

圖 5.3.7-1 微模型孔頸寬度分佈圖

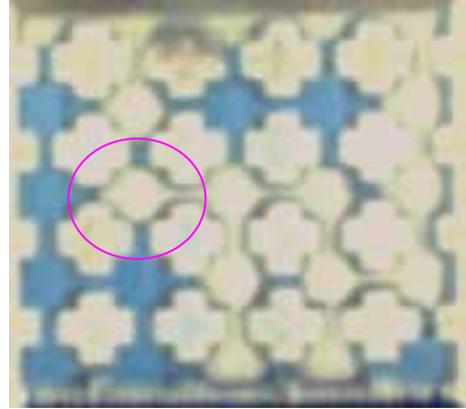


圖 5.3.7-2 實驗排退第十三階段

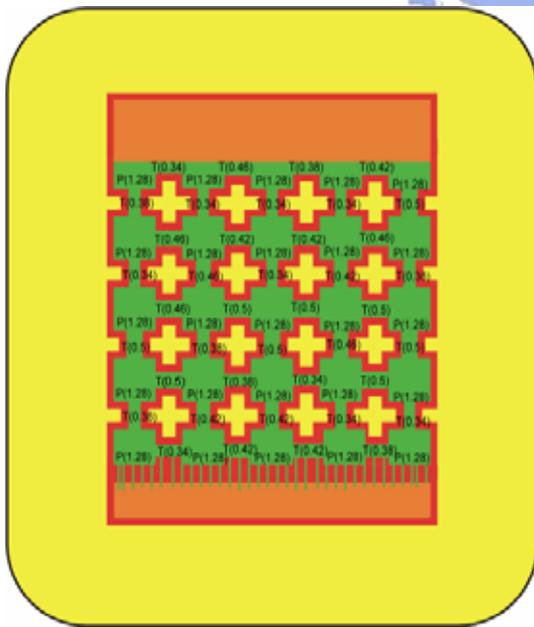


圖 5.3.8-1 微模型孔頸寬度分佈圖

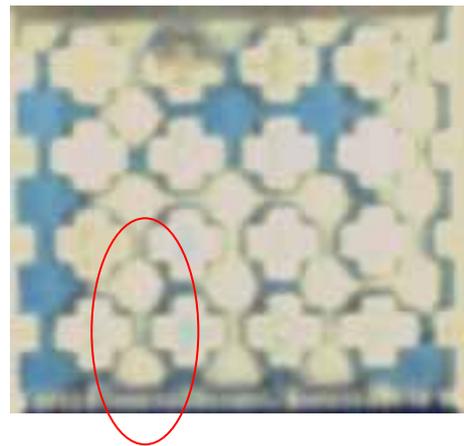


圖 5.3.8-2 實驗排退第十四階段

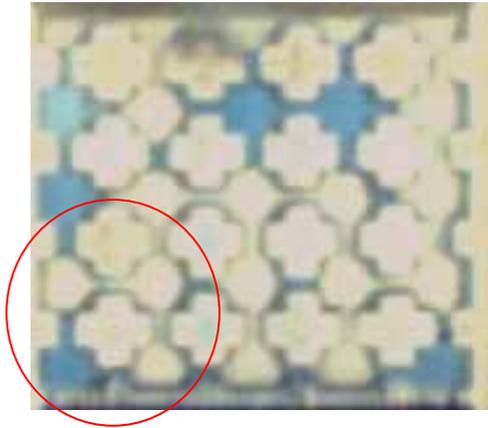


圖 5.3.8-3 實驗排退第十四階段結束

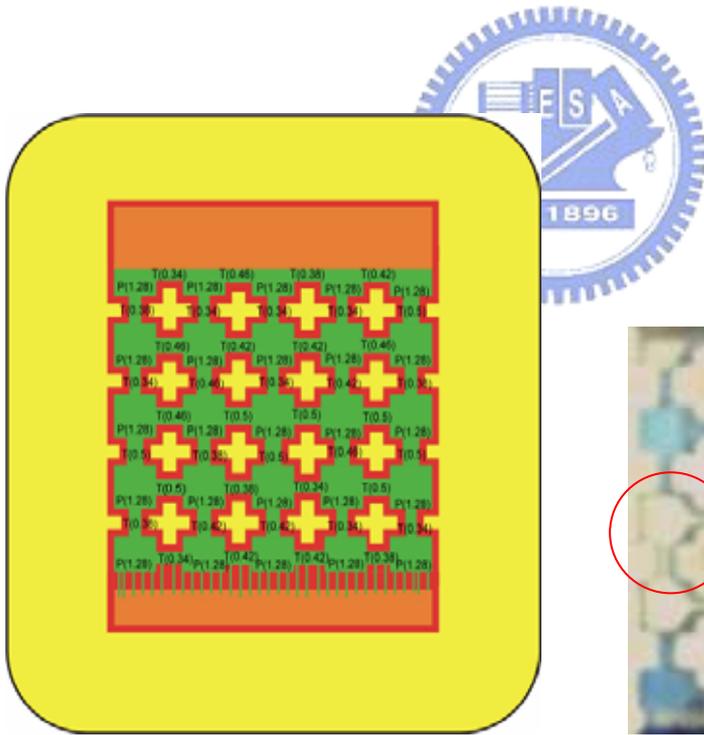


圖 5.3.9-1 微模型孔頸寬度分佈圖

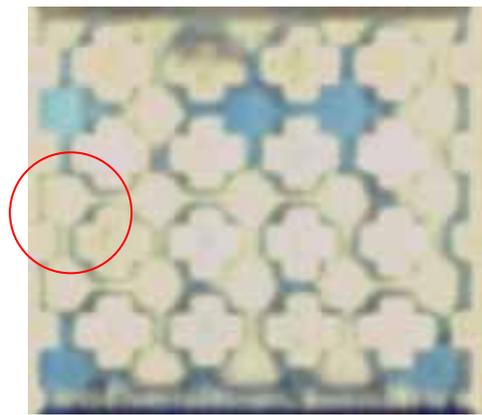


圖 5.3.9-2 實驗排退第十五階段

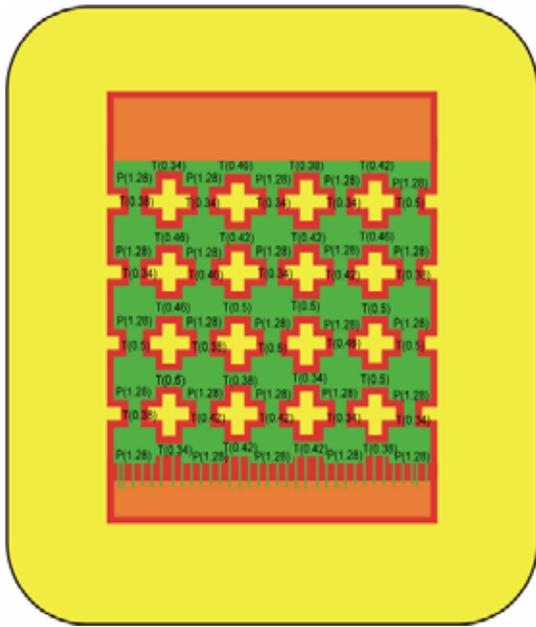


圖 5.3.12-1 微模型孔頸寬度分佈圖

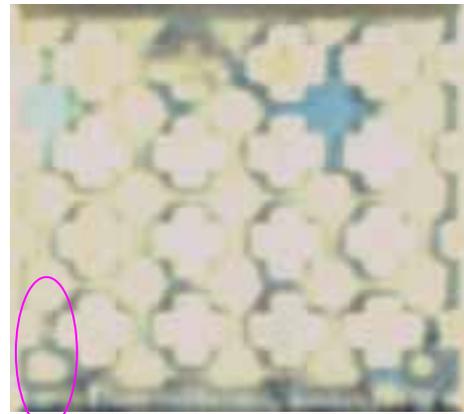


圖 5.3.12-2 實驗排退第十八階段

