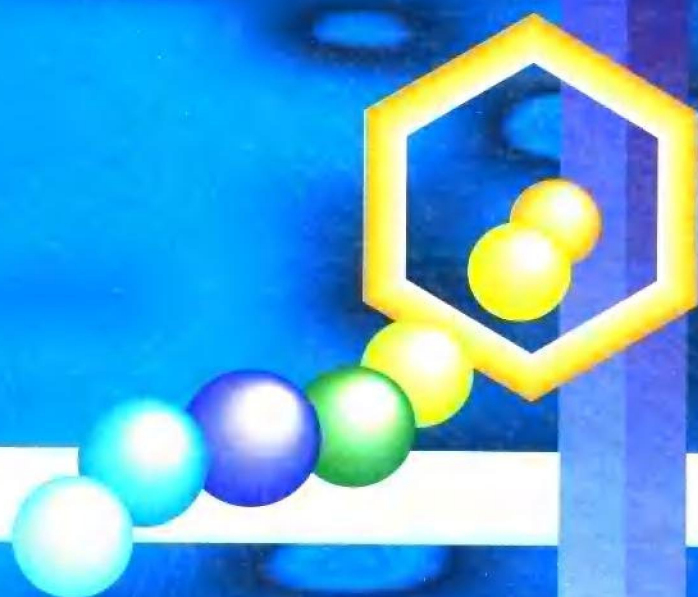


化工有机原料 深加工

洪仲苓 主编



化学工业出版社

81.28
385

化工有机原料深加工

洪仲苓 主编

3420/48

化学工业出版社
·北京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

化工有机原料深加工/洪仲苓主编. —2 版. —北京: 化学工业出版社, 1997. 6

ISBN 7-5025-1806-1

I. 化… II. 洪… III. 有机化工-原料-化学加工 IV. TQ204

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 22081 号

化工有机原料深加工

洪仲苓 主编

责任编辑: 顾南君

责任校对: 凌亚男

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

新华书店北京发行所经销

北京市顺义板桥印刷厂印刷

北京市顺义板桥印刷厂装订

*

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 43¼ 字数 1090 千字

1997 年 6 月第 1 版 1997 年 6 月北京第 1 次印刷

印 数: 1—4000

ISBN 7-5025-1806-1/TQ · 947

定 价: 72.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换。

序

我国化学工业做为国民经济的重要基础原材料工业，经过 40 多年的发展，现已形成具有较大规模、门类比较齐全的现代工业体系。目前，化学工业正在按照“高起点”、“跨世纪”和“持续、快速、健康发展”的要求，步入一个新的发展阶段。

有机原料是化学工业中的一个重要行业。目前，我国基本有机原料生产企业，一部分是采用传统技术和非石油原料生产的中小型企业，这些企业不但规模小，而且产品单一，生产工艺落后；另一部分为 70 年代以后建设和发展起来的以石油化工为基础的较大型企业，但这些企业的产品结构多为大宗基本有机原料和初级形态的合成材料。随着我国对外开放的扩大和逐步与国际接轨，国际和国内市场的竞争日益激烈，我国有机原料的生产技术水平和产品结构已不能很好适应社会主义市场经济发展的要求。加速有机原料行业的科技进步，努力推动产品结构调整，积极发展有机原料深加工和综合利用，大力开发低消耗、精细化、专用化和高附加值产品，是有机原料行业面临的一项十分紧迫的任务。正是基于这种考虑，化学工业出版社组织编写了《化工有机原料深加工》一书，为我国有机原料生产企业和有关科研、设计等部门推出一本从基本有机原料出发，开发和生产一系列深加工产品，特别是高附加值精细化学品的工具书。这部书对于发展有机原料的深加工将具有较大的参考和实用价值。

这本书与一般的“大全”和“手册”一类工具书相比，不论在编写方式和文章结构方面，还是在内容及重点方面，都有很大不同。它是以国内现有生产的大宗基本有机原料及其有综合利用价值的副产物为中心，以深加工系列产品为重点，除介绍有机原料的国内外生产技术水平、发展趋势及消费情况外，主要篇幅用于阐述深加工产品的生产工艺、用途及国内外生产和市场情况，力求对企业 and 有关部门在进行技术改造和开发、规划新产品时有所启示。因此，这部书在使用上更具有实际意义。

相信这部书的出版，将会对我国基本有机原料行业的企业技术进步、产品结构调整起到一定的促进作用。

王心芳

编 辑 说 明

《化工有机原料深加工》一书，由于篇幅所限不可能包括全部有机原料及其深加工产品。选入的有机原料品种主要是国内目前已有大规模生产、特别是市场长线，具有深加工潜力的产品，以及有机原料生产过程中产生的量大又有综合利用价值的副产物。在深加工产品的选择上是从国内市场需要出发，根据用途较广、用量较大、国内生产技术有待改进、或国内虽无生产但市场急需的原则。

本书共选入 25 种有机原料和副产 C_4 馏分、 C_5 馏分、重芳烃馏分、及其深加工产品 316 种。对各深加工产品的介绍是本书的重点所在。

在叙述深加工产品的生产方法中，在介绍该产品广为采用的各种工业生产方法的同时，着重于比较先进的工艺技术，并对正在开发、但具有工业化前景的新工艺亦予相应介绍。在叙述深加工产品的用途时，对其重要的用项，力求详实，甚至延伸到其二次或三次加工，以至医药、染料、农药等的中间体，以利于读者分析和选择。关于深加工产品的国内外生产情况，由于资料的不足和调研的困难，有的过于简单或全无，还希读者谅解。

对于众所周知的乙烯、丙烯、丁二烯、苯、甲苯、二甲苯、乙炔和萘八大基本有机原料，由于书中介绍的许多有机原料产品本身即为其加工产品，故未再立章专述，只有其中的丁二烯和萘分别在“ C_4 馏分”和“重芳烃”章节中有所叙述。至于乙烯、丙烯、苯等，则在书后列出它们的深加工系列产品图，以供参考。

本书涉及的品种繁多、内容广泛、技术性强，但限于条件和水平，编者虽已竭尽所能，亦难免使读者感到不足，如有不妥和错误之处，恳请读者指正。

参加本书撰稿的作者有：王自昌、易静恒、房鼎业、廖培成、李立仁、陈 重、沈景余、卫双绍、陆润生、叶安喻、曹 钢、路敏俊、罗 弘、郝 彤、李汉铭、迟秀珍、马淑荟、周邦荣、郑美凤、刘月芳、包文滢、王慧玲、朱宝康。

