

吸收传质机理

张俊梅

青岛科技大学化工原理教研室

Tel: 13792890108

Email: jmzhang@qust.edu.cn

本节主要内容

- ▶ 什么是传质？
- ▶ 传质过程机理
- ▶ 相际传质速率方程

一、什么是传质？

1、定义

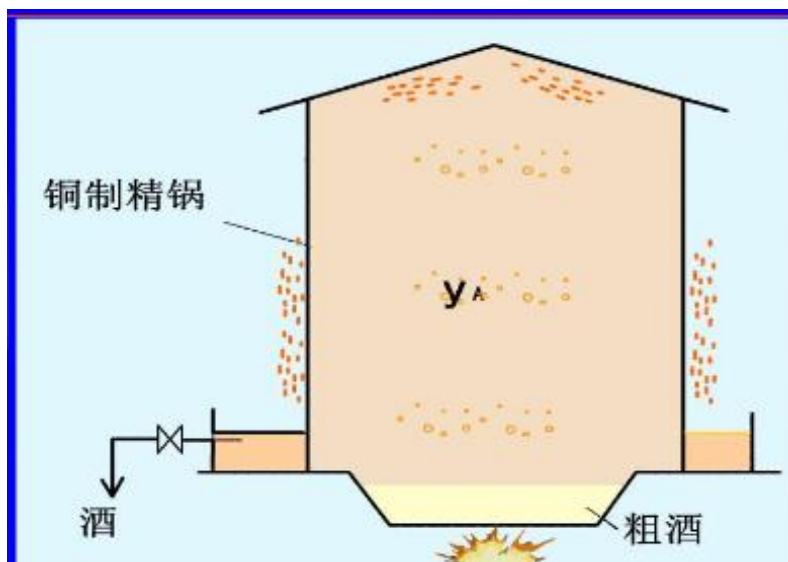
当不平衡的两相进行接触时，就会有一个或多个组分从一个相传入另一个相中，物质从一相传递到另一相中的过程称为相间质量传递，简称传质。



