



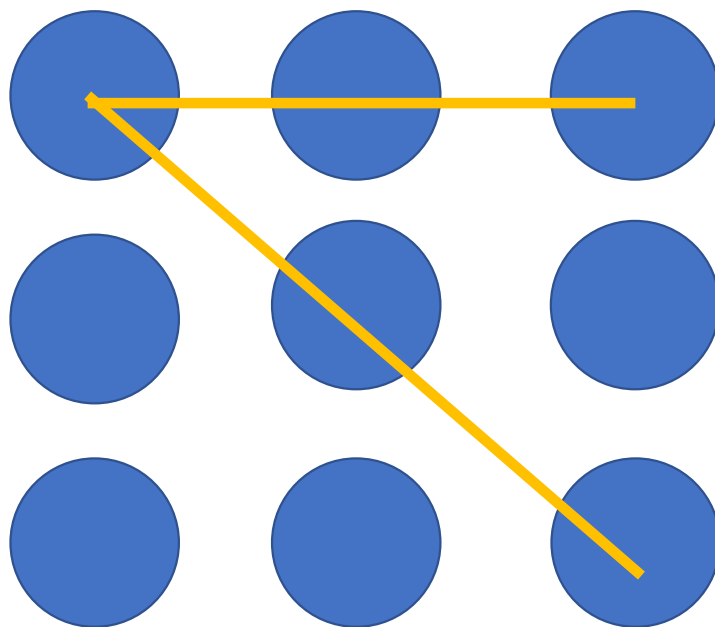
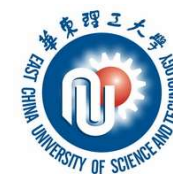
化工原理下

华东理工大学 化工学院

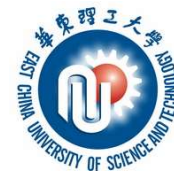
黄婕 教授



签到-超星平台



第五节低浓度气体吸收



基本方程式

全塔物料衡算式

$$G (y_{\text{进}} - y_{\text{出}}) = L (x_{\text{出}} - x_{\text{进}})$$

相平衡方程式

$$y_e = f(x)$$

吸收过程基本方程式

$$H = \frac{G}{K_y a} \int_{y_{\text{出}}}^{y_{\text{进}}} \frac{dy}{y - y_e}$$

$$N_{OG} = \frac{y_{\text{进}} - y_{\text{出}}}{\Delta y_m}$$

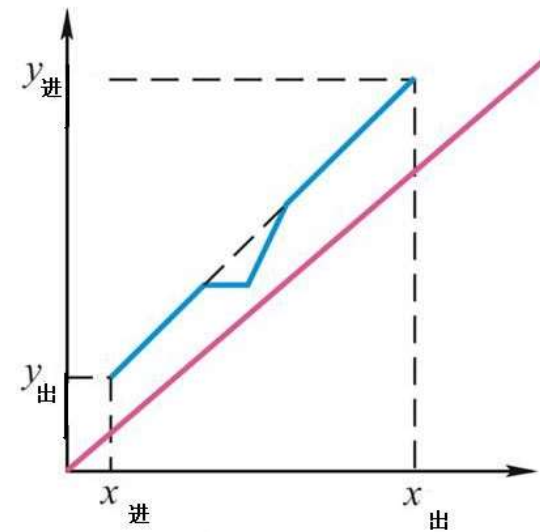
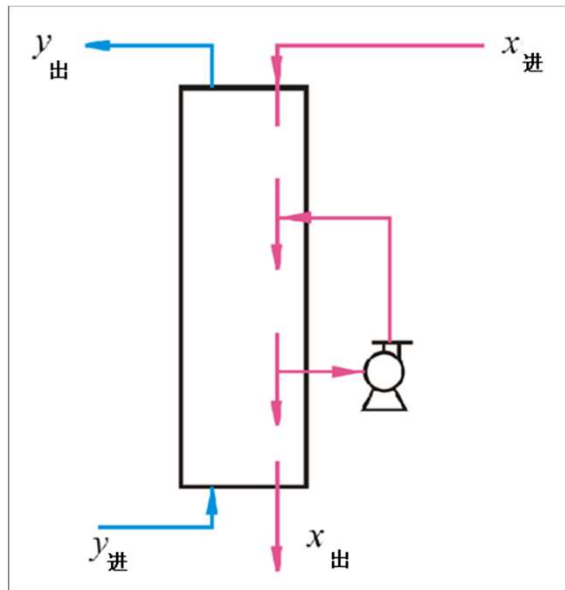
或

$$N_{OG} = \frac{1}{1 - \frac{1}{A}} \ln \left[\left(1 - \frac{1}{A} \right) \frac{y_{\text{进}} - mx_{\text{进}}}{y_{\text{出}} - mx_{\text{进}}} + \frac{1}{A} \right]$$

第五节低浓度气体吸收

问题1-什么是返混?

