



地下水資源整體營運規劃與綜合評估 (2/2)

Assessment and management of regional Groundwater resources (2/2)



主辦機關：經濟部水利署

承辦單位：國立交通大學

執行單位：國立交通大學防災工程研究中心

中華民國九十二年十二月

地下水資源整體營運規劃與綜合評估(2/2)

(期末報告)

目錄

目錄.....	I
表目錄.....	IV
圖目錄.....	VII
I、摘要.....	摘-1
II、結論與建議.....	結-1
第一章 前言.....	1-1
1.1 計劃緣起及目的.....	1-1
1.2 工作內容.....	1-2
第二章 乾旱時期地表水調配與分析.....	2-1
2.1 濁水溪沖積扇.....	2-1
2.1.1 水資源系統架構.....	2-1
2.1.2 水源運用原則.....	2-2
2.1.3 地表水模擬模式建立.....	2-5
2.1.4 線性規劃模式.....	2-8
2.1.5 模式模擬結果.....	2-12
2.2 南部地區.....	2-17
2.2.1 水資源系統架構.....	2-17
2.2.2 水源運用原則.....	2-17
2.2.3 乾旱時期地表水模擬模式建立.....	2-21

2.2.4 線性規劃模式	2-26
2.2.5 模式模擬結果	2-32
第三章 乾旱時期地下水流模式建立	3-1
3.1 入滲量推估	3-1
3.2 乾旱時期地下水流模式模擬	3-33
3.2.1 格網邊界條件與格網劃分	3-33
3.2.2 數值模式之輸入資料	3-40
3.2.3 推估淨入滲量及側流量	3-62
第四章 救旱井設置規劃	4-1
4.1 救旱井格網篩選	4-4
4.1.1 救旱井設置井位初步篩選	4-4
4.1.2 以地下水水質進行第二階段篩選	4-4
4.2 救旱井格網排序	4-5
4.2.1 區域排序	4-6
4.2.2 局部排序	4-6
4.3 分析成果與說明	4-7
4.3.2 救旱井設置格網篩選成果	4-10
4.3.3 救旱井設置格網區域排序成果	4-16
4.3.4 救旱井設置格網局部排序成果	4-21
4.4 現勘表的製作	4-24
4.4.1 現勘目的及說明	4-24
4.4.2 現勘前可事先參考資料	4-24
4.4.3 現地實際勘查紀錄項目	4-26

4.5 救旱井對地下水影響評估	4-32
4.5.1 格網加密程式說明	4-33
4.5.2 救旱井設置於地下水層影響評估	4-37
第五章 乾旱時期水資源調配綜合分析	5-1
5.1 濁水溪沖積扇	5-1
5.2 南部地區	5-3
第六章 救旱井規劃輔助子系統設計	6-1
第七章 參考文獻	7-1
附錄一、期初報告審查意見及辦理情形	附 1-1
附錄二、期中報告審查意見及辦理情形	附 2-1
附錄三、期末報告審查意見及辦理情形	附 3-1
附錄四、工作協調會議紀錄	附 4-1

表 目 錄

表 1 濁水溪不同方案之模擬結果.....	摘-4
表 2 南部地區不同方案之模擬結果.....	摘-5
表 3 濁水溪各方案超越機率 20% 下對應之連續缺水天數和缺水量.....	摘-6
表 4 南部地區各方案超越機率 20% 下對應之連續缺水天數和缺水量.....	摘-6
表 5 濁水溪沖積扇救旱井區域排序.....	摘-9
表 6 屏東平原救旱井區域排序.....	摘-10
表 7 濁水溪各方案對應之連續缺水天數、缺水量及救旱井總抽水量.....	摘-12
表 8 南部地區各方案對應之連續缺水天數、缺水量及救旱井總抽水量.....	摘-13
表 2.1.5-1 南投地區公共給水需求量推估表.....	2-13
表 2.1.5-2 彰化地區公共給水需求量推估表.....	2-13
表 2.1.5-3 雲林地區公共給水需求量推估表.....	2-14
表 2.1.5-4 濁水溪不同方案之模擬結果.....	2-15
表 2.1.5-5 濁水溪各方案超越機率 20% 下對應之連續缺水天數和缺水量.....	2-16
表 2.2.2-1 計畫區域內各攔河堰之引水規則.....	2-20
表 2.2.5-1 台南地區公共給水需求量推估表.....	2-33
表 2.2.5-2 高雄地區公共給水需求量推估表.....	2-33
表 2.2.5-3 南部地區不同方案之模擬結果.....	2-34

表 2.2.5-4 南部地區各方案超越機率 20% 下對應之連續缺水天數和缺水量	2-35
表 3.1.1-1 土地利用簡化表	3-12
表 3.1.1-2 水稻田入滲率係數值表	3-12
表 3.1.1-3 陳尚及李德茲於各灌區滲透測驗處數一覽表	3-13
表 3.1.1-4 全省之質地與水分當量及水分當量與水田垂直入滲率之經驗公式	3-13
表 3.1.1-5 Saxton et. al.(1986)利用土壤組成成份估計土壤水力特性曲線的經驗公式	3-14
表 3.1.1-6 水田各種土壤質地之平均飽和入滲率表	3-15
表 3.1.1-7 SAWAH 模式推估之不同土壤質地入滲通量	3-15
表 3.1.1-8 各單位估計飽和入滲率之成果	3-16
表 3.1.1-9 降雨入滲補注係數值範圍	3-17
表 3.1.1-10 濁水溪沖積扇西元 1967 年雨量站之月雨量(mm)	3-18
表 3.1.1-11 屏東平原西元 1967 年雨量站之月雨量(mm)	3-19
表 3.1.1-12 濁水溪沖積扇年雨量排序表	3-20
表 3.1.1-13 屏東平原年雨量排序表	3-21
表 3.1.1-14 西元 1967 年濁水溪沖積扇各土地利用之地下水垂向入滲補注量表	3-31
表 3.1.1-15 西元 1967 年屏東平原各土地利用之地下水垂向入滲補注量表	3-31
表 3.1.1-16 西元 1967 年濁水溪各月扣除河川入滲之垂向補注量表	3-32
表 3.1.1-17 西元 1967 年屏東平原各月扣除河川入滲之垂向補注量	

表	3-32
表 3.2.2-1 各分區校正觀測井之月水位	3-41
表 3.2.2-2 儲水係數值	3-45
表 4.3.3-1 濁水溪沖積扇區域排序成果	4-16
表 4.3.3-2 屏東平原區域排序成表	4-17
表 4.4.2-1 現勘資料表	4-28
表 4.4.2-2 淨水場資料表	4-30
表 4.4.2-3 地下水觀測井水質檢測資料表	4-31
表 4.4.2-4 現有抽水井資料表	4-31
表 5.1-1 濁水溪各方案超越機率 20%下對應之連續缺水天數、缺水量及 救旱井總抽水量	5-2
表 5.2-1 南部地區各方案超越機率 20%下對應之連續缺水天數、缺水量 及救旱井總抽水量	5-3

圖目錄

圖 1 救旱井設置規劃流程圖	摘-8
圖 2.1.1-1 濁水溪沖積扇水資源調配系統圖	2-3
圖 2.1.3-1 濁水溪沖積扇水資源網流系統圖	2-6
圖 2.1.3-2 濁水溪沖積扇地表地下水聯合模擬模式演算流程圖	2-9
圖 2.1.5-1 濁水溪各方案之超越機率圖	2-16
圖 2.2.1-1 南部區域水資源調配系統圖	2-18
圖 2.2.3-1 化簡後之南部區域水資源調配系統圖	2-22
圖 2.2.3-2 南部區域水資源網流系統	2-23
圖 2.2.3-3 南部區域地表地下水聯合模擬模式演算流程圖	2-27
圖 2.2.3-3 南部地區各方案之超越機率圖	2-35
圖 3.1.1-1 濁水溪沖積扇之雨量站位置	3-9
圖 3.1.1-2 屏東平原之雨量站位置	3-10
圖 3.1.1-3 地下水補注量推估流程圖	3-11
圖 3.1.1-4 濁水溪沖積扇土地利用圖	3-22
圖 3.1.1-5 濁水溪沖積扇之土壤質地圖	3-23
圖 3.1.1-6 濁水溪沖積扇土壤質地最細代表層圖	3-24
圖 3.1.1-7 濁水溪沖積扇之農田水利會灌區輪作圖	3-25
圖 3.1.1-8 屏東平原土地利用圖	3-26
圖 3.1.1-9 屏東平原之土壤質地圖	3-27
圖 3.1.1-10 屏東平原土壤質地最細代表層圖	3-28
圖 3.1.1-11 屏東平原之農田水利會灌區輪作圖	3-29

圖 3.2.1-1 濁水溪沖積扇地下水邊界之概念圖	3-34
圖 3.2.1-2 模式之格網劃分	3-36
圖 3.2.1-3 屏東平原地區數值模擬分層概念圖	3-38
圖 3.2.1-4 屏東平原地區數值模擬邊界網格圖	3-39
圖 3.2.2-1 水力傳導係數之空間分布(單位: m/day)	3-42
圖 3.2.2-2 起始水位(民國 87 年 12 月)等值圖 (水位單位: 公尺) ...	3-43
圖 3.2.2-3 含水層二 K 值之等直線圖	3-47
圖 3.2.2-4 水文地質剖面平面分布圖	3-42
圖 3.2.2-5 屏東平原水文地質剖面一	3-49
圖 3.2.2-6 屏東平原水文地質剖面二	3-50
圖 3.2.2-7 屏東平原水文地質剖面三	3-51
圖 3.2.2-8 模式第一分層(含水層一)厚度等值圖	3-52
圖 3.2.2-9 模式第三分層(含水層二)厚度等值圖	3-53
圖 3.2.2-10 模式第五分層(含水層三之一)厚度等值圖	3-54
圖 3.2.2-11 模式第七層(含水層三之二)厚度等值圖	3-55
圖 3.2.2-12 模式第二分層(阻水層一)等值圖	3-56
圖 3.2.2-13 模式第四分層(阻水層二)厚度等值圖	3-57
圖 3.2.2-14 模式第六分層(阻水層三)厚度等值圖	3-58
圖 3.2.2-15 屏東平原阻水層一分佈圖	3-59
圖 3.2.2-16 屏東平原阻水層二分佈圖	3-60
圖 3.2.2-17 屏東平原阻水層三分佈圖	3-61
圖 3.2.3-1 濁水溪沖積扇抽水量分區、河川河段分區及東邊測流量補注井位置圖	3-66
圖 3.2.3-2 屏東平原抽水量分區、河川河段分區及東邊側流補注井位置	

圖	3-67
圖 3.2.3-3 乾旱年模式流程圖	3-68
圖 4.1 格網篩選與格網排序流程圖	4-2
圖 4.2 救旱井的配置與容量設計及操作影響模擬流程圖	4-3
圖 4.3.1-1 濁水溪沖積扇淨水場分布圖	4-8
圖 4.3.1-2 屏東平原淨水場分佈圖	4-9
圖 4.3.2-1 濁水溪沖積扇救旱井設置格網篩選成果圖	4-12
圖 4.3.2-2 濁水溪沖積扇地下水含水層符合飲用水水源水質標準之空間 分佈圖	4-13
圖 4.3.2-3 屏東平原救旱井設置格網篩選成果圖	4-14
圖 4.3.2-4 屏東平原地下水含水層符合飲用水水源水質標準之空間分佈 圖	4-15
圖 4.3.3-1 濁水溪沖積扇平原區域排序成果圖	4-19
圖 4.3.3-2 屏東平原的區域排序成果圖	4-20
圖 4.3.4-1 濁水溪沖積扇平原救旱井設置格網局部排序成果圖	4-22
圖 4.3.4-2 屏東平原救旱井設置格網局部排序成果圖	4-23
圖 4.4.2-1 九宮格排序圖	4-29
圖 4.4.2-2 土地利用圖	4-29
圖 4.4.2-3 井影響半徑圖	4-30
圖 4.5.1-1 TMR 示意圖	4-31
圖 4.5.1-2 區域模式(regional model)局部模式(local model)示意 圖	4-35
圖 4.5.1-3 真實世界-區域模式-局部模式座標軸設定示意圖	4-35
圖 4.5.1-4 區域模式與局部模式初始水位資料處理方式圖	4-36

圖 4.5.2-1 濁水溪沖積扇淨水場剩餘容量柱狀圖	4-41
圖 4.5.2-2 濁水溪沖積扇地下水水位觀測點位置圖	4-42
圖 4.5.2-3 埔心淨水場相鄰區域3月水位等值圖(m)	4-43
圖 4.5.2-4 埔心淨水場相鄰區域4月水位等值圖(m)	4-44
圖 4.5.2-5 埔心淨水場相鄰區域12月水位等值圖(m)	4-45
圖 4.5.2-6 埔心淨水場相鄰區域3月抽水後水位等值圖(m)	4-46
圖 4.5.2-7 埔心淨水場相鄰區域4月抽水後水位等值圖(m)	4-47
圖 4.5.2-8 埔心淨水場相鄰區域12月抽水後水位等值圖(m)	4-48
圖 4.5.2-9 埔心淨水場相鄰區域3月水位洩降等值圖(m)	4-49
圖 4.5.2-10 埔心淨水場相鄰區域4月水位洩降等值圖(m)	4-50
圖 4.5.2-11 埔心淨水場相鄰區域12月水位洩降等值圖(m)	4-51
圖 4.5.2-12 埔心淨水場相鄰區域中央之水位-時間變化圖	4-51
圖 4.5.2-13 埔心淨水場相鄰區域區域下游端之水位-時間變化圖 ...	4-52
圖 4.5.2-14 嶺口淨水場相鄰區域淨水場剩餘容量柱狀圖	4-52
圖 4.5.2-15 屏東平原觀測位置圖	4-53
圖 4.5.2-16 嶺口淨水場相鄰區域3月水位等值圖(m)	4-54
圖 4.5.2-17 嶺口淨水場相鄰區域4月水位等值圖(m)	4-55
圖 4.5.2-18 嶺口淨水場相鄰區域12月水位等值圖(m)	4-56
圖 4.5.2-19 嶺口淨水場相鄰區域3月抽水後水位等值圖(m)	4-57
圖 4.5.2-20 嶺口淨水場相鄰區域4月抽水後水位等值圖(m)	4-58
圖 4.5.2-21 嶺口淨水場相鄰區域12月抽水後水位等值圖(m)	4-59
圖 4.5.2-22 嶺口淨水場相鄰區域3月水位洩降等值圖(m)	4-60
圖 4.5.2-23 嶺口淨水場相鄰區域4月水位洩降等值圖(m)	4-61
圖 4.5.2-24 嶺口淨水場相鄰區域12月水位洩降等值圖(m)	4-62

圖 4.5.2-25 嶺口淨水場相鄰區域中央之水位-時間變化圖	4-63
圖 4.5.2-26 嶺口淨水場相鄰區域下游端之水位-時間變化圖	4-63
圖 5.1-1 濁水溪各方案連續缺水量與救旱井總抽水量之比較圖	5-2
圖 5.2-1 南部地區各方案連續缺水量與救旱井總抽水量之比較圖 ...	5-4
圖 6.1 格網篩選程式流程圖	6-3
圖 6.2 格網排序程式流程圖	6-4

I 摘要

一、前言

目前由於「台灣地區地下水觀測網整體計畫」的執行，對於濁水溪沖積扇、屏東平原、嘉南平原與蘭陽平原，已有較完整之地下水觀測資料，部份地區亦曾有地下水管理相關之研究，惟其大多注重於地下水系統的瞭解及數值方法之應用，並未進一步結合系統分析的方法，將整個地表與地下視為完整的系統進行整體的分析。爰此，本計畫擬整合系統分析與數值模擬方法，針對所選定地下水區之地下水資源可利用量及地下水管理策略等，結合地表水系統進行整體營運規劃與綜合分析。

全程計畫共分兩年完成，第二年主要工作為地下水資源短期營運及案例分析，其目的為針對乾旱時期建立短期的地下水操作原則；本計畫將可完成地表地下水整體可開發潛能及長期與乾旱時期的地下水操作原則等評估，以提供地層下陷防治及地下水資源整體經營之參考，發揮地下水觀測站網最大加值效益。

二、乾旱時期地表水調配與分析

本計畫藉由濁水溪沖積扇和南部地區之地表水長期調配模擬，分析得到每年最大連續缺水天數，並根據此訊息來判斷缺水的嚴重程度。其中以連續缺水天數之超越機率 20%作為乾旱的參考標準，本章節將分析討論兩區域面臨乾旱時期其地表水資源的供水能力。

地表水資源調配模式乃以第一年工作中所建立之地表地下水聯合模擬模式為演算核心，並以地表水資源的調配為主，對於地下水則以每日穩定供水之水源模擬之，模擬時地表水的調配仍依循各區之水源運用原則。此外，本研究在公共用水需求量推求上，將以民國 100 年和民國 95 年之中成長和低成長為考量，藉以模擬不同情況乾旱發

生時之地表水資源的調供能力。本計畫於模式模擬完後均會計算公共用水和農業用水的缺水量、缺水率和年缺水指數(SI)，藉由公共用水和農業用水之缺水量、缺水率和年缺水指數的求取將能更清楚地呈現各區之水資源供需情況。

● 濁水溪沖積扇：

模擬結果如表 1 所示，各方案之農業用水年平均缺水量介於 38311~38656 萬噸，農業用水年平均缺水率介於 0.134~0.135，農業年 SI 介於 2.364~2.412，各方案之農業缺水情況變動不大，這乃是因為本區域對於農業用水的考量僅以水庫入流量提供之，庫容的可利用水量並不提供給農業用水(除發電尾水供應公共需求後尚有多餘的量外)，因此農業用水缺水情況變異不大。另外公共用水方面，各方案年 SI 介於 1.292~6.725，都超過 SI=1 的容許缺水情況，其平均缺水率介於 0.033~0.125，平均缺水量介於 1975~9578 萬噸。另外，各方案對應之缺水天數及對應之缺水量，如表 3 所示。結果顯示乾旱時期各方案之缺水量普遍偏高，因此需找尋替代水源以作為乾旱時期緊急應變之用，由於本區域之地下水量豐沛，可考慮設置救旱井作為乾旱時期緊急調配水源。

● 南部地區：

模擬結果如表 2 所示，各方案之農業用水年平均缺水量介於 3222~3740 萬噸，農業用水年平均缺水率介於 0.036~0.042，農業年 SI 介於 0.705~0.845，農業缺水情況普遍不嚴重。另外公共用水方面，除了方案一和方案二之缺水指數 SI 有超過 1，其餘方案的公共用水年 SI 皆小於 1，各方案之公共用水平均缺水率也僅介

於 0.025~0.114，平均缺水量則介於 1489~8715 萬噸，因此在民國 95 年的公共用水成長下，本區域系統公共用水尚可滿足 $SI=1$ 的容許缺水程度。另外，各方案對應之缺水天數及對應之缺水量，如表 4 所示。結果顯示乾旱時期各方案之缺水量普遍偏高，因此需找尋替代水源以作為乾旱時期緊急應變之用，由於本區域之地下水量豐沛，可考慮設置救旱井作為乾旱時期緊急調配水源。

表 1 濁水溪不同方案之模擬結果

		農業用水	公共總用水	南投公共用水	彰化公共用水	雲林公共用水
民國 100 年中 成長(方案一)	年平均缺水量(萬噸)	38656	9578	1441	3043	5094
	年平均缺水率	0.135	0.125	0.215	0.102	0.127
	年 SI	2.412	6.725	7.511	8.038	5.969
民國 100 年低 成長(方案二)	年平均缺水量(萬噸)	38648	9229	1402	2969	4858
	年平均缺水率	0.135	0.122	0.209	0.100	0.123
	年 SI	2.411	6.455	7.203	7.722	5.716
民國 95 年中成 長(方案三)	年平均缺水量(萬噸)	38316	2073	437	853	783
	年平均缺水率	0.134	0.034	0.067	0.031	0.029
	年 SI	2.364	1.368	1.442	1.751	1.094
民國 95 年低成 長(方案四)	年平均缺水量(萬噸)	38311	1975	420	820	736
	年平均缺水率	0.134	0.033	0.065	0.030	0.028
	年 SI	2.364	1.292	1.361	1.644	1.037

表 2 南部地區不同方案之模擬結果

		農業用水	公共總用水	嘉義公共用水	台南公共用水	高雄公共用水
民國 100 年中成長(方案一)	年平均缺水量(萬噸)	3740	8715	66	4794	3854
	年平均缺水率	0.042	0.114	0.018	0.107	0.139
	年 SI	0.845	2.133	0.000	2.357	2.326
民國 100 年低成長(方案二)	年平均缺水量(萬噸)	3573	5795	62	3280	2453
	年平均缺水率	0.040	0.083	0.017	0.078	0.102
	年 SI	0.800	1.302	0.000	1.439	1.42
民國 95 年中成長(方案三)	年平均缺水量(萬噸)	3360	3064	57	1659	1347
	年平均缺水率	0.037	0.048	0.016	0.044	0.060
	年 SI	0.744	0.626	0.000	0.682	0.676
民國 95 年低成長(方案四)	年平均缺水量(萬噸)	3222	1489	56	811	622
	年平均缺水率	0.036	0.025	0.015	0.022	0.031
	年 SI	0.705	0.339	0.000	0.358	0.356

表 3 濁水溪各方案超越機率 20%下對應之連續缺水天數和缺水量

	超越機率 (%)	連續缺水天數 (天)	連續缺水量 (萬 m3)
民國 100 年中成長 (方案一)	20	92	9104
民國 100 年低成長 (方案二)	20	87	9939
民國 95 年中成長 (方案三)	20	39	3360
民國 95 年低成長 (方案四)	20	30	2611

表 4 南部地區各方案超越機率 20%下對應之連續缺水天數和缺水量

	超越機率 (%)	連續缺水天數 (天)	連續缺水量 (萬 m3)
民國 100 年中成長 (方案一)	20	87	9514
民國 100 年低成長 (方案二)	20	76	6224
民國 95 年中成長 (方案三)	20	59	4427
民國 95 年低成長 (方案四)	20	39	2558

三、乾旱時期地下水流模式建立

為進一步掌握乾旱時期地下水資源，利用地下水模式模擬，在此運用各區域之土壤資料、土地利用型態與灌溉型態等資料配合乾旱時期之降雨量資料推估地表入滲量，並假設抽水型態不隨雨量之豐枯變化而改變，因此建立乾旱期間之地下水流模式。

乾旱年的選定方式為選擇分析資料中相對乾旱的年份，並考慮各

區域乾旱年選定的一致性。本計畫選取 1967 年為乾旱年，濁水溪沖積扇該年資料於 38 年歷史資料中排名第五順位，超越機率 12.82%，屏東平原則排名第四順位，超越機率 10.81%，均為相對乾旱。

模式所需輸入參數

水文地質參數：沿用前一年度所建立之模式

抽水量：沿用前一年度所建立之模式

補注量：前述之乾旱年地表入滲推估量

四、救旱井設置規劃

整體救旱井設置如圖 1 所示，救旱井設置規劃的主要工作項目有(一)設置區域篩選、(二)格網排序、(三)區域內最大抽水容量評估、(四)救旱井操作影響模擬。其中，工作項目(三)需參考乾旱時期的地表缺水程度來進行評估，故需先完成地表水調配與分析的工作，此項工作方可順利進行。同理在工作項目(四)順利進行前，亦需完成地下水流模式建置。

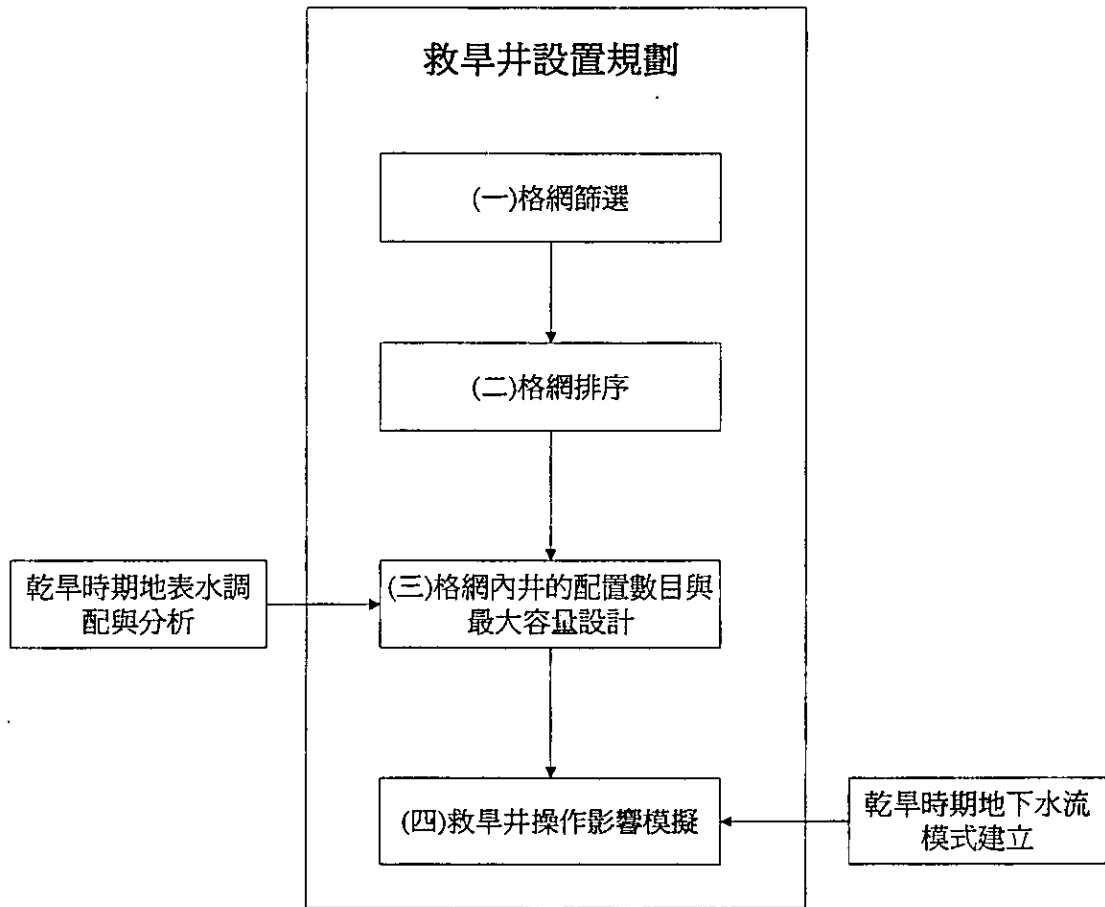


圖 1 救旱井設置規劃流程圖

● 設井區位篩選

設井區位選取標準為(1)排除地下水管制區域(2)淨水廠相鄰區域，即以淨水場為中心之九宮格網格內為可能設井區域(降低管路及輸送成本)(3)地下水水質並以飲用水水源水質標準(化學需氧量、總有機碳、大腸菌密度、氨氮、砷、鉻、鎘、汞、鉛)為參考，若任一含水層觀測井之水質檢測有一項不合格。即在以淨水場為中心之九宮格網格範圍內，則此淨水場之鄰近區域將排除在候選設井區域名單中。

濁水溪沖積扇平原觀測井水質合格的觀測站有 31 個佔全部 48.4%，不合格有 33 個佔全部 51.6%。救旱井可規劃區代表水質合格有 24 個佔全部 70.6%，水質不合格有 10 個佔全部 29.4%，其中水質不合格主要為氨氮、砷。

屏東平原觀測井水質合格的觀測站有 27 個佔全部 47.4%，不合格有 30 個佔全部 52.6%。救旱井可規劃區代表水質合格有 21 個佔全部 50%，水質不合格有 21 個佔全部 50%，屏東平原觀測井水質不合格的項目主要是化學需氧量，氮氮次之。

● 設井區域排序

選定候選區域後將近一部對各區域及各區域內設井優先順序進行初步規劃其主要依據為：

參考各觀測井完工試水結果之單位洩降出水量 (Q/S , cmh/m)

將觀測井之各分層 Q/S 值內插至所有格網上以求得所有格網所對應的 Q/S 值。抽水井抽水的對象可為所有含水層，在此考量下本計畫將各格網之各層 Q/S 值加總以作為候選網格排序之參考根據。區域排序乃以區域為單位，並以區域之總 Q/S 值由大到小進行排序。局部排序乃以網格為單位，依區域排序的順序選取區域內之九宮格，並依各九宮格之 Q/S 值由大到小排序。

表 5 濁水溪沖積扇救旱井區域排序

名次	淨水場名稱	水源別
1	下壩淨水場	地下水
2	西螺淨水場	地下水
3	竹塘淨水場	地下水
4	荊桐淨水場	地下水
5	北斗第二淨水場	地下水
6	埤頭淨水場	地面水
7	社頭淨水場	地下水
8	永靖淨水場	地下水
9	林內淨水場	地面水
10	溪湖第一淨水場	地下水

表 6 屏東平原救旱井區域排序

名次	淨水場名稱	水源別
1	屏東淨水場	地下水
2	三和淨水場	地下水
3	北勢淨水場	地下水
4	四春淨水場	地下水
5	嶺口淨水場（已廢）	地下水
6	高樹淨水場	地下水
7	信國淨水場	地下水
8	翁公園淨水場	地下水、地面水
9	仁武淨水場	地下水
10	小坪淨水場	地下水

● 現勘表的規劃

現勘表的規劃主要目的是輔助現勘人員完成一個完整的現勘。主要包含兩個階段，第一階段是現勘前參考資料，即在現勘之前可從決策支援系統列印之相關圖表。第二階段是現地勘查需紀錄與較核項目。救旱井現勘表規劃是以一個淨水場九宮格範圍內為準，其中第一階段可分成兩部分：GIS 圖層及圖層的基本資料表。第二階段包含三個部分：現有井資料較核、未登記水井資料拍照存檔、候選井位資料記錄與備註。

● 救旱井抽水對地下水影響評估

為了進一步掌握救旱井抽水時的水位變化並評估其影響情況，本計劃在屏東平原與濁水溪沖積扇兩區域以局部格網加密(Telescopic mesh refinement, TMR)來模擬救旱井設置區域內的一年水位變化。

選定之淨水場鄰近區域的抽水量將受到淨水場的剩餘容量限

制；而此剩餘容量限制為淨水場設計日容量減淨水場平均日使用量。由於屏東平原與濁水溪沖積扇各區域淨水場剩餘容量的總和都小於地面水模式模擬各方案中的超越機率 20% 的缺水量，因此本計劃以屏東平原與濁水溪沖積扇兩區域淨水場剩餘容量最大的淨水場作為模擬範例以探討救旱井對區域地下水之影響。

濁水溪沖積扇以埔心淨水場區域為局部加密的模擬範例，剩餘容量為每天 1.6 萬噸，以此值當作抽水量，在抽水 3 個月後的區域中心點洩降為 0.7 公尺，下游端洩降為 0.55 公尺，而在同年 12 月時，區域中心洩降已減為 0.5 公尺，下游端洩降減少為 0.49 公尺，即水位洩降已不明顯。以屏東平原之嶺口淨水場（已廢）區域為例，剩餘容量為每天 12 萬噸，若以此差值當作抽水量，抽水 3 個月後區域中心點洩降為 7.13 公尺，區域下游端洩降為 7.31 公尺而在同年 12 月時即抽水停止後九個月，區域中心洩降已減少為 0.83 公尺，下游端洩降減少為 0.99 公尺，即抽水之影響已不明顯。

五、乾旱時期水資源調配綜合分析

由於台灣的缺水型態往往在一個颱風來臨後，便可紓解其旱象，因此連續缺水天數的考量就顯得相當重要，因此本計畫以地表水模擬後所得到之每年最大連續缺水天數來判斷缺水的嚴重程度，並以連續缺水天數超越機率 20% 對應之缺水天數作為參考標準，以該缺水天數對應之缺水量作為各區域乾旱時期所需水源，包括救旱井之參考。

● 濁水溪沖積扇：

表 7 為濁水溪各方案在超越機率 20% 下對應之缺水天數，及其對應之缺水量以及對應之乾旱時期救旱井之總抽水量，總抽水量為救旱

處理容量來考量，經統計結果，本區域救旱井每日的供水容量約為 15 萬噸，並根據缺水天數來進行操作。在此狀況下，雖然救旱井之總抽水量仍不足以滿足地表水系統所缺之量，但已可減輕缺水情況 13~17% 左右，且由局部加密模式(MODTMR)模擬淨水場區域短期抽水的水位變化時，水位在救旱井操作抽水後，經過一段時間還是可以回復至接近原水位，因此救旱井在本區域確可作為乾旱時期緊急水源調配之一。

表 7 濁水溪各方案對應之連續缺水天數、缺水量及救旱井總抽水量

	超越機率 (%)	連續缺水天數 (天)	連續缺水量 (萬噸)	乾旱時期救旱井之 總抽水量(萬噸)
民國 100 年中成長 (方案一)	20	92	9104	1415
民國 100 年低成長 (方案二)	20	87	9939	1343
民國 95 年中成長 (方案三)	20	39	3360	592
民國 95 年低成長 (方案四)	20	30	2611	461

● 南部地區：

表 8 為南部地區各方案在超越機率 20% 下對應之缺水天數，及其對應之缺水量以及對應之乾旱時期救旱井之總抽水量，總抽水量為救旱井供水容量乘以缺水天數。其中，救旱井之供水容量以淨水廠之剩餘處理容量來考量，經統計結果，本區域救旱井每日的供水容量為 163662 噸，並根據缺水天數來進行操作。在此狀況下，雖然救旱井之總抽水量仍不足以滿足地表水系統所缺之量，但已可減輕缺水情況 15~25% 左右，且由局部加密模式(MODTMR)模擬淨水場區域短期抽

15~25%左右，且由局部加密模式(MODTMR)模擬淨水場區域短期抽水的水位變化時，水位在救旱井操作抽水後，經過一段時間還是可以回復至接近原水位，因此救旱井在本區域確可作為乾旱時期緊急水源調配之一。

表 8 南部地區各方案對應之連續缺水天數、缺水量及救旱井總抽水量

	超越機率 (%)	連續缺水天數 (天)	連續缺水量 (萬噸)	乾旱時期救旱井之 總抽水量(萬噸)
民國 100 年中成長 (方案一)	20	87	9514	1418
民國 100 年低成長 (方案二)	20	76	6224	1242
民國 95 年中成長 (方案三)	20	59	4427	962
民國 95 年低成長 (方案四)	20	39	2558	635

六、救旱井規劃輔助子系統設計

以前述建立之救旱井設置規劃為依據，進一步協助中興工程顧問公司開發救旱井規劃輔助子系統提供相關的程式及諮詢。程式的主要架構可分為兩部分：（一）格網篩選（二）格網排序。

而程式之格網篩選與格網排序的主要原則及流程為參照第四章所述之邏輯進程式之撰寫，其中

（一）格網篩選：以淨水場為中心，取周圍九宮格（含淨水廠所在格網）；若淨水場區域有水質不合格的觀測井且位於淨水場內，則剔除此淨水廠。通過此篩選方法所留下之淨水場區域才能進入格網排序。

(二)選取通過格網篩選之淨水場區域內之各格網之 Q/S 值並加總之再依各淨水場區域 Q/S 值加總之大小依序排序，是為區域排序；取區域排序第一之區域，對區域內之九宮格依其相對應之 Q/S 值作第一至第九名的排序，再以此法取區域排序第二之區域，對該區域內之格網作第十至第十八名之排序，以下類推，是為局部排序。若有淨水場區域重複交疊之格網，則該格網歸屬區域排序名次較前者。

II 結論與建議

(一)本計畫提出一套完整的方法與流程來進行救旱井的規劃與設置，此種作法不僅能有效地進行乾旱時期地下水的抽用分析，更易於整合為乾旱時期地下水決策支援系統的支援模組。

(二) 乾旱時期地表水調配與分析。

地表水模擬結果顯示，濁水溪沖積扇的農業用水和公共用水的缺水情況皆較南部地區嚴重，其中農業用水方面，在濁水溪沖積扇是因為本區域對於農業用水的考量僅以水庫入流量提供之，庫容的可利用水量並不提供給農業用水(除發電尾水供應公共需求後尚有多餘的量外)，而南部地區則可由庫容提供，因此造成各區域農業缺水情況的差異性。此外，若以缺水指數 $SI=1$ 為標準，南部地區尚可滿足民國 95 年的公共需求，但濁水溪沖積扇都無法滿足民國 95 年和 100 年的公共用水需求。另外，由濁水溪沖積扇和南部地區各方案超越機率圖顯示，各區域在乾旱時期所對應之缺水量普遍偏高，因此需找尋替代水源以作為乾旱時期緊急應變之用，由於兩研究區域之地下水量豐沛，因此本計畫擬設置救旱井以作為乾旱時期緊急調配水源。

(三) 現勘表的規劃主要目的為輔助現勘人員完成一個完整的現勘。

本計劃建議現勘工作人員在第一階段善用決策支援系統列印相關的圖及表，作為現地勘查前的參考。第二階段為人員現地勘查所需記載的項目主要以現地紀錄、相片或描繪草圖為主。

(四) 救旱井對地下水影響評估。

由局部加密模式 MODTMR 模擬淨水場區域短期抽水的水位變化，其抽水量則受到淨水場剩餘容量的限制；淨水場抽水區域內的洩降在抽水期間內會有明顯的增加，但在停止抽水經過 9 個月之後洩降即減少 1 公尺以下。所以水位在短期抽水後，經過一段時間還是可以回復至接近原水位的。

(五) 乾旱時期水資源調配綜合分析。

由各方案的模擬結果得知，濁水溪沖積扇地表水加入救旱井調配後可減輕乾旱期間的缺水量 13~17%，且由 MODTMR 局部加密模式模擬淨水場區域短期抽水的水位變化時，發現水位在救旱井操作抽水後，經過一段時間還是可以回復至接近原水位。而南部地區地表水加入救旱井調配後可減輕乾旱期間的缺水量 15~25%，且由 MODTMR 局部加密模式模擬淨水場區域短期抽水的水位變化時，水位在救旱井操作抽水後，經過一段時間還是可以回復至接近原水位的，因此救旱井確可作為乾旱時期緊急水源調配之用。

第一章 前言

1.1 計畫緣起及目的

目前由於「台灣地區地下水觀測網整體計畫」的執行，對於濁水溪沖積扇、屏東平原、嘉南平原與蘭陽平原，已有較完整之地下水觀測資料，部份地區亦曾有地下水管理相關之研究，惟其大多注重於地下水系統的瞭解及數值方法之應用，並未進一步結合系統分析的方法，將整個地表與地下視為完整的系統進行整體的分析。爰此，本計畫擬整合系統分析與數值模擬方法，針對所選定地下水區之地下水資源可利用量及地下水管理策略等，結合地表水系統進行整體營運規劃與綜合分析。

另一方面，台灣地區歷年用水量介於 179 億噸之至 194 億噸間，其中每年地下水利用量約為 55 億噸至 70 億噸間，由此可知仰賴地下水源進行需求供給之比例仍高，且部分地區現況地下水超抽程度已相當地嚴重，因此為減緩地層下陷與達成地下水源永續利用，並讓地下水做為枯水期或特殊枯旱年之緊急備用水源的目的，長期與乾旱時期的地下水操作原則之建立已是一項刻不容緩的工作。

本計畫將分兩年進行，第一年主要工作為地下水資源現況整體檢討、發展單目標地表地下最佳潛能模式及案例分析、初擬地下水最佳利用分區。這些工作項目的完成將可建立一長期的地下水操作原則。第二年主要工作則為在第一年的基礎下針對乾旱時期完成地下水救旱井設置決策支援系統規劃；本計畫將可完成地表地下水整體可開發潛能及長期與乾旱時期的地下水操作原則等評估，以提供地層下陷防治及地下水資源整體經營之參考，發揮地下水觀測站網最大加值效益。

1.2 工作內容

第一年：地下水資源現況整體檢討、發展單目標地表地下最佳潛能模式及案例分析及初擬地下水最佳利用分區

- 1、配合水資源政策綱領、地下水管制辦法及其他上位政策之推動執行措施，綜合檢討地表與地下水供應系統
- 2、山丘區、平原區地下水資源可利用量之估算；地下水資源現況利用量、未來利用量之估算；地下水資源背景水質現況與水質變化趨勢之探討
- 3、配合水資源政策綱領、地下水管制辦法及其他上位政策之推動執行措施，針對各研究區域發展單目標地表地下最佳潛能模式及案例分析
 - (1)地表地下水最佳潛能模式發展及簡例應用
 - (2)地表地下水資源概念模式建立
 - (3)地表地下水聯合模擬模式建立
 - (4)地表地下水整體最佳潛能及其對應之抽水/補注分區與抽水型態計算

第二年：地下水資源短期營運及案例分析

- 1、乾旱時期地表水資源調配與分析
- 2、乾旱時期地下水模式建立
- 3、救旱井設置原則建立
- 4、救旱井對地下水影響評估
- 5、乾旱時期水資源調配綜合分析
- 6、救旱井規劃輔助子系統設計

第二章 乾旱時期地表水調配與分析

本計畫藉由濁水溪沖積扇和南部地區之地表水長期調配模擬，分析得到每年最大連續缺水天數，並根據此訊息來判斷缺水的嚴重程度。其中以連續缺水天數之超越機率 20%作為乾旱的參考標準，本章節將分析討論兩區域面臨乾旱時期其地表水資源的供水能力。

地表水資源調配模式乃以第一年工作中所建立之地表地下水聯合模擬模式為演算核心，惟在此僅注重於地表水資源的調配模擬，對於地下水則以每日穩定供水水源方式模擬之，模擬時地表水資源的調配仍依循濁水溪沖積扇與南部區域之水源運用原則。此外，本研究在公共用水需求量推求上，將以民國 100 年和民國 95 年之中成長和低成長模擬考量，藉以模擬不同情況乾旱發生時之地表水資源的調供能力。本計畫於模式模擬完後均會計算公共用水和農業用水的缺水量、缺水率和年缺水指數(SI)，藉由公共用水和農業用水之缺水量、缺水率和年缺水指數的求取將能更清楚地呈現各區之水資源供需情況。

2.1 濁水溪沖積扇

2.1.1 水資源系統架構

本區域地表水水源之供給主要依賴濁水溪及其支流清水溪，水利署規劃未來在清水溪興建湖山水庫以引取清水溪豐水期餘水蓄存，使濁水溪流域之地表水資源能發揮更大效益。

本區域之水資源系統中除考量現有水工結構物之外，並將湖山水庫及其相關之引水設施納入考量，水資源調配系統如圖 2.1.1-1 所示。

2.1.2 水源運用原則

1、水庫操作方式

(1) 霧社水庫

1. 當水庫水位高於運轉規線時，在霧社水庫發生滿庫前，水庫之總放水量，應以不超過萬大電廠一、二號機所需之最大發電水量，但不致使武界壩發生溢流為原則。
2. 當水庫水位低於運轉規線時，霧社水庫之總放水量以當日（霧社溪）河川天然流量為原則；萬大電廠一、二號機則以集中於系統尖峰時段運轉。

根據「萬大發電廠霧社水庫操作原則」，平時水庫水位以保持 1004.6 公尺以下為原則，洪水時水庫水位以保持 1003 公尺以下為原則，超過此限盡量滿載發電將水位降至上述原則以下。

(2) 日月潭水庫

1. 當水庫水位高於運轉規線時，日月潭水庫之放水量，在不影響尖峰時段電力供應及河川下游標的用水量之情形下，酌量節制放水。
2. 當水庫水位低於運轉規線時，水庫以濁水溪在武界壩處之河川天然流量放水。

台電公司「濁水溪上游支流引水利用計畫可行性研究報告」所提及，每年第 1 旬至第 9 旬及第 28 旬至第 36 旬，優先滿足大觀及及鉅工兩電廠每日 24 小時，維持 5 萬千瓦霧社水庫作 AGC 運轉；每年第 10 旬至第 27 旬，優先滿足大觀及及鉅工兩電廠每日 6 小時尖峰滿載運轉，並維持 18 小時 5 萬千瓦出力之 AGC 運轉。將達成上述發電標的之用水量平均至全日，分別為 14.06cms 及 21.33cms。

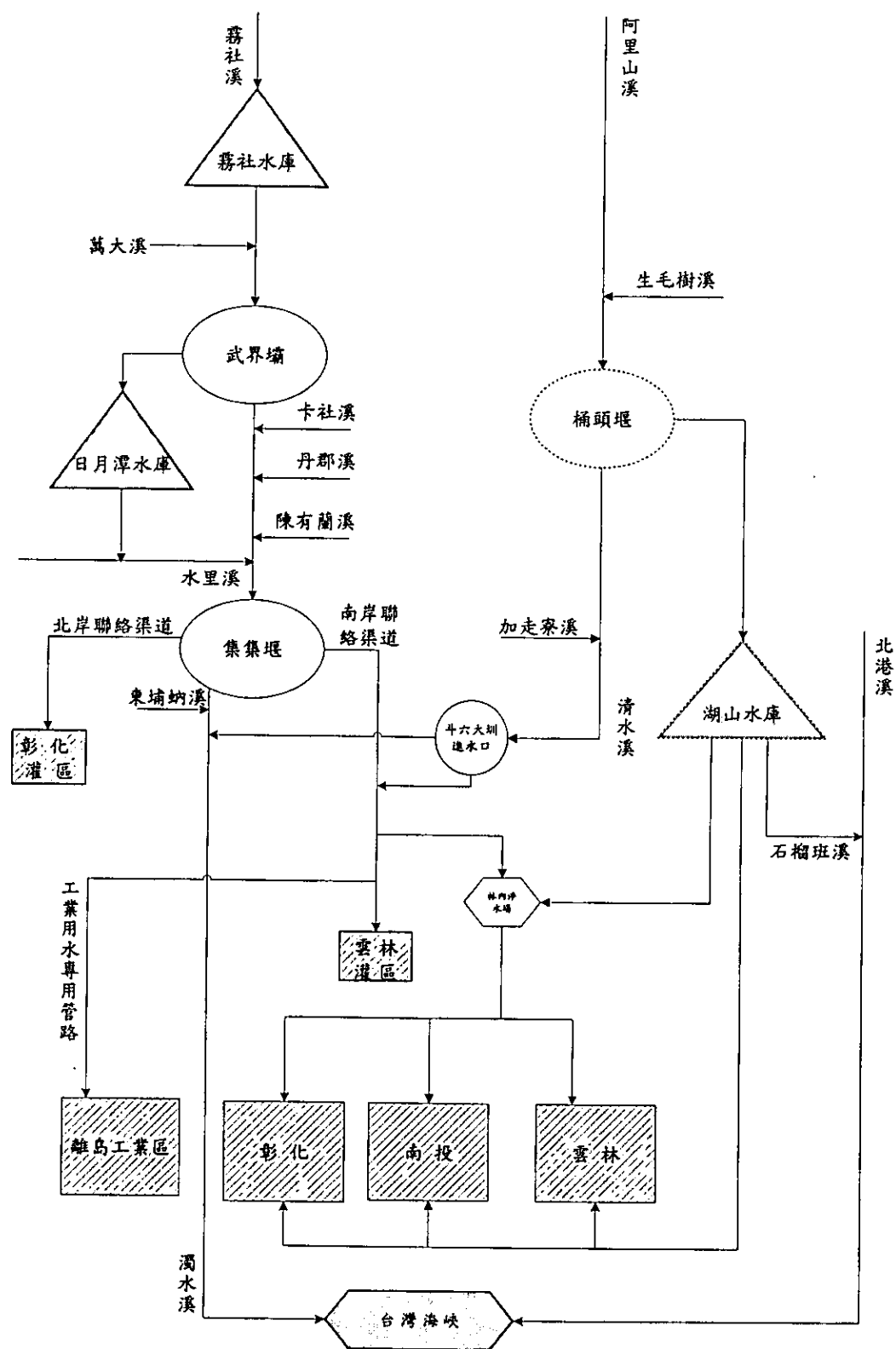


圖 2.1.1-1 濁水溪沖積扇水資源調配系統圖

(3) 湖山水庫

湖山水庫計畫由桶頭堰引取清水溪豐水期餘水，配合集集攔河堰運用，期能滿足雲林、南投地區公共用水及離島工業區長期用水需求，預計民國 97 年完工。本計畫中暫不考慮其規線操作

2、集集攔河堰操作方式

根據集集堰運用要點（草案）中規定，攔河堰操作水位於枯水期（每年 10 月 1 日至次年 5 月 31 日止）可蓄水利用，豐水期（6 月 1 日至 9 月 30 日）則需開啟溢洪閘門不蓄水。

3、水源水量運用順序

- (1) 清水溪川流水
- (2) 集集堰川流水
- (3) 集集堰蓄水
- (4) 湖山水庫蓄水

4、集集共同引水計畫各標的之水權順序

- (1) 生態基流量：0.6CMS。
- (2) 自來水公司優先引取清水溪水源 10 萬 CMD。
- (3) 農業用水：包括台灣省彰化農田水利會灌區、台灣省雲林農田水利會灌區、八卦山旱灌用水。
- (4) 工業用水：雲林離島式基礎工業區（民國 108 年，每日 86 萬立方公尺）。
- (5) 扣除 10 萬 CMD 優先取水後之公共給水。

2.1.3 乾旱時期地表水模擬模式建立

本計畫所應用之水源調配模式是以線性規劃為計算核心模擬分析水資源調配情況，當地表水資源概念模式建構完成後，即可根據水資源調配系統圖、水源運用原則及各種限制條件進一步建構實際模擬之網流系統、目標函數及相關限制式。

模擬網流系統及變數定義

由於區域內某些淨水廠是由地下水供應其水源，因此本計畫將此類水源以穩定供水量模擬之，其中此類地下水水源提供雲林每日 247455 立方公尺、提供彰化每日 441800 立方公尺，根據圖 2.1.1-1，可進一步建構濁水溪沖積扇水資源網流系統，如圖 2.1.3-1 所示。

圖 2.1.3-1 中各變數之定義如下：

$I_{cs1}(t)$ ：霧社水庫入流量。

$I_{c1}(t)$ ：萬大溪流量。

$I_{c2}(t)$ ：(卡社溪+丹郡溪+陳有蘭溪) 流量。

$I_{c3}(t)$ ：桶頭堰址流量。

$I_{c4}(t)$ ：加走寮溪流量。

$d_{ci}(t)$ ($i=1\sim4$)：各堰壩、取水口引水量。

$R_{ci}(t)$ ($i=1\sim9$)：各河段之川流量。

$u_{ci}(t)$ ($i=1\sim10$)：公共用水供水量。

D_{ci} ($i=1\sim4$)：公共用水需水量。

$D_{1.16cms}$ ：自來水公司優先引取清水溪水源 10 萬 CMD。

$A_{ci}(t)$ ($i=1\sim2$)：各灌區農業計畫用水量。

$a_{ci}(t)$ ($i=1\sim2$)：各灌區農業實際用水量。

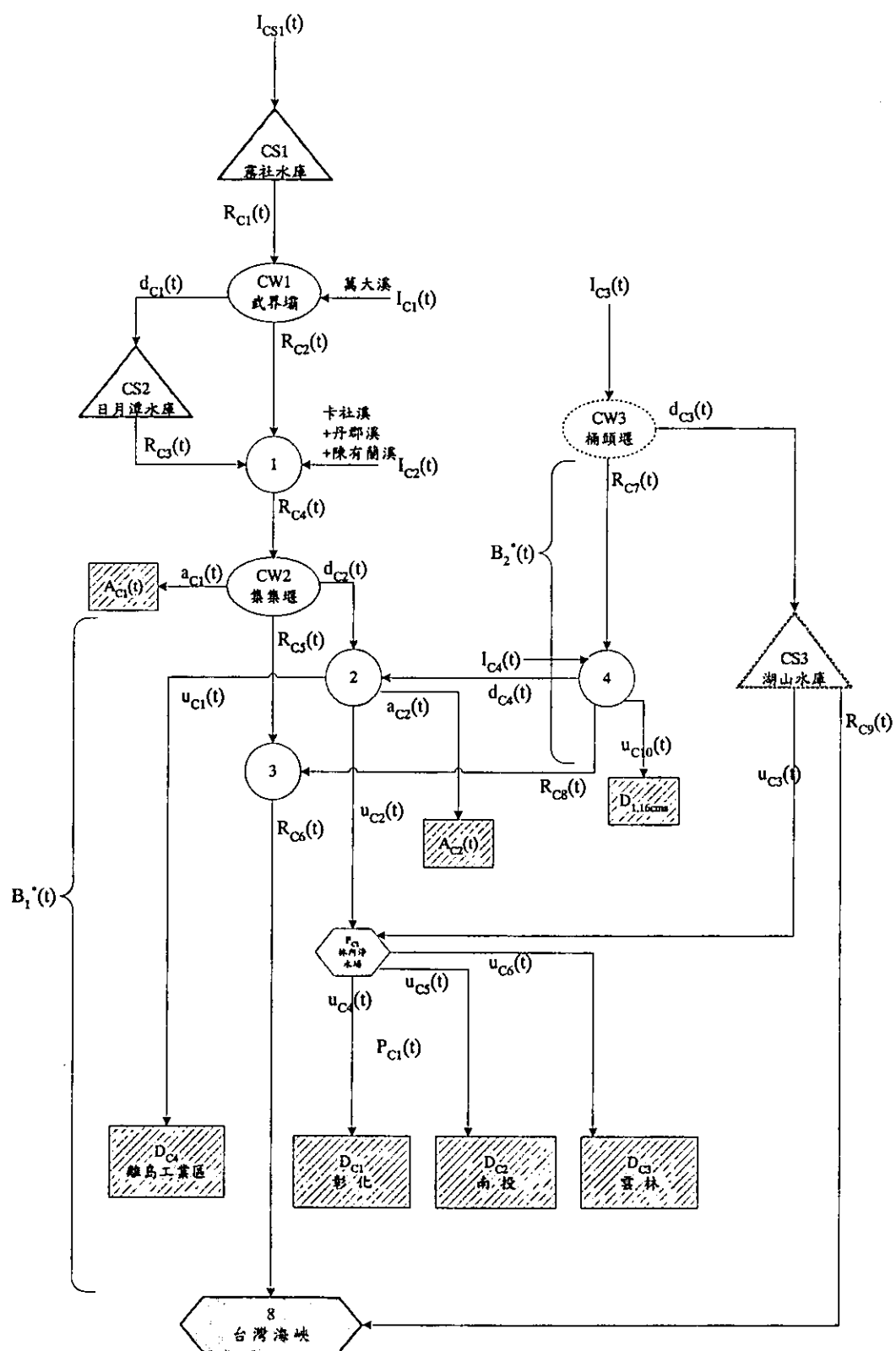


圖 2.1.3-1 濁水溪沖積扇水資源網流系統圖

模擬模式模擬原則

- (1) 模擬時期為民國 48~89 年，且採用日操作。
- (2) 所有已知量包括公共用水需水量、生態基流量、入流量及農業計畫需水量等皆需先行求得。
- (3) 各標的滿足之優先順序根據集集共同引水計畫各標的之水權順位依序為：1.自來水公司優先引取清水溪水源每日 10 萬立方公尺，2.彰化、雲林灌區農業計畫用水量，3.離島工業區工業用水需水量，4.扣除自來水公司優先引取清水溪水源每日 10 萬立方公尺後之公共用水需水量。
- (4) 霧社水庫與日月潭水庫依據其發電用運轉規線操作放水。
- (5) 集集攔河堰在枯水期（每年 10 月 1 日至次年 5 月 31 日止）時可蓄水利用。
- (6) 線性規劃模式主要計算之變量為各農業用水供水量、公共用水供水量、河川川流量。

模式演算流程

- (1) 輸入程式模擬所需相關資料，例如各流量資料、各水庫之基本資料、各需求節點之計劃需水量...等。
- (2) 計算 t 時刻水庫之蓄水體積(放水前)。
- (3) 以線性規劃模式計算 t 時刻各標的之配水量即農業用水供水、公共用水供水量、各河川川流量及水庫 $t+1$ 時刻之蓄水體積(放水後)。
- (4) 判斷是否已完成模擬時間，若是則進行到第 5 步驟，如果還未完成模擬時間則回到第 2 步驟，重複上述步驟 2-3 之計算，直到完成模擬時間。
- (5) 輸出相關結果。

模式演算流程如圖 2.1.3-2 所示。

2.1.4 線性規劃模式

由前述及圖 2.1.3-2 可知線性規劃為模擬模式分配水量計算的演算核心，以下將進一步針對濁水溪沖積扇水源調配的線性規劃模式說明。

1、已知值

$S_{csi}(t)$ ($i=1\sim3$)：各水庫 t 時刻之蓄水體積。

$S_{cw1}(t)$ ：集集堰 t 時刻之蓄水體積。

$I_{cs1}(t)$ ：霧社水庫入流量。

$I_{c1}(t)$ ：萬大溪流量。

$I_{c2}(t)$ ：(卡社溪+丹郡溪+陳有蘭溪) 流量。

$I_{c3}(t)$ ：桶頭堰址流量。

$I_{c4}(t)$ ：加走寮溪流量。

D_{ci} ($i=1\sim4$)：公共用水需水量。

$D_{1.16cms}$ ：自來水公司優先引取清水溪水源 10 萬 CMD。

$A_{ci}(t)$ ($i=1\sim2$)：各灌區農業計畫需水量。

d_{c1max} ：武界隧道容量限制，41.13CMS。

d_{c2max} ：集集堰南岸進水口最大取水量，108CMS。

d_{c3max} ：集集堰北岸進水口最大取水量，77CMS。

d_{c4max} ：桶頭堰最大引水量，20CMS。

d_{c5max} ：斗六大圳進水口最大引水量，20CMS。

C_{CP1} ：林內淨水場最大處理容量，20 萬 CMD。

B_1 ：集集堰發生機率 95%之河川流量，0.6CMS。

$B_2(t)$ ：桶頭堰址下游保留水量。

$B_1^*(t)$ ：修正後集集堰下游保留水量= $\text{Min}\{(I_{cs1}(t)+I_{c1}(t)+I_{c2}(t)), B_1\}$

$B_2^*(t)$ ：修正後桶頭堰址下游保留水量= $\text{Min}\{I_{c3}(t), B_2(t)\}$

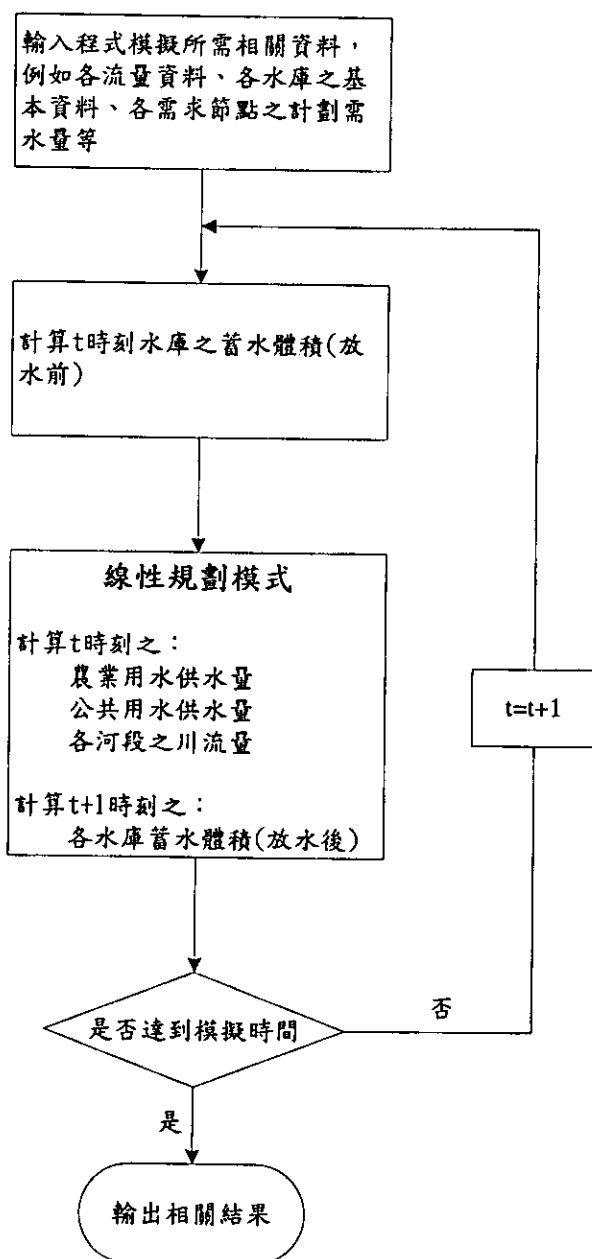


圖 2.1.3-2 濁水溪沖積扇地表水模擬模式演算流程圖

2、變數

$d_{ci}(t)$ ($i=1\sim4$): 各堰壩、取水口引水量。

$R_{ci}(t)$ ($i=1\sim9$): 各河段之川流量。

$u_{ci}(t)$ ($i=1\sim10$): 公共用水供水量。

$a_{ci}(t)$ ($i=1\sim2$): 各灌區農業實際用水量。

3、目標函數

本計畫區域之目標函數如下：

$$\text{Min}\{w_1[D_{1.16\text{cms}}-u_{c10}(t)]+w_2[X_{C1}+X_{C2}]+w_3X_{C3}+w_4[X_{C4}+X_{C5}+X_{C6}] \\ +w_5[R_{c6}(t)+R_{c9}(t)] + w_6u_{c3}(t)\}$$

X_{C1} : 彰化灌區缺水量= $A_{c1}(t)-a_{c1}(t)$

X_{C2} : 雲林灌區缺水量= $A_{c2}(t)-a_{c2}(t)$

X_{C3} : 離島工業區缺水量= $D_{c4}-u_{c1}(t)$

X_{C4} : 彰化地區公共用水缺水量= $D_{c1}-u_{c4}(t)$

X_{C5} : 南投地區公共用水缺水量= $D_{c2}-u_{c5}(t)$

X_{C6} : 雲林地區扣除 $D_{1.16\text{cms}}$ 後之公共用水缺水量= $D'_{c3}-u_{c6}(t)$

D'_{c3} : 雲林地區扣除 $D_{1.16\text{cms}}$ 後之公共用水需水量

w_i ($i=1\sim6$): 各項次之權重，其大小順序如下

$$w_1>w_2>w_3>w_4>w_5>w_6$$

權重的大小即代表各標的之滿足優先順序。

目標函數各項次之設計為各標的實際供水與其對應需求之差值，而對目標函數最小化之目的是為使整體水資源調配能更合理更有效率，加入 $w_5[R_{c6}(t)+R_{c12}(t)]$ 是為使溢流量最小；而加入 $w_6u_{c3}(t)$ 則是為了符合濁水溪流域之水源水量運用順序，優先使用清水溪川流水，再來依序使用集集堰川流水、集集堰蓄水，最後才使用湖山水庫蓄水。

