

危险化学品罐区储运安全风险识别与防控策略研究

张军杰（山东欣邦新材料科技有限公司，山东 东营 257091）

李玉磊（东营华泰化工集团有限公司，山东 东营 257091）

张鹏飞（山东匠人安全技术服务有限公司，山东 东营 257091）

摘要：随着化工产业规模扩大，危险化学品罐区安全事故频发，造成重大人员伤亡和财产损失。文章以危险化学品罐区储运安全为研究对象，运用系统工程学方法，从作业风险、危险源辨识、设备隐患和事故链式反应等方面进行全面风险识别。在此基础上，提出风险分级管控体系构建、智能监测预警系统优化、应急处置能力提升和本质安全设计改进等防控策略。研究表明，通过建立多层次防控体系，可有效降低事故发生概率，提升罐区本质安全水平。

关键词：危险化学品；储运安全；风险识别；防控策略

中图分类号：TE8 文献标识码：A 文章编号：1674-5167(2025)020-0130-03

Research on Safety Risk Identification and Prevention Strategies for Storage and Transportation of Hazardous Chemicals in Tank Areas

Zhang Junjie (1 Shandong Xinbang New Material Technology Co., Ltd., Dongying Shandong 257091, China)

Li Yulei (Dongying Huatai Chemical Group Co., Ltd., Dongying Shandong 257091, China)

Zhang Pengfei (Shandong Craftsmen Safety Technology Service Co., Ltd., Dongying Shandong 257091, China)

Abstract: With the expansion of the chemical industry, safety accidents in hazardous chemical tank areas have occurred frequently, causing significant casualties and property losses. The article takes the storage and transportation safety of hazardous chemical tank areas as the research object, and uses systems engineering methods to comprehensively identify risks from the aspects of operational risks, hazard identification, equipment hazards, and accident chain reactions. On this basis, prevention and control strategies such as building a risk grading and control system, optimizing intelligent monitoring and early warning systems, enhancing emergency response capabilities, and improving intrinsic safety design are proposed. Research has shown that establishing a multi-level prevention and control system can effectively reduce the probability of accidents and improve the intrinsic safety level of tank farms.

Keywords: hazardous chemicals; Storage and transportation safety; Risk identification; Prevention and control strategy

当前，随着智能化技术发展，为罐区安全管理提供了新思路和新方法。本研究通过系统分析罐区储运过程中的各类风险因素，结合新技术应用，探索建立更加完善的安全防控体系，对提升危险化学品储运安全管理水平具有重要的理论和实践意义。

1 危险化学品罐区储运安全风险识别

1.1 罐区作业风险分析

罐区作业过程中存在多维度的风险因素需要系统分析，涉及人员操作行为、设备设施状态、环境条件变化以及工艺过程控制等多个层面，这些因素之间相互作用形成复杂的风险网络体系，对罐区安全运行构成潜在威胁，通过建立科学的风险评估模型和动态监测机制可有效识别各类风险源，有针对性的制定防范措施和应对策略，从而提升罐区本质安全水平。

罐区作业风险分析需要采用定量与定性相结合的方法，建立多层次的风险评价指标体系，运用先进的

风险评估工具和数学模型对各类风险因素进行科学量化和系统分析，通过风险矩阵法、故障树分析等方法深入研究风险演化规律和传播机制，实现风险早期预警和主动防控，同时要重视作业环境、人员素质、设备状态等关键要素的动态监测与评估。

1.2 储运系统危险源辨识

储运系统危险源辨识是确保罐区安全运行的重要基础工作，需要对储存介质特性、工艺参数、设备性能等进行全面分析，建立危险源数据库和分级管理体系，通过系统性分析方法识别储运过程中的各类危险源，对危险源的危害程度、影响范围和发生概率进行科学评估，为制定有效的防控措施提供依据。

危险源辨识过程要充分考虑储运系统的整体性和关联性，采用系统工程的思维方式，深入分析危险源之间的相互影响和耦合作用，建立危险源动态监测和预警机制，通过信息化手段实现危险源全过程管理和

可视化监控，提高危险源辨识的准确性和时效性，为储运系统安全管理决策提供科学依据。

1.3 关键设备隐患排查

关键设备隐患排查是保障储运系统安全运行的核心环节，需要建立完善的设备检测评估体系，通过先进的检测技术和方法对关键设备的运行状态进行全面监测，及时发现设备运行中的异常现象和潜在故障，对设备性能退化规律和失效机理进行深入研究，制定科学的维护保养策略。

设备隐患排查工作要注重检测数据的分析与应用，建立设备健康状态评估模型，运用大数据分析技术挖掘设备运行规律，预测设备可能出现的故障和隐患，通过预测性维护和状态监测等手段，提前发现并消除设备隐患，确保关键设备的安全稳定运行，为储运系统的安全性提供可靠保障。

