

高等教育规划教材

精细化工工艺学

第三版

宋启煌 王飞镝 主编



JINGXI HUAGONG GONGYIXUE



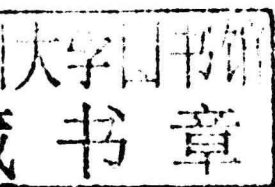
化学工业出版社

高等教育规划教材

精细化工工艺学

第三版

宋启煌 王飞镝 主编



化学工业出版社

本书系统地介绍了精细化工的分类特点、工艺学基础和主要领域系列产品的生产基本原理、性能特点、应用范围、发展动向,以及有代表性产品的生产工艺和技术开发。

全书共分 11 章,包括绪论、精细化工工艺学基础及技术开发、表面活性剂、合成材料助剂、食品添加剂、黏合剂、涂料、香料、感光材料、化妆品、精细化工发展新动向及附录。新增加的精细化工发展新动向,包括:水处理剂的新发展;树立科学发展、安全发展理念论述;超临界流体萃取技术(SFE-CO₂)在精细化工产品开发中的应用等。新增加了思考题与习题放书末。

本书可作为普通高等院校化学化工、应用化学、精细化工、轻化工等相关专业的教材,同时可供成人教育选用,也可供从事化学、化工、精细化工生产、科研人员学习与参考。

图书在版编目(CIP)数据

精细化工工艺学/宋启煌,王飞镒主编. —3 版. —北京:化学工业出版社,2013.5
高等教育规划教材
ISBN 978-7-122-16710-1

I. ①精… II. ①宋…②王… III. ①精细化工-工艺学 IV. ①TQ062

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 049334 号

责任编辑:何 丽
责任校对:王素芹

文字编辑:刘砚哲
装帧设计:关 飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司
787mm×1092mm 1/16 印张 29½ 字数 798 千字 2013 年 8 月北京第 3 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:46.00 元

版权所有 违者必究

前言

精细化工是与经济建设和人民生活密切相关的工业部门，是化学工业发展的战略重点之一。近年来，国内外高度重视精细化学品的研制、开发和生产。

为适应精细化工发展的需要，培养更多的精细化工专门技术人才，1985 年我们组织编写了《精细化工工艺学》教材，通过这本教材的学习，为学生毕业后从事精细化工产品的生产和新品种的开发奠定必要的理论和技术基础。同时也为相关企业和科研单位的工程技术人员提供参考。该书第一版出版后，先后多次重印，并于 1998 年获部级优秀化工教材二等奖，评为化学工业出版社第三届优秀畅销教材。

为更好地适应形势的发展和教学改革的需要，力求与时俱进，2003 年修订出版第二版。第二版出版至今，也得到广大师生厚爱，多次重印，为 60 多所高等院校“精细化工”、“化学工程与工艺”、“应用化学”、“化学”等相关专业广泛采用，得到了一致好评。

我校轻工化工学院“化学工程与工艺”专业 2008 年被评为广东省级特色专业，为进一步促进学科的发展和教学水平的提高，提出要把精细化工工艺学课程建设成为省级精品课程。从教材建设入手，与时俱进，对《精细化工工艺学》（第二版）教材进一步进行修订和完善以适应教学改革的需要。

本书在保留原有各章结构和特色的前提下，对各章部分内容做了一些必要的修改和补充，增加了各章有关品种的生产现状及发展动向，根据多年的教学、科研、生产实践的经验 and 体会，提出全书贯穿“科学发展、安全发展”的主线，将这一新理念贯穿到各有关章节中去，例如：在第 1 章精细化工的特点中增加“科学发展、安全发展”的新内容；在第 2 章精细化工发展的策略中，增加“牢固树立科学发展、安全发展的理念”的新策略；在第 4 章助剂，提示应用中需注意的问题，如补充“塑化剂事件”的影响分析，提醒助剂的毒性及使用中的安全问题；在第 5 章食品添加剂中，增加了“食品安全事件”的内容，提出应注意“食品安全问题”；在第 7 章涂料，在其工业的特点方面强调涂料用树脂聚合工艺安全控制”的新措施；第 11 章增加了精细化工其他发展新动向，其中强调“科学发展、安全发展”的新特点，指出精细化工的发展，必须深入贯彻落实科学发展观，加快转变经济发展方式，必须坚持走绿色、低碳、可持续发展之路。并新补充了精细化工其他发展新动向，可供有关院校结合本地的实际情况参考与选用。

本教材的修订，体现出与时俱进的特点，更具有“教材新颖、内容丰富、实用性强”的特色。其中重点修改的内容有：（1）对各章部分内容作了一些修改和补充，充实新品种，更新发展动向；（2）对原教材标题序号统一改编，采用国际标准法；（3）补充了各章复习思考题、习题等。

本书共 11 章，由广东工业大学宋启煌、王飞镝主编。参加修订、编写分工如下：宋启煌编写第 1 章、第 2 章、第 4 章、第 7 章、第 11 章；王飞镝编写第 3 章、第 10 章；方岩雄编写第 5 章；梁亮编写第 6 章、第 8 章；张维刚编写第 9 章及附录。

为配合精品课程的建设，落实课程建设规划，扩大本课程上网资源，拟制作本教材相关

部分课件，放在广东工业大学有关网页上，网址：<http://jpkc.gdut.edu.cn/jpa/hg/jxhg-gy/>，供相关院校师生进行学习、观摩和交流之用，促进本学科的发展和教育水平的交流和提高。