4、限制式

(1) 各節點之質量平衡方程式

$$\text{節點 CS1 : } S_{cs1}(t+1)=S_{cs1}(t)+I_{cs1}(t)-R_{c1}(t)$$

$$\text{節點 CW1 : } I_{c1}(t)+R_{c1}(t)=d_{c1}(t)+R_{c2}(t)$$

$$\text{節點 CS2 : } S_{cs2}(t+1)=S_{cs2}(t)+d_{c1}(t)-R_{c3}(t)$$

$$\text{節點 1 : } I_{c2}(t)+R_{c2}(t)+R_{c3}(t)=R_{c4}(t)$$

$$\text{節點 CW2 : } S_{cw2}(t+1)=S_{cw2}(t)+R_{c4}(t)-a_{c1}(t)-d_{c2}(t)-R_{c5}(t)$$

$$\text{節點 2 : } d_{c2}(t)+d_{c4}(t)=u_{c1}(t)+u_{c2}(t)+a_{c2}(t)$$

$$\text{節點 3 : } R_{c5}(t)+R_{c8}(t)=R_{c6}(t)$$

$$\text{節點 CW3 : } I_{c3}(t)=d_{c3}(t)+R_{c7}(t)$$

$$\text{節點 4 : } I_{c4}(t)+R_{c7}(t)=R_{c8}(t)+d_{c4}(t)+u_{c10}(t)$$

$$\text{節點 CS3 : } S_{cs3}(t+1)=S_{cs3}(t)+d_{c3}(t)-R_{c9}(t)-u_{c3}(t)$$

$$\text{節點 CP1 : } u_{c2}(t)+u_{c3}(t)=u_{c4}(t)+u_{c5}(t)+u_{c6}(t)$$

(2) 其他限制條件

$$57880000 \leq S_{cs1}(t+1) \leq 145000000$$

$$21050000 \leq S_{cs2}(t+1) \leq 171600000$$

$$1290000 \leq S_{cs3}(t+1) \leq 53470000$$

$$4430000 \leq S_{cw2}(t+1) \leq 14480000$$

$$d_{c1}(t) \leq d_{c1\max}$$

$$d_{c2}(t) \leq d_{c2\max}$$

$$a_{c1}(t) \leq d_{c3\max}$$

$$d_{c3}(t) \leq d_{c4\max}$$

$$d_{c4}(t) \leq d_{c5\max}$$

$$u_{c2}(t) \leq C_{CP1}$$

$$R_{ci}(t) \geq 0 \quad (i=1\sim 9)$$

$$R_{c5}(t) \geq B_1^*(t)$$

$$R_{c7}(t) \geq B_2^*(t)$$

2.1.5 模式模擬結果

本計畫公共用水量以民國 100 年和民國 95 年之中成長和低成長方式模擬之，各地區公共需求量推估值如表 2.1.5-1~表 2.1.5-3 所示。依上述推估結果分析四種不同考量方案下之地表水調配情形。其模擬結果如表 2.1.5-4 所示，各方案之農業用水年平均缺水量介於 38311~38656 萬噸，農業用水年平均缺水率介於 0.134~0.135，農業年 SI 介於 2.364~2.412，各方案之農業缺水情況變動不大，這乃是因為本區域對於農業用水的考量僅以水庫入流量提供之，庫容的可利用水量並不提供給農業用水(除發電尾水供應公共需求後尚有多餘的量外)，因此農業用水缺水情況變異不大。另外公共用水方面，各方案年 SI 介於 1.292~6.725，都超過 SI=1 的容許缺水情況，其平均缺水率介於 0.033~0.125，平均缺水量介於 1975~9578 萬噸。

本計畫以每年最大連續缺水天數來判斷缺水的嚴重程度，其中以連續缺水天數之超越機率 20%作為乾旱的參考標準，各方案之超越機率圖如圖 2.1.5-1 所示，由圖可得到各方案對應之缺水天數，並找出該天數所對應之缺水量，如表 2.1.5-5 所示。結果顯示乾旱時期各方案之缺水量普遍偏高，因此需找尋替代水源以作為乾旱時期緊急應變之用，由於本區域之地下水量豐沛，因此擬設置救旱井作為乾旱時期緊急調配水源為可行方案之一。

表 2.1.5-1 南投地區公共給水需求量推估表

單位：萬立方公尺/日

供水標的		民國95年	民國100年	民國105年	民國110年
生活用水	低成長	16.4	16.9	17.4	17.8
	中成長	16.4	16.9	17.4	17.8
工業用水	低成長	1.4	1.4	1.5	1.6
	中成長	1.4	1.4	1.5	1.6
合計	低成長	17.8	18.4	18.9	19.4
	中成長	17.8	18.4	18.9	19.4

(資料來源：中部地區水資源整體規劃檢討，經濟部水利署，2002)

表 2.1.5-2 彰化地區公共給水需求量推估表

單位：萬立方公尺/日

供水標的		民國95年	民國100年	民國105年	民國110年
生活用水	低成長	37.7	41.5	42.9	44.2
	中成長	37.7	41.5	42.9	44.2
工業用水	低成長	37.9	39.9	40.1	40.3
	中成長	37.9	39.9	40.1	40.3
合計	低成長	75.5	81.5	83	84.6
	中成長	75.5	81.5	83	84.6

(資料來源：中部地區水資源整體規劃檢討，經濟部水利署，2002)

表 2.1.5-3 雲林地區公共給水需求量推估表

單位：萬立方公尺/日

供水標的		民國95年	民國100年	民國105年	民國110年
生活用水	低成長	23.8	23.6	23.9	24.2
	中成長	23.8	23.6	23.9	24.2
工業用水	低成長	48.9	84.4	84.5	114.4
	中成長	49.7	85.9	85.9	115.9
合計	低成長	72.7	108.0	108.4	138.6
	中成長	73.5	109.5	109.8	140.1

(資料來源：中部地區水資源整體規劃檢討，經濟部水利署，2002)

表 2.1.5-4 濁水溪不同方案之模擬結果

		農業用水	公共總用水	南投公共用水	彰化公共用水	雲林公共用水
民國 100 年中 成長(方案一)	年平均缺水(萬噸)	38656	9578	1441	3043	5094
	年平均缺水率	0.135	0.125	0.215	0.102	0.127
	年 SI	2.412	6.725	7.511	8.038	5.969
民國 100 年低 成長(方案二)	年平均缺水(萬噸)	38648	9229	1402	2969	4858
	年平均缺水率	0.135	0.122	0.209	0.100	0.123
	年 SI	2.411	6.455	7.203	7.722	5.716
民國 95 年中成 長(方案三)	年平均缺水(萬噸)	38316	2073	437	853	783
	年平均缺水率	0.134	0.034	0.067	0.031	0.029
	年 SI	2.364	1.368	1.442	1.751	1.094
民國 95 年低成 長(方案四)	年平均缺水(萬噸)	38311	1975	420	820	736
	年平均缺水率	0.134	0.033	0.065	0.030	0.028
	年 SI	2.364	1.292	1.361	1.644	1.037

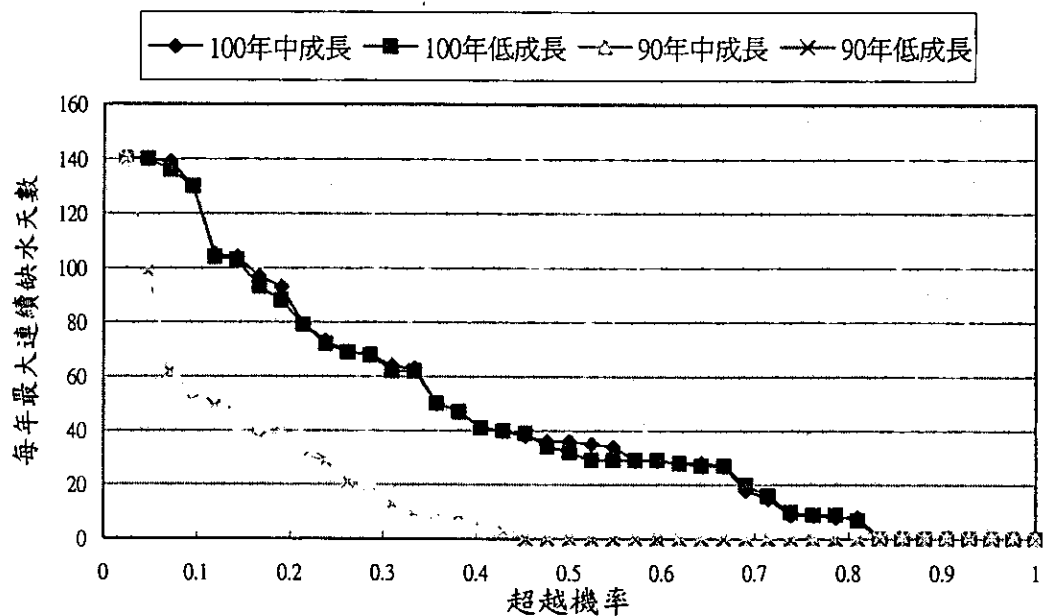


圖 2.1.5-1 濁水溪各方案之超越機率圖

表 2.1.5-5 濁水溪各方案超越機率 20%下對應之連續缺水天數和缺水量

	超越機率 (%)	連續缺水天數 (天)	連續缺水量 (萬 m3)
民國 100 年中成長 (方案一)	20	92	9104
民國 100 年低成長 (方案二)	20	87	9939
民國 95 年中成長 (方案三)	20	39	3360
民國 95 年低成長 (方案四)	20	30	2611

2.2 南部地區

2.2.1 水資源系統架構

由於嘉南平原南段與屏東平原之地表水來源主要皆由高屏溪及其上游支流旗山溪、荖濃溪等取水，為使兩平原之地表地下水資源能有一整體性之規劃調配，本計畫於水資源系統架構中將嘉南平原及屏東平原合併為南部區域，統一調配兩平原之地表水資源。

南部區域現況地表水水源之供給主要依賴曾文溪水系之曾文、烏山頭、南化水庫及高屏溪水系之高屏溪攔河堰、澄清湖、鳳山水庫，為因應逐年遞增的用水需求，本計畫參考「台灣地區南部區域水資源綜合發展計畫」及「美濃水庫規劃檢討-一、基本資料補充調查與檢討（一）高屏溪水源運用檢討工作」報告將南化與高屏溪堰聯合運用輸水幹線計畫、阿公店水庫更新、曾文越域引水計畫一併納入系統中考量。至於美濃水庫因民情阻力而致使開發進度延宕，至今仍未能動工，而瑪家水庫屬大型在槽水庫，不利水庫防淤，且需大量遷移原住民部落，可行性甚低，故在此不將上述二案納入系統中考量。南部區域之水資源調配系統如圖 2.2.1-1 所示。

2.2.2 水源運用原則

1、水庫操作方式

（1）曾文-烏山頭水庫

曾文-烏山頭水庫為一組串聯運用多目標水庫，曾文水庫放水量由東口攔河堰引取，經輸水隧道流入烏山頭水庫，再由烏山頭水庫對外供應各標的用水。目前曾文-烏山頭水庫訂有一組運用規線分別為上限、下限與嚴重下限，皆為供水規線，本計畫對於曾文-烏山頭水庫即依此組規線進行操作放水。

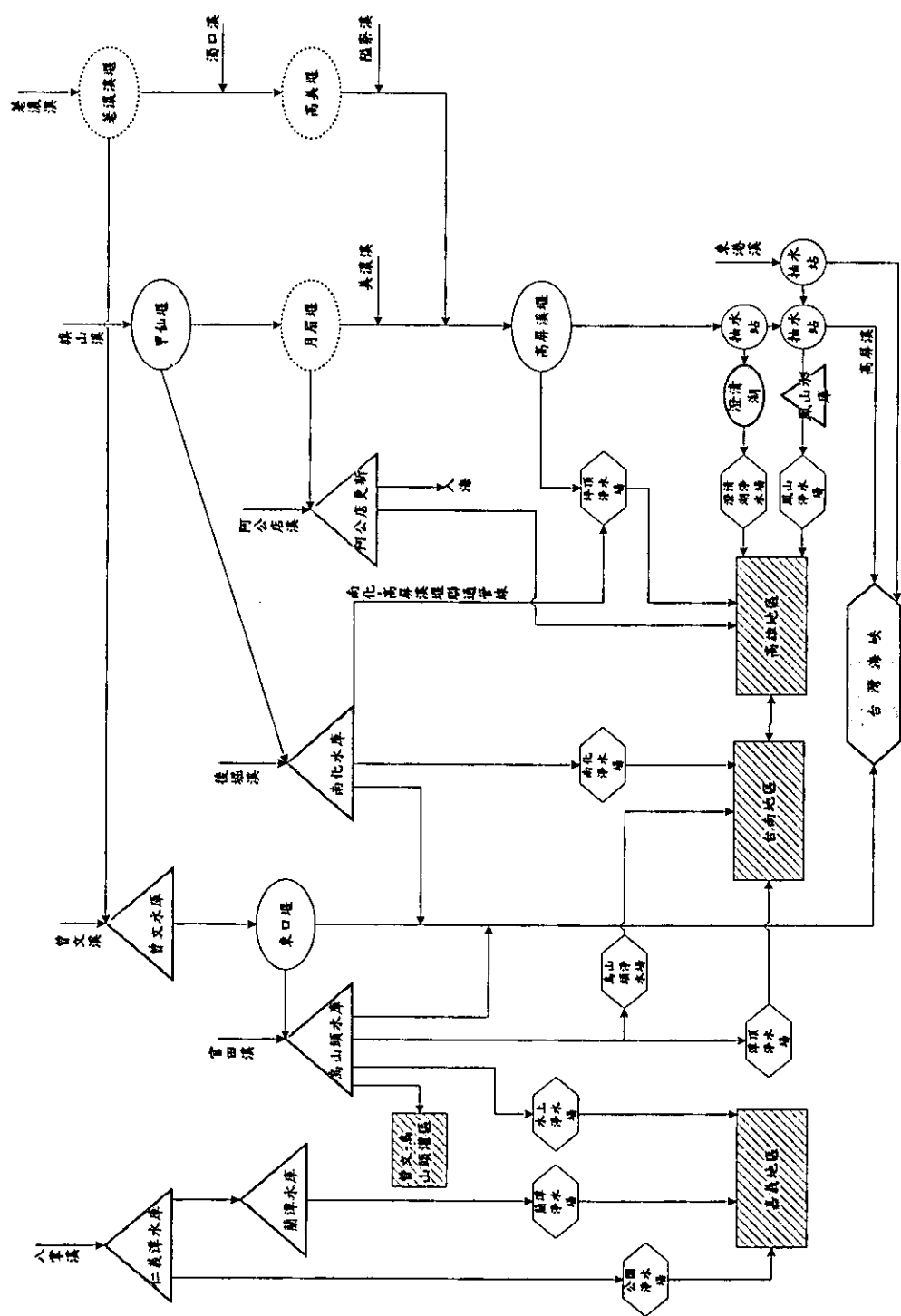


圖 2.2.1-1 南部區域水資源調配系統圖

(2) 南化水庫

南化水庫原運用規線目前已不符實際營運情況，本計畫對於南化水庫將以全有效庫容操作，不考量其運用規線。

(3) 阿公店更新工程

阿公店水庫於更新工程完工後可由月眉堰引取旗山溪水蓄存，供給大高雄地區民生用水。

2、攔河堰操作方式

各攔河堰之操作方式如表 2.2.2-1 所示。

3、水源水量運用順序

- (1) 豐水期優先由高屏溪堰引水供給高雄、台南用水區，若仍缺水再由南化、曾文-烏山頭水庫供應。
- (2) 枯水期時高屏溪堰不引水，台南地區用水由南化及曾文-烏山頭水庫供水，高雄地區用水則由澄清湖、鳳山水庫及阿公店水庫供水，兩區可由南高一線相互支援。
- (3) 曾文-烏山頭水庫需優先供應嘉南農田水利會之農業灌溉需水量。

表 2.2.2-1 計畫區域內各攔河堰之引水規則

水 源 設 施	引 水 規 則
甲仙堰	1. 攔取旗山溪水量越域注入南化水庫蓄存運用。 2. 為避免引入過多含砂量，引水流量上限為 300CMS。 3. 引水路最大輸水容量為 30CMS。 4. 豐水期引水（每年 6 月~10 月），枯水期不引水。 5. 引水期間先保留下游水權量及河川環保流量。
高屏溪堰	1. 為避免引入過多含砂量，引水流量上限為 3000CMS。 2. 豐水期引水（每年 5 月~12 月），枯水期不引水，最大計劃引水量為每日 200 萬立方公尺。 3. 引水期間先保留下游水權量及河川環保流量。 4. 攔引水量直接供應用水區。
荖濃溪堰	1. 攔取荖濃溪水量越域注入曾文水庫蓄存運用。 2. 為避免引入過多含砂量，引水流量上限為 300CMS。 3. 引水路最大輸水容量為 50CMS。 4. 豐水期引水，枯水期不引水。 5. 引水期間先保留下游水權量及河川環保流量。
高美堰	1. 由高美攔河堰注入吉洋人工湖蓄存運用，但本系統僅考慮地表水系統，因此暫不考慮地下水之運用。 2. 引水路最大輸水容量為 30CMS。 3. 不分豐枯水期皆引水。 4. 引水期間先保留下游水權量及河川環保流量。

2.2.3 乾旱時期地表水模擬模式建立

模擬網流系統及變數定義

在南部區域水資源調配系統中，本計畫對於高雄地區之澄清湖、鳳山水庫並不考量其水庫操作原則，而是以每日 84 萬立方公尺穩定供水，至於阿公店水庫則考量其更新工程完工後以每日 10 萬立方公尺穩定供水；對於嘉義地區之蘭潭、仁義潭水庫亦不考量其水庫操作原則，而是以每日 15 萬立方公尺穩定供水，故系統對於嘉義地區僅考量烏山頭水庫支援每日 10 萬立方公尺之供水量；另外本計畫並不討論地表地下補注情況，因此吉洋人工湖擬以潛能量 32.3 萬噸作為每日穩定供水量；由於區域內某些淨水廠是由地下水供應其水源，因此本計畫將此類水源以穩定供水量模擬之，其中此類地下水水源提供台南每日 900 立方公尺、提供高雄每日 317690 立方公尺，如此可進一步化簡南部區域水資源調配系統如圖 2.2.3-1 所示，再依據化簡後之水資源調配系統建構南部區域水資源網流系統如圖 2.2.3-2。

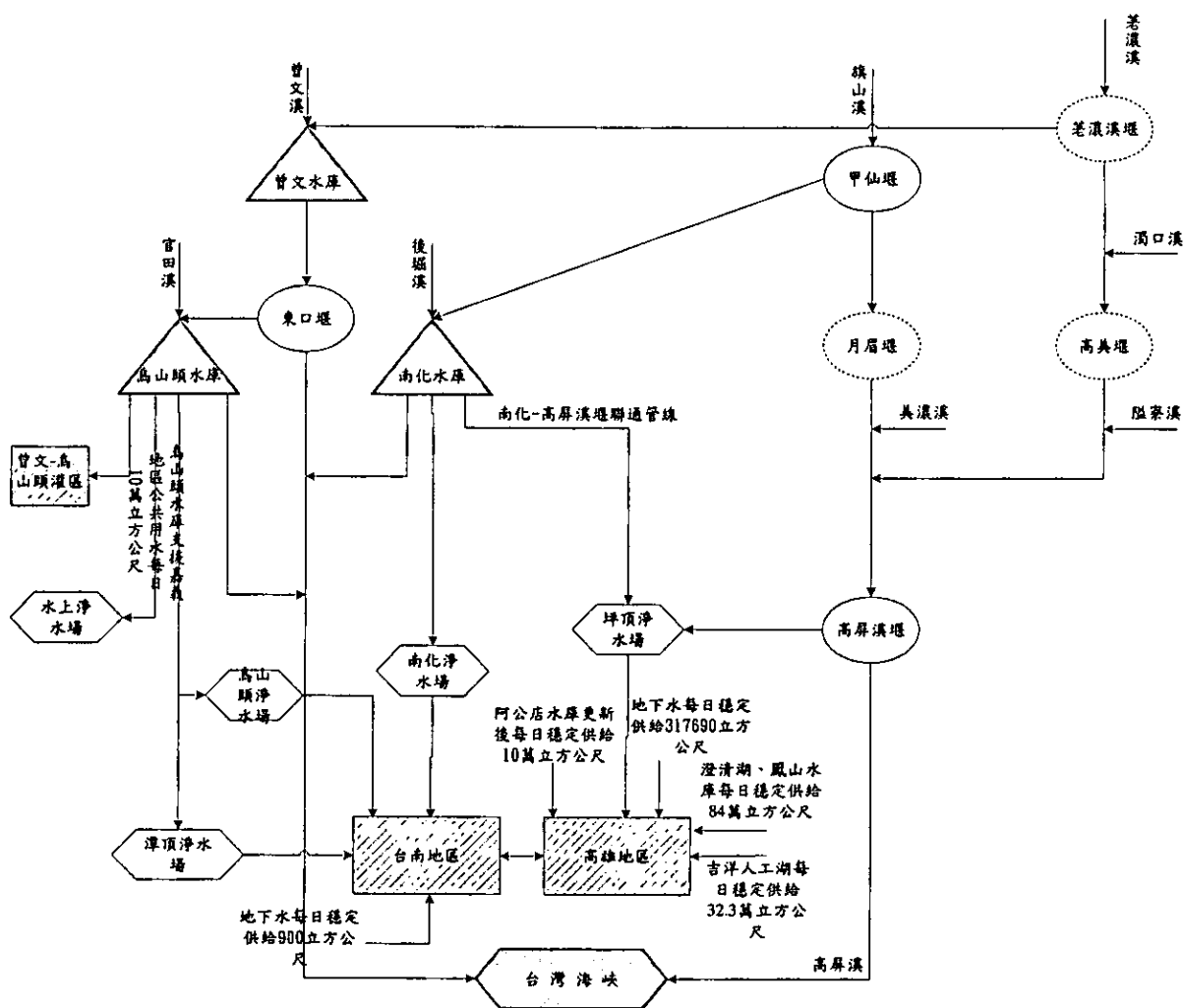


圖 2.2.3-1 化簡後之南部區域水資源調配系統圖

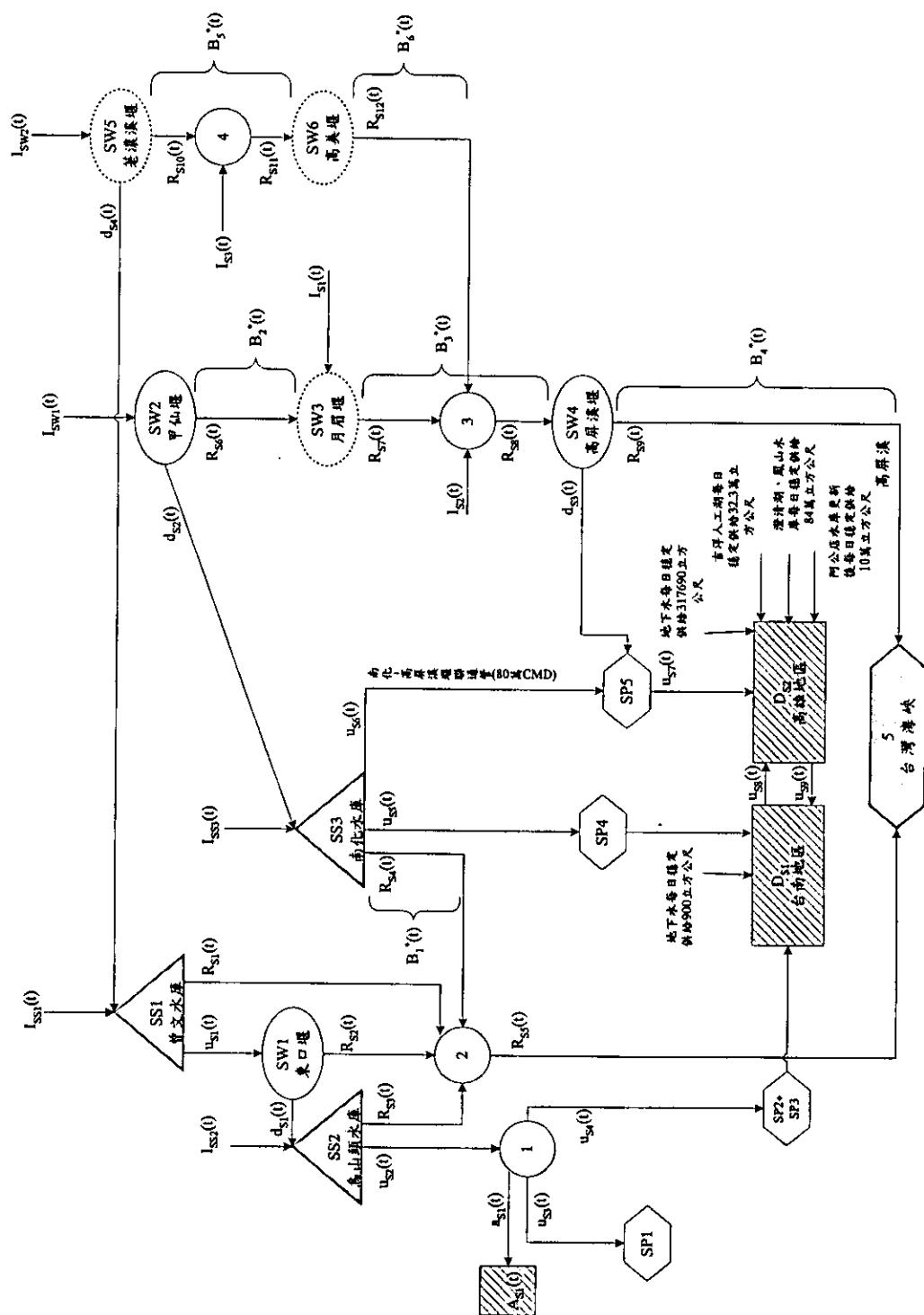


圖 2.2.3-2 南部區域水資源網流系統

圖 2.2.3-2 中各變數之定義如下：

$I_{ss1}(t)$ ：曾文水庫入流量。

$I_{ss2}(t)$ ：烏山頭水庫入流量。

$I_{ss3}(t)$ ：南化水庫入流量。

$I_{sw1}(t)$ ：甲仙堰入流量。

$I_{sw2}(t)$ ：荖濃溪堰入流量。

$I_{si}(t)$ ($i=1\sim3$)：側流量。

$d_{si}(t)$ ($i=1\sim4$)：各堰壩、取水口引水量。

$R_{si}(t)$ ($i=1\sim12$)：各河段之川流量。

$u_{si}(t)$ ($i=1\sim9$)：公共用水供水量。

D_{si} ($i=1\sim3$)：公共用水需水量。

$A_{s1}(t)$ ：曾文-烏山頭灌區農業灌溉需水量。

$a_{si}(t)$ ：曾文-烏山頭灌區農業實際用水量。

SP1：水上淨水場。

SP2：烏山頭淨水場。

SP3：潭頂淨水場。

SP4：南化淨水場。

SP5：坪頂淨水場。

模擬模式模擬原則

(1) 模擬時期為民國 48~89 年，且採用日操作。

(2) 所有已知量包括公共用水需水量、生態基流量、入流量及農業計畫需水量等皆需先行求得。

(3) 各標的滿足之優先順序依序為：1. 曾文-烏山頭灌區農業灌溉需水量，2. 烏山頭水庫支援嘉義地區每日 10 萬立方公尺，3. 台南、高雄公共用水需水量。

(4) 曾文-烏山頭水庫依其運用規線操作放水。

(5) 南化水庫以全庫容操作放水。

(6) 線性規劃模式主要計算之變量為各農業用水供水量、公共用水供水量、河川川流量。

模式演算流程

本計畫整合模擬及線性規劃模式進行水資源調配之演算，模式演算步驟如下：

- (1) 輸入已知的相關資料，例如各流量資料、各水庫之基本資料、各需求節點之計劃需水量...等。
- (2) 依據已知資料，計算各水庫於第 t 時刻放水前之可利用蓄水量與指標。
- (3) 再將各水庫之第 t 時刻可利用蓄水量線性累加，計算第 t 時刻對等水庫之可利用蓄水量與指標，此即為第 t 時刻系統之可利用蓄水量與指標。
- (4) 再以第 t 時刻對等水庫之可利用蓄水量對應於系統操作規線所制定之供水規則決定系統第 t 時刻計算總需水量與各需求節點之計算需水量。
- (5) 以第 t 時刻水庫放水前可利用蓄水量之指標決定進行放水之水庫(高指標的水庫群先行放水)。
- (6) 由線性規劃模式求解各水庫之放水量。
- (7) 判斷各水庫之放水量是否滿足需求節點之計算需水量或是各水庫已達呆水位，如果是的話則進行至第 8 步驟；如果否的話則修正 1.第 t 時刻各水庫之可利用蓄水量與指標；2.第 t 時刻各需求節點之計算需水量；3.第 t 時刻各放水容量限制後，再重回至第 5 步驟。

- (8) 計算第 t 時刻各水庫之總放水量。
- (9) 計算第 t 時刻各水庫放水後之蓄水量與指標。
- (10) 判斷是否已完成模擬時間，是的話則進行到第 11 步驟，
如果還未完成模擬時間則回到第 2 步驟，重複上述步驟 2-9
之計算，直到完成模擬時間。
- (11) 輸出相關結果。

模式演算流程如圖 2.2.3-3 所示。

2.2.4 線性規劃模式

由前述及圖 2.2.3-3 可知線性規劃為模擬模式分配水量計算的演算核心，以下將進一步針對南部區域水源調配的線性規劃模式說明。

1、已知值

$S_{ssi}(t)$ ($i=1\sim3$): 各水庫 t 時刻之蓄水體積。

$I_{ss1}(t)$: 曾文水庫入流量。

$I_{ss2}(t)$: 烏山頭水庫入流量。

$I_{ss3}(t)$: 南化水庫入流量。

$I_{sw1}(t)$: 甲仙堰入流量。

$I_{sw2}(t)$: 荖濃溪堰入流量。

$I_{si}(t)$ ($i=1\sim3$): 側流量。

D_{si} ($i=1\sim3$): 公共用水需水量。

$A_{s1}(t)$: 曾文-烏山頭灌區農業灌溉需水量。

d_{s1max} : 烏山嶺引水隧道容量限制，56CMS。

d_{s2max} : 甲仙堰-南化水庫引水路最大輸水容量，30CMS。

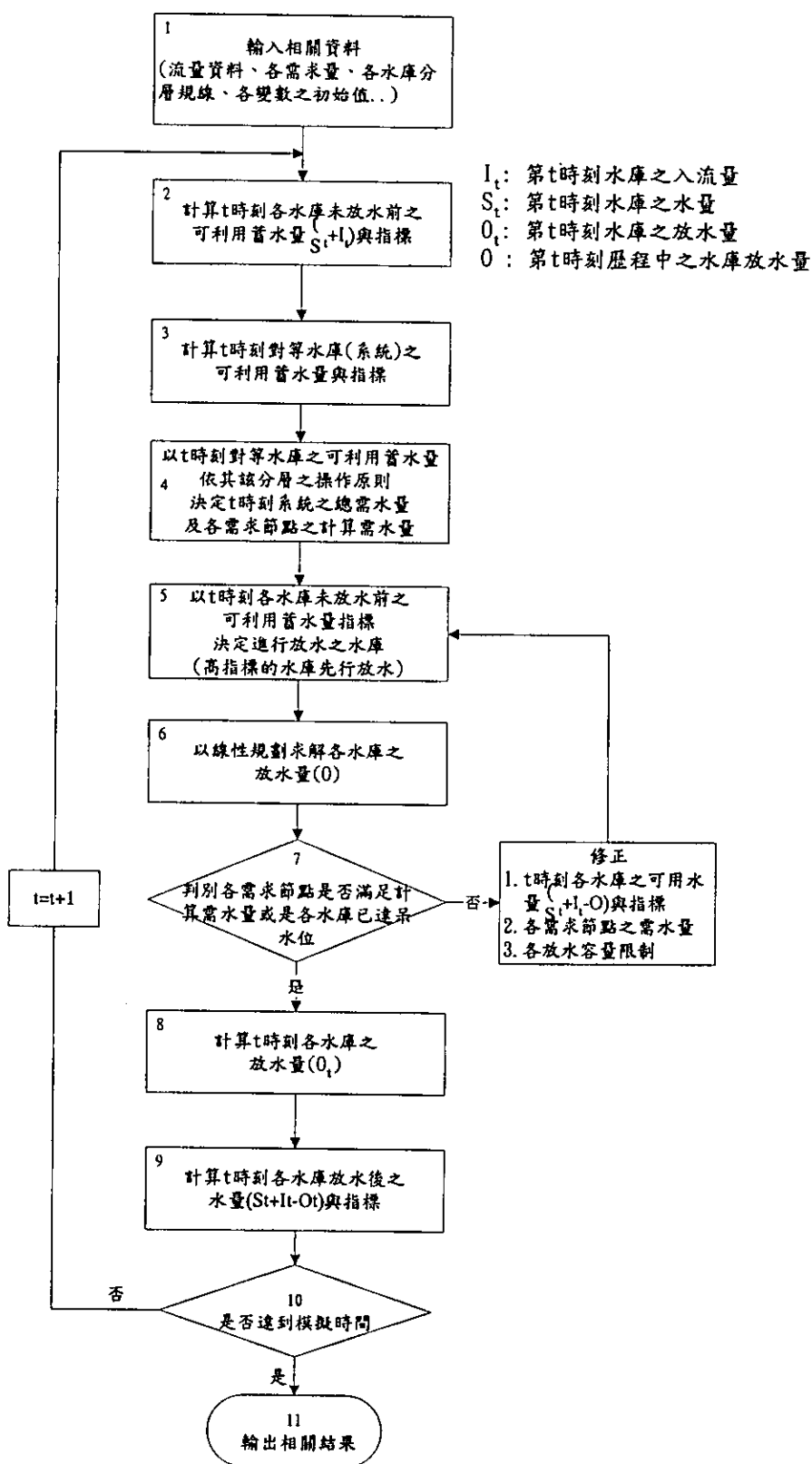


圖 2.2.3-3 南部區域地表水模擬模式演算流程圖

$d_{s3\max}$ ：高屏溪堰-坪頂淨水場管線容量限制，200 萬 CMD。

$d_{s4\max}$ ：荖濃溪堰-曾文水庫引水路最大輸水容量，50CMS。

$d_{s5\max}$ ：南化水庫-高屏溪堰聯通管路容量限制，80 萬 CMD。

$d_{s6\max}$ ：南高一線管路容量限制，65 萬 CMD。

C_{SPi} ($i=1\sim5$)：各淨水場最大處理容量。

$B_1(t)$ ：南化水庫下游保留水量。

$B_2(t)$ ：甲仙堰下游保留水量。

$B_3(t)$ ：月眉堰下游保留水量。

$B_4(t)$ ：高屏溪堰下游保留水量。

$B_5(t)$ ：荖濃溪堰下游保留水量。

$B_6(t)$ ：高美堰下游保留水量。

$B_1^*(t)$ ：修正後南化水庫下游保留水量= $\text{Min}\{I_{SS3}(t), B_1(t)\}$

$B_2^*(t)$ ：修正後甲仙堰下游保留水量= $\text{Min}\{I_{SW1}(t), B_2(t)\}$

$B_3^*(t)$ ：修正後月眉堰下游保留水量= $\text{Min}\{(I_{SW1}(t)+I_{S1}(t)), B_3(t)\}$

$B_4^*(t)$ ：修正後高屏溪堰下游保留水量= $\text{Min}\{(B_3^*(t)+B_6^*(t)), B_4(t)\}$

$B_5^*(t)$ ：修正後荖濃溪堰下游保留水量= $\text{Min}\{I_{SW2}(t), B_5(t)\}$

$B_6^*(t)$ ：修正後高美堰下游保留水量= $\text{Min}\{(I_{SW2}(t)+I_{S3}(t)), B_6(t)\}$

2、變數

$d_{si}(t)$ ($i=1\sim4$)：各堰壩、取水口引水量。

$R_{si}(t)$ ($i=1\sim12$)：各河段之川流量。

$u_{si}(t)$ ($i=1\sim9$)：公共用水供水量。

$a_{s1}(t)$ ：曾文-烏山頭灌區農業灌溉實際用水量。

3、目標函數

本計畫區域之目標函數如下：

$$\text{Min}\{w_1X_{S1}+w_2X_{S2}+w_3[X_{S3}+X_{S4}]+w_4[X_{S5}+X_{S6}+X_{S7}+X_{S8}+X_{S9}] \\ +w_5[R_{S5}(t)+R_{S9}(t)]+w_6[u_{s8}(t)+u_{s9}(t)]\}$$

X_{S1} ：曾文-烏山頭灌區缺水量= $A_{S1}(t)-a_{S1}(t)$

X_{S2} ：烏山頭水庫支援嘉義地區 10 萬 CMD 缺水量= $SP1-u_{S3}(t)$

X_{S3} ：台南公共用水缺水量= $(D_{S1}+u_{S8}(t))-(u_{S4}(t)+u_{S5}(t)+u_{S9}(t))$

X_{S4} ：高雄地區扣除澄清湖、鳳山水庫及阿公店水庫每日 94 萬 CMD 穩定供水後之公共用水缺水量= $(D'_{S2}+u_{S9}(t))-(u_{S7}(t)+u_{S8}(t))$

D'_{S2} ：高雄地區扣除澄清湖、鳳山水庫及阿公店水庫每日 94 萬 CMD 穩定供水後之公共用水需水量。

X_{S5} 、 X_{S6} ：曾文水庫與烏山頭水庫指標平衡差值。

X_{S7} 、 X_{S8} ：曾文-烏山頭水庫與南化水庫指標平衡差值。

X_{S9} ：台南、高雄需求平衡差值。

w_i ($i=1\sim6$)：各項次之權重，其大小順序如下

$$w_1>w_2>w_3>w_4>w_5>w_6$$

權重的大小即代表各標的之滿足優先順序。

目標函數各項次之設計為各標的實際供水與其對應需求之差值，而對目標函數最小化之目的為使整體水資源調配能更合理更有效率，加入 $w_4[X_{S5}+X_{S6}+X_{S7}+X_{S8}]$ 是為了使曾文、烏山頭及南化三座水庫依據指標平衡放水時其差值最小；加入 w_4X_{S9} 是為了使台南與高雄需求平衡差值最小；加入 $w_5[R_{S5}(t)+R_{S9}(t)]$ 是為使溢流量最小；而加入 $w_6[u_{s8}(t)+u_{s9}(t)]$ 則可使南高一線同一時刻只有一個方向有流量值，避免 $u_{s8}(t)$ 、 $u_{s9}(t)$ 均不為 0 的情形發生。

4、限制式

(1) 各節點之質量平衡方程式

$$\text{節點 SS1 : } S_{ss1}(t+1)=S_{ss1}(t)+I_{ss1}(t)+d_{s4}(t)-u_{s1}(t)-R_{s1}(t)$$

$$\text{節點 SW1 : } u_{s1}(t)=d_{s1}(t)+R_{s2}(t)$$

$$\text{節點 SS2 : } S_{ss2}(t+1)=S_{ss2}(t)+I_{ss2}(t)+d_{s1}(t)-R_{s3}(t)-u_{s2}(t)$$

$$\text{節點 1 : } u_{s2}(t)=a_{s1}(t)+u_{s3}(t)+u_{s4}(t)$$

$$\text{節點 2 : } R_{s1}(t)+R_{s2}(t)+R_{s3}(t)+R_{s4}(t)=R_{s5}(t)$$

$$\text{節點 SS3 : } S_{ss3}(t+1)=S_{ss3}(t)+I_{ss3}(t)+d_{s2}(t)-R_{s4}(t)-u_{s5}(t)-u_{s6}(t)$$

$$\text{節點 SW2 : } I_{sw1}(t)=d_{s2}(t)+R_{s6}(t)$$

$$\text{節點 SW3 : } R_{s6}(t)+I_{s1}(t)=R_{s7}(t)$$

$$\text{節點 SW5 : } I_{sw2}(t)=d_{s4}(t)+R_{s10}(t)$$

$$\text{節點 4 : } R_{s10}(t)+I_{s3}(t)=R_{s11}(t)$$

$$\text{節點 SW6 : } R_{s11}(t)=R_{s12}(t)$$

$$\text{節點 3 : } R_{s7}(t)+I_{s2}(t)+R_{s12}(t)=R_{s8}(t)$$

$$\text{節點 SW4 : } R_{s8}(t)=d_{s3}(t)+R_{s9}(t)$$

$$\text{節點 SP5 : } d_{s3}(t)+u_{s6}(t)=u_{c7}(t)$$

$$\text{節點 DS2 : } D_{s1}+u_{s8}(t)=u_{s4}(t)+u_{s5}(t)+u_{s9}(t)+X_{s3}$$

$$\text{節點 DS3 : } D_{s2}+u_{s9}(t)=u_{s7}(t)+u_{s8}(t)+X_{s4}$$

(2) 指標平衡式

曾文水庫與烏山頭水庫指標平衡式：

$$\frac{S_{ss1}(t)+I_{ss1}(t)+d_{s4}(t)-u_{s1}(t)-LAV_{ss1,n}}{LAV_{ss1,n+1}-LAV_{ss1,n}}+(X_5-X_6)=\frac{S_{ss2}(t)+I_{ss2}(t)+d_{s1}(t)-u_{s2}(t)-LAV_{ss2,n}}{LAV_{ss2,n+1}-LAV_{ss2,n}}$$

曾文-烏山頭水庫與南化水庫指標平衡式：

$$\frac{S_{ss1}(t)+I_{ss1}(t)+S_{ss2}(t)+I_{ss2}(t)+d_{s4}(t)-u_{s2}(t)-LAV_{ss4,n}}{LAV_{ss4,n+1}-LAV_{ss4,n}}+(X_7-X_8)=\frac{S_{ss3}(t)+I_{ss3}(t)+d_{s2}(t)-u_{s5}(t)-u_{s6}(t)-LAV_{ss3,n}}{LAV_{ss3,n+1}-LAV_{ss3,n}}$$

其中：

$LAV_{ssi,n}$ =各水庫第 n 層體積 ($i=1\sim4$)

(3) 台南、高雄需求平衡式

$$\frac{1}{D_{s1}} X_3 - \frac{1}{D'_{s2}} X_4 - X_9 = 0$$

(4) 其他限制條件

$$0 \leq S_{ss1}(t+1) \leq 600950000$$

$$0 \leq S_{ss2}(t+1) \leq 81450000$$

$$0 \leq S_{ss3}(t+1) \leq 134550000$$

$$d_{s1}(t) \leq d_{s1max}$$

$$d_{s2}(t) \leq d_{s2max}$$

$$d_{s3}(t) \leq d_{s3max}$$

$$d_{s4}(t) \leq d_{s4max}$$

$$u_{s6}(t) \leq d_{s5max}$$

$$u_{s8}(t) \leq d_{s6max}$$

$$u_{s9}(t) \leq d_{s6max}$$

$$u_{s4}(t) \leq (C_{SP2} + C_{SP3})$$

$$u_{s5}(t) \leq C_{SP4}$$

$$u_{s7}(t) \leq C_{SP5}$$

$$R_{si}(t) \geq 0 \quad (i=1 \sim 12)$$

$$R_{s4}(t) \geq B_1^*(t)$$

$$R_{s6}(t) \geq B_2^*(t)$$

$$R_{s7}(t) \geq B_3^*(t)$$

$$R_{s9}(t) \geq B_4^*(t)$$

$$R_{s10}(t) \geq B_5^*(t)$$

$$R_{s12}(t) \geq B_6^*(t)$$

2.2.5 模式模擬結果

本計畫公共用水量以民國 100 年和民國 95 年之中成長和低成長方式模擬之，各地區公共需求量推估值如表 2.2.5-1~表 2.2.5-2 所示。依上述推估結果分析四種不同考量方案下之地表水調配情形。其模擬結果如表 2.2.5-3 所示，各方案之農業用水年平均缺水量介於 3222~3740 萬噸，農業用水年平均缺水率介於 0.036~0.042，農業年 SI 介於 0.705~0.845，農業缺水情況普遍不嚴重。另外公共用水方面，除了方案一和方案二之缺水指數 SI 有超過 1，其餘方案的公共用水年 SI 皆小於 1，各方案之公共用水年平均缺水率也僅介於 0.025~0.114，平均缺水量則介於 1489~8715 萬噸，因此在民國 95 年的公共用水成長下，本區域系統之公共用水尚可滿足 SI=1 的容許缺水程度。

本計畫以每年最大連續缺水天數來判斷缺水的嚴重程度，其中以連續缺水天數之超越機率 20%作為乾旱的參考標準，各方案之超越機率圖如圖 2.2.5-1 所示，由圖可得到各方案對應之缺水天數，並找出該天數所對應之缺水量，如表 2.2.5-4 所示。結果顯示乾旱時期各方案之缺水量普遍偏高，因此需找尋替代水源以作為乾旱時期緊急應變之用，由於本區域之地下水量豐沛，因此擬設置救旱井作為乾旱時期緊急調配水源為可行方案之一。

表 2.2.5-1 台南地區公共給水需求量推估表

單位：萬立方公尺/日

供水標的		民國 75年	民國 80年	民國 85年	民國 90年	民國 95年	民國 100年	民國 105年	民國 110年
生活 用水	低成長	36.4	45.7	47.2	56.1	58.7	61	63.2	65.6
	中成長	36.4	45.7	47.2	57.9	63.4	67.9	72.4	76.7
工業用水		4.0	5.7	7.8	15.9	40.0	53.4	71.6	72.4
其他用水		0.2	0.6	0.9	0.9	1.3	1.5	1.8	1.9
合計	低成長	40.6	52.0	56.0	72.8	99.5	115.9	136.6	139.8
	中成長	40.6	52.0	56.0	74.7	104.2	122.9	145.8	150.9

(資料來源：台灣地區南部區域水資源綜合發展計劃，經濟部水資源局，1999)

表 2.2.5-2 高雄地區公共給水需求量推估表

單位：萬立方公尺/日

供水標的		民國 75年	民國 80年	民國 85年	民國 90年	民國 95年	民國 100年	民國 105年	民國 110年
生活 用水	低成長	33.0	48.2	83.7	81.7	87.2	91.4	95.9	100.5
	中成長	33.0	48.2	83.7	84.4	94.2	101.9	109.7	117.6
工業用水		35.4	50.4	65.1	74.1	88.8	95.7	103.1	111.2
其他用水		0.5	0.7	1.2	2.0	2.3	2.5	2.6	2.9
合計	低成長	69.0	99.3	149.9	157.8	178.4	189.6	201.6	214.6
	中成長	69.0	99.3	149.9	160.5	185.4	200.0	215.5	231.6

(資料來源：台灣地區南部區域水資源綜合發展計劃，經濟部水資源局，1999)

表 2.2.5-3 南部地區不同方案之模擬結果

		農業用水	公共總用水	嘉義公共用水	台南公共用水	高雄公共用水
民國 100 年中成長(方案一)	年平均缺水(萬噸)	3740	8715	66	4794	3854
	年平均缺水率	0.042	0.114	0.018	0.107	0.251
	年 SI	0.845	2.133	0.000	2.357	2.326
民國 100 年低成長(方案二)	年平均缺水(萬噸)	3573	5795	62	3280	2453
	年平均缺水率	0.040	0.083	0.017	0.078	0.212
	年 SI	0.800	1.302	0.000	1.439	1.42
民國 95 年中成長(方案三)	年平均缺水(萬噸)	3360	3064	57	1659	1347
	年平均缺水率	0.037	0.048	0.016	0.044	0.135
	年 SI	0.744	0.626	0.000	0.682	0.676
民國 95 年低成長(方案四)	年平均缺水(萬噸)	3222	1489	56	811	622
	年平均缺水率	0.036	0.025	0.015	0.022	0.083
	年 SI	0.705	0.339	0.000	0.358	0.356

註：本計畫所計算之缺水率為缺水量與需求量之比值，而高雄地區之需求量需扣除鳳山、澄清湖之引水量每日 84 萬噸、阿公店更新後每日引水量 10 萬噸、吉洋人工湖每日供應 32.3 萬噸以及淨水場中由地下水源供應每日 31.769 萬噸後，方為本系統地表水所需供應之需求量。

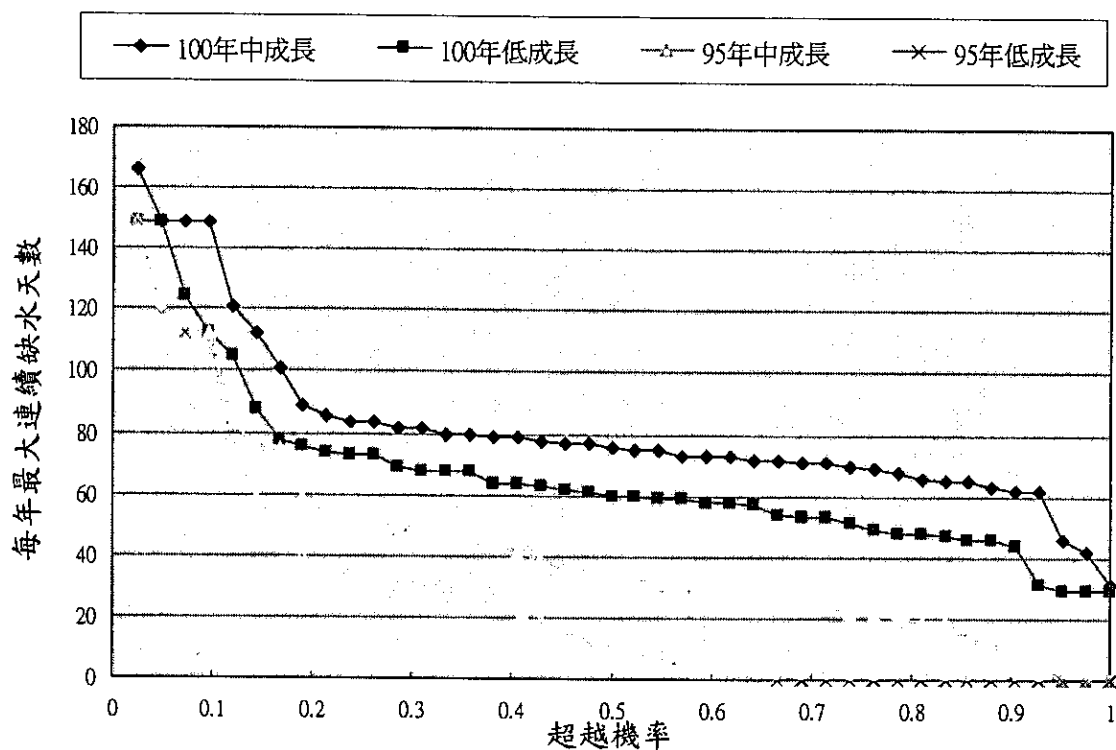


圖 2.2.5-1 南部地區各方案之超越機率圖

表 2.2.5-4 南部地區各方案超越機率 20%下對應之連續缺水天數和缺水量

	超越機率 (%)	連續缺水天數 (天)	連續缺水量 (萬 m3)
民國 100 年中成長 (方案一)	20	87	9514
民國 100 年低成長 (方案二)	20	76	6224
民國 95 年中成長 (方案三)	20	59	4427
民國 95 年低成長 (方案四)	20	39	2558

第三章 乾旱時期地下水流模式建立

本計畫為進一步掌握乾旱時期地下水資源，利用地下水模式模擬，在此運用各區域之土壤資料、土地利用型態與灌溉型態等資料配合乾旱時期之降雨量資料推估地表入滲量，並假設抽水型態不隨雨量之豐枯變化而改變，因此建立乾旱期間之地下水流模式，後續工作將藉之進一步擬定乾旱時期各項處理策略。詳細之方法步驟將於下列各節中說明。

3.1 入滲量推估

一、推估方法

首先就地表入滲補注量推估之概念進行說明，選定之雨量站分佈如圖 3.1.1-1 與 3.1.1-2 所示，地表(不含河川)入滲量推估方法，推估方法如圖 3.1.1-3 所示。本計畫將地表入滲量區分為二類，一為因地表土地利用而有水體存在所造成之入滲，並將地表空間之土地利用如圖 3.1.1-4 與 3.1.1-8、土壤質地如圖 3.1.1-5、3.1.1-6、3.1.1-9、3.1.1-10 地表水體及降雨量之綜合效應評估該區地表入滲量，另一種為因降雨形成之地表入滲量。

因土地利用圖檔將土地利用屬性細分成 95 種，由於分類極細，本計畫將依據其地下水補注來源機制，將其分類簡化，如表 3.1.1-1。而分類過程依據下列處理原則，細述如下：

首先，將養殖魚塭、湖泊、水庫及其它蓄水等長時間蓄水區塊，歸納為靜止水體。由於靜止水體長期浸水的情形下，入滲率接近土壤的飽和入滲率，可視為一個常數，所以入滲補注量的估計可用下式表示：

$$Q=A \times T \times \Phi \dots\dots\dots (3.1-1)$$

A：面積 (L^2)

T：浸水時間 (T)

Φ ：土壤飽和入滲率 (L/T)。

其次，旱作、廢耕地、林業、草生地、裸露地、灌木荒地、公園綠地等等歸為一類，其補注機制與降雨有關，其可透水面積入滲補注量可用下式表示。乾旱時期補注量推估之最大影響因素在於其降雨量遠較平水年小。

$$Q=P \times A \times \alpha \dots\dots\dots (3.1-2)$$

P：平均降雨量 (L)

A：區域面積 (L^2)

α ：降雨入滲補注係數 (無因次)

水田部分在田地灌溉期間，其水田長期浸水可採用式 3.1-1 進行補注量之推估，而在非灌溉之乾枯時期，則以式 3.1-2 之降雨入滲公式進行計算。

此外，河川部分之各類資料極為缺乏，其入滲機制複雜，除受土壤質地影響外，其與地下水之間的水量交換大小也受當地地下水位、河川長度、河川寬度及水位高程等影響，依水位高程及地下水位高度間之差異，一般可將河川（或河段）區分為湧出或入滲河川（或河段），難以單就土壤質地進行補注量之推估。因此，本計畫將以 MODFLOW 模式進行河川部分補注量推估，此項將於後續章節進一步介紹。

二、公式參數說明

在公式 3.1-1、3.1-2 地下水垂向補注來源分項計算中，可以看出主要水文地質和水文參數是土壤飽和入滲率及降雨入滲係數 α ，這兩個參數是計算地下水各項補注量來源的重要依據，因此本計畫對這兩參數的分析及確定是一項重要的基礎工作。以下逐一說明本計畫估算補注量相關參數的輸入值。

1. 飽和入滲率

在飽和狀態下之土壤入滲率有多種求法，如 Darcy 之由水頭、土層、斷面積、滲透時間等因素，求出入滲係數公式；Schlichter 以粒子直徑與孔度；Kozeny 經由孔隙量（可流動水分者）、孔隙形狀，流路扭曲與比表面積關係；Fair 與 Hatch 經孔隙量及比表面積；以及 Zunker 之經由比表面積、粒子形狀、排列及未被水分充填之空隙量（在田間容量時）而誘導之方法，如上所述，方法種類繁多。

但是土壤在飽和狀態下之入滲現象，即便使用上述的方法推求入滲量，眾多複雜因子錯綜影響的結果，在應用上會有許多困難及限制。本計畫區域廣大，加上土壤、氣候及其他環境條件因素下，因此土壤飽和入滲率 ϕ 宜採用現地調查、採樣、試驗之累積資料為基礎，以實用為目標，來估算台灣地區各地下水區水田及靜止水體之地下水入滲補注量。以下將國內、外使用的經驗公式或是國內現地調查研究成果，整理分述如下：

(1) 大陸水利電力部水文局

前水資會屏東平原地下水數值模式之應用分析參考大陸水利電力部水文局估計水稻田入滲率和土壤質地的關係如表 3.1.1-2 所示，此表土壤質地的調查範圍從粉砂土至黏土。

(2) 水利局陳尚及李德滋的經驗公式

台灣地區對於水田入滲量之研究較為完整者應追溯到民國 46 年到 53 年間，由水利局陳尚及李德滋（1964）於台灣地區 828 處所做的田間試驗（表 3.1.1-3）。該試驗於 1960 年以前採用同心圓式雙筒法，自 1961 年起則採用定水頭馬利奧法（Mariott）來施測。陳與李（1964）在各灌區實測

之 828 處資料中，捨去受地下水影響或特殊變化部分，即選擇較具代表性的資料，計 433 處。各處再依土壤種類及母質將全省分成 6 種土壤，其建議若對於某一地區之土類及母質資料難以取得可將西部沖積土歸為第 (I) 類，東部沖積土合併為第 (II) 類及紅棕壤土為第 (III) 類。

針對上述 I.II.III 類及參考美國農業部標準，推導出：(1) 質地與水分當量，(2) 水分當量與水田垂直入滲率之經驗公式如表 3.1.1-4 所示。由表 3.1.1-4 可知，僅需知道該區域之砂、黏土、粉砂粒百分比便可利用質地與水分當量之經驗式估算土壤水分當量，復利用水分當量與水田垂直入滲率之經驗公式求出所需要之水田垂直入滲量。

(3) 國外經驗公式及簡錦樹 (1992) 現地入滲試驗

李天浩 (1997) 等參考其他國外許多利用土壤組成成份百分比，估計飽和水力傳導係數的經驗公式，如 Saxton (1986) 等 (見表 3.1.1-5)。利用這些公式和簡錦樹 (1992) 「濁水溪沖積扇地表地質材料粒徑分析及現地入滲試驗研究」中，許多入滲量測試點的土樣分析與飽和水力傳導係數點量測值的野外「實驗 K 值」資料比較，將土壤組成百分比代入各種經驗公式，估計飽和水力傳導係數，和簡錦樹的試驗結果比較。簡錦樹的現場入滲試驗結果與 Saxton 公式估計的結果最為接近，同時遠高於其他公式的估計結果。

(4) 水利局經驗公式

劉振宇 (1997) 等研究水田對地下水補注量之推估，使用水利局設計規範公式推估水田入滲率，此經驗公式如下所示：

$$P = \frac{240}{CI} \dots\dots\dots (3.1-3)$$

式中：P：表入滲率 (mm/day)

C：表粘粒百分比 (%)

I：表係數，視粘土% 大小而定

農業工程研究中心依據各農田水利會提供轄區內輪區之面積、粘粒百分比及土壤質地等資料，依水利局設計規範公式估算水田各種土壤質地之平均飽和入滲率，如表 3.1.1-6 所示。此外，為便於大區域入滲量之推估，依據 SAWAH 模式模擬水稻田入滲時，由模式推估在牛踏層厚 10 公分，水力傳導係數為 0.03 cm/day 時，不同土壤質地所對應之進入牛踏層之入滲通量列於表 3.1.1-7。

(5)張良正（1999）屏東平原現地入滲實驗

張良正（1999）在屏東平原共完成 96 點現地雙環入滲試驗，經由現地入滲試驗的結果，可得到這 96 點的土壤飽和入滲率，再以美國農業部（USDA）的土壤分類標準共可分成砂、壤土質砂及砂質壤土等三大類，飽和入滲率大致在 1~10cm/hr 間。最後再以上述三種土壤質地分類之試驗所得飽和入滲率加以計算，得到各土壤質地之代表平均飽和入滲率值。

(6)綜合評估

本計畫所使用的土壤質地資料，係前台灣省農試所（現農委會農試所）所負責數位化之「全省平地土壤土地資料」，內容分成 11 種型態，屬性包含排水性、坡度分級、以及 0 到 150 公分共四層之土壤質地如圖 3.1.1-5、3.1.1-6、3.1.1.9 及 3.1.1-10。上述以經驗公式或是現地試驗所得到各種土壤質地的平均飽和入滲率，用農試所的 11 種土壤質地為基礎，整理成表 3.1.1-8。由表 3.1.1-8 可知，簡錦樹（1992）濁水溪沖積扇現地入滲試驗及張良正（1999）屏東平原現地入滲試驗，和由 Saxton 公式估計的結果較接

近；而陳尚與李德滋公式及水利局的設計規範公式所估算的結果較接近，大陸水利電力部的結果最小。雖然陳尚與李德滋公式與水利局公式估計的結果比一般土壤力學或水文學參考資料中同樣土壤的入滲率要低，但因陳與李的公式是在田間實際量測的結果，因此陳與李公式估計土壤飽和入滲率結果較低的原因，可能與田間存在的牛踏層有關。

本計畫採用之各種土壤質地的平均飽和入滲率共有兩組，一是參考陳尚與李德滋所估計之水稻田飽和入滲率為主，而不足的部份再依水利局的標準加入；另一是大陸水利電力部水文局所試驗之參數，不足部分以內插方式補充。

2. 降雨入滲係數 α

降雨入滲係數 α 為降雨入滲補注量與相對應降雨量之比值。本計畫採用大陸水利電力部水文局所分析的成果，如表 3.1.1-9 所示，前水資會民國八十四年屏東平原地下水數值模式之應用分析報告也引用此數據作估算參考。表 3.1.1-9 為大陸水利電力部水文局根據實測資料條件，採用不同方法計算降雨入滲係數 α 值。在側向入流較小、地下水埋藏淺的平原區，根據地下水位升幅計算 α 值（當地下水位受側向入流、河道滲漏或地下水開發影響時，已設法消除了這些因素對計算地下水位升幅的影響）；在地下水開採量大、地下水埋藏深或已形成地下水洩降區的平原，採用年水量平衡法分析 α 值；在部分高原台地和山間盆地平原區，地形坡度大，溝谷切割深，地下水以泉水及河川基流型式流出，根據泉水流量或切割的河川基流量推求 α 值；在較乾旱地區，由於地下水埋藏較深，非飽和層土壤含水量較少，一年只有幾次較大降雨對地下水形成補給，因此分析了對地下水有補給的降雨所對應的有效降雨入滲係數。

由上可知，大陸水利電力部水文局引用多年的實測資料，利用不同的方法，經過統計分析後，降雨入滲補注係數 α 值將取決於土壤性質與年平均降雨量而定，降雨入滲補注係數資料之範圍如表 3.1.1-9 所示。當年降雨量大於 1,200 公厘時，降雨入滲補注係數反而較小，此乃因降雨量大的地區，地表皆較濕潤，地下水位距地表較近，則地下水含水層之調蓄能力相對較小，此外較大的雨量亦有可能因積水深高於地表凹陷處，較易造成地表逕流之形成，故平均年降雨入滲補注係數因而較小。故若年降雨量大於表 3.1-9 之最大值 1,800 公厘時，取該列最小值係數計算之。

3. 平均降雨量

選擇一乾旱年，挑選研究區域內雨量站觀測資料如表 3.1.1-10 及 3.1.1-11 所示，以等值線法計算研究區域之降雨量所選定之雨量站分佈如圖 3.1.1-1 與 3.1.1-2 所示。

4. 乾旱年的選定原則

關於選定乾旱年的原則上，採用的方式是取超越機率，所使用的是一般較常用的 Weibull 公式，如下所示：

$$T = \frac{m}{n+1}$$

式中 n 為紀錄之年數， m 為所取水文紀錄的排序，最大值是($m=1$)

為避免選擇了極端乾旱現象，以及各區域乾旱年選定的一致性，基於上述兩項理由，本計畫選取 1967 年為乾旱年，如表 3.1.1-12、3.1.1-13 所示，濁水溪沖積扇該年資料於 38 年歷史資料中排名第五順位，超越機率 12.82%，屏東平原則排名第四順位，超越機率 10.81%，均為相對乾旱。

