

危险化学品存储安全与环保风险管理策略研究

呼万军¹ 李振鹏² 嵇 斌³

1. 宁波公牛精密制造有限公司 浙江 宁波 315000
2. 宁波富德能源有限公司 浙江 宁波 315000
3. 睿晶半导体（宁波）有限公司 浙江 宁波 315000

摘 要：在全球工业化进程持续加速的背景下，危险化学品（危化品）在生产、运输、储存和使用环节的规模不断扩张，其引发的安全与环境风险已成为制约行业可持续发展的核心瓶颈。本文通过系统分析危化品存储风险的多维特征，从法律合规、技术标准、监管机制、应急能力四个维度提出优化路径，重点探讨如何构建“全链条管控、智能化预警、社会化共治”的现代管理体系，为提升我国危化品行业风险防控水平提供理论支撑与实践框架。

关键词：危险化学品；存储安全；环保风险；全链条管控；智能化预警；社会化共治

1 引言

我国作为全球最大的危化品生产与消费国，其安全与环保管理面临严峻挑战。应急管理部数据显示，2023年全国共发生危化品存储相关事故38起，其中因违规混存、超量储存引发的事故占比达63%。与此同时，环保风险问题日益凸显：危化品泄漏可能导致土壤、水体、大气复合污染，其修复周期长、成本高，且可能引发区域性生态退化。在此背景下，危化品存储管理需破解三大矛盾：一是企业短期经济利益与长期安全环保投入的矛盾，二是现有技术标准滞后与产业快速迭代的矛盾，三是单一部门监管与风险跨界传导的矛盾。

2 危化品存储安全与环保风险的耦合性分析

危化品存储事故的演化具有典型的“多米诺骨牌效应”，其风险传导路径呈现“物理爆炸—化学泄漏—环境污染—社会危机”的链式特征。以2019年江苏响水“3·21”事故为例，事故的触发始于天嘉宜化工有限公司长期违规储存的硝化废料（联合国危险货物编号UN2077）。在高温环境下，废料发生自燃并释放大量的氮氧化物和可燃气体，形成爆炸性混合物；爆炸导致储存罐破裂，约150吨苯系物（苯、甲苯、二甲苯）泄漏至周边环境；泄漏物经雨水冲刷进入新民河，导致河水中挥发酚浓度超标108倍，污染农田超2000亩；最终造成78人死亡、617人受伤，周边3个乡镇约5万居民紧急疏散，直接经济损失达19.86亿元。这一案例表明，危化品存储风险具有显著的“安全—环境—社会”三重叠加特性。物理爆炸可能引发化学泄漏，而化学泄漏又会通过大气扩散、水体迁移等途径导致环境污染，最终引发社会恐慌与信任危机。此类风险的跨界传导性要求管理策略必须突破单一维度，构建“安全—环境—社会”协同防控体系。

3 危化品存储安全与环保风险管理的核心问题

3.1 主体责任落实的“最后一公里”困境

3.1.1 企业安全投入不足

中小型企业普遍存在“重效益、轻安全”倾向，导致安全设施与环保技术滞后^[1]。以2022年浙江某新能源公司甲醇泄漏事件为例，该公司为降低运营成本，将甲醇（UN1230）与双氧水（UN2014）混存于同一仓库，未意识到二者混合可能引发剧烈氧化反应；仓库未安装可燃气体报警装置，未设置防爆电器和泄漏应急收集系统；对甲醇的闪点（11℃）、爆炸极限（6%—36.5%）等关键参数一无所知。这一现象表明，企业安全投入不足的根源在于风险认知偏差与成本收益失衡。企业往往低估事故概率与损失规模，而高估短期收益，导致安全环保投入被边缘化。

3.1.2 人员操作违规

一线员工安全意识淡薄、操作技能不足是事故频发的重要原因。以2021年广东某电子厂硝酸泄漏事件为例，作业人员在未开具《动火作业许可证》、未清理现场易燃物的情况下进行焊接作业；泄漏发生后，员工使用非防爆工具进行堵漏，导致火花引发二次爆炸；企业年度安全培训计划完成率仅为47%，特种作业人员无证上岗率达18%。人员操作违规的深层次原因在于企业安全文化缺失与培训体系不完善。

3.2 监管机制的“碎片化”与“滞后性”

3.2.1 部门协同不足

危化品监管涉及应急管理、生态环境、交通运输、市场监管等十余个部门，职责交叉与监管盲区并存。以2023年安徽某化工园区非法储存事件为例，园区管委会在未取得生态环境部门环评批复的情况下，擅自允许企

业建设危化品仓库；应急管理部门依据《建筑设计防火规范（GB50016-2014）》要求仓库防火间距为15米，而住建部门执行地方标准仅要求10米；各部门未建立统一的危化品监管平台，导致企业超范围储存行为长达1年未被发现。

