

石油化学工业技术与经济

主 编：

林 肇



中国石化出版社

335

石油化学工业技术与经济

林 华 主编



内 容 提 要

这是一本概括介绍石油化学工业发展历程及现状的书。作者以大量的数据及资料从石油化工的原料、烯烃、芳烃、二烯烃的生产,塑料、橡胶、合成纤维三大合成材料及一些重要有机合成产品及加工过程等方面介绍了80年代中期中国石油化学工业的主要工艺路线和发展概况;从技术与经济的角度分析了成绩及存在的问题;对30年来发展历史及对今后展望提出了自己的看法。此书适用于广大石油化工工作者、高等院校及中等专业技术学校石油化工类专业师生参考使用,也可作为普及性读物供其它专业人员参考。

石油化学工业技术与经济

林 华 主编

中国石化出版社出版

(北京朝阳区太阳宫路甲1号 邮政编码:100029)

海丰印刷厂排版

海丰印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

850×1168毫米 32开本 13³/₄印张 1插页 353千字 印1—1400

1990年12月北京第1版 1990年12月北京第1次印刷

ISBN 7-80043-176-2/F·006 定价:6.00元

主 编 林 华
副主编 申同贺

参加本书编写人员（按姓氏笔画排列）

邓佩鑫 卢焕章 申同贺 孙宗海
李宪初 林 华 周大嶷 魏文德

2K436/24

前言

近年来，随着改革开放的深入进行，经济建设发展很快，石油化学工业的发展也格外引人注目。一段时间内，“乙烯热”席卷全国，各省、市、地区跃跃欲试，纷纷上马立项，或引进，或合资，大有将乙烯炉林立中华大地之势。

热情与愿望是可贵的，但它终究不能代替理智，我们面对的现实依然是严峻的。冷静地、认真地回顾一下过去，有助于认清自我，有助于认真地、严肃地思考未来。虚心地总结经验与失误可以使我们在前进途中少走弯路，需记“前车之鉴，后事之师”。

我们参加编写的几位同志，除一位中年工程师外，大多步入古稀之年。在几十年的生涯中，在化工、石油化工的科研、设计、建设、生产和管理工作中可谓是摸、爬、滚、打，一路坎坷。有成就，也有失误；有欢乐，也有辛酸。我们感到有责任将亲身经历的往事尽量记录下来，留给后人参考。

诚然，我们不是作家，写的东西可能没有文采，但我们愿意勾勒出石油化学工业发展的轮廓，描绘出80年代中期中国石油化学工业的一个概貌；不仅写出石油化学工业的成就与现实，而且尽量谈谈我们的观察、体会与思考，对一些敏感的、有争论的问题，我们也不避忌，希望能抛砖引玉，引起大家讨论。

我们编写此书是希望能和广大的同行们共同关心石油化学工业的健康发展；希望能有更多的各行各业的朋友们都来关心、支持我们的石油化工事业；同时也希望能为众多的化工类及石油化工类专业的大、中专教师和同学们提供一些实用的参考资料。本书的主要内容曾在北京化纤工学院、大连理工大学石油化工学院等处为部分研究生及大学生讲授过。

41724

本书是在1987年初完成的，在其后的两年中，经过数次试讲，并征求了有关方面的意见，在此基础上做了一些修正工作。由于我们精力有限，掌握的资料不多，我们无意，也不可能将此书写成一本包罗万象的手册或百科全书，书中错误、疏漏之处必定不少，观点可能也有谬误，恳请广大同行及读者批评指正，错误之处概由我们负责。另外，由于时效原因，所有技术及经济数据仅供参考。

