



THESES OF REFINING CHINA 2010

第四届 2010
北京国际炼油技术进展
交流会论文集

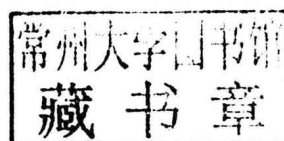
大会组委会 编

中国石化出版社
[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

第四届(2010)北京国际炼油技术进展交流会论文集

Theses of Refining China 2010

大会组委会 编



中国石化出版社

内 容 提 要

本书为“第四届(2010)北京国际炼油技术进展交流会”论文集。书中论文旨在重点研究全球低碳经济下中国炼化企业如何应对当前形势,及时掌握国外炼油工业生产、经营及相关先进技术应用和发展趋势,协助和支持中国炼化企业及时了解国际先进技术、优化生产操作、促进节能降耗、切实提高经济效益,适应低碳经济时代的要求。该书的出版对于促进我国炼油技术的发展与对外合作交流有积极作用,为广大炼油企业技术、管理人员提供一个宽广的交流平台。

图书在版编目(CIP)数据

第四届(2010)北京国际炼油技术进展交流会论文集
/大会组委会编. —北京:中国石化出版社, 2010. 3
ISBN 978-7-5114-0317-9

I. ①第… II. ①第… III. ①石油炼制—国际学术会议—文集 IV. ①TE62-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第029103号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者以任何形式或任何方式传播。版权所有,侵权必究。

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
廊坊市兰新雅彩印刷有限公司印刷
全国各地新华书店经销

*

889×1194毫米16开本 31印张 76000千字
2010年3月第1版 2010年3月第1次印刷
定价:100.00元

目 录

1 我国炼油工业可持续发展的对策思考	曹湘洪(1)
2 中国 2050 年的能源和石油需求情景	姜克隽(11)
3 2009 年的中国炼油工业	
China's Rrefineries in 2009	毛加祥(31)
4 改善炼油企业利润, 同时满足大气排放要求	
Improving Refinery Margins & Meeting Air Emissions Targets	
.....Philippe Palfrey(41)	
5 清洁燃料技术的集成化工业应用	
Integrated Industrial Application of Clean Fuel Technology	孙丽丽(55)
6 发展清洁燃料面临的形势和对策	张福琴(66)
7 为清洁燃料项目供应氢气	
Supply of Hydrogen for clean fuel projects	Odile Buard(84)
8 湛江中科合资炼化一体化项目的发展	
The Development of the Sino-Kuwait Refinery & Petrochemical Comple	
in Zhanjiang	赵建炜 Geert Scholte(96)
9 选择最优化的急冷技术壳牌超平急冷盘技术 (UFQ) 与案例分析	
Choosing Optimal Quench Interbed Technology Shell UFQ- Case studies	
..... 黎德晟(106)	
10 油品添加剂如何改善燃料油质量和炼油产能及效益的实例研究	
How Fule Additives Can Improve Fuel Quality and Refining Productivity	
and Profitability With CaseStudies	Glenn Kenreck(119)
11 使用固体酸催化剂生产超清洁汽油	Mitrajit Mukherjee(128)
12 提高 ARAK 炼油厂的转换效率	
Improving Turn Around Efficiency At ARAK Refinery	Saeid Mahjoubi(137)
13 依靠放射性同位素技术获取信息以提高流化床催化裂解 FCC 效率	
Incereasing FCC Efficiency With Information Gatherend By Radioisotope Technology	
..... Dave Ferguson(153)	
14 安全可靠,可带来效益的,在不确定时间内进行的焦鼓卸载技术	
Safe,Reliable and Profitable Coke Drum Unheading in Uncertain	
Economic Times	理查德 福特(164)

- 15 压缩机控制元件公司在炼油行业的专业经验.....Qu Feng(171)
- 16 实时能源管理案例研究
Real Time Energy Management Some Case Studies
..... Qscar Santollani(185)
- 17 基于催化裂解和改良工艺生产环保清洁型高辛烷值汽油
The production of Environmental and Clean High Octane Number Gasolines Based on
the Catalytic Cracking and Reforming Processes
.....Tarek M Aboui Fotouh(212)
- 18 在实验装置中加氢去硫工艺参数的研究
Parametric Study Of Hydrodrulsulfurization Process In Pilot Plant
..... Fawzi Mohamed Elfgi(226)
- 19 燕山石化清洁油品生产工艺技术..... 华 炜(234)
- 20 泄压阀 (PRV) 检测的应用
Pressure Relief Valve(PRV) Monitoring Application..... 全 军(245)
- 21 高酸原油及其加工
High TAN Crude and Its Processing 吴 青(272)
- 22 MIP CGP 工艺专用催化剂的优势-中国炼油企业研究结果
Benefits of Using a Purpose Designed Catalyst for the MIP GCP Process:
results for a Chinese refineryLeonard chan(294)
- 23 Mathura 炼油厂原油蒸馏塔故障检测新方法
Novel Approach In Troubleshooting Mathura Refinery CDU
ColumnKhan Mohammad Musteqeem(312)
- 24 优化硫回收装置结构, 降低成本、减少 CO₂ 排放
Sulphur Plant Configurations To Cut Costs And CO₂ Emlssions Some
Chinese Exnmples Luciano Sala(324)
- 25 常减压塔顶系统的多种腐蚀机理
Multiple Corrosion Mechanisms In A Crude Distillation Overhead System
..... Cameron Kennedy(335)
- 26 柴油加氢脱硫的动力学: 催化剂设计
Kinetics of Hydrodesulphurization of Diesel:Catalyst Design Aspects
..... Sudip K. Ganguly(347)
- 27 含硫原油加工方案研究进展..... 宋昭峥 等(354)

