

化工工艺设计中风险识别与对策优化的经济性

孙蕊 黄美玉 李媛媛（青岛绿金源安全技术有限公司，山东 青岛 266000）

摘要：化工工艺设计环节往往潜藏诸多风险，精准识别风险是保障安全生产与经济效益的前提。论文深入剖析化工工艺设计中常见的风险因素。通过运用安全检查表、预先危险性分析等科学方法，实现风险的有效识别。并在此基础上探讨风险对策的优化策略，如采用先进工艺技术、完善安全管理制度、加强人员培训等。研究表明，科学合理的风险识别与对策优化不仅能显著降低事故发生率，减少经济损失，还能提高生产效率，增强企业市场竞争力，为化工企业实现安全生产与经济效益双赢提供理论支持与实践指导。

关键词：化工工艺设计；风险识别；对策优化；经济性；方法

中图分类号：TQ086 文献标识码：A 文章编号：1674-5167（2025）021-0052-03

The economics of risk identification and countermeasure optimization in chemical process design

Sun Rui, Huang Meiyu, Li Yuanyuan (Qingdao Lujinyuan Safety Technology Co., Ltd., Qingdao Shandong 266000, China)

Abstract: There are often many risks hidden in the process design of chemical processes, and accurate identification of risks is the premise of ensuring safe production and economic benefits. This paper provides an in-depth analysis of common risk factors in chemical process design. Through the use of scientific methods such as safety checklists and pre-hazard analysis, effective risk identification is realized. On this basis, the optimization strategies of risk countermeasures are discussed, such as adopting advanced technology, improving the safety management system, and strengthening personnel training. The research shows that scientific and reasonable risk identification and countermeasure optimization can not only significantly reduce the accident rate and reduce economic losses, but also improve production efficiency, enhance the market competitiveness of enterprises, and provide theoretical support and practical guidance for chemical enterprises to achieve a win-win situation of safety production and economic benefits.

Keywords: chemical process design; risk identification; countermeasure optimization; economy; method

化工行业作为我国国民经济的重要支柱，其工艺设计的安全性与经济性至关重要。化工工艺设计过程复杂，涉及众多易燃易爆、有毒有害的原材料和高温高压等极端工艺条件，稍有不慎便可能引发安全事故，造成人员伤亡、财产损失和环境破坏。同时，不合理的风险应对措施会导致成本增加，降低企业经济效益。因此，在化工工艺设计中，准确识别风险并优化对策具有重要的现实意义。基于此，本文旨在深入探讨化工工艺设计中风险识别的方法、对策优化的策略，并分析其经济性，为化工企业的安全生产和可持续发展提供参考。

1 化工工艺设计中常见的风险因素

首先，化工生产中常使用易燃易爆、有毒有害、强腐蚀性的原材料，如氢气、苯等，这些原材料在储存、运输和使用过程中一旦泄漏，与空气混合形成爆炸性混合物，遇明火、静电等点火源就可能引发爆炸、火灾或中毒事故，不仅会造成人员伤亡，还会对周边环境和设备造成巨大破坏。

其次，高温、高压、深冷等极端条件增加了风险。例如，高温环境下一些物质可能发生分解、聚合等反

应，导致设备超压、爆炸；高压环境对设备的密封性和强度要求极高，若设备存在缺陷，容易引发泄漏事故。同时，设备选型与安装也不容忽视。不合理的设备选型会导致设备无法满足工艺要求，如反应釜的搅拌速度、换热器的换热面积等参数不匹配，影响生产效率和产品质量，甚至引发安全事故。

此外，操作人员若未严格遵守操作规程，如误操作阀门、超量投料等，都会引发相应的安全事故。同时，人员安全意识淡薄、培训不足等也会增加风险发生的可能性。

2 化工工艺设计风险识别的方法与流程

2.1 风险识别方法

化工工艺设计中，准确识别风险是保障安全生产的关键，常见的风险识别方法有多种，其中安全检查表法、预先危险性分析、故障模式和影响分析应用较为广泛。

安全检查表法主要是依据相关的标准、规范和经验将化工工艺设计涉及的内容列成表格，逐项检查核对。例如，化工设备安装期间，检查表中会包含设备的选型是否符合工艺要求、安装位置是否合理、安全

防护装置是否齐全等项目。这种方法的优点是简单明了、易于操作，能够全面覆盖化工工艺设计的各个方面，确保不放过任何一个可能的风险点。

预先危险性分析是在化工工艺设计初期对系统可能存在的危险性类别、出现条件、导致事故的后果等进行概略分析的方法，其主要关注系统中潜在的危险因素，如原材料的特性、工艺条件等。例如，对于使用易燃易爆原材料的化工工艺，预先危险性分析会考虑原材料在储存、运输和使用过程中可能发生的火灾、爆炸等事故，并分析其可能的原因和后果。

