



全国高等院校化工类专业规划教材

精细化工工艺学

(第三版)

李和平 主编



科学出版社

全国高等院校化工类专业规划教材

精细化工工艺学

(第三版)

李和平 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是一本全面系统地介绍现代精细化工产品生产原理与工艺的教材。全书共 15 章,主要内容包括:绪论,表面活性剂,香料与香精,化妆品,日用洗涤剂,合成药物,胶黏剂,涂料,食品添加剂,饲料添加剂,功能高分子与智能材料,电子信息化学品,油田化学品与石油助剂,功能与合成助剂,其他精细化工产品(有机染料与颜料,气雾剂与喷雾剂,水处理化学品,皮革化学品,造纸化学品,印刷油墨,混凝土外加剂)等。全书内容丰富,编排新颖,资料翔实,理论与实用性强。

本书可作为高等学校化学工程与工艺、精细化工、应用化学、石油化工、制药工程、轻化工程、高分子材料科学与工程等专业本科生及研究生教材,也可供从事精细化工、化学工艺、石油化工、应用化学、日用化工、有机化工、高分子材料、医药与食品及相关行业的专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

精细化工工艺学 / 李和平主编. —3 版. —北京:科学出版社,2014.6
全国高等院校化工类专业规划教材
ISBN 978-7-03-040672-9

I. ①精… II. ①李… III. ①精细化工-工艺学-高等学校-教材
IV. ①TQ062

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 102040 号

责任编辑:陈雅娴 杨向萍 / 责任校对:胡小洁
责任印制:阎磊 / 封面设计:迷底书装

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京市文林印务有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

1997 年 8 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2007 年 1 月第 二 版 印张:26 1/2

2014 年 6 月第 三 版 字数:735 000

2014 年 6 月第十五次印刷

定价:59.80 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

第三版序

化学工业与石油化学工业是我国的支柱产业之一,而其中的精细化工,在 20 世纪也得到了长足的发展。精细化学品和每个人的衣食住行息息相关,对解决人类赖以生存的资源、能源与环境问题具有重要而独特的作用。精细化工是生产精细及专用化学品的工业,是现代化学工业的重要组成部分,其附加值高、技术层次高、变化迅速、竞争激烈。

精细化工与重规模、换代慢的基础化学工业的发展模式有着较大的区别,面向终端生产者和消费者,面向大众化和个性化需求,差异性、多样性和独特性并存是其重要特点,它的快速发展与其工艺技术在当代的不断革新进步有很大关系。西欧、美国和日本等国家和地区的精细化工技术进步尤其迅速,有一批体量大、技术先进、竞争力强的世界级企业。标志一个国家精细化工水平高低的重要指标是精细化率,其对于工业产业的结构调整转型、提高企业的核心竞争力,具有重要指针作用。

高性能化、低碳和绿色、生态环保是精细化工发展的新趋势。21 世纪的三大技术,即纳米技术、信息技术和生物技术,对精细化工技术的加速发展具有重要引导作用。同样,精细化工也已成为高科技领域中不可缺少的部分。

精细化工的特点与发展,对工艺技术创新和相应的人才培养提出了相应的要求。为满足其发展需求,编写出版精细化工方面的教材无疑是非常必要的。

《精细化工工艺学》(第三版)的出版是较为及时的。该教材全面系统地介绍了精细化工产品的结构功能原理、制造原理与工艺,具有一定的理论性、学术性与实用性。教材凝聚了编著者多年来从事精细化工方面教学、科研开发的实践经验,为国内高等学校化学工程与工艺、精细化工、应用化学等专业提供了一部有特色的教材,也能为精细化工企业相关技术人员开发精细化工产品和制造过程提供有益指导。

中国工程院院士
华东理工大学校长、教授



2014 年 6 月

第二版序

精细化工作为化学工业的一个重要领域,正以前所未有的速度发展着,已成为当前世界化学工业激烈竞争的焦点。发展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。人们往往把精细化率的高低看作某个国家、某个地区化学工业发展水平的重要标志之一。近代精细化工归属于高科技范畴,其产品涉及范围广、品种多、专用性强,几乎渗透到国民经济和人民生活的一切领域。因此,精细化工已成为国民经济不可缺少的工业门类。

进入 21 世纪,我国的精细化工已从导入期进入发展期,其精细化率已经超过 40%。随着世界和我国高新技术的发展,不少高新技术将与精细化工融合。精细化工为高新技术服务,高新技术又进一步改造精细化工,使精细化工产品的应用领域进一步拓宽,产品进一步实现高档化、精细化、复合化和功能化,并向高新精细化工方向发展。

虽然几十年来我国精细化工发展迅速,但一些新领域精细化工尚处于起步阶段,与国外发达国家相比差距较大,主要体现在生产技术水平低,产品技术含量低,市场开发和应用开发力度不够,高精尖产品少,中低档产品多,出口基本上是以量取胜;部分产品在生产路线、单元操作、产品后处理等方面仍停留在 20 世纪 70 年代发达国家水平;而且在许多领域,如功能材料、电子化学品、信息记录材料、智能材料等方面尚处于研发阶段,有些种类的产品还属空白。我国精细化工发展过程中,应用开发、技术服务极为薄弱,严重制约其发展。

精细化工以高新产品为其最终服务对象,决定了精细化工行业的发展应该以人才、技术创新等要素为基础。先进的技术、高质量的产品和优良的技术服务,是精细化工增强市场竞争力的关键。其中,人才培养是精细化工发展和企业成功的关键。因此,为加快高等教育的发展和精细化工技术人才的培养,编写出版精细化工方面的优秀教材势在必行。

