

化工仓储设施本质安全设计与技术应用

何建丰（安徽立兴新材料有限公司，安徽 宣城 245300）

摘要：化工仓储设施作为化工产业链的关键节点，承担着危险化学品的存储、中转等核心功能，其安全运行直接关系到人员生命、财产安全及生态环境。本文基于化工仓储设施安全运行的核心需求，系统分析其安全性重要性，重点探讨选址与总平面布局、存储设施、装卸与转运环节、辅助系统的本质安全设计策略，同时阐述智能监测与预警、自动化与智能化控制、泄漏防控与应急处置、防腐与结构健康监测等核心技术的应用要点，为化工仓储设施本质安全体系构建提供技术支撑与实践参考。

关键词：化工仓储设施；本质安全；设计策略；技术应用；风险防控

中图分类号：TQ086；X937 **文献标识码：**A **文章编号：**1674-5167（2026）003-0139-03

Intrinsic Safety Design and Technology Application of Chemical Storage Facilities

He Jianfeng (Anhui Lixing New Materials Co., Ltd., Xuancheng Anhui 245300, China)

Abstract: As a critical node in the chemical industry chain, chemical storage facilities perform core functions including hazardous chemical storage and transshipment. Their safe operation directly impacts personnel safety, property protection, and ecological preservation. This paper systematically analyzes the essential safety requirements for chemical storage facilities, with a focus on site selection and overall layout planning, storage infrastructure, loading/unloading and transfer processes, and intrinsic safety design strategies for auxiliary systems. It further elaborates on key application aspects of core technologies such as intelligent monitoring and early warning systems, automated and intelligent control systems, leakage prevention and emergency response measures, as well as corrosion protection and structural health monitoring. These findings provide technical support and practical references for establishing an intrinsic safety system in chemical storage facilities.

Keywords: chemical storage facilities; intrinsic safety; design strategies; technology application; risk prevention and control

化工行业的快速发展推动了危险化学品仓储需求的增长，化工仓储设施存储介质多具有易燃、易爆、有毒、腐蚀性等特性，且存储量大、种类复杂，一旦发生安全事故，易引发连锁反应，造成严重的人员伤亡、财产损失及生态环境污染。近年来，国内外多起化工仓储安全事故警示，传统依赖后期管理和应急处置的安全模式已难以满足行业发展需求，本质安全理念强调通过设计阶段的风险管控，从源头消除或降低安全隐患，是提升化工仓储设施安全稳定性的核心方向。

1 化工仓储设施安全性的重要性分析

1.1 保障人员生命与财产安全的核心要求

化工仓储设施周边往往聚集一定数量的作业人员，部分设施临近居民区或商业区，存储介质的高危特性决定了安全事故的高危害性，若发生泄漏、爆炸、火灾等事故，高温、有毒烟气及爆炸冲击波会直接威胁作业人员及周边群众的生命安全，同时造成仓储设施损毁、存储物资损失等重大财产损失，因此，保障化工仓储设施安全是维护人员生命权、财产权的基本前提，也是企业可持续运营的核心基础。

1.2 维护生态环境安全的关键环节

化工仓储设施存储的危险化学品一旦发生泄漏，

会通过土壤渗透、地表径流、大气扩散等途径污染土壤、水体及空气，对生态环境造成长期且难以修复的破坏，如有毒有害化学品泄漏会导致周边土壤重金属超标、植被枯萎，污染水体后会影响到水生生物生存，甚至通过食物链危害人类健康；挥发性有机化合物泄漏会加剧大气污染，引发雾霾、酸雨等环境问题。化工仓储设施多分布在港口、化工园区等区域，部分临近重要生态保护区或饮用水源地，其安全运行直接关系到区域生态环境的完整性与稳定性，是生态环境保护工作的重要防线。

1.3 保障化工产业链稳定运行的重要支撑

化工仓储设施是化工产业链的重要枢纽，连接着化工生产、流通、消费等多个环节，承担着危险化学品的中转、调配功能，若化工仓储设施因安全问题停止运营，会导致上游化工产品无法顺利存储，下游生产企业原料供应中断，进而引发产业链上下游联动停滞，影响整个化工行业的稳定运行。尤其在全球化背景下，化工产品的跨区域流通日益频繁，化工仓储设施的安全稳定运行直接关系到化工产业链的供应链安全，对保障化工行业乃至相关制造业的正常发展具有重要战略意义。

2 化工仓储设施本质安全设计策略分析

2.1 选址与总平面布局本质安全设计

选址本质安全设计需严格遵循危险化学品安全管理相关法律法规,结合存储介质特性、区域规划要求开展风险评估,优先选择远离居民区、学校、医院、饮用水源地等敏感区域的地块,避开地震活动断层、洪水淹没区、地质灾害高发区等危险地段,同时,需考虑区域气象条件,避免在强风、暴雨、雷电等极端天气频发区域选址,降低自然因素引发安全事故的风险,对于存储剧毒、易燃易爆化学品的设施,需确保与周边敏感目标的安全距离符合规范要求,且选址区域具备良好的交通疏散条件,便于应急救援物资运输与人员撤离。总平面布局本质安全设计需基于风险分区管控原则,合理划分存储区、装卸区、辅助生产区、办公区等功能区域,明确各区域的安全距离,存储区应根据存储介质的危险特性进行分类分区存储,如将易燃液体储罐区与有毒化学品存储区分开布置,避免不同类别危险化学品混存引发化学反应,装卸区应设置在存储区边缘,远离办公区及人员密集区域,且配备专用的装卸平台与防护设施,确保装卸作业过程的安全。

