

# 明新科技大學 校內專題研究計畫成果報告

以地理資訊系統整合建置地層下陷資料庫與資料趨勢面分析  
Apply GIS on Database Integration for the Land Subsidence and Data  
Trend Analysis

計畫類別：任務型計畫 整合型計畫 個人計畫

計畫編號：MUST-97 土木-03

執行期間：97 年 3 月 1 日至 97 年 9 月 30 日

計畫主持人：張崑宗 助理教授

共同主持人：陳國華 助理教授

計畫參與人員：許宏安、林詩倫

處理方式：公開於校網頁

執行單位：工學院 土木系

中 華 民 國 97 年 10 月 30 日

## 摘要

台灣西南部平原以及沿海地區地層大多屬於河流或洪流沖積土砂所構成的沖積平原，由於其土層構造較為鬆軟，故因土層堆積所造成土砂顆粒間隙壓密，而形成的緩慢地層下陷自然現象，實無法避免。然而，近年來由於該地區土地的過度開發與利用，使得區域內地層下陷的幅度與速度產生加快之現象。亦因過去幾年來，國家各項重大型之工程建設，如高速鐵路、東西向快速道路、都會區捷運系統，以及精密科學工業園區等重大公共工程陸續進行、建置與營運。因此，區域內地層下陷對重大工程之影響及危害評估，已為課不容緩、亟待解決的迫切課題。

本研究主要目的是以地理資訊系統為一資料整合平台，收集建置歷年的水準、GPS、氣象以及水文、地震、地質、土壤等監測資料；且運用GIS中空間分析或地理統計功能，獲取區域內地層下陷與各影響因子之趨勢面，及各訊號之間的相關性，提供後續各項研究以及分析的基礎。

本研究的貢獻在於，將歷年水準、GPS 測量資料，與相關影響因素的統計成果有效整合，透過地理資訊系統強大3D空間分析及展示功能，有助於發現並瞭解台灣西南部平原地區地層下陷的時序性變化情形。而本研究所建置的地層下陷資料庫，在實務上，將有助於災前之預防以及災害重建的參考依據，解決災害事件所造成的問題。

關鍵詞：地層下陷監測資料、地理資訊系統、地理統計

# 目錄

第一章 前言.....	1
1.1 研究動機.....	1
1.2 研究目的.....	4
1.3 研究流程.....	4
1.4 論文章節概述.....	5
第二章 文獻回顧.....	7
2.1 地層下陷觀測方法.....	7
2.2 地層下陷預防方法.....	8
2.3 地層下陷資料分析方法.....	8
2.4 地層下陷資料預測方法.....	10
第三章 研究區地理環境及資料庫規劃方法.....	13
3.1 研究區地理環境.....	13
3.1.1 地形.....	13
3.1.2 地質.....	15
3.1.3 土壤.....	16
3.1.4 氣候.....	19
3.1.5 水文.....	19
3.1.6 生態環境.....	20
3.2 資料庫規劃方法.....	21
3.2.1 GIS 簡介.....	21
3.2.2 資料庫規劃設計方法.....	22
第四章 研究成果與測試.....	26

4.1 資料庫架構.....	26
4.2 軟體介紹.....	36
4.3 資料庫屬性資料查詢應用.....	37
第五章 結論與建議.....	47
5-1 結論.....	47
5-2 建議.....	47
參考文獻.....	48

# 圖目錄

圖 1.資料庫建置流程.....	5
圖 2.彰化縣地形高程圖(資料來源：彰化縣綜合發展計畫).....	14
圖 3.彰化縣地質圖(資料來源：經濟部中央地質調查所).....	15
圖 4.彰化縣土壤圖(資料來源：彰化縣綜合發展計畫).....	18
圖 5.彰化縣水系圖(資料來源：彰化縣綜合發展計畫).....	20
圖 6.水準儀施測示意圖.....	27
圖 7.鋼索式監測井示意圖.....	28
圖 8.磁感應環分層式監測井示意圖.....	29
圖 9.分層式監測井資料分析示意圖.....	29
圖 10.水準觀測點位.....	31
圖 11.行政區界線.....	32
圖 12.河流圖.....	35
圖 13.Identify 工具選取圖徵資料點展示圖.....	38
圖 14.Identify 工具選取圖徵相對應之屬性資料表展示圖.....	39
圖 15.Select Feature 工具選取圖徵資料點展示圖.....	40
圖 16.Select Feature 工具選取圖徵相對應之屬性資料表展示圖.....	40
圖 17.ArcView 9x 之圖形資料與屬性資料表展示圖.....	41
圖 18.以 Find 對話框進行資料查詢之展示圖.....	42
圖 19.微分區網格之放大圖.....	42
圖 20.設定參考點為查詢目標之展示圖.....	43
圖 21.設定距參考點一定範圍內之水準點位為查詢目標之展示圖.....	44
圖 22.找出距參考點一定範圍內水準點位查詢結果展示圖.....	44

圖 23.設定參考河流為查詢目標之展示圖.....	45
圖 24.找出距參考河流一定範圍內鄉鎮查詢結果展示圖.....	46

## 表目錄

表 1.彰化縣斷層分佈表(資料來源：經濟部中央地質調查所).....	15
表 2.彰化縣土壤分布、面積、特性一覽表.....	17
表 3.個人與多用戶之空間資料庫比較表[ESRI 中國(北京)有限公司, 2005].....	23
表 4.地層下陷資料表.....	30
表 5.人文.....	32
表 6.地文.....	33
表 7.水文.....	33
表 8.資料取得來源.....	35

# 第一章 前言

## 1.1 研究動機

所謂「地層下陷」，通常指的是土地表層因失去支撐，而發生的垂直沉陷位移運動(USGS,1993)，地層下陷是目前台灣面臨的一項重大土地利用危機，其不僅在沿海地區帶來海堤崩塌、海水倒灌、浸淹洪澇與土壤鹽化等人民生命財產重大災害，近年來，更由於國家重大工程建設，如高速鐵路、東西向快速道路、都會區捷運系統，以及精密科學工業園區等陸續進行、建置與營運，使得地層下陷區域內的影響及危害評估(郭適彰，1998；鄭彩敏，2005)，已為現階段亟待解決之迫切課題(國立成功大學水工試驗所，2003；經濟部水利署，2004)。

地層下陷的成因，一般可劃分為自然與人為因素兩種，在自然因素方面，包括地盤與地殼本身的變動、外力引起的土壤沉陷，以及地層溶蝕、抽砂現象等。而人為因素則主要有深基礎的開挖(楊秀隆，2004)、地下水抽取造成地下水位降低…等(張正岳，1991；劉志純，1995；羅文俊，1996；鄭昌奇、柳志錫，1998；耿承孝，2000；台灣經濟研究院，2001)。基本上，台灣地層下陷乃是一條由南到北的軌跡(台灣經濟研究院，2001)，依據經濟部水利署水資源局以「地層下陷累積總量」、「近年地層下陷年平均速率」與「暴潮溢淹區」等因素得到的統計，發現其公告的台灣「嚴重地層下陷區」均集中在彰化、雲林、嘉義、台南及高屏等西南部沿海城鎮，其累計的最大下陷量在 1.2 公尺到 3.2 公尺之間，而下陷面積合計亦高達近 2,000 平方公里，遠較世界其他國家的下陷程度要嚴重許多(中央地質調查所，1999；台灣經濟研究院，2001；財團法人工業技術研究院，2004a)。

經濟部水利署自民國 90 年起委託工研院能資所辦理台灣地區地

層下陷之監測、調查及分析計畫(財團法人工業技術研究院, 2004a), 得知地層下陷出現了結構性的變化, 下陷中心有向內陸延伸之趨勢, 其沉陷原因主要以農漁業超量抽取地下水有關, 且抽水深度已向深層土壤延伸, 亦已引發深層之下陷, 由檢測結果得知, 彰化地區的最大年平均下陷速率約為 14.2 cm/yr, 而雲林地區(楊高明, 1992; 解富明, 2000), 由歷史資料顯示, 民國 81 ~ 83 年間, 年下陷速率高達 15 cm/yr, 83 ~ 85 年間有漸緩之趨勢, 但 85 年後, 內陸地區的下陷速率截然超越了沿海地區, 並擴大了沉陷範圍, 91 年已達年平均下陷速率為 9.5 cm/yr, 92 年最大值增至 12.2 cm/yr, 然根據最新的檢測成果發現, 到 93 年, 最大的平均年下陷速率減緩至 10.6 cm/yr, 而下陷面積有縮小的趨勢(財團法人工業技術研究院, 2004a)。由王天南(2006)的研究顯示, 台灣高速鐵路雲林土庫段的地層下陷年平均下陷速率約為 6.0 cm/yr, 而地下水位下降的年平均下降速率約有 25 cm/yr, 其研究結論極力呈現出, 政府相關單位針對即將於 2007 年通車的台灣高速鐵路, 其行經嚴重地層下陷區域之路段, 必須採取非常必要的行車安全與減輕地層下陷災害損失之因應措施, 以保障人民的生命財產與公共工程安全的良性品質(廖國棟, 2003)。

一般而言, 監測地層下陷量主要有兩種方法: (1) 地表監測法: 利用水準測量、GPS 衛星定位測量、遙測 InSAR 干涉量測技術、衛星遙測影像及空載 LiDAR 影像...等方式(余水倍, 1994; 陳國華, 1997; 蔡明達, 1998; 侯進雄等, 1998; 郭隆晨, 2001; 曾清涼等, 2001; 洪偉嘉, 2003; 曾清涼等, 2003; 陳國華, 2004), 獲取高精度、大幅面積、高密度的歷年地面高程觀測資料, 以分析地層下陷時序性或驟變之變化; (2) 地下監測法: 於觀測點鑿井, 並安置地層下陷監測儀觀測記錄之, 其下陷量的監測通常亦分為地層壓縮總量測

定與地下分層壓縮測定等(陳昶華, 1998; 財團法人工業技術研究院, 2004b), 而為細部瞭解地層下陷的行為, 大多以設立分層觀測系統行之。

綜而言之, 若欲完整明瞭地層下陷之時序性變化及其成因, 應結合地表監測法與地下監測法, 互相彌補彼此之不足, 而達於精確分析地層下陷成因的目的。然而, 無論是地表監測法亦或地下監測法, 所需費用均不貲, 加以地下監測法之設備與觀測井的維護亦不易(財團法人工業技術研究院, 2004b), 故在實際應用上, 很難實踐在地層下陷區佈設高密度的地面監測點(如水準點, GPS 衛星定位測量點)與地下監測井, 進行經年性的監測與分析。但是, 值得慶幸的是, 台灣地區很早即意識到地層下陷影響的嚴重性, 歷年來(陳翰霖, 1998), 政府及各相關研究單位, 如經濟部水利署、中央地質調查所、聯勤測量署、工業技術研究院-能源與資源研究所、中央研究院、地層下陷防治團、內政部地政司、土地測量局、成功大學水工試驗所、港研所、水資局、台灣高鐵局、下陷區內各農漁會、水利會以及各學校研究單位/團體...等, 分別陸續以地表或地下監測等方式, 完成了地層下陷區域內的歷年監測資料, 提供各項研究與各種工程應用之分析及參考憑據。

有關地層下陷量的預測方法, 實已有不少研究方式與理論提出(張坤城, 1986; 盧瑞興, 1994; 留英龍, 2000; 許乃文, 2000; 柯亭帆, 2002; 陳建銘, 2004), 其大致可分為:(1)時間序列推估法: 直接將各時間點的沉陷量依時間順序排列(陳奕弦, 1996), 對於未來可能發生的下陷量, 以外插的方式推估而得, 然而, 由於此方法未能完整考量到其他可能因素之影響, 如季節變化、地震、降雨量、地下水位及其含量、土壤壓密度與特性(陳鴻泉, 1996; 陳志芳, 2005)等

有關土壤行為與地層變化因素等影響，使得其預測結果較缺乏準確性；(2)結合各項可能影響地層下陷之因素與其理論模型，並將整合、計算分析後的地表監測資料，視為有效的訊號，以嚴謹之方式建構地層下陷量推估預測模式(左正民，1996；顏鈺靜，1997；林芬寧，1997；周文勇，2000；蔡東霖，2001；林聖璋，2002；吳善薇，2004；江孟樵，2004；丁崇峰，2005)。

上述相關研究發展中指出，要從事地層下陷推估與資料分析工作之前，首要需將多重資料來源，如水準測量成果、監測井地層下陷量、地震、降雨量、地下水位及其含量、土壤壓密度與特性等資料整合起來，這也是本計畫主要研究目標。

## 1.2 研究目的

本研究主要目的，可歸納有四：(1)以地理資訊系統做為一資料整合平台，將歷年台灣西南部平原地區的地表監測資料(水準及 GPS 觀測資料)，依資料處理的作業準則(內政部，2001)予以重新整理並分析計算後成果納入此平台，以獲得該區域內，完整且精確的地表監測量化成果；(2)綜整歷年各界所得的地下監測資料與氣象(含地震)、降雨量、地下水位等水文、地質及土壤等地層下陷影響因子資訊，匯入此整合平台；(3)運用 GIS 中空間分析或地理統計功能，獲取區域內地層下陷與各影響因子之趨勢面，及其間關聯程度，提供後續各項研究以及分析的基礎；(4)利用 EDA 加強資料庫之準確性完整性。

## 1.3 研究流程

本研究搜集歷年有關地層下陷資料庫，將常用到的與地層下陷有關之因子歸納並予以分類，流程如圖 1。

本研究以彰化縣作為研究對象，共蒐集了河流、雨量站、行政區

界、水準觀測量、地質圖...等

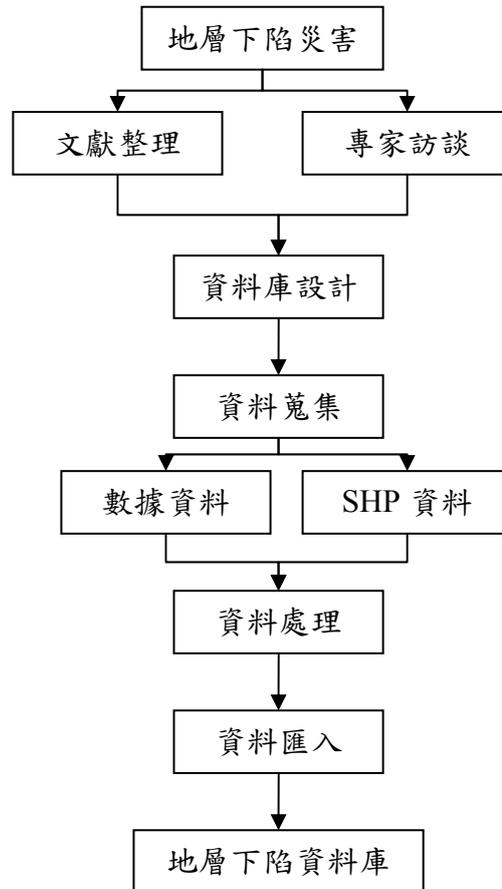


圖1. 資料庫建置流程

## 1.4 論文章節概述

本研究主要是利用 ArcGIS9.X 軟體建立一套完整的地層下陷資料庫，資料庫的設計是依據歷年來的文獻整理及專家訪談，進而規劃出一個系統性的地層下陷資料庫，主要內容有下面五個部份：

第一章 前言-敘述研究動機與目的

第二章 文獻回顧-將歷年來與地層下陷相關之文章，列出並加以簡述。

第三章 研究區地理環境及資料庫規劃方法-介紹研究地區的地理環境，以及資料庫的規劃。

第四章 研究成果與測試-展示建置好之資料庫成果，並測試查詢的功能及資料庫的內容。

第五章 結論與建議-總關本研究之可行性，以及未來可改進之空間與建議。

## 第二章 文獻回顧

### 2.1 地層下陷觀測方法

洪偉嘉(2002)指出 GPS 不僅具備測量快速且利用 GPS 固定站監測地層下陷更可獲得主要下陷區的日變化量、週變化量及月變化量，因此在台灣地區利用 GPS 監測地層下陷為確實可行的方法。

在過去進行地層下陷之監測工作時，大多採用直接水準測量之方法進行，其過程費時費力。GPS 定位系統經過二十多年的發展，其技術日臻成熟，並已成為當前最具便利性、精密性與實用性之衛星定位測量技術。對於地層下陷的監測工作也已廣泛採用（蔡明達，1998）。

