



ZHONGYOU JIAGONG XIN JISHU

重油加工新技术

《石油炼制与化工》编辑部 编

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

重油加工新技术

《石油炼制与化工》编辑部 编

中国石化出版社

内 容 提 要

本书收集了近5年来有关重油加工技术方面的具有较强实用性的论文,共计129篇,全书分成综述、重油催化裂化技术、重油加氢技术、重油焦化技术、重油加工集成工艺、沥青生产技术、溶剂脱沥青技术、腐蚀控制技术、硫回收技术及其他重油加工技术等10个部分。可供炼油行业从事科研、技术开发、生产、管理的人员使用,也可以为相关领域科研院校的广大师生提供参考。

图书在版编目(CIP)数据

重油加工新技术/《石油炼制与化工》编辑部编.
—北京:中国石化出版社,2007
ISBN 978-7-80229-429-5

I. 重… II. 石… III. 重油-石油炼制-新技术
IV. TE626.25

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第148665号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街58号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com.cn

金圣才文化发展(北京)有限公司排版

北京宏伟双华印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092毫米16开本44.25印张1102千字

2007年10月第1版 2007年10月第1次印刷

定价:118.00元

序

到今年10月,《石油炼制与化工》已经整整走过了五十年的历程。在这五十年的发展历程中,承蒙业界同仁和广大读者的支持和厚爱,《石油炼制与化工》已成长为国内石油化工行业的权威期刊,并在国际上享有一定知名度。在纪念本刊创刊50周年之际,特编辑此书,鸣谢同仁,以飨读者。

近年来,全球石油需求不断增长,原油供应趋于重质化、劣质化,原油含硫量日益增高,但对石油产品的需求趋于清洁化。据美国《世界炼油》报道,世界原油API°将由2000年的32.5降至2015年的32.3,全球炼油厂加工原油的平均相对密度由20世纪90年代中期的0.8524上升到21世纪初的0.8633。同时含硫/高硫原油产量不断提高,据bp世界能源统计,2004年全球探明石油剩余可采储量中,硫含量大于1.5%的高硫原油占70%。因此,加工重质原油、高硫原油是一个必然趋势。而我国随着进口原油的比例不断增加,今后大规模加工重质原油、高硫原油已是必然选择,因此重油深度加工、石油产品清洁化和石油炼制过程清洁化成为石油炼制界的热点问题。

重质原油深度加工主要有脱碳和加氢两类技术。脱碳技术主要有重油催化裂化、延迟焦化、减粘裂化和溶剂脱沥青等,加氢技术主要有加氢裂化和渣油加氢处理等技术。经过几十年的技术发展,重质油加工技术已取得长足的技术进步,催化裂化仍将是21世纪重点发展的深加工技术,延迟焦化技术向着装置大型化发展,焦化/CFB联合技术将广泛应用,焦化或脱沥青/IGCC技术也将得到较快发展。对加工劣质原油来说,渣油加氢处理与催化裂化集成工艺可以最大量生产轻质油品。而加氢裂化技术是炼油厂生产清洁燃料、化工原料的关键技术,将会得到更大发展。

经过多年的发展,我国石化企业加工重质原油的手段不断丰富,设备日益多样,技术水平迅速提高。但是仍然面临着诸多困难和挑战,如提高加工深度,实现产品清洁化和生产过程清洁化等。在《石油炼制与化工》创刊50周年之际,《石油炼制与化工》编辑部整理了近几年在其刊物上发表的有关重油加工技术方面的论文,挑选出实用性强的文章,共计129篇,根据技术内容,分成综述、重油催化裂化技术、重油加氢技术、重油焦化技术、重油加工集成工艺、沥青生产技术、溶剂脱沥青技术、腐蚀控制技术、硫回收技术及其它重油加工技术

等 10 个部分，将其加工梳理、编辑、出版，以期扩大这些论文的影响，加快新技术的推广步伐，为进一步提高我国炼油工业，特别是重质油加工技术的水平，发挥一定的作用。这也是为庆祝《石油炼制与化工》创刊 50 周年而进行的一项有意义的工作。这本书既凝聚着广大作者的心血和汗水，又包含着《石油炼制与化工》编辑部同志们辛勤的劳动，在此我代表广大炼油工作者向各篇文章的作者和编者表示感谢，相信此书将会受到广大读者的欢迎。

《石油炼制与化工》编委会主任
中国石化石油化工科学研究院院长



目 录

综 述

我国蜡油及渣油深加工应大力发展加氢型装置	曹湘洪(3)
发展我国重质原油加工技术的建议	龙 军 祖德光(17)