三、所需資料說明

由圖 3.1.1-6 中，所需資料的收集及整理可分成下列四類：

1. 相關地理圖層收集

因應本計畫建立推估地表入滲所需之地理圖層，包括土地利用圖、地表土壤分佈及農田灌區之資料及圖層等，並以 ESRI ArcView8.1 地理資訊系統為工作平台，此系統不但可進行地表空間之圖層套疊分析，並可配合降雨量及入滲係數推估地表入滲量，亦可做為各地下水區地表入滲量推估結果的展示說明平台。本計畫將收集的空間圖層包括土壤圖、土地利用圖及灌區圖等圖層資料，配合地理資訊系統之分析工具進行分析。

由於土地利用之種類繁多，於使用上述之降雨入滲補注量及地表水體之二種補注量推估公式時，需將土地利用簡化為三大類：不透水區域、透水區域且無地表水體、及透水區域且有地表水體。而其中較為特殊的是水田，配合灌區圖層資料，將於灌溉期之水田歸為透水區域且有地表水體；而非灌溉期時以透水區域且無地表水體來處理。

2. 雨量資料收集

收集各研究區域雨量站之降雨資料，以供推估降雨入滲之用。

3. 降雨入滲補注係數與土壤飽和入滲率資料收集

經由收集相關研究降雨入滲補注係數與土壤飽和入滲率調查資料，配合其土壤分類與降雨量，可由上述之入滲量公式推估求得補注量。在推估入滲公式計算中，可以看出主要水文地質和水文參數是土壤飽和入滲率 Φ 及降雨入滲係數 α ，這兩個參數是計算地下水各項補注量來源的重要依據，因此本計畫對這兩參數的分析及確定是一項重要的基礎工作。以下逐一說明本計畫估算補注量相關參數的輸入值。

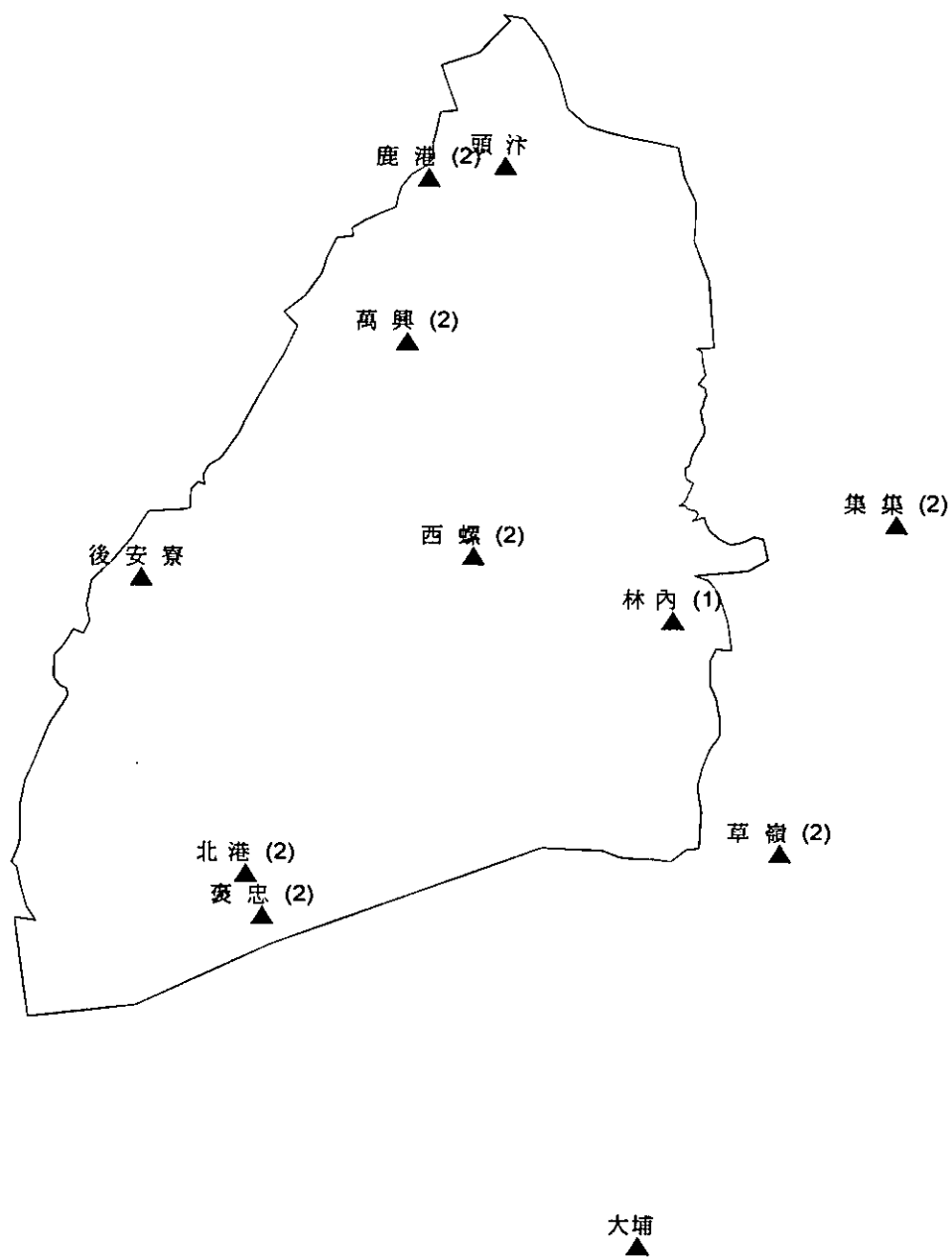


圖 3.1.1-1 濁水溪沖積扇之雨量站位置

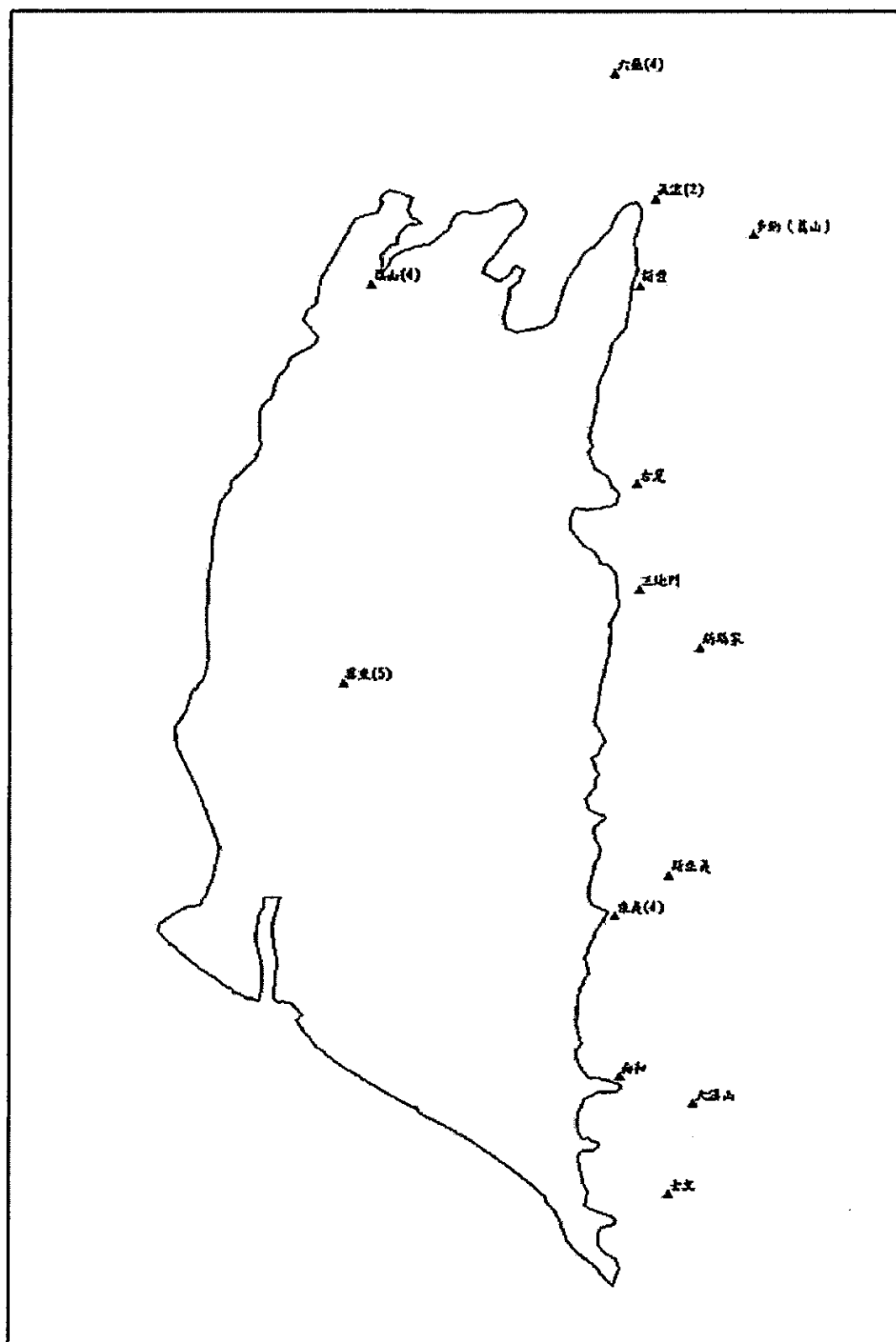


圖 3.1.1-2 屏東平原雨量站位置圖

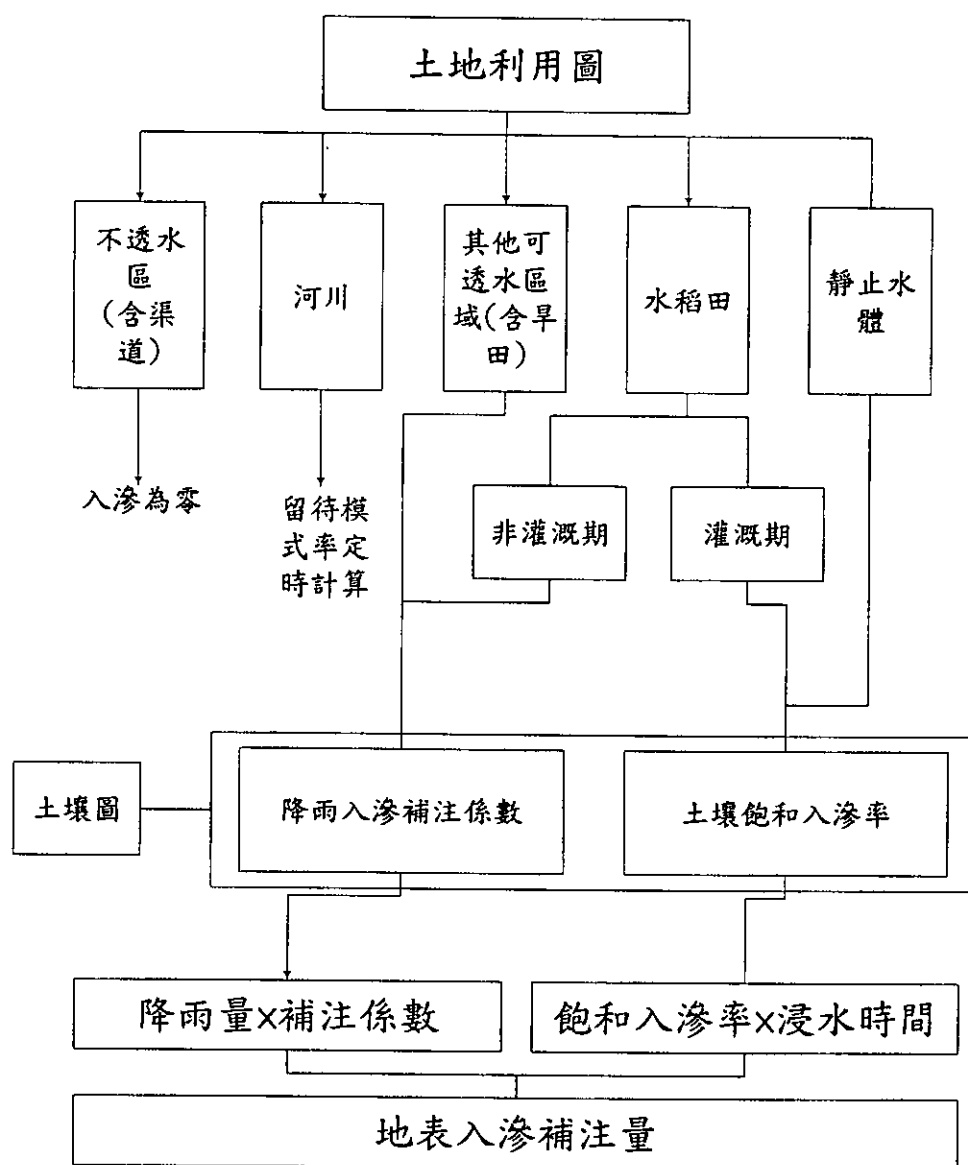


圖 3.1.1-3 地下水補注量推估流程圖

表 3.1.1-1 土地利用簡化表

編 號	土 地 利 用 原 始 屬 性	簡 化 分 類
一	養殖魚塭、水庫、湖泊及其他蓄水	靜止水體
二	旱作、廢耕地、林業、草生地、裸露地、灌木荒地、公園綠地	旱作及其他可透水區域
三	交通用地（公路、鐵路）、建築用地（住宅區、學校、機關團體、環保設施）、工業用地（工業相關設施、倉儲）等人工建築物以及運河。	不透水區域
四	稻作	水田
五	河川	河川

表 3.1.1-2 水稻田入滲率係數值表

土壤性質	粘土	粘壤土	砂壤土	粉細砂
ϕ (mm/day)	1.0	1.7	2.5	3.0
資料來源:大陸水利電力部水文局,中國水資源評價,1987				

表 3.1.1-3 陳尚及李德茲於各灌區滲透測驗處數一覽表			
灌 區	測驗處數	測驗年份	測驗方法
大甲溪灌區	63	1957	同心圓式兩重圓筒法
卑南灌區	45	1958	同心圓式兩重圓筒法
濁水溪北岸灌區	97	1959~1960	定水頭馬利奧管法
白河水庫灌區	52	1961	定水頭馬利奧管法
後龍水庫灌區	36	1961	定水頭馬利奧管法
花蓮地區	46	1962	定水頭馬利奧管法
臺東地區	38	1962	定水頭馬利奧管法
寶山水庫灌區	80	1963	定水頭馬利奧管法
龍池水庫灌區	42	1963	定水頭馬利奧管法
高大圳灌區	54	1963	定水頭馬利奧管法
新城圳灌區	31	1963	定水頭馬利奧管法
豐田圳灌區	40	1963	定水頭馬利奧管法
鹽埔圳灌區	117	1963	定水頭馬利奧管法
志學、林田、光復地區	48	1964	定水頭馬利奧管法
大埔水庫灌區	39	1964	定水頭馬利奧管法
合 計	828		

表 3.1.1-4 全省之質地與水分當量及水分當量與水田垂直入滲率之經驗公式		
土壤分類	質地與水分當量	水分當量與水田垂直入滲關係
西部沖積土	$Me=0.025Sa+0.216Si+0.603C$	$\text{Log } i = 1.9394-0.0478Me$
東部沖積土	$Me=0.019Sa+0.224Si+0.801C$	$\text{Log } i = 2.0752-0.0409Me$
紅棕壤土	$Me=0.021Sa+0.151Si+0.592C$	$\text{Log } i = 1.5087-0.0411Me$
表中 Sa、C、Si 表砂、粘、粉砂粒之百分比(%)；Me 表水分當量；i 表水田垂直入滲率		

表 3.1.1-5 Saxton et. al.(1986)利用土壤組成成份估計土壤水力特性曲線的經驗公式

Applied tension range (kPa)	Equation
1500 to 10	$\theta = A \cdot B$ $A = \exp[a + b(\%C) + c(\%C)^2 + d(\%S)^2 (\%C)] \times 100$ $B = e + f(\%C)^2 + g(\%S)^2 + g(\%S)^2 (\%C)$
10 to θ_e	$\theta = 10.0 - (\theta_{10} - \theta_e)(10.0 - \theta_e) / (\theta_s - \theta_{10})$ $\theta_{10} = \exp[(2.302 - \ln A) / B]$ $\theta_e = 100.0[m + n(\theta_s)]$ $\theta_s = h + j(\%S) + k \log_{10}(\%C)$
θ_e to 0	$\theta = \theta_s$

1500 to 0	$K = 2.778 \times 10^{-6} \exp \left\{ p + q(\%S) + \left[\frac{r + t(\%S) + u(\%C) + v(\%C)^2}{\theta} \right] (1/\theta) \right\}$

Coefficients	
a = -4.396	g = -3.484 × 10 ⁻⁵
b = -0.0715	h = 0.332
c = -4.88 × 10 ⁻⁴	j = -7.251 × 10 ⁻⁴
d = -4.285 × 10 ⁻⁵	k = 0.1276
e = -3.140	m = -0.108
f = -2.22 × 10 ⁻³	n = 0.341
	p = 12.012
	q = -7.55 × 10 ⁻²
	r = -3.8950
	t = 3.671 × 10 ⁻²
	u = -0.1103
	v = 8.7546 × 10 ⁻⁴
Definition	
θ = water potential (kPa)	
θ_e = water potential at air entry (kPa)	
θ = water content (m ³ / m ³)	
θ_s = water content at saturation (m ³ / m ³)	
θ_{10} = water content at 10kPa (m ³ / m ³)	
K = water conductivity (m/s)	
(%S) = percent sand	
(%C) = percent clay	

表 3.1.1-6 水田各種土壤質地之平均飽和入滲率表			
土壤質地	黏土粒百分比 (%)	係數(I)	入滲率 (mm/day)
砂質礫土	1.6	1.0	150
礫質礫土	5.0	1.1	43.7
砂土(S)	8.0	1.2	25.0
壤質砂土(LS)	11.6	1.3	15.9
砂質壤土(SL)	14.9	1.4	11.5
壤土(L)	8.2	1.5	8.8
粘質壤土(CL)	21.9	0.6	6.85
壤質黏土(LC)	27.0	1.7	5.24
黏土(C)	33.0	1.8	4.04
中黏土	40.0	1.9	3.16
重黏土(HC)	49.0	2.0	2.45
資料來源：水利局			

表 3.1.1-7 SAWAH 模式推估之不同土壤質地入滲通量		
輪灌區內土壤種類 編號	輪灌區內土壤種類編	進入牛踏層之 平均通量
1	粘土	3.2 mm/day
2	壤土	3.5 mm/day
3	砂壤土	3.7 mm/day
4	砂土	4.1 mm/day
5	砂礫土	4.4 mm/day
6	粉質壤土	3.6 mm/day
資料來源：台灣省水利局，水稻田生態環境保護規劃及示範(水稻田對地下水補注功能評估分級)，民國八十六年八月。		

表 3.1-8 各單位估計飽和入滲率之成果

土 壤 質 地	估計飽和入滲率 (mm/day)					
	Saxton	陳尚 & 李德滋	水利局	張良正	大陸 水力電力 部	本計畫擬採用值
COS 粗砂土，S 砂土	—	—	43.7	2018.4	—	3.00
fS 細砂土，LCOS 壤質粗砂土，LS 壤 質砂土	—	—	15.9	475.2	3.0	3.00
LfS 壤質細砂，COSL 粗砂質壤土，SL 砂質壤土，fSL 細砂質壤土	676.8	18.24	11.5	309.6	2.5	2.50
VfS 極細砂土，Lvfs 壤質極細砂土，vfSL 極細砂質壤土	789.6	26.4	—	—	—	2.30
Si 玢土，SiL 玢質壤土	734.4	8.02	—	—	—	2.15
L 壤土	314.4	10.32	8.8	—	—	2.00
SCL 砂質粘壤土	67.2	7.68	—	—	—	1.85
CL 粘質壤土，SicL 玢質粘壤土	85.92	3.12	6.85	—	1.7	1.70
sic 玢質粘土	66.96	1.28	—	—	—	1.35
C 粘土	44.64	0.89	4.04	—	1.0	1.00
grv 石礫	—	—	150	2400	—	3.00

註：土壤質地依照農試所之土壤質地屬性資料對照表。

表 3.1-9 降雨入滲補注係數值範圍

土壤性質 平均 年降雨量(mm)	粘土	粘壤土	砂壤土	粉細砂	砂卵礫石
50	0.00~0.02	0.01~0.05	0.02~0.07	0.05~0.11	0.08~0.12
100	0.01~0.03	0.02~0.06	0.04~0.09	0.07~0.13	0.10~0.15
200	0.03~0.05	0.04~0.10	0.07~0.13	0.10~0.17	0.15~0.21
400	0.05~0.11	0.08~0.15	0.12~0.20	0.15~0.23	0.22~0.30
600	0.08~0.14	0.11~0.20	0.15~0.24	0.20~0.29	0.26~0.36
800	0.09~0.15	0.13~0.23	0.17~0.26	0.22~0.31	0.28~0.38
1000	0.08~0.15	0.14~0.23	0.18~0.26	0.22~0.31	0.28~0.38
1200	0.07~0.14	0.13~0.21	0.17~0.25	0.21~0.29	0.27~0.37
1500	0.06~0.12	0.11~0.18	0.15~0.22	0.21	0.27
1800	0.05~0.10	0.09~0.15	0.13~0.19	0.21	0.27

資料來源：大陸水利電力部水文局，“中國水資源評價”，1987

表 3.1.1-10 濁水溪沖積扇西元 1967 年雨量站之月雨量(mm)

	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	年雨量	該年平 均月雨 量
頭汴	6.9	25.2	13.6	66.4	352.9	129.6	121	69.8	82.8	0.3	3.9	10	882.4	73.53
鹿港(2)	2.4	17.2	11.1	46.1	296.9	108.6	66.3	181.1	51.1	0	2.8	7.5	791.1	65.93
萬興(2)	2.5	25.9	5.3	68	239.5	129.9	160.7	73.4	48.8	0.5	4.7	11.3	770.5	64.21
集集(2)	20.7	36.3	13.1	67.4	454.7	301	635.4	407.1	160.3	7.4	6.9	32.5	2142.8	178.57
草嶺(2)	15.7	28.8	47.2	71.2	792.8	233.4	367.1	265.4	131.2	6.9	8.4	31	1999.1	166.59
西螺(2)	1.5	30.9	3.8	72	355.5	84.1	253.3	215.7	32.4	0	4.3	11.1	1064.6	88.72
後安寮	1	25.2	3.4	77.5	124.4	136.5	201.7	57	40.2	0.4	4.8	9.6	681.7	56.81
褒忠(2)	1.4	26.4	7.9	62.9	158.4	135.5	219.5	126	19.8	0.8	7.9	8	774.5	64.54
林內(1)	6.9	32.3	8	66.2	345	210	353.9	299.8	216.5	1.9	5.2	18.4	1564.1	130.34
大埔	11.6	27.7	14.1	73.7	324.4	350.1	691.2	388.7	101.7	1.7	5.6	16.5	2007	167.25
北港(2)	0.9	13.2	7.6	83.9	147.8	202.8	301.7	162.8	7.8	1	9.3	6.1	944.9	78.74

資料來源：水利署網站

表 3.1.1-11 屏東平原西元 1967 年雨量站之月雨量(mm)

屏東平原西元 1967 年雨量站之月雨量(mm)

站名	x 座標	y 座標	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
六龜(4)	211566	2544353	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
多納(萬山)	220251.6	2534355	0	21	20	128	700	0	0	0	397	47	22	0
新豐	213126	2531239	9.8	12	33	140	596	592	579	351	411	0	0	3.8
古夏	213033	2518869	9.5	16	20	116	486	340	907	429	609	106	30	14
新瑪家	217000	2508608	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
三地門	213154	2512269	4	11	23	138	297	620	619	331	501	121	29	24
旗山(4)	196070	2531312	6.3	13	9.1	117	316	608	354	420	185	38	25	2.2
美濃(2)	214101.9	2536583	17	20	13	139	500	521	695	406	217	21	62	6.2
屏東(5)	194350	2506428	5.3	8.7	15	178	354	642	366	366	85.9	18	24	20
新來義	215031	2494503	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
來義(4)	211634	2491973	4.8	5.5	36	139	386	638	581	379	444	161	15	9.8
大漢山	216576	2480204	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
南和	211932	2481926	1	5	23	129	386	642	296	317	292	175	23	11
士文	214985.9	2474572	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 3.1.1-12 濁水溪沖積扇年雨量排序表

濁水溪年雨量排序			P=m/n+1	濁水溪年雨量排序			P=m/n+1
1	1980	1051.655	2.56%	20	1992	1585.791	51.28%
2	1991	1084.182	5.13%	21	1974	1592.173	53.85%
3	1993	1101.082	7.69%	22	1989	1602.136	56.41%
4	1995	1222.091	10.26%	23	1988	1613.982	58.97%
5	1967	1238.427	12.82%	24	1987	1615.9	61.54%
6	2002	1248.364	15.38%	25	1979	1634.536	64.10%
7	1971	1260.391	17.95%	26	1997	1639.636	66.67%
8	2000	1372.909	20.51%	27	1994	1700.664	69.23%
9	1984	1379.073	23.08%	28	1965	1733.475	71.79%
10	1999	1429.727	25.64%	29	1968	1776.082	74.36%
11	1986	1430.155	28.21%	30	1983	1785.764	76.92%
12	1976	1437.5	30.77%	31	1985	1834.664	79.49%
13	1969	1453.873	33.33%	32	1981	1927.809	82.05%
14	1973	1505.127	35.90%	33	1990	1992.4	84.62%
15	1978	1536.427	38.46%	34	1975	2018.045	87.18%
16	1982	1552.464	41.03%	35	1977	2041.473	89.74%
17	1970	1564.173	43.59%	36	1998	2118.727	92.31%
18	1966	1568.155	46.15%	37	2001	2133.455	94.87%
19	1996	1577.527	48.72%	38	1972	2260.218	97.44%

表 3.1.1-13 屏東平原年雨量排序表

屏東平原年雨量排序				P=m/n+1	屏東平原年雨量排序				P=m/n+1
1	2002	1944.286	0.027027	20	1994	2949.043	0.540541		
2	1971	2338.8	0.054054	21	2000	2950.792	0.567568		
3	1970	2353.922	0.081081	22	1991	2952.807	0.594595		
4	1967	2512.167	0.108108	23	1974	2971.08	0.621622		
5	1969	2687.244	0.135135	24	1981	2977.218	0.648649		
6	1993	2776.829	0.162162	25	1999	2989.215	0.675676		
7	1973	2803.35	0.189189	26	1990	2997.471	0.702703		
8	1996	2823.921	0.216216	27	1985	3008.007	0.72973		
9	1995	2829.079	0.243243	28	1983	3009.236	0.756757		
10	1984	2835.164	0.27027	29	1979	3039.5	0.783784		
11	1989	2853.9	0.297297	30	2001	3087.262	0.810811		
12	1968	2856.122	0.324324	31	1982	3121.329	0.837838		
13	1988	2877.771	0.351351	32	1975	3173.355	0.864865		
14	1980	2896.164	0.378378	33	1978	3179.264	0.891892		
15	1986	2903.636	0.405405	34	1972	3249.03	0.918919		
16	1998	2904.45	0.432432	35	1976	3271.845	0.945946		
17	1987	2938.193	0.459459	36	1977	3499.109	0.972973		
18	1997	2941.593	0.486486						
19	1992	2947.314	0.513514						

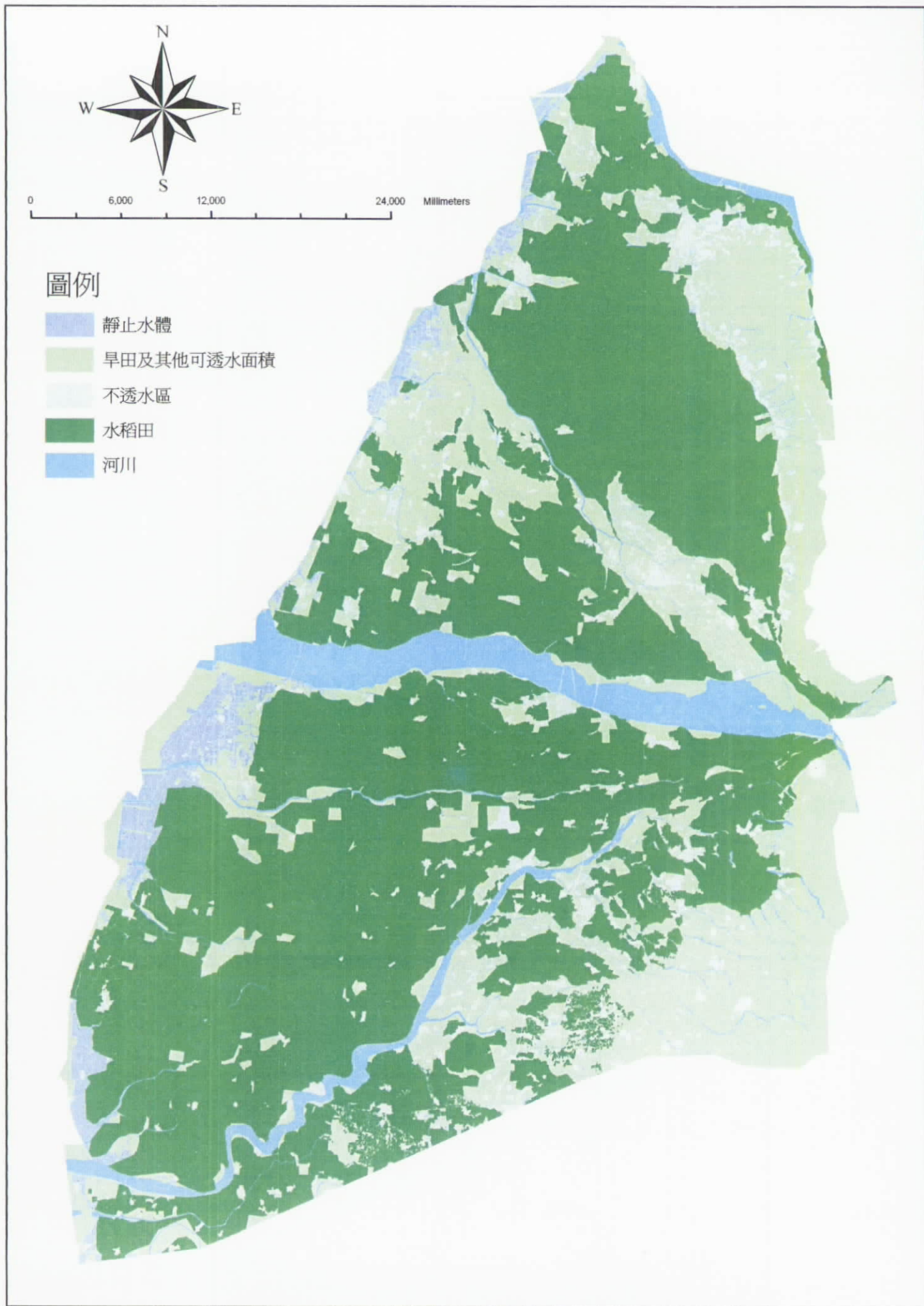


圖3.1.1-4濁水溪沖積扇土地利用圖

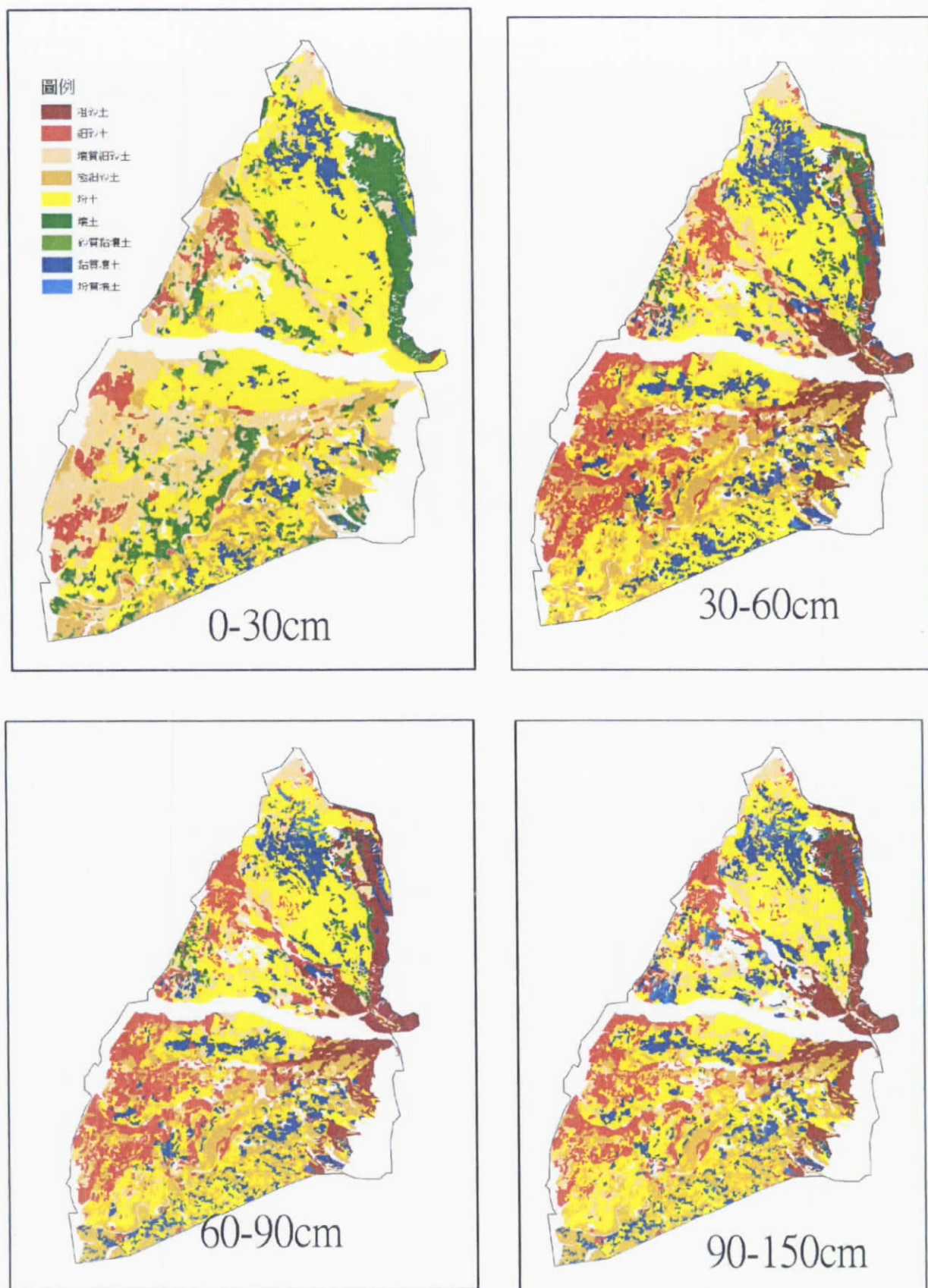


圖 3.1.1-5 濁水溪沖積扇之土壤質地圖

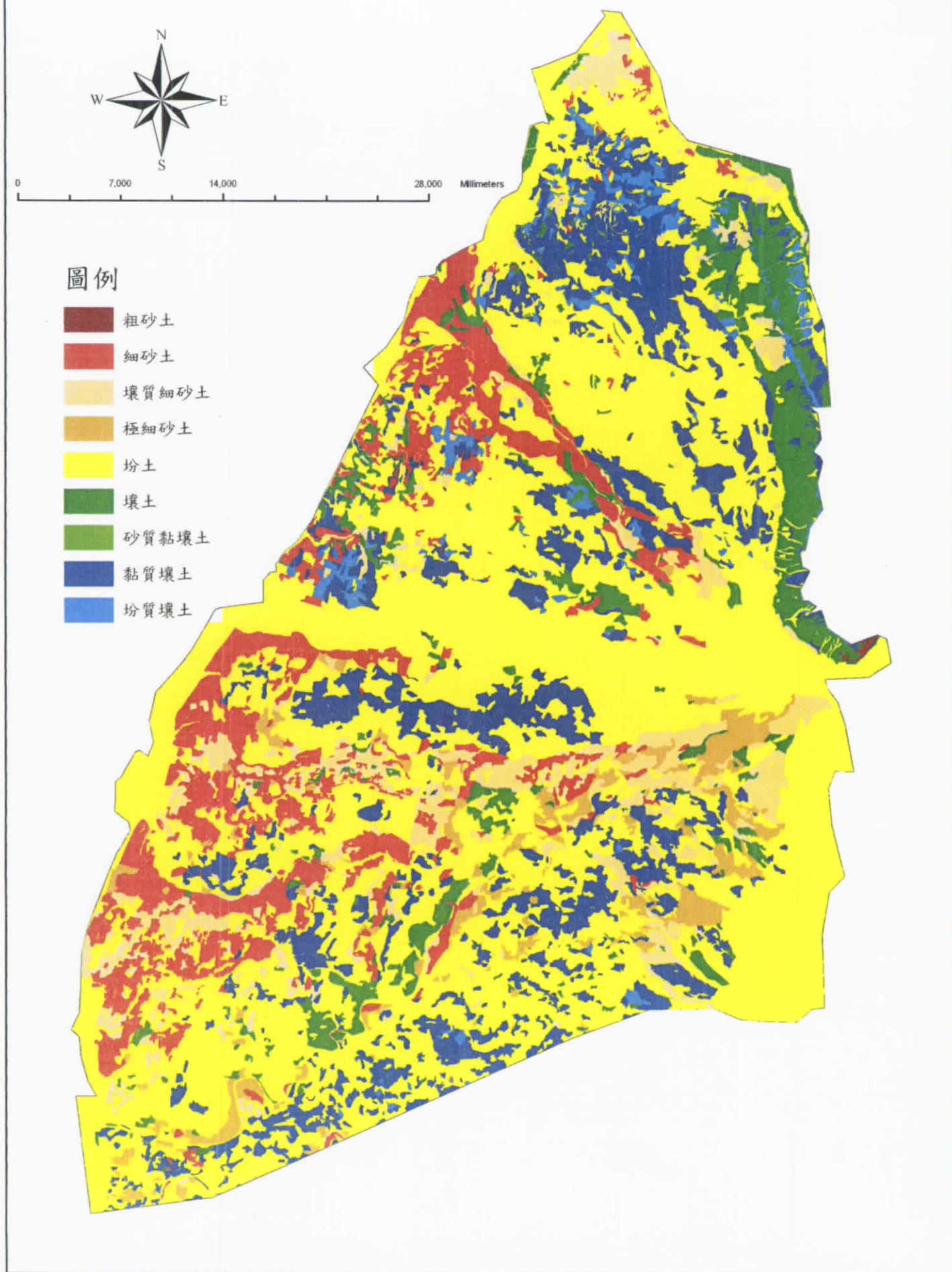


圖3.1.1-6濁水溪沖積扇土壤質地最細代表層圖

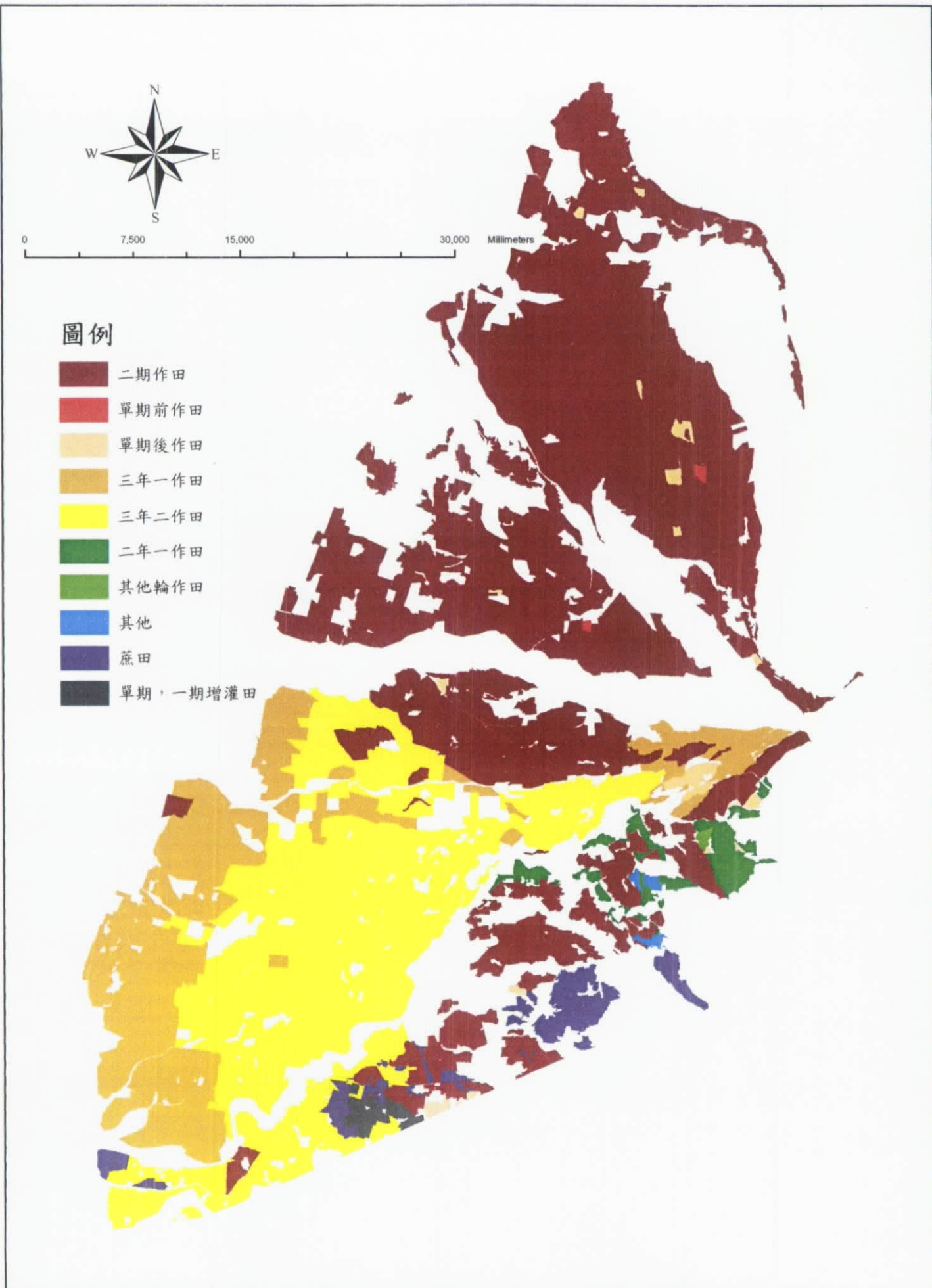


圖3.1.1-7濁水溪沖積扇之農田水利會灌區輪作圖

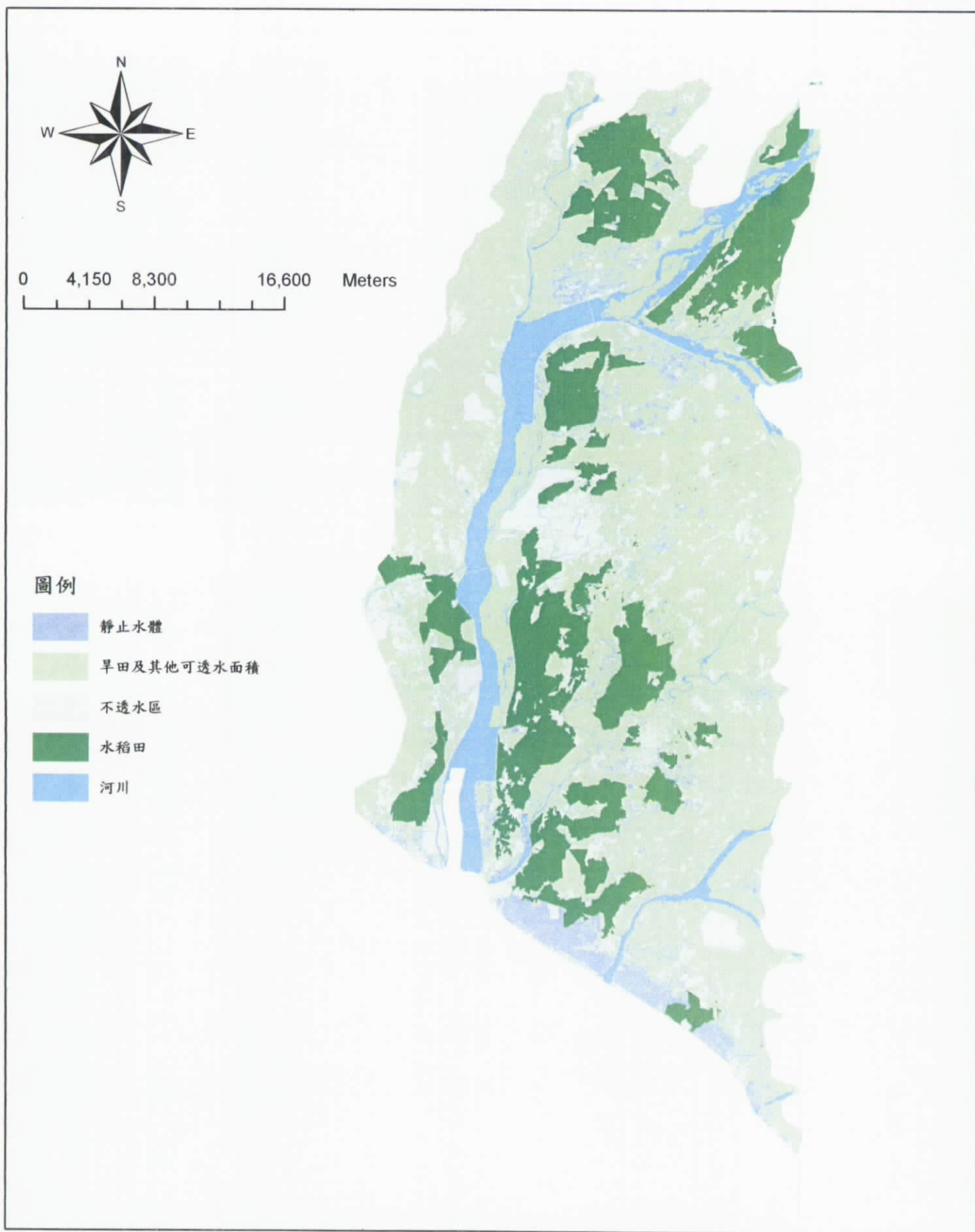


圖3.1.1-8 屏東平原簡化後土地利用分佈圖

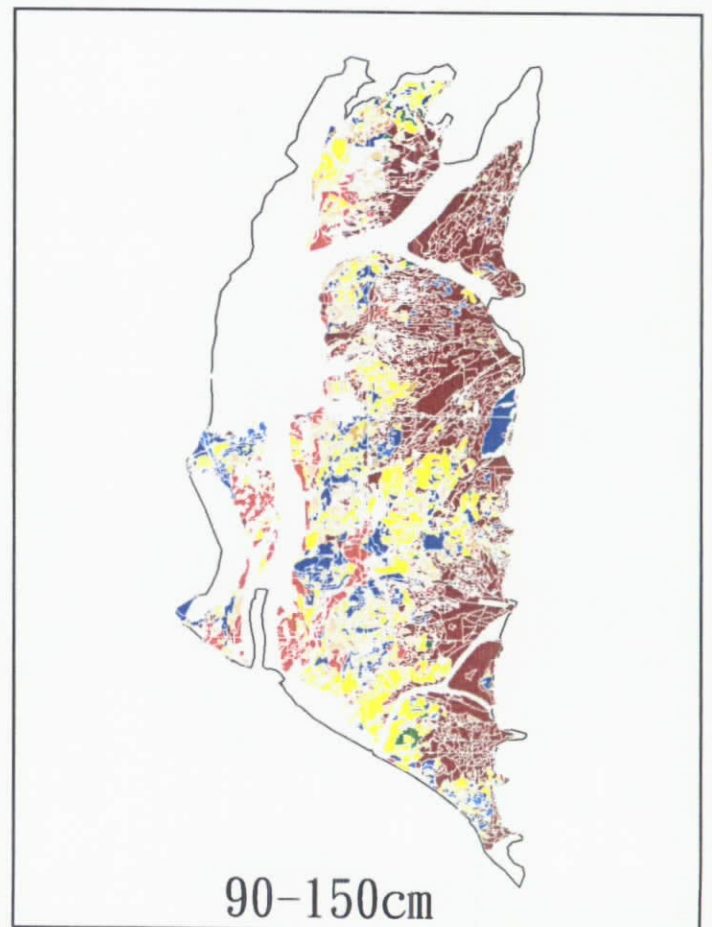
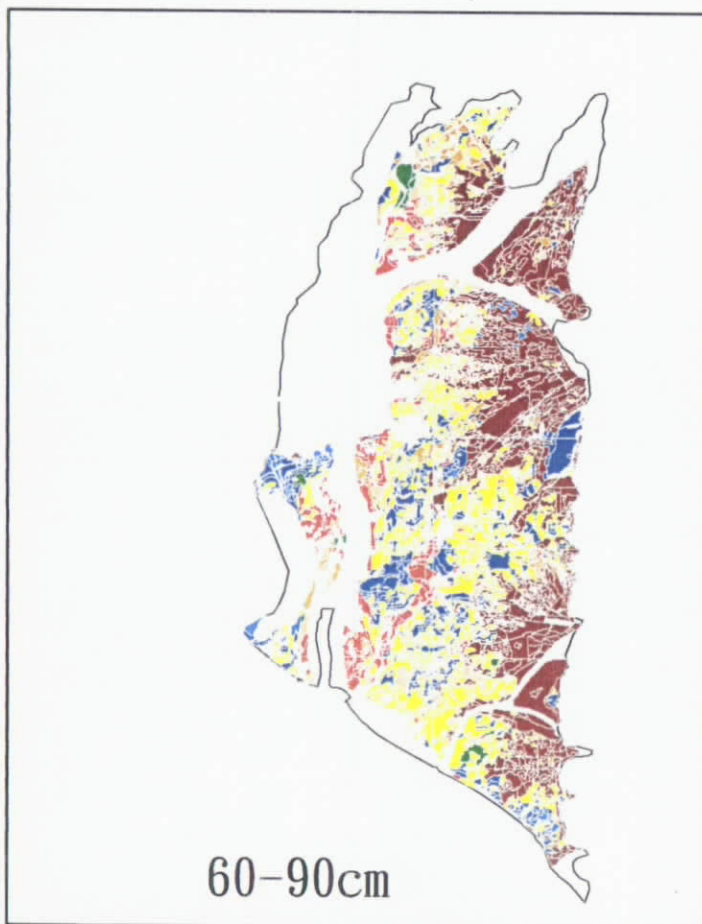
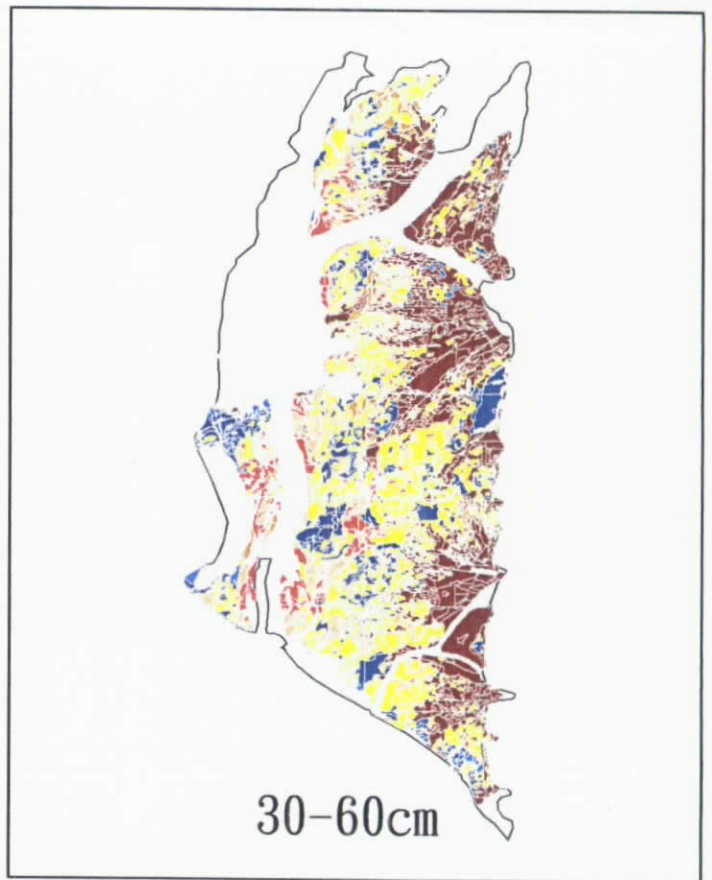
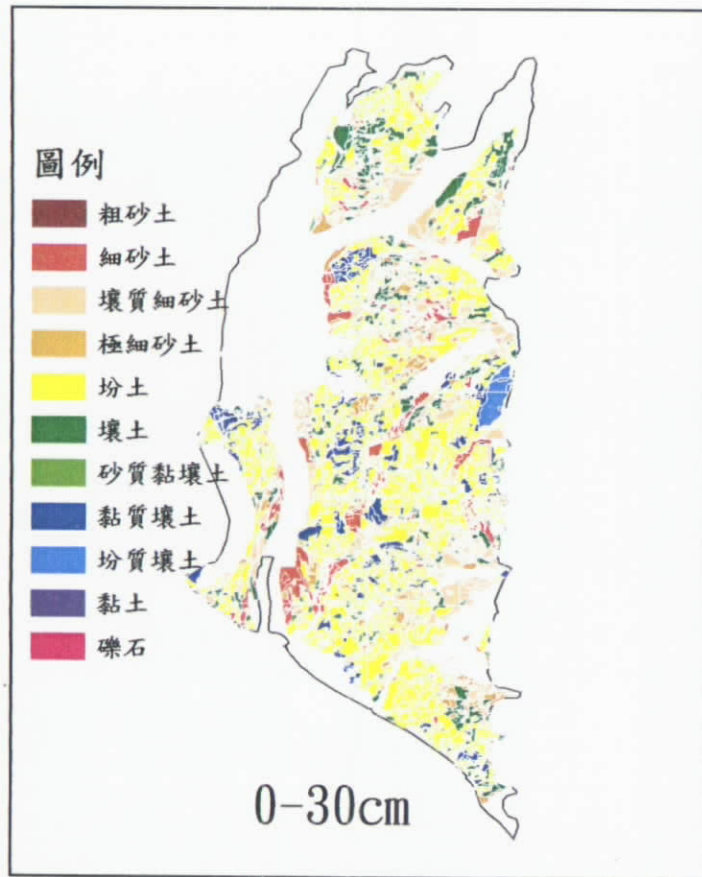


圖3.1.1-9 屏東平原各層土壤質地分佈圖

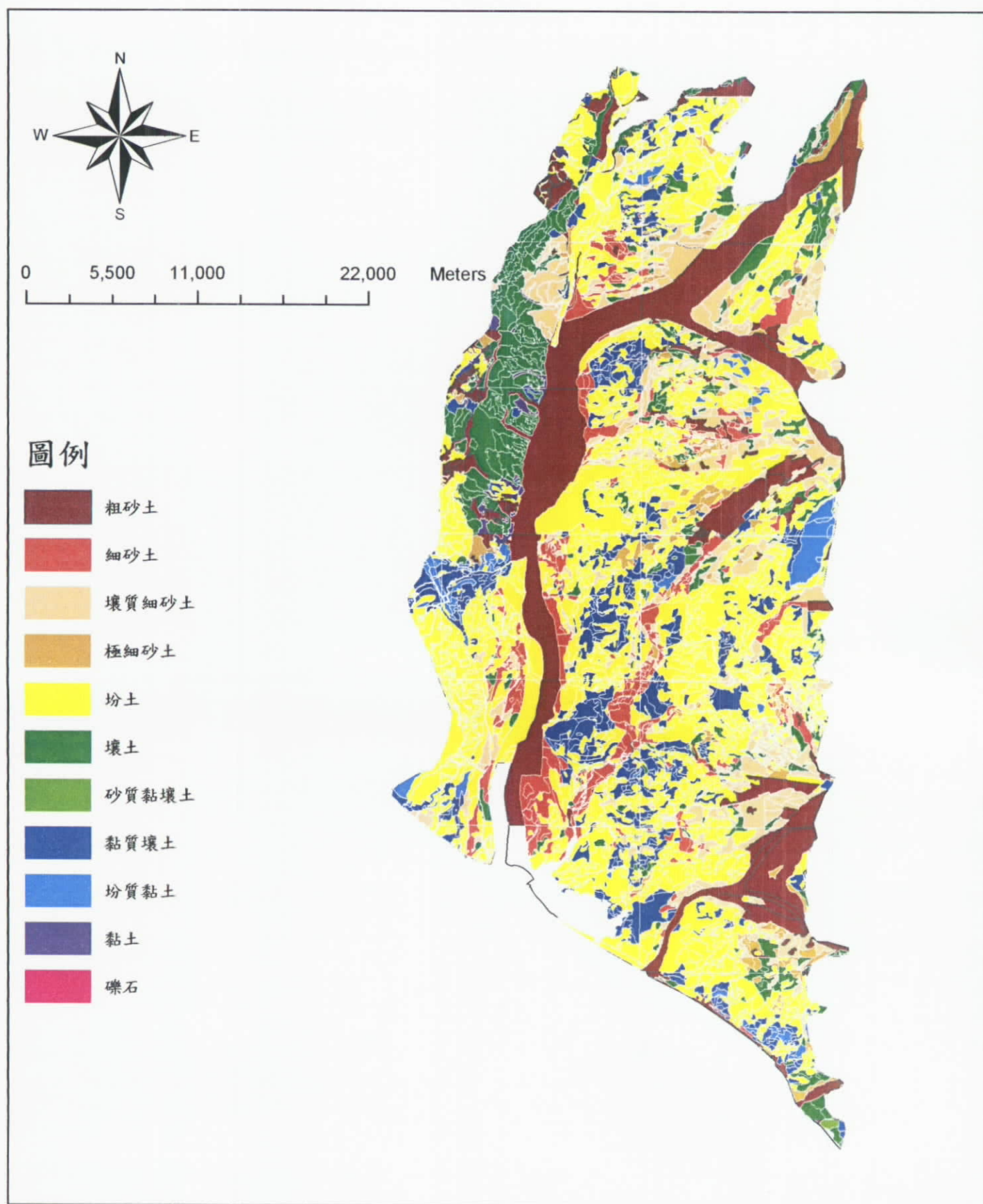


圖3.1.1-10 屏東平原土壤質地最細代表層分佈圖

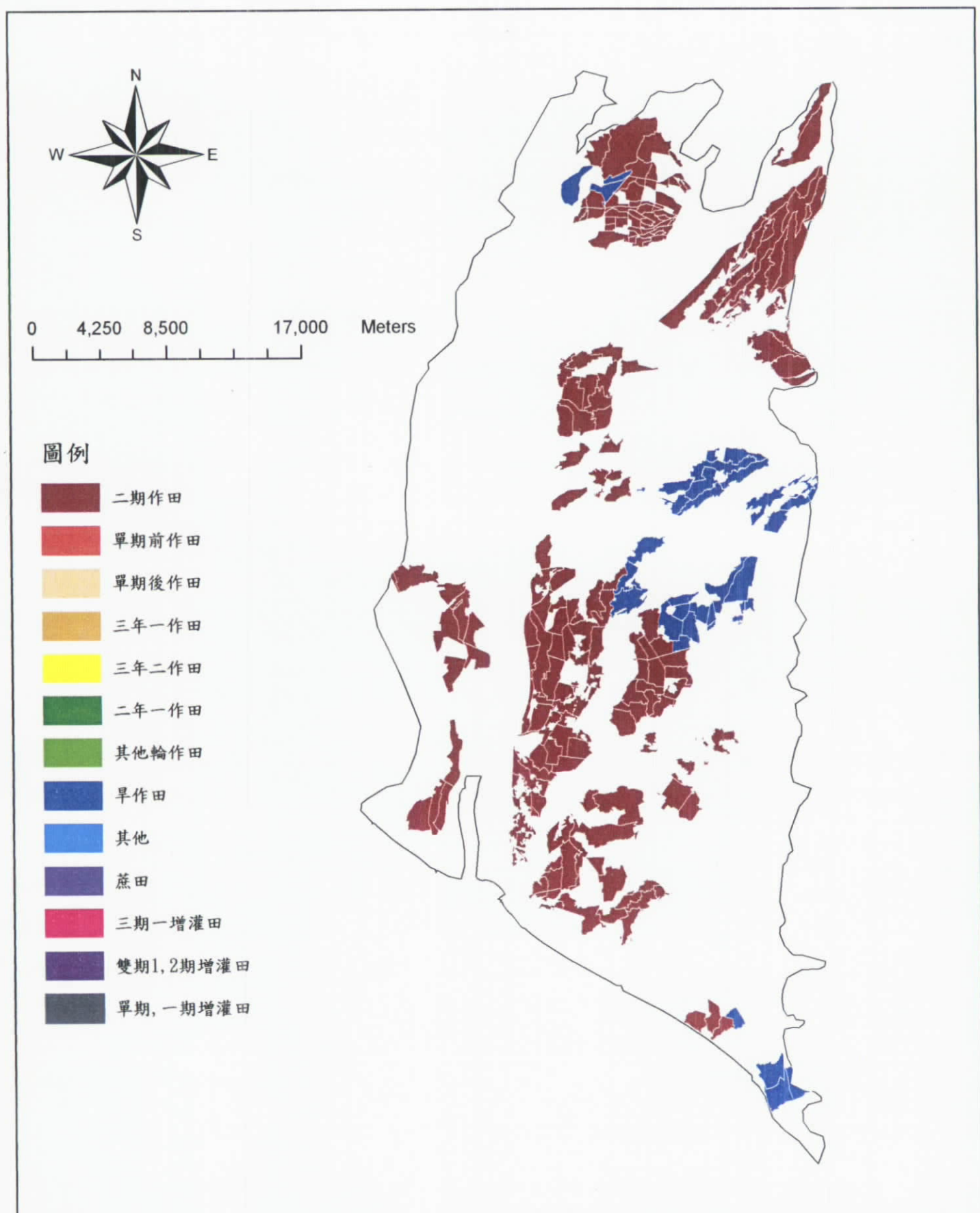


圖3.1.1-11 屏東平原灌區耕作輪作別分佈圖

四、入滲補注量結果說明

以上述的推估方法，計算西元 1967 年之濁水溪沖積扇平原降雨量資料，以及由土地利用與土壤質地資料得到之各區塊面積與飽和入滲率及降雨入滲係數，依據飽和入滲公式與降雨入滲補注公式估計出西元 1967 年濁水溪沖積扇平原扣除河川入滲之地下水垂向入滲補注量。

