

石油化工企业储罐区泄漏事故的风险评估与防控措施研究

贾畅畅¹ 任录¹ 周林² 高彦文²

1 必维（天津）安全技术有限公司，天津，300061；

2 胜利油田分公司海洋采油厂，山东东营，257237；

摘要：石油化工企业储罐区泄漏事故对环境与人员安全构成重大威胁，本文深入剖析储罐区泄漏事故核心风险因素，系统探讨适用于泄漏事故的风险评估方式及防控手段。将定量风险分析与定性评估相结合，针对性提出包含防泄漏设备、自动化监控系统、应急响应技术在内的系列技术方案，强调安全文化构建及全员协同参与对强化企业安全管理的重要作用，通过新技术与管理措施的综合运用，可切实降低储罐区泄漏事故发生概率，显著提升石油化工企业安全生产整体水平。

关键词：石油化工；储罐区；泄漏事故；风险评估；防控措施

DOI：10.64216/3080-1508.25.06.012

引言

石油化工企业储罐区作为核心生产与储存场所，承担着繁重的风险管理任务，储罐区泄漏事故不仅对环境和人员生命构成威胁，还可能诱发连锁次生灾害，设备老化导致的密封失效、操作流程中的人为失误、极端天气等外部环境变化，均是泄漏事故的主要诱因。在此背景下，建立系统化的风险评估体系与针对性防控策略尤为关键，本文围绕石油化工储罐区泄漏风险展开深入研究，详细分析事故发生的内在因素与外在条件，全面评估现行防控技术的应用效果，结合实际场景提出可操作性强的改进措施，旨在为企业完善安全管理体系提供理论支撑与实践参考路径。

1 储罐区泄漏事故的主要风险因素分析

1.1 储罐设计缺陷与设备老化

储罐区泄漏风险部分源于设计缺陷，设计不合理的储罐可能存在承压失衡、密封薄弱、材质不达标等问题，这些均会显著提升泄漏概率，例如罐体结构抗压能力不足，或管道阀门布局欠妥，均易引发泄漏事故。设备老化是另一突出风险因素。随着储罐使用年限增长，钢铁、铝合金等设备材料会受腐蚀、磨损影响，甚至出现裂纹或渗漏，长期损耗会严重削弱储罐密封性与结构稳定性，增大泄漏风险，若储罐长期未及时检修更新，设备老化将对整体安全构成严重威胁。

1.2 操作不当与人员管理不足

操作失误和人员管理漏洞也是泄漏事故的重要成因，储罐区操作人员若未严格遵循操作规程，或在应急状况下未能采取正确措施，可能直接引发泄漏，如加油

或转移危险化学品时未按标准流程操作，可能导致管道破裂或阀门漏油。操作人员的专业能力与应急处置水平直接关系事故的发生与发展，若人员未能及时察觉设备故障或未按规定开展安全检查，易忽视潜在风险，人员管理不足，包括培训欠缺、责任界定模糊等，会导致安全措施落实不到位，为事故埋下隐患。

1.3 外部环境对泄漏事故的影响

外部环境因素对储罐泄漏事故的作用不可轻视，高温、强风、暴雨等极端天气可能直接影响储罐稳定性，高温环境下，储罐内部压力可能急剧升高，增加泄漏风险，尤其在暴风雨等恶劣气候中，强风与暴雨可能造成储罐或管道损坏，进而引发泄漏。地震、洪水等自然灾害也可能破坏储罐区设施，提升泄漏事故发生概率，附近施工、交通事故等人为因素可能对储罐区产生冲击，导致设备损坏或泄漏，外部环境变化对泄漏事故具有催化效应，需在风险评估与防控措施中充分考量。

2 石油化工储罐区泄漏事故的风险评估方法

2.1 定量风险分析模型的应用

定量风险分析用系统化手段量化评估储罐区泄漏事故的发生概率与影响后果，辅助判断风险的严重程度与潜在可能性。需全面收集各类相关数据，历史泄漏事故记录、储罐区设备的实际运行状态、周边环境条件参数等都在其中。把这些多元数据转化为可测量、可比较的风险参数，借数学建模工具计算风险值，评估泄漏事故发生概率及可能造成的损失。实际应用中，定量分析常和风险矩阵法或蒙特卡洛模拟技术结合，将不同风险因素的影响程度转化为具体数字结果，为后续防控措施的制定提供科学、客观的依据。核心优势在准确性与可