一、什么是传质？

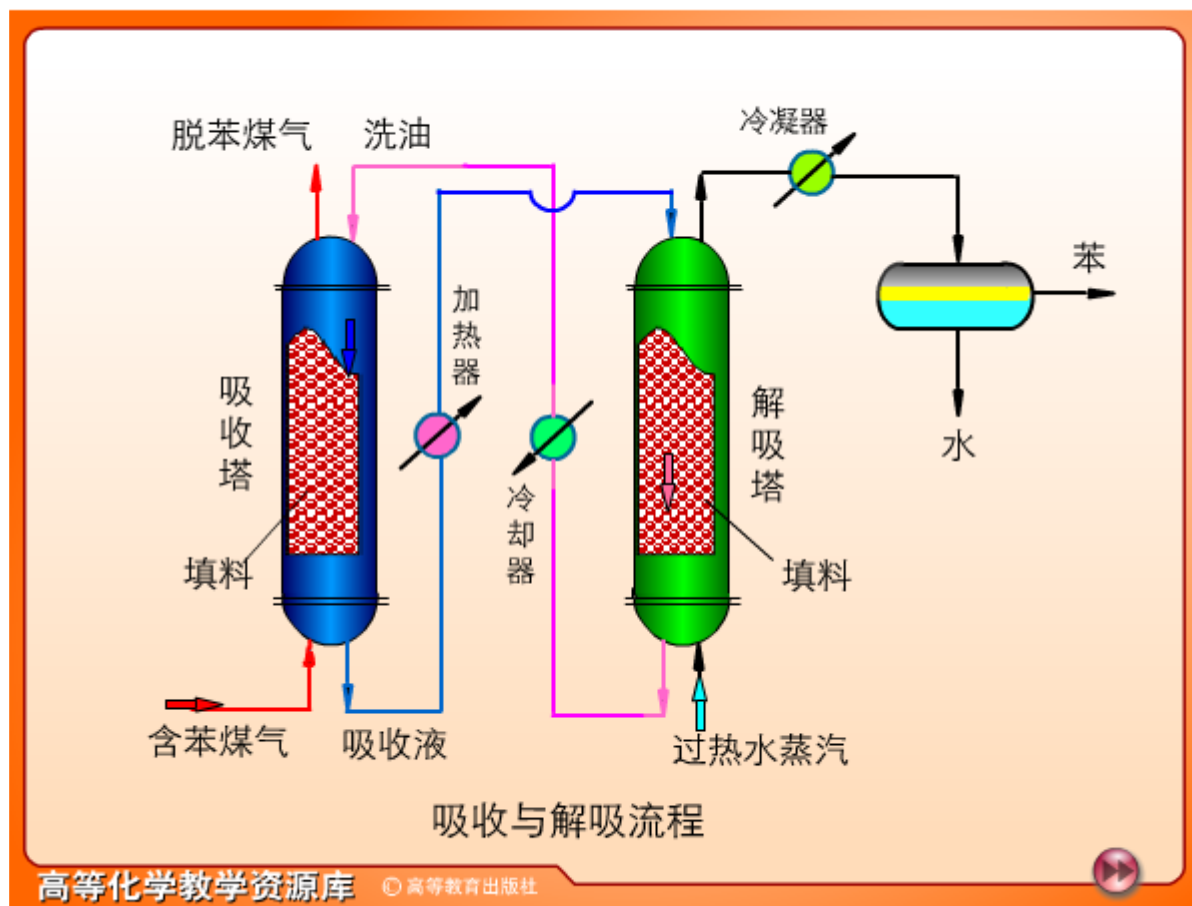
2. 传质过程的应用

主要用于均相物系的分离，根据分离的物系不同，有不同的单元操作，如常见的蒸馏，吸收，萃取等等，是石油和化学工业最常用的工业过程。



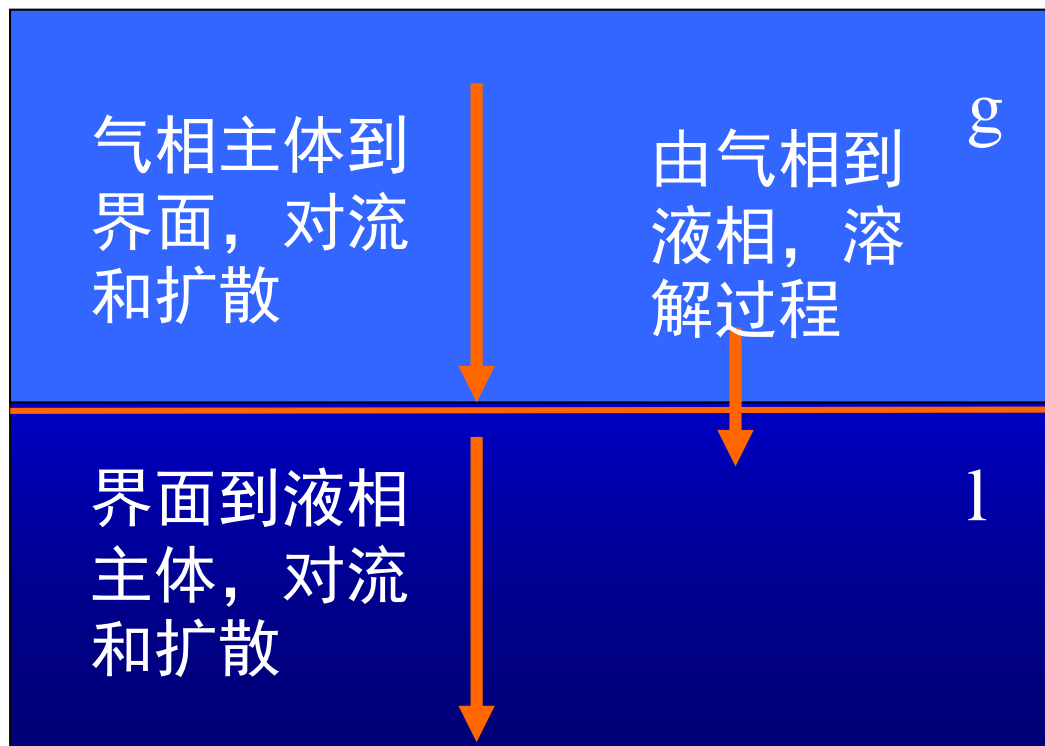
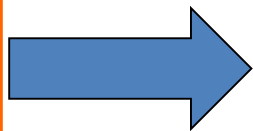
一、什么是传质？

