

Discussion on Safety Technology for Storage and Transportation of Hazardous Chemicals

Zhiren Li

Xinjiang Chemical Design and Research Institute Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830013, China

Abstract

Hazardous chemicals play an irreplaceable role in industrial production and social circulation, yet their highly sensitive physicochemical properties introduce significant risks during storage and transportation. At present, some enterprises still exhibit deficiencies in safety technologies related to warehouse layout, facility configuration, environmental monitoring, and transportation management, leading to increased risks of leakage, fire, explosion, and other accidents. To strengthen the safety control of hazardous chemicals, it is necessary to systematically review the planning requirements for storage areas, technical conditions for storage facilities, and configuration principles for environmental monitoring and early-warning technologies, while further clarifying technical specifications for transport vehicles, route risk-control technologies, and safety measures during loading and unloading operations. This paper focuses on key technologies across the entire process of hazardous chemicals storage and transportation, aiming to provide enterprises with technical approaches and reference pathways to improve risk-prevention systems, enhance safety management capability, and reduce accident probability.

Keywords

hazardous chemicals; storage safety; transportation safety; monitoring technology; emergency response

危险化学品存储与运输安全技术探讨

李志仁

新疆化工设计研究院有限责任公司，中国，新疆乌鲁木齐 830013

摘要

危险化学品在工业生产和社会流通中具有不可替代的重要作用，但其高度敏感的理化性质使存储与运输环节呈现显著风险特征。当前，部分企业在仓储布局、设施配置、环境监测及运输管理方面仍存在安全技术不足，导致泄漏、火灾、爆炸等事故隐患增大。为强化危险化学品安全管控，有必要系统梳理存储区域的规划要求、仓储设备的技术条件、环境监测与预警技术的配置原则，并进一步明确运输车辆技术规范、运输路线风险控制技术及装卸作业的安全措施。本文围绕危险化学品存储与运输全过程的关键技术进行探讨，旨在为企业完善风险防控体系、提升安全管理能力、降低事故发生概率提供技术思路和参考路径。

关键词

危险化学品；存储安全；运输安全；监测技术；应急处置

1 引言

危险化学品因其易燃、易爆、腐蚀和毒性等特征，在存储和运输过程中极易受到温度、湿度、震动、混装、长距离运输等外界因素影响，从而诱发多种安全问题。近年来，危险化学品事故呈现链式、耦合型特征，事故后果涉及人员伤害、设施损毁、环境污染及供应链中断，说明传统依赖经验的管理方式已不足以满足高风险场景下的安全需求。随着危险化学品使用规模不断扩大，规范化的仓储布局、安全设

施配置、全天候环境监测、智能化运输管控、全过程联动响应等技术体系逐渐成为企业安全管理的核心内容。推动危险化学品在存储和运输环节的安全技术应用，可以有效提高风险识别能力、减少事故发生概率，并为行业安全管理提供可持续的技术支撑。本文拟对相关技术要求进行系统阐述，为企业与管理机构提供可借鉴的技术参考。

2 危险化学品存储安全管理要求

2.1 危险化学品存储区域的规划布局要求

危险化学品存储区域的规划布局需要在区域隔离、防火间距和通风条件等方面形成系统化配置，使不同危险等级的化学品保持安全距离，避免因相互作用产生叠加风险。防火间距通常按照类别、闪点和容器规模设置，可依据 GB50016 要求将甲类物质库房独立设置，间距保持 20 米以

【作者简介】李志仁（1987—），男，中国甘肃武威人，硕士，副高级工程师，从事化工工艺及生产过程的本质安全及优化设计研究。

上，以减少火势蔓延概率。布局中需设置安全疏散路径和双向通道，使人员在紧急状态下能够实现快速撤离。存储区应根据危险品数量配置防泄漏收集沟、事故水池、阻火设施与隔爆墙体，通过科学分区、物理隔断和独立单元的方式，将火源、水源和腐蚀性物质进行有效隔离。通风系统采用机械换气方式，换气次数达到6至12次每小时，以控制蒸气浓度。通过规范化布局，可显著降低耦合事故的触发条件，提升整体安全水平。

2.2 危险化学品仓储设施的技术条件与配置要求

危险化学品仓储设施需要在结构材料、温湿度调控、防火灭火系统和防泄漏系统等方面满足专业化技术要求。库房建筑多采用耐火等级不低于二级的钢筋混凝土结构，并配置防爆灯具、防静电地坪和抗腐蚀内衬，以提高整体安全等级。温湿度调控设备应根据化学品特性设置，高挥发性物质需维持 25°C 以下环境，湿度保持在50%至65%区间，以稳定物质性质。灭火系统配置泡沫灭火、干粉灭火及气体灭火装置，喷头布点密度达到12平方米一个，以形成快速覆盖能力。防泄漏设施包括防渗地坪、围堰、收集槽和在线排液管道，可在容器破损时及时收集泄漏物。设施配置还需包含气体稀释系统、自动关闭阀、静电接地系统及毒害物质隔离柜，使仓储条件具备持续可靠的安全运行能力^[1]。

