

高职高专“十二五”规划教材

精细化工生产技术

JINGXI HUAGONG SHENGCHAN JISHU

揭芳芳 曹子英 主 编
狄 宁 副主编



化学工业出版社

高职高专“十二五”规划教材

精细化工生产技术

揭芳芳 曹子英 主 编
狄 宁 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书根据高职高专教育的特点和要求,通过广泛调研,选取了典型的精细化学品。全书包括绪论和八个项目,在绪论中主要介绍了精细化工产品的定义、分类和单元反应原理;八个项目分别介绍了典型表面活性剂、洗涤剂、化妆品、涂料、胶黏剂、食品添加剂、农药及绿色精细化工生产技术,每个项目重点介绍了精细化工产品的基本原理、主要设备和生产技术。

本书内容丰富,涉及面广,可作为高职高专院校化工类专业教材和企业培训教材,同时,还可作为从事精细化工生产及管理人士的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

精细化工生产技术/揭芳芳,曹子英主编. —北京:
化学工业出版社, 2015. 2
高职高专“十二五”规划教材
ISBN 978-7-122-09224-3

I. ①精… II. ①揭…②曹… III. ①精细加工-化工产品-生产技术-高等职业教育-教材 IV. ①TQ072

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 298105 号

责任编辑:张双进 窦 臻
责任校对:陶燕华

文字编辑:孙凤英
装帧设计:王晓宇

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21 字数521千字 2015年3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: 45.00 元

版权所有 违者必究

前 言

“精细化工生产技术”是高职应用化工技术专业的一门重要的职业核心课程，本书主要包括常见的精细化工产品如工业表面活性剂、食品添加剂、胶黏剂等产品的主要生产方法、加工技术及生产过程，为解决生产实际问题打下基础。本书为培养学生掌握精细化工专业知识，培养创新思维和综合能力，培养学生良好的学习习惯、严谨的治学态度、实事求是的科学作风和分析解决问题的能力，提高高职学生的科学素质以适应当代科技、经济、社会发展和国际竞争的需要而编写。

本书内容的深度、广度适中，既符合岗位工作需要，又符合认知规律。为适应职业技术教育应用性、岗位性及专业性的特点，本书所编写内容体现了必须、实用的特点，突出强调应用技能和分析能力的培养，通过任务提出、相关知识讲解、任务实施及任务评价等环节，培养和开发了学生解决问题的思路、方法及能力。同时，本书在文字上通俗易懂，也能够满足非化工专业技术人员的特点和需要。

本书由重庆化工职业学院揭芳芳及重庆工贸职业学院曹子英担任主编，各位作者分工如下：绪论、项目二洗涤剂的生产技术由揭芳芳编写，项目一典型表面活性剂的生产技术由廖明佳编写，项目三化妆品的生产技术由潘柯编写，项目六食品添加剂的生产技术由贺小兰编写，项目七农药的生产技术由狄宁编写，项目四涂料的生产技术、项目五胶黏剂的生产技术及项目八绿色精细化工生产技术由曹子英编写。

在本书编写过程中，得到重庆化工职业学院领导的关心和相关教研室老师、企业专家的大力支持，为教材的编写提供了有益的建议，在此一并表示衷心地感谢。

由于编者水平有限，不妥之处在所难免，敬请使用本书的广大读者批评指正。

编者

2015年1月

目 录

绪论	1	【任务实施】	50
任务一 认识精细化学品	1	【任务评价】	50
【任务提出】	1	任务三 非离子表面活性剂的生产	51
【相关知识】	1	【任务提出】	51
一、精细化学品的作用及分类	2	【相关知识】	51
二、精细化学品的产品特性	4	一、乙氧基化反应与聚氧乙烯类非离子表 面活性剂	51
三、精细化学工业的现状与发展趋势	5	二、多元醇酯类非离子表面活性剂	57
【任务实施】	7	【任务实施】	60
【任务评价】	7	【任务评价】	60
任务二 认识精细有机合成单元反应	7	任务四 阳离子表面活性剂的生产	60
【任务提出】	7	【任务提出】	60
【相关知识】	8	【相关知识】	61
一、磺化和硫酸化	8	一、脂肪胺盐型阳离子表面活性剂	61
二、硝化反应	12	二、季铵盐类阳离子表面活性剂	62
三、卤化反应	13	【任务实施】	64
四、还原反应	16	【任务评价】	64
五、氧化反应	20	任务五 认识其他表面活性剂	64
六、酰化反应	24	【任务提出】	64
七、羟基化反应	27	【相关知识】	64
八、氨基化	30	一、认识两性离子表面活性剂	64
【任务实施】	33	二、认识特殊类型表面活性剂	66
【任务评价】	34	【任务实施】	69
项目一 典型表面活性剂的生产技术	35	【任务评价】	69
项目概述	35	项目二 洗涤剂的生产技术	70
任务一 认识表面活性剂	36	项目概述	70
【任务提出】	36	任务一 认识洗涤剂	72
【相关知识】	36	【任务提出】	72
一、表面活性剂的特点	36	【相关知识】	73
二、表面活性剂的分类	37	一、洗涤原理	73
三、表面活性剂的基本性质及应用	37	二、洗涤剂的配方构成	74
【任务实施】	41	【任务实施】	80
【任务评价】	41	【任务评价】	81
任务二 阴离子表面活性剂的生产	42	任务二 粉状洗涤剂的配方设计与生产	81
【任务提出】	42	【任务提出】	81
【相关知识】	42	【相关知识】	81
一、阴离子表面活性剂的分类	42	一、粉状洗涤剂的配方设计	81
二、磺酸盐阴离子表面活性剂	43	二、粉状洗涤剂的生产	84
三、硫酸盐阴离子表面活性剂	49		

