

Study on safety risk assessment and accident prevention strategy in chemical enterprises

Yunlong Shan

Jiangsu Hongshun Silicon Semiconductor Technology Co., Ltd., Yancheng, Jiangsu, 224100, China

Abstract

Chemical enterprises face significant challenges in safety management due to their complex production processes and high-risk characteristics. This paper analyzes safety risk factors in chemical enterprises, explores commonly used risk assessment methods, and provides specific accident prevention strategies. The study highlights that safety performance in chemical enterprises is influenced by technological, managerial, and personnel factors. Effective risk assessment and proactive prevention measures, such as technological improvements, employee training, and optimized emergency response systems, are critical to reducing accident rates. This work aims to provide scientific foundations and practical guidance for enhancing safety management in chemical enterprises.

Keywords

Chemical enterprises; safety risk assessment; accident prevention; technological improvement; safety management

化工企业安全风险评估与事故预防策略研究

单云龙

江苏泓顺硅基半导体科技有限公司, 中国·江苏 盐城 224100

摘要

化工企业因其复杂的生产工艺和高风险特性,在安全管理方面面临重大挑战。本文通过分析化工企业的安全风险因素,探讨了适用于风险评估的常用方法,并列举了具体的事故预防策略。研究发现,技术、管理与人员等多方面因素共同影响化工企业的安全水平。有效的风险评估和主动预防措施,如技术改进、员工培训及应急响应优化,对于降低化工事故发生率具有关键意义。本文旨在为化工企业的安全管理提供科学依据和实践指导。

关键词

化工企业; 安全风险评估; 事故预防; 技术改进; 安全管理

1 引言

化工企业在国民经济中具有重要的战略和基础性地位,其产品广泛应用于能源、医药、制造和日常生活等多个领域。然而,由于化工生产过程中常涉及易燃、易爆、有毒、有害等危险化学品,化工行业一直是安全事故的高发领域。近年来,各类化工安全事故频频发生,例如爆炸、泄露和火灾,不仅造成人员伤亡和财产损失,还对环境造成了难以挽回的负面影响,严重威胁社会安全。因此,化工企业的安全管理与事故预防研究已经成为政府、学术界和工业界共同关注的重点领域,提升安全风险评估水平、完善事故预防策略对减少事故发生、保障产业健康发展具有重要意义。

2 化工企业安全风险因素分析

化工企业在生产活动中的安全风险问题关系到企业的

生存与社会的和谐稳定。由于行业特性,其风险因素复杂且多样化。通过全面分析化工企业的安全风险因素,可以为风险防控和事故预防提供有效依据。

2.1 化工企业的安全风险特征

化工企业的安全风险具有以下显著特征:

2.1.1 生产工艺复杂性

化工生产涉及多种化学反应,其核心工艺过程通常需要在高温、高压等极端条件下运行。一旦工艺参数失控,可能引发串联反应或热失控等危险,进而导致爆炸、火灾或有毒气体泄漏等重大事故。

2.1.2 易燃、易爆、有毒物质的使用及储存需求

化工企业通常使用大量易燃、易爆、有毒物质,这些物质一方面是生产所需的基础,另一方面也形成了安全风险的潜在来源。如甲烷、苯等易燃物,在储存或运输过程中稍有不慎即可引发严重事故。

