

萃取塔实验仿真培训 软件操作说明书

 **BR** **欧倍尔**

北京欧倍尔软件开发有限公司

2013 年 06 月

一、实验目的

1.直观展示转盘萃取塔的基本结构以及实现萃取操作的基本流程；观察萃取塔内桨叶在不同转速下，分散相液滴变化情况和流动状态。

2.练习并掌握转盘萃取塔性能的测定方法。

二、实验内容

1.固定两相流量，测定桨叶不同转速下萃取塔的传质单元数 N_{OH} 、传质单元高度 H_{OH} 及总传质单元系数 K_{YE} 。

2.通过实际操作练习，探索强化萃取塔传质效率的方法。

三、实验原理

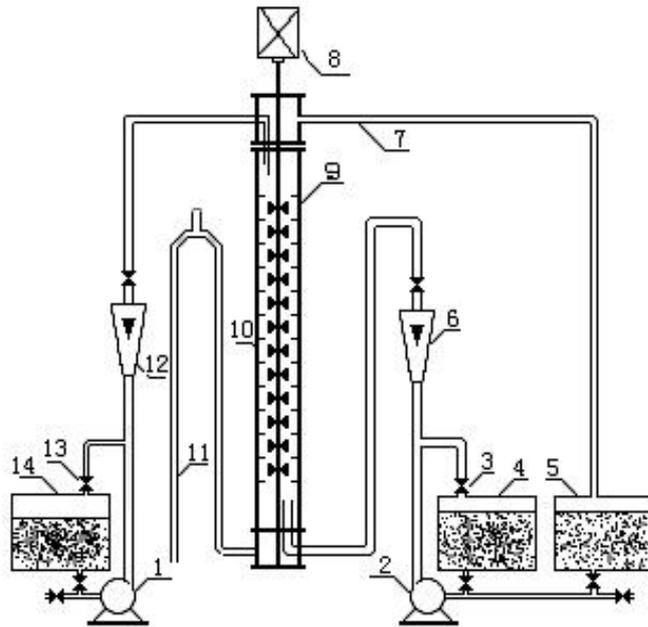
对于液体混合物的分离，除可采用蒸馏方法外，还可采用萃取方法。即在液体混合物（原料液）中加入一种与其基本不相混溶的液体作为溶剂，利用原料液中的各组分在溶剂中溶解度的差异来分离液体混合物。此即液-液萃取。简称萃取。选用的溶剂称为萃取剂，以字母 S 表示，原料液中易溶于 S 的组分称为溶质，以字母 A 表示，原料液中难溶于 S 的组分称为原溶剂或稀释剂，以字母 B 表示。

萃取操作一般是将一定量的萃取剂和原料液同时加入萃取器中，在外力作用下充分混合，溶质通过相界面由原料液向萃取剂中扩散。两液相由于密度差而分层。一层以萃取剂 S 为主，溶有较多溶质，称为萃取相，用字母 E 表示，另一层以原溶剂 B 为主，且含有未被萃取完的溶质，称为萃余相，以 R 表示。萃取操作并未把原料液全部分离，而是将原来的液体混合物分为具有不同溶质组成的萃取相 E 和萃余相 R 。通常萃取过程中一个液相为连续相，另一个液相以液滴的形式分散在连续的液相中，称为分散相。液滴表面积即为两相接触的传质面积。

本实验操作中，以水为萃取剂，从煤油中萃取苯甲酸。所以，水相为萃取相（又称为连续相、重相）用字母 E 表示，煤油相为萃余相（又称为分散相、轻相）用字母 R 表示。萃取过程中，苯甲酸部分地从萃余相转移至萃取相。

四、实验装置基本情况

1、实验装置的流程示意图



图一 萃取塔实验装置流程示意图

1-水泵；2-油泵；3-煤油回流阀；4-煤油原料箱；5-煤油回收箱；6-煤油流量计；7-回流管；
8-电机；9-萃取塔；10-浆叶；11-π型管；12-水转子流量计；13-水回流阀；14-水箱；

2、实验装置流程简介

本实验以水为萃取剂，从煤油中萃取苯甲酸。水相为萃取相(用字母 E 表示，本实验又称连续相、重相)。煤油相为萃余相(用字母 R 表示，本实验中又称分散相、轻相)。轻相入口处，苯甲酸在煤油中的浓度应保持在 0.0015-0.0020(kg 苯甲酸 / kg 煤油)之间为宜。轻相由塔底进入，作为分散相向上流动，经塔顶分离段分离后由塔顶流出；重相由塔顶进入作为连续相向下流动至塔底经π形管流出；轻重两相在塔内呈逆向流动。在萃取过程中，苯甲酸部分地从萃余相转移至萃取相。萃取相及萃余相进出口浓度由容量分析法测定。考虑水与煤油是完全不互溶的，且苯甲酸在两相中的浓度都很低，可认为在萃取过程中两相液体的体积流量不发生变化。

3、实验装置面板示意图



图二 实验设备面板示意图

五、实验方法及步骤

- 1) 打开总电源。
- 2) 打开水相入口阀，水箱内放满水，打开油箱进口阀放满配制好的轻相入口煤油。
- 3) 分别启动水相和煤油相送液泵的开关，打开两相回流阀，使其循环流动。
- 4) 打开水转子流量计调节阀，将重相送入塔内。
- 5) 当塔内水面逐渐上升到重相入口与轻相出口之间的中点时，将水流量调至指定值(约 4 L / h)。
- 6) 打开调速器开关，调节旋钮设定转速为 500 转 / 分。
- 7) 打开油相流量计调节阀，将轻相流量调至指定值(约 6L / h)。在实验过程中，始终保持塔顶分离段两相的相界面位于重相入口与轻相出口之间中点左右（画面中设定 π 型高度 0.65m）。
- 8) 维持操作稳定一段时间后，记录轻相进、出口样品浓度，重相出口样品浓度。
- 9) 取值后，改变浆叶转速，其它条件维持不变，进行第二个实验点的测试。
- 10) 实验完毕后，关闭两相流量计。将调速器旋钮调至零位，关闭调速器。

11) 关闭水泵、油泵、关闭总电源。

六、数据处理

萃取相传质单元数 N_{OE} 的计算公式为:
$$N_{OE} = \int_{Y_{Et}}^{Y_{Eb}} \frac{dY_E}{(Y_E^* - Y_E)}$$

式中: Y_{Et} —苯甲酸进入塔顶的萃取相质量比组成, kg 苯甲酸 / kg 水; 本实验中 $Y_{Et}=0$ 。

Y_{Eb} —苯甲酸离开塔底萃取相质量比组成, kg 苯甲酸 / kg 水;

Y_E —苯甲酸在塔内某一高度处萃取相质量比组成, kg 苯甲酸 / kg 水;

Y_E^* —与苯甲酸在塔内某一高度处萃余相组成 X_R 成平衡的萃取相中的质量比组成, kg 苯甲酸 / kg 水;

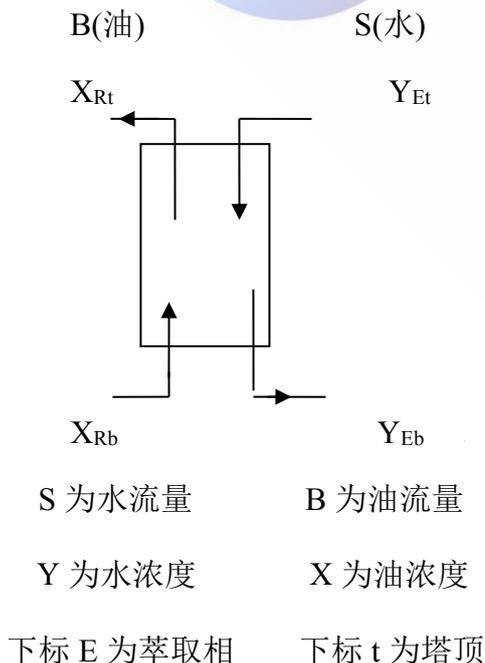
利用 Y_E-X_R 图上的分配曲线(平衡曲线)与操作线, 可求得 $\frac{1}{(Y_E^* - Y_E)} - Y_E$ 关系再进行图解

积分, 可求得 N_{OE} 。对于水~煤油~苯甲酸物系, $Y_{Et}-X_R$ 图上分配曲线可实验测绘

1. 传质单元数 N_{OE} (图解积分法) (以桨叶 400 转/分为例)

塔底轻相入口浓度 X_{Rb}

$$X_{Rb} = \frac{V_{NaOH} \times N_{NaOH} \times M_{\text{苯甲酸}}}{10 \times 800} = \frac{10.6 \times 0.01076 \times 122}{10 \times 800} = 0.00174 (\text{kg 苯甲酸} / \text{kg 煤油})$$



下标 R 为萃余相 下标 b 为塔底

塔顶轻相出口浓度 X_{Rt}

$$X_{Rt} = \frac{V_{NaOH} \times N_{NaOH} \times M_{\text{苯甲酸}}}{10 \times 800} = \frac{5.0 \times 0.01076 \times 122}{10 \times 800} = 0.00082 (\text{kg 苯甲酸} / \text{kg 煤油})$$

塔顶重相入口浓度 Y_{Et}

本实验中使用自来水,故视 $Y_{Et}=0$

塔底重相出口浓度 Y_{Eb}

$$Y_{Eb} = \frac{V_{NaOH} \times N_{NaOH} \times M_{\text{苯甲酸}}}{25 \times 1000} = \frac{19.1 \times 0.01076 \times 122}{25 \times 1000} = 0.001 (\text{kg 苯甲酸} / \text{kg 水})$$

在绘有平衡曲线 Y_E-X_R 的图上绘制操作线, 因为操作线通过以下两点:

轻入 $X_{Rb}=0.00174(\text{kg 苯甲酸} / \text{kg 煤油})$

重出 $Y_{Eb}=0.001(\text{kg 苯甲酸} / \text{kg 水})$

轻出 $X_{Rt}=0.00082(\text{kg 苯甲酸} / \text{kg 煤油})$

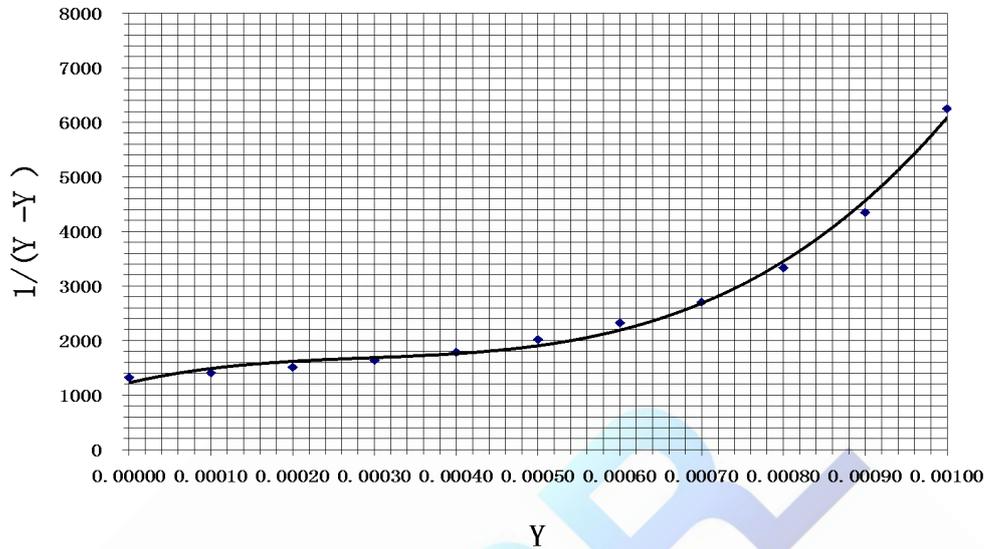
重入 $Y_{Et}=0$

在 Y_E-X_R 图上找出以上两点, 连结两点即为操作线。在 $Y_E=Y_{Et}=0$ 至 $Y_E=Y_{Eb}=0.001$ 之间, 任取一系列 Y_E 值, 可在操作线上对应找出一系列的 X_R 值, 再在平衡曲线上对应找出一系列的 Y_E^* 值, 代入公式计算出一系列的 $\frac{1}{(Y_E^* - Y_E)}$ 值。如下表所示:

Y_E	X_R	Y_E^*	$\frac{1}{(Y_E^* - Y_E)}$
0	0.00082	0.000755	1324
0.0001	0.00091	0.00081	1408
0.0002	0.00100	0.000862	1511
0.0003	0.00110	0.00091	1639
0.0004	0.00119	0.00096	1786
0.0005	0.00128	0.000995	2020
0.0006	0.00137	0.00103	2325
0.0007	0.00146	0.00107	2703

0.0008	0.00156	0.00110	3333
0.0009	0.00165	0.00113	4348
0.001	0.00174	0.00116	6250

图解积分



图三 图解积分图

在直角坐标纸上,以 Y_E 为横坐标, $\frac{1}{(Y_E^* - Y_E)}$ 为纵坐标, 将上表中的 Y_E 与 $\frac{1}{(Y_E^* - Y_E)}$ 一系列对应值标绘成曲线。在 $Y_E=0$ 至 $Y_E=0.001$ 之间的曲线以下的面积即为按萃取相计算的传质单元数。

$$N_{OE} = \int_{Y_{E1}}^{Y_{E2}} \frac{dY_E}{(Y_E^* - Y_E)} = 2.46 \quad (\text{见图解积分图}).$$

2.按萃取相计算的传质单元高度 H_{OE}

$$H_{OE} = H / N_{OE} = 0.75 / 2.46 = 0.31 \text{ m}$$

0.75m指塔釜轻相入口管到塔顶两相界面之间的距离

3.按萃取相计算的体积总传质系数

$$K_{Y_{Ea}} = S / (H_{OE} \times A) = 4 / [0.31(\pi / 4) \times 0.037^2]$$

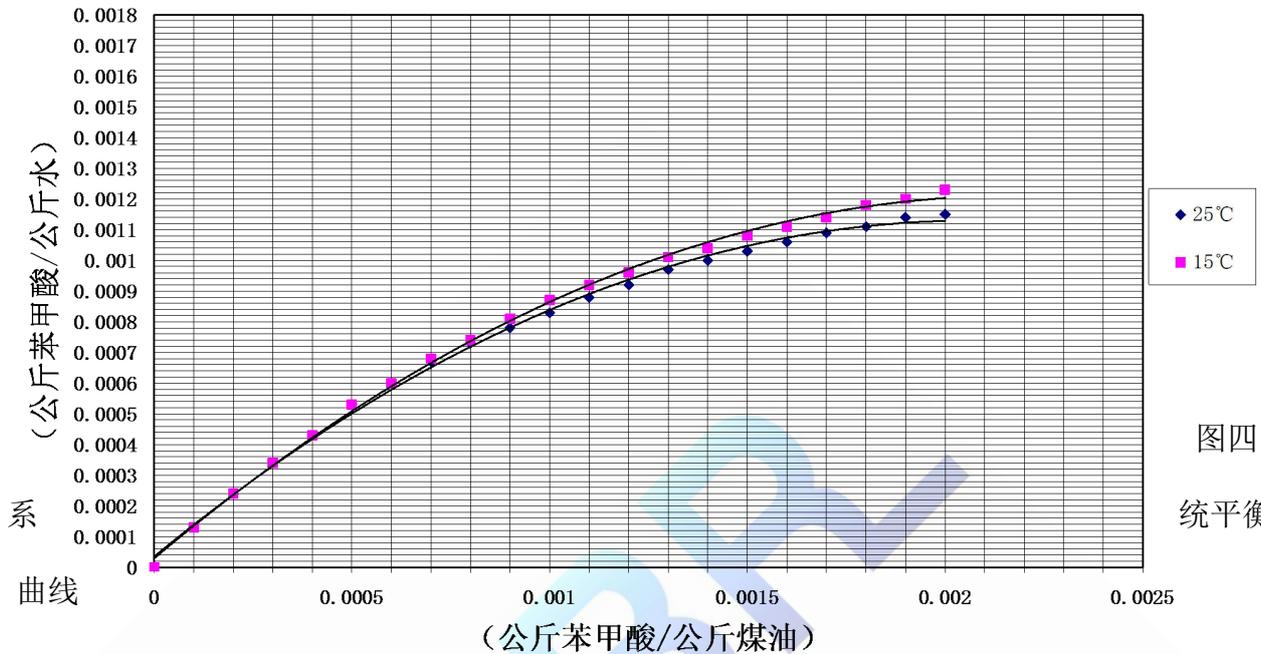
$$= 12007 \frac{\text{kg 苯甲酸}}{\text{m}^3 \times \text{h} \times (\text{kg 苯甲酸} / \text{kg 水})}$$

表一 萃取塔性能测定数据

塔型: 浆叶式搅拌萃取塔 萃取塔内径: 37 mm 萃取塔有效高度: 0.75m				
溶质 A: 苯甲酸 稀释剂 B: 煤油 萃取剂 S: 水 塔内温度 $t=15^{\circ}\text{C}$				
连续相:水 分散相: 煤油 流量计转子密度 ρ_f 7900 kg / m ³				
轻相密度 800 kg / m ³ 重相密度 1000 kg / m ³				
项目	实验序号	1	2	
浆叶转速	转/分	300	400	
水转子流量计读数	l / h	4	4	
煤油转子流量计读数	l / h	6	6	
校正得到的煤油实际流量	l / h	6.804	6.804	
浓度分析	NaOH 溶液浓度	N	0.01076	0.01076
	塔底轻相 X_{Rb}	样品体积, ml	10	10
		NaOH 用量, ml	10.6	10.6
	塔顶轻相 X_{Rt}	样品体积, ml	10	10
		NaOH 用量, ml	7.5	5.0
	塔底重相 Y_{Bb}	样品体积, ml	25	25
NaOH 用量, ml		7.9	19.1	
计算及实验结果	塔底轻相浓度 X_{Rb}	kgA / kgB	0.00174	0.00174
	塔顶轻相浓度 X_{Rt} ,	kgA / kgB	0.00123	0.00082
	塔底重相浓度 Y_{Bb} ,	kgA / kgB	0.000414	0.001
	水流量 S,	kgs / h	4	4
	煤油流量 B,	kgB / h	5.44	5.44
	传质单元数 N_{OE} (图解积分)		0.49	2.46
	传质单元高度 H_{OE}		1.53	0.31

果	体积总传质系数, K_{Yca} kgA/[m ³ .h.(kgA/kgs)]	2433	12007
---	--	------	-------

煤油-水-苯甲酸系统平衡曲线



图四
统平衡

七、仿真画面