内 容 提 要

本书以国内现有大宗生产的有机原料和一些副产物为中心,介绍目前国内外有机原料产品的生产和技术水平、发展趋势,及其用途和消费的变迁,重点突出由其进一步加工成的系列产品,系统介绍这些系列产品的生产工艺、用途,以及国内外生产技术和市场情况,从而促进有关企业和部门进行新产品的规划和开发,大力发展原料深加工和副产品的综合利用,提高产品附加价值,实行生产一体化、经营多样化和产品精细化。增强企业的竞争能力、市场应变能力,提高企业的经济效益。

本书共编入 27 种有机原料和 C_4 馏分、 C_5 馏分、重芳烃馏分,及其深加工产品 316 种。

可供从事有机化工产品研究、开发、生产的技术人员、管理人员和技术工人阅读,也可供大专院校师生参考。

目 录

1. 脂肪烃的深加工 (1)

1.1 C₄ 馏分的深加工 王自昌

1.1.1 国内外 C₄ 馏分的分离和利用概况 (1)

1.1.1.1 国外 C₄ 馏分的分离和利用概况 (1)

1.1.1.2 国内 C₄ 馏分的分离和利用概况 (5)

1.1.2 C₄ 馏分深加工系列产品图 (5)

1.1.2.1 国外 C₄ 馏分深加工系列产品图 (5)

1.1.2.2 国内 C₄ 馏分深加工系列产品图 (9)

1.1.3 C₄ 馏分深加工产品 (10)

1.1.3.1 仲丁醇 (10)

1.1.3.2 甲乙酮 (12)

1.1.3.3 环氧丁烷 (15)

1.1.3.4 戊醛和戊醇 (15)

1.1.3.5 异壬醇 (16)

1.1.3.6 叔丁醇 (19)

1.1.3.7 甲基丙烯酸甲酯 (21)

1.1.3.8 二异丁烯 (24)

1.1.3.9 新戊酸 (25)

1.1.3.10 对叔丁基甲苯 (25)

1.1.3.11 叔丁胺 (26)

1.1.3.12 叔丁基取代酚类 (27)

1.1.3.13 甲基氯丙烯 (28)

1.1.3.14 异戊二烯 (28)

1.1.3.15 三异丁基铝 (30)

1.1.3.16 甲基叔丁基醚 (31)

1.1.3.17 环丁酮 (37)

1.1.3.18 正辛醇 (38)

1.1.3.19 己二酸 (39)

1.1.3.20 己二腈 (41)

1.1.3.21 环辛二烯 (43)

1.1.3.22 乙二醇叔丁基醚 (45)

1.1.3.23 1,5,9-环十二碳三烯 (45)

1.1.3.24 顺酐 (47)

1.1.3.25 1,4-丁二醇 (47)

1.1.3.26 四氢苯酐 (47)

1.2 C₅ 馏分深加工 易静恒

1.2.1 C₅ 馏分的组成和资源 (51)

1.2.1.1 裂解 C₅ 馏分的组成和资源 (51)

1.2.1.2 炼厂 C₅ 馏分的组成和资源 (53)

1.2.2 C₅ 馏分的分离 (54)

1.2.2.1 裂解 C₅ 馏分的分离 (54)

1.2.2.2 炼厂催化裂化 C₅ 馏分的分离 (63)

1.2.3 C₅ 馏分的利用 (65)

1.2.3.1 国外 C₅ 馏分的利用 (65)

1.2.3.2 国内 C₅ 馏分的利用 (67)

1.2.4 C₅ 馏分深加工系列产品图 (70)

1.2.5 C₅ 馏分深加工产品 (75)

1.2.5.1 异戊二烯 (75)

1.2.5.2 聚异戊二烯橡胶 (82)

1.2.5.3 苯乙烯-异戊二烯-苯乙 烯嵌段共聚物 (88)

1.2.5.4 C₅ 石油树脂 (92)

1.2.5.5 双环戊二烯型不饱和聚 酯树脂 (99)

1.2.5.6 亚乙基降冰片烯 (102)

1.2.5.7 聚双环戊二烯树脂 (102)

1.2.5.8 六氯环戊二烯 (106)

1.2.5.9 甲基四氢化苯酐和甲基 六氢化苯酐 (107)

2. 脂肪族醇及其衍生物深加工 (110)

2.1 甲醇深加工 房鼎业

2.1.1 甲醇生产及技术概况 (110)

2.1.1.1 国外生产及技术概况 (110)

2.1.1.2 国内生产及技术概况 (113)

2.1.2 甲醇深加工系列产品图 (115)

2.1.3 甲醇深加工产品 (118)

2.1.3.1 甲胺 (118)

2.1.3.2 硫酸二甲酯 (121)