彭森祥等（2001）施測範圍 800 平方公里，水準高程的測量精度達 1 cm 以內；由同一時期兩個完全重複觀測的 GPS 網比較，內部精度高程達 15 mm、平面精度達 5 mm、基線精度達 1.6 mm。由兩個時期 GPS 網所得到之下陷量與兩個時期水準所獲得之下陷量驗證精度，由 8 個驗證數據顯示，GPS 與水準作業最大差值 11 mm，平均 4 mm。

郭隆晨（2001）的研究中，台灣 GPS 連續觀測站高程的精度依年份分析的結果，顯示出精度有逐年提高的趨勢，這與 GPS 衛星分布、固定站數增多及國際參考框架趨於完整與穩定有關。以在台灣基線長平均為 200 公里估算，1995-2000 年的水平方向平均精度約為 $\pm 2.5\sim 5.7$  mm，高程方向平均精度約為 7~15 mm；而 2000 年的每週解算精度水平方向更可達約 $\pm 2$  mm，高程向約 7~9 mm。

## 2.2 地層下陷預防方法

賴再壽(2001)以 GMS MODFLOW 模擬地下水位變化,探討將沿海地下水管制區所需水量,移轉由上游非管制區抽水供應,非但對上游地區地下水位影響不大,且可緩和沿海地區地層下陷威脅。

## 2.3 地層下陷資料分析方法

曹以松等(1982)利用葛爾金有限元素法模擬雲林地區地下水流狀況,探討不同區域抽水量與水位洩降的關係。

張坤城(1987)利用有限元素法再配合優選法,反向推求雲林地區地下水抽水量,此研究結果可用於抽水量無法得知的情形下。

李清水(1994)藉由自由含水層對深、淺層間補注的關係,以二維及三維地下水數學模式並用的方法,模擬民國 80 年濁水溪平原之地下水抽水量,經由模擰結果得知深層地下水年抽水量占總水量 56.26%。

林崇亮(2001)利用 VISUAL MODFLOW 程式模擬地下水文後,再以非穩態數值模擬法配合決定性法估算濁水溪沖積扇地下水總蘊藏量為 252.7 億噸,不確定性估算地下水證實蘊藏量為 694.4 億噸至 800 億噸。

Chia et al.(2001)藉由分析 1999 年集集地震地下水位變化之時間與空間關係,並探討地下水位變動量與距地震斷層之距離有關。

Wang et al.(2001)推導地震時簡化的地下水變化解析模式並

與實際水位變化情形作一比較與探討，另對於車籠埔斷層以西之濁水溪沖積扇應位於伸張區，為何出現普遍之水位上升現象亦作一探討。

林允斌等人(2001)基於 1999 年集集地震時不排水之假設，推導出拘陷含水層的地下水位變化和孔隙率、儲水係數及地震延時之間的數學關係。

Ma et al.(2001)以波形逆推理論得到平均破裂速度約 2.5 公里/秒、震央之錯動量約 3 公尺、最大錯動量在震央 40~50 公里其最大錯動量約 10 公尺。

杜富麗和歐陽湘(1995)利用 COMPAC 模式模擬預測雲林地區地層下陷，可能由於輸入參數部份再壓縮係數有誤，導致部份模擬結果回彈量過高有違常理。

蘇苗彬等(1997)利用 Terzaghi 壓密理論，將土層以黏土層當量觀念分層分析，但用試誤法求得參數。

含水層主要由砂性土壤組成，又常被稱為砂土層，因其排水性高，地下水下降所造成之壓縮屬於即時沉陷，且壓縮完成很快，在長久自然沉積之過程中，容易達到密實的狀態，因此其壓縮量對於地層下陷之影響性較不受重視，在既有之相關評估模式中，均將其視為不可壓縮或以彈性變形加以描述。

Shearer(1997)、Hu et al.(2001)、Zhou et al.(2003)在他們研究地層下限模式中則假設砂土層為彈性變形行為。

林美聆(1995)研究台北盆地之地層下陷時，針對砂土層進行單向度壓密試驗，確認砂土層之壓縮對台北盆地之地層下陷有

相當程度之貢獻，不宜忽略。

許澤善(1997)亦指出濁水溪沖積扇之砂土層具板狀且成飛絮結構，其性質類似黏土層，因此有很大的壓縮性。

黃安斌(2001)以雲林麥寮之粉土細砂進行壓縮性試驗，亦發現在細粒料含量 15%之情況下，相對於石英砂而言有相當高的壓縮性，在單向度壓密的情況下其壓縮指數與低塑性黏土類似，顯示含水層中之砂土層具有不可忽略之壓縮性。

柳志錫(2004)蒐集濁水溪沖積扇沿海地區含水層二之現場壓縮實測數據，並簡單歸納出砂土層壓縮模型。其認為砂土層之變形模式是在地下水位下降過程中，地層呈彈塑性變形，且存在一個水位門檻值，當水位下降超過該門檻值後便進入塑性變形階段，解壓後即留下永久變形量。

## 2.4 地層下陷資料預測方法

杜富麗、歐陽湘(1995)以套裝之 COMPOC 模式建立地陷模式，本模式最主要的特點在於它是根據以往現場地下水與地層下陷監測資料，藉由反推以得到合適之地層力學相關參數，作為輸入資料檔以預測未來的沉陷量。再進行預測時，在結合地下水模式，先預測未來地下水位，再據此預測地層下陷行為，其利用雲林縣口湖地區的地層下陷監測資料進行模擬，大致可掌握沉陷趨勢，並得到不錯的結果。

張裕民、陳春盛(1997)以卡曼濾波法來預測地層下陷的狀況 (Ground Subsidence Prediction By Kalman Filtering)，此為動態分析的方法，把地層的變位是為高程、速度、加速度的時間函數，可由前一時間地點的地面高程分析預測下一時間的地面高

程。

徐享崑等(1997)建立沖積扇地層下陷之預測方法(A Method For The Prediction Of Settlement In The Alluvial Fan) ，其以改良的單向度壓密公式來建立一套適合沖積扇之地層下陷預測模式。

周孟科(1999)利用灰色系統理論中的 GM(1,1)模式來建立地層下陷預測模式，將整個地層下陷的過程視為一個灰過程，藉著灰色建模的技巧，尋找出已知數據的發展趨勢，進一步推求未知的數據，達到預測的目的。

預測技術在各領域皆扮演相當重要的角色，而精確的預測成果可以提供決策者更多的資訊（王成財等，2002）。在高程方面，王德盛（1997）以卡門濾波法（Kalman Filter）用於水準點位垂直變動情形之預測。

洪明瑞等(1997)認為地層中土壤分佈複雜，且黏土並非為主要壓縮層，遂以歷時為參數，用雙曲線法預測下陷量。

劉志純等(1997)以 MODFLOW 模擬水流，以 USGS 發展出之 INTERBED 模擬地層下陷量。

劉等對砂土層下陷量採線性彈性計算，認為此模式適合用在如雲林地區黏土層不連續之狀況。

徐享崑等(1997)依據改良之 Terzaghi 單向度壓密公式，發展多層土壤壓密沈陷程式。其模擬預測結果與觀測值比對沈陷量的急速增大與回彈反映模式可能有誤。

賈儀平和陳鴻泉(1997)利用 ABAQUS 程式分析台西地層下

陷，土壤部份利用 Biot 三維壓密理論，利用試誤法調整模型致滿意後，進行預測。

紀雲曜(1997)研究高雄永安地區之地層下陷即假設砂土層為不可壓縮。

## 第三章 研究區地理環境及資料庫規劃方法

### 3.1 研究區地理環境

#### 3.1.1 地形

彰化縣為近年來地層下陷最深之地區，因此以彰化縣做為研究對象。彰化縣土地以平地面積最大，為彰化平原區，共約 94,240 公頃，佔 87.71%。其次為山坡地區，凡標高 100 公尺至 1,000 公尺下或未滿 100 公尺，而坡度在 5% 以上之丘陵地及淺山區域傾斜地區均屬之，面積為 10,020 公頃，佔 9.33%，主要分布於彰化縣東側之八卦山脈地區。另外高山林區面積為 3,180 公頃，佔全縣面積 2.96%，主要分布於東部之社頭、田中、二水、員林、花壇及彰化等鄉鎮市，地勢陡峻，極少緩坡地，不適用於農牧生產，為保安林地。

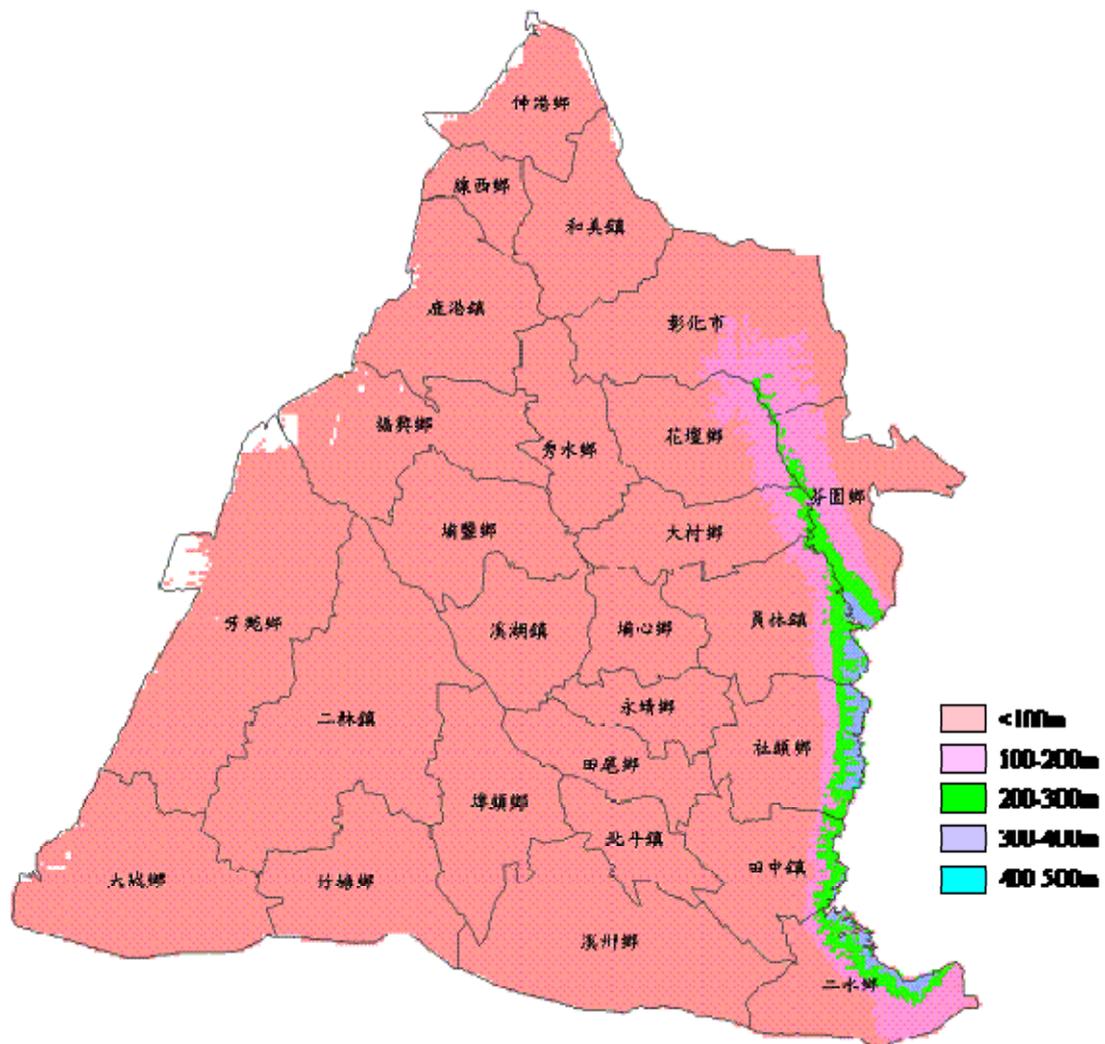


圖2. 彰化縣地形高程圖(資料來源：彰化縣綜合發展計畫)

### 3.1.2 地質

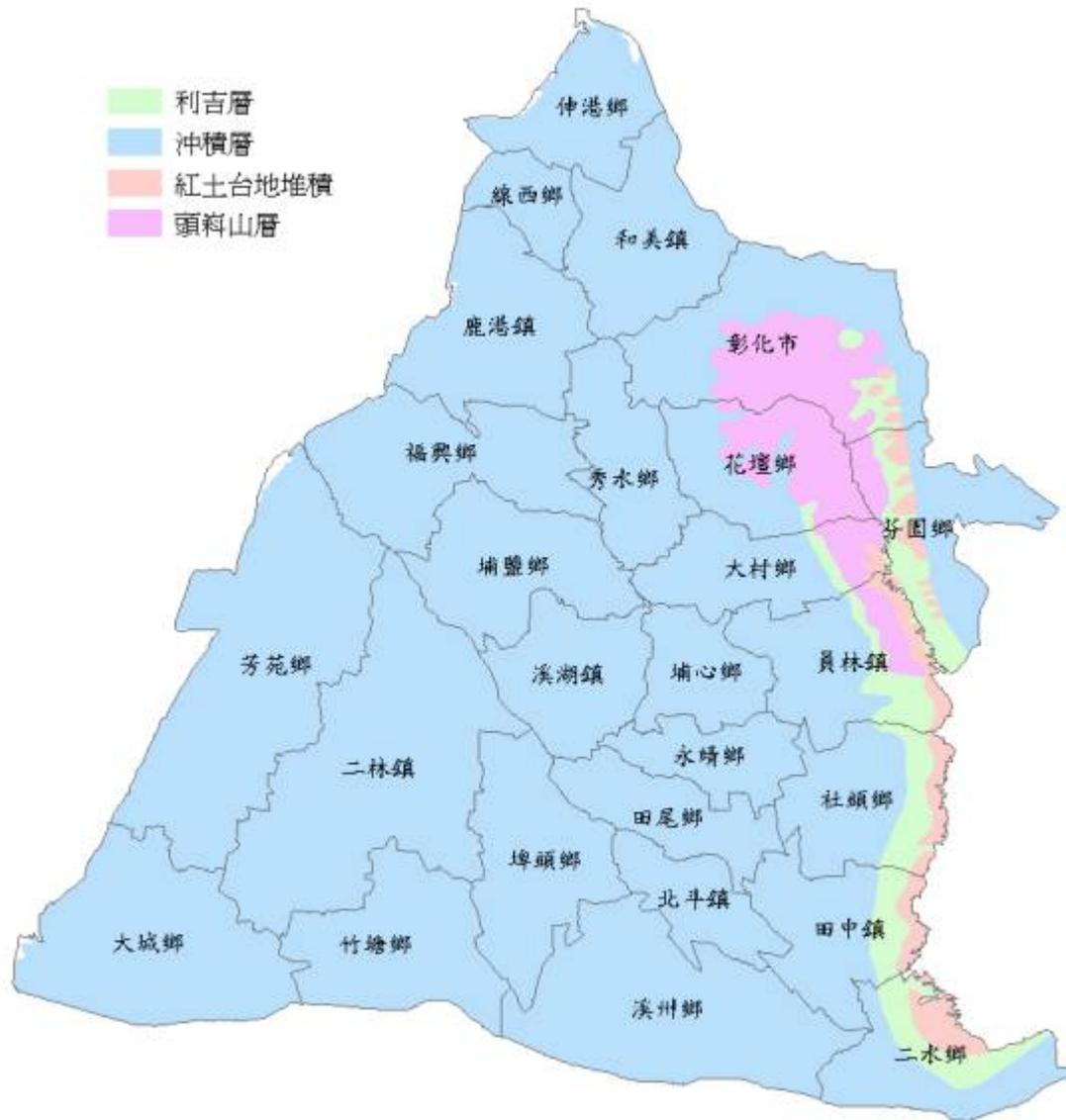


圖3. 彰化縣地質圖(資料來源：經濟部中央地質調查所)

表1. 彰化縣斷層分佈表(資料來源：經濟部中央地質調查所)

斷層名稱	長度 (公里)	分布範圍	斷層地形
彰化斷層	5.8	彰化至花壇東方橋子頭，南北走向	斷層崖 斷層小崖

表1. 彰化縣斷層分佈表(資料來源：經濟部中央地質調查所)

