

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

平板型薄膜萃取器的萃取效率解析解與實驗之研究

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC92-2214-E-032-004-

執行期間：92年08月01日至93年10月31日

執行單位：淡江大學化學工程與材料工程學系

計畫主持人：何啟東

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 93 年 11 月 12 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

平板型薄膜萃取器的萃取效率解析解與實驗之研究

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 92-2214-E032-004

執行期間：92年8月1日至93年10月31日

計畫主持人：何啟東

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及
下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：淡江大學化學工程與材料工程學系

中華民國九十三年十月三十一日

平板型薄膜萃取器的萃取效率解析與實驗之研究

The Analytical and Experimental Studies of Mass Transfer Efficiency in a Parallel-Plate Membrane Extractor

何啟東

淡江大學化學工程與材料工程學系

國科會研究計畫編號：NSC 92-2214-E-032-004

摘要

本研究主要是建立二維系統之解析解數學模型並探討在不同之設計參數(順流操作與逆流操作及薄膜位置)和操作參數(萃取相的體積流率和萃餘相的體積流率及萃餘相的入口濃度)對平板型薄膜萃取器萃取速率之影響。相較於過去文獻所簡化的數學模型近似解，本研究將建立二維的數學模型，並利用分離變數法及級數解，再以特徵函數展開法求得本系統所推導之共軛偏微分方程式的解析解。最後以實驗證明此二維數學模型之正確性且探討薄膜萃取器質傳效率之提升率。

關鍵詞：薄膜萃取、薄膜位置、正交展開法、解析解

Abstract

There are many disadvantages, such as flooding, limitations on independent phase flow rate variations, intimate remixing, density difference requirement and inability to handle particulates for the application of the convective solvent extraction. Recently, developed dispersion-free membrane solvent extraction can be improved these limitations. The membrane contacts two immiscible fluids (phase *a* and phase *b*) on both sides when solvent extraction is operated in a microporous membrane device.

The effects of the membrane extraction through a parallel-plate module with concurrent flow (or countercurrent flow) have been investigated theoretically and experimentally in the present study. The analytical solutions to design applications are obtained using the separation variables method, and the resulting eigenvalue problem is accomplished with the orthogonal conditions. The mass-transfer efficiency enhancement is represented graphically and compared with both the numerical approaches and experimental results. The influences of the barrier position and flow type in the membrane extractor are also discussed.

Key Words : Membrane extraction; Barrier position ; Orthogonal expansion techniques;

Analytical solution

一、前言

在化工產業中，近年來有許多人投入薄膜分離技術應用與研究，其中以在萃取操作中加入薄膜系統最為大家所熟悉。一般而言在傳統的萃取操作中，萃取與脫除是分開進行的，因此每一階段都需要一個或數個接觸器，不但在操作上極為繁瑣，而且萃取與脫除的程度受限於兩相液體體積比及分配係數。為求萃取完全，所需的萃取劑的體積相當大，不但增加了萃取劑

在設備中的儲存量，也增加了萃取劑的損耗，因此這種操作方法對於昂貴的萃取劑所費甚高，且對於能源的損耗亦相當可觀。因此薄膜萃取的操作方式具有特殊性及經濟性，愈來愈被廣泛的使用。

由於在一般的數學理論模型中，通常為了簡化問題都是以近似解來預測不同操作條件之萃取速率。此種近似解的數學理論模型，在某些操作條件或設計條件下，其預測之理論結果與實際的操作結果有很

大的差距，因此建立更精準的數學模式，就變成是一個非常重要的課題。在本研究將建立二維數學理論模型，並利用分離變數法及級數解，再以特徵函數展開法求得本系統所推導之共軛偏微分方程式的解析解[1-2]。此研究預期將獲得完整的數學模型理論及改善薄膜萃取器之萃取速率，並探討流動方式(順流型和逆流型)與薄膜位置對萃取速率的影響。