2.1.3.3	甲酸甲酯	(122)		产品图	(160)
2.1.3.4	甲酰胺	(125)	2.3.3	丙醇深加工产品	(161)
2.1.3.5	二甲基甲酰胺	(126)	2.3.3.1	正丙胺	(161)
2.1.3.6	二甲醚	(128)	2.3.3.2	乙酸丙酯	(162)
2.1.3.7	碳酸二甲酯	(130)	2.3.3.3	对羟基苯甲酸丙酯(尼泊 金丙酯)	(163)
2.1.3.8	甲硫醚	(134)	2.3.3.4	没食子酸丙酯	(163)
2.1.3.9	磷酸三甲酯	(134)	2.3.3.5	油酸丙酯	(164)
2.1.3.10	亚磷酸三甲酯	(135)	2.3.3.6	甲酸丙酯	(164)
2.1.3.11	氯乙酸甲酯	(139)	2.3.3.7	异戊酸丙酯	(164)
2.1.3.12	四氯化碳	(140)	2.3.3.8	氯丙烷	(165)
2.1.3.13	甲基叔丁基醚	(141)	2.3.3.9	溴丙烷	(165)
2.1.3.14	甲基丙烯酸甲酯	(141)	2.3.3.10	碘丙烷	(166)
2.1.3.15	丙烯酸甲酯	(141)	2.4	正丁醇和异丁醇深加工	陈 重
2.1.3.16	<i>N,N</i> -二甲基苯胺	(141)	2.4.1	正丁醇和异丁醇生产及 技术概况	(166)
2.2	乙醇深加工	廖培成	2.4.1.1	国外生产及技术概况	(166)
2.2.1	乙醇生产及技术概况	(142)	2.4.1.2	国内生产及技术概况	(169)
2.2.1.1	国外生产及技术概况	(142)	2.4.2	丁醇深加工系列产品图	(170)
2.2.1.2	国内生产及技术概况	(146)	2.4.2.1	正丁醇深加工系列产品 图	(170)
2.2.2	乙醇深加工系列产品图	(147)	2.4.2.2	异丁醇深加工系列产品 图	(170)
2.2.2.1	国外乙醇深加工系列产 品图	(147)	2.4.3	正丁醇、异丁醇深加工产品	(171)
2.2.2.2	国内乙醇深加工系列产 品图	(149)	2.4.3.1	乳酸丁酯	(171)
2.2.3	乙醇深加工产品	(151)	2.4.3.2	丁酸丁酯	(171)
2.2.3.1	乙酸乙酯	(151)	2.4.3.3	甲基丙烯酸丁酯	(172)
2.2.3.2	乙酰乙酸乙酯	(151)	2.4.3.4	甲基丙烯酸异丁酯	(172)
2.2.3.3	苯乙酸乙酯	(151)	2.4.3.5	苯甲酸丁酯	(173)
2.2.3.4	丙酸乙酯	(152)	2.4.3.6	尼泊金丁酯	(173)
2.2.3.5	丙二酸二乙酯	(152)	2.4.3.7	尼泊金异丁酯	(174)
2.2.3.6	丁酸乙酯	(153)	2.4.3.8	油酸丁酯	(174)
2.2.3.7	<i>N</i> -乙基苯胺	(154)	2.4.3.9	硬脂酸丁酯	(175)
2.2.3.8	硅酸乙酯	(154)	2.4.3.10	环氧脂肪酸丁酯	(175)
2.2.3.9	磷酸三乙酯	(155)	2.4.3.11	马来酸二丁酯	(176)
2.2.3.10	氰乙酸乙酯	(156)	2.4.3.12	己二酸异丁酯	(176)
2.2.3.11	甲酸乙酯(蚁酸乙酯)	(157)	2.4.3.13	癸二酸二丁酯	(176)
2.2.3.12	乙二醇乙醚乙酸酯	(157)	2.4.3.14	丁基醚	(176)
2.3	丙醇深加工	李立仁	2.4.3.15	丁基乙烯基醚	(178)
2.3.1	丙醇生产及技术概况	(159)	2.4.3.16	安息香异丁醚	(178)
2.3.1.1	国外生产及技术概况	(159)	2.4.3.17	正丁胺	(179)
2.3.1.2	国内生产及技术概况	(159)	2.4.3.18	异丁胺	(180)
2.3.2	丙醇深加工系列产品图	(160)	2.4.3.19	丁草胺	(180)
2.3.2.1	国外丙醇深加工系列产 品图	(160)	2.4.3.20	磷酸三丁酯	(181)
2.3.2.2	国内丙醇深加工系列				

- 2.4.3.21 亚磷酸二丁酯 (181)
- 2.4.3.22 二正丁基氧化锡 (182)
- 2.4.3.23 钛酸丁酯 (183)
- 2.4.3.24 促进剂 ZBX (183)
- 2.4.3.25 磺化油 AH (184)
- 2.4.3.26 乙酸丁酯 (184)
- 2.4.3.27 乙二醇丁醚 (184)
- 2.4.3.28 丙烯酸丁酯 (184)
- 2.4.3.29 丙烯酸异丁酯 (184)
- 2.4.3.30 邻苯二甲酸二丁酯 (184)
- 2.4.3.31 邻苯二甲酸二异丁酯 (184)
- 2.4.3.32 柠檬酸三丁酯 (184)
- 2.5 2-乙基己醇深加工 陈 重
- 2.5.1 2-乙基己醇生产及技术
- 概况 (185)
- 2.5.1.1 国外生产及技术概况 (185)
- 2.5.1.2 国内生产及技术概况 (186)
- 2.5.2 2-乙基己醇深加工系列产品
- 图 (187)
- 2.5.2.1 国外 2-乙基己醇深加工
- 系列产品图 (187)
- 2.5.2.2 国内 2-乙基己醇深加工
- 系列产品图 (188)
- 2.5.3 2-乙基己醇深加工产品 (189)
- 2.5.3.1 马来酸二辛酯 (189)
- 2.5.3.2 己二酸二辛酯 (189)
- 2.5.3.3 壬二酸二辛酯 (190)
- 2.5.3.4 癸二酸二辛酯 (191)
- 2.5.3.5 对苯二甲酸二辛酯 (191)
- 2.5.3.6 间苯二甲酸二辛酯 (193)
- 2.5.3.7 偏苯三甲酸三辛酯 (193)
- 2.5.3.8 均苯四甲酸四辛酯 (193)
- 2.5.3.9 环氧脂肪酸辛酯 (194)
- 2.5.3.10 环氧四氢邻苯二甲酸
- 二辛酯 (194)
- 2.5.3.11 磷酸三辛酯 (196)
- 2.5.3.12 磷酸二苯基辛酯 (196)
- 2.5.3.13 2-乙基己氧基丙胺 (197)
- 2.5.3.14 异辛胺 (197)
- 2.5.3.15 *N,N*-二甲基-2-乙基
- 己胺 (198)
- 2.5.3.16 硫代甘醇酸异辛酯 (198)
- 2.5.3.17 丙烯酸-2-乙基己酯 (199)
- 2.5.3.18 邻苯二甲酸二辛酯 (199)
- 2.6 环氧乙烷、乙二醇深加工 沈景余
- 2.6.1 环氧乙烷、乙二醇生产及技
- 术概况 (199)
- 2.6.1.1 国外生产及技术概况 (199)
- 2.6.1.2 国内生产及技术概况 (203)
- 2.6.2 环氧乙烷、乙二醇深加工系
- 列产品图 (205)
- 2.6.2.1 国外环氧乙烷、乙二醇
- 深加工系列产品图 (205)
- 2.6.2.2 国内环氧乙烷、乙二醇
- 深加工系列产品图 (207)
- 2.6.3 环氧乙烷深加工产品 (208)
- 2.6.3.1 乙二醇 (208)
- 2.6.3.2 二甘醇和三甘醇 (212)
- 2.6.3.3 高分子量聚乙二醇 (217)
- 2.6.3.4 苯乙醇 (218)
- 2.6.3.5 乙醇胺 (218)
- 2.6.3.6 *N*-甲基二乙醇胺 (223)
- 2.6.3.7 *N,N*-二甲基乙醇胺 (224)
- 2.6.3.8 乙二醇醚 (224)
- 2.6.3.9 羟乙基纤维素 (227)
- 2.6.3.10 乙二醇苯醚 (228)
- 2.6.3.11 碳酸乙烯酯 (229)
- 2.6.3.12 甲基丙烯酸-2-羟乙酯 ... (230)
- 2.6.3.13 丙烯酸-2-羟乙酯 (231)
- 2.6.3.14 α -乙酰丁内酯 (231)
- 2.6.3.15 异氰尿酸三(2-羟乙
- 酯) (231)
- 2.6.3.16 乙氧基化合物 (232)
- 2.6.3.17 氯化胆碱 (235)
- 2.6.3.18 乙烯利 (236)
- 2.6.3.19 氯乙醇 (237)
- 2.6.3.20 2,2'-硫代双乙醇(硫代
- 二甘醇) (238)
- 2.6.3.21 乙二醛 (238)
- 2.6.3.22 乙二酸 (238)
3. 脂肪族醛及酮深加工 (240)
- 3.1 甲醛深加工 卫双绍
- 3.1.1 甲醛生产及技术概况 (240)
- 3.1.1.1 国外生产及技术概况 (240)
- 3.1.1.2 国内生产及技术概况 (242)
- 3.1.2 甲醛深加工系列产品图 (244)
- 3.1.2.1 国外甲醛深加工系列产
- 品图 (244)

