

石油高职教育“工学结合”教材

SHIYOU GAOZHI JIAOYU GONGXUE JIEHE JIAOCAI

反应器操作

周高宁 李莉 主编



石油工业出版社
Petroleum Industry Press

内 容 提 要

本书介绍了釜式反应器的操作、管式反应器的操作、固定床反应器的操作、流化床反应器的操作、鼓泡塔反应器的操作和填料塔反应器的操作。通过对化工生产实际工作过程进行分析,介绍了各种反应器的结构原理、操作与控制、反应器常见的异常现象、产生原因及处理方法、反应器日常运行和维护等内容,体现了理论和实践的有机结合,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。

图书在版编目(CIP)数据

反应器操作/周高宁,李莉主编.

北京:石油工业出版社,2011.6

石油高职教育“工学结合”教材

ISBN 978-7-5021-8292-2

I. 反…

II. ①周…②李…

III. 石油化工-化工设备-反应器-高等学校:技术学校-教材

IV. TQ052.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第024396号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里2区1号 100011)

网 址:www.petropub.com.cn

编辑部:(010)64523574 发行部:(010)64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:石油工业出版社印刷厂

2011年6月第1版 2011年6月第1次印刷

787×1092毫米 开本:1/16 印张:15.75

字数:400千字

定价:28.00元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

前 言

本书以职业能力和职业素质的培养为主线,通过对石油化工生产的职业岗位群进行工作任务和职业能力分析,确定反应器操作岗位的典型工作任务,根据完成工作任务的需要,确定课程目标。参照岗位要求和相应职业资格标准选取教学内容,以典型化工产品生产为载体,设计了釜式反应器的操作、管式反应器的操作、固定床反应器的操作、流化床反应器的操作、鼓泡塔反应器的操作、填料塔反应器的操作等六个学习情境。在每个学习情境下,又包括若干学习任务,每个学习任务的完成都经历完整的行动模式,通过完成学习任务以获得知识、形成能力、培养素质。根据人才培养目标要求,结合化工生产操作岗位需要,使学生获得化学反应过程知识,培养学生操作反应器设备、调整反应工艺条件、处理不正常操作等职业能力和爱岗敬业求实奉献等职业素质,素质培养贯穿课程始终。按照实际生产中反应器的选择、设计、操作和优化的工作过程组织编写,具有更强的针对性、实践性、实用性和先进性。

针对高等职业教育培养技术应用型人才的教育特点,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。在介绍了反应器的特点、结构、工业应用以及初步工艺计算之后,重点介绍了各种常见的反应器的日常运行和操作内容,强化实践技能培养,使学生走上岗位后能很快适应实际操作和技术应用工作。

本书由大庆职业学院周高宁、李莉任主编,李金霜任副主编,大庆职业学院于德水主审。情景一由大庆职业学院周高宁、邹丽丽编写;情景二由大庆职业学院李金霜编写;情景三由大庆油田有限责任公司李国桥、东北石油大学牛瑞霞编写;情景四由大庆油田有限责任公司林世英编写;情景五由大庆职业学院刘丽萍编写;情景六由大庆师范学院赵秀丽、中国石油天然气集团公司张长宝编写。编写过程中得到各编者单位的大力支持,在此对他们表示衷心感谢。

本书在编写模式和内容排版等方面做了新的尝试。由于学术水平、教学经验不足,对书中出现的不妥和错误之处,恳请广大读者提出批评、建议和改进意见。

编 者

2010年11月

目 录

学习情境一 釜式反应器的操作	(1)
任务一 选择釜体结构	(3)
任务二 选择搅拌器	(11)
任务三 选择换热装置及热源	(19)
任务四 计算釜式反应器的体积和数量	(26)
任务五 2-巯基苯并噻唑的生产——常压间歇釜式反应器的操作	(54)
任务六 治疗血吸虫病药物中间体的生产——高压间歇釜式反应器的操作	(60)
任务七 高密度聚乙烯的生产——连续操作釜式反应器的操作	(65)
任务八 釜式反应器优化	(74)
学习情境二 管式反应器的操作	(84)
任务一 选择管式反应器	(85)
任务二 乙二醇的生产——连续管式反应器的操作	(94)
学习情境三 固定床反应器的操作	(100)
任务一 选择固定床反应器	(102)
任务二 催化剂的选择	(108)
任务三 催化剂的使用	(120)
任务四 固定床反应器优化	(132)
任务五 乙苯脱氢制苯乙烯——固定床反应器的操作	(150)
学习情境四 流化床反应器操作	(156)
任务一 选择合适的流化床反应器	(158)
任务二 流化床反应器的设计	(162)
任务三 聚丙烯的生产——流化床反应器的操作	(180)
学习情境五 鼓泡塔反应器的操作	(190)
任务一 选择气液相反应器类型	(191)
任务二 乙苯的生产——鼓泡塔反应器的操作	(209)
学习情境六 填料塔反应器的操作	(217)
任务一 填料塔的选择	(218)
任务二 二氧化碳的吸收——填料塔反应器的操作	(235)
参考文献	(246)