返混：少量流体自身由下游返回至上游。



轴向返混降低推动力

返混的结果：使推动力↓，对传质不利。

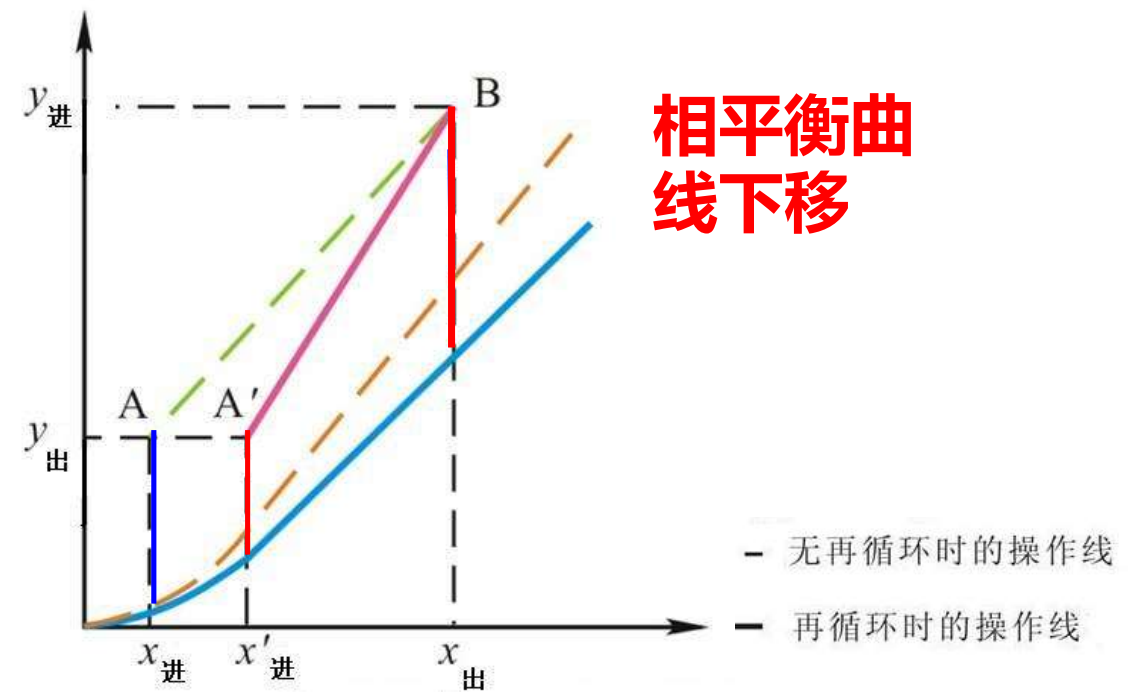
第五节低浓度气体吸收

问题2-既然返混对吸收不利，为何工业上会有吸收剂循环？

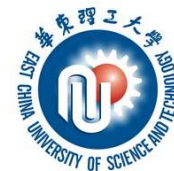
一般情况溶剂再循环不利吸收

下列情况溶剂再循环有利吸收

1. 吸收过程有显著热效应，
平衡线下移， Δy_m 可能提高；



第五节低浓度气体吸收



问题2-既然返混对吸收不利，为何工业上会有吸收剂循环？

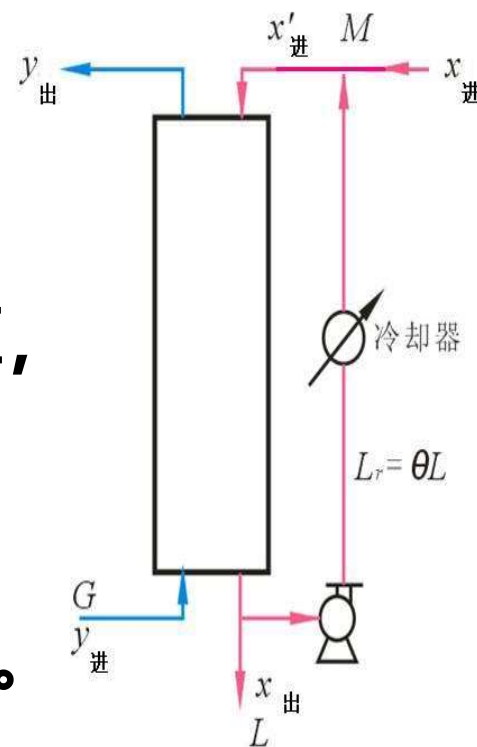
一般情况溶剂再循环不利吸收

下列情况溶剂再循环有利吸收

2. 吸收目的在于获得高 $x_{\text{出}}$ 的液相，根据物料衡算，

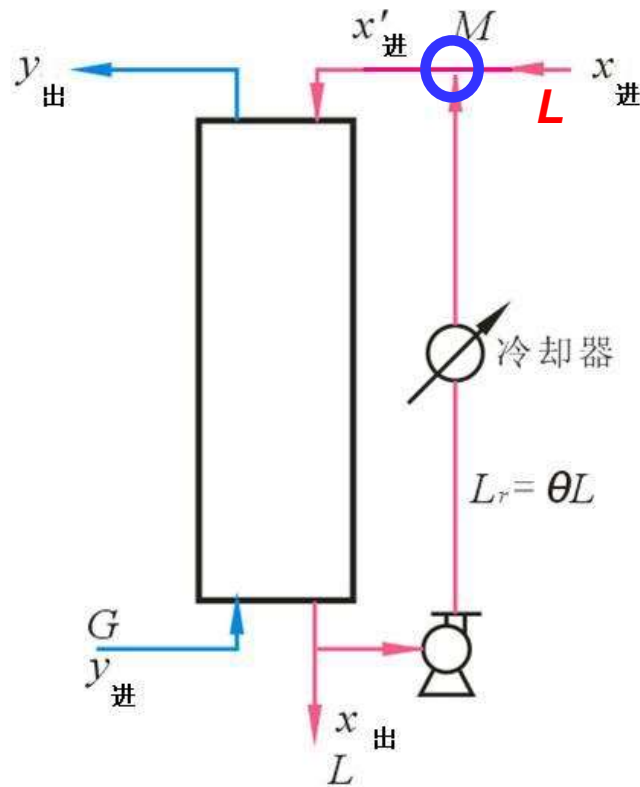
$$G(y_{\text{进}} - y_{\text{出}}) = L(x_{\text{出}} - x_{\text{进}})$$

L 较小，不足于湿润填料，通过循环增加 L 流量。



第五节低浓度气体吸收

吸收剂再循环（要求定性分析和定量计算）



设吸收剂循环量 L_r 为新鲜
吸收剂量 L 的 θ 倍

对 M 点衡算

$$Lx_{\text{进}} + L_r x_{\text{出}} = (L + L_r)x'_{\text{进}}$$

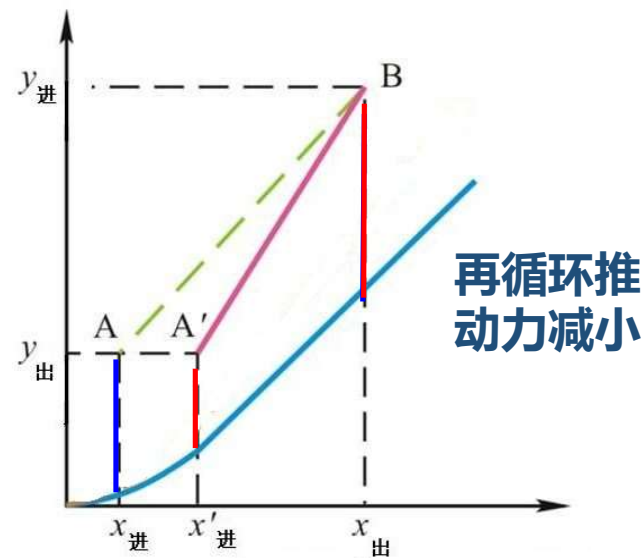
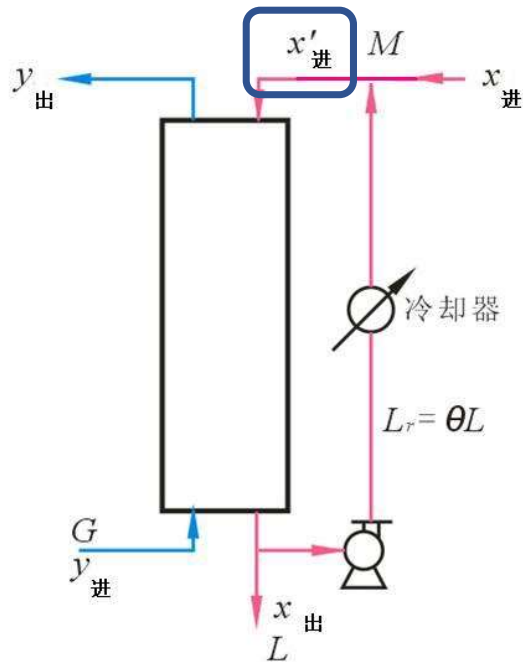
入塔吸收剂浓度

$$x'_{\text{进}} = \frac{\theta x_{\text{出}} + x_{\text{进}}}{1 + \theta}$$

$x'_{\text{进}}$ 与 $x_{\text{进}}$ 哪个大？

第五节低浓度气体吸收

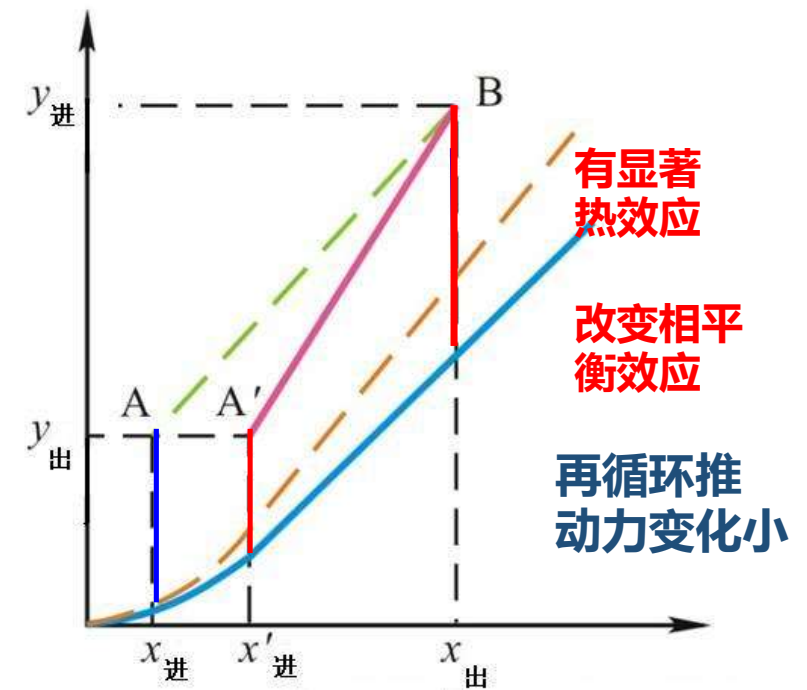
吸收剂再循环的操作线



$$\because x_{\text{出}} > x_{\text{进}}$$

$$\therefore x'_{\text{进}} > x_{\text{进}}$$

$$x'_{\text{进}} = \frac{\theta x_{\text{出}} + x_{\text{进}}}{1 + \theta}$$



— — — 无再循环时的操作线
——— 再循环时的操作线

例题 在常压逆流操作、塔径为1.2m的填料塔中，用清水吸收混合气中的A组分，混合气流率为50kmol/h, 入塔时A组分浓度为0.08(摩尔分率)，回收率为0.90，相平衡关系为 $y=2x$ ，设计液气比为最小液气比的1.5倍，总传质系数 $K_y a=0.0186\text{kmol/m}^3\text{s}$ ，且 $K_y a \propto G^{0.8}$ 。

