

國立臺灣大學工學院土木工程學系

碩士論文

Department of Civil Engineering

College of Engineering

National Taiwan University

Master Thesis

應用類神經網路於地面地下水聯合運用規劃之研究

Application of Neural Networks in Conjunctive Use of

Surface and Groundwater

The seal of National Taiwan University is a circular emblem. It features a central bell (the 'University Bell') flanked by two vertical pillars. Above the bell is a stylized tree. The entire emblem is enclosed within a circular border containing the university's name in Chinese characters: '國立臺灣大學' at the top and '勵學敦行 格致誠信' at the bottom.

陳俊廷

Chen, Chun-Ting

指導教授：徐年盛 教授

Major Professor : Hsu, Nien-Sheng

中華民國 97 年 7 月

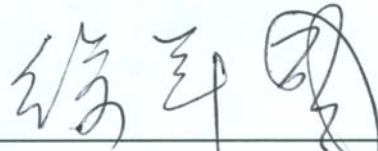
Jul. 2008

國立臺灣大學碩士學位論文  
口試委員會審定書

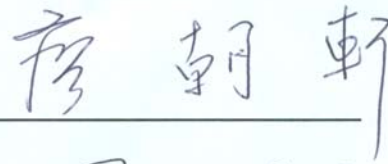
應用類神經網路於地面地下水聯合運用規劃之研究  
Application of Neural Networks in Conjunctive Use of  
Surface and Groundwater

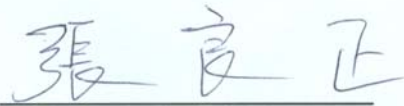
本論文係陳俊廷君 (R95521320) 在國立臺灣大學土木工程學系  
碩士班完成之碩士學位論文，於民國 97 年 7 月 4 日承下列考試委員審  
查通過及口試及格，特此證明

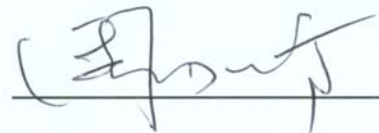
口試委員：

  
\_\_\_\_\_  
(指導教授)

(簽名)

  
\_\_\_\_\_

  
\_\_\_\_\_

  
\_\_\_\_\_

  
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

系主任

  
\_\_\_\_\_

(簽名)

## 誌 謝

此篇論文的完成，首先要感謝徐老師這兩年來的栽培與教導，讓我能夠學習到許多學業上的豐厚知識和做學問的態度與經驗；並感謝諸位口試委員：海大廖老師、交大張老師、成大周老師以及任教於稻江的志強學長在口試審查時給予的寶貴建議，讓我能夠補正許多尚未完善的地方。

在臺大求學期間，我特別感謝文明學長在課業和校園生活上給予的許多幫忙與經驗傳授，讓我這兩年的碩士班生活一路順遂；同時我也感謝宏儒、仲翔、依琳、子豪、凱元以及信宏這些同學們和我在功課和其他事物上的互相扶持。

除此之外，感謝宏仁學長、尉濤學長與敬文學長在論文撰寫上提供我許多相關的文獻資料與建議；以及鑫儒、上田、旻璋等諸位學弟在許多事情上的協助。

最後我要感謝父母給我一個無後顧之憂的求學環境，還有敏玲在生活上對我的照料與支持，讓我能夠順利的完成碩士班學業，非常感謝。

## 摘要

隨著人口增加與氣候變遷，部分地區的地面水資源已日漸不敷需求，進而選擇使用地下水資源，然而過量的抽取將會造成嚴重的地層下陷、海水倒灌等問題。有鑒於此，本研究建立了一個地面地下水資源聯合運用規劃之優選模式，此模式能夠在考慮地下水位下降限制下，最佳化分配地面水與地下水之供給量，達到兼顧用水需求與地下水位穩定的目標。

本研究之優選模式目標函數採用最大化供水量，決策變數為地面水與地下水在各需水點於各時刻之供給量。地下水模擬部分，本研究利用已建構完成的濁水溪沖積扇模擬模式來建立類神經網路，模擬抽水補注行為對地下水位造成之變化，並將其公式化納入限制式，使得優選模式能夠計算出抽水量對地下水位之影響，進而在不超量抽水的前提下最佳化分配地面水與地下水之供給量。

本研究的優選模式可直接使用電腦套裝計算軟體求解，因此不需要大量的程式撰寫與運算時間，相當適合應用在變數數量龐大的問題上，例如複雜的水資源系統或多時段的求解。本研究以雲林地區為模擬案例，其結果可做為雲林地區水利單位調配水資源之參考，有助於減輕相當嚴重的地層下陷問題。

**關鍵字：**類神經網路、優選模式、水源調配、聯合運用。

## Abstract

Inasmuch as population growth and weather change. The water resources was not enough in some places. So they will pump groundwater for use. However, pumping too much will bring the land subsidence problem. In this paper, we build a conjunctive use of surface and groundwater model. It will flow the drawdown constrain to optimize the surface water supply and groundwater supply. Let us have water can use and don't worry land subsidence.

In this paper, the model's objective function is to maximize the water supply. The decision variables are surface and groundwater supply in every demand point. We use neural networks to simulation the groundwater level change by pump and discharge. The developed neural networks are incorporated into the optimization model as constraints.

This model can calculate by packaged software. It will save much time to find the answer in linear problem or nonlinear problem. In complicated problem, it will better than use genetic algorithm to find answer. In this paper, we have a case study of Yunlin region. The result may will help alleviate the land subsidence problem.

***Keywords: Neural Networks, Optimization, Conjunctive Use, Water Allocation.***

# 目 錄

口試委員會審定書 .....	I
謝詞 .....	II
中文摘要 .....	III
英文摘要 .....	IV
目錄 .....	V
圖目錄 .....	VII
表目錄 .....	XII
第一章 緒論	
1.1 研究緣起與目的 .....	1
1.2 文獻回顧 .....	3
1.3 研究方法 .....	6
1.4 論文結構 .....	8
第二章 應用類神經網路建立地下水模擬模式	
2.1 類神經網路之介紹 .....	9
2.2 類神經網路建立流程 .....	13
2.3 使用 Modflow 建立濁水溪沖積扇模擬模式 .....	16
2.4 模擬案例 I .....	26
2.5 模擬案例 II .....	32

2.6 模擬案例 III .....	38
第三章 地面地下水資源優選模式之建立	
3.1 優選模式建立方法 .....	42
3.2 優選模式公式化 .....	43
3.3 優選模式建立流程 .....	50
第四章 地面地下水資源優選模式之應用	
4.1 研究區域概述 .....	51
4.2 建構雲林地區優選模式 .....	54
4.3 案例 A .....	57
4.4 案例 B .....	82
4.5 案例 C .....	98
第五章 結論與建議	
5.1 結論 .....	103
5.2 建議 .....	104
參考文獻 .....	105

# 圖 目 錄

圖 1.3.1：研究流程圖 .....	6
圖 2.1.1：倒傳遞類神經網路架構圖 .....	12
圖 2.2.1：類神經網路設定概念圖 .....	13
圖 2.2.2：類神經建立流程圖 .....	14
圖 2.3.1：GMS 輸入底圖後之介面圖 .....	16
圖 2.3.2：濁水溪沖積扇利用 Modflow 模式劃分之結果圖 .....	18
圖 2.3.3：各含水層之水平水力傳導係數分區圖 .....	19
圖 2.3.4：各含水層之垂直水力傳導係數分區圖 .....	21
圖 2.3.5：各含水層之比出水量與儲水係數分區圖 .....	22
圖 2.3.6：濁水溪沖積扇抽水分區圖 .....	23
圖 2.3.7：員林(1)觀測水頭與計算水頭之驗證 .....	25
圖 2.3.8：港後(2)觀測水頭與計算水頭之驗證 .....	25
圖 2.4.1：雲林農田水利會灌溉管理區塊圖 .....	26
圖 2.4.2：案例 I 各抽水區 GMS 設定圖 .....	27
圖 2.4.3：案例 I 各區抽水點分佈圖 .....	27
圖 2.4.4：案例 I 之 ANN 流程圖 .....	28
圖 2.4.5：案例 I 訓練歷程 .....	29
圖 2.4.6：案例 I 之港後站水位變動對照圖 .....	30



圖 2.4.7：案例 I 之虎溪站水位變動對照圖 .....	30
圖 2.4.8：案例 I 之虎尾站水位變動對照圖 .....	31
圖 2.4.9：案例 I 之北港站水位變動對照圖 .....	31
圖 2.5.1：案例 II 抽水點與觀測水位戰分佈圖 .....	32
圖 2.5.2：案例 II 之 GMS 設定圖 .....	33
圖 2.5.3：案例 II 之 ANN 流程圖 .....	34
圖 2.5.4：案例 II 訓練歷程 .....	35
圖 2.5.5：案例 II 之虎溪站水位變動對照圖 .....	35
圖 2.5.6：案例 II 之舊庄站水位變動對照圖 .....	36
圖 2.5.7：案例 II 之港後站水位變動對照圖 .....	36
圖 2.5.8：案例 II 之崙背站水位變動對照圖 .....	37
圖 2.5.9：案例 II 之中坑站水位變動對照圖 .....	37
圖 2.6.1：案例 III 訓練歷程 .....	39
圖 2.6.2：案例 III 之虎溪站水位變動對照圖 .....	39
圖 2.6.3：案例 III 之舊庄站水位變動對照圖 .....	40
圖 2.6.4：案例 III 之港後站水位變動對照圖 .....	40
圖 2.6.5：案例 III 之崙背站水位變動對照圖 .....	41
圖 2.6.6：案例 III 之中坑站水位變動對照圖 .....	41
圖 3.1.1：系統概念圖範例 .....	42

圖 3.3.1：優選模式建立流程圖 .....	50
圖 4.1.1：雲林區位圖 .....	51
圖 4.1.2：濁水溪河系圖 .....	51
圖 4.1.3：北港溪河系圖 .....	52
圖 4.1.4：雲林地區地層下陷量示意圖 .....	53
圖 4.2.1：優選模式內容比較 .....	54
圖 4.2.2：雲林地區水資源系統概念圖 .....	55
圖 4.3.1：A-1 限制 3m 供水比例圖 .....	57
圖 4.3.2：A-1 限制 1m 供水比例圖 .....	57
圖 4.3.3：A-1 港後站水位變動比較圖 .....	58
圖 4.3.4：A-1 虎溪站水位變動比較圖 .....	58
圖 4.3.5：A-1 虎尾站水位變動比較圖 .....	59
圖 4.3.6：A-1 北港站水位變動比較圖 .....	59
圖 4.3.7：A-2 A 組供水比例圖 .....	62
圖 4.3.8：A-2 B 組供水比例圖 .....	62
圖 4.3.9：A-2 水位變動比較圖 .....	63
圖 4.3.10：A-2 各旬缺水量柱狀圖 .....	63
圖 4.3.11：A-2 港後站水位變動比較圖 .....	68
圖 4.3.12：A-2 虎溪站水位變動比較圖 .....	68

圖 4.3.13：A-2 虎尾站水位變動比較圖 .....	69
圖 4.3.14：A-2 北港站水位變動比較圖 .....	69
圖 4.3.15：A-3 A 組供水比例圖 .....	70
圖 4.3.16：A-3 B 組供水比例圖 .....	70
圖 4.3.17：A-3 港後站水位變動比較圖 .....	79
圖 4.3.18：A-3 虎溪站水位變動比較圖 .....	79
圖 4.3.19：A-3 虎尾站水位變動比較圖 .....	80
圖 4.3.20：A-3 北港站水位變動比較圖 .....	80
圖 4.3.21：優選模式 A 之計算資訊 .....	81
圖 4.4.1：抽水點與觀測水位站分布圖 .....	82
圖 4.4.2：關閉抽水井位置圖 .....	83
圖 4.4.3：B-1 A 組供水比例圖 .....	84
圖 4.4.4：B-1 B 組供水比例圖 .....	84
圖 4.4.5：B-1 A 組抽水比例圖 .....	85
圖 4.4.6：B-1 B 組抽水比例圖 .....	85
圖 4.4.7：B-1 虎溪站水位變動比較圖 .....	94
圖 4.4.8：B-1 舊庄站水位變動比較圖 .....	94
圖 4.4.9：B-1 港後站水位變動比較圖 .....	95
圖 4.4.10：B-1 崙背站水位變動比較圖 .....	95

圖 4.4.11：B-1 中坑站水位變動比較圖 .....	96
圖 4.4.12：優選模式 B 之計算資訊 .....	97
圖 4.5.1：C-1 A 組供水比例圖 .....	98
圖 4.5.2：C-1 B 組供水比例圖 .....	98
圖 4.5.3：C-1 水位變動圖 .....	101
圖 4.5.4：優選模式 C 之計算資訊 .....	102



# 表 目 錄

表 2.3.1：各含水層各分區之水平水力傳導係數 .....	20
表 2.3.2：各含水層各分區之垂直水力傳導係數 .....	21
表 2.3.3：各含水層各分區之比出水量與儲水係數 .....	22
表 2.3.4：抽水分區編號與抽水比例 .....	24
表 2.4.1：案例 I 之誤差 .....	29
表 2.5.1：案例 II 之誤差 .....	34
表 2.6.1：案例 III 之誤差 .....	38
表 4.3.1：A-1 限制 3m 各區供水分配表 .....	60
表 4.3.2：A-1 限制 1m 各區供水分配表 .....	61
表 4.3.3：A-2 A 組各區供水分配表 .....	64
表 4.3.4：A-2 B 組各區供水分配表 .....	66
表 4.3.5：A-3 A 組各區供水分配表 .....	71
表 4.3.6：A-3 B 組各區供水分配表 .....	75
表 4.4.1：B-1 A 組各區供水分配表 .....	86
表 4.4.2：B-1 B 組各區供水分配表 .....	88
表 4.4.3：B-1 A 組各區抽水分配表 .....	90
表 4.4.4：B-1 B 組各區抽水分配表 .....	92
表 4.5.1：C-1 A 組各區供水分配表 .....	99

表 4.5.2：C-1 B 組各區供水分配表 ..... 100



# 第一章 緒論

## 1.1 研究緣起與目的

臺灣地區雖然是年雨量豐沛的海島型氣候，但是由於雨季時空分配不均以及河川坡陡流短的因素，造成水資源在時間及空間上的豐枯差異懸殊，加上都市化與工商業的迅速發展下導致用水需求日漸增加，地面水資源已不敷需求，因此臺灣部分地區轉而大量使用地下水資源，然而經年累月的過量抽取，已引發嚴重的地層下陷、海水倒灌與水質汙染等問題。有鑒於此，如何在適量抽水的前提下有效分配使用地面及地下水資源已成為當前的重點課題。

本研究的目的是在於建立一個地面地下水資源聯合運用規劃之優選模式，此優選模式能夠在設定的地下水位下降幅度限制下，最佳化分配地面水與地下水的供給量，以兼顧用水需求與地下水位的穩定。

本研究使用類神經網路來模擬地下水抽水與補注對地下水位造成的影響，並且將其公式化寫入優選模式中做為限制式，達到同時優選地面水與地下水的目標。

過去的聯合運用優選研究多半採用遺傳演算法求解，此種方式的缺點在於無法求解變數數量龐大的複雜問題，只能使用逐時段來計算，本研究之優選模式可以直接套用電腦套裝計算軟體求解，對於多時段的運算以及變數數量龐大的問題有較好的求解能力，同時也提升

了計算速度，省下不少的求解時間。

雲林地區在地下水的使用上有相當大的需求，同時也有著十分嚴重的地層下陷問題，故本研究以雲林地區為模擬案例，希望能提供該區之水利單位做為調配水資源的參考，以幫助減輕地層下陷問題。





## 1.2 文獻回顧

八零年代受限於電腦處理能力不高和使用介面不佳的因素，地面地下水資源優選模式主要使用數學模式來模擬近似地下水流，Gorelick (1983) 將地面地下水資源優選模式分為嵌入法 (embedding method) 與響應矩陣法 (response matrix method)，嵌入法使用有限差分或有限元素法來模擬地下水水流情形；響應矩陣法則是利用水井洩降疊加原理獲得抽水井與地下水位之函數關係，此兩種方法都將計算式與計算矩陣納入優選模式來求解。

到了九零年代，由於電腦的普及與其效能提升，各種地下水模擬套裝軟體的出現，使得地面地下水資源優選模式趨向使用現有套裝軟體來模擬地下水的變化，Randall (1997) 利用一具有多標的目標函數之線性規劃系統來建立地面地下水聯合營運模式，標的間的權重大小反應其在操作策略上的重要程度，而地下水系統的相關操作則以在目標函數中設計抽水量最小之標的及於限制式中加入最大補注量之限制來設計，其地下水系統的處理方式無法呈現地下水抽水量、補注量造成地下水位變化的動態性。陳俊焜 (1997) 以線性規劃來處理地面地下水聯合營運的問題，藉由地下水數值模擬模式來分別建立反應河川與含水層間交換量、抽水量與地下水位的響應矩陣，並以此連結地面與地下水系統。

Emch and Yeh (1998) 利用地下水流模擬軟體 SHARP 和非線性優選模式求解軟體 MINOS 串聯來處理地面地下水優選模式。Basagaoglu and Mariño (1999) 藉由地下水數值模擬模式來建立地下水位與補注量、抽取量的關係，使用線性規劃求解優選模式。楊朝仲 (2002) 使用地下水水流模擬模式 ISOQUAD 來計算抽水、補注量與地下水位關係，並利用遺傳演算法與可微分動態規劃法來求解。

近年來由於類神經網路廣泛地應用於水資源問題上，地面地下水資源優選模式之研究也有相當多的文獻是使用類神經網路來模擬地下水變化，Coppola (2003) 利用坦帕灣 (Tampa Bay) 的地下水實測資料來訓練類神經網路，在地下水位的連續預測研究上獲得不錯的結果。Karamouz (2004) 利用地下水模擬模式 PM (processing modflow) 建立類神經網路模擬德黑蘭 (Tehran) 的地下水位變化，使用遺傳演算法求解。Ioannis (2005) 以類神經網路預測希臘克里特島 (Crete) 之地下水觀測井水位，在建構過程中比較了七種不同的結構，結果證明了類神經網路使用月模式即足以對該地的地下水位做一年以上的預報。Nayak (2006) 利用類神經網路預報印度海岸平原之地下水位，結果顯示類神經網路模式可以精準適切地預報未來數個月之地下水位。

黃浚璋 (2006) 利用類神經網路來模擬一個虛擬的地下水系統，該系統使用 Modflow 軟體建構，並採用遺傳演算法求解，特點是為利用

”指標平衡”做為地下水與地面水之調配準則。傅怡釗 (2006) 在高屏大湖的操作最佳化模式上使用類神經網路模擬人工地下湖與地面水的交換作用，並利用遺傳演算法優選操作規線。



### 1.3 研究方法

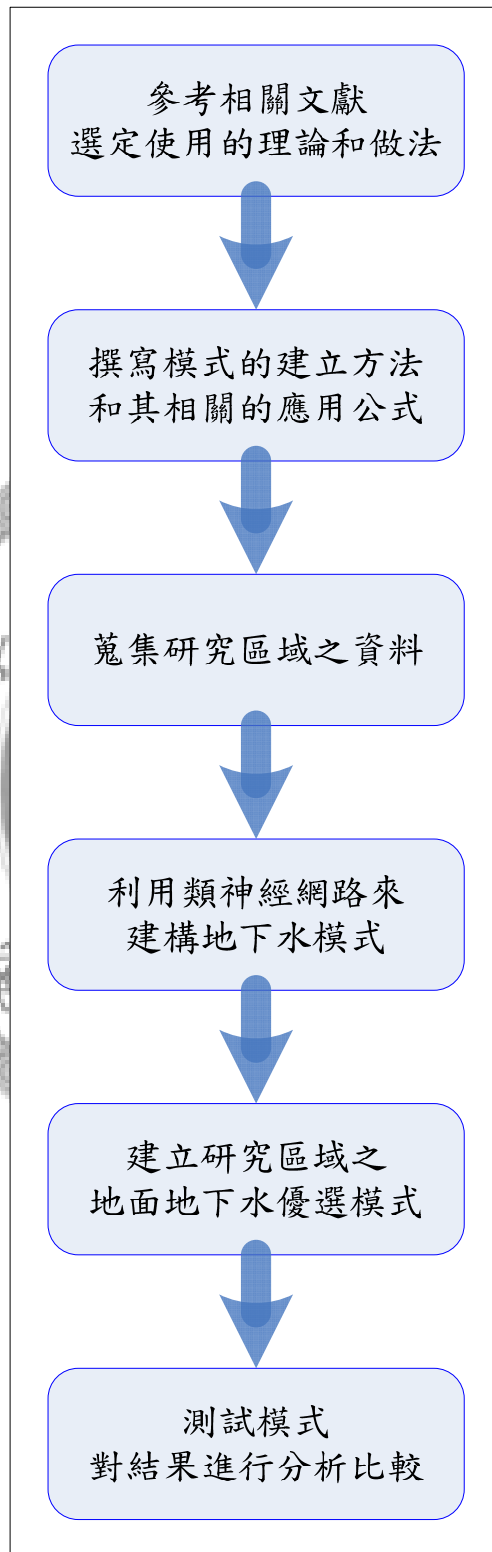


圖 1.3.1：研究流程圖

本研究之研究流程如圖 1.3.1 所示，先參考過去有關於地面地下水資源聯合運用和類神經網路模擬地下水系統的相關文獻，決定本研究將使用的理論、做法，以及電腦軟體、案例模擬地區等等。

接著實際撰寫出優選模式的建立方法，以及模式內針對各項水利設施之運作所使用的近似公式。

下一步則是蒐集案例模擬地區的各项資料，例如水資源供給系統，地下水層參數，流量站與雨量站等等。

資料蒐集完畢後，便利用類神經網路建立地下水模式，得到各神經元的權重與偏權值，轉變成限制式寫入優選模式中，再對建好的模式進行各種不同條件的模擬，比較分析所得結果，瞭解本做法的優點與缺失。

## 1.4 論文結構

本論文分成五個章節，第一章闡述本研究的背景、動機，以及研究目的，並簡單說明過去相關文獻的研究成果，最後則是研究方法與流程介紹。

第二章是本研究應用類神經網路來建構地下水模式的理論簡介，加上實際的做法和流程說明，還有呈現本研究針對雲林地區所做的地下水模式之相關成果。

第三章的主旨是說明本研究如何在優選模式中寫入地面水與地下水資源的相關公式使之成為一個地面地下水資源優選模式，其建立方法，各系統元件的公式化內容，以及優選模式建立的標準作業流程。

第四章展示了本研究利用前述做法針對雲林地區所建立的優選模式，對於各種不同的參數設定，或是相異的限制條件所得到的結果比較，由這些案例模擬可以看出本研究的優選模式在實際應用上的優勢以及應注意或改進的地方。

第五章是本研究在經過實際的案例模擬後，對於使用這個做法建立的地面地下水資源優選模式之成果進行分析所得到的結論，同時也針對本研究的不足之處提出未來可供努力的方向，希望將來有機會可以在這些缺失上進行改進。

## 第二章 應用類神經網路建立地下水模擬模式

### 2.1 類神經網路之介紹

類神經網路主要的基本概念是嘗試著模仿人類的神經系統，其架構是由許多非線性的運算單元（神經元 neuron）和單元間的眾多連結（links）所組成，而這些運算單位是以平行且分散的方式來進行運算，如此就可以同時處理大量的資料應用；此外，類神經網路只需要歷史資料即可進行分析，來達到模擬或預測的效果。

類神經網路有大量互相連結的處理單元，通常是以平行操作且置放於整個網路架構之中，可透過樣本或資料的訓練來展現出學習（learn）、回想（recall）、歸納推演（generalize）的能力。類神經網路在處理形式套配（pattern matching）、分類（classification）、函數近似（function approximation）、最佳化（optimization）及資料分類（data clustering）等都有相當好的成過。（張斐章 2006）

如何建立一個人工神經元呢？1943年由美國心理學家 McCulloch 和數學家 Pitts 共同提出的 MP 模型具有將輸入輸出變數間複雜的內在對映關係充份模擬的功能，此模型由許多人工神經元所組成，神經元又被稱為節點（node），將輸入的資料藉由各自權重加權總和後傳入節點，並經過轉換函數轉換後輸出。

其數學表示式如下：

$$net_j = \sum_{i=1}^m w_{ji} x_i + b_j, \quad y_j = F(net_j) \quad (\text{式 2.1.1})$$

其中：

$net_j$  為輸入值加權乘積總合加上偏權值。

$w_{ji}$  為輸入項權重。

$x_i$  為輸入值。

$b_j$  為偏權值。

$y_j$  為輸出值。

$F()$  為活化函數。

$j$  是神經元編號。

$i$  是輸入值編號。



類神經網路從系統架構上可以分為前饋式類神經網路與回饋式類神經網路兩種，前饋式類神經網路之架構，其連結方式為單一方向的向前傳遞連結，且網路的所有神經元皆無後向或側向的傳遞；而回饋式類神經網路與前饋式類神經網路的最大不同點，在於回饋式類神經網路至少會含有一個回饋迴圈，即該迴圈內的神經元將會把訊息傳給同層或是前一層的神經元，以做為輸入資料。



類神經網路的學習方式主要分為監督式學習 (supervised learning) 與非監督式學習 (unsupervised learning) 兩種，監督式學習可以從不斷修正網路中的傳遞權重，以降低系統的誤差。在學習的過程中我們需要給予系統一個訓練範例，其中具有輸入項與目標輸出值，而當網路修正權重至輸出項與目標輸出值的差距小於一定的臨界值後便停止訓練。非監督式學習的特點在於訓練過程中只給予輸入項資料，網路依照輸入資料的特性自己去學習及調整權重，此種學習方式可以獲取系統的統計資料以及群組的屬性關係，即聚類 (clustering) 問題。

在諸多的類神經網路類型中，本研究選擇使用的類神經網路為倒傳遞類神經網路 (BPN)，它利用多層感知器 (multilayer perception, MLP) 作為架構並使用誤差倒傳遞演算法 (error back propagation, EBP) 來進行學習，屬於多層前饋式網路，以監督式學習來處理輸入輸出間的映射關係。

倒傳遞類神經網路最常被使用在資料處理的分類、預測還有壓縮等問題，由於其學習精度高、回想速度快，不限定輸出值必須為連續，還能處理複雜的高度非線性函數，因此倒傳遞類神經網路的適用性相當廣泛，也因為使用者和研究學者眾多，這些年來有許多文獻針對其學習速度慢與執行時間長等缺點提供不少改進的方法，讓現行的倒傳遞類神經網路在使用的便利性上有著顯著地提升。

倒傳遞類神經網路如圖 2.1.1 所示主要分為三個結構層面，第一層是輸入層，做為外界輸入訊息的傳遞介面，並不對資料做特別處理，而隱藏層與輸出層神經元的作業方是就如同上節所述公式，利用權重的乘積和偏權值的調整，加上活化函數的處理來進行模擬。

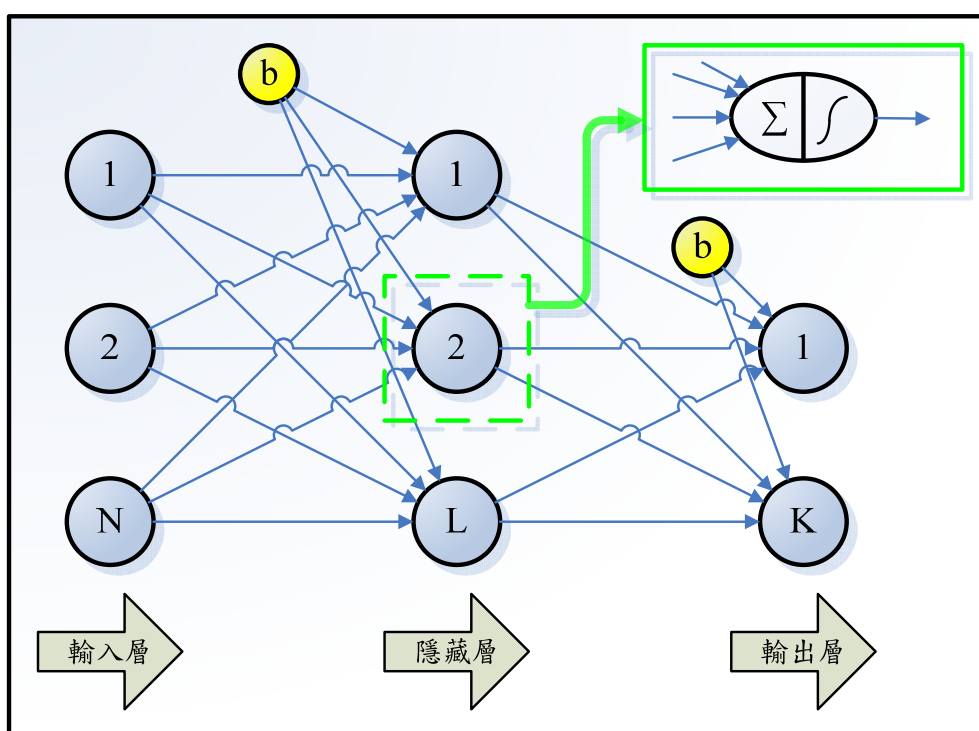


圖 2.1.1：倒傳遞類神經網路架構圖

## 2.2 類神經網路建立流程

本研究所使用的類神經網路為倒傳遞類神經網路，如圖 2.2.1 所示，輸入項應包含各觀測水位站水位、各抽水點之抽水量及各補注點之補注量，亦可針對研究地區之特性增加項目，輸出項為各觀測水位站下一時刻水位，隱藏層與神經元數目建議使用試誤法求得，應以驗證組誤差達到要求精度為目標。

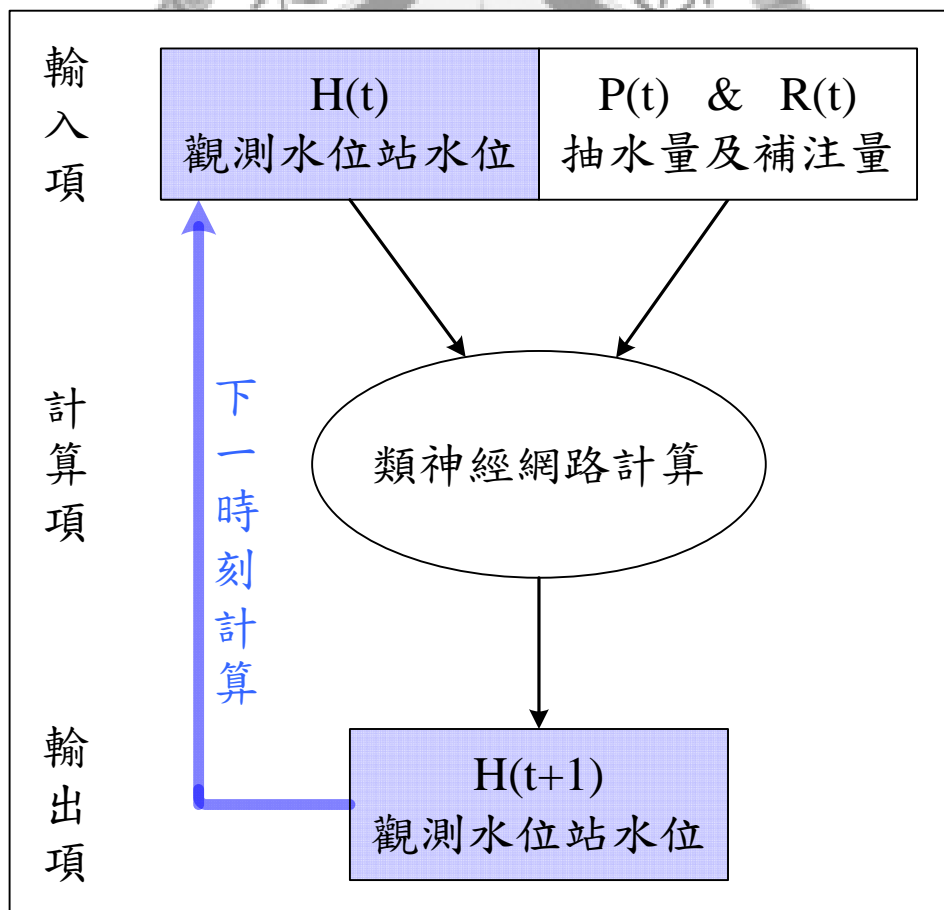


圖 2.2.1：類神經網路設定概念圖

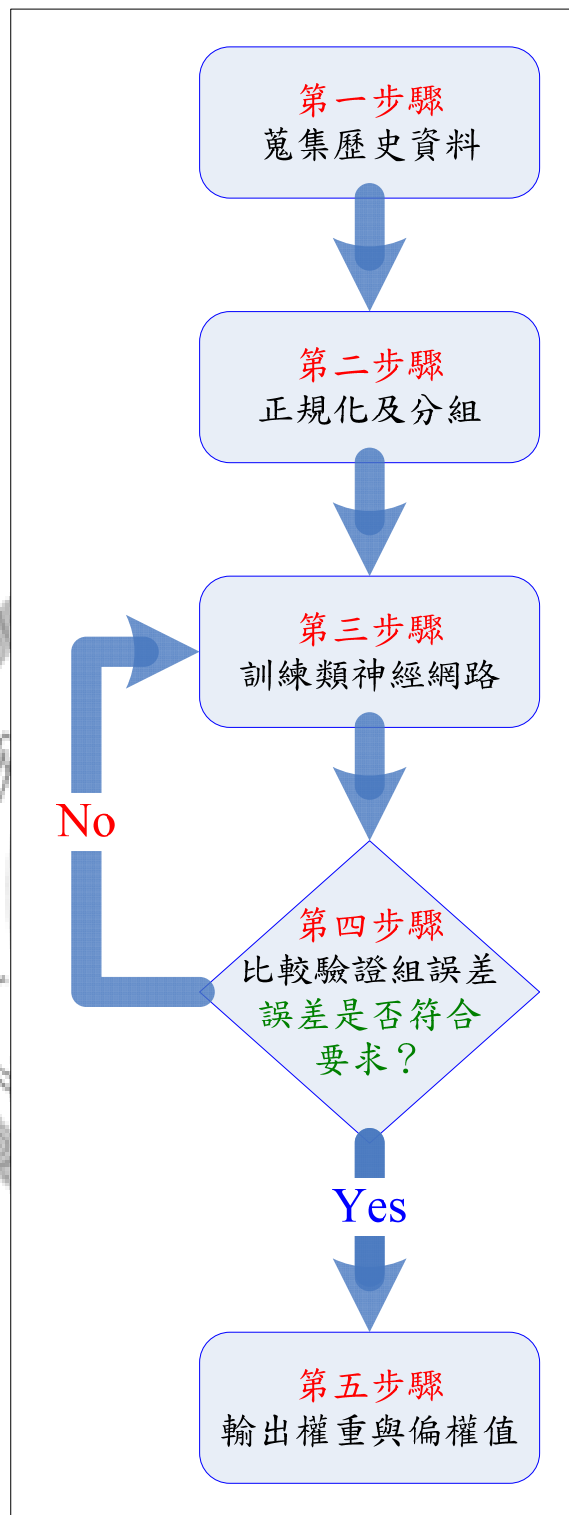


圖 2.2.2：類神經網路建立流程

建立流程如圖 2.2.2 所示，第一步驟為先蒐集歷年抽水補注量與觀測水位資料；第二步驟將各資料整理及正規化後分為訓練資料與驗證

資料；第三步驟是利用訓練資料進行類神經網路之訓練，各時間單位之輸入項皆直接給定；第四步驟為使用訓練好的類神經網路計算驗證組的資料，計算時在類神經網路只輸入初始之地下水位資料，其後各時間之地下水位皆由類神經網路模式自行計算使用，最後與實際資料做比對求得誤差，如誤差不符合要求則回到第三步驟重新訓練，可於重新訓練時採用不同數目的神經元數目或其他的活化函數，當誤差符合要求時進入第五步驟；第五步驟將訓練好的類神經網路各神經元權重與偏權值輸出整理，以利下階段優選模式撰寫時使用。

本研究選用濁水溪沖積扇上雲林地區做為範例，雲林地區由於地下水私井數量眾多，抽取量比重亦大，只利用公有抽水井之紀錄來訓練可能有相當大的誤差，因此本研究使用地下水流模擬系統 GMS (groundwater modeling system) 中的地下水流模擬模式 Modflow 模組來建立濁水溪沖積扇之模擬模式，並利用此模式產生訓練與驗證所需資料，進行類神經網路的建立與驗證。

## 2.3 使用 Modflow 建立濁水溪沖積扇模擬模式

本研究使用的濁水溪沖積扇模擬模式是由陳敬文於 2007 年建立，使用的軟體是 GMS 內之 Modflow 模組，要建立一個地下水流模擬模式必須要先將資料輸入，然後進行檢定與驗證後才可進行使用。

以下簡述其建立過程：

### (1) 輸入底圖

底圖為整體模式之基礎，所有沖積扇的特性都將在這張底圖上標示出來，例如補注區之位置、參數之分區等等，輸入底圖後之模式介面如圖 2.3.1 所示。

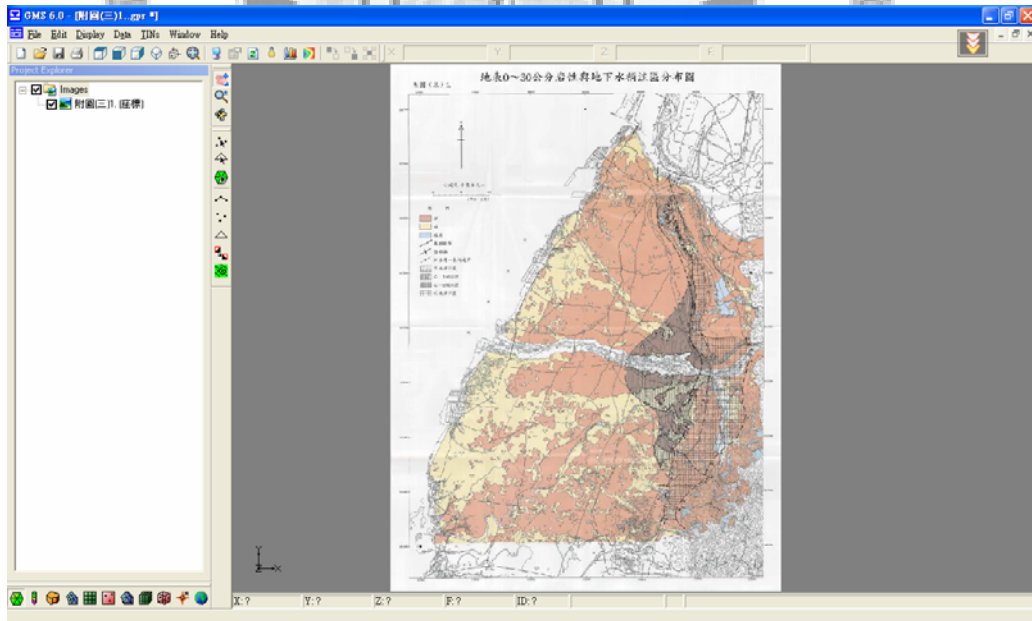


圖 2.3.1：GMS 輸入底圖後之介面圖

## (2) 觀測井之分佈與定位

本模式共採用底圖上之三個定位點：

a.(x,y) = (160000,2600000)、b.(x,y) = (190000,2680000)、c.(x,y) = (220000,2650000)，建構出涵蓋整個底圖之 TMD67 座標系。

