

化工设备管理方法分析

李平平 张 斌

贵州黔希化工有限责任公司 贵州 毕节 551700

摘 要：化工设备工况严苛、高危属性突出，设备管理直接关乎化工企业安全生产、产能运行与经营效益。本文立足化工设备运行特征与行业合规标准，剖析当下运维体系、特种设备管控、人员及数字化管理现存短板，深挖重生产轻管理、闭环机制缺失等深层诱因，从运维体系、专项风控、数字赋能、人员考核四大维度提出优化策略，助力企业落实全生命周期管理，降低运维成本与安全风险，契合绿色化工与特种设备监管行业发展要求。

关键词：化工设备；现存问题；管理方法

引言：化工行业属于连续性高危生产行业，设备是生产运行核心载体，高温高压、强腐蚀工况加大设备故障隐患，同时国家特种设备新规、低碳节能政策对设备管理提出全新要求。现阶段多数化工企业传统管理模式弊端凸显，运维滞后、数据利用率低、老旧设备管控不严等问题频发，极易诱发生产安全事故。基于此，本文结合行业管理标准与生产实际，梳理设备管理痛点，针对性制定落地优化方案，为化工企业提质增效、筑牢安全管理防线提供参考。

1 化工设备管理基础概述

1.1 化工设备核心特征与管理特殊性

(1) 化工设备按工艺功能主要分为四类：反应设备（如反应釜、聚合釜）、换热设备（如管壳式换热器、板式换热器）、储运设备（如储罐、槽车）及分离设备（如精馏塔、离心机）。各类设备协同构成连续生产链条，管理需兼顾功能差异与系统联动。(2) 化工设备长期处于高温高压、强腐蚀、易老化等严苛工况，同时多呈 24 小时不间断运行特征。设备材质易发生蠕变、疲劳、冲蚀及应力腐蚀开裂，故障演化隐蔽且突发性强。(3) 化工设备管理具有显著的高危性（介质易燃易爆有毒）、合规性（严格受特种设备安全监管）及长效性（追求长周期稳定运行）。任何管理疏漏均可能引发泄漏、火灾、爆炸等重大事故^[1]。

1.2 化工设备管理核心内涵与目标

(1) 全生命周期管理指从设备规划、设计选型、采购安装、运行维护、改造更新直至报废处置的全过程系统化管理，强调各阶段信息闭环与风险可控。(2) 管理目标涵盖四大维度：保障设备高可靠性运行（减少非计划停机）、优化全生命周期成本（降低检修与能耗成

本）、确保安全生产（杜绝设备引发的事故）、支撑产能达标（满足工艺负荷需求）。(3) 设备管理直接关联企业生产连续性（停机即减产）、本质安全水平（设备失效是事故主因）及经济效益（维修费用与产能损失平衡）。优良的设备管理可降低综合运营成本 15%~30%。

1.3 化工设备管理现行行业政策与标准依据

(1) 国家层面依据《特种设备安全法》《特种设备安全监察条例》，对压力容器、压力管道等实施强制监督检查、使用登记和定期检验制度。(2) 技术标准包括《固定式压力容器安全技术监察规程》（TSG21）、《石油化工设备完好标准》、《工业设备及管道防腐蚀工程技术标准》及《化工设备安全管理规范》。(3) 绿色化工背景下，新规要求设备能效准入（如《重点用能产品设备能效先进水平、节能水平和准入水平（2024 年版）》）、高耗能设备淘汰更新、密封系统逸散控制（VOCs 泄漏检测与修复）及余热回收利用，推动设备管理向低碳集约转型。

2 现阶段化工设备管理现存问题及成因分析

2.1 设备日常运维管理体系存在短板

(1) 预防性运维落实不到位，过度依赖事后故障抢修。多数企业未严格执行基于时间和状态的检修计划，往往等到设备异常停机才组织抢修，导致维修成本升高、非计划停机频发，根源在于计划性检修制度执行力弱、考核导向偏重产量。(2) 设备巡检流程不规范，隐患排查精准度不足。巡检路线、点位、周期缺乏科学设计，现场多依靠“听、摸、看”等经验判断，缺乏量化检测手段（如振动、温度在线监测），致使初期磨损、微泄漏等隐蔽隐患长期遗漏。(3) 备品备件管控混乱，积压与短缺问题并存。由于缺少科学的需求预测和库存

