

# 裂解碳五馏分的高效分离技术开发

王琦<sup>1</sup> 杜玉星<sup>2</sup>

天津凯莱英医药科技发展有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v5i12.7526

**[摘要]** 裂解碳五馏分是石油化工过程中重要的中间产物，广泛应用于汽油和烯烃等化学品的生产。由于裂解碳五馏分组分复杂，传统的蒸馏分离方法面临着高能耗、分离精度不足和环保负担等挑战。近年来，膜分离、吸附分离和超临界流体分离等新型分离技术逐渐成为研究热点。这些技术在提高分离效率、降低能耗和提升环保性能方面显示出较大潜力，但在应用中仍面临膜材料稳定性、吸附剂再生效率及设备高投入等技术瓶颈。为了突破这些难题，未来的研究需要在分离材料、设备设计和工艺优化方面展开深入探索。通过多种分离技术的联合应用，有望实现对裂解碳五馏分的高效、低成本和绿色化分离，推动技术的广泛工业化应用。

**[关键词]** 裂解碳五馏分；膜分离；吸附分离；超临界流体分离；能效优化

## Development of High-Efficiency Separation Technology for Cracking C5 Fractions

Wang Qi<sup>1</sup> Du Yuxing<sup>2</sup>

Tianjin Kailai Ying Pharmaceutical Technology Development Co., Ltd.

**[Abstract]** Fracking carbon dioxide is an important intermediate product in the petrochemical process, widely used in the production of chemicals such as gasoline and olefins. Due to the complex composition of the five fractions of carbon, the traditional distillation separation method faces challenges such as high energy consumption, insufficient separation accuracy and environmental burden. In recent years, new separation technologies such as membrane separation, adsorption separation and supercritical fluid separation have gradually become research hotspots. However, the stability of material, the regeneration efficiency of adsorbent and the high cost of equipment are still the technical bottlenecks. In order to break through these difficulties, future research needs to explore in depth the separation materials, device design and process optimization. Through the joint application of various separation technologies, it is hoped that the efficient, low-cost and green separation of fissile carbon dioxide is achieved, and the widespread industrial application of the technology is promoted.

**[Key words]** cracking carbon five fraction, membrane separation, adsorption separation, supercritical fluid separation, energy efficiency optimization

### 引言：

裂解碳五馏分作为石油化工中不可或缺的中间产物，在生产过程中发挥着重要作用。其分离过程复杂，涉及烷烃、烯烃和芳香烃等多个组分，这些组分之间沸点相近，给传统的蒸馏分离方法带来了较大挑战。随着分离精度、能效和环保要求的提升，传统蒸馏法已经无法满足日益增长的工业需求。因此，探索新型高效分离技术显得尤为迫切。膜分离、吸附分离以及超临界流体分离等新型方法逐步兴起，尽管在实验室阶段取得了一定进展，但其大规模应用仍面临诸多技术瓶颈。

### 一、裂解碳五馏分的分离技术现状与挑战

裂解碳五馏分是石油化工产业中裂解过程中产生的重要中间产物，广泛用于生产汽油、烯烃等化学品。碳五馏分的分离是炼油与化工生产中的关键步骤之一，其分离过程涉及到复杂的多组分体系，具有较高的难度。传统的分离技术主要依赖于蒸馏过程，但随着对分离精度要求的不断提高，蒸馏法在节能、效率和环保方面的问题愈加显著。碳五馏分中的组分复杂，主要包含烷烃、烯烃和芳香烃等物质，这些组分之间的相似沸点使得蒸馏法难以实现高效的分离。为了克服这一局限性，近

年来，研究者提出了多种新型分离方法，包括膜分离、吸附分离、超临界流体分离等。然而，这些新型方法仍面临诸多挑战。

膜分离技术作为一种典型的物理分离方法，具有较高的分离效率和较低的能耗，但在实际应用中，膜材料的选择、稳定性和选择性等问题依然亟待解决。特别是在处理高温高压的裂解碳五馏分时，膜材料的耐久性和选择性面临较大挑战。吸附分离技术则在某些情况下能够提供较好的选择性，尤其是对某些特定组分的分离效果较为显著。然而，吸附剂的使用寿命、再生效率以及操作成本仍然限制了其广泛应用。超临界流体分离技术虽然在溶解度、分配系数等方面具有独特优势，但其高压高温条件要求较高的设备投入，并且操作过程中可能会带来一定的安全隐患。因此，尽管新型分离方法的研究取得了一些进展，当前仍缺乏一种能够在大规模工业化应用中解决所有瓶颈问题的理想技术。

现有分离技术往往需要耗费大量能源，且难以实现对各组分的精准分离，导致资源浪费和环境污染的问题依然突出。因此，如何在提高分离效率的同时降低能耗和环境负荷，是当前裂解碳五馏分分离技术亟待解决的关键问题。针对这些挑战，未来的研究将需要在技术优化、设备改进以及工艺创新等多个方面展开深度探讨，以期实现更加高效、低成本、绿色环保的分离技术。