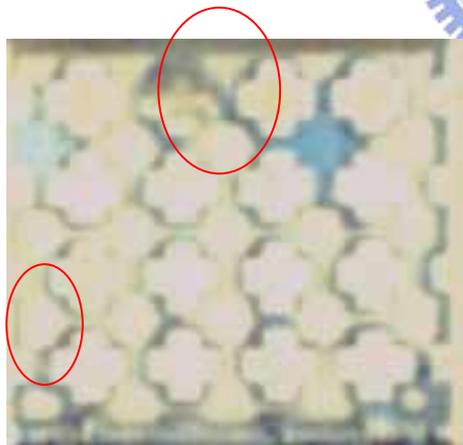


圖 5.3.12-3 實驗排退第十八階段

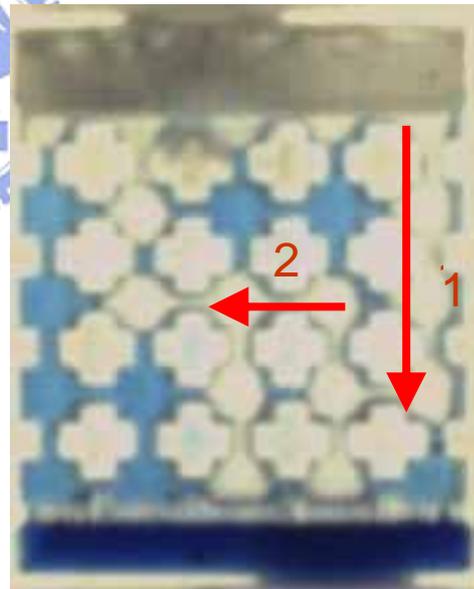


圖 5.3.13-1 排退優先順序

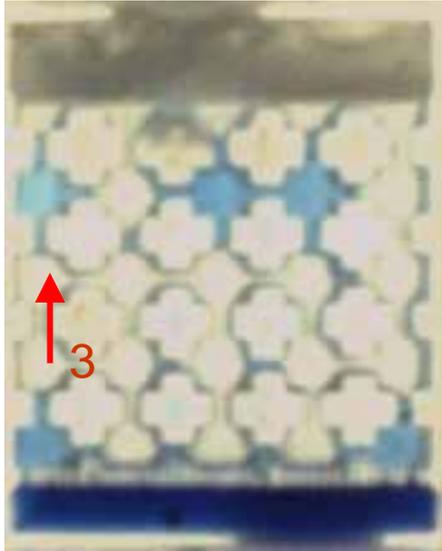


圖 5.3.13-2 排退優先順序

5.3.2 汲取階段

在汲取過程發生的第四階段前，並未有任何明顯的置換機制出現，但飽和度仍略為增加，毛細壓力由 6.3cm 減少至 5.5cm，飽和度由 0.26 增加至 0.29，並無太大的變化。如圖 5.3.14-1 與圖 5.3.14-2 所示。

在第五階段時，系統毛細壓力為 5.3cm，寬度為 0.38mm 的頸管發生活塞型置換的門檻值為 5.4cm，所以寬度為 0.38mm 的頸管發生了活塞型置換，因為此根頸管是與含潤濕相的孔連通，該孔又與潤濕相源相連接，所以當系統的毛細壓力降至該頸管發生活塞型運動的臨界值時，該頸管就會發生活塞型運動。如圖 5.3.15-1 至圖 5.3.15-3 所示。

在第五階段到第九階段間，並未明顯的發生取代機制，直到第九至第十四階段在寬度為 0.42mm 與 0.46mm 的頸管發生活塞型置換，這兩根頸管都與含有潤濕相的孔相連，此時系統毛細壓力變化為