3. 吸收传质过程



二、传质过程机理

气液传质的三个步骤

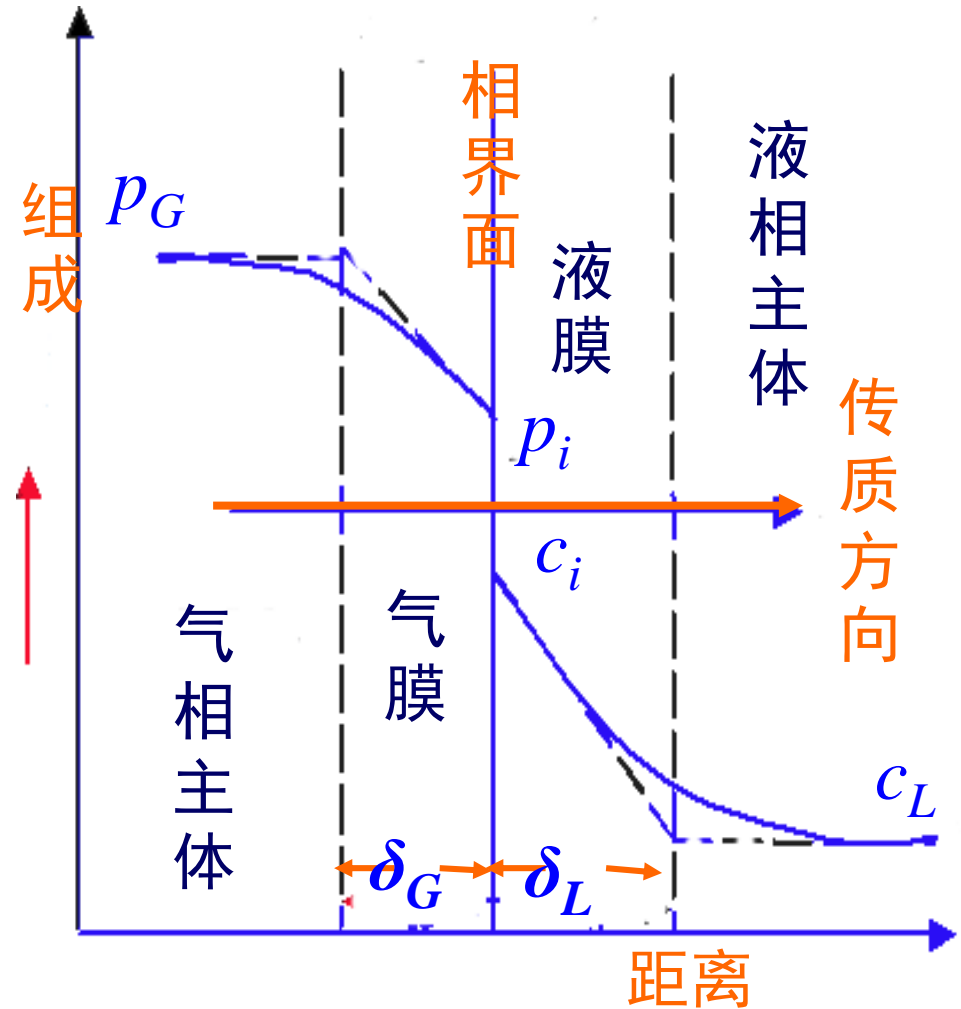


相际对流传质三大模型

双膜模型
溶质渗透模型
表面更新模型

二、传质过程机理—双膜模型

1. 有固定的相界面。溶质通过界面阻力很小，所需推动力为0。界面上两相平衡。
2. 界面两侧为气膜和液膜。膜内为层流，溶质以分子扩散方式通过气膜和液膜。
3. 有效膜以外主体中，充分湍动，溶质主要以涡流扩散的形式传质