在编写此书过程中我们得到了中国石化总公司发展部、科技情报所等单位有关领导和科技人员的大力协助，在此一并表示感谢。

编 者

1989年8月

目 录

第一章 绪论	1
第二章 石油化学工业的原料	14
第一节 原料.....	14
第二节 原料与技术经济.....	25
第三节 讨论.....	31
第三章 烯烃的生产	36
第一节 几种有关炉型及裂解工艺过程.....	37
第二节 裂解气的分离.....	74
第三节 有关裂解装置的一些技术经济问题.....	82
第四节 讨论.....	87
第四章 芳烃的生产	90
第一节 概述.....	90
第二节 重整芳烃.....	92
第三节 乙烯装置副产芳烃.....	100
第四节 二甲苯异构体的生产.....	105
第五节 讨论.....	117
第五章 二烯烃的生产	124
第一节 丁二烯的制取与分离方法.....	124
第二节 异戊二烯的生产.....	147
第六章 合成树脂及塑料	157
第一节 概述.....	157
第二节 主要塑料品种.....	163
第三节 讨论.....	245
第七章 合成橡胶	249
第一节 概述.....	249

第二节	丁苯橡胶	250
第三节	聚丁二烯橡胶	255
第四节	聚异戊二烯橡胶	259
第五节	乙丙橡胶	267
第六节	氯丁橡胶	274
第七节	丁基橡胶	276
第八节	丁腈橡胶	279
第九节	合成胶乳	284
第十节	聚合物复合材料	288
第十一节	我国的合成橡胶工业	292
第十二节	讨论	297
第八章	合成纤维	300
第一节	概述	300
第二节	聚酯纤维(涤纶)	305
第三节	聚酰胺纤维(尼龙)	329
第四节	丙烯腈和聚丙烯腈纤维(腈纶)	352
第九章	几种重要的有机合成产品及加工工艺	363
第一节	甲醇	363
第二节	醋酸	368
第三节	环氧乙烷和乙二醇	379
第四节	乙苯和苯乙烯	387
第五节	重质油加氢裂化	395
第六节	石油烃制氢	400
附录一	三十年来石油化工设计工作的回顾	卢焕章 412
附录二	对我国石油化工科研发展的回顾	魏文德 423

第一章 绪 论

世界上的物质，除元素外，都是化合物。化合物一向分为无机化合物（包括元素）和有机化合物两大类。起初，一种化合物如果来自无生命的物质（矿物、水、空气等），则称之为无机化合物；来自有生命的物质（动物、植物、微生物以及古代生物转变成的煤和石油等）则称之为有机化合物。后来偶然发现，可以从无机物制取有机物，从而打破了原先的分界。按原来的定义来区分有机物和无机物，已无实际意义。

已有的有机化合物的品种数量大大超过无机化合物的品种数量，而且有机化合物的化学运动规律不少是独特而不同于无机物的。因此，“有机”化学这一类别似乎应该保持。人们发现有机物几乎全部都含有碳元素成分。因此可以说有机化学研究的就是含碳化合物的化学（只有 CO 、 CO_2 、 H_2CO_3 及其盐类等少量含碳化合物仍按习惯列为无机物）。

有机化合物是含碳的化合物，制取有机化合物时就需要寻找合适的“碳”源。从有机化学的发展史来看，大体经历了三个阶段，依次为：以动、植物为原料的生物化工；以煤为原料的煤化工；以石油为原料的石油化工。现在石油化工已成为有机化学工业的主要基础。在新中国，有机化学工业也必然要走石油化工的道路。在世界上大力发展石油化工的50年代末、60年代初期，我国的石油化工也开始起步，并取得了一定的成果。更大更多的石油化工企业正在规划、建设中。但是应该看到，我国人口众多，资源相对短缺，目前的石油化学工业的规模以及近十年的规划，都远不能满足我国有机化学工业的发展需要。因此在我国还需很好地综合利用一切能利用的资源，在大力发展石油化工的同时，对

生物化工和煤化工也需适当发展。

石油化工最早是和炼油密切联系的。为了提高油品的质量，发展了制氢、加氢精制等工艺；利用重整、芳构化、催化裂化、异构化、烷基化、叠合等技术提高汽油辛烷值；通过裂化、焦化、减粘等手段使重油、渣油轻质化；对炼油过程的副产品则开展一系列的化工利用，如利用丙烯制异丙醇，异丁烯聚合生产低粘润滑油增粘剂等。我国在60年代初期，自力更生开发了五套较先进的炼油加工装置，在当时被誉为“五朵金花”^{*}。