濁水溪沖積扇各土地利用之地下水垂向入滲補注量如表 3.1.1-14 所示，表中結果是以大陸水利電力部之建議值估算飽和入滲率，該年扣除河川入滲之垂向年入滲補注量為 5.79 億噸，其中仍以水田之垂向入滲補注量最大，為 4.22 億噸，共佔 72.91%，其他透水區域之垂向入滲補注量次之，為 0.685 億噸，共佔 11.83%。

西元 1967 年濁水溪沖積扇平原以大陸水利電力部建議的飽和入滲率值估算之分月扣除河川入滲之垂向地下水入滲補注量列於表 3.1.1-16。其中以七月入滲補注量 1.15 億噸最大，八月 1.01 億噸次之，十一月 0.04 億噸最低。

屏東平原各土地利用之地下水垂向入滲補注量如表 3.1.1-15 所示，表中結果是以大陸水利電力部之建議值估算飽和入滲率，該年扣除河川入滲之垂向年入滲補注量為 3.86 億噸，其中仍以旱田之垂向入滲補注量最大，為 1.72 億噸，共佔 44.44%，水田之垂向入滲補注量次之，為 1.34 億噸，共佔 34.63%。

西元 1967 年屏東平原以大陸水利電力部建議的飽和入滲率值估算之分月扣除河川入滲之垂向地下水入滲補注量列於表 3.1.1-17，其中以六月入滲補注量 0.64 億噸最大，七月 0.59 億噸次之，二月 0.15 億噸最低。

表 3.1.1-14 西元 1967 年濁水溪沖積扇各土地利用之地下水垂向入滲補注量表

項目	面積	補注量	百分比(%)
靜止水體	7.72E+07	2.87E+07	4.96%
旱田	3.34E+08	5.96E+07	10.30%
水田	1.47E+09	4.22E+08	72.91%
其他透水區域	8.67E+08	6.85E+07	11.83%
河川	1.86E+08	未定	未定
總補注量(不包含河川)	2.75E+09	5.79E+08	100.00%

表 3.1.1-15 西元 1967 年屏東平原各土地利用之地下水垂向入滲補注量表

項目	面積	補注量	百分比(%)
靜止水體	6.01E+07	2.25E+07	5.83%
旱田	5.15E+08	1.72E+08	44.44%
水田	2.44E+08	1.34E+08	34.63%
其他透水區域	4.37E+08	5.83E+07	15.10%
河川	1.08E+08	未定	未定
總補注量(不包含河川)	1.36E+09	3.86E+08	100.00%

表 3.1.1-16 西元 1967 年濁水溪各月扣除河川入滲之垂向補注量表

西元 1967 年濁水溪各月扣除河川入滲之垂向補注量		
月份	補注量(百萬噸)	
	飽和入滲率為大陸水利電力部建議值	
1	17.9072	3.09%
2	23.38157	4.04%
3	19.3742	3.35%
4	32.68267	5.65%
5	105.4303	18.22%
6	52.96309	9.15%
7	115.9275	20.03%
8	101.0095	17.46%
9	76.26186	13.18%
10	18.24608	3.15%
11	4.151836	0.72%
12	11.34733	1.96%
合計	578.6831	100.00%

表 3.1.1-17 西元 1967 年屏東平原各月扣除河川入滲之垂向補注量表

西元 1967 年屏東平原各月扣除河川入滲之垂向補注量		
月份	補注量(百萬噸)	
	飽和入滲率為大陸水利電力部建議值	
1	16.644683	4.31%
2	15.498116	4.01%
3	18.478508	4.78%
4	27.775442	7.19%
5	54.121551	14.01%
6	64.214373	16.62%
7	58.707401	15.19%
8	56.404424	14.60%
9	42.919174	11.11%
10	17.710319	4.58%
11	5.208813	1.35%
12	8.695807	2.25%
合計	386.378611	100.00%

3.2 乾旱時期地下水流模式模擬

3.2.1 模式邊界條件與格網劃分

一、模式邊界條件

(A) 濁水溪沖積扇：

根據中央地質調查所(1999)對於濁水溪沖積扇地下水邊界分析研判，提出概念性之邊界，如圖 3.2.1-1:

(1)AB 段:位於車籠埔斷層上，斷層以東除河床表層厚約 10 公尺之河道沉積礫石層有地下水伏流以外，均為透水及含水不佳之砂頁岩，屬於零流邊界(No flow boundary);惟位於此邊界上之濁水溪和清水溪河床伏流量相當可觀，為側向補注入地下水區之點源(Point source)。

(2)BC 段:本邊界位於濁水溪沖積扇之南側邊緣上，含水層沉積物粒徑及厚度均顯著變小，然而並未尖滅，因此無實體之阻隔為界，然而從地下水流網分布型態，顯示 BC 段與地下水流線大致平行，於本身即可認定為一條流線，故亦屬於零流邊界。海岸附近之洩降錐，其在邊界南北之形狀及大小若相當，則不影響零流邊界之假設。

(3)CD 段:此段為含水層尖滅封閉於阻水層之位置，屬於零流邊界。

(4)DEF 段:本段與 BC 段相似，含水層可向北延伸而與台中盆地地下水系統相接，缺乏實體之阻隔，惟與地下水流方向大致平行，故認定為零流邊界。

EF 段位於和美沖積扇頂上，河水可由河床入滲補注地下水。

(5)FG 段:本段邊界大致與地下水等水位線平行，其本身或即為等水位線，隨時間之不同其水位有昇降變化。

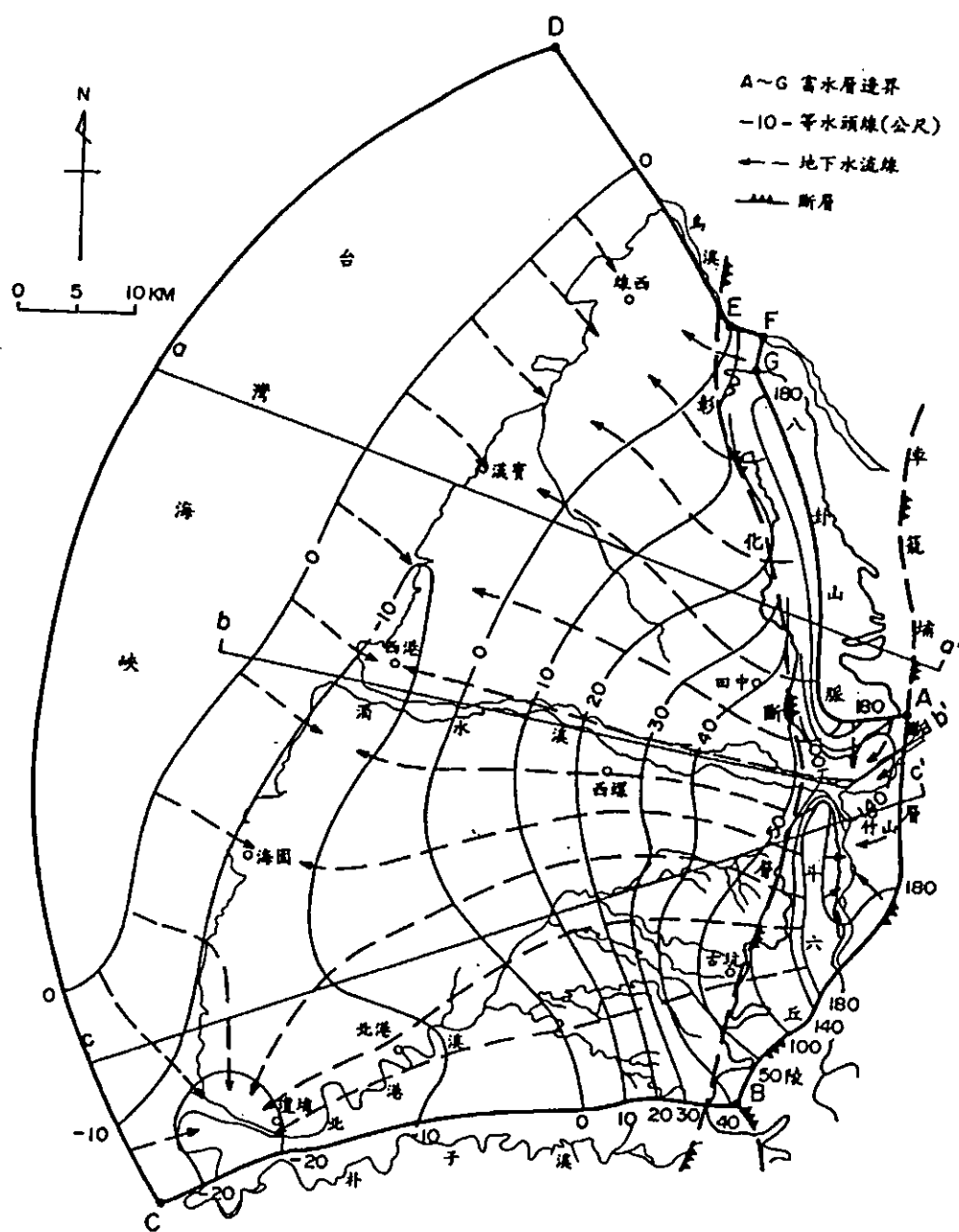


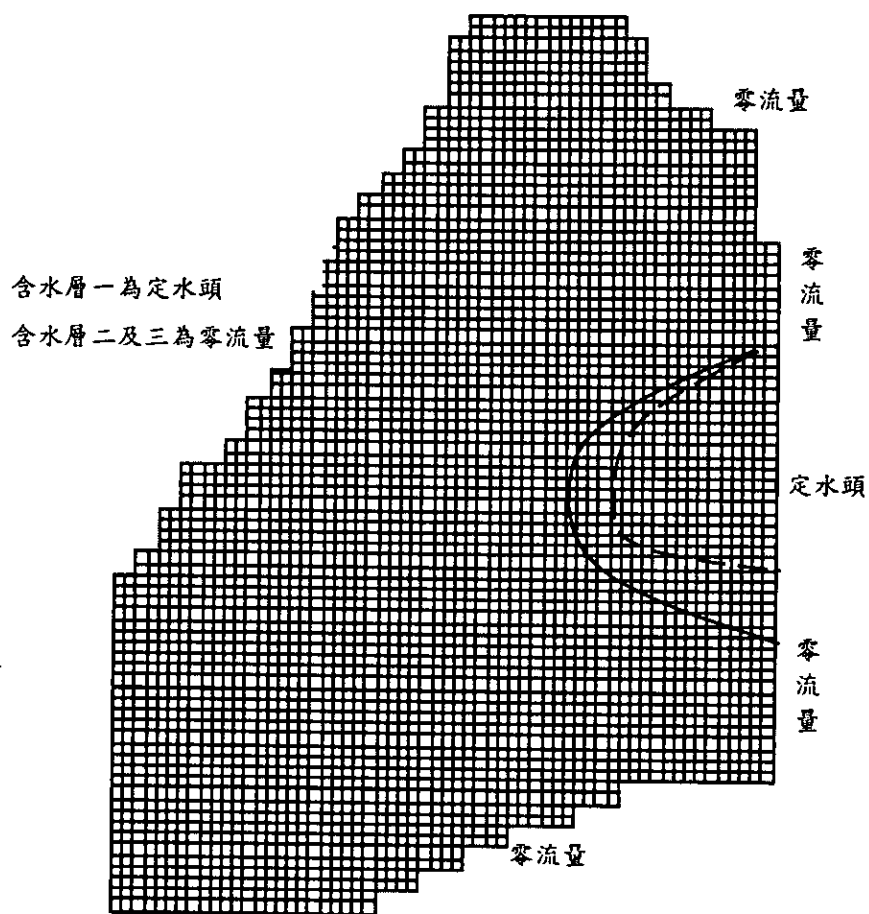
圖 3.2.1-1 濁水溪沖積扇地下水邊界之概念圖

(6)GA 段:本段位於頭嵙山層之中，為八卦山台地之地下水分水線 (Groundwater divide)。

因此在模式中，東部之八卦山有八卦山背斜及斗六丘陵有內林背斜及斷層經過，以此為東邊邊界，且設為零流量之邊界條件。西邊含水層一以海岸線延伸兩公里設為定水頭邊界，其餘含水層延伸 10 公里後尖滅，設為零流量之邊界條件。北部邊界為烏溪，南部邊界為朴子溪，各層皆為零流量之邊界。

二、格網劃分

模式格網是以 1 公里*1 公里格網建構，所以每一層格網是 80 欄 60 列(如圖 3.2.1-2)，共五層格網。



—— 阻水層一邊界

- - - 阻水層二邊界

圖 3.2.1-2 模式之格網劃分

(B) 屏東部分

由於屏東平原位於台灣之西南端，包括屏東縣及高雄縣部分鄉鎮，標高 100 公尺以下之面積約為 1210 平方公里，本研究參考中央地質調查所之屏東平原水文地質圖與省水利處所定義之屏東平原地下水分區範圍，並考量現有之地質鑽探資料以決定數值模式的分析範圍，就平面上而言，本模式研究區域大抵以地調所之屏東平原水文地質圖上之底岩分布區域為界，以忠實描述平原之地下水分區特性。模式北以旗山溪及荖濃溪上游一帶之低山為界；西界為高屏溪右岸之丘陵；東接中央山脈南端之西斜面，走向大致上與潮州斷層一致，以上所描述之區域邊界假設其地質特性沒有水流流動，定為無流量 (no flux) 的邊界 (Neumann Boundary Condition)；南界為海洋，面臨台灣海峽，模式邊界則選定在等高線 -10 公尺之處，以構成一定水頭邊界如圖 3.2.1-4 所示，為模式網格及定義之邊界條件平面圖。在進行地下水流數值模擬時，本研究是將模式分為七層，如圖 3.2.1-3 所示，第一層為自由含水層即非拘限含水層而第二層以下視為拘限含水層。格網的劃分上，南北方向將模擬區域分為 35 列，東西方向分為 16 行。考量資料密度及計算精度的情況下，採用 2km×2km 等間距的格網，其網格劃分如圖 3.2.1-4 所示。

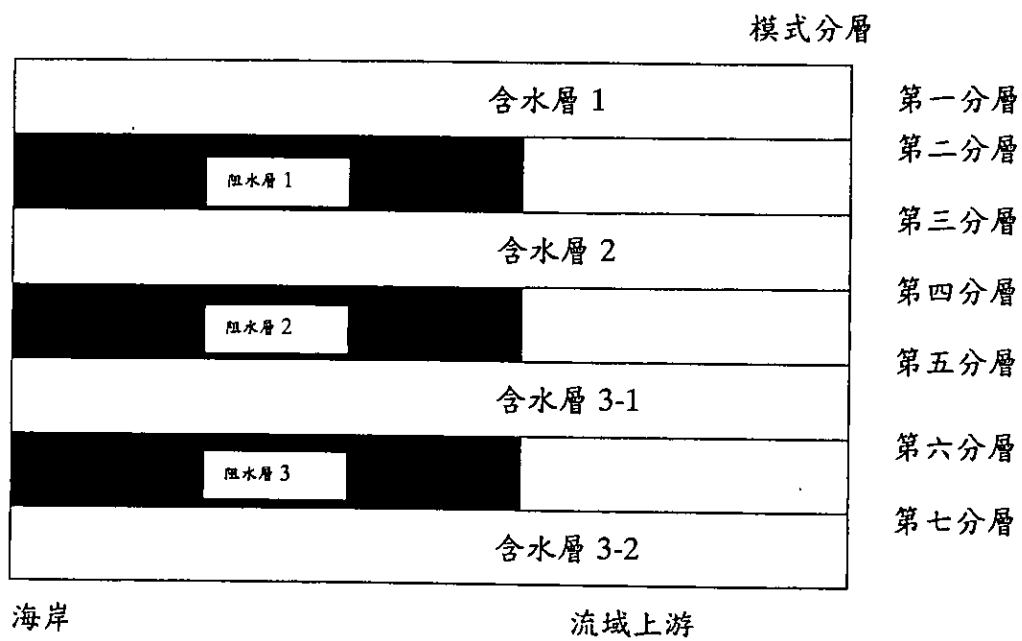


圖 3.2.1-3 屏東平原地區數值模擬分層概念圖

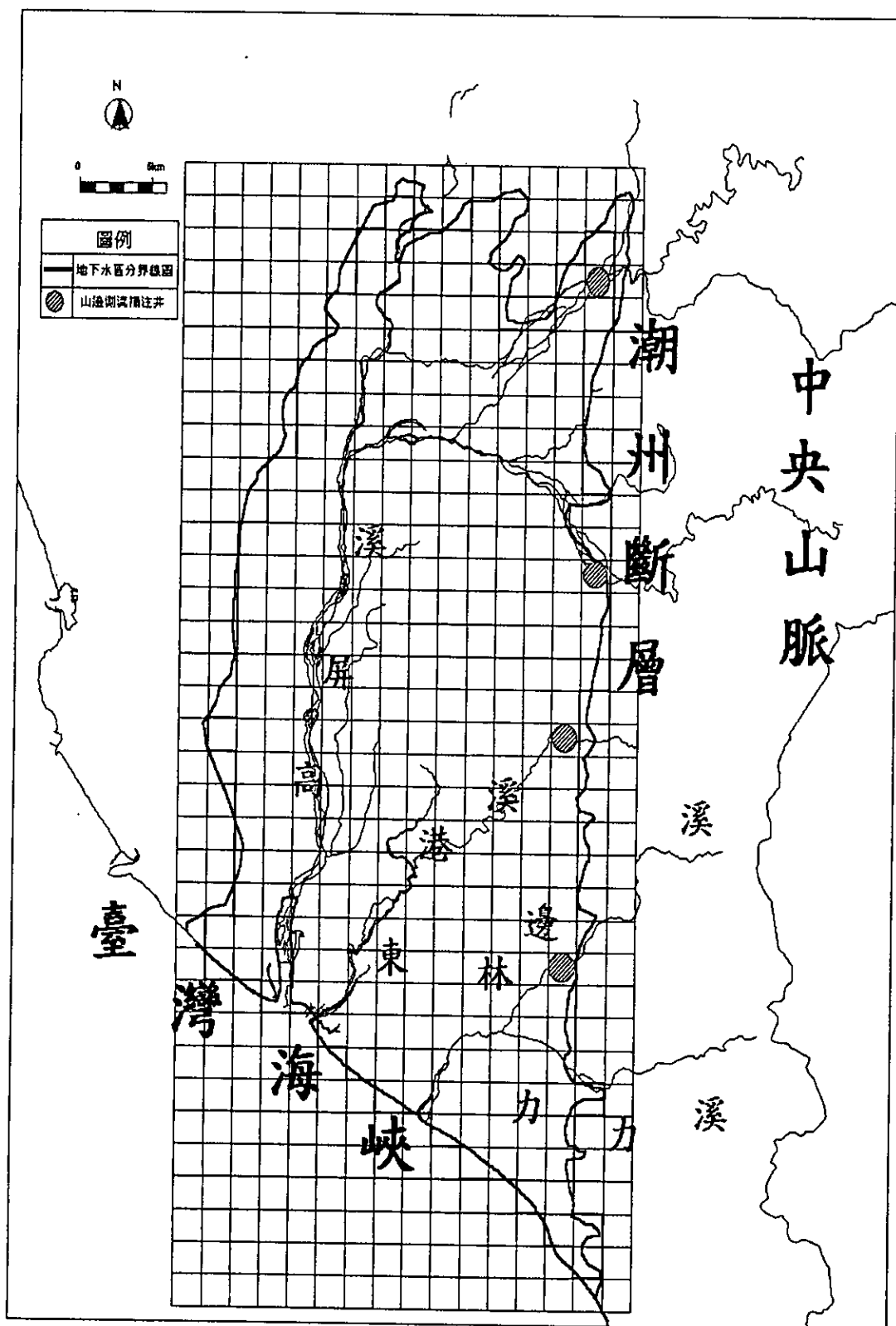


圖 3.2.1-4 屏東平原地區數值模擬邊界網格圖

3.2.2 數值模式之輸入資料

模式之輸入資料包括水力傳導係數、垂向水力傳導係數、儲水係數、起始地下水水位、補注量及抽水量等。除地表補注量之推估已詳述於 3.2.1 節外，其餘各輸入資料敘述如下：

(A) 濁水溪沖扇：

(1) 水力傳導係數

觀測站網建置時，對於各觀測井皆進行單井及複井抽水試驗，分析所得各含水層之水力傳導係數相當多，因此以克利金法(kriging)空間內插得到水力傳導係數分布，如圖 3.2.2-1，垂向水力傳導係數則假設為水平方向之 1/10。

(2) 儲水係數

由於儲水係數必須進行複井抽水試驗才能求得，但觀測站網建置只有 1/4~1/5 的觀測井進行複井抽水試驗，所以將參考試驗之儲水係數觀測值與過去農工中心之研究，空間內插至各分區，地下水模擬時，並進行儲水係數參數調整與校正。

(3) 起始地下水水位

將以民國 87 年 12 月之月平均水位當作模式起始地下水水位(圖 3.2.2-2)。

(4) 抽水量

由於現地抽水量資料不足，本研究將在各分區中尋找一口觀測井，以 UCODE 模式反向推求各區每月之抽水量，UCODE 模式能使整體模擬水位與觀測水位誤差最小，各區校正之觀測井與月水位如表 3.2.2-1 所示。

表 3.2.2-1 各分區校正觀測井之月水位

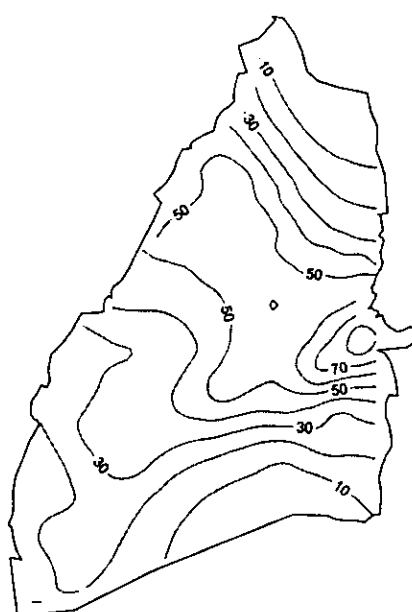
井名	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
線西(1)	2.24	2.32	3.23	3.16	3.15	3.2	3.18	3.32	3.18	3.17	2.92	2.65
文昌(1)	4.26	4.03	3.72	4.06	4.54	4.82	5.07	5.29	4.54	4.33	4.34	4.26
花壇(1)	13.13	13.05	13.22	13.27	13.36	13.4	13.53	13.62	13.38	13.3	13.21	13.07
香田(1)	8.83	8.37	8.08	8.19	8.4	8.72	8.92	9.76	9.58	9.41	9.36	9.17
合興(1)	17.13	16.7	16.3	16.14	16.19	16.43	16.61	17.43	17.2	16.83	16.67	16.73
田尾(1)	25.74	25.5	25.36	25.09	25.16	25.53	26.32	27.02	26.36	26.07	25.9	25.86
豐榮(1)	3.94	3.43	2.31	1.9	2.72	2.9	4.13	6.88	5.77	4.95	4.36	4.11
九隆(1)	19.85	19.55	19.55	19.04	19.46	19.49	20.2	21.14	20.32	20.4	20.04	19.87
六合(1)	38.79	38.04	36.99	36.4	36	37.04	37.97	39.62	41.27	46.07	40.57	39.2
明德(1)	-1.59	-1.87	-2.78	-3.91	-4.23	-4.02	-3.42	-1.56	-1.38	-2.52	-3.04	-2.98
宜梧(1)	-14.14	-19.14	-28.42	-30.64	-29.54	-29.07	-24.71	-19.92	-21.25	-22.69	-22.46	-21.35
舊庄(1)	13.53	11.74	12.48	12.05	12.96	13.43	14.24	14.38	13.97	14.11	13.96	14.01
東和(1)	63.25	60.91	58.95	56.62	56.55	56.15	56.65	61.44	65.7	65.46	64.52	63.75
線西(3)	-2.76	-2.98	-3.76	-3.82	-3.66	-3.75	-4.03	-3.48	-2.99	-2.39	-2.47	-2.58
文昌(3)	-3.14	-3.52	-5.47	-5.48	-4.74	-4.35	-4.31	-3.13	-3.56	-3.26	-3.65	-3.54
花壇(2)	11.25	11.12	10.79	10.4	10.45	10.66	10.73	11.09	11.49	11.88	11.7	11.62
趙甲(2)	-1.18	-1.82	-2.78	-3.24	-2.49	-1.82	-1.4	0.09	-0.61	-1.47	-2.05	-1.91
溪湖(1)	9.6	9	7.9	8.17	8.99	9.12	9.3	10.36	10.28	10.19	9.98	9.48
員林(2)	14.36	14.07	12.75	12.2	12.28	12.46	12.65	13.76	15.43	16.51	16.09	15.8
豐榮(2)	-3.18	-4.34	-6.01	-6.47	-5.62	-5.31	-4.34	-2.73	-3.58	-4.39	-5.19	-5.47
九隆(2)	17.86	16.61	15.82	15.41	15.84	16.19	16.78	18.05	18.5	18.8	18.43	18.41
六合(2)	31.74	37.63	36.76	36.28	36.5	37.46	37.85	38.01	38.05	43.48	43.18	39.11
明德(2)	-8.21	-9.09	-11.34	-13.78	-13.76	-13.36	-12.13	-8.84	-9.44	-11.77	-12.07	-11.52
宜梧(2)	-17.95	-20.27	-28.88	-31.98	-30.86	-30.62	-27.56	-22.94	-23.8	-24.39	-23.41	-22.56
舊庄(3)	3.34	-3.71	-5.06	-6.45	-4.94	-3.08	-0.5	1.27	0.77	1.83	0.62	2.88
東和(2)	61.58	58.77	56.63	55.65	53.65	53.46	54.79	61.14	59.99	67.56	66.91	65.81
線西(4)	-2.38	-2.58	-3.09	-3.3	-3.32	-3.27	-3.42	-3.05	-2.38	-1.79	-2.27	-2.33
文昌(4)	-4.13	-4.57	-5.45	-5.83	-5.56	-5.19	-5.24	-4.52	-3.92	-3.1	-3.91	-4.12
東芳(2)	-1.22	-1.56	-3.42	-3.18	-2.82	-2.72	-2.76	-2.11	-1.72	-1.03	-1.01	-1.07
趙甲(3)	-1.24	-1.5	-2.07	-2.48	-2.45	-2.05	-1.97	-1.11	-0.51	0.2	-0.7	-0.95
合興(2)	8.61	8.33	7.64	7.14	7.15	7.36	7.42	8.19	9.57	10.95	10.15	9.69
員林(4)	10.26	9.72	8.8	8.12	7.86	7.76	7.86	8.5	9.81	11.49	10.8	10.27
興化(3)	-2.82	-3.32	-4.49	-5.48	-5.75	-5.42	-5	-3.19	-2.95	-2.76	-3.75	-3.96
九隆(3)	14.12	12.97	11.91	11.48	11.36	11.77	12.44	13.46	14.89	15.9	15	14.53
六合(3)	31.74	37.63	36.76	36.28	36.5	37.46	37.85	38.01	38.05	43.48	43.18	39.11
明德(4)	-9.02	-9.43	-10.9	-12.97	-13.66	-13.24	-12.63	-10.11	-9.74	-11.03	-11.94	-11.96
宜梧(3)	-15.5	-19.53	-27.09	-29.96	-28.92	-29.02	-26.02	-21.63	-22.55	-22.71	-22.18	-21.61
舊庄(4)	2.48	-5.18	-6.1	-7.53	-6.08	-3.98	-1.54	-0.06	-0.53	0.74	-0.6	2.23
東和(3)	29.52	26.77	25.23	24.58	24.39	25.43	26.66	28.45	30.25	31.18	30.18	29.8

水位單位：公尺

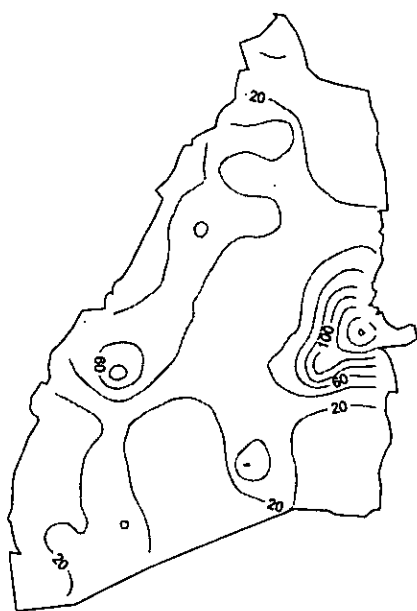
資料來源：水利署網站



(A) 含水層一

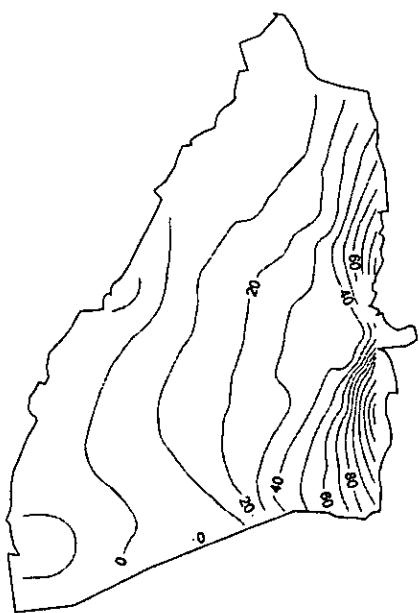


(B) 含水層二

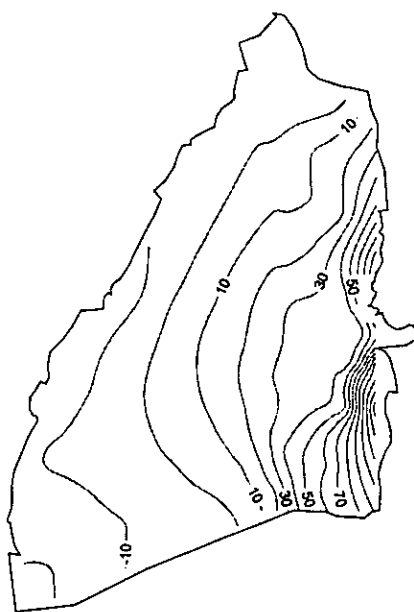


(C) 含水層三

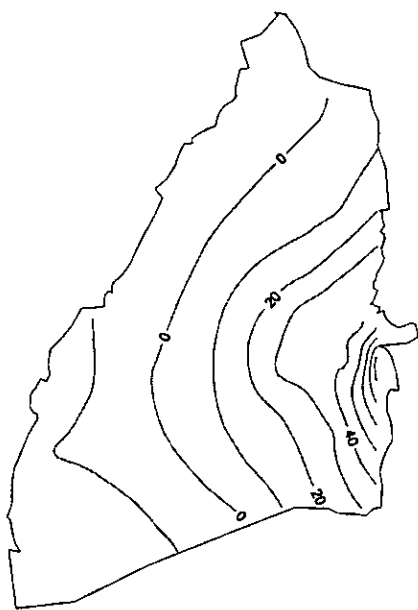
圖 3.2.2-1 水力傳導係數之空間分布(單位: m/day)



(A) 含水層一



(B) 含水層二



(C) 含水層三

圖 3.2.2-2 起始水位(民國 87 年 12 月)等值圖 (水位單位：公尺)

(B) 屏東平原

1. 地下水力學參數之輸入

本研究進行非穩態模擬，因此所需輸入之地下水力學參數包括了透水係數(Hydraulic Conductivity, K 值)、垂向滲漏係數 (Vertical Leakance, V_{cont} 值) 及儲水係數(Storage Coefficient)等。其資料處理步驟如下：

(1) 透水係數(Hydraulic Conductivity, K 值)

透水係數之資料參考台糖公司新營總廠鑿井工程隊 84 年度之地下水觀測井開鑿及相關試驗報告與新營總廠地下水開發保育中心八十五年度之地下水觀測站井建置及相關試驗報告與台灣地區地下水觀測網第一期計劃屏東平原水文地質調查研究總報告，將台糖報告中定量試水及少部份抽水試驗所得之導水係數(Transmissivity, T 值)除以各含水層厚度，而得透水係數(K 值)。將上述所得 K 值依其所在濾水管深度，參照地層對比所得的地下分層厚度資訊來判定所屬層位，而得到分層的 K 值。利用每一分層 K 值做內插得格網點 K 值，以供輸入模式，如圖 3.2.2-3 為含水層二 K 值的等值線圖。

(2) 垂向滲透係數 (Vertical leakance, V_{cont} 值)

本模式還需輸入垂向滲漏係數 (Vertical Leakance, V_{cont} 值)，以便計算層與層間之水量交換。各層厚度分佈資料已蒐集整理，至於垂向透水係數 K_z (Vertical Hydraulic Conductivity)，其處理方式為含水層之 K_z 即以 K 之 $1/10$ 估算至於阻水層（或無 k 值）則參照岩性先估算出 K 值，再取 $1/10$ 作為 K_z 值。

(3) 儲水係數(Storage Coefficient)

在模式處理時，由於經由台糖鑿井隊之新站網抽水試驗所得之比儲水量(Specific Storage)與比出水量(Specific Yield)資料並不足夠，

為了補足 S 值資料的不足，除了參考台糖鑿井隊之新站網抽水試驗 S 值資料外，再配合個 54 地質鑽測站之岩性資料與 13 張剖面圖得知每站各層之岩性，再依其岩性給予一估算值，如表 3.2.2-2 所示，如此每層共有 33 個 S 值，利用內插得整層格網點之 S 值，在模式中由於第一層為非受壓水層，故 S 值給予有效孔隙率(Effective Porosity)，其第二層以下為受壓含水層均給予比儲水量(Specific Storage)。雖然上游部分，為礫石所組成之自由含水層，但因受限於 MODFLOW 程式之限制，仍要分層處理，故於上游部分之第二層的 S 值給予比儲水量(Specific Storage)。

表 3.2.2-2 儲水係數值

自由水層之儲水係數	砂土	0.07~0.15
	礫石	0.1~0.2
受壓水層之單位 儲水係數值(1/m)	黏土	2×10^{-3}
	砂土	3×10^{-4}
	礫石	2×10^{-5}

(4)模式中各剖面分層與阻水層分佈

根據經濟部中央地質調查所，「台灣地區地下水觀測網第一期計畫屏東平原水文地質調查研究總報告」依其各觀測站的位置劃分為 13 個剖面，依真實分佈的情形，並進一步作模式地下分層之用，屏東平原中 13 個水文地質剖面的平面分佈圖如圖 3.2.5-4 所示，而圖 3.2.2-4 及圖 3.2.2-5 為東西向的地質剖面圖；圖 3.2.2-6 為南北向的地質剖面圖。圖 3.2.2-4 為靠近海岸線一帶，而圖 3.2.2-5 則位於屏東平原內陸。模式概念分層之原則：將屏東平原地層分為七層，第二、四、六層為阻水層(黏土層)，第一、三、

五、七層，圖 3.2.2-7 至圖 3.2.2-13 則為輸入模式中各分層厚度等值圖；
圖 3.2.2-14 至圖 3.2.2-16 為屏東平原地下分層中阻水層分佈圖。

