

危险化学品仓储智能化安全管理对策研究

王麒硕 (辽宁同德环保科技有限公司, 辽宁 抚顺 113109)

依国亮 (沈阳中复科金压力容器有限公司, 辽宁 沈阳 110027)

摘要: 危险化学品仓储安全是保障社会生产安全的关键环节, 但是传统管理方式在人防、技防层面存在显著滞后性, 难以有效应对动态复杂的风险挑战。基于此, 本文深入剖析了当前仓储管理在感知能力、数据应用、响应机制及人员素养方面的主要问题和挑战, 并提出构建集物联感知网络、智能分析中枢与动态决策响应于一体的智能化安全管理体系, 核心策略聚焦多维风险全息感知平台建设、异构数据融合驱动的早期预警与智能决策、人机协同智能控制架构及全链条数据治理体系, 以实现危险化学品仓储过程风险可知、可视、可溯、可控的闭环管理, 从而为推动行业高质量发展提供可靠依据。

关键词: 危险化学品; 仓储管理; 智能化; 安全管理对策

中图分类号: X937

文献标识码: A

文章编号: 1674-5167 (2025) 033-0148-03

Research on Intelligent Safety Management Strategies for Hazardous Chemicals Warehousing

Wang Qishuo (Liaoning Tongde Environmental Technology Co., Ltd., Fushun Liaoning 113109, China)

Yi Guoliang (Shenyang Zhongfu Kejin Pressure Vessel Co., Ltd., Shenyang Liaoning 110027, China)

Abstract: The safety of hazardous chemicals warehousing is a critical aspect of ensuring societal production safety. However, traditional management methods exhibit significant limitations in both human and technical safeguards, making it difficult to effectively address dynamically complex risks and challenges. Based on this, this paper conducts an in-depth analysis of the main issues and challenges in current warehousing management, including perception capabilities, data application, response mechanisms, and personnel competency. It proposes the establishment of an intelligent safety management system integrating an IoT perception network, an intelligent analysis hub, and dynamic decision-making responses. Core strategies focus on the construction of a multi-dimensional risk holographic perception platform, early warning and intelligent decision-making driven by heterogeneous data fusion, a human-machine collaborative intelligent control framework, and a full-chain data governance system. The aim is to achieve closed-loop management of warehousing processes for hazardous chemicals, ensuring risks are knowable, visible, traceable, and controllable, thereby providing a reliable foundation for promoting high-quality development in the industry.

Keywords: hazardous chemicals; warehousing management; intelligentization; safety management strategies

危险化学品的仓储安全事关国家经济社会平稳运行及公众安全, 其潜在风险具有隐蔽性、耦合性及灾难性特征。伴随产业规模扩张与新化学品涌现, 传统依靠人防、单点技防及静态管理的模式愈发显得脆弱无力, 尤其在风险早期识别、多因素耦合分析及实时应急决策等方面存在显著短板。近年来, 人工智能、物联网、大数据等新一代信息技术展现出强大的风险管控赋能潜力, 为构建更加主动、精准、高效的智能化仓储安全管理体系奠定了技术基础。

1 危险化学品仓储安全管理的现状与问题分析

当前, 危险化学品仓储安全管理面临的核心挑战表现为技术与管理的双重滞后。在技术层面, 风险感知普遍呈孤岛化、碎片化特征, 温度、压力、气体浓度、液位、视频监控等关键参数依靠分散系统独立采集, 数据格式各异, 难以进行多源信息的深度融合与有效协同分析, 阻碍了对复杂环境下潜在风险的精准识别

与系统评估。

在信息处理与应用环节, 存在严重的重硬件部署轻软件智能开发现象, 大量积累的仓储运行数据因缺乏有效挖掘分析手段而被闲置浪费, 数据价值未充分释放。早期风险征兆难以被及时捕捉, 导致风险预警能力严重不足, 响应机制被动迟缓。

与此同时, 安全管理活动过于依赖人工经验与周期性检查作业, 不仅效率低下且极易出现人为失误与疏漏, 人员专业素养与技能参差不齐现象普遍存在, 对新技术接受度不高进一步制约了现代安全管理效能的实际落地。管理策略体系化、标准化严重欠缺, 智能化安全管理作为应对上述挑战的有效途径, 需要通过构建全域覆盖的实时感知网络、建立强大的数据分析中枢、再造优化业务流程并深度融合人机智能协同, 最终实现从传统的被动、经验驱动式安全监管向主动、数据智能驱动型安全预防的范式转换。

