



国家科学技术学术著作出版基金资助出版

王基铭 袁晴棠 主编

石油化工技术进展

中国石化出版社

国家科学技术学术著作出版基金资助出版

石油化工技术进展

王基铭 袁晴棠 主编

中国石化出版社

内 容 提 要

本书由国内一些石油化工专家撰写而成,系统地总结了近年来国内外石油化工的技术进展,详细地阐述了乙烯等基础有机化工原料、三大合成材料、精细化学品以及与其相关的化学工程、催化材料、自动控制和环境保护等方面的技术进展和发展趋势,是一部反映石油化工领域最新技术进展全貌的专著。

本书内容翔实,实用性强,对促进我国石化工业的持续发展和技术进步有积极作用,是从事石化工业的科技人员的必备读物,也是开展继续工程教育的参考书。

本书的主要读者对象是石化工业的广大科技工作者,包括教育、科研、设计、基建、生产、管理、销售等方面的专业人员以及大专院校的高年级学生。

图书在版编目(CIP)数据

石油化工技术进展/王基铭,袁晴棠主编.
—北京:中国石化出版社,2002
ISBN 7-80043-536-9

I.石… II.①王…②袁… III.石油化工-工业技术-进展
IV.TE65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 021363 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)84271850

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com.cn

北京精美实华图文制作中心排版

三河市三佳印刷装订有限公司印刷

新华书店北京发行所经销

*

787×1092 毫米 16 开本 49.25 印张 1256 千字 印 1—3000

2002 年 4 月第 1 版 2002 年 4 月第 1 次印刷

定价:170.00 元

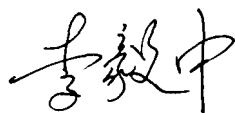
总 序

江泽民总书记多次强调,“创新是一个民族的灵魂,是一个国家兴旺发达的不竭动力”。当前,知识和科技的更新速度日益加快,科技成果商品化、产业化的周期大大缩短。新的科学发现和技术发明,特别是高科技的不断创新及其产业化,正在给全球化的竞争、世界的发展和人类文明的进步带来新的革命性变化。我国加入世界贸易组织后,将在更大范围内和更深程度上参与经济全球化进程,世界科学技术进步的突飞猛进必将对我国的经济发展产生巨大而深远的影响。拓展市场要有新产品,扩大资源要有新理论,降本增效要有新技术。我们应比以往任何时候更加重视加快科技进步,加强科技创新,掌握科技发展的主动权,在更高的水平上实现技术发展的跨越。

拥有较强的科技创新能力,掌握国际领先的核心技术,是企业集团具有国际竞争力的重要标志之一。近年来,中国石油化工集团公司积极推进科技体制改革和机制转换,对科技开发力量进行战略性整合,建立完善“一个整体、两个层次、三个体系”的科技进步体制,加大科技投入,注重培养科技人才,面向市场,精选课题,重点突破,“产学研”结合,组织“十条龙”攻关,获得了一系列重大科技成果。石油勘探开发理论和技术,炼油和石油化工工艺技术均取得了长足的进步,一些已达到国际水平。但是,从整体上看,与国外先进水平相比,还存在较大差距。入世后,抓住机遇、应对挑战的重要措施之一,就是要跟踪世界科学技术的发展趋势,进一步推动我国石油石化技术的持续发展和创新,赶超世界先进水平,形成自己的核心技术和专

有技术,增强我国石油石化企业的国际竞争能力。石油化工是中国石化一体化产业链的重要组成。中国石油化工集团公司组织几十位多年从事石油化工的专家、学者,总结了我们多年来的创新成果,查阅了大量文献和资料,撰写了《石油化工技术进展》专著,全面系统地介绍了世界石油化工技术的最新发展动向,供广大读者参阅。我相信,该专著的出版,对于提高我国石油化工行业人才的素质,推动我国石油化工技术的发展和创
新,必将起到积极的作用。在此,我对专家们所付出的努力和辛勤劳动,表示由衷的感谢!

