

FCCU及其技术的近期进展

- 一、改、扩建和新建工程持续不断
- 二、在炼油石化厂中的地位举足轻重
- 三、工艺技术进步久感不衰
- 四、催化剂（含添加剂）发展更加深化
- 五、进料（含产品）预处理技术日受重视
- 六、机械设备硬件向高效化发展
- 七、综合利用技术全方位展开
- 八、节能增效措施稳步实施
- 九、环保防腐技术提上日程
- 十、先进自控技术方兴未艾

FCCU及其技术的近期进展

1942年世界上第一套FCCU工业化问世以来，整整走过50个年头。我国第一套FCCU于1965年5月在抚顺石化公司石油二厂投产以来，也历经了27个春秋。FCC作为炼油、石油化学工业十分典型的主体工艺，无论在工艺技术、催化剂研制、硬件设备、节能增效、综合利用、环保防腐、仪表控制等各个领域内均取得了十分长久而显著的进步。进入90年代，FCCU及其技术领域仍将继续发展，并臻完美。可以说，FCCU在炼化工业的经济地位上，起到“聚宝盆”和“摇钱树”作用，在炼化工业的技术发地位中，起到“排头兵”和“前沿阵地”作用。

现就FCCU及其技术的近期进展分述于下。

一、改、扩建和新建工程持续不断

FCCU的发展久盛不衰，进入90年代，改建、扩建和新建工程仍然持续不断。这些改、扩建和新建工程的主要内容涉及：扩大装置处理能力；提高炼厂加工灵活性；促进重油轻质化；增产高辛烷值汽油及其组分；增设DCS（分散型控制系统）和先进控制手段，推进FCCU现代化等等。

国外近期投入改造的一些实例如：

美国凯洛格公司（M. W. Kellogg Co）将为科诺科（Conoco）公司在阿克拉何马州、路易斯安那州和科罗拉多州的炼厂改造提供专利的FCC技术。在阿克拉何马州庞卡城（Ponca City）炼厂全面改造FCCU，同时投置消音设施，预定1992年完成。在路易期安那州查里斯湖（Lake Charles）炼厂，将改造FCCU及其油气回收设施，预定92年前完成。在科罗拉多州丹佛（Denver）炼厂进行FCCU现代化改造，改造工程包括由凯洛格公司和莫比尔公司共同开发的莫比尔封闭或旋分器技术。计划1993年一季度完成，查里斯湖和丹佛炼厂的改造工程还包括设置凯洛格/莫比尔专利的FCC进料喷嘴系统。(1)

荷兰Nedraeco公司Europoot炼厂进行的一项耗资6500万英镑的改造工程，包括FCCU大规模改造在内，并新建6.5万t/a-MTBE配套装置，以及现有FCC联合装置的仪表更新（增设DCS系统）。改造工程由AMEC工程公司承包。

石一伟（S & W）工程公司与马拉松（Marathon）石油公司签订改造印度马拉松公司Indianapolis炼厂FCCU合同，改造工程包括设置石一伟专利的进料喷嘴和新增冷壁提升管反应器，预定1993年初完成。(2)

为顺应清洁空气法修正案要求，美国正在加速FCCU气体生产含氧化合物的改造、新建

工程。例如，美国圣·安东尼奥Valero能源公司对其1350万t/a科珀斯·克里斯提炼厂投资7700万美元的三项清洁燃料工程之一是：建造将RFCC气体转化成6·2万t/a-MTBE和9·3万t/a-TAME装置，项目投资4600万美元，1994年1月投产。(3)

新建、改造RFCCU是顺应重油轻质化的重要内容。日本科斯莫(COSMO)石油公司根据中长期重油生产将过剩的状况，已规划千叶炼油厂等4座炼厂的FCCU今后三年内将改造掺炼重油。常规FCCU掺炼重油比例为10%左右，换用催化剂和改造有关设备后，掺炼比可达30%，上述装置掺炼重油改造约投资30亿日元。^④

石一伟公司还为韩国湖南石油炼厂公司提供专有技术，在阳泉(Yochon)炼厂建造RFCCU，使该厂裂化能力可望由144万t/a提高到240万t/a，该工程项目除采用石一伟公司技术外，还拟采用我国开发的催化剂冷却设施(取热器)，有效地裂化和处理超重油，该RFCCU拟定1994年1月投产，配套的脱渣装置于1996年1月竣工。^⑤

我国FCCU新、改、扩建工程也十分繁忙，如玉门炼油厂20万t/aFCCU，80年代末曾反一属系统全面技术改造，改成30万t/a二段再生带烧焦罐的经升管装置，年增效259万元。^⑥

齐鲁石化公司胜利炼厂1966年建造的120万t/aFCCU，经重大技术改造，处理能力提高到140万t/a，成为我国目前最大的FCCU，并于1990年11月初开车成功，总投资3000万元，年增效1000万元。(7)

