

危化品储运过程中的风险防控与管道设计新进展

刘小伟（辽宁方大工程设计有限公司山东分公司，山东 淄博 255400）

摘要：近年来，因危化品储运事故引发的环境污染、人员伤亡和经济损失事件屡见不鲜，给社会安全和可持续发展带来了严峻挑战。与此同时，随着工业的不断发展和技术的日益进步，对危化品储运的安全性和高效性提出了更高要求。基于此，文章分析危化品储运过程中的常见的风险类型，探讨风险防控策略以及管道设计最新进展，助力全面、多维度的安全保障机制构建。

关键词：危化品；风险防控；管道设计

危化品是工业生产的重要原料，危化品安全一直是安全生产工作的重点，不仅关系到危化品储运企业本身的安全，而且关系到周边居民、其他企业、公共设施等的公共安全和生态环境安全。为规范危化品的储存保管和运输装卸过程，营造安全有保障的生产环境，国家各相关部门出台了一系列文件，但是由于这些文件的发布部门不同，各部门之间存在管理职责交叉或管理界限不清的问题，导致各文件中对危化品储运管理的内容存在差异，无法在实际操作中对危化品储存保管和运输装卸进行标准化指导，存在一定安全隐患。

1 危化品储运过程中的主要风险类型

1.1 包装风险

危化品储运的首要屏障是包装。包装若质量不达标、强度不足或设计存在缺陷，运输中易破损，进而造成危化品泄漏。以易燃液体为例，若包装密封性不佳或材质不符标准，运输过程中可能发生泄漏，导致火灾或爆炸事故。同时，包装上的标签与标识至关重要，能迅速传递危化品的危险特性及运输须知，确保事故发生时能迅速、有效应对。

1.2 装卸风险

危化品储运中，装卸作业属高风险环节。危化品易燃、易爆、有毒有害，装卸时稍疏忽即可能酿成事故。如装卸易燃液体时，操作不当产生火花，易引发火灾或爆炸。此外，装卸过程中需严防危化品泄漏，以免对环境和人员造成损害。因此，必须严格遵守操作规程，确保人员、设备安全及环境无污染。

1.3 运输风险

运输风险主要源自交通事故、不良路况及恶劣天气。交通事故或致危化品车辆侧翻、碰撞，引发泄漏或燃烧爆炸。路况不佳与天气恶劣亦增运输风险，如湿滑道路易使车辆失控，暴雨大风等影响视线及车辆

稳定。同时，运输工具选择与维护至关重要，工具不当或维护不足均可能提高事故率。

1.4 储存风险

储存风险主要源于设施老化、设计瑕疵、安全设备失效及库存管理不当^[1]。储罐、仓库等长时间运用易老化，可能引发泄漏、火灾。设计如通风不畅、防火间距不够亦易致事故。报警、灭火等安全设备失效，则事故时无法迅速应对。库存超量、混存、标识不明等管理不当，亦会增加事故概率及后果严重性。

2 危化品储运过程中的风险防控策略

2.1 运用智能传感，监测危化品状态

在危化品的储存仓库，以及用于运输的罐车、集装箱等各类容器内外关键部位，依据特定的密度布局，安装了高灵敏度、多参数检测功能的智能传感器。这些传感器犹如锐利的“数字哨兵”，不仅能精确捕捉危化品的温度、压力、浓度、pH值等基本物理化学参数的微小波动，还借助特殊感应组件，实时监控容器包装的完好性，即便是极细微的裂痕或损伤也能被准确察觉，并且能对潜在的泄漏风险进行持续跟踪^[2]。

利用低功耗广域网（LPWAN）、5G等尖端无线传输技术，传感器以毫秒级的速率，将收集到的大量数据传送至功能完备的中央监控系统。在中央监控系统内，深入应用了大数据分析引擎与人工智能技术。以机器学习领域的神经网络算法为例，通过对海量历史数据的“深度挖掘”，构建了危化品状态的精确数据模型。一旦监测数据超出正常阈值，系统将即刻启动智能预警流程，不仅能迅速锁定异常发生的具体地点，还能根据异常的严重程度，按照预设的分级体系自动进行分类报警。比如，在某化工产业园区，对存储大量硝化甘油的仓库实施了智能传感监控。经过长期的数据累积与分析，系统掌握了硝化甘油在不同环境条件下的稳定状态参数区间。某次，传感器监测到

仓库内某一区域温度异常升高，系统立即发出了二级预警，并精确锁定了温度异常上升的储罐位置。工作人员根据预警提示，迅速采取了冷却降温措施，有效规避了因温度过高可能导致的爆炸危险。

