

委内瑞拉原油加工方案探讨

张香玲

(中国石油工程建设公司华东设计分公司, 北京 100101)

摘 要: 由于常规石油资源的可利用量日益减少, 在全世界资源中数量相当可观的重质原油将成为 21 世纪的重要能源。委内瑞拉重质原油由于其粘度大, 胶质、沥青质含量高, 重金属含量高, 使其在输送及加工过程中都存在着与常规原油不同的技术问题。本文介绍了委内瑞拉原油的性质以及加工方案的探讨。

关键词: 委内瑞拉原油性质; 渣油性质; 加工方案

Discussion on Venezuela Crude Oil Process Schemes

ZHANG Xiang - ling

(CNPC East China Design Institute, Beijing 100101, China)

Abstract: As the availability of conventional oil resources was decreasing, heavy crude oil whose amount was considerable in the world would become a kind of important resource. Because its viscosity, resin and asphaltene content were high, and its heavy metal content was high also, Venezuela's heavy crude oil had special technical problems different from conventional crude oil when it was transported and processed. The nature of the Venezuelan crude oil and processing of the program were described.

Key words: Venezuela crude oil properties; residue properties; process schemes

委内瑞拉是世界石油资源最丰富及重要石油生产与出口国之一, 也是石油输出国组织的四个创始国之一。截止到 2000 年底, 委常规石油可开采储量 776.8 亿桶, 位居西半球第一, 在世界排名第五, 剩余可开采储量 105 亿吨, 若加上奥利诺科带 12000 亿桶重油的地质储量(根据目前技术水平, 预计可开采储量约为 2350 亿桶), 则相当于整个中东石油储量的一半; 委内瑞拉目前原油产量占世界原油总产量的 3%, 占欧佩克产量的约 10%。未来世界原油市场上委内瑞拉重质原油将占有一定的市场份额。

如果原油在高价位下运行时, 劣质原油与优质原油的价差拉大, 多加工劣质原油, 可以大幅降低原油成本, 为炼油企业带来显著的经济效益。委内瑞拉 Merey 16 原油是一种硫含量高、酸值高、重金属含量高的劣质原油, 其加工具有重要的意义。本

文主要讨论 Merey16 原油的加工路线。

1 委内瑞拉 Merey 16 原油性质

1.1 Merey16 原油的一般性质

1.2 根据 Merey16 原油性质切割的不同深度的渣油的性质

从表 1 列出了委内瑞拉原油的一般性质, 从表中数据可以看出 Merey 16 原油属于高硫高酸环烷基原油, 其原油的 API 相当于沙特轻质原油常压渣油的 API, 但其杂质含量要远高于沙轻原油常压渣油的杂质含量。

表 1 Merey16 原油和其它几种原油性质对比表

项目	Orinoco heavy bitumen	委内瑞拉 Merey16 原油	塔河劣质稠油	俄罗斯原油
API°	8.3	16	14.8	36.1
密度/(20℃, kg/m ³)	1009	959.3	966.6	840.4
粘度/(mm ² /s)	1014(80℃)	228.1(50℃)	902.74(50℃)	3.246
	294.3(100℃)	49.19(80℃)	145.13(80℃)	
凝点/℃	14	-24	-5	-26
残炭(康氏)/wt%	15.5	11.18	15.76	2.39
硫/wt%	3.9	2.35	2.38	0.7
氮/wt%	0.51	0.2947	0.46	0.15
灰份/wt%	0.012	0.1		0.01
水/wt%	0.01		0.1	

(续表)

闪点(开口)/℃		79		
酸值/(mgKOH/g)		2.72	1.63	1.37
盐/(mgNaCl/L)			184.3	58.09
组成/wt%	饱和烃			
	芳烃			
	胶质	23	11.58	9.90
	沥青质	9.4	8.3	13.87
重金属/(mg/kg)	蜡含量		2.58	1.06
	铁	16.2	9.5	4.9
	镍	99.5	63.2	43.6
	铜	0.8		<0.1
	钒	387.2	295	261.0
	铅			0.1
	钙	48.1	3.0	15.1
	钠	17.5	70.4	37.0
	镁	10.9		0.9
	>350℃收率/wt%		73.06	78.28
>500℃收率/wt%			48.08	18.56
原油类型		高硫高酸环烷基	高硫高酸环烷基	含硫中间基

表 2 Merey16 原油不同切割深度渣油性质

分析项目		>350	>430	>461	>500
收率/wt%		73	59.5	54.3	45.8
20℃密度/(g/cm ³)		1.0093	1.026	1.0343	1.0458
API		9.03	6.41	5.31	3.8
粘度(mm ² /s)	50℃	43652	1E+06	5126973	57209858
	100℃	583	4495	12784	65924
凝点/℃		29	50	63	137
残炭(康氏)/wt%		15.8	19.3	21.2	24.1
硫/wt%		3.06	3.24	3.33	3.46
氮/wt%			0.765	0.82	
组成/wt%	饱和烃				
	芳烃	60.3	62	63	63.5
	胶质				
	沥青质	11.7	14.4	15.8	18
金属含量/(mg/kg)	铁				
	镍	83	101.6	111	127.2
	铜				
	钒	379	465	509	582
	铅				

