

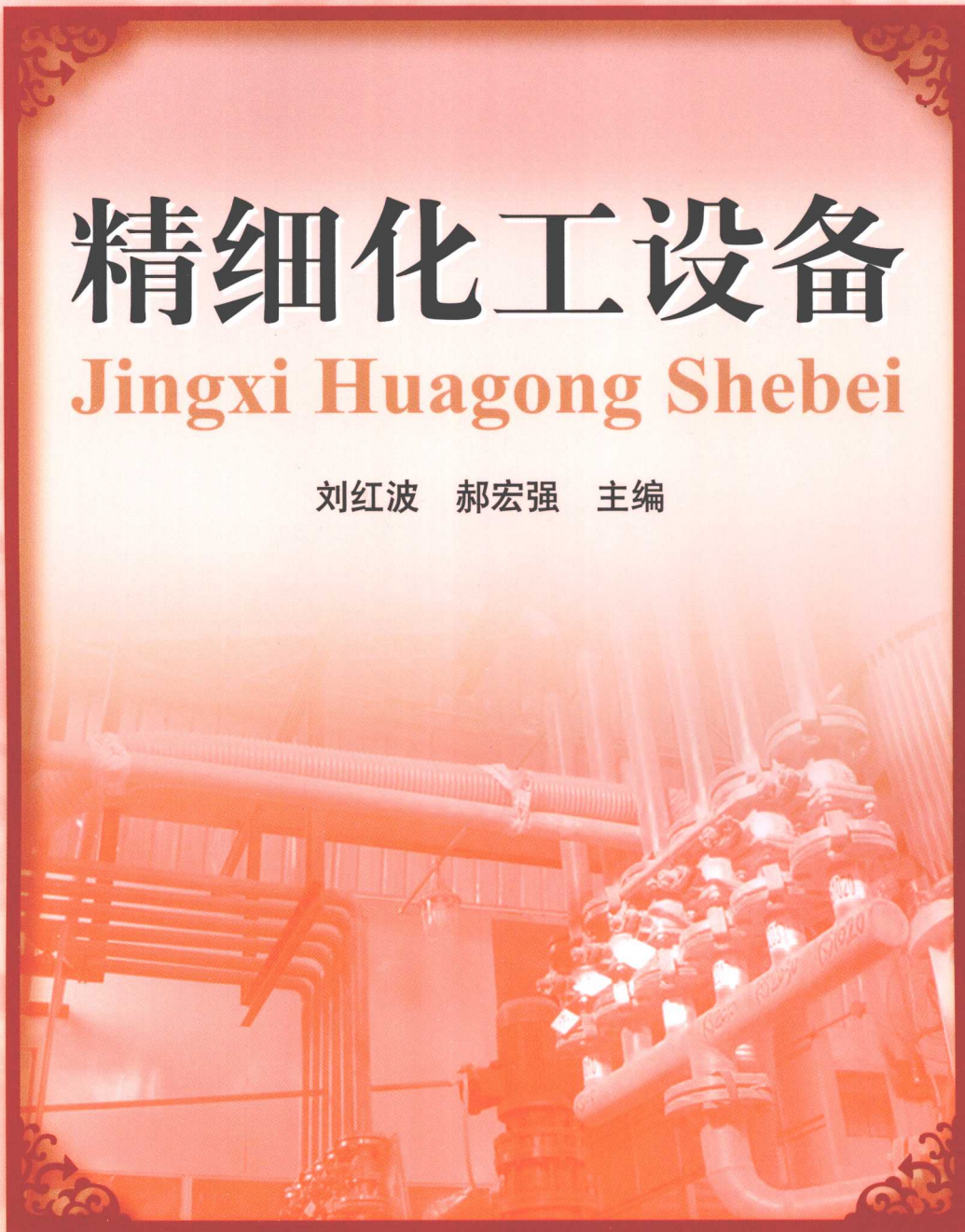


高等教育“十一五”规划教材  
高职高专应用化工类专业教材系列

# 精细化工设备

## Jingxi Huagong Shebei

刘红波 郝宏强 主编



科学出版社  
[www.sciencep.com](http://www.sciencep.com)

高等教育“十一五”规划教材

高职高专应用化工类专业教材系列

# 精细化工设备

刘红波 郝宏强 主编

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书根据高职高专化工技术类人才培养目标和职业性原则编写,按照精细化学品的生产过程与特点,以“模块化的教学方式”将各种精细化工设备进行了分类编排,全书共11章,包括精细化工基础知识、精细化工设备材料与防护、物料输送设备、粉碎和筛分机械设备、混合机械设备、乳化和均质设备、容器和反应设备、分离设备、产品成型设备、装料和包装设备、管道与阀门等,涵盖了精细化工设备的主要类型,对一些新技术、新设备也有所介绍。

