

化工原理

(上册)

化学工程与工艺研究所

2009/4/26

1

教材与主要章节

教材

谭天恩，麦本熙，丁惠华.《化工原理》（上册，第三版），化学工业出版社，2006

陈敏恒，丛德滋，方图南，等.《化工原理》（上册，第三版），化学工业出版社，2006

主要章节

绪 论

第一章 流体流动

第二章 流体输送机械

第三章 机械分离

第四章 搅拌

第五章 传热

第六章 传热设备

第七章 蒸发

2009/4/26

2

绪论

化工原理也叫做化工单元操作（**Unit Operation of Chemical engineering**），是化学工程学科中形成最早，基础性最强，应用面最广的学科分支；它是研究大规模化工生产中物理性质变化规律的工程学科。化工原理来源于实践，又面向实践，应用于实践；是化工技术工作者的看家本领。化工原理课程体系包括三门相对独立的课程：理论课、实验课、课程设计。

绪论

一、化工过程与单元操作

1、化工过程

化工过程的特点之一是**步骤多**，而且因为不同的化学工业所用的原料与所得产品不同，所以各种化工过程的**差别大**。

一个化工过程所包含的步骤可分为两大类——化学变化和单元操作，简称为“三传一反”：

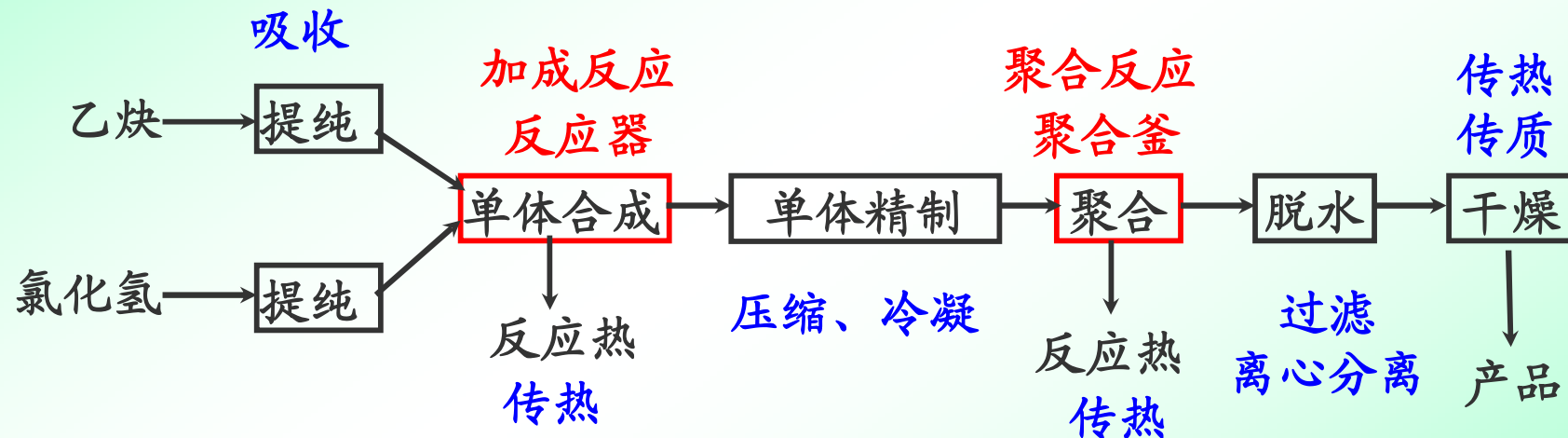
化学反应：进行化学反应为主，在反应器中进行；是化工过程的核心，其投资约占化工过程总投资的10~20%；

单元操作：不进行化学反应，是物理变化过程。如：原料和反应物的前、后处理工序，仅发生压力、温度、组成、相态等物理变化过程，是生产过程必不可少的操作。

绪论

2、单元操作

如聚氯乙烯塑料的生产过程:



绪论

单元操作的特点与分类

(1) 特点

① 都是不进行化学反应的过程，是物理性操作，即只改变物料的状态或物理性质，不改变其化学性质。

② 都是化工生产过程中共有的操作，但不同的化工过程所包含的单元数目、名称与排列顺序各异。

③ 某个单元操作用于不同的化工过程，其基本原理并无不同，进行操作的设备往往也是通用的。但是反应过程却不一样，不同的反应，反应机理不同，设备也不同。

绪论

(2) 分类

根据内在的理论基础，可归并为三类：

- ① 以流体力学为基础，包括流体输送、沉降、过滤、离心分离、搅拌、固体流态化等；
- ② 以热量传递理论为基础，包括加热、冷却、蒸发等；
- ③ 以质量传递理论为基础，包括蒸馏、吸收、吸附、萃取、干燥、结晶、膜分离等。

绪论

二、单位及单位换算

1、单位制

(1) cgs制 (物理单位制)

基本单位: 长度cm, 质量g, 时间s

导出单位: 如力 $g \cdot \text{cm/s}^2 = \text{dyn}$ (达因)

力 = 质量 \times 加速度

即

$$F = ma \quad (1)$$

力的符号 F 质量的符号 m 加速度的符号 a

$$[F] = g \cdot (\text{cm/s}^2) = \text{dyn} \quad (\text{达因})$$

方括号表示物
理量的单位

绪论

(2) 工程制

基本单位：长度m，重量（重力）kgf，时间s

导出单位：如质量

$$[m] = \frac{[F]}{[a]} = \frac{\text{kgf}}{\text{m/s}^2} = \text{kgf} \cdot \text{s}^2 / \text{m}$$

质量的符号

(3) SI制（国际单位制）

基本单位：长度m，质量kg，时间s，温度K，

物质质量单位mol，电流A，光强度cd（坎德拉）

$$1\text{ }^{\circ}\text{C} = (273.15+1)\text{ K}$$

导出单位：如比热容（ c_p ）kJ/(mol·K)或kJ/(kg·K)

$$\text{温度差 } 1\text{K} = 1\text{ }^{\circ}\text{C}$$

绪论

2、单位换算

(1) 理论公式 根据物理规律推导的

$$F = kma \quad (k = 1)$$

$$[F] = \text{kg} \cdot \text{m/s}^2 = \text{N}(\text{牛顿})$$

(2) 经验公式 根据实验结果整理出的

$$a = 5.3 + 0.036u$$

对流给热系数

气体速度

$$\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}} (\text{工程制})$$

cm/s(cgs制)

绪论

(3) 物理量的单位换算

质量 $m = 1\text{kg}$ 的物体在地面附近的重量为 1kgf (工程制)

重力 $1\text{kgf} = 1\text{kg} \cdot 9.81\text{m/s}^2 = 9.81\text{N}(\text{SI制})$

$$\boxed{1\text{kgf} = 9.81\text{N}} \longrightarrow \frac{9.81\text{N}}{1\text{kgf}} = 1$$

↙ 换算因数

$$5\text{kgf} = 5\text{kgf} \cdot \frac{9.81\text{N}}{1\text{kgf}} = 49.05\text{N}$$

换算因数彼此是属于两个不同单位制的物理量，它们是等量关系，它们之间的比值为纯数1。

绪论

三、单元操作计算的主要内容

(1) 物料衡算 根据质量守恒定律 (Conservation law of mass)

输入质量 = 输出质量 + 积存质量 (可为正值或负值)

对于连续稳定的过程: 积存质量 = 0

输入质量 = 输出质量

绪论

例 采用两个连续操作的串联的蒸发器浓缩NaOH溶液。每小时有5吨12%（质量%）NaOH溶液进入第一个蒸发器，浓缩到20%后输送到第二个蒸发器，进一步浓缩成50%的溶液而排出。试分别求出两个蒸发器每小时蒸发的水量及从第二个蒸发器送出的浓溶液量。