表 3 几种劣质渣油性质对比表

原油种类	饱和烃/%	芳烃/%	胶质/%	沥青质/%	残碳/%	残碳/沥青质	硫含量/%
乌拉尔	33.6	48.5	11	6.9	14.9	2.16	2.68
沙轻	31.75	50.5	11.77	5.76	19.57	3.39	3.06
伊朗轻	26.5	48.8	17.6	7.1	17.68	2.46	3.05
伊朗重	6.0	52.2	33.7	8.1	20.97	2.59	3.48
科威特	5.9	53.2	31.0	9.9			
塔河>350℃	28.1	37.63	17.39	16.88	18.66	1.11	2.27
纳波减压渣油		42.13	9.95	19.3	24.98	1.29	2.76
巴士拉减压渣油	29.1	45.1	16.3	9.5	20.83	2.19	4.8
塔河>540	8.84	36.36	26.43	28.37	33.01	1.16	2.57
Merey>350℃	28.8	60.3		11.7	15.8	1.35	3.06
Merey>430℃	26.85	62		14.4	19.3	1.34	3.24
Merey>460℃	26.09	63		15.8	21.2	1.34	3.33
Merey>500℃	26	64		18.7	24.1	1.29	3.46

从表 2、表 3 可以看出, Merey 16 原油的常压渣油与减压渣油中沥青质含量较高。Merey 重质油比重大、粘度大、轻组分含量低、盐含量高、硫含量高、胶质和沥青质含量、重金属含量高,是世界范围内较难加工重质原油之一。

从表 4 数据可以看出, Merey 16 原油的 $>350^{\circ}\text{C}$ 的渣油的性质比其它原油减压渣油的性质还要差,也比我国目前最差的塔河原油的渣油性质差。

2 加工路线

渣油加工有焦化、加氢、溶剂脱沥青、热裂化等工艺。其中几种近几年常用的三种加工工艺比较见表 4。

表 4 渣油加工工艺比较

工艺	总液收/%	特点
溶剂脱沥青	35 ~ 70	轻油收率低
渣油加氢	75 ~ 95	投资高,氢气耗量大,固定床加氢工艺对原料重金属含量和粘度有一定的要求。
延迟焦化	65 ~ 80	对原料适应性强,投资较省,但同时产出 25% ~ 30% 的低价值高硫石油焦

2.1 溶剂脱沥青^[1]

溶剂脱沥青适合于从石油渣油中提取高质量的 FCC 进料。因为渣油中含有较多的芳烃分子,大部分金属和残碳随沥青质产品离开,而更多的饱和、杂质含量小的组份积聚在 DAO 油中,可在 FCC 装置中进行裂化。同时溶剂脱沥青装置相对便宜,易于操作,而且不消耗氢气和催化剂。

溶剂脱沥青过程常用的溶剂为丙烷、丁烷和戊烷。随着这类溶剂相对分子质量的增大,其溶解能力增大,而选择性则降低。当目的产品是润滑油料时,多采用丙烷作溶剂,而当目的产品是催化裂化或加氢裂化原料时则多采用丁烷或戊烷。

超临界溶剂脱沥青技术的出现,大大降低了溶剂脱沥青的操作费用,使其成为成本最低、能效最高的渣油加工技术。目前,渣油超临界溶剂脱沥青装置的投资既低于延迟焦化、渣油催化裂化,更低于渣油加氢,因而提高了炼厂对渣油脱沥青技术的兴趣。特别是在残渣燃料油市场越来越小、环保法规越来越严格的情况下,溶剂脱沥青技术越来越受到炼厂特别是那些加工重质原油的炼厂的重视,其应用范围将不断扩大。