員林斷層	8.2	三家村至員林東方百果山西北走向	三角切面 地層 頃斜
田中斷層	10.8	由百果山東南方的出水至田中東方的東源里，走向北北東	三角切面 地層 頃斜
赤水斷層	3.4	平行於田中斷層東方約 500 公尺處，由枕頭坪向南延伸至赤水西方，屬田中斷層之副斷層	斷側丘 斷側窪 斷層露頭 地層 急斜 直線谷
豆周寮西斷層	0.8	豆周寮西方，走向北北西	反斜斷層小崖 小地塹 背斜
豆周寮東斷層	0.8		斷層小崖 小地 塹 背斜
豆周寮西線層	0.4	在豆周寮東、西斷層之間，與其平行	反斜小崖
豆周寮東斷層			

### 3.1.3 土壤

彰化平原即為一隆起海岸平原，濁水溪、大肚溪、八卦台地之新沖積物再蓋於其上而形成的。彰化平原又屬現代沖積層，係由濁水溪及大肚溪帶來河層沖積物，在沖積扇堆積，其質地以近上游，且距河道越近者，其粒子越粗。

因此，以濁水溪老河床地及大肚溪南岸附近質地較粗，多為砂質壤土。新舊濁水溪河道間之沖積平原為玢質壤土和壤土之混合，舊濁水溪以北則為玢質壤土與玢土之混合。而八卦山台地地形中較平緩安定之處多有紅棕色紅壤、黃紅色紅壤分布。在地形比較凸起的地區多為紅棕色紅壤，位置較低者為黃紅色紅壤。

表2. 彰化縣土壤分布、面積、特性一覽表

土壤	面積 (公頃)	主要分布鄉鎮	特性
砂頁岩及粘板岩混合沖積土	10,300	彰化、和美、線西、伸港、芬園	底土質地適中，但排水情形不完全。土壤反應微酸至中性，透水性適中，灌溉流失量少。適宜種植水稻，早期適宜於裡作旱作物。
粘板岩新沖積土	15,241	溪湖、埤頭、大村、竹塘、田中、二水、二林	多屬粗地質，排水過剩至不完全。土壤反應為微鹼至中鹼，生產力頗低。
粘板岩老沖積土	51,961	永靖、二林、鹿港、員林、秀水、大城、福興、芳苑、花壇、社頭、北斗、埔心	底土為中至細質土，排水情形不完全。土壤反應為中鹼至微鹼性。適宜種植水稻。
砂頁岩新沖積土	227	彰化、花壇等鄉鎮山坡地範圍	分布於八卦山脈間谷底野溪兩旁，土壤質地相差很大。多利用為稻田及果園。
石質土	46	花壇之山坡地範圍	有機質含量高，養份含量多。分布於地勢陡峻地位，土壤不易安定。作農用時，水土保持為一大問題。
崩積土	2,131	彰化、花壇、員林等鄉鎮山坡地範圍	淋溶作用強，土壤反應值偏酸，屬較貧瘠之土壤。本類土壤利用時，水土保持應列為首要工作，否則土壤及養分易於流失殆盡。
紅壤	8,865	彰化、花壇、員林、芬園、	本類土壤因形成年代較老，淋溶劇烈，土壤粘性強。土壤反

表2. 彰化縣土壤分布、面積、特性一覽表

		社頭、二水、田中等鄉鎮 山坡地範圍	應偏酸，鹽基性物質剩餘不多，為貧瘠之土壤。
黃壤	897	彰化、花壇、社頭等鄉鎮 山坡地範圍	土壤反應偏酸
複合土壤	418	二林、員林、溪州、福興	依種類不同特性各異

資料來源：原台灣省農林廳，彰化縣農地利用綜合規劃報告，民國八十年五月

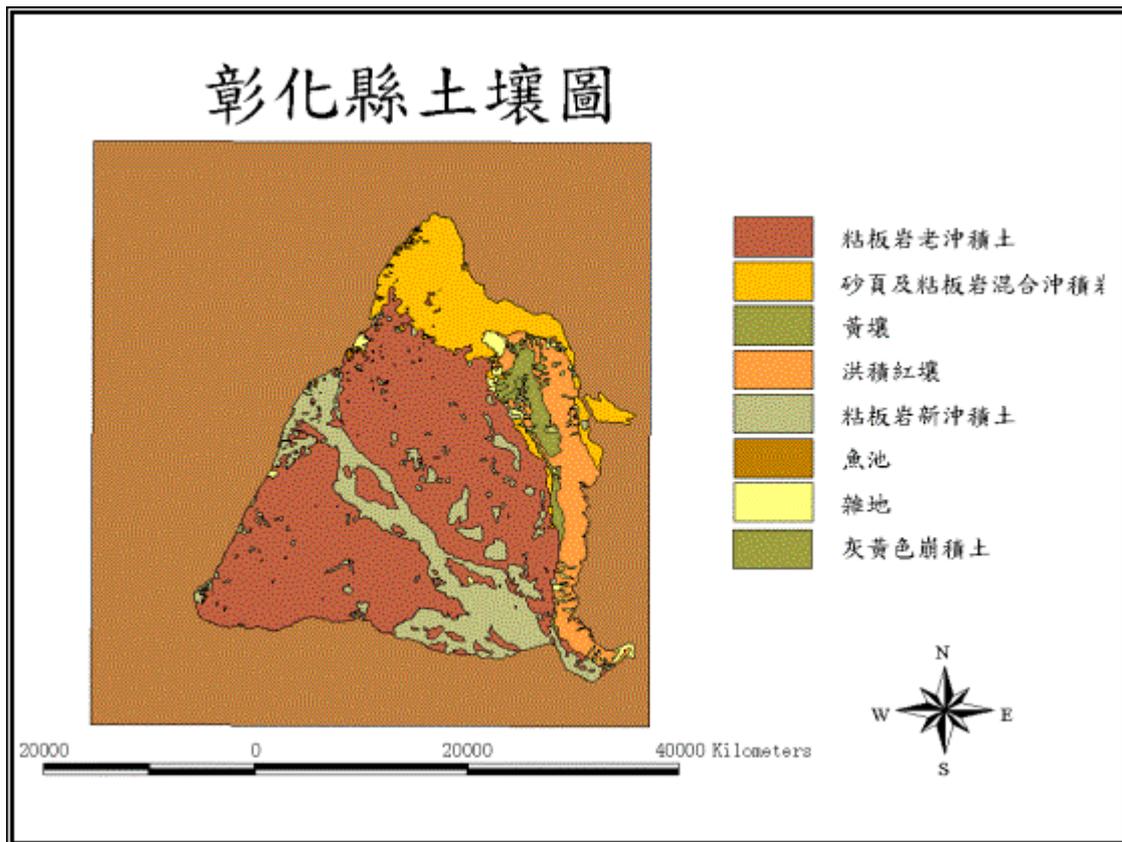


圖4. 彰化縣土壤圖(資料來源：彰化縣綜合發展計畫)

### 3.1.4 氣候

台灣位於最大陸地與最大海洋交接處的低緯地帶，因此氣候深受季風的影響，無明顯的四季，冬季受東北季風的影響，夏季受西南氣流和颱風的影響，夏、冬季之間，則為季風轉換的季節。

彰化縣中心約位於北緯 24°，東經 120°，屬於亞熱帶季風氣候區，全年氣溫以 7 月為最高，1 月最低，年平均溫度約在 23°C 左右，氣候溫和怡人，冬季為乾季，以東北季風為主，夏季西南風盛行，由於位居侵台颱風主要路徑地區，7~9 月常有颱風侵襲，故降雨量以 8 月份降雨量最多，其次為 6 月份。

### 3.1.5 水文

彰化縣內主要河川有烏溪（大肚溪）、貓羅溪（烏溪支流）及濁水溪。其餘的溪流有鹿港溪、漢寶溪、後港溪、二林溪與魚寮溪（如下圖）。

濁水溪為本省最大最長之河，流路總長 167 公里，挾帶泥砂特多；大肚溪總長 110 公里，下游流灌海岸平原與台中盆地之部分占總長 1/3。此二溪因集水面積廣大，故終年皆有豐富水量，惟因山高水陡，水源涵蓋能力不強，大肚溪及濁水溪本流流量經灌溉圳路大量引進利用後，流經下游平原，經諸細流集匯而再重覆循環利用。



圖5. 彰化縣水系圖(資料來源：彰化線綜合發展計畫)

### 3.1.6 生態環境

#### (1). 大肚溪口野生動物保護區

大肚溪又名烏溪，從台中縣龍井鄉麗水村與彰化縣伸港鄉之間流出台灣海峽，其河口坡度平緩擁有寬達四公里左右的潮間帶和高生產力的河口生態環境，因此動植物資源甚為豐富，遷移性水鳥眾多。

大肚溪水鳥保護區係依《野生動物保育法》於民國 87 年「大肚溪口野生動物保護區」成立公告劃設，北自龍井鄉台中火力發電廠北側之填海新生地，南至伸港鄉田尾大排水溝，東以自出海口上朔約 10 公里至宏益採砂場旁之產業道路及龍井堤防上右十斷面樁為界，西邊則為海岸外約 2 公里。本區主要特色在於廣闊的泥質灘

地和豐富的鳥類資源，是本區少數國際級之重要棲地之一。

## (2). 保安林

農委會在本縣劃設之保安林地約 523 公頃，分布於彰化、伸港、福興、二林、芳苑等鄉鎮，具有涵養水源、防風、防砂、景觀維護等功能。

## (3). 國有林自然保護區所保護之台灣獼猴

行政院農委會在二水鄉鼻子頭段劃設 94.02 公頃的國有林自然保護區，區內保護是台灣獼猴。同時鳥類與蝶類資源亦相當豐富。

## (4). 山陵、森林

八卦山屬台中台地的一部份，彰化縣部份包含彰化市、花壇、員林等八個鄉鎮，地勢不高，森林密佈，已有多處開發為風景區，已開發有八卦山風景特定區、大佛風景區、百果山風景區、新百果山遊樂園、二水鄉松柏嶺遊憩區及田中鎮森林公園

## (5). 伸港、漢寶、王功等濱海地區海岸景觀資源

彰化沿海分佈有多個漁村聚落，以往多屬產業發展，其海岸景觀及豐富的產業資源可發展休閒漁業。王功至漢寶間及芳苑鄉濱海處有一大片的人工紅樹林，復育成效頗佳，堤防外之沙灘及潮間帶濕地吸引許多鳥類及生物覓食。

## 3.2 資料庫規劃方法

### 3.2.1 GIS 簡介

地理資訊系統 (Geographic Information System, 簡稱 GIS) 為近四十年來重要的科技發展,最早由加拿大的 Roger F Tomlinson 在 1960 年代提出的概念,並首先採用 GIS 這個名詞(施保旭,地理資

訊系統，1997)。

GIS 可以有效的用來擷取、儲存、分析及展示各種形式的地理資訊，其組成系統包含了電腦軟硬體、地理資料庫及維護操作人員。藉由電腦系統大量的收集、儲存、分析具有地理區位特性的事物與現象，整合空間資訊，以協助使用者做出最佳決策的支援系統。

GIS 的資料庫型態包含了空間資料庫 (Spatial data) 與屬性資料庫 (Attribute data)。空間資料庫與地圖相對應，而屬性資料庫則是與文字和數字資料相對應的部分，我們可藉由屬性資料來描述空間資料，兩者之間可以相互查詢。

本次研究，採用美國 ESRI 公司所研發的 ArcView9.X 軟體來做為 GIS 基本架構，將蒐集到的資料製作成 GIS 資料庫，可以同時展示圖形資料與文字資料，讓研究人員能更迅速的了解資料本身的性質。

### 3.2.2 資料庫規劃設計方法

資料庫(Database)係由一組相關資料(Data)，以及這些資料間的關係(Relationship)的集合。目前資料庫多採用由軟體組成的資料庫管理系統(DBMS, Database Management System)，管理和維護資料庫的資料。而應用於地理資料庫建置之資料庫管理系統，依照使用者的需求，可分為兩種[ESRI 中國(北京)有限公司, 2005]：1.多用戶的空間資料庫：使用商用資料庫軟體，譬如：SQL Server、Oracle 等來記錄空間資料，統一管理；2.個人的空間資料庫：儲存於 Access 的資料庫型式(.mdb)，儲存較小型的資料，資料限制為(2GB)，兩者之比較如表 3 所示。

表3. 個人與多用戶之空間資料庫比較表[ESRI 中國(北京)有限公司, 2005]

空間資料庫 (Geodatabase)	資料庫管理系統(DBMS)	說明
個人的空間資料庫 (Personal GeoDatabase)	Microsoft Jet Engine (Access)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 個人編輯</li> <li>● 資料儲存限制為2GB</li> <li>● 不支援版本管理</li> <li>● ArcGIS用戶為免費使用</li> </ul>
多用戶的空間資料庫 (Multiuser GeoDatabase)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Oracle</li> <li>● Oracle with Spatial 或 Locator</li> <li>● IBM DB2</li> <li>● IBM Informix</li> <li>● Microsoft SQL Sever</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 需要ArcSDE</li> <li>● 多用戶編輯</li> <li>● 基於版本管理的工作流</li> <li>● 資料庫大小和用戶限制 取決於資料庫本身</li> </ul>

資料庫規劃是依資料的使用者定義類別、使用頻率、共同使用狀態、儲存量、周全性、更新週期、目前放置地點網路速度及穩定度、資料源之資訊環境，來建立資料庫架構中資料群劃分、次資料庫分類、實質資料庫放置位置（集中或分散）及更新頻率等管理體系，並考慮內部使用資料，外部使用資料在項目及資料體之分割設計，以保護及保密必要之資料。

資料庫從規劃、設計到建置完成可分為下列四個階段。

(1). 資料庫項目規劃

在GIS 中，其資料項目可分成空間資料及屬性資料二大類，針對應用需求、應用目的、資料特性、現況及經費限制等因素，綜合分析資料庫所需建置之項目，並將其予以分類，定義其精度及範圍。同時規劃適合之硬體平台及資料庫軟體（含GIS 軟體及屬性資料庫軟體）。資料庫的分類架構係依據兩個原則來進行：

- A. 資料本身的屬性類似者列為同一類別，
- B. 若有助於使用者在執行作業及處理資料時的便利性則考量列為同

一類別。

## (2). 資料庫架構及欄位設計

配合系統規劃及設計作業，同步進行資料庫架構設計及欄位設計，在空間資料中應明確定義圖層名稱、圖檔格式（如TIFF影像檔或SHAPE FILE 向量檔）及型態（點、線、面）等細部內容，以利實體資料表之建置。在屬性欄位中則必須進行空間關連鏈值設計、欄位結構設計、正規化作業、代碼設計、缺失值設計等作業。代碼設計主要目的為使系統的資料能與其他相關系統資料具有一致性，並顧及未來功能與資料量的擴充，應將使用性高的資料項目進行編碼。

## (3). 資料庫建檔

依規劃及設計成果進行空間資料之數化或轉檔作業，並進行屬性資料之輸入及空間連結等動作。地理資料庫建置常用的方法有兩種：數化紙本資料與已建置數值資料之蒐集整理，資料庫建置若以已建置數值資料為主，則參考資料庫綱目定義，首先應先蒐集資料來源。資料來源與研究預設之資料格式及圖幅範圍並不一定完全相同，而且考量資料完整性與正確性，對於輸入資料均應盡可能與同區紙本比對，對於內容不符或位相不完整之部份，採人工編修之方式修正資料。此外，若資料庫後續應用的空間分析對於座標系統之定義有嚴格之要求，則必須考慮投影方式與採用的大地基準。

## (4). 資料庫整合與檢核

將建檔成果依設計目的整合至資料庫中，並進行條件檢核或抽查檢核等驗證動作，確保資料庫內容無誤。

在本計劃整合研究中，由於整合了彰化地區(研究區域)內歷年氣象水文、地質、土壤、地形、土地利用情形等資料；除了運用資料庫規劃方法做完善規劃外，還必須考慮多重資料來源間坐標系統、資料尺度不一、資料插值等問題。其中，許多地文、水文資料均是以有限的調查點位收集相關資料；為資料比對、分析處理，或描述連續性趨勢，常須透過資料插值方法產生其他點位上之該因子對應值。故本計畫中亦針對幾種常用資料插值法進行探討比較，提供後續分析參考。

## 第四章 研究成果與測試

### 4.1 資料庫架構

本研究將搜集到之相關資料，用Excel進行資料建檔，以其建立彰化縣地層下陷資料庫。整個彰化縣地層下陷資料庫主要由地層下陷、人文、地文、水文四大部分所組成，茲分述如下：

