

练习九

第十章	塔设备
第十一章	液液萃取
第十二章	其它传质分离方法

一、填空

1. 为改进液体在填料塔内流动的不均匀性，通常可采取的措施是：① 改进液体预分布，设再分布器，② 改进填料装填方式。
2. 填料塔的等板高度（HETP）是指 分离作用相当于一块理论板的填料层高度。

HETP反映了填料的效果

3. 塔板上液体流量愈大，则板上的液面落差愈大，堰上的液层高度愈高，液体在降液管中的停留时间愈短。

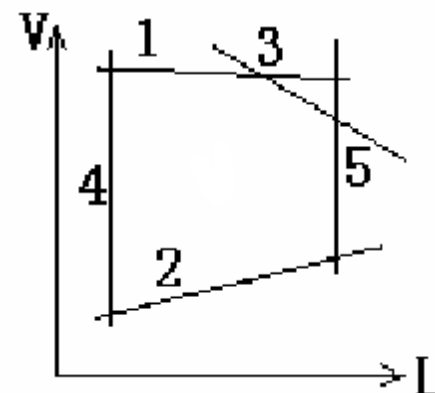
4. 列举两种常用的乱堆填料的名
称：拉西环，鲍尔环。

5. 填料的比表面积 α 和空隙率 ε 是评价填料性能的两个重要指标。

比表面积大，传质界面大

空隙率大，塔的处理能力大

几何形状：利于液体铺展成膜，
促进液膜的表面更新



6. 板式塔内，气相通量的上限受过量液体夹带，
溢流液泛限制，液相通量的上限受气泡夹带限制。

7. 填料塔内，气相通量的上限受液泛限制。

8. 萃取中分配系数的定义是 $k_A = \frac{y_A}{x_A}$ 。 $k_A=1$ 的物系可否进行萃取分离操作？可以。

$$k_A=1, y_A=x_A$$

选择性系数 β 反映两组分能否分离

9. 从技术上说，萃取剂选择的基本条件是 β 远离1，不能与被分离混合物完全互溶。

10. 萃取设备与汽液传质设备有较大区别，其主要原因是液液界面张力小和密度差小。

密度差小，不能利用一相的能量去分离另一相，需外加能量使一相成为分散相

11. 液液萃取的依据是(A,B在S中的)溶解度不同。

12. 液液萃取中，如果物系的界面张力小，则液滴分散比较容易，两相沉降分离较困难。

13. 塔板上汽液两相的接触状态按气速的高低可分为鼓泡，泡沫，喷射三种状态。

气速低→高

通常采用后两种接触状态以加快传质，并保证一定的处理量

14. 试写出三种工业萃取设备的名称 喷洒塔，转盘塔，振动筛板塔。
15. 汽液传质的塔板上，液面落差过大将造成 倾向性漏液 和 气体流动不均匀。
16. 结晶的基本方法有 溶液结晶，熔融结晶，升华结晶，反应沉淀，盐析。
17. 溶液结晶操作的基本原理是 溶液的过饱和。
18. 造成溶液结晶过饱和度的方法有 降温，蒸发浓缩。

