

Chapter 1

引 言

- 1-1 視窗版 Processing MODFLOW 模組
化三維地下水流模式
- 1-2 系統需求
- 1-3 初次使用 PMWIN
- 1-4 線上輔助
- 1-5 更新

1-1 視窗版 Processing MODFLOW 模組化三維地下水 水流模式

模組化三維地下水水流模式 (MODFLOW) 是由美國地質調查所研發的一組三維有限差分 (three-dimensional finite-difference) 地下水應用模式，過去幾年來此模式的應用在對地下水系統的描述與預估方面有顯著的進步。MODFLOW-88 (McDonald and Harbaugh 1988) 或 MODFLOW-96 (Harbaugh and McDonald 1996a, 1996b) 等最初版本已能夠用來模擬抽水、河川、排水、水位變化、補注和蒸發散量等相關邊界條件的影響。既然 MODFLOW 內各程式碼 (code) 是由許多人所研究發展而成，因此將這些程式碼稱作是套件 (packages)、模式 (models) 或稱程式 (programs)。

每個 MODFLOW 裡的套件可專門針對水文系統的某項特徵進行模擬，如井抽水、地下水補注或河川；而模式或程式則可以是獨立程式碼或與 MODFLOW 互相合併。一組獨立的模式或程式可透過數據檔案與 MODFLOW 進行資訊交換，如水平對流傳輸模式 PMPATH (Chiang and Kinzelbach 1994, 1998)、溶質傳輸模式 MT3D (Zheng 1990) 和 MT3DMS (Zheng and Wang 1998)、參數推估程式 PEST (Doherty et al. 1994) 和 UCODE (Poeter and Hill 1998) 都以此方式行之。而溶質傳輸模式 MOC3D (Konikow et al. 1996) 和返轉模式 MODFLOWP (Hill 1992) 等則是與 MODFLOW 互相合併。兩個模式都有以 MODFLOW 計算流動場址的功能。

本文和此套軟體 Processing MODFLOW for Windows (PMWIN)，完整的結合了地下水流模擬及溶質傳輸模式包含：MODFLOW-88、MODFLOW-96、PMPATH、MT3D、MT3DMS、MOC3D、PEST 和 UCODE。

PMWIN 運用了專業圖形界面與支援模式，並提供數個有用的模式工具。圖形界面讓使用者簡易的建立所需模式，它能夠輸入 DXF 圖形交換檔案和網格式圖形，模式的每一個模式層作用空間可達 1,000 個負荷週期 (stress periods)、80 圖

層 (layers) 和 250,000 個格網 (cells)。工具包括簡報工具 (Presentation tool)、結果擷取程式 (Result Extractor)、場址內插程式 (Field Interpolator)、場址產生程式 (Field Generator)、水均衡計算程式 (Water Budget Calculator) 和圖表顯現程式 (Graph Viewer)。

1. 結果擷取程式讓使用者隨時將模擬結果數據輸出至空白表格內，使用者能夠觀看這些結果或以 ASCII 或 SURFER 相容的數據檔案儲存。可模擬結果包括：壓力水頭、洩降、格網流動群組、壓密、沉陷、達西速度、濃度與質量。
2. 場址內插程式可將所觀測的數據資料內插入模式格網，而格網可容許為不規則散佈。
3. 水均衡計算程式不僅可估算使用者指定區域的水均衡狀態，更可計算與其他區塊間的水體交換量，這個功能在許多實際實例裡是非常有用的，它可讓使用者決定通過特定邊界的水流量。
4. 場址產生程式可呈現包含異質性分佈的導水係數或水力傳導係數的模擬場址，讓使用者以統計的方式來模擬未知且小尺度異質性的效果與影響。場址產生程式以 Mejia's (1974) 演算法為理論基礎。
5. 圖表顯現程式可顯現包括壓力水頭、洩降、下陷量、壓縮量、濃度等模擬結果的歷線圖。
6. 使用者應用簡報工具可以將輸入資料和模擬結果以標註的等高線 (等值線, contour) 資料的方式呈現。使用者也能夠用不同顏色呈現格網參數值，還可以將圖形儲存成不同的檔案形式，包含 SURFER、DXF、HPGL 及 BMP (Windows Bitmap) 等圖形檔。簡報工具甚至可以創造和展列出二維的動態模擬 (計算水頭、洩降或濃度)。

PMWIN 支援七個附加套件，與 MODFLOW 原始版本結合，包括時變性特定水頭 (CHDI)、直接求解 (DE45)、密度 (DENI)、水平流動障壁 (HFBI)、夾層儲水 (IBSI)、水庫 (RESI) 和溪流 (STRI)。時變性特定水頭套件 (Leake et al. 1991) 可讓定水頭格網在不同時段以不同的值進行模擬。直接求解套件 (Harbaugh 1995) 使用高斯消除的直接解算法，提供對角線式計算的方法。

密度套件 (Schaars and van Gerven 1997) 是用來模擬地下水流系統中不同密度，預先設定其地下水流系統密度結果差異。水平流動障壁套件 (Hsieh and Freckleton 1992) 可模擬薄且垂直向、低滲透性的地質特性 (例如會阻礙著地下水的流動阻隔牆遮水效應, cut-off walls)。夾層儲水套件 (Leake and Prudic 1991) 可模擬當地下水抽取時，在彈性或非彈性地層壓縮的情況下，可壓縮之地層其地下水儲存改變量。水庫套件 (Fenske et al. 1996) 可模擬當儲水庫面積隨儲水量變化而擴張 (或窄縮) 時，儲水庫與地下水系統之間滲漏情況。溪流套件 (Prudic 1988) 模擬設計溪流水量，以及表面溪流與地下水間之關係。

