

《分离工程》 课程内容梳理

2022.5

第二章 浸 取

浸取操作中的溢流和底流概念

浸取残渣的洗涤：回收附着在残渣上的可溶组分

浸取操作方式：溶质的分配平衡+分离要求

水、酸、碱、盐、细菌浸出等

浸取过程的热力学判断

$$\Delta G^\circ < 0$$

• 直接计算(各物质的标准生成自由能) ;

• K (反应的平衡常数) or K_{sp} (溶度积)

浸取过程强化
温度 浓度

!!!

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K^\circ$$

• $\Delta \bar{C}_p^0$ 标准摩尔热容的变化;

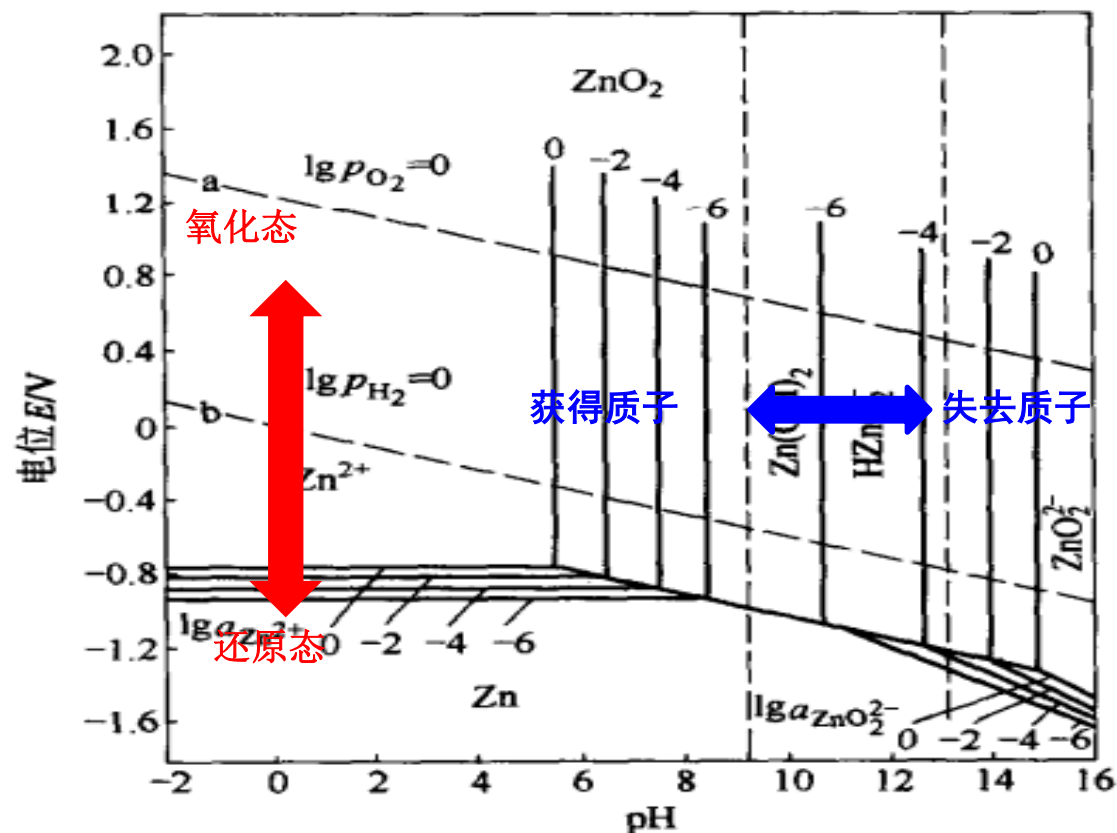
$$\Delta G_T^0 = \Delta G_{298}^0 + \int_{298}^T \Delta \bar{C}_p^0(T) dT - T \int_{298}^T \Delta \bar{C}_p^0(T) d \ln T - \Delta T \Delta S_{298}^0$$

