

# 基于先进控制策略的乙烯生产过程优化技改研究

张 昊

中沙(天津)石化有限公司 天津 300271

**摘要:**本研究聚焦于基于先进控制策略的乙烯生产过程优化技改,旨在通过引入模型预测控制、人工智能算法等先进技术,实现对乙烯生产流程的实时监控、精准控制与智能优化。研究内容涵盖裂解炉控制优化、分离系统效率提升及乙烯压缩与储存过程改进等方面。通过对比分析技改前后的生产数据,验证了先进控制策略在提升生产效率、降低能耗及增强系统稳定性方面的显著效果,为乙烯生产行业的智能化转型提供有力支持。

**关键词:** 乙烯生产; 先进控制策略; 过程优化; 技术改造

引言: 乙烯作为化学工业的重要基础原料,其生产过程的高效性和稳定性直接关系到下游产品的质量和市场竞争力。随着信息技术的快速发展,先进控制策略在乙烯生产过程中的应用日益广泛。本研究旨在探讨如何通过优化技改,将先进控制策略与乙烯生产实践相结合,以实现生产过程的智能化、高效化和绿色化,为乙烯生产行业的可持续发展提供新的思路和方法。

## 1 乙烯生产过程概述

乙烯(Ethylene,  $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$ )是石油化工行业的核心部分,其产量占全球石化产品总产量的75%以上。乙烯的生产过程主要包括以下几个步骤:首先,原料如乙烷、丙烷或石脑油等经过预处理,如脱硫除酸,然后进入裂解炉。在裂解炉内,原料在高温和催化剂的作用下发生裂解反应,生成包括乙烯在内的多种烃类混合物。这一步骤是乙烯生产的核心,其裂解深度和原料选择直接影响乙烯的收率和产品质量。接下来,裂解气经过急冷、压缩、碱洗和干燥等处理,以去除其中的有害杂质和水分。然后,裂解气进入深冷分离系统,通过不同温度的冷凝和分离,得到高纯度的乙烯产品。同时还可以得到丙烯、丁二烯、纯苯等副产品。乙烯的生产工艺还在不断创新和改进。例如,采用新的裂解炉技术和分离技术,可以提高乙烯的收率和产品质量,降低生产成本。开发新的原料路线,如甲醇制烯烃(MTO)和原油直接裂解制乙烯等,可以突破传统原料的限制,实现乙烯生产的多元化和可持续发展。乙烯的生产过程是一个复杂而精细的系统工程,需要精确控制各种工艺参数和操作条件,以确保产品的质量和产量。

## 2 先进控制策略在乙烯生产过程中的应用潜力

乙烯作为化学工业的基石,其生产过程的高效性、稳定性和安全性直接关系到整个产业链的竞争力。随着信息技术的飞速发展和工业自动化水平的不断提高,先

进控制策略在乙烯生产过程中的应用日益广泛,为提升生产效率、产品质量、降低能耗和增强生产过程的稳定性与安全性提供了有力支持。

### 2.1 提高生产效率与产品质量

先进控制策略在乙烯生产中的应用,首先体现在提高生产效率与产品质量上。乙烯装置的控制水平直接影响到乙烯生产企业的效益,研究并应用先进控制(APC)技术具有重要意义。在乙烯裂解过程中,裂解炉是关键设备,其优化控制水平不仅影响乙烯和丙烯的收率,还直接影响后续单元的平稳操作。裂解深度作为关键参数,主要受炉管出口温度、废热锅炉出口温度、原料油密度、进料量、汽烃比等变量的影响。通过APC技术,可以实现对这些变量的精确控制,优化裂解深度,从而提高乙烯和丙烯的收率<sup>[1]</sup>。先进控制策略还能通过优化工艺流程,减少能源消耗和辅助材料的使用,提高生产效率和产能利用率。例如,采用多段反应与连续化操作模式,可以提高生产线的自动化程度与稳定性;对生产过程中的副产物进行深度加工与利用,可以实现资源的最大化利用。在产品质量方面,先进控制策略的应用也有显著效果,通过精确控制反应条件和分离过程,可以得到高纯度的乙烯产品,同时减少杂质和副产品的生成。通过在线监测和分析生产数据,及时发现并调整生产过程中的问题,可以确保产品质量的稳定性和一致性。

### 2.2 降低能耗与生产成本

降低能耗与生产成本是乙烯生产企业追求的目标之一。先进控制策略在乙烯生产中的应用,为实现这一目标提供了有力支持,通过优化加热与冷却系统、采用高效节能设备和加强余热回收与利用等措施,可以有效降低能源消耗。例如,采用先进的传热设备,通过改善传热系数和扩大交换面积,可以进一步降低能耗。优化