【任务实施】	95	【任务评价】	145
【任务评价】	95	项目四 涂料的生产技术	146
任务三 液体洗涤剂的配方设计与生产	96	项目概述	146
【任务提出】	96	任务一 认识涂料	147
【相关知识】	96	【任务提出】	147
一、液体洗涤剂的配方设计	96	【相关知识】	147
二、液体洗涤剂的生产	106	一、涂料产品的概况	147
【任务实施】	111	二、涂料组成、分类及命名	148
【任务评价】	111	三、涂料的固化机理	153
项目三 化妆品的生产技术	112	四、涂料的施工	154
项目概述	112	【任务实施】	155
任务一 认识化妆品	112	【任务评价】	156
【任务提出】	112	任务二 涂料生产设备	156
【相关知识】	113	【任务提出】	156
一、化妆品的定义及分类	113	【相关知识】	156
二、化妆品的开发程序及行业现状	115	一、预分散设备	156
三、化妆品原料及助剂的选择	116	二、研磨分散设备	157
四、化妆品的质量特性	118	三、调漆设备	160
【任务实施】	119	四、过滤设备	160
【任务评价】	119	【任务实施】	161
任务二 乳剂类化妆品的生产	119	【任务评价】	161
【任务提出】	119	任务三 涂料产品的质量标准及检测	
【相关知识】	119	仪器	161
一、典型的乳剂类化妆产品	119	【任务提出】	161
二、典型的乳剂类化妆品的配方	120	【相关知识】	162
三、乳剂类化妆品的生产技术	121	一、涂料产品性能的检测	162
【任务实施】	132	二、涂料施工性能的检测	163
【任务评价】	132	三、涂膜性能的检测	164
任务三 水剂化妆品的生产	133	四、典型涂料的质量标准示例	165
【任务提出】	133	五、常用涂料检测仪器	166
【相关知识】	133	【任务实施】	168
一、典型的水剂类化妆产品	133	【任务评价】	168
二、典型水剂类化妆品的配方	134	任务四 溶剂型涂料的生产	169
三、典型水剂类化妆品的生产	136	【任务提出】	169
【任务实施】	138	【相关知识】	169
【任务评价】	138	一、典型涂料成膜物树脂	169
任务四 粉类化妆品的生产	138	二、溶剂型涂料的配方及生产工艺	174
【任务提出】	138	【任务实施】	181
【相关知识】	139	【任务评价】	181
一、典型的粉类化妆产品	139	任务五 水性涂料的生产	181
二、典型的粉类化妆品的配方	139	【任务提出】	181
三、粉类化妆瓶的生产工艺	141	【相关知识】	182
四、粉类化妆品质量控制	144	一、乳液聚合原理	182
【任务实施】	145	二、典型水性涂料的配方	183

三、水性涂料的生产工艺	185	【任务评价】	217
【任务实施】	186	任务二 防腐剂的生产技术	217
【任务评价】	186	【任务提出】	217
任务六 粉末涂料的生产	186	【相关知识】	217
【任务提出】	186	一、山梨酸及其盐	218
【相关知识】	187	二、对羟基苯甲酸酯类	221
一、典型粉末涂料产品及配方	187	【任务实施】	222
二、典型粉末涂料的生产工艺	188	【任务评价】	222
【任务实施】	190	任务三 抗氧化剂的生产技术	222
【任务评价】	190	【任务提出】	222
项目五 胶黏剂的生产技术	191	【相关知识】	223
项目概述	191	一、维生素 E	223
任务一 认识黏合剂	192	二、丁基羟基茴香醚 (BHA)	225
【任务提出】	192	三、茶多酚	226
【相关知识】	192	【任务实施】	228
一、胶黏剂产品概况	192	【任务评价】	228
二、胶黏剂的组成	193	任务四 乳化剂的生产	228
三、胶黏剂的胶接原理	194	【任务提出】	228
【任务实施】	196	【相关知识】	228
【任务评价】	197	一、甘油单脂肪酸酯	229
任务二 合成树脂胶黏剂的生产	197	二、蔗糖脂肪酸酯	230
【任务提出】	197	三、山梨醇酐脂肪酸酯	232
【相关知识】	197	【任务实施】	234
一、典型合成树脂与胶黏剂配方	197	【任务评价】	234
二、热固性树脂胶黏剂的生产	203	任务五 调味剂的认识	234
三、热塑性树脂胶黏剂的生产	205	【任务提出】	234
【任务实施】	207	【相关知识】	235
【任务评价】	208	一、酸味剂	235
任务三 橡胶胶黏剂的生产	208	二、甜味剂	238
【任务提出】	208	三、增味剂	241
【相关知识】	208	【任务实施】	243
一、典型橡胶胶黏剂产品	208	【任务评价】	243
二、典型橡胶胶黏剂的配方	209	项目七 农药的生产技术	244
三、典型橡胶胶黏剂的生产工艺	210	项目概述	244
【任务实施】	211	任务一 认识农药	245
【任务评价】	211	【任务提出】	245
项目六 食品添加剂的生产技术	212	【相关知识】	245
项目概述	212	一、农药的概念和分类	245
任务一 认识食品添加剂	213	二、农药剂型	247
【任务提出】	213	【任务实施】	251
【相关知识】	214	【任务评价】	251
一、食品添加剂的定义及分类	214	任务二 认识杀虫剂	251
二、食品添加剂的使用标准	215	【任务提出】	251
【任务实施】	217	【相关知识】	251

