

萃取

1. 25℃下, 用甲基异丁基甲酮(MIBK)从含丙酮 40%(质量分数)的水溶液中萃取丙酮。原料液流量 $1500\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$ 。操作条件下的平衡数据见下表。试求:
- (1)当要求在单级萃取中获得最大组成的萃取液时, 萃取剂用量为多少($\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$)?
 - (2)若将(1)求得的萃取剂用量分作两等份进行两级错流萃取, 试求最终萃余相的流量和组成。
 - (3)比较(1)、(2)两种操作方式中丙酮的回收率。

溶解度曲线数据(质量分数), %

丙酮(A)	水(B)	MIBK(S)	丙酮(A)	水(B)	MIBK(S)
0.0	2.2	97.8	48.4	18.8	32.8
4.6	2.3	93.1	48.5	24.1	27.4
18.9	3.9	77.2	46.6	32.8	20.6
24.4	4.6	71.0	42.6	45.0	12.4
28.9	5.5	65.6	30.9	64.1	5.0
37.6	7.8	54.6	20.9	75.9	3.2
43.2	10.7	46.1	3.7	94.2	2.1
47.0	14.8	38.2	0.0	98.0	2.0

结线数据(丙酮的质量分数), %

水层	MIBK 层		水层	MIBK 层
5.58	10.66		29.5	40.0
11.83	18.0		32.0	42.5
15.35	25.5		36.0	45.5
20.6	30.5		38.0	47.0
23.8	35.3		41.5	48.0

