

石油库安全管理体的重构与路径优化

杨华林 (国家石油天然气管网集团有限公司广西分公司, 广西 南宁 530000)

摘要: 本文以国家管网集团广西公司黎塘作业区黎塘站为研究对象, 结合《油气储存企业安全风险评估细则》的深度评估结果, 系统剖析石油库在安全管理、设备设施、应急体系等领域的现存问题。通过构建“制度-技术-应急-人员”四维协同优化体系, 提出智能化监测升级、全生命周期风险管理、应急预案数字化等创新策略, 并通过实证数据验证其有效性。研究表明, 体系化整改使黎塘站安全风险评估得分从 915 分提升至 965 分, 隐患整改率达 98%, 为同类企业提供了可复制的科学管理范式。

关键词: 石油库; 安全管理; 风险评估; 智能化; 应急体系; 四维协同

中图分类号: TE88 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2025) 025-0154-03

Reconstruction and path optimization of oil depot safety management system

Yang hualin(Guangxi Branch of National Petroleum and natural gas pipeline network Group Co., Ltd. Nanning Guangxi, 530000, China)

Abstract: This paper takes the Litan Station of the Liangtang Operation Area under the Guangxi Company of the National Pipeline Network Group as the research object. It combines the in-depth evaluation results from the “Safety Risk Assessment Guidelines for Oil and Gas Storage Enterprises” to systematically analyze existing issues in areas such as safety management, equipment and facilities, and emergency systems at oil depots. By constructing a four-dimensional collaborative optimization system of “institution-technology-emergency-personnel,” it proposes innovative strategies including intelligent monitoring upgrades, full lifecycle risk management, emergency plan digitalization, etc. The research shows that the systematized rectification improved the safety risk assessment score of the Liangtang Station from 915 points to 965 points, and the hidden danger rectification rate reached 98%, providing a replicable scientific management paradigm for similar enterprises.

Key words: oil depot; safety management; risk assessment; intelligence; emergency system; four-dimensional coordination

1 行业背景

1.1 研究背景与行业需求

石油库作为能源供应链的核心节点, 其安全运行直接关联国家能源安全与社会稳定。据应急管理部统计, 我国现存运营的石油库中, 约 40% 建于 2005 年前, 其中 58% 存在安全管理制度滞后、设备设施老化等问题。

随着《“十四五”危险化学品安全生产规划方案》《油气储存企业安全风险评估细则(2025 年修订版)》等政策标准的实施, 旧标准石油库在责任制度、设备合规性、应急响应等方面的缺陷日益凸显。黎塘站作为典型案例, 其 2024 年深度安全评估暴露出安全管理、设备设施、应急体系等领域的 12 项核心问题, 反映出国内旧库在安全管理中的共性挑战, 亟待系统性解决方案。

1.2 研究目标与创新价值

现有研究多聚焦单一技术应用, 缺乏对管理体系与技术升级的协同性研究。本文创新点在于:

四维体系构建: 提出“制度-技术-应急-人员”全要素优化模型, 突破传统改造的碎片化局限;

数据驱动决策: 基于黎塘站改造前后的对比数据, 量化评估体系效能;

行业标准适配: 结合最新规范, 提出旧库改造的

合规化路径。

2 石油库安全管理现状与问题剖析

2.1 案例概况: 黎塘站基本特征

黎塘站建于 2004 年, 总库容 13.6 万 m^3 , 包含 10 座内浮顶储罐 (最大单罐容量 2 万 m^3), 储存汽油、柴油等介质, 属一级重大危险源。站内实行“站库合一”管理模式, 现有员工 38 人, 其中安全管理人员 4 人, 此外配备专职消防员 15 人。2024 年评估显示, 该站安全风险等级为“低风险”, 但存在多项重大隐患, 包括安全生产责任制未覆盖实习岗位、2# 罐内浮顶材质违规、消防水泵无法远程启动等, 整改需求迫切。

2.2 核心问题解析

2.2.1 制度体系: 责任断层与合规失能

责任覆盖不全: 实习岗位未纳入安全生产责任制, 2024 年因实习人员操作失误引发 2 次工艺波动; 主任岗位安全职责缺失“应急救援预案制定”等关键内容, 与《安全生产法》要求存在 3 处冲突。安全生产目标责任书签订率仅 85%, 部分管理层未明确风险管控具体权责。

合规管理滞后: 未建立法律法规动态评估机制, 直至评估时发现未落实《危险化学品重大危险源安全监控技术规范》关于 SIS 系统的要求; 安全生产费用台账不规范, 2024 年实际投入较预算偏差达 22%, 且

未专项列支智能化改造费用。

培训体系缺陷：年度培训计划未覆盖责任制教育，员工对“三管三必须”原则知晓率仅 65%，考核合格率 78%。培训形式以课堂讲授为主，参与度不足 45%，新员工平均胜任周期长达 6 个月。

