

化工园区危化品集中储存的安全风险耦合机制与防控对策

马海东 高磊磊（山东匠人安全技术服务有限公司，山东 东营 257000）

摘要：化工园区危化品集中储存带来规模效益的同时，也因多种风险因素交织，形成复杂的风险耦合局面，增加了事故发生的概率和危害程度。本文深入剖析化工园区危化品集中储存的安全风险耦合机制，从设备设施、环境、人为及管理等方面识别风险因素，阐述风险耦合的过程与类型，并在此基础上提出针对性的防控对策，旨在降低化工园区危化品集中储存的安全风险，保障化工园区的安全稳定运行。

关键词：化工园区；危化品；集中储存；安全风险耦合；防控对策

中图分类号：X937 文献标识码：A 文章编号：1674-5167(2025)012-0151-03

Safety Risk Coupling Mechanism and Prevention Strategies for Centralized Storage of Hazardous Chemicals in Chemical Parks

Ma Haidong, Gao Leilei(Shandong Artisan Safety Technology Service Co., Ltd., Dongying Shandong 257000, China)

Abstract: While the centralized storage of hazardous chemicals in chemical parks brings economies of scale, it also creates a complex risk coupling scenario due to the intertwining of multiple risk factors, increasing the probability and severity of accidents. This paper thoroughly analyzes the safety risk coupling mechanism of centralized storage of hazardous chemicals in chemical parks, identifying risk factors from the perspectives of equipment and facilities, environment, human factors, and management. It elaborates on the processes and types of risk coupling and proposes targeted prevention and control strategies based on this analysis. The aim is to reduce the safety risks associated with the centralized storage of hazardous chemicals in chemical parks and ensure the safe and stable operation of these facilities.

Keywords: Chemical parks; hazardous chemicals; centralized storage; safety risk coupling; prevention and control strategies

化工园区作为化工产业集聚发展的重要载体，危化品集中储存是其常见的运营模式。这种模式在提高物流效率、降低成本等方面具有显著优势，但由于危化品种类繁多、性质复杂，储存过程中涉及多种风险因素，一旦这些因素相互作用、相互影响，形成风险耦合，就可能引发严重的安全事故。

1 化工园区危化品集中储存的安全风险因素识别

1.1 设备设施风险因素

储存设备的质量与性能对危化品储存安全性起着决定性作用。以储罐和管道为例，倘若存在材质缺陷，像是选用了劣质材料，无法承受危化品的强腐蚀性，或者制造工艺不良，焊缝不牢固、壁厚不均匀等，在长期使用中，既要承受内部危化品的压力，又要经受外部环境的腐蚀，极有可能发生破裂、泄漏。而且，设备的维护保养若不及时，没有按照规定周期进行检测，难以发现潜在的裂纹、磨损等隐患，错过最佳维修时机，设备老化、损坏便会加速，进一步增加安全风险。

与此同时，安全防护设施不完善同样是重大隐患，防火堤高度不足，在危化品泄漏时无法有效阻挡，致使泄漏物肆意流淌；消防设施配备不全，缺少关键的灭火器材，或者消防设施失效，关键时刻无法启动，

一旦发生事故，根本无法有效阻止事故的蔓延和扩大，最终可能引发严重后果。

1.2 环境风险因素

化工园区内储存环境极为复杂，多种环境因素交织，对危化品的稳定性影响显著。在温湿度方面，高温状态下，危化品分子活性增强，挥发速度大幅加快，容器内压力随之急剧升高，极易引发泄漏，一旦泄漏物遇到火源，爆炸风险便会骤增。而高湿度环境犹如设备的“隐形杀手”，水分会与设备表面发生化学反应，加速腐蚀进程，致使设备的金属材质被侵蚀，强度降低，使用寿命大幅缩短。通风条件同样关键，通风不良时，易燃易爆气体无法及时排出，在有限空间内持续积聚，浓度逐渐达到爆炸极限，稍有不慎便会形成危险的爆炸环境。

不仅如此，周边企业的生产活动、交通状况等外部环境因素也不可小觑。周边企业若因操作不当等原因发生火灾、爆炸等事故，强大的冲击力和蔓延的火势，极有可能引发多米诺效应，迅速波及危化品储存区域，使原本储存的危化品受到冲击、受热，从而引发更为严重的连锁事故，造成难以估量的损失。

1.3 人为风险因素

操作人员的专业知识与技能水平，直接关系到危

化品装卸、储存过程的安全性。当专业知识匮乏、技能不足时，超量储存这类违规操作便极易出现，忽视危化品容器的承载极限，盲目增加储存量，容器不堪重负，随时可能引发泄漏甚至爆炸。错误的装卸方法，如野蛮搬运、未按规定流程连接装卸管道，也会对危化品包装造成损害，埋下安全隐患。

