

第九章 吸收

- 目的：
- 1、了解吸收操作在工业生产中的应用
 - 2、掌握气液相平衡与吸收的关系
 - 3、掌握吸收塔填料层高度的计算；
 - 4、了解吸收塔的调节及操作型计算

重点：气液相平衡与吸收的关系

物料衡算与操作线方程

填料层高度计算

难点：气液相平衡关系

填料层高度的计算

吸收塔的调节及操作型计算

第九章 吸收

| | |
|------|-----------|
| 第一节 | 概述 |
| 第二节 | 吸收的基本理论 |
| 第三节 | 吸收塔的计算 |
| 第四节 | 其他类型的吸收 |
| 第五节 | 传质系数和传质理论 |
| (共 计 | 12学时) |

第九章 吸收

第一节 概述

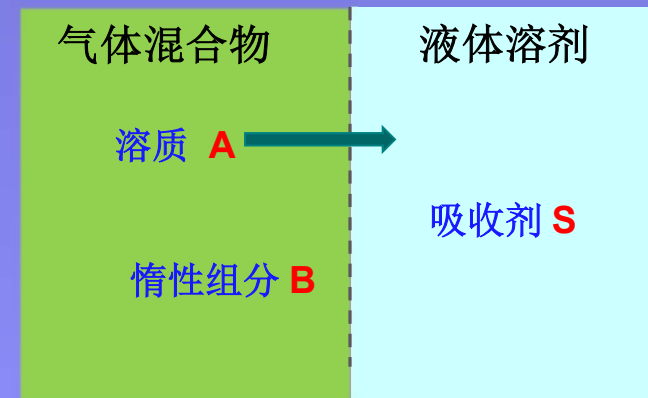
一、吸收

利用气体混合物中各组分在液体溶剂中溶解度的差异实现气体混合物分离的单元操作

分离对象：气体混合物

分离依据：各组分溶解度的差异

| | | | |
|-------|---|------|---|
| 双组份吸收 | { | 溶质 | A |
| | | 惰性组分 | B |
| | | 吸收剂 | S |