利用经验关系计算 $\Delta \bar{C}_p^0$: 离子熵对应原理

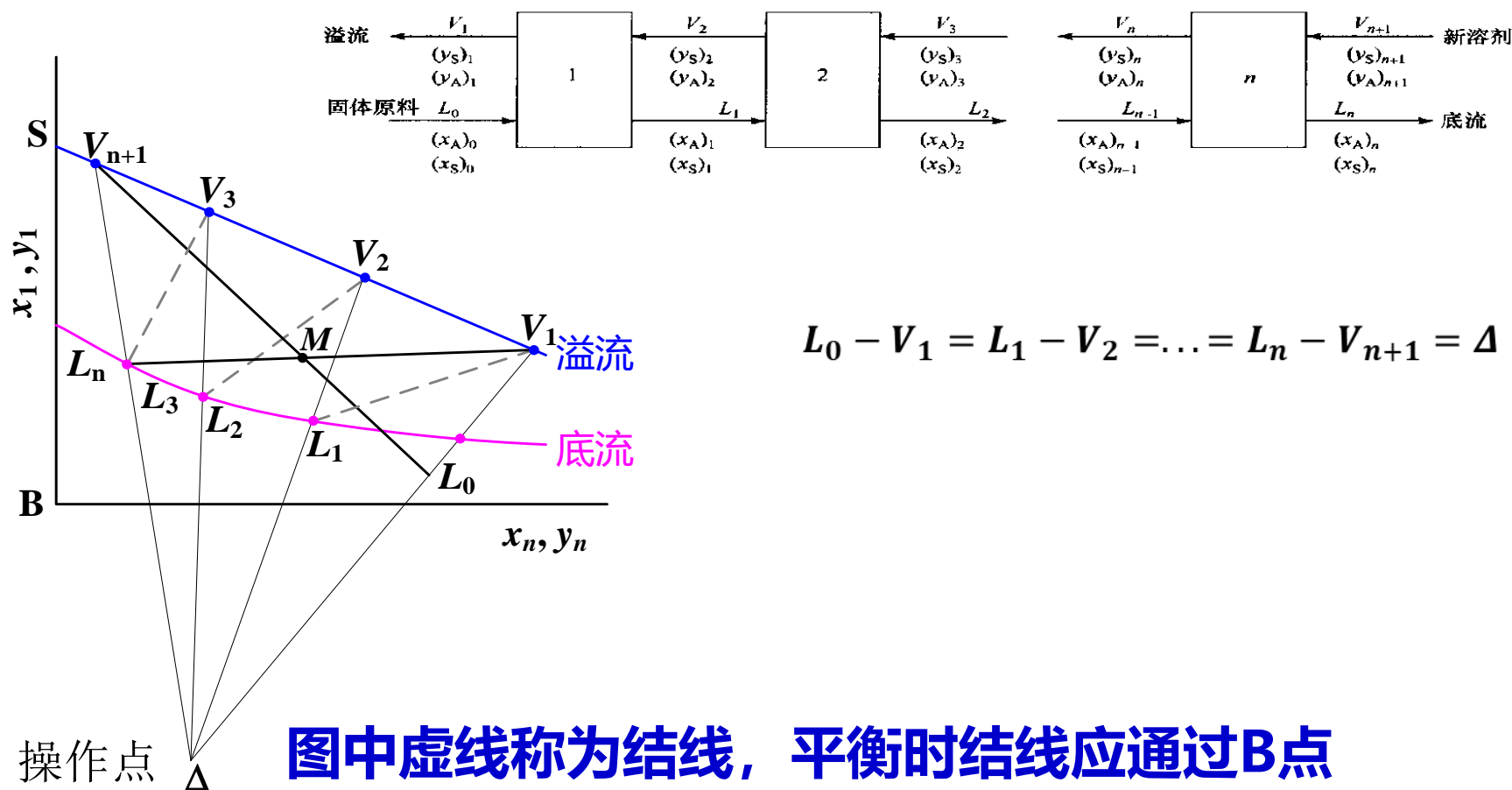
$$S_{T(i, \text{绝对})}^0 = a_T + b_T S_{298(i, \text{绝对})}^0$$

E-pH图 (普巴图) !!!