石油化工的发展其次表现在合成氨的制造。起初合成氨以煤焦为主要原料，后利用石油化工的制氢技术，用甲烷（天然气和石油气）、轻烃、石脑油做原料，蒸汽转化、变换、脱碳制成合成气。以后又采用重油、渣油加压水煤气化制合成气的方法。这样的合成气制氨节约物耗和能耗，缩小装置占地面积，降低了成本，保护了环境，使得合成氨、合成甲醇、羰基合成等等一系列的有机合成技术得到很快的发展。在我国，从50年代开始科学研究，60年代引进了英国、荷兰技术在四川泸州建设了10万吨的合成氨厂，同时在金堂四川氮肥厂使用天然气做原料生产合成氨。70至80年代又引进了16套利用天然气、轻石脑油、重油做原料制造合成氨和尿素的30万吨级大型氮肥工厂，为我国农业用氮肥解决了很大问题。

以石油馏分为原料，蒸汽裂解生产三烯（乙烯、丙烯、丁二烯）、三苯（苯、甲苯、二甲苯），作为最基础的有机化工原料，并进一步合成各种有机化工产品 and 三大合成材料，一般较狭义的石油化工就是指的这个过程。人们习惯上以乙烯的年产量或装置规模作为石油化工规模的标志。我国第一套工业规模的乙烯装置就是50年代苏联援建的156项工程中，在兰州合成橡胶厂内建立的年产5000t乙烯装置，其目的是以乙烯生产乙苯、苯乙

^{*} 指流化催化裂化，催化重整，延迟焦化，尿素脱蜡，炼油催化剂和石油添加剂。

烯、聚苯乙烯和丁苯橡胶。从这里开始了以有机合成为主体的石油化学工业。该装置于1961年建成投产。

回顾我国从60年代初期以来30年石油化工发展的历程（以乙烯生产能力为标志，见表1-1和表1-2），可以看出30年间乙烯生产能力扩大了近400倍。第一个10年，从年产5千t增至年产5万t，扩大10倍；第二个10年从年产5万t增至年产50万t，又扩大了10倍；第三个10年从50万t增至年产200万t，再扩大4倍，发展速度不能算慢，成绩是巨大的。

30年间，取得的经验和教训也是不少的。

50年代苏联援建的兰州合成橡胶厂是采用粮食酒精做原料，即使是农业丰收年，原料也难以满足生产所需。唯一出路就是改变原料路线，走石油化工的道路。兰化公司一方面加强科学研究，自力更生改造原有乙烯装置，扩大生产能力；另一方面，在国家的帮助下，引进了10项新的石油化工装置，取得了很好的效果。在此基础上，开展综合利用，以重油、甲烷氢为原料改造合成氨，以碳四为原料改造合成橡胶。促使了人们对有机化工工业从石油化工取得原料是必经之路有了较一致的认识。

工业生产中技术干部是十分重要的。从50年代开始国家派出大批技术人员和工人出国培训，60年代围绕技术引进，采用多种方式提高科技人员的技术水平，这对以后石油化学工业的发展打下了良好的基础。例如，60年代初兰化公司组织技术干部和管理干部学习有关石油化工知识，举办石油化工技术讲座，200余名干部坚持3年，学完了全部课程，为发展石油化工做好了技术和思想准备。当时由于“资产阶级知识分子”提法的影响，大学毕业生分配发生问题。兰化抓住时机，一连5年每年接收600多名大学毕业生以及大量中专毕业生，把他们派在生产和建设第一线，在实践中增长才干，同时设计和科研队伍也增加了大量新鲜血液，呈现一派蓬勃兴旺景象。这一支队伍现在已成为我国石油化工的中坚力量。70年代以来新建的石油化工企业到处都有兰化培养的