学习情境一 釜式反应器的操作

学习目标

能力目标	知识目标	素质目标
(1)能识别釜体结构; (2)能说明釜体各部分的作用; (3)能根据实际生产特点选择釜体各部分结构; (4)能选择合适的搅拌器; (5)能安全规范完成搅拌操作; (6)能识别釜式反应器的各种传热装置; (7)能根据工艺要求选择合适的换热装置; (8)能根据工艺要求选择合适的冷源、热源; (9)能进行釜式反应器体积和数量的计算; (10)能初步编制操作规程; (11)能进行冷态开车操作; (12)能对工艺参数(温度、压力)进行调节控制; (13)能进行正常停车操作; (14)能对生产中出现的故障进行判断和故障排除; (15)能正确维护釜式反应器; (16)能明确反应器优化的目标,初步具备优化反应过程与设备的能力; (17)能根据不同反应的特点选择优化的反应器型式和操作方式	(1)选择釜体结构; (2)选择搅拌器; (3)选择换热装置及热源; (4)计算釜式反应器的体积和数量; (5)2-巯基苯并噻唑的生产——常压间歇釜式反应器的操作; (6)治疗血吸虫病药物中间体的生产——高压间歇釜式反应器的操作; (7)高密度聚乙烯的生产——连续操作釜式反应器的操作; (8)釜式反应器优化	(1)养成与他人协作共同完成任务的意识; (2)养成本意识、环保意识; (3)培养工作和学习过程中的自我管理、自我控制意识; (4)培养耐受失败和挫折的心理素质; (5)养成按规程操作的工作习惯; (6)具有分析问题、解决问题的能力; (7)具有严谨和实事求是的工作态度; (8)具有一定的安全知识; (9)具有不唯书本、不唯经验,超越自我的创新精神

学习情境设计

一、工作过程分析

1. 工作过程组成

- (1)明确各小单元的工作任务、考核标准;
- (2)进行工作准备、制订实施方案;
- (3)工作过程实施,工作成果检验,进行工作总结。

2. 工作任务

- (1)选择釜体结构;
- (2)选择搅拌器;
- (3)选择换热装置及热源;
- (4)计算釜式反应器的体积和数量;
- (5)2-巯基苯并噻唑的生产——常压间歇釜式反应器的操作;
- (6)治疗血吸虫病药物中间体的生产——高压间歇釜式反应器的操作;

(7) 高密度聚乙烯的生产——连续操作釜式反应器的操作;

(8) 釜式反应器优化。

3. 明确考核标准

参考职业资格标准。

二、工作准备

1. 理论阐述(为什么这样做?工作原理)

- (1) 对釜式反应器的初步认识;
- (2) 釜式反应器的结构;
- (3) 釜式反应器的选择;
- (4) 换热装置及其热源分类和使用范围;
- (5) 搅拌器的种类及其在反应器传质、传热中的作用;
- (6) 釜式反应器的计算方法;
- (7) 釜式反应器的操作与控制要点;
- (8) 釜式反应器操作时常见的异常现象及处理方法。

2. 操作要领(经验知识传授,注意事项)

- (1) 釜式反应器的使用和维护方法;
- (2) 操作过程中常见的异常现象处理方法。

3. 操作方案(实际做)

- (1) 开车准备、开车步骤;
- (2) 稳定状态的过渡操作;
- (3) 正常操作步骤;
- (4) 停车步骤;
- (5) 紧急停车步骤。

三、工作实施(步骤、过程、方法、应用)

- (1) 检查维护设备的运转情况;
- (2) 进行流量、液位等工艺参数控制;
- (3) 处理釜式反应器操作过程中的异常现象和事故。

四、成果检验

- (1) 实训操作评分;
- (2) 实验、实训的操作质量;
- (3) 小组成员配合默契程度。

五、工作总结

获得的经验和教训。

学习标准

序号	学习任务	能力标准	知识标准
1	选择釜体结构	(1) 能识别釜体结构; (2) 能说明釜体各部分的作用; (3) 能根据实际生产特点选择釜体各部分结构	掌握釜式反应器的类型、结构、应用范围及选用
2	选择搅拌器	(1) 能识别各类搅拌器; (2) 能根据不同反应的特点合理分析、选用合适的搅拌器	掌握搅拌器的类型、结构、应用范围及选用

