

高等学校教材

JINGXI HUAGONG
GONGYIXUE

精细化工 工艺学



马榴强 主编



化学工业出版社



高等学校教材

精细化工工艺学

马榴强 主编



化学工业出版社

·北京·

本书主要是为学生提供一本实用的教材，而不是相关理论读本。所编写的内容注重精细化工产品的特点，注重工艺学的本质，注重理论性与实用性相结合，以现有简单的实用性配方为基础，着重介绍高分子材料加工用助剂、表面活性剂、食品添加剂、胶黏剂、涂料、化妆品等常见的精细化工产品的配方设计原则，合成路线或生产工艺过程，应用性能和发展趋势。同时介绍了相关书籍较少涉及的新领域精细化学品、精细化工工艺过程的完善与技术创新等内容以丰富读者。

本书可作为高等学校化学工程与工艺专业的本科教材，还可供大专层次的化工工艺类专业及应用化学类专业选用，也可以作为精细化工企业的培训教材。同时，本书还可以提供给对相关专题感兴趣的科技人员参考，为他们的研究工作提供一个基础或借鉴的平台。

图书在版编目 (CIP) 数据

精细化工工艺学/马榴强主编. —北京: 化学工业出版社, 2008. 2

高等学校教材

ISBN 978-7-122-02021-5

I. 精… II. 马… III. 精细化工-工艺学 IV. TQ062

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 012772 号

责任编辑: 杨菁 程树珍

文字编辑: 冯国庆

责任校对: 顾淑云

装帧设计: 

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 17¼ 字数 449 千字 2008 年 2 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: 29.00 元

版权所有 违者必究

前 言

从发展的观点来看,精细化工是随着时代的发展而发展的。如古代已发明的火药是精细化工产品,天然药物、涂料、酿造产品也是精细化工产品。一个特定的精细化学品,在一定的历史阶段显示出其固有特性之后,一是走向衰亡,一是走向大宗化学品。因此,从这一角度可以认为,精细化工一直是化学工业中的新兴领域之一,精细化工率(精细化工产值占化工总产值的比例)的高低早已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。

为适应精细化工发展的需要,我国从20世纪90年代后开始出版、编辑了有关精细化工的书籍。这些书籍,各具特色,其中包括著者工作的北京联合大学生化学院陆辟疆、李春燕老先生主编的《精细化工工艺》(化学工业出版社1996年出版)一书,据认为是当时历史条件下涵盖领域较全的一本书。但书籍中的内容时间相对久远,已不能满足日益发展的现实的需要与教学的需求;同时,参与上述书籍编写的部分作者及本书的其他作者,经过多年的理论研究与教学实践,均希望能把自己对精细化工的认识与理解提供给广大读者,与大家共同分享、探讨与交流。

从编写的角度,我们是为了给学生提供一本有关精细化工工艺的实用教材,而不是相关理论读本,以达到学以致用、培养应用型人才的功能。因此,在编写过程中,注重精细化工产品的特点,注重工艺学的本质,注重理论性与实用性相结合,以现有简单的实用性配方、工艺为基础,着重介绍聚合物加工用助剂、表面活性剂、食品添加剂、胶黏剂、涂料、化妆品等常见门类精细化工产品的配方设计原则,合成路线或生产工艺过程,应用性能和发展趋势,以期举一反三,为学生毕业后从事精细化工相关领域的工作提供知识上的保障,同时也希望能为精细化工相关领域的工作人员提供学习与相互借鉴的依据。为增加学生的知识面,为不同学校选用方便,本书还对新领域精细化学品(电子化学品、皮革化学品、造纸化学品、水处理剂、混凝土外加剂等)作了简介。最后要说明的是,针对大多数国内生产企业的现状,根据企业追求生产效率和经济效益的本质,我们特意编写了“精细化工工艺过程的完善与生产安全”一章,希望能够起到抛砖引玉的功效,使技术人员能更深入地考虑技术路线的科学性、可行性、经济性,使相关从业者从技术的层面,增加质量意识和安全意识。

全书共10章,由北京联合大学生化学院马榴强主编。全书分别由马榴强编写第1章绪论、第5章胶黏剂、第9章新领域精细化学品、第10章精细化工工艺过程的完善与生产安全,叶晓编写第2章高分子加工用助剂,谢飞编写第3章表面活性剂,李若慧编写第4章食品添加剂,程艳玲编写第6章涂料,何江川编写第7章香精提取工艺、第8章化妆品。全书由马榴强统稿,谢飞制作了本书的PPT课件,编写了教学大纲、教案、仿真试卷等教学文件。

在编写过程中,本书得到了北京市教委青年骨干教师专项资金的资助,谨此表示感谢。

本书可作为高等学校化学工程与工艺专业的本科教材,还可供大专层次的化工工艺类专业及应用化学类专业教学选用,也可以作为精细化工企业的培训教材。本教材适用于48~64学时。同时,本书还可以提供给对相关专题感兴趣的科技人员参考,为他们的研究工作提供一个基础平台。

