

Analysis of the Operation Effect of the Wall Tower in the Continuous Reforming Unit of Dongfang Hualong Group

Yonggang Zhang

Shandong Oriental Hualong Industrial Trade Group Co., Ltd., Dongying, Shandong, 257300, China

Abstract

This study investigates the application of the wall-tower in the continuous reforming unit of Dongfang Hualong Group. Through analyzing the wall-tower's working principles, operational methods, its role in the reforming unit, and operational performance, the results demonstrate that the introduction of the wall-tower significantly enhances product separation accuracy and target product yield while reducing energy consumption and operational costs. The structural design of the wall-tower further improves the overall performance of the unit. This research provides theoretical basis and practical guidance for the efficient application of wall-towers in continuous reforming units, which holds significant importance for process improvement and energy conservation in the refining industry.

Keywords

Intermittent Tower; Continuous Reformer Unit; Operating Effect; Separation Efficiency; Energy Consumption; Production Flexibility

间壁塔在东方华龙集团连续重整装置的运行效果分析

张永刚

山东东方华龙工贸集团有限公司, 中国·山东 东营 257300

摘要

本文探讨了间壁塔在东方华龙集团连续重整装置运行中的应用效果。通过分析间壁塔的工作原理、操作方法、在连续重整装置中的作用及其运行效果,结果表明,间壁塔引入显著提高了装置的产品分离精度,以及目标产品的收率,同时降低了能耗和操作成本,间壁塔的结构设计进一步提升了装置的整体性能。本研究为间壁塔在连续重整装置中的高效应用提供了理论依据和实践指导,对炼油行业的工艺改进和节能减排具有重要意义。

关键词

间壁塔; 连续重整装置; 运行效果; 分离效率; 能耗; 生产灵活性

1 引言

连续重整装置是炼油工业中重要的二次加工装置,目的是将低辛烷值的石脑油转化为高辛烷值的汽油组分或芳烃原料^[1]。随着节能减排的要求,提高装置的性能,以及降低装置的生产成本成为炼油行业关注的焦点^[2,3]。间壁塔作为一种新型分离设备,在化工领域展现出良好的应用前景^[4]。本研究旨在探讨间壁塔在连续重整装置中的实际应用效果,以为间壁塔的运行提供基础数据,以及为装置性能提升和工艺优化提供新的思路和方法。

近年来,国内外学者对间壁塔在化工分离过程中的应用进行了广泛研究,通过实验和模拟相结合的方法,研究了间壁塔在精馏过程中的传质性能,发现间壁塔能够显著提高分离效率^[5,6]。然而,关于间壁塔在连续重整装置中的实际

应用效果和实际运行数据的文献仍较为有限,造成装置在进行工艺改进时,没有间壁塔的实际运行数据做参考,本文将填补这一空白,为间壁塔在连续重整装置中的推广应用提供理论支持和实践指导。

2 连续重整装置的工艺流程与关键设备

山东东方华龙集团120万吨/年连续重整装置,以直馏石脑油、柴油加氢石脑油,以及蜡油加氢重石脑油为原料,生产苯、甲苯、二甲苯和高辛烷值汽油组分。工艺流程包括原料预处理、重整反应、催化剂再生、产品分离、芳烃抽提和PSA氢气回收等部分。混合石脑油首先经过预处理单元,去除杂质和水分后进入重整单元,在催化剂作用下发生脱氢、环化和异构化等反应,生成富含芳烃和高辛烷值组分的反应产物,反应产物随后进入产物分离系统,通过精馏、萃取等方法分离出目标产品,催化剂在线连续再生,确保催化剂活性,氢气作为副产品送至PSA单元,经变压吸附后产出纯度为99.9%的氢气。

【作者简介】张永刚(1977—),男,中国山东东营人,本科,从事化学化工工程研究。

连续重整装置的关键设备包括反应器、加热炉、换热器、压缩机和分馏塔等。其中，分馏塔是影响装置性能和产品收率的关键设备之一，分馏塔通常采用常规精馏塔，存在分离效率低、能耗高等问题^[1,7]。山东东方华龙集团连续重整装置在装置建设阶段，经与设计院沟通后应用了三座间壁塔，实际运行证明，间壁塔对产品分离效率，降低能耗方面提升较大。

