

MVS 結合 GIS 系統於三維地質展示之應用-以二氧化碳地下封存場址為例

洪世勳¹ 李易叡² 邵國士¹ 鄭錦桐³ 冀樹勇⁴

摘要

「溫室效應」為全球性的議題，其中二氧化碳是造成溫室效應最主要的氣體。目前國際上先進國家普遍認為地下封存為達成二氧化碳減量之有效經濟方案。爰此，台灣因火力發電廠為主要二氧化碳排放來源之一，本文即以火力發電廠分布最廣的西部及沿海地區建置二氧化碳地下封存地質資料庫，以利進行封存場址評選，以提前規劃因應之。

地質資料庫是以針對封存場址有直接關係的地質資料，諸如場址區域地層的深度分佈、構造邊界空間位態等資訊予與數化，且建構於以 ArcGIS 為基礎的地質資料 GIS 系統中。而有關三維地質模型的建置及二氧化碳封存體積之計算則使用 MVS 軟體來達成。另針對地質資料 GIS 系統與 MVS 的互動，則使用 Visual Basic 程式語言開發客制化 COM 物件工具附掛於 ArcGIS 平台，藉此工具呼叫 MVS 動態產生三維地質模型，將 MVS 與 ArcGIS 作緊密之結合，以建置一套可用且親善的 GIS 展示平台。

關鍵詞：二氧化碳地下封存地質資料庫、MVS、ArcGIS。

Shih-Hsun Hung*, Yi-Rui Lee**, Kuo-Shih Shao*, Chin-Tung Cheng***, Shu-Yeong Chi****
Researcher*, Member**, director***, Manager*****

Geotechnical Engineering Research Center, Sinotech Engineering Cons. Inc.,
Taipei, Taiwan 110, R.O.C.

ABSTRACT

“Greenhouse effect” is a global topic, and the carbon dioxide(CO₂) is the most influence of the effect. These days, many developed nations believe that underground storage of CO₂ is an effect and economic way of subtracting CO₂. In Taiwan, according to the thermal power plat is one of the sources of producing CO₂, we establish a geological database of underground storage of CO₂ of the western coast area of Taiwan that the thermal power plats located, which is contributive to decide to which underground storage area is the best one for the hereafter.

The geological database was composed of the geological data affecting the underground storage areas directly, such as deep spread, strata boundaries and etc., and was digitized and placed in the geological GIS system based on ArcGIS. The establishment of 3D geological model and the calculation of the volume of the underground storage of CO₂ were achieved by

1 中興工程顧問社大地工程研究中心 研究員

2 中興工程顧問社大地工程研究中心 組員

3 中興工程顧問社大地工程研究中心 組長

4 中興工程顧問社大地工程研究中心 經理

MVS. On the side, the interaction of the geological GIS system and MVS was through the COM object developed by VB and plug-in into ArcGIS. By way of the object, MVS was executed automatically to establish 3D geological model, and close connection between MVS and ArcGIS was accomplished.

Key Words : geological database of underground storage of CO₂, MVS, ArcGIS.

一、前言

「溫室效應」為全球性的議題，我國雖非聯合國成員，但為世界公民的一員，有責任也有義務面對此一議題，深入研究並尋求解決之道。二氧化碳是造成溫室效應之最主要氣體，抑制全球溫室氣體排放的「京都議定書」，要求工業國家在 2012 年時，應將溫室氣體排放總量減至比 1990 年時少 5.2%[1]，未遵守規範國家，即便為非簽約國(如台灣)，也可能受貿易制裁。

台灣電力公司擁有數座火力發電廠，為國內主要二氧化碳排放來源之一，為避免未來受國際課徵碳稅，甚至遭受經濟制裁而影響國內經濟發展，故必須對二氧化碳之排放採取必要的因應措施，而目前國際上先進國家普遍認為地下封存為達成二氧化碳減量之有效經濟方案[2]。爰此，本文蒐集以火力發電廠分布最廣的西部及沿海地區之地質文獻加以數化並建置二氧化碳地下封存地質資料庫，以利進行封存場址評選，以提前規劃因應之。

