

高等学校教材



# 精细化学品化学

Chemistry of Fine Chemicals

王明慧 主编

袁冰 万钧 副主编



化学工业出版社

高等学校教材

# 精细化学品化学

## Chemistry of Fine Chemicals

王明慧 主编  
袁冰 万钧 副主编

 化学工业出版社

· 北京 ·

本书针对目前国内外精细化学品产业结构、生产特点和发展方向,涵盖了目前主要的精细化学品,内容包括绪论、表面活性剂、染料和颜料、胶黏剂、涂料、医药及中间体、农药、水处理剂、高分子材料助剂、食品添加剂、精细化工新材料与新技术 11 章,以及部分实验。

本书面向应用化学、化学、化学工程与工艺专业的本、专科生,目的是培养学生综合运用化学化工基础知识的能力,让学生了解和掌握精细化学品的基本概念和特点、化学结构、合成和生产方法及其应用,了解精细化学品国内外发展的新特点、新动向。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

精细化学品化学/王明慧主编. —北京: 化学工业出版社, 2009. 9  
高等学校教材  
ISBN 978-7-122-06442-4

I. 精… II. 王… III. 精细化工-化工产品-高等学校-教材 IV. TQ072

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 134596 号

---

责任编辑: 宋林青 姚晓敏  
责任校对: 王素芹

文字编辑: 陈 雨  
装帧设计: 史利平

---

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: 化学工业出版社印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张 12 $\frac{1}{4}$  字数 314 千字 2009 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: 25.00 元

版权所有 违者必究

# 前 言

精细化学品具有品种多、技术密集度高、附加值高的特点，涉及化学工业与国民经济的各个领域，与人们的日常生活密切相关。近二十多年来，随着工农业、国防、尖端科学技术的发展，人民生活水平的不断提高，社会可持续发展的要求，各国化学工业精细化率正在迅速增长，精细化率的高低已成为衡量一个国家或地区化工发展水平的主要标志之一。加强技术创新，调整和优化精细化工产品结构，重点开发高性能化、专用化、系列化和绿色化产品，已成为当前世界精细化工发展的重要特征，也是今后世界精细化工发展的重点方向。

我国精细化工经过二十多年的发展，精细化率现已达到48%。目前我国精细化工行业中存在的突出问题是科研开发力度不够，生产企业规模小，生产技术水平低，产品缺乏国际竞争力，资源、能源利用率低，环境污染严重，这些因素严重制约我国精细化工的发展。我国的精细化工产业发展既面临良好的机遇又面临巨大的挑战，社会对精细化工人才的需求越来越多、要求越来越高。因此，为了培养具有创新精神和创新能力的理论-应用复合型精细化工人才以适应当前经济发展的需要，许多高等院校将精细化学品化学课程作为化学工程与工艺专业、应用化学专业本、专科生的专业必修课。本书面向应用化学专业、化学专业、化工专业的本、专科生，目的是培养学生综合运用化学化工基础知识的能力，让学生了解和掌握精细化学品的基本概念和特点、化学结构、合成和生产方法及其应用，了解精细化学品国内外发展的新特点、新动向。

本书包括绪论、表面活性剂、染料和颜料、胶黏剂、涂料、医药及中间体、农药、水处理剂、高分子材料助剂、食品添加剂、精细化工新材料与新技术11章。针对目前国内外精细化学品产业结构、生产特点和发展方向，涵盖了目前主要的精细化学品，内容多，信息量大，内容具有理论性与实用性相结合、传统性与先进性相结合、经典与现代相结合的特点。除介绍上述各类精细化学品的概念、结构组成、合成原理、构效关系等基础理论外，还注重其工业制造方法、产品性能和应用以及国内外发展的新动向、新产品和新技术，反映学科最新研究和发展成果，同时针对精细化学品在生产过程中产生大量的“三废”污染问题，将绿色化学品及绿色生产工艺渗透于各章节内容中，体现教学内容的精与新。本书每章后都附有复习思考题，有利于突出基础和重点，培养学生思考问题、解决问题的能力。本书每章后还附有参考文献以便于读者自学和深入探讨。本书有配套的电子课件，使用本书作教材的院校可免费向出版社索取，songlq75@126.com。

本书由青岛科技大学化学与分子工程学院王明慧副教授任主编，袁冰博士、万钧副教授任副主编。其中王明慧副教授编写第1、2、6、7、11章，郭丽春工程师编写第3章，袁冰博士编写第4、5、9章，万钧副教授编写第8、10章，全书由王明慧统稿。