1.4 事故链式反应机制研究

事故链式反应机制研究需要深入分析事故发生的内在规律和演化过程，建立事故链式反应模型，研究各类风险因素之间的关联性和传播路径，通过科学的分析方法揭示事故发展的关键节点和控制因素，为制定有效的预防措施和应急处置方案提供理论支持。

事故链式反应研究要充分运用现代科技手段，采用计算机模拟和数值分析等方法，对事故发生过程进行量化研究和预测，分析不同事故情景下的危害后果和影响范围，通过建立事故预警指标体系和风险控制模型，实现对事故链式反应的有效预防和控制，提高储运系统的本质安全水平和事故防范能力。

2 危险化学品罐区储运安全防控策略

2.1 风险分级管控体系构建

危险化学品罐区风险分级管控体系需要建立科学合理的评估标准和分级方法，对不同等级的风险实施差异化管理和控制措施。风险分级管控体系应当包含风险识别、风险评估、风险分级、管控措施和持续改进等关键环节，通过系统化的管理方法实现罐区安全运营。风险识别过程中应充分考虑危险化学品的理化特性、储存条件、工艺参数以及环境因素等多维度信息，建立完整的风险因素数据库和评估指标体系。风险评估环节需要采用定量与定性相结合的方法，综合考虑事故发生概率和后果严重程度，科学评定风险等级。分级管控措施的制定应当与风险等级相匹配，针对不同风险等级设置相应的管理要求和控制措施。风险分级结果应当与日常管理工作紧密结合，建立动态更新机制，确保风险管控措施的时效性和针对性。风险分级管控体系的运行需要建立健全组织保障机制和制度体系，明确各层级、各部门的职责分工和管理权

限。管理层应当建立专门的风险管理团队，配备具有专业能力的管理人员和技术人员，确保风险分级管控工作的有效实施。制度体系应当包括风险评估管理制度、分级管控操作规程、应急处置预案等内容，为风险分级管控工作提供制度保障。风险分级管控体系还应当建立考核评价机制，将风险管理效果纳入部门和个人绩效考核指标体系，促进各级人员积极参与风险管理工作。风险管理措施的落实情况应当定期进行检查和评估，及时发现和解决问题。风险分级管控体系应当充分运用信息化手段，建立风险管理信息系统，实现风险数据的收集、分析、存储和共享。信息系统应当具备风险评估、预警提示、措施跟踪等功能，支持风险分级管控工作的信息化管理。系统应当建立数据分析模型，通过对历史数据的分析，识别风险变化趋势和规律，为风险管理决策提供支持。信息系统还应当具备移动终端应用功能，方便现场人员及时报送风险信息和查询管控要求。风险管理信息系统应当与其他相关业务系统实现数据对接和信息共享，提高管理效率。

2.2 智能监测预警系统优化

危险化学品罐区智能监测预警系统的优化需要围绕监测精度提升、预警准确性改进、系统可靠性增强等方面开展工作，建立全方位、多层次的监测预警网络。监测系统应当采用先进的传感技术和检测设备，实现对罐区压力、温度、液位、泄漏、火灾等关键参数的实时监测。监测点的布设应当遵循科学性原则，确保监测数据的代表性和准确性。系统应当具备数据采集、传输、处理等功能，保证监测数据的及时性和完整性。监测设备的选型应当考虑使用环境的特殊性，确保在各种工况下能够稳定运行。智能监测预警系统的数据分析功能需要不断优化完善，建立科学的数据处理模型和分析方法。数据分析模型应当能够对监测数据进行实时处理和分析，识别异常变化和潜在风险。系统应当建立多维度的数据分析模型，综合考虑各类监测参数之间的关联性，提高风险识别的准确性。数据分析结果应当以直观的方式展示，便于管理人员快速掌握罐区运行状况。系统还应当具备数据挖掘功能，通过对历史数据的分析，发现潜在的规律和趋势。

预警功能的优化应当着重提高预警的及时性和准确性，减少误报和漏报。预警规则的设置应当基于科学的风险评估结果，针对不同风险类型设置合理的预警阈值。系统应当建立多级预警机制，根据风险程度发出不同等级的预警信息。预警信息的发布应当采用多种方式，确保相关人员能够及时接收到预警信息。预警系统应当具备自学习功能，通过对预警结果的分

析，不断优化预警规则和阈值设置。系统集成与联动功能的优化需要加强各子系统之间的协同配合，实现信息共享和联动处置。系统应当建立统一的数据交换平台，实现监测数据、预警信息的集中管理和共享使用。联动功能应当覆盖自动控制系统、消防系统、应急处置系统等相关系统，形成完整的安全防控体系。系统之间的联动规则应当清晰明确，确保在发生异常情况时能够快速响应和处置。系统集成应当考虑未来扩展需求，预留必要的接口和功能。

