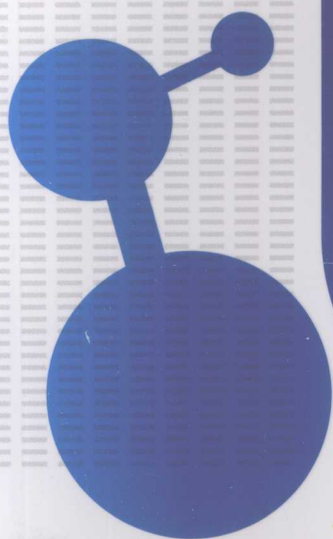




普通高等职业教育“十一五”国家级规划教材



化学反应过程与设备

——反应器选择、设计和操作

第二版

陈炳和 许宁 主编



化学工业出版社

本书是普通高等职业教育“十一五”国家级规划教材。

本书根据化工技术类专业的课程标准编写。

全书共三部分,包括反应器选择、反应器设计和优化、反应器操作与控制。本书通过化工生产中反应器选择、设计、操作和控制的实际工作过程揭示工业反应器的共同规律,较第一版增加了反应器的操作和控制、反应器常见异常现象、产生原因和处理方法、反应器日常运行和维护要点等内容,体现理论与实践的有机结合,强化学生实践能力的培养。

本书可作为化工技术类相关专业(无机化工、有机化工、精细化工、高分子化工、石油加工、生物化工、制药化工、环保工程等)的高等职业教育教材,也可供有关部门的科研及生产一线技术人员阅读参考,同时也可供企业职工培训使用。

图书在版编目(CIP)数据

化学反应过程与设备——反应器选择、设计和操作/
陈炳和,许宁主编. —2版. —北京:化学工业出版社,
2009.7

普通高等职业教育“十一五”国定级规划教材
ISBN 978-7-122-05289-6

I. 化… II. ①陈…②许… III. 化工过程-化工设备-
高等学校:技术学校-教材 IV. TQ051

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 063570 号

责任编辑:何 丽
责任校对:陈 静

文字编辑:孙思晨
装帧设计:尹琳琳

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:北京市振南印刷有限责任公司
装 订:三河市宇新装订厂
787mm×1092mm 1/16 印张 16 字数 382 千字 2009 年 9 月北京第 2 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: 26.00 元

版权所有 违者必究

中国石油和化学工业行业规划教材 * 高职高专化工技术类 编审委员会名单

主 任：陈炳和 常州工程职业技术学院

委 员：（按姓氏笔画排列）

丁志平 南京化工职业技术学院

于兰平 天津渤海职业技术学院

王绍良 湖南化工职业技术学院

吉 飞 常州工程职业技术学院

朱东方 河南工业大学化学工业职业学院

任耀生 中国化工教育协会

杨永杰 天津渤海职业技术学院

杨宗伟 四川化工职业技术学院

陈炳和 常州工程职业技术学院

金万祥 徐州工业职业技术学院

洪 霄 常州工业职业技术学院

秦建华 扬州工业职业技术学院

袁红兰 贵州工业职业技术学院

曹克广 承德石油高等专科学校

程桂花 河北化工医药职业技术学院

潘正安 化学工业出版社

序

2006年11月教育部颁布了《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)文件,文件中明确了课程建设与改革是提高教学质量的核心,也是教学改革的重点和难点。文件要求各高等职业院校应积极与行业企业合作开发课程,根据技术领域和职业岗位(群)的任职要求,参照相关的职业资格标准,改革课程体系和教学内容;要建立突出职业能力培养的课程标准,规范课程教学的基本要求,提高课程教学质量;要改革教学方法和手段,融“教、学、做”为一体,强化学生能力的培养;要加强教材建设,与行业企业共同开发紧密结合生产实际的实训教材,并确保优质教材进课堂。