28 含硫原油加工方案技术、经济和环境综合评价	宋昭峥 等(361)
29 中海油环保橡胶油性能及应用	付玉娥(372)
30 湿法过氧化氢氧化技术处理炼油和乙烯废碱液	何 翌(381)
31 炼油厂脱硫溶剂的选择与系统优化探讨	韩慧龙(385)
32 减压渣油性质与生焦率、气体组成及收率的关联	梁朝林 等(390)
33 焦化柴油烷基化精制改质的研究	谢颖 等(398)
34 催化干气制乙苯装置结焦物生成原因分析	曲帅卿(405)
35 关于原油加工过程中防治氯化物腐蚀的建议	屈清洲(411)
36 上下游一体化管理 保证污水处理场稳定运行	闫萍 等(414)
37 催化装置典型冷换设备腐蚀分析	原 欣(418)
38 换热器管束试漏枪的应用与推广	赵 龙(422)
39 空分装置的工艺选择	林英 等(425)
40 催化油浆的合理利用	公丕江(431)
41 固体酸催化生产烷基化汽油	刘经纬 等(436)
42 钾改性对复合氧化物负载型催化剂 SHDS 性能的影响	张振莉 等(443)
43 柴油燃料规格的进展和柴油燃料添加剂	王志新(453)
44 催化裂化吸收稳定系统单/双塔流程模拟计算与比较	陈来锁(458)
45 防止焦化装置分馏塔结焦的方法	王安华 等(466)
46 催化裂化装置再生烟气的再利用	李乃义 等(472)
47 工艺管道泄漏的预防与科学治理	赵 龙(477)
48 中国石化行业的低碳经济之路	卢建华(481)
49 挖掘管理目标, 提升数据价值	谷钰龙 等(485)
50 MES 引发信息部门的价值思考	赵元旭(491)



我国炼油工业可持续发展 的对策思考

曹湘洪

中国石油化工集团公司

提纲

- 一、我国炼油工业现状
- 二、我国炼油工业的发展机遇
- 三、我国炼油工业面临的挑战
- 四、我国炼油工业可持续发展的对策思考



中国石化 SINOPEC

1

一、我国炼油工业现状

我国炼油工业从小到大，由弱转强，已经形成了完整的工业体系，成为世界炼油大国。

表1 2008年全球炼油能力位居前十位的国家

位次	国家	炼油能力（亿吨/年）
1	美国	8.81
2	中国	4.35
3	俄罗斯	2.77
4	日本	2.33
5	印度	1.50
6	韩国	1.36
7	意大利	1.24
8	德国	1.18
9	沙特阿拉伯	1.05
10	法国	0.98



中国石化 SINOPEC

2

一、我国炼油工业现状

在做大规模和总量的同时，我国炼油工业努力调整结构，推行装置大型化，装置的平均规模越来越大，原油加工深度不断提高，产品质量持续改进。竞争能力和整体抗风险能力逐步增强。



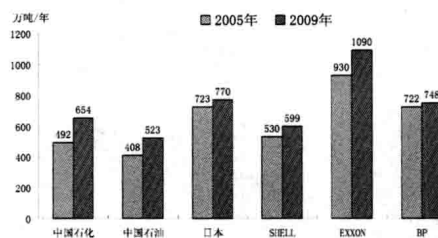
中国石化 SINOPEC

3

一、我国炼油工业现状

炼油装置大型化

2005—2009年世界主要炼油公司单厂平均规模变化图



中国石化 SINOPEC

4

一、我国炼油工业现状

我国已全面掌握原油加工技术，能自主建设千万吨/年大型炼油厂

通过自主开发，我国已经全面掌握原油加工技术。

开发成功重油催化裂化、连续重整、蜡油加氢处理及加氢裂化、渣油加氢处理、延迟焦化等一系列有自主知识产权和自由运作权的成套技术，部分技术达到国际先进水平。

催化裂解技术（DCC），不但在国内建成大型工业生产装置，而且出口国外。

围绕劣质原油加工、汽柴油质量升级，炼油催化剂及工艺技术水平迅速提升。已掌握生产低硫和超低硫汽、柴油的工艺技术和催化剂技术，可以为加工不同种类原油的炼油厂根据产品结构和质量标准，进行加工技术的优化组合。

