

## 應用專家系統研判雲林彰化地區 水文地質架構

### **Application of the Expert System to the Hydrogeological Framework of Yun-Lin and Chung-Hwa Areas**

國立臺灣大學農業工程學研究所教授  
暨國立臺灣大學水工試驗所研究員

**譚 義 績**

**Yih-Chi Tan**

國立臺灣大學農業工程學研究所  
研究生

**詹 益 璋**

**Yi-Chang Chan**

國立臺灣大學農業工程學研究所  
碩士

**厲 文 中**

**Wen-Chung Lih**

私立中國工商專科學校  
土木工程科副教授

**陳 圭 惠**

**Chu-Hui Chen**

#### 摘 要

本研究主要目的即在於建立一套水文地質專家系統，以做為一項判別水文地質架構的準則，並以濁水溪沖積扇為應用分析地點。

實際執行上，本研究採用了濁水溪沖積扇三種不同性質的水文地質資料(岩性、地電阻、有孔蟲)建構本系統，而透過建立水文地質專家系統對濁水河流域內各剖面分層結構的判別，藉以建立整個濁水溪沖積扇的水文地質架構。

濁水溪沖積扇的水文地質架構完成之後，可以提供地下水模式建立的第一步驟。而模式正確地應用與分析必須依靠良好的水文地質架構，舊有的地下水模式架構有時假設過於簡略，以致於對某些區域產生較大的誤差，而必須耗費許多校正的時間。

本研究與中央地質調查所分析結果甚為吻合；經水文地質專家系統判別下，本區域主要包括三個含水層與兩個阻水層。此一結果顯示水文地質專家系統不僅在現有判別工作上，節省許多時間與錯誤，對未來水文地質研究上，亦可提供一精確的工具。

**關鍵詞：**水文地質架構，專家系統，觀測站網。

## ABSTRACT

The primary purpose of this research is to establish HGES (Hydrogeology Expert System), a rule-based expert system on implementation of hydrogeological framework. Based on three different hydrogeological data (including geologic core logging, electric resistivity and foraminifers data) of the Choushui River fan, using HGES to determinate hydrostratigraphic subdivision of each profile and hydrogeological framework of Choushui river area.

Implementation of hydrogeological framework of the Choushui river fan is the first step to construct groundwater model. The application and analysis will be correct with the precise local hydrogeological framework. Past frameworks' assumptions were sometimes too simplified, these assumptions are not able to represent local framework, and results might lead to greater errors and thus cost researchers more time for readjusting.

Results of this research are close to results obtained from Central Geological Survey; three major aquifers and two major aquitards were identified by the HGES. The results also show that besides HGES can save the researcher a lot of time and reduce errors, it can also be a very precise tool in future hydrogeological research.

**Keywords:** Hydrogeological framework, Expert system, Groundwater monitoring network.

## 一、前言

“水文地質”是地下水流向與流量研究上，不可或缺的基本資料，在地下水的模式模擬研究上，水文地質分層是重要的邊界資料，粗略的分層假設必定會影響到地下水模式模擬的結果。

水文地質分層的研判是件專業且困難的工作，研究上需要的水文地質分層資料，多半是取自於現有的水文地質研究報告，以及參考中央地質調查所的八張水文地質剖面圖(1986)，事實上在濁水溪平原的水文地質分層的研究，還可以更進一步的研究下去，以提供更多可供參考的水文地質分層資料；面對濁水溪平原日益增加的地下水用水需求，本研究希望將去年初步建置的沖積扇水文地質專家系統，應用於濁水溪平原的水文

地質分層架構研判上，以期為濁水溪平原的地下水模式模擬研究提供更多的參考資料。

## 二、文獻回顧

專家系統是早期研究人工智慧時所發展出來的一門十分成功的學問，其定義為：使用知識與推理程序來解決問題的智慧程式，所針對的問題是屬於非常困難，需要專家才能提供解答 (Feigenbaum, 1982)；藉由專業人才的專業知識，以特定的格式將專家的經驗輸入專家系統的知識庫，形成有組織的規則系統，而能模擬人類專家的決策過程 (Keller, 1987)。關於沖積扇水文地質專家系統方面，「應用專家系統於沖積扇地區之水文地質分析」(楊廷皓, 1996)，應用於濁水溪平原的水文地質分層架構研判上，亦獲致不錯之成果。

### 三、研究方法

為瞭解濁水溪平原含水層與阻水層 (aquitar) 分層架構，首先必須繪製足夠的水文地質剖面圖，以作為研判分層的依據；本研究使用的水文地質剖面圖，均是利用專家系統研判繪製的，水文地質圖繪製流程如下：

1. 將觀測井的岩性與地電阻電腦檔案，處理成專家系統讀取的格式。
2. 定出剖面圖的井組合。
3. 應用專家系統分析研判井資料，繪製出水文地質剖面圖。

濁水溪平原為一典型的沖積扇，根據中央地質調查所的水文地質調查研究報告 (中央地質調查所, 1995)，扇頂沉積物顆粒較粗，向扇央、扇端沉積物顆粒逐漸變細，以含水層與阻水層的分層而言，扇頂的分層較單純，至扇央與扇端分層變的比較複雜，為有效的顯現含水層與阻水層的分層變化，而繪製三組剖面圖，以作為分層分析的依據：

第一組剖面圖：

剖面圖方向大致由扇頂延伸至扇端，由北而南共作九條剖面，如圖 1，由這九張剖面圖，以瞭解含水層與阻水層，由扇頂向扇端分層變化的情形。

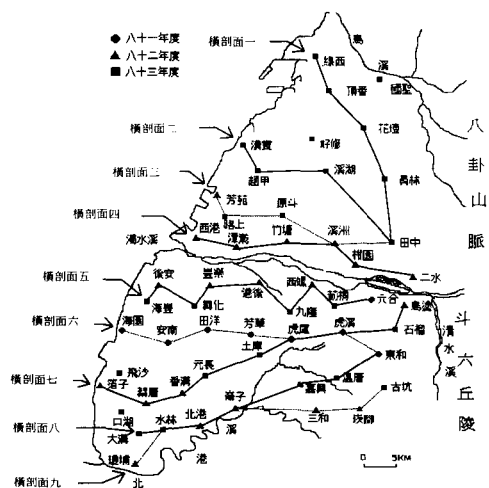


圖 1 第一組剖面位置圖

第二組剖面圖：

剖面圖方向類似同圓心的弧形，選取與扇頂大致等距離的觀測井組成，由扇頂向扇端共繪製八條剖面，如圖 2，由這八條剖面圖，以瞭解含水層與阻水層於扇頂、扇央、扇端上的分佈情形。

第三組剖面圖：

將第一、第二組剖面圖經過井點繪於同一張圖上，如圖 3，剖面的經過方向以類似網狀的分佈於研究區域上；第三組剖面，將以未連接之相鄰兩觀測井為一組，繪製出相鄰兩井間的剖面圖，補足第一、第二組剖面圖未經過的區域，如圖 4。

### 四、水文地質專家系統

水文地質專家系統的架構初步建置於民國 85 年，專家系統是由楊廷皓 (1996) 所設計，系統是用 Boland C++ 4.50 程式語言所撰寫，本研究將此系統應用於雲林彰化地區水文地質架構之建立。