自文件颁布以来,在我国掀起了新一轮高职高专教育教学改革热潮,以工作过程系统化重构高职高专课程体系,以项目化课程教学法改革传统学科传授教学法,取得了丰硕的成果。学生学习的兴趣、学习动力、自觉性、主动性、自信心、主体性和专业能力、自学能力、创新能力、团队合作能力、与人交流能力、计划策划能力、信息获取与加工能力等都得到明显提高,学生对复杂专业知识的把握情况也显著改善。项目化课程教学改革完全符合教育部的十六号文件精神。项目化课程教学改革遵循的八大原则更是体现了当今先进的高等职业教育观念。这八大原则是:①课程教学应进行整体教学设计;②课程内容是职业活动导向、工作过程导向,而不是学科知识的逻辑推演导向;③课程教学突出能力目标,而不仅仅是突出知识目标;④课程内容的载体主要是项目和任务,而不是语言、文字、图形、公式;⑤能力的训练过程必须精心设计,反复训练,而不是在讲完系统的知识之后,举几个知识的应用例子;⑥学生是课程教学过程中的主体;⑦课程的内容和教学过程应当“做、学、教”一体化,“实践、知识、理论”一体化;⑧注意在课程教学中渗透八大职业核心能力(外语应用能力、与人合作能力、与人交流能力、信息处理能力、数字应用能力、解决问题能力、自我学习和创新革新能力)的培养。

全国化工高等职业教育教学指导委员会(简称全国化工高职教指委)化工技术类专业委员会于2002年组织全国石油与化工各职业院校教师编写了第一套高职高专化工技术类专业规划教材,解决了当时高职院校化工技术类专业无教材的困难。然而,随着科学技术的进步,产业结构的调整,劳动效率的提高,信息技术的应用,劳动密集型生产已向资本密集型和技术密集型转变。特别是近年来的项目化课程教学改革的开展,原来的教材已不适应高等职业教育教学改革的需要。为此,全国化工高职教指委化工技术类专业委员会于2008年9月在常州工程职业技术学院启动了第二轮规划教材编写工作。教指委根据教育部教高[2006]16号文件的精神,吸收了先进的高职高专教育教学改革理念,进行了企业调研、座谈,针对岗位(群),聘请企业职业专家进行工

作任务分析,进而确定典型工作任务,组织课程专家按照职业成长规律和认知规律,用工作过程系统化的开发方法,重构化工技术类专业课程体系,制定课程标准,进行了教学情境设计,聘请企业一线技术专家作为教材编写的顾问和副主审,在全国石油和化工高职高专院校公开征集编写思路,组织高职教育领域的课程专家对应征的编写方案进行答辩,最终在全国范围内选拔出从事石油与化工职业教育的优秀骨干教师编写本套教材。

本套新教材的特点:

1. 体现工学结合的内涵要求;
2. 基本体现化工生产的工作过程;
3. 突出能力目标,重在培养学生的做事能力,强调知识的应用;
4. 便于项目化和任务驱动教学法的实施;
5. 注意培养学生的八大职业核心能力;
6. 反映当今的新技术、新材料、新设备和新工艺。

本轮建设的全套教材能满足化工技术类专业主干课程教学需求,能满足各个化工技术类专业方向课程教学需要,也能满足全国石油与化工高职院校根据地方经济发展和支柱产业需求设置的化工技术类专业选修课程教学要求。

本轮化工技术类专业的教材编写工作得到了许多化工生产一线企业行业专家、高等职业院校的领导和教育教学专家的指导,在此向所有对高等职业教育改革给予热情支持的人士表示衷心的感谢!

我们所做的工作仅是探索 and 创新的开始,还有许多的课题有待进一步研究,我们期待各界专家和读者提出宝贵意见!