3 危险化学品存储环境监测与预警技术

3.1 仓储环境参数监测技术

仓储环境参数监测技术通过对温度、湿度、压力、可燃气体浓度及空气流速的实时采集，实现对库区环境变化的全过程掌握。监测系统在1000平方米的库区通常安装20至30个监测节点，通过温湿度传感器、红外可燃气体探头、压力传感器与风速仪构建联合监测网络。温度监测精度达 $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ ，湿度监测精度达 $\pm 2\%$ ，可燃气体探头可检测甲烷、乙烷、苯类物质，最低检测浓度达到1ppm，使微量挥发能够快速识别。数据采集终端采用RS485或4G通信，每秒上传一次，实现高频数据记录与持续跟踪。监测系统可联动通风设备，当温度或气体浓度异常升高时自动启动强排系统，使环境参数保持在稳定范围，减少蒸气积聚和压力异常对存储安全造成的影响^[2]。

3.2 危险化学品泄漏监测与预警技术

危险化学品泄漏监测与预警技术通过气体检测、液体外溢监测和容器状态监测形成多维度识别体系。气体检测系统采用PID光离子化仪、半导体探头和电化学传感器，可对苯、甲醛、氯气、氨气等物质实现灵敏检测，检测下限低至0.1ppm，使微量泄漏能够在初期即被发现。液体泄漏监测利用光纤感应带、称重感应板和电导液位检测条布设于地面与容器底部，当外溢量达到5至10毫升时即可触发信号。容器状态监测通过压力表、液位计与阀门位移传感器提供实时信息，当压力偏离正常范围10%时会自动预警。预警平

台将数据集成处理，在可燃气体浓度达到爆炸下限20%时触发一级预警，联动排风、隔断和喷淋装置，使泄漏风险可在早期阶段得到有效控制。

4 危险化学品运输安全技术要求

4.1 危险化学品运输车辆的技术规范与装备要求

危险化学品运输车辆的安全性能与装备配置直接关系到运输过程的风险水平，其技术规范需要满足耐压、防腐、防泄漏、防静电与抗冲击等要求。罐式车辆的罐体通常采用厚度8至12毫米的Q345R压力容器钢板，并进行全焊透工艺处理，提高抗冲击能力与抗疲劳强度。罐体内部设置防荡板，间距约1.2至1.5米，以减少液体晃动引起的车辆侧翻风险。车辆需配置静电接地装置，使接地电阻保持在10欧姆以下，以防止装卸过程中静电积聚。制动系统采用双回路气刹，并安装ABS与EBS电子制动控制系统，在湿滑路面条件下可将制动距离缩短20%以上。车辆顶部和底部必须配置紧急切断阀、罐体压力表、液位计、呼吸阀和防溢流保护装置，当内部压力升高10%时压力表自动报警。车载灭火装备包括4公斤至8公斤干粉灭火器不少于两具，车身还需加装GPS北斗双模定位终端、车载视频监控、胎压监测系统和疲劳驾驶识别系统，为运输安全提供技术保障。

4.2 危险化学品运输路线规划与风险控制技术

危险化学品运输路线规划在确保运输效率的同时需降低沿线人口密度高、地质条件复杂与交通风险区域的事故暴露概率。路线规划系统通常基于GIS地理信息平台，通过对道路坡度、曲率、路面等级、桥梁承载能力、交通流量、周边水源保护区及人口分布进行量化评估，将风险指标统一纳入路线评分体系。例如对坡度超过6%、连续急弯超过3处、交通量大于每小时2000辆的路段自动标记为不推荐区域；对穿越一级水源保护区的路线直接禁止运输。路线模拟系统可对运输车辆的重量、制动性能和重心位置进行建模，通过动态仿真预测车辆在不同速度与路况下的稳定性，从而筛选风险最低路线。风险控制技术包括限速控制、禁区绕行、气象预警联动等功能，当沿线风速超过10米每秒、能见度低于200米时自动触发绕行建议^[3]。路线管理平台可根据道路实时事件推送避险方案，将不可控风险降至最低。

4.3 危险化学品装卸过程的安全技术措施

危险化学品装卸过程的风险主要来源于静电积聚、连接件松动、压力波动、温度异常与操作误差，因此需建立覆盖设备、人员与环境的技术措施体系。装卸区域必须设置防溢流托盘、防渗地坪与接地桩，地坪渗透率控制在 10^{-7} 厘米每秒以下，确保液体不会渗入地下。装卸软管需采用耐压1.6兆帕以上的复合软管，并配置快速接头与自封阀，使泄漏发生量控制在毫升级。装卸作业前需检测罐体压力，压力偏离正常值 $\pm 5\%$ 需立即调整。静电释放装置在接触地面后，接地电阻应低于10欧姆，避免点燃可燃蒸气。装卸过程中需