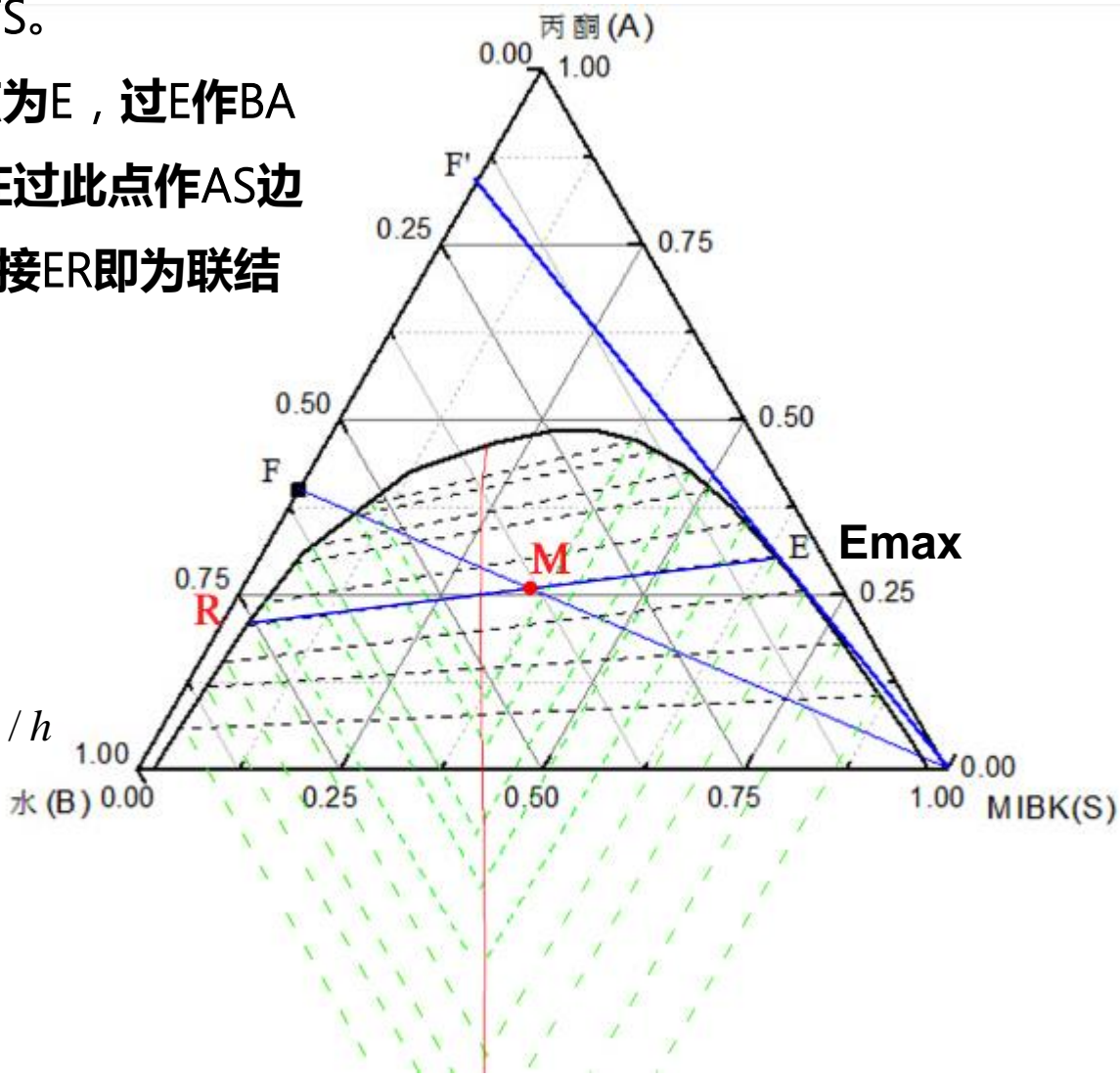
并由题中所给数据在三角形坐标上绘出溶解度曲线和辅助曲线，如图所示。

由原料液组成 $x_F=0.4$ 作出F，连接FS。

利用杠杆规则计算萃取剂用量：

$$E = M \frac{\overline{MR}}{\overline{ER}} = (1500 + 760) \times \frac{30}{59} = 1149 \text{ kg} / h$$

由图读出 $y_A=0.31$



(2) 两级错流萃取的萃余相的流量和组成。根据题意每级萃取剂用量为

$$S_1 = S_2 = 760/2 = 380 \text{ kg/h}$$

$$M_1 = S_1 + F = 1500 + 380 = 1880 \text{ kg/h}$$

由F、S₁的量用杠杆规则确定第一级混合液组成M₁，

$$\frac{S_1}{F} = \frac{\overline{M_1 F}}{\overline{M_1 S_1}}$$

用试差法 平衡结线 作过M₁点的联结线E₁R₁。

根据杠杆规则得

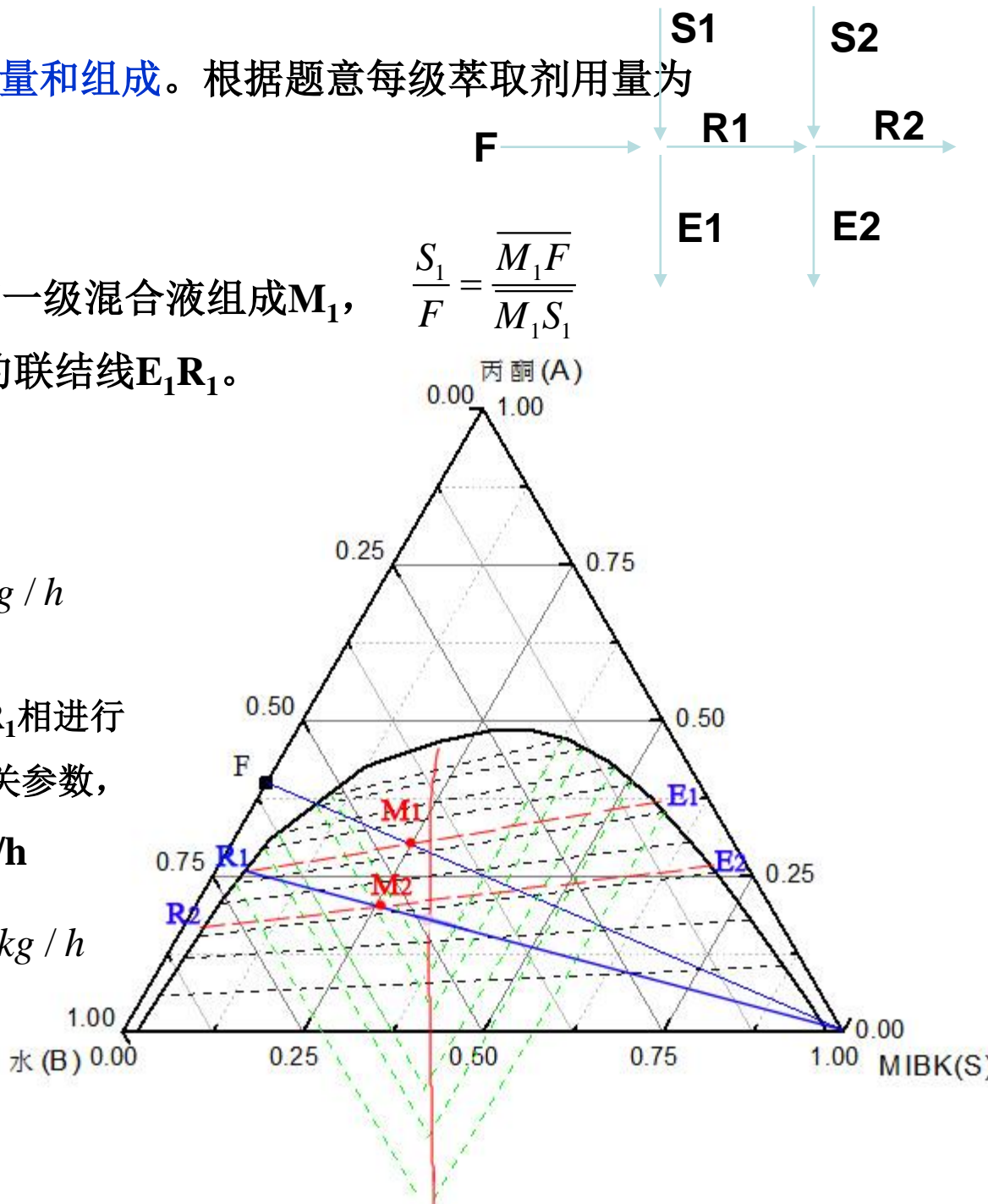
$$R_1 = M_1 \frac{\overline{E_1 M_1}}{\overline{E_1 R_1}} = 1880 \times \frac{16}{24} = 1253 \text{ kg/h}$$