地質資料庫是以對於封存場址有直接關係的地質資料，諸如場址區域地層的深度分佈、構造邊界空間位態等資訊予與數化，並將此數化之資料建置於 SQL Server 資料庫，經由 ArcSDE 展示於 ArcGIS 平台，再透過 MVS 三維地質視覺化展示工具(將於第四節作說明)，建構真三維地質模型，並進行地質構造內可封存二氧化碳體積之計算。此外，本文使用 Visual Basic 程式語言開發 COM 物件工具[3,4]，藉由此工具可控制 ArcGIS 圖層之開關，且使用者僅需在 ArcGIS 平台框選範圍，本物件即會讀取範圍內之地質構造圖層並於 MVS 中動態產生三維地質模型，將 MVS 與 ArcGIS 作緊密之結合，以提供封存場

址評選一個有力且親善的輔助平台。

二、地質圖資數化與封存場址封存量探討

為評估封存場址二氧化碳之封存量，必先蒐集相關地質資料予與數化，才能建構出三維地質模型進而計算封存體積。本研究蒐集的重點為位於封存場址的地質資料，主要來源為中央地質調查所相關研究報告、台灣中油公司的台灣石油地質、研究論文期刊等。

經文獻數化的資料涵蓋層面包括各地層等深線與點、鑽井點位資料、地表斷層線、地表褶皺線、油氣構造地下範圍、地表剖面線、測線、剖面圖、等物理量分佈線等等，若圖層具有高程深度的資訊(Z 軸方向有數值)，則以特定欄位屬性加以定義。數化後之圖資均以 TWD97 坐標系統表示，並以 shape file 格式儲存。

要評估封存體積，必須先定義封存量的計算方式，再透過計算式所需地層參數選用適宜性，確認估算結果的參考性與可信度。二氧化碳封存量估算方法依不同的尺度與考量(如區域性評估、盆地範圍考量與個別場址考量等)而有不同的算法，本研究參考國內外學者之研究後，提出建議算式如下所示：

$$\text{封存量} = (\text{封存層體積} \times \text{砂岩佔封存層比例} \times \text{砂岩孔隙率} \times \text{二氧化碳狀態密度} \times \text{封存效率})$$

由於封存量的評估式細節並非本文重點，因此僅列上式作參考。有了三維地質數化資料及封存量評估式即可進行封存量之計算，本研究採用 MVS(Mining Visualization System) [5]展示系統來進行三維地質模型體積之計算，可展現

True-3D 之地質模型，此外，搭配地質資料 GIS 系統多元底圖圖資之輔助，可讓決策者更了解封存場址所在位置之交通、地理、地質及地物等狀況，將於下兩節作說明。

三、地質資料 GIS 系統規劃與展示

地質資料 GIS 系統提供本研究成果一個重要的展示平台，讓數化圖資、底圖圖資及藉由此平台連結至三維地質模型圖資得以展現。其系統整體規劃及各式圖資存放架構說明如下：

3.1 系統規劃

本系統採用 Client-Server 分散式架構，於內部區域網路內規劃一台伺服器及工作站。伺服器內為資料伺服器 (DB Server)，主要功能為管理及儲存地質資料庫，採用 MS-SQL 2005 資料庫伺服器平臺及空間資料庫引擎 (ArcSDE)。

工作站(Client 端)則為使用者操作平臺，作為使用者與伺服器間之橋梁(連結 ArcSDE 及 MS-SQL 2005)，裝設有 ESRI ArcGIS 地理資訊系統，整合各式地質資料及圖形，利於二維地質圖層及地形、行政、交通等圖層之套疊，並可查詢封存場址所在之相對地理位置，及周圍的地質概括。並開發客制化的 COM 物件視窗軟體將 ArcGIS 與 MVS 相結合，藉以透過 MVS 展示三維地質模型。此架構的圖資及屬性資料存放於 MS SQL 2005 資料庫或各別資料夾中，並藉由空間資料庫引擎 (ArcSDE) 對工作站提供資料存取服務。其整體平臺架構如圖 1 所示。

