

高等学校教材

精细化学品 配方设计

熊远钦 编

JINGXI HUAXUEPIN
PEI FANG SHEJI



化学工业出版社

本书系统介绍了复配型精细化学品的复配原理及一般方法, 主要内容包括精细化学品的剂型设计、精细化学品配方的基础理论, 并对人们日常生活和工业生产中最常用的液体洗涤剂、化妆品、黏合剂、涂料四类精细化学品的配方设计进行了较为详细的叙述, 最后以复配型精细化学品配方的优化实例为例, 对计算机在辅助配方设计和试验结果优化方面的应用给予了介绍。可培养学生从事精细化学品开发的技能。

本书可作为精细化工、化学工程等相关专业的教材, 也可供从事复配型精细化学品生产和研究的专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

精细化学品配方设计/熊远钦编. —北京: 化学工业出版社, 2011. 8
高等学校教材
ISBN 978-7-122-11829-5

I. 精… II. 熊… III. 化工产品-配方 IV. TQ072

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 139097 号

责任编辑: 杨 菁

文字编辑: 孙凤英

责任校对: 宋 夏

装帧设计: 刘丽华

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 25 字数 653 千字 2011 年 9 月北京第 1 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: 49.00 元

版权所有 违者必究

序

精细化工是当今化学工业中最具活力的新兴领域之一，是新材料的重要组成部分。精细化工产品种类多、附加值高、用途广、产业关联度大，直接服务于国民经济的诸多行业和高新技术产业的各个领域。精细化工与人们的日常生活紧密联系在一起，它与粮食生产地位一样重要，关系到国家的安全。因此精细化工是我国的支柱产业之一。精细化工生产的多为技术新、品种替换快、技术专一性强、垄断性强、工艺精细、分离提纯精密、技术密集度高、相对生产数量小、附加值高并具有功能性、专用性的化学品。精细化工率（精细化工产值占化工总产值的比例）的高低已经成为衡量一个国家或地区化学工业发达程度和化工科技水平高低的重要标志。

精细化工产品的范围十分广泛，品种繁多，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。其中增效复配技术落后是重要原因之一，因此大力加强配方以及复配技术的研究就成为精细化工产品好坏的关键因素。

精细化工市场已成为当今世界化工市场的竞争热点。行业的进步，企业的发展，需要优秀的专业人才作支撑。这就给我们的学生提供了施展才华的场所。由于社会上精细化工企业极多，精细化工企业的经济效益普遍较好，精细化工产品出口和国内市场潜力巨大，精细化工产品开发前景广阔，所以精细化工专业毕业生的社会容量很大。然而，在我国的化工高等教育课程设置中，复配型精细化学品化学及其配方技术没有得到应有的重视，很多学校没有对化学化工专业学生开设相关的课程。该书编者依据多年从事精细化工领域研究与教学的经验，面向湖南大学的化学、化工以及应用化学专业的学生开设了《精细化学品配方设计》选修课，并一直受到学生们的喜爱，自愿选修的学生比例高达50%以上。为了保障教学的科学性和系统性，使选修的学生能够有书可循，编者在繁忙的教学工作中挤出时间将其多年的讲义文案整理成书稿公开出版，这是一件令人欣慰的好事。

目前市场上的精细化学品种类繁多，型号各异，其配方知识与技能不是一两本教材所能包容的。本书以精细化学品的剂型设计、配方的基础理论入手介绍精细化学品配方设计基本原理与方法，并重点对人们日常生活和生产中最常用到的液体洗涤剂、化妆品、黏合剂、涂料四类精细化学品的配方技术进行了较为详细的叙述，最后以其自身的科研成果为例，对计算机在辅助配方设计和试验结果优化方面的应用给予了介绍。从教材编写的篇章结构来说，这样安排是很合理恰当的，既注重了基础理论的阐述，配方选料的原理，也以案例方式介绍了实际产品的开发过程，对培养学生的配方开发技能有很好的系统性指导作用。因此，该书是一部在精细化工方面很有特色的专著。可以作为大专院校的教材或参考书，也可以作为在化学、化工及材料等相关领域从事技术开发与生产人员的参考书。