紧跟时代的发展,《精细化工工艺学》(第二版)的出版发行无疑是非常及时的,为国内高等院校提供了一部较为全面系统介绍精细化工生产原理与工艺技术的教材。全书内容丰富、层次清晰,具有较为鲜明的特色,编排及取材着重反映了近年来精细化工的发展及高新领域。本书编著者具有丰富的理论基础和教学及科研开发的实践经验,本书将很好地满足专业教学及有关读者的需求。

中国工程院院士

大连理工大学精细化工国家重点实验室教授

杨锦宗

2006 年 11 月

第一版序

随着科学技术的发展及人们生活水平的提高,要求化学工业不断提高产品质量及应用性能,增加规格品种,以适应各方面用户的不同需求。特别是近年来精细化工与各个技术领域的交叉与渗透,形成了众多边缘学科,使得精细化工产品的应用范围越来越广,几乎涉及一切技术经济部门,越来越受到世界各国政府部门、科学家和产业界的高度关注。因此精细化工已成为当今世界各国发展化学工业的战略重点,而精细化率也在相当大程度上反映着一个国家的综合技术水平及化学工业的集约化程度。近年来中国在发展精细化工方面取得了较大的进展,其精细化率已由1990年的25%提高至1995年的32%,成为化工行业中新兴和发展迅速的领域。在第9个5年计划期间,精细化工仍将是**中国化学工业发展的战略重点之一。毋庸置疑,现代化工将以精细化工的发展及精细化率的提高作为重要标志。

与西方发达国家相比,我国的精细化工仍然比较落后。从世界化工市场分析,精细化工对化学工业和其他行业的制约日趋明显,精细化工产品在世界各国国民经济中的地位日益增强。自主研制开发多品种、高性能、新用途、高效益的精细化工产品,抢占世界化工市场制高点,将成为全球化工市场的竞争热点。市场竞争的实质是技术竞争,但归根结底是人才竞争。精细化工专业教育中至今尚无成熟完善的精细化工工艺方面的教科书或教学参考书,编著该类书籍无疑是很有意义的。

该书的特点之一是内容全面,包括了功能高分子材料、智能材料和电子信息化学品等高科技精细化工产品;特点二是对近年来发展起来的计算机辅助工艺设计、精细化工生产中的关键技术和新技术、典型精细化工产品的生产工艺等,进行了较为详细的论述。全书内容丰富、层次分明、条理清晰、文笔流畅,编排风格也颇具匠心。

该书编著者都是长期从事精细化工专业教学和科研的人员,有着丰富的教学和科研经验,扎实的理论基础,对生产工艺和市场情况熟悉。因此,该书是一部在精细化工方面很具特色的专著,可以作为大专院校的教科书或教学参考书,也可以作为在化学化工领域中工作的科技和生产人员的参考书。

大连理工大学精细化工系教授
精细化工国家重点实验室主任

楊錦宗

上海交通大学应用化学系教授

黃法音

一九九七年四月

第三版前言

精细化工是化学工业的朝阳产业,是当代高科技领域中的重要组成部分,近年来已成为我国化工行业具有较强生命力及经济效益的新增长点。为了尽快缩短与国外先进水平的差距,我国化学工业积极开拓精细化工新领域,加大了化工及相关行业对精细化工人才的需求。无论从行业发展还是整个经济发展的角度看,精细化工生产技术人才的需求量会持续不断增长。因此,要使精细化工得到稳定健康发展,关键在于高级人才的培养。本书正是为了提高当代大学生与研究生的专业技术素养及科学素质,培养创新思维,拓展精细化工专业知识,适应当代精细化工及化学工业的发展和国际竞争的需要而编写的。

本书第二版自2007年出版以来,承蒙广大读者及有关高校的厚爱,已连续印刷了15次,在国内高校及精细化工行业产生了较大的影响。近年来,国内外精细化工发展较快,一些新工艺、新技术、新产品不断涌现,第二版的一些内容已经难以满足读者的需要。为了更好地适应化工高等教育及精细化工的进展,力求与时俱进,编者对第二版进行了全面的修订。在保持第二版原有风格和定位的基础上,重新编写了多数章节(书中涉及配方中的原料用量,若未特殊注明均为质量份),并在以下方面进行了较大修改:精简与更新了部分章节内容,增加了一些新的章节内容,删去了“农用精细化工产品”一章;突出了实用性较强的精细化工产品合成原理与生产工艺,重新绘制了部分生产工艺流程图;增加或突出了日用精细化工、精细石油化工及一些发展较快的精细化工产品的生产原理与工艺。本次修订紧跟学科发展,注重理论联系实际、知识创新和技术创新,具有较强的理论性与适用性。

本书由桂林理工大学教授李和平博士担任主编,仲恺农业工程学院教授冯光柱博士、太原理工大学教授魏文珑博士、北京化工大学副教授孙建军博士、郑州轻工业学院教授尹志刚博士、桂林理工大学教授刘峥博士担任副主编。参加第三版编写的编者及分工如下:第1、4、7、11章由李和平编写;第2章由冯光柱、刘峥、丁国华(桂林理工大学)编写;第3章由尹志刚编写;第5章由刘峥编写;第6章由魏文珑、李和平编写;第8章由孙建军编写;第9章由冯光柱编写;第10章由丁国华编写;第12章由张淑华(桂林理工大学)编写;第13章由王桂霞(桂林理工大学)、李凝(广东石油化工学院)编写;第14章由李和平、袁金伟(桂林理工大学)、杨旭(桂林理工大学)、武冠亚(桂林理工大学)编写;第15章由李和平、冯光柱、魏文珑、李凝、王桂霞、刘燕刚(上海交通大学)编写。全书由李和平教授统编、修改定稿。