故障模式和影响分析则是通过分析系统中各个组成部分可能出现的故障模式，以及这些故障对系统的影响，来识别风险。在化工工艺设计中，每个设备、管道和阀门等都可能存在故障，如阀门泄漏、管道堵塞等。故障模式和影响分析会详细分析这些故障的发生原因、表现形式以及对整个工艺过程的影响程度。借助该识别方法设计人员可以了解系统中各个部分的薄弱环节，有针对性地采取措施进行改进，提高系统的可靠性和安全性。

2.2 风险识别流程

首先，确定识别范围。化工工艺设计涉及多个环节和领域，如原材料采购、生产工艺、设备选型、人员操作等。在确定识别范围时，需要明确本次风险识别所涵盖的具体内容和边界。例如，是针对整个化工生产装置进行风险识别，还是仅针对某一特定的工艺单元，明确范围有助于集中精力，避免遗漏重要环节，提高风险识别的效率和准确性。

其次，收集资料。资料包括工艺流程图、设备说明书、原材料特性数据、安全操作规程等，这些资料能够为风险识别提供重要的依据。例如，通过查看原材料的特性数据，可以了解其在不同条件下的稳定性和危险性；参考设备说明书可以掌握设备的性能参数和使用要求。

此外，选择识别方法。工作人员应根据化工工艺设计的特点和识别范围选择合适的风险识别方法。如前文所述，安全检查表法适用于全面检查设计是否符合规范；预先危险性分析适用于早期对系统危险性进行概略分析；故障模式和影响分析则有助于深入了解系统中各个部分的故障情况。可以根据实际情况，单独使用某一种方法，也可以将多种方法结合起来使用，以提高风险识别的准确性和全面性。

最后，运用选定的识别方法对收集到的资料进行分析，识别出化工工艺设计中可能存在的风险因素。分析过程中需要对每个风险因素进行详细描述，包括其产生的原因、可能导致的后果、发生的概率等。同

时，对风险因素进行评估，确定其严重程度和优先级，以便后续采取相应的对策进行处理。

3 化工工艺设计中风险对策优化策略

3.1 采用新技术、新材料、新工艺进行风险对策优化

随着科技的飞速发展，化工行业不断涌现出创新成果，为风险防控提供了更高效的手段。新技术的应用能够显著提升生产过程的安全性和稳定性。例如，先进的自动化控制系统可以实现对温度、压力、流量等关键参数的精准监测和自动调节，减少人为操作失误导致的风险。同时，利用大数据分析技术对生产数据进行深度挖掘和分析，能够提前预测潜在的风险隐患，为采取预防措施提供依据。

同时，研发具有更高稳定性、更低毒性的新型材料，替代传统的易燃易爆、有毒有害材料，可以从源头上减少风险。比如，采用新型的阻燃材料可以提高设备的防火性能，降低火灾发生的可能性。此外，新工艺的引入能够优化生产流程，减少危险环节。例如，采用连续化生产工艺代替间歇式生产，可以降低物料在反应过程中的积累风险，提高生产效率的同时保障安全。不断探索和应用新技术、新材料、新工艺，化工工艺设计能够实现风险对策的优化，提升企业的安全生产水平和经济效益。

3.2 加强人员培训与管理，提高风险应对能力

人员是化工生产中非常关键的因素，加强人员培训与管理对于提高风险应对能力至关重要。化工工艺的复杂性和危险性要求从业人员具备完备的专业知识和职业技能。

一方面，制定系统、全面的培训计划，涵盖安全法规、操作规程、应急处理等多个方面。定期组织员工进行安全知识培训和技能考核，使其熟悉化工生产中的各类风险及其防范措施。例如，通过模拟演练，让员工亲身体验事故场景，掌握正确的应急处理方法，提高应对突发事件的反应速度和处置能力。

另一方面，不断建立健全人员管理制度，明确各岗位的职责和权限。加强对员工日常操作的监督和检查，及时发现和纠正违规行为。同时，建立激励机制，对在安全生产中表现突出的员工给予奖励，激发员工的安全意识和责任感。并关注员工的心理健康，减轻工作压力，避免因人为因素导致的安全事故，为化工工艺设计的安全运行提供有力保障。

3.3 建立风险预警与应急机制，及时应对风险事件

化工生产过程中的风险因素具有不确定性和突发性，只有提前做好准备，才能在风险发生时迅速响应，减少损失。

构建风险预警机制可以对生产过程中的各种参数

进行实时监测和分析，及时发现潜在的风险隐患。工作人员可以借助先进的传感器和监测设备对温度、压力、液位等关键指标进行实时采集和传输，当指标超出正常范围时，系统能够及时发出警报，提醒相关人员采取措施。同时，建立风险评估模型，对风险的可能性和影响程度进行评估，为制定预警策略提供依据。

