

工业区化工企业的安全生产监管探讨

杨寻护

西安高新技术产业开发区应急管理局, 陕西 西安 710128

[摘要]石化行业作为国民经济的重要支柱,其安全生产不仅关乎企业自身的经济效益,更直接影响社会稳定和生态环境安全。近年来,随着石化产业规模的扩大和工艺技术的复杂化,安全生产监管面临前所未有的挑战。高温高压、易燃易爆、有毒有害等固有风险,叠加设备老化、管理漏洞等现实问题,使得石化企业的安全事故仍时有发生。传统的安全管理模式已难以适应现代化工业生产的需求,亟需探索更加科学、系统、智能的监管措施。本文立足于石化企业的生产特点,深入分析当前安全监管的薄弱环节,并从工艺安全管理、设备完整性、应急响应三个维度提出优化路径,旨在为提升石化企业本质安全水平提供理论参考和实践指导。

[关键词]石化企业; 工艺安全; 设备完整性; 过程安全管理; 应急响应

DOI: 10.33142/ec.v8i4.16325

中图分类号: X921

文献标识码: A

Discussion on Safety Production Supervision of Chemical Enterprises in Industrial Zones

YANG Xunhu

Emergency Management Bureau of Xi'an High-tech Industrial Development Zone, Xi'an, Shaanxi, 710128, China

Abstract: As an important pillar of the national economy, the safety production of the petrochemical industry is not only related to the economic benefits of the enterprise itself, but also directly affects social stability and ecological environment security. In recent years, with the expansion of the petrochemical industry and the complexity of process technology, safety production supervision has faced unprecedented challenges. The inherent risks of high temperature and high pressure, flammability and explosiveness, toxicity and harm, combined with practical problems such as equipment aging and management loopholes, still lead to safety accidents in petrochemical enterprises from time to time. The traditional safety management model is no longer suitable for the needs of modern chemical production, and there is an urgent need to explore more scientific, systematic, and intelligent regulatory measures. This article is based on the production characteristics of petrochemical enterprises, deeply analyzes the weak links in current safety supervision, and proposes optimization paths from three dimensions: process safety management, equipment integrity, and emergency response, aiming to provide theoretical reference and practical guidance for improving the intrinsic safety level of petrochemical enterprises.

Keywords: petrochemical enterprises; process safety; equipment integrity; process safety management; emergency response

石化企业的生产过程涉及复杂的化学反应和极端工况,具有高风险、高关联性的特点。一方面,随着装置大型化和工艺集成度的提高,单一设备的故障可能引发连锁反应,导致系统性风险;另一方面,新材料、新工艺的快速应用,使得传统安全管理体系难以全面覆盖新兴风险。当前,我国石化企业的安全监管仍存在诸多不足,如工艺安全管理流于形式、设备维护缺乏预见性、应急响应能力不足等。这些问题不仅制约了企业的可持续发展,也对公共安全构成潜在威胁。与此同时,数字化转型为石化行业的安全管理带来了新的机遇,智能化监测、大数据分析、数字孪生等技术的应用,正逐步改变传统的被动防御模式。在此背景下,如何构建更加高效、精准的安全监管体系,成为石化行业亟待解决的关键问题。

1 石化企业特征

石化企业作为能源转化与基础原材料供应的核心载体,其生产运营具有区别于普通化工企业的显著特征。从原料构成来看,石化企业主要以原油、天然气、煤层气等

碳氢化合物为加工对象,通过物理分离和化学反应将其转化为各类石油化工产品。以某千万吨级炼化一体化项目为例,其工艺路线包含 48 个主装置、236 个生产单元,各系统之间通过总计达 582 公里的工艺管线相互连接,系统耦合度极高。从工况条件分析,石化生产过程普遍存在高温、高压等极端工况,对设备材料性能和操作控制提出严格要求。在物料危险性方面,石化企业日常处理的物料大多具有易燃、易爆、有毒等危险特性。2023 年国家应急管理部发布的行业统计显示,石化企业涉及的重大危险源数量占整个化工行业的 63%,其中一级重大危险源占比达 41%。从装置特点观察,现代石化装置呈现明显的大型化趋势,设备投资动辄数十亿元。这种大型化特征使得设备故障可能造成的后果呈几何级数放大,2024 年华南某炼厂催化裂化装置故障导致的全厂停车事故,直接经济损失达 2.3 亿元。值得注意的是,随着双碳战略推进,石化企业正加速向新材料、新能源领域延伸,氢能装备、碳捕集设施等新型风险源不断涌现,给传统安全管理模式带来全