19. 溶液结晶要经历晶核生成和晶体成长两个阶段。

过饱和度的影响

20. 吸附分离的基本原理

是吸附剂对混合物中各组分的选择性吸附。

物理吸附：范德华力

化学吸附：化学键

21. 常用的吸附解吸循环操作

有变温，变压，变浓度，置换。

低温、高压有利于吸附

22. 分子筛的特点

是晶格结构一定，微孔大小均一，能起筛选分子的作用。

23. 常用的吸附剂有活性炭，硅胶，活性氧化铝，沸石分子筛等。

24. 透过曲线是指溶液出口浓度随时间变化的曲线。

透过曲线反映了吸收传质速率、流体流速和相平衡的关系

25. 膜分离的基本原理是利用膜对流体混合物中各组分的选择性渗透。

26. 电渗析的过程推动力是电位差；反渗透的过程推动力是压力差。

27. 阳膜的活性基团在溶液中电离后，固定性基团带负电；

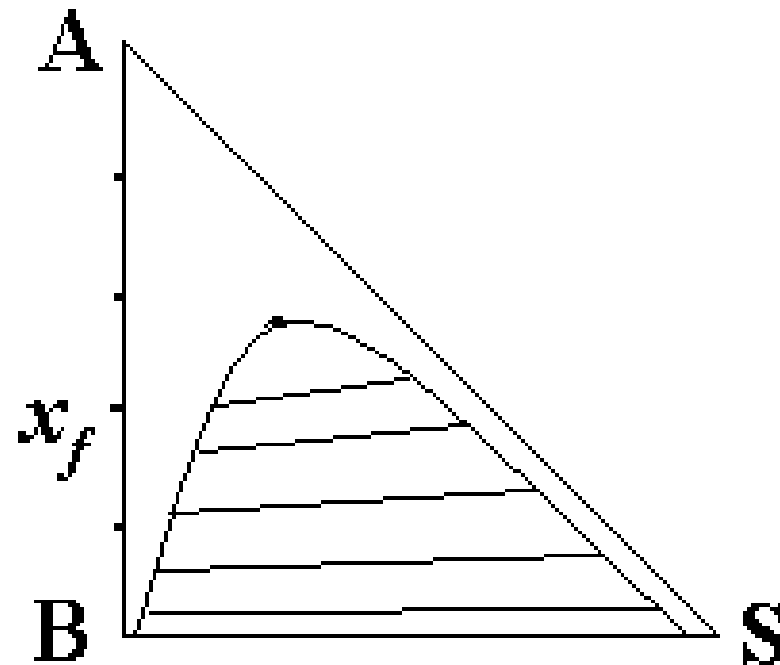
阴膜的活性基团在溶液中电离后，固定性基团带正电。

阳膜：只允许阳离子通过

阴膜：只允许阴离子通过

二、作图

1. 图示物系，加料 $F=1\text{kg}$ ，用溶剂作单级错流萃取(0.4kg溶剂)，求萃余相的量及浓度。



①作 M_1 点: 连FS线,并使

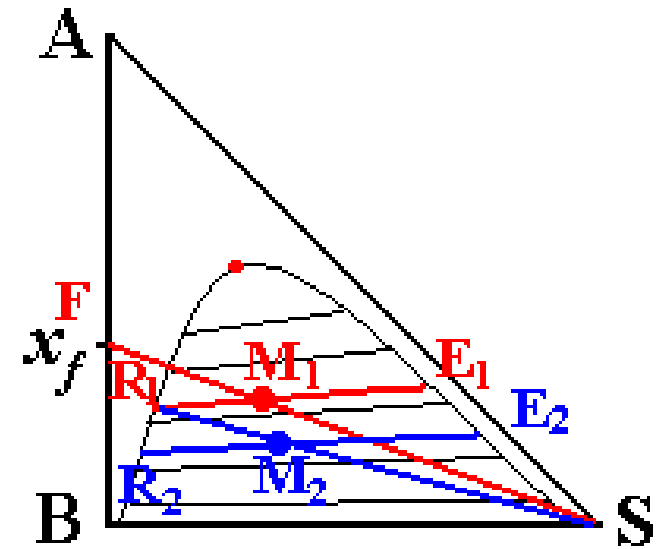
$$\frac{\overline{M_1 F}}{\overline{FS}} = \frac{S}{F + S} = \frac{0.4}{1.4}$$

②内插得 $E_1 R_1$, 由 $E_1 R_1$ 线,得

$$R_1 = 1.4 \frac{\overline{M_1 E_1}}{\overline{R_1 E_1}} = 1.4 \frac{15}{23} = 0.91(kg)$$

③由 $R_1 S$ 线, 作 M_2 点:

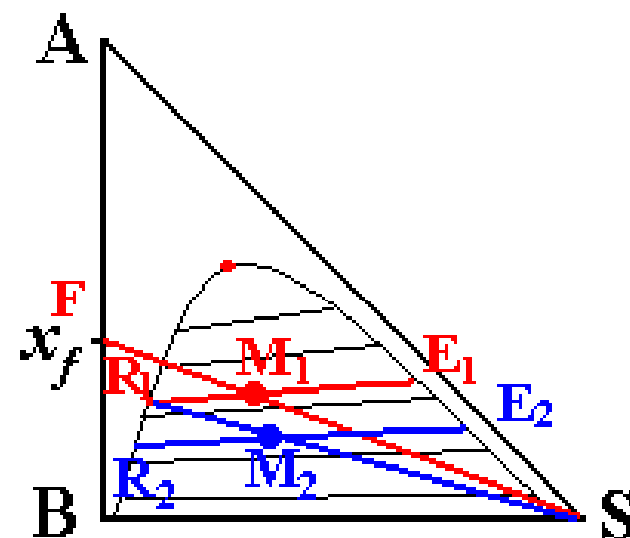
$$\frac{\overline{M_2 R_1}}{\overline{R_1 S}} = \frac{S}{R_1 + S} = \frac{0.4}{1.31}$$



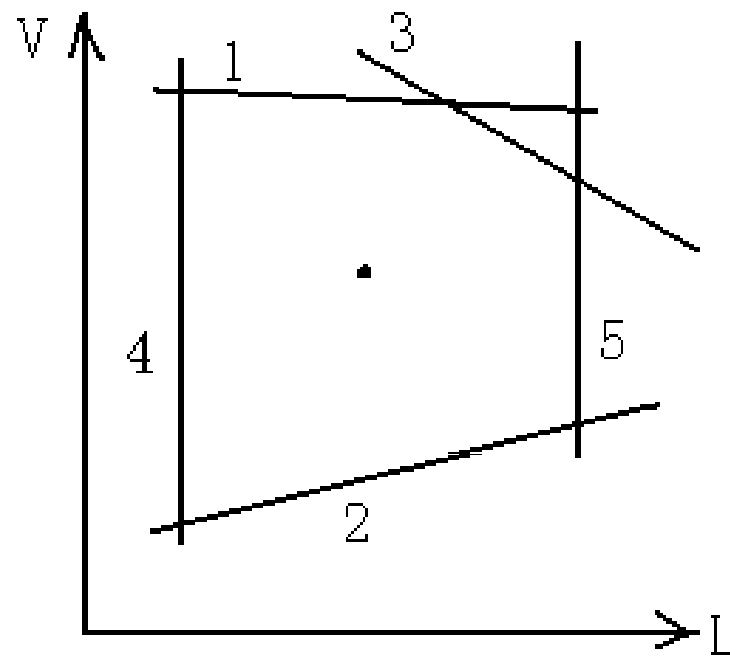
④内插得 $E_2 R_2$ ，由 $E_2 R_2$ 线，得：

$$x_{A2} = \frac{6}{41} = 0.15(\text{kgA} / \text{kgR}_2)$$

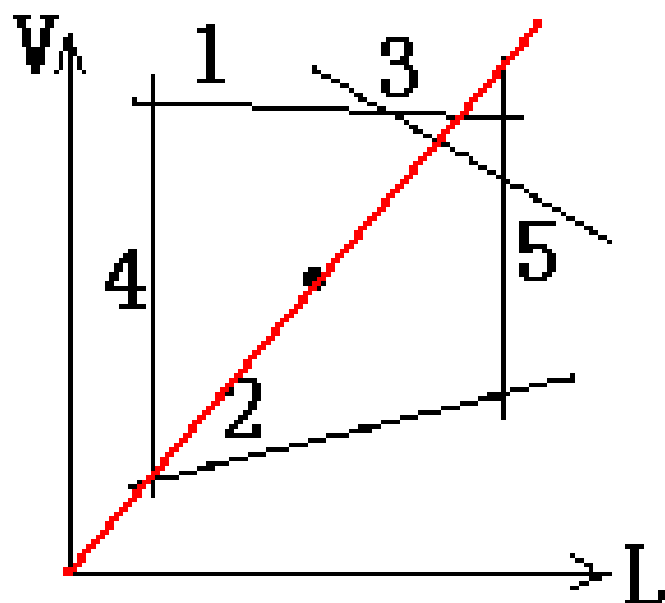
$$x_{B2} = \frac{31}{41} = 0.78(\text{kgB} / \text{kgR}_2)$$