教育部高分子材料与工程专业教学指导分委员会委员

湖南大学教授 徐伟箭

前 言

随着科学技术的进步和人类社会生活多样化、个性化的发展,精细化学品在国民经济中的地位越来越重要,社会也急需具有从事精细化学品研究开发技能的人才。在我国以往的高等教育化学化工类专业及其课程设置中,复配型精细化学品化学及其配方技术没有得到应有的重视,除了少数几所原来行业针对性很强的学校开设了各自领域的特色课程,如表面活性剂化学、合成洗涤剂、纺织印染助剂、皮革助剂等专业课程外,在综合大学的化学与/或化工专业里基本上没有开设这门课程,学生普遍缺乏这方面的知识和技能。为此,我们对化学化工类的大三学生开设了这门选修课。然而,精细化学品的产品大类有三四十种之多,规格型号成千上万,涉及的知识面广,配方组成复杂,应用要求更是千差万别。在有限的授课时间(建议不少于32学时)内不可能对每类产品都仔细讲解,因此必须对其中的知识点进行分类归纳,重点讲授那些具有共同性、通用性的理论,如各类精细化学品的剂型设计、精细化学品配方的基本理论、表面活性剂的性能与应用技术、各种功能性原料的应用性能与技术指标等知识。在此基础上选择人们日常生活和工业生产中最常用的液体洗涤剂、化妆品、黏合剂、涂料四类产品作为实例开展教学。缘于此,我们将本书分8章,前三章重点介绍精细化学品的特点、种类及其在国民经济中的地位,进行精细化学品配方研究的重要意义,精细化学品各种剂型的应用、配方要点、制作工艺及其设备简介,配制各类精细化学品时所涉及的溶解、分散、混合等的基础理论,阐述它们的性质、设计、制造及应用的基本原理和方法,并介绍了目前它们的发展概况和方向,以引起学生们深入学习和研究的兴趣。接下来的四章分别对洗涤剂、化妆品、黏合剂、涂料四类产品作了简单概述,分析了它们所使用的各类组分的作用和功能,介绍了其中各种常用原料的性能和特点,继而指出四类产品的组成配方结构(各类组分的用量范围)、配制工艺、主要质量指标、产品标准和性能检测知识。最后一章结合编者以往的工作介绍了计算机辅助设计技术在复配型精细化学品配方的模型化优化方面的应用。本课程的教学重点应放在开拓学生从事精细化学品研究开发的思路,建立科学性、系统性的配方设计思维意识上,达到培养学生掌握精细化学品开发的基本技能的目的。

精细化学品配方的设计技术非一门课程、一本书所能包容的。本书编写过程中参阅了很多专家、学者的论文与论著,在许多章节还可能直接引用了其精华论点,让本书编者受益匪浅,谨在此表示衷心的感谢。这些论文、论著都以参考文献的形式附注在书末,以便读者阅读和深入理解。

特别感谢湖南大学化学化工学院的博士生导师徐伟箭教授为本书稿的编写提供多方面的指导,并在百忙之中热诚为本书作序。

由于精细化学品的生产涉及多门学科的专业知识,发展极其迅速,加之本人水平有限,时间仓促,本书可能很多错误或欠妥之处,敬请各位师生、读者批评指正。

编者 2011.4

目 录

第1章 概论	1
1.1 精细化学品的定义与分类	1
1.1.1 精细化学品的几种定义	1
1.1.2 精细化学品的分类	2
1.2 精细化学品及精细化工的特点	3
1.2.1 精细化学品的属性	3
1.2.2 精细化学品的特点	3
1.2.3 精细化学品在国民经济中的作用	7
1.3 精细化学品配方研究的重要性	8
1.3.1 复配技术的定义与作用	8
1.3.2 精细化学品复配技术的研究内容与重要性	9
1.3.3 配方研究是精细化学品技术开发的中心工作	10
思考题与练习	10
第2章 精细化学品的剂型设计	12
2.1 精细化学品的剂型概述	12
2.1.1 精细化学品剂型加工的目的和作用	12
2.1.2 精细化学品剂型的发展	13
2.2 精细化学品的常见剂型及常用的助剂	13
2.2.1 精细化学品的常用剂型	14
2.2.2 剂型加工中常用的助剂	16
2.3 精细化学品常见剂型的加工	17
2.3.1 液体剂	17
2.3.2 粉剂的加工（包括可湿性粉剂）	18
2.3.3 块剂（包括颗粒剂、烟熏剂）	23
2.3.4 乳液剂	24
2.3.5 膏剂	25
2.3.6 悬浮剂	26
2.3.7 微胶囊剂	28
2.3.8 气雾剂	29
思考题与练习	33
第3章 精细化学品配方设计的基础理论	34
3.1 物质间的共混与溶解规律	34
3.1.1 界面现象与分子间作用力	34

3.1.2	物质间的溶解、分散与悬浮	38
3.1.3	物质间的溶解规律	43
3.2	表面活性剂的性能及作用	45
3.2.1	表面活性剂的定义、结构与分类	46
3.2.2	表面活性剂表面活性的表征	48
3.2.3	表面活性剂在复配型精细化学品中的作用及应用	60
3.3	表面活性剂的复配原理	88
3.3.1	与中性无机盐的作用	88
3.3.2	与极性有机物的作用	90
3.3.3	与水溶性高分子的作用	90
3.3.4	表面活性剂混合体系	91
3.4	乳化理论与技术	96
3.4.1	乳化的概念	96
3.4.2	乳状液的形成与稳定理论	97
3.4.3	乳状液的性质	98
3.4.4	乳状液配方设计的步骤	99
3.4.5	乳状液的制备	100
3.4.6	影响乳化过程的因素	101
3.5	精细化学品配方研究的一般方法	102
3.5.1	精细化学品的一般生产方法	102
3.5.2	复配型精细化学品的开发过程	103
3.5.3	精细化学品配方设计的前提和原则	105
3.5.4	精细化学品配方设计的步骤和内容	108
3.5.5	配方研究中常用的试验设计方法	109
	思考题与练习	111
第4章	洗涤剂的配方设计	115
4.1	洗涤剂与洗涤过程	115
4.1.1	洗涤剂的分类	115
4.1.2	洗涤过程	116
4.2	影响洗涤剂洗涤作用的因素	121
4.2.1	表面活性剂的影响	122
4.2.2	洗涤剂浓度的影响	124
4.2.3	洗涤温度的影响	125
4.2.4	污垢性质的影响	125
4.2.5	纤维品种及纺织品特性的影响	125
4.2.6	水的硬度及起泡力的影响	125
4.3	洗涤剂的配方结构	126
4.3.1	设计洗涤剂配方时需考虑的因素	126
4.3.2	去污过程所涉及的表面活性剂的功能	127
4.3.3	去污效果的评价	128