编 者

2008年1月

目 录

第 1 章 绪论	1	2.4.4 柔软剂	37
1.1 精细化工的形成与发展	1	2.5 涂料加工用助剂	38
1.2 精细化工及精细化学品产品的特点	2	2.5.1 附着力促进剂	38
1.2.1 精细化工及精细化学品的生产特性	2	2.5.2 消泡剂和抑泡剂	39
1.2.2 经济特性	3	2.5.3 防流挂剂	39
1.2.3 商业特性	4	2.5.4 防发花剂和防浮色剂	40
1.2.4 产品特性	4	2.5.5 流平剂	40
1.3 精细化学品的分类	4	参考文献	41
1.4 精细化工工艺学的内涵	6	第 3 章 表面活性剂	42
1.4.1 生产准备过程	6	3.1 概述	42
1.4.2 精细化工生产过程	8	3.1.1 表面与表面张力	42
1.4.3 分离、回收过程	9	3.1.2 表面活性与表面活性剂	43
1.4.4 后处理过程	10	3.1.3 表面活性剂的分子结构特点	43
1.4.5 精制加工和商品化	11	3.1.4 表面活性剂的分类	44
1.5 精细化工的发展方向——绿色精细化工	11	3.1.5 表面活性剂的物化性质	47
习题	11	3.1.6 表面活性剂的应用性能	50
参考文献	12	3.2 阴离子型表面活性剂	66
第 2 章 高分子加工用助剂概述	13	3.3 阳离子型表面活性剂	70
2.1 概论	13	3.4 两性表面活性剂	72
2.2 塑料加工用助剂	13	3.5 非离子型表面活性剂	74
2.2.1 增塑剂	14	3.6 其他类型表面活性剂	76
2.2.2 稳定剂	17	习题	77
2.2.3 阻燃剂	19	参考文献	77
2.2.4 润滑剂	21	第 4 章 食品添加剂	78
2.2.5 抗静电剂	22	4.1 概述	78
2.2.6 着色剂	23	4.1.1 食品添加剂的定义	78
2.2.7 发泡剂	26	4.1.2 食品添加剂的分类	78
2.3 橡胶加工用助剂	27	4.2 常用食品防腐剂	78
2.3.1 硫化剂	27	4.2.1 防腐剂的作用原理	78
2.3.2 促进剂	28	4.2.2 常用食品防腐剂	78
2.3.3 增黏剂	30	4.3 食品增稠剂	82
2.3.4 防老剂	32	4.3.1 概述	82
2.3.5 防焦剂	33	4.3.2 常用的食品增稠剂	84
2.4 纤维加工用助剂	34	4.4 食品着色剂	88
2.4.1 化纤油剂	34	4.4.1 概述	88
2.4.2 渗透剂	36	4.4.2 常见的合成色素	89
2.4.3 匀染剂	36	4.4.3 天然着色剂	90
		4.5 食品抗氧化剂	92
		4.5.1 概述	92

4.5.2	油溶性抗氧化剂	93	5.6.2	其他醋酸乙烯系胶黏剂	129
4.5.3	水溶性抗氧化剂	94	5.7	丙烯酸系胶黏剂	131
4.5.4	天然抗氧化剂	94	5.8	α -氰基丙烯酸酯胶黏剂	135
4.6	食品乳化剂	95	5.9	环氧树脂胶黏剂	136
4.6.1	乳化剂的定义与分类	95	5.10	聚氨酯胶黏剂	139
4.6.2	乳化剂在食品体系中的作用	95	5.10.1	原料	139
4.6.3	影响乳状液的因素	95	5.10.2	异氰酸酯的性能	139
4.6.4	部分常用乳化剂简介	96	5.10.3	聚氨酯及多异氰酸酯胶黏剂	141
4.7	食品赋香剂	98	5.10.4	聚氨酯胶黏剂的助剂	142
4.7.1	概述	98	5.11	氯丁橡胶胶黏剂	143
4.7.2	食品工业中常用的一些香料	98	5.11.1	氯丁胶乳及氯丁橡胶的制备	143
4.8	食品酶制剂	104	5.11.2	氯丁橡胶胶黏剂的基本组成	143
4.8.1	概述	104	5.11.3	氯丁橡胶胶黏剂的制造工艺	144
4.8.2	常用酶制剂	105	5.12	有机硅胶黏剂	146
习题		107	5.12.1	硅树脂型胶黏剂	147
参考文献		107	5.12.2	硅橡胶型胶黏剂	147
第5章 胶黏剂		109	5.13	热熔胶	148
5.1	概述	109	5.13.1	热熔胶的组成	148
5.1.1	粘接的优缺点	110	5.13.2	对热熔胶的要求	148
5.1.2	胶黏剂的化学组成及作用	110	5.13.3	EVA 型热熔胶	149
5.1.3	胶黏剂的分类	111	5.13.4	聚酯和聚酰胺型热熔胶	149
5.2	粘接原理及工艺	112	5.14	厌氧胶黏剂	150
5.2.1	粘接的基本原理	112	5.15	压敏胶黏剂	151
5.2.2	胶黏剂的选择原则	113	5.15.1	压敏胶黏剂的分类、组成	151
5.2.3	粘接接头设计	113	5.15.2	压敏胶黏带的构成及黏附特性	151
5.2.4	被粘接面的表面处理	113	5.15.3	压敏胶黏剂的合成及配制	152
5.2.5	粘接性能的测试内容、方法	114	5.16	密封胶	153
5.3	无机胶黏剂	115	5.17	其他胶黏剂	154
5.3.1	热熔型	115	习题		154
5.3.2	空气干燥型	115	参考文献		155
5.3.3	水固型	115	第6章 涂料		156
5.3.4	化学反应型	116	6.1	涂料的概述	156
5.4	天然胶黏剂	116	6.1.1	涂料的功能	156
5.4.1	骨胶	117	6.1.2	涂料的发展	156
5.4.2	虫胶	118	6.1.3	涂料的组成	157
5.4.3	淀粉胶	118	6.1.4	涂料的分类和命名	157
5.4.4	其他天然胶黏剂	119	6.1.5	涂料中常用的颜料	159
5.5	三醛胶	120	6.1.6	涂料生产的基本知识	159
5.5.1	酚醛树脂的合成、反应及固化机理	120	6.2	涂料的基本品种简介	160
5.5.2	酚醛树脂的改性研究	121	6.2.1	应用范围广泛的基本品种	160
5.5.3	酚醛树脂的生产工艺及影响因素	122	6.2.2	具有专用施工方法的基本涂料品种	161
5.5.4	酚醛树脂的应用	125	6.3	油脂涂料与天然树脂漆	162
5.5.5	脲醛树脂的生产	127	6.3.1	油脂涂料的性能和用途	162
5.6	醋酸乙烯系胶黏剂	127	6.3.2	油脂涂料的制备配方实例	163
5.6.1	聚醋酸乙烯酯胶黏剂	127	6.3.3	天然树脂漆类	164

