


中国 炼油技术

(第二版)

侯祥麟 主编

 中国石化出版社

中国炼油技术

中国石化出版社

ISBN 7-80164-075-6



9 787801 640758 >

ISBN 7-80164-075-6/TE-007

定价:160.00 元

中国炼油技术

(第二版)

侯祥麟 主编

中国石化出版社

内 容 提 要

本书由国内一些炼油专家撰写而成,系统总结了50年来我国炼油技术的进展和成果,是完整反映我国炼油水平和特色的精粹。它的特点是针对中国炼油的实际,详细阐述了原油的分析评价、各种加工工艺技术、石油产品的生产和评定、炼油催化剂、油品添加剂、油品储运、炼油厂节能、炼油厂污染的防治、计算机管理信息系统及过程控制等整套炼油技术。

本书内容翔实,实用性强,对交流技术成果,促进炼油生产和开发新技术都有积极作用,是广大炼油工作者提高业务素质和技术水平的必备读物,也是开展继续工程教育的参考书。本书的主要读者对象是炼油工业的广大科技工作者,包括教育、科研、设计、基建、生产、管理、销售等方面的专业人员以及院校的高年级学生。

图书在版编目(CIP)数据

中国炼油技术/侯祥麟主编. - 2版.
—北京:中国石化出版社,2001
ISBN 7-80164-075-6

I.中… II.侯… III.石油炼制-科技成果-中国
IV. TE62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 23540 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)84271859

<http://press.sinopec.com.cn>

E-mail: press@sinopec.com.cn

北京精美实华图文制作中心排版

海丰印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

*

787×1092 毫米 16 开本 46 印张 1176 千字 印 1—5000

2001 年 7 月第 1 版 2001 年 7 月第 1 次印刷

定价:160.00 元

《中国炼油技术》第二版编辑委员会

主 编 侯祥麟
副主编 侯芙生 汪燮卿
编 委 (按姓氏笔画排列)
师洪俊 朱康福 闵恩泽 李大东
陈俊武 陆婉珍 张德义 徐承恩
梁文杰 黄大智 廖士纲

《中国炼油技术》第二版编辑部

主 任 汪燮卿
副主任 李秀珍 师洪俊 梁文杰
成 员 黄志华 邹仲荣 王秉钺

《中国炼油技术》第二版主要撰稿人

(按姓氏笔画排列)

王锡础	田松柏	许汉立	刘智强	朱廷彬
华 贲	闵恩泽	严大凡	严 焯	李再婷
李志强	杨天富	陈俊武	陆婉珍	庞桂赐
范耀华	林大泉	祖德光	赵仁殿	侯芙生
徐亦方	徐承恩	黄大智	曹汉昌	阎鸿炳
童广明	彭国庆	廖士纲	熊崇翔	颜志光
戴承远				

《中国炼油技术》第一版编辑委员会

主 编 侯祥麟
副主编 龙显烈 侯芙生 梁国培
编 委 (按姓氏笔画排列)
王经涛 王渤洋 卢成楸 朱吉人 朱康福
朱惟雄 华荔年 李宗维 李 道 杨正宇
何俊英 沙展世 张汝存 陈俊武 陆婉珍
林 风 罗家弼 金国干 荣镇中 施国泉
夏汝钧 顾 群 徐元达 徐承恩 高 士
韩长宁 谢济谋

《中国炼油技术》第一版编辑部

主 任 华荔年
副主任 李秀珍 王志远
成 员 李成林 张 溥 杨怡生 邹仲荣

《中国炼油技术》第一版主要撰稿人

(按姓氏笔画排列)

王君钰	王育森	王经涛	王渤洋	龙显烈
朱吉人	朱康福	朱惟雄	严可居	李宗维
李 道	李 昆	杨正宇	张友石	张寿增
张景河	张澄清	张德勤	陈俊武	陆婉珍
余志英	沙展世	罗家弼	金国干	范耀华
胡菽兰	荣镇中	施国泉	顾 群	夏汝钧
徐元达	徐承恩	曹汉昌	黄宇梁	黄宗灏
阎鸿炳	韩长宁	谢济谋	谢继玄	颜志光