人才，从兰化调出支援各地石油化工企业的各种人才超过1.5万人。

技术人才的培养是重要的，它关系到石油化工的兴旺发展，希望我们的企业、大中专院校能培养出更多的石油化工工作者。

引进技术应该迅速消化吸收，为我所用，引进技术是帮助我们自力更生的一种手段。在60~70年代结合兰化公司引进的技术进行了技术和设备消化吸收，取得了很好的成绩。例如翻版第二套砂子炉及深冷分离装置的设计、制造和建设；“三机”的国内制造；正丁烯氧化脱氢制丁二烯和顺丁橡胶的研究开发等等。

60年代，上海高桥化工厂和上海医药工业设计院消化、吸收兰化方箱炉裂解、油吸收分离装置的技术，建设了年产1200~1500t乙烯的装置，以后又参照兰州深冷分离装置设计建设了年产6000t（现已可生产1万t）乙烯装置，并自力更生建设了乙苯、苯乙烯、聚苯乙烯装置、环氧乙烷装置、环氧丙烷装置、环氧氯丙烷装置、聚乙烯装置和丙烯腈装置。70年代初又建成苯酚丙酮装置、碳四分离装置和顺丁橡胶装置。高桥化工厂是一个以国内技术为基础，自力更生发展的典型企业。与它一起建立的上海石化研究所对高桥化工厂的建设起了很大的作用，提供了如环氧丙烷、丙烯腈等工艺技术和催化剂。

兰化和高桥为石油化工的发展做出了榜样，不仅节约了大量投资，降低了生产成本，而且促进了我国石油化工的加快发展。历史实践证明，靠成套引进设备实现四个现代化是不可能的。在改革开放的新形势下，我们仍然应该强调艰苦奋斗、自力更生的创业精神。

在石油化工发展的历程中，一直存在着几个讨论的问题。

一、油头化尾还是油化并举

开始阶段，我们就受苏联影响，石油化工靠炼油之余的馏分作为原料。如兰化和高化靠炼油厂的石油气、液化气做乙烯的原料，但这些炼厂气不能定时、定量供应，乙烯装置无法正常运

转，后来只能补充石脑油。兰化在发展砂子炉乙烯装置时，原料采用60%的原油闪蒸馏分，才保证了乙烯生产需要。但是油头化尾的主张还是影响了后来的岳阳石化总厂和初期的燕山石化公司，浪费了很多资金。就在我们为搞“油头化尾”一再付学费之后，近年来又出现了“以油带化”的说法，这实际上是“油头化尾”的翻版。因为任何一个企业都需要有它的几种主要产品，不可能样样都搞。以锦州炼油厂为例，该厂是我国燃料型石油加工企业，也是最早搞化工产品的炼油厂，炼油能力已达300万t，产品有汽、煤、柴油200多万t。该厂化工生产已有20多年历史，但目前顺丁橡胶产量为万余吨，聚丙烯6千t，这两种产品原料皆来自催化裂化的碳三、碳四馏分。化工产品数量及产值所占比例均很小，虽然在物料综合利用以及经济方面有些效益，但如果要大量发展石油化工产品就需要增加几倍于炼油的投资，决不是随便就能带起来的。

二、“山、散、洞”的错误

“文革”期间建设的石油化工厂受到“进山，分散，钻洞”这一错误思想的影响，有一些后果到现在还难以改正。如燕山石化公司初期的建设布局，以及岳阳石化总厂总体规划等都造成很大的浪费。这一错误在1973年得以纠正，人们在认识上有所提高，但还有一些残余影响，特别是“分散”这一点，还以多种形式在起作用。如留有发展“余地”，将装置间的间距拉得很大，这样浪费了大量土地，联系管线拖得很长，既耗能量又费投资。

三、大、小规模之争

石油化工的生产易燃，易爆，三废易污染环境，因此，无论是中间体还是产品的生产，技术上要求都比较高，这是一个技术密集型的行业。原则上，基础原料三烯、三苯和基本的有机合成应在一定经济规模之上的大型工厂生产。而进一步的加工，则可分散，以较小规模生产。在某种特定情况下，基础原料也可以在