安全意识淡薄更是人为风险的突出表现。操作人员倘若对危化品的危险性认识不足，就会在工作中肆意妄为，不遵守安全操作规程，在储存区域随意丢弃火种，或是在未采取防护措施的情况下进入危险区域，这些看似微小的行为，随时可能点燃危险的“火药桶”。

而管理人员的安全管理能力和决策水平同样关键。安全管理制度执行不力，使得各项安全规范沦为一纸空文，无法对操作人员的行为形成有效约束；应急预案不完善，在面对突发事故时，不能迅速、有序地开展救援行动，导致事故影响进一步扩大，严重威胁危化品储存的安全。

1.4 管理风险因素

在化工园区危化品储存的管理风险中，安全管理制度不完善是极为关键的核心问题。安全检查制度若存在漏洞，就无法按时、全面地对储存设备、作业环境等进行细致检查，导致潜在安全隐患长期隐匿。隐患排查治理制度不健全，使得排查出的隐患得不到及时、有效的整改，风险不断累积。人员培训制度缺失，员工难以获取系统的安全知识与操作技能培训，违规操作频发。

安全管理责任不明确，犹如一盘散沙，各部门和人员在安全管理上相互推诿，本应协同合作的安全工作陷入僵局，无法切实有效地落实到具体环节。安全管理的连贯性与有效性被严重破坏，大大增加了安全事故发生的概率。

2 化工园区危化品集中储存的安全风险耦合机制

2.1 风险耦合的过程

在化工园区危化品集中储存过程中，初始风险因素可能来自设备设施的故障、人员的违规操作或环境的异常变化等。当一个风险因素出现时，可能会引发其他风险因素的变化，形成连锁反应。例如，设备泄漏导致危化品挥发，使储存环境中的可燃气体浓度升高，此时若遇到人为操作产生的火源（如违规动火作业），就可能引发火灾或爆炸事故。在这个过程中，设备设施风险、环境风险和人为风险相互耦合，导致事故的发生。而且，事故发生后，还可能进一步引发其他风险，如火灾可能损坏周边的设备设施，导致更多危化品泄漏，从而加剧事故的危害程度，形成风险的二次耦合。

2.2 风险耦合的类型

2.2.1 串联耦合

串联耦合作为一种关键的风险耦合模式，在化工园区危化品储存安全领域有着显著影响。它表现为风险因素依先后顺序依次发挥作用，前一风险因素的出现，恰似多米诺骨牌的首张，是后续风险因素被触发的必要前提。以管道运输危化品为例，管道长期受危化品腐蚀，若缺乏有效防护与维护，便可能率先出现泄漏。一旦危化品泄漏至地面，储存区域的通风状况便成为关键。倘若通风不良，泄漏的危化品挥发后无法及时排出，便会在有限空间内持续积聚，逐渐形成极具危险性的可燃气体云。

而此时，哪怕是一个微小的点火源，如未熄灭的烟头、设备产生的电火花等，都可能成为引发剧烈爆炸的导火索。在这一过程中，管道腐蚀泄漏、通风不良、存在点火源等风险因素紧密串联。值得注意的是，这种串联耦合模式存在可防控的关键节点，只要能在管道维护、通风保障或点火源管控等任一环节采取有效措施，将风险消除或降低，就有望打破风险传递链条，成功避免爆炸事故的发生。

2.2.2 并联耦合

并联耦合是指多个风险因素同时作用，共同导致事故的发生。例如，在危化品储存区域，同时存在设备老化、人员违规操作和安全管理制度不完善等风险因素。设备老化可能导致泄漏，人员违规操作可能引发火源，而安全管理制度不完善则无法及时发现和纠正这些问题，多种风险因素相互叠加，大大增加了事故发生的可能性。

2.2.3 混合耦合

混合耦合是串联耦合和并联耦合的综合形式，风险因素之间的关系更为复杂。在实际的化工园区危化品集中储存中，往往是多种风险因素以混合耦合的方式相互作用，使得事故的发生机制更加难以预测和控制。例如，先由于设备维护不善导致阀门故障泄漏，危化品泄漏后，一方面由于周边环境存在易燃易爆物质形成危险环境（并联耦合），另一方面由于操作人员未及时发现泄漏（人为风险因素，串联耦合），最终引发火灾爆炸事故。

3 化工园区危化品集中储存的安全风险防控对策

3.1 优化安全规划布局

在化工园区规划的初始阶段，全面考量危化品集中储存的安全要求至关重要。合理划分功能区域是保障安全的基础，需精准确保危化品储存区与其他生产区、办公区以及生活区等保持足够的安全距离。这一距离的设定绝非随意为之，而是依据危化品的潜在危