重油催化裂化技术

生产清洁汽油组分的催化裂化新工艺 MIP	许友好 张久顺 龙 军(25)
加工中间基原料 MIP 工艺专用催化剂 RMI - II 的	
开发	沈宁元 陈蓓艳 宋海涛 蒋文斌(30)
加工石蜡基油 MIP 工艺专用催化剂 RMI 的开发	蒋文斌 龙 军 陈蓓艳 何鸣元(36)
MIP 工艺专用催化剂 RMI 的试生产及工业应用	王 涛 蒋文斌 田辉平 王振波(41)
MIP - CGP 工艺专用催化剂 CGP - 1 的开发与	
应用	邱中红 龙 军 陆友保 田辉平(46)
催化热裂解制取乙烯和丙烯的工艺研究	张执刚 谢朝钢 施至诚 王亚民(53)
催化热裂解(CPP)制取烯烃技术的开发及其工业	
试验	谢朝钢 汪燮卿 郭志雄 魏 强(57)
降低催化裂化汽油硫含量的重油裂化催化剂 DOS 的工业	
应用试验	侯典国 朱玉霞 黄 磊 童三和(62)
用于重油 FCC 的汽油降烯烃催化剂 GOR - DQ 的研究	
开发	许明德 徐志成 达志坚 田辉平(66)
GOR - IIQD 降烯烃催化裂化催化剂的工业应用	田永亮 于海明(73)
LBO - 16 降烯烃催化剂在重油催化裂化装置上的工业	
应用	孙晏明 花 飞 岳荣伟 王靖亭(77)
降低汽油烯烃含量裂化催化剂 LBO - 12 的研制与	
开发	刘从华 张忠东 邓友全 高雄厚 王智峰(81)
LVR - 60B 催化剂在燕山渣油催化裂化装置上的应用	张启敏 张红星(87)
LVR - 60 渣油催化裂化催化剂的工业应用	刘怀元 吴 凯 刘存芳(93)
NS - 60 高效抗钒活性剂在重油催化裂化装置上的应用	王庆明 杨发新 吴志伟(99)
加工重油的 LB - 2 裂化催化剂的性能与工业	
应用	刘宏海 张永明 郑淑琴 周宏宝(104)

Orbit - 3600 抗钒重油裂化催化剂的开发与应用	刘环昌	(108)
ROCC - V型重油催化裂化技术的工业应用	刘 昱 张立新 周业勇 陈德胜	(114)
大庆减压渣油催化裂化技术	刘 焱 吴秀章 杨宝康	(119)
加工大庆减压渣油的 DVR 裂化催化剂的研究		
开发	陆友宝 范中碧 田辉平 周素静	(125)
改进 DVR - 1 裂化催化剂配方以降低生焦率	刘振宁 范中碧	(131)
RFS - C 硫转移剂的试生产及工业试用	蒋文斌 冯维成 谭映临 毛卫群	(137)
提高渣油催化裂化轻质油收率的助剂研究	高修平	(143)
重油催化裂化重叠式两段再生技术	闫少春	(149)
针对原料油性质优化催化裂化操作	毛安国	(153)
3.0Mt/a 重油催化裂化装置设计及工业运行	吴 雷 杨启业 王韶华 吴 凯	(160)
采用 UOP 催化裂化技术加工大港常压重油	郭毅威 王玉林 张剑波	(167)
不同结构的重油催化裂化装置结焦的原因分析及防止		
措施	叶晓东 徐武清 刘静翔	(173)
燕化减压渣油催化裂化装置再生系统改造的几项关键技术		
措施	宋以常 凌逸群 梁凤印	(179)
应用旋流式快分技术改造重油催化裂化装置	李来生 余伟胜 蔡 智	(184)
采用富氧再生工艺提高催化裂化再生器烧焦能力	杨宝康 吴秀章	(189)
重油催化裂化新型进料喷嘴技术	龚 宏 张荣克 张苍生 张 琪	(193)