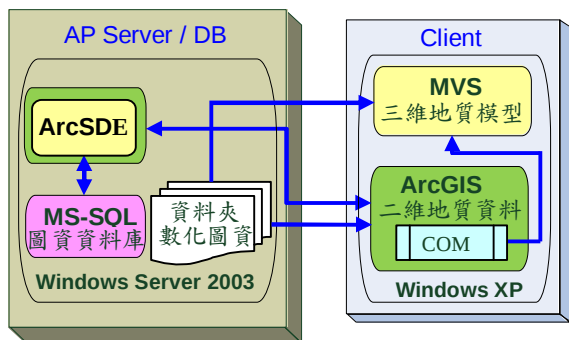


圖 1 系統平台架構圖

3.2 各式圖資存放架構說明

地質資料 GIS 系統內包含了數種不同的地質圖資，依資料類型分為台電圖資、背景圖資、地質圖資、評選場址數化圖資及三維地質圖資等五類，如圖 2 所示。

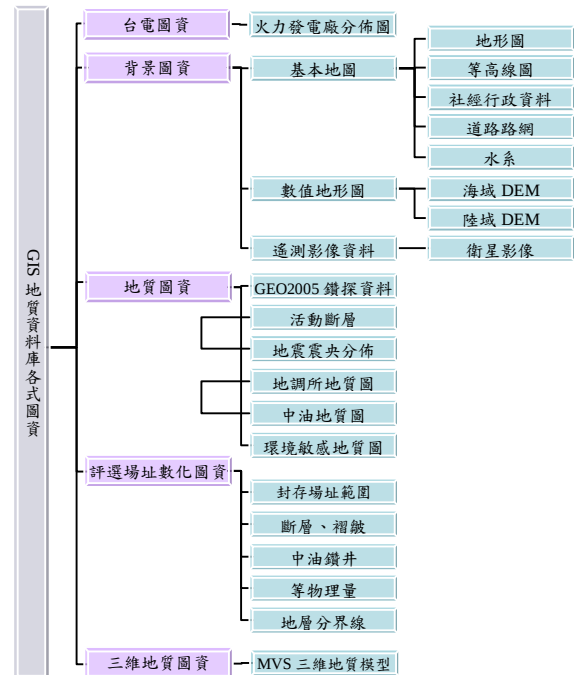


圖 2 GIS 地質資料庫各式圖資

其中背景圖資內的衛星影像、地形圖及海陸域 DEM 因檔案龐大採資料夾方式實體檔案儲存外，其餘圖資皆採 GeoDataBase[3]方式儲存。而對於不會變動的圖資，如地質圖資及背景圖資再透過 ArcSDE 存入 SQL Server 資料庫，經由 ArcSDE 自動產生的影像金字塔，可有效地改善展圖的效能。對於有可能持續變動的資料如評選場址數化圖資則採 Personal GeoDataBase 儲存，不放入 SQL Server 資料庫，方便往後持續進行編修。

而 MVS 展示所需的 3D 格式檔可經由 ArcGIS 選取任意的地質圖層，透過客制化的 COM 物件視窗軟體動態產生。

3.3 系統展示

本系統採用 ArcGIS 作為展示的介面，將各式圖資作妥善的順序安排，讓使用者一目了然，並利用 COM 物件設計了兩個工具，其中一個可以方便使用者讀取 CO2 封存場址資訊以及各圖層之套疊，另

一個則可以讓使用者框選特定範圍而動態產生 3D 地質模型。

進入地質資料 GIS 系統 ArcGIS 介面後，可看到所有的各式圖資名稱以樹狀結構展示於圖層樹狀圖中，並以台電圖資、評選場址數化圖資、地質圖資及背景圖資當成母節點，其下再依據自身所包含的圖資再分子節點，如圖 3 所示。其中台電圖資為火力發電廠分布圖；評選場址圖資之子節點為各個蒐集數化資料的場址範圍、斷層構造線、褶皺構造線、中油鑽井資料、等物理量(如等厚、等孔隙率)及地層分界(如卓蘭層)等的資料；而地質圖資及背景圖資內所包含的圖資則參考圖 2 所示。

