

# 双重预防机制在化工安全生产管理中的应用探讨

钟昌继

江苏久安科技咨询有限公司连云港分公司 江苏 连云港 222000

**摘要:** 化工行业作为国民经济支柱产业,其生产过程涉及高温高压、易燃易爆、有毒有害等高风险场景,事故后果往往具有灾难性。基于此,本文简要介绍了双重预防机制的理论基础,针对双重预防机制在化工安全生产管理中的应用进行了分析,涉及风险辨识、风险评估与分级、管控措施制定、隐患排查治理体系构建以及动态管理与持续改进等方面,以期为行业安全治理提供理论参考与实践指引。

**关键词:** 双重预防机制; 化工安全; 生产管理; 应用

## 引言

近年来,我国化工事故总量虽呈下降趋势,但重特大事故仍时有发生,暴露出传统安全管理模式存在“重事后处理、轻事前预防”的弊端。双重预防机制通过构建风险分级管控与隐患排查治理两道防线,将安全管理重心从“被动应对”转向“主动防控”,契合化工行业“预防为主、综合治理”的安全发展需求。该机制以风险辨识为起点,以隐患治理为抓手,通过制度化、标准化、数字化的管理手段,形成“风险可知、隐患可控、事故可防”的闭环体系。

## 1 双重预防机制的理论基础

### 1.1 风险管理理论

风险管理理论是现代安全管理领域的核心框架,其本质是通过系统化方法对潜在风险进行全生命周期管控,以最小化不确定性对目标的影响。这一理论体系以风险识别为起点,强调对环境可能引发危害的因素进行全面扫描与精准定位。风险识别不仅需要覆盖物理层面的设备故障、工艺缺陷等显性风险,还需深入分析管理漏洞、人员行为偏差等隐性风险,同时关注外部环境变化如政策调整、市场波动带来的衍生风险。这一过程要求管理者具备跨学科知识储备,能够运用检查表法、流程图法、专家调查法等工具,结合历史数据与实时监测信息,构建动态风险清单,确保风险要素无遗漏、无死角<sup>[1]</sup>。其中,风险评估是理论体系的关键环节,其核心在于量化风险发生的可能性与后果严重性。可能性评估需基于设备运行记录、操作频率、环境条件等客观参数,结合概率统计模型进行科学推算;后果评估则需综合考虑人员伤亡、财产损失、环境破坏、声誉损害等多维度影响,采用定性与定量相结合的方式确定风险等级。现代风险评估技术已从传统的经验判断向数据驱动转型,通过机器学习算法分析海量历史数据,能够更精

准地预测风险演化趋势,同时引入情景模拟技术,对极端事件下的连锁反应进行压力测试,为决策提供更可靠的依据。

### 1.2 事故预防理论

事前预防理论以风险管控为基石,强调通过系统性分析识别事故萌芽阶段的危险信号,在危害尚未显现时采取干预措施。其理论基础涵盖海因里希法则、能量意外释放理论等经典模型,均指出事故是风险累积与管控失效的结果。预防体系构建需从三个维度展开:一是风险前置识别,通过危险源辨识、作业安全分析等方法,全面梳理生产流程中的物理性、化学性、生物性及人为性风险点;二是动态评估与分级,运用定量风险评估工具对风险发生概率与后果严重度进行量化分析,确定优先级管控清单;三是分层防控策略实施,针对高风险环节采用本质安全设计、自动化控制等工程手段降低风险等级,对中低风险领域通过制度规范、培训教育等管理措施强化人员行为约束。这一转型要求安全管理思维从“结果导向”转向“过程导向”,将资源投入前移至风险形成阶段。技术层面需借助物联网传感器、大数据分析等数字化工具实现风险实时监测与预警,通过智能算法对异常参数进行早期识别;管理层面需建立全员参与的安全文化,将风险防控责任分解至每个岗位,形成“自下而上”的风险报告机制与“自上而下”的资源支持体系。

### 1.3 系统安全理论

系统安全理论将安全管理视为一个由人、机、环、管四大核心要素构成的动态有机整体,强调通过多要素协同作用实现风险的最小化控制。这一理论突破了传统安全管理中单一要素聚焦的局限,认为事故是系统内部各要素相互作用失衡的结果,而非单一因素独立引发。

