

石油储运安全管理探讨

刘雨桐

青海油田采油五厂生产运维中心 青海 茫崖 817500

摘要：石油储运安全管理是保障能源供应链稳定与人员安全的核心环节。当前面临设备老化、监测预警滞后、人员操作不规范及跨区域协同困难等挑战。需构建涵盖风险矩阵评估、HSE管理体系及ISO45001标准的多层次安全框架，结合物联网实时监控与大数据预测模型提升风险防控能力，强化应急响应机制与第三方专业服务，通过制度优化、技术升级与文化培育形成全生命周期安全管理模式。

关键词：石油储运；安全管理；防控技术

引言：石油作为现代工业的“血液”，其储运安全直接关乎国家能源安全、经济发展与社会稳定。随着石油储运规模扩大与管道网络延伸，设备老化、人为操作失误、自然灾害及第三方破坏等风险日益凸显，泄漏、火灾、爆炸等事故不仅造成巨大经济损失，更对生态环境和公众健康构成严重威胁。本文从石油储运流程与风险特征出发，结合安全管理理论与技术实践，探讨如何通过制度优化、技术升级和协同管理，构建系统化安全防控体系。

1 石油储运安全管理基础理论

1.1 石油储运流程与风险特征

（1）储存环节：常见储罐类型有立式圆柱形钢储罐、球形储罐等，大型油库中储罐多按油品类型分区分布，如轻油区、重油区；监控需实时监测储罐液位、压力、温度，配备液位计、压力传感器及视频监控系统，防范超液位、超压等问题。（2）运输环节：管道运输适合长距离、大运量输送，需定期巡检防泄漏；铁路运输用专用油罐车，要检查车辆密封性与轨道状况；船舶运输依托油轮，需关注航线天气与船舶设备；公路运输靠油罐汽车，重点管控驾驶员资质与车辆安全性能。（3）主要风险类型：泄漏易因设备破损、密封失效引发，污染环境且有燃爆隐患；火灾多由泄漏油品遇火源导致，火势蔓延快；爆炸常伴随火灾发生，威力大；腐蚀会损害储罐、管道等设施，降低使用寿命；人为操作失误如违规操作、监控疏忽，易直接诱发安全事故^[1]。

1.2 安全管理理论框架

（1）风险矩阵分析：通过横向“风险发生可能性”（如高频、中频、低频）与纵向“后果严重程度”（如人员伤亡、财产损失、环境破坏）构建矩阵，将风险划分为高、中、低三个等级。例如，管道泄漏引发爆炸属于“高频+严重后果”的高风险，需优先投入资源防控；

而储罐轻微腐蚀属于“低频+轻微后果”的低风险，可按常规计划管控。（2）事故致因理论：海因里希法则提出，每发生1起严重事故，背后伴随29起轻微事故、300起未遂先兆和1000起安全隐患。该理论强调事故预防需从源头排查隐患，通过消除微小风险，减少轻微事故发生，最终避免严重事故，为企业开展隐患排查治理提供理论依据。（3）安全管理体系：HSE体系整合健康、安全、环境管理，要求企业建立风险识别、评估、控制流程，从项目设计到运营全流程落实安全措施；ISO45001聚焦职业健康安全，规范企业对员工安全的保障义务，包括安全培训、防护设备配备、应急预案制定等，帮助企业建立系统化的安全管理机制，提升整体安全管理水平。

2 石油储运安全管理现状与问题

2.1 国内石油储运安全管理现状

（1）法律法规与标准体系：已形成以《石油天然气管道保护法》为核心，配套《危险化学品安全管理条例》《石油库设计规范》等法规标准的体系。《石油天然气管道保护法》明确管道企业、政府及第三方的权责，规范管道规划、建设与保护；各类标准从设计、施工到运营，为石油储运各环节安全提供技术依据，推动行业安全管理规范化。（2）企业安全管理实践：中石油、中石化等龙头企业率先落实安全管理要求。中石油构建“管道智能监控系统”，通过物联网实时监控管道压力、温度，及时发现泄漏隐患；中石化推行“HSE管理体系全覆盖”，定期开展安全培训与应急演练，如每年组织油库火灾扑救、管道泄漏处置演练，提升基层员工应急能力，为行业树立实践标杆。