6.3.4 天然树脂漆类的制备配方实例	165	8.3 化妆品生产工艺各论	213
6.3.5 沥青漆类与制备配方实例	166	8.3.1 化妆品的生产设备	213
6.4 合成树脂漆类	167	8.3.2 乳剂类化妆品的生产	214
6.4.1 醇酸树脂漆	167	8.3.3 水剂类	226
6.4.2 氨基树脂漆类及制备配方	168	8.3.4 气溶胶类	228
6.4.3 环氧树脂漆类及制备配方	171	8.3.5 粉类	230
6.4.4 聚氨酯树脂涂料及制备配方	174	8.3.6 表面活性剂液洗类	234
6.4.5 聚酯树脂涂料及制备配方	175	8.4 化妆品的质量要求	236
6.5 硝基漆	176	习题	238
6.5.1 硝基漆类及制备配方	176	参考文献	238
6.5.2 纤维素涂料及制备配方	178	第9章 新领域精细化学品简介	239
6.5.3 元素有机涂料及制备配方	179	9.1 电子化学品	239
6.5.4 橡胶涂料及制备配方	181	9.1.1 超净高纯试剂	239
6.6 乳胶漆	182	9.1.2 超净高纯气体	241
6.7 水溶性涂料	184	9.1.3 塑封材料	241
6.7.1 无机盐系列建筑涂料	184	9.1.4 芯片生产用光致抗蚀剂	242
6.7.2 水溶性丙烯酸酯树脂涂料及制备配方	185	9.2 皮革化学品	243
6.7.3 水溶性环氧树脂涂料	185	9.2.1 酶制剂	244
6.7.4 水溶性醇酸树脂涂料	186	9.2.2 鞣剂与复鞣剂	246
习题	187	9.2.3 加脂剂	247
参考文献	188	9.2.4 涂饰剂	248
第7章 香料及提取工艺	189	9.2.5 专用助剂与专用染料	249
7.1 概述	189	9.3 油田化学品	250
7.2 天然香料的提取方法	190	9.4 造纸化学品	252
7.2.1 动物性天然香料的提取	190	9.5 水处理剂	253
7.2.2 植物性天然香料的提取	190	9.6 混凝土外加剂	255
7.2.3 单离香料的生产	194	习题	256
7.3 典型的合成香料	196	参考文献	256
7.4 调香	198	第10章 精细化工工艺过程的完善与生产安全	258
7.4.1 概述	198	10.1 精细化工过程优化与完善	258
7.4.2 调香的方法和工艺	199	10.1.1 加强理论知识, 优化工艺过程	258
7.4.3 香精的应用——化妆品加香	202	10.1.2 提高技术创新能力, 增加新品种	259
7.4.4 香精的应用——香水	203	10.1.3 消除“瓶颈”、“改造挖潜”、扩大生产能力	260
7.5 安全性及评价	205	10.1.4 提高质量	261
习题	206	10.1.5 开展绿色精细化工与清洁生产	261
参考文献	206	10.2 安全生产	264
第8章 化妆品	207	10.2.1 火灾、爆炸性物质及处置方法	265
8.1 概述	207	10.2.2 个人防护用品	265
8.1.1 化妆品的定义	207	10.2.3 化工事故及救援	265
8.1.2 化妆品的基本组成和特性	207	习题	267
8.1.3 化妆品的分类	208	参考文献	267
8.1.4 化妆品的开发程序	209		
8.1.5 化妆品生产工艺技术的发展现状和行业热点	209		
8.2 化妆的生理学基础	210		
8.2.1 皮肤的生理解剖学和性质	210		
8.2.2 毛发的生理学和性质	213		

第 1 章 绪 论

1.1 精细化工的形成与发展

精细化工，即精细化学工业，是当今世界各国发展化学工业的战略重点，也是一个国家综合技术水平的重要标志之一。精细化学品是与大宗化学品相对应的一类化工产品，是指对化学工业生产的初级或次级产品进行深加工而制成的具有某些或某些种特殊功能的化学品。这些功能可以是自身具有或赋予他物具有，突出功能可以是化学功能、物理功能或生物活性。它可以是单一组分的纯物质，也可以是多元复配的产物。一般其产量相对较小的、附加价值相对较高。

近几十年来，特别是 20 世纪 70 年代石油危机以来，也包括对环保的认识及对利润的追求，化学工业的精细化已经成为发达国家化工科技和生产发展的一个重要特征。精细化工虽然早已出现，但直到 20 世纪 60 年代，才由日本首先将精细化工明确地列为化学工业的一个产业部门。

在日本，把大批量生产和销售的化学品统称为通用化学品，把具有专门功能、技术密集度高、附加价值高、利润高、配方决定性能、配以应用技术和技术服务的小批量产品称为精细化学品。而在这方面，东西方的划分也存在一些差异。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)；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) 或商品化学品 (commodity chemicals)。根据我国原化工部文件的界定及近十年来精细化工工业发展的实践，当代中国精细化工的涵义指的是国际上通用的精细化学品和专用化学品的总和。这种分类与日本类似。

目前精细化工产品的有些类别，在 20 世纪 70 年代以前即已有之。如药物、涂料、肥皂、农药等。因此，可以认为精细化学品是随着时代的发展而发展的，每个时代具有每个时代的特征。从新陈代谢的发展观来看，技术密集和高附加值也不是一成不变的，它应当是一个过渡阶段，它有自己的生命周期。一个精细化学品在一定阶段显示出固有特性之后，一是走向衰亡，一是走向大宗化学品，技术密集成为普通技术，高附加值成为合理利润。

在 20 世纪以前，当时的精细化学品更多的是以天然产物为原料，在数量上和品种上远不及现在。如古代已发明的火药是精细化工产品；天然药物、油漆、酿造产品也是精细化工产品。在 20 世纪初，随着石油化工的发展，以合成化学品为原料的精细化学品产生了第一次飞跃。在 20 世纪中叶，随着高分子化学的发展和高分子材料的大量出现，为精细化学品带来了第二次飞跃，其特征之一是部分老行业更新换代，如合成洗涤剂的出现，油漆扩展为涂料；其另一特征是新生行业崛起，如合成聚合物胶黏剂、合成材料用助剂、信息化学品、功能高分子等。目前世界上主要发达国家的精细化工率已超过 50% 以上，如日本的精细化工率已超过 60%，而我国还处于较低的水平，需要进一步的发展。

进入 21 世纪，精细化学品发展的基本特征是以高新技术为依托，为全球经济和人民生活提供高质量、多品种、专用或多功能的精细化学品。同时，伴随着人们对环保的认识，对可持续发展的共识，人们认识到：传统的化学工业必须变革，以适应可持续发展的要求。精细化学品工业也必须朝着低污染甚至无污染的“绿色”方向发展，并且应该成为整个化工