重油加氢技术

RIPP 加氢裂化技术新进展	聂 红 胡志海 石亚华 李大东	(201)
渣油加氢技术的研究 I RHT 固定床渣油加氢催化剂的开发及		
应用	石亚华 孙振光 戴立顺 聂 红	(207)
渣油加氢技术的研究 II 渣油加氢与催化裂化双向组合技术(RICP)的		
开发	石亚华 牛传峰 高永灿 戴立顺	(212)
应用上流式反应器技术扩能改造渣油加氢脱硫装置	孙丽丽	(216)
重溶剂脱沥青油加氢处理工艺的研究	戴立顺 李大东 石亚华 王子军	(221)
上流式渣油加氢催化剂的开发及工业放大	胡大为 杨清河 刘 滨 牛传峰	(226)
上流式反应器在 VRDS 工艺中的应用	穆海涛 孙振光	(230)
齐鲁石化公司 1.4Mt/a 加氢裂化装置的开工及运行	孙振光 王 智	(237)
伊朗常压渣油的两种加工工艺对比	赵晓青 齐国泉 朱豫飞	(243)
FZC 系列渣油加氢处理催化剂的性能及工业应用	蒋立敬 刘纪端 韩崇仁 孙振光	(248)
常压渣油加氢脱硫催化剂的研制及试生产	王 纲 方维平 韩崇仁	(252)
渣油加氢处理(RHT)系列催化剂的工业生产和应用	胡文景 孙振光	(257)
渣油加氢脱金属催化剂 RDM - 2 的研究	杨清河 戴立顺 聂 红 石亚华	(261)
渣油悬浮床加氢技术方案的探索	张忠清 贾 丽 韩崇仁	(266)
多产中间馏分油的中压加氢裂化技术的开发	石亚华 石玉林 聂 红 李大东	(271)

中压加氢裂化加工大庆 VGO 的研究	胡志海	石玉林	熊震霖	刘学芬(276)
生产蒸汽裂解原料的中压加氢裂化工艺——				
RMC	胡志海	熊震霖	聂红	崔德春(281)
提高尾油质量加氢裂化新技术的首次工业应用 ...	张富平	张月红	董建伟	胡志海(287)
RMC 技术加工中东高硫 VGO 的工业应用	王莉莉	朱玉旭	钱中坚	胡志海(293)
多产中间馏分油的加氢裂化催化剂 3974 的研制及其工业				
应用	陈松	关明华	陈连才	沈春夜(299)
焦化蜡油溶剂精制油的加氢裂化工艺研究	王更新	叶安道	赵晓青	霍宏敏(305)
FF-36 加氢裂化预处理催化剂的研制	魏登凌	彭绍忠	王刚	姜虹(309)
FF-26 加氢裂化预处理催化剂的研究及工业				
放大	温德荣	喻正南	梁相程	刘永善(313)
FC-16 多产中间馏分油加氢裂化催化剂的研制及工业				
放大	王凤来	关明华	喻正南	杜艳泽(318)
中压加氢改质成套技术的工业实践				刘家明(324)
加氢装置改造及 RN-32V 蜡油加氢催化剂的工业				
应用	于德海	廖勇	闫乃锋	蒋东红(329)
3996 重质馏分油加氢精制催化剂的研制	王继锋	温德荣	梁相程	魏登凌(334)
3936 重质馏分油加氢精制催化剂的工业应用和器外再生 ...	孙振光	颜志茂	刘守义	(339)
3976 高抗氮高生产灵活性加氢裂化催化剂性能研究	王凤来	关明华	胡永康	(343)
3955 轻油型加氢裂化催化剂的研制	关明华	丁连会	王凤来	胡永康(348)

重油焦化技术

延迟焦化与循环流化床锅炉一体化技术的应用	任炽刚	黄太山(355)
焦化装置掺炼催化裂化油浆技术的应用	阳光军	肖革江(360)
辽河油田超稠原油延迟焦化技术工业应用	张峰	庄野
1.0Mt/a 延迟焦化装置的扩能改造	任晓莉	张卫江
改变操作方式降低延迟焦化石油焦的挥发分	施昌智	李家栋
苏丹稠油作延迟焦化原料的脱钙问题探讨	姜文	赵玉军
延迟焦化加热炉阻焦剂的研制及工业应用	曹秀敏	赵建国
延迟焦化装置能量系统优化改造	蔡晓洁	沈祖勇
大型炼油厂零渣油加工方案的选择	鲍斐	李锐
煤焦油和石油渣油共炭化制备针状焦		张怀平
延迟焦化加热炉管注水改为注干气消除含硫污水污染		庞桂赐
延迟焦化装置长周期生产中存在的问题及解决措施		陶春风
消除焦化炉瓶颈制约的研究	王彦题	付维享
	肖家治	王兰娟