4.3.4	洗涤剂配方结构	131
4.4	洗涤剂中的表面活性剂	133
4.4.1	洗涤剂用表面活性剂的选择	133
4.4.2	洗涤剂用阴离子表面活性剂	134
4.4.3	洗涤剂用阳离子表面活性剂	141
4.4.4	洗涤剂用两性离子表面活性剂	145
4.4.5	洗涤剂用非离子型表面活性剂	149
4.5	洗涤剂中的常用助剂	155
4.5.1	螯合剂	156
4.5.2	抗污垢再沉积剂	161
4.5.3	pH 调节剂	163
4.5.4	溶剂或填充剂	164
4.5.5	杀菌剂与防腐剂	168
4.5.6	发泡剂与稳泡剂	170
4.5.7	钙皂分散剂	171
4.5.8	漂白剂	171
4.5.9	荧光增白剂	173
4.5.10	酶	175
4.5.11	柔软剂与柔和剂	176
4.5.12	香精与色素	177
4.6	洗涤剂配方的发展趋势	177
4.6.1	保护环境, 节约资源, 确保人类与大自然长期和谐共存	177
4.6.2	原料升级、配方技术进步	178
4.6.3	产品向多功能、专用性的发展	179
4.7	常用液体洗涤剂的配方设计	179
4.7.1	液体洗涤剂的配方结构及原料特性	179
4.7.2	洗发香波	179
4.7.3	沐浴露	184
4.7.4	餐洗剂	187
4.7.5	洗衣液	189
	思考题与练习	193
第 5 章	化妆品的配方设计	194
5.1	化妆品概述	194
5.1.1	化妆品的由来	194
5.1.2	化妆品的作用	195
5.1.3	化妆品的分类	196
5.1.4	化妆品工业的发展状况及趋势	197
5.2	化妆品配方的基础理论	198
5.2.1	皮肤及毛发生理学	198
5.2.2	化妆品中的表面活性剂作用原理与体系特性	203
5.2.3	化妆品配方中的防腐及安全体系	205

5.2.4	化妆品的配方结构	208
5.2.5	化妆品配方的设计原则	208
5.2.6	化妆品配方设计的基本要求	209
5.3	化妆品的主要原料	209
5.3.1	化妆品中的油质原料	209
5.3.2	化妆品中的粉质原料	215
5.3.3	化妆品中的胶质原料(增稠剂)	217
5.3.4	化妆品中的溶剂	220
5.3.5	化妆品中的乳化剂	221
5.3.6	化妆品中的保湿剂	221
5.3.7	化妆品中的抗氧化剂和防腐剂	222
5.3.8	化妆品中的感官修饰原料	228
5.3.9	化妆品中添加的药剂	230
5.4	几种常见化妆品的配方设计	231
5.4.1	软膏性洁面膜	233
5.4.2	润肤保湿霜	234
5.4.3	植物防晒膏	236
5.4.4	指甲油	239
	思考题与练习	241

第6章	胶黏剂的配方设计	242
6.1	胶黏剂概述	242
6.1.1	胶黏技术特点及其发展概况	242
6.1.2	胶黏剂的分类	244
6.1.3	胶黏剂的选择	246
6.2	胶黏剂配方的基础理论	247
6.2.1	被粘物表面的形态特征	247
6.2.2	粘接机理	247
6.2.3	润湿性和粘接力	250
6.3	胶黏剂的应用性能及其测试	252
6.3.1	胶黏剂的应用性能	252
6.3.2	胶黏剂的性能测试	254
6.3.3	影响胶黏剂应用性能的因素	257
6.3.4	改善胶黏剂性能的途径	262
6.4	胶黏剂的配方结构及组分	264
6.4.1	基料	264
6.4.2	稀释剂	265
6.4.3	填料	265
6.4.4	固化剂和促进剂	267
6.4.5	增塑剂	267
6.4.6	增韧剂	267
6.4.7	偶联剂	268