序号	学习任务	能力标准	知识标准
3	选择换热装置及热源	(1)能识别釜式反应器的各种传热装置; (2)能根据工艺要求选择合适的换热装置; (3)能根据工艺要求选择合适的冷源、热源	掌握换热装置类型、结构、应用范围及选用;热源的类型及选用
4	计算釜式反应器的体积和数量	能进行釜式反应器体积和数量的计算	(1)掌握反应器的流动模型; (2)掌握均相反应动力学基础; (3)掌握间歇釜体积和数量计算; (4)掌握连续釜计算
5	2-巯基苯并噻唑的生产——常压间歇釜式反应器的操作	(1)能初步编制操作规程; (2)能进行冷态开车操作; (3)能对工艺参数(温度、压力)进行调节控制; (4)能进行正常停车操作; (5)能对生产中出现的故障进行判断和故障排除; (6)能正确维护釜式反应器	(1)连续釜的操作稳定性; (2)工艺流程; (3)连续釜的操作与控制; (4)异常现象处理
6	治疗血吸虫病药物中间体的生产——高压间歇釜操作	(1)能初步编制操作规程; (2)能进行冷态开车操作; (3)能对工艺参数(温度、压力)进行调节控制; (4)能进行正常停车操作; (5)能对生产中出现的故障进行判断和故障排除; (6)能正确维护釜式反应器	(1)工艺流程; (2)高压釜开车前的准备; (3)高压釜的操作与控制; (4)异常现象处理
7	高密度聚乙烯的生产——连续操作釜式反应器的操作	(1)能初步编制操作规程; (2)能进行冷态开车操作; (3)能对工艺参数(温度、压力)进行调节控制; (4)能进行正常停车操作; (5)能对生产中出现的故障进行判断和故障排除; (6)能正确维护反应器	(1)连续釜的稳定操作; (2)工艺流程; (3)连续釜开车; (4)聚合系统的操作与控制; (5)停车; (6)异常现象处理及反应器维护
8	釜式反应器优化	能进行反应器计算和操作优化	(1)釜式反应器设计计算优化; (2)釜式反应器操作优化

任务一 选择釜体结构

一、任务与训练

1. 任务描述

带领学生到实训基地现场参观釜式反应器装置,观看反应器图片,识别各类釜式反应器并提出任务——列表归纳总结釜式反应器特点,具体要求如下:

- (1)能指出釜式反应器中各部件的名称;
- (2)能说出各部件的作用。

2. 分析与思考

- (1)讨论各类釜式反应器的结构、特点及适用场合;
- (2)通过反应原理和反应特点,分析对反应器的要求;
- (3)找到合适的反应器型式。

3. 经验知识传授

釜式反应器的结构:

- (1) 反应器主体结构;
- (2) 气体分布装置;
- (3) 内部构件;
- (4) 换热装置;
- (5) 气固分离装置。

4. 任务拓展

根据参观的釜式反应器装置,绘制反应器系统的结构示意图。

二、课后练习巩固

- (1) 釜式反应器如何分类? 其特点是什么? 有什么优点和缺点?
- (2) 釜式反应器的基本结构及其作用是什么?

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。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。

一、釜式反应器的应用与分类

(一) 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,它可用于进行液液均相反应,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

搅拌釜式反应器按操作方式分类可分为间歇(分批)式、半间歇(半连续)式、连续式和多釜串联式等(图1-1)。

搅拌釜式反应器可以进行间歇式操作:一次加入反应物料(A+B),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(P)的生产过程,如图1-1(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。

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1-1(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1-1(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1-1(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。

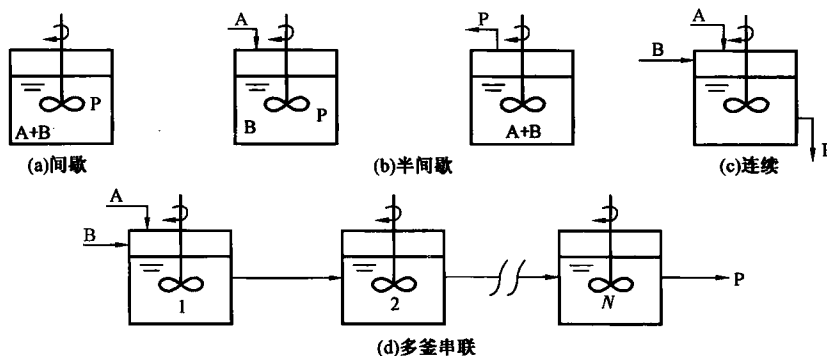


图 1-1 搅拌釜式反应器的操作方式分类

2. 按材质分类

按材质分类可分为钢制(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。它的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 材料制作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粘度体系聚合反应。

(2) 铸铁反应釜。它在氯化、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的玻璃釉,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,尤其是在盐酸、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而损坏,如任何浓度和温度的氢氟酸;pH 值大于 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 ~ +240℃ 范围内使用,耐热温差小于 120℃,耐冷温差小于 110℃。

③ 耐冲击性。耐冲击性较小,约为 2.5kg/cm²,因而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,盖上都开有人孔,搅拌器为尺寸较小的锚式或桨式,适

用于低粘度、容易混合的液液相、气液相等反应。F型反应釜的密封面比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等普通钢材制造。若使用低于0℃的冷却剂时则须改用适合的夹套材料,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(1.6MPa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,更适用于各种剧毒、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(图1-2)。

