

文章编号: 2095—0411 (2012) 04—0020—04

## 油浆利用加工工艺的对比<sup>\*</sup>

傅 亮, 杨基和, 朱兴松

(常州大学 江苏省精细石油化工重点实验室, 江苏 常州 213164)

**摘要:** 催化裂化油浆含有重芳烃和饱和烃, 以及少量胶质沥青质, 可以通过溶剂抽提和馏分切割分离后分别加以利用。提出了油浆减压切割—溶剂抽提 (方案 1) 和溶剂抽提—减压切割 (方案 2) 两种加工工艺方案, 对比考察了工艺条件以及产品性质。在 5.586 kPa 真空度下, 减压切割胶质、沥青质重馏分的温度均为 355℃。方案 1 抽提条件: 剂油比 1.8, 抽提搅拌时间 20 min, 抽提温度 70℃; 其抽余油、芳烃馏分、重馏分收率分别为 26.94%、42.86%、30.20%; 抽余油中饱和烃含量 82.50%, 芳烃馏分中芳烃含量 86.62%。方案 2 抽提条件: 剂油比 2.5, 抽提时间 30 min, 抽提温度 80℃, 其抽余油、芳烃馏分、重馏分收率分别为 39.10%、32.17%、28.73%; 抽余油中饱和烃含量 61.14%, 芳烃馏分中芳烃含量 85.11%。经比较, 方案 1 优于方案 2。

**关键词:** 催化裂化油浆; 减压切割; 溶剂抽提; 工艺方案; 对比

中图分类号: Q 813.11

文献标识码: A

## Comparative Study of the Utilization Process of Slurry Oil

FU Liang, YANG Ji—he, ZHU Xing—song

(Jiangsu Key Laboratory of Fine Petrochemical Engineering, Changzhou University, Changzhou 213164, China)

**Abstract:** The Fluid Catalytic Cracking Slurry contains heavy aromatics, satisfied hydrocarbon and a small amount of gum and bituminous, which could be used separately by solvent extraction and fraction cutting. This study put forward two process technologies which were vacuum cutting—solvent extraction (scheme 1) and solvent extraction—vacuum cutting (scheme 2) of slurry and conducted a comparative study of technology conditions and product properties. The temperature of cutting gum and bituminous are both 355℃ under the vacuum degree of 5.586 kPa. The extractive conditions of scheme 1 are as follows: solvent to oil 1.8, extractive stirring time 20 min, extractive temperature 70℃; the yield of raffinate oil, aromatic fraction, heavy fraction are 26.94%, 42.86%, 30.20% respectively; the content of satisfied hydrocarbon in raffinate oil were 82.50% and the content of aromatic hydrocarbon in raffinate oil are 86.62%. The extractive conditions of scheme 2 are as follows: solvent to oil 2.5, extractive stirring time 30 min, extractive temperature 80℃; the yield of raffinate oil, aromatic fraction, heavy fraction were 39.10%, 32.17%, 28.73% respectively; the content of satisfied hydrocarbon in raffinate oil are 61.14% and the content of aromatic hydrocarbon in raffinate oil are 85.11%.

**Key words:** Fluid Catalytic Cracking Slurry (FCCS); vacuum cutting; solvent extraction; technology scheme; comparison

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2012—11—10

作者简介: 傅亮 (1987—), 男, 江苏南京人, 硕士生; 通讯联系人: 杨基和。

催化裂化油浆 (Fluid Catalytic Cracking Slurry, 简称 FCCS) 主要成分为重芳烃、饱和烃, 以及少量的胶质沥青质, 其附加值较低, 通常作为燃料油。杨基和<sup>[1]</sup>等采用复合溶剂及合适的抽提工艺将 FCCS 分为饱和烃和芳烃两部分, 饱和烃处理后可以得到两种粗蜡和两种润滑油料或者返回催化裂化装置 (FCCU); 芳烃经减压切割成 3 个馏分, 分别可以作为橡胶软化剂、橡胶填充剂和沥青改性剂。史权<sup>[2]</sup>等发现将 FCCS 减压切割可以分离出其中大部分轻组分, 而利用超临界抽提技术处理蒸馏残油, 又可以得到一部分具有较高氢碳原子比的重质馏分, 是生产碳素纤维的理想原料。

本文提出了两种 FCCS 利用的不同加工工艺方案: 一种是 FCCS 先减压切割, 除去胶质、沥青质等重组分, 再溶剂抽提分离饱和烃及芳烃 (方案 1); 另一种是将 FCCS 先溶剂抽提分离成饱和烃及芳烃两部分, 再将芳烃减压切割去除重组分 (方案 2)。对比考察两者工艺条件、产品性质以及分离效果等, 得出一种较优的加工工艺。