6.4.8	触变剂	269
6.4.9	硫化剂和硫化促进剂	269
6.4.10	增黏剂	269
6.4.11	其他助剂	271
6.5	各类胶黏剂的配方设计	271
6.5.1	无机胶黏剂的配方设计原则	271
6.5.2	合成树脂胶黏剂的配方设计原则	272
6.5.3	热熔胶	273
6.5.4	压敏胶	276
6.5.5	厌氧胶	279
	思考题与练习	282
第7章	涂料产品的配方设计	284
7.1	涂料产品概述	284
7.1.1	涂料产品的分类及命名	285
7.1.2	涂料产品的技术特点及其发展概况	287
7.1.3	涂料的施工工艺	291
7.2	涂料配方的设计原理	293
7.2.1	涂料的成膜机理	293
7.2.2	成膜物质与基材的黏附性	296
7.2.3	涂料的流变性能	300
7.2.4	颜基比与颜料体积浓度	303
7.2.5	涂料的配色	308
7.3	涂料的配方结构与原料特性	310
7.3.1	涂料的组成	310
7.3.2	涂料配方设计的原则和步骤	311
7.3.3	涂料的组分选择与设计	312
7.3.4	常用的涂料原料特性	317
7.4	涂料产品的性能测试与微观结构表征	325
7.4.1	涂料产品的技术性能指标与质量标准	325
7.4.2	涂膜性能测试仪器简介	334
7.4.3	涂膜微观结构表征仪器简介	348
7.4.4	涂料生产设备简介	350
7.5	几种涂料产品的配方设计	356
7.5.1	涂料配方设计的方法	356
7.5.2	提高涂料应用性能的通用措施	357
7.5.3	水性涂料的配方设计	358
7.5.4	粉末涂料的配方设计	359
7.5.5	建筑外墙涂料的配方设计	362
7.5.6	防锈漆的配方设计	363
	思考题与练习	364

第 8 章 计算机辅助配方设计	365
8.1 概述	365
8.1.1 配方试验设计的概念及其实施	365
8.1.2 计算机辅助配方设计的发展	369
8.1.3 计算机在配方设计中的应用	369
8.2 配方的最优化设计原理	370
8.2.1 配方最优化设计方法	370
8.2.2 配方最优化设计的原理及过程	371
8.2.3 最优化问题的分类	371
8.3 计算机在配方设计中的应用	374
8.3.1 计算机辅助配方试验设计	374
8.3.2 计算机辅助配方组分计算	375
8.3.3 计算机辅助配方优化	377
8.4 计算机辅助配方设计的实例	378
8.4.1 液洗剂黏度的数学拟合与预测	378
8.4.2 胶黏剂胶接强度-混料配方的回归设计	380
8.4.3 加酶洗衣粉配方研究的均匀试验设计	383
8.4.4 香精配方的计算机辅助设计	385
思考题与练习	387
参考文献	389

第1章 概 论

精细化学品是一类与人们的生产、生活密切相关的产品，应用到人们生产、生活的各个方面，如牙膏、洗涤剂、化妆品等日常用品，涂料、油漆等建筑装饰材料，催化剂、印染助剂、塑料助剂、橡胶助剂、水处理剂、油品添加剂等工业生产中使用的各种助剂，医药、农药、染料、颜料等。

精细化学品这个词，沿用已久，原指产量小、纯度高、价格贵的化工产品，如医药、染料、试剂和高纯品、胶黏剂、催化剂等。但这些含义没有充分揭示精细化学品的本质。近年来，各国专家对精细化学品的定义有了一些新的见解，欧美一些国家把产量小、按不同化学结构进行生产和销售的化学物质，称为精细化学品（fine chemicals）；而把产量小、经过加工配制、具有专门功能或最终使用性能的产品，称为专用化学品（specialty chemicals）。中国、日本等则把这两类产品统称为精细化学品。

1.1 精细化学品的定义与分类

1.1.1 精细化学品的几种定义

关于精细化学品的定义，至今还没有一个公认的、比较严格的说法。对于精细化学品的释义，国际上有三种说法。Ⅰ．传统的含义指的是纯度高、产量小、具有特定功能的化工产品。Ⅱ．欧美各国的释义包括两部分：①精细化学品，是指小量生产的无差别化学品，例如医疗用原药、原料农药、原料染料等；②专用化学品，是指小量生产的差别化学品，与①相对应，指的是医药制剂、农药制剂、商品染料等。细致地说，无差别化学品是具有固定熔点或沸点，能以确切的分子式或结构式表示其结构的化学品，而不具备上述特征的则称为差别化学品。Ⅲ．日本的释义则为具有高附加值、技术密集型、设备投资少、品种多、生产批量小的化学品，即将欧美所指的精细化学品和专用化学品统称为精细化学品。我国原则上采用日本的释义，得到我国化工界多数人认同的精细化学品的定义是：能增进或赋予一种（类）产品以特定功能、或本身具有特定功能的批量小、利润高和应用需要专门技术的化学品。

不管精细化学品的释义怎样，从其生产角度来说，精细化学品应包括两类，一是通过采用精细化学合成与分离技术得到的、在化合物分子水平上具有特定功能的高纯度化学品，如高纯试剂、催化剂、医药原药、农药原药、提高各种工艺过程效率的助剂等；二是在合成化

合物基础上，运用复配技术制备得到的具有专属使用功能的化学品，如化妆品、洗涤剂、涂料、黏合剂、香精等。

1.1.2 精细化学品的分类

精细化学品中除医药、化妆品等少数几类被直接应用外，大多数产品是用于工农业生产和发展科学技术的辅助原材料或助剂。它参与到生产过程中，可以改进工艺、提高生产效率和保证产品质量；有些精细化学品直接用于产品之中，借助于它自身的特定功能和专门的性质而赋予产品特殊的性能、解决生产和技术难题。因此，精细化学品是国民经济发展中不可缺少的物质基础。

