



石油化工概论

邬国英 杨基和 主编

中国石化出版社

720

TE65
w75

石油化工概论

邬国英 杨基和 主编



A0924871

中国石化出版社

内 容 提 要

本书全面概述了石油、天然气炼制和油品生产的过程,石油化学工业中有机化工原料,石油精细化学品以及高分子三大合成材料(塑料、橡胶、纤维)的生产原理、工艺特点、性能和用途。

本书为非石油加工专业的大专院校的教材,也是一本普及性的石油化学工业读物,可供石油化工、炼油企业的生产管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

石油化工概论/邬国英,杨基和主编.-北京:中国石化出版社,2000

ISBN 7-80043-923-2

I.石… II.①邬…②杨… III.石油化工-基本知识 IV.TE65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 02742 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>

东远先行彩色图文中心印刷厂排版

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 17.25 印张 441 千字印 1-3000

2000 年 3 月第 1 版 2000 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

定价:25.00 元

前 言

石油化学工业是以石油（包括天然气）为起始原料的有机合成工业，也是对石油进行综合加工利用的工业。它于 20 世纪初问世，60 年代以来发展迅猛，成为世界经济体系的一个重要领域。我国在 60 年代发现大庆油田以来，相继建成了一批大型石油炼制、石油化工企业。现在石油化学工业方兴未艾，已成为我国国民经济的支柱产业之一。石油化学工业的发达程度也是衡量一个国家经济实力和工业水平的重要标志。

面对激烈竞争的国内外市场，行业对科学技术的依赖程度日益加深，科技进步对人才的结构和规格要求也越来越高。因此，石化行业的工程技术人员，也包括石油化工院校的大学生们，不论是目前正在或将来要从事高新技术产品的研制，还是从事工业生产、技术革新、技术管理等工作，都应对石化工业有较全面的了解。出于这一目的，我们在中国石油化工集团公司人教部的指导下编写了此书。经在我院经济管理类专业作为专业课教材多次试用，效果良好。

有关石油化工领域的书已有不少，基本分为两类：一类是主要介绍“石油炼制及油品生产”；另一类是着重介绍“由石油天然气生产基本有机原料的化工产品”。本书以概论的方式将两部分有机结合起来，系统地介绍石油化学工业概貌，和以石油、天然气为原料生产的各种油品及中下游产品的生产原理、工艺过程、产品性质及用途等知识。在讲解一些有关化工工艺与工程方面的基础知识之外，结合当代石化工业发展的特点，还介绍了石油化工领域里的精细化工、生物技术、过程控制优化和环境治理等方面的新成果和动态。本书为非石油加工专业的化工类及相关专业的高校学生提供了一本理论联系实际、内容全面的实用教材。本书也可为从事有关石油化工的工程技术、经营管理等方面的科技人员参考。

全书共分八章。由我院教师共同撰写，参编人员的具体情况是：第二章为周国平、童微木；第三章炼油部分为童微木；第四章为杨基和、王占华、季顺成；第六章为李为民；第七章的前三节为李为民、肖宝钧、杨基和；第八章为童微木；其余章节由邬国英编写。全书由邬国英统一编审，徐鸽校核。在此书编辑过程中，林西平参加了部分内容修改编辑工作，提出了不少具体建议。在定稿时，王丙申进行了具体指导，提出了宝贵的意见。由于编者水平有限，加上内容庞杂、涉及面广，不妥和错误之处在所难免，诚望专家和读者指教。

编 者

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业。

石油按其加工与用途来划分有两大分支：一是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；二是把经蒸馏得到的馏分油进行热裂解，分离出基本原料，再合成生产各种石油化学制品。前一支是石油炼制工业体系，后一支是石油化工体系。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60年代以来快速发展起来的一个新兴工业部门。石油化工产品及其应用的概貌如图1-1。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工的概貌。

石油化工包括以下三大生产过程：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。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、合成橡胶等最终产品。

国外习惯上把化学品分为日用化学品和工业化学品。日用化学品包括药物、化妆品、清洗剂、涂料和肥料等，其销售总额占总化学品的40%~50%；工业化学品占销售总额的50%~60%；工业化学品又分为通用化学品、专用化学品和精细化学品。基本有机化工原料产品是工业通用化学品的重要组成部分。

注：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，（包括气体、液体和固体，煤炭除外）及其混合物，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。

和农产品为化学工业原料的历史。

(二) 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。C.Ellis (西·埃利斯) 于 1908 年创建世界上最早的石油化工实验室, 经过约 10 年的刻苦专研, 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 年开始了从石油轻质馏分催化重整制取芳烃的新工艺, 同年从烃类裂解气体中分离出合成橡胶的重要单体丁二烯。由于烯烃、芳烃、二烯烃生产技术的成功, 接着研究出一系列以其为原料的产品生产技术。

