

石油化工企业安全生产管理中的风险识别与防控研究

汤毅锋

中国石化销售股份有限公司广东广州石油分公司 广东广州

【摘要】 石油化工企业生产过程涉及高温高压环境及多种危险化学品，生产流程的连续性与工艺复杂性使其面临多重安全风险。风险识别需聚焦设备运行状态、物料输送环节、作业人员操作规范等关键维度，其中设备腐蚀老化、工艺参数异常波动、人为违规操作等易引发连锁事故。防控需建立全流程风险管控机制，涵盖风险评估、实时监测、应急响应等环节。通过明确不同风险的触发机制，优化防控措施的针对性与协同性，可提升安全生产管理水平，为石油化工企业的稳定运营提供安全保障。

【关键词】 石油化工；安全生产；风险识别；风险防控；管理机制

【收稿日期】 2025 年 8 月 14 日

【出刊日期】 2025 年 9 月 18 日

【DOI】 10.12208/j.jccr.20250053

Research on risk identification and prevention in safety production management of petrochemical enterprises

Yifeng Tang

Sinopec Sales Co., Ltd. Guangdong Guangzhou Petroleum Branch, Guangzhou, Guangdong

【Abstract】 The production process of petrochemical enterprises involves high-temperature and high-pressure environments as well as various hazardous chemicals. The continuity of production processes and the complexity of technologies expose them to multiple safety risks. Risk identification should focus on key dimensions such as equipment operating status, material transportation links, and operational standards of workers. Among these, equipment corrosion and aging, abnormal fluctuations of process parameters, and human violations of operations are prone to triggering chain accidents. Prevention and control require establishing a full-process risk management mechanism covering risk assessment, real-time monitoring, and emergency response. By clarifying the triggering mechanisms of different risks and optimizing the targeting and coordination of prevention measures, the level of safety production management can be improved, providing safety guarantees for the stable operation of petrochemical enterprises.

【Keywords】 Petrochemical industry; Safety production; Risk identification; Risk prevention and control; Management mechanism

引言

石油化工生产犹如在“刀锋上行走”，从原料储存到成品输出，每一步都伴随着易燃易爆、有毒有害的潜在威胁。细微的设备隐患、瞬间的参数偏差，都可能像推倒多米诺骨牌般引发灾难性后果。如何从纷繁复杂的生产环节中精准捕捉风险信号，用科学的防控手段织密安全防护网，是企业安全生产管理的重中之重。这不仅是保障生产持续的前提，更是守护生命与环境的关键，对其展开研究具有迫切的现实意义。

1 石油化工企业安全生产中的风险表现形式及成因分析

设备设施风险在石油化工生产中呈现多维度隐患。静设备如储罐、反应器等因长期承受高温高压，内壁易发生均匀腐蚀或局部点蚀，导致壁厚减薄甚至出现微裂纹，若未及时检测，可能在压力波动时引发介质泄漏。动设备如泵、压缩机的轴承磨损、密封件老化会造成物料跑冒滴漏，而转动部件的不平衡则可能引发机械振动，加剧设备疲劳损伤。管道系统因材质选择不当或焊接质量缺陷，在介质冲刷与温度变化的双重作用下，易出现应力腐蚀开裂，尤其在弯头、阀门等异形管件处风险更为突出^[1]。

工艺操作风险源于生产参数的偏离与操作流程的

违规。反应釜内温度、压力的骤升可能导致物料分解或聚合反应失控，而搅拌速率的异常则会造成局部浓度过高，引发副反应。物料输送过程中，流量与流速的不稳定可能导致管道内产生水锤效应，冲击管壁造成接口松动。操作规程的执行不到位，如未按规定进行氮气置换、擅自缩短反应时间等，会破坏工艺系统的稳定性，为事故埋下隐患。自动化控制系统的失灵，如传感器故障导致的参数误报、执行器卡涩引发的调节失效，也会放大操作风险的影响范围。物料管理风险体现在危险化学品特性与处置环节。易燃液体的挥发与蒸汽云积聚，在遇到静电火花或高温热源时易引发爆炸；有毒气体如硫化氢、氯气的泄漏，会通过呼吸道或皮肤接触对作业人员造成急性中毒。物料储存过程中，混存禁忌物质如氧化剂与还原剂接触，可能发生剧烈化学反应；而储罐超装或液位监测失效，则可能导致物料溢出引发环境污染与火灾风险。废弃物料的处理不当，如随意排放含油污水、违规堆积化工废渣，不仅违反环保法规，还可能因物料间的化学反应产生有毒有害物质，形成二次风险。