全国化工高等职业教育教学指导委员会

化工技术类专业委员会

2009年6月

前言

《化学反应过程与设备》自 2003 年 3 月出版以来,我国的高等职业教育事业发展迅速,高职高专院校数占高等学校数的一半,其中化工技术类专业开办学校数和在校生数都有大幅度的增加。

随着教育部 2006 年 11 月《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16 号)文件的颁布,一场高职教育教学改革在全国全面而深入地展开,以能力本位、素质基础、工学结合人才培养模式的创新为背景,以国家示范性高等职业院校为骨干的院校正在将学科课程体系改革为以工作过程系统化的开发方法重构课程体系正如火如荼地进行;一些高职院校正在进行以“突出能力目标、职业活动导向、学生主体、项目载体、任务驱动、素质基础、融教学做一体化”为特点的项目化课程教学改革试点,她正改变着以“学科为导向、知识为目标、教师为主体、应试为基础、逻辑为载体、理论和实践分离”的传统课堂教学模式。同时,随着我国产业结构的不断调整,化学工业的节能减排要求不断提高,淘汰了许多落后的化工生产技术、工艺、设备,而新技术、新材料、新设备和新工艺在化学工业中被广泛采用,其化学工业的技术含量有了较大提升,原来的教材已不能很好地适应当今高职教育形势发展的要求。

本次再版的教材是根据教育部 16 号文件精神和教育部精品课程、精品教材建设的相关文件要求,在教育部高职高专院校化工技术类专业教学指导委员会、全国高等职业教育化工技术类专业教学指导委员会的具体指导下,依据高职化工技术类专业的课程标准,本着以能力培养为主线,按照实际工业生产中反应器选择、设计和操作的工作过程来组织编写。

与第一版《化学反应过程与设备》相比,内容的取舍和体例结构都作了比较大的变动。减少了繁琐的数学描述和深奥理论的叙述,如删除了反应器内物料停留时间分布及停留时间分布实验测定、气液相宏观动力学方程、数学模型计算等内容,比较多地增加了高等职业教育学生必须掌握的反应器操作与控制的内容,这样能更好地满足化工生产一线的高技能人才的培养目标。在体例结构上,力图反映课程内容首先面向职业岗位的工作和活动,而不是首先面向知识体系的构建和推导。本课程内容设计的出发点与传统知识本位课程的出发点有巨大差异,这也是本书采用副书名的第一个原因。传统的课程教学首先突出的是知识目标,是以“表达知识、传授知识、消化知识、理解知识、记忆知识、再现知识”为己任,而高职课程教学必须突出“能力目标”。“能力”主要是指“做事的本领,完成职业岗位工作任务的本领”,能力本位课程是专业课程改革的核心要求,这就要求任课教师首先准确、具体地分析和描述本课程的能力目标,然后围绕这些能力目标重新设计整个课程的教学过程。能力本位的

要求,是本书采用副书名的第二个原因。可见,教材名称的选择,在一定程度上反映了课程设计的基本理念。

各院校在教学过程中,可根据专业培养目标、教学要求、本地区化工生产反应器岗位典型工作任务、学生状况以及实训装备等情况,以本教材中的具体工作任务为驱动,以项目为载体,进行教学情境设计;也可以按某类反应器的选择、设计、操作和控制为工作过程进行教学情境设计。按照资讯、计划、决策、实施、检查、评估六步法具体组织教学。在教学过程中,注意发挥学生学习的主体作用,以培养学生的能力为核心,着力培养学生的八大职业核心能力(外语应用能力、与人合作能力、与人交流能力、信息处理能力、数字应用能力、解决问题能力、自我学习能力和创新革新能力),真正在第一课堂全面实施素质教育。

本教材由常州工程职业技术学院陈炳和、南京化工职业技术学院许宁主编,常州工程职业技术学院刘承先、扬子石化股份有限公司化工厂秦建元主审。项目1中任务1、任务3,项目2中任务1、任务2、任务3、任务4、任务5,项目3中任务1、任务2由陈炳和编写;项目1中任务2,项目2中任务6、任务7,项目3中任务5、任务6由许宁编写;项目2中任务8、任务9,项目3中任务3、任务4、任务7、任务8以及复习思考题、习题由常州工程职业技术学院陆敏编写。本书编写过程中得到了化学工业出版社及编者单位领导和同事的帮助与支持,在此对他们的无私相助表示衷心的感谢。

