下的设备性能退化规律，实现从“事后维修”到“事前预警”的转变。利用三维建模与物理引擎，构建设备数字孪生体，集成材料属性、工况载荷、环境参数等多维度数据，实时映射物理设备的运行状态。运用仿真分析预测设备在极端条件下的性能衰减趋势，如高温蠕变导致的管道变形，优化维护策略，验证设计方案的可靠性。

3.2 耐腐蚀与强化设计

用高铬、钼、氮含量的双相不锈钢材料（如2205、2507），优化合金成分与热处理工艺，在高温高压环境下，提升管道在含硫油气条件下的抗点蚀与抗应力腐蚀开裂能力。其双相组织兼具高强度与耐蚀性，适用于海底管道、集输管线等关键部位。针对阀门密封面等易磨损部件，采用激光熔覆技术与电子束熔融技术，逐层堆积金属粉末，实现表面涂层修复，该技术精准控制材料沉积形貌，恢复部件尺寸精度，增强表面硬度，延长服役周期。例如，钻头切削刃的激光熔覆修复，减少因冲蚀导致的频繁更换。

3.3 防爆与应急系统

在石油工程易燃易爆的高风险环境中，构建本质安全型防爆体系与高效应急系统是实现安全底线保障与成本控制的关键结合点。防爆技术应用的核心在于主动预防，通过对设备进行本安型或隔爆型电气设计、严格遵循危险区域划分标准选型与安装，并辅以可燃气体浓度在线监测与联动停机系统，从源头杜绝点火源与爆炸性环境相遇的可能性，从而避免因爆炸事故导致的灾难性设备损毁、生产中断及天文数字般的善后与赔偿成本。

4 安全管理策略优化

4.1 人员培训体系

结合安全管理要求，构建多维度安全培训体系，融合虚拟现实技术，构建石油工程设备实战场景，如在井喷失控模拟训练中，借助触觉反馈设备，还原高压流体喷射的冲击力，营造硫化氢扩散的毒性环境，展开人员培训，在此工程中，操作人员需在虚拟场景中，完成紧急关断阀启动，消防喷淋系统联动，整合多种操作，借助实时评分系统，量化评估响应速度，确保操作规范性。安全行为积分制度与绩效考核绑定，将规范操作转化为积分奖励，违规行为扣除积分，积分排名直接关联年终评优，影响员工的晋升资格，正向激励强化安全意识。建立行为观察卡制度，安全监督员记录现场操作中的违章行为，如未执行压力容器定期检测，忽略防腐涂层修复，明确现场操作中的违章问题。针对高频违规问题，设计专项纠正培训，借

助3D动画,模拟违规操作引发的机械伤害事故,直观展示事故后果,起到警示作用。在培训中,除了员工自身的培训之外,结合石油工程设备的使用要求,实施跨部门联合演练,覆盖多种场景,如模拟管道断裂导致的大规模泄漏事故,多部门协同完成泄漏源封堵工作,控制硫化氢扩散,展开伤员急救,多种任务综合起来,实现员工的多角色扮演,也在此过程中暴露协同短板,优化应急预案,进一步完善人员培训体系。

4.2 实施安全监控技术

系统性部署以物联网、大数据及人工智能为核心的主动型安全监控技术,推动安全管理从“事后响应”向“事前预警、事中干预”的智能化转型,是降本增效的关键技术路径。为关键设备加装振动、温度、压力、声发射、腐蚀在线监测传感器,实现对设备运行状态与健康度的实时、连续感知。所采集的数据传输至中央云平台,利用机器学习算法构建设备正常运行的数字孪生模型,并实时比对分析,从而精准识别异常模式与早期故障征兆。例如,振动频谱分析,提前数周预警轴承失效,通过声波监测可及时发现管线微泄漏。这种预测性维护能力,使得维修活动精准规划在最合适的窗口期进行,避免了非计划性停机造成的巨大生产损失,也防止了小故障演变为灾难性设备损坏所产生的高昂修理费与安全风险。同时,视频智能分析、人员定位与电子作业许可系统的集成应用,可对危险区域入侵、人员不安全行为进行自动识别与报警,直接降低事故发生率。技术监控的投入,虽有一定初始成本,但其所避免的重大事故损失、提升的设备利用率与维护效率,将带来显著且长期的投资回报。