第一节 概述

二. 吸收目的

1. 制取产品

例如，用 98% 的硫酸吸收 SO_3 气体制取 98% 硫酸，用水吸收氯化氢制取 31% 的工业盐酸，用氨水吸收 CO_2 生产碳酸氢铵等。

2. 有用组分的回收

例如，用硫酸从煤气中回收氨生成硫胺；用洗油从煤气中回收粗苯等。

3. 原料气、尾气净化

例如，用水或碱液脱除合成氨原料气中的二氧化碳，燃煤锅炉烟气、冶炼废气等脱 SO_2 等。

第一节 概述

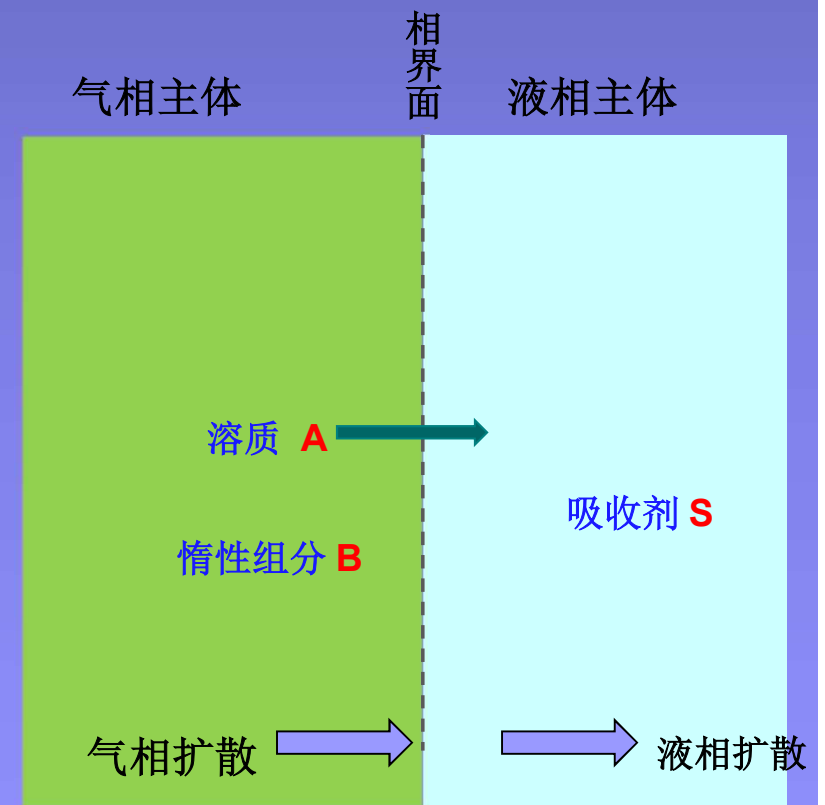
三. 吸收分类

物理吸收
化学吸收

等温吸收
非等温吸收

单组份吸收
多组分吸收