应急机制则是在风险事件发生时能够迅速启动应急预案，组织救援和处理工作。应急预案应包括应急组织机构、应急响应程序、救援物资储备等内容。这就要求定期组织应急演练，检验应急预案的可行性和有效性，提高应急队伍的实战能力，从而在风险事件发生后能够迅速调配资源，采取有效的措施进行处置，最大限度地减少人员伤亡和财产损失，保障生产的连续性和稳定性。

4 化工工艺设计风险对策优化带来的经济效益

4.1 降低事故损失，减少直接经济损失和间接经济损失

化工工艺设计风险对策优化能显著减少直接经济损失和间接经济损失。直接经济损失主要包括设备损坏、原材料浪费、产品报废等。优化风险对策可有效降低事故发生的概率，避免设备因事故而损毁，减少原材料的无效消耗和产品的损失。例如，精准的工艺参数控制和先进的自动化监测系统能及时发现潜在危险，防止反应失控导致的爆炸、泄漏等事故，从而节省大量重新购置设备和补充原材料的费用。间接经济损失涵盖停产损失、环境修复费用、法律赔偿等。事故发生后，企业往往需要停产整顿，这不仅会导致生产停滞，还会影响订单交付，造成客户流失。而优化风险对策能减少事故引发的停产时间，使企业尽快恢复正常生产。同时，避免环境污染事故可省去高额的环境修复费用和法律赔偿。

此外，良好的安全记录有助于维护企业的社会形象，避免因事故带来的负面舆论影响，进一步减少间接经济损失。

4.2 提高生产效率，降低生产成本

优化化工工艺设计风险对策能够减少生产过程中的故障和停机时间。采用先进的工艺技术和可靠的设备，以及加强设备的维护和保养，可以降低设备故障的发生率，使生产过程更加稳定、连续。同时，减少故障停机时间意味着生产能够按计划进行，避免了因停机造成的生产延误和额外成本。

此外，优化风险对策还能降低能源消耗和原材料浪费。合理的工艺设计和设备选型可以提高能源利用效率，减少不必要的能源损耗。例如，采用节能型设备和优化工艺流程，能够降低蒸汽、电力等能源的消耗。

精确的过程控制和质量管理可以减少原材料的浪费，提高原材料的利用率。这些措施的综合作用，使得企业在保证产品质量的前提下，降低了生产成本，提高了生产效率，增强了企业的盈利能力。

4.3 增强企业竞争力，提升市场份额和品牌形象

在市场竞争日益激烈的今天，企业的安全生产能力和产品质量是客户选择合作伙伴的重要考量因素。通过优化风险对策，企业能够确保生产过程的安全稳定，生产出高质量的产品，从而赢得客户的信任和认可，有助于企业拓展市场，提高市场份额。例如，一些化工企业凭借先进的风险对策和可靠的产品质量，在国际市场上获得了更多的订单，提升了企业的国际竞争力。众所周知，良好的品牌形象是企业的重要无形资产，一个注重安全生产、积极采取风险对策优化的企业，会给社会公众留下负责任、可信赖的印象，有助于提升企业的品牌知名度和美誉度，吸引更多的投资者和优秀人才。同时，在行业内树立了良好的口碑，有利于企业开展合作与交流，进一步拓展业务领域。

5 结束语

综上所述，化工工艺设计中风险识别与对策优化的经济性研究意义重大。精准的风险识别是前提，能提前发现潜在隐患；有效的对策优化是关键，可降低事故损失、提高生产效率、增强企业竞争力。通过采用新技术、加强人员培训、建立预警应急机制等优化策略，实现了安全与经济的双赢。

未来，化工企业应持续重视风险管理的经济性，不断探索创新，进一步完善风险识别与对策体系，以更好地适应行业发展需求，在保障安全生产的同时，创造更大的经济效益和社会效益。

参考文献：

- [1] 田素朝. 化工工艺设计中安全管理危险的识别及其控制 [J]. 全面腐蚀控制 ,2024,38(06):69-71.
- [2] 李政. 化工工艺管道设计风险分析与安全对策研究 [J]. 山东化工 ,2024,53(02):194-195+200.
- [3] 于勇, 王田, 熊炜. 化工工艺和设备安全性评价 [J]. 化学工程与装备 ,2023(07):241-243.
- [4] 马静. 化工工艺安全风险辨识研究进展 [J]. 化工管理 ,2022(29):68-70.
- [5] 宋会婷, 谭开军. 化工工艺设计中安全危险的识别与控制 [J]. 中国化工贸易 ,2021(28):19-21.
- [6] 侯丕江. 化工工艺设计中安全危险问题及控制对策 [J]. 电脑高手 (电子刊) ,2020,2(2):162.
- [7] 丁健. 化工工艺设计中危险识别与优化控制 [J]. 中国石油和化工标准与质量 ,2023,43(14):4-6.