业的典范。除“绿色”外，近年来，精细化工已经向追求更高功能化方向发展。

1.2 精细化工及精细化学品产品的特点

精细化工与基础化工（如基本有机化工、无机化工）是不同的，后者多生产基本化工原料，而前者生产的是直接产品，为各工业部门广泛应用的辅助材料或人民生活的直接消费品。

精细化学品是与大宗化学品相对应的。其在产量上、经济效益上、产品特性上均具有别于大宗化学品。

1.2.1 精细化工及精细化学品的生产特性

(1) 精细化工具有小批量、多品种、复配型居多的特点

如分析用指示剂，所配制的浓度一般很低，且每一次的用量仅以毫升，甚至是滴来计。按照纯品计每年的用量甚至不会超过上百千克。但这也是相对的，如2005年世界表面活性剂的总产量也在1300万吨以上。同期我国的合成洗涤剂的产量达400万吨。与大宗化学品每一生产厂家动辄就几十万吨的产量相比，也相对较少。

精细化学品的产量虽然很小，但品种众多。如全世界已有14000多种食品添加剂，常有的达680多种。我国现有的表面活性剂品种达2000多种，根据表面活性剂的性质可配制（复配）出洗涤剂、渗透剂、扩散剂、起泡剂、杀菌剂、消泡剂、乳化剂、破乳剂、增溶剂、润湿剂、柔软剂、抗静电剂、抑制剂、防雾剂等数十种不同作用目的的产品。而每类产品又可细分为不同的型号。

精细化学品的应用领域广泛，涉及国民经济的各个领域。仅就人类生活的各个方面，农轻重、吃穿用、衣食住行无不紧密地依赖精细化学品。

① 衣 人们的衣着原料——毛、丝、棉、麻、人造纤维、合成纤维、皮革等，在其制造和纺织过程中使用了大量的化学品，如染料、软化剂、整理剂、洗涤剂、干洗剂、干燥剂、加脂剂、光亮剂、漂白剂等各种助剂。

② 食 粮食、酒、饮料、瓜果、蔬菜、肉类等，在其种植、饲养、酿造过程中必须使用如肥料、农药、发酵剂、碳酸气、保鲜剂、饲料添加剂等大部分也属于精细化学品。

③ 住 住房、装修和家庭陈设品等材料中，除了天然的木材、沙子、石子外、钢铁、水泥、玻璃、陶瓷产品、地毯、空调机、灯具、电源、卫生用品等也都用了大量的化学品，如钢铁冶炼用的助剂，水泥使用中的各种添加剂（外加剂），安全玻璃的胶黏剂及防护膜，地毯、塑料盆及橡胶制品中的各种助剂、涂料等。

④ 行 汽车、飞机、火车、摩托车、自行车等交通工具需要钢铁、铝合金、塑料、橡胶、合成纤维等，在整个制造过程中所使用的切削液、冷拔液、润滑剂等各种助剂。

⑤ 视 人们生活中所观察到的各种文化用品及电视摄像所用的器具和材料，如纸、印刷品、电视机、照相机、胶卷、望远镜、计算机等在其制造过程中均需纸张添加剂、油墨、荧光粉、高纯试剂、显影液、抛光液等。

⑥ 听 收音机、随身听、乐器、唱片、录音录像带等用品，是用化学品为原料制造出来的，也使用了大量的化学助剂。

在衣、食、住、行、视、听过程中所用的各种原料、器具，在其制造过程中用了上万种助剂，并用高新技术组合和制造出来，而每一类助剂均为一个精细化工行业。

精细化学品既有单一组分的纯物质，又有多组分的混合物，并且更多的是采用复配或拼混技术的混合物。复配是指两种或两种以上物质通过恰当比例，按照一定的方式去混合，而获得一种新产品的技术或过程。这主要源于单一化合物很难满足使用要求，某些方面若进行

新物质的开发昂贵费时，而进行已有配方的研究，改进使用性能，利用各组成物质间的协同作用，可以满足使用要求。这方面的例子举不胜举，诸如洗涤剂、胶黏剂、化妆品、水处理剂、涂料等大多数产品均采用复配技术而获得。

(2) 精细化工属于技术密集型产业

精细化工产品市场竞争激烈，产品的更新换代快。这要求生产企业要经常不断的根据市场的需要、客户的需求开发出性能更高的产品。因此，企业必须开展科学研究，及时掌握各种技术情报与市场信息，不断采用新技术、新工艺。所以说精细化工属于技术密集型产业。技术密集还表现在生产过程的流程长，单元反应多，原料复杂，中间过程控制要求严格，技术保密性强，专利垄断性强等方面。

技术密集的另一特点是，精细化学品需要在化学合成中筛选不同化学结构，在剂型上充分发挥自身功能与其他配合物的协同作用，在商品化上又有一个复配过程以更好、更充分地发挥产品优良性能。以上这些过程是相互联系又是相互制约的，这些是形成精细化学品技术密集度高的重要原因。

(3) 精细化工的生产多采用间歇生产装置或多功能生产装置

由于精细化学品具有小批量、多品种的特点，所以精细化工的生产多采用间歇生产装置。

与大宗化学品生产设备的“重、厚、长、大”相比，精细化工生产设备具有“轻、薄、短、小”的特点。从生产过程上看，产品生产从单一产品、单一流程、单元操作装置的生产方法，一方面向具有多功能的生产装置（一机多能，多功能化）发展；另一方面向所谓的柔性生产系统（FMS，柔性化）发展，即具有相近的工艺流程的同一类型品种，使用同一套设备生产。

除此之外，对精细化工生产设备的材质也经常会提出一些要求。例如在化妆品、香精等的生产中，尤其是高纯试剂的生产中，微量的金属杂质就会对产品品质造成重大的影响，甚至使之成为不合格品。因此，全不锈钢设备、玻璃设备、聚四氟乙烯设备等，在精细化工的生产中屡见不鲜。

(4) 精细化工生产流程呈多样化

由于精细化工产品属于多品种、小批量，生产上又经常更换和更新品种，故要求工厂必须具有随市场需求调整生产的高度灵活性。因此，在生产上需采用能满足多品种需要的生产流程或多用途多功能的生产装置，以便取得较大的经济效益。

精细化工生产流程的多样化还体现在，针对同一产品，不同的厂家拥有不同的生产技术，这些技术各具特色，具有鲜明的自主知识产权的特征。从原料，到反应原理，再到工艺过程的组合均不相同。

1.2.2 经济特性

精细化工品具有投资效率高、附加价值高、利润率高的特点。

附加价值是指在产值中扣除原材料、税金、设备、厂房的折旧费所剩余部分的价值。它包括工人劳动、利润、动力消耗以及技术开发等费用。附加价值高反映出产品加工中，所需要的劳动、技术利用情况以及利润等。精细化学品利润高的原因在很大程度上源于技术垄断。