本章主要讨论内容



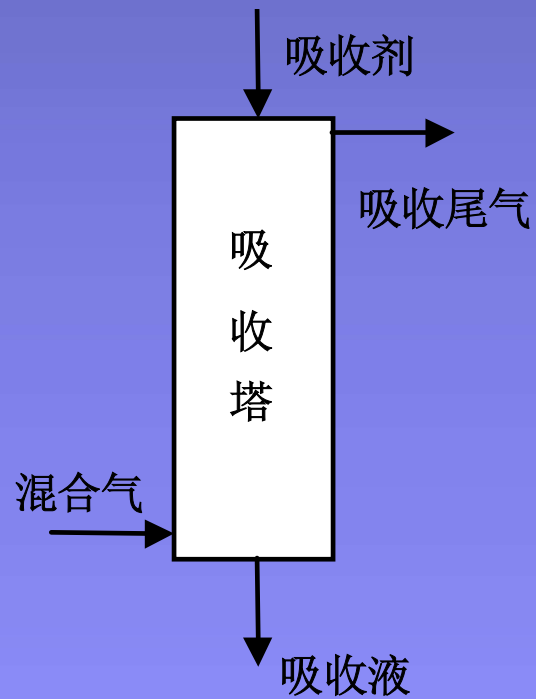
第一节 概述

四. 吸收设备、流程

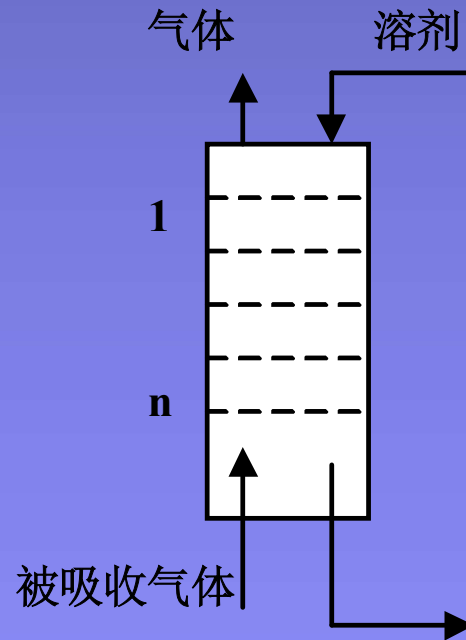
1. 吸收设备——塔设备

板式塔
填料塔

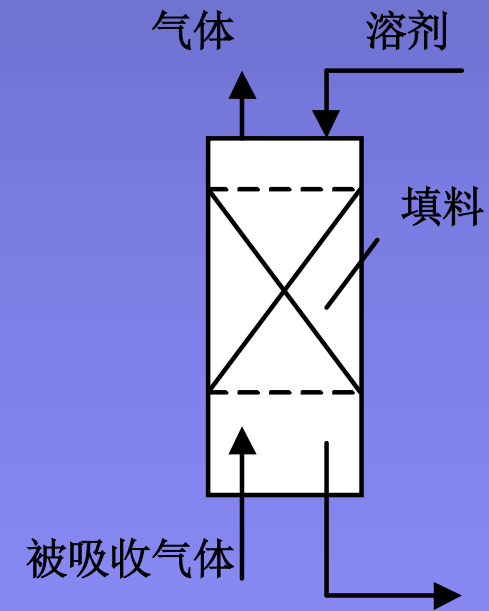
填料塔总体结构.swf



逆流吸收操作示意图



板式塔

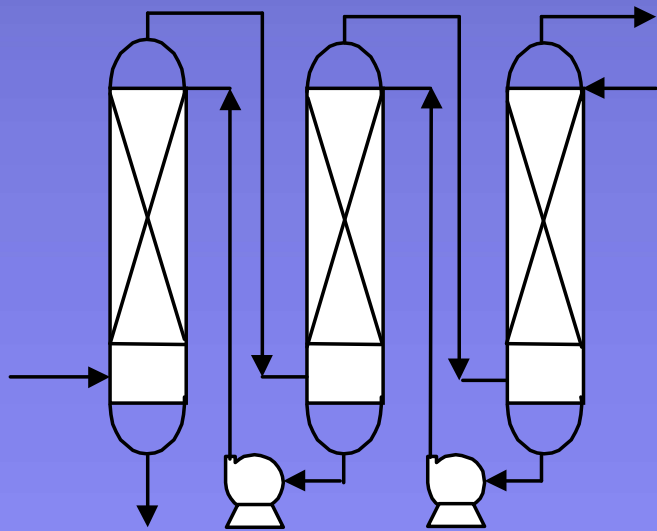
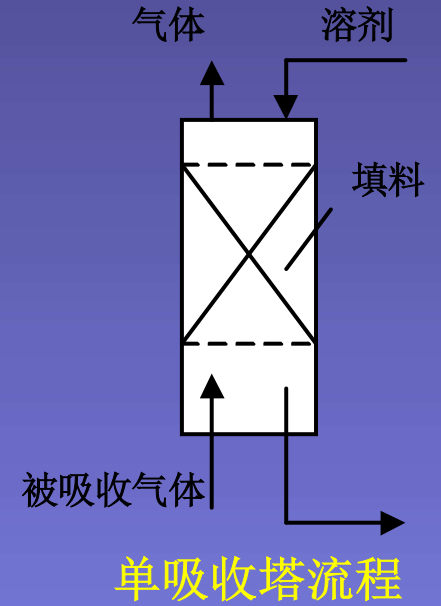


