

化工行业安全工程视角下企业运营的风险预防与控制

白秋刚

广东 惠州 516000

DOI:10.61369/ME.2025110042

摘要：化工行业企业运营风险预防与控制至关重要。可从多方面入手，如设备全生命周期风险量化评估、人员行为风险因素把控、预防性维护策略优化、本质安全技术应用等，同时还涉及安全绩效考核、职业禁忌管理等众多环节，需形成全方位风险防控体系，确保化工生产安全高效。

关键词：化工企业；风险预防与控制；安全管理

Risk Prevention and Control of Enterprise Operation from the Perspective of Safety Engineering in the Chemical Industry

Bai Qiugang

Huizhou, Guangdong 516000

Abstract : It is crucial to prevent and control operational risks in the chemical industry. We can start from multiple aspects, such as quantitative risk assessment of the entire life cycle of equipment, control of personnel behavior risk factors, optimization of preventive maintenance strategies, application of intrinsic safety technologies, etc. At the same time, it also involves many aspects such as safety performance assessment and occupational taboo management. It is necessary to form a comprehensive risk prevention and control system to ensure the safety and efficiency of chemical production.

Keywords : chemical enterprises; risk prevention and control; safety management

引言

《化工和危险化学品生产经营单位重大生产安全事故隐患判定标准（2022版）》着重强调化工行业安全运营的重要性。化工企业运营风险预防与控制涉及多方面，设备风险特征明显，人员行为风险影响因素复杂，预防性维护策略优化及本质安全技术应用等对保障运营安全意义重大。通过建立相关模型、创新管理机制、构建各类系统等，可实现风险精准评估与防控。将这些要点与政策要求相结合，形成全面的风险防控体系，是化工企业安全稳定运营的关键。

一、化工企业运营风险识别与评估

依据。

(一) 设备相关风险特征分析

基于 HAZOP 方法解析化工企业关键设备如压力容器、管道系统等，可发现设备相关风险特征明显。压力容器在设计阶段，若设计参数不精准，像压力、温度等参数取值不当，易致其抗压能力不足，埋下安全隐患^[1]。制造过程中，材料质量缺陷、焊接工艺不达标等，会使容器本体强度降低。使用时，超压、超温运行，介质腐蚀等会加速设备损坏。管道系统方面，管道材质选择不当，无法适应输送介质特性，易引发管道腐蚀泄漏。管道连接部位密封不良，也是常见风险点。并且，设备长期运行导致的老化磨损，使得设备性能下降，故障概率增加。通过建立全生命周期风险量化评估模型，能对这些风险特征进行动态跟踪与量化分析，精准识别和评估风险，为后续风险预防与控制提供有力

(二) 人员行为风险影响因素

在化工企业运营中，人员行为风险影响因素值得关注。操作流程违规、应急响应失当等人因失误特征是关键影响方面。一方面，员工自身安全意识不足，缺乏对化工操作规范重要性的深刻认知，易导致违规操作，比如未按规定佩戴防护设备或擅自更改操作流程步骤，进而引发风险^[2]。另一方面，企业安全培训不到位也是重要因素，培训内容陈旧、缺乏针对性，未能结合实际化工场景，使员工难以有效应对复杂情况，在应急响应时容易失当。此外，工作环境压力也会影响人员行为，化工企业高强度、高风险的工作环境，可能使员工产生疲劳、焦虑等负面情绪，降低注意力与判断力，增加违规操作与应急处理不当的可能性，最终给企业运营带来风险。

二、设备安全管理体系建设

(一) 预防性维护策略优化

在化工行业企业运营中，预防性维护策略优化对于设备安全管理体系构建至关重要。通过建立基于 RCM（以可靠性为中心的维护）的检维修制度，依据设备故障模式及其影响后果，确定科学合理的维护方式、周期等，避免过度或不足维护，有效提升设备可靠性与运行效率^[3]。同时，集成 PHM（预测性健康管理）技术实现关键设备状态实时监控与寿命预测。借助各类传感器实时收集设备运行参数，利用数据分析与建模技术，精准评估设备健康状况，提前预测潜在故障，为预防性维护提供准确依据，使维护策略从传统的时间或运行里程为基础，转变为以设备实际状态为导向，显著降低设备故障风险，保障化工企业安全稳定运营。

(二) 本质安全技术应用

在化工行业，本质安全技术应用对企业运营风险预防与控制至关重要。研究 SIL 等级评估在工艺流程优化中的应用是关键举措。SIL（安全完整性等级）评估可精准分析工艺流程中的风险程度^[4]。通过该评估，能明确设备在特定条件下执行安全功能的可靠性要求。基于此，运用工程技术手段对设备进行优化，比如改进自动化控制系统，使设备在异常情况时能自动采取安全措施，有效降低设备固有风险。还可通过选用更安全的材料、优化设备布局等，从源头上减少危险发生的可能性，提升设备本质安全性，为化工企业的安全运营筑牢基础，实现风险的有效预防与控制。