#### (1). 地層下陷觀測量

用來描述歷年地層下陷情況，其主要數據資料取得方法內容如下：

##### a. 水準測量(Leveling)

目的：水準測量目的是求兩點間的高程差，即過該兩點水準面間的垂直距離，當兩水準點較接近時，水準面可視為水平面。

水準測量的施測原理是以兩隻水準尺分別架設在水準路線上的轉點處或水準點處，分別為前視與後視，如圖所示，以水準儀量取這一段的高差，如此逐段量測整條水準路線之高差，又稱逐差水準測量。

觀測步驟依序為：1. 安置儀器約略定心定平。2. 望遠鏡的照準及調焦。3. 微調腳螺旋至完全水平。4. 標尺架設並讀數等步驟。

施測時，水準點之間各測段均作往返測量，且按先往測再返測順序進行。並檢察觀測量，各測段的往測與返測的差值，其允許誤差為 $3\text{mm}\sqrt{k}$ （ $k$ 為公里數），主水準路線，各測段的往測與返測的差值以及環線的閉合差，其允許誤差為 $5\text{mm}\sqrt{k}$ （ $k$ 為公里數）。兩水準點高程觀測應由同一台儀器自一水準點出發，閉合於另一水準點，不可用不同水準儀施測於臨時節點的高程值相加組合。觀測時前後視距離需小於五十公尺並約相等，以減除視準軸誤差及折光誤差。

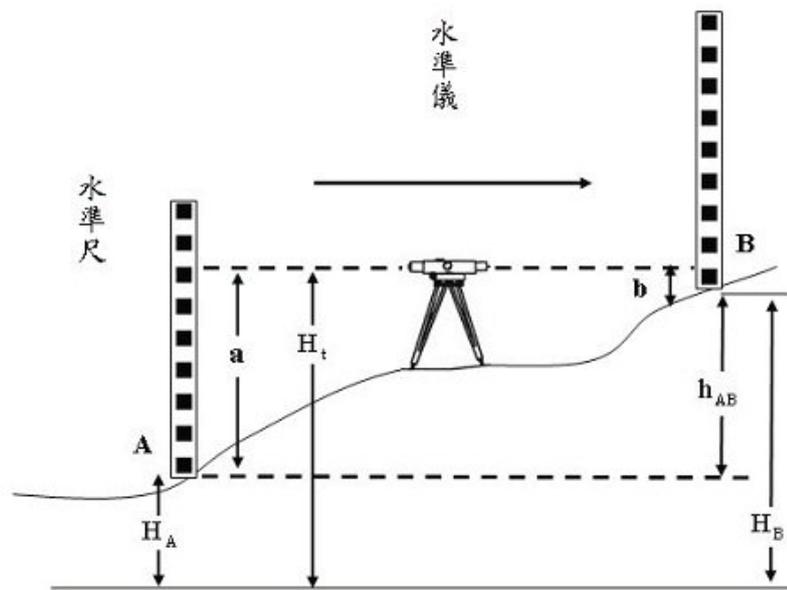


圖6. 水準儀施測示意圖

依其測量不同的要求，可分精密、一等、二等及三等水準測量，其精度大約與測線距離的平方根成正比，即往返閉合差不得大於  $\pm 2.5^{mm} \sqrt{K}$  (一等) 或  $\pm 5.0^{mm} \sqrt{K}$  (二等)，測線距離  $K$  之單位為公里。

在作業時首先依據現有圖資，瞭解各地區目前下陷範圍及趨勢，擬定測量作業計畫，再進行野外水準測量作業，觀測數據經水準網形平差解算後，最後以數值製圖的技術匯入GIS系統中，並針對沉陷進行分析，綜合研判檢測成果。

#### b. 地陷井監測

為瞭解某一地點連續之地層下陷變化情形，利用地層下陷監測儀為一常用之方法。其原理基本上是假設所鑽鑿之裸孔，安置井管底部為不動之基準，而於地下之地層裝設監測儀器以量測地層下陷。一般鑿井型式主要有以下三種：

(a) 伸縮儀式與鋼管式監測井

即鑿一夠深之井，並安置單一井管，原則上希望此井管夠深達岩盤，以做為不動之量測基準。

(b) 鋼索式監測井

其設置方式乃利用水利會或水利局的現有井，將重錘連鋼索一端固定於井底，再將另一端鋼索繫上另一重錘延伸至地表上之量測架，如此透過架上之刻度標尺可測讀地表至井底間之沉陷量(圖7)；這種型式之監測井特點為施工容易，成本低廉，但量測精度較差，僅能提供定性之參考，且監測井均位於濱海地帶，空氣中鹽份高，井架及鋼索須經常維修，亦間接影響量測資料的完整性。

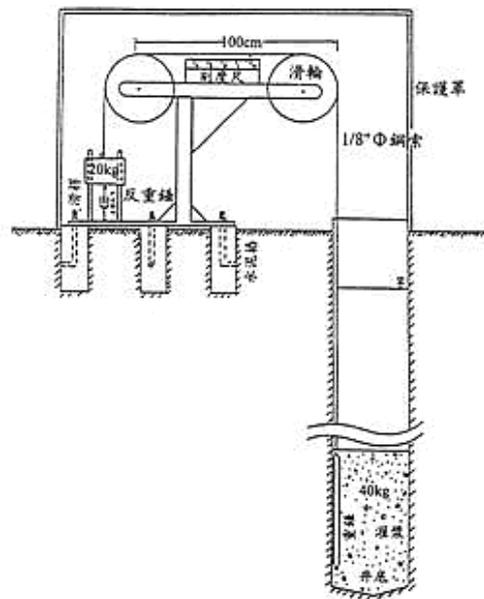


圖7. 鋼索式監測井示意圖

(c) 無線電波磁感應環分層式監測

其原理乃利用無線電波感應的方式，將磁性感應環預先利用鑽井方式錨定於地下不同深度之地層，再利用無線電波偵測設備，量測每一感應環距地表之深度，並進而分析各層次之壓縮量，以瞭解

各層次之沉陷情形(圖8)，這種監測井之特點為可依據地層分佈選擇適當之監測深度並且可多層監測，其偵測感應環深度之設備可讀至公釐(mm)。

這些監測井量測頻率約1個月量測一次，量測時會同時進行量測儀器與監測井之維護保養；在監測資料分析方面，各分層之壓縮量計算如圖9所示，其中 $\Delta$ 代表不同感應環間地層之壓縮或回脹量，亦即代表不同深度地層的沉陷變化情形。

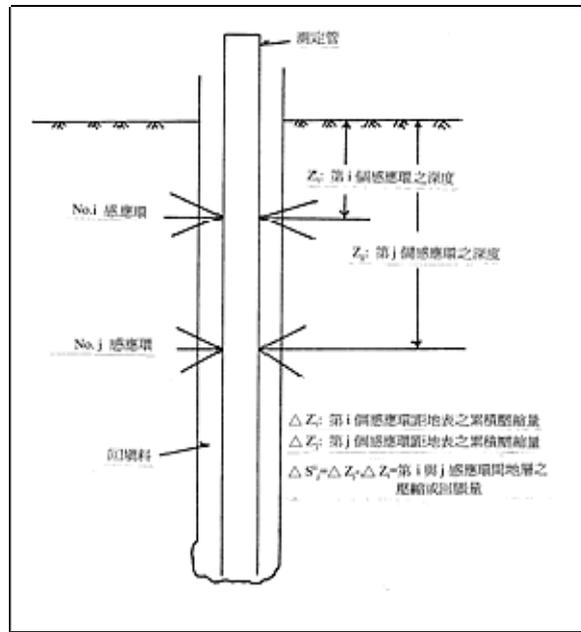
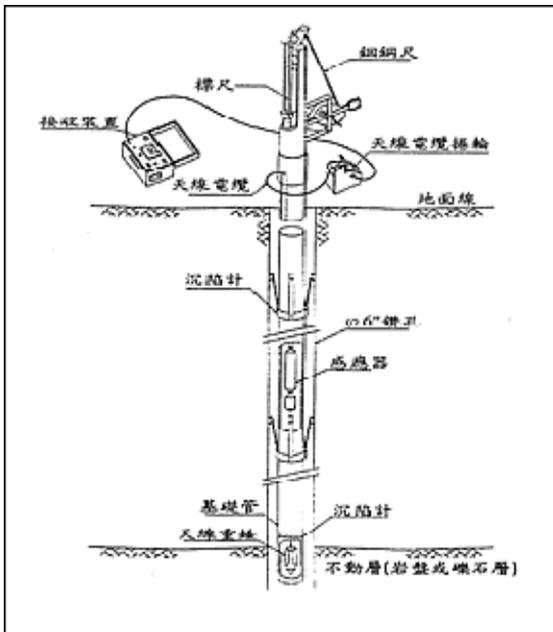


圖8. 磁感應環分層式監測井示意圖      圖9. 分層式監測井資料分析示意圖

### c. 衛星定位測量(Satellite Positioning System)

衛星定位測量自1970年來發展至今，不但已在1995年初完成衛星之發射，正式為全球各個角落二十四小時三維定位服務，其軟硬體亦隨著使用者日漸增加而功能趨於強大，價格日降。針對水準測量易受天候地形影響，且較耗時、不易自動化之限制，國內已有部分專家學者投入GPS應用於地層下陷監測及預警的研究

上。幾經先期研究，儘管GPS所測得之高程為幾何上之橢球高(Ellipsoidal Height)，與水準測量所得與重力有關之正高(Orthometric Height)尚相差大地起伏(Geoidal Undulation)，若要求得正高需先費許多功夫求得大地起伏之精確值。幸好對於下陷量之變化來說，同一水準點上GPS的橢球高差變化趨勢，與水準測量的正高差變化趨勢相等。因此就其比水準測量節省人力、時間及經費之好處來說，是值得應用推廣的。

表4. 地層下陷資料表			
圖層名稱	幾何型態	屬性欄位名	欄位大小
水準	點	點號	7
		所屬區域	8
		下陷量	6
		累積下陷量	6
		記錄時間	12
		X	12
		Y	12
		Z	10
GPS	點	點號	7
		所屬區域	8
		下陷量	6
		積下陷量	6
		記錄時間	12
		X	12
		Y	12
		Z	12
地陷井	點	點號	7
		所屬區域	8
		下陷量	6
		積下陷量	6
		記錄時間	12
		X	12

表4. 地層下陷資料表			
圖層名稱	幾何型態	屬性欄位名	欄位大小
		Y	12
		Z	12

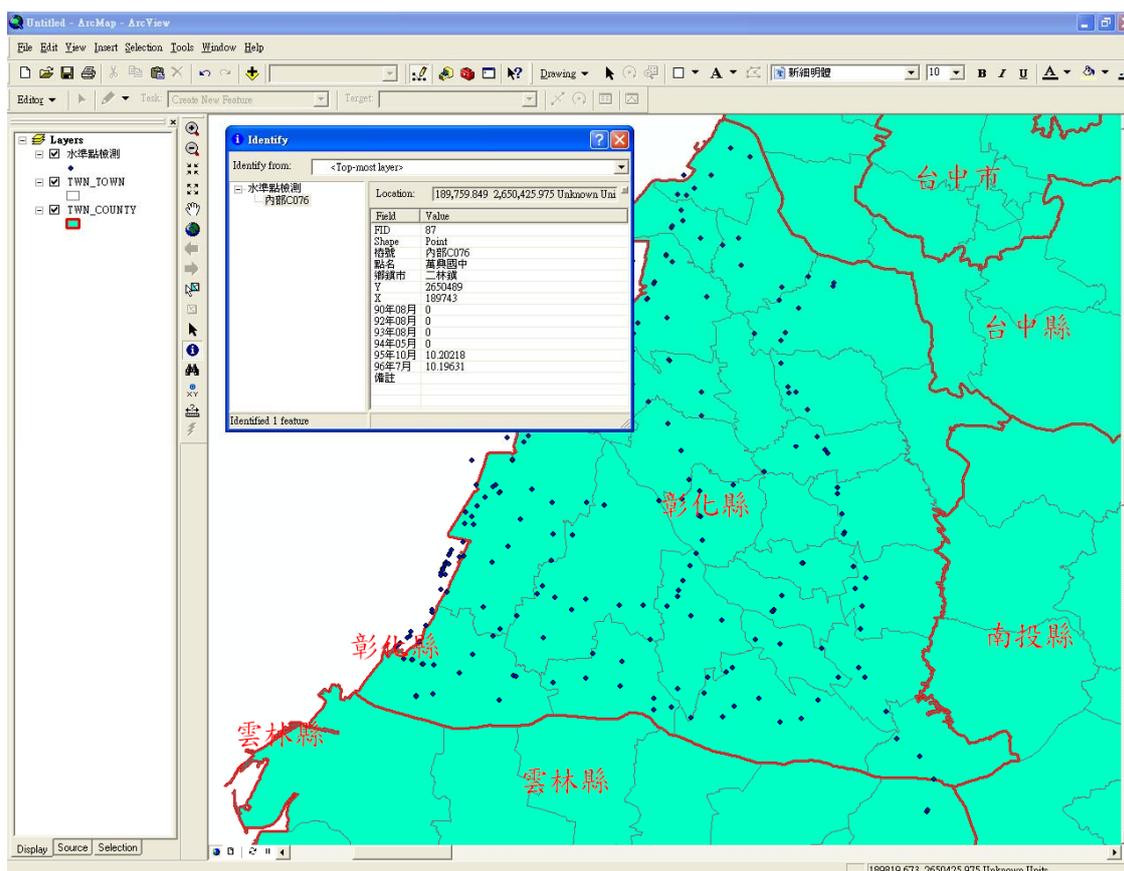


圖10. 水準觀測點位

(2). 人文

以最簡單但涵蓋最為廣泛的方式紀錄地名資料，允許一名多地及一地多名的狀況。此資料表可以讓使用者更容易了解，災害地區的地理位置。

表5. 人文			
圖層名稱	幾何型態	屬性欄位名稱	欄位大小
行政區界	面	名稱	8
		所屬流域	8
		地下水使用量	7
		區域內河流	8

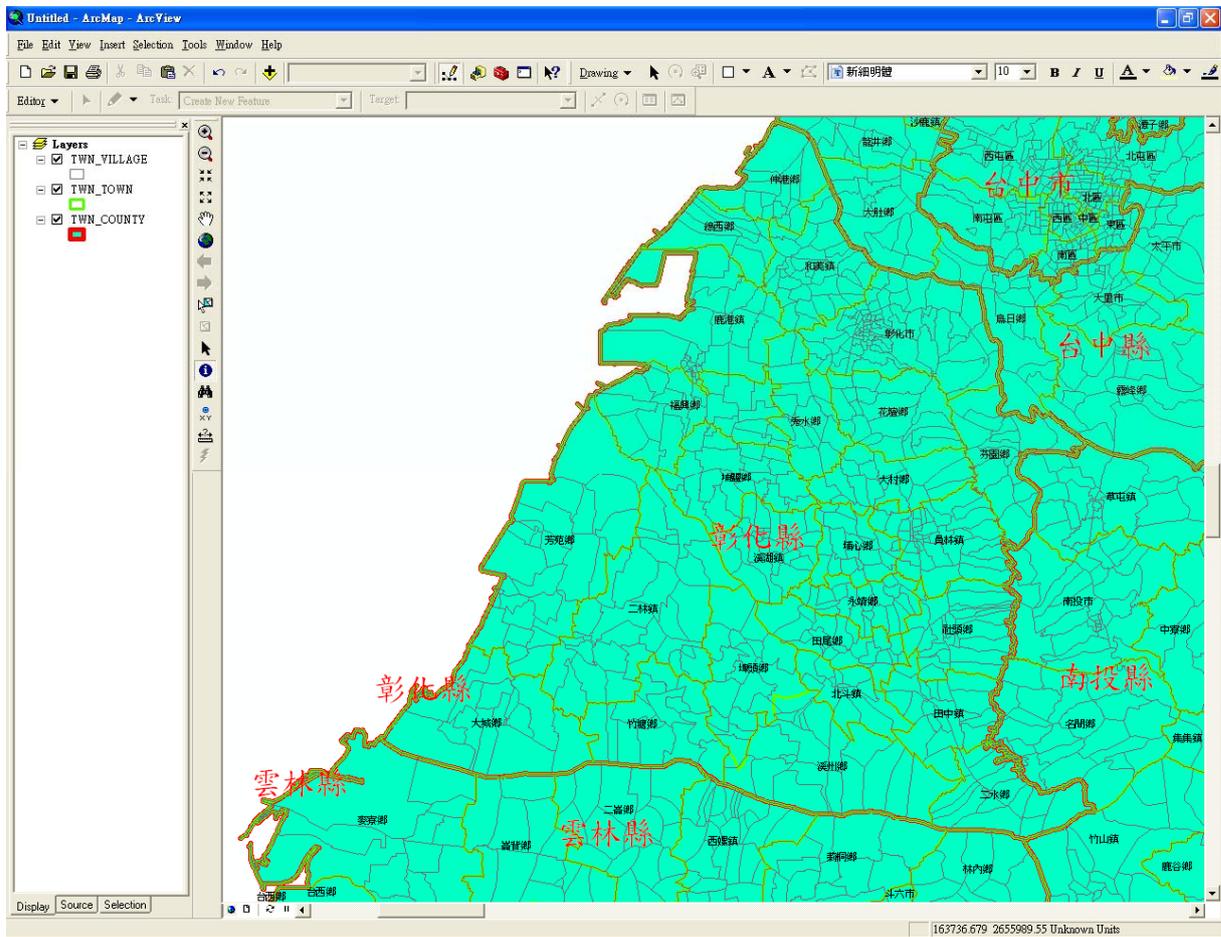


圖11. 行政區界線

### (3). 地文

地文資料庫是做地層下陷研究最重要的因子，此資料表除了供地層下陷研究外，對於大地研究的輔助上具有相當的分量。

表6. 地文			
圖層名稱	幾何型態	屬性欄位名稱	欄位大小
地質圖	面	類別	8
		深度	8
		厚度	8
		面積	8
		時間	12
地震	點	深度	8
		級數	4
		時間	12
		震動方向	6
		X	12
		Y	12
鑽探資料	點	深度	8
		厚度	8
		時間	12
		X	12
		Y	12
地形資料	點	X	12
		Y	12
		高程	10