4.3 优化安全管理流程

对安全管理流程进行系统性再造与标准化、数字化优化,是打破管理壁垒、提升执行效率、固化安全成果的必然管理变革。首要任务是推动作业许可、隐患排查、变更管理、事故调查等核心流程的标准化与线上化。利用移动终端与统一平台,实现作业许可的在线申请、审批、交底与关闭,确保流程不可逾越、记录不可篡改、责任清晰可溯,极大压缩因流程繁琐或沟通不畅导致的非生产待机时间。其次,建立基于风险的、动态的隐患排查治理闭环流程。利用风险矩阵对设备相关隐患进行分级分类,通过移动巡检APP实现隐患的即时上报、智能派单、整改跟踪与验证销项,并将数据用于分析高频隐患类型与根本原因,从而针对性地优化设备设计或维护策略,从管理上降低故障概率。最后,优化设备从采购、安装、运维到报废的全生命周期安全管理流程。在新设备采购技术规格中明确安全与可靠性要求;在安装调试阶段严格进

行安全验收;在运维阶段强制执行预防性维护计划;在报废阶段规范处置以避免遗留风险。流程的优化减少管理内耗,提升响应速度,确保安全要求,在所有环节一贯执行,从而以更高的管理效率,保障生产连续性。

4.4 实施安全监控技术

建立与设备安全绩效直接挂钩的正负向激励机制,并培育全员参与的主动安全文化,是为上述技术与管理措施提供持久动力的深层保障。激励机制需将设备相关的安全指标纳入部门与个人的关键绩效指标,并与奖惩、晋升直接关联。设立专项安全奖励,对及时发现重大设备隐患、提出有效安全改进建议的员工给予即时物质与精神激励。反之,对违反关键安全规程、隐瞒设备异常的行为实行零容忍。更重要的是,要超越“奖罚”层面,致力于建设透明、报告、学习的文化。鼓励员工无顾虑地报告设备微小异常与未遂事件,将其视为宝贵的改进信息而非追责依据。定期组织设备故障与异常案例的深度复盘学习会,邀请一线人员参与,共同分析根本原因,提炼经验教训,并固化到规程培训中。领导层言行一致地投入资源,参与安全活动,倡导安全优先的决策,来彰显对设备安全与人员安全的绝对承诺。这种以人为本、正向引导、持续学习的文化,能激发员工的主人翁精神,使安全管理与降本增效从“自上而下的要求”转变为“自下而上的自觉行动”,形成最为稳固且成本效益最高的长期防线。

综上所述,加强石油设备安全管理,确保石油开采安全。结合安全管理技术,展开石油工程设备维护,降低事故发生风险,提升生产效率。石油企业注重设备技术更新,强化员工安全培训,保障生产过程的安全。随着技术的不断进步,安全标准逐渐提高,石油设备的安全管理将更加科学化,为能源市场的发展贡献力量。

参考文献:

- [1] 杨飞,翁小平.石化行业工程项目建设中的仪表技术管理[J].化工管理,2024,(32):163-165.
- [2] 杨成坤,尹先清.石油化工设备安装工程质量控制技术探讨[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(14):38-40.
- [3] 刘述宝.探究石油化工装置静设备安装工程质量控制[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(10):12-14.
- [4] 陈海峰.海洋石油工程项目设备调试管理[J].化工管理,2024,(10):7-9+25.
- [5] 孙振波.石油化工设备安装工程质量控制技术探讨[J].建设监理,2023,(09):108-110.