然而这一时期, 石油化学工业只在美国得到了发展。50 年代, 德、日、美、意、苏等国相继建立起石油化工企业, 使这一工业领域迅速扩大, 60 年代和 70 年代初期是石油化学工业飞速发展的年代, 产品产量成倍增长, 不断开辟新的原料和增加新的品种。

三、石油化工的发展现状

乙烯是石油化工的龙头。从乙烯、基本有机化工原料和石油化工的主产品——三大合成材料: 塑料、合成纤维、合成橡胶的产量增长情况, 可看到它的发展状况 (表 1-1 至表 1-5)。

表 1-1 1995~2000 年全球乙烯产量的增长

年 份	生产能力/万 t·a ⁻¹	生产能力增长率/%	产量/万 t·a ⁻¹	产量增长率/%	开工率/%
1995	7370	6.3	6740	6.0	91
1996	7580	2.8	7020	4.2	93
1997	7800	2.9	7380	5.1	95
1998	7950	1.9	7670	3.9	96
1999	8100	0.0	7960	3.8	—
2000	8390	1.8	8250	3.6	—

注: 这些数据不包括中欧和东欧。

全世界 1960 年乙烯总产量为 291 万 t, 美国为 247 万 t; 1980 年全世界乙烯总产量已达 3000 万 t; 到 1998 年接近 8000 万 t。

1997 年全球主要基本有机化工原料的生产规模见表 1-2。

表 1-2 全球主要基本有机化工原料的生产规模

品 种	北 美	西 欧	亚 太	东 欧	中 国	全 球
乙 烯	3020	1970	890	720	420	9030
环氧乙烷/乙二醇	490/470	190/150	340/410	140/100	80	1190/1160
苯乙烯	650	450	760	100	70	2030
醋酸	260	150	220	50	45	700
醋酸乙烯	170	70	160	30	47	450
α- 烯烃	140	50	10	30	5	240
丙烯	1700	1230	1300	370	230	4800

续表

品 种	北 美	西 欧	亚 太	东 欧	中 国	全 球
丙烯腈	180	130	170	40	40	550
环氧丙烷	210	140	90	20	21	480
丙烯酸	110	90	80	10	14	300
苯酚	220	190	150	60	18	640
丁醇/辛醇	80/40	70/90	60/70	40/40	18/18	260/250
丁二烯	230	200	260	180	45	910
甲乙酮	30	30	40		2	110
甲基丙烯酸酯	70	70	60		3	210
1, 4-丁二醇	30	20	10		1	60
顺丁烯二酸酐	30	30	40	10	6	120
苯	1140	760	860	510	100	3410
甲苯	730	320	480	230	67	1870
对二甲苯	430	140	740		72	1440
邻二甲苯	70	80	90	60	18.5	310
间二甲苯	11		8		1	19
苯酐	60	100	160	50	26	410
双酚 A	90	60	40		2	200
甲醇	1060	580	970	470	130	3600

表 1-3 世界各国的塑料产量

国家和地区	1994 年			1995 年			1996 年		
	产量/ 万 t	比上年 增长/%	占比例/ %	产量/ 万 t	比上年 增长/%	占比例/ %	产量/ 万 t	比上年 增长/%	占比例/ %
美国	3414.2	9.3	29.5	3570.1	4.6	29.4	3860.0	8.1	29.6
日本	1303.4	6.4	11.3	1402.7	7.6	11.6	1466.0	4.5	11.2
德国	1113.0	11.9	9.6	1110.0	0.3	9.2	1087.0	2.1	8.3
韩国	622.2	7.7	5.4	668.9	7.5	5.5	774.1	15.7	5.9
法国	520.0	8.3	4.5	510.0	1.9	4.2	520.0	2.0	4.0
比利时	390.0	16.2	3.4	450.0	15.4	3.7	460.0	2.2	3.5
中国台湾	391.8	13.1	3.4	404.6	3.3	3.3	457.1	13.0	3.5
荷兰	400.0	2.6	3.5	410.0	2.5	3.4	420.0	2.4	3.2
中国	320.0	7.7	2.8	350.0	9.4	2.9	495.3	2.9	3.8
意大利	348.5	12.4	3.0	348.0	0.1	2.9	350.0	0.6	2.7
其他	2739.7	18.6	23.7	2902.5	5.9	23.9	3185.7	9.8	24.4
全世界总计	11562.8	8.6	100	12126.8	4.9	100	13075.3	6.7	100

