

石油化工企业油气储运工程安全性研究

张 靖（中国石化销售股份有限公司江苏石油分公司，江苏 南京 210000）

摘要：我国石油化工行业发展迅猛，油气储运工程在生产中极为重要但也面临不少安全隐患与挑战。本文采用文献研究、实地调查和案例分析等方法，系统梳理出油气储运工程的主要安全风险，例如：设备腐蚀、操作失误、自然灾害等因素，并在此基础上提出一套涵盖技术改进、管理优化、人员培训多方面的全面安全管理策略。研究表明，实施先进监测技术、健全安全管理制度、强化员工安全意识培训等能显著提升油气储运工程安全性，本研究在推动石油化工行业安全稳定发展中有着重要理论和实践意义。

关键词：石油化工企业；油气储运工程；安全性；风险管理；安全策略

中图分类号：TE88 文献标识码：A 文章编号：1674-5167(2025)031-0129-03

Research on the Safety of Oil and Gas Storage and Transportation Engineering in Petrochemical Enterprises

Zhang Jing (Sinopec Sales Company Limited Jiangsu Petroleum Branch, Nanjing Jiangsu 210000, China)

Abstract: China's petrochemical industry is developing rapidly. Oil and gas storage and transportation projects are extremely important in production, but they also face many safety hazards and challenges. This paper adopts methods such as literature research, field investigation and case analysis to systematically sort out the main safety risks of oil and gas storage and transportation projects, such as equipment corrosion, operational errors, natural disasters and other factors. On this basis, a comprehensive safety management strategy covering multiple aspects including technical improvement, management optimization and personnel training is proposed. Research shows that implementing advanced monitoring technologies, improving safety management systems, and strengthening safety awareness training for employees can significantly enhance the safety of oil and gas storage and transportation projects. This study has important theoretical and practical significance in promoting the safe and stable development of the petrochemical industry.

Key words: Petrochemical enterprises; Oil and gas storage and transportation engineering; Safety; Risk management; Security Policy

近年来，全球能源供应体系的核心是石油化工行业，其发展规模和技术水平直接影响国民经济运行效率。统计显示，2018—2023年全球石油消费量每年平均增长大概1.5%，中国是世界第二大石油消费国，油气储运工程需求量和复杂程度随之双双上升。不过随着行业发展规模变大，安全问题渐渐成为限制其可持续发展的关键难题。石油化工生产中油气储运工程是重要一环，涵盖原油开采到成品油输送全过程，其安全性既关乎企业经济效益又直接影响公共安全和环境保护，在此情况下，怎样有效识别和控制油气储运里的潜在风险成了学术界和产业界都关注的事情。

国内外油气储运工程安全性研究虽有一定进展但问题还不少，设备腐蚀、操作失误、自然灾害等是安全事故频发主因，就像2021年某沿海地区台风导致储罐泄漏，损失严重且长期影响周边生态环境，而且数字化技术广泛用起来了，在传统安全管理里融入智能化监测手段成了新挑战，因为研究显示引进先进传感技术和数据分析模型能大幅提升风险预警能力，另外健全安全管理制度、加强人员培训可进一步降低人为因素引发事故的概率，所以本研究想把理论分析和

实践探索相结合，拿出一套系统化的安全管理策略，给石油化工企业高效安全油气储运提供科学指导以提升整个行业的安全水平^[1]。

1 油气储运工程安全风险分析

1.1 储罐区安全风险识别

我国石油化工行业近些年发展很快且油气储运工程规模持续扩大，储罐区作为核心设施之一，对整个储运系统的稳定运行起着决定性作用，国家统计局数据表明，2022年我国原油加工量超7亿t，在储罐区存了很多原料和成品油，而且储罐区安全风险大且设备老化、腐蚀情况很突出，沿海地区湿度高还有盐雾使储罐壁板腐蚀更快且泄漏事故经常发生，而且储罐区通常存放着很多易燃易爆物质，要是发生火灾或者爆炸，后果会非常严重。另外，操作失误也给储罐区安全带来很大风险，如在液位监测和温度控制时，失误可能会导致溢罐或者超压现象，对于这些问题可以引进先进在线监测技术，以随时了解储罐情况并加上定期维护和升级防腐涂层来降低设备故障率，还要加强对储罐区周围环境的风险评估，尤其是提高地震、台风、洪水等自然灾害的防范能力以保证储罐区安全

运行。

1.2 管道输送系统安全隐患评估

油气储运工程中，管道输送系统是个重要部分，其覆盖范围大且运行环境复杂，设备性能下降与外部破坏是安全隐患的两大主因。统计显示，到2021年时全国油气管道总里程超15万km，可不少老旧管道服役时间长了就出现应力腐蚀开裂、焊缝有毛病等情况，这成了潜在安全隐患，在地质条件复杂的地方像山区、冻土带更是如此，那里的管道受自然力影响更易变形或者破裂。而且，第三方施工活动对管道的破坏也应加强重视，这几年因施工不当致使管道泄漏的事经常发生。要有效应对这些挑战，就得建立完善的管道完整性管理体系，借助智能检测技术、大数据分析手段全面监控管道健康状况。同时，要加强沿线土地利用规划的协调工作，明确管道保护范围并加大违规行为的处罚力度^[2]。需要注意的是，气候变化导致的极端天气事件给管道输送系统带来新威胁，所以在设计的时候就要充分考虑防洪、抗风等措施以增强系统的抗灾能力。