在本书编写过程中参阅了一些国内外学者的研究成果及相关著作,限于篇幅不能一一列举,在此谨对有关作者深表感谢。同时,对参与本书第一版、第二版编写的其他作者致谢。本书出版得到“桂林理工大学教材建设基金”的资助。

由于精细化工发展较快,涉及范围广,加之编者水平和资料收集等条件所限,书中错误和不妥之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

2014年4月

目 录

第三版序

第二版序

第一版序

第三版前言

第1章 绪论 1

1.1 精细化工的定义与范畴 1

1.1.1 精细化工的定义 1

1.1.2 精细化工的范畴 2

1.2 精细化工的特点 2

1.2.1 精细化工产品的生产特点 2

1.2.2 精细化工产品的商业特点 4

1.2.3 精细化工与高新技术的关系 5

1.2.4 我国精细化工的发展及特点预测 ... 6

1.3 精细化工的形成与投资效益评价 8

1.3.1 精细化工的形成 8

1.3.2 精细化工产品的投资效益评价 9

1.4 精细化工产品的研制与开发 10

1.4.1 基础与前期工作 10

1.4.2 精细化工产品的研究与开发 12

1.4.3 精细化工过程开发试验及步骤 15

第2章 表面活性剂 19

2.1 概述 19

2.1.1 表面活性与表面活性剂 19

2.1.2 表面活性剂的分子结构特点与
分类 19

2.1.3 表面活性剂的理化特性 20

2.1.4 表面活性剂亲油基原料来源 22

2.2 阴离子表面活性剂 23

2.2.1 羧酸盐型阴离子表面活性剂 23

2.2.2 磺酸盐类表面活性剂 24

2.2.3 硫酸酯盐类阴离子表面活性剂 29

2.2.4 磷酸酯盐型阴离子表面活性剂 30

2.3 阳离子表面活性剂 31

2.3.1 胺盐型阳离子表面活性剂 32

2.3.2 季铵盐阳离子表面活性剂 32

2.3.3 其他阳离子表面活性剂 35

2.4 两性表面活性剂 37

2.4.1 甜菜碱型两性表面活性剂 37

2.4.2 咪唑啉型两性表面活性剂 38

2.4.3 氨基酸型两性表面活性剂 38

2.4.4 氧化胺两性表面活性剂 39

2.5 非离子表面活性剂 40

2.5.1 聚环氧乙烷醚型非离子表面活性剂
..... 40

2.5.2 多元醇型非离子表面活性剂 43

2.5.3 烷醇酰胺 47

2.6 新型与特种表面活性剂 47

2.6.1 元素表面活性剂 47

2.6.2 聚合物表面活性剂 49

2.6.3 生物表面活性剂 50

2.6.4 冠醚类表面活性剂 50

2.6.5 烷基葡糖苷 51

2.6.6 烷基葡糖酰胺 52

2.6.7 松香类表面活性剂 53

2.6.8 双长链精氨酸阳离子表面活性剂 ... 53

2.6.9 双生表面活性剂 53

2.6.10 反应性表面活性剂 54

2.6.11 分解性表面活性剂 54

第3章 香料与香精 55

3.1 概述 55

3.1.1 香料与香精的定义 55

3.1.2 香与分子构造的关系 55

3.1.3 香料的分类 56

3.1.4 香料化合物的命名 57

3.1.5 香精的分类与应用 57

3.2 香精 58

3.2.1 香气的分类和强度 58

3.2.2 香精的组成和作用 59

3.2.3 香精的调配与生产工艺 60

3.3 天然香料 62

3.3.1 动物性天然香料 62

3.3.2 植物性天然香料 63

3.4 单离香料 67

3.4.1 冻析法 67

3.4.2 化学处理法 67

3.5 半合成香料 69

3.5.1 以香茅油和柠檬桉叶油合成香料	69	5.2 日用液体洗涤剂.....	107
3.5.2 以山苍子油合成香料	70	5.2.1 液体洗涤剂的通用生产工艺	107
3.5.3 以八角茴香油合成香料	70	5.2.2 液体洗涤剂的配方工艺	109
3.5.4 以丁香油或丁香罗勒油合成香料	71	5.3 日用粉状洗涤剂.....	110
3.5.5 以松节油合成香料	71	5.3.1 粉状洗涤剂的生产工艺	110
3.6 合成香料	73	5.3.2 粉状洗涤剂的配方工艺	111
3.6.1 合成香料的定义与种类	73	第6章 合成药物	113
3.6.2 合成香料的生产原理与工艺.....	73	6.1 抗菌与抗生素类药物.....	113
第4章 化妆品	78	6.1.1 磺胺类药物	113
4.1 概述	78	6.1.2 抗生素类药物	114
4.1.1 化妆品的作用	78	6.1.3 喹诺酮类抗菌药.....	117
4.1.2 化妆品的分类	78	6.2 心血管系统药物.....	118
4.1.3 化妆品的原料	79	6.2.1 降血脂药	118
4.1.4 化妆品的安全性	80	6.2.2 抗心绞痛药	119
4.2 膏霜类化妆品	81	6.2.3 抗高血压药	120
4.2.1 雪花膏类化妆品	81	6.2.4 抗心律失常药	121
4.2.2 润肤霜类化妆品	84	6.2.5 强心药	122
4.2.3 冷霜类化妆品	85	6.3 镇静催眠药和抗精神失常药.....	123
4.3 香水类化妆品	86	6.3.1 镇静催眠药	123
4.3.1 香水、花露水类化妆品	86	6.3.2 抗精神失常药	123
4.3.2 化妆水类化妆品	88	6.4 解热镇痛及非甾类抗炎药.....	124
4.4 美容类化妆品	89	6.4.1 解热镇痛药	124
4.4.1 胭脂.....	90	6.4.2 非甾类抗炎药	127
4.4.2 指甲化妆品	91	6.5 抗组织胺药及抗溃疡药.....	128
4.4.3 唇膏.....	91	6.5.1 组织胺 H ₁ 受体拮抗剂	128
4.4.4 面膜.....	92	6.5.2 抗溃疡药	129
4.5 香粉类化妆品	93	6.6 其他合成药物.....	130
4.5.1 香粉.....	93	6.6.1 抗病毒药	130
4.5.2 粉饼.....	94	6.6.2 抗感冒药	131
4.6 毛发用化妆品	95	6.6.3 抗肿瘤药	132
4.6.1 洗发香波	96	6.6.4 麻醉药	133
4.6.2 整发剂.....	97	6.6.5 血液系统药物	134
4.6.3 其他发用化妆品	99	6.6.6 解毒药	135
4.7 其他类化妆品.....	101	6.7 化学合成新药的研究及其开发 过程.....	135
4.7.1 防晒类化妆品	101	6.7.1 新药的定义和类型	136
4.7.2 抑汗、祛臭化妆品	101	6.7.2 新药的研究过程.....	136
4.7.3 中草药化妆品	102	6.7.3 新药设计的基本原理	137
第5章 日用洗涤剂	104	6.7.4 新药发现的模式.....	137
5.1 日用洗涤剂概述.....	104	6.7.5 新药研究选题的思路与方法	139
5.1.1 洗涤剂的分类与组成	104	第7章 胶黏剂	141
5.1.2 洗涤剂的组成	105	7.1 概述.....	141
		7.1.1 胶黏剂的分类	141

