

Process technology improvement and safety development of chemical enterprises

Zhaohui Ding

Anhui Quanjiao Economic Development Zone Management Committee, Huaibei, Anhui, 235100, China

Abstract

In the context of global economic transformation and the growing emphasis on green and sustainable development, chemical enterprises, as high-energy-consuming and high-risk industries, urgently need to achieve breakthroughs in technological innovation and intrinsic safety. This article focuses on optimizing chemical process technology and systematically explores key strategies for improving production efficiency, reducing energy consumption and emissions, and ensuring safe production in the current chemical industry. Additionally, it emphasizes the importance of risk identification, hazard management, and institutional development during technological improvements, all centered around the theme of safe development. By analyzing the deep integration of process and safety, the article argues that for chemical enterprises to achieve high-quality development, they must use technological innovation as a driving force, with safety governance as the baseline, to continuously optimize their process systems, thereby building a modern chemical industry system that is sustainable, safe, and efficient.

Keywords

chemical industry; process technology improvement; safe development; essential safety; technological innovation

化工企业工艺技术与安全发展

丁昭辉

安徽全椒经济开发区管理委员会, 中国·安徽 淮北 235100

摘要

在全球经济转型升级及绿色可持续发展要求日益增强的背景下, 化工企业作为高能耗、高风险行业, 亟须在技术创新和本质安全方面寻求突破。本文以化工工艺技术优化为核心, 系统探讨了当前化工行业在提升生产效率、降低能耗排放以及保障安全生产等方面的关键路径。同时, 围绕安全发展这一主轴, 探讨了企业在技术改进过程中需同步推进的风险识别、隐患治理和制度建设。通过对工艺与安全深度融合路径的剖析, 本文认为, 化工企业要实现高质量发展, 必须以技术创新为引擎, 以安全治理为底线, 推动工艺系统持续优化, 从而构建可持续、安全、高效的现代化化工产业体系。

关键词

化工企业; 工艺技术改造; 安全发展; 本质安全; 技术创新

1 引言

随着新一轮科技革命和产业变革的不断深入, 化工产业作为现代工业体系的重要支撑, 正面临技术更新加快与环保政策趋严的双重压力。长期以来, 化工企业由于工艺流程复杂、危险源密集, 事故频发, 制约了行业的高质量发展。面对日益严峻的环境与安全挑战, 传统依赖经验操作和粗放式生产管理模式的已难以为继, 必须通过深化工艺技术改造来提升系统本质安全水平。与此同时, 国家对安全生产的法律法规不断健全, 企业安全责任愈加明确, 这促使化工企业必须将安全发展理念贯穿于技术改造的全过程。从系统工程角度出发, 将工艺优化与安全防控相结合, 已成为提升化工企

业核心竞争力的重要战略手段。因此, 本文围绕“工艺技术改造”与“安全发展”两大主题展开研究, 旨在为化工企业构建技术驱动型安全管理新模式提供理论参考与实践思路。

2 工艺技术改造的内涵与发展需求

2.1 工艺技术优化的系统意义

化工生产涉及复杂的物理与化学反应过程, 包括原料预处理、反应合成、分离提纯、能量转换等多个阶段。任何一个环节的技术效率、控制精度和稳定性, 均对整体生产过程的能耗、安全和产品质量产生显著影响。因此, 工艺技术的改进不仅是节能降耗的技术诉求, 更是推动本质安全建设和高效运行的系统工程。当前, 随着物联网、智能制造等新技术在化工领域的快速应用, 传统工艺在控制方式、原料利用效率和污染控制等方面存在的短板被逐步显现, 迫切需要以系统化思维推动技术迭代与升级。

【作者简介】丁昭辉(1989-), 男, 本科, 助理工程师, 从事化学工程与工艺研究。

2.2 传统工艺存在的关键问题

目前我国化工企业仍普遍存在自动化水平不高、工艺流程刚性较大、应急响应不及时等问题。多数装置设计以满足生产为目标,未能充分融合安全本质化理念,导致部分装置长期处于高风险运行状态。一些企业在追求高产值的同时忽视了工艺环节的安全余度设置,使得设备运行的可控性和容错能力较低。在这样的背景下,提升技术内涵、优化操作逻辑、加强工艺本质安全属性已成为提升化工企业安全治理能力的必然选择。

2.3 政策与市场对工艺升级的双向驱动

从外部环境来看,国家对化工行业实施差异化、精准化的能耗双控与安全环保政策,明确要求高危企业必须完成技术改造与清洁化升级。绿色低碳发展路径要求企业从源头减排、过程控制、终端治理等环节同步推进,促使工艺优化成为政策推动下的应对策略。同时,化工产品市场竞争日趋激烈,只有通过精细化控制和清洁高效生产模式,方能降低成本、稳定产品质量,进而提升企业市场竞争力。因此,在政策与市场的双重倒逼下,工艺技术升级已不再是选择,而是企业可持续发展的必由之路。