试求：（1）吸收塔气、液出口浓度各为多少？所需填料层高度为多少米？

（2）若设计成的吸收塔用于实际操作时，采用20%吸收剂再循环流程，新鲜吸收剂用量及其它条件不变，问气相和液相出口浓度及回收率？

解： 1、 $y_{\text{出}} = y_{\text{进}}(1 - \eta) = 0.08 \times (1 - 0.90) = 0.008$

$$G = \frac{50}{0.785 \times 1.2^2} = 44.23 \text{ kmol} / \text{m}^2 \text{ h} = 0.01229 \text{ kmol} / \text{m}^2 \text{ s}$$

$$H_{OG} = \frac{G}{K_y a} = \frac{0.01229}{0.0186} = 0.661 \text{ m}$$

$$\left(\frac{L}{G}\right)_{\min} = \frac{y_{\text{进}} - y_{\text{出}}}{x_{\text{出}e} - x_{\text{进}}} = m\eta = 2 \times 0.9 = 1.8 \quad \frac{L}{G} = 1.5\left(\frac{L}{G}\right)_{\min} = 1.5 \times 1.8 = 2.7$$

$$x_{\text{出}} = x_{\text{进}} + \frac{G}{L}(y_{\text{进}} - y_{\text{出}}) = 0 + \frac{1}{2.7}(0.08 - 0.008) = 0.0267$$

$$\frac{mG}{L} = \frac{2}{2.7} = 0.741$$

$$N_{OG} = \frac{1}{1 - \frac{mG}{L}} \ln \left[\left(1 - \frac{mG}{L} \right) \frac{1}{1 - \eta} + \frac{mG}{L} \right]$$

$$N_{OG} = \frac{1}{1 - 0.741} \ln \left[(1 - 0.741) \frac{1}{1 - 0.9} + 0.741 \right] = 4.65$$

$$H = H_{OG} N_{OG} = 0.661 \times 4.65 = 3.10m$$

2、操作-新工况下新鲜吸收剂量不变

$$L' = L + 0.2L' \quad L' = \frac{L}{0.8} \quad y'_2, x'_2, x'_1 \text{ (均改变)}$$

$$x'_2 = \frac{Lx_2 + 0.2L'x'_1}{L'} = 0.2x'_1$$

$$\frac{1}{A} = \frac{mG}{L'} = 0.741 \times 0.8 = 0.593$$

气膜, $L \uparrow \Rightarrow K_y a$ 不变

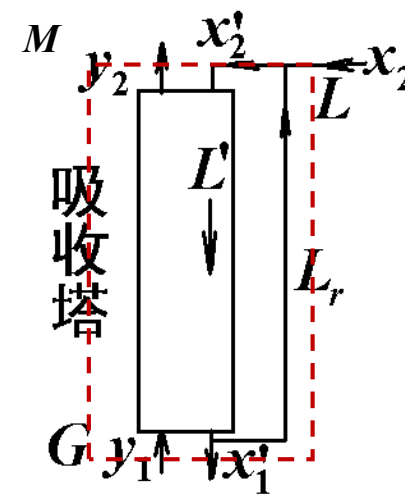
$\Rightarrow H_{OG}$ 不变 $\Rightarrow N_{OG}$ 不变

$$N_{OG} = \frac{1}{1 - 0.593} \ln[(1 - 0.593) \frac{0.08 - 2 \times 0.2x'_1}{y'_2 - 2 \times 0.2x'_1} + 0.593] = 4.65$$

$$\frac{0.08 - 0.4x'_1}{y'_2 - 0.4x'_1} = 14.40$$

$$\text{全塔物料衡算 } \frac{L}{G} = \frac{0.08 - y'_2}{x'_1 - 0} = 2.7$$

$$y'_2 = 0.0146 \quad x'_1 = 0.0242 \quad \eta = 1 - \frac{y'_2}{y_1} = 1 - \frac{0.0146}{0.08} = 0.8175$$



第五节低浓度气体吸收

问题3-操作型计算是如何命题的？

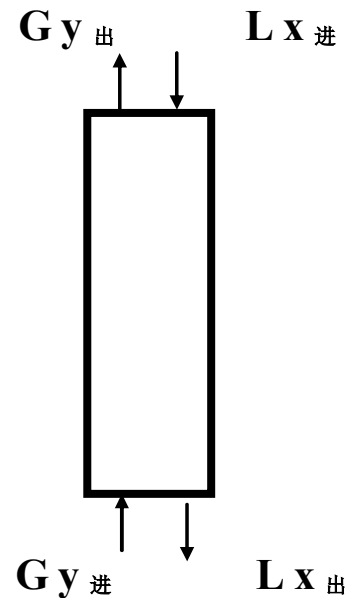
吸收塔的操作型计算命题

(1) 第一类命题 (求操作结果)

给定条件: H (及其他有关尺寸), L , G , $x_{\text{进}}$, $y_{\text{进}}$,
 $y = f(x)$, 流动方式, $K_y a$ 或 $K_x a$ 。 计算目的: $y_{\text{出}}(\eta)$, $x_{\text{出}}$ 。

(2) 第二类命题 (求操作条件)

给定条件: H (及其他有关尺寸), G , $y_{\text{进}}$, $y_{\text{出}}$, $x_{\text{进}}$,
 $y = f(x)$, 流动方式, $K_y a$ 或 $K_x a$ 。 计算目的: L , $x_{\text{出}}$ 。



逆流吸收塔

第五节低浓度气体吸收

问题4-解决问题的方程式与设计型有区别吗？两类操作型命题的解法有区别吗？

设计型和操作型计算公式没有区别。

操作型计算方法

第一类命题，当**平衡线**在操作范围内可视为**直线**时，
第一类命题可将基本**方程线性化**。

但第二类命题仍须试差。

第五节低浓度气体吸收

全塔物料衡算式

$$G (y_{\text{进}} - y_{\text{出}}) = L (x_{\text{出}} - x_{\text{进}})$$

相平衡方程式

$$y_e = f(x)$$

吸收过程基本方程式

$$H = H_{OG} \cdot N_{OG} = \frac{G}{K_y a} \int_{y_{\text{出}}}^{y_{\text{进}}} \frac{dy}{y - y_e}$$

$$H = H_{OL} \cdot N_{OL} = \frac{L}{K_x a} \int_{x_{\text{进}}}^{x_{\text{出}}} \frac{dx}{x_e - x}$$

$$N_{OG} = \frac{y_{\text{进}} - y_{\text{出}}}{\Delta y_m}$$

$$N_{OG} = \frac{1}{1 - \frac{1}{A}} \ln \left[\left(1 - \frac{1}{A} \right) \frac{y_{\text{进}} - m x_{\text{进}}}{y_{\text{出}} - m x_{\text{进}}} + \frac{1}{A} \right]$$

第五节低浓度气体吸收

全塔物料衡算式

$$G (y_{\text{进}} - y_{\text{出}}) = L (x_{\text{出}} - x_{\text{进}})$$

相平衡方程式

$$y_e = f(x)$$

吸收过程基本方程式

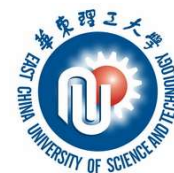
$$H = H_{OG} \cdot N_{OG} = \frac{G}{K_y a} \int_{y_{\text{出}}}^{y_{\text{进}}} \frac{dy}{y - y_e}$$

$$H = H_{OL} \cdot N_{OL} = \frac{L}{K_x a} \int_{x_{\text{进}}}^{x_{\text{出}}} \frac{dx}{x_e - x}$$

$$N_{OG} = \frac{y_{\text{进}} - y_{\text{出}}}{\Delta y_m}$$

$$N_{OG} = \frac{1}{1 - \frac{1}{A}} \ln \left[\left(1 - \frac{1}{A} \right) \frac{y_{\text{进}} - m x_{\text{进}}}{y_{\text{出}} - m x_{\text{进}}} + \frac{1}{A} \right]$$

