

石油化工储运安全管理中风险评估体系的构建与应用

叶岩 (中石化(天津)石油化工有限公司, 天津 300270)

摘要: 石油化工储运环节是全产业链中的高风险节点。针对当前行业普遍存在的风险辨识碎片化、评估方法主观化、管控措施脱离实际等问题, 构建了一套专门适用于石化储运场景的安全风险评估体系。该体系以双重预防机制为理论框架, 通过划分静态储存单元与分解动态作业活动进行系统辨识, 采用定制化风险矩阵法实现风险的量化分级, 并输出分级管控清单与隐患排查标准。研究进一步提出了涵盖组织、技术、管理、文化四个维度的关键实施措施, 以保障体系有效落地。

关键词: 石油化工储运; 风险评估体系; 风险分级管控; 作业安全分析

中图分类号: TE88 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2026) 006-0148-03

Construction and application of risk assessment system in petrochemical storage and transportation safety management

Ye Yan (Sinopec (Tianjin) Petrochemical Co., Ltd., Tianjin 300270, China)

Abstract: petrochemical storage and transportation is a high-risk node in the whole industrial chain. In view of the current problems in the industry, such as the fragmentation of risk identification, the subjectivization of assessment methods, and the separation of control measures from reality, a set of safety risk assessment system specially suitable for petrochemical storage and transportation scenarios is constructed. The system takes the dual prevention mechanism as the theoretical framework, through the division of static storage units and the decomposition of dynamic operation activities for system identification, uses the customized risk matrix method to realize the quantitative classification of risks, and outputs the hierarchical control list and hidden danger screening standards. The study further proposed key implementation measures covering four dimensions of organization, technology, management and culture to ensure the effective implementation of the system.

Key words: petrochemical storage and transportation; Risk assessment system; Risk grading control; Job safety analysis

石油化工行业作为能源和原材料的重要供给领域, 其产业链中危险化工品的储运环节具有高频、高技术敏感性等特征; 由于石油及其衍生产品普遍具有易燃、易爆、毒性强等理化性质, 储运过程中若管理不当, 将极易引发爆炸、环境污染等重大安全事故, 造成人员伤亡和经济损失, 影响公共安全与生态环境稳定。在我国能源结构持续优化及石化产业转型升级背景下, 危险化工品储运安全问题逐渐成为企业安全管理与政府监管的关键关注点^[1]。为此, 构建一套系统化、专业化、可操作的储运安全风险管理体系, 并确保其有效实施, 已成为提升企业本质安全水平、防范重大事故的迫切需求。

1 石化储运风险评估体系的构建

1.1 体系构建的总体框架与原则

本体系构建遵循“系统性、专业性、动态性、实用性”四大原则, 旨在实现全要素覆盖与闭环管理。总体框架以风险分级管控与隐患排查治理双重预防机制为核心, 遵循“风险辨识→分析评价→分级管控→评审更新”的逻辑闭环^[2]。体系设计紧密结合储运业务特点, 明确区分静态储存设施风险与动态作业活动

风险, 并强调将相关方与外部环境纳入评估范围。

1.2 风险辨识模块

①储存设施单元的辨识。辨识工作要按照储存介质的危险性(易燃、易爆、有毒、腐蚀)以及储罐的种类(拱顶罐、外浮顶罐、内浮顶罐、球罐、低温储罐)来科学地划分。重点识别的对象有: 罐体及其附件由于腐蚀、疲劳、材料缺陷造成的泄露危险, 安全附件(呼吸阀、紧急排水阀、浮盘等)失效的风险, 防火堤、雨水阀等次级包容设施的完整性风险, 外界因素如雷击、地基沉降等引起的灾害^[3]。②管道密闭输送作业活动辨识。石油原油管道密闭输送作业风险识别以输送过程中动态、交互的人机操作过程为对象, 使用作业安全分析(JSA)作为主要工具。辨识前需要把管道启输、运行监控、压力调节、停输、清管和设备维护等重要的作业环节拆解成连续的步骤^[4]。对每一个步骤, 系统识别可能出现的偏差, 比如管道启输阶段由于压力突然增大造成泄漏的风险, 在运行过程中由于仪表失灵或者人为疏忽造成超压运行的风险, 在清管作业中因为清管器卡堵或者运行异常造成管道堵塞的风险, 在设备维护时由于隔离不严或者能量释放不

当造成的人员伤害风险，在腐蚀监测不到位的情况下造成的管壁减薄并出现穿孔泄漏的风险等等。本过程重视对管道完整性管理数据的使用，保证辨识结果符合实际情况，为制定安全输送程序提供依据。③相关方与外部因素辨识。辨识主要涉及承包商在生产区内进行的施工、维修等作业活动，可能引入新的点火源、破坏现有设备设施；承运方（如槽车、船舶）及其驾驶员/船员的安全意识、车辆/船舶状况是否符合要求；周边企业的经营活动或新建项目可能带来的潜在影响；以及极端天气、地质灾害、社会公共事件等不可控的外部威胁。