7.1.2 胶黏剂的组成	142	第8章 涂料	199
7.1.3 胶黏剂的应用和选用原则	145	8.1 概述	199
7.2 胶黏剂的鉴别方法	146	8.1.1 涂料的作用	199
7.2.1 燃烧法	146	8.1.2 涂料的分类	199
7.2.2 胶黏剂基料的热分解鉴别法	148	8.1.3 涂料的命名	200
7.2.3 溶解试验法	148	8.1.4 涂料的性能和固化机理	200
7.2.4 化学显色法	149	8.1.5 涂料的成膜物质	201
7.2.5 红外光谱鉴别法	150	8.2 着色涂料	202
7.3 合成树脂胶黏剂	151	8.2.1 颜料的选择与配色	203
7.3.1 氨基树脂胶黏剂	152	8.2.2 色漆中颜料与漆料配比设计	204
7.3.2 酚醛树脂胶黏剂	159	8.2.3 色漆的生产工艺	204
7.3.3 聚乙酸乙烯及其共聚物胶黏剂	162	8.3 乳液涂料	205
7.3.4 环氧树脂胶黏剂	166	8.3.1 乳液的构成、性质及其配方设计	205
7.3.5 聚氨酯胶黏剂	170	8.3.2 乳液聚合工艺	207
7.4 橡胶胶黏剂	173	8.3.3 乳液涂料的配方设计及生产工艺	209
7.4.1 橡胶胶黏剂的基本生产工艺	173	8.3.4 乙酸乙烯系乳液涂料	211
7.4.2 橡胶胶黏剂的组成和配方设计	175	8.3.5 丙烯酸酯系乳液涂料	213
7.5 丙烯酸酯系胶黏剂	178	8.4 环保涂料	216
7.5.1 聚合原理和单体选择	178	8.4.1 粉末涂料	216
7.5.2 溶液型丙烯酸酯系胶黏剂	179	8.4.2 高固体分涂料	216
7.5.3 乳液型丙烯酸酯系胶黏剂	179	8.4.3 LIPN 涂料	217
7.5.4 反应型丙烯酸酯系胶黏剂	180	8.4.4 辐射固化涂料	217
7.5.5 氰基丙烯酸酯胶黏剂	180	第9章 食品添加剂	219
7.6 压敏胶黏剂	181	9.1 食品添加剂概述	219
7.6.1 橡胶型压敏胶黏剂	182	9.1.1 定义与分类	219
7.6.2 丙烯酸酯压敏胶黏剂	183	9.1.2 食品添加剂的使用原则	219
7.7 功能与特种胶黏剂	184	9.1.3 食品添加剂的安全性评价	220
7.7.1 导电胶黏剂	184	9.2 食品保藏及保鲜剂	220
7.7.2 医用胶黏剂	185	9.2.1 防腐剂	220
7.7.3 光学光敏胶黏剂	187	9.2.2 抗氧化剂	225
7.7.4 结构胶黏剂	187	9.2.3 食品保鲜剂	227
7.7.5 厌氧胶黏剂	188	9.3 食品赋形剂	229
7.7.6 密封胶黏剂	189	9.3.1 乳化剂	229
7.7.7 耐碱胶黏剂	191	9.3.2 增稠剂	230
7.7.8 热熔胶黏剂	191	9.3.3 膨松剂	232
7.8 天然胶黏剂	193	9.4 着色剂、发色剂和漂白剂	233
7.8.1 淀粉胶黏剂	193	9.4.1 着色剂	233
7.8.2 蛋白质胶黏剂	194	9.4.2 发色剂	235
7.9 无机胶黏剂	196	9.4.3 漂白剂	236
7.9.1 硼酸盐及金属类无机热熔胶黏剂	196	9.5 增欲类添加剂	237
7.9.2 硅酸盐类胶黏剂	197	9.5.1 酸味剂	237
7.9.3 磷酸盐类胶黏剂	197	9.5.2 甜味剂	238