#### 4-1 建置之目的

沖積扇水文地質專家系統建置的目的，是希望根據許多以往的水文地質研究，找出一種適合

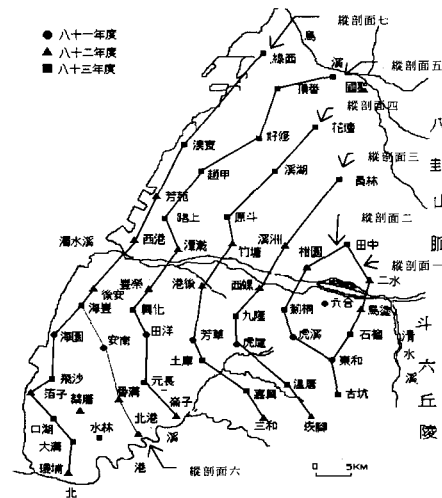


圖 2 第二組剖面位置圖

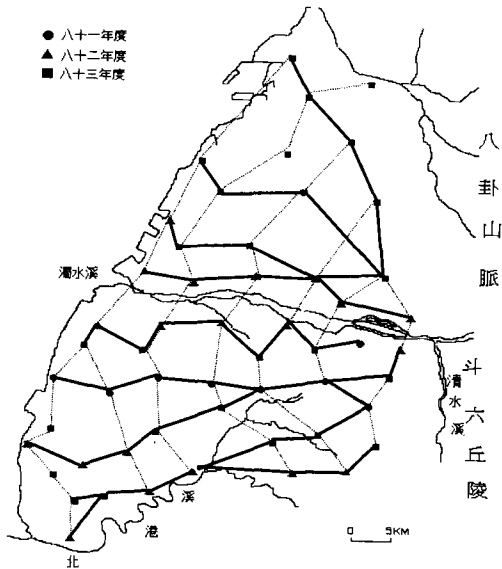


圖 3 第一剖面與第二組剖面位置疊合圖

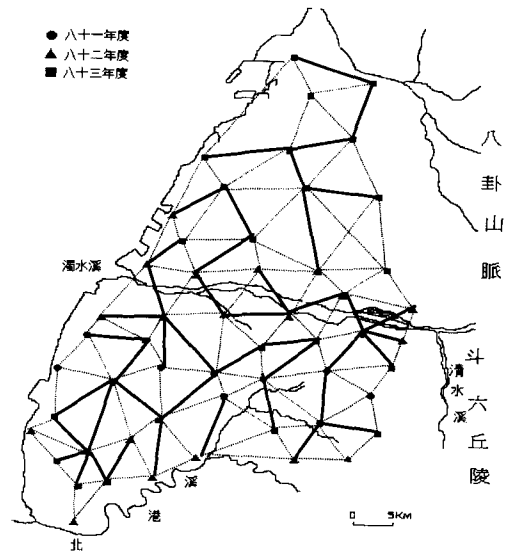


圖 4 第三組剖面位置圖

運用電腦輔助的方式，以專家系統處理分析龐大的水文資料，提供一套方便的輔助工具。

#### 4-2 專家系統分析步驟

1. 根據觀測井的岩心資料與地電阻資料，分析觀測井各深度上的岩性，將井岩性分類成含水層岩類與阻水層岩類。
2. 針對每一鑽測井的岩類資料，運用專家系統，根據含水層與阻水層的延伸深度，將已分類的井原始分層，依分類合併成爲較大的含水層與阻水層分層，以簡化工程應用上問題。
3. 利用簡化後的分層資料，分析相鄰觀測井之地層相關性，首先找出地層間可能的對應集合，下一步，給予相對應的地層一組可靠度 (CF)，見圖 5。

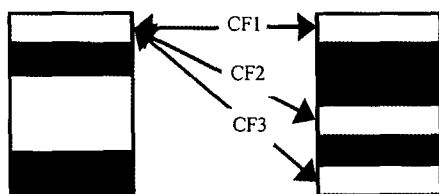


圖 5 對一地層與其它類似地層分析

4. 對一觀測井的全部地層與另一觀測井的全部地層進行組合，找出所有地層之對應關係，見圖 6。

### 五、專家系統架構及分析方法

#### 5-1 專家系統架構

沖積扇水文地質專家系統建置的目的，是希望根據許多往的水文地質研究，找出一種適合運用電腦輔助的方式，以專家系統處理分析龐大的水文資料，提供一套方便的輔助工具。

專家系統主要是由推理機、知識庫所組成，前者負責事實的推演，後者是各種知識、規則的資料庫。典型專家系統的架構 (Luger, 1993) 除了這兩個主要元件之外，另外加上其它子系統，內容與功能如下：

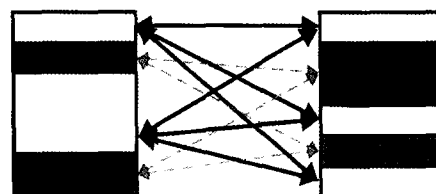


圖 6 對全部地層進行組合

1. 使用者界面—使用者與專家系統的溝通程式。
2. 解釋子系統—解釋系統所提出的問題與由專家系統所推演出來的結果。
3. 知識庫編輯器—讓使用者透過使用者介面編輯知識庫。

## 5-2 分析方法

### 5-2-1 不確定因子與可靠度

在水文地質資料的分析工作上，具有許多不確定性的問題，因此水文地質專家系統在研判工作上，必須設計對於不確定性的處理方式。在水文地質專家系統中，對於不確定性，所採用的方式之一，是 Mycin 專家系統所使用的可靠度 Certainty Factor，簡稱 CF。此外，在水文地質專家系統中，有許多規則因為有模糊特性，無法單純由可靠度來訂定，因此將採用模糊理論中的 S 函數與  $\pi$  函數來處理（楊廷皓，1996）。

可靠度的定義為：

$$CF(H,E)=MB(H,E)-MD(H,E)$$

CF 是給予證據 E 得到假設 H 的可靠度

MB 是給予證據 E 時對假設 H 相信的程度(信任度)

MD 是給予證據 E 時對假設 H 不相信的程度(不信任度)

可靠度與一般專家給定 CF 值傾向的關係，如表 1。

表 1 CF 值的量與質對照表

+1.00	┆	絕對的	偏向贊成
+0.75	┆	強烈的	
+0.50	┆	普通的	
+0.25	┆	輕微的	
0	┆	沒有結論	
-0.25	┆	輕微的	偏向反對
-0.50	┆	普通的	
-0.75	┆	強烈的	
-1.00	┆	絕對的	

※資料來源：（Loh and Rykiel，1992）

表 2 專家系統中各規則與 CF 值訂定步驟

規 則	訂定程序與方法
岩心資料	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 向專家請教利用岩心資料作對比的步驟與程序</li> <li>2. 詢問專家各步驟適用的規則</li> <li>3. 詢問專家各規則意見與可靠度為何</li> <li>4. 根據專家意見訂定 CF 值</li> </ol>
地電阻資料	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 收集各地球物理井測相關論文與研究</li> <li>2. 根據研究結論設定規則與 CF 值</li> <li>3. 詢問專家意見並作修正</li> </ol>
有孔蟲資料	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 收集各古生物與地層對比相關論文與研究</li> <li>2. 根據研究結論設定規則與 CF 值</li> <li>3. 詢問專家意見並作修正</li> </ol>

### 5-2-2 模糊邏輯與推理規則

水文地質專家系統中各規則，與 CF 值訂定的步驟與過程，如表 2。

至於專家系統中各種資料的用途與對結果的影響，如表 3。

表 3 各種資料的用途與影響

資料種類	主要的用途
岩心資料	<ul style="list-style-type: none"> <li>●岩性判斷主要依據，對岩性判斷影響很大。</li> <li>●對比判斷主要資料，對層次判斷影響大。</li> </ul>
地電阻資料	<ul style="list-style-type: none"> <li>●岩性判斷主要依據，對岩性判斷影響很大。</li> <li>●對比判斷主要資料，對層次判斷影響普通。</li> </ul>
有孔蟲化石資料	<ul style="list-style-type: none"> <li>●岩性判斷輔助資料，對岩性判斷影響小。</li> <li>●對比判斷輔助資料，對層次判斷影響普通。</li> <li>●重要性比前兩項小，對結果的影響小。</li> </ul>

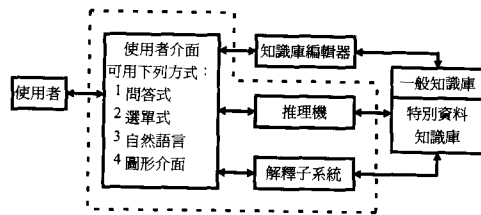


圖 7 典型專家系統架構(Luger, 1993)

## 六、結果

### 6-1 第一組剖面圖結果與說明

圖 9(HGES 剖面圖)與圖 10(中央地調所剖面圖)對田中—溪湖—趙甲—漢寶連線所建立之剖面圖。圖 11 (HGES 剖面圖)與圖 12(中央地調所剖面圖)對田中—溪湖—原斗—路上—芳苑連線所建立之剖面圖。經過比較後，兩者關於推估主要含水層與阻水層的分佈與深度結果均相近，但區域性的薄層阻水層則略有差異。故水文地質專家系統在研判與繪製剖面圖上，為一有效之輔助工具。