## (3) 含水層之分層

本模式根據中央地質調查所 (1999) 之附圖來建構地下水分層，首先輸入各觀測井之分層狀況與定位座標，再利用 GMS 中之內插 (interpolation) 功能建構出整體之分層狀況。

## (4) 初始條件之設定

本模式定 1998 年 1 月 1 日之水頭為初始條件，總共利用 18 個觀測井當作初始水頭之基準點，此 18 個觀測井皆含有四個含水層之觀測紀錄，於輸入 Modflow 之後做內插至各網格，可分別得到四個含水層之初始水位分佈。

## (5) 參數之分區

欲完成 Modflow 模式之校正工作，需檢定與驗證下列各參數：

1. 水平水力傳導係數
2. 垂直水力傳導係數
3. 第一含水層之比出水量 (specific yield)
4. 第二至第四含水層之儲水係數 (storage coefficient)
5. 抽水量之分佈

## (6) 模式分析流程

### 1. 模式格網劃分

本模式每一個格網東西向長度為 2.60 公里，南北向長度為 1.76 公里，因模式劃分網格是以矩形呈現，故網格如在研究範圍之外，一律設定為不反應 (inactive)，網格劃分之結果如圖 2.3.2 所示。

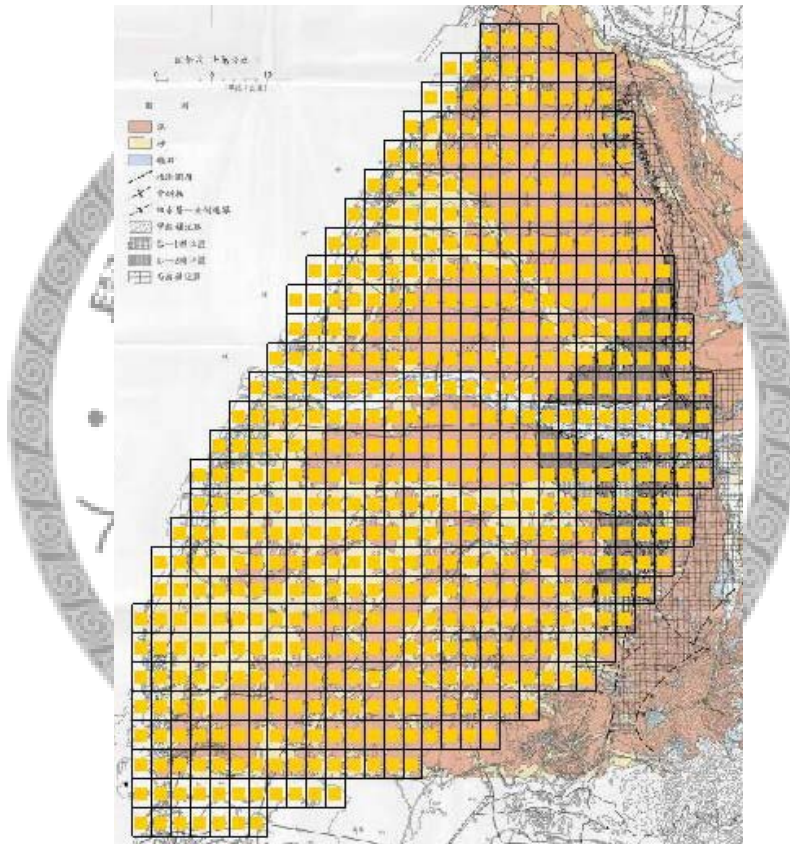


圖 2.3.2：濁水溪沖積扇利用 Modflow 模式劃分之結果圖

### 2. 參數分區結果

#### a. 各分區之水平水力傳導係數

本模式參照 Yang (1997) 對濁水溪沖積扇之研究，先針對沖積扇內四個含水層之水平水力傳導係數做一初步之設定，經



過模式之校正 (calibration) 與檢定之後，分區之結果如圖

2.3.3 所示，各分區水平水力傳導係數值如表 2.3.1 所示。

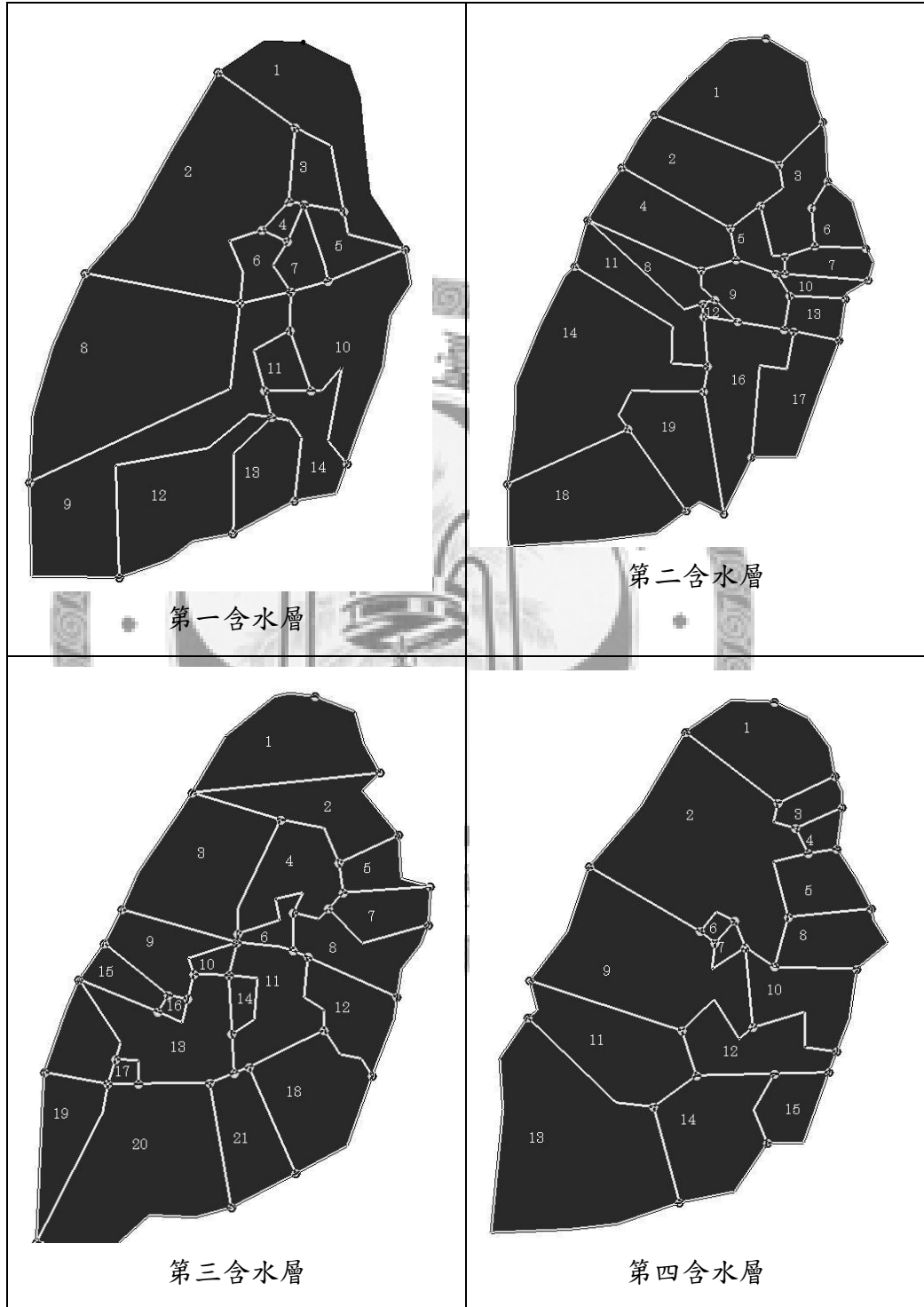


圖 2.3.3：各含水層之水平水力傳導係數分區圖

表 2.3.1：各含水層各分區之水平水力傳導係數

分區	第一含水層		第二含水層		第三含水層		第四含水層	
	K (m/s)	K (m/d)	K (m/s)	K (m/d)	K (m/s)	K (m/d)	K (m/s)	K (m/d)
1	1.00E-06	8.64E-02	4.00E-06	3.46E-01	5.00E-06	4.32E-01	4.60E-07	3.97E-02
2	1.00E-06	8.64E-02	2.50E-07	2.16E-02	5.00E-05	4.32E+00	6.60E-05	5.70E+00
3	7.00E-05	6.05E+00	4.17E-06	3.60E-01	2.30E-05	1.99E+00	8.60E-04	7.43E+01
4	6.04E-07	5.22E-02	1.00E-05	8.64E-01	5.00E-04	4.32E+01	1.00E-04	8.64E+00
5	1.00E-04	8.64E+00	4.17E-04	3.60E+01	5.00E-04	4.32E+01	1.00E-05	8.64E-01
6	6.00E-05	5.18E+00	4.17E-04	3.60E+01	5.00E-04	4.32E+01	1.32E-05	1.14E+00
7	2.06E-03	1.78E+02	3.13E-04	2.70E+01	5.00E-04	4.32E+01	1.00E-03	8.64E+01
8	8.50E-06	7.34E-01	1.17E-05	1.01E+00	3.75E-04	3.24E+01	1.00E-03	8.64E+01
9	2.50E-05	2.16E+00	4.17E-04	3.60E+01	1.00E-06	8.64E-02	8.00E-05	6.91E+00
10	1.00E-04	8.64E+00	4.17E-04	3.60E+01	4.30E-04	3.72E+01	1.00E-03	8.64E+01
11	5.20E-06	4.49E-01	2.33E-05	2.02E+00	5.00E-04	4.32E+01	8.00E-05	6.91E+00
12	9.80E-06	8.47E-01	4.17E-04	3.60E+01	5.00E-04	4.32E+01	1.00E-03	8.64E+01
13	1.00E-06	8.64E-02	4.17E-05	3.60E+00	3.50E-05	3.02E+00	8.00E-05	6.91E+00
14	3.00E-06	2.59E-01	1.25E-05	1.08E+00	2.40E-04	2.07E+01	1.00E-03	8.64E+01
15	8.00E-06	6.91E-01	4.17E-08	3.60E-03	1.30E-05	1.12E+00	9.40E-05	8.12E+00
16	-	-	4.17E-06	3.60E-01	3.20E-04	2.76E+01	7.20E-05	6.22E+00
17	-	-	5.83E-06	5.04E-01	3.50E-08	3.02E-03	7.60E-05	6.57E+00
18	-	-	8.33E-06	7.20E-01	4.50E-07	3.89E-02	-	-
19	-	-	-	-	2.10E-05	1.81E+00	-	-
20	-	-	-	-	1.60E-07	1.38E-02	-	-
21	-	-	-	-	4.30E-06	3.72E-01	-	-

b.各分區之垂直水力傳導係數

本模式參照 Yang (1997) 對濁水溪沖積扇之研究，先針對

沖積扇內四個含水層之垂直水力傳導係數做一初步之設定，經

過模式之校正 (calibration) 與檢定之後，分區之結果如圖

2.3.4 所示，各分區垂直水力傳導係數值如表 2.3.2 所示。

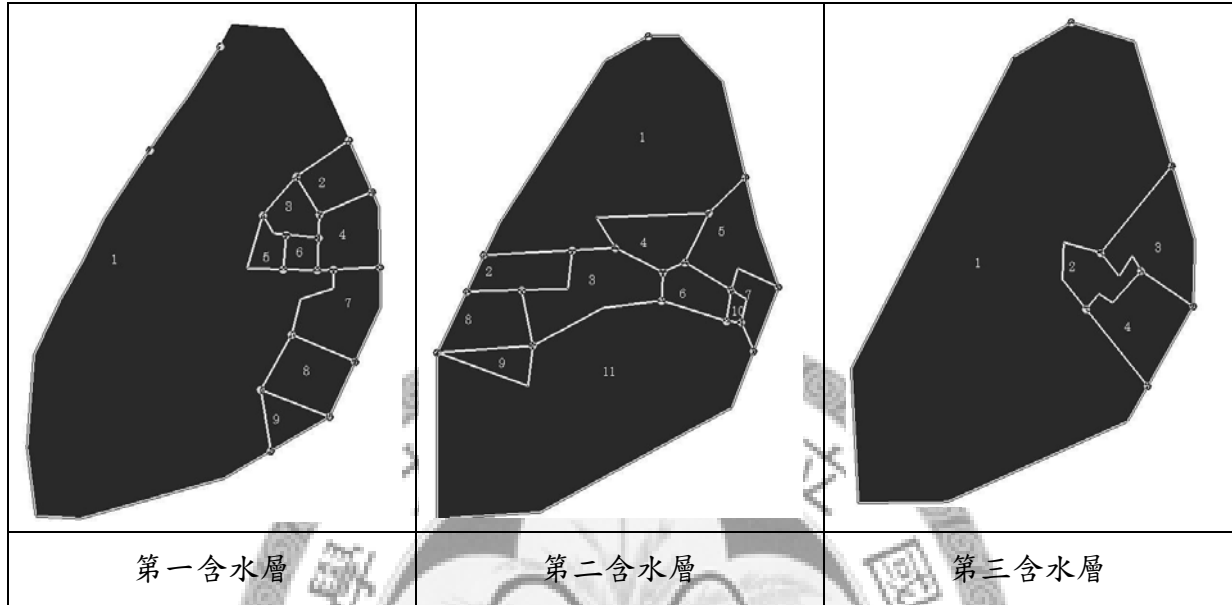


圖 2.3.4：各含水層之垂直水力傳導係數分區圖

表 2.3.2：各水層各分區之垂直水力傳導係數

分區	第一含水層			第二含水層			第四含水層		
	V. leakance	V. L. (1/D)	V_K (m/D)	V. leakance	V. L. (1/D)	V_K (m/D)	V. leakance	V. L. (1/D)	V_K (m/D)
1	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
2	2.29E-10	1.98E-05	7.91E-04	8.16E-08	7.05E-03	2.82E-01	4.35E-07	3.76E-02	1.50E+00
3	3.36E-09	2.90E-04	1.16E-02	2.38E-08	2.06E-03	8.23E-02	2.11E-07	1.82E-02	7.29E-01
4	3.03E-08	2.62E-03	1.05E-01	5.17E-08	4.47E-03	1.79E-01	2.70E-07	2.33E-02	9.33E-01
5	1.33E-09	1.15E-04	4.60E-03	2.41E-07	2.08E-02	8.33E-01	-	-	-
6	2.88E-09	2.49E-04	9.95E-03	2.23E-09	1.93E-04	7.71E-03	-	-	-
7	2.07E-09	1.79E-04	7.15E-03	1.79E-07	1.55E-02	6.19E-01	-	-	-
8	1.85E-11	1.60E-06	6.39E-05	1.67E-07	1.44E-02	5.77E-01	-	-	-
9	1.23E-06	1.06E-01	4.25E+00	5.80E-08	5.01E-03	2.00E-01	-	-	-
10	-	-	-	1.79E-11	1.55E-06	6.19E-05	-	-	-
11	-	-	-	0	0	0	-	-	-

c.各分區之比出水量與儲水係數

本模式依據前述方法設定比出水量與儲水係數之初始值，經模式校正檢定後，可得濁水溪沖積扇之比出水量與儲水係數，其分區結果如圖 2.3.5 所示，各分區數值如表 2.3.3 所示。

表 2.3.3：各含水層各分區之比出水量與儲水係數

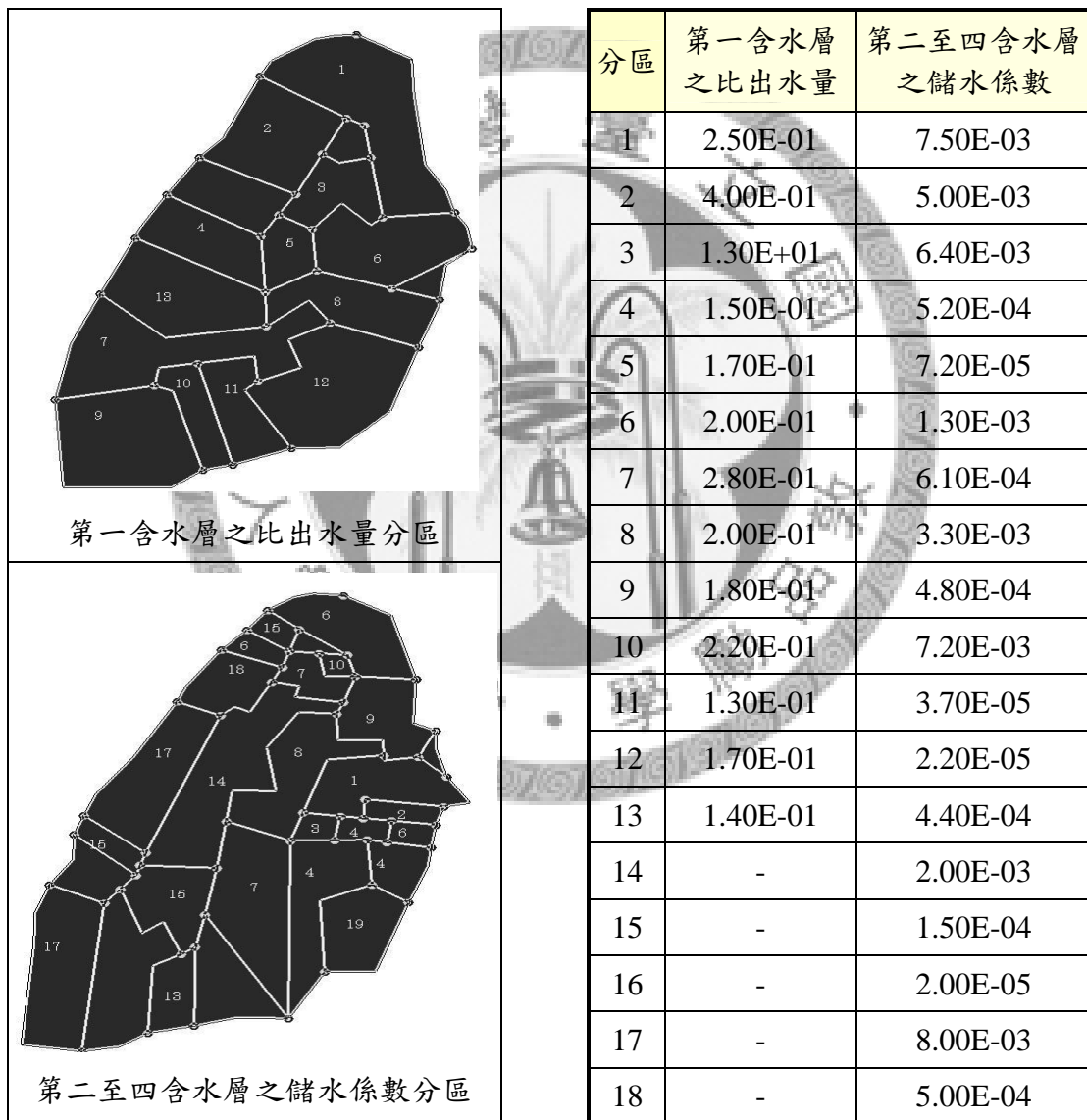


圖 2.3.5：各含水層之比出水量與儲水係數分區圖

#### d.各分區之抽水量

各分區之抽水量經模式校正與檢定之後，分區之結果如

圖 2.3.6 所示，各分區抽水量比例如表 2.3.4 所示。

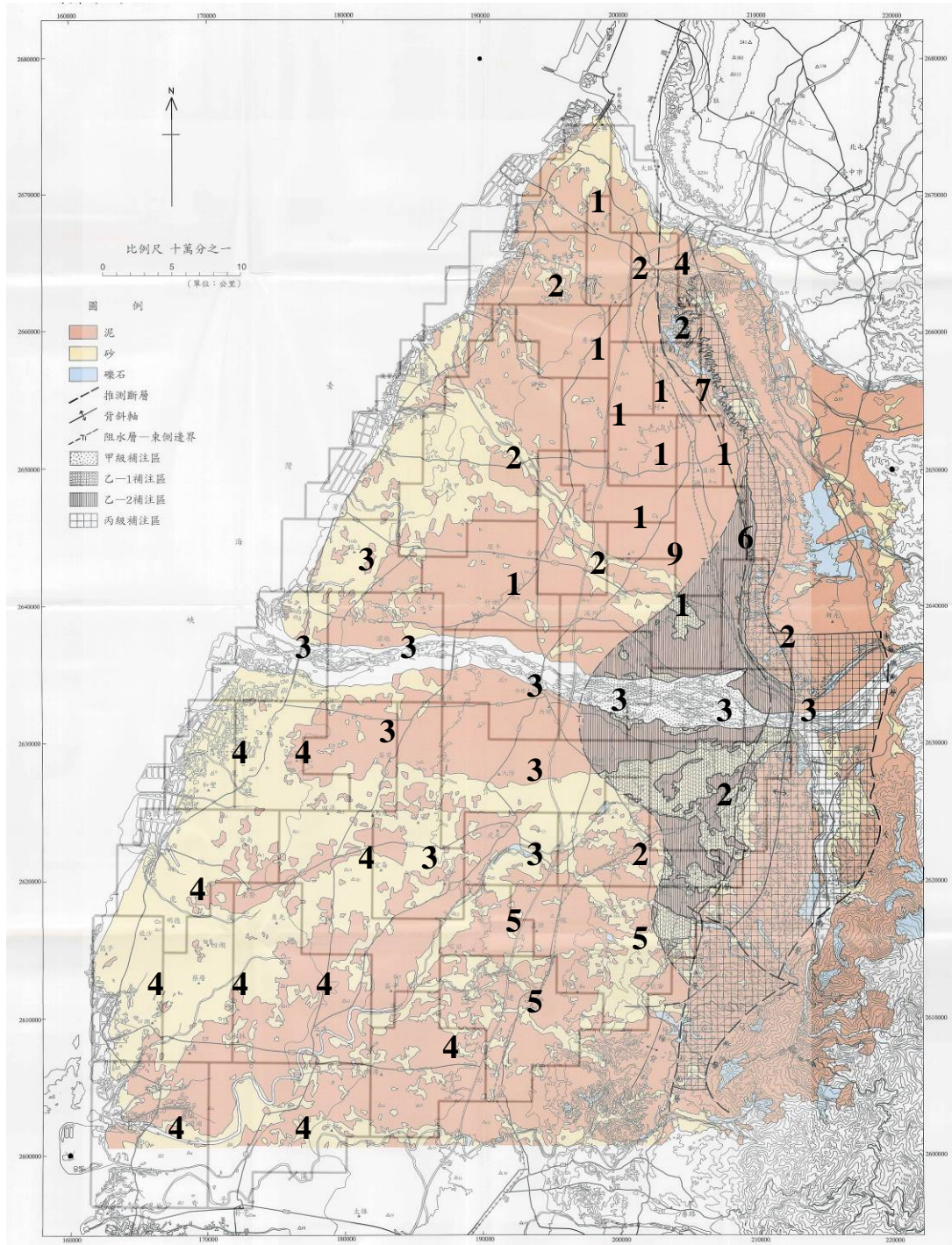


圖 2.3.6：濁水溪沖積扇抽水分區圖

表 2.3.4：抽水分區編號與抽水比例

編號	分區	各含水層抽水比例				編號	分區	各含水層抽水比例			
		1	2	3	4			1	2	3	4
1	溪湖鎮	0.171%	0.186%	0.122%	0.057%	30	大埤鄉	0.564%	0.611%	0.401%	0.188%
3	大城鄉	0.923%	1.001%	0.658%	0.309%	31	荊桐鄉	0.577%	0.625%	0.411%	0.193%
4	花壇鄉	0.254%	0.276%	0.181%	0.085%	32	林內鄉	0.719%	0.779%	0.512%	0.240%
6	田中鎮	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	33	虎尾鎮	0.710%	0.770%	0.506%	0.237%
7	員林鎮	0.251%	0.272%	0.179%	0.084%	34	西螺鎮	0.559%	0.606%	0.398%	0.187%
9	北斗鎮	0.331%	0.358%	0.236%	0.111%	35	上庫鎮	1.256%	1.362%	0.895%	0.420%
10	在頭	0.140%	0.152%	0.100%	0.047%	36	二崙鄉	1.571%	1.703%	1.119%	0.525%
11	埔心	0.283%	0.306%	0.201%	0.095%	37	崙背鄉	1.220%	1.323%	0.869%	0.408%
13	永靖鄉	0.347%	0.376%	0.247%	0.116%	38	麥寮鄉	2.613%	2.834%	1.862%	0.874%
14	竹塘鄉	0.046%	0.050%	0.033%	0.015%	39	褒忠鄉	0.356%	0.386%	0.254%	0.119%
16	田尾鄉	0.737%	0.799%	0.525%	0.246%	40	東勢鎮	0.741%	0.804%	0.528%	0.248%
17	鹿港鎮	0.384%	0.417%	0.274%	0.128%	41	台西鄉	0.714%	0.775%	0.509%	0.239%
18	溪州鄉	9.850%	10.68%	7.018%	3.294%	42	北港鎮	0.892%	0.967%	0.635%	0.298%
19	埔鹽鄉	0.785%	0.852%	0.560%	0.263%	43	元長鄉	0.188%	0.204%	0.134%	0.063%
20	埤頭鄉	0.701%	0.760%	0.500%	0.234%	44	水林鄉	0.564%	0.611%	0.401%	0.188%
21	二林鎮	1.309%	1.419%	0.933%	0.438%	45	四湖鄉	0.30%	0.32%	0.21%	0.10%
22	芳苑鄉	2.294%	2.488%	1.634%	0.767%	46	口湖鄉	0.71%	0.78%	0.51%	0.24%
23	大村鄉	2.232%	2.420%	1.590%	0.746%	47	東石鄉	0.01%	0.01%	0.01%	0.00%
24	福興鄉	0.674%	0.731%	0.481%	0.226%	48	六腳鄉	0.02%	0.02%	0.02%	0.01%
25	秀水鄉	0.216%	0.234%	0.154%	0.072%	49	新港鄉	0.02%	0.02%	0.01%	0.01%
26	二水鄉	0.020%	0.022%	0.014%	0.007%	50	溪口鄉	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%
27	斗六市	0.155%	0.168%	0.111%	0.052%	51	民雄鄉	0.01%	0.01%	0.01%	0.00%
28	斗南鎮	1.309%	1.419%	0.933%	0.438%	52	大林鎮	0.93%	1.01%	0.66%	0.31%

## 7. 模式驗證結果

模式之檢定與驗證 (calibration) 在 Modflow 為不可或缺之步驟，由圖 2.3.7 和圖 2.3.8 可發現實際觀測水頭與模式計算水頭相類似，模式計算水頭幾乎都在可信賴範圍之內，而且都有符合水位升降之趨勢。

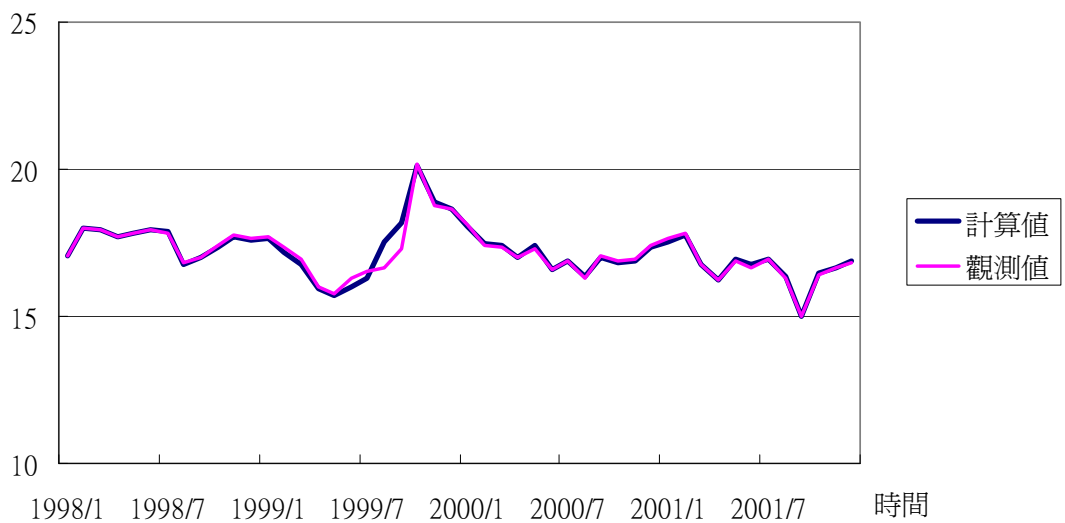


圖 2.3.7：員林(1)觀測水頭與計算水頭之驗證

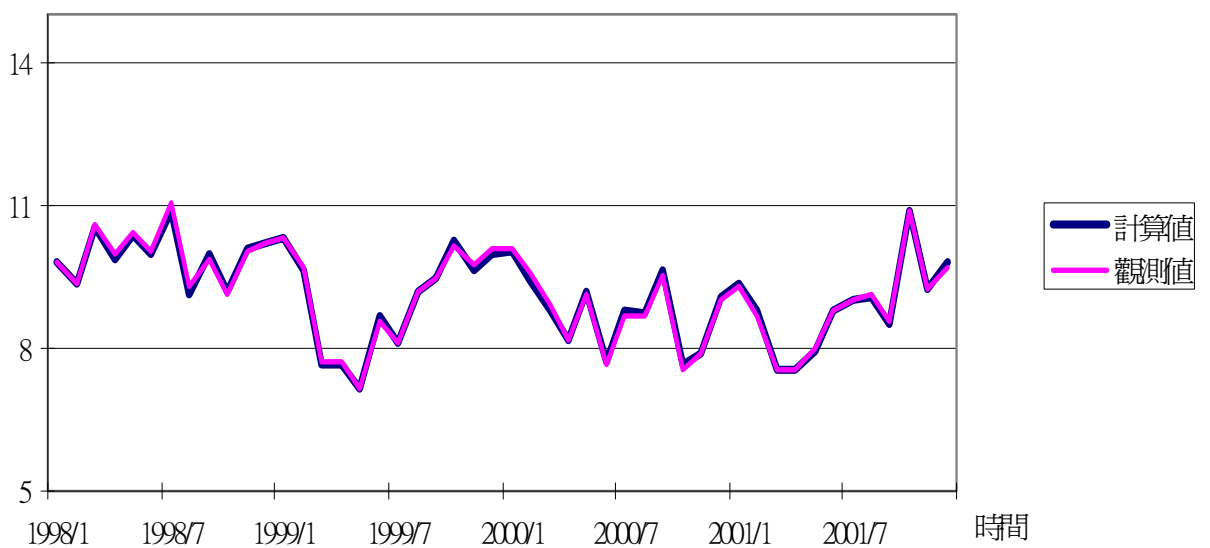


圖 2.3.8：港後(2)觀測水頭與計算水頭之驗證

## 2.4 模擬案例 I

本研究利用已建構完成的濁水溪沖積扇模擬模式來產生類神經網路建立所需的訓練資料與驗證資料，在案例 I 中，本研究將雲林地區劃分為四個抽水區塊，各區依據圖 2.4.1 的雲林農田水利會灌溉管理區塊圖劃分為西螺區、斗六區、虎尾區以及北港區，各區各取一個觀測水位站分別為港後站、虎溪站、虎尾站與北港站，GMS 設定結果可見圖 2.4.2，各區塊抽水點依照區塊大小分佈如圖 2.4.3 所示。

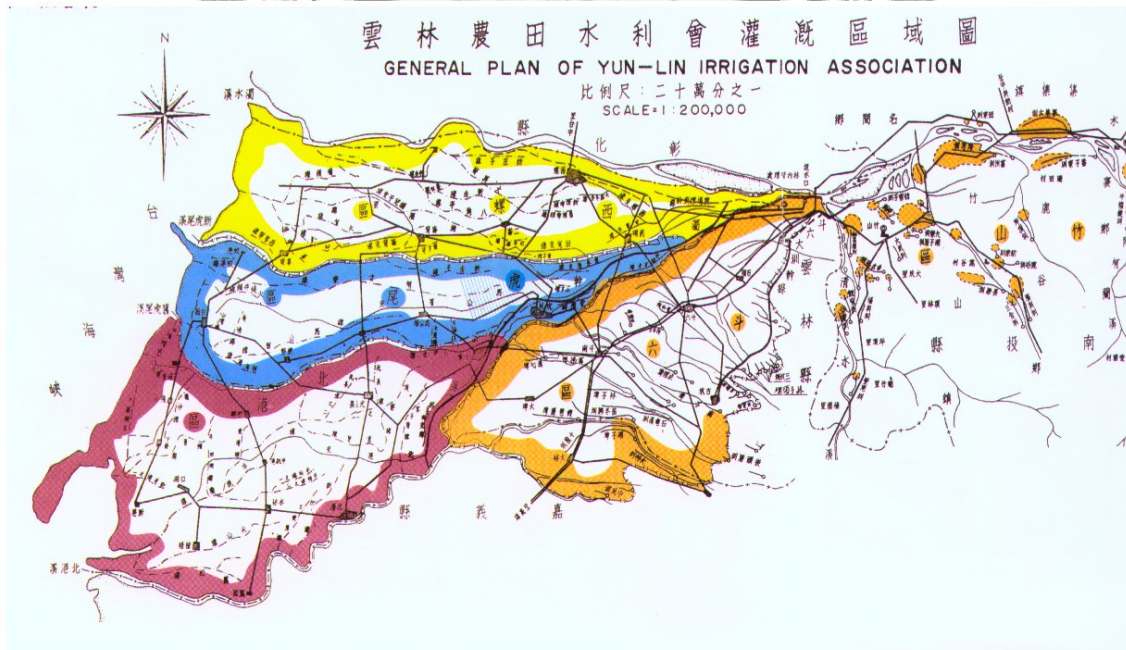


圖 2.4.1：雲林農田水利會灌溉管理區塊圖（來源：雲林農田水利會）



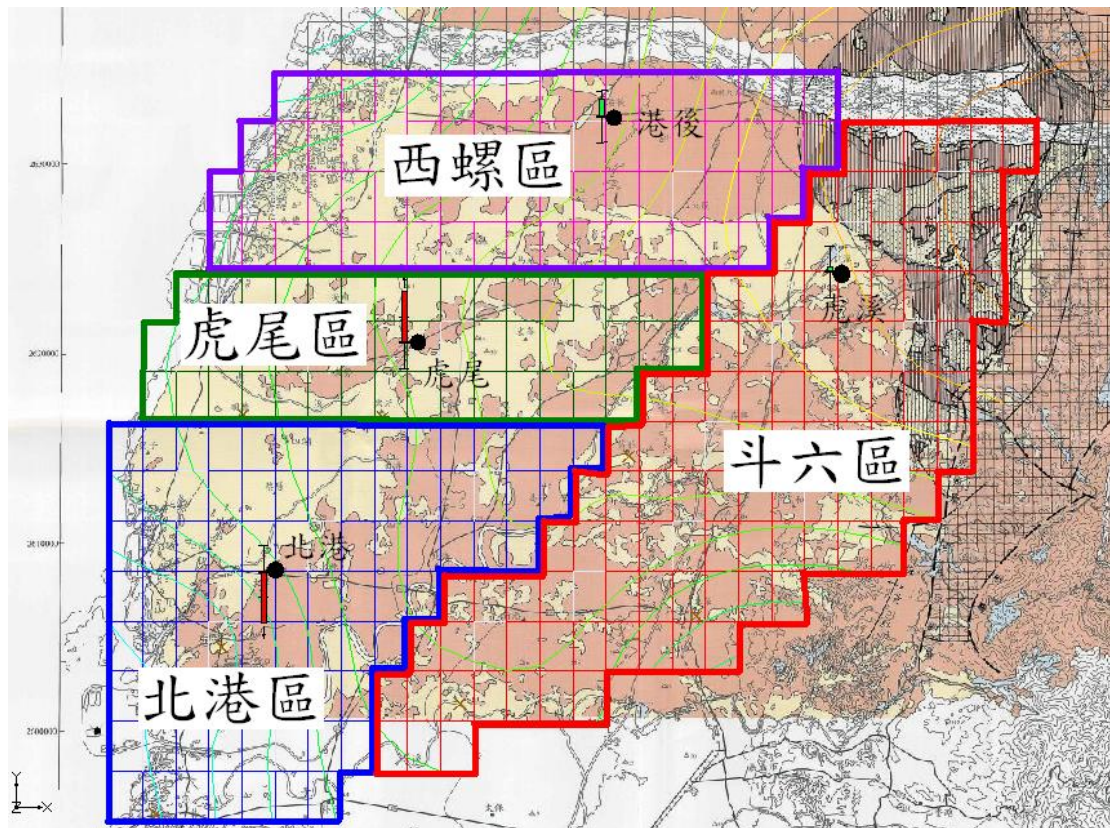


圖 2.4.2：案例 I 各抽水區 GMS 設定圖

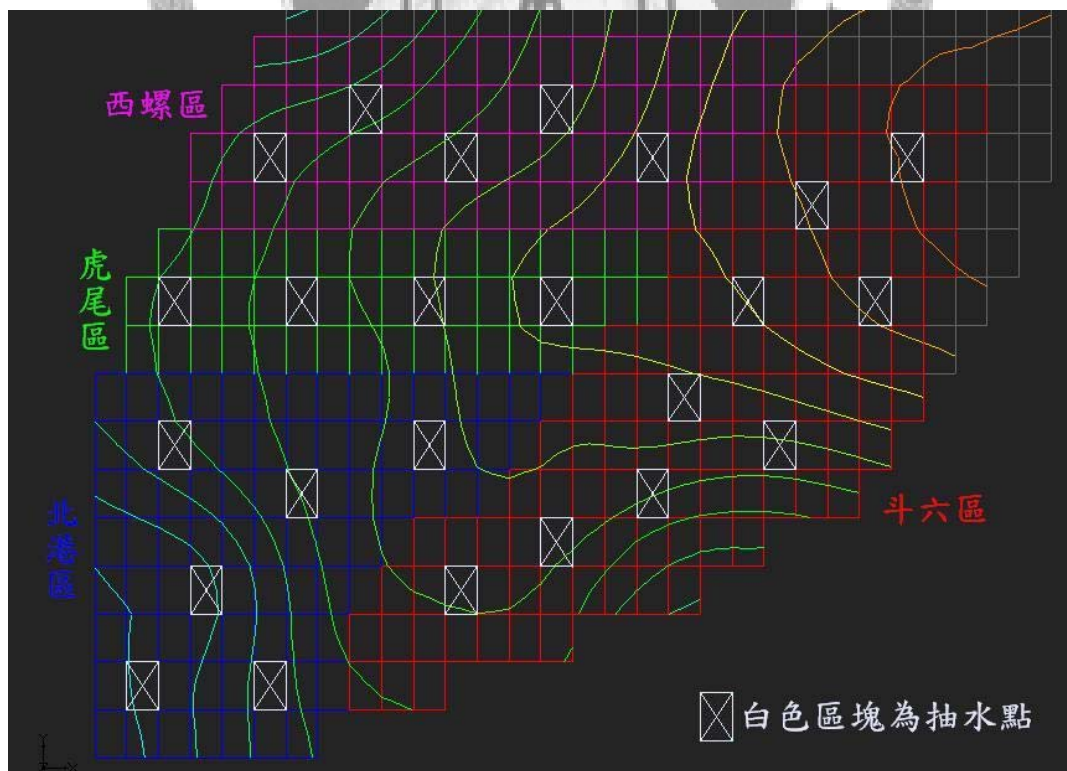


圖 2.4.3：案例 I 各區抽水點分佈圖

模式設定完成後，把亂數產生的補注量減去抽水量後成為淨補注量，將之輸入各抽水點，執行模式得到觀測水位站之水位變化後輸出，與各旬各區之淨補注量整理後做為類神經網路所需之訓練驗證資料。