9.5.3 鲜味剂	243	11.2.1 离子交换树脂	272
9.5.4 香味剂	245	11.2.2 高分子催化剂	276
9.6 营养强化剂	245	11.2.3 高吸水性树脂	278
9.6.1 氨基酸类	245	11.2.4 其他化学功能高分子材料	280
9.6.2 维生素	247	11.3 光功能高分子材料	281
9.6.3 矿物质	252	11.3.1 光致变色高分子	281
9.7 其他食品添加剂	254	11.3.2 光降解高分子材料	282
9.7.1 酶制剂	254	11.3.3 塑料光导纤维	284
9.7.2 品质改良剂	255	11.3.4 高分子液晶	286
9.7.3 消泡剂	255	11.4 电磁功能高分子材料	288
9.7.4 凝固剂	256	11.4.1 导电性高分子材料	288
9.7.5 抗结剂	256	11.4.2 高分子磁性材料	290
第 10 章 饲料添加剂	257	11.5 智能材料	291
10.1 营养性添加剂	257	11.5.1 刺激响应性高分子凝胶	291
10.1.1 氨基酸添加剂	257	11.5.2 智能高分子膜材	292
10.1.2 矿物质添加剂	258	11.5.3 智能型高分子集合体	292
10.1.3 维生素添加剂	259	11.5.4 利用超分子结构的智能材料的 设计	293
10.1.4 非蛋白氮与单细胞蛋白	259	11.5.5 金属系智能材料	295
10.2 生长促进剂	260	11.6 其他功能高分子与智能材料	296
10.2.1 抗生素	260	11.6.1 高分子分离膜	296
10.2.2 合成抗菌素	261	11.6.2 医用高分子材料	298
10.2.3 益生素	262	11.6.3 高分子药物	298
10.2.4 酶制剂	262	11.6.4 形状记忆材料	299
10.2.5 中草药助长保健剂	263	第 12 章 电子信息化学品	301
10.3 驱虫保健剂	263	12.1 概述	301
10.3.1 驱蠕虫类药物	263	12.1.1 电子信息化学品的定义与特点	301
10.3.2 抗球虫类药物	264	12.1.2 电子信息化学品的分类	301
10.4 增色添加剂	265	12.2 光致抗蚀剂	302
10.4.1 类胡萝卜素	265	12.2.1 光刻工艺与光致抗蚀剂	302
10.4.2 栀子黄色素	266	12.2.2 负性光致抗蚀剂	303
10.4.3 阿朴胡萝卜素醛	266	12.2.3 正性光致抗蚀剂	305
10.5 其他饲料添加剂	267	12.3 高纯超净特种气体及金属有机化 合物	306
10.5.1 饲料抗氧化剂	267	12.3.1 高纯超净特种气体	306
10.5.2 饲料青贮添加剂	267	12.3.2 金属有机化合物	309
10.5.3 风味添加剂	267	12.4 超净高纯试剂	310
10.5.4 饲料胶黏剂	268	12.4.1 定义、分类和质量要求	310
10.5.5 流散剂	268	12.4.2 生产工艺和提纯技术	310
10.5.6 粗饲料调节剂	268	12.5 液晶材料	312
第 11 章 功能高分子与智能材料	269	12.5.1 液晶的分类与分子结构特征	312
11.1 概述	269	12.5.2 液晶的显示原理	314
11.1.1 功能高分子材料	269		
11.1.2 智能材料	271		
11.2 化学功能高分子材料	272		

12.5.3 液晶材料的合成原理与工艺	314	14.2.6 聚酯增塑剂	344
12.6 磁性信息记录材料	315	14.2.7 其他增塑剂	345
12.6.1 颗粒涂布型磁性信息记录介质	315	14.3 抗氧剂	346
12.6.2 高记录密度连续膜介质	317	14.3.1 酚类抗氧剂	346
12.7 其他电子信息化学品	317	14.3.2 胺类抗氧剂	348
12.7.1 磨抛材料	317	14.3.3 硫代酯抗氧剂	349
12.7.2 电子封装材料	318	14.3.4 含磷抗氧剂	350
12.7.3 焊剂与助焊剂	319	14.4 热稳定剂和光稳定剂	350
12.7.4 浆料	319	14.4.1 热稳定剂	350
第 13 章 油田化学品与石油助剂	321	14.4.2 光稳定剂	352
13.1 油田通用化学品	321	14.5 硫化体系助剂	353
13.1.1 高分子聚合物	321	14.5.1 交联剂	353
13.1.2 其他油田通用化学品	326	14.5.2 硫化促进剂	354
13.2 钻井用化学品	327	14.5.3 防焦剂	355
13.2.1 消泡剂	327	14.5.4 活性剂	355
13.2.2 降滤失剂	327	14.6 偶联剂	356
13.2.3 降黏剂	327	14.6.1 硅烷偶联剂	356
13.2.4 增黏剂	327	14.6.2 钛酸酯偶联剂	357
13.2.5 其他泥浆用处理剂	328	14.7 纺织工业助剂	357
13.3 油气开采和提高采收率用化学品	328	14.7.1 纺织助剂	357
13.3.1 酸化用化学品	328	14.7.2 印染助剂	361
13.3.2 压裂用化学品	329	14.7.3 纺织整理剂	365
13.3.3 采油用其他化学品	329	14.8 其他功能与合成助剂	366
13.3.4 提高采收率用化学品	330	14.8.1 阻燃剂及烟雾抑制剂	366
13.4 油气集输用化学品	330	14.8.2 着色剂	367
13.4.1 破乳剂	330	14.8.3 发泡剂	367
13.4.2 其他油气集输用化学品	332	14.8.4 润滑剂	368
13.5 石油产品添加剂	332	14.8.5 抗静电剂	368
13.5.1 燃料油添加剂	332	第 15 章 其他精细化工产品	369
13.5.2 润滑油添加剂	334	15.1 有机染料与颜料	369
第 14 章 功能与合成助剂	337	15.1.1 有机染料与颜料的概念	369
14.1 概述	337	15.1.2 染料与颜料的分类及命名	369
14.1.1 助剂的定义和分类	337	15.1.3 直接染料	370
14.1.2 助剂的分类	337	15.1.4 冰染染料	370
14.1.3 助剂的选择和应用	338	15.1.5 活性染料	372
14.2 增塑剂	338	15.1.6 分散染料	372
14.2.1 苯二甲酸酯	339	15.1.7 酸性染料	374
14.2.2 脂肪族二元酸酯	342	15.1.8 阳离子染料	374
14.2.3 多元醇酯	342	15.1.9 硫化染料	374
14.2.4 磷酸酯	343	15.1.10 还原染料	374
14.2.5 环氧化物	343	15.1.11 功能染料	375
		15.1.12 有机颜料	375
		15.2 气雾剂与喷雾剂	377