重油加工组合工艺

劣质蜡油加氢处理与催化裂化联合优化生产	于战德(419)
---------------------------	----------

减压渣油掺炼催化裂化油浆丁烷脱沥青-糠醛精制组合工艺

研究	赵渊杰	王会东	关毅(423)
减压渣油溶剂脱沥青-焦化总液体收率的研究	李波海	张玉贞(429)	
低质焦化蜡油的加工优化	刘双成(434)		
塔河重质原油的加工工艺	宋安太(439)		
用组合工艺加工伊朗减压渣油	周成平	姜文	王月霞(444)
催化裂化-溶剂脱沥青组合工艺的应用	刘永红	王万真	杨军朝(450)
溶剂脱沥青-蜡油掺脱沥青油加氢-沥青造气组合工艺			
应用	黄维章	倪晓亮	胡和平(453)
渣油加氢-催化裂化双向组合技术 RICP	牛传峰	张瑞弛	戴立顺
延迟焦化-加氢裂化-催化裂化联合工艺的应用	倪晓亮	吴青(463)	
加工高含硫原油的渣油加氢脱硫-重油催化裂化组合工艺运行及其			
改进	王强	李志军(468)	
辽河田杜-84 稠油加工方案初探	王月霞	刘水(475)	
含硫渣油加氢与焦化加工路线的技术经济对比	刘慧仙	刘灵丽	周颖
			刘延军(479)

沥青生产技术

磺酸盐渣制取道路沥青的研究	于红岩	雷宁红	李添魁	李诗慧(487)
新疆重质混合原油研制高等级道路沥青	蒋福山	刘敬东	迪松林(492)	
道路用改性石油基彩色沥青的路用性能评价	高华	李剑新	罗来龙(495)	
欢喜岭原油与俄罗斯重质原油混炼生产重交通道路				
沥青	陈颖	梁宏宝	孙贤会	李金莲(499)
SBS 母粒法改性沥青的研制及生产	黄婉利	俞仁明	关宗祥	罗望群(504)
高稳定性 SBS 改性沥青的工业生产	蔡菁	贺产鸿	王子军	龙军(510)
用沙特阿拉伯中质原油经减压蒸馏研制 70 号高等级道路				
沥青	李天金	俞华信	严家富	汤晟(516)
科威特原油制取高等级道路沥青的工业试验	张田英	毛卉	王传民	张光庆(520)
魁托原油生产重交通道路沥青	马坚	曾建华	孙小玲	刘凤英(525)
南阳减压渣油生产道路沥青的研究	张忠和	康东会	洪国忠	梁正元
渤海 36-1 原油高等级道路沥青的开发及其温度性质的初步				潘金亮(529)
评价	冯敏奇	郭皎河	杨德斌	陈忠保
高等级道路沥青生产技术的开发与			王端明	胡建国(532)
应用	刘振华	程国香	冯敏奇	王仁辉
				宁爱民(539)

溶剂脱沥青技术

重溶剂脱沥青在含硫渣油加工中的应用	龙军	王子军	黄伟祁	祖德光(547)
减压渣油溶剂脱沥青抽提深度的研究	童仲轩(553)			

采用丙烷脱沥青工艺探讨催化裂化油浆的合理

- 利用 王延飞 程 健 贾生盛 沈本贤(559)
溶剂脱沥青过程的相特性和相平衡研究 李首先 龙 军 付 伟 李东胜(563)
掺炼糠醛抽出油对阿曼和伊朗渣油溶剂脱沥青过程的影响 张 彪 王子军(568)

腐蚀控制技术

- 加工含硫原油的设备腐蚀问题及讨论 张 琦 康 彪(575)
蒸馏装置应用 SF-5T 合金作阀门的密封面材料抵抗环烷酸腐蚀 安 辉 张爽松(581)
加氢裂化装置加工高硫原料腐蚀问题的剖析及对策 ... 沈春夜 戴宝华 罗锦保 陈连财(585)
炼油装置腐蚀诊断支援系统的研究 孟惠民 李泉明 李辉勤 孙冬柏(591)
丙烷脱沥青装置解决硫化氢腐蚀的技术措施 易发军 罗 勇(596)
ZH101WT 有机胺中和剂的评定与工业应用 杜荣熙 张 磊 张 林(602)
高酸值高钙多巴原油的加工 梁彬华 田宏斌 蒋仁彬 钟镇鹏(608)

硫回收技术

LS-951 硫磺回收装置尾气加氢催化剂的研制及工业

- 应用 张孔远 刘爱华 刘玉发 孙振光(617)
LS-971 脱氧保护型硫磺回收催化剂的研制 胡文宾 唐昭峥 解秀清 达建文(623)
LS-971 脱氧保护型硫磺回收催化剂的工业
应用 唐昭峥 胡文宾 刘玉法 张庆安(629)
LS 系列催化剂在 80kt/a 硫磺回收及尾气处理装置上的
应用 唐昭峥 胡文宾 刘玉法 魏文东(634)
还原吸收再循环硫磺回收及尾气处理工艺的工业应用 郭 宏 张松平(638)
硫磺回收装置尾气回收系统生产运行分析 吴 飞(645)
硫回收装置采用富氧技术的研究与应用 宋安太 郝天臻(648)

