

危化品储存环境对安全稳定性的影响研究

刘玉成 (枣庄神工安环健技术服务有限公司, 山东 枣庄 277000)

摘要: 本文从温度、湿度、通风、光照等关键因素出发, 剖析了各类环境条件对危化品稳定性的影响机制, 指出环境变化可诱发热分解、爆炸、腐蚀等安全事故。为提升储存安全, 文章提出环境风险分级控制、智能监测系统构建、物理环境优化设计及人员制度管理四方面策略, 旨在建立全方位、多维度的储存环境管控体系, 实现危化品储存从被动防范向主动预控的转变。

关键词: 危险化学品; 储存环境; 安全稳定性; 温湿度控制; 风险评估

中图分类号: X936

文献标识码: A

文章编号: 1674-5167 (2025) 018-0130-03

Research on the Impact of Hazardous Chemical Storage Environments on Safety and Stability

Liu Yucheng (Zaozhuang Shengong Safety and Environmental Health Technology Service Co., Ltd., Zaozhuang Shandong 277000, China)

Abstract: This paper investigates the influence mechanisms of key environmental factors—such as temperature, humidity, ventilation, and lighting—on the stability of hazardous chemicals. It highlights how environmental changes can trigger safety incidents including thermal decomposition, explosions, and corrosion. To enhance storage safety, the study proposes four strategic approaches: graded environmental risk control, the establishment of intelligent monitoring systems, optimization of physical environmental design, and institutional management of personnel. The aim is to develop a comprehensive, multidimensional environmental control system for storage, shifting from passive prevention to proactive risk management.

Keywords: hazardous chemicals; storage environment; safety and stability; temperature and humidity control; risk assessment

由于危化品具备热敏性、易挥发、吸湿性等特点, 储存环境中的微小变化可能带来重大风险。然而, 当前部分企业仍存在储存设施简陋、环境控制手段滞后等问题, 事故频发。本文从储存环境视角出发, 分析关键影响因素的作用机制, 并探讨科学有效的环境管理与控制策略, 以提升危化品储存的安全稳定性与管理水平。

1 危化品储存环境的关键因素及其作用机理

危险化学品的稳定性在很大程度上依赖于其所处储存环境的控制情况。不同种类的化学品具有各自独特的理化特性, 储存环境中温度、湿度、通风、光照以及储存设施构造等因素若控制不当, 极易诱发物理或化学性质变化, 增加安全事故发生概率。

1.1 温度对危化品稳定性的影响

①热敏性物质与分解温度特性。许多危险化学品具有明显的热敏性, 一旦储存环境温度超过其稳定阈值, 便可能发生自发热解反应。例如, 有机过氧化物(如二苯甲酰过氧化物)、硝酸酯类(如硝化甘油)以及某些胺类在一定温度下可能进入自加速分解状态, 生成大量气体和热量, 进一步推动反应失控。这种自加速分解温度(SADT)成为储存管理的重要参数, 一旦超过即有可能产生“热失控”现象^[1]。此外, 在高温

天气或储存于日照直射区域时, 未配置温控系统的仓储设施极易引发此类热敏反应。因此, 对危化品而言, 精准掌握其 SADT 参数, 是制定储存温度范围、配置恒温设备的前提条件。②高温诱发的热分解与爆炸风险。温度上升不仅改变化学品的状态(如固转液、液转气), 还可能通过活化反应物分子, 降低反应所需的活化能, 进而诱发链式反应。在封闭储罐内, 受热导致的气体聚集会迅速提升内压, 如未配置安全泄压装置, 则极易发生爆炸。如某些含氯有机溶剂受热分解生成光气、氯化氢等有毒气体, 若环境中有水分存在, 则进一步形成腐蚀性酸雾, 造成设备腐蚀、人员伤害和环境污染。高温还可能促使易氧化化学品如金属粉末(铝粉、锌粉)与空气中的氧气剧烈反应, 引发火灾或爆炸。

1.2 湿度对危化品吸湿性与反应性的影响

①吸湿性化学品的变化机理。许多无机盐类、强氧化剂及部分有机化合物对湿度极为敏感, 如三氯化铁、氯酸钠、氢氧化钠等具备较强吸湿性。它们一旦暴露于高湿环境中, 会吸收空气中的水分, 发生结块、溶解、水解等反应^[2]。例如, 硫酸吸水后形成硫酸雾, 既腐蚀金属表面, 又威胁呼吸健康。某些化学品还会因水分参与发生放热反应, 进而形成局部热点, 如

表 1 危险化学品环境敏感性等级与储存环境配置要求对照表

敏感性等级	典型化学品示例	温湿度控制	通风排气系统	附加措施
I 类（高敏感性）	有机过氧化物、硝酸酯类、光敏物质	恒温恒湿控制（±2℃，±5%RH）	独立通风 + 气体报警联动	隔离存放、防紫外、防静电、智能监控
II 类（中敏感性）	氯酸盐类、吸湿性强氧化剂	恒温或定期控湿（±5℃，±10%RH）	机械通风或定时换气	防潮、防腐、防泄漏措施
III 类（低敏感性）	无机盐类、普通溶剂类	常温储存（遮阳、通风良好）	自然通风或辅助通风	定期巡检