全世界 1960 年塑料总产为 677 万 t，美国为 285 万 t；1980 年全世界塑料总产量达 6009 万 t；现已超过 13000 万 t。

表 1-4 列出了 1996 年排名前十位的国家合成橡胶的生产能力。全世界 1960 年合成橡胶总产量为 202 万 t，美国为 146 万 t；到 1980 年世界总产量达 862.5 万 t；1996 年已近 1300 万 t。

表 1-4 1996 年主要国家合成橡胶的生产能力

万 t/a

国 家	丁 苯 橡 胶	丁 苯 胶 乳	羧基丁 苯胶乳	顺 丁 橡 胶	异 戊 橡 胶	乙 丙 橡 胶	丁 基 橡 胶	丁 腈 橡 胶	氯 丁 橡 胶	合 计
美国	102.6	10.5	58.4	60.2	6.1	37.2	24.2	11.4	16.3	323.0
独联体	69.0	12.0	—	41.3	113.0	—	8.5	10.0	4.0	257.8
日本	65.5	10.8	13.1	30.6	6.7	20.0	10.5	10.8	8.8	176.8
德国	7.5	6.2	20.2	9.6	—	4.1	—	6.0	6.0	64.4
法国	11.4	4.8	9.5	15.5	—	8.5	5.3	5.4	4.0	59.6
中国	21.5	2.6	—	31.0	—	—	—	1.4	2.8	59.3
韩国	21.7	0.6	4.3	12.3	—	2.0	—	2.0	—	42.9
意大利	13.0	2.0	7.0	8.0	—	8.5	—	4.0	—	42.5
英国	10.5	3.5	9.3	6.5	—	—	7.2	1.5	3.3	41.8
巴西	27.7	0.6	2.2	7.0	—	1.7	—	1.7	—	40.9
世界合计	438.7	61.9	153.5	232.8	137.4	90.0	77.7	60.8	44.4	1297.2

表 1-5 世界合成纤维能力增长情况

万 t/a

	1994 年	1995 年	1996 年
涤纶	1339	1426	1550
锦纶	518	546	556
腈纶	300	300	300
其他	28	29	40
合计	2185	2301	2446

全世界 1960 年合成纤维总产量为 70 万 t，美国为 30.7 万 t；到 1980 年世界总产量达 1048 万 t；1996 年近 2500 万 t。但因聚酯发展速度太快，合成纤维出现了供大于求、经济效益滑坡的局面。

四、石油化工发展的趋势和特点

近年来，石油化工技术上的发展主要表现为大型化、综合化。据 1996 年统计，世界炼油厂共有 671 个，平均规模为 533 万 t/a；在美国千万吨级的炼厂有 25 个，占美国原油总加工能力 7.7 亿 t/a 的 41.7%。世界上扩建的最大的炼油厂处理能力为 3848 万 t/a（韩国 SK 公司的蔚山炼厂）。乙烯装置的平均规模由原来的 10 万 t 扩大到现在的 60~80 万 t。德国莱茵烯烃工厂装置能力 1955 年仅为 1 万 t/a，1974 年已扩至 74 万 t/a。美国埃克森公司的贝汤乙烯厂单套能力高达 116 万 t/a。规模扩大后资源综合利用得好，成本下降，经济效益能大大提高。

为充分利用石油资源，石化工业不断向原料重质化方向发展。40年代的石油化学工业主要是利用炼厂气；50年代用乙烷、丙烷；60年代发展了石脑油的裂解；70年代轻柴油裂解技术得到发展；80年代，出现了重柴油裂解技术。

石油加工深度愈高，经济效益越显著。如果以原油作燃料发电的经济效益为100，则炼油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采用节约能源和原料的工艺。采用直接合成工艺，可以降低原料消耗。例如50年代乙二醇由乙烯合成先制成氯乙醇，再转化成环氧乙烷；60年代改为乙烯催化氧化成环氧乙烷后，制得乙二醇，不再使用氯气作为辅助原料；70年代乙烯一步合成乙二醇，产品收率大大提高。发展催化技术，可减少能耗，发展对环境友好、无污染的工艺。

当今，为了满足越来越严格的环保要求，迎接日益激烈的市场竞争的挑战，工业界正在经历一场重大的结构调整。应用先进控制和信息技术，采取一切可能的措施降低成本，各大公司或企业的横向兼联合，大型化、综合化的步伐迈得更大。如近期莫比尔公司和雪弗龙石油公司、英国石油公司与美国阿莫科公司进行了合并，成为名副其实的石油市场霸主。