本书在编写体例、内容编排等方面作了新的尝试。由于编者学术水平、实践经验欠缺,特别是项目化课程教学改革的经验不足,加之时间仓促,教材中的不妥在所难免,恳请广大教师和读者提出批评和建议。

编者

2009年4月

第一版前言

随着全国职业教育工作会议的召开和各省市贯彻落实全教会精神,我国的职业技术教育特别是高等职业技术教育的发展非常迅猛。如何办出高职高专教育的特色,教材建设工作是重中之重。由于工业技术的发展,行业的交叉渗透,生物化工、精细化工、医药化工、石油化工、有机化工、无机化工、新材料化工、煤化工、冶金化工等出现了许多新知识、新技术、新工艺和新方法。而追踪化工生产技术发展的教材严重缺乏。本书是根据教育部《关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》以及教材建设的有关精神,以技术应用为目的,具有更强的针对性、实践性、实用性和先进性的原则,以培养生产、服务、管理一线的高级应用性技术人才为目标,由全国高等职业教育化工工艺类专业材料编审委员会组织,按化工工艺类专业的课程基本要求而编写。

针对高等职业教育培养技术应用性人才的教育特点,本书力求避免繁琐的数学描述,着重基本概念、基本理论和技术应用的阐述。反应设备计算基础即反应过程分析部分,着重讲述宏观动力学以及各类反应的不同特点对工业反应器提出的要求,强调工程观念,突出研究方法,提高学生分析和解决问题的能力。反应设备部分,除了介绍反应器的特点、结构、工业应用,对学生进行初步工艺计算能力的训练之外,更增加了各种常见反应器的日常运行和操作系统,强化实践技能培养,使学生走上岗位后能更快地适应实际操作和技术应用工作。本书配有相应的例题、复习思考题和习题,特别是在各章节中设置了查阅资料、开拓知识面的研究性练习题,力求概念清晰,理论联系实际,使之思路开阔,学以致用。

各院校在教学过程中,可根据专业培养目标、教学要求、授课时数,并结合本地区生产技术应用实际以及学生实际水平等对教材的内容进行有针对性的选取。

本教材由常州工程职业技术学院陈炳和、泰山医学院工程学院许宁主编,吉林工业职业技术学院赵杰民主审。绪论、第一章、第三章由陈炳和编写;第二章、第四章第三节、第六章由许宁编写;第四章第一节、第二节、第五章以及复习思考题、习题由常州工程职业技术学院陆敏编写。编写过程中得到了化学工业出版社及各编者所在单位的大力支持,在此对他们的无私相助表示衷心感谢。

本书在编写模式、内容编排等方面做了新的尝试。由于学术水平、教学经验不足,加之时间仓促,教材中的不妥和错误在所难免,恳请广大读者提出批评、建议和改进意见。

编者

2003年3月

目录

项目 1 反应器选择

2

教学目标	2
专业能力目标	2
知识目标	2
方法能力目标	2
社会能力目标	2
工作任务	2
任务 1 均相反反应器的选择	3
工作任务	3
技术理论	3
一、搅拌釜式反应器的应用与分类	3
二、搅拌釜式反应器结构	5
三、管式反应器的应用与分类	9
四、管式反应器的结构	10
五、均相反反应器的选择	12
拓展知识	12
任务 2 气固相反反应器的选择	13
工作任务	13
技术理论	13
一、固定床反应器的特点与结构	14
二、流化床反应器的特点与结构	19
三、气固相催化反应器的选择	21
任务 3 气液相反反应器的选择	22
工作任务	22
技术理论	22
一、气液相反反应器种类和工业应用	23
二、鼓泡塔反应器结构	25
三、填料塔反应器结构	28
四、气液相反反应器的选择	35
拓展知识	36