管道布局和设计,降低过程中的压缩损耗,也可以实现能源最大程度的利用。先进控制策略还可以通过对生产过程的实时监测和数据分析,发现能耗高的环节并进行优化。例如,通过调整裂解炉的操作参数,如炉管出口温度和横跨温度,可以优化裂解反应过程,降低能耗。通过优化生产计划和工艺路线,合理安排生产周期和原料使用,也可以有效降低生产成本。在设备维护管理方面,先进控制策略的应用同样可以降低能耗和生产成本。通过建立完善的设备维护管理制度和采用先进的设备维护技术,可以及时发现并处理设备故障,减少停产时间。通过对设备运行状态的实时监测和分析,可以预测设备的维护需求,提前进行预防性维护,降低设备故障率和维修成本。

### 2.3 增强生产过程的稳定性与安全性

增强生产过程的稳定性与安全性是乙烯生产企业不可忽视的重要任务。先进控制策略在乙烯生产中的应用,为提升生产过程的稳定性和安全性提供了有力保障。首先,通过精确控制反应条件和操作参数,可以确保生产过程的平稳运行。例如,在裂解过程中,通过精确控制裂解炉的出口温度和横跨温度,可以避免因温度过高或过低而导致的裂解反应失控和产品质量下降。通过优化进料量和汽烃比等参数,可以确保反应过程的稳定性和连续性。其次,先进控制策略还可以实现对生产过程的实时监测和预警,通过建立完善的数据监测系统,对生产过程进行实时监测和数据采集,可以及时发现生产过程中的异常情况和潜在风险。例如,通过监测裂解炉的出口压力和急冷锅炉的出口温度等参数,可以判断裂解炉的运行状态和结焦程度,及时采取措施进行清焦和维修。在安全管理方面,先进控制策略的应用也有显著效果。通过集成传感器、执行器、控制器及数据分析软件等先进设备与技术,可以实现对生产过程的全面监控和安全预警。例如,通过监测生产过程中的可燃气体浓度和温度等参数,可以及时发现火灾和爆炸等安全隐患,并采取相应的措施进行预防和处置<sup>[2]</sup>。

## 3 乙烯生产过程优化技改方案设计

乙烯生产过程优化技改方案的设计需要综合考虑优化目标与约束条件、先进控制策略的应用、乙烯压缩与储存过程的优化控制策略以及技改方案的技术经济分析等多个方面。通过科学合理的技改方案设计,可以为企业带来显著的经济效益和社会效益,推动乙烯生产行业的持续健康发展。

### 3.1 优化目标与约束条件

乙烯生产过程优化技改方案的首要任务是明确优化

目标与约束条件。优化目标旨在提高乙烯生产的整体效率、降低能耗、提升产品质量,并增强生产系统的稳定性和安全性。这些目标需要基于对当前生产流程的全面评估,以及对未来市场需求的预测。约束条件则包括技术可行性、成本效益、环保要求以及现有设备的兼容性等。技术可行性要求技改方案必须基于现有技术和设备的基础上进行,避免引入过于复杂或难以实施的技术。成本效益要求技改方案在投资回报上具备吸引力,确保企业能够在合理的时间内收回投资成本。环保要求强调技改方案必须遵守国家和地方的环保法规,减少对环境的影响。现有设备的兼容性则要求技改方案必须能够与现有生产系统无缝对接,避免对现有生产造成干扰。在明确优化目标与约束条件的基础上,可以进一步制定具体的技改方案。

### 3.2 基于先进控制策略的优化技改方案

先进控制策略在乙烯生产过程中的应用是技改方案的核心。通过引入先进控制算法和智能监控系统,可以实现对生产过程的实时监测、精准控制和优化调度。在裂解炉的控制方面,可以采用模型预测控制(MPC)技术,根据裂解炉的实时状态和工艺要求,动态调整炉管出口温度、汽烃比等关键参数,以实现裂解反应的最优化。通过引入在线分析仪表和智能诊断系统,可以实时监测裂解炉的结焦情况和设备健康状况,提前预警并采取相应的维护措施。在分离系统的优化方面,可以采用多变量优化控制策略,通过精确控制分离器的压力和温度等参数,提高分离效率和产品质量。还可以利用智能调度系统,根据市场需求和生产计划,灵活调整分离系统的运行模式和操作参数,以实现生产效益的最大化。在原料预处理和公用工程系统的优化方面,可以采用节能降耗技术,如热泵回收、余热利用等,降低能源消耗和排放。通过引入先进的传感器和执行器,实现对原料流量、压力和温度等参数的精准控制,提高原料利用率和生产效率。