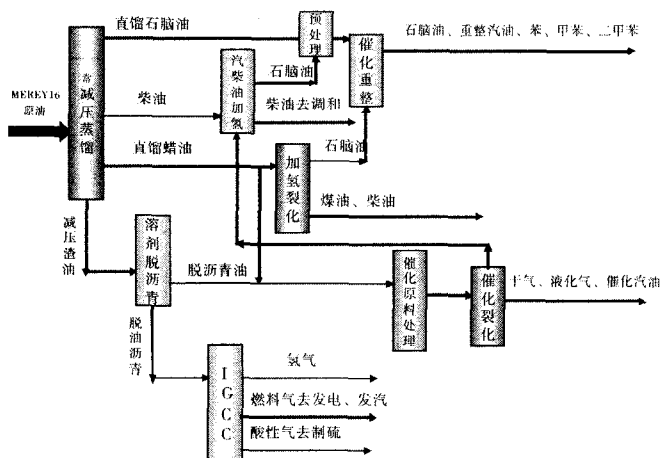


图 1 溶剂脱沥青方案

Merey 16 原油的减压渣油中含有较多的芳烃和沥青质,采

用溶剂脱沥青方案,脱沥青油的收率较高,轻油收率低,IGCC 的规模较大。

2.2 渣油加氢

渣油加氢工艺有固定床、沸腾床、悬浮床及移动床工艺。其中悬浮床渣油加氢还没有工业化的装置;固定床渣油加氢工艺具有工艺成熟、易于操作、装置投资相对较低,反应温度相对较低,渣油转化率 20% ~ 50%,未转化渣油可作为 RFCC 进料、焦化原料或调制低硫燃料油,缺点是操作周期受原料杂质含量影响较大,容易发生床层堵塞,一般用于加工 (Ni + V) 含量小于 150mg/kg 的渣油原料。移动床加氢工艺可以加工 (Ni + V) 含量小于 400mg/kg 的渣油;沸腾床加氢工艺的特点可以加工 (Ni + V) 含量高达 700 ~ 800mg/kg 的渣油原料,可长周期连续运转,渣油转化率为 60% ~ 90%。缺点是工艺、设备复杂,不易操作,装置投资高;加氢渣油不适宜作为 RFCC 进料,通常作为焦化原料或调制低硫燃料油。沸腾床工艺目前有 H-oil 和 LC-Fining 两种商业化技术。由于沸腾床渣油加氢工艺投资高,且未转化的渣油需要采用延迟焦化装置加工,或作为高硫燃料油,因此工艺适合炼厂规模较大,资金充足的炼油厂。

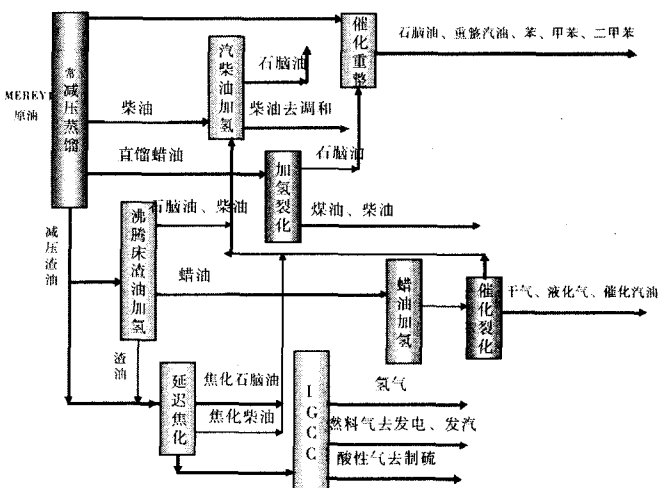


图 2 渣油加氢方案

2.3 延迟焦化

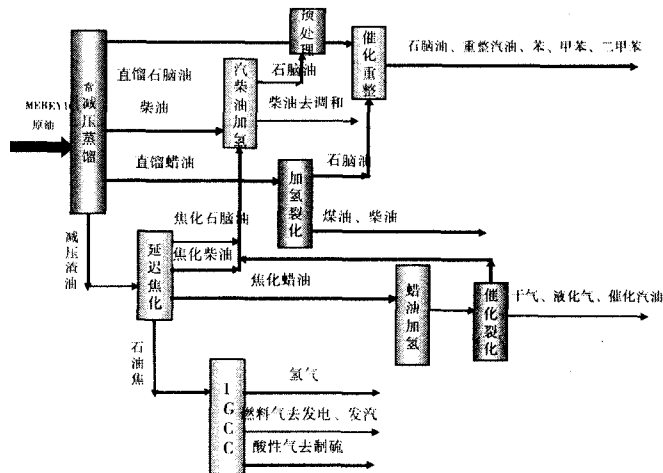


图 3 延迟焦化方案

延迟焦化工艺具有原料适应范围广、投资省、轻油收率高

特点因而近几年被广泛采用。延迟焦化工艺也可以有以下几种不同的工艺流程:原油延迟焦化工艺(原油直接进焦化装置的分馏塔,在焦化分馏塔内将轻组份切割出去,重组份随重油一起去焦炭塔生焦)、常压渣油延迟焦化(原油采用常压蒸馏切割出轻组份后,常压塔低重组份去延迟焦化装置加工)、减压渣油延迟焦化(原油采用常减压蒸馏切割出轻组份后,减压塔低重组份去延迟焦化装置加工)。而不管是那种工艺的延迟焦化,由于 Mer-ey16 原油切割轻组份后的渣油性质中的沥青质含量都比较高,进料中沥青质部分会不断的生产类似于弹丸焦结构^[2-3],弹丸焦的产生可引起操作问题,需要很好处理安全和效益的矛盾。处理弹丸焦要从设计和操作两方面采取措施。加入富芳组分和提高循环比的方法是降低焦化原料的沥青质含量、抑制弹丸焦生成的有效措施。此外,降低焦化反应温度和提高焦炭塔操作压力有助于抑制弹丸焦的形成。