表 1-6 1995 年世界十大炼油公司

	公 司 名 称	炼 油 能 力/ $\text{Mt}\cdot\text{a}^{-1}$
1.	壳牌集团公司	223.01
2.	埃克森公司	170.78
3.	中国石化总公司	143.35
4.	委内瑞拉石油公司	125.04
5.	莫比尔公司	102.23
6.	英国石油公司	90.61
7.	墨西哥石油公司	81.56
8.	沙特阿拉伯石油公司	76.07
9.	雪弗龙石油公司	74.86
10.	巴西石油公司	61.68

表 1-7 1995 年世界十大乙烯生产国

国 家 名 称	总生产能力/ $\text{Mt}\cdot\text{a}^{-1}$	厂 数	平均单厂能力/ $\text{Mt}\cdot\text{a}^{-1}$
美国	22.226	38	0.585
日本	6.889	15	0.459
独联体	4.868	29	0.168
德国	4.496	11	0.400
韩国	3.625	8	0.453
法国	3.435	9	0.382
加拿大	3.287	5	0.657
沙特阿拉伯	2.940	4	0.735
中国	2.468	14	0.176
荷兰	2.233	4	0.558

五、我国的石油化工发展概况

我国的石油化学工业是在十分薄弱的基础上起步,1949年底全国有机化工原料的总产量仅900t。为了加速发展石油化学工业,50年代开始从国外引进石油化工装置和较为先进的炼油设备。60年代大庆油田开发以后,我国石油炼制工业有了很大规模的发展。70年代,北京燕山和上海金山两个石化企业的建设,使我国形成了初具规模的石化工业。特别是1983年成立中国石化总公司之后,对全国重要的炼油、石化、化纤和部分化肥企业集中领导,统筹规划。十几年来,石化工业有了很大的发展,生产能力和产品质量持续稳定增长,基本形成了一个完整的具有相当规模的工业体系。

表 1-8 我国石油化学品产量

万 t/a

产 品	1985 年	1987 年	1993 年	1996 年	平均年增长率/% (1985 ~ 1987 年间)
乙 烯	105	190	234	303	20
树脂和塑料	123	153	351	540	11
合成橡胶	21.8	32.2	39	58	10
合成纤维	77	98	199	337	13

经过 40 多年的发展,我国石化工业的技术和装备水平有了很大提高,大中型炼油厂已接近国际先进水平。目前全国大小炼油和石油化工联合企业超过 110 多家。不包括台湾省共有 64 家炼油厂,年原油加工能力超过 2.5 亿 t。全国原油一次加工能力(炼油能力)由 1983 年 1 亿 t 到 1995 年达 2.0 亿 t,翻了一番。全国炼油厂的开工率大约在 65% ~ 70%。汽油、煤油、柴油、润滑油的总产量从 1983 年的 3658 万 t 增加到 1995 年的 7140t,也增加了近一倍。乙烯生产能力从 1983 年 72 万 t/a 增加到 1995 年的 300 万 t/a,增加了 3.2 倍。塑料、橡胶、纤维的总产量由 85 年的 123 万 t、21.8 万 t、77 万 t 增长到 1996 年的 540 万 t、58 万 t、337 万 t。

据 1995 年统计,全国 64 家炼油厂加工原油 1.2974 亿 t,生产汽油 2685 万 t、煤油 426 万 t、柴油 3568 万 t、润滑油 183 万 t、燃料油 2591 万 t、化工轻油 1092t、溶剂油 62 万 t、石蜡 87 万 t、石油焦 230 万 t、石油沥青 335 万 t。

我国炼油工业发展的目标是 2010 年达 3 ~ 3.5 亿 t 原油加工能力。

[附] 国内以 30 万 t 以上乙烯装置为龙头的特大型骨干企业简介:

(1) 燕山石化公司 1976 年建成投产,除 30 万 t/a 乙烯装置外,还有乙二醇、低密度聚乙烯 LDPE、聚丙烯 PP、顺丁橡胶、精对苯二甲酸 (PTA) / 聚酯、地毯纤维聚丙烯、苯乙烯/聚苯乙烯、苯酚/丙酮装置,是我国第一家集炼油、合成树脂、合成橡胶、合成纤维于一体的综合性石油化工联合企业。1994 年 9 月完成乙烯装置改造扩建工程,生产能力由 30 万 t/a 提高到 45 万 t/a,同时新建一套 14 万 t/a 高密度聚乙烯装置,聚丙烯和苯酚装置改造,提高了生产能力。另外,燕山公司还供应乙烯给北京市的两家化工厂生产氯乙烯/聚氯乙烯 (PVC); 供应丙烯给北京东方红化工厂生产丙烯酸/酯,还计划向下游延伸生产双酚 A、丁基橡胶、塑料制品和精细化工产品。