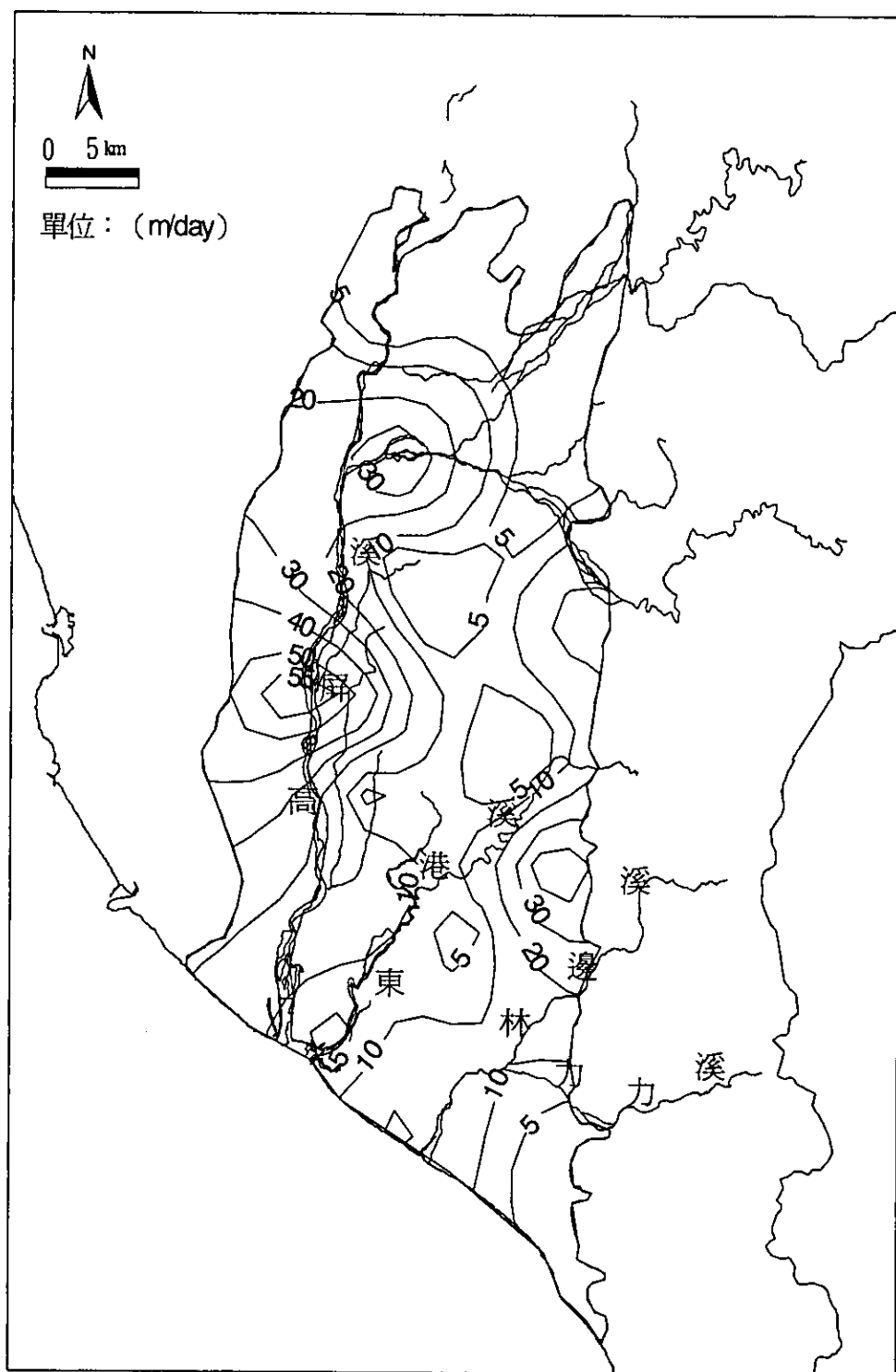


圖 3.2.2-3 含水層二 K 值之等直線圖

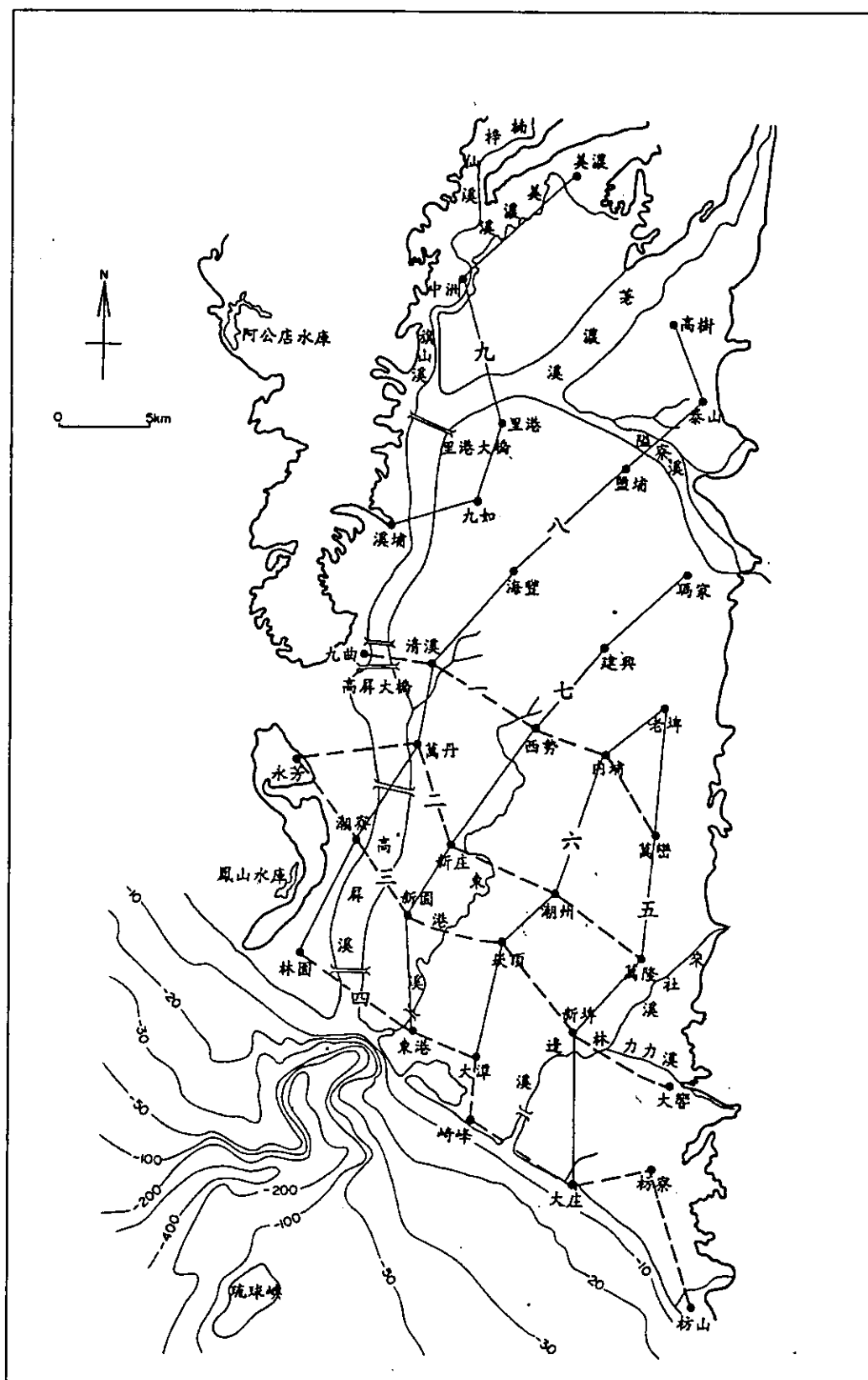


圖 3.2.2-4 水文地質剖面平面分布圖

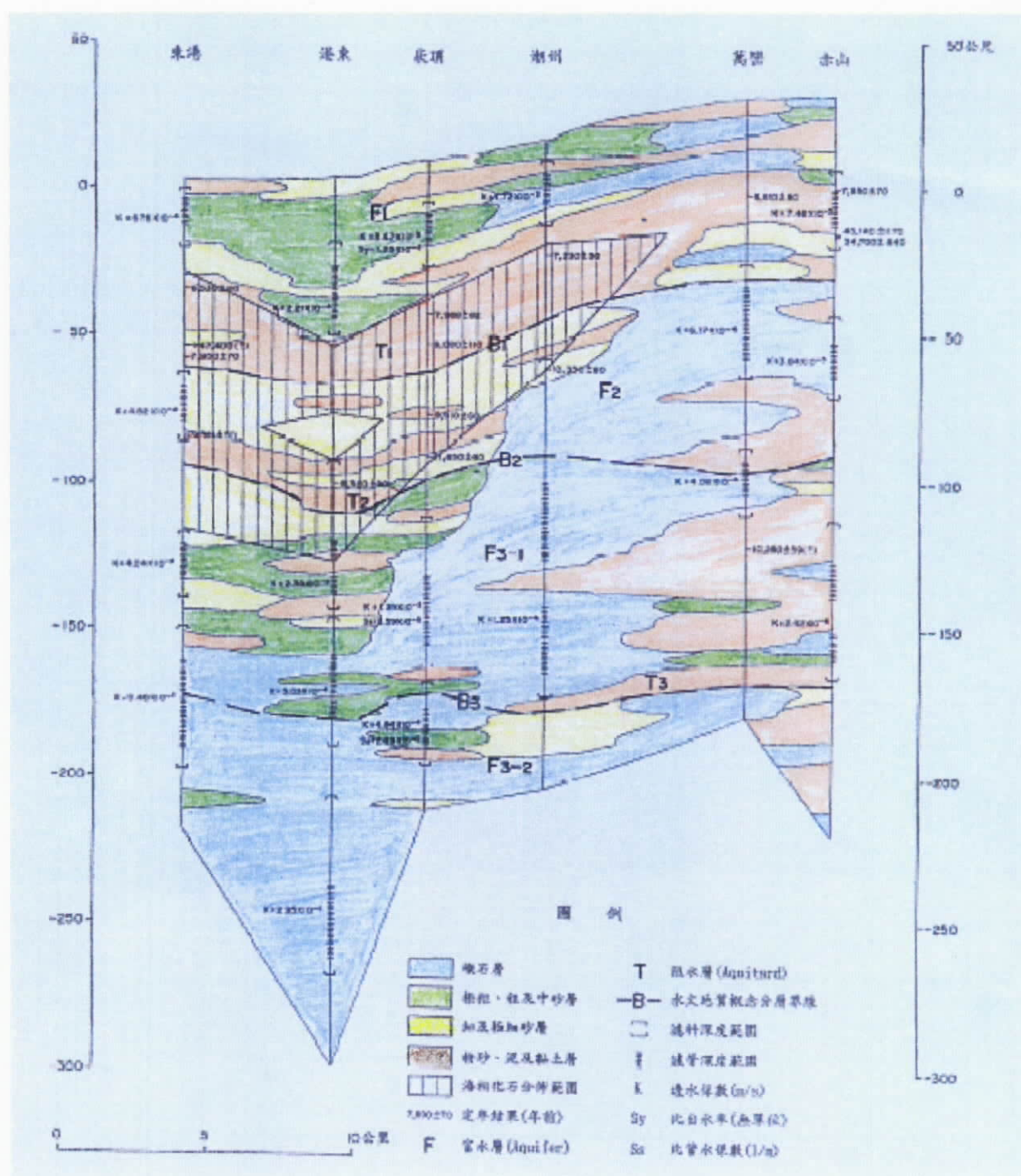


圖 3.2.2-7 屏東平原水文地質剖面三

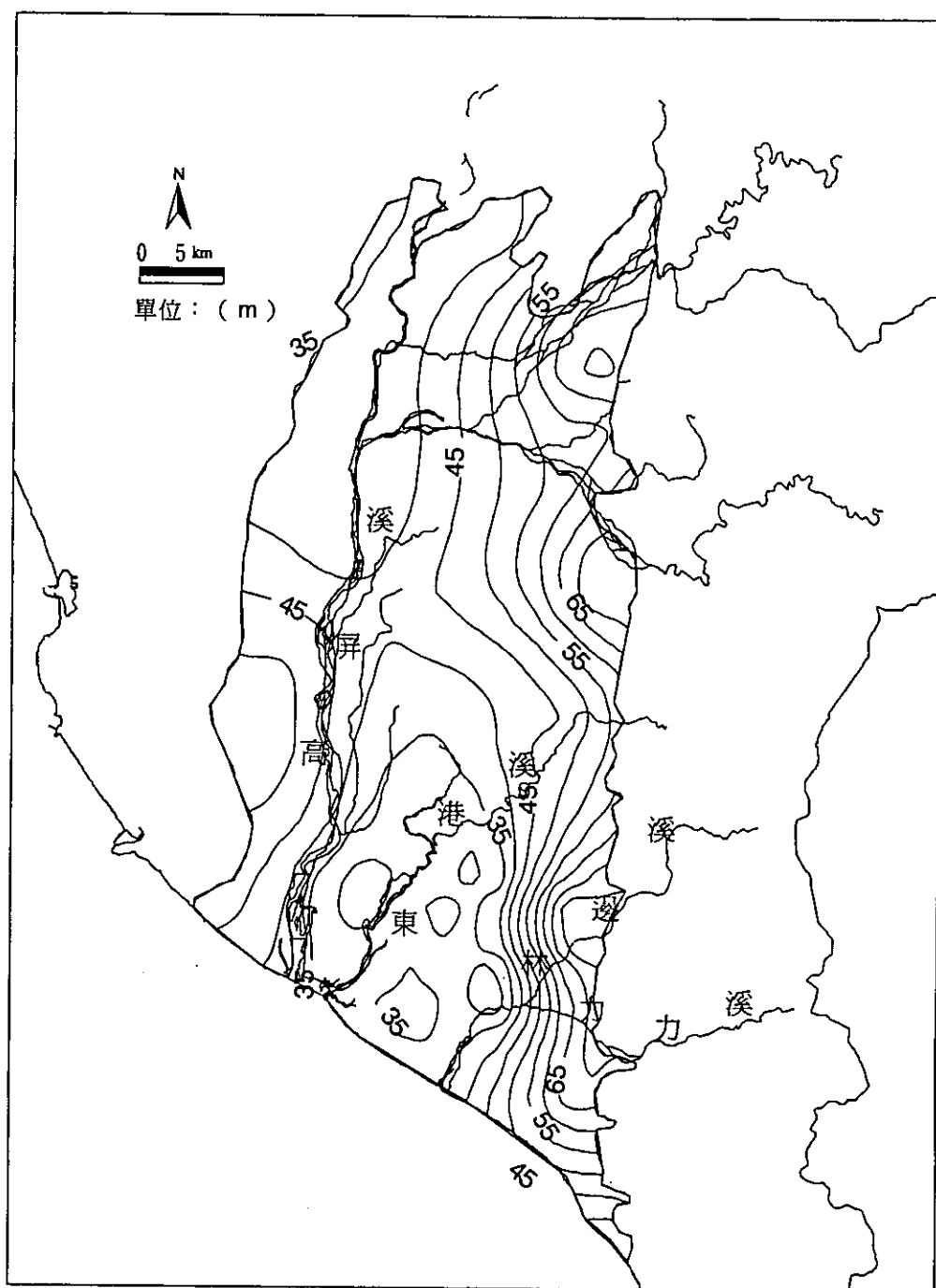


圖 3.2.2-8 模式第一分層(含水層一)厚度等值圖

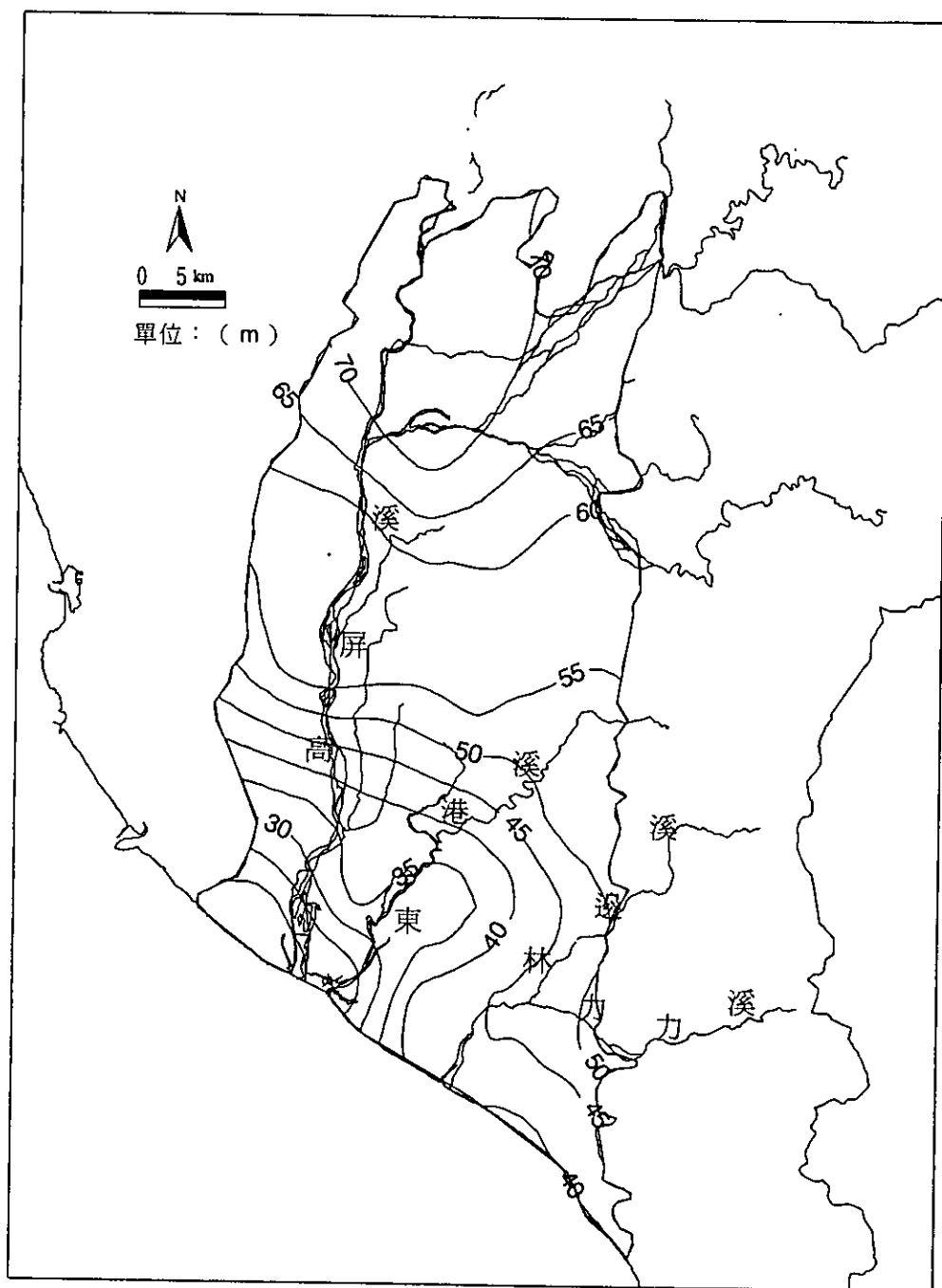


圖 3.2.2-9 模式第三分層(含水層二)厚度等值圖

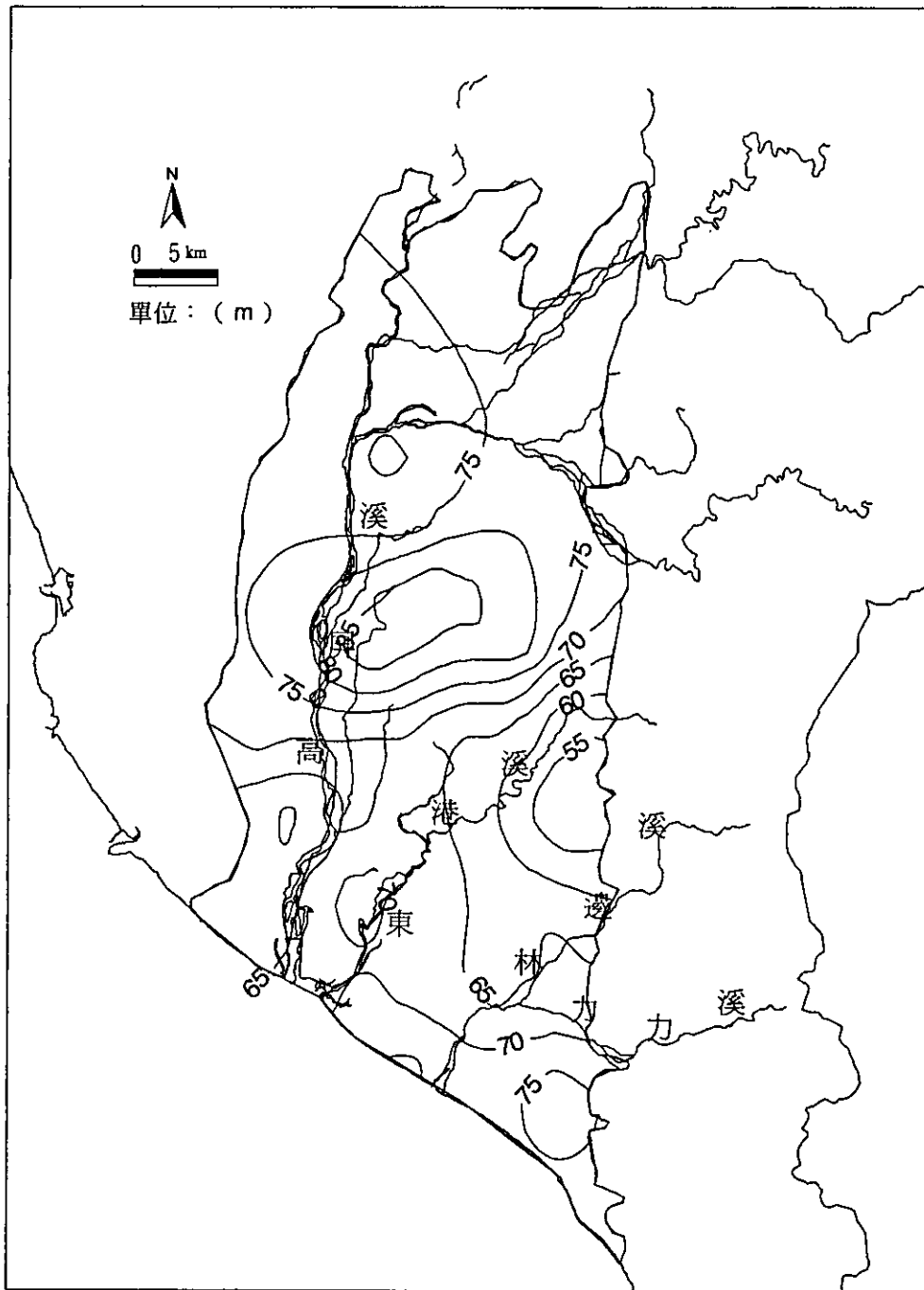


圖 3.2.2-10 模式第五分層(含水層三之一)厚度等值圖

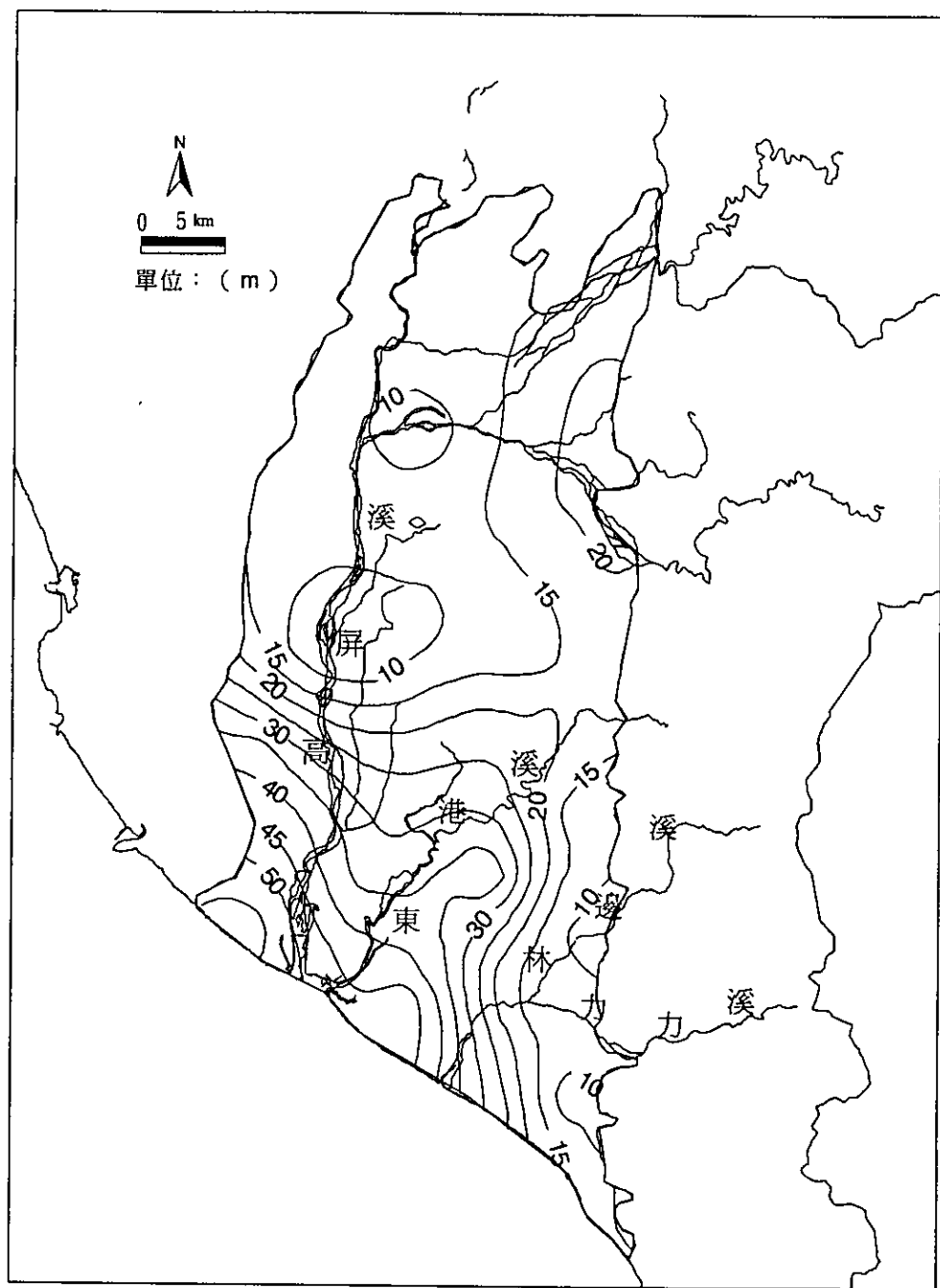


圖 3.2.2-11 模式第七層(含水層三之二)厚度等值圖

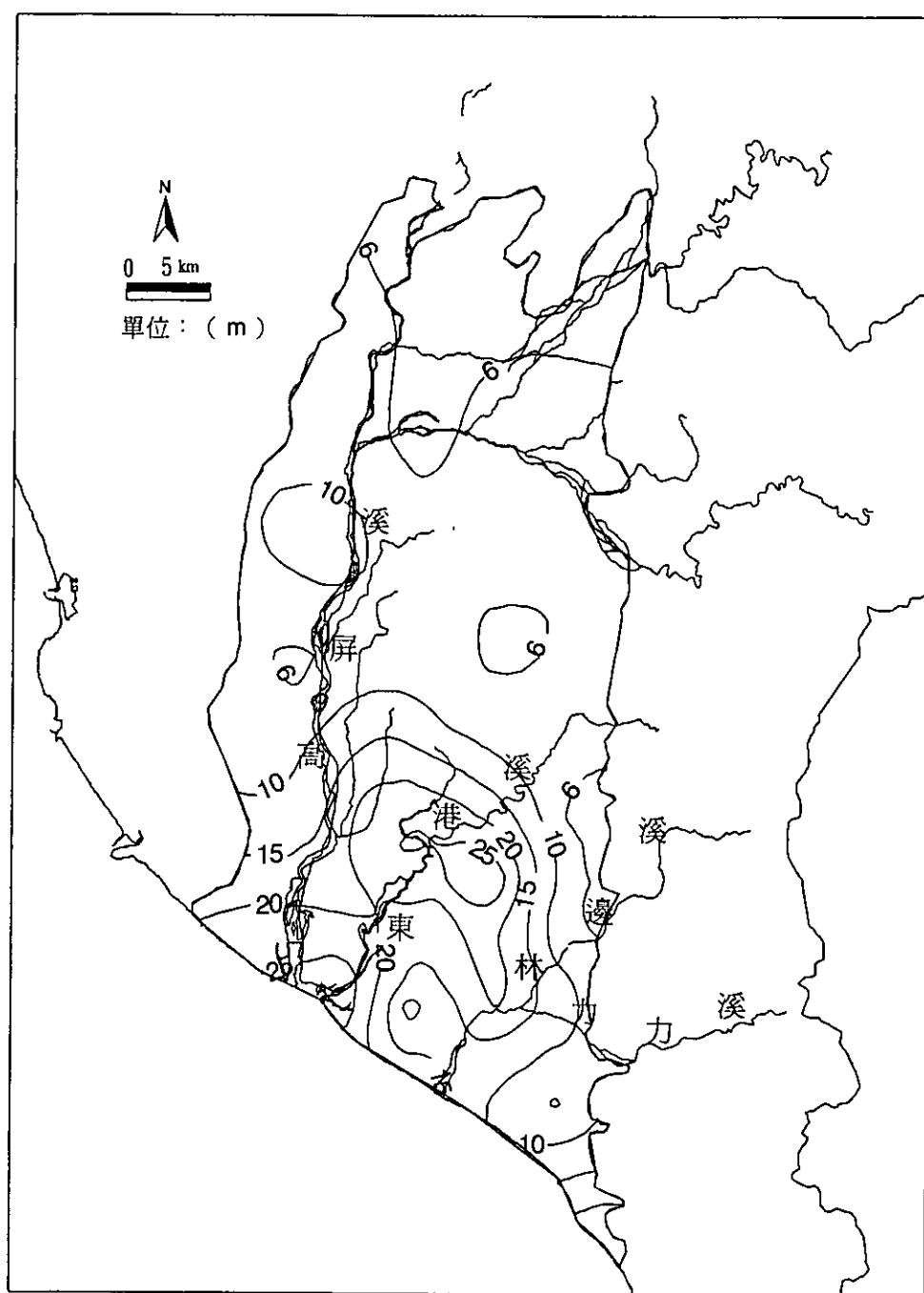


圖 3.2.2-12 模式第二分層(阻水層一)等值圖

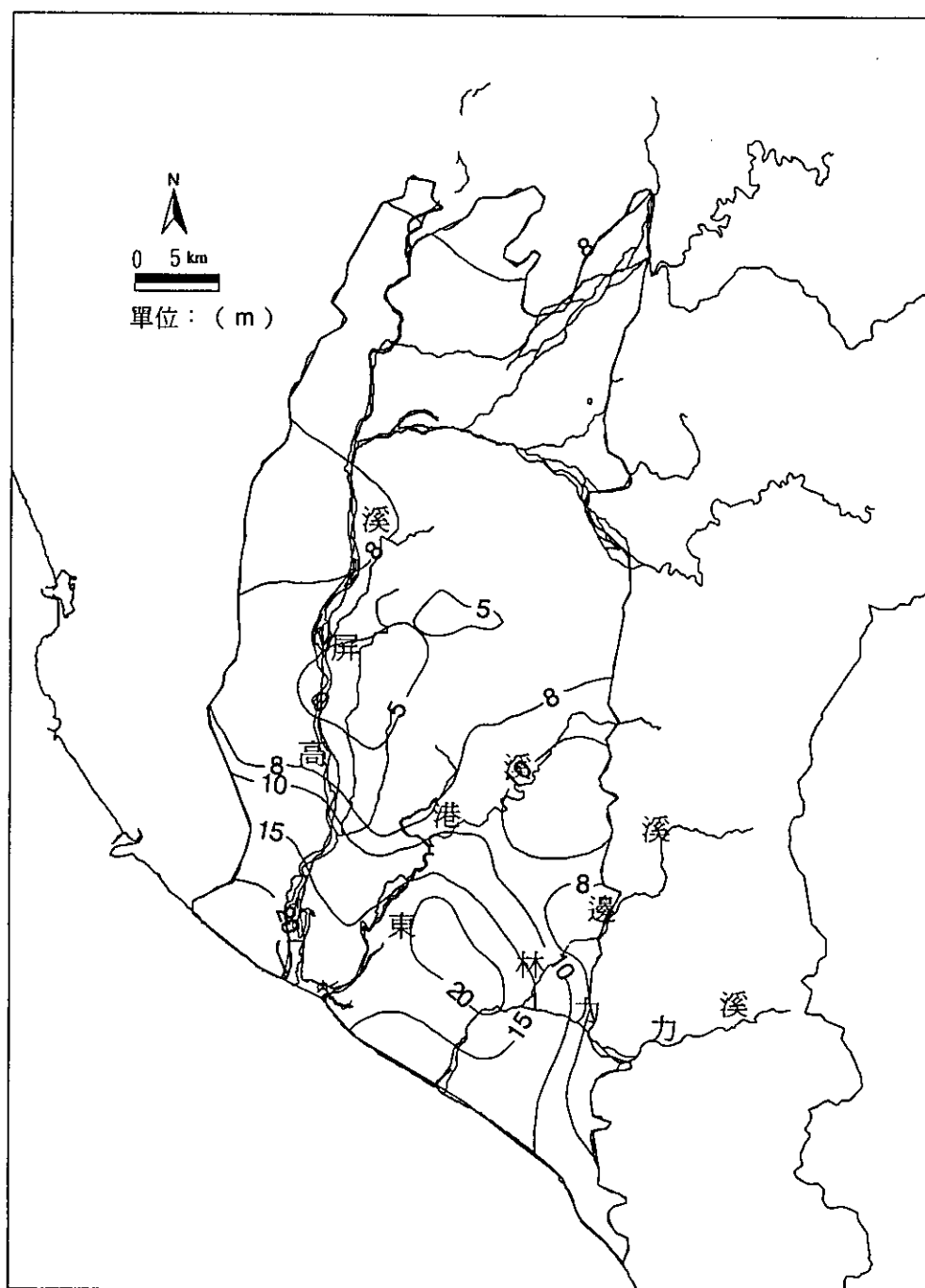


圖 3.2.2-13 模式第四分層(阻水層二)厚度等值圖

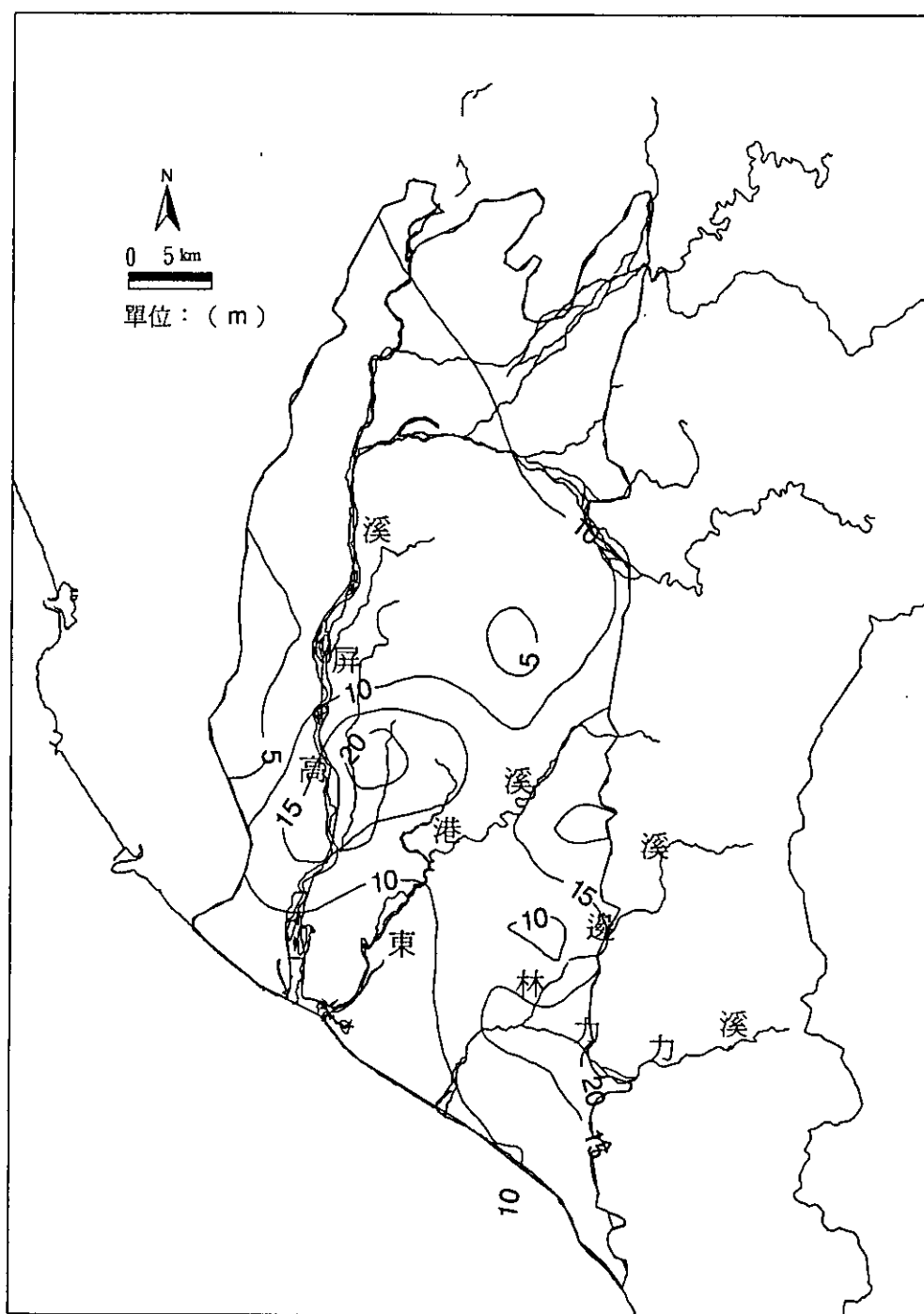


圖 3.2.2-14 模式第六分層(阻水層三)厚度等值圖

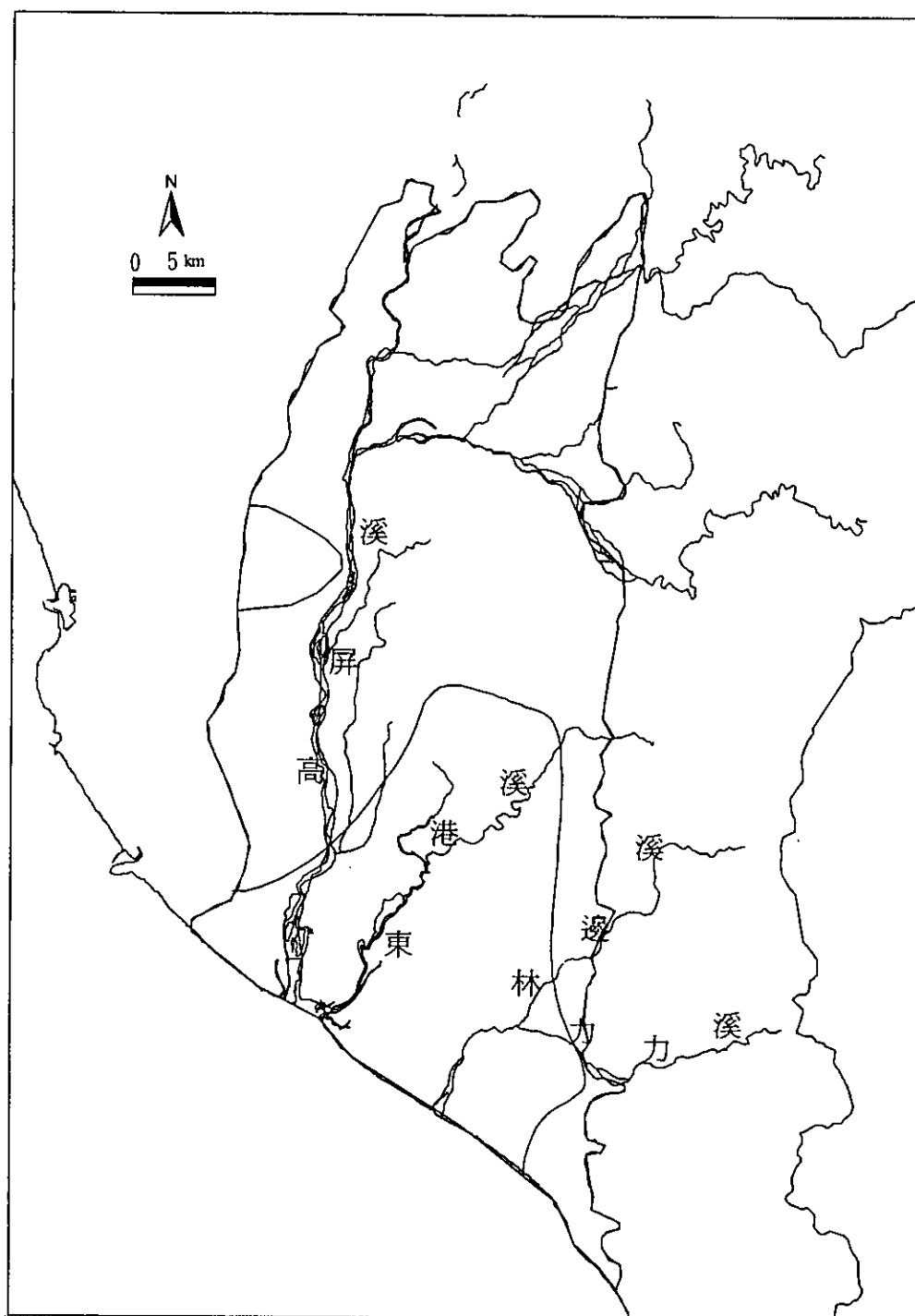


圖 3.2.2-15 屏東平原阻水層一分佈圖

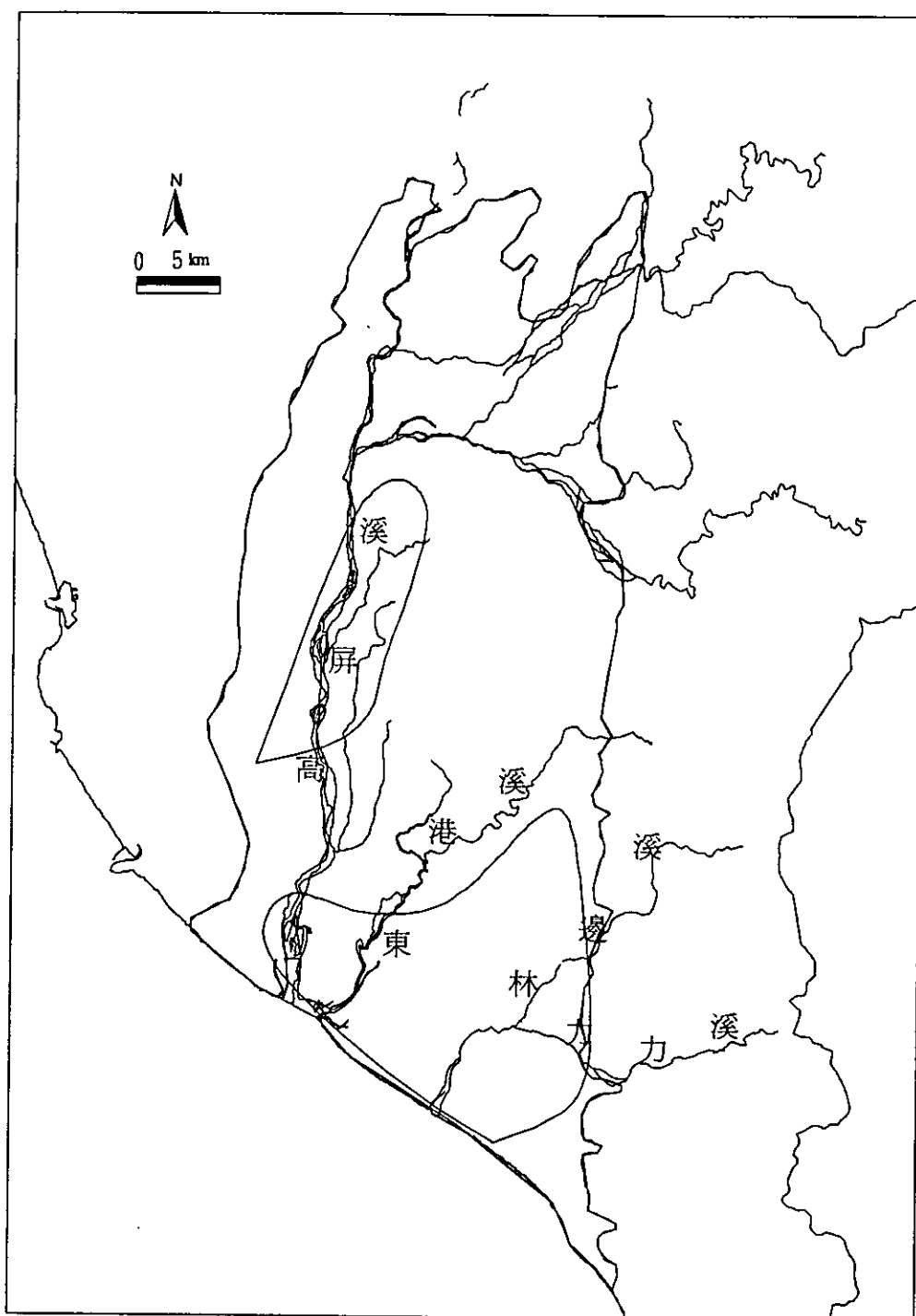


圖 3.2.2-16 屏東平原阻水層二分佈圖

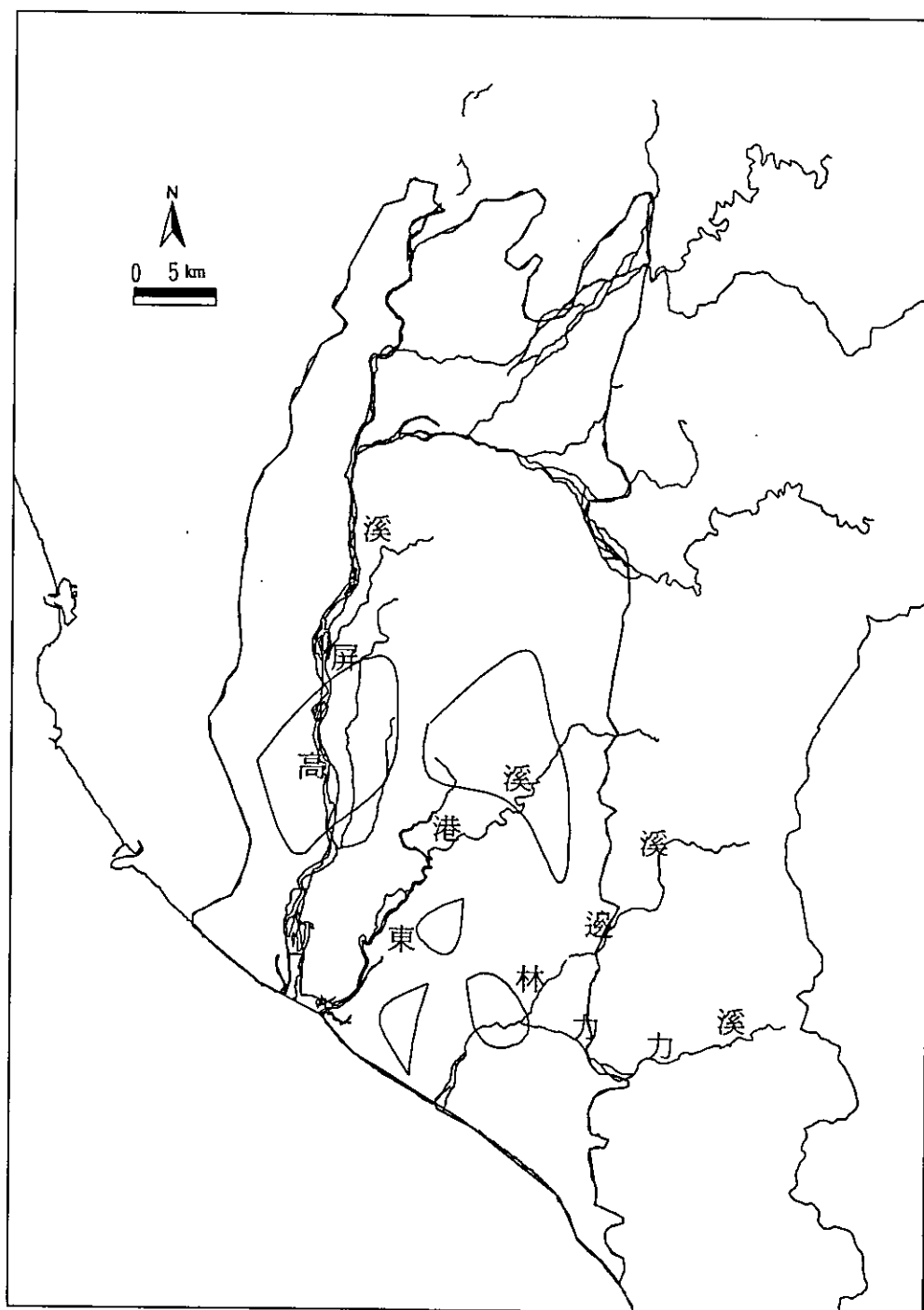


圖 3.2.2-17 屏東平原阻水層三分佈圖

3.2.3 推估淨入滲量及側流量

本節將使用前節建立之 MODFLOW 模式，以 UCODE 模式優選推估地下水區補注量(地表、河川交換量、側流量)及抽水量步驟如下：

1、由 GIS 圖層及入滲公式推估地表入滲量

此工作項目之作法已於由前述之工作流程中說明。

2、以淺層地下水模式配合 UCODE 進行淨補注量、河川交換量、側流量優選

首先配合研究區域之水文地質架構，建立淺層地下水流數值模式。另外，本研究雖應用 UCODE 來推估水流模式中的參數，但是若將中每個格網之抽水量都視為一個獨立參數，則其維度將太大而無法直接對其優選，因此本研究是利用分區補注量(Recharge)的形式替代抽水井來降低其維度(Dimension)。實際的地下水問題中，實測資料的數量非常有限，要利用有限的資料求出具有非常大自由度之參數分佈情形是不可能的。以下將針對模式未知參數之分佈的簡化方法加以說明。

利用有限差分法求解問題時，基本上已經把模擬區域與參數皆離散化而成為有限維度，離散化後的維度通常依舊非常大，無法利用有限觀測資料來推求參數，因此必須配合參數化(Parameterization)的技巧先合理地降低參數維度後，才能進一步利用觀測值推求參數值。

在過去既有地下水流模擬與人工檢定的過程中，發現較不確定性大且對模擬結果影響較顯著的參數是抽水量，因此針對 UCODE 的特性在參數優選模式中先選定抽水量與入滲補注的綜合效應即地表淨補注量當作優選對象，其表示如下：

$$q = I - Q$$

其中 q :地表淨補注率(m/s)

I :地表入滲補注率(m/s)

Q:自由含水層抽水率(m/s)

以下就針對所使用到參數化方法加以說明:

(a) 濁水溪沖積扇:

地表抽水量參數化所使用的是分區(Zonation)法，本計畫將配合水區地表特性來進行地表抽水量之分區。如屏東平原之分區原則為配合濁水溪、烏溪、朴子溪及北港溪流域範圍，再依照扇頂、扇央、扇尾區，參考以第一含水層觀測水頭零位線以西的範圍，區分為十一個區域，並假設每區抽水率型態類似而視為均勻抽水，所以在每個抽水區的格網均給予相同的抽水率。

另外，由於水區之周圍邊界可能大量的地下水量自平原周圍山區之邊界岩盤入滲至平原內，規劃將於邊界部份以補注井模擬其側流量之補注效應。如濁水溪沖積扇將分別在八卦山山脈及斗六丘陵共虛擬兩排補注井。最後，因地表河川與地下水之交換量不易估算，規劃只考慮水區主要河川，依照扇頂、扇央、扇尾區將河段區分為上、中、下游三段，以降低優選參數之維度。其抽水量、河川交換量、側流量優選參數分區如圖 3.2.3-1 所示。

(b) 屏東平原

屏東平原之分區原則為配合高屏溪、隘寮溪及荖濃溪、旗山溪及美濃溪、東港溪、林邊溪等流域範圍，再參考以第一含水層觀測水頭零位線以西的範圍，區分為六個區域如圖 3.2.3-2 所示，並假設每區抽水率型態類似而視為均勻抽水，所以在每個抽水區的格網均給予相同的抽水率。

另外，由於水區之周圍邊界可能大量的地下水量自平原周圍山區之邊界岩盤入滲至平原內，規劃將於邊界部份以補注井模擬其側流量之補注效應。屏東平原將分別在高屏溪、東港溪及林邊溪上游出山口處共虛擬四個補注井如圖 3.2.3-2 所示。最後，因地表河川與地下水之交換量不易估算，規劃只考慮水區主要河川，並將河段區分為上、中、下游三段，以降低優選

參數之維度如圖 3.2.3-2 所示。

3、淺層地下水模式參數率定

由 2、之工作中，可得出抽水量、河川交換量及側流量、輸入淺層地下水模式中，進一步配合模式人工率定。在參數率定時，原則上水文地質參數如 K 值、S 值先不給予調整，而是以格網方式人工率定所優選出之抽水量、河川交換量及側流量。最後，再配合 1、之推估結果，得出河川交換量、第一層側流量及淺層抽水量。

4、以多層地下水模式配合 UCODE 進行抽水量優選

將 3、經人工率定之淺層地下水模式擴充至多層地下水模式，其中地表抽水量、河川交換量、第一層側流量不再變動，進行各層分區抽水量及側流量之優選(可同時各層各區抽水量優選或各層抽水量以固定比例分區優選)。

5、多層地下水模式參數率定

將 4、經優選後之抽水量，輸入多層地下水模式，再配合模式人工率定方式，得出各層抽水量及側流量。

由於早期地下水觀測井網尚未建立，缺少地下水位資料，難以藉由地下水位率定各項參數。為建立西元 1967 年乾旱年之地下水流模式，本研究藉由前述章節所得之地表入滲量，並假設區域抽水型態不隨降雨豐枯而改變。

研究步驟如下圖所示(圖 3.2.3-3)，首先選定一具代表性且地下水觀測井網已啟用之降雨平水年，在此選定西元 1999 年。其次，依據前述方法與該年降雨資料推估該年地表入滲量，並藉由 UCODE 程式率定該年的地下水

抽水型態。

接下來，本研究假設區域抽水型態不隨降雨豐估而變化，因此利用前述平水年所率定之抽水型態，再結合利用乾旱年降雨量所推估之地表入滲量，進而建立乾旱年之地下水流模式，以便後續工作藉之研擬乾旱期間之救旱策略。

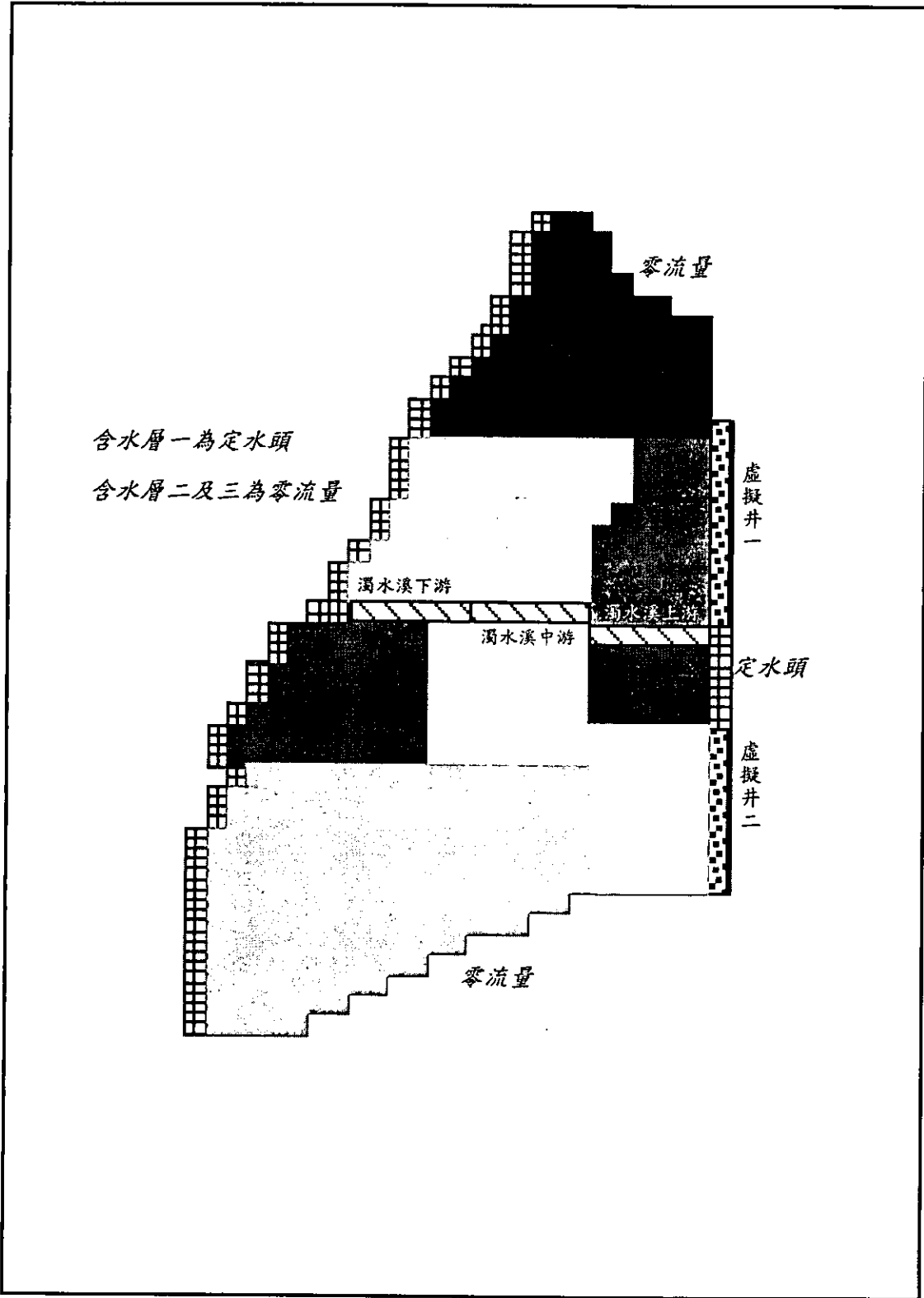


圖 3.2.3-1 濁水溪沖積扇抽水量分區、河川河段分區及東邊測流量補注

井位置圖

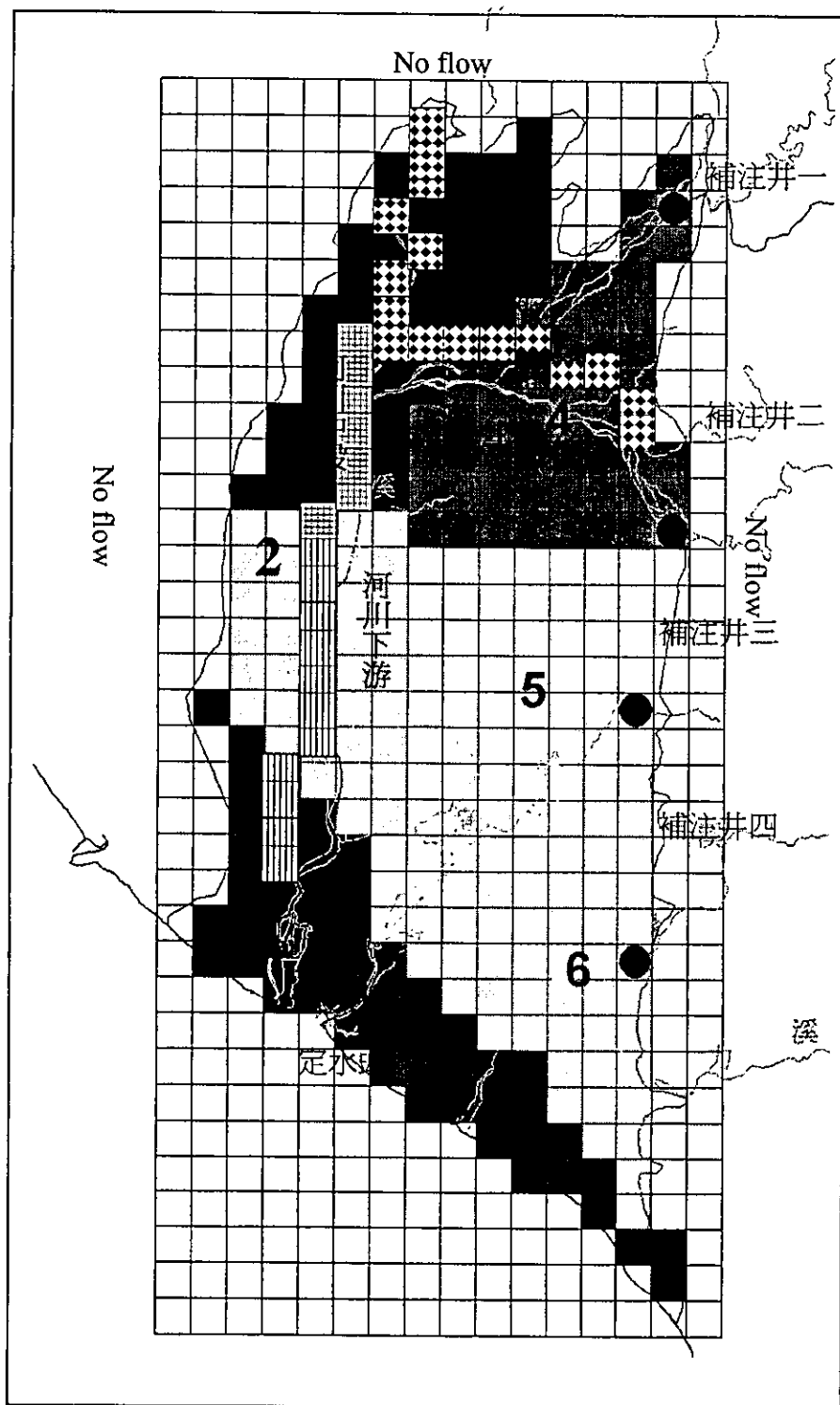


圖 3.2.3-2 屏東平原抽水量分區、河川河段分區及東邊側流補注井位置圖

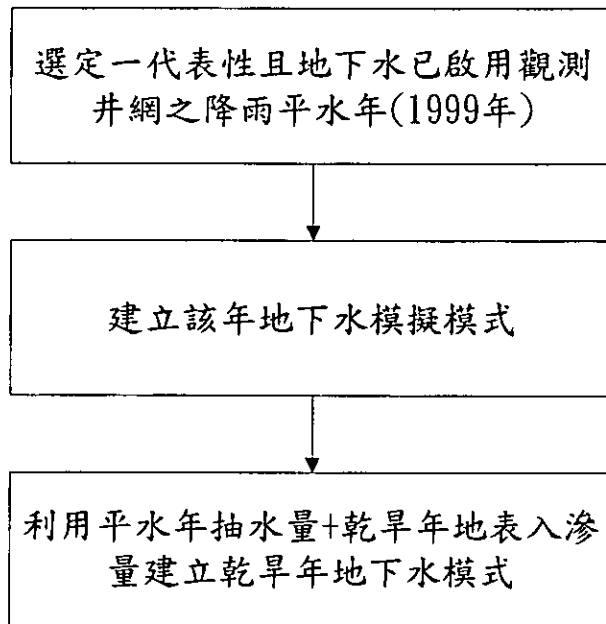


圖 3.2.3-3 乾旱年模式流程圖

第四章 救旱井設置規劃

台灣地屬亞熱帶海島型氣候，降雨量相較於世界其他地區可謂極為豐沛，年平均降雨量約為 2510 公釐，係世界平均值之 2.6 倍。但是由於台灣地區地小人稠，再加上河川短流急，每人所用之水資源時，實在非常有限，每人可用水資源為世界平均值之六分之一。近年來，更由於水資源需求持續增加，但受限於自然條件，新水源開發日漸困難，每逢長期降雨量偏低，部分地區即發生乾旱缺水。本章節將以救旱井之方式提供乾旱時期水量需求之解決方案。整體救旱井設置規劃工作流程圖如圖 4.1、圖 4.2 所示。圖 4.1 主要工作為格網篩選與格網排序，圖 4.2 的主要工作為格網內井的配置數目與最大容量設計及乾旱井操作影響模擬。

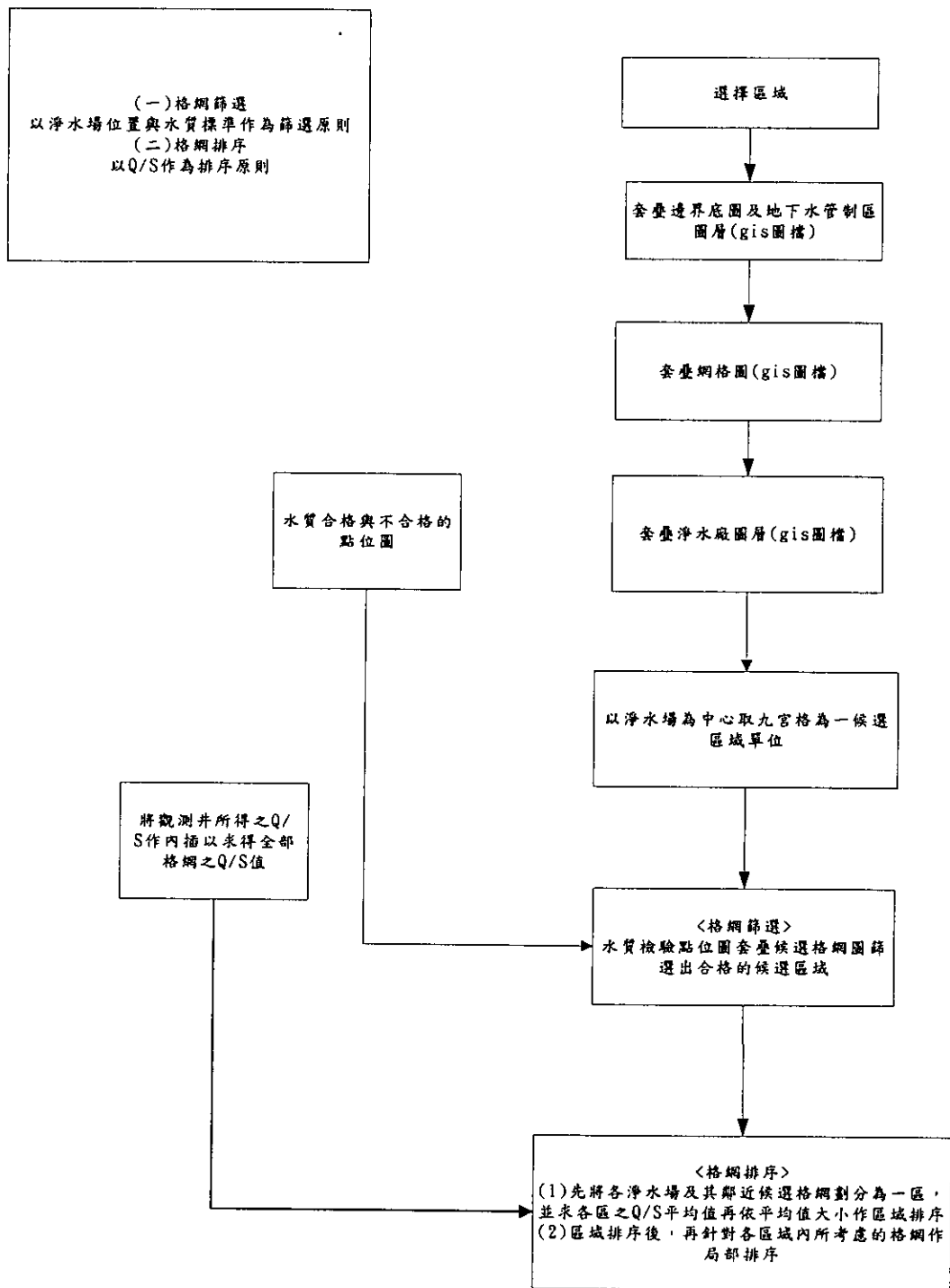


圖 4.1 格網篩選與格網排序流程圖

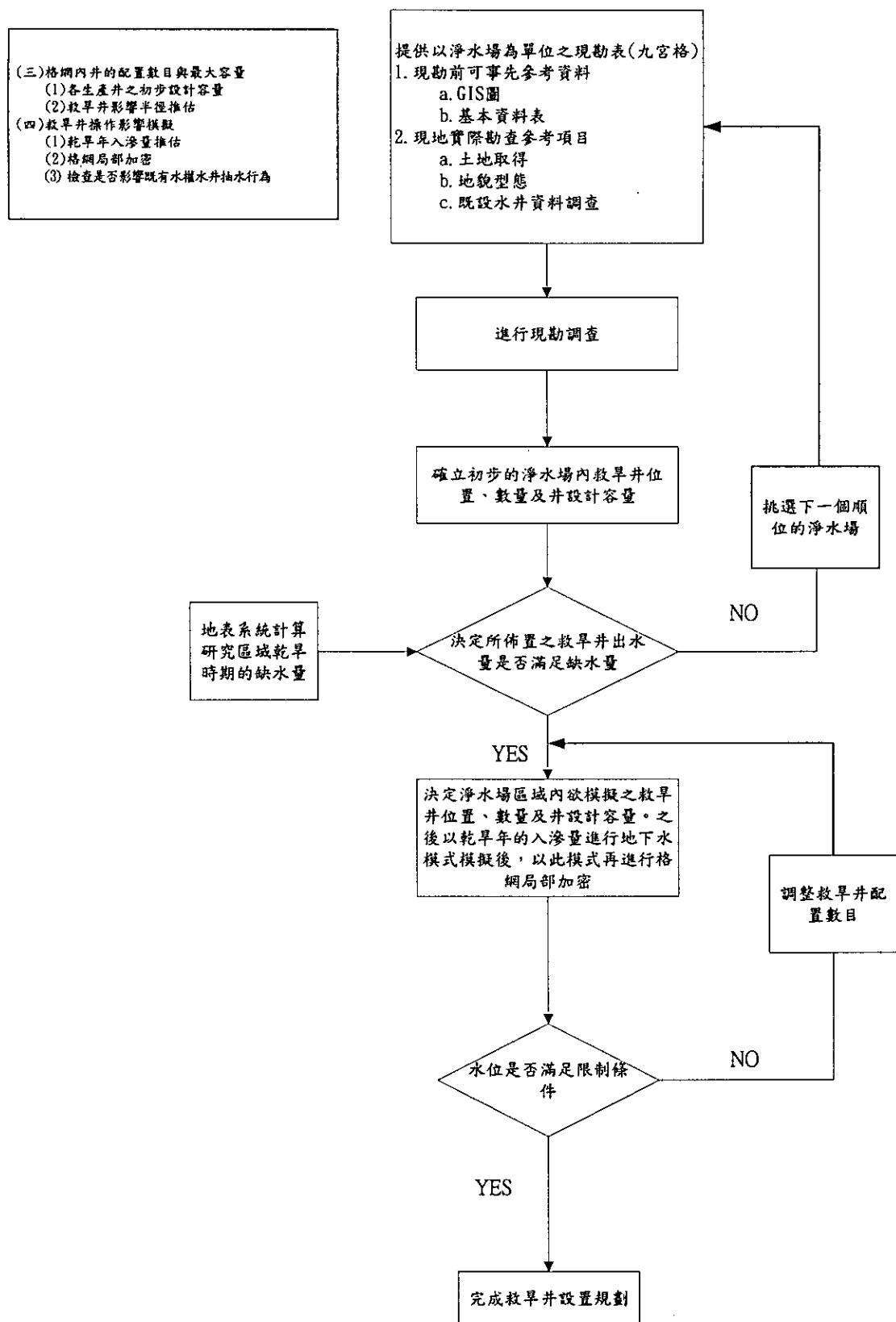


圖 4.2 救旱井的配置與容量設計及操作影響模擬流程圖

4.1 救旱井格網篩選

乾旱時期由於降雨量偏低，導致地面水源蘊含之水資源不足以滿足水資源需求量，可以救旱井之方式提供不足之需求量。本計畫將以淨水廠鄰近區位、區域水質標準以及地下水管制區域等作為救旱井之考量，其考量流程圖如圖 4.1 所示。

4.1.1 救旱井設置井位初步篩選

本計畫在格網篩選工作上所需收集的資料主要是濁水溪沖積扇及屏東平原地下水區邊界底圖、全省淨水場位置分布資料、濁水溪沖積扇與屏東平原的地下水管制區與 1km*1km 的格網圖。

在救旱井設置井位篩選工作上，首先是將地下水區邊界底圖、地下水管制區圖層、全省淨水場位置分布圖及 1km*1km 的格網圖套疊，以濁水溪沖積扇為例，在圖層套疊後從圖 4.1.1-1 上綠色部分即可看出地下水區可規劃設置救旱井區域，至於圖 4.1.1-1 上紅色地下水管制區域因面臨地下水抽超的狀況，因此救旱井設置考量上先行排除。在決定可設井位區域後，接下來工作即為決定可設救旱井格網篩選。為降低抽水後之運送至淨水場管線架設成本，將以淨水場周圍相鄰位置作初步可設井位。本計畫在定義淨水場相鄰位置的方法上，是採用以淨水場所在網格當九宮格的中心格網，選定包含此中心格網加外圍八個網格共九個格網，因此在非地下水管制區之每個淨水場都會有鄰近的九宮格的救旱井候選井位區，作為救旱井初步可設井位。

4.1.2 以地下水水質進行第二階段篩選

從上一小節中，已篩選出初步可設井位，而在本節中將進一步考量地下水質，以作為井位篩選條件。本計畫將採用飲用水水源水質標準（行政院環境保護署 86.9.24（86）環署毒字第 56075 號）來分析各觀測井是否符合各項水質標準及分析地下水水質是否適宜作

為乾旱時期補充之水源。

由於在乾旱時，地面水水資源嚴重缺乏，一般可開發地下水救旱井，以彌補水資源不足，但地下水之利用受限於水質是否符合標準，所以本計畫將分析各觀測井之水質是否符合飲用水水源水質標準，作為第二階段救旱井位篩選基準。其中飲用水水源水質標準與觀測井水值檢測共有大腸桿菌群密度、氨氮、化學需氧量、總有機碳、砷、鉛、鎘、鉻、汞等 9 項監測井之水質檢測項目。

第二階段地下水水質篩選上，所選定的資料是以最新 91 年彰化、雲林、屏東地區各觀測井水質檢測資料為主，若上述九項水質項目之 91 年檢測資料有缺少，則往前推依次以 90 年、89 年、88 年之檢測資料，來補足所需水質項目資料。

在利用地下水質於井位篩選上，本計畫採取的原則是只要地下水分層中任一含水層之水質檢測有一項不合格，就算是不合格。反之各含水層水質檢測都合格，才可稱為合格。關於初步可設井位之水質判定基準乃是以淨水場所在格網，當成九宮格中心，在選到的九宮格中，如包含到水質不合格的觀測井，此淨水場之九宮格要完全排除在候選名單中，若九宮格所包含到各觀測井之水質皆為合格時，更可以確定此淨水場之九宮格候選格網之地下水質是良好的。

4.2 救旱井格網排序

4.1 節主要對可能設置救旱井格網進行篩選，而本節主要工作即為針對篩選出來的格網進行排序。救旱井格網排序的主要依據為該格網各含水層的出水能力，本計畫參考各觀測井完工試水結果之單位洩降出水量（ Q/S ，cmh/m）作為該格網出水能力之參考。

各格網之 Q/S 值之推估關係到整體排序的結果，由於本計畫以觀測井之 Q/S 值作為可能設井位置之排序參考依據，可利用 SURFER 軟體能將觀測井之 Q/S 值內插至所有格網上，如此，即可求得所有格網

所對應的 Q/S 值。

由於各含水層皆有其 Q/S 值，且因本計畫主要為設置乾旱時期之抽水井，而抽水井抽水的對象可為所有含水層，在此考量下本計畫將各格網之各層 Q/S 值加總以作為候選網格排序之參考根據。

4.2.1 區域排序

在本計畫中救旱井救旱井格網排序分為兩個層次：一為區域排序；二為局部排序，以下將分別就區域排序即局部排序進行說明：

救旱井格網排序為救旱井選取設置地點時的一項重要參考指標，其目的為由救旱井格網排序的順序來決定救旱井選取位置的依據。區域排序為以淨水場為中心取其周圍九宮格，再把九宮格所對應各含水層 Q/S 值加總起來即為區域之 Q/S 值，再依各淨水廠區域 Q/S 值的大小進行排序，區域排序的結果即為選取乾旱井設立位置的第一考量；區域排序名次愈前面者，愈為乾旱井選取區域之優先考量。

在規畫救旱井格網之區域排序時，由於本計畫於未來要設置救旱井之現堪工作時，即可依淨水場區域排序結果進行，而不需要在某區選擇一個格網然後又跳到另一個區域選擇格網來設置救旱井，不僅較方便且交通成本亦較低。

4.2.2 局部排序

決定淨水場區域之排序後就得再更細部的去研究各區域內救旱井的位置設在何處最好，而救旱井設置依舊是以格網的出水能力為主要判斷依據。

由區域排序的結果可知各淨水場區域的排序順序，先取排序最前面淨水場周圍九宮格，依此九宮格所相對應之 Q/S 值進行各淨水場九宮格之內部排序，之後再選取排名第二的淨水場周圍之九宮格，再依此九宮格所相對應之 Q/S 值進行區域內部的排序，以下類推直至區域排序最後一名的區域內部的九宮格都排序完成；此為候選網格之局部

排序。

4.3 分析成果與說明

4.3.1 淨水場分布

從圖 4.3.1-1 濁水溪沖積扇淨水場分布圖上可知，坐落於濁水溪沖積扇平原的淨水場共有 61 個，其中位於地下水管制區的有 18 個佔全部 29.5%，在救旱井規劃區內有 43 個淨水場佔全部 70.5%，由圖上可看出濁水溪沖積扇之淨水場在可設救旱井規劃區裡，分佈是相當平均的。

由圖 4.3.1-2 屏東平原淨水場分佈圖上可知，坐落於屏東平原的淨水場共有 22 個，其中位於地下水管制區的有 3 個淨水場佔全部 13.6%，在救旱井規劃區內有 19 個淨水場佔全部 86.4%。

圖例

- 淨水場
- 地下水管制區

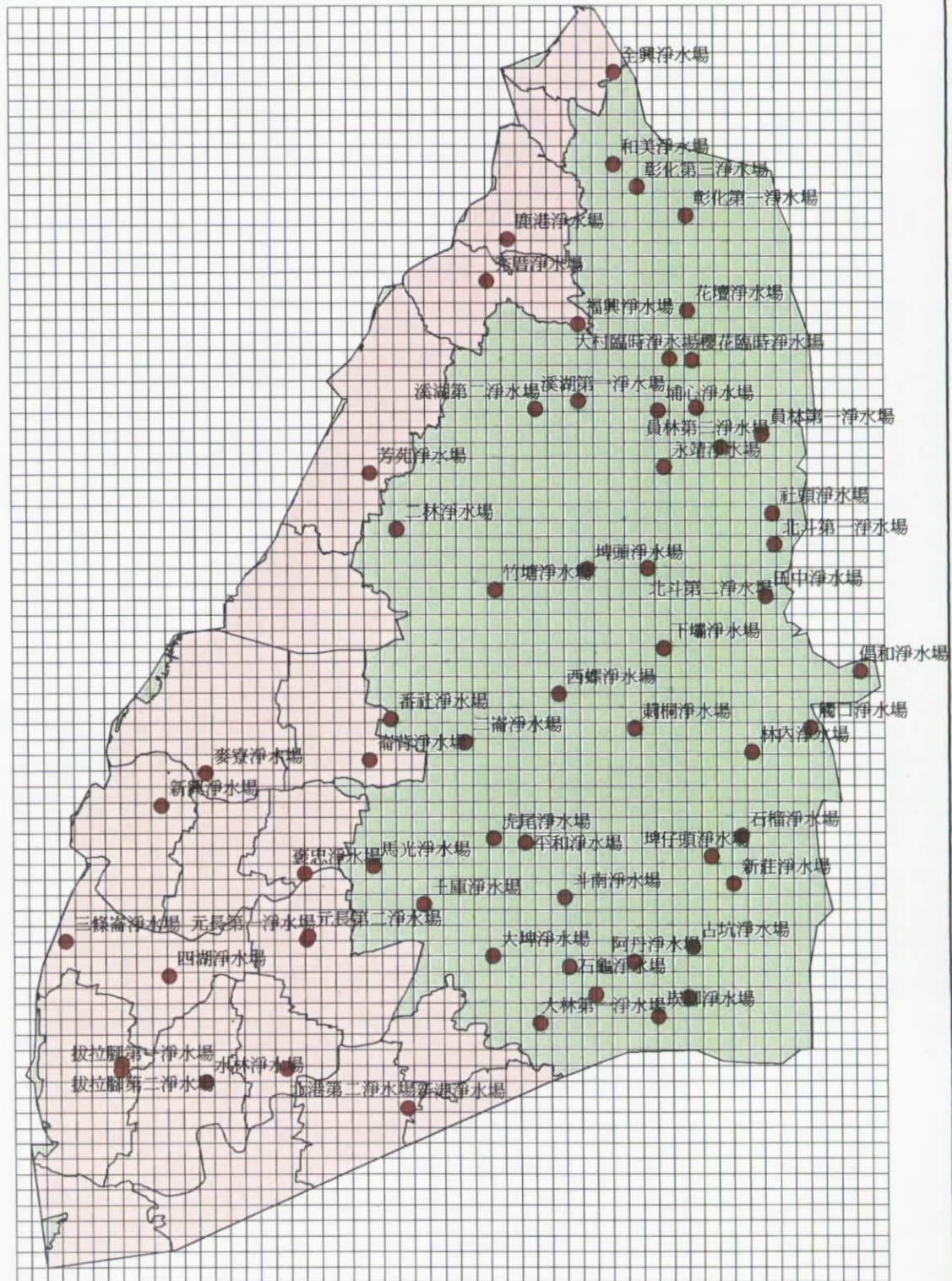


圖4.3.1-1濁水溪沖積扇淨水場分佈圖

圖例

● 淨水場

地下水管制區

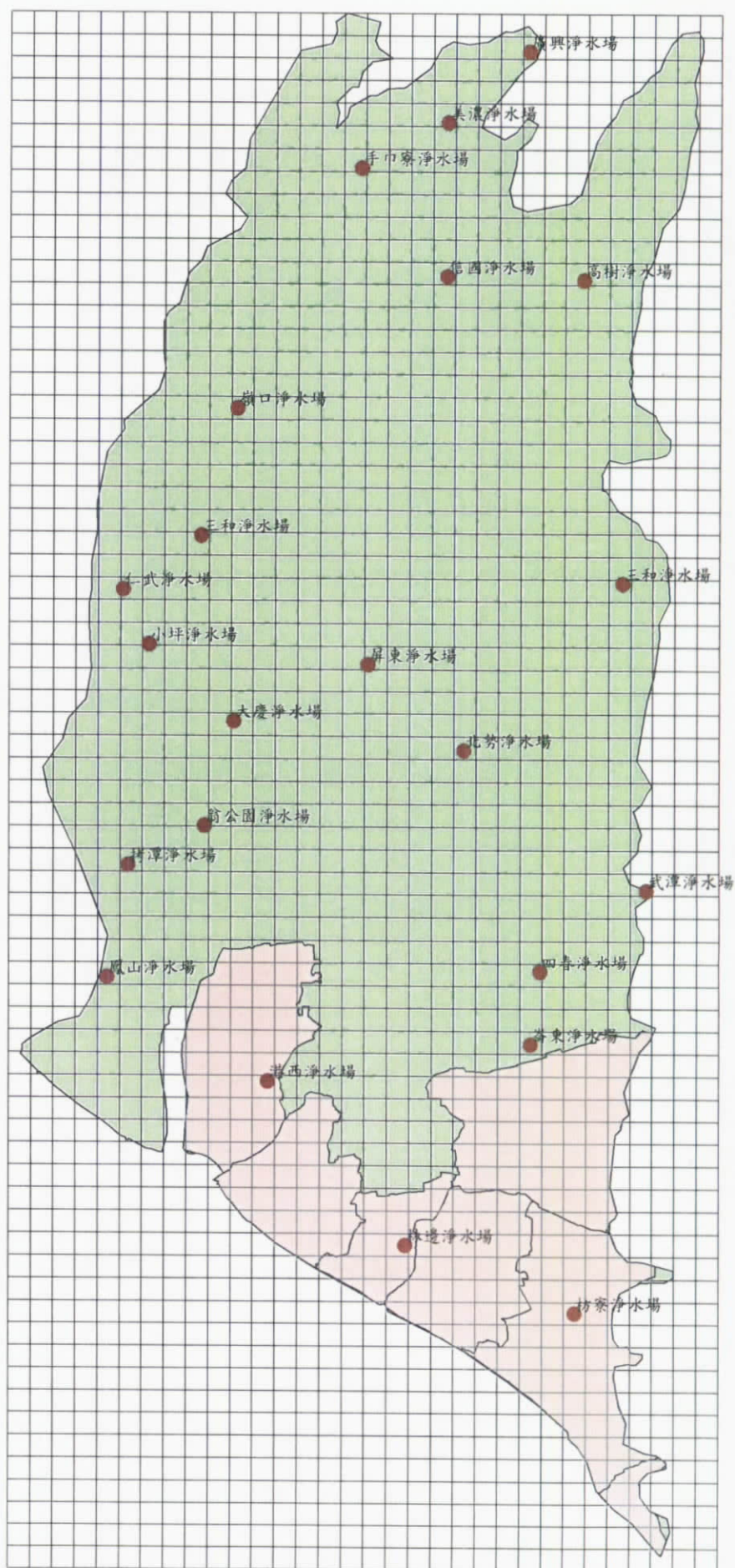


圖4.3.1-2屏東平原淨水廠分佈圖

4.3.2 救旱井設置格網篩選成果

因為決定水質合格與否以用飲用水水源水質標準當判定基準，且同一位置的觀測井，其中一層水質不合格就是不合格，因此圖 4.3.2-1 至圖 4.3.2-4 中，標紅色或綠色三角形所呈現的意義是同一觀測站中不同層次開口的觀測井的整體水質合格與否的結果。

如圖 4.3.2-1 在濁水溪沖積扇範圍中代表水質合格的觀測站有 31 個佔全部的 48.4%，代表水質不合格的觀測站有 33 個佔全部的 51.6%。救旱井設置可規劃區域的位置共有 34 個，代表水質合格的位置有 24 個佔可規劃設置救旱井區域的 70.6%，佔全部的 37.5%，代表水質不合格的位置有 10 個佔可規劃區的 29.4%，佔全部的 15.6%。在地下水管制區域裡，代表水質合格的觀測站有 7 個佔整個管制區 23.3%，代表水質不合格的觀測站有 23 個佔整個管制區 76.7%，整體而言地下水管制區之水質較非地下水管制區差。

在整個屏東平原的部分代表水質合格的位置有 27 個佔全部的 47.4%，代表水質不合格的位置有 30 個佔全部的 52.6%。救旱井設置可規劃區域三角形標誌的位置共有 42 個，代表水質合格的位置有 21 個佔可規劃區的 50%，佔全部的 36.8%，代表水質不合格的位置有 21 個佔可規劃區的 50%，佔全部的 36.8%。在地下水管制區域裡三角形標誌的位置共有 15 個，代表水質合格的位置有 6 個佔整個管制區 40%，代表水質不合格的位置有 9 個佔整個管制區 60%。