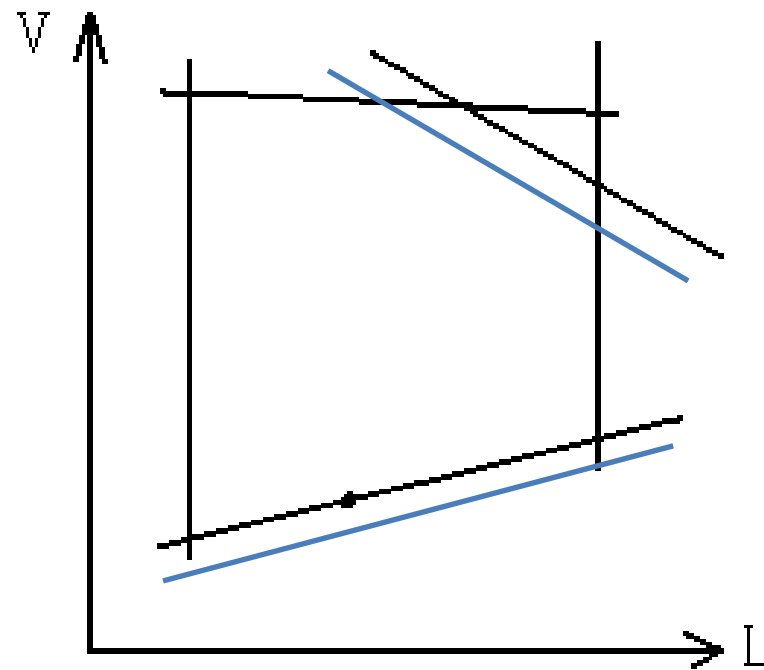
*2. 某精馏塔精馏段的负荷性能图及工作点如右图所示，今欲提高塔顶采出率 D/F ，但保持回流比及进料条件不变，试在同一图上画出新操作条件下的工作点。



回流比不变， V/L 不变，欲提高 D/F ， V 需增加，
进料条件不变，增大塔釜加热量



*3. 某精馏塔的负荷性能图及工作点如右图所示，试任选一种措施，如：减小孔径，并在同一图上画出新塔板的负荷性能图。



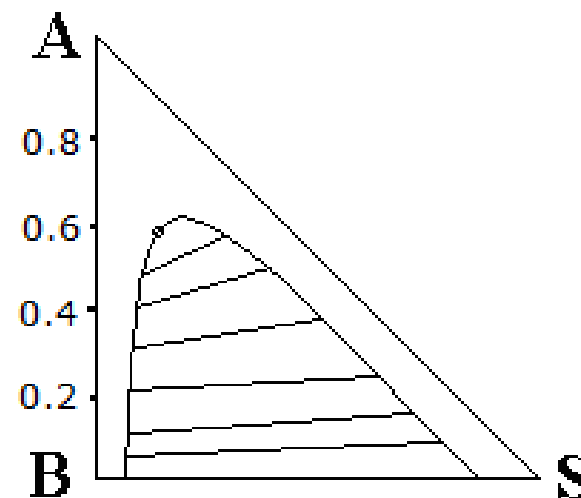
三、用纯溶剂对含溶质0.2（质量分率）的原料作单级萃取，溶剂比 $S/F=0.5$ ，求

① 每kg加料可得的萃取相量；

② 该萃取级的分配系数；

③ 该萃取级的选择性系数；

（注明符号，并用线段比例表示）



解: (1)

$F=1\text{kg}$, $S=0.5\text{kg}$, $M=1.5\text{kg}$

作M点:

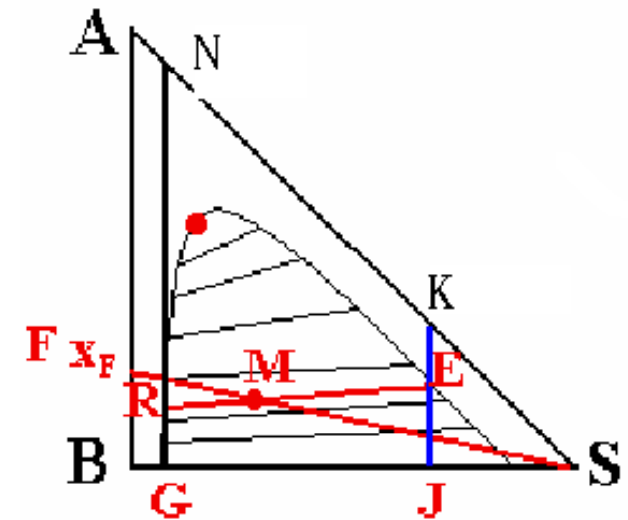
$$\overline{FM} = \frac{S}{F + S} \times \overline{FS} = \frac{0.5}{1.5} \times 39 = 13$$

内插R、E:

$$E = M \cdot \frac{\overline{RM}}{\overline{RE}} = 1.5 \times \frac{10}{24} = 0.62(\text{kg})$$

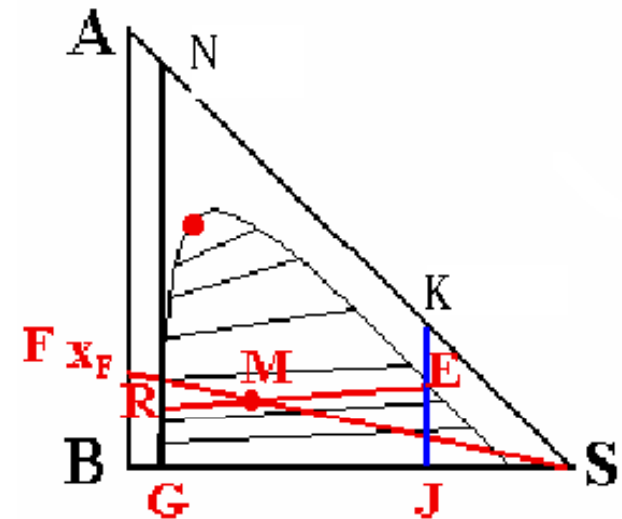
(2)

$$k_A = \frac{y_A}{x_A} = \frac{\overline{EJ}}{\overline{RG}} = \frac{6.5}{5} = 1.3$$



(3)

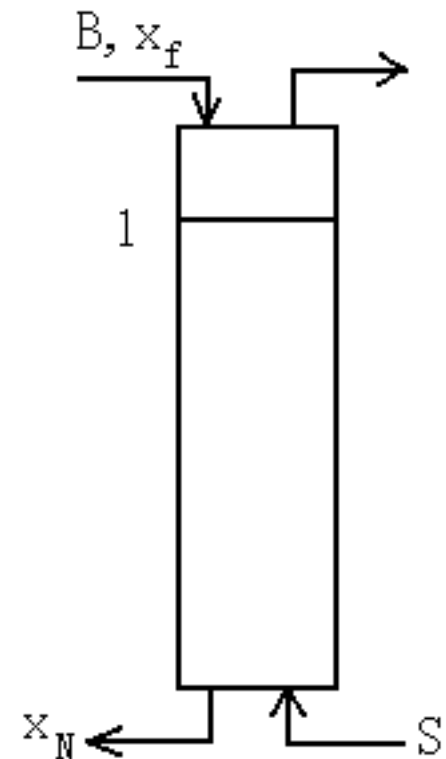
$$\beta = \frac{k_A}{k_B} = \frac{k_A}{\overline{KE}/NR} = \frac{1.3}{5.5/32} = 7.6$$



