

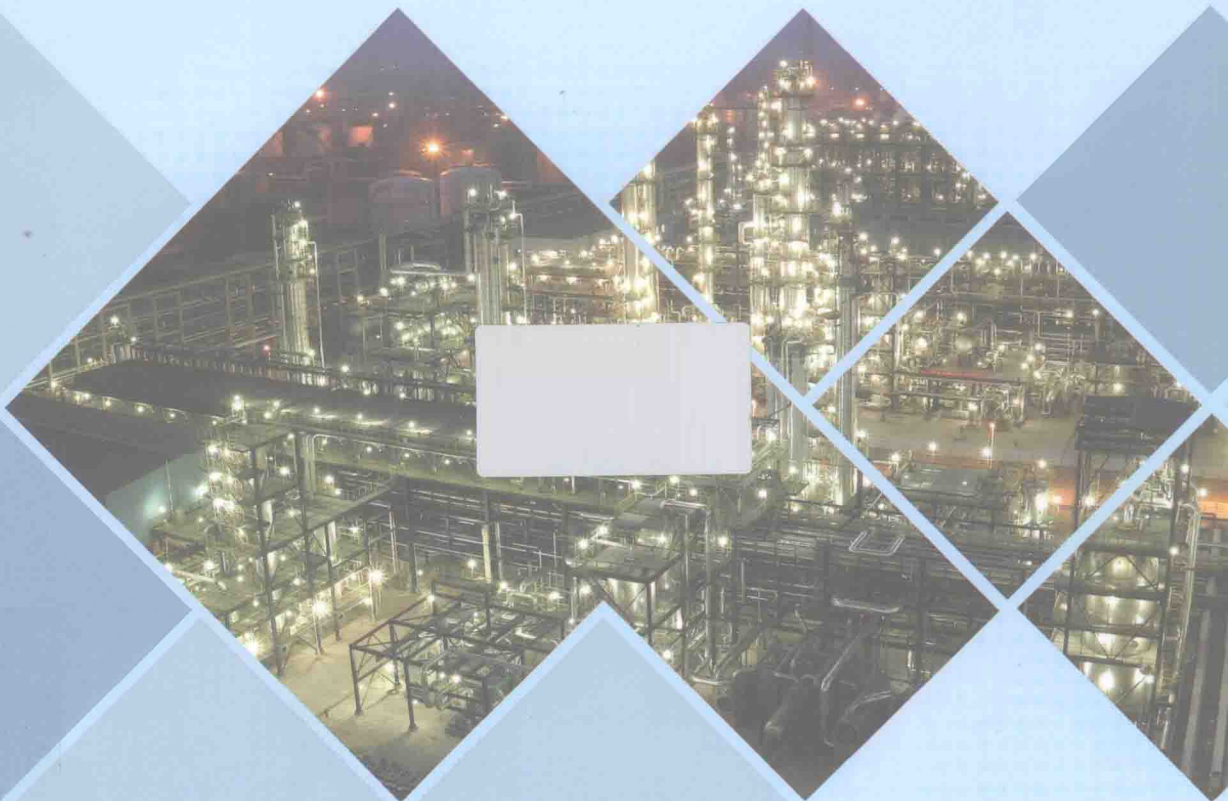


普通高等教育“十二五”规划教材

石油化工概论

(第三版)

李为民 单玉华 邬国英 主编



中国石化出版社

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

普通高等教育“十二五”规划教材

石油化工概论

(第三版)

李为民 单玉华 邬国英 主编

中国石化出版社

内 容 提 要

本书在第二版基础上未对全书结构作重大调整,主要在内容上除旧补新。本书共分六章,全面概述了石油和油品的基本知识、石油馏分的催化加工,介绍了石油化学工业中有机化工产品、精细石油化学品以及三大高分子合成材料的生产原理、工艺过程、性能与用途等。

本书为高等院校相关专业的教材,也是一本普及性的石油化学工业读物,可供炼化企业的生产管理人员参考,还可满足高级职业技术人才继续教育的需要。

图书在版编目(CIP)数据

石油化工概论/李为民,单玉华,邬国英主编. —3 版.
—北京:中国石化出版社,2013. 6
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5114-2175-3

I. ①石… II. ①李… ②单… ③邬… III. ①石油化工-
高等学校-教材 IV. ①TE65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 105795 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

北京柏力行彩印有限公司

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 20.75 印张 518 千字

2013 年 6 月第 3 版 2013 年 6 月第 1 次印刷

定价:45.00 元

第三版前言

《石油化工概论》第二版在 2006 年 1 月出版发行至今已经六年了。在此期间,我国石油化学工业有了长足的进步,石油化工及其相关工程科学领域的新产品、新材料、新工艺不断涌现,产品标准要求等也有很大提高。作为介绍石油化工基础知识的《石油化工概论》一书,社会适应面在不断拓宽。为满足高等院校石油化工类专业教学、高级职业技术人才工程继续教育以及希望了解石油化工的科技人才的需要,在兄弟院校、行业及社会阶层的大力支持下,对本书的第二版作了修改与补充,作为第三版出版。

在中国石化出版社的统筹下,根据几年来我院、兄弟院校的教学和使用情况,结合许多读者对本书提出的一些宝贵建议和要求,本书在作为第三版出版前进行了修改,但全书的结构未做重大改动,各章节内容在第二版的基础上除旧补新,主要补充了近年来石化工业中科学技术的最新动态,按照与国际接轨的新标准对相关内容进行了修改。