(4). 水文

水資源為生活中不可或缺之重要資源，對於地層下陷之影響也不容忽視，相信此資料表建立後可幫助往後的研究發展。

表7. 水文			
圖層名稱	幾何型態	屬性欄位名稱	欄位大小
流域	面	名稱	10
		面積	12
		涵蓋地區	30
		時間	12

表7. 水文

表7. 水文			
圖層名稱	幾何型態	屬性欄位名稱	欄位大小
河流	面	名稱	12
		河寬	12
		河長	20
		年總流量	20
		跨越地區	20
		時間	12
雨量站	點	站名	10
		站號	12
		行政區	8
		水資源分區	10
		TM 二度分帶 X 座標	8
		TM 二度分帶 Y 座標	9
		標高	6
		年雨量	8
		中文站址	50
		地下水位	面
面積	12		
涵蓋地區	20		
水位高度	12		
時間	12		
深度	12		
厚度	12		

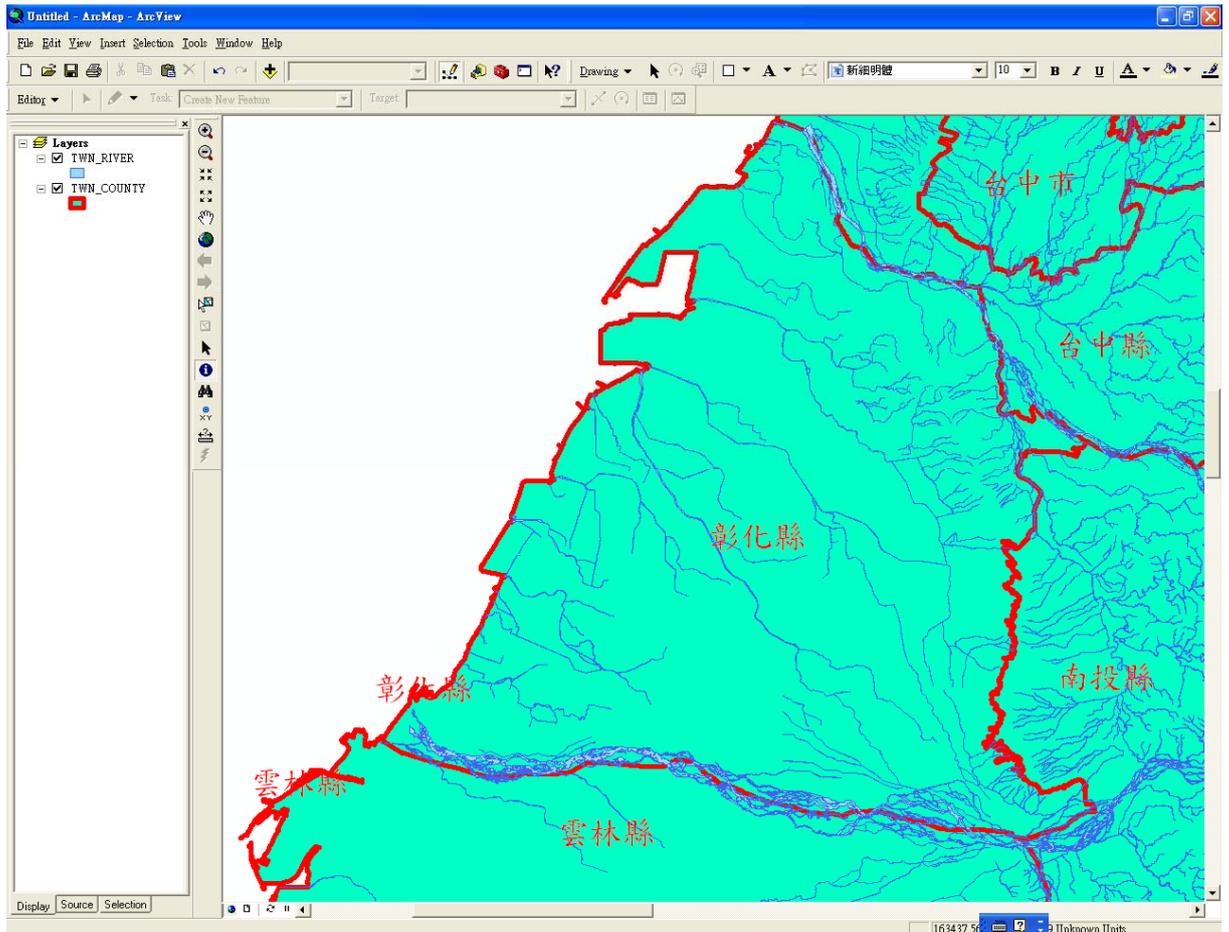


圖12. 河流圖

表8. 資料取得來源

資料名稱	來源	取得方法
地層下陷量	經濟部水利署	行文申請
行政區	雲林縣政府	行文申請
地震	中央氣象局	申請
地質圖	中央地調所	申請
鑽探資料	中央地調所	申請
地形資料	行政院、中央大學太空及遙測研究中心、名間公司	申請
降雨量	<a href="http://gweb.wra.gov.tw/wrweb/">http://gweb.wra.gov.tw/wrweb/</a>	網路下載
地下水位	經濟部水利署	行文申請
流域	經濟部水利署	行文申請
河流	經濟部水利署	行文申請

## 4.2 軟體介紹

本研究所使用的軟體為Arc GIS 9.X，ESRI ArcGIS 是一套整合的軟體產品，讓您於可在您的組織內建立起您合用的完整地理資訊系統(GIS)。ArcGIS 的軟體架構讓您可以輕鬆的將 GIS 的功能與邏輯部署在所需的地方：桌上型電腦、伺服器、行動式設備、客製化應用程式、網際網路服務...等。配合著地理資料庫的使用，這樣的架構讓您有工具可以組合出聰明的GIS應用程式，ArcGIS所擁有的特點有以下幾種：

### a. 通透性(Interoperable)

ArcGIS家族的產品皆是建立在產業標準的基礎上，包括：使用.NET、Java、COM等方式進行客製化；商業級資料庫管理系統(DBMS)可用於儲存資料；網路環境中利用XML、SOAP、TCP/IP、HTTP等語言或協定。

### b. 卓越的功能(Exceptional Functionality)

ArcGIS有強大的編輯、分析、繪製地圖等功能，除此之外還有領先的資料模型與管理能力，讓ArcGIS軟體家族繼續成為傑出的GIS軟體領導品牌。

### c. 擴充性(Scalable)

ArcGIS軟體模組化的本質讓ArcGIS可以同樣適用於單一的桌上型電腦使用者或是組織內需要有多使用者同時編輯與更新資料的協同工作環境中。

### d. 網際網路應用(Web Enabled)

ArcGIS讓您可以將GIS應用程式透過網際網路部署在您的組織中，供您存取地理空間資料來進行最佳的決策。

e. 善待開發者(Developer Friendly)

一個名為ArcObject的軟體元件通用程式庫、再加上龐大的文件說明與程式範例，於桌上型電腦、行動式裝置、服務主機、伺服器等環境中，提供開發者一致且完整的感受。

ArcGIS是一套通透性的資訊系統，他緊密的整合資料管理與一個非平行的協同工作環境。

### 4.3 資料庫屬性資料查詢應用

在ArcView 9.x 套裝軟體中備有簡易的查詢功能，可方便使用者做圖徵與屬性資料間的關聯查詢與分析。本文將介紹下述七項在本研究中最常應用之基本查詢功能：

- (1) 使用「Identify」直接查詢
- (2) 使用「Select Feature」查詢
- (3) 使用「Find」做關鍵字查詢
- (4) 找出某特定點附近的水準點位
- (5) 找出河流所經過的縣市

a. 使用「Identify」直接查詢

在ArcView 9.x 中的Identify 工具可以直接用來查詢GIS展示畫面裡所要查詢的圖形資料，當我們以Identify 工具點選如圖13中的圖形資料所要查詢的圖徵點，即會顯示如圖14中的Identify Result對話框，其中將會紀錄我們所點選圖? 之屬

性資料，即圖14中的文字資料，此法為ArcView 中最簡易之查詢方式。

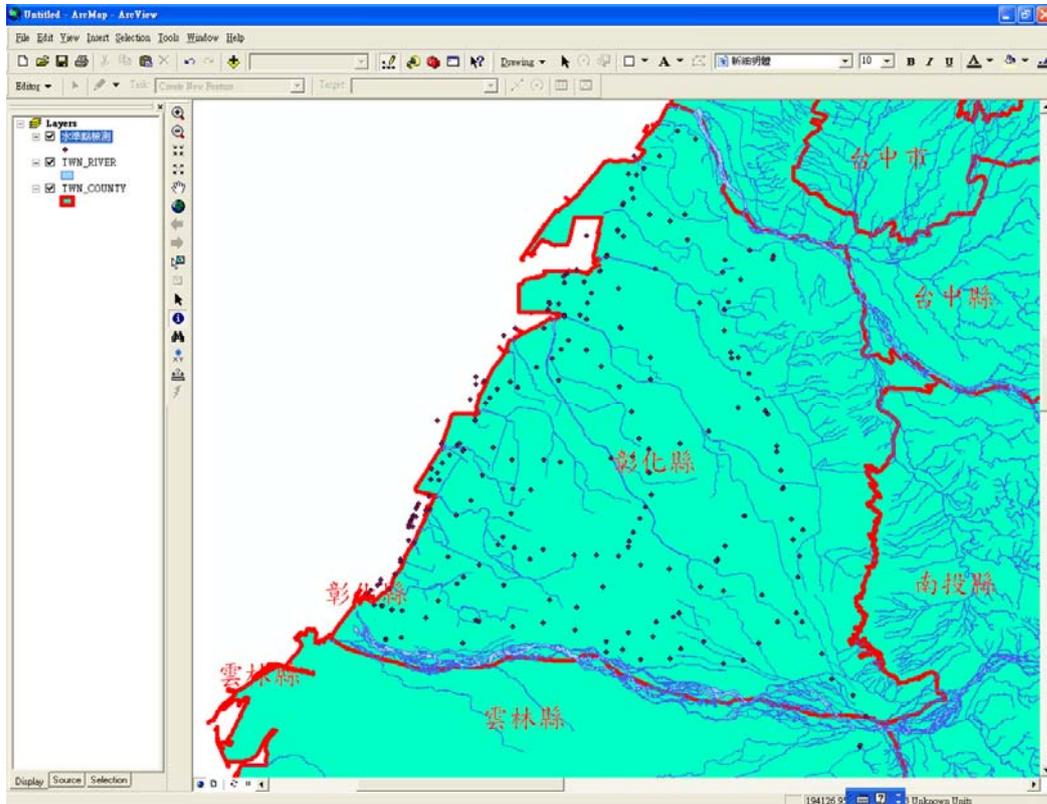


圖13. Identify 工具選取圖徵資料點展示圖

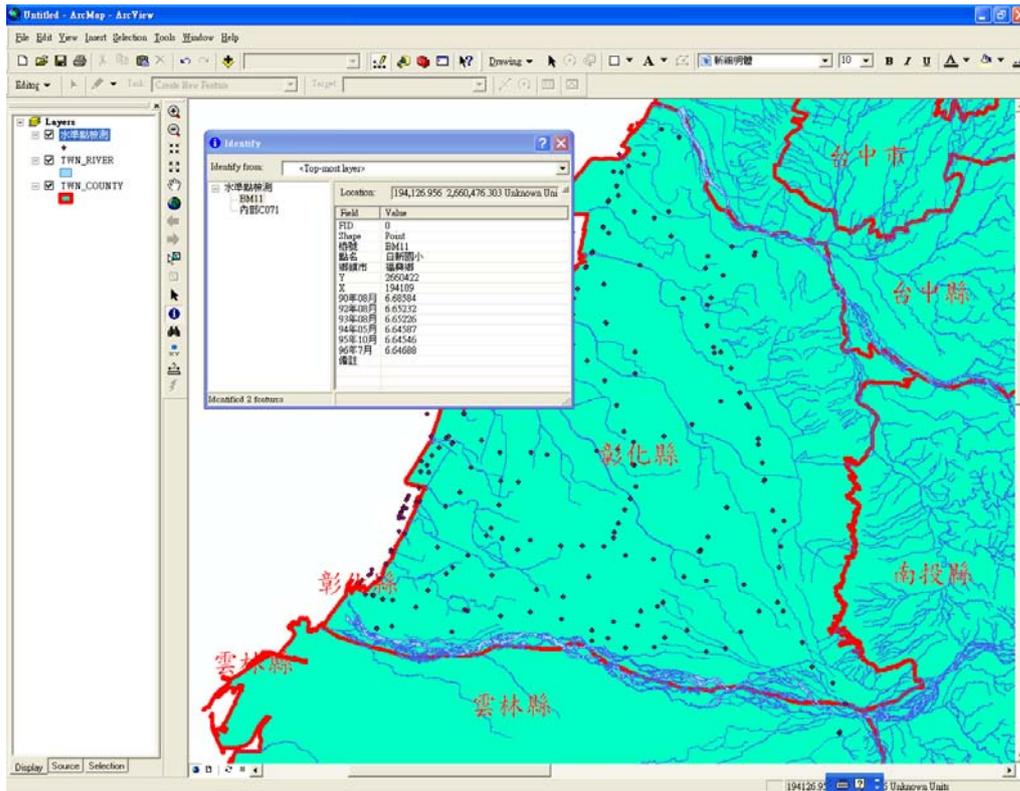


圖14. Identify 工具選取圖徵相對應之屬性資料表展示圖

b. 使用「Select Feature」 查詢

我們亦可以使用Select Feature 工具來查詢圖徵的屬性資料，我們以「鑽孔資料a表」為所要查詢之主題圖為例，當點選Select Feature工具後，利用滑鼠來選取GIS 展示畫面裡所要查詢的圖形資料，被選取到的鑽孔資料點在畫面中會呈現藍色，如圖15所示，開啟相對應的屬性表，其被選取到的鑽孔點屬性資料亦呈現黃色，如圖16所示，我們即可在屬性資料表中查詢出這些鑽孔點之液化潛能指數。

