

# 化工精馏高效节能技术及应用

夏斌龙<sup>1</sup> 冯捷<sup>2</sup>

1. 多氟多新材料股份有限公司 河南 焦作 454191

2. 氟基新材料股份有限公司 河南 焦作 454191

**摘要:** 文章概述了化工精馏高效节能技术的最新进展,包括智能化与自动化控制、高效换热与热集成技术、新型节能材料与设备的应用等。这些技术通过优化精馏过程操作条件、提高传热传质效率、减少能耗与排放,显著提升化工生产的能效与环保水平。还探讨绿色化工生产的需求与反应,以及未来技术创新与发展的方向,为化工精馏领域的节能降耗提供重要参考。

**关键词:** 化工生产; 精馏; 高效节能技术; 应用

## 1 节能高效精馏技术的开发模式

在化工行业中,精馏技术作为分离和提纯混合物的重要手段,其能效和节能性能直接影响到企业的生产成本和环保效益。随着科技的进步和环保意识的增强,节能高效精馏技术的开发与应用成为行业研究的热点。

### 1.1 分级换热节能技术

分级换热节能技术是一种通过优化蒸馏塔内部温度分布,提高热效率并减少能耗的技术。其核心在于在蒸馏塔塔板中间安装换热器,实现热量的分级利用。根据蒸馏塔的具体结构和物料特性,设计合理的换热器安装位置和数量。通常,这些换热器被安装在塔板之间,以便更有效地利用塔内温差进行热量交换。通过安装温度传感器和控制系统,实时监测塔内各区域的温度分布。根据监测数据,调整换热器的运行参数,确保热量在塔内得到合理分配和利用。分级换热技术不仅能够提高蒸馏塔的热效率,还能通过回收低品位热能来降低高品位冷凝剂的能耗。在温差较大的区域,安装再沸器,利用低品位热能进行热量转换,从而进一步提高热效率。通过不断优化操作条件和工艺参数,如调整进料量、回流比等,使分级换热技术在实际应用中达到最佳节能效果。

### 1.2 多组分精馏技术

多组分精馏技术是一种基于精馏原理,通过多次汽化和冷凝实现多个组分分离的技术。它适用于复杂混合物的分离和提纯,具有高效、灵活的特点。首先,对混合物进行详细的组分分析,确定各组分的沸点、蒸汽压、溶解度等关键参数。这些参数是选择操作条件和设计精馏塔的重要依据。根据混合物组分的性质,设计合理的精馏塔结构和操作条件<sup>[1]</sup>。多组分精馏通常需要在塔内设置多个理论板,以确保各组分得到充分的分离。采用自动化控制系统,实时监测和调节温度、压力、流

量等关键参数。通过优化操作条件,如调整回流比、进料位置等,实现多组分的高效分离。在多组分精馏过程中,注重节能技术的应用。

### 1.3 塔系热集成技术

塔系热集成技术是一种利用多个蒸馏塔进行能量集成和优化的技术。通过合理安排各蒸馏塔的操作条件和相互之间的热量传递,实现整体能耗的降低。首先对整个蒸馏系统进行全面规划,确定各蒸馏塔的任务和相互之间的热量传递关系。根据物料特性和操作条件,选择合适的蒸馏塔类型和数量。通过合理设计蒸馏塔之间的热量传递路径和方式,实现热量的高效利用。例如,利用高组分塔的热能供给低组分塔的再沸器;或者通过中间换热器实现塔内不同区域之间的热量交换。采用先进的控制技术和优化算法,对蒸馏系统的操作条件进行实时调整和优化。通过优化进料量、回流比、操作温度等参数,确保各蒸馏塔在最佳状态下运行。在蒸馏过程中,注重低品位热能的回收和利用。通过安装再沸器、热泵等设备,将低品位热能转化为高品位热能进行再利用,从而进一步提高整体能效。塔系热集成技术具有能耗低、操作灵活、适用范围广等优点。它广泛应用于化工、石油、制药等行业的精馏过程中,通过优化蒸馏系统的热量传递和回收机制,显著降低了生产能耗和成本。

## 2 节能技术在化工精馏中的应用意义

节能技术在化工精馏中的应用意义深远且重大。从经济效益角度来看,节能技术的应用能够显著降低化工精馏过程中的能源消耗,减少生产成本。通过优化热量传递、回收低品位热能以及提高设备能效等手段,节能技术能够确保精馏过程在更低能耗下运行,从而提高企业的市场竞争力。从环境保护的角度考虑,节能技术在化工精馏中的应用有助于减少温室气体排放和其他污染