一、杀虫剂概述	251	三、草甘膦的生产	308
二、有机磷杀虫剂	253	【任务实施】	309
三、氨基甲酸酯类杀虫剂	267	【任务评价】	310
四、拟除虫菊酯类杀虫剂	273	项目八 绿色精细化工生产技术	311
【任务实施】	278	项目概述	311
【任务评价】	278	任务一 认识绿色精细化工	312
任务三 认识除草剂	278	【任务提出】	312
【任务提出】	278	【相关知识】	313
【相关知识】	278	一、绿色化工技术的定义	313
一、除草剂概述	278	二、绿色化工技术的内容	313
二、羧酸类除草剂	279	三、绿色化工技术的特点	314
三、酰胺及(硫代)氨基甲酸酯类	285	四、精细化工清洁生产工艺技术发展	
四、脲类及磺酰脲类	287	动向	314
五、醚类	291	【任务实施】	315
六、二硝基苯胺类、均三嗪类及杂		【任务评价】	315
环类	294	任务二 绿色精细化工生产技术	316
七、有机磷及其他类	302	【任务提出】	316
【任务实施】	305	【相关知识】	317
【任务评价】	305	一、十二烷基硫酸钠的绿色清洁化生产	317
任务四 典型杀虫剂和除草剂的生产	305	二、聚氨酯的绿色清洁化生产	317
【任务提出】	305	三、涂料绿色化生产技术	320
【相关知识】	306	【任务实施】	324
一、乐果	306	【任务评价】	324
二、西维因	307	参考文献	325

绪 论

教学目标

知识目标：

1. 熟悉精细化学品的定义、特点和分类；
2. 熟悉常见精细单元反应的特点；
3. 了解精细化工的范畴和发展趋势；
4. 了解精细单元反应的类型和工艺。

能力目标：

1. 能利用图书馆资料和互联网查阅专业文献资料；
2. 能进行典型的精细单元反应试验操作；
3. 能识别精细单元反应过程的危险因素。

情感目标：

1. 通过创设问题、情境，激发学生的好奇心和求知欲；
2. 通过对精细化工领域的学习和了解，增进学生对精细化学品工业的认识，并通过单元反应的学习，提高学生的基本理论知识，增强学生的自信心，为后续学习奠定基础；
3. 养成良好的职业素养。

任务一 认识精细化学品

【任务提出】



“如果说爱是一种化学作用，那么我们相信化学定能让世界变得更美好。化学作用让创可贴不再怕水，让舒适的房间不再为电费单烦恼，就连汽车和城市都能和睦相处。”这是德国巴斯夫公司在企业宣传片中的一段话，向我们揭示了精细化学品工业在我们生活中的作用。那么，什么是精细化学工业？精细化学品包括哪些呢？

【相关知识】

精细化学工业是生产精细化学品工业的通称，简称“精细化工”。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。因此精细化工是中国的支柱产业之一。

精细化学品的含义，国外迄今仍在讨论中。精细化学品这个名词，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、涂料等。但是，这个含义还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）；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。

一、精细化学品的作用及分类

1. 精细化学品的作用

精细化工与基础化工（基本有机化工、无机化工）不同，后者多生产基础化工原料，而前者生产的产品，多为各工业部门广泛需要的辅助材料或人民生活的直接消费品。精细化工产品包括成品和大量的中间产品。作为成品，精细化学品能够满足现代生产和人类生活日益高涨的需求；而更多数是作为辅助原料或材料出现在生产和生活两大类资料之中，参与其生产过程和应用过程。

精细化工与基础化工不同，其无论生产规模、生产技术难度和产品盈利能力及营销模式均不同于基础化工，两者的比较如表 0-1 所示。

表 0-1 精细化工与基础化工的区别

比较内容	基础化工	精细化工
对资源的要求	很高	较低
内在核心竞争力	资源条件和区位	技术水平
外在核心竞争力	低成本	产品质量、性能差异化
生产规模	大	小
利润水平	略高于社会平均利润率	高于社会平均利润率
行业发展速度	略高于 GDP	高于 GDP

从以上比较不难看出，精细化工对资源的要求较低，技术创新是取得竞争优势和产业不断发展的关键因素，精细化学品本身的总产量与基础化工产品相比是不大的，但它却以其特定的功能和专用的性质赋予了主产品优质高产的作用，成为生产中不可缺少的一个组成部分，其作用如下。

