

油气储运罐区危险源辨识及安全防范技术研究

姬树敏 夏效祯 房强 (山东筑本安全技术咨询有限公司, 山东 济南 250000)

摘要: 油气储运罐区是易燃易爆介质存储转运装卸的关键区域, 装置紧凑、能量集中、作业持续、环境敏感, 一旦发生泄漏、起火或爆炸, 易蔓延快、影响广、处置难。危险源辨识是罐区安全治理首要环节, 精准度直接决定风险管控与隐患排查实效。针对部分罐区辨识覆盖不全、变更闭环缺失等问题, 本文梳理方法、解析风险机理、提对策, 构建“辨识—评估—控制—验证—改进”闭环体系, 指出制度薄弱、预警滞后等问题, 推动风险信息联动, 为提升罐区本质安全提供参考。

关键词: 油气储运; 危险源辨识; 安全防范技术

中图分类号: TE88; X937

文献标识码: A

文章编号: 1674-5167 (2026) 002-0133-03

Research on Hazard Identification and Safety Prevention Technology in Oil and Gas Storage and Transportation Tank Farms

Ji Shumin, Xia Xiaozhen, Fang Qiang (Shandong Zhuben Safety Technology Consulting Co., Ltd., Jinan Shandong 250000, China)

Abstract: Oil and gas storage and transportation tank farms are critical areas for the storage, transfer, loading, and unloading of flammable and explosive media. Characterized by compact equipment, concentrated energy, continuous operations, and sensitive environments, such tank farms are prone to rapid spread, wide-ranging impacts, and difficult disposal once leakage, fire, or explosion occurs. Hazard identification is the primary link in tank farm safety management, and its accuracy directly determines the effectiveness of risk control and hidden danger investigation. Addressing issues such as incomplete identification coverage and lack of closed-loop management for changes in some tank farms, this paper sorts out identification methods, analyzes risk mechanisms, and proposes countermeasures. A closed-loop system of “identification-evaluation-control-verification-improvement” is constructed, and problems including weak institutional systems and delayed early warning are pointed out. The study promotes the linkage of risk information, providing a reference for improving the intrinsic safety of tank farms.

Keywords: oil and gas storage and transportation; hazard identification; safety prevention technology

油气储运罐区承担原油、成品油、液化烃等介质的储存、计量、调配与装卸, 是生产系统与运输体系之间的枢纽单元。其风险出自介质物性与设施运行的耦合关系: 油气挥发可造就可燃蒸气云, 浓度进入爆炸极限时, 若遇到火源就会燃爆; 罐体、管线、阀门、泵组及仪控长期受到腐蚀、振动、温差、静电与操作上的扰动影响, 容易引发密封退化问题、壁厚减薄状况、误动作与连锁故障, 叠加装卸、检维修动火、受限空间这类高危作业活动, 事故诱因体现出多点一起发生、链式演化的特性, 尽管行业管理规章不断完备, 仍有单位存在辨识跟现场控制脱节、隐患闭环不紧凑、应急能力和风险等级不匹配等毛病。开展危险源辨识与防范技术研究, 有助于前移治理关口, 系统锁定关键风险并配置技术与管理屏障, 增强罐区运行的稳定性与可预见性。尤其在装置密集、作业交叉频繁及周边敏感目标邻近时, 微小泄漏也可能因积聚扩散与点火耦合而快速升级, 带来人员疏散与联动处置风险更高的综合挑战。

1 油气储运罐区危险源辨识思路与关键对象

罐区危险源辨识须依照“全过程、全要素、全场景”