圖 8 至圖 18 分別為橫剖面一至九經水文地質專家系統研判後之含水層與阻水層分佈情形。自地表以下至深度約 250 公尺處，主要可分為三個阻水層與兩個含水層。含水層深度由陸地向海岸漸增；阻水層深度漸減。阻水層尖滅消失後，各含水層合併為一厚度甚厚之合併含水層，具有豐沛地下水含量。

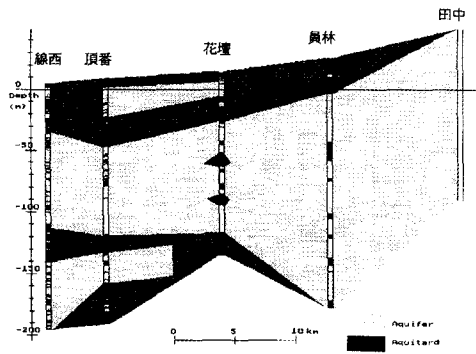


圖 8 第一組剖面橫剖面一

### 6-2 第二組剖面圖結果與說明

圖 19 至圖 27 分別為縱剖面一至七經水文地質專家系統研判後之含水層與阻水層分佈情形。(中央地調所並未製作縱剖面圖可供比對)。

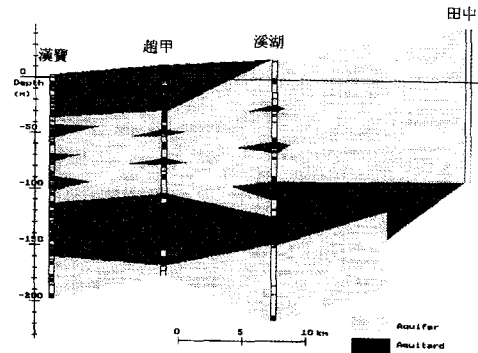


圖 9 第一組剖面橫剖面二

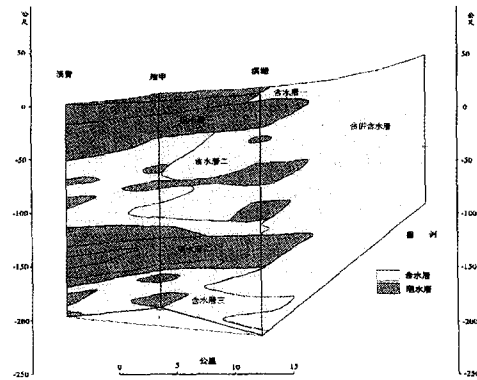


圖 10 第一組剖面橫剖面二(中央地調所)

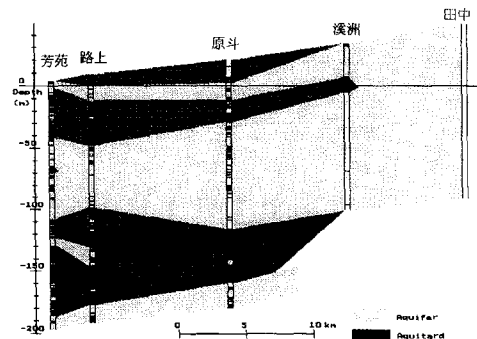


圖 11 第一組剖面橫剖面三

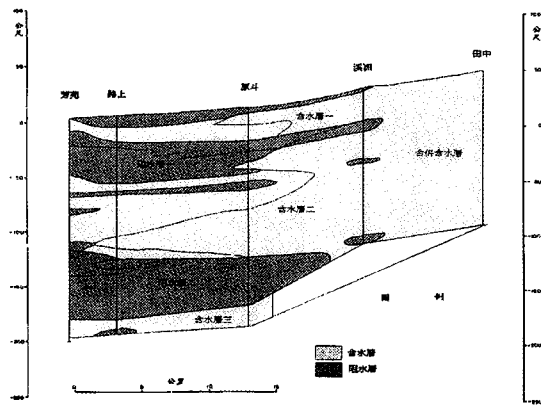


圖 12 第一組剖面橫剖面三(中央地調所)