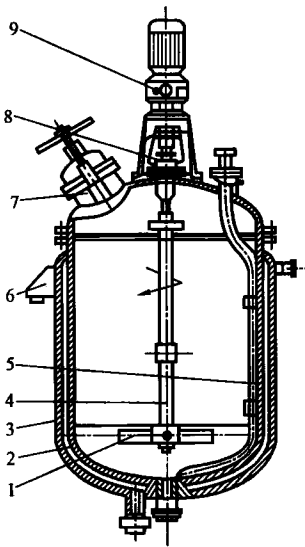


图1-2 搅拌釜式反应器的基本结构

- 1—搅拌器;2—釜体;3—夹套;
- 4—搅拌轴;5—压料管;6—支座;
- 7—人孔;8—轴封;9—传动装置

1. 壳体

壳体由圆筒形筒体、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1-3所示。平面形结构简单,容易制造,一般在釜体直径小、常压(或压力不大)条件下操作时采用;碟形或椭圆形应用较多;球形多用于高压反应釜。当反应后物料需用分层法使其分离时可用锥形底。

2. 搅拌装置

搅拌装置由搅拌轴和搅拌电动机组成,其目的是加强反应釜内物料的均匀混合,以强化反应的传质和传热。

3. 轴封

轴封用来防止釜的主体与搅拌轴之间的泄漏。轴封主要有填料密封和机械密封两种。

(1) 填料密封结构(图1-4)。填料箱由箱体、填料、油环、衬套、压盖和压紧螺栓等零件组成,旋转压紧螺栓时压盖压紧填料,使填料变形并紧贴在轴表面上,达到密封目的。在化工生产中,轴封容易泄漏,一旦有毒气体逸出会污染环境,甚至发生事故,因而需控制好压紧力。压紧力过大,轴旋转时轴与填料间摩擦增大,会使磨损加快,在填料处定期加润滑剂可减少摩擦,并能减少因螺栓压紧力过大而产生的摩擦发热。填料要富于弹性,有良好的耐磨性和导热性。填料的弹性变形要大,使填料紧贴转轴,对转轴产生收缩力,同时还要求填料有足够的圈数。

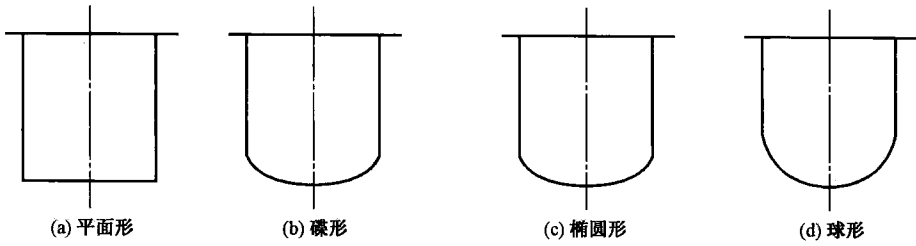


图 1-3 几种反应釜底的形状

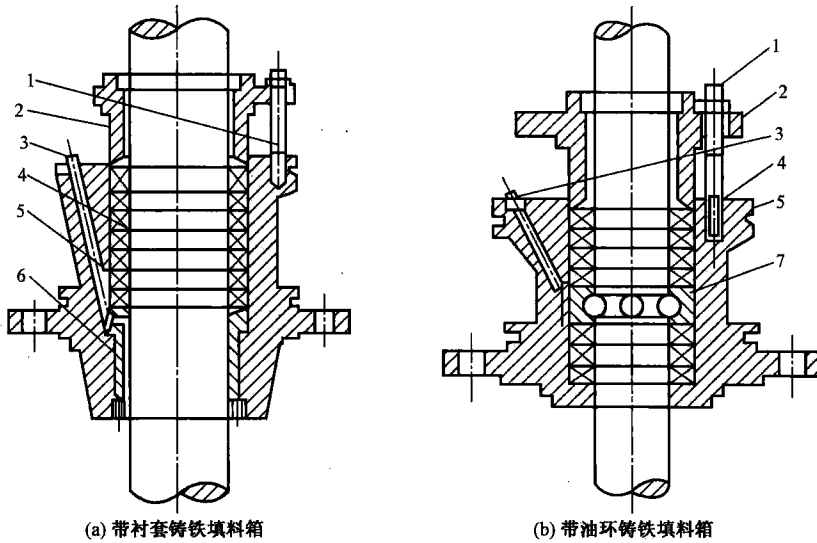


图 1-4 标准填料结构

1—螺栓;2—压盖;3—压紧螺栓;4—填料;5—箱体;6—衬套;7—油环

使用中,由于磨损应适当增补填料,调节螺栓的压紧力,以达到密封效果。填料压盖要在填料箱处设有冷却夹套,可防止填料摩擦发热。

填料密封安装要点如下:

安装时,应先将填料制成填料环,接头处应互为搭接,其开口坡度为 45° ,搭接后的直径与轴径相同;每层接头在圆周内的错角按 $0^\circ, 180^\circ, 90^\circ, 270^\circ$ 交叉放置。压紧压盖时,应均匀、对称地拧紧,压盖与填料箱端面应平行,且四个方位的间距相等。填料箱体的冷却系统应畅通无阻,保证冷却的效果。