其他重油加工技术

渣油加工技术的研究 III. 渣油加工方案及技术经济性的

- 研究 石亚华 李家栋 戴立顺(655)
海南炼油项目总加工流程的优化 赵伟凡 孙丽丽 鞠林青(660)
印度 RELIANCE 炼化公司工厂设计的启示 鞠林青 赵伟凡(666)
燃料型减压蒸馏塔一线生产柴油 甄新平 李 荣 田华明 周 伟(673)
劣质蜡油精制过程中糠醛的氧化及其抑制方法 ... 崔 毅 黄新龙 王龙延 齐国泉(677)
石油渣油空气氧化和氮气热缩聚的比较研究 张怀平 吕春祥 李开喜 凌立成(682)
强化蒸馏添加剂在常减压渣油蒸馏中的工业
应用 ... 赵国民 张尤贵 韩 莉 梁文坚 陆善祥 钟晓航 崔 建 柯兴民 周忠国(688)
辽河超稠原油加工方案的初步研究 孙大权 廖克俭 闫 锋 魏 毅 霍开富(692)

综 述

我国蜡油及渣油深加工应大力发展加氢型装置

曹湘洪

(中国石油化工股份有限公司, 北京 100029)

1 前言

对原油中大量存在的蜡油及渣油(以下简称蜡渣油)进行深加工生产汽煤柴油的装置有脱碳型与加氢型两大类。选择什么类型的装置进行深加工, 涉及蜡渣油的可加工性、一次性投资大小、投资回收年限、产品结构、产品质量、加工过程的废气排放、资源的利用率等问题。炼油生产企业在选择蜡渣油深加工装置时最关心的投资回收年限主要依赖原油与成品油的价格, 而原油和成品油的价格与国际油品市场供需关系变动有关, 并且深受国际政治格局变动、主要产油国的政治局势、世界经济发展趋势等因素的影响, 因此选择什么装置对蜡渣油进行深加工是一个比较复杂的问题。本文中分析了我国蜡渣油深加工装置的构成、汽柴油质量、生产过程中烟气排放的现状, 可持续发展对汽柴油质量和生产过程清洁化的要求, 原油资源量、产量的发展趋势与未来的供需矛盾; 提出了我国蜡渣油深加工要大力发展加氢型装置, 严格控制脱碳型装置的建设, 并从新技术推广及技术开发的角度对降低加氢型装置的投资及运行费用提出了建议。

2 我国蜡渣油加工装置的现状

目前, 我国对蜡渣油的加工主要采用脱碳型装置。表1列出了我国2002年原油加工能力及催化裂化、加氢裂化、延迟焦化三类主要蜡渣油二次加工装置的加工能力。

表1 2002年我国原油加工及蜡渣油主要二次加工装置能力统计

项 目	数 据	项 目	数 据
原油加工		焦 化	
能力 ¹⁾ /Mt·a ⁻¹	289.51	能力/Mt·a ⁻¹	24.65
装置套数	174	装置套数	30
催化裂化		比例 ²⁾ , %	8.51
能力/Mt·a ⁻¹	102.80	加氢裂化	
装置套数	148	能力/Mt·a ⁻¹	15.02
比例 ²⁾ , %	35.5	装置套数	15
		比例 ²⁾ , %	5.19

1) 原油加工能力包括常减压蒸馏和常压蒸馏能力。

2) 相对于原油加工能力的比例。

催化裂化在我国蜡渣油深加工中占主导地位。属于脱碳型装置的蜡渣油催化裂化与加氢型装置相比, 一次性投资低, 在环境对油品质量没有严格限制的情况下, 生产的汽油馏分调入少量其他组分即可出厂, 甚至可以直接出厂; 生产的柴油馏分经过适当处理即可调入直馏柴油馏分出厂; 生产的液化气可直接作为民用燃料, 还能从中分离出附加值高的丙烯。同属脱碳型装置的渣油焦化与加氢型装置相比, 同样具有一次性投资低的特点, 而且能处理劣质

减压渣油和催化裂化的外排油浆，生产的焦化汽油加氢后可作为乙烯原料；生产的焦化柴油加氢后即可作为柴油调合组分；生产的焦化蜡油可送到催化裂化装置加工。焦化装置在我国炼油装置中也占较大比重，尤其近几年随着我国乙烯工业的快速发展，乙烯原料紧缺，焦化装置可将渣油部分转化为乙烯原料，建设焦化装置几乎成了渣油深加工的唯一选择。