第二版序

应炼油科技人员的要求,在中国石油学会主持下,我和龙显烈、侯芙生、梁国培等同志,从1987年6月开始,主编《中国炼油技术》一书。我们和编委 27 人共同商定该书的内容和提纲,以及对撰稿的具体要求,并承担审稿工作。主要执笔者共 40 人,历时四年,几易其稿。1991 年 7 月终于定稿,同年 12 月由中国石化出版社出版。此书第一次印刷 13000 册,后又增印 2 次,共 4000 册,累计共出版 17000 册,可以认为是受到了读者的欢迎。

《中国炼油技术》虽在 1991 年出版,但书中的材料都是 1988 年底以前的,至今已超过 10 年,在过去 10 年中,中国炼油技术有了比较大的发展。自行建设的生产装置技术水平一般与国际相当,并在一些方面有所创新。特别在催化剂方面,已具有与国外竞争的能力。在工艺方面,渣油催化裂化、半再生式催化重整都有中国自己的技术,而催化裂解则是中国首创。此外,近年来,大量进口含硫原油,环境保护的要求也日趋严格,都推动了炼油生产技术的进步。凡此种种新情况,都显出该书部分内容业已陈旧。因此,对该书进行修订的呼声很高。中国石化出版社依照读者的要求,报经中国石化集团公司批准,对《中国炼油技术》进行修订出版。该社多次约我出来主持此事,我因年事已高,屡加推托未果,故与侯芙生、汪燮卿同志共同主持此书的修订工作。

原书的编委和撰稿人大多已离退休或退居二线,对当前新技术开发过程和生产情况接触较少,故修订班子需另行组织。石油化工科学研究院鼎力支持,以该院为主力,负责组织起修订班子。经中国石化出版社聘请,组成了 14 人的第二版编委会,负责本书的修订工作,并约请了各章修订的执笔者。另成立了新的编辑部负责编辑工作。

鉴于原书是一本全面反映建国 40 年来中国炼油技术水平与特色,业经读者认可的具有权威性的科技专著,因此本版的编委会确定的修订原则是:尊重原著,保持文风,尽量少改。只有属于下述情况的要进行改写: 1. 原书有错误的要修正; 2. 在生产上已被淘汰的落后技术一般应删去; 3. 数据陈旧不能反映当

前水平的要更换新数据；4. 十年来开发成功的新技术，业已工业化，并证明有良好经济效益的(含引进的新技术)要添加；5. 由于原油和产品变更等促使炼油技术改进的新情况应有所反映；6. 一般原理可适当精简以控制全书篇幅。

根据修订原则及撰稿具体要求，执笔者积极进行工作，每次稿都经主编、副主编及部分编委审查，提出意见后进行修改，三易其稿，最后提经编委会审定同意，交出版社出版。再版内容的修改程度，视各章十年来情况变化大小有很大差异。采用的数据，除少数须保留的原有数据外，大多更换了新的，绝大多数是1998年底的数据。全书结构基本不变，仅第四章删去热裂化一节，并改称“热加工”；第五章增加“催化裂化生产低碳烯烃技术”一节，前后次序也稍加调整；第六章增加“芳烃的吸附分离及转化”一节；此外，为了反映近年来应用信息技术的发展，增加第二十一章“计算机管理信息系统与过程控制”。由于十年来中国炼油技术变化较大，新的内容较多，在修订过程中，虽尽量加以压缩，篇幅仍稍有增加。

修订的目的主要是为了删除陈旧的、不应保留的内容，并增添新的、当前在应用的新技术，以便本书能更好地反映我国当今炼油技术水平，从这个意义来看，可以认为已基本达到目的。至于本书的不足之处，如内容的取舍、文字的表达，均有待今后加以完善。读者对本书有何意见，敬烦指教。