15.2.1	气雾剂与喷雾剂的基本概念和分类	377	15.5.3	涂布助剂	395
15.2.2	气雾剂的制备工艺	378	15.5.4	功能纸用化学品	396
15.2.3	气(喷)雾剂的配方与生产工艺 ...	379	15.6	印刷油墨	397
15.3	水处理化学品	382	15.6.1	油墨的分类与组成	397
15.3.1	缓蚀剂	382	15.6.2	油墨的组成及主要原料	397
15.3.2	阻垢消垢剂	384	15.6.3	液状和浆状油墨的生产工艺	398
15.3.3	杀菌灭藻剂	385	15.6.4	墨粉的生产工艺	399
15.3.4	混凝剂和絮凝剂	386	15.6.5	印刷油墨生产工艺实例	400
15.4	皮革化学品	387	15.7	混凝土外加剂	401
15.4.1	鞣剂	387	15.7.1	混凝土减水剂	401
15.4.2	加脂剂	389	15.7.2	减阻剂	402
15.4.3	涂饰剂	390	15.7.3	混凝土早强剂及早强减水剂	402
15.5	造纸化学品	391	15.7.4	混凝土引气剂	402
15.5.1	制浆用化学品	392	15.7.5	其他混凝土外加剂	402
15.5.2	抄纸添加剂	392	主要参考文献		404

第 1 章 绪 论

精细化工是生产精细化学品的工业,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水平和综合实力的重要标志之一。精细化工产品是化学工业中用来与基本化工产品相区分的一个专用术语。随着市场经济的发展和科学技术的不断进步,化工企业得到了长足的进步和发展,化工技术在不断改进和创新的过程中,日益趋向于精细化、低碳化和绿色环保。因此,发达国家都把精细化工作为化学工业优先发展的重点行业之一。近几十年来,“化学工业精细化”已成为发达国家科技和生产发展的一个重要特征。

1.1 精细化工的定义与范畴

1.1.1 精细化工的定义

化工产品可以分为通用化工产品或大宗化学品(heavy chemicals)和精细化工产品或精细化学品(fine chemicals)两类。通用化工产品又可分为无差别产品(如硫酸、烧碱、乙烯、苯等)和有差别产品(如合成树脂、合成橡胶、合成纤维等)。通用化工产品用途广泛,生产批量大,产品常以化学名称及分子式表示,规格以其中主要物质的含量为基础。精细化工产品则分为精细化学品(如中间体、医药和农药及香精的原料等)和专用化学品(如医药成药、农药配剂、各种香精、水处理剂等),具有品种多、附加价值高等特点,产品常以商品名称或牌号表示,规格以其功能为基础。精细化学品是通用化工产品的次级产品,它虽然有时也以化学名称及分子式表示,而且规格有时也是以其主要物质的含量为基础,但其往往有较明确的功能指向,与通用化工产品相比,商品性强,生产工艺精细。专用化学品是化工产品精细化后的最终产品,其功能性更强,一种精细化学品可以制成多种专用化学品。例如铜酞菁有机颜料,同一种分子结构,加工成品形不同、粒径不同、表面处理不同或添加剂不同的产品,可以用作纺织品着色、汽车上漆、建筑涂料或催化剂等。专用化学品的附加值一般比精细化学品高得多。制造专用化学品的专用化技术多种多样,如分离纯化、复配增效或剂型改造等技术。

“精细化工”是精细化学工业(fine chemical industry)的简称,是生产精细化工产品工业的统称。“精细化学品”一词国外沿用已久,但迄今尚无统一确切的科学定义。20 世纪 70 年代,美国化工战略研究专家 C. H. Kline 根据化工产品“质”和“量”引出差别化的概念,把化工产品分为通用化学品、有差别的通用化学品、精细化学品、专用化学品四大类。根据 Kline 的观点,精细化学品是指按分子组成(作为化合物)来生产和销售的小吨位产品,有统一的商品标准,强调产品的规格和纯度;专用化学品是指小量而有差别的化学品,强调的是其功能。现代精细化工应该是生产精细化学品和专用化学品的工业,我国将精细化学品和专用化学品纳入精细化工的统一范畴。因此,从产品的制造和技术经济性的角度进行归纳,通常认为精细化学品是生产规模较小、合成工艺精细、技术密集度高、品种更新换代快、附加值高、功能性强和具有最终使用性能的化学品。我国化工界目前得到多数人认可的定义是:凡能增进或赋予一种(类)产品以特定功能,或本身拥有特定功能的多品种、技术含量高的化学品,称为精细化工产品,有时称为专用化学品(speciality chemicals)或精细化学品。按照国家自然科学技术学科分类标准,精细化工的全称应为“精细化学工程”(fine chemical engineering),属化学工程(chemical engineering)学科范畴。

