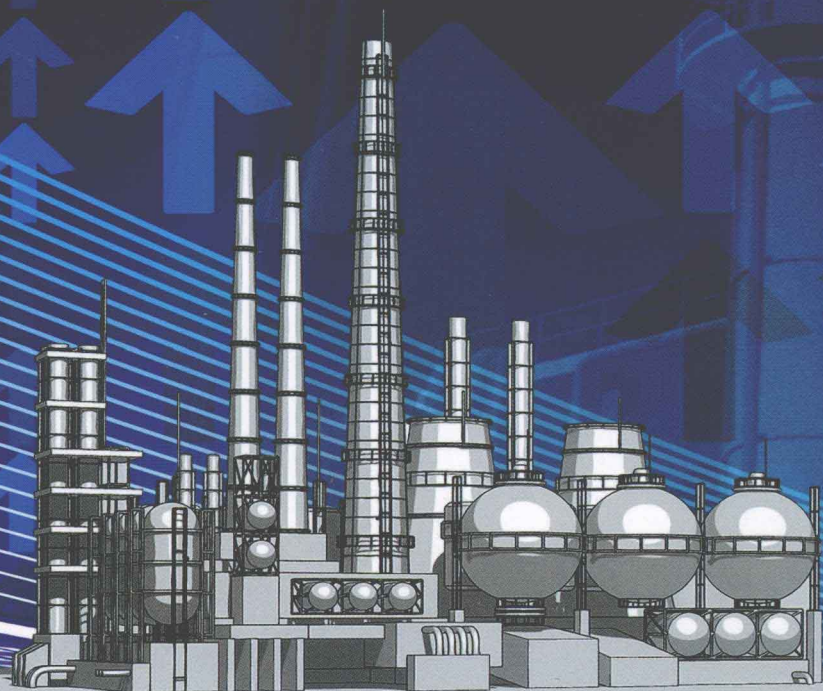


石油化工 技术进展与市场分析

(2008—2011 年)

钱伯章 编著



石油工业出版社

内 容 提 要

本书以 2008—2011 年国内外石油化工和天然气化工领域最新技术进展和 market 分析为主线,全面剖析石油化工基础原料、有机原料和中间体、三大合成材料(合成树脂和塑料、合成橡胶、合成纤维),以及天然气化学品的技术进展和供需市场。

本书可为石油化工行业以及相关行业的各级领导提供决策支持,能为从事规划、生产、科研和贸易工作的技术人员提供咨询参考,并为从事石油化工的科技和信息人员提供信息借鉴。

图书在版编目(CIP)数据

石油化工技术进展与市场分析(2008—2011 年)/钱伯章 编著.
北京:石油工业出版社,2011.9

ISBN 978-7-5021-8682-1

I. 石…

II. 钱…

III. ①石油化学工业—技术发展—中国—2008~2011

②石油产品—市场需求分析—中国—2008~2011

IV. ① F426.22

② F724.741

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 187500 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址:www.petropub.com.cn

编辑部:(010) 64523585 发行部:(010) 64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:石油工业出版社印刷厂

2011 年 9 月第 1 版 2011 年 9 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:34.75

字数:888 千字

定价:180.00 元(附赠光盘)

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

前 言

当前,世界石化工业的发展重心正在向亚洲(尤其是中国)和中东加快转移。今后 10 年内,石化产品需求增长的 60% 将在亚洲,而仅中国就将占 1/3。到 2015 年,亚洲将占关键石化产品需求的 50%,而中国将占 25%。

石化工业已成为中国经济发展的重要推动力,“十一五”期间,中国石油化工产业拥有巨大的发展空间和潜在需求。2010 年石化基础原料乙烯的生产能力进一步提高到的 $1600 \times 10^4 \text{t/a}$,中国占全球乙烯能力比例提高到 14%。在石油化工三大合成材料消费量方面,2010 年五大合成树脂消费量增长到 $4516 \times 10^4 \text{t}$,合成橡胶消费量增长到 $385 \times 10^4 \text{t}$,合成纤维消费量增长到 $1820 \times 10^4 \text{t}$ 。中国石化工业仍是具有发展前景的产业,但也应该注意某些产品产能发展过快带来的隐忧。

目前,我国包括石化产业的原材料工业发展迅速,多种产品产能位居世界第一,在国际上具有举足轻重的地位。但不容回避的是,我国石化产业还存在一些发展挑战,比如产品结构结构性短缺现象仍存在,资源短缺成为长期制约因素,技术创新能力欠缺等。

目前,国内石化行业通用大宗产品多,专用产品少,高消耗、高能耗、高污染、低附加值的基础化工产品多,石化深加工产品、精细化工产品以及高档产品比例低。即使是一些较高档的石化产品,国内生产总量已可以满足需求,但也只是通用品种、牌号上的自给,高端品种仍需进口。

“十二五”将是我国产业转型的关键时期,石化产业应实现跨越式的发展,必须未雨绸缪。“十二五”既是我国石化工业重要的战略机遇期,也是“从石化大国向石化强国转变”的关键时期。

“十二五”期间,我国经济发展正处在工业化中期向工业化后期转变的过渡时期。在这个转型时期,石化行业要进一步加快结构调整,以适应国内相关产业升级对石化产品提出的更高要求。石化工业应加快实现“四个转变”:从发展基础化工原料向发展高新精细产品方向转变;从发展初级化工产品向发展高附加值的高端化工产品方向转变;从粗放型生产向资源节约、环境友好型生产转变;从使用单一的石油原料向使用多种原料方向转变。“十二五”期间,石化工业发展的总体思路是调整结构和提升产业竞争力,目标是实现我国石化行业由大变强、由粗放变精细、由国内拓展国外,应对来自国际市场的竞争和挑战。

本书为读者系统、全面、全新地解读了国内外石油化工产业各类原材料和产品的技术进展与市场分析。本书内容丰富,信息量大,力求做到典型数据与归纳分析相结合,历史沿革与现状和未来趋势相结合,技术进展与市场分析归纳相结合。

本书以 2008—2011 年国内外石油化工和天然气化工领域最新技术进展和市场分析为主线,全面剖析石油化工基础原料、有机原料和中间体、三大合成材料(合成树脂和塑料、合成橡胶、合成纤维),以及天然气化学品的供需市场和技术进展。石油是不可再生资源,为此,本书穿插介绍了正在发展中的煤基和生物质基化学品对石化品替代技术和生产的进展与前瞻,以及温室气体 CO_2 生产石化替代品的前景。

