

Research on Risk Assessment Methods for Major Hazard Sources in Chemical Industrial Parks

Xiaoqiang Lu

Nantong Zilang Biomedical Technology Co., Ltd., Nantong, Jiangsu, 226407, China

Abstract

Chemical industrial parks are an important part of China's industrial production. However, due to the presence of numerous high-risk chemicals and equipment in these parks, safety issues have been a key concern for society. The identification of major hazards and risk assessment has become a core component in ensuring the safe operation of these parks. This study focuses on the risk assessment of major hazards in chemical industrial parks, analyzing the basic concepts, theoretical methods, and different assessment frameworks and models. By combining both quantitative and qualitative analysis methods, it explores how data support and computational tools can enhance the accuracy and efficiency of the assessments. The aim of this study is to provide a systematic risk assessment method for the safety management of chemical industrial parks, ensuring that these parks can better identify and mitigate potential hazards, reduce the likelihood of accidents, and improve safety levels.

Keywords

chemical industrial parks; major hazards; risk assessment; quantitative analysis; emergency plans

化工园区重大危险源风险评估方法研究

陆晓强

南通紫琅生物医药科技有限公司, 中国·江苏 南通 226407

摘要

化工园区是我国工业生产的重要组成部分,但由于化工园区内存在大量的高风险化学品与设备,其安全问题一直是社会关注的重点。重大危险源的识别与风险评估成为保障园区安全运营的核心内容。本研究针对化工园区重大危险源进行风险评估,分析了风险评估的基本概念、理论方法以及不同的评估框架和模型。通过结合定量与定性分析方法,探讨了如何通过数据支持与计算工具提升评估的准确性和效率。本研究旨在为化工园区的安全管理提供一种系统化的风险评估方法,确保园区能够更好地识别与防范潜在危险,减少事故发生的可能性,提升园区的安全水平。

关键词

化工园区; 重大危险源; 风险评估; 定量分析; 应急预案

1 引言

随着化工行业的快速发展,化工园区的安全问题变得越来越突出。园区内生产设施复杂,涉及多种高风险化学品,潜在的危险源众多。因此,如何科学、准确地进行重大危险源的风险评估,已经成为化工园区安全管理中的关键问题。有效的风险评估能够帮助管理者识别潜在的危险源,并通过制定合理的应对措施,最大限度地减少事故发生的可能性。当前,许多园区仍面临着风险评估方法不完善、数据处理能力不足等问题,亟需创新与完善相关的评估方法与技术。本文将重点探讨化工园区重大危险源的风险评估方法,介绍常用的定量与定性分析方法,并结合实际案例分析其在园区安全管理中的应用效果。

【作者简介】陆晓强(1987-),男,中国江苏南通人,本科,中级职称,从事化工安全研究。

2 化工园区重大危险源风险评估的基本概念

2.1 重大危险源的定义与分类

重大危险源是指在化工园区中,可能对人身安全、环境及财产造成严重威胁的危险源。根据其性质,重大危险源可分为化学危险源、物理危险源和生物危险源等几类。化学危险源包括易燃、易爆、有毒化学品及其反应过程,物理危险源主要涉及高温、高压设备及机械设备,生物危险源则是指生物制品及微生物的潜在威胁。根据国家安全生产法和相关规定,化工园区中的危险源应依据其引发事故的可能性和后果严重性来进行分类。危险源的分类有助于制定相应的管理措施和风险应对策略,从而减少事故的发生。

2.2 风险评估的基本理论与方法

风险评估是对化工园区内危险源可能引发事故的可能性与后果进行综合评价的过程。主要包括风险识别、风险分析、风险评价和风险控制四个步骤。风险识别通过对化学品

特性、操作过程及环境因素的分析,识别出潜在的危险源。风险分析方法常采用定性与定量相结合的方式,结合经验性知识和数据模型进行深度分析。风险评价依据的是评估模型,如事件树分析(ETA)和故障树分析(FTA),根据分析结果评估危险源发生事故的概率及其后果的严重性^[1]。风险控制则依据评估结果,通过制定控制措施、优化作业流程及实施安全管理来减少事故的发生。风险评估方法的准确性和科学性对园区的安全管理至关重要。

3 化工园区重大危险源识别与风险评估框架

3.1 危险源识别方法

危险源识别是风险评估的首要步骤,涉及对化工园区内所有可能存在的危险源进行详细识别。常见的危险源识别方法包括检查清单法、Hazop分析法(危害与可操作性分析)和故障树分析法等。在某化工园区的危险源识别过程中,通过Hazop分析法共识别出14个主要危险源,其中包括高温反应釜的压力过高、储罐泄漏、管道腐蚀等。这些危险源与化工园区的安全生产密切相关。通过对这些危险源的全面分析,可以更准确地识别潜在的危险,并为后续的风险评估和控制措施提供依据。

