

- (2) 更换离心机筛网。离心机筛网由 60 目更换为 40 目，以提高成品盐颗粒度。
- (3) 加装变频器。在离心机主机和油泵上加装变频器，通过改变离心机转速，进一步控制盐颗粒度和硫酸根含量。
- (4) 提高固液比。通过适当提高蒸发系统中的固液比，

增大盐颗粒度，降低硫酸根含量^[3]。

6 生产系统改造后金属钠盐品质

从上表可以看出，按照设定工艺改造方案改造后，指标满足金属钠盐销售需求。

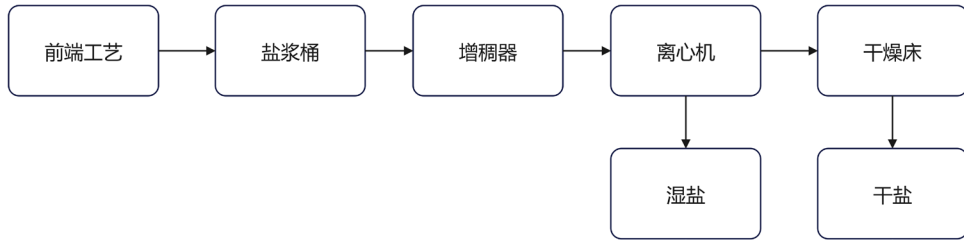


图 2: A 公司部分制盐工艺

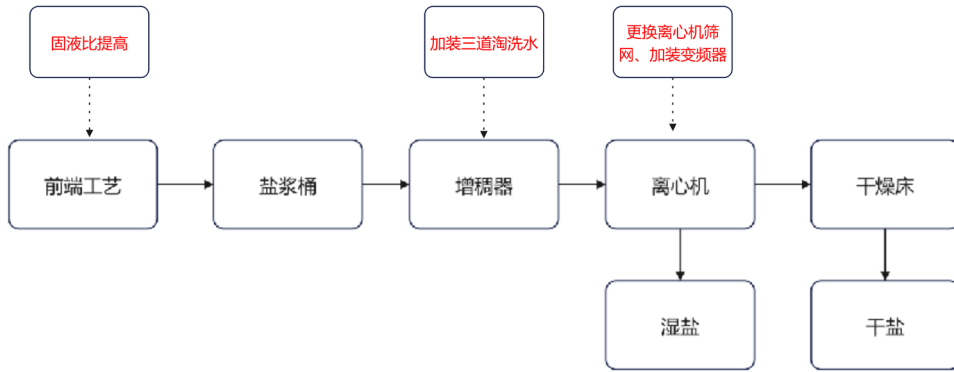


图 3: A 公司部分制盐工艺改装示意图

表 1: 工艺改造后部分化验数据

| | 9月2日夜班 | 9月3日白班 | 9月4日夜班 | 9月5日白班 | 9月6日白班 |
|--------------|---------|---------|--------|--------|---------|
| 氯化钠含量 | 97.1 % | 97.2 % | 97.0 % | 97.1 % | 97.1 % |
| 硫酸根含量 | 0.014 % | 0.011 % | 0.01 % | 0.01 % | 0.014 % |
| 颗粒度 60 目以上占比 | 92 % | 95.5 % | 90 % | 91.5 % | 94 % |

7 结果与讨论

本文主要对 A 公司制盐工艺进行盐浆增稠器加装淘洗水、更换离心机筛网、加装离心机变频器、提高固液比工艺改造，使得硫酸根含量、颗粒度 60 目以上大于 90 %、氯化钠含量达到金属钠盐生产需求，为 A 公司创造了新的利润增长点。

文章主要基于生产实际，没有按照详尽的小试、中试、工业化进程操作，虽达到预期效果，但是具体改造是否可推广有待商榷，而且不能确定是具体哪一步操作提高了效能，

具体提高比例是多大，所以这将是金属钠盐生产后续需要研究和考量的内容。

参考文献

- [1] 王明理, 温艳亭. 关于金属钠用盐生产过程中存在的问题分析[J]. 中国井矿盐, 1999, 1: 21-24.
- [2] 蒋春林. 平顶山制盐企业发展的对策研究[J]. 中国井矿盐, 2000, 2: 1-8.
- [3] 高佳喜. 石膏型卤水生产金属钠盐的探讨[J]. 中国井矿盐, 2011, 3: 4-5.