第五节低浓度气体吸收



请同学上台讲解

问题5-吸收塔操作调节的参数有哪些？

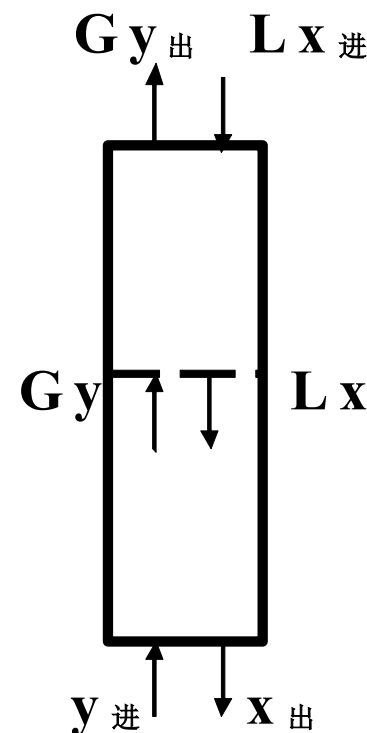
吸收塔的操作和调节

参数为： G , $y_{\text{进}}$, $y_{\text{出}}$, L , $x_{\text{进}}$, $x_{\text{出}}$, t

可供调节的参数主要有： L , $x_{\text{进}}$, t

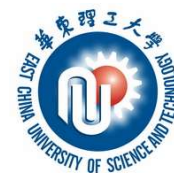
G 、 $y_{\text{进}}$ 前段工序提供（不能调节）

操作结果 $y_{\text{出}}$, $x_{\text{出}}$ （不能调节）



逆流吸收

第五节低浓度气体吸收



1、吸收剂用量 L 增加对传质系数的影响

一般 $K_y a \propto G^m L^n$ m, n 在0-1之间 **L增加** $K_y a$ 有所上升

气膜控制 $K_y a \approx k_y a \propto G^m$ **L增加** $K_y a$ 近似不变

液膜控制 $k_x a \propto L^m$ **L增加** $K_y a = k_x a / m$ 明显上升

结论：增加吸收剂用量，传质总系数呈上升趋势

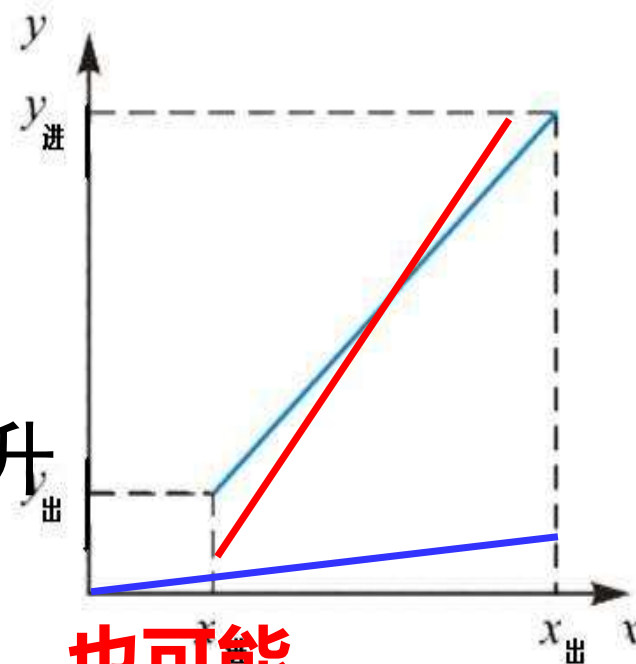
2、吸收剂用量 L 对推动力的影响

推动力 Δy_m 的变化与 $K_y a$ 变化有关：

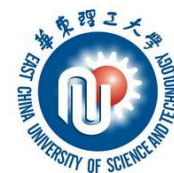
L 增大 $K_y a \Delta y_m = N_A$ 总是上升

- ①、当 $K_y a$ 明显上升， Δy_m 略有下降；
- ②、当 $K_y a$ 不变或增大幅度不大， Δy_m 上升

结论：增加吸收剂用量，推动力则可能上升，也可能下降。 $y_{\text{出}}$ 呈下降趋势。



第五节低浓度气体吸收



✓ 吸收操作三要素指哪三个参数

吸收操作三要素: L , $x_{\text{进}}$, t

✓ 对吸收有利的表现形式指

降低气体出口浓度 $y_{\text{出}}$ 或者提高回收率 η

第五节低浓度气体吸收

问题6-吸收操作三要素的影响是什么？

吸收操作三要素的影响

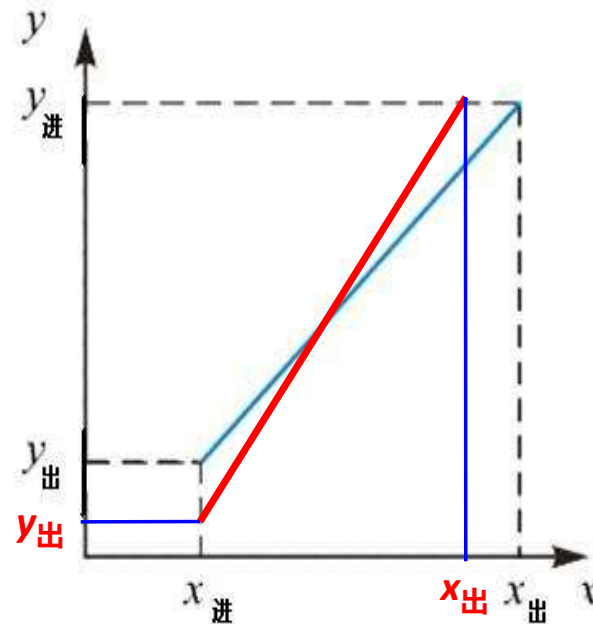
(1) L 的调节

L 增大对操作结果的影响

$$\frac{L}{G} = \frac{y_{\text{进}} - y_{\text{出}}}{x_{\text{出}} - x_{\text{进}}}$$

$L \uparrow$, $K_y a \uparrow$, $N_A \uparrow$,

有利, $y_{\text{出}} \downarrow$, $\eta \uparrow$, $x_{\text{出}} \downarrow$



第五节低浓度气体吸收

吸收操作三要素的影响

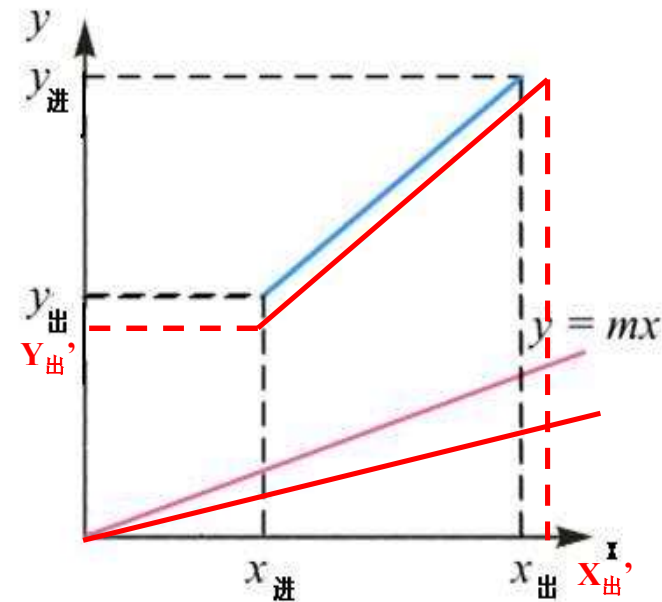
(2) t 的调节

$t \downarrow$, 气体溶解度增大;

$m \downarrow$, $\Delta y \uparrow$, $N_A \uparrow$;