本书第二版的出版，除编委会、执笔者及编辑部的积极工作外，还得到中国石化集团公司、石油化工科学研究院的支持及中国石化出版社的通力合作，对此一并致谢。

侯存祥

2000年10月于北京

目 录

第一章 概论	(1)
第二章 原油评价	(7)
第一节 原油评价内容及方法	(7)
第二节 原油性质	(13)
第三节 原油实沸点蒸馏收率及馏分性质	(20)
第四节 直馏产品的性质	(21)
第五节 各馏分及渣油的组成	(28)
第六节 进口原油的性质分析	(35)
第七节 原油的特点及对炼油工艺的影响	(44)
参考文献	(46)
第三章 原油蒸馏	(47)
第一节 原油脱盐脱水	(47)
第二节 原油蒸馏工艺过程	(52)
第三节 原油蒸馏的分馏塔	(60)
第四节 原油蒸馏的冷换设备	(68)
第五节 原油蒸馏的加热炉	(72)
第六节 原油蒸馏的过程控制	(77)
第七节 防腐蚀	(80)
第八节 产品精制	(84)
参考文献	(88)
第四章 热加工	(89)
第一节 热转化机理	(89)
第二节 减粘裂化	(91)
第三节 延迟焦化	(94)
参考文献	(103)
第五章 催化裂化	(104)
第一节 反应机理和操作参数	(104)
第二节 裂化反应和产品分离	(114)
第三节 催化剂再生和烟气轮机动力回收	(130)
第四节 催化裂化生产低碳烯烃技术	(146)
参考文献	(153)
第六章 催化重整	(155)
第一节 原料油预处理	(155)
第二节 催化重整	(161)
第三节 重整催化剂的失活控制与再生	(178)
第四节 芳烃的抽提与精馏	(186)

第五节 芳烃的吸附分离与转化	(195)
参考文献	(204)
第七章 炼厂气加工	(205)
第一节 炼厂气的产率与组成	(205)
第二节 炼厂气精制	(207)
第三节 气体分馏	(213)
第四节 烷基化	(216)
第五节 甲基叔丁基醚生产工艺	(226)
第六节 催化叠合	(234)
第七节 催化裂化干气中乙烯与苯烃化制乙苯	(240)
参考文献	(244)
第八章 加氢精制、加氢裂化和制氢	(245)
第一节 加氢精制	(246)
第二节 加氢裂化	(261)
第三节 渣油加氢	(276)
第四节 临氢降凝	(282)
第五节 加氢催化剂的预硫化与再生	(288)
第六节 主要加氢设备	(295)
第七节 轻烃蒸汽转化制氢及炼油厂低浓度氢回收	(304)
参考文献	(317)
第九章 润滑油生产工艺	(319)
第一节 渣油丙烷脱沥青	(319)
第二节 润滑油溶剂精制	(327)
第三节 润滑油溶剂脱蜡	(340)
第四节 润滑油白土精制	(353)
第五节 润滑油加氢工艺	(356)
参考文献	(363)
第十章 石油蜡生产工艺	(364)
第一节 脱蜡脱油工艺	(364)
第二节 石油蜡的精制	(370)
第三节 液蜡的生产	(377)
第四节 石蜡成型技术	(386)
参考文献	(389)
第十一章 石油沥青生产工艺	(390)
第一节 石油沥青的化学组成	(390)
第二节 石油沥青资源	(393)
第三节 石油沥青生产工艺技术	(394)
第四节 石油沥青的储运	(407)
参考文献	(410)