3 间壁塔的结构特点与操作特点

3.1 间壁塔的结构特点

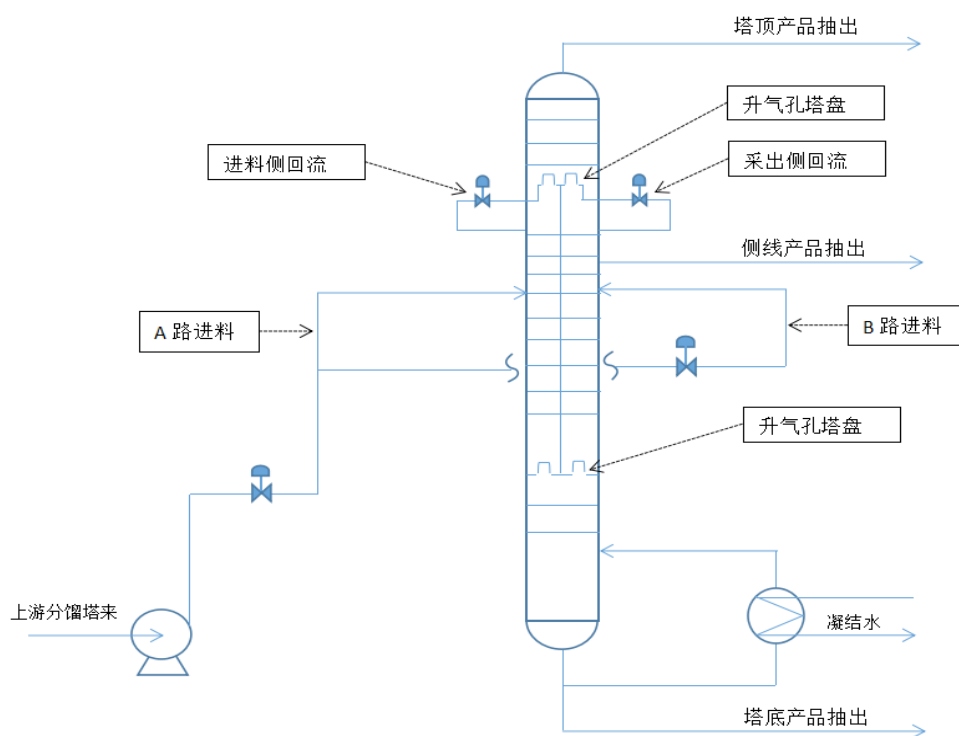
间壁塔是一种新型的分离设备，其内部设有垂直隔板，将塔体分为两个独立的分隔室。每个分隔室相当于一个独立的精馏塔，可以进行不同工况的操作。这种结构使得间壁塔能够在同一个塔体内实现多个分离过程，大大提高了分离效率。间壁塔的主要结构特点包括：垂直隔板、多进料口、多出料口以及特殊的塔盘设计，与传统的分馏塔相比，间壁

塔具有如下优势^[8]：

- (1) 间壁塔能够在同一个塔内完成多个分离任务，减少了设备数量和占地面积；
- (2) 间壁塔的多区域设计使得各分离过程可以独立优化，提高了整体分离效率；
- (3) 间壁塔的热集成特性有助于降低能耗，实现节能减排；
- (4) 间壁塔也存在结构复杂、操作难度大等方面的局限性。

在连续重整装置中，间壁塔主要用于分离重整产物中的不同组分。三组分混合物（A、B、C）进入塔器中间部分分壁的一侧，轻质（A）组分和重质（C）组分分别从塔顶和塔底被回收，中间（B）组分通过位于进料口塔器背面一侧，以侧线抽出除去。

附：间壁塔简图：



3.2 间壁塔不同工况的操作特点

隔壁塔精馏的基本原理与普通精馏完全一致，都是利用组分间的相对挥发度不同，通过气液交换达到分离的目的，符合常规的气液相平衡原理。但由于隔壁塔中间部位被隔板分成2个区域，且要实现多个分离指标，因此在运行过程中要关注或者控制更多的工艺参数，比如除了塔顶回流量，还要控制隔板两侧（进料侧和出料侧）的内回流量；除了控制普通塔原有的灵敏板温度或温差，还要控制出料侧隔板段的灵敏板温度或温差，仅比普通塔增加上述两个控制参数，其他操作控制与普通塔无异。

- (1) 在侧线抽出的工况下，B路进料关闭；在侧线不抽出的工况下，B路进料打开，A、B两路进料流量控制相同，且与进料总流量相等；
- (2) 间壁塔塔顶温度控制塔顶总回流量，目的是保证塔顶产品（A组分）质量合格；
- (3) 间壁塔塔底温度控制塔底重沸器的蒸汽量，保证塔底温度在指标范围内；
- (4) 进料侧内回流的控制原则，稳定进料侧的各层塔盘温度在指标范围内，确保B组分不被大量的带至塔顶，回流量过小，大量B组分被带到塔上部的精馏段，造成塔顶