# 1 实 验

## 1.1 原料与试剂性质

原料为来自某厂的 FCCS, 基本性质见表 1。

表 1 FCCS 基本性质

Table 1 The properties of FCCS

项目	FCCS	测试方法
外观	黑色,有流动性	目测
80 ℃ 密度/ (g · cm <sup>-3</sup> )	0.997 4	GB261—1991
80 ℃ 运动粘度/ (mm <sup>2</sup> · s <sup>-1</sup> )	53.14	GB11137—89
开口闪点/℃	272	GB267—1988
凝点/℃	12	GB510—1991
残炭/%	9.00	SH/T0170—92
固含量/%	6.7	Q/SY YM 0153—2003
4 组分分析		SH/0509—92
饱和分	38.46	
芳香分	56.89	
胶质沥青质	4.65	

该 FCCS 密度、粘度大, 残炭及芳烃含量高, 凝点较低, 还有一定的饱和烃, 属中间基质, 且固含量较高。

抽提剂采用本课题组前期研制完成的新型复合溶剂<sup>[3]</sup>, 基本性质见表 2。

表 2 溶剂性质

Table 2 The properties of solvent

外观	白色透明液体
20 ℃ 密度/ (g · cm <sup>-3</sup> )	0.94—0.96
20 ℃ 运动粘度/ (mm <sup>2</sup> · s <sup>-1</sup> )	<0.8
沸点/℃	<160

该抽提剂有较低的粘度和沸点, 具有化学稳定性和热稳定性, 对设备腐蚀性小, 来源充分, 价格低廉, 抽提效果佳的特点。

## 1.2 实验仪器

粘度、密度、残炭、凝点、闪点测定仪 (均为上海昌吉地质仪器有限公司); 德国 LDSF—A 型石油沥青 4 组分测定仪; RJM—28—10 型箱式电阻炉; SHZ—C 型循环水式多用真空泵等设备。

## 1.3 实验内容

采用 2 种工艺方案, 选择合适的切割温度, 并对比研究方案 1 和方案 2 的剂油比、抽提温度、搅拌时间对芳烃馏分收率的影响, 结合产品 4 组分进行分析。工艺流程分别见图 1、图 2。

## 1.4 产品收率计算

液体产品收率 =  $(m/m_0) \times 100\%$

其中  $m$  为液体产品质量,  $m_0$  为原料 FCCS 质量。

# 2 结果与讨论

## 2.1 切割温度的选择

对 FCCS 减压切割, 真空度为 5.586kPa, 其不同温度段馏分油的收率见表 3。

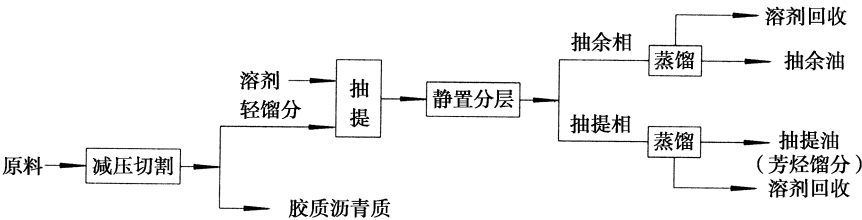


图 1 方案 1 流程图

Fig. 1 The flow process chart of scheme 1

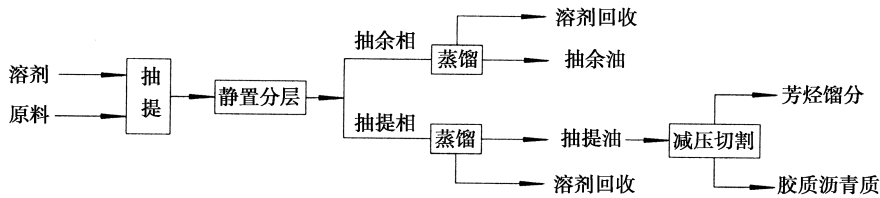


图 2 方案 2 流程图

Fig. 2 The flow process chart of scheme 2

表 3 FCCS 不同温度段馏分收率

Table 3 The yield of different temperature sections of FCCS

温度/℃	收率/%	温度/℃	收率/%
≤300	33.77	331—340	4.21
301—310	8.18	341—350	4.62
311—320	9.90	351—355	2.27
321—330	6.85		

由表 3 可以看出，随着温度升高，FCCS 轻馏分拔出率逐渐下降。超过 355℃（常压 551℃），不仅拔出率较低，而且超出了目前减压蒸馏塔的承受范围，还会引起胶质、沥青质等重组分缩合生焦<sup>[4]</sup>。故在操作条件允许且尽可能多拔出轻馏分的目标下，选择 355℃ 为去除重组分的切割温度。

