

内部资料 注意保存

二〇〇八年
美国石油化工与炼制者协会
年会报告译文集

2008 NPRA ANNUAL MEETING

中国石油化工股份有限公司 科技开发部

二〇〇八年十月

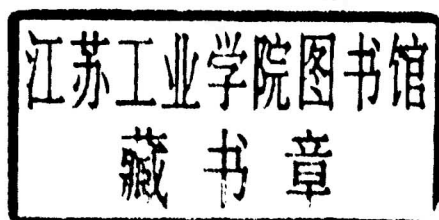
内部资料 注意保存

二〇〇八年

美国石油化工与炼制者协会

年会报告译文集

2008 NPRA ANNUAL MEETING



中国石油化工股份有限公司 科技开发部

二〇〇八年十月

前 言

美国石油化工与炼制者协会 (NPRA) 年会是世界炼油与石化行业最重要的专业会议之一。第 106 届 NPRA 年会于 2008 年 3 月 9 日至 11 日在美国加州的圣地亚哥召开, 共有来自 30 多个国家的 1600 余名代表参加了本次年会。中国石油化工股份有限公司组成以科技开发部炼油处郭群处长为团长的 10 人代表团 (郭群、王新军、廖健、孙万富、张立新、郝代军、辛平、张占群、唐晓津、周健) 参加了此次会议。

本次 NPRA 年会共收到论文 87 篇, 其中有 41 篇收录在大会提供的光盘中, 其余部分文章下载自 NPRA 官方网站, 可获得的论文有 79 篇。石油化工科学研究院受科技开发部委托, 组织相关人员对其中的 64 篇主要报告进行了翻译, 并按汽油降苯、催化裂化、加氢、重油加工、优化与控制、碳和氢的管理、代用燃料及可再生原料生产等技术专题汇编成本文集。另外, 参加本次年会的中石化代表团成员就大会报道的主要技术进行了综述, 形成“2008 年 NPRA 年会综述”一文, 一并收录到《二〇〇八年美国石油化工与炼制者协会年会报告译文集》中。

最后, 对参与、支持和帮助此项工作的所有人士表示衷心的感谢! 希望广大读者对本译文集存在的不足提出批评指正。

《2008 NPRA 译文集》编译组

2008 年 10 月

目 录

前言	(1)
2008 年 NPRA 年会综述	(1)
一、汽油降苯技术	
1 降低炼油厂汽油池中苯含量的方案(AM-08-10)	刘鸿洲 译(19)
2 为满足 MSAT 2 环保法规的苯管理方案(AM-08-11)	张伟清 译(28)
3 经济有效地降低汽油中苯含量的方法(AM-08-14)	许建耘 译(36)
4 车用汽油降苯:是负担还是机会?(AM-08-15)	张伟清 译(43)
二、催化裂化技术	
5 减少 FCC 再生器 NO _x 排放的新技术(AM-08-16)	俞祥麟 译(47)
6 Tesoro 公司的盐湖城改造项目——通过 FCC 再生器的机械改造提高烧焦效率和改善排放(AM-08-17)	俞祥麟 译(53)
7 使催化剂失活最小并可减少排放的 FCC 再生器设计(AM-08-18)	卢人严 译(64)
8 创新的 FCC 再生器改造提高效益(AM-08-19)	王加丽 译(74)
9 沥青衍生原料对 FCC 装置的影响(AM-08-20)	程 薇 译(85)
10 通过优化 FCC 催化剂技术加工来自加拿大油砂的机会原料获得经济价值(AM-08-21)	王加丽 译(100)
11 烃分压对 FCC 装置丙烯产率的影响(AM-08-51)	程 薇 译(111)
12 FCC 催化剂优化——为适应目前原料多样化及炼油厂经济性的动态方案(AM-08-50)	吴运发 译(123)
13 FCC 催化剂技术的中试评价和工业催化剂应用数据的利用(AM-08-52)	张秀兰 译(131)
14 FCC 装置增加灵活性以最大化生产丙烯(AM-08-53)	刘鸿洲 译(143)
15 Shell 生产柴油/丙烯最灵活的 FCC 技术—MILOS(AM-08-54)	程 薇 译(151)
三、加氢技术	
16 使用 Isotherming TM 技术的缓和加氢裂化(AM-08-26)	刘建银 译(160)
17 采用新式床层支撑设计优化固定床反应器(AM-08-27)	刘建银 译(165)
18 利用先进过程控制技术改进脱硫单元的操作(AM-08-28)	刘迎春 译(173)
19 新旧技术相结合:入口扩散器和散堆填料显著提高反应器性能(AM-08-29)	刘建银 译(186)
20 增加催化裂化原料预处理能力——怎样在生产清洁燃料装置中最大限度用好它们(AM-08-30)	王锦业 译(195)
21 重油改质用 LC-FINING 技术(AM-08-33)	刘建银 译(209)
22 汽油还是柴油?(AM-08-59)	康 茵 译(218)
23 加氢处理焦化石脑油的一种新工艺方法(AM-08-88)	康 茵 译(233)
24 大胆采用新加氢裂化催化剂使加氢裂化装置获得显著盈利(AM-08-92)	康 茵 译(245)
25 关于加氢裂化反应器最优压力的分析(AM-08-95)	卢人严 译(256)
26 煤液化技术对美国 and 全球能源库的潜在贡献(AM-08-56)	刘建银 译(260)
四、重油加工技术	
27 新的油砂改质技术:优选有前景的技术(AM-08-31)	范启明 译(272)
28 重油和沥青改质:在油田或炼油厂(AM-08-32)	靳爱民 译(283)
29 常规炼油厂加工油砂油(AM-08-34)	马 力 译(292)
30 加拿大合成原油:变化中的市场(AM-08-35)	靳爱民 译(301)