3.1.2.2 国内甲醛深加工系列产品图	(244)	3.4.1 正丁醛和异丁醛生产及技术概况	(276)
3.1.3 甲醛深加工产品	(245)	3.4.1.1 国外生产及技术概况	(276)
3.1.3.1 新戊二醇	(245)	3.4.1.2 国内生产及技术概况	(282)
3.1.3.2 吡啶及其同系物	(248)	3.4.2 丁醛深加工系列产品图	(283)
3.1.3.3 乙二醇 (参见 2.6.3.1 乙二醇)	(252)	3.4.2.1 正丁醛深加工系列产品图	(283)
3.1.3.4 <i>N</i> -甲基乙二醇胺 (参见 2.6.3.6 <i>N</i> -甲基乙二醇胺)	(252)	3.4.2.2 异丁醛深加工系列产品图	(284)
3.1.3.5 二羟基丙酮	(252)	3.4.3 正丁醛、异丁醛深加工产品	(284)
3.1.3.6 季戊四醇 (参见 3.2.3.3 季戊四醇)	(254)	3.4.3.1 丁酸	(284)
3.2 乙醛深加工 陆润生		3.4.3.2 2-乙基己酸	(285)
3.2.1 乙醛生产及技术概况	(255)	3.4.3.3 2-乙基己二醇	(286)
3.2.1.1 国外生产及技术概况	(255)	3.4.3.4 三羟甲基丙烷	(286)
3.2.1.2 国内生产及技术概况	(256)	3.4.3.5 正丁醛苯胺缩合物 (促进剂 808)	(287)
3.2.2 乙醛深加工系列产品图	(257)	3.4.3.6 羟基新戊酸新戊二醇单酯	(288)
3.2.2.1 国外乙醛深加工系列产品图	(257)	3.4.3.7 2,2,4-三甲基-1,3-戊二醇	(288)
3.2.2.2 国内乙醛深加工系列产品图	(258)	3.4.3.8 3-羟基-2,2,4-三甲基戊基异丁酸酯	(289)
3.2.3 乙醛深加工产品	(258)	3.4.3.9 甲基异丙基酮	(290)
3.2.3.1 乙酸	(258)	3.4.3.10 涕灭威	(290)
3.2.3.2 乙酐	(258)	3.4.3.11 亚异丁基二脲	(291)
3.2.3.3 季戊四醇	(258)	3.4.3.12 异丁酸	(292)
3.2.3.4 乙二醛 (草酸醛)	(263)	3.4.3.13 异丁腈	(292)
3.2.3.5 过乙酸 (过醋酸)	(265)	3.4.3.14 泛酸钙	(293)
3.2.3.6 丁烯醛 (巴豆醛)	(267)	3.4.3.15 甲基丙烯酸甲酯	(293)
3.2.3.7 吡啶和甲基吡啶 (皮考林)	(269)	3.4.3.16 防老剂 BBM	(294)
3.2.3.8 乳酸	(269)	3.4.3.17 新戊二醇	(295)
3.2.3.9 氟仿	(270)	3.4.3.18 聚乙烯醇缩丁醛	(295)
3.2.3.10 1,3-丁二醇	(271)	3.5 丙酮深加工 曹钢、叶安喻	
3.3 丙醛深加工 李立仁		3.5.1 丙酮生产及技术概况	(296)
3.3.1 丙醛生产及技术概况	(273)	3.5.1.1 国外生产及技术概况	(296)
3.3.1.1 国外生产及技术概况	(273)	3.5.1.2 国内生产及技术概况	(298)
3.3.1.2 国内生产及技术开发概况	(274)	3.5.2 丙酮深加工系列产品图	(298)
3.3.2 丙醛深加工系列产品图	(274)	3.5.3 丙酮深加工产品	(300)
3.3.3 丙醛深加工产品	(275)	3.5.3.1 甲基丙烯酸甲酯	(300)
3.3.3.1 三羟甲基乙烷	(275)	3.5.3.2 二丙酮醇	(302)
3.3.3.2 眠尔通	(275)	3.5.3.3 异己二醇	(303)
3.4 正丁醛和异丁醛深加工 陈重		3.5.3.4 亚异丙基丙酮	(303)
		3.5.3.5 甲基异丁基酮	(304)
		3.5.3.6 甲基异丁基甲醇	(306)