投资效率为附加价值与固定资产的比值。由于精细化学品的产量小，所以固定资产投资比例相对较少，同时精细化工产品的附加价值较高，所以精细化工产品投资效率高。例如，化肥的投资效率为62%、纤维的为94.3%、感光材料的为170.9%、医药的为2401.4%。日本化学工业的平均效率为87.6%。从产值上看，据国外统计，每投入价值100美元的石

油化工原料, 产出初级化学品价值为 200 美元, 再产出有机中间体 480 美元和最终成品 80 美元; 如果进一步加工为塑料、合成橡胶、纤维、洗涤剂 and 化妆品等则可产生价值 800 美元的中间产品和价值 540 美元的最终产品。如再深一步加工成用户直接使用的家庭耐用品、纺织品、鞋、汽车材料、书刊印刷物等, 则总产值将达 10600 美元, 也即比原来的 100 美元投入增值为 106 倍。

精细化工的上述经济特性决定了, 自 20 世纪 80 年代以来, 发达国家采取了一系列的措施促进精细化工的发展, 从而使精细化工获得了较快的发展, 其精细化率(精细化工在整个化学工业中所占的比重)早已达到或超过 50% 以上, 且年平均增长速度远快于通用化工产品。

1.2.3 商业特性

由于精细化学品繁多, 用户对产品都有比较明确的要求, 即对产品规格、质量、性能、交货期、服务及技术指导方面有较高的要求。这些造成精细化学品的商品性很强, 市场竞争激烈, 因而必须重视市场调研, 适应市场需求; 在保证产品质量及性能的基础上, 重视技术的应用服务——技术咨询、技术培训、技术支持等工作。

商品性强还要求技术保密、独家经营。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, 以增强竞争机制, 开拓市场, 提高信心。

1.2.4 产品特性

精细化学品是具有一定的功能的化学品。这些功能包括物理功能、化学功能和生物活性。

① 化学功能 系指在一定的环境条件下, 此种化学品可增加或赋予其他物质以某种特定的影响或变化, 如染色、脱污、去杂、黏合、增稠、阻燃等, 有的可能同时伴有物理作用。

② 物理功能 系指精细化学品自身所具有的物理性质和能力, 如耐高温、高强、超硬、绝缘、导体、超导、磁性、吸热、放热、吸音等, 有的也可能同时伴有化学作用。表现为某种特定物理效应的, 如压电、热电、光电、激光等。

③ 某些特定的生物活性 系指精细化学品自身以其活性基团, 增进或赋予生物体一定的能力(加新陈代谢能力、生长能力、抵抗能力和适应能力), 如食品添加剂中可预防贫血、增强免疫、延缓衰老、美容保健、减肥功能、调节血脂、调节血糖、改善肠胃功能、抑制肿瘤、改善记忆等方面的添加剂。

鉴于精细化学品的上述特征, 从而也就决定了这种化学品必然具有多学科的特点。它不仅涉及基础自然科学(如化学、物理、生物), 同时还涉及这些基础学科的交叉学科(如化学物理、生物化学), 甚至一些新兴的分子科学(如分子物理、分子生物)等。

1.3 精细化学品的分类

从总体上而言, 精细化学品可以分为三大类, 即精细有机化学品、精细无机化学品及精细生物制品。但具体划分, 各国关于精细化学品的分类却各自有各自的特点。

日本 1985 年版的《精细化工年鉴》将精细化工分为 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、润滑油、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、生物制品、功能高分子材料。

同期，我国化工部制订的精细化工产品分类的暂行规定，包括了11大类。其具体分为：

- 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 化工系统生产的化学药品（原料药）和日用化学品；
- ⑪ 高分子材料中的功能高分子材料（包括功能膜和偏光材料等）。

其中的第9类，催化剂和各种助剂又包括19种助剂。

- ① 催化剂：炼油用、石油化工用、有机化工用、环保用催化剂等。
- ② 印染助剂：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：增塑剂、稳定剂、发泡剂、阻燃剂等。
- ④ 橡胶助剂：硫化剂、硫化促进剂、防老剂等。
- ⑤ 水处理剂：水质稳定剂、缓蚀剂、软水剂、杀菌灭藻剂、絮凝剂等。
- ⑥ 各种纤维抽丝用油剂。
- ⑦ 有机抽提剂：吡咯烷酮系列、脂肪烃系列、糠醛系列等。
- ⑧ 高分子聚合物添加剂：引发剂、阻聚剂、终止剂、调节剂、活化剂等。
- ⑨ 各种表面活性剂。
- ⑩ 皮革助剂：合成鞣剂、涂饰剂、加脂剂、光亮剂等。
- ⑪ 农药用助剂：乳化剂、增效剂等。
- ⑫ 混凝土用添加剂：减水剂、防水剂、胀膜剂等。
- ⑬ 机械、冶金用助剂：防锈剂、清洗剂、电镀用助剂、焊接用助剂等。
- ⑭ 油田添加剂。
- ⑮ 炭黑（橡胶制品的补强剂）。
- ⑯ 吸附剂：稀土分子筛系列、天然沸石系列、二氧化硅系列、活性白土系列等。
- ⑰ 电子工业专用化学品。
- ⑱ 纸张添加剂：增白剂、增强剂、防水剂、填充剂等。
- ⑲ 其他助剂。

对于那些尚未形成产业的精细化工门类称为新领域精细化工。它们是饲料添加剂、水处理化学品、造纸化学品、皮革化学品、电子化学品、气雾剂等。

上述分类中的内容大部分为有机化合物，按照化学品属性，仅无机精细化学品可包括砷化合物、钡化合物、溴化合物、硼化合物、碳酸盐、氯化物和氯酸盐、铬化合物、氢化物和氰化合物、氟化合物、碘化物、镁化合物、锰化合物、硝酸盐、磷化物和磷酸盐、稀土化合物、硅化合物和硅酸盐、硫化物和硫酸盐、钨（钼、钛、锆、铌、钽）化合物、过氧化物、氢氧化物、氧化物、单质和高纯元素、无机颜料、抛光研磨润滑材料、非金属矿深加工精细

化学品、无机紫外线吸收剂、无机纤维、无机晶须、无机抗菌剂、电源材料、导电化学品、精细陶瓷原料分、精细陶瓷、无机阻燃剂、无机黏结剂、无机溶胶、无机膜、纳米精细化学品、电镀化学品、荧光化学品、水处理化学品、医药化学品、高纯和专用气体、电子化学品、磁性材料（化学品、载体和催化剂、干燥剂、晶体材料、油田化学品、造纸用化学品、照相用化学品、食品添加剂等）。