参加本书第三版编写工作的人员:第一章由叶青、邬国英编写,第二章由邬国英、周国平编写,第三章由林西平编写,第四章由李为民、杨基和编写,第五章由单玉华、邬国英编写,第六章由李为民编写。林西平、李为民对全书进行了统稿与审定。

书中不妥和错误之处在所难免,诚望专家和读者批评、指正。

编 者

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 石油化学工业发展概况	(1)
一、石油化学工业概貌	(1)
二、石油化工发展简史	(3)
三、世界石油化工的发展现状	(4)
四、石油化工发展的趋势和特点	(7)
五、我国的石油化工发展概况	(9)
第二节 石油化工在国民经济中的作用	(13)
一、石化与农业的关系	(13)
二、石化与汽车工业发展的关系	(14)
三、石化与建筑业发展的关系	(15)
四、石化与机械电子行业的关系	(16)
第二章 石油和油品	(17)
第一节 石油的化学组成	(17)
一、石油的性质	(17)
二、石油的元素组成	(17)
三、石油的馏分组成	(17)
四、石油的烃类组成	(18)
五、石油中的非烃化合物	(19)
六、石油烃类表示方法	(21)
第二节 石油及油品的物理性质	(21)
一、蒸气压	(22)
二、馏程	(22)
三、平均沸点	(23)
四、密度和相对密度	(24)
五、特性因数和相关指数	(24)
六、平均相对分子质量	(25)
七、黏度	(25)
八、热性质	(27)
第三节 油品的分类及使用	(29)
一、油品的分类	(29)
二、汽油	(30)
三、喷气燃料(航空煤油)	(34)
四、柴油	(36)

五、柴油清洁化	(39)
六、润滑油	(41)
七、其他石油产品——蜡、沥青、焦和液化石油气	(45)
第四节 原油的蒸馏	(48)
一、原油的预处理	(48)
二、原油的蒸馏	(50)
第五节 原油的热加工过程	(55)
一、热加工过程的基本原理	(55)
二、减黏裂化	(56)
三、焦炭化过程(延迟焦化)	(57)
第三章 石油化工过程的催化作用	(64)
第一节 基本概念	(64)
一、石油化工催化技术的发展简介	(64)
二、有关催化剂和催化作用的定义、概念	(66)
三、工业催化剂的使用	(69)
第二节 吸附和催化	(73)
一、物理吸附和化学吸附	(73)
二、吸附与催化	(73)
第三节 各类石油化工催化剂及其工业应用	(74)
一、酸碱催化剂	(74)
二、过渡金属催化剂	(79)
三、过渡金属配合物催化剂	(82)
四、氧化物和硫化物催化剂	(85)
五、双功能催化剂	(88)
六、环保催化剂及其应用	(89)
七、石油化工中应用的催化材料	(93)
第四节 催化裂化	(99)
一、催化裂化(catalytic cracking)的工艺特点	(100)
二、催化裂化的化学原理	(100)
三、催化裂化装置的工艺流程	(103)
四、影响催化裂化反应深度的主要因素	(104)
五、重油催化裂化	(106)
第五节 催化重整	(108)
一、催化重整催化剂	(108)
二、催化重整工艺简介	(109)
第六节 催化加氢	(113)
一、加氢精制	(113)
二、加氢裂化	(117)
三、渣油加氢	(121)
四、润滑油加氢处理	(122)

第四章 石油化工原料和产品	(126)
第一节 石油气和合成气	(126)
一、石油气	(126)
二、合成气	(130)
三、合成氨和尿素	(132)
第二节 碳—化学品	(135)
一、甲醇	(136)
二、甲醛	(138)
三、费-托法合成燃料油	(140)
第三节 石油烃裂解制烯烃	(142)
一、工艺原理	(142)
二、裂解设备与工艺	(146)
三、裂解产物的急冷操作	(149)
四、裂解气分离	(150)
第四节 乙烯及其衍生物	(155)
一、乙烯	(155)
二、环氧乙烷、乙二醇	(155)
三、氯乙烯	(160)
四、乙醛	(162)
五、醋酸	(165)
六、醋酸乙烯	(168)
七、乙醇	(170)
第五节 丙烯及其衍生物	(172)
一、丙烯	(172)
二、丙烯腈	(174)
三、环氧丙烷	(177)
四、丙酮、苯酚	(179)
五、正丁醇	(182)
第六节 碳四烯烃及其应用	(185)
一、C ₄ 资源及工业应用	(185)
二、丁二烯	(186)
三、丁烯	(190)
四、氯丁二烯	(192)
五、甲基叔丁醚	(193)
第七节 芳烃的生产	(197)
一、芳烃的性质和用途	(197)
二、芳烃的主要来源	(199)
三、芳烃的转化	(201)
四、芳烃的分离	(204)
五、芳烃联合加工流程	(207)