31	加拿大西部重油原料的脱盐策略(AM-08-36).....	靳爱民	译(311)
32	延长焦炭塔使用寿命与安全运行的检查与监测方法(AM-08-65).....	阎 龙	译(321)
33	延迟焦化装置的阻垢剂(AM-08-93).....	周 莉	译(332)
五、优化与控制技术			
34	监测和减少炼油厂的碳足迹(AM-08-41).....	张 蕾	译(338)
35	以有效的概略显示设计来提高操作人员的情景意识(AM-08-23).....	廖容波	译(344)
36	传输过程安全性能指标(AM-08-24).....	赵 毅	译(356)
37	可靠性和可用性——从功能安全的生命周期得到的教训(AM-08-25).....	代振宇	译(364)
38	准确了解原油质量,优化原油的选择(AM-08-42).....	卢人严	译(372)
39	Cheyenne 炼油厂收率改进项目——从原油分馏过程中尽量多回收柴油 (AM-08-43).....	曾兴元	译(380)
40	常减压蒸馏装置产品质量升级和能力改造中柴油回收方案(AM-08-44).....	刘鸿洲	译(388)
41	罐区和中转油库的自动化:一个商业案例(AM-08-46).....	赵 毅	译(416)
42	为加强工厂资源管理进行无线传输的改造(AM-08-47).....	赵 毅	译(428)
43	炼油厂能量系统优化的快捷 Excel 建模(AM-08-61).....	周 祥	译(435)
44	监控环烷酸腐蚀,提高加工高酸原油盈利机会(AM-08-68).....	钟英竹	译(443)
45	汽油调合排产时代的开端(AM-08-86).....	黄丽敏	译(459)
六、碳、氢管理技术			
46	碳和能源管理——为了未来可靠能源的创新方法(AM-08-37).....	江茂修	译(470)
47	CO ₂ 和炼油——趋势与挑战(AM-08-39).....	江茂修	译(479)
48	快周期变压吸附(RCPSA)——一种新型低成本的工业化氢回收技术 (AM-08-73).....	卢人严	译(484)
49	氢气成本及相关问题——气化和蒸汽甲烷重整对比(AM-08-74).....	程 薇	译(489)
七、代用燃料及可再生原料的生产技术			
50	生物燃料生产过程的经济性、CO ₂ 平衡及能源利用效率(AM-08-40).....	李 毅	译(496)
51	壮观的乙醇浪潮(AM-08-77).....	靳爱民	译(504)
52	生物燃料如何挑战石油炼制燃料(AM-08-78).....	黄丽敏	译(519)
53	生产燃料和石化产品的可再生原料(AM-08-79).....	雷 艳	译(527)
54	在炼油厂工艺中实现可再生原料共炼的新机遇(AM-08-80).....	吴运发	译(532)
55	高温热解油转化为可再生运输燃料:加工的挑战和机遇(AM-08-81).....	邓京波	译(550)
56	当今的汽油已不是原来的汽油(AM-08-82).....	黄丽敏	译(556)
57	不合格油品的再处理和回收——具有工业范围利润的新机遇(AM-08-85).....	黄丽敏	译(563)
八、其他			
58	物价飞涨的商业环境中的价值工程(AM-08-55).....	李家栋	译(571)
59	用新的视角看待项目评估与实施(AM-08-57).....	丁 汀	译(578)
60	所罗门用于炼油厂能效的净现金毛利衡量、管理和最大化方法(NCM) (AM-08-60).....	廖 健	译(588)
61	如何应对复杂的操作和员工效力的变化——你准备好了吗?(AM-08-69).....	代振宇	译(593)
62	炼油厂尾气处理和回收——设计 ROG 装置面临的挑战(AM-08-75).....	程 薇	译(606)
63	卓越经营之路(AM-08-87).....	赵 毅	译(614)
64	通过模拟培训促成最佳生产状况——将来的现场操作工培训(AM-08-90).....	周 祥	译(617)
附录 1: 计量单位换算表			
附录 2: 炼油厂和炼油装置能力换算表			
附录 3: 2008 年 NPRA 年会论文英文目录			

2008 年 NPRA 年会综述

中石化参加 2008 NPRA 年会代表团

第 106 届 NPRA 年会于 2008 年 3 月 9-11 日在美国 San Diego 举行。与会代表 1600 余人, 来自 30 多个国家。

本届 NPRA 年会没有明确的主题, 主要围绕当前美国和世界炼油工业面临的诸多问题和挑战展开, 尤其是影响行业发展的公共政策提案。这些问题和挑战主要包括: ①国际原油价格连续 5 年大幅上涨; ②美国 2007 年能源独立与安全法实施, 其中的可再生燃料标准 (RFS) 要求近期和长期大幅提高生物燃料的用量; ③美国环保局计划修订国家大气质量臭氧标准, 将使美国成百上千的县市成为不达标地区; ④正在争论中的气候变化法规的通过将对美国经济造成长期巨大的负面影响; ⑤美国 MSAT II 标准要求 2011 年将所有汽油苯含量降至 0.62% 等。

大会论文共 87 篇, 分为原油评价与蒸馏、合成原油挑战、FCC 技术、加氢处理、降低汽油苯含量、二氧化碳战略、过程安全、操作、可再生燃料、管理、提高盈利能力、劳动力、可靠性、氢气与炼厂废气系统、能量经济性等 15 个专题, 其中能量经济性、二氧化碳战略、合成原油挑战和过程安全是新专题。现将本届年会的主要内容综述如下, 供参考。

1 馏分油加氢技术

本届 NPRA 年会涉及馏分油加氢过程的论文 12 篇, 主要包括催化剂研究、工艺工程技术研究、控制及模型研究、反应器和设备研究以及支撑剂研究。

1.1 加氢工艺

Haldor Topsoe 公司^[1]开发焦化石脑油加氢新技术。近些年, 渣油轻质化的技术越来越受到重视, 而焦化技术由于投资低、对原料中金属含量的要求不苛刻成为炼厂首选。但焦化石脑油与直馏石脑油相比, 氮、硫、烯烃、硅含量要高得多, 仅改变石脑油加氢装置的操作条件很难达到重整装置对原料中氮、硫含量的要求。石脑油加氢脱硫、脱氮前, 需先将二烯烃、硅脱除 (二烯烃在催化剂上结焦, 硅降低催化剂活性)。二烯烃的脱除采用选择性加氢技术, 采用吸附的方法脱除硅 (硅在石脑油中的含量一般为 5-10ppm), 同时伴随着烯烃饱和反应。根据石脑油中硅含量的高低, 给出两种流程: 硅含量低采用单个吸附反应器, 硅含量高采用前/后两个吸附反应器 (串联操作, 两个反应器的先后顺序可调)。烯烃饱和为放热反应, 通过增加床层间换热器, 利用这部分热量加热原料并控制反应温度。无论是脱除二烯烃还是硅, 都需要选择适当的催化剂, 以控制反应温度, 延长操作周期。脱除了烯烃、硅的石脑油进行脱氮和脱硫, 根据原料 S、N 含量和产品要求, 优化催化剂组合, 选择适当的操作条件, 对装置的一些参数进行监控, 使产品满足要求, 装置长周期运行。

Dynamics 公司^[2]开发的 IsoTherming 加氢技术用于生产 ULSD 清洁燃料。于 2003 年 4 月通过改造现有装置首次实现工业化应用。目前已向 8 套装置转让该技术, 其中包括 3 套

ULSD改造装置、2套ULSD新建装置和3套缓和加氢裂化装置。IsoTherming技术采用液相反应器，与现有生产ULSD的传统滴流床反应器技术相比，IsoTherming技术在装置改造方面更经济，在瓦斯油加氢处理方面的控制更严格，并可用于加氢裂化、润滑油和石蜡的生产。该技术投资费用低，应用范围广，可用于降低油品硫含量，也可用于油品改质，适合装置的改造和新建。