本书对石化产业中某些产品产能过剩的现状和前景提出了预警信号,对目前和未来供

不应求的石化产品及其下游产品给出了发展商机；对世界石化产业中的新技术进步作出尽可能详尽的描述，为我国发展相应技术提供宝贵信息。同时，也对我国自主创新成果给予必要的宣介，为扬长避短和持续发展提供方向；并对世界和我国未来石化产品的发展趋势提供导向性资讯，对我国石化产品的发展前景提出指导性建议。

本书宗旨在于：为石化和化工行业以及相关行业的各级领导提供决策支持，为从事规划、生产、科研和贸易工作的技术人员提供咨询参考，为从事石化和化工工作的科技和信息人员提供信息借鉴，为大专院校相关专业的师生提供参考素材。

由于篇幅所限，本书部分内容以电子版形式呈现，与纸质内容互为补充。有兴趣的读者可阅读本书所附光盘内容。

编著者
2011年6月18日

目 录

绪 论	1
第一节 石化工业发展前景	1
第二节 中东和美国石化工业发展优势	3
第三节 中国和印度继续推动世界石化工业发展	5
第四节 石化替代原料路线拥有发展前景	9
第一章 石化基础原料	15
第一节 乙烯	15
第二节 丙烯	65
第三节 丁二烯	96
第四节 裂解 C ₅ 的综合利用	107
第二章 石化有机原料和中间体	126
第一节 苯酚	126
第二节 丙酮	130
第三节 醋酸	133
第四节 乙二醇	148
第五节 羰基醇	159
第六节 丙烯腈	169
第七节 精对苯二甲酸	175
第八节 苯乙烯	186
第九节 线性 α -烯烃	194
第十节 丙烯酸及其酯	200
第十一节 双酚 A	217
第十二节 环氧乙烷	225
第十三节 环氧丙烷	237
第十四节 聚醚多元醇	252
第十五节 新戊二醇	267
第十六节 异氰酸酯	270
第十七节 苯胺	294
第三章 合成树脂和塑料	305
第一节 合成树脂和塑料发展综述	305

第二节	聚乙烯	311
第三节	聚丙烯	329
第四节	聚苯乙烯	341
第五节	聚氯乙烯	345
第六节	ABS 树脂	357
第七节	聚氨酯	365
第八节	聚酯 (PET)	376
第九节	聚碳酸酯	385
第四章	合成橡胶	394
第一节	合成橡胶发展综述	394
第二节	顺丁橡胶	408
第三节	丁苯橡胶	417
第四节	丁腈橡胶	435
第五节	氯丁橡胶	444
第六节	乙丙橡胶	448
第七节	丁基橡胶	458
第八节	异戊橡胶	469
第五章	合成纤维	478
第一节	腈纶	478
第二节	锦纶	485
第三节	聚酯 (PET) 纤维 (涤纶)	487
第四节	超高强度聚乙烯纤维	496
第五节	氨纶	501
第六章	天然气 (含煤基) 化工进展	509
第一节	甲醇	509
第二节	二甲醚	529

绪 论

世界人口正在增长之中，预计将从当今 68 亿增加到 2050 年超过 90 亿，从长期看，世界人口对石化产品和石化替代产品的需求将会继续增长。

第一节 石化工业发展前景

从 2008 年第 4 季度起，由美国次贷危机引发的金融危机曾席卷世界经济使之进入下行通道，从汽车到化学品再到零售商品，需求快速回落。不过，继 2008 年底和 2009 年初深陷衰退之后，现在全球经济已开始走向回暖复苏，正在推动石化产品需求的增长。截至 2010 年初，这一第二次世界大战以来全球经济最严重的衰退已开始走上复苏之途。

对至 2012 年的预测表明，中国、印度和巴西将会以最快的发展速度增长，而韩国、新加坡和中国台湾省也将增长较快。新兴市场国家的石化工业增速 2010 年为 6.9%，2011—2012 年将为 7.6%。

发达国家因受到新兴市场新增能力的制约和国内市场增长不快的影响，2011—2012 年间的年均增速将为 3.3%。发达国家中，鉴于美元贬值和有竞争力的天然气价格，美国将有最快的增速。

来自美国化工理事会（ACC）的分析数据，2010 年美国化学品产量增长 6%，随着经济的复苏和向中国、亚洲其他地区以及拉美出口的支撑，美国国内化学品的需求将继续改善（表 0-1-1）。

表 0-1-1 美国石化工业增减速度

%

年份	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
大批量石化和有机化学品	0.6	3.2	3.7	-11.7	-5.4	10.7	4.5	2.6	1.8	1.7
塑料	9.2	-0.9	1.0	-12.2	-0.1	5.3	4.3	3.1	2.5	2.2
合成橡胶	-1.0	-4.9	6.0	9.2	-14.5	4.8	3.5	2.8	1.9	2.0
人造纤维	-10.0	-1.3	-4.1	-16.6	-14.6	5.6	0.4	-0.5	-1.2	-1.5

欧洲石化产品生产曾于 2008 年第一季度达到峰值，此后出现萎缩下降态势，但在 2010 年出现微弱复苏，适度增长。据欧洲化学工业委员会（CEFIC）分析，2010 年石化产品产量增长 5.8%（表 0-1-2）。

美国析迈（CMAI）公司发布对世界石化市场的预测，进入 2011 年 5 月，全球石化产业正在从低谷重新回升，并逐渐进入了一个新的景气周期。2004—2008 年是化工盈利高峰维持最久的一次，随后遭遇全球金融危机而陷入低谷。不过石化行业现在已开始回升，

今后几年该行业整体盈利能力将逐年走高，可能在 2014—2015 年达到盈利周期高点。如 2009 年全球基础化工与塑料产品的加权平均息税前利润只有 40 美元/t，2010 年已升至 50 美元/t，2011—2012 年可望达到 80 美元/t，2013 年将劲增至 150 美元/t，2014 年预计将暴增至 200 美元/t，2015 年甚至将升至 220 美元/t。

表 0-1-2 近年欧洲石化产品生产增长率 %

年份	2007	2008	2009	2010
石油化学品	3.6	-4.6	-10.6	6.0
聚合物	1.0	-5.5	-19.7	5.3

2011 年 5 月 26 日在日本福岡召开的 2011 年亚洲石化工业会议 (APIC) 传播的信息表明：未来数年内对石化产品的需求仍将保持强劲。据预测，下一个石化高峰将在 2015—2016 年之间，需求增量的 67% 将在中国和亚洲其他地区。