第十二章 润滑脂	(411)
第一节 润滑脂的分类.....	(412)
第二节 润滑脂的组分与性能.....	(414)
第三节 润滑脂生产工艺.....	(421)
参考文献.....	(431)
第十三章 合成润滑油	(433)
第一节 酯类油.....	(433)
第二节 聚醚.....	(443)
第三节 硅油和硅酸酯.....	(446)
第四节 含氟润滑油.....	(453)
第五节 磷酸酯.....	(459)
第六节 聚 α -烯烃油.....	(463)
第七节 合成润滑油用添加剂.....	(467)
参考文献.....	(473)
第十四章 石油炼制催化剂	(474)
第一节 催化裂化催化剂.....	(474)
第二节 催化重整催化剂.....	(488)
第三节 加氢精制催化剂.....	(495)
第四节 加氢裂化催化剂.....	(502)
第五节 其他催化剂.....	(510)
参考文献.....	(513)
第十五章 润滑油和燃料添加剂	(514)
第一节 清净与分散添加剂.....	(514)
第二节 抗氧剂.....	(524)
第三节 降凝添加剂.....	(527)
第四节 粘度指数改进剂.....	(531)
第五节 载荷添加剂.....	(533)
第六节 防锈、抗腐蚀、抗泡添加剂.....	(536)
第七节 发动机燃料添加剂.....	(539)
参考文献.....	(543)
第十六章 油品调合	(545)
第一节 调合工艺.....	(545)
第二节 车用汽油的调合.....	(550)
第三节 柴油的调合.....	(554)
第四节 润滑油的调合.....	(559)
第五节 船用燃料油的调合.....	(563)
参考文献.....	(567)
第十七章 石油产品	(568)
第一节 发动机燃料.....	(568)

第二节	润滑油	(580)
第三节	石油蜡	(602)
第四节	石油沥青	(610)
第五节	石油焦	(616)
参考文献		(619)
第十八章	油品储运	(620)
第一节	油品储存	(620)
第二节	油品装卸	(630)
第三节	长距离管道输送	(638)
参考文献		(648)
第十九章	炼油厂的节能	(649)
第一节	节能技术进展概况	(649)
第二节	用能分析与评价	(650)
第三节	主要节能技术措施	(656)
参考文献		(665)
第二十章	炼油厂污染的防治	(666)
第一节	废水处理	(666)
第二节	废水处理场废渣处理	(688)
第三节	酸碱废液的处理	(693)
第四节	硫磺回收及其尾气处理	(699)
第五节	噪声防治	(706)
参考文献		(712)
第二十一章	计算机管理信息系统及过程控制	(713)
第一节	炼油行业计算机网络	(713)
第二节	计算机管理信息系统	(714)
第三节	过程控制	(716)
参考文献		(725)

第一章 概 论

我国现代化的炼油工业，是在中华人民共和国成立以后才开始建立的。在此之前，只有几个很小的炼油厂，工艺技术落后，设备简陋，原油加工量和石油产品品种很少，大部分石油产品依靠进口。新中国成立后，一方面发展油母页岩和煤的低温干馏以及费-托合成以生产人造石油，同时重视石油资源的开发。由于西北地区油田的开发，原油产量逐步增长，对原有炼油厂进行了改建和扩建，并从前苏联引进技术和设备于1958年在兰州建成了第一座百万吨级现代化的炼油厂。

1960年大庆油田的开发，为炼油工业的发展奠定了物质基础。以后又陆续发现了许多新油田，原油产量迅速增长，1965年原油产量超过了10Mt。一批新炼油厂相继建立，1963年实现了石油产品的基本自给，结束了我国石油产品依靠进口的历史。此后，随着原油产量的不断增长，1978年超过了100Mt。1998年达到160Mt。我国炼油工业也相应得到持续发展，到1998年全国有大、中型炼油厂54座，原油总加工能力达到245Mt^①。同时自主开发和采用了多种先进的炼油工艺和设备，对炼油厂广泛进行了技术改造，目前我国已经形成了具有一定规模和技术水平的现代化炼油工业体系。