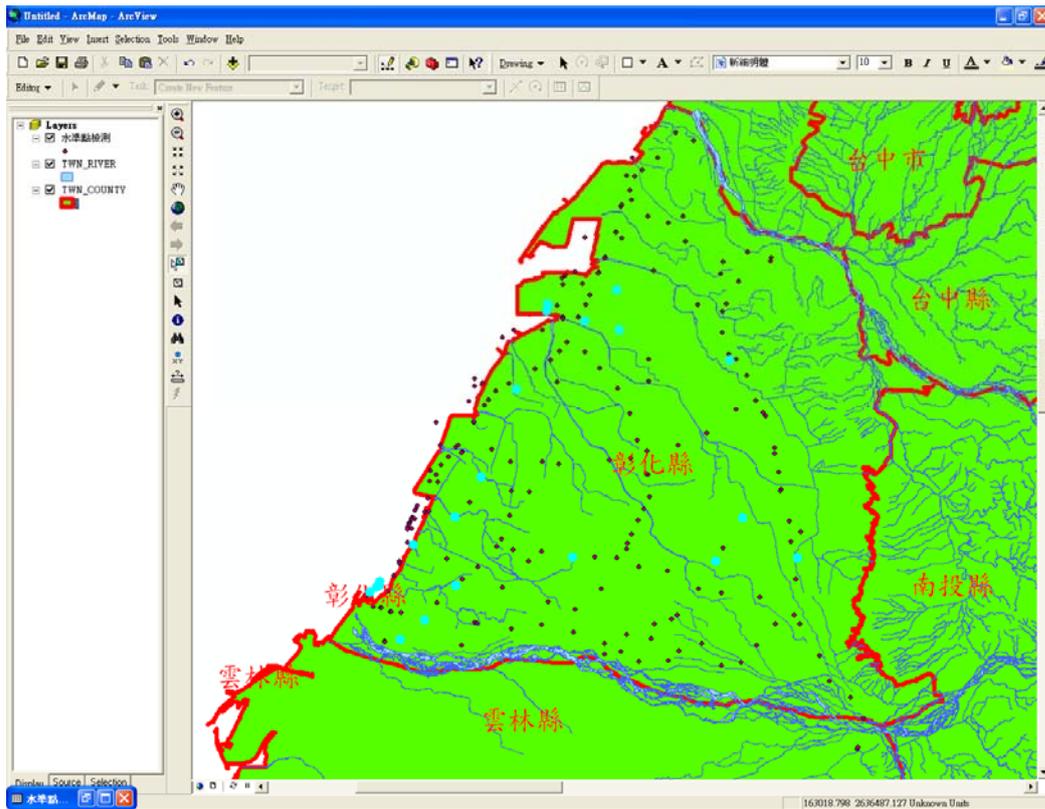


圖15. Select Feature 工具選取圖徵資料點展示圖

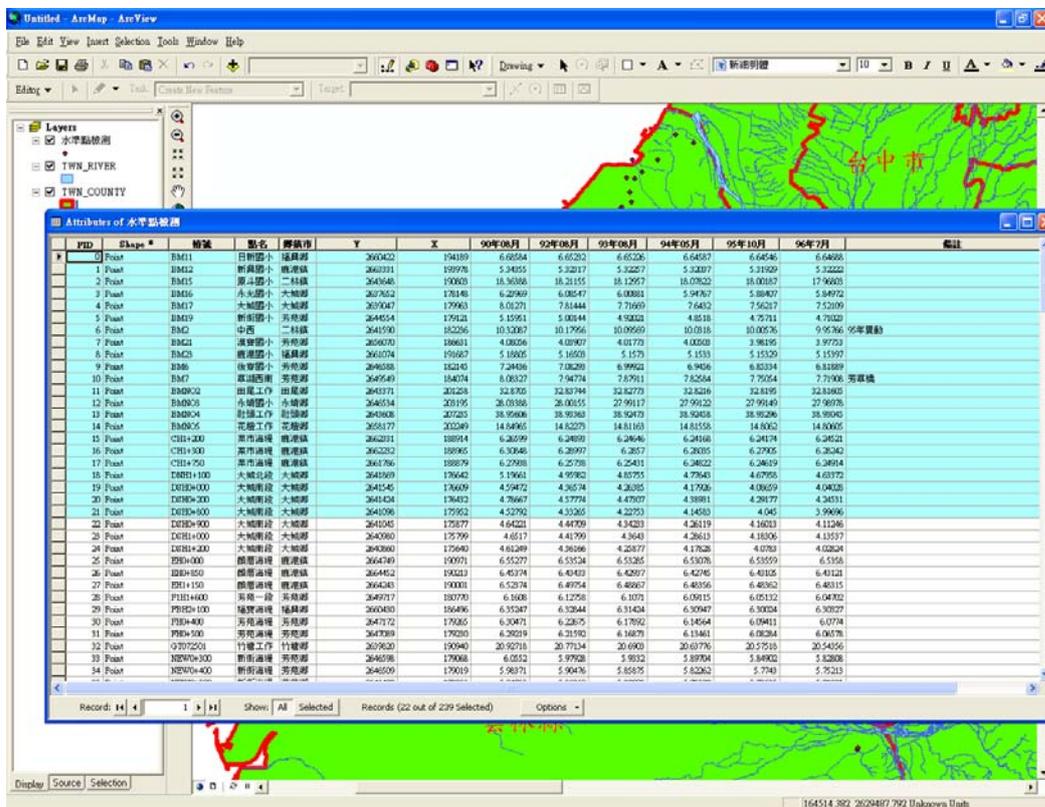


圖16. Select Feature 工具選取圖徵相對應之屬性資料表展示圖

c. 使用「Find」做關鍵字查詢

若吾人想知道現地各地標與水準點位之關聯性，可透過 ArcView 中的 Find 工具來做關鍵字的簡易查詢。舉例來說，假使我們想要知道「芳苑鄉」座落點之水準點位，我們可以先在 GIS 展示畫面裡顯示出「彰化縣各鄉鎮」之圖形資料與屬性資料表，如圖17所示。再選取 Find 工具，出現對話框，輸入「芳苑鄉」如圖18所示，進行查詢。結果如圖19所示，在圖形資料與屬性資料表上的「芳苑鄉」即會被搜尋出，而呈現黃色。我們將「芳苑鄉」位置的圖形放大，如圖19所示，即可觀察出「芳苑鄉」座落點微分區網格之顏色。

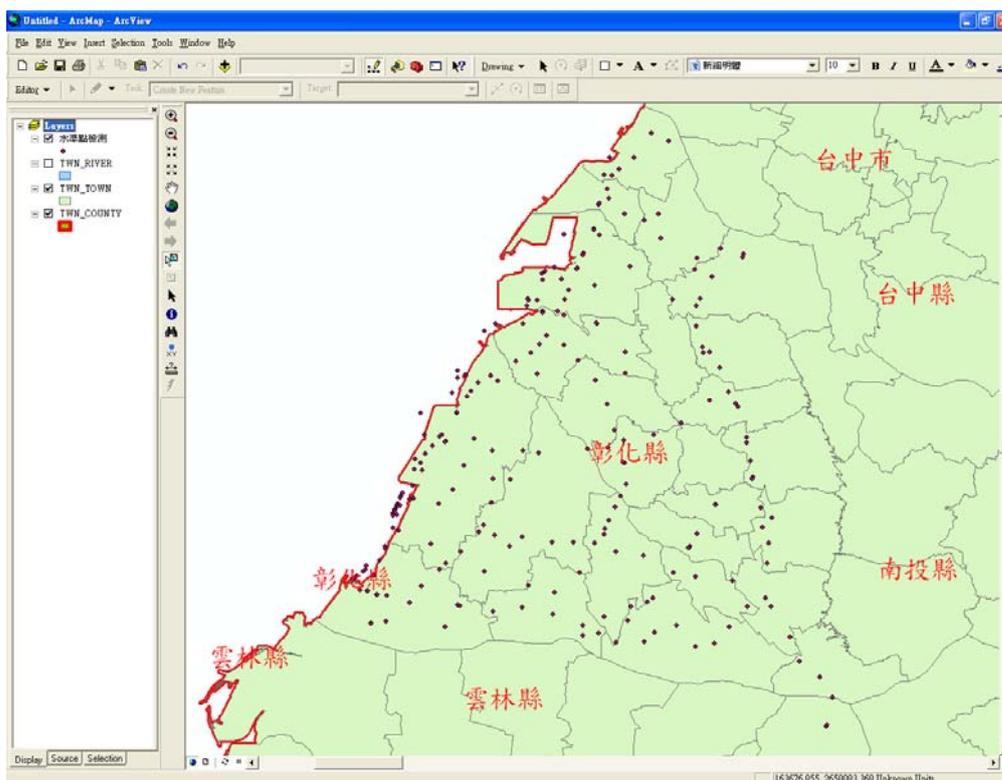


圖17. ArcView 9x 之圖形資料與屬性資料表展示圖

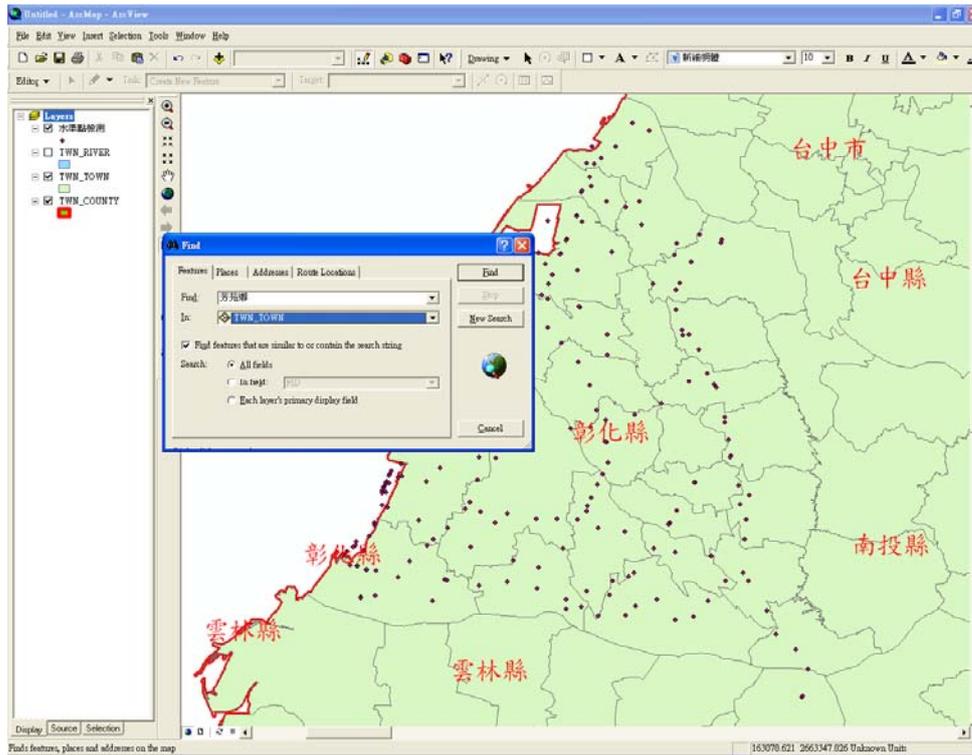


圖18. 以 Find 對話框進行資料查詢之展示圖

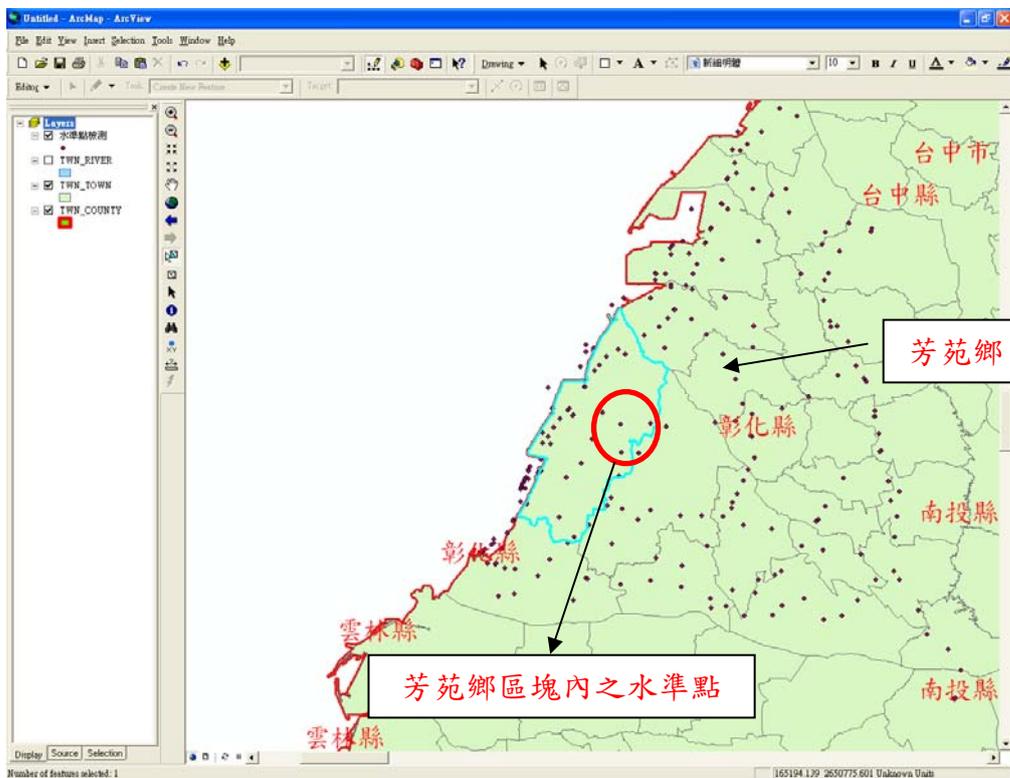


圖19. 微分區網格之放大圖

d. 找出某特定地標附近的水準點位

我們可以某一個特定之地標或地物做為查詢水準點位資料之參考點。舉例來說，假如我們找出距「頭汴」雨量站5000m 內之所有鑽孔位置及鑽孔屬性資料，我們可依前述之方法先找出「頭汴」後，設定其為參考點，再同時開啟「水準點位資料表」，如圖20所示。再由「Selection」選單中點選「Select By Location」功能，即會出現「Select By Location」之對話框，點選「雨量戰」為參考圖層，點選「Are Within Distance Of」為查詢方式，Apply a buffer to the features in 雨量戰許勾選並設定5000m，如圖21所示。查詢結果如圖22所示，在圖形資料中，藍色記號之水準點位即為我們所要查詢之目標鑽孔點位置。