Chevron Lummus Global (CLG) 公司^[3]对重油改质采用 LC-Fining 技术方案进行了分析。CLG 公司在早期研究工作中采用沥青线性规划 (LP) 模型用于筛选工艺组合，现在线性规划模型根据操作条件进行了改进，开发了反应动力学模型。ISO 系列技术是 CLG 公司燃料生产技术转让的重点，包括 ISO 裂化（馏分油加氢裂化）、ISO 处理（石脑油和馏分油的加氢处理）、ISOFining（中间馏分油的加氢裂化）、LC-Fining（渣油的加氢裂化）、UFR（上流式渣油处理反应器）、OCR（催化剂在线置换）、RDS（渣油脱硫）和 VRDS（减压渣油脱硫）技术。CLG 公司开发的 LP 模型包括所有的单元过程，可进行扩容，并对使用性、投资和经济性进行分析。该模型适合于新建装置的设计研究和改造装置处理重质原油的过程，在研究重油的转化过程中发挥了重要作用。

1.2 优化操作

Aspen 技术公司^[4]提出采用先进的控制技术改进装置的脱硫操作，帮助炼厂解决生产低硫燃料的高成本问题。通过对操作控制技术的改进，能够在大幅度降低产品硫含量的同时，提高装置的处理能力，并且优化操作条件来提高催化剂使用寿命，降低能耗和提高处理不同原料的操作灵活性。

休斯敦炼油公司^[5]通过对现有操作工艺过程的诊断，结合催化剂的发展，提出增加 FCC 原料预处理能力，优化清洁燃料生产的技术，生产硫含量小于 30ppm 的汽油产品。为了进一步降低产品硫含量，采用增加一个后加氢过程，降低前面预处理的苛刻度，并重新优化各个反应单元的操作条件，来达到最佳的反应结果。

Criterion 和 Zeolyst 催化剂公司^[6]通过大胆选择催化剂，提高了加氢裂化装置适应能力。位于加拿大的 Sarnia 炼厂加氢裂化装置过去 40 多年一直采用贵金属 (Pt 或 Pd) 催化剂，由于加工的原料变差和新的产品指标要求，炼厂与催化剂厂商共同合作，于 2003 年将原有催化剂更换为非贵金属 (W 或 Mo) 催化剂（精制催化剂和裂化催化剂），适当调节操作条件而使原有设备基本未改动（主要是控制循环气中 H_2S 的含量在 20-50ppm）。更换催化剂后的加氢裂化装置对原料的适应性更强，轻石脑油产品的产率与更换前相同，重石脑油的产率略有增加，液化气的产率略有降低。总的来说，催化剂更换后增加了炼厂的效益，据统计每年节省 500 万美元。

雪佛龙公司^[7]对加氢裂化反应器压力的优化选择进行了研究。反应压力对反应过程十分重要，直接影响工艺和工程的设计及投资。以单段一次通过加氢裂化装置来说，高压具有如下优点：催化剂结焦少，产品质量高（十六烷值、颜色、烟点），多环芳烃含量低，产品密度小，体积收率高，能够增加高压不敏感反应物的转化率，降低操作温度，设备及管线体积减小等。但高压也存在反应氢耗高、压缩设备投资费用高、反应器的制造成本增加和操作费用高等问题。要使加氢裂化装置生产效益最大化，必须根据市场对产品质量的要求、原料的性质和装置的设计情况合理选择反应压力。

1.3 反应器和支撑剂

Saint-Gobain NorPro 公司^[8]通过新的床层支撑设计来优化固定床反应器。支撑剂的作用就是对催化剂床层具有支撑作用，一般要求其本身不参加化学反应，不影响催化性能，不释放催化剂毒物，不污染反应器，强度高特征。一个好的支撑剂，不仅对装置的稳定运转极其重要，而且能够有效发挥催化剂和装置的性能。

Saint-Gobain NorPro 公司开发了几种新的支撑剂，并通过对支撑剂的改进来优化固定床反应器，其中 Denston 57 支撑剂是硅铝基支撑剂，具有寿命 60 年以上、强度高、无污染、不破坏催化剂床层和耐磨损等特点。Denston 2000 支撑剂可以根据加氢工艺条件进行形状设计，设计的工程孔道可以降低支撑剂内部压差，减少缺陷产品，拥有极佳的耐机械冲击能力和热冲击能力。

2 FCC 技术

本届年会有关 FCC 技术的论文共 10 篇，其中关于催化裂化工艺和再生器改造方面的文献 7 篇，裂化催化剂优化制备技术和评价技术的论文 3 篇。

2.1 FCC 工艺和再生器改造

Shell 公司^[9]开发了改造现有 FCC 装置多产柴油和丙烯的生产技术，其核心是在现有装置上另加一个提升管反应器，即 MILOS，并用汽油和其它原料在该装置进行裂化反应。通过改变 MILOS 的原料，达到多产柴油和丙烯的目的。并通过应用实例对基础数据进行分析。

Grace Davison^[10]研究了 FCC 装置烃分压对丙烯产率的影响。实验在 DCR 装置上进行，研究了不同催化剂和不同的反应条件下烃分压对丙烯产率和汽油中烯烃含量的影响。

UOP 公司^[11]分析了油砂油对 FCC 装置的影响。加工油砂油具有创造新价值的优势，但油砂油重组分含量较高，杂质较多，在使用 FCC 炼制这些原料油时必须对工艺和装置进行优化。UOP 认为加拿大沥青质油砂油 VGO 含量较高，通过分析这种油砂油的各组分含量和基本性质，提出了加工这种原料油的三种方案：FCC 装置改造、加氢预处理和加氢裂化，文章对三种方案进行了技术经济分析。

Shell 公司^[12]报告了通过改造再生器减少 NO_x 排放的技术，包括催化剂和新的空气分布器。该再生器结构的主要特点是形成催化剂稀相和密相区域。在密相区域，中心部分为高速流化汽提，周边形成低速环流区，这样的结构特点可以使催化剂在再生器里多重流化。催化剂上的积炭可以在全部燃烧和部分燃烧两种模式下进行，从而减少尾气中 NO_x 的含量。在实际案例中，Shell 公司对原有装置做如下改进：新增五环流汽提器，催化剂强制循环技术，新增功率更大的鼓风机，配置两台旋风分离器，低 NO_x 再生器技术（包括催化剂分布器、再生器出口改造、空气分布器和控制系统）。通过改造，提高了装置处理能力和原料转化率，有效降低了尾气中 NO_x 和 CO 的浓度。

RMS 工程公司^[13]通过改造再生器，提高了催化剂积炭的燃烧效率，从而改善尾气排放。改造内容包括以下几个方面：催化剂分布器、空气管线分布器、催化剂回收料斗、再生器旋风分离器。通过技术改造，增加催化剂循环速率，减少蒸汽用量，再生器即使在部分燃烧的模式下运行，SO₂ 和 NO_x 的排放也可以满足环保标准。