有利, $y_{\text{出}} \downarrow$, $\eta \uparrow$, $x_{\text{出}} \uparrow$ 。

温度调节在技术上受冷却器能力的限制; 在经济上受能耗的优化约束。



T 降低对操作结果的影响

第五节低浓度气体吸收

吸收操作三要素的影响

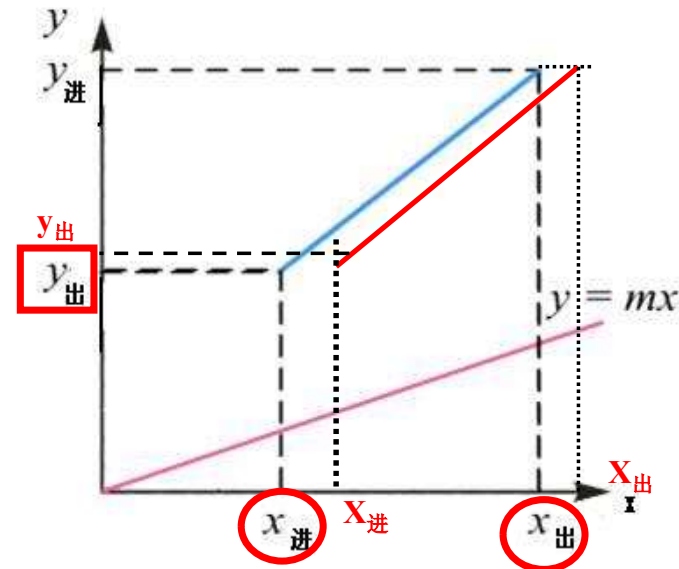
(3) $X_{\text{进}}$ 的调节

$x_{\text{进}} \downarrow \Rightarrow$ 有利吸收 $\Rightarrow y_{\text{出}} \downarrow \eta \uparrow$

L 、 G 均不变，操作线斜率不变，
如图 蓝线 $x_{\text{出}} \downarrow$ ， $\Delta y_m \uparrow$ 。

$$H_{OG} = \frac{G}{K_y a} \text{ 不变}$$

$$H \text{ 不变, } N_{OG} = H/H_{OG} \text{ 不变}$$



假设

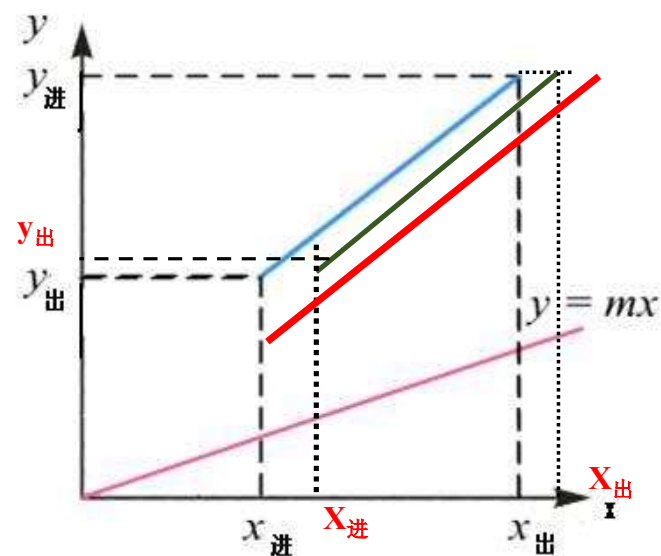
L 、 G 均不变，操作线斜率不变，若为红线 $\Delta y_m \downarrow$ 。

H 不变， $N_{OG} = H/H_{OG}$ 不变

$$N_{OG} = \frac{y_{\text{进}} - y_{\text{出}}}{\Delta y_m} \text{ 不变,}$$

$y_{\text{出}} \downarrow, (y_{\text{进}} - y_{\text{出}}) \uparrow,$

$\Delta y_m \uparrow \Rightarrow$ 与图中所示推动力矛盾。



思考

用某吸收剂吸收混合气中的可溶组分，该吸收过程为**气膜控制**。若**吸收剂用量**增加，其余操作条件不变，则
A。

A. $y_{\text{出}}$ 下降, Δy_m 上升

B. $y_{\text{出}}$ 上升, Δy_m 下降

C. $y_{\text{出}}$ 下降, Δy_m 不变

D. $y_{\text{出}}$ 下降, Δy_m 不确定

$K_y a \Delta y_m = N_A$ **气膜控制** **L 增大** $K_y a$ 近似不变 Δy_m 上升

逆流吸收操作，今**吸收剂温度**升高，其他入塔条件都不变，则出口气体浓度 $y_{\text{出}}$ ，液相出口浓度 $x_{\text{出}}$ **B**。

A. $y_{\text{出}}$ 增大， $x_{\text{出}}$ 增大

B. $y_{\text{出}}$ 增大， $x_{\text{出}}$ 减小

C. $y_{\text{出}}$ 减小， $x_{\text{出}}$ 减小

D. $y_{\text{出}}$ 减小， $x_{\text{出}}$ 增大

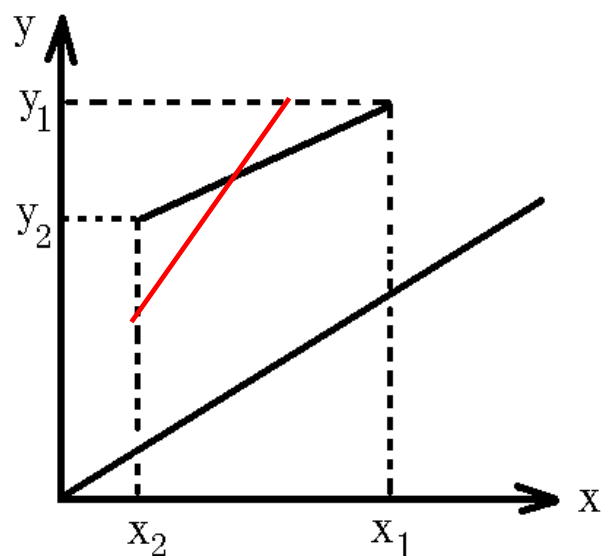
温度升高，对吸收不利。

$$\frac{L}{G} = \frac{y_{\text{进}} - y_{\text{出}}}{x_{\text{出}} - x_{\text{进}}}$$

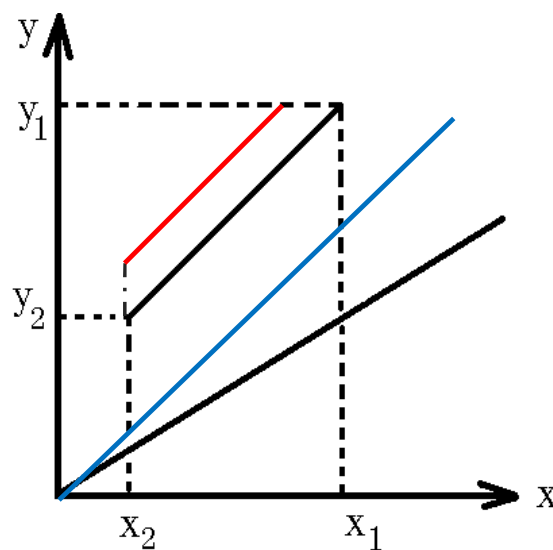
作图

以下各小题 $y \sim x$ 图中所示为原工况下的平衡线与操作线，试画出按下列改变操作条件后的新平衡线与操作线：

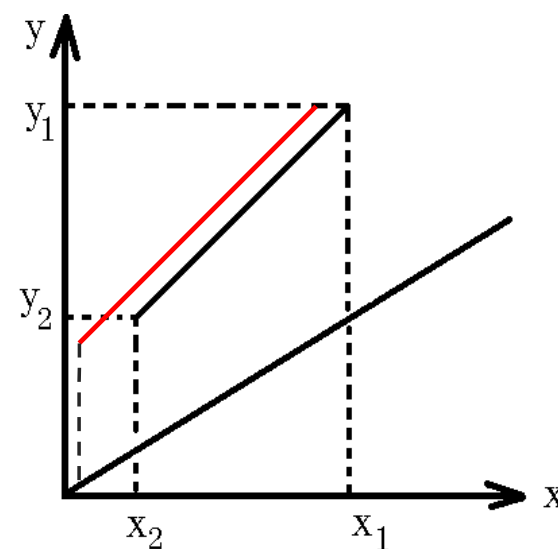
1. 吸收剂用量增大



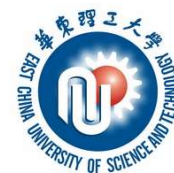
2. 操作温度升高



3. 吸收剂入口浓度降低



第五节低浓度气体吸收

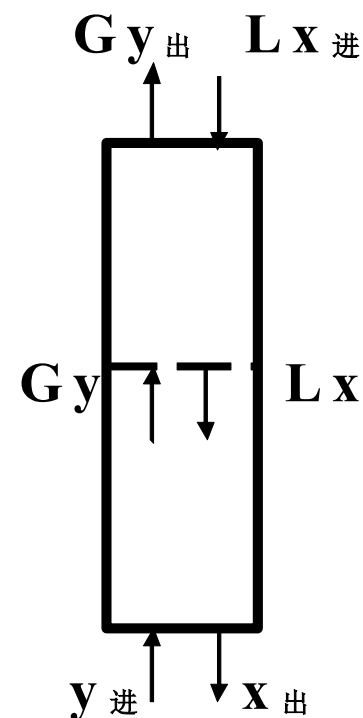


请同学上台讲解

问题7-吸收塔操作的极限问题？

吸收塔操作的极限问题

- ① $H \rightarrow \infty$ 时, $y_{\text{出}} = ?$, $x_{\text{出}} = ?$
- ② 达平衡: $\Delta y_m \rightarrow 0$ 塔顶或者塔底平衡?
- ③ 增大 L 时, 对调节 $y_{\text{出}}$ 是否有效?