3 工艺改进技术路径及其安全提升作用

3.1 反应过程优化的本质安全导向

在化工反应过程中,反应速率、放热速率和物料浓度等参数直接影响反应系统的安全边界。通过引入新型催化剂、调节原料配比、优化反应器结构等手段,可以有效降低反应温度和压力,减少爆炸与泄漏等事故的发生概率。采用微通道反应器等强化反应技术,不仅提高了传热效率,也显著缩小了危险源的空间尺度,从而实现了本质安全控制的目的。在危化品反应系统中,实施在线监控与闭环反馈控制机制,使系统具备实时响应能力,是保障过程稳定运行的有效路径。

3.2 分离与传质过程的绿色改造

分离过程如精馏、吸收、萃取等往往是能耗大户,也是系统稳定运行的关键环节。采用节能型塔器结构(如热耦合精馏塔、多效蒸馏系统)能够在保障分离效果的同时减少能量损耗。新型膜分离技术以其操作简便、环境友好、选择性强等优势,在有机溶剂回收、废水处理等方面应用广泛。此外,工艺流程中的换热网络重构也能实现能量高效回收,在提升运行效率的同时降低热应力对设备的损害,间接增强系统的运行安全性。

3.3 自动化与信息化提升运行稳定性

引入DCS控制系统、SIS安全联锁系统以及MES生产管理平台,使生产流程实现数据集成与智能调度,是提升工艺系统自适应能力与响应速度的重要手段。通过构建动态模拟平台,企业可在非实操状态下评估工艺变化对系统的影响,为工艺改造提供数据支持。在发生突发情况时,自动化

系统可实现紧急停机、泄压排空等操作,减少人为失误带来的安全隐患。随着人工智能、边缘计算的深入应用,智能感知与预警系统也逐步推广,为工艺优化与安全控制融合提供了全新工具。

4 安全管理体系与工艺优化的协同机制

4.1 风险识别机制融入工艺设计初期

在新建或技改项目的工艺设计阶段引入HAZOP(危险与可操作性分析)等系统性方法,是识别潜在风险并设计合理控制策略的有效途径。HAZOP分析是一种系统化的风险评估方法,通过对工艺流程的每一环节进行逐项分析,识别出可能导致危险的因素。该方法能够全面评估工艺流程中可能存在的各类风险点,如设备故障、人员操作失误、工艺不当等。这种方法通过逻辑推理与经验判断,帮助企业提前识别出潜在的安全隐患,并在工艺设计阶段就做出合理的调整,减少了后期整改和事故的风险。

在工艺设计阶段,应优先考虑采用安全指数较高的原材料,尽量选择那些不易引发危险的化学品,以降低发生意外的概率。同时,设计中的装置布局应充分考虑安全间距,避免设备之间的过度拥挤,为紧急疏散提供必要的空间。管道走向的设计也应避开人员密集区,确保一旦发生意外泄漏等事故时,人员能够迅速脱离危险区域。将这些安全设计要求与工艺参数设定和设备选型标准相结合,确保技术改进与安全预控同步实施,从源头提高系统的安全裕度,防止因设计缺陷导致的安全隐患。

4.2 动态评估与预警机制闭环控制

传统的化工安全管理往往存在静态管理和滞后响应的问题。在快速变化的生产环境中,静态管理方法往往无法及时识别和应对突发的安全风险。因此,动态评估与预警机制的建立,能够弥补这一不足,提高化工企业在实际生产中的安全防控能力。

结合工艺系统的在线检测数据,构建动态风险评估模型是实现实时监控和提前预警的重要手段。通过实时采集和监测生产过程中关键参数的数据,动态评估模型能够及时识别出系统中存在的异常波动,并预测可能的安全隐患。例如,当设备的温度、压力等参数出现异常变化时,动态评估模型可以根据历史数据和实时数据进行比对,及时判断是否存在超出安全范围的风险。这一模型能够通过人工智能算法建立风险图谱,自动识别潜在的危险因素,并提前发出警告,指导操作人员采取相应的预防措施。由此,企业可以从“事后应对”转变为“事前预警”,实现风险的提前控制。这种闭环控制机制,既能够提升安全防范的效率,也能够帮助企业及时调整生产工艺,避免事故的发生。