上海石化总厂为提高原油加工深度，获取更大经济效益，已拟建以FCCU为核心的渣油加工联合装置：如30万t/aFCCU，30万t/a溶剂脱沥青装置，40万t/a催化柴油加氢精制装置，12万t/a气分装置，以及产品精制、酸性水汽提、除氧水站和低温热回收设施，FCC进料组成为：大庆减渣44%，减渣脱沥青油28%，减压馏出油27%。(3)

二、在炼厂中的地位举足轻重

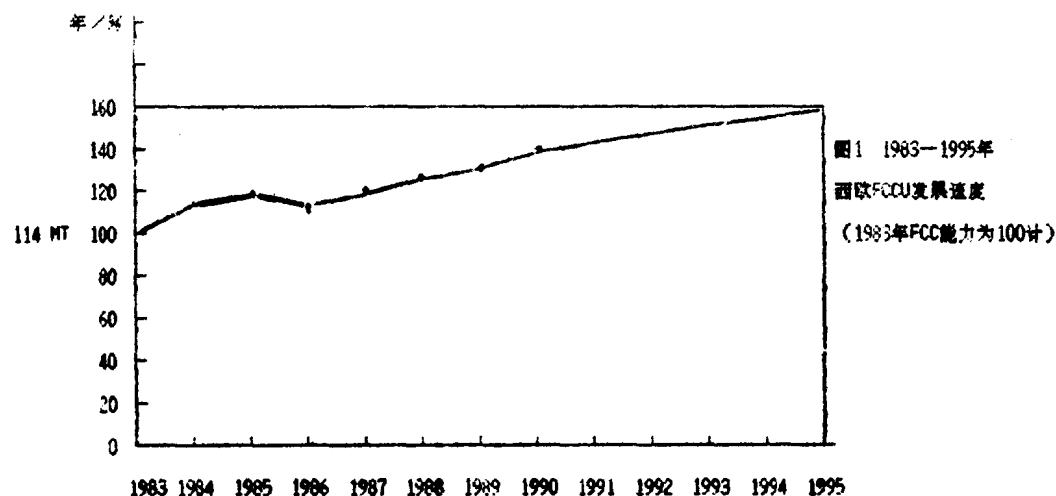
FCC作为主要的炼油工艺过程，1989—92年间继续以年增长率约1·7%的速度发展。至1991年统计，全世界FCCU新鲜进料能力已达5·4亿t/a，过程工程和催化剂技术与FCC工艺的持续改进一起，不断取得重大进步。至1990年统计，全世界已有约350套工业化FCCU运转。^⑦世界和我国FCCU能力统计见表1。^{⑧⑨}

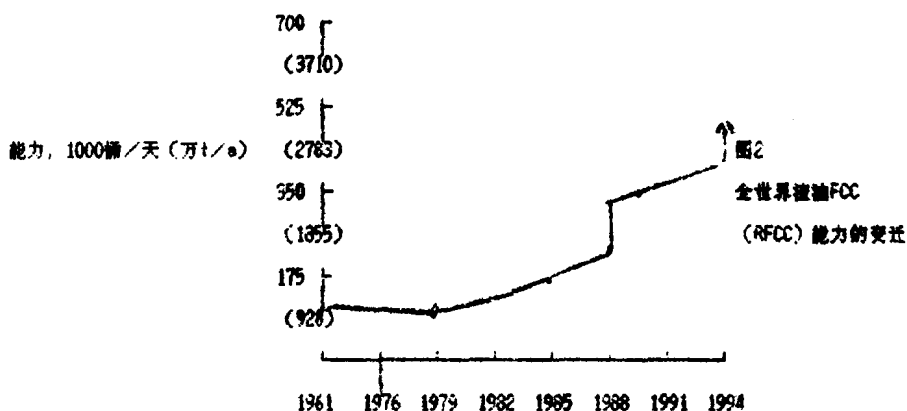
表1 世界和我国FCCU加工能力

	FCCU加工能力	原油加工能力	FCC能力占	FCCU	FCCU加工	FCC占原油加工
	亿t/a	亿t/a	原油加工比例%	套数	能力万t/a	能力%
1990年	5.3	37.3	14	50万t/a以上 60余套 (总公司43)	4200	29
1991年	5.41	37.6	14.4	90余套	4500	

综观美、欧FCC加工能力的发展趋势，若以原油拔头进料量为100计，美国FCC能力将由现在占32.7改变为将来的21.4，但RFCC加工能力将增加到14.2；西欧炼厂FCC加工能力将由现在14.0增加到20.0⁽¹⁰⁾，图1示出西欧FCCU加工能力至1995年的相对增长速度。