随着国民经济的发展以及对精细化学品的认识，上述有些门类已归于其他行业，如非晶态合金、功能高分子材料等更多的属于材料领域。有些化学品是否属于精细化学品是有争议的。有些已经从精细化学品变成普通化学品。但精细化学品的开发和应用领域仍然是在不断的扩展当中，如新领域精细化学品中的一些门类。

1.4 精细化工工艺学的内涵

精细化工工艺学是指从初级原料、次级原料到精细化工产品的加工方法和过程。其方法和过程可以采用化学反应，也可采用复配技术。但这些方法和过程应该是技术上成熟的、工艺上先进的、经济上合理的、环保上允许的、安全上可靠的。

化工生产过程主要由生产准备过程、化学反应过程、产品后处理过程所组成。除这三个主要过程外，还包括分离与回收、检验、计量、包装、贮运及公用工程（水、电、气、汽）等过程。对于精细化工的生产，有时还包括精制加工和商品化部分。从生产的管理上，需要注意生产操作人员、机械设备、各种原辅料、生产工艺及法规及生产环境。对诸如化妆品、食品添加剂、电子用化学品、生物制品的生产，其生产环境要求是较高的。甚至作业处所的尘埃数量都需要进行检测。

精细化工的生产大多以灵活性较大的多功能装置和间歇方式进行小批量生产。化学合成多数采用液相反应，流程长，精制复杂，需要精密的工程技术。从制剂到商品化也需要一个复杂的加工过程。

把上述各个生产单元按照一定的目的要求，有机地组合在一起，形成一个完整的生产工艺过程，并用图形描绘出来，即是工艺流程图。属于工艺流程图性质的图样有若干种，它们都用来表达工艺生产过程。在工艺学上常用的有方块流程图、装备流程图、带控制点工艺流程图等。方块流程图是一种工艺过程划分简图。装备流程图一般应表示出全部工艺设备、物料管线及走向等内容。带控制点的工艺流程图是最全面的，应表示出全部工艺设备、物料管线、阀件、设备的辅助管路以及工艺和自控仪表图例、符号。一般大型化工企业采用装置流程图，中小型企业采用方块流程图说明生产过程。

1.4.1 生产准备过程

精细化工生产的原料主要是各种有机化合物。根据生产目的的不同，原料要求等级也不尽一致。控制住原料的来源、产地、纯度等，是保障生产顺利进行的首要条件。

如实验室用试剂包括以下几类。

- ① 基准试剂（JZ，绿标签）：作为基准物质，标定标准溶液。
- ② 优级纯（GR，绿标签）（一级品）：主成分含量很高、纯度很高，适用于精确分析和研究工作，有的可作为基准物质。
- ③ 分析纯（AR，红标签）（二级品）：主成分含量很高、纯度较高，干扰杂质很低，适用于工业分析及化学实验。
- ④ 化学纯（CP，蓝标签）（三级品）：主成分含量高、纯度较高，存在干扰杂质，适用于化学实验和合成制备。
- ⑤ 实验纯（LR，黄标签）：主成分含量高，纯度较差，杂质含量不做选择，只适用于一

般化学实验和合成制备。

⑥ 指定级 (ZD): 该类试剂是按照用户要求的质量控制指标, 为特定用户订做的化学试剂。

⑦ 高纯试剂 (EP): 包括超纯、特纯、高纯、光谱纯, 配制标准溶液。此类试剂质量注重的是: 在特定方法分析过程中可能引起分析结果偏差, 对成分分析或含量分析干扰的杂质含量, 但对主含量不做很高要求。

⑧ 色谱纯 (GC 或 LC): 气相或液相色谱分析专用。质量指标注重干扰气相色谱峰的杂质。主成分含量高。

⑨ 指示剂 (ID): 配制指示溶液用。质量指标为变色范围和变色敏感程度。

⑩ 生化试剂 (BR): 配制生物化学检验试液和生化合成。质量指标注重生物活性杂质。

⑪ 可替代指示剂, 可用于有机合成生物染色剂 (BS): 配制微生物标本染色液。质量指标注重生物活性杂质。

⑫ 可替代指示剂, 可用于有机合成光谱纯 (SP): 用于光谱分析。

⑬ 分别适用于分光光度计标准品、原子吸收光谱标准品、原子发射光谱标准品电子纯 (MOS): 适用于电子产品生产中, 电性杂质含量极低。

⑭ 当量试剂 (3N、4N、5N): 主成分含量分别为 99.9%、99.99%、99.999% 以上。

⑮ 电泳试剂: 质量指标注重电性杂质含量控制。

此外, 还有特种试剂, 生产量极小, 几乎是按需定产, 此类试剂其数量和质量一般为用户所指定。

除实验室研究需要上述试剂外, 工业生产中更多的是利用工业级的化工原料。以聚合物的生产为例, 原料纯度一般要求在 99% 以上, 达到聚合级别。如果原料中无有害于聚合反应的杂质, 即惰性杂质, 则单体纯度要求可适当降低。若有害杂质过多, 需要进行原料的精制。原料精制的方法很多, 工业上以精馏塔为主。经过精制后的原料贮存在贮罐或贮槽中。

大多数有机原料是易燃、易爆、有毒、有腐蚀性的。在贮存过程中有些单体容易自聚, 自聚除影响聚合过程外, 还可引起爆炸等危险。因此单体的贮存设备应当考虑以下问题。

① 防止与空气接触产生易爆炸的混合物或产生过氧化物。

② 提供可靠的措施, 保证在任何情况下贮罐不会产生过高的压力, 以免贮罐爆破。

③ 防止有毒易燃的单体泄漏出贮罐、管道和泵等输送设备。

④ 为了防止单体贮存过程中发生自聚现象, 必要时应当添加阻聚剂。但在此情况下, 单体进行聚合反应前应脱除阻聚剂, 以免影响聚合反应的正常进行。例如单体中含有对苯二酚类阻聚剂时可用氢氧化钠溶液洗涤或经蒸馏以除去阻聚剂。