2.2 现存问题与挑战

（1）设备老化与维护不足：部分建于2000年前的油库，约30%储罐存在罐体腐蚀、阀门密封失效问题；部分长输管道因资金有限，年度维护仅覆盖核心路段，非核

心路段年均巡检次数不足2次,隐患累积风险高。(2) 风险监测与预警技术滞后:中小油企中,60%仍依赖人工巡检排查泄漏,响应时间超2小时;多数企业预警系统仅监测液位、压力,对雷击、地质沉降等外部风险无预警功能,2024年某油库因未监测到强降雨导致储罐区积水,引发油品稀释事故。(3) 人员安全意识与操作规范性不足:调研显示,近40%一线员工存在违规操作,如油罐车装卸油时未按规定接地;新员工安全培训平均时长不足10小时,35%新员工无法完整复述应急处置流程。(4) 应急响应机制不完善:70%中小企业应急预案未每年更新,某沿海油库台风应急预案仍沿用2018年版本,未考虑新投用的储罐布局;偏远油库应急物资储备缺口达40%,缺乏专业堵漏设备。(5) 跨区域协同管理难度大:长输管道跨多省市时,地方政府与管道企业信息共享滞后,2024年某跨省管道施工纠纷,因协调不畅导致隐患整改延误15天;跨区域应急演练年均不足1次,协同处置流程磨合不足。

3 石油储运安全风险防控技术

3.1 泄漏检测与防控技术

(1) 在线监测系统:SCADA(数据采集与监视控制系统)可实时采集储罐液位、压力及管道流量数据,当参数异常时自动报警,如管道流量突降可能提示泄漏;光纤传感技术通过铺设在管道周围的光纤,利用光的散射效应监测温度、振动变化,即使管道深埋地下,也能精准定位微小泄漏点,响应时间可缩短至秒级,广泛应用于长输管道泄漏监测。(2) 泄漏修复与堵漏技术:针对不同泄漏场景采用差异化方案,储罐法兰密封泄漏可使用带压堵漏工具,通过注入密封胶填充缝隙;管道小口径泄漏可采用夹具堵漏,借助专用夹具包裹泄漏点并注入密封剂;对于严重泄漏,可启用备用管道分流油品,同时采用焊接修复或更换管段,确保修复过程安全可控,减少油品损失与环境影响^[2]。

3.2 火灾与爆炸预防技术

(1) 防爆设备与材料应用:在油库、加油站等区域,选用防爆型电气设备,如防爆电机、防爆灯具,其外壳可承受内部爆炸压力且阻止火焰外传;储罐、管道采用抗爆材料,如在储罐内壁加装铝合金抗爆层,降低爆炸冲击力对设备的破坏;输油管道阀门选用防火阀,火灾发生时可自动关闭,阻断油品流动,防止火势蔓延。(2) 惰性气体保护系统:在储罐存储轻质油品时,向罐内充入氮气、二氧化碳等惰性气体,使罐内氧气浓度降至12%以下,抑制油品挥发气体与空气形成爆炸性混合物;系统配备氧含量监测仪,实时调控惰性气体注入

量,确保罐内始终处于安全氛围,尤其适用于汽油、柴油等易挥发油品的储存。

3.3 腐蚀防护技术

(1) 阴极保护、涂层防护:阴极保护分为牺牲阳极法和外加电流法,牺牲阳极法通过在管道、储罐上连接锌、铝等活性金属,使其优先腐蚀保护主体设备;外加电流法通过外部电源向设备施加电流,抑制金属电化学腐蚀。涂层防护则在设备表面涂刷防腐涂料,如环氧煤沥青、聚脲涂层,形成致密保护膜,隔绝水、氧气与金属接触,延长设备使用寿命^[3]。(2) 智能监测与预测性维护:利用腐蚀传感器实时监测设备腐蚀速率,如在储罐底部、管道弯头等高腐蚀部位安装电阻式腐蚀传感器,将数据传输至管理平台;结合设备运行年限、介质特性,通过算法构建腐蚀预测模型,提前预判腐蚀风险,制定针对性维护计划,避免因腐蚀导致的设备失效,如预测管道某段6个月后可能出现严重腐蚀,可提前安排更换,减少突发故障。

3.4 信息化与智能化管理

(1) 物联网(IoT)在储运监控中的应用:通过在储罐、油罐车、管道上部署物联网传感器,实时采集温度、压力、位置等数据,借助5G、LoRa等通信技术传输至云端平台;管理人员可通过手机APP、电脑终端远程监控,如实时查看油罐车行驶轨迹、储罐液位变化,实现“无人值守+远程监管”模式,提升监控效率,减少人工巡检盲区。(2) 大数据分析 with 风险预警模型:整合历史事故数据、设备运行数据、环境数据(如天气、地质信息),通过大数据分析识别风险关联因素,如高温天气下管道泄漏风险提升30%;构建风险预警模型,对潜在风险进行分级预警,如预测某油库未来72小时可能因暴雨引发储罐区积水,提前推送预警信息,指导企业采取排水、加固等预防措施,将风险遏制在萌芽状态。