项目 2 反应器设计和优化

42

教学目标	42
专业能力目标	42
知识目标	42
方法能力目标	42

社会能力目标	42
工作任务	43
任务1 间歇操作釜式反应器设计	43
工作任务	43
预备知识	43
一、反应器流动模型	43
二、均相反应动力学基础	46
技术理论	58
三、反应器计算的基本内容和基本方程	58
四、间歇操作釜式反应器体积和数量计算	59
五、间歇操作釜式反应器的动力学算法	61
六、间歇操作釜式反应器直径和高度的计算	65
七、设备之间的平衡	65
任务2 连续操作釜式反应器的计算	67
工作任务	67
技术理论	67
一、单个连续操作釜式反应器的计算	67
二、多个串联连续操作釜式反应器的计算	69
拓展知识	72
任务3 釜式反应器配套设施的设计与选择	75
工作任务	75
技术理论	75
一、搅拌装置的设计与选择	75
二、釜式反应器换热装置的设计与选择	81
拓展知识	86
任务4 连续操作管式反应器的计算	88
工作任务	88
技术理论	88
一、基础计算方程式	89
二、恒温恒容管式反应器的计算	90
三、恒温变容管式反应器的计算	90
四、绝热连续操作管式反应器的计算	92
任务5 反应器计算与操作优化	93
工作任务	93
技术理论	93
一、简单反应的反应器生产能力的比较	94
二、复杂反应的选择性比较	99
任务6 固定床反应器设计	102
工作任务	102
预备知识	102
一、固体催化剂基础知识	102
二、气固相催化反应动力学基础	113
技术理论	121
三、固定床反应器计算	121
任务7 流化床反应器的设计	134
工作任务	134
技术理论	134
一、流态化基本概念	134

二、流化床反应器中的传质	142
三、流化床反应器中的传热	143
四、流化床反应器的工艺计算	144
任务 8 鼓泡塔反应器设计	150
工作任务	150
技术理论	150
一、气液相反反应动力学基础	151
二、鼓泡塔的传递特性	155
三、鼓泡塔反应器的计算	159
任务 9 填料塔反应器设计	163
工作任务	163
技术理论	163

项目 3 反应器操作与控制

165

教学目标	165
专业能力目标	165
知识目标	165
方法能力目标	165
社会能力目标	165
工作任务	165
任务 1 常压间歇釜式反应器的操作与控制	166
工作任务	166
实践操作	166
一、工艺流程简述	166
二、常压间歇釜式反应器的操作与控制	166
三、2-巯基苯并噻唑用反应釜常见异常现象及处理	168
任务 2 高压间歇釜式反应器的操作与控制	169
工作任务	169
实践操作	169
一、原理及流程简述	169
二、高压间歇釜式反应器的操作与控制	169
拓展知识	172
任务 3 连续操作釜式反应器的操作与控制	173
工作任务	173
技术理论	173
一、连续操作釜式反应器的稳定操作	173
实践操作	178
二、聚乙烯搅拌釜的操作与控制	178
三、釜式反应器的故障处理及维护要点	180
拓展知识	181
任务 4 连续操作管式反应器的操作与控制	183
工作任务	183
实践操作	183
一、原理及流程简述	183
二、水合反应器操作与控制	184
三、水合反应器常见异常现象的原因及处理方法	186
四、管式反应器常见故障与维护要点	186

任务 5 固定床反应器的操作与控制	188
工作任务	188
实践操作	188
一、催化剂的使用	188
技术理论	196
二、固定床反应器的操作与控制要点	196
实践操作	198
三、乙苯脱氢反应器的操作与控制	198
拓展知识	203
任务 6 流化床反应器的操作与控制	204
工作任务	204
技术理论	204
一、流化床反应器的操作与控制要点	204
实践操作	207
二、本体聚合流化床反应器的操作与控制	207
三、流化床反应器中常见的异常现象及处理方法	211
拓展知识	212
任务 7 鼓泡塔反应器的操作与控制	214
工作任务	214
实践操作	214
一、烃化塔的操作与控制	214
二、鼓泡塔反应器常见故障处理与维护要点	218
任务 8 填料塔反应器的操作与控制	219
工作任务	219
实践操作	219
一、二氧化碳接触塔的操作与控制	219
二、填料塔反应器常见故障处理与维护要点	223
拓展知识	225