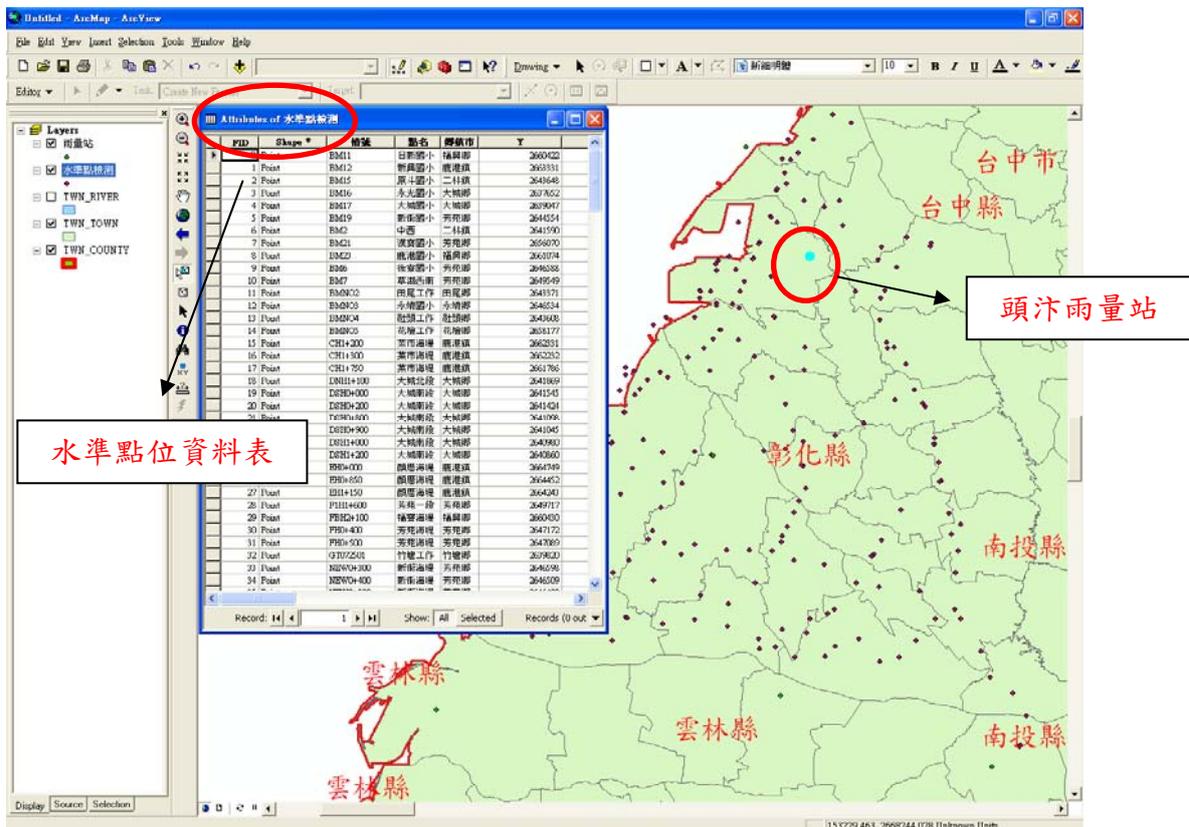


圖20. 設定參考點為查詢目標之展示圖

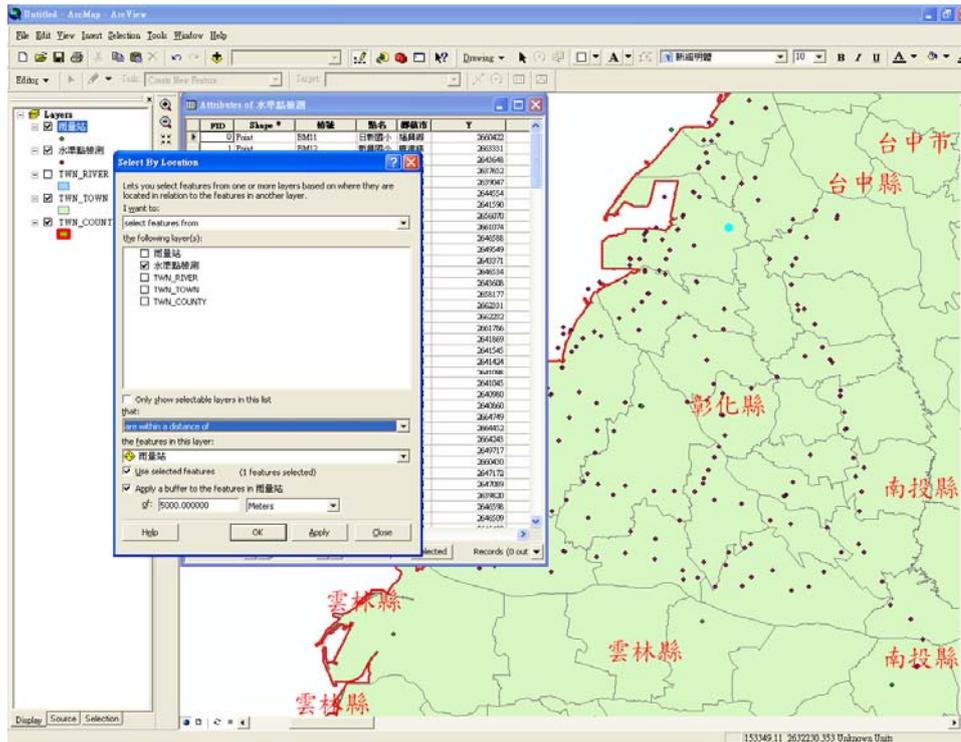


圖21. 設定距參考點一定範圍內之水準點位為查詢目標之展示圖

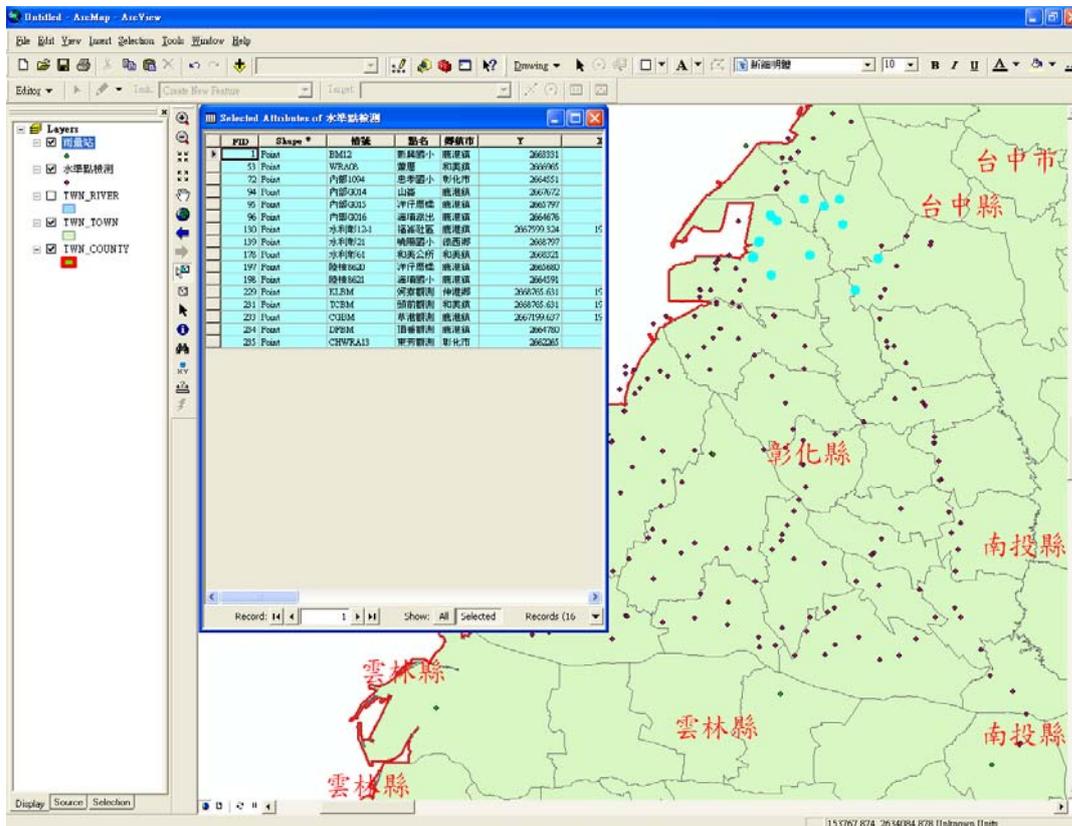


圖22. 找出距參考點一定範圍內水準點位查詢結果展示圖

e. 找出河流所經過的縣市

我們亦可以某一條特定之道路做為查詢鑽孔資料之參考。舉例來說，假如我們找出「舊濁水溪」所流經之所有鄉鎮，我們可依前述之方法先找出「舊濁水溪」後，設定其為參考圖徵，再同時開啟「行政區界資料表」。依上述相同的方法，由「Selection」選單中點選「Select By Location」功能，即會出現「Select By Location」之對話框，點選「河流」為參考圖層，點選「intersect」為查詢方式，選擇「舊濁水溪」，如圖23所示。查詢結果如圖24所示，在圖形資料中，藍色記號之鄉鎮區塊即為我們所要查詢之目標鄉鎮，在「鄉鎮資料表」中，藍色部分之屬性資料亦為我們所要查詢鑽孔點之屬性資料。

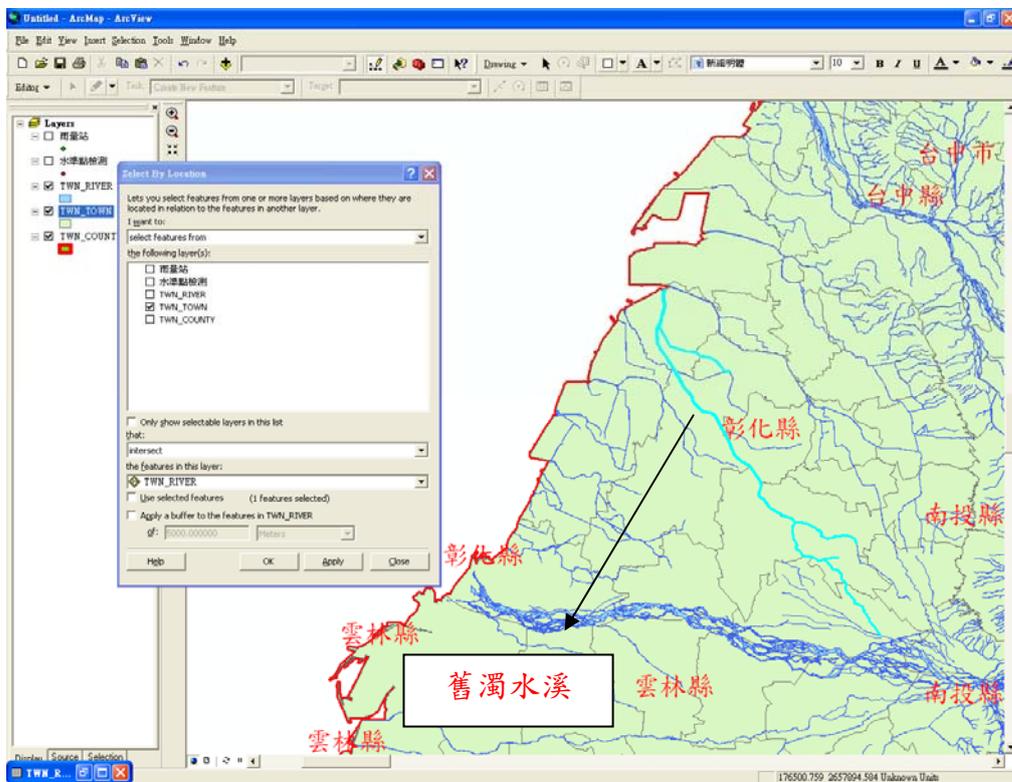


圖23. 設定參考河流為查詢目標之展示圖

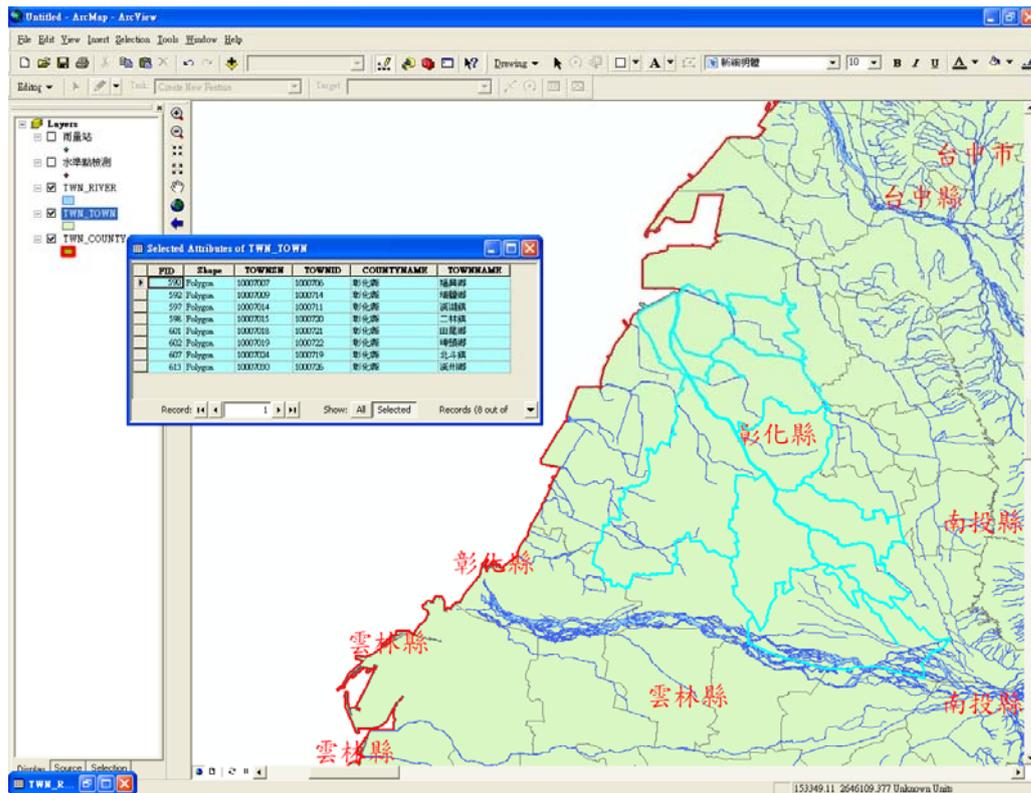


圖24. 找出距參考河流一定範圍內鄉鎮查詢結果展示圖

## 第五章 結論與建議

### 5-1 結論

為了使後續的研究人員能更輕易的取得資料，本研究一開始便著重於在文獻整理及專家訪談上。在整理過程中發現數據資料如要用來做研究資料的統一性及完整性是一大問題，因此在蒐集到大量的資料時便將所有資料的格式正規化讓所有的資料格式相同以便於匯入資料庫。

本研究所建立之資料庫所有資料都有統一格式，使用者不需擔心資料格式的問題，並且所要轉換的格式也相當方便，研究學者可以依照個人需求轉成 AUTO CAD、SHAPE、圖片、EXCEL...等等，讓研究學者更方便。

資料庫建置完成後吾人便開始測試資料庫是否運作正常，使用 ArcGIS9.x 版提供之查詢功能獲得之經驗說明建立之地層下陷資料庫，在找資料的功能上比起原有格式資料，搜尋的準確度及速度上都較具有效能，且資料的呈現方面也比原數據資料來的詳盡，無論在資料查詢功能上或是展示方面，運用 GIS 建置地層下陷資料庫都有優越表現。

### 5-2 建議

於現今資訊爆炸時代，資料庫可說是個熱門一門技術，一個好的資料庫，能提供給不同領域的資料庫設計者參考，因此不少人在資料庫的設計上，無不絞盡腦汁，思考如何設計才能將其資料庫，設計的完美無暇。

本研究後續將建立一完整 E-R Model，運用真實世界中事物和關係的觀念，來解釋資料庫中抽象的資料架構。這個 Model 對於初學者而言，不必花費太多的時間即可瞭解資料庫設計的基本方法。

由於資料量龐大，難免會有錯誤，所以需利用資料分析方法，將不可靠的資料去除留下可用的資料，因此吾人將用 EDA(Exploratory Data Analysis)將整個資料庫做分析留下可靠的資料，作後續研究，相信經過資料

分析後，研究的正確性將會提升。

## 參考文獻

1. Bomford, G., 1980, Geodesy, 4th ed., Oxford University Press Inc., New York.
2. Brockmann, E., 1996, Combination of Solutions for Geodetic and Geodynamic Applications of the Global Positioning System (GPS), Ph.D. dissertation, Astronomical Institute, University of Berne, Berne, Switzerland.
3. Chang K. T. and J. K. Liu, 2004, Landslide Features Interpreted by Neural Network Method Using A High-resolution Satellite Image and Digital Topographic Data, Proceedings of ISPRS XX Congress, Commission VII TS WG VII/5, Istanbul, Turkey, pp.574-579. July.
4. Dodson, A. H., P. J. Shardlow, L. C. M. Hubbard, G. Elgered, and P. O. J. Jarlemark, 1996, Wet Tropospheric Effects on Precise Relative GPS Height Determination, Journal of Geodesy, Vol. 70, pp. 188-202.
5. Farebrother, R. W., 1988, Linear Least Squares Computations, M. Dekker, New York. Giordano, A. A., and F. M. Hsu, 1985, Least Square Estimation with Applications to Digital Signal Processing, Wiley, New York.
6. Goad, C. C., and L. Goodman, 1974, A Modified Hopfield Tropospheric Refraction Correction Model, Proceedings of the Fall Annual Meeting of the American Geophysical Union, San Francisco, California, December, pp. 12-17.
7. Heiskanen, W. A. and H. Moritz, 1967, Physical Geodesy, W. H. Freeman and Co., San Francisco, CA, U.S.A.
8. Hofmann-Wellenhof, B., H. Lichtenegger, and J. Collins, 1992, GPS Theory and Practice, Second Edition, Springer-Verlag, Wien New York.

9. Hopfield, H. S., 1969, Two-quadratic Tropospheric Refractivity Profile for Correcting Satellite Data, *Journal of Geophysical Research*, 74, pp. 4487-4499.
10. Klobuchar, A. J., 1991, Ionospheric Effects on GPS, *GPS World*, pp. 48-50.
11. Moritz H., 1980, *Advanced Physical Geodesy*, Herbert Wichmann, Karlsruhe.
12. NeuroDimension, Inc., 2004, *NeuroSolutions 4.24 Getting Started Manual*, Gainesville, USA.
13. Rappleye, H. S., 1984, *Manual of Leveling Computation and Adjustment*, Supersedes Coast and Geodetic Survey Special Publication No. 240, NOS/NOAA, Rockville, Maryland.
14. Robert, H. N., 1990, *Neurocomputing*, Addison-Wesley Pub. Co., pp. 21-42.
15. Rumelhart, D. E., G. E. Hinton, and R. J. Williams, 1986, *Learning Internal Representations by Error Propagation*, *Parallel Distributed Processing: Explorations In The Microstructure of Congnition*, Vol. 1, Cambridge, MA: MIT Press, pp.318-364.
16. Saastamoinen, I. I., 1973, *Contribution to the Theory of Atmospheric Refraction*, *Bulletin Géodésique*, Vol. 107, pp. 13-34.
17. Seeber, G., 1993, *Satellite Geodesy: Foundations, Methods, and Applications*, Waler de Gruyter, Berlin, New York.
18. Torge, W., 1991, *Geodesy*, 2nd Ed., Walter de Gruyter, Berlin, Germany.
19. USGS, 1993, *Land subsidence from ground-water pumping*, by Bertoldi and Leake, U.S. Geological Survey, <http://water.wr.usgs.gov>, April 15, 1993.
20. Werbos, P. J., 1974, *Beyond Regression : New Tools for Prediction and Analysis in the Behavioral Science*, Ph.D. Thesis, Harvard University, Cambridge, MA.