(1) 赋予各种材料以特殊的性能和功能 精细化学品可以优化一些普通材料的性能，例如建筑材料、飞机、汽车、船舰及机电材料等，它还赋予在特殊环境下使用的结构材料以特殊的性能，如海洋构筑物、原子反应堆、高温高压环境、宇宙火箭和特殊的化工装置等。这些特殊性能包括很多方面，如机械加工方面的硬度、耐磨性、尺寸稳定性；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、强磁和弱磁性、电子放射性；光学器具方面的荧光性、透光性、偏光性、导光性、集光性；化学上的催化性、表面活性、耐蚀性、物质沉降性；生物化学上的同化性、渗透性、转化性等。由于精细化学品的辅助作用，可以极大地丰富上述产品的种类，提高它们的价值。

(2) 促进农林牧副渔各行业的优质高产 农业方面的土壤改良、选种育秧、病虫害防治；林业方面的保水育苗、防火防虫；牧业方面的固根防沙、牧草催生；渔业方面的改善水质、防病治病、提高成活率等也都要借助精细化学品的作用来完成。

(3) 提高人类的生活质量 精细化学品可以极大地丰富人类的生活，在衣、食、住、行、用等诸方面提供丰富多彩的产品；保障和增进人类的健康。延长人类生命；保护环境、减少和消除污染等。

(4) 促进科学技术的不断进步 物质生产是科学技术进步的结果，而一些新的物质诞生后，又反作用于科学技术，促进其进一步发展。精细化工促进了如电子化学品、磁性材料、

功能树脂、信息材料等许多新物质的合成和制备，而这些新物质又反过来在一些新的领域中推动科学技术进一步发展。

(5) 提高经济效益 精细化学品的高经济效益，特别是社会效益对国民经济有着重大的影响，甚至已经影响到一些国家的技术经济政策。因此，越来越多的国家都把精细化工视为“生财”和“聚财”之道，正不断地提高化工生产中的精细化率，以促进国民经济的高速发展。

2. 精细化学品的分类

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技术产业的各个领域。精细化工产品的范围十分广泛，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。按照大类属性分为精细无机化工产品、精细有机化工产品、精细高分子化工产品和精细生物化工产品四类，这种分类方法显得粗糙。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，可分为以下种类：农药、染料、涂料（包括油漆和油墨）、颜料、试剂和高纯物质、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）、食品和饲料添加剂、胶黏剂、催化剂和各种助剂、（化工系统生产的）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）。

其中催化剂和各种助剂又包括下列品种。

(1) 催化剂 炼油用催化剂、石油化工用催化剂、化学工业用催化剂，环保用（如尾气处理用）催化剂及其他用途的催化剂。

(2) 印染助剂 净洗剂、分散剂、匀染剂、固色剂、柔软剂、抗静电剂、各种涂料印花助剂、荧光增白剂、渗透剂、助溶剂、消泡剂、纤维用阻燃剂、防水剂等。

(3) 塑料助剂 增塑剂、稳定剂、润滑剂、紫外线吸收剂、发泡剂、偶联剂、塑料用阻燃剂等。

(4) 橡胶助剂 硫化剂、硫促进剂、防老剂、塑解剂、再生活化剂等。

(5) 水处理剂 絮凝剂、缓蚀剂、阻垢分散剂、杀菌灭藻剂等。

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

(7) 有机抽提剂 吡啶烷酮系列、脂肪烃系列、乙腈系列、糖醛系列等。

(8) 高分子聚合添加剂 引发剂、阻聚剂、终止剂、调节剂、活化剂。

(9) 表面活性剂 除家用洗涤剂以外的阳离子型、阴离子型、非离子型和两性型表面活性剂。

(10) 皮革助剂 合成鞣剂、加酯剂、涂饰剂、光亮剂、软皮油等。

(11) 农药用助剂 乳化剂、增效剂、稳定剂等。

(12) 油田用化学品 泥浆用化学品、水处理用化学品、油田用破乳剂、降凝剂等。

(13) 混凝土添加剂 减水剂、防水剂、速凝剂、缓凝剂、引气剂、泡沫剂等。

(14) 机械、冶金用助剂 防锈剂、清洗剂、电镀用助剂、焊接用助剂、渗碳剂、渗氮剂、汽车等车辆防冻剂。

(15) 油品添加剂 分散清净添加剂、抗磨添加剂、抗氧化添加剂、抗腐蚀添加剂、抗静电添加剂、黏度调节添加剂、降凝剂、抗爆震添加剂、液压传动添加剂、变压器油添加

剂等。

(16) 炭黑 高耐磨、半补强、色素等各种功能炭黑。

(17) 吸附剂 稀土分子筛系列、氧化铝系列、天然沸石系列、活性白土系列。

(18) 电子工业专用化学品（不包括光刻胶、掺杂物、MOS 试剂等高纯物和特种气体）
显像管用碳酸钾、氟化物、助焊剂、石墨乳等。

(19) 纸张用添加剂 施胶剂、增强剂、助留剂、防水剂、添布剂等。

(20) 其他 其他助剂。

以上是原化工部辖下企业的精细化工产品门类，除此之外，轻工、医药等系统还生产一些其他精细化学品，如医药、民用洗涤剂、化妆品、单提和调和香料、精细陶瓷、生命科学用材料、炸药和军用化学品，范围更广的电子工业用化学品和功能高分子材料等。今后随着科学技术的发展，还将会形成一些新兴的精细化学品门类。