目前，我国炼油厂以炼制国产原油为主，1998年炼制国产原油和进口原油的比例约为82:18。我国最大的油田为大庆油田，1998年其原油产量约占全国的34.8%；其次为胜利油田占17.1%，新疆(包括南疆)油田占9.7%，辽河油田占9.1%；其他较大的有华北、中原、大港、长庆和吉林5个油田，规模大体相当，合占全国原油总产量的13.1%；海洋石油发展很快，产量占全国的10.2%；其他较小油田产量合计占全国总产量的6%。胜利和南疆为含硫原油，其他都属于低硫原油。我国主要油田原油的共同特点是API度小、密度较大、含蜡量高、轻馏分含量较少，如表1-1所示。

表1-1 我国主要油田原油性质

原油	大庆	胜利	辽河	北疆	南疆 (塔中)	海洋 (惠州)
属性	低硫 石蜡基	含硫 中间基	低硫 环烷-中间基	低硫 石蜡-中间基	含硫 中间基	低硫 石蜡基
API度	32.0	21.1	17.9	23.9	36.0	37.5
密度(20℃)/g·cm ⁻³	0.8617	0.9236	0.9443	0.9070	0.8407	0.8333
200℃馏出量/%	8.2	5.8	6.4	5.7	31.8	20.2
350℃馏出量/%	26.0	20.2	24.4	25.5	58.2	50.0
500℃馏出量/%	53.7	47.3	55.3	51.2	78.0	83.1
蜡含量/%	26.3	9.1	8.3	7.4	1.7	25.8
硫含量/%	0.11	1.03	0.26	0.13	0.54	0.06

①本书所有统计数字均未包括台湾省。

由于多数原油的轻油含量少,为满足国民经济发展,特别是公路运输、农业机械化、铁路内燃机化和船运、航空事业的发展对发动机燃料以及石油化学工业发展的需要,决定了我国炼油厂生产装置的构成中,重油深度加工装置占很大比重。到1998年年底止,催化裂化、延迟焦化等装置的总加工能力达到125.22Mt/a,占原油一次加工能力的51.1%,见表1-2。

表1-2 我国主要重油加工装置加工能力

装置名称	加工能力/Mt·a ⁻¹	占原油一次加工能力/%
催化裂化 ^①	84.29	34.4
延迟焦化	18.53	7.5
减粘裂化 ^②	8.72	3.6
加氢裂化 ^③	13.68	5.6
合计	125.22	51.1

① 包括催化裂解1.67Mt。

② 包括尤里卡1.0Mt。

③ 包括渣油加氢2.84Mt。

如表1-2所示,催化裂化所占的比重最大,特别是近几年掺渣油的催化裂化发展迅速,1998年全国催化裂化装置共加工常压渣油10.25Mt,减压渣油10.15Mt,两者合计20.40Mt,已成为我国重油深度加工的主要手段。1998年催化裂化装置生产的汽油和柴油组分,分别占全国汽油和柴油总量的82%和35%。在其他几种重油加工装置中,由于对优质中馏分燃料的需要日益增加,加氢裂化和延迟焦化近年来有较快发展。

我国产量最多的大庆原油是典型的石蜡基原油,其润滑油馏分具有良好的粘温性能(见表1-3),用常规的生产工艺即可获得符合API I类高粘度指数的润滑油基础油。在建设了润滑油高压加氢处理和异构脱蜡装置后,已可生产符合API II、III类润滑油基础油。此外,我国也用中间基和环烷基原油生产各种润滑油。全国润滑油综合生产能力1998年末达到3.9Mt/a,除满足国内需要外,尚有一定数量的出口。

表1-3 大庆原油润滑油基础油的粘温性能

油 品		150HVI	500HVI	650HVI	150BS
倾点/°C	不高于	-9	-5	-5	-5
粘度/mm ² ·s ⁻¹					
40°C		28~32	95~107	120~135	
100°C					30~33
粘度指数	不小于	100	95	95	95

我国各主要油田的原油都富含石蜡。为了充分利用这一资源,发展了从含蜡馏分中提取石蜡的脱蜡、脱油以及精制、成型等一套完整石蜡生产技术。我国石蜡产量1998年达到1.1Mt,是主要的出口石油产品之一。