再用S₂=380kg/h的溶剂对第一级的R₁相进行萃取。重复上述步骤计算第二级相关参数，

$$\text{即 } M_2 = R_1 + S = 1253 + 380 = 1633 \text{ kg/h}$$

$$R_2 = M_2 \frac{\overline{E_2 M_2}}{\overline{E_2 R_2}} = 1633 \times \frac{20}{32} = 1020 \text{ kg/h}$$

由图读取x₂=0.18。



(3) 以上两种情况的回收率（萃出率）

单级萃取

$$\varphi_A = \frac{Ey_A}{Fx_F} \times 100\% = \frac{1149 \times 0.31}{1500 \times 0.4} \times 100\% = 59.4\%$$

两级错流萃取

$$\varphi'_A = \left(1 - \frac{R_2 x_2}{Fx_F}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{1020 \times 0.18}{1500 \times 0.4}\right) \times 100\% = 69.4\%$$

2. 多级错流接触萃取装置中，以水作萃取剂从含乙醛 6%(质量分数)乙醛-甲苯混合液中提取乙醛。原料液流量 $120\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$ ，要求最终萃余相中乙醛含量不大于 0.5%。每级中水用量均为 $25\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$ 。操作条件下，水和甲苯可视为完全不互溶，以乙醛质量比组成表示的平衡关系为： $Y=2.2X$ 。试在直角坐标系上用作图法和解析法分别求所需的理论级数。

解：由题给条件可知 $x_F = 0.06; x_N = 0.005; Y_S = 0$

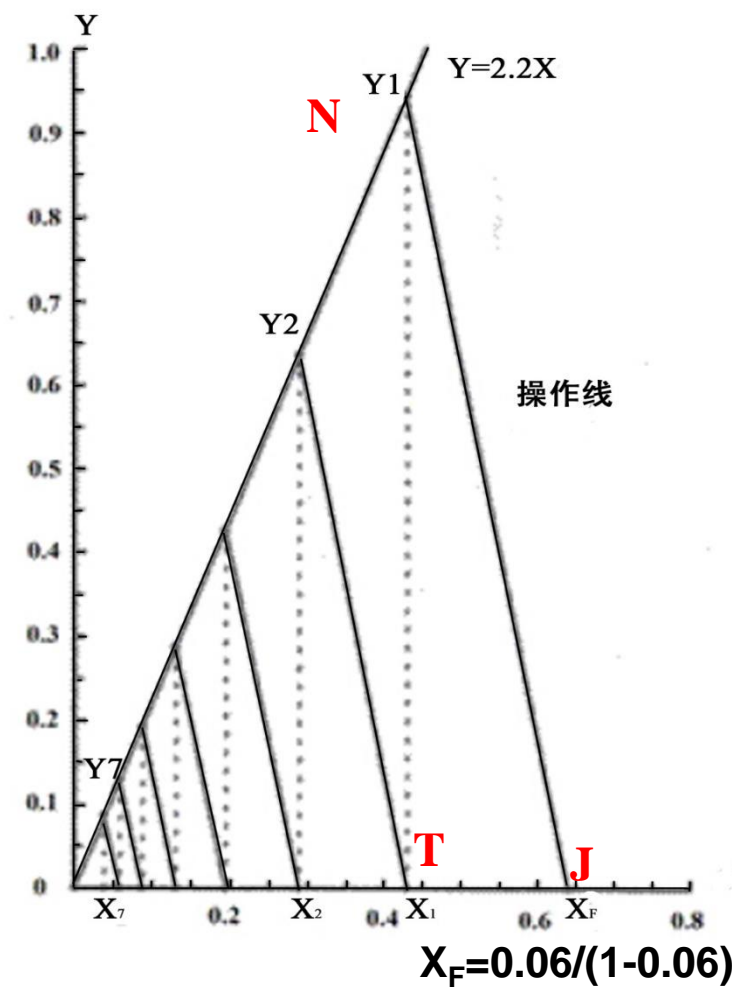
载体甲苯 $B = F(1 - x_F) = 120 \times (1 - 0.06) = 113\text{kg/h}$