过氧化氢与有机物接触并在高湿条件下形成爆炸混合物。因此，湿度控制对于这类物质的储存至关重要，稍有疏忽便可能演变为安全事故。②包装材料降解与储存风险。传统的纸箱、麻袋在高湿环境下容易吸水膨胀，导致结构松弛，包装破损。同时，一些普通塑料材料在长期受潮后出现分子链断裂，强度下降，进而引发泄漏。此外，潮湿环境还容易促进微生物滋生，腐蚀包装金属配件、堵塞通风孔道，从而间接影响储存的密封性与化学稳定性。特别是在沿海高湿或南方梅雨季节，化学品包装设计应考虑气候适应性，采用防水塑料桶、复合材料内衬等方式，提高抗潮性能。

1.3 通风条件与可燃气体体积聚控制

①密闭空间与气体积聚风险。多数危险化学品具有一定的挥发性，尤其在高温或低压条件下，其分子更易逸散进入空气中。当储存环境密闭或通风不足时，逸散出的可燃性气体（如甲苯、乙炔、乙醇）会在空气中积聚，形成潜在爆炸性混合物，严重威胁人员和设施安全。如 2015 年天津港事故调查显示，部分储区因缺乏通风，气体浓度远超爆炸极限，成为诱发爆炸的主要原因之一。②可燃气体浓度达爆炸极限机制。化学品的爆炸极限（LEL/UEL）定义了其在空气中能够发生燃爆的浓度范围。例如，苯的爆炸极限为 1.2%–7.1%，若仓储空间中苯浓度达到该范围，则遇火源极易发生爆燃。在实际操作中，气体浓度可能因通风死角、局部泄漏或温升蒸发而快速升高至危险值，因此必须实时监测并配备气体稀释系统。

1.4 光照与辐射环境对光敏化学品的影响

①光化学反应机制简析。部分危化品如银盐类、酮类、硝基苯等对光敏感，暴露于自然光线下可引发分解或聚合反应。例如，硝酸银在阳光照射下会分解生成金属银和氮氧化物，导致变色、失效，甚至在密闭条件下形成压力升高。光敏反应在化学反应中常用于制造光敏感材料，但在储存中却是潜在的安全隐患。②紫外辐射的催化作用。紫外线波段的光子能量较高，可激发分子中的电子跃迁，从而引发自由基生成、键断裂等反应。若储存区域长期暴露在强烈紫外线或高强灯具照射下，将显著提升光敏物质的反应速率。因此，储存环境需限制高能辐射源使用，并避免使用不

加遮蔽的荧光灯、卤素灯等。

2 提升危化品储存环境安全稳定性的控制与优化策略

面对危化品储存环境中多种潜在的安全隐患，亟需建立一套科学、系统、动态的风险控制与优化机制，以实现储存过程的本质安全和全过程可控。当前，依托现代信息技术与风险管理理念，从环境风险评估、智能监控系统建设、物理环境优化设计到制度管理与人员能力提升等方面入手，可有效提升危化品储存的安全稳定性。

2.1 建立环境风险评估与分级控制体系

①危化品分类与储存风险评估方法。危化品种类繁多，其理化性质、反应活性、毒性等级和环境敏感性不尽相同。为实现科学储存管理，应依据《危险化学品名录》和《化学品分类和标签规范》等国家标准，对储存品进行分级分类。根据化学品的火灾爆炸性、氧化性、自反应性、水反应性等特征，结合储量、包装形式、存放周期和相邻物品状况，开展系统性的环境适应性分析和风险等级划分。风险评估可采用定性–定量结合的分析模型，如 LEC（可能性 Likelihood—暴露频率 Exposure—后果 Consequences）评价法、风险矩阵法、FTA（故障树分析）等，识别出高风险储存区域和主要影响因素，并制定有针对性的控制策略^[3]。对高热敏、高挥发、高毒性物质需设定更高标准的环境监控和应急响应机制，确保环境与物质相适应。②环境敏感性分级与差异化配置。在风险评估基础上，应建立“环境敏感性等级”，将储存化学品分为 I 类（极高敏感性）、II 类（中等敏感性）、III 类（低敏感性），并据此配置不同等级的温湿度控制设备、通风系统和防火设施。例如，I 类化学品应优先配置恒温恒湿控制系统与独立通风排气装置，并设置隔离墙体与自动灭火系统；III 类化学品可采用常规仓储设备并进行周期性环境监测，节省资源配置成本。表 1 中展示了不同等级危化品对环境控制的要求与措施。③多因素联合风险建模与预警机制。将温度、湿度、气体浓度、气压、光照等多个关键环境参数纳入统一模型，采用动态模糊综合评判或 BP 神经网络等算法，构建多因素环境风险评价模型。模型运行结果实时反馈至管理