物的产生。化工精馏过程中常常伴随大量蒸汽和废热的排放,如果不加以有效处理和利用,将对环境造成严重影响。而节能技术通过提高能源利用效率,减少不必要的能耗和排放,为企业的可持续发展和环境保护做出了积极贡献。节能技术的应用还能推动化工行业的技术进步和产业升级,随着节能技术的不断发展和创新,新的节能设备和工艺不断涌现,为化工精馏过程提供了更多选择和可能性。这些新技术和新设备的引入,不仅提高精馏过程的能效和产品质量,还促进整个化工行业的转型升级和高质量发展。

### 3 常见化工精馏过程节能技术

#### 3.1 换热器网络优化设计

换热器网络优化设计是化工精馏节能技术的核心之一。它旨在通过优化换热器的配置和操作流程,实现热量的高效传递与回收,从而减少冷热公用工程的消耗。优化设计通常包括换热器的选型、布局、连接方式以及操作参数的设定等多个方面。(1) 夹点分析。采用夹点技术识别换热网络中的瓶颈位置,即热量传递的极限温差点。通过调整换热器的数量和位置,使热量在夹点处得到充分利用,减少冷热流体的温差损失;(2) 最小温差法。在保证换热效率的前提下,尽量减小换热器之间的温差,以提高热量的回收率。这要求在设计时充分考虑流体的热容、流速以及换热器的传热系数等因素;(3) 多目标优化。结合经济性和技术可行性,对换热网络进行多目标优化。在追求最大节能效果的同时,也要考虑投资成本、操作复杂性和维护费用等因素。换热器网络优化设计能够显著降低化工精馏过程的能耗,提高热效率<sup>[2]</sup>。

#### 3.2 在线监测与控制系统

在线监测与控制系统是化工精馏节能技术的另一重要组成部分。它利用先进的传感器、数据采集技术和智能控制算法,对精馏过程进行实时监测和精确控制,确保操作条件始终保持在最优状态。在精馏塔的关键位置安装温度传感器、压力传感器和流量传感器等,实时监测塔内温度、压力和物料流量等参数。通过数据采集系统将这些参数传输至中央控制室进行集中处理和分析。采用先进的控制算法(如PID控制、模糊控制、神经网络控制等)对精馏过程进行智能控制。根据实时监测到的数据,自动调整操作参数(如回流比、进料量、加热蒸汽量等),使精馏过程始终保持在最佳操作状态。通过数据分析技术识别精馏过程中的异常情况和潜在故障,并提前发出预警信号。这有助于操作人员及时采取措施解决问题,避免故障扩大导致能耗增加和生产成本上

升。在线监测与控制系统能够显著提高化工精馏过程的稳定性和可控性。通过实时监测和精确控制,企业可以确保精馏过程始终保持在最优操作条件下运行,从而降低能耗和生产成本,故障诊断与预警功能也有助于提高设备的安全性和可靠性,延长设备的使用寿命。

#### 3.3 蒸馏塔内部结构优化

蒸馏塔内部结构优化是化工精馏节能技术的关键措施之一。通过优化塔板结构、填料类型以及塔内流体的分布方式等,可以提高蒸馏塔的分选效率和传热性能,从而降低能耗。实施策略:采用高效塔板(如浮阀塔板、筛孔塔板等)替代传统塔板,提高塔板的传质效率和传热性能,优化塔板间距和开孔率等参数,使塔内流体分布更加均匀合理。根据物料特性和操作条件选择合适的填料类型(如散堆填料、规整填料等)。规整填料具有压降小、传质效率高等优点,适用于高负荷和难分离物料的精馏过程。通过安装流体分布器或调整进料口位置等方式优化塔内流体的分布方式。确保流体在塔内均匀分布并充分接触传质表面,提高分离效率和传热性能。应用效果:蒸馏塔内部结构优化能够显著提高化工精馏过程的分选效率和传热性能。通过优化塔板结构、填料类型以及流体分布方式等,企业可以降低能耗和生产成本,同时提高产品质量和收率,优化后的蒸馏塔还具有更好的操作稳定性和适应性,能够应对不同物料和操作条件的变化。

#### 3.4 节能塔板设计与改进

节能塔板设计与改进是化工精馏节能技术的又一重要方向。通过开发新型节能塔板或对现有塔板进行改进设计,可以提高塔板的传质效率和传热性能,同时降低压降和能耗。实施策略:针对特定物料和操作条件,开发具有高效传质、低压降和良好操作弹性的新型塔板。例如,开发具有特殊结构的气液接触元件的塔板,如波纹板、旋流板等,以增强气液两相的接触面积和湍流程度,从而提高传质效率。通过改变塔板的流道形状、尺寸和布置方式,优化流体在塔板上的流动路径和速度分布。这有助于减少流体的返混和短路现象,提高传质效率并降低压降。选用耐腐蚀、耐高温的高性能材料制作塔板,并在其表面进行特殊处理(如涂覆亲水或疏水涂层),以提高塔板的传热性能和抗污性能。这有助于减少因结垢和腐蚀导致的塔板效率下降和能耗增加。应用效果:节能塔板的设计与改进对于提升化工精馏过程的能效具有显著作用<sup>[3]</sup>。新型节能塔板的应用能够显著提高传质效率和传热性能,同时降低压降和能耗。这不仅有助于降低生产成本,提高产品质量和收率,还能延长塔

