

# 第一章 緒論

## 1.1 前言

電鍍、石化、電子等產業，常需以大量有機溶劑進行工具、精密儀器、電子零件之洗滌或酸洗，一旦使用或儲存不當而進入地下含水層時，便會造成污染。另外埋設在加油站地底下之儲油槽及管線，也易因腐蝕、外力影響導致儲油外洩污染，如圖 1.1。

有機液體為低水溶性液態污染物，一般稱為 NAPL(Non-Aqueous Phase Liquid)，當它滲入地下水中時，可與地下水同時存在，且兩種流體間具有界面，並存在界面張力。有機液體的污染多半發生在土壤及地下水中，有些揮發性較高的液體，在經過一段時間後，也會揮發至大氣中，造成空氣污染。對於不同化學性質的有機液體，其污染的機制及造成污染問題亦有所差異。一般 NAPL 可分為兩大類：一為 LNAPL (Light Non-Aqueous Phase Liquid)，此比水輕，在穿過土壤後會浮在地下水位之上，隨著地下水流動而擴散，如柴油、汽油等碳氫燃油類油品；另一為 DNAPL (Dense Non-Aqueous Phase Liquid)，此污染物比水重，在透過土壤後則繼續往地下水層底部移動(Randall J.Carbeneau,2000)，沿地下水層底部低透水性地層表面作橫向散佈並沿著地形往低處移動，如三氯乙烯,二氯甲烷,四氯乙烯。兩種不同性質有機液體於地下土層的滲漏情形如圖 1.2。

總而言之，對於地下水中有機液體的污染整治，必須了解非水相液、水及空氣等在土壤孔隙中的置換機制，為影響 NAPL 在土層中傳輸及宿命的重要因素。

## 1.2 文獻回顧

傳統利用實驗的方法探討孔隙介質中多相流相關的實驗，有以擾

動或未擾動的土壤樣本為實驗介質，如張力平板裝置 (Suction plate Assembly) (Haines, 1930)，及壓力儀 (Pressure Cell) (Garden, 1956; Su and Brooks, 1980; 黃進富, 1996)。而近年來觀察土壤中流體流動機制，則增加了微模型 (micromodels) 實驗 (Chatzis, 1983; Wilson, 1990; Conrad, 1992; Soll, 1993; Wilson, 1994; Chu, 1996)，其優點為實驗方便、飽和度計算精確且具有可重複性、可近似真實物理行為，而且可透視性的特色可以提供到其他實驗所無法觀察到的各流體相間孔隙尺度的流動及置換現象。

目前在微模型方面之研究有各種不同的類型，有玻璃珠 (Glass Bead) 所堆疊而成者 (M.Yavuz Corapcioglu and Paula Fedirchuk, 1999)，有如圖 1.3；以均勻的四邊形、六邊形顆粒所構成的孔隙通道網絡者 (Jiamin Wan and John L.Wilson, 1994) 如圖 1.4 所示；另外亦有以隨機產生孔隙，孔隙間再以寬度大小不同的通道連接的微模型 (Soll and Celia, 1993；C. Jia, K Shing, Y.C. Yortsos, 1999) 等，如圖 1.5、圖 1.6 所示。

兩相 p-s 實驗部分有 Jiamin Wan, Tetsu K. Tokunaga, Chin-Fu Tsang, and Gudmundur S. Bodvarsson (1996) 以化學蝕刻玻璃產生的微模型進行模擬岩石裂縫之水-空氣兩相的 s-p 實驗，其微模型中以隨機產生 30-300mm 長度與寬度之孔隙，微模型尺寸為 8 × 25 mm，以染色過的水由微模型中央進入向排退空氣。其缺點為以照片計算飽和度容易造成誤差；只進行水空氣兩相 s-p 實驗未加入 napl 相。Oren and Pinczewski (1994) 以可透視網狀微模型進行兩相油-空氣 s-p 實驗，其實驗是將空氣注入充滿 napl 的微模型中，觀察空氣排退 napl 致殘留時的 s-p 關係。R.Lenormand, C.Zarcone and A.Sarr(1983) 以 7 種毛細管