科技开发要切实解决好科技创新、进入市场和为产业升级提供技术支撑这三大课题,重点是引入市场机制和竞争机制。我希望科技开发战线上的同志们继续努力,坚持“有所为、有所不为”的方针,在自主创新的同时,采用适时引进、推广应用、嫁接移植等多种形式,提高开发起点,推进成果转化,积极进入市场;把一批又一批先进适用技术转化为现实生产力,实现扩大资源、拓展市场、降本增效,大力提升石油石化传统产业。展望21世纪,面对科学技术蓬勃发展的浪潮,面对与跨国大公司的竞争,我国石油、石化工业唯有紧跟世界科学技术的发展,以结构调整为主线,以提高国际竞争力为目标,大力推进科技进步和技术创新,才有“后发至上”、实现领先和超越的可能。为此,我们期待有更多、更好的石油、石化科学技术专著问世,以飨读者。



2002年4月

序

我国石化工业从 20 世纪 60 年代起步,经过 40 年的发展,特别是自 1983 年中国石油化工总公司成立以来,发展迅速,取得了举世瞩目的成就,目前,我国石化工业在世界上已占有重要的地位。截止到 2000 年,我国乙烯生产能力达到 446.32 万吨/年,居世界第七位;合成树脂 1072.00 万吨/年,居世界第五位;合成纤维 709.85 万吨/年,居世界第一位;合成橡胶 98.90 万吨/年,居世界第四位。进入新世纪,我国石化工业在更高起点上继续发展,世界级一体化大型乙烯工程相继建设。如上海石化-bp、扬子石化-巴斯夫等世界级乙烯工程已经启动。

随着生产的发展和科技进步,我国石油化工技术也有了长足的进步。我国自行开发的乙烯、丙烯腈、甲苯歧化与烷基转移、环管法聚丙烯、顺丁橡胶、SBS 及溶聚丁苯、两步法腈纶、聚酯工艺技术以及石油化工催化剂等技术,在工业转化和推广应用方面取得重大成果,并不断提高水平,有的已经进入国际市场。

近年来,为介绍和推广这些先进技术,国内曾在乙烯、合成树脂、合成纤维、合成橡胶等方面先后出版了一些图书,包括手册、大全、成果汇编等,但广大读者迫切需要一部概要反映石油化工技术全貌的专著。为此,我们组织国内有关科研、设计及生产单位的部分专家撰写了《石油化工技术进展》一书,经过近三年的努力,现正式出版。根据编委会确定的宗旨,该书不是教科书,也不是手册、大全,而是能体现国内外石油化工领域最新技术进展的一部专著。本书共分十章,第一章绪论;第二章

到第七章,基本按照产品大类介绍从乙烯等基础有机化工原料到石油化工精细化学品的技术;从第八章到第十章,介绍与石油化工生产密切相关的化学工程、催化材料、自动控制及环境保护等技术。全书取材力求广泛,叙述简练,数据可靠,尽可能给出有关参考文献,力争体现当今国内外石油化工技术的最新进展。

衷心希望《石油化工技术进展》一书的出版能对石化工业科技进步起到积极促进作用,为从事石油化工的生产、科研、设计及规划的科技人员提供一本实用性的参考书。

《石油化工技术进展》的编辑出版得到国家科学技术学术著作出版基金的资助,各章节的著作人、审稿人、编辑部及中国石化出版社的同志付出了辛勤的劳动,在此一并表示深切的谢意。由于首次编写涉及石油化工整个领域的书籍,内容难免有不妥之处,敬请读者给予指正。

王基铭
袁晴棠

2002年4月

《石油化工技术进展》编辑委员会

主 编 王基铭 袁晴棠

副主编 洪定一 乔映宾

编 委 (按姓氏笔画为序)

王 强 王立行 朱 煜 乔金梁

李东梅 李振杰 李新城 陈庆龄

言敏达 邱时平 杨元一 杨维榕

吴孝炽 胡炳镛 翟荣芳

《石油化工技术进展》编辑部

主 任 杨维榕 胡炳镛

成 员 (按姓氏笔画为序)

马因明 方志平 王定松 王玉庆

布志捷 刘佩成 刘湘宁 陈乐怡

胡云光 施祖培 韩钟淇 谢在库

《石油化工技术进展》撰稿人

(按姓氏笔画为序)

马因明	方加禄	王定松	王永耀	王永睿
王秀玲	王国清	王泽生	王德充	邓景发
布志捷	白尔铮	付晓阳	冯志豪	关肇基
刘大华	刘佩成	刘益军	刘银乾	刘湘宁
安林红	任铃子	乔建江	许明春	阳永荣
朱洪发	朱云仙	李 扬	李 莉	李围潮
李贤均	闵恩泽	余启炎	杨维榕	沈景余
吴 嘉	吴 巍	陈 红	陈 杰	陈乐怡
陈永福	郑 薇	范 赤	茅文星	武 众
张 禹	张从容	张师民	张会军	张晓昕
钟 华	胡云光	胡炳镛	侯培民	赵克勤
姜耀荣	施祖培	郭锦标	钱汉卿	唐华荣
袁乃驹	袁晴棠	龚光碧	梁子材	曹竹安
曹 勇	盛丁杰	盛在行	韩夷昌	韩钟淇
鲍其鼐	程 凯	温朗友	曾清泉	谢文华
滑振平	雷燕湘	蔡致中	戴 伟	瞿 勇
瞿国华				