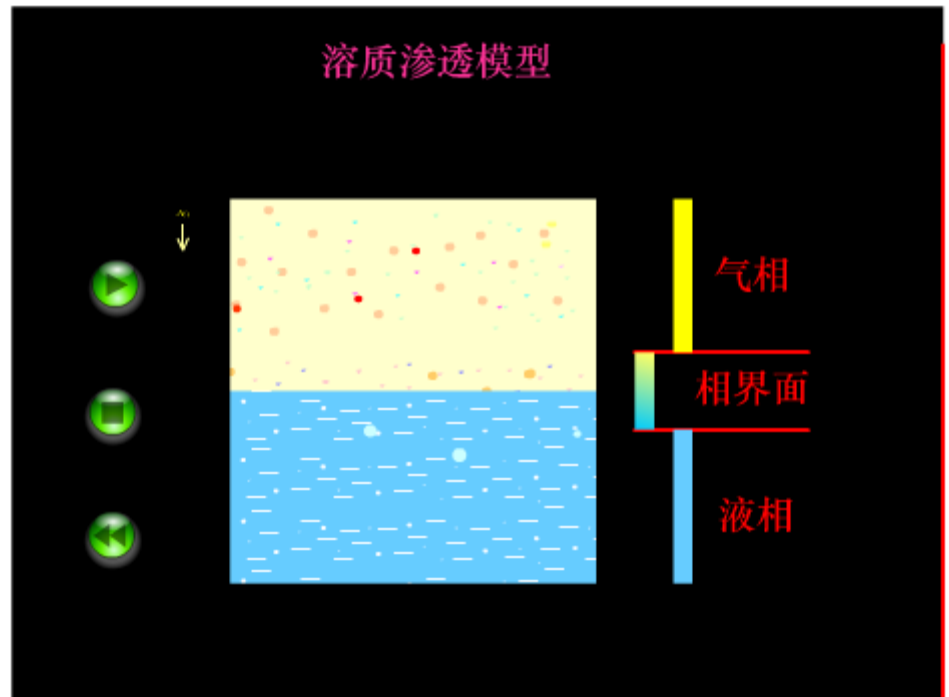


二、传质机理--溶质渗透模型

希格比 (Higbie)

1935年提出

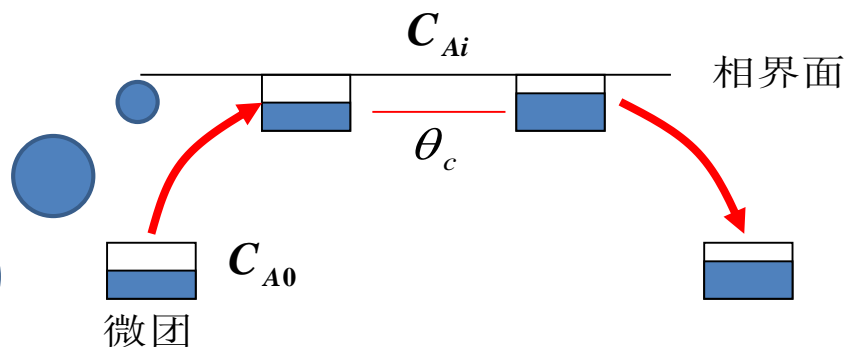
旋涡运动由流体内部运动至界面，随后在很短时间内又由界面向流体进行不稳态的分子扩散，位于界面的原来的旋涡又被其它旋涡取代，如此反复进行这一过程。



二、传质机理--溶质渗透模型

根据溶质渗透理论得出的平均传质速率取决于界面上旋涡的暴露时间以及在这段时间内对相的传质

渗透模型仍建立在膜模型基础之上；主要对象为液膜控制（难溶气体）的吸收

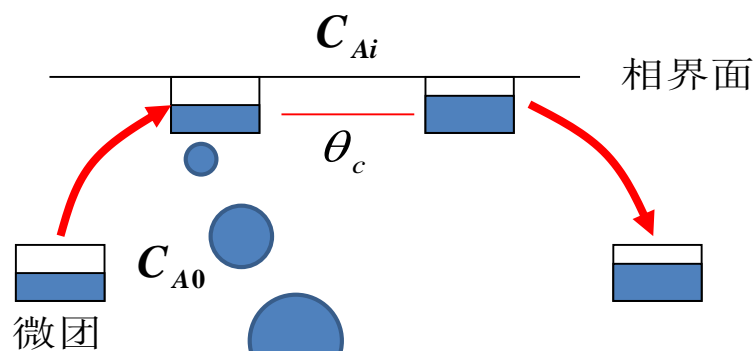


特点：强调形成稳定浓度梯度的过渡阶段

缺陷：认为各批旋涡与气相接触的时间相同

二、传质机理--表面更新理论

1. 认为湍流流体中的某些旋涡能直接在界面与湍流主体之间移动，使液体表面能够不断地为湍流区移来的液体单元所更新。
2. 液面处液体单元的置换是随机的，于是液体表面系由众多具有不同“年龄”（气液接触时间）的单元所组成，这些单元以为稳定的扩散方式从气体中吸收溶质。