(2)机械密封。机械密封在反应釜上已广泛应用,它的结构和类型繁多,工作原理和基本结构都是相同的。图 1-5 是一种结构比较简单的釜用机械密封装置。

机械密封由动环、静环、弹簧加荷装置(弹簧、螺栓、螺母、弹簧座、弹簧压板)及辅助密封圈四个部分组成。由于弹簧力的作用使动环紧紧压在静环上,当轴旋转时,弹簧座、弹簧、弹簧压板、动环等零件随轴一起旋转,而静环则固定在座架上静止不动,动环与静环相接触的环形密封端面阻止了物料的泄漏。机械密封结构较复杂,但密封效果甚佳。

机械密封的安装及日常维护要点如下:

① 拆装要按顺序进行,不得磕碰、敲打。

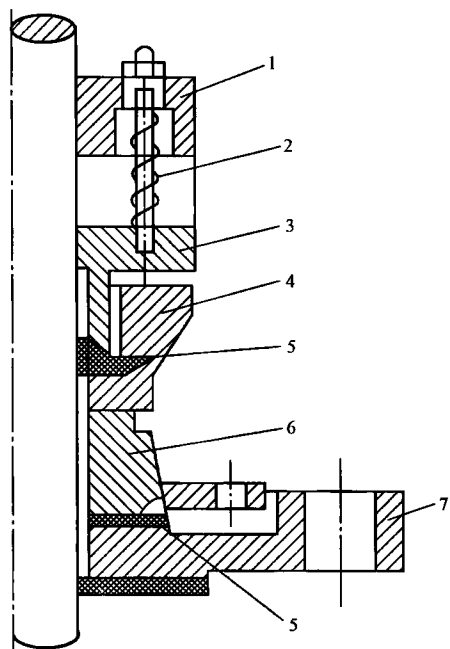


图 1-5 釜用机械密封装置
1—弹簧座;2—弹簧;3—弹簧压板;
4—动环;5—密封圈;6,7—静环

② 安装前检验每个弹簧的压紧力,严格按规程装配。

③ 保持动环、静环的垂直和平行,防止进脏物。

④ 开车前一定要将平衡管进行排空,保证冷却液体在前、后密封的流道畅通。

⑤ 要看盘车是否有卡阻现象,以及密封处有无渗漏情况。

⑥ 开车后检查泄漏情况,不大于 15 ~ 30 滴/min。

⑦ 检查动环、静环的发热情况,平衡管及过滤网有无堵塞现象。

4. 换热装置

换热装置是用来加热或冷却反应物料,使其符合工艺要求温度条件的设备。它的结构型式主要有夹套式、蛇管式、列管式、外部循环式、回流冷凝式等,也可用直接火焰或电感加热,如图 1-6 所示。

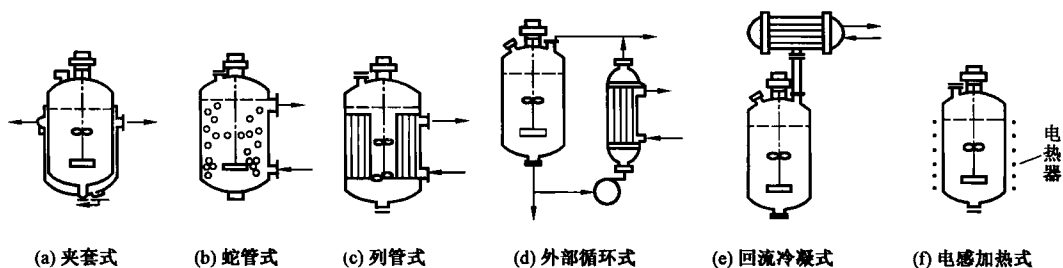


图 1-6 釜式反应器的换热装置

(二) 无泄漏磁力釜基本结构

无泄漏磁力釜的结构如图 1-7 所示。

(1) 釜体。主要由釜身与釜盖两大部件组成。釜身用高强度合金钢板卷制而成,其内侧一般衬以能承受介质腐蚀的耐用腐蚀材料,其中以 0Cr18Ni11Ti 或 00Cr17Ni14Mo2 等材料占多数,在内衬与釜身之间填充铅铋合金,以利导热和受力。也有直接用 0Cr18Ni11Ti 等材料单层制成。

釜盖为平板盖或凸形封头,它也由高强度合金钢制成,按工艺要求盖上设置进气口、加料口、测压口及安全附件等不同口径接管。为了防止介质对釜盖的腐蚀,在与介质接触的一侧也可以衬填耐腐蚀材料。

釜身与釜盖之间装有密封垫片,通过主螺栓及主螺母使其密封成一体。

(2) 搅拌转子。为了使釜内物料进行激烈搅拌,以利化学反应,在釜内垂直悬置一根搅拌

转子,其上配置与釜体内径成比例的搅拌器(如涡轮式、推进式等),搅拌器离釜底较近,以利物料翻动。

(3)传热构件。釜内介质的热量传递,可在釜外焊制传热夹套,通入适当载热体进行热交换,也可以在釜内设置螺旋盘管,在管内通载热体把釜内物料的热量带走或传入,以满足其化学反应的需要。