析迈公司分析，今后几年石化行业整体盈利能力大幅提升的主要原因在于中东地区新建产能将大量释放。就北美地区而言，随着页岩气资源的开发，北美地区天然气的价格由 10 美元/10⁶Btu^①以上大幅降至 3 美元/10⁶Btu，石化企业纷纷转向以页岩气为原料的裂解装置，该地区的石化行业竞争力将因此显著提升。

亚洲的需求增速预计要比全球平均增速更快，至 2015 年的增速将约为 10% 或更高，对当地生产商而言具有相当的优势。整合和使陈旧的高成本产能实施合理化的趋势将继续到 2013 年甚至以后。产能合理化，预计将集中在成本较高的地区，包括东北亚、西欧和北美。全球乙烯产能为 (750 ~ 900) × 10⁴t，到 2012 年将实施合理化。与此同时，新兴国家持续的影响，迫使石化行业在区域和全球层面上进行结构调整，使石化产业的“发展中心”从北美和欧洲这些成熟经济体转向东部的发展中市场。

陶氏化学公司表示，目前亚洲石化工业占世界 35% 的份额，估算在未来 15 年后将会占到约 50%。

Maack 商务公司 (MBS) 在第 18 届聚烯烃年会传播的信息表明，来自中东的石化产品，大多为聚乙烯 (PE)，其出口将在 2012 年翻两番，达到 1700 × 10⁴t/a。

石化产品需求增长的根本推动力是 GDP 的增长。埃克森美孚公司通过长年对市场供求关系进行的分析发现，从长远来看，无论是全球还是各个地区，聚乙烯、聚丙烯 (PP) 等聚烯烃的需求增长都与 GDP 增长有着明显的关联，即聚烯烃的需求增长速度大概比 GDP 增长高 2 ~ 3 个百分点。也就是说，在预期未来全球 GDP 将以每年 3% 左右速度增长的情况下，全球对聚烯烃的需求增长将在 5% ~ 6%。2015 年聚烯烃等全球石化产品的需求一半将来自亚洲，其中的一半会来自中国。随着经济的好转以及产能布局的调整，石化企业将不断进行技术升级和产品优化组合。

从长期来看，在今后 25 年内全球能源需求将会大大增长，石化工业产值将会达到 2 万亿美元。

① 1Btu=1055.06J。

第二节 中东和美国石化工业发展优势

一、中东和美国拥有低价原料的石化工业发展优势

全球乙烯产能预计从 2009 年 $1.31 \times 10^8 \text{t}$ 增长到 2014 年 $1.65 \times 10^8 \text{t}$ ，约增长 26%，其中包括无竞争能力的约 $300 \times 10^4 \text{t}$ 的净停产。在未来 7 年内，将有 $4000 \times 10^4 \text{t}$ 或更多的乙烯产能投产，这将压低开工率，而使开工率保持低于 90% 的水平。然而，CMAI 估计，随着能力被吸收，最早在 2015 年，开工率将回升至 90% 水平。

中东这个世界油库正在成为世界石化工业投资最集中的地区。统计资料显示，2008—2013 年，中东地区乙烯产能年均增加近 $400 \times 10^4 \text{t}$ ，到 2013 年将新增乙烯产能 $1600 \times 10^4 \text{t/a}$ ，约占世界乙烯新增产能的 47%。届时全球约 90% 的乙烯衍生物和 70% 的丙烯衍生物将来自中东。

美国化工理事会 (ACC) 分析，2010 年中东石化产品产量稳中有升。其中，沙特阿拉伯增加 6.3%、卡塔尔增加 7.4%、科威特增加 3.2%、阿联酋增加 3.4%、伊朗增加 2.2%。2010 年底，中东的乙烯产能已超过欧洲，接近世界总产能的 20%。

中东继续改变世界石化工业格局，在 21 世纪前 10 年内，已成为基础石化产品的生产中心，其中大多数石化产品面向出口市场。以沙特阿拉伯为引领，加上卡塔尔、科威特和阿拉伯联合酋长国，建设了大量石化生产装置，由于使用原油生产副产的廉价乙烷为原料，具有很大的成本优势。中东拥有丰富的天然气资源，而其伴生的乙烷可为乙烯生产提供廉价的原料，使乙烯生产成本低至每吨 100 美元。相比之下，我国以石脑油为原料的乙烯生产成本高达每吨 530 美元。中东石化产品产能大幅增加，除了其经济发展和产业结构调整的需要以外，其巨大的成本比较优势也是重要因素。该地区的石化装置大多与西方和日本公司成立合资伙伴关系建设，并且为大型化装置，具有极好的投资回报率，可实现较大的投资效益。

例如，中东已超过北美，包括墨西哥，成为领先的乙二醇生产地区，约占世界乙二醇产能的 1/3。中东也将于 2015 年成为领先的聚乙烯生产地区，将使其占世界产能提高到约 20%。中东地区占世界聚丙烯产能的份额于 2015 年也将达到 13%，使其仅次于亚太地区（将占 23%）、中国（占 17%）和欧洲（占 14%）。中东有原料优势，未来将成为主要的生产中心，中东也将在世界聚合物生产中占据重要地位。在中期内，中东将供应亚洲聚烯烃需求的 40%。

因为中东地区有竞争性的优势，包括有可靠的原料供应，以及拥有服务于亚洲和欧洲市场的地理位置和港口设施，为此，中东仍能吸引石化工业投资。

沙特阿拉伯占海湾合作委员会 (GCC) 地区化学品生产量约 62%，占全球生产量约 8%。沙特阿拉伯是世界上最大的甲醇生产国和第二大乙烯生产国。到 2015 年，沙特阿拉伯石化产品生产预计将从现在约 $6000 \times 10^4 \text{t/a}$ 增加到超过 $8000 \times 10^4 \text{t/a}$ 。该行业的投资将会继续，分析人士预测，沙特阿拉伯化学工业的直接投资到 2015 年将会远远超过 1000 亿美元。

沙特基础工业（沙伯）公司在前 10 年内更增强了其地位，现已成为中东地区最大的和盈利最多的非石油公司，并成为世界前 5 位石化生产商之一。沙伯公司旨在使沙特阿拉伯资源升值，并使沙特经济从石油而走向多样化。到 2009 年底沙伯公司总的石化产品生产量已增长到 $5800 \times 10^4 \text{t/a}$ ，该公司目标是到 2020 年使生产量将超过 $1.35 \times 10^8 \text{t/a}$ 。