### 3.3 乙烯压缩与储存过程的优化控制策略

乙烯压缩与储存过程是乙烯生产中的重要环节,其优化控制策略对于提高生产效率和产品质量具有重要意义。在乙烯压缩过程中,可以采用先进的压缩机控制技术,如变频调速、压缩比优化等,降低能耗和噪音,提高压缩机的稳定性和可靠性。通过引入智能监控系统,实时监测压缩机的运行状态和关键参数,及时发现并处理潜在故障,确保生产过程的连续性和安全性<sup>[3]</sup>。在乙烯储存方面,可以采用低温储存技术,通过降低储存温度来减少乙烯的蒸发损失和聚合反应。还可以引入智能库

存管理系统,实时监测乙烯的库存量和质量,根据市场需求和生产计划,灵活调整储存策略,确保乙烯的供应稳定性和产品质量。

### 3.4 优化技改方案的技术经济分析

优化技改方案的技术经济分析是评估技改方案可行性和效益的关键步骤。技术经济分析主要包括投资估算、成本效益分析、风险评估和敏感性分析等方面。投资估算需要详细计算技改方案所需的设备购置费、安装调试费、人员培训费等各项费用。成本效益分析则需要对比技改前后的生产成本、能耗、产品质量等关键指标,评估技改方案的经济效益。风险评估则需要识别技改方案实施过程中可能面临的技术风险、市场风险和政策风险等,并制定相应的应对措施。敏感性分析则需要评估技改方案对关键参数的敏感性,如原料价格、产品价格、能源价格等,以确定技改方案的稳健性和抗风险能力。在进行技术经济分析时,还需要充分考虑技改方案对企业长期发展的影响。例如,技改方案是否有助于提升企业的技术水平和市场竞争力?是否有助于降低生产成本和能耗,提高企业的盈利能力?是否有助于提升企业的环保形象和社会责任感?这些问题都需要在技改方案的技术经济分析中得到充分考虑和回答。

### 4 基于先进控制策略的乙烯生产过程优化技改的未来趋势

随着信息技术的不断进步和自动化技术的日益成熟,乙烯生产过程将更多地依赖于先进控制策略来实现优化。这些策略不仅包括对生产流程的实时监测和精准控制,还将涉及大数据分析、人工智能、物联网等前沿技术的融合应用。通过这些技术,企业可以实现对生产数据的深度挖掘和分析,从而更准确地预测生产趋势,优化生产计划,降低生产成本,提高产品质量。在智能化方面,乙烯生产过程将朝着更高级别的自动化和智能化方向发展。例如,通过引入智能传感器、智能执行器和智能控制器等设备,企业可以实现对生产过程的全面监控和自动调整。利用机器学习算法和人工智能技术,可以建立更加精准的生产模型,实现对生产过程的动态优化和智能调度。这将大大提高生产效率和灵活性,降低人为干预和误差,提升企业的市场竞争力<sup>[4]</sup>。绿色化是

未来乙烯生产过程优化技改的重要方向之一,随着全球对环境保护和可持续发展的日益重视,乙烯生产企业需要更加注重节能减排和资源循环利用。通过引入先进的节能技术和设备,优化生产流程,减少能源消耗和废弃物排放,企业可以实现绿色生产。通过研发和应用生物基原料及新工艺,推动乙烯生产向更加环保和可持续发展的方向发展,也是未来技改的重要趋势。乙烯生产过程的优化技改还将更加注重系统集成和协同优化,通过将各个生产环节进行紧密连接和协同控制,实现生产流程的整体优化和效益最大化。这不仅可以提高企业的生产效率和产品质量,还可以降低生产成本和资源浪费,提升企业的综合竞争力。基于先进控制策略的乙烯生产过程优化技改的未来趋势将呈现出多元化、智能化和绿色化的特点。通过引入前沿技术和创新理念,企业可以实现对生产过程的全面优化和升级,提升生产效率和产品质量,降低生产成本和资源浪费,推动乙烯生产行业的持续健康发展。

### 结束语

本研究通过对基于先进控制策略的乙烯生产过程优化技改进行深入探讨与实践,不仅提升生产效率与产品质量,还显著降低能耗与运营成本,为乙烯工业的智能化转型提供有力支撑。未来,随着技术的不断进步与应用深化,有理由相信,先进控制策略将在乙烯生产领域发挥更加重要的作用,推动行业向更高效、更环保、更可持续的方向发展。本研究成果不仅为乙烯生产企业提供宝贵的参考,也为相关领域的研究与实践提供新的视角与启示。

### 参考文献

- [1]吉孟然,边宏杰,李鹏程.氯乙烯聚合装置报警的管理及优化[J].聚氯乙烯,2023,51(1):17-19.
- [2]刘晟光,马生莲,梁艳.氯乙烯含汞废水处理流程及工艺条件的优化研究[J].中国氯碱,2021(05):35-37.
- [3]牛军,王娟.氯乙烯聚合生产的安全风险分析和控制[J].聚氯乙烯,2020,48(10):17-18+20.
- [4]王利锋,焦昌梅.氯乙烯生产工艺过程优化的方法[J].化工管理,2020(27):170-171.