對於濁水溪沖積扇與屏東平原地區整體而言地下水管制區之水質較非管制區差。

在屏東的管制區內水質不合格的項目以氨氮與化學需氧量為主，若以整個屏東平原來看，主要是以化學需氧量不合格的觀測井居多而氨氮為其次。

於屏東平原之救旱井可規畫之淨水場原有 18 個，經由水質篩選

排除掉 6 個。篩選合格之淨水場及其位置如表 4.3.3-2 所示。

最後，屏東平原之可設計救旱井格網位置如圖 4.3.2-4 所示。

圖例

- 救旱井可能設置格網
- ▲ 水質合格測站
- ▲ 水質不合格測站
- 淨水場
- 地下水管制區

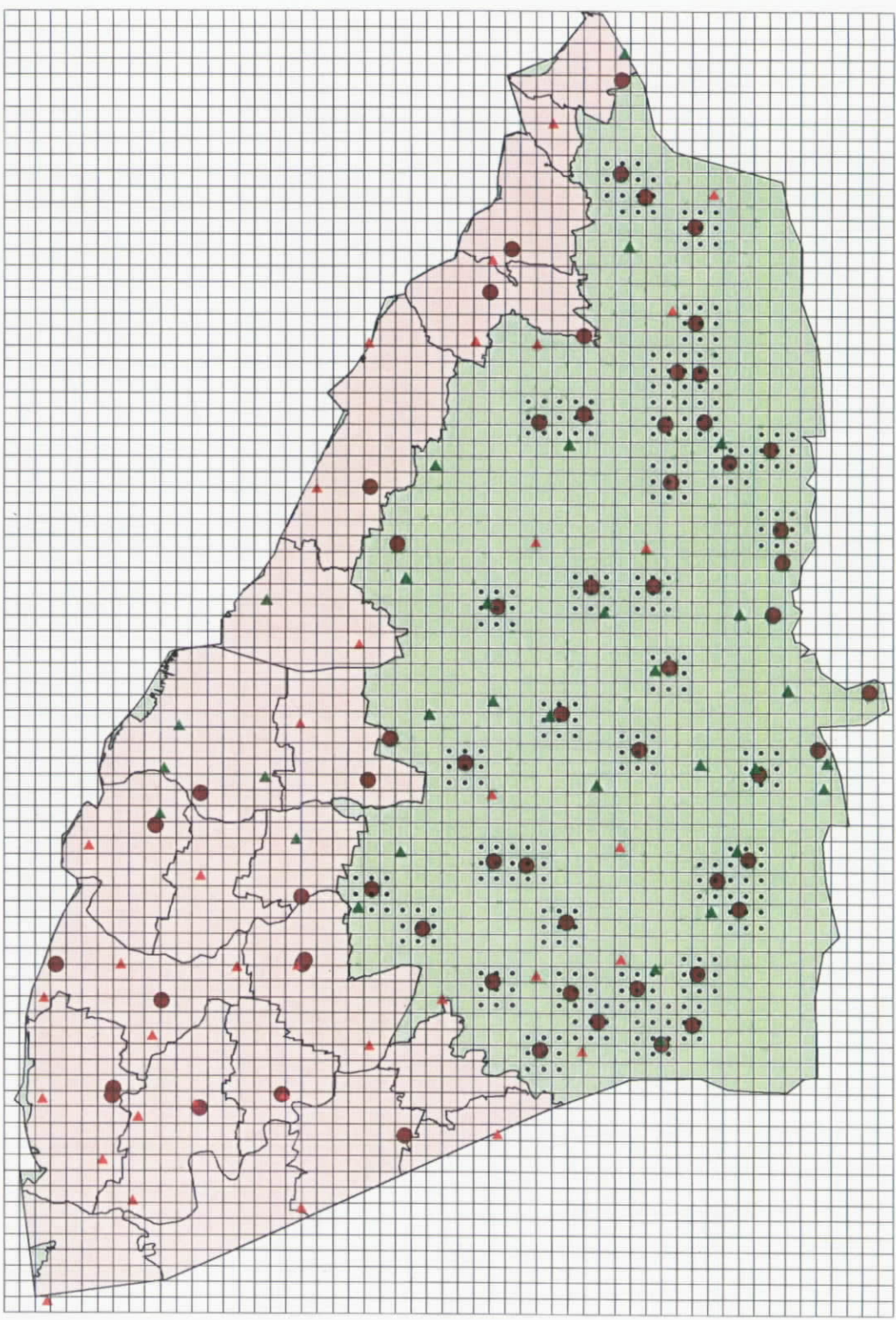


圖4.3.2-1濁水溪沖積扇救旱井設置格網篩選成果圖

圖例

- ▲ 水質合格測站
- ▲ 水質不合格測站
- 淨水場
- 地下水管制區

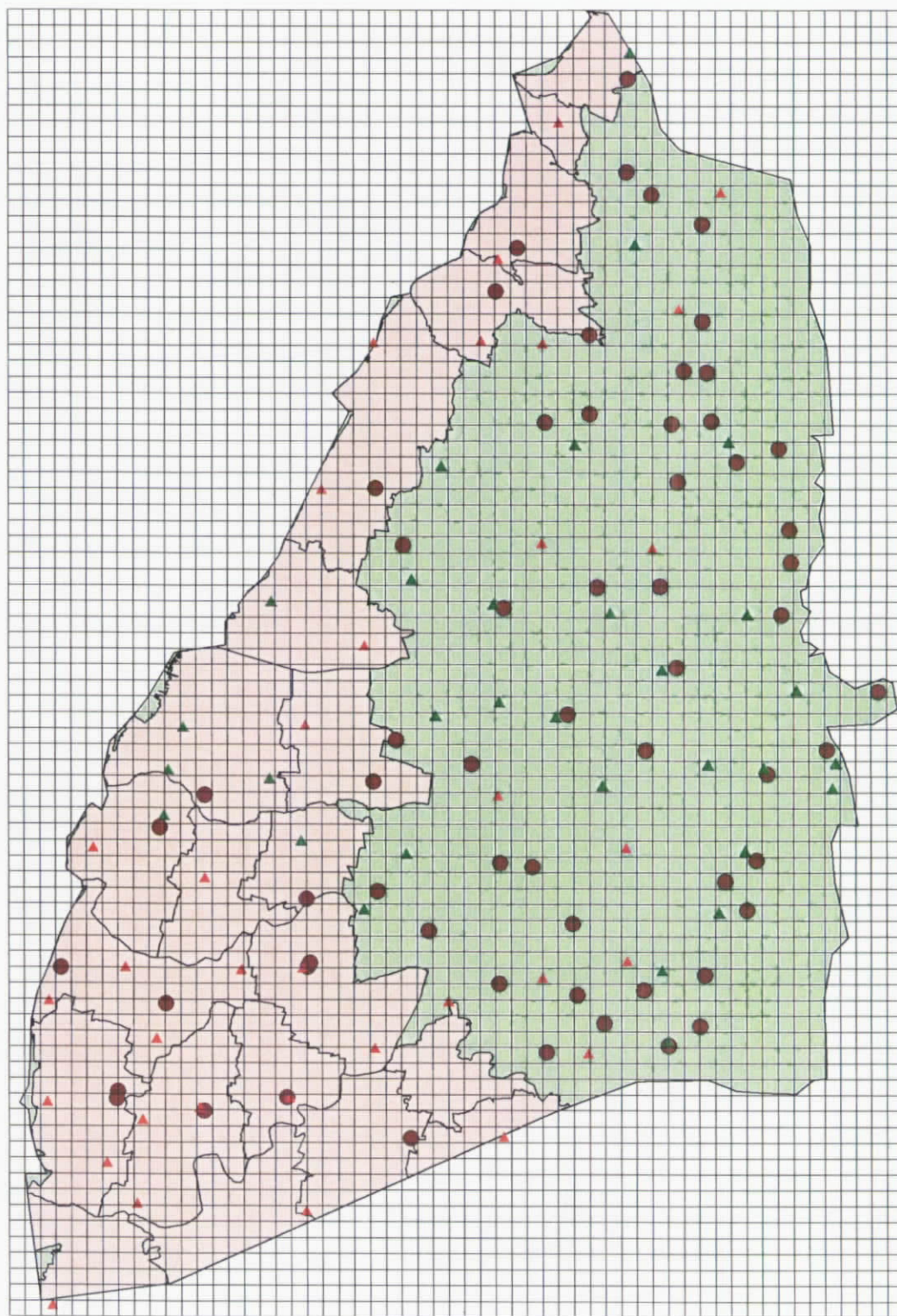


圖4.3.2-2濁水溪沖積扇地下水含水層符合飲用水水源水質標準之空間分佈圖

圖例

- 淨水場
- 地下水管制區
- 救旱井可能設置格網

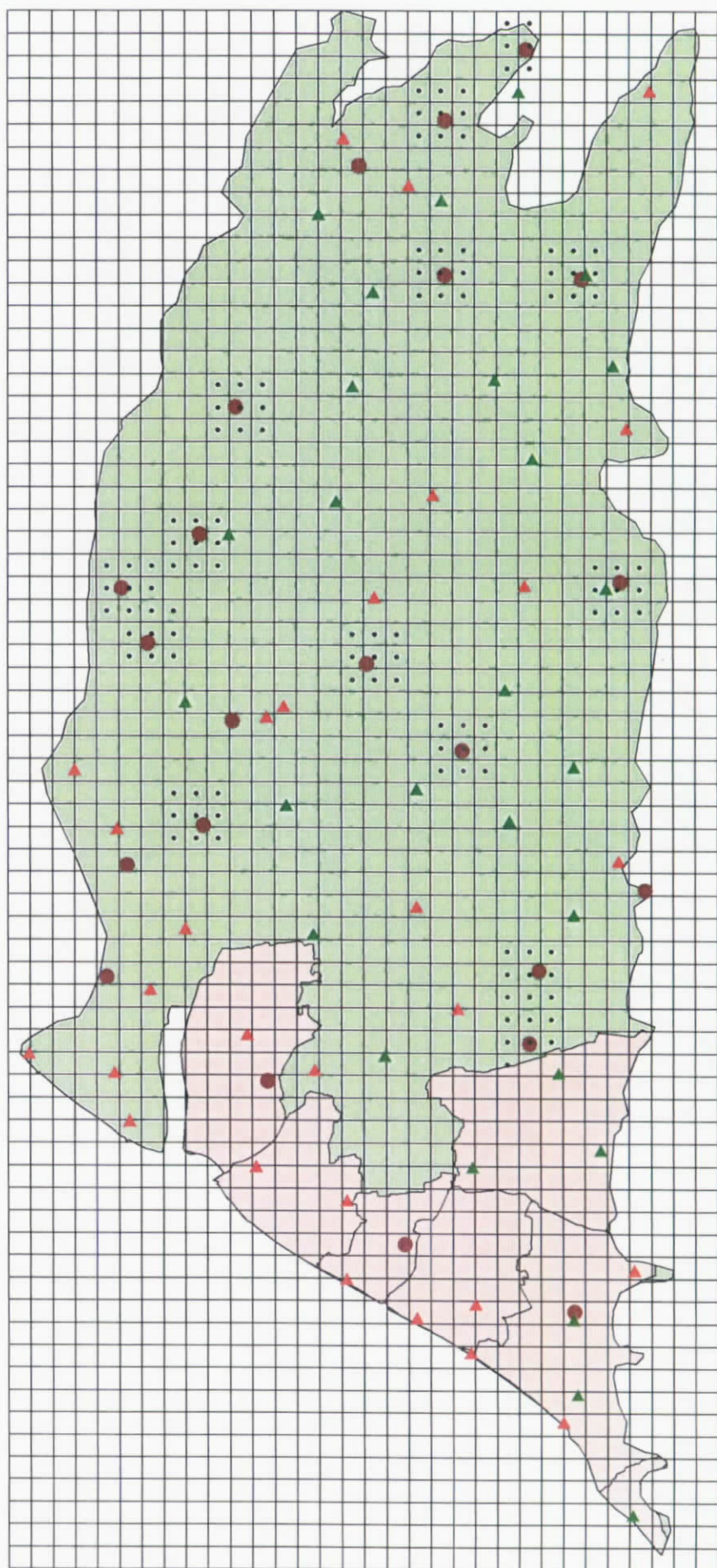


圖4.3.2-3屏東平原救旱井設置格網篩選成果圖

圖例

- 淨水場
- 地下水管制區

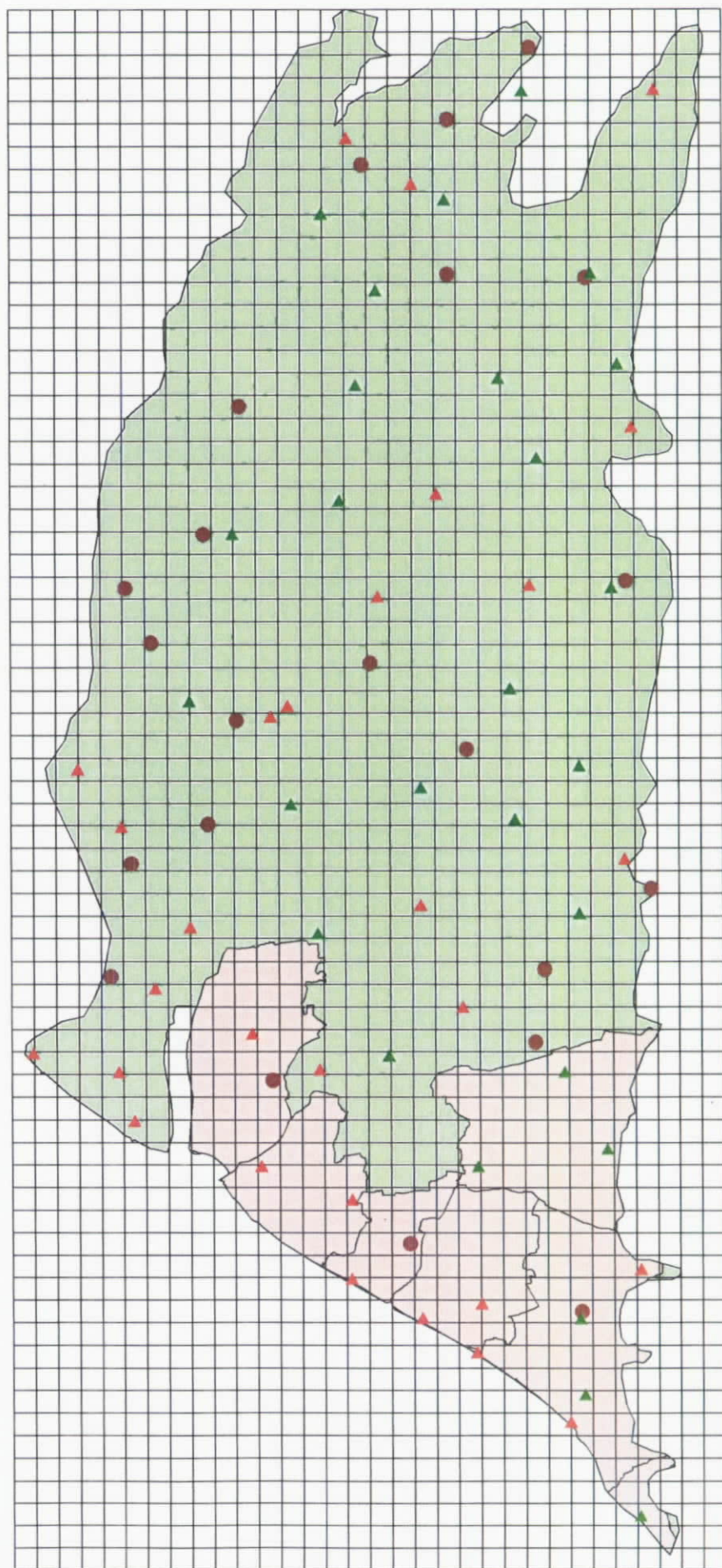


圖4.3.2-4屏東平原地下水層符合飲用水水源水質標準之空間分佈圖

4.3.3 救旱井設置格網區域排序成果圖

在本計畫中，區域排序的根據為區域內九宮格之 Q/S 值之總和，所以區域排序所呈現的結果反映出了該區域的出水能力大小；區域排序愈前面者，該區域之出水能力愈大。

由圖 4.3.3-1 及表 4.3.3-1 所示，濁水溪沖積扇的排序由大到小依序為：(一)下壩淨水場(二)西螺淨水場……等共 38 個，排名較前面的幾乎都在河川的兩側，位於整個濁水溪沖積扇中間的部分。

由圖 4.3.3-2 及表 4.3.3-2 所示，屏東區域的排序名次由大到小依序為：(一)屏東淨水場(二)三和淨水場(三)北勢淨水場(四)四春淨水場(五)嶺口淨水場(已廢)(六)高樹淨水場(七)信國淨水場(八)翁公園淨水場(九)仁武淨水場(十)小坪淨水場(十一)三和淨水場(十二)美濃淨水場，其中排名第一至三名集中於高屏河流域與東港河流域中間。

經由排序分析成果，可以得到所有淨水場區域之區域排序，及所有候選格網之局部排序；而這兩個層次的排序可以提供濁水溪沖積扇及屏東平原設立救旱井位置參考；但是，當考量一些其它因素或特殊情況時，比如說希望將救旱井設立位置集中在某一範圍內，則此範圍內救旱井位置的選定仍可參考已完成之區域排序來選定淨水場區域，並可參考該淨水場內部之九宮格局部排序來選定適合設置救旱井的位置。

表 4.3.3-1 濁水溪沖積扇飲用水水源水質標準篩選合格淨水場之基本資料表

淨水場名稱	TM2_X	TM2_Y	淨水場設計容量 (m ³ /day)	淨水場平均處理量 (m ³ /day)	淨水場剩餘容量 (m ³ /day)	水源別	區域淨水場排序
彰化第三淨水場	200945.01	2665385.35	40000	30000	10000	地下水	26
彰化第一淨水場	204168.71	2663546.16	4000	0	4000	地下水	38
和美淨水場	199397.92	2666837.11	8000	7000	1000	地下水	27
社頭淨水場	209736.33	2644427.08	17500	11000	6500	地下水	7
大村臨時淨水場	203042.61	2654384.25	4000	3500	500	地下水	20
埔心淨水場	202262.81	2651065.86	24000	8000	16000	地下水	16
員林第二淨水場	204776.95	2651250.25	24000	24000	0	地下水	14
員林第三淨水場	206389.44	2648687.75	24000	24000	0	地下水	18
花壇淨水場	204226.07	2657497.97	20000	16500	3500	地下水	23
永靖淨水場	202647.09	2647422.71	15900	11000	4900	地下水	8
員林第一淨水場	209081.06	2649528	23000	23000	0	地下水	11
下壩淨水場	202560.59	2635813.88	16000	8000	8000	地下水	1
溪湖第二淨水場	194205.87	2651177.93	12000	10400	1600	地下水	13
溪湖第一淨水場	197026.47	2651675.97	16400	15500	900	地下水	10
竹塘淨水場	191559.6	2639570.06	5200	6000	0	地下水	3
北斗第二淨水場	201527.07	2640949.72	15200	15200	0	地下水	5
櫻花臨時淨水場	204492.5	2654303.34	4000	2600	1400	地下水	19
埤頭淨水場	197541.53	2640862.15	20000	6000	14000	地面水	6
石龜淨水場	196222.08	2615298.25	4500	2200	2300	地下水	31
大埤淨水場	191237.45	2615987.75	6600	3250	3350	地下水	32
阿丹淨水場	200472.11	2615615	17000	16700	300	地下水	36
大林第二淨水場	197937.35	2613512.75	5500	3500	2000	地下水	33
大林第一淨水場	194268.69	2611686	8000	7500	500	地下水	35
西螺淨水場	195643.92	2632869.25	27000	14500	12500	地下水	2
荊桐淨水場	200605.69	2630636.25	17500	9000	8500	地下水	4
斗南淨水場	195941.53	2619779.25	6000	4920	1080	地下水	22
平和淨水場	193401.14	2623348.5	12000	11415	585	地下水	15
虎尾淨水場	191328.33	2623607	15500	14030	1470	地下水	17
二崙淨水場	189493.52	2629775	7220	5800	1420	地下水	12
古坑淨水場	204369.28	2616562.25	12000	5700	6300	地下水	30
新莊淨水場	207059.47	2620655.25	900	480	420	地下水	29
永光淨水場	204050.58	2613313.06	5900	2405	3495	地下水	34
埤仔頭淨水場	205644.88	2622443.25	42980	33588	9392	地下水	25
土庫淨水場	186767.72	2619326.75	9800	6000	3800	地下水	24
馬光淨水場	183517.08	2621814	6600	3600	3000	地下水	21

石榴淨水場	207649.13	2623750.42	15000	0	15000	地下水	28
崁腳淨水場	202043.27	2612104.25	12000	6000	6000	地下水	37
林內淨水場	208336.91	2629117.93	0	0	0	地面水	9

表 4.3.3-2 屏東平原飲用水水源水質標準篩選合格淨水場之基本資料表

淨水場名稱	TM2_X	TM2_Y	淨水場設計 容量 (m ³ /day)	淨水場平均 處理 (m ³ /day)	淨水場剩餘 容量 (m ³ /day)	水源別	區域淨 水場排 序
小坪淨水場	188500	2509500	100000	90000	10000	地下水	10
翁公園淨水場	190500	2501500	40000	28000	12000	地下水，地面水	8
屏東淨水場	198500	2508500	54000	51000	3000	地下水	1
三和淨水場	209500	2511500	6100	3240	2860	地下水	2
北勢淨水場	202500	2504500	13650	2931	10719	地下水	3
高樹淨水場	207500	2525500	8700	5050	3650	地下水	6
美濃淨水場	201500	2532500	4800	5568	0	地下水	12
信國淨水場	201500	2525500	1500	207	1293	地下水	7
嶺口淨水場（已廢）	192500	2518500	200000	80000	120000	地下水	5
三和淨水場	190500	2513500	0	0	0	地下水	11
仁武淨水場	187500	2511500	0	0	0	地下水	9
四春淨水場	205500	2494500	640	500	140	地下水	4

圖例

• 救旱井可能設置格網

● 淨水場

地下水管制區

數字代表排序順序

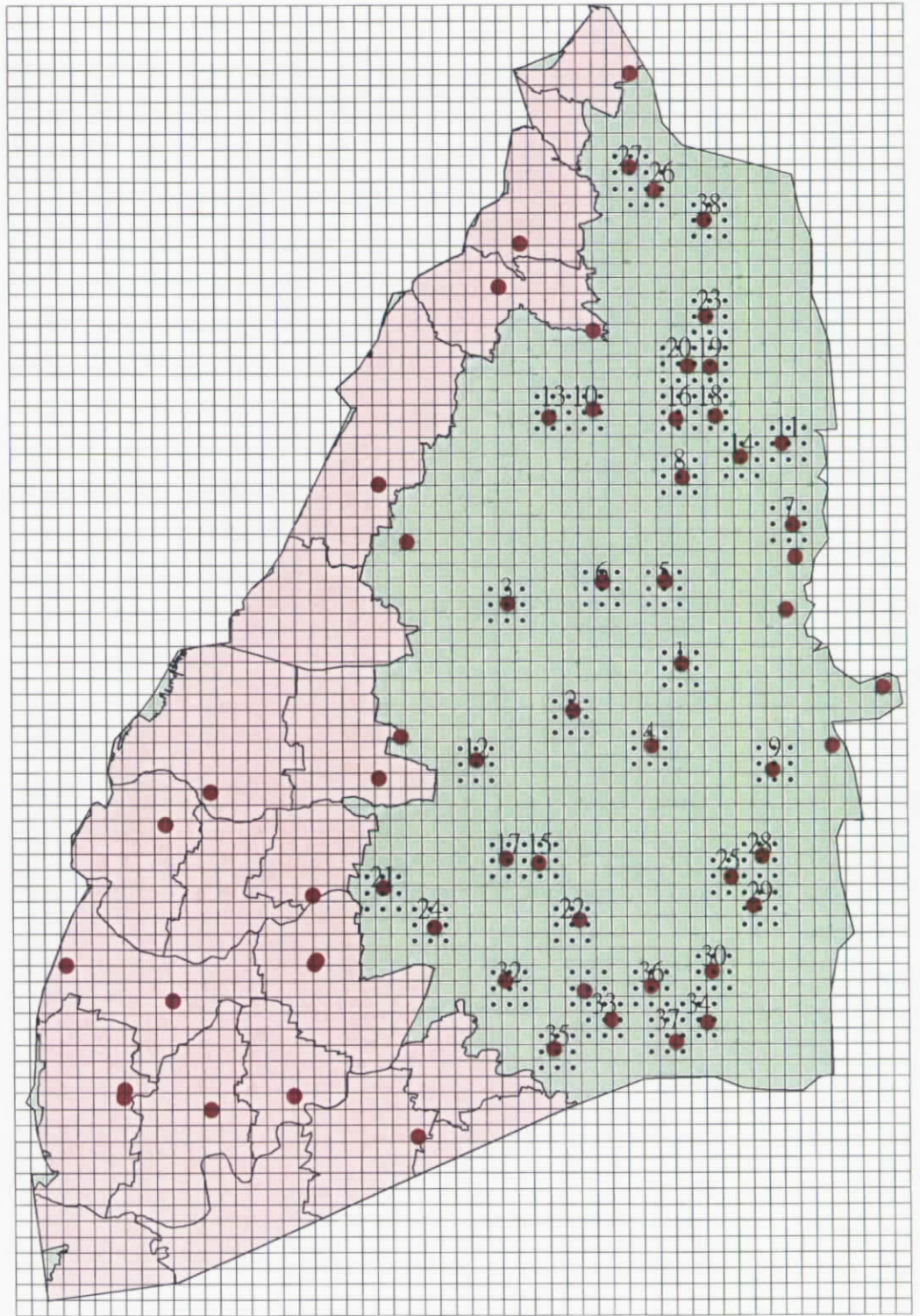


圖4.3.3-1濁水溪沖積扇救旱井設置格網區域排序成果圖

圖例

- 淨水場
- 地下水管制區
- 數字代表排序順序

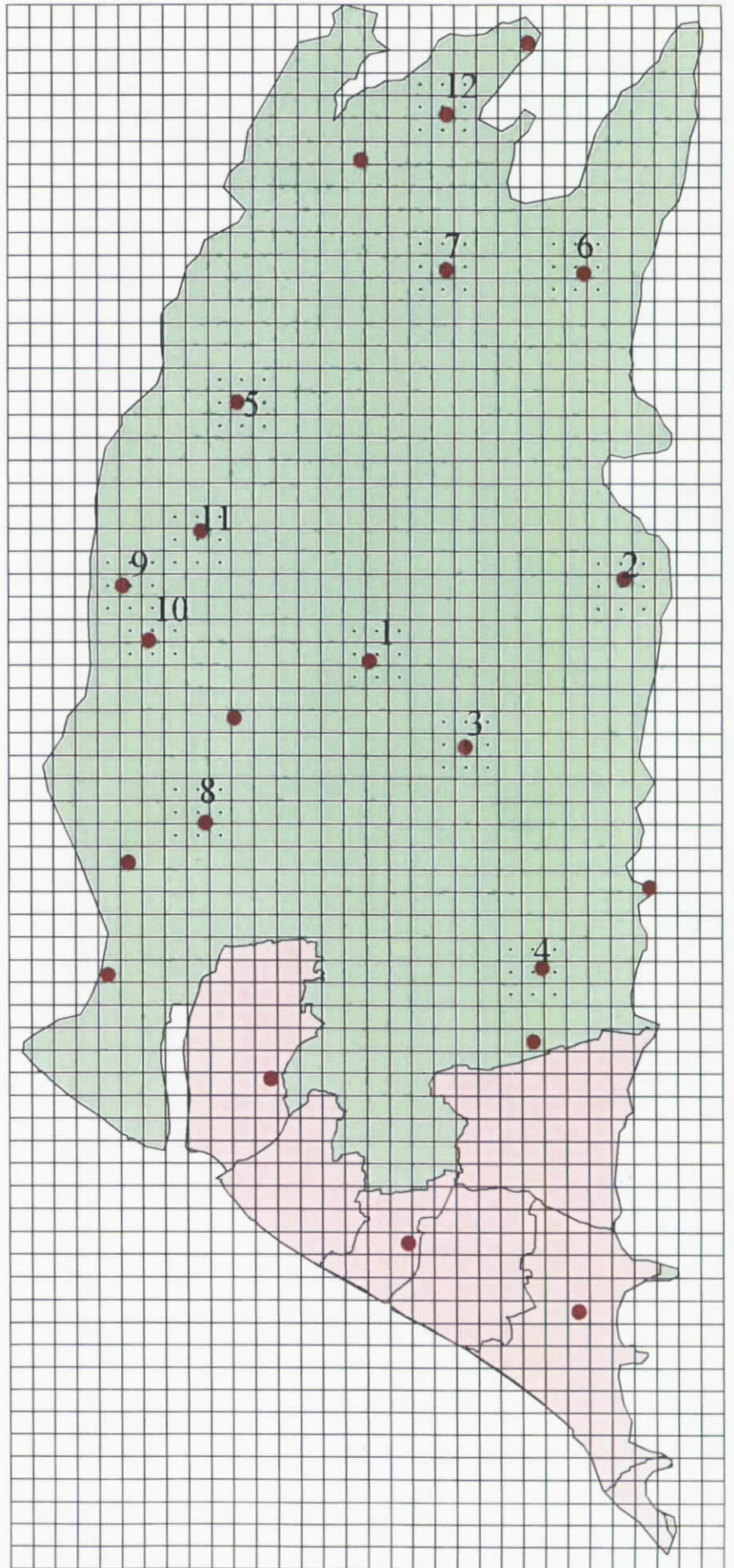


圖4.3.3-2屏東平原救旱井設置格網區域排序成果圖

4.3.4 救旱井設置格網局部排序成果圖

在圖 4.3.4-1 濁水溪沖積扇平原救旱井設置格網局部排序如圖 4.3.4-1 所示，屏東平原救旱井設置格網局部排序成果如圖 4.3.4-2 所示。由圖中可看到所有候選格網排序的順序，也可看出局部排序是以區域排序為基礎，所以區域排序最前面者之九宮格中的任一格，無論其 Q/S 值大於或小於區域排序後面者之九宮格中的任一格，其排序順序恆高於區域排序後面者之九宮格。

圖例

- 救旱井可能設置格網
 - 淨水場
 - 地下水管制區
- 數字代表排序順序

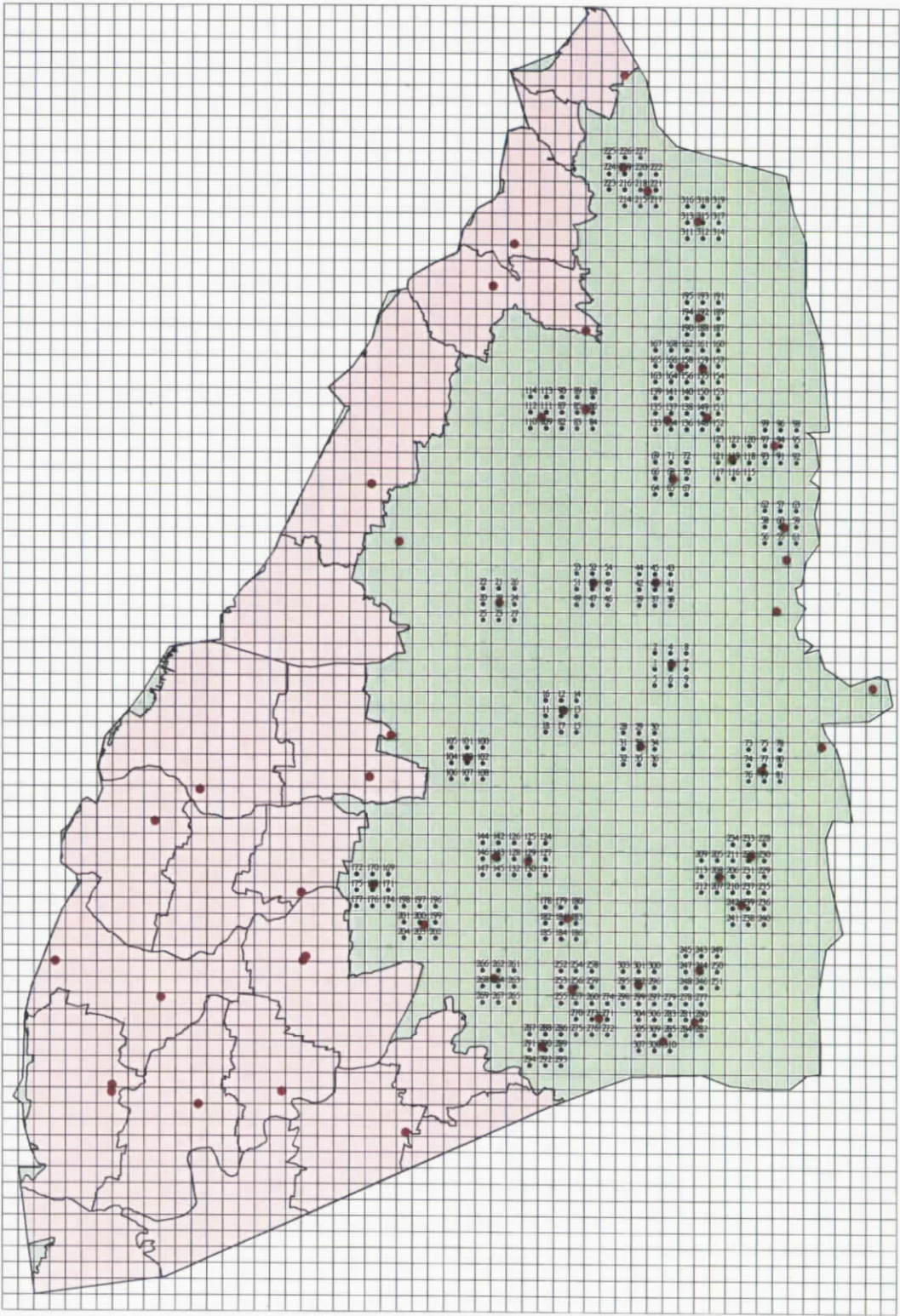


圖4.3.4-1濁水溪沖積扇救旱井設置格網局部排序成果圖

圖例

● 淨水場

地下水管制區

數字代表排序順序

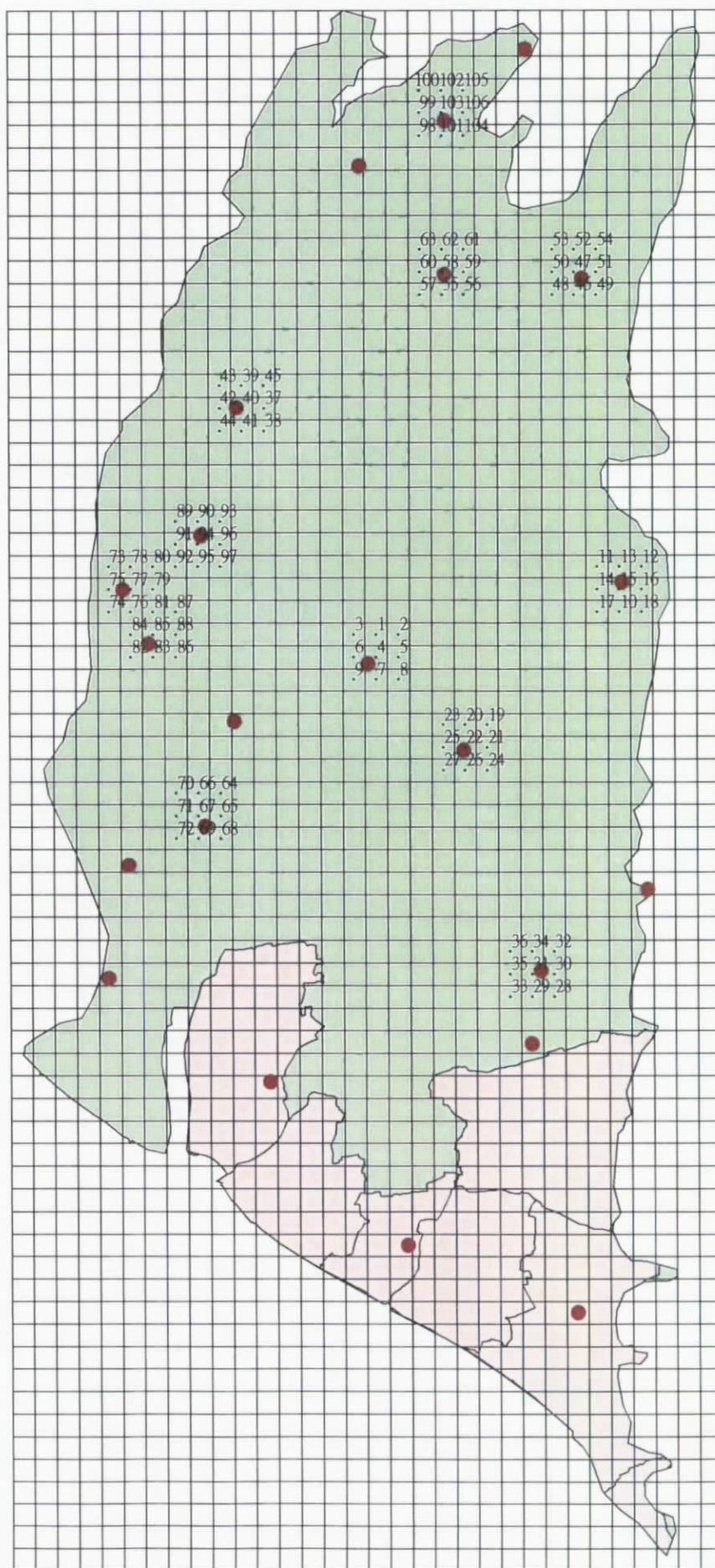


圖4.3.4-2屏東平原救旱井設置格網局部排序成果圖

4.4 救旱井設置現勘表規劃

4.4.1 現勘目的及說明

現勘表的規劃主要目的是提供現勘人員一個完整的現勘程序，藉由這樣一個程序的設計，可以更有效率地找到現地救旱井可設井位置。現勘流程主要包含兩個階段，第一階段是現勘前事先參考資料之準備，也就是說可以在現勘之前從決策支援系統列印相關的圖層及資料表格。第二階段是現地實際勘查參考所需項目，所著重的項目就是以現地紀錄為主。每一張現勘表規劃是以一個淨水場九宮格為單位來進行資料確認與現勘紀錄，其中第一階段現勘前可事先參考資料又可在分成 GIS 圖層及基本資料表。第二部分即現勘紀錄項目主要包含三個部分：(1)現有抽水井資料校核、(2)未登記水井資料、(3)候選井位資料，各項細目可參照表 4.4.2-1 所示。

4.4.2 現勘前可事先參考資料

一、 GIS 圖層：

1. 九宮格排序圖：此圖是以淨水場所在為九宮格中心，根據每個 1 公里*1 公里格網單位洩降出水量(Q/S , cmh/m)的值排序得出，每個淨水場中九宮格設置救旱井位的優先次序如圖 4.4.2-1 所示。從圖 4.4.2-1 上可清楚呈現的路名，可使現勘人員清楚的規劃現勘時的路線，且因為格網是 1 公里*1 公里所以也同時可估算出現勘人員的路

程勘查距離。

2. 土地利用圖：如圖 4.4.2-2 乃以三和淨水場所涵蓋為九宮格中心之土地利用圖，此套疊圖主要可以呈現出在淨水場週遭的土地利用狀況，從此圖中可區分出如旱作區、養殖區、河川、小學等各種不同土地利用型態。可以讓現勘人員從圖上就可以掌握到淨水場附近 1 公里*1 公里的土地使用地貌狀況，以作為救旱井位設置之決策參考。

3. 抽水井影響半徑圖：此圖主要是先掌握現有抽水井的抽水量及座標位置，增加的救旱井則利用水井力學公式推估出影響半徑及洩降的水位高度如圖 4.4.2-3。以利技術人員在選址時對於現有水井的影響進行分析使用。

二、基本資料表格：

1. 淨水場資料表：主要有淨水場編號、淨水場名稱、管理單位、水源別、淨水場二度分帶座標、淨水場坐落鄉鎮、淨水場設計容量、淨水場平均使用容量等資料如表 4.4.2-2。從這些資訊可以讓現勘人員知道淨水場的使用狀況，例如從淨水場設計容量減去平均使用容量即可知剩餘可再使用容量。設置救旱井規劃人員即可依此資訊，在淨水場不進行容量擴充的前提下，初估設井數目與救旱井抽水量。

2. 水質檢測資料表：主要的資料欄位有觀測井編號、觀測井井名、觀測井所在含水層位置、水質檢測項目如表 4.4.2-3。在資料的支援上，

主要是提供現勘人員了解所挑選救旱井候選井位的水質雖然合格，但哪些水質項目還需再密切注意。

3. 現有抽水井資料：主要的資料欄位有抽水井編號、抽水井名稱、設計取水量、實際抽水量、處理抽水淨水場的名稱、抽水井的二度分帶座標如表 4.4.2-5 所示。此資料將可提供現勘人員，評估所設置之救旱井是否會影響既有抽水井。而既有井抽水井的出水狀況，也可以當作未來在附近設置救旱井的參考，因地質參數與含水層厚度等條件較為相近。

4.4.3 現地實際勘查紀錄項目

1. 現有抽水井資料校核：現有抽水井的使用狀況，若有清楚紀錄，對於未來救旱井設置使用上具有很大影響，譬如較精準推估區域的抽水總量對於預防地層下陷的發生或現有抽水井與救旱井競抽而導致救旱井抽水效能降低等問題都是可事先防範的。雖然抽水井的調查資料及設井資料包含的項目非常多，且項目過於繁雜、瑣碎。但此眾多項目仍可歸類出較具代表性的幾類如

(1) 基本項目：水井編號、位置、產權、用途。

(2) 建井紀錄方面：井管口徑及深度。

(3) 抽水設備：動力型式。

(4) 機型抽水情形：出水量。

2. 未登記水井資料：若於現勘地點附近發現，既有未登記水井，可以拍攝現地照片存檔以及利用 GPS 定位備查，以期能使佈井模擬時更貼近現況。

3. 候選井位紀錄：主要有

(1) 候選井位的二度分帶座標。

(2) 用地產權。

(3) 手繪救旱井與位置示意草圖及照片與地質地貌概述。

等項目。關於井位二度分帶座標的資料取得可以利用 GPS 定位，並在現場立即與用地產權資料進行比對，確認救旱井用地是否較無問題。手繪救旱井位置路線示意草圖與地貌描述，可供救旱井鑿井人員在前往現地時方便定位尋找。

表 4.4.2-1 現勘資料表

現勘資料表(每個九宮格)													
項目	準備資料項目	備註											
現勘前可事先參考資料	GIS圖層	1.九宮格排序圖											
		2.土地利用圖											
		3.井影響半徑											
	基本資料表	1.淨水場資料											
		2.水質檢測資料											
		3.現有抽水井資料											
現地實際勘查參考項目	1.現有抽水井資料校核	項目	紀錄	項目	紀錄	項目	紀錄	紀錄					
		a. 水井編號						動力型式	c. 抽水情形 出水量				
		位置		b.抽水設備		機型							
		產權											
		用途											
		井管口徑											
		深度											
	2.未登記水井資料												
	現地照片與相關紀錄說明												
	項目	紀錄		備註									
	3.候選井位資料	候選井位二											
		a. 度分帶座標											
		b. 用地產權											
			位置示意草圖及照片										
		地質地貌概述											
	d. 述												



圖 4.4.2-1 九宮格排序圖



圖 4.4.2-2 土地利用圖

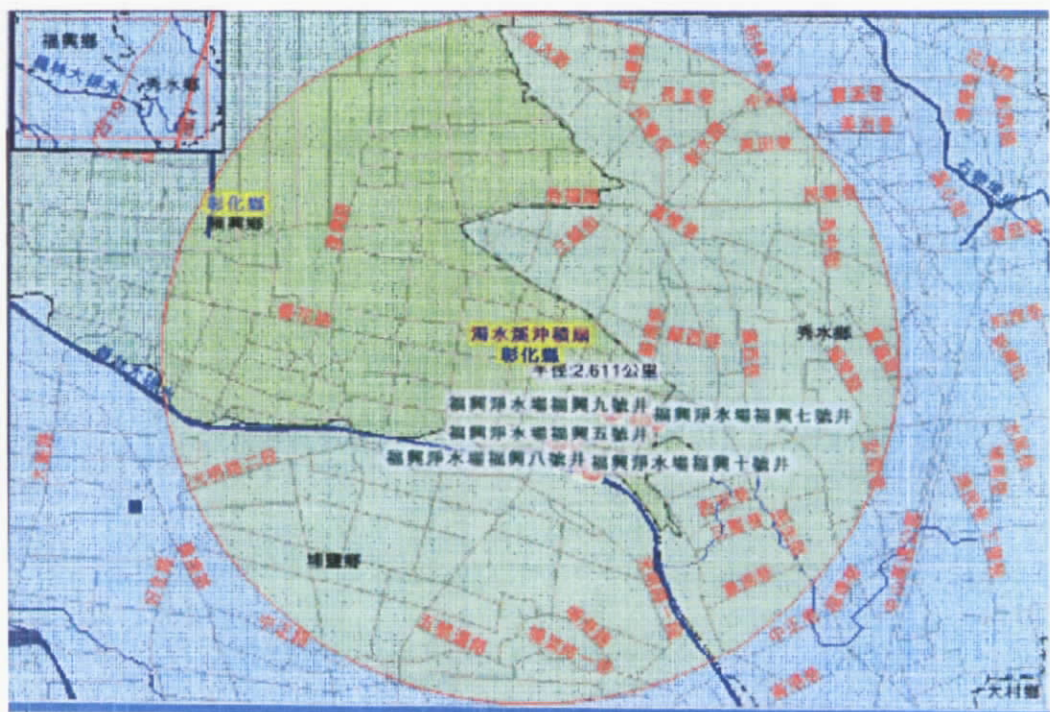


圖 4.4.2-3 井影響半徑圖

表 4.4.2-2 淨水場資料表

編號	名稱	管理單位	供應地區	水源別	設計容量(CMD)
11_1	芳苑淨水場	省水十一區處	二林系統	地下水	21000
平均供水量 (CMD)	資料登入日期	二度分帶 x 座標 (m)	二度分帶 y 座標 (m)	所在縣市	所在鄉鎮
13000	20020823	183390.52	2647028	彰化縣	芳苑鄉

表 4.4.2-3 地下水觀測井水質檢測資料表

編號	井名	分層	Cu	Pb	Cd	Cr	As	Hg
1	枋山一	1	0.0064	0.0031	ND	0.0024	ND	ND
2	德興一	1	0.0032	0.0032	ND	0.0037	ND	ND
3	德興一	3-1	-	-	-	-	ND	-
4	德興一	3-1	-	-	-	-	ND	-
5	水底寮	1	0.0045	0.0053	ND	0.0029	-	ND

-表無檢測單位:mg/l

表 4.4.2-4 現有抽水井資料表

井編號	井名	管理單位	服務單位	井類型
1_1	六堵一號原水井	省水一區處	新山給水廠	-
1_2	三芝二號井	省水一區處	淡水營運所	深井
井設計抽水量 (CMD)	井平均出水量 (CMD)	處理淨水場 名稱	井二度分帶 x 座標 (m)	井二度分帶 y 座標 (m)
0	0	-	320131.44	2776650.58
1000	400	三芝淨水場	300206.06	2793802.25

4.5 救旱井對地下水影響評估

大區域之地下水數值模擬，由於模擬範圍較為廣泛，過小之網格往往耗用極大量之計算機資源。此外，大區域之地下水數值模擬問題主體多以整個系統為考量，因此對於局部精度需求較低，因此，以往在建立濁水溪沖積扇與屏東平原之地下水數值模擬，其網格大小多選用 1~2 公里。然本研究之問題主體為救旱井之設立影響，欲應用數值模擬反映救旱井設置抽水之的影響範圍與洩降程度等影響，其模擬精度要求極高，故救旱井相鄰區域需要以更細之網格尺度。

由於本計畫以 MODFLOW 地下水數值模式進行問題探討，其為離散方法為有限差分法，受限於有限差分法之先天限制，若單純地在模擬區域局部加密區直接加密，則會使整體網格形成一個以局部加密區為中心之十字切細帶，其影響除了整個模式之計算量大增之外，亦造成部分網格長寬比例差異極大，亦是數值誤差之來源。因此需要其他方法之輔助，以便進行救旱井相鄰區域之模擬。

本研究在此選用 USGS 所研究發展的 Telescopic Mesh Refinement(TMR)程式，作為救旱井相鄰區域局部加密模擬之解決方案。

4.5.1 格網加密程式說明

Telescopic Mesh Refinement(TMR)程式為美國陸軍工兵團(USGS)所研究發展，其中包含三個模組，分別為 MODTMR(MODFLOW Telescopic Mesh Refinement)、TMRDIFF(Telescopic Mesh Refinement Difference)及 RIVGRID，由於本計劃中僅使用 MODTMR 模組，故僅作 MODTMR 之說明。MODTMR 為 MODFLOW96 程式之輔助程式，針對一個已經完成參數檢定之 MODFLOW96 模式，設定好欲局部加密的區域範圍，重新建立另一局部加密 MODFLOW96 模式，如圖 4.5.1-1 所示。

MODTMR 主要工作如下：

- (1) 針對所設定之局部加密區域，依據所設定之網格切密比例(或尺寸)，進行 MODFLOW96 模式網格建立。此外，視情況所需，MODTMR 可依據不同角度之座標軸建立網格，或是針對含水層作垂直方向之加密，如圖 4.5.1-1、圖 4.5.1-2 與圖 4.5.1-3 所示。
- (2) 區域模式(regional model)已針對模擬區域之水文地質狀態設定各項水文地質參數，如各網格之 K、S 等數值，MODTMR 模組可直接讀取區域模式各網格之水文地質參數，再應用內插技術將所讀取之水文地質參數內插至加密後之各網格。
- (3) 為使局部模式真正模擬區域模式之一小區塊，邊界條件之給定分為兩種方式，一種為定水頭邊界條件，利用區域模式之模擬水頭

值，內插至加密之後的網格上，作為局部模式定水頭邊界條件之給定；另一為定流量邊界條件，利用區域模式模擬之各網格間交換流量，可算出局部模式與相鄰區域之交換流量，以定流量邊界條件給定。

(4) 初始條件之給定共分三種方式，一為利用穩態之區域模式模擬結果內插後作為暫態局部模式之初始水位；一為利用穩態之局部模式模擬結果直接作為暫態局部模式之初始水位；另一則直接利用暫態之區域模式模擬結果內插後為暫態局部模式之初始水位，其概念如圖 4.5.1-4 所示

應用 MODTMR 程式後之產物為完整之 MODFLOW96 局部模式之輸入檔，因此需要先應用 MODFLOW96 程式計算局部模式之模擬結果，方能計算出欲進行救旱井設置分析，如：救旱井抽水的影響半徑與洩降程度等。

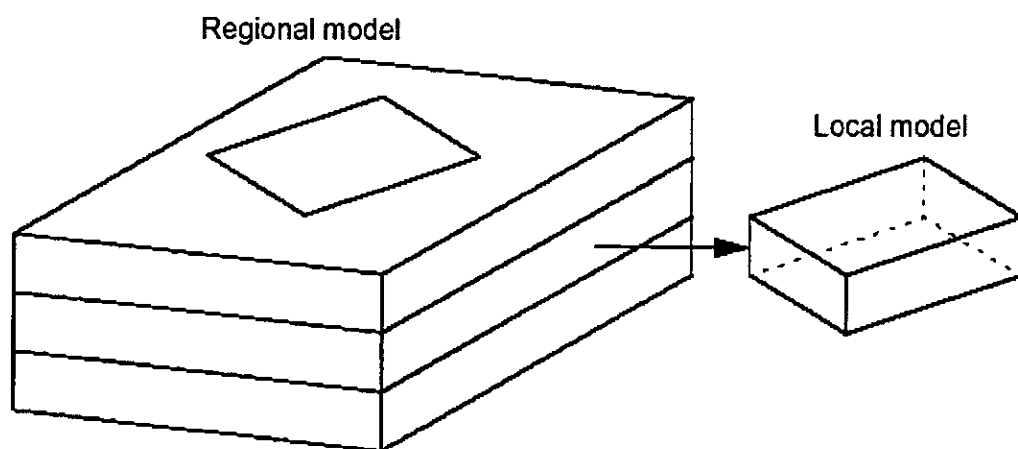


圖 4.5.1-1 TMR 示意圖

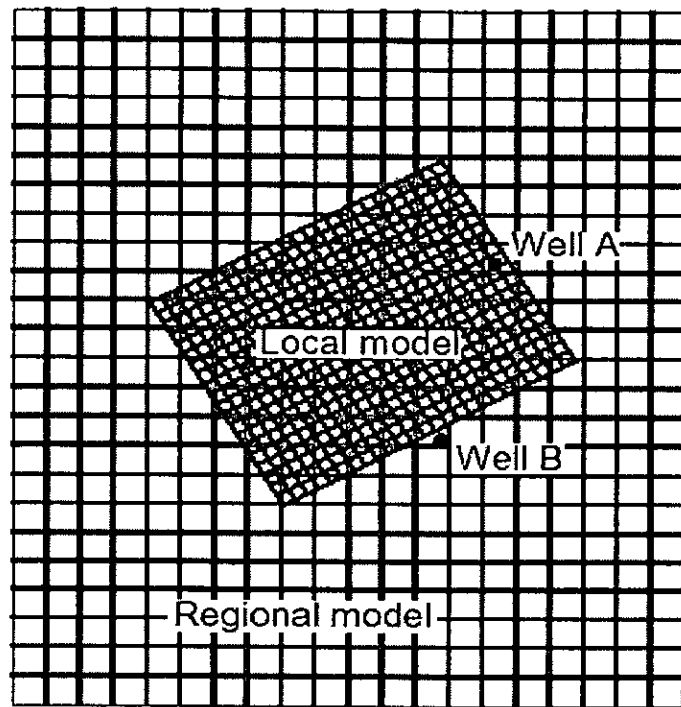


圖 4.5.1-2 區域模式(regional model)局部模式(local model)

示意圖

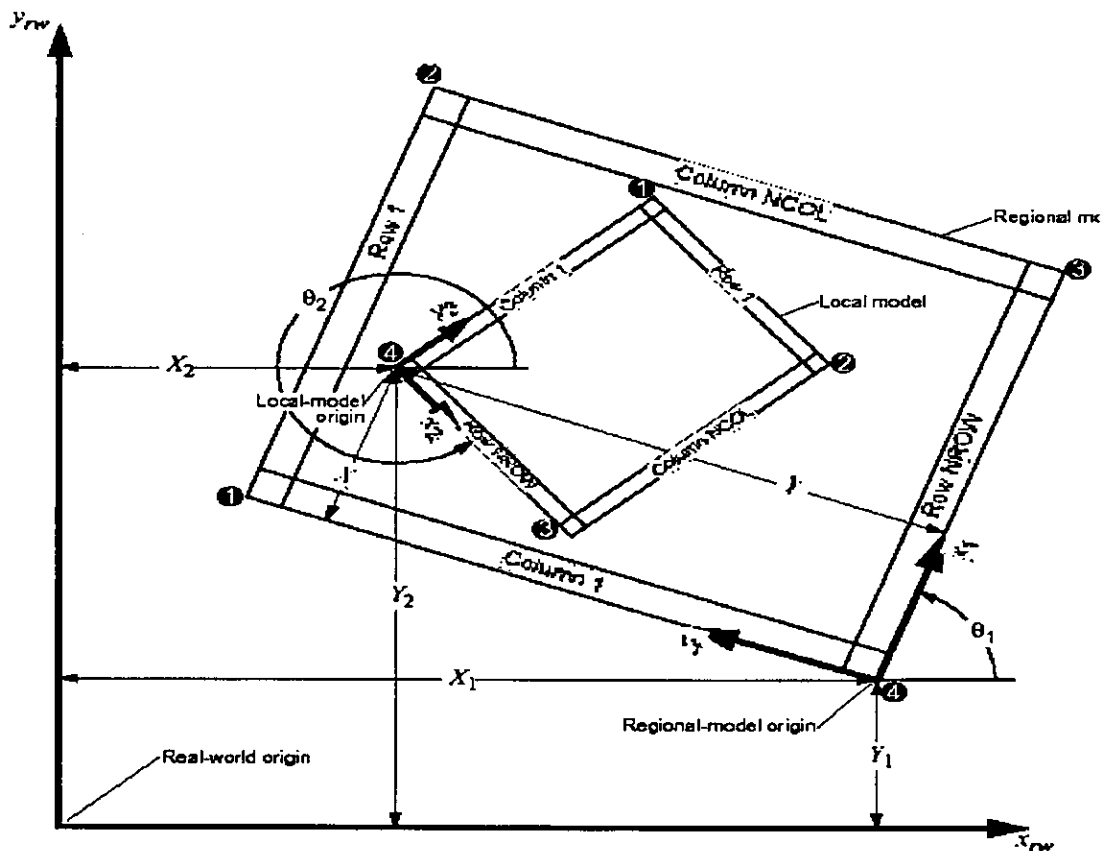


圖 4.5.1-3 真實世界-區域模式-局部模式座標軸設定示意圖

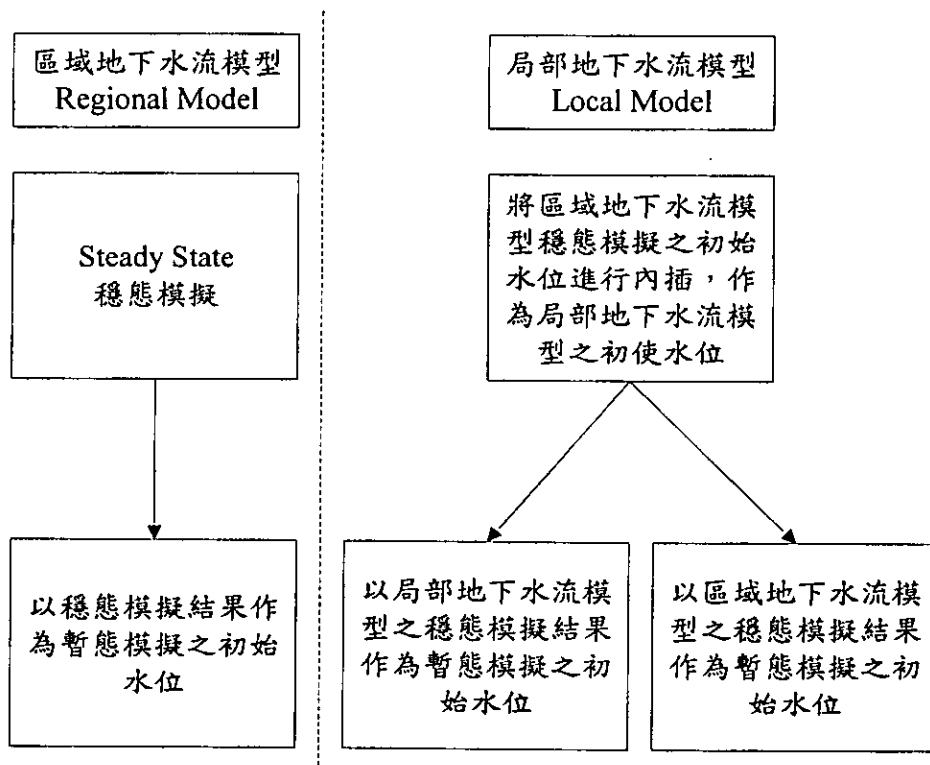


圖 4.5.1-4 區域模式與局部模式初始水位資料處理方式圖

4.5.2 救旱井設置於地下水層影響評估

藉由救旱井抽出之地下原水需藉由相鄰區域之淨水場處理，方可透過與淨水場相連之輸送網路輸送至需求點，所以在淨水場九宮格區域內之救旱井額外抽水量與現有處理量之和需小於或等於淨水場的設計容量，亦即九宮格區域內之最大抽水量總和即為淨水場之剩餘容量。在此解釋所謂淨水場之剩餘容量即為淨水場設計容量扣除淨水場平均已處理量。淨水場九宮格區域內救旱井所抽出之原水，需送往淨水場處理，而一個淨水場所能處理的總量即為淨水場的設計容量。濁水溪沖積扇與屏東平原淨水場的剩餘容量分別見圖 4.5.2-1 及圖

4.5.2-14。

由第二章表 2.1.5-5 及表 2.2.5-4 知，超越機率為 20% 之乾旱程度，其缺水天數約為 90 天左右，所以本計劃將乾旱時期抽水天數設定為 90 天，亦即 3 個月，而模擬的總時間為十二個月。在表 2.1.5-5 及表 2.2.5-4 的各方案之模擬顯示，屏東平原或是濁水溪沖積扇，缺水總量約為當地淨水場剩餘容量總和的三至七倍，因此本救旱井設置方案之最大設計容量限制條件在於淨水場之處理能力，因此分別於屏東平原與濁水溪沖積扇選取當地剩餘容量最大的淨水場作為示範案例，並實際模擬依據淨水場剩餘容量抽用地下水時，檢查在最大抽水條件下，救旱井相鄰區域之洩降影響。

由於濁水溪沖積扇與屏東平原均以第三含水層為主要抽水含水層，因此救旱井之設置規劃在含水層三。

1、在此詳述應用格網加密技術，觀察救旱井設置對相鄰區域之環境

影響：將屏東平原及濁水溪沖積扇兩區域內各淨水場剩餘容量平均分攤於以各淨水場為中心之相鄰九個網格(3x3)，並藉由

MODFLOW 程式計算其模擬結果，即可得到在此抽水條件下網格與網格間的流動狀態。

2、為了使局部格網模式模擬更為精確，局部格網模式模擬範圍除了

救旱井抽水之九宮格外，另外向外延伸一格，亦即定義其模擬範圍

為 25 格(5x5)，局部格網加密程式將針對二十五格區域進行局

部加密動作。本計畫以 100x100 平方公尺為局部加密後之網格大

小，原本未加密之格網大小為 1x1 平方公里，經由局部加密後每

個 1x1 平方公里的格網會變成 100 個 100x100 平方公尺的格網。

亦即局部加密後的網格總數為 2500 個。

3、MODTMR 格網加密程式在 well package 上的處理如下：將未加密

之網格抽水量，直接給在位在距離網格中心點最近的加密後網格

上，換言之原本抽在 1x1 公里網格的總抽水體積，現在是抽在 100

x100 平方公尺的網格中，並非目前救旱井所欲設置的型態。因此，

需藉由手動調整將抽水量平均分攤給其他 99 個網格。

4、針對淨水場剩餘容量最大的淨水場區域進行加密分析的步驟：

利用原始未增加救旱井抽水量之區域模式作局部加密的動作，並

以 MODFLOW 程式計算該區域未額外抽水時之模擬水位值。

(b)利用前述增加救旱井抽水量之區域模式作局部加密的動作，並

以 MODFLOW 程式計算該區域啟用救旱井抽水時之模擬水位值。

(c)以未增加救旱井抽水量局部格網模式之模擬水位值扣除增加

救旱井抽水量之模擬水位值，即為救旱井抽水之洩降量。

5、結果分析

(a)濁水溪沖積扇：

濁水溪沖積扇選定埔心淨水場為該區域之模擬案例，以埔心淨水場為中心之二十五宮格區域為局部加密的模擬區域，淨水場剩餘容量為每天 16,000 噸，以該數值視為救旱井抽水量，平均分攤至以淨水場為中心之九宮格。本計劃取區域中心及下游端水位最低處兩點為地下水位觀察對象，其位置如圖 4.5.2-2 所示。在救旱井啟用 3 個月後區域中心點洩降為 0.7 公尺，區域下游端洩降為 0.55 公尺，此後救旱井停用，到該年 12 月時，區域中心洩降為 0.5 公尺，下游端洩降為 0.49 公尺，水位已有回升之現象。由於當地淨水場的剩餘量並不大，因此當地洩降程度極小，單純由洩降量判斷，救旱井之設置抽水量應處於安全範圍內。由圖 4.5.2-9 知，埔心淨水場區域於三月份之

洩降最大處偏右邊而不是模擬區域中間，主要是該模擬區域的右邊 K 值較中間大，所以模擬區域右處之洩降略大於中間區域的洩降。由圖 4.5.2-9，圖 4.5.2-10，圖 4.5.2-11 知，水位變化本來就小於一公尺，但從等值圖形狀變化可看出模擬區域於十二月時，水位已呈現回升。

(b)屏東平原：

屏東平原選定嶺口淨水場為該區域之模擬案例，以嶺口淨水場為中心之二十五宮格區域為局部加密的模擬區域，淨水場剩餘容量為每天 120,000 噸，為屏東地區剩餘容量最大之淨水場，以該數值視為救旱井抽水量，平均分攤至以淨水場為中心之九宮格。本計劃取區域中心及下游端水位最低處兩點為地下水位觀察對象，其位置如圖 4.5.2-15 所示。本計畫採用中興工程顧問公司於「濁水溪沖積扇地表地下聯合運用總報告」所採用之評估方法，取嶺口淨水場鄰近觀測井，以歷年資料求取平均值與標準偏差來推估安全水位與嚴重下限水位，並取其差值即為本計劃之容許洩降，以此方法估算後的容許洩降為 7.99 公尺。

在救旱井啟用 3 個月後區域中心點洩降為 7.13 公尺，區域下游端洩降為 3.8 公尺，此後救旱井停用，到該年 12 月時，區域中心洩降為 0.83 公尺，下游端洩降為 0.7 公尺，水位明顯回升之現象。由分

析結果顯示，以最大剩餘容量檢驗救旱井之設置，連續抽水三個月之最大洩降量為 7.13 公尺，不超過預設之容許洩降量。由圖 4.5.2-22 知，嶺口淨水場區域於三月份之洩降最大處偏左上而不是模擬區域中間，主要是該模擬區域的左上處 K 值較中間大，所以模擬區域左上處之洩降略大於中間區域的洩降。由圖 4.5.2-24，圖 4.5.2-25，圖 4.5.2-26 知，模擬區域於十二月時，水位變化幾乎小於一公尺，可以明顯的表現出水位已經顯著回升。