思考与复习

229

项目 1 思考题	229
项目 2 思考与复习题	229
计算与设计题	231
项目 3 思考与复习题	234

本书符号说明

235

参考文献

238

本课程教学总目标

通过本课程的学习，能掌握各种反应器的基本结构、特点，掌握化学反应动力学表述方式，掌握各种反应器工艺设计方法，能根据反应特征和生产条件选择反应器，初步掌握各种反应器的基本操作和基本维护方法，能判断和排除反应器常见的不正常工况，能初步对反应过程进行优化。

反应器选择

教学目标

专业能力目标

通过本部分内容的学习和工作任务的训练，能根据反应特点和生产条件正确选择反应器的类型。

知识目标

- ① 了解反应器在化学工业中的地位与作用；
- ② 了解反应器的发展趋势；
- ③ 掌握反应器分类方法；
- ④ 掌握釜式反应器、管式反应器、固定床反应器、流化床反应器、鼓泡塔反应器和填料塔反应器的基本结构及其基本特点；
- ⑤ 掌握釜式反应器、管式反应器、固定床反应器、流化床反应器、鼓泡塔反应器和填料塔反应器类型选择方法。

方法能力目标

- ① 具有信息检索能力；
- ② 具有信息加工能力；
- ③ 具有自我学习和自我提高能力；
- ④ 具有发现问题、分析问题和解决问题能力。

社会能力目标

- ① 具有团队精神和与人合作能力；
- ② 具有与人交流沟通能力；
- ③ 具有较强的表达能力。

工作任务

根据化工产品的反应特点和生产条件初步选择工业反应器的类型。

任务 1

均相反应器的选择

工作任务

根据化工产品的反应特点和生产条件初步选择均相反应器的类型。

技术理论

一个典型的化工生产过程（如图 1-1 所示）大致由三个组成部分：①原料预处理，即按化学反应的要求将原料进行净化等操作，使其符合化学反应器进料要求；②化学反应，即将一种或几种反应原料转化为所需的产物；③产物分离，以获得符合规格要求的化工产品。很显然，化学反应是化工生产过程的核心。用来进行化学反应的设备称为化学反应器，化学反应器是化工生产装置中的关键设备。

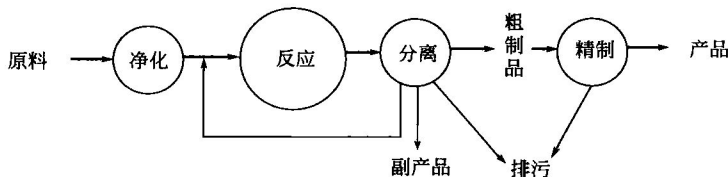


图 1-1 化工生产过程示意图

化学反应器中进行的过程不仅有化学反应过程，同时还伴有许多物理过程。这些物理过程与化学过程相互影响、相互渗透，必然影响过程的特性和化学反应的结果，使反应过程复杂化。

反应器选择、设计与操作是关于如何在工业规模上实现化学反应过程，以期最有效地把化工原料转化为尽可能多的目的产品，实现经济效益，以满足国民经济需要的一门工程技术学科。它在化学工业生产的各个领域，特别是在反应装置的选型、反应器尺寸的设计计算、过程开发、过程最优化以及操作最优化控制等方面起着越来越大的推动作用，并日益受到广泛的重视。