逆流吸收

① (设塔高无限)

$L/G < m$ 气液两相在?平衡

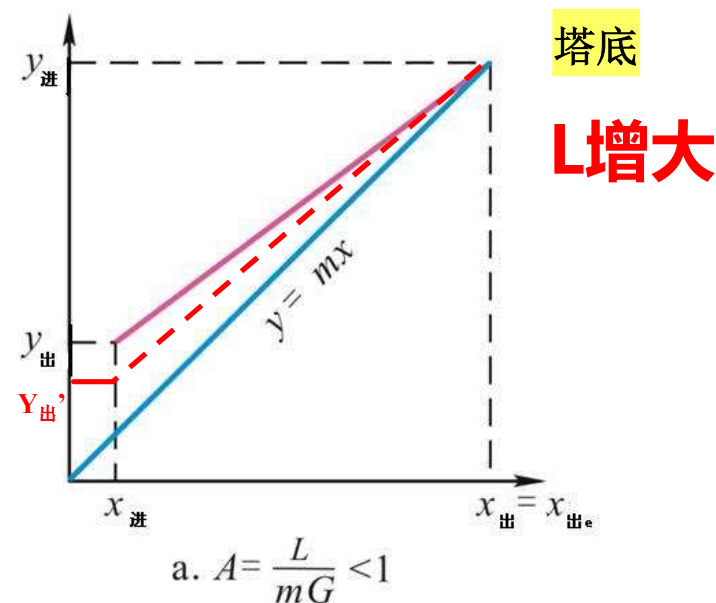
气液两相在塔底平衡

$$x_{\text{出max}} = x_{\text{出e}} = y_{\text{进}} / m$$

$$y_{\text{出}} = y_{\text{进}} - L/G (x_{\text{出max}} - x_{\text{进}})$$

$L \uparrow$ 如图红线, $y'_{\text{出}} \downarrow$

$$y'_{\text{出}} = y_{\text{进}} - L'/G (x_{\text{出e}} - x_{\text{进}})$$



增大 L 时, 对调节
 $y_{\text{出}}$ 有效.

② (设塔高无限)

$$L/G > m$$

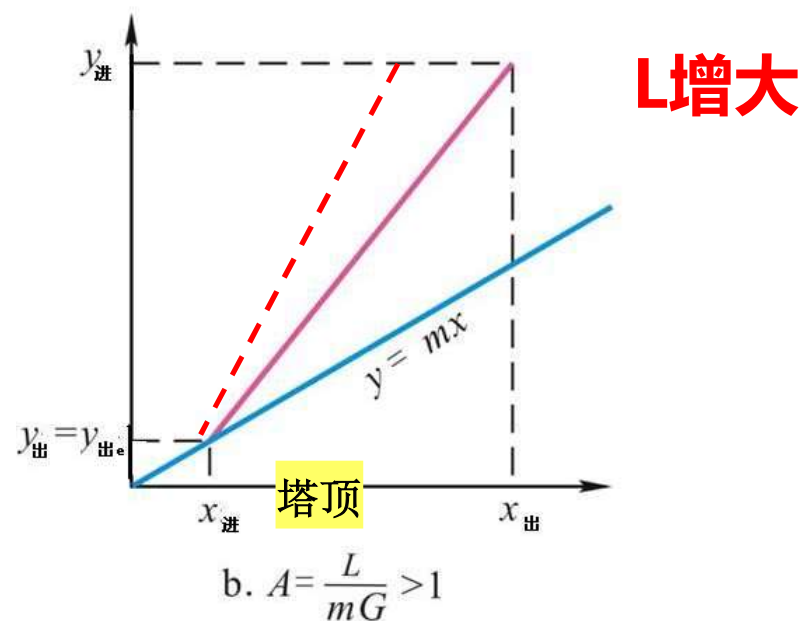
$y_{\text{出min}} = mx_{\text{进}}$ 气液两相在塔顶平衡

L 再增大, $y_{\text{出}}$ 不再减小,
如图红色虚线所示。

增大 L 时, 对调节 $y_{\text{出}}$ 无效.

$x_{\text{出}}$ 由物料衡算求得

$$G(y_{\text{进}} - y_{\text{出min}}) = L(x_{\text{出}} - x_{\text{进}})$$



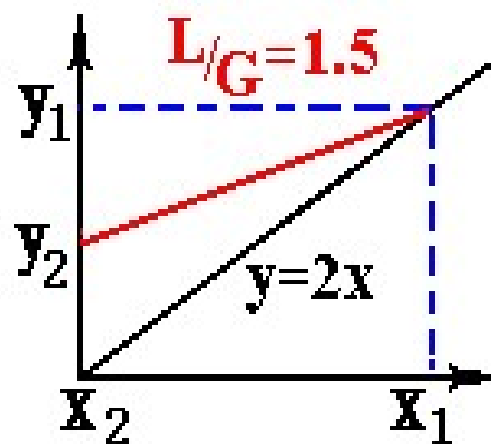
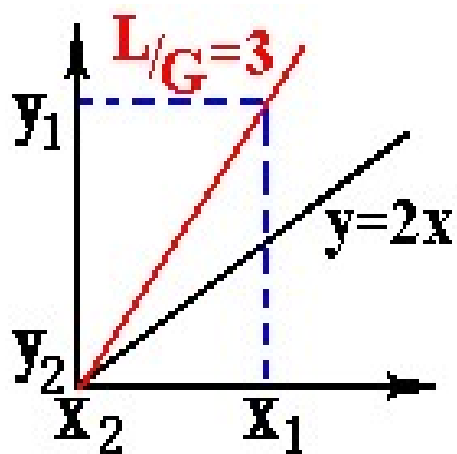
思考