2 危险化学品仓储智能化安全管理实践路径与核心策略

2.1 构建多维度全覆盖智能感知与风险可视化平台

实现仓储全要素风险的可感知,是智能化管理的起点和基石,这就需要构建基于工业物联网技术的全域化立体感知网络综合体系。具体策略涉及部署具有自诊断与自校准能力的高可靠性智能传感器阵列,精确覆盖各类危化品存储单元的环境参数监测需求;集成防爆型高清智能视频监控系统,并引入智能图像识别与空间定位技术,对人员作业合规性、设备运行状态、车辆动态位置进行实时自动识别和跟踪。在区域整体布局上,需综合应用区域声学感知、红外热成像探测、气体分布激光雷达扫描等多种先进非接触感知技术手段,建立库区空间点面结合的多尺度感知网络架构。对重点目标及关键移动资产,如转运车辆、装卸设备、巡检机器人,应加装高精度北斗和 UWB 室内外协同定位芯片,实现厘米级位置追踪精度与全流程轨迹追溯能力。同时,部署库区环境小型气象站,构建局地小气候监测网格,以预测短期灾害性天气影响。关键技术突破重点在于多源感知信号的异构数据融合处理与特征增强提取算法研究,解决强干扰环境下信号衰减的补偿问题,提升感知网络的适应性与鲁棒能力。所有实时采集的海量结构化与非结构化数据,均需汇聚至工业互联网数据中台进行集中处理,并借助三维 GIS 和 BIM 融合技术构建高保真全景数字库区模型,将物理实体状态、环境监测数据、作业流程对象等多维度安全信息,在同一时空参照系中直观可视化展现,支持多视角分层级态势展示与空间风险热点直观呈现,以实现安全管理“一张图”全局精准掌控作业模式转型。

2.2 构建数据驱动的智能预警预测与风险评估体系

基于整合数据资源实现风险的早期识别与主动预警,是智能化提升安全性的关键环节。具体实践路径在于依托大数据平台,构建面向危化仓储特殊场景的专用数据处理引擎与智能分析核心中枢。策略核心在于发展适应仓储场景时序特征的多传感器融合实时数据流处理引擎框架,集成动态时间规整、小波分析滤波算法,并结合流式处理框架 Flink,实现异常点实时检测与特征提取。构建融合机理模型、深度学习和物理知识的混合式建模方法,针对储罐腐蚀速率预测、化学品热分解风险早期识别、泄漏扩散路径仿真模型进行参数自适应训练优化。应用图神经网络分析库区内多节点风险传导路径依赖关系,建立更精准的多因素耦合风险动态演化评估模型。利用历史事故案例数据,驱动风险特征知识图谱构建迭代更新机制,形成持续优化的风险模式诊断推理模型库,支持系统识别

新类型潜在威胁模式。基于深度集成学习方法,将多模型结果融合分析,提升预警置信度,形成涵盖一级参数越限、二级风险态势偏离、三级耦合灾害征兆等分级预警体系结构。风险诊断环节建立多层次、多指标的动态评估模型框架与定量评估体系,为不同响应级别提供准确依据支撑。同时,重点开发危险化学品泄露实时可视化模拟推演工具及事故后果影响范围精确分析预演系统,借此提升应急预案启动精准性与响应资源配置效率^[1]。

2.3 部署基于深度强化学习的人机协同智能控制架构

推动智能化管理体系在仓储复杂动态场景中的安全高效运行,关键在于实现智能系统与人工管理的深度、有机融合架构设计。具体策略强调基于深度强化学习模型研发仓储风险智能辅助决策引擎模块,该核心引擎能够基于实时更新的风险态势数据、环境状态信息、设备运行状态参数与预设应急预案知识库,进行最优控制决策的在线计算与推演。重点攻关方向在于构建用于复杂仓储场景的高维度动态建模解决方案及高效实时求解优化算法模块。应用机制设计理论,动态优化人机任务协同分配调度方案,确保高风险核心环节任务由具备强鲁棒稳定性的自动化系统优先接管,实现自动处理闭环,包括关键阀门连锁控制、紧急泄压系统触发、消防设备精准定点启动等高度自动化处置操作。同时,针对如泄漏应急堵漏操作策略制定、复杂情况分析方案筛选等任务,则通过增强现实终端辅助人工专家进行远程指挥和现场执行的深度协作。设计覆盖各层级人员场景的用户友好型智能交互接口平台,包含数字孪生体同步三维可视界面、关键预警信息 AR 推送叠加现实指引、人因工程优化的信息呈现模式与交互流程设计,确保关键任务指令信息传达清晰、响应路径通畅。重构组织流程体系,制定清晰的人机协同操作响应规程标准,对操作者行为逻辑设置约束边界,以保障操作整体安全性,从而达成整体系统智能水平与人类经验判断能力的优势互补与动态协同最优平衡状态。

2.4 建立全链条数据治理驱动的安全绩效持续改进机制

夯实智能化体系可持续发展的根基保障,必须构建完善的数据治理框架与运行安全绩效动态优化提升机制。首要核心策略是依据数据安全法及工业互联网标准,建立贯穿数据采集、传输、存储、处理及分析应用全生命周期的标准化安全治理体系架构。明确数据分类分级管理策略,实施敏感数据强加密保护机制,建立基于区块链技术的关键操作日志分布式不可篡改存证机制,确保追溯审计的可信可靠性。全面引入隐私计算技术,实现多方安全计算与联邦学习,支持数