2.2 存储设施本质安全设计

储罐类存储设施本质安全设计需根据存储介质的特性选择合适的储罐类型,如存储易燃液体宜采用浮顶罐,减少介质挥发与泄漏风险;存储腐蚀性介质宜采用不锈钢储罐或衬里储罐,提升储罐的抗腐蚀能力。储罐的材料选择需符合相关标准要求,确保材料强度、韧性等性能满足存储压力、温度等工况条件,此外储罐应配备完善的安全附件,如安全阀、压力表、液位计、紧急切断阀等,其中安全阀需定期校验,确保其在超压工况下能够及时起跳泄压;紧急切断阀需与液位、压力监测系统联动,在出现异常工况时能够自动切断物料输送。仓库类存储设施本质安全设计还需要根据存储物品的危险特性划分存储分区,设置明显的警示标识,严禁不同类别危险化学品混存,仓库的建筑结构需采用防火、防爆设计,如采用钢筋混凝土结构或钢结构,钢结构需进行防火涂装,提升建筑的耐火极限,此外仓库的通风系统需根据存储介质的特性选择合适的通风方式,如存储挥发性有毒化学品的仓库应采用机械排风系统,确保仓库内有毒气体浓度控制在安全范围内,而且仓库应配备完善的防火、防爆设施,如火灾自动报警系统、自动灭火系统、防火门、防火卷帘等,提升仓库的火灾防控能力。

2.3 装卸与转运环节本质安全设计

装卸环节本质安全设计需根据装卸介质特性与装

卸方式选择合适的装卸设备,如装卸易燃液体应采用密闭式装卸设备,减少介质挥发与泄漏;装卸腐蚀性介质则应采用耐腐蚀材质的装卸管道与接头,装卸设备需定期进行维护保养与检测检验,确保其性能稳定可靠,而且装卸区域应设置防泄漏围堰,围堰的容积应满足最大存储容器的泄漏量要求,防止泄漏介质扩散。除此之外,还要确保装卸作业过程应实现自动化控制,配备装卸作业联锁系统,如当检测到装卸区域出现泄漏、超压等异常工况时就能够自动停止装卸作业,并切断物料输送管道,转运环节本质安全设计需合理规划转运路线,从而避免转运路线穿越人员密集区域、办公区及重要设施,转运设备需选择符合安全要求的专用设备,如转运易燃、易爆化学品应采用防爆型运输车辆或输送泵。而对于管道转运系统,管道的材料选择需符合介质特性要求,管道的连接方式应采用焊接或法兰连接以此来减少泄漏点;管道应设置防凝堵、防超压、防振动等安全设施,定期进行压力试验与泄漏检测,转运环节应配备实时监测系统,对转运设备的运行状态、物料流量、压力等参数进行实时监测这样才能确保转运过程的安全稳定。

2.4 辅助系统本质安全设计

消防系统本质安全设计需根据存储介质的危险特性与存储规模选择合适的消防设施,如储罐区应设置固定消防冷却水系统、泡沫灭火系统,仓库应设置自动喷水灭火系统、干粉灭火系统等,其中消防水源应保证充足,消防水泵应采用一用一备或多用一备的配置方式,确保消防水泵在火灾工况下能够可靠运行,并且消防系统应与火灾自动报警系统联动,实现火灾的自动报警与自动灭火,提升消防系统的响应速度与处置效率,供电系统本质安全设计需采用双电源或备用电源供电方式,确保关键设备的连续供电,如消防水泵、通风设备、监测系统等,对于爆炸危险区域,供电设备应采用防爆型设备,电缆敷设应采用阻燃、防爆电缆,避免电气火花引发安全事故。

此外,供电系统应配备完善的过电压保护、过电流保护、漏电保护等安全设施,定期进行电气设备的检测检验与维护保养,确保供电系统的安全稳定运行,排水系统本质安全设计需区分生产废水、雨水与消防废水,设置分流制排水系统,生产废水与消防废水需经过处理达标后排放,避免污染环境;雨水排放系统应设置截洪沟、雨水井等设施,防止暴雨引发内涝,影响存储设施安全,而且排水系统应配备防泄漏设施,如在排水管道关键节点设置阀门,在出现泄漏事故时能够及时切断排水管道,防止泄漏介质通过排水系统扩散。