Analysis of Hazard Factor Identification and Control Strategy in Chemical Engineering Process Design

Kunxiao Huang Yun Qin

Xuwei New District Environmental Protection Bureau, Lianyungang, Jiangsu, 222000, China

Abstract

With the rapid development of the chemical industry, safety issues in chemical process design have become increasingly prominent. This paper systematically analyzes hazardous factors in the design phase, combining specific process data and practical cases to thoroughly examine potential risks in raw materials, equipment, and operational procedures. Based on this analysis, it proposes hierarchical and multi-dimensional control strategies, emphasizing risk prediction and end-to-end management. The study demonstrates that effective identification of hazardous factors and scientific control strategies can significantly enhance chemical production safety, reduce accident rates, and play a crucial role in promoting sustainable industry development.

Keywords

Risk factor identification; Chemical process design; Control strategy

试析化工工艺设计中危险因素识别与控制策略

黄坤晓 秦云

徐圩新区环境保护局, 中国·江苏·连云港 222000

摘要

随着化工行业的快速发展, 化工工艺设计中的安全问题日益突出。本文针对设计环节存在的危险因素进行了系统分析, 结合具体工艺数据与实际案例, 深入剖析了原料、设备、操作工艺等方面的隐患识别。在此基础上, 提出了分层次、多维度的控制策略, 强调风险预判与全程管控。研究显示, 有效的危险因素识别与科学控制策略能够显著提升化工生产安全水平, 降低事故发生率, 对推动行业可持续发展具有重要意义。

关键词

危险因素识别; 化工工艺设计; 控制策略

1 引言

伴随全球化学工业的快速进步, 化工行业遭遇的安全问题越发严重。依据相关统计数据, 近几年化工领域出现的重大事故多发。例如, 2019年江苏响水天嘉宜化工有限公司“3·21”爆炸事故, 造成78人死亡、76人重伤, 直接经济损失19.86亿元; 2020年辽宁葫芦岛经济开发区辽宁先达农业科学有限公司“2·11”爆炸事故, 导致5人死亡、10人受伤, 直接经济损失约4790万元。这些事故对人民生命财产安全和环境带来了巨大的危害。化工工艺设计是化工生产核心环节, 其安全性关乎生产平稳与持久。于设计阶段辨识并高效管理隐含危险因素, 是行业亟待解决的关键问题。研究表明, 危险因素多分布于原料选择、设备配置、操作流程等环节, 设计阶段未有效控制这些因素, 致使安全管

理薄弱, 阻碍行业发展。虽已有危险分析、故障树分析等发现和控制方法, 但执行难、效果欠佳。本文聚焦化工工艺设计中危险因素发现与控制问题, 通过剖析现有控制办法, 结合工艺数据与案例, 提出更科学有效的改进方案, 旨在借助多维度安全管理体系强化风险预测、监控和管控, 提升化工生产安全性, 保障行业可持续发展。

2 化工工艺设计中的危险因素概述

2.1 危险因素的基本类型

化工工艺设计中的危险因素主要有化学、物理和人为三类^[1]。化学方面, 生产中接触的化学品及反应材料多具易燃、易爆、强腐蚀、高毒性等特点, 对生产安全危害重大。如有机溶剂苯, 闪点 -11°C , 自燃点 560°C , 爆炸极限 $1.2\% - 8.0\%$, 特殊环境下易形成爆炸性混合物。在化工行业因化学品引发的火灾爆炸事故中, 涉及易燃易爆化学品的占比超60%。

物理方面, 涉及生产环境温度、压力及物质形态变化。高温高压环境下, 设备材料承受能力是重大安全隐患。如合

【作者简介】黄坤晓(1988-), 男, 中国江苏赣榆人, 硕士, 工程师, 从事石油化工研究。

成氨工艺，反应温度 400 - 500℃，压力 15 - 30MPa，设备若承受不住或材料质量下降，会引发泄漏爆炸等严重后果。因设备超压、超温引发的化工事故占设备事故总数的 40% 左右。此外，机械损坏、电气设备故障也属物理危险因素。

人为因素是需重视的危险来源，主要源于操作人员错误操作、管理疏忽、培训不足，常因人员对设备原理认识不足、操作不规范、紧急情况处理不当而增大风险。据不完全统计，化工事故中因人为因素导致的事故占比超 70%。辨识并理解这些危险来源，是有效控制和管理化工工艺设计安全风险的必要基础，有助于拟定务实有力的防控措施，保障化工企业安全生产与发展。