## 二、新型分离方法的技术瓶颈与改进需求

新型分离方法在裂解碳五馏分分离中展现出较大的潜力，但在实际应用过程中仍面临许多技术瓶颈。膜分离技术虽然具有较高的分离效率和较低的能耗，但其膜材料的选择性和稳定性问题依然制约着技术的广泛应用。碳五馏分中的烯烃和烷烃等组分具有相似的物理化学性质，传统膜材料在这些相似组分的分离上往往表现不佳，导致分离效率较低。此外，膜在高温和高压环境下容易发生降解，尤其是在裂解过程中的极端条件下，膜的使用寿命和稳定性问题尤为突出。为了克服这一问题，研究者正在积极开发更为耐高温、耐高压的膜材料，并优化膜的孔径和选择性，以提高其在裂解碳五馏分分离中的应用效果。

吸附分离技术在处理复杂混合物方面具有一定优势，但仍面临吸附剂选择性差、再生效率低等问题。碳五馏分中的多组分体系使得常规吸附剂在选择性方面存在局限，尤其是对某些轻烃和烯烃的选择性吸附较差。此外，吸附剂的再生过程通常需要较高的能耗和较长的时间，这大大增加了生产成本。吸附剂的循环寿命也是一个关键问题，一些吸附剂在多次使用后会因容量下降或失效，影响分离效率。因此，开发高效、稳定且具备较长使用寿命的吸附材料成为吸附分离技术发展的关键。

超临界流体分离技术在处理多组分系统时具有优异的分配性能，但其高压高温条件要求使得设备投资和操作成本较高。此外，超临界流体的选择性和溶解度在不同操作条件下变化较大，难以实现稳定的分离效果。尽管超临界流体具有较强的可调性，但在裂解碳五馏分分离过程中，如何在保证分离效率的同时减少设备复杂性和操作风险，仍然是亟待解决的技术难题。新型分离方法虽然具有较大的应用前景，但技术成熟度和经济性仍然是制约其大规模推广的关键因素。为了实现裂解碳五馏分分离技术的工业化应用，未来亟需在分离材料的创新、设备的优化、操作条件的控制等方面进行更深入的研究，尤其是要关注多种分离方法的联合应用，以期提高整体分离效果，并降低能源消耗与操作成本。

## 三、创新分离技术的应用路径与发展趋势

随着裂解碳五馏分分离需求的日益增长，创新分离技术正逐渐成为提高分离效率、降低能耗及提升经济性的重要手段。近年来，膜分离、吸附分离、超临界流体分离等新型分离方法被提出并在实验室中取得了显著进展，这些技术在克服传统蒸馏法的不足方面展示了巨大的潜力。膜分离技术通过对不同分子大小、形状以及亲疏水性差异的精确控制，能够有效分离碳五馏分中的烯烃、烷烃及芳香烃等成分。尤其是在低温低压条件下，膜分离技术展现出了节能和高效的优势。为了进一步提高膜的分离性能，研究者们正致力于开发新型功能化膜材料，优化膜的孔径分布和表面亲和性，以增强对不同组分的选择性。

吸附分离技术则通过选择性吸附作用实现目标组分的分离，其优势在于处理过程中能量消耗较低，适应性强。近年来，研究者在吸附材料的研发上不断突破，尤其是在设计高效、多功能吸附剂方面取得了显著进展。新型多孔材料、表面改性吸附剂以及复合吸附剂的出现，使得吸附分离技术在碳五馏分分离中的应用前景更加广阔。为了提高吸附剂的使用寿命和再生效率，研究者们正关注开发具有高热稳定性和较好吸附性能的吸附材料，并优化吸附床的操作方式和再生技术。

超临界流体分离技术则凭借其分子亲和力的调节能力，能够在一定压力和温度条件下，对碳五馏分中的复杂混合物进行高效分离。超临界二氧化碳等流体作为溶剂具有较好的溶解性和选择性，在低温下能有效分离烯烃和烷烃。尽管目前超临界流体技术面临设备投资高、操作复杂等问题，但随着设备技术的进步和操作模式的优化，超临界流体分离的应用前景愈加广泛。未来，结合多种创新分离技术的复合工艺将成为解决碳五馏分高效分离问题的核心方向。通过整合膜分离、吸附分离和超临界流体分离等技术的优点，可以实现更加精确和高效的分离效果，尤其是在提高分离选择性、降低能耗和

优化操作流程方面将发挥重要作用。随着材料科学、化工设备及过程优化技术的持续发展，创新分离技术的应用将逐步拓展到工业化生产中，为石油化工行业带来更高效、节能、环保的分离解决方案。

