

化工过程安全管理对企业生产经营的重要价值

袁善祥 孙爱妮 黄 姬 (万华化学集团股份有限公司, 山东 烟台 264006)

摘要: 化工过程安全管理是化工企业实现稳定运行、优化资源配置与履行社会责任的关键保障机制。通过构建以风险识别、防控联锁、应急响应为核心的闭环体系,企业能够有效规避高温高压、易燃易爆等复杂工艺条件下的安全隐患。随着国家监管要求不断强化,现代化工企业正在融合本质安全设计、智能监测系统及数字化预警手段,推动管理由经验向数据驱动转型,全面提升生产效率、合规水平与品牌信誉,赋能企业实现可持续与高质量发展。

关键词: 化工过程安全管理; 风险控制; 智能化手段; 企业经营

中图分类号: TQ086 文献标识码: A 文章编号: 1674-5167 (2025) 027-0073-03

The significant value of safety management in chemical processes to the production and operation of enterprises

Yuan Shanxiang, Sun Aini Huang Ji(Wanhua Chemical Group Co., LTD., Yantai Shandong 264006, China)

Abstract: Chemical process safety management is a key guarantee mechanism for chemical enterprises to achieve stable operation, optimize resource allocation and fulfill social responsibilities. By building a closed-loop system centered on risk identification, interlocking prevention and control, and emergency response, enterprises can effectively avoid potential safety hazards under complex process conditions such as high temperature and high pressure, flammability and explosiveness. With the continuous strengthening of national regulatory requirements, modern chemical enterprises are integrating intrinsic safety design, intelligent monitoring systems and digital early warning methods, promoting the transformation of management from experience to data-driven, comprehensively enhancing production efficiency, compliance levels and brand reputation, and empowering enterprises to achieve sustainable and high-quality development.

Key words: Chemical Process Safety management; Risk control; Intelligent means; Business operation

化工行业因其高危特性,始终处于国家重点监管范畴。近年来,重大事故频发引发社会广泛关注,也促使企业不断加大安全投入与管理体系建设力度。面对生产流程复杂、危险物质多样等现实挑战,仅靠传统应急响应已难以满足现代化治理需求。在这一背景下,过程安全管理逐渐发展为一项系统性工程,涵盖工艺设计、安全文化、技术集成与全周期控制,成为企业提升竞争力、稳定经营与保障发展韧性的战略支点。

1 化工过程安全管理的理论基础与发展演变

1.1 化工过程安全管理的概念界定与核心内容

化工过程安全管理是指围绕原料储运、反应控制、能量转换、产品处理等化工生产环节,通过系统性方法识别和控制潜在危险源,以保障人员安全、设备完整和环境不受损害的管理体系。相较于一般工业过程,化工过程具有高温高压、易燃易爆、剧毒腐蚀等显著特征,事故后果复杂、波及面广,要求更为精细和专业的安全控制。安全管理涵盖风险识别与评估、工艺设计本质安全、运行中监控与联锁、事故应急处置与恢复等多个核心模块,形成以预防为主、防控结合的全过程闭环机制。

1.2 国内化工安全管理的发展历程

我国化工安全管理体系的发展经历了由应急响应

向预防控制转变的过程。20世纪末期,安全管理以事故处理为主,缺乏系统性的过程控制机制。进入21世纪后,随着《安全生产法》《化学品安全管理条例》等法律法规的不断修订与完善,管理理念逐步转向以风险管控和源头治理为核心。国家层面相继出台了涵盖高危化学品、重大危险源辨识、双重预防机制建设等多项制度规范,推动企业安全管理标准化、规范化。近年“安全生产责任制”与信息化手段的融合,标志着我国化工安全治理体系朝着法治化、智能化方向持续升级。

1.3 现代化工企业安全管理体系的技术支撑

现代化化工企业的安全管理体系高度依赖技术集成支撑,实现从风险识别到动态控制的全过程保障^[1]。工艺本质安全设计以系统性分析为基础,通过定量评估方法构建固有安全屏障,提升风险抵御能力。数字化监测与自动化联锁控制系统则实现对关键工艺参数的实时采集与自动响应,确保运行状态处于受控范围内,防止事故链条启动。

在此基础上,大数据与人工智能技术正逐步嵌入安全管理流程,基于历史数据挖掘与模式识别构建预测模型,提高风险预警的时效性和准确性,推动管理由经验驱动向数据驱动转变。

2 化工过程安全管理对企业生产经营的多维度重要价值

2.1 保障人员生命安全与设施运行稳定

化工生产过程中涉及大量高危介质和复杂反应条件,常见事故类型包括爆炸、泄漏、中毒与火灾等,具有突发性强、破坏性大、影响范围广等特征。健全的过程安全管理制度通过设置多级风险识别、故障预警、联锁控制与事故应急等机制,能有效阻断事故链条,降低人员伤亡与环境污染的可能^[2]。例如,2024年连云港丰益油脂科技有限公司邀请专业团队开展HAZOP分析后,识别并排除两个关键工艺节点的潜在风险,通过本质安全改造和控制逻辑优化,实现“未发生一起重大安全事件”的目标。据其安全报告,该项目实施后装置运行异常报警频率降低约60%、隐患处理周期缩短70%,事故风险显著下降。

