



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
(高职高专教材)

精细化工生产工艺

第二版

刘德峥 主编



化学工业出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
(高职高专教材)

精细化工生产工艺

第二版

刘德峥 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书主要介绍了各类精细化工产品的基本作用原理、合成路线和生产工艺、应用性能和发展趋势。主要内容包括：精细化工产品的分类、特点、发展趋势，无机精细化学品与材料，高分子精细化学品，功能高分子材料，精细生物化工产品，表面活性剂，皮革化学品，石油化学品，工业与家用洗涤剂，化妆品，信息存储材料，电子化工材料，水性涂料，绿色精细化工技术。另外，本书还以附录的形式介绍了国内外有关精细化学品的重要期刊、网址及文献检索系统。

本书可作为高职高专院校应用化工技术、精细化学品生产技术等化工技术类专业的教材，也可供从事精细化工的生产、科研人员阅读参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

精细化工生产工艺/刘德峥主编. —2 版. —北京: 化学工业出版社, 2008.6

普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 高职高专教材

ISBN 978-7-122-03283-6

I. 精… II. 刘… III. 精细化工-生产工艺-高等学校: 技术学院-教材 IV. TQ062

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 103606 号

责任编辑: 蔡洪伟 陈有华

文字编辑: 林 媛

责任校对: 陈 静

装帧设计: 韩 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 刷: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市前程装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 18 1/4 字数 518 千字 2008 年 9 月北京第 2 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: 32.00 元

版权所有 违者必究

第二版前言

精细化工与工农业、国防、人民生活和尖端科学技术都有着极为密切的关系。精细化工是现代化学工业的重要组成部分，是发展高新技术的重要基础，也是衡量一个国家的科学技术发展和综合实力的重要标志之一。因此，世界各国都把精细化工作为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。

本书第一版自2000年出版以来，承蒙广大读者的厚爱，8年间印刷了9次，在国内高等职业学校及精细化工行业产生了较大的影响。8年多来，国内外精细化工发展较快，精细化工新产品、新技术、新工艺不断涌现，第一版的一些内容已经难以满足读者及专业知识教育和专业技能训练的需要。为了更好地适应高等职业教育及精细化工的发展，力求与时俱进，作者对第一版进行了较为全面的修订。在保持第一版教材原有风格和定位的基础上，对多数章节重新进行了编写，删除了一些不适宜的理论知识和落后的工艺路线，并对如下方面进行了较大修改：突出了生产原理与生产工艺，增加了一些常用精细化工产品的生产工艺流程图；精简了部分章节内容，同时增加了生物农药、液体洗涤剂生产技术、水性涂料、绿色精细化工技术等一些新的章节内容；新增了附录——国内外有关精细化学品的重要期刊、网址及文献检索系统。

本书在编写上结合精细化工产品的生产实例，重点讲述它们的生产原理、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；同时也希望能为相关工厂企业的工程技术人员开展技术工作提供参考。

本书共分十四章，由刘德峥教授主编。参加修订、编写的分工如下：第一章、第三章、第五章、第六章、第九章、第十三章、第十四章由刘德峥教授编写；第二章、第四章、第十二章由周勇副教授编写；第七章、第八章、第十章由周健伟副教授修订；第十一章由周勇副教授和周健伟副教授共同修订；附录由讲师蒋涛和硕士研究生马金花编写。在编写过程中，张引沁副教授、刘伟副教授、黄艳芹副教授以及讲师蒋涛、硕士研究生马金花和樊亚娟、馆员任明真等参与了部分资料的汇总、整理工作。全书由刘德峥统稿定稿。

本书的编写参阅了相关文献，在此谨向相关作者深表感谢。同时，对参与第一版教材编写的其他作者致谢。在第二版的编写过程中得到了学院各级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！

由于作者水平所限，书中不妥之处在所难免，敬请专家、读者批评指正。

编 者

2008年5月

第一版前言

为了适应“科教兴国”的需要，培养更多的精细化工专门人才，在目前各高等专科和高等职业教育化工工艺类专业尚无统编教材的情况下，以原自编教材为基础，我们组织了平原大学、淮海工学院、安阳大学等高校精细化工专业教师共同编写了这本教材。根据精细化工学科知识结构的要求和编者自身的教学经验，在进行每一个专题编写时，注重讲授其基本原理，然后结合重要产品的实例，对产品的生产工艺路线、反应条件、性能和用途等技术基础知识进行介绍。对复配技术型产品，例如洗涤剂和化妆品，在介绍配方的基本原则后，列举了 90 多个实用配方。对新兴领域，如无机材料中的精细陶瓷，功能高分子材料中的光导电聚合物，信息存储材料中的光盘等，尽可能介绍它们的发展趋势。但是，由于学时数和篇幅有限，本书仅介绍了 11 大类。学生通过学习本书，可对精细化工的基本面貌、技术范畴、11 类重要系列产品的合成路线和生产工艺、性能和应用、发展趋势有一个比较全面的了解；为毕业后从事精细化工产品的生产和研制、开发打下较好的基础。同时，本书也可供从事生产和科研的工程技术人员参考。

本教材共分十二章，依次为绪论、无机精细化学品与材料、高分子精细化学品、功能高分子材料、精细生物化学品、表面活性剂、皮革化学品、石油化学品、洗涤剂、化妆品、信息存储材料和电子化工材料。全书由刘德峥主编。各章编写的作者依次为：第一、五章，刘德峥；第二章，张引沁；第三章，牛永生；第四章，周勇；第六章，刘德峥，于艳春；第七章，张所信；第八章，于艳春；第九章，刘德峥，张所信；第十章，刘德峥，张引沁，牛永生；第十一章，刘伟；第十二章，刘伟，周勇。