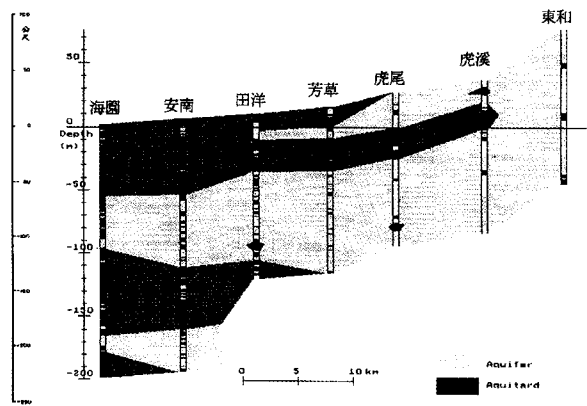


圖 15 第一組剖面橫剖面六

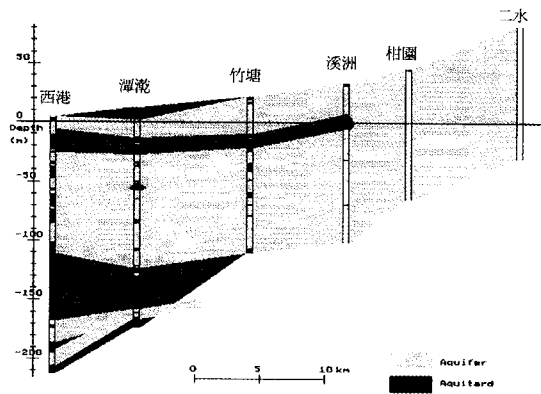


圖 13 第一組剖面橫剖面四

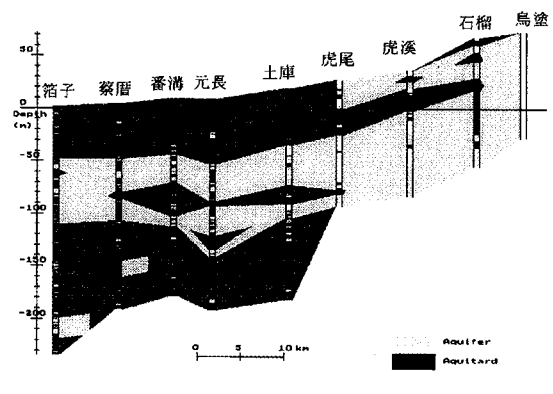


圖 16 第一組剖面橫剖面七

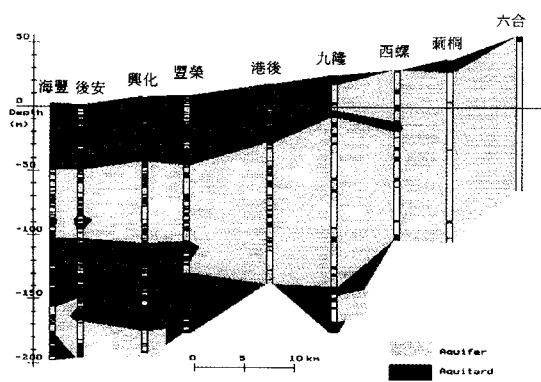


圖 14 第一組剖面橫剖面五

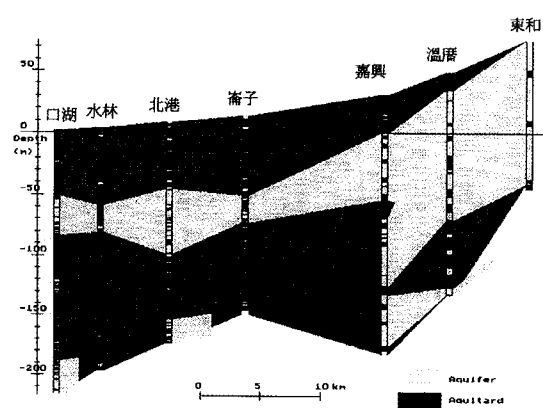


圖 17 橫剖面八

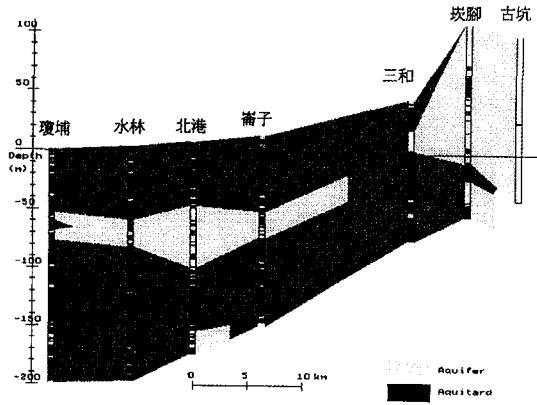


圖 18 橫剖面九

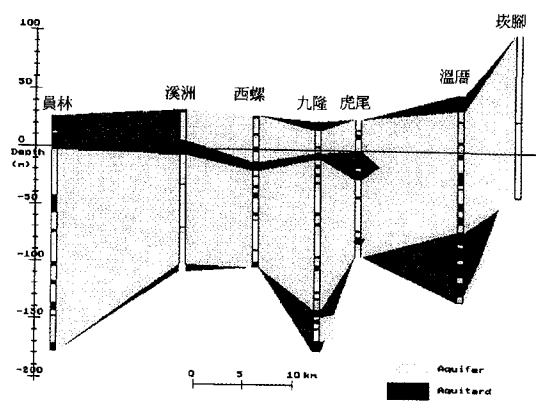


圖 21 第二組剖面縱剖面三

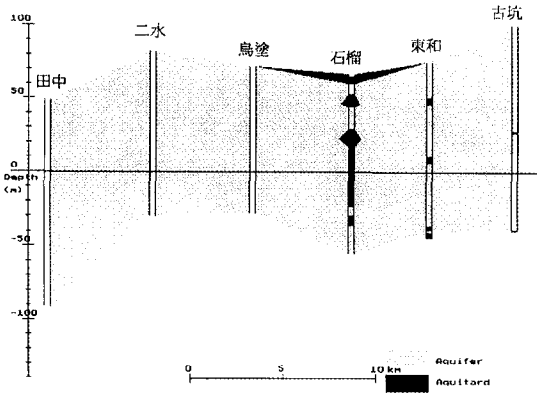


圖 19 第二組剖面縱剖面一

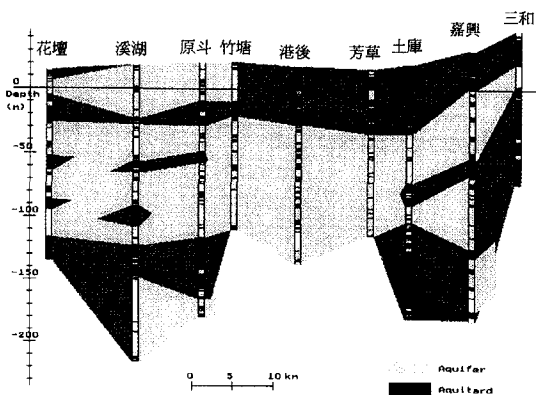


圖 22 第二組剖面縱剖面四

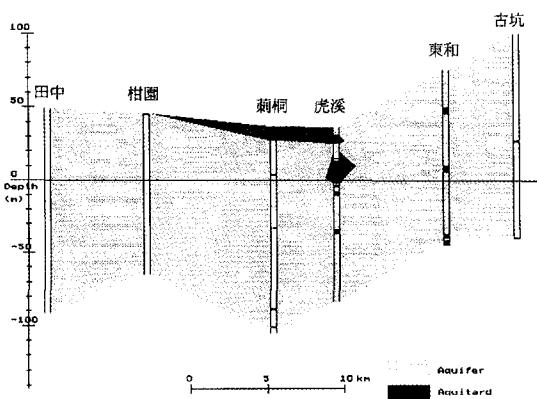


圖 20 第二組剖面縱剖面二

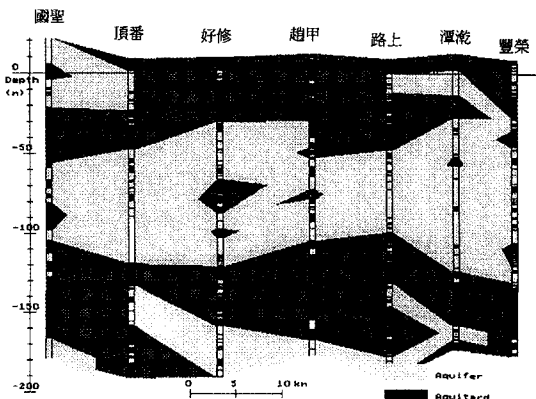


圖 23 第二組剖面縱剖面五(濁水溪北岸)



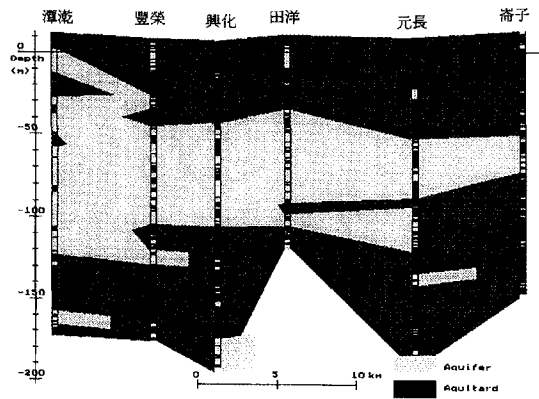


圖 24 第二組剖面縱剖面五(濁水溪南岸)

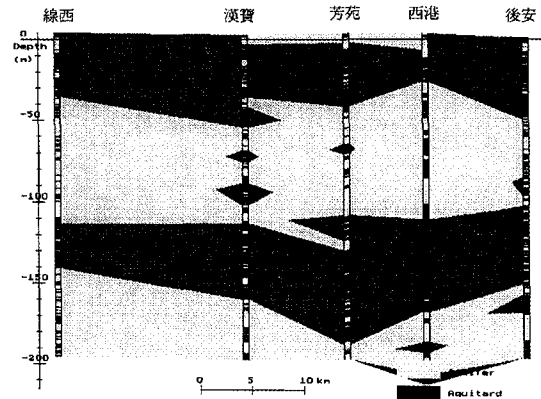


圖 27 第二組剖面縱剖面七(濁水溪南岸)

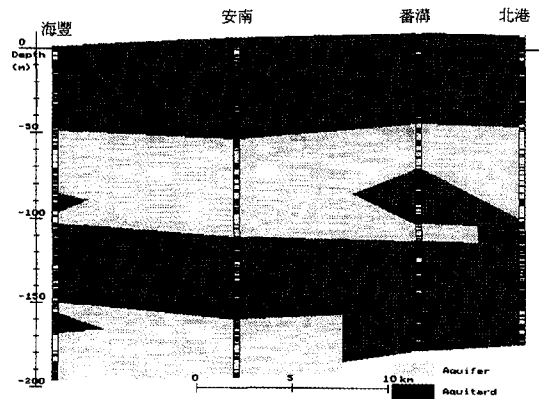


圖 25 第二組剖面縱剖面六(濁水溪北岸)

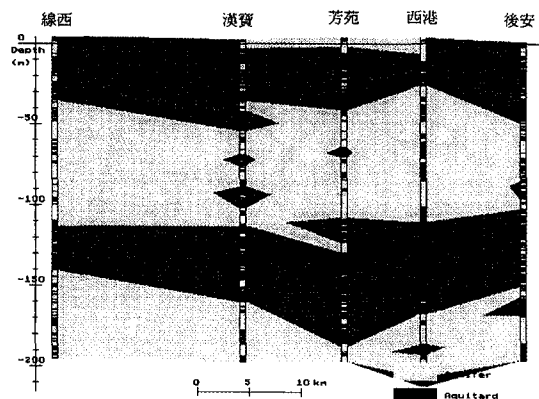


圖 26 第二組剖面縱剖面七(濁水溪北岸)

### 6-3 濁水溪平原水文地質分層的探討

本研究的重點是放在濁水溪平原的水文地質分層研判上，利用專家系統繪製了三組的水文地質剖面圖，從剖面圖上的水文地質分層差異比較，可以發現一個現象：濁水溪平原的水文地質“分層”，似乎與濁水溪平原的水文地質“分區”，有著明顯關係，因此，本研究認為濁水溪平原水文地質分層的探討，應與濁水溪平原的水文地質分區相配合討論。