本研究於案例 I 使用的訓練資料長度為 10 年共 360 旬，驗證資料為 1 年共 36 旬。案例 I 之類神經網路流程如圖 2.4.4 所示，輸入項為各區觀測水位與各區淨補注量，輸出項為下一旬的各區觀測水位，並將輸出水位資料做為下一旬的輸入項，以此類神經網路系統來模擬雲林地區的地下水變化情形。

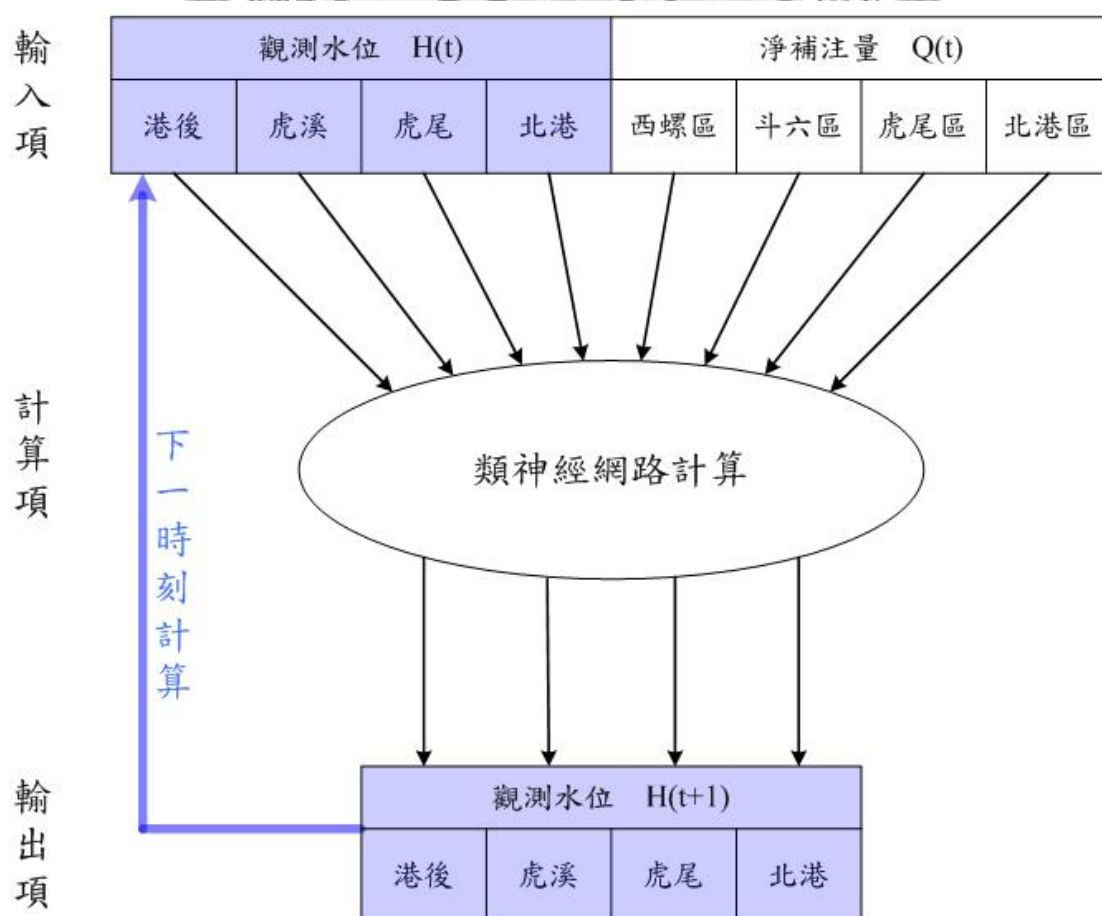


圖 2.4.4：案例 I 之 ANN 流程圖

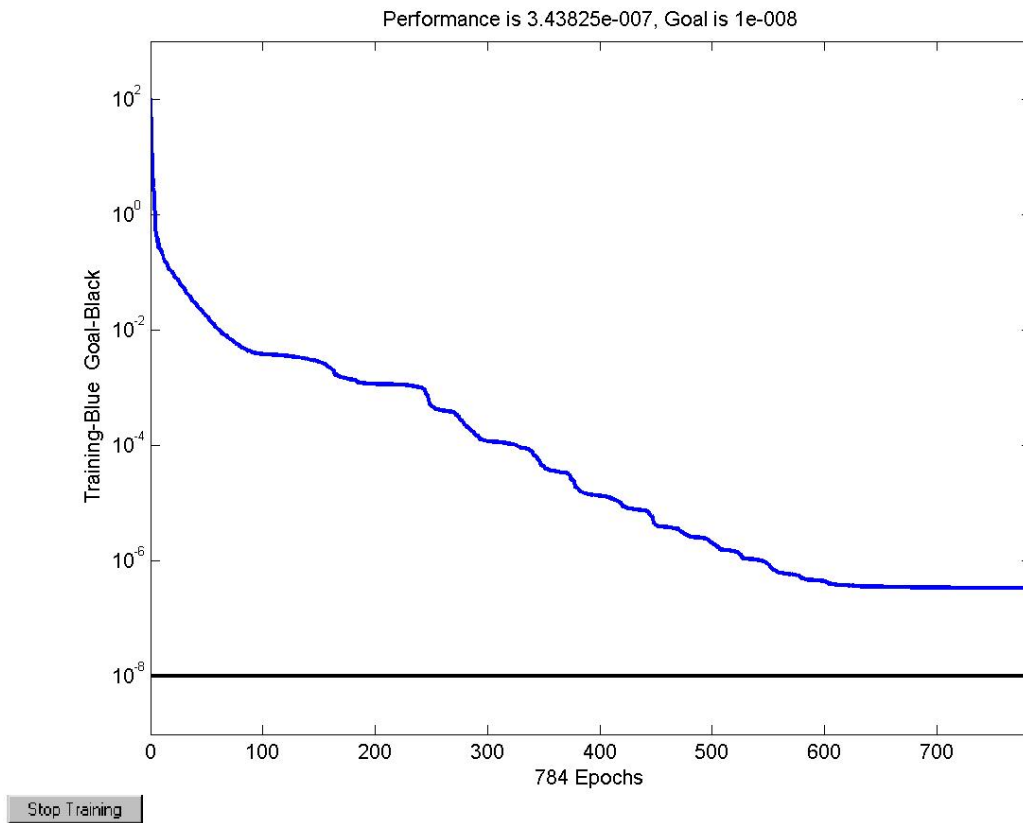


圖 2.4.5：案例 I 訓練歷程

經過多次嘗試後，本研究最後採用的類神經網路為一層隱藏層，隱藏層神經元個數共 12 個，活化函數使用線性函數，訓練歷程如圖 2.4.5 所示，總平均誤差為 0.0083 公尺，符合本研究設定之 0.05 公尺要求，各觀測水位站之詳細誤差可見表 2.4.1 與圖 2.4.6 至圖 2.4.9。

表 2.4.1：案例 I 之誤差

觀測站	誤差(m)	觀測站	誤差(m)
港後	0.0264	虎尾	0.0008
虎溪	0.0056	北港	0.0004
平均		0.0083 (m)	

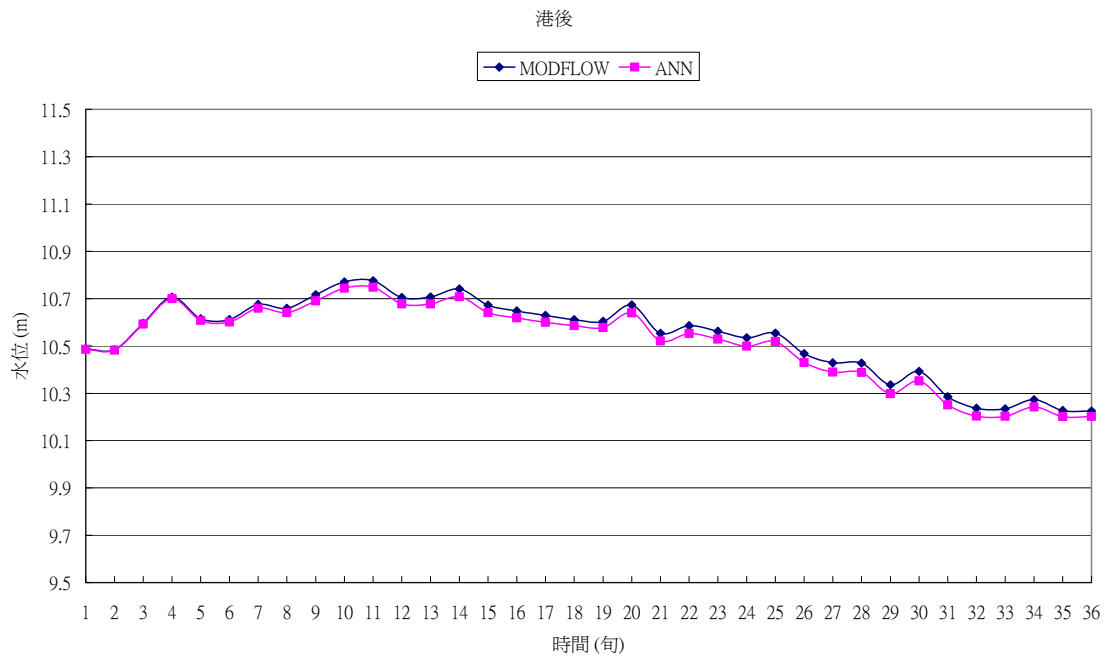


圖 2.4.6：案例 I 之港後站水位變動對照圖

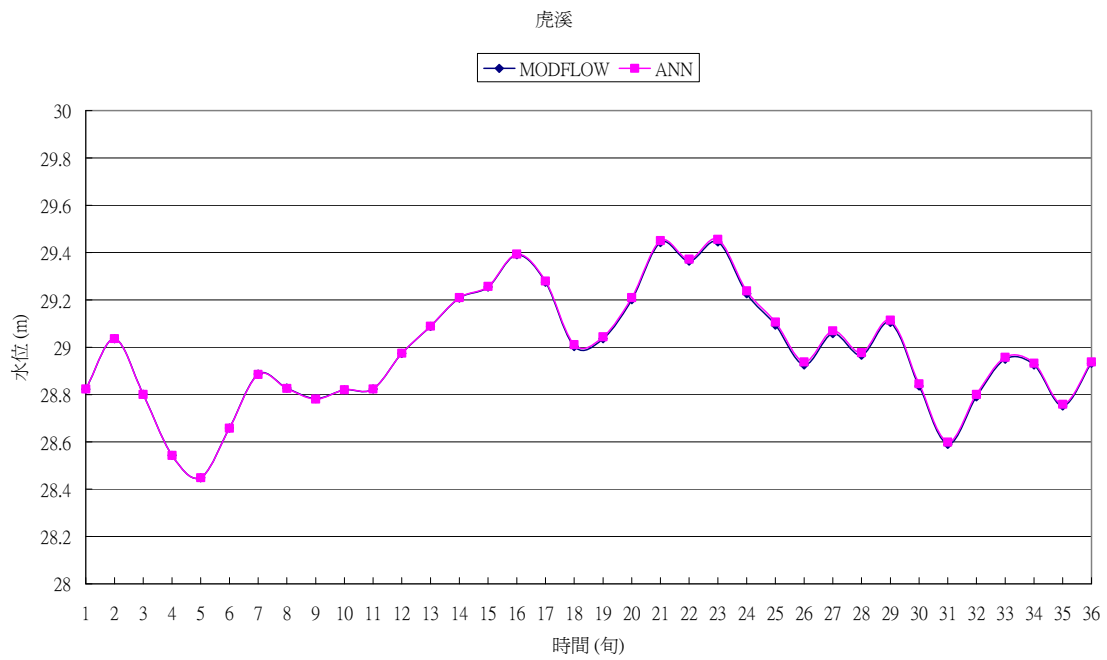


圖 2.4.7：案例 I 之虎溪站水位變動對照圖

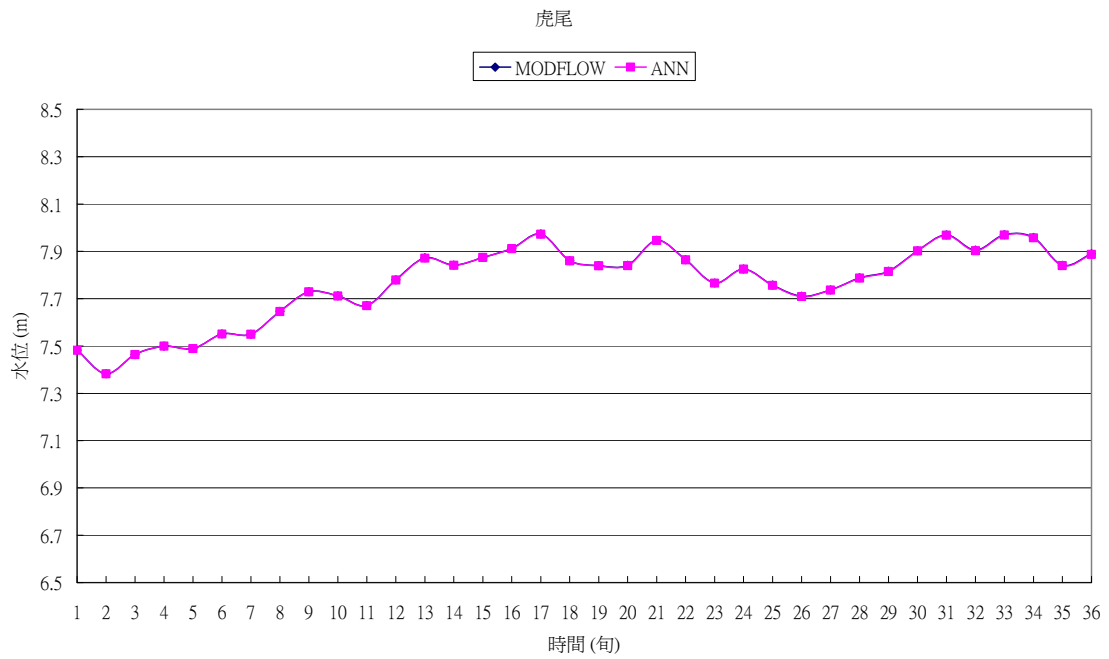


圖 2.4.8：案例 I 之虎尾站水位變動對照圖

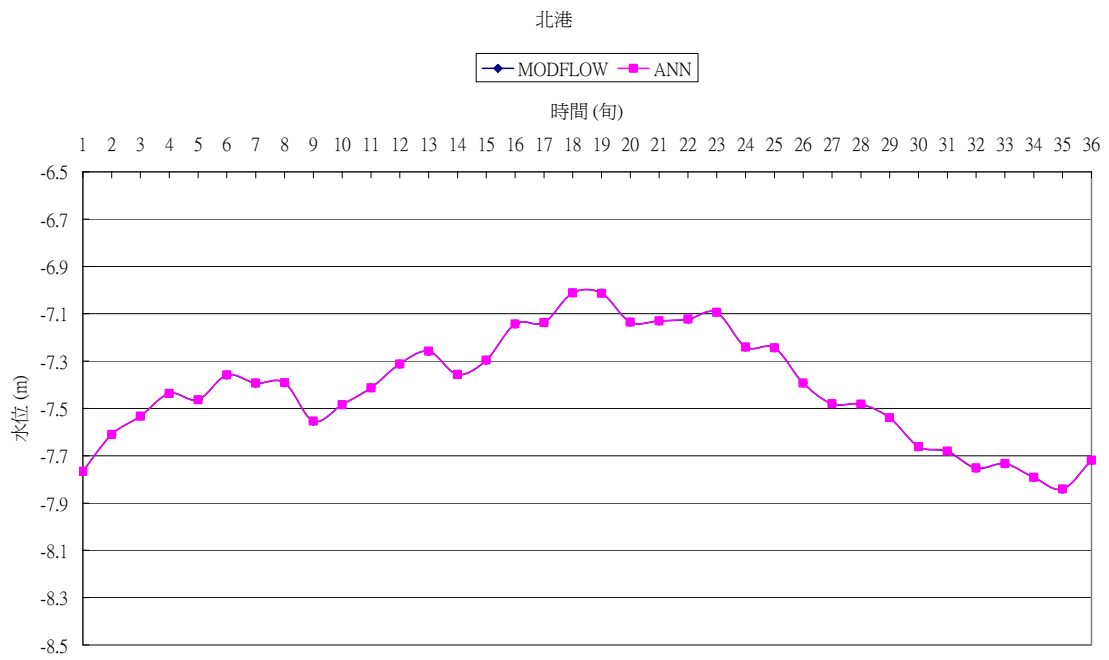


圖 2.4.9：案例 I 之北港站水位變動對照圖

## 2.5 模擬案例 II

在案例 I 中，本研究已經建立了一個較為單純的類神經網路系統，四個抽水區共有四個淨補注量，也確實能夠有效地模擬雲林地區地下水的變動；然而在實際應用上，通常需要更複雜的抽水點分佈才能方便使用，同時也較接近實際情形，因此在案例 II 中，本研究仍然將雲林地區分為相同的四個抽水區塊，在每一區中各取三個抽水點，並設定五個觀測水位站即虎溪站、港後站、崙背站、中坑站以及舊庄站進行模擬，抽水點與觀測水位站分佈如圖 2.5.1 所示，GMS 設定結果可見圖 2.5.2。

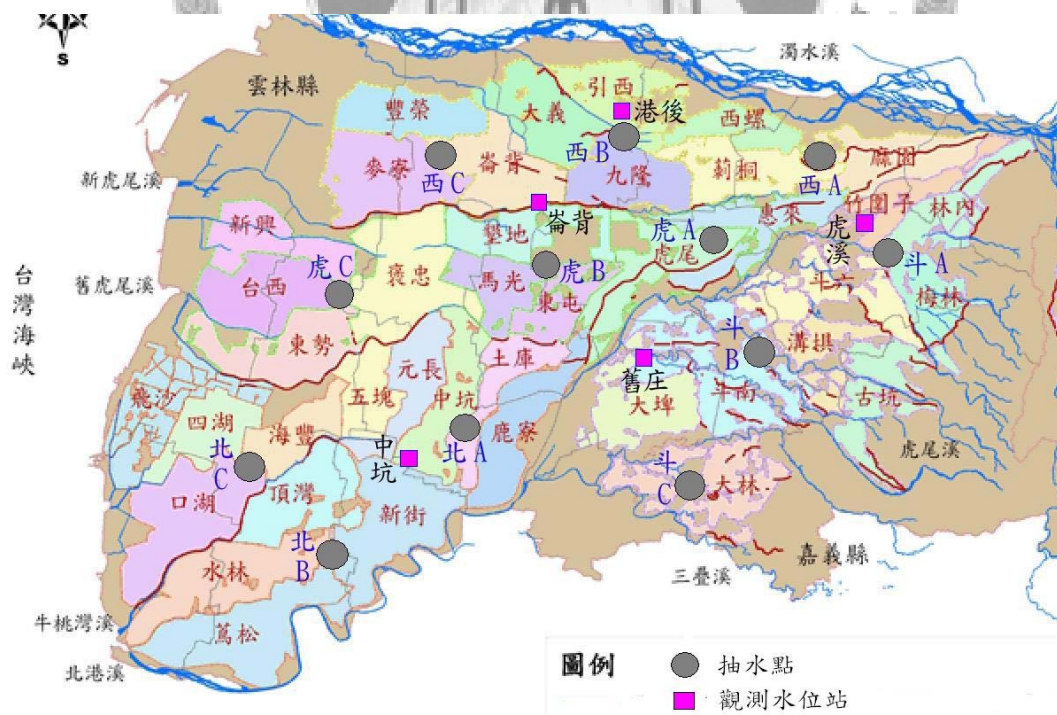


圖 2.5.1：案例 II 抽水點與觀測水位戰分佈圖

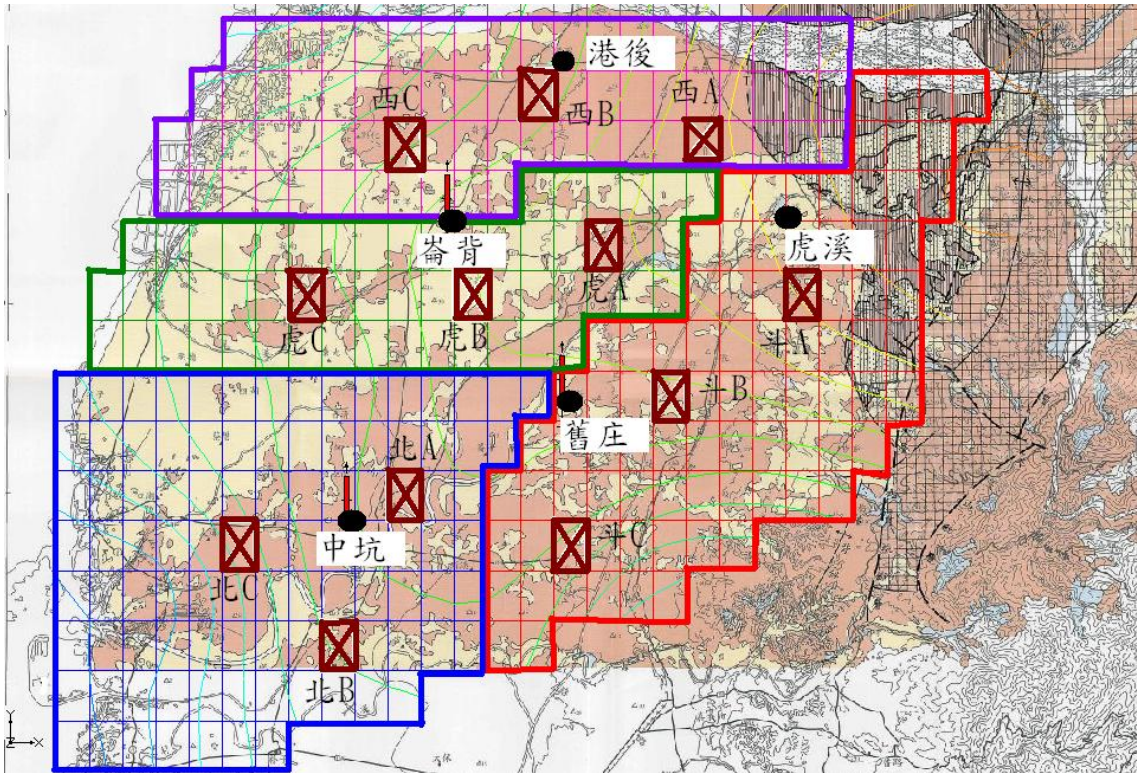


圖 2.5.2：案例 II 之 GMS 設定圖

模式設定完成後，將亂數產生的淨補注量輸入各抽水點，執行模式得到觀測水位站之水位變化後輸出，與各旬各區之淨補注量整理後做為類神經網路所需之訓練驗證資料。考慮到模擬案例 II 的輸入項數量較多，因此本研究於模擬案例 II 使用的訓練資料為 15 年共 540 旬，驗證資料為 1 年共 36 旬。模擬案例 II 之類神經網路流程如圖 2.5.3 所示，輸入項為各區觀測水位與各區淨補注量共十七個，輸出項為下一旬的各區觀測水位共五個，並將輸出水位資料做為下一旬的輸入項，以此類神經網路系統來模擬雲林地區的地下水變化情形。

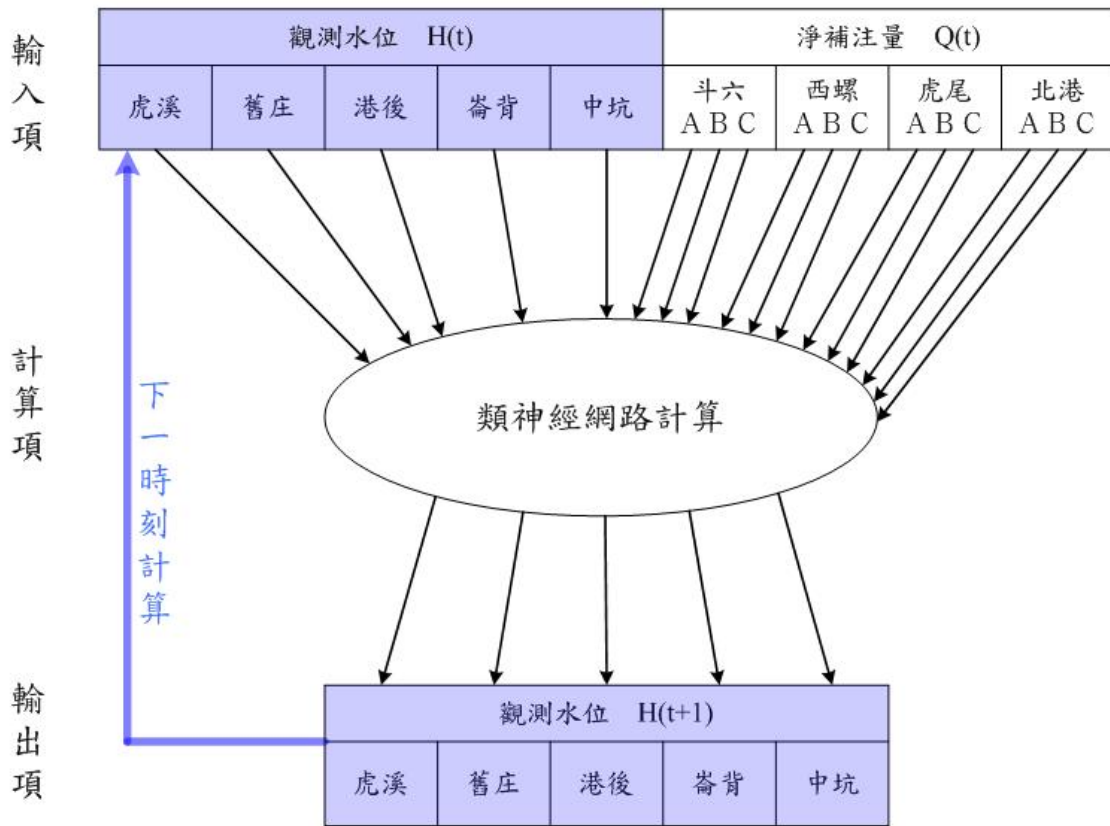


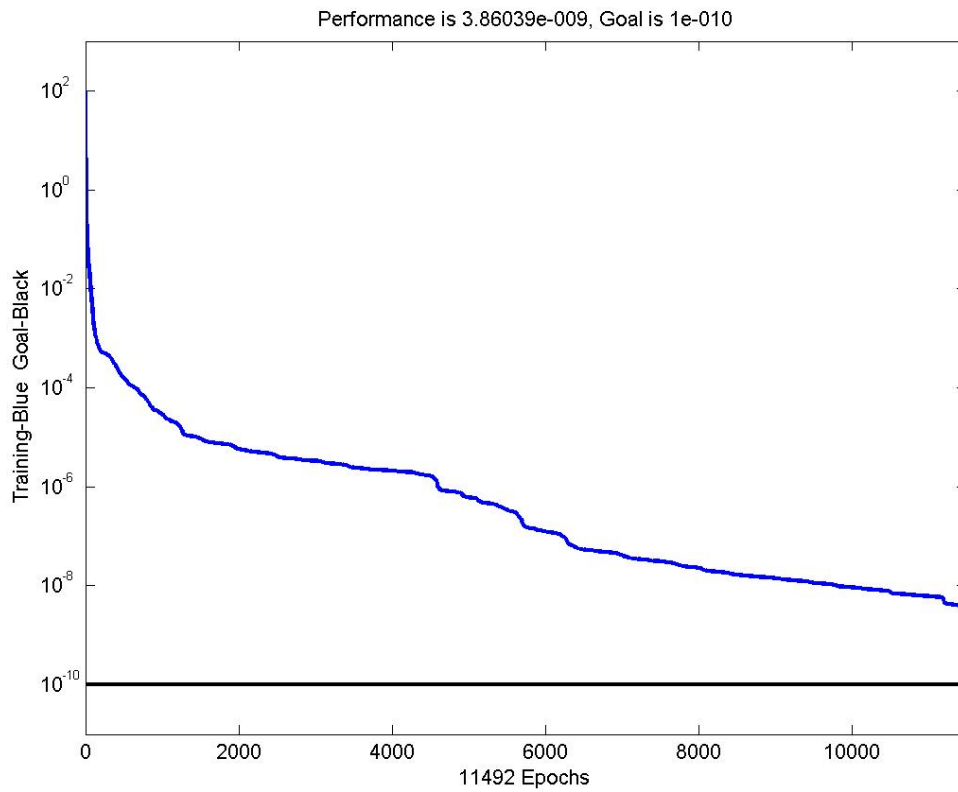
圖 2.5.3：案例 II 之 ANN 流程圖

經過多次嘗試後，本研究最後採用的類神經網路為一層隱藏層，隱藏層神經元個數共 15 個，活化函數使用線性函數，訓練歷程如圖 2.5.4 所示，總平均誤差為 0.0059 公尺，符合本研究設定之 0.05 公尺要求，各觀測水位站之詳細誤差可見表 2.5.1 與圖 2.5.5 至圖 2.5.9。

表 2.5.1：案例 II 之誤差

觀測站	誤差(m)	觀測站	誤差(m)
虎溪	0.0134	舊庄	0.0006
港後	0.0042	崙背	0.0071
中坑	0.0043	平均	0.0059





Stop Training

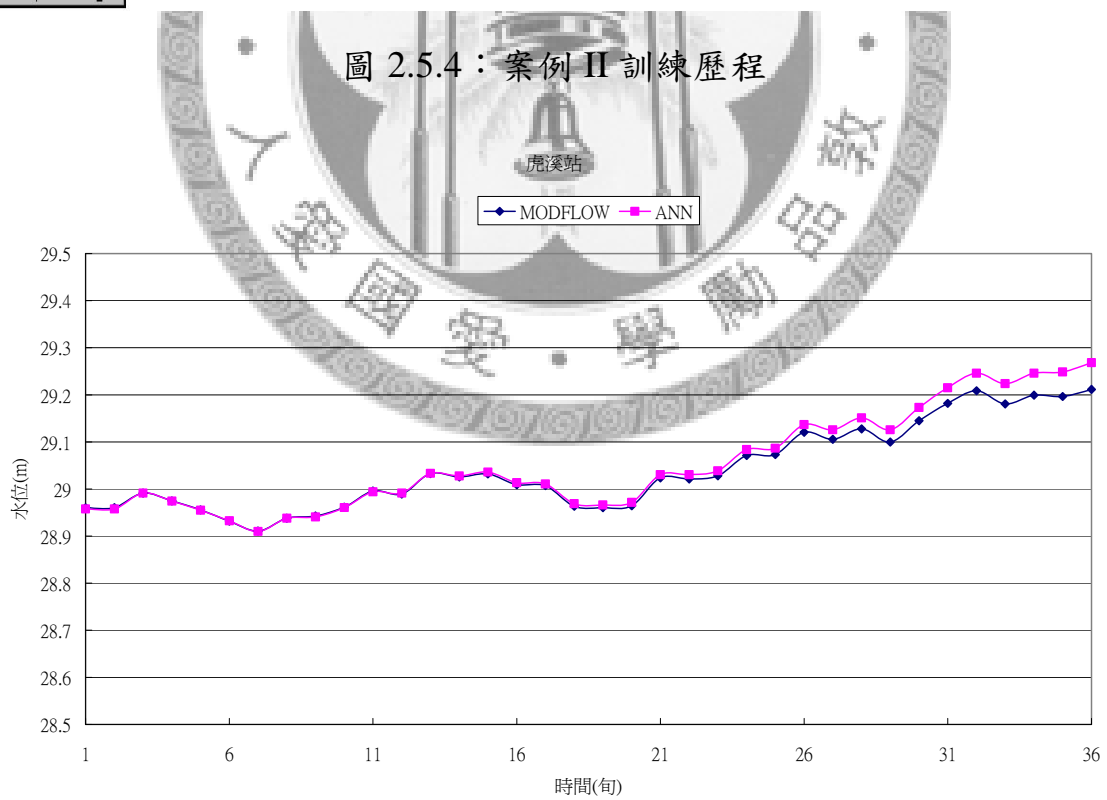


圖 2.5.5：案例 II 之虎溪站水位變動對照圖

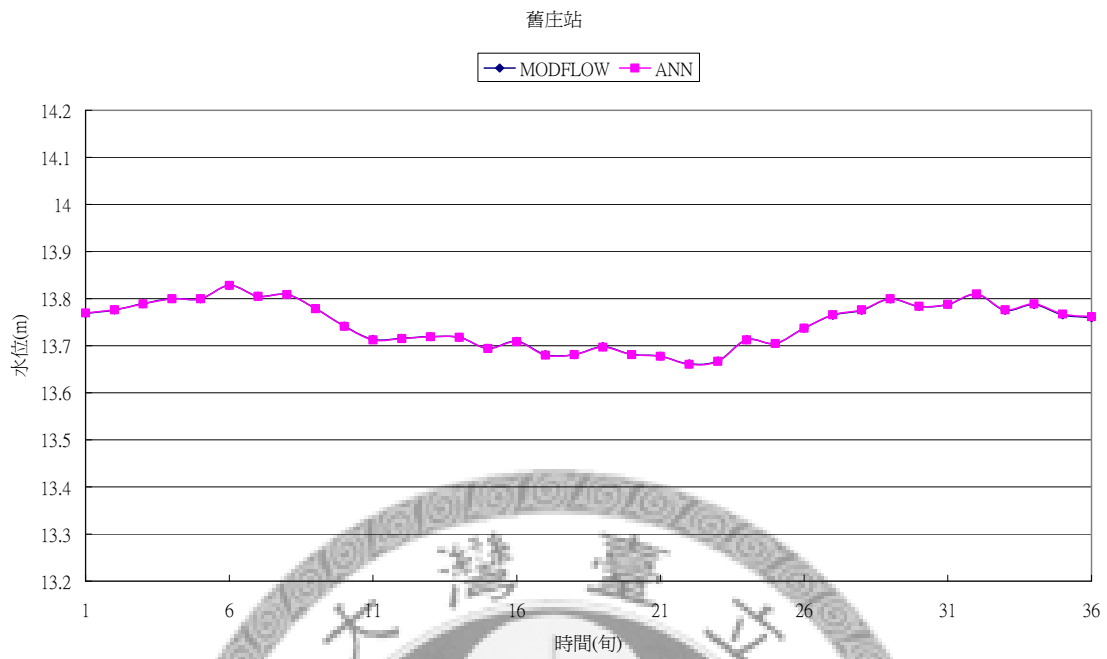


圖 2.5.6：案例 II 之舊庄站水位變動對照圖

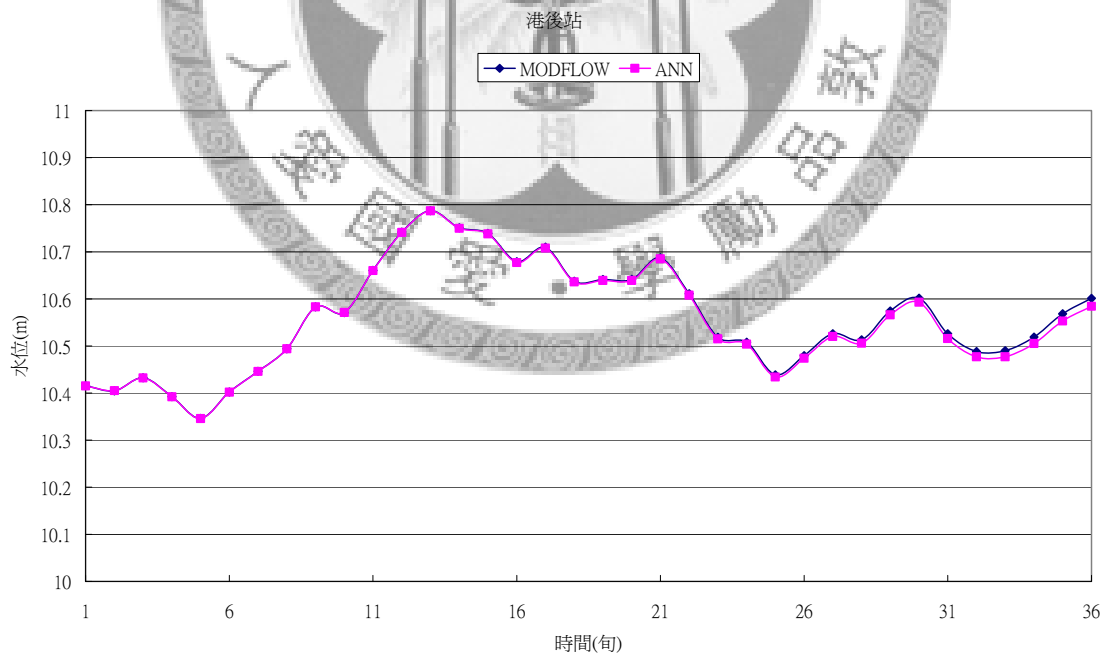


圖 2.5.7：案例 II 之港後站水位變動對照圖

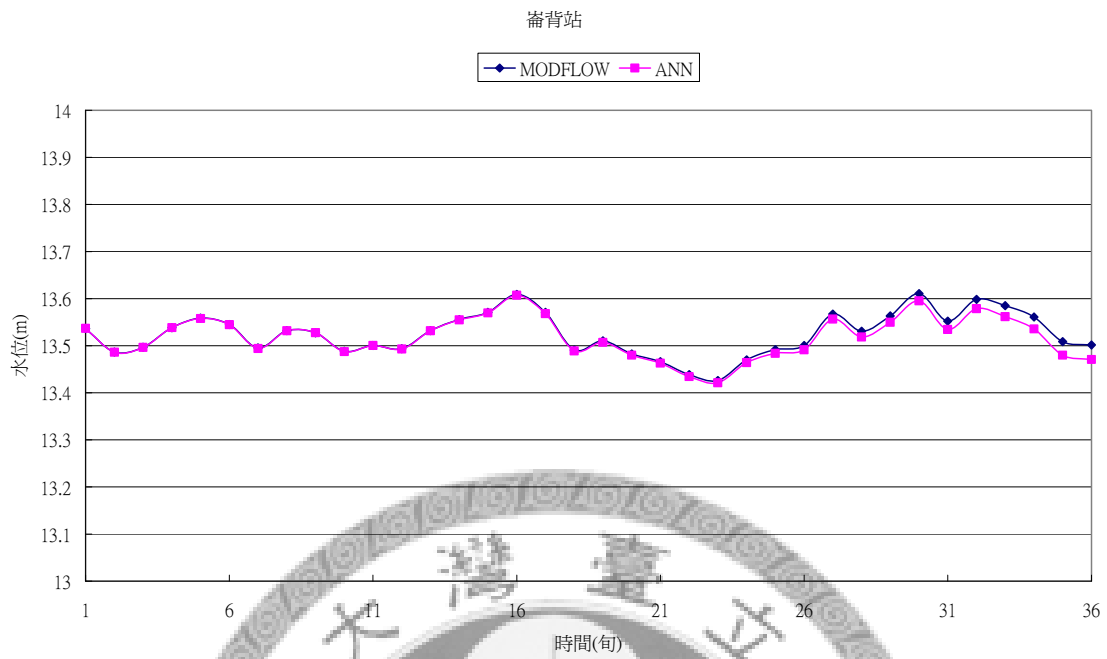


圖 2.5.8：案例 II 之崙背站水位變動對照圖

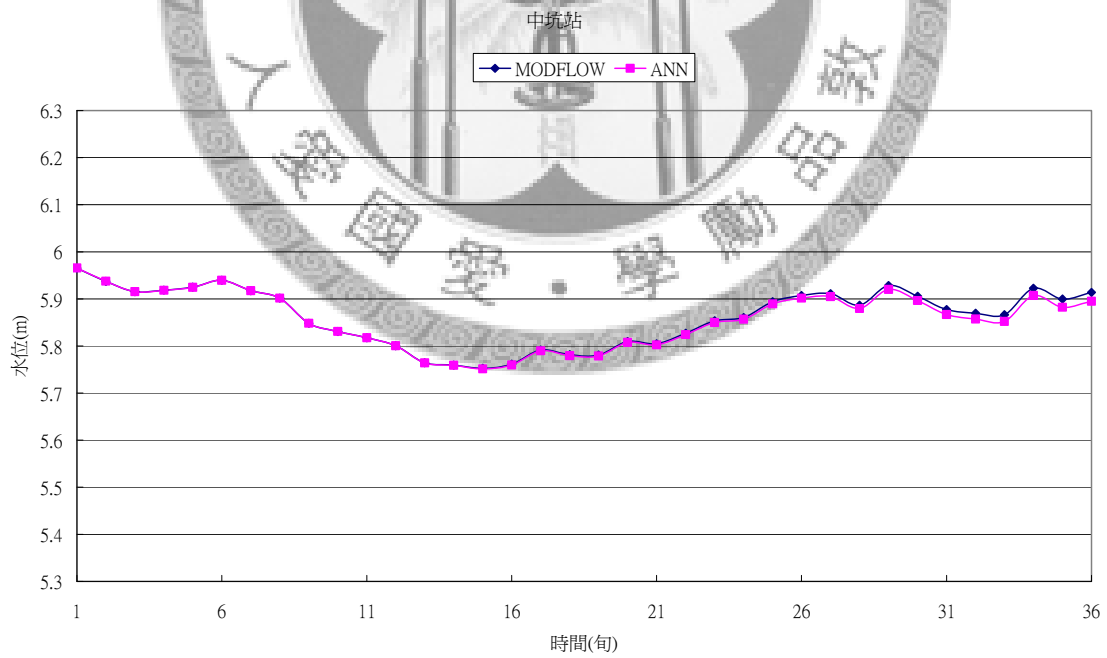


圖 2.5.9：案例 II 之中坑站水位變動對照圖

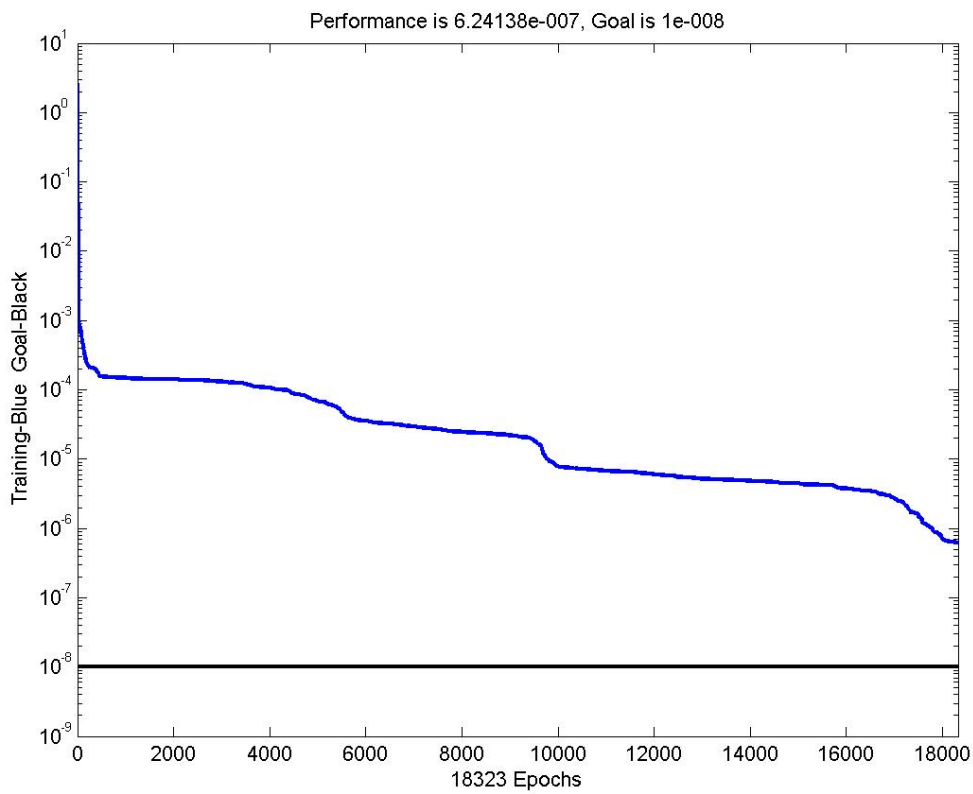
## 2.6 模擬案例 III

上述兩個案例的類神經網路都使用線性函數做為活化函數，為了瞭解非線性對優選模式的影響，本研究遂採用案例 II 的類神經網路架構，將活化函數限制使用非線性函數，經過多次嘗試後，最後採用一層隱藏層，隱藏層神經元個數共 10 個，活化函數使用 S 形曲線函數（雙彎曲線函數）即  $a = \frac{1}{1+e^{-n}}$ ，訓練歷程如圖 2.6.1 所示，總平均誤差為 0.0445 公尺，雖然誤差較大但仍符合本研究設定之 0.05 公尺要求，各觀測水位站之詳細誤差可見表 2.6.1 與圖 2.6.2 至圖 2.6.6。