3.5.3.7 异佛尔酮	(306)	4.2.3 丙酸深加工产品	(347)
3.5.3.8 氯丙酮	(307)	4.2.3.1 丙酸钙	(347)
3.5.3.9 叔戊醇	(308)	4.2.3.2 丙酸钠	(348)
3.5.3.10 双丙酮丙烯酰胺	(308)	4.2.3.3 丙酸锌	(349)
3.5.3.11 二甲基己炔二醇	(309)	4.2.3.4 丙酸铵	(349)
3.5.3.12 甲基庚烯酮	(309)	4.2.3.5 丙酸甲酯	(349)
3.5.3.13 2,5-二甲基-2,5-己二 醇	(310)	4.2.3.6 丙酸乙酯	(350)
3.5.3.14 三丙酮胺	(310)	4.2.3.7 丙酸异戊酯	(350)
3.5.3.15 α -鸢尾酮	(311)	4.2.3.8 丙酸苄酯	(351)
3.5.3.16 乙酰丙酮	(312)	4.2.3.9 丙酸芳樟酯	(351)
3.5.3.17 偶氮二异丁腈	(312)	4.2.3.10 丙酸香叶酯	(352)
3.5.3.18 异丙胺	(313)	4.2.3.11 丙酸三环癸烯酯	(352)
3.5.3.19 防老剂 BLE	(314)	4.2.3.12 丙酸草兰酯	(352)
3.5.3.20 抗氧剂 4010NA	(314)	4.2.3.13 丙酸乙烯酯	(352)
3.5.3.21 防老剂 AW	(315)	4.2.3.14 丙酸酐	(353)
3.5.3.22 防老剂 RD	(315)	4.2.3.15 丙酰氯	(353)
3.5.3.23 双酚 A	(316)	4.2.3.16 2-氯丙酸	(354)
4. 脂肪族酸及其衍生物深加工	(317)	4.2.3.17 2,2-二氯丙酸	(354)
4.1 乙酸深加工	陆润生	4.2.3.18 3-氯丙酸	(355)
4.1.1 乙酸生产及技术概况	(317)	4.2.3.19 2-溴丙酸	(355)
4.1.1.1 国外生产及技术概况	(317)	4.2.3.20 α -丙氨酸	(355)
4.1.1.2 国内生产及技术概况	(320)	4.2.3.21 丙腈	(356)
4.1.2 乙酸深加工系列产品图	(321)	4.2.3.22 乳酸	(356)
4.1.3 乙酸深加工产品	(322)	4.2.3.23 醋酸丙酸纤维素	(357)
4.1.3.1 乙酸酐	(322)	4.3 丙烯酸深加工	路敏俊、罗 弘
4.1.3.2 乙烯酮	(328)	4.3.1 丙烯酸生产及技术概况	(358)
4.1.3.3 山梨酸	(330)	4.3.1.1 国外生产概况	(358)
4.1.3.4 一氯乙酸	(333)	4.3.1.2 国内生产概况	(360)
4.1.3.5 乙酸乙酯	(335)	4.3.1.3 国内外生产技术水平及 发展趋势	(361)
4.1.3.6 乙酸丁酯	(338)	4.3.2 丙烯酸深加工系列产品图	(363)
4.1.3.7 甘油三乙酸酯	(338)	4.3.3 丙烯酸深加工产品	(366)
4.1.3.8 醋酸纤维素	(340)	4.3.3.1 丙烯酸甲酯	(366)
4.1.3.9 食用级醋酸	(342)	4.3.3.2 丙烯酸乙酯	(369)
4.1.3.10 乙酰苯胺	(343)	4.3.3.3 丙烯酸正丁酯	(375)
4.2 丙酸深加工	李立仁	4.3.3.4 丙烯酸-2-乙基己酯	(376)
4.2.1 丙酸生产及技术概况	(344)	4.3.3.5 丙烯酸异丁酯	(385)
4.2.1.1 国外生产及技术概况	(344)	4.3.3.6 丙烯酸羟乙酯	(387)
4.2.1.2 国内生产及技术概况	(345)	4.3.3.7 丙烯酸羟丙酯	(388)
4.2.2 丙酸深加工系列产品图	(345)	4.3.3.8 三羟甲基丙烷三丙烯酸 酯	(389)
4.2.2.1 国外丙酸深加工系列产 品图	(345)	4.3.3.9 季戊四醇三丙烯酸酯	(390)
4.2.2.2 国内丙酸深加工系列产 品图	(347)	4.3.3.10 多缩乙二醇双丙烯酸酯	(391)
		4.3.3.11 邻苯二甲酸二乙二醇双	

丙烯酸酯	(392)	4.6.3.2 聚乙烯醇	(447)
4.3.3.12 丙烯酸缩水甘油酯	(393)	4.6.3.3 聚乙烯醇缩甲醛	(450)
4.3.3.13 超吸水性树脂	(396)	4.6.3.4 聚乙烯醇缩丁醛	(451)
4.3.3.14 丙烯酸聚合物助剂	(400)	4.6.3.5 乙烯-乙酸乙烯共聚物	(453)
4.4 柠檬酸深加工 郝 彤		4.6.3.6 乙烯-乙醇共聚物	(459)
4.4.1 柠檬酸生产及技术概况	(409)	4.6.3.7 氯乙烯-乙酸乙烯共聚物	(463)
4.4.1.1 国外生产及技术概况	(409)	4.7 顺丁烯二酸酐深加工 郑美凤	
4.4.1.2 国内生产及技术概况	(410)	4.7.1 顺丁烯二酸酐生产及技术概况	(465)
4.2.2 柠檬酸深加工系列产品图	(411)	4.7.1.1 国外生产及技术概况	(465)
4.4.2.1 国外柠檬酸深加工系列产品图	(411)	4.7.1.2 国内生产及技术概况	(468)
4.4.2.2 国内柠檬酸深加工系列产品图	(412)	4.7.2 顺酐深加工系列产品图	(469)
4.4.3 柠檬酸深加工产品	(412)	4.7.2.1 国外顺酐深加工系列产品图	(469)
4.4.3.1 柠檬酸盐	(412)	4.7.2.2 国内顺酐深加工系列产品图	(470)
4.4.3.2 柠檬酸酯	(414)	4.7.3 顺酐深加工产品	(470)
4.4.3.3 柠檬酸酯盐	(415)	4.7.3.1 1,4-丁二醇	(470)
4.4.3.4 柠檬酸哌嗪	(416)	4.7.3.2 四氢呋喃和 γ -丁内酯	(476)
4.4.3.5 柠檬酸芬太尼	(417)	4.7.3.3 2-吡咯烷酮和 <i>N</i> -甲基-2-吡咯烷酮	(480)
4.4.3.6 柠檬酸乙胺嗪	(417)	4.7.3.4 富马酸	(482)
4.4.3.7 柠檬酸氯米芬	(418)	4.7.3.5 丁二酸和丁二酸酐	(484)
4.4.3.8 柠檬酸维静宁	(419)	4.7.3.6 苹果酸	(485)
4.5 草酸深加工 李汉铭、迟秀珍、马淑荟		4.7.3.7 四氢化苯酐	(486)
4.5.1 草酸生产及技术概况	(421)	4.7.3.8 甲基四氢化苯酐	(487)
4.5.1.1 国外生产及技术概况	(421)	4.7.3.9 六氢化苯酐	(489)
4.5.1.2 国内生产及技术概况	(424)	5. 芳烃及其衍生物深加工	(492)
4.5.2 草酸深加工系列产品图	(425)	5.1 氯苯深加工 刘月芳	
4.5.3 草酸深加工产品	(425)	5.1.1 氯苯生产及技术概况	(492)
4.5.3.1 草酸盐	(425)	5.1.1.1 国外生产及技术概况	(492)
4.5.3.2 草酸酯	(428)	5.1.1.2 国内生产及技术概况	(495)
4.5.3.3 乙醛酸	(430)	5.1.2 氯苯深加工系列产品图	(497)
4.5.3.4 草酰胺	(434)	5.1.2.1 国外氯苯深加工系列产品图	(497)
4.5.3.5 草酰氯	(435)	5.1.2.2 国内氯苯深加工系列产品图	(499)
4.6 乙酸乙烯深加工 周邦荣		5.1.3 氯苯深加工产品	(500)
4.6.1 乙酸乙烯生产及技术概况	(438)	5.1.3.1 对、邻硝基氯苯	(500)
4.6.1.1 国外生产及技术概况	(438)	5.1.3.2 二苯醚	(501)
4.6.1.2 国内生产及技术概况	(442)	5.1.3.3 4,4'-二氯二苯砜	(502)
4.6.2 乙酸乙烯深加工产品系列图	(443)	5.1.3.4 2,5-二氯硝基苯	(504)
4.6.2.1 国外乙酸乙烯深加工系列产品图	(443)	5.1.3.5 聚苯硫醚树脂	(505)
4.6.2.2 国内乙酸乙烯深加工系列产品图	(444)	5.1.3.6 3,4'-二氯苯胺	(506)
4.6.3 乙酸乙烯深加工系列产品	(445)		
4.6.3.1 聚乙酸乙烯乳液和树脂	(445)		

