

危化品储运安全管理中的泄漏防控与应急处置技术研究

苗 晶（安徽祥源科技股份有限公司，安徽 蚌埠 233000）

摘要：在工业化发展时代，人们对危险化学品（危化品）的储存与运输予以高度关注，其具有易燃、易爆、有毒、有害等特性，一旦发生泄漏事故，将对人民生命财产安全、生态环境造成巨大威胁。基于此，本文对危化品储运安全管理进行研究，从本质安全设计、动态监测、人因管控及应急处置四维度出发，提出在泄漏防控与应急处置过程中的具体内容，为危化品储运安全管理提供系统性技术参考。

关键词：危化品储运；安全管理；泄漏防控；应急处置

中图分类号：X937 文献标识码：A 文章编号：1674-5167（2025）016-0154-03

Research on Leakage Prevention and Emergency Response Technologies in the Safety Management of Hazardous Chemical Storage and Transportation

Miao Jing (Anhui Xiangyuan Technology Co., Ltd., Bengbu Anhui 233000, China)

Abstract: In the era of industrial development, people should pay high attention to the storage and transportation of hazardous chemicals (hazardous chemicals), which have characteristics such as flammability, explosiveness, toxicity, and harm. Once a leakage accident occurs, it will pose a huge threat to people's lives, property safety, and ecological environment. Based on this, this article conducts research on the safety management of hazardous chemical storage and transportation. Starting from the four dimensions of intrinsic safety design, dynamic monitoring, human factors control, and emergency response, specific contents are proposed in the process of leakage prevention and emergency response, providing systematic technical references for the safety management of hazardous chemical storage and transportation.

Keywords: hazardous chemical storage and transportation; Safety management; Leakage prevention and control; Emergency response

危化品泄漏会对人身安全构成直接威胁，且会对生态环境造成破坏，但危化品是工业发展不可缺少的基础。因此，需要在危化品储运过程中，加强安全方面的管理，降低危化品泄漏事故发生概率，并对紧急情况制定针对性的处理措施，保证在出现事故后，将危害降低到最低程度。

1 本质安全设计

1.1 储罐与容器设计

1.1.1 冗余防护结构

冗余防护结构的设计是为了提供额外的保护层，以防止潜在的泄漏或其他危险情况。采用双层壁储罐或增加壁厚等方法可以有效地增加储罐的强度和耐久性，从而提高其抗压能力和抗冲击能力。

1.1.2 材料兼容性

不同的危化品可能对不同的材料产生腐蚀作用，因此要选择合适的耐腐蚀材质，保证储罐和容器安全。通过合理选择材料，延长储罐和容器的使用寿命，减少维护和更换的成本。

1.1.3 安全间距规划

安全间距规划是减少多米诺效应风险的关键措施。其中多米诺效应是指一个事故引发的一系列连锁反应，导致更严重的后果。在此过程中，通过设置罐区间距，可以有效地防止事故蔓延，降低连锁反应的

可能性，从而减少整体风险。

1.2 运输工具安全设计

1.2.1 罐体抗冲击结构

为了确保在各种复杂路况和突发情况下罐体的稳定性与安全性，应进行抗冲击结构设计。设计包括内部加强结构与外部防护装置：内部结构采用防波板分隔舱室以缓冲液体冲击，并通过纵向/横向金属加强筋焊接加固，分散外部载荷；外部防护配置高强度钢或铝合金防撞护栏，覆盖罐体两侧、尾部及阀门区域，部分护栏采用波纹或蜂窝夹层提升吸能效果；连接设计通过高强螺栓与橡胶减震垫组合固定罐体与车架，防止翻滚脱落，整体结构兼顾抗冲击强度与能量分散，确保危化品运输安全^[1]。

1.2.2 智能联锁装置

智能联锁装置能够实时监测罐体的各项参数，如温度、压力等，并在异常情况下自动触发报警或采取紧急措施。这种智能化的管理方式极大地提升了罐体的安全性和可靠性。在此期间，还应重视紧急切断阀与速度传感器之间的紧密联动。当车辆发生倾覆时，速度传感器会立即感知到速度的异常变化，并迅速将信号传递给紧急切断阀。随后，紧急切断阀会自动闭锁，切断可能引发进一步危险的能源供应，从而有效防止事故的扩大。此外，车辆超速报警功能也是罐体

安全设计。通过实时监控车辆的速度，一旦发现超速行为，系统会立即发出警报，提醒驾驶员减速慢行。

1.3 工艺安全优化

1.3.1 HAZOP 分析

HAZOP 分析是一种全面、系统的风险评估方法，能够识别槽罐车在储运环节中可能存在的各种潜在风险节点，就能够提前采取相应的预防措施，如加强连接处的维护检查、定期更换密封件等，以确保装卸过程的安全。

