

# Exploration of Chemical Safety Management Approaches from the Perspective of Work Safety

Lin Zhong

Jiangxi Sanshi Nonferrous Metals Co., Ltd., Xinyu, Jiangxi, 338000, China

## Abstract

Work safety forms the foundation for the sustainable development of the chemical industry. From a work safety perspective, chemical safety management faces multifaceted challenges encompassing institutional frameworks, technological advancements, managerial practices, and cultural factors, necessitating the establishment of systematic improvement pathways. This paper explores diversified approaches to chemical safety management through three dimensions: institutional innovation, technological innovation, and cultural cultivation. At the institutional level, it proposes enhancing the work safety accountability system, deepening the dual prevention mechanism, and establishing a full lifecycle safety management model. Technologically, it advocates leveraging IoT, AI, and digital twin technologies to build round-the-clock monitoring networks and risk early-warning systems, thereby shifting safety management toward proactive prevention. Culturally, it emphasizes internalizing safety values and innovating training systems. The synergistic integration of these three dimensions contributes to elevating production safety standards in chemical enterprises and achieving sustained improvements in safety performance.

## Keywords

work safety perspective; chemical industry; safety management; application approaches

## 安全生产视域下化工安全管控途径探索

钟林

江西三石有色金属有限公司, 中国·江西 新余 338000

## 摘要

安全生产是化工行业可持续发展的基础。安全生产视域下, 化工安全管控面临制度、技术、管理、文化等多重困境, 制定系统化的改进路径。本文从制度创新、技术创新和文化培育三个方面, 探讨化工安全管控的多元化途径。制度层面, 提出完善安全生产责任体系、深化双重预防机制、构建全生命周期安全管理模式; 技术层面, 依托物联网、AI技术、数字孪生技术等, 构建全天候监测网络、风险预警模型等, 推动安全管控朝着主动预防转型; 文化层面, 强调安全价值观内化、培训体系创新等。三者协同作用, 有助于提高化工企业生产安全水平, 实现安全绩效的持续改进。

## 关键词

安全生产视域; 化工; 安全管控; 应用途径

## 1 引言

化工行业是国民经济的支柱产业, 但其生产过程普遍涉及高温高压、易燃易爆、有毒有害等高风险因素, 长期位列高危行业。近年来, 全国生产安全事故总量呈下降趋势, 但矿山、化工、烟花爆竹等领域非法违法生产行为有所抬头, 防范遏制重大事故的压力依然较大。化工企业普遍面临着工艺复杂、风险叠加、管理滞后等问题, 如何在安全生产视域下提高安全管理水平, 是当前化工行业关注的重点问题。本文旨在探索化工安全管控的多元化路径, 从制度设计、技术应用到文化培育三个方面构建管理框架, 能够为化工企业安

全管理体系优化与安全绩效持续改进提供指导。

## 2 化工安全管控面临的困境

尽管近年来, 化工行业的安全管理水平有所提升, 但实际管控中依然面临着多层面、系统性的困境。这些困境相互交织, 影响安全绩效的改善。

### 2.1 制度层面

我国从制度层面虽然构建了《安全生产法》《危险化学品安全法》等法律体系, 但实践中依然存在着“合法企业非法生产”的监管盲区。部分企业虽未取得相应资质, 但是在隐蔽时段、隐蔽场所从事非法违法生产活动, 给监管带来了不小的挑战。同时, 危险化学品全链条监管涉及应急管理、生态环境、交通运输等多个部门, 部门之间的信息共享不畅、执法标准不一, 从而容易形成碎片化管理局面<sup>[1]</sup>。

【作者简介】钟林(1989-), 男, 中国江西宜春人, 本科, 助理工程师, 从事化工安全管理研究。

## 2.2 技术层面

化工生产具有非线性、强耦合的复杂特点,传统技术手段在风险预测和预警方面具有明显的局限性。当前很多企业依赖人工巡检和定期检测的模式,无法实现对工艺参数异常、设备早期故障的实时感知。虽然物联网、大数据技术逐步引入,但系统集成度普遍不足,各种安全监测子系统之间的数据孤岛问题突出,无法形成统一的风险态势图。

## 2.3 管理层面

很多化工企业依然沿用传统经验式管理模式,安全管理决策依赖个人经验而非数据驱动。这种管理模式面对现代化工日益复杂的工艺过程力不从心。过程安全管理(PSM)理念虽然得到一定的推广,但实际落实却存在困难。双重预防机制在部分企业中沦为“台账工程”,风险识别与隐患排查存在“两张皮”的问题,风险分级管理措施缺乏针对性,隐患整改闭环不到位<sup>[2]</sup>。