(1) 用作图法求理论级数，由平衡关系知，分配曲线为通过原点的直线，操作线斜率为：

$$-\frac{B}{S} = -\frac{113}{25} = -4.52$$

由 x_F 在横轴上确定点J ($Y_S=0$) 过点J作斜率为-4.25 的操作线交分配曲线于点N，点N代表第一级所对应的萃取相与萃余相组成的坐标点，过点N作X轴的垂线交X轴于点T，过点T做操作线，如此重复。

$x_7 = 0.0035$ 即共需7个理论级。



(2) 解析法求理论级数

$$A_m = \frac{KS}{B} = \frac{2.2 \times 25}{113} = 0.487$$

$$n = \frac{1}{\ln(1 + A_m)} \ln \frac{x_F}{x_n} = \frac{1}{\ln(1 + 0.487)} \ln \frac{0.06}{0.005} = 6.3$$

共需7个理论级。

3. 拟用转盘塔从苯与丙酮的混合液中萃取丙酮，以水为萃取剂，水相为分散相，用量为 $850\text{m}^3/\text{d}$ ，混合液为连续相，处理量为 $370\text{m}^3/\text{d}$ 。试求转盘塔的直径。

转盘塔有关尺寸比为：

$$D_S/D_R=1.5, H_T/D_R=0.6, D_R/D=0.5。$$

有关物系的物性为 $\rho_D=966\text{kg}/\text{m}^3$ ， $\rho_C=860\text{kg}/\text{m}^3$ ， $\mu_D=1.08\text{cP}$ ， $\mu_C=0.59\text{cP}$ ， $\sigma=28.9\text{dyn}/\text{cm}$ ， $n=100\text{r}/\text{min}$ 。

J.Stichlmair,A.Mersmann.板式吸收塔和蒸馏塔的设计[J].化学工程译丛,1980

解：(1) 作为粗算估计，可暂取通量 $U_D+U_C=20\text{m}/\text{h}$

对于小型塔，通量
经验值取10-30m/h

$$Q_D+Q_C=850\text{m}^3/\text{d}+370\text{m}^3/\text{d}=1220\text{m}^3/\text{d}=50.83\text{m}^3/\text{h}$$

$$Q_D+Q_C=\frac{\pi D^2}{4}(U_D+U_C)$$

因此可得塔径 **D=1.80m**

(2) 稍微精细估算, 需要使用特征速度的关联式

Logisdail关联式

$$\frac{u_0 \mu_c}{\sigma} = \beta \left(\frac{\Delta \rho}{\rho_c} \right)^{0.9} \left(\frac{g}{D_R N_r^2} \right)^{1.0} \left(\frac{D_S}{D_R} \right)^{2.3} \left(\frac{H_T}{D_R} \right)^{0.9} \left(\frac{D_R}{D} \right)^{2.6}$$

取 $D_R = 0.5D = 0.9 \text{ m}$

由题意: $D_S / D_R = 1.5$ $H_T / D_R = 0.6$ $D_R / D = 0.5$

$(D_S - D_R) / D = 0.125 > 1 / 24$ 所以取 $\beta = 0.012$

$$\begin{aligned} u_0 &= 0.012 \frac{\sigma}{\mu_c} \left(\frac{\Delta \rho}{\rho_c} \right)^{0.9} \left(\frac{g}{D_R N_r^2} \right)^{1.0} \left(\frac{D_S}{D_R} \right)^{2.3} \left(\frac{H_T}{D_R} \right)^{0.9} \left(\frac{D_R}{D} \right)^{2.6} \\ &= 0.012 \frac{28.9 \times 10^{-3}}{0.59 \times 10^{-3}} \left(\frac{966 - 860}{860} \right)^{0.9} \left(\frac{9.81}{0.9 \times (100 / 60)^2} \right)^{1.0} 1.5^{2.3} 0.6^{0.9} 0.5^{2.6} \\ &= 0.09276 \text{ m / s} \end{aligned}$$

根据萃取塔的处理量与操作相比之间的关系，当 $U_D / U_C = 850 / 370 = 2.30$ 时

$$(U_D + U_C)_f / u_0 = 0.26$$

$$(U_D + U_C)_f = 0.26 \times 0.09276 = 0.02412 \text{ m/s} = 86.8 \text{ m/h}$$

$$\text{取 } U_D + U_C = 0.5(U_D + U_C)_f = 0.5 \times 86.8 \text{ m/h} = 43.4 \text{ m/h}$$

$$Q_D + Q_C = \frac{\pi D^2}{4} (U_D + U_C)$$

$$50.83 \text{ m}^3 / \text{h} = \frac{\pi D^2}{4} \times 43.4 \text{ m/h}$$

因此可得塔径 **D=1.22m**