石伟公司^[14]通过对再生器的改造，有效保持催化剂活性，改善尾气排放质量。改造

的内容包括湍流床设计、并流再生、催化剂分布器的设计、缩短气体停留时间等。

Axens 和 TOTAL 公司^[15]对再生器的改造着眼于提高原料转化率, 增加原料掺渣量, 改善装置稳定性和操作弹性, 优化催化剂和公用资源的消耗。再生器改造的内容包括: 新增 4 个进料口, 安装能够减少催化剂返混的混合器、快分装置以防止裂化反应在再生器继续进行, 新增单级旋风分离器, 加大汽提段床层直径, 新增汽提段蒸汽环, 提高空气速率等。通过改造, 提高了原料掺渣量, 改善了汽油选择性, 丙烯和 LPG 产率也有所提高。

2.2 裂化催化剂

本届年会主要介绍了如何根据原料油性质的变化(如加工劣质原油和机会原油), 调整和优化催化剂配方以及催化剂的评价。

BASF 催化剂公司^[16]介绍了通过优化催化剂配方加工加拿大油砂油的有关技术。应用 BASF 的 DMS 技术, 催化剂的活性和选择性具有较广泛的调整范围以满足不同用户的需求。油砂经过萃取、油水分离后形成沥青, 沥青经过稀释或改质(脱碳或加氢)后变成合成油, 最后进入炼厂。BASF 的技术包括: 气体净化技术、破乳剂、水处理剂、粘土分散剂、油田化学技术、管线工程; 催化剂方面则包括硫吸附剂、生产合成气和氢气、芳烃饱和技术、气体净化技术和 FCC 催化剂。催化剂配方包括 DMS 载体, 这种载体具有较大孔体积, 有利于重油大分子扩散和裂化。催化剂具有较高的活性可以增加轻质组分的收率。裂化过程中焦炭产率较高, 对于维护后续的热平衡是有利的。

INTERCAT 公司^[17]介绍了如何根据装置的特点和原料油的性质进行催化剂调配, 使 FCC 装置在优化条件下运行, 获取更大的经济效益。主要包括: 基础催化剂、单组分助剂、双组分助剂、多组分助剂和如何在装置上增加催化剂助剂加入设备。催化裂化装置所加工的原料油一般都在变化, 而目前的催化剂往往是按照某几种油样的性质设计的。对于重油而言, 较小的比表面、较强的有害元素捕捉能力是有利的。但当装置加工较轻的原料时, 这种催化剂的轻组分转化能力就难以满足要求。因此, 可以考察一段时间所加工原料油的性质, 筛选出经常使用的原料油, 并根据这种原料油的性质设计催化剂, 那么, 这个装置的基础催化剂就形成了。为了使装置始终处于优化操作状态, 还可以采取以下措施: (1) 单组分助剂。由于基础催化剂往往主要针对重油组分, 为了提高活性, INTERCAT 公司开发了一种技术, 即直接在催化剂中加入纯的高活性分子筛, 经过特殊制备, 这种纯的分子筛不仅具有较高的活性和选择性, 而且具有较好的稳定性和机械强度。INTERCAT 公司同时还开发了用于捕捉有害元素如钒、钙的助剂, 在反应过程中, 使钒和钙生成稳定的化合物, 使其不能继续参与反应, 破坏分子筛的活性。(2) 双组分助剂。在基础催化剂里加入高比表面助剂和抗金属助剂无论对于重组分裂化还是轻组分的反应都是有利的, 而且催化剂的生产成本比一种催化剂包含多种功能要便宜得多。(3) 多组分助剂技术。通过加入活性组分、抗金属组分、活性载体等有效调节催化剂性能, 使装置能够满足加工各种性质原料油的要求。(4) 助剂加入系统。无论是在反应器里加入单组分、双组分还是多组分助剂, 装置上必须有助剂加入设备和控制系统, 这样才能够有效加入各种助剂, 使催化剂符合装置需求, INTERCAT 开发成功一种助剂加入和控制系统。

BP 炼制技术公司^[18]介绍了一种催化剂老化和中型评价技术,通过选择合适的老化设备、合适的老化条件和建立合适的评价方法,可以从中型评价数据推断催化剂的工业应用情况。另一方面,通过二者之间的关联关系,也可以从催化剂的工业应用数据指导调整催化剂配方和新催化剂开发。

3 降低汽油苯含量的解决方案及其可行性

鉴于全球对于清洁燃料的需求,要求汽油苯含量进一步降低。因此,环境保护组织于 1995 年制定了汽油指标:要求汽油苯含量低于 1%。最近出台的 MSAT II 标准,对汽油苯含量作了更加严格的要求:到 2011 年所有美国生产的汽油,苯含量必须低于 0.62%。欧盟、加拿大、澳大利亚、日本等发达国家已经接受了对汽油苯含量的限制。其他很多国家也正在着手降低本国汽油的苯含量。

在炼油厂多种汽油调合组分中,70%~85%的苯来源于催化重整装置的重整油,10%~25%来自于 FCC 汽油。因此,多数炼厂将汽油降苯的焦点集中在重整汽油上。降低重整汽油的苯含量,既可以从重整装置的进料中脱除苯的前身物,也可以通过加氢处理或溶剂抽提从重整生成油中脱除苯。而除去催化裂化汽油中的苯则没有这么直接。催化裂化装置中,原料的性质和反应条件之间的关系对产品的组成和质量的影响非常复杂,无法找到一种简单直接控制苯含量的方法。此外,催化汽油中含有较多的烯烃和重芳烃,它们都是汽油辛烷值的主要贡献组分。任何加氢措施,在降低催化汽油苯含量的同时也会使部分烯烃和重芳烃饱和,从而降低汽油辛烷值。

降低汽油苯含量的方法包括:通过精馏分离,降低催化重整装置进料中苯前身物含量;加氢饱和轻直馏汽油和轻催化汽油中的苯;增加重整油分离塔,分离出富苯气体再进行加氢处理;通过溶剂抽提,除去重整汽油中的苯;购买其他炼厂的苯剩余额度,自身生产的汽油苯含量也必须低于 1.3%。

为了达到 MSAT II 标准,目前汽油的苯含量需要大幅降低,这就迫使炼厂必须采取更多实质性的措施。对于大多数炼厂来说,通过对重整装置原料油进行预分馏来降低重整汽油苯含量的方法不能提供足够的苯含量下降空间;将轻重整汽油送入芳烃抽提装置除去苯来生产化工原料的方法成本太高,尤其对于一些小炼厂和那些远离化工原料用户的偏远炼厂更是难以接受。如果氢源不是问题,加氢脱苯提供了最好的解决方法。

CDTECH 公司将其开发的 CDhydro 加氢工艺于 1995 年首次应用于重整油的苯加氢,得到的产品能够比较容易地满足 MSAT II 的要求。与常规技术相比,CDhydro 降苯工艺提供了一种更加具有成本效益的降低汽油苯含量的方法^[19]。