21. Wolf, P. R., 1980, Adjustment Computations: Practical Least Squares for Surveyors, 2nd ed., Rancho Cordova, Calif., Landmark.
22. Wolf, P. R. and R. C. Brinker, 1994, Elementary Surveying, 9th ed., HarperCollins College Publishers, New York.
23. Yoshida, T., and S. Omatu, 1994, Neural Network Approach to Land Cover Mapping, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing , Vol. 32, No. 5, pp.1103-1109.
24. Zurada, J. M., 1992, Introduction to Artificial Neural Systems, West Pub. Co., pp.163-248.
25. 丁崇峰，2005，機器學習演算法應用於地下水位與地層下陷量分析之研究，國立成功大學水利及海洋工程學系博士論文。
26. 內政部，2001，一等水準測量作業規範。
27. 中央地質調查所，1999，台灣地區地下水觀測網地一期計畫－濁水溪沖積扇水文地質調查研究報告。
28. 王天南，2006，台灣高速鐵路雲林土庫段地盤下陷之機制探討，國立雲林科技大學營建工程系碩士論文，雲林。
29. 尹鍾奇，1985，實用大地測量學，大學圖書供應社。
30. 史惠順，1991，平面測量學，國立成功大學航空測量研究所。
31. 左正民，1996，遺傳演算法於地層下陷模式參數檢定之應用，國立交通大學土木工程學系碩士論文。
32. 台灣經濟研究院，2001，嚴重地層下陷區新型產業之整體規劃與評估 (4/1)，經濟部水利署北區水資源局，台北。
33. 江孟樵，2004，自組非線性系統結合距離－水位改良模式之誤差分析，

國立成功大學水利及海洋工程學系碩士論文。

- 34.何維信，2004，測量學，第五版，宏泰出版社。
- 35.余水倍，1994，八十三年度台北盆地地下地質與工程環境綜合調查研究－活動斷層及地盤下陷水準測量，中央地質調查所。
- 36.吳善薇，2004，應用雷達干涉法在彰化縣員林地層下陷研究，國立中央大學地球物理研究所碩士論文。
- 37.林芬寧，1997，台西麥寮地區地層下陷行為之二維分析，國立台灣大學土木工程學系研究所碩士論文。
- 38.林聖璋，2002，以模糊線性規劃應用於土地利用及水資源需求之研究，國立中山大學海洋環境及工程學系研究所碩士論文。
- 39.邵泰彰，2001，類神經網路於多光譜分類之研究，國立交通大學土木工程研究所碩士論文。
- 40.侯進雄、費立沅、賴典章，1998，屏東平原之GPS 測量調查研究，屏東平原地下水及水文地質研討會論文集，pp. 239-251.
- 41.周文勇，2000，平行運算於地層下陷模式之應用與研究，國立交通大學土木工程學系碩士論文。
- 42.洪偉嘉，2003，GPS 測高技術應用於地層下陷監測，地層下陷監測技術研討會論文集。
- 43.柯亭帆，2002，應用類神經網路推估地下水位洩降所致地層沉陷之研究，屏東科技大學土木工程學系碩士論文。
- 44.耿承孝，2000，地層下陷與地下水位相關性之研究，國立台灣大學土木工程學系碩士論文。

45. 國立成功大學水工試驗所，2003，彰化、雲林地區歷年地層下陷原因探討與對策研擬，經濟部水利署。
46. 財團法人工業技術研究院，2004a，台灣地區地層下陷之監測、調查及分析－水準點檢測摘要報告，經濟部水利署。
48. 財團法人工業技術研究院，2004b，台灣地區地層下陷監測井施設及其分析試驗(3/3)，經濟部水利署。
49. 許乃文，2000，灰色理論及類神經網路應用於雲林地區地層下陷之研究，國立成功大學土木工程學系碩士論文。
50. 郭適彰，1998，捷運沿線潛在地盤災害之預測及防治方法之研究，國立成功大學土木工程學系碩士論文。
51. 郭隆晨，2001，高精度GPS 衛星測量在地殼變形觀測之研究，國立交通大學土木工程學系博士論文。
52. 留英龍，2000，模糊理論應用於地層下陷之預測，國立成功大學水利及海洋工程學系碩士論文。
53. 曾清涼、劉啟清，1988，水準測量的折射誤差分析(I)、(II)，國科會專題研究報告，NSC77-0410-E006-17。
54. 曾清涼、楊名、劉啟清、余致義、林宏麟，2001，一等一級水準網測量督導查核工作總報告書，國立成功大學衛星資訊研究中心。
55. 曾清涼、儲慶美，1999，GPS 衛星測量原理與應用，第二版，國立成功大學衛星資訊研究中心。
56. 曾清涼、楊名、劉啟清、余致義、林宏麟，2003，一等二級水準網測量督導查核工作總報告書，國立成功大學衛星資訊研究中心。
57. 陳鴻泉，1996，台西及麥寮地區水文地質之研究，國立台灣大學地質學

系碩士論文。

- 58.陳奕弦，1996，以時間序列模擬複層地盤沉陷量化關係之建立，國立中興大學土木工程學系碩士論文。
- 59.陳國華，1997，應用多測站－多時段嚴密平差法進行台灣一等GPS 大地網計算之研究，國立成功大學測量工程學系碩士論文。
- 60.陳國華，2004，整合TWVD2001 水準及GPS 資料改進台灣區域性大地水準面模式以應用於GPS 高程測量，國立成功大學測量及空間資訊學系博士論文。
- 62.陳昶華，1998，現場地層下陷量及地下水位預估圍法之探討，國立成功大學土木工程學系碩士論文。
- 63.陳翰霖，1998，十七世紀以來台灣西南海岸平原地形變遷之研究，中國文化大學地質學系博士論文。
- 64.陳建銘，2004，地層下陷模擬程序之建立與應用－以大城鄉西港地區為例，國立成功大學土木工程學系碩士論文。
- 65.陳志芳，2005，布袋港土層壓密特性與地層下陷之研究，國立中興大學土木工程學系碩士論文。
- 66.張坤城，1986，利用有限元素法反向推求雲林地區抽水量之研究，國立台灣大學農業工程研究所碩士論文。
- 67.張嘉強，1987，精密水準測量中重力與大氣折射之系統誤差研究，國立成功大學航空測量研究所碩士論文。
- 68.張嘉強，1996，天線相位中心改正模式應用於GPS 之效應分析，第十五屆測量學術及應用研討會論文集，國立政治大學，pp. 533-543。
- 69.葉怡成，2004，類神經網路－模式應用與實作，第七版，儒林圖書公司。

- 70.張正岳，2001，保水曲線及孔隙的變化對抽水導致地層下陷的分析，國立中央大學土木工程研究所碩士論文。
- 71.解富明，2000，雲林沿海地區地層下陷歷程之分析，國立台灣大學地質學系碩士論文。
- 72.經濟部水利署，2004，彰化雲林地區地層下陷防治計畫。
- 73.楊高明，1992，雲林地區地層下陷行為之探討，國立中興大學土木工程研究所碩士論文。
- 74.楊秀隆，2004，深層含水地層之壓縮行為，國立交通大學土木工程學系碩士論文。
- 75.蔡明達，1998，GPS 監測地層下陷作業模式之研究，國防大學中正理工學院軍事工程研究所碩士論文。
- 76.蔡東霖，2001，區域性地下水超抽導致地層下陷模式之發展與應用，國立交通大學土木工程學系博士論文。
- 77.廖國棟，2003，彰化地區高鐵工程沿線土壤液化潛能評估及對高鐵土建結構基礎影響研究，朝陽科技大學營建工程學系碩士論文。
- 78.管晏如，1996，測量學，友寧出版有限公司。
- 79.管中閔，2004，統計學；觀念與方法，第二版，華泰書局。  
(<http://www.sinica.edu.tw/~ckuan/>)
- 80.鄭昌奇、柳志錫，1998，台灣地區之地層下陷，土木技術，第1 期第1 卷，第55～61 頁。
- 81.鄭彩敏，2005，雲林縣台西鄉海岸土地變遷之研究，南華大學環境與藝術研究所碩士論文。

- 82.劉啟清，1986，精密水準測量之系統誤差，第五屆測量學術及應用研討會論文集，國立成功大學，第F1-F25 頁。
- 83.劉志純，1995，雲林地區抽水行為對地層下陷的影響，國立台灣大學農業工程學系碩士論文。
- 84.盧瑞興，1994，抽水地層下陷有限元素模式，國立交通大學土木工程學系博士論文。
- 85.顏鈺靜，1997，模糊集理論應用於抽水井出水量潛能之推估，國立成功大學水利及海洋工程學系碩士論文。
- 86.蘇哲民，2003，TWVD2001 一等水準觀測資料之系統誤差分析，國立成功大學測量工程學系碩士論文。
- 87.羅文俊，1996，地層下陷地區淺層土壤變形行為研究，國立交通大學土木工程學系碩士論文。
88. ESRI中國(北京)有限公司，2005，“What is ArcGIS ESRI公司ArcGIS系列產品介紹”， ESRI中國(北京)有限公司，北京，第23頁。
- 89.許朝安，2005，“作戰地形資訊系統架構分析與離型系統開發”，國防大學中正理工學院碩士論文，桃園。
- 90.楊國華，2001，“地形變遷偵測”，國立台灣大學土木工程學研究所碩士論文，pp.12。
- 91.黃宗仁，2002，“利用統計方法進行地形資料的融合及變遷偵測”，國立台灣大學土木工程學研究所碩士論文，第二章。
- 92.王慧勳，1997，“數值等高線網格化之研究”，國立台灣大學地理學研究所碩士論文，pp.6~18。
- 93.白世彪、陈晔、王建，2002，“等值線繪圖軟體SURFER7.0中九種插值法

介紹”，物探化探計算技術，第24卷，第2期，pp.157-162。

# 明新科技大學 97年度 研究計畫執行成果自評表

計畫類別： <input type="checkbox"/> 任務導向計畫 <input type="checkbox"/> 整合型計畫 <input checked="" type="checkbox"/> 個人計畫 所屬院(部)： <input checked="" type="checkbox"/> 工學院 <input type="checkbox"/> 管理學院 <input type="checkbox"/> 服務學院 <input type="checkbox"/> 通識教育部 執行系別：土木工程系(中心) 計畫主持人：張崑宗 職稱：助理教授 計畫名稱：以地理資訊系統整合建置地層下陷資料庫與資料趨勢面分析 計畫編號：MUST-97 土木-03 計畫執行時間：97年3月1日至97年9月30日					
計畫執行成效	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; text-align: center; vertical-align: middle;">教學方面</td> <td style="padding: 5px;">           1. 對於改進教學成果方面之具體成效：            (1)熟悉地層下陷相關研究中所需資料內涵；            (2)藉由地層下陷資料庫之規劃建置，讓參與人員了解地理資料庫規劃設計方法；            (3)增加在地理資訊系統教學上實務應用案例            (4)讓參與者熟悉GIS分析功能中地形分析、地理統計方法與意涵。            2. 對於提昇學生論文/專題研究能力之具體成效：  <u>此專題提供二位碩士班學生相關研究素材，同時提供資源讓研究生參與研討會等論文稿件撰寫之訓練</u>            3. 其他方面之具體成效：_____         </td> </tr> <tr> <td style="width: 15%; text-align: center; vertical-align: middle;">學術研究方面</td> <td style="padding: 5px;">           1. 該計畫是否有衍生出其他計畫案 <input type="checkbox"/>是 <input checked="" type="checkbox"/>否            計畫名稱：_____           2. 該計畫是否有產生論文並發表<input checked="" type="checkbox"/>已發表 <input type="checkbox"/>預定投稿/審查中 <input type="checkbox"/>否            發表期刊(研討會)名稱：<u>第27屆測量及空間資訊研討會</u>            發表期刊(研討會)日期：<u>97年9月4-5日</u>            3. 該計畫是否有要衍生產學合作案、專利、技術移轉 <input checked="" type="checkbox"/>是 <input type="checkbox"/>否  <u>請說明衍生項目：協助產學合作廠商建立地層下陷資料庫，並以此為基礎，進行相關分析研究</u> </td> </tr> </table>	教學方面	1. 對於改進教學成果方面之具體成效： (1)熟悉地層下陷相關研究中所需資料內涵； (2)藉由地層下陷資料庫之規劃建置，讓參與人員了解地理資料庫規劃設計方法； (3)增加在地理資訊系統教學上實務應用案例 (4)讓參與者熟悉GIS分析功能中地形分析、地理統計方法與意涵。 2. 對於提昇學生論文/專題研究能力之具體成效： <u>此專題提供二位碩士班學生相關研究素材，同時提供資源讓研究生參與研討會等論文稿件撰寫之訓練</u> 3. 其他方面之具體成效：_____	學術研究方面	1. 該計畫是否有衍生出其他計畫案 <input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 計畫名稱：_____           2. 該計畫是否有產生論文並發表 <input checked="" type="checkbox"/> 已發表 <input type="checkbox"/> 預定投稿/審查中 <input type="checkbox"/> 否 發表期刊(研討會)名稱： <u>第27屆測量及空間資訊研討會</u> 發表期刊(研討會)日期： <u>97年9月4-5日</u> 3. 該計畫是否有要衍生產學合作案、專利、技術移轉 <input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否 <u>請說明衍生項目：協助產學合作廠商建立地層下陷資料庫，並以此為基礎，進行相關分析研究</u>
教學方面	1. 對於改進教學成果方面之具體成效： (1)熟悉地層下陷相關研究中所需資料內涵； (2)藉由地層下陷資料庫之規劃建置，讓參與人員了解地理資料庫規劃設計方法； (3)增加在地理資訊系統教學上實務應用案例 (4)讓參與者熟悉GIS分析功能中地形分析、地理統計方法與意涵。 2. 對於提昇學生論文/專題研究能力之具體成效： <u>此專題提供二位碩士班學生相關研究素材，同時提供資源讓研究生參與研討會等論文稿件撰寫之訓練</u> 3. 其他方面之具體成效：_____				
學術研究方面	1. 該計畫是否有衍生出其他計畫案 <input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 計畫名稱：_____           2. 該計畫是否有產生論文並發表 <input checked="" type="checkbox"/> 已發表 <input type="checkbox"/> 預定投稿/審查中 <input type="checkbox"/> 否 發表期刊(研討會)名稱： <u>第27屆測量及空間資訊研討會</u> 發表期刊(研討會)日期： <u>97年9月4-5日</u> 3. 該計畫是否有要衍生產學合作案、專利、技術移轉 <input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否 <u>請說明衍生項目：協助產學合作廠商建立地層下陷資料庫，並以此為基礎，進行相關分析研究</u>				
成果自評	計畫預期目標： 1.提供一個能夠整合台灣西南部平原地區地層下陷水準監測計算成果、水文、地文相關影響因子的時序性資料之平台。 2.建置一個可供後續研究分析使用之台灣西南部平原地區地層下陷資料庫。 3.了解地層下陷量與各影響因子之間關聯性，並推求其趨勢面。 計畫執行結果： 本研究所建立之資料庫所有資料都有統一格式，使用者不需擔心資料格式的問題，並且所要轉換的格式也相當方便，研究學者可以依照個人需求轉成 AUTO CAD、SHAPE、圖片、EXCEL...等等，讓研究學者更方便 <div style="text-align: right; margin-top: 20px;">預期目標達成率：90%</div>				

**其它具體成效：**

資料庫建置完成後吾人便開始測試資料庫是否運作正常，使用 ArcGIS9.x 版提供之查詢功能獲得之經驗說明建立之地層下陷資料庫，在找資料的功能上比起原有格式資料，搜尋的準確度及速度上都較具有效能，且資料的呈現方面也比原數據資料來的詳盡。