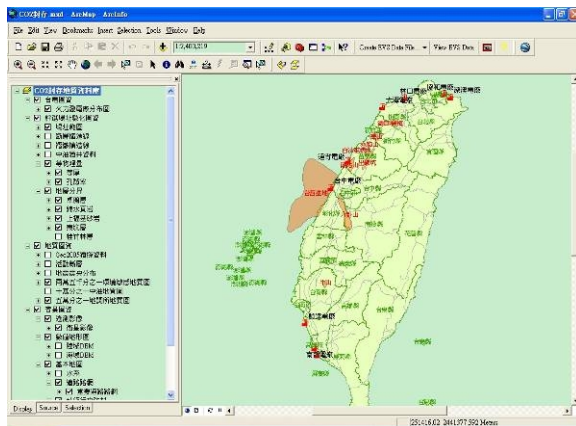


圖 3 GIS地質資料庫展示系統ArcGIS 介面

若想查看某評選場址之基本資料，則按工具列「CO2 封存場址資訊」按鈕後，再用滑鼠點選某特定封存範圍之圖層，即會跳出一視窗，顯示此封存範圍之資訊，包括儲集地質構造名稱、儲集範圍面積、孔隙率、氣體 V 因子、排掃效率、CO2 飽和度、封存體積、潛能、封存層、蓋層及地溫梯度等，如圖 4 所示。若想察看該封存範圍之 3D 地質模型，則按「MVS 3D 地質展示」鈕，即會跳出該封存範圍之 3D 地質模型，將於下節作說明

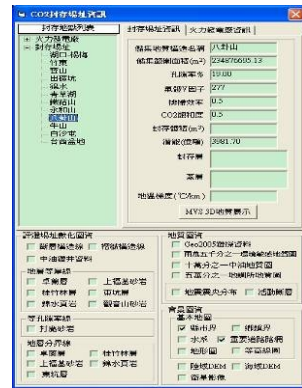


圖 4 CO2 封存場址資訊視窗

除此之外，在此視窗左上方之樹狀圖各列出火力發電廠及封存場址之節點，用滑鼠點選指定的節點後，右邊之資訊即會同步更新，而 ArcGIS 亦會將圖層同步移到點選的位置，並快顯該圖層，如圖 5 所示。

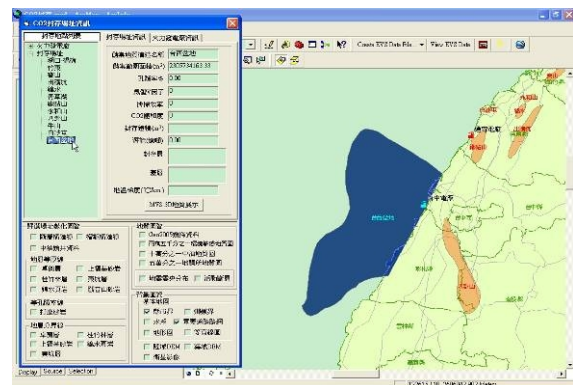


圖 5 CO2 封存場址工具與 ArcGIS 互動

另外，為便於使用者作圖層之套疊，CO2 封存場址工具視窗下半部列出可套疊圖層的核取方塊，可針對想看的圖層作勾選的動作，ArcGIS 即會同步作圖層之套疊，如圖 6 所示

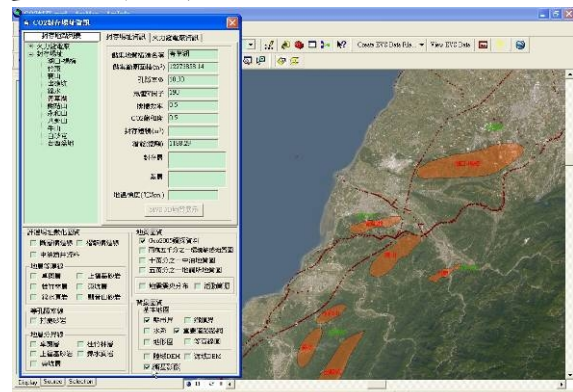


圖 6 CO2 封存場址工具之圖層套疊

本研究另一個工具可以讓使用者框選特定範圍而動態產生 3D 地質模型。使用者先將地層分界線或鑽孔的圖層開啟顯示，接著於工具列按「框選範圍產生 3D 地質模組」鈕，並於 ArcGIS 框選想察看的範圍後，隨即跳出 MVS 展示視窗，顯示此範圍之三維地質模型，如圖 7 所示。