二、精细化学品的产品特性

批量小、品种多、特定功能和专用性质构成了精细化学品的量与质的两个基本特性。精细化学品的生产过程，不同于一般的化学品，主要由化学合成、剂型（制剂）、商品化（标准化）三部分组成。在每一个生产过程中又派生出各种化学的、物理的、生理的、技术的、经济的要求和考虑，这就导致精细化工必然是高技术密集度的产业。精细化学品的品种繁多，有无机化合物、有机化合物、聚合物以及它们的复合物，所具有的共同特点是：

① 品种多、更新快，需要不断进行产品的技术开发和应用开发，所以研究开发费用很大（如医药的研究经费常占药品销售额的 8%~10%），就导致技术垄断性强、销售利润率高。

② 产品质量稳定，对原产品要求纯度高，复配以后不仅要保证物化指标，而且更注意使用性能，经常需要配备多种检测手段进行各种使用试验。这些试验的周期长，装备复杂，不少试验项目涉及人体安全和环境影响。因此，对精细化工产品管理的法规、标准较多，对于不符合规定的产品，往往国家限令其改进，以达到规定指标或禁止生产。

③ 精细化工生产过程与一般化工生产不同，它的生产全过程不仅包括化学合成（或从天然物质中分离、提取），而且还包括剂型加工和商品化。其中化学合成过程，多从基本化工原料出发，制成中间体，再制成医药、染料、农药、有机颜料、表面活性剂、香料等各种精细化学品。剂型加工和商品化过程对于各种产品来说是配方和制成商品的工艺，它们的加工技术均属于大体类似的单元操作。

④ 大多以间歇方式小批量生产。虽然生产流程较长，但规模小，单元设备投资费用低，需要精密的工程技术。

⑤ 产品的商品性强，用户竞争激烈，研究和生产单位要具有全面的应用技术，为用户提供技术服务。

⑥ 大量采用复配技术。精细化学品由于其应用对象的特殊性，很难采用单一化合物来满足要求，常采用复配技术，即把不同种类的某些成分，采用特定的工艺手段进行配比，以满足某种特性的需要，于是配方的研究则成为决定性的因素。如表面活性剂，国外研究工作的重点，不是开发新品种，而是进行已有品种的配方更新、改进使用性能、扩大应用范围，积极研究多功能配方，配制有综合性能的产品，不断扩大应用领域，利用计算机程序选择最佳价格和综合性能的配方。例如，涂料的配方中，除了以黏结剂为主以外，还需要配以颜料、填料和其他助剂，如增塑剂、固化剂、抗静电剂、阻燃剂等。采用复配技术的产品，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，掌握复配技术是使精细化工产品具备市场竞争力的一个极为重要的方面。

三、精细化学工业的现状与发展趋势

由于精细化工需要投入较大的科技投资，可以获得高的收益，在工业发展中逐渐引起人们的关注。在当今发挥重要作用的化工工业中，精细化工的发展与我国的各行各业均有紧密联系。同时精细化工的生产水平不仅是衡量一个国家化学工业发展水平的重要标志，同时也是代表一个国家工业水平的重要指标。因此，长期以来美国、西欧和日本占据世界精细化工生产和消费的近 70%。近年来，随着新兴市场国家经济的崛起和全球产业分工的调整，美国、西欧和日本的精细化学品市场份额有所下降，但仍达到 65%，精细化工竞争也越来越激烈。

1. 精细化工产业发展的现状

随着世界能源问题的不断加剧，世界范围内对于精细化工都有了新的认识，人们更加注重精细化工的发展。各个国家均在尝试借助精细化工生产出更多的能源替代品，已获得世界范围内的领先优势。在发达国家中，精细化工在化工行业所占的比例越来越大，所投入的人力和财力也不断地增加，发达国家的精细化工所呈现的特点如下：

① 严格控制所研究的成果，封锁精细化工的科技信息的传播，达到垄断精细化工的目的。

② 在发达国家内部，人们更加关注所使用科技的副作用，防止顾此失彼，导致环境进一步恶化。

近期，我国不断加强与世界发达国家的经济交流和合作，并将精细化工视为未来影响我国工业发展水平的重要行业。在我国进行不断投资、生产和研发的过程中，精细化工产品在我国获得了飞速的发展。自从“七五”计划发展以来，精细化工在我国的化工行业获得起步。当时，我国就开展了 100 多项例如赖氨酸、壬基酚等精细化工发展项目，这些项目有些至今仍保持着蓬勃的发展势头，为我国的精细化工打下了坚实的基础。然而，随着我国科技水平的不断提高，精细化工的种类也不断的获得发展。目前，我国已形成规模的精细化工领域包括：

- (1) 化工辅料类 诸如食品添加剂、工业表面活性剂和各种催化剂等。
- (2) 生活用品类 诸如洗发水、肥皂和生活用纸等。
- (3) 农业产品类 诸如饲料添加剂、纤维素和农药剂等。

这些领域是我国发展的基础行业，在很大程度上推动了我国工业的发展。在精细化工不断发挥重要作用的今天，必须客观地分析精细化工的薄弱环节。总体来讲，我国精细化工尚未出现在国际上有明显优势的行业，尤其在具体的科技含量方面还需要进一步的加大投入。