5.1.3.7	3,5'-二氯苯胺	(509)	5.4.1	苯胺生产及技术概况	(568)
5.2	苯酚深加工 叶安喻、曹 钢		5.4.1.1	国外生产及技术概况	(568)
5.2.1	苯酚生产及技术概况	(513)	5.4.1.2	国内生产及技术概况	(572)
5.2.1.1	国外生产及技术概况	(513)	5.4.2	苯胺深加工产品系列图	(574)
5.2.1.2	国内生产及技术概况	(517)	5.4.3	苯胺深加工产品	(582)
5.2.2	苯酚深加工系列产品图	(518)	5.4.3.1	二苯基甲烷二异氰酸酯 和多苯基多亚甲基多异 氰酸酯	(582)
5.2.3	苯酚深加工产品	(520)	5.4.3.2	RT 培司 (RT base)	(584)
5.2.3.1	酚醛树脂	(520)	5.4.3.3	二苯胺	(586)
5.2.3.2	己内酰胺	(523)	5.4.3.4	促进剂 MBT	(588)
5.2.3.3	双酚 A	(525)	5.4.3.5	环己胺和二环己胺	(589)
5.2.3.4	双酚 F	(528)	5.4.3.6	靛蓝	(590)
5.2.3.5	双酚 S	(529)	5.4.3.7	色酚 AS (纳夫妥 AS、冰 染色酚 AS)	(591)
5.2.3.6	双酚酸	(530)	5.4.3.8	N,N-二甲基苯胺	(592)
5.2.3.7	2,6-二甲酚	(530)	5.4.3.9	乙酰苯胺 (退热水)	(592)
5.2.3.8	叔丁基酚	(531)	5.4.3.10	2,6-二乙基苯胺	(593)
5.2.3.9	邻异丙基酚	(533)	5.4.3.11	对苯二胺	(593)
5.2.3.10	2,6-二异丙基苯酚	(533)	5.4.3.12	对苯二酚 (氢醌)	(596)
5.2.3.11	壬基酚	(533)	5.4.3.13	N-苯基马来酰亚胺	(598)
5.2.3.12	辛基酚	(535)	5.5	重芳烃深加工 朱宝康	
5.2.3.13	十二烷基酚	(536)	5.5.1	重芳烃生产和化工利用概况 ..	(600)
5.2.3.14	对异丙苯基苯酚 (枯基 苯酚)	(537)	5.5.1.1	国内外重芳烃来源	(600)
5.2.3.15	邻苯基苯酚和对 苯基苯酚	(537)	5.5.1.2	国内外重芳烃化工利用 概况	(602)
5.2.3.16	水杨醛	(538)	5.5.2	重芳烃深加工系列产品图	(606)
5.2.3.17	碳酸二苯酯	(540)	5.5.2.1	国外重芳烃深加工系列 产品图	(606)
5.3	苯酐深加工 包文滢		5.5.2.2	国内重芳烃深加工系列 产品图	(609)
5.3.1	苯酐生产及技术概况	(541)	5.5.3	重芳烃深加工产品	(612)
5.3.1.1	国外生产及技术概况	(541)	5.5.3.1	偏三甲苯	(612)
5.3.1.2	国内生产及技术概况	(544)	5.5.3.2	均三甲苯	(614)
5.3.2	苯酐深加工系列产品图	(545)	5.5.3.3	连三甲苯	(616)
5.3.2.1	国外苯酐深加工系列产 品图	(545)	5.5.3.4	甲乙苯	(617)
5.3.2.2	国内苯酐深加工系列产 品图	(548)	5.5.3.5	均四甲苯	(619)
5.3.3	苯酐深加工产品	(549)	5.5.3.6	萘	(620)
5.3.3.1	增塑剂	(549)	5.5.3.7	甲基萘	(624)
5.3.3.2	不饱和聚酯树脂	(552)	5.5.3.8	芳香族石油树脂	(626)
5.3.3.3	醇酸树脂	(555)	5.5.3.9	高沸点芳烃溶剂油	(629)
5.3.3.4	邻苯二甲酰亚胺	(556)	5.5.3.10	偏苯三甲酸酐	(631)
5.3.3.5	蒽醌	(558)	5.5.3.11	偏苯三甲酸三 (2-乙基 己) 酯	(634)
5.3.3.6	酞菁类颜料	(560)			
5.3.3.7	邻氨基苯甲酸	(563)			
5.4	苯胺深加工 王慧玲				