(1) 人的要素作为系统运行的主体,既包括操作人员的

技能水平、安全意识与行为习惯，也涵盖管理层的决策能力与安全文化塑造能力，其核心是通过培训教育、激励机制与文化渗透提升全员安全素养。（2）机的要素涵盖设备设施、工艺流程与技术系统，其安全状态取决于本质安全设计水平、维护保养质量与智能化改造程度，需通过定期检测、技术升级与冗余配置确保设备可靠性。（3）环的要素涉及物理环境与组织环境，前者包括作业场所的温度、湿度、照明、通风等条件，后者涵盖安全管理制度、应急响应机制与信息沟通渠道，需通过环境监测、制度优化与流程再造营造安全支持性氛围。

（4）管的要素作为系统运行的调控中枢，包括安全管理体系的完善程度、风险管控机制的执行力度与监督考核机制的有效性，其核心是通过标准化建设、数字化赋能与持续改进机制实现管理闭环。

## 2 双重预防机制在化工安全管理中的实施路径

### 2.1 风险辨识

风险辨识是化工安全生产管理的首要环节，其核心在于通过系统化方法全面识别生产过程中可能引发事故的潜在因素。（1）SCL安全检查表法以结构化清单为载体，将设备设施、操作规程、管理要求等关键要素转化为可量化的检查项。通过逐项核对发现物理状态异常或管理漏洞，适用于设备维护、作业环境等静态风险识别。（2）JHA工作危害分析法聚焦作业活动全流程，将复杂任务分解为连续步骤，逐一分析每一步骤中人员行为、工具使用、环境条件等环节的危害触发点，特别适用于动火作业、受限空间作业等高风险操作场景。（3）HAZOP危险与可操作性分析法以工艺参数为分析对象，通过引导词组合系统排查工艺设计、操作控制中的偏差，识别因参数失控导致的火灾、爆炸、中毒等连锁风险，是化工工艺安全评估的核心工具。（4）风险辨识范围需涵盖化工生产全链条的动态与静态风险<sup>[2]</sup>。设备故障风险包括机械传动部件磨损、电气线路老化、仪表控制失灵等硬件失效模式，以及维护保养不足、备件管理混乱等管理缺陷。操作失误风险涉及人员技能不足、注意力分散、违规操作等人为因素，以及操作规程不完善、培训效果不佳等系统性问题。工艺失控风险聚焦反应条件偏离设计范围引发的连锁反应，如温度压力异常导致反应速率激增、催化剂失效引发副反应、物料配比失衡破坏系统平衡等。此外，还需关注管理缺陷形成的间接风险，如安全投入不足、应急资源匮乏、变更管理缺失等组织性漏洞。

### 2.2 风险评估与分级

（1）定量评估以数据驱动为核心，LEC法通过构建

风险矩阵，将事故发生的可能性、人员暴露于危险环境的频率、事故后果严重性三个维度进行量化评分，三者乘积得出风险值并对应风险等级，其优势在于将抽象风险转化为可比较的数值，但依赖历史数据完整性与参数取值准确性。（2）定性评估依托专家经验判断，通过组织安全、工艺、设备等领域专家，基于专业知识与行业经验对风险进行综合评价，适用于数据缺失或风险难以量化的情况，但结果易受主观因素影响，需通过多轮研讨与德尔菲法等技巧提升评估客观性。（3）风险分级标准通常采用红橙黄蓝四色管理，例如，红色代表重大风险，指可能引发特别重大事故、导致多人伤亡或重大财产损失的风险，需立即停产整改并纳入重点监管；橙色为较大风险，可能造成较大事故或较大经济损失，需限期整改并加强监控<sup>[3]</sup>。分级过程需动态调整，根据风险变化趋势、管控措施实施效果及新风险识别结果，定期复审风险等级，确保分级与实际风险状态匹配。同时，分级结果应与管控资源投入挂钩，对高等级风险实施“一风险一预案”的精准管控，对低等级风险采用批量管理方式提升效率。

### 2.3 管控措施制定

（1）工程技术措施聚焦风险源头治理，通过设备升级消除本质缺陷，如将老旧反应釜更换为具备耐腐蚀、耐高压性能的新型材质设备，从硬件层面降低泄漏、爆炸等事故概率。（2）管理措施侧重行为与制度约束，操作规程需细化到每个作业步骤，明确操作顺序、参数范围、禁忌行为等关键要求，并通过图文并茂的标准化手册提升可执行性。其中，应急预案需覆盖火灾、泄漏、中毒等各类事故场景，明确应急组织架构、响应流程、处置方法及资源调配方案，确保事故发生时能够快速启动、有序处置；培训教育需构建分层分类体系，针对管理层强化安全法规与责任意识培训，针对操作人员开展设备操作、应急技能等实操培训，并定期组织考核确保知识更新，同时通过安全文化宣贯提升全员风险防范意识<sup>[4]</sup>。（3）应急措施强调事故后的损失控制，应急物资储备需根据风险类型配置防护服、呼吸器、吸附材料等专用装备，并建立动态台账确保物资数量充足、性能完好，并明确物资调用权限与流程，避免紧急情况下因管理混乱延误处置时机。三道防线需通过PDCA循环持续优化，定期评估措施有效性并根据新技术、新工艺、新风险动态调整，最终实现风险可控、事故可防的安全目标。