本书各章在编写中参考了大量专著和其他文献资料，在此谨向有关作者表示衷心感谢。

编者衷心感谢北京化工大学周游教授承担审稿，对教材的内容进行了斧正；任明节高工协助提供部分素材并协助整理部分教材内容。刘淑萍绘制了部分图表。

在编写过程中得到了郑州工业大学刘大壮教授、河南师范大学蔡崑教授的帮助和指导，并得到了化学工业出版社的大力支持和帮助，他们对大纲和教材的内容安排提出了宝贵意见；本书在编写过程中还得到平原大学领导的大力支持，在此一并感谢。

应该指出，虽说主编在 1987 年就编写了精细化工讲义，但是组织编写这样一本涉及多行业且知识面很宽的教材，实感力不从心，由于水平有限，时间仓促，书中缺点和不足敬请专家和广大读者给予批评指教，以使本教材不断得到完善。

编 者

于平原大学 2000 年 3 月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 精细化工产品的范畴、定义及分类	1
第二节 精细化工的特点	1
一、精细化工产品的生产特性	1
二、精细化工产品的商业特性	3
三、精细化工产品的经济特性	3
四、精细化工产品的研究与开发特性	4
第三节 发展精细化工的战略意义	5
一、精细化工在国民经济发展中的重要作用	5
二、发展精细化工的战略意义	6
第四节 精细化工发展的重点	6
一、走发展绿色精细化工的道路	7
二、掌握先进的科学知识, 优先发展关键技术	7
三、以技术开发为基础, 创制新的精细化工产品	9
四、加快高素质的精细化工专业技术人才的培养	9
第二章 无机精细化学品与材料	11
第一节 概述	11
一、无机精细化工的分类与研究范畴	11
二、无机精细化工在发展国民经济中的作用	11
三、无机精细化工的发展趋势	12
第二节 精细化工工艺技术	12
一、单晶化工工艺技术	12
二、非晶化工工艺技术	13
三、超细化(纳米)工艺技术	14
四、表面改性化技术	16
五、薄膜化技术	17
第三节 无机精细化学品	17
一、磷酸盐精细化学品	17
二、硼化物精细化学品	18
三、钨、钼化合物	19
四、锂化合物	19
第四节 无机精细材料	21
一、精细陶瓷	21
二、纤维材料	25
三、阻燃材料	26
第三章 高分子精细化学品	28
第一节 概述	28
第二节 水溶性聚合物的生产工艺	28
一、聚乙烯醇	28
二、聚乙二醇	29
三、聚乙烯吡咯烷酮	30
四、聚丙烯酰胺	31
五、聚顺丁烯二酸酐	31
六、丙烯酸和甲基丙烯酸聚合物	32
第三节 合成胶黏剂	33
一、胶黏剂的组成、分类和应用	33
二、热固性树脂胶黏剂	34
三、热塑性树脂溶液胶黏剂	36
四、热熔胶黏剂	38
五、压敏胶黏剂	38
六、合成橡胶胶黏剂	39
第四节 涂料	40
一、涂料的组成、作用及分类	40
二、醇酸树脂涂料	41
三、丙烯酸树脂涂料	41
四、聚氨酯树脂涂料	42
五、聚乙烯树脂涂料	43
六、酚醛树脂涂料	43
七、环氧树脂涂料	44
第四章 功能高分子材料	47
第一节 概述	47
一、功能高分子材料的定义、特点	47

二、功能高分子材料的分类	47	第五节 高分子液晶材料	56
第二节 结构与性能的关系	47	一、定义及分类	56
一、官能团的性质与聚合物功能之间的关系	48	二、结构特征	57
二、聚合物骨架的结构、组成与性能对功能高分子材料性能的影响	48	三、制备方法	58
第三节 功能高分子材料的制备方法	49	四、高分子液晶的性质与应用	59
一、功能型小分子材料的高分子化	49	第六节 光敏高分子材料	60
二、高分子材料的功能化	50	一、高分子光化学反应类型	60
三、功能高分子材料的多功能复合与功能扩大	53	二、光敏高分子的分类	61
第四节 导电高分子材料	53	三、光敏涂料	61
一、电子导电型聚合物	53	第七节 光导电高分子材料	62
二、离子导电型高分子材料	55	一、光导电机理	62
第五章 精细生物化工产品	64	二、光导电聚合物的结构类型	62
第一节 生物化学工程基本知识	64	三、光导电聚合物的应用	63
一、生物化学工程的定义及特点	64	一、酶的基本概念	73
二、生物催化剂	65	二、工业酶制剂的生产	75
三、重组 DNA 技术	66	三、固定化酶	78
四、细胞融合技术	67	四、微生物细胞固定化技术	78
五、生物反应器	67	第三节 精细生物化工产品工艺	79
六、发酵过程	68	一、有机酸及其发酵工艺	79
七、酶反应过程	70	二、氨基酸及其发酵工艺	81
八、生化分离工程	71	三、核酸及其生产方法	83
九、生物化工产品	72	四、单细胞蛋白 (SCP) 及其制法	83
第二节 酶制剂	73	五、生物农药及其生产方法	84
第六章 表面活性剂	87	一、表面活性剂	105
第一节 概述	87	第四节 阳离子型表面活性剂的生产工艺	106
一、定义	87	一、脂肪胺	106
二、特点	87	二、季铵盐	106
三、分类	87	三、氧化叔胺	107
四、化学结构与性能	88	第五节 两性表面活性剂的生产工艺	107
第二节 阴离子表面活性剂的生产工艺	90	一、咪唑啉羧酸盐	107
一、羧酸盐	90	二、烷基甜菜碱	108
二、酰基氨基酸盐	91	第六节 特种表面活性剂的生产工艺	108
三、磺酸盐	92	一、氟碳表面活性剂	108
四、硫酸酯盐	99	二、硅表面活性剂	109
第三节 非离子型表面活性剂的生产工艺	100	三、生物表面活性剂	109
一、聚氧乙烯类非离子表面活性剂	101	一、鞣制作用与鞣剂结构	111
二、脂肪酸多元醇酯类非离子表面	101	二、芳烃合成鞣剂的主要生产过程	114
第七章 皮革化学品	111		
第一节 概述	111		
第二节 合成鞣剂生产工艺	112		