蜡油加氢裂化生产的石脑油是优质的重整原料，还可以直接生产优质喷气燃料及柴油馏分，柴汽比高，加氢尾油是优质的乙烯原料，但由于其一次性投资高，运行费用也高，在我国的发展速度一直比较慢。主要在生产对二甲苯的企业及个别加工含硫原油的企业建设了蜡油加氢裂化装置。近几年在国内开发了投资成本较低、生产的加氢尾油可以作为优质乙烯原料的中压加氢裂化技术后，蜡油中压加氢裂化引起了炼化一体化企业的重视。

蜡渣油加氢处理后的蜡渣油馏分，硫、氮、重金属含量明显降低，氢碳比提高，再送去催化裂化加工，生焦少、干气少，高附加值产品收率高，汽柴油中的硫含量低及蜡渣油中硫的有效回收，可以大幅度降低加工过程中的废气排放，环境效益明显^[1,2]，尤其适合含硫原油的加工。但是由于其一次性投资高，运行费用高，我国仅少数加工含硫油的炼油厂建设了蜡渣油加氢处理装置。国内开发成功了具有国际水平的减压渣油加氢处理成套工艺技术后，目前用该技术仅建成了一套 2.00Mt/a 的工业装置。

3 我国汽柴油质量的现状

炼油企业蜡渣油深加工的装置构成对汽柴油质量有极为重要的影响。我国汽柴油调合组分主要来自直馏汽柴油和蜡渣油深加工得到的汽柴油。为了保证汽柴油的质量，这些组分都要经过适当的改质处理。如直馏汽油馏分通过重整提高辛烷值，通过加氢降低直馏柴油、催化裂化柴油、焦油柴油的硫含量并提高催化裂化柴油、焦化柴油的氧化安定性。

3.1 汽油

表 2 列出了我国目前汽油调合组分的组成。催化裂化汽油馏分的烯烃含量高，尤其掺炼渣油的催化裂化，汽油的烯烃含量随着掺渣率的提高而增加。表 3 对比了我国汽油 2003 年开始执行的 GB 17930 标准与欧洲现正在执行的 EN 228—99 标准的差距。由于催化裂化汽油占汽油组分的 74%，GB 17930 要求汽油中烯烃含量(φ)不大于 35%，成了许多炼油厂的难题。通过近几年的努力，开发了一系列技术，才使难题得到解决。

表 2 我国汽油调合组分与美国西欧的对比 %

项 目	中 国	美 国	西 欧
催化裂化汽油	74.0	34.5	27.0
重整汽油	7.7	33.5	47.0
烷基化油	0.5	12.5	4.0
直馏汽油	13.4		8.0
MTBE	0.5	2.5	2.0
异构化油		10	5
其 他	3.9	7.0	6.0

为减少汽车尾气排放，北京市已率先提出 2005 年起汽柴油要执行欧洲Ⅲ号排放标准，全国也将紧跟其后。欧洲Ⅲ号排放标准要求汽油烯烃含量不大于 18%，这对我们又是一次严峻的挑战。

表3 我国与欧洲现行汽油标准主要指标的对比

项 目	欧洲 EN228—99	中国 GB 17930—1999		
对应排放标准	欧洲Ⅲ号	欧洲Ⅰ号		
RON	95	90	93	95
MON	85			
抗爆指数 $(R+M)/2$		≤ 85	≤ 88	≤ 90
$w(\text{硫}), \%$	≤ 0.015	≤ 0.08		
$\rho(\text{铅})/\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$	≥ 0.013	≥ 0.013		
$\varphi(\text{苯}), \%$	≥ 1.0	≥ 2.5		
$w(\text{氧}), \%$	≥ 2.7	≥ 2.7		
$\varphi(\text{芳烃}), \%$	≥ 42	≥ 40		
$\varphi(\text{烯烃}), \%$	≥ 18	≥ 35		

3.2 柴油

如表4所示,我国的柴油质量同样明显低于发达国家标准,甚至低于有些发展中国家的标准。如硫含量2002年1月1日才限制 $w(\text{硫}) \geq 0.2\%$,而欧盟国家已开始执行不大于0.035%的排放标准,韩国已限定柴油中 $w(\text{硫}) \geq 0.05\%$ 。我国炼油厂柴油大量来自催化裂化或焦化装置,柴油加氢精制能力不足,含硫量高一直是一个比较普遍的问题。有的炼油厂十六烷值偏低,氧化安定性也难以达到要求。近几年为了达到2002年1月1日执行标准(GB 252)的要求,建设了一批柴油加氢精制装置,问题才得到解决,但一些炼油厂的柴油质量只是勉强达标,要达到欧洲排放标准 NE 590—99 必须投入相当的资金,建设深度加氢脱硫脱芳烃装置。

