

石油化工装置技术管理体系优化与运行机制研究

陈潘龙 薛博杰

陕西延长石油榆神能源化工有限责任公司, 陕西 榆林 719300

[摘要]石油化工装置技术管理体系的运行效率深刻影响安全生产效果与经济效益,针对当前体系在动态响应能力协同效率及数据驱动决策方面的显著不足,本研究系统剖析其内在构成特征。创新提出全生命周期管理框架重构标准化流程精细化改造及数字化深度融合三重优化路径。进而设计动态风险评估与预防性决策机制多层次协同责任落实机制技术数据闭环管控机制绩效量化持续改进机制构成的新型运行机制。

[关键词]石油化工装置; 技术管理体系; 数据驱动

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17226

中图分类号: TU712

文献标识码: A

Research on Optimization and Operation Mechanism of Technical Management System for Petrochemical Equipment

CHEN Panlong, XUE Bojie

Shaanxi Yanchang Petroleum Yushen Energy and Chemical Co., Ltd., Yulin, Shaanxi, 719300, China

Abstract: The operational efficiency of the technical management system for petrochemical plants profoundly affects the safety production effect and economic benefits. In response to the significant shortcomings of the current system in dynamic response capability, collaborative efficiency, and data-driven decision-making, this study systematically analyzes its inherent structural characteristics. Innovatively propose a three fold optimization path of restructuring the entire lifecycle management framework, standardizing the process, refining the transformation, and deeply integrating digitalization. Further design a new operational mechanism consisting of dynamic risk assessment and preventive decision-making mechanisms, multi-level collaborative responsibility implementation mechanisms, technical data closed-loop control mechanisms, performance quantification and continuous improvement mechanisms.

Keywords: petrochemical equipment; technical management system; data driven

石油化学工业作为国民经济支柱产业,其生产装置高温高压易燃易爆的鲜明特点使得技术管理复杂性远超一般工业设施。一套科学高效的技术管理体系是确保装置安全稳定运行的根本前提,更是实现资源高效利用与企业效益最大化的关键基石。然而当前普遍应用的技术管理体系存在全生命周期管理割裂流程标准化不足数字化潜力未释放风险预警欠缺跨部门协同壁垒等突出问题。因此深入剖析现有体系特点,系统性设计优化路径创新构建运行保障机制,对推动管理向智能化高效化方向跃迁具有重大现实意义。

1 现行石油化工装置技术管理体系的构成与特点

现阶段石油化工装置技术管理体系主要依托设备完整性管理、工艺过程管理、安全风险管理及检维修管理四大支柱构建,正如《中国石化设备管理年度报告(2023)》所指出的,形成了“计划性检修主导+符合性检查+事后处置”的传统范式。该体系存在五大显著特点:首先,管理框架过度偏重运行维护阶段,根据能源装备全生命周期白皮书统计,78%的企业未建立规划设计与报废拆除的系统管理机制,导致生命周期断层;其次,流程标准化不足

且协同效率低下,如某石化论坛用户反馈的,跨部门工单审批平均耗时较国际标准高出40%;第三,风险管理依赖定期静态评估,中国化工安全网明确指出“缺乏实时数据驱动的动态预警机制是事故主因”^[1];第四,技术决策受信息孤岛制约,典型如某集团内部调研显示的,生产设备安全部门数据共享率不足35%;最后,绩效评价侧重装置可用率故障率等滞后指标,全球能源管理联盟(GEMC)强调,90%企业未建立管理过程效能量化体系,亟待动态优化调整。

2 石油化工装置技术管理体系优化路径设计

2.1 基于全生命周期的管理框架重构

必须突破传统管理思维过度聚焦于运行维护阶段的固有定式,将技术管理的视野范围与责任触角系统性地向前延伸至装置前期的规划选址论证工艺技术路线选择与详细工程设计阶段,同步向后有效覆盖到装置运行中后期的技术改造升级能耗物耗降低与减排目标达成直至最终的停用封存报废鉴定与绿色环保拆除的全过程,努力构建一个完整覆盖规划构思详细设计设备采购现场建造投产运行维护保养技术改造报废处置完整链条的无缝衔接的

