

# Research on safety risk assessment and control strategy of chemical enterprises

Junxing Zhang

Jiangsu Pufeite Quartz Technology Co., Ltd., Yancheng, Jiangsu, 224000, China

## Abstract

This paper systematically explores the safety risk assessment and control strategies in chemical enterprises. By analyzing the characteristics and current situation of safety incidents in the industry, key risk assessment techniques and methods were summarized, and common hazard identification and quantification approaches were discussed. Furthermore, a multi-layered, integrated modern safety control strategy was proposed, encompassing technological, managerial, and cultural system optimizations to enhance safety management. The study demonstrates that combining scientific assessment techniques with comprehensive control measures effectively reduces accident risks and ensures production safety.

## Keywords

Chemical enterprises, safety risk assessment, hazard identification, control strategies, safety management

# 化工企业安全风险评估与控制策略研究

张俊兴

江苏普非特石英科技有限公司, 中国 · 江苏 盐城 224000

## 摘 要

本文系统探讨了化工企业安全风险评估与控制策略。通过分析化工企业安全事故的特性及现状,总结了风险评估的关键技术和方法,探讨了常见危险源的识别与量化手段。进一步提出了多层次、多方法结合的现代化安全控制策略,包括技术、管理与文化等多方面的系统性优化,旨在提升企业安全管理水平。研究表明,科学的评估技术与综合性的控制措施相结合,可有效降低事故风险,保障生产安全。

## 关键词

化工企业,安全风险评估,危险源识别,控制策略,安全管理

## 1 引言

化工行业作为国民经济的重要支柱型产业,其生产特点决定了高风险性。在化工生产过程中,使用的大量易燃、易爆、有毒、有害物质,一旦管理不善或操作失误,极易导致严重的安全事故。例如,天津港“8·12”爆炸事故、江苏响水化工园区爆炸事故等,造成重大人员伤亡和财产损失,暴露出化工企业安全管理领域存在的明显短板。随着经济的发展与技术的进步,人们对化工企业安全生产提出了更高的要求,如何科学有效地开展安全风险评估、并通过针对性策略控制风险,是当前学术界和企业界亟待解决的问题。

## 2 化工企业安全风险评估的理论基础与现状

### 2.1 安全风险管理相关理论

在化工企业安全风险评估领域,理论方法的不断发展

为风险识别和评估提供了坚实的工具支持。其中,风险矩阵法(Risk Matrix)、失效模式与影响分析(Failure Mode and Effects Analysis, FMEA)和Bow-Tie方法是较为常用的理论模型。

风险矩阵法通过对风险的发生概率和后果严重性的双重维度分析,形成四象限图示,能够直观地分类风险等级。这一方法因其简单易用、具备较高的可操作性而应用广泛,但在复杂化工系统中,可能在概率和影响的量化精度上表现不足。

FMEA侧重于分析系统中潜在的失效模式及其影响,尤其在设备可靠性和产品质量控制方面表现优异。其通过量化失效发生的可能性(O)、失效的严重性(S)及失效检测的难易度(D),计算出风险优先级(Risk Priority Number, RPN),为风险排序和优先解决提供依据。然而,FMEA对多维度风险之间的联动和耦合关系考虑较弱,难以覆盖复杂的化工动态环境。

Bow-Tie方法则融合了故障树分析(Fault Tree Analysis,

【作者简介】张俊兴(1970-),男,中国江苏盐城人,本科,工程师,从事化工安全研究。

FTA)和事件树分析(Event Tree Analysis, ETA),通过明确风险事件的起因(左侧“蝴蝶结”)和后果(右侧“蝴蝶结”),直观展示可能的防护策略和应急措施。这种方法的优点在于其可视化特点适用于化工复杂风险情境,但在需要深入量化分析时可能存在不足。

此外,HAZOP(危险与可操作性分析)和动态风险评估方法在化工行业也获得了广泛的应用。HAZOP通过系统化的引导分析,识别潜在的设计或运作缺陷,而动态风险评估侧重实时变化的风险状态分析,为高风险工况提供辅助决策支持。

## 2.2 国内外安全风险管理现状

在化工企业安全风险管理方面,国内外的研究和实践均已取得长足进展,但在标准体系及管理水平上仍存在显著差异。

国外化工行业普遍实施较为完善的结构化管理体系,如欧美国家采用的过程安全管理(Process Safety Management, PSM)和功能安全评估(Functional Safety Assessment, FSA)。这些体系通过严格的法规要求(如美国OSHA 1910.119标准)和标准化工具(如LOPA层级防护分析技术),实现了风险控制的全生命周期化。此外,德国、日本等国家更加注重过程安全文化的培育,强调员工参与和持续改进的重要性。