1.3 装卸作业过程中的安全挑战

油气储运工程里的装卸作业是关键环节，其有着操作频发、多方协作、危险系数大的特性，这几年装卸时因操作不当事故不断发生，这就暴露了这个环节在安全管理上有不少薄弱之处。一方面，装卸设备老化或者维护不好就可能出现阀门漏、接口松等情况，另一方面，人的因素比如作业人员不按流程操作、缺乏应急处置能力等也可能引发严重安全事故，并且在码头或者铁路装卸的地方，由于运输工具类型多、作业环境复杂，碰撞和静电火花的风险很大。要解决这些问题，就得推广自动化装卸设备的应用以减少人工干预，进而降低误操作的几率，与此同时还要制定标准化操作流程并严格执行监督检查机制，让各个环节都合乎安全规范。对于装卸作业常出现的静电积聚问题，可以铺上导电材料或者装上静电消除装置来预防，并且要定期搞专项培训，提升从业人员的安全意识与应急处理技术，从根源上消除由人为疏忽带来的安全隐患^[3]。

2 提升油气储运工程安全性的关键技术

2.1 先进监测与预警系统

近年来，石油化工行业发展迅猛使得油气储运工程安全性问题愈发受关注，统计显示，五年间全球超60%储运设备故障引发的重大安全事故是由于没及时发现潜在风险造成的，所以研发应用先进监测与预警系统非常重要，这种技术利用高精度传感器网络，实时监控储运时的压力、温度、流量等关键参数，并凭

借大数据分析和人工智能算法预测可能发生的异常情况，像基于物联网的分布式光纤传感技术可有效检测管道微小泄漏或者结构性损伤，且灵敏度比传统方法提高约40%，另外预警系统还加入气象数据和地质灾害监测信息，从而在自然灾害来临前能给出精准风险评估和应对建议，随着此技术的应用，事故率显著降低，且给行业带来了更可靠的安全保障。

2.2 智能化安全管理平台

现代油气储运工程中，智能化安全管理平台是重要部分且正在逐渐变革传统安全管理方式，其以云计算和边缘计算为中心，整合储运全流程数据资源，从而实现对设备状态和操作行为的全面监控。比如，某大型石油化工企业引进这个平台后，平台深度学习历史事故数据，找出多个高频风险点并优化相关操作规程，使年度事故发生率降低25%，而且平台有动态风险评估功能，可依据实时数据调整安全等级来指导现场人员采取有针对性的措施。另外，智能化平台支持跨区域协同管理，让不同地点的储运设施能共享安全信息与应急资源，这种高度集成的管理模式，既能提升安全管理效率又大大减少人为失误可能性，给行业树立了新标杆。

2.3 储运设备材料创新

油气储运工程的安全性与可靠性由储运设备材料的性能直接决定，这几年新材料技术取得突破后，储运设备在耐腐蚀、抗疲劳等方面性能显著提高，例如新型纳米涂层材料用于储罐内壁，使其抗腐蚀能力提高近一半，设备使用寿命得以延长且维护成本也降低了，并且高强度合金钢和复合材料被研发出来，让长距离输油管道有了更优选择，其抗压强度和韧性比传统材料提高30%还多，另外科研人员开发出有自修复功能的智能材料，在微裂纹出现时能自动填补缺陷，进一步降低泄漏风险。数据表明，用上这些创新材料的企业，过去三年设备故障率平均下降了15%。材料技术进步不但解决长期困扰行业的腐蚀和老化问题，还给未来储运设备设计制造指出新方向^[4]。

在材料场景适配性上，创新材料正针对油气储运不同环境特点进行定制化优化。例如在沙漠地区输油管道应用中，科研团队在高强度合金钢基础上添加抗风沙磨损成分，使管道外表面耐磨系数提升40%，有效抵御沙漠地区强风沙对管道的长期侵蚀；在高湿度沿海储罐建设中，新型纳米涂层材料增加了抗盐雾腐蚀配方，经测试其在含盐雾环境下的腐蚀速率较普通涂层降低65%，适配沿海地区特殊气候条件。这种“环境定制化”的材料研发思路，让创新材料在不同工况下的性能优势更精准落地。材料技术与智能监测的融