RFCC作为重油轻质化的有力手段，作用将不断增强，30多年来，FCC已趋于转向RFCC（见图2），表2示出已建和新建的RFCC主要工程项目，此表尚不包括减压瓦斯油（VGO）掺炼渣油和V&O改造为RFCC和许多装置。⁽¹¹⁾





我国RFCC和掺炼渣油装置也迅速增长，表3列出1989—1991年掺炼重油（常渣ATB和减渣VTB）的数量变迁。

当今，常规FCC、RFCC和加预处理的RFCC装置可加工的渣油类型示见图3，据统计分析，全世界原油总储量的25%左右，其常压渣油（ATB）进料可在RFCC装置中处理加工，通过进料预处理和进一步改进工艺过程，可使此比例提高到将近50%。^[4]今天新建的大多数FCC都选用RFCC，这一趋势在欧、美加速，在亚太发展中国家和地区更为明显。由此可见，FCC尤其是RFCC在炼厂流程中的地位日益增强。

表3 石化总公司FCCU掺炼重油数的变迁

年份	装置套数	占装置总数%	掺炼重油数量, 万t	占加工总量%
1989	17	39.5	285	10.5
1990	23	48.9	395 (其中VTB150)	13.8
1991	25	52.09	536.33	

表2 已建和拟建的RFCCU

RFCC	估计能力万 t/a	完工时间
M. W. Kellogg公司		
菲利浦斯66公司—美国得州博格炼厂	159	1961
—斯韦尼炼厂	256	1961
Valero炼制公司—科帕斯·克里斯蒂炼厂	345	1983
台湾省中国石油公司—	133	1990
日本三菱石油公司—	106	1994
小计	1140	
UOP—RCC		
阿希兰石油公司—美国堪萨斯州卡特列茨堡	212	1993
Statoll公司—挪威蒙斯塔特	212	1990
Pertamina—印度尼西亚	440	1994
小计	864	
Shell公司		
壳牌英车公司—英国斯坦娄	339	1988
壳牌东方石油公司—新加坡	148	1990
壳牌炼制（澳大利亚）公司—澳大利亚基隆	159	1992
小计	647	
石—伟公司		
道达尔石油公司—美国阿河拉马州亚得英尔	212	1982
道达尔石油公司—堪萨斯州阿肯萨斯城	95	1981
壳牌加拿大公司—加拿大蒙特利尔	133	1987
Petro—加拿大产品公司—蒙特利尔	101	1986
中国4套	530	1989
日本石油炼制公司—日本	159	1992
BP澳大利亚公司—澳大利亚克温那那	133	1988
加德士石油公司—泰国马塔普	196	—
IEP		
出光兴产公司—日本东京	186	1988
合计	1548	

将近半个世纪以来, FCC工艺业已成为炼厂中效益最好和最具灵活性的炼油工艺, 以石化总公司为例, FCCU的利税总额占到33.6% (占1/3以上), 全国FCC单位平均利税达到192元/t。^[10] FCCU处理进料极为灵活, 可随时改用各种进料方式: VGO、ATB、VTB、CGO、润滑油抽出油、污油等。FCCU还有助于使进料脱硫50~70%, 可设计在极低的尘粒、SO₂、NO_x和CO污染水平下操作。

FCC是生产高品质汽油和柴油的重要装置, 按石化总公司1990年统计, FCC汽油占汽油总量高达70%, FCC柴油占柴油总量33%。

当今FCC发展的又一趋向是: FCC与石油化学品生产相结合, 许多FCCU已与石化装置以各种方式进行了组合, 例如: 利用FCC干气中乙烯制取乙苯, FCC中丙烯可生产异丙醇等石化产品, FCC C₄、C₅烯烃生产高辛烷值汽油调合组分, 分离和氢气可返回炼厂使用。

因此可以说, FCC的作用和地位举足轻重, FCC的发展日臻完善, FCC的技术改进仍然方兴未艾。

三、工艺技术进步久盛不衰

美国石一伟 (S & W) 公司对90年代炼油工业主要技术进展所作的12条预测, 一半以上与FCC的技术进步有关, 其主要要点有: (1) 现有LVGO (轻减压瓦斯油) FCCU改为高性能HVGO (重减压瓦斯油) FCCU; (2) 增建高性能RFCCU, 和用RFCCU代替VGO FCCU; (3) FCC原料广泛采用9.8MPa缓和加氢裂化以制取10~25%柴油组分; (4) 出现和发展ATB (常压渣油) 加氢脱硫和渣油催化裂化 (RFCC) 联合装置; (5) 广泛采用选择性加氢和MTBE/TAME合成作为利用FCC轻质烯烃的第一步; (6) 中质减压渣油 (VTB) 将更多地采用罗斯法 (ROSE) 脱沥青和焦化原料加氢处理技术; (7) RFCC、VGO FCC和加氢裂化的分散型控制系统 (DCS) 和管理信息系统将更多地采用先进控制系统; (8) 一些RFCC联合装置将着重生产轻质烯烃和芳烃轻基重汽油 (C₆-C₁₀), 这种联合装置将加工大量C₄, 生产MTBE/TAME和异构烷烃。^[11]