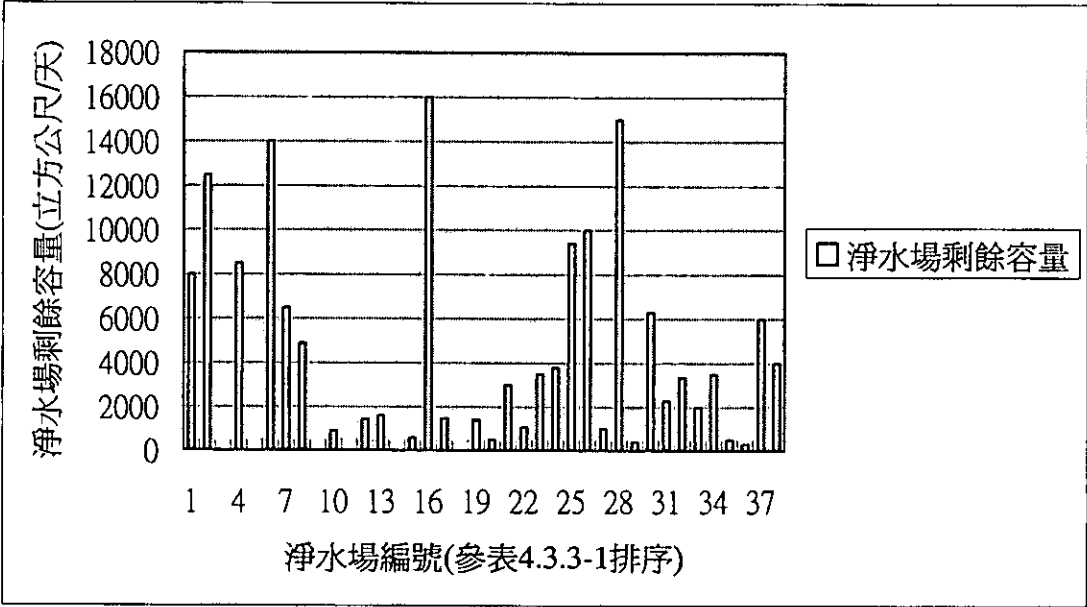


圖 4.5.2-1 濁水溪沖積扇淨水場剩餘容量柱狀圖

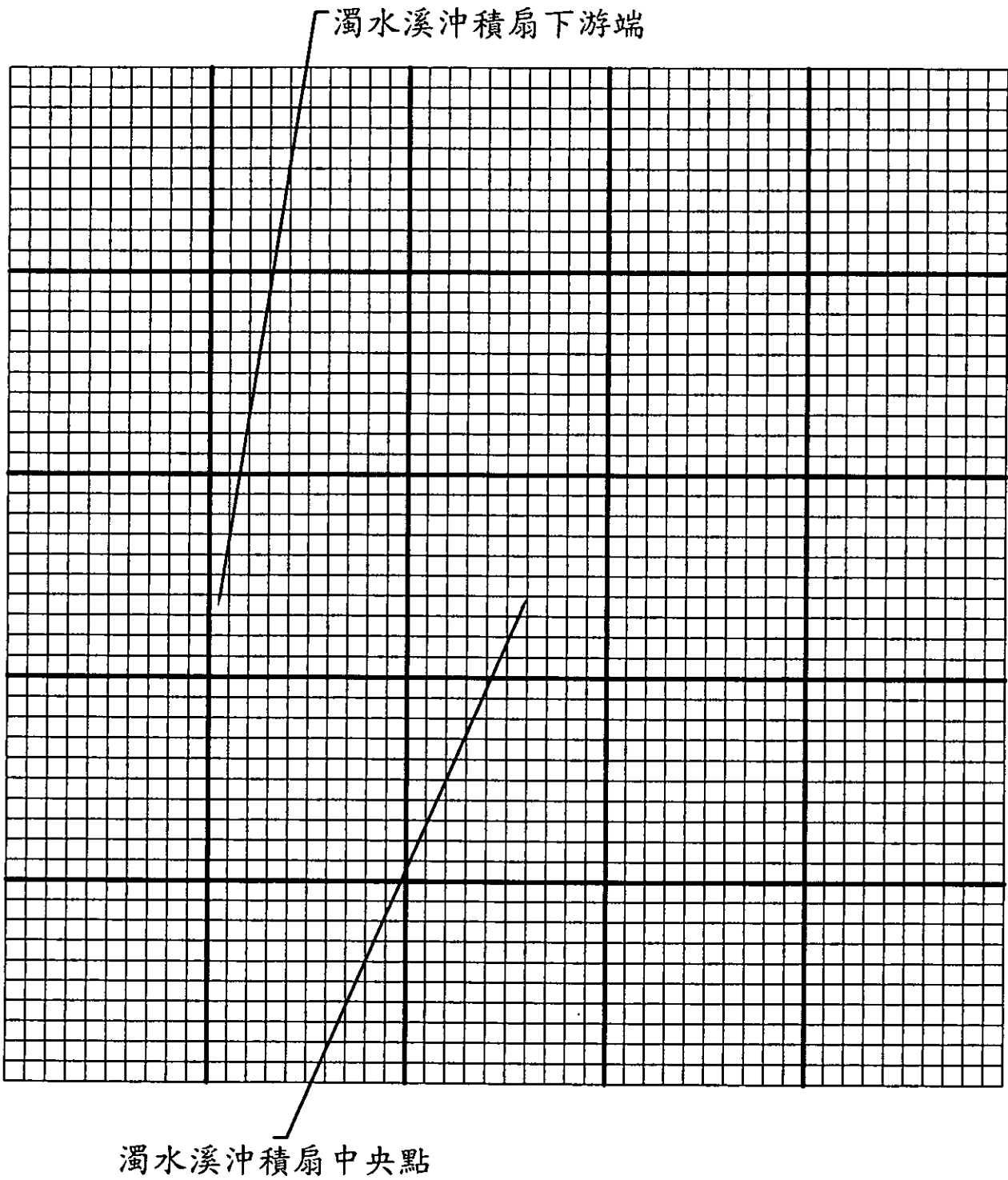


圖4.5.2-2 濁水溪沖積扇地下水水位觀測點位置圖

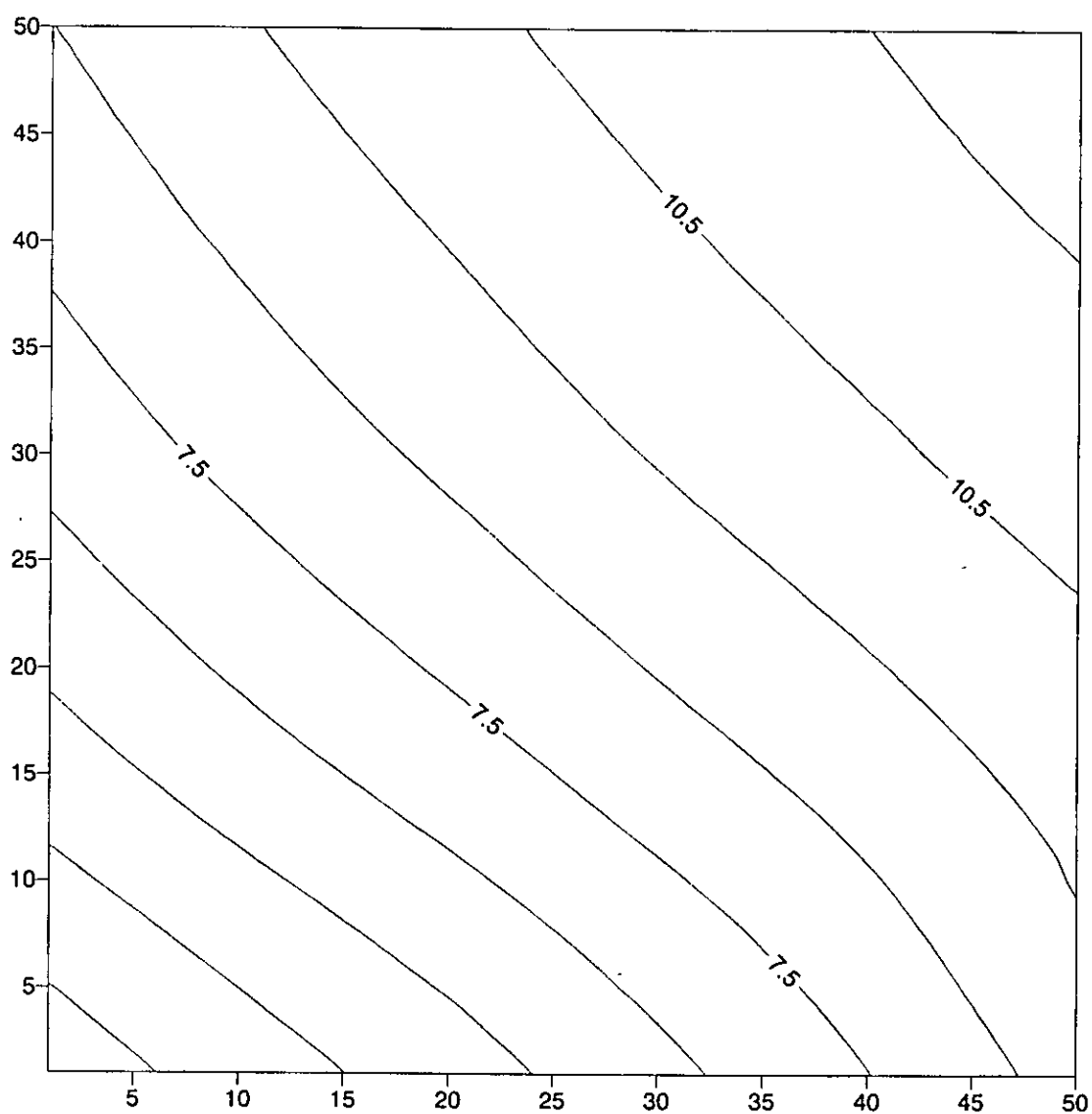


圖 4.5.2-3 埔心淨水場相鄰區域 3 月水位等值圖(m)

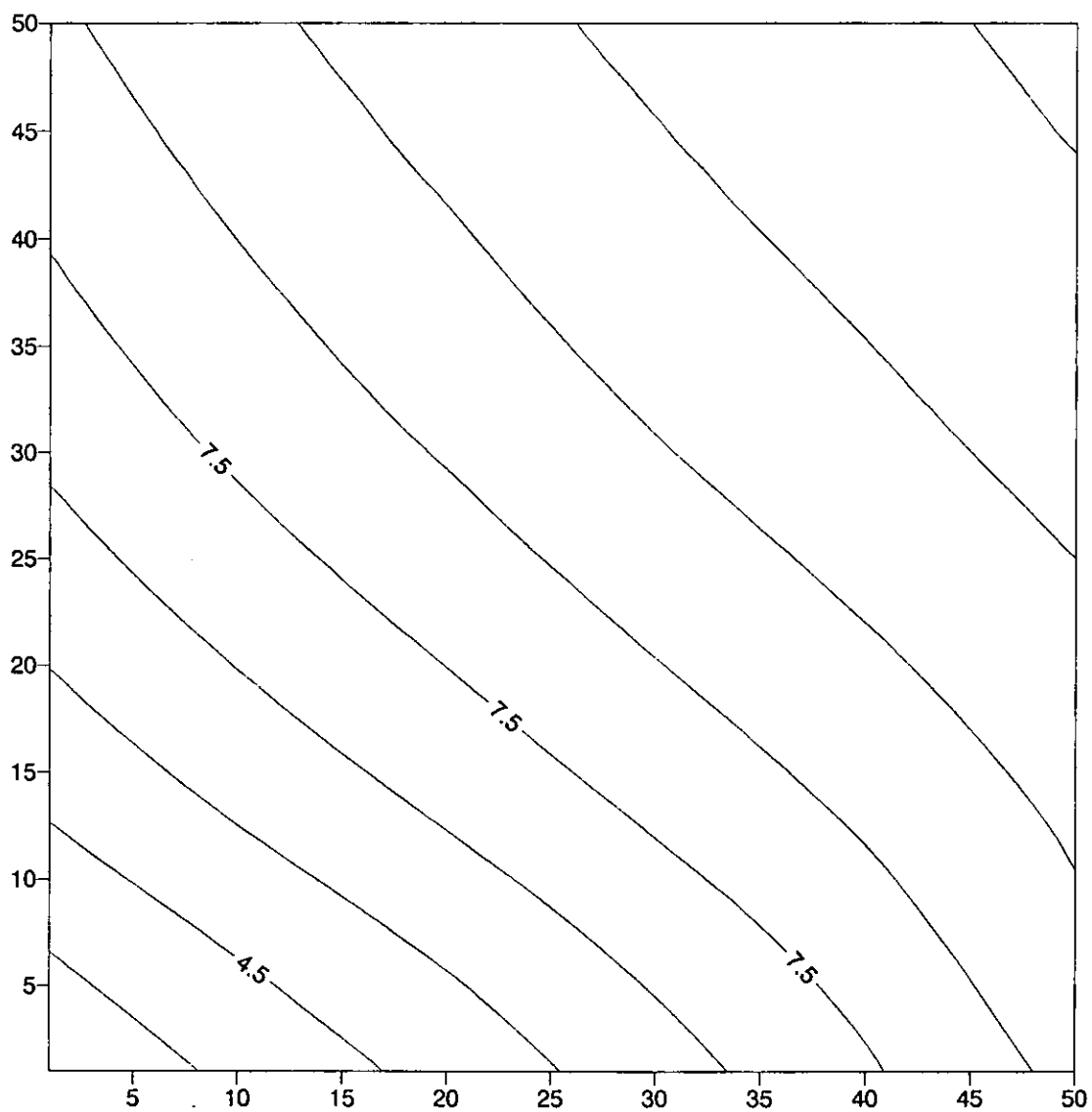


圖 4.5.2-4 埔心淨水場相鄰區域 4 月水位等值圖(m)

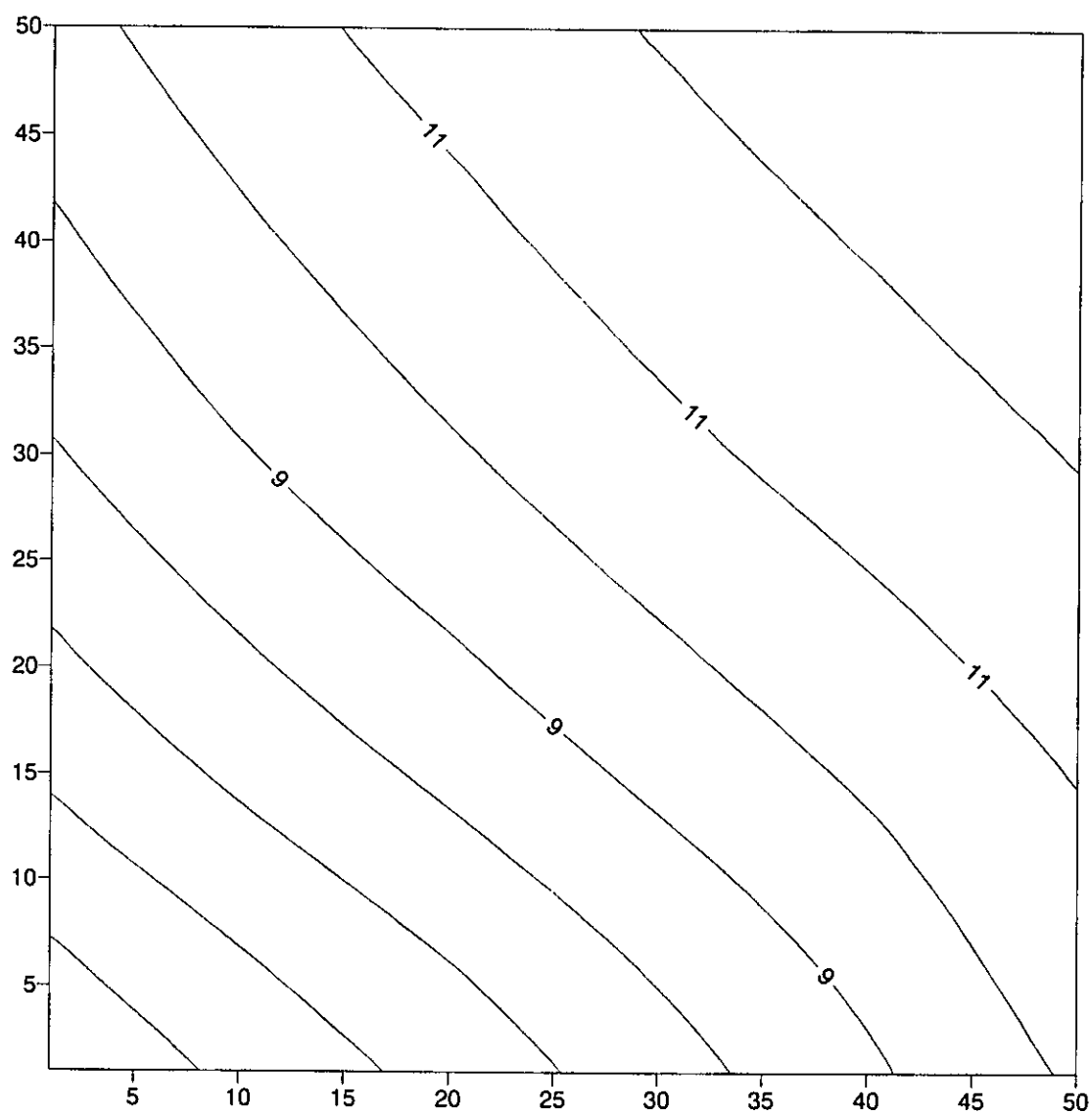


圖 4.5.2-5 埔心淨水場相鄰區域 12 月水位等值圖(m)

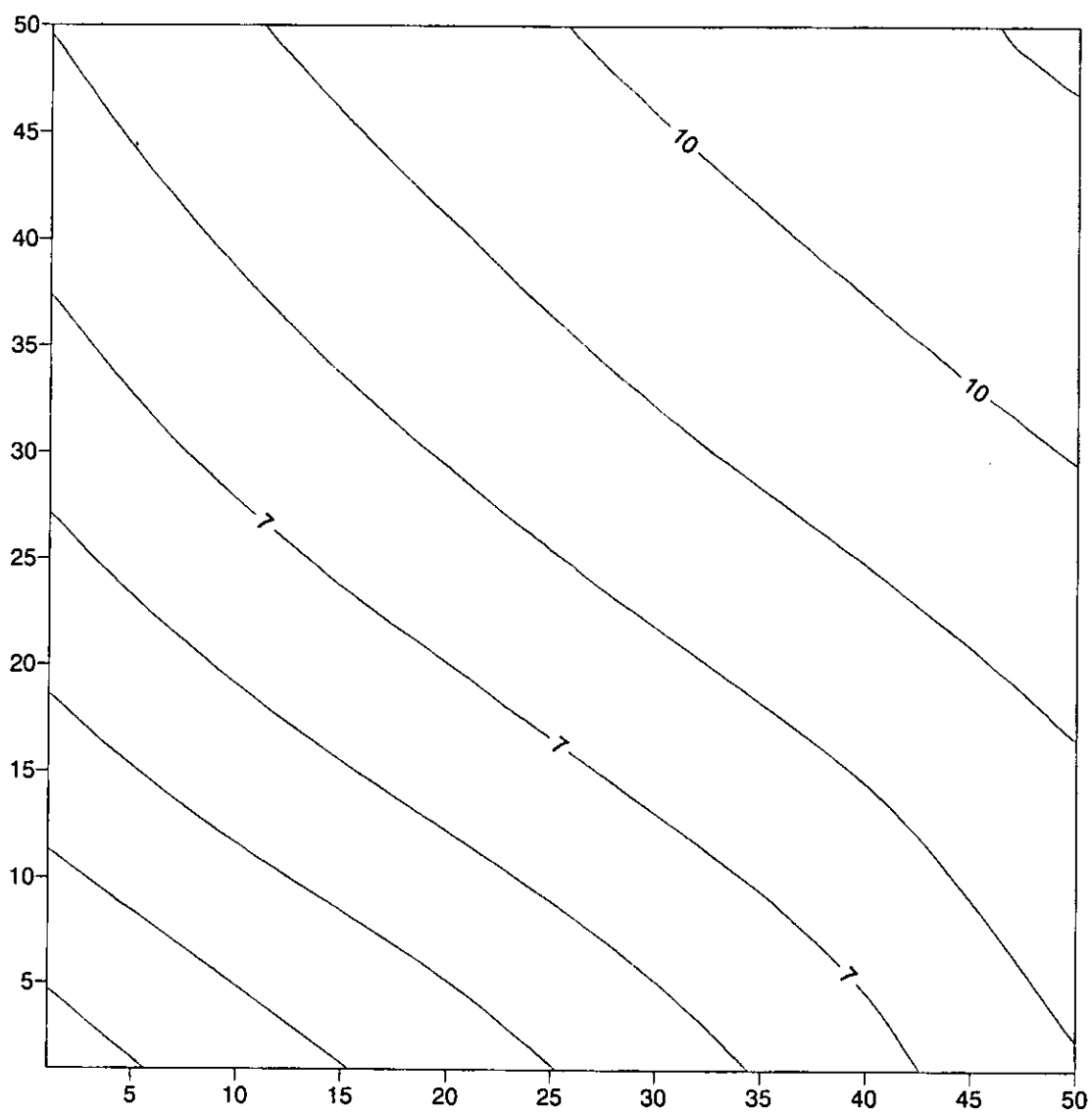


圖 4.5.2-6 埔心淨水場相鄰區域 3 月抽水後水位等值圖(m)

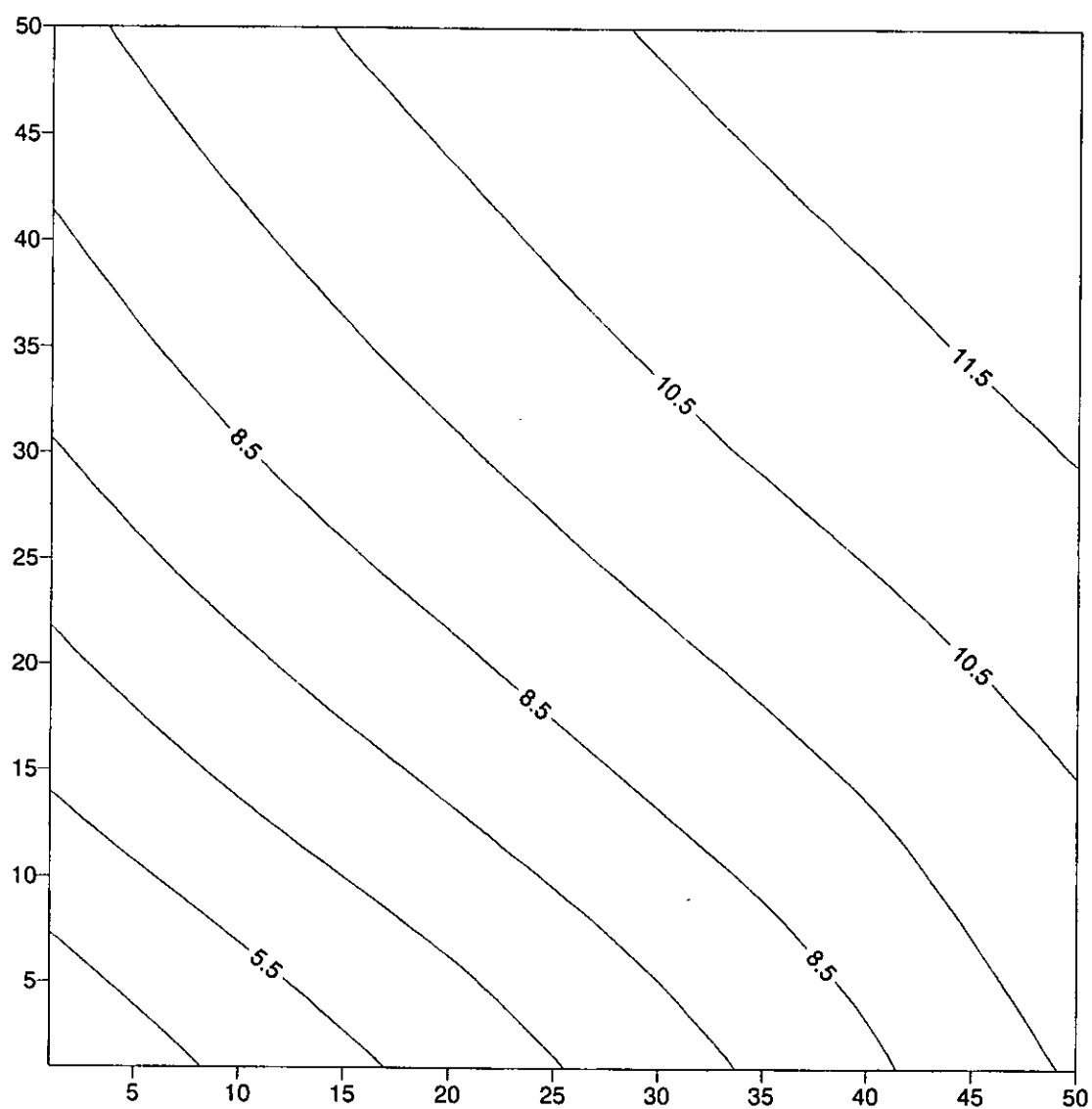


圖 4.5.2-7 埔心淨水場相鄰區域 4 月抽水後水位等值圖(m)

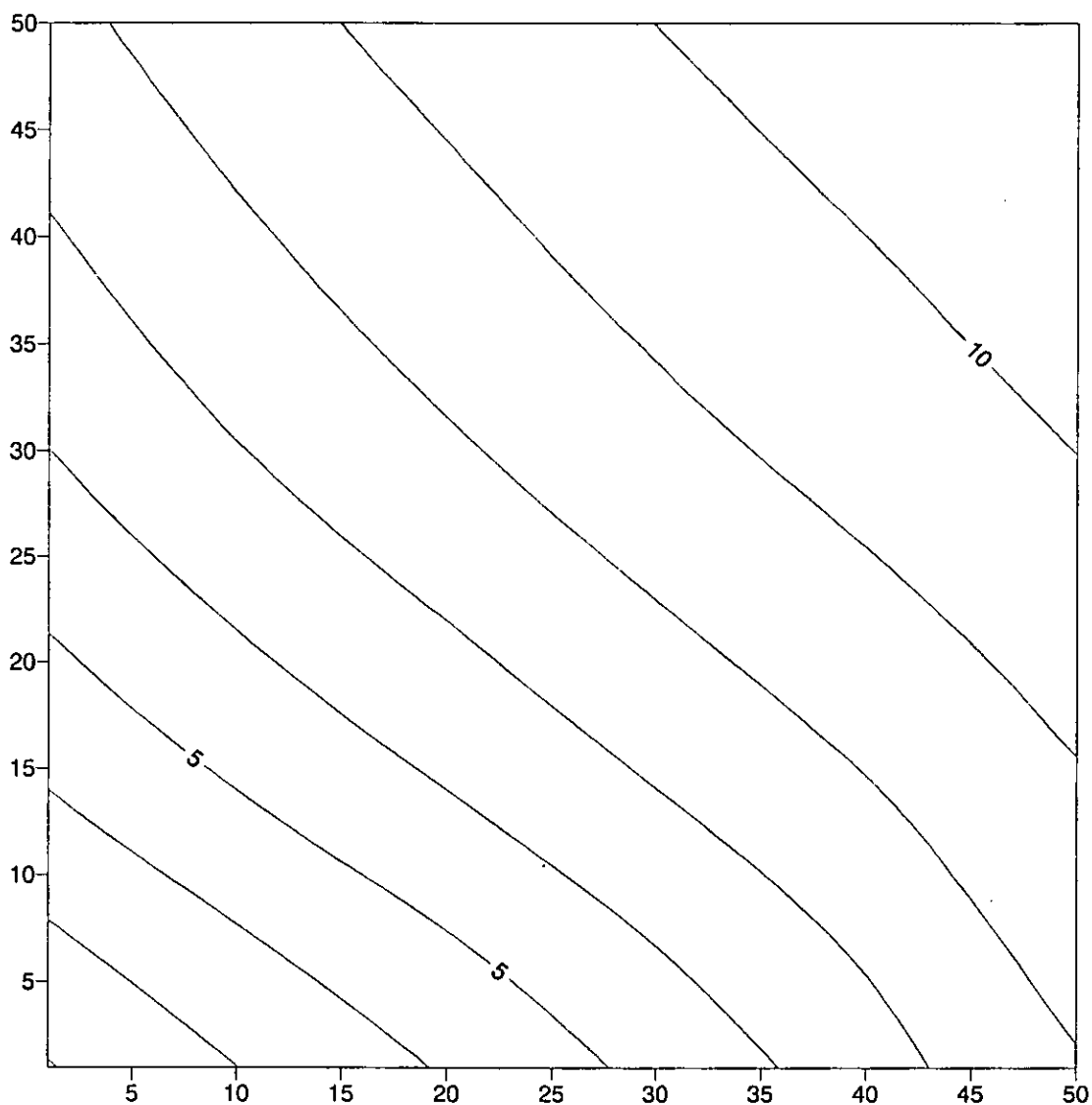


圖 4.5.2-8 埔心淨水場相鄰區域 12 月抽水後水位等值圖(m)

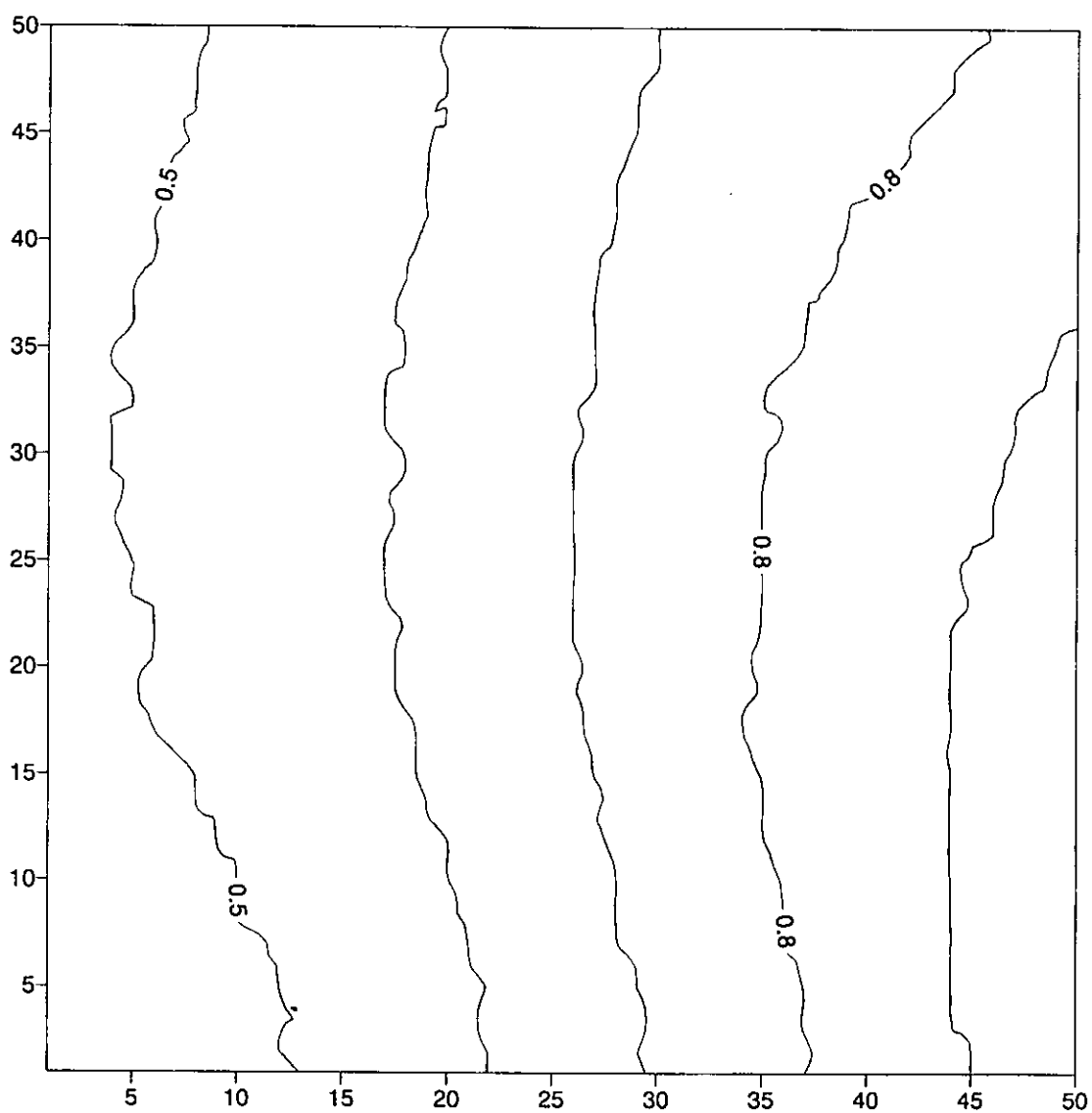


圖 4.5.2-9 埔心淨水場相鄰區域 3 月水位洩降等值圖(m)

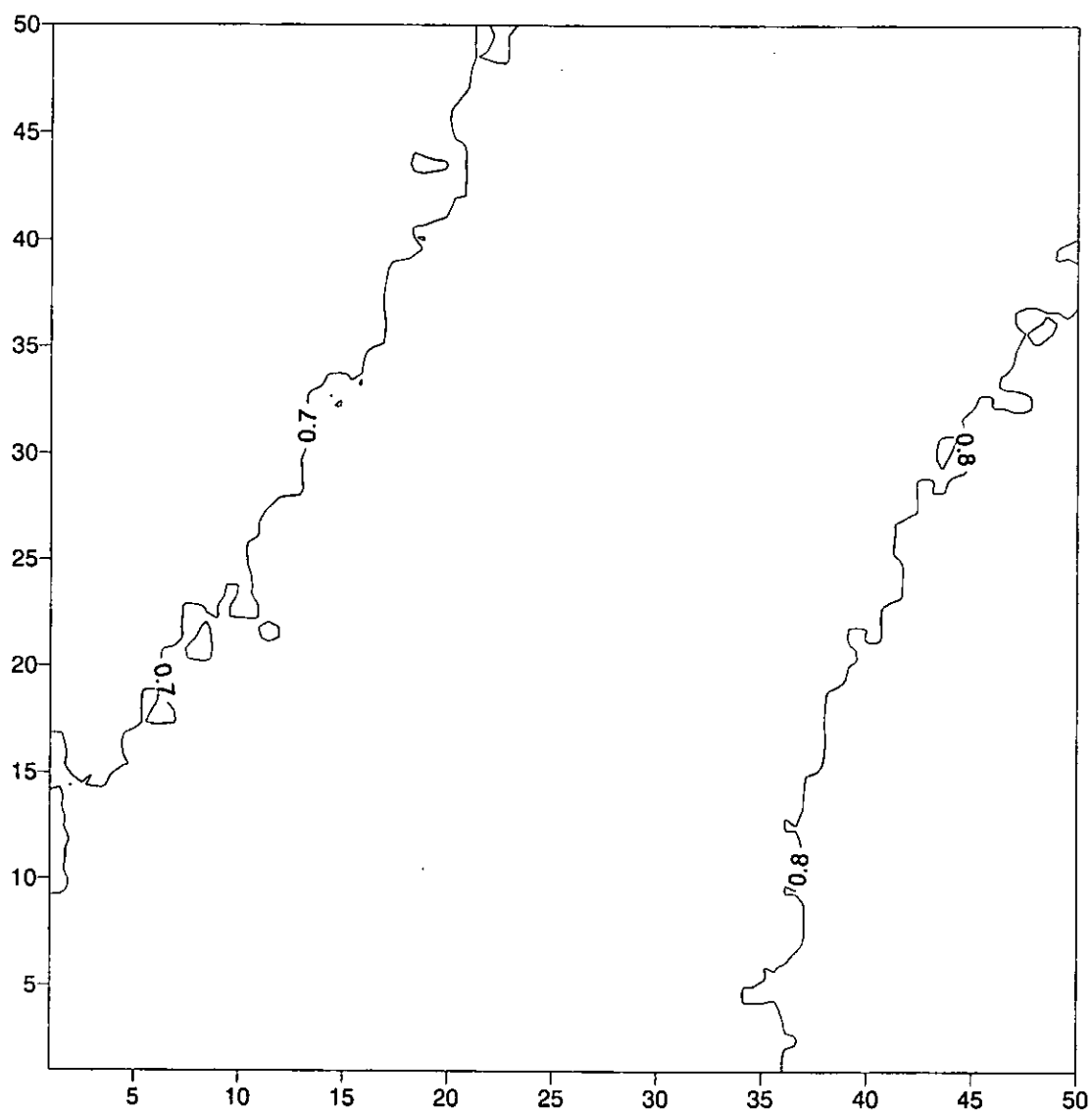


圖 4.5.2-10 埔心淨水場相鄰區域 4 月水位洩降等值圖(m)

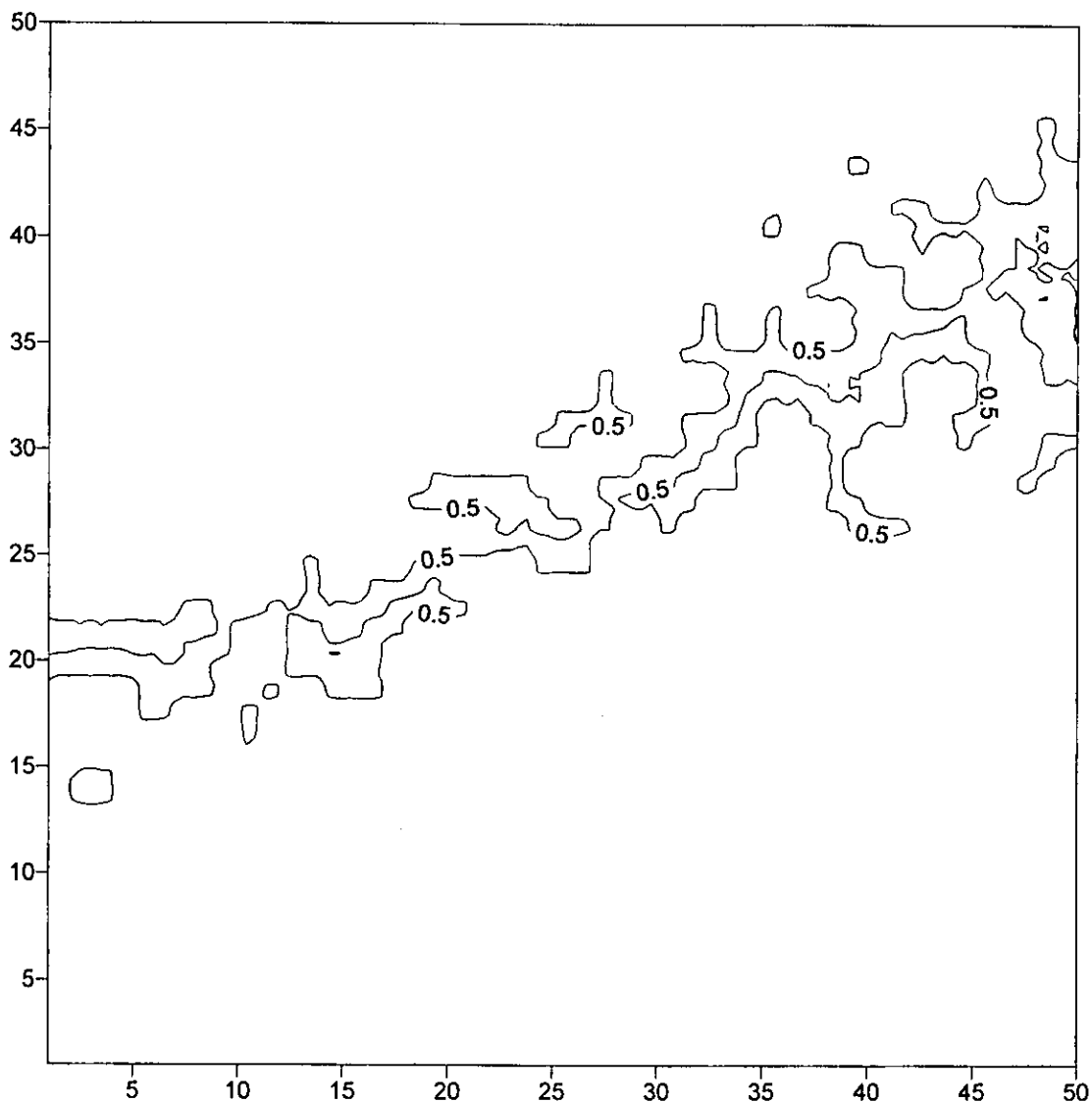


圖 4.5.2-11 埔心淨水場相鄰區域 12 月水位洩降等值圖(m)

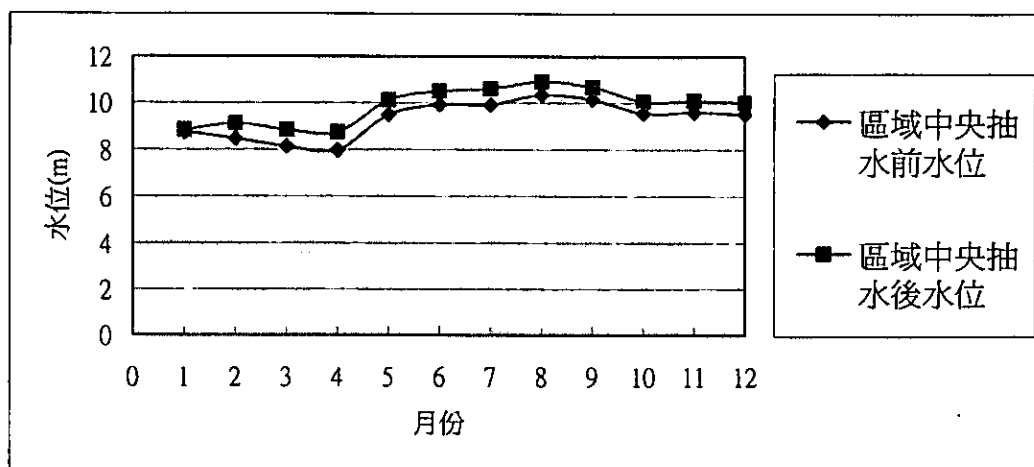


圖 4.5.2-12 埔心淨水場相鄰區域中央之水位-時間變化圖

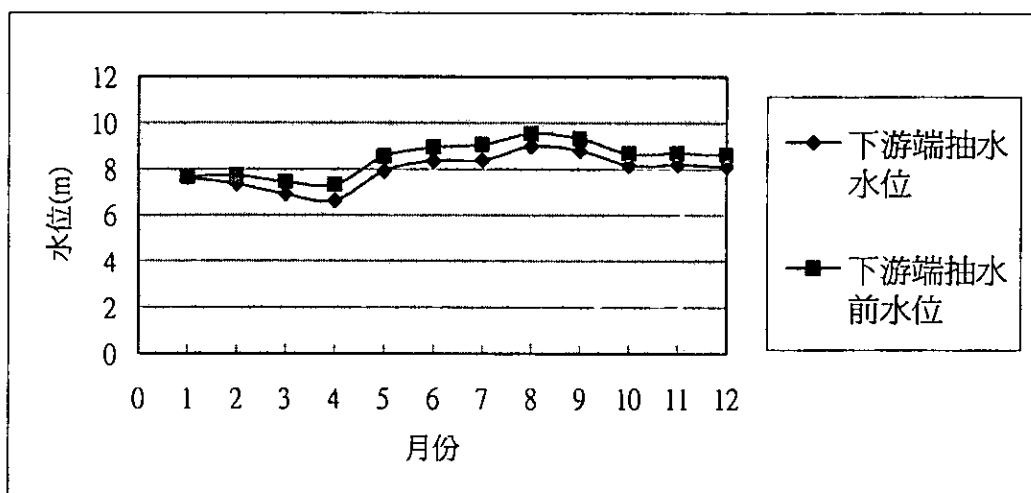


圖 4.5.2-13 埔心淨水場相鄰區域區域下游端之水位-時間變化圖

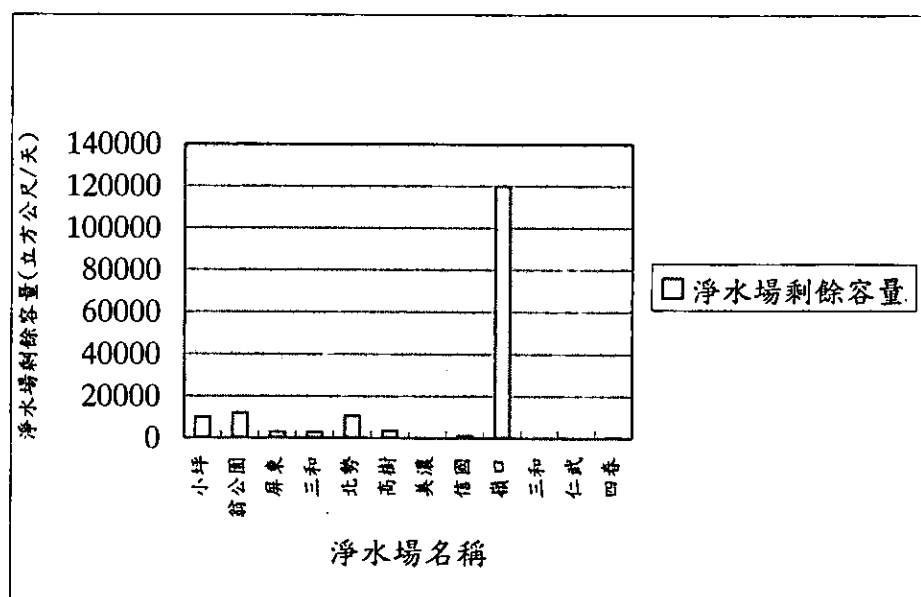


圖 4.5.2-14 嶺口淨水場相鄰區域淨水場剩餘容量柱狀圖

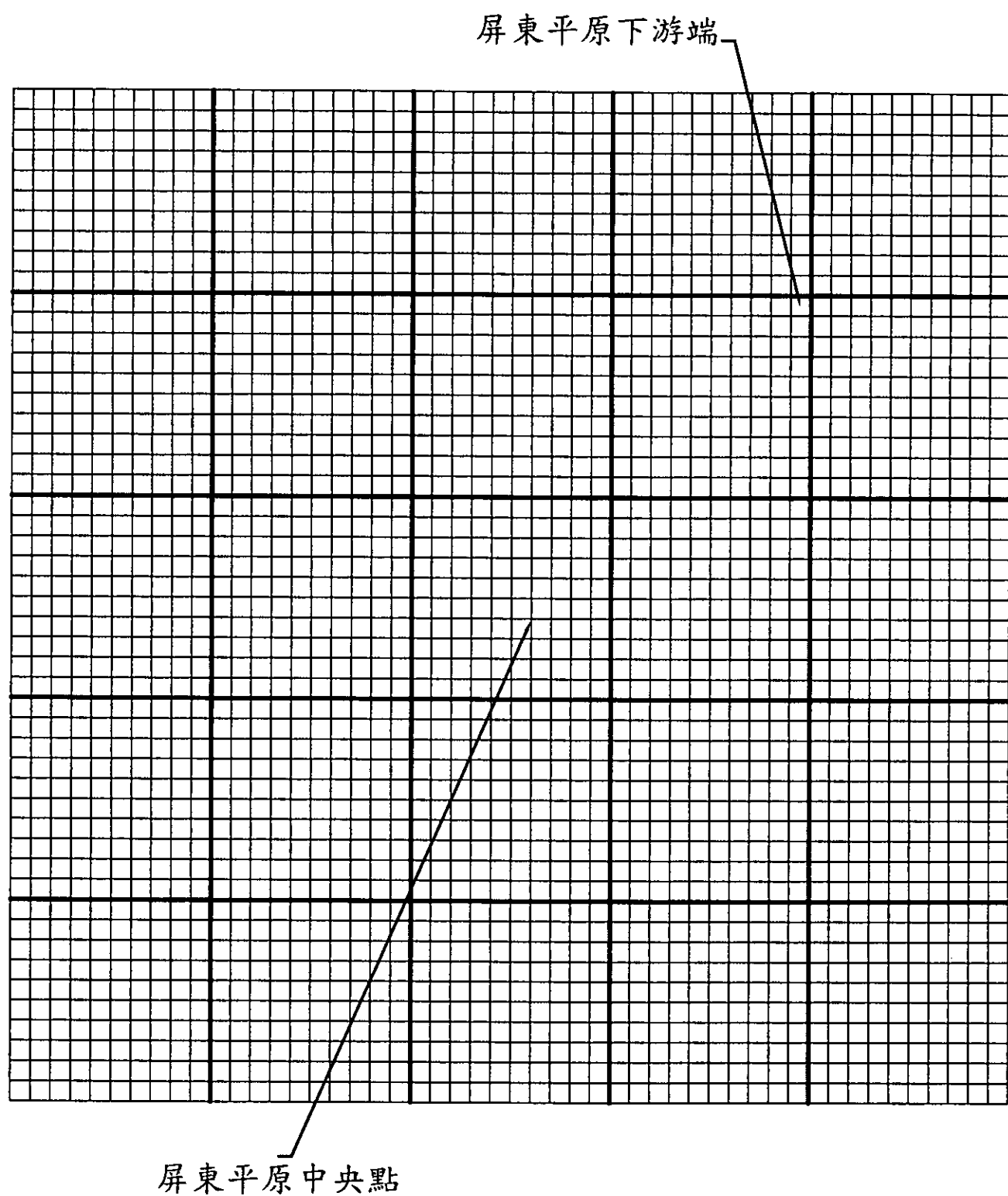


圖4.5.2-15 屏東平原地下水水位觀測點位置圖

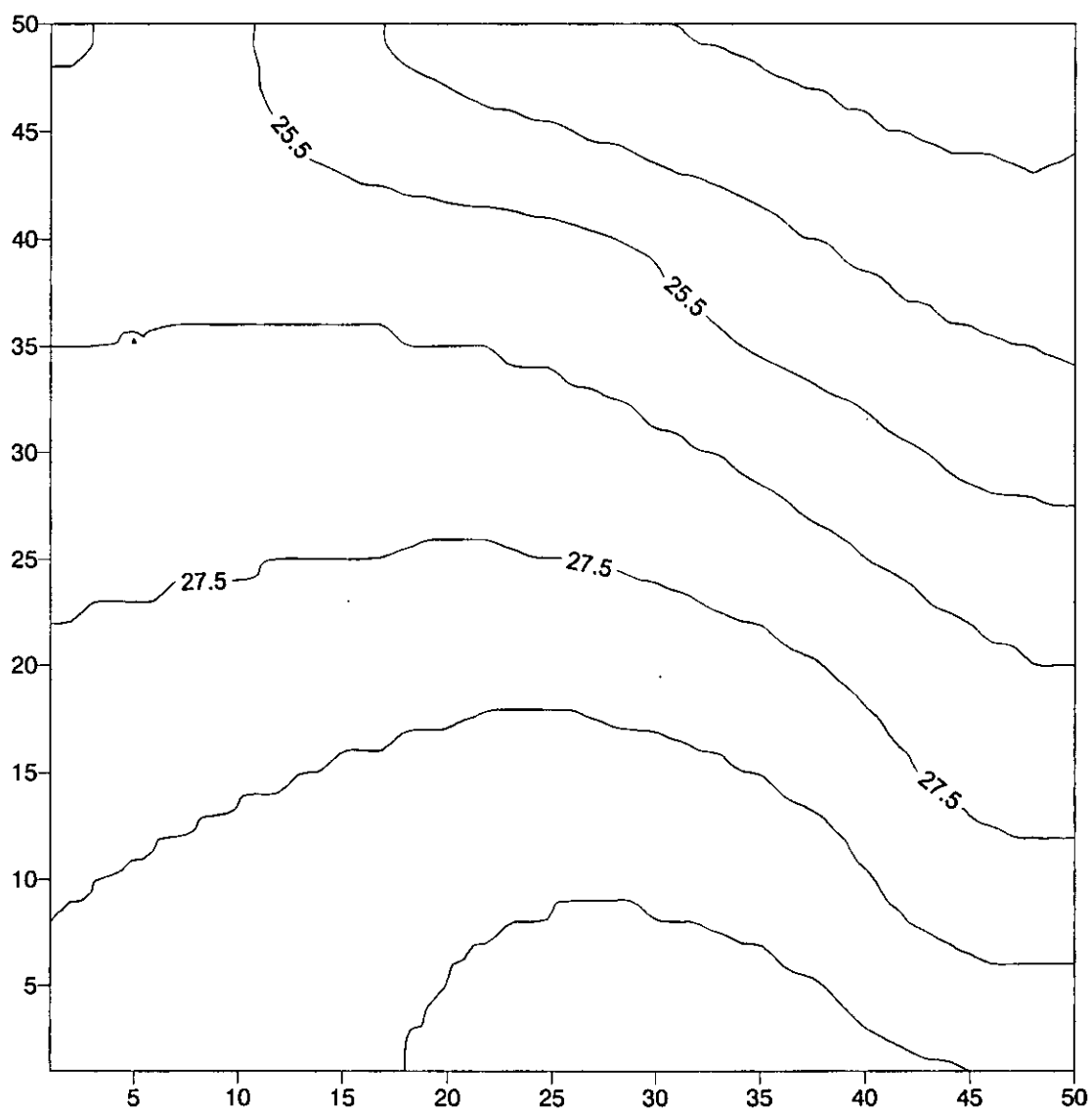


圖 4.5.2-16 嶺口淨水場相鄰區域 3 月水位等值圖(m)

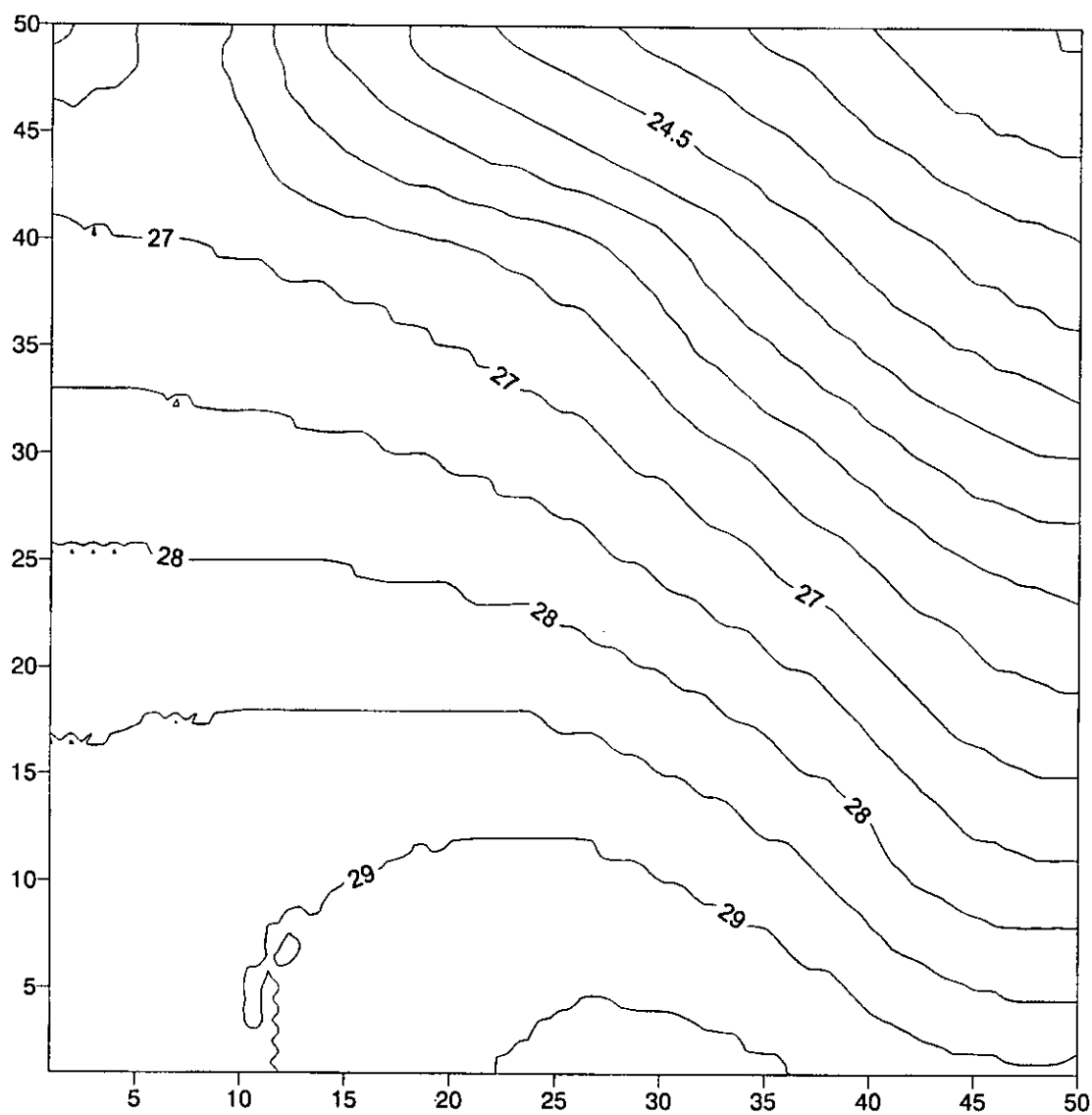


圖 4.5.2-17 嶺口淨水場相鄰區域 4 月水位等值圖(m)

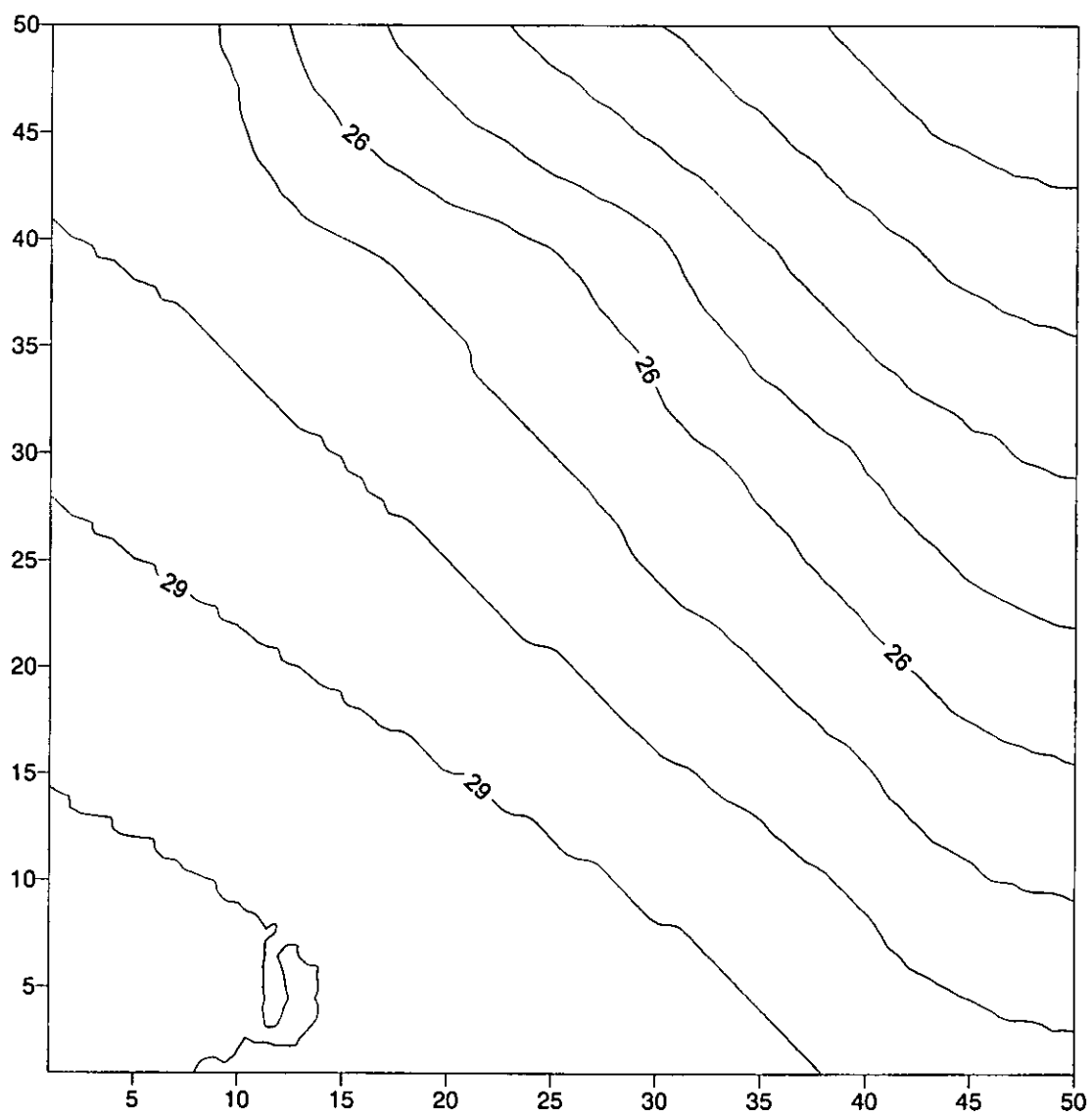


圖 4.5.2-18 嶺口淨水場相鄰區域 12 月水位等值圖(m)