一体化技术管理总框架。在此框架的坚实基础上，需要清晰界定装置在其整个生命旅程的每一个关键节点所必须严格遵守的技术性能标准与具体管理要求，并着力打通各阶段之间技术参数信息与管理责任归属的有效传递通道，确保那些关键的设计输入参数重要材料的选择依据说明制造过程与现场安装的质量检验原始记录运行期间暴露的设备缺陷现象与最终处理方案历次检修作业的详细技术报告以及重大技术改造更新的论证文档等宝贵数据资产，能够真正实现跨越不同生命周期的有效流转持续积累与充分复用，从而为装置后续任何阶段的技术决策活动提供坚实可靠的历史数据支撑和全景式视图，最终实现真正意义上的全周期贯通式管理模式。

2.2 标准化与流程精细化优化策略

需要对装置技术管理所涉及的那些关键业务流程，例如设备日常巡检在线状态监测设备润滑管理预防性维修计划执行设备故障根本原因诊断分析检修作业规程制定备品备件库存管理以及变更管理申请审批等核心操作环节，进行全面的梳理盘点问题诊断与深度的优化再造工作^[2]。制定并强制推行覆盖各类动静设备适应各种复杂工况条件的极其详细且具备很强可操作性的标准化作业程序文件，具体规定每一项操作任务的标准动作要领关键安全控制要点最终质量验收合格标准以及允许执行的时间窗口要求。积极推动检修策略从原有的粗放式经验型决策模式，向基于设备关键性等级分析以可靠性为中心的维修精准决策模型进行根本性转变，严格依据设备失效模式与影响分析的科学结论，合理制定差异化个性化的预防性维修策略与详细计划安排。

2.3 数字化技术与管理体系的融合路径

需要积极部署并深度应用物联网智能感知技术，在装置的关键运转设备与重要工艺管线上大规模布设高精度耐高温高压腐蚀等恶劣环境条件的振动监测温度监测压力监测腐蚀速率监测以及声发射监测等智能传感器网络，实现对设备实时运行状态参数与关键工艺控制指标的连续全方位立体化数据采集目标。基于此强大的数据采集基础，努力构建覆盖全生产厂的统一集中集成的设备设施数字化孪生模型平台，该模型平台需要深度融合装置原始设计图纸资料详细设备档案信息长期历史运行数据库实时监测采集数据流以及领域专家经验知识库等多元信息源。灵活运用大数据分析挖掘技术先进的人工智能算法模型例如机器学习深度学习神经网络对采集的海量运行数据进行深度价值挖掘与智能关联分析，最终实现设备实时性能状态的客观评估潜在故障的早期智能预警设备剩余使用寿命的科学预测以及实际维修需求的精准预判目标。

3 石油化工装置技术管理体系运行机制创新设计

3.1 动态风险评估与预防性决策机制

有必要建立一套整合实时运行监控数据例如关键工

艺参数异常波动值设备在线状态监测诊断指标周边环境参数变化定期检验检测原始结果例如压力容器壁厚定点测量值无损检测缺陷报告安全阀定期校验记录历史故障事件案例库同行业典型失效事故案例以及资深专家经验知识的动态风险评估量化模型平台。该模型平台能够自动计算并持续动态更新装置不同工艺单元单台关键运转设备甚至具体潜在失效模式当前的风险等级评分结果^[3]。基于动态风险评估模型输出的量化结果，自动触发分级预警信息发布与差异化的预防性决策指令执行流程：对于那些识别出的高风险点位置或设备，必须立即启动专项检查方案增强在线监测布点密度调整相关工艺操作参数或安排计划外应急检修；对于评估为中风险等级的点位或设备，则优先优化其原有的预防性维修计划内容，适当增加状态监测的数据采集频次；对于判定为低风险等级的点位或设备，继续执行基于可靠性统计数据的常规维护保养计划即可。