2. EXXON公司灵活裂化工艺^[12]

埃克森公司的灵活裂化 (Flexicracking) 工艺在提升管的进料部分和末端设置了专利的进料喷嘴和分离设施, 灵活裂化工艺采用改进的进料喷嘴、优化汽提段设计、优化催化剂和钝化剂使用, 使之可在现有IV型FCC装置上掺炼渣油。某装置改造使用上述技术后, 进料重减压瓦斯油 (HVGO) 中可掺炼常压渣油 (ATB) 28%、减压渣油 (VTB) 18%

3. ILP—Total公司 “R2R” RFCC工艺^[13]

“R2R”二段再生技术采用了混合温度控制 (MTC) 技术, 改进了进料气化, 减少了焦炭生成。进料喷射系统将提升管分成二个反应区: 上游区采用高的混合温度、高的剂/油比和很短的接触时间; 下游区采用常规的FCC条件。“R2R”设计采用叠置式构型两个分开的再生器。一段再生床层去除焦炭70%左右, 二段再生采用过量氧使CO完全燃烧。

4、Shell公司RFCC工艺^{〔2〕}

壳牌公司FCC工艺可加工VGO至ATB, 也可混炼来自减粘、热裂化的馏分油和润滑油抽余油。近年壳牌公司加工原料残炭为5W%, Ni+V为10PPm, 在新加坡和澳大利亚吉朗新建的ATB RFCC装置, 设计进料为残炭6-7W%, Ni+V为20PPm左右。

新设计的RFCC特点有: 提升管出口至分馏塔之间急冷区的停留时间仅几秒钟; 密集分离系统采用高效、低压降的水平快速分离器, 可与自由伸缩的旋流管分离器连接, 消除死区, 防止结焦; 待生剂采用逆流、多段汽提, 改善汽提效果; 再生器采用CO不完全燃烧或完全燃烧; 再生器底部设有返混式外取热器 (可投用或不用)。