5.5.3.12	聚酰胺-酰亚胺	(636)
5.5.3.13	2,3,5-三甲基氢醌	(638)
5.5.3.14	抗氧剂 330	(641)
5.5.3.15	均三甲苯胺	(643)
5.5.3.16	三甲苯甲醛树脂	(644)
5.5.3.17	脲草酮	(645)
5.5.3.18	均苯三甲酸	(646)
5.5.3.19	西藏麝香	(647)
5.5.3.20	均苯四甲酸二酐	(648)
5.5.3.21	均苯型聚酰亚胺	(651)
5.5.3.22	1,4-萘醌	(653)
5.5.3.23	2-萘酚	(654)

5.5.3.24	二异丙基萘	(655)
5.5.3.25	2,6-萘二甲酸及其二甲酯	(656)
5.5.3.26	沥青基碳纤维	(661)

附图

乙烯系列产品图	(667)
丙烯系列产品图	(669)
乙炔系列产品图	(673)
苯系列产品图	(674)
甲苯系列产品图	(676)
二甲苯系列产品图	(678)

1. 脂肪烃的深加工

1.1 C₄ 馏分的深加工

王自昌

1.1.1 国内外 C₄ 馏分的分离和利用概况

1.1.1.1 国外 C₄ 馏分的分离和利用概况

(1) C₄ 馏分的来源和分离

本文所及 C₄ 馏分是指来自石油炼制和蒸汽裂解装置的副产,其组成随原料和操作条件有很大变化,典型组成列于表 1-1。

表 1-1 C₄ 馏分的典型组成^①

组 分	催化裂化, %	蒸汽裂解, %	组 分	催化裂化, %	蒸汽裂解, %
正丁烷	13	6	1-丁烯	12	14
异丁烷	37	2	反式 2-丁烯	12	5
异丁烯	15	26	顺式 2-丁烯	11	4
1,3-丁二烯	<0.5	43			

①来自分子筛催化裂化装置和石脑油中等深度蒸汽裂解装置的 C₄ 馏分的典型组成。

石油炼制装置副产的 C₄ 馏分中大部分为丁烯、主要来自催化裂化装置,而减粘裂化、热裂化和焦化装置也副产丁烯,但数量不及催化裂化装置。随裂化深度和催化剂而异,催化裂化装置副产 C₄ 馏分量约为新鲜进料的 10%~13%,其中丁烯含量约占 50%以上。

蒸汽裂解装置副产 C₄ 馏分的世界总产量显著低于催化裂化 C₄ 馏分。但是,由于蒸汽裂解 C₄ 馏分中丁烯和丁二烯总含量达 90%,因此蒸汽裂解 C₄ 馏分的化工利用具有较大的现实意义。蒸汽裂解 C₄ 馏分的产率与裂解原料有密切关系。液态烃(石脑油、轻柴油)裂解时, C₄ 馏分产率约达 12%,轻烃(乙烷、丙烷)裂解时仅约 2%~4%。随裂解深度增加,乙烯收率提高,但丁烯和丁二烯的产率降低。

C₄ 馏分,特别是 C₄ 馏分中烯烃的化工利用,一般使用单一组分,少量也用混合组分。C₄ 馏分化工利用可大致归纳为采用以下原料:①聚合级或化学级丁二烯;②脱丁二烯后的 C₄ 馏分,即异丁烯-正丁烯-丁烷馏分;③正丁烯-丁烷馏分;④聚合级或化学级异丁烯;⑤聚合级 1-丁烯。因此,必须根据化工利用目的采取相应合理的分离方案。

C₄ 馏分中各组分的沸点十分接近,1-丁烯、异丁烯和丁二烯的相对挥发度差别极小,采用简单蒸馏方法难以有效分离。可以采用精密精馏方法进行分离,但能量消耗大,且在双烯烃存在下难以进行精密精馏操作。由于 C₄ 馏分中各组分的凝固点较接近,低温结晶分离不仅能量消耗极为可观,同时也难以保证分离组分的纯度。

目前, C₄ 馏分的可行分离方法是:①分子筛吸附分离法(现处于中试阶段);②萃取精馏法(现已广泛应用于工业生产);③化学反应法(已在工业上应用)。由于 C₄ 馏分中存在炔烃和二烯烃,易导致聚合反应形成胶质,使分离过程不能顺利操作,并且导致催化剂活性中心