作业环境风险受外部条件与空间特征的共同影响^[2]。受限空间如地下管沟、反应釜内部，因通风不良易造成有毒气体聚集，同时缺氧环境会加剧人员窒息风险。高温作业区域的热辐射可能导致人员中暑，同时加速设备绝缘材料的老化；而低温环境则会影响操作人员的动作协调性，增加误操作概率。作业现场的杂乱无序，如通道堵塞、消防器材被遮挡，会阻碍应急疏散与救援行动。雷电、暴雨等极端天气可能干扰电气设备正常运行，雷击引发的过电压甚至会击穿设备绝缘，导致短路起火。

2 石油化工企业安全生产风险的系统化识别路径与工具

系统化识别路径需建立覆盖全生产链条的风险映射体系。从原料进厂到成品出厂的全流程中，通过梳理工艺节点与设备关联关系，绘制风险传导网络图，明确各环节潜在风险的触发条件与影响范围。基于HAZOP（危险与可操作性研究）方法论，组织工艺、设备、安全等多专业人员组成分析团队，对每个操作单元的参数偏差进行偏差分析，识别偏离正常工况可能引发的风险场景^[3]。同时，结合JSA（工作安全分析）对作业活动进行步骤拆解，评估每个动作环节的风险等级，形成从静态设施到动态作业的立体识别网络。

设备风险识别依赖专业化检测工具与技术手段。超声波探伤仪可穿透设备壁厚检测内部裂纹与腐蚀坑，

通过回波信号分析判断缺陷位置与尺寸；红外热像仪能捕捉设备表面温度分布异常，及时发现因接触不良或过载导致的电气设备过热隐患。管道检测采用智能清管器，借助内置传感器记录管壁腐蚀、变形等数据，结合管道GIS系统生成风险分布热力图。对于密封系统，氦质谱检漏仪可检测微小泄漏，精准定位阀门、法兰等连接部位的密封失效点，避免有毒有害介质的微量释放^[4]。工艺风险识别需整合自动化系统数据与专业分析模型。DCS（分布式控制系统）实时采集的温度、压力、流量等参数，通过historians数据库存储形成时间序列，运用趋势分析算法识别参数波动的异常模式，如反应釜温度的非周期性骤升可能预示聚合反应失控风险。Aspen Plus等流程模拟软件可构建工艺模型，模拟不同操作条件下的物料平衡与能量平衡，预测参数偏离设计值时的风险后果。针对间歇式生产过程，采用故障模式与影响分析（FMEA），对每个批次的工艺转换环节进行风险评估，识别切换过程中的潜在失误点。

环境与人为因素风险识别需结合物联网技术与行为观察工具。在受限空间安装气体检测报警器与氧气浓度传感器，实时监测有毒气体与缺氧环境，数据超标时自动触发声光报警。作业现场部署智能视频监控系统，通过计算机视觉识别违规操作行为，如未佩戴防护用品、擅自拆除安全装置等。人为因素分析采用行为安全观察与沟通（BSO）工具，通过现场观察记录操作人员的不安全动作，结合岗位风险矩阵评估行为引发事故的可能性，形成人员行为风险数据库，为针对性培训提供依据^[5]。

3 石油化工企业安全生产风险的精准防控策略及实施保障

设备风险的精准防控需建立全生命周期的动态监测与维护体系。针对高压容器、反应釜等关键静设备，采用声发射检测技术实时捕捉内部裂纹扩展信号，结合介质压力、温度变化构建剩余寿命评估模型，根据评估结果制定预防性维修计划，避免突发性破裂事故。转动设备如离心泵、压缩机等，通过安装振动传感器与油液分析装置，监测轴承磨损颗粒浓度与振动频谱特征，当数据超出正常阈值时，自动触发停机检修程序，防止轴系失衡引发的设备损坏。管道系统实施基于风险的检验策略，对输送高粘度、强腐蚀性介质的管道，采用外加电流阴极保护技术减缓腐蚀速率，同时运用智能清管器定期检测内壁结垢与壁厚减薄情况，确保管道输送能力与结构完整性。工艺风险防控依赖智能调控系统与应急处置机制的协同运作。在连续反应过程中，