能采用具有自主知识产权技术，自主设计建设千万吨/年大型炼油厂。



中国石化 SINOPEC

5

一、我国炼油工业现状

炼油过程使用催化剂基本上都可以由国内供应，催化裂化催化剂等已进入国际市场。

炼油技术的不断进步，为炼油工业的发展提供了强有力的技术支撑。



中国石化 SINOPEC

6

二、我国炼油工业的发展机遇

我国经济发展正处在重化工业阶段，油品需求增长强劲。

中国工程院2005年完成的《中国可持续发展油气资源战略研究》报告中预计，全面实施节油、提高石油资源利用效率，2020年汽车保有量控制在1亿辆，我国石油需求可控制在4.5亿吨，其中，汽煤柴三大类成品油需求可控制在2.45~2.55亿吨左右，交通运输用汽柴油占汽柴油消费总量的比例将从2000年的68%上升到2020年的84%，交通运输业将成为拉动国内成品油需求增长的主要因素。



中国石化 SINOPEC

7

二、我国炼油工业的发展机遇

近几年轿车进入家庭，汽油产业快速发展，带动石油消费持续增长，2009年汽车产量1379.5万辆，销售量1364.5万辆，分别比上年增长48.2%、46.2%，机动车保有量大幅增长，其中汽油车、柴油车保有量增速分别为24%、15.2%。

2008年，受到国际金融危机影响，我国汽煤柴油表现消费增速放缓，但仍达到2.052亿吨，比上年增长10.3%，受世界金融危机影响，经济增速放缓，上半年成品油消费下降，下半年经济回升向好，消费增长，四个季度消费增速分别为-8.4%、2.2%、1.2%、13.7%，全年成品油表观消费量达到2.068亿吨，仍比上年增长0.9%。

最新预测，到2020年，我国汽煤柴油的需求量将达到3.5~3.9亿吨，汽油消费增速将快于柴油；交通运输业的快速发展对成品油的质量、结构等都将提出更多和更高的要求。

市场为中国炼油工业提供了难得的发展机遇。



中国石化 SINOPEC

8

三、我国炼油工业面临的挑战

1. 石油资源成为最大的瓶颈制约

(1) 石油资源的国际依存度不断升高

从1993年我国成为原油净进口国以来，进口量逐年增加，尤其近几年增速更快。2009年，原油净进口量已达1.99亿吨。今后进口依存度还会不断升高，石油将成为炼油工业可持续发展的最大的瓶颈制约。



中国石化 SINOPEC

9

三、我国炼油工业面临的挑战

表2 2003~2008年中国的石油供需情况

年份	剩余可采储量 (亿吨)	产量 (万吨)	储备比	石油表观消费量 (万吨)	净进口(原油+成品油) (万吨)	石油进口依存度
2003	23.87	16988	10.4	27672	10588	38.3%
2004	24.91	17504	10.5	32226	15038	46.7%
2005	24.9	18146	10.1	32358	14361	44.4%
2006	20.4	18376	11.1	35232	16935	48.1%
2007	20.95	18597	11.3	37090	18348	49.5%
2008	21.29	18946	11.2	37983	20053	52.8%

数据来源：剩余可采储量、产量、储备比源自国土资源部发布的2008年全国油气储量公报；净进口可采储量中2003~2005年为剩余技术可采储量，2006~2008年为剩余经济可采储量

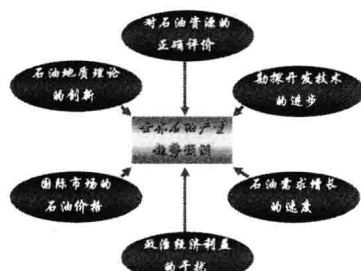


中国石化 SINOPEC

10

三、我国炼油工业面临的挑战

(2) 世界石油产量接近高峰，进入高油价时代



最乐观的估计，世界石油产量将在2030年左右达到高峰。



中国石化 SINOPEC

11

三、我国炼油工业面临的挑战

从全球石油勘探的形势看，勘探新发现的油田数量在不断减少，规模也在不断减小。世界发现的油气田的平均规模：

1925~1950年为1.10~1.23亿吨油当量；

1950~1980年为0.33~0.41亿吨油当量；

1980~2004年为0.06~0.11亿吨油当量。

勘探开发的难度越来越大，近几年新的石油发现大都在海上，而且是深海。



中国石化 SINOPEC

12

三、我国炼油工业面临的挑战

投入开发的油田的生产形势令人忧虑。

全球90%的油田进入成熟期，一大批油田的产量经历高峰在不断下降。据报导现有油田产量递减的速度远高于人们的预期，每年达到6.7-8.6%。新投产油田必须在弥补老油田产量下降的同时增产更多的石油，才能保持世界石油产量的上升。现在估算到2030年要维持目前的石油产量，就需要增加4500万桶/天的生产能力，相当于四个沙特阿拉伯。

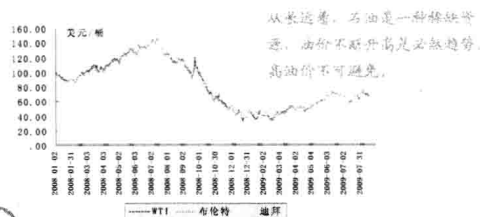
世界石油产量到达高峰，石油不能随着需求的增长而增产，标志着后石油时代的到来。走向后石油时代，石油资源越来越宝贵，资源拥有国保护本国资源的民族主义情绪会越来越高涨，控制石油生产将使油价不断升高，全球已进入高油价时代。