1.3 风险分析评价模块

①评价方法选择与风险矩阵设计。在众多风险评估方法中，风险矩阵法因其直观、实用、便于沟通的特点，被选为本体系的核心评价工具。结合储运行业特性，设计定制化的5X5风险矩阵。矩阵的“可能性”维度综合考虑设备失效频率、历史事故数据、人员暴露频率及现有控制措施的有效性；“后果严重度”维度则从人员伤亡、财产损失、环境影响、生产中断时间及社会声誉影响五个方面进行综合判定。②风险分级标准与重大风险判定。依据风险矩阵的评价结果，将风险划分为“红、橙、黄、蓝”四个等级，分别对应重大风险、较大风险、一般风险和低风险。为突出管控重点，体系制定了“重大风险直接判定清单”^[5]。凡符合以下情形之一者，可直接判定为红色重大风险：构成一级重大危险源的储罐区；涉及毒性气体或易爆介质可能发生大规模泄漏并影响厂界外的场景；LNG全容罐等一旦失效后果灾难性的设施；以及铁路装卸栈桥、汽车装卸站等人员密集作业区可能发生的火灾爆炸事故。

1.4 风险管控与成果输出模块

对于红色和橙色风险，必须遵循“工程技术措施优先”的原则，通过增设安全仪表系统（SIS）、紧急切断阀、溢流保护、本质安全设计等技术手段，从源头上降低风险。同时辅以严格的管理方案、应急预案和高频次监控。对于黄色和蓝色风险，则主要通过完善操作规程（SOP）、加强人员培训、落实日常检查与维护等管理措施进行控制。最终输出《风险分级管控措施清单》，明确每一项风险的责任部门、责任人及具体管控措施，实现“一风险一策”。

2 体系落地实施的关键措施

2.1 组织与职责落地措施

①设置分层的风险评估和控制责任矩阵。企业的高层管理人员（分管安全副总经理等人）对企业提供资源的支持，审批重大风险评估报告和治理方案，并

对重大风险管控效果负最终的责任。储运部门的负责人等为属地主管，负责对本部门的风险辨识、评价，并监督管控措施的落实。技术设备部门等需要为风险评估提供工程数据支持，负责高风险工程整改项目的设计与实施。基层班组等操作人员具体负责日常风险巡查、隐患上报以及执行标准化作业程序的工作。②建立跨部门的常态化的风险评估小组工作制度。风险评估是系统工程，需要打破部门壁垒，组建以安全、生产、设备、技术、工艺和一线操作骨干为成员的跨部门、常态化的工作小组。该小组定期（每季度或者每年一次）召开专题会议，负责组织全面的风险评估工作，审核各个单元的风险评估结果，解决跨部门的重大风险治理难题，监督上一周期风险管控措施的落实情况。

2.2 技术与工程保障措施

①把评价结果转化为工程解决方案。风险评估的最终目的就是减少风险，工程技术手段是最有效的、最可靠的控制高风险的方法。体系要创建起一条从风险评估发现到工程技改立项的快捷通道。对评价为红色和橙色风险，特别是指本质安全设计缺陷、安全仪表功能不足或者重大设备隐患的，应当强制要求制定工程治理方案，并列入企业年度技改计划或者专项安全投入预算。对于高高液位联锁失效的风险，方案要设置独立的高高液位传感器及紧急切断阀；装卸臂泄漏的风险，采用万向充装臂加紧急拉断阀的方式取代软管。②加强设备完整性的管理（EIM）。用EIM体系中的有关腐蚀监测、安全阀和仪表校验、设备预防性维修、泄漏检测与修复（LDAR）等数据，给评价风险发生的可能性赋予客观、量化的依据。风险评价所识别出的高风险设备要反馈到EIM系统中去，成为制订相应的检验、检测和维修策略（即缩短检验周期、增设在线监测点等）的依据。③进行信息化落地工具的建设。开发或者引进集成了风险管理信息系统，可以达到以下目的：一是创建动态的“风险数据库”，把辨识出的风险点、评价等级、管控措施做数字化建档并更新；二是开发移动端的应用程序，将风险点清单以及相应的《隐患排查表》发送给相关人员的移动终端，便于现场扫码检查、实时录入和自动提醒；三是实现风险预警，在高风险作业许可、设备超期未检等状态下，系统会自动发出预警信号。

2.3 管理与流程固化措施

①将风险管控要求嵌入核心业务流程。在作业许可制度中，强制要求高风险作业许可证必须附带经审批的JSA表格或报告；在设备变更管理（MOC）流程中，要求任何变更必须进行风险评估；在承包商管理制度