表 2.6.1：案例 III 之誤差

觀測站	誤差(m)	觀測站	誤差(m)
虎溪	0.0440	舊庄	0.0320
港後	0.0477	崙背	0.0511
中坑	0.0476	平均	0.0445

本研究採用之模擬地下水層為非拘限含水層，依照水井公式其應為非線性關係，然而本研究之模擬卻以線性較佳，本研究推測會有此種結果有二個原因，一是由於多水井洩降曲線為線性疊加關係；二為本研究使用的資料來源為 GMS 軟體模擬結果，比起實際之洩降情形較為單純，因此造成線性類神經網路優於非線性之結果。



Stop Training



圖 2.6.1：案例 III 訓練歷程

虎溪站

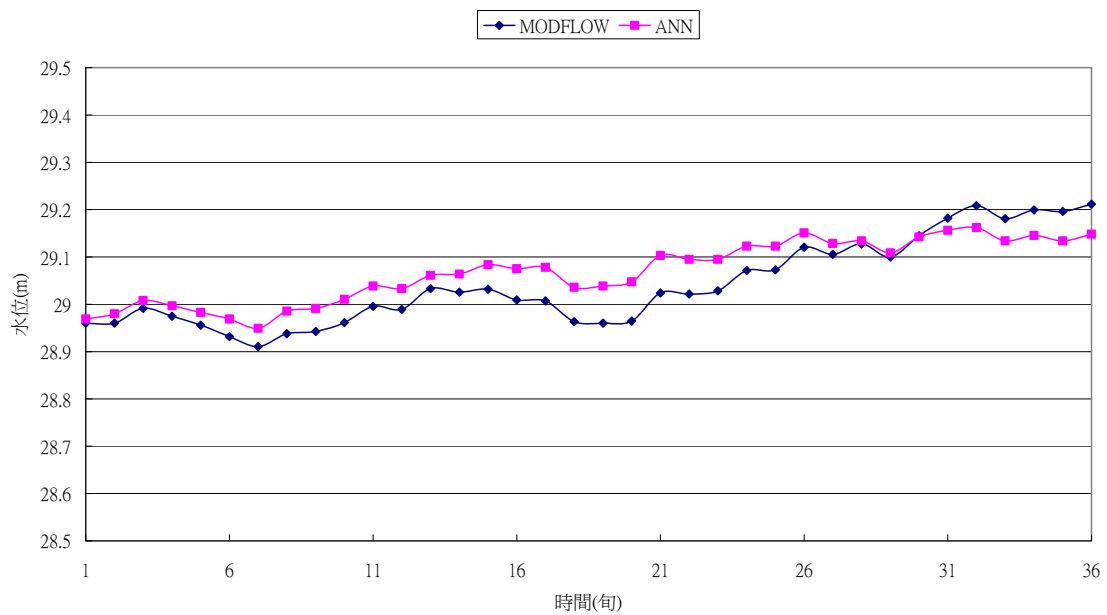


圖 2.6.2：案例 III 之虎溪站水位變動對照圖

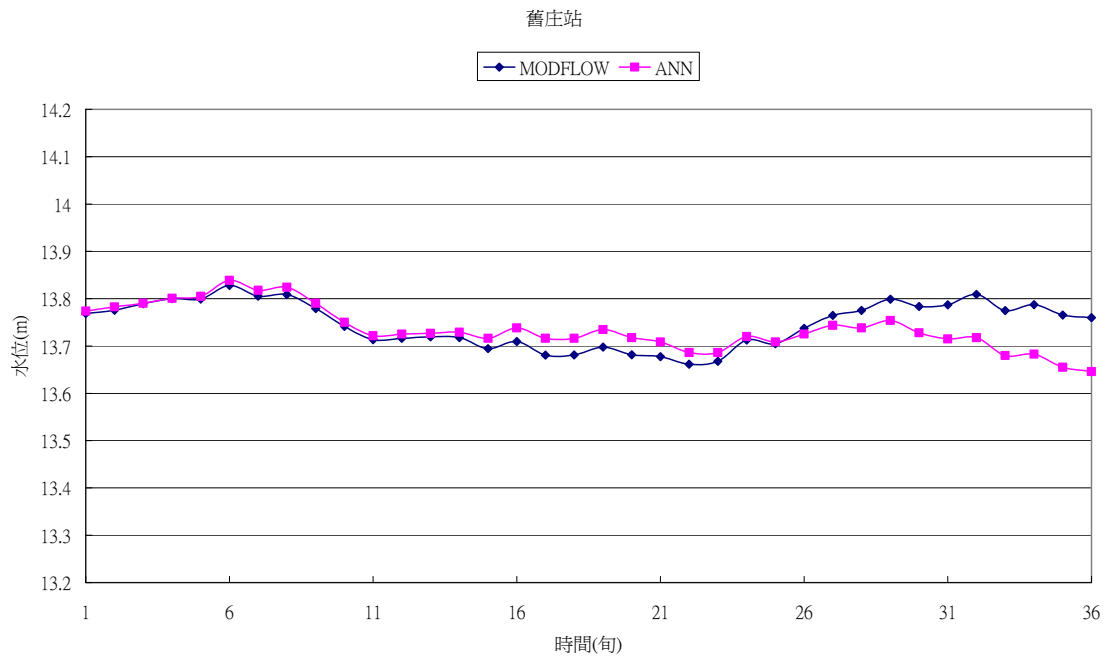


圖 2.6.3：案例 III 之舊庄站水位變動對照圖

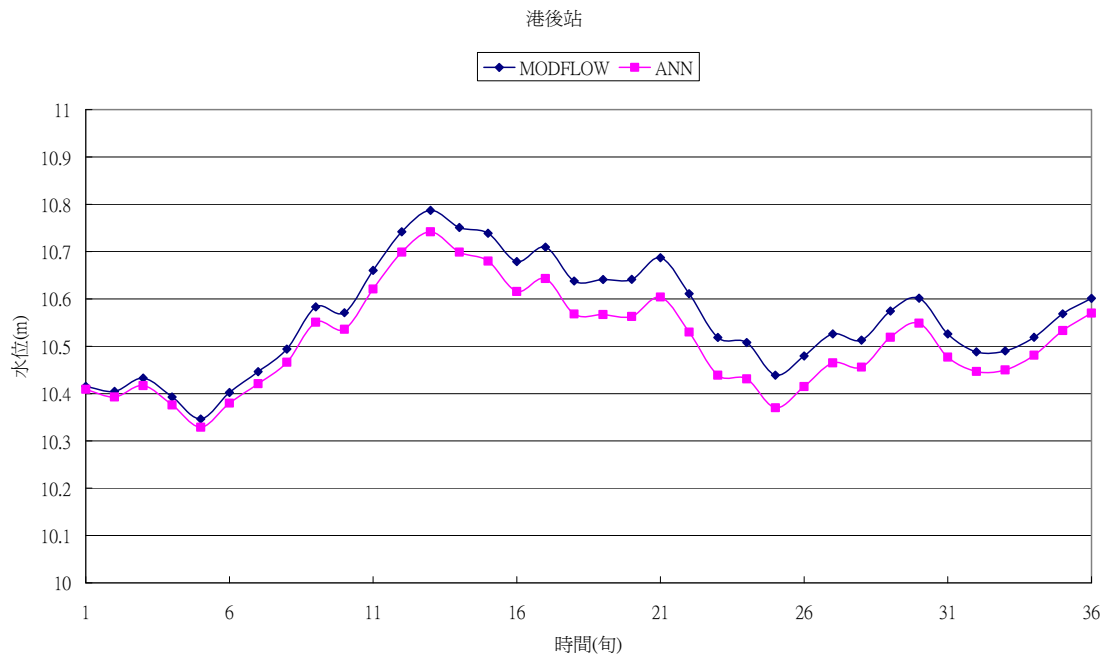


圖 2.6.4：案例 III 之港後站水位變動對照圖

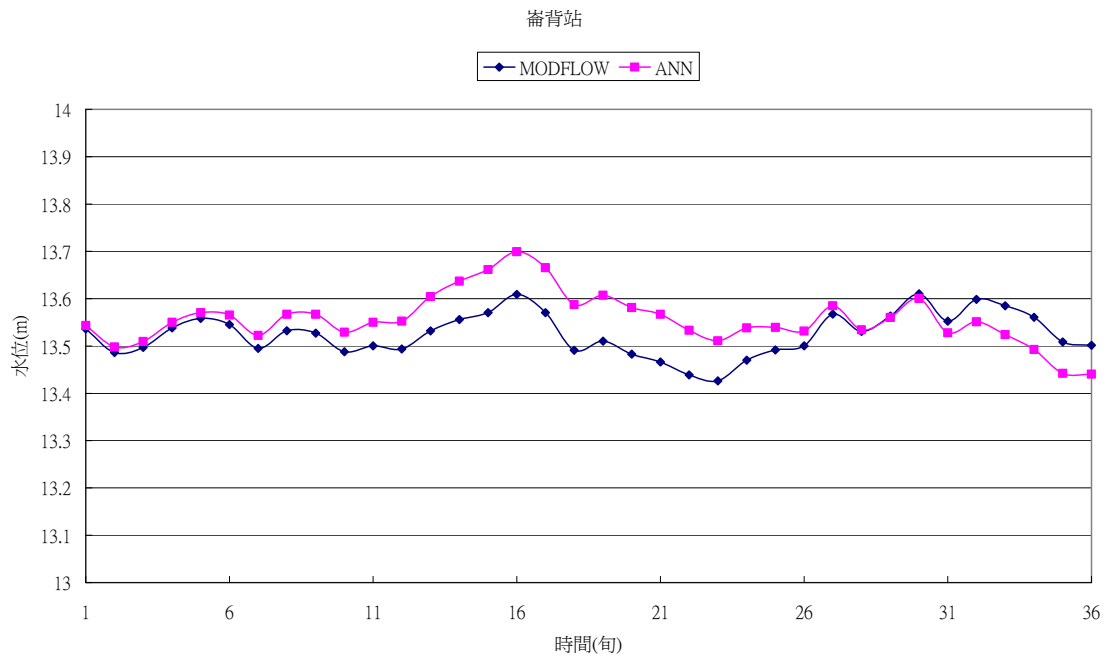


圖 2.6.5：案例 III 之崙背站水位變動對照圖

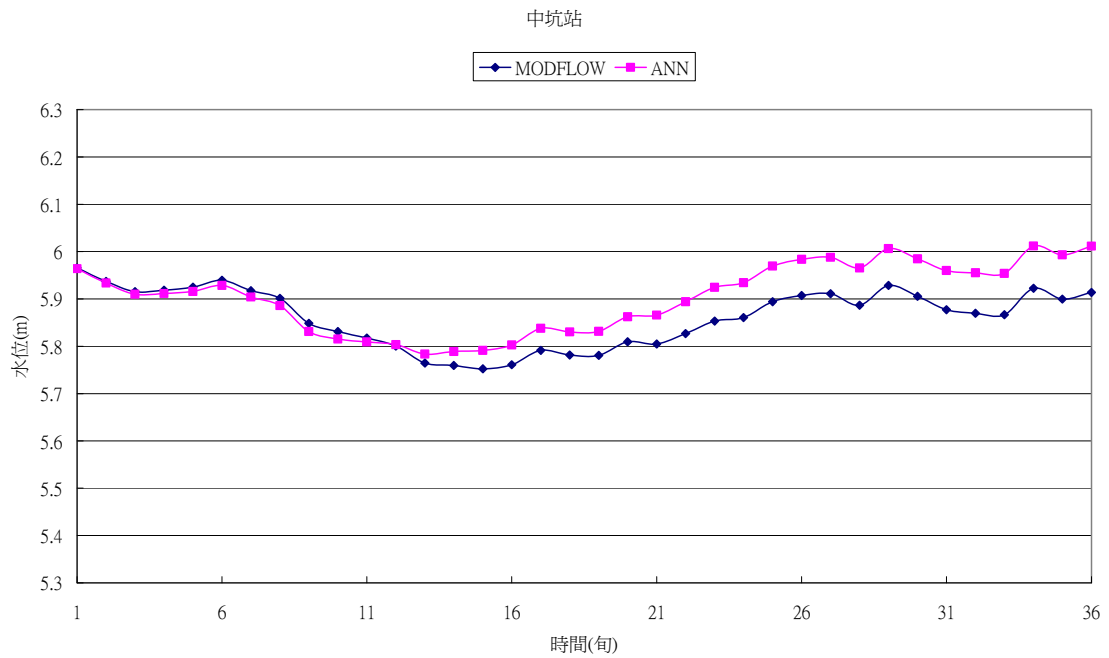


圖 2.6.6：案例 III 之中坑站水位變動對照圖

### 第三章 地面地下水資源優選模式之建立

#### 3.1 優選模式建立方法

本研究使用之優選模式建立方法乃參考鄭文明 (2004) 發表之「埤塘水源最佳調配運用－以桃園地區為例」一文，做法是將一地區的水資源取用輸送等相關設施以各種元件符號代表，如河川上游水源、地下水供給水源、河川補注、灌溉補注、取水工、河道及輸水管線，還有灌區與用水點等等，依據實際情形繪製成一網路系統圖，如圖 3.1.1 所示，系統中每一種元件都已經完成公式化作業，有模擬該種設施運作之標準公式可利用，因此只需要依照系統圖逐一地撰寫成限制式，加上目標函數之後便成為一個優選模式，可使用各種演算法或求解軟體計算。

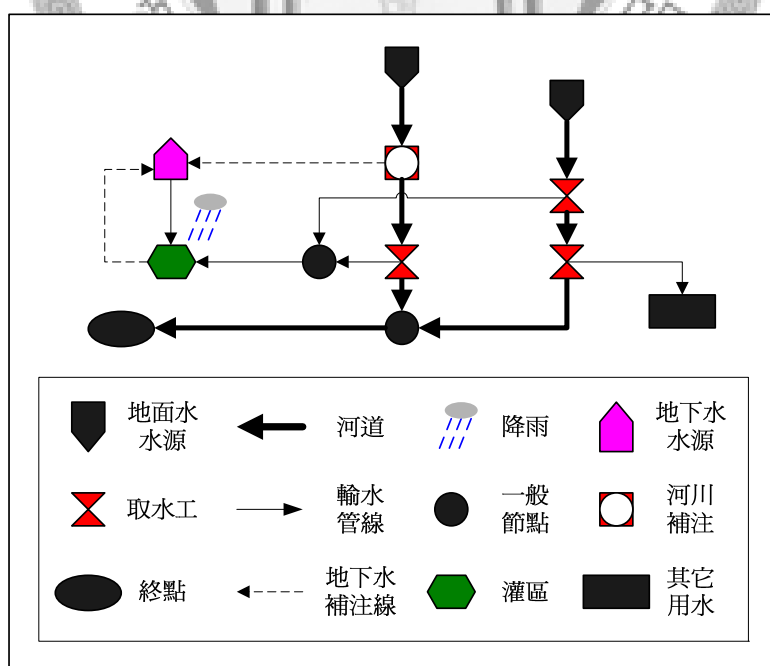


圖 3.1.1：系統概念圖範例



### 3.2 優選模式公式化

本研究的優選模式之目標函數設定如下：

$$Max. \sum (w_f \times FW_i + w_g \times GW_i + w_{ip} \times IP_i) \quad (式 3.2.1)$$

其中：

$w_f$  為地面水權重

$w_g$  為地下水權重

$w_{ip}$  為雨水權重

$FW_i$  為地面水供水量

$GW_i$  為地下水供水量

$IP_i$  為雨水供水量

由於地下水過度抽取會造成地層下陷等問題，因此應該優先取用地面水，地下水只在地面水供應不足時使用；而雨水會直接進入田間，理當優先於地面水，故三項權重設定上雨水權重 > 地面水權重 > 地下水權重。

限制式依照各種元件符號分述如後：

1. 一般節點：

$$\sum I_j = \sum O_j \quad (\text{式 3.2.2})$$

其中：

$I_j$  為入流量

$O_j$  為出流量

匯流與分流的節點，保持質量守恆，入流總量等於出流總量。

2. 取水工：

$$I = SW + O \quad (\text{式 3.2.3})$$

$$SW \leq SW_{\max} \quad (\text{式 3.2.4})$$

其中：

$I$  為入流量

$SW$  為取水量

$O$  為出流量

$SW_{\max}$  為設計最大取水量

河川取水點，取水量應小於等於設計最大取水量，剩餘河水流往下游。

3. 河川補注：

$$I = \sum RWR_i + O \quad (\text{式 3.2.5})$$

$$RWR_i = wr_i \times I \quad (\text{式 3.2.6})$$

其中：

$I$  為入流量

$RWR_i$  為河川補注量

$O$  為出流量

$wr_i$  為河川補注權重

此節點計算河川入滲的地下水補注量，河川補注權重應參考現地數據或以理論推估。

4. 需水點：

$$FW_i + GW_i \leq demand_i \quad (\text{式 3.2.7})$$

$$FW_i = lo_i \times \sum SW_{ji} \quad (\text{式 3.2.8})$$

$$GW_i = \sum PU_i \quad (\text{式 3.2.9})$$

其中：

$FW_i$  為地面水供水量

$GW_i$  為地下水供水量

$demand_i$  為需水量

$lo_i$  為輸水損失比

$SW_{ji}$  為取水量

$PU_i$  為抽水量

公共用水或工業用水需水點，由地面水與地下水供應，總供水量應小於等於需水量，輸水損失比可參照現地資料或合理推估。

5. 灌區：

$$IP_i + FW_i + GW_i \leq demand_i \quad (\text{式 3.2.10})$$

$$IP_i = RA_i \times FA_i \quad (\text{式 3.2.11})$$

$$FW_i = lo_i \times \sum SW_{ji} \quad (\text{式 3.2.12})$$

$$RWF_i = wf_i \times (IP_i + FW_i + GW_i) \quad (\text{式 3.2.13})$$

$$GW_i = \sum PU_i \quad (\text{式 3.2.14})$$

其中：

$FW_i$  為地面水供水量

$GW_i$  為地下水供水量

$IP_i$  為雨水供水量

$demand_i$  為灌區需水量

$RA_i$  為有效降雨量

$FA_i$  為農田面積

$l_{oi}$  為輸水損失比

$SW_{ji}$  為取水量

$RWF_i$  為灌溉補注量

$wf_i$  為灌溉補注權重

$PU_i$  為抽水量

農業用水需水點，總供水量應小於等於需水量，輸水損失比與灌溉補注權重可參照現地資料或合理推估。

6. 地下水水源：

$$H_i^0 - H_i^T \leq d\_limit \quad \bullet \text{ (式 3.2.15)}$$

$$RW_i - PU_i = NP_i \quad \bullet \text{ (式 3.2.16)}$$

$$RW_i = RWR_i + RWF_i \quad \bullet \text{ (式 3.2.17)}$$

$$net_k = \sum_{j=1}^n w_{kj}^f x_j + b_k^f \quad \bullet \text{ (式 3.2.18)}$$

$$y_k = F(net_k) \quad \bullet \text{ (式 3.2.19)}$$

$$H_i = \sum_{k=1}^m w_{ik}^s y_k + b_i^s \quad \bullet \text{ (式 3.2.20)}$$

其中：

$H_i^0$  為計算時間起點的地下水位

$H_i^T$  為計算時間終點的地下水位

$d\_limit$  為地下水位下降限制量

$RW_i$  為地下水補注量

$PU_i$  為地下水抽水量

$NP_i$  為地下水淨補注量

$RWR_i$  為河川補注量

$RWF_i$  為灌溉補注量

$net_k$  為隱藏層神經元計算總合

$w_{kj}^f$  為隱藏層神經元權重

$x_j$  為隱藏層神經元輸入值

$b_k^f$  為隱藏層神經元偏權值

$y_k$  為隱藏層神經元輸出值

$F(net_k)$  為隱藏層活化函數

$H_i$  為下一時刻地下水位

$w_{ik}^s$  為輸出層神經元權重

$b_i^s$  為輸出層神經元偏權值

$k$  為隱藏層神經元編號

$j$  為輸入層輸入項編號

$i$  為輸出層神經元編號

式 3.2.15 可限制水位的下降量，讓模式計算抽水量時不會超量抽水；式 3.2.16 將補注量減去抽水量成為淨補注量，當做類神經網路的輸入資料；式 3.2.18、式 3.2.19 與式 3.2.20 是類神經網路的計算公式，輸入項如前所述為地下水位與淨補助量，經過隱藏層與輸出層的加權計算後，得到下一時刻的地下水位，此限制式將使優選模式內含已建立完成的地下水類神經網路系統，達到地面地下水聯合優選的目的。



### 3.3 優選模式建立流程

本研究利用 Fortran 程式撰寫優選模式的目標函數與限制式，並將之輸入 Lingo 軟體，利用該軟體進行求解，以節省計算時間，不同於一般常使用的啟發式演算法求解，此種做法的優勢在於能夠考慮更複雜的系統或一次運算數個時間單位，換言之即是可以一次計算更多的變數，因此在使用上不需要侷限於逐旬運算，可以以旬為單位一次運算一年或更長，在使用上較為靈活。實際的操作流程如圖 3.3.1 所示。

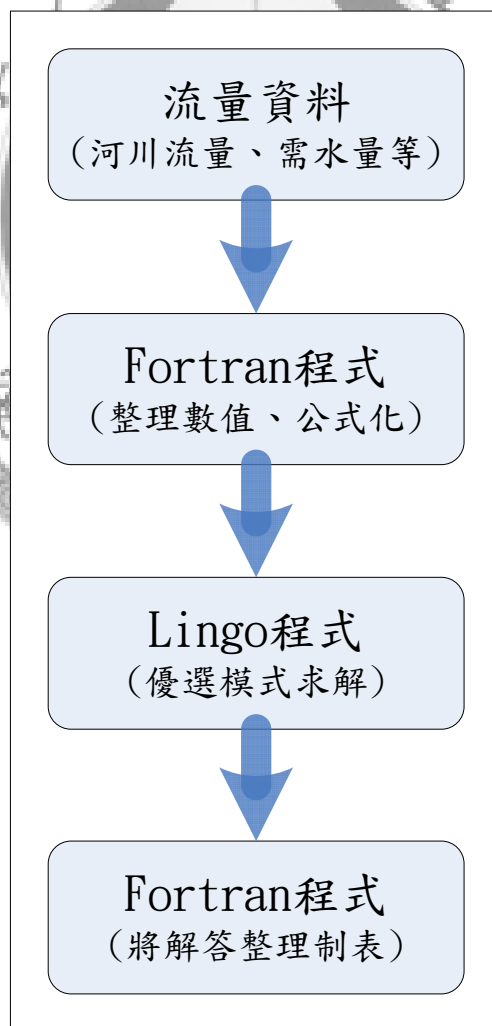


圖 3.3.1：優選模式建立流程圖



## 第四章 地面地下水資源優選模式之應用

### 4.1 研究區域概述

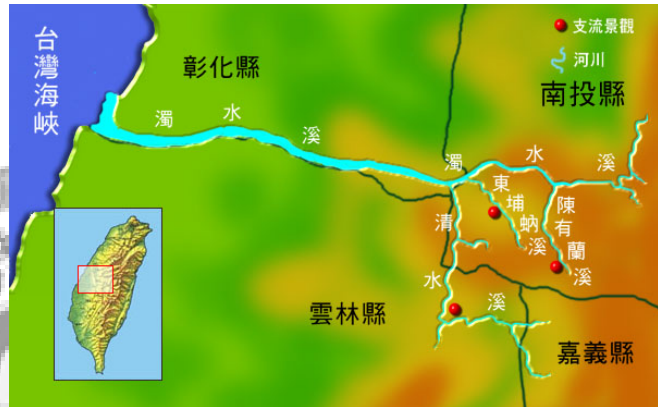


圖 4.1.1：雲林區位圖

圖 4.1.2：濁水溪河系圖

(來源：水利署網站)

雲林縣位於臺灣島的西部中央，如圖 4.1.1 所示，北臨濁水溪與彰化縣相望，南依北港溪與嘉義縣相聯，濁水溪如圖 4.1.2 所示從南投縣合歡山發源，其支流有霧社溪、萬大溪、水里溪、陳有蘭溪、清水溝溪、東埔蚋溪、清水溪等等，流域廣達南投、彰化、雲林、嘉義四縣，流域面積 3,156 平方公里，幹流長度 186 公里，計畫洪水量 24,000 秒立方公尺，為臺灣重要河川之一。

北港溪發源於阿里山山脈，主要支流為虎尾溪、三疊溪、石龜溪、大湖口溪、石牛溪等，流經雲林嘉義兩縣，流域面積 645 平方公里，

幹流長度 82 公里，計畫洪水量 5,000 秒立方公尺，河系圖如圖 4.1.3 所示。

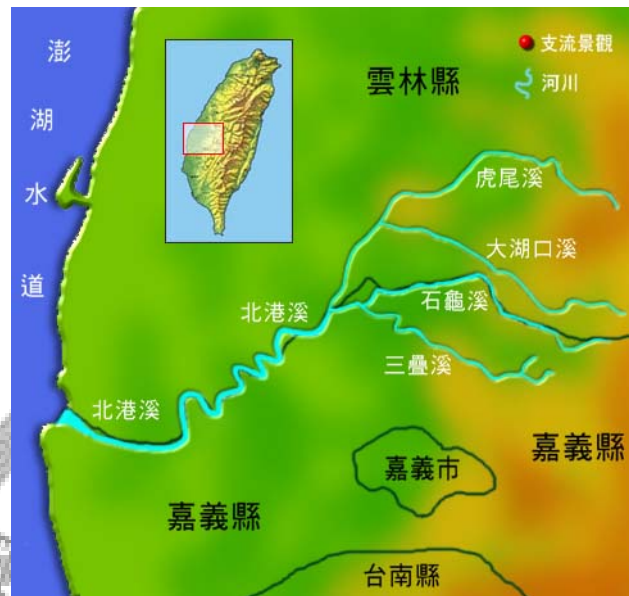


圖 4.1.3：北港溪河系圖（來源：水利署網站）

雲林地區地形平坦，為臺灣島內重要的農業生產地區，其灌溉面積廣達六萬五千八百多公頃，與北鄰的彰化地區合計農業用水量約占濁水溪流域所有可用水量之九成；然而因為臺灣地區天然降水時空分配不均、導致不同時期河川流量相差甚鉅，以及地狹人稠，良好蓄水設施開發不易等問題，造成在工業與民生用水需求日增的現在，地面水源供給系統已無法兼顧各標的的用水需求，然而雲林與彰化縣位於含水量豐富的濁水溪沖積扇上，因此在用水供給量不足的情況下，抽取地下水使用的情形便極為普遍。

濁水溪沖積扇自八卦山脈與斗六丘陵間的隘口為扇頂，以三角扇形向下游展開，北起自洋仔厝溪，南止於北港溪，面積約 1,800 平方公里，涵蓋彰化與雲林縣面積之大部分；此沖積扇有豐富的地下含水層，土壤顆粒由扇頂粗礫石至扇尾極細粒，變化明顯，含水層厚度亦向扇尾遞增，達數百公尺深。

根據相關研究指出，雲林地區之地下水年抽用量推估約在 5 至 7 億立方公尺之間，年超抽量介於 5,000 萬至 2 億立方公尺之間；經年累月的超抽使用地下水，已造成雲林地區地層下陷之問題日益嚴重。

如圖 4.1.4 所示，雲林沿海的台西、金胡等地之地層下陷十分嚴重，總下陷量已近 200 公分，隨時有海水倒灌的危險；內陸的褒忠、元長等地也有 50 公分的沉陷量，整個雲林縣幾乎有大半地區都有地層下陷的問題，對於人民的生命財產，有著潛在的巨大威脅。



圖 4.1.4：雲林地區地層下陷量示意圖（來源：臺灣水資源館）

## 4.2 建構雲林地區優選模式

本研究利用雲林地區做為模擬案例。雲林地區是臺灣島內使用地下水資源最為頻繁的地區，境內的抽水井數量驚人，也帶來許多地層下陷與海水倒灌的問題，相當適合做為研究案例，本研究將先依照雲林地區之實際水資源供給系統繪製成一系統圖，再根據此圖撰寫優選模式，本研究使用前述之三種不同的類神經網路建構三個不同的優選模式，如圖 4.2.1 所示，以利進行各種不同的案例模擬研究。

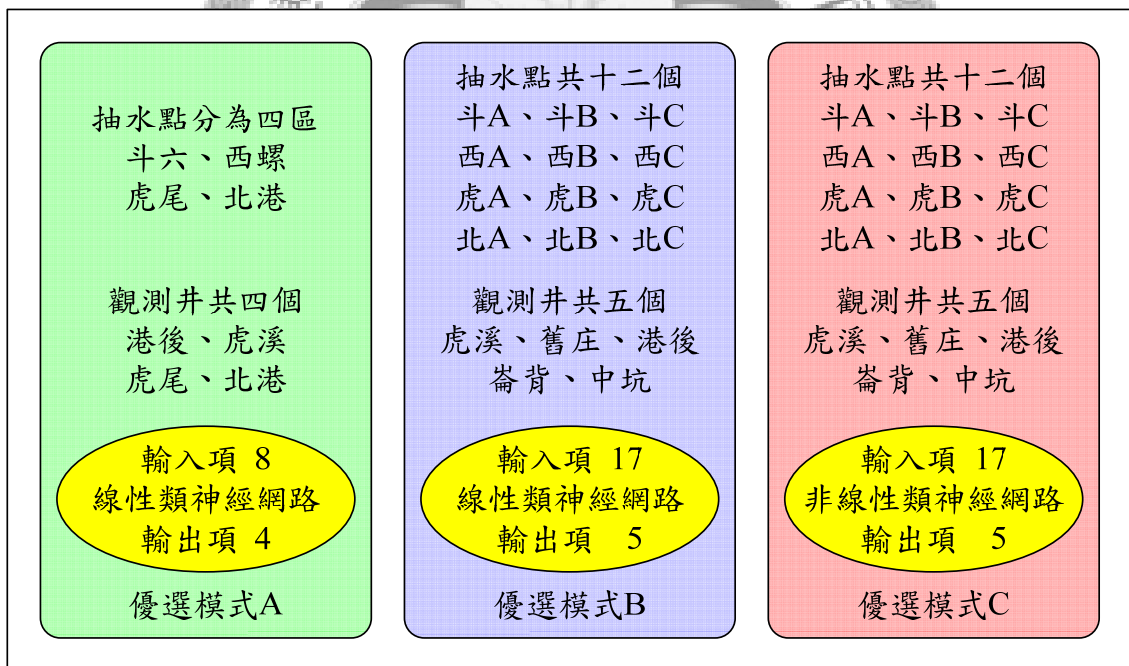


圖 4.2.1：優選模式內容比較

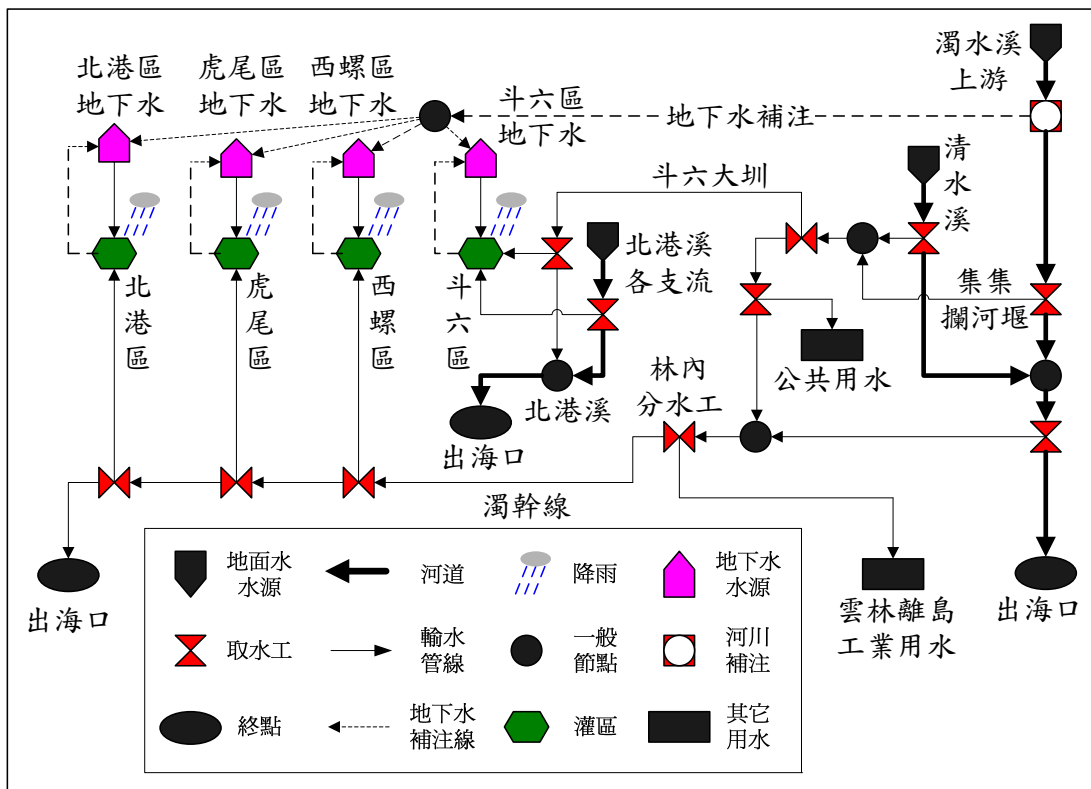


圖 4.2.2：雲林地區水資源系統概念圖

圖 4.2.2 為雲林地區水資源系統的概念圖，由圖中可見此區的地面水資源主要來源為濁水溪、清水溪以及北港溪上游各支流，集集攔河堰位於濁水溪與清水溪匯流處上游，設有兩組進水口，北岸進水口為彰化地區取水，南岸進水口則將水經由南岸聯絡渠道送往雲林地區，途中經過清水溪時加入清水溪進水口之水量，將水先後分給雲林地區公共用水處理廠與斗六大圳，南岸聯絡渠道剩餘水量會送至林內分水工，林內分水工設有原濁幹線數個進水口，可從匯流後的濁水溪取水，此分水工將水分給雲林離島工業區及濁幹線。