化工产品的精细化率可以用下面的比例表示:

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

随着科学技术的发展及人们生活水平的提高,化学工业需要不断提高产品质量及应用性能,增加规格品种,以适应各方面用户的不同需求。因此,精细化工已成为当今世界各国发展化学工业的战略重点,而精细化率也在相当大的程度上反映着一个国家的化工发展水平、综合技术水平以及化学工业集约化的程度。

1.1.2 精细化工的范畴

精细化工产品的种类繁多,所包括的范围很广,其分类方法根据每个国家各自的工业生产体制而有所不同,但差别不大,只是划分的范围宽窄不同。随着科学技术的进步,精细化工行业会越来越细。国内外目前的精细化工行业或种类,主要包括合成药物或医药、农药、合成染料、有机颜料、涂料、胶黏剂、香料、化妆品与盥洗卫生用品、表面活性剂、日用与工业洗涤剂、肥皂、印刷用油墨、塑料增塑剂和塑料添加剂、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、油田化学品、石油添加剂及炼制助剂、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、储氢合金、非晶态合金、火药与推进剂、酶与生物技术产品、功能高分子材料与智能材料等。

根据我国相关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是国际上通用的精细化学品和专用化学品的总和,包括农药、染料、涂料(包括油漆和油墨)及颜料、试剂和高纯物、信息用化学品(包括感光材料、磁性材料等)、食品和饲料添加剂、胶黏剂、催化剂和各种助剂、化学药品、日用化学品、功能高分子材料共 11 个门类;在催化剂和各种助剂中可分为催化剂、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、油田化学品、混凝土添加剂、机械和冶金用助剂、油品添加剂、炭黑、吸附剂、电子工业专用化学品、纸张用添加剂、其他助剂共 20 个小类。

值得注意的是,精细化工涵盖范围很广,上述分类是我国原化学工业部在 1986 年为了统一精细化工产品的口径,加快调整产品结构,发展精细化工,作为计划、规划和统计的依据而提出的。由于当时以计划经济体制为主,条块分割,除了原化学工业部主管精细化工一大块外,其他如原轻工业部、原卫生部、农业部等部委也分管了一部分,因此以上 11 大类并未包括精细化工的全部内容。而且由于我国精细化工起步较晚,精细化工产品的门类也比国外少,但这种差距正在逐步缩小。除 11 大类之外,生物技术产品、医药制剂、酶、精细陶瓷、精细纳米材料等也属于精细化工产品。此外,因新品种不断出现,而且生产技术往往是多门学科的交叉产物,所以很难确定其准确范畴。

1.2 精细化工的特点

多品种、系列化和特定功能、专用性质构成了精细化工产品的“质”与“量”的两大基本特征。精细化工产品生产的全过程不同于一般化学品,它是由化学合成或复配、剂型(制剂)加工和商品化(标准化)三个生产部分组成的。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的产业。与传统大化工(无机、有机、高分子化工等)相比,精细化工生产具有自身的一些显著特点。

1.2.1 精细化工产品的生产特点

1. 品种多

从精细化工的分类可以看出,精细化工产品必然具有品种多的特点。随着科学技术的进步,

精细化工产品的分类越来越多,专用性越来越强,应用范围越来越窄。由于产品应用面窄,针对性强,特别是专用化学品,往往是一种类型的产品可以有多种牌号,因而新品种和新剂型不断出现。例如,表面活性剂的基本作用是改变不同两相界面的界面张力,根据其所具有的润湿、洗涤、浸渗、乳化、分散、增溶、起泡、消泡、凝聚、平滑、柔软、减摩、杀菌、抗静电、匀染等表面性能,制造出多种多样的洗涤剂、渗透剂、扩散剂、起泡剂、消泡剂、乳化剂、破乳剂、分散剂、杀菌剂、润湿剂、柔软剂、抗静电剂、抑制剂、防锈剂、防结块剂、防雾剂、脱皮剂、增溶剂、精炼剂等。品种多也是为了满足应用对象对性能的多种需要,如染料应有各种不同的颜色,每种染料又有不同的性能以适应不同的工艺。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及发酵制品 7 大类,1000 余个品种。

随着精细化工产品的应用领域不断扩大和商品的创新,除通用型精细化工产品外,专用品种和定制品种越来越多,这是商品应用功能效应和商品经济效益共同对精细化工产品功能和性质反馈的自然结果。不断地开发新品种、新剂型或配方及提高开发新品种的创新能力是当前国际上精细化工发展的总趋势。因此,品种多不仅是精细化工生产的一个特征,也是评价精细化工综合水平的一个重要标志。