伊朗石油部于 2011 年 5 月 25 日在第 9 届国际石化论坛上表示，伊朗目标是成为中东领先的石化生产国。截至 2011 年 3 月 20 日的伊朗财年，伊朗已拥有石化产品能力

5100×10⁴t/a, 石化产品出口达到 1800×10⁴t, 价值 115 亿美元; 国内石化产品销售额量达 1300×10⁴t。预计到 2015 年, 伊朗第五个五年计划将需投资 490 亿美元, 这将使石化能力翻一番, 达到 1×10⁸t/a。

2009 年中东聚乙烯、聚丙烯和乙二醇产品过剩量所占产能的比例分别高达 65%、49%、87%, 过剩量激增, 需要大量出口来消化。

中东地区投运能力的下一个模式将于 2015 年开始, 将转向液体原料, 如石脑油和重质石油, 减少乙烷用量, 多样化的原材料将使中东石化工业超越乙二醇和聚乙烯, 进入高级产品, 如合成橡胶和聚碳酸酯领域。

未来中东仍然会采取优惠的乙烷定价, 但预计在 2013 年以后, 由于供应成本提高, 价格也有可能提高。只要有新的足够的乙烷资源存在, 未来中东还会有大量新项目上马。

原料重质化后的中东石化产业成本会显著提高, 但仍具备竞争力: 出于政府多元化石化产业链的考虑和受乙烷供应趋紧的影响, 中东裂解原料逐渐重质化, 裂解原料中 C₃、C₄ 等组分比例逐渐提高, 乙烯现金成本随之上升。据 CMAI 测算, 在布伦特油价 62 美元 /bbl 的情景下, 乙烷裂解的乙烯现金成本仅不到 100 美元 /t, 但改为石脑油裂解后, 乙烯现金成本上升到 420 美元 /t 左右, 丙烷裂解的成本甚至超过 500 美元 /t。即使如此, 相对其他地区, 中东的乙烯生产成本仍处于较低的水平, 估计其乙烯衍生物加上到西欧或者亚洲的运费后还能在当地市场具有一定的价格竞争力。

沙特阿拉伯将巩固其作为全球最大石化产品出口国的领先地位。而美国石化工业, 近年受到廉价天然气原料较强竞争力的影响, 早在 2004 年, 约有一半的乙烯生产采用乙烷原料, 而现在美国约有 80% 的乙烯采用天然气凝析液 (NGL) 生产。如果北美原料优势保持强劲, 则出口将继续推动开工率上升。

二、中东石化产品将加快进入中国市场

在未来 10 年内, 全球石化贸易将翻一番, 而且中东石化产品将占世界出口量的 75%。从现在起的 10 年内, 中东将有约 2000×10⁴t 乙烯衍生物盈余可供出口, 这相当于 2019 年全球生产量约 12%。

到 2013 年全球约 90% 的乙烯衍生物和 70% 的丙烯衍生物净出口将来自中东, 其中海合会成员国的出口量占中东地区的 80% 以上。鉴于欧美、韩日等传统石油进口市场较为成熟、需求增量小、产品档次高, 中国将是中东地区大量过剩石油产品的主要目标市场。

据相关部门预测, 到 2015 年, 中东地区的聚乙烯、乙二醇、聚丙烯、精对苯二甲酸等石化产品对中国的出口量合计可能达到 1682×10⁴t, 比 2008 年增长 3.5 倍。

中东石化产品的生产成本不到中国的 1/3。中东发展乙烯主要是以当地廉价而丰富的天然气及轻烃为原料, 加上与跨国公司合资生产, 装置规模普遍较大、技术水平较高, 具有明显竞争优势。

从近年来的实际情况看, 海合会国家的石化产品已开始对中国低价抛售。中东石化产品的现金成本不到中国的 30%, 成本较低。其中 2009 年聚乙烯、聚丙烯和乙二醇的进口增幅分别达到 49%、102% 和 47%, 产品价格普遍明显低于当期市场价。中东地区的乙烯、聚乙烯、乙二醇生产成本仅为中国的 20% ~ 30%, 聚丙烯成本稍高, 但也只有中国的 75%。

从市场需求来说, 国内石化产品缺口很大, 需要大量进口, 石化企业也是从不同的利益角度看这个问题。从能源角度说, 大量进口中东石化产品可以减少国家对原油的进口, 所以关键在于国家在关税税率的确定上如何把握。

第三节 中国和印度继续推动世界石化工业发展

中国和印度的石化工业将继续增长，这两个国家将保持为世界上增长最快的经济体。美国《化学周刊》在印度孟买召开的第三届印度化学工业展望年会上也揭示，全球石化市场的增长将由亚洲，尤其是中国和印度来推动。中国和印度的化学工业的增长潜力如图 0-3-1、图 0-3-2、图 0-3-3 所示。