据融合分析,同时保障核心隐私及商业机密数据原始数据不出域,落实基本安全准则。部署全方位立体化网络安全纵深防御策略体系,涵盖网络边界防护、内部访问控制策略、入侵检测响应措施等关键环节,保障平台体系运行安全、稳定、可控。在安全绩效提升领域,核心策略在于开发基于机器学习的仓储运行安全 KPI 智能评估诊断分析模型体系,动态识别管理流程短板与系统脆弱节点分布。构建智能辅助知识管理平台,实现专家经验显性化知识与历史案例经验的智能匹配、检索、推送服务,优化学习曲线;开发智能化的模拟推演演练平台,进行应急响应能力数字化、常态化测评训练,提升实战水平。建立智能系统综合效能评估指标体系与优化迭代反馈闭环机制,推动系统持续升级。特别强调定期对人工智能模型进行专项伦理合规性审查,保证决策推理过程透明、可解释、可追溯,以确保技术应用的正当合理与社会效益最大化的最优发展路径^[2]。

3 危险化学品仓储智能化安全管理保障机制的构建路径

3.1 加强数据治理与网络安全管理

首先,应建立统一的数据采集、存储、传输和使用标准,实现数据全生命周期管理,确保数据完整性、准确性和可追溯性。其次,要构建严格的权限管理机制,明确数据访问与操作权限,防止未经授权的访问。再次,应强化网络安全防护体系,包括防火墙、入侵检测、异常流量监控及数据加密传输技术,同时定期进行安全风险评估与漏洞排查。此外,还应制定突发网络安全事件应急预案和演练机制,提升企业对信息安全事件的响应与处置能力^[3]。

3.2 健全标准规范并强化法规适配性

标准法规不足。危险化学品仓储智能化管理有效开展的条件是完善的标准和法规,行业标准与仓库实际情况有一定差距,部分智能化技术应用规范不统一,导致部分智能化管理存在安全管理标准化不足现象。因此,首先要从国家和行业层面完善关于仓储环境管理控制、仓库设施管理、应急处置和处置等智能系统的建设、运营、相关技术标准等方面的标准,确定智能化系统的建设标准、运行、技术指标等要求,其次还要注重法规的符合性和适用性,标准既要满足《危险化学品安全管理条例》《消防法》等条例法规,也要满足地方和企业实际情况,在法律、法规、标准中有机统一,再次需要做好标准的及时修订,标准定期修订要随其随动,随新技术、管理经验的增加要及时变更标准的部分条款,保障其具有超前性和有效性;最后还要发展开展标准化示范工程和评星定级,标准

要通过示范工程和评估认证等对实际应用中可操作性和实用性做好评估认证,增强整个行业的危险化学品仓储智能化安全管理水平^[4]。

3.3 加强多层次人才队伍建设

首先,要增加企业自身对于技术研发人才(如数据分析、物联网、人工智能和安全工程方面)的培养,以保证在智能化系统建设、系统维护和管理优化中有人把控关键技术。其次,要加强企业管理人才队伍培养,一方面要保证其懂得现代信息技术,另一方面也要懂得危化品仓储相关安全管理要求与发生问题后的应急流程,以便于其进行危险品安全管理的统筹安排。另外,还要加强操作人才的培养,通过员工的入职培训、操作技能考核、仿真演习等方式,进一步提高他们危化品仓储管理的操作能力与应急处置能力。最终通过这三层人才的培养,既可以保证智能化系统的高效运作,同时又可以有专、专业、专业的可持续人才支撑体系来保证危险化学品仓库安全^[5]。

4 结语

综上所述,依托物联网、人工智能、大数据等新质生产力技术推动危险化学品仓储安全管理向智能化方向深度转型,是实现仓储本质安全化水平系统性提升的关键战略路径选择。本研究构建的多维融合感知体系、数据智能中枢决策引擎框架、人机协同控制架构以及全链条数据安全治理机制所形成的闭环管控整体解决方案,具备较强的技术可实现性与应用落地价值。该体系着重解决了传统管理模式在风险早期识别、精准预测预警、动态应急协同与流程持续优化等核心环节面临的重大瓶颈挑战,为打造具备高度适应性自优化能力的新型安全保障范式提供了具体可行的实践路径框架与技术方法支撑。未来仍需不断探索智能技术在极端复杂场景应用中的模型泛化能力和鲁棒性能提升路径,同时需同步推进智能化配套法规体系完善与专业人才梯队建设等关键基础支撑工作。

参考文献:

- [1] 王超,林建福.基于智能化管控平台的危险化学品企业安全管理[J].化工管理,2024(12):101-103.
- [2] 李波,张玉娟,路亚彬.大模型在危险化学品安全风险智能管控领域应用探讨[J].化工管理,2025(19):123-125.
- [3] 韩密杰.新环境背景下危险化学品安全生产及监管能力的提升对策研究[J].中国石油和化工标准与质量,2025(13):78-80.
- [4] 夏立伟.安全风险智能管控系统在危险化学品企业中的应用[J].化学工程与装备,2023(12):52-53.
- [5] 王治平,贺革.化工企业智能安全生产管控平台建设实践[J].化工设计,2023,33(6):39-43.