三、人员安全管理机制创新

(一) 安全行为培养体系

1. 培训矩阵设计与实施

在化工行业企业运营的人员安全管理机制创新中，培训矩阵设计与实施是安全行为培养体系的关键环节。首先构建基于岗位胜任力的分级培训模型，根据不同岗位所需技能与知识，将培训内容分层级设计，确保员工能循序渐进掌握相应安全知识与操作技能。同时，开发虚拟仿真应急演练平台，利用先进技术模拟化工生产中可能出现的各类安全事故场景。员工通过参与虚拟演练，可更直观地熟悉应急处理流程，提高应急反应能力。这种培训矩阵设计与实施，从知识技能传授到实际操作演练，全面提升员工安全素养与应对风险能力，为化工企业运营安全筑牢根基^[5]。

2. 安全绩效考核系统

在化工行业企业运营的安全绩效考核系统构建中，建立 BBS 观察法与绩效薪酬联动机制是关键举措。BBS 观察法聚焦于员工日常操作行为，精准捕捉安全或不安全行为表现，为绩效评估提供真实且具体的行为依据。将 BBS 观察结果与绩效薪酬挂钩，安全行为良好者得到薪酬奖励，反之则进行相应扣减，以此激励员工主动规范操作。同时，运用大数据分析行为改进效果。通过收集、整合员工行为数据，挖掘行为模式与趋势，判断安全行为培

养的效果与不足。依据分析结果调整培养策略与考核指标，持续优化安全绩效考核系统，有效预防和控制因人员行为引发的运营风险^[6]。

(二) 人员风险管理措施

1. 职业禁忌管理标准

在化工行业中，职业禁忌管理标准至关重要。企业应依据国家相关法规及化工行业特性，精准明确各类岗位的职业禁忌范围。例如，对接触有毒有害化学物质的岗位，将患有特定慢性疾病或过敏体质者列为职业禁忌人群。针对职业禁忌管理，要建立全面、动态的员工健康档案，详细记录员工的健康状况，包括既往病史、过敏史等关键信息。定期组织健康检查，及时发现潜在职业禁忌情况。同时，加强对职业禁忌管理的宣传与培训，让员工和管理者都充分了解相关标准和流程。通过严格执行职业禁忌管理标准，防止因员工身体状况不适宜岗位工作而引发安全事故，保障化工企业生产运营安全^[7]。

2. 标准化操作流程建设

在化工行业，标准化操作流程建设至关重要。运用 FMEA 方法优化 SOP 文件体系，能有效实现作业指令可视化与防错机制。FMEA（失效模式与效应分析）可对化工生产各环节潜在失效模式进行分析，明确其影响后果及风险程度^[8]。基于此对 SOP 文件完善，让操作步骤更清晰、简洁，员工能直观理解。例如，将复杂的设备操作以图文并茂形式呈现，关键步骤重点标注，避免误操作。同时，通过 FMEA 分析设置防错装置或提示，如在可能出现物料添加错误环节安装感应装置，一旦错误立即报警。这样，不仅使作业指令可视化，更构建起防错机制，降低因操作失误引发的人员风险，提升化工企业运营安全性。

四、风险预防控制系统集成

(一) 设备-人员协同管理平台

1. 物联网监测系统架构

化工行业的物联网监测系统架构，是风险预防控制系统集成的关键部分。该架构借助先进技术实现对设备与人员的全面监测。通过传感器网络收集设备运行参数，如温度、压力、流量等，以及人员位置、行为等信息^[9]。这些数据经由通信网络实时传输至数据处理中心，采用大数据分析与人工智能算法，精准评估设备运行状态与人员作业风险。比如，依据设备参数判断是否存在故障隐患，依据人员位置与行为分析是否符合安全规范。同时，利用可视化技术将分析结果直观呈现，便于管理人员及时掌握情况，做出科学决策，有效预防和控制风险，确保化工企业安全、稳定运营。

2. 风险预警算法模型

在化工行业企业运营的风险预防与控制中，风险预警算法模型起着关键作用。通过开发基于机器学习的多源信息融合预警模型，能够有效实现风险动态评估。此模型充分融合设备运行数据、人员操作记录、环境监测参数等多源信息^[10]。借助机器学习强大的数据分析能力，对这些复杂多样的数据进行深度挖掘与

分析，精准识别潜在风险特征。例如，通过对设备关键部件的温度、压力等实时数据，结合人员操作流程的合规性信息，以及化工生产环境中的有毒气体浓度等数据，进行综合分析处理。模型依据这些数据构建复杂的算法关系，能够及时、准确地预测风险发生的可能性与影响程度，实现对风险的动态评估，为企业提前采取针对性防控措施提供有力支撑，降低化工生产运营过程中的风险。

