

Research on Optimization of Chemical Process Safety Management Based on Risk Assessment

Jiusheng Li

- Langfang Development Zone Zhongyou Kexin Chemical Co., Ltd., Langfang, Hebei, 065000, China
- China Petroleum Pipeline Engineering Co., Ltd. Pipeline Operation Branch, Langfang, Hebei, 065000, China

Abstract

As an important pillar of the national economy, the chemical industry not only promotes social development, but also faces enormous pressure on safety production. The traditional safety management model is no longer suitable for the increasingly complex chemical production environment, and the safety management concept based on risk assessment has emerged. The paper deeply explores the current situation and challenges of chemical process safety management, systematically elaborates on the application of risk assessment methods in chemical processes, and combines practical cases to construct an optimization plan for chemical process safety management based on risk assessment, in order to provide reference for improving the safety management level of chemical enterprises.

Keywords

chemical process; safety management; risk assessment; optimization scheme

基于风险评估的化工过程安全管理优化研究

李九胜

- 廊坊开发区中油科新化工有限责任公司, 中国·河北 廊坊 065000
- 中国石油管道局工程有限公司管道投产运行分公司, 中国·河北 廊坊 065000

摘要

化工行业作为国民经济的重要支柱,在推动社会发展的同时,也面临着巨大的安全生产压力。传统的安全管理模式已难以适应日益复杂的化工生产环境,基于风险评估的安全管理理念应运而生。论文深入探讨了化工过程安全管理的现状与挑战,系统阐述了风险评估方法在化工过程中的应用,并结合实际案例,构建了一套基于风险评估的化工过程安全管理优化方案,以期提升化工企业安全管理水平提供参考。

关键词

化工过程; 安全管理; 风险评估; 优化方案

1 概述

1.1 研究背景与意义

化工行业是现代工业体系的重要组成部分,为人类社会提供了丰富的物质基础。然而,化工生产过程中涉及的物质大多具有易燃、易爆、有毒、腐蚀等危险特性,一旦发生事故,后果不堪设想。近年来,随着全球化工产业规模的不断扩大,工艺技术日益复杂,以及公众对安全环保的关注度日益提升,化工过程安全管理面临着前所未有的挑战。

传统的安全管理模式以经验判断和事后处理为主,缺乏系统性、科学性和前瞻性,难以有效应对复杂多变的风险挑战。例如,2005年英国班斯菲尔德油库爆炸事故的调查报告指出,事故的发生是由于一系列安全管理漏洞造成的,包括风险评估不足、安全文化薄弱、应急预案不完善等。

【作者简介】李九胜(1968-),男,中国河北廊坊人,助理工程师,从事质量安全管理研究。

基于风险评估的安全管理理念强调以风险管理为核心,通过系统识别、分析和评估化工过程中的潜在风险,制定针对性的防控措施,将风险控制在可接受的范围内,从而有效预防和减少事故发生,保障员工生命安全和企业财产安全,促进化工行业可持续发展。

1.2 国内外研究进展

近年来,随着风险管理理念的普及和应用,基于风险评估的化工过程安全管理模式在国内外得到越来越多的关注和研究。国际上,美国化学安全与危害调查委员会(CSB)、欧洲化学品管理局(ECHA)、英国健康与安全执行局(HSE)等机构制定了一系列化工过程安全管理指南和标准,强调风险评估在安全管理中的重要作用,并提出了HAZOP、LOPA、FMEA等一系列风险评估方法。在中国,国家应急管理部、生态环境部等部门也发布了多项化工安全生产相关法律法规和标准,鼓励企业开展风险评估,并将其作为安全管理的重要依据。例如,《危险化学品安全管理条

例》《企业安全生产风险评估导则》等法规和标准都对化工企业开展风险评估提出了明确要求。然而，现有的研究成果在实际应用中仍面临一些挑战，如风险评估方法的选择和应用、风险评估结果与安全管理措施的有效衔接、风险评估的动态更新机制等方面仍需进一步探索和完善^[1]。

2 化工过程安全管理现状

2.1 化工过程的特点与风险

化工过程是指以化学反应为基础的物质转化过程，其特点是物质和能量的转化过程高度集中，操作条件苛刻，涉及多种危险因素，存在发生火灾、爆炸、中毒等事故的风险。具体而言，化工过程具有以下特点：①物质危险性高：许多化工原料和产品具有易燃、易爆、有毒、腐蚀等危险特性，例如，甲醇、乙醚等易燃液体，在空气中达到一定浓度时，遇明火即可发生爆炸；氯气、氨气等有毒气体，一旦泄漏，会对人体造成严重伤害。②工艺条件苛刻：化工生产过程往往需要在高温、高压、强腐蚀等苛刻条件下进行。例如，合成氨反应需要在高温高压条件下进行，对反应釜的材质和制造工艺要求极高；硫酸生产过程中涉及强腐蚀性介质，对设备的防腐性能要求极高。③反应过程复杂：化工反应过程复杂，影响因素众多，难以完全掌控，存在失控风险。例如，聚合反应过程中，如果温度控制不当，容易发生爆聚反应，造成严重后果。