本书在编写、修订过程中，得到了广东工业大学各级领导、轻工化工学院领导以及有关专家教授的大力支持和热情帮助与指导，并得到了化学工业出版社的积极支持和帮助，在此一并致谢！

希望本书在精细化工人才培养中，对教学水平的提高和推进行业的科技进步能发挥更大的作用。本书在修订中的不足之处，敬请广大读者批评指正。

编 者
于广东工业大学（广州）
2013 年元月

第一版前言

精细化工是与经济建设和人民生活密切相关的重要工业部门，是化学工业发展的战略重点之一。近几年来，国内外高度重视精细化学品的研制、开发和生产。

为适应精细化工发展的需要，培养更多的精细化工的专门技术人才，一些高等院校相继成立了“精细化工”专业，为发展精细化工担负着培养专业人才的重任。从 1985 年起，我校在广东省首先招收精细化工专业本科学生。鉴于目前精细化工专业尚无统编教材，而精细化工又是技术密集型产业，涉及的行业部门多，产品品种繁杂的情况，我们结合多年的教学实践，为学生在学完《精细有机合成单元反应》课程基础上，开设了《精细化工工艺学》这门专业课，并组织编写了这本教材。由于教学时数（50~60 学时）和教材篇幅所限，在贯彻“少而精”的基本原则下，不必要也不可能面面俱到地介绍所有行业的系列产品。本书结合精细化工发展的重点及本学科的主要研究方向，选编了表面活性剂、合成材料助剂、食品添加剂等十大专题内容，同时还附录编写了部分有关精细化工工艺计算，工艺流程设计技术，环境污染及防治的部分重要工艺技术内容。本书在编写上结合精细化工品的合成实例，重点讲述它们的合成原理、原料消耗、工艺过程、主要操作技术和产品的性能用途等，为学生毕业后从事精细化工产品的生产和新品种的开发奠定必要的理论和技术基础；同时也希望能有关工厂企业和科研单位的工程技术人员开展技术工作提供方便。

全书共分十章，由广东工业大学宋启煌担任主编，参加该书编写的分工如下：第一章绪论、第二章精细化工工艺学基础及技术开发、第四章合成材料助剂、第七章涂料，由宋启煌编写；第三章表面活性剂由宋晓锐编写；第六章黏合剂、第八章香料由梁亮编写；第五章食品添加剂由方岩雄编写；第九章感光材料及附录由张维刚编写；第十章化妆品由王飞镝编写。

作者在编写过程中得到了广东工业大学罗宗铭教授、杨辉荣教授等的帮助和指导，并得到了化学工业出版社的大力支持和帮助，特此一并致谢！

由于编者水平有限，书中出现的缺点、不足和错误之处，敬请专家和广大读者给予批评指正，以使本教材不断得到完善。

编 者

于广东工业大学（广州）

1995 年 4 月

第二版前言

精细化工是与经济建设和人民生活密切相关的重要工业部门，是化学工业发展的战略重点之一。近几年来，国内外高度重视精细化学品的研制、开发和生产。

为适应精细化工发展的需要，培养更多的精细化工的专门技术人才，一些高等院校相继成立了“精细化工”专业，为发展精细化工担负着培养专业人才的重任。从 1985 年起，我校在广东省首先招收精细化工专业本科学生。鉴于目前精细化工专业仍无统编教材，而精细化工又是技术密集型产业，涉及的行业部门多，产品品种繁杂的情况，我们结合多年的教学实践，为学生在学完《精细有机合成单元反应》课程基础上，开设了《精细化工工艺学》这门专业课，并组织编写了这本教材。由于教学时数（50~60 学时）和教材篇幅所限，在贯彻“少而精”的基本原则下，不必要也不可能面面俱到地介绍所有行业的系列产品。本书结合精细化工发展的重点及本学科的主要研究方向，选编了表面活性剂、合成材料助剂、食品添加剂等十大专题内容，同时附录编写了部分有关精细化工工艺计算，工艺流程设计技术，环境污染及防治的部分重要工艺技术内容。本书在编写上结合精细化工品的合成实例，重点讲述它们的合成原理、原料消耗、工艺过程、主要操作技术和产品的性能用途等，为学生毕业后从事精细化工产品的生产和新品种的开发奠定必要的理论和技术基础；同时也希望能为有关工厂企业和科研单位的工程技术人员开展技术工作提供方便。

该书第一版出版后先后 8 次重印至 4.5 万余册，并于 1998 年获部级优秀化工教材二等奖，评为化学工业出版社第三届（2001~2002 年度）优秀畅销教材奖。

该书出版 8 年来，通过不断的教学实践感到有些内容需要修改和补充；同时由于科学技术的飞速发展，精细化工新产品、新技术不断涌现，为了更好地适应形势发展和教学改革的需要，力求与时俱进，我们对原教材进行了必要的修订。本次修订不打算对原书各章的结构做大的变动，仅仅对各章部分内容做一些修改和补充，特别是增加了配方设计原理、水性涂料和各品种的生产现状及发展动向，并新增加了第 11 章精细化工发展新动向，本章结合精细化工生产和品种的发展，尽可能多地介绍精细化工新领域、新技术的发展动向。这主要包括：乙烯工程与精细化工的发展、表面活性剂的发展与化妆品的未来、新型功能高分子的智能材料、电子信息化学品、纳米技术和纳米材料、绿色化学和精细化工清洁生产工艺技术、国内外精细化工发展特点与趋势等，目的是为了引起读者的兴趣，可作为读者学习该新领域的入门，并为有关院校开设《精细化工发展新动向》课程提供选用。