2.1.3 外部环境对化工生产安全的影响

化工生产受到外部环境的显著影响。例如,气候条件(极端高温、低温、台风等)可能导致设备运行不正常,而

【作者简介】单云龙(1970-),男,中国江苏盐城人,注册安全工程师,从事安全生产管理研究。

地震等自然灾害则可能破坏储罐、输送管道等重要设施，诱发次生事故。此外，企业周边环境的变化（如人口密度增加）也加大了事故潜在的社会危害。

2.2 关键风险因素分类

根据风险来源的不同，可将化工企业的关键风险因素划分为以下几大类：

2.2.1 技术性风险

技术问题是化工企业安全风险的重要来源之一，包括工艺缺陷和设备问题：

工艺缺陷：某些化工工艺技术本身存在安全性不足的问题，例如反应路线复杂或反应条件苛刻，容易导致工艺失控。

设备老化：化工设备的长期使用可能造成性能下降或隐患增加，例如管道腐蚀、阀门失效等，从而埋下事故隐患。

2.2.2 管理性风险

管理问题是化工企业风险的重要推手，主要体现在以下方面：

安全管理体系不完善：许多企业未能建立全面的安全管理和监督制度，使得安全检查流于形式化或被忽视。

安全培训不足：员工缺乏系统的安全教育与培训，无法及时辨识风险或正确处理突发情况，增加人为事故的可能性。

2.3 人为因素风险

人为因素在化工事故中占据相当比例，其风险来源包括：

人员误操作：员工在复杂工艺或设备操作中可能因疲劳、压力或经验不足而误操作，引发事故。

责任心不足：部分从业人员安全意识淡薄，对规章制度敷衍了事或直接忽视操作规范。

2.4 外部不可控风险

除了企业内部因素外，外部不可控风险也对化工企业安全构成威胁：

自然灾害：如地震、洪水等自然灾害可能对化工生产设施构成直接损害，并导致次生化学事故。

社会突发事件：诸如恐怖袭击或社会动乱等可能干扰企业正常运营，甚至利用化工产品引发更大规模的危害。

通过对上述化工企业安全风险因素的系统分析，可以更清晰地认识其具体来源和关键环节，从而为进一步的安全改善与事故预防提供基础依据。

3 化工企业安全风险评估方法

化工企业因其生产过程复杂、危险性高而需要科学、系统的安全风险评估方法。这些评估方法主要分为定性评估方法、定量评估方法，以及整合了两者优势的综合评估模型，具体如下。

3.1 定性评估方法

定性评估方法侧重于通过经验性判断和专家分析对风险进行识别和描述，这类方法简单直观，适用于初步分析阶段。

3.1.1 安全检查表（SCL）

安全检查表法是通过预先设计的检查项目清单，对生

产设备、作业环境及流程的运行状况进行逐一核对，识别潜在的安全隐患。该方法具有操作性强、效果直接的特点，能够迅速发现不符合项并提出改进建议，但其局限于检查清单的完备性和检查人员的经验。

3.1.2 危险与可操作性分析（HAZOP）

HAZOP方法通过系统分析化工工艺和操作的偏差，识别潜在的安全风险。分析过程通常由多学科专家团队开展，针对“节点”和可能的“偏差”进行逐项评估，例如温度过高、压力过低等场景，从而提供可能的风险应对预案。HAZOP方法的优点是对复杂系统的适应性强，但实施时间较长，投入较大。

3.2 定量评估方法

定量评估方法通过数学模型和统计手段对风险进行量化分析，具有更强的精确性和科学性。

3.2.1 事件树分析（ETA）

事件树分析基于某一初始事件的发生，利用逻辑推理构建各种可能的事件发展路径，以及各路径对应的结果和概率。此方法适用于评估系统安全保护措施的有效性，并帮助揭示故障或事故发展的可能链条。然而，其缺点在于对输入数据的精度要求较高，且可能无法涵盖所有潜在路径。

3.2.2 故障树分析（FTA）

故障树分析通过以系统顶级故障事件为目标，向下细分原因到基础事件层级，用逻辑门连接各事件，计算故障发生的概率。FTA方法有效应用于复杂系统的风险分析，特别是在识别关键故障节点方面发挥重要作用。但其构建和分析过程较为耗时，尤其是面对大型系统时，工作量尤为庞大。

3.2.3 蒙特卡洛模拟法在风险建模中的应用

蒙特卡洛模拟法基于随机抽样和概率分布设计算法，通过多次迭代模拟系统运行的不同场景，评估事故发生的概率和可能后果。相较于传统定量方法，蒙特卡洛模拟法的优势在于可以处理不确定性较大的复杂系统，特别是在多因素交互的情况下，为风险预测提供更充分的数据支持。

3.3 综合评估模型

随着化工企业系统的复杂化和动态性增加，仅依赖单一的定性或定量评估方法可能难以全面覆盖潜在风险，因此产生了综合评估模型。这类模型结合多种技术手段，提供更全面的安全风险评估。

3.3.1 整合定性与定量方法的层次分析（AHP）模型

AHP模型通过构建分层结构，将复杂问题分解为多个可控的子问题，有助于在专家判断和定量分析间实现平衡。例如，在化工企业风险评估中，可以用AHP模型整合安全检查表法和故障树分析法，通过对权重的设定明确各风险因素的重要性，最终实现综合评估。该模型的优点是能够科学评估多维度风险，但其依赖于专家经验和主观判断，可能引入偏差。

3.3.2 基于大数据和人工能的动态风险评估技术设计

随着信息技术的发展,基于大数据和人工智能的动态风险评估技术正愈发受到重视。通过实时采集化工企业运行数据,利用机器学习算法分析风险特征,动态预测可能的安全隐患。例如,通过构建深度学习算法模型,实时监测生产过程的压力、温度和流量等参数,并结合历史事故数据,识别潜在危险区域。这种方法弥补了传统评估方法的静态性缺陷,能够响应风险变化并提出及时预警。然而,技术的有效性依赖于数据质量和算法的准确性。

通过结合定性、定量及综合评估模型,化工企业能够构建有效的安全管理体系,全面提升风险评估的科学性和准确性。这些方法在实际应用中的选取,应综合考虑企业规模、生产工艺复杂程度及数据获取难易度,以实现成本与效益的平衡。