所組成的網路模型進行兩相間排退與汲取置換機制之探討，並透過幾何關係推導各置換機制發生時之門檻值。但其探討汲取階段在孔所發生的 In 型汲取時，並不是使用真實的孔，而是與頸管同大小的‘孔’。本研究所使用之微模型為 5 種不同寬度的頸管與 5 種不同寬度的孔所組成，且孔的寬度恆大於頸管的寬度。所以可以觀察孔於汲取階段所發生的實際置換行為，並與 R.Lenormand, et al 所觀察到的現象作比較。呂元均(2002)曾做過兩相 s-p 實驗，但其並未觀察流體對於排退與汲取階段之各種取代機制，故本研究除了進行兩相的空氣-水 s-p 實驗外更進行流體對間取代機制的觀察，除了對理論置換機制於本研究之微模型的適用性進行探討外，更可供未來理論模式發展參考之用。

鑑於多相流傳輸的複雜性及工藝技術的進步，本研究乃思考以最新的工藝技術如雷射雕刻及影像處理等，進行可透視之微模型實驗，探討流體對於 s-p 實驗過程中的置換機制。呂元均(2002)曾以類似的微模型進行有孔界質中各配對相間 S-P 關係之試驗研究與相對滲透係數、飽和度關係曲線探討，惟其只分別探討兩相 S-P 與 K-S 的問題。本研究將以三組置換機制實驗來探討前人所觀察到之流體對間置換機制是否在本研究所使用之微模型依然可觀察到且前人推估之置換機制理論毛細壓力公式是否能準確預測置換機制之發生，此三組實驗分別為(1)單一寬度通道網路模型實驗，主要為觀察及佐證單一寬度通道網路模型可否發生遲滯效應，(2)單一寬度的孔與 5 種寬度頸管網路模型的實驗，主要為觀察在真實的的長方體孔中，In 型汲取發生的過程，(3) 5 種寬度的孔與 5 種寬度頸管網路模型的實驗，主要為觀察探討在(2002)呂元均的 s-p 實驗中之空氣-水流體對所可能發生的

各種置換機制以及實驗(2)比較在汲取的過程中，飽和度的變化與除了與頸管有密切的關係外，孔亦是影響因素之一；又為了瞭解排退與汲取過程中接觸角是否皆一致且非潤濕相進入微模型之先後順序是否會影響接觸角所以進行接觸角實驗，再將實驗所求得排退與汲取階段之接觸角代入各置換機制發生時之理論門檻值，並與實驗中發生置換時之系統毛細壓力比較分析之。

### 1.3 研究目的

本研究目的乃在應用最新的雷射雕刻及數位影像處理技術進行水與空氣、NAPL 之兩兩相流體對可透視微模型實驗，並透過微模型實驗探討排退與汲取階段中潤濕相與非潤濕相間在孔隙尺度大小之互相取代的機制及接觸角在排退與汲取過程中的變化。