平台,设定预警阈值,当任一因素或其组合趋近临界值时,自动触发联动机制,实现主动预警与干预,提升环境管理的智能化水平。

2.2 储存环境智能监控系统构建

①关键参数感知系统的构建与部署。现代传感技术的发展为危化品储存环境的智能监控提供了技术保障。在储存区域布设温度传感器、湿度传感器、VOC 气体探测器、红外热成像设备、光照强度传感器等,实现关键环境参数的全时段、全空间感知^[4]。监测系统应具备高灵敏度、抗干扰能力强的特性,同时配置多重冗余传感模块,防止单点故障引发数据缺失。②环境数据实时采集、处理与远程预警。采集到的环境数据通过边缘计算设备初步处理后上传至中心控制平台,平台基于预设算法自动识别环境异常趋势,分析潜在风险。例如,通过温湿度变化趋势图与历史数据对比可判断恒温设备是否运行异常;VOC 浓度与排风量变动匹配关系可判定气体扩散速率。当系统识别异常后,立即以短信、APP 推送、声光报警等形式通知责任人员并记录报警日志,确保反应及时。③AI 与物联网技术在储存安全调控中的融合应用。AI 算法如深度学习、聚类识别等可被用于危险态势的识别与预测,进一步提升系统对复杂环境变化的判断能力。同时,物联网平台通过 5G 或 NB-IoT 通信模块连接传感设备与调控系统,实现远程监控与控制。例如,当气体泄漏被探测后,可自动开启排风设备、关闭电源、锁闭门禁等,全面实现“感知—决策—执行”的自动化闭环。

2.3 储存环境优化的设计与运维标准化路径

①储存场所结构布局优化。根据化学品种类与数量,应在平面布局上实现分区存储,避免危险品间的交叉反应风险。应设置独立的高危物品库区,保持安全间距,并配备隔离墙、围堰、防泄漏槽。对于挥发性强、密度大的液态化学品,应优先设置在通风良好区域,远离热源、火源和人员密集区域,确保储存结构的合理性与安全性。②环境控制系统的设计规范与维护机制。环境控制设备(如恒温恒湿系统、强排通风系统、防爆空调等)在设计阶段应满足国家及行业标准,如《建筑设计防火规范》《化学品储存通则》《危险化学品仓储安全规范》等。设备安装后应建立系统运行档案与定期维护机制,明确设备检修频次、替换周期、故障响应流程^[5]。通过运维平台实现运行状态可视化与趋势追踪,提高故障响应的主动性和准确性。③应急响应系统与消防设施的协同完善。储存环境控制策略应与应急响应系统深度集成,在出现突发事件(如温度异常、气体泄漏、电气短路等)时实现快速

联动。应急系统包括自动报警、喷淋灭火、事故排风、电力隔离等子系统。建议使用模块化、可编程消防控制主机,以实现场景化响应与联动策略的灵活配置。

2.4 管理制度建设与人员培训

①环境检查制度与维保档案制度建立。建立标准化的储存环境巡检制度,明确每日巡查项目与频率,包括温湿度记录、通风设备运行状态、包装密封情况等内容。配套建立电子维保档案,记录设备编号、检测记录、维护记录和责任人员签字,形成完整的可追溯机制。所有设备和环境参数应实现“一物一码”精细化管理,便于状态监管和责任划分。②操作人员专业培训与应急能力提升。储存环境安全不仅依赖设备运行,更依赖人员的安全意识与操作规范。应定期对仓库管理人员、安全员开展培训,涵盖危化品储存原理、环境控制技术、传感器使用方法、事故处置流程等内容。同时,应组织模拟实训演练,如气体泄漏处理、爆炸事故逃生、消防灭火操作等,提高应急处置能力。③制度化应急演练与综合评估机制。储存单位应每季度开展一次储存环境突发状况应急演练,并进行演练效果评估。通过演练查找制度漏洞、响应滞后、责任不清等问题,持续优化预案内容与执行流程。建议引入第三方安全咨询机构进行年度环境风险审计,确保管理水平持续改进,储存环境始终处于可控范围内。

3 总结

本文通过多角度分析影响危化品稳定性的环境因素,揭示了不良储存条件引发事故的本质机制。针对实际问题,提出了风险评估与环境分级控制、智能监测系统建设、储存设施优化、制度管理强化等系统解决方案。通过多维度协同治理,能显著降低安全隐患,实现危化品储存环境的本质安全与动态可控,为相关企业和监管部门提供可行的技术路径与管理依据。

参考文献:

- [1] 余廷. 易燃易爆危化品储存场所的消防监督检查要点[J]. 今日消防, 2024, 9(07): 85-87.
- [2] 李建明. 化工危化品储存安全管理与事故应急管理[J]. 化工管理, 2024, (19): 108-110.
- [3] 李建. 易燃易爆危化品储存场所安全隐患与消防监督要点研究[J]. 消防界(电子版), 2023, 9(17): 64-66.
- [4] 朱声球. 易燃易爆危化品储存的消防监督检查要点[J]. 化工管理, 2023, (12): 100-103.
- [5] 张露. 信息技术赋能危化品智能监管的有效应用[J]. 产品可靠性报告, 2023, (04): 158-160.

作者简介:

刘玉成(1968-), 男, 山东枣庄人, 本科, 注安工程师, 研究方向: 化工工艺设备安全及应急救援。