(2) 大庆石化总厂 1986 年建成投产。除 48 万 t/a 乙烯装置外,还有低密度聚乙烯、高密度聚乙烯、甲醇、乙醛、醋酸、MTBE (甲基叔丁基醚)、丙烯腈、丙烯酸类纤维、线型低密度聚乙烯装置。目前正在扩建和新建装置有聚丙烯、苯乙烯、聚苯乙烯、ABS 树脂。

是我国第二家集炼油和三大合成（纤维、塑料）于一体的综合性石油化工联合企业。

(3) 齐鲁石化公司 1987 年建成投产。除 45 万 t 乙烯装置外，还有苯、二甲苯、氯乙烯、聚氯乙烯、聚丙烯（PP）、1-丁烯、MTBE、线性低密度聚乙烯（LLDPE）、高密度 PE（HDPE）、苯乙烯、丁苯橡胶、增塑剂、甲醇，是我国第三家集炼油、树脂、塑料、合成橡胶、化肥于一体的综合性石油化工联合企业。

(4) 扬子石化公司 1992 年建成投产。除 40 万 t/a 乙烯装置外，还有乙二醇、HDPE、PP、对二甲苯、精 PTA、乙醛。是我国第四家集树脂、合成纤维于一体的综合石油化工联合企业。1996 年将 30 万 t/a 乙烯扩产到 45 万 t/a，1994 年与德国巴斯夫公司合资建设 13 万 t/a 乙苯、12 万 t/a 苯乙烯、10 万 t/a 聚苯乙烯各一套，总投资 1.79 亿美元，于 1997 年建成投产。

(5) 上海石化股份有限公司（金山） 1992 年建成投产，45 万 t 乙烯装置，还有乙二醇、氯乙烯单体、聚丙烯、LDPE、丙烯腈、聚酯、对二甲苯、精 PTA、聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚酯纤维装置，是第五家集合成树脂与塑料、合成纤维于一体的综合性石油化工联合企业。

我国石化工业有较快的发展，同时保持着一定的经济效益，重要的一个因素是依靠技术进步，表现在技术的国产化和创新两个方面。

（一）国产化

炼油工业除了 50 年代建成的苏联援建的兰州炼油厂外，60~70 年代依靠自己的技术力量，研究开发了流化催化裂化、铂重整、延迟焦化、尿素脱蜡以及有关催化剂、添加剂等炼油新技术，并在此后建设的炼油厂中普遍使用，因此炼油工业基本上是依靠自己的技术力量建设起来的。80 年代以来，开始引进一些技术，如渣油催化裂化技术。由于国内研究同步进行，也开发了不少我国的技术，包括工艺技术、催化剂和设备等。如催化裂化系列技术（包括重油深加工）、加氢裂化等。1996 年我国催化裂化的能力达到 6670 万 t/a，占原油一次加工能力的 31.5%，其规模和比例仅次于美国，居世界第二位。

石油化工从 70 年代开始以来，特别是乙烯工艺一直大量引进国外先进装置和技术，同时也开展了对引进技术的消化、吸收和创新。如乙烯裂解炉是生产装置的“龙头”，过去基本依赖进口，多年来，科研设计单位对裂解技术持续进行攻关，先后开发出 2 万 t/a、3 万 t/a、4 万 t/a 的 CBL 型炉，已有多台在工业上应用。这些炉型符合当前高温、短停留时间和低烃分压发展趋势，各项技术经济指标均比较先进，投资仅为引进装置的 70%。目前正在开发规模更大、技术更新的 6 万 t/a CBL-III 型炉。

大型工业催化剂实现国产化，包括催化裂化、连续重整、高压加氢裂化、合成丙烯腈和聚丙烯等催化剂品种，技术指标一般和引进的装置相当，这些技术已经逐步在企业中应用，经济效益显著。

（二）技术创新方面

我国石化科技队伍在国产化取得成效的基础上进行创新，开发成功了一批独具特色的先进技术，包括工艺流程、催化剂和工艺技术，如催化裂解技术（DCC）已出口泰国。近年来开发出的一些性能优异的催化剂，如 RN-1 加氢脱氮催化剂已出口意大利，并得到应用；MB-86 丙烯腈催化剂，首批已运往台湾，收率比进口催化剂高几个百分点，经济效益十分显著。

此外还有催化裂化干气制乙苯技术。乙烯与苯经烷基化制取乙苯的工业方法，国内外几乎都采用聚合级乙烯为原料。利用炼油厂催化裂化干气中的乙烯作为制取乙苯原料的技术，需要对干气进行脱硫及其它杂质，经济上不很有利。中科院大连化物所研究出一种干气不用脱硫即可进行烷基化的催化剂，在抚顺等地建成乙苯工业装置，制得的乙苯完全达到国家优级产品标准。这套装置原料干气不需深度精制，因而装置投资和能耗比原料需要深度精制的工艺低 $1/3 \sim 2/3$ ，此技术正在世界范围内推广。