## 2.4 文化层面

安全文化建设的形式化问题突出,很多企业的安全文化以喊口号、搞活动为主,无法真正将安全价值观内化为员工的自觉行为。由于安全生产绩效往往不直接体现在短期经济效益上,部分企业在成本压力下“重生产、轻安全”的倾向难以根除。此外,事故经验学习机制不完善,隐瞒、谎报小事故小事件的现象时有发生,导致组织无法从失败中真正学习,安全文化陷入重复犯错的恶性循环中。

## 3 制度创新路径

制度创新是化工安全管控朝着系统化发展的基础保障,体系化建设强调以制度为枢纽,实现责任、机制、流程与空间治理的有机统一。

### 3.1 完善安全生产责任体系

明确的权责划分是制度创新的基础。要构建企业主体责任、园区监管责任和政府属地管理责任“三位一体”的责任链。从企业层面,法定代表人和实际控制人为同一责任人,逐级分解安全指标,落实全员安全生产责任制;从化工园区层面,可借鉴某化工园区构建的安全生产重点工作清单的模式,明确源头防控、日常检查、打非治违、应急救援四项职责,推动园区管理机构朝着主动监管发展<sup>[3]</sup>。

### 3.2 深化双重预防机制

风险分级管理与隐患排查治理均为制度创新的依据。精细化风险识别要覆盖所有工艺单元和作业活动,按照红、橙、黄、蓝四级绘制“四色图”,并且明确每一级风险的管控责任与措施。隐患排查则要按照“排查—登记—整改—验收—销号”的闭环流程,对重大隐患实施挂牌督办。实践应用中,企业按照“一风险预案”的管理模式,将双重预防机制嵌入日常生产运营,防止沦为“台账工程”。

### 3.3 构建全生命周期安全管理模式

制度设计应贯穿化工项目的全生命周期。首先,规划

设计阶段,严格执行安全设施“三同时”制度,开展工艺安全审查。其次,建设施工阶段。加强承包商资质审核与特殊作业管控。再次,生产运行阶段。落实统一安全管理、变更管理和设备完整性管理<sup>[4]</sup>。最后,退役拆除阶段,制定专项安全方案,规范危废处置预设后备清洗置换。全生命周期管理保证了安全要求在各个阶段的无缝衔接,避免了“设计-运行-拆除”分段脱节。

## 3.4 优化化工园区安全治理体系

化工园区作为风险聚集的区域,要构建专门制度体系。根据《化工园区安全风险排查治理导则》,推动“十有两禁”整治对策,力争达到D级(较低风险)园区标准。完善园区封闭化管理、公共管廊监测、应急资源储备等基础设施,构建园区统一的安全管理平台。同时,强化入园项目安全准入,禁止高风险、低水平的落后产能进入,从源头上降低园区整体风险。

## 4 技术创新路径

技术创新是推动化工安全管控朝着主动预防转型的动力。以物联网、人工智能、数字孪生为代表的智能技术,重塑了化工安全生产的技术底座,为风险感知、预警决策提供创新性解决路径。

### 4.1 构建全天候监测网络

物联网技术通过部署各类传感器与智能摄像头,实现对生产装置、储罐区、管廊等关键区域的实时数据采集与传输。借助计算机视觉分析技术,可自动识别人员违章行为和异常状态,替代传统人工巡检的间歇性盲区。智能感知系统将安全生产从静态监控升级为动态追踪,显著提高了风险早期发现的及时性和准确性<sup>[5]</sup>。

### 4.2 人工智能与风险预警

人工智能技术在化工安全中的应用体现在以下三个层面:(1)AI视觉分析。可24小时不间断监测6种以上危险行为,检测准确率可达98%。(2)AI大数据分析。通过对历史运行数据的机器学习,预测设备故障趋势、优化工艺参数、挖掘事故类型。(3)AI知识管理,利用生成式大语言模型将法规标准、事故案例转化为安全知识图谱,使安全管理系统具备逻辑推理能力。

### 4.3 数字孪生与虚拟仿真

数字孪生技术通过1:1精准复刻物理工厂,构建可视化虚拟镜像。核心价值体现在三个方面:(1)实时同步监测。孪生模型与实体装置数据联动,一旦参数异常即发出预警。(2)应急模拟推演。快速模拟火灾、泄漏等事故场景,必选最优处置方案,辅助智慧决策。(3)沉浸式培训。在零风险的虚拟环境中进行实操演练,显著提高员工的应急响应能力。