1.3.2 惰化保护系统

对于易燃液体储罐而言，充氮保护是一种极为有效安全措施。通常易燃液体具有较大的燃爆风险，一旦遇到火源或者合适的条件，就可能引发严重的安全事故。而通过向易燃液体储罐内充入氮气，可以有效地降低其中的氧气含量。当储罐内的氧气含量降低到一定程度时，即使存在潜在的火源，也难以引发燃烧和爆炸，从而大大降低了燃爆风险。

2 动态监测与预警技术

2.1 实时状态监测

在槽罐车的运行和储罐储存过程中，压力、温度、液位等参数是至关重要的指标。为此，需要部署一套先进的多参数传感器网络。其中，压力传感器可以精确地测量槽罐车和储罐内部的压力情况，当压力超出正常范围时，会立即将数据传输给监控系统；温度传感器则负责监测槽罐车和储罐的温度变化，无论是过高还是过低的温度都可能预示着潜在的危险；液位传感器则能准确掌握槽罐车和储罐内液体的液位高度，确保液体不会溢出或过少。通过对这些参数的实时监测，能够及时发现槽罐车和储罐可能出现的问题，提前采取相应的措施，避免事故的发生。涉及可燃、有毒气体的还应安装气体泄漏探测系统，该系统能够实时检测周围环境中可燃、有毒气体的浓度，一旦浓度达到设定的报警阈值，便会立即触发报警机制。这样就能够及时提醒相关人员采取措施，防止气体泄漏引发的严重后果。

2.2 视频监控与智能分析

为了实现对槽罐车和储罐的全方位、多角度监控，需要建设一套完善的视频监控及智能分析系统。通过固定视频监控、移动视频监控、无人机、红外成像技术这些不同方式的视频监控以及智能分析系统的协同工作，能够实时掌握槽罐车和储罐的状态，一旦出现异常情况，便能迅速发出警报。

3 人因工程与操作控制

3.1 标准化作业程序

在危化品储运的装卸作业环节中，危化品装卸前

必须对运输工具和装卸设备的安全性进行全面且细致的检查，只有确认运输工具和装卸设备不存在任何安全隐患，达到安全作业的标准后，才能开展后续的装卸作业。例如，要检查运输车辆的罐体是否存在裂缝、密封性能是否良好，装卸设备的机械部件是否正常运行等。装卸时还应控制装卸速度。如果装卸速度过快，就会产生过大的冲击力或摩擦热。这种过大的冲击力可能会使包装容器受损，导致危化品泄漏；而摩擦热则有可能引发危化品的燃烧爆炸，后果不堪设想。在装卸现场，严禁吸烟、使用明火或携带火种。同时，要确保装卸现场通风良好。良好的通风条件能够及时驱散泄漏的危化品蒸气，降低蒸气浓度，从而减少发生燃烧爆炸的可能性，为装卸作业创造一个相对安全的工作环境。

3.2 人员能力建设

在危化品储运工作中，人员的专业素养和操作能力直接关系到整个工作的安全与稳定。因此，对从事危化品储运工作的人员进行严格的专业培训。培训的内容涵盖多个方面。其中，理论学习是基础，人员需要熟悉各类危化品的性质、危害等相关知识。只有深入了解危化品的特性，才能在实际操作中采取正确的防护和应对措施。同时，培训还包括操作规程以及泄漏应急处理方法等内容。除了理论学习还应开展实际操作演练。借助实际操作演练，人员能够将所学的理论知识应用到实践中，提高自己的实际操作技能。例如，模拟危化品泄漏场景，让人员练习如何正确佩戴防护装备、如何使用应急处理设备等。此外，定期开展安全教育和考核能够不断强化人员的安全生产意识和责任意识。让人员深刻认识到危化品储运工作的重要性和危险性，促使其在工作中严格遵守操作规程，杜绝违规操作行为^[2]。

3.3 管理制度

企业需建立健全危化品储运安全管理制度，从多个方面对危化品的安全风险进行把控。具体而言，要建立完善的入库验收制度，确保进入储存环节的危化品质量合格、包装完好；同时，制定严格的储存管理制度，规范危化品的存放方式、环境条件等；出库检查制度也不可或缺，要对出库的危化品进行细致检查，防止问题产品流入下一环节；运输跟踪制度则能实时掌握危化品在运输途中的状态，保障运输安全。在日常作业过程中，加强对作业现场的安全监督检查。相关管理人员要定期深入作业现场，及时发现和纠正违规操作行为以及潜在的安全隐患。