第二节 石油化工在国民经济中的作用

石化工业的产品广泛地应用于国民经济的各个领域。石油化学工业的发展带动了同属国民经济支柱产业的汽车制造业、机械电子业和建筑业以及农业的发展、进步；可为人类生产和生活提供衣食住行的物质保障；扩大就业市场；为国家提供财政积累；石化工业的发展也表明，它的进步也带动了整个国民经济的增长和结构升级。进入下一个世纪，随着知识经济时代的到来，国民经济对石化工业产品在数量上、质量上及品种上提出的要求也越来越高。

一、石化与农业的关系

我国是一个有 12 亿人口的大国。人均耕地面积仅为 1.37 亩 ($1 \text{ 亩} = 666.6 \text{ m}^2$)，为世界人均耕地面积的 $1/3$ 。要发展农业，只有靠科学种田，提高单产。石化工业需为农业机械化提供燃料，为农业增产提供农膜及化肥，农业对石化工业的依赖程度很高。

(一) 化肥

从天然油气合成氨，再加工成尿素。尿素含氮 46%，是一种高效氮肥。每吨尿素可增产小麦约 10.4t，水稻约 8.2t，玉米 11.6t。1990 年，我国粮食产量约 4.5 亿 t，消耗化肥 2355 万 t（折合纯品），化肥增产的粮食约 2.0 亿 t。也就是说，在粮食总产量中，约 45% 是靠化肥获得的。

(二) 农膜

农膜覆盖栽培技术是提高单产的重要手段之一，一般可提高作物产量 30% ~ 50%。在原有水平上每覆盖 2 ~ 3 亩玉米地，相当于 4 亩露天玉米地的产量。每覆盖 5 亩棉田，产量相当于 6 亩露天棉田。地膜栽培还可提高作物质量，例如蔬菜可提前上市，鲜嫩可口，色泽好；西瓜早熟、糖度可提高一度。

近十几年来，国内各种农地膜应用发展迅速，已成为合理利用有限的国土资源，增加单产，提高土地利用率的有效手段。1980 年地膜覆盖面积仅 2.5 万亩，棚膜覆盖 115 万亩；1990 年地膜覆盖面积 4700 万亩，棚膜覆盖 230 万亩；1992 年地膜覆盖面积 7000 万亩，棚膜覆盖 300 万亩；预计 2000 年地膜覆盖面积 8000 ~ 10000 万亩，棚膜覆盖 800 ~ 1000 万亩。两类膜约需聚乙烯树脂 28 万 t 及 64 ~ 80 万 t，加上其它商用塑料需用树脂 5 万 t，渔业用 3 万 t 等，合计共需合成树脂 103 ~ 119 万 t。

农用塑料树脂、长寿耐老化防雾滴等功能膜、农田塑料管材也需树脂逾百万吨。

(三) 油品

在我国农业城市化快速发展的形势下，农业户减少，农田耕作相对集中，对农业机械化提出了新的要求，石油化学工业需充分保证农业机械化所需油品。

表 1-9 我国农业机械化的发展

	1990 年	1995 年	2000 年
机耕面积/亿亩	7.25	8.5	9.5
机耕水平	50.5%	57%	66%
机播面积/亿亩	3.24	4.7	7
机播水平	14.5%	22%	32%
机收面积/亿亩	1.65	2.8	4.5
机收水平	7.4%	13%	21%
机脱粒面积/亿亩	2.3	3.5	4
机植保面积/亿亩	2.05	2.2	3.2
机灌溉面积/亿亩	408	4.2	4.5

这样, 1995 年农用柴油动力约为 2.35 亿 kW, 需柴油 1950 万 t, 比 1990 年提高 58%; 预计 2000 年农用柴油动力约为 2.68 亿 kW, 需柴油 2384 万 t, 比 1995 年提高 22%。因此保证柴油供应, 已成为石化工业支援农业的重大责任。

二、石化与汽车工业发展的关系

汽车工业是资金密集、技术密集、附加值高、经济效益显著的产业, 它能带动一系列相关产业的发展, 在现代社会、经济、科技及至人民生活福利等方面起着重要的作用。工业发达国家都把汽车工业作为经济的支柱产业。汽车工业的发展已成为各国工业水平及人民生活水平的重要标志。汽车工业对石化工业提出的要求, 主要包括以下几方面。