3 结 论

加工委内瑞拉 Merey 16 劣质原油,在处理量大的情况下可以采用沸腾床渣油加氢-延迟焦化组合工艺,在处理量小的情况下比较经济的加工路线是采用延迟焦化工艺,由于其渣油沥青质、残碳高容易生成弹丸焦,在延迟焦化装置设计和操作中要处理好安全和经济效益的矛盾。

参考文献

[1] 李春年. 渣油加工工艺[M]. 北京:中国石化出版社,2002:205-227.
[2] 张峰,等. 超稠原油延迟焦化产生弹丸焦的原因及对策[J]. 炼油技术与工程,2006(12):11-13.
[3] Norman P. Lieberman Troubleshooting refinery process,1981:18-39.

(上接第 235 页)

报表显示,由于汽油的干点提高了月 12℃,9 月比 6 月汽油收率平均增加了 4 个百分点,统计数据表明:8 月和 9 月的稳定汽油收率比 5 月和 6 月平均增加了 2 个百分点以上,占重催装置汽油的约 5%,荆门分公司的 185℃~195℃馏份重汽油的 S 含量最少为 1500mg/kg,经简单计算,因为重汽油组分的加入,8 月和 9 月的稳定汽油的 S 含量最少增加了 75mg/kg,因此,使用 MS012 降硫助剂,降低稳定汽油的 S 含量达到了 29%。

布中干气、液化气、油浆、焦炭的产率基本维持不变,由于汽油干点提高了 10℃以上,汽油的收率增加了 4 个百分点左右,具体的产品分布见表 6。

表 6 产品分布

项目	MS012 使用前 (6 月报表)	MS012 使用后 (9 月报表)
新鲜进料量/(t·d ⁻¹)	2 992	3 264
产品质量分布/%		
干气	3.21	3.48
酸性汽	0.75	0.54
液化气	18.20	19.72
汽油	40.28	44.39
柴油	24.13	18.29
油浆	5.10	4.56
焦炭	7.88	8.57
损失	0.44	0.45
合计	100.00	100.00
总液体收率/%	82.61	82.24

3 结 论

- (1) 实验室评价结果表明,MS012 降 S 助剂采用不同类型的降硫组分相互匹配,共同完成降硫过程,降硫效果明显。
- (2) MS012 降 S 助剂的物化指标与常规催化裂化催化剂相近,可采用常规 FCC 催化剂的生产流程,生产过程无三废污染,建议进行工业生产和工业应用。
- (3) MS012 降 S 助剂在荆门分公司重催装置的工业应用表明,当助剂的加入量达到装置催化剂总量的 10% 时,稳定汽油的硫含量降低 29%。
- (4) MS012 降 S 助剂对催化装置操作和产物分布无不良影响。

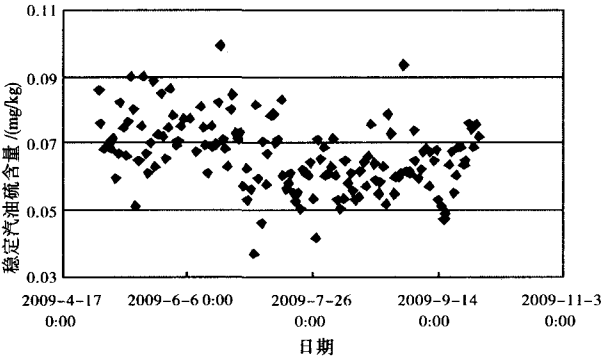


图 3 稳定汽油 S 含量变化统计

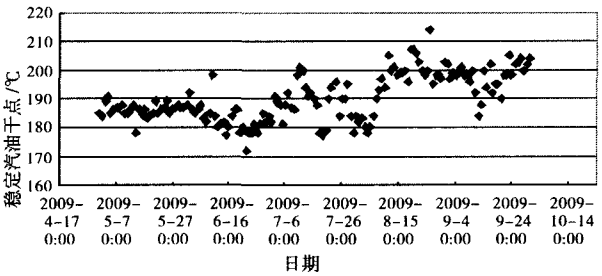


图 4 稳定汽油 S 干点变化统计

2.5 产品分布

MS012 降硫助剂使用后,主催化剂活性稳定,装置的产品分