

## 石油化工中的安全与风险评估研究

尹超<sup>1</sup> 陈永福<sup>2</sup> 穆文波<sup>1</sup>

1 山东京博石油化工有限公司, 山东 滨州 256500

2 山东京博农化科技股份有限公司, 山东 滨州 256500

**[摘要]** 石油化工行业作为全球能源和化学品生产的关键领域, 对经济发展贡献巨大。然而这一行业的特殊性, 如处理易燃易爆化学品, 高温高压操作等, 使得安全事故的潜在后果不容小觑。因此, 安全措施和风险评估成为确保行业可持续发展的重要环节。安全与风险评估研究旨在揭示石油化工行业中可能的风险点, 并建立相应的安全标准和操作流程, 以减少事故发生。本论文探讨的背景不仅局限于行业内部的安全实践, 更涉及对整个社会和环境的影响评价。

**[关键词]** 石油化工; 安全与风险评估; 风险源; 评估技术

DOI: 10.33142/sca.v7i4.12010

中图分类号: TE65

文献标识码: A

## Research on Safety and Risk Assessment in Petrochemical Industry

YIN Chao<sup>1</sup>, CHEN Yongfu<sup>2</sup>, MU Wenbo<sup>1</sup>

1 Shandong Chambroad Petrochemicals Co., Ltd., Binzhou, Shandong, 256500, China

2 Shandong Jingbo Agrochem Technology Co., Ltd., Binzhou, Shandong, 256500, China

**Abstract:** As a key sector of global energy and chemical production, the petrochemical industry has made significant contributions to economic development. However, the unique nature of this industry, such as handling flammable and explosive chemicals, high-temperature and high-pressure operations, makes the potential consequences of safety accidents not to be underestimated. Therefore, safety measures and risk assessment have become important links to ensure the sustainable development of the industry. Safety and risk assessment research aims to reveal possible risk points in the petrochemical industry, and establish corresponding safety standards and operating procedures to reduce accidents. The background of this paper is not limited to safety practices within the industry, but also involves the evaluation of the impact on the entire society and environment.

**Keywords:** petrochemical industry; safety and risk assessment; risk sources; evaluation technology

### 引言

石油化工行业目前处于一个快速变革的时期, 其发展极大地推动了现代工业和社会的进步。但与此同时, 由于其操作的复杂性和处理的产品的危险性, 行业安全问题一直是关注的焦点。不断发生的安全事故警示着安全管理和风险评估的重要性。评估工作涉及到原材料、设备、工艺和人为管理等多方面风险的识别、分析和控制。因此, 安全与风险评估技术如故障树分析、事件树分析以及HAZOP等, 都是帮助行业识别和缓解潜在风险的重要工具。通过这些分析方法的应用, 结合可靠性、可用性和可维护性分析, 可以有效提升整个行业的安全管理水平。

### 1 石油化工中的安全问题和风险源

#### 1.1 原材料和化学品的安全风险

在探讨石油化工产业的脉络时, 绕不开的便是原材料和化学品安全风险的重要讨论。作为工业的血液, 石油化工品的生产链条不仅漫长而复杂, 每个步骤中蕴藏的潜在危险均须以严谨的态度对待。这不单是一场技术与智慧的较量, 还是对生命尊严和环境责任的体现。原材料的储存、搬运, 以及化学制品的生产过程, 无一不是挑战安全管理

的高危环节。易燃易爆的原料储存区, 要求不仅高于一般的工业标准, 更应贴合化工行业的特殊性。倘若一点疏忽, 可能会引发大规模的火灾爆炸事故, 造成难以挽回的人员伤亡和环境损害。环境的一次伤害往往是长期且复杂的修复过程, 而生命一旦逝去便是永恒的缺失。另一方面, 化学品在合成、分离过程中的反应条件控制, 对操作人员的技术素养和应急反应能力有着严苛要求。化学反应若失控, 将会产生有害物质的泄漏甚至爆炸、火灾等严重后果, 给工作人员和周围群体的安全带来不可忽视的恶劣影响。在风险源分析中, 必须将这些原材料和化学品的固有特性一如毒性、腐蚀性、反应活性及其对环境和人体的潜在影响纳入考量。这不仅要求有系统的安全评价体系来识别危险点, 更需要有精细的操作规程和事故预案来降低不确定性带来的风险<sup>[1]</sup>。