在此基础上,过程安全管理对关键生产设备的保护作用日益显著。持续的状态监测与周期性评估不仅可减少应力疲劳与腐蚀积累,还能优化设备运行负载,延缓老化进程。安全管理所形成的规范操作环境,有助于降低非计划停工率,延长装置使用寿命,保障长期运行的稳定性。通过提升设备完好率和系统运行效率,企业整体生产节奏更加平稳,资源损耗与运行成本同步下降,推动了生产效率与安全保障的双重提升。

2.2 提升企业运营效率与成本控制能力

化工过程安全管理不仅是风险控制手段,更是优化运营效率的重要驱动因素。系统性的风险预防机制能够显著减少非计划性停工和突发性检修事件,保持生产连续性和工艺稳定性。高效的安全管理体系通过实时监测关键参数与预警异常状态,提前干预可能引发装置故障的因素,从而避免因事故停产所带来的产能损失与维修成本^[3]。例如,云南石化通过引入IPC智能控制系统、联动报警与预知性维护机制后,实现了连续运行装置“未发生一起非计划停工事件”。另一份地方政府文件指出,通过早期预警系统,其年度检维修费用节省超过4%。上述案例进一步佐证了智能化联锁、巡检与预防维修的三位一体机制所带来的显著效益。

从投资回报的角度看,安全管理的投入虽具有一定初期成本,但其在减少事故赔偿、提升设备利用率、降低能耗和保障产品质量方面体现出显著的经济效益。大量研究表明,安全绩效与生产绩效之间存在显著的正相关关系,高水平的安全控制体系可为企业带来更高的单位产出效率、更低的能耗与废品率。通过安全指标与经济指标的联动管理,企业可实现从“被动守护”向“主动创造价值”的安全经营转型,有效

增强整体运营的经济韧性与成本控制能力。

2.3 增强企业应对监管压力与法律合规的防御价值

随着国家对化工安全的监管不断趋严,企业合规压力持续上升。《安全生产法》《危险化学品安全管理条例》等法律法规对企业在危险源识别、应急预案、操作规范等方面提出了明确要求,若未按规定执行,极易因事故引发行政处罚、生产许可证吊销乃至刑事责任追究^[4]。

建立健全的过程安全管理体系,有助于企业在日常运营中实现对政策条款的对标落实与制度化执行,降低法律风险。尤其在监管执法频率加大的背景下,安全管理的完备性已成为衡量企业是否具备持续生产资格的重要依据。例如,2023年山东省在全省化工行业专项安全检查中,对未建立“双重预防机制”的“红色”高风险企业依法责令停产整顿,仅允许符合标准、信息化系统运行正常的企业继续生产。此举标志监管部门将“双重预防机制”作为持续生产的硬性门槛,充分体现制度化安全管理在应对监管压力与保障合法性方面的关键作用。

良好的安全管理记录直接关系到企业在行业信用体系中的评定结果与市场准入能力。合规水平高、事故记录少的企业在环评审批、项目投标、金融信贷等方面具备明显优势,也更容易获得上下游客户的信任与合作意愿。随着各地逐步推行“企业安全信用等级制度”,安全绩效已成为影响企业综合竞争力的重要指标之一。过程安全管理不仅是法律底线的保障,更是构筑企业稳健发展的“防火墙”,在强化内控的同时提升企业外部形象与持续经营能力。

2.4 增强企业市场竞争力与品牌信誉

在市场竞争日益激烈的背景下,安全合规不仅是企业运营的底线,更是构建品牌价值的重要手段。客户在选择合作伙伴时高度关注其安全管理能力,特别是在涉及危险化学品的产业链中,安全表现直接影响企业的信誉与市场准入资格。通过建立透明、可追溯的安全管理体系,企业能够向外部传递其风险控制能力与责任意识,从而增强客户信任并获取更多商业机会。例如,燕山石化在2024年持续深化其HSE体系运作,通过第三方审查并首次获得国际及可持续发展评级,成功通过对欧美市场供应商的HSE审核要求,持续提升出口竞争力。此次审核为其在国际市场树立了值得信赖的安全形象,进一步巩固了其在高端化工产品出口领域的地位。

随着ESG(环境、社会与治理)评价机制在全球资本市场的普及,企业社会责任(CSR)中的安全管理维度正成为投资者决策的重要参考指标。优良的安

全记录不仅降低了因事故带来的财务与法律风险，也体现出企业治理结构的稳健性。在银行授信、绿色融资、上市审核等环节，安全管理水平高的企业更易获得正面评价与融资便利。由此可见，过程安全管理已由内部控制延伸为市场竞争的关键变量，成为企业可持续发展战略中的核心组成部分。