4.3 人员培训与操作规范强化执行力

尽管现代化工艺系统已具备高效的自动化与安全防护功能,但人员操作与维护仍是保障系统安全运行的核心要

素。若操作人员缺乏对技术逻辑与操作规程的准确理解,即便设备再先进,也可能因误操作导致安全事故。因此,加强员工培训,尤其是在技术更新或工艺变更后的再教育,至关重要。企业应通过情景演练、模拟操作等手段,提升员工对新系统运行逻辑的认知。同时,依据岗位职责开展分层次培训,强化其风险防范意识。为提升操作规范性,应制定清晰的标准操作规程(SOP),规范每一道工序,并实行分级授权制度,使操作具备可控性和可追溯性,特别是在多级工艺交叉的复杂流程中,确保操作人员在权限范围内执行任务,从而构建起操作规范、安全高效的运行保障体系。

4.4 安全文化的建设与推广

安全文化的建设是提升企业安全管理水平的重要保障。通过安全文化的宣传和推广,可以增强全体员工的安全意识,使安全管理成为企业文化的一部分。企业可以通过定期举办安全知识讲座、安全演练等活动,增强员工的安全操作意识和应急处置能力。此外,企业还可以设立安全奖惩制度,对于积极参与安全管理、表现出色的员工给予奖励,对于违反安全规定的员工进行处罚。通过这些措施,激励员工主动参与到安全管理中,形成全员、全方位的安全管理氛围。

5 技术创新与安全发展融合趋势展望

5.1 本质安全型工艺的未来发展方向

在化工行业中,本质安全理念被认为是实现根本性风险控制的重要路径。未来工艺技术的演进应更加注重“安全优先”的原则,将安全理念融入设计的最初阶段,而非在工艺确定后再进行补救性防护。在这一发展方向中,采用本质安全型的原材料和反应条件是关键。例如,利用固体原料替代传统的易燃易爆液体原料,能够在源头上降低泄漏、燃烧和爆炸的可能性。再如,开发在常温常压下进行反应的新型反应体系,不仅提高了运行的稳定性,也减少了对复杂控制系统的依赖,从而降低人为误操作带来的风险。此外,绿色化工理念日益深入人心,清洁生产的要求逐渐成为化工设计的硬性指标。本质安全型工艺的开发应与绿色工艺协同推进,通过工艺简化、流程集成、反应路径优化等手段,从根本上减少有毒有害中间体的产生和“三废”排放。

5.2 智慧化工厂推动安全治理数字转型

在传统化工安全管理中,由于信息孤岛现象严重,现场数据获取滞后,难以及时对潜在风险做出精准判断和快速

响应,导致事故频发。新一代信息技术的迅猛发展,尤其是人工智能、物联网、5G通信、边缘计算等的融合应用,为化工安全治理提供了前所未有的技术支持。智慧化工厂作为新型工业系统的代表,其核心是以数据驱动为基础,构建起可预测、可调控、可自学习的安全生产体系。在这种系统中,从原料进厂、反应运行、储运管理到产品出厂的全过程都被纳入数字化监控体系,实现风险的动态识别与实时管理。

智慧化工厂的建设还推动了安全治理方式的根本变革。AI算法还可实现对历史事故数据的学习与模型迭代,持续提升系统的自适应安全能力。此外,通过数字孪生技术,化工企业可以在虚拟环境中进行应急演练与工艺优化,提前发现并修正潜在风险。未来,随着这些技术的不断成熟与深入融合,智慧化工厂将成为推动本质安全型工艺深度落地的技术载体,实现“从感知风险到控制风险”的跃迁,真正将本质安全控制落实到生产的每一个环节与时刻,为建设本质安全型化工行业提供坚实支撑。

6 结语

化工企业的技术改进不仅是提升经济效益的工具,更是保障安全生产的根本路径。在当前安全生产责任压实、环保压力加大的双重背景下,单一追求产能扩张的模式已经难以为继。必须依托先进工艺技术的引入,构建具有本质安全属性的现代化工艺系统,并将风险管理、人员培训、应急响应等安全管理要素深度嵌入工艺体系中。未来,化工企业要实现高质量发展,需要在工艺创新与安全治理之间建立起更加紧密的协同关系,通过不断优化技术路径和完善制度保障,走出一条兼顾效率、环保与安全的发展新路。

参考文献

- [1] 肖子强,郑国栋,李超,等.高效分离技术在化工工艺中的研究与应用[J].辽宁化工,2025,54(05):880-882.
- [2] 田雨,印振昌,张茂富.化工工艺中新型反应器技术的应用[J].辽宁化工,2025,54(04):616-618.
- [3] 高畅.精细化工工艺技术提升及安全管理[J].现代盐化工,2025,52(02):10-12.
- [4] 张珍珠.化工工艺生产中的尾气系统处理效率研究[J].中国石油和化工标准与质量,2025,45(02):25-27.
- [5] 蔡嫦慧.化工企业污水处理技术方法研究与应用[C]//广西信息化发展组织联合会.第四届工程技术管理与数字化转型学术交流会论文集.浙江宇龙药业有限公司;2024:34-35.