新编教材共分 11 章，由广东工业大学宋启煌教授主编。参加修订、编写的分工如下：第 1 章绪论、第 2 章精细化工工艺学基础及技术开发、第 4 章合成材料助剂、第 7 章涂料、第 11 章精细化工发展新动向，由宋启煌教授编写；第 3 章表面活性剂原由宋晓锐副教授编写，现由王飞镛副教授修订；第 10 章化妆品，由王飞镛副教授编写；第 6 章黏合剂、第 8 章香料，由梁亮教授编写；第 5 章食品添加剂由方岩雄副教授编写；第 9 章感光材料及附录由张维刚副教授编写。为了便于电化教育，配合该课程学习，广东工业大学还研制了“精细

化工新产品开发技术”、“超临界萃取分离技术原理及应用” CAI 软件，可供读者另行选购。

作者在编写过程中得到了广东工业大学各级领导、轻工化工学院领导以及有关专家教授的大力支持和热情帮助与指导，并得到了化学工业出版社的积极支持和帮助，在此一并致谢！

由于编者水平有限，书中出现的缺点、不足和疏忽之处，敬请专家和广大读者给予批评指正。

编 者

于广东工业大学（广州）

2003 年 7 月

目 录

第1章 绪 论 /1

1.1 精细化工的定义	1	1.3.6 科学发展、安全发展	6
1.2 精细化工的范畴和分类	2	1.4 发展精细化工的战略意义	6
1.3 精细化工的特点	3	1.5 精细化工发展的重点和动向	7
1.3.1 多品种、小批量	3	1.5.1 传统大宗精细化学品的更新换代	7
1.3.2 技术密集度高	4	1.5.2 加快精细化学品新领域的开发	8
1.3.3 综合生产流程和多功能生产装置	4	1.5.3 优先发展的关键技术	8
1.3.4 大量采用复配技术	5	1.6 本课程的性质与基本内容	9
1.3.5 投资少、附加价值高、利润大	5	参考文献	9

第2章 精细化工工艺学基础及技术开发 /11

2.1 精细化工的生产特性	11	2.4.3 精细化工新产品发展的一般规律	25
2.1.1 多品种	11	2.4.4 精细化工产品市场预测	26
2.1.2 多种多样的生产装置和生产流程	11	2.5 精细化工发展的策略	28
2.1.3 技术密集度高	11	2.5.1 依靠科技进步,以技术为核心	28
2.1.4 商品性强	12	2.5.2 培植技术力量,注意人才培养	28
2.2 精细化工工艺学基础	13	2.5.3 搞好行业内部、行业之间的协调	29
2.2.1 概述	13	2.5.4 产品方案向横向、纵向延伸	29
2.2.2 化学计量学	14	2.5.5 采取多种技术引进方式	29
2.2.3 配方研究的重要性及配方设计原理	16	2.5.6 加大科研开发投入和科技创新力度	30
2.2.4 化工产品的经济核算	20	2.5.7 牢固树立科学发展、安全发展的理念	31
2.3 精细化工过程开发的一般步骤	21	参考文献	31
2.4 精细化工的技术开发	23		
2.4.1 精细化工新产品开发程序	23		
2.4.2 精细化工新产品开发的新技术	24		

第3章 表面活性剂 /32

3.1 概述	32	3.1.5 表面活性剂的应用性能	36
3.1.1 表面活性剂与表面张力	32	3.2 阴离子表面活性剂	36
3.1.2 表面活性剂分子在表面上的定向排列	33	3.2.1 羧酸盐型阴离子表面活性剂	36
3.1.3 表面活性剂的分类	33	3.2.2 硫酸酯盐型阴离子表面活性剂	39
3.1.4 表面活性剂的物化性质	35	3.2.3 磺酸盐型阴离子表面活性剂	44
		3.2.4 磷酸酯盐型阴离子表面活性剂	57

3.3 阳离子表面活性剂	58	3.5 非离子表面活性剂	68
3.3.1 胺盐型阳离子表面活性剂	60	3.5.1 聚乙二醇型非离子表面活性剂	68
3.3.2 季铵盐型阳离子表面活性剂	62	3.5.2 多元醇型非离子表面活性剂	74
3.3.3 其他阳离子表面活性剂	63	3.6 表面活性剂的生产现状及发展动向	79
3.4 两性离子表面活性剂	65	3.6.1 表面活性剂的生产与市场状况	79
3.4.1 氨基酸型两性离子表面活性剂	66	3.6.2 表面活性剂的发展动向	81
3.4.2 甜菜碱型两性离子表面活性剂	67	参考文献	83
3.4.3 咪唑啉型两性离子表面活性剂	67		