3 化工过程安全管理价值实现的路径与优化机制探析

3.1 全过程风险管理机制的系统构建

化工过程安全管理的本体系。不同生命周期节点面临的风险类型与管理重点各异，需通过系统性的识别、评估与控制措施实现动态适配。在设计阶段强调本质安全与可操作性，运行阶段聚焦工艺稳定性与联锁响应，退役阶段则需防范残余物泄漏与设备解体风险。通过前后阶段协同衔接，可实现风险控制的闭环管理，确保安全责任落实到位。

风险评估工具的科学选用是实现系统构建的技术基础。保护层分析（LOPA）适用于识别高后果事件并评估防护层有效性，故障树分析（FTA）可自顶向下追溯系统故障路径，安全脆弱性分析（SVA）则能量化系统薄弱环节的暴露程度。在实际应用中，企业可质在于构建贯穿研发、设计、采购、施工、运行到退役各阶段的全过程风险控制根据工艺复杂性、危害等级与管理目标，将多种工具组合使用，形成多维度、多层次的风险识别与响应策略，提升全过程安全管控的科学性与可操作性。

3.2 企业文化建设与组织执行力提升

安全文化是保障化工过程安全管理有效运行的深层驱动因素，其结构通常包含理念层、制度层与行为层。理念层体现企业对安全价值的认知与承诺，制度层反映制度标准的健全性与执行力，行为层则涉及员工在实际操作中的安全意识与自我约束力。在化工企业实践中，需通过明确的管理理念引领制度设计，并以制度为行为导向，推动安全文化由“认知”向“行动”转化，实现安全责任在组织全员中的层层嵌入。

管理层的安全领导力是强化执行力的关键，尤其在高风险工艺场景下，决策透明、行为示范与快速响应能力决定着安全管理的落地深度。员工层面，则需结合心理干预与行为激励机制，通过隐患排查激励、岗位风险提示、行为观察反馈等手段，实现持续的行為纠正与正向引导。同时，培训体系应从单一知识传授转向能力构建与情境模拟，并配套建立员工广泛参与的安全改进机制，使每位员工成为风险识别与控制的主动参与者，构建“人人有责、层层防控”的安全管理氛围。

3.3 智能化安全管理手段的集成与推广

在化工行业日益复杂的生产环境中，智能化手段的引入为安全管理提供了更高效的技术支撑。通过将制造执行系统（MES）、分布式控制系统（DCS）与环境健康安全系统（EHS）进行集成，可实现对设备状态、工艺参数与人员操作的统一监控与数据闭环管理^[5]。系统间的互联互通提升了信息响应速度与管控协同效能，显著增强了现场异常识别与联动处置能力。实时数据驱动下的管理模式，有助于减少人为干预盲点，构建以数据为基础的风险动态管理体系。

人工智能在事故预警与辅助决策方面的应用已逐步进入实用阶段。基于历史数据训练的模型可识别关键风险模式，实现对潜在异常的精准预测与干预建议。同时，数字孪生技术在化工装置中的应用可同步虚拟与现实运行状态，对设备疲劳、参数波动及操作偏差进行动态仿真与评估。通过模拟事故演化路径与响应策略，为安全管理提供前瞻性技术支持，加快从传统静态监管向实时、智能、安全管控模式的转型升级。

4 总结

化工过程安全管理不仅关乎生产现场的安全运行，更深层影响着企业的经营效率、合规能力与品牌形象。通过全过程风险管控、安全文化建设与智能技术融合，企业可在保障人员与设备安全的基础上实现成本控制与运营优化。在政策日益严格与市场标准不断抬高的背景下，安全管理已转变为核心竞争力之一，是推动化工行业高质量、可持续发展的根本保障路径，也是实现治理体系现代化的重要支撑力量。

参考文献：

- [1] 毛小勇.浅谈危险化工工艺生产过程安全管理[J].科技风,2023(8):83-85.
- [2] 朱琳.化工企业生产系统中的风险监控和安全管理探索[J].化工管理,2022(6):93-95.
- [3] 郝瑞.化工企业安全意识分析与安全管理措施探讨[J].中国科技纵横,2024(22):150-152.
- [4] 安思宇.化工企业生产安全事故发生原因及防范措施研究[J].当代化工研究,2023(13):188-190.
- [5] 范大明.化工企业安全生产管理中存在的问题及对策研究[J].中国公共安全,2023(7):65-67.

作者简介：

袁善祥（1994.04—），男，山东省烟台人，汉族，本科，初级职称，研究方向：化工过程安全。
孙爱妮（1988.06—），女，山东烟台人，汉族，本科，初级职称，研究方向：化工过程安全。
黄姬（1996—），女，汉族，山东烟台人，本科，初级职称，研究方向：化工过程安全。