思路, 以介质能量、设备情况、作业流程及环境边际为主要线索, 涉及储存、转运、装卸、计量、排放以及检维修等核心环节, 辨识对象既囊括了储罐及附件、管廊阀组、仪表连锁等实体单元, 且涵盖操作规程、变更活动、承包商作业、人员行为等一系列管理要素。方法上得同时兼顾固有风险与控制失效现象: 前者着重留意介质危险特性、储量规模及总图布置带来的风险暴露, 后者重视设备的完整状态、连锁的可靠状态、操作的偏差状态及管理的缺陷状态, 实践当中可采用分区且分级的清单化路径, 把罐区划分出关键功能的区域, 以区为单位提炼典型事故类型及触发条件, 进一步细化至设备单元与作业场景, 创建可追踪的台账。辨识成果需支撑巡检、检修策划、作业许可与应急准备, 建立定期复核与变更触发的更新规则, 确保台账与现场工况同步。同时明确责任边界与验证方式, 实现辨识成果动态更新与持续改进, 避免辨识流于形式。

2 油气储运罐区安全管理中的主要问题分析

2.1 设备与管线完整性管理薄弱导致泄漏风险突出

部分罐区在设备全生命周期管理上仍存在衔接不畅, 表现为腐蚀机理辨识不足、关键薄弱部位检测覆

盖不全、检验周期与风险等级联动不紧，以及修复策略与实际工况的匹配适配度较低，导致底板、罐壁过渡区、弯头三通、法兰连接以及阀门填料等部位的泄漏风险不断累积，运行的过程里，介质腐蚀、土壤电化学的作用、应力集中加上振动冲击会加速壁厚减薄和密封老化进程；若巡检依靠经验为主、缺少趋势判断与状态信息的依托，微量渗漏一般很难在及时识别后进行处置，泵组、计量装置以及伴热系统在频繁启停或者负荷出现变动时，更易发生机械密封失效与连接松动现象，一旦油气在局部空间聚合并碰上点火源，隐患也许会迅速转化为火灾爆炸事故。该类问题不仅涉及技术手段选择，还反映检维修策划、备件准入、施工质量验收与资料交付等环节协同不足，从而影响本质安全水平的稳定提升。

2.2 作业活动控制不严与变更管理不到位引发叠加风险

罐区作业场景复杂，不仅存在多工种交叉密集作业的情况，临时检修、设备维护等临时任务频发，且承包商等外部人员参与度高，进一步加剧了安全管控难度。动火、临时用电、高处等六大高风险作业，若审批流程流于形式，未严格核查安全条件，极易导致多种危险诱因叠加，引发安全事故。当前罐区作业常见安全隐患诸多：作业前未结合介质特性、工况条件充分开展风险分析，隔离封堵、介质置换及检测复核等前置安全措施未完全落地；现场监护人员履职不到位，存在擅离岗位、监管不力等问题；联锁旁路启用、临时管线铺设及临时设施搭建缺乏规范管理，导致安全控制措施与实时生产工况脱节。此外，承包商管理存在闭环漏洞，资质审核、能力评估、入场培训及过程监督未形成完整管控链条，外部作业行为难以纳入统一安全标准；变更管理存在盲区，未全面覆盖参数调整、设备替换、管线改造等各类变更情形，易导致新风险隐性引入系统。对此，需明确作业安全边界、审批有效期及复核触发条件，确保安全措施可核验、工况偏离可纠正、管理责任可追溯，全方位筑牢罐区作业安全防线。

2.3 风险预警与应急处置能力不匹配影响事故早期控制

罐区事故往往具有早期征兆短、处置窗口更短的特点，能否在泄漏初期实现快速发现、快速隔离与快速处置，直接决定后果规模。但部分罐区仍然有着监测报警覆盖情况不均、分级逻辑跟处置联动的关系不明、资源配置与风险等级不相符等问题，造成早期控制能力欠缺，可燃及有毒气体检测点位与通风条件、低洼积聚区、装卸接口等关键部位的相符程度不高，报警信息较难转化成清晰的指令体系，岗位人员对标

