

回流對平板多孔薄膜萃取器效率之影響

(The Effect of Recycle on Membrane Extraction in Parallel-Plate Modules)

計劃編號：NSC 88-2214-E-032-001

執行時間：87年8月1日至89年1月31日

主持人：葉和明 淡江大學化工系 教授

一、中文摘要(關鍵字：薄膜萃取，回流，平板模組)

本文以理論分析及實驗印證來討論回流操作對薄膜萃取效率之影響；結果發現：回流卻能增進質量傳送，尤其是操作在大流率或短通道下。

Abstract (Keyword: Membrane-extraction, recycle, parallel-plate module)

The effects of recycle on membrane extraction through a double-pass parallel-plate channel have been studied both theoretically and experimentally. It was found that recycle can enhance mass transfer, especially for operations with higher inlet volume rate, or with shorter conduit length.

二、計劃原由與目的：

近年來薄膜萃取之研究如雨後春筍陸續的推廣進行[1-5]，惟這些研究中尚無探討回流操作對萃取效率之影響。作者等曾探討過回流對熱交換器效率之影響[6,7]，當流體速度大時或導管短時，回流確能增進熱交換器之效率。本研究之目的，即在理論分析及實驗的印證並進下，探討回流對平板薄膜萃取器效率之影響。

三、研究方法及成果

理論分析

在薄膜質量交換器(如圖一所示)中進行溶劑萃取操作時，一般而言，薄膜兩邊接觸到兩種流體(相 a 及相 b)，而在薄膜中則充滿另一種流體(相 c)，惟流體 c 與流體 a，以及流體 c 與流體 b 不互溶。操作時，溶質自相 a 被萃取至相 c，然後再自相 c 被萃取

至相 b。

圖二是一有回流裝置之薄膜萃取器，此器中之質量傳送可類比熱交換器中之熱傳送，質量傳送率可如下式計算[8]

$$W = KS(\Delta C)_{lm} \quad (1)$$

式中

$$(\Delta C)_{lm} = \frac{(H_{ac}C_{a,i}^0 - H_{bc}C_{b,e}) - (H_{ac}C_{a,e} - H_{bc}C_{b,i})}{\ln \left(\frac{H_{ac}C_{a,i}^0 - H_{bc}C_{b,e}}{H_{ac}C_{a,e} - H_{bc}C_{b,i}} \right)} \quad (2)$$

$$H_{ac} = \frac{\text{相c中之溶質濃度}}{\text{相a中之溶質濃度}} \quad (3)$$

$$\frac{1}{K} = \frac{H_{ac}}{k_a} + \frac{1}{k_m} + \frac{H_{bc}}{k_b} \quad (4)$$

$$C_{a,i} + RC_{a,c} = (1+R)C_{a,i}^0 \quad (5)$$

上面諸式中 $C_{a,e}$ 與 $C_{b,e}$ 分別表相 a 與相 b 之出口濃度， $C_{a,i}$ 與 $C_{b,i}$ 分別表相 a 與相 b 之進口濃度， $C_{a,i}^0$ 表相 a 之混合進口濃度， $(\Delta C)_{lm}$ 表對數平均濃度差， H_{ac} 與 H_{bc} 為相平衡分布係數， k_a ， k_m 與 k_b 分別表相 a，薄膜(相 c)與相 b 之質傳係數， K 表總質傳係數， W 為質傳速率。當萃取操作為單程型時，修正因子 $F=1$ ；當萃取器無回流裝置時，回流比 $R=0$ ，且 $C_{a,i}^0 = C_{a,i}$ 。

實驗方法

實驗乃將長 $\ell=25.5\text{cm}$ 、寬 $w=10.6\text{cm}$ 以及厚為 0.0178cm 之薄膜置於相距 0.3978cm 的兩平行鋼板中，而成高度

$h=0.19\text{cm}$ 之上下兩通道的單程薄膜萃取器，如圖一所示。若上通道中以一薄平板隔成相等的兩小通道，並附裝一回流裝置，則成如圖二之回流式薄膜萃取器。實驗係藉由聚丙烯做成的薄膜，以甲基異丁基丙酮自水中萃取醋酸。單程萃取時，萃餘液及萃取液之流動採逆流；雙程回流操作時，則先逆流後順流。溶液濃度之檢定係使用氫氧化鈉滴定。

成果

實驗結果如圖三與圖四所示。理論計算時，總質傳係數乃沿用下面之計算公式[9]

$$C_{a,i} = 4.96 \times 10^{-4} \text{ mole/cm}^3 \text{ 時}$$

$$K_1 \times 10^4 \text{ (cm/s)} \\ = 5.01153 + 0.7182 v_a \text{ (cm/s)}, \text{ 逆流 (6)}$$

$$K_2 \times 10^4 \text{ (cm/s)} \\ = 3.86484 + 1.4838 v_a \text{ (cm/s)}, \text{ 順流 (7)}$$

$$C_{a,i} = 2.02 \times 10^{-3} \text{ mole/cm}^3 \text{ 時}$$

$$K_1 \times 10^4 \text{ (cm/s)} \\ = 3.17704 + 0.7332 v_a \text{ (cm/s)}, \text{ 逆流 (8)}$$

$$K_2 \times 10^4 \text{ (cm/s)} \\ = 2.15192 + 0.846 v_a \text{ (cm/s)}, \text{ 順流 (9)}$$

式中相 a 中之流體速度與速率 Q_a 之關係為

$$v_a = Q_a / wh, \text{ 單程時 (10)}$$

$$v_a = Q_a (1+R) / (hw/2), \text{ 雙程附回流時 (11)}$$

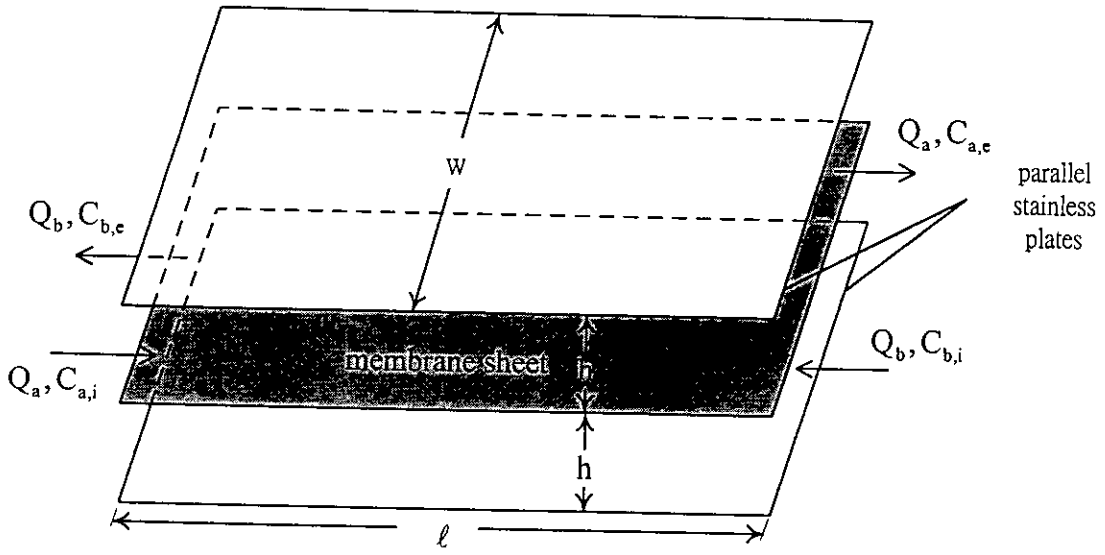
理論預測結果亦展示於圖三及圖四。這些預測值在定性上與實驗值尚吻合。實驗與理論皆證實，回流操作可加速流體的流動而提高萃取效率。

四、結果與討論

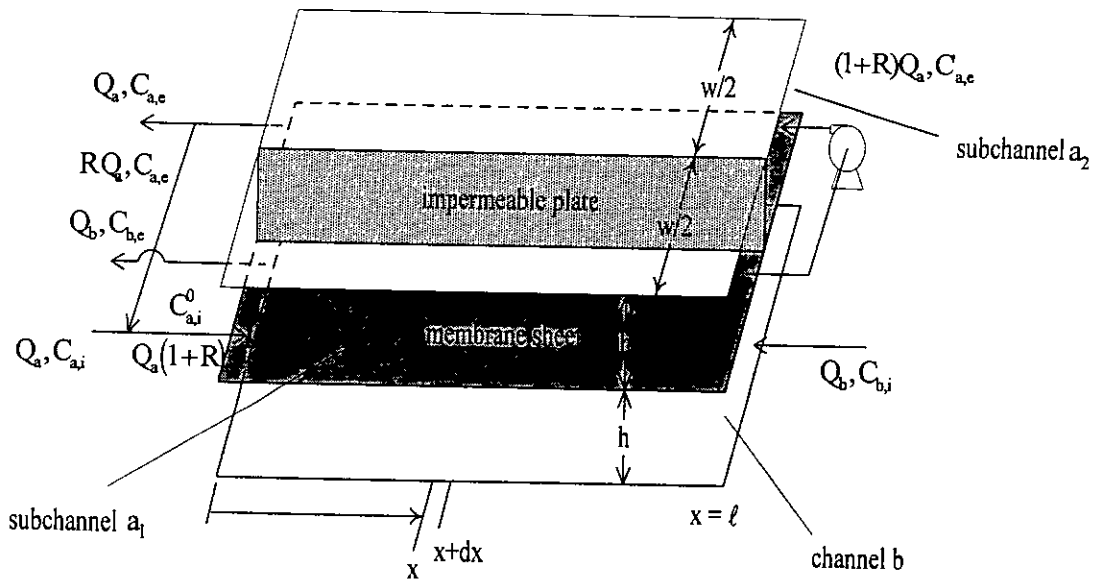
在以前的研究經驗中得知，回流操作可加速流體的流動而增進熱量與質量傳送速率。本研究即基於此原理，探討回流效應對薄膜萃取器效率之影響。理論分析部分仿造熱交換器之設計原理推導，實驗部份以甲基異丁基丙酮萃取水中之醋酸，所使用的薄膜係以聚丙烯做成者。經過實驗印證過後的理論分析，可做為回流型薄膜萃取器之設計原理。

五、參考文獻

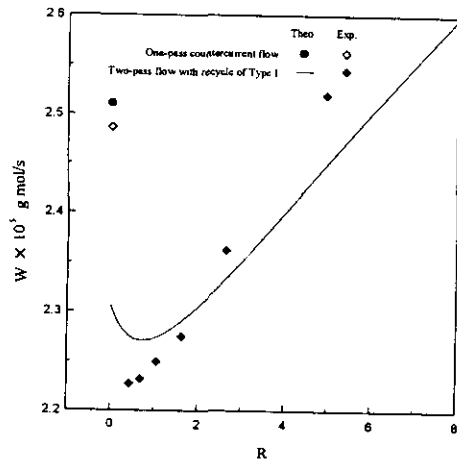
1. L. Dahuron and E.L. Cussler, Protein extraction with hollow fibers, *AIChE J.*, 34 (1988) 130.
2. R. Prasad and K.K. Sirkar, Dispersion-free solvent extraction with microporous hollow -fiber modules, *AIChE J.*, 34 (1988) 177.
3. H.B. Ding, P.W. Carr and E.L. Cussler, Racemic Leucine Separation by hollow-fiber extraction, *AIChE J.*, 38 (1992) 1493.
4. M.C. Yang and E.L. Cussler, Designing hollow-fiber contractors, *AIChE J.*, 32 (1986) 1910.
5. H.M. Yeh and C.M. Huang, Solvent extraction in multipass parallel-flow mass exchangers of microporous hollow-fiber modules, *J. Membrane Sci.*, 103 (1995) 135.
6. H.M. Yeh, S.W. Tsai and C.L. Chiang, Recycle effects on heat and mass transfer through a parallel-plate channel, *AIChE J.*, 33 (1987) 1743.
7. C. D. Ho, H. M. Yeh and W. S. Sheu, The analytical studies of heat and mass transfer through a parallel-plate channel with recycle, *Int. J. of Heat and Mass Transfer*, 41 (1988) 2589.
8. M. Jakob, *Heat transfer*, Vol. 2, Wiley, New York, 1957, pp. 230-249.
9. H.M. Yeh, Y.Y. Peng and Y.K. Chen, Solvent extraction through a double-pass parallel-plate membrane channel with recycle, *J. Membrane Sci.*, in press (1999)



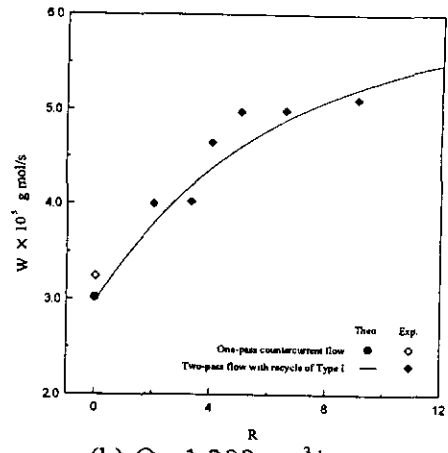
圖一. 平板薄膜萃取器



圖二. 回流型平板薄膜萃取器



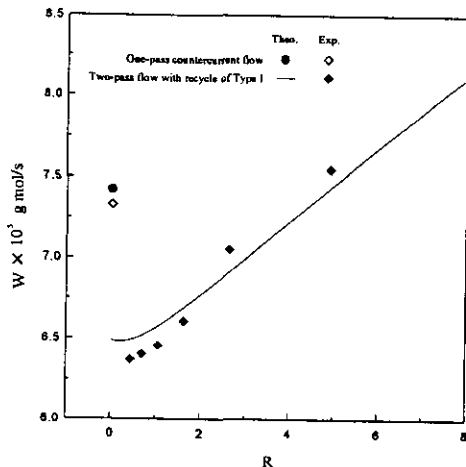
(a) $Q_a = 0.225 \text{ cm}^3/\text{s}$



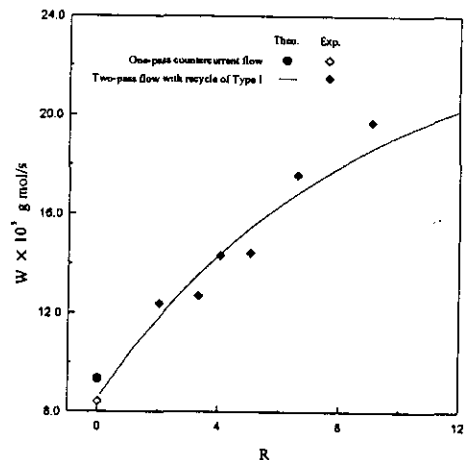
(b) $Q_a = 1.309 \text{ cm}^3/\text{s}$

圖三. 質傳速率與回流比之關係

$$C_{a,i} = 4.96 \times 10^{-4} \text{ mole/cm}^3, Q_b = 0.25 \text{ cm}^3/\text{m}$$



(a) $Q_a = 0.225 \text{ cm}^3/\text{s}$



(b) $Q_a = 1.309 \text{ cm}^3/\text{s}$

圖四. 質傳速率與回流比之關係

$$C_{a,i} = 2.02 \times 10^{-3} \text{ mole/cm}^3, Q_b = 0.25 \text{ cm}^3/\text{m}$$