2.2 传统安全管理方法的局限性

传统的安全管理模式主要依靠经验判断、安全检查和事故处理，存在以下局限性：①被动应对：传统安全管理以事后处理为主，缺乏对潜在风险的预判和防范，容易陷入被动局面，难以从根本上杜绝事故的发生。②缺乏系统性：传统安全管理往往注重局部和单一因素的安全控制，缺乏对整个生产系统的全面考虑，难以有效识别和控制系统性风险，如只关注设备的安全性能，而忽视了人为操作失误的风险。③难以适应新形势：随着化工技术的发展和形势的变化，传统安全管理模式难以适应新形势的要求，如新型化工材料的应用、智能化生产线的普及等，都对安全管理提出了新的挑战^[2]。

2.3 基于风险评估的安全管理必要性

基于风险评估的安全管理是一种主动的安全管理模式，通过系统识别、分析和评估化工过程中的潜在风险，制定针对性的防控措施，可以有效弥补传统安全管理模式的不足，提升企业安全管理水平。具体而言，基于风险评估的安全管理具有以下优势：

①前瞻性：通过风险评估，可以提前识别潜在的风险，并采取相应的预防措施，避免事故的发生。②系统性：风险评估可以全面考虑各种风险因素及其相互作用，制定更加科学合理的风险控制措施。③动态性：风险评估是一个持续改进的过程，可以根据生产工艺、设备设施、操作人员等变化

情况，及时更新风险评估结果，确保风险控制措施的有效性。

3 风险评估方法在化工过程中的应用

3.1 风险评估理论基础

风险评估是指运用系统化的方法，识别和分析可能导致伤害或损害的因素，并对风险发生的可能性、严重程度及其后果进行评价的过程。风险评估的理论基础是风险管理，其核心思想是通过系统化的风险识别、风险分析和风险控制，将风险控制在可接受的范围内。

风险评估的基本步骤包括：①确定评估范围：明确风险评估的对象、目标、时间范围等。②风险识别：系统识别可能导致伤害或损害的因素，包括物质危险性、工艺危险性、设备设施缺陷、人为操作失误等。③风险分析：对识别的风险进行定性和/或定量分析，确定风险发生的可能性、严重程度及其后果。④风险评价：将风险分析的结果与预先确定的风险 criteria 进行比较，判断风险是否可接受。⑤风险控制：针对不可接受的风险，制定相应的控制措施，降低风险至可接受水平^[3]。

3.2 化工过程风险识别方法

常用的化工过程风险识别方法包括：①安全检查表（SCL）：根据以往事故案例和经验教训，列出可能导致事故发生危险因素，并逐项检查。例如，检查设备的安全阀是否定期校验、操作人员是否佩戴防护用品等。②作业危害分析（JHA）：对每项作业活动进行步骤分解，分析每个步骤中存在的潜在危险因素。例如，对化工物料的装卸作业进行步骤分解，分析每个步骤中可能发生的泄漏、火灾、爆炸等风险。③工艺危害分析（HAZOP）：以工艺流程图为基础，采用引导词对工艺参数、操作步骤等进行系统分析，识别潜在危险。例如，分析反应温度过高可能导致的风险、分析管道堵塞可能导致的风险等。④故障模式与影响分析（FMEA）：从设备或系统故障角度出发，分析故障模式、原因、影响及现有控制措施。例如，分析泵发生泄漏的可能原因、分析泄漏可能导致的后果、分析现有控制措施是否有效等。

3.3 风险评估模型的建立

风险评估模型是进行风险评估的重要工具，常用的风险评估模型包括：

风险矩阵法：根据风险发生的可能性和严重程度，将风险划分为不同的等级，并制定相应的控制措施。例如，将风险划分为低风险、中等风险、高风险三个等级，针对不同等级的风险，制定不同的控制措施。

风险图法：将风险发生的可能性和严重程度绘制成图形，直观地展示风险等级。例如，采用气泡图的方式，气泡的大小代表风险等级，气泡的颜色代表风险类型。

定量风险评估（QRA）：采用概率论和数理统计方法，对风险进行量化分析，计算事故发生概率、后果及风险值。

例如,采用故障树分析法(FTA)计算事故发生的概率,采用后果分析软件计算事故可能造成的人员伤亡和财产损失。

4 基于风险评估的化工过程安全管理优化方案

4.1 风险分级管控策略

根据风险评估结果,将风险划分为不同的等级,并针对不同等级的风险制定不同的管控策略。例如,对于高风险等级的环节,应采取更加严格的管控措施,如设置安全联锁、加强监控等;对于中等风险等级的环节,可采取一般的管控措施,如定期检查、维护保养等;对于低风险等级的环节,可采取简化的管控措施,如日常巡查、记录等。