(4)传动装置。搅拌转子的旋转运动是通过一个磁力驱动器来实现的,它位于釜盖中央,与搅拌转子联成一体,以同步转速旋转。

磁力驱动装置用高压法兰、螺钉与釜盖连接为一体,中间由金属密封垫片实现与釜盖静密封。

传动装置采用的电动机与减速器安装有两种形式:一种为用三角皮带侧面传动,另一种为电动机与减速器直接驱动。

磁力驱动器是一种非接触传动机械,它的驱动原理是电磁场的库仑定律。釜内介质被一个与釜盖密封成一体的护套隔开,从而构成一个全封闭式反应釜。

(5)安全与保护装置。隔爆型三相异步电动机可保护电动机在易燃易爆工况下安全运转。釜盖上设置有安全阀或爆破片泄压安全附件。当釜内压力超过规定压力时,打开泄放装置,自行降压,以保证设备的安全。安全阀必须经过校准后才能使用,校正后加铅封。

釜盖与釜体法兰上均备有衬里夹层排气小孔,如有渗漏,首先在此发现,可及时采取措施。

密闭釜体内部转轴运转情况可借助于装在磁力驱动器外部的转速传感器显示出来,如有异常情况,可及时采取停车检查措施。

(三)反应釜的特点与发展趋势

目前在化工生产中,反应釜所用的材料、搅拌装置以及加热方法,轴封结构,容积大小,耐受温度、压力等种类繁多,但基本具有以下共同特点:

(1)结构基本相同。除有反应釜体外,还有传动装置、搅拌器和加热(或冷却)装置等,以改善传热条件,使反应温度控制得比较均匀,并且强化传质过程。

(2)操作压力较高。釜内的压力是由化学反应产生或温度升高形成的,压力波动较大,有时操作不稳定,压力突然增高可能超过正常压力几倍,所以反应釜大部分属于受压容器。

(3)操作温度较高。化学反应需要在一定的温度条件下才能进行,所以反应釜既承受压力又承受温度。

(4)反应釜中通常要进行化学反应。为保证反应能均匀而较快地进行,提高效率,在反应釜中装有相应的搅拌装置,这样就要考虑传动轴的动密封和防止泄漏问题。

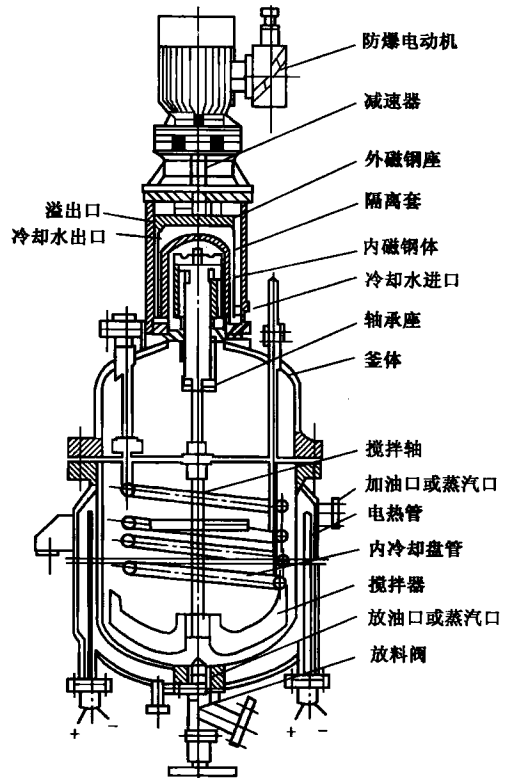


图 1-7 无泄漏磁力釜结构示意图

(5)反应釜多属间歇操作。有时为保证产品质量,每批出料后须进行清洗。釜顶装有快开人孔及手孔,便于取样、观察反应情况和进入设备内部检修。

随着化工生产的发展对反应釜的要求和发展趋势简述如下:

(1)大容积化。这是增加产量、减少批量生产之间的质量误差、降低产品成本的必然发展趋势。如染料行业生产用反应釜国内为 6000L 以下,其他行业有的可达 30m^3 ;而国外在染料行业有的可达 20000 ~ 30000L,其他行业的可达 120m^3 。

(2)反应釜的搅拌器已由单搅拌器发展到用双搅拌器或外加泵强制循环。国外除了装有搅拌装置外,还使釜体沿水平线旋转,从而提高反应速率。

(3)生产自动化和连续化。如采用计算机集散控制,既可稳定生产,提高产品质量,增加效益,减轻体力劳动,又可消除对环境的污染,甚至可防止和消除事故的发生。

(4)合理利用热能。工艺选择最佳的操作条件,加强保温措施,提高传热效率,使热损失降至最小,余热或反应后产生的热能充分利用。

拓展知识

釜式反应器的安装

釜式反应器一般用挂耳支承在建(构)筑物上或操作台的梁上,对于体积大、质量大和振动大的设备,要用支脚直接支承在地面或楼板上。两台以上相同的反应器应尽可能排成一直线。反应器之间的距离应根据设备的大小、附属设备和管道具体情况而定。管道阀门应尽可能集中布置在反应器一侧,以便操作和控制。