本书可作为精细化学品生产技术及相关专业的教材,也可供相关技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

精细化工设备/刘红波,郝宏强主编. —北京:科学出版社,2009  
(高等教育“十一五”规划教材·高职高专应用化工类专业教材系列)  
ISBN 978-7-03-024090-3

I. 精… II. ①刘…②郝… III. 精细化工-化工设备-高等学校:技术学校-教材 IV. TQ052

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第023188号

责任编辑:沈力匀 张 斌/责任校对:刘彦妮  
责任印制:吕春珉/封面设计:东方人华平面设计部

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>

盛主印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2009年7月第 一 版 开本:787×1092 1/16  
2009年7月第一次印刷 印张:16 3/4  
印数:1—3 000 字数:400 000

定价:26.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

销售部电话:010-62136230 编辑部电话:010-62135235 (VP04)

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

## 前 言

本书是根据高职高专教育培养学生能力的目标和职业性原则而编写的，教材的编写和内容组织始终贯彻了“了解概念、理论够用、强化应用、突出能力培养”的职业教学理念。

本书的编写根据精细化工生产设备的种类非常多、部分设备精度较高、结构复杂等特点，按照“模块化教学”的含义及特点，详细分析、概括、总结了精细化工设备课程的所有内容，同时吸收了“基于工作过程的教学”理论，对过去的教学内容进行了重新编排和分块，即不局限于单个精细化工产品的生产过程，而是把典型的精细化学品生产过程分成一个个小模块，或指一个个相对独立的工作单元，每个工作单元中都有一类精细化工设备。这样的组织有利于不同院校根据教学重点对教学内容进行选择。

全书分十一章，包括精细化工基础知识、精细化工设备材料与防护、物料输送设备、粉碎和筛分机械设备、混合机械设备、乳化和均质设备、容器和反应设备、分离设备、产品成型设备、装料和包装设备、管道与阀门设备等内容。

本书由深圳职业技术学院刘红波编写第一~五章，河北化工医药职业技术学院郝宏强编写第六章、第九~十一章，石家庄职业技术学院张会欣编写第七~八章。全书统稿工作由刘红波完成。广州轻工职业技术学院龚盛昭教授审阅了全书。

本书在编写过程中，得到了深圳职业技术学院林峰教授和张家年教授的大力支持和帮助，在此一并表示感谢。

由于编者水平所限，编写时间仓促，书中不妥之处在所难免，请广大读者提出宝贵意见，以便今后修订。

# 目 录

## 前言

<b>第一章 精细化工基础知识</b> .....	1
<b>第一节 精细化工的特点</b> .....	1
一、精细化学品的概念和分类 .....	1
二、精细化工的发展和在国民经济中的地位 .....	1
三、精细化工的特点 .....	2
<b>第二节 精细化工对设备的要求</b> .....	3
一、精细化工设备简介 .....	3
二、精细化工设备的基本要求 .....	4
<b>第三节 精细化工设备的类型</b> .....	6
一、输送设备 .....	6
二、粉碎和筛分设备 .....	7
三、混合机械设备 .....	7
四、均质和乳化设备 .....	8
五、容器和反应设备 .....	8
六、分离设备 .....	9
七、产品成型设备 .....	10
八、装料和包装设备 .....	10
九、管道和阀门设备 .....	10
<b>复习思考题</b> .....	11
<b>第二章 精细化工设备材料与防护</b> .....	12
<b>第一节 常用的金属材料</b> .....	12
一、碳钢 .....	12
二、铸铁 .....	13
三、合金钢 .....	14
四、有色金属及其合金 .....	16
<b>第二节 常用的非金属材料</b> .....	20
一、无机非金属材料 .....	20
二、有机非金属材料 .....	21
<b>第三节 常用材料的性能要求</b> .....	24
一、常用材料的化学性能要求 .....	24
二、常用材料的力学性能要求 .....	25
<b>第四节 设备材料的腐蚀与防护</b> .....	26

一、金属的腐蚀	27
二、非金属材料的腐蚀	30
三、精细化工设备的防护	31
复习思考题	34
<b>第三章 物料输送设备</b>	<b>35</b>
<b>第一节 固体物料输送设备</b>	<b>35</b>
一、带式输送机	35
二、斗式输送机	39
三、螺旋式输送机	42
四、气力输送机	45
五、刮板输送机	50
<b>第二节 液体输送设备</b>	<b>54</b>
一、离心泵	54
二、往复泵	56
三、计量泵	57
四、齿轮泵	57
五、螺杆泵	58
<b>第三节 气体输送设备</b>	<b>58</b>
一、通风机	59
二、鼓风机	60
三、压缩机	60
四、真空泵	61
复习思考题	62
<b>第四章 粉碎和筛分机械设备</b>	<b>63</b>
<b>第一节 破碎机械设备</b>	<b>63</b>
一、颚式破碎机	64
二、冲击式破碎机	65
三、圆锥破碎机	69
四、辊式破碎机	71
<b>第二节 粉磨机械设备</b>	<b>73</b>
一、球磨机	73
二、砂磨机	78
三、振动磨	80
四、气流磨	82
五、搅拌磨机	83
<b>第三节 筛分分级机械设备</b>	<b>86</b>
一、筛面	87
二、固定筛	88