4.2 关键控制点的确定与管理

关键控制点是指能够有效控制风险的关键环节或设备,通过加强对关键控制点的管理,可以有效降低风险。例如,对于易燃易爆物质的储存环节,应将其作为关键控制点,加强防火防爆措施,如设置防火堤、安装可燃气体报警器等;对于涉及剧毒物质的操作环节,应将其作为关键控制点,加强个人防护措施,如佩戴防毒面具、穿戴防护服等。

4.3 应急预案的优化设计

根据风险评估结果,优化应急预案,提高应急处置能力。例如,针对可能发生的火灾、爆炸等事故,制定相应的应急预案,并定期组织演练,提高应急处置效率;针对可能发生的泄漏事故,配备相应的应急物资,如吸附材料、堵漏工具等,并培训应急处置人员,使其掌握正确的应急处置方法。

5 案例研究

5.1 某化工企业风险评估实施过程

以某化工企业为例,介绍基于风险评估的安全管理优化方案的实施过程。该企业主要生产一种易燃易爆的化工产品,近年来,随着生产规模的扩大,安全生产压力日益增大。为了有效控制安全风险,该企业决定引入基于风险评估的安全管理模式。

首先,该企业成立了风险评估小组,负责风险评估的组织实施工作。风险评估小组成员由安全管理人员、工艺技术人员、设备管理人员、操作人员等组成,涵盖了与安全生产相关的各个部门和岗位。

其次,风险评估小组根据企业实际情况,选择了HAZOP方法作为风险识别方法。HAZOP方法是一种系统化、结构化的风险识别方法,适用于识别化工过程中的潜在危险。风险评估小组以工艺流程图为基础,采用引导词对工艺参数、操作步骤等进行系统分析,识别了生产过程中可能发生各种危险,如原料泄漏、反应失控、设备故障等。

再次,风险评估小组对识别的风险进行了定性和定量分析,确定了风险发生的可能性、严重程度及其后果。对于定性分析,风险评估小组采用了风险矩阵法,根据风险发生的可能性和严重程度,将风险划分为低风险、中等风险、高风险三个等级;对于定量分析,风险评估小组采用了FTA

方法和后果分析软件,计算了事故发生的概率、人员伤亡和财产损失。

最后,风险评估小组根据风险评估结果,制定了风险分级管控策略,确定了关键控制点,并优化了应急预案。例如,对于高风险等级的环节,如原料储存环节、反应环节等,该企业采取了更加严格的管控措施,如设置安全联锁、加强监控等;对于中等风险等级的环节,如产品灌装环节、废水处理环节等,该企业采取了一般的管控措施,如定期检查、维护保养等;对于低风险等级的环节,如办公区域、生活区域等,该企业采取了简化的管控措施,如日常巡查、记录等。

5.2 优化方案的应用效果分析

通过实施基于风险评估的安全管理优化方案,该企业的安全生产水平得到了显著提升,事故发生率明显下降,安全生产形势持续稳定向好。具体而言,该企业取得了以下成果:①增强了安全风险意识:通过开展风险评估,企业各级人员的安全风险意识得到了显著提高,能够更加主动地识别和控制风险。②完善了安全管理制度:根据风险评估结果,该企业完善了安全管理制度,明确了各部门和岗位的安全责任,形成了安全管理闭环。③提升了安全技术水平:为了有效控制风险,该企业加大安全技术投入,更新改造了部分安全设施,提高了安全技术水平。

5.3 经验总结与推广建议

总结该企业在实施基于风险评估的安全管理优化方案过程中的经验教训,并提出推广建议,为其他化工企业提供参考:①加强领导重视,提高思想认识:企业领导要充分认识到风险评估工作的重要性,将其作为一项重要的工作内容,并提供必要的资源支持。②选择合适的风险评估方法:不同的风险评估方法适用于不同的场景,企业应根据自身实际情况,选择合适的风险评估方法。③加强风险评估结果的应用:风险评估不是目的,而是手段,企业应将风险评估结果应用到安全管理的各个环节,才能真正发挥风险评估的作用。④建立风险评估动态更新机制:风险评估是一个持续改进的过程,企业应建立风险评估动态更新机制,根据生产工艺、设备设施、操作人员等变化情况,及时更新风险评估结果,确保风险控制措施的有效性。

6 结论与展望

基于风险评估的化工过程安全管理优化方案是一种科学、有效的安全管理方法,能够有效提升企业安全管理水平,保障员工生命安全和企业财产安全。未来,随着化工技术的发展和形势的变化,基于风险评估的安全管理方法将不断完善和发展,为化工行业安全生产提供更加可靠的保障。

参考文献

- [1] 国家安全生产监督管理总局.企业安全生产风险评估导则[S].2012.
- [2] 中国石油化工集团公司.石油化工企业安全风险分级管控体系实施指南[S].2018.
- [3] 徐颖.化工过程安全管理[M].北京:化学工业出版社,2016.