当汽油中苯的脱除导致汽油辛烷值下降成为炼厂关注的问题时,将轻重整汽油和轻直馏汽油异构化将变得有意义。从 CDhydro 降苯工艺装置切出的加氢后的 C₅、C₆ 将是非常理想的异构化原料。在降低汽油苯含量的同时优化了馏分切割结果:较高的汽油收率;比用未加氢原料生产的汽油中含有更多的高辛烷值异构化组分。相对于其他加氢工艺,CDhydro 降苯工艺提供了提高异构化反应性能和降低成本的双重优点。

所有的降低汽油中苯含量的各种方案,或多或少都会带来降低汽油辛烷值的问题。汽油辛烷值的损失可以通过加强重整反应程度或者减少混兑汽油体积的方法弥补。未来,随着乙醇在汽油中的比例日益增加,降苯带来的辛烷值损失问题将不复存在。

4 原油评价与蒸馏

4.1 增产柴油技术

炼厂传统上是利用原油常压蒸馏来生产柴油。但是随着原油质量的不断变化和柴油需求的持续增加,这种方式远不能满足柴油市场的需求。CH2M 公司^[20]介绍了通过原油常减压装置改善柴油产品质量和提高柴油产量的方法,主要包括改进常压塔和侧线汽提塔的操作;从减压装置回收柴油;在常压装置和减压装置之间回收柴油;在常压—减压装置系统内合并物流;从原油装置下游的瓦斯油产品中回收柴油。首先从改进常压塔柴油的分馏塔板和优化其安装开始,塔板效率能提高 65%。主分馏塔的闪蒸区分离出向塔上方流动的气相和向塔下方流动的液相,小液滴被夹带在气相中,水洗可以脱除夹带的小液滴,但同时造成柴油的损失,通过减少填料的水洗部分可以降低柴油的损失,提高经济效益。带有常压闪蒸区和常压汽提段的装置,轻减压瓦斯油(LVGO)中的柴油含量变化很大,可是大多数装置的 LVGO 中含有 40%或更多的柴油馏分,因此改进汽提部分的操作,同样可以提高柴油收率。常压瓦斯油(AGO)中含有 30%—60%的柴油馏分,依靠增加 AGO 汽提塔的有效塔板数及其蒸汽线速可以改善 AGO 汽提塔的效果,提高柴油收率。根据不同炼厂减压塔结构特性和操作条件,从减压塔回收柴油也是可能的。

Frontier 炼油公司(FRC)Cheyenne 炼厂在原油蒸馏过程中的 AGO 中留下大量的柴油和常压塔底油,常压塔底油中的柴油部分最后留在 LVGO 物流中,2005 年末 FRC 公司授权 Koch Partners 公司从 AGO 和 LVGO 物流中回收柴油^[21]。为了在一个合适的低温条件下汽化 AGO 和 LVGO 中的柴油馏分,使得裂化和结焦反应降到最低,蒸馏系统必须在一个适宜的真空压力条件下进行操作,可以选择已经存在的真空系统,或者连接一个单独的真空系统。另外它还需要另外一个加热炉。为了回收柴油和蒸馏尾馏分,对于真空塔的顶部部分,柴油冷凝泵区和柴油/LVGO 蒸馏区是必需的。现有蒸馏塔增加一个柴油蒸馏区,可以回收常压塔底油中的柴油。AGO 可以被打进常压塔底油,不能简单的从原油塔中分出。在上述实际操作过程中,FRC 公司的净经济收益大约为 10 美元/桶,每年增加收入 450 万美元。总之,更好的原油常压蒸馏塔能显著改善从 AGO 物流回收柴油。对于重质原油来说,大量的柴油馏分留在常压塔底油中,在减压塔中可增加蒸馏区回收这些柴油馏分。依靠在闪蒸区和减压塔的 HVGO 区引入 AGO 物流,AGO 物流中的柴油可以被回收,而真空塔不用另外增加水热负荷。

4.2 根据原油特性选择合理的加工方案

Spiral 软件公司^[22]开发了 CrudeManager 模型,用于指导根据原油性质选择加工方案。原油性质对其运输性、炼厂加工的管理和馏份的适用性均有大的影响,原油价格至少有 20%由其性质决定。每种原油的价值因不同的炼厂和供需条件限制而不同。石油炼制者选择原油加工方案时,通常是按实验室原油评价数据和每一年或两年更新的通用评价数据。原油性质不但随着油田不同而改变,而且原油性质也随着时间而改变。炼厂收到的原油经常是几种原油按未知比例混合而成的混合物,当石油炼制者使用老的原油评价数据时可能造成较大的误差,因此静态的原油评价方法存在较大缺陷。最佳的原油选择和加工方案要求石油炼制者充分考虑原油质量的变化,并依靠先进的统计技术和软件模型预测原油的性质,使炼制者能够更好的了解原油性质的变化,并能从有限的原油性质数据迅

速产生全面的、更新的原油评价数据，指导石油交易者和炼制者取得市场优势。Spiral 软件公司根据原油的物理性质和化学组成之间存在的一些关系，并与之关联后得到 CrudeManager 模型。典型的 CrudeManager 模型在 30 秒内可估计出所有缺乏的数据，达到快速分析的目的。CrudeManager 模型的准确性已经经过八年工业应用得到证明。

4.3 高酸原油加工过程中环烷酸腐蚀的监测与控制

在高酸原油加工过程中环烷酸的腐蚀不仅随机性强，而且往往在局部发生，这样就给腐蚀的监测与控制带来很大的难度。为了解决这个问题，GE 公司开发了一个含有许多独特方法的综合性方案，能够科学监测和控制高温条件下环烷酸的腐蚀^[23]。GE 公司首先对加工的原油和加工装置的设备进行评估，通过评估可以得到以下信息：最可能腐蚀的地点、计算潜在腐蚀的强度、确定最佳监测点、使用最好的监测设备等。评估的详细信息用于指导全面监测和控制。没有一种监测设备能够提供腐蚀现象的全面信息，需要一系列的监测设备和方法才能提供出比较完整的腐蚀信息。抗腐蚀监测仪（RCM）能够用来监测评估所确定的重点腐蚀部位管壁准确厚度；抗电探针（ER）是一种众所周知的腐蚀监测工具，它能够对腐蚀做出非常敏感的响应，并可以记录腐蚀活动的开始时间，通过在线分析识别和确定炼油设备腐蚀程度，让管理者能够做出快速反应；UT（腐蚀超声波监测工具）也是一种很好的腐蚀监测工具，UT 的准确性类似于 RCM。随着高酸原油加工的广泛进行，监测频率和监测点都会增加很多，UT 在长距离管道腐蚀监测方面起着非常重要的作用。另外，对炼厂液体中常规金属分析和流体性质分析也被作为腐蚀检测方案的重要组成部分，通过分析测试可以提供环烷酸值、总酸值及硫含量的有价值信息。设备腐蚀产生的硫化铁积累在塔板、过滤网、过滤器、热交换器、填料以及喷雾头，造成监测压力降增加，也是判断系统设备腐蚀程度的重要方法。