在完善日常安全管理的基础上，制定详细的危化品泄漏应急预案。企业应结合自身的实际情况，充分

考虑可能出现的各种情况，制定具有针对性和可操作性的应急预案。预案中需明确应急组织机构及其职责分工，确保在事故发生时各司其职；同时，要详细规定应急响应程序和具体的处置措施，以便应急救援人员能够迅速、有效地开展救援工作。为了检验和提高应急救援队伍的实战能力以及各部门之间的协同配合能力，企业需要定期开展应急演练。在演练过程中，模拟不同类型和规模的危化品泄漏事故场景，让应急救援队伍在真实的模拟环境中接受锻炼。演练结束后，要及时总结经验教训，针对演练中暴露出来的问题，对应急预案进行优化调整，使应急救援工作更加高效、有序^[3]。

4 储运过程的应急处置技术

4.1 控制泄漏源

当储罐或运输容器发生泄漏且无法有效止漏时，需要将危化品转移到安全的备用容器或储罐中（如图1）。在实施倒罐转移操作时，必须格外谨慎。要使用防爆泵、防爆工具严格控制流速和流量，防止产生静电火花或溢出现象。同时，操作人员必须穿戴好个人防护装备，如防毒面具、防护服等，做好全面的安全防护措施，以确保自身生命安全和身体健康。除了倒罐转移技术，针对不同的泄漏情况，有着不同的止漏方法。对于管道泄漏而言，堵漏夹具适用于中低压管道的泄漏情况。对于罐体或容器泄漏，则需要根据泄漏部位和形式采取不同的止漏措施。如果泄漏部位是砂眼、裂缝等微小泄漏情况，可采用焊接修补、粘接剂封堵等方法进行处理。而对于较大面积的泄漏，情况则较为复杂，可能需要更换部件或整个罐体，彻底解决泄漏问题^[4]。



图 1 倒罐转移

4.2 处理泄漏物

当面临酸性或碱性危化品泄漏的情况时，以硫酸泄漏为例，可选用石灰、碳酸氢钠等碱性物质与之发生中和反应，最终生成中性的硫酸盐和水；而氢氧化钠泄漏时，则可采用稀盐酸、醋酸等酸性物质来进行

中和。不过，在进行中和操作的过程中，必须格外留意对反应速度和温度的控制，因为剧烈的反应极有可能引发新的危险。针对水溶性的危化品泄漏情况，在确保不会引发二次污染的前提下，可以采用大量的清水对其进行稀释冲洗。通过这种方式，能够有效地降低危化品的浓度，减轻其可能带来的危害程度。

4.3 应急指挥与决策技术

传统的疏散计划主要依赖于经验判断和有限的信息源，借助于GIS（地理信息系统）、气象数据及人口热力图的综合分析，可以更加精确地预测危险区域并规划出最佳逃生路线。当面临突发事故时，迅速且合理地将所需资源送达现场是至关重要的。借助智能算法支持，可以基于现有库存水平、交通条件以及预计需求量等因素计算出最合适的运输路线和方式。此外，还可以根据实际情况灵活调整策略，比如优先运送最急需的物品或者采取分批次送货的方式以减轻单次运输压力^[5]。

5 结论

综上所述，危化品储运安全管理需构建“本质安全 – 动态监测 – 人因管控 – 智能应急”四位一体体系。通过冗余防护结构、抗冲击罐体及 HAZOP 分析提升设备本质安全性，集成多参数传感与 AI 视频分析实现泄漏精准预警，缩短响应时间；规范标准化作业流程并强化人员 VR 模拟演练以减少人为失误；通过建立分级应急处置机制，结合 GIS 与智能算法优化资源调度，提升事故处置效率。通过上述系统性融合技术创新与管理优化，才能最大限度地降低危化品泄漏事故带来的危害，保障人民群众的生命财产安全和生态环境安全，促进化工行业的可持续发展。

参考文献：

- [1] 郑云亮,赵杰超,王吉武,等.水上危化品运输事故分析及应急处置能力提升研究[J].舰船科学技术,2023,45(9):69-74.
- [2] 蒋伟.危化品槽车泄漏事故的应急处置对策[J].化工管理,2024(8):107-110.
- [3] 王国亮.危化品道路运输泄漏事故应急处置探究[J].中国化工贸易,2023(29):94-96.
- [4] 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.
- [5] 王兆超.危化品储存场所消防安全隐患及监督检查要点[J].中国消防,2023(S1):95-96+99.

作者简介：

苗晶（1986-），男，本科，注册安全工程师，从事安全评价评估、企业隐患排查治理、化工园区安全等级整治提升服务、化工园区重大安全风险防控等工作。