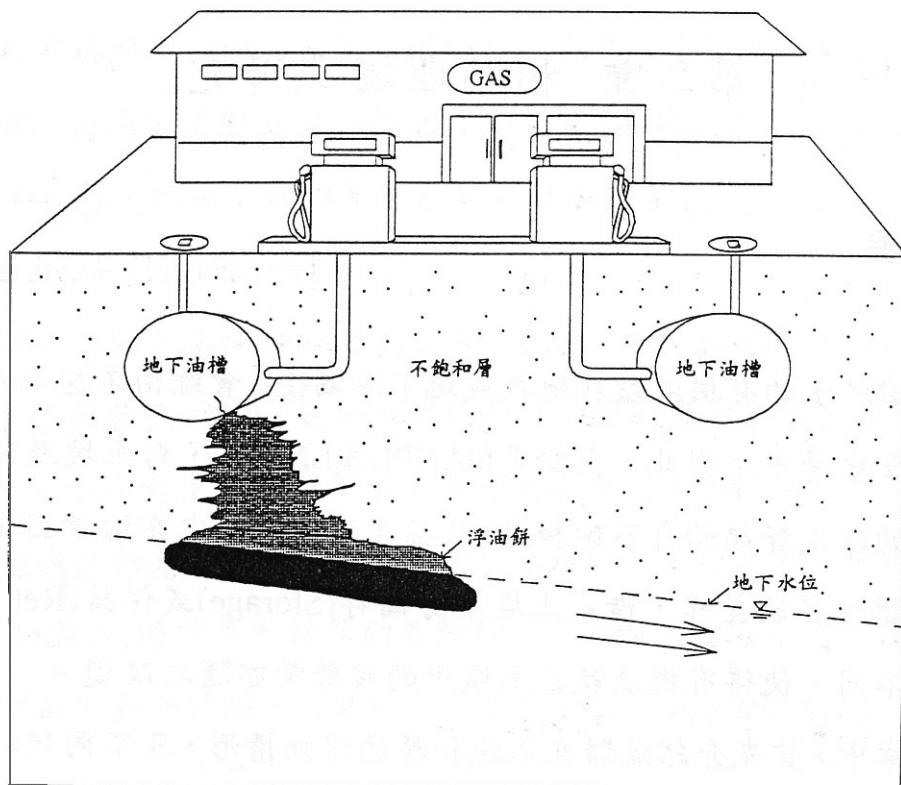


圖 1.1 破損之地下油槽於地下水位上之滲漏 (黃進富,1996)

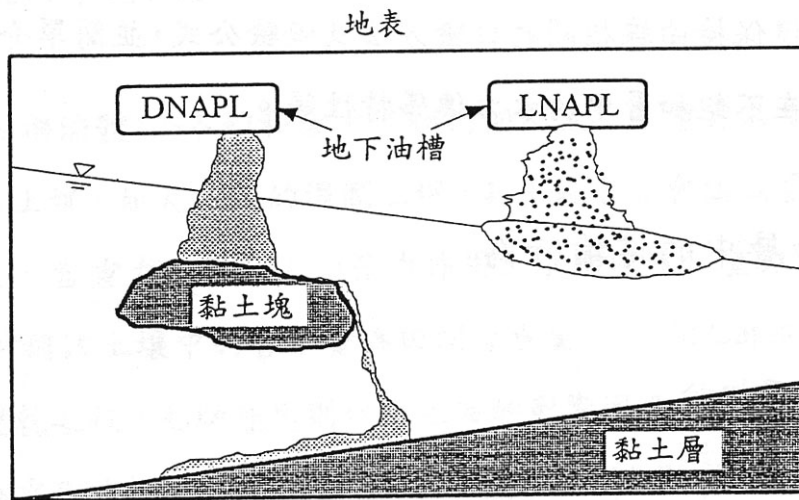


圖 1.2 有機液體污染示意圖 (黃進富,1996)

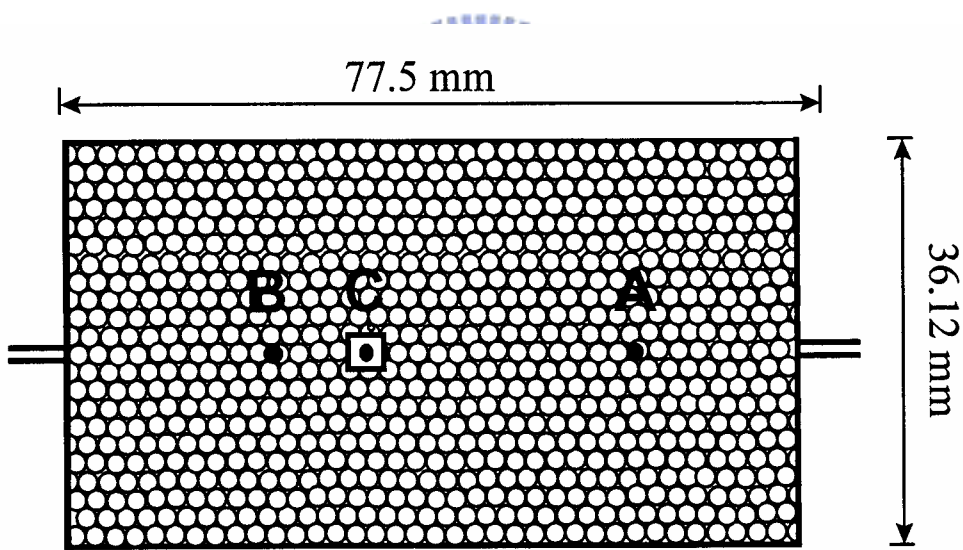
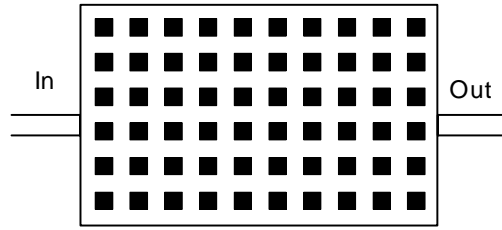
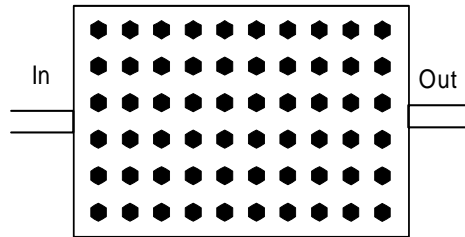