4.4 炼厂能量系统快速优化的 Excel 模型技术

炼厂的能量管理非常具有挑战性，能量的供给（外部供给和内部产生）经过简单的测量是可以得到的，因此确定一个炼厂的能量供给是相对比较容易的，而能量消耗分布在全厂的许多装置上，有代表性的数据在几千个不连续的使用点上测得，从各个设备的能耗确定整个厂的全部能耗是非常复杂的工作。Praxair 公司^[24]利用微软 Excel 软件作为平台，开发了炼厂能量管理模型。该方法是用 Excel 软件对炼厂能量系统进行建模，并能够快速对能量系统进行评估、筛选方案以及连续监测。

炼厂中的三个主要能量系统是水蒸气、燃料气以及电能，这些系统之间相互联系，彼此影响。利用 Excel 软件输入数据，优化与历史数据的关联，建立炼厂能量平衡系统。成功的炼厂能量模型，会给监测、报告以及评估带来宝贵的依据。在配置模型后，就会及时意识到能耗方面的问题，然后采取措施进行改进。利用 Excel 模型技术能够辨识潜在高能耗装置，改进能耗分布，能耗减少 15%是有可能的。如果使用该模型，通过模型与车间信息相连接，就能够应用于全厂的能量监测。每天的跟踪监测提供能量的应用情况，有助于车间操作满足每个月的能耗目标。同时也能对月中能耗的反常变化情况做出调整。每天的能量平衡数据，也提供了炼厂的能量应用与时间的关系，从而根据原油的种类变化进行装置的管理以及冬夏季的操作条件调整。

5 合成原油加工技术进展

加拿大油砂储量居世界第二位，由油砂提炼出来的原油称为合成原油（Synthetic Crude Oil）。目前北美地区的很多炼厂加工的原油中，加拿大提供的合成原油所占比例越来越大，预计到 2015 年合成原油产量将达到每天 210 万桶，占重质原油总量的一半左右。在这种情况下，北美地区的部分炼厂已开始筹划扩大合成原油处理能力的项目。

但是由于合成原油粘度高、金属含量高、硫含量高、酸值高，此外政府方面的环保标准也在逐步提高，因此合成原油的加工需要面对众多技术挑战。为了解决这些技术难题，需要针对合成原油的油品性质有更深入的了解，同时尽可能的挖掘现有技术加工合成原油的能力。

处理合成原油首先需要进行脱盐，用水除去其中含有的无机盐、污泥等杂质。由于水和原油容易在油水界面生成乳化层，如果不能进行有效的破乳，会导致水相夹带过量的烃类造成经济损失，也会导致油相夹杂水分和污泥增加后续加工困难。Baker Petrolite 公司^[25]研制了专有的破乳剂可有效的对油水界面的乳液进行破乳，既避免了油品的质量损失，又有效降低了脱盐废水的 COD 值。

对于合成原油后续的加工技术及其特点，Jacobs 咨询公司^[26]进行了汇总。EXT 系统公司的 Cross 流化焦化技术，进行初步加工，成本低，可改善产量和质量；UOP 的浆液相加氢裂化技术，进行初步加工，渣油转化率达 90%以上；NOVA 化学的 NHC & Arorincle 技术，进行二次加工，转化为石化产品，如乙烯、丙烯、BTX 和汽油；Pratt & Whitney 公司的 Rocketdyne 气化技术，将渣油气化，效率高，可靠性高，成本低；GreatPoint 能源公司的催化气化技术，将渣油气化，一步法生产甲烷，效率高，可靠性高。

此外，雪佛龙鲁玛斯全球公司^[27]采用其 LC-Fining 渣油加氢技术进行合成原油的加工。采用该技术，每天可处理合成原油 21 万桶。

研究表明，脱盐、焦化、加氢裂化、催化裂化、溶剂萃取、减压蒸馏、尾气吸收等现有技术都可以用于合成原油的加工。将合成原油加工与现有炼厂加工技术兼容，一方面要增加新技术和新设备的开发，另一方面要对现有技术进行改进，对现有装置的处理能力进行扩能。

6 可再生燃料技术进展

随着人口和经济的发展，在可预见的将来世界能源需求将持续增长，炼油企业面临着如何满足巨大市场需求的机遇与挑战。在美国，2007 年颁布的可再生燃料标准（RFS 2007）提出到 2022 年生物燃料（主要是乙醇）使用量达到 360 亿加仑。使用可再生燃料，温室气体排放量比现有的汽油或柴油燃料减少 50%。

可再生燃料的技术发展与推广不能脱离现有的炼厂技术装备条件，因此开发与现有技术装备具有良好兼容性的技术十分重要。巴西的 Petrobras 公司^[28]利用现有的 FCC 技术针对可再生原料进行了技术尝试。乙醇和汽油在提升管不同部位注入反应器，乙醇与再生催化剂先接触进行脱水反应，有 20%的乙醇转化为乙烯使得 FCC 气体产物中乙烯的含量达到 74%。该工艺无需增加额外的费用，即可获得较大的经济效益。Petrobras 还将植物油送入 FCC 装置制取烯烃，结果表明丙烯的收率可以达到 19%，同时值得注意的是该反应会产生大量的水、一氧化碳和二氧化碳。

可再生油品也可以通过典型的加氢工艺路线进行炼制^[29]。可再生原料经过加氢产物是直链烷烃和水，因此直馏柴油加入可再生原料进行加氢反应之后，其十六烷值会明显增加。与单纯的直馏柴油加氢相比，加入 10%左右的大豆油、菜籽油或者棕榈油，经过加氢之后，产品的十六烷值普遍增加了两个单位。但是柴油产品的浊点会上升，这可能会影响寒冷天气条件下使用。

UOP^[30]分析了将热解油转化为可再生运输燃料的挑战和机遇。可再生能源对能源的供应、炼制工业的发展和能源的可持续性发展都具有重要的意义，虽然目前仍然以化石能源为主，但能源的多元化变得越来越重要，各国都在研究开发生物能源，并且生物能源在能源中的比重越来越大。但在生物能源开发过程中存在很多挑战，首先生物能源的大量生产，可能对粮食的供应产生影响；其次是生物能源的大量开发，可能会造成土壤和水资源的污染。如何解决目前存在能源问题，需要进行更深入的研究。