第八节 重要的芳烃衍生物	(208)
一、苯乙烯	(209)
二、环己烷	(211)
三、芳烃氧化产品	(212)
四、双酚 A	(218)
五、硝基苯和苯胺	(220)
第九节 重要副产物的综合利用	(222)
一、重芳烃	(222)
二、乙烯装置副产重芳烃的利用	(225)
三、C ₅ 馏分的资源和利用	(226)
四、二甘醇和三甘醇的综合利用	(230)
第五章 精细石油化工产品	(232)
第一节 概述	(232)
一、精细石油化工产品	(232)
二、精细石油化工的经济特性	(232)
三、精细石油化学品的范畴	(234)
第二节 石油添加剂	(234)
一、油品添加剂	(235)
二、原油添加剂	(243)
第三节 表面活性剂	(246)
一、概论	(246)
二、表面活性剂品种简介	(249)
第四节 塑料、橡胶助剂	(253)
一、塑料助剂	(253)
二、橡胶助剂	(257)
第五节 黏合剂	(260)
一、概 论	(260)
二、常见黏合剂举例	(262)
第六节 水处理剂	(266)
一、缓蚀剂	(266)
二、阻垢剂	(269)
三、杀生剂	(271)
第七节 生物石油化工	(274)
一、概况	(274)
二、石油微生物炼制	(274)
三、利用生物技术发展石油化工	(275)
第六章 高分子化学与材料	(280)
第一节 前言	(280)
第二节 聚合物的基本概念	(281)
一、命名	(281)

二、分类	(282)
三、有关高分子合成中的基本概念	(283)
第三节 聚合反应	(283)
一、加聚反应	(283)
二、缩聚反应	(287)
第四节 聚合实施方法	(287)
一、本体聚合	(287)
二、溶液聚合	(288)
三、悬浮聚合	(288)
四、乳液聚合	(288)
五、界面缩聚	(289)
第五节 聚合物的物性与结构	(290)
一、聚合物结构	(290)
二、聚合物的平均相对分子质量和相对分子质量分布	(291)
三、高聚物的物理状态	(293)
四、结晶性	(295)
第六节 塑料	(295)
一、塑料的分类与特性	(296)
二、塑料的成型加工方法	(296)
三、热塑性塑料简介	(299)
四、热固性塑料简介	(302)
五、工程塑料	(304)
第七节 合成橡胶	(306)
一、概 述	(306)
二、橡胶分类	(306)
三、橡胶制品的原材料	(306)
四、橡胶加工工艺	(307)
五、主要橡胶简介	(308)
第八节 合成纤维	(311)
一、概 述	(311)
二、纤维的分类	(311)
三、纤维加工过程	(312)
四、重要合成纤维简介	(314)
五、合成纤维工业技术的发展趋势	(316)
第九节 功能高分子	(316)
一、分离吸附功能	(317)
二、物理功能	(317)
三、化学功能	(318)
四、医用高分子	(318)
五、其他功能	(318)
附录 聚合物英文缩写一览表	(321)

第一章 绪 论

第一节 石油化学工业发展概况

一、石油化学工业概貌

石油化学工业是以石油^①和天然气为原料，既生产石油产品，又生产石油化学品的石油加工工业。

按加工与用途划分，石油加工业有两大分支：一是石油经过炼制生产各种燃料油、润滑油、石蜡、沥青、焦炭等石油产品；二是把石油分离成原料馏分，进行热裂解，得到基本有机原料，用于合成生产各种石油化学制品。前一分支是石油炼制工业体系，后一分支是石油化工体系。因此，通常把以石油、天然气为基础的有机合成工业，即石油和天然气为起始原料的有机化学工业称为石油化学工业 (petrochemical industry)，简称石油化工。炼油和化工二者是相互依存相互联系的，是一个庞大而复杂的工业部门，其产品有数千种之多。它们的相互结合和渗透，不但推动了石油化工的技术发展，也是提高石油经济效益的主要途径。石油化工是 20 世纪 60 年代以来快速发展起来的一个新兴工业部门。石油化学工业产品概貌及其石油化工上中下游产品关系如图 1-1 和图 1-2 所示。可见，要把如同一部百科全书的产品群描绘清楚是十分困难的，这里只从石油的加工过程和产品类别这两方面去认识石油化学工业的概貌。

石油化工包括以下四大生产过程：基本有机化工生产过程、有机化工生产过程、高分子化工生产过程和精细化工生产过程。基本有机化工生产过程是以石油和天然气为起始原料，经过炼制加工制得三烯（乙烯、丙烯、丁烯）、三苯（苯、甲苯、二甲苯）、乙炔和萘等基本有机原料。有机化工生产过程是在“三烯、三苯、乙炔、萘”的基础上，通过各种合成步骤制得醇、醛、酮、酸、酯、醚、腈类等有机原料。高分子化工生产过程是在有机原料的基础上，经过各种聚合、缩合步骤制得合成纤维、合成塑料、合成橡胶（即三大合成材料）等最终产品。

石油化工是精细化工的基础，精细化工的原料大部分来自廉价的石油化工。精细化工为石油化工提供高档末端材料，如催化剂、表面活性剂、油品添加剂、三大合成材料用助剂等。精细化工生产多项工业和尖端技术所需要的工程材料和功能性材料，取得高附加值。所以，一般认为精细化程度已成为衡量石化工业水平的尺度。

^①石油与原油二者在含义上是有区别的，石油一词源于拉丁语 petro(岩石)与 oleum(油)，二者拼起来即石油 (petroleum)。根据美国石油化学家瓦拉斯 (Wallace) 定义，一切天然碳氢化合物，不管它是气体、液体、固体 (煤炭除外)，或它们的混合物，统称石油。而原油 (crude oil) 指的是自油井中所采出的液体油料，按这个定义来说，石油包括原油、天然气、天然汽油、地蜡、地沥青及油页岩干馏油等。不过，在日常术语中一般将石油与原油二词交换使用或相提并论，本书也沿用人们的习惯，石油指的是原油。