青岛科技大学张书圣教授、李明教授对本书的编写提出了宝贵的意见并对本书的出版给予了大力支持，特此致谢。

本书涉及的学科多、范围广，由于编者的水平和能力所限，难免有不足和疏漏之处，敬请同行、专家和广大读者给予批评指正，不胜感谢。

编 者  
2009年3月

# 目 录

第1章 绪论 .....	1
1.1 精细化学品的概念 .....	1
1.2 精细化学品的特点 .....	1
1.3 精细化学品的分类 .....	3
1.4 精细化学品的发展趋势 .....	4
复习思考题 .....	5
参考文献 .....	5
第2章 表面活性剂 .....	6
2.1 表面活性剂的特征、作用和分类 .....	7
2.1.1 表面活性剂的概念和特征 .....	7
2.1.2 表面活性剂的主要作用 .....	8
2.1.3 表面活性剂的分类 .....	9
2.2 阴离子表面活性剂 .....	9
2.2.1 烷基苯磺酸钠 (LAS) .....	9
2.2.2 烷基磺酸钠 (SAS) .....	10
2.2.3 $\alpha$ -烯烃磺酸钠 (AOS) .....	11
2.2.4 脂肪醇硫酸盐 (FAS) .....	11
2.2.5 脂肪醇聚氧乙烯醚硫酸盐 (AES) .....	11
2.2.6 酯、酰胺的磺酸盐 .....	12
2.2.7 磷酸酯盐 .....	13
2.2.8 羧酸盐 .....	13
2.2.9 木质素磺酸盐 .....	14
2.3 非离子表面活性剂 .....	14
2.3.1 非离子表面活性剂的性质 .....	14
2.3.2 脂肪醇聚氧乙烯醚 (AEO) .....	15
2.3.3 烷基酚聚氧乙烯醚 .....	15
2.3.4 脂肪酸酯类非离子表面活性剂 .....	15
2.3.5 烷基醇酰胺及聚氧乙烯脂肪酰胺 .....	18
2.3.6 烷基葡萄糖苷 (APG) .....	18
2.3.7 嵌段聚醚型非离子表面活性剂 .....	19
2.4 阳离子表面活性剂 .....	19
2.4.1 脂肪胺 .....	19
2.4.2 季铵盐 .....	20
2.5 两性表面活性剂 .....	21
2.5.1 烷基甜菜碱型 .....	21
2.5.2 咪唑啉型 .....	22
2.5.3 氨基酸型 .....	23
2.6 新型特种表面活性剂 .....	23
2.6.1 双联型表面活性剂 .....	23
2.6.2 有机硅表面活性剂 .....	24
2.6.3 有机氟表面活性剂 .....	24

2.6.4 冠醚型表面活性剂 .....	24
2.6.5 高分子表面活性剂 .....	24
2.6.6 表面活性催化剂 .....	25
复习思考题 .....	25
参考文献 .....	26
<b>第3章 染料和颜料</b> .....	<b>27</b>
3.1 光和颜色的关系 .....	27
3.1.1 光的性质 .....	27
3.1.2 光和色的关系 .....	27
3.1.3 染料的结构和颜色的关系 .....	28
3.2 染料的分类和命名 .....	30
3.2.1 染料的分类 .....	30
3.2.2 染料的命名 .....	32
3.3 重氮化与偶合反应 .....	32
3.3.1 重氮化反应 .....	32
3.3.2 偶合反应 .....	33
3.4 常用染料的合成及应用 .....	34
3.4.1 直接染料 .....	34
3.4.2 冰染染料 .....	38
3.4.3 活性染料 .....	40
3.4.4 还原染料 .....	42
3.4.5 酸性染料 .....	44
3.4.6 分散染料 .....	45
3.4.7 功能染料 .....	47
3.5 有机颜料 .....	48
3.5.1 偶氮颜料 .....	49
3.5.2 酞菁颜料 .....	52
3.5.3 有机颜料的颜料化 .....	52
复习思考题 .....	53
参考文献 .....	54
<b>第4章 胶黏剂</b> .....	<b>55</b>
4.1 概述 .....	55
4.1.1 胶黏剂及其发展概况 .....	55
4.1.2 胶黏剂的分类 .....	55
4.1.3 胶黏剂的组分及其作用 .....	56
4.1.4 胶黏剂的黏合理论简介 .....	56
4.2 典型高分子胶黏剂的合成原理及工艺 .....	57
4.2.1 热固性高分子胶黏剂——三醛胶 .....	57
4.2.2 白乳胶——聚醋酸乙烯及其共聚物 .....	59
4.2.3 聚氨酯胶黏剂 .....	60
4.2.4 丙烯酸系胶黏剂 .....	60
4.2.5 环氧树脂胶黏剂 .....	61
复习思考题 .....	62
参考文献 .....	62
<b>第5章 涂料</b> .....	<b>64</b>
5.1 概述 .....	64

5.1.1	涂料的概念、作用和组成 .....	64
5.1.2	涂料的分类 .....	64
5.1.3	我国涂料工业的现状和发展趋势 .....	64
5.2	醇酸树脂涂料 .....	65
5.2.1	基本结构及合成方法 .....	65
5.2.2	油度及其对醇酸树脂性能的影响 .....	65
5.2.3	羟值及其对醇酸树脂性能的影响 .....	66
5.2.4	醇酸树脂涂料的生产工艺 .....	66
5.2.5	水性醇酸树脂涂料 .....	66
5.3	丙烯酸树脂涂料 .....	68
5.3.1	丙烯酸树脂的合成反应 .....	68
5.3.2	丙烯酸树脂涂料的种类、特点、典型配方和用途 .....	69
5.4	聚氨酯树脂涂料 .....	70
5.4.1	异氰酸酯的化学反应 .....	70
5.4.2	制备聚氨酯涂料的基本化学反应和方法 .....	71
5.4.3	聚氨酯涂料的发展趋势 .....	72
5.5	环氧树脂涂料 .....	74
5.5.1	环氧树脂的合成及主要化学性质 .....	74
5.5.2	环氧树脂的固化 .....	74
5.5.3	水性环氧树脂涂料 .....	76
	复习思考题 .....	77
	参考文献 .....	78