我国大部分原油含硫量低,为生产低硫石油焦提供了有利条件。

随着公路交通运输以及汽车制造业的发展,汽车保有量增多,为降低汽车排放对大气的

污染,要求提高汽油质量。为此,一些生产高辛烷值汽油组分的工艺技术,如烷基化、醚化、催化重整等,近年来受到重视并获得发展。1998年我国无铅汽油和90号以上高标号汽油生产比例均达到80%。此外柴油质量也有提高。

在发展天然原油加工的同时,为了满足国防、航空、航天以及电子等领域在各种高温、严寒、辐射、强化学介质等特殊条件下使用的需要,我国还有效地发展了具有各种特殊优良性能的合成油脂,包括酯类油、聚醚、聚硅氧烷、含氟油及磷酸酯等多类化合物。

各种石油加工催化剂和油品添加剂已基本立足于国内。

随着炼油工业的发展,我国已拥有一支强大的、具有丰富经验的炼油生产和科研、设计队伍。随着机械工业的发展,各种炼油装备已基本立足于国内。

在炼油工艺技术的发展上,新中国成立初期,我国炼油厂只有原油蒸馏、馏分油热裂化、釜式焦化、柴油冷榨脱蜡、润滑油离心脱蜡和油品酸碱精制等几种较简单的生产工艺技术。50年代,经过恢复和引进吸收,增加了移动床催化裂化、苯烃化、丙烷脱沥青、润滑油糠醛精制和酚精制、酮苯溶剂脱蜡和白土处理等工艺技术,在炼油生产技术上前进了一大步,特别在润滑油方面,开始有了现代化的完整的配套技术和生产装置,但在发动机燃料的加工技术方面,距世界水平尚有不小差距。热裂化汽油仍在车用汽油中占主要地位。

60年代初开始,通过我国自己的研究与设计,先后建成了延迟焦化、流化催化裂化、催化重整、硫酸法烷基化、尿素脱蜡、加氢精制及加氢裂化等装置,掌握了当时世界上一些主要的炼油工艺技术,并在以后年代中得到充实、发展与提高。与此同时,还进行了炼油催化剂和油品添加剂的研究与生产,为炼油新工艺和石油新产品的开发创造了条件。

自1978年,国家实行改革开放以来,为了进一步完善和提高我国的炼油生产技术,经济有效地为市场提供更多更好的石油产品,开发了一批炼油新技术,如掺渣油催化裂化、催化裂解、馏分油和渣油加氢裂化、中压加氢技术、催化蒸馏醚化技术等,同时也引进了重油催化裂化、连续再生式催化重整、氢氟酸法烷基化、高压加氢裂化、渣油加氢裂化和润滑油添加剂生产等少数技术,以资借鉴,从而使我国炼油工艺技术达到或接近了当代世界先进水平。

我国几种主要炼油工艺技术的发展过程及其现状分述如下:

1. 原油蒸馏

原油蒸馏是石油加工中最古老最基本的工艺过程,但它一直有所发展。特别是在70年代世界发生能源危机以后,由于它是炼油厂中消耗能量最大的装置,因此,我国各炼油厂都对其进行了以降低能耗、改善分馏效率为中心的技术改造,采用了优化换热流程,提高加热炉效率、改进分馏塔板,推广干式减压蒸馏,低温余热利用等主要措施,以及采用各种新型、高效、低耗设备,使原油蒸馏装置的平均能耗大幅度下降,最先进的常减压蒸馏装置,能耗为420MJ/t,达到了当代世界先进水平。同时进一步改善了油品分割情况,提高了轻油拔出率和产品质量。