### 2.4 隐患排查治理体系构建

（1）排查制度设计需建立多维度、多频次的检查

机制,日常巡查以班组为单位每日开展,重点检查设备运行状态、工艺参数波动、人员操作合规性等高频风险点。专项检查针对特定领域或设备每月实施,深度排查专业性强、隐蔽性高的隐患。(2)排查内容需聚焦关键风险领域,设备状态检查包括机械传动部件磨损、电气线路老化、仪表显示异常等;工艺参数检查关注温度、压力、流量等关键指标是否在设计范围内波动;人员行为检查涵盖操作规程执行、劳动防护用品佩戴、应急技能掌握等情况;环境条件检查涉及作业场所通风、照明、噪声、粉尘等是否符合职业健康标准。(3)治理流程遵循闭环管理原则,从隐患发现开始,经专业评估确定整改方案,落实整改责任人与资源,整改完成后由验收部门进行效果确认,最终将全过程资料归档备查。闭环管理工具的应用可提升治理效能,信息化平台通过建立隐患台账实现隐患信息数字化管理,支持整改任务自动派发、进度实时跟踪、超期预警提醒等功能,并通过统计分析模块识别隐患高发区域与类型,为管理决策提供数据支撑。

### 2.5 动态管理与持续改进

动态管理与持续改进是保障安全管理体系适应性的核心机制,其本质是通过主动监测与灵活调整,确保风险管控始终与内外部环境变化同步。其中,风险动态更新需建立触发响应机制。当工艺变更涉及原料替换、反应条件调整或流程增减时,设备改造包含技术升级、结构改造或新增装置时,以及法规修订涉及安全标准提高、监管要求细化或责任界定变化时,均需启动风险更新流程。更新流程遵循“重新辨识—评估—调整管控措施”的闭环逻辑,首先通过SCL、JHA、HAZOP等方法重新识别新工艺、新设备或新法规带来的新增风险,其次运用LEC法、FMEA或专家经验评估风险等级,最后根据评估结果优化工程技术措施、管理措施或应急措施,确保管控手段与风险等级匹配<sup>[5]</sup>。另外,机制优化机制通

过多维度驱动实现体系进化。内部审核以PDCA循环为框架,定期评估风险辨识的全面性、评估方法的科学性、管控措施的有效性、及隐患治理的闭环性,识别流程漏洞与执行偏差,为体系改进提供方向;外部对标通过参与行业论坛、调研标杆企业、分析事故案例等方式,吸收先进管理理念、技术手段与工具方法,将行业最佳实践转化为自身管理提升的切入点。最后,员工反馈机制通过建立隐患举报奖励制度、开展安全合理化建议征集等活动,激发一线人员参与安全管理的积极性,利用其贴近作业现场的优势,及时发现管理盲区与技术缺陷,形成“自上而下推动”与“自下而上反馈”的双向改进通道。

### 结语

综上所述,双重预防机制是化工行业破解安全风险与生产效益矛盾的重要突破口,该机制不仅可显著降低事故发生率,还能通过优化资源配置、提升生产效率等方式创造综合效益。未来,随着5G、人工智能、数字孪生等技术的深度应用,双重预防机制将向“预测性防控”升级,企业需持续完善机制运行体系,以双重预防机制为抓手,筑牢化工安全生产“防火墙”,为行业高质量发展提供坚实安全保障。

### 参考文献

- [1]刘伟帅.浅析石油企业安全生产双重预防工作机制建设[J].石化技术,2025,32(03):302-304.
- [2]孙勤文,赵学垚.基于双重预防机制化工安全管理模式研究[J].清洗世界,2022,38(05):171-173.
- [3]张彩霞.双重预防机制在化工安全管理中的系统化应用研究[J].化工管理,2025,(08):107-110.
- [4]程青松,刘清泉.双重预防机制在化工安全管理中的应用[J].化工管理,2024,(05):91-93.
- [5]任剑青.双重预防机制在化工安全管理中的应用[J].化纤与纺织技术,2024,53(09):100-102.