<b>第6章</b>	<b>医药及中间体 .....</b>	<b>79</b>
6.1	概述 .....	79
6.1.1	药物的作用理论 .....	79
6.1.2	世界医药工业及原料药的发展现状及趋势 .....	80
6.2	抗生素类药物及中间体 .....	81
6.2.1	$\beta$ -内酰胺类药物及其中间体 .....	81
6.2.2	氯霉素的合成 .....	83
6.2.3	对氨基苯磺酰胺衍生物 .....	84
6.3	解热镇痛药及中间体 .....	85
6.3.1	水杨酸衍生物 .....	85
6.3.2	苯胺衍生物 .....	86
6.3.3	吡唑酮衍生物 .....	86
6.3.4	2-芳基丙酸类非甾体类消炎药 .....	87
6.4	心血管系统药及中间体 .....	89
6.4.1	强心药 .....	89
6.4.2	抗心律失常药 .....	90
6.4.3	抗心绞痛药 .....	91
6.4.4	抗高血压药 .....	92
6.4.5	降血脂药 .....	92
6.4.6	周围血管扩张药 .....	93
6.5	消化系统药及中间体 .....	94
6.5.1	消化性溃疡治疗药 .....	94
6.5.2	止泻药 .....	95
6.6	抗病原性微生物药 .....	96

6.6.1	抗病毒药物 .....	96
6.6.2	抗真菌药物 .....	97
6.6.3	喹诺酮类药物 .....	98
6.7	抗癌药物及其中间体 .....	100
6.7.1	烷化剂抗肿瘤药物 .....	100
6.7.2	动植物类抗肿瘤药物 .....	102
6.7.3	抗代谢物抗肿瘤药物 .....	102
6.7.4	铂络合物抗肿瘤药物 .....	103
6.8	精神病治疗药及中间体 .....	103
	复习思考题 .....	105
	参考文献 .....	105
<b>第7章</b>	<b>农药 .....</b>	<b>106</b>
7.1	概述 .....	106
7.1.1	农药的种类 .....	106
7.1.2	农药工业的发展历史、现状及趋势 .....	106
7.2	农药的作用形式与农药剂型 .....	107
7.2.1	农药的作用形式 .....	107
7.2.2	农药剂型 .....	107
7.3	杀虫剂 .....	108
7.3.1	有机磷类 .....	108
7.3.2	氨基甲酸酯类 .....	109
7.3.3	拟除虫菊酯类 .....	110
7.3.4	其他类型杀虫剂 .....	112
7.4	除草剂 .....	114
7.4.1	氨基甲酸酯类 .....	114
7.4.2	均三嗪类 .....	114
7.4.3	酰胺类 .....	115
7.4.4	磺酰胺类 .....	116
7.4.5	有机磷类除草剂 .....	117
7.4.6	二苯醚类 .....	117
7.5	杀菌剂 .....	117
7.5.1	非内吸性杀菌剂 .....	118
7.5.2	内吸性杀菌剂 .....	118
7.5.3	生物源杀菌剂 .....	120
	复习思考题 .....	120
	参考文献 .....	121
<b>第8章</b>	<b>水处理剂 .....</b>	<b>122</b>
8.1	概述 .....	122
8.2	阻垢剂 .....	122
8.2.1	阻垢剂的种类及作用机理 .....	122
8.2.2	阻垢剂的化学工艺 .....	123
8.3	缓蚀剂 .....	125
8.3.1	缓蚀剂的种类 .....	125
8.3.2	缓蚀剂的性质与工艺 .....	125
8.4	杀菌灭藻剂 .....	127
8.4.1	杀菌灭藻剂的类型 .....	127



8.4.2 杀菌灭藻剂的化学工艺	127
8.5 絮凝剂	129
8.5.1 絮凝剂的分类	129
8.5.2 有机高分子絮凝剂	129
复习思考题	131
参考文献	131
<b>第9章 高分子材料助剂</b>	<b>132</b>
9.1 概述	132
9.2 增塑剂	132
9.2.1 增塑剂的定义和性能要求	132
9.2.2 增塑剂的分类	133
9.2.3 增塑机理	134
9.2.4 增塑剂的结构与增塑剂性能的关系	135
9.2.5 增塑剂的主要品种	136
9.2.6 增塑剂生产工艺实例——DOP	137
9.2.7 增塑剂的发展趋势	138
9.3 抗氧化剂	139
9.3.1 概述	139
9.3.2 抗氧化剂的作用机理	139
9.3.3 抗氧化剂的选用原则	140
9.3.4 各类抗氧化剂简介	141
9.4 光稳定剂	142
9.4.1 概述	142
9.4.2 各类光稳定剂简介	142
复习思考题	144
参考文献	144
<b>第10章 食品添加剂</b>	<b>145</b>
10.1 概述	145
10.1.1 食品添加剂的定义及分类	145
10.1.2 食品添加剂的一般要求与安全使用	145
10.1.3 食品添加剂的发展前景	146
10.2 防腐剂和抗氧化剂	147
10.2.1 防腐剂	147
10.2.2 抗氧化剂	148
10.3 食用色素	150
10.3.1 食用合成色素	150
10.3.2 食用天然色素	151
10.4 酸味剂和甜味剂	152
10.4.1 酸味剂	152
10.4.2 甜味剂	153
10.5 其他食品添加剂	154
10.5.1 乳化剂	154
10.5.2 增稠剂	155
10.5.3 鲜味剂	155
复习思考题	156
参考文献	156