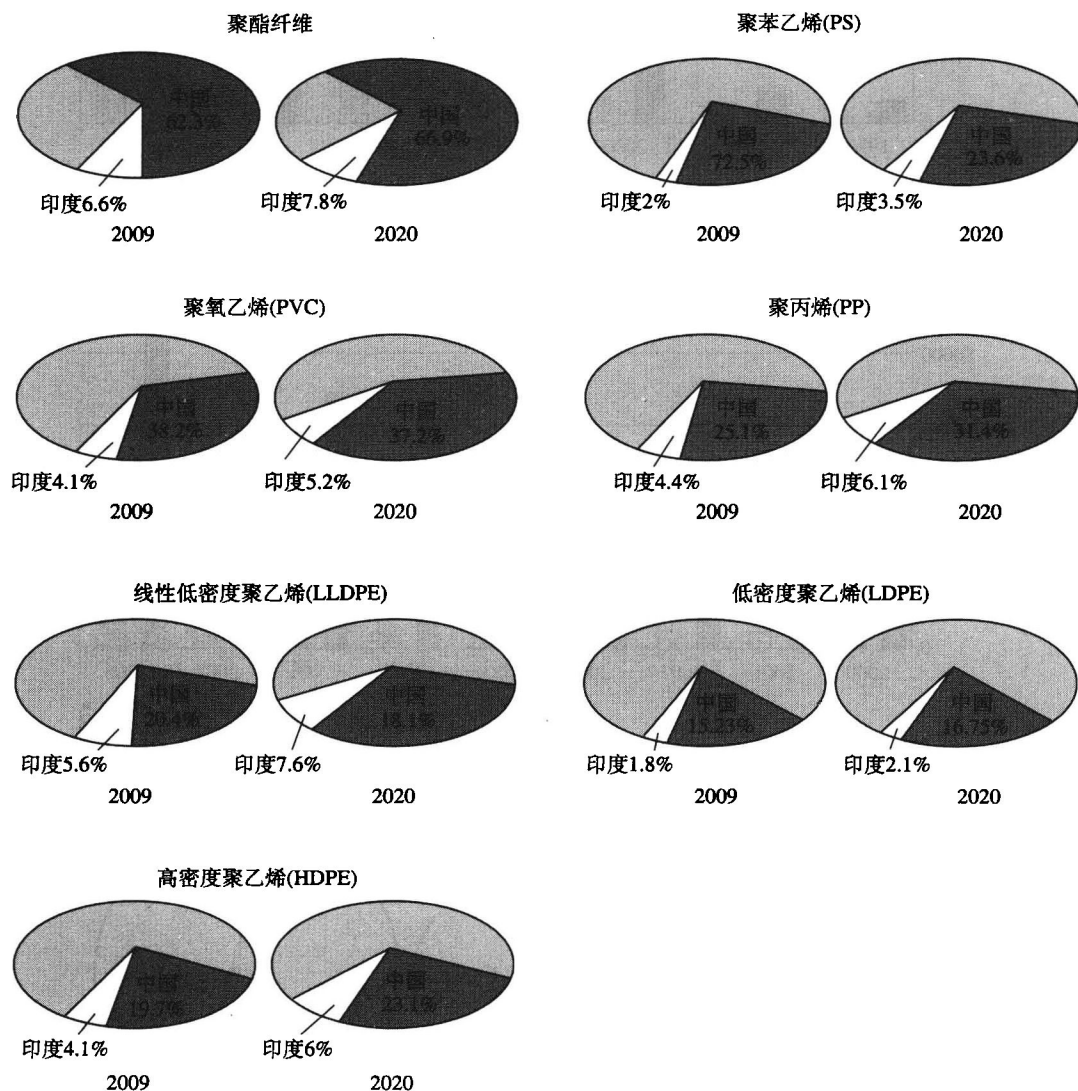


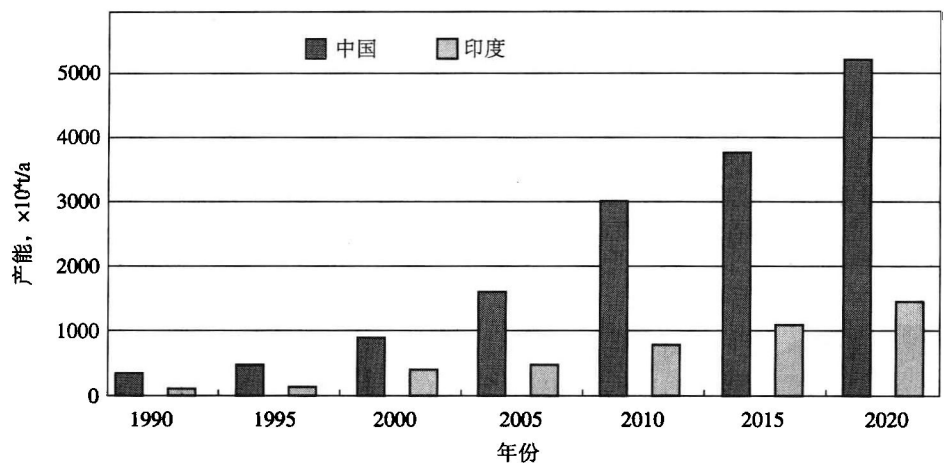
图 0-3-1 2009 年和 2020 年中国和印度典型石化产品消费占世界份额

一、中国仍是世界石化工业发展的热点

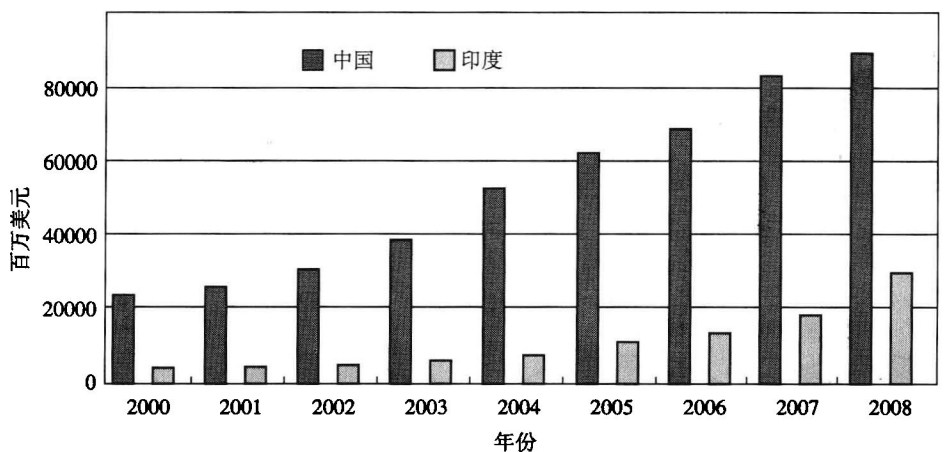
中国是亚洲最大的石油产品进口国和消费国，将继续是推助全球石化工业发展的动力。

据全球咨询公司 Accenture 和 Datamonitor 发布的统计数据，2008 年，中国占全球化学工业年销售额 5460 亿美元（3870 亿欧元）的 14%。按美元现值计，到 2013 年，中国化学

品市场预计将增长到 1.176 万亿美元，将占全球市场总额 19% ~ 20%，年增速为 17%。



(a) 乙烯和丙烯产能



(b) 化学品进口额

图 0-3-2 中国和印度历年的乙烯和丙烯产能与化学品进口额

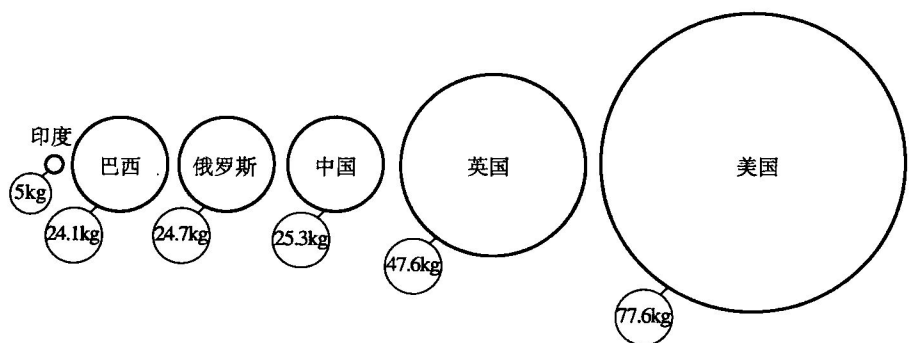


图 0-3-3 2009 年各国人均聚合物消费量比较

中国作为主要的化学品生产国，世界上的排名在上升，这已成为 10 年来主要的事件之一。据美国化工理事会 (ACC) 估算，中国的化学品产量在最近 10 年内已增长了近 7 倍，