#### 四、高效分离技术在裂解碳五馏分中的实际效果与案例

高效分离技术在裂解碳五馏分中的应用已经在多个领域取得了显著的实际效果，尤其是在提高分离效率、降低能耗和优化生产流程方面表现突出。采用膜分离技术进行裂解碳五馏分的分离，不仅显著提升了分离精度，还在节能降耗方面取得了较好的成绩。通过膜的选择性渗透特性，能够实现对于烯烃、烷烃和芳香烃等成分的精细分离，特别是在处理具有相似沸点的组分时，膜技术表现出较高的选择性和分离效率。这一技术的应用，尤其在低温低压条件下，有效降低了传统蒸馏法所需的高能耗，且对环境的负担也较小。某些实验表明，膜分离法能够使分离纯度达到90%以上，同时能耗降低超过30%，为工业化应用提供了较好的经济性。

吸附分离技术也在裂解碳五馏分的处理中显示出强大的潜力。在实际应用中，经过表面改性的吸附剂能够对烯烃和烷烃进行高效分离，尤其是在高浓度的混合物中，能够实现较高的吸附选择性。某些定制的多孔材料或复合吸附剂，不仅增强了对目标分子（如轻烯烃）的吸附能力，还能够在多个循环后保持较高的吸附容量和再生效率。采用吸附分离技术时，吸附床的操作模式和再生工艺经过优化，也实现了低能耗和高效操作。研究显示，在特定的工业生产中，吸附分离可以提高30%以上的分离效率，同时大幅度降低了废气和废水的排放。

超临界流体分离技术在裂解碳五馏分的应用中，凭借其优越的溶解性和调节性，也取得了一些实际应用效果。通过调节超临界二氧化碳的温度和压力，可以有效分离烯烃和烷烃，特别适合用于对多组分体系的高效分离。虽然设备投资较高，但该技术在精细化分离和绿色化工方面具有独特的优势，能够在低能耗的前提下提供高纯度的分离产品。

#### 五、未来裂解碳五馏分分离技术的发展方向与前景展望

随着能源和环境问题日益严峻，裂解碳五馏分分离技术的未来发展方向将趋向于更加高效、节能和环保的技术方案。未来的研究重点将集中在优化现有分离技术的性能，尤其是在提高分离效率的同时降低能耗和减少环境污染方面。膜分离技术在未来将进一步朝着更高选择性和更长使用寿命的方向发展。通过纳米材料和复合膜的创新，膜的选择性和耐高温高压性能有望得到显著提升，从而能够应对更为复杂的分离需求。

吸附分离技术的未来也将在材料科学方面取得重要突破。高效、环保、可再生的吸附剂将是未来研发的重点，特别是那

些能够在高温、高湿等苛刻条件下稳定工作的吸附剂。新型多孔材料、金属有机框架(MOFs)和碳基材料的出现，将极大提升吸附分离的选择性和容量。同时，吸附剂的回收再生技术也将得到进一步的优化，使得这一技术在实际工业应用中更加经济可行。吸附分离与膜分离结合的复合工艺，未来有望成为突破传统技术瓶颈的有效途径。超临界流体分离技术则将在设备和工艺优化上取得更大的进展。未来，超临界流体的溶解度和分配系数调节技术将更加成熟，从而实现对于裂解碳五馏分中复杂组分的高效分离。在设备设计方面，将进一步降低高压高温操作所需的能源消耗，提高设备的安全性和稳定性。尤其是在处理大量碳五馏分时，超临界流体分离技术的工业化应用将更加广泛，并可能成为绿色化工生产中的重要一环。

未来裂解碳五馏分分离技术的发展将更加注重多技术的结合与协同优化，特别是膜分离、吸附分离、超临界流体分离等技术的联合应用，预计将大大提高分离效率，降低成本，并减少能源消耗和环境负担。随着技术的不断进步和材料的创新，未来的裂解碳五馏分分离技术将走向更加智能化、绿色化的方向，不仅能够满足工业需求，还能为化工行业的可持续发展提供强有力的支持。

#### 结语：

随着能源效率和环保要求的不断提高，裂解碳五馏分的高效分离技术亟需创新与优化。传统蒸馏法已难以满足现代工业对精度和能效的需求，而膜分离、吸附分离和超临界流体分离等新技术展现了巨大的潜力。尽管这些技术在实验室阶段取得了一定的进展，但仍面临诸多挑战，如材料稳定性、设备投资和操作复杂性等。未来，结合多种分离技术的复合工艺、开发新型高效材料以及优化工艺流程，将有望突破当前瓶颈，实现裂解碳五馏分分离的高效、低成本、绿色化应用。这将为石油化工行业的可持续发展提供有力支持，推动相关技术的广泛工业化应用。

#### [参考文献]

- [1]刘凯,王芳.高效分离技术在石化行业中的应用研究[J].化学工程,2023,71(4):78-85.
- [2]黄建国,赵英.裂解过程中的碳五馏分分离技术研究进展[J].石油化工技术,2022,40(6):134-141.
- [3]张浩,李媛.膜分离技术在碳五馏分分离中的应用与展望[J].化工设备与管道,2021,36(5):59-66.
- [4]张珊,李磊.超临界流体技术在石油化工分离中的应用进展[J].现代化学工程,2023,41(2):92-99.
- [5]陈宇,王丽.绿色化学与节能技术在石化产业中的结合研究[J].工程与技术,2022,19(3):110-117.