<b>第 11 章 精细化工新材料与新技术</b> .....	157
11.1 功能高分子材料及其分类 .....	157
11.2 感光性高分子 .....	157
11.2.1 概述 .....	157
11.2.2 具有感光基团的高分子及其合成方法 .....	158
11.3 导电高分子 .....	161
11.3.1 导电高分子的特性 .....	161
11.3.2 导电高分子的类型 .....	161
11.3.3 光导电高分子 (photoconductive polymer) .....	162
11.4 生物医用高分子 (biomedical polymer) .....	162
11.4.1 医用高分子的分类 .....	162
11.4.2 对医用高分子材料的基本要求 .....	162
11.4.3 生物降解医用高分子材料 .....	163
11.5 高分子分离膜与膜分离技术 .....	163
11.5.1 高分子分离膜 (polymeric membrane for separation) 的分类和材料 .....	163
11.5.2 典型的膜分离技术 (membrane separation technology) 及其应用领域 .....	164
11.6 离子交换树脂与大孔吸附树脂 .....	165
11.6.1 离子交换树脂 .....	165
11.6.2 大孔吸附树脂 .....	167
11.7 新型催化剂及其在精细化工中的应用 .....	168
11.8 生物工程及其在精细化工中的应用 .....	171
复习思考题 .....	173
参考文献 .....	173
<b>实验一 月桂醇聚氧乙烯醚的制备</b> .....	174
<b>实验二 活性艳红X—3B 的制备</b> .....	174
<b>实验三 苯乙烯-丙烯酸酯共聚乳液的制备</b> .....	176
<b>实验四 丙烯酸酯聚氨酯涂料的制备</b> .....	179
<b>实验五 水质稳定剂——羟基亚乙基二膦酸的合成</b> .....	180
<b>实验六 安息香的辅酶合成</b> .....	181
<b>实验七 水杨醛的合成</b> .....	184
<b>实验八 高吸水性树脂的制备</b> .....	185

# 第1章 绪 论

## 1.1 精细化学品的概念

精细化学品涉及化学工业与国民经济的各个领域，与人们的日常生活密切相关。按照用途不同，人们将化工产品划分为两大类，即基本化工产品（或通用化工产品）(heavy chemicals)和精细化学品（fine chemicals）。基本化工产品是指一些应用范围广泛，生产中化工技术要求很高，产量大的产品，例如石油化工中的塑料、化纤及橡胶三大合成材料，化肥等。精细化学品是指具有专门功能和特定的应用性能，配方技术左右着产品性能，制造和应用技术密集度高，产品附加值高，批量小、品种多的一类化工产品。例如洗涤用化学品、染料、医药、功能高分子等。

精细化学是研究各种精细化工产品的分子设计、合成、结构、功能及其构效关系的化学。“精细化学工业”（fine chemicals industry）通常称为精细化工，包括精细化学品和专用化学品（specialty chemicals）两部分，属高新技术行业。由于精细化工产品的范围十分广泛，目前还很难明确专业的学科领域，但从它们的研制、生产、应用三个方面来考虑，精细化工的基础是应用化学。也就是说，要把无机化学、有机化学、分析化学、物理化学、高分子化学等化学基础知识用于精细化工产品的工业过程中。近20多年来，由于社会生产水平和生活水平的提高，化学工业产品结构的变化以及高新技术的要求，精细化工产品越来越受到重视，它们的产值比重逐年上升，精细化程度已经成为衡量一个国家化学工业水平的尺度，并已有将生产精细化工产品的工业单独作为一个部门从化学工业中划分出来的倾向。

## 1.2 精细化学品的特点

精细化学品的特点与其定义密切相关，存在多种不同的看法，但一般对精细化学品的特点归纳为以下五个方面：

### （1）具有特定功能

精细化学品是根据产品性能销售的化学品。与大宗化工产品不同，精细化学品的应用专用性强而通用性弱。多数精细化学品的特定功能经常是与消费者直接相关的，例如，化妆品、合成洗涤剂、装饰涂料、染料等。还有针对专门的消费者，如医药，具有专门功效的药用于治疗特定疾病。人们对产品功能是否合乎他们的要求会很快反映到生产厂商的管理机构。从这点上来说，精细化工产品的特定功能显得格外重要。