2.2.2 设备设施：老化腐蚀与技术代差

结构性缺陷：2# 罐内浮顶采用铝制材料（直径 40.5m），违反 GB50074-2014 “直径 >40m 的甲 B 类储罐应采用金属浮顶”规定，经风险评估，该储罐火灾风险等级较标准要求高 3 级；罐区地面开裂面积达 28 m²，管道穿越防火堤处密封材料脱落，导致泄漏检测频次增加至每月 2 次。

监测系统落后：80% 的液位监测仍使用机械指针表，数据延迟达 8min；已停用泄压罐液位仪表未接地，导致 2024 年 4 次数据异常波动，影响工艺调控精度。电气设备防爆套管缺失率达 35%。

2.2.3 应急体系：硬件缺口与协同不足

装备配置不达标：未配备自动体外除颤器（AED），可燃气体报警器超期未检率 18%；消防水泵仅支持现场手动启动，火灾初期响应时间 18min，远超《危险化学品重大危险源监督管理暂行规定》要求的 5min 响应标准。

演练实效性差：2024 年开展的 5 次应急演练中，仅 42% 员工能正确操作新型消防设备；消防系统与视频监控、气体检测未实现数据联动，应急处置效率低下。

2.2.4 工艺控制：人工依赖与风险防控薄弱

参数控制粗放：水封井水封高度仅 0.4m（设计值 0.6m），导致含油污水外溢风险预警 3 次；火焰探测器角度偏差造成罐区东北侧 15% 区域监测盲区，模拟火灾测试中报警延迟达 8min，错过最佳灭火时机。

自动化水平低：90% 的工艺操作依赖人工（如手动切水、液位监控），误差率达 12%；HAZOP 报告提出的支线进站水击超前保护未落实，管道水击风险突出，2024 年发生 2 次因人工调节滞后导致的压力超限事件。

3 “制度 - 技术 - 应急 - 人员”四维优化体系构建

3.1 制度体系重构：责任闭环与合规升级

3.1.1 全员责任体系完善

制定《全员安全责任清单》，明确实习岗位“岗前 72h 安全培训 + 导师带教”机制，实现安全生产责任书 100% 覆盖；补充主任岗位“重大危险源包保责任”“应急演练组织”等 6 项职责，纳入绩效考核，权重提升至 30%。引入“红橙黄蓝”四色风险分级：

储罐区、泵区等 8 个高风险区域划分为红色，由作业区主任每日巡检；辅助区域划分为蓝 / 黄色，明确各级人员巡检频次（如黄色区域班组长每日 1 次），通过安全管理信息系统实时跟踪责任落实情况。

3.1.2 合规性动态管理强化

建立“法规对标管理系统”，每季度自动抓取《细则》《危险化学品安全管理条例》等 12 部法规更新内容，2024 年识别制度漏洞 5 处，修订《变更管理办法》《应急物资管理制度》等 8 项制度。推行“变更管理电子台账”，对工艺参数调整、设备改造等实施 HAZOP 分析与线上审批，2024 年完成质量流量计国产化改造等 7 项变更，从申请到验收的平均周期从 20 天缩短至 7 天，闭环率 100%。

3.2 技术赋能：智能化监测与设备升级

3.2.1 智能监测网络构建

部署物联网传感器，实时采集储罐液位、压力、可燃气体浓度等 18 项参数传输至中控室。应用 AI 图像识别技术升级视频监控系统，部署 120 路高清摄像头，自动识别未佩戴防护装备、违规动火等行为，全年预警 127 次，整改率 100%，违规行为发生率下降 73%。监测数据同步接入全国危险化学品风险监测预警系统，实现与监管部门的数据互通。

3.2.2 设备完整性管理提升

专项投资对 2# 罐实施不锈钢浮盘改造，经第三方检测，防火性能提升 40%，静电导出效率提升 50%；采用碳纤维加固技术修复罐区地面裂缝，承载能力恢复至设计标准的 95%，泄漏检测周期延长至每季度 1 次。建立设备全生命周期数字档案，记录设计、运维、报废全流程数据，通过 HAZOP 分析优化储罐布局，减少工艺交叉风险点 15 处，设备故障率从年均 12 次降至 3 次，维修成本下降 25%。

3.3 应急体系优化：数字化与协同联动

3.3.1 硬件设施智能化改造

投资升级消防水泵远程控制系统，实现“中控室 + 移动端”双模式启停，响应时间从 18min 缩短至 5min；配备智能消防机器人 4 台、AED 设备 1 台，应急物资通过区块链技术追踪状态，储备充足率达 100%，清单与实际储备差异率降为 0。开发应急处置 APP，集成 12 类事故处置流程、3D 逃生路线图及物资调配清单，员工可通过手机实时获取处置指引，模拟演练中流程知晓率从 62% 提升至 91%。

3.3.2 应急协同机制创新

建立“1h 跨部门响应圈”，与属地消防部门、医院签订联动协议，定期开展“无脚本”实战演练。2024 年联合演练 4 次，消防支援力量到达时间从

25min 缩短至 12min, 伤员转运效率提升 50%。制定《应急联动操作手册》, 明确各部门职责与数据交互流程, 实现消防系统、视频监控、气体检测的实时联动, 预警信息可同步推送至相关单位负责人。