第4章 合成材料助剂 / 85

4.1 概论	85	4.4 抗氧剂	123
4.1.1 助剂的定义和类别	85	4.4.1 概述	123
4.1.2 助剂在合成材料加工过程中的作用	86	4.4.2 氧化和抗氧的基本原理	124
4.1.3 助剂在应用中需注意的问题	87	4.4.3 抗氧剂的选用原则	126
4.1.4 助剂发展概况	88	4.4.4 各类抗氧剂简介	127
4.2 增塑剂	90	4.4.5 抗氧剂的发展动向	128
4.2.1 概述	90	4.4.6 抗氧剂生产工艺实例——防老剂4010 NA的生产工艺	128
4.2.2 增塑机理	91	4.5 热稳定剂	130
4.2.3 对增塑剂性能的基本要求	92	4.5.1 概述	130
4.2.4 增塑剂的结构与增塑性能的关系	96	4.5.2 聚氯乙烯的热降解及热稳定剂的作用机理	130
4.2.5 增塑剂的主要品种	97	4.5.3 影响聚氯乙烯降解的因素	131
4.2.6 增塑剂生产中的酯化过程和酯化催化剂	103	4.5.4 热稳定剂分类	132
4.2.7 增塑剂中微量杂质对其性能的影响	105	4.5.5 热稳定剂的发展动向	134
4.2.8 增塑剂生产和使用过程中的环境保护	106	4.6 发泡剂	134
4.2.9 增塑剂的选择应用	107	4.6.1 概述	134
4.2.10 增塑剂生产工艺实例——邻苯二甲酸酯的生产工艺	110	4.6.2 泡沫塑料的成型和定型原理	135
4.3 阻燃剂	114	4.6.3 影响气泡膨胀的因素	135
4.3.1 概述	114	4.6.4 气泡的稳定和固化过程	135
4.3.2 聚合物的燃烧和阻燃剂的作用机理	115	4.6.5 发泡剂分论	136
4.3.3 添加型阻燃剂	117	4.6.6 发泡剂的应用	138
4.3.4 反应型阻燃剂	117	4.7 抗静电剂	139
4.3.5 阻燃新技术	117	4.7.1 概述	139
4.3.6 阻燃剂的应用	120	4.7.2 抗静电剂的基本原理	139
4.3.7 阻燃剂生产工艺实例——十溴二苯醚阻燃剂的生产工艺	123	4.7.3 抗静电剂的主要品种与特性	140
		4.7.4 抗静电剂的应用	141
		4.8 塑料助剂生产现状及发展动向	142
		4.8.1 塑料助剂生产现状	142
		4.8.2 塑料助剂发展动向	144
		参考文献	145

第5章 食品添加剂 / 146

5.1 概述	146	5.2.1 防腐剂	147
5.2 主要品种及生产方法介绍	146	5.2.2 乳化剂	155

5.2.3 酸性调节剂	164	5.4 我国食品添加剂生产现状与食品 安全及发展动向	201
5.2.4 鲜味剂	175	5.4.1 我国食品添加剂生产现状	201
5.2.5 甜味剂	183	5.4.2 我国食品添加剂行业存在的 问题	201
5.3 其他品种简介	187	5.4.3 部分非食品添加剂	202
5.3.1 食品保鲜剂	187	5.4.4 我国关于食品安全问题的相关 法规与政策	203
5.3.2 抗氧化剂	188	5.4.5 发展动向	204
5.3.3 食用色素	192	参考文献	204
5.3.4 增稠剂	194		
5.3.5 面粉添加剂	198		
5.3.6 品质改良剂	198		

第6章 黏合剂 / 207

6.1 概述	207	6.5 合成橡胶胶黏剂	239
6.1.1 沿革	207	6.5.1 氯丁橡胶胶黏剂	240
6.1.2 胶黏剂的组成	208	6.5.2 丁腈橡胶胶黏剂	242
6.1.3 胶黏剂的分类	210	6.5.3 其他合成橡胶胶黏剂	243
6.1.4 胶黏剂的应用	212	6.6 无机胶黏剂与天然胶黏剂	244
6.2 胶接的基本原理	213	6.6.1 无机胶黏剂	244
6.2.1 胶接界面	213	6.6.2 天然胶黏剂	245
6.2.2 胶黏剂对被粘物表面的润湿	214	6.7 特种黏合剂	247
6.2.3 黏附机理	215	6.7.1 热熔胶黏剂	247
6.3 粘接工艺	216	6.7.2 压敏胶黏剂	248
6.3.1 胶黏剂的选择	216	6.8 黏合剂生产现状及发展动向	249
6.3.2 胶黏剂配方的影响因素	217	6.8.1 全球黏合剂生产的现状及黏合剂 应用市场构成	249
6.3.3 粘接工艺步骤	218	6.8.2 发展动向	250
6.4 合成树脂黏合剂	218	参考文献	251
6.4.1 热塑性树脂胶黏剂	218		
6.4.2 热固性树脂胶黏剂	226		