精细化学品的特定功能还表现为它的用量少而效益显著。如在人造卫星的结构中采用结构胶黏剂代替金属焊接，节重1kg就有近十万元的经济效益。使用立体专一性高效催化剂能获得光学纯度很高的单一对映异构体，这对医药生产越来越重要。上述两个简单的例子充分说明精细化学品的特定功能完全依赖于应用对象的要求，而这些要求随着社会生产水平、生活水平、科技水平的提高，将处于不断提高、永无止境的变化中。

### （2）大量采用复配技术

上述第一个特点决定了要采用复配技术。由于精细化学品要满足各种专门用途，应用对

象特殊，通常很难用单一化合物来满足要求，于是配方的研究成为决定性的因素。复配技术主要表现在两方面：

① 剂型 粉末、溶液、分散液、乳液等剂型选择得当，可以使产品的性能大为改观。农药常常采用缓释技术制造剂型。乳状液或分散体系要求愈稳定愈好，需要添加大分子表面活性剂作为分散剂使用。

② 复配 该技术被称为  $1+1>2$  的技术。两种或两种以上主产品或主产品与助剂复配，应用时效果远优于单一产品性能。如表面活性剂与颗粒或乳粒相互作用，改变了粒子表面电荷性能或空间隔离性，使分散体系或乳液体系稳定。某些农药本身不溶于水，可溶于甲苯，在加有乳化剂时，可制成稳定的乳状液；乳化剂调配适当时，可使该乳液在植物叶上接触角等于零，乳液在树叶上容易完全润湿，杀虫效果好。化妆品、涂料基本都采用复配技术。

因此在精细化工生产中配方通常是关键技术之一，也是专利需要保护的對象。掌握复配技术是使产品具有市场竞争能力的极为重要的方面。但这也是目前我国精细化工发展上的一个薄弱环节，必须给予足够的重视。

### (3) 小批量、多品种

由于精细化学品都有特定的功能，因此都有一定的应用范围，其用量也不很大。如医药在制成成药后，其形式有药片、丸、粉、溶液或针剂等，但每个患者的服用量是以毫克计。染料在纺织品上的用量不超过织物重量的 3%~5%。对具体产品来说，年产量就不可能很大。产品的生产规模大小不一，差别极大，从十万吨/年到仅几十千克/年，多以批量方式生产。

使用品种多是精细化学品的另一特点。这一方面与批量小有关，另一方面也与产品具有特定功能这一特点有关，还与产品更新快、社会需求不断增长有关。如塑料加工需要增塑剂、阻燃剂、抗氧剂、热稳定剂等产品。如染料，根据《染料索引》(Colour Index) 统计，目前不同化学结构的染料品种有 5200 多个。

这一特点决定了精细化学品的生产通常以间歇反应为主，采用批次生产，最合理的设计方案是按单元反应来组织设备。近年来许多生产工厂采用多品种综合生产流程，设计和制造用途广、功能多的生产装置，如膜式  $\text{SO}_3$  磺化装置、喷雾式乙氧基化装置。

### (4) 技术密集度高

技术密集度高是精细化工的另一重要特点。技术密集性主要表现在四个方面：技术综合性强，研发费用高且成功率低，生产过程复杂，应用高新技术多。

首先是研发费用高。如开发一种新药一般要 5~10 年，约耗资 2000 万美元。据统计，医药的研究开发投资高达年销售额的 14%，一般精细化工产品的研究开发投资也要占到年销售额的 6%~7%。

技术密集还表现在生产过程中的工艺流程长，单元反应多，原料复杂，中间过程控制要求严等各个方面。例如感光材料中的成色基，合成反应单元多达十几步，总收率有时会低于 20%。在制药工业中，除采用合成原料外，有时还要采用天然原料，或用生化方法得到半人工合成中间体。在分离操作中，会用到异构体甚至是旋光异构体的分离。在过程控制和原料、产品纯化中常常使用现代分析仪器，如气相色谱 (GC)、高效液相色谱 (HPLC)、红外 (IR)、核磁共振 (NMR) 等。

再就是工艺技术含量高。从事精细化学品和专用化学品研究和生产的科技工作者十分关心工艺与设备问题，例如薄膜反应和分离、喷雾反应和分离、膜反应、螺旋反应、固相反应和混合、气-固-液反应设备以及高效分离技术等。

新技术包括生物工程技术，各种新型高活性、高选择性催化剂，超微粒化技术，激光技术，微波技术，超声技术和膜分离技术等在新领域精细化工中应用越来越广泛。

技术密集还表现在信息密集、信息快。产品要根据应用对象而设计, 根据需要不断推陈出新。另一方面, 大量基础研究工作所产生的新化学品也不断地需要寻找新的用途。为此有的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, 以达到快速设计和筛选的要求。

上述技术密集这一特点反映在精细化工产品的生产中是技术保密性强、专利垄断性强。这几乎是各精细化工公司共同的特点。它们通过自己拥有的技术开发部得到的技术进行生产, 并以此为手段在国内及国际市场上进行激烈竞争。这正是我国精细化工最薄弱的环节。