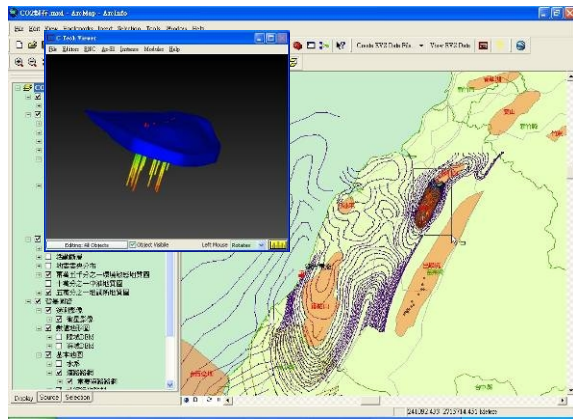


圖 7 框選範圍產生 3D 地質模組工具

四、MVS 三維地質模型成果展示

本研究運用 MVS 軟體作為三維地質模型展示之介面，並將地質資料 GIS 系統與之結合，建立更親善的操作平台。本節將簡介 MVS 軟體的功能、如何建立三維地質模型，以及說明地質資料 GIS 系統如何與 MVS 進行連結互動的機制，最後將三維地質模型予以展示並做加值應用。

4.1 MVS 簡介

MVS(Mining Visualization System)是一套真實三維(true 3D)視覺化分析展示工具，可滿足地質學、地球化學、環境學、探礦工程、海洋學、甚至是考古學等不同領域的需求。本研究使用 MVS 作為三維地質視覺化展示工具及進行三維地質分析。透過 MVS 可達到(1)真三維(True 3D)視覺化分析及顯示；(2)三維斷層圖塊產生；(3)三維地質資料空間克利金(Kriging)統計分析，以計算地層厚度及封存場址的封存量評估之目的，提供正確的資訊輔助場址決策。

MVS 的介面是以物件導向來操作，內含多組模組庫 (module libraries) 和一個應用區 (application area)。應用區主要是

建立模組連結的工具區，各模組可從模組庫中拖拉出來到應用區中，每個模組都有一輸入端和輸出端，在應用區中藉由滑鼠可連結各模組，不同顏色的連接線表示不同的資料格式在各模組之間傳輸的情形，如圖 8 所示。

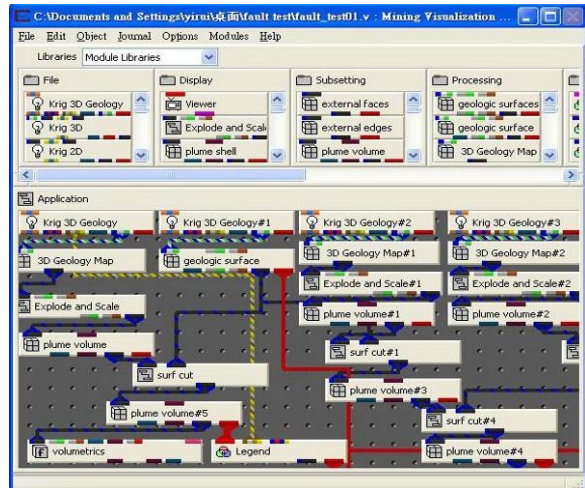


圖 8 MVS 操作介面

本研究運用 MVS 針對地質資料有二種輸入格式，分別為 gmf 及 pgf 檔。gmf 檔為地層面之點集合，每一點均包含 X, Y, Z 資料，可建構三維地層面；pgf 檔也是點集合的檔案格式，但每一個點多包含地層材料屬性，可呈現鑽井中不同深度的地層分布情形。各式資料格式可對應其不同的地質條件狀況加以整合應用。將數化的地質資料輸出成以上二種格式後再於 MVS 作適當的參數設定即能展示三維地質模型。

4.2 地質資料 GIS 系統與 MVS 之連結

如前所述，本研究使用 Visual Basic 程式語言開發 COM 物件工具並附掛於 ArcGIS 平台，藉由此工具，使用者僅需在 ArcGIS 平台框選範圍，本物件即會讀取範圍內之地質構造圖層並產生 MVS 所需的 gmf 及 pgf 檔，並自動呼叫 MVS 將此檔案讀入後動態產生三維地質模型來展示；或直接使用 COM 物件另一工具呼叫 MVS 讀取已事先輸出的封存範圍 gmf 及 pgf 檔，亦可產生三維地質模型，如此即輕易地將 MVS 與 ArcGIS 作結合。