5、国外各专利技术公司FCC进料和产品分布比较

汇总参页表4^{〔3〕}

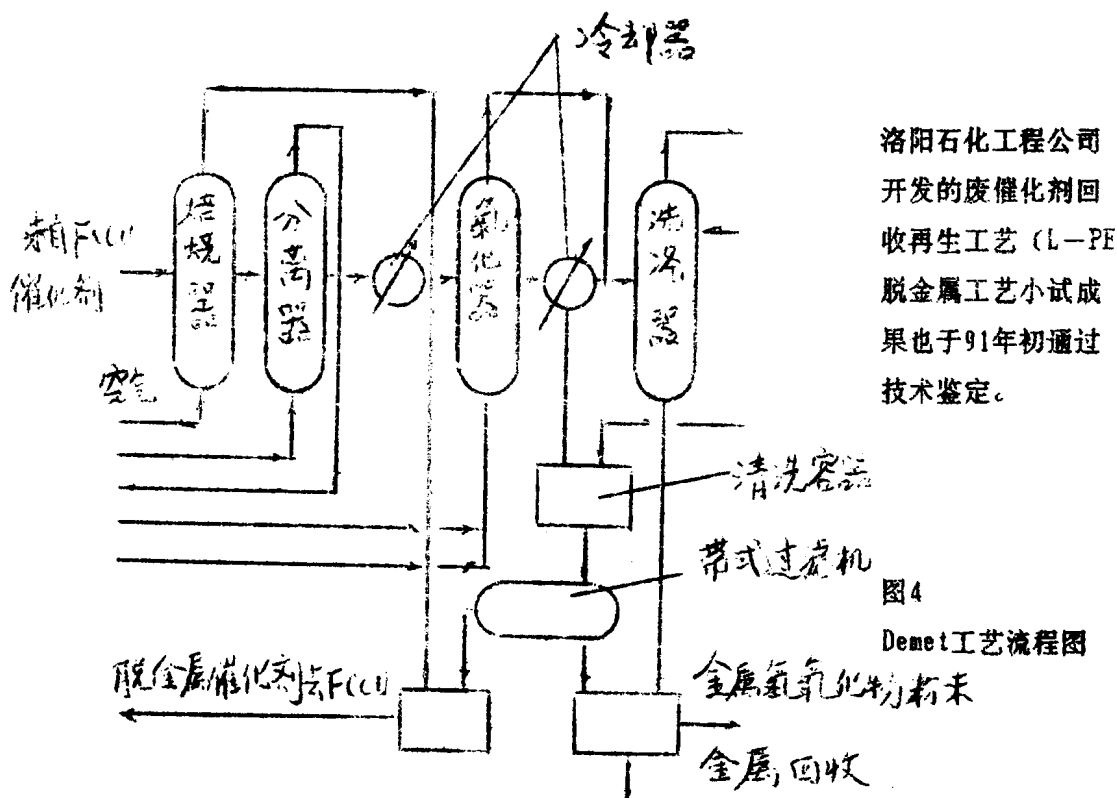
表4 国外各专利技术公司FCC进料及产品分布

数据 名称	项目		进 料 物 性				产 品 分 布 (汽油模式)				
	API	氮含量, PPM	CC, WT%	Ni, Cu PPM	S wt%	CO/CO ₂ Vol%	C ₅ -430 F, Vol%	LCO Vol%	Gas wt%	Cond wt%	
UOP 19-11 (FCC)	19-11	1400-1900	4.5-6.9	44-65	2.2-2.1	24	60.0	13.9	3.2	5.0	
UOP 19-2 (FCC)	19-2	1900	8.1	65	2.2	23.9	55.6	16.3	4	10.8	
IFP 20-8 (FCC)	20-8	1500	7.2	48	1.64	24.4	61.36	17.86	3.51	7.2	
Shell 13-20 (FCC)	13-20	320-650	8-7	20	1.1-1.3	15.6	49.5	20.1	3.0	5.9	
Exxon 22-9 (FCC)	22-9	625	5	15	1.0	26.3	63.1	17.7	2.9	6.3	
Kellogg 16- (FCC)	16- 27.7	1900-2100	3.1-8.6	67	0.13-3.5	27.7	59.7	16.4	3.1	4.9	
Kellogg 12-6 (HCC)	12-6	-	13.3	120	4.34	24.2	56.3	14.7	4	6.9	

6. FCC催化剂脱金属工艺和磁分离技术

Chemcat公司开发了催化剂脱金属DEMET工艺, 日本石油公司和中央技术研究所推出了催化剂磁分离技术, 应用实例和效益汇总见表4。^[10]

加工瓦斯油掺炼常渣或掺炼减渣时, 新鲜催化剂补加量增大, 操作费用增高, 催化剂卸出量和含金属的催化剂处理量也增大, 美国Coastal催化剂技术公司的工业运转表明, 采用DEMET催化剂循环利用工艺可大大缓解上述问题, DEMET工艺可从废FCC催化剂中脱除50%以上的金属, 脱金属的催化剂返回FCCU循环使用, 可使新鲜催化剂外加量减少60-90%。^[11] DEMET工艺流程图参见图4^[11]。



7、毫秒接触式渣油改质工艺^[5, 20]

美国BAR-CO公司开发了用于渣油改质的短接触时间脱碳新技术:

表4 FCC催化剂分离回用技术

技术名称	开发公司	进展实例	效率和效益
Demet脱金属工艺	Chemcat	68年4月20t/a高纯装置投用, 处理六家炼厂催化剂250万t/a FCCU工业运转(1991年), 新剂补充量由1.7降至0.80kg/m ³ , 平衡剂可脱Ni 92%, V 60%, Fe 90%, Cu 90% Demet装置10t/a, 用于加工柴油、低金属渣油、高金属渣油, 分别节约0.26、0.76、1.54美元/桶	脱钒率40—70%, 脱镍率70—90%, 脱铜率20—50%, 节约90%新鲜催化剂, 美国炼油工业采用该工艺, 可节约催化剂费用3亿美元, 金属纯化费64万美元, 废催化剂处理费500万美元
催化剂磁分离(HMS)	日本石油公司中央技术研究所	高梯度磁分离装置(HMS)利用受金属污染高的灵活催化剂(Nas)和再染水的高活性催化剂(Acmag)的磁性差异分离 1967年供家炼油厂196万t/a FCCU采用	150万t/a FCCU组合HMS, 平衡剂含镍3100PPm, 催化剂节约25%

3D（称为区别性破坏蒸馏）和MSCC（称为毫秒催化裂化）工艺。流程均类似于常规的FCC反应—再生系统，但采用了新颖的进油雾化系统和毫秒级气固接触系统。前者用的是惰性循环固体，后者用的是催化剂，现有FCCU很容易和经济地改造成3D工艺和MSCC工艺。