圖 1.3 二維玻璃珠微模型實驗俯視圖 (M. Yavuz Corapcioglu, Paula Fedirchuk, 1999)



(A)



(B)

圖 1.4 (A) 四邊形孔隙網絡之微模型示意圖

(B) 六邊形孔隙網絡之微模型示意圖

(Jiamin Wan and John L. Wilson, 1994)

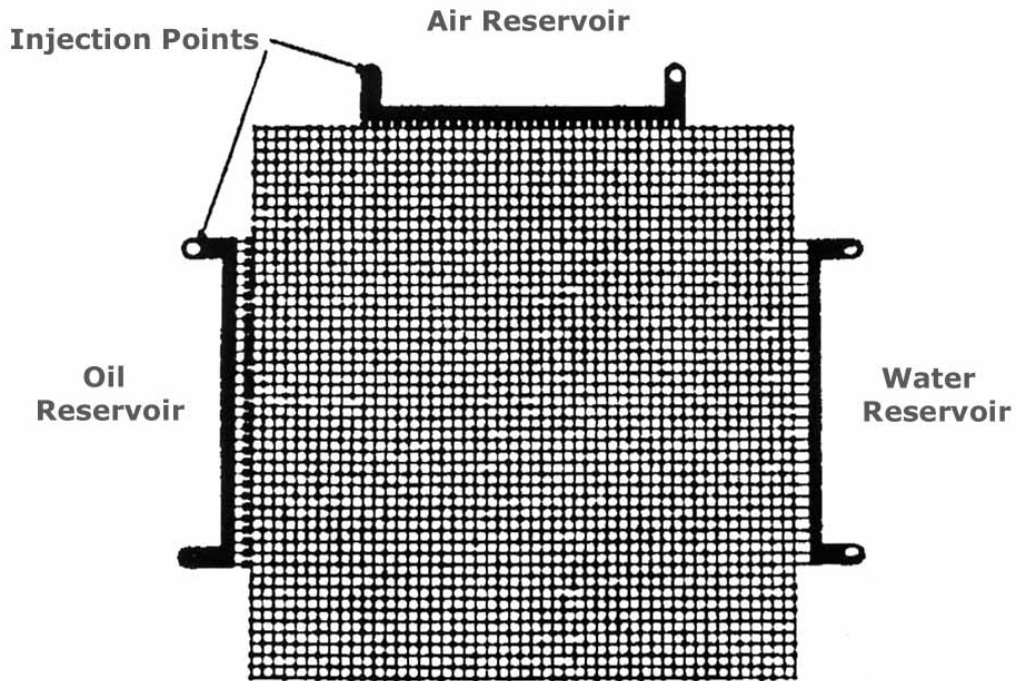


圖 1.5 孔頸微模型示意圖(Soll and Celia, 1993)

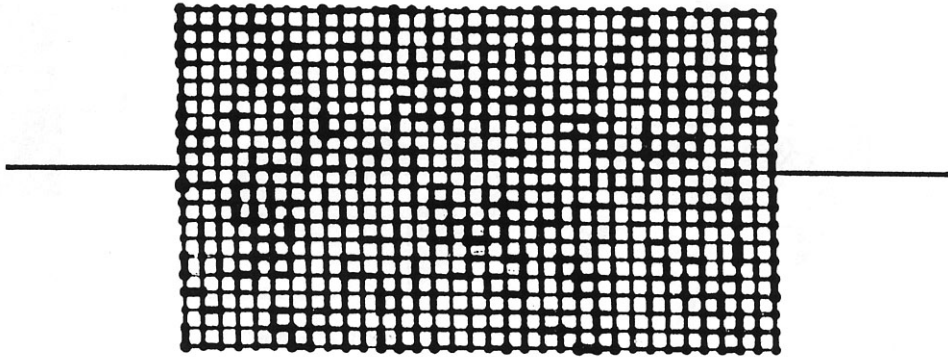


圖 1.6 孔頸微模型示意圖(C.Jia,K Shing,Y.C.Yortsos,1999)