三、摆动筛·····	88
四、振动筛·····	89
五、圆筒筛·····	90
复习思考题·····	90
<b>第五章 混合机械设备</b> ·····	<b>91</b>
<b>第一节 固体混合设备</b> ·····	<b>94</b>
一、重力式混合机(容器旋转)·····	94
二、强制式混合机(容器固定)·····	96
三、混合机的选择·····	102
<b>第二节 流体混合设备</b> ·····	<b>104</b>
一、流体的类型·····	104
二、搅拌机(低黏度流体混合设备)·····	105
三、捏合机(高黏度流体混合设备)·····	118
复习思考题·····	119
<b>第六章 乳化和均质设备</b> ·····	<b>120</b>
<b>第一节 乳状液制备</b> ·····	<b>120</b>
<b>第二节 均质乳化设备</b> ·····	<b>121</b>
一、搅拌混合器·····	121
二、胶体磨·····	121
三、剪切式均质机·····	121
四、高压式均质机·····	123
五、超声波乳化器·····	124
复习思考题·····	125
<b>第七章 容器和反应设备</b> ·····	<b>126</b>
<b>第一节 容器</b> ·····	<b>126</b>
一、容器的结构与分类·····	126
二、容器机械设计的基本要求·····	127
三、容器零部件的标准化·····	128
四、压力容器相关的法规与标准·····	129
<b>第二节 常压(釜式)反应设备</b> ·····	<b>129</b>
一、反应釜的特点及其应用·····	130
二、反应釜的操作方式·····	130
三、反应釜的换热·····	132
四、反应釜的搅拌装置·····	134
五、釜式反应器的维护·····	140
<b>第三节 其他反应设备</b> ·····	<b>140</b>
一、管式反应器·····	140
二、固定床反应器·····	141



三、膜反应器 .....	142
复习思考题 .....	142
<b>第八章 分离设备 .....</b>	<b>143</b>
<b>第一节 机械分离设备 .....</b>	<b>143</b>
一、板框式过滤设备 .....	143
二、离心式过滤设备 .....	145
三、真空式过滤设备 .....	147
四、沉降设备 .....	150
<b>第二节 膜分离设备 .....</b>	<b>155</b>
一、膜分离技术 .....	155
二、膜分离装置-工业膜组件 .....	157
<b>第三节 超临界流体萃取装置 .....</b>	<b>161</b>
一、超临界流体萃取原理及特点 .....	161
二、超临界萃取装置工艺流程 .....	162
三、超临界流体萃取装置 .....	162
复习思考题 .....	164
<b>第九章 产品成型设备 .....</b>	<b>165</b>
<b>第一节 颗粒成型方法和设备 .....</b>	<b>165</b>
一、概述 .....	165
二、制粒方法和设备 .....	165
<b>第二节 胶囊生产设备 .....</b>	<b>172</b>
一、硬胶囊充填 .....	172
二、半自动胶囊灌装机 .....	175
三、全自动间歇式灌装机 .....	176
四、全自动连续式充填机 .....	178
<b>第三节 塑料成型设备 .....</b>	<b>179</b>
一、螺杆挤出机 .....	179
二、注射成型机 .....	187
复习思考题 .....	202
<b>第十章 装料和包装设备 .....</b>	<b>203</b>
<b>第一节 液体灌装机 .....</b>	<b>203</b>
一、灌装液料的定量方法 .....	203
二、灌装阀 .....	205
三、液体灌装方法和设备 .....	209
<b>第二节 固体装料机 .....</b>	<b>214</b>
一、固体物料供送机构 .....	214
二、充填设备 .....	216
<b>第三节 其他包装机 .....</b>	<b>221</b>



---

一、无菌包装技术 .....	221
二、真空与充气包装技术 .....	225
复习思考题.....	229
<b>第十一章 管道与阀门 .....</b>	<b>230</b>
<b>第一节 化工管道 .....</b>	<b>230</b>
一、管子及管件 .....	230
二、法兰连接 .....	231
三、管道热膨胀与热补偿 .....	232
四、管路绝热 .....	233
<b>第二节 阀门及其使用 .....</b>	<b>236</b>
一、阀门的基本参数 .....	236
二、常用阀门结构 .....	237
三、阀门的选用 .....	251
复习思考题.....	252
<b>主要参考文献.....</b>	<b>254</b>