3D工艺已在美国堪萨斯炼油厂验证试验成功，该工艺采用了重度 $13.5-36.6$ API的宽范围原料，包括常压渣油（ATB），减压渣油（VTB）/瓦斯油（GO）混合料，和全原油进料，该工艺通过与循环的热固体接触，使烃类原料蒸馏或蒸发。固液接触系统的特殊设计使 $<537^{\circ}\text{C}$ 的烃类转化很少，使对热不稳定的分子二次裂化也很少，而使低含氢量，高分子量、高沸点的分子破坏性蒸馏为较低分子量和较高含碳量的分子（通常为沉积在循环固体上的焦炭），这种焦炭含有对下游催化剂有害的毒物（金属、氮、沥青和富硫化合物）。焦炭在再生器中烧去，向循环固体供热，3D系统与FCC系统相似，但3D工艺不是转化工艺，而是一种毫秒脱碳工艺，它使原料中氢保留，对催化剂有害的毒物脱除。

1989年，卡斯特尔（Coastal）公司将埃尔·多拉多炼厂 45万t/a 叠置式FCC装置改造成3D工艺或MSCC工艺方式操作，工业试验采用全原油或常压渣油操作，产品馏分API重度较小，含硫、氮和芳烃低于直馏馏分。

经济分析表明，以原油或ATB为原料，不拟生产沥青或焦炭，采用3D工艺有明显的经济上优点，它可组合到现有炼厂流程中，还可与金属脱除系统组合，通过处理循环固体以便回收金属。

MSCC工艺采用毫秒接触时间，使二次反应大大减少，同时使再生温度降低。许多渣油加工装置则无需采用催化剂冷却器。短接触时间使汽油产率和辛烷值提高，减少了裂化反应，使LPG和气体产率降低，用于加工渣油，与当今的现代化技术比较，据称可使催化剂消耗减少50%。

现有的FCCU可经济地改造成MSCC工艺装置，研究分析表明，设置高效再生器的 90万t/a FCCU，改造费用为150—200万美元，投资偿还期12个月，装置采用含脱沥青油（DAO）40%的VGO进料，采取CO完全燃烧操作，与常规FCCU（进料只含20%DAO）相比，产品产率仍有提高：C₄产率增加4.6%，转化率提高1.1%，汽油增产7.3%。

8、未来FCC和RFCC构思

美国著名的FCC设计专家Murphy J. R提出了FCC和RFCCU设计的设想构思，参见图5^[17]

预期未来的FCCU和RFCCU将是高温、短停留时间裂化，分散相再生，用最少的汽提蒸汽量完全脱除可汽提的烃类。高活性、高温、短停留时间是未来FCCU反应系统的特征，目前广泛使用的上流式提升管有返混和再裂化现象，在提升管末端更为严重。未来FCC/RFCCU

推荐的反应器是下流式反应器，与上流式相比，下流式没有催化剂最小提升速度的问题，减少了返混和再裂化，有理由认为，能避免催化剂返混的反应器也能减轻金属中毒的不良影响，与上流式提升管相比，有可能设计成很短很大的下流式反应器，由此而演变或如何在宽大的下流式反应器内取得良好的催化剂分布，推荐采用多个小直径下流式反应器，它不仅能保证固体分布良好，而且对不同质量的原料能提供分开裂化。

从料斗来的催化剂以无气泡的半沉降状态流动，塞阀控制流动速率，以得到理想的出口温度，引入蒸汽可降低油分压，增大流动速度，缩短催化剂在高温区的停留时间，通过特殊设计的喷嘴喷入原料油，喷嘴提供高的冲击力，保证完全覆盖下流式反应器，下流式反应器的长度以达到最佳反应时间为宜。反应器底部通过一简单的惯性分离器使催化剂从油气中分离。带有少量催化剂的油气然后通过高效旋分器完成最终分离，催化剂向下均匀地流入汽提段，汽提段采用高效、二段、挡型最少型设计，再生器设计包括控制初期燃烧和稀相再生。

在推荐的设计中，用约完全燃烧所需主风的10—15%将待生催化剂提升到主再生器，由于空气的稀释作用，催化剂颗粒不会太高，提升风和待生剂在汽提段底部相遇，并以等于沉积速度的速度靠水平管绕流。然后直角拐弯向上流入主再生器，主再生器附加主风使之完全燃烧，采用直角拐弯而不是逐渐拐弯的原因是其压降较低。

如有必要，可在再生器旁设置催化剂冷却器（取热器），再生剂与烟气分离进入料斗段，并由此流入反应器的催化剂料斗，烟气往二级旋分器进入外集气室，然后去最终的分离设施和能量回收机组。