2.2 借助卫星定位，追踪危化品运输

每艘危化品运输船舶、每辆运输车辆等运载工具均装配了高灵敏度、抗干扰性能优异的卫星定位设备，这些设备与全球卫星导航系统（GNSS）紧密集成，包括我国自主的北斗导航系统以及美国的GPS系统等。这些定位设备能够实现运载工具的厘米级实时精确定位，为运输全程提供准确可靠的位置数据。同时，运载工具上还配备了具有高清摄录、夜间视觉功能的行车记录装置以及全角度覆盖的视频监控系统，不仅能清晰记录运输途中的车速、行驶轨迹，还能对驾驶员的操作进行全方位无遗漏的监控。

车载终端负责将卫星定位信息、车辆行驶数据以及视频监控画面，通过4G/5G通信网络，实时传送到专业的监控中心。监控中心利用地理信息系统（GIS）技术，将接收到的数据以电子地图的形式直观展示，运载工具的实时位置、行驶路径以及周边地形、建筑物布局等环境信息一览无余^[3]。

在GIS地图上，通过设置电子围栏对运输路线进行精确管理。一旦运载工具偏离预设路径，即便是微小偏差，或者驶入预先划定的危险区域，如靠近学校、居民区等人口密集区，系统都会立即发出响亮的警报及震动提示，有效确保危化品运输的安全。

2.3 采用隔离技术，保障危化品存储

在危化品的储存场地，遵照《危险化学品储存通则》等相关标准与规范，依据危化品的易燃、易爆、有毒、腐蚀等特性，以及其危险等级，将储存区域细分为甲、乙、丙等若干级别的子区域。各区域间，采取了物理阻隔与防火防爆隔离措施。

针对易燃易爆危化品的储存区，构筑了不低于2m高的防爆墙体，墙体采用特制防爆材料，能有效抵御爆炸冲击波及火焰的传播。同时，储存区周边筑有防火堤，其容积依据储存量科学设定，以确保在泄漏或火灾发生时，能充分容纳泄漏的危化品，防止其扩散蔓延。

在储存容器的选用上，依据危化品的独特性质进行定制设计。以强腐蚀性的硫酸为例，采用了内层耐酸橡胶衬里、外层高强度碳钢的双层结构容器，并在容器内部涂覆专用耐腐蚀涂层，确保容器在长期储存

中免受腐蚀。容器间，按照安全距离规范，设置了1至2m的适当间距，便于日常巡查、维护及设备操作。此外，各储存区域均安装了高灵敏度泄漏检测与报警系统，一旦检测到危化品泄漏，系统即刻发出声光报警，并将泄漏信息传递至监控中心，工作人员可迅速作出反应，采取堵漏、中和等应对措施。

2.4 依托自动化装卸，规范危化品操作

在危化品的装卸作业区域，采纳了尖端的自动化装卸装置，包括自动化吊装机、智能传送带、无人操控叉车等。这些装置通过工业互联网与中央操控系统实现连接，依据预设的程序和指令，遵循严格的标准化工序流程执行操作^[4]。

以自动化吊装机为例，在吊装危化品容器过程中，装置通过传感器实时获取容器的重量、重心坐标，自动调控吊装速度和角度，保障吊装作业的平稳与安全。同时，融合物联网技术与智能传感设备，对自动化装卸装置的关键组件，诸如电动机、液压机构、传动部件等，进行实时状态监测。传感器收集设备的运行数据，涵盖温度、振动频率、压力指标等，运用数据分析算法评估设备是否存在故障风险。

若装置出现故障或异常状况，如电动机超温、液压机构压力失常等，系统将即刻中止作业，并触发警报，同时将故障详情推送至维修人员的移动设备。维修人员依据故障通知，迅速携带适配的维修工具和备件抵达现场实施维修。此外，通过对装卸作业数据的长期累积与分析，如作业时长、设备运行效能等，借助运筹学与优化算法，对装卸流程和设备参数进行调优，提升装卸效率与安全性。比如，某化工企业通过分析装卸作业数据，将原有的顺序装卸流程优化为并行作业模式，装卸效率提升了30%，同时有效降低了因操作失误导致的安全事故风险。

2.5 构建数字预案，提升应急处置能力

数字化预案借助数字化技术，对应急预案的内容、流程、职责等要素进行集成与管理，以确保在突发事故时能够迅速且准确地作出应对。在预案设计的初始阶段，广泛搜集了各类危化品的理化性质、危害特征、应急处理方法等信息资源，这些信息源自权威的化学物质数据库、专业的学术研究成果以及历史事故案例剖析。结合危化品储存地与运输路线的地理环境因素，如地形特征、气象状况，以及周边设施布局，如医疗机构、消防站、水源地等实际情况，利用数字化建模技术，构建出详尽、周全的应急处置预案。