第7章 涂料 / 252

7.1 概论	252	7.5.1 醇酸树脂涂料	264
7.1.1 涂料的定义	252	7.5.2 丙烯酸树脂涂料	269
7.1.2 涂料的作用及组成	252	7.5.3 环氧树脂涂料	271
7.1.3 涂料的分类及命名	253	7.5.4 聚氨酯涂料	276
7.1.4 涂料的发展状况	255	7.5.5 聚乙烯树脂涂料	278
7.2 涂料的基本作用原理	255	7.6 涂料的添加剂	278
7.2.1 涂料的黏结力和内聚力	255	7.6.1 用于提高涂料性能的添加剂	279
7.2.2 涂膜的固化机理	256	7.6.2 用于提高漆膜功能的添加剂	279
7.2.3 涂料配方的基本知识	256	7.6.3 具有特殊功能的添加剂	279
7.3 按用途分类（早期使用的涂料）	257	7.7 涂料生产工艺实例	280
7.3.1 建筑用涂料	257	7.7.1 醇酸树脂酯化工艺的改进	280
7.3.2 金属用涂料	258	7.7.2 双酚 A 环氧树脂的合成	282
7.4 按剂型分类（重要涂料）	258	7.8 涂料工业生产现状及发展动向	283
7.4.1 溶剂型涂料	258	7.8.1 涂料工业生产现状及特点	283
7.4.2 水性涂料	260	7.8.2 涂料工业的发展动向	286
7.5 按成膜物质分类（重要涂料）	264	参考文献	288

第8章 香料 / 289

8.1 概述	289	8.4.5 麝香类香料	314
8.1.1 香的概念	289	8.4.6 含氮、含硫及杂环类香料	316
8.1.2 香与化学构造	289	8.4.7 香料工业生产合成实例	320
8.1.3 香料的分类	291	8.5 调香	324
8.1.4 香料化合物的命名概说	291	8.5.1 香气的分类	325
8.1.5 香料工业发展的历史概况	293	8.5.2 香精的基本组成	325
8.2 天然香料的生产	294	8.5.3 香精的调配	326
8.2.1 动物性天然香料	294	8.5.4 香精的配制	328
8.2.2 植物性天然香料	295	8.5.5 调香实例——素心兰香型的 调制	329
8.3 合成香料的生产	302	8.5.6 香料的应用及香精配方列举	330
8.3.1 主要生产原料及单离香料的化学 纯化	303	8.6 香料的评价和安全性	333
8.3.2 香料生产的工艺特点和生产 设备	307	8.6.1 各种香料的香评价	333
8.4 合成香料的制造	308	8.6.2 香料的安全性	333
8.4.1 醇类香料	308	8.7 香料生产现状及发展动向	336
8.4.2 醛及酮类香料	309	8.7.1 国外香料香精现状	336
8.4.3 缩羰基类香料	311	8.7.2 国内香料香精现状	336
8.4.4 羧酸酯及内酯类香料	312	8.7.3 发展动向	337
		参考文献	337

第9章 感光材料 / 339

9.1 概述	339	最后处理	355
9.1.1 感光材料的发展简况	339	9.4.6 配方合成	356
9.1.2 感光材料的结构	340	9.5 乳剂的涂布干燥和整理加工	356
9.1.3 感光材料的分类	340	9.5.1 乳剂的涂布干燥	356
9.1.4 感光材料的照相性能	341	9.5.2 整理加工	358
9.2 感光材料的基本原理	342	9.6 显影加工	359
9.2.1 卤化银的物化性能和晶体结构	342	9.6.1 显影	359
9.2.2 潜影生成过程	343	9.6.2 停显	360
9.3 片基	344	9.6.3 定影	360
9.3.1 片基的结构和基本性能	344	9.6.4 水洗	362
9.3.2 三醋酸纤维素酯片基的制造	345	9.6.5 显影加工其他方法	362
9.3.3 涤纶片基的制造	346	9.7 感光材料生产现状及发展动向	363
9.3.4 附加层	348	9.7.1 感光材料工业的数码化	363
9.4 乳剂的制备	348	9.7.2 传统照相感光材料的数码冲击	364
9.4.1 照相明胶	349	9.7.3 国内感光材料工业	364
9.4.2 照相乳剂合成工艺	350	9.7.4 国内照相材料市场	365
9.4.3 乳化及物理成熟的机理	351	9.7.5 感光材料发展动向	366
9.4.4 化学成熟的机理	354	参考文献	368
9.4.5 各种补加剂和乳剂在涂布前的			

第10章 化妆品 / 370

10.1 化妆品概论	370	10.2.1 主要原料	370
10.2 化妆品工艺基础	370	10.2.2 化妆品生产的主要工艺	378

10.3 化妆品生产工艺	379	10.4.1 化妆品的研发程序	396
10.3.1 基础化妆品	379	10.4.2 化妆品的配方设计原则	397
10.3.2 美容化妆品	385	10.5 化妆品生产现状及发展动向	398
10.3.3 清洁用化妆品	390	10.5.1 我国化妆品市场现状	398
10.3.4 特殊化妆品	393	10.5.2 化妆品发展趋势	398
10.4 化妆品的研发程序和配方设计	396	参考文献	403