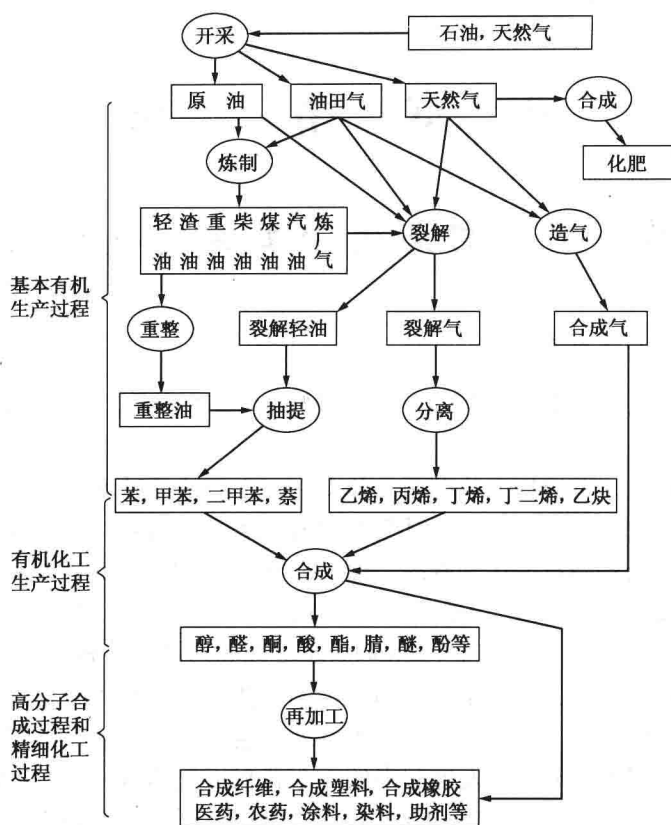


图 1-1 石油化学工业概貌

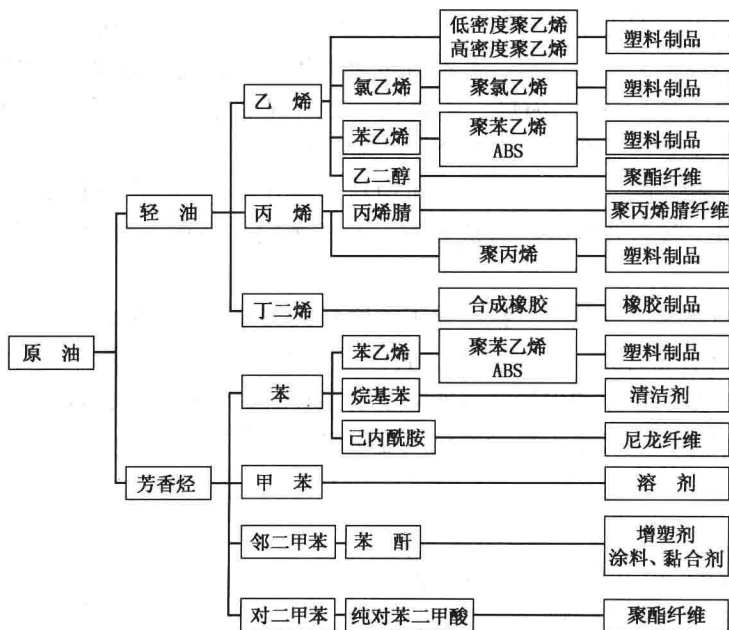


图 1-2 石油化工上中下游产品关系简图

二、石油化工发展简史

石油化工是在煤化工基础上发展起来的,基本有机化工原料的生产大致经过三个阶段,即初级阶段、煤化学阶段、石油化学阶段。

最早,人们是以农副产品的“发酵”和“干馏”的方法获得品种有限的有机原料,如粮食发酵制取酒精,木材干馏取得甲醇、丙酮、醋酸、苯酚等。19世纪后半期,钢铁工业的发展带动了炼焦工业的发展。用煤炼焦时,副产约3%的煤焦油,煤焦油富含苯、甲苯、萘等有用芳烃,将这些芳烃提取出来,为染料生产提供了充足原料。随后,人们用焦炭和石灰石融炼出电石(CaC_2),电石与水反应轻而易举地制得乙炔,利用乙炔的特有活性可制得氯乙烯、醋酸乙烯、氯丁二烯、三氯乙烯、丙烯腈、乙醛、异戊二烯等有机原料,再由此衍生最终产品,这是煤化工最灿烂的历史阶段。苯,过去都是由煤炭干馏副产的煤气中取得,现在可由石油出发,在汽油重整或轻质油品裂化制取石油化工原料气的同时产生,用溶剂萃取而得。由于煤化工的工艺路线和效益不佳,在1970年以石油为燃料的化工产品比例猛增到80%以上。到1979年,在西欧天然液体及气体燃料在化工原料的能源消耗上已高达99%,固体燃料只占1%。

石油化工是在煤化工基础上发展起来,以其低成本、高产出、高效益的绝对优势,从它的诞生开始,就结束了仅以煤和农产品为化学工业原料的历史。近60年来,除中国外其他发达国家煤炭产业几乎被石油、天然气工业挤得无立足之地。

随着世界经济的增长和人民生活水平的提高,石油供求矛盾日益突出。20世纪70年代末开始至今,出现了两次大的石油危机,加之石油价格大起大落,严重危及各国经济、能源和安全。因此,调整能源结构、开辟多种能源利用渠道,合理开发利用煤炭资源已成为有识之士的共识。世界煤炭资源十分丰富,发达国家已投入大量资金研究洁净煤技术,煤化工的比例有所回升,这是煤化工发展的新趋势。