中国石化 SINOPEC 13

三、我国炼油工业面临的挑战

2008年，全球石油供需基本面失衡、投机基金炒作、产油国地缘政治不稳等多种因素共同作用，国际油价一度达到了147美元/桶。2008年8月起，受国际金融危机的严重影响，石油石化产品需求萎缩，国际油价大幅度下跌，2009年4月起又开始振荡攀升，最近在80美元/桶左右波动。



中国石化 SINOPEC 14

三、我国炼油工业面临的挑战

2. 可获得的原油呈现劣质化趋势

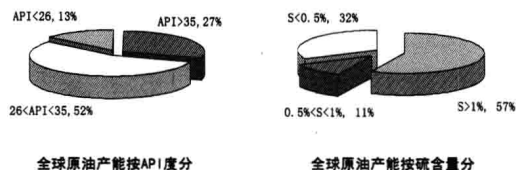
- ◆ 全球原油资源中重质、含硫原油的比例大
- ◆ 原油硫含量将呈增加的趋势，以生产低硫原油为主的亚洲及北欧地区，产量在不断下降
- ◆ 原油会继续加重，南美、北美重质原油产量增长较快
- ◆ 含酸原油产量将逐步提高，中南美和非洲新增原油供应中含酸原油增加



中国石化 SINOPEC 15

三、我国炼油工业面临的挑战

全球原油品质趋向重质、含硫



中国石化 SINOPEC 16

三、我国炼油工业面临的挑战

3. 保护环境要求石油产品质量快速升级

我国汽车工业快速发展，汽车保有量的不断增加，汽车尾气对大气造成的污染越来越受到人们的重视，我国油品质量升级的步伐加快。

- ◆ 1997年我国实现汽油无铅化，12年内，我国在全国范围内已将汽油硫含量从2000ppm降至500ppm，柴油硫含量从5000ppm降到2000ppm，车用柴油硫含量降至500ppm，对苯、烯烃和芳烃等组分含量的控制要求也在不断提高，北京、上海、广州等大城市已执行了更为严格的汽柴油质量标准。
- ◆ 2010年国内车用汽油要全部达到国IV标准，2011年7月车用柴油要全部达到国IV标准，今后国内汽柴油标准将继续提高，炼油企业面临质量升级带来的成本上升压力。



中国石化 SINOPEC 17

三、我国炼油工业面临的挑战

4. 炼油企业将承受CO₂减排的巨大压力

- ◆ 2008年，我国二氧化碳排放量居世界第一位。
- ◆ “节能减排”已经成为事关我国经济和社会生活的大事。国家已明确要把应对气候变化、降低二氧化碳排放强度纳入国民经济和社会发展规划，采取法律、经济、科技的综合措施，全面推进应对气候变化的各项工作。
- ◆ 减排二氧化碳，保护环境，实现企业与社会、环境的协调发展已成为炼油企业的责任。



中国石化 SINOPEC 18

三、我国炼油工业面临的挑战

5. 用煤炭替代石油面临水资源和CO₂减排的两大制约

减少石油资源的过度依赖,实现一次能源多元化已成为全球能源工业发展的趋势。近几年,国际油价持续攀升,煤制油技术不断取得突破,在地方政府的支持下,中国煤制油产业发展迅速起步。

煤炭的氢/碳比低,用煤生产油品的过程碳排放量高。



中国石化 SINOPEC

16

三、我国炼油工业面临的挑战

我国的一次能源消费结构中,煤炭超过三分之二,发展煤制油会进一步抬高煤炭消费的比例。

表3 2003-2008年中国一次能源消费结构

年份	能源消费总量 (万吨标准煤)	占能源消费总量的比重(%)			
		煤炭	石油	天然气	水电、核电、风电
2003	174990	68.4	22.2	2.6	6.8
2004	203227	68.0	22.3	2.6	7.1
2005	224682	69.1	21.0	2.8	7.1
2006	246270	69.4	20.4	3.0	7.2
2007	265583	69.5	19.7	3.5	7.3
2008	28.5亿吨	68.8	18.1	3.8	9.3

数据来源:国家统计局公布

2008年能源消费总量折合标准煤28.5亿吨,其中煤炭消费19.6亿吨,石油消费5.2亿吨,天然气消费1.1亿吨,水电、核电、风电消费2.6亿吨。



中国石化 SINOPEC

20

三、我国炼油工业面临的挑战

煤制油用水量,目前生产1吨直接液化的油品约耗水10吨,我国煤炭资源丰富的地区多数缺水。盲目发展煤制油会对当地的水资源、生态及环境带来破坏性的影响。在我国用煤炭替代石油资源面临水资源和CO₂减排的两大制约。



中国石化 SINOPEC

21

四、我国炼油工业可持续发展的对策思考

1. 优化炼油加工总流程,调整油化一体发展石油化工的思路,合理充分利用石油资源

(1) 优化炼油加工总流程,建设加氢型炼油厂,充分利用石油资源

石油加工的总流程决定石油资源的利用效率,加工总流程必须和原油质量、产品质量相匹配

脱碳型炼油厂和加氢型炼油厂相比,虽然单位原油加工能力投资低,加工费用少,但只是在原油低价格时,脱碳型炼油厂投资回报好于加氢型炼油厂,原油价格高时,加氢型炼油厂投资回报明显好于脱碳型炼油厂。因为加氢型炼油厂和脱碳型炼油厂比,轻质油品(汽、煤、柴油)收率要高7-9个百分点左右,而且产品质量、环保上有明显优势