第 11 章 精细化工发展新动向 / 405

11.1 概述	405	11.6.3 纳米材料的发展动向	420
11.2 乙烯工程与精细化工的发展	405	11.7 绿色化学与精细化工清洁生产工艺 技术发展动向	423
11.2.1 我国乙烯的大发展	405	11.7.1 绿色化学与绿色化工技术	423
11.2.2 充分利用乙烯资源, 大力发展 精细化工	408	11.7.2 精细化工清洁生产工艺技术 发展动向	425
11.3 表面活性剂的发展与化妆品的 未来	409	11.8 国内外精细化工的发展特点与 趋势	429
11.3.1 适用于化妆品发展的表面 活性剂	409	11.8.1 国外精细化工发展的特点与 趋势	429
11.3.2 化妆品的未来	411	11.8.2 国内精细化工的发展与趋势	431
11.4 新型功能高分子和智能材料发展 动向	412	11.9 其他精细化工的发展新动向	433
11.4.1 新型功能高分子材料的发展	412	11.9.1 水处理剂的新发展	433
11.4.2 智能材料的发展动向	413	11.9.2 精细化工发展的新动向——关于 强调“牢固树立科学发展、安全 发展的理念”的论述	436
11.5 电子信息化学品发展动向	415	11.9.3 精细化工生产的安全标准化建设 的重要意义	438
11.5.1 电子信息化学品的特点与 分类	415	11.9.4 超临界流体萃取技术在精细化工 产品开发中的应用	439
11.5.2 电子信息化学品发展动向	416	参考文献	440
11.6 纳米技术与纳米材料发展动向	417		
11.6.1 纳米和纳米结构、纳米技术与 纳米材料	417		
11.6.2 纳米材料的制备方法	419		

附 录 / 442

附录 1 精细化工生产工艺计算概述	442	附录 3 化学工业的污染及防治	446
附录 2 工艺流程设计技术	443	参考文献	453

思考题与习题 / 454

第 1 章

绪 论

1.1 精细化工的定义

精细化工产品又称精细化学品 (Fine Chemicals), 是化学工业中用来与通用化工产品或大宗化学品 (Heavy Chemicals) 相区分的一个专用术语。前者指一些具有特定应用性能的、合成工艺中步骤繁多、反应复杂、产量小而产值高的产品, 例如医药、化学试剂等; 后者指一些应用范围广泛, 生产中化工技术要求高, 产量大的产品, 例如石油化工中的合成树脂、合成橡胶及合成纤维三大合成材料等。

随着科学的进步, 逐步达到能够利用合成与复配的方法获得在应用性能上可以代替甚至超过天然物质的产品时, 精细化学工业才开始出现。

“精细化学工业” (Fine Chemical Industry) 通常简称为“精细化工”, 是生产精细化学品工业的通称。近 20 年来, 由于社会生产水平及生活水平的提高, 化学工业产品结构的变化以及开发新技术的要求, 精细化工产品愈来愈受到重视。它们的产值比重逐年上升, 生产精细化工产品的工业似乎有成为化学工业中的一个独立分支的倾向。

“精细化学品”一词在国外沿用已久, 欧美国家大多将我国和日本所称的精细化学品分为精细化学品和专用化学品 (Specialty Chemicals)。其依据侧重于从产品的功能性来区分, 销售量小的化学型产品称为“精细化学品”; 销售量小的功能型产品称为“专用化学品”。也就是说, 精细化学品是按其分子组成 (即作为化合物) 来销售的小量产品, 强调的是产品的规格和纯度; 专用化学品也是小量产品, 却是根据它们的功能来销售的, 强调的是其功能。如何区别精细化学品与专用化学品, 可归纳为以下 6 点:

(1) 精细化学品多为单一化合物, 可以用化学式表示其成分, 而专用化学品很少是单一的化合物, 常常是若干种化学品组成的复合物或配方物, 通常不能用化学式表示其成分;

(2) 精细化学品一般为最终使用性产品, 用途较广, 而专用化学品的加工度更高, 也为最终使用性产品, 但用途较窄;

(3) 精细化学品大体是用一种方法或类似的方法制造的, 不同厂家的产品基本上没有差别, 而专用化学品的制造, 各生产厂家互不相同, 产品有差别, 甚至可完全不同;

(4) 精细化学品是按其所含的化学成分来销售的, 而专用化学品是按其功能销售的;

(5) 精细化学品的生命期相对较长, 而专用化学品的生命期短, 产品更新很快;

(6) 专用化学品的附加价值率、利润率更高, 技术秘密性更强, 更需要依靠专利保护或对技术诀窍严加保密, 新产品的生产可完全依靠本企业的技术开发。

实际上, 欧美国家广泛使用“专用化学品”一词, 而很少使用“精细化学品”这个词。因为精细化学品是通往专用化学品的“阶梯”; 且随着新技术革命的不断深入, 有独特功能

的专用化学品将保持较高的发展速度。

对精细化学品的定义,到现在为止,还没有一个公认的比较严格的提法;但归纳起来,不外乎是从产品制造角度和从技术经济角度来下定义。其中得到了较多人公认的一种定义,是指对基本化学工业生产的初级或次级化学品进行深加工而制取的具有特定功能、特定用途、小批量生产的系列产品,称为精细化学品,有时也称为专用化学品。这些产品具备许多特点:如产品门类多,有不同的品种牌号,商品性强,生产工艺精细,有些产品的化学反应与工艺步骤复杂(如药物),附加价值高,投资少,利润大,对市场适应性强,服务性强,产品更新换代快,技术密集性高,适合于中小型厂家生产,商品富于竞争性,研究经费一般高于其他化工部门等。