填料塔

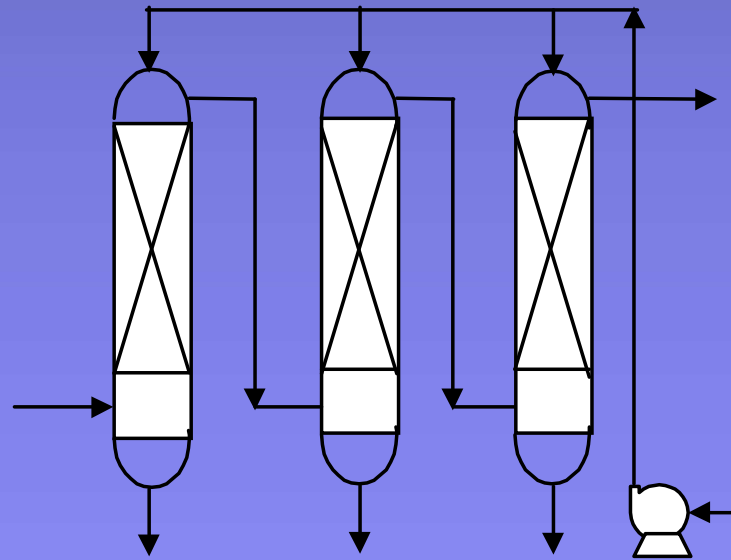
2. 吸收流程

(1) 单一吸收塔流程

(2) 多塔吸收流程



(a) 气、液串联（逆流）



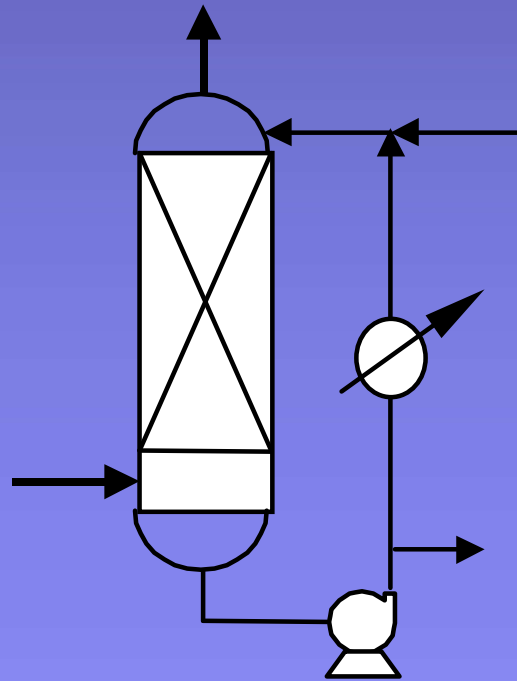
(b) 气体串联、液体并联（逆流）

多塔吸收流程

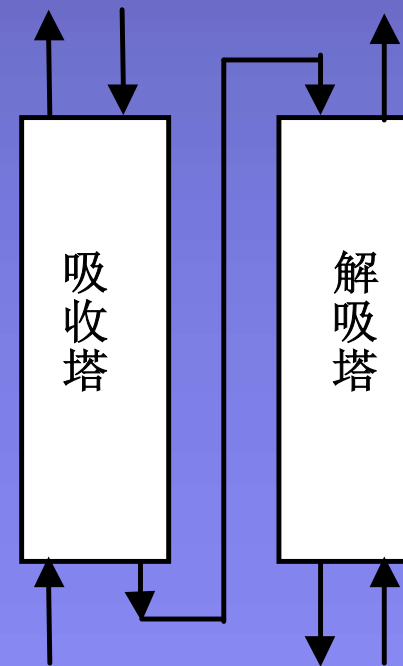
第一节 概述

(3) 吸收剂在吸收塔内再循环流程

(4) 吸收-解吸流程



吸收剂再循环流程



吸收-解吸流程

第一节 概述

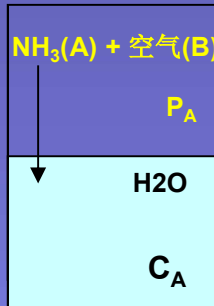
五. 吸收剂的选择

1. **溶解度** 对溶质组分有较大的溶解度
2. **选择性** 对溶质组分有良好的选择性，
即对其它组分基本不吸收或吸收甚微，
3. **挥发性** 应不易挥发
4. **物性** 粘度要低、比热小
5. **其它** 无毒、无腐蚀性、不易燃烧、不发泡、
价廉易得，并具有化学稳定性等要求。