建设加氢型炼油厂核心要选择好渣油加工路线



中国石化 SINOPEC

22

四、我国炼油工业可持续发展的对策思考

渣油加工要尽可能选择加氢处理或加氢裂化工艺,渣油加工路线的选择和渣油中重金属及沥青质含量有关,不同原油渣油中重金属及沥青质含量差异极大,只有渣油中重金属及沥青质含量到不允许选择加氢路线时,才选择渣油焦化路线,否则都应选择加氢路线

表4 渣油可选的加工工艺

类型	品种	渣油中重金属含量(μg/g)	渣油中沥青质含量(%)	加氢处理	加氢裂化	渣油加工路线			
						加氢处理	加氢裂化	渣油焦化	渣油裂解
1	渣油	<100	<10	√	√	√	√	√	√
2	渣油	<100	<10	√	√	√	√	√	√
3	渣油	100-200	10-20	√	√	√	√	√	√
4	渣油	200-400	20-40	√	√	√	√	√	√
5	渣油	>400	>40	√	√	√	√	√	√



中国石化 SINOPEC

23

四、我国炼油工业可持续发展的对策思考

引进并自主开发渣油沸床加氢裂化技术

渣油沸床加氢裂化技术可以加工劣质渣油,生产高质量的馏分油和减压瓦斯油,转化率可达75%以上,未转化油能用作低硫或中硫燃料油,缺点是投资高,但是效益好,投资回报率高。国外沸床加氢裂化技术H-Oil、Lo-finishing已很成熟。加快在自有技术开发的同时,应考虑引进并建设大型工业装置

渣油沸床加氢裂化-减压瓦斯油高压固定床加氢裂化组合(包括脱洗技术)能使两套装置的高压纯氢网络优化,减少投资,使沸床加氢裂化的减压瓦斯油和直馏减压瓦斯油一起转化,大量生产欧V规格的柴油



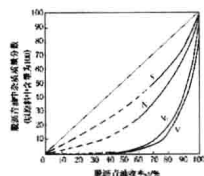
中国石化 SINOPEC

24

四、我国炼油工业可持续发展的对策思考

重视减压渣油溶剂（丁烷或戊烷）脱沥青工艺在生产运输燃料生产流程中的推广应用

采用溶剂脱沥青，可以使渣油中的沥青质和油分离，并让渣油中的金属、硫、氮化合物大部分浓缩到沥青中，脱沥青油中沥青质和重金属等杂质含量大幅度降低，可以通过催化裂化、加氢处理-加氢裂化、加氢处理-催化裂化深度加工



脱沥青油收率与脱沥青油质量的关系



中国石化 SINOPEC

25

四、我国炼油工业可持续发展的对策思考

脱沥青油收率控制适当，保证脱沥青油在230℃能够有较好的流动性，就可以进气化炉实现非催化氧化制合成气，该过程比石油焦化制合成气简单，沥青气化工工艺应予重视。



中国石化 SINOPEC

26

四、我国炼油工业可持续发展的对策思考

适当淘汰渣油焦化装置

近几年我国渣油焦化加工能力迅速增长，在加工原油趋重的情况下焦化能力增加对提高轻油收率上起到了重要作用，但没有使原油资源得到充分利用

表5 2002~2007我国炼油加工能力的变化趋势 千吨/年

年份	常压蒸馏	减压蒸馏	延迟焦化 ⁽¹⁾	催化裂化	渣油加氢处理 ⁽¹⁾
2002	331471	142986	24650	99559	5500
2003	345271	149948	27650	105756	5500
2004	353171	149948	37250	106278	5500
2005	371941	155857	42450	111370	5500
2006	417791	173473	45050	118367	8600
2007	427491	174576	48000	118863	8600



中国石化 SINOPEC

27

四、我国炼油工业可持续发展的对策思考

我们焦化加工的渣油大多不是重金属及沥青质含量很高的劣质渣油。

要逐步淘汰可以用加氢路线加工的渣油焦化装置，努力建设加氢型炼油厂，淘汰焦化后多出的渣油，质量好的选择固定床加氢处理，质量差的考虑采用溶剂脱沥青、脱沥青油加氢处理-沥青气化工制氢组合工艺或其他工艺如渣油沸床加氢裂化工艺。



中国石化 SINOPEC

28

四、我国炼油工业可持续发展的对策思考

(2)调整油化一体化的发展思路，石油加工以运输燃料收率最大化为目标，合理利用石油资源

和中东不同，多年来我国石油化工一直坚持油化一体的发展思路，乙烯都以馏分油为原料。目前每年生产乙烯消耗的馏分油超过3000万吨，到2015年会超过4500万吨。

表6 2006年世界乙烯原料构成

组成名称	乙烷	丙烷/丁烷	石脑油	柴油	其他
比例/%	25.65	10.51	55.14	5.64	3.06

表7 2006年我国乙烯原料构成

组成名称	轻油及C3、C4、C5	石脑油	轻柴油	加氢柴油	合计
用量/万吨	258.7	2974.7	263.4	282.4	3018.4
比例/%	8.6	68.74	8.7	9.36	100