#### (5) 附加值高

附加价值是指产品的产值中, 扣除原材料、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经加工到产品的过程中实际增加了的价值。它包括利润、工人劳动、动力消耗以及技术开发等费用。1978年美国商业部曾经有一个统计: 以50亿美元石油为基准, 作燃料只值50亿, 如果将之产出烯烃、二甲苯等, 进一步加工成乙二醇、对苯二甲酸等基本化学品(basic chemicals)就值200亿美元, 合成医药和农药原药以及原染料等精细化学品(fine chemicals), 增值至400亿, 再加工成商品, 即专用化学品(specialty chemicals), 最终增值至5300亿。据统计, 精细化工的附加价值率在50%左右, 而整个化学工业的平均附加价值率在30%~40%, 化肥、石油化工等仅有20%~30%。精细化工在化学工业各大部门中, 它的附加值是最高的。在精细化工产品中又以医药为最高, 医药的附加值通常在60%以上。

### 1.3 精细化学品的分类

精细化学品的范围十分广泛, 而且随着一些新兴的精细化工行业的不断涌现, 其范围越来越大, 种类也日益增加, 因此究竟如何对精细化学品进行分类, 目前也存在着不同的观点。按目前的分类方法, 主要有结构分类和应用分类两种方法。因为同一类结构的产品, 功能可以完全不同, 应用对象也可以不同, 所以结构分类在精细化学品的分类中不能适用。若按大类属性区分, 可以分为无机和有机精细化学品两大类。本书讨论的范围则限于有机精细化学品。

目前国内外较为统一的分类原则是以产品的功能来进行分类。按行业成型的时间先后顺序, 精细化工分为传统和新领域两部分。传统精细化工主要包含: 染料、涂料和农药; 新领域精细化工包括: 食品添加剂、饲料添加剂、电子化学品、造纸化学品、水处理剂、塑料助剂、皮革化学品等, 国外将新领域精细化工称为专用化学品。日本在1985年的《精细化工年鉴》中将精细化工产品划分为51个类别, 见表1-1。

表 1-1 1985 年日本的精细化工门类

1. 医药	14. 合成洗涤剂	27. 食品添加剂	40. 炭黑
2. 饲料添加剂及兽药	15. 催化剂	28. 混凝土添加剂	41. 脂肪酸及其衍生物
3. 农药	16. 合成沸石	29. 水处理剂	42. 稀有气体
4. 染料	17. 试剂	30. 高分子絮凝剂	43. 稀有金属
5. 颜料	18. 胶黏剂	31. 工业杀菌防霉剂	44. 精细陶瓷
6. 涂料	19. 塑料增塑剂	32. 金属表面处理剂	45. 无机纤维
7. 油墨	20. 塑料稳定剂	33. 芳香除臭剂	46. 储氢合金
8. 成像材料	21. 其他塑料添加剂	34. 造纸用化学品	47. 非晶态合金
9. 电机与电子材料	22. 橡胶添加剂	35. 纤维用化学品	48. 火药与推进剂
10. 香料	23. 燃料油添加剂	36. 皮革用化学品	49. 酶
11. 化妆品	24. 润滑剂	37. 油田用化学品	50. 生物技术
12. 肥皂	25. 润滑油添加剂	38. 汽车用化学品	51. 功能高分子
13. 表面活性剂	26. 保健食品	39. 溶剂与中间体	

我国近年来对精细化工产品的开发很重视。1986年首先由化工部提出了一种暂行分类方法,包括11类产品,见表1-2。这种分类主要考虑了化工部所属精细化工行业的情况,因此并未包含精细化工的全部内容,例如,医药制剂、酶、精细陶瓷等就未包括在内。随着我国精细化工的发展,今后可能会不断地补充和修改。

表 1-2 1986 年化工部对精细化学品分类

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

### 1.4 精细化学品的发展趋势

随着工农业、国防、尖端科学技术的发展,人民生活水平的不断提高,社会可持续发展的要求,对精细化工产品提出了越来越多的新要求,使精细化工产品具有了客观发展的需求。

① 精细化学品在化学工业中所占的比重迅速增大。精细化工率的高低已成为衡量一个国家或地区化工发展水平的主要标志之一。由于原料涨价、成本增加、市场竞争激烈,世界发达国家的化学工业已经大规模地紧缩原有大宗石化产品和化肥的生产,而加强了发展技术密集型的精细化工产品 and 专用化学品。20世纪80年代发达国家精细化工率为45%~55%,90年代达到55%~63%,21世纪初达到60%~67%。精细与专用化学品与国家的经济水平以及基础石油化学工业的发展密切相关,因此美国、西欧和日本是全球精细与专用化学品生产和消费比较发达的国家和地区,三者的总营业额约占全球专用化学品营业额的77%左右。尽管我国从“六五”开始,经过20多年的发展,建设了一大批精细化工装置,建成了一批精细化工基地或园区,精细化工率已经达到48%,但与国外相比还有很大差距,而我国又是消费大国,所以今后精细化学品销售额增长速度会更快,精细化工率提高幅度会更大。21世纪将是人类社会精神文明、物质文明建设突飞猛进的时代,世界经济形态正处于深刻转变之中。以消耗原料、能源和资本为主体的工业经济,向以知识和信息的生产、分配、使用的知识经济转变,它为精细化工产业的发展提供良好机遇和巨大空间。