# 第一章 精细化工基础知识

精细化工是生产各种精细化学品工业的简称。精细化学品是指经过深度化学反应和物理处理制得的具有特定功能或最终使用性能的化学品（如日用化学品、涂料、胶黏剂、香精香料、食品添加剂、电子化学品等）。精细化学品具有品种多、质量要求高、技术密集度高、附加值和利润较高、更新换代快等特点，广泛应用于国民经济有关领域和人民物质文化生活的各个方面，具有很大的经济和社会效益。随着人民生活水平的不断提高，对精细化学品的需求越来越大，对其质量要求也越来越高，这给精细化学品工业带来了发展机遇，同时也提出了新的挑战。

## 第一节 精细化工的特点

### 一、精细化学品的概念和分类

精细化工的形成与发展与人类的生产、生活密切相关。从 19 世纪以来，以传统的肥皂、香料、医药、染料、颜料的生产开始，到 20 世纪中叶石油化工的兴起，高分子合成材料的发展，合成洗涤剂、胶黏剂、涂料、表面活性剂以及能赋予合成材料各种特性的稳定剂、增塑剂等添加剂的出现，精细化工逐渐形成并得到较大发展，成为一个重要的化工产业部门。

在我国，凡能增进或赋予一种（类）产品以特定功能，或自身就具有某种特定功能的小批量、高纯度、深加工、附加价值和利润率较高的化学品称为精细化学品。

精细化学品门类繁杂、品种众多，分类方法不尽相同。一般是按产品的功能和用途分类。

1986 年，我国原化学工业部暂定的 11 类精细化学品是：农药；染料；涂料（含油漆和油墨）；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；化学原药和日用化学品；功能高分子材料（包括功能膜、偏光材料等）。

### 二、精细化工的发展和在国民经济中的地位

近几十年来，随着世界经济与科技的飞速发展和人类物质文化生活水平的不断提高，各国化学工业精细化率正在迅速增长。1985 年日本精细化工产值已占化工总产值的 58%，美国为 55%，德国为 53%，瑞士为 80%，2000 年均超过 60%，我国精细化工虽起步较晚，起点低，但近年来发展也较快，1985 年化工精细化率为 23.1%，1994 年已上升到 29.8%，2000 年已达到 40%。

自 20 世纪 80 年代以来，我国非常重视精细化工这一新兴工业的发展，在“七五”、“八五”计划期间，已把精细化工列为化工发展的三大战略重点之一，加大了对精细化

工科技开发的投入。“九五”期间，在饲料添加剂、食品添加剂、表面活性剂及电子化学品等领域投资 150 亿元，建设项目 170 个，发挥国家与地方的双重积极性，建立了一批精细化工基地。我国精细化工已初步建立起门类基本齐全的体系，并将以较快的发展步伐迈上新的台阶。

现代社会生活中的各种材料、器具，在其生产制造过程中，都使用和涉及了各种各样的精细化学品。可以说，精细化学品几乎渗透到国民经济各个领域并占据重要地位。大力发展精细化工，提高化工产品的精细化工率是化学工业发展的必然。

### 三、精细化工的特点

#### (一) 多品种与小批量

从精细化工的范畴和分类中，可以看到精细化学品必然具有多品种的特点，由于产品应用面窄，针对性强，特别是专用性品种和特制配方的产品，往往是一种类型的产品可以有多种的牌号，因而使新品种和新剂型不断出现，日新月异，所以，多品种这一点实际上是精细化工的一个重要特征。

例如表面活性剂，国外有 5000 多个品种。仅日本三洋化学工业公司就生产 1500 多个品种，且以每年增加 100 个新品种的速度扩大其生产品种。我国表面活性剂按单体种类计约几百种，远不能满足日益增长的需求。

#### (二) 高技术密集度

一个精细化学品的研究开发，要从市场调查、产品合成、应用研究、市场开发、甚至技术服务各方面全面考虑和实施，解决一系列的技术难题渗透着多方面的技术、知识、经验和手段。

从另一方面看，精细化工产品的技术开发的成功率是比较低的，特别是用于人体的医药和生物用的药物，随着对药效和安全性的越来越严格的要求，造成新品种开发的时间长，费用大，其结果必然是造成高度的技术垄断，如美国 20 世纪 60 年代初开发出一种有价值的精细化工产品为 5 年左右，耗资 300 万~500 万美元，现在为 9~12 年，耗资为 6000 万~8000 万美元。尽管如此，为满足特殊性能的需求和市场竞争的需要。新品种的开发、研制工作仍是当今世界各国、尤其是工业发达国家发展精细化工的主要课题。