纵观世界主要工业国家关于精细化学品的范围划分可以看出，虽然形式上有所不同，但本质差别不大，只是划分范围的宽窄不同。随着科学技术的不断发展，新的精细化学品品种也在不断出现，其分类必然会越来越细。例如：在日本 1984 年版《精细化工年鉴》中将精细化工行业分为 35 个类别，到 1985 年则发展为 51 个类别，包括医药、农药、合成染料、有机颜料、涂料、胶黏剂、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、工业杀菌防霉剂、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、贮氢合金、非晶态合金、火药与推进剂、酶、功能高分子材料等。

1986 年，我国原化学工业部“关于精细化工产品分类的暂行规定和有关事项的通知”中明确规定我国精细化工产品包括 11 大类，即农药、染料、涂料（包括油漆和油墨）及颜料、试剂和高纯品、信息用化学品（包括感光材料、磁性材料等能接收电磁波的化学品）、食品和饲料添加剂、胶黏剂、催化剂和各种助剂、化学药品和日用化学品、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的内容最为丰富，如助剂又细分为印染助剂、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、农药用助剂、混凝土添加剂、机械及冶金用助剂、油品添加剂、炭黑（橡胶制品的补强剂）、吸附剂、电子用化学品、造纸用化学品及其他助剂等 19 个小类。各类助剂按用途又分为不同的品种，如：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；印染助剂包含柔软剂、匀染剂、分散剂、抗静电剂、纤维用阻燃剂等；塑料助剂有增塑剂、稳定剂、发泡剂、阻燃剂等品种；橡胶助剂则细分为促进剂、防老剂、塑解剂、再生胶活化剂等；水处理剂包含水质稳定剂、缓蚀剂、软水剂、杀菌灭藻剂、絮凝剂等；纤维抽丝用油剂分为涤纶长丝用、涤纶短丝用、锦纶用、腈纶用、丙纶用、玻璃丝用油剂等；有机抽提剂按主要组成为吡咯烷酮系列、脂肪烃系列、乙腈系列、糠醛系列等；高分子聚合工艺用添加剂包括引发剂、阻聚剂、终止剂、调节剂、活化剂等；表面活性剂中除家用洗涤剂以外，还有阳离子型、阴离子型、非离子型和两性表面活性剂，皮革助剂中有合成鞣剂、涂饰剂、加脂剂、光亮剂等；农药用助剂有乳化剂、增效剂等；油田用化学品包括破乳剂、钻井防塌剂、泥浆用助剂等；混凝土施工用添加剂有减水剂、防水剂、脱模剂、泡沫剂（加气混凝土用）、嵌缝油剂；机械、冶金用助剂有防锈剂、清洗剂、电镀用助剂、各种焊接用助剂、渗碳剂、机动车用防冻剂等；油品用添加剂包含防水、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；炭黑

(橡胶制品的补强剂)分为高耐磨、半补强、色素炭黑,乙炔炭黑等;吸附剂有稀土分子筛系列、氧化铝系列、天然沸石系列、二氧化硅系列、活性白土系列等;电子工业专用化学品有含氟化物、助焊剂、石墨乳等;纸张用添加剂包含增白剂、补强剂、防水剂、填充剂等;其他助剂如玻璃防霉剂、乳胶凝固剂等。

需要指出的是,精细化学品涵盖的范围很广,上述 11 个分类主要是按原化学工业部的管辖范围所作之规定,并不能包含精细化学品的全部内容,如生物技术产品、医药制剂、酶、精细陶瓷等也属于精细化学品的范畴。

综合上述几种分类情况可以看出,精细化学品的生产除了运用一些基本的化工生产技术以外,还有其自身的专用技术:①复配增效技术;②剂型加工与改造技术;③性能检测与表征技术。所以,如果从生产技术的角度对精细化学品进行分类,则可划归分为两大类产品:一类是体现在化合物分子水平的精细上,主要以合成、分离提纯技术为主,同时结合少量复配增效技术得到的有特定功能的合成型精细化学品,如医药、兽药、农药、染料、颜料、功能高分子材料、试剂、高纯物、催化剂、生化酶、无机精细化学品、感光材料、合成材料助剂等;另一类则是以剂型加工技术(能影响产品使用方式)和配方技术(能左右产品最终使用功能)所得到的、具有特定功能的复配型化学品,如洗涤剂、涂料、化妆品、香料、胶黏剂等。本书主要讨论的是复配型精细化学品的生产(复配)原理与配方设计技术。

1.2 精细化学品及精细化工的特点

1.2.1 精细化学品的属性

由上述的精细化学品释义和分类可以看出,精细化学品在质与量上的基本特征是小批量、多品种、具有特定功能和专用性,它们是为了解决用户的某些专门需求而生产的。精细化学品不同于通用型化学品,其生产过程是由原料的合成、复配增效、剂型加工、商品化四个步骤组成。在每一步生产过程中又包含各种化学的、物理的、生理的、技术的以及经济的要求,这些因素必然导致精细化学品在生产、经营和应用等方面具有不同于通用化学品的特征,因而精细化工必然是技术密集型的产业。

归纳起来,精细化学品的特点是生产量不大,制造技术高,应用需要专门的知识,产品的市场寿命短、更新快,而且附加值高。精细化学品生产所用的原料与其它有机合成所用的原料一样,主要以煤、石油、天然气和农副产品为主。