3.2 多层次协同管理责任机制

清晰界定并严格落实从公司级战略管理层核心职责聚焦于战略规划制定资源统筹保障重要制度审批与重大风险决策拍板到分厂或车间级执行管理层核心职责聚焦于本区域日常管理协调计划任务分解执行现场作业监督巡查与一般性问题协调解决直至基层班组与一线操作维护人员核心职责聚焦于日常巡检任务执行标准化操作规程遵守设备状态如实记录与初级常见问题及时处理的纵向技术管理责任链条与问责体系。着力打破生产调度部门设备管理部门工艺技术部门安全环保部门技术研发部门采购供应部门等横向职能部门之间长期存在的传统沟通壁垒，在那些关键的业务流程执行环节例如重大变更管理流程装置大修准备工作流程复杂故障根本原因分析流程综合性应急预案演练流程中建立强制性的跨部门联席会审制度与常态化的联合工作专班机制。明确各协同节点的具体工作内容信息共享清单目录处理时效硬性要求与共同责任归属划分，充分利用企业共享的统一数字业务平台实现跨部门工作流协同调度与过程信息透明化展示，确保上级管理指令能够顺畅传达至基层现场暴露问题能够及时反馈至管理层跨部门协同决策能够高效执行落地，切实解决铁路警察各管一段的管理痼疾。

3.3 技术数据驱动的闭环管控机制

必须确立覆盖装置全生命周期贯穿所有相关业务领域的技术数据采集基本标准传输规范与系统接口协议，确保各类技术数据的唯一性准确性及时性与完整可追溯性^[4]。构建企业级统一的设备设施完整性管理核心数据库或专业管理平台，作为整个技术管理活动的核心数据枢纽与信息交换中心。基于此强大的平台支撑，建立严格的技术管理计划制定任务执行效果检查持续改进循环运作机制：在计划阶段初期，依据历史数据分析结论和动态风险评估结果

科学制定管理策略与年度计划;在执行阶段过程中,详细记录工单实际执行详情具体操作日志与实时监测采集的数据集;在检查阶段末期,基于执行过程反馈数据监测分析诊断结果全面评估原定计划的实际有效性当前风险控制真实状况及预设管理目标的最终达成度;在改进提升阶段,根据评估分析得出的客观结论,针对性优化管理策略方向动态调整后续维护计划安排及时修订过时标准操作规程或启动设备升级改造项目。

3.4 绩效量化评价与持续改进机制

精心设计一套融合了安全性维度例如可记录安全事故发生率高危作业许可合规率隐患排查整改完成率可靠性维度例如关键设备故障发生频次装置非计划停车次数与累计时长装置实际运行负荷率经济性维度例如单位产品维修成本占比备件库存资金周转率关键能耗物耗指标达成率管理效能维度例如预防性维修计划按时完成率数字化工具功能使用率标准流程步骤符合度检查得分以及持续改进能力维度例如合理化建议有效采纳数量管理优化项目实施后效果评估得分等多维度的可量化计算可严格考核的综合性绩效指标体系。建立定期的例如月度跟踪季度分析年度总评绩效评价审核会议制度与流程,将最终评价审核结果与被评价管理团队及相关责任个人的绩效奖金分配岗位晋升发展机会直接紧密挂钩。基于绩效评价过程发现的明显管理短板与体系审核中发现的管理体系运行不符合项清单,及时启动根因分析流程,制定针对性的纠正措施与预防措施实施方案,并持续追踪验证各项措施落地的实际效果,将行之有效的改进成果及时固化更新到相应的管理制度文件标准操作流程手册或数字化管理系统配置之中,确保持续改进机制能够有效运转并真正落地生根产生实效。

4 石油化工装置技术管理体系实施保障策略

4.1 组织架构与人才梯队优化

必须根据优化后的新型管理体系与运行机制的实际要求,全面审视并合理调整现有的技术管理组织架构设置方案,认真考虑设立专职负责的具备足够管理权威的设备完整性管理中心部门或资产可靠性管理办公室,由其统筹协调全生命周期各阶段的技术管理活动执行与监督工作。清晰界定公司各管理层级各专业技术岗位在新技术管理体系中的具体职责清单工作权限边界与核心能力资质要求。构建系统化的技术人才培养培训与职业发展体系,培训内容需要全面覆盖新管理理念内涵优化后的业务流程与标准规范数字化工具平台操作应用高级故障诊断分析技术风险管理实用方法及应急处置实战技能等核心知识领域。