失活。因此，选择性加氢脱除炔烃和二烯烃往往成为C₄馏分分离过程中不可缺少的重要加工步骤。C₄馏分主要加工方案详见图1-1。

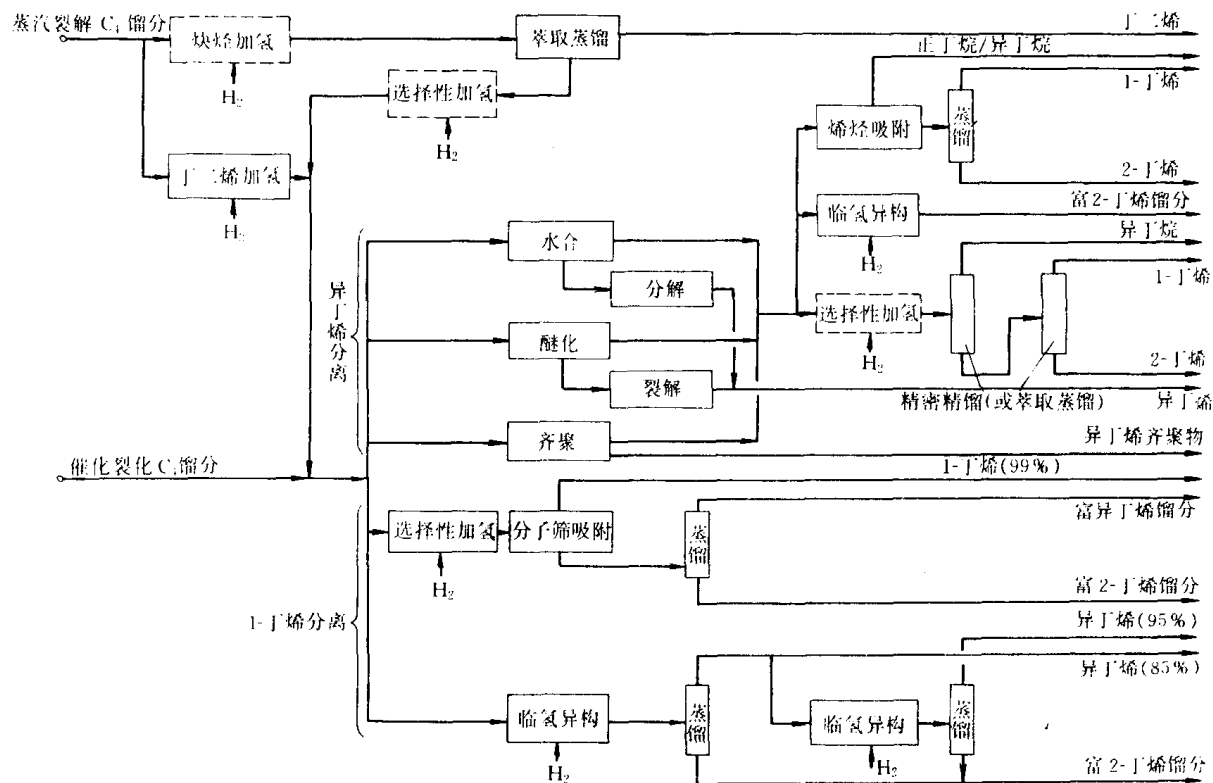


图 1-1 C₄ 馏分分离加工方案

①丁二烯的分离^[1] 1,3-丁二烯是蒸汽裂解C₄馏分中的主要组分，通常采用乙腈、二甲基甲酰胺、N-甲基吡咯烷酮、二甲基乙酰胺等极性溶剂进行萃取蒸馏分离，以获得聚合级丁二烯。

抽提丁二烯后的富丁烯馏分通称为抽余液 I，其典型组成列于表 1-2。抽余液 I 可与来自催化裂化装置的烯烃含量较低的C₄馏分合并后直接作化工原料，用于生产甲基叔丁基醚、叔丁醇、聚丁烯等化工产品，或者根据具体需要，将抽余液 I 经进一步分离，可以获得聚合级或化学级异丁烯、正丁烯-丁烷馏分、聚合级 1-丁烯。

表 1-2 石脑油蒸汽裂解C₄馏分的典型组成

组 成	抽余液 I ^① , %	抽余液 II ^② , %	正丁烯浓缩料 ^③ , %
异丁烷	3	6	<0.05
异丁烯	45	<0.1	<0.1
1-丁烯	25	45	48
1,3-丁二烯	<0.5	<0.8	<0.001
正丁烷	11	19	20
反 2-丁烯	9	17	18
顺 2-丁烯	7	13	14

①抽余液 I：抽提丁二烯后的抽余液。

②抽余液 II：通过甲醇醚化法提取异丁烯后的抽余液。

③正丁烯浓缩料：经萃取蒸馏脱除异丁烷和经选择性加氢处理后的物料。

②异丁烯的分离^[1~7] 各丁烯异构体的沸点十分接近,特别是异丁烯与1-丁烯的沸点很接近,因此难以用普通精馏方法实现有效分离。有时采用萃取蒸馏法从丁烯组分中分离丁烷,以获得高浓度丁烯原料,但不能实现丁烯异构体的分离。分子筛吸附法可以有效分离丁烯异构体,但该方法目前尚未工业化,仅处于中试阶段。

丁烯异构体中异丁烯的化学反应活性最高,可通过选择性化学反应方法脱除异丁烯。脱除异丁烯后剩余的1-丁烯和2-丁烯则可采用精馏法实现分离。

目前,工业上分离异丁烯采用以下4种方法:①硫酸吸收法;②直接水合法;③甲醇醚化法;④异丁烯齐聚法。

硫酸吸收法又称间接水合法,该法是较老的异丁烯分离方法。由于其存在腐蚀严重和环境污染问题(排放大量废水),近年来,已逐步被直接水合法和甲醇醚化法取代。

80年代初,Huls公司开发成功异丁烯直接水合工艺,在强酸性离子交换树脂存在下,异丁烯催化水合生成叔丁醇。由于水合为平衡反应,以及由于受到有机相与水相互溶度的限制,异丁烯转化率仅达90%。叔丁醇在低于150℃条件下,通过强酸性离子交换树脂催化剂床层,脱水生成高纯异丁烯。Huls公司生产的高纯异丁烯规格列于表1-3。

表 1-3 高纯异丁烯和1-丁烯的产品规格(%)

组 分	异丁烯	1-丁烯	组 分	异丁烯	1-丁烯
异丁烯	99.98	0.15	1,3-丁二烯	<0.001	<0.001
1-丁烯	0.005	99.70	叔丁醇	<0.0005	<0.0001
2-丁烯	0.01	<0.01	水	<0.003	<0.001
丁烷	0.005	0.15	硫	<0.0001	<0.0001

80年代开发成功的甲醇醚化法是C₄馏分分离技术的重大进展,促进了C₄馏分化工利用的迅速发展。甲醇醚化法是采用大孔强酸性离子交换树脂作催化剂,在液相条件下,反应温度40~100℃,异丁烯与甲醇进行选择反应生成甲基叔丁基醚(MTBE)。异丁烯转化率超过99.9%。精馏脱除MTBE后则得到正丁烯-丁烷馏分,该馏分通常称为抽余液Ⅰ,其组成详见表1-2。

MTBE在固体酸催化剂上,在低于300℃条件下,气相裂解生成异丁烯和甲醇。MTBE的裂解条件相对于叔丁醇的脱水分解条件稍苛刻些,但是异丁烯与甲醇醚化反应速率及转化率远高于异丁烯直接水合反应,脱除异丁烯较彻底是该工艺的一大特点。目前醚化法已成为有效脱除C₄馏分中异丁烯及获得高纯异丁烯的另一重要工业方法。

UOP和IFP公司开发成功异丁烯选择性齐聚工艺,这也是对C₄馏分进行加工处理的一条可行途径。IFP公司开发成功下列两种异丁烯齐聚工艺:

Selectopol工艺 适于从催化裂化C₄馏分或抽提丁二烯后的蒸汽裂解C₄馏分中分离含量较高的异丁烯。

Polyfining工艺 适于处理异丁烯水合反应器或醚化反应器的流出物料,脱除其中残余的异丁烯。

各种选择性聚合工艺均基于相同的化学原理,即异丁烯通过多段酸性催化剂(磷酸/硅胶或硅铝酸盐)床层后,转化成异丁烯齐聚物。经精馏分离,在塔顶得到正丁烯-丁烷馏分,塔底为异丁烯齐聚物。

③正丁烯浓缩料 提取丁二烯和异丁烯后剩余的正丁烯-丁烷馏分,通常称为抽余液Ⅱ。

表 1-4 美国正丁烯化工用途消费比例

用 途	1985年,%	1990年,%	用 途	1985年,%	1990年,%
丁二烯	29.0	—	庚 烯	4.6	5.0