- 有氢离子的氧化-还原反应
- 无氢离子的氧化-还原反应
- 无电子得失的非氧化-还原反应



浸取过程的图解表达 !!!



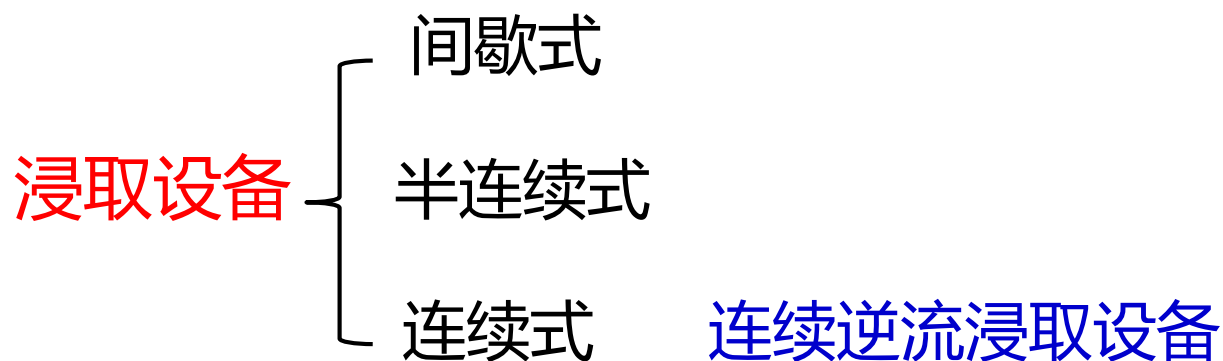
有固态产物层的浸出反应（缩芯模型）

$$\frac{\delta}{3D_A}x + \frac{r_0}{2D_S}\left[1 - \frac{2}{3}x - (1-x)^{2/3}\right] + \frac{1}{k_r}\left[1 - (1-x)^{1/3}\right] = \frac{bM_B C_{A0}}{a\rho_B r_0}t$$

综合考虑边界层（液膜）扩散、固态产物层扩散（内扩散）和界面化学反应混合控制时的浸出速率方程。

浸取过程控制步骤的判别 及 相应数学表达式

搅拌强度法、温度法、动力学模型法



典型浸取器

!!!