石油化工最初是在炼油工业进步的基础上发展起来的,石油化工的兴起始于美国。西·埃利斯(C·Ellis)于1908年创建了世界上最早的石油化工实验室,经过约10年的刻苦钻研,于1917年用炼厂气中的丙烯制成最早的石油化工产品——异丙醇。1920年美国新泽西标准油公司(美孚石油公司)采用他的研究成果进行工业化,从此开创了石油化学工业的历史。1919年,美国联碳化合物公司开发出以乙烷、丙烷为原料高温裂解制乙烯的技术,随后林德公司建成了工业化生产乙烯(从裂解气中分离出乙烯)的石油化工厂。大分子烃转化成小分子烃的裂化技术的出现,使炼油工业从一次加工发展到二次加工,这可以看成是石油化工的兴起。1941年管式炉制乙烯实现了工业化,石油化工走上加速发展的道路。在第二次世界大战期间,涉及战略物资的合成橡胶急剧发展,乳液聚合技术趋于成熟。进入20世纪50年代,以齐格勒-纳塔(Ziegler-Natta)催化剂为代表的一批重大技术先后突破,为石油化工进入大发展时期进行了技术准备。20世纪60年代,石油化工经历了全球性的大发展,1960年世界乙烯生产能力为2.91Mt/a,到1970年达到19.76Mt/a。20世纪70~80年代,经历了石油危机的冲击,世界石油化工仍然继续发展,各项重要技术趋向成熟。1980年乙烯生产能力达到34.06Mt/a。进入20世纪90年代,以信息技术为代表的高新技术向石油化工渗透,全球石油化工经历了一次空前的产业结构调整,石油化工产业在提升中继续发展,世界乙烯生产能力由1991年的64.60Mt/a,增加到2009年底的1385Mt/a。

三、世界石油化工的发展现状

乙烯生产在石油化工基础原料生产中占主导地位。由乙烯装置生产的乙烯、丙烯、丁二烯、苯、甲苯、二甲苯，即“三烯三苯”是生产各种有机化工原料和合成树脂、合成纤维、合成橡胶三大合成材料的基础原料。可以说，乙烯工业的发展水平总体上代表了一个国家石油化学工业的水平。

(一) 乙烯

乙烯是石油化学工业最重要的基础原料之一，全球石化行业经过半个多世纪的发展，乙烯的年产量逐年提高，近两年世界乙烯生产能力增势明显放慢，见图 1-3。

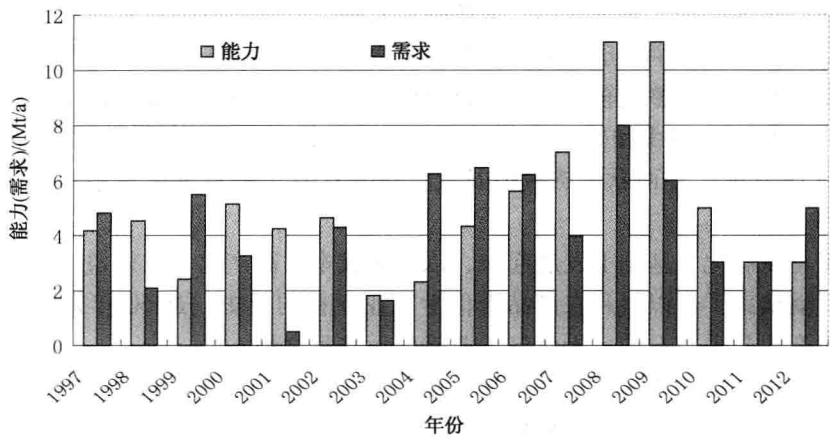


图 1-3 全球乙烯产能图

目前，全球乙烯的生产主要分布在北美、西欧和亚洲(表 1-1)。2010 年世界十大乙烯产能国家依次是：美国 27.593Mt/a、中国 12.978Mt/a、沙特阿拉伯 11.955Mt/a、日本 7.265Mt/a、德国 5.743Mt/a、韩国 5.630Mt/a、加拿大 5.531Mt/a、伊朗 4.734Mt/a、中国台湾省 4.006Mt/a、荷兰 3.965Mt/a。

表 1-1 世界各地乙烯产能分布 kt/a

地区	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年
亚太地区	3300.2	3336.2	3973.1	42631
东欧和前苏联地区	851.2	857.1	797.1	7971
中东和非洲	1234.2	1931.2	2060.2	23357
北美	3570.8	3540.7	3446.9	34508
南美	508.3	508.3	508.4	5084
西欧	2492.8	2491.8	2491.8	24904
总能力	11957.5	12665.3	13277.5	138455

全球乙烯工业发展的主要特点：

- (1) 产能过剩的局面仍在持续。受全球经济低迷、乙烯新增产能投产以及市场需求疲软的影响，2008 年以来乙烯装置开工率一直处于较低水平。2009 年，世界乙烯产能达到 133Mt，需求量为 112Mt，装置开工率为 84.2%，产能过剩约 15Mt，占需求量的 13.4%。
- (2) 中东地区多数项目推迟投产，亚太地区新增产能主要来自中国。由于金融市场动荡及全球经济减速，中东石化生产商纷纷调整项目进程，主要体现在重新安排投资计划、重新