纯溶剂逆流吸收, $L/G=3$, $y=2x$, 当塔**无限高**时, 则在

A 达到相平衡。若 L/G 增大, 则 $y_{\text{出min}}$ C。

A 塔顶, B 塔底。

A 变大、B 变小、C 不变、D 不确定



若采用 $(L/G) = 1.5$, 入塔 $y_{\text{进}} = 0.1$ 则出塔气体**浓度最低**可降至 C。

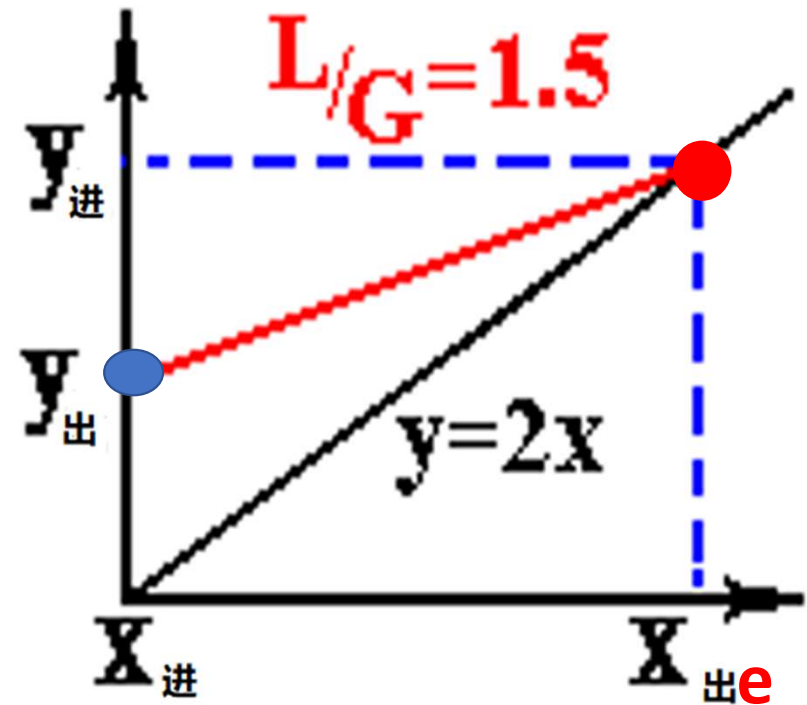
A 0, B 0.25,
C 0.025, D 不确定。

$$G (y_{\text{进}} - y_{\text{出}}) = L (x_{\text{出}} - x_{\text{进}})$$

$$y_{\text{出min}} = y_{\text{进}} - \frac{L}{G} x_{\text{出e}}$$

$$x_{\text{出e}} = \frac{y_{\text{进}}}{m}$$

$$y_{\text{出min}} = 0.1 - 1.5x \quad (0.1/2) = 0.025$$



例题

1、 已知某填料吸收塔直径为1m， 填料层高度为4m。用清水逆流吸收空气混合物中某可溶组分， 该组分的进塔浓度为8%、 出塔为1%（均为mol%）， 混合气流率为30kmol/h， 操作液气比为2， 相平衡关系为 $y = 2x$ 。试求：

(1)操作液气比为最小液气比的多少倍？

(2)若塔高不受限制， **最大回收率**为多少？

$$(1) \left(\frac{L}{G} \right)_{\min} = \frac{y_1 - y_2}{\frac{y_1}{m} - x_2} = \frac{0.08 - 0.01}{\frac{0.08}{2} - 0} = 1.75$$

$$\frac{L/G}{(L/G)_{\min}} = \frac{2}{1.75} = 1.14 \text{倍}$$

(2) 塔高不受限制，又 $1/A=1$ ，则操作线落在平衡线上，当 $x_{\text{进}}=0$ 时， $y_{\text{出}}$ 必等于0。故吸收率：

$$\eta = 1 - \frac{y_2}{y_1} = 100\%$$

2、气体混合物中含丙酮3%(体积百分率)，用含0.01%(摩尔百分率)丙酮的水作吸收剂，逆流吸收丙酮，平衡关系为 $y_e=1.05x$ ，液气比为1.04，当填料层无限高时，丙酮的**最大回收率**为多少？
(98.7%)

解：

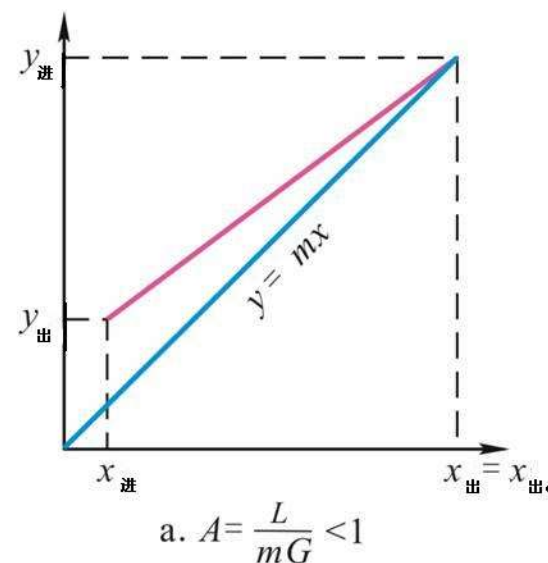
填料塔无限高时： $x_{\text{出}}$ 与 $y_{\text{进}}$ 平衡（ \because 液气比变为1.04, $m > L/G$ ）

$$x_{\text{出e}} = y_{\text{进}}/m = 0.03/1.05 = 0.02857$$

作物料衡算求出 $y_{\text{出}}'$ ：

$$\begin{aligned} y_{\text{出}}' &= y_{\text{进}} - (L/G)(x_{\text{出e}} - x_{\text{进}}) \\ &= 0.03 - 1.04(0.02857 - 1 \times 10^{-4}) \\ &= 3.9 \times 10^{-4} \end{aligned}$$

$$\eta' = (y_{\text{进}} - y_{\text{出}}')/y_{\text{进}} = (0.03 - 3.9 \times 10^{-4})/0.03 = 98.7\%$$



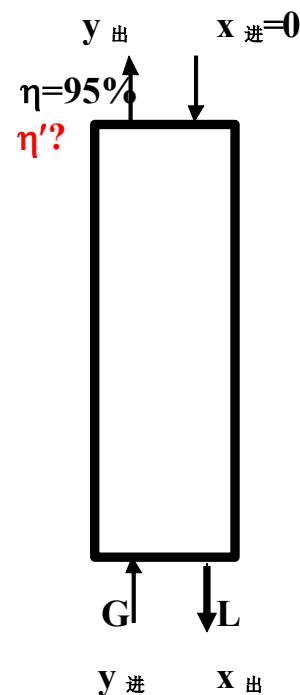
计算题

操作型、综合型类型

例1 某吸收塔在101.3kPa、293K下用清水逆流吸收丙酮—空气混合气体中的丙酮。混合气入塔浓度为0.02，当操作液气比为2.1时，丙酮回收率可达95%。已知物系平衡关系为 $y=1.18x$ ，吸收过程大致为气膜控制，气相总传质系数 $K_y a \propto G^{0.8}$ 。试求：

(1) 今**气体流量增加20%**，而液量及气液进口浓度不变，回收率变为多少？

(2) 若该塔操作时，改用再生溶液，**吸收液进口浓度为0.0005**，其他入塔条件不变，则该塔的回收率 η' 又为多少？



已知塔高，求操作结果，为操作型计算
本题特点：需要先计算变化前的工况

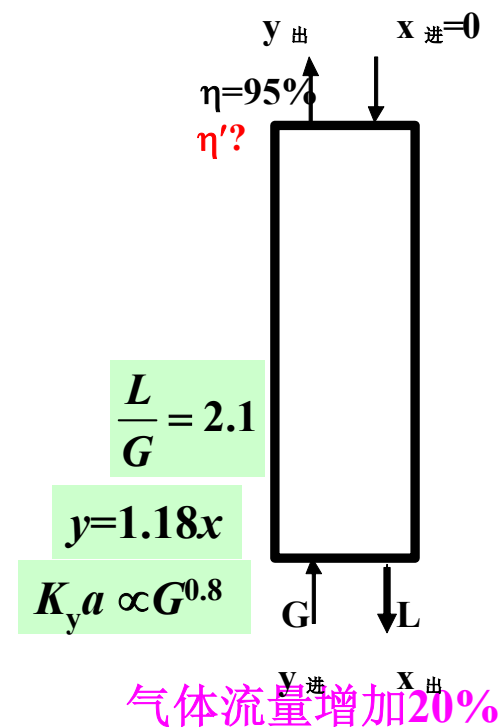
解: $H = H_{OG} \cdot N_{OG}$ $H_{OG} = \frac{G}{K_y a}$