Rotocel、Bollman、Kennedy

螺旋输送浸取器等

- 固体原料的处置方式
固定床、移动床
- 溶剂与固体的接触方式
单级接触、多级接触
微分接触

第三章 液液萃取

如何选择合适的萃取剂？

对于一个萃取过程，适用的萃取剂应符合：

高选择性

难溶或部分互溶

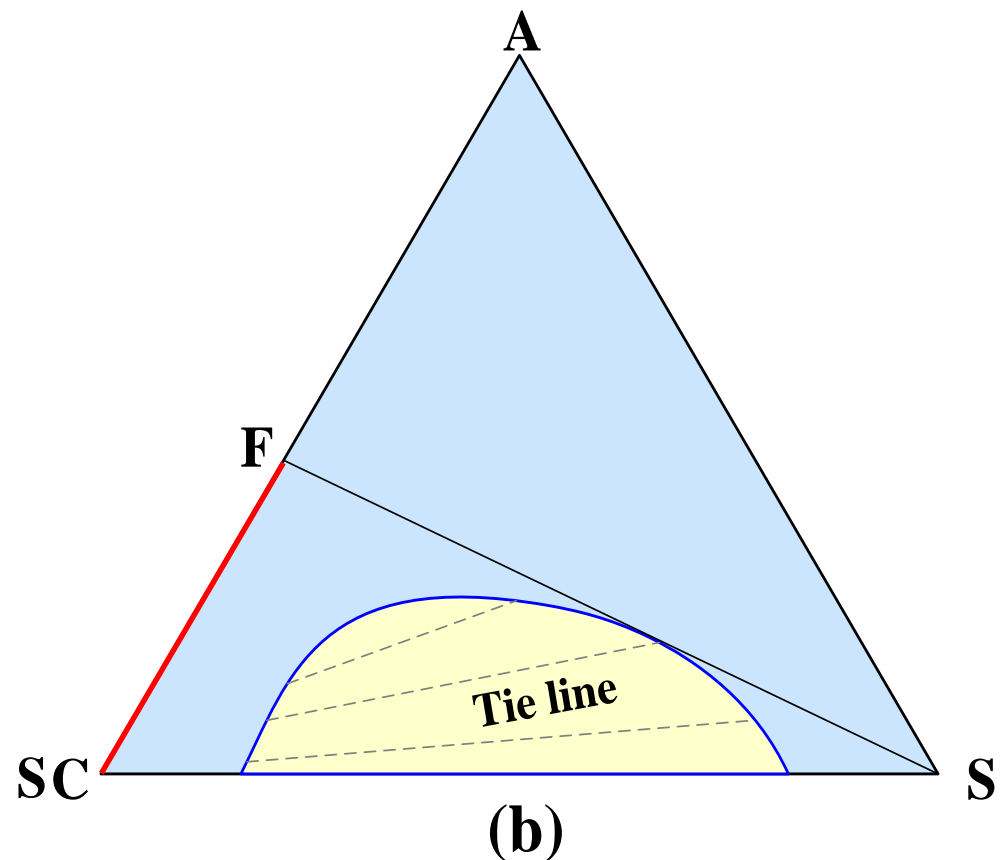
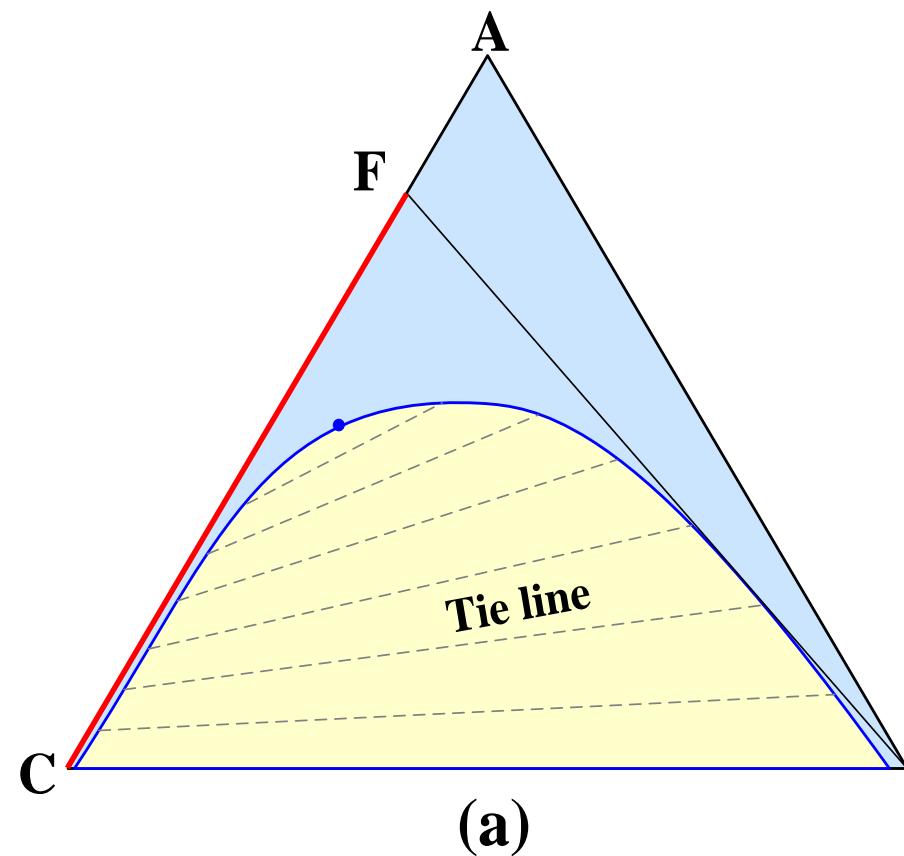
密度差较大

