



## 5.4. 对流传质

### 5.4.1. 两相对流传质模型

### 5.4.2. 总传质速率方程

### 5.4.3. 传质阻力与传质速率的控制

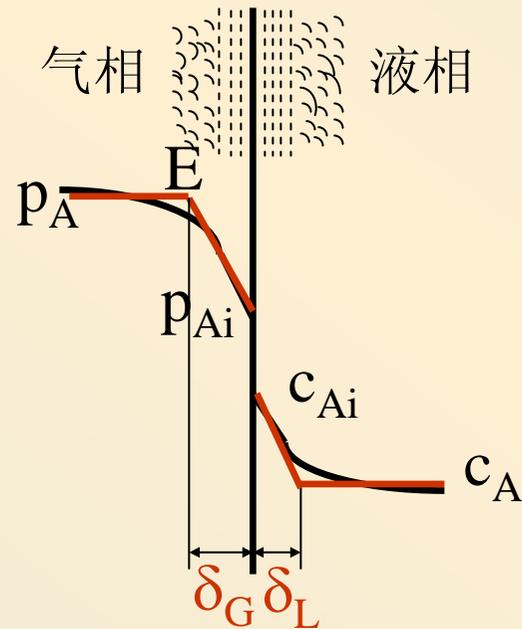




## 5.4.1. 两相对流传质模型

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

### 1. 双膜模型





## 2. 双膜模型的基本论点（假设）

- (1) 气液两相存在一个稳定的相界面，界面两侧存在稳定的气膜和液膜。膜内为层流，A以分子扩散方式通过气膜和液膜。
- (2) 相界面处两相达平衡，无扩散阻力。
- (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。

双膜模型也称为双膜阻力模型





## 5.4.2. 总传质速率方程

### 1. 吸收过程的总传质速率方程

#### (1) 用气相组成表示吸收推动力

$$N_A = K_G (p_{AG} - p_{AL}^*)$$

$$N_A = K_y (y - y^*)$$

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

$K_y$ ——以气相摩尔分率差表示推动力的气相总传质系数， $\text{kmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ；





(2) 用液相组成表示吸收推动力

$$N_A = K_L (c_{AG}^* - c_{AL})$$

$$N_A = K_x (x^* - x)$$

$K_L$  ——以液相浓度差表示推动力的液相总传质系数， $\text{kmol}/\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{kmol}/\text{m}^3$ ）；

$K_x$  ——以液相摩尔分率差表示推动力的液相总传质系数， $\text{kmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ；

(3) 总传质系数与单相传质分系数之间的关系

系统服从亨利定律或平衡关系在计算范围为直线



返回



根据双膜理论

$$\left. \begin{aligned} c_{AL} &= Hp_{AL}^* \\ c_{Ai} &= Hp_{Ai} \end{aligned} \right\} N_A = k_L (c_{Ai} - c_{AL})$$

$$N_A = Hk_L (p_{Ai} - p_{AL}^*)$$

$$\frac{1}{Hk_L} N_A = p_{Ai} - p_{AL}^*$$

$$\frac{1}{k_G} N_A = p_{AG} - p_{Ai}$$

$$\left( \frac{1}{Hk_L} + \frac{1}{k_G} \right) N_A = p_{AG} - p_{AL}^*$$



返回



$$N_A = \frac{1}{\left( \frac{1}{Hk_L} + \frac{1}{k_G} \right)} (p_{AG} - p_{AL}^*)$$