谈判工程合同等。在原规划 2009 年投产的项目中，只有日本住友化学公司与沙特阿美石油公司的合资企业 PetroRabigh 的 1.30Mt/a 乙烷裂解装置投产，许多项目的投产推迟到 2010 年后。2009 年，亚太地区新增乙烯产能主要来自中国(含台湾省)的新建扩建装置，包括福建炼油乙烯一体化项目的 800kt/a 裂解装置、独山子石化千万吨炼油百万吨乙烯工程的 1.0Mt/a 裂解装置以及上海赛科从 900kt/a 扩建为 1.19Mt/a 的装置。另外，东欧关闭了 600kt/a 的乙烯产能，北美关闭了 938kt/a 的产能。

(3) 国际大型石油石化公司仍是乙烯生产的最主要力量。2009 年，世界十大乙烯生产公司的产能总计 6.1219Mt，占世界总产能的 46.0%，仍是乙烯供应的主力。其中名列第一的陶氏化学公司拥有 10.079Mt/a 的生产能力，约占当年世界乙烯总产能的 7.6%。近年来，国际大石油石化公司还通过合资方式，在乙烯消费市场和原料供应地尤其是在中东和亚太地区建设了一批世界级规模的大型乙烯装置。

(4) 装置规模和集中度继续提高。2009 年全球共有 266 家乙烯生产厂，平均规模为 500kt/a，同比提高 4 个百分点。中国台湾的台塑石化公司对麦寮乙烯厂的两套装置进行了扩能，分别从 450kt/a 扩大到 700kt/a、900kt/a 扩大到 1.35Mt/a，产能合计达到 2.935Mt/a，取代多年居首位的加拿大诺瓦(NOVA)化学公司的 Joffre 乙烯厂，跃居世界乙烯生产厂的第一位。其余乙烯厂的排序没有变化(见表 1-2)^[2]。从全球来看，已建和在建的生产能力在 1.0Mt/a 以上的乙烯裂解装置多达 30 多套^[3]。2010 年 7 月，阿联酋 Borouge 公司的生产能力为 1.5Mt/a 的乙烯装置建成投产，该装置取代伊朗 Jam 石化公司 2008 年 12 月投产的 1.32Mt/a 的乙烯装置，成为全球最大的单系列乙烯装置。

表 1-2 近年全球十大乙烯生产商拥有的乙烯生产能力 kt/a

排 名	1998 年		2003 年		2009 年	
	公 司	生产能力	公 司	生产能力	公 司	生产能力
1	陶氏化学	5428	陶氏化学	9851	陶氏化学	10079
2	等星	5202	埃克森美孚	8406	埃克森美孚	8551
3	埃克森美孚	3692	壳牌	6319	沙特基础工业	8399
4	壳牌	3351	Sabie	5196	中国石化	6075
5	诺瓦	2222	等星	4880	壳牌	5947
6	BP 阿莫科	2201	BP	4672	道达尔	5472
7	埃尼化学	2100	雪佛龙菲利普斯	3738	利安德巴塞尔	5200
8	菲利普斯	2040	中国石化	3506	伊朗国家石化	4734
9	中国石化	1785	阿托菲纳	3388	英力士	4586
10	联碳	1776	诺瓦	2965	台塑石化	4476
	合计	29297		52915		61219
	占世界总能力的比例/%	32.19		47.77		46.00

单炉能力的提高为装置大型化奠定了基础。20 世纪 80 年代，600kt/a 大型乙烯装置的单炉生产能力一般为 75~80kt/a，目前已增加到 150~160kt/a。加拿大新建的诺瓦大型乙烯装置，采用斯通-韦伯斯特公司的乙烯技术，气体裂解炉的单炉能力达到 240kt/a，液体裂解炉的单炉能力达到 175kt/a。据介绍，KBR 公司设计的单台裂解炉能力可以达到 280kt/a。

(二) 基本有机化工原料

石油化工的基础原料主要有乙烯、丙烯、丁二烯和芳烃。而像环氧乙烷/乙二醇、环氧丙烷、丙烯腈、苯乙烯、苯酚/丙酮、醋酸、醋酸乙烯、 α -烯烃、甲乙酮、顺丁烯二酸酐、

丁醇/辛醇等都是主要的有机化工原料。

目前世界丙烯生产能力从 2003 年的 63.87Mt 增加到 2007 年的 84.03Mt，而世界丙烯的需求量从 20 年前的 15.20Mt/a 增加到 2007 年的 73.49Mt，预计世界丙烯的需求量到 2013 年将达到 85.0Mt。

1999 年，世界丁二烯的生产能力为 9.60Mt/a，到 2004 年达 11.204Mt/a。1994 ~ 2004 年，世界丁二烯生产能力的年增长率为 3.3%。2011 年，丁二烯的生产能力为 12.916Mt/a。增长最快的地区分别为亚洲、南美以及中东，新增能力主要来源于亚洲和北美。目前，亚洲是世界上最大的丁二烯生产地区，产能约占世界总产能的三分之一。

（三）合成树脂、合成橡胶、合成纤维

1. 合成树脂

随着石油化工的发展，合成树脂已迅速成长为和钢铁、水泥、木材相提并论的四大基本材料之一。合成树脂加入各种助剂后称为塑料，被大量应用在日用品、包装、建筑、信息电子、电力、汽车、农业、机械等许多领域。全球塑料的生产速度 5.7t/s，塑料的消费速度为 4.9t/s。