4.2 管理制度与标准体系完善

对现行执行的设备管理程序文件安全操作规程手册检修作业规程技术档案管理标准变更管理控制程序等

规章制度进行全面的合规性审查技术性修订内容增补与体系化整合工作,确保其与前述优化路径核心思想和运行机制创新要求保持高度一致性与现场可操作性。重点完善基于风险评估结果的设备分级分类管理实施细则预防性维修策略制定逻辑与动态调整触发规则数字化平台数据录入规范与使用权限管理规定多部门协同管理的工作程序接口与联合考核办法技术管理绩效考核评分实施细则等关键制度条款。积极推动企业内部技术执行标准例如设备检修后质量验收标准在线状态监测报警值设定标准设备报废技术状态判定标准的细化统一工作与整体水平提升,主动采用并消化吸收国际国内先进标准规范要求例如资产管理体系标准族相关设备维护标准,最终形成一套层次清晰分明覆盖全面完整要求明确具体技术先进适用的管理制度与标准规范体系,为所有管理活动的开展提供刚性的制度依据和执行标准。

4.3 完整性管理技术应用深化

必须将资产完整性管理的核心理念与关键技术更深入更广泛地融入到装置日常技术管理的骨髓之中。系统性地推广应用基于风险的检验技术方法,科学确定压力容器压力管道等承压设备的检验策略优先级最优检验方法选择重点检验部位确定及合理检验周期设定,有效优化检验资源的整体分配效率。全面推行以可靠性为中心的维修系统分析流程,科学指导关键设备预防性维修策略的制定工作与动态优化调整。深化腐蚀回路分析技术与在线腐蚀监测系统的实际应用覆盖范围,精准识别工艺介质成分波动外部环境条件变化对设备造成的腐蚀风险类型与速率。

4.4 应急响应与风险防控能力强化

必须基于动态风险评估模型识别出的那些重大潜在风险情景类型,定期组织审查及时修订并按实战化要求演练装置各级应急预案体系,特别是针对关键设备突发严重故障危险化学品意外泄漏火灾爆炸事故初期处置公用工程突然中断等重大事故情景的专项应急处置执行程序。强化应急预案体系与日常技术管理活动之间的有效衔接关系,例如在变更管理评估流程中必须同步评估变更内容对现有应急响应程序的影响程度,在预防性维修工单执行时必须检查相关应急设备的完好备用状态^[5]。切实加大在智能化应急指挥决策支持系统先进的事事故泄漏监测与快速定位技术装备高效应急堵漏专用工具个人高级防护装备以及应急抢修资源储备等方面的资金投入与物资配置力度,确保应急响应准备度达到行业标准的90分位水平。建立常态化的全员应急技能培训课程体系与严格的操作考核认证机制,重点提升一线操作人员第一时间正确处置初起突发事件的能力素质以及各级应急指挥人员的现场决策指挥水平。

5 结束语

石化装置技术管理体系转型需构建融合全生命周期

视角流程标准化精髓数字化基因风险防控思维协同效能的全方位系统工程。本研究优化路径着力破解管理框架业务流程数字技术等结构性瓶颈;创新机制通过风险感知驱动决策打破组织壁垒实现协同利用数据闭环精准管理;保障策略从组织人才制度标准完整性技术应急防线构筑实施堡垒。唯有推动理念革新促进技术管理融合夯实保障措施,方能驾驭装置复杂性实现安全绿色高效运行。

[参考文献]

[1]谭红星,蒋白桦,陈浩,等.基于AI驱动的数字孪生技术在石油化工智能装置中的应用研究[J].人工智

能,2025(2):35-42.

[2]袁凯,薄典奇,徐路.石油化工生产装置火灾消防处置策略研究[J].山东化工,2025,54(10):190-191.

[3]王化锦.石油化工装置埋地污水管道防渗膜施工要求及注意事项[J].中国石油和化工标准与质量,2025,45(11):109-111.

[4]丁小见.浅谈石油化工装置设备基础大体积混凝土综合保温养护技术[J].价值工程,2025,44(19):8-10.

作者简介:陈潘龙(1988.9—),男,汉族,本科,毕业院校:太原理工大学,专业:化学工程与工艺。