三、芳烃合成鞣剂生产工艺	115	一、氯化石蜡	124
四、脂肪烃合成鞣剂生产工艺	119	二、合成脂加脂剂	125
五、木质素磺酸鞣剂和木质素磺酸合 成鞣剂	123	三、阳离子加脂剂	126
六、无机鞣剂和植物鞣剂	124	第四节 涂饰剂合成工艺	127
第三节 合成加脂剂生产工艺	124	一、成膜剂合成工艺	128
		二、制革专用涂饰剂	131
第八章 石油化学品	134		
第一节 油田化学品	134	二、溶剂	147
一、钻井泥浆处理剂	134	三、其他化学品	147
二、油气开采添加剂	139	第三节 石油产品添加剂	147
三、强化采油用添加剂	142	一、石油燃料添加剂	148
四、油气集输用添加剂	143	二、润滑油添加剂	152
第二节 石油炼制用化学品	146	三、润滑脂添加剂	154
一、石油炼制催化剂	146		
第九章 工业与家用洗涤剂	155		
第一节 概述	155	一、粉状洗涤剂配方	163
一、洗涤的基本过程	155	二、液体洗涤剂配方	164
二、去污原理	155	三、个人卫生清洁剂配方	166
三、影响去污作用的因素	155	四、家庭日用品洗涤剂配方	171
四、洗涤剂的分类	156	五、工业用清洗剂配方	174
第二节 洗涤剂的主要组成	157	第四节 洗涤剂生产工艺	178
一、表面活性剂的协同效应	157	一、液体洗涤剂生产工艺	178
二、表面活性剂	158	二、粉状洗涤剂生产工艺	181
三、洗涤助剂	161	第五节 洗涤剂的分析方法	183
第三节 洗涤剂的配方	163		
第十章 化妆品	185		
第一节 概述	185	一、润肤霜和蜜	193
一、定义及分类	185	二、手用霜和蜜	199
二、化妆品和皮肤生理学	185	三、清洁霜和蜜	203
三、化妆品的性能要求	186	第五节 毛发用化妆品	204
四、发展趋势	186	一、护发用品	204
第二节 化妆品的原料	186	二、染发化妆品	206
一、基质原料	187	第六节 特种化妆品	209
二、辅助原料	188	一、防晒化妆品	209
第三节 化妆品生产的主要工艺	192	二、面膜	211
第四节 护肤用化妆品生产工艺	193		
第十一章 信息存储材料	212		
第一节 非银盐感光材料	212	三、磁性薄膜的制备	219
一、感光成像基本原理	212	四、磁带与磁盘生产工艺	220
二、非银盐感光材料	213	第三节 光记录材料	221
第二节 磁记录材料	215	一、磁光盘	221
一、磁记录材料的基本原理	216	二、光盘	223
二、磁粉生产工艺	216		

第十二章 电子化工材料	225
第一节 概述	225
一、电子化工材料的定义	225
二、电子化工材料的分类	225
第二节 半导体基材	225
一、单晶硅片	226
二、砷化镓	227
三、蓝宝石上外延硅片 (SOS)	227
四、陶瓷基片	227
第三节 光致抗蚀剂	227
一、光刻工艺	227
二、光致抗蚀剂的分类	227
三、光致抗蚀剂的应用	227
第四节 光致抗蚀剂配套试剂	229
一、去胶剂	230
二、干膜显影剂	230
三、正型光致抗蚀剂显影剂	231
四、负型光致抗蚀剂显影剂	231
第五节 酸和蚀刻剂	231
一、对半导体用酸和蚀刻剂的要求	231
二、印刷线路板用腐蚀剂	231
第六节 超大规模集成电路用试剂	232
一、制备工艺和提纯技术	232
二、保证质量的环节	233
第七节 其他高纯物质	233
一、高纯特净特种气体	233
二、金属有机化合物 (MO)	234
三、高纯金属	234
第八节 液晶材料	234
一、液晶的分类	235
二、液晶材料	235
第十三章 水性涂料	237
第一节 概述	237
一、水性涂料定义及其分类	237
二、水性涂料及其特点	237
三、乳胶涂料及其特点	238
四、水性涂料的组成	238
五、水性涂料的应用	239
六、水性涂料的发展趋势	239
第二节 水性涂料基料 (聚合物乳液)	
的制造	240
一、乳液聚合体系及合成工艺	240
二、聚乙酸乙烯酯系列乳液的	
生产工艺	244
三、聚丙烯酸酯乳液的生产工艺	246
四、水性聚氨酯树脂的生产工艺	247
第三节 水性涂料用颜填料及助剂	250
一、概述	250
二、水性涂料常用的颜料	250
三、现代水性涂料常用的助剂	250
第四节 水性涂料的制造	252
一、乳液涂料的制造	253
二、建筑平壁饰面涂料	255
三、汽车涂料	256
第十四章 绿色精细化工技术	258
第一节 概述	258
一、我国精细化工面临的机遇和挑战	258
二、绿色精细化工是可持续发展的必然	
选择	259
第二节 绿色化学的定义、原则及特点	260
一、绿色化学的定义	260
二、绿色化学的原则	260
三、绿色化学的特点	261
四、绿色精细化工	261
第三节 绿色精细化工技术	261
一、绿色精细化工技术的定义	261
二、绿色精细化工技术的内容	262
三、绿色精细化工技术的特点	269
第四节 绿色精细化工产品的特点和	
标志	269
一、绿色精细化工产品的特点	269
二、绿色精细化工产品的标志	269
三、绿色精细化工产品的管理	269
附录	271
附录一 精细化学品与化工相关重要	
中文期刊	271
附录二 国内、国际精细化学与化工	
相关网址	277
附录三 国际精细化学与化工文献重要	
检索系统	279
参考文献	281