*四、用纯溶剂对AB混合液作逆流萃取，溶剂S与稀释剂B完全不互溶。原料液中含A20%（质量），要求最终萃余相的溶质浓度不高于0.02kgA/kgB。A在平衡两相中的分配 $\frac{Y_A}{X_A}=2$ ，溶剂用量为最少用量的1.5倍。求：

① 实际溶剂比S/B；

② 求离开第一理论级的萃余相组成 x_1 。



解:

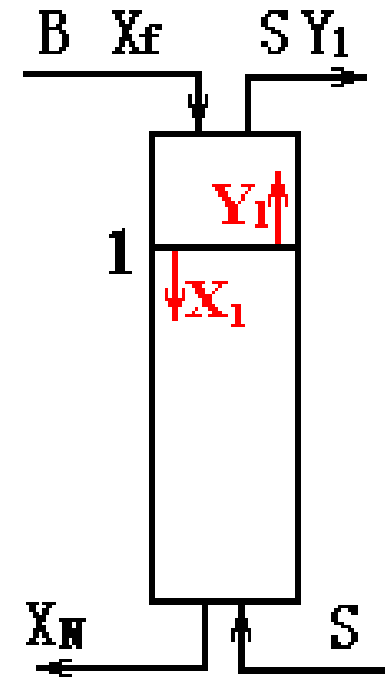
(1) 认为Y与X达到平衡时为极限

$$\therefore k_A = 2 = \frac{Y_A}{X_A}$$

$$\therefore Y_1 = k_A X_f = 2 \times 0.25 = 0.5$$

$$\left(\frac{S}{B}\right)_{\min} = \frac{0.25 - 0.02}{0.5 - 0} = 0.46$$

$$\therefore \frac{S}{B} = 1.5 \times 0.46 = 0.69$$



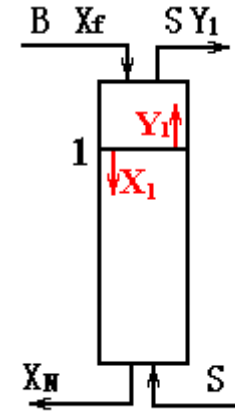
(2)物料衡算

$$B(X_f - X_N) = S(Y_1 - 0)$$

$$\therefore Y_1 = \frac{B}{S}(X_f - X_N) = \frac{1}{0.69}(0.25 - 0.02) = 0.333$$

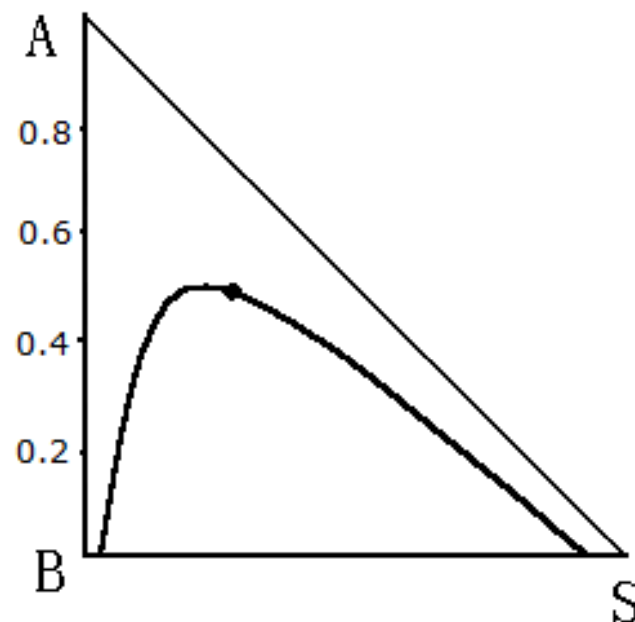
$$X_1^* = \frac{Y_1}{k_A} = \frac{0.333}{2} = 0.167$$

$$E_{mL} = \frac{X_f - X_1}{X_f - X_1^*} \Rightarrow 0.7 = \frac{0.25 - X_1}{0.25 - 0.1667} \Rightarrow X_1 \approx 0.192$$