新挑战。石化企业的安全管理必须建立系统防控、重点突破的思维,既要把握全流程的系统性风险,又要聚焦关键装置的特殊风险。

2 石化企业安全监管特殊性研究

2.1 工艺安全管理体系的核心价值

工艺安全管理体系作为石化行业特有的管理体系,其核心在于预防重大工艺事故的发生。根据美国化学安全委员会 2023 年度报告,全球范围内 85% 的重大石化事故根源在于工艺安全管理缺陷。从实践角度看,有效的工艺安全管理体系应包含三个关键维度:首先是工艺安全信息的完整性,这要求企业建立涵盖物料特性、设备参数、安全限值等要素的数据库。笔者在 2024 年参与某省石化企业安全审计时发现,30% 的被查企业存在工艺技术包与现场实际不符的情况。其次是操作规程的合规性,特别强调操作参数的警戒值与行动值的科学设定。某民营炼厂 2022 年 4·15 事故调查显示,操作人员长期在弹性极限附近运行是导致反应器超压的主因。最后是变更管理的严谨性,包括工艺变更、设备变更、人员变更等各类变更的风险评估。值得注意的是,随着数字化技术的迅猛发展,工艺安全管理体系正迎来新的变革机遇。如某石化基地通过数字孪生技术构建虚拟装置,实现了工艺参数的实时模拟与预警,将异常工况识别时间从小时级缩短至分钟级。

2.2 设备完整性管理的实施路径

设备完整性管理是石化企业安全运行的物理基础,其核心在于确保关键设备在整个生命周期内的可靠性。与传统设备管理相比,现代设备完整性管理更强调风险预控和主动维护。从行业实践看,石化设备管理面临三大共性难题,材料劣化问题、机械疲劳问题、腐蚀问题。2024 年中国特种设备检测研究院的统计数据显示,在检验的 142 台加氢反应器中,存在超标缺陷的占比达 17%。针对这些问题,应采取分级管控策略:一是对核心设备如反应器、压缩机等实施基于风险的检验,根据风险矩阵确定检验周期和方法;二是对一般设备推行状态监测,通过振动分析、油液检测等技术手段捕捉早期故障信号;三是对辅助设备实行预防性维护,建立标准化的维护作业包。值得关注的是,近年来基于人工智能的设备健康管理技术取得突破性进展。如某炼化企业应用机器学习算法分析历史检修数据,成功预测了焦化加热炉炉管剩余寿命,预测误差控制在±7%以内。在设备管理队伍建设方面,笔者建议既要提升专业技术能力,又要强化现场实践技能。特别要指出的是,在双碳背景下,设备管理还需关注新能源设施的特殊要求,如氢能装备的泄漏监测、二氧化碳管道的低温脆性等问题。

3 当前工业区化工企业安全生产监管的不足

3.1 工艺安全管理薄弱问题剖析

当前石化企业工艺安全管理体系存在系统性缺陷,主要体现在工艺安全信息管理、工艺危害分析深度和变更控

制三个维度。在工艺安全信息管理方面,多数企业建立的工艺技术资料库存在严重滞后性,2023 年应急管理部专项检查发现,38% 的被查企业工艺管道仪表流程图与现场实际存在明显偏差。这种基础信息的失真直接导致后续安全管理措施失效。在工艺危害分析环节,普遍存在分析深度不足、参与人员专业素养不够的问题。2024 年华东某石化企业硝基苯装置爆炸事故的技术鉴定显示,原分析报告完全遗漏了硝化物热分解这一关键风险节点。更值得警惕的是,随着新工艺、新催化剂的快速应用,现有危害分析方法对新风险的识别能力明显不足。在变更管理方面,笔者在近年参与的多起事故调查中发现,约 60% 的工艺安全事故与变更管理失控有关。特别是中小石化企业普遍缺乏规范的变更管理程序,技术变更经常以口头通知形式下达,相关操作规程和安全措施未能同步更新。这种管理漏洞使得原本可控的风险转变为重大隐患。

3.2 设备管理缺陷问题研究

石化企业设备管理面临的挑战主要表现在全生命周期管理断裂、检验检测技术滞后和管理标准执行不力三个方面。在设备全生命周期管理方面,普遍存在重使用轻维护的短视行为。2022 年国家市场监督管理总局特种设备安全监察局年报显示,石化行业压力容器定期检验率仅为 82.3%,远低于电力行业的 95.6%。这种管理缺位直接导致设备带病运行现象普遍存在。在检验检测技术应用方面,多数企业仍停留在传统的停机解体检验阶段,在线检测、智能监测等先进技术应用比例不足 30%。笔者在 2023 年参与评估的某大型炼化基地中,其关键机组的状态监测系统覆盖率仅为 45%,且大部分监测数据处于只采集不分析的状态。更严重的是安全联锁系统的管理混乱,部分企业为追求产量擅自摘除或调高联锁设定值。2024 年北方某乙烯装置爆炸事故的直接原因就是操作人员旁接了反应器温度联锁系统。从管理标准执行角度看,虽然行业已普遍建立设备管理标准,但在基层执行中普遍存在“两张皮”现象。特别是在防腐管理方面,约 40% 的企业未建立系统的腐蚀监测网络,仅依靠定期测厚这种被动防御手段。