第一章 绪 论

第一节 精细化工产品的范畴、定义及分类

化学工业是生产化学产品的工业，是一个多行业、多品种，为国民经济各部门和人民生活服务各方面服务的工业。一般可分为无机化学工业、基本有机化学工业、高分子化学工业和精细化学工业。精细化学工业是生产精细化学品的工业，简称精细化工。

精细化工生产过程与一般化工生产不同，它是由化学合成（或从天然物质中分离、提取）、制剂加工和商品化等三个部分组成。我国和日本把产量小、组成明确，可按规格说明书进行小批量生产和小包装销售的化学品，以及产量小，经过加工配制、具有专门功能，既能按其规格说明书，又根据其使用效果进行小批量生产和小包装销售的化学品，统称为精细化学品。而欧美一些国家把前者称为精细化学品，后者称为专用化学品。精细化学品又名精细化工产品。

精细化工产品的范围十分广泛，而且随着一些新兴的精细化工行业的不断涌现，其范围越来越宽，种类也日益增多。如何对精细化工产品进行分类，目前国内外也存在着不同的观点。但是，目前世界上较为统一的分类原则是以产品的功能来进行分类。

我国的精细化工产品分为 11 大类，即农药、染料、涂料（包括油漆和油墨）、颜料、试剂和高纯物、信息用化学品（包括感光材料、磁记录材料等能接受电磁波的化学品）、食品和饲料添加剂、胶黏剂、催化剂和各种助剂、化学药品（原料药）和日用化学品、高分子聚合物中的功能高分子材料（包括功能膜、偏光材料等）。其中助剂又包括印染助剂，塑料助剂，橡胶助剂，水处理剂，纤维抽丝用油剂，有机抽提剂，高分子聚合物添加剂，表面活性剂，皮革助剂，农药用助剂，油田用化学品，混凝土用添加剂，机械、冶金用助剂，油田添加剂，炭黑，吸附剂，电子工业专用化学品，纸张用添加剂，以及其他助剂等 19 类。

第二节 精细化工的特点

精细化工产品作为商品，在研究与开发、生产、交换、分配和消费过程中有其内在规律，和通用化工产品或大宗化学品有明显区别。

一、精细化工产品的生产特性

精细化工产品的质与量的两个基本特性表现在特定功能、专用性质和品种多、批量小。由此决定了精细化工产品的生产特性。其生产过程不同于通用化工产品，而是由化学合成、制剂（剂型）、标准化（商业化）三个生产环节组成。在每一个生产过程中又派生多种多样化学、物理、生理、技术和经济的要求和考虑，这就导致了精细化工是高技术密集的产业。

1. 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。由于这些产品的社会需求量不大，故往往采用间歇式装置生产。虽然精细化工产品品种繁多，但从化学合成角度来看，其单元反应主要是卤化、磺化和硫酸化、硝化和

亚硝化、还原(加氢)、氧化、重氮化和重氮盐的反应、氨基化、烃化、酰化、水解、缩合、环合、聚合反应等十几种,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,设计和制造用途广、多功能的生产装置。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、小批量的特点。精细化工最合理的设计方案是按单元反应和单元分离操作为组合单元,组成单元型的生产装置。这种生产方式可以生产同系列或不同系列产品。此种生产方式不仅灵活性强,且可构成专业化反应。精细化工产品的生产,通常以间歇反应为主,采用批量生产。这种生产方式提高了生产效益和劳动生产率,收到了明显的经济效益,但同时对生产管理和操作人员的素质提出了更高的要求。

2. 制剂加工技术

精细化工产品中除少数直接上市外,一般都需要加工成各种剂型的制剂。由于精细化工产品繁多,应用范围广,其生产过程复杂,且具有一定的保密性,一般不予公开,也很难向别的公司、企业购买,完全靠本企业进行研究开发。现代科学技术的飞速发展,为精细化工产品的商品化制剂加工技术提供充分的理论基础和试验研究的先进手段,并为商品化制剂加工提供各种性能优异的原材料,从而使商品化制剂加工技术的发展达到新的水平。精细化工产品的剂型是多种多样的,根据应用要求,可加工成粉剂、可湿剂、粒剂、乳剂、液体等。例如药物制剂学已从单纯的加工工艺发展到以物理药剂学和生物药剂学为理论基础、各种剂型为主要内容的专门学科;药物片剂出现了双层片、多层片、包芯片、微囊片和薄膜包衣片等品种;注射剂中开发了静脉注射乳剂;而药物前体制剂技术、固体分散法、微囊与分子包合等新技术迅速发展,出现了各种复方制剂及高效、速效、长效制剂。

3. 大量采用复配技术

为了使精细化工产品具有特定功能,满足各种专门用途的需要,许多通过精细化学合成得到的产品,不仅要加工成多种剂型,而且须加入多种其他化学试剂进行复配。由于应用对象的特殊性,很难采用单一的化合物来满足要求,于是配方的研究便成为决定性的因素。例如,在合成纤维纺织用的油剂中,要求合成纤维纺丝油剂应具备以下特性:平滑、抗静电、有集束或抱合作用,热稳定性好,挥发性低,对金属无腐蚀性,可洗性好等。由于合成纤维的形式及品种不同,如长丝或短丝,加工的方式不同,如高速纺或低速纺,则所用的油剂也不同。为了满足上述各种要求,合成油剂都是多组分的复配产品。其成分以润滑油及表面活性剂为主,配以抗静电剂等助剂。有时配方中会涉及10多种组分。又如金属清洗剂,组分中要求有溶剂、除锈剂等。其他如化妆品,常用的脂肪醇不过是很少的几种,而由其复配衍生出来的商品,则是数以千计。表面活性剂、农药等门类的产品,情况也类似。有时为了使用户应用方便安全,也可将单一产品加工成复合组分商品,如液体染料就是为了印染工业避免粉尘污染环境 and 便于自动化计量而提出的,它们的组分主要是分散剂、防沉淀剂、防冻剂、防腐剂等。