2. 热加工

直至60年代中期,热裂化一直是我国炼油厂中生产轻质油品的最主要手段,随着催化裂化的发展,从70年代开始在我国已停止发展,原有的多数装置均停止生产。

延迟焦化是我国重点发展的重油热加工工艺。由于我国原油多数偏重,含硫量低,通过延迟焦化,一方面可提高加工深度,增加轻质油收率,另一方面可生产低硫优质石油焦,因

而延迟焦化在我国具有一定的生命力,发展较快,仍有新的生产装置不断在建设。近年来研究成功了针状焦的生产工艺,可用以生产超高功率电极。

为了减少工业和船用燃料油的轻油掺和量,重油减粘裂化工艺近年来在我国得到发展。上流式减粘裂化工艺的研究成功,提高了减粘效果和延长了开工周期,多套工业装置已建成投产。

3. 流化催化裂化

流化催化裂化是我国最主要的二次加工工艺,也是我国技术经验积累比较丰富的工艺过程。早在50年代,我国就开始了流化催化裂化工艺和催化剂的研究开发工作。1965年建成了第一套加工能力为600kt/a的流化催化裂化装置。随后又陆续建设了多套装置,最大加工能力1.2Mt/a。70年代初,由于发展了沸石裂化催化剂,我国催化裂化向提升管反应器方向发展,并先后建成了并列式和同轴式两种类型的装置多套,目前最大装置加工能力为3.0Mt/a。在加工原料上,也从馏分油发展到掺炼减压渣油 and 全常压渣油。近十多年来,我国在重油催化裂化领域取得了重大进展,开展了多种两段再生技术、内外取热技术、高效雾化喷嘴、PV型高效旋风分离器、提升管出口快分系统、烟气能量回收和富氧再生等技术。1998年催化裂化原料中常压渣油和减压渣油的比例合计达到了38.8%,使我国催化裂化技术上升到一个新的水平。

我国流化催化裂化技术的发展,是与裂化催化剂的发展分不开的。在大量研究工作的基础上,60年代中期生产出无定形硅铝微球催化剂,70年代初开始发展沸石裂化催化剂,80年代以来重点发展超稳Y、稀上氢Y、双(多)沸石组分等重油裂化催化剂。30多年来,随着催化裂化工艺技术的发展,先后生产出各种全合成、半合成和全白土型稀土Y型沸石和超稳沸石催化剂,形成了品种系列,性能达到国际上同类产品的先进水平,适应了各种工艺条件、不同原料和不同加工目的生产装置的需要。此外,还发展了CO助燃剂、金属钝化剂及辛烷值助剂等。

4. 催化裂化生产低碳烯烃技术

在催化裂化技术的基础上,90年代我国又开发了催化裂解(DCC)、最大量生产汽油和液化气(MGG)、最大量生产异构烯烃(MIO)等催化裂化生产烯烃技术。在以生产丙烯为主的催化裂解(DCC)工艺的工业装置上,采用胜利油原料和择形沸石催化剂,丙烯收率可达17.4%,丁烯收率13.4%;最大量生产汽油和液化气(MGG)工艺,原料为新疆油,工业装置上汽油和液化气总收率高达79.3%,其中汽油和液化气比例为6.5:3.5;最大量生产异构烯烃(MIO)工艺,异丁烯和异戊烯总收率超过10%。

5. 催化重整

1965年,我国在自己研究的基础上,建成了第一套单铂催化剂重整工业装置。以后又陆续发展了双金属及多金属催化重整。有的催化重整装置用于生产芳烃。使用的芳烃抽提溶剂多数为三乙二醇醚和环丁砜。

多年来,我国在重整催化剂、工艺和设备方面都做了大量工作。催化剂先后开发了单金属、双金属及多金属等品种,载体则从 $\eta\text{-Al}_2\text{O}_3$ 发展为热稳定性好的 $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$,新一代的高铈铂比半再生重整催化剂和铂锡系列连续重整催化剂系列可满足各种半再生式和连续再生式生产装置的需要。在工艺和设备方面,根据我国重整原料油的特点,开发了吸附法和加氢法预脱砷技术;采用了重整两段混氢和径向反应器、热壁反应器、多流路加热炉以及立式纯