责任编辑 何重金 赵 怡

目 录

第一章 绪论	(1)
1 石油化工在国民经济和社会发展中的地位与作用	(1)
2 石油化工技术的发展历程	(2)
2.1 起步阶段	(2)
2.2 成长阶段	(3)
2.3 成熟阶段	(3)
2.4 提升阶段	(4)
3 具有突破性的代表技术	(4)
3.1 乙烯技术	(4)
3.2 乳液聚合合法合成丁苯橡胶	(5)
3.3 齐格勒-纳塔催化剂	(5)
3.4 气相流化床聚合技术	(5)
3.5 茂金属催化剂	(6)
3.6 高速纺丝技术	(6)
4 我国开发的重大石油化工技术	(7)
4.1 顺丁橡胶技术	(8)
4.2 乙烯裂解技术	(8)
4.3 丙烯腈技术	(8)
4.4 甲苯歧化与烷基转移技术	(9)
4.5 聚丙烯技术	(9)
4.6 SBS 和溶聚丁苯技术	(10)
4.7 两步法腈纶成套技术	(10)
4.8 聚酯技术	(10)
4.9 石油化工催化剂技术	(11)
5 技术展望	(11)
5.1 以烷烃原料开发低成本的新工艺	(11)
5.2 烯烃转化技术	(12)
5.3 以天然气为原料制取低碳烯烃	(12)
5.4 新催化材料和催化剂	(12)
5.5 化学工程新技术	(13)
5.6 产品技术	(13)
5.7 绿色化学技术	(14)
5.8 信息技术在石油化学工业中的应用	(14)

参考文献	(17)
第二章 石油化工基础原料	(18)
1 乙烯	(18)
1.1 概述	(18)
1.2 裂解技术的发展历程	(19)
1.3 管式炉裂解技术工艺	(24)
1.4 分离技术	(45)
1.5 其他制乙烯技术	(69)
1.6 C ₅ 烯烃	(78)
参考文献	(85)
2 丙烯	(89)
2.1 概述	(89)
2.2 催化裂解技术	(90)
2.3 烯烃易位技术	(93)
2.4 丙烷脱氢制丙烯工艺及其进展	(95)
2.5 丙烷脱氢新技术	(97)
2.6 展望	(98)
参考文献	(98)
3 丁二烯	(99)
3.1 概述	(99)
3.2 抽提法制丁二烯技术进展	(99)
3.3 脱氢技术进展	(103)
3.4 展望	(104)
参考文献	(105)
4 芳烃	(105)
4.1 概述	(105)
4.2 催化重整	(106)
4.3 芳烃抽提	(108)
4.4 芳烃转化技术	(109)
4.5 轻烃芳构化技术	(114)
4.6 二甲苯回收分离技术	(114)
4.7 展望	(118)
参考文献	(118)
第三章 主要有机化工原料	(121)
1 环氧乙烷/乙二醇	(121)
1.1 概述	(121)
1.2 国内外 EO/EG 生产技术现状	(121)
1.3 技术进展	(124)

1.4 展望	(132)
参考文献	(133)
2 丙烯腈	(134)
2.1 概述	(134)
2.2 丙烯氨氧化法	(135)
2.3 丙烷氨氧化法制丙烯腈	(139)
2.4 展望	(142)
参考文献	(142)
3 乙苯/苯乙烯	(143)
3.1 概述	(143)
3.2 乙苯工艺技术进展	(144)
3.3 苯乙烯技术进展	(147)
3.4 展望	(158)
参考文献	(158)
4 苯酚/丙酮	(159)
4.1 概述	(159)
4.2 异丙苯生产技术进展	(160)
4.3 异丙苯氧化分解制苯酚/丙酮技术进展	(163)
4.4 双酚 A 生产技术进展	(164)
4.5 新技术开发	(167)
参考文献	(168)
5 氯乙烯	(170)
5.1 概述	(170)
5.2 氯乙烯单体生产方法	(171)
5.3 乙烯氧氯化反应工艺进展	(175)
5.4 乙烯氧氯化催化剂进展	(178)
参考文献	(180)
6 丁辛醇	(180)
6.1 概述	(180)
6.2 丁辛醇生产工艺进展	(181)
6.3 催化剂进展	(186)
6.4 展望	(187)
参考文献	(188)
7 乙酸和乙酸乙烯	(189)
7.1 概述	(189)
7.2 乙酸生产技术进展	(190)
7.3 乙酸乙烯技术进展	(195)
7.4 展望	(199)