合成树脂主要分为通用塑料和工程塑料两大类，以通用塑料为主，2010 年 PE、PP、PS、PVC、ABS 五大通用塑料产量占总合成树脂的 90% 以上。工程塑料以通用热塑性工程塑料为主。2007 年，世界五大通用树脂的产量为 260Mt/a，聚乙烯占 40%，聚丙烯占 26%，聚氯乙烯占 20%，聚苯乙烯占 10%，ABS 树脂占 14%。

据资料介绍，目前全球的合成树脂产量已达 260Mt/a，亚洲、北美和欧洲共占世界总产量的 90% 以上，其中美国、日本、德国、韩国和中国的年合成树脂产量分列世界的前 5 位。

2. 合成橡胶

天然橡胶和合成橡胶均应用于各种工业部门：轮胎生产占 60%，工业制品占 23%，其余近 10% 用于塑料改性、沥青改性和其他应用。迄今，合成橡胶已有近百年的发展历史，最近 30 年，世界橡胶工业一直处于动荡状态，一直延续多年的美、日、欧三极体制，从 2001 年开始，以中国加入 WTO 和橡胶消费量创记录增长为标志，揭开了美、日、欧、中竞相发展的局面。

2010 年，世界合成橡胶生产量已达 14.027Mt，创造了世界历史新高，同比增长 4.3%，连续两年保持在 3% 以上的速度。按国家地区来看，中国是发展最快的一个国家，从 2001 年首次超过 1Mt 开始，年年以双位数增长，到 2010 年已一举超 2Mt 大关，达到了 2.123Mt，世界排名已从原来的第 4 升到世界第 2。历史上技术一直领先世界、长期位居全球之首的美国，近 10 年来则一直在 2.3 ~ 2.4Mt 之间徘徊，但 2010 年达到 2.94Mt。日本在结束长达 10 多年的年产 1.5Mt 上下停滞的状态之后，从 2007 年起升至 1.65Mt，到 2010 年又回到了 1.557Mt。

俄罗斯也是世界合成橡胶生产大国。1990 年之前的苏联时代，合成橡胶年产量曾达到过 2.5Mt，位居当时全球之首。1991 年解体成立俄罗斯后生产直线下降，整个 90 年代年产量不过 600 ~ 800kt，不足原来的 1/3。2004 年才恢复到百万吨之上的 1.11Mt。2007 年增至 1.24Mt，2010 年继续增至 1.64Mt。在英法意等历史合成橡胶生产大国相继低沉之际，俄罗斯又重新崛起。

法国为欧盟产量最多的国家，2010 年，法国产量已达 698t 已超过德国的 637kt，成为欧盟产量最多的国家。特别值得关注的是新兴国家韩国。10 年来合成橡胶一直迅速发展，已

由 1997 年的 540kt 增长到 2010 年的近 1180kt, 从 2002 年以来保持了 6% ~ 9% 的高速度增长, 超过德国成为世界第 5 大合成橡胶生产国。巴西经过几次停滞之后, 在 2010 年产量已近 460kt, 增长速度也在 2.4% 以上。

上述九大年产合成橡胶 400kt 以上的国家, 总产量已达 11777kt, 占到全球的 82.9%, 其中的中俄日韩已成为拉动世界合成橡胶生产发展的主导力量。

据统计, 2010 年全球橡胶消费量为 24.61Mt/a, 其中天然橡胶消耗量为 10.765Mt, 合成橡胶消耗量为 13.845Mt, 合成橡胶和天然橡胶消耗比仍维持在 2009 年的 56.3:43.7。在合成橡胶消费量中, 顺丁橡胶(BR)和丁苯橡胶(SBR)占合成橡胶消费总量的 56%。据分析, 在 2009 年 14.207Mt 合成橡胶消费量中, SBR 固体占 37%, BR 占 22%, 乙丙橡胶(EPDM)占 9%, 丁腈橡胶(NBR)占 5%, 氯丁橡胶(CR)占 3%, 其他占 24%。

目前, 世界合成橡胶市场供大于求, 尤其是 BR 和 SBR。据国际合成橡胶生产商协会(IISRP)预测, 到 2020 年, 世界天然橡胶消费量将达到 10Mt 左右, 合成橡胶消费量达到 16Mt 左右。其中, 中国天然橡胶消费量在 2.5Mt 以上, 合成橡胶消费量在 5Mt 以上。

3. 合成纤维

合成纤维是重要的合成材料之一, 与棉、毛、纤维素纤维等统称为纺织纤维, 在国民经济中起很重要的作用。直到 19 世纪末, 人们穿着的都还是棉、麻、丝等天然产物。1939 年, DuPont 公司用人工方法合成了第一种化学纤维——锦纶 66, 从此合成纤维工业得到迅速发展。20 世纪 50 年代末期, 由于石油化学工业的发展, 为合成纤维工业提供了充足的原料来源, 合成纤维生产迅速由以煤向以石油和天然气为原料的生产方法转变, 为合成纤维产业提供了前所未有的发展前景。

据报道, 受全球性经济低迷的影响, 2008 年全球纤维产量比上年下降 4.6%, 为 71.27Mt。统计数据显示, 2009 年上半年中国纺织品出口额为 728 亿美元, 中国政府出台了纺织工业刺激政策来扭转下降趋势。至 2009 年 9 月这一市场也呈现出一些亮点, 一些主要的纤维产品, 如涤纶的需求已经好于预期。据估计, 2011 年中国纺织品出口额为 2400 亿美元, 年均增速达到 8%。