雲林地區四個農田管理區分為斗六區、西螺區、虎尾區以及北港區，斗六管理區灌溉來源為斗六大圳及北港溪上流各支流，其餘三區則使用濁幹線之水量，不足部分將抽取地下水支援。

本研究依照管理區劃分地下水抽水區塊，其補注來源如圖 4.2.2 所示主要為濁水溪河川補注及各所屬管理區的農田之灌溉補注。

本案例使用的流量站為濁水溪玉峰橋站、清水溪桶口(2)站、北港溪使用溪口站以面積比例法推估其他支流之流量；雨量站使用褒忠(2)站、西螺(2)站、北港(2)站、林內(1)站、大埔站、草嶺(2)站、後安寮站來推估各管理區之降雨量；各管理區需水量取自雲林農田水利會之灌溉統計資料。



### 4.3 案例 A

本研究使用模擬案例 I 的類神經網路來建構案例 A 的優選模式，其地下水分區較為簡單，一個需水區內只有一個淨補注量以及一個觀測水位站，本研究將利用此優選模式瞭解地下水位下降限制量參數  $d\_limit$  在不同的時間長度或下降量設定下對優選模式結果之影響。

案例 A-1：

本案例使用 2000-2006 年的流量資料，進行為期七年的模擬， $d\_limit$  分別設定為每年可下降 3 公尺及每年可下降 1 公尺，由圖 4.3.1 與圖 4.3.2 可以看出較寬裕的下降限制可滿足每一旬的供水需求，沒有任何缺水問題，但會造成地下水位的劇烈變動；反之較嚴格的抽水限制則造成某些地面水不足之旬受限於地下水位下降限制無法抽水，因此有缺水情形發生，但好處是能保持地下水位的穩定，詳細水位變動與供水情形請見圖 4.3.3 到圖 4.3.6 與表 4.3.1 和表 4.3.2。

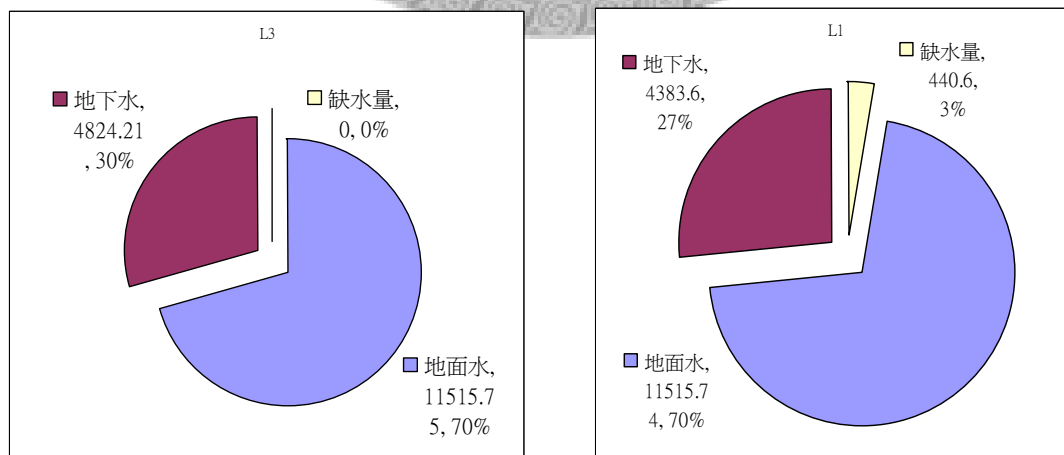


圖 4.3.1：A-1 限制 3m 供水比例圖 圖 4.3.2：A-1 限制 1m 供水比例圖

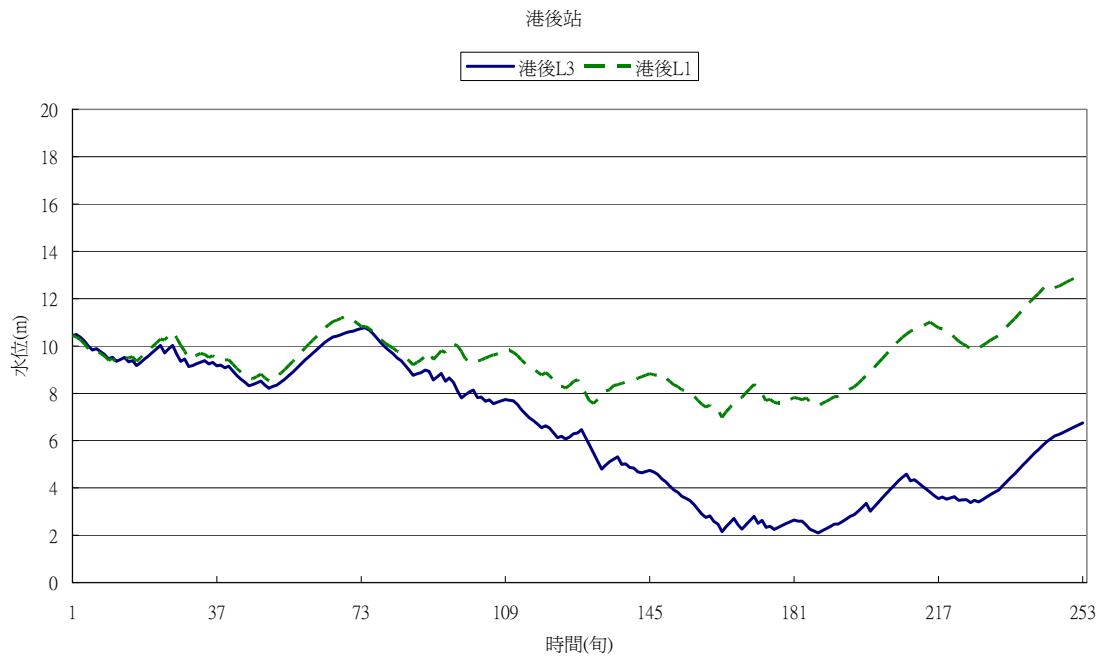


圖 4.3.4 : A-1 虎溪站水位變動比較圖



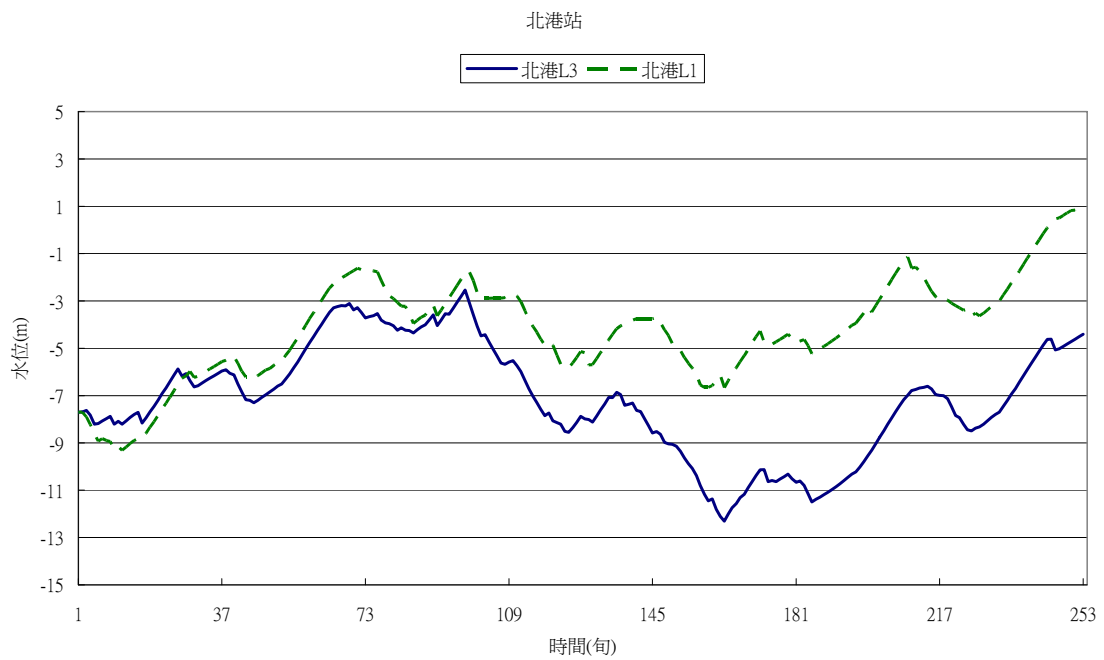


表 4.3.1：A-1 限制 3m 各區供水分配表

cms	地面水取水量 (平均)				地下水取水量 (平均)				缺水量 (總計)			
	斗六	西螺	虎尾	北港	斗六	西螺	虎尾	北港	斗六	西螺	虎尾	北港
1	4.79	3.41	2.65	7.92	2.01	1.97	2.70	0.69	0	0	0	0
2	6.10	1.22	5.27	4.82	2.64	6.13	2.17	7.17	0	0	0	0
3	11.23	2.42	4.04	4.08	1.67	8.33	6.94	13.34	0	0	0	0
4	10.73	1.63	3.58	1.88	6.13	11.64	9.62	19.31	0	0	0	0
5	5.56	0.00	1.74	8.83	7.86	11.41	9.67	9.42	0	0	0	0
6	4.96	2.12	4.86	6.76	6.87	8.04	5.20	9.55	0	0	0	0
7	8.71	1.60	3.54	6.01	2.27	6.64	4.92	7.64	0	0	0	0
8	8.49	1.15	3.11	7.07	2.93	8.46	6.60	8.50	0	0	0	0
9	7.01	2.88	6.01	8.17	3.89	6.03	3.26	6.92	0	0	0	0
10	11.22	3.71	4.91	8.15	0.38	3.44	2.25	3.59	0	0	0	0
11	10.39	3.88	7.11	10.67	2.42	6.84	3.79	7.41	0	0	0	0
12	11.20	4.24	3.26	14.49	3.20	7.97	9.00	6.35	0	0	0	0
13	10.81	4.86	6.65	15.67	3.37	7.44	5.41	4.20	0	0	0	0
14	10.61	6.58	9.26	11.23	1.57	3.38	0.36	4.97	0	0	0	0
15	6.27	5.16	6.28	9.69	1.12	1.25	0.00	0.71	0	0	0	0
16	18.11	8.35	13.77	14.36	1.77	4.99	0.20	7.72	0	0	0	0
17	17.81	7.74	10.51	14.08	0.00	2.89	0.00	3.04	0	0	0	0
18	21.12	14.41	18.95	28.21	7.23	7.58	2.93	6.83	0	0	0	0
19	20.68	15.58	15.88	29.55	2.70	3.37	4.01	2.00	0	0	0	0
20	20.65	16.66	17.33	30.00	3.08	3.49	2.85	1.70	0	0	0	0
21	24.03	16.64	19.94	31.75	2.93	6.60	2.98	4.48	0	0	0	0
22	25.06	13.39	15.92	27.05	1.36	6.40	2.95	0.00	0	0	0	0
23	24.61	9.62	16.92	30.80	2.35	11.35	3.81	0.69	0	0	0	0
24	24.15	13.28	14.82	32.00	2.34	6.78	5.67	0.00	0	0	0	0
25	22.63	19.01	19.33	35.06	3.32	3.26	2.75	0.00	0	0	0	0
26	21.06	20.38	19.14	28.71	6.70	3.47	4.48	9.44	0	0	0	0
27	17.31	14.62	17.81	28.08	9.41	6.50	2.84	5.17	0	0	0	0
28	14.43	18.44	7.38	18.23	6.56	0.00	10.47	10.66	0	0	0	0
29	16.57	5.87	16.74	13.47	7.26	14.66	3.53	19.14	0	0	0	0
30	5.32	4.61	4.52	7.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
31	9.02	4.15	8.83	11.94	3.13	6.14	1.51	4.52	0	0	0	0
32	7.42	8.38	9.16	11.20	4.62	2.01	1.08	5.33	0	0	0	0
33	8.43	5.76	7.78	10.56	3.43	4.49	2.31	5.77	0	0	0	0
34	7.55	6.37	6.05	10.02	4.20	3.78	3.95	6.06	0	0	0	0
35	6.13	7.69	5.02	6.07	4.53	1.51	4.05	8.87	0	0	0	0
36	5.78	7.14	5.11	9.08	5.91	2.85	4.85	6.67	0	0	0	0

表 4.3.2：A-1 限制 1m 各區供水分配表

cms	地面水取水量 (平均)				地下水取水量 (平均)				缺水量 (總計)			
	斗六	西螺	虎尾	北港	斗六	西螺	虎尾	北港	斗六	西螺	虎尾	北港
1	4.75	1.38	4.31	8.33	2.05	4.01	1.04	0.28	0	0	0	0
2	5.38	0.48	5.42	6.14	3.37	6.88	2.01	5.85	0	0	0	0
3	6.08	2.43	7.67	5.59	6.82	8.32	3.30	11.83	0	0	0	0
4	5.41	1.06	8.98	2.37	11.45	12.21	3.91	18.81	0	0	2	0
5	6.34	0.00	6.33	3.46	7.08	11.41	4.56	14.79	0	0	4	0
6	4.43	1.09	6.35	6.84	7.39	9.08	3.07	9.48	0	0	4	0
7	5.01	0.87	7.24	6.74	5.96	7.37	1.22	6.91	0	0	0	0
8	4.95	1.15	8.62	5.10	6.47	8.46	0.93	10.47	0	0	1	0
9	5.98	2.18	9.26	6.65	4.91	6.73	0.00	8.44	0	0	0	0
10	9.41	3.71	7.16	7.71	2.18	3.44	0.00	4.03	0	0	0	0
11	7.72	3.43	10.90	9.99	5.09	7.29	0.00	8.08	0	0	0	0
12	9.58	4.24	8.97	10.38	4.81	7.97	3.05	10.45	0	0	2	0
13	7.54	4.86	10.28	15.31	6.65	7.44	1.78	4.56	0	0	0	0
14	9.04	6.26	8.28	14.10	3.15	3.69	1.34	2.10	0	0	0	0
15	6.27	5.16	6.28	9.69	1.12	1.25	0.00	0.71	0	0	0	0
16	13.68	8.35	11.68	20.88	6.20	4.99	2.29	1.20	0	0	0	0
17	14.91	9.49	8.62	17.12	2.90	1.13	1.89	0.00	0	0	0	0
18	21.12	14.41	20.81	26.35	7.23	7.58	1.08	8.69	0	0	0	0
19	18.83	15.81	19.88	27.16	4.55	3.14	0.00	4.39	0	0	0	0
20	20.65	16.66	20.18	27.15	3.08	3.49	0.00	4.55	0	0	0	0
21	21.97	17.83	21.30	31.27	4.99	5.41	1.63	0.41	0	0	0	32
22	23.89	17.55	12.92	27.05	2.52	2.10	3.31	0.00	0	1	18	0
23	17.66	17.93	14.86	31.50	9.29	2.15	5.22	0.00	0	6	5	0
24	20.91	17.13	14.21	32.00	4.27	1.93	5.77	0.00	9	7	4	0
25	22.63	19.20	19.13	35.06	3.32	3.06	2.95	0.00	0	0	0	0
26	21.89	13.69	16.92	36.78	5.87	6.35	5.63	0.96	0	27	7	3
27	19.10	13.92	16.09	28.72	7.63	7.21	4.56	4.53	0	0	0	0
28	18.11	8.20	12.65	19.53	2.88	7.57	5.20	8.11	0	19	0	9
29	14.08	8.41	12.97	17.20	9.75	7.37	6.86	10.75	0	33	3	33
30	5.32	4.61	4.52	7.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
31	8.81	6.85	6.46	11.82	3.34	1.53	3.88	1.76	0	13	0	20
32	10.52	7.24	7.22	11.19	1.52	0.95	3.03	2.00	0	15	0	23
33	9.73	6.71	6.87	9.21	2.13	2.86	3.22	2.40	0	5	0	33
34	9.82	6.03	5.75	8.39	1.93	2.29	4.25	2.90	0	13	0	33
35	7.05	5.40	6.49	5.97	3.61	2.99	2.59	4.68	0	6	0	30
36	7.04	5.19	5.95	8.94	4.65	4.32	4.01	4.41	0	3	0	17

### 案例 A-2：

本案例將  $d\_limit$  檢核時間變更，以瞭解不同時間長度下的  $d\_limit$  設定會對模式結果有甚麼樣的影響，本案例使用 2002-2003 年的流量資料，將 A 組設定為每年可下降 1 公尺，B 組則設定為每兩年可下降 2 公尺來進行結果比較。

由於兩年總共 2 公尺的下降限制無法完全滿足供水需求，因此從圖 4.3.7 與圖 4.3.8 中可以看出兩組都有缺水發生，B 組的抽水量多於 A 組，因此有較少的缺水量，從圖 4.3.9、圖 4.3.11 到圖 4.3.14 中可以發現 B 組大部分觀測站水位在 2002 年末時低於 A 組，這是因為 2002 年末時 A 組需要符合下降限制 1 公尺，B 組則沒有，因此可以在前一年抽取較多地下水使用，第二年時兩組都需符合年末的下降限制，因此都有大量缺水情形發生，詳細的缺水情形比較可見圖 4.3.10，以及表 4.3.3 及表 4.3.4，值得注意的是兩組最後的觀測水位完全相同，表示兩組抽水量都已達到上限，在有缺水情形發生下此結果十分合理。

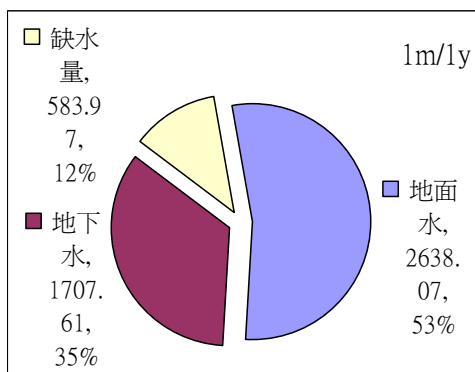


圖 4.3.7：A-2 A 組供水比例圖

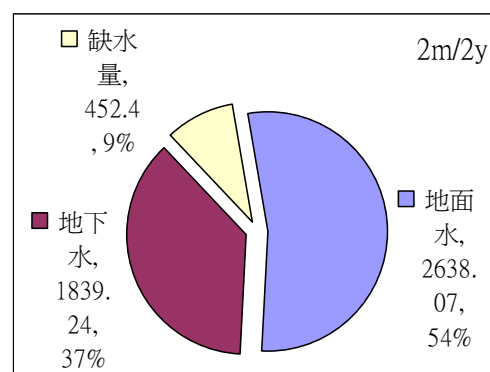


圖 4.3.8：A-2 B 組供水比例圖

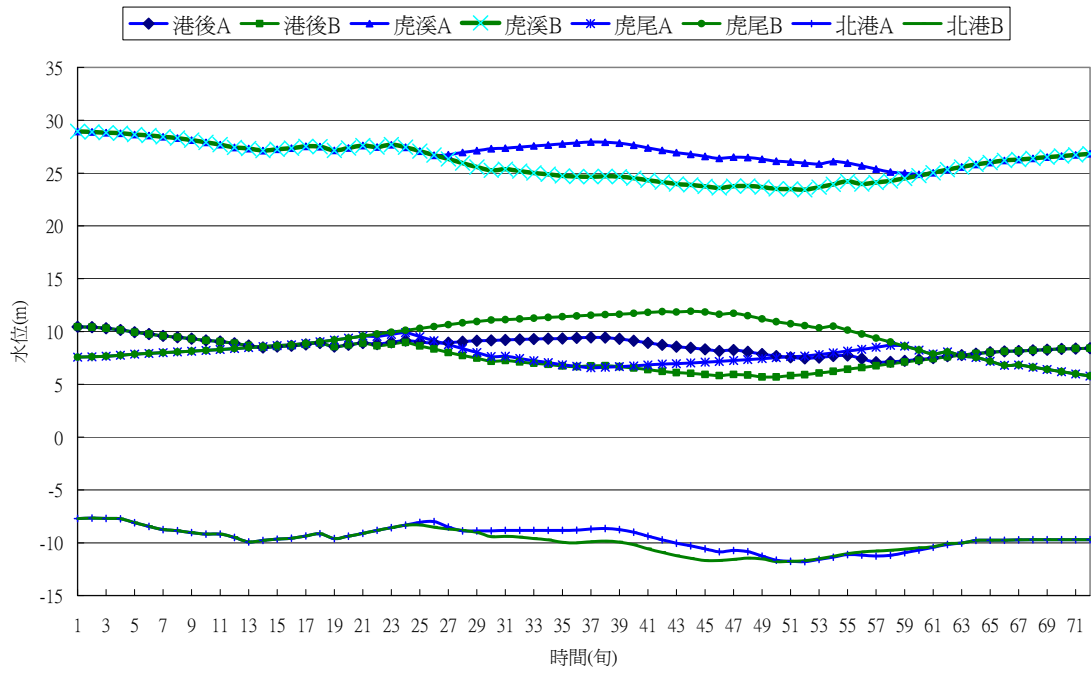


圖 4.3.9：A-2 水位變動比較圖

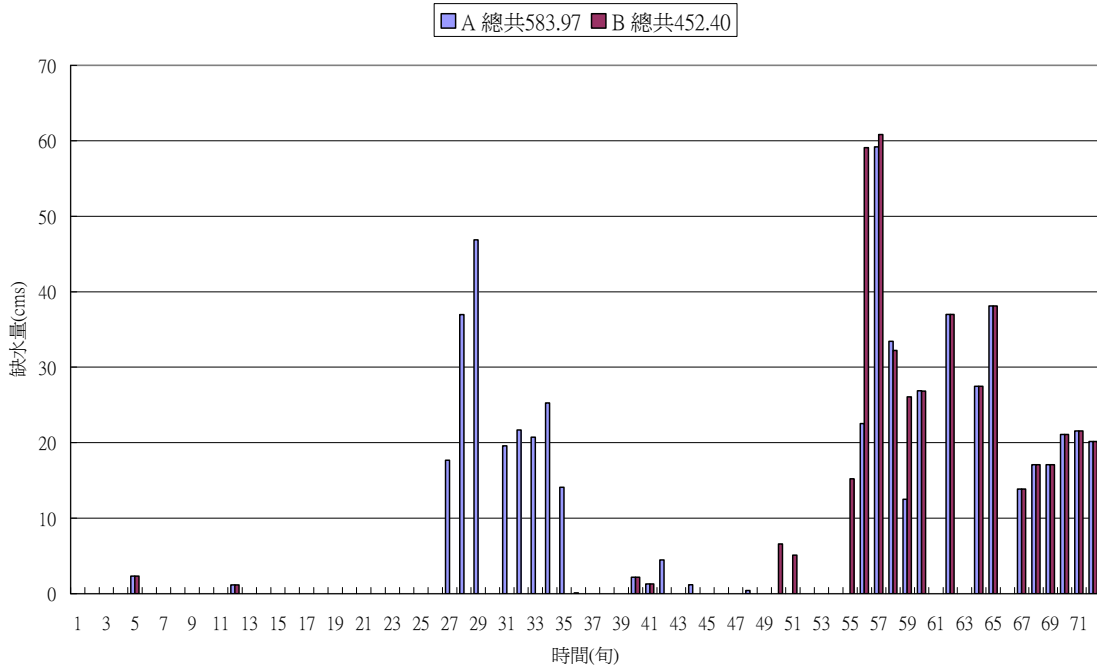


圖 4.3.10：A-2 各旬缺水量柱狀圖

表 4.3.3：A-2 A 組各區供水分配表

2002	地面水取水量 (cms)				地下水取水量 (cms)				缺水量 (cms)			
	斗六	西螺	虎尾	北港	斗六	西螺	虎尾	北港	斗六	西螺	虎尾	北港
1	3.49	2.06	5.35	8.61	3.49	3.37	0.00	0.00	0	0	0	0
2	4.46	0.00	7.59	7.72	4.46	6.92	0.00	4.48	0	0	0	0
3	7.03	0.00	10.61	10.07	5.44	10.75	0.00	6.47	0	0	0	0
4	8.35	0.00	13.69	0.14	9.53	13.88	0.00	21.87	0	0	0	0
5	7.01	0.00	9.63	0.00	7.01	12.10	0.00	19.20	0	0	2	0
6	5.41	0.00	11.17	1.03	7.72	11.32	0.00	16.93	0	0	0	0
7	4.01	0.00	9.19	5.94	7.99	9.32	0.00	8.84	0	0	0	0
8	0.83	0.00	10.03	5.23	10.97	9.53	0.00	11.18	0	0	0	0
9	1.91	0.00	11.28	7.51	11.35	11.44	0.00	10.64	0	0	0	0
10	1.60	0.00	8.47	8.49	12.63	8.59	0.00	5.14	0	0	0	0
11	0.61	0.00	12.54	2.13	14.13	12.72	0.00	18.04	0	0	0	0
12	7.40	0.00	13.01	0.00	9.28	13.74	0.00	23.33	0	0	1	0
13	4.01	0.01	13.82	22.23	12.24	14.00	0.00	0.00	0	0	0	0
14	11.99	9.14	8.89	16.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
15	5.69	5.78	4.84	9.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
16	19.56	11.49	12.43	22.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
17	15.04	13.39	13.21	21.25	8.25	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
18	8.49	0.00	23.44	8.37	22.12	23.76	0.00	29.33	0	0	0	0
19	16.44	12.08	13.98	21.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
20	18.60	16.22	15.82	28.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
21	16.09	10.47	17.97	35.05	14.41	12.91	7.98	0.00	0	0	0	0
22	20.03	15.26	14.89	18.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
23	11.93	23.81	22.22	38.02	17.63	0.00	0.46	0.00	0	0	0	0
24	8.06	10.46	2.99	38.02	22.81	13.51	20.64	0.00	0	0	0	0
25	4.14	8.88	2.70	25.79	23.27	13.16	20.62	7.49	0	0	0	0
26	22.86	18.38	5.01	5.00	7.26	5.67	20.62	31.62	0	0	0	0
27	26.22	15.39	0.00	0.00	0.00	0.00	19.88	22.43	0	6	0	12
28	21.69	11.41	0.00	0.00	0.00	0.00	18.45	0.00	0	7	0	30
29	23.83	7.85	0.00	0.00	0.00	0.00	18.72	0.00	0	13	2	33
30	5.53	4.77	4.70	7.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
31	12.45	8.18	0.00	0.00	0.00	0.00	10.59	0.00	0	3	0	17
32	12.45	6.08	0.00	0.00	0.00	0.00	10.59	0.00	0	5	0	17
33	11.20	5.22	0.00	0.00	0.00	0.00	9.53	0.00	0	5	0	16
34	12.23	2.02	0.00	0.00	0.00	0.00	10.41	0.00	0	9	0	17
35	9.04	7.23	0.00	0.00	0.00	0.00	7.69	0.00	0	1	0	13
36	9.22	7.79	0.00	11.49	0.00	0.00	7.85	0.00	0	0	0	0

2003	地面水取水量 (cms)				地下水取水量 (cms)				缺水量 (cms)			
	斗六	西螺	虎尾	北港	斗六	西螺	虎尾	北港	斗六	西螺	虎尾	北港
1	3.38	2.15	5.35	8.61	2.91	3.28	0.00	0.00	0	0	0	0
2	2.82	0.00	7.59	4.87	6.11	7.69	0.00	7.33	0	0	0	0
3	1.48	0.00	10.85	2.67	11.27	10.99	0.00	14.77	0	0	0	0
4	1.16	0.00	11.52	0.00	14.93	13.88	0.00	22.01	0	0	2	0
5	1.08	0.00	10.64	0.00	12.95	12.10	0.00	19.20	0	0	1	0
6	0.52	0.00	6.70	0.00	12.61	11.32	0.00	17.96	0	0	4	0
7	0.52	0.00	8.71	0.70	9.72	8.51	0.00	14.08	0	0	0	0
8	0.66	0.00	9.01	0.00	11.32	10.02	0.00	16.41	0	0	1	0
9	0.73	0.00	10.80	1.66	11.97	10.63	0.00	15.72	0	0	0	0
10	8.97	6.55	7.99	13.37	-0.43	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
11	7.37	0.00	11.59	9.38	6.25	11.29	0.00	9.26	0	0	0	0
12	5.57	0.00	14.09	0.00	11.48	14.71	0.00	23.33	0	0	0	0
13	3.28	0.00	13.82	0.17	12.98	13.69	0.00	22.06	0	0	0	0
14	4.05	0.00	10.20	8.62	7.93	9.67	0.00	9.33	0	0	0	0
15	2.28	0.00	8.60	8.84	7.84	8.72	0.00	5.00	0	0	0	0
16	8.16	14.78	16.31	26.51	11.02	2.45	0.00	0.00	0	0	0	0
17	16.62	13.21	14.14	20.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
18	13.26	18.45	23.44	37.70	14.29	5.86	0.00	0.00	0	0	0	0
19	8.83	0.00	23.60	25.23	18.92	22.00	0.00	11.97	0	0	0	0
20	10.38	0.00	27.16	14.45	21.55	23.40	0.00	10.36	0	4	0	18
21	11.13	0.00	26.90	10.98	20.50	0.00	0.00	0.00	0	27	0	33
22	12.43	8.32	0.00	33.79	14.05	0.00	4.72	0.00	0	16	18	0
23	12.99	17.50	0.00	33.42	13.56	0.00	19.47	0.00	2	6	5	0
24	11.12	16.51	0.00	38.02	0.00	0.00	19.72	0.00	16	7	4	0
25	30.50	25.99	25.94	41.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
26	30.87	15.78	0.00	23.56	0.00	0.00	18.80	0.00	0	11	7	19
27	24.31	21.61	8.62	33.51	0.00	0.00	12.06	0.00	0	0	0	0
28	21.13	18.71	0.00	2.21	0.00	0.00	17.97	0.00	0	0	0	27
29	23.83	16.60	0.00	0.00	0.00	0.00	18.74	0.00	0	4	2	33
30	5.53	4.77	4.70	7.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
31	12.45	10.74	0.00	3.17	0.00	0.00	10.59	0.00	0	0	0	14
32	12.45	10.67	0.00	0.00	0.00	0.00	10.59	0.00	0	0	0	17
33	12.26	10.68	0.00	0.00	0.00	0.00	10.43	0.00	0	0	0	17
34	12.23	6.20	0.00	0.00	0.00	0.00	10.41	0.00	0	4	0	17
35	12.23	5.74	0.00	0.00	0.00	0.00	10.41	0.00	0	5	0	17
36	12.23	7.14	0.00	0.00	0.00	0.00	10.41	0.00	0	3	0	17

表 4.3.4：A-2 B 組各區供水分配表

2002	地面水取水量 (cms)				地下水取水量 (cms)				缺水量 (cms)			
	斗六	西螺	虎尾	北港	斗六	西螺	虎尾	北港	斗六	西螺	虎尾	北港
1	3.49	2.06	5.35	8.61	3.49	3.37	0.00	0.00	0	0	0	0
2	4.46	0.00	7.59	7.72	4.46	6.92	0.00	4.48	0	0	0	0
3	7.03	0.00	10.61	10.07	5.44	10.75	0.00	6.47	0	0	0	0
4	8.35	0.00	13.69	0.14	9.53	13.88	0.00	21.87	0	0	0	0
5	7.01	0.00	9.63	0.00	7.01	12.10	0.00	19.20	0	0	2	0
6	5.41	0.00	11.17	1.03	7.72	11.32	0.00	16.93	0	0	0	0
7	4.01	0.00	9.19	5.94	7.99	9.32	0.00	8.84	0	0	0	0
8	0.83	0.00	10.03	5.23	10.97	9.53	0.00	11.18	0	0	0	0
9	1.91	0.00	11.28	7.51	11.35	11.44	0.00	10.64	0	0	0	0
10	1.60	0.00	8.47	8.49	12.63	8.59	0.00	5.14	0	0	0	0
11	0.61	0.00	12.54	2.13	14.13	12.72	0.00	18.04	0	0	0	0
12	7.40	0.00	13.01	0.00	9.28	13.74	0.00	23.33	0	0	1	0
13	4.01	0.01	13.82	22.23	12.24	14.00	0.00	0.00	0	0	0	0
14	11.99	9.14	8.89	16.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
15	5.69	5.78	4.84	9.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
16	19.56	11.49	12.43	22.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
17	15.04	13.39	13.21	21.25	8.25	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
18	8.49	0.00	23.44	8.37	22.12	23.76	0.00	29.33	0	0	0	0
19	16.44	12.08	13.98	21.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
20	18.60	16.22	15.82	28.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
21	16.09	2.49	25.95	35.05	14.41	20.89	0.00	0.00	0	0	0	0
22	20.03	15.26	14.89	18.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
23	11.93	23.35	22.68	38.02	17.63	0.46	0.00	0.00	0	0	0	0
24	8.06	0.00	23.63	27.85	22.81	23.97	0.00	10.17	0	0	0	0
25	4.14	0.00	23.32	14.04	23.27	22.04	0.00	19.24	0	0	0	0
26	7.24	0.00	25.63	18.38	22.88	24.05	0.00	18.24	0	0	0	0
27	2.28	0.00	19.88	19.45	23.94	20.97	0.00	15.08	0	0	0	0
28	0.38	0.00	18.45	14.27	21.31	18.71	0.00	15.41	0	0	0	0
29	4.01	0.00	20.27	7.40	19.83	20.56	0.00	25.21	0	0	0	0
30	5.53	4.77	4.70	7.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
31	0.61	0.00	10.59	9.43	11.84	10.74	0.00	7.60	0	0	0	0
32	0.55	0.00	10.59	7.39	11.90	10.74	0.00	9.64	0	0	0	0
33	0.57	0.00	9.53	6.32	10.63	9.93	0.00	9.69	0	0	0	0
34	0.93	0.00	10.41	2.91	11.30	10.55	0.00	13.83	0	0	0	0
35	1.45	0.00	7.69	7.13	7.59	8.05	0.00	6.15	0	0	0	0
36	2.80	6.25	7.85	11.60	6.43	1.54	0.00	0.00	0	0	0	0



2003	地面水取水量 (cms)				地下水取水量 (cms)				缺水量 (cms)			
	旬	斗六	西螺	虎尾	北港	斗六	西螺	虎尾	北港	斗六	西螺	虎尾
1	3.38	2.15	5.35	8.61	2.91	3.28	0.00	0.00	0	0	0	0
2	2.82	0.00	7.59	4.87	6.11	7.69	0.00	7.33	0	0	0	0
3	1.48	0.00	10.85	2.67	11.27	10.99	0.00	14.77	0	0	0	0
4	1.16	0.00	11.52	0.00	14.93	13.88	0.00	22.01	0	0	2	0
5	1.08	0.00	10.64	0.00	12.95	12.10	0.00	19.20	0	0	1	0
6	0.52	0.00	6.70	0.00	12.61	11.32	4.47	17.96	0	0	0	0
7	0.52	0.00	8.71	0.70	9.72	8.51	0.00	14.08	0	0	0	0
8	0.66	0.00	5.43	3.57	11.32	10.02	4.76	12.84	0	0	0	0
9	0.73	0.00	0.00	12.46	11.97	10.63	10.80	4.92	0	0	0	0
10	8.97	6.55	7.99	13.37	0.43	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
11	7.37	2.33	0.00	18.64	6.25	8.96	11.59	0.00	0	0	0	0
12	5.57	0.00	0.00	14.09	11.48	14.71	14.51	9.24	0	0	0	0
13	3.28	8.27	0.00	5.72	12.98	5.42	13.82	16.51	0	0	0	0
14	4.05	9.67	0.00	9.15	7.93	0.00	10.20	2.19	0	0	0	7
15	2.28	8.72	0.00	8.72	7.84	0.00	8.60	0.00	0	0	0	5
16	19.18	17.23	2.84	26.51	0.00	0.00	13.47	0.00	0	0	0	0
17	16.62	13.21	14.14	20.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
18	27.55	24.31	3.29	37.70	0.00	0.00	20.15	0.00	0	0	0	0
19	8.83	22.00	0.00	26.83	18.92	0.00	18.75	0.00	0	0	5	10
20	10.38	27.54	0.00	14.07	0.00	0.00	18.73	0.00	22	0	8	29
21	11.13	26.64	0.00	11.24	0.00	0.00	18.89	0.00	21	0	8	32
22	22.64	23.97	0.00	7.94	0.00	0.00	19.99	0.00	4	0	3	26
23	28.26	23.73	0.00	11.92	0.00	0.00	19.47	0.00	0	0	5	22
24	27.41	23.48	0.00	14.76	0.00	0.00	19.72	0.00	0	0	4	23
25	30.50	25.99	25.94	41.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
26	30.87	26.63	0.00	12.71	0.00	0.00	18.80	0.00	0	0	7	30
27	24.31	21.61	8.62	33.51	0.00	0.00	12.06	0.00	0	0	0	0
28	21.13	18.71	0.00	2.21	0.00	0.00	17.97	0.00	0	0	0	27
29	23.83	16.60	0.00	0.00	0.00	0.00	18.74	0.00	0	4	2	33
30	5.53	4.77	4.70	7.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
31	12.45	10.74	0.00	3.17	0.00	0.00	10.59	0.00	0	0	0	14
32	12.45	10.67	0.00	0.00	0.00	0.00	10.59	0.00	0	0	0	17
33	12.26	10.68	0.00	0.00	0.00	0.00	10.43	0.00	0	0	0	17
34	12.23	6.20	0.00	0.00	0.00	0.00	10.41	0.00	0	4	0	17
35	12.23	5.74	0.00	0.00	0.00	0.00	10.41	0.00	0	5	0	17
36	12.23	7.14	0.00	0.00	0.00	0.00	10.41	0.00	0	3	0	17