4 石油储运安全管理体系优化

4.1 完善安全管理制度

(1) 强化法规执行与监管力度:针对现有《石油天然气管道保护法》《危险化学品安全管理条例》等法规,建立“政企联动监管机制”,政府部门通过定期专项检查、随机抽查,核查企业法规落实情况,如检查管道保护距离是否符合标准、储罐安全附件是否齐全;对违规企业加大处罚力度,除罚款外,将安全失信企业纳入“黑名单”,限制其项目审批与融资,倒逼企业严格执行法规。(2) 建立全生命周期安全管理机制:覆盖石油储运设施“设计-建设-运营-报废”全流程,设计阶段需通过安全预评价,确保选址、工艺符合安全标准;建

设阶段引入第三方监理,严控施工质量,如管道焊接需100%无损检测;运营阶段制定年度安全评估计划,每3-5年开展一次全面检测;报废阶段实施安全处置方案,如储罐拆除前需清理残留油品、惰性气体置换,避免处置过程中引发安全事故。

4.2 提升人员安全素养

(1) 专业化培训与应急演练:构建分层分类培训体系,对一线操作员工开展“理论+实操”培训,如油罐车装卸油操作、泄漏检测设备使用,考核合格方可上岗;对管理人员开展风险管控、应急指挥培训,提升决策能力。定期组织针对性应急演练,每季度至少1次小规模演练(如储罐小泄漏处置),每年1次跨部门综合演练(如油库火灾+人员疏散+环境处置),演练后复盘总结,优化处置流程。(2) 安全文化建设的实践路径:通过“安全宣传栏+班前安全会+安全知识竞赛”等形式,普及安全理念;推行“安全积分制”,员工发现并上报隐患可累积积分,兑换奖励,激发主动参与安全管理的积极性;设立“安全明星岗”,表彰合规操作、隐患排查突出的员工,发挥榜样带动作用;建立“员工安全建议通道”,鼓励员工提出安全改进意见,如优化巡检路线、改进设备操作流程,让安全文化融入日常工作。

4.3 应急管理能力建设

(1) 应急预案制定与演练:应急预案需结合企业实际与区域风险,明确应急组织架构、处置流程、物资调配方案,如针对沿海油库,需补充台风、风暴潮引发的泄漏处置预案;定期更新预案,每年结合法规变化、设施更新调整内容。演练采用“实战+模拟”结合模式,利用VR技术模拟油罐爆炸、管道泄漏等场景,让员工沉浸式体验应急处置流程,提升实战能力;演练后评估效果,形成“演练-复盘-改进-再演练”的闭环。(2) 跨部门协同救援机制:建立“企业-政府(应急、消防、环保)-周边单位”协同体系,签订应急联动协议,明确各单位职责,如企业负责初期处置,消防部门负责火灾扑救,环保部门负责污染防控;搭建跨部门应急通信平台,实现信息实时共享,如泄漏事故发生时,企业可通过平台一键推送事故位置、油品类型、泄漏量等信息至相关部门;定期开展跨部门联合演练,如联合消防部门

开展油库火灾扑救演练,磨合协同流程,缩短应急响应时间^[4]。

4.4 第三方服务与保险机制

(1) 安全评估与咨询机构的作用:第三方机构具备专业技术优势,可提供独立安全评估,如对老旧管道开展腐蚀状况检测、风险等级评估,出具客观整改建议;为企业提供定制化咨询服务,如帮助中小企业搭建HSE管理体系、优化风险监测方案,弥补企业内部技术力量不足的短板;参与事故调查,从第三方视角分析事故原因,提出改进措施,避免同类事故重复发生。(2) 保险对风险转嫁的补充功能:企业投保“石油储运安全责任险”,涵盖火灾、爆炸、泄漏引发的财产损失、人员伤亡、环境赔偿等,如管道泄漏导致农田污染,保险可赔付污染清理费用与农户损失,降低企业经济风险。保险公司可联合第三方机构为企业提供“保险+服务”,如投保后免费提供安全风险评估、员工培训等增值服务,帮助企业提升安全管理水平,实现“风险转嫁+安全提升”双重效果。

结束语

石油储运安全管理是一项系统性、长期性的工程,需从技术防控、制度完善、人员素养提升及协同机制构建等多维度持续发力。面对设备老化、风险复杂化等挑战,唯有融合物联网、大数据等先进技术,强化全生命周期管理,培育主动安全文化,并推动政企社协同共治,方能筑牢安全防线。未来需以创新驱动安全升级,实现风险可控、发展可持续的石油储运新格局,为能源安全与社会稳定保驾护航。

参考文献

- [1] 武俊伟.石油管道储运安全及事故预防措施的思考[J].石化技术,2021,25(05):232-233.
- [2] 栾宇.油品储运安全管理的有效措施[J].化工设计通讯,2023,49(03):20-22.
- [3] 冯中远.油品储运安全管理的常见问题及措施[J].石化技术,2021,28(04):163-164.
- [4] 赵铁新.油气储运安全管理的常见问题及对策探究[J].江西化工,2021,37(01):10-12.