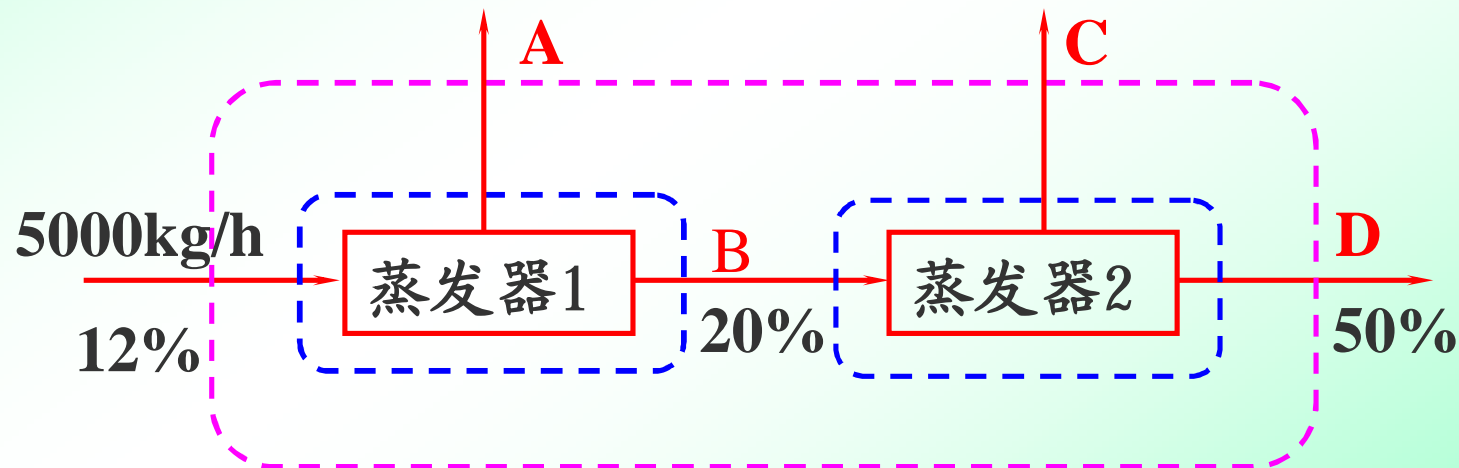


图1 例3流程图

绪论

(2) **热量衡算** 根据能量守恒定律 (Conservation law of energy)

$$\text{输入热量} = \text{输出热量} + \text{热损失}$$

对于稳定过程、忽略热损失:

$$\text{输入热量} = \text{输出热量}$$

绪论

物料衡算与热量衡算共同的解题步骤：

- ① 画出流程示意图，用箭头表示物料或热量的传递方向；
- ② 划定衡算范围；
- ③ 确定衡算基准，对稳定的连续过程，一般以单位时间为衡算基准，对间歇过程一般以一批操作作为衡算基准；

注：对于热量衡算，由于焓值大小与从哪一温度算起有关，因而热量衡算还要指明基准温度。物料的焓值常从 0°C 算起，若以 0°C 为基准，则可不再指明；有时为方便计，以进料温度或环境温度作为基准温度，或采用数据资料的基准温度，这时就一定要指明。

- ④ 列出衡算式并求解。

绪论

(3) 传递过程速率

$$\text{过程速率} = \frac{\text{过程推动力}}{\text{过程阻力}}$$

(4) 过程的极限 (平衡)

绪论

四、化工原理课程的两条主线

(1) 传递过程成为统一的研究对象，也是联系各单元操作的一条主线；

(2) 研究工程问题的方法论是联系各单元操作的另一条主线。

已形成的两种基本的研究方法：

Ø 实验研究法

Ø 数学模型法（半理论、半经验的方法）

绪论

五、化工原理课程的所要回答的问题

(1) 如何根据各单元操作在技术上和经济上的特点，进行“过程和设备”的选择，以适应指定物系的特征，经济而有效地满足工艺要求；

(2) 如何进行过程的计算和设备的设计；

(3) 如何进行操作和调节，以适应生产的不同要求。

通过本课程学习，帮助大家初步树立起**工程观念**：

理论上的正确性

技术上的可行性

操作上的安全性

经济上的合理性