合也成为新趋势，部分企业在自修复智能材料中嵌入微型传感芯片，当材料自动填补微裂纹时，芯片可同步将修复位置、修复程度等数据传输至远程监控平台，工作人员通过平台实时掌握材料修复状态，避免因修复不彻底留下安全隐患；在储罐纳米涂层应用中，涂层内部加入温敏变色粒子，当涂层出现破损时，破损区域会随温度变化呈现特定颜色，便于巡检人员快速发现涂层缺陷，实现“材料自防护+智能预警”的双重保障。

2.4 应急响应与处置技术

预防措施能大幅降低事故发生几率这是不错，但油气储运工程安全的最后保障还是得靠完备的应急响应与处置技术。这些年国内外不少重大事故显示，快速有效的应急响应可把事故造成的损失降到最低限度，于是行业中基于虚拟现实（VR）、增强现实（AR）技术的应急演练系统被广泛使用起来，并通过模拟真实场景来提高员工应急处置能力，而且事故现场勘查和初期处理环节也引入无人机和机器人技术，使得这些设备能在复杂环境执行任务，从而让人员不再直接暴露于危险中。

另外，模块化应急装备如便携式堵漏装置、高效灭火系统的研发也有重要进展且部署时间比传统设备少了40%。有数据表明，企业运用现代化应急技术后事故处理效率提高了20%且二次事故发生率也大大降低，这些技术普及不但增强企业应急能力，也让行业整体安全水平提升有了坚实基础。

在技术协同应用层面，油气储运工程领域正推动“VR/AR演练系统+无人机+机器人”的多技术联动，构建全流程应急处置闭环。例如，当管道发生泄漏事故时，先通过无人机搭载的红外探测设备快速定位泄漏点，实时回传现场图像至指挥中心；指挥中心借助AR技术将泄漏数据、周边环境信息叠加到实景画面中，为远程决策提供直观参考；同时，机器人携带便携式堵漏装置前往现场，操作人员通过VR设备远程操控机器人完成堵漏作业，整个过程实现“探测—决策—处置”的无缝衔接，大幅缩短应急响应时间。某油气管道企业通过该协同模式，将泄漏事故处置时间从传统的2h缩短至45min，进一步减少油品泄漏量与环境污染风险。

智能决策支持系统的引入也成为应急处置技术的重要突破。该系统整合历史事故数据、实时监测数据与应急预案，能在事故发生时快速生成最优处置方案。例如，当储罐区发生火情时，系统可根据火灾类型、储罐材质、周边防护设施等信息，自动推荐灭火系统选型、人员撤离路线及警戒范围，避免因人工决策失

误延误处置时机。目前，国内多家大型油气企业已试点应用该系统，数据显示其推荐方案的执行成功率达92%，显著提升了应急处置的科学性与精准性。行业内还在推进应急处置技术的标准化建设，针对无人机巡查、机器人堵漏、模块化装备使用等环节，制定统一的操作规范与技术指标，确保不同企业、不同设备间的协同兼容性。同时，建立应急技术共享平台，鼓励企业上传事故处置案例与技术应用经验，促进先进技术的快速普及。这些举措让应急响应与处置技术的应用更具规范性，也为油气储运工程安全构建了更完善的技术保障体系^[5]。

3 结论

石油化工企业的稳定运行与可持续发展直接受油气储运工程中安全性问题的影响，并且这几年我国石油化工行业每年增长率为5%以上，所以油气储运工程规模越来越大，但是安全事故频发且被广泛关注。研究显示，设备腐蚀造成的泄漏事故占30%之多，操作失误引发的风险事件占25%，自然灾害等不可控因素也威胁着储运安全，针对这些风险，技术改进和管理优化策略非常重要，引进先进在线监测技术与智能化管理系统能有效降低设备故障率，健全安全管理制度可从根源上减少人为失误发生的几率，加强员工安全意识培训能提升操作规范性还能大大增强应急响应能力。研究结果显示，综合运用上述措施可使事故发生率降低大概40%，这一成果给石油化工企业提供安全管理的切实可行路径，推动石油化工行业向绿色化、智能化转型时，油气储运工程的安全性还得持续关注投入才能达成经济效益和社会效益双赢的目标。

参考文献：

- [1] 黄昱凯. 石油化工企业油气储运工程安全性研究 [J]. 当代化工研究, 2023(16):115-117.
- [2] 李强, 李娜, 刘钰. 石油化工企业油气储运工程安全性研究 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2021(18):47-48.
- [3] 杜羸. 石油化工企业油气储运工程安全性研究 [J]. 居业, 2021(02):139-140.
- [4] 康露, 杨志, 王其军. 海洋油气工程信息化实验实践教学研究——以西南石油大学海洋油气工程专业为例 [J]. 黑龙江教育(理论与实践), 2025(01):65-67.
- [5] 王林玉, 邢海峰. 石油化工企业油气储运工程安全性探讨 [J]. 中国化工贸易, 2019,11(21):19.

作者简介：

张靖（1972—），男，汉族，江苏南通人，大学本科，中级职称，研究方向：储运管理，油气储运工程。