(1) 求原工况

$$\frac{1}{A} = \frac{m}{L/G} = \frac{1.18}{2.1} = 0.56$$

$$N_{OG} = \frac{1}{1 - 1/A} \ln \left[\left(1 - \frac{1}{A} \right) \frac{1}{1 - \eta} + 1/A \right]$$

$$= \frac{1}{1 - 0.56} \ln \left[(1 - 0.56) \frac{1}{1 - 0.95} + 0.56 \right] = 5.1$$



$$H_{OG} = \frac{G}{K_y a} \propto \frac{G}{G^{0.8}} = G^{0.2}$$

$$K_y a \propto G^{0.8}$$

$$\frac{H'_{OG}}{H_{OG}} = \left(\frac{G'}{G} \right)^{0.2} = 1.2^{0.2} = 1.04$$

$$\frac{N'_{OG}}{N_{OG}} = \frac{H_{OG}}{H'_{OG}} = \frac{1}{1.04} = 0.96$$

$$\therefore N'_{OG} = 5.1 \times 0.96 = 4.9$$

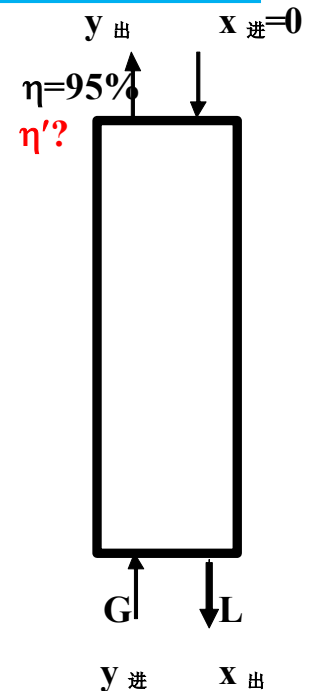
$$\frac{1}{A'} = \frac{m}{L/G'} = \frac{1.2m}{L/G} = 1.2 \times 0.56 = 0.672$$

$$N'_{OG} = \frac{1}{1 - 1/A'} \ln \left[\left(1 - \frac{1}{A'} \right) \frac{1}{1 - \eta'} + \frac{1}{A'} \right] = 4.9$$

$$\therefore \eta' = 92.4\%$$

思考题：

若液体流量增加
20%，如何求？



气体流量增加20%

(2) 入塔吸收液浓度 $x_{\text{进}}$ 上升, 气体出口浓度 $y_{\text{出}}$ 改变, 但 H 不变, H_{OG} 不变, 所以 N_{OG} 不变。

$$\frac{1}{A} = \frac{m}{L/G} = \frac{1.18}{2.1} = 0.56$$

$$N_{OG} = \frac{1}{1 - 1/A} \ln \left[\left(1 - \frac{1}{A}\right) \frac{y_{\text{进}} - mx'_{\text{进}}}{y'_{\text{出}} - mx'_{\text{进}}} + \frac{1}{A} \right] = 5.1$$

$$\frac{1}{1 - 0.56} \ln \left[(1 - 0.56) \frac{0.02 - 1.18 \times 0.0005}{y'_{\text{出}} - 2 \times 0.0005} + 0.56 \right] = 5.1$$

$$y'_{\text{出}} = 0.00196 \quad \eta = \frac{y_{\text{进}} - y'_{\text{出}}}{y_{\text{进}}} = \frac{0.02 - 0.00196}{0.02} = 90.2\%$$

例2 某填料吸收塔，填料层高度为4.5m，塔径1m，用清水逆流吸收流量为90kmol/h的丙酮混合气。混合气中含有丙酮的体积分率0.06,测得丙酮的回收率为**95%**，塔底液体中含丙酮的浓度为0.02(摩尔分率)。操作在101.3kpa、25⁰C下进行，物系的平衡关系为 $y=2x$ 。试求：

- 1、塔的传质单元高度 H_{OG} 及总容积传质系数 **$K_y a$** 。
- 2、若要求丙酮的回收率达到**97%**，其他条件不变，求需增加的填料层的**高度**。

解：求 N_{OG}

$$x_{\text{进}}=0 \quad y_{\text{出}} = (1 - \eta) y_{\text{进}} = (1 - 0.95) \times 0.06 = 0.003$$

$$\Delta y_m = \frac{\Delta y_{\text{进}} - \Delta y_{\text{出}}}{\ln \frac{\Delta y_{\text{进}}}{\Delta y_{\text{出}}}} = \frac{(y_{\text{进}} - mx_{\text{出}}) - (y_{\text{出}} - mx_{\text{进}})}{\ln \frac{y_{\text{进}} - mx_{\text{出}}}{y_{\text{出}} - mx_{\text{进}}}}$$

$$= \frac{(0.06 - 2 \times 0.02) - 0.003}{\ln \frac{0.06 - 2 \times 0.02}{0.003}} = 8.96 \times 10^{-3}$$

$$N_{OG} = \frac{y_{\text{进}} - y_{\text{出}}}{\Delta y_m} = \frac{0.06 - 0.003}{8.96 \times 10^{-3}} = 6.36$$

$$G = \frac{G'}{0.785 \times D^2} = \frac{90}{0.785 \times 1^2} = 114.65 \text{ kmol} / \text{m}^2 \cdot \text{h}$$

$$H_{OG} = \frac{H}{N_{OG}} = \frac{4.5}{6.36} = 0.7075 \text{ m}$$

$$H_{OG} = \frac{G}{K_y a}$$

$$K_y a = \frac{G}{H_{OG}} = \frac{114.65}{0.7075} = 162.05 \text{ kmol} / \text{m}^3 \cdot \text{h}$$

$$\frac{L}{G} = \frac{y_{\text{进}} - y_{\text{出}}}{x_{\text{出}} - x_{\text{进}}} = \frac{0.06 - 0.003}{0.02 - 0} = 2.85$$

**其他条件不变，若要求丙酮的回收率达到97%，
求需增加的填料层的高度。**

$$\frac{1}{A} = \frac{m}{L/G} = \frac{2}{2.85} = 0.702$$

$$\eta = 97\% \quad y_{\text{出}} = (1 - \eta) y_{\text{进}} = (1 - 0.97) \times 0.06 = 0.0018$$

$$\begin{aligned} N_{OG} &= \frac{1}{1 - 1/A} \ln \left[\left(1 - \frac{1}{A} \right) \frac{1}{1 - \eta} + \frac{1}{A} \right] \\ &= \frac{1}{1 - 0.702} \ln \left[\left(1 - \frac{1}{0.702} \right) \times \frac{1}{1 - 0.97} + \frac{1}{0.702} \right] = 7.93 \end{aligned}$$

$$H_{OG} \text{ 不变, } H_{OG} = 0.7075m$$

$$H = H_{OG} \cdot N_{OG} = 0.7075 \times 7.93 = 5.61m$$

$$\Delta H = H' - H = 5.61 - 4.5 = 1.11m$$

例3 吸收剂L流量变化对吸收结果的影响

在填料塔中，用纯吸收剂逆流吸收某气体混合物中的可溶组分A，已知气体混合物中溶质A的初始组成为0.05，通过吸收，气体出口组成为0.02，溶液出口组成为0.098（均为摩尔分率），操作条件下的气液平衡关系为 $y = 0.5x$ ，并已知此吸收过程为**气膜控制**，试求：

①气相总传质单元数 N_{OG} ；

②当**液体流量增加一倍**时，在气量和气液进口组成不变的情况下，气体出口浓度变为多少？

解： ① 属低浓气体吸收， $x_{\text{进}}=0$

$$\left(\frac{L}{G}\right) = \frac{y_{\text{进}} - y_{\text{出}}}{x_{\text{出}} - x_{\text{进}}} = \frac{0.05 - 0.02}{0.98 - 0} = 0.306 \quad \frac{1}{A} = \frac{mG}{L} = \frac{0.5}{0.306} = 1.63$$

$$N_{OG} = \frac{1}{1 - \frac{1}{A}} \ln \left[\left(1 - \frac{1}{A}\right) \frac{y_{\text{进}} - mx_{\text{进}}}{y_{\text{出}} - mx_{\text{进}}} + \frac{1}{A} \right]$$

$$= \frac{1}{1 - 1.63} \ln \left[(1 - 1.63) \frac{0.05}{0.02} + 1.63 \right] = 4.6$$

②当液体流量增加一倍时, N_{OG} ?

L 增大一倍时, 因吸收过程为气膜控制, 故 $K_y a$ 不变,
 H_{OG} 不变, 所以 N_{OG} 也不变。

塔高不变, L 增大,
气体出口 y 减小

$$\frac{1}{A'} = \frac{mG}{2L} = \frac{1.63}{2} = 0.815$$

$$4.6 = \frac{1}{1 - \frac{1}{A'}} \ln \left[\left(1 - \frac{1}{A'} \right) \frac{y_{\text{进}}}{y'_{\text{出}}} + \frac{1}{A'} \right] = \frac{1}{1 - 0.815} \ln \left[(1 - 0.815) \frac{0.05}{y'_{\text{出}}} + 0.815 \right]$$
$$\therefore y'_{\text{出}} = 0.00606$$

作业： 20、21、22、23、24、25、28