因此,经过剂型加工和复配技术所制成的商品数目,远远超过由化学合成而得到的单一产品数目。利用复配技术所推出的产品,具有增效、改性和扩大应用范围等功能,其性能往往超过结构单一的产品。因此在精细化工生产中配方通常是技术关键,也是专利保护的對象。掌握复配技术是使产品具有市场竞争能力的极为重要措施。但这也是目前我国精细化工发展的一个薄弱环节,必须给予高度重视。

4. 商品标准化技术

商品标准化技术是使产品达到商品标准化的加工方法,或称后处理。例如,染料商品的后处理包括打浆、添加助剂、粉碎、干燥、拼混与包装。不同的染料及剂型有不同的加工技术。水溶性染料通常采用先干燥后粉碎工艺,原染料滤饼经干燥、粉碎、筛分成粉料,测定其强度,然后加规定数量的无水硫酸钠或食盐等填料和尿素、磷酸氢二钠稳定剂复配,使达到标准强度的商品染料。非水溶性染料加工通常先湿磨、湿状复配、混合干燥,即可得到标准化的商品染料。

二、精细化工产品的商业特性

1. 技术的保密性和专利的垄断性

精细化工产品既是按规格说明书，又按设计的特定功能和专用性质生产和销售的化学品，商品性很强，同时用户对产品的选择很严格，而且同类产品的市场竞争十分激烈。值得注意的是占精细化工产品份额很大的专用化学品多数是复配型的加工产品，其配方和加工技术都成为生产厂商拥有的非公开性的技术机密。目前，市场上流通的专用化学品为保护其知识产权，仅有部分产品进行专利登记，在转让专利许可证的技术贸易中，其软件所占比重远比通用化工产品高。名牌产品和新开发的产品，在回收全部投资和获取巨额利润前，从不出让其专利许可证。另一部分则不申请专利，而是作为技术秘密，由开发单位内部控制和独占。如美国的可口可乐公司，其分装销售网遍及世界，而原液的配方仅为少数几个人所掌握，从不扩散。技术的垄断构成了市场的排他性。

2. 重视市场，适应市场需求

市场经济中，商品的供给与需求，商品的交换都是通过市场实现的。精细化工产品是根据其性能及使用效果销售的商品，其主要的销售方式是推销，因此精细化工产品的生产很大程度上从属于市场，要对已经生产产品或拟开发产品做深入的近期以至中长期的市场分析和预测。市场调查的主要内容包括发现和寻求市场需要的新产品；开发新产品和现有产品的新用途；对现有及潜在市场的规模、价格、价格需求弹性做出符合实际的估计；预测市场的增长率；调查用户的意见和竞争对手的动态；综合分析市场状况，提出改进生产和开发的建议；对市场销售策略进行调整等。

3. 重视应用技术和技术服务

精细化学品商品繁多，已由通用型向专用型发展，商品性强，用户对商品选择性很高，市场竞争非常激烈。因而应用技术和技术服务是组织精细化工生产的两个重要环节。各生产单位非常重视应用研究，如瑞士的汽巴-加基（Giba-Geigy）公司从事塑料助剂合成研究的25人，而做应用研究工作的为67人。应用研究主要有四个方面的任务：①进行加工技术的研究，提出最佳配方和工艺条件，开拓应用领域；②进行技术服务，指导用户正确使用，并把使用过程中发生的问题反馈回来，不断进行改进；③培训用户人员掌握加工应用技术；④编制各种应用技术资料，这样，生产单位就能根据用户需要，不断开发新产品，开拓应用新领域，产品也更趋专用化，真正做到“量体裁衣”。

为此，精细化工的生产单位应在技术开发的同时，积极开发应用技术和开展技术服务工作，不断开拓市场，提高市场信誉；还要十分注意及时把市场信息反馈到生产计划中去，从而提高企业的经济效益。国外所有精细化工产品的生产企业极其重视技术开发和应用技术、技术服务这些环节间的协调，反映在技术人员配备比例上，技术开发、生产经营管理（不包括工人）和产品销售（包括技术服务）大致为2:1:3。这一点很值得我们借鉴。

三、精细化工产品的经济特性

经验指明，搞经济建设，发展社会生产力，一要靠科学技术的进步，二要注意提高经济效益，两者是保证国民经济以较高速度持续发展的决定因素。这就对从事精细化工技术人员提出了新的更高的要求，要求我们处理问题时，不仅技术上先进、合理，还要从资源、市场、成本、利润等经济方面加以考虑，努力使自己成为既懂技术、又懂经济，既有科学思维，又有经济头脑，能对技术方案中与经济有关的各种因素进行综合分析、判断和决策的新型工程技术人才。生产精细化工产品可以获得较高的经济效益已为实践所证明。概括起来，可以从下面3个方面的实例加以阐明。

1. 投资效率高

投资效率主要针对固定资产而言。精细化工产品一般产量较少，装置规模也较小，大多数是采用间歇生产方式，其通用性强，与连续化生产的大型装置相比较，具有投资少、见效

快的特点,也就是说投资效率高。投资效率($\%$)=(附加价值/固定资产) $\times 100\%$ 。

2. 附加价值高

产值是以货币计算和表示产品数量的指标。一种产品的产值是其年产量与产品单价的乘积,即产值=单价 $\times$ 年产量。附加价值增值是指在产品的产值中扣去原材料费、税金、设备和厂房的折旧费后,剩余部分的价值。这部分价值是指当产品从原材料开始经加工至产品的过程中新增加的价值,它包括利润、工人劳动、动力消耗以及技术开发等费用,所以称为附加价值。附加价值高可以反映出产品加工中所需的劳动、技术利用情况以及利润是否高等。精细化工产品的附加价值与销售额的比率在化学工业的各大部门中是最高的,而从整个精细化工工业的一些部门来看,附加价值最高的是医药。

3. 利润率高

企业生产成果补偿生产耗费以后的盈余,即产品销售收入扣除生产成本以后的余额,就是利润。利润是企业职工为社会创造的新增价值,是实际用于满足社会需要的收入,故又称纯收入。在市场经济中,任何一个厂商,总是追求利润的最大化。据有关资料介绍,精细化工产品的利润率高于20%。