中国石化 SINOPEC

29

四、我国炼油工业可持续发展的对策思考

未来市场上，最短缺的石油产品是运输燃料。

表8 全球石油产品需求变化（百万桶/天）

品种	1990	2000	2004	2005	2015	2025	1995-2005 增长率/%	2005-2025 增长率/%
液化气	4.3	6.3	6.8	7.0	8.9	11.0	3.1	2.3
石脑油	2.9	4.8	5.6	6.0	8.8	13.0	4.9	4.0
汽油	17.3	19.8	21.0	21.1	24.7	28.2	1.3	1.5
航空煤油	5.4	6.5	6.5	6.6	8.8	9.4	1.4	1.8
柴油	10.6	20.4	22.5	23.0	27.9	33.6	2.2	1.9
重质燃料	12.4	10.5	10.4	10.5	10.9	11.5	-1.1	0.4
合计	58.8	68.2	72.0	74.1	89.2	106.7	1.6	1.8



中国石化 SINOPEC

30

四、我国炼油工业可持续发展的对策思考

- ① 我国经济快速发展带动成品油消费量迅速增长。
- ② 为满足未来市场对运输燃料的需求，开始发展煤制油（CTL）、天然气制油（GTL）。
- ③ 低碳烯烃可以用煤或天然气做原料MTO、MTP等生产低碳烯烃的技术开发取得重大进展，有的已开始产业化，随着油价的升高，MTO、MTP的经济性不断改善。



中国石化 SINOPEC

31

四、我国炼油工业可持续发展的对策思考

表9 甲醇制烯烃与GTL F-T合成油制烯烃产品产量比较 万吨/年

名称	甲醇	F-T合成油
原料		
天然气 $\times 10^8 \text{Nm}^3$	9.0	9.0
产品/万吨	100	42.86
氢气		0.3384
甲烷	1.69 (甲烷为主的燃料气)	5.40
乙烯	16.94	19.86
丙烯	16.94	7.88
丁二烯		2.20
液化气	5.25	2.03
C ₄ 馏分	1.94	4.50
水、CO ₂ 、焦	57.25	
三烯合计	33.88	29.94
烯产品合计	42.76	43.22*

* 烯烃产量折算成烯烃产品以每吨烯烃耗气4吨计算



中国石化 SINOPEC

32

四、我国炼油工业可持续发展的对策思考

$9 \times 10^8 \text{Nm}^3$ 天然气通过甲醇路线可生产乙烯、丙烯合计33.88万吨， $9 \times 10^8 \text{Nm}^3$ 天然气通过GTL路线可以生产42.86万吨合成油，由于GTL油品组份主要是链烷烃，不含芳烃，是优质的乙烯原料，若GTL油口都作乙烯原料，根据有关资料的数据，测算可以得到乙烯、丙烯、丁二烯合计29.94万吨，低于GTM-MTO的乙烯丙烯产量，从物料平衡看GTM-MTO是值得重视的生产低碳烯烃的技术路线。

着眼长远，面对石油资源紧张，油化一体发展石化产业的思路应该调整：催化裂化多产丙烯，利用催化裂解生产乙烯和丙烯由于能耗高、原油资源利用不合理，不宜发展，石油加工应该以运输燃料收率最大化为目的。



中国石化 SINOPEC

33

四、我国炼油工业可持续发展的对策思考

(3) 调整炼油产品结构，提高运输燃料中柴油的比例

- ① 柴油发动机为压燃式发动机，汽油发动机为点燃式发动机，柴油车比同样输出功率的汽油车可以节油30%以上，柴油车有利降低CO₂排放
- ② 柴油车颗粒污染物排放比汽油车高，通过改进发动机，加装颗粒污染物捕集器、提高柴油质量、降低柴油硫含量和多环芳烃含量，可以得到解决
- ③ 生产优质柴油除了利用原油中的直馏柴油组份外，主要利用蜡油加氢裂化。生产汽油，除了直馏汽油重整，主要利用蜡油催化裂化。前者是加氢型，后者属脱碳型。生产柴油时，运输燃料收率比生产汽油时高，加工能耗也低



中国石化 SINOPEC

34

四、我国炼油工业可持续发展的对策思考

- ① 欧洲轿车中柴油车比例高，还有继续升高的趋势，美国也在学习欧洲的经验。
- ② 学习欧洲经验，家用轿车要重视发展柴油车。
- ③ 炼油企业要适应市场要求，重视增产优质柴油。