国内虽然近年来高度重视化工企业的安全风险管理,但总体水平与发达国家相比仍存在一定差距。我国陆续出台了《危险化学品安全管理条例》(2011年修订)和《化工企业重大危险源辨识》(GB18218)等法规标准,但在实施过程中,由于不同企业在技术实力、资源投入及管理能力上的差异,导致综合风险管理效果参差不齐。此外,重大安全事故的频发进一步暴露出我国化工企业在预防性风险管控、职业健康安全文化建设及先进技术运用方面的不足。

通过对比发现,国外企业在安全管理中突出标准化建设,注重经验积累和技术融合,而我国则需要政策落实细化、科技研发创新及企业人员培训等方面进一步增强。

## 3 化工企业安全风险分析与评估方法的构建

### 3.1 化工企业风险特征的界定

化工企业在生产过程中存在显著的安全风险,其主要特点可以归结为易燃性、毒性和爆炸性等。具体而言,化学品的易燃性使火灾风险贯穿整个生产环节,从原料储存、传输到产品加工,无一例外。毒性风险则主要集中于有害化学物质的泄漏或暴露,直接威胁人员健康和周边环境安全。爆炸性风险则源于化学反应的不稳定性、高压环境及易燃易爆物质的存在,一旦发生事故,后果往往极其严重。

从不同生产环节来看,化工企业的风险来源存在显著差异。原材料阶段,风险主要集中于原材料的存储条件不当(如温度、湿度不达标)以及运输过程中的泄漏与碰撞可能

性。生产环节则存在因工艺控制不当而引发化学反应失控的潜在隐患。同时,废弃物处理阶段,化学残留物的处理不规范可能引发次生安全事故,污染环境,进一步加剧风险。因此,对化工企业各阶段的风险诱发因素进行全面梳理和深入分析,是开展科学化风险评估的前提。

### 3.2 构建科学化、系统化的风险评估模型

为了有效应对复杂多样的风险特征,化工企业需要构建科学化、系统化的风险评估模型,确保评估结果的全面性与准确性。一种方法是结合数据驱动与机理分析,采用混合模型对多维度风险进行精准评估。在数据驱动方面,可充分利用化工企业现有的运行数据,如设备状态、工艺参数及事故历史记录,通过算法模型提取风险特征,形成从数据到决策的闭环。在机理分析方面,则基于化学反应和工艺的基础理论,明确各类风险背后的内在诱因,找寻潜在问题的根源。

具体技术方法上,可平衡定量与定性分析的结合,例如定量风险评估(QRA)关注事故概率及后果的量化,而定性分析则聚焦风险的主观判断与分类,通过人员经验、工艺流程图等信息进行补充性分析。整合两种方法,可提高模型的全面性与实用性,同时为风险的分级管控提供基础。

## 4 风险评估的动态化发展方向

随着信息化技术的发展,动态化风险评估逐渐成为化工企业安全风险管理的重要研究方向。通过大数据、物联网(IoT)和人工智能(AI)等技术工具,风险评估从静态分析向动态监测和实时评估转型。例如,化工企业可利用安装在设备上的传感器进行实时数据采集,结合信息处理系统,实现对运行状态的实时监控与异常预测。同时,AI技术可进一步优化数据分析效率,提高风险评估模型的智能化程度。

在传统风险评估模型的基础上,动态化方向的创新点可体现在以下方面:一是风险预警机制,通过海量数据的聚合与训练,构建智能预警算法,实现对潜在事故的提前监控;二是决策支持功能,基于实时分析结果,为企业的应急响应与安全资源配置提供依据;三是模型自适应优化,动态调整评估参数,提高模型对复杂情境的适应性,从而进一步完善化工企业的安全管理体系。

因此,动态化的风险评估手段不仅能提升决策效率,还能显著提高事故防控的主动性,为化工行业实现本质安全奠定坚实基础。

## 5 化工企业安全风险控制策略研究

为实现化工企业安全管理目标,降低事故发生的概率与影响,本文针对化工企业特点,提出以下几方面的安全风险控制策略:

### 5.1 安全风险预防与控制的总体框架

化工企业安全风险预防与控制需以风险分级管控和隐患排查治理为核心,构建科学的安全管理体系。首先,建立

全面的风险识别机制,对化工企业各生产环节、工艺流程及设备进行系统性风险评价。其次,根据评价结果制订分级管控策略,对高风险区域加强重点监控与管控,确保实现“防患于未然”的目标。同时,结合动态风险评估方法,实时更新风险数据库,确保风险管理始终处于动态优化状态。

此外,构建以企业负责人为核心、生产部门为主体、安全管理部门为监督支持的多层次协同机制,明确责任分工,通过部门间的信息联络与共享,形成科学、系统的防控闭环。在治理体系中融入法律法规与行业标准,以制度保障风险防控的有效性。