四、精细化工产品的研究与开发特性

精细化工产品的研究包含两个层次:一是为科学技术的进步而进行的基础研究;二是为发现产品或寻找工艺过程的工程技术或商业目的应用研究。开发是将研究成果应用于产品的生产,其目的是证实研究成果经济上的可能性或所需要的工程技术。

1. 研究与开发难度大

可持续发展战略是全球经济发展的热点,化学工业在可持续发展战略中肩负着重要的责任。化学工业不仅是能源消耗大、废弃物量大的产业部门,也是技术创新快、发展潜力大的产业。因此,世界各国精细化学工业的发展都将可持续发展作为主题,并且特别重视环保和安全技术,逐渐从“末端处理”转变为“生产全过程控制”。随着科学技术的发展和人民生活水平的提高,许多国家对化学物质的安全性要求越来越高,对精细化工产品新品种登记注册的审查日趋严格。因此,要研究开发比现有品种应用性能更好,更有商业竞争力的新品种的难度加大,研究开发的时间加长,费用增高,而研究成功率则下降。

研究开发是指从制定具体研究目标开始直到技术成熟进行投产前的一段过程。在确定开发目标后,通常需要经过大量合成筛选,从数千个甚至上万个不同结构的化合物中寻找出适合于预定目标的新品种来。这种方法尽管不合理,却仍为各国化学家们采用。其原因在于目前对千变万化的应用性能要求还缺乏完整的结构与性能关系的理论指导。按目前统计,开发一种新药约需10~12年,耗资达2.31亿美元。如果按化学工业的各个部门统计,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%。

2. 技术密集度高

精细化工产品的产量小、品种多,产品的更新换代快,市场寿命短,技术专利性强,市场竞争激烈。精细化工是综合性较强的技术密集性工业。要生产一个优质的精细化工产品,除了化学合成之外,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。就化学合成而言,由于步骤多、工序长,影响质量及收率的因素很多,而且每一个生产步骤都要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。另外,同类精细化工产品之间的相互竞争是十分激烈的。为了提高自身的竞争能力,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,搞好信息储备。

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、技术服务等各方面进行综合考虑和实施,就需要解决一系列的技术问题,渗透着多方面的技

术、知识、经验和手段。按目前统计,精细化工产品技术开发成功率低、时间长、费用大,不言而喻,其结果必然导致技术垄断性强,销售利润高。

就技术密集度而言,化学工业是高技术密集指数工业,精细化工又是化学工业中的高技术密集指数工业。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来,就必须立即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造,其结果就会推出新产品。另外,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,有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储存、分类以及功能检索,以便达到快速设计和筛选的要求。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。这是世界上各个精细化工公司的共同特点。他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仅有3~4年。在这种激烈竞争而又不断改进的形势下,专利权的保护是非常重要的。我国已实行了专利法,对精细化工产品的研究开发、生产和销售无疑会起到十分重要的作用。

3. 质量标准高

精细化工产品的质量要求很高,对不同种类精细化工产品和在不同领域的应用,表现为不同的质量标准。首先是纯度要求高,如信息用化学品的高纯物其含量在99.99%~99.9999%。其次是要求性能稳定和寿命长。另外是功能性要求高,这是评价精细化工产品质量的重要标志之一。如医药、农药、香料的生物活性;染料、颜料、压敏色素、荧光增白剂、紫外线吸收剂、感光色素、指示剂、激光色素等的光学性能。

第三节 发展精细化工的战略意义

一、精细化工在国民经济发展中的重要作用

精细化工与工农业、国防、人民生活和尖端科学技术都有着极为密切的关系。农业是国民经济的命脉,无公害农药、高效兽药、饲料添加剂、微量元素肥料等精细化工产品农林牧渔的发展中起着重要作用。精细化工工业与人民生活休戚相关。首先,精细化学工业生产的表面活性剂,大量用于家用洗涤剂、纺织印染行业、发酵酿造和食品工业;其次,与人民生活密切相关的精细化工产品还有医药、水处理剂、香料和香精、化妆品、涂料、食品添加剂和保鲜剂、感光材料等。此外,制革工业所用的鞣剂、加脂剂、涂饰剂等;造纸工业需要的增白剂、补强剂、防水剂等,印染工业用的各类染料及其助剂,如匀染剂、柔软剂、阻燃剂、硬挺整理剂、防水吸湿整理剂等都为精细化工产品。

火药、炸药工业是巩固国防和发展国民经济的重要工业部门之一,其生产工艺及设备与染料工业、制药工业等类似,应属于精细化工。另外,军用半导体红外器件,头盔瞄准器和中距离武器瞄准器,用于战略导弹飞行试验的摄像系统,以及轻武器的激光瞄准器,用于地-空导弹、空-空导弹、地-地导弹等多种类型导弹的激光制导跟踪系统的激光探测器等均与精细化工中的信息材料有着密切关系。

高科技领域一般是指当代科学、技术和工程的前沿,而精细化工是当代高科技领域中不可缺少的重要组成部分。我国“863计划”确定的7个高技术领域是新材料技术、能源技术、信息技术、激光技术、航天技术、生物技术、自动化技术。这些高技术与精细化工都有着密切的相互促进发展的关系。现代信息技术是以微电子学和光电子学为基础,以计算机与通信技术为核心,对各种信息进行收集、存储、处理、传递和显示的高技术群。用于信息的收集、存储、处理、传递和显示的材料称为信息材料。信息材料具体是指微电子芯片技术材料、半导体激光器材料、信息传感材料、信息存储材料(信息记录材料)、信息显示材料、