定额标准,关键进口备件常常缺货导致停产,而通用件大量积压占用资金;出入库记录不全,账实不符现象普遍,反映出信息化管理手段缺失。

2.2 设备腐蚀老化与特种设备管控漏洞

(1) 化工介质侵蚀加速设备损耗,防腐管理滞后。酸、碱、盐等腐蚀性介质导致设备壁厚减薄、点蚀、应力腐蚀开裂,多数企业仅在停车检修时被动处理,缺乏在线腐蚀监测和剩余寿命评估,防腐涂层及阴极保护系统维护周期随意,源头在于防腐蚀投入不足与技术手段落后。(2) 压力容器、压力管道年检管控流程不规范。部分企业未按法定周期申报定期检验,或检验前未完成清洗置换;检验报告中的整改建议落实率低,存在“检查走过场、整改无闭环”现象,甚至出现超期未检设备带病运行。成因为特种设备管理责任不明、监管执行力度薄弱^[2]。(3) 老旧设备超期服役,技改与报废审批流程滞后。受投资预算和连续生产压力,超过设计寿命的关键设备继续运行,而内部技改或报废需经多部门反复审批,流程耗时数月,加剧了泄漏和破裂风险。深层次原因在于缺少强制性的老旧设备动态评估与退出机制。

2.3 人员管理与数字化管理落地缺陷

(1) 设备运维专业人员技能不足,岗位权责划分模糊。一线人员多凭经验操作,对智能仪表、PLC 控制系统等缺乏维护能力;点检、维修、验收等环节责任交叉,出现问题相互推诿,缺乏“设备包机制”等明确分工。成因是企业忽视技能培训与岗位责任体系建设。(2) 传统人工管理模式为主,智能化管理工具使用率低。大部分企业仍采用纸质记录或 Excel 台账,未部署 EAM 系统或工业物联网平台,无法实现状态实时预警与工单自动流转,管理效率低下。根源在于数字化转型投入不足及管理层认知滞后。(3) 设备台账、运维数据归档不完整,数据利用率低下。历史故障、检修报告、参数趋势等数据分散丢失,缺乏统一数据库,无法支撑根因分析和寿命预测,形成“数据沉睡”现象。其成因是缺乏数据管理规范与信息化系统支撑。

2.4 管理问题深层诱因总结

(1) 企业重生产、轻设备管理的经营理念偏差。管理层将设备视为可替换工具,仅在停机影响产量时才关注维修,忽视预防性投入的长期效益,导致设备管理始终处于被动响应状态。(2) 设备全生命周期闭环管理机制缺失。从采购、安装、运行到报废的各阶段信息割裂,缺乏统一的设备管理策略和跨部门协作流程,选型不当、操作误用、维修漏项等问题反复出现。(3) 管理

考核、奖惩监督机制不完善。KPI 中偏重产量、能耗等指标,设备完好率、故障率、维修计划完成率等权重偏低;且对巡检漏检、备件浪费等行为缺乏追责与正向激励,难以调动基层主动性。

3 优化化工设备管理的可行实施方法

3.1 搭建标准化全生命周期运维管理体系

(1) 落实预防性检修+状态检修结合的新型运维模式。依据设备关键度分级制定差异化策略:对 A 类核心设备(如反应釜、离心压缩机)实行基于时间周期的预防性检修,明确每项检修内容、工时与备件清单;同时引入振动、温度、油液在线监测,当特征参数超趋势阈值时触发状态检修。通过检修管理系统自动生成年/月/周检修计划,逐步将事后抢修比例压缩至 20% 以内,降低非计划停机损失。(2) 优化分级巡检机制,建立设备隐患闭环整改流程。将设备划分为 A(高风险/关键)、B(一般)、C(辅助)三级,A 级设备每日两次电子标签巡检,B 级每日一次,C 级每周两次。巡检人员使用移动终端扫描设备二维码,按标准卡逐项确认并拍照上传。发现隐患后系统自动派单至责任人,限时整改并验收,形成“发现—登记—派单—整改—验收—销号”六步闭环;超期未整改自动升级至上级,确保隐患整改率 100%^[3]。(3) 精细化管控备品备件,搭建库存联动调配机制。基于历史故障数据与维修计划,建立科学安全库存定额,区分关键备件(如进口机封、轴承)与通用件。推行联合储备模式,与周边企业或供应商签订共享协议,应急时可快速调拨。利用 ERP 系统实现出入库实时记账,每月盘点分析积压与短缺原因,优化采购周期,将库存周转率提升 30% 以上,降低资金占用。

3.2 强化化工设备专项风险管控方法

(1) 定制化设备防腐、防老化施工与养护管理方案。针对不同介质工况(如 HCl、H₂S、高温碱液),分级选用内衬聚四氟乙烯、热喷涂金属陶瓷或阴极保护等方案。建立腐蚀控制计划,安装在线腐蚀探针,每季度对高风险部位进行壁厚超声波检测。对保温层下腐蚀区域采用脉冲涡流扫查,同时制定养护日历(如夏季对所有碳钢储罐防腐层修补),延长设备寿命 20%~30%^[4]。(2) 完善特种设备年检、台账、溯源一体化管控流程。建立“一机一档”电子台账,包含制造监检证书、安装记录、历次检验报告及缺陷处理记录。系统自动提前 90 天、60 天、30 天提醒检验到期,并与检修计划联动。现场检验时使用移动端记录测厚、无损检测数据,同步上传云端;检验报告中的整改项自动生成工单,整改后经监检机构确认闭环,实现全生命周期可追