#### (三) 综合性生产流程和多功能生产装置

精细化工的多品种、小批量反映在生产中表现为经常更换和更新品种。生产精细化工产品的化学反应多为多相并联反应，生产流程长，工序多，主要采用的是间断式的生产装置。为了适应以上生产特点，必须增强企业随市场需求调整生产能力和品种的灵活性。国外在 20 世纪 50 年代末就摈弃了单一产品、单一流程、单用装置的落后生产方式，广泛地采用了各品种综合生产流程和多用途多功能生产装置，取得了很大的经济效益。

例如综合生产流程和多功能生产装置，设有自动清洗及确认清洗效果的装置，可用同一套装置生产同类产品多个品种。英国帝国化学工业公司的一个子公司，1973年以一套装备、三台计算机生产当时74个偶氮染料的50个品种，年产量3.5kt。

#### (四) 大量采用复配技术

为使精细化学品增效、改性或扩大应用范围，以满足各种专门要求，生产中常采用复配技术，即按照一定配方，将多种组分配合，而后加工制成粉剂、粒剂、乳剂、液剂等剂型。例如化妆品、胶黏剂、涂料、农药等，通常是由十几种组分复合配制而成。

#### (五) 投资小，附加价值高，利润大，商品性强

精细化学品一般都是产量较小，装置规模小，很多是采用间歇生产方式，通用性强，与连续化生产的大装置相比，投资少，见效快。另外，配制新品种、新剂型时，技术上难度并不一定很大，但新品种的销售价却比原品种有很大提高，利润比较大。

国外有一个统计，每投入价值100美元的石油化工原料，产出初级化学品价值变为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、合成橡胶和纤维以及洗涤剂 and 化妆品，则可产生价值800美元的中间产品和价值1000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，则总产值可达10600美元，即从原来的100美元投入增值到106倍。

## 第二节 精细化工对设备的要求

### 一、精细化工设备简介

精细化工设备是指精细化学品生产过程中的通用机械与设备，虽然也属于化工设备，但因其用于生产精细化学品，故在性能、结构和材质等方面都具有该行业设备的特点。对于在“化工原理”或“化工单元操作”中介绍过的机械与设备（如传热设备、蒸发设备、干燥设备、萃取、结晶设备、冷冻设备、吸收和精馏塔设备等），本书不再多述，本书主要根据精细化学品的生产过程来介绍常用的精细化工设备，包括输送设备、破碎和筛分设备、混合机械设备、均质和乳化设备、容器和反应设备、分离设备、产品成型设备、装料和包装设备、管道与阀门等。

“工欲善其事，必先利其器”，精细化工设备在精细化学品生产中起到举足轻重的作用，良好的设备，是保证工艺生产顺利进行和保证产品质量的基本条件，随着科学技术的迅猛发展，在精细化学品行业中，技术不断进步，产品不断更新，机械设备也不断推陈出新。

精细化工设备作为生产精细化学品的技术装备，根据各种工艺流程、各反应阶段或后处理的不同工艺要求，有各种不同的相应的机械设备。如输送设备用于各种固体、液体或气体物料在不同设备间的输送；反应设备用于各种物料的化学反应、生成产物；乳化、均质设备用于各种乳化液、膏类产品的乳化、均质过程；混合设备用于固体物料的

混合过程，或液-固物料的调和、液-液物料的搅拌均匀等；粉碎和筛分设备用于原料、半成品和成品的粉碎和筛分；产品罐装与成型设备用于液体产品的罐装、固体产品的成型等。所有这些机械设备的设计、制造等方面都应考虑精细化学品行业的特点，在设备的选型上，应注意结合生产实际与产品特点，并考虑设备的通用性、安全性等，以选取合适的机械设备。

在典型的精细化学品乳胶漆涂料的生产过程中，需要用到乳化设备和反应设备等制备丙烯酸类乳液，颜料浆的制备需要砂磨机等破碎设备和搅拌机等分散设备，配制涂料则需要分散设备，最后是涂料成品的罐装与包装设备等，各种设备之间起连接作用的是管道与阀门等设备。常见的精细化学品生产过程中所需的化工设备见表 1-1。

表 1-1 典型的精细化学品生产所需的化工设备

精细化学品	所需主要设备
涂料	反应釜、砂磨机、球磨机、搅拌机、罐装机、各种容器等
胶黏剂	反应釜、搅拌机、罐装机、各种容器等
洗衣粉、香皂等	各种泵、胶体磨、容器、干燥设备、成型设备、筛分设备等
洗涤剂	容器、各种输送设备、乳化设备、均质机、过滤设备、罐装机等
化妆品	乳化设备、均质机、过滤设备、筛分设备、无菌包装设备、各种泵等
医药中间体等	各种反应设备、过滤设备、结晶提纯设备、产品成型设备等
食品添加剂等	各种反应设备、萃取设备、结晶提纯设备、过滤设备、输送设备、干燥成型设备等