⑤ 贮罐还应当远离反应装置, 以减少着火危险。

⑥ 贮存气体状态单体 (如乙烯) 的贮罐和贮存常温下为气体, 经压缩冷却液化为液体的单体 (如丙烯、氯乙烯、丁二烯等) 的贮罐应当是耐压容器。为了防止贮罐内进入空气, 贮罐应当用氮气保护。为了防止单体受热后产生自聚现象, 单体贮罐应当防止阳光照射并且采取隔热措施; 或安装冷却水管, 必要时进行冷却。有些单体的贮罐应当装有注入阻聚剂的设施。

除原料外, 以聚合反应过程为例, 最重要的物质当属引发剂 (或催化剂)。常用的引发剂有过氧化物、偶氮化合物等有机化合物以及过硫酸盐等无机化合物。常用的催化剂有烷基金属化合物 (例如烷基铝, 烷基锌等)、金属卤化物 (例如 TiCl_4 , TiCl_3) 以及路易斯酸

(例如、 SnCl_4 、 FeCl_3 等)。多数引发剂受热后有分解爆炸的危险，其稳定程度因种类的不同而有所不同。干燥、纯粹的过氧化物最易分解。

工业上过氧化物采用小包装，贮存在低温环境中，并且要防火，防撞击。固体的过氧化物，例如为了防止过氧化二苯甲酰贮存过程中产生意外，一般加有适量水，使之保持潮湿状态。液态的过氧化物，通常加有适当溶剂使之稀释以降低其浓度。

催化剂中以烷基金属化合物最为危险，它对于空气中的氧和水甚为灵敏。例如三乙基铝接触空气则自燃，遇水则发生强烈反应而爆炸。烷基铝的活性因烷基的碳原子数目的增大而减弱。便于贮存和输送，低级烷基的铝化合物经常制备为 15%~25% 的溶液，并且用惰性气体如氮气予以保护。

过渡金属卤化物如 TiCl_4 、 TiCl_3 、 FeCl_3 以及 BF_3 配合物等，接触潮湿空气易水解，生成腐蚀性烟雾，因此贮存与输送过程中应当严格防止接触空气。

由于引发剂和催化剂多数是易燃、易爆危险物品，所以其贮存地点应当与生产区、单体贮存区隔离开，并且要有适当的安全地带。同时，输送过程中也要严格注意安全。

缩聚反应过程的催化剂一般为酸性物质，如盐酸、硫酸、磷酸、对甲苯磺酸等无机酸与有机酸以及强酸性离子交换树脂等。酸性催化剂具有腐蚀性，在贮存、运输、使用中应注意容器的密闭性，防止泄漏而伤人。

在精细化工的生产中还需要各种反应介质，其种类因产品的不同而不同。自由基聚合反应中水分子对反应无不良影响，因此可以用去离子水作为反应介质（乳液来合、悬浮聚合）。但是在离子型聚合反应中，微量的水可能破坏催化剂，使聚合反应无法进行，或者由于链转移而使产品分子量严重下降，因此在离子聚合和配位聚合过程，反应体系中水的含量应降低到 10^{-6} （百万分之几至百分之几十）。对于化妆品生产的用水，除纯度外，还需要对其进行消毒处理，并且常常要加入螯合剂，以使水进一步满足配方的要求。

1.4.2 精细化工生产过程

鉴于精细化学品的特点，精细化学品的生产方式是多种多样的。以合成为主的精细化学品生产，需要明确采用何种合成路线，即选用什么原料，经由哪几步单元反应来制备目的产物。在制备过程中，要求采用先进、成熟的技术。同时，还需要明确采用何种工艺路线，即原料的预处理（提纯、粉碎、干燥、熔化、溶解、蒸发、汽化、加热、冷却等）和反应物的后处理（蒸馏、精馏、吸收、吸附、萃取、结晶、冷凝、过滤、干燥等）应采用哪些化工过程、采用什么设备和什么生产流程等。工艺路线和合成路线间应相互匹配。如采用乳液聚合方法生产聚合物，若直接利用聚合物乳液，如涂料、胶黏剂等，聚合物乳液必须具有一定的稳定性，常用的指标有：电解质稳定性、机械稳定性、冻融稳定性、贮存稳定性、稀释稳定性等；若要破乳获得纯聚合物，则需要注意产品的用途，分离、破乳的难易，乳化剂在聚合物中的残留等问题。

以合成为主的精细化学品生产还需注意反应条件的控制，如反应物的总摩尔比或各阶段的摩尔比，反应物及生成物的初始浓度、转化率、各阶段反应时间、反应温度及温度历程、反应过程中各阶段的压力、助剂的选择等。所有这些都将对反应产生影响。尤其是在产品研发阶段，对上述影响因素的研究成果将成为生产工艺控制及生产过程中不正常现象处理的依据。

以复配为主的精细化学品生产，虽然不用进行化学反应，但也不是简单的配制过程。它是指两种或两种以上物质通过恰当比例，按照一定的方式去混合而获得一种新产品的技术或过程。复配的结果往往是原来的几何倍数或意想不到的效果。采用什么原料、什么方法、什么设备、什么过程、什么条件进行复配均会对产品质量产生影响。

复配技术虽然具有一定的科学性,但在很大程度上也依赖于经验的积累。一个优秀的工艺设计人员,不但要求具有科学理论知识,同时也必须对各种化学品的性能有深入的了解。通过配方的研究与设计以确定最佳的工艺条件。复配产品具有一系列优点:如从技术上讲,由于复配所需要的化学品均为已有产品,只需要根据用户的要求进行配制即可,一般无废弃物,避免了化学品生产中的污染;开发速度相对较快,生产成本相对较低,且产品品种多样化容易;复配各组成物间具有协同作用,可提高性能,降低生产成本。

复配技术研究也可利用现代化的手段,如利用计算机仿真、模拟,进行分子设计等。与此同时,复配技术与精细化学品的高纯度、超细度等特殊性能挨不上,复配技术替代不了化学结构的高纯度和独特的性能属性。如活性炭纤维,其吸附速度比活性炭高出100倍,有着特大的吸附量和较大的吸附率。它具有碳的性能,耐酸碱,耐高温,具有导电性和化学稳定性等,如此特异性能是复配技术所不及的。而涂料用消光剂,用很小的量就可以起到消光的目的。但某些产品通过复配也可解决上述问题,如多加填料、筛选树脂等。