溯。(3) 建立老旧设备评估、技改、报废动态管控机制。对超过设计寿命或运行 15 年以上的设备,每三年组织一次 RBI(基于风险的检验)评估,计算剩余寿命与失效概率。评估结果为“可继续运行”的制定特护方案(加密监控、降低负荷);“需技改”的启动两周内简易审批流程;“建议报废”的一个月内完成联合审查与处置。严禁未经评估的带病超期服役。

3.3 推进设备数字化、智能化管理落地方法

(1) 搭建化工设备一体化电子台账管理系统。采用成熟 EAM 平台或低代码开发,集中管理设备铭牌参数、运维记录、故障历史、备件消耗等数据。每台设备张贴二维码/RFID 标签,现场扫码即可查看图纸、操作规程和历史案例。系统自动统计完好率、MTBF、MTTR,为管理决策提供实时数据支撑,彻底告别纸质台账。(2) 搭载设备在线监测传感器,实现运行参数实时预警。对高风险设备加装无线温振传感器、压力变送器、腐蚀探头,数据每 5 秒上传至云平台。设定动态阈值与趋势预警模型(如振动速度超过 4.5mm/s 或温升速率异常),异常时通过企业微信、短信或 DCS 弹窗报警,并推送关联检修预案,将非计划停机率降低 40% 以上。(3) 依托大数据分析优化检修周期与运维方案。收集历史故障、维修工单、工艺参数等数据,利用随机森林或生存分析模型预测设备剩余寿命。系统自动建议下次检修时间、更换部件及所需备件清单。每半年生成可靠性分析报告,通过聚类分析识别频发故障模式,逐步将维修从周期驱动转向预测驱动。

3.4 完善人员管控与考核保障管理方法

(1) 细化设备管理岗位权责,落实一岗一责管理制度。编制设备员、维修班长、巡检工、备件管理员等岗位责任矩阵,实行“设备包机制”——每台关键设备指定包机责任人,姓名贴于设备本体。明确巡检、检修、验收、备件申报等环节的权责边界,杜绝推诿,确保每项工作有人负责、有人监督。(2) 开展运维人员专项

技能、安全合规常态化培训。建立技能矩阵评估,针对短板制定年度培训计划,内容涵盖腐蚀防护、在线监测操作、特种设备法规、应急处置等。每季度组织实操考核,鼓励考取无损检测、特种设备安全管理等证书,并与薪酬晋升挂钩。采用 VR 技术开展高风险作业虚拟演练,提升实战能力。(3) 构建设备管理绩效考核体系,强化监督奖惩约束。设定量化 KPI(完好率 $\geq 98\%$ 、故障停机率 $\leq 1.5\%$ 、预防维修占比 $\geq 60\%$ 、隐患整改及时率 100%),按月公示。设立专项奖:发现重大隐患避免事故的给予一定的奖励;连续三个月 KPI 达标班组发放绩效奖金^[5]。同时建立负面清单:巡检弄虚作假、逾期不整改等行为每次扣分通报;造成事故的问责追责。通过正负激励结合,推动全员主动参与设备管理优化。

结束语

综上,化工设备管理是兼顾安全生产、合规经营与成本管控的系统性工作,当下企业传统管理模式难以适配行业低碳、智能化发展需求。本文结合行业标准与生产痛点,构建全流程运维、专项风控、数字赋能、人员考核一体化管理方案,可有效破解运维粗放、管控缺位等问题。企业需转变经营管理理念,贴合政策要求落地优化举措,依托数字化手段完善闭环管理,全面提升设备管理水平,助力化工企业长效安全低碳发展。

参考文献

- [1] 刘军. 现代化工设备精细化管理方法优化与应用研究[J]. 化工设计通讯,2025,51(03):189-191.
- [2] 王浩宇. 全生命周期视角下化工设备管理体系构建与改进策略[J]. 无机盐工业,2024,56(08):142-145.
- [3] 张磊. 化工设备故障隐患排查及预防性管理方法探析[J]. 化工设备与管道,2023,60(05):98-102.
- [4] 李雪峰. 信息化技术在化工设备运维管理中的应用方法研究[J]. 石化技术,2024,31(11):176-177.
- [5] 陈嘉宁. 高危化工企业设备安全管理短板及优化管理方法[J]. 安全与环境工程,2023,30(02):216-221.