1.2.2 精细化学品的特点

精细化学品的生产通常流程较长、工序多,加上型号多、批量小和品种更换频繁,因而其生产企业多为中小型工厂,以间歇方式组织生产。其中原料药的合成、复配物加工以及商品化开发既可以在一个工厂里实施,也可以在不同的单位完成。它与通用化学品的生产有以下四方面的区别:①产品品种多、批量小、注重相同系列化配套;②生产装置非连续式操作、小容量和多品种通用;③技术密集化程度高;④劳动密集度高,强商品性、强市场性。

20 世纪 80 年代以来,世界各国都在大力发展精细化工。工业发达国家的精细化学品在化学工业中的增长趋势日益明显,其中,以日本最为显著;德国由于具有良好的化学工业基础,近年来也在加速精细化学品的开发和生产;美国的石油资源比较丰富,并有强大的科技实力,因而发展精细化工的能力巨大。

由于化学工业的精细化率越来越高，配方技术已成为开发精细化学品的关键。目前大多数精细化学品都是通过复配技术得到的，许多高技术含量的精细化学品，其关键技术就是配方，对配方技术能决定产品最终使用性能的精细化学品，如涂料、液体洗涤剂、化妆品、黏合剂等尤其如此。

1.2.2.1 生产特性

(1) 小批量、多品种、多剂型 精细化学品的专用性强，有特定的应用范围，但用量不大，多数品种是以克、毫克、甚至 10^{-6} 计。医药在制成成药后，其剂型有片剂、颗粒剂、丸剂、粉剂、溶液或针剂等，给患者的每次服用量都以毫克计；香精在加香制品中的用量一般也只有千分之几；染料在纺织品上的用量也不过是织物重量的 3%~5%；造纸化学品和皮革化学品的用量一般为 1%~4% 等等。再者由于产品更新换代快、市场寿命短，因此其生产批量较小。对某一个具体品种而言，年产量少则几百公斤到几吨，多的也只有上千吨。当然，这里的小批量概念是相对于通用化学品而言的。也有一些例外，如十二烷基苯磺酸，它是各种洗涤剂中的主要成分，所以用量非常大。

精细化学品多品种的特点是与其批量小及特定功能的特征相联系的，是与满足应用对象对产品性能的多种需要而对应的。例如：对于染料来说，不仅要求花色齐全，能对多种纤维着色，而且还希望能在塑料、木材、金属等多种材料上上染，以满足正在开发的其他功能性产品的需要。即使是同一种颜色，各类染料又有不同的应用性能，染色工艺必然各不相同。由此导致染料的品种和型号数目必然庞大，而且每年都有新的品种不断出现。又如食品添加剂，可分为食用色素、食用香精、甜味剂、营养强化剂、防腐抗氧保鲜剂、乳化增稠品质改良剂、发酵制品等七大类，目前就有约一千余个品种。

精细化学品不同于通用化学品的一个突出特点是，更强调产品的最终使用功能和多种用途，且与应用对象关系密切。为了满足各种专门用途的需要，不仅需要多组分复配，而且要求制成多种剂型。经过多组分复配和剂型加工所生产的商品数目，远远超过由合成而得到的单一产品数目。例如，家用洗涤剂有块状（如肥皂）、粉状（如洗衣粉）以及液体洗涤剂等。

随着精细化学品应用领域的不断扩大和商品的创新，除了通用型精细化学品外，专用品种会愈来愈多，因此不断地开发新品种、新剂型及提高开发新品种的能力是当前国际上精细化工发展的总趋势。这些都说明多品种、多剂型不仅是精细化工生产的一个特征，也是精细化工综合水平的体现。

(2) 采用间歇式、多流程和多功能生产装置 精细化学品的多品种、小批量，在生产上表现为经常更换和更新品种，由此决定了精细化学品的生产应以间歇式为主。虽然精细化学品品种繁多，但从主要功能成分合成这一过程来说，其合成所采用的化学反应不外乎十几种，尤其是一些同系列产品，其合成所采用的生产过程和设备有很多相似之处。在组方复配和剂型加工过程中，同样也离不开计量、混合（包括溶解、分散、悬浮等）、热交换、成型、分装等这些单元操作，它们所用的操作设备是具有通用性的，同类剂型的精细化学品更是如此。因此以单元反应和单元操作为基础，若干种反应器或若干个单元操作设备组合起来可以生产不同的精细化学产品。因而建立一套多功能的生产装置和多品种的综合生产线，可以进行多种品种和牌号精细化学品的生产，生产装置具有相当大的适应性。

(3) 高技术密集度 精细化工是综合性较强的技术密集型工业。首先，精细化学品的生产工艺流程长、涉及的单元反应多、原料复杂、中间过程控制要求严格等，其中可能包含化学合成、分离提纯、分析测试、性能考察、复配筛选、剂型加工、商品化、应用开发及技术服务等多个环节。其次，高技术密集度还体现在新产品研究开发的时间长、费用高、成功率低。据报道，美国、德国的医药和农药新品种的开发成功率为 $1/10000 \sim 1/30000$ ，其他如