少数小规模装置中生产，但必须保证安全及防止污染。无论如何，基础原料在小规模生产时的经济效益是比不上大规模生产的。因此，小规模装置的建设不应作为发展方向予以鼓励。

四、全国一盘棋的问题

这是上一个问题的引伸。小石油化工是利用低价的渣油做原料，牺牲一些环境保护，生产一些市场急需的石油化工产品，以发展地方和乡镇企业，并取得很相当的利润，因此而能立足。某些大型石油化工企业也有类似问题。现在凡是没有大型石油化工厂的地区（指按经济地理将全国划分为若干区域）或省份，化工、轻工、纺织工业的发展受到影响，能否从其它地区或省、市购得石油化工中间产品作为原料呢？按目前体制和我国石油化工的规模显然是难以获得的。正因如此，全国各省目前都在努力要求在自己省内建设以乙烯为代表的石油化工厂，以获得有机化工原料的主动权。但因资金、原料等问题，大多选用年产10万吨乙烯的规模。显然在我国目前情况下，这种规模仍然太小，同样会产生小石油化工问题。

应该有全国一盘棋，全区一盘棋的思想，在一个或几个地点设立较大规模的石油化工厂，产品或中间产品分散至全国或全区制成最终产品。在这些集中的地点，可以较彻底地治理三废，保护环境；这些大型的装置更能产生较高的经济效益。应当对这些厂址的选择做深入细致的可行性研究，在多方案比较的基础上选定，使之能更有利于生产、运输及对外交往。总之，原材料工业，必须是社会化的大规模生产，绝对不能采用自然经济的小生产模式。

五、原油的优化利用

虽然都叫原油，但其成分并不一致，有的含石蜡烃多，有的含芳烃或环烷烃多，使用时必须因材施教、优化使用。不可用芳烃潜含量（芳烃与环烷烃）高的油品馏分去做裂解原料，否则乙烯、丙烯等收率低，芳烃收率也不高，裂解炉还易结焦。在这种

情况下，不如经过重整、抽提芳烃后，将抽余液去做裂解原料或者重油加氢裂化，轻油重整，加氢重油做裂解原料（重整抽余油包括在内）。这样，三苯三烯的收率均可提高，经济效益会更好。我们应该根据国内各种原油的性质及其评价来安排生产，并且据此规划好石油化工的产业结构。此外，我们要加强科研和开发能力，增加科研经费及其它投入，使其能达到石油化工生产总值的1~3%。力争使原油的石油化工利用率（即轻油品收率）从目前的50%提高到70%以上，优化利用好每吨原油。

近年来，国内石油产量增加不快，按人均油量计算也是很低的。加工进口原油，这条路势在必行。

上述引起争论的几个问题在某种程度上延误了我国石油化工事业的发展。因此我们要认真地加以总结，实在不应再为此付出“学费”了。

总结历史是为了促进我们的石油化工事业更健康地向前发展，我们应该更有信心面向未来。

石油化工行业曾是50年代后期到70年代初期美国、西欧、日本经济大发展的支柱产业之一。当时中东原油产量增长很快，油价颇低，而化工产品的需求量甚大，石油化工业的投资利润率较高。在这种形势下，西方各主要工业国竞相投资，石油化工业年增长速度高达15%以上，居各行业之首。1973年中东战争爆发，油价暴涨，致使石油化工、合成材料工业发展速度大幅度下降，到80年代中期时基本上处于一种停滞状态。因此，西方有些经济学家感叹石油化工已是“夕阳工业”。但是另一方面，严峻的现实却促进了科学技术的深入发展。以降低成本、减少能耗、提高产品质量为宗旨的新工艺、新技术不断推陈出新，这在很大程度上稳定了石油化工生产“大滑坡”的势头。

我国石油化工合成材料近年来发展较快。乙烯生产能力已近200万t。塑料、纤维、橡胶产量持续增长，但供需矛盾依然十分突出。每年仍需进口且数量很大，80年代中期以来，每年所花外