五、图示某萃取物系的互溶曲线：原料组成为 $x_f=0.4$ （质量分率，下同），用纯溶剂萃取，经单级萃取后所得的萃余相中含溶质A的浓度 $x_A=0.2$ ， $\beta=4.0$ ，求：

- ① 溶剂比 S/F ；
- ② 该级的分配系数 k_A ；



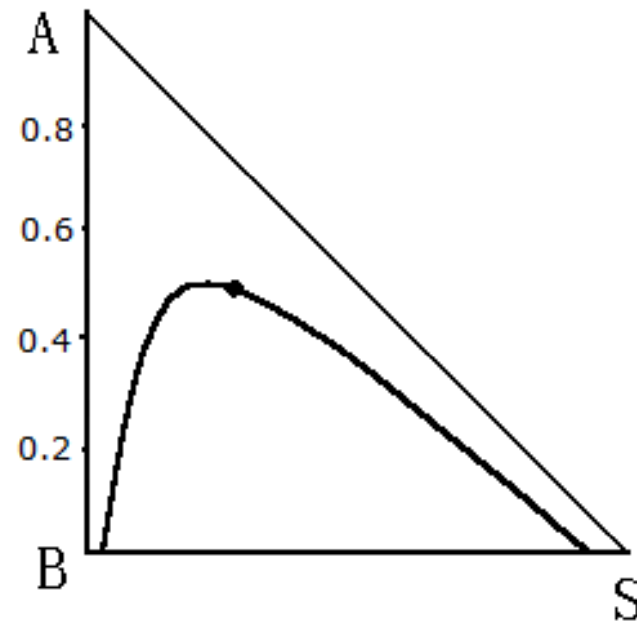
解：

(1) $x_A \rightarrow R \rightarrow x_A^0 = 0.22$ 

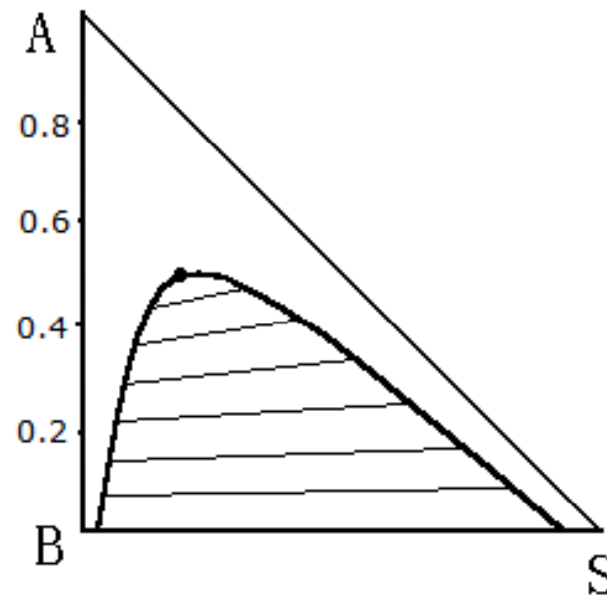
$$y_A^0 = \frac{\beta x_A^0}{1 + (\beta - 1)x_A^0} = \frac{4 \times 0.22}{1 + 3 \times 0.22} = 0.53$$

$$\frac{S}{F} = \frac{\overline{FM}}{\overline{SM}} = \frac{41}{18} = 2.28$$

(2) $k_A = \frac{y_A}{x_A} = \frac{5.5}{11} = 0.5$



六、用纯溶剂对AB混合液作单级萃取， $x_f=0.5$ （质量分率），求：萃取液可能达到的最大浓度及此时的溶剂比。



解:

(1) 作切线 $\rightarrow E$

得:

$$y_{A\max}^0 = \frac{40}{55} = 0.727$$

(2) $E \rightarrow R \rightarrow M$

由图读得:

$$\frac{S}{F} = \frac{\overline{FM}}{\overline{MS}} = \frac{18}{44} = 0.41$$