3.2.2 技术标准滞后

部分企业仍沿用旧版标准，导致存量设施合规性存疑。例如，某石化企业2010年建成的甲类仓库防火间距仅为8米（现行标准要求12米），某农药企业仓库墙体采用非防火材料、耐火极限仅0.5小时（标准要求 ≥ 3 小时），某精细化工企业未设置导流沟和事故池。

3.3 环保风险评估的“短板效应”

3.3.1 特征污染物识别不足

企业对危化品分解产物、副产物的环境风险认识不足，导致污染防治存在盲区。以2022年河北某铬盐企业污染事件为例，企业生产过程中排放的六价铬（ Cr^{6+} ）导致周边土壤中铬含量超标120倍，但未将甲基氯化物（副产物）纳入风险评估范围，导致土壤中有机氯含量超标50倍；连续10年生产导致土壤中重金属和有机物复合污染，治理难度呈指数级增加。

3.3.2 累积风险评估缺失

企业普遍忽视多品种危化品共存时的协同效应，导致风险评估结果偏离实际。以2023年四川某化工园区风险评估为例，园区内企业分别评估了硝酸铵（UN1942）、氯酸钠（UN1495）的储存风险，但未考虑二者混合后的爆炸敏感性；未开展高温环境下危化品分解反应的实验研究；使用的风险评估软件仅能计算单一物质扩散范围，无法模拟链式反应。

4 危化品存储安全与环保风险管理的优化策略

4.1 构建“全链条管控”体系：从源头到末端的闭环管理

4.1.1 准入环节：提高行业门槛

严格环境准入是防范危化品风险的第一道防线。需参照《长江经济带发展负面清单指南》，禁止在长江干流1公里范围内新建、扩建化工园区和危化品项目。例如，江苏省自2020年起累计关停沿江化工企业1200家，搬迁改造450家，显著降低了重点流域的环境风险。同时，推行清洁生产技术，强制要求企业采用低汞触媒、无钙焙烧等工艺。例如，重庆民丰化工有限责任公司通过无钙焙烧技术，将铬盐生产中六价铬排放量从2.5kg/t降至0.1kg/t，年减排六价铬120吨。准入环节的核心在于通过空间管控与技术升级，实现风险源头削减。未来需进一步优化产业布局，推动危化品产业向资源环境承载力

强的区域集聚；同时，建立清洁生产技术推广目录，对采用先进技术的企业给予政策支持^[2]。

4.1.2 储存环节：分类分级管控

专用仓库建设与分区存放制度是储存环节风险防控的关键。甲类危化品必须储存在耐火等级不低于二级、防爆电器覆盖率100%的专用仓库内。例如，上海赛科石油化工有限公司建设地下危化品库，采用智能通风系统实时调节温湿度，温度波动范围控制在 $\pm 1^\circ\text{C}$ 以内，有效降低了热失控风险。同时，推行分区存放制度，易燃液体与氧化剂间距需大于10米，剧毒化学品实行“双人双锁”管理。例如，万华化学集团股份有限公司在仓库内设置物理隔离墙，将硝酸铵与硫磺储存区完全分隔，并安装电子门禁系统记录人员出入信息。未来需进一步细化分类分级标准，建立动态调整机制；同时，推广智能仓储技术，实现温湿度、气体浓度、液位等参数的实时监测与自动调控。

4.1.3 运输环节：智慧化监管

运输环节是危化品风险防控的薄弱点。需推广“智慧交通监管平台”，对危化品运输车辆实施GPS定位、电子运单、视频监控三位一体监管。例如，浙江省通过“浙运安”平台接入车辆1.2万辆，2023年拦截非法运输车辆800辆次，查处违规行为2100起。同时，强化驾驶员培训，要求驾驶员持《危险货物运输从业资格证》，每年参加不少于24学时的安全培训。例如，中石化销售公司建立驾驶员培训基地，通过VR模拟器开展事故应急演练，驾驶员应急处置能力提升40%。未来需进一步整合运输企业、监管部门、应急救援力量等资源，构建危化品运输安全共同体；同时，探索无人驾驶技术在危化品运输中的应用，降低人为操作风险。

4.1.4 处置环节：规范化处理

危化品废弃物处置是环保风险防控的最后一道防线。需建设区域性危废处置中心，提升处置能力。例如，长三角地区建成12家综合处置中心，年处理能力达200万吨。江苏省危险废物集中处置中心采用回转窑焚烧技术，二噁英排放浓度低于 $0.1\text{ng-TEQ}/\text{m}^3$ ，达到欧盟标准。同时，推行“电子联单”制度，实现危废从产生到处置的全流程追溯。例如，广东省通过“广东省固体废物管理信息平台”生成电子联单120万份，查处非法转移危废案件35起。未来需进一步优化处置设施布局，提升处置技术水平；同时，完善危废跨区域转移机制，解决区域间处置能力不均衡问题。