### 4.4 工业大模型与智能决策

随着工业大模型(ILMs)融入,化工安全管控正从感

知智能向认知智能演进。大模型能够融合多模态数据比如文本、图像等,打破传统模型在处理复杂非线性过程时的局限。通过构建“工安知识大脑”,系统可自动生成风险分析报告、推荐管控措施、辅助事故调查归因,为管理层提供可解释的决策支持<sup>[6]</sup>。

## 5 文化培育路径

安全文化培育作为化工安全管控的根基,人因管理是连接文化理念与日常操作的关键桥梁。二者协同发挥作用,才可以达到管理的安全要求。

### 5.1 安全文化的内涵与价值

化工安全文化作为组织内部共同持有的价值观、态度和行为规范的总和。决定了安全制度是否能够切实落地、技术手段能否发挥作用等。积极的安全文化表现为“人人讲安全、层层负责任”。相关研究表明:安全文化成熟的企业,事故率可降低50%以上。因此,文化培育不是锦上添花,而是安全管控不可缺少的内在动力。

### 5.2 安全教育培训体系的创新

传统的“填鸭式、灌输式”培训存在周期长、效率低、实操风险性高的问题。创新培训体系需要从以下三个层面入手:(1)分层分级。针对管理层、技术员、一线操作人员、承包商等不同群体定制针对性的培训内容。(2)培训形式多元化。可在培训中引入VR/AR虚拟仿真培训系统,让培训人员能够在零风险的环境中模拟泄漏处置、火灾逃生等场景。见图1。(3)案例驱动。将本企业或行业真实的事事故转化为情景模拟题,组织复盘讨论。通过理论+虚拟操作+案例分析的培训模式,有利于提高化工企业各级人员的安全素养和应急处理能力。



图1 化工虚拟仿真实训

### 5.3 人因工程与行为安全管控

人因事务是导致化工事故发生的主要因素之一。人因工程关注操作界面设计、作业流程安排、疲劳管理等因素对人为差错的影响;行为安全(BBS)则关注于通过观察、反馈、强化等手段纠正错误行为。具体管理对策为:针对关键操作实施双人确认模式;构建违章行为数据库,分析高频违章的类型、时间以及人群特点;推行“安全观察与沟通”制度,鼓励员工相互提醒、相互监督。

### 5.4 学习型安全组织的构建

事故是最好的借鉴案例,但前提是要具有从失败中总结成功关键的能力。因此,可构建学习型安全组织,构建非惩罚性的事件报告机制,鼓励员工主动上报未遂事件、微小异常;构建跨专业的事故调查团队,运用根因分析方法比如故障树等筛查系统缺陷;还可构建经验共享平台,将典型事件转化为培训案例,并且依照事故经验修订操作规程,通过持续优化提高操作的安全性。

## 6 结语

化工行业的安全管理是一项复杂工程,本文从安全生产视域出发,提出制度创新为基础保障、技术创新为核心驱动、文化培育为内在动力的管理对策,三者相互支撑。实践证明,只有将刚性制度约束、智能技术支撑与柔性文化深度融合,才可构建起立体化、预防性的安全管理体系。未来,企业还需要持续强化全员安全责任意识、推动安全文化走向习惯化,真正实现“本质安全”的目标。

### 参考文献

- [1] 王宇,高宇龙.智慧化工生产安全管控系统在煤化工企业的应用[J].科技与创新,2026(1):215-217+221.
- [2] 杨敏.基于数字化转型的无机化工安全生产智能管控模式综述[J].聚酯工业,2026,39(1):178-180.
- [3] 周勇,郭嘉,熊芸,何禄英,吴华东,刘根炎,喻发全.化工安全生产事故案例分析及其在化工安全与环保课程教学中的应用[J].化工设计通讯,2026,52(3):83-85.
- [4] 刘述作.煤化工生产过程安全管控与风险防控研究[J].中国科技期刊数据库 工业B,2026(1):077-080.
- [5] 张晓芳,信召阳,姚京裕.化工企业生产过程安全风险分级管控研究[J].流程工业,2026(3):55-57.
- [6] 郭彦玲,许丽娜.化工企业生产安全风险因素识别与管控研究[J].石油石化物资采购,2026(2):118-120.