以乳化剂的复配为例,众所周知,合适复配的乳化剂比单一乳化剂能制得更稳定的乳化液。乳化剂的复配方式如下。

① 采用两个HLB值相差较大的非离子乳化剂复配。HLB值小的亲油,其尾进入了油相;HLB大的亲水,其尾位于界面,这样错位增大了碳氢部分的有效体积,从使之更加稳定。

② 采用阴离子和非离子乳化剂复配。在界面膜中,非离子的多缩乙二醇链屏蔽了阴离子头的电荷而缩小了亲水部分的有效截面积,也使乳化剂更稳定。

③ 采用共表面活性剂。共表面活性剂大多为长链烷醇,它以增溶的形式夹杂在乳化剂中,从而增大了碳氢部分的有效体积而使之更接近于临界值,从而更稳定。

复配的乳化剂应对表面活性有协同增效作用。表面活性的增效将有利于乳化过程快速地向稳定。

含有不相混容亲油部分的两个表面活性剂是不能复配的,例如含有碳氢的与含有氟碳的。同为碳氢,因受分子几何形状限制而不能堆砌的,也不能复配。例如,常规表面活性剂与Bola(流星锤)形表面活性剂(烷基链两端接亲水基)也不能复配。

有些表面活性剂商品实际上是已复配的。例如,多缩乙二醇醚的非离子表面活性剂,它是不同多缩乙二醇组成比的混合物,标出的EO量是其平均值。

在乳化体系中有许多因素会影响表面活性剂复配性能,从而影响协同增效作用。例如,有同表面活性剂作用的物质,电解质等。

在化妆品生产中,除注意乳化剂的复配外,还应注意加料的顺序,是首先生成W/O,还是首先生成O/W是不一样的。

据报道国际市场上每年新增的纺织助剂中80%的新品种采用复配增效技术制成,目前这种新技术大致分为两种方式,一种是外复配方式,另一种是内复配方式。第一种是用两种以上具有不同性能的助剂按照一定的原则进行复配的产物;第二种则是在助剂结构上引入另一种助剂的功能基团,使新助剂具有新的功能。目前,国内外开发新纺织助剂主要采用外复配方式。

1.4.3 分离、回收过程

经反应得到的物料,多数情况下不是单纯的产物,而是含有部分原料、催化剂残渣、反应介质(水或有机溶剂)等的混合物。因此必须将产物与反应物、反应介质等进行分离。分离方法与反应所得到物料形态有关。

以聚合物为例,反应产物中的单体一般应进行回收,使聚合物中游离单体的含量降低到

一定的程度，否则不但会使生产成本上升，也会影响聚合物的性能。有些单体是有毒物质，聚合物中残存量应当极低，即便不会影响聚合物的使用性能，也会在使用过程中缓慢挥发，从而危害消费者的健康和大气环境。因此，从产物中分离、回收未反应的单体还具有消除环境污染的意义。

不同的生产过程，分离过程是不同的。悬浮聚合得到的产物为固体珠状树脂在水中的分散体系，用离心机过滤即可使水与固体珠状聚合物进行分离。得到的聚合物用净水洗涤，可脱除附着的分散剂等杂质。洗涤可在离心机中进行，也可将聚合物移入洗涤槽中用新鲜水充分洗涤。

乳液聚合方法得到的反应物料是呈胶体分散状态的固-液乳液体系，固体颗粒的粒径在 $0.01\sim 0.1\mu\text{m}$ 之间，静置后固体粒子由于布朗运动而不会沉降析出。用作涂料或黏合剂时，可用闪蒸或浓缩的方法脱除未反应单体。适当地脱除一些未反应的单体不但可以调整其浓度，还可以减少产品中单体的不适气味。而采用乳液聚合的方法生产橡胶或固体树脂时，则必须进行产物的分离。对于合成树脂，工业上可采用喷雾干燥的方法，使水分蒸发而得到干燥的粉状树脂。对于合成橡胶胶乳，通常先将未反应的单体进行回收，然后再进行分离。合成橡胶胶乳如丁苯胶乳、丁腈胶乳都是共聚物，回收的方法是首先进行闪蒸，使丁二烯单体气化进行回收。回收的丁二烯再经压缩液化，除去惰性气体后循环使用。未反应的单体苯乙烯（沸点 145.2°C ）在减压蒸馏塔内用水蒸气蒸馏法除去。与水蒸气共沸出来的苯乙烯可能带有乳液泡沫，因此通过气液分离器冷凝后使苯乙烯与水分离循环使用。然后进行凝聚，使合成橡胶呈胶粒状析出。其方法是在混合均匀的乳液中先加电解质 NaCl 水溶液，破坏乳化状态（破乳），再用酸性溶液使乳化剂如松香皂中的松香酸析出。从而使固体颗粒凝聚为胶粒。然后经分离、洗涤、过滤脱除水分，得到潮湿的胶粒。

1.4.4 后处理过程

经分离过程得到的精细化学品中通常含有少量水分或有机溶剂，经常需经干燥处理以获得一定含水量的产品。合成树脂的后处理过程大致经过的步骤如图 1-1 所示。

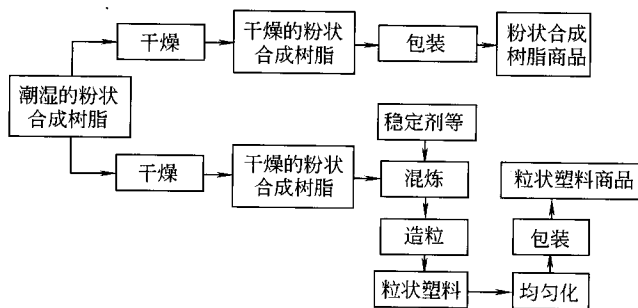


图 1-1 树脂生产后处理工艺过程

对于合成树脂，通过图 1-1 可以看出其后处理过程。工业上采用的干燥方法主要有气流干燥和沸腾干燥。潮湿的合成树脂用螺旋输送机送入气流干燥管的底部，被热气流夹带在干燥管内上升。干燥好的物料被吹入旋风分离器，粉料沉降于旋风分离器底部，气体夹带不能沉降的物料自旋风分离器进入袋式过滤器，以捕集气流中带出的粉料。

当合成树脂含水时，通常用加热的空气作为载热体进行气流干燥。经干燥后的树脂含水量约在 0.1% 左右。当合成树脂含有有机溶剂时，或粉状树脂对空气的热氧化作用灵敏时，则用加热的氮气作为载热体进行气流干燥。否则，可能产生易爆混合物。用氮气作为载体