2010 年全球纤维市场开始复苏, 需求出现大幅反弹, 而且这种增长的趋势有望维持 3 ~ 4 年时间。2009 年世界化纤产量约为 41.56Mt, 同比增加 7.8%, 已恢复到 2007 年的水平。除尼龙纤维外, 其他纤维产量均转为增长, 除部分先进国家及地区外, 2009 年下半年世界化纤生产均进入恢复状态。中国化纤的生产恢复最为显著, 生产量增加 15.7%, 为 26.05Mt, 增长率及产量远超其他国家和地区。

四、石油化工发展的趋势和特点

世界炼油工业继续向规模化发展, 产业集中度进一步提高。据美国《油气杂志》统计, 截至 2011 年年底, 全球共有 655 座炼油厂, 平均规模达到 6.72Mt/a。与 2003 年相比, 炼油厂数量减少 9%, 但平均规模提高了 17%, 由 5.72Mt/a 上升到 6.72Mt/a。排名世界前十位的 10 家炼油公司的炼油能力达到 1770Mt, 占全球总能力的 40% 以上。规模在 20.0Mt/a 以上的炼油厂达到 22 座。印度信实公司贾姆纳格尔炼油厂以 62.0Mt/a 的炼油能力成为世界最大的炼油厂。

表 1-3 列出了 2002 年和 2011 年世界十大炼油公司。

表 1-3 世界十大炼油公司

排 名	2002 年		2011 年	
	公 司	原油加工能力/(Mt/a)	公 司	原油加工能力/(Mt/a)
1	埃克森美孚公司	268	埃克森美孚公司	285
2	英荷壳牌集团	226.85	英荷壳牌集团	206.65
3	英国石油公司	159.75	中国石化集团公司	196.67
4	中国石化集团公司	133.25	英国石油公司	164.19
5	委内瑞拉石油公司	133.25	美国瓦莱罗能源公司	136.81
6	康菲公司	130.65	委内瑞拉国家石油公司	131.96
7	TotalFinaElf 公司	125.45	中国石油天然气集团公司	131.81
8	Chevron Texaco 公司	119	康菲公司	126.55
9	沙特阿拉伯石油公司	106.4	美国雪佛龙石油公司	126.12
10	巴西石油公司	95.35	沙特阿拉伯石油公司	120.8

21 世纪以来,炼油-化工一体化正在向纵深发展。实施炼油-化工一体化战略,炼油厂低辛烷值组分和加氢裂化尾油可送往乙烯厂作为裂解原料,乙烯厂的裂解汽油等高辛烷值组分又可返回炼油厂,从而优化资源利用。除此之外,实施炼油-化工一体化还可使库存和储运、公用工程、营销等费用减少,削弱市场需求和价格波动的影响;一体化战略可以使 25% 的石油产品变为高附加值的石化产品,资金回报率提高 2%~5%。为持续降低成本,提高资源综合利用效率,实现企业效益最大化,世界主要石油公司都在加强炼化一体化基地的建设。目前已经形成了美国墨西哥湾沿岸地区、日本东京湾地区、韩国蔚山、新加坡裕廊岛、沙特朱拜勒和延布石化工业园区等一批世界级炼化一体化工业园区。其中美国墨西哥湾沿岸地区是世界最大的炼化基地,炼油能力达到 393Mt/a, 占美国总炼油能力的 44%。该地区还集中了美国 95% 的乙烯产能。日本东京湾地区的炼油能力占全国的 38.5%, 乙烯能力占 55.9%。我国的长三角、珠三角、杭州湾地区、环渤海地区以及印度的贾姆纳加尔、伊朗的伊玛姆等地正在加快建设世界级炼化一体化工业园区。

同时,精细化工发展速度继续增长。精细化工率在一定程度上反映一个国家精细化工的发展水平。美、日、德等发达国家化学工业的精细化率 20 世纪 80 年代一般为 45% 以上,目前已上升到 55% 以上。近几年,发达国家精细化工的发展速度都高于化学工业的发展速度,精细化工品种也将不断增加,高新技术加速渗透,在 21 世纪初这种趋势仍将继续。

在 20 世纪下半期,石化工业不断向原料重质化方向发展。20 世纪 40 年代的石油化学工业主要是利用炼厂气;20 世纪 50 年代用乙烷、丙烷;20 世纪 60 年代发展了石脑油的裂解;20 世纪 70 年代轻柴油裂解技术得到发展;20 世纪 80 年代,出现了重柴油裂解技术。而且石油加工深度越高,经济效益越显著。如果以原油作燃料发电的经济效益为 100,则炼制成成品油的经济效益为 140~220,加工成基本化工原料的经济效益为 380~430,加工成合成材料的经济效益为 1030~1560。

石化工业技术的另一重要发展方向是生产技术进步。为了节约能源、原料,优化生产工艺,新技术不断涌现。例如乙烯生产新技术不断涌现,鲁姆斯(ABB Lummus Global)公司开发的 Ethylene 2000 乙烯生产工艺近年得到推广应用。该工艺特征是短停留时间(SRT)裂解炉、快速急冷转油线换热器(TLE)和在线清焦技术,最近在美国多家公司获得应用。道化学公司开发了采用乙烷在自热条件下进行催化氧化脱氢的工艺,该工艺可削减乙烯生产费用。在原料方面,世界富产天然气的地区都将廉价天然气中的乙烷、丙烷用作裂解装置制乙烯的原料,大大提高了裂解制乙烯的经济性。LG 石化公司(Seoul)开发了石脑油催化裂解新工