害程度与可能波及范围，经严谨计算与科学论证得出，旨在最大程度降低事故影响范围。

同时，依据危化品各异的性质和储存量，对储存设施布局进行科学设计，是预防风险的关键举措。不同性质危化品间存在复杂的相互作用，如易燃易爆危化品与氧化性危化品一旦接触，极可能引发剧烈反应。因此，必须将它们分开储存，并设置坚实有效的隔离带和防护设施，从物理层面阻断潜在风险。

3.2 强化设备设施管理

建立健全设备设施全生命周期管理制度，从设备的选型、采购、安装、调试、使用、维护到报废，进行全过程的严格管理。定期对储存设备进行检测和维护，及时更换老化、损坏的设备和部件，确保设备的完好性和可靠性。加强对安全防护设施的管理，确保防火堤、消防设施、泄漏报警装置等安全防护设施齐全有效，并定期进行维护和演练，使其在事故发生时能够发挥应有的作用。同时，积极采用先进的设备设施和技术，如智能化的储罐监测系统、自动化的装卸设备等，提高危化品储存的本质安全水平。

3.3 提升人员安全素质

加强对从业人员的安全教育培训，提高其专业知识和技能水平。培训内容应包括危化品的性质、储存要求、操作规程、应急处置方法等，确保从业人员熟悉掌握相关知识和技能。同时，要加强安全意识教育，通过案例分析、安全文化建设等方式，增强从业人员的安全意识和责任感，使其自觉遵守安全操作规程，杜绝违规操作行为。此外，要建立健全人员考核机制，对从业人员的安全知识和技能进行定期考核，考核不合格者不得上岗。

3.4 完善安全管理制度

构建完善的安全管理制度体系，是保障化工园区危化品储存安全的核心任务。其中，安全检查制度要明确检查周期、内容与标准，确保全面排查隐患；隐患排查治理制度需详细规定排查流程、责任主体与整改要求，保证隐患及时消除。安全操作规程应涵盖各类危化品操作细节，规范人员作业行为；应急预案则要针对不同事故场景制定详细应对方案，提升应急处置能力。

同时，明确各部门和人员的安全管理职责是制度落地的关键。通过加强监督和考核，对执行不力者严肃问责，确保制度有效执行。此外，鉴于国家法律法规动态调整、企业生产经营情况变化以及从事故中汲取的教训，要对安全管理制度实施动态管理，及时修订完善，让制度始终紧密贴合企业安全生产实际，为危化品储存筑牢安全防线。

3.5 构建风险预警与应急救援体系

利用物联网、大数据、人工智能等技术，构建危化品集中储存的风险预警系统。通过对设备运行状态、环境参数、人员操作行为等数据的实时监测和分析，及时发现潜在的安全风险，并发出预警信号。同时，制定完善的应急预案，明确应急组织机构、职责分工、应急响应程序、应急处置措施等。定期组织应急演练，提高企业应对突发事件的能力，确保在事故发生时，能够迅速、有效地进行应急救援，最大限度地减少事故损失。

4 案例分析

以某化工园区为例，该园区内有多个危化品储存企业，储存的危化品种类繁多。在一次安全检查中发现，部分企业存在设备老化、安全防护设施不完善、安全管理制度执行不力等问题。其中一家企业的储罐因长期未进行检测和维护，罐体出现腐蚀泄漏，危化品泄漏到周边环境中。由于该区域通风不良，危化品挥发形成的可燃气体积聚，同时周边企业在进行动火作业时未采取有效的安全措施，最终引发了火灾爆炸事故，造成了严重的人员伤亡和财产损失。

通过对该案例的分析可以看出，该事故是多种安全风险因素耦合的结果。设备设施风险（储罐腐蚀泄漏）、环境风险（通风不良）和人为风险（违规动火作业）相互作用，形成了串联耦合和并联耦合的复杂局面，而安全管理制度的不完善（安全检查不到位、隐患排查治理不及时）未能有效预防事故的发生。这充分说明了深入研究化工园区危化品集中储存的安全风险耦合机制，并采取有效的防控对策的重要性。

5 结论

化工园区危化品集中储存的安全风险耦合机制复杂，涉及设备设施、环境、人为和管理等多个方面的风险因素。这些风险因素相互作用、相互影响，形成了串联耦合、并联耦合和混合耦合等多种耦合类型，增加了事故发生的概率和危害程度。为有效防控化工园区危化品集中储存的安全风险，需要从优化安全规划布局、强化设备设施管理、提升人员安全素质、完善安全管理制度以及构建风险预警与应急救援体系等多个方面入手，采取综合性的防控对策。同时，通过案例分析可以发现，实际生产中风险耦合导致的事故后果严重，因此，化工园区和企业必须高度重视危化品集中储存的安全风险，切实落实各项防控措施，保障化工园区的安全稳定运行。未来，随着化工产业的不断发展和技术的不断进步，还需要进一步深入研究化工园区危化品集中储存的安全风险耦合机制，不断完善防控对策，以适应新的安全挑战。