信息处理材料，它们均为信息用精细化学品。

精细化工与能源技术关系十分密切，当金属氢化物分解时，从外界吸收热量起储热作用，同时释放出氢可供氢气用户，当氢气和金属结合成金属氢化物时，起储氢作用，同时向外界释放热量，供给热量用户。例如，要储存 70°C 以下的低温热量，可选用 $\text{MgNi}_3\text{-H}_2$ ，其储热转换效率为 60%，要储存 $200\sim 400^{\circ}\text{C}$ 热量，可选用 Mg-H_2 ，其储热转换效率为 80%~90%；要储存 900°C 的热量，可选用 La-H_2 。航天和新材料技术的开发更离不开精细化工产品。运载火箭、人造卫星、宇宙飞船、航天飞机、太空站等，大量采用耐超高温、低温的蜂窝结构，泡沫塑料、高强高模的复合材料、密封材料等，这些材料的制备和连接都离不开耐高低温、抗离子辐射、高真空下不挥发的高性能黏合剂。另一方面，自动化技术、生物技术、激光技术等有关的工业改革，需要精细化学工业提供具有特殊光学、电学、磁学特性以及适用生物体的新型材料。

二、发展精细化工的战略意义

工业发达国家经过 20 世纪 70 年代两次石油危机，由于原料价格猛涨，致使经济受到很大的冲击。这促使其大型石油化工企业采用高新技术，在节能、技改、降低成本的同时，调整产品结构，向下游深度加工，向产品精细化、功能化、综合生产的方向发展，走高附加值的生产路线，来发展精细化工产品。近几年来石油化工发展的一个最大特点是产品结构精细化，其发展趋势是化学工业内部行业结构、产品结构逐渐向高技术化、精细化、专用化方向发展，结构调整趋于优化。

精细化工是现代化学工业的重要组成部分，是发展高新技术的重要基础，也是衡量一个国家的科学技术发展和综合实力的重要标志之一。因此，世界各国都把精细化工作为化学工业发展的战略重点之一。

可以用下面的比率表示化工产品的精细率：

精细化工产值率(精细化工率) = $\frac{\text{精细化工产品的总值}}{\text{化工产品的总值}} \times 100\%$

发展精细化工产品已成为发达国家生产经营发展的战略重心。美国精细化工产值率已由 20 世纪 70 年代的 40% 上升为现在的 60%，德国由 38.4% 上升为 65%，日本为 60% 左右。

近 20 年来，我国的精细化工发展较快，基本上形成了结构布局合理、门类比较齐全、规模不断发展的精细化工体系。精细化工产品品种近 3 万种，不仅传统的染料、农药、涂料等精细化工产品在国际上具有一定的影响，而且食品添加剂、饲料添加剂、胶黏剂、表面活性剂、信息用化学品、油田化学品等新兴领域的精细化学品也较大幅度地满足了国民经济建设和社会发展的需要。但是，我国精细化工产值率还比较小，只有 45% 左右，致使石化工业和各项工业中所需的高档精细化学品有相当数量需要进口，每年需消耗数十亿美元的外汇。由于我国的精细化工还不发达，又严重地影响我们的出口和创汇。我们许多产品由于精加工不够，在国际市场上无竞争力，这不能不引起重视。

近几年来，我国在精细化工产品的开发、生产和应用上也取得了可喜的成就，教育、科研和生产管理的技术队伍正在迅速成长。因而，这些只能看做是今后发展的一个起点。20 世纪 80 年代以来，各国在高科技领域的发展上竞争激烈，因此我们必须有紧迫感和危机感，必须大力加快精细化工的发展，争取高技术的优势，使我国精细化工在世界新科技发展中占有重要的地位。这对我国国民经济的发展，提高科学技术水平，增强产品的国际竞争力，提高社会和经济效益都具有重要的现实意义和深远的战略意义。

第四节 精细化工发展的重点

为了加快我国绿色精细化工的发展，应该以四个方面为重点。

一、走发展绿色精细化工的道路

随着全球矿产资源的日渐枯竭和生态环境的日益恶化,人们对化学工业发展的历程正在进行深刻的反思,导致绿色化学及其带来的产业革命在全世界迅速崛起。绿色化学吸收了当代化学、物理、生物、材料、信息等科学的最新理论和技术,是具有明确的社会需求和科学目标的新兴交叉学科。绿色化学(green chemistry)又称为环境友好化学(environmental friendly chemistry)或可持续发展的化学(sustainable chemistry),是运用化学原理和新化工技术来减少或消除化学产品的设计、生产和应用中有害物质的使用与产生,使所研究开发的化学产品和过程更加环境友好。从科学的观点看,绿色化学是化学和化工科学基础内容的更新,是基于环境友好约束下化学和化工的融合和拓展;从环境观点看,它是从源头上消除污染;从经济观点看,它要求合理地利用资源和能源、降低生产成本,符合经济可持续发展的要求。正因为如此,科学家们认为,“绿色化学”是21世纪科学发展最重要的领域之一,是实现污染防治的基本和重要科学手段。绿色化学利用可持续发展的方法,把降低维持人类生活水平及科技进步所需的化学产品与过程所使用与产生的有害物质作为努力的目标,因而与此相关的化学化工活动均属于绿色化学的范畴。

绿色化学是20世纪90年代出现的具有明确的社会需求和科学目标的新兴交叉学科,成为当今国际化学化工研究的前沿领域,是实现经济和社会可持续发展的新科学和新技术,已成为世界各国政府、科技界和企业最关注的热点。

绿色化学研究的目标就是运用化学原理和新化工技术,以“原子经济性”为基本原则,从源头上减少或消除化学工业对环境的污染,从根本上实现化学工业的“绿色化”,走资源-环保-经济-社会协调发展的道路。我国由于人口基数大,资源相对短缺,而生态环境又比较脆弱,加之精细化工生产过程复杂,对生态环境造成的影响最为严重,因此,发展绿色精细化工具有重要的战略意义,是时代发展的要求,也是我国化学工业可持续发展的必然选择。