3.2 风险评估框架的构建

风险评估框架的构建是基于化工园区的具体特点,结合科学的理论模型来评估园区内危险源的风险水平。以某化工园区为例,采用了多层次、多维度的风险评估框架。框架包括危险源的分类、风险矩阵的构建和多种评估模型的运用。通过风险矩阵将可能的风险事件进行量化,评估不同情景下的风险等级,并为园区制定不同的应对策略提供支持。在评估过程中,对每一类危险源按照其发生的概率和可能造成的后果进行综合评估,确保园区能针对各类风险采取相应的控制措施。

3.3 风险评估模型的选择与应用

风险评估模型的选择应依据化工园区的具体情况进行定制,常用的评估模型包括事件树分析(ETA)、故障树分析(FTA)和层次分析法(AHP)。以某化工园区的危险源为例,通过FTA模型对设备故障引发的事故进行深入分析,发现某些设备存在较高的故障率,且一旦发生故障,可能引发严重的化学品泄漏事故。通过事件树分析进一步分析了不同故障模式下事故的可能性及其后果,结果显示设备故障可能导致的风险事件占比为40%。根据评估结果,园区决定实施更严格的设备维护与检查措施,以降低设备故障引发事故的风险。

4 化工园区重大危险源风险评估的定量与定性分析

4.1 定性分析方法在危险源评估中的应用

定性分析方法主要通过专家判断和历史数据对危险源进行初步评估,应用广泛且灵活。常见的定性分析方法包

括危害与可操作性分析(HAZOP)和故障模式影响分析(FMEA)。在某化工园区的危险源评估中,通过HAZOP分析法,对园区内的10个关键工艺进行了深入分析。该方法通过逐步对操作流程中的每个环节进行评估,识别出可能的危险源。比如,化学品储存区域通过HAZOP分析,发现了阀门老化可能导致泄漏的风险。定性分析的关键在于专家小组的经验,结合化学品的性质、操作环境以及设备条件,进行综合判断。通过这种方法,在园区内发现了5个高风险源,其中包括液化气泄漏、反应釜过压等^[2]。分析结果为后续定量分析提供了方向,确保了风险评估的全面性和准确性。

4.2 定量分析方法与风险量化模型

定量分析方法通过数据和数学模型来评估风险的发生概率和后果的严重性,常用的技术包括故障树分析(FTA)和事件树分析(ETA)。在某化工园区的风险评估中,使用了FTA模型对设备故障引发的风险进行量化。以反应釜设备为例,通过FTA分析,得出该设备故障的发生概率为0.02,且在故障发生时可能引发化学品泄漏,损失达到500万元。通过这些数字模型,能够量化每个风险源的具体威胁水平。该评估过程中,还采用了Monte Carlo模拟对多种潜在风险场景进行了仿真。模拟结果显示,化学品泄漏事件的概率为0.01,但一旦发生,可能造成的环境污染和设备损失达到较高水平。定量分析为化工园区管理层提供了清晰的决策支持,确保了风险控制措施的有针对性。

4.3 定量与定性相结合的评估方法

定量与定性相结合的评估方法能够弥补单一方法的不足,综合考虑专家经验和数据分析。在某化工园区的风险评估中,首先通过定性分析方法识别出所有潜在的危险源,并对其初步分类。例如,专家组通过HAZOP分析发现,园区内的3个化学品存储设施存在高泄漏风险,且操作流程中有多个高风险环节。随后,使用定量分析方法,对这些危险源进行了进一步的风险量化,应用故障树分析和事件树分析模型,分别计算了各风险源的发生概率及其经济损失。结合定性分析结果,园区管理者能够准确识别出最需要关注的风险源,并为这些高风险源设定了优先处理级别。通过两者结合,评估不仅涵盖了潜在风险的全面识别,还提供了量化的风险数据,确保了评估过程的高效性和准确性。这种方法使得园区能够在实际应用中更加有效地实施安全管理和风险控制措施^[3]。

5 化工园区重大危险源风险评估中的数据支持与计算工具

5.1 数据收集与处理方法

在化工园区的重大危险源风险评估过程中,数据收集与处理是基础性工作。通过对园区生产、环境和安全等方面的数据进行收集和整理,确保风险评估具备充分的数据信息

支持。例如,在某化工园区内,收集了30个不同工艺流程的安全数据,其中包括设备故障率、化学品泄漏量、事故频率等数据。收集的数据通过标准化处理后,进行统计分析,计算出不同风险源的发生概率和可能后果。数据处理过程中,采用了数据清洗和缺失值填补技术,确保了数据的准确性与完整性。这些处理后的数据为后续的风险分析与评估提供了坚实的基础,确保了评估结果的可靠性。