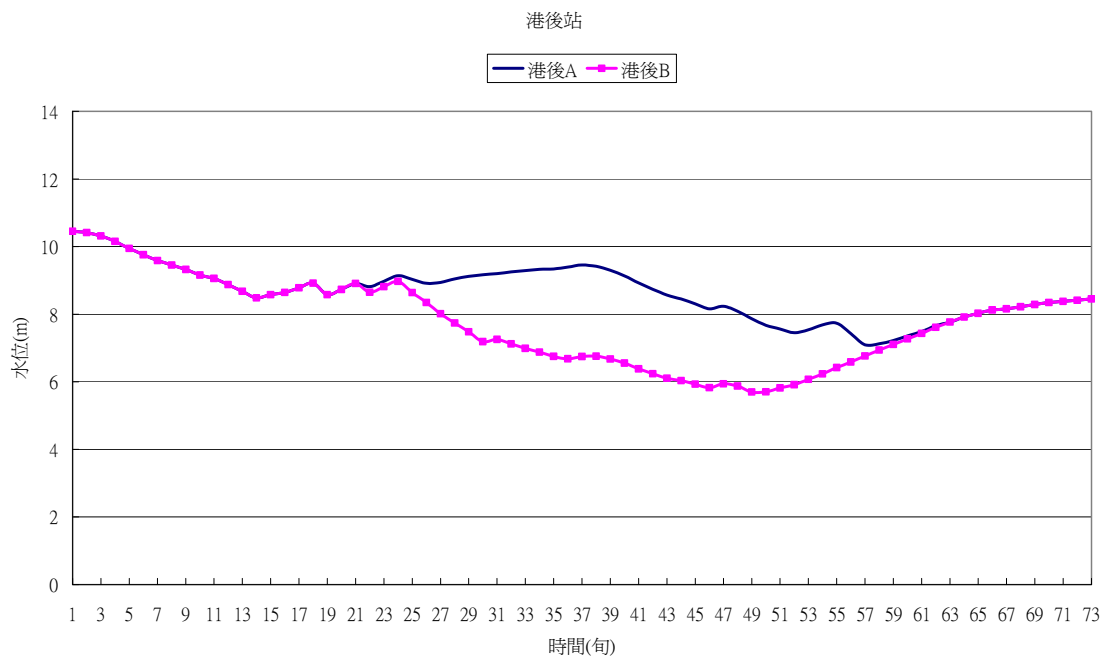


圖 4.3.11：A-2 港後站水位變動比較圖

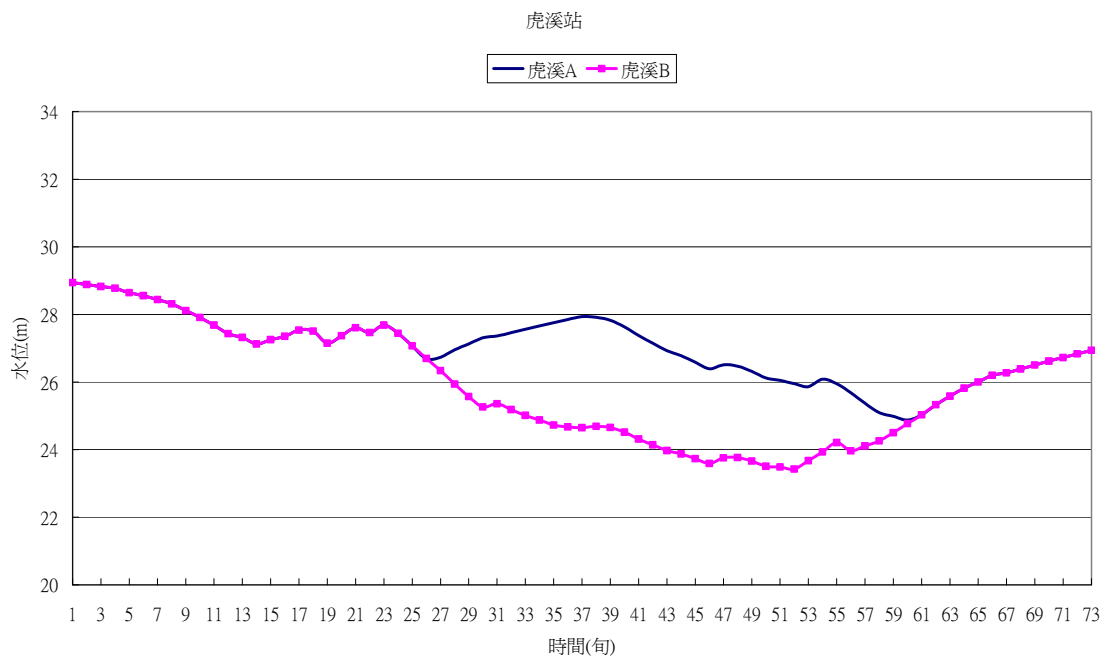
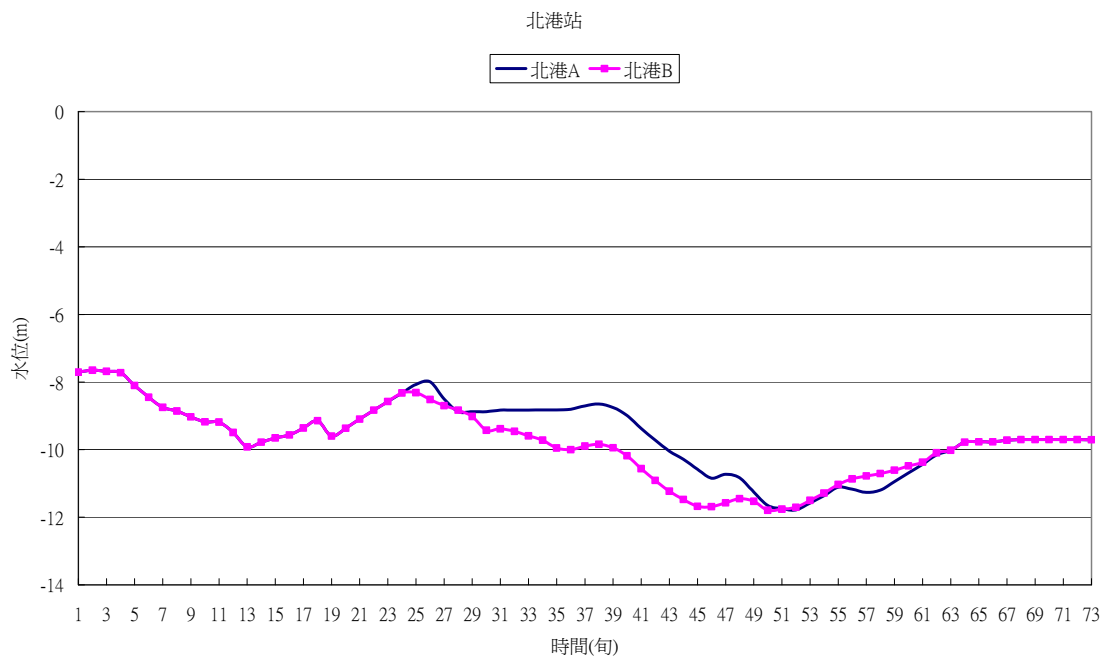
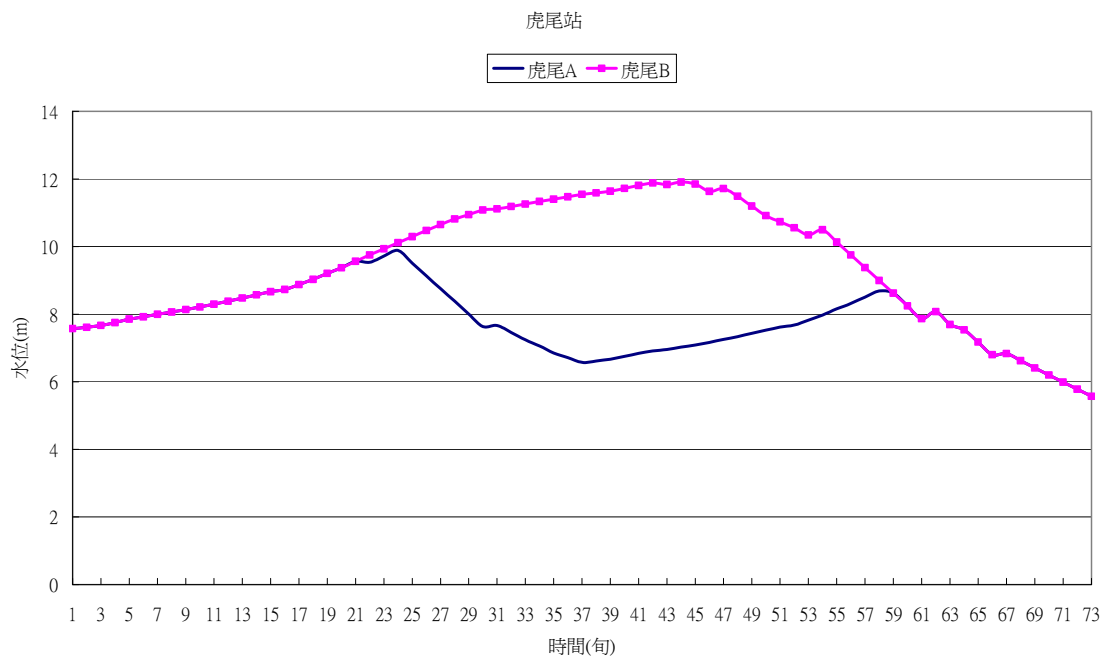


圖 4.3.12：A-2 虎溪站水位變動比較圖



案例 A-3：

本案例如同案例 A-2 的設定方法，將模擬時間拉長為四年，使用 2001-2004 年的流量資料，將 A 組設定為每年可下降 1 公尺，B 組則設定為每四年可下降 4 公尺來進行結果比較。

由圖 4.3.15 與圖 4.3.16 中可以看出 A 組的缺水量與前一案例相似，而 B 組則完全沒有缺水情形，原因在於 2001 及 2004 年地面水供水量較為充足，因此四年共下降 4 公尺的水位變動限制是可以滿足抽水需求的，B 組在不受到每年 1 公尺的下降限制下可以在缺水的 2002、2003 年抽取足夠的地下水使用，反之 A 組則受限於每年 1 公尺的下降限制，導致拉長模擬時間對中間地面水量不足的兩年之缺水情形並不會有顯著的改善，然而 B 組不缺水的代價便是地下水位的明顯降低，水位變動及供水詳情見圖 4.3.17 到圖 4.3.20、表 4.3.5 與表 4.3.6。

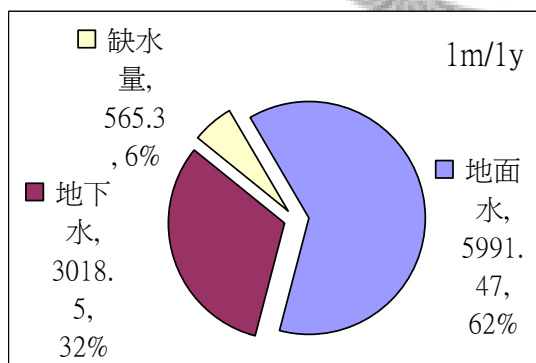


圖 4.3.15：A-3 A 組供水比例圖

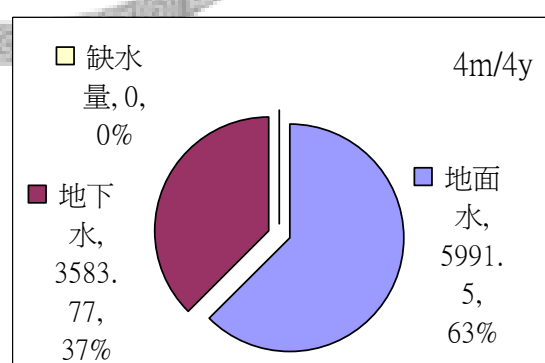


圖 4.3.16：A-3 B 組供水比例圖

表 4.3.5：A-3 A 組各區供水分配表

2001	地面水取水量 (cms)				地下水取水量 (cms)				缺水量 (cms)			
	斗六	西螺	虎尾	北港	斗六	西螺	虎尾	北港	斗六	西螺	虎尾	北港
1	3.58	5.43	5.35	8.61	2.85	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
2	0.39	0.00	7.59	11.45	8.53	7.69	0.00	0.75	0	0	0	0
3	6.93	5.03	9.25	13.08	3.95	3.70	0.00	0.00	0	0	0	0
4	3.65	0.00	13.53	3.64	14.03	13.88	0.00	18.37	0	0	0	0
5	1.86	0.00	11.52	0.00	12.17	12.10	0.41	19.20	0	0	0	0
6	1.19	0.00	11.01	3.45	11.75	11.32	0.00	14.51	0	0	0	0
7	0.87	0.00	9.19	11.65	11.13	8.99	0.00	3.13	0	0	0	0
8	0.68	0.00	10.35	9.20	11.49	10.50	0.00	7.46	0	0	0	0
9	6.53	2.61	9.02	14.52	4.07	6.54	0.00	0.00	0	0	0	0
10	8.28	5.33	4.62	8.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
11	8.41	8.90	9.08	16.88	2.26	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
12	3.88	0.00	12.92	16.83	11.30	12.92	0.00	3.18	0	0	0	0
13	1.76	0.00	10.58	17.14	10.68	10.68	0.00	0.13	0	0	0	0
14	10.83	9.67	9.21	16.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
15	6.06	5.23	5.16	8.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
16	23.19	13.13	15.52	21.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
17	15.53	9.39	8.80	13.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
18	27.36	21.12	20.67	33.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
19	25.88	22.32	22.01	34.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
20	22.00	20.44	18.71	31.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
21	28.78	24.19	24.48	35.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
22	30.87	20.82	21.01	33.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
23	30.31	23.97	23.16	33.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
24	25.54	23.97	19.10	33.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
25	17.03	16.96	14.49	22.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
26	22.46	20.50	19.10	31.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
27	23.23	17.23	17.34	29.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
28	21.69	18.71	18.45	29.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
29	17.70	20.56	20.27	32.61	6.13	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
30	5.16	4.61	4.38	7.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
31	7.47	10.74	10.59	17.03	4.98	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
32	9.77	10.58	10.27	15.50	2.31	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
33	6.22	1.30	10.59	17.03	6.22	9.44	0.00	0.00	0	0	0	0
34	6.11	3.90	9.62	15.46	5.18	6.01	0.00	0.00	0	0	0	0
35	6.11	0.00	10.25	9.94	5.93	10.39	0.00	6.80	0	0	0	0
36	6.11	0.00	10.41	9.50	6.11	10.55	0.00	7.24	0	0	0	0

2002	地面水取水量 (cms)				地下水取水量 (cms)				缺水量 (cms)			
	斗六	西螺	虎尾	北港	斗六	西螺	虎尾	北港	斗六	西螺	虎尾	北港
1	3.49	2.06	5.35	8.61	3.49	3.37	0.00	0.00	0	0	0	0
2	4.46	0.00	7.59	7.72	4.46	6.92	0.00	4.48	0	0	0	0
3	7.03	0.00	10.61	10.07	5.44	10.75	0.00	6.47	0	0	0	0
4	8.35	0.00	13.69	0.14	9.53	13.88	0.00	21.87	0	0	0	0
5	7.01	0.00	9.63	0.00	7.01	12.10	0.00	19.20	0	0	2	0
6	5.41	0.00	11.17	1.03	7.72	11.32	0.00	16.93	0	0	0	0
7	4.01	0.00	9.19	5.94	7.99	9.32	0.00	8.84	0	0	0	0
8	0.83	0.00	10.03	5.23	10.97	9.53	0.00	11.18	0	0	0	0
9	1.91	0.00	11.28	7.51	11.35	11.44	0.00	10.64	0	0	0	0
10	1.60	0.00	8.47	8.49	12.63	8.59	0.00	5.14	0	0	0	0
11	0.61	0.00	12.54	2.13	14.13	12.72	0.00	18.04	0	0	0	0
12	7.40	0.00	13.01	0.00	9.28	13.74	0.00	23.33	0	0	1	0
13	4.01	0.01	13.82	22.23	12.24	14.00	0.00	0.00	0	0	0	0
14	11.99	9.14	8.89	16.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
15	5.69	5.78	4.84	9.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
16	19.56	11.49	12.43	22.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
17	15.04	13.39	13.21	21.25	8.25	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
18	8.49	0.00	23.44	8.37	22.12	23.76	0.00	29.33	0	0	0	0
19	16.44	12.08	13.98	21.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
20	18.60	16.22	15.82	28.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
21	16.09	8.15	20.29	35.05	14.41	15.23	5.66	0.00	0	0	0	0
22	20.03	15.26	14.89	18.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
23	14.06	23.81	20.08	38.02	15.50	0.00	2.60	0.00	0	0	0	0
24	8.06	10.46	2.99	38.02	22.81	13.51	20.64	0.00	0	0	0	0
25	4.14	4.22	2.70	30.45	23.27	17.82	20.62	2.83	0	0	0	0
26	30.12	11.12	5.01	5.00	0.00	12.93	20.62	31.62	0	0	0	0
27	26.22	15.39	0.00	0.00	0.00	2.22	19.88	29.54	0	3	0	5
28	21.69	11.41	0.00	0.00	0.00	0.00	18.45	0.00	0	7	0	30
29	23.83	7.85	0.00	0.00	0.00	0.00	18.72	0.00	0	13	2	33
30	5.53	4.77	4.70	7.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
31	12.45	8.18	0.00	0.00	0.00	0.00	10.59	0.00	0	3	0	17
32	12.45	6.08	0.00	0.00	0.00	0.00	10.59	0.00	0	5	0	17
33	11.20	5.22	0.00	0.00	0.00	0.00	9.53	0.00	0	5	0	16
34	12.23	2.02	0.00	0.00	0.00	0.00	10.41	0.00	0	9	0	17
35	9.04	7.23	0.00	0.00	0.00	0.00	7.69	0.00	0	1	0	13
36	9.22	7.79	0.00	11.49	0.00	0.00	7.85	0.00	0	0	0	0

2003	地面水取水量 (cms)				地下水取水量 (cms)				缺水量 (cms)			
	旬	斗六	西螺	虎尾	北港	斗六	西螺	虎尾	北港	斗六	西螺	虎尾
1	3.38	2.15	5.35	8.61	2.91	3.28	0.00	0.00	0	0	0	0
2	2.82	0.00	7.59	4.87	6.11	7.69	0.00	7.33	0	0	0	0
3	1.48	0.00	10.85	2.67	11.27	10.99	0.00	14.77	0	0	0	0
4	1.16	0.00	11.52	0.00	14.93	13.88	0.00	22.01	0	0	2	0
5	1.08	0.00	10.64	0.00	12.95	12.10	0.00	19.20	0	0	1	0
6	0.52	0.00	6.70	0.00	12.61	11.32	0.00	17.96	0	0	4	0
7	0.52	0.00	8.71	0.70	9.72	8.51	0.00	14.08	0	0	0	0
8	0.66	0.00	9.01	0.00	11.32	10.02	0.00	16.41	0	0	1	0
9	0.73	0.00	10.80	1.66	11.97	10.63	0.00	15.72	0	0	0	0
10	8.97	6.55	7.99	13.37	-0.43	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
11	7.37	0.00	11.59	9.38	6.25	11.29	0.00	9.26	0	0	0	0
12	5.57	0.00	14.09	0.00	11.48	14.71	0.00	23.33	0	0	0	0
13	3.28	0.00	13.82	0.17	12.98	13.69	0.00	22.06	0	0	0	0
14	4.05	0.00	10.20	8.62	7.93	9.67	0.00	9.33	0	0	0	0
15	2.28	0.00	8.60	8.84	7.84	8.72	0.00	5.00	0	0	0	0
16	8.16	14.78	16.31	26.51	11.02	2.45	0.00	0.00	0	0	0	0
17	16.62	13.21	14.14	20.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
18	13.26	18.45	23.44	37.70	14.29	5.86	0.00	0.00	0	0	0	0
19	8.83	0.00	23.60	25.23	18.92	22.00	0.00	11.97	0	0	0	0
20	10.38	3.11	27.16	11.34	21.55	24.43	0.00	26.52	0	0	0	5
21	11.13	0.00	26.90	10.98	20.50	0.00	0.00	0.00	0	27	0	33
22	12.43	8.32	0.00	33.79	14.05	0.00	4.46	0.00	0	16	18	0
23	12.99	17.50	0.00	33.42	5.97	0.00	19.47	0.00	9	6	5	0
24	27.41	0.22	0.00	38.02	0.00	0.00	19.72	0.00	0	23	4	0
25	30.50	25.99	25.94	41.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
26	30.87	0.00	0.00	39.34	0.00	0.00	18.80	0.00	0	27	7	3
27	24.31	21.61	8.62	33.51	0.00	0.00	12.06	0.00	0	0	0	0
28	21.13	0.00	0.00	20.92	0.00	0.00	17.97	0.00	0	19	0	9
29	23.83	2.20	0.00	14.40	0.00	0.00	18.74	0.00	0	18	2	18
30	5.53	4.77	4.70	7.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
31	12.45	10.74	0.00	3.17	0.00	0.00	10.59	0.00	0	0	0	14
32	12.45	10.67	0.00	0.00	0.00	0.00	10.59	0.00	0	0	0	17
33	12.26	10.68	0.00	0.00	0.00	0.00	10.43	0.00	0	0	0	17
34	12.23	6.20	0.00	0.00	0.00	0.00	10.41	0.00	0	4	0	17
35	12.23	5.74	0.00	0.00	0.00	0.00	10.41	0.00	0	5	0	17
36	12.23	7.14	0.00	0.00	0.00	0.00	10.41	0.00	0	3	0	17

2004	地面水取水量 (cms)				地下水取水量 (cms)				缺水量 (cms)			
	斗六	西螺	虎尾	北港	斗六	西螺	虎尾	北港	斗六	西螺	虎尾	北港
1	0.26	0.00	5.35	7.02	6.73	5.43	0.00	1.59	0	0	0	0
2	0.26	0.00	0.00	11.64	8.29	6.88	7.27	0.31	0	0	0	0
3	0.30	0.00	11.96	1.38	13.76	12.12	0.00	17.85	0	0	0	0
4	0.00	0.00	10.42	7.42	12.73	9.60	0.00	8.83	0	0	0	0
5	0.00	0.00	11.93	1.85	14.03	12.10	0.00	17.35	0	0	0	0
6	0.24	0.00	0.00	9.93	12.89	11.32	11.17	8.03	0	0	0	0
7	0.26	0.00	8.08	3.57	10.43	7.64	0.00	8.91	0	0	0	0
8	0.26	0.00	0.00	10.77	11.91	10.50	10.35	5.89	0	0	0	0
9	0.30	0.00	0.00	13.12	9.39	7.08	8.25	1.43	0	0	0	0
10	12.43	0.00	0.00	6.27	0.00	8.11	8.47	6.85	0	0	0	0
11	13.08	0.00	0.00	8.30	0.00	10.97	11.13	9.34	0	0	0	0
12	14.49	0.00	0.00	0.00	1.63	14.39	13.72	23.33	0	0	0	0
13	4.01	0.00	0.00	11.21	10.62	13.69	12.44	9.74	0	0	0	0
14	12.55	0.00	0.00	6.31	0.00	10.63	9.37	10.55	0	0	0	0
15	7.60	6.88	6.47	9.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
16	24.68	15.44	0.00	0.00	0.00	1.59	16.79	27.02	0	0	0	0
17	13.00	13.39	13.21	0.00	11.95	0.00	0.00	21.25	0	0	0	0
18	15.31	0.00	8.95	10.16	14.19	23.44	13.53	25.50	0	0	0	0
19	18.12	14.03	15.41	27.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
20	25.17	17.85	21.41	30.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
21	28.97	19.78	24.64	39.39	0.00	3.92	0.00	0.00	0	0	0	0
22	28.26	17.22	0.00	28.80	0.00	3.60	19.10	0.00	0	0	0	0
23	28.63	0.71	3.13	33.67	0.00	16.32	18.76	0.00	0	0	0	0
24	21.71	16.39	16.64	25.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
25	27.60	21.55	23.47	34.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
26	24.61	22.44	20.94	34.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
27	0.73	7.55	21.79	35.05	27.73	14.55	0.00	0.00	0	0	0	0
28	0.30	18.71	18.45	4.05	21.39	0.00	0.00	25.63	0	0	0	0
29	0.26	20.56	1.15	8.40	23.57	0.00	19.12	24.21	0	0	0	0
30	4.98	4.29	4.23	7.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
31	0.54	10.74	10.59	0.00	11.91	0.00	0.00	17.03	0	0	0	0
32	12.45	4.08	10.59	17.03	0.00	6.66	0.00	0.00	0	0	0	0
33	7.63	10.74	10.59	17.03	4.82	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
34	9.78	8.44	8.33	13.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
35	0.30	8.79	0.00	16.74	11.93	1.76	10.41	0.00	0	0	0	0
36	9.88	0.00	10.41	7.11	2.35	10.55	0.00	9.63	0	0	0	0



表 4.3.6：A-3 B 組各區供水分配表

2001	地面水取水量 (cms)				地下水取水量 (cms)				缺水量 (cms)			
	斗六	西螺	虎尾	北港	斗六	西螺	虎尾	北港	斗六	西螺	虎尾	北港
1	3.58	5.43	5.35	8.61	2.85	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
2	4.15	7.69	7.59	0.00	4.77	0.00	0.00	12.20	0	0	0	0
3	6.93	8.73	9.25	9.38	3.95	0.00	0.00	3.70	0	0	0	0
4	7.29	0.00	13.53	0.00	10.40	13.88	0.00	22.01	0	0	0	0
5	1.86	0.00	0.00	11.52	12.17	12.10	11.93	7.68	0	0	0	0
6	1.19	0.00	11.01	3.45	11.75	11.32	0.00	14.51	0	0	0	0
7	0.87	0.00	9.19	11.65	11.13	8.99	0.00	3.13	0	0	0	0
8	0.68	0.00	2.89	16.66	11.49	10.50	7.46	0.00	0	0	0	0
9	9.15	0.00	9.02	14.52	-1.46	9.15	0.00	0.00	0	0	0	0
10	8.28	5.33	4.62	8.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
11	10.67	6.64	9.08	16.88	0.00	2.26	0.00	0.00	0	0	0	0
12	3.88	0.00	12.92	16.83	11.30	12.92	0.00	3.18	0	0	0	0
13	1.76	0.00	10.58	17.14	10.68	10.68	0.00	0.13	0	0	0	0
14	10.83	9.67	9.21	16.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
15	6.06	5.23	5.16	8.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
16	23.19	13.13	15.52	21.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
17	15.53	9.39	8.80	13.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
18	27.36	21.12	20.67	33.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
19	25.88	22.32	22.01	34.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
20	22.00	20.44	18.71	31.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
21	28.78	24.19	24.48	35.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
22	30.87	20.82	21.01	33.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
23	30.31	23.97	23.16	33.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
24	25.54	23.97	19.10	33.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
25	17.03	16.96	14.49	22.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
26	22.46	20.50	19.10	31.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
27	23.23	17.23	17.34	29.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
28	21.69	18.71	18.45	29.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
29	17.70	20.56	20.27	32.61	6.13	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
30	5.16	4.61	4.38	7.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
31	7.47	10.74	10.59	17.03	4.98	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
32	12.08	8.27	10.27	15.50	0.00	2.31	0.00	0.00	0	0	0	0
33	12.45	5.67	0.00	17.03	0.00	5.07	10.59	0.00	0	0	0	0
34	10.02	0.00	9.62	15.46	1.28	9.91	0.00	0.00	0	0	0	0
35	6.11	0.00	10.25	9.94	5.93	10.39	0.00	6.80	0	0	0	0
36	9.28	0.00	0.00	16.74	2.95	10.55	10.41	0.00	0	0	0	0

2002	地面水取水量 (cms)				地下水取水量 (cms)				缺水量 (cms)			
	旬	斗六	西螺	虎尾	北港	斗六	西螺	虎尾	北港	斗六	西螺	虎尾
1	5.55	0.00	5.35	8.61	1.44	5.43	0.00	0.00	0	0	0	0
2	7.57	0.00	0.00	12.20	1.35	6.92	7.59	0.00	0	0	0	0
3	7.03	0.00	10.61	10.07	5.44	10.75	0.00	6.47	0	0	0	0
4	8.35	0.00	13.69	0.14	9.53	13.88	0.00	21.87	0	0	0	0
5	7.01	0.00	0.00	9.63	7.01	12.10	11.93	9.57	0	0	0	0
6	5.41	0.00	0.00	12.20	7.72	11.32	11.17	5.76	0	0	0	0
7	4.01	0.00	0.35	14.78	7.99	9.32	8.84	0.00	0	0	0	0
8	0.83	0.00	0.00	15.26	10.97	9.53	10.03	1.15	0	0	0	0
9	2.55	0.00	0.00	18.15	10.71	11.44	11.28	0.00	0	0	0	0
10	1.60	0.00	3.33	13.63	12.63	8.59	5.14	0.00	0	0	0	0
11	0.61	0.00	0.00	14.67	14.13	12.72	12.54	5.50	0	0	0	0
12	7.40	0.00	13.01	0.00	9.28	13.74	1.18	23.33	0	0	0	0
13	4.01	14.01	0.00	22.05	12.24	0.00	13.82	0.18	0	0	0	0
14	11.99	9.14	8.89	16.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
15	5.69	5.78	4.84	9.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
16	19.56	11.49	12.43	22.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
17	15.04	13.39	13.21	21.25	8.25	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
18	30.61	0.00	3.51	6.18	0.00	23.76	19.93	31.52	0	0	0	0
19	16.44	12.08	13.98	21.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
20	18.60	16.22	15.82	28.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
21	16.09	23.38	25.95	14.16	14.41	0.00	0.00	20.89	0	0	0	0
22	20.03	15.26	14.89	18.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
23	11.93	23.81	22.68	37.56	17.63	0.00	0.00	0.46	0	0	0	0
24	8.06	23.97	5.75	21.76	22.81	0.00	17.88	16.26	0	0	0	0
25	27.41	9.72	2.70	1.66	0.00	12.32	20.62	31.62	0	0	0	0
26	30.12	11.12	5.01	5.00	0.00	12.93	20.62	31.62	0	0	0	0
27	26.22	11.65	0.00	3.74	0.00	9.32	19.88	30.79	0	0	0	0
28	21.69	0.00	0.00	11.41	0.00	18.71	18.45	18.27	0	0	0	0
29	23.83	1.30	3.14	3.42	0.00	19.26	17.13	29.19	0	0	0	0
30	5.53	4.77	4.70	7.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
31	12.45	0.00	8.18	0.00	0.00	10.74	2.41	17.03	0	0	0	0
32	0.55	10.74	0.00	7.24	11.90	0.00	10.59	9.79	0	0	0	0
33	0.57	0.00	9.53	6.32	10.63	9.93	0.00	9.69	0	0	0	0
34	12.23	2.02	0.00	0.00	0.00	8.53	10.41	16.74	0	0	0	0
35	1.45	0.00	7.69	7.13	7.59	8.05	0.00	6.15	0	0	0	0
36	2.80	7.79	7.85	10.06	6.43	0.00	0.00	1.54	0	0	0	0

2003	地面水取水量 (cms)				地下水取水量 (cms)				缺水量 (cms)			
	旬	斗六	西螺	虎尾	北港	斗六	西螺	虎尾	北港	斗六	西螺	虎尾
1	3.38	5.43	5.35	5.33	2.91	0.00	0.00	3.28	0	0	0	0
2	8.92	6.36	0.00	0.00	0.00	1.33	7.59	12.20	0	0	0	0
3	12.75	2.25	0.00	0.00	0.00	8.74	10.85	17.44	0	0	0	0
4	12.68	0.00	0.00	0.00	3.41	13.88	13.69	22.01	0	0	0	0
5	1.08	0.00	0.00	10.64	12.95	12.10	11.93	8.56	0	0	0	0
6	7.22	0.00	0.00	0.00	5.91	11.32	11.17	17.96	0	0	0	0
7	0.52	0.00	8.71	0.70	9.72	8.51	0.00	14.08	0	0	0	0
8	0.66	0.00	0.00	9.01	11.32	10.02	10.19	7.40	0	0	0	0
9	0.73	0.00	0.00	12.46	11.97	10.63	10.80	4.92	0	0	0	0
10	8.97	6.55	7.99	13.37	-0.43	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
11	13.62	11.29	3.43	0.00	0.00	0.00	8.16	18.64	0	0	0	0
12	17.05	2.61	0.00	0.00	0.00	12.10	14.51	23.33	0	0	0	0
13	3.28	0.00	0.00	13.99	12.98	13.69	13.82	8.24	0	0	0	0
14	11.99	0.69	10.20	0.00	0.00	8.98	0.00	17.95	0	0	0	0
15	10.11	1.01	8.60	0.00	0.00	7.71	0.00	13.84	0	0	0	0
16	8.16	17.23	16.31	24.06	11.02	0.00	0.00	2.45	0	0	0	0
17	16.62	13.21	14.14	20.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
18	13.26	24.31	23.44	31.84	14.29	0.00	0.00	5.86	0	0	0	0
19	8.83	22.00	3.64	23.19	18.92	0.00	19.96	14.01	0	0	0	0
20	10.38	24.08	6.32	11.21	21.55	3.46	20.84	31.97	0	0	0	0
21	26.99	4.52	6.01	11.48	4.64	22.12	20.89	32.06	0	0	0	0
22	12.43	23.97	15.97	2.17	14.05	0.00	6.55	31.62	0	0	0	0
23	12.99	0.00	24.04	26.88	15.27	23.73	0.00	6.54	0	0	0	0
24	27.41	8.52	23.32	6.40	0.00	14.96	0.00	31.62	0	0	0	0
25	30.50	25.99	25.94	41.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
26	6.85	26.63	5.60	31.13	24.02	0.00	20.66	11.11	0	0	0	0
27	13.58	21.61	20.68	32.19	10.73	0.00	0.00	1.32	0	0	0	0
28	5.11	18.71	0.00	18.23	16.01	0.00	17.97	11.45	0	0	0	0
29	23.83	12.04	1.15	3.41	0.00	8.52	19.12	29.20	0	0	0	0
30	5.53	4.77	4.70	7.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
31	12.45	3.32	10.59	0.00	0.00	7.42	0.00	17.03	0	0	0	0
32	12.45	0.08	10.59	0.00	0.00	10.66	0.00	17.03	0	0	0	0
33	5.11	0.00	0.79	17.03	7.14	10.74	9.64	0.00	0	0	0	0
34	5.11	0.00	0.00	13.32	7.11	10.55	10.41	3.42	0	0	0	0
35	5.11	0.00	0.00	12.85	7.11	10.55	10.41	3.89	0	0	0	0
36	5.59	0.00	0.00	13.78	6.64	10.55	10.41	2.96	0	0	0	0

2004	地面水取水量 (cms)				地下水取水量 (cms)				缺水量 (cms)			
	斗六	西螺	虎尾	北港	斗六	西螺	虎尾	北港	斗六	西螺	虎尾	北港
1	6.99	0.29	5.35	0.00	0.00	5.14	0.00	8.61	0	0	0	0
2	0.26	0.00	7.27	4.37	8.29	6.88	0.00	7.58	0	0	0	0
3	0.30	0.00	0.00	13.34	13.76	12.12	11.96	5.89	0	0	0	0
4	0.00	0.00	10.42	7.42	12.73	9.60	0.00	8.83	0	0	0	0
5	0.00	0.00	0.00	13.78	14.03	12.10	11.93	5.42	0	0	0	0
6	0.24	0.00	0.00	9.93	12.89	11.32	11.17	8.03	0	0	0	0
7	0.26	0.00	0.00	11.65	10.43	7.64	8.08	0.83	0	0	0	0
8	0.26	0.00	0.00	10.77	11.91	10.50	10.35	5.89	0	0	0	0
9	0.30	0.00	8.25	4.87	9.39	7.08	0.00	9.68	0	0	0	0
10	0.26	0.00	8.47	9.97	12.17	8.11	0.00	3.15	0	0	0	0
11	0.26	0.00	11.13	9.99	12.82	10.97	0.00	7.65	0	0	0	0
12	0.26	0.00	0.00	14.23	15.86	14.39	13.72	9.10	0	0	0	0
13	4.01	0.00	11.21	0.00	10.62	13.69	1.23	20.95	0	0	0	0
14	9.49	0.00	9.37	0.00	3.06	10.63	0.00	16.86	0	0	0	0
15	7.60	6.88	6.47	9.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
16	12.34	0.00	0.76	27.02	12.34	17.03	16.03	0.00	0	0	0	0
17	13.00	13.39	13.21	0.00	11.95	0.00	0.00	21.25	0	0	0	0
18	15.31	0.00	1.94	17.17	14.19	23.44	20.54	18.49	0	0	0	0
19	18.12	14.03	15.41	27.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
20	25.17	17.85	21.41	30.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
21	25.05	23.70	24.64	39.39	3.92	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
22	15.44	20.82	19.10	18.92	12.82	0.00	0.00	9.88	0	0	0	0
23	15.44	17.03	21.89	11.78	13.19	0.00	0.00	21.89	0	0	0	0
24	21.71	16.39	16.64	25.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
25	27.60	21.55	23.47	34.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
26	24.61	22.44	20.94	34.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
27	0.73	22.10	21.79	20.50	27.73	0.00	0.00	14.55	0	0	0	0
28	0.30	18.71	0.00	22.50	21.39	0.00	18.45	7.18	0	0	0	0
29	0.26	20.56	6.15	3.40	23.57	0.00	14.12	29.21	0	0	0	0
30	4.98	4.29	4.23	7.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
31	0.26	10.74	0.00	10.87	12.19	0.00	10.59	6.16	0	0	0	0
32	12.45	10.74	3.93	17.03	0.00	0.00	6.66	0.00	0	0	0	0
33	12.45	10.74	5.77	17.03	0.00	0.00	4.82	0.00	0	0	0	0
34	9.78	8.44	8.33	13.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
35	0.30	10.55	0.00	14.98	11.93	0.00	10.41	1.76	0	0	0	0
36	0.35	10.55	0.00	16.50	11.88	0.00	10.41	0.24	0	0	0	0