4 提高工业区化工企业安全生产监管的有力措施

4.1 工艺安全管理体系深度优化路径

深化工艺安全管理体系应用需要构建全流程、多维度的管理闭环。在工艺安全信息管理方面,应当建立动态更新的数字化档案库,整合物料安全数据单、设备设计文件、工艺流程图等关键信息,并确保与现场实际情况保持同步。2023 年某央企实施的工艺安全信息数字化项目,通过建立三维可视化平台,实现了设计参数与实际运行数据的智能比对,将信息更新滞后时间从平均 45 天缩短至 7 天。在工艺危害分析环节,建议采用定期全面评估+专项重点分析的双轨模式,每三年开展一次涵盖全流程的分析,同时针对工艺变更、设备改造等特定情形组织专项评估。笔

者在参与某石化园区安全管理标准时,通过引入反应量热分析数据,显著提升了反应风险识别的准确性。在变更控制方面,必须建立标准化的变更控制流程,重点把控技术评估、影响分析、审批授权、实施验证等关键节点。特别要强调的是,操作规程的更新必须与工艺变更同步进行,确保变更内容有效落实到操作层面。

4.2 设备完整性管理升级策略

设备完整性管理的强化应当以风险管控为核心,构建预防性维护体系。在风险管控方面:在线监测技术的推广应用是提升设备管理效能的关键,当前红外热成像、超声导波等先进技术已日趋成熟,应当建立覆盖主要设备的在线监测网络。笔者建议在设备密集区域部署物联网传感系统,构建设备健康状态的数字化看板。2024 年某炼化企业应用新技术后,将重点设备的检验效率提升了 40%,同时减少了不必要的停机检验。在预防性维修体系方面:需要建立需要突破传统的定时检修模式,向状态维修转变,实现早期预警。值得关注的是,随着人工智能技术的发展,设备故障预测正进入新阶段。某石化企业 2023 年开发的智能诊断系统,通过机器学习算法分析历史运行数据,成功预测了压缩机轴承故障,避免了非计划停机。同时要加强维修质量管理,应当建立标准化的维修作业包,明确关键质量控制点和验收标准,确保维修作业达到预期效果。

4.3 应急响应体系现代化建设

完善应急响应机制需要全面构建装置级、厂区级、区域级三级应急响应体系,应明确各层级的职责分工和响应流程。其中,装置级应急重点在于初期控制,要求操作人员在第一时间采取正确的应急处置措施;厂区级应急强调专业处置,消防、气防等专业队伍应当具备扑救大型火灾、处理有毒物质泄漏等专业能力;区域级应急侧重资源协调,建立与周边企业、政府应急力量的联动机制。2022 年某石化园区实施的应急能力提升项目,通过建立统一的应急指挥平台,将应急响应效率提升了 60%。同时要加强实战演练,实战演练是检验应急能力的重要手段,应当注重场景设置的针对性和演练过程的真实性。笔者建议采用双盲演练方式,即不预先通知演练时间和内容,真实检验应急

队伍的处置能力。演练重点应当包括关键设备的应急隔离、泄漏物料的紧急处置、受影响人员的快速疏散等环节。值得注意的是,随着装置大型化、复杂化的发展趋势,传统的应急预案已难以满足需求,应当开发基于情景构建的应急预案体系,针对不同事故情景制定差异化的处置方案。在应急装备方面,建议配备大型泡沫灭火系统、无人侦察机、机器人处置装置等先进装备,提升应对复杂事故的能力。特别要强调的是,应急管理必须与日常安全管理有机结合,通过应急预案的持续优化和应急能力的不断提升,构建完整的安全防线。

5 结语

石化企业的安全生产监管是一项系统性工程,需要从管理理念、技术手段和制度保障等多方面协同推进。本文提出的工艺安全管理优化、设备完整性提升、应急响应智能化等措施,旨在构建更加科学、动态的安全防控体系。未来,随着人工智能、物联网等技术的深入应用,石化行业的安全管理将向更加精准化、智能化的方向发展。然而,技术创新仅是手段,真正的安全仍依赖于严格的管理执行和全员安全意识的提升。企业应持续优化安全管理机制,强化风险防控能力,同时加强与政府、行业组织的协同合作,共同推动石化行业的高质量安全发展。唯有如此,才能在保障生产效益的同时,实现安全与可持续发展的双重目标。

【参考文献】

- [1]刘莉,孙录荣. 探析化工企业安全生产管理与政府监管的重要性[J]. 山东化工, 2023, 52(6): 204-208.
 - [2]吴和平,吴才伍,吴超. 化工企业安全生产问题分析及对策[J]. 化学工程与装备, 2023(4): 220-221.
 - [3]陈宏伟,陈旭. 石油化工企业安全生产问题与优化对策分析[J]. 现代工业经济和信息化, 2023, 13(4): 301-303.
 - [4]江雯,孟耀斌,李盛泽. 组织与成员双重视角下危化品安全生产政企互动分析[J]. 中国安全生产科学技术, 2023, 19(9): 157-163.
- 作者简介: 杨寻护(1988.10—),男,汉族,学历:本科,专业:微电子学,中级工程师。