准响应动作掌握不熟，就预案来说，若情景构建和平面布置、切断分区、泡沫系统能力未达成一致，演练聚焦于流程展现，缺少对抗性查证，队伍在物资调度、泡沫供给、消防水保障、紧急切断及疏散警戒协同上的效率难以提升。若通信指挥、应急照明、应急电源与道路通行等保障未纳入周期验证，真实事件中处置难度将被放大。其根源在于风险管理闭环中的验证与改进环节薄弱，防护措施有效性缺少持续确认。同时，罐区安全预警系统存在报警阈值设置过高或过低的合理问题，叠加各类无关误报频发，易使操作人员产生“报警疲劳”，出现对报警信号麻木、忽视的情况，直接导致判断偏差与响应迟缓，大幅削弱系统预警效能，进一步降低应急处置的及时性与精准度，加剧安全风险。

3 油气储运安全防范技术与优化措施

3.1 强化设备完整性与泄漏防控的系统化技术措施

针对设备与管线完整性薄弱带来的泄漏风险，应坚持风险导向，构建覆盖设计、采购、安装、运行、检修到退役的完整性管理体系，把失效机理识别、分级检验与状态监测贯通起来。技术上应当突出对储罐底板、罐壁过渡区、罐顶附件、容易出现腐蚀的管段、泵组机械密封和法兰密封面等薄弱的差异化管控，凭借腐蚀回路划分与测厚策略的优化，加大检测的针对性与可追溯性；对高风险单元可采用在线或准在线监测引入方式，进一步强化趋势研判及异常预警，降低检验周期期间缺陷迅速扩展的几率，管理上应让检维修从故障修复过渡到预防性维护与风险消减，对垫片、填料、密封件和关键备件开展准入、追溯及质量验收事宜，加大施工交付与联锁功能验证力度，让强度、严密性与可靠性符合相应要求。同时完善泄漏分级与处置响应流程，形成发现、隔离、收集清理、原因分析与整改复核的闭环，使小渗漏也能被及时纳入治理，减少油气积聚与点火风险，为罐区稳定运行提供基础支撑。并以关键设备完整性核心指标为牵引，整合无损检测、性能监测等检验数据，与设备运行风险实现实时动态联动，通过数据采集、分析建模与趋势预判，打破经验主导的维修模式局限，推动维修决策向数据驱动转型，提升维修及时性、精准性与经济性，为设备安全稳定运行筑牢保障。

3.2 规范作业许可与变更管理实现动态风险可控

针对作业控制偏弱与变更管理缺失，应以风险前置、措施落地与过程监督为核心，重构作业许可和变更管理的执行链条。对于作业许可这一范畴，要加强作业前风险辨识及控制清单的刚性规定，保证能量隔离、介质置换、检测复核、监护落实以及应急资源准

备好等关键操作能核验；就联锁旁路、动火审批、临时用电、临时管线等敏感环节，设定更严谨的审批层级、时限边界与恢复确认流程，防止旁路持续使用及超范围利用。承包商管理应包含资质审核、能力考核、入场训练、过程监督及绩效反馈，把外来作业归入统一标准，就变更管理这方面，应设立覆盖工艺参数、设备更替、管线改造、控制逻辑、材料替换和组织调整的触发清单，清楚规定评审、批准、实施、文件更新与培训交底的要求，而且在投用前需完成严密性确认、联锁测试与应急切断的检验验证。通过将许可与变更嵌入生产组织和检维修策划流程，使风险控制从静态台账走向动态管控，约束现场不确定性，降低叠加风险触发事故的概率。同时建立作业偏离与再评估机制，对条件变化及时停工复核并补充措施，形成闭环，确保控制始终持续有效。