#### 1.2 设备和工艺的安全风险

在石油化工行业, 设备和工艺的安全风险是重大关注的焦点, 尤其是考虑到潜在的危险性和灾难性的后果。安全风险评估至关重要, 确保从源头到产出的每一步都能减少事故发生的可能性。设备故障和操作失误通常是导致石

油化工事故的直接原因。压力容器、储罐、管道和换热器等关键设备在高温高压条件下工作,这些设备的磨损和腐蚀加剧了失效的风险。根据统计,设备老化是引起化工事故的重要因素之一,而且这些事故往往伴随着巨大的经济损失和环境污染。工艺流程的安全风险源于复杂化学反应的不可预测性以及操作条件的波动。反应物或产品的泄漏、溢出或不受控的化学反应可能引发爆炸或火灾。为此,通过实施严格的过程控制和采用先进的自动化系统来监测系统的行为至关重要。除此之外,人为因素也不容忽视。操作人员的技能和知识水平直接影响设备和工艺的安全运行。对员工进行持续的安全培训和紧急情况的演练可以显著降低由于操作不当引起的风险。

### 1.3 人为因素和管理的安全风险

在石油化工行业,人为因素和管理的安全风险占据了重要的地位,决定着整个行业安全生产的基础环节。高风险的工作环境、复杂多变的工艺流程以及对精确操作的依赖,都要求管理层和操作人员必须具备高度的专业能力以及对安全生产的深刻认识。人为因素在引起事故中所占比率极高,尤其是操作人员不规范的操作行为、对安全规定的忽视以及缺乏必要的应急处置知识。这些行为往往是由于员工安全意识淡薄、培训不足或者过度自信所致。例如,设备操作的误差、维护保养的疏忽、信息传达的失真等,都有可能造成重大的事故发生。管理层的责任在于建立起一整套科学严格的风险评估体系,通过不断的风险识别、评估、控制和监督,来降低或避免事故的发生。与此同时,安全管理制度不完善或执行不力,也会直接增加安全风险。比如,对潜在危险因素的评估不够全面,缺乏针对性的防控措施,以及应急响应计划的不健全等<sup>[2]</sup>。

## 2 安全与风险评估技术

### 2.1 故障树分析(FTA)和事件树分析(ETA)

在石油化工行业中,安全管理和风险评估至关重要,关乎企业的可持续发展和员工生命安全。故障树分析(FTA)和事件树分析(ETA)是两种广泛应用于该行业风险评估的系统方法。故障树分析(FTA)是一种自顶向下的分析方法,目的是通过辨识导致关键系统失效的各种可能原因,来建立失效模型。这种分析以一颗树状结构图形式出现,顶点代表系统的主要失效事件,而分支则代表导致这一事件的各种潜在原因。通过布尔逻辑组合这些原因,FTA有助于量化一个特定失效事件发生的概率,并可用来制定减少失效可能性的策略。然而,故障树分析的限制在于其复杂度,对于大型系统,故障树可能过于庞大,难以管理和更新。另一端,事件树分析(ETA)采用的是自下而上的方法,它关注于可能的初始事件如何通过一系列成功或失败的防护措施而导致不同后果。与FTA的结构不同,事件树以线性方式展开,展示了从初始事件到最终结果的路径。事件树分析有助于理解在特定情况下,安全系统的表现以

及不同后果的概率。值得注意的是,FTA和ETA两者相辅相成,往往是联合使用以提高石油化工行业内部风险评估的准确性和完整性。通过组合应用FTA和ETA,可以全面分析系统的安全性,从而制定有效的风险管理策略。这也折射了石油化工行业对风险建模复杂性的认知,以及行业在将这些模型转化为实际的安全措施上的不断努力。