精细化工设备是为精细化学品生产工艺过程服务的，反过来先进的精细化工设备又可促使新的化学工艺过程的发展，精细化学品的生产离不开化工设备，化工设备是精细化学品生产必不可少的物质技术基础，是生产力的主要因素之一，是产品质量保证体系的重要组成部分。

精细化工设备性能的优劣及使用者对其掌握的程度，将直接关系到精细化工生产的正常进行，并对整个装置的产品质量、生产能力、消耗定额以及“三废”处理和环境保护等各方面都有重大的影响。精细化工设备不仅用于化工和石化炼油生产中，而且在轻工、医药、食品、冶金、能源、交通等工业部门也有着广泛的应用。由此可见，精细化工设备与人民生活有着密切的关系，对国民经济的发展起着十分重要的作用。

## 二、精细化工设备的基本要求

精细化工设备和精细化学品工艺过程是紧密相关的，每一台化工设备都必须符合一些基本的要求才能进行正常的生产。精细化学品具有产品种类多、生产工艺条件相差大等特点，因此要求精细化工设备既能满足工艺过程的要求，又能安全可靠地运行，同时还应具有较高的技术经济指标以便于操作和维护的特点。

### (一) 必须满足精细化学品生产工艺条件的要求

例如设计一个洗衣粉的生产线，就必须根据化学工艺提出的产率、生产效率以及原

材料的特性等要求考虑设计方案,如采用何种输送设备、选用何种混合设备与装置、干燥器采用什么型号以及干燥速率是多少、采用何种成型包装设备等,只有满足了这一系列的化学工艺条件,才能使所有设备在生产中发挥其应有的作用,降低生产成本,提高生产效率。

## (二) 在规定的使用年限内要安全可靠

目前除厚壁容器及特殊情况外,精细化工设备使用年限一般取为10~15年左右。随着科学技术的发展,设备更新的速度将会加快,年限会有所降低,此外,精细化学品的更新换代也比较快,新的精细化学品的生产一般要求使用新的设备,因此精细化工设备过长的使用年限是不必要的。

化工设备的使用年限也就是说在规定的使用年限内,化工设备必须安全可靠,就是必须有足够的强度、刚度以及稳定性。同时还必须具有良好的防腐蚀性能及可靠的密封性能。

设备的强度是指在载荷作用下抵抗变形和破坏的能力,所以化工设备及其零部件要有足够的强度,以保证安全运行,设备是由一定的材料构成的,其安全性与材料的性能密切相关,在相同条件下,提高材料的强度可以减小尺寸、减轻重量、降低成本。

刚度是指设备在载荷作用下抵抗变形和保持自身原有形状的能力。刚度与设备结构及尺寸有关,与金属材料的种类关系不大,强度足够的设备刚度不一定满足要求。刚度不足也是化工设备失效的主要形式之一,如在法兰连接中,若法兰刚度不足而发生过度的变形,将会导致密封失效而泄漏。

一般来说,现有的化工设备在强度、刚度及稳定性等方面出事故的并不多,但由于各种原因,过量的腐蚀及大大小小的跑冒滴漏现象在化工厂却是常见的,一些易燃、易爆、有毒介质泄漏出来,这些问题造成了大量的危害,例如迫使设备提早报废,产量下降,产品质量变坏,维修工作量加大,造成环境污染,威胁操作人员的安全,甚至引起爆炸,造成极其严重的后果等。这些问题的产生,除了管理不善外,往往是设计或制造安装过程中考虑不周所致。故在考虑化工设备的安全可靠性时,必须特别注意耐腐蚀及密封等方面的问题。要选择合适的耐腐蚀材料或采取相应的防腐蚀措施,以提高设备的使用寿命和运行的安全性。

## (三) 制造、安装、维修及操作要方便

任何一项设计如果考虑不周到,将给制造、安装、维修及操作带来困难。尤其在设计大型的设备时,更要周密考虑,慎重对待。

例如在条件许可的情况下,要尽量多选用标准零部件;控制调节部件应尽量集中,位置要安排适当;需要经常开闭的人孔,应尽量选用快开人孔;设备的结构除了符合精细化学品生产工艺的要求之外,还必须符合检修及制造工艺的要求;要考虑安装起吊及运输时的方便及安全性等等。对于大型精细化工设备,特别要注意便于采用机械化和自动化制造和操作的问题,以减轻工人的劳动强度,确保安全,提高生产效率。

#### (四) 要讲究经济效益

就是设备本身生产成本要低，同时操作和维护的费用也要低。在满足工艺要求和安全可靠运行的前提下，要尽量做到适用和经济合理。要求设备结构合理，制造简单，成本低廉，运输与安装方便，操作、控制及维护简便，基本建设投资和日常维护、操作费用低，以获得较好的综合经济效益。

### 第三节 精细化工设备的类型

精细化学品化工生产条件复杂、生产连续性强、技术含量高、生产原理多种多样、生产条件苛刻（生产介质腐蚀性大、介质大多易燃易爆有毒性、生产温度压力变化大），所用设备种类也非常多，各种工艺装置的任务不同，所采用的设备也不尽相同。

按精细化工设备在生产中的作用可将其归纳为输送设备、破碎和筛分设备、混合机械设备、均质和乳化设备、容器和反应设备、分离设备、产品成型设备、装料和包装设备、管道与阀门等类型。

#### 一、 输送设备

输送设备是将原料、成品及半成品，包括固体、液体和气体等从一个设备输送到另一个设备，或者使其压力升高以满足化工工艺的要求，包括各种泵、压缩机、鼓风机、带式输送机、斗式输送机等各种固体输送设备以及与其相配套的管线和阀门等。这类设备的一个共同特点是它们都可用于许多场合，不仅限于化工、炼油生产和精细化学品生产，因此也称其为通用设备。图 1-1 为常见的带式输送装置。

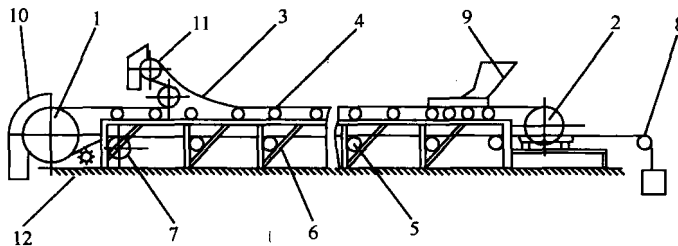


图 1-1 带式输送机结构

1. 驱动滚筒；2. 张紧滚筒；3. 输送带；4. 上托辊；5. 下托辊；6. 机架；  
7. 导向滚筒；8. 张紧装置；9. 进料斗；10. 卸料装置；11. 卸料小车；  
12. 清扫装置

在精细化学品生产过程中，需要输送的物料种类繁多，而且各种物料的性质差异也很大，所以输送机械的选用要根据物料来确定，一般按其工作原理，输送机械可分为连续式输送机械和间歇式输送机械两大类；按所输送物料的状态可分为固态物料输送设备、液态物料输送设备、气态物料输送装置；按输送时的运动方式，可分为直线式和回转式；按驱动方式，可分为机械驱动、液压驱动、气压驱动和电磁驱动等。



## 二、粉碎和筛分设备

粉碎机械的功能是用机械的方法克服固体物料内部凝聚力并将其分裂，这一过程称为破碎或粉磨，根据被处理物料尺寸的大小不同，将大块物料分裂成小块者称为破碎，将小块物料变成细粉者称为粉磨，破碎和粉磨统称为粉碎。图 1-2 为不同的粉碎方式。

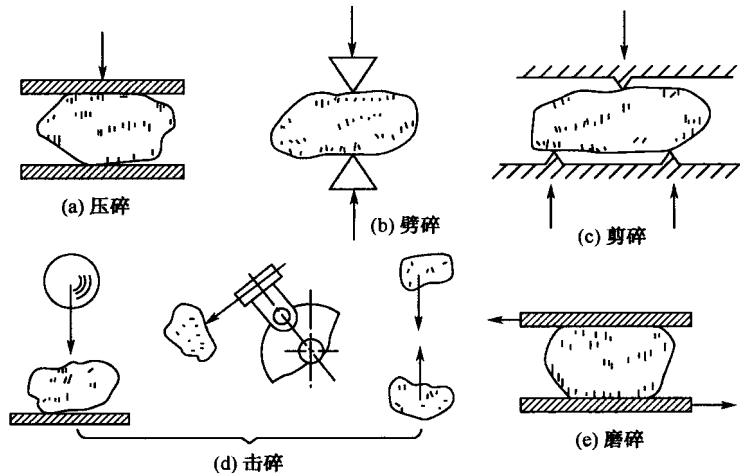


图 1-2 物料粉碎方法

为了更明确起见，亦可按下面的方法加以详细区分：凡经过处理后物料直径为 100~200mm 左右者为粗碎；直径为 20~70mm 左右为中碎；直径 3~20mm 者为细碎；直径为 0.1~0.3mm 者为粗磨；直径为 0.06~0.1mm 者为细磨；直径为 0.004~0.02mm 或更细者为超细磨。

按被处理物料的干湿状况，又可分为干式粉碎和湿式粉碎。当物料含水率在 4% 以下时，称干式粉碎；含水率在 50% 以上为湿式粉碎；含水率在 4%~50% 之间的物料易黏结，粉碎、碾磨工作都难以进行。

筛分机械的主要作用是固体物料粉碎后经过细分分级，可以保证产品的规格和质量指标，降低后续加工过程中原料的损耗率，提高原料利用率，降低产品的成本，提高劳动生产率，改善工作环境，有利于生产的连续化和自动化。

## 三、混合机械设备

混合是指使两种或两种以上不同的物料从不均匀状态通过搅拌或其他手段达到相对均匀状态的过程。

混合是精细化学品加工工艺过程中不可缺少的单元操作之一，例如涂料、胶黏剂、洗涤剂、化妆品、医药制剂、功能食品等的配制。混合后的物料可以是精细化学工业的最终产品，也可以作为实现某种工艺操作的需要组合在工艺过程中，例如可以用来促进溶解、吸附、浸出、结晶、乳化、生物化学反应、防止悬浮物沉淀以及均匀加热和冷却等。图 1-3 为常见的搅拌设备结构图。

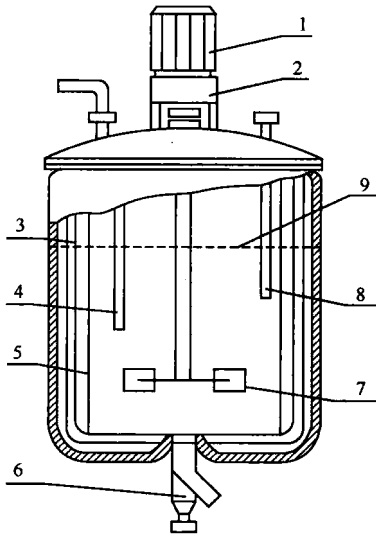


图 1-3 搅拌设备结构

- 1. 电机；2. 传动装置；3. 罐体；4. 料管；5. 挡板；6. 出料管；7. 搅拌器；8. 温度计插管；9. 液面

被混合的物料常常是多相的，主要有以下几种情况：

- (1) 液-液相：可以有互溶或乳化等现象。
- (2) 固-固相：纯粹是粉粒体的物理现象。
- (3) 固-液相：当液相多固相少时，可以形成溶液或悬浮液；当液相少固相多时，混合的结果仍然是粉粒状或团粒状；当液相和固相比比例在某一特定的范围内，可能形成黏稠状物料或无定型团块（如面霜、雪花膏等），这时混合的特定名称可称为“捏合”或“调和”，它是一种特殊的相变状态。
- (4) 固-液-气相：这种混合情况在精细化学品生产过程中比较少见。

### 四、均质和乳化设备

均质和乳化是指借助于流动中产生的剪切力将物料细化、将液滴碎化的操作，其作用是将洗发液、化妆品等原料进行细化、混合、均质处理，以提高产品的质量和档次。

在日用化学品的生产中，乳化和均质设备是一种重要的生产设备。例如，化妆品、洗涤剂等常常是以膏状或乳液等形态在市场上销售的，这种形态的制品要求质地细腻、混合均匀，为达到这一目的，除了使用适当的化学助剂和乳化剂之外，选用合适的乳化和均质设备是必不可少的。

乳状液是指将两种互不相溶的液体（如油和水）放在一起搅拌时，一种液体成为液珠分散在另一种液体中，形成乳状液。大多数乳状液为水和油的混合物，它是一种多相分散体系。乳状液形成方法基本上可分为分散法和凝聚法，分散法是将一种液体加到另一液体中，同时进行强烈搅拌而生成乳化分散物的方法，在工业中被广泛采用。

在化妆品等生产中，除了乳化设备外，还需要采用均质设备，经过乳化后的液体，其乳液稳定性往往不是很理想，如再经过均质处理，则可使乳液中分散颗粒更细小、更均匀，得到高度稳定的产品。均质机按构造分有高压均质机、离心均质机、超声波均质机等。图 1-4 为高压均质机图。

### 五、容器和反应设备

在精细化工生产中，为化学反应提供反应空间和反应条件的装置称为反应设备。反应设备的作用是完成一定的化学和物理反应，其中化学反应是起主导和决定作用的，物理过程是辅助的或伴生的。反应设备是精细化学品工厂的主要设备之一。

精细化学品中的日用化学品，在不少情况下是将物料经过化学反应而制成的，例如，肥皂是油脂和碱等物料经过皂化反应，然后经过干燥、配料、研磨、压条等操作制成的。此外，很多日用化学品的生产往往是从原料的合成开始，进而形成产品，所以，