在之前的文獻[3-8]中可以發現，隨著萃取劑的體積流率增加將會提高萃取速率，這是由於增加萃取劑的體積流率，可增加萃餘相中溶質移除量，且使得萃餘相的出口濃度降低，然而如此操作方法卻大大的提高萃取劑之費用。其它參數諸如萃取器之流動方式、萃取器之縱橫比與萃取器之上、下通道寬度比等，均會影響萃取器之萃取速率。本研究實驗的部分將針對甲基異丁酮(MIBK)當萃取劑的萃取系統，其萃餘劑為醋酸水溶液，其目的是要利用甲基異丁酮將醋酸水溶液中之醋酸萃取出來。進而估算在不同設計與操作條件下的萃取速率。其設計及操作條件參數有流動方式(順流操作與逆流操作)、薄膜位置、萃取相與萃餘相的體積流率與萃餘相的入口濃度等。進而利用實驗之結果來驗證此數學模式的正確性。

二、數學模式之建立

傳統之薄膜萃取操作是應用於平板型[6-12]與中空纖維管系統[3-6]。本研究是以平板型薄膜萃取器出發，利用了順流式與逆流式兩種操作方式[3-12]。此類薄膜萃取器其最主要的設計參數在於萃取器中的薄膜位置。

本研究之平板型薄膜萃取器順流與逆流二維數學理論模型裝置如圖(一)與圖(二)所示，其長度為 L 、寬度為 B 、高度為 H 。

在推導理論之前先做以下的假設：

- (1)流體之流動方式為層流；
- (2)流體之各種物理性質不會改變；
- (3)在穩定狀態下操作；
- (4)系統只考慮縱向質量傳遞，忽略軸向質量傳遞；
- (5)流體在各管道口完全混合。

利用下列之無因次群，

$$\eta_a = \frac{x_a}{W_a}, \eta_b = \frac{x_b}{W_b}, \xi = \frac{z}{L}, \psi_a = \frac{C_a}{C_{a,i}}, \psi_b = \frac{C_b}{C_{a,i}}$$

$$Gz_a = \frac{Q_a W}{D_a B L}, Gz_b = \frac{Q_b W}{D_b B L}, \psi_i = \frac{C_{b,i}}{C_{a,i}}, \Delta = \frac{W_a}{W}$$

$$W_b = (1 - \Delta)W, W = W_a + W_b$$

可得無因次之統制方程式如下：

$$\frac{\partial^2 \psi_a(\eta_a, \xi)}{\partial \eta_a^2} = \left(\frac{W_a v_a}{LD_a}\right) \frac{\partial \psi_a(\eta_a, \xi)}{\partial \xi} \quad (1)$$

$$\frac{\partial^2 \psi_b(\eta_b, \xi)}{\partial \eta_b^2} = \left(\frac{W_b v_b}{LD_b}\right) \frac{\partial \psi_b(\eta_b, \xi)}{\partial \xi} \quad (2)$$

其中，順流模型之速度分佈如下：

$$v_a = \bar{v}_a(6\eta_a - 6\eta_a^2) \quad (3)$$

$$v_b = \bar{v}_b(6\eta_b - 6\eta_b^2) \quad (4)$$

$$\text{且 } \bar{v}_a = \left(\frac{Q_a}{W_a B}\right), \bar{v}_b = \left(\frac{Q_b}{W_b B}\right) \quad (5)$$

且邊界條件如下所示：

$$\frac{\partial \psi_a(0, \xi)}{\partial \eta_a} = 0 \quad (6)$$

$$\frac{\partial \psi_b(0, \xi)}{\partial \eta_b} = 0 \quad (7)$$

$$-\frac{\partial \psi_a(1, \xi)}{\partial \eta_a} = \left(\frac{W_a \epsilon D_c}{\delta D_a}\right) [H_{ac} \psi_a(1, \xi) - H_{bc} \psi_b(1, \xi)] \quad (8)$$

$$-\frac{\partial \psi_a(1, \xi)}{\partial \eta_a} = \left(\frac{W_a}{W_b}\right) \left(\frac{D_b}{D_a}\right) \frac{\partial \psi_b(1, \xi)}{\partial \eta_b} \quad (9)$$

$$\psi_a(\eta_a, 0) = \psi_b(\eta_b, 0) / \psi_i = 1 \quad (10)$$

利用分離變數法，將無因次濃度定義如下：

$$\psi_a(\eta_a, \xi) = \sum_{m=0}^{\infty} S_{a,m} F_{a,m}(\eta_a) G_m(\xi) \quad (11)$$

$$\psi_b(\eta_b, \xi) = \sum_{m=0}^{\infty} S_{b,m} F_{b,m}(\eta_b) G_m(\xi) \quad (12)$$

將式(11)與(12)代入式(1)和(2)及式(6)到式(10)，可得到

$$G_m(\xi) = e^{-\lambda_m \xi} \quad (13)$$

$$F_{a,m}''(\eta_a) + \left[\frac{\lambda_m W_a^2 v_a(\eta_a)}{LD_a} \right] F_{a,m}(\eta_a) = 0 \quad (14)$$

$$F_{b,m}''(\eta_b) + \left[\frac{\lambda_m W_b^2 v_b(\eta_b)}{LD_b} \right] F_{b,m}(\eta_b) = 0 \quad (15)$$

$$F_{a,m}'(0) = 0 \quad (16)$$

$$F_{b,m}'(0) = 0 \quad (17)$$

$$\begin{aligned} -S_{a,m} F_{a,m}'(\eta_a) \Big|_{\eta_a=1} \\ = \left(\frac{W_a \varepsilon D_c}{\delta D_a} \right) [H_{ac} S_{a,m} F_{a,m}(\eta_a) \Big|_{\eta_a=1} - H_{bc} S_{b,m} F_{b,m}(\eta_b) \Big|_{\eta_b=1}] \end{aligned} \quad (18)$$

$$= \left(\frac{W_a}{W_b} \right) \left(\frac{D_b}{D_a} \right) S_{b,m} F_{b,m}'(\eta_b) \Big|_{\eta_b=1} \quad (19)$$

$$\sum_{m=0}^{\infty} S_{a,m} F_{a,m}(\eta_a) = 1 \quad (20)$$

$$\frac{1}{\psi_i} \sum_{m=0}^{\infty} S_{b,m} F_{b,m}(\eta_b) = 1 \quad (21)$$

利用級數解式(11)與(12)，並配合式(16)與式(17)，可以求得下列關係：

$$F_{a,m}(\eta_a) = \sum_{n=0}^{\infty} d_{mn} \eta_a^n, \quad d_{m1} = 0, \quad d_{m0} = 1 \text{ (選定值)} \quad (22)$$

$$F_{b,m}(\eta_b) = \sum_{n=0}^{\infty} e_{mn} \eta_b^n, \quad \sum_{n=0}^{\infty} e_{m1} = 0, \quad e_{m0} = 1 \text{ (選定值)} \quad (23)$$

將式(22)及(23)分別代入式(14)及(15)，可將所有 d_{mn} 與 e_{mn} 以特徵值來表示。又由式(14)至(19)可得正交性質之積分方程如下所示：

$$\begin{aligned} W_b D_b H_{bc} \int_0^1 \left[\frac{W_a^2 v_a(\eta_a)}{LD_a} \right] S_{a,m} S_{a,n} F_{a,m} F_{a,n} d\eta_a \\ + W_a D_a H_{ac} \int_0^1 \left[\frac{W_b^2 v_b(\eta_b)}{LD_b} \right] S_{b,m} S_{b,n} F_{b,m} F_{b,n} d\eta_b = 0, n \neq m \end{aligned} \quad (24)$$

(a)由 a 通道與 b 通道的質量平衡方程式可以求得萃取速率如下：

$$\begin{aligned} M = Q_a C_{a,i} - \int_0^1 v_a B W_a C_{a,i} \psi_a(\eta_a, 1) d\eta_a \\ = Q_a C_{a,i} \left\{ 1 - \sum_{m=0}^{\infty} [S_{a,m} e^{-\lambda_m} / (\lambda_m G z_a \Delta)] [F_{a,m}'(0) - F_{a,m}'(1)] \right\} \end{aligned} \quad (25)$$

或

$$\begin{aligned} M = -Q_b C_{b,i} + \int_0^1 v_b B W_b C_{a,i} \psi_b(\eta_b, 1) d\eta_b \\ = Q_b C_{b,i} \left\{ -1 + \frac{1}{\psi_i} \sum_{m=0}^{\infty} [S_{b,m} e^{-\lambda_m} / (\lambda_m G z_b (1-\Delta))] [F_{a,m}'(0) - F_{a,m}'(1)] \right\} \end{aligned} \quad (26)$$

質傳效率以平均 Sherwood 數來表示定義如下：

$$\begin{aligned} \overline{Sh}_a = \frac{k_{a,1} L}{D_a} = \left(\frac{L}{\Delta W} \right) \sum_{m=0}^{\infty} G_m S_{a,m} F_{a,m}'(1) / \\ \left[\sum_{m=0}^{\infty} G_m S_{a,m} \left\{ F_{a,m}(1) - \frac{1}{\lambda_m G z_a \Delta} (F_{a,m}'(0) - F_{a,m}'(1)) \right\} \right] \end{aligned} \quad (27)$$

與

$$\begin{aligned} \overline{Sh}_b = \frac{k_{b,1} L}{D_b} = \left(\frac{L}{(1-\Delta)W} \right) \sum_{m=0}^{\infty} G_m S_{b,m} F_{b,m}'(1) / \\ \left[\sum_{m=0}^{\infty} G_m S_{b,m} \left\{ F_{b,m}(1) - \frac{1}{\lambda_m G z_b (1-\Delta)} (F_{b,m}'(0) - F_{b,m}'(1)) \right\} \right] \end{aligned} \quad (28)$$

由不同薄膜位置與薄膜位置在中間相互比較，可得到質傳效率增加百分比， $I_{a,m}$ 與 $I_{b,m}$ ，定義如下：

$$I_{a,m} = \frac{\overline{Sh}_a(\Delta) - \overline{Sh}_a(\Delta = 0.5)}{\overline{Sh}_a(\Delta = 0.5)} \quad (29)$$

與

$$I_{b,m} = \frac{\overline{Sh}_b(\Delta) - \overline{Sh}_b(\Delta = 0.5)}{\overline{Sh}_b(\Delta = 0.5)} \quad (30)$$

(b)由多相質傳模式可以求得萃取速率如下：

$$M_1 = \int_0^L B K_1 (H_{ac} \bar{C}_a(z) - H_{bc} \bar{C}_b(z)) dz \quad (31)$$

其中

$$\bar{C}_a(z) = \frac{\int_0^{W_a} v_a C_a(x, z) dx_a}{\int_0^{W_a} v_a dx_a} \quad (32)$$

利用無因次群與式(3)整理之後可以得到

$$\bar{C}_a(z) = C_{a,i} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{S_{a,m} e^{-\lambda_m \xi}}{\lambda_m G z_a \Delta} [F_{a,m}'(0) - F_{a,m}'(1)] \quad (33)$$

同理，也可以得到

$$\bar{C}_b(z) = C_{a,i} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{S_{b,m} e^{-\lambda_m \xi}}{\lambda_m G z_b (1-\Delta)} [F_{b,m}'(0) - F_{b,m}'(1)] \quad (34)$$

將式(33)與式(34)代入式(31)，整理後可得到下式，

$$M_1 = C_{a,i} (SK_1) \sum_{m=0}^{\infty} \left\{ H_{ac} \frac{S_{a,m} F_{a,m}'(1)}{G z_a \Delta} - H_{bc} \frac{S_{b,m} F_{b,m}'(1)}{G z_b (1-\Delta)} \right\} (1 - e^{-\lambda_m}) / \lambda_m^2 \quad (35)$$

其中總質量傳送係數以質傳阻力串聯模式可得

$$\frac{1}{K} = \frac{H_{ac}}{k_a} + \frac{1}{k_m} + \frac{H_{bc}}{k_b} \quad (36)$$

$$k_m = D_c \varepsilon / \delta \tau \quad (37)$$

$$\tau = \frac{\text{pore length}}{\text{membrane thickness } (\delta)} \quad (38)$$

且通道 a 與通道 b 之質量傳送係數可利用方程式 (27) 與 (28) 求得。

(c) 一維數學模型之近似解萃取速率 [6] 如下所示：

$$M_2 = K_2 S (H_{ac} C_{a,i} - H_{bc} C_{b,i}) [1 + (H_{bc} / H_{ac})(Q_a / Q_b)] \{ \exp(-K_2 S [(H_{ac} / Q_a) + (H_{bc} / Q_b)]) - 1 \} \quad (39)$$

其總質量傳送係數如式 (36) 所示，其中通道 a 與通道 b 之質量傳送係數可利用實驗數據得到，其表示式 [8,13] 如下：

$$k_{a,2} = 0.816 \left[\frac{6Q_a D_a^2}{S(\Delta W)^2} \right]^{0.33} \quad (40)$$

$$k_{b,2} = 0.816 \left[\frac{6Q_b D_b^2}{S((1-\Delta)W)^2} \right]^{0.33} \quad (41)$$

以上是對於順流式薄膜萃取器萃取速率之估算方程式。同理，對於逆流式薄膜萃取器，也可得到此三種萃取速率的表示式。

萃取速率的實驗值與理論值和近似值的比較分別定義如下：

$$I = \frac{M_{Exp} - M}{M} \times 100\% \quad (42)$$

$$I_1 = \frac{M_{Exp} - M_1}{M_1} \times 100\% \quad (43)$$

$$I_2 = \frac{M_{Exp} - M_2}{M_2} \times 100\% \quad (44)$$

三、實驗系統

實驗裝置如圖 (三) 所示，大小為長 20 公分，寬 18 公分，厚度 20 公分。其與墊片合用形成流體的通路，其中流體在平板流經的長度為 16.5 公分、寬度 16.5、高度為 0.19 公分。所使用的薄膜是 MWCO 為 1000 且厚度為 178 μ m 之醋酸纖維膜。萃取劑為甲基異丁基酮，萃取物為醋酸，醋酸濃度的檢測方法是利用 0.1 當量的氫氧化鈉做滴定，其中指示劑為酚酞。在此實

驗中，其操作之參數包含了薄膜位置、醋酸水溶液濃度與體積流率、甲基異丁基酮的體積流率。

四、結果與討論

於二維系統之薄膜萃取器解析解研究中，其影響質傳效率的主要因素為流體於各通道中的質傳係數與濃度梯度的競爭。圖 (四) 和圖 (五) 分別是順流模型與逆流模型對萃取速率 M 與實驗值所作的比較。由圖 (四) 與圖 (五) 中可發現當薄膜位置 (Δ) 越偏離 0.5 時，其萃取速率越好，尤其是當薄膜位置在 0.25 的時，有一最大值。表 (一) 和表 (二) 分別是利用實驗值與順流模型與逆流模型對於不同數學模型所得之萃取速率作比較，由表中可以發現到利用二維座標系統所預估的萃取速率都會高於其他二者，這是因為在連續式的萃取操作中，其分配係數是處於在一個非平衡的狀態，且分配係數為流體之體積流率、濃度的函數，可是在此為了數學模擬的方便性，都是利用在平衡狀態下之分配係數，且在一般而言，平衡狀態的分配係數的值都會高於非平衡狀態下的值，因此會造成高估萃取速率的結果。雖然如此，可是由此二維座標的解析解數學模型，可以直接求得其萃取速率，而不像傳統之數學模擬方法，需要利用實驗結果或經驗公式，來求得各通道之質傳係數，然後再利用此質傳係數來求得萃取速率。由表 (三) 和表 (四) 分別是固定萃取相 (通道 b) 的質傳格拉茲數下，順流模型與逆流模型對於二維系統在不同薄膜位置質傳效率的比較，由表中可以發現在萃餘相 (通道 a) 的質傳效率提昇率會隨著萃取相的質傳格拉茲數增加而變小，且當 $Gz_a > 200$ 之後會變成一個固定值。

五、結論

本研究針對薄膜萃取器解析解之研究，建構

一套平板型薄膜模組實驗系統，並且建立二維之薄膜萃取器之解析解數學模式。此實驗系統與薄膜萃取模式的主要特色包括：(1)可透過不同之操作方法與實驗量測得進出物流之流量、組成等數據藉以探討多項參數之影響，包括萃取劑與萃餘劑之條件，如濃度及流量等。(2)此二維數學模式可模擬薄膜萃取器之萃取速率與質傳效果。綜合言之，此二維之薄膜萃取器之解析解數學模式，雖然此數學模型與實驗之結果有些許之誤差，可是利用此數學模型，可以不需要利用實驗數據或經驗公式來求得其萃取速率，這樣的模擬方法，可以提供實際設計一薄膜萃取器之參考。

七、參考文獻

1. C. D. Ho, H. M. Yeh, and W. S. Sheu, "An analytical study of heat and mass transfer through a parallel-plate channel with recycle," *Int. J. of Heat and Mass Trans.*, **41**, 2589-2599 (1998).
2. C. D. Ho, H. M. Yeh and J. J. Guo, "An Analytical Study on the Enrichment of Heavy Water in the Continuous Thermal Diffusion Column with External Refluxes," *Sep. Sci. Technol.*, **64**, 687-694 (2002).
3. R. Prasad and K. K. Sirkar, "Hollow Fibers Solvent Extraction: Performances and Design," *J. Membrane Sci.*, **50**, 153-169 (1990).
4. R. Prasad and K. K. Sirkar, "Dispersion-Free Solvent Extraction with Microporous Hollow-Fibers Modules," *AICHE J.*, **34**, 177-198 (1988).
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**, 135-157 (1995).
6. 許玉樹, "薄膜萃取效率之研究," 淡江大學化工研究所碩士論文, 1995.
7. A. Kiani, R. R. Bhave and K. K. Sirkar, "Solvent Extraction with Immobilized Interfaces in a Microporous Hydrophobic Membrane," *J. Membrane Sci.*, **20**, 125-138 (1984).
8. R. Prasad, A. Kiani, R. R. Bhave and K. K. Sirkar, "Further Studies on Solvent Extraction with Immobilized Interfaces In a Microporous Hydrophobic Membrane," *J. Membrane Sci.*, **26**, 79-97 (1986).
9. R. Prasad and K. K. Sirkar, "Solvent Extraction with Microporous Hydrophilic and Composite Membrane," *AICHE J.*, **33**, 1057-1073 (1987).
10. R. Prasad and K. K. Sirkar, "Microporous Membrane Solvent Extraction," *Sep. Sci. Technol.*, **22**, 619-638 (1987).
11. C. H. Yun, R. Prasad and K. K. Sirkar, "Membrane Solvent Extraction Removal of Priority Organic Pollutants from Aqueous Waste Stream," *Ind. Eng. Chem. Res.*, **31**, 1709-1725 (1992).
12. 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.*, **163**, 177-192 (1999).
13. M. C. Porter, "Handbook of Industrial Membrane Technology," p. 1-3, p. 175, Noyes Publications, New, Jersey, 1990.

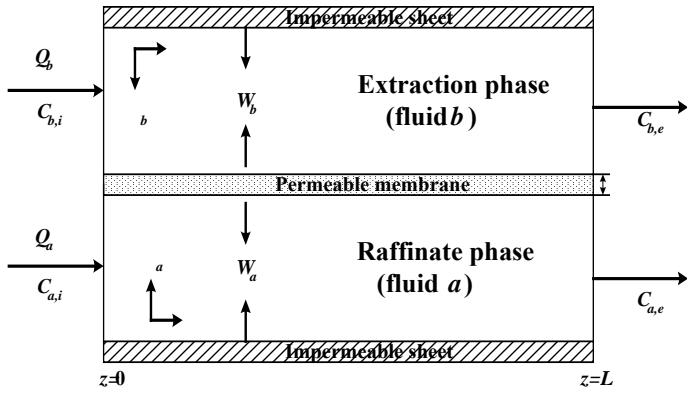


圖 (一) 順流式薄膜萃取器之模型

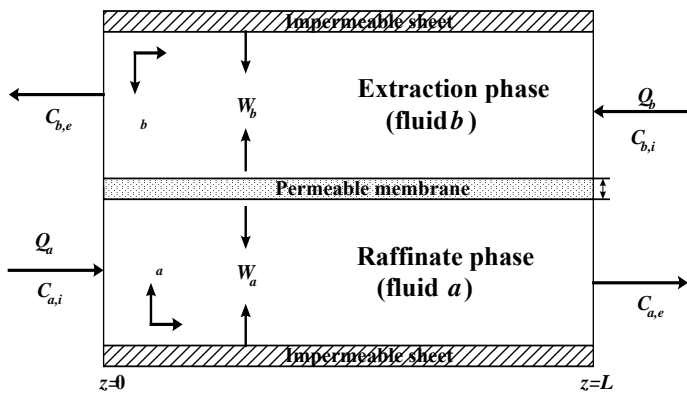


圖 (二) 逆流式薄膜萃取器之模型

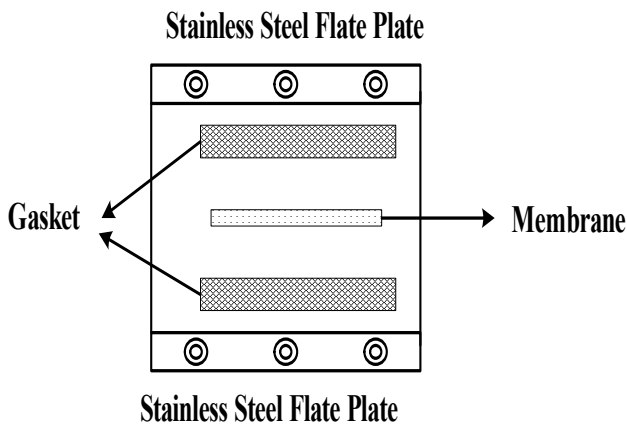


圖 (三) 實驗裝置示意圖

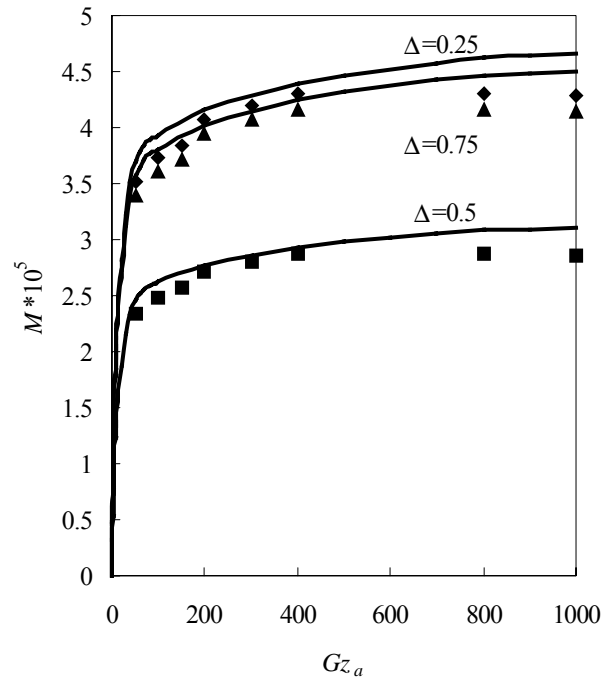


圖 (四) 順流式固定 $Gz_b=11.46$ 下改變不同薄膜位置與 Gz_a 之萃取效率的理論值與實驗值, $C_{ai}=5 \times 10^{-4}$ mole/s

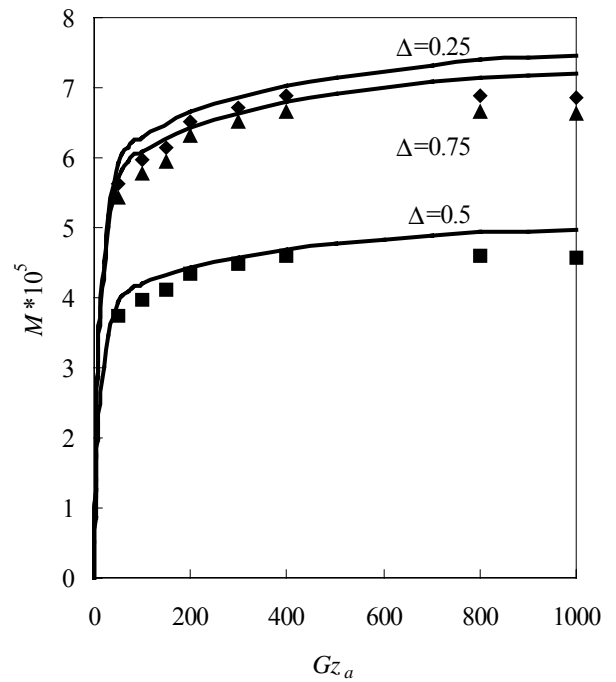


圖 (五) 逆流式固定 $Gz_b=11.46$ 下改變不同薄膜位置與 Gz_a 之萃取速率的理論值與實驗值, $C_{ai}=5 \times 10^{-4}$ mole/s

表（一）順流式以固定 $G_{z_b}=11.46$ 下改變萃餘相體積流率與薄膜位置為參數之萃取速率的比較值

Δ	I		I_1		I_2	
	$G_{z_a} = 50$	$G_{z_a} = 200$	$G_{z_a} = 50$	$G_{z_a} = 200$	$G_{z_a} = 50$	$G_{z_a} = 200$
0.25	-7.56	-5.75	-5.97	-4.63	2.02	-0.50
0.5	-6.27	-5.27	-4.92	-4.23	1.19	-0.40
0.75	-7.24	-5.64	-5.68	-4.52	1.93	-0.38

表（二）逆流式以固定 $G_{z_b}=11.46$ 下改變萃餘相體積流率與薄膜位置為參數之萃取速率的比較值

Δ	I		I_1		I_2	
	$G_{z_a} = 50$	$G_{z_a} = 200$	$G_{z_a} = 50$	$G_{z_a} = 200$	$G_{z_a} = 50$	$G_{z_a} = 200$
0.25	-7.09	-5.46	-5.57	-4.39	1.92	-0.46
0.5	-5.96	-5.01	-4.67	-4.02	1.12	-0.38
0.75	-6.88	-5.36	-5.39	-4.29	1.83	-0.36

表（三）順流式以固定 $G_{z_b}=11.46$ 下改變萃餘相體積流率與薄膜位置為參數之質傳速率的比較值

G_{z_a}	$I_{a,m}$	
	$\Delta = 0.25$	$\Delta = 0.75$
1	900	900
10	64	62
100	54	52
200	50	45
300	50	45

表（四）逆流式以固定 $G_{z_b}=11.46$ 下改變萃餘相體積流率與薄膜位置為參數之質傳速率的比較值

G_{z_a}	$I_{a,m}$	
	$\Delta = 0.25$	$\Delta = 0.75$
1	880	880
10	64	66
100	48	45
200	43	38
300	43	38

可供推廣之研發成果資料表

□ 可申請專利 ■ 可技術移轉

日期：93年10月31日

<p>國科會補助計畫</p>	<p>計畫名稱：平板型薄膜萃取器的萃取效率解析解與實驗之研究 計畫主持人：何啟東 計畫編號：NSC 92-2214-E-032-004 學門領域：化學工程</p>
<p>技術/創作名稱</p>	<p>連續式平板型薄膜萃取器系統</p>
<p>發明人/創作人</p>	
<p>技術說明</p>	<p>中文：本研究之二維薄膜萃取器之解析解數學模型，可以不需要利用實驗數據或經驗公式來求得其萃取速率，可以提供實際改良或設計薄膜萃取裝置之參考。</p>
	<p>英文：This mathematical formulations of a continuous parallel-plate module with concurrent flow and countercurrent flow were developed to obtain the extraction efficiency instead of using the experimental data or the semi-empirical relations in the previous works. The present theory study and results can also be applied to the mass- and heat-transfer devices.</p>
<p>可利用之產業 及 可開發之產品</p>	<p>可利用於一般利用萃取操作的廢水處理與環境保護裝置，例如高揮發性的有機溶劑的回收與工廠排放水的環保標準等。此數學模型，也可提供設計高效能的連續式平板型薄膜萃取器之參考。</p>
<p>技術特點</p>	<p>傳統之薄膜萃取器的數學模型，都是需要利用實驗的配合或是利用經驗方程式才可以求得其萃取速率，因此需要花費時間與金錢於實驗數據的取得。可是此數學模型，可以直接求得萃取速率，而不需要利用實驗數據，因此可以減少建構實驗設備上的花費與時間。</p>
<p>推廣及運用的價值</p>	<p>由於傳統之數學模型需要利用實驗或經驗公式來求得其萃取速率，因此要獲得模擬結果，需要花費時間與金錢於實驗數據的取得。此二維系統之平板型薄膜萃取器數學模型可替代傳統所建立之數學模型，因為此數學模型可以直接求得萃取速率，而不需要透過實驗數據之取得，因此可以降低開發與設計薄膜萃取器的成本。</p>

1.每項研發成果請填寫一式二份，一份隨成果報告送繳本會，一份送 貴單位研發成果推廣單位（如技術移轉中心）。

2.本項研發成果若尚未申請專利，請勿揭露可申請專利之主要內容。

3.本表若不敷使用，請自行影印使用。