4.5cm~3.5cm，理論推估的活塞型置換門檻值為 5.04~4.75cm，所以應在第七階段(系統毛細壓力為 4.9cm)與第八階段(系統毛細壓力為 4.7cm)發生完整的活塞型置換，但卻遲至第十四階段才發生完整的活塞型置換，可能的原因為實驗在汲取階段的平衡時間不夠長，如圖 5.3.16-1~ 5.3.16-5 所示。

在第十七至第十八階段時，系統毛細壓力分別為 2.9cm，2.7cm，若頸管寬度為 0.38mm，0.34 mm，理論的攪斷門檻值分別為 3.06cm，2.84cm，當孔與上述頸管都為非潤濕相所佔領時，理應發生攪斷，但實際上並未發生，如圖 5.3.17-1~圖 5.3.17-3 所示，可能的原因為本階段實驗的時間不夠長。

在第十九階段時，系統毛細壓力為 2.5cm，寬度為 1.28mm 的孔其理論 II 型汲取為 2.52cm，而寬度為 0.46mm 其理論攪斷的毛細壓力門檻值為 2.5cm，所以此時已經開始發生 II 型汲取與寬度 0.46mm 頸管的攪斷，但也因為本階段時間並不充裕，所以至第二十階段才完成 II 型汲取，如圖 5.3.18-1~圖 5.3.18-3 所示。

在第二十階段時，系統毛細壓力為 2.3cm，此時寬度為 0.5mm 的頸管其發生攪斷的臨界毛細壓力門檻值為 2.38 cm，而此時恰在一寬度為 0.5mm 的頸管發生攪斷，且本階段亦發生 II 型汲取，如圖 5.3.19-1~圖 5.3.19-4 所示。

而在第二十一階段時，系統毛細壓力為 2.1cm，但此時仍發生不少的 II 型汲取，緊接著在頸管發生活塞型置換，飽和度仍持續增加，因為有些非潤濕相已經入陷，所以並不會再發生變化，而僅剩與非潤濕相源連通的非潤濕相尚可繼續發生置換。理論的 I2 型置換門檻值

為 1.71cm 可知系統中尚未能發生 I2 型汲取，所以在汲取過程最後一階段時孔仍以 I1 型汲取為主，頸管以活塞型置換為主。如圖 5.3.20-1~圖 5.3.20-14 所示。

在汲取過程中，每一階段平衡時間約 6~8 小時。

於本實驗的汲取階段中可發現以下幾點特徵：

- (1) 本實驗是以角隅流的方式進行汲取階段的實驗，由於以角隅流的方式使潤濕相進入微模型中所需時間比預估時間來的長，以至於實驗中頸管本應發生攔斷卻未發生，反而因為系統毛細壓力降至孔的 I1 型汲取的門檻值而發生 I1 型汲取，使的多數頸管以活塞型置換的方式被潤濕相佔領。
- (2) 本實驗在 I1 型汲取出現後，飽和度迅速增加。
- (3) 本實驗可清楚的觀察到 I1 型汲取發生的情形，亦可由實驗拍攝的圖片中發現 R.Lenormand et al (1983)所提出的 In 型置換機制的確是會發生於真實的孔中。如圖 5.3.23-1~如圖 5.3.23-4。
- (4) 本實驗可清楚的觀察到攔斷的發生，如圖 5.3.24-1~圖 5.3.24-3

表 5.3-3 單一寬度的孔與 5 種寬度頸管網絡模型實驗之各種置換機制理論毛細壓
推估值

寬度(單位:cm)		活塞型(cm)	攫斷(cm)	I1(cm)	I2(cm)
頸管	0.034	5.83	2.92	*	*
頸管	0.038	5.40	2.70	*	*
頸管	0.042	5.05	2.53	*	*
頸管	0.046	4.76	2.39	*	*
頸管	0.050	4.52	2.26	*	*
孔	0.128	*	*	2.52	1.71



表 5.3-4 單一寬度的孔與 5 種寬度頸管網絡模型實驗置換機制統計表(汲取階段)

	系統毛細壓力	活塞型置換	攪斷	I1	I2	其他
第 1 階段	6.1	*	*	*	*	*
第 2 階段	5.9	*	*	*	*	*
第 3 階段	5.7	*	*	*	*	*
第 4 階段	5.5	*	*	*	*	*
第 5 階段	5.3	○	*	*	*	*
第 6 階段	5.1	*	*	*	*	*
第 7 階段	4.9	*	*	*	*	*
第 8 階段	4.7	*	*	*	*	*
第 9 階段	4.5	○	*	*	*	*
第 10 階段	4.3	○	*	*	*	*
第 11 階段	4.1	○	*	*	*	*
第 12 階段	3.9	○	*	*	*	*
第 13 階段	3.7	○	*	*	*	*
第 14 階段	3.5	○	*	*	*	*
第 15 階段	3.3	*	*	*	*	*
第 16 階段	3.1	*	*	*	*	*
第 17 階段	2.9	*	*	*	*	*
第 18 階段	2.7	*	*	*	*	*
第 19 階段	2.5	○	○	○	*	*
第 20 階段	2.3	○	○	○	*	*
第 21 階段	2.1	○	*	○	*	*

註：*代表未發生置換，○代表已發生置換

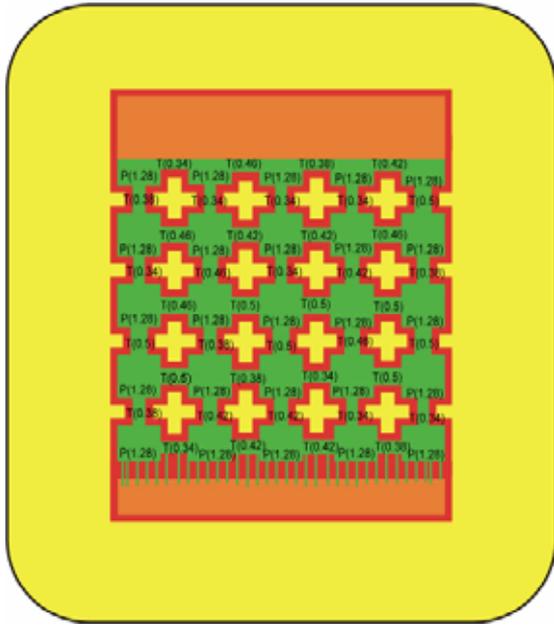


圖 5.3.16-1 微模型孔頸寬度分佈圖

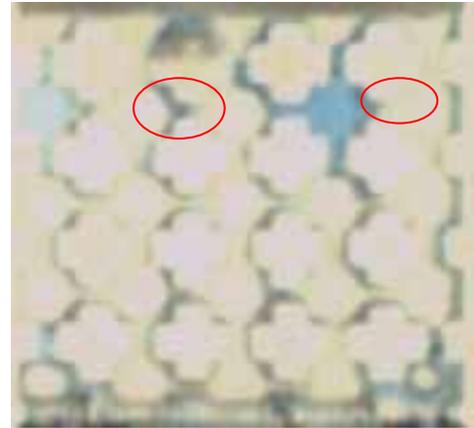


圖 5.3.16-2 汲取第 6 階段

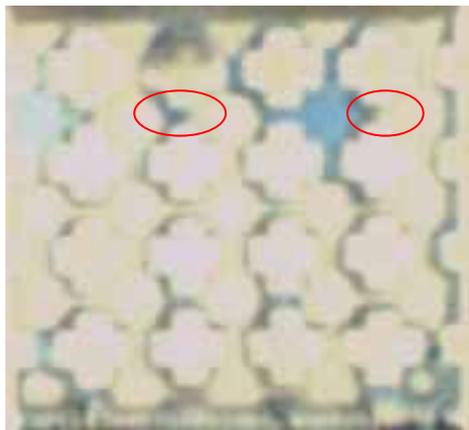


圖 5.3.16-3 汲取第 7 階段

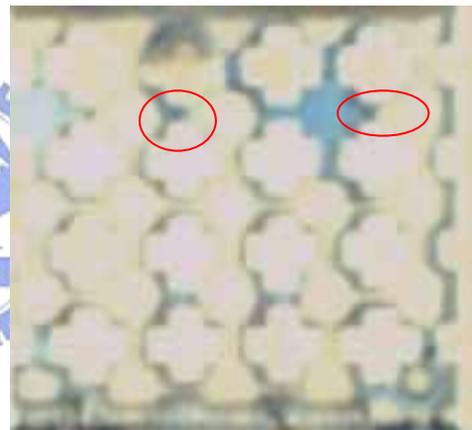


圖 5.3.16-4 汲取第九階段

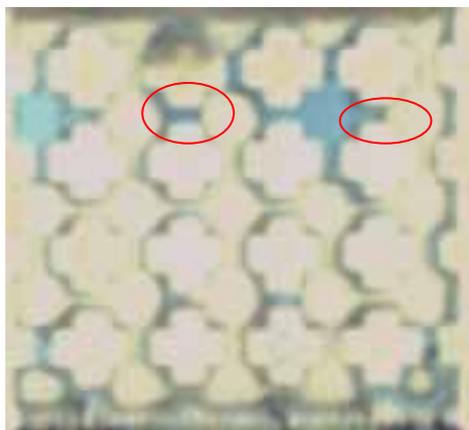


圖 5.3.16-5 汲取第十四階段

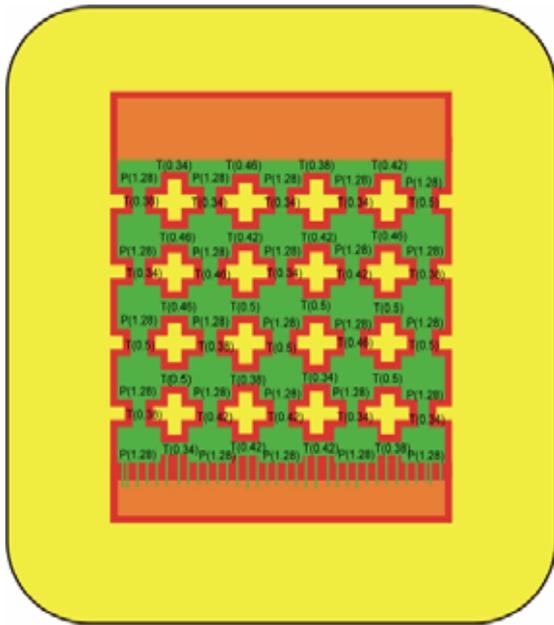


圖 5.3.17-1 微模型孔頸寬度分佈圖

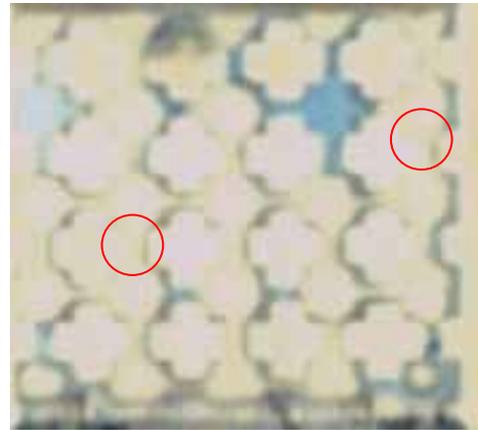


圖 5.3.17-2 寬度為 0.38mm 頸管位置

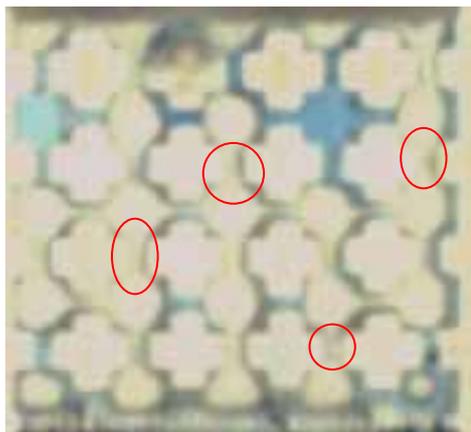


圖 5.3.17-3 寬度為 0.34mm 頸管位置



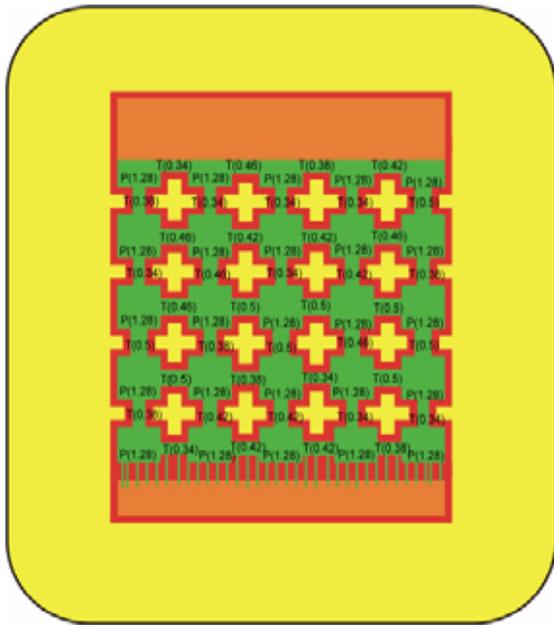


圖 5.3.18-1 微模型孔頸寬度分佈圖

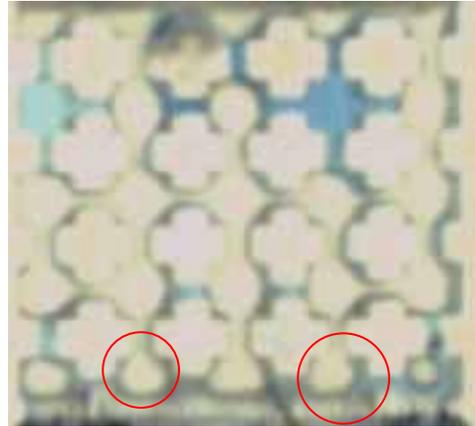


圖 5.3.18-2 汲取第十九階段

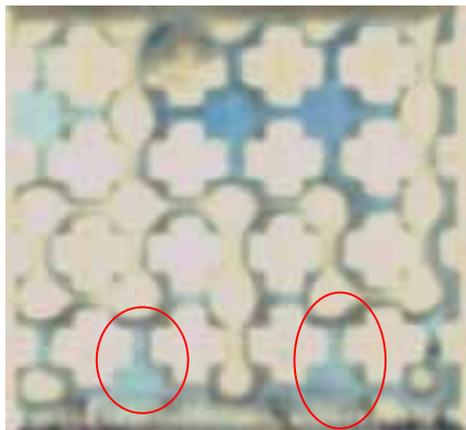


圖 5.3.18-3 汲取第二十階段



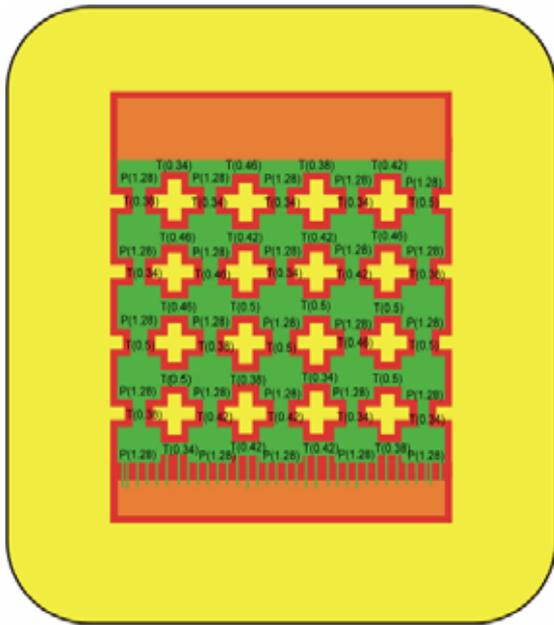


圖 5.3.19-1 微模型孔頸寬度分佈圖

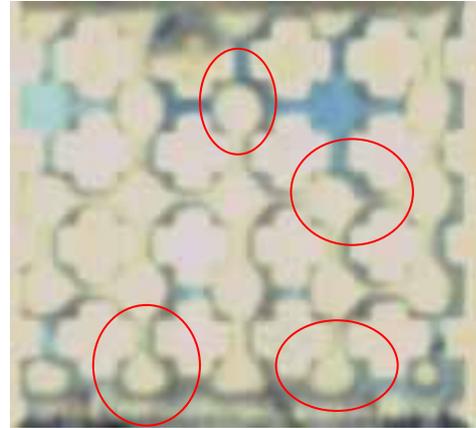


圖 5.3.19-2 汲取第二十階段開始

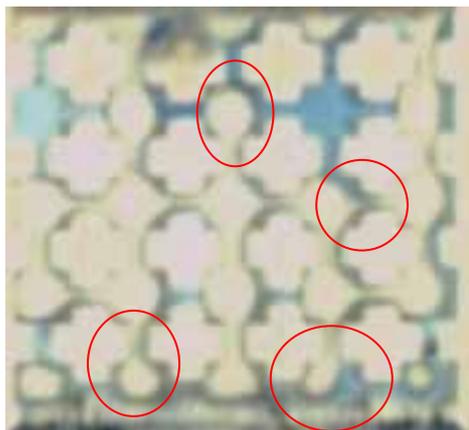


圖 5.3.19-3 汲取第二十階段

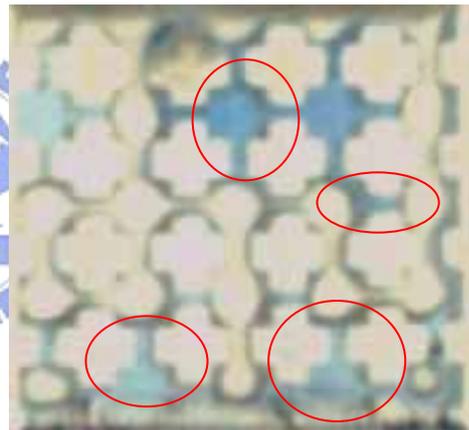


圖 5.3.19-4 汲取第二十階段結束

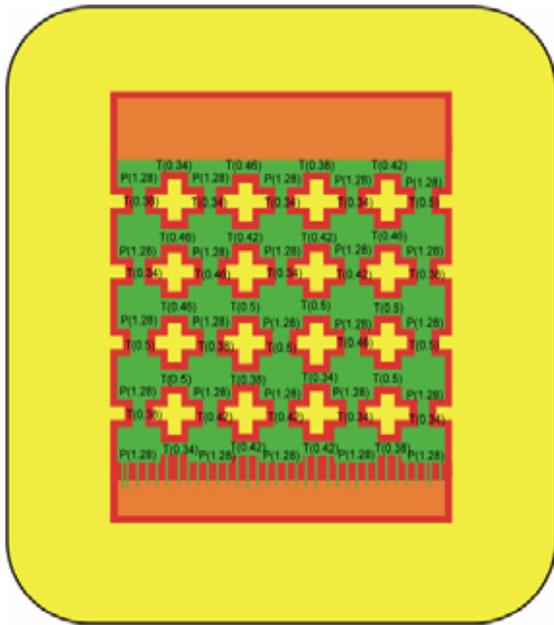


圖 5.3.20-1 微模型孔頸寬度分佈圖

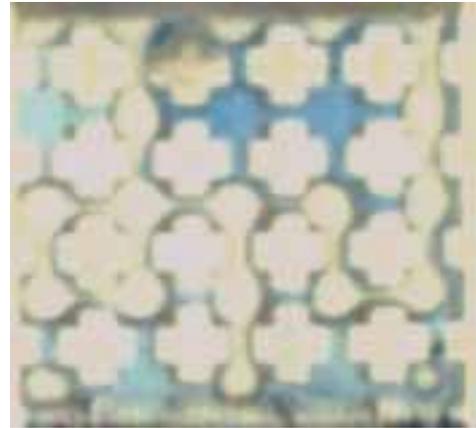


圖 5.3.20-2 汲取第二十一階段開始

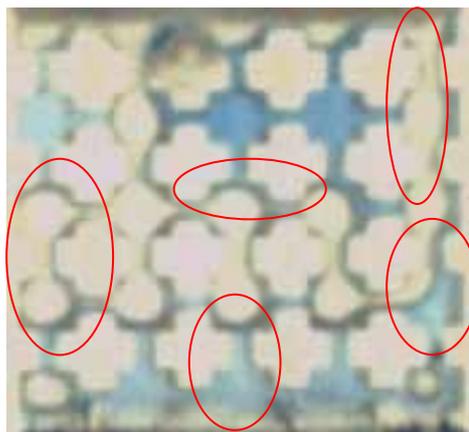


圖 5.3.20-3 汲取第二十一階段

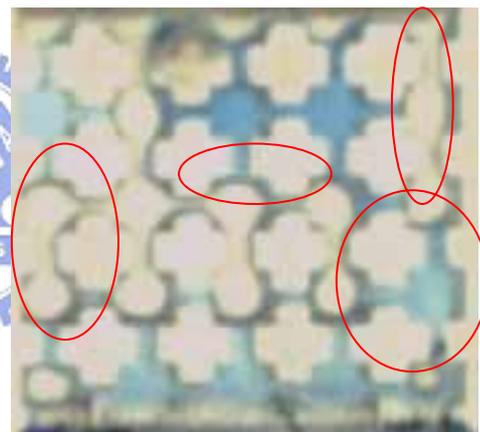


圖 5.3.20-4 汲取第二十一階段

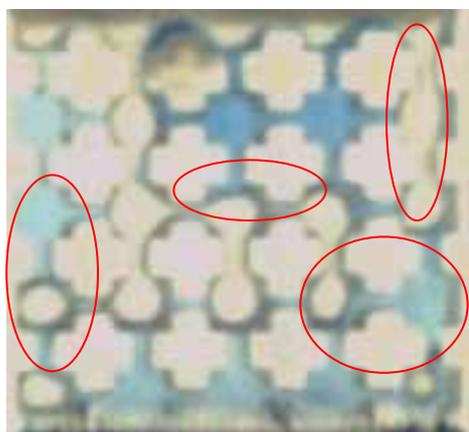


圖 5.3.20-5 汲取第二十一階段

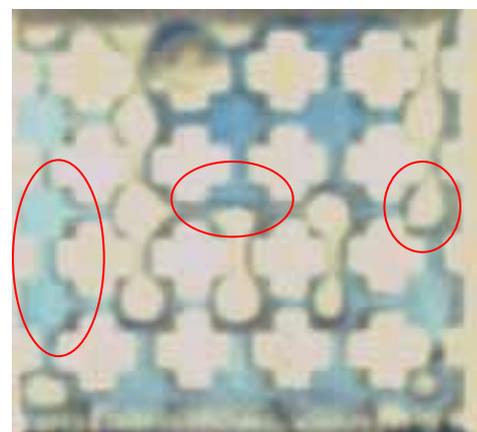


圖 5.3.20-6 汲取第二十一階段