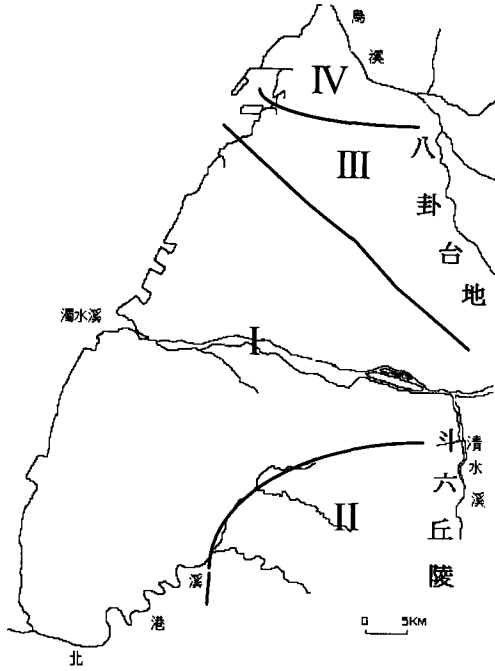
#### 6-3-1 濁水溪平原的水文地質分區：

楊萬全(1989)根據“地形分類”、“地質分析”、“地層係數”，認為濁水溪平原可分為四個地下水域，即 I.濁水溪沖積扇區、II.北港源流區、III.彰化隆起海岸平原區、IV.和美沖積扇區，分區示意圖如圖 28：

#### 6-3-2 濁水溪平原的水文地質分層

由專家系統研判的三組剖面圖結果，分別將合併含水層、含水層 I、含水層 II、含水層 III 出現的區段，標示於研究區域圖上，分別為圖 29、圖 30、圖 31、圖 32，說明如下：

1. 合併含水層：主要分佈在濁水溪沖積扇的扇頂，與北港溪源流區的東半部，在這兩個分區的合併層特性並不相同，濁水溪沖積扇的合併含水層，是由扇央的含水層 I 與含水層 II，向扇頂合併而成合併的含水層。北港溪源流區東半部的合併含水層，



I. 濁水溪沖積區 II. 北港源流區  
III. 彰化隆起海岸平原區 IV. 和美沖積區

圖 28 濁水溪平原的分區(楊萬全, 1989)

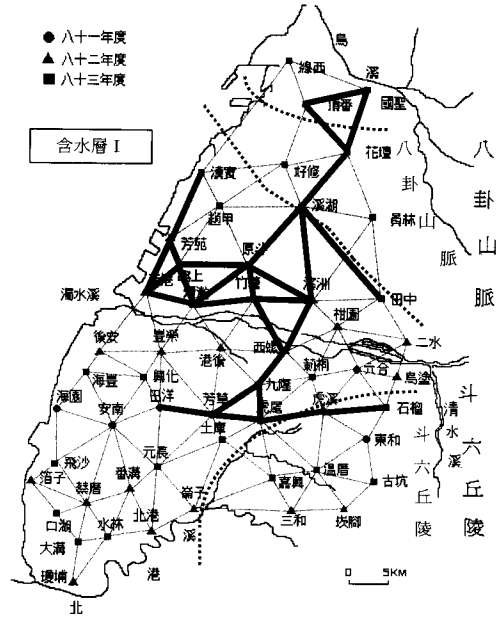


圖 30 含水層 I 的分佈位置

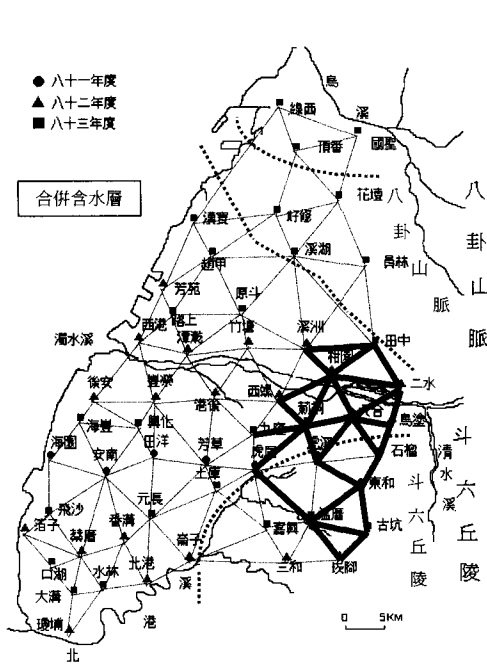


圖 29 合併含水層的分佈位置

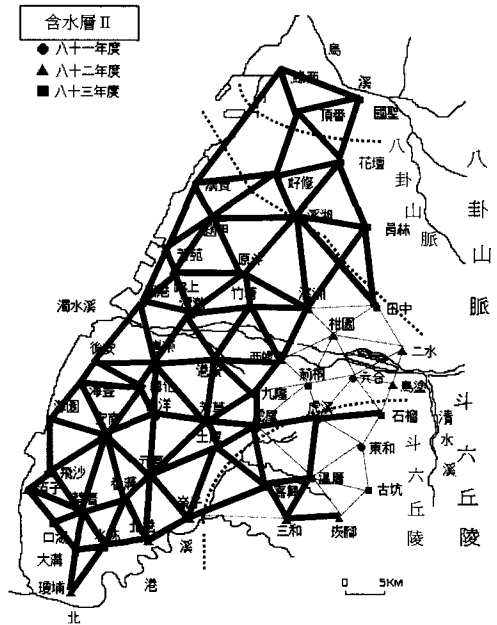


圖 31 含水層 II 出現的位置

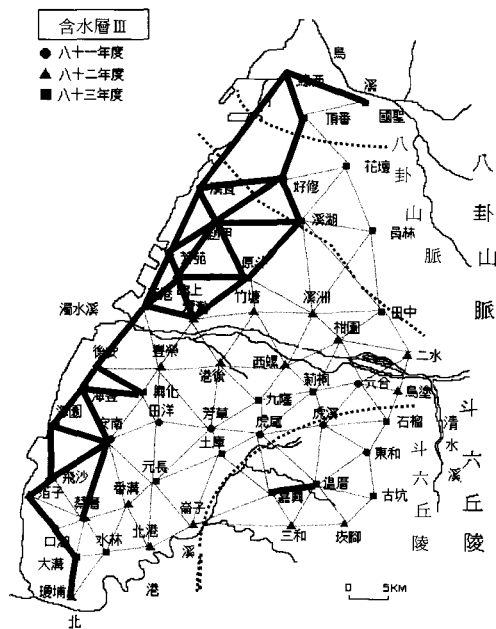


圖 32 含水層 III 出現的位置

向西是直接往含水層 II 的分佈位置延伸，並無含水層 I 的分佈。

- 含水層 I：主要分佈於濁水溪沖積扇上，其次分佈較廣的含水層 I 是在和美沖積扇上，位於兩沖積扇之間的彰化隆起海岸平原，含水層 I 僅分佈在花壇與溪湖段，好修、員林的井均沒有含水層 I 的分層，彰化隆起海岸平原似乎成含水層 I 的阻隔帶，幾乎使得濁水溪沖積扇的含水層 I，無法與和美沖積扇的含水層 I 相連，這是個值得探討的現象。
- 含水層 II：研判結果顯示，不考慮合併含水層的情形下，濁水溪平原上的含水層 II，僅於崙子至三和段不能連通，其他區段含水層 II 均是連通的。現有的剖面圖資料顯示，含水層 II 最厚的分佈地區，是橫剖面 III 至橫剖面六之間的濁水溪沖積扇中央區，含水層 II 的厚度可達 100 公尺左右，少有區域阻水層，含水層 II 向北至彰化隆起海岸平原區，出現較多的區域阻水層，

向南與向扇端厚度遞減，特別是濁水溪沖積扇的西南區，含水層 II 的厚度約在 50 公尺以下，為濁水溪平原含水層 II 最薄的分區。

- 含水層 III：主要分佈於濁水溪平原的西半部，含水層 III 的分佈深度在地表 170 公尺以下，較深的觀測井主要位在濁水溪平原的西半部，東半部的觀測井較淺，所以含水層 III 的研判結果多位在西半部；濁水溪平原的東半部岩性以礫石、中砂為主，不易於觀測井的施工，東半部的觀測井大部分井深度都在 150 公尺以上，無法研判是否有含水層 III，但是較深的觀測井如嘉興與溫厝二井，一樣有連通的含水層 III 之分佈。