界面张力适中

低粘度

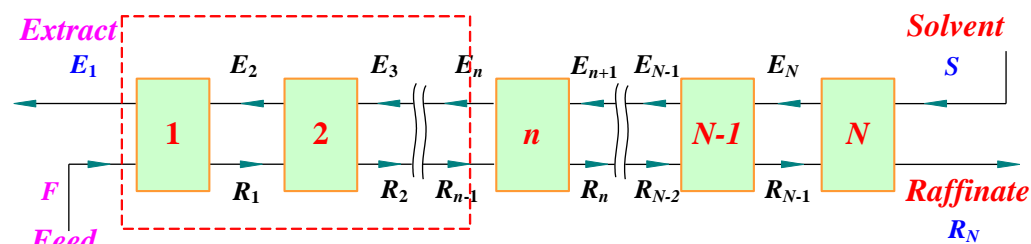
高萃取容量

可萃取的进料组成范围

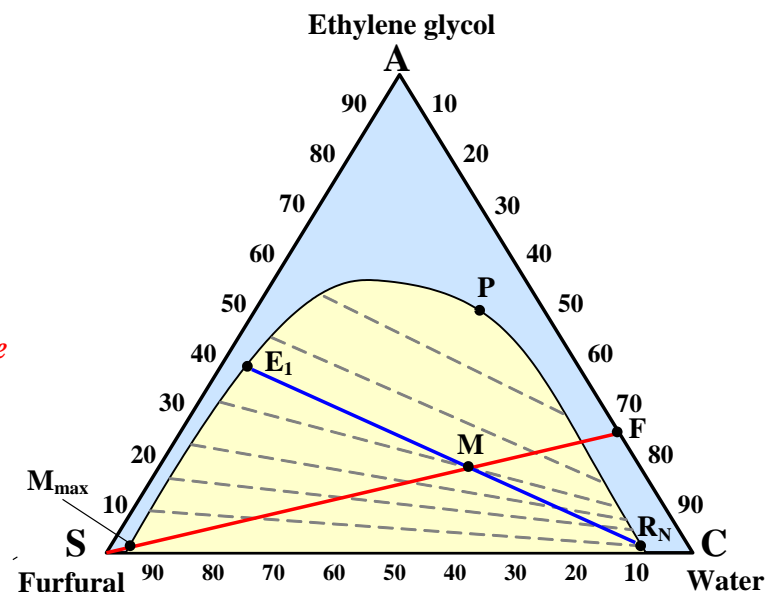


萃取的操作点

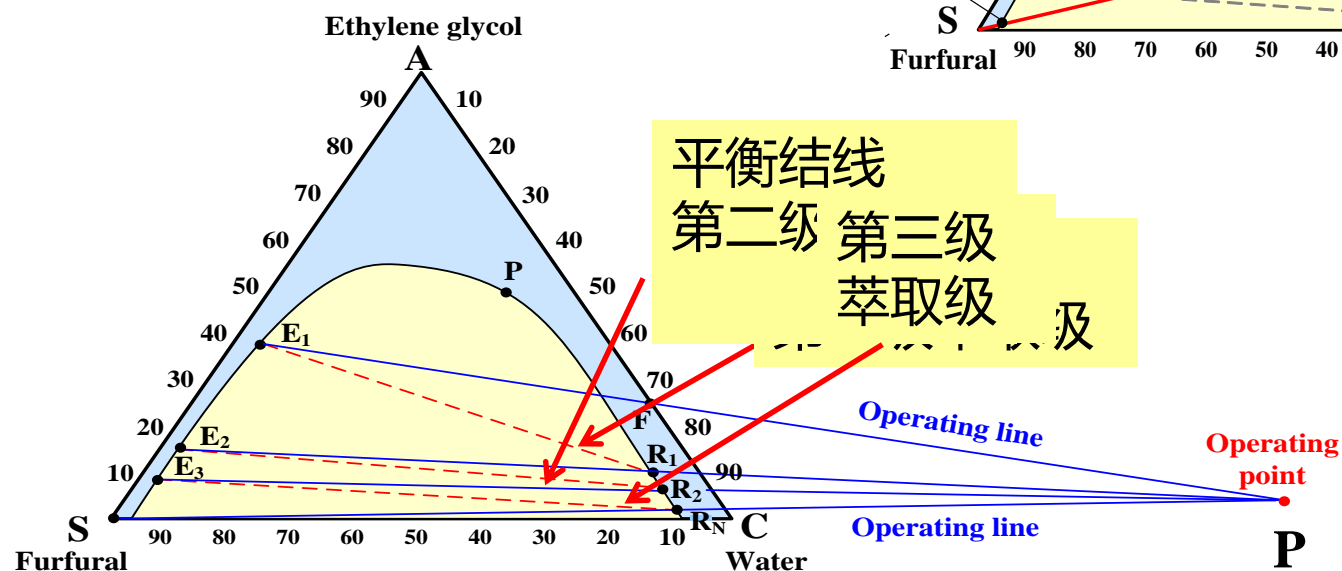
!!!



$$F - E_1 = \dots = R_{n-1} - E_n = \dots = R_N - S = P$$



平衡级的确定



利用萃取因子的简洁计算萃取的平衡级数 !!!

– Kremser-Souder 方程求解平衡级数

在两液相互不相溶、且萃取因子 ε 为常数时，可用Kremser-Souder 方程来计算所需的平衡级数：

$$N = \frac{\lg \left[\left(\frac{(x_A)_F - \frac{(x_A)_S}{(K_A)_D}}{(x_A)_{RN} - \frac{(x_A)_S}{(K_A)_D}} \right) \left(1 - \frac{1}{\varepsilon} \right) + \frac{1}{\varepsilon} \right]}{\lg \varepsilon}$$

$$\varepsilon = (K_A)_D \cdot \frac{S}{F}$$

萃取设备 !!!

- 混合澄清槽 澄清室的体积大于混合室的体积。适用于分离要求精细（级效率稳定）的多级的萃取过程。
- 萃取塔
 - ✓ 无机械能输入的萃取塔：喷淋塔、填料塔、筛板塔
 - ✓ 有机械能输入的萃取塔
 - 旋转：转盘塔、带搅拌的筛板塔、带搅拌的填料塔
 - 振动：振动筛板塔
 - 脉冲：脉冲填料塔、脉冲筛板塔
- 离心萃取机 在高离心加速度的离心场中进行，时间短，凝并快，适用于密度差小、化学性质不稳定，且理论级数不多的萃取任务。

转盘塔(Rotating Disc Column) !!!