2. 精细化工产业的发展趋向

精细化学品在发展过程中，不能像普通的化工产业一样，它具有较为详细的生产分类，主要包括化学合成、制剂、商品化三个部分。并且，这三部分又相应的派生出各种部分，这就要求精细化工行业必须综合考虑化学、物理、生理、经济等综合因素。可以看出，精细化工在未来必然会涉及更多的技术领域。精细化工需求仍将继续扩大，精细化工的发展速度一方面取决于经济总量的发展，另一方面，由于经济结构的调整和提升也是促进精细化工发展的重要原因。目前，美国、西欧和日本的精细化学品市场仍将保持增长，并将继续引领全球精细化学品的发展方向。近年来，随着全球基础化学品制造业布局调整的不断深入，精细化学品也出现了调整，特别是在 2008 年爆发金融危机之后，鉴于市场需求大幅度减少，调整步伐有所加快。一些欧美精细化学品制造商在停掉

本土生产装置的同时，加大了在新兴经济体国家的投资，以更加靠近原料产地和产品消费地。预计随着欧美及日本以外国家和地区对精细化学品需求的不断增加，这种调整将会进一步深入。精细化学品的最大特点是生命周期短，需要根据相关应用领域的技术进步不断提升产品的性能。而且随着一些新的安全环保法规的实施，如 REACH 法、RoHS/WEEK Directives 和 POPs 等公约的实施，一些产品将被限制或停止使用，如电子信息产品中不允许使用含金属铅的化学品，儿童塑料玩具中不允许使用邻苯二甲酸酯类增塑剂，禁止含溴阻燃剂使用等，因此需要开发新的替代产品。

(1) 新型精细化学品逐渐取代传统精细化学品 传统精细化学品包括肥皂、燃料、油漆等，这些都是与百姓生活密切相关的产品。随着经济和科技的发展，精细化工在未来的发展之中，一定会有更多更先进、科技含量更高的产品，例如环保型的新型农药及生物农药；汽车、建筑、轻纺工业用的特种胶黏剂；织染用的各种环保燃料等。新型精细化学品会逐渐研制生产出传统精细化学品的替代品，使精细化学品朝着低能耗、高品质、低毒性、高效益的方向发展。在以往和现今使用的一些精细化工产品中，由于技术原因和科技发展水平的制约，使得一些精细化工产品具有一定的毒性，例如人们最常使用的塑料包装袋，虽然这些产品的毒性是在人体的承受范围之内，不足以危害人的生命安全，但终究是存在一定不安全因素。而随着精细化工技术的发展，精细化工制品在安全性、便捷性和环保性上肯定有更大的进步。

(2) 加强当代高科技新领域的精细化工开发 各类新材料、新能源、电子信息技术、生物技术、海洋开发技术等领域都是现代精细化工所要研究和开发的高科技新领域，这些领域的开发使精细化工的发展具有更多的可能性和实践性。功能高分子材料、复合材料等这样的新材料，在制作感光产品、电线、涂料、胶粘剂等方面具有很大的用途。而随着人类对海洋探秘的深入，这一占地球接近 2/3 比例的巨大能源库，也将会为精细化工的发展提供更多的新型能源和原材料。生物技术作为 21 世纪的革新意义的技术，其研究的领域正是人们生产生活的相关内容，不论是发酶技术还是细胞融合技术或者是基因重组技术，都对精细化工的发展具有深远影响。反过来讲，精细化工也是使生物技术产业化的途径。因此，精细化工的发展必然朝着高科技新领域的开发方向前进。

(3) 重视精细化工生产技术的开发应用 在未来的发展中，精细化工的生产技术的投入会与研发技术的投入相当，甚至占有更大的比重。生产技术的投入是使技术研究和设想变成可能的渠道，是精细化工产品能否产出的关键，所以生产技术的开发应用具有不可忽视的作用。在未来精细化工的发展中，会抛弃以往只重研发不重生产的片面观点，而是研发技术与生产技术“两手抓，两手都要硬”，这样的发展思路和方向会使精细化工的发展更具有实效性和可操作性。重视精细化工生产技术的开发应用，是精细化工发展的主要动向之一。

(4) 掌握复配技术，不断开发新品种 精细化工产品具有用量小、品种多的特点，而对于精细化工品的要求也是随着社会的发展和人民生活水平的提高而不断变化，许多产品由于工艺复杂，材料特殊等特点，单凭一种或几种生产技术很难生产或者说成本太高，所以在精细化工的发展中，掌握复配技术显示其发展的客观必然性和趋势。现今像农药复配技术、香精复配技术等都已在实际应用之中，随着科技的进步，复配技术会大量应用在精细化工领域，不断开发出新产品，而且在主产品生产过程中，还可能生产出相应的副产品，这样的生产技术在节省原料的同时，也会极大地提高经济效益，从而实现利益最大化。在精细化工发展中，各国家、各地区的精细化工企业都会加大复配技术的研发应用，不断研制新产品，从而实现精细化工产品的多元化。

精细化工产业涉及经济生产和人们日常生活诸多方面的内容，是国民经济发展的重要支撑，对促进经济发展和提高人民生活生活质量都具有重要的意义。在未来的发展中，以科技为依托的精细化工产业，一定会研发出更多的新技术，生产出更多的新产品，走多元化发展道路，从而为经济发展和人类社会的进步做出更大的贡献。