### 6-3-3 水文地質分區與三組水文地質剖面圖位置的關係

將專家系統繪製三組剖面的位置圖，與楊萬全 (1989) 的分區結果疊合，如圖 33、圖 34、圖 35。

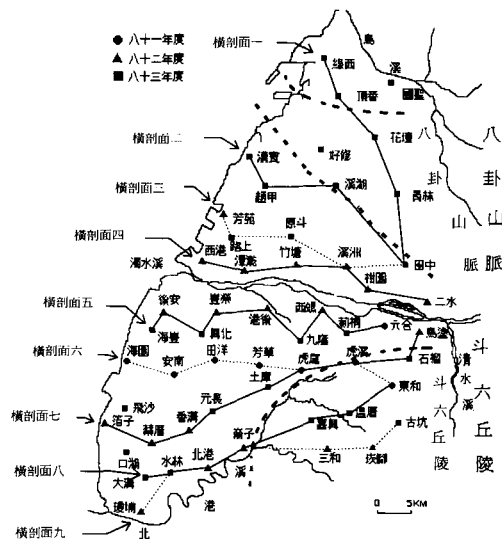


圖 33 第一組剖面圖位置與楊萬全(1989)的分區結果疊合圖



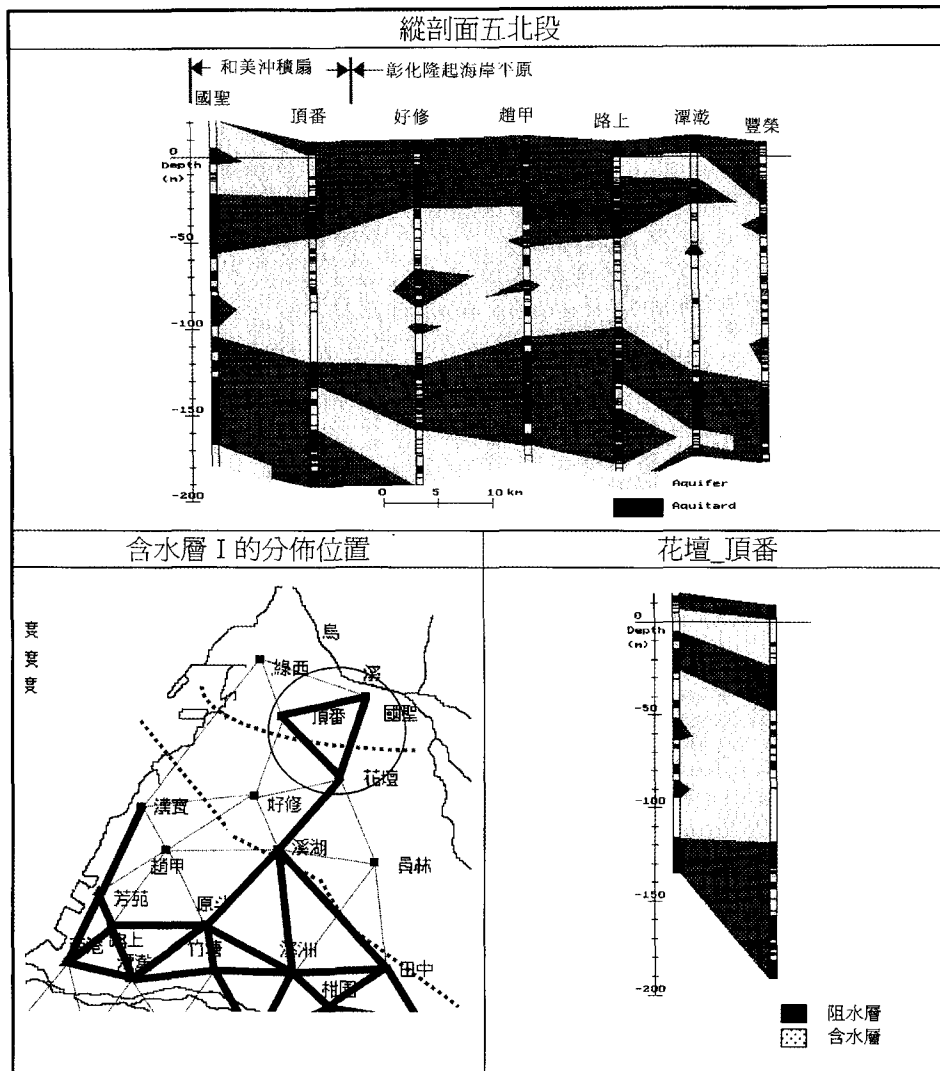


圖 36 和美沖積扇的分層特徵

II，厚度均在 100 公尺以上，並且少有區域阻水層的分層夾於其中，含水層 II 的厚度往南有遞減的趨勢。

- (3) 扇端區：濁水溪北岸的含水層 I，均能延伸至扇端區，而濁水溪南岸的含水層 I，均尖滅於扇央區；含水層 II 的厚度比起扇央要銳減許多，岩性以中砂為主；扇端區的較深觀測井底部，均有含水層 III 的分層。

D. 北港源流區：

根據前人的研究結果，北港源流區與濁水溪沖積扇的地質成因是不同的，本次，由專家系統研判的剖面圖結果來看，若將跨越這兩個分區的剖面圖列於圖 39 中，可發現以下的現象：