## 5.2 防控技术与实用化策略

化工企业的安全风险防控离不开技术支持。通过引入先进的安全防控技术,可显著提升化工企业应对复杂风险的能力。具体包括:

**化工装置安全技术升级:**对现有化工生产装置进行安全设计评估,使用防爆设备、防泄漏装置及高可靠性的自动化控制系统,减少因设备缺陷引发的事故风险。

**关键工艺的安全保障:**加强关键工艺环节的本质安全设计,采用具有低毒性、低易燃性的原料替代危险原料,同时减少不必要的复杂操作。

**实时监控与诊断技术:**通过应用传感器网络、物联网监控设备与故障诊断系统,实时采集现场数据,并借助大数据分析技术预测可能的风险事件,提升应急响应效率。

**人员安全保障装备:**推广高性能的个人安全防护装备,尤其是在高风险作业场景下,如防化服、耐高温材料及精密检测仪器,确保作业人员的人身安全。

在技术应用过程中,需关注其经济性与实用性,通过技术改造分析确保投入与效果的综合优化。同时,应加强技术培训,使企业员工熟悉并掌握新设备及技术的操作规范。

## 5.3 基于全员参与的安全文化建设

安全文化是化工企业安全风险控制的重要软实力,加强全员安全意识是实现安全生产的重要保障。

**1. 安全意识培养:**通过定期组织安全教育培训、应急演练及事故案例分析,使全体员工深刻认识风险来源及预防措施,提高安全自觉性。

**2. 全员参与管理:**建立“人人有责”的安全管理模式,鼓励员工发现并报告安全隐患,及时提出改进意见,并定期对表现突出者进行奖励。

**3. 领导层带头示范:**企业管理层应以身作则,将安全纳入企业战略层面,并在日常活动中体现对安全的高度重视,建立良好的企业安全文化氛围。

**4. 优化沟通渠道:**通过制定公开透明的安全沟通制度,确保员工能够无障碍地向管理层反映安全问题,同时加强横向沟通与协作,形成整体合力。

通过全员参与与文化渗透的方式,实现企业从“被动管理”向“主动预防”的安全管理模式转型,提升整体风险管理能力。

## 5.4 智能化管控平台的设计

随着工业4.0技术的快速发展,构建智能化管控平台已成为化工企业提升安全风险控制能力的重要方向。智能化管控平台的设计主要包括以下要素:

**1. 数据集成与一体化管理:**整合生产、设备、环境及人员相关数据,形成一个统一的数据管理平台,通过对实时数据的统一分析,实现数据驱动的高效管理。

**2. 智能预测与报警系统:**基于物联网、大数据及人工智能技术,开发智能预测模型,可对可能发生的事故提前预警,减少人为响应的延迟。

**3. 远程监控与应急响应:**通过远程监控技术对企业生产现场进行实时图像及参数监测,结合应急响应系统,实现事故的快速反应与处理。

**4. 数字孪生技术应用:**利用数字孪生技术复制化工企业的实际生产环境,进行虚拟化模拟与风险预测,助力企业提前优化安全生产计划。

智能化管控平台的构建需要企业与技术团队协作合作,不断试点运行与优化,确保其在实际应用中的稳定性与可靠性,为化工企业长效的安全风险管理提供技术支撑。

综上所述,通过建立系统化、技术支持、文化引领及智能化平台等多元化的安全风险控制策略,化工企业能够从根本上增强安全生产能力,实现安全、稳定、高效的可持续发展目标。

## 6 结语

本研究通过系统分析化工企业安全风险评估方法与控制策略,提出了一套系统性、科学性与实践性兼备的安全管理框架。研究成果不仅有助于提高化工企业对潜在安全风险的识别与控制能力,还在减少安全事故频发、降低经济损失方面具有重要的现实意义。特别是本研究中风险评估模型的应用与控制策略的优化,为提升化工企业的安全管理水平提供了有效指导。尽管研究取得了重要成果,但仍存在一些局限性。一方面,数据来源多基于历史事故案例与现有文献,可能对区域性和特殊性风险的覆盖不足;另一方面,模型的广泛适用性有待进一步验证,尤其是对复杂化工场景中的动态风险评估能力较为有限。因此,未来需要更多多维度、实时数据的支持,以及加强模型适应不确定环境的能力研究。

### 参考文献

- [1] 化工企业安全现状风险评价技术研究. 宋彬慧.当代化工研究,2023(17)
- [2] 基于调查数据的山洪灾害风险评价技术分析. 徐庆云.水利科学与寒区工程,2021(06)
- [3] 化工企业安全现状风险评价技术研究. 唐江荣.科技创新与应用,2019(18)
- [4] 社会重大活动安全风险评价技术研究. 李凤.安全,2009(09)
- [5] 人群聚集场所的风险评价技术研究. 牛晓霞,朱坦,刘茂.环境科学与技术,2005(03)