5. 富氧再生技术

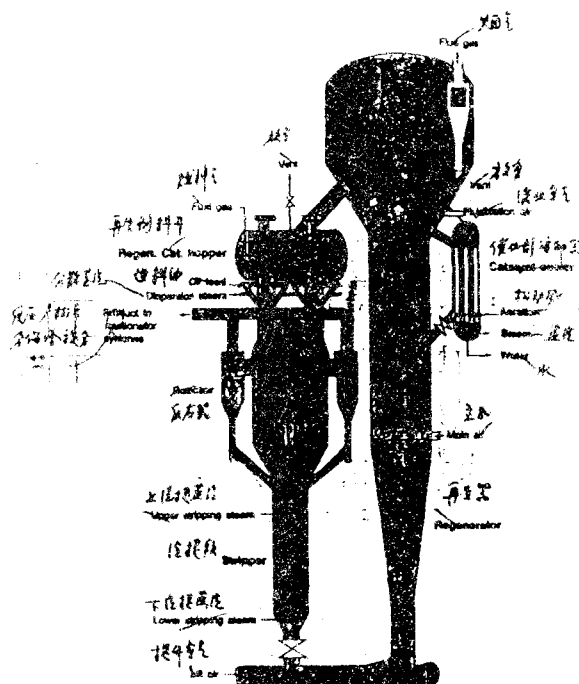


图5 未来FCC和RFCCU设计设想

FCC再生器采用富氧空气烧焦再生催化剂的优点是很容易适应原料的频繁变化，周期性地采用富氧操作，可使FCC装置快速顺应进料的变化，提高转化率，或在恒定转化率下，提高处理量。

西班牙Cepsa公司San Roque地区的Gibraltar炼油厂FCCU于1986年设置供氧系统，旨在提高处理能力并加工渣油。1990年10月使用富氧再生技术证实了可提高再生器烧焦能力。其魅力在于：可解决主风机供风能力限制、速度限制、季节变化和原料变化等问题。

Cepsa公司炼厂FCCU采用UOP并列式设计，设有高效再生器，CO完全燃烧。示意图8，装置设计处理能力4200m³/d，实际达到6000m³/d，采用六种进料，转化率在55—75%之间变化，重循环油不回炼。催化剂藏量125t。操作温度：原料油进220—240℃，提升管温度500—520℃，再生器密相温度735℃，再生器稀相温度740℃，再生烟气735℃，旋分器最大入口线速度15m/s。在不同操作条件（温度、湿度）情况下，主风机供风能力为：冬季（12℃，湿度50%）—— $2.8 \times 10^6 \text{Nm}^3/\text{d}$ ，夏季（30℃，湿度80%）—— $2.6 \times 10^6 \text{Nm}^3/\text{d}$ 。

供氧为液态氧，其汽化热用于冷却塔冷却用水，氧气供应压力为0.8MPa，使用氧气时，逐渐增大氧气流率，手动控制以保持烟气含氧0.35%。提升管出口最大操作温度为525℃，所用最高氧气浓度为22.4%，最大用氧量为6000m³/d（液态氧）。

应用富氧再生的9个月的经验表明：提高了装置处理不同原料的灵活性（再生器烧焦能力提高），对特定的原料，可提高转化率；转化率不变时，可提高处理量；烟气流量增大，回收能量增加，降低了能耗；液态氧气化提高了冷却效果。