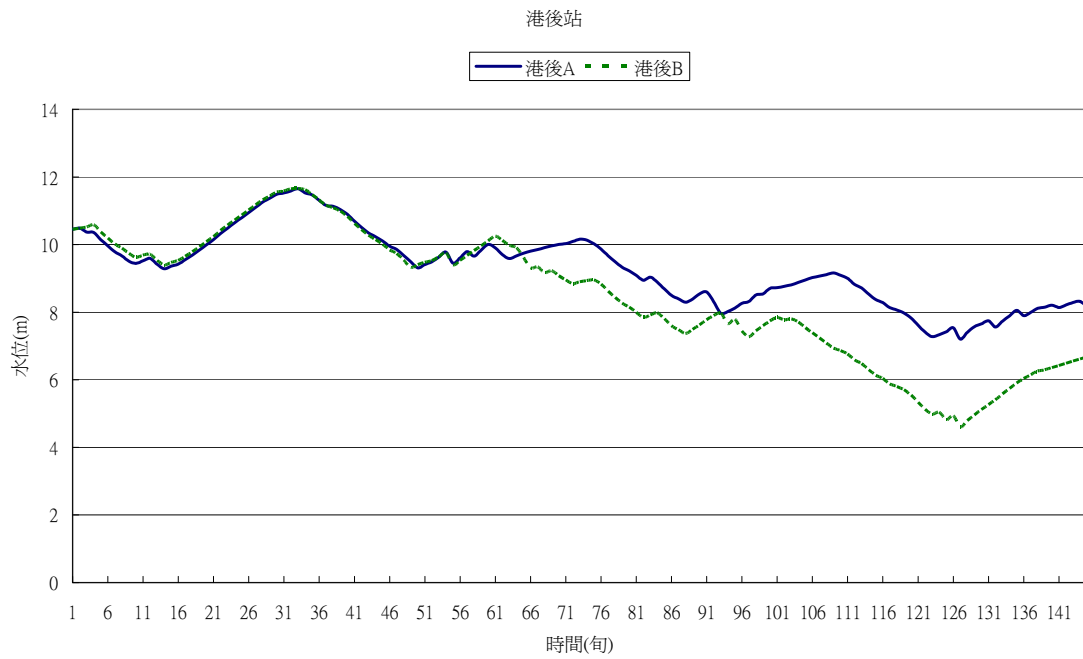


圖 4.3.17：A-3 港後站水位變動比較圖

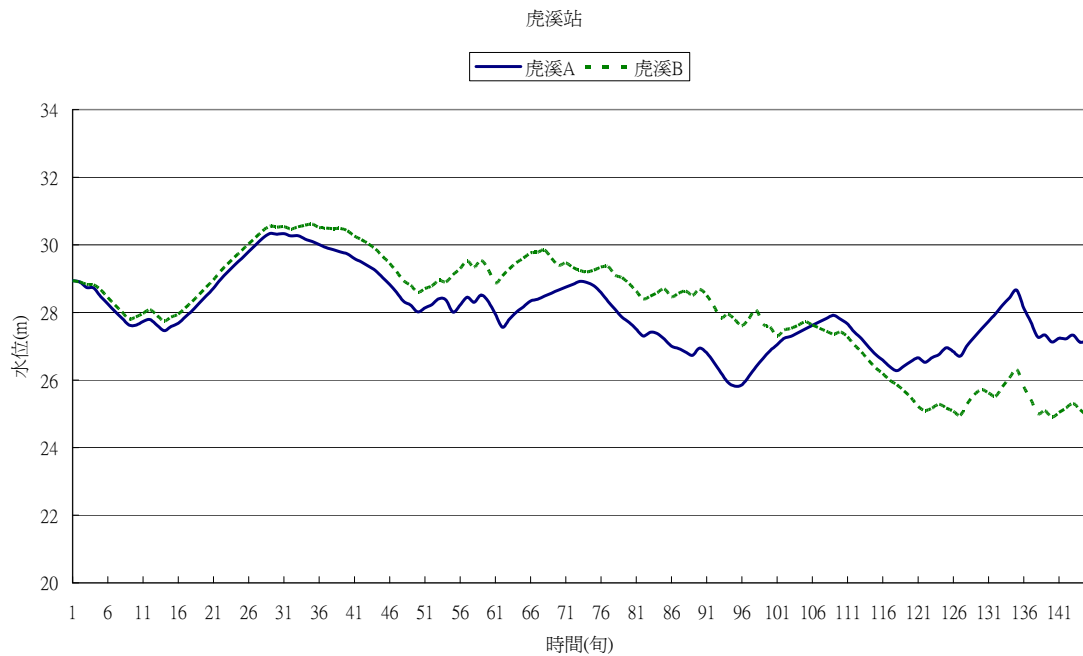


圖 4.3.18：A-3 虎溪站水位變動比較圖

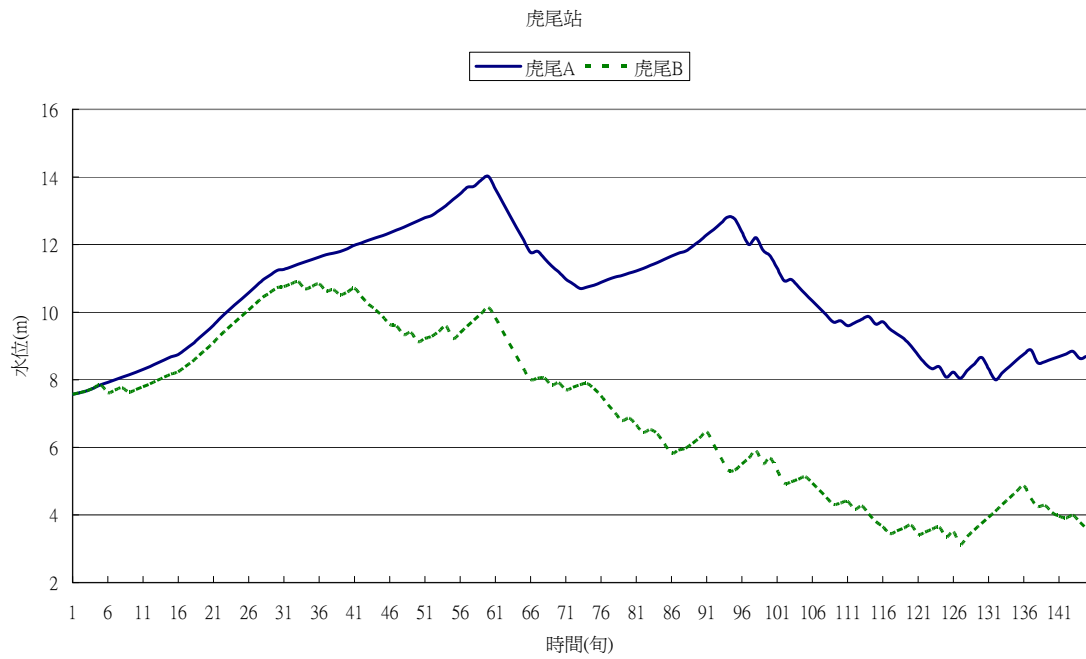


圖 4.3.19：A-3 虎尾站水位變動比較圖

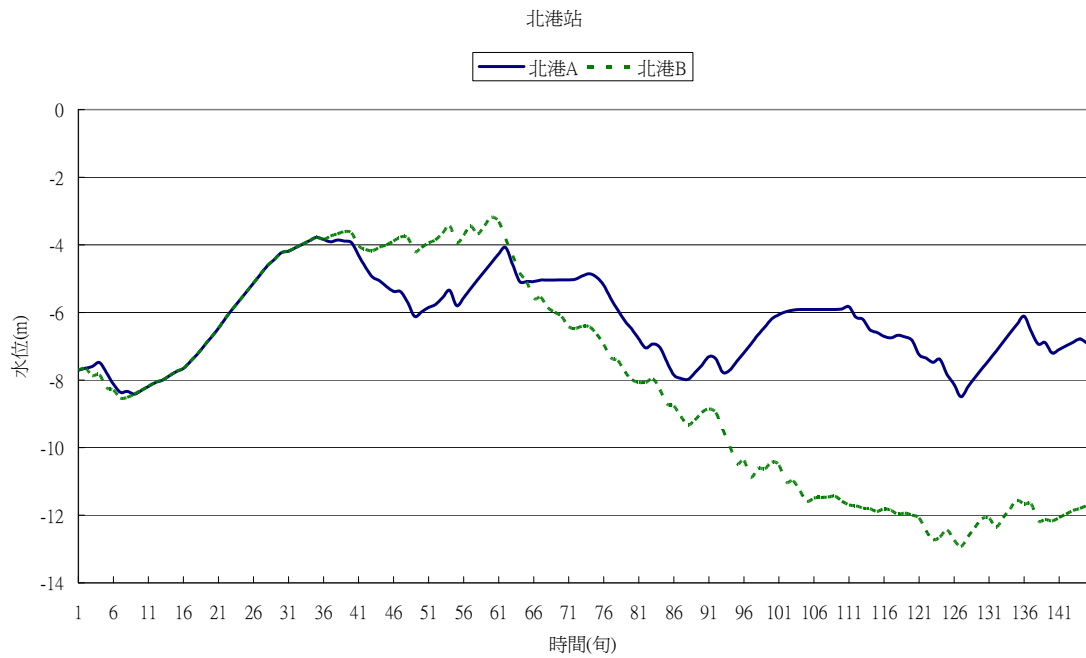


圖 4.3.20：A-3 北港站水位變動比較圖

結果探討：

從模擬結果來看，本研究在案例 A 使用的優選模式，可以在符合設定水位下降限制下，有效地最佳化各旬之地面水與地下水供水量，並有相當優秀的求解速度，圖 4.3.21 是 Lingo 軟體的計算資訊，一次計算 3 年的結果，在使用 CPU 為 Genuine Intel(R) T2400 1.83GHz 的電腦上，平均 1 年只需要 1 秒鐘的處理時間。

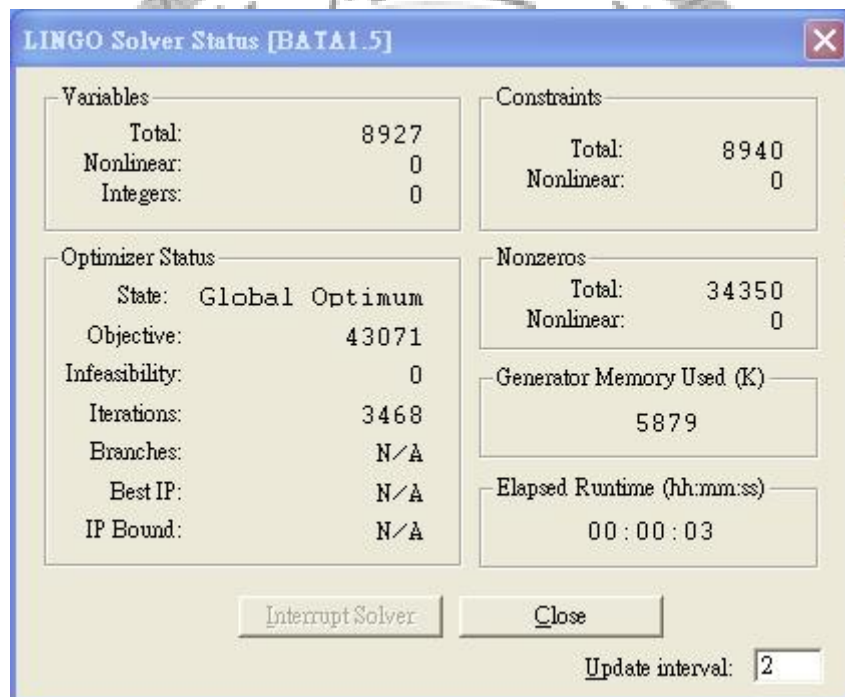


圖 4.3.21：優選模式 A 之計算資訊

在  $d\_limit$  參數的設定上，應該在可以接受的水位下降幅度與缺水情形下，設定最適當的檢核時間長度與下降限制量，亦可同時採用多個不同的限制設定，以配合不同的使用標的和需求。

#### 4.4 案例 B

前一節的案例模擬已確認本研究之優選模式可以進行基本的最佳化供水分配，本節將使用模擬案例 II 的類神經網路來建構一個抽水系統較為複雜的優選模式，以利進行管理問題的研究。

有別於案例 A 的優選模式每個需水區都只有一個淨補注量與一個觀測水位站，案例 B 的優選模式設定每個需水區都有三個抽水補注點，並設定五個觀測水位站，分散分布在整個雲林地區，如圖 4.4.1 所示。

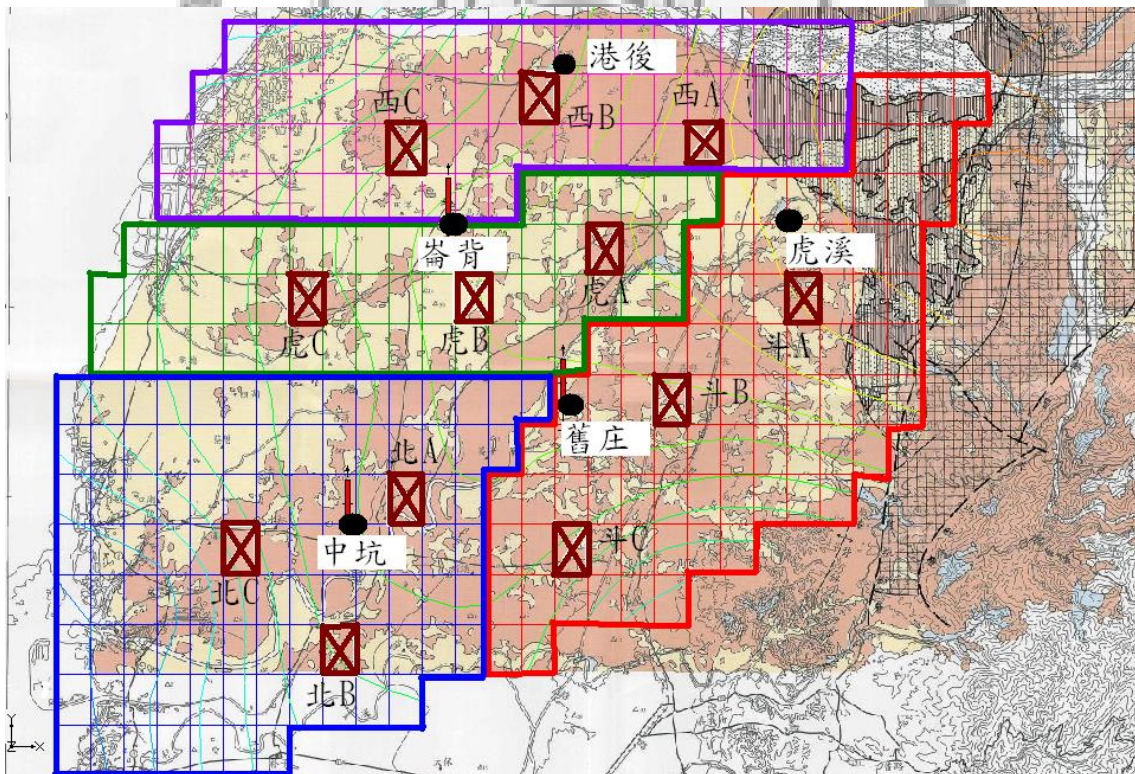


圖 4.4.1：抽水點與觀測水位站分布圖



### 案例 B-1：

本案例將研究關閉某些抽水點對於優選模式結果之影響，研究方法為設定 A 組關閉三個抽水井，如圖 4.4.2 所示，禁止這三個井抽水，與不關閉任何抽水井的 B 組之結果做比較，瞭解優選模式是否能合理模擬出最佳化的供水分配，本案例使用 2001-2002 年的流量資料，水位下降限制量兩組皆設定為每兩年最多下降 2 公尺。

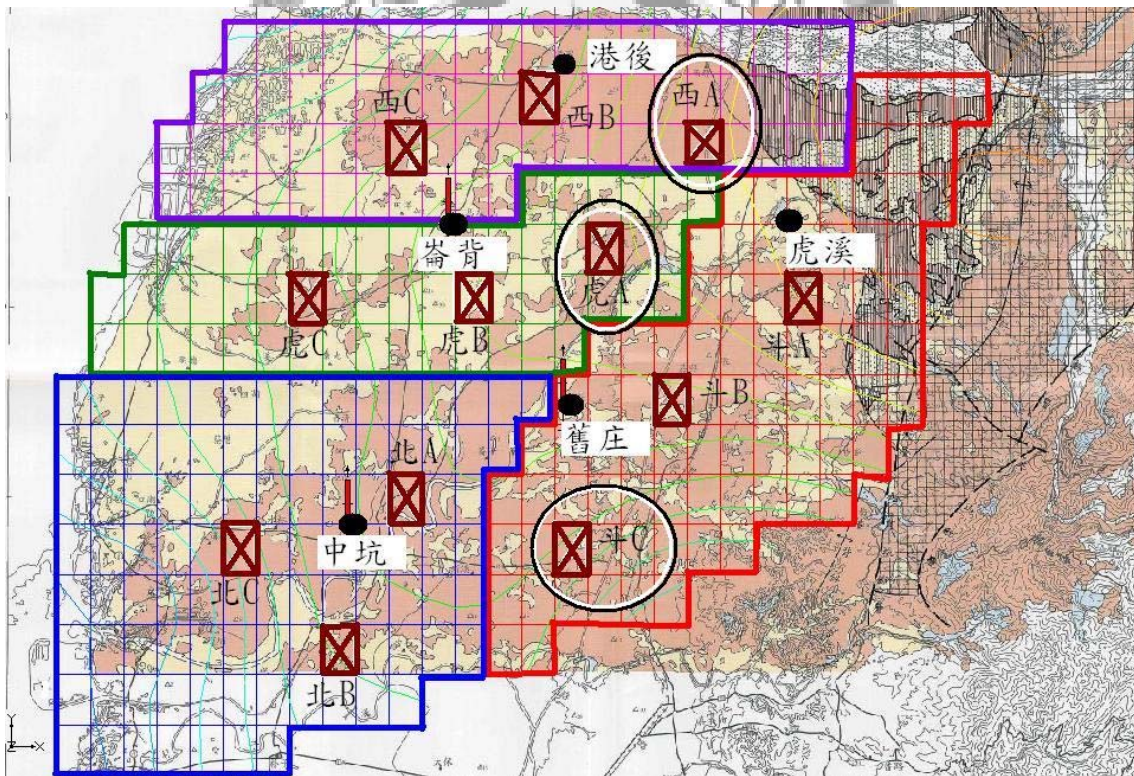


圖 4.4.2：關閉抽水井位置圖

由圖 4.4.3 與圖 4.4.4 可以看出，由於關閉了抽水井，因此使得整體的抽水量減少，造成缺水量的提高，而圖 4.4.5 與圖 4.4.6 則顯示關閉抽水井將會導致其他未關閉的抽水井抽水量增加，即抽水位置的轉移，結果造成距離關閉區域較近的觀測水位站如虎溪站、舊庄站的水位上升，較遠的站則有較大的水位降幅，詳細供水數據請見表 4.4.1 到表 4.4.4，地下水位變動情形可見圖 4.4.7 到圖 4.4.11。

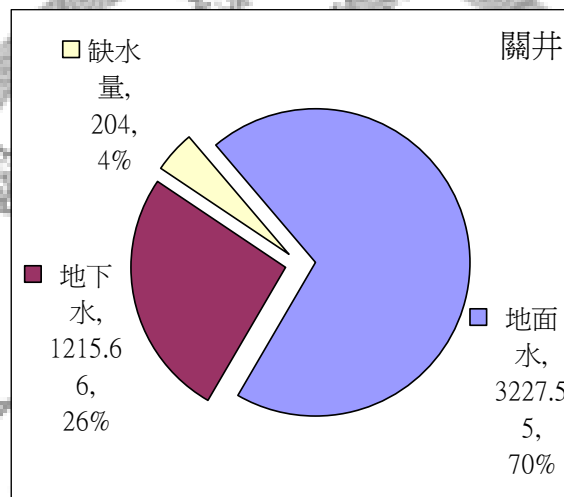


圖 4.4.3：B-1 A 組供水比例圖

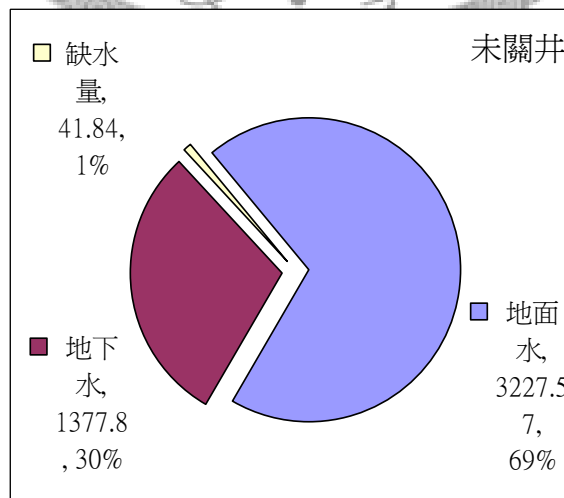


圖 4.4.4：B-1 B 組供水比例圖

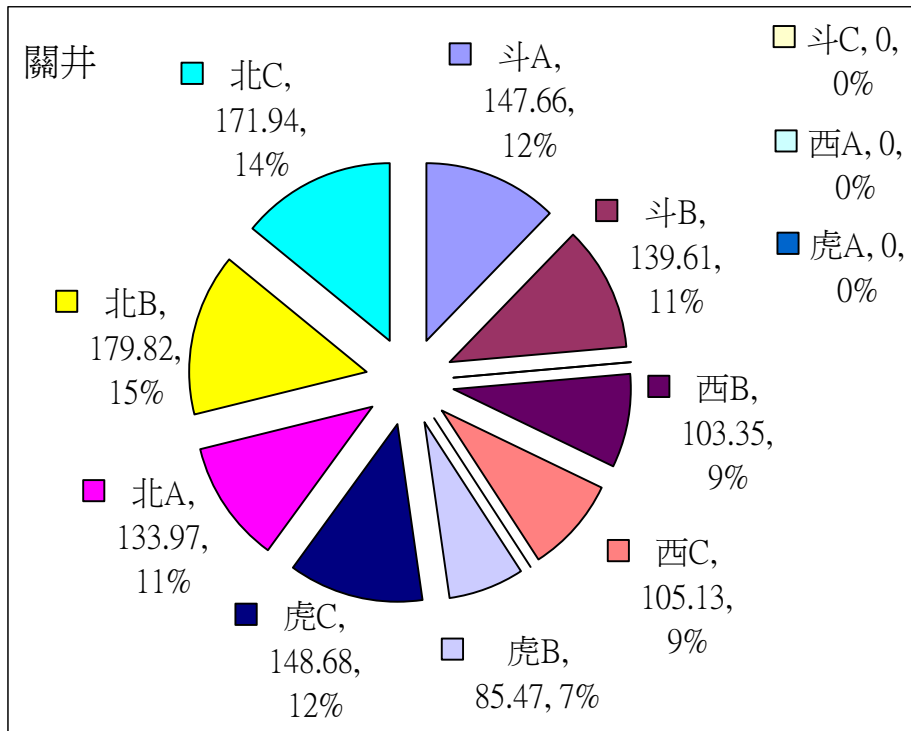


圖 4.4.5 : B-1 A 組抽水比例圖

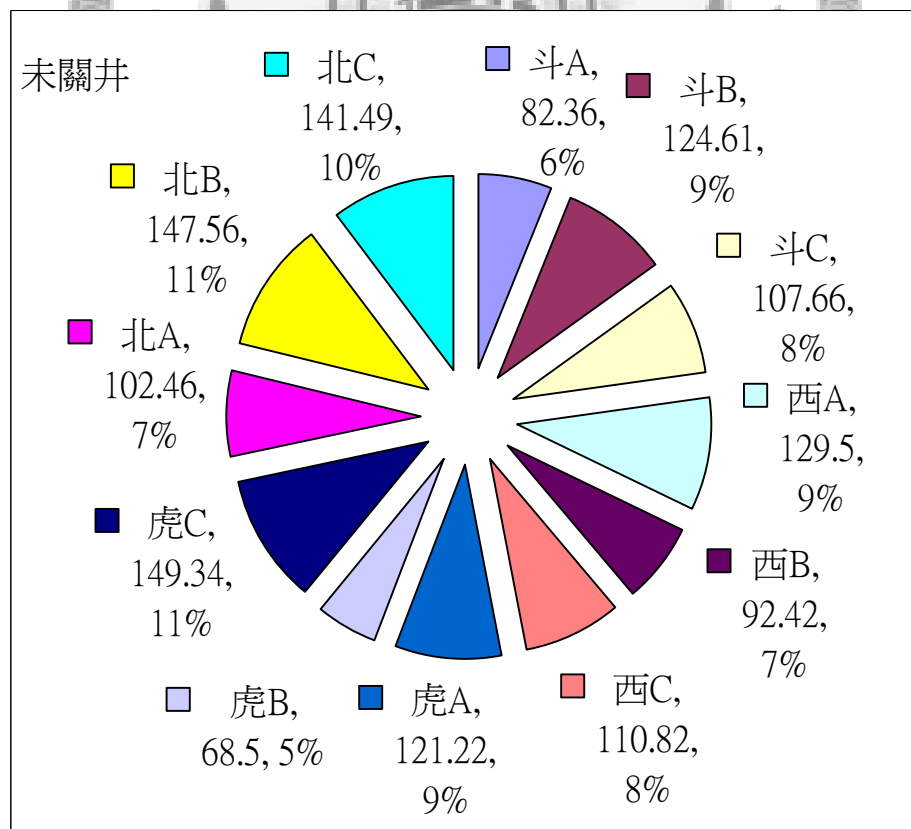


圖 4.4.6 : B-1 B 組抽水比例圖

表 4.4.1：B-1 A 組各區供水分配表

2001	地面水取水量 (cms)				地下水取水量 (cms)				缺水量 (cms)			
	斗六	西螺	虎尾	北港	斗六	西螺	虎尾	北港	斗六	西螺	虎尾	北港
1	3.64	5.43	5.35	8.61	2.79	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
2	1.70	7.69	7.59	2.52	7.22	0.00	0.00	9.68	0	0	0	0
3	6.93	8.73	5.63	13.08	3.95	0.00	3.62	0.00	0	0	0	0
4	7.27	0.00	5.49	8.10	8.11	7.17	8.04	13.91	2	7	0	0
5	3.38	0.00	3.68	6.35	7.47	6.93	7.50	12.85	3	5	1	0
6	5.16	1.66	3.51	5.36	7.78	7.19	7.50	12.60	0	2	0	0
7	4.81	8.99	5.50	2.48	7.19	0.00	3.69	12.30	0	0	0	0
8	4.51	8.51	2.96	4.31	7.66	1.99	7.39	12.35	0	0	0	0
9	6.53	9.15	6.78	10.30	4.07	0.00	2.24	4.22	0	0	0	0
10	8.28	5.33	4.62	8.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
11	8.51	8.90	9.08	16.88	2.16	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
12	6.86	11.60	8.94	6.32	8.32	1.32	3.98	13.69	0	0	0	0
13	4.22	10.68	6.65	8.01	8.22	0.00	3.93	9.26	0	0	0	0
14	10.83	9.67	9.21	16.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
15	6.06	5.23	5.16	8.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
16	23.19	13.13	15.52	21.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
17	15.53	9.39	8.80	13.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
18	27.36	21.12	20.67	33.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
19	25.88	22.32	22.01	34.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
20	22.00	20.44	18.71	31.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
21	28.78	24.19	24.48	35.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
22	30.87	20.82	21.01	33.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
23	30.31	23.97	23.16	33.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
24	25.54	23.97	19.10	33.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
25	17.03	16.96	14.49	22.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
26	22.46	20.50	19.10	31.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
27	23.23	17.23	17.34	29.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
28	21.69	18.71	18.45	29.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
29	23.14	20.56	20.27	27.41	0.69	0.00	0.00	5.20	0	0	0	0
30	5.16	4.61	4.38	7.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
31	12.45	7.01	9.45	17.03	0.00	3.73	1.14	0.00	0	0	0	0
32	9.89	10.58	10.27	15.50	2.19	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
33	12.45	7.16	6.88	8.74	0.00	3.58	3.71	8.29	0	0	0	0
34	7.46	9.91	2.35	15.46	3.84	0.00	7.27	0.00	0	0	0	0
35	8.21	6.68	2.96	8.50	3.83	3.71	7.29	8.24	0	0	0	0
36	6.11	8.87	6.71	4.38	6.11	1.68	3.70	12.36	0	0	0	0

2002	地面水取水量 (cms)				地下水取水量 (cms)				缺水量 (cms)			
	斗六	西螺	虎尾	北港	斗六	西螺	虎尾	北港	斗六	西螺	虎尾	北港
1	6.99	5.43	2.17	4.97	0.00	0.00	3.18	3.64	0	0	0	0
2	4.46	3.19	7.59	4.57	4.46	3.73	0.00	7.63	0	0	0	0
3	7.03	3.12	9.65	7.97	5.44	7.63	0.96	8.57	0	0	0	0
4	8.47	0.00	5.65	8.11	8.26	7.17	8.04	13.90	1	7	0	0
5	7.01	0.00	3.31	6.35	7.01	6.93	7.44	12.85	0	5	1	0
6	5.41	3.80	3.08	5.36	7.72	7.52	7.41	12.60	0	0	1	0
7	8.18	1.93	6.58	2.48	3.82	7.39	2.61	12.30	0	0	0	0
8	4.15	2.12	5.81	4.06	7.65	7.41	4.22	12.35	0	0	0	0
9	5.45	6.03	3.76	5.50	7.81	5.41	7.52	12.65	0	0	0	0
10	6.30	6.94	4.66	0.72	7.93	1.65	3.81	12.91	0	0	0	0
11	0.92	5.02	2.27	7.12	7.10	7.70	7.28	13.05	7	0	3	0
12	7.42	0.00	3.39	9.65	8.15	7.08	7.50	13.68	1	7	3	0
13	10.91	10.07	5.96	13.25	5.34	3.94	7.86	8.98	0	0	0	0
14	11.99	9.14	8.89	16.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
15	5.69	5.78	4.84	9.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
16	19.56	11.49	12.43	22.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
17	20.54	13.39	13.21	15.88	2.75	0.00	0.00	5.37	0	0	0	0
18	8.49	0.00	11.58	20.30	8.28	7.34	9.12	17.40	14	16	3	0
19	16.44	12.08	13.98	21.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
20	18.60	16.22	15.82	28.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
21	25.31	13.65	21.11	19.69	5.20	9.73	4.84	15.36	0	0	0	0
22	20.03	15.26	14.89	18.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
23	27.00	19.02	17.92	32.19	2.56	4.79	4.76	5.83	0	0	0	0
24	20.68	4.33	14.11	20.54	10.19	8.02	9.52	17.48	0	12	0	0
25	14.11	0.00	11.68	15.81	9.69	7.65	9.19	17.47	4	14	2	0
26	7.24	8.85	16.11	19.15	8.22	8.70	9.52	17.47	15	7	0	0
27	13.92	0.00	10.06	17.72	9.47	7.49	9.16	16.81	3	13	1	0
28	8.60	0.00	9.86	14.72	8.30	6.94	8.46	14.96	5	12	0	0
29	10.73	0.00	3.95	17.07	8.62	6.94	7.55	15.54	4	14	9	0
30	5.53	4.77	4.70	7.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
31	5.15	4.04	6.88	4.61	7.30	6.70	3.71	12.42	0	0	0	0
32	4.76	3.30	5.90	4.61	7.69	7.44	4.69	12.42	0	0	0	0
33	3.51	3.53	5.82	3.59	7.69	6.40	3.71	12.42	0	0	0	0
34	4.58	2.31	3.02	4.38	7.65	7.29	7.39	12.36	0	1	0	0
35	1.45	5.82	3.99	5.04	7.59	2.23	3.70	8.24	0	0	0	0
36	5.45	7.79	7.85	7.48	3.77	0.00	0.00	4.12	0	0	0	0

表 4.4.2：B-1 B 組各區供水分配表

2001	地面水取水量 (cms)				地下水取水量 (cms)				缺水量 (cms)			
	斗六	西螺	虎尾	北港	斗六	西螺	虎尾	北港	斗六	西螺	虎尾	北港
1	3.64	5.43	5.35	8.61	2.79	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
2	2.55	4.17	0.57	12.20	6.37	3.52	7.02	0.00	0	0	0	0
3	10.88	8.73	5.97	8.79	0.00	0.00	3.28	4.29	0	0	0	0
4	5.07	6.22	1.47	8.10	12.62	7.66	12.06	13.91	0	0	0	0
5	2.19	4.34	0.53	6.35	11.84	7.76	11.40	12.85	0	0	0	0
6	1.27	7.56	0.00	6.86	11.67	3.76	11.01	11.10	0	0	0	0
7	8.10	1.60	5.50	6.58	3.90	7.39	3.69	8.20	0	0	0	0
8	8.34	3.09	2.96	5.90	3.83	7.41	7.39	10.76	0	0	0	0
9	8.05	9.15	5.26	10.30	2.56	0.00	3.76	4.22	0	0	0	0
10	8.28	5.33	4.62	8.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
11	10.67	8.90	6.92	16.88	0.00	0.00	2.16	0.00	0	0	0	0
12	6.86	8.93	4.97	12.96	8.32	3.99	7.95	7.05	0	0	0	0
13	4.22	6.74	6.65	11.95	8.22	3.94	3.93	5.32	0	0	0	0
14	10.83	9.67	9.21	16.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
15	6.06	5.23	5.16	8.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
16	23.19	13.13	15.52	21.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
17	15.53	9.39	8.80	13.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
18	27.36	21.12	20.67	33.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
19	25.88	22.32	22.01	34.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
20	22.00	20.44	18.71	31.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
21	28.78	24.19	24.48	35.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
22	30.87	20.82	21.01	33.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
23	30.31	23.97	23.16	33.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
24	25.54	23.97	19.10	33.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
25	17.03	16.96	14.49	22.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
26	22.46	20.50	19.10	31.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
27	23.23	17.23	17.34	29.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
28	21.69	18.71	18.45	29.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
29	22.33	16.17	20.27	32.61	1.50	4.39	0.00	0.00	0	0	0	0
30	5.16	4.61	4.38	7.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
31	11.31	7.01	10.59	17.03	1.14	3.73	0.00	0.00	0	0	0	0
32	9.89	10.58	10.27	15.50	2.19	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
33	8.45	7.02	6.88	12.89	4.00	3.72	3.71	4.14	0	0	0	0
34	11.30	2.92	9.62	11.34	0.00	6.99	0.00	4.12	0	0	0	0
35	8.33	2.97	6.55	8.50	3.71	7.42	3.70	8.24	0	0	0	0
36	12.23	6.84	0.00	7.00	0.00	3.71	10.41	9.74	0	0	0	0

2002	地面水取水量 (cms)				地下水取水量 (cms)				缺水量 (cms)			
	斗六	西螺	虎尾	北港	斗六	西螺	虎尾	北港	斗六	西螺	虎尾	北港
1	6.99	0.00	5.35	7.22	0.00	5.43	0.00	1.39	0	0	0	0
2	8.92	3.40	2.92	4.57	0.00	3.52	4.67	7.63	0	0	0	0
3	12.47	6.94	0.40	7.97	0.00	3.81	10.21	8.57	0	0	0	0
4	9.47	3.02	1.64	8.11	8.41	10.86	12.05	13.90	0	0	0	0
5	7.01	0.67	0.54	8.45	7.01	11.43	11.39	10.75	0	0	0	0
6	5.41	2.69	0.00	9.56	7.72	8.63	11.17	8.40	0	0	0	0
7	8.50	0.00	0.00	10.68	3.50	9.32	9.19	4.10	0	0	0	0
8	7.97	1.47	2.64	4.06	3.83	8.06	7.39	12.35	0	0	0	0
9	5.45	0.14	5.45	9.72	7.81	11.30	5.83	8.43	0	0	0	0
10	2.33	4.77	4.66	6.86	11.90	3.82	3.81	6.77	0	0	0	0
11	2.75	1.16	4.30	7.12	11.99	11.56	8.24	13.05	0	0	0	0
12	7.40	1.13	2.28	9.65	9.28	11.79	11.91	13.68	0	1	0	0
13	10.92	6.12	9.89	13.25	5.33	7.89	3.93	8.98	0	0	0	0
14	11.99	9.14	8.89	16.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
15	5.69	5.78	4.84	9.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
16	19.56	11.49	12.43	22.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
17	23.29	10.64	13.21	15.88	0.00	2.75	0.00	5.37	0	0	0	0
18	15.42	4.65	0.00	20.30	15.19	13.10	11.92	17.40	0	6	12	0
19	16.44	12.08	13.98	21.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
20	18.60	16.22	15.82	28.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
21	25.31	18.51	12.78	23.15	5.20	4.87	13.17	11.90	0	0	0	0
22	20.03	15.26	14.89	18.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
23	25.93	19.02	13.15	38.02	3.63	4.79	9.53	0.00	0	0	0	0
24	15.59	9.61	13.92	20.54	15.28	14.36	9.71	17.48	0	0	0	0
25	12.15	7.69	9.04	12.70	15.26	14.35	14.28	16.70	0	0	0	4
26	14.86	9.70	11.35	15.43	15.26	14.35	14.28	16.54	0	0	0	5
27	11.44	7.03	6.01	17.21	14.78	13.94	13.87	16.69	0	0	0	1
28	8.28	4.44	5.74	14.72	13.41	12.39	12.71	14.96	0	2	0	0
29	10.00	7.43	0.00	14.32	13.83	13.13	11.27	14.85	0	0	9	3
30	5.53	4.77	4.70	7.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
31	1.76	3.30	6.88	8.75	10.69	7.44	3.71	8.28	0	0	0	0
32	4.76	1.89	3.17	8.75	7.69	8.85	7.42	8.28	0	0	0	0
33	2.48	0.00	2.11	11.87	8.72	9.93	7.42	4.14	0	0	0	0
34	4.58	2.31	3.02	4.38	7.65	8.24	7.39	12.36	0	0	0	0
35	2.51	4.34	0.30	9.16	6.53	3.71	7.39	4.12	0	0	0	0
36	9.22	4.08	4.15	11.12	0.00	3.71	3.70	0.48	0	0	0	0

表 4.4.3：B-1 A 組各區抽水分配表

2001 旬	斗六區抽水(cms)			西螺區抽水(cms)			虎尾區抽水(cms)			北港區抽水(cms)		
	斗 A	斗 B	斗 C	西 A	西 B	西 C	虎 A	虎 B	虎 C	北 A	北 B	北 C
1	2.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	3.61	3.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.05	3.82	3.82
3	3.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.62	0.00	0.00	0.00
4	4.05	4.05	0.00	0.00	3.59	3.59	0.00	4.02	4.02	4.64	4.64	4.64
5	3.73	3.73	0.00	0.00	3.47	3.47	0.00	3.75	3.75	4.28	4.28	4.28
6	3.89	3.89	0.00	0.00	3.59	3.59	0.00	3.75	3.75	4.20	4.20	4.20
7	3.82	3.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.69	4.10	4.10	4.10
8	3.83	3.83	0.00	0.00	0.00	1.99	0.00	3.70	3.70	4.12	4.12	4.12
9	3.91	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.24	0.00	0.00	4.22
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	2.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	4.16	4.16	0.00	0.00	1.32	0.00	0.00	0.00	3.98	4.56	4.56	4.56
13	4.11	4.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.93	0.28	4.49	4.49
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.20	0.00
30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.73	0.00	0.00	1.14	0.00	0.00	0.00
32	2.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
33	0.00	0.00	0.00	0.00	3.58	0.00	0.00	0.00	3.71	0.00	4.14	4.14
34	3.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.57	3.70	0.00	0.00	0.00
35	3.83	0.00	0.00	0.00	0.00	3.71	0.00	3.70	3.59	0.00	4.12	4.12
36	3.83	2.28	0.00	0.00	1.68	0.00	0.00	0.00	3.70	4.12	4.12	4.12



2002	斗六區抽水(cms)			西螺區抽水(cms)			虎尾區抽水(cms)			北港區抽水(cms)		
	斗 A	斗 B	斗 C	西 A	西 B	西 C	虎 A	虎 B	虎 C	北 A	北 B	北 C
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.18	0.00	3.64	0.00
2	3.61	0.85	0.00	0.00	0.21	3.52	0.00	0.00	0.00	3.82	0.00	3.82
3	3.96	1.48	0.00	0.00	3.81	3.81	0.00	0.00	0.96	0.00	4.29	4.29
4	4.13	4.13	0.00	0.00	3.58	3.58	0.00	4.02	4.02	4.63	4.63	4.63
5	3.07	3.94	0.00	0.00	3.46	3.46	0.00	3.72	3.72	4.28	4.28	4.28
6	3.84	3.89	0.00	0.00	3.76	3.76	0.00	3.70	3.70	4.20	4.20	4.20
7	0.00	3.82	0.00	0.00	3.69	3.69	0.00	0.00	2.61	4.10	4.10	4.10
8	3.83	3.83	0.00	0.00	3.70	3.70	0.00	0.52	3.69	4.12	4.12	4.12
9	3.90	3.90	0.00	0.00	1.64	3.77	0.00	3.76	3.76	4.22	4.22	4.22
10	3.97	3.97	0.00	0.00	1.65	0.00	0.00	0.00	3.81	4.30	4.30	4.30
11	3.55	3.55	0.00	0.00	3.85	3.85	0.00	3.64	3.64	4.35	4.35	4.35
12	4.08	4.08	0.00	0.00	3.54	3.54	0.00	3.75	3.75	4.56	4.56	4.56
13	1.23	4.12	0.00	0.00	0.00	3.94	0.00	3.93	3.93	0.00	4.49	4.49
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	0.00	2.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.37	0.00
18	4.14	4.14	0.00	0.00	3.67	3.67	0.00	4.56	4.56	5.80	5.80	5.80
19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	0.00	5.20	0.00	0.00	4.87	4.87	0.00	0.00	4.84	3.46	5.95	5.95
22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	0.00	2.56	0.00	0.00	4.79	0.00	0.00	0.00	4.76	0.00	5.83	0.00
24	5.09	5.09	0.00	0.00	4.01	4.01	0.00	4.76	4.76	5.83	5.83	5.83
25	4.84	4.84	0.00	0.00	3.82	3.82	0.00	4.60	4.60	5.82	5.82	5.82
26	4.11	4.11	0.00	0.00	4.35	4.35	0.00	4.76	4.76	5.82	5.82	5.82
27	4.74	4.74	0.00	0.00	3.75	3.75	0.00	4.58	4.58	5.60	5.60	5.60
28	4.15	4.15	0.00	0.00	3.47	3.47	0.00	4.23	4.23	4.99	4.99	4.99
29	4.31	4.31	0.00	0.00	3.47	3.47	0.00	3.77	3.77	5.18	5.18	5.18
30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31	3.45	3.85	0.00	0.00	3.72	2.98	0.00	0.00	3.71	4.14	4.14	4.14
32	3.84	3.84	0.00	0.00	3.72	3.72	0.00	0.98	3.71	4.14	4.14	4.14
33	3.84	3.84	0.00	0.00	3.72	2.68	0.00	0.00	3.71	4.14	4.14	4.14
34	3.83	3.83	0.00	0.00	3.64	3.64	0.00	3.70	3.70	4.12	4.12	4.12
35	3.76	3.83	0.00	0.00	2.23	0.00	0.00	0.00	3.70	0.00	4.12	4.12
36	0.00	3.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.12