1.2 精细化工的范畴和分类

精细化工的范畴相当广泛,包括的范围也无定论。各国对精细化工范畴的规定是有差别的。纵观世界主要工业国家关于精细化学品的范围可以看出,虽然有些不同,但并无多大差别,只是划分的宽窄范围不同而已。随着科学技术的不断发展,一些新兴的精细化工行业正在不断出现,行业越分越细。日本1984年版《精细化工年鉴》中共分为35个行业类别,而到1985年,就发展为51个类别,即医药、农药、合成染料、有机颜料、涂料、黏合剂、香料、化妆品、盥洗卫生用品、表面活性剂、合成洗涤剂、肥皂、印刷用油墨、塑料增塑剂、其他塑料添加剂、橡胶添加剂、成像材料、电子用化学品与电子材料、饲料添加剂与兽药、催化剂、合成沸石、试剂、燃料油添加剂、润滑剂、润滑油添加剂、保健食品、金属表面处理剂、食品添加剂、混凝土外加剂、水处理剂、高分子絮凝剂、工业杀菌防腐剂、芳香除臭剂、造纸用化学品、纤维用化学品、溶剂与中间体、皮革用化学品、油田用化学品、汽车用化学品、炭黑、脂肪酸及其衍生物、稀有气体、稀有金属、精细陶瓷、无机纤维、储氢合金、非晶态合金、火药与推进剂、酶、生物技术、功能高分子材料等。

1986年,为了统一精细化工产品的口径,加快调整产品结构,发展精细化工,并作为今后计划、规划和统计的依据,我国化学工业部对精细化工产品的分类作了暂行规定,把精细化工产品分为11大类。这种分类主要是考虑了原化学工业部所属精细化工行业的情况,今后可能会不断地补充和修改,具体分类如下:

(1) 农药; (2) 染料; (3) 涂料(包括油漆和油墨); (4) 颜料; (5) 试剂和高纯物; (6) 信息用化学品(包括感光材料、磁性材料等能接受电磁波的化学品); (7) 食品和饲料添加剂; (8) 黏合剂; (9) 催化剂和各种助剂; (10) 化学药品(原料药)和日用化学品; (11) 功能高分子材料(包括功能膜、偏光材料等)。

其中催化剂和各种助剂一项,又包括以下内容:

1) 催化剂,分为炼油用、石油化工用、有机化工用、合成氨用、硫酸用、环保用和其他用途的催化剂;

2) 印染助剂,含柔软剂、匀染剂、分散剂、抗静电剂、纤维用阻燃剂等;

3) 塑料助剂,含增塑剂、稳定剂、发泡剂、阻燃剂;

4) 橡胶助剂,含促进剂、防老剂、塑解剂、再生胶活化剂等;

5) 水处理剂,含水质稳定剂、缓蚀剂、软水剂、杀菌灭藻剂、絮凝剂等;

6) 纤维抽丝用油剂,涤纶长丝用、涤纶短丝用、锦纶用、腈纶用、丙纶用、维纶用、玻璃丝用油剂等;

7) 有机抽提剂,吡咯烷酮系列、脂肪烃系列、乙腈系列、糠醛系列等;

- 8) 高分子聚合物添加剂, 含引发剂、阻聚剂、终止剂、调节剂、活化剂等;
- 9) 表面活性剂, 除家用洗涤剂以外的阳性、阴性、中性和非离子型表面活性剂;
- 10) 皮革助剂, 含合成鞣剂、涂饰剂、加脂剂、光亮剂、软皮油等;
- 11) 农药用助剂, 含乳化剂、增效剂等;
- 12) 油田用化学品, 含油田用破乳剂、钻井防塌剂、泥浆用助剂、防蜡用降黏剂等;
- 13) 混凝土用添加剂, 含减水剂、防水剂、脱模剂、泡沫剂 (加气混凝土用)、嵌缝石膏等;
- 14) 机械、冶金用助剂, 含防锈剂、清洗剂、电镀用助剂、各种焊接用助剂、渗碳剂、汽车等机动车用防冻剂等;
- 15) 油用添加剂, 含防水、增黏、耐高温等各类添加剂、汽油抗震、液压传动、变压器油、刹车油添加剂等;
- 16) 炭黑 (橡胶制品的补强剂), 分高耐磨、半补强、色素炭黑、乙炔炭黑等;
- 17) 吸附剂, 稀土分子筛系列、氧化铝系列、天然沸石系列、二氧化硅系列、活性白土系列等;
- 18) 电子工业专用化学品 (不包括光刻胶、掺杂物、MOS 试剂等高纯物和高纯气体), 含显像管用碳酸钾、氟化物、助焊剂、石墨乳等;
- 19) 纸张用添加剂, 含增白剂、补强剂、防水剂、填充剂等;
- 20) 其他助剂, 如玻璃防霉剂、乳胶凝固剂。

需要注意的是, 上述分类主要是从原化学工业部的范围所作之规定, 并未包含精细化工的全部内容, 例如医药制剂、酶、化妆品、精细陶瓷等。由于我国精细化工起步较晚, 目前精细化工产品所包括的门类比国外还少很多, 但这种差距正在逐步缩小。

然而必须指出, 在发展我国精细化工过程中, 有必要加强统筹规划, 合理布局, 在研究开发新产品时不仅要注意数量, 更要重视质量, 并且要妥善解决三废治理问题, 加强剂型加工和复配技术的开发研究。只有不断创新, 提高产品的竞争能力, 才能逐步满足国内市场需要和扩大出口创汇能力。