2.2 溶剂抽提条件的对比

2.2.1 剂油比的影响

在相同搅拌时间（30min）和温度（80℃）条件下，考察两种方案剂油比的影响见图 3。

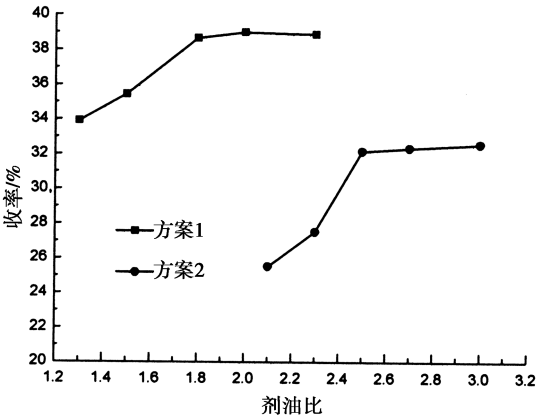


图 3 剂油比对芳烃馏分收率的影响

Fig. 3 Effect of the solvent to oil on the yield of aromatic fraction

增加剂油比，芳烃馏分收率都呈上升的趋势。由于方案 1 是对轻馏分抽提，而方案 2 是对 FCCS 抽提，所以方案 2 剂油比明显大于方案 1。由图 3 可知，在相同剂油比条件下，方案 1 收率高于方案 2。剂油比高，溶剂一次投入量大，溶剂回收的负荷加大，增加操作费用。由图可知：方案 1 和方案 2 最佳剂油比分别为 1.8 与 2.5，芳烃馏分收率分

别为 38.67% 和 32.17%。

2.2.2 抽提搅拌时间的影响

考察了方案 1 和方案 2 分别在剂油比 1.8 和 2.5，抽提温度 80℃ 的条件下，抽提搅拌时间对芳烃馏分收率的影响，结果见图 4。

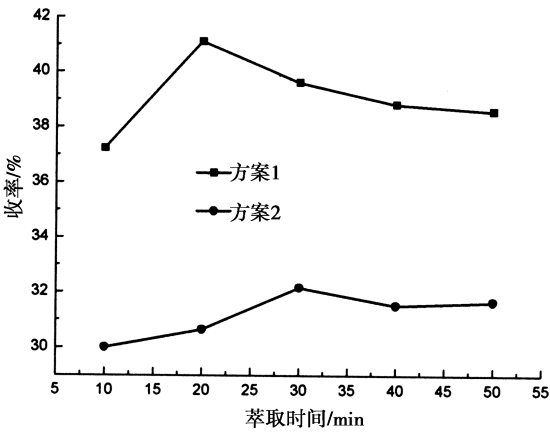


图 4 抽提搅拌时间对芳烃馏分收率的影响

Fig. 4 Effect of the extractive stirring time on the yield of aromatic fraction

由图 4 可知，2 种方案芳烃馏分收率分别在 20min 和 30min 达到峰值，收率为 40.55% 和 32.17%。这是因为方案 2 原料 FCCS 中含环烷酸、胶质、沥青质等“天然乳化剂”，搅拌时容易乳化，所以搅拌时间长且收率低；而方案 1 的原料已经脱除了这些重组分，在较短时间内分离且收率高。

2.2.3 抽提温度的影响

考察了方案 1 和方案 2 分别在剂油比为 1.8 和 2.5、搅拌时间 20min 和 30min 条件下，抽提温度对两种原料芳烃馏分收率的影响，具体见图 5。

由图 5 可以看出，在相同温度下，方案 1 收率明显高于方案 2；方案 1 在 70℃ 时收率达到最高值 38.60%、方案 2 在 80℃ 时最高值为 32.17%。由于方案 1 原料粘度低，在较低温度下，分子间引力很小易于分离；而 FCCS 原料由于分子的粘滞作用，所以需要较高分离温度。另外，工业上 FCCS 的储存温度为 70—80℃，因此，该抽提温度与储存温度一致。