采用质量流量计监测流速，保持流速在5至7米每秒区间以减少冲击与气蚀。装卸点安装可燃气体探测器，当浓度达到爆炸下限20%时自动启动排风系统。人员应穿防静电服、佩戴防护镜和防酸手套，通过标准化操作流程减少误操作风险，使装卸过程保持在可控状态。

5 危险化学品运输全过程监控与管理技术

5.1 运输过程动态监控技术

运输过程动态监控技术基于定位监测、状态识别、车载测控与平台联动构建全程实时监控框架。车辆需安装北斗/GPS双模定位装置，定位误差小于5米，每10秒上传一次位置，实现连续轨迹记录。车载视频监控采用高清摄像头，对驾驶室、罐体顶部和后部进行三点位监控，帧率达到25帧每秒，可识别操作异常、违规超速、疲劳驾驶等行为。车辆运行状态通过CAN总线采集油温、水温、发动机转速、制动压力与胎压等参数，当胎压下降25%、水温超过105℃或罐体压力偏离正常范围10%时自动预警。可燃气体探测器布设在罐体周边，当检测浓度达到爆炸下限20%时自动报警。动态监控平台可基于历史数据进行运行趋势分析，对急刹车、急转弯与异常停车进行标记，从而形成运输风险档案。通过实时监控技术，使运输过程的风险变化能够被快速识别。

5.2 危险化学品运输安全信息管理系统

危险化学品运输安全信息管理系统整合车辆基础数据、化学品特性数据库、运输路线信息、驾驶员信息与实时监测数据，实现全要素信息的数字化管理。系统通过接入车辆定位数据、CAN总线参数以及视频监控信息，实现对运输过程的统一调度。化学品数据库包含危险类别、闪点、爆炸极限、蒸气压等关键参数，在发生异常时系统可自动生成物质风险提示。例如闪点低于23℃、爆炸下限为1.2%的物质在监测到环境温度超过25℃时系统自动提示升温风险。系统可对驾驶员资质、培训记录、从业年限与驾驶行为进行评分，建立驾驶行为风险模型，识别高风险司机。平台具备运输计划管理、应急资源协调、气象数据调用与道路事件推送能力，在沿线发生事故封路、强降雨、团雾等情况时提供风险预警与路线调整建议^[4]。通过一体化信息平台，可显著提升运输安全管理的响应速度与精准度。

5.3 运输异常工况的识别与应急处置技术

运输异常工况的识别依托车辆状态监测、环境监测、驾驶行为识别和动态数据判断，通过特征参数偏离检测实现异常快速识别。当车辆出现急加速、急转弯、偏航角超过5度、速度变化率超过每秒3米时系统将触发稳定性预警；当罐体压力变化超过正常范围10%、罐体壁温上升2℃以上或外部可燃气体浓度升高至爆炸下限20%时触发装置异常预警。环境监测包括风速、能见度、路面湿滑指数和气温等信息，当能见度低于200米、风速超过10米每秒、路面附着系数低于0.3时系统自动提示采取降速或避险措施。应急处置技术包括自动切断阀门启动、紧急喷淋降温、车辆静置保护、远程熄火与电子围栏报警功能，可在事故初期将危险源隔离。平台同步推送应急预案、调取周边消防力量与抢险资源，形成快速响应机制，使运输过程的异常状态能够在最短时间内得到干预。

6 结语

危险化学品在产业链运转中的关键地位使其存储与运输环节承受着高度风险压力，任何技术缺陷或管理疏漏都可能导致严重的安全后果。通过构建规范化的储存布局、完善仓储设施技术条件、强化环境监测与预警能力，可有效提升静态环节的安全韧性；通过优化运输车辆技术装备、科学规划运输路线、落实装卸技术措施，并辅以全过程动态监控、安全信息管理系统与异常工况应急处置技术，可显著提升动态环节的风险可控水平。构建覆盖储存与运输全流程的安全技术体系，将工程技术手段、监测手段与管理机制有机融合，能够形成风险识别、预警、干预与处置的闭环模式，为危险化学品在社会流通中的安全运行提供坚实技术支撑。

参考文献

- [1] 高月淑,刘闯.高校易制爆危险化学品的管理现状分析与智能管控探索[J].化工安全与环境,2025,38(11):10-13.
- [2] 王会永,李瑞,李浩天,包大勇.便携式危险化学品快速检测仪的研制[J].自动化与仪表,2025,40(07):121-125+137.
- [3] 朱登银.危险化学品存储与运输中的安全管理优化策略研究[J].山东化工,2025,54(13):150-152.
- [4] 朱磊.危险化学品企业重大危险源消防安全管理措施[J].今日消防,2025,10(06):85-87.