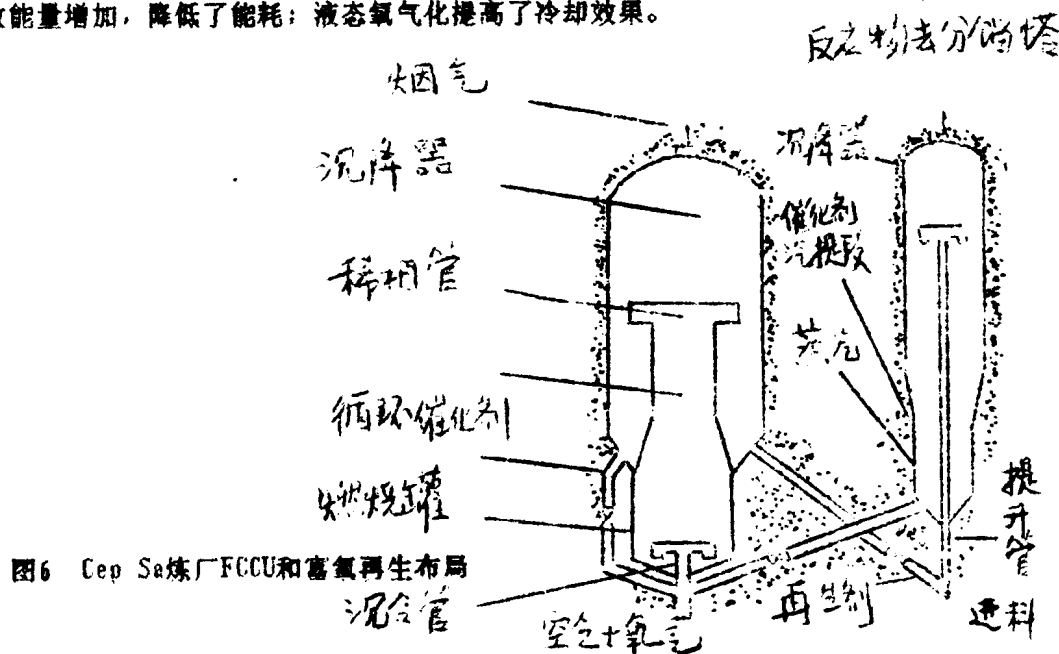


图6 Cepsa炼厂FCCU和富氧再生布局

10、轻烃预提升技术

轻烃预提升技术即在提升管下部用稀释剂（干气或蒸汽）提升，降低催化剂密度，使进料更好蒸发，改善产品分布。

国外已有实施，实例如Ashland石油公司卡特列茨堡FCCU采用；Cenex公司劳勒尔炼厂FCCU1989年改造采用。

UGP公司1983年工业化应用，现已用于几十套FCCU，形成UOP提升气体进料分布系统。

国内也已有一些炼厂采用，如洛阳炼油厂、天津石化炼油厂、济南炼油厂采用吸收稳定系统轻烃预提升技术^[3]。其效益有：(1)优化了产品分布；(2)降低能耗、节约蒸汽 $0.5-3.2t/h$ 不等；(3)对催化剂上金属起钝化作用；(4)减少污水量；(5)减轻催化剂水热减活、老化和破损。

11、独联体FCC工艺技术水平^[3]

独联体VNIINP开发了二段催化裂化（DSK）技术，与传统的VGO提升管催化裂化相比，汽油产率提高5w%，而气体和焦炭产率降低。表5列出独联体FCC的水平数据。使用VNIINP开发的助催化剂可提高汽油辛烷值1—1.5个单位，减少焦炭产率10—12%，减少产氢40—45%。有些添加剂可减少烟气SO₂污染量65—75%。

表5 独联体的馏份油和渣油FCC开发水平

裂化流程	DSK (二段FCC)		提升管反应器
裂化原料	馏分油		渣 油
进料质量			
密度Kg/m ³	903		916
CCR W%	0.10-0.12		1.80
Ni+V PPM	1		20
C ₄ 气体产率 W%	17.0	23.8	17.0
其中, C ₂ 以下 (不含H ₂ S)	3.0	4.0	3.7
C ₃	5.1	7.9	4.8
C ₃ H ₆	4.0	6.4	3.9
C ₄	7.9	10.9	7.5
C ₄ H ₈	5.0	7.0	5.0
汽油 195℃	51.6	46.6	41.9
195-350℃馏分	18.9	17.5	24.5
>350℃渣油	7.1	6.3	10.7
焦炭	4.4	4.8	5.9
损失	1.0	1.0	1.0
转化率 w%	73.0	75.2	64.8
汽油辛烷值RON	91.6	92.2	92.5
MON	80.0	81.4	81.5

表6 各种FCC进料性质

FEED STOCKS NO	大 庆			胜 利			任 丘		
	UGO	ATB	VTB	UGO	ATB	VTB	AGO	ATB	VTB
1 比重 d	0.8574	0.8976	0.9209	0.8674	0.9446	0.9698	0.8690	0.9162	0.9613
2 残炭 % (WT)	0.03	4.7	7.8	0.17	8.54	13.9	0.061	8.9	17.5
3 金属 PPM									
NI	0.045	4.8	7.0	0.2	39.2	4.6	0.13	27	42
V	0	<0.1	-	0.38	0.7	2.2	<0.2	1.1	1.2
4 S% (WT)	0.17	0.31	0.37	0.47	1.06	1.26	0.27	0.40	0.47
5 N% (WT)	0.11	0.22	0.38	0.2	0.6	0.85	0.09	0.49	0.59
6 分子量	380	530	895	382	593	1085	-	-	932
7 粘度 mm ² /s100°C	4.67	26.97	111.45	5.94		861.7	5.3		
8 组成 % (WT)									
饱和烃	75.2	61.4	36.7	76.3	40.0	21.4	77.1	46.7	22.6
芳香烃	21.7	22.1	33.4	22.1	34.3	31.3	19.3	22.1	24.3
胶质	3.1	16.45	29.9	1.6	17.2	45.7	3.6	31.2	53.1
沥青质不溶物	-	0.05	<0.1	-	0.8	1.6	-	<0.1	<0.1

12、我国RFCC的技术进展^[10]

我国大多数原油为重质原油，轻组分含量低，350°C重油含量高。例如，大庆、任丘、胜利、辽河、中原和孤岛原油的ATB（减渣）含量分达71.5、73.6、69、62.7、49和78.2%。>500°C的VTB（减渣）含量分达41.1、38.7、43.5、32.8、25.2和51%。因此，重油（ATB/VTB）混合）FCC技术是原油深度加工的有效方法。近年，重油FCC（简称RFCC）技术获得迅速发展，至1988年，已有12套FCCU掺炼渣油，1990年达到25套。