(一) 油品

石化工业生产汽油几乎 100% 用于交通运输的汽车中, 柴油也有 10% ~ 15% 用于汽车公路运输。1995 年仅公路运输一项, 耗汽、柴油约 2790 万 t (其中柴油约 790 万 t); 2000 年全国货运周转量约 10210 亿 t·km, 需汽、柴油 4680 万 t (其中柴油 1700 万 t)。所需要的润滑油, 也由石化工业供应。

(二) 塑料

为了节省燃料油, 世界汽车普遍轻质化, 塑料在汽车中的应用大大推进了它的发展进程。有关材料介绍: 轿车每使用 1 公斤塑料, 车体可减重 1.2kg, 而轿车重量每减少 10%, 行驶 100km 可节油 1L。塑料车身使形状、结构设计更加合理。故从 80 年代到 90 年代, 世界轿车中塑料占车重已由 5% 增至 10%, 塑料大量地用于保险杠、油箱、仪表盘、方向盘、座垫、蓄电池壳、顶蓬及内装饰件、车灯罩、扶手以及各种零配件。

我国汽车对塑料需求涉及品种多, 要求较严。石化工业面临的任务在品种及质量方面都应力求适应汽车工业对合成树脂的各种要求。

(三) 橡胶

汽车工业与橡胶工业发展关系密切, 汽车工业一直是橡胶工业的主要市场, 其中轮胎占车用橡胶的 60% ~ 70% 左右, 其余还包括胶管、胶带密封件、减震件、雨刷胶条等。每辆汽车均有各种橡胶配件 500 ~ 600 件, 生胶耗量约 10 ~ 15kg。

轮胎配件种类繁多, 尤其需要 EPR (乙丙橡胶, ethylene-propylene rubber)、NBR (丁腈橡胶, nitrile-butadiene rubber)、CR (氯丁橡胶, chloroprene rubber) 以及硅橡胶和氟橡

胶等合成橡胶。

(四) 涂料

汽车用涂料兼备防腐、耐候及美观等多种功能,属于涂料工业的高档产品,我国 1992 年汽车涂料生产能力已有 5.5 万 t/a,预计到 2005 年保存量达 2860 万辆车时,共需涂料总产量的比例将由 8%增至 15%。

(五) 胶粘剂及密封胶

汽车用胶粘剂及密封胶许多基础原料也出自石化工业。国外每辆汽车的用量 18~23kg (10 年前 9~11kg),美国通用汽车公司每天在组装生产线上就要消耗胶粘剂 5680L,车身使用最多(四门二盖),其次为内装饰、顶篷、地毯的粘接等。这类材料环氧类占 25%,PVC (聚氯乙烯)类占 23%。

(六) 织物

汽车用的纺织品越来越多地为合成纤维所占领,有人把车用织物概括为“五子登科”,即帘子(轮胎帘子布)、料子(座椅面料)、毯子(地毯)、带子(安全带)、垫子(隔热隔音棉毡)。

三、石化与建筑业发展的关系

(一) 建筑塑料

建筑业在朝着更高层次发展的过程中,除了要有现代建筑风格的,更加强调讲求效率和速度、节约能源和资源,室内外装饰力求简洁、明快、华丽,体现时代精神,这就迫切要求我们石化工业为之提供各种类型的化学建材。

化学建材包括建筑塑料(塑料异型材、塑料管道、墙体、地面等)、建筑涂料,防水材料、密封材料和建筑粘合剂等,其特点是外型美观、相对密度小、比强度大、耐磨、易成型、耐腐蚀、不霉烂,并兼有防水、密封、隔音、保温、抗温、抗震所需的功能。近年来年建筑面积一直保持在 12~15 亿 m^2 ,约需 1.8 亿 m^2 的窗及 1.3 亿 m^2 的门,如塑料门窗占全部门窗的 15%,约需 4500 万 m^2 ,就需耗用树脂 40 万 t 以上。

目前国外大量给排水采用 PVC 塑料管道,燃气用电缆导管采用 HDPE 管,它们质轻、耐腐蚀、寿命长,容易铺设安装及维修,若上述管道 30%采用塑料管(现仅 10%)则约需各类塑料管 25 万 t 左右。

(二) 建筑涂料

在国外发达国家中,建筑涂料占整个涂料的 40%~55%,与工业涂料、特殊涂料一起并称三大涂料。据测算每 1000 m^2 建筑面积约有 4600~5200 m^2 的内外墙及顶棚面积,每平方米均耗用 0.4~0.5kg 建筑涂料,如城镇房屋建设面积(3 亿 m^2)的 50%,农村建筑面积(9 亿 m^2)的 20%采用建筑涂料,则需 80 万 t 左右。其中聚乙烯醇类涂料 9 万 t,丙烯酸酯类涂料约 18 万 t,聚醋酸乙烯类约 23 万 t,聚氨酯类约 6 万 t,醇酸树脂类约 12 万 t,其它 12 万 t,这些产品的大部分原料出自石化工业。