4.3 三維地質模型成果展現與應用

本研究利用 MVS 將封存構造予以三維視覺展現，並提供更精確的儲集地層體積以輔助封存量之估算。本研究探討的封存構造以台電既有之二氧化碳大排放量火力電廠之輸送距離為考量項目之一，另考慮各封存構造既有地質資料豐富程度不一，故針對陸域及海域封存構造之資料豐富程度足以提供 MVS 進行空間分析之錦水、出磺坑、八卦山、台西盆地等構造進行三維地質模型之建構[6]，並利用 MVS 計算各儲集地層之封存體積，各構造之三維地質展現如圖 9~圖 12 所示。

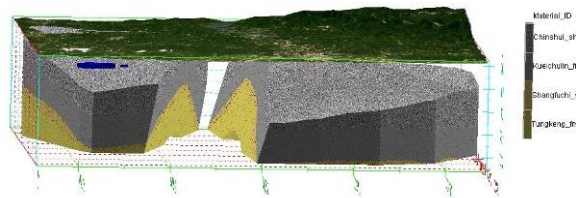


圖 9 錦水候選封存場址三維地質模型

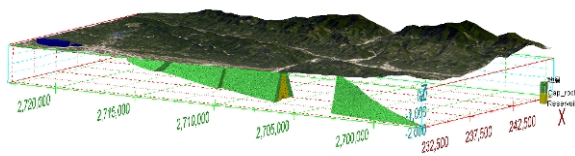


圖 10 出磺坑候選封存場址三維地質模型

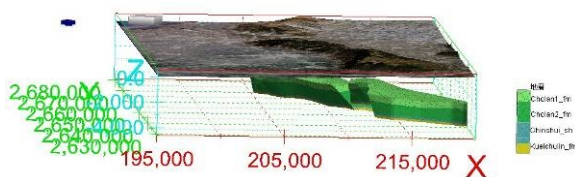


圖 11 八卦山候選封存場址三維地質模型

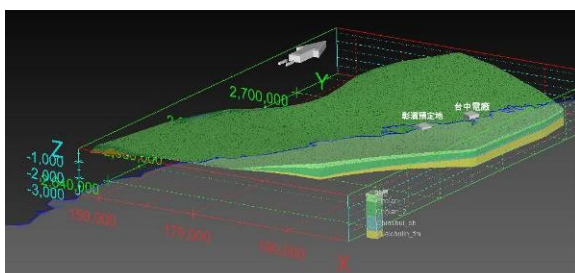


圖 12 台西盆地候選封存場址三維地質模型

五、結論

本研究對於二氧化碳封存場址資料庫的建置已規劃出一套可行且親善的 GIS 展示系統，除可讓決策者綜觀整體的封存場址所在位置之交通、地理、地質及地物等狀況，亦可針對各別的封存場址進行資料查詢及三維地質模型的展示，對於封存場址的評選提供一個有力的輔助平台。藉由 COM 物件將 ArcGIS 與 MVS 相結合，使得二維跨三維平台之展示得以實現。

MVS 是一套功能強大的三維展示工具，可展示 True-3D 的地質模型，未來可運用其來發展經由鑽孔資料而自動產生三維地質分層模組，如此對於工程案將是一極為有利的運用。

參考文獻

1. 聯合國氣候變化綱要公約網
<http://unfccc.int/2860.php>
2. 宣大衡，范振暉(2005)，中油溫室氣體盤查經驗與我國 CO₂ 地下封存技術簡介，2005 溫室氣體減量與管理實務國際講習會簡報資料。
3. 林祥偉、孫志鴻、許巖璨(2002)，「ArcView 8.X 進階篇」，崧旭資訊股份有限公司。
4. ESRI 程式資源網站
<http://arcscripts.esri.com/>
5. MVS 官方網站，
<http://www.ctech.com/index.php>
6. 邵國士、陳晟、李易叡、洪世勳、陳建宏、鄭錦桐、俞旗文、侯秉承、焦中輝、黃連通(2009)，「以台灣麓山帶油氣構造作為二氧化碳地質封存場之可行性探討-以錦水油氣構造為例」，中國地球物理學會與中華民國地質學會 98 年年會暨學術研討會。

九十八年電子計算機於土木水利工程應用研討會