2009 年达到约 6000 亿美元。到 2011 年中国将超过美国成为最大的化学品市场。1998 年时中国化学品产量约相当于法国，约为 900 亿美元，在这 10 年内，排名一再提升，2002 年化学品产量超过德国，2005 年超过日本，截至 2009 年底已为日本化学品产量的近两倍。

中国市场对石化产品的需求仍在不断增加，由于国内生产能力尚有限，不少石化产品都存在供需缺口。以聚乙烯为例，2008 年中国的供应缺口在 $475 \times 10^4 \text{t}$ ，2009 年达到 $666 \times 10^4 \text{t}$ ，2010 年仍有 $561 \times 10^4 \text{t}$ 。于是，在 2009 年全球整体需求疲软的情况下，中国市场却一枝独秀，进口大幅增加。

中国在 2009—2011 年间进入新一轮石化装置的投产高峰期，3 年将共新增乙烯产能 $1028 \times 10^4 \text{t}$ ，是过去 30 年中国乙烯工业的总和。相关下游衍生物产能也大幅增加，尤其是聚烯烃、合成橡胶和合纤原料，其中对二甲苯、聚乙烯、SBS（苯乙烯—丁二烯—苯乙烯弹性体）的产能增幅分别高达 47%、34% 和 30%。由于不少产品扩能速度超过需求增速，产能的快速增加使得中国石化产品供需缺口大幅缩小，部分产品产能甚至出现过剩。

受中国经济复苏的刺激，2010 年国内石化产品需求继续增长。其中合成树脂需求增长 5.4% 达到 $4715 \times 10^4 \text{t}$ ，合成纤维和原料需求增长 6.2%，合成橡胶需求增长 6.5%。

从经济总量来看，“十一五”期间，中国石化行业规模以上企业由 2005 年的 2.1 万家增至 2010 年的 3.66 万家。相比企业数量，产值增速更快，2005 年中国石化产业以 3.37 万亿元总产值居全球第四，而到“十一五”末期，这个数值已经增至 8.88 万亿元，位次也跃为全球第二。其中化工行业更以 5.23 万亿元（7700 亿美元）的总产值超过美国 7340 亿美元，首次跃居世界第一。伴随经济总量的激增，产量位居全球榜首的石化产品种类也大幅增加。据有关部门对石化行业内最重要的 38 种石化产品产值统计中，中国除了工程塑料和钾肥产值在全球屈居第五、第六位外，其他产品全部位列前三，20 余种产品居首位。

产能快速增长一方面让中国一举跃升为化工大国，另一方面也导致传统大宗石化产品的产能过剩、装置开工率低、资源浪费严重等问题。以中国“十一五”期间跃升全球产量第一的甲醇、烧碱、聚氯乙烯为例，2010 年上述 3 种产品的开工率分别不足 45%、72% 和 54%。由于“十一五”期间石化行业大多数产品产能大幅增长，产品供给已经由“整体数量短缺”变为“结构性过剩”。表 0-3-1 列出主要石化产品消费和需求预测。

表 0-3-1 主要石化产品消费和需求预测

产品名称	2009 年， $\times 10^4 \text{t}$	2010 年， $\times 10^4 \text{t}$	2015 年， $\times 10^4 \text{t}$	年均增长率，%
乙烯当量	2400	2650	3150	5.0
丙烯当量	1950	1950	2600	6.0
PX 当量	1080	1150	1480	5.5
聚乙烯	1548	1550	1950	4.7
聚丙烯	1232	1240	1650	5.9
聚氯乙烯	1055	1180	1600	6.3
ABS 树脂	390	390	500	5.1
聚苯乙烯	385	395	460	3.1
丁苯橡胶	112.2	115	140	4.0
丁二烯橡胶	76.7	84	98	3.1

续表

产品名称	2009 年, $\times 10^4$ t	2010 年, $\times 10^4$ t	2015 年, $\times 10^4$ t	年均增长率, %
PTA	1608	1720	2400	6.9
甲醇	1661	2000	3500	12.0
醋酸	295	300	390	5.4
乙二醇	792	800	1020	5.0
苯乙烯	644	690	880	5.0
苯酚和丙酮	214	235	310	5.7
丙烯腈	155	165	210	5.1

注：数据来自《石化、煤化工及化工新材料领域“十二五”规划思路解读》，2011.4.20。

中国于 2011 年 4 月底宣布，希望建设更大、更具成本效益的石化装置，已要求将新建石化项目扩大能力作为努力调整产业结构和提高竞争力的组成部分。监管机构国家发展和改革委员会就重大投资项目审批，发布了“产业结构调整指导目录”，于 2011 年 6 月 1 日起实施特定装置的最低能力方案。表 0-3-2 列出 2005 年和 2011 年中国对炼油石化项目能力的要求。能力很小的装置将予以淘汰，以更有效的利用能源和资源。根据国家发改委发布的指导目录，新的炼油厂生产能力必须从 2005 年设定的最低 800×10^4 t/a 提高到至少 1000×10^4 t/a。现在已计划在未来 5 年内建设的所有新炼油厂可望满足 1000×10^4 t/a 的能力要求。国家发改委计划在 2013 年之前关闭能力小于 200×10^4 t/a 的炼油厂，这意味着将减少炼油能力 2610×10^4 t/a。对于新的石脑油裂解装置，国家发改委设定的最低能力已从以前的 60×10^4 t/a 提高到目前的 80×10^4 t/a。同时，新的精对苯二甲酸（PTA）装置能力应至少为 100×10^4 t/a，是 6 年前设定的最小能力 22.5×10^4 t/a 的 4 倍多。