参考文献	(200)
8 环氧丙烷	(202)
8.1 概述	(202)
8.2 氯醇法技术及改进	(202)
8.3 共氧化法技术进展	(204)
8.4 新技术开发	(206)
8.5 展望	(209)
参考文献	(209)
9 邻苯二甲酸酐	(211)
9.1 概述	(211)
9.2 邻苯二甲酸酐生产工艺进展	(212)
9.3 邻苯二甲酸酐催化剂技术	(215)
参考文献	(216)
10 α -烯烃	(217)
10.1 概述	(217)
10.2 乙烯低聚催化剂及工艺改进	(218)
10.3 选择性低聚工艺	(222)
10.4 萃取分离工艺	(224)
10.5 新技术开发	(225)
10.6 展望	(227)
参考文献	(228)
11 丙烯酸及酯	(229)
11.1 概述	(229)
11.2 丙烯酸生产技术	(229)
11.3 丙烯酸酯化技术	(234)
11.4 新技术开发	(236)
11.5 展望	(237)
参考文献	(238)
第四章 合成树脂	(240)
1 概述	(240)
1.1 技术发展历程	(240)
1.2 技术发展主要趋势	(241)
1.3 合成树脂是应用领域最广泛的合成材料	(242)
1.4 合成树脂仍有广阔的发展空间	(243)
参考文献	(244)
2 聚乙烯	(244)
2.1 催化剂进展	(247)
2.2 工艺进展	(256)

2.3	产品开发和应用程序研究	(264)
2.4	展望	(274)
	参考文献	(274)
3	聚丙烯	(275)
3.1	催化剂进展	(276)
3.2	生产工艺技术进展	(283)
3.3	产品开发和应用程序进展	(287)
3.4	展望	(293)
	参考文献	(293)
4	聚氯乙烯	(294)
4.1	概述	(294)
4.2	聚合技术进展	(297)
4.3	产品技术	(300)
4.4	环保领域技术进展	(300)
4.5	国内技术发展	(301)
4.6	与国外的主要差距	(301)
4.7	展望	(302)
	参考文献	(302)
5	苯乙烯系树脂	(303)
5.1	聚苯乙烯生产技术现状及进展	(304)
5.2	ABS 树脂生产技术现状及进展	(314)
5.3	SAN 树脂生产技术现状及进展	(319)
5.4	其他苯乙烯树脂生产技术现状及进展	(321)
	参考文献	(323)
6	聚氨酯	(324)
6.1	概述	(324)
6.2	异氰酸酯技术进展	(325)
6.3	多元醇技术进展	(327)
6.4	聚氨酯制品技术进展	(329)
6.5	聚氨酯回收利用	(337)
	参考文献	(337)
7	工程塑料	(339)
7.1	工程塑料的重要品种	(339)
7.2	通用工程塑料生产技术现状及进展	(344)
	参考文献	(354)
8	合成树脂发展与环境的协调	(355)
8.1	废塑料回收再利用	(356)
8.2	可降解塑料	(361)