中国石化 SINOPEC

35

四、我国炼油工业可持续发展的对策思考

(4) 建设以煤、石油焦或天然气为原料的IGCC和炼油过程集成的炼油厂

- ① 炼油过程大量使用氢气，还要消耗一定量的燃料气、蒸汽和电力。传统的炼油厂生产氢气用的原料、加工过程消耗的燃料气、蒸汽、电往往都来自石油。
- ② 以煤炭为原料的IGCC和炼油过程集成，为炼油企业供氢气、供热、供电、供蒸汽、供燃料气，提高了石油资源和能源的利用效率。新建的炼油企业最好是以煤为原料的IGCC和炼油过程集成的炼油厂。现有的炼油厂最好能通过技术改造逐步实现。
- ③ 具有廉价天然气资源时，也可以发展以天然气为原料的IGCC和炼油过程集成的炼油厂。但从我国国情和长远看，天然气价格和原油价格挂钩的比例会越来越来高，我国民用天然气市场需求增长迅速，工业用气与民用气有矛盾时会用行政手段保证民用，发展天然气为原料的IGCC和炼油过程集成要特别慎重
- ④ 沥青、石油焦也可以是和炼油过程集成的IGCC可以选择的原料，沥青气化比石油焦气化更简单



中国石化 SINOPEC

36

四、我国炼油工业可持续发展的对策思考

2、发挥资源优势，重视生态环境，适度有序发展煤制油、煤化工

(1) 我国有发展煤制油、煤化工的资源条件

相对石油、天然气资源而言，中国的煤炭资源较为丰富，2008年储采比为41。而由于投入不足，我国煤炭资源探明程度还比较低。我国有发展煤制油煤化工的资源条件。

表10 2008年末我国化石能源可采资源情况

品种	石油	天然气 ^a	煤炭
储量/亿吨	24.0	2.46×10 ¹²	1145
储采比	11.1	32.3	41

^a 标准立方米折合立方米



中国石化 SINOPEC 37

四、我国炼油工业可持续发展的对策思考

(2) 我国煤制油煤化工要适度有序发展

- 我国煤炭消费中发电用煤超过50%，要充分考虑发电用煤的需求。
- 我国煤炭资源丰富的地区，大多缺水，生态环境脆弱。

发展煤化工、煤制油，要根据煤炭资源状况、电煤需求状况、水资源及生态环境状况，统筹安排，实现煤化工、煤制油的适度有序发展。电煤消费区及煤炭外运方便的煤炭产区，不宜发展煤化工及煤制油。煤炭外运困难、水资源有保障的地区，可安排大型煤化工、煤制油项目的建设。

(3) 煤制油和MTO、MTP项目要综合分析市场空间和资源利用效率，做出合理安排；煤制油技术路线的选择，考虑CCS及产品质量，一般宜选择费托合成工艺，采用间接法煤制油。



中国石化 SINOPEC 38

四、我国炼油工业可持续发展的对策思考

3、理清发展思路，突破技术瓶颈，重视发展生物质生产运输燃料

(1) 用生物质生产运输燃料是替代石油减排二氧化碳的重要战略性措施

生物质生长过程是固碳过程，将生物质转化为运输燃料，替代石油，是减排二氧化碳的重要措施之一。近期用生物质生产运输燃料既受技术的制约，还受经济性的挑战。但是着眼长远，有很大的发展潜力，要坚定信心。



中国石化 SINOPEC 39

四、我国炼油工业可持续发展的对策思考

(2) 生产运输燃料是生物质的最佳利用方式

石油不可再生，资源有限，世界最早发生短缺的化石能源将是石油。生物质是唯一含碳、唯一可以直接生产运输燃料的可再生资源。生产运输燃料是生物质的最佳利用方式。



中国石化 SINOPEC 40

四、我国炼油工业可持续发展的对策思考

(3) 突破生物质生产运输燃料的技术瓶颈

纤维素乙醇技术尚未达到大规模产业化的水平，要继续做好技术开发。



中国石化 SINOPEC 41

四、我国炼油工业可持续发展的对策思考

(4) 生物质通过热转化平台生产运输燃料要受到重视

纤维素乙醇技术的可行性已经得到验证，热化学转化利用秸秆生产生物燃料（BTL），也已经进行过试验并取得成功，证明了技术的可行性。秸秆通过热化学平台转化制油，秸秆的收集、储存、预处理比生物平台容易，生物质气化后合成气净化与变换、F-T合成，可以借鉴间接法煤制油技术。BTL技术要和纤维素乙醇一样受到重视。



中国石化 SINOPEC 42

四、我国炼油工业可持续发展的对策思考

（5）生物油藻的发展前景广阔，要加强研究开发

研究已经表明，生物油藻可以在淡水或污水、苦咸水中快速生长，产油率远高于其他各种产油作物，生物油藻生长过程大量消耗二氧化碳。培育油藻获得运输燃料的样品不是十分困难的，实现高效率大规模的产业化生产，需要在藻种的选育与改性、生长环境及条件、生物反应器、藻油提取与加工等方面进行系统的研究与开发。



中国石化 SINOPEC

43

四、我国炼油工业可持续发展的对策思考

（6）开发生物质生产运输燃料技术要重视多种技术的集成创新

化学反应和生物反应结合，生物工程技术与化学工程技术结合，能用更高的效率生产出目的产品。要综合应用相关领域的技术进行集成创新。



中国石化 SINOPEC

44

四、我国炼油工业可持续发展的对策思考

4、推进技术创新，加快推广应用，实现炼油过程的节能降耗

（1）节能降耗，减少能源使用是减排二氧化碳最重要、最现实的措施
各种能源开发利用的全过程分析表明，包括可再生能源，任何能源的开发利用过程都要排出二氧化碳，只是多少不同。减少能源的使用是减排二氧化碳最重要、最直接、最现实的措施。