综上所述，目前可再生燃料正在稳步发展并表现出良好的前景，但是与传统化石能源相比在技术、竞争性、原料的供给和环境影响方面仍然需要做很多工作。

7 二氧化碳应对战略

气候变化已成为全人类重点关注的环保话题。作为主要二氧化碳排放源之一的能源行业如何应对二氧化碳减排呢？

7.1 能源公司的二氧化碳管理

壳牌全球解决方案公司^[31]开发的碳能管理（CEM）方法，为能源密集型业务提供了一种从节能、降低成本和控制排放角度评估目前能源和二氧化碳状况的框架。

要将大气中温室气体浓度控制在 550ppm 以下，就要求从能源生产和消费两方面严格管理二氧化碳排放。壳牌 CEM 就是对二氧化碳排放进行综合管理的方法。首先进行战略开发和前提设定。设定边界条件和前提条件，定义不同的研究方案，设定经济前提和搜集操作数据。其次制定二氧化碳减排总体规划：一是寻找减排方法（如提高能效、改变炼厂燃料构成、改变加工方案、改变操作模式、CCS 等）和涉及的工作流程（如能量与公用工程管理、烃管理、CCS、全厂一体化与经济性等）；二是根据所选减排方法开发一体化二氧化碳减排方案或项目，减排方法与方案或项目一起构成一个具体的减排路径（曲线）。对投资方案进行全面的成本-效益分析，并根据减排效果和项目成本对可能的节能和减排措施进行优先度排序。同时评估项目的二氧化碳影响、现实性、时间、资源；三是进行敏感性分析；四是能力建设。总体规划提出一系列技术和操作改进项目，人员、行为和程序必须随之改变，必须增加技术知识，清楚界定职责及相关控制事项。根据这一方法，壳牌已开发出相关工具和技术，并已开始在世界各地的上游、下游和 LNG 设施使用该方法。

在过去十年中，壳牌在能效、排放贸易、碳捕集技术和减排技术方面取得进展。通过能效改进计划，仅需很少的资本投资，能耗即可减少 2%~9%。在较短的时间内，壳牌能效改进计划每年减少二氧化碳排放 80 万吨，燃料油消耗减少 30 万吨。政府间气候变化委员会认为，CCS 是全球大幅快速减排的最有前途技术。在 2100 年前稳定全球二氧化碳水平，CCS 的贡献度可达 15%~55%，相当于 2220~22000 亿吨二氧化碳。同时，CCS 技术可用于捕集合成气制氢过程产生的二氧化碳，这为氢能提供了更可持续的未来前景。

总之，管理二氧化碳的能力是未来发展和成长的重点。能效改进在二氧化碳减排中占有重要地位，短期而言是最有效的减排方式之一。二氧化碳减排总体规划方法可帮助公司了解排放现状、未来减排方案和减排成本，评估所有新项目的减排成本，完全满足现有法规，提高竞争力。

7.2 炼厂的二氧化碳排放控制

Jacobs 咨询公司^[32]对炼厂如何控制二氧化碳排放进行了研究。通过分析发现：进入炼厂的每吨碳不是变成产品，就是变成 CO_2 ；当原料中的氢不足以供应产品所需氢时，必须通过外部制氢（通常采用甲烷蒸汽转化），这将产生大量二氧化碳；采用加氢路线减少石油焦产量的方案将产生更多二氧化碳；产品质量标准的变化几乎不可避免地会使炼厂产生更多的二氧化碳。

甲烷蒸汽转化制氢每生产 1 吨氢气会产生 11 吨二氧化碳。从炼厂燃料气中回收氢气是控制二氧化碳排放的一种方法。如果炼厂回收氢气，并用甲烷替代氢气作燃料，则每回收 1 吨氢气将产生 7 吨二氧化碳，这样二氧化碳减排的效果不明显，甚至反而增加二氧化碳排放。

尽可能使炼厂的加热炉和锅炉达到最有效的燃烧效果将从源头达到最低排放的效果。化学当量被认为是理论上理想的燃烧条件，其中所有燃料都被假设为完全燃烧并且燃烧室不残余过多空气。Bambeck 系统公司^[33]开发了一套燃烧控制系统，通过控制燃烧在化学当量条件下进行，减少二氧化碳排放。该系统已在位于加州西部贝克斯菲尔德 Flying J 炼厂的 7 套燃烧系统应用。

7.3 生物燃料生产的经济性、 CO_2 平衡和能效分析

PetroTech 咨询公司^[34]对生物燃料生产的经济性、 CO_2 平衡和能效进行了分析。

为控制大气中二氧化碳含量，降低能源对外依存度，许多国家提议用生物燃料替代部分矿物燃料。许多报告对玉米生产乙醇的成本、 CO_2 减排及节油效果进行了研究，这些报告均基于实际装置的成本数据。一些报告认为乙醇好处多多，而另一些报告则认为生产乙醇所耗能量比其本身所蕴含的能量还高。研究显示，以淀粉或糖为原料生产乙醇在没有税收优惠政策的情况下没有经济性。纤维素乙醇是新产品，目前还没有大型工业化装置，较淀粉基乙醇具有更大的不确定性。分析表明，淀粉基乙醇装置二氧化碳减排效果较小，纤维素乙醇减排效果很好。同时，二者的石油消耗量均很小。

有关生物柴油成本和能效的研究报告很少，但联邦税收对生物柴油的优惠高于淀粉基乙醇表明：其生产成本更高。截至 2007 年 9 月，美国有 165 套生物柴油装置，总产能 18.5 亿加仑/年。该能力足以满足未来对生物柴油的调合要求。一份 NREL 研究认为，消耗 1 个单位矿物能量可得到 3.2 个单位能量的生物柴油，二氧化碳排放较矿物燃料减少 78%。

根据美国 2007 年能源独立与安全法案，到 2022 年，可再生燃料应占届时美国交通运输燃料需求总量的约 8%。从 2007 年到 2022 年期间，可再生燃料产量的增长仅满足同期美国交通运输燃料需求增量的一半。

为满足 2022 年的可再生燃料标准（玉米乙醇、纤维素乙醇、生物柴油的目标产量分别为 140 亿加仑、210 亿加仑和 10 亿加仑），三者所需的土地面积分别为 3780 万英亩、

3830 万英亩和 1150 万英亩。若在 2022 年替代所有的石油燃料，则需 8 亿英亩土地。

目前，美国玉米乙醇现有产能已基本能满足可再生燃料标准要求，生物柴油产能已经超过可再生燃料标准要求。但是先进生物燃料（指温室气体排放至少减少 50% 的可再生燃料）或纤维素乙醇产能还有很大的差距。该项技术仍处于开发阶段。根据纤维素乙醇装置目前初始阶段的成本，为满足可再生燃料标准对纤维素乙醇的要求，预计今后 15 年总投资将达 2000 亿美元（2007 年不变价）。

对多种替代能源技术进行对比表明，无论选择何种途径减少 CO_2 排放或石油进口，未来能源成本都将提高。生物燃料生产需要大量土地严重制约其在美国的消费潜力，在其他多数国家也是如此。