化学工业中常见的均相反应器主要有，釜式反应器、管式反应器等，它们的分类与结构介绍如下。

一、搅拌釜式反应器的应用与分类

（一）搅拌釜式反应器在化工生产中的应用

装有搅拌器的釜式设备（或称槽、罐）是化学工业中广泛采用的反应器之一，它可用来进行液液均相反应，也可用于非均相反应，如非均相液相、液固相、气液相、气液固相等。普遍应用于石油化工、橡胶、农药、染料、医药等工业，用来完成磺化、硝化、氢化、烃

化、聚合、缩合等工艺过程,以及有机染料和医药中间体的许多其他工艺过程的反应设备。聚合反应过程约90%采用搅拌釜式反应器,如聚氯乙烯,在美国70%以上用悬浮法生产,采用 $10\sim 150\text{m}^3$ 的搅拌釜式反应器;德国氯乙烯悬浮聚合采用 200m^3 的大型搅拌釜式反应器;中国生产聚氯乙烯,大多采用 13.5m^3 、 33m^3 不锈钢或复合钢板的聚合釜式反应器,以及 7m^3 、 14m^3 的搪瓷釜式反应器。又如涤纶树脂的生产采用本体熔融缩聚,聚合反应也使用搅拌釜式反应器。在精细化工的生产中,几乎所有的单元操作都可以在釜式反应器内进行。

釜式反应器的应用范围之所以广泛,是因为这类反应器结构简单、加工方便,传质效率高,温度分布均匀,操作条件(如温度、浓度、停留时间等)的可控范围较广,操作灵活性大,便于更换品种,能适应多样化的生产。

(二) 搅拌釜式反应器的分类

1. 按操作方式分类

按操作方式分类为间歇(分批)式、半连续(半间歇)式和连续式操作。

搅拌釜式反应器可以进行间歇式操作:一次加入反应物料,在一定的反应条件下,经过一定的反应时间,当达到所要求的转化率时取出全部产物的生产过程,如图1-2(a)所示。间歇式操作设备利用率不高、劳动强度大,只适用于小批量、多品种生产,在染料及制药工业中广泛采用这种操作。

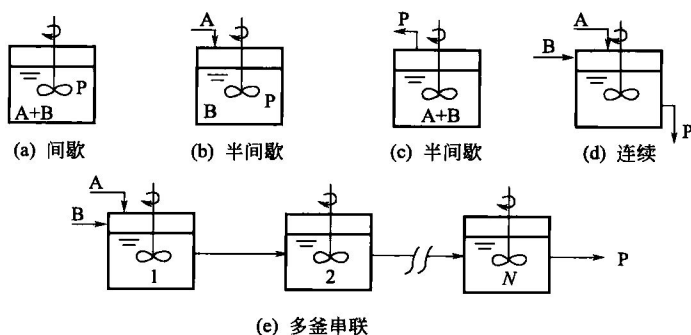


图 1-2 反应釜的操作方式

搅拌釜式反应器可以单釜或多釜串联进行连续操作:连续加入反应物和取出产物,如图1-2(d)所示。连续操作设备利用率高、产品质量稳定、易于自动控制,适用于大规模生产。

搅拌釜式反应器也可以进行半间歇操作:一种物料分批加入,而另一种物料连续加入的生产过程,如图1-2(b)所示;或者是一批加入物料,用蒸馏的方法连续移走部分产品的生产过程,如图1-2(c)所示。半间歇操作特别适用于要求一种反应物的浓度高而另一种反应物的浓度低的化学反应,适用于可以通过调节加料速度来控制反应温度的反应。

2. 按材质分类

按材质分为钢制(或衬瓷板)反应釜、铸铁反应釜及搪玻璃反应釜。

(1) 钢制反应釜 特点是制造工艺简单,造价费用较低,维护检修方便,使用范围广泛,化工生产普遍采用。最常见的钢制反应釜的材料为Q235A(或容器钢)。用Q235A材料制做的反应釜不耐酸性介质腐蚀,不锈钢材料制的反应釜可以耐一般酸性介质,经过镜面抛光的不锈钢制反应釜还特别适用于高黏度体系聚合反应。