4.2 强化“智能化预警”能力：从人工巡检到数字孪生

4.2.1 物联网技术应用

物联网技术为危化品存储风险防控提供了实时感知与精准预警能力。需在仓库内部署气体浓度、温湿度、液位监测仪，数据实时上传至云平台^[3]。例如，巴斯夫上海创新园在仓库内布置200个传感器，通过LoRa无线通信技术实现数据秒级传输，2023年成功预警氯乙烯泄漏3次。同时，利用AI视频分析技术识别违规操作行为。例如，恒力石化（大连）有限公司部署AI摄像头500个，可自动识别未戴防护用品、违规动火等行为，准确率达95%，违规行为发生率下降60%。未来需进一步拓展传感器类型，提升数据采集精度；同时，优化AI算法模型，提高复杂场景下的识别能力。

4.2.2 数字孪生技术

数字孪生技术为危化品存储风险防控提供了虚拟仿真与决策支持能力。需构建虚拟仓库模型，模拟不同工况下的风险扩散路径。例如，中国石化青岛炼化化工有限责任公司通过数字孪生系统预测，某次苯泄漏事故可能导致周边3公里内PM_{2.5}浓度峰值达450μg/m³，提前3小时启动疏散预案。同时，开发应急演练系统，利用VR技术开展桌面推演。例如，上海市应急管理局组织企业开展“泄漏+爆炸”复合型事故演练，参与企业平均应急响应时间从45分钟缩短至18分钟。未来需进一步融合多学科知识，提升模型预测精度；同时，推动数字孪生技术在中小企业的普及应用，缩小区域间风险防控能力差距。

4.3 完善“社会化共治”机制：从政府监管到多元协同

4.3.1 信用监管体系

信用监管是提升企业合规意识的重要手段。需建立“红黑名单”制度，对守信企业给予税收优惠、项目审批绿色通道；对失信企业实施联合惩戒。例如，江苏省将32家企业纳入黑名单，限制其参与招投标、申请财政补贴。同时，推行环境责任保险，要求企业投保污染责任险。例如，浙江省参保企业累计获得赔付1.5亿元，其中2023年某化工企业因苯泄漏获赔3200万元，用于土壤修复和居民安置。未来需进一步完善信用评价标准，建立动态调整机制；同时，优化保险产品的设计，提升风险保障水平。

4.3.2 公众参与机制

公众参与是提升风险防控效能的重要补充。需设立举报奖励制度，对举报非法储存、排放等行为给予奖励^[4]。

例如，山东省设立专项奖励基金，2023年通过举报查处案件180起，发放奖金280万元。同时，开展环境公益诉讼，支持社会组织对污染企业提起诉讼。例如，自然之友环境研究所起诉某化工企业，法院判决企业赔偿生态修复费用8500万元，用于湿地重建和生物多样性保护。未来需进一步拓宽公众参与渠道，建立常态化沟通机制；同时，加强环境公益诉讼能力建设，提升社会组织参与水平。

4.3.3 第三方服务市场

第三方服务是提升企业风险防控能力的重要支撑。需培育专业机构，鼓励安全评价、环境检测、应急救援等机构发展。例如，广东省认证第三方机构160家，服务企业超1.2万家，2023年发现隐患2.3万项。同时，推行“环保管家”模式，企业委托第三方提供全流程管理服务。例如，苏州工业园区通过“管家”模式，将企业环保合规率从72%提升至91%，事故率下降45%。未来需进一步完善市场准入与退出机制，规范服务行为；同时，加强第三方机构能力建设，提升服务水平。

结语

危化品存储安全与环保风险管理是系统性工程，需从技术、制度、文化三方面协同推进。未来需重点关注以下方向：一是技术创新：加快5G+工业互联网、区块链溯源、量子传感等技术在风险防控中的应用。例如，利用区块链技术实现危化品全生命周期数据不可篡改；二是制度完善：修订《危险化学品安全管理条例》，细化环保风险评估标准，建立跨区域生态补偿机制；三是文化培育：将安全环保教育纳入国民教育体系，推动企业建设安全文化体验馆，提升全民风险意识。以适应危险化学品行业不断发展的需求。

参考文献

- [1]危险化学品存储、使用、应急处置知识点[J].安全与健康,2022,(06):77-78.
- [2]梁晓龙,张秋月,王莹.危险化学品企业安全生产管理研究[J].化纤与纺织技术,2025,54(03):121-123.
- [3]王积国.危险化学品重大危险源辨识及关键要素取值研究[J].安徽化工,2025,51(01):16-20.
- [4]陈盼娣.危险化学品安全生产管理现状与策略探析[J].石化技术,2025,32(01):334-336.