2.2 化工工艺环节中的主要风险点

化工工艺各环节均藏主要风险点，威胁安全^[2]。原料挑选阶段，需关注原料化学特性，如毒性、易燃性、反应活跃度等。某化工企业聚氯乙烯生产中，因对氯乙烯毒性认识不足，储存运输未有效防护，致多名员工中毒。设备挑选与布置是危险聚集处，设备故障或布置不当，易致化学物质泄漏、爆炸。如某化工厂反应釜间距小且无防火防爆隔离，易引发连锁反应。操作流程阶段也不容忽视，温度、压力等参数失控，易致工艺失控或事故，操作人员技术及应急能力影响事故频率。识别并了解这些危险点，对制定有效控制方法、提升工艺安全至关重要，可为全过程管理提供可靠基础，降低安全问题。

3 原料、设备与操作环节中的隐患识别

3.1 原料特性及相关危险

化工工艺设计中，准确判断原料特性对避免危险至关重要。原料的物理化学性能，如易燃、易腐蚀、有毒等，是隐藏危险的主要来源，在储存、运输及反应过程中易引发事故，威胁工厂安全。以硫酸生产为例，其强腐蚀性若储存容器材质不当，会导致腐蚀泄漏，此类事故占硫酸生产事故的 30% 左右。原料纯净度与杂质情况也影响反应的稳定与安全，不稳定杂质可能引发意外副反应，导致工艺失败或设备损坏，如乙烯中含硫化物杂质会使催化剂中毒。此外，原料间的相容性也很关键，不相容原料混合易引发危险化学反应，如浓硫酸与浓硝酸混合不当可能爆炸。工艺设计应通过完整测试和评估，识别原料危险特性，制定专门安全控制措施，这是建立安全稳定生产系统的基础，对化工行业长期稳定发展至关重要。

3.2 设备选型及系统安全

设备选型及系统安全是化工工艺设计中的关键环节，直接关乎生产的安全与稳定。在设备选型时，需全面考量设备的适用性与可靠性，包括材料的抗腐蚀、抗高温能力及密封效果等^[3]。以化工生产常用泵为例，输送腐蚀性介质时，应选用不锈钢泵、塑料泵等耐腐蚀泵，若选用普通碳钢泵，泵体易被腐蚀穿孔，导致介质泄漏，此类事故占设备事故总

数的 15% 左右。

设备的自动化程度和故障防护装置也至关重要。自动化程度高的生产线，先进控制系统可实时监测设备状态，故障时及时报警并自动停车，防止事故扩大。系统防护则需在设计之初就考虑设备间的连锁关系，确保单机故障不会导致整个系统停运。采用先进监测技术和安全仪表装置，实时观察设备状况并异常提醒，可显著降低设备故障风险，提升化工生产的安全水平。

3.3 操作流程中的潜在风险

操作流程中的潜在风险主要源于工艺参数波动、人员粗心及突发事件处理失误。工艺参数如温度、压力、流量异常，可能使反应失控，造成设备损坏或物料泄漏。如合成氨反应，温度压力失控且泄压装置失灵易引发爆炸，此类事故占比超 50%。人员粗心或对流程不熟，易引发操作失误，扩大危险范围。如投料操作不当会致反应剧烈引发火灾。突发事件处理错误会加重事故后果，缺乏应急准备会增加系统脆弱性。如泄漏事故中，人员应急技能不足致化学品扩散，造成更严重伤亡与污染。为此，工艺设计需制定详细操作规则，加强人员培训，健全应急处理系统，以有效管控操作流程中的潜在风险。

4 危险因素的分层次和多维度管控

4.1 预警机制与风险预测

在化工工艺设计中，构建高效预警机制与风险预测体系对提升安全管理至关重要。预警机制借助传感器检测、历史事故资料及环境监测系统等获取实时数据，提前识别潜在风险并预警。例如化工车间安装气体传感器，实时监测气体浓度，超标即刻报警。

风险预测运用数学模型与人工智能技术，综合潜在诱因和触发条件，定量评估危险事件发生概率，助管理者预先制定应对措施。如基于大数据分析建预测模型防范事故，应用后企业事故率可降 30% - 50%。使用时要确保系统反应快、判断准，避免误漏报。完善该体系能减少损失，保障化工生产安全。

4.2 控制措施的层级划分

管控手段分级是化学工艺设计中危险因素管理的关键。制定基本管控手段，统一管理易发现的普通风险，如严格执行操作规范、定期维护检查。操作人员依规程操作，定期检修设备，可使设备故障率降低约 40%。针对高风险区域和环节，采取加强管控手段，通过技术改进与设备更新降低危险。如化工生产中的高温高压反应釜，采用新型自动化控制系统精确控制温度、压力等参数，并安装实时监测设备，及时发现异常并处理。更高级的管控手段包括全面风险评价与动态调整，通过多部门合作与信息互通，实现完整的风险动态管理。同时，鼓励员工参与安全文化活动，通过培训提升风险认知与应急处理能力，如定期组织安全培训和应急演练