【任务实施】

1. 简述精细化工的概念及产品的类型。
 2. 阐述精细化工产品的生产特点和商业特性。
 3. 查阅文献资料，说明现阶段精细化工的发展方向。
 4. 查阅文献资料，解释什么是复配技术？复配技术在精细化工中的应用。
- 注：注明参考文献及网址。

【任务评价】

1. 知识目标的完成：
 - ① 是否掌握精细化学品的范畴、定义和分类；
 - ② 是否了解精细化工的特点；
 - ③ 是否了解精细化工在国民经济中的地位和发展方向。
2. 能力目标的完成：
 - ① 是否能通过调研了解当地的精细化工产品；
 - ② 是否能通过查阅文献，阐述现阶段精细化工的发展方向。

任务二 认识精细有机合成单元反应

【任务提出】

各类精细化学品，一部分可以从自然界提取，因受到原料来源局限或加工困难等因素的制约往往比较昂贵，故而相当大一部分精细化学品是由化工原料合成。由基本化工原料合成各类精细化学品也是精细有机合成的重要任务。

精细化学品种类繁多，从分子结构来看，它们大部分属于脂肪烃、芳香烃或杂环的衍生物，即在其上连上一个或多个取代基。其中最主要的取代基有： $-\text{SO}_3\text{H}$ 、 $-\text{SO}_2\text{Cl}$ 、 $-\text{SO}_2\text{NH}_2$ 、 $-\text{SO}_2\text{NAlk}$ （Alk 表示烷基）、 $-\text{SO}_2\text{NAr}$ （Ar 表示芳基）； $-\text{X}$ （X 为卤素）； $-\text{NO}_2$ 和 $-\text{NO}$ ； $-\text{NH}_2$ 、 $-\text{NAlk}$ 、 $-\text{NAr}$ 、 $-\text{NHAc}$ （Ac 表示乙酰基）、 $-\text{NHOH}$ 等； $-\text{N}_2^+\text{Cl}^-$ 、 $-\text{N}_2^+\text{HSO}_4^-$ 、 $-\text{N}=\text{NAr}$ 、 $-\text{NHNH}_2$ 等； $-\text{OH}$ 、 $-\text{OAlk}$ 、 $-\text{OAr}$ 、 $-\text{OAc}$ 等； $-\text{CH}_3$ 、 $-\text{C}_2\text{H}_5$ 、 $-\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ 等； $-\text{CHO}$ 、 $-\text{COAlk}$ 、 $-\text{COAr}$ 、 $-\text{COOH}$ 、 $-\text{COOAlk}$ 、 $-\text{COOAr}$ 、 $-\text{COCl}$ 及 $-\text{CN}$ 等。

为了在有机分子中引入或形成上述取代基，或形成新的碳环和杂环，所采用的化学反应叫做单元反应。最重要的单元反应有：磺化及硫酸化、卤化、硝化、还原、氧化、烷基化、酰基化、羟基化、氨基化、缩合与环合等。

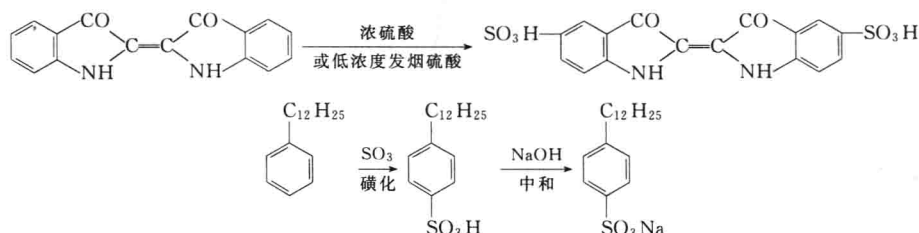


这些单元反应的基本规律有哪些？在工业上是通过哪些方法实现的？已知反应物和目的产物，怎样选择合适的单元反应？

【相关知识】

一、磺化和硫酸化

当向有机分子中引入磺基后，得到的磺酸化合物或硫酸酯化合物就具有了水溶性、酸性、乳化、湿润和发泡等特性，则可被广泛用于合成表面活性剂、水溶性染料、食用香料、离子交换树脂及某些药物。可溶性酸性染料（5,5-靛蓝二磺酸）的生产、阴离子表面活性剂十二烷基苯磺酸钠（LAS）的制备等都用了磺化反应。



这种向有机化合物中引入磺基（ $-\text{SO}_3\text{H}$ ）或它相应的盐或磺酰卤基的反应称磺化或硫酸化反应。磺化是磺基（或磺酰卤基）中的硫原子与有机分子中的碳原子相连接形成 $\text{C}-\text{S}$ 键的反应，得到的产物为磺酸化合物（ RSO_2OH 或 ArSO_2OH ）；硫酸化是硫原子与氧原子相连接形成 $\text{O}-\text{S}$ 键的反应，得到的产物为硫酸酯（ ROSO_2OH ）。

磺基或硫酸基的引入除了能使化合物水溶性、酸性、湿润和发泡等性能增强以外，引入的磺基可以进一步转化为羟基、氨基、氰基等或转化为磺酸的衍生物：如磺酰氯、磺酰胺等。有时为了合成上的需要而暂时引入磺基，在完成特定的反应以后，再将磺基脱去。此外，可通过选择性磺化来分离异构体等。以上体现的是磺化与硫酸化反应在精细有机合成中具有多种应用和重要意义。