（二）双重预防机制建设

1. 风险分级管控标准

在化工行业安全工程视角下，企业运营风险分级管控标准至关重要。建立 LEC 法改进型风险评估矩阵，综合考虑事故发生的可能性（L）、暴露于危险环境的频繁程度（E）和事故可能造成的后果（C），通过改进优化传统 LEC 法，使评估更贴合化工企业实际情况。依据评估结果，制定四色动态管控实施方案，将风险分为重大风险（红色）、较大风险（橙色）、一般风险（黄色）和低风险（蓝色）。对不同颜色风险采取差异化管控策略，重大风险重点监控、立即整改，较大风险限期整改，一般风险加强管理，低风险持续关注，实现动态、精准的风险分级管控，确保化工企业运营安全。

2. 隐患排查治理流程

在化工企业运营中，隐患排查治理流程基于 PDCA 循环理念构建。首先，通过移动端智能巡检管理系统收集现场隐患信息，涵盖设备运行状况、安全防护设施等方面。这些数据实时反馈至管理平台，实现隐患精准定位与详细记录。接着，对收集到的隐患进行评估，依据其可能造成的危害程度、影响范围等因素，确定治理优先级。随后，制定针对性的治理措施，明确责任人和整改期限，确保隐患及时消除。整改完成后，进行复查验证，确认隐患彻底排除。同时，对整个隐患排查治理过程进行总结分析，将成功经验和教训纳入企业安全管理知识库，持续优化隐患排查治理流程，提升企业安全管理水平。

（三）应急响应体系优化

1. 应急预案动态管理

在化工行业企业运营中，应急预案动态管理至关重要。运用

情景构建技术建立 3D 数字化预案系统，能更直观、准确地模拟各类型化工事故场景，便于及时发现预案中的不足并加以改进。同时，实施模块化应急资源配置，可依据不同事故情景迅速调配资源，提高响应效率。基于化工行业的动态变化，如工艺改进、设备更新、法规修订等，定期对应急预案进行全面审查与更新。此外，收集实际应急处置案例，分析其中暴露出的问题，反馈到应急预案中，使预案能不断适应新的风险形势，切实提升企业应对化工安全事故的能力，保障运营安全。

2. 应急能力评估模型

在化工行业安全工程视角下，企业运营应急能力评估模型的构建至关重要。设计的应急能力评估体系涵盖 23 项指标，全面覆盖应急准备、响应及恢复等各环节。基于层次分析法（AHP）建立量化评估方法，将复杂的应急能力评估问题分解为多个层次，确定各指标间的相对重要性。通过两两比较的方式构造判断矩阵，经计算得出各指标权重，从而实现对应急能力的量化评估。这一模型能精准衡量企业应急能力的强弱，识别其中的薄弱环节，为企业有针对性地加强应急管理、优化应急响应体系提供科学依据，助力企业在化工运营中更好地预防和控制风险。

五、总结

在化工行业，从安全工程视角看企业运营，风险预防与控制至关重要。提炼出的设备全周期管理与人员行为控制关键技术路径，为企业提供了具体操作指南，从设备的规划、采购到报废，以及人员行为规范，全面保障运营安全。安全工程技术与管理体系的融合发展方向，是化工企业适应复杂生产环境的必然趋势，二者相辅相成，共同提升安全保障能力。而智慧安全管理系统建设的实施建议，利用现代信息技术，实现实时监控、智能预警等功能，提升安全管理的效率与精准度。综合而言，化工企业应将这些要点落实到实际运营中，形成全方位、多层次的风险预防与控制体系，确保化工生产安全、稳定、高效运行。

参考文献

- [1] 夏冰. 风险管理视角下 H 企业运营流程内部控制研究 [D]. 新疆农业大学, 2022.
- [2] 沈艳洋. 基于相对风险管控系数的化工企业安全风险分级方法 [D]. 华南理工大学, 2022.
- [3] 刘解语. 化工企业双重预防体系模式研究及应用 [D]. 湖南科技大学, 2022.
- [4] 郭文丽. A 化工企业转型升级中的现金流风险控制研究 [D]. 重庆大学, 2021.
- [5] 高瞻远. 博弈论视角下控制权争夺对企业的影响研究——以上海家化为例 [D]. 东华大学, 2022.
- [6] 王珊. 高等院校业财融合管理模式下的风险预防与控制策略研究 [J]. 财经界, 2024, (03): 108–110.
- [7] 袁庆鸿. 上市公司财务管理的风险预防与控制分析 [J]. 现代商业, 2021, (18): 94–96.
- [8] 王钰. 新《安全生产法》与化工企业的风险管理 [J]. 化工管理, 2022, (02): 91–93.
- [9] 崔莹, 李木平, 段清爽, 等. 风险预防与控制在妇科肿瘤围手术期中的临床研究 [J]. 医学食疗与健康, 2021, 19(12): 36–37.
- [10] 张苓利, 黄宏智. 化工企业的安全风险管理措施 [J]. 化工管理, 2021, (01): 120–121.