表 0-3-2 2005 年和 2011 年中国对炼油石化项目能力的要求

项目	2011 年	2005 年
鼓励建设		
	未提及	大的芳烃装置
	未提及	超过 80×10^4 t/a 的裂解装置
	未提及	大型合成树脂装置，新技术 / 新产品
	未提及	大型 CPI、MEG、ACN 装置
	以天然气为原料的 20×10^4 t/a MEG (乙二醇)	未提及
限制建设		
炼油厂	低于 1000×10^4 t/a	低于 800×10^4 t/a
催化裂化装置	低于 150×10^4 t/a	低于 50×10^4 t/a
连续重整	低于 100×10^4 t/a	低于 40×10^4 t/a
加氢裂化	低于 150×10^4 t/a	低于 80×10^4 t/a
丙烯腈	低于 13×10^4 t/a	低于 10×10^4 t/a
PTA	低于 100×10^4 t/a	低于 22.5×10^4 t/a

续表

项目	2011 年	2005 年
MEG	低于 $20 \times 10^4 \text{t/a}$	
PP	低于 $7 \times 10^4 \text{t/a}$	
PE	低于 $20 \times 10^4 \text{t/a}$	
关闭		
炼油厂	低于 $200 \times 10^4 \text{t/a}$	低于 $100 \times 10^4 \text{t/a}$

二、印度石化业的投资机遇

印度在前 10 年内也加快了石化业发展,至 2008 年,其化学品行业在世界上排名第 12 位,市值达 350 亿美元,排名正在快速提升。基础化学品年增速达 7% ~ 8%。石化衍生物和特种化学品对印度的未来市场是必要的。据信诚工业公司测算,印度化学工业年销售额约为 750 亿美元,石化工业年销售额为 100 亿美元,2010 年石化工业增长率为 11%。

信诚工业公司的烯烃和基础化学品部表示,在印度投资石化业仍存在许多机遇。印度主要进口的产品,如苯乙烯、聚氯乙烯(或氯乙烯)、苯酚、丙烯腈,为投资印度提供了巨大机遇。由于印度缺乏生产能力,在诸如丙烯酸、环氧丙烷、苯胺、己二酸、甲基丙烯酸甲酯、丁二醇、MDI(二苯甲烷二异氰酸酯)和聚氨酯产品方面也存在发展需求。随着印度收入模式的改变,对包括环氧树脂、双酚 A 和聚碳酸酯、聚甲基丙烯酸甲酯、烃类树脂、丙二醇和四氢呋喃等方面的产品也存在极大的需求。另外,印度缺乏丁苯橡胶生产能力,同时也需要世界规模级 ABS 树脂生产能力。

印度正在建设一些经济特区,如石油、化学品和石化投资区,以鼓励发展和开发联合企业。印度对石化产品的需求正在强劲增长,而生产能力增长仍较慢。印度大型石化集团信诚工业公司已加快在印度和海外扩能,该公司已与荷兰利安德巴赛尔工业公司合约,将在印度西北沿岸 Jamnagar 重启建设 $200 \times 10^4 \text{t/a}$ 烯烃和衍生物项目,该公司将扩建丁二烯橡胶,并新建丁苯橡胶装置。印度石油公司(IOC)于 2010 年在 Panipat 建成其第一套裂解装置。该公司在印度东海岸 Panipat 建设石化装置,炼油厂将于 2012 年建成。印度石油天然气公司(ONGC)在印度西海岸 Dahej 建设 $100 \times 10^4 \text{t/a}$ 双原料裂解装置,将在 2012 年后建成。

第四节 石化替代原料路线拥有发展前景

2008 年,石油基石化原料价格的上扬,曾一度严重制约了石化工业效益,迫使一些化学品生产商纷纷推进其原料来源的多样化。许多公司推进中的研发项目涉及煤基或可再生能源基原料,尽管这些技术现仍面临一些发展挑战。

替代原料虽然尚不能很快得到投资回报,但可以预计,最终将从可观的竞争优势中获取大的收益。人们期望,采用替代原料来生产化学品将可为化学品生产商提供灵活性,寻求最终减少对常规石油基原料依赖的途径,在一定程度上也有助于增效和减少碳排放。

一些工业项目包括几种类型的替代原料,如甲烷,以及用生物质或煤炭生产合成气,然后用于制取化学品。所有替代技术面临的问题都包括高的投资费用,不过,Avantium、巴斯夫、陶氏化学和其他几家公司都在投资这些技术,并力图克服挑战。

陶氏化学公司替代原料部表示，初步目标是替代下游生产需购买的原料。陶氏化学公司将从这些常规原料巨大的替代中取得潜在的投资回报。油价不断上涨的趋势必将加快石化替代原料的开发步伐。

美国催化剂集团资源公司指出，替代原料项目属资本密集型。例如，合成气制化学品路线，在油价 45 美元 /bbl 情况下，经济上不一定合理，但油价上涨将加快这一路线的开发。分析认为，气化步骤的投资是实施这一路线的重要障碍，一套世界规模级气化装置的投资约达 10 亿~20 亿美元，油价高于 70 美元 /bbl，这些项目将会加快推行。

分析人士指出，应继续进行研发努力，现在是创新期，不能等油价再涨到更高时才去研发，油价不应拖延创新的投资。

一、甲烷直接转化制烯烃路线将脱颖而出

陶氏化学公司的启动计划涵盖了几种替代原料制化学品路线，包括合成气路线。从合成气生产烯烃业已开发出来，但投资密集。避开合成气，从甲烷直接转化为烯烃作为工业目标提出已有几年时间。人们正在进一步开发以使其在技术上可行，通过可行的工艺过程使甲烷偶联以制取乙烯，将十分有利于开发偏远地区的天然气资源。甲烷是丰富的，因为它是天然气的主要成分，世界上许多地方都有大量的天然气储藏。然而，将甲烷偶联制取乙烯的工艺仍然需要革新，采用现在催化剂技术的乙烯产率还不足以使该工艺能合理地商业化推行。甲烷直接制化学品转化工艺要达到经济上合理，将还需要推进催化剂、工艺过程和分离的进步。

陶氏化学公司期望在今后 10 年内开发出甲烷转化制取乙烯工艺。该公司称，如果能成功开发出新的催化剂，则就可加速实现在其下游业务中的应用。

二、煤基或生物质基化学品替代路线将加快开发

陶氏化学公司等众多化工公司正在开发更高效和更经济的合成气制化学品工艺。陶氏化学与南方化学公司签署的研发合作协议，旨在从煤或生物质生产合成气以转化成基础化学品，包括烯烃。催化剂是工艺过程的软件，开发出替代催化剂来提高现有反应器的生产效率，存在巨大的发展机遇。陶氏化学公司已在陶氏化学公司荷兰 Terneuzen 生产基地以及南方化学公司在德国和美国的催化剂研发中心进行研究。