引入先进过程控制算法,通过多变量耦合分析实时调整进料配比与反应温度,维持反应体系处于稳定状态,当检测到微量杂质超标可能引发副反应时,自动启动原料净化装置。间歇生产的批次转换阶段,开发标准化操作流程并嵌入 DCS 系统,每个转换步骤需经工艺参数校验与权限审批方可执行,避免人为误操作导致的工艺波动^[6]。物料储存环节实施分级防控,对易燃易爆介质储罐配备双重密封与紧急切断系统,罐区安装激光雷达液位监测仪,当检测到异常液位变化时,立即联动氮气置换装置抑制挥发气体扩散。

人为因素风险防控需融合行为规范管理与能力提升措施。特殊作业如动火、进入受限空间等,推行电子作业许可系统,通过人脸识别确认作业人员资质,作业前必须完成风险告知与防护措施确认,系统自动关联作业区域实时监测数据,超标时强制终止作业。操作人员培训采用虚实结合模式,利用 VR 设备模拟反应器超压、管道泄漏等应急场景,训练员工在高压环境下的处置技能,考核合格后方可授予岗位操作权限。建立行为安全观察与反馈机制,安全员通过移动终端记录现场不安全行为,数据上传至管理平台后生成个人安全绩效,与薪酬激励直接挂钩,同时定期组织安全行为分享会,强化全员风险意识^[7]。环境风险防控需强化监测预警与应急响应能力。厂区布设气象站与大气质量监测网络,实时采集风力、湿度等气象参数及有毒气体浓度数据,结合高斯扩散模型预测污染扩散路径,提前发布预警信息并启动应急疏散预案。受限空间作业配备便携式四合一气体检测仪与强制通风设备,采用“通风-检测-再作业”的流程,检测数据实时传输至监控中心,浓度超标时自动锁闭入口并发出声光报警。针对极端天气风险,建立防雷接地系统定期检测制度,高大设备安装智能避雷针,在雷雨来临前 30 分钟自动启动设备停运程序,雨后需经绝缘电阻检测合格方可复产。

实施保障体系需从制度、技术、资源三个维度协同发力。制度层面构建全员安全生产责任制,明确从管理层到一线员工的风险管控职责,将关键装置风险防控效果纳入绩效考核,对发生风险失控的单位实施责任追溯^[8]。技术层面搭建安全生产信息化平台,整合设备状态、工艺参数、人员行为等数据,运用大数据分析生

成风险动态评估报告,为决策提供精准依据。资源层面保障安全投入占比不低于营业收入的 1.5%,优先配置红外热像仪、便携式气相色谱仪等先进装备,每年组织不少于 4 次的综合应急演练,确保应急物资储备与人员响应能力匹配。同时,聘请第三方机构每半年开展风险评估,验证防控措施有效性并提出优化建议,形成持续改进的管理闭环。

4 结语

石油化工企业安全生产的风险识别与防控需贯穿生产全流程,从风险成因的深度解析到识别路径的系统构建,再到防控策略的精准落地,形成环环相扣的管理链条。通过建立动态化风险管控模式,实现风险的早发现、早预警、早处置,既能有效规避事故损失,也能促进安全管理与生产效率的协同提升,为石油化工行业的高质量发展奠定坚实的安全基础。

参考文献

- [1] 黄志昌.石油化工企业安全风险因素与管理策略研究[J].化工管理,2025,(03):101-104.
- [2] 汪谷银,陆鸿振.石油化工企业安全生产问题及对策分析[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(21):23-25.
- [3] 徐晓兰,薛苗,赵丹丹,等.石油化工企业安全生产风险控制的关键技术[J].石化技术,2025,32(07):19-21.
- [4] 唐路路.石油化工企业安全生产风险控制的关键技术[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(20):21-23.
- [5] 林更鹏.石油化工企业安全生产风险控制的关键技术[J].化工管理,2021,(16):113-114.
- [6] 姜世刚.如何进行石油化工企业安全生产风险控制[J].石化技术,2020,27(11):218-219.
- [7] 陈宏伟,陈旭.石油化工企业安全生产问题与优化对策分析[J].现代工业经济和信息化,2023,13(04):301-303.
- [8] 左晓燕.论石油化工企业安全生产管理策略[J].化工安全与环境,2023,36(07):77-81.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS