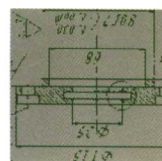
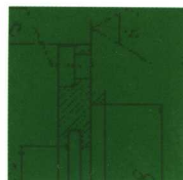


SHIYONG JINGXI HUAGONG
GUOCHENG YU ZHUANGBEI

实用精细化工过程与装备

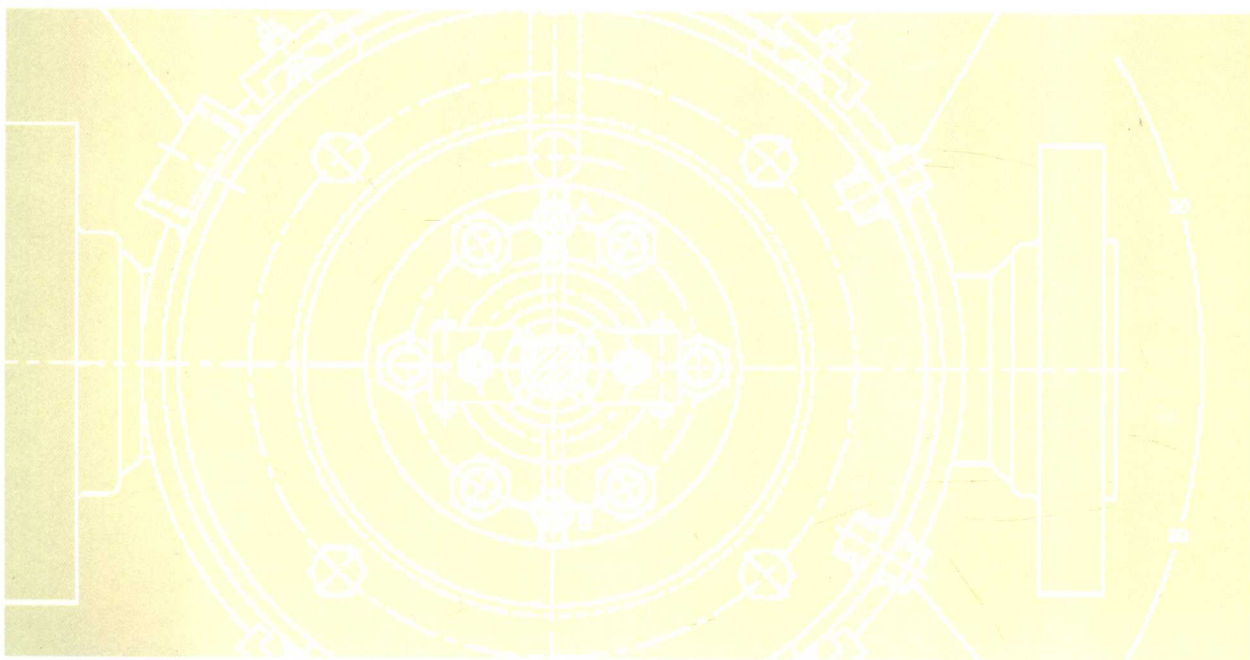
主编 任凌波 金志浩



化学工业出版社

SHIYONG JINGXI HUAGONG
GUOCHENG YU ZHUANGBEI

实用精细化工过程与装备



ISBN 978-7-5025-9144-1



9 787502 591441 >

定价：80.00元

销售分类建议：化工/精细化工

实用精细化工过程与装备

主 编 任凌波 金志浩
副主编 战洪仁 任晓蕾



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书作者运用精细化工反应及单元操作过程课题研究最新理论,并结合作者多年在该领域积累的实践经验,从反应过程及设备、物料预处理设备、传质过程及设备、传热过程及设备、机械分离方面对不同类型的设备进行了详细的分类和功能划分。

本书适合从事精细化工工艺及设备的工程技术人员阅读参考,也可供相关专业大学生参考学习。

图书在版编目(CIP)数据

实用精细化工过程与装备/任凌波,金志浩主编. —北京:化学工业出版社,2006.7
ISBN 978-7-5025-9144-1

I. 实… II. ①任…②金… III. 精细化工-化工工程-化工设备 IV. TQ062

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第087231号

责任编辑:徐 蔓

文字编辑:张鹤凌

责任校对:洪雅姝

封面设计:3A设计艺术工作室

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:北京永鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市东柳万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张29½ 字数1017千字 2007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:80.00元
京化广临字2007—03号

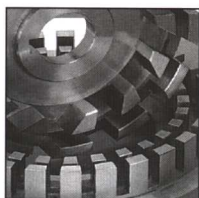
版权所有 违者必究



怀疑他的剪切力！

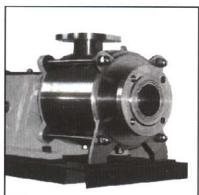
Fine Fluko
精匀于心

Hishear® 高剪切分散乳化机



在线处理，产能品质完美提升！

Hishear的含义为High shear 高速剪切，工作原理为利用转子的高速旋转，使物料形成高速射流，通过狭窄的定转子区域时发生高速切割、离心碰撞、液力剪切等综合作用，经数次处理被均匀分散乳化。



- > 多级腔体设计，使物料在瞬间受到高密度的能量冲击，实现在线分散
- > 多种工作头解决方案，结合数千成功案例，可有效降低您的选型风险
- > 提供从实验室-中试-工业生产全系列设备解决方案，轻松研发新产品
- > 安全的设计、精湛的制造、完善的服务，将为您创造更高的使用价值
- > 其他产品：PLM® 固/液分散混合系统、Jetmixers® 捷流分散混合机

TEL: 021-63178096 63177018
FAX: 021-63178193 E-mail: chem@fluko.com
上海市恒丰路600号16楼A区 邮编: 200070
售后服务免费电话: 800-820-2190

弗鲁克流体机械制造有限公司
FLUKO Equipment Shanghai Co., Ltd

分散 / 乳化 / 均质 / 混合
www.fluko.com

FLUKO®

此为试读，需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

国家机械安全认证企业 通过ISO9001认证 产品符合GMP要求



▲ PGZ平板自动下出料



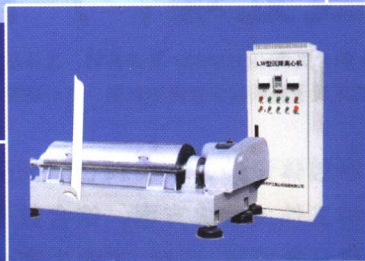
▲ SG, SGZ800-1500三足式刮刀下出料

张家港市沪江离心机制造有限公司(原张家港市沪江离心机厂)成立于1976年,是市属国有企业,1998年改为股份制企业。主要规格品种有SS200-SS1600型上卸料离心机、SSC300-SSC1000型上卸料沉降离心机、SG800-SG1500型半自动刮刀下卸料离心机、SGZ800-SGZ1500型全自动刮刀下卸料离心机、SD800-SD1250型吊袋离心机、SB密闭型离心机、LW型螺旋卸料沉降离心机、LWL型卧式螺旋卸料过滤离心机、PD平板式洁净型离心机、PGZ平板式下出料离心机、无皮带传动直联式离心机。GK800-1250、XZ上悬式及加热离心机,金属屑脱油分离机等。制造离心机材质有全不锈钢、半不锈钢(转鼓不锈钢)、碳钢、衬胶、衬塑、钛材、哈氏合金等,满足用户处理多种不同物料的需要,并可按用户要求设计制作特殊规格的离心机。

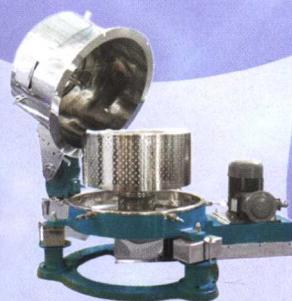
本公司是原化工部离心机定点生产企业,中国分离机械行业协会会员,中国化工机械集团成员单位。生产的离心机符合GB/T13755-92和GB19815-2005标准要求。经过多年的努力,公司产品通过了“中国机械安全认证”、“国际ISO9001质量体系认证”,并符合医药GMP标准。所生产的“杜鹃牌”离心机在国内赢得了一定的知名度,产品被评为“中国公认名牌”;公司质检机构通过国家验收;获“江苏市场用户满意商品”,“江苏省知名企业(品牌)”称号。产品销往除西藏以外的所有省、市、自治区,包括香港特区和台湾,并出口到印度尼西亚、越南、巴基斯坦、孟加拉国、缅甸、朝鲜、韩国、泰国、南非、巴西、新加坡、日本、等国家和地区。



▲ GK卧式刮刀



▲ LW卧式螺旋沉降



▲ SA型机壳翻转型离心机



▲ SS200-1600三足式上出料



▲ PD平板吊袋

张家港市沪江离心机制造有限公司

公司地址: 中国江苏张家港市常阴沙管理区 邮编: 215623
电 话: 0086-512-58640886 传真: 0086-512-58649796
董 事 长、总经理: 黄平
网 址: WWW.LIXINJI.COM
E-MAIL: HUJIANGLXJ@LIXINJI.COM

欢迎来人、来电来函洽谈业务!

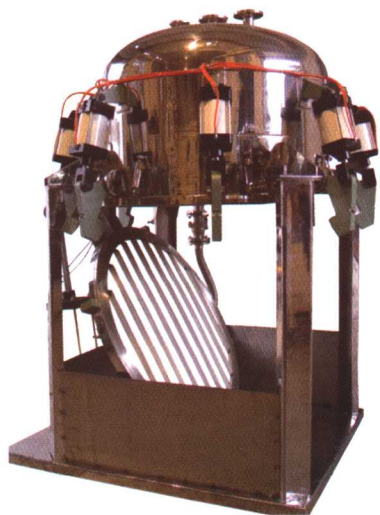
一流的管理
一流的产品
一流的服务



东瓯微滤最新 推出的过滤机

ZL 02 2 30187.9
ZL 02 2 30188.7
ZL 02 2 30189.5
ZL 02 2 91830.2
ZL 02 1 18202.7

PGH、PGP、PGX粉末活性炭、结晶体过滤、洗涤机



五大选用理由

- 1、产品回收率高达99.9%： $0.3\mu\text{m}$ 颗粒一次截滤，不穿滤。
- 2、节约洗涤水近2/3：
采用静止薄层式或动态打浆的洗涤技术，能高效地洗去粉体中的离子。
- 3、降低干燥能耗：排出粉体干度高达80%（视物料而定）。
- 4、无需繁重体力操作：
整个操作过程只需启闭几个阀门，气动卸渣，彻底解放劳动力，还可实行全自动操作。
- 5、密闭过滤、改善操作环境、长效过滤介质、运行费用低。

——PGK、PGR系列溶液过滤机

四大选用理由

- 1、过滤精度高：滤液清澈透明，一般浊度达1NTU透光率98%以上。
- 2、处理量大：采用智能控制的方式，处理量 $0.5\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ （视物料而定）。
- 3、占地面积小：如直径1800的过滤机过滤面积可达150 m^2 。
- 4、过滤管使用寿命长：过滤介质使用寿命最少1年以上。



[Http://www.chinadongou.com](http://www.chinadongou.com)



温州市东瓯微孔过滤有限公司 (温州市东瓯水处理器材厂)

地址:浙江省温州市杨府山涂工业区南首 邮编:325003
电话:0577-88130119 88130813 88130738 88132368 传真:0577-88138523
[Http://www.chinadongou.com](http://www.chinadongou.com) Email:donou@mail.wzptt.zj.cn
上海市东瓯微孔技术与开发中心
上海市常德路1258弄32号7楼 邮编:200060
电话:021-62778862 52520537 传真:021-52520537
[Http://www.chinadongou.com](http://www.chinadongou.com) E-mail:xianhong@public4.sta.net.cn



无锡市雪浪化工填料有限公司

无锡市雪浪化工填料厂

获得 ISO9001:2000质量体系认证



朱夏霖董事长和朱有伟总经理受到中国石油和化学工业协会会长(原化学工业部副部长)李勇武的亲切会见

上海化工研究院联营企业
全国化工化学工程设计技术中心站定点厂
中国石化集团公司化工填料定点生产单位
新型高效波纹填料

生产经营

江苏省高新技术企业, 专门从事经营、开发蒸馏塔系统各种填料塔、塔填料、收集再分布器。特别是在收集再分布器上, 有我厂独特开发的适应性强、分离效率高的组合塔内件。再分布器品种多, 气体通道大, 可达50%~70%, 总高度低(300~500mm), 操作弹性大(0.6~1.8), 适合于各种不同塔体的需要、配置热交换器等辅助设备。承接蒸馏塔系统设计、制作、安装、开车等服务, 接受交钥匙工程。具有一支专业的技术队伍, 其中有化学工程及化工机械工程师多名, 专门从事产品及工艺的开发-研究-设计及技术咨询。

技术开发专利

1. 网孔波纹填料(ZL92221678.9)
2. 单块式滑块菱形网冲网机(ZL92218357.0)
3. 高效催化精馏填料(ZL92222666.0)
4. 空气分离填料(ZL96231028.X)
5. 散装填料同心偏环(ZL99227491.5)
6. 同心扁环(ZL99228188.1)
7. 托盘式液体收集再分布器(ZL99228794.4)
8. 降膜式分布器(ZL00221192.0)
9. 管式液体收集再分布器(ZL200420024306.2)

10. 大通量圆弧形填料(ZL03219680.6)

11. 发明专利: ZL02138501.7 线式液体收集再分布器。

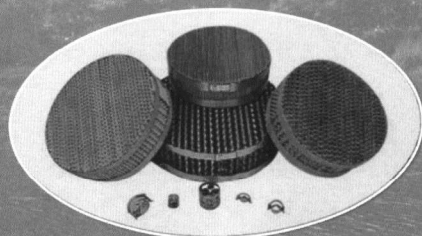


应用业绩

应用本厂产品及技术的项目遍及全国20余省市, 覆盖石油化工、精细化工、化肥、农药、医药、轻工、环保等行业。本厂技术及产品用于难分离物系(温差1.8~3°C), 对、邻氯甲苯分离纯度大于99.7%, 达国际先进水平, 塔器总高度低、能耗大幅下降。100多套空分填料获得用户好评, 规格3000~30000m³/h, 氩气纯度达99.999%, 含氧量小于2×10⁻⁶, 深得用户好评。通过省级科技鉴定, 三塔流程甲醇生产5万吨/年, 蒸气能耗吨以下。二塔流程甲醇生产塔径Φ1200, 年产量达2.5万吨。年装置3万吨脂肪酸塔器更换填料型号及再分布器, 产量从38吨/日提高到60吨/日。

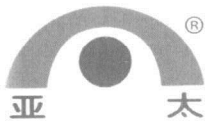
获奖情况

网孔波纹填料获国家科技进步二等奖; 金属空分填料获江苏省高新技术产品证书; 获中华塔器排行榜产品; 塔内件、塔填料行业标准获化工勘察设计协会化工行业基础工作三等奖; 化学工程中心站产品服务优秀奖。



厂址: 江苏无锡市滨湖区太湖镇(雪浪派出所东200米)
路线: 无锡市火车站乘68路到板桥下车
法人代表: 朱夏霖 手机: 013906196251
厂长: 朱有伟 手机: 013706188976

邮编: 214125 传真: (0510)85180030 85189550
电话: (0510)85180367 85189707
Http: www.xl-packing.com
E-mail: xlbz@xl-packing.com



亚 太 真 空 泵

我公司是经国家科技部认定的国家级高新技术企业，国家火炬计划优秀高新技术企业，全国质量管理先进单位。“亚太”商标被评定为“江苏省著名商标”。多年来，亚太人充分发扬“中外泵业之前列，不能没有亚太的位置”的企业精神，矢志追求科技领先，已拥有近30项国家专利及200多项各类科研成果。我公司将竭诚与广大用户建立更广泛的合作关系，以“让用户满意是亚太人永远的追求”为宗旨，努力提供新一代高质量、高科技含量的产品和更完善、更周到的售前、售中、售后服务。

○ WLW系列A、B、F型立式无油真空泵

特点：“A”型为普通型

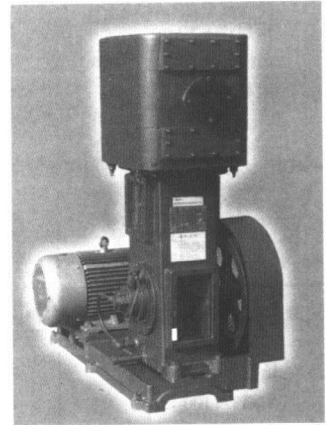
“B”型为耐溶剂型

“F”型为耐腐蚀型

气缸采用超精衍磨工艺，提高了表面光洁度，延长了零部件的使用寿命；无水污染，减轻治污压力；过滤部分无油润滑，利于尾气回收

技术参数：抽气量25~1200L/S

极限真空度：4.5~15mmHg



○ JZJW系列罗茨往复真空机组

特点：极限真空度高

真空度长期稳定

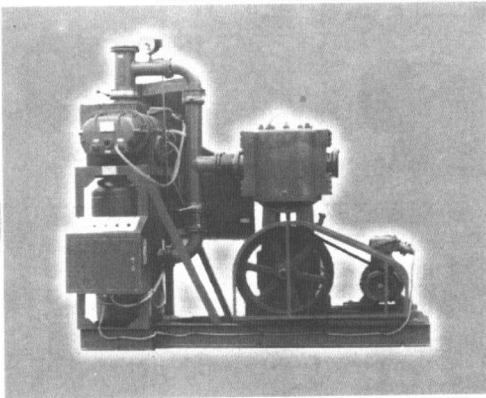
过流部分无油润滑

有利于尾气的回收

无二次水污染

技术参数：抽气量70~1200L/S

极限真空度：5~133Pa



其他产品：SK、2SK水环式真空泵，ZJ罗茨真空泵，ZSL射流式真空泵

江 苏 亚 太 泵 业 有 限 公 司

厂址：江苏省泰兴市大庆东路35号

电话：0523-7659593（传真）13805266136

Http://www.asiasun.com

邮编：225400

南通山剑石墨设备有限公司 南通市石墨设备设计研究所

ISO9001: 2000 质量管理体系认证证书

注册号: 4002Q10668RIM

具 有	研究、开发、设计、制造、施工、服务综合能力, 设计制造各型石墨制化工设备, 年产量 16000m ² , 石墨设备方面已获得授权十项专利。部分出口。
--------	---

资 质 水 平	全国石墨产品专业委员会副主任 中国工业防腐蚀技术协会技术委员 《石墨制压力容器》标准及规程编写组副组长 唯一获十年防腐蚀成果技术进步奖的石墨厂家 (全国防腐蚀行业共颁 111 项) 开发的三合一炉已达世界先进水平 设计、制造了国产首批高压盐酸脱吸系统 设计、制造了国产首批高压石墨塔 (0.5MPa) 设计、制造了国产首台副产蒸汽石墨合成炉 在“CICCC’99 中国国际腐蚀控制大会”上发 表了我国石墨设备技术行业中唯一一篇论文 2005 年董事长姚建被授予“中国防腐蚀大师” (全国 21 名, 石墨行业仅此一名)
------------------	---

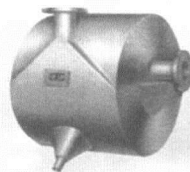
大 已 型 成 高 功 压 付 石 用 墨 的 设 备	三合一合成炉	(岳石化)	188t/d(31%)
		(巴基斯坦)	150t/d(34%)
	石墨 HCl 合成炉	(安邦电化)	80t/d(100%)
	石墨泡罩塔	(梅兰)	P _{0.5} D ₁₂₀₀ H17000
	石墨高压解吸塔	(金岭)	0.6MPa D ₇₇₀
	石墨高温冷却管	(长寿化)	进气 1200℃
	石墨加热器	(丹阳)	过热蒸汽 300℃
	石墨换热器	(三吉利)	1.8MPa
	石墨反应釜	(颖上)	夹套油 260℃
	高压塔釜	(印度)	0.6MPa D ₁₄₀₀
副产 0.3~0.5MPa 蒸汽二合一合成炉 (滨化) 60t/d、100t/d			
系统设计制造: 盐酸合成、脱吸, 废酸提纯、浓缩			

董事长、所长: 姚建 邮编: 226003
地址: 江苏省南通市城港路 815 号 (高墩圩桥西)
Tel: 0513-85565205 85566332 13809085860
FAX: 0513-85565141
<http://www.graphite-sj.com>
E-mail: sjsm@graphite-sj.com ntmsjs@163.com

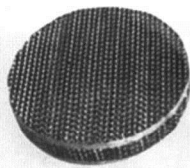
无锡市雪浪金属化工设备厂

我厂专业生产:

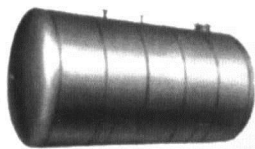
- 丝网、孔板、网孔、鲍尔环等金属波纹填料;
- 高效甲醇、酒精回收塔, 蒸馏釜、精馏塔;
- 电、蒸汽、导热油、外盘管加热反应釜;
- 列管、盘管式冷凝器, 螺旋板换热器;
- 不饱和聚酯树脂、油漆等全套生产设备;
- 铝、不锈钢、碳钢制贮罐、槽车、计量罐;
- 结晶切片机, 真空耙式干燥机, 刮板式蒸发器。



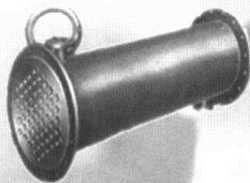
螺旋板换热器



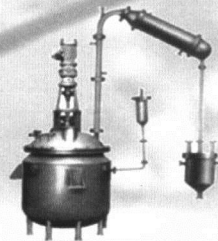
化工波纹填料



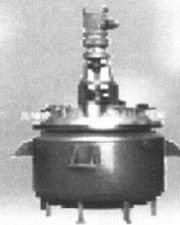
贮罐



列管冷凝器



全套树脂设备



不锈钢反应釜

联系人: 肖赛栋
手机: 013861870687

电话: 0510-88933827
网址: www.hgzysb.com

传真: 0510-85182977
邮编: 214125

前 言

精细化学品是技术密集度高，具有功能性专用性的化学品。从 20 世纪 70 年代以来，一些工业发达国家相继将化学工业的发展战略重点转向精细化工，加快发展精细化工已成为趋势。

我国经过半个多世纪的建设，特别是 20 世纪 70 年代以来，石油化工有了相当大的发展，已能为精细化工的发展提供重要的原料、中间体，化工科研单位在开发精细化工新产品方面也取得了可喜的成果。

精细化工过程与装备对于快速发展现代精细化工至关重要。我国在大型化工设备国产化方面，给予充分的注意。但在发展轻、薄、短小的精细化工反应及单元操作设备及理论研究方面注意得不够。本书在精细化工反应及单元操作过程与设备方面，尝试以最新的理论和国内最新的设备两方面进行理论与实践相结合的阐述，特别是对一般反应器、生物化工专用反应器、粉碎研磨设备、混合设备、乳化设备、吸收设备、蒸馏设备、萃取设备、结晶设备、离子交换设备、膜分离技术、干燥设备、传热设备、加热技术、制冷技术、蒸发设备、筛分设备、离心分离设备、过滤设备及精细化工装备发展趋势等力求做到全、新、实用的阐述，本书对从事精细化工工艺及设备工作的实际工程技术人员及精细化工项目的设计工作者能有所帮助。

参加本书编写工作的有：王惟一、杨德武、王霞、刘俊煊、王建、徐欢、金文、董凌虹、齐凌峰、包日东、张恩祥、孟庆尧、寇利萍、郭慧、秦然、陈富新等同志。全书由任凌波、金志浩统稿。

在本书的编著过程中，得到吴剑华、陈朝晖等专家的悉心指导。化学工业出版社和有关单位的领导及许多同志给予了许多支持和帮助，在此一并表示感谢。

由于时间仓促和水平所限，不确切和错误之处，请不吝赐教。

编者
于求索书屋

目 录

第一篇 反应过程及设备

第一章 一般精细化工反应过程及设备	1	二、间歇操作搅拌槽式反应器 (BSTR) 的 设计	54
第一节 釜式反应器	2	三、连续操作的搅拌槽式反应器 (CSTR) 的 设计	56
一、概述	2	四、连续操作的管式反应器 (CPFR) 的 设计	64
二、釜式反应器的计算	2	五、半间歇半连续操作的生物反应器的 设计	67
第二节 搅拌反应设备	8	六、动植物细胞培养反应器的设计	72
一、概述	8	第五节 生物反应器的传递过程	75
二、搅拌功率计算	11	一、发酵介质的流变特性	75
三、其他搅拌方法	16	二、氧的传质反应模型	77
四、叶轮搅拌器的放大与机械设计	18	三、机械搅拌槽式反应器的传递特性	81
第三节 气液反应器	21	四、气体搅拌塔式反应器的传递特性	87
一、概述	21	五、生物反应过程的传热特性	90
二、降膜吸收反应器	22	第六节 培养基灭菌设备	92
三、鼓泡反应器	29	一、概述	92
第四节 加压过程反应器及辅助设备	34	二、灭菌的原理和方法	92
一、加压过程反应器	34	三、培养基热灭菌动力学	93
二、加压过程的热量衡算	38	四、连续灭菌流程	96
三、辅助过程所用设备	39	五、设备构造和计算	97
第五节 催化反应过程设备	40	第七节 空气调节设备	98
一、反应器	40	一、空气增 (减) 湿原理	98
二、反应器的热量衡算	43	二、空气的增湿、减湿方法	99
三、反应产物冷凝和收集	44	三、空气调节设备的结构	101
第二章 生物化工专用反应设备	46	四、空气调节设备的计算	101
第一节 概述	46	第八节 空气除菌设备	102
第二节 细胞生物反应器	47	一、通风发酵对无菌空气的要求和除菌方法	103
一、微生物细胞反应器	47	二、过滤除菌机理	105
二、动物细胞生物反应器	50	三、深层过滤效率和过滤器计算	106
三、植物细胞生物反应器	50	四、过滤介质和过滤器的结构	109
第三节 酶反应器	51	五、过滤除菌流程	113
一、膜反应器	51	六、附属设备	116
二、液固反应器	52		
三、气液固三相反应器	52		
第四节 生物反应器的设计	53		
一、生物反应器的基本设计方程	53		

第二篇 物料预处理设备

第一章 粉碎研磨设备	119	第一节 概述	119
------------------	-----	--------------	-----

一、粉碎的目的	119	五、高效分散机	161
二、固体颗粒的粒度和粒度分布	119	六、高压乳化泵	162
三、粉碎方法	121	第六节 湿法筛析装置	162
四、粉碎方式的分类	122	一、圆筒过滤器	162
五、粉碎机的选择	123	二、离心式分级机	163
六、粉碎的能量消耗	123	第七节 粉碎助剂	164
七、粉碎机的节能探讨	124	一、粉碎助剂的类型	164
第二节 干法粉碎及装置	126	二、应用效果	164
一、环辊研磨机	126	三、作用机理	165
二、球磨机	127	第二章 混合设备	166
三、振动磨	130	第一节 混合设备概述	166
四、气流粉碎机	131	一、混合设备的分类	166
五、锤式粉碎机	135	二、混合设备的原理	167
六、内分级涡轮粉碎机	136	第二节 固相混合机	167
第三节 干法加料及筛析装置	140	一、带有螺旋和分散板的圆筒形混合机	167
一、干法加料装置	140	二、锥形混合机	169
二、干法筛析装置	143	三、球磨机	170
第四节 湿法研磨	145	四、气流混合器	171
一、砂磨机	146	第三节 液相混合器	172
二、双锥型砂磨机	152	一、搅拌混合器	172
三、砂磨锅	153	二、静态混合器	179
四、行星砂磨机	154	第三章 乳化设备	180
五、其他湿法研磨装置	156	第一节 乳化理论基础	180
第五节 湿法分散装置	158	一、乳状液的不稳定性	180
一、齿型圆盘分散器	158	二、乳化剂的分类及选择	180
二、双轴高速分散器	159	第二节 乳状液制备及乳化设备	182
三、行星叶轮分散器	159		
四、叶轮匀质分散器	160		

第三篇 传质过程与设备

第一章 传质过程理论基础	184	类比	191
第一节 化工生产中的传质	184	一、三传类比的基本概念	191
一、平衡分离过程	184	二、三传类比的表达式	191
二、速率分离过程	184	三、对流传质系数经验公式	194
三、分离方法的选择	184	第二章 吸收(或解吸)设备	195
第二节 相组成的表示法	185	第一节 有关吸收的基本原理	195
一、质量分数(工程制用质量分率)和 摩尔分数	185	一、工业生产中的吸收过程	195
二、质量比和摩尔比	186	二、吸收的流程和溶剂	195
三、浓度	186	三、气体在液体中的溶解度	196
第三节 扩散原理	187	四、传质速率方程	197
一、基本概念和费克定律	187	第二节 吸收(或脱吸)塔的计算	200
二、一维稳态分子扩散	187	一、物料衡算	200
三、扩散系数	189	二、对低浓度气体填料层高度的计算	202
四、湍流流体中的扩散	190	三、传质单元	205
第四节 质量、热量、动量传递之间的		四、对高浓度气体填料层高度的计算	206
		五、塔板数	207

六、脱吸(解吸)	208	三、多级逆流萃取	257
第三节 其他类型吸收	209	四、连续接触逆流萃取	258
一、多组分吸收	209	第三节 几种新型萃取分离技术	260
二、化学吸收	210	一、超临界萃取分离技术	260
三、非等温吸收	211	二、反胶团萃取技术	262
第四节 板式塔	212	三、双水相萃取技术	264
一、板式塔的类型、结构与特点	212	第四节 萃取设备	265
二、板式塔的水力学性能	213	一、混合-澄清槽	265
三、板式塔的设计要领	219	二、重力流动萃取塔	266
四、板效率	221	三、输入机械能的萃取塔	267
第五节 填料塔	223	四、离心萃取机	269
一、填料塔与填料	223	第五节 萃取设备的选用	270
二、填料塔的水力学性能与传质性能	225	第五章 结晶设备	271
三、填料塔与板式塔的比较	228	第一节 结晶的基本原理	271
第三章 蒸馏设备	230	一、基本概念	271
第一节 蒸馏过程理论概述	230	二、结晶过程的相平衡	271
一、二元物系的气液相平衡	230	三、结晶动力学初步	272
二、非理想溶液的气液相平衡	233	第二节 工业结晶方法	273
三、蒸馏方式	234	一、移除部分溶剂的结晶	274
第二节 二元连续精馏的分析和计算	236	二、不移除溶剂的结晶	274
一、全塔物料衡算	236	三、其他结晶方法	274
二、精馏段的分析及其图解法	237	第三节 结晶设备简介	274
三、提馏段的分析和进料状况的影响	238	一、不移除溶剂的结晶器(冷却	
四、理论塔板数的计算	239	结晶器)	274
五、实际塔板数及塔板效率	240	二、移除部分溶剂的结晶器	275
六、填料精馏塔的填料层高度	241	第四节 结晶设备计算	276
七、精馏装置的热量衡算	242	一、物料衡算	276
八、回流比的影响及选择	243	二、热量衡算	277
九、理论塔板数的捷算法	244	三、晶核形成速度计算	277
第三节 多组分精馏	246	四、晶体成长速率计算	277
一、多组分精馏的基本概念	246	五、结晶过程的产量计算	278
二、多组分物系的气液平衡	246	第六章 离子交换设备与吸附设备	279
三、多组分精馏的物料衡算	248	第一节 离子交换树脂	279
四、捷算法求理论塔板数	248	一、离子交换树脂的分类	279
第四节 特殊精馏	249	二、离子交换树脂的命名	279
一、恒沸蒸馏	249	三、离子交换树脂的作用原理	281
二、萃取蒸馏	250	四、树脂的选用	281
三、恒沸蒸馏和萃取蒸馏的比较	251	第二节 离子交换设备的分类和结构	282
第五节 其他方式蒸馏	251	一、离子交换设备的分类	282
一、水蒸气蒸馏	251	二、离子交换设备的结构	283
二、间歇蒸馏	252	第三节 离子交换设备的计算	284
第四章 萃取设备	254	一、固定床的放大	284
第一节 萃取的基本概念	254	二、连续逆流离子交换设备的计算	285
一、概述	254	第四节 电渗析设备	285
二、萃取剂	254	一、离子交换膜	286
第二节 萃取过程的流程和计算	255	二、电渗析基础理论	288
一、单级萃取	255	三、电渗析器的结构、组装方式及操作	
二、多级错流萃取	255	模型	290

四、电渗析过程设计和优化	291	一、干燥器的性能要求	316
五、电渗析的应用及发展前景	292	二、干燥器的选择原则	316
第五节 吸附分离	297	三、常用工业干燥器简介	317
一、吸附平衡	297	第三节 箱式干燥器	317
二、吸附剂	298	一、箱式干燥器的结构	317
三、吸附分离过程	299	二、箱式干燥器的设计与计算	318
四、变温与变压吸附	299	第四节 回转圆筒干燥器	320
五、吸附的工业方法与设备	301	一、工作原理及结构	320
第七章 膜分离技术	304	二、回转圆筒干燥器的设计与计算	320
第一节 基本概念	304	三、直接加热旋转窑	321
一、膜的分类	304	四、间接加热蒸汽管干燥器	321
二、膜的制备和膜组件	305	五、直接加热的罗托-卢佛尔干燥器	321
三、膜分离技术的特点	306	第五节 真空耙式干燥器	322
第二节 膜分离机理	306	第六节 通道式干燥器	322
一、反渗透膜的透过机理	306	第七节 薄膜干燥器	323
二、超过滤膜的透过机理	307	一、滚筒薄膜干燥器的原理与设计	323
三、浓差极化	308	二、刮板薄膜干燥器	325
第三节 膜分离技术的应用	308	第八节 气流干燥器	325
一、反渗透膜分离	308	一、工作原理和特点	325
二、超滤膜分离及酶的提取	308	二、粒子运动方程	325
三、微孔过滤技术	309	三、颗粒的传热	327
四、气体渗透分离	309	四、气流干燥管的压力损失	327
五、渗透蒸发分离	310	五、气流干燥器的设计	328
六、渗析和电渗析分离	311	六、气流干燥器的几种型式	329
七、液膜分离技术	311	第九节 喷雾干燥器	329
八、膜分离技术在其他领域的应用	312	一、喷雾干燥器的工作原理和特点	329
第八章 干燥设备	314	二、液滴的干燥特性	331
第一节 干燥的基本理论	314	三、雾化器	333
一、物料中所含水分的性质	314	第十节 其他干燥器	338
二、干燥特性曲线	314	一、流化床干燥器	338
三、干燥时间的计算	316	二、几种新发展的干燥器	339
第二节 干燥设备的性能要求和选择原则	316		

第四篇 传热过程及设备

第一章 传热理论	342	八、不稳定热传导	350
第一节 概述	342	第三节 两流体间的热量传递	352
一、传热在精细化工生产中的应用	342	一、间壁两侧流体热交换过程的分析	352
二、传热的三种基本形式	342	二、对流传热系数和总传热系数	353
第二节 热传导	343	三、平均温度差的计算	354
一、傅里叶定律	343	四、传热效率-传热单元数法	355
二、导热系数	343	第四节 对流与对流传热系数	358
三、平壁的稳定热传导	344	一、影响对流传热系数的因素	358
四、圆筒壁的稳定热传导	346	二、因次分析在对流传热中的应用	360
五、保温层的临界厚度	347	三、流体作强制对流时的对流传热(系数)	361
六、热传导微分方程及其定解条件	348		
七、具有内热源的热传导	349		

四、流体作自然对流时的对流传热 (系数)	366	三、蛇管式换热器	384
五、蒸气冷凝时的对流传热(系数)	366	四、列管式换热器	384
六、液体沸腾时的对流传热(系数)	370	五、板式换热器	384
七、壁温的计算	373	六、螺旋板式换热器	384
八、非牛顿型流体的传热	373	七、板翅式换热器	385
第五节 热辐射	374	八、管翅式换热器	385
一、热辐射的基本概念	374	九、空冷换热器	385
二、物体的发射能力——斯蒂芬-波尔茨曼 定律	375	第二节 加热设备	386
三、克希霍夫定律	376	一、燃烧炉	386
四、两固体间的相互辐射	377	二、电炉	386
五、气体的热辐射	381	三、废热锅炉	389
六、设备热损失的计算	382	第三节 其他传热设备	389
第二章 传热设备	383	一、冷凝器	389
第一节 换热器	383	二、再沸器	390
一、夹套式换热器	383	三、凉水塔	391
二、套管式换热器	383	四、空调与制冷系统	391
		五、蒸发器	392

第五篇 机械分离

第一章 筛分	393	第一节 过滤过程理论	423
第一节 固体颗粒	393	一、过滤过程原理	423
一、颗粒的大小与形状	393	二、恒压过滤	425
二、标准筛与筛析	394	三、恒速过滤与恒速恒压过滤	425
三、固体颗粒的粒度	394	四、悬浮液的预处理	426
四、固体颗粒的密度	395	五、过滤介质	427
第二节 筛	396	六、滤饼的洗涤与脱水	435
一、筛分	396	第二节 板框式过滤设备	445
二、筛面	396	一、板框压滤机结构与工作原理	445
三、筛分效率	396	二、立式滤布全行走型压滤机	446
四、筛分设备	397	第三节 真空过滤设备	449
第二章 离心分离设备	401	一、真空过滤的基本过程	449
第一节 离心分离的原理	401	二、真空过滤的基本设备	450
一、离心机内的沉降	401	三、转鼓真空过滤机	450
二、离心机内的液体分离	402	四、水平带式真空过滤机	453
三、离心过滤	403	第四节 离心式过滤设备	455
第二节 离心机	405	一、离心机的生产能力	455
一、概述	405	二、间歇式过滤离心机	455
二、连续式过滤离心机	406	三、连续式过滤离心机	455
三、过滤式离心机	414	四、卧式虹吸刮刀卸料离心机	456
四、管式超速离心机	421	第五节 过滤技术的发展趋势	456
第三章 过滤设备	423		

主要参考文献	461
--------------	-----

第一篇 反应过程及设备

第一章 一般精细化工反应过程及设备

反应器是化工生产中的关键设备。在进行各种化学反应过程中,采用不同类型的反应设备。这是因为过程进行条件和对设备的要求具有多样性,从而造就了设备在类型与构造上的多样性。

设备的构造取决于所处理物料的特性和实现过程的条件,决定设备构造的因素有以下几点。其中最主要的是搅拌强度和传热强度。

1. 物料的聚集状态和混合物的稠度

反应组分间相互作用,可能存在的状态体系有气-气、气-液、气-固、液-液、液-固、固-固六种。其中气-气相与以液相为主体内进行反应的气-液相为均相过程;其余为非均相过程。这就要相应采用不同类型的反应设备。如为使反应过程进行得活跃,就应使各组分密切接触,选用的装置应具有能增大接触面积,提高一相在另一相中扩散速度,能迅速更新接触面积,以推动组分间相互作用,加速过程进行并保证过程进行得完善。对不同体系可采用不同的方式。如搅拌是一重要手段,可用搅拌器,也可借助于气体通过液体产生的气泡有效地搅拌液体;可将设备作成填料塔式或列管型式,使沿管的内壁流动着薄层液体;或将液体在充满气体的空间喷雾;或使管中的液-液体系于湍流状态下接触;或将固体物料研磨得很细等。这些手段的采用不仅与物料的聚集状态和稠度有关,亦和反应设备的类型与构造有关。

反应设备某些零部件的构造也取决于反应物料的聚集状态和稠度。对于黏度较小的液体,可采用任何形式的搅拌和传热装置;而对于黏稠的或悬浮有固体的液体,只能用锚式搅拌器和夹套形式传热;对于疏松黏稠状固体的混合,则要求耙式或刮板式搅拌器。

2. 混合强度

反应组分在设备中混合的目的是,促使反应过程更好地进行,并提高传热系数,减少局部过热。混合通常是采用各种搅拌器,以满足不同的混合强度的要求。如对互不相溶的非均相体系,必须作剧烈的搅拌,促使搅拌过程加速并保证产品的最大产率。强烈的混合多采用涡轮式或推进器式搅拌器。不太强烈的混合多采用桨式或锚式搅拌器。因此由要求的混合强度决定混合装置的类型,从而影响设备的构造。

3. 温度和压力

化学反应过程都是在一定温度和压力下进行的,

温度和压力是主要的推动因素。提高反应温度,可增大反应的速率。同时化学反应过程进行又都有热量的转换。因此反应热量的传递,影响过程进行的速率和生产的安全。一般是由反应温度选择换热介质和传热表面所采用的结构形式。对采用低压蒸汽或热液体的加热过程,及利用水和冷冻盐水(须强烈冷却且要求低温条件下使用)的冷却过程,均可采用蛇管、夹套等换热方式;而对高压蒸汽或高温热液体的加热过程,却只能采用蛇管。

反应的压力决定着设备的构造特征、材质和混合装置的安装等。设备的机械强度与设备的几何形状和尺寸比例有关,例如圆球形和圆筒形的设备机械强度高,典型的反应设备的高径比为1~3。

4. 热效应和传热强度

化学反应过程均有热效应产生,传热的速率影响过程进行的速度和设备的生产能力。一般传热系数及物料与换热剂间平均温差的提高有一定限度,生产能力的提高应主要从增大传热面积着手。例如采用指形冷却管和波浪形锅壁的反应器,与采用同样容积但带夹套的反应锅相比,换热面积和生产能力均增大2倍。一般夹套的传热面积小,置于设备内的蛇管可提供的传热面积大,如容积3000L的反应器,具有30m²的传热面积。传热面积的大小和设备结构决定于传热的强度,它们应保证反应的热量能尽快地移除或加入,以有利于过程的迅速进行。

在低温下进行的过程若伴有强放热,则应在剧烈冷却的条件下进行。在高温下进行的过程,虽有热量放出,但传热强度的影响不大。

5. 物料的化学性质

若反应物料黏稠,则不允许在设备中安装蛇管和列管,不应考虑扩大冷却面积。若过冷的器壁促使固体反应物在其表面上结晶,致使传热条件变差,则不宜采用提高制冷剂与反应物料间的温差来加强冷却效果,可采用刮板式搅拌器除下器壁上的沉淀物,以提高传热系数。当换热剂与物料接触会引起温度急剧上升并引起爆炸时,换热装置的类型应能防止换热剂进入反应物料中,且壁要厚,不加压。在处理腐蚀性强的物料时,宜采用夹套传热的型式。物料的爆炸危险性、毒性等对设备构造均有一定要求。

反应设备所用的材料,应具有足够的机械强度和