操作性,能为企业管理者提供直观清晰的风险图谱,让其在安全决策过程中获得有力的数据支撑。

2.2 定性分析与现场检查结合的策略

定性分析与现场检查相结合的风险评估方法,着重借直观的现场排查工作与专家的专业判断,实现对储罐区潜在泄漏隐患的识别与评估。具体实施中,要对储罐区现场的设备设施运行情况、操作环境的实际条件等进行细致检查,同时结合专家积累的实践经验与扎实的理论知识,对可能存在的各类泄漏风险展开综合判断。此方法不依赖复杂的数学模型,而是以实际现场的真实状况为基础,通过经验性判断来发现常规风险点,操作规程存在的执行漏洞、设备长期使用老化问题、可能引发的环境污染隐患等都包含在内,并据此提前制定具有针对性的防范措施。该方法的显著优势体现在操作简便、易于实施,但在评估的准确性与覆盖的全面性方面,较大程度上依赖于参与专家的经验水平与实际判断能力,过程中可能存在一定的主观性与应用局限性。

2.3 事故发生概率与后果分析

事故发生概率与后果分析属于综合性风险评估手段,核心是分析不同事件发生的概率及潜在后果的严重程度,实现对整体风险水平的准确评估,具体应用时,运用概率论与统计学原理,深入挖掘历史事故数据,结合当前存在的各类风险因素,推导出储罐区发生泄漏事故的概率分布情况。后果分析针对一旦发生的泄漏事故,系统性评估可能对周边环境、企业财产及人员安全造成的损失,覆盖生态破坏程度、经济损失规模、人员伤亡风险等多个维度,将事故发生概率分析与后果分析结合,能全面、立体评估不同类型泄漏事故的风险等级,为企业制定科学合理的应对方案与安全管理措施提供坚实依据,能有效评估当前存在的风险,还可建立趋势预测模型,前瞻性预判未来可能出现的潜在风险,帮助企业提前做好风险防控准备,提升安全管理的主动性与有效性。

3 石油化工储罐区泄漏事故防控措施的技术方案

3.1 防泄漏设备与技术改造

防泄漏设备的应用是防控石油化工储罐区泄漏事故的关键举措,安装先进防泄漏技术,密封防护装置、泄漏检测设备等都在其中,能有效降低泄漏事故发生率,目前常用防泄漏设备有双层罐体、自动封闭阀门、压力控制装置等,泄漏发生时这些设备可即刻启动报警或自

动关闭阀门,最大程度减少泄漏量,技术进步推动下,智能化泄漏检测系统逐步应用于储罐区,能实时监控储罐区状态,及时发现泄漏隐患并自动通知相关人员采取措施,对储罐实施技术改造,采用新型抗腐蚀材料或强化加固,可有效延长设备使用寿命,降低因设备老化引发的风险。

3.2 自动化监控与报警系统的建设

自动化监控与报警系统能实时监测储罐区的运行状态,及时发现可能存在的潜在泄漏风险,这类系统一般由传感器、控制系统和报警装置共同组成,可持续监测储罐内部的压力变化、温度波动、液位高度等关键参数,一旦检测到数值出现异常,会立刻发出报警信号,通知现场操作人员及时进行处置。应用后不仅提升了风险监控的实际精度,还大幅提高了应急响应的整体速度,自动化监控系统还能实现数据的远程传输功能,便于管理人员随时掌握储罐区的实时情况,更好地进行决策和调度工作,通过全天候、全方位的监控,能显著降低因人为疏忽或设备故障所导致的泄漏风险,切实增强储罐区的整体安全性。

3.3 紧急泄漏应急处置技术与响应系统

紧急泄漏应急处置技术与响应系统是应对储罐区泄漏事故的核心环节,储罐区一旦发生泄漏,能否及时有效处置直接影响事故控制效果和损失程度,应急处置技术通常涵盖泄漏封堵、隔离控制、灭火等措施,储罐区需针对不同类型泄漏配备相应应急设备与技术,如气体泄漏时采用气体吸附装置快速吸附,液体泄漏时使用专用吸油垫或封堵装置处理,应急响应系统建设对事故快速处置至关重要,该系统具备泄漏事故报警、预警、指挥调度等功能,能在最短时间内组织人员开展应急处置,确保事故及时得到控制。

4 加强储罐区泄漏事故防控的管理措施

4.1 安全生产管理体系的完善

储罐区泄漏防控的核心在于构建完备的安全生产管理体系,该体系不仅要落实设备周期性检查、养护及迭代工作,还需制定系统应急预案,并通过常态化演练,确保突发事件时工作人员能够依照既定流程高效响应,设备定期检查维护,可借助专业检测工具和技术手段,精准定位并修复潜在故障,从源头上减少因设备缺陷引发的事故隐患。针对各类可能发生的泄漏场景,应急预案明确划分各岗位责任,细化处置步骤,保障应急响应流程环环相扣,避免因职责不清或流程不明导致的处理

延误,安全生产管理体系需紧密结合生产实际情况,根据技术革新、生产规模调整等变化及时优化,增强体系适应性,以持续提升储罐区泄漏防控的整体效能。

4.2 应急演练与人员培训的重要性

应急演练和人员培训是提升储罐区泄漏事故处置能力的关键,通过定期开展应急演练,全体员工可熟悉泄漏事故处理流程,确保紧急情况下迅速反应并采取正确措施,同时发现解决管理中存在的问题,增强应急响应能力,人员培训也是保障储罐区安全运营的重要手段,定期开展岗位技能与安全生产知识教育,提升员工专业水平和安全意识,有效减少人为因素导致的风险,培训内容覆盖操作规范、安全管理、设备维护等方面,实现全员覆盖,确保人员在各类情形下均可应对突发事件。

4.3 安全文化建设与全员参与

安全文化建设在储罐区泄漏防控中至关重要,通过构建安全文化,企业可在全员中培育安全第一的意识,形成每位员工关注安全、参与安全管理的良好氛围,员工在日常工作中会自觉遵守操作规程,发现安全隐患时主动上报,及时消除潜在风险,防范事故发生。安全文化强调全员对安全的共同责任,增强员工安全意识和归属感,提升整体安全管理水平,企业可通过组织定期安全活动与培训、开展安全宣传、设立安全奖惩制度,进一步强化员工安全意识,确保每位员工主动履行安全职责,构建从员工到管理层严格执行安全措施的防线,最大程度降低安全隐患和事故发生率。

5 石油化工储罐区泄漏风险防控的未来发展趋势

5.1 新技术与智能化手段的应用前景

智能化技术在石油化工储罐区风险防控领域潜力巨大,尤其在风险监测与应急处置环节,人工智能结合大数据分析技术,可深度剖析储罐区运行数据,通过实时监控、历史数据回溯及智能算法推演,精准预判泄漏风险,该技术能提前察觉设备故障或泄漏隐患,及时向企业发出预警,便于采取防范措施降低事故概率。无人机与智能传感器的部署,可实现储罐区全域全天候监测,实时采集温度、压力、液位等关键参数,并借助物联网技术即时传输数据,快速定位风险源,显著提升事故预警准确性与响应效率,智能化手段不仅增强储罐区安全管理效能,还能规避人为操作失误,优化整体生产流程。

5.2 跨部门协作机制与监管强化

构建跨部门协作机制是防控储罐区泄漏事故的重要保障,石油化工行业规模扩张促使管理复杂度提升,单一部门已难以独立应对风险管理需求,政府、行业协会、企业及监管机构需强化协同合作,共同筑牢安全防线。各方可搭建信息共享平台,定期发布风险评估报告,联合开展安全检查与应急演练,提升应急联动能力,政府应完善安全生产法规体系,加大监管执法力度,确保企业严格执行安全标准与防控措施,强化监管既能推动企业健全安全管理体系,也能带动行业整体安全水平提升,形成多方协同、全民参与的安全治理格局。

5.3 持续改进与动态评估机制的落实

石油化工储罐区泄漏风险防控需依托持续改进与动态评估机制,伴随技术革新与生产环境变化,传统防控措施易出现滞后性,企业需建立常态化评估与动态调整机制,确保防控策略适配实际需求,通过复盘历史事故案例、引入前沿技术手段,企业可精准识别现有防控体系漏洞,优化风险管控能力。动态评估机制可依据环境变迁、设备损耗、技术迭代等因素,及时调整应对策略,避免防控措施失效,持续改进理念推动企业借鉴国际先进经验,结合自身实际优化安全管理模式,构建覆盖风险识别、评估、处置、反馈的全流程防控体系。

6 结语

本文聚焦石油化工企业储罐区泄漏事故,深入探究风险评估及防控举措,剖析储罐区泄漏事故核心风险因素,融合定量、定性评估方式,针对性提出技术与管理策略,以降低事故发生概率,智能化技术的运用及跨部门协作机制的加强,为提升防控成效开拓新思路。企业推进安全文化建设,鼓励员工全员参与,可构筑坚实安全屏障,有效防范事故,未来,储罐区泄漏风险防控发展离不开技术革新、管理模式创新及动态评估机制持续完善。石油化工企业需不断优化安全管理体系,保障安全生产长久稳定。

参考文献

- [1]张洁,王涛.石油化工企业安全管理与风险评估研究[J].化工安全与环境,2020,38(6):72-78.
- [2]刘鹏飞,高明.储罐区泄漏事故防控技术及其应用[J].石油与天然气化工,2021,50(4):112-118.
- [3]陈曦,赵剑锋.石油化工储罐区安全风险评估与防控措施研究[J].安全科学,2022,43(3):157-163.