(2) 铸铁反应釜 在氯化、磺化、硝化、缩合、硫酸增浓等反应过程中使用较多。

(3) 搪玻璃反应釜 俗称搪瓷锅。在碳钢锅的内表面涂上含有二氧化硅玻璃釉,经

900℃左右的高温焙烧,形成玻璃搪层。搪玻璃反应釜对许多介质具有良好的抗腐蚀性,所以广泛用于精细化工生产中的卤化反应及有盐酸、硫酸、硝酸等存在时的各种反应。搪玻璃反应釜具有如下性能。

① 耐腐蚀性。它能耐大多数无机酸、有机酸、有机溶剂等介质,尤其在盐酸、硝酸、王水等介质中具有良好的耐腐蚀性能。搪玻璃设备不宜用于下列介质的储存和反应,否则将会因腐蚀较快地损坏。如:任何浓度和温度的氢氟酸; $\text{pH}>12$ 且温度大于100℃的碱性介质;温度大于180℃、质量分数大于30%的磷酸;酸碱交替的反应过程;含氟离子的其他介质。

② 耐热性。允许在 $-30\sim+240^{\circ}\text{C}$ 范围内使用,耐热温差小于120℃,耐冷温差小于110℃。

③ 耐冲击性。耐冲击性($2.5\text{kg}/\text{cm}^2$)较小,因而使用时应避免硬物冲击碰撞。搪玻璃反应釜在运输和安装时要防止碰撞。加料时严防重物掉入容器内。使用时要缓慢加压升温,防止剧变。

我国标准搪玻璃反应釜有K型和F型两种。K型反应釜是锅盖和锅体分开,可以装置尺寸较大的锚式、框式和桨式等各种形式的搅拌器,反应釜容积有50~10000L的不同规格,因而适用范围广。F型是盖体不分的结构,盖上都装置人孔,搅拌器为尺寸较小的锚式或桨式,适用于低黏度、容易混合的液液相、气液相等反应。F型反应锅的密封面比K型小很多,所以对一些气液相卤化反应以及带有真空和压力下的操作更为适宜。

搪玻璃反应釜的夹套采用A3型等普通钢材制造。若使用低于0℃的冷却剂时则须改用合适的夹套材料,有关选用技术参数可查阅有关设计手册和产品样本。

3. 按操作压力分类

按反应釜所能承受的操作压力可分为低压釜和高压釜。

低压釜是最常见的搅拌釜式反应器。在搅拌轴与壳体之间采用动密封结构,在低压(1.6 MPa以下)条件下能够防止物料的泄漏。

高压条件下,动密封往往难以保证不泄漏。目前,高压常采用磁力搅拌釜。磁力釜的主要特点是以静密封代替了传统的填料密封或机械密封,从而实现整台反应釜在全密封状态下工作,保证无泄漏。因此,更适合于各种极毒、易燃、易爆以及其他渗透力极强的化工工艺过程,是石油化工、有机合成、化学制药、食品等工艺中进行硫化、氟化、氢化、氧化等反应的理想设备。

二、搅拌釜式反应器结构

(一) 搅拌釜式反应器基本结构

搅拌釜式反应器主要由壳体、搅拌装置、轴封和换热装置四大部分组成。搅拌釜式反应器的结构如图1-3所示。

1. 壳体

壳体由圆形筒体、上盖、下封头构成。上盖与筒体连接有两种方法:一种是盖子与筒体直接焊死,构成一个整体;另一种形式是考虑拆卸方便用法兰连接,上盖开有人孔、手孔和工艺接口等。壳体材料根据工艺要求确定,最常用的是铸铁和钢板,也有采用合金钢或复合钢板。当用来处理有腐蚀性介质时,则需用耐腐蚀材料来制造反应釜,或者将反应釜内衬内表搪瓷、衬瓷板或橡胶。

釜底常用的形状有平面形、碟形、椭圆形和球形,如图1-4所示。平面结构简单,容易