由丹克沃茨 (Danckwerts) 1951 年提出，是溶质渗透模型的修正。

二、传质过程机理

虽然溶质渗透理论和表面更新理论能够反映出气液相间传质的真实情况，但由于气液接触时间 θ 和表面更新频率 s 均不易获得，而且在实际应用中会使过程的数学描述复杂化。所以，目前对于很多实际过程的描述仍采用双膜理论，这样可以使过程的数学描述简化，而计算结果的误差也是可以接受的。

三、相际传质速率方程

气膜

$$N_A = \frac{D_G}{RT \delta_G} \left(\frac{P}{P_{Bm}} \right) (p_G - p_i)$$

$$N_A = k_G (p_G - p_i) = \frac{p_G - p_i}{\frac{1}{k_G}}$$

以气相分压差表示推动力的气相总传质系数， $\text{kmol}/(\text{m}^2 \text{ s kPa})$ 。

液膜

$$N_A = \frac{D_L}{RT \delta_L} \left(\frac{C}{C_{Sm}} \right) (c_i - c_L)$$

$$N_{AL} = k_L (c_i - c_L) = \frac{c_i - c_L}{\frac{1}{k_L}}$$

以液相浓度差表示推动力的液相总传质系数。

三、相际传质速率方程

对于稳定吸收
传质过程

$$N_A = \frac{p_G - p_i}{\frac{1}{k_G}} = \frac{C_i - C_L}{\frac{1}{k_L}} = \frac{\text{分推动力}}{\text{分传质阻力}}$$

假设气液相平衡关系满足亨利定律

$$c_i = Hp_i \quad c_L = Hp_L^*$$

$$N_A = \frac{C_i - C_L}{\frac{1}{k_L}} = \frac{Hp_i - Hp_L^*}{\frac{1}{k_L}} = \frac{p_i - p_L^*}{\frac{1}{Hk_L}}$$

以气相分压差表示的总推动力

$$N_A = \frac{p_G - p_i}{\frac{1}{k_G}} = \frac{p_i - p_L^*}{Hk_L} = \frac{p_G - p_L^*}{\frac{1}{k_G} + \frac{1}{Hk_L}}$$

气相的传质阻力

液相的传质阻力

总阻力 K_G

$$\frac{1}{K_G}$$

以气相总分压差为推动力的传质速率方程

$$N_A = K_G (p_G - p_L^*)$$

气相总传质系数
 $\text{kmol/m}^2 \text{ s.kPa}$

以液相总浓度差为推动力的传质速率方程

$$N_A = \frac{p_G - p_i}{\frac{1}{k_G}} = \frac{c_i - c_L}{\frac{1}{k_L}} = \frac{Hp_G - Hp_i}{\frac{H}{k_G}}$$

$$= \frac{c_G^* - c_i}{\frac{H}{k_G}} = \frac{c_G^* - c_L}{\frac{H}{k_G} + \frac{1}{k_L}}$$

以液相浓度差表示的总推动力

$$\frac{1}{K_L}$$

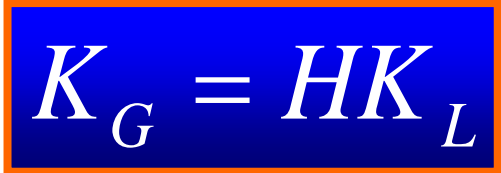
$$N_A = K_L (c_G^* - c_L)$$

液相总传质系数,单位:m/s

三、相际传质速率方程

$$\frac{1}{K_G} = \frac{1}{k_G} + \frac{1}{Hk_L}$$

$$\frac{1}{K_L} = \frac{H}{k_G} + \frac{1}{k_L}$$


$$K_G = HK_L$$

三、相际传质速率方程

思考：以摩尔分数表示气液组成的传质速率方程？

推荐阅读书目

1. 王晓红, 田文德. 化工原理. 北京: 化学工业出版社, 2009.
2. 王晓红, 田文德. 化工原理 (下册). 北京: 化学工业出版社, 2012.
3. McCabe W. L., et al, Unit Operations of Chemical Engineering, McGraw-Hill Companies, Inc. New York, USA, 2001

本讲结束

下讲内容：吸收原理及应用

THANKS

谢谢！