5.2 风险评估计算工具与软件应用

在进行化工园区的风险评估时,风险评估计算工具和软件的应用至关重要。常用的软件工具包括Hazop分析软件、风险矩阵计算工具和Monte Carlo模拟软件。在某化工园区的风险评估中,使用了Hazop分析软件对15个关键生产设备进行了安全评估。通过计算,发现其中5个设备的风险值较高,特别是与化学品储存相关的设备,发生事故的可能性为3%。此外,使用Monte Carlo模拟对多种风险情景进行了仿真,分析结果显示,储罐泄漏的最大潜在损失可达200万元。通过这些工具的应用,园区管理层能够准确掌握每个危险源的风险情况,并基于此制定相应的控制策略。

5.3 数据可视化在评估中的作用

数据可视化技术在化工园区的风险评估中具有重要作用。通过可视化工具将复杂的风险数据转化为直观、易理解的图表,帮助决策者迅速识别和判断潜在风险。例如,在某化工园区的评估中,通过可视化技术,绘制了风险矩阵图和事故发生概率分布图。数据可视化显示,某些高风险操作的发生概率较高,特别是在化学品的储存和运输过程中,事故发生的概率高达8%。通过风险热力图,园区管理者能够快速识别出高风险区域,并优先采取风险控制措施^[4]。数据可视化不仅提高了风险评估的效率,也为园区的安全管理决策提供了直观依据。

6 化工园区重大危险源风险评估的管理对策与应用

6.1 基于评估结果的风险控制措施

在化工园区的风险评估过程中,根据评估结果,制定相应的风险控制措施至关重要。以某园区的评估为例,基于对15个危险源的评估结果,采取了包括强化设备维护、升级储罐安全系统等具体控制措施。对于发生概率较高的化学品泄漏事故,园区实施了双重密封技术,并增设了自动报警系统,确保泄漏事故能够在初期被发现并及时处理。此外,还加强了操作人员的安全培训和应急演练,提高了园区的整体安全水平。通过这些控制措施的实施,园区的安全管理水平得到了显著提升。

6.2 应急预案与应急响应机制

应急预案和应急响应机制是化工园区风险管理的关键组成部分。在风险评估中,针对评估中识别的高风险区域和危险源,园区制定了相应的应急预案。例如,对于化学品泄漏事件,园区制定了详细的应急响应程序,包括泄漏检测、疏散人员、启动消防系统等。针对不同类型的事故,园区分别设立了专门的应急小组,负责快速响应。通过定期的应急演练,提升了员工的应急反应能力,确保了在实际事故发生时,能够快速有效地采取措施,最大限度地减少事故损失。

6.3 评估结果在园区安全管理中的应用

风险评估的结果直接影响园区的安全管理策略。在评估完成后,园区根据评估结果对安全管理流程进行了优化调整。对于评估中识别出的高风险点,园区增加了监控设施,并引入了先进的自动化控制系统。例如,在化学品储存区,增加了温湿度传感器和实时监控系统,确保储存环境的安全。此外,园区还对操作流程进行了优化,减少了不必要的风险暴露。评估结果还为园区的长期安全战略提供了数据支持,确保了园区安全管理的持续改进和提升^[5]。通过这些应用,园区的事故发生率显著降低,安全生产环境得到了保障。

7 结语

通过对化工园区重大危险源的风险评估,本文探讨了定性与定量分析方法的应用及其结合方式。定性分析方法为危险源识别提供了基础,帮助专家团队发现潜在的风险源,而定量分析则通过数学模型对风险进行了精准量化,确保评估结果的可靠性。结合两者的优势,可以实现全面、准确的风险评估,进而为园区安全管理提供有效支持。通过实施科学的风险评估和控制措施,园区可以降低事故发生的概率,提升安全管理水平,为化工园区的可持续发展提供保障。

参考文献

- [1] 张鑫.化工园区重大危险源安全评价处置优化研究[J].中国轮胎资源综合利用,2026,(03):196-198.
- [2] 王杰,张明广,程晋强,蒋军成,王爽,江嘉仪.化工园区重大危险源安全风险防控体系研究进展[J].中国安全科学学报,2026,36(01):146-156.
- [3] 施方桂.化工园区重大危险源事故风险分析及应急救援体系研究[D].导师:王飞跃;刘明娣.中南大学,2022.
- [4] 许晓元,朱红亚.基于重大危险源辨识的化工园区消防站规划方法[A].2020中国消防协会科学技术年会论文集[C].2020:722-726.
- [5] 王起全,刘志刚,杨鑫刚,刘建,王睿智.化工园区重大危险源风险情景构建分析[J].中国安全科学学报,2020,30(08):63-69.