② 精细化工产品的新产品、新品种不断增加,尤其是适应高新技术发展的精细化工新领域不断涌现。市场需求将继续健康发展。发展较快的领域有:原料药、酶制剂、特殊(功能)聚合物、纳米材料、分离膜、特种涂料、电子化学品和催化剂等,但农药、染料和纺织化学品将呈下降趋势。

③ 在精细化工产品的生产、制造、复配、包装、储存、运输等各个环节,日益广泛采用各种高新技术,大大促进了精细化工产品的发展。高新技术的采用是竞争的焦点。如生物工程将更多地应用于医药、农药、营养品中,利用计算机技术和组合化学技术进行分子设计,新催化技术、膜分离技术、超临界萃取技术、超细粉体技术、分子蒸馏技术等将进一步得到应用。

④ 精细化学品将向着高性能化、专用化、系列化和绿色化方向发展。加强技术创新,调整和优化精细化工产品结构,重点开发高性能化、专用化、系列化和绿色化产品,已成为当前世界精细化工发展的重要特征,也是今后世界精细化工发展的重点方向。近代工业发展

带来的环境污染已严重威胁着人类的生存环境和经济、社会的可持续发展，人们已逐渐认识到发展绿色化技术、保护环境的重要性和紧迫性，精细化学品对人体健康、环境、生态的负面影响也越来越引起人们的重视。要高效、理性地推进精细化工的发展，就要努力实现精细化工原料、生产工艺过程和产品的绿色化，最终使精细化工发展成为绿色生态工业。采用高新技术、绿色化工原料、绿色催化剂和助剂，使精细化学品的生产和应用实现“生态绿色化”是 21 世纪精细化工发展的趋势。

## 复习思考题

1. 简述精细化学品的概念和特点。
2. 精细化学品的发展趋势是什么？

## 参 考 文 献

- [ 1 ] 赵德丰, 程侣柏, 姚蒙正, 高建荣编著. 精细化学品合成化学与应用. 北京: 化学工业出版社, 2001: 1-9.
- [ 2 ] 曾繁涤主编. 精细化工产品工艺学. 北京: 化学工业出版社, 1997: 1-6.
- [ 3 ] 韦新生. 21 世纪精细化工的发展. 化学推进剂与高分子材料, 2005, 2: 10-14.
- [ 4 ] 杨锦宗. 新世纪的精细化工. 中国工程科学, 2002, 10: 21-25.
- [ 5 ] 陈祎平. 精细化学品的绿色化进展. 海南大学学报 (自然科学版), 2002, 1: 77-82.
- [ 6 ] 王大全. 中国精细化工的发展和预测. 化工进展, 2004, 5: 455-460.
- [ 7 ] 中国科学技术协会. 绿色高新精细化工技术. 北京: 化学工业出版社, 2004: 1-6.

## 第2章 表面活性剂

表面活性剂 (Surfactant) 是一类重要的精细化学品, 通常具有清洗、发泡、湿润、乳化、增溶、分散等多种复合功能, 广泛应用于工业、农业、医药、精细化工、化学合成和日常生活等领域, 素有“工业味精”之称, 已形成了一个独立的工业生产部门。

表面活性剂这一专用名词的历史并不久远, 但它的应用却可追溯到古代。我国古代人民用皂角、古埃及人用皂草提取皂液来洗衣物, 这是最早应用天然表面活性剂的实例。发明肥皂的年代现在也未能详细考证, 但远在中世纪人们就发现了肥皂的洗涤功能。此后, 直到19世纪, 肥皂一直是唯一人工生产的表面活性剂。20世纪初, 肥皂对水质硬度和酸度的敏感性引起了人们的重视, 这种缺点首先反应在纺织印染工业上。1917年德国化学家刚什尔 (Günther) 成功地合成了烷基萘磺酸盐, 它具有很高的发泡性和润湿性, 为以后的合成表面活性剂的开发奠定了基础。20世纪30年代, 德国化学家们广泛进行表面活性剂的研制, 发现了数百种新的表面活性剂, 这就是近代表面活性剂化学的创始时期, 并形成了合成表面活性剂与肥皂生产间竞争的局面。第二次世界大战后, 石油化工的兴起, 为合成表面活性剂提供了大量质优且较为廉价的原料, 促使表面活性剂工业处于一个迅速发展的时代。20世纪80年代以后, 由于石油资源的危机和可持续发展的战略考虑以及绿色表面活性剂的客观需求, 同时现代基因技术改进了油料作物的生产, 导致进一步研究用天然可再生资源作为生产表面活性剂的基本原料。