塔径D

$$D = \sqrt{\frac{4(Q_C + Q_D)}{\pi(U_c + U_d)}}$$

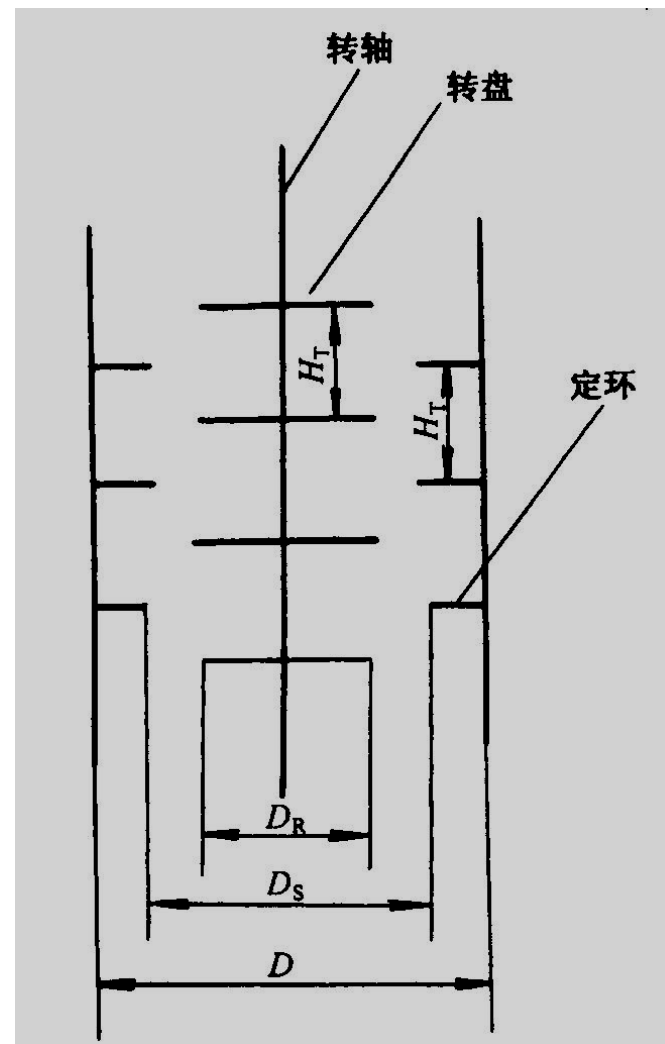
$$U_c/U_d \Rightarrow \varphi_D \Rightarrow U_0 \Rightarrow (U_C)_f (U_D)_f \Rightarrow D$$

$$\frac{1}{3} \leq \frac{D_R}{D} \leq \frac{2}{3}$$

$$\frac{1}{8} \leq \frac{H_T}{D} \leq \frac{1}{2}$$

$$D_R < D_S$$

$$\frac{2}{3} \leq \frac{D_S}{D} \leq \frac{3}{4}$$



传质单元法: $H = HTU \cdot NTU$

$HTU=f$ (粘度, 进料通量, 搅拌转速, 界面张力, 轴向混合...)

严格活塞流下

$$HTU_{Ox} = \frac{Q_x}{k_{Ox} a A} = \frac{U_x}{k_{Ox} a}$$

$$NTU_{Ox} = \int_{c_{x2}}^{c_{x1}} \frac{dc_x}{c_x - c_x^*}$$

$$HTU_{OXP} = HTU_{OX} + HTU_{OXD}$$

$$NTU_{OXP} = \int_{c_{x2}}^{c_{x1}} \frac{dc_x}{c_x - c_x^*}$$

$$H = HTU_{OXP} \cdot NTU_{OXP}$$

扩散模型

$$E_x \frac{d^2 c_x}{dz^2} - U_x \frac{dc_x}{dz} - k_{Ox} a (c_x - c_x^*) = 0$$

$$E_y \frac{d^2 c_y}{dz^2} + U_y \frac{dc_y}{dz} + k_{Ox} a (c_x - c_x^*) = 0$$

料液进口 $z = 0$,

$$U_x c_{xf} - U_x c_{x0} = -E_x \frac{dc_x}{dz}, \text{ 且 } \frac{dc_y}{dz} = 0$$

溶剂进口 $z = H$,

$$U_y c_{yH} - U_y c_{yS} = -E_y \frac{dc_y}{dz}, \text{ 且 } \frac{dc_x}{dz} = 0$$

近似解

塔高计算