1. 橫剖面八、九上：含水層的不連續段，正好出現在跨越兩個不同分區的井點之間。
3. 縱剖面一上：石榴、東和二井的岩性，明顯的與田中、二水、烏塗不同，田中、二

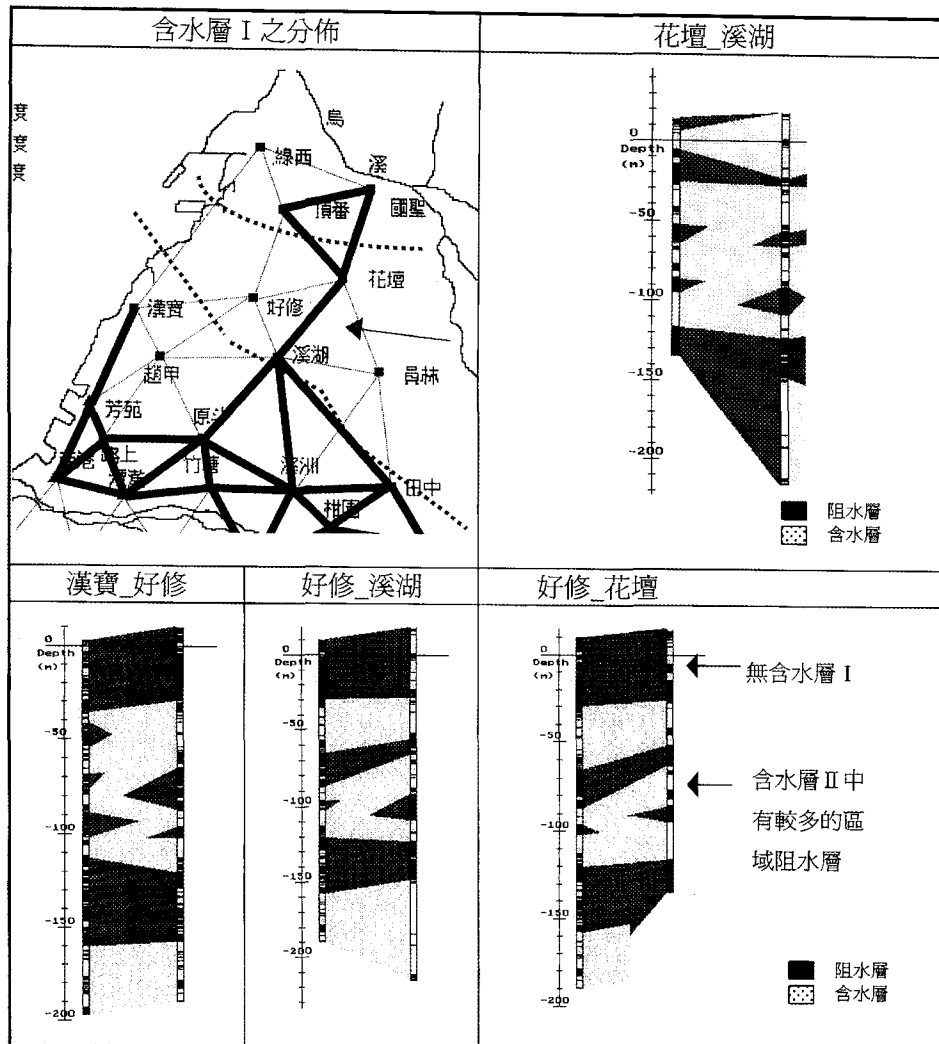


圖 37 彰化隆起海岸平原的分層特徵

- 水、烏塗的岩性以礫石為主，石榴、東和二井則少見礫石層，特別是石榴井，岩性顯示該井有很厚的細砂層，並有泥質的阻水層的機制，與濁水溪沖積扇頂區的岩性明顯的不同，以位置而言，石榴井正在濁水溪沖積扇與北港溪流區的分界附近。
3. 縱剖面二上：與縱剖面圖一的結果非常相似，位在濁水溪沖積扇與北港溪流區邊界附近的虎溪井，也出現石榴井相同的現象，虎溪井的岩性明顯的與濁水溪沖積扇上的荊桐井不同。
  4. 縱剖面三上：虎尾井是位在濁水溪沖積扇與北港源流區的分界附近，含水層在虎尾以北的濁水溪沖積扇，是分為含水層 I 與含水層 II 兩層，至虎尾以南進入北港溪流區，兩含水層又合併為一含水層。
  5. 橫剖面四上：土庫的含水層厚度，與嘉興的含水層度差約兩倍，三和的含水層與嘉興的含水層，在厚度、高程也相差許多。



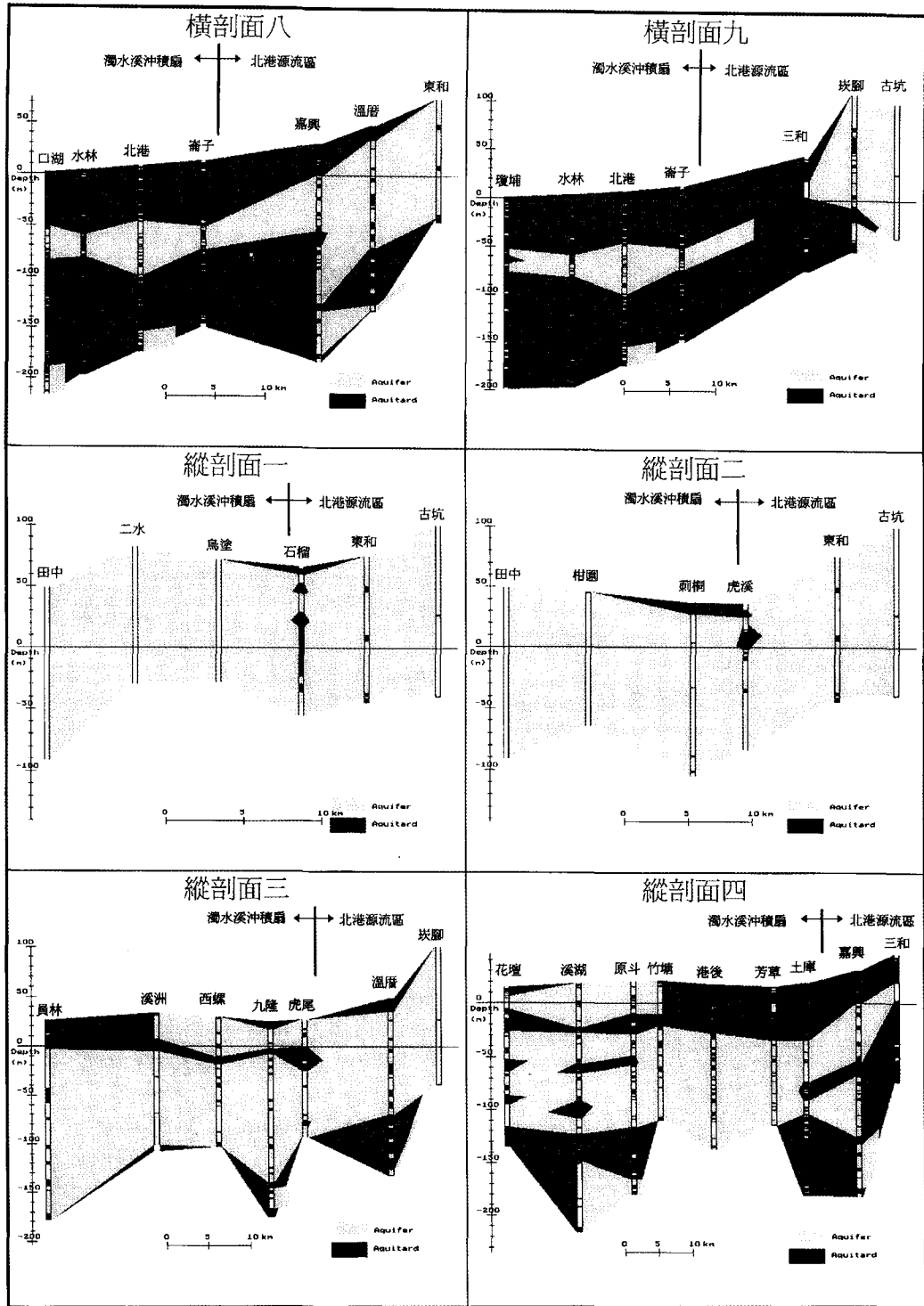


圖 39 北港源流區的分層特徵



#### 6-4 濁水溪平原的水文地質分層

根據專家系統研判的結果顯示，濁水溪平原在濁水溪沖積扇的扇頂區，與北港溪源流區東半部，是合併含水層的分佈地區，合併含水層的厚度在 100 公尺以上，觀測井的底部尚未到達含水層的底部，所以無法得知合併含水層的真實厚度，但可確認的是，合併含水層是濁水溪平原上含水層最厚的地區，岩性以礫石、中砂為主。

由分區看含水層變化的形成：

##### 1. 濁水溪沖積扇扇頂區的合併含水層：

向西：合併含水層延伸至扇央區被阻水層 I 分隔成含水層 I 與含水層 II，含水層 I 延伸於阻水層 I 中，含水層 II 則延伸於阻水層 I 的下方。

向北：合併含水層由田中向北延伸往員林，則直接延伸往阻水層 I 下方，與彰化隆起平原的含水層 II 連接，不形成含水層 I 的分層（如圖 39）。

##### 2. 濁水溪沖積扇之分層由扇央向扇端變化的情形：

**含水層 I：**含水層 I 在北岸的分佈情形較南岸佳，濁水溪北岸之含水層 I 可延伸至沿海的漢寶、芳苑、西港，厚度僅剩約 10 公尺厚，南岸的含水層 I 均尖滅於扇央區的阻水層 I 中（如圖 39）。

**阻水層 I：**阻水層 I 與含水層 I 之分層大致呈現相對的分佈型態，阻水層 I 在南岸的分佈較北岸佳，濁水溪南岸的扇央與扇端區，地表下 0-50 公尺的主要分層是阻水層 I，阻水層 I 向濁水溪沖積扇的扇端與西南區逐漸的增厚（如圖 39）。

**含水層 II：**位在阻水層 I 之下方，為濁水溪沖積扇扇央與扇端區的主要含水層分層，最厚的含水層 II 約在現今濁水溪下方的扇央區，厚度可達 100 公尺厚，含水層 II 往北，至靠近彰化隆起海岸平原的分界附近，會出現較多的區域小阻水層分層，含水層 II 往南厚度逐漸遞減，特別是濁水溪沖積扇的西南區，含水層 II 的厚度僅約 25-30 公尺左右，這是濁水溪平原含水層 II 最薄的區域。

**阻水層 II：**位在含水層 II 下方，與含水層 II 大致呈現相對的分佈型態，現今濁水溪位置下方，有較厚的含水層 II，阻水層 II 則較薄，厚度約 45-60 公尺，阻水層 II 越往濁水溪沖積扇的西南側延伸，厚度則越厚，研判結果顯示，濁水溪沖積扇的西南側的瓊埔、水林觀測井，阻水層 II 厚度可達 110 公尺，含水層 II 的厚度僅約 25-30 公尺左右（如圖 39）。