此外,预案采用三维地理信息模型(3D-GIS)与虚拟现实(VR)场景相融合的方式展现,通过电脑端、移动设备等多种平台,直观地展示出事故可能发生的地点、影响范围及应急救援资源的分布情况。运用VR与增强现实(AR)技术,开展沉浸式的应急演练与培训。应急救援人员佩戴VR头显或AR眼镜,置身于模拟的危化品事故场景中,如火灾爆炸、泄漏蔓延等,在虚拟环境中进行实战演练。在演练过程中,通过模拟真实事故情境和应急处置程序,锤炼应急救援人员的应急响应能力、协同配合能力以及决策制定能力。

同时,利用移动终端设备,如智能手机、平板等,将应急处置预案及相关信息,以文字、图片、视频、动画等多种载体形式推送给现场作业人员及应急救援人员。在事故发生时,他们能够迅速通过移动终端获取事故类型、危害等级、应急处置步骤等关键要素,从而采取恰当的应急处置举措。

3 危化品储运过程中管道设计新进展

3.1 管道设计可靠性提升

在选材方面,不断涌现出新型高性能材料。比如,所研发的特种合金钢,其耐腐蚀性能较传统钢材有了显著提高,能有效抵抗各种危险化学品的侵蚀,进而延长管道的使用期限。在结构设计上,采用了更为优化的力学分析模型。借助有限元分析等先进手段,对不同压力、温度及复杂地形下管道的受力状态进行精准模拟,以此优化管道的壁厚、直径等参数设置,保证管道在各类工况条件下均能稳定运行,减少因结构设计不当而引发的泄漏、破裂等风险。另外,在连接技术上,创新的密封连接方式显著增强了管道连接的稳固性,降低了连接部位的泄漏风险^[5]。

3.2 自动化技术在管道设计中的应用

自动化技术在管道设计的多个环节中发挥着重要作用。在监控体系内,自动化传感器被用于实时追踪管道内危险化学品的流量、压强、温度等核心指标。一旦这些指标出现异常变动,系统将立即触发警报,并自动执行相应的调整策略,例如调节输送泵的转速以维持流量稳定,或操控加热、冷却系统以控制温度。在泄漏监测方面,采用了自动化的泄漏探测技术,如利用声波、压力波等原理的检测仪器,能够迅速且准确地锁定泄漏位置,为抢修工作赢得宝贵时间。

此外,自动化技术还被应用于管道的远程控制,操作人员可在远离现场的控制中心对管道进行启动、

停止及流量调节等操作,极大地提升了操作的便利性和安全性。

3.3 智能化装备在管道设计中的应用

智能化技术在管道设计中引发了颠覆性的变革。智能调节阀能够依据管道内介质的流动状况及压力波动,自动调整其开度,达到精确的流量调控效果,并且内置故障自我诊断机制,一旦检测到自身问题,即可迅速反馈相关信息。智能巡检机器人则能在管道内部自主导航,对管壁进行全面细致的检查,利用高清摄像装置、非破坏性检测传感器等工具,识别管道的腐蚀情况、裂纹等缺陷,检测数据通过无线网络即时传送至监控中心。另外,依托大数据与人工智能技术构建的智能预警体系,能够汇集并分析管道运行的大量数据,预判潜在的故障及安全风险,提前规划防范措施,实现了从故障被动处理到主动预防的根本性转变。

4 结语

综上所述,危化品的储运安全对公共及生态环境安全至关重要,其风险防控具有深远意义。在复杂且多变的工业场景下,采取智能传感技术、卫星定位系统、隔离措施、自动化装卸作业以及建立数字化应急预案等创新方法,可以显著减少风险,增强应急响应能力。此外,管道设计领域的最新成果为危化品储运增添了更为坚实的保障。展望未来,需不断推动技术创新与实践应用,加强跨部门协作管理,健全相关标准与规范,构建一个全面、多维度的危化品储运安全保障机制,为工业的可持续发展奠定坚实的安全基础,维护社会的和谐与稳定。

参考文献:

- [1] 张洋,孔凡伟,吕岳,等.基于人工智能的危化品储运风险等级评价[J].化工管理,2023,(26):100-102+151.
- [2] 吴运逸,魏文强,李吉斌,等.危化品储运的数字孪生系统设计[J].科技和产业,2023,23(08):220-225.
- [3] 曲百友.危化品生产储存企业监管路径[J].化工管理,2023,(02):96-98.
- [4] 邹亚超,徐本营.国内危化品安全储运思考[J].四川建筑,2022,42(06):46-49.
- [5] 郭桂欣,徐斌.油品储运安全管理的有效措施[J].化工管理,2022,(24):79-81.

作者简介:

刘小伟(1986-),女,汉族,山东淄博人,硕士研究生,工程师,研究方向:化工工艺设计。