产品质量不合格；回流量过大，A组分被带到塔下部的汽提段，造成抽出侧的侧线产品质量不合格；

(5) 抽出侧内回流量不做控制，进料侧内回流液位满后会自动溢至抽出侧。

4 间壁塔在连续重整装置中的运行效果

间壁塔在连续重整装置中的运行效果主要体现在提高产品分离效率、降低能耗和减少环境污染三个方面。

首先，间壁塔的多室结构使得各组分能够在最佳条件下进行分离，显著提高了产品分离精度和收率。东方华龙集团连续重整装置的二甲苯塔采用了间壁塔，该二甲苯塔的作用是将上游来的原料分割出混合二甲苯、工业用碳九芳烃，塔底的C10⁺重质芳烃送至蜡油加氢裂化装置作为原料，二甲苯塔投入运行后，与其他企业采用气相侧线抽出的普通二甲苯塔进行了对比，塔顶二甲苯产品中C9芳烃含量相较于低0.12%；侧线C9芳烃产品中二甲苯含量相较于低0.52%；塔底重芳烃产品中二甲苯含量相较于低0.03%，C9芳烃含量低4.03%，C10芳烃含量低16.84%。对比结果说明，间壁塔塔顶产品与侧线产品的分离精度，比普通精馏塔的分离精度要高，因此目标产品的收率也要高。同时，使用普通精馏塔的塔底产品中高附加值的C9芳烃和C10芳烃含量高，造成目标产品损失过大，说明普通精馏塔的侧线产品与塔底产品的分离精度相较于间壁塔差的很多。

表1 二甲苯间壁塔与普通精馏塔产品分离效果比较表

组成含量 产品分布	产品组分	东方华龙二甲苯塔产品组成(%)	某企业二甲苯塔产品组成(%)
	塔顶产品 (混合二甲苯)	C7芳烃	0.02
C8芳烃		98.65	98.60
C8非芳烃		1.25	1.20
C9芳烃		0.08	0.20
侧线产品 (工业C9芳烃)	C8芳烃	0.07	0.59
	C9芳烃	64.22	80.05
	C10芳烃	30.91	15.52
塔底产品 (C10 ⁺ 重芳烃)	C11芳烃	4.80	3.84
	二甲苯	0.02	0.05
	C9芳烃	0.07	4.1
	C10芳烃	4.55	21.39
	甲基茚满	49.62	35.07
	四氢化萘	26.94	18.11
萘	7.49	9.65	
甲基萘	11.31	11.63	

其次，间壁塔通过热耦合技术实现了能量的梯级利用，在保证分离效率的同时，能大幅降低装置能耗。一般连续重整装置的工艺设计，会将芳烃抽提单元溶剂萃取的混合芳烃送至苯塔，苯塔塔顶馏出合格的苯产品，苯塔底物料再送至甲苯塔，甲苯塔顶馏出合格的甲苯产品，甲苯塔底的微量

混合二甲苯送至汽油调和组分，苯塔和甲苯塔底热源均使用220℃的1.6Mpa蒸汽。东方华龙集团的连续重整装置取消了苯塔和甲苯塔，采用了BTX间壁塔，该间壁塔的进料同样是接收上游来的混合芳烃，塔顶馏出纯度为99.9%的苯产品，侧线抽出纯度为99.9%的甲苯，原料中携带的微量混合二甲苯经塔底泵送至汽油调和组分，塔底热源使用220℃的1.6Mpa蒸汽。BTX塔投入运行后，各产品的质量指标均优于国标要求，且塔底重沸器的蒸汽消耗相较于普通精馏塔减少0.12t/吨油。

表2 BTX间壁塔与普通精馏塔蒸汽消耗比较表

项目	东方华龙BTX塔	某企业苯塔	某企业甲苯塔
进料量	23t/h	22t/h	14.5t/h
塔顶压力	50Kpa	50Kpa	50Kpa
塔底温度	163℃	144℃	169℃
苯抽出温度	94℃	98℃	/
甲苯抽出温度	131℃	/	130℃
重沸器蒸汽使用量	10t/h	5.2t/h	7t/h

最后，生产灵活性也是间壁塔的一大特点，间壁塔的运行分为工况一和工况二，工况一是按照间壁塔（开侧线抽出）进行操作，工况二是按照普通精馏塔（关侧线抽出）进行操作，用户可根据自身或市场需求进行工艺调整。东方华龙连续重整装置脱庚烷塔的作用是将C5⁺重整生成油再次进行切割，装置开工初期，脱庚烷塔塔顶馏出苯和C6非芳烃的C6组分作为芳烃抽提单元的原料，侧线抽出甲苯和C7非芳烃的C7组分作为汽油调和组分，塔底组分送二甲苯塔。该方案使得脱庚烷塔因操作温度的降低，能耗大大降低；同时，下游的芳烃抽提单元因进料量的减少，能耗也大大降低。随着调和汽油市场的萎靡，调和汽油的经济效益日渐下行，脱庚烷塔关闭侧线抽出，不再生产汽油调和组分，塔顶馏出C6C7组分送芳烃抽提生产苯和甲苯。这种灵活的生产方案，可及时应对市场的变化，增加公司的经济效益。