第二节 吸收的基本理论

一. 气液相平衡

1. 溶解度及亨利定律



初态: 气相中 $P_A = P_{A0}$

液相中 $C_A = 0$

$$P_A = f(C_A^*)$$

$$C_A = C_A^*$$

$$p_A^* = (1/H) c_A \quad c/H = E$$

$$p_A^* = E x_A \quad E/P = m$$

$$y_A^* = m x_A$$

气液达到相平衡时，液相中的溶质浓度称为溶解度。

根据相律可知，

$$\text{自由度数 } F = C - \phi + 2 = 3 - 2 + 2 = 3$$

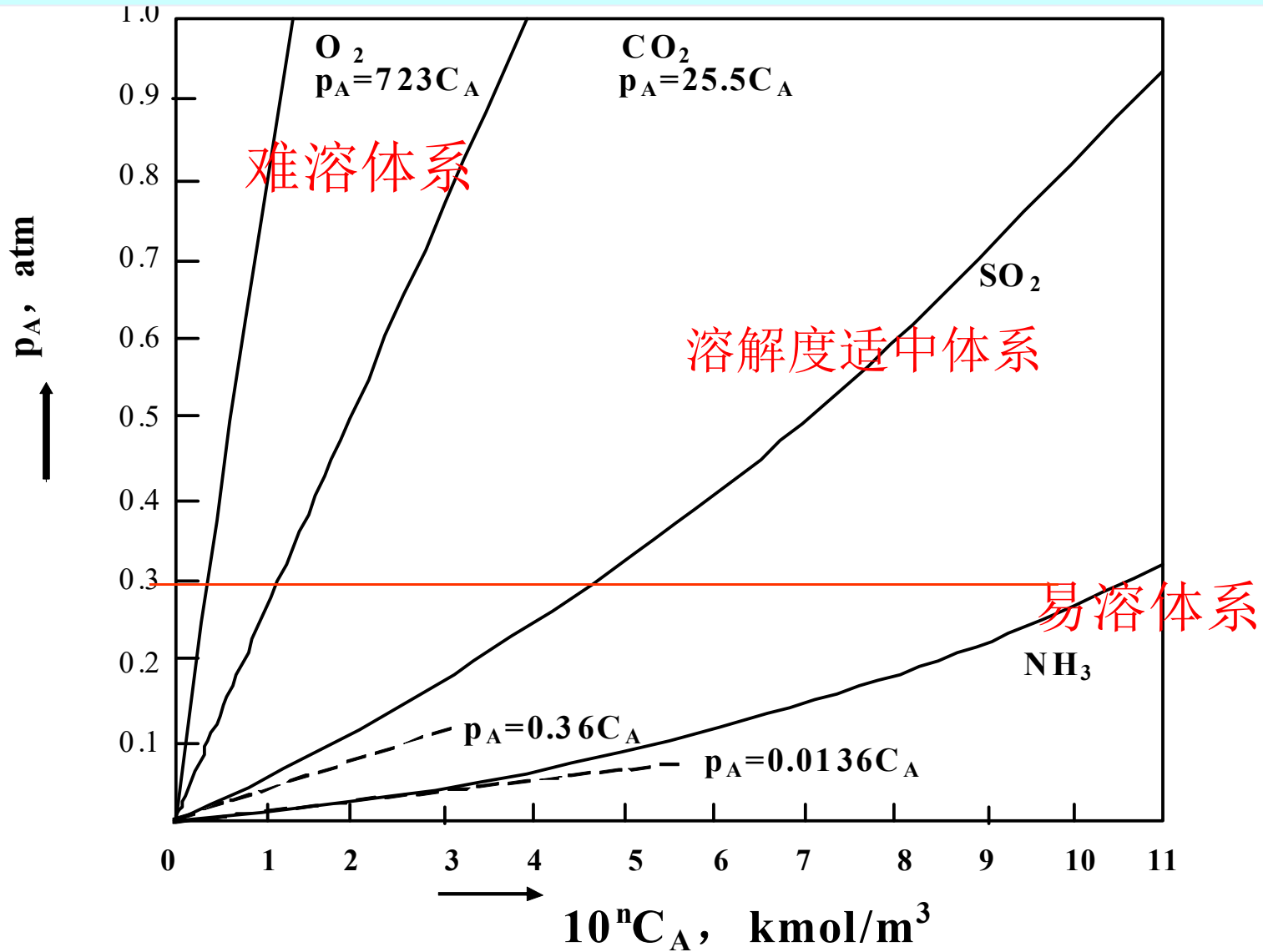
所有独立变量：温度、总压、气相组成、溶解度等

$$C_A^* = f(T, P, p_A)$$

在系统压力、温度一定条件下，

$$C_A^* = f(p_A) \text{ 或 } p_A^* = g(C_A)$$

说明：①物系不同，曲线不同，溶解度差异大，故有易溶、难溶、中性溶解之分；
 ②难容气体溶解度曲线近似直线；易溶气体仅在极低浓度时曲线近似直线。



O_2 — $n=3$, CO_2 — $n=2$, SO_2 — $n=1$, NH_3 — $n=0$
 几种气体在 20℃ 水中的溶解度曲线

第二节 吸收的基本理论

对于稀溶液，有

$$C_A^* = H p_A \quad \text{-----亨利定律}$$

溶解度系数, $\text{kmol}/(\text{m}^3 \cdot \text{Pa})$

亨利定律的其他形式:

$$p_A^* = \left(\frac{C}{H} \right) \left(\frac{C_A}{C} \right) = E x_A$$

亨利系数, Pa

$$y_A^* = \frac{p_A^*}{P} = \frac{E}{P} x_A = m x_A$$

相平衡常数, Pa

H物性，实验测定、有关手册中查得；

H越大，表明溶解度越大，越易溶

H随温度变化而变化，一般地， $T \uparrow, H \downarrow$

E越大，表明溶解度越小；

E随温度变化而变化， $T \uparrow, E \uparrow$,

m越大，表明溶解度越小；

m随温度、总压变化而变化

$T \uparrow, m \uparrow, P \uparrow, m \downarrow$

第二节 吸收的基本理论

2. 气液相平衡与吸收过程的关系

判断过程进行的方向

$$p_A^* = (1/H) c_A \quad c/H = E$$

$$p_A^* = E x_A \quad E/P = m$$

$$y_A^* = m x_A$$

T、P
一定

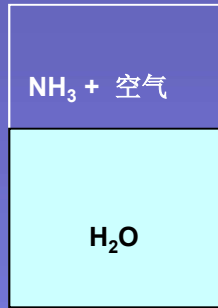


图1

T、P
一定

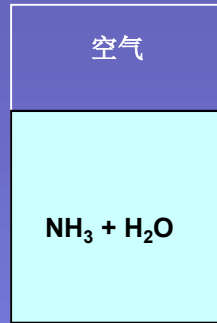


图2

吸收过程

解吸过程

T、P
一定

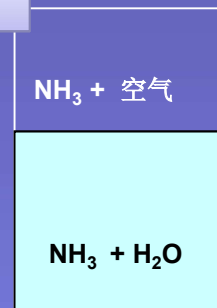
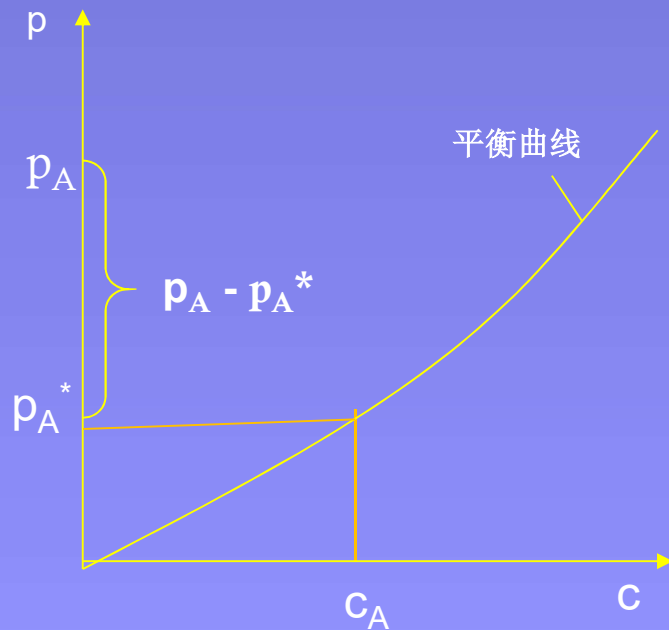


图3

吸收过程?

解吸过程? $p_A ? c_A ?$



| | | |
|---------------|------|-------------------------|
| $p_A > p_A^*$ | 吸收过程 | 推动力 $(p_A - p_A^*) > 0$ |
| $p_A = p_A^*$ | 两相平衡 | 推动力 $(p_A - p_A^*) = 0$ |
| $p_A < p_A^*$ | 解吸过程 | 推动力 $(p_A - p_A^*) < 0$ |

平衡曲线：折算曲线

p_A^* ：“形气实液”

c_A^* ：“形液实气”