二、掌握先进的科学知识,优先发展关键技术

国外实践证明,当今发展精细化工一要建立在石油化工的基础上,二要掌握先进的科学技术,开发新品种,形成产品化成套技术。采取“结合国情,突出重点,择优发展,讲究效益”的发展战略,对于推动精细化工行业技术进步有着重要作用的关键技术要优先发展。

一个理想的化工过程应该在全生命周期都是环境友好的过程,这里包括原料的绿色化、化学反应和合成技术的绿色化、工程技术的绿色化以及产品的绿色化等。为此,需要合成化学家、化学工程师以及化工生产者的通力合作,加强绿色化学工艺和绿色反应工程技术的联合开发,例如产品的绿色设计、计算机过程模拟、系统分析、合成优化与控制,实现高选择性、高效、高新技术的优化集成,以及设备的高效多功能化和微型化。

1. 绿色合成技术

精细化工品种多,更新换代快,合成工艺精细,技术密集度高,专一性强。加快发展绿色精细化工,必须优先发展绿色合成技术。

(1) 电化学合成技术 电化学合成技术是在电化学反应器(习惯称为电解池或电解槽)内进行以电子转移为主的合成有机化合物的清洁生产技术。有机电化学合成相对于传统有机合成具有显著的优点:电化学反应是通过反应物在电极上得失电子实现的,因此,有机电化学合成反应无需有毒或危险的氧化剂和还原剂,电子就是清洁的反应试剂。在反应体系中,除了反应物和生成物外,通常不含其他反应试剂,减少了副反应的发生,简化了分离过程,产物容易分离和精制,产品纯度高,减少了环境污染。电化学合成技术是绿色化学技术的重要组成部分,发展有机电化学合成是实现绿色化学合成工业尤其是精细化工绿色化的重要目标。

(2) 超临界流体技术 近些年来,超临界流体技术尤其是超临界二氧化碳流体技术发展很快,如超临界二氧化碳萃取在提取生理活性物质方面具有广阔的发展前景;超临界二氧化

碳作为环境友好的反应介质,可以实现通常难以进行的化学反应;超临界流体技术在薄膜材料和纳米材料等制备上崭露头角,提供了一个全新的制备方法。因此,超临界流体技术作为一种绿色化学化工技术在精细化学工业、医药工业、食品工业以及高分子材料制备等领域具有广泛的应用。

(3) 微波合成技术 微波合成技术具有大大降低聚合反应的时间和能耗,提高聚合反应速率、收率和选择性的特性,将在高分子的绿色化学合成方面发挥重要作用。微波合成技术可以较好地解决高分子合成中因高分子及其混合物黏度较大致使导热能力差,从而影响产率及产品质量的问题。随着对微波合成技术研究的不断深入与微波发生器本身的不断发展,微波合成技术在高分子本体聚合、溶液聚合、乳液聚合和功能高分子材料聚合领域的应用必然会显示出勃勃生机。

2. 绿色催化技术

60%以上的化学品,90%的化学合成工艺均与催化有着密切的联系,具有优势的催化技术可成为当代精细化学工业发展的强劲推动力。催化剂是化学工艺的基础,是使许多化学反应实现工业应用的关键。催化包括化学催化和生物催化,它不仅可以极大地提高化学反应的选择性和目标产物的产率,而且从根本上抑制副反应的发生,减少或消除副产物的生成,最大限度地利用各种资源,保护生态环境,这正是绿色化学所追求的目标。

(1) 相转移催化技术 相转移催化(phase transfer catalysis, PTC)是指由于相转移催化剂的作用使分别处于互不相溶的两相体系中的反应物发生化学反应或加快其反应速率的一种有机合成方法。相转移催化具有一系列显著的特点:反应条件温和,能耗较低,能实现一般条件下不能进行的化学合成反应;反应速率较大,反应选择性好,副反应较少,能提高目标产物的产率;所用溶剂价格较便宜,易于回收。这些正是绿色化学追求的目标,提高反应的选择性,抑制副反应,减少有毒溶剂的使用,减少废弃物的排放。因此,相转移催化作为一种绿色催化技术大量用于精细化学品的合成。

(2) 酶催化技术 酶是存在于生物体内且具有催化功能的特殊蛋白质,通常所讲的生物催化主要指酶催化。生物催化因其具有催化活性高,反应条件温和,能耗少,无污染等优点,已成为绿色化学化工的关键技术之一。

(3) 不对称催化技术 手性化合物在医药工业、农用化学品、香料、光电材料、手性高分子材料等领域得到了广泛的应用。不对称催化合成很容易实现手性增值,一个高效率的催化剂分子可产生上百万个光学活性产物分子,达到甚至超过了酶催化水平。通过不对称催化合成不仅能为医药、农用化学品、香料、光电材料等精细化工提供所需要的关键中间体,而且可以提供环境友好的绿色合成方法。

3. 新型分离技术

分离是化工生产过程中重要关键技术,是获得高纯度化工产品的重要手段。开发工业规模的组分分离,特别是不稳定化合物及功能性物质的高效精密分离技术的研究,对精细化工产品的开发与生产至关重要。积极开展精细蒸馏技术在香精行业的应用;开展无机膜分离技术在超强气体、饮用水、制药、石油化工等领域的应用开发;重点开发超临界萃取分离技术,研究用超临界萃取分离技术制取出口创汇率极高的天然植物提取物,如天然色素、天然香油、中草药有效成分等;着重发展高效结晶技术和变压吸附技术等。

4. 增效复配技术

发达国家化工产品数量与商品数量之比为1:20,我国目前仅为1:1.5,不仅品种数量少,而且质量差。关键的原因之一是复配增效技术落后。由于应用对象的特殊性,很难采用单一的化合物来满足用户的要求,于是配方以及复配技术的研究就成为产品好坏的决定性因素,因而加强增效复配的应用基础研究及应用技术研究是当务之急。

5. 精细加工技术

精细加工是化学工业,特别是精细化工行业的共性关键技术。我国现有精细化工产品多数品种牌号单一,产品质量差,配套性差。高、精、尖和专用品种少,导致此现状的主要原