实际运行数据显示，与传统精馏塔相比，采用间壁塔的连续重整装置在产品的分离效率、降低能耗、生产灵活性方面具有无与伦比的优势，更符合现代生产装置的要求。同时，间壁塔具备两个普通精馏塔的分离功能，降低了设备成本。

5 间壁塔与普通精馏塔开工过程的区别

普通精馏塔开工时，原料进入塔釜内，当塔底液位达到80%，进行塔底加热，塔顶全回流的操作模式，直至达到指标要求。间壁塔的开车过程中基本不考虑靠单独的全回流过程达到指标要求（尤其是侧线指标），而是采用物料大循环的开车方式，即开车过程中连续进料。

例如BTX塔的开工，塔顶采出（苯侧线）、侧线采出（甲苯）、塔底采出（二甲苯）的物料都连续返回原料罐，直至

间板塔的负荷及产品满足指标要求。主要的开车步骤如下：

5.1 进料、加热

开车准备工作就绪后，BTX塔开始进料，塔釜液位在50%左右时，打开蒸汽阀门加热釜料，控制塔的温升，观察和控制塔压变化，观察塔顶回流罐和塔釜液位。

5.2 打回流

当回流罐的液位达到50%时，开始塔顶回流，基本保持隔板进料侧回流量和进料量的加和与隔板出料侧内回流接近。

5.3 建立物料的大循环

逐步加大进料量，同时逐步调节塔釜蒸汽和回流量（塔顶和隔板两侧内回流量），当回流罐、塔釜液位较高时，启动苯产品采出泵、甲苯产品采出泵、塔釜二甲苯采出泵，同时观察塔釜和回流罐液位，观察塔顶到塔底温度。采出的各路物料返回原料罐，在原料罐和间壁塔之间建立稳定的物料循环。

5.4 达到设计分离指标

待温度和压力稳定后，微调进料隔板侧回流量（主调）或蒸汽量与塔顶回流（副调）使各项指标达到设计值。苯产品根据塔顶部的灵敏板温度调节采出，甲苯产品根据隔板出料侧底部的灵敏板温度（或温差）调节采出，塔釜产品根据塔釜的液位调节采出，采出的产品进入相应的下游装置。

6 结语

本研究为间壁塔在连续重整装置中的推广应用提供了理论依据和实践指导。未来的研究可以进一步探索间壁塔在其他炼油工艺中的应用潜力，以及如何通过智能化控制、流程优化进一步提高间壁塔的操作性能和稳定性。间壁塔在连续重整装置中的应用显著提高了产品分离效率，降低了能耗，通过案例分析，我们进一步验证了间壁塔在实际生产中的优越性。未来，随着技术的不断进步，间壁塔在连续重整

装置中的应用将更加广泛，为石化行业的可持续发展做出更大贡献。建议相关企业积极采用间壁塔技术，以提高装置运行效率，增强市场竞争力。

参考文献

- [1] 张亚辉. 连续重整工艺流程综述[J]. 化工设计通讯, 2019, 45(03): 123-124.
- [2] 王立新, 陈思远. 连续重整装置节能技术研究[M]. 北京: 化学工业出版社, 2021.
- [3] 李林. 连续重整装置能耗分析与节能措施[J]. 石油石化绿色低碳, 2025, 10(05): 53-59.
- [4] 张明远, 李华强. 间壁塔在石油化工中的应用进展[J]. 化工进展, 2022, 41(3): 1234-1245.
- [5] 李爱国, 彭华忠, 陈宁, 王跃宇, 李楠, 姜占坤. 分隔壁精馏塔的研究及应用进展[J]. 山东化工, 2025, 54(14): 105-108.
- [6] 张英, 高景山, 薄德臣. 分壁精馏技术进展[J]. 节能技术, 2016, 34(06): 521-526.
- [7] 宋森. 炼油厂连续重整装置节能降耗措施研究[J]. 中国设备工程, 2024, 12: 233-235.
- [8] 谢江维. 隔壁塔的设计、优化与实验研究[D]. 河北: 河北工业大学, 2020.
- [9] 朱艳. 分壁塔技术在重整脱戊烷油分离过程中的应用[J]. 石油化工设计, 2024, 41(04): 47-49.
- [10] 易建彬. 燃料型重整装置改造新增二甲苯产品分离方案研究[J]. 炼油技术与工程, 2023, 53(07): 10-15.
- [11] 胡珺, 王宝生, 陈建兵, 高明, 张英. 重整C9+重芳烃高效分离技术研究[J]. 现代化工, 2023, 43(06): 222-226.
- [12] 何桂春, 张英, 伍祥, 华涛, 邱洁, 凌昊. 分壁塔替代两塔分离芳烃流程改造的研究[J]. 石油炼制与化工, 2018, 49(02): 95-99.