汇超过40亿美元。这大体上相当于出口3000万t原油的创汇。这些事实说明石油化工进一步深入发展是客观需要的。1988年中东两伊战争停火,世界大部分地区出现缓和局面,为世界经济繁荣创造了良好的国际环境。近10年来我国改革开放的政策初见成效,但也在发展过程中出现了经济过热现象,社会总需求超过了总供给,导致了通货膨胀。因此需要在一段时间内集中治理经济环境,紧缩信贷投资,压缩基建规模,但我们总的经济形势还是好的。在治理、整顿一段时间后,原材料工业、能源、交通等无疑将恢复较高的发展势头。我们应该看到,通过原油简单加工取得较高利润的日子已经一去不复返了。在新的形势下,提高原油的加工深度,提高企业设备的开工率,开展综合利用,优化产品结构,推广技术设备国产化,推行企业经济承包,组织企业集团,引进竞争机制等将有助于经济环境的治理并使石油化工企业走向良性循环的发展道路。

为了加速石油化学工业的发展,在当前形势下我们应该注意在下面几个方面深入做好工作。

一、引进、消化、吸收

从60年代至80年代我国引进了数十套大中型成套设备,建成了燕山、大庆、辽阳、齐鲁、上海等多个大型石油化工企业,但不少设备在相当一段时间内未能达到设计要求的水平。因此,提高现有设备的利用率,尤其是提高一些深度加工装置的利用率将能产生更大的经济效益。例如,我国70年代从国外引进四套加氢裂化装置,其中两套80万t级炼油型装置分别建在茂名石油工业公司和金陵石化公司南京炼油厂。两套化工型装置中,一套90万t级装置在上海石化总厂投产,另一套120万t级装置于80年代末期在扬子石化公司芳烃厂投产。加氢裂化装置的原料采用减压馏分油(即VGO),也可以采用脱沥青后的重油。这四套装置有助于石油化工深度加工,其经济效益也是明显的。但这些装置都采用尾油循环工艺,不尽合理,如改造为一次性通过工艺则可提高

30~50%的处理能力,实有可为。该装置的产品航空煤油、轻柴油、石脑油等都是无硫、无氮的高档产品,国内外市场都是需要的,所以这类装置的国产化应该加速。当前,由于种种原因,这些装置的开工率都不够高,这些不尽如人意之处亦应得到尽快解决,以便能发挥出更大的经济效益。对于大型乙烯装置的建设,认真总结经验是十分重要的。有的大型乙烯装置经过多年才达到设计能力。80年代以来,我国又引进数套大型乙烯装置,在建设过程中应该从以往的建设及生产中吸取经验和教训,及早采取措施,以便早日达到设计能力。

二、提高原油的加工深度

1988年我国石化企业原油平均加工深度为51%,与先进国家比差距是很大的。长期以来,指令性计划体制下的产品经济造成原油价格低廉而成品油价格昂贵,炼油企业靠简单加工原油获得较高利润的状况掩盖了成品率低、综合利用差的实际情况。应该看到石油化工行业还有很大潜力,而且完全可以依靠我们已经掌握的技术来挖掘这些潜力,这是可以办得到的。相对来说,这样做投资少,见效快,经济效益也较高,也是治理整顿经济环境的良好措施。

三、将产品经济转化为有计划的商品经济

我国经济体制改革的一个重要方面是改变产品经济为有计划的商品经济。但是目前我国企业的模式都是在产品经济指导思想下形成的。为实现这一转变,外部条件还需要有完善的市场调节机制;在内部则需要根据石油化学工业的特点,改造产业结构,提高原油加工深度,优化产品质量,充分开发副产品的综合利用,降低产品成本,使之具备国际竞争能力。例如,在规划、建设西北地区石油化工企业时,应该因地制宜,结合新疆原油的开发利用。新疆准噶尔盆地原油芳烃潜含量比较高。为了充分利用这一特性,可以在兰州和乌鲁木齐建立以生产芳烃产品为主的大型石油化工基地,利用西北地区优质长绒棉、细羊毛,充分发展