(三) 防水卷材

传统的屋面防水材料是沥青油毡,因使用寿命短,维修麻烦,造价高,眼下已很少使用。大多数国家已采用改性油毡(如 SBS 改性油毡,即苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌共聚物;无规则聚丙烯 APP 改性油毡等)及高分子卷材(如 PVC 片材、EPDM 三元乙丙共聚物片材)等。对不规则屋面防水、堵漏也需要优质防水密封材料,以及优质沥青。

四、石化与机械电子行业的关系

电子工业，以其高技术含量，将继续超前带动其它行业的发展。石化工业发展离不开机电部门的产品进行装备，而机电工业也需要石化工业提供众多原材料才得以发展。如机械行业的机器、仪表需要润滑、密封、传动、防腐等，离不了润滑油脂、密封材料、橡胶输送及传送带，以及各种涂料；电子工业进入百姓家庭的消费类电子产品（如电视、音像设备等）及办公机械，都需要大量合成树脂；还有家用电器、通讯及动力用电线电缆，都需要石化工业提供大量塑料原料。一台电冰箱约需 ABS 树脂 6kg，1200 万台就需要 7.2 万 t；一台洗衣机约需 PP 树脂 6~8kg，1500 万台就需要 9~12 万 t。这些树脂专用料性能要求高，电视机壳每个约用 ABS 或 HIPS（高抗冲聚苯乙烯）4~5kg，包装用 EPS（可发性聚苯乙烯）0.3kg，3000 万台即需 ABS（或 HIPS）12~15 万 t，EPS 9000t。

思 考 题

1. 何为石油化学工业，它是由哪些部门组成的？
2. 简述石油化工在国民经济中的地位。

第二章 石油和油品

第一节 石油的化学组成

一、石油的性质

石油（或称原油，petroleum 或 crude oil）是从地下深处开采出来的黄色乃至黑色的流动和半流动的粘稠液体。石油按其产地不同，性质也有不同程度的差异。它是由烃类和非烃类组成的复杂混合物，其沸点范围很宽，从常温到 500℃ 以上，相对分子质量范围从数十到数千。

绝大多数石油的相对密度介于 0.8 ~ 0.98 之间，我国原油的相对密度大多在 0.85 ~ 0.95 之间，属于偏重的常规原油。在商业上，按相对密度把原油分为轻质原油（相对密度 ≤ 0.865 ）、中质原油（相对密度 = 0.865 ~ 0.934）、重质原油（相对密度 = 0.934 ~ 1.000）、特重质原油（相对密度 ≥ 1.000 ）。轻质石油在世界上的储量较少，青海冷湖原油即属此类轻质石油。

二、石油的元素组成

世界上的原油性质千差万别，但其元素组成是一致的，基本上是由碳、氢、氧、氮、硫五种元素组成。由碳、氢两种元素组成烃类；由碳、氢两种元素与其它元素，如硫、氮和氧组成非烃类。在原油中的一般含量范围是：碳 83.0% ~ 87.0%；氢 10.0% ~ 14.0%；硫 0.05% ~ 8.00%；氮 0.02% ~ 2.00%；氧 0.05% ~ 2.00%。

氢/碳原子比（H/C）是研究石油的化学组成与结构，评价石油加工过程的重要参数。烷烃的 H/C 比最大；环烷烃的 H/C 比次之；芳香烃的 H/C 比最低。同一族烃类中，随相对分子质量增大，H/C 比下降。在原油加工转化为产物的过程中，总的碳含量和氢含量是维持不变的。

除上述五种元素之外，还含有微量的金属元素，一般只是百万分之几甚至十亿分之几。含量较多的金属元素为镍、钒、铁、铜等。

三、石油的馏分组成

原油的沸点范围宽，因此，无论是对原油进行研究或是进行加工利用，都必须首先用蒸馏的方法将原油按沸点的高低切割为若干个部分，即所谓馏分（fraction）。每个馏分的沸点范围简称馏程或沸程（boiling range）。从原油直接蒸馏得到的馏分称为直馏馏分。一般把原油中从常压蒸馏开始馏出的温度（初馏点）到 200℃（或 180℃）之间的轻馏分称为汽油馏分；常压蒸馏 200℃（或 180℃）到 350℃ 之间的中间馏分称为柴油馏分，或常压瓦斯油（atmospheric gas oil，简称 AGO）；而 > 350℃ 的馏分则称为常压渣油或常压重油（atmospheric residue，简称 AR）。350 ~ 500℃ 的减压馏分称为润滑油馏分或减压瓦斯油（vacuum