表面活性剂、功能树脂、电子材料等新品种的技术开发，成功率都很低。因为产品的升级换代快，市场寿命短，技术专利性强等，技术密集也表现在情报信息密集、更新快，如对大量的基础研究所得到的各种新化合物信息进行贮存、分类及功能检索，以达到快速筛选和利用的目的。因为精细化学品是根据具体应用对象而设计的，而应用对象的使用要求会经常发生变化，一旦有新的要求提出，就必须按照新要求来重新设计产品结构或对原有的化学结构进行改进，或者调整配方和剂型，以便更好地满足应用对象的要求。为了应对激烈的市场竞争，在指导用户使用好新产品、充分发挥新产品的功能方面，要求产品销售和技术服务人员必须掌握相应的应用技术，对使用过程中可能出现的技术问题能够及时解决或提供指导。

各种行业及产品的技术密集度和资本密集度的比较见图 1-1。

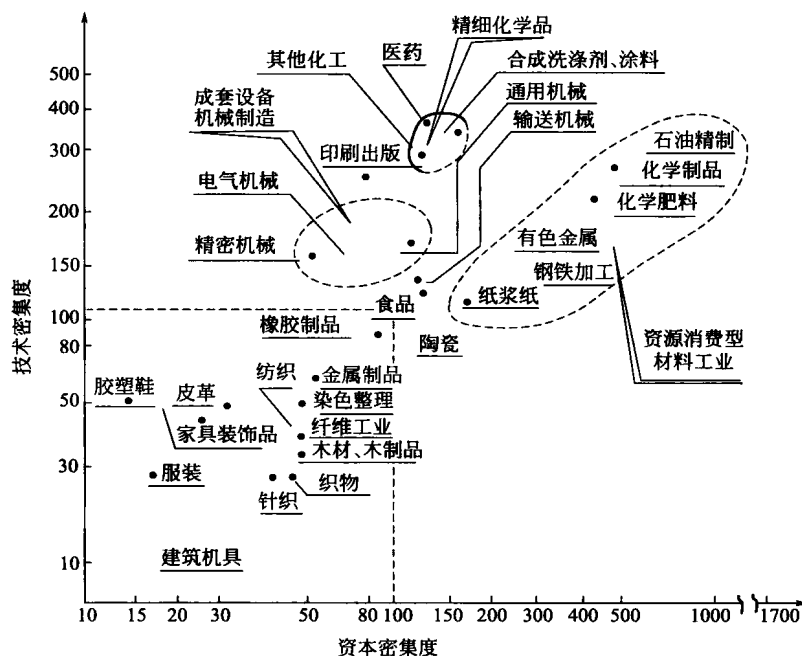


图 1-1 各种行业及产品的技术密集度和资本密集度比较

必须注意，生产精细化学品的两种技术的着眼点是有所不同的，在化合物分子水平上的精细合成与分离技术注重的是原料的转化率或收率、产品的纯度（含量），而精细化学品复配技术注重的是各种原料组分的配比、配制工艺、产品的稳定性和综合功能。

1.2.2.2 经济特性

(1) 投资效率高 投资率是指产品的附加价值与固定资产的比率。

$$\text{投资率} = \frac{\text{附加价值}}{\text{固定资产}} \times 100\%$$

如前所述，精细化学品的产量一般都比较小，装置规模也不大，多数采用间歇生产方式，与连续化生产的大装置相比，具有投资少、返本期短的特点，即精细化工的投资效率高。精细化学品的生产设备投资仅为石油化工生产设备投资平均指数的 30%~50%、化肥工业的 20%~30%，因而返本期短，一般投产五年即可收回全部设备投资，有些产品还可以更短些。还有，用于精细化学品的生产装置可以适应多种用途，一机多用和分时段交替生产可以大大节约设备投资。另外，精细化工的资本密集度仅为石油化学工业平均指数的 0.3~0.5、是化肥工业的 0.2~0.3，资金占用量小，周转快。

(2) 附加价值高 附加价值是指在产品产值中扣去原材料、税金、设备和厂房的折旧费后剩余部分的价值，也就是某个产品从原材料采购开始至销售货款回笼整个营销过程中实际增加的价值，它包括利润、人员工资及管理费、动力消耗以及技术开发费等。附加价值高直接反映出产品加工过程中所需劳动、技术利用情况以及利润的高低等。在化学工业中，精细化学品的附加价值率（附加价值率是附加价值与产值的比率）最高。

$$\text{附加价值率} = \frac{\text{附加价值}}{\text{产值}} \times 100\%$$

初级化工产品随着加工深度的不断延伸，精细化程度越高，附加价值不断提高。精细化工的附加价值率保持在 50% 左右，远远高于其他化工产品的平均附加价值率（35.5%）。

(3) 利润率高 利润率是指产品的利润与占用资本金的比率。

$$\text{利润率} = \frac{\text{销售利润}}{\text{资金占用量}} \times 100\%$$

销售利润是指一个营销时段（通常是按年度）内某个产品的销售额（以回笼金额为准）减去所有成本（包括税负）后的净盈利；资金占用量包括原料采购成本、人员工资及管理费、动力消耗等工艺费用、固定资产折旧费、技术开发分摊费、销售成本等。

评价一个产品或一个生产企业利润率高低的通常参数是：利润率小于 15% 的为低利润率，高于 20% 的为高利润率。精细化工企业的利润率通常在 20% 以上。因为精细化学品是高技术密集度产品，其技术开发的成功率相对较低、时间长、费用高，其结果必然导致其技术和市场垄断性强，销售利润率高。