1. 磺化剂及硫酸化剂

工业上常用的磺化剂和硫酸化剂有三氧化硫、硫酸、发烟硫酸和氯磺酸。此外，还有亚硫酸盐、二氧化硫与氯、二氧化硫与氧以及磺基化剂等。

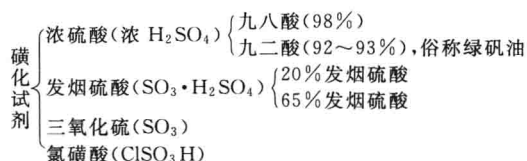
理论上讲，三氧化硫应是最有效的磺化剂，因为在反应中只含直接引入 SO_3 的过程；



使用由 SO_3 构成的化合物，初看是不经济的，首先要用某种化合物与 SO_3 作用构成磺化剂，反应后又重新产出原来的与 SO_3 结合的化合物。如下式所示：



式中， HX 表示 H_2O 、 HCl 、 H_2SO_4 、二噁烷等。然而在实际选用磺化剂时，还必须考虑产品的质量和副反应等其他因素。因此各种形式的磺化剂在特定场合仍有其有利的一面，要根据具体情况作出选择。常用磺化试剂如下：

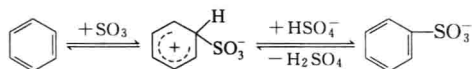


其他：氨基磺酸（ $\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$ ）、亚硫酸盐（ Na_2SO_3 ）。

2. 磺化与硫酸化反应历程

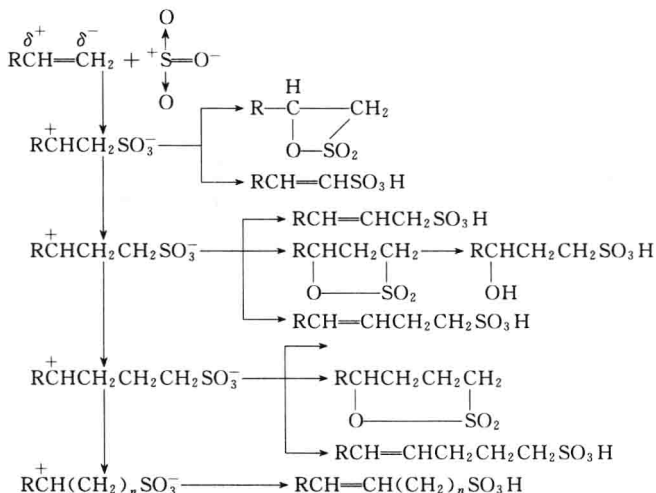
(1) 磺化反应历程

① 芳烃磺化历程。芳香化合物进行磺化反应时，分两步进行。首先，亲电质点向芳环进行亲电攻击，生成 σ 配合物，然后在碱（如 HSO_4^- ）作用下脱去质子得到芳磺酸。反应历程如下：



研究证明，用浓硫酸磺化时，脱质子较慢，第二步是整个反应速率的控制步骤。用稀酸磺化时，生成 σ 配合物较慢，第一步限制了整个反应的反应速率。

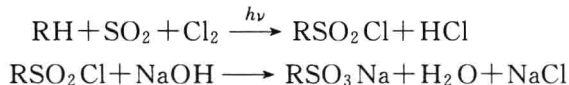
② 烯烃磺化历程。 SO_3 等亲电质点对烯烃的磺化属亲电加成反应。烯烃用 SO_3 磺化，其产物主要为末端磺化物。亲电体 SO_3 与链烯烃反应生成磺内酯和烯基磺酸等。其反应历程为：



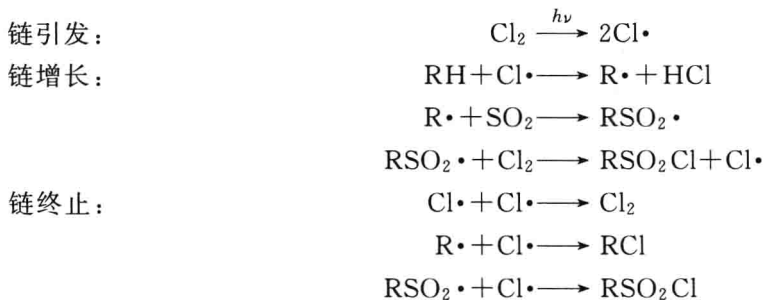
③ 烷烃磺化历程。烷烃的磺化一般较困难，除含叔碳原子者外，磺化的收率很低。工业上制备链烷烃磺酸的主要方法是氯磺化法和氧磺化法。

烷烃的氯磺化和氧磺化就是在氯或氧的作用下，二氧化硫与烷烃化合的反应，两者均为自由基的链式反应。现以链烷烃为例说明如下。

氯磺化的反应式为：



烷烃氯磺化时首先是氯分子吸收光量子，发生均裂而引发出氯自由基，而后开始链反应。



烷基自由基 $\text{R}\cdot$ 与 SO_2 的反应比它与氯的反应约快 100 倍，从而可以很容易地生成烷基