中国石化 SINOPEC

45

四、我国炼油工业可持续发展的对策思考

（2）强化节能意识，完善价格税收政策，推动能源节约

物质产品生产过程耗能，消费过程也大量耗能。生活方式的现代化是建立在更多消耗能源基础上的。人类在享受生活的同时，正在耗尽宝贵的化石能源，大量排放二氧化碳，破坏生存环境。要通过能源和节能科普知识的宣传、强化节能意识，还要采用经济手段，完善法规和财政税收政策，强制节能。



中国石化 SINOPEC

46

四、我国炼油工业可持续发展的对策思考

（3）我国炼油工业有较大的节能潜力

我国炼油工业的节能工作取得了显著成效。

✎ 炼油能耗：2008年我国19家大型炼油企业平均能源密度指数为83.55，先进水平为65.8；而2006年亚太地区平均水平为90.9，先进水平为81。

和国际先进水平比，只有部分企业进入先进行列。不同企业的能耗差距很大，从总体上看，炼油企业在节能方面还有较大的潜力。



中国石化 SINOPEC

47

四、我国炼油工业可持续发展的对策思考

（4）推进技术创新，加快推广应用，实现节能降耗

传统的炼油技术已趋成熟。但新催化材料的发现和相关领域新技术的突破正使传统炼油技术发生重大革新成为可能，如：

✎ 渣油加氢裂化采用纳米催化剂和浆态床工艺，可以使渣油的转化率和轻油收率大幅度提高；

✎ 信息技术、计算技术、自控技术、化工过程技术结合使炼油生产装置实现实时系统优化成为可能。

✎ 新技术的应用将使炼油过程的效率与能耗明显下降。

掌握世界炼油科技发展的新趋势，推进我国炼油技术的集成创新，加快技术的推广应用是不断降低炼油过程的物耗和能耗的根本措施。



中国石化 SINOPEC

48

四、我国炼油工业可持续发展的对策思考

（5）积极推进CCCS技术的研发，逐步实现产业化应用

通过技术与管理的措施，可以减少化石能源的使用，但是不可能不用，用能就会造成二氧化碳的排放。实现低碳经济的目标面临巨大的困难。其中离不开二氧化碳的捕集与储存——CCS。但是还必须重视二氧化碳的转化，包括通过生物的光合作用将二氧化碳转化成有机碳，通过化学转化将二氧化碳转化成化工产品。CCS应该变成CCCS即二氧化碳的收集、转化、储存。



中国石化 SINOPEC

49

四、我国炼油工业可持续发展的对策思考

我国经济处在重化工业阶段。经济发展，能源消费必然增长。我国是一个富煤缺油少气的国家，我国能源消费中煤炭为主局面的局面不可能改变。对中国而言，控制二氧化碳排放总量必须更加重视CCCS。要积极研究CCCS中的科学和技术问题，争取CCCS技术早日实现产业化应用。CCCS技术研究开发中化学家和化学工程师们要发挥积极作用。



中国石化 SINOPEC

50

谢谢！



中国石化 SINOPEC

51

中国 2050 年的能源和石油需求情景

姜克隽

（国家发展和改革委员会能源研究所，北京 100038）

一、研究背景

气候变化是当今国际社会普遍关注的全球性问题，已经成为各国未来经济和社会可持续发展中的重要影响因素。国际社会包括发展中国家都为应对气候变化作出了不懈的努力。随着人们对气候变化的认识越来越多，国际上针对气候变化讨论的强度明显加大，近期一些国家和地区公布了减排的长期和中期目标，2010 年之后国际合作机制谈判也已进入关键阶段。我国未来经济仍将快速增长，实现低碳发展成为社会经济可持续发展的重要选择。

作为发展中国家，中国目前正处于经济发展快速上升时期，温室气体排放也随之上升。中国目前已经成为温室气体排放最大国之一，由于预计未来温室气体排放还要有明显上升，因此中国已经成为气候变化谈判中引人注目的国家。但是，中国的快速经济发展是否有可能在长期时间范围内既保持经济发展目标，又同时开始实现减排？如果能够认识中国的排放途径，对国际减排目标的影响又如何？这些问题构成了我们研究长期中国温室气体排放情景的驱动。同时，定量的温室气体排放情景又可以为相关的多种研究提供基础。

从 1980 年到 2007 年，中国经济快速发展，年均 GDP 增长速度为 9.96%。自 1980 年到 2000 年，在经济快速发展的同时，能源需求却保持较低增长，同期能源弹性系数低于 0.5。但 2000 年之后，在经济快速增长的同时，能源需求也快速增长，从 2000 年到 2007 年，能源弹性系数达到了 0.88，与以前相比明显发生变化。能源消费量从 2000 年的 13.8 亿吨标煤上升到 2007 年的 26.2 亿吨标煤（国家统计局，2007a；国家统计局，2007b）。快速能源增长，也导致 CO₂ 排放量快速增长（图 1）（Jiang Kejun et al, 2007b）。