间歇操作釜式反应器布置时要考虑便于加料和出料。液体物料通常是经高位槽计量后靠压差加入釜中,固体物料大多是用吊车从人孔或加料口加入釜内,因此,人孔或加料口离地面、楼面或操作平台面的高度以 800mm 为宜,如图 1-8 所示。

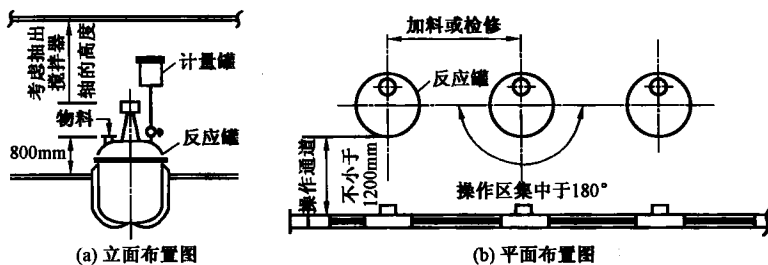


图 1-8 釜式反应器布置示意图

因多数釜式反应器带有搅拌器,所以上部要设置安装及检修用的起吊设备,并考虑足够的高度,以便抽出搅拌器轴等。

连续操作釜式反应器有单台和多台串联式,其布置示意图如图 1-9 所示。布置时除考虑前述要求外,由于进料、出料都走连续的,因此在多台串联时必须特别注意物料进、出口间的压差和流体流动的阻力损失。

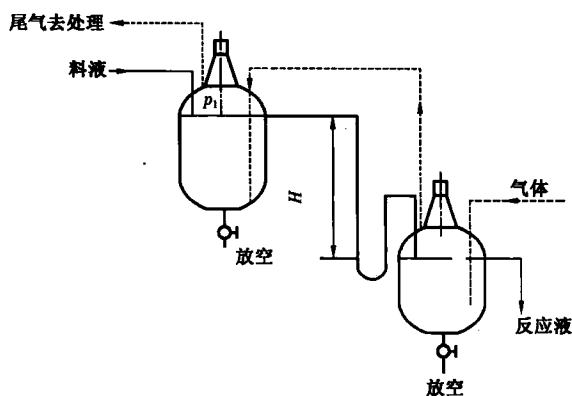


图 1-9 多台连续操作釜式反应器串联布置示意图

评分表

选择釜体结构考核评分表

学员号 _____ 实验装置号 _____ 考核时间 _____ 考核成绩 _____

序号	考核内容	评分标准						单项成绩
		权重	优	良	中	及格	不及格	
1	态度	20%						
2	报告质量	50%						
3	回答问题	10%						
4	资料查阅能力	10%						
5	语言表达能力	5%						
6	团队合作	5%						
合计总分								
兼职教师 签名				校内教师签名				

任务二 选择搅拌器

一、任务与训练

1. 任务描述

带领学生到实训基地现场参观釜式反应器装置,观看搅拌器图片,识别各类搅拌器并提出任务——归纳总结釜式反应器搅拌器特点,具体要求如下:

- (1)能指出各种搅拌器使用场合;
- (2)能说出各附件的作用。

2. 分析与思考

- (1) 讨论各类搅拌器的结构、特点及适用场合；
- (2) 讨论, 如何选择合适的搅拌器。

3. 经验知识传授

- (1) 搅拌目的和要求；
- (2) 搅拌器类型、结构、特点；
- (3) 搅拌器选型；
- (4) 搅拌器附件。

4. 任务拓展

搅拌液体的流动特性。

二、课后练习巩固

- (1) 搅拌器类型有哪些? 其结构特点是什么?
- (2) 如何选择搅拌器?

釜式反应器配套设施主要是搅拌器、换热装置、各种工艺配管等, 它们都是釜式反应器正常工作时的重要设施。

搅拌器是搅拌釜式反应器的一个关键部件。它的根本目的是加强釜式反应器内物料的均匀混合, 以强化传质和传热。搅拌器是由搅拌轴和搅拌电动机组成的。

搅拌器的类型选择及计算是否正确, 直接关系到搅拌釜式反应器的操作和反应的结果, 如果搅拌器不能使物料混合均匀, 可能会导致某些副反应的发生, 使产品质量恶化, 收率下降, 反应结果严重偏离小试结果, 即产生所谓的放大效应。另外, 不良的搅拌还可能会造成生产事故。例如, 某些硝化反应, 如果搅拌效果不好, 可能使某些反应区域的反应非常剧烈, 严重时会发生爆炸。由于搅拌的存在, 使搅拌釜式反应器物料侧的传热系数增大, 因此搅拌对传热过程也有影响。