如图相互接触的气液两相（气相浓度 p_G 、液气相浓度 c_L ）

• 判断过程进行的难易程度

$$\Delta = (p_G - p_L^*)$$

$\Delta \nearrow$ 过程易于进行

$\Delta \searrow$ 过程难以进行

• 指明过程进行的极限

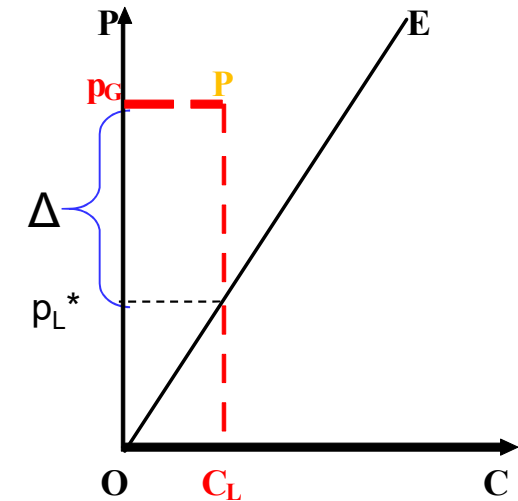
$p_G > p_L^*$ 吸收过程

推动力 $(p_G - p_L^*)$

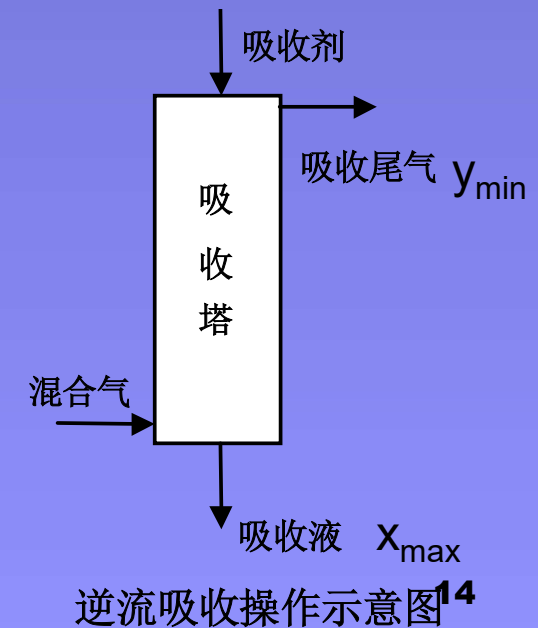
过程的终点 $p_G = p_L^*$ （气液两相达平衡）

• 确定工艺条件的选择

吸收：低温、高压有利
解吸：高温、低压有利



传质推动力的图示



二. 吸收传质速率

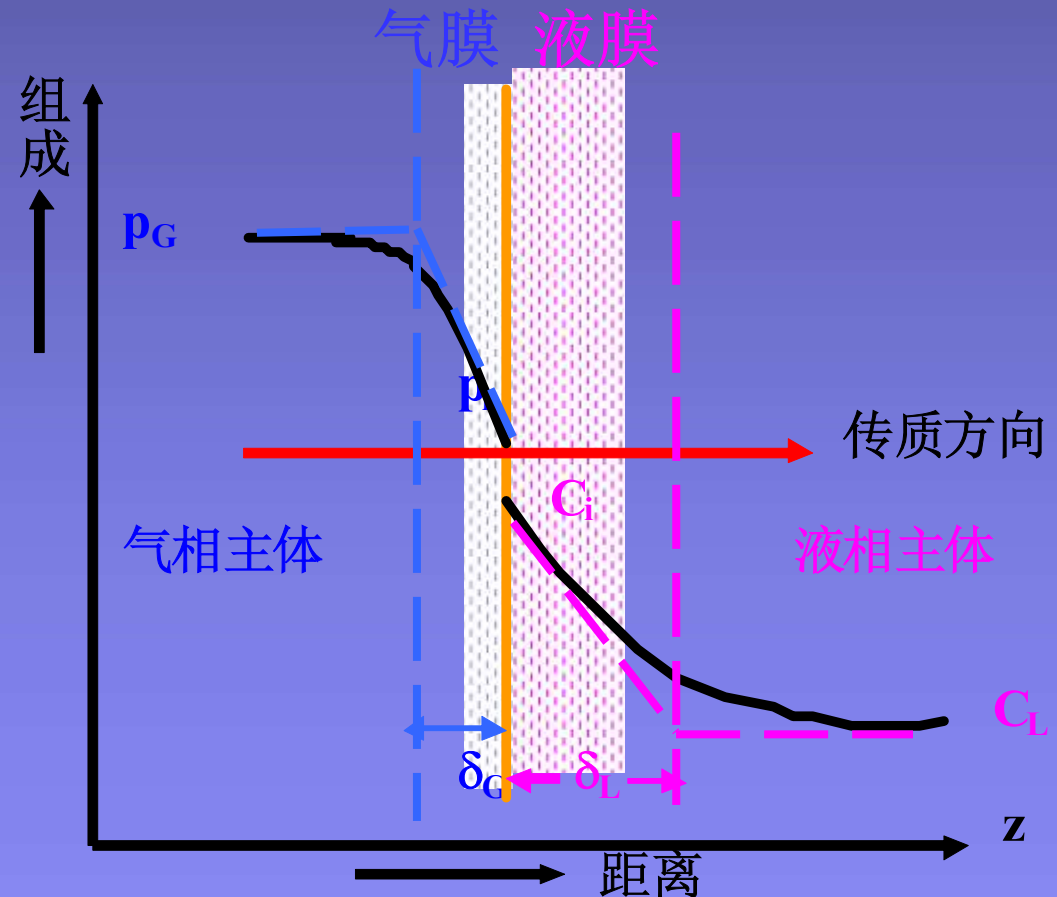
1. 双膜模型

主要论点:

(1) 气液两相间存在固定的相界面。

(2) 相界面两侧流体的对流传质阻力全部集中在界面两侧的两个停滞膜内，膜内传质方式为分子扩散。

(3) 相界面上没有传质阻力，即可认为所需的传质推动力为零，或气液两相在相界面处达到平衡。



双膜模型

若为单向扩散

在液相中有

$$N_A = \frac{D_L}{\delta_L} \cdot \frac{C}{c_{sm}} \cdot (c_i - c_L)$$

对照对流传质方程, 可知:

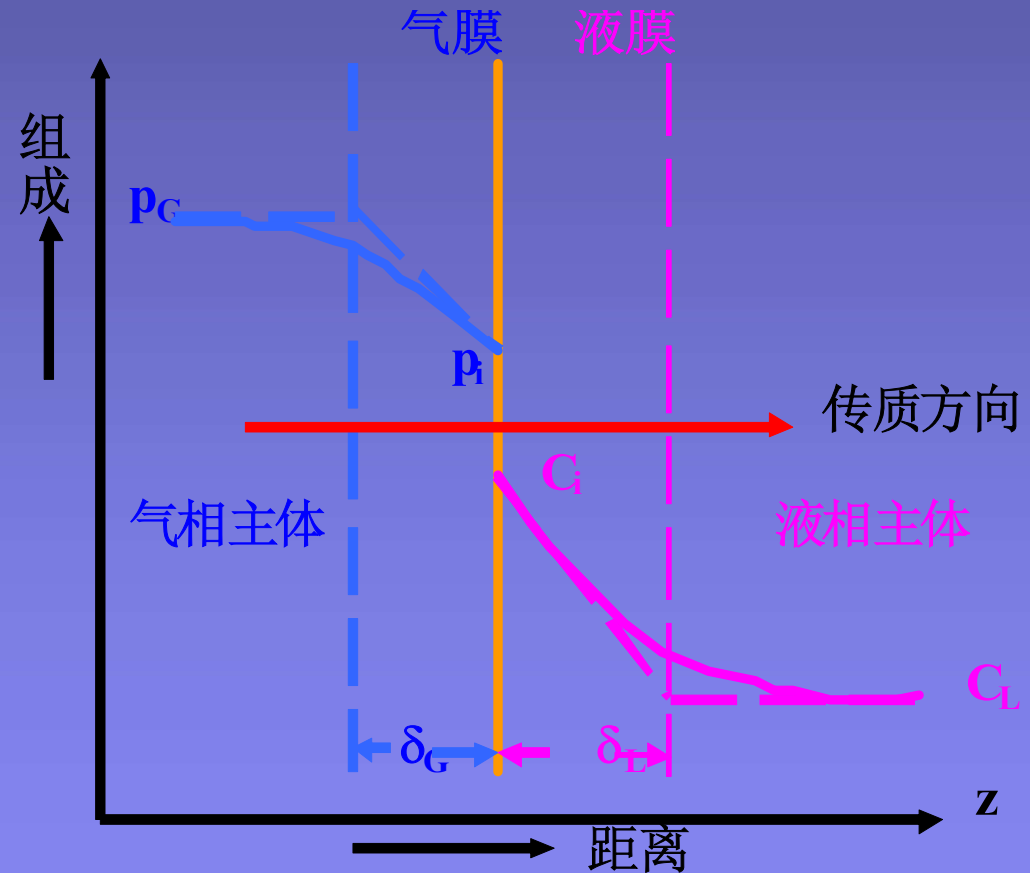
$$k_L = \frac{D_L}{\delta_L} \cdot \frac{C}{c_{sm}}$$

在气相中有:

$$N_A = \frac{D_G}{\delta_G} \cdot \frac{p}{p_{Bm}} \cdot (p_G - p_i)$$

对照对流传质方程, 可知:

$$k_L = \frac{D_G}{\delta_G} \cdot \frac{p}{p_{Bm}}$$



双膜模型