**含水層 III：**因為觀測井深度的限制，能研判有含水層 III 分佈的區域，多是位在濁水溪平原的西側，但缺乏較完整的分層結果，無法由現有的剖面圖，對含水層 III 下一定論，也無法確知含水層 III 是否向東側延伸，與含水層 I、含水層 II 形成的合併含水層接合，不過，可瞭解濁水溪平原除含水層 I、含水層 II 以外，尚有較深層的含水層 III（如圖 39）。

##### 3. 北港溪源流區：

北港溪源流東部的合併含水層，向西延伸並不會形成含水層 I 的分層，合併含水層會直接延伸往阻水層 I 的下方，再與濁水溪沖積扇扇央的含水層 II 連接（如圖 39）。其他的分層有阻水層 I 與阻水層 II（如圖 39）。

##### 4. 彰化隆起海岸平原：

本區的分層有兩個特點，第一是含水層 I 分佈的並不廣，僅出現於花壇與溪湖 I 帶，第二是含水層 II 中出現了較多的小區域阻水層分層，其他的分層一樣有阻水層 I、阻水層 II、含水層 III，這些分層均可與南北的兩個沖積扇的分層連通（如圖 37）。

##### 5. 和美沖積扇：

與彰化隆起海岸平原比起來，和美沖積扇的含水層 I 分佈變的比較廣一些，厚度上來看，較北邊的國聖井厚度較厚，約 30 公尺厚，且有礫石的分佈，向南至頂番、花壇，厚度則減為約 15-20 公尺，岩性中少見礫石（如圖 36），依此看來，和美沖積扇的含水層 I 由烏溪沖積的可能性較高，彰化隆起海岸平原的含水層 I，正是濁水溪與烏溪所形成的含水層 I 連接帶。

## 七、結論與建議

### 1. 結論：

- (1)由 6-1 節剖面圖比較所得的結果顯示，專家系統研判的含水層與阻水層，與中央地質調查所的研判結果，在主要的分層架構上是相似的，這證明專家系統的實用性，值得繼續發展下去。
- (2)民國 78 年，楊萬全教授研判濁水溪平原可分為四個分區，本研究研判的水文地質剖面圖與之對應，發現此一值得注意的現象，「在不同的水文地質分區上，會顯現出不同的分層特性。」
- (3)濁水溪平原的含水層與阻水層，在濁水溪沖積扇的扇頂區，與北港溪源流區的東半部，是一層深厚的含水層，此含水層向西會有分層上的變化，可能出現有含水層 I、阻水層 I、含水層 II、阻水層 II、含水層 III 的分層，(詳見 6-4 節)。
- (4)研判和美沖積扇的含水層 I 厚度與岩性變化，可知和美沖積扇上的含水層 I 是由烏溪沖積而成的可能性比較高。
- (5)彰化隆起海岸平原上，含水層 I 的分佈範圍不廣，含水層 II 中夾有較多的小區域阻水層，這兩個分層特性，與位在本區南北的兩沖積扇明顯的不同。
- (6)濁水溪沖積扇的含水層與阻水層有良好的層序，北岸的含水層 I 可延伸至沿海，南岸的含水層 I 均尖滅於扇央，本區之含水層 II，在現今濁水溪下方的區域，深厚且少有小區域阻水層夾於其中，含水層 II 往南與往西厚度遞減，往北則區域阻水層的分層增加。
- (7)北港溪源流區有深厚的含水層，含水層向西會與濁水溪沖積扇扇央區的含水層 II 相連，但是北港溪源流區與濁水溪沖積扇扇央區，有明顯的分層差異。

### 2. 建議：

- (1)本研究的結果顯示，濁水溪平原上，不同的水文地質分區會有不同的水文地質分

層，所以在濁水溪平原的地下水模式模擬研究上，對水文地質分層的設定，應該要同時考慮分區及分層。

- (2)本研究在分層的研判上，發現一些觀測井位置的問題：
  - a. 線西\_漢寶之間，觀測井距離太遠，中間應考慮增加觀測井。
  - b. 北港溪源流區與濁水溪沖積扇的交界處，因為這兩區的分層差異顯著，三合\_崙子、嘉興\_崙子之間，可以考慮增加觀測井。
- (3)對專家系統更新的建議：
  - a. 加強繪圖功能：目前的繪圖功能，在分層的結果展示上，有著一些小瑕疵，對不延伸分層繪法仍有待加強。更新繪圖功能是希望完整顯示專家系統研判出的分層訊息。
  - b. 本研究的專家系統，在單井分層的研判上，考慮了岩性與正長距(64 inch)地電阻資料，未來的分層研判上，值得考慮將正短距(16 inch)地電阻與伽瑪法井測資料，列為專家系統在分層研判的擴充方向。
- (4)本研究目前僅以含水層 (aquifer) 與阻水層 (aquitard) 作為分層的目標。由於專家系統之分層準則包括岩性、地電阻、各類生物證據等。若改變分層 (加入 aquiclude)，則必須修正各類型準則的可信度因子 (CF)，此項修正必須依靠水文地質專家對各類型地層 CF 的重新界定，此一建議可提供後續相關研究之參考。

## 八、參考文獻

1. 中央地質調查所，1995，濁水溪沖積扇水文地質調查研究報告，台灣地區地下水觀測站網第一期計畫八十一、八十二及八十三年度。
2. 台灣省建設廳地下水工程處，1963，大濁水溪沖積扇地區地下水源複勘報告。
3. 林朝榮，1957，臺灣地形，民國四十六年，臺灣省文獻委員會出版。
4. 洪華君，1989，雲林地區水文地質之研究，

- 碩士論文，國立師大學地理研究所。
5. 洪榮聰，1994，雲林地區水文地質架構及地下水流概念模型，碩士論文，國立台灣大學地質學研究所。
  6. 梁敬豪、楊潔豪、董倫道、陳平護、陳洲生，1995，地球物理探測及地層對比之應用，台灣地區地下水觀測站網第一期計劃，八十三年度報告。
  7. 張瑞津，1983，濁水溪沖積扇河道變遷之探討，師大地理研究報告，第七期，pp. 85 - 100，國立臺灣師範大學。
  8. 黃奇瑜，1995，岩心有孔蟲化石分析及地層對比研究，台灣地區地下水觀測站網第一期計劃，水文地質調查研究及建檔，八十三年度報告。
  9. 黃智昭，1996，彰化地區水文地質特性研究，國立台灣大學地質學研究所碩士論文。
  10. 楊萬全，1989，濁水溪平原的水文地質研究，師大地理研究報告，第十三期，pp. 57 - 87，國立臺灣師範大學。
  11. 楊廷皓，1996，應用專家系統於沖積扇地區之水文地質分析，碩士論文，國立台灣大學農工研究所。
  12. 劉長齡，1983，濁水溪河川整治方法 - 水系型態及河川研究：行政院國家科學委員會科技防災研究報告 72-17 號，pp.1 - 2。
  13. 劉聰桂，1995，鑽探井岩心之碳十四定年與地層對比研究，台灣地區地下水觀測站網第一期計劃，八十三年度報告。
  14. 盧詩丁，1995，雲林地區水文地質特性及其演變，國立臺灣大學地質學研究所碩士論文。
  15. 楊廷皓，「應用專家系統於沖積扇地區之水文地質分析」，國立台灣大學農業工程研究所碩士論文。（1996）
  16. Feigenbaum, "Knowledge Engineering in the 1980's" Dept of computer Science, Stanford University, Stanford CA (1982).
  17. Keller, R. , " Expert System Technology, Development and Application", Yourdon Press, (1987)
  18. Lugar , George F. and William A Stubblefield , "Artificial Intelligence", Benjamin/Cummings Publishing.(1993)
  19. Loh, D.K. and E.J. Rykiel, Jr. ( 1992 ) "Integrated Resource Management Systems: Coupling Expert Systems with Data-Base Management and Geographic Information Systems", Environmental Management Vol. 16, No. 2, pp. 167 - 177
  20. Sun, C. C. (1971) , Photogeologic Study of the Hsinying-Chiayi Coastal Plain, Taiwan: Petroleum Geol , Taiwan , No. 8 , pp. 65 - 75 .
  21. Sun, C. C. (1972) , Photogeologic Study of the Peikang-Choshuichi Coastal Plain , Taiwan: Petroleum Geol , Taiwan , No. 10 , pp. 187 - 199 .

收稿日期：民國 88 年 1 月 22 日

修正日期：民國 88 年 5 月 17 日

接受日期：民國 88 年 5 月 25 日