8.3 若干思考与建议	(363)
8.4 结语	(365)
参考文献	(365)
第五章 合成纤维	(366)
1 概述	(366)
1.1 技术发展简史	(366)
1.2 技术发展主要趋势	(367)
参考文献	(369)
2 聚酯纤维	(369)
2.1 精对苯二甲酸(PTA)技术进展	(370)
2.2 对苯二甲酸二甲酯的工艺改进	(374)
2.3 聚酯合成技术进展	(375)
2.4 聚酯纤维技术进展	(385)
2.5 品种开发技术	(388)
2.6 新聚酯树脂及其纤维	(395)
参考文献	(403)
3 聚酰胺纤维	(406)
3.1 己内酰胺生产工艺进展	(406)
3.2 尼龙 66 盐工艺进展	(414)
3.3 聚酰胺聚合技术	(420)
3.4 聚酰胺纤维技术进展	(422)
参考文献	(423)
4 聚丙烯腈纤维	(425)
4.1 溶液法制备聚丙烯腈纤维的工艺进展	(426)
4.2 熔融法制备聚丙烯腈纤维工艺进展	(429)
4.3 品种开发技术	(431)
参考文献	(434)
5 聚丙烯纤维	(436)
5.1 纤维用聚丙烯树脂制备技术	(436)
5.2 聚丙烯纤维制备技术进展	(437)
5.3 品种开发技术	(441)
参考文献	(444)
6 展望	(445)
6.1 科技进步仍是提高产品竞争力的主导因素	(445)
6.2 仿生学促进产品开发创新能力提高	(447)
6.3 超细纤维将有新发展	(448)
6.4 合成纤维增强复合材料将有新突破	(450)
6.5 高科技领域不可缺少的纤维材料	(451)

6.6	非织造布将促进纺织工艺的重大改革	(452)
6.7	助剂将起举足轻重的作用	(453)
6.8	环境保护与合成纤维工业的发展	(454)
	参考文献	(457)
第六章 合成橡胶		(458)
1	概述	(458)
1.1	现状	(458)
1.2	技术重大进展	(458)
1.3	技术发展主要趋势	(463)
	参考文献	(468)
2	丁苯橡胶	(470)
2.1	乳聚丁苯橡胶	(470)
2.2	溶聚丁苯橡胶	(470)
	参考文献	(480)
3	聚丁二烯橡胶	(481)
3.1	镍催化体系聚合技术	(482)
3.2	锂催化体系聚合技术	(483)
3.3	稀土催化聚合技术	(484)
3.4	茂金属及非茂金属催化聚合	(486)
3.5	我国的聚丁二烯橡胶生产技术	(486)
	参考文献	(487)
4	聚烯烃类橡胶及热塑性弹性体	(488)
4.1	工艺技术进展	(489)
4.2	茂金属催化制取 EPDM 及 EOM 弹性体	(490)
4.3	气相聚合工艺生产乙丙橡胶	(493)
4.4	聚烯烃类热塑性弹性体技术进展	(495)
	参考文献	(498)
5	聚苯乙烯类嵌段共聚物弹性体	(499)
5.1	生产技术概况	(499)
5.2	合成技术进展和发展趋势	(500)
5.3	我国的 SBS 生产技术	(502)
	参考文献	(503)
6	丁基橡胶	(504)
6.1	现状	(504)
6.2	聚合反应器技术进展	(505)
6.3	淤浆稳定技术	(506)
6.4	溶液聚合工艺	(506)
6.5	以对甲基苯乙烯为第二单体的丁基橡胶	(507)

6.6	新引发体系	(508)
6.7	丁基橡胶改性新品种新材料	(509)
	参考文献	(510)
7	丁腈橡胶	(511)
7.1	工艺技术进展	(511)
7.2	NBR 新品种开发与应用	(514)
7.3	丁腈橡胶共混改性	(516)
	参考文献	(518)
8	聚异戊二烯橡胶	(519)
8.1	聚异戊二烯橡胶改性及生产技术改进	(519)
8.2	3,4-聚异戊二烯橡胶	(520)
8.3	反式-1,4-聚异戊二烯	(520)
8.4	异戊二烯-丁二烯共聚橡胶	(521)
8.5	展望	(522)
	参考文献	(522)
9	合成胶乳	(523)
9.1	工艺技术进展	(523)
9.2	新型乳化剂的应用	(525)
9.3	胶乳的专用化及功能化	(526)
9.4	我国合成胶乳的技术开发	(528)
	参考文献	(530)
第七章 石油化工相关精细化学品		(532)
1	概述	(532)
2	表面活性剂	(532)
2.1	概述	(532)
2.2	阴离子型表面活性剂	(533)
2.3	非离子型表面活性剂	(535)
2.4	阳离子型表面活性剂	(539)
2.5	两性离子型表面活性剂	(541)
2.6	表面活性剂主要原料生产技术	(543)
2.7	化学纤维油剂	(550)
2.8	工业和民用洗涤剂	(552)
	参考文献	(555)
3	胶粘剂	(557)
3.1	概述	(557)
3.2	环氧树脂胶粘剂	(559)
3.3	苯乙烯嵌段共聚物类胶粘剂	(564)
3.4	丙烯酸类胶粘剂	(566)