一、搅拌的目的和要求

(一) 搅拌的目的

(1) 均相液体的混合。通过搅拌使反应釜中的互溶液体达到分子规模的均匀程度。

(2) 液液分散。把不互溶的两种液体混合起来, 使其中的一相液体以微小的液滴均匀分散到另一相液体中。被分散的一相为分散相, 另一相为连续相。被分散的液滴越小, 两相接触面积越大。

(3) 气液相分散。在气液接触过程中, 搅拌器把大气泡打碎成微小气泡并使它们均匀分散到整个液相中, 以增大气液接触面积。另一方面, 搅拌还造成液相的剧烈湍动, 以降低液膜的传质阻力。

(4) 固液分散。让固体颗粒悬浮于液体中。例如, 硝基物的液相加氢还原反应, 一般以骨架镍为固体催化剂, 反应时需要把固体颗粒催化剂悬浮于液体中, 才能使反应顺利进行。

(5) 固体溶解。当反应物之一为固体而溶于液体时, 固体颗粒需要悬浮于液体之中。搅拌可加强固液间的传质, 以促进固体溶解。

(6) 强化传热。有些物理过程或化学过程对传热有很高的要求, 或需要消除釜内的温度差, 或需要提高釜内壁的传热系数, 搅拌可以达到上述强化传热的要求。

(二) 搅拌的要求

(1) 反应釜中的物料能很快且良好地分布到反应釜中的整个物料之中。

(2) 反应釜中的物料混合要充分,没有死角,任何一处的浓度均应相等。对于某些快速、复杂的反应,可以防止局部浓度过高,使副反应增加,从而导致选择性降低。

(3) 反应釜内物料侧的传热系数要求足够大,从而使反应热可以及时移出或使反应需要的热量及时传入。

(4) 如果反应受传质速率的控制,通过搅拌的作用可以使传质速率达到合适的数值。

二、搅拌液体的流动特性

搅拌器之所以能起到液液、气液、固液分散等搅拌效果,主要在于搅拌器的混合作用。

搅拌器运转时,叶轮把能量传给它周围的液体,使这些液体以很高的速度运动起来,产生强烈的剪切作用。在这种剪应力的作用下,静止或低速运动的液体也跟着以很高的速度运动起来,从而带动所有液体在设备范围内流动。这种设备范围内的循环流动称为宏观流动,由此造成的设备范围内的扩散混合作用称为主体对流扩散。

高速旋转的漩涡又对它周围的液体造成强烈的剪切作用,从而产生更多的漩涡。众多的漩涡一方面把更多的液体挟带到做宏观流动的主体液流中去,同时形成局部范围内液体快速而紊乱的对流运动,即局部的湍流流动。这种局部范围内的漩涡运动称为微观流动,由此造成的局部范围内的扩散混合作用称为涡流对流扩散。

搅拌设备里不仅存在涡流对流扩散和主体对流扩散,还存在分子扩散,其强弱程度依次减小。

实际的混合作用是上述三种扩散作用的综合。但从混合的范围和混合的均匀程度来看,三种扩散作用对实际混合过程的贡献是不同的。主体对流扩散只能把物料破碎分裂成微团,并把这些微团在设备范围内分布均匀。而通过微团之间的涡流对流扩散,可以把微团的尺寸降低到漩涡本身的大小。搅拌越剧烈,涡流运动就越强烈,湍流程度就越大,分散程度就越高,即漩涡的尺寸就越小。在通常的搅拌条件下,漩涡的最小尺寸为几十微米。然而,这种最小的漩涡也比分子大得多。因此,主体对流扩散和涡流对流扩散都不能达到分子水平上的完全均匀混合。分子水平上的完全均匀混合程度只有通过分子扩散才能达到。在设备范围内呈微团均匀分布的混合过程称为宏观混合,达到分子规模分布均匀的混合称为微观混合。可见,主体对流扩散和涡流对流扩散只能进行宏观混合,只有分子扩散才能进行微观混合。但是,漩涡运动不断更新微团的表面,大大增加分子扩散的表面积,减小了分子扩散的距离,因此提高了微观混合速率。

不同的搅拌过程对宏观混合和微观混合的要求是不同的。对于某些化学反应过程要求达到微观混合,否则就不可避免地发生反应物的局部浓集,其后果是对主反应不利,选择性降低,收率下降。对于液液分散或固液分散,不存在相间的分子扩散,只能达到宏观混合,并依靠漩涡的湍流运动减小微团的尺寸。而对于均相液体的混合,由于分子扩散速率很快,混合速率受宏观混合控制,应设法提高宏观混合速率。

液体在设备范围内作循环流动的途径称作液体的流动模型,简称流型。在搅拌设备中起主要作用的是循环流和涡流,不同的搅拌器所产生的循环流的方向和涡流的程度不同,因此搅拌设备内流体的流型可以归纳成轴向流、径向流和切线流三种(图1-10)。