巴斯夫公司已在开发合成气制烯烃技术，采用新开发的多相催化剂，利用费托合成工艺，以用于工业化规模使合成气转化为烃类。这一工艺将为巴斯夫公司基于高成本原料如石脑油的蒸汽裂解技术提供替代方案。据称，该工艺可望用 8 年时间实现商业化。巴斯夫公司已在德国路德维希港对该工艺进行微型规模的实验室试验。它的主要优点是可从合成气直接生产烯烃，而不是从合成气通过甲醇来生产，后者是现在所采用的工艺，摒弃甲醇路线则可大大减少投资。

可以预见，一些公司将最终会成功开发出合成气制化学品工艺并推向商业化，从而拥有化学品生产的核心竞争能力。超越石油和天然气的多样化原料平台将会成为化学品生产厂商长期生存和发展的关键。

另外，现已推出一些大型煤制化学品项目计划，包括陶氏化学公司在中国陕西省的启动计划，目标是 2014—2015 年使项目能开工投产。该项目将基于洁净煤技术，将煤转化为甲醇用于生产乙烯和丙烯。该联合装置生产的衍生物产品将包括氯乙烯单体和氯化有机物，以及丙烯酸和衍生物、胺类、乙二醇类、丙烯衍生物、溶剂和表面活性剂。

陶氏化学公司也与一些公司合作在美国开发煤制化学品项目。中国和美国均拥有大量

煤炭储藏，煤炭将成为两国天然气和石油原料有吸引力的替代方案。

壳牌公司已开发了天然气制合成油（GTL）和煤制油（CTL）技术，将可望推出生产化学品的新工艺路线。该公司与卡塔尔石油公司合作位于卡塔尔拉斯拉法的 GTL 装置于 2009 年已投产，这是世界上第一套商业化 GTL 装置。该公司的 CTL 技术甚至可将最低等级的煤炭转化成合成气，已在中国技术转让了 15 套气化装置，并在欧洲转让了 2 套。

1. 中国加快发展煤制化学品技术

中国化学工业的快速增长迫切需要原料，虽缺乏石油和天然气储藏，但却拥有丰富的煤炭储量。中国煤炭储量次于美国和俄罗斯，位居世界第三，中国是世界领先的煤炭使用国和生产国。从事咨询的美国析迈公司分析，估算中国拥有 $1200 \times 10^8 \text{t}$ 煤炭，如果消费速度保持恒定，则足够使用 75 年。中国在许多产品领域推行煤制化学品（CTC）方案，这些领域包括甲醇、烯烃、乙炔碳化物聚氯乙烯（PVC）、合成氨—尿素以及芳烃。

除了上游一体化外，煤制烯烃（CTO）装置也与下游衍生物聚乙烯和（或）聚丙烯构成一体化。如果成功，这些技术可使中国拥有自主的和全球竞争性的技术。

2010 年 2 月，美国陶氏化学公司与中国最大的煤矿公司神华集团在中国重新启动投资为 100 亿美元（67 亿欧元）的煤制烯烃项目，表明中国将更多地利用新技术以确保经济和工业增长。陶氏—神华煤制烯烃装置为榆林一体化化学品项目，计划将于 2016 年投产。神华集团和陶氏化学公司将为该大型联合装置组建各持股 50% 的合资企业，预计属于世界最大煤制化学品项目。该联合装置位于榆林玉神工业区，将拥有 23 套生产装置、辅助设施、支持设施和储存设施。该联合装置将包括 $332 \times 10^4 \text{t/a}$ 甲醇装置、 $122 \times 10^4 \text{t/a}$ 甲醇制烯烃（MTO）装置、 $40 \times 10^4 \text{t/a}$ 乙二醇装置、 21t/a 乙醇胺—乙二胺装置、 34t/a 聚醚多元醇装置和 15t/a 丙烯酸装置。在榆林也将建设 $20 \times 10^4 \text{t/a}$ 丙烯酸酯装置、 $20 \times 10^4 \text{t/a}$ 甲烷氯化物装置、 $51 \times 10^4 \text{t/a}$ 二氯乙烷—氯乙烯单体（VCM）装置和 $50 \times 10^4 \text{t/a}$ PVC 装置。

据统计，中国已有几套甲醇制烯烃—甲醇制丙烯（MTP）装置投运，三个大型项目已于 2010 年上半年投运，其中两个来自于神华集团旗下。包头神华将拥有能力为 $200 \times 10^4 \text{t/a}$ 煤制 MTO、 $26 \times 10^4 \text{t/a}$ 甲醇制乙烯（MTE）和 $26 \times 10^4 \text{t/a}$ MTP。神华宁夏煤业集团将拥有能力为 $196 \times 10^4 \text{t/a}$ 煤制 MTP 和 $26 \times 10^4 \text{t/a}$ MTE。大唐国际电力公司正在建设 MTP 装置，将煤反向组合生产 $170 \times 10^4 \text{t/a}$ 甲醇以生产 $50 \times 10^4 \text{t/a}$ 丙烯和生产 PP。

2. 从生物质制取化学品将成为石化路线的补充

廉价的、易于取得的石油时代行将结束，必须开发非常规资源来填补这一空缺。

据全球领先的咨询公司麦凯锡（McKinsey & Co）发布预测报告，工业生物技术，即“白色”生物技术衍生产品的加快发展，其产品到 2012 年将占全球化学工业总销售额 9%，而石油化工基产品的创新和增长已在减退。白色生物技术大量应用于商业化规模生产将使其营业收入快速增长，将从 2007 年占化学工业总营业收入 6%，即 1000 亿欧元（1280 亿美元）增长到 2012 年 1530 亿欧元。

人们可以采用生物基原料来替代石油和天然气，或采用生物学工艺过程，如发酵或生物催化剂来替代化学工艺过程。得到的最终结果将是这些产品的性质与现有化学品相同，或者它们完全具有新的性能。

麦凯锡公司指出，基于石化衍生的聚合物创新已于 20 世纪 40 ~ 60 年代达到顶峰，现在其创新正在走向衰退。裂解装置的创新大多业已开发，近年基本也没有推出新的聚合物。而生物技术在刺激化学工业新的创新方面存在巨大发展机遇。今后 5 年内，通过发酵生产