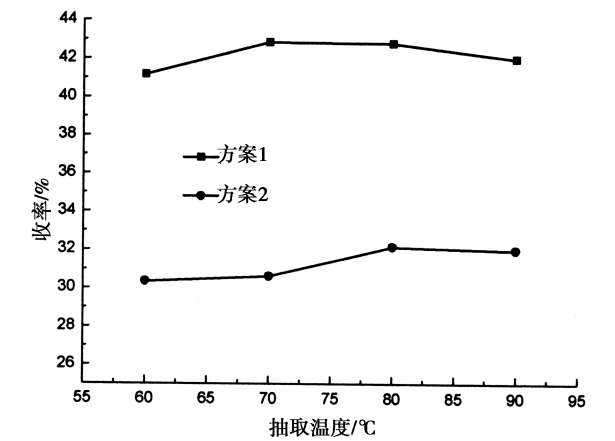


图5 抽提温度对芳烃馏分收率的影响

Fig. 5 Effect of the extractive stirring time on the yield of aromatic fraction

2.3 两种方案抽提条件及产品分析

两种方案抽提条件的见表4，抽余油、芳烃馏分和重馏分油的收率及性质见表5。

表4 两种方案抽提条件对比

Table 4 The comparison of extractive conditions between the two schemes

项目	方案 1	方案 2
剂油比	1.8	2.5
搅拌时间/min	20	30
抽提温度/℃	70	80
真空度 5.586 kPa，切割温度/℃	355	355

表5 两种方案产品收率及4组分对比

Table 5 The comparison of product yield and hydrocarbon type between the two schemes

项目	方案 1			方案 2		
	抽余油	芳烃馏分	重馏分	抽余油	芳烃馏分	重馏分
收率/%	26.94	42.86	30.20	39.10	32.17	28.73
饱和分	82.50	7.75	23.47	61.14	12.78	4.16
芳香分	16.68	86.62	53.76	31.68	85.11	61.59
胶质沥青质	0.82	5.63	22.77	7.18	2.11	34.26

由表4可以看出，由于方案1将 FCCS 先减压切割去除了胶质沥青质等重组分，再进行轻馏分油溶剂抽提，因此较小的剂油比即可以将饱和烃和芳烃分离完全，且搅拌时间短、抽提温度低，分层现象明显。而方案2直接对 FCCS 抽提，所需剂油比大，且 FCCS 本身粘度大，饱和烃和芳烃分离困难，搅拌时间较长且抽提温度较高，分层不明显。

由表5可以看出，方案1重馏分收率较方案2高1.47%、芳烃馏分高10.69%、抽余油低12.16%，这说明方案1分离比较彻底，而方案2有重组分进入抽余油中，从4组分可以清楚看出，方案2胶质沥青质含量为7.18%，而方案1仅为0.82%；另外，方案1的抽余油及抽提油中饱和烃和芳烃富集程度远远高于方案2，充分说明 FCCS 先减压切割去除重组分再抽提可以显著降低抽提工艺要求且分离效果明显。另一方面，方案1所需剂油比小，故一次溶剂投入量少。在设备投资上，对于相同的 FCCS 处理量，由于方案1先减压切割，减压塔直径和加工负荷较大；但抽提塔直径小，精馏塔溶剂回收负荷小，设备和能耗也均小于方案2。综上所述，方案1要优于方案2。

3 结 论

本文采用两种加工工艺，将 FCCS 分离为抽余

油、芳烃馏分以及重馏分3部分。减压切割温度均选择为355℃，真空度为5.586kPa；方案1抽提条件：剂油比1.8，抽提时间20min，抽提温度70℃；方案2抽提条件：剂油比2.5，抽提搅拌时间30min，抽提温度80℃。方案1的抽余油中饱和烃和抽提油中芳烃富集程度远远高于方案2，胶质沥青质含量远远低于方案2。从设备投资、溶剂投入、能耗等诸多因素考虑，方案1优于方案2。

参考文献：

[1] 杨基和, 袁淑华, 杨玉龙, 等. FCC 油浆下游产品开发研究 [J]. 炼油技术与工程, 2005, 35 (11): 21—24.

[2] 史权, 许志明, 梁咏梅, 等. 催化裂化油浆及其窄馏分芳烃组成分析 [J]. 石油学报 (石油加工), 2000, 16 (2): 90—94.

[3] 杨基和, 徐鸽, 华秋平, 等. 催化裂化油浆综合利用途径新探 [J]. 江苏工业学院学报, 2004, 16 (4): 20—23.

[4] 林世雄. 石油炼制工程 [M]. 北京: 中国石化出版社, 2009: 240—241.

[5] 杨基和, 王恩廷, 王丽涛, 等. 不同基属 FCC 油浆的抽提分离与应用研究 [J]. 石油炼制与化工, 2008, 39 (2): 34—37.

[6] 陈刚. 催化裂化油浆综合利用浅析 [J]. 广州化工, 2011, 39 (4): 38—40.

[7] 石磊. FCC 油浆溶剂精制及利用研究 [D]. 上海: 华东理工大学, 2010.