随着社会的进步和科学的发展, 人们对各种表面活性剂的要求越来越高, 不仅要求具有优良的物化性质, 而且还要求其对人体、牲畜尽可能无毒无害, 对人类赖以生存的环境无污染, 其排放物能很快被生物降解等, 绿色表面活性剂应运而生。它们一般是天然再生资源加工, 对人体刺激小, 易生物降解的表面活性剂。首先, 高分子表面活性剂将会有更大发展, 其研究对象将包括聚葡糖、聚烷基葡糖、聚甘油、不饱和羧酸、不饱和酰胺合成的高分子表面活性剂。20世纪90年代三大绿色表面活性剂为烷基葡糖苷 (APG) 及葡萄糖酰胺 (AGA)、醇醚羧酸盐 (AEC) 及酰胺醚羧酸盐 (AAEC)、单烷基磷酸酯 (MAP) 及单烷基醚磷酸酯 (MAEP), 这三种表面活性剂具有生物降解性好, 对皮肤刺激性小, 有优良的物化性能, 与其他表面活性剂配伍性好, 在许多行业和领域有着广泛的应用, 是很有发展前景的表面活性剂。其次, 生物表面活性剂的发展前景也非常大。生物表面活性剂是微生物在一定条件下培养时, 在其代谢过程中分泌出具有一定表面活性的代谢产物, 如糖脂、多糖脂、脂肽或中性类脂衍生物等。同时生物表面活性剂的生产过程也可以是一个环境净化、废油利用、变废为宝的过程。

目前, 世界表面活性剂工业的发展呈平稳缓慢的增长趋势, 世界表面活性剂的年产量在2005年已超过1400万吨, 品种多达1万种以上, 年产量以4%~5%的速度增长。美国、日本、西欧市场仍是主导全球表面活性剂的主流, 但亚太地区的生长最快, 增长率超过6%。随着国民经济的发展, 我国表面活性剂工业取得了令人瞩目的成就。我国已建立起比较完整的表面活性剂工业体系, 能够生产阴离子、阳离子、非离子、两性离子4大类, 近4000种表面活性剂产品, 2005年我国表面活性剂产量达150多万吨, 居世界第二位, 但功能型、专用型表面活性剂的研发和生产与发达国家相比还有较大差距。随着我国经济的快速增长和人民生活水平的不断提高, 表面活性剂的需求量会进一步提升, 我国表面活性剂市场潜力很



大。由此可见，表面活性剂在我国的生产 and 科研仍是一个重要的领域。

## 2.1 表面活性剂的特征、作用和分类

### 2.1.1 表面活性剂的概念和特征

表面活性剂是指这样一类有机物，它们不仅能溶于水或有机溶剂，而且它在加入量很少时即能大大降低溶剂（一般是水）的表面张力（或液-液界面张力），改变体系界面状态和性质。

表面活性剂一般有如下特征：

① 结构特征 表面活性剂分子具有两亲结构，亲油部分一般由碳氢链（烃基），特别是由长链烃基所构成，亲水部分则由离子或非离子型的亲水基构成，而且这两部分分处两端，形成不对称结构。

两亲分子示意图（见图 2-1）。

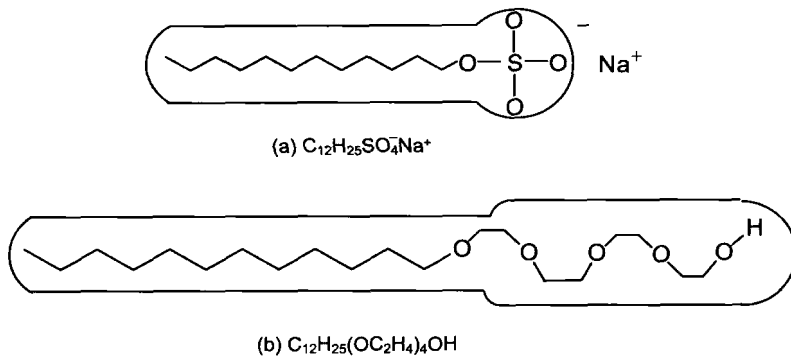


图 2-1 表面活性剂的分子结构

② 界面吸附 表面活性剂溶解在溶液中，当达到平衡时，表面活性剂溶质在界面上的浓度大于在溶液整体中的浓度。

表面活性剂二元组分稀溶液的界面吸附可用吉布斯吸附式描述。吉布斯等温吸附式可表达如下：

$$\Gamma_s = -\frac{C_s}{nRT} \cdot \frac{d\gamma}{dC_s} \quad (2-1)$$

对于脂肪醇表面活性剂， $n=1$ ；对于 1:1 型离子型表面活性剂， $n=2$ 。

③ 界面定向 表面活性剂分子在界面上会定向排列成分子层。如图 2-2 所示。

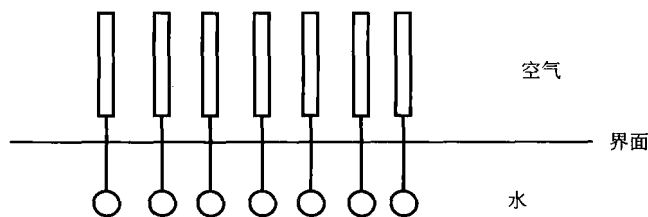


图 2-2 表面活性剂的界面定向

④ 生成胶束 当表面活性剂溶质浓度达到一定时，它的分子会产生聚集而生成胶束，这种浓度的极限值称为临界胶束浓度（critical micelle concentration, CMC）。