3.3 完善监测预警与应急体系提升早期处置能力

针对预警与应急能力不匹配，应从监测覆盖、报警联动与应急保障三条线同步提升，形成“早发现、快隔离、稳处置”的能力链。从监测预警工作的角度看，需结合介质特性、扩散的规律、通风的状况和低洼积聚的特点优化检测点位与分级阈值，突出对装卸接口、泵房阀组间、易积聚空间等重点区域实施连续监测，还需把报警分级与处置动作进行关联绑定，使报警直接驱动隔离、停输、切断及人员防护等标准响应的实施。针对应急体系这一领域，应聚焦情景构建完善预案，保证与平面布置、切断分区、泡沫系统能力、消防水保障和疏散路线相匹配；演练应当突出协同联动以及关键动作核实，主要查验紧急切断、初期灭火、泡沫供应、警戒疏散与通信指挥的效率，就保障条件而言，需对消防设施的完好状况、泡沫液储备、应急电源与照明、通信设备及道路通行能力开展周期检查并验证可用性，并形成与风险分级相匹配的资源配置逻辑架构。通过把监测、联动、预案与资源验证纳入持续改进，提升早期处置效果，降低事故升级与外溢影响。同时规范报警处置记录与复盘评估，将异常事件纳入经验反馈库，持续优化点位与策略并逐步固化。

3.4 健全风险治理闭环与持续改进机制提升本质安全水平

在设备完整性、作业许可与监测应急等措施基础上，还需把“辨识—管控—验证—改进”的闭环真正落到组织与流程上，使风险治理由阶段性整治转为常态化运行。首先，建立覆盖罐区全域的风险台账与隐患清单联动机制，将危险源辨识结果、风险分级、关键控制点、报警处置记录、检维修缺陷与作业许可数据统一归集，形成“问题来源可追、控制措施可查、

整改结果可验”的一体化链条，避免信息分散导致的重复治理与漏管失控。其次，强化控制有效性验证，把联锁测试、紧急切断、泡沫与消防水保障、检测报警点位适配性、承包商作业偏离等关键内容纳入周期核查，采用抽查复核、对抗性演练与现场走查相结合的方式，确保“早发现、快隔离、稳处置”的能力链可用、好用、常用。再次，完善变更触发的复核规则，对工艺参数调整、设备替换、管线改造、控制逻辑修改以及组织岗位变动等情形，设置强制再辨识与再评估要求，并同步完成文件更新、交底培训和投用前确认，防止新风险在系统中“隐性生长”。最后，将闭环运行与绩效考核挂钩，建立以风险下降、隐患整改及时率、报警处置规范率、关键设备完好率为导向的指标体系，形成奖惩明确、责任到人的改进驱动，并通过班组培训、标准化作业与经验反馈库沉淀，把重复性问题转化为制度与标准，持续提升罐区本质安全与运行韧性。

4 结束语

油气储运罐区安全治理应以危险源辨识为牵引，把风险分级管控与隐患排查治理嵌入日常运行与检维修管理全过程，实现从识别、评估到控制、验证与改进的闭环落地。本文围绕设备完整性、作业与变更管理、监测预警与应急处置这三方面来梳理重要薄弱环节，进而提出跟问题相对应的技术与管理优化方式，目标是让治理重心由事后处置往前移至过程预控，后续应继续强化制度执行与现场验证的落实，通过数据复核及演练检验不断调整控制策略，增强本质安全水平与应急响应能力，让辨识成果切实转化成可操作、可追溯、可稳步改进的安全能力，为储运系统安全平稳运行给予支持。同时加强跨部门协同与承包商一体化管控，形成统一标准与共同责任。

参考文献：

- [1] 方丽萍, 李岩. 新工科培养背景下燃气管道泄漏后果分析综合实训教学设计——以北部湾大学为例[J]. 北部湾大学学报, 2025, 40(02): 77-84.
- [2] 萧阳. 基于边缘计算的油气储运生产现场可视化在线监控系统研究[J]. 信息记录材料, 2025, 26(03): 243-245.
- [3] 李阳. 自动化技术在油气储运过程中运用分析[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(11): 169-171.
- [4] 陈阳. 长输油气管道半定量风险评价方法研究及应用实践[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(05): 4-6+10.
- [5] 郑炯涛. 油气储运罐区危险源辨识及安全防范技术研究[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2025, 45(22): 72-74.