板的使用寿命,减少维护成本,通过不断改进和优化塔板设计,企业可以适应不同物料和操作条件的变化,提高生产过程的灵活性和适应性。

#### 4 化工精馏高效节能技术的前沿发展

##### 4.1 先进的节能技术趋势

随着物联网、大数据和人工智能技术的快速发展,化工精馏过程正逐步实现智能化与自动化。通过集成先进的传感器、控制系统和数据分析平台,可以实时监测精馏塔内的温度、压力、流量等关键参数,并基于这些数据进行智能决策和优化控制。这种智能化与自动化的趋势不仅提高了精馏过程的稳定性和可控性,还显著降低了能耗和人力成本。高效换热与热集成技术是当前化工精馏节能的重要方向。通过优化换热器网络设计、采用高效换热元件以及实施热集成策略,可以最大限度地回收和利用精馏过程中的余热资源。新型节能材料与设备的研发与应用也是化工精馏节能技术的重要趋势。例如,采用高性能的隔热材料减少塔体热损失;开发低阻力、高传质效率的塔板或填料;以及利用微通道反应器、膜分离等新型设备替代传统精馏塔进行特定组分的分离与提纯。这些新型材料与设备的应用不仅提高精馏过程的能效,还降低设备投资成本和运行费用。

##### 4.2 绿色化工生产需求与反应

随着全球环保意识的增强和可持续发展理念的普及,绿色化工生产已成为行业发展的必然趋势。对于化工精馏过程而言,绿色生产需求主要体现在减少能耗、降低排放、提高资源利用率以及使用环保型原料和催化剂等方面,开发和应用高效节能的化工精馏技术对于推动绿色化工生产具有重要意义。为了满足绿色化工生产的需求,化工精馏过程需要进行一系列的反应和变革<sup>[4]</sup>。首先,要优化精馏工艺条件,如调整操作温度、压力、回流比等参数,以减少能耗和排放;其次,要采用环保型原料和催化剂,减少有害物质的生成和排放;要加强废物处理和资源回收工作,实现废物的减量化、资源化和无害化处理。还需要加强技术创新和研发力度,不断推出更加高效、环保的化工精馏技术和设备。

##### 4.3 技术创新与发展方向

技术创新方向一:集成化与模块化;未来化工精馏技术的发展将更加注重集成化与模块化。通过将多个精

馏塔、换热器、泵等设备集成在一个模块内,实现整体优化和协同工作;采用标准化的设计和制造流程,提高设备的可互换性和可维护性。这种集成化与模块化的设计不仅降低了设备投资成本和运行费用,还提高了系统的灵活性和可扩展性<sup>[5]</sup>。技术创新方向二:多尺度模拟与优化;随着计算机技术的不断发展,多尺度模拟与优化技术将在化工精馏领域得到广泛应用。通过构建精馏过程的微观、介观和宏观模型,并结合先进的计算方法和优化算法,可以对精馏过程进行全面、深入的模拟和分析;基于模拟结果对操作条件、设备参数等进行优化调整,以实现能耗的最小化和产品质量的最大化。技术创新方向三:新能源与可再生能源的应用;新能源与可再生能源的应用也是未来化工精馏技术创新的重要方向之一。例如,利用太阳能、风能等可再生能源为精馏过程提供热能或电能;或者采用生物质能、地热能等新型能源替代传统的化石能源进行精馏操作。这些新能源与可再生能源的应用不仅有助于降低化工精馏过程的能耗和排放,还促进能源结构的多元化和可持续发展。

#### 结束语

化工精馏高效节能技术是实现化工行业可持续发展的关键途径。随着科技的进步和环保意识的增强,未来化工精馏技术将继续向智能化、绿色化、集成化方向发展。通过不断探索与应用高效节能技术,我们将能够进一步优化化工生产过程,降低能耗与排放,促进资源的循环利用与经济的可持续发展。

#### 参考文献

- [1]李慧敏,焦蓬.化工精馏技术的应用及节能研究[J].山西化工,2021,41(03):176-177.
- [2]魏文博.化工精馏高效节能技术开发及应用[J].石化技术,2020,27(01):23-24.
- [3]沈博文,潘建敏,夏国政,邹琳玲,晋梅.AspenPlus软件在醋酸-水体系热泵精馏中的应用[J].山东化工,2019,48(16):159-161.
- [4]周兴庆.化工精馏高效节能技术开发及应用[J].化工设计通讯,2021,47(02):55-56.
- [5]张茂辉.化工精馏高效节能技术开发及应用[J].化工设计通讯,2021,47(02):78-79.