表4 我国与欧洲现行柴油标准主要指标的对比

项 目	EN 590—99	GB/T 252—2000	项 目	EN 590—99	GB/T 252—2000
对应排放标准	欧洲Ⅲ号		$\varphi(\text{多环芳烃}), \%$	≥ 11	
十六烷值	≤ 51	≤ 45	$T_{95}/^{\circ}\text{C}$	≥ 360	≥ 365
十六烷指数	≤ 46		$w(\text{硫}), \%$	≥ 0.035	≥ 0.2
密度/ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	820~845	实测			

4 我国炼油厂加工过程中烟气排放的现状

炼油加工过程中,排放的烟气含有大量的 SO_x 、 NO_x ,其主要来源一是各类加工装置的加热炉,二是火炬,三是催化裂化的再生器。蜡渣油深加工装置以催化裂化为主的炼油厂,再生器的烟气在排放烟气中占主要份额。我国炼油厂催化裂化原料蜡油或渣油仅有少数厂家进行加氢处理。在统计的我国炼油厂17套催化裂化装置中原料中蜡渣油的硫含量平均为0.56%,其产品的硫含量如表5所示。

表5 我国炼油厂中17套催化裂化装置产品中的硫分布统计结果

项 目	VGO/AR/VR/CGO	项 目	VGO/AR/VR/CGO
原料硫含量	0.56	柴 油	22.60
产品硫含量		油 浆	9.23
干气+液化气	46.30	焦 炭	12.41
汽 油	8.57	损 失	0.87

焦炭中的硫在催化剂再生烧焦过程中都将变成 SO_x 排放到大气中。2001年中国石油和中国石化催化裂化装置共加工原料75.20Mt,按17套催化裂化装置的统计结果推算,排放

到大气中的 SO_x ，折合成硫将达到 52.26kt。为了降低烟气中的 SO_x 、改善环境，有些炼油厂开始使用硫转移助剂。其工业应用结果表明， SO_x 排放可下降 50% 以上^[3]；使用国外最新报道的 DESOXTM 添加剂，再生器 SO_x 的排放可降低 95%^[4]。如果在降低原料硫含量的同时使用烟气 SO_x 转移添加剂，就能取得更好的减少 SO_x 排放的效果。

5 我国原油产量与原油需求预测

2002 年我国共生产原油 168Mt，居世界第 5 位；截止 2002 年底全国剩余可采储量为 2379Mt，居世界第 12 位。根据测算我国原油资源量为 104.6Gt，到 2002 年底全国累计探明的地质储量已达到 22.56Gt，资源的探明程度仅是 21.7%。其中东部地区平均探明率超过 60%，中西部地区和海域低于 30%，均低于 73% 的世界平均探明率，还有很大勘探潜力。老油田通过科技进步，提高采收率也有较大的潜力。但总体来看，勘探难度越来越大，岩性隐蔽油气藏已成为东部的主要勘探对象，地表及地质条件复杂的地区正成为勘探的重点目标区。老油田已进入高含水高采出阶段，原油产量呈递减趋势，开发难度越来越大。预测我国 2005 年的原油产量约为 170Mt，2010 年约为 175~195Mt，2020 年约为 180~200Mt。到 2020 年我国经济总量实现翻两番的目标，未来 18 年 GDP 年均增长率约为 7.0%~7.5%，预计 2005 年、2010 年、2020 年我国原油加工量应分别达到 245Mt，300Mt，390Mt；原油缺口量分别为 85Mt，110~133Mt，200~220Mt。原油资源短缺越来越大的趋势必须引起我们的高度重视。

6 我国蜡渣油深加工应该大力发展加氢型装置

随着我国经济的发展，原油资源短缺的矛盾越来越突出。从世界范围看，截止到 2002 年底，世界原油剩余探明可采储量为 166.15Gt，2002 年当年的原油产量为 3.3Gt，维持 2002 年的产量水平，已探明的剩余可采储量还可生产 50 年。随着科技水平的提高，探明可采储量还会增加，即使每年原油需求量在 3.3Gt 的基础上逐年有所增加，在一段时间内世界原油资源基本仍可以满足世界经济发展的需求。国际能源署的研究结果认为常规石油储量可以轻松地满足 2020 年前的需求^[5]，但从长远看世界石油资源同样面临着短缺的矛盾。图 1 是 Bookout 对世界未来能源供应油总量 ($10^6\text{bbl} \cdot \text{d}^{-1}$ ；1bbl = 158.99L，以下同) 变化趋势的预测^[6]。

最近美国能源与人类研究院通过对世界石油生产国石油产量变化趋势的分析及所建模型，对世界石油生产进行了预测，得到了如图 2、表 6 所示的三种结果^[7]。尽管很难对世界