中,将承包商开展作业前的风险评估能力作为准入和评价条件;在操作规程(SOP)中,明确每一步操作对应的风险与控制措施。②建立基于风险的差异化检查与培训制度。基于风险评估结果,制定差异化的检查与培训计划:对红色、橙色风险点,实施高频次(如每日/每周)的专业检查和督导;对黄色、蓝色风险点,则可纳入常规巡检。在培训方面,针对不同岗位人员面临的主要风险,开发场景化的培训模块。例如,对储罐区操作员重点培训腐蚀识别、浮盘异常工况处置;对装卸车人员强化紧急拉断阀操作、静电接地确认程序。

2.4 能力与文化建设措施

①开展分层级、场景化的风险评估技能培训。对管理层,侧重于体系框架、风险决策与资源保障的培训,使其“懂体系、善决策”;对专业技术人员和班组长,进行风险辨识方法(如JSA、HAZOP)、风险矩阵应用等核心技能的深度培训,使其“懂方法、会评价”;对一线操作人员,开展以本岗位、本装置风险清单和应对措施为核心的实操化、场景化培训,利用虚拟现实(VR)、模拟操作等手段,使其“懂风险、会处置”。②培育全员风险报告与参与的文化。企业需营造一种开放、非惩罚性的报告文化,建立便捷、保密的隐患与风险报告渠道(如手机APP、匿名信箱),鼓励员工上报任何微小的不安全状态和行为。对每一份上报都给予及时反馈和奖励,即使上报内容不构成风险。定期通报公示基于员工报告而避免事故的典型案例,让员工感受到自身参与的价值。通过领导层的公开承诺、安全经验分享活动、安全观察与沟通等方式,持续传递“风险无处不在,防范人人有责”的理念,使主动识别和管理风险成为每个员工的思维习惯和行为习惯。

3 体系与措施在典型储运场景的应用验证

3.1 应用背景与案例选择

本次应用验证选择某大型原油储存企业的长输管道密闭输送系统作为典型案例。该管道全长约30km,输送介质为原油,设计压力2.5MPa,设计输量为2000万t/a。系统包括首站、中间泵站、末站及配套的SCADA控制系统,是典型的高风险长距离输送场景。管道运行涉及复杂的压力控制、腐蚀防护及清管作业,任何环节的失误都可能导致泄漏、爆炸等严重后果。本次验证旨在检验风险评估体系在管道密闭输送这一典型储运场景中的应用效果,重点关注压力控制、腐蚀管理和清管作业等关键环节。

3.2 风险评估与综合措施落地实践

专项评估小组运用JSA对管道密闭输送全过程进

行系统分析,重点针对启输操作、正常运行监控、清管作业、设备维护四个关键阶段开展风险评估。经风险矩阵评价,识别出三项主要风险:一是“启输阶段因压力控制不当导致管道超压泄漏”,因后果严重(可能引发大规模原油泄漏及环境污染)被判定为红色重大风险;二是“运行期间因内腐蚀监测不及时导致管壁穿孔”,因发生可能性较高被判定为橙色风险;三是“清管作业中清管器卡阻及后续处置风险”,因处置不当可能引发次生事故被判定为橙色风险。针对这些核心风险,企业实施了系统性治理措施:在工程技术层面,升级了压力保护系统,增设了冗余的压力传感器和紧急切断阀;在管理流程层面,修订了标准作业程序,将启输前的系统检查清单化,建立了基于风险的差异化巡检制度,对红色风险区域实行每日专业检查;在人员培训层面,开展了针对性的场景化培训,特别是启输操作模拟训练和清管应急处置演练。体系运行一年来,管道运行平稳,未发生泄漏事故,压力控制合格率达到99.8%,验证了风险评估体系在管道密闭输送场景中的适用性和有效性。

4 结论

本研究系统构建并验证了一套针对石油化工储运环节的专项安全风险评估体系及其落地措施,取得了明确的结论。首先,所构建的体系有效整合了静态设施风险与动态作业风险,通过定制化的风险矩阵实现了风险的量化与可视化分级,解决了传统管理中“认不清、想不到”的难题。其次,研究提出的组织、技术、管理、文化四维保障措施,为体系从“纸上蓝图”转化为“实战能力”提供了可操作的路径,特别是推动风险评估结果向工程技改项目的转化机制,抓住了提升本质安全的关键。

参考文献:

- [1] 李德锋. 石油化工企业危险化学品储运过程中的安全管理[J]. 大众标准化, 2025, (15): 106-108.
- [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] 李世兵, 王强. 石油化工工程油品储运过程安全环保问题及对策分析[J]. 清洗世界, 2022, 38(11): 188-190.
- [4] 刘东. 深化规范化操作促进石油储运平稳安全[J]. 化工管理, 2021, (23): 187-188.
- [5] 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.

作者简介:

叶岩(1991-),男,蒙古族,河北围场人,硕士研究生,工程师,研究方向:石油化工(储运)安全管理。