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

$$K_G = HK_L$$

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

同理：

用类似的方法得到

$$\frac{1}{K_y} = \frac{1}{k_y} + \frac{m}{k_x}$$

$$mK_y = K_x$$

$$\frac{1}{K_x} = \frac{1}{k_x} + \frac{1}{mk_y}$$



返回



(4) 总传质系数之间的关系

$$pK_G = K_y$$

$$cK_L = K_x$$

$$K_G = HK_L$$

$$mK_y = K_x$$



返回



### 5.4.3. 传质阻力与传质速率的控制

1. 传质阻力

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

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

$$\frac{1}{K_y} = \frac{m}{k_x} + \frac{1}{k_y}$$

$$\frac{1}{K_x} = \frac{1}{k_x} + \frac{1}{mk_y}$$

注意：传质系数、传质阻力  
与推动力一一对应。

相间传质总阻力 = 液相(膜)阻力 + 气相(膜)阻力



返回

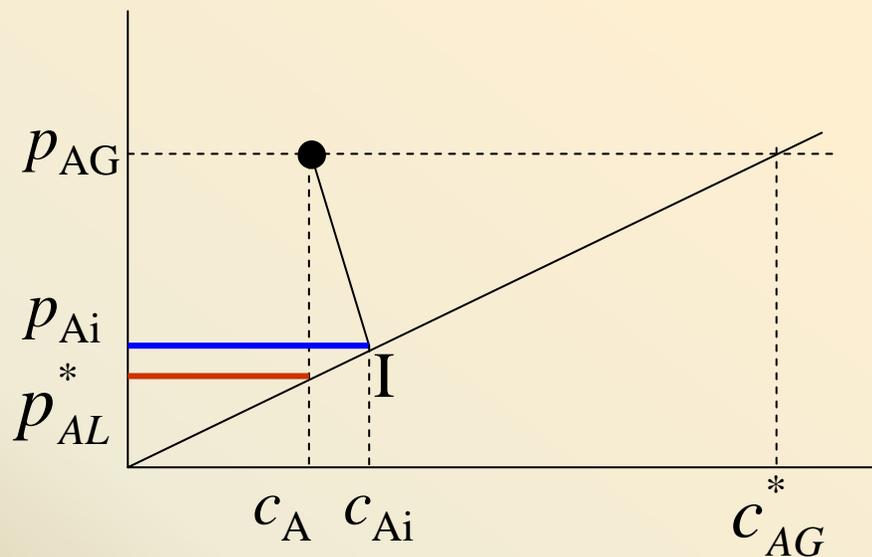


## 2. 传质速率的控制步骤

### (1) 气膜控制

气膜控制：传质阻力主要集中在气相，此吸收过程为气相阻力控制（气膜控制）。

气膜控制的特点：



$$\frac{1}{K_G} \approx \frac{1}{k_G}$$

$H$  较大易溶气体

$$p_{AG} - p_{AL}^* \approx p_{AG} - p_{Ai}$$

$$N_A = k_G (p_{AG} - p_{AL}^*)$$



返回



提高传质速率的措施：提高气体流速；  
加强气相湍流程度。

## (2) 液膜控制

液膜控制：传质阻力主要集中在液相，此吸收过程  
为液相阻力控制（液膜控制）

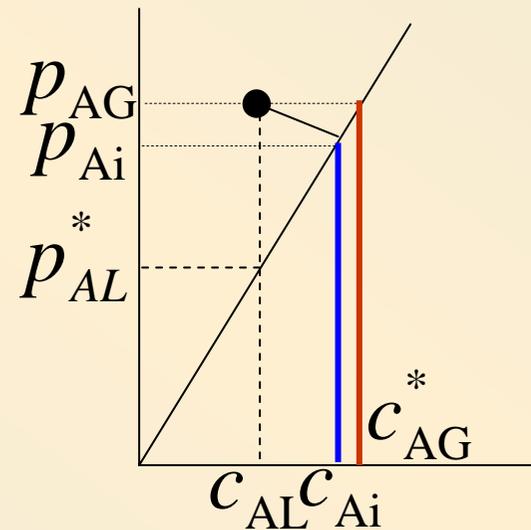
液膜控制的特点：

$$\frac{1}{K_L} \approx \frac{1}{k_L}$$

$H$ 较小难溶气体

$$c_{AG}^* - c_{AL} \approx c_{Ai} - c_{AL}$$

$$N_A = k_L (c_{AG}^* - c_{AL})$$



返回



提高传质速率的措施：提高液体流速；  
加强液相湍流程度。

同理：

气膜控制： $\frac{1}{K_y} \approx \frac{1}{k_y}$       m小易溶气体

$$y - y^* \approx y - y_i \quad N_A = k_y (y - y^*)$$

液膜控制： $\frac{1}{K_x} \approx \frac{1}{k_x}$       m大难溶气体

$$x^* - x \approx x_i - x \quad N_A = k_x (x^* - x)$$



返回



【例5-4】110kPa下操作的氨吸收塔，某截面上，含氨0.03摩尔分率的气体与氨浓度为 $1\text{kmol/m}^3$ 的氨水接触，已知气相传质系数 $k_G=5 \times 10^{-9}\text{kmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$ ，液相传质系数 $k_L=1.5 \times 10^{-4}\text{m/s}$ ，氨水的平衡关系可用亨利定律表示， $H=7.3 \times 10^{-4}\text{kmol}/(\text{m}^3 \cdot \text{Pa})$ ，试计算：

- 1) 气液界面上的两相组成；
- 2) 以分压差和摩尔浓度差表示的总推动力、总传质系数、传质速率；
- 3) 以摩尔分率差表示总推动力的气相总传质系数；
- 4) 气膜与液膜阻力的相对大小。



返回