3 化工仓储设施本质安全核心技术应用

3.1 智能监测与预警技术

智能监测与预警技术主要就是通过多维度感知实现仓储安全风险的早发现、早预警，核心涵盖三类关键技术，其中气体泄漏监测采用红外光谱、激光雷达、电化学传感器等技术组合，红外光谱技术适配大面积区域多组分气体同步监测，而激光雷达则可以实现泄漏点精准定位，电化学传感器适用于局部区域高灵敏度浓度监测，关键区域布设的设备可实时捕捉泄漏信号，超阈值时触发声光报警并推送信息至管理人员。此外，温度与压力监测依托高精度传感器采集储罐、管道等设备的介质参数，数据上传监控中心后经分析处理，异常时自动预警并联动冷却、断料等连锁措施，通过历史数据分析还可预判设备故障，视频监控与智能分析技术结合高清摄像头与 AI 算法，能够更加精准的识别人员违章操作、火灾初期烟雾等风险场景，弥补人工监控短板，提升风险识别的智能化与时效性。

3.2 自动化与智能化控制技术

自动化与智能化控制技术通过流程自动化与管理数字化降低人为风险，提升运行稳定性，自动装卸控制基于自动化设备与 PLC 系统，按预设参数完成物料输送、计量、装卸的全流程自动运行，同时与泄漏监测、压力监测等系统联动，异常工况下可自动停机、切断管道并启动应急措施，兼顾作业效率与安全管控。储罐自动化控制聚焦液位、温度、压力三大核心参数，通过传感器实时采集数据，由 PLC 系统自动调节阀门、冷却系统等设备运行状态，支持远程监控与操作，大幅提升储罐管理的智能化水平，智能仓储管理系统融合物联网、大数据技术实现存储物资精准定位、库存实时监控、出入库自动记录，同时通过设备运行数据分析实现故障预判规范作业流程管控，推动仓储管理数字化转型全面提升安全管理效能。

3.3 泄漏防控与应急处置技术

泄漏防控与应急处置技术构建“预防-收集-处置”全链条风险管控体系，保障泄漏事故快速处置，柔性密封与堵漏技术采用耐腐、耐高温、耐高压的柔性密封材料及机械、化学堵漏工具，既提升设备密封性能减少泄漏隐患，又可在泄漏发生时快速封堵，遏制介质扩散，应急收集与处理技术通过在存储区、装卸区设置应急收集池、防泄漏围堰收集泄漏介质，结合物理吸附、化学中和等无害化处理方式，降低泄漏对环境的污染，提升应急处置的环保性。泡沫灭火与惰性气体保护技术针对性应对火灾爆炸风险，泡沫灭火通过覆盖燃烧介质隔绝氧气实现灭火，适配易燃液体火灾；惰性气体保护通过降低区域氧浓度抑制燃烧

爆炸，适用于易燃易爆化学品存储作业区域，可快速控火防蔓延，减少事故损失。

3.4 防腐与结构健康监测技术

防腐与结构健康监测技术从设备防护与结构安全两方面筑牢仓储设施本质安全基础，高效防腐技术采用防腐涂层、阴极保护、耐腐蚀材料等多种技术组合，防腐涂层通过隔绝介质实现设备表面防护，阴极保护通过施加阴极电流抑制金属腐蚀，耐腐蚀材料从源头提升设备抗腐能力，结合存储介质特性与工况选择适配技术，可延长设备使用寿命，减少腐蚀引发的泄漏、结构失效风险。结构健康监测技术通过在建筑结构、储罐罐体等关键部位布设光纤传感器、应变片、加速度传感器，实时采集应力、应变、位移、振动等参数，经数据处理系统分析评估结构健康状态，异常变形、应力超标时及时预警，提醒管理人员采取维护措施，实现结构安全隐患的早发现、早处置，保障设施结构稳定安全。

4 结束语

化工仓储设施的本质安全是保障化工行业安全发展的核心基础，其设计与技术应用直接决定了设施的安全运行水平。本文通过对化工仓储设施安全重要性的分析，从选址与总平面布局、存储设施、装卸与转运环节、辅助系统四个维度探讨了本质安全设计策略，同时阐述了智能监测与预警、自动化与智能化控制、泄漏防控与应急处置、防腐与结构健康监测等核心技术的应用要点。本质安全理念的落地实施需要设计、施工、运营等多个环节的协同配合，未来应进一步加强本质安全设计理论与技术的研究，推动智能化、数字化技术与化工仓储设施的深度融合，不断提升化工仓储设施的本质安全水平，为化工行业的高质量、安全发展提供有力保障。

参考文献：

- [1] 钱浩. 基于数据融合的化工仓储火灾预警系统的研究和设计 [D]. 淮安: 淮阴工学院, 2025.
- [2] 朱升干. 化工园区中试基地仓储设施设计研究 [J]. 浙江化工, 2023, 54(09): 36-38+54.
- [3] 王文浩. 危险化学品重大危险源的风险管控与环境安全设计 [D]. 天津: 天津工业大学, 2023.
- [4] 关健. 石油化工企业固体产品仓储管理系统的设计 [J]. 甘肃科技, 2021, 37(05): 27-31.
- [5] 杨桂云, 马玉鹏, 田鹤, 等. 液体化工品仓储库风险分析及安全措施研究 [J]. 现代化工, 2015, 35(10): 5-7.

作者简介：

何建丰 (1989-), 男, 汉族, 安徽宣城人, 本科, 注册安全工程师, 研究方向: 安全管理, 安全工程。