目前，太阳能成本很高，但其满足未来能源需求的能力和相对较低的土地面积需要，使其成为比生物燃料更现实的长期解决方案。核能也是经验证的替代矿物燃料的近远期方案。

由于目前经济性有利于矿物燃料作为能源的使用，因此替代燃料在没有政府介入的条件下难以实现商业化。目前，石油所需资本投资最低，因此短期风险最小。由于新能源需要较长的先导期，且目前世界缺乏明确的能源和 CO_2 政策，因此矿物燃料在可预见的未来仍将是主要能源。

8 炼厂氢气及尾气系统

Shell 全球解决方案公司^[35]气化技术针对各炼厂所面临的减排(包括 CO_2 的排放)问题，以满足环保要求及深度加工的挑战。Shell 气化技术以煤、焦炭固体或馏分油、渣油液体为原料，生产合成气，随后用于生产氨、甲醇、含氧化学品、氢气及高品质液体燃料等，同时还能发电或发生蒸汽，增加炼厂的经济效益。

Shell 气化技术分为以固体为原料的气化工艺 SCGP 和以液体为原料的气化工艺 SGP 两类。SCGP 工艺的主要特点是氧耗量低、高效可靠、满足环保要求。SGP 工艺的原料范围更广，除液体油外，还能以天然气作为原料。两种工艺都有应用业绩。

Shell 所提供的气化工艺为炼厂生产 H_2 、发生蒸汽或发电提供了一条途径，并且满足环保要求，具有潜在的投资价值。

SFA Pacific^[36]对气化与传统甲烷气制氢（SMR）两种技术的制氢成本进行了对比。从投资、操作费用两方面对天然气中回收 H_2 、焦炭气化和沥青气制 H_2 三种不同的原料方案进行了比较。由于 CO_2 排放受到限制，采用 SMR 回收氢气还应考虑 CO_2 的回收处理，增加了投资及费用。是否采用气化技术应考虑几个因素：装置规模、天然气价格、轻重原油价差、市场对重质燃料油的需求、 CO_2 排放等。自 1990 年以来，已有很多气化制氢装置在运行。

Technip^[37]探讨了炼厂尾气的处理和回收。炼厂尾气是指加氢、催化、烷基化、重整等装置排出的低压气体，一般富含氢气、甲烷、 C_2 、 C_3 等。但由于尾气来源及各厂情况不同，尾气的组成变化也很大。另外尾气中除含有 H_2S 、 CO_2 、 COS 、 H_2O 外，还含有氧、氮、腈、乙炔、硫化物、二烯烃、氯化物、砷、汞等杂质。Technip 介绍了如何将尾气中杂质去除并将 H_2 、乙烯、 C_3 馏分（或丙烯）从尾气中分离出来作为产品。

一般来说，低压尾气回收装置由以下几部分组成：尾气压缩升压、前端处理脱杂质

并干燥；处理后的尾气深冷分离出 H_2 、甲烷和 C_2 及以上组分；采用 PSA 或膜分离工艺提纯 H_2 ； C_2 及以上组分进一步分离出产品（乙烯、乙烷、丙烷、丙烯、 C_4 馏分）。Technip 只介绍了尾气回收装置的工艺过程，并未对其经济性、能耗等进行评价。由于尾气中乙烯、丙烯等含量并不高且组成变化很大，而轻组分的分离需要设置冷冻系统提供冷量，因此炼厂是否设置尾气回收装置应根据各厂产品需求情况及经济性进行选择。

Exxonmobil^[38] 氢气回收技术采用快速循环变压吸附（RCPSA）回收氢气。与传统的变压吸附（PSA）技术相比，具有以下特点：吸附床结构改变，传质速度是传统工艺的 100 倍，增加了吸附床的单位体积处理能力；电机驱动多端口旋转板，床层间快速有效地与气体接触；有效的吸附增加了床层的能力。第一套工业化装置建在 Exxonmobil 炼厂，于 2007 年开工。RCPSA 的建设投资比传统 PSA 减少 30%~50%、占地面积小、操作可靠且费用低、 H_2 回收率高，为炼厂低成本回收 H_2 提供了途径。

Black&Veatch^[39] 从低压气中回收液化气的新工艺（PRO-MAX），能从低压气中 100% 回收 C_3 馏分及更重组分并且能耗降低。PRO-MAX 技术与传统 LPG 回收工艺相比，主要是进料压缩机的功率低，脱乙烷塔操作压力降低，塔顶增加冷凝器（用冷剂冷却）。塔压的降低增大了 C_2 、 C_3 间的相对挥发度，降低了能耗。塔顶冷凝器的增加使吸收塔的回流富含 C_3 馏分，利于吸收。对两种不同压力的低压气利用 PRO-MAX 和传统工艺进行能耗对比表明：压力低于 300Psi 时，采用 PRO-MAX 工艺能耗低；压力高于 300Psi 时，采用传统工艺能耗低。一般来说，炼厂很少单独设置 LPG 回收装置（能耗高）。如综合考虑后需设置 LPG 装置，应根据原料气的压力和碳三及碳三以上组分的含量来确定选用哪种工艺：原料气压力高于 550Psi，采用传统工艺；压力低于 300Psi 并且 C_3 及 C_3 以上组分的含量高于 4.0 加仑/千立方英尺时，采用 PRO-MAX 工艺。

9 操作优化

Haverly 系统公司^[40]介绍了其汽油调合调度软件工具 H/Gal-XE。

汽油调和持续对炼油企业提出挑战。不断严格的环保和性能标准已使汽油生产计划大大复杂化。另外，对清洁燃料的更多需求、新调合原料的引入、对质量统一性关注的提高已使得汽油原料的调动、分级和分离极度复杂化，只有最尖端的汽油调合调度工具才能够处理这些问题。Haverly 系统公司在 H/Gal-XE 中提供了这样一个模型系统。Haverly 多年为炼油工业完善操作调度软件。H/Gal-XE 成功地将调和最优化与自动调度联合起来，并引入汽油调合操作中常见的许多约束（例如：辛烷值调合、季节性标准、乙醇调合、经济效果、质量过剩、调合配方限制和设备局限性）。

KBC 先进技术公司^[41]介绍了如何达到卓越操作。卓越操作对标准进行定义，企业的所有功能要素都必须执行。在定义卓越操作时，首先明确定义限制工厂性能的因素是很重要的。将重点放在关键限制因素上，如：组织操作焦点、人的工作效率、设备可靠性以及单元操作。一经定义，这些限制因素将提供定义卓越操作的路标。

安全生产应该是任何操作装置的核心焦点，安全是限制装置性能的首要要素，安全直接影响着整个工厂精神和员工焦点。同样地，驱动卓越安全的需要是达到和保持卓越操作的先决条件。驱动卓越安全的关键是逐渐灌输一个持续提高安全的系统，该系统周期性更新并且显著改进/改变程序。持续改进系统，通过对程序进行显著改变，帮助对工