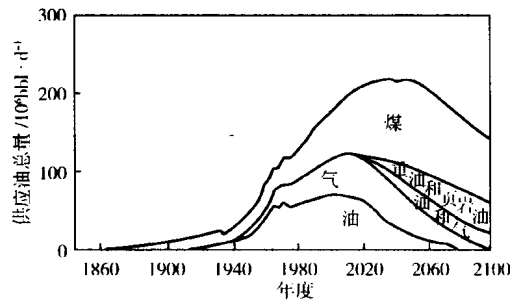


图 1 世界矿物能源供应趋势预测图

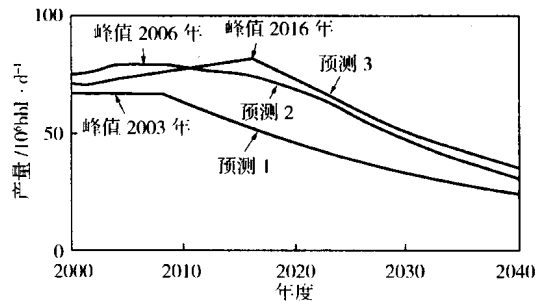


图 2 三种世界石油产量预测

石油生产作出准确的预测，但图 1、图 2 及表 6 都表明应该重视有利于原油资源利用和清洁生产的加氢型炼油装置的建设，同时应重视开发可替代石油资源的新能源。近几年来加氢裂化装置的建设开始受到重视，如表 7 和表 8 所示。1997 ~ 2002 年世界加氢裂化装置的加工能力年均增长 4.6%，催化裂化装置的加工能力年均增长 1.4%，2002 ~ 2005 年加氢裂化装置的加工能力年均增长 8.3%，催化裂化装置的加工能力年均增长 3.5%^[8]。利用天然气、煤炭、石油焦生产清洁燃料已成为国内外能源领域技术开发的热点^[9]。我国已经启动直接法煤液化制车用燃料的示范工程，间接法煤液化制车用燃料的工业化装置正在进行经济技术评估。

表 6 世界石油产量预测

项 目	产 量 预 测		峰值后产量变化		
	年 度	产量/ $10^6 \text{ bbl} \cdot \text{d}^{-1}$	变化量/ $10^6 \text{ bbl} \cdot \text{d}^{-1}$	变化率, %	年变化率, %
预测 1	2003(峰值)	66.7	—	—	—
	2013	56.5	-10.2	-15.3	-1.65
	2023	40.6	-26.1	-39.1	-2.43
预测 2	2006(峰值)	78.8	—	—	—
	2016	73.5	-5.3	-6.8	-0.7
	2026	55.4	-23.4	-29.7	-1.74
预测 3	2016(峰值)	81.0	—	—	—
	2026	58.0	-23	-28.4	-3.31
	2036	40.0	-41	-50.6	-3.39

表 7 世界主要炼油装置加工能力

$10^4 \text{ bbl} \cdot \text{d}^{-1}$

项 目	1997 年	1998 年	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年
加氢处理	3550	3623	3669	3658	3702	3834
催化裂化	1326	1337	1376	1370	1387	1420
加氢裂化	355	409	402	425	430	444
原油蒸馏	7832	8031	8155	8125	8117	8188

表 8 2002—2005 年世界主要炼油装置新增的加工能力预测

$\text{bbl} \cdot \text{d}^{-1}$

地 区	加氢处理	催化裂化	加氢裂化
北 美	976100	137500	99500
亚 太	435100	394700	50000
西 欧	463500		42000
俄罗斯 - 东欧	263180	144100	205000
中 东	595931	145000	1300
南 美	248770	98298	174249
非 洲	83400		
总 计	3065981	919598	572049

表 9 是我国四种原油的渣油组成和碳、氢元素比例分析结果^[10]，表 10 是我国 14 种可用于直接液化的优选煤种煤质的分析数据^[11]，数据说明渣油甚至渣油中胶质和沥青质的氢碳摩尔比要比煤的氢碳摩尔比高得多。表 11 是美国 HT1 公司使用 Black Thunder Mine Sub-bituminous 煤在两段浆状床煤直接液化中试装置上得到的未经加氢处理的煤液化油的性质^[11,12]。从氢含量看，渣油中的氢碳摩尔比还高于 HT1 法煤液化产品的氢碳摩尔比；煤中还含有相当的灰分，O、N 等化合物的量也明显高于渣油。将煤变成清洁燃料必须大幅度提高氢碳摩尔比，其投资成本和加工成本远远高于蜡渣油加氢转化为清洁燃料的成本，而且用