1.2.2.3 商业特性

(1) 市场从属性 市场从属性是精细化学品最主要的商业属性。通用化学品面向的市场是全方位的，弹性大；与通用化学品不同，精细化学产品发展的推动力是市场，它的应用市场很多是单向的，从属于某一个行业，有些产品虽能覆盖几个行业，但弹性仍然很小。因此，精细化工企业要不断寻求市场需要的新产品和现有产品的新用途，对现有市场和潜在市场规模、价格、价格弹性系数作出切合实际的估计，及时调整和改进精细化学品的生产技术和工艺。

(2) 市场排他性 精细化学品是终端化学品，强调的是产品的最终使用功能，直接与应用对象接触，商品性很强，用户的选择性也大，还会经常对商品提出许多新的更适用的要求，因此市场竞争异常激烈。精细化学品的市场寿命不仅取决于它的质量和性能，而且还取决于它对市场需求变化的适应性，取决于产品的应用技术和技术服务。精细化学品很多是复配加工的产品，配方技术和加工技术具有很高保密性、独占性、排他性。因此，企业要注意培养自己的技术人才，依靠自身的力量去开发，同时对已开发的技术和市场应注意保密。美国可口可乐饮料的市场营销之道就是很好的佐证，其分装销售网遍布世界各地，但配方仅为总部极少数人掌握，严格控制，排斥他人，从而保证其独家经营，独占市场，并不断扩大生产，获得更多的利润。

(3) 技术服务和商品信誉支撑性 应用技术和商品信誉是精细化学品占领市场的重要手段。完成精细化学品的商品化后投放市场试销，应用技术及为用户服务是关系到能否争取到用户、占领市场、扩大销路、进而扩大生产规模和获取更大的利润的重要环节。因此，应抽调相当数量的素质好、富于实践经验的人员担任销售及技术服务工作。一般地说，精细化工企业在职员岗位的数量分布上，研究、生产、销售和技术服务人员各占的比例为 35% : 30% : 35%，由此可见应用技术和售后服务是极为重要的。如瑞士 Ciba-Geigy 公司从事塑料添加剂合成研究的有 25 人，而搞应用研究的为 67 人。应用研究有以下四方面的任务。

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，并把使用中出现的反馈问题反馈回来，不断进行改进。

③ 培训用户掌握加工应用技术。

④ 编制各种应用技术资料。

目前，工业发达国家的化学合成产品数量与精细化学品商品数量之比为 1:20，我国目前仅为 1:1.5。所以，我国今后应大力加强精细化学品的商品化和市场化，注重应用研究。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”。

商品信誉是稳定市场的保证，市场信誉决定于产品质量和优良的服务。精细化工企业应该拥有自己的商标，创立品牌应该成为全体企业人员共同努力的目标。

1.2.3 精细化学品在国民经济中的作用

精细化学品已成为工农业生产和日常生活物质资料的重要组成部分，有的参与生产过程，有的参与应用过程。精细化工行业是国民经济中不可缺少的组成部分，其生产和发展总是与人们的生活、生产活动紧密相连的。随着科学技术的进步、人们生活水平的提高，一些新兴精细化工行业正不断出现、发展，并向更深的领域渗透，而一些原有的精细化工行业也继续充实新内容。发达国家正在对化学工业进行战略改造，将重点转移到精细化工行业上。

目前发达国家的大型化工企业大量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。其发展趋势是调整化学工业的行业结构、产品结构，逐渐向高技术化、精细化、专用化方向发展。发展精细化工产品已成为发达国家生产经营发展战略重心。今后世界精细化工的发展速度将高于一般化工产品，精细化工率将不断提高。

首先，精细化工不仅提供了质优的半导体材料、磁性材料等，而且还提供了大量用于集成电路加工的超纯化学试剂和超纯电子气体。

其次，精细化工对国防建设和空间技术的发展起着特别重要的作用。

再次，开发精细化工产品，可以降低能源消耗和节省资源。

此外，开发精细化工产品，可使原来的低档产品变为高档产品，显著提高经济效益，进而提高产品在国际市场上的竞争能力，并增加外汇收入，实现国民经济的良性循环。

精细化工在工农业生产和日常生活中所发挥的作用是广泛的、明显的、不可缺少的，由其生产的精细化学品有如下一些作用。

① 直接用作最终产品或它们的主要成分。如医药、染料、香料等。

② 增进或赋予各种材料以特性。如通常环境下的结构材料，如桥梁、船舶、汽车、飞机、发电机、水坝、建筑材料需要精细化学品，对特殊条件下使用的结构材料，如海洋构筑物、原子反应堆、高温气体、宇宙火箭、特殊化工装置等，也离不开精细化学品的辅助作用。增进和赋予一种（类）产品以特定功能的性能涉及很多方面，如机械加工方面的硬度、耐磨性、尺寸稳定性等；电、磁制品方面的绝缘性、超导性、半导性、光导性、光电变换性、离子导电性、电子放射性、强磁和弱磁性等；光学器具方面的集光性、荧光性、透光性、偏光性、导光性等；化学上的催化性、选择性、表面活性、耐蚀性、物质沉降性等等。这许许多多方面都需要借助某些精细化学品来实现。

③ 增加和保障农、林、牧、渔业的丰产丰收。如选种、浸种、育秧、病虫害防治、土