### 2.2 危险与操作性风险分析(HAZOP)

在石油化工领域,安全问题至关重要,而风险评估技术是确保工业设施运行安全的关键组成部分。其中,危险与操作性风险分析(HAZOP)是一种被广泛认可的系统安全性分析工具,主要用于识别工艺过程中可能导致危险或者运行问题的偏离因素。HAZOP的核心在于其结构化的分析方法,该方法通过考虑工艺系统中所有可能的偏离情形,从而揭示潜在的风险点。分析过程通常由跨学科团队进行,涵盖工程师、操作员和安全专家等,强调团队合作与知识的多样性。此技术的独特之处在于它的“指南词”,例如“多”“少”“无”和“逆”等,用以探询各种不同情况下工艺参数的变化及其可能造成的影响。通过对工艺设备、操作步骤及输出流量等方面的深入探讨,HAZOP能够辅助专业人员预见到那些可能因设计、操作或外部因素变化导致设备失效或性能下降的场景。然而,HAZOP分析并不是一劳永逸的答案。尽管它能提供全面的偏离分析,但它也面临着一些限制,如时间和资源的消耗较大,且对专业知识的依赖性强。此外,HAZOP的效果很大程度上取决于参与团队的经验和能力,以及他们对特定工艺的理解。通过合理执行HAZOP分析,不仅可以提高石油化工安全水平,还能促进对工艺设计的连续改进。在实施HAZOP时,应该定期复审其结果,以适应工艺流程的变更或新的安全信息。石油化工企业在推行HAZOP时,需要平衡分析的深度与经济成本,并确保风险管理措施与行业最佳实践保持同步<sup>[3]</sup>。

### 2.3 可靠性、可用性和可维护性(RAM)分析

在石油化工行业内,安全运行和风险评估是至关重要的环节,直接关系到人员的生命安全和企业的生产稳定。可靠性、可用性与可维护性(RAM)分析是一种广泛应用于该行业的系统评估方法,旨在优化工厂的运营性能并减少故障风险。这一方法综合考虑了设备和系统在给定条件下可靠运作的概率(可靠性)、正常运转以执行预期功能的时间比例(可用性)以及在出现故障时修复所需的资源(可维护性)。石油化工企业汲取其中重要性在于,RAM分析不仅能为维护策略提供科学依据,还能预测系统潜在的故障模式,从而减少意外停机时间和维护成本。例如,通过对过去的性能数据分析,可以识别设备的弱点并优化备件库存管理,保证重要设备的零部件在需求时能够及时到位,这直接影响到整个生产流程的连续性和效率。然而,RAM分析的实施不可避免地存在着挑战。数据的收集和分析需要大量的专业知识和精准的统计工具。数据的

质量与完整性直接决定了分析结果的准确性。石油化工企业应建立起全面的数据监控系统,确保信息的实时更新和准确记录。此外,分析得出的改进建议和策略的应用需要跨部门的沟通和合作,这要求企业文化促进知识共享和团队协作。另一方面,RAM 分析提供了一个量化的基础来评估技术更新或改进措施对整个系统性能的影响。这使得决策者能够在经济和安全性之间进行权衡,选择最合适的投资方向。通过革新维护策略、设备升级或者新技术的引进,可以显著提高生产效率,降低事故发生概率。