表 4.4.4：B-1 B 組各區抽水分配表

2001 旬	斗六區抽水(cms)			西螺區抽水(cms)			虎尾區抽水(cms)			北港區抽水(cms)		
	斗 A	斗 B	斗 C	西 A	西 B	西 C	虎 A	虎 B	虎 C	北 A	北 B	北 C
1	2.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	2.76	3.61	0.00	3.52	0.00	0.00	3.51	0.00	3.51	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.28	0.00	4.29	0.00
4	4.21	4.21	4.21	4.03	0.00	3.62	4.02	4.02	4.02	4.64	4.64	4.64
5	3.95	3.95	3.95	3.81	3.81	0.15	3.80	3.80	3.80	4.28	4.28	4.28
6	3.89	3.89	3.89	3.76	0.00	0.00	3.51	3.75	3.75	2.70	4.20	4.20
7	0.08	0.00	3.82	3.70	3.70	0.00	0.00	0.00	3.69	0.00	4.10	4.10
8	0.00	0.00	3.83	3.71	0.00	3.71	3.70	0.00	3.70	2.53	4.12	4.12
9	0.00	2.56	0.00	0.00	0.00	0.00	3.76	0.00	0.00	0.00	4.22	0.00
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	0.00	4.16	4.16	3.99	0.00	0.00	3.98	0.00	3.98	0.00	4.56	2.48
13	0.00	4.11	4.11	3.94	0.00	0.00	0.00	0.00	3.93	0.00	4.49	0.83
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29	1.50	0.00	0.00	0.00	4.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31	1.14	0.00	0.00	0.00	0.00	3.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
32	2.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
33	3.85	0.00	0.15	0.00	0.00	3.72	0.00	0.00	3.71	0.00	0.00	4.14
34	0.00	0.00	0.00	0.00	3.71	3.28	0.00	0.00	0.00	0.00	4.12	0.00
35	0.00	3.71	0.00	3.71	3.71	0.00	0.00	3.70	0.00	4.12	0.00	4.12
36	0.00	0.00	0.00	3.71	0.00	0.00	3.70	3.01	3.70	1.49	4.12	4.12

2002	斗六區抽水(cms)			西螺區抽水(cms)			虎尾區抽水(cms)			北港區抽水(cms)		
	斗 A	斗 B	斗 C	西 A	西 B	西 C	虎 A	虎 B	虎 C	北 A	北 B	北 C
1	0.00	0.00	0.00	3.41	2.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.39
2	0.00	0.00	0.00	3.52	0.00	0.00	1.16	0.00	3.51	3.82	0.00	3.82
3	0.00	0.00	0.00	3.81	0.00	0.00	3.80	2.60	3.80	4.29	4.29	0.00
4	0.00	4.21	4.21	4.03	2.80	4.03	4.02	4.02	4.02	4.63	4.63	4.63
5	0.00	3.94	3.07	3.81	3.81	3.81	3.80	3.80	3.80	2.18	4.28	4.28
6	0.00	3.89	3.84	1.12	3.76	3.76	3.75	3.67	3.75	0.00	4.20	4.20
7	0.00	3.50	0.00	3.69	3.69	1.93	3.69	1.82	3.69	0.00	4.10	0.00
8	3.83	0.00	0.00	0.65	3.70	3.70	3.69	0.00	3.69	4.12	4.12	4.12
9	0.00	3.90	3.90	3.77	3.77	3.77	2.07	0.00	3.76	0.00	4.22	4.22
10	3.97	3.97	3.97	3.82	0.00	0.00	0.00	0.00	3.81	0.00	4.30	2.47
11	4.00	4.00	4.00	3.85	3.85	3.85	3.84	0.56	3.84	4.35	4.35	4.35
12	0.98	4.15	4.15	3.93	3.93	3.93	3.97	3.97	3.97	4.56	4.56	4.56
13	1.21	4.12	0.00	3.94	3.94	0.00	0.00	0.00	3.93	0.00	4.49	4.49
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	0.00	0.00	0.00	2.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.37
18	5.06	5.06	5.06	4.37	4.37	4.37	3.97	3.97	3.97	5.80	5.80	5.80
19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	0.00	5.20	0.00	0.00	0.00	4.87	4.84	3.48	4.84	0.00	5.95	5.95
22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	3.63	0.00	0.00	0.00	0.00	4.79	4.76	0.00	4.76	0.00	0.00	0.00
24	5.09	5.09	5.09	4.79	4.79	4.79	4.76	0.19	4.76	5.83	5.83	5.83
25	5.09	5.09	5.09	4.78	4.78	4.78	4.76	4.76	4.76	5.57	5.57	5.57
26	5.09	5.09	5.09	4.78	4.78	4.78	4.76	4.76	4.76	5.51	5.51	5.51
27	4.93	4.93	4.93	4.65	4.65	4.65	4.62	4.62	4.62	5.56	5.56	5.56
28	4.47	4.47	4.47	4.13	4.13	4.13	4.24	4.24	4.24	4.99	4.99	4.99
29	4.61	4.61	4.61	4.38	4.38	4.38	3.76	3.76	3.76	4.95	4.95	4.95
30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31	3.00	3.85	3.85	3.72	0.00	3.72	0.00	0.00	3.71	4.14	0.00	4.14
32	0.00	3.84	3.84	3.72	1.41	3.72	3.71	0.00	3.71	4.14	0.00	4.14
33	1.04	3.84	3.84	2.49	3.72	3.72	3.71	0.00	3.71	4.14	0.00	0.00
34	0.00	3.83	3.83	3.71	0.82	3.71	3.70	0.00	3.70	4.12	4.12	4.12
35	0.00	3.83	2.70	0.00	0.00	3.71	3.70	0.00	3.70	0.00	4.12	0.00
36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.71	0.00	0.00	3.70	0.00	0.48	0.00

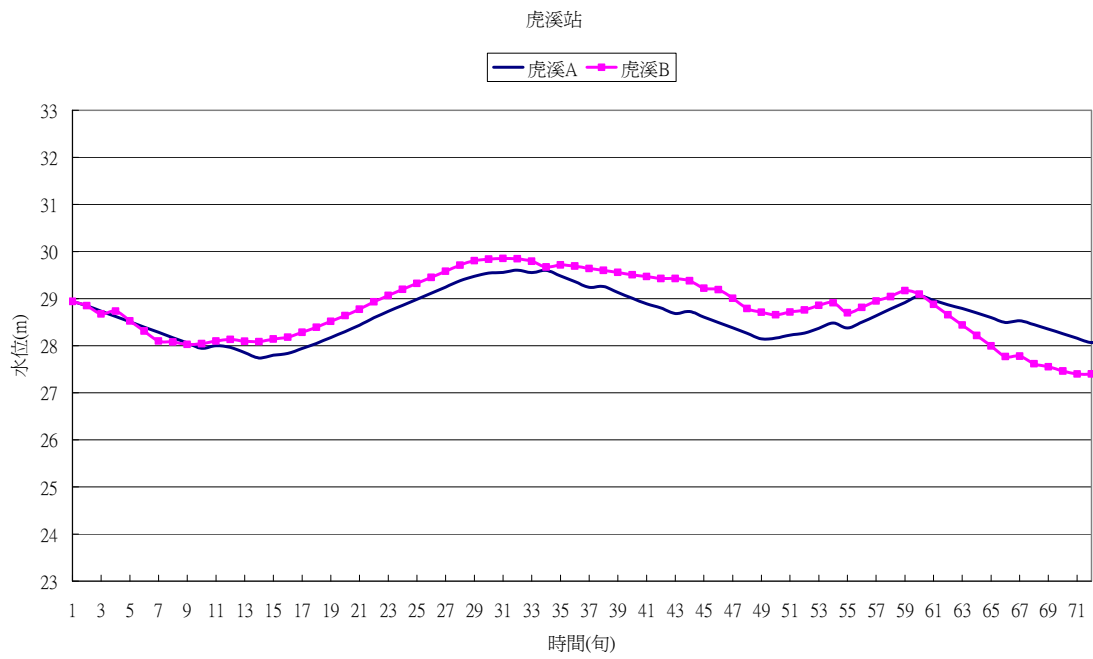


圖 4.4.7 : B-1 虎溪站水位變動比較圖

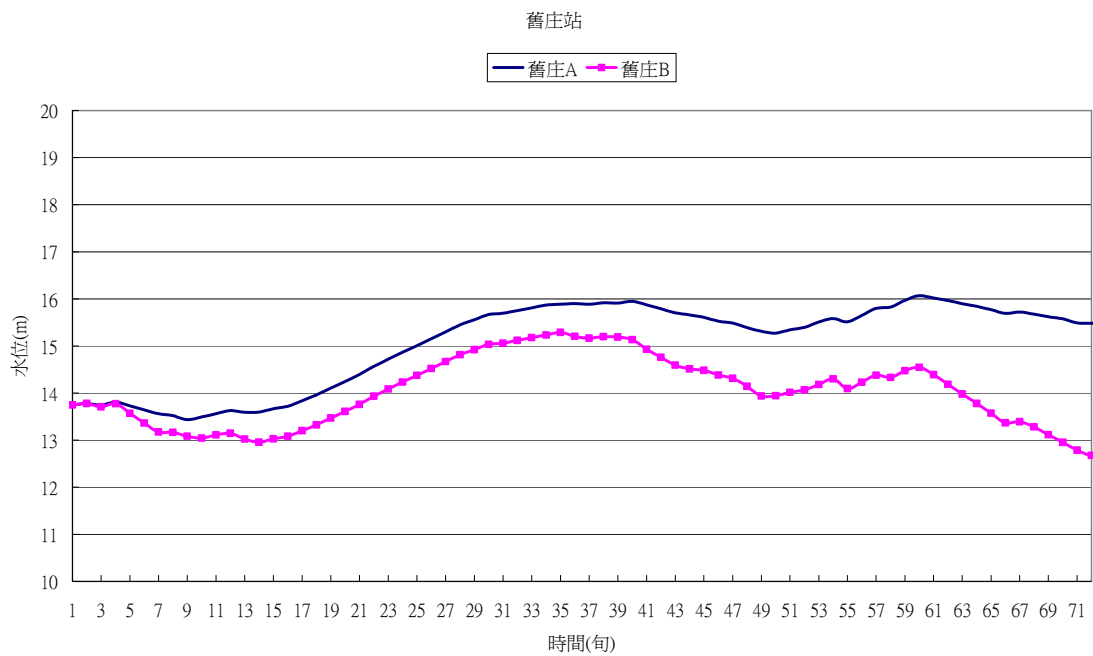
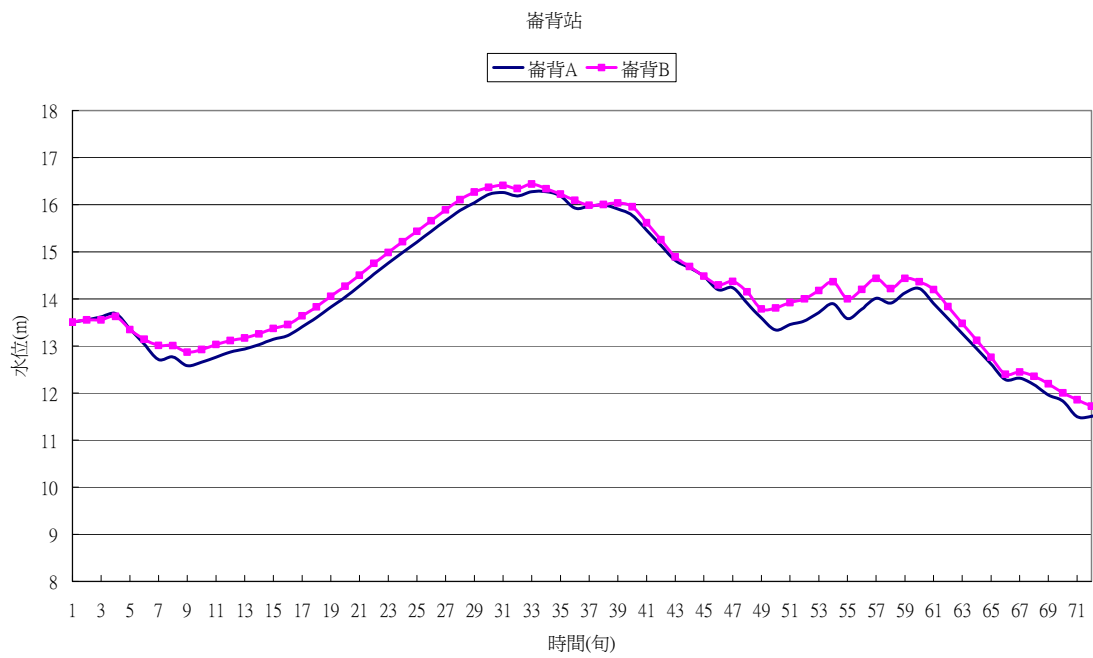
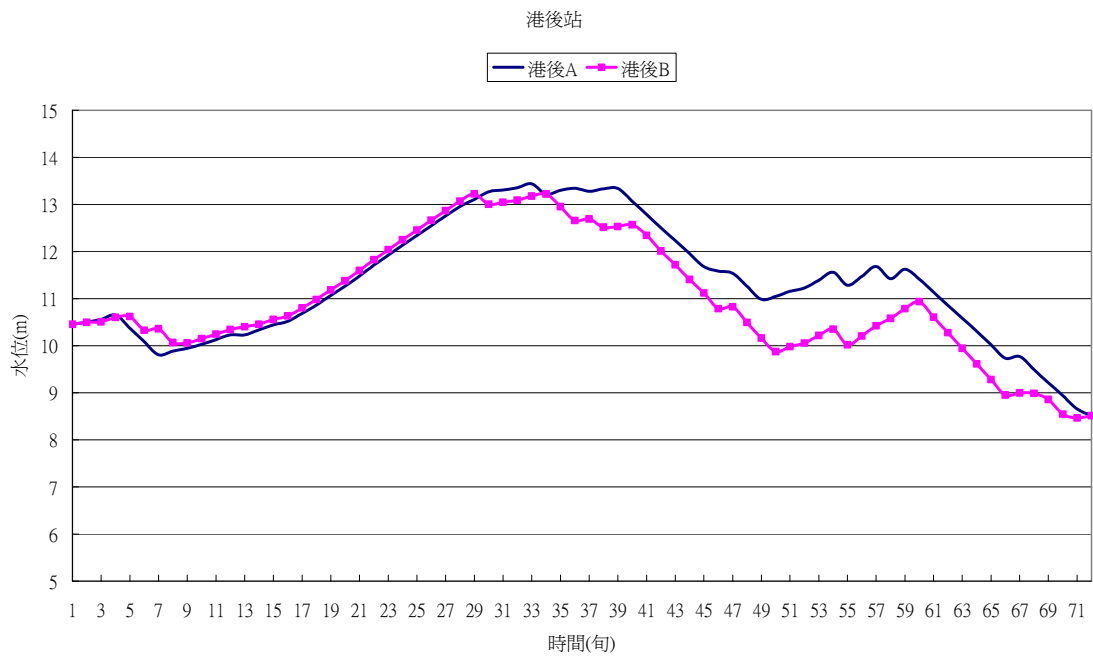


圖 4.4.8 : B-1 舊庄站水位變動比較圖



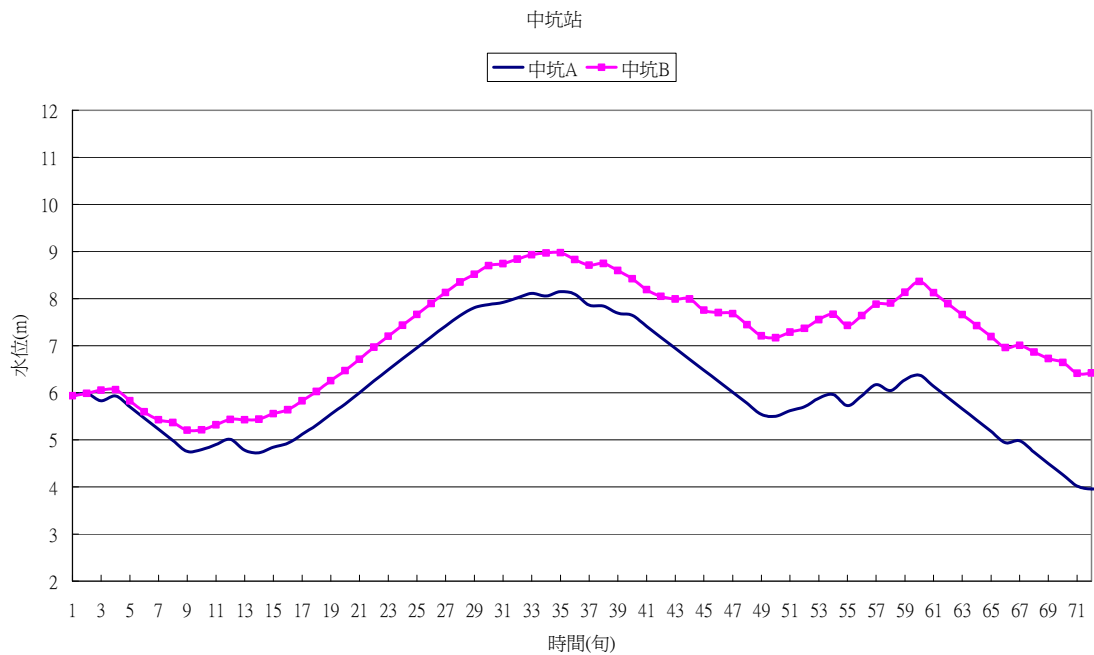


圖 4.4.11：B-1 中坑站水位變動比較圖

結果探討：

本研究在案例 B 使用的優選模式，可以合理的模擬出關閉抽水井造成的地下水位變化，因此在封井、移井或提高水位等管理問題上，可以做為決策的參考工具之一。

圖 4.4.12 是 Lingo 軟體的計算資訊，優選模式 B 一次計算 2 年的結果，在使用 CPU 為 Genuine Intel(R) T2400 1.83GHz 的電腦上，平均 1 年需要 2 秒鐘的處理時間。

**LINGO Solver Status [BATA2]**

<b>Variables</b>		<b>Constraints</b>	
Total:	7974	Total:	7121
Nonlinear:	0	Nonlinear:	0
Integers:	0		
<b>Optimizer Status</b>		<b>Nonzeros</b>	
State:	Global Optimum	Total:	39720
Objective:	26507.5	Nonlinear:	0
Infeasibility:	0		
Iterations:	3827	<b>Generator Memory Used (K)</b>	
Branches:	N/A	6326	
Best IP:	N/A	<b>Elapsed Runtime (hh:mm:ss)</b>	
IP Bound:	N/A	00:00:04	

Update interval:

圖 4.4.12：優選模式 B 之計算資訊



## 4.5 案例 C

過去有關於類神經網路模擬地下水系統的相關文獻，絕大部分在隱藏層使用的活化函數為非線性函數，然而前面本研究所使用的類神經網路皆為線性函數，為瞭解本研究之做法於非線性的適用性，本節將採用前述之案例 III 的類神經網路來建構非線性的優選模式。

案例 C-1：

由於案例 C 的優選模式與案例 B 的優選模式間相異之處只在於其中的類神經網路隱藏層活化函數不同，因此在案例 C-1 本研究利用 2002 年的流量資料，水位下降限制設定為每年 1 公尺，將案例 C 的優選模式模擬結果設為 A 組，案例 B 的優選模式模擬結果設為 B 組來進行比較，藉此瞭解非線性對優選模式結果之影響。

由圖 4.5.1 和圖 4.5.2 來看，兩組的模擬結果十分相近，誤差的產生是因為本研究模擬案例 III 的類神經網路有較大的模擬誤差，詳細供水數據比較與水位變動情形請見表 4.5.1、表 4.5.2 及圖 4.5.3。

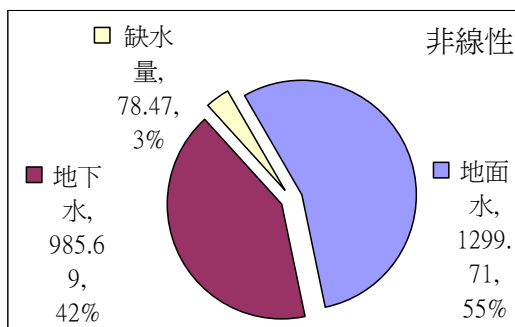


圖 4.5.1：C-1 A 組供水比例圖

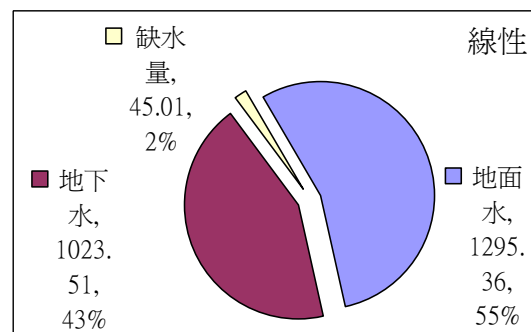


圖 4.5.2：C-1 B 組供水比例圖



表 4.5.1 : C-1 A 組各區供水分配表

2002 旬	地面水取水量 (cms)				地下水取水量 (cms)				缺水量 (cms)			
	斗六	西螺	虎尾	北港	斗六	西螺	虎尾	北港	斗六	西螺	虎尾	北港
1	6.99	1.92	5.35	5.29	0.00	3.51	0.00	3.32	0	0	0	0
2	5.35	3.28	4.06	7.12	3.57	3.64	3.53	5.08	0	0	0	0
3	7.03	6.73	7.82	6.19	5.44	4.02	2.79	10.35	0	0	0	0
4	8.35	0.58	4.36	8.93	9.53	12.72	9.33	13.08	0	1	0	0
5	7.01	0.00	4.80	4.86	7.01	12.01	7.13	13.63	0	0	0	1
6	5.41	0.85	3.12	8.28	7.72	10.47	8.05	9.68	0	0	0	0
7	4.01	1.75	3.02	10.41	7.99	7.57	6.17	4.37	0	0	0	0
8	3.74	1.25	1.94	9.22	8.06	8.28	8.09	7.19	0	0	0	0
9	5.01	3.00	2.93	9.81	8.25	8.44	8.35	8.34	0	0	0	0
10	5.82	0.53	3.63	8.63	8.41	8.06	4.84	5.00	0	0	0	0
11	2.66	0.00	8.05	4.62	11.91	12.02	4.49	13.08	0	1	0	2
12	7.40	1.05	6.91	5.09	9.28	12.69	7.28	13.71	0	0	0	5
13	4.21	12.89	10.57	12.50	12.04	1.12	3.25	9.73	0	0	0	0
14	11.99	9.14	8.89	16.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
15	5.69	5.78	4.84	9.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
16	19.56	11.49	12.43	22.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
17	23.29	13.39	13.21	13.13	0.00	0.00	0.00	8.12	0	0	0	0
18	16.74	8.14	13.39	2.10	13.87	15.62	10.05	14.12	0	0	0	21
19	16.44	12.08	13.98	21.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
20	18.60	16.22	15.82	28.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
21	16.09	18.05	23.93	21.68	14.41	5.33	2.02	13.37	0	0	0	0
22	20.03	15.26	14.89	18.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
23	26.69	18.58	22.68	28.18	2.87	5.23	0.00	9.84	0	0	0	0
24	17.04	8.28	15.91	18.43	13.83	15.69	7.72	19.59	0	0	0	0
25	11.80	6.36	15.39	8.05	15.61	15.68	7.93	17.70	0	0	0	8
26	14.05	1.97	18.30	17.04	16.07	13.55	7.33	19.58	0	9	0	0
27	6.91	5.81	12.99	16.00	14.38	15.16	6.89	18.53	5	0	0	0
28	1.39	5.01	12.70	14.08	12.18	13.70	5.75	15.60	8	0	0	0
29	4.01	6.40	14.39	6.95	13.42	14.16	5.88	13.43	6	0	0	12
30	5.53	4.77	4.70	7.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
31	9.73	0.01	2.78	8.16	2.72	10.73	7.81	8.87	0	0	0	0
32	6.55	2.39	1.46	8.17	5.90	8.35	9.13	8.86	0	0	0	0
33	0.57	3.04	5.66	7.19	10.63	6.89	3.87	8.82	0	0	0	0
34	3.89	0.02	2.67	7.71	8.34	10.53	7.74	9.03	0	0	0	0
35	1.45	6.56	3.82	4.48	7.59	1.49	3.87	8.80	0	0	0	0
36	9.22	7.79	3.98	7.58	0.00	0.00	3.87	4.02	0	0	0	0

表 4.5.2 : C-1 B 組各區供水分配表

2002	地面水取水量 (cms)				地下水取水量 (cms)				缺水量 (cms)			
	斗六	西螺	虎尾	北港	斗六	西螺	虎尾	北港	斗六	西螺	虎尾	北港
1	6.99	5.43	1.85	5.29	0.00	0.00	3.50	3.32	0	0	0	0
2	8.92	2.78	3.95	4.16	0.00	4.14	3.64	8.04	0	0	0	0
3	11.12	2.72	6.61	7.32	1.35	8.03	4.00	9.22	0	0	0	0
4	8.35	1.84	5.15	6.88	9.53	12.04	8.54	15.13	0	0	0	0
5	7.01	0.33	3.94	5.39	7.01	11.77	7.99	13.81	0	0	0	0
6	5.41	3.43	3.30	5.52	7.72	7.89	7.87	12.44	0	0	0	0
7	6.23	1.59	5.33	6.03	5.77	7.73	3.86	8.75	0	0	0	0
8	1.11	1.77	5.64	7.62	10.69	7.76	4.39	8.79	0	0	0	0
9	1.91	3.52	6.21	9.11	11.35	7.92	5.07	9.04	0	0	0	0
10	7.66	2.13	4.46	4.37	6.57	6.46	4.01	9.26	0	0	0	0
11	2.01	2.76	4.44	6.11	12.73	9.96	8.10	14.06	0	0	0	0
12	7.40	1.05	3.52	8.49	9.28	12.69	10.67	14.84	0	0	0	0
13	8.18	9.83	9.66	12.50	8.07	4.18	4.16	9.73	0	0	0	0
14	11.99	9.14	8.89	16.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
15	5.69	5.78	4.84	9.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
16	19.56	11.49	12.43	22.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
17	23.29	13.39	8.36	17.98	0.00	0.00	4.85	3.27	0	0	0	0
18	13.89	8.14	7.91	10.43	16.72	15.62	15.53	16.90	0	0	0	10
19	16.44	12.08	13.98	20.58	0.00	0.00	0.00	0.64	0	0	0	0
20	18.60	16.22	15.82	26.25	0.00	0.00	0.00	2.06	0	0	0	0
21	20.06	18.05	20.65	20.99	10.45	5.33	5.30	14.06	0	0	0	0
22	20.03	15.26	14.89	17.24	0.00	0.00	0.00	1.60	0	0	0	0
23	29.56	23.81	17.48	25.28	0.00	0.00	5.20	12.74	0	0	0	0
24	14.04	8.28	13.23	24.10	16.83	15.69	10.40	13.92	0	0	0	0
25	10.61	6.36	10.93	13.70	16.80	15.68	12.39	19.58	0	0	0	0
26	13.32	8.37	12.63	17.04	16.80	15.68	13.00	19.58	0	0	0	0
27	8.64	5.81	9.29	17.95	15.74	15.16	10.59	16.58	2	0	0	0
28	5.10	0.00	9.36	18.72	13.80	12.03	9.09	10.96	3	7	0	0
29	4.01	0.00	6.58	21.16	13.42	8.84	8.53	11.45	6	12	5	0
30	5.53	4.77	4.70	7.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
31	2.86	2.94	6.70	8.18	9.59	7.80	3.89	8.85	0	0	0	0
32	0.75	2.94	6.70	8.18	11.70	7.80	3.89	8.85	0	0	0	0
33	1.52	2.13	5.64	7.16	9.68	7.80	3.89	8.85	0	0	0	0
34	0.93	2.78	2.63	7.94	11.30	7.77	7.73	8.80	0	0	0	0
35	3.84	4.17	3.82	4.48	5.20	3.88	3.87	8.80	0	0	0	0
36	9.22	7.79	3.98	7.58	0.00	0.00	3.87	4.02	0	0	0	0

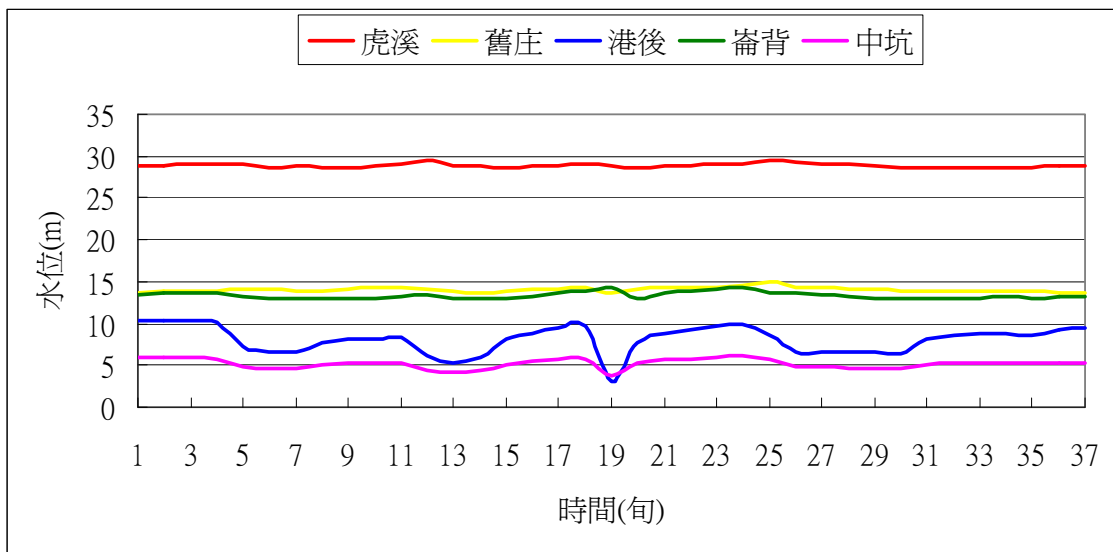


圖 4.5.3：C-1 水位變動圖

結果探討：

本研究利用案例 C 之優選模式的模擬結果與案例 B 之優選模式的模擬結果比較後，雖然有些許誤差但仍可證明本研究的優選模式適用非線性之類神經網路。

圖 4.5.4 是 Lingo 軟體的計算資訊，一次計算 1 年的結果，在使用 CPU 為 Genuine Intel(R) T2400 1.83GHz 的電腦上，大約需要 1 分鐘的處理時間，在非線性的問題上同樣擁有十分優秀的求解速度。

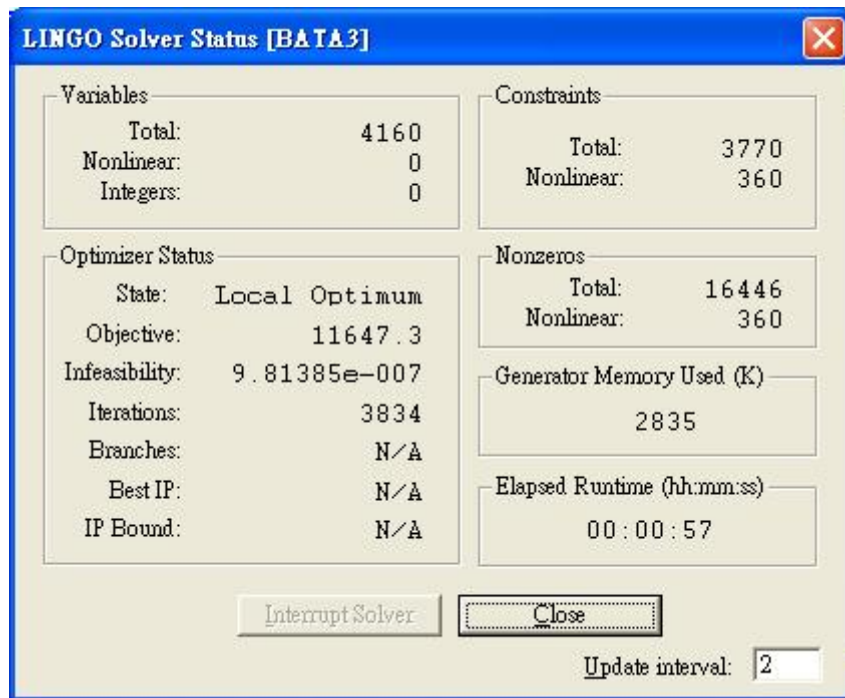


圖 4.5.4：優選模式 C 之計算資訊



## 第五章 結論與建議

### 5.1 結論

1. 本研究建立了一個地面地下水資源聯合運用規劃之優選模式，此優選模式利用類神經網路的方程式與訓練好之權重組合成的地下水位變化模擬公式做為限制式，在供水效益最大化的目標下，能夠有效的對於地面水與地下水供水量進行最佳化分配，同時兼顧地下水位的穩定。
2. 本研究建立的優選模式最大優點在於可以直接適用套裝電腦計算軟體求解，進而大幅節省程式撰寫與模式計算的時間，根據本研究做的案例模擬，線性旬模式平均計算 1 年只需要 1 秒鐘的時間，同時保證所得之解為全域最佳；非線性部分平均計算 1 年需要 1 分鐘時間，亦有相當優秀的求解速度。
3. 對於地下水位下降幅度之限制，本研究之優選模式能夠自由的設定多種不同的檢核時間或限制量，讓使用者可以針對各種不同的需求來設限，進而得到符合所需的最佳化供水分配。
4. 本研究之優選模式能夠處理變數數量龐大的問題，適合使用在大規模、複雜的水資源系統或多時段的問題上。
5. 本研究之優選模式在求解問題時可以使用多時段優選，所得之解會比逐時段優選的結果更佳。

## 5.2 建議

1. 本研究由於旨在試驗此種優選模式的可行性與適用性，因此未對許多複雜的地面蓄水設施如水庫、攔河堰等做適當的模擬，在實際應用上應依照各水利設施的運作規範進行限制式的設定，以避免低估地面水的供水能力。
2. 本研究建議可針對目標函數增加不同的標的，例如平滑化地下水位、減少極端缺水情形以及考慮取水成本等，都是可以努力的發展方向。



## 參 考 文 獻

1. Gorelick, S. M., "A Review of Distributed Parameter Groundwater Management Modeling Methods," *Water Resources Research*, 19(2), 305-319, 1983.
2. Yang, S., Hsu, N-S., Louie, W. F. and Yeh, W-G., "Water Distribution Network Reliability: Connectivity Analysis," *Journal of Infrastructure Systems*, 2(2), 54-64, 1996.
3. Yang, S., Hsu, N-S., Louie, W. F. and Yeh, W-G., "Water Distribution Network Reliability: Stochastic Simulation," *Journal of Infrastructure Systems*, 2(2), 65-72, 1996.
4. Randall, D., Cleland, L., Kuehne, C. S., Link, G. W. and Sheer, D. P., "Water Supply Planning Simulation Model Using Mixed-Integer Linear Programming," *Journal of Water Resources Planning and Management*, 123(2), 116-124, 1997.
5. Emch, G. and Yeh, W-G., "Management Model for Conjunctive Use of Coastal Surface Water and Ground Water," *Journal of Water Resources Planning and Management*, 124(3), 129-138, 1998.
6. Basagaoglu, H. and Mariño, M. A., "Joint Management of Surface and Ground Water Supplies," *Ground Water*, 37(2), 214-222, 1999.
7. Chandramouli, V. and Raman, H., "Multireservoir Modeling with Dynamic Programming and Neural Networks," *Journal of Water Resources Planning and Management*, 127(2), 89-98, 2001.
8. Coppola, E., Szidarosky, F., Poulton, M. and Charles, E., "Artificial Neural Network Approach for Predicting Transient Water Levels in a Multilayered Groundwater System under Variable State, Pumping and Climate Conditions," *Journal of Hydrologic Engineering*, 8(6), 348-360, 2003.
9. Karamouz, M., Kerchian, R. and Zahrie, B., "Monthly Water Resources and Irrigation Planning : Case Study of Conjunctive Use of Surface and Groundwater Resources," *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 130(5), 391-402, 2004.
10. Ioannis, N., Daliakopoulos, P. C. and Ioannis, K., "Groundwater level forecasting using artificial neural networks," *Journal of Hydrology*, 309, 229-240, 2005.

11. Karamouz, M., Tabari, M., Kerachian, R. and Zahraie, B., "Conjunctive Use of Surface and Groundwater Resources with Emphasis on Water Quality," *World Water and Environmental Resources Congress*, 10.1061/40792(173)360, 2005.
12. Nayak, P. C., SatyajiRao, Y. R. and Sudheer, K. P., "Groundwater Level Forecasting in a Shallow Aquifer Using Artificial Neural Network Approach," *Water Resources Management*, 20, 77-90, 2006.
13. 徐年盛，「淡水河流域地表水與地下水最佳聯合用運模式之發展 (I) 水權模擬模式之發展」，國立臺灣大學土木工程研究所研究報告，經濟部水資源統一規劃委員會，1992。
14. 陳俊焜，「濁水溪沖積扇地下水資源調配與管理之研究」，國立成功大學資源工程研究所碩士論文，1997。
15. 楊朝仲，「應用遺傳演算法與可微分動態規劃於地表地下水聯合營運之多目標規劃」，國立交通大學土木工程研究所博士論文，2002。
16. 蔡嘉訓，「多水庫系統聯合操作模擬模式與逐時段優選求解方法之建立與應用」，國立臺灣大學土木工程研究所碩士論文，2003。
17. 徐年盛、魏志強、鄭文明，「埤塘多角化經營-以桃園地區為例-子計畫：埤塘水源最佳調配運用」，國立臺灣大學水工試驗所研究報告，行政院農業委員會委託計畫，2004。
18. 鄭文明，「埤塘水源最佳調配運用—以桃園地區為例」，國立臺灣大學土木工程研究所碩士論文，2004。
19. 黃浚璋，「應用遺傳演算法與類神經網路於地表地下聯合營運」，國立交通大學土木工程研究所碩士論文，2006。
20. 傅怡釗，「多湖區系統最佳地表地下聯合操作之研究」，國立交通大學土木工程研究所碩士論文，2006。
21. 張斐章、張麗秋，「類神經網路」，東華書局，2006。
22. 經濟部水利署水文水資源管理供應系統網站，水資源資料，<http://gweb.wra.gov.tw/wrweb/>，2008。
23. 經濟部水利署網站，河系資料，<http://www.wra.gov.tw/default.asp>，2008。



24. 臺灣省雲林農田水利會網站，農業統計資料，  
<http://www.ylia.gov.tw/main.htm>，2008。
25. 臺灣水資源館－集集攔河堰管理中心，展示資料，南投縣集集鎮，2008。