2.3 应急处置能力提升

危险化学品储运过程中应急处置能力的提升需要多层面协同推进，建立完善的应急组织架构和管理体系是提升应急处置能力的基础保障，形成以企业为主体、政府为引导、社会力量共同参与的联动机制，通过制定科学合理的应急预案和标准化工作流程，明确各方职责和分工。应急资源配置优化是提升应急处置能力的重要支撑，合理规划应急物资储备布局，配备专业应急救援设备和个人防护装备，建立应急物资调度平台和共享机制。专业应急队伍建设是提升应急处置能力的核心要素，组建专业化应急救援队伍，开展系统化培训和实战演练，提高应急救援人员的专业素质和实战能力。应急指挥调度系统建设是提升应急处置能力的技术支撑，构建集中统一的应急指挥平台，整合各类应急资源和信息系统，实现快速响应和协同处置。应急处置技术研发与应用是提升应急处置能力的创新驱动，开展危险化学品事故应急处置关键技术研究，研发新型应急处置装备和工具，提高应急处置的科技含量。应急预案管理体系的完善是提升应急处置能力的重要环节，建立分级分类的应急预案体系，细化各类突发事件的处置流程和措施，定期开展预案评估和修订工作。应急演练机制的健全是提升应急处置能力的实践保障，制定年度演练计划，开展桌面推演和实战演练，总结演练经验并持续改进。应急救援能力评估体系的构建是提升应急处置能力的考核标准，建立科学的评估指标体系，开展定期评估和考核，推动应急能力持续提升。区域应急联动机制的构建是提升应急处置能力的协同保障，建立区域应急联动平台，实现应急资源共享和协同处置。应急知识培训体系的完善是提升应急处置能力的基础工作，开展全员应急知识培训，提高从业人员的应急意识和处置能力。信息化应急管理平台的建设是提升应急处置能力的重要支撑，构建集应急指挥、信息发布、资源调度等功能于一体的综合性平台，实现应急处置的智能化和高效化。应急通信系统的完善是提升应急处置能力的关键环节，建立多层次、立体化的应急通信网络，确保应

急信息传输的及时性和可靠性。应急专家库的建设是提升应急处置能力的智力支撑，汇聚各领域专家资源，为应急决策提供专业支持。应急物资储备体系的优化是提升应急处置能力的物质保障，科学规划应急物资品种和数量，建立动态管理和补充机制。应急处置装备配置的完善是提升应急处置能力的装备支撑，配备专业化应急处置装备，提高应急救援的效率和安全性。

2.4 本质安全设计改进

危险化学品储运设施的本质安全设计是预防事故发生的根本途径，设计理念的创新是本质安全设计改进的思想基础，将安全性能指标纳入设计初期，采用先进的安全设计理念和方法，实现设计阶段的风险消除。工艺流程优化是本质安全设计改进的核心内容，通过优化工艺参数和操作条件，降低危险化学品储运过程中的风险。设备选型升级是本质安全设计改进的重要环节，选用高可靠性、长寿命的设备和材料，提高系统的整体安全性能。自动化控制系统改进是本质安全设计改进的技术支撑，采用先进的自动化控制技术，实现过程参数的精确控制和异常状态的及时处置。安全附件配置优化是本质安全设计改进的必要保障，合理配置安全阀、紧急切断阀等安全附件，提高系统的本质安全水平。

储运设施布局优化是本质安全设计改进的基础工作，科学规划危险化学品储运设施的空间布局，确保安全间距和防护要求。防火防爆设计改进是本质安全设计改进的重要方面，采用先进的防火防爆技术和材料，提高设施的防火防爆性能。防腐蚀设计优化是本质安全设计改进的关键环节，选用耐腐蚀材料和防腐技术，延长设备使用寿命。通风排放系统改进是本质安全设计改进的重点。

3 结束语

本研究从风险识别和防控策略两个维度，系统探讨了危险化学品罐区储运安全管理问题。通过建立多层次风险防控体系，将智能化技术与传统安全管理相结合，可有效提升罐区本质安全水平。但仍需要注意，安全管理是一项持续性工作，需要在实践中不断完善和优化管理措施。未来研究可进一步结合大数据分析、人工智能等新技术，探索更加精准的风险预测和防控方法，为危险化学品储运安全提供更可靠的技术支撑和管理保障。

参考文献：

- [1] 冯弋秦,沈志军,韩艳敏.油气储运安全风险评估与安全管理策略[J].化工安全与环境,2024,37(12):23-27.
- [2] 张文锐.XS公司产成品储运安全风险双重预防机制构建研究[D].桂林理工大学,2023.