逆流换热器等。我国原来的催化重整装置均为半再生式，后来建设了两种不同型式的连续再生式装置。

6. 加氢精制和加氢裂化

50年代初我国就进行了加氢精制催化剂的研究，并将其应用于页岩油柴油的精制。由于催化裂化、焦化等深度转化能力的提高，以及加工进口含硫原油数量的增加，近年来，催化裂化轻循环油、焦化馏分油和含硫常压瓦斯油在中等氢分压下的加氢技术发展很快，各种加氢精制装置的总加工能力，到1998年底已达到29.2Mt/a，此外还普遍应用于催化重整原料预加氢、润滑油精制和石蜡精制等方面。国产RN、FH、FD等系列催化剂，在工业装置上应用显示出良好的脱硫和脱氮活性。

我国在50年代初就进行了加氢裂化工艺及催化剂的研究，建成了页岩油的加氢裂化装置。1966年，在自己研究的基础上，建成了第一套天然原油馏分油加氢裂化装置。近年，由于对优质中间馏分燃料的需求增加，加氢裂化技术的发展受到重视。我国在消化吸收引进高压加氢裂化的基础上，开发建设了多套高压加氢裂化装置。馏分油的缓和加氢裂化、催化裂化轻循环油的中压加氢改质等中压加氢处理技术也得到发展，既可改善中间馏分油质量，又可提供尾油作烃类水蒸气转化生产乙烯的优质原料。随着加氢裂化的发展，加氢裂化催化剂的研制开发也很快，已有几代轻油型和中间馏分油型的加氢裂化催化剂分别在工业装置上应用，具有良好的活性、选择性和稳定性。渣油加氢处理催化剂，包括脱金属、脱氮和脱硫催化剂进行配套系列化的开发，可以满足渣油加氢处理装置的应用。为了配合加氢工艺对氢的需要，除充分利用催化重整的廉价氢外，还研究发展了烃类蒸汽转化制氢工艺及其催化剂。各炼油厂广泛采用轻烃和石脑油制氢技术。

7. 润滑油生产工艺

润滑油是我国重点发展的一大类石油产品。从50年代末期开始，就采用了丙烷脱沥青、溶剂精制、溶剂脱蜡等现代生产工艺技术。使用的精制溶剂主要有糠醛、酚和*N*-甲基吡咯烷酮；使用的脱蜡溶剂主要为甲基乙基酮-甲苯。在工艺和设备上，广泛采用了转盘塔抽提、新型填料、溶剂临界和超临界回收、多效蒸发、脱蜡溶剂多点稀释、滤液循环以及脱蜡-脱油联合生产工艺。为提高基础油质量，近年又引进了提高粘度指数的润滑油高压加氢处理和异构脱蜡装置，用以生产符合API II、III类润滑油基础油。

随着生产工艺技术的发展，我国炼油工业在石油产品的数量、品种和质量上，以及在生产过程中的能量节约、污染防治、过程控制等方面，获得了全面的发展和提高。

在石油产品方面，汽油、煤油、柴油、润滑油四类产品的产量，1998年达85.3Mt/a。产品品种也发展到800余种，其中包括高辛烷值无铅车用汽油、各种航空汽油和喷气燃料、汽油机油、柴油机油、航空润滑油、汽轮机油、液压油、齿轮油、各种合成油、食品蜡、高等级道路沥青、针状焦及润滑脂等。此外，我国炼油厂还利用炼厂气中的烯烃生产乙苯、聚丙烯、丙烯腈和其他多种化工产品。在产品质量上，通过不断改进生产工艺，采用新的精制技术，发展和使用各种油品添加剂，完善测试仪器、台架，采用国际通用规格标准，以及建立质量管理体系，使各类石油产品的质量不断提高。

在节约能量方面，把加强用能管理和节能技术改造结合在一起，以节能技术的进步促进节能工作深入发展。采用能量平衡、焓平衡分析和评价等方法，不断挖掘工厂节能潜力，进行全面综合优化，改进工艺过程，提高设备效率，合理利用蒸汽及低温热源，减少能量损