粒子追蹤模式 PMPATH 使用半解析粒子追蹤系統 (semi-analytical particle-tracking scheme) (Pollock 1988) 模擬地下水路徑及歷線。PMPATH 的使用僅需滑鼠即可操作，而且不論前向或後向粒子追蹤系統都可在穩定態 (steady-state) 或非穩定態 (transient) 流場下進行。PMPATH 可同時計算和顯現流水線和水流傳播的時間記錄，並提供若干圖形選擇包含等水位線、等洩降線和流速向量。

MT3D 傳輸模式使用了融合 Eulerian-Lagrangian 法來對三維對流—延散—反應 (advective-dispersive-reactive) 的傳輸公式求解，MT3D 的應用建立在濃度場的改變不會明顯影響流場狀況的假設上，如此可以讓使用者分開去建立和校正一水流模式。在模擬流場完成後，MT3D 可利用所求得的壓力水頭和 MODFLOW 所建構的水力條件來模擬溶質傳輸狀況。MT3D 也可模擬地下水對流作用、延散作用及一些簡單化學反應所造成的濃度改變，在此所指的化學反應限於平衡狀態下的線性或非線性之吸附作用、一階不可逆衰變和生物衰減。

MT3D 後續發展出 MT3DMS，縮寫 MS 象徵為因應附加反應套件的多樣化結構 (multi-species)。MT3DMS 包括三個傳輸技術的分級：標準有限差分法、Eulerian-Lagrangian 粒子追蹤法及高階有限體積 TVD 模式。除了保有 MT3D 原有的架構外，MT3DMS 尚包括以廣義共軛梯度程式 (GCG) 為基準的隱式疊代運算法 (implicit iterative solver)。使用此套件之後，包括延散作用、源/匯狀況和反應項目都可在不受任何穩定態性約束之下運算。

MOC3D 傳輸模式可計算因特定作用所造成某溶解化學物質隨時間的濃度改變情況，包括對流傳輸 (advective transport) 作用、水理延散作用 (hydrodynamic

dispersion)〔包含機械性延散 (mechanical dispersion) 與擴散 (diffusion)〕、混合或稀釋、化學作用、線性吸附與衰變等。MOC3D 可在一給定時段內配合 MODFLOW 計算水力梯度並運用特性法求解傳輸方程式，特性法運用了粒子追蹤法表現對流傳輸以及有限差分模式計算出其他程序的影響。如欲提昇效率，使用者可應用 MOC3D 在 MODFLOW 原始模式的次格網來解水流方程式。然而次格網必須有相同的格網行列距離。以 MODFLOW 為內建方程式則 MOC3D 可以更改用來模擬密度流 (density-driven flow) 與傳輸。

PEST 和 UCODE 是用來協助資料詮釋 (data interpretation) 以及參數推估 (parameter estimation)。假如有野外或實驗數據，PEST 和 UCODE 可以調整模式參數評估或參數趨近，以符合適當模式或將量測誤差降至最低。兩者都是為了要管理確定模式時間段中最理想的參數評估和趨近。

1-2 系統需求

1.2.1 硬體需求

1. 個人電腦可執行微軟視窗 95/98 版本或者視窗 NT4.0 或更高階版本。
2. 16 MB 可用記憶體 (建議 32 MB 或更多)。
3. 光碟機和硬碟。
4. 顯示卡和高解析度螢幕。
5. 滑鼠或可相容設備。

1.2.2 軟體需求

假如使用者要進行 MODFLOW-88、MODFLOW-96、MOC3D、MT3D 或 MT3DMS 等版本的更改或編輯需具備 FORTRAN 編譯程式。因考慮相容問題必須使用 Lahey FORTRAN 77 or 90 來編譯。原始程式碼可在 PMWIN 網站中的操作手冊裡 Source 資料夾內。

1-3 初次使用 PMWIN

1.3.1 安裝

PMWIN 必須先安裝至使用者的硬碟中。PMWIN 有在網站上提供試用版供使用者下載操作，在使用 PMWIN 試用版之前，使用者必須先至 <http://www.pmwin.net/pmwin5.htm>，在此網站裡下載 PMWIN 5.3 試用版，之後執行所下載的 `setup_pm.exe`，便可操作試用版。

1.3.2 文件

這本書提供的是最新且最詳細的 PMWIN 版本說明。這本書的操作指南為：

1. 對話框中選單裡的物件選擇以斜體字表示。
2. 序列式指令以符號 > 連接。

例如：開啟新模式檔案為 *File > New Model...*。

在網站中也同樣有操作手冊，其 Document 資料夾包含其他 PDF 格式的說明文件，使用者必須先安裝 Acrobat Reader 軟體，才能讀取此一操作手冊。

1-4 線上輔助

線上輔助幾乎包含所有 PMWIN 功能。使用者可以從 *Help* 選單中選擇 *Contents* 或 *Search for Help On...*，或者選擇 *Help* 進入線上輔助或搜尋相關輔助訊息。搜尋特定主題最便捷的方法為使用 *Help Topics* 對話框。步驟為：

1. 從 *Help* 選單選擇 *Search for Help On...* 或在任何 *Processing MODFLOW Help* 畫面按下 *Index*。
2. 在 *Help Topics* 對話框中輸入關鍵字或從清單中選擇主題。
3. 按 *Enter* 鍵或 *Display* 鈕即可瀏覽所選擇的主題或與關鍵字相關的主題。

1-5 更新

地下水模擬技術發展日新月異，並且地下水模式必須定期地更新和擴充。有關 PMWIN 和其他相關軟體的升級，使用者可以從以下的網頁得知並下載：

<http://www.uovs.ac.za/igs/index.htm>

<http://www.baug.ethz.ch/ihw/soft/welcome.html>