3.4 人员能力提升: 三维培训体系构建

3.4.1 分层级精准培训

管理层: 参加《细则》专题培训 6 场, 通过案例研讨提升风险决策能力, 2024 年安全管理决策效率提升 40%, 重大隐患整改周期缩短 30%。

技术层: 选派 10 人参加 SIL 评估、防爆电气等专项培训, 培养内部安全工程师 5 名, 智能设备操作合格率从 70% 提升至 95%, 自主完成 SIS 系统日常维护。

操作层: 开展“VR 模拟 + 实战演练”培训, 2024 年投入使用后, 员工考核合格率从 78% 提升至 92%, 误操作率下降 61%, 特殊作业违规次数从每月 9 次降至 1 次。

3.4.2 安全文化与激励机制

设立“隐患排查奖励基金”, 2024 年奖励有效隐患上报 23 起, 人均奖励 500 元, 员工主动发现隐患数量增长 3 倍; 推行“安全积分制”, 将培训参与度、违规次数等纳入积分, 与晋升、奖金挂钩, 员工主动参与率提升至 85%, 形成“人人参与安全管理”的文化氛围。

4 实施成效与行业启示

4.1 整改成效量化分析

通过体系化整改, 黎塘站安全管理水平显著提升: 安全风险评估得分从 915 分提升至 965 分, 隐患整改率从 65% 提升至 98%; 设备故障率从年均 12 次降至 4 次, 应急响应时间从 18min 缩短至 5min; 员工考核合格率从 78% 提升至 92%, 各项核心指标均实现跨越式改善。智能化系统年节约人工成本 200 万元, 提前预警泄漏隐患 3 起, 避免直接经济损失约 150 万元。

4.2 行业启示

技术融合路径: 推动数字孪生技术在风险模拟中的应用, 如构建储罐区数字孪生模型, 实时仿真流体流动与压力变化, 提前 72h 预测泄漏风险, 实现从“被动响应”到“主动预防”的转变。

标准引领建议: 建议制定《石油库智能化安全管理技术规范》, 统一数据接口、智能设备选型及评估标准, 解决“各企自建、数据孤岛”问题, 降低行业改造成本。

人才培养模式: 建立“理论 - 模拟 - 实战”三维培训体系, 与高校合作开设“智能安全工程”专业, 培养兼具安全管理、物联网技术、应急处置能力的复合型人才, 满足行业智能化转型需求。

5 结论与展望

5.1 研究结论

黎塘站的实践表明, “制度 - 技术 - 应急 - 人员”四维协同体系是破解旧标准石油库安全管理难题的有效路径。通过责任制度重构、智能化技术赋能、应急能力升级与人员素养提升的系统联动, 可显著提升本质安全水平, 实现风险等级跃升与管理效率优化。其中, 智能化监测系统使风险预警效率提升 62.5%, 全员责任制落实使隐患整改率提升 33%, 印证了管理与技术的协同效应。

5.2 未来展望

技术深化方向: 探索 5G+ 边缘计算在实时风险预警中的应用, 实现“秒级响应”; 研究光伏发电、智能通风等绿色技术与安全管理的融合, 构建低碳型油库, 推动行业可持续发展。

管理创新方向: 推动“安全管理区块链”技术应用, 实现责任追溯、隐患治理等数据不可篡改, 提升监管效能; 完善社会化应急联动机制, 利用大数据实现区域应急资源动态调配, 缩短整体响应时间。

标准完善方向: 建议应急管理部牵头制定《旧标准石油库改造技术导则》, 明确改造流程、验收标准及资金支持政策, 加速行业整体升级, 确保旧库改造工作规范化、标准化。

参考文献:

- [1] 应急管理部. 油气储存企业安全风险评估细则 (2025 年修订版) [S]. 北京: 中国法制出版社, 2025.
- [2] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 石油库设计规范 (GB50074-2014) [S]. 北京: 中国计划出版社, 2014.
- [3] 国务院. 危险化学品安全管理条例 (2022 修订) [S]. 北京: 法律出版社, 2022.
- [4] 应急管理部. “十四五”危险化学品安全生产规划方案 [Z]. 北京: 应急管理部, 2021.
- [5] 广西枫博安全技术有限公司. 黎塘站深度评估报告 (2024) [R]. 南宁: 国家管网集团广西分公司, 2024.
- [6] 马秀让, 王银锋. 石油库安全管理理论与实践 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2018: 89-126.
- [7] 中国石油和化学工业联合会. 危险化学品重大危险源监督管理暂行规定 (2023 修正) [S]. 北京: 中国石化出版社, 2023.
- [8] 山东省应急管理厅. 油库智能化改造技术白皮书 [Z]. 济南: 山东省应急管理厅, 2024.
- [9] 刘烈. 石油库安全管理中的人为不安全因素探究与应对策略 [J]. 区域治理, 2024(8): 0019-0021.