1.3 精细化工的特点

1.3.1 多品种、小批量

每种精细化工产品都有其一定的应用范围, 以满足社会的不同需要。从精细化工的范畴和分类可以看到, 精细化学品必然具有多品种的特点。由于产品应用面窄, 针对性强, 特别是专用品和特制配方的产品, 往往是一种类型的产品可以有多种牌号, 因而使新品种和新剂型不断出现, 日新月异, 所以, 多品种这一点实际上是精细化工的一个重要特征。可以举表面活性剂为例, 众所周知, 表面活性剂的基本作用是改变不同两相间的界面张力。根据这一点, 就可以利用其所具有的润湿、洗净、浸渗、乳化、分散、增溶、起泡、消泡、凝聚、平滑、柔软、减摩、杀菌、抗静电、防锈和匀染等表面性能, 做成多种多样的洗净剂、渗透剂、扩散剂、起泡剂、消泡剂、乳化剂、破乳剂、分散剂、杀菌剂、湿润剂、柔软剂、抗静电剂、抑制剂、防锈剂、防结块剂、防雾剂、脱皮剂、增溶剂、精炼剂等, 并将它们用于国民经济各部门中, 例如纺织、石油、轻工、印染、造纸、皮革、食品、化纤、化工、冶金、煤炭、建筑、采矿、医药、农业等。这些产品的品种多, 产量小。例如, 国外表面活性剂的品种就有 5000 多种。据《染料索引》第三版统计, 不同化学结构的染料品种有 5000 种以

上,又如法国的发用化妆品就有 2000 多种牌号。

精细化工产品一般都有一定的寿命,通常是起初处于萌芽期,其销售量较少;以后进入成长期,而在成长前期销售量增长较快,到了后期增长变慢;然后达到饱和期,其销售量不再增长;最后进入衰退期,逐渐被新产品所取代。因此,不断开发新品种、新剂型、新配方和提高开发新品种的创新能力,是当前国际上精细化工发展的总趋势。

1.3.2 技术密集度高

精细化工是综合性较强的技术密集型工业。要生产一个优质的精细化工产品,除了化学合成以外,还必须考虑如何使其商品化,这就要求多门学科知识的互相配合及综合运用。就合成而言,由于步骤多,工序长,影响收率及质量的因素很多,而每一生产步骤(包括后处理)都涉及生产控制和质量鉴定,因此,要想获得高质量、高收率且性能稳定的产品,就需要掌握先进的技术和进行科学管理。不仅如此,同类精细化工产品之间的相互竞争也是十分激烈的。为了提高竞争能力,必须坚持不懈地开展科学研究,注意采用新技术、新工艺和新设备,及时掌握国内外情报,搞好信息贮存。

因此,一个精细化学品的研究开发,要从市场调查、产品合成、应用研究、市场开发,甚至技术服务等各方面全面考虑和实施,这需要解决一系列的技术课题,渗透着多方面的技术、知识、经验和手段。从另一方面看,精细化工产品的技术开发成功率是比较低的,特别是医药和生物用的药物,随着对药效和安全性越来越严格的要求,造成了新品种开发的时间长、费用大,其结果必然造成高度的技术垄断。按目前统计,开发一种新药约需 5~10 年,其耗资可达 2000 万美元。如果按化学工业的各个部门来统计,医药上的研究开发投资最高,可达年销售额的 14%;对一般精细化工产品来说,研究开发投资占年销售额的 6%~7%则是正常现象。而精细化工产品的开发成功率都很低,如在染料的专利开发中,经常成功率在 0.1%~0.2%。

技术密集还表现为情报密集、信息快。由于精细化工产品是根据具体应用对象而设计的,它们的要求经常会发生变化,一旦有新的要求提出,就必须按照新要求来重新设计化合物结构,或对原有的结构进行改进,其结果就会出现新产品。此外,大量的基础研究产生的新化学品也需要寻求新的用途。为此,某些大化学公司已经开始采用新型计算机信息处理技术对国际化学界研制的各种新化合物进行贮存、分类以及功能检索,以达到快速设计和筛选的目的。

技术密集这一特点还反映在精细化工产品的生产中技术保密性强,专利垄断性强。这几乎是各精细化工公司的共同特点。它们通过自己的技术开发部拥有的技术进行生产,并以此为手段在国内及国际市场上进行激烈竞争。因此,一个具体品种的市场寿命往往很短。例如,新药的市场寿命通常只有 3~4 年。在这种激烈竞争而又不不断改进的形势下,专利权的保护是十分重要的。我国已实行了专利法,这对精细化工产品的生产无疑会起到十分重要的作用。

1.3.3 综合生产流程和多功能生产装置

多数精细化工产品需要由基本原料出发,经过深度加工才能制得,因而生产流程一般较长,工序较多。由于这些产品的需求量不大,故往往采用间歇式装置生产。虽然精细化工产品品种繁多,但从合成角度看,其合成单元反应不外乎十几种,尤其是一些同系列产品,其合成单元反应及所采用的生产过程和设备,有很多相似之处。近年来,许多生产工厂广泛采用多品种综合生产流程,设计和制作用途广、功能多的生产装置。也就是说,一套流程装置可以经常改变生产品种的牌号,使其具有相当大的适应性,以适应精细化工产品多品种、小