4 化工企业事故预防策略研究

化工企业作为高风险行业,其事故预防需要从技术、管理、人员和外部协同等多方面综合考虑,以实现全方位的安全体系构建并有效降低风险。以下是化工企业在事故预防领域的具体策略研究:

4.1 技术层面的安全优化措施

技术层面的安全优化是化工企业事故预防的核心。现代化和智能化技术的引入为企业安全提供了强有力的保障。

4.1.1 安全设施的现代化与智能化升级

化工企业可以通过引入先进的传感技术、智能监测设备以及自动化控制系统,提高对各类危险源的实时检测与监控能力。例如,通过安装基于物联网的传感器网络实现设备运行状态的全天候监控,及时预警潜在风险。此外,无人机巡检、机器人排查等技术也正在成为化工企业安全管理的重要工具。

4.1.2 工艺改进与工艺本质安全化设计 (Inherent Safety)

工艺改进是实现事故从源头预防的重要手段。化工企业应在工艺设计初期积极引入本质安全化理念,例如替代高毒性、高爆炸性原料,优化反应条件以降低危险反应发生的可能性。同时,采用更安全的工艺流程和设备,降低作业中的危险性,例如鼓励封闭性操作代替开放性操作。

4.2 管理层面的安全措施

在技术手段之外,科学的安全管理体系和应急预案是保障化工企业安全运行的重要支撑。

4.2.1 建立科学的安全管理体系 (HSE 管理体系)

健全的健康、安全与环境管理体系 (HSE 体系) 可以规范公司内部的安全操作。化工企业应对安全管理进行全生命周期的动态评估,从设备采购、生产运行到废弃物处理,确保每一环节的安全性可控。此外,定期进行第三方安评和审核,有助于发现管理中的薄弱环节,持续优化安全性能。

4.2.2 制定完善的应急预案和定期演练机制

针对可能发生的事故,化工企业需要制定详细的应急

预案并确保其具备可操作性。例如,对于毒气泄漏、火灾等重大事故隐患,应明确各部门的职责分工和响应流程。同时,企业应定期开展应急演练,通过模拟突发事件提高员工的应急响应能力,并检验预案的有效性与完善性。

4.3 人员意识的提升与培训

人的安全意识和能力是事故预防中不可或缺的一环。提高员工的安全文化水平和应急技能,将有效降低因人为失误引发的事故风险。

4.3.1 安全文化建设与岗位安全培训

化工企业需要通过多种方式营造“人人关注安全”的文化氛围。例如,定期开展“安全活动周”,通过宣传海报、竞赛、讲座等形式让安全理念深入人心。同时,针对不同岗位制定专项培训计划,确保员工熟知岗位的操作规范和潜在风险。

4.3.2 借助虚拟现实 (VR) 技术开展事故演练

借助 VR 技术模拟化工厂的实际场景和事故情形,可大幅提升员工的培训效果。通过沉浸式体验,员工能够真实感受不同事故下应如何操作,强化应急能力。此外,VR 培训避免了真实演练可能带来的风险和成本问题,为企业安全培训提供了经济高效的解决方案。

5 结语

本文围绕化工企业的安全风险评估与事故预防策略展开了深入研究,通过分析当前化工行业的安全管理现状,结合经典模型和创新方法,验证了科学化、系统化的风险评估方法对提升企业本质安全性的显著作用。同时,本文提出的事故预防策略紧扣实际需求,以强化企业安全管理水平、降低事故发生概率为核心,具有较强的可操作性。研究表明,准确的风险评估不仅能够帮助化工企业有效识别潜在风险,还能为制定科学的预防措施提供依据,从而在根本上降低安全事故的发生率,保障人员与环境的安全。在化工行业快速发展的背景下,安全管理工作面临着日益复杂的挑战。因此,未来的研究和实践需要进一步引入先进技术如大数据、物联网与人工智能,推动风险评估和事故预防的智能化与精准化。

参考文献

- [1] 化工生产中的安全风险评估与管理策略. 田佳. 中国品牌与防伪, 2024(12)
- [2] 精细化工反应安全风险评估在设计中的应用与探讨. 许景寒; 杨文平. 山东化工, 2023(24)
- [3] 基于运营能力的城市安全风险评估指标模型的研究. 闫印强; 赵子刚; 杨利达. 自动化博览, 2024(01)
- [4] 数学在化工安全风险评估中的作用. 刘佳. 塑料工业, 2024(05)
- [5] 浅析特种设备安全风险评估与控制对策. 杨阳; 张轩; 刘刚. 现代职业安全, 2024(07)
- [6] 基于灰色关联与动态权重的建筑工程安全风险评估. 汪建军. 科技视界, 2024(23)