### 3 安全与风险管理系统的建立

#### 3.1 设计和实施安全管理体系

在石油化工行业中,设计和实施安全管理体系是确保生产流程安全,防范风险发生的关键环节。有效的安全管理体系能够识别出潜在的安全隐患,并制定出合理的预防措施,从而降低意外事故发生的概率,确保人员和环境的安全。安全管理体系的设计应依据国际标准,如 ISO 45001 等,这些标准提供了一系列管理职业健康与安全的框架。它包括工作场所的风险评估与危害控制、事故和非预期事件的应急准备与响应计划、职业健康和安全政策的制定与执行等内容。在实施过程中,管理层的领导和承诺至关重要,它决定了安全文化在企业中的渗透程度以及体系实施的有效性。针对石油化工企业的特性,一个有效的安全管理体系还需要综合考虑化工生产中的变化性与复杂性。例如,随着生产工艺的更新,原有的安全措施可能不再适用,安全管理体系需要具备适应性和弹性来应对新的挑战。在实践中,体系的构建同样要注重员工的安全意识和行为培养。通过定期举行安全教育和培训,提高员工对安全生产的认识,使安全规则得到遵守,这对预防事故及减少伤害有着显著效果。同时,系统内的持续改进机制也不可或缺,它通过审核、监督和记录等方式,及时发现并解决管理和操作中的缺陷。在石油化工企业安全管理体系的落实中,技术进步起到了推动作用。如利用信息技术手段—包括物联网(IoT)和大数据分析—可增强对工厂运行状态的监控和预警能力,通过实时数据收集和分析成为辅助决策和风险防范的重要手段<sup>[4]</sup>。

#### 3.2 培训和教育员工的安全意识

在石油化工领域中,人为错误往往是事故发生的主要因素之一,因此,对员工进行安全培训和教育是建立安全与风险管理系统的关键组成部分。提升员工的安全意识,不仅可以减少潜在的安全隐患,还能培养员工面对紧急情况的应变能力,从而降低事故发生率和潜在的风险。安全

培训应该综合考虑理论学习与实践操作的结合。通过模拟演练和案例分析等实战方式,使员工在非危险环境下就能体验到应急情况,从而更好地记忆和理解相应的安全操作程序。例如,通过火灾逃生模拟演练让员工学会使用灭火设备和熟悉逃生路线会更有效于理论授课。另外,持续性的安全教育同样重要。安全培训不应该只是一次性事件,而需定期进行,以确保信息的更新和知识的新鲜度。该领域工艺技术和法规的演变要求员工不断学习新的安全知识,同时也确保了员工能够及时了解和适应这些变化。确保员工了解他们的行为如何影响工作场所的安全也是至关重要的,对于安全管理体系的成功实施,每个员工必须认识到自身在维护安全生产环境中的角色。通过建立安全奖励机制来鼓励安全行为,提高员工的积极参与度,倡导一个安全第一的企业文化。技术和管理的进步能显著降低石油化工行业的事故率,但没有什么比教育和培训员工更能有效地防止事故的发生。始终保持高度的安全意识和熟练的应急技能是保障这一行业安全运营的基石。因此,在安全与风险管理系统的建立中,对员工进行全面而持续的安全培训和教育是绝对不可或缺的一环<sup>[5]</sup>。

### 4 结语

本文经过对石油化工行业安全与风险评估方法的综合分析和实例考察,证明了安全管理体系的建立对于保障行业安全运营的必要性。对风险的评估不仅仅局限于理论研究阶段,还需要在实际操作中不断完善。培养员工的安全意识,提升操作安全技能同样重要。同时,应急响应计划的有效制定与执行,对于应对突发事件,减轻事故后果至关重要。最终目的是形成一个全面、系统的安全管理模式,为石油化工行业的可持续发展提供坚实保障。

#### [参考文献]

- [1] 廖永香. 石油化工过程安全技术研究进展[J]. 化工设计通讯, 2020, 46(6): 41.
  - [2] 温哲. 石油化工企业的信息安全风险管理研究[D]. 北京: 理工大学, 2016.
  - [3] 胡敏. 安全设计诊断与安全风险评估若干问题探析[J]. 炼油技术与工程, 2022, 52(12): 58-64.
  - [4] 蔺健宁. 浅谈石油化工压力管道的安全管理与风险评估[J]. 石化技术, 2023, 30(10): 251-252.
  - [5] 张晔. 石化企业安全生产责任保险风险评估技术进展[J]. 安全、健康和环境, 2021, 21(7): 1-4.
- 作者简介: 尹超(1986—), 男, 汉族, 山东博兴人, 本科, 研究方向为安全技术及工程。