2. 采用综合生产流程和多功能生产装置

精细化工品种多的特点,在生产上反映为需要经常更换和更新品种,采用综合生产流程和多功能生产装置。生产精细化工产品的化学反应多为液相并联反应,生产流程长、工序多,主要采用的是间歇式的生产装置。为了适应以上生产特点,必须增强企业随市场调整生产能力和品种的灵活性。国外在 20 世纪 50 年代末期就摒弃了单一产品、单一流程、单用装置的落后生产方式,广泛地采用了多品种综合生产流程和多用途多功能生产装置,取得了很好的经济效益。20 世纪 80 年代,单一产品、单一流程、单元操作的装置向柔性生产系统(FMS)发展。例如,英国的帝国化学工业公司(ICI)的一个子公司,1973 年用一套装备、三台计算机可以生产当时的 74 种偶氮染料中的 50 个品种,年产量 3500t,它可能是最早的 FMS 的例子。FMS 指的是一套装备生产同类多个品种的产品。它设有自动清洗(CIP)的装置,清洗后用摄像机确认清洗效果。1986 年,日本化药(株)提出了“无管路(pipeless)化工厂”的方案,开始“多用途(multipurpose)装备系统”的研制,这样的一套装备有可能生产近百个品种。例如,日本旭化学工程(株)1993 年初已制造“AIBOS8000 型移动釜式多用途间歇生产系统”达十套,它的反应釜是可移动的,自动清洗,无管路,计算机控制,遥控,可以无菌操作。同时,很多厂家发展了一机多能的设备,如在一台设备中可以进行过滤、洗涤滤饼和干燥等操作。

3. 技术密集度高

技术密集度高是由几个基本因素形成的。首先,在实际应用中,精细化工产品是以商品的综合功能出现的,这就需要在化学合成中筛选不同的化学结构,在剂型生产中充分发挥精细化学品自身功能与其他配合物质的协同作用。这就形成了精细化工产品技术密集度的一个重要因素。

其次,精细化工技术开发的成功概率低,时间长,费用高。据报道,美国和德国的医药和农药新品种的开发成功率为万分之一,日本为三万分之一至万分之一;在染料的专利开发中,成功率一般为 0.1%~0.2%。据统计,开发一种新药需 5~10 年,耗资可达 2000 万美元。若按化学工业的各个门类来统计,医药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%是正常现象。造成以上情况的原因除了精细化工行业是高技术密集度行业外,产品更新换代快、市场寿命短、技术专利性强、市场竞争激烈等也是重要原因。另外,从 20 世纪 70 年代开始,环境保护以及对产品毒性控制方面的要求日益严格,也直接影响到各国精细化工研究开发的投资和速度。不言而喻,其结果必然导致技术垄断性强,销售利润率高。

技术密集还表现在情报密集、信息量大且更新快。由于精细化学品常根据市场需求和用户不断提出应用上的新要求改进工艺过程,或是对原化学结构进行修饰,或是修改更新配方和设计,其结果必然产生新产品或新牌号。另外,大量的基础研究工作产生的新化学品也需要不断地寻找新的用途。为此,必须建立各种数据库和专家系统,进行计算机仿真模拟和设计。因此,精细化工生产技术保密性强,专利垄断性强,世界各精细化工公司通过自己的技术开发部拥有的技术进行生产,在国际市场上竞争激烈。

精细化学品的研究开发关键在于创新。根据市场需要,提出新思维,进行分子设计,采用新颖化工技术优化合成工艺。早在 20 世纪 80 年代初,ICI 公司的 C. Suekling 博士就提出研究与开发(R&D)和生产、贸易构成三维体系。衡量化学工业水平的标志,除了生产和贸易外,主要是它的 R&D 水平。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。如果机械制造工业的技术密集度指数设为 100,则化学工业为 248,精细化工中的医药和涂料分别为 340 和 279。

4. 大量采用复配和剂型加工技术

复配和剂型加工技术是精细化工生产技术的重要组成部分。精细化工产品由于应用对象的专一性和特定功能,很难用一种原料来满足需要,通常必须加入其他原料进行复配,于是配方的研究便成为一个很重要的问题。例如,香精常由几十种甚至上百种香料复配而成,除了主香剂之外,还有辅助剂、头香剂和定香剂等组分,这样制得的香精才香气和谐、圆润、柔和。在合成纤维纺织用的油剂中,除润滑油以外,还必须加入表面活性剂、抗静电剂等多种其他助剂,而且还要根据高速纺或低速纺等不同的应用要求,采用不同的配方,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、防锈剂等。医药、农药、表面活性剂等门类的产品情况也类似,可以说绝大部分的专用化学品都是复配产品。为了满足专用化学品特殊的功能及便于使用和储存的稳定性,常将专用化学品制成适当的剂型。在精细化工中,剂型是指将专用化学品加工制成适合使用的物理形态或分散形式,如液剂、混悬液、乳状液、可湿剂、半固体、粉剂、颗粒等。为了使用方便,香精常制成溶液;为了使印染工业避免粉尘污染和便于自动化计量,液体染料也制备成溶液;根据使用对象不同,洗涤剂可以制成溶液、颗粒和半固体;牙膏和肤用化妆品则制成半固体;为了缓释和保护敏感成分,有些专用化学品制成微胶囊。因此,加工成适当剂型也是精细化工的重要特点之一。

有必要指出,经过剂型加工和复配技术所制成的商品数目往往远超过由合成得到的单一产品数目。采用复配技术和剂型加工技术所推出的商品具有增效、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,掌握复配技术和剂型加工技术是使精细化工产品具有市场竞争能力的一个极为重要的方面,这些也是我国精细化工发展的一个薄弱环节。

1.2.2 精细化工产品的商业特点

1. 技术保密,专利垄断

精细化工公司通过技术开发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,在激烈竞争的形势下,专利权的保护是十分重要的。尤其是专用化学品多数是复配型的,配方和剂型加工技术带有很高的保密性。例如,许多特种精细化工产品,其分装销售网可能遍布世界各地,但工艺或配方仅为总部极少数人掌握,严格控制,以保证独家经营,独占市场,不断扩大生产销售额,获得更多的利润。

2. 重视市场调研,适应市场需求

精细化工产品的市场寿命不仅取决于它的质量和性能,而且取决于它对市场需求变化的适应