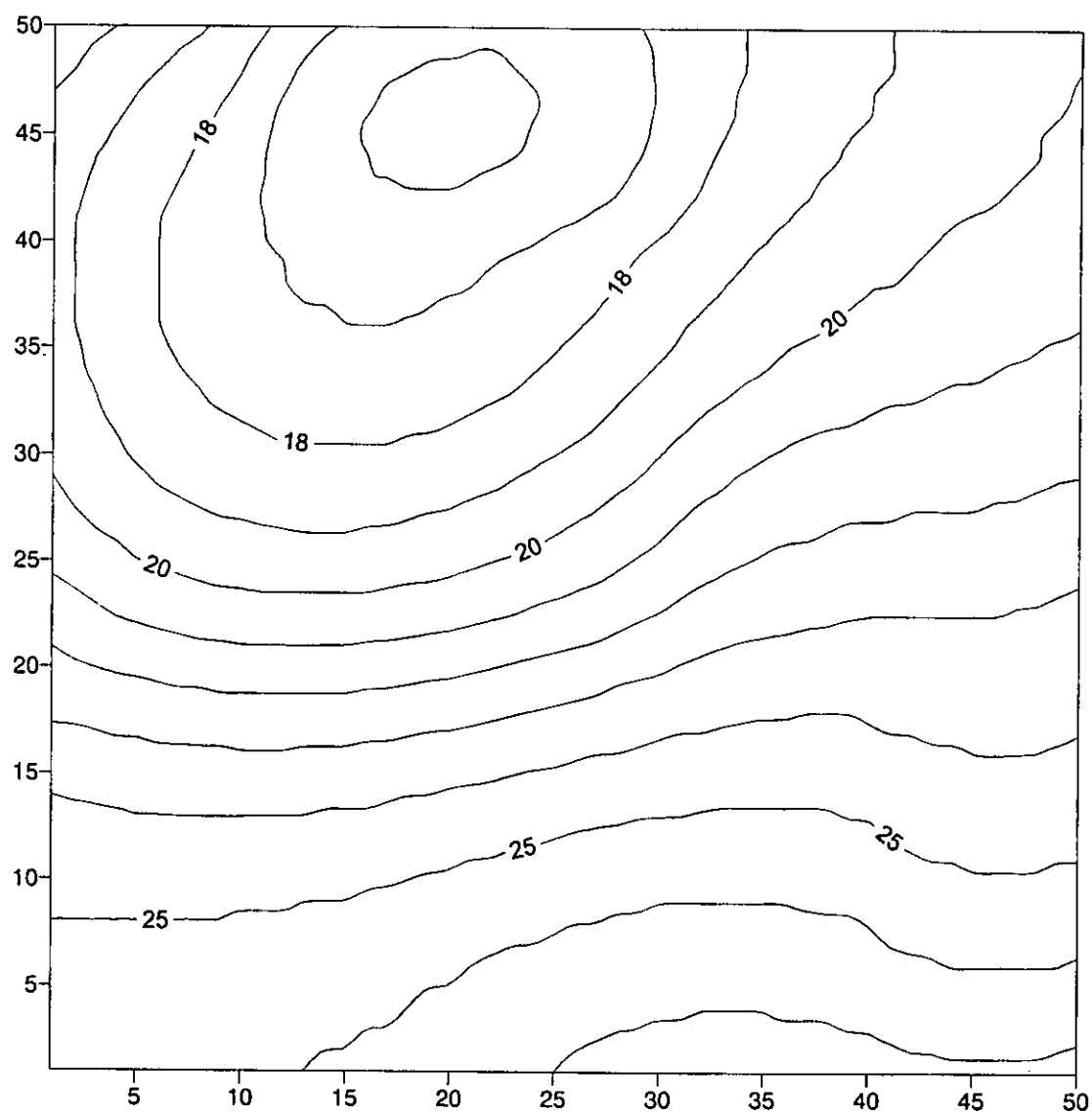


圖 4.5.2-19 嶺口淨水場相鄰區域 3 月抽水後水位等值圖(m)

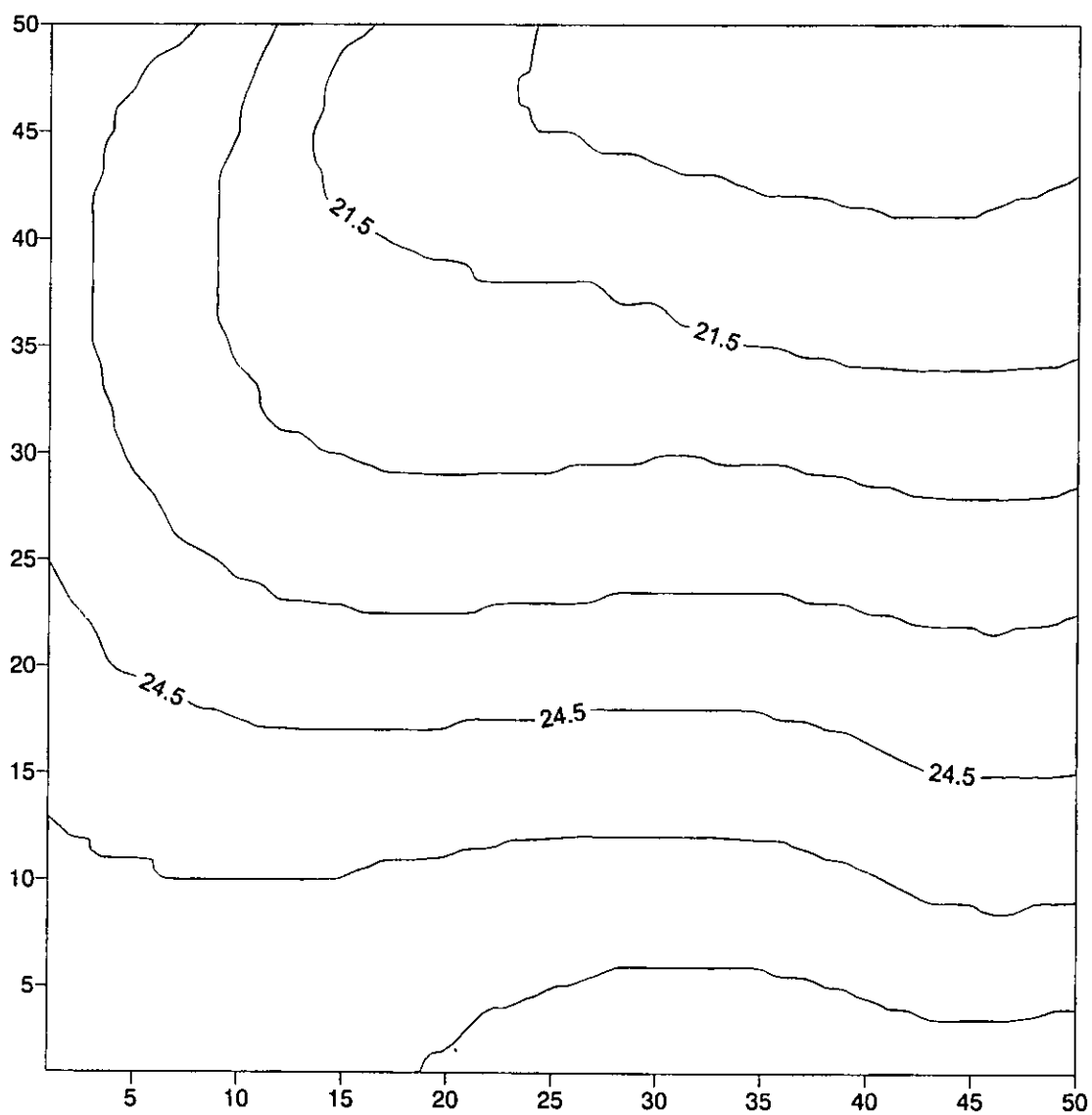


圖 4.5.2-20 嶺口淨水場相鄰區域 4 月抽水後水位等值圖(m)

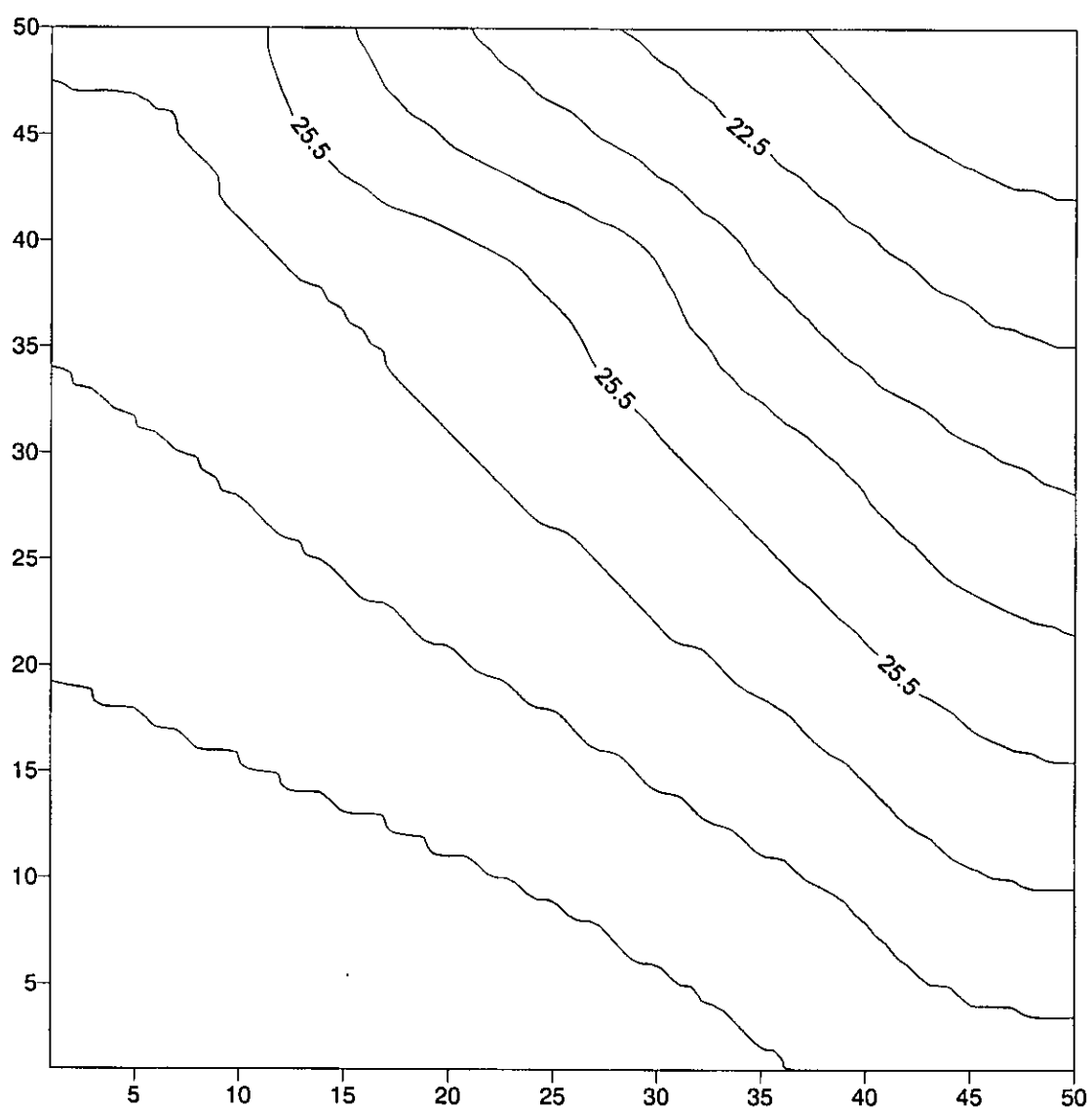


圖 4.5.2-21 嶺口淨水場相鄰區域 12 月抽水後水位等值圖(m)

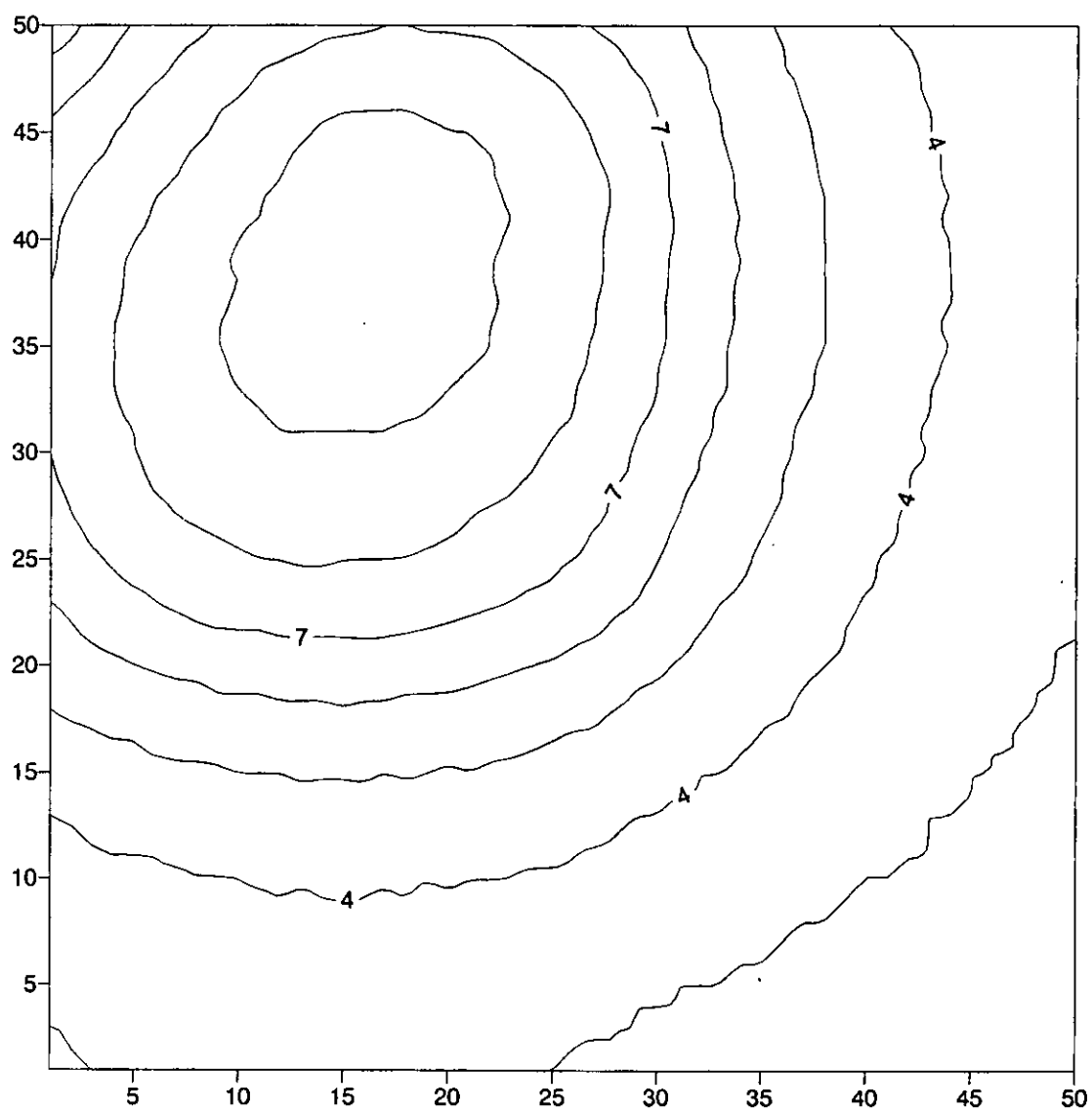


圖 4.5.2-22 嶺口淨水場相鄰區域 3 月水位洩降等值圖(m)

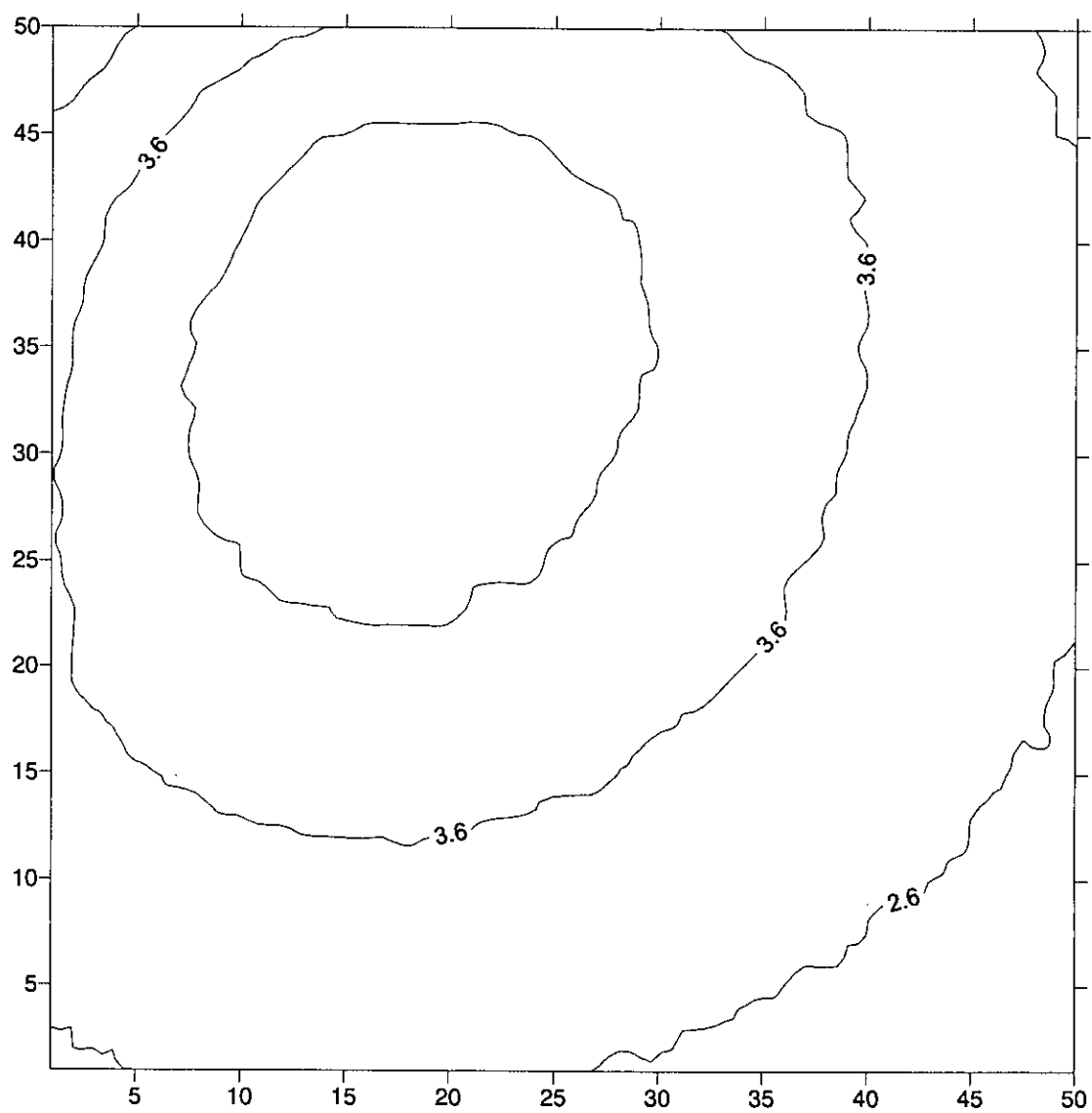


圖 4.5.2-23 嶺口淨水場相鄰區域 4 月水位洩降等值圖(m)

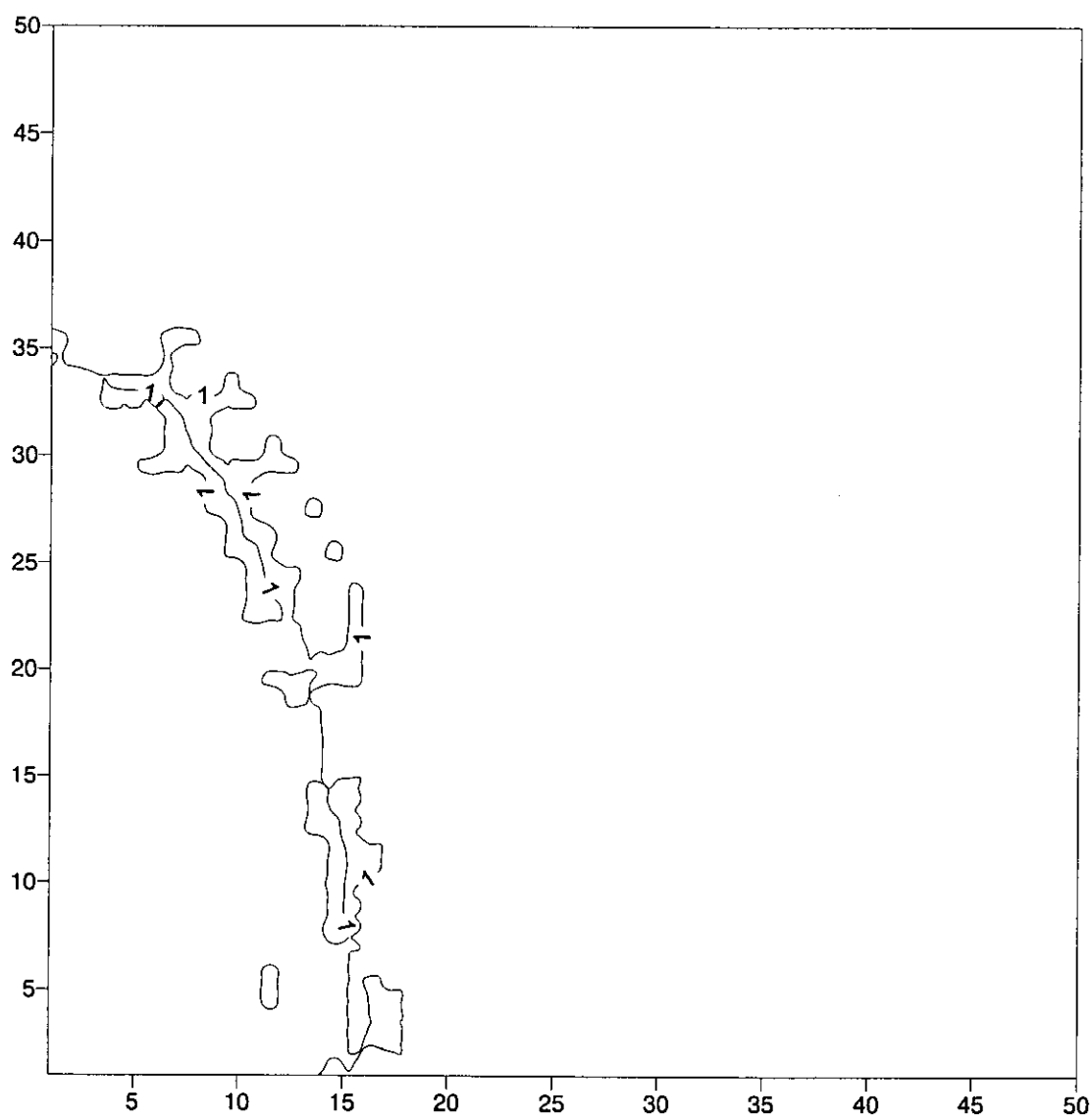


圖 4.5.2-24 嶺口淨水場相鄰區域 12 月水位洩降等值圖(m)

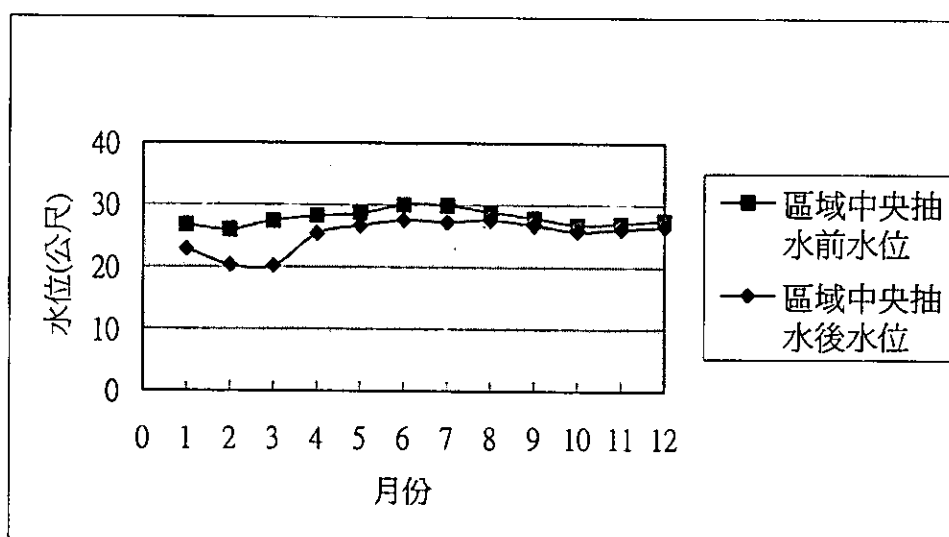


圖 4.5.2-25 嶺口淨水場相鄰區域中央之水位-時間變化圖

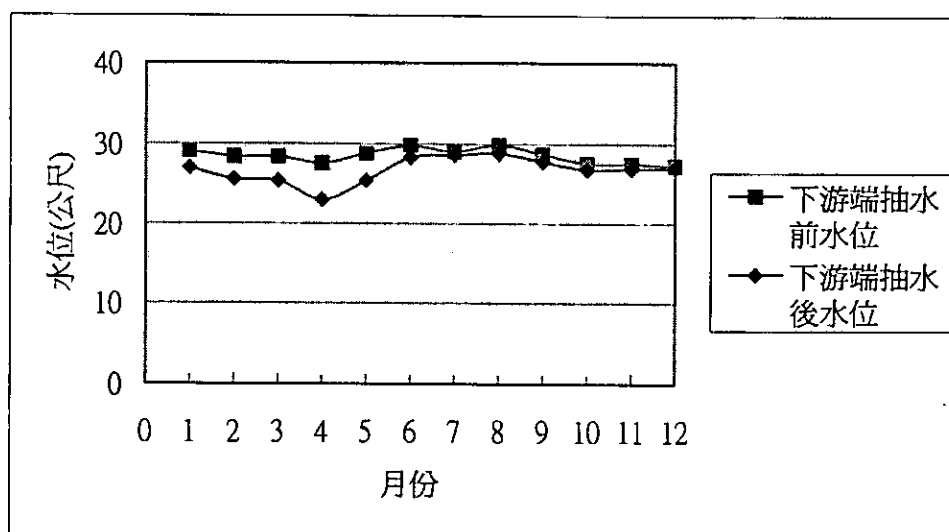


圖 4.5.2-26 嶺口淨水場相鄰區域下游端之水位-時間變化圖

第五章 乾旱時期水資源調配綜合分析

由第二章地表水調配分析得知，在不同公共用水需求方案下，會造成不同的缺水情況發生，為模擬各類缺水情況下的水資源調配情形，本計畫將以第二章的四個方案來進行水資源調配分析。由於台灣的缺水型態往往在一個颱風來臨後，便可紓解其旱象，因此連續缺水天數的考量就顯得比缺水量因素重要，因此本計畫以每年的最大連續缺水天數來判斷缺水的嚴重程度，並以連續缺水天數之超越機率 20% 作為乾旱時期的參考標準。由第二章地表水模擬分析結果得知，乾旱時期的缺水量普遍偏高，設置救旱井可作為乾旱時期緊急調配水源之一，且由第四章 MODTMR 局部加密模式模擬短期抽水的水位變化結果得知，濁水溪沖積扇和南部地區在救旱井操作抽水後，經過一段時間還是可以回復至接近原水位。此外，本章將比較救旱井可供水量和乾旱時期缺水量之間的差異性，以探討救旱井於乾旱時期對於缺水情況的改善程度。

5.1 濁水溪沖積扇

此區救旱井之供水容量以淨水廠之剩餘處理容量來考量，經統計結果，本區域救旱井每日供水容量為 153712 噸，若以第二章所得超越機率 20% 對應之缺水天數作為乾旱井操作時間，因此乾旱時期救旱井的總抽水量如表 5.1-1 所示，雖然救旱井之總抽水量仍不足以滿足地表水系統所缺之量，但已可減輕缺水情況 13~17% 左右，圖 5.1-1 為乾旱時期缺水量和救旱井總抽水量之比較。且由 MODTMR 局部加密模式模擬淨水場區域短期抽水的水位變化時，水位在救旱井操作抽水後，經過一段時間還是可以回復至接近原水位的，因此救旱井在本區域確可作為乾旱時期緊急水源調配之一。

表 5.1-1 濁水溪各方案超越機率 20%下對應之連續缺水天數、缺水量
及救旱井總抽水量

	超越機率 (%)	連續缺水天數 (天)	連續缺水量 (萬噸)	乾旱時期救旱井之 總抽水量(萬噸)
民國 100 年中成長 (方案一)	20	92	9104	1415
民國 100 年低成長 (方案二)	20	87	9939	1343
民國 95 年中成長 (方案三)	20	39	3360	592
民國 95 年低成長 (方案四)	20	30	2611	461

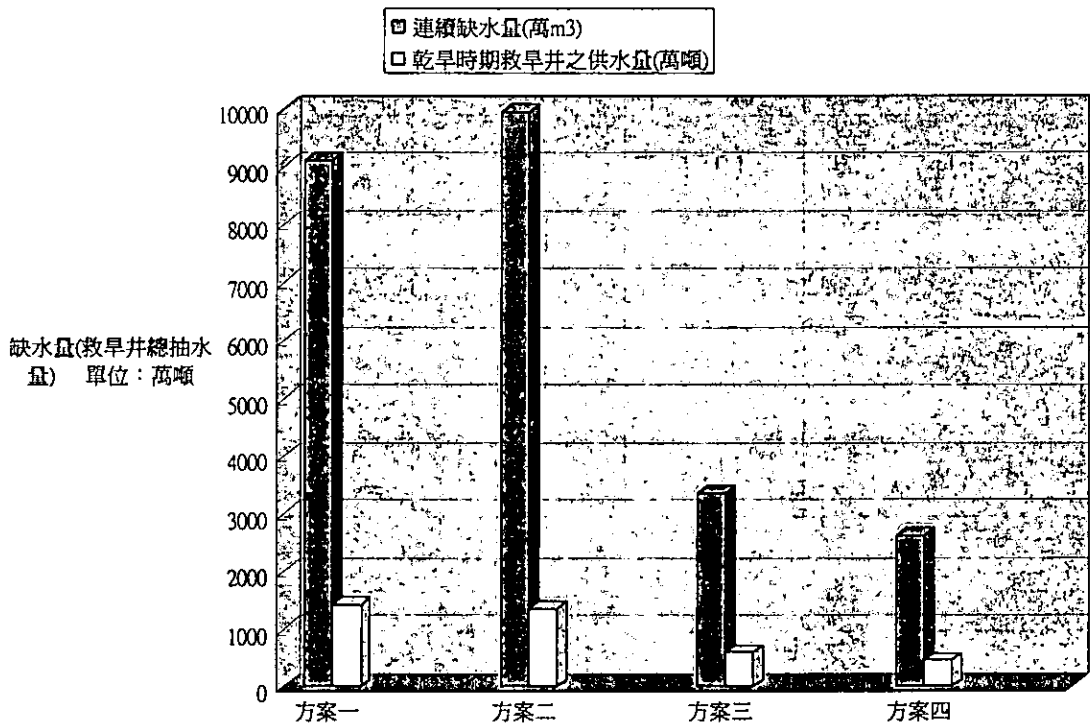


圖 5.1-1 濁水溪各方案連續缺水量與救旱井總抽水量之比較圖

5.2 南部地區

救旱井之供水容量以淨水廠之剩餘處理容量來考量，經統計結果，本區域救旱井每日的供水容量為 163662 噸，由第二章得到超越機率 20%對應之缺水天數作為乾旱井操作時間，因此乾旱時期救旱井的總抽水量如表 5.2-1 所示，雖然救旱井之總抽水量仍不足以滿足地表水系統所缺之量，但已可減輕缺水情況 15~25%左右，圖 5.2-1 為缺水量和救旱井總抽水量之比較。且由局部加密模式(MODTMR)模擬淨水場區域短期抽水的水位變化時，水位在救旱井操作抽水後，經過一段時間還是可以回復至接近原水位的，因此救旱井在本區域確可作為乾旱時期緊急水源調配之一。

表 5.2-1 南部地區各方案超越機率 20%下對應之連續缺水天數、缺水量及救旱井總抽水量

	超越機率 (%)	連續缺水天數 (天)	連續缺水量 (萬噸)	乾旱時期救旱井之 總抽水量(萬噸)
民國 100 年中成長 (方案一)	20	87	9514	1418
民國 100 年低成長 (方案二)	20	76	6224	1242
民國 95 年中成長 (方案三)	20	59	4427	962
民國 95 年低成長 (方案四)	20	39	2558	635

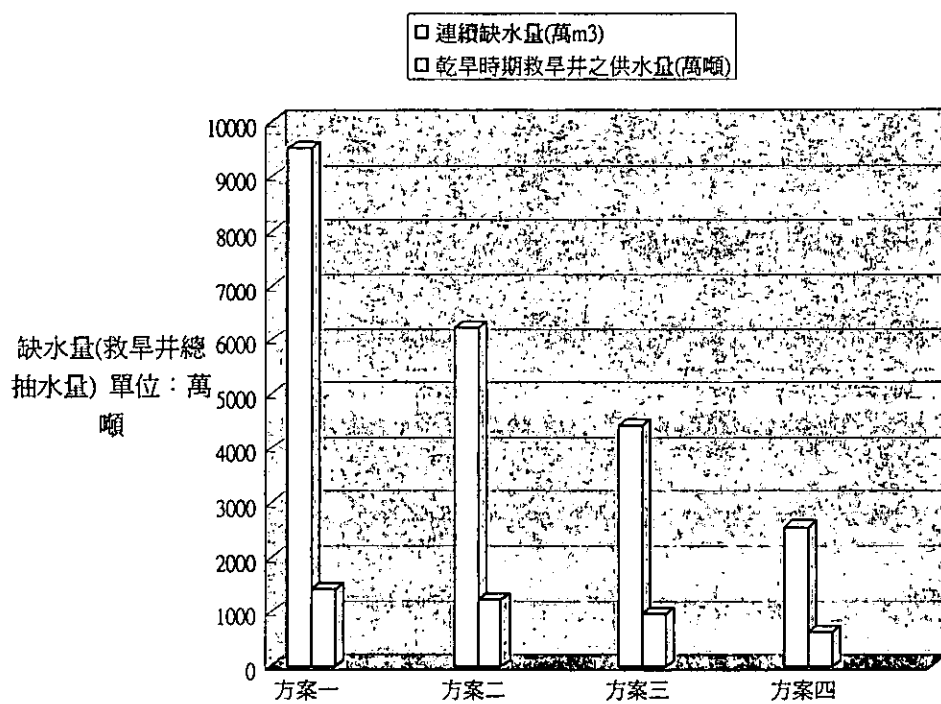


圖 5.2-1 南部地區各方案連續缺水量與救旱井總抽水量之比較圖

第六章 救旱井設置規劃之程式撰寫

壹、第六章之主要內容為協助水利署開發救旱井規劃輔助子系統資料庫所撰寫之程式。

貳、 程式的主要架構可分為兩部分：(一) 格網篩選 (二) 格網排序，而這支程式的撰寫流程圖如圖 6.1 與圖 6.2 所示以下分別就此支程式說明：

(一) 格網篩選：圖 6.1 之流程圖的第一個部分是依飲用水水源水質標準 (九項) 找出水質不合格的觀測井座標，所謂的合格是三層都合格才算合格，若觀測井有一層不合格即當成該觀測井不合格，第二個部分是以淨水場為中心找出周圍九宮格內是否有水質不合格的觀測井座標。若有，則此淨水場淘汰不取；而第三個部份為扣除不合格的淨水場，僅留合格的淨水場，接著再找出合格淨水場周圍九宮格之網格座標，即可找出格網篩選合格的網格。

(二) 格網排序：圖 6.2 之流程圖為經由 (一) 篩選出來的淨水場及其周圍九宮格後，再選出各淨水場周圍九宮格相應之 Q/S 值；而各網格之 Q/S 值是以各觀測井的各含水層之 Q/S 值分別內插至所有網格上再累加起來而得到的，這個步驟須在程式之

成，因為程式內並不提供內插功能。將各淨水場周圍九宮格之 Q/S 值找到後再將此九宮格之 Q/S 相加起來並取九格平均值即成為淨水場區域之平均 Q/S 值，之後再依各淨水場區域之平均 Q/S 值由大到小排序即為區域排序；由區域排序的結果可知各區域的排序順序，先取排序最前面區域周圍九宮格，依此九宮格所相對應之各含水層 Q/S 值大小進行區域內部的排序，之後再選取排名第二的區域周圍之九宮格，再依此九宮格所相對應之 Q/S 值大小進行區域內部的排序，以下類推直至區域排序最後一名的區域內部的九宮格都排序完成才停止；此項工作為局部排序。

(三) 輸入說明：輸入的順序依次為淨水場二度分代座標，淨水場區域內九宮格之二度分代座標及各格網相對應之 Q/S 值，不合格觀測井之二度分代座標。輸入淨水場之二度分代座標時，應輸入淨水場所在格網的中心點二度分代座標，而淨水場區域內之九宮格之二度分代座標也是輸入九宮格中各格網的中心點之二度分代座標。

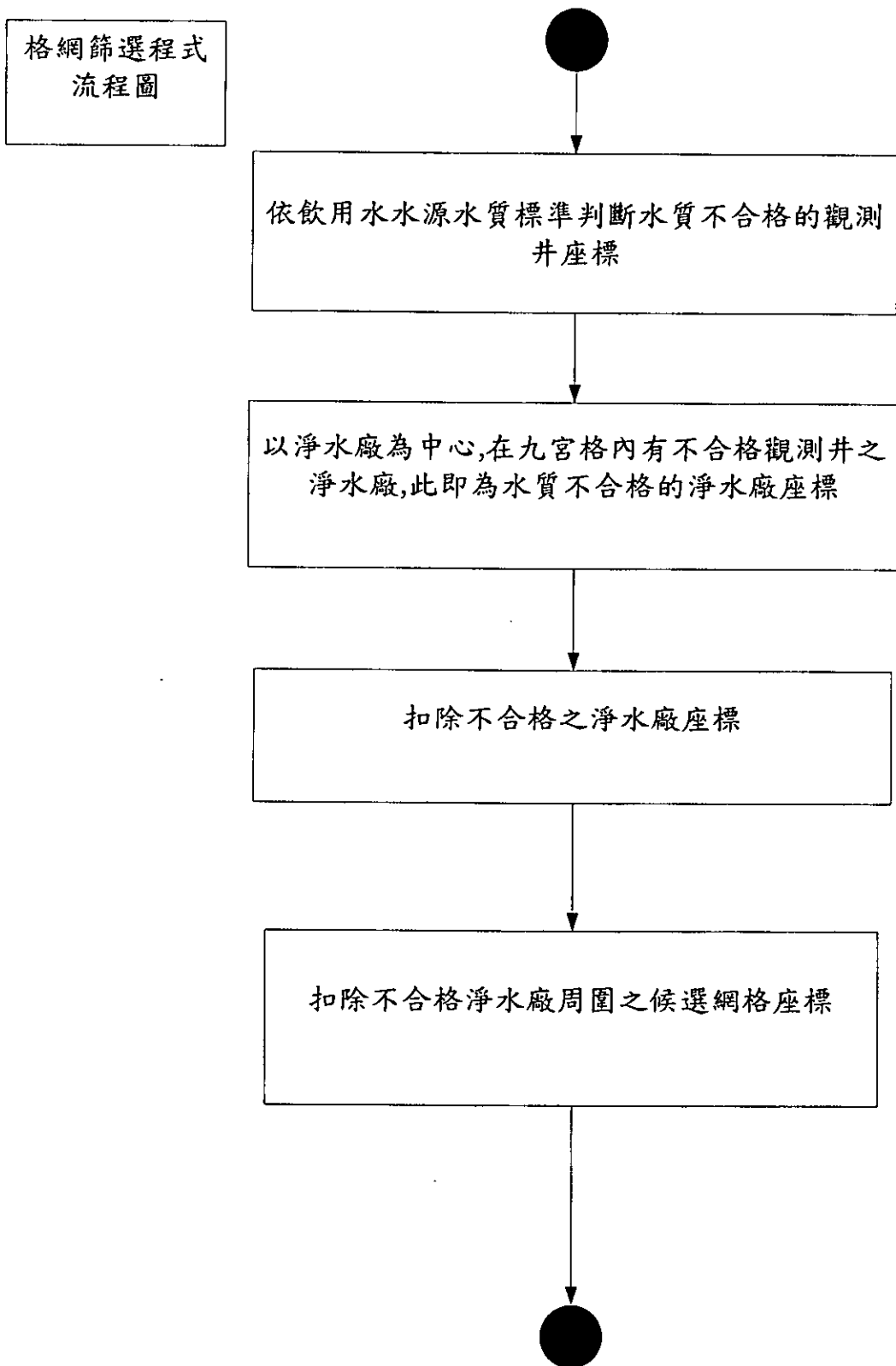


圖 6.1 格網篩選程式流程圖

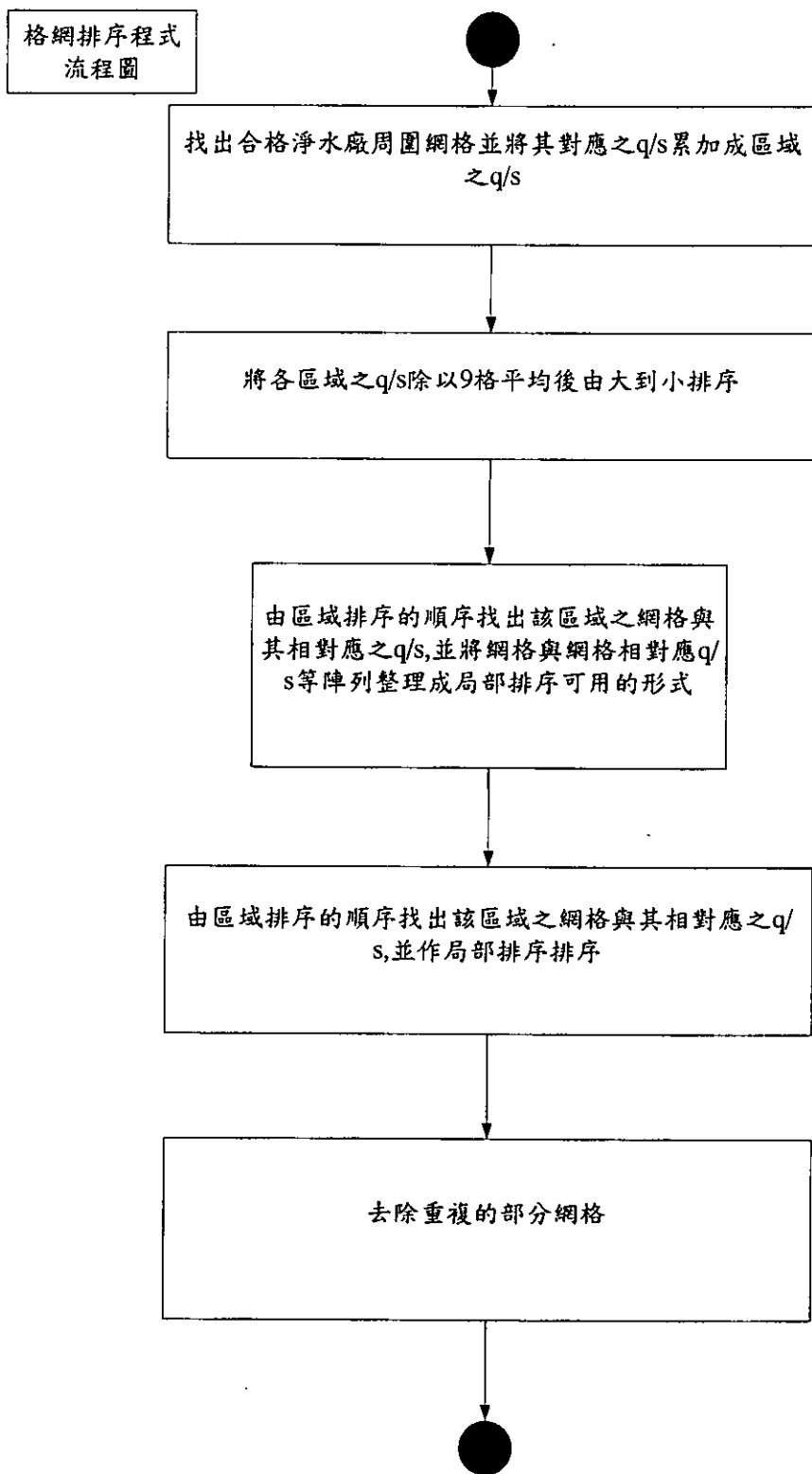


圖 6.2 格網排序程式流程圖

(四) 程式：

```
program ORDER
use imsl
integer n,m

!合格淨水廠總數 m

!合格網格數 n

! n ~~~定義合格的格子總數

parameter (n=400)
parameter (n1=9)
integer iperm(n),iperm2(n1)
real ra(n),rb(n),rc(n1),rd(n1)
logical log
integer i,j,k,p,h,r,s,y,x,o1(400),inx1,pp,inx,a,v,t,e,o2(9)

!c3,c4 為篩選合格之淨水廠之 XY 座標

!d2_x,d2_y 為候選網格

!d3_x,d3_y 為合格淨水廠旁網格

!d3_x,d3_y 依淨水廠排序順序所找出來的淨水場旁的格網

!order_r_x,order_r_y,為依淨水廠平均 QS 排序順序所找出來的 XY 座
標

real*8
input(7,400),output(4,400),c1(400),c2(400),b1(400),b2(400),qs(400)
real*8
c3(400),c4(400),d2_x(400),d2_y(400),d3_x(400),d3_y(400),d4_x(400)
,d4_y(400),c1_n(400),c2_n(400)
real*8
q(400),order_r_x(400),order_r_y(400),order_l_x(400),order_l_y(400),
q2(400),q3(400),inx11(400)
real*8
```

```

q6(400),outq6(400),q7(400),q8(400),q9(400),d9_y(400),d9_x(400),d8
_y(400),d8_x(400),inx12(400)
real*8
d2_2x(400),d2_2y(400),d2_3x(400),d2_3y(400),q2_1(400),q4(400)
real*8
d10_y(400),d10_x(400),q10(400),d11_y(400),d11_x(400),q11(400)
open(unit=50,file='input.txt')

!input 中的,b1 是不合格的觀測井 x 座標,b2 是不合格的觀測井 y 座標

!!!!!!!!!!!!!!矩陣統一開 400!!!!!!!!!!

open(unit=55,file='output.txt')
open(unit=60,file='q6.txt')
open(unit=70,file='order_r_X.txt')
open(unit=75,file='order_r_Y.txt')
open(unit=80,file='order_l_X.txt')
open(unit=85,file='order_l_Y.txt')
open(unit=100,file='q8.txt')
open(unit=99,file='outq6.txt')
open(unit=200,file='q11.txt')
open(unit=500,file='o2.txt')
read(500,*)o2
read(50,*)input
do i=1,400
    c1(i)=input(1,i)
    c2(i)=input(2,i)
    d2_x(i)=input(3,i)
    d2_y(i)=input(4,i)
    q(i)=input(5,i)
    b1(i)=input(6,i)
    b2(i)=input(7,i)
end do

m=count(c1>0)

!淨水廠座標為淨水廠所在網格之中心點座標

k=0
do i=1,400

```

```

    k=k+1
    do j=1,400
    if
(((c1(i)-1500).le.b1(j)) .and.((c1(i)+1500).ge.b1(j))).and.(((c2(i)-1500)
.le.b2(j)).and.((c2(i)+1500).ge.b2(j))) ) then
        c1_n(k)=c1(i)
        c2_n(k)=c2(i)
    end if
    end do
end do

```

!篩選後結果為不合格淨水場二度分代座標

```
!   write(*,*)c1_n
```

```
!   write(*,*)c2_n
```

!篩選後合格之淨水場 c3,c4

```

    k=0
    do i=1,m
        k=k+1
        do j=1,m
            if ((c1_n(j).eq.c1(i) ).and.(c2_n(j).eq.c2(i))) then
                c1(i)=0.
                c2(i)=0.
            end if
            c3(k)=c1(i)
            c4(k)=c2(i)
        end do
    end do
!       write(*,*)c3
!       write(*,*)c4
m=count(c3>0)
do s=1,m
    a=0
    q2=0
    do p=1,400
        a=a+1
        if(((d2_x(p).gE.(c3(s)-1500)) .and.
(d2_x(p).lE.(c3(s)+1500))) .and. ((d2_y(p).gE.(c4(s)-1500)) .and.

```

```

(d2_y(p).le.(c4(s)+1500))))then
    d2_2x(a)=d2_x(p)
    d2_2y(a)=d2_y(p)
    q2(a)=q(p)
else
    d2_2x(a)=0.
    d2_2y(a)=0.
    q2(a)=0.
end if
end do
    q3(s)=sum(q2)
end do
!    write(*,*)q3
    p=count(q3>0)
!分出各個淨水場的平均 QS

    x=0
    do i=1,p
        x=x+1
!為平均 Q/S

        q6(x)=q3(i)/9
    end do
! write(*,*)q6
!O1 為原本的排序

!CALL IMSL 排序

    do i=1,9*p
        ra(i)=q6(i)
        o1(i)=i
        iperm(i)=o1(i)
    end do
!    write(*,*)o1
call svrgp(n,ra,rb,iperm)
call umach(2,nout)
!write(*,*)(iperm(j),j=1,n)
k=0

```

```

do i=1,9*p
k=k+1
outq6(k)=rb(i)
write(99,*)outq6
end do

```

!淨水廠平均總排序

```

      k=0
do i=400,400-P+1,-1
  k=k+1

```

!依淨水廠平均 QS 之區域總排序 XY 座標

```

      order_r_x(k)=c3(iperme(i))
      order_r_y(k)=c4(iperme(i))
      qS(k)=q3(iperme(i))
end do
      write(*,*)order_r_x
      write(*,*)order_r_y

```

!進入局部排序階段

!INX 為 QS,D2_X,D2_Y 在原本的 INPUT 中的位置

```

inx=0
inx1=0
c=0

```

!先由淨水廠排序順序篩選出淨水廠附近的網格及 q/s

```

do i=1,P
  q4=0
  k=0
  do e=1,9*p
    k=k+1
    if((((d2_x(e).ge.(order_r_x(i)-1000)) .and.
(d2_x(e).le.(order_r_x(i)+1000))) .and.
((d2_y(e).ge.(order_r_y(i)-1000)) .and.
(d2_y(e).le.(order_r_y(i)+1000))))then
      d3_x(k)=d2_x(e)
      d3_y(k)=d2_y(e)

```

```

q4(k)=q(e)
    end if
end do

```

!去除篩選後重複篩選的網格

```

d4_x(1)=d3_x(1)
d4_y(1)=d3_y(1)
    q7=0
    k=0
    do s=1,9*p
        d4_x(k+1)=d3_x(s)
        d4_y(k+1)=d3_y(s)
        q7(k+1)=q4(s)
        log=.true.
        do j=1,s-1
            if((d4_x(k+1).eq.d3_x(j)).and.(d4_y(k+1).eq.d3_y(j)))then
                log=.false.
            end if
        end do
        if(log)then
            k=k+1
        end if
    end do

```

!將 Q7 中不等於 0 之位置挑出,每次挑 9 個<因為一個淨水廠旁邊有 9

個網格>

```

q8=0
d8_x=0
d8_y=0
    do k=1,9*p
        if (q7(k).ne.0) then

```

!INX 紀錄不等於 0 之位置

```

    inx=k

```

!INX1 為累計次數

```

    inx1=inx1+1

```

!INX11 將 K 變為數列

!將一維陣列重新整理內容(27 個皆有值<無 0>)

!將不為 0 之位置紀錄起來後變成一維陣列

```
inx11(inx1)=k
q8(inx1)=q7(inx)
  d8_x(inx1)=d4_x(inx)
  d8_y(inx1)=d4_y(inx)
end if
end do
```

!陣列的前 9 個值只紀錄不為 0 的值

```
  a=0
do v=1,9*p
  d9_x(a+1)=d8_x(v)
  d9_y(a+1)=d8_y(v)
  q9(a+1)=q8(v)
  log=.true.
  if(q8(v).eq.0)then
    if(d8_x(v).eq.0)then
      if(d8_y(v).eq.0)then
        log=.false.
      end if
    end if
  end if
end if
if(log)then
  a=a+1
end if
end do
```

!對依淨水廠排序順序所依序篩出來的網格作局部排序的動作

```
do h=1,9
  rc(h)=q9(h)
  iperm2(h)=o2(h)
end do
call svrgp(n1,rc,rd,iperm2)
```

```

        call umach(2,nout)
        write(*,*)(iperm2(l),l=1,n1)
    do d=9,1,-1
        c=c+1
        q10(c)=rd(d)
        d10_x(c)=d9_x(iperm2(d))
        d10_y(c)=d9_y(iperm2(d))
    end do

```

!去除重複的網格

```

        d11_x(1)=d10_x(1)
        d11_y(1)=d10_y(1)
        q11=0
        k=0
        do s=1,9*p
            d11_x(k+1)=d10_x(s)
            d11_y(k+1)=d10_y(s)
            q11(k+1)=q10(s)
            log=.true.
            do j=1,s-1
                if((d11_x(k+1).eq.d10_x(j)).and.(d11_y(k+1).eq.d10_y(j)))then
                    log=.false.
                end if
            end do
            if(log)then
                k=k+1
            end if
        end do
        order_l_x=d11_x
        order_l_y=d11_y
    end do

```

!紀錄最後局部排序之二度分代座標與 q/s

```

        write(80,*)order_l_x
        write(85,*)order_l_y
        write(200,*)q11

```

```

do i=1,400
write(55,194) order_r_x(i),order_r_y(i),qs(i),order_l_x(i),order_l_y(i)
194 format(3x,f10.2,3x,f10.2,3x,f10.2,3x,f10.2,3x,f10.2)
end do
stop
end

```

(五) 輸出結果：

(1) 屏東地區

淨水場 x 座標	淨水場 y 座標	格網排序 x 座標	格網排序 y 座標	名次
198500	2508500	198500	2509500	1
209500	2511500	199500	2509500	2
202500	2504500	197500	2509500	3
192500	2518500	198500	2508500	4
207500	2525500	199500	2508500	5
201500	2525500	197500	2508500	6
205500	2494500	198500	2507500	7
190500	2501500	199500	2507500	8
187500	2511500	197500	2507500	9
188500	2509500	209500	2510500	10
190500	2513500	208500	2512500	11
201500	2532500	210500	2512500	12
0	0	209500	2512500	13
0	0	208500	2511500	14
0	0	209500	2511500	15
0	0	210500	2511500	16
0	0	208500	2510500	17
0	0	210500	2510500	18
0	0	203500	2505500	19
0	0	202500	2505500	20
0	0	203500	2504500	21
0	0	202500	2504500	22
0	0	201500	2505500	23
0	0	203500	2503500	24

0	0	201500	2504500	25
0	0	202500	2503500	26
0	0	201500	2503500	27
0	0	193500	2518500	28
0	0	193500	2519500	29
0	0	193500	2517500	30
0	0	192500	2519500	31
0	0	192500	2518500	32
0	0	192500	2517500	33
0	0	191500	2518500	34
0	0	191500	2519500	35
0	0	191500	2517500	36
0	0	207500	2524500	37
0	0	207500	2525500	38
0	0	206500	2524500	39
0	0	208500	2524500	40
0	0	206500	2525500	41
0	0	208500	2525500	42
0	0	207500	2526500	43
0	0	206500	2526500	44
0	0	208500	2526500	45
0	0	201500	2524500	46
0	0	202500	2524500	47
0	0	200500	2524500	48
0	0	201500	2525500	49
0	0	202500	2525500	50
0	0	200500	2525500	51
0	0	202500	2526500	52
0	0	201500	2526500	53
0	0	200500	2526500	54
0	0	206500	2493500	55
0	0	205500	2493500	56
0	0	206500	2494500	57
0	0	205500	2494500	58
0	0	206500	2495500	59
0	0	204500	2493500	60
0	0	205500	2495500	61

0	0	204500	2494500	62
0	0	204500	2495500	63
0	0	191500	2502500	64
0	0	191500	2501500	65
0	0	190500	2502500	66
0	0	190500	2501500	67
0	0	191500	2500500	68
0	0	190500	2500500	69
0	0	189500	2502500	70
0	0	189500	2501500	71
0	0	189500	2500500	72
0	0	186500	2512500	73
0	0	186500	2510500	74
0	0	186500	2511500	75
0	0	187500	2510500	76
0	0	187500	2511500	77
0	0	187500	2512500	78
0	0	188500	2511500	79
0	0	188500	2512500	80
0	0	188500	2510500	81
0	0	187500	2508500	82
0	0	188500	2508500	83
0	0	187500	2509500	84
0	0	188500	2509500	85
0	0	189500	2508500	86
0	0	189500	2510500	87
0	0	189500	2509500	88
0	0	189500	2514500	89
0	0	190500	2514500	90
0	0	189500	2513500	91
0	0	189500	2512500	92
0	0	191500	2514500	93
0	0	190500	2513500	94
0	0	190500	2512500	95
0	0	191500	2513500	96
0	0	191500	2512500	97
0	0	200500	2531500	98

0	0	200500	2532500	99
0	0	200500	2533500	100
0	0	201500	2531500	101
0	0	201500	2533500	102
0	0	201500	2532500	103
0	0	202500	2531500	104
0	0	202500	2533500	105
0	0	202500	2532500	106

(2) 濁水溪沖積扇

淨水場 x 座標	淨水場 y 座標	格網排序 x 座標	格網排序 y 座標	名次
202500	2635500	201500	2635500	1
195500	2632500	201500	2636500	2
191500	2639500	202500	2635500	3
200500	2630500	202500	2636500	4
201500	2640500	201500	2634500	5
197500	2640500	202500	2634500	6
209500	2644500	203500	2635500	7
202500	2647500	203500	2636500	8
208500	2629500	203500	2634500	9
196500	2651500	195500	2632500	10
209500	2649500	194500	2632500	11
189500	2629500	195500	2633500	12
194500	2651500	196500	2632500	13
206500	2648500	196500	2633500	14
193500	2623500	196500	2631500	15
202500	2651500	194500	2633500	16
191500	2623500	195500	2631500	17
204500	2651500	194500	2631500	18
204500	2654500	191500	2639500	19
202500	2654500	190500	2639500	20
183500	2621500	191500	2640500	21
195500	2619500	190500	2640500	22
204500	2657500	191500	2638500	23
186500	2619500	192500	2639500	24
205500	2622500	190500	2638500	25

200500	2665500	192500	2640500	26
199500	2666500	192500	2638500	27
207500	2623500	199500	2631500	28
207500	2620500	200500	2631500	29
204500	2616500	201500	2631500	30
196500	2615500	199500	2630500	31
191500	2615500	199500	2629500	32
197500	2613500	200500	2630500	33
203500	2613500	201500	2630500	34
194500	2611500	200500	2629500	35
200500	2615500	201500	2629500	36
201500	2612500	201500	2639500	37
204500	2663500	202500	2639500	38
0	0	200500	2639500	39
0	0	201500	2640500	40
0	0	202500	2640500	41
0	0	200500	2640500	42
0	0	202500	2641500	43
0	0	200500	2641500	44
0	0	201500	2641500	45
0	0	198500	2639500	46
0	0	197500	2639500	47
0	0	198500	2640500	48
0	0	196500	2639500	49
0	0	197500	2640500	50
0	0	196500	2640500	51
0	0	197500	2641500	52
0	0	196500	2641500	53
0	0	198500	2641500	54
0	0	209500	2643500	55
0	0	208500	2643500	56
0	0	209500	2645500	57
0	0	208500	2644500	58
0	0	210500	2644500	59
0	0	209500	2644500	60
0	0	210500	2643500	61
0	0	208500	2645500	62

0	0	210500	2645500	63
0	0	201500	2646500	64
0	0	202500	2646500	65
0	0	201500	2647500	66
0	0	203500	2646500	67
0	0	202500	2647500	68
0	0	201500	2648500	69
0	0	203500	2647500	70
0	0	202500	2648500	71
0	0	203500	2648500	72
0	0	207500	2630500	73
0	0	207500	2629500	74
0	0	208500	2630500	75
0	0	207500	2628500	76
0	0	208500	2629500	77
0	0	209500	2630500	78
0	0	208500	2628500	79
0	0	209500	2629500	80
0	0	209500	2628500	81
0	0	195500	2650500	82
0	0	196500	2650500	83
0	0	197500	2650500	84
0	0	196500	2651500	85
0	0	197500	2651500	86
0	0	195500	2651500	87
0	0	197500	2652500	88
0	0	196500	2652500	89
0	0	195500	2652500	90
0	0	209500	2648500	91
0	0	210500	2648500	92
0	0	208500	2648500	93
0	0	209500	2649500	94
0	0	210500	2649500	95
0	0	209500	2650500	96
0	0	208500	2649500	97
0	0	210500	2650500	98
0	0	208500	2650500	99

0	0	190500	2630500	100
0	0	189500	2630500	101
0	0	190500	2629500	102
0	0	189500	2629500	103
0	0	188500	2629500	104
0	0	188500	2630500	105
0	0	188500	2628500	106
0	0	189500	2628500	107
0	0	190500	2628500	108
0	0	194500	2650500	109
0	0	193500	2650500	110
0	0	194500	2651500	111
0	0	193500	2651500	112
0	0	194500	2652500	113
0	0	193500	2652500	114
0	0	207500	2647500	115
0	0	206500	2647500	116
0	0	205500	2647500	117
0	0	207500	2648500	118
0	0	206500	2648500	119
0	0	207500	2649500	120
0	0	205500	2648500	121
0	0	206500	2649500	122
0	0	205500	2649500	123
0	0	194500	2624500	124
0	0	193500	2624500	125
0	0	192500	2624500	126
0	0	194500	2623500	127
0	0	192500	2623500	128
0	0	193500	2623500	129
0	0	193500	2622500	130
0	0	194500	2622500	131
0	0	192500	2622500	132
0	0	201500	2650500	133
0	0	202500	2650500	134
0	0	201500	2651500	135
0	0	203500	2650500	136

0	0	202500	2651500	137
0	0	203500	2651500	138
0	0	201500	2652500	139
0	0	203500	2652500	140
0	0	202500	2652500	141
0	0	191500	2624500	142
0	0	191500	2623500	143
0	0	190500	2624500	144
0	0	191500	2622500	145
0	0	190500	2623500	146
0	0	190500	2622500	147
0	0	204500	2650500	148
0	0	204500	2651500	149
0	0	204500	2652500	150
0	0	205500	2651500	151
0	0	205500	2650500	152
0	0	205500	2652500	153
0	0	205500	2653500	154
0	0	204500	2653500	155
0	0	203500	2653500	156
0	0	205500	2654500	157
0	0	203500	2654500	158
0	0	204500	2654500	159
0	0	205500	2655500	160
0	0	204500	2655500	161
0	0	203500	2655500	162
0	0	201500	2653500	163
0	0	202500	2653500	164
0	0	201500	2654500	165
0	0	202500	2654500	166
0	0	201500	2655500	167
0	0	202500	2655500	168
0	0	184500	2622500	169
0	0	183500	2622500	170
0	0	184500	2621500	171
0	0	182500	2622500	172
0	0	183500	2621500	173

0	0	184500	2620500	174
0	0	182500	2621500	175
0	0	183500	2620500	176
0	0	182500	2620500	177
0	0	194500	2620500	178
0	0	195500	2620500	179
0	0	196500	2620500	180
0	0	195500	2619500	181
0	0	194500	2619500	182
0	0	196500	2619500	183
0	0	195500	2618500	184
0	0	194500	2618500	185
0	0	196500	2618500	186
0	0	205500	2656500	187
0	0	204500	2656500	188
0	0	205500	2657500	189
0	0	203500	2656500	190
0	0	205500	2658500	191
0	0	204500	2657500	192
0	0	204500	2658500	193
0	0	203500	2657500	194
0	0	203500	2658500	195
0	0	187500	2620500	196
0	0	186500	2620500	197
0	0	185500	2620500	198
0	0	187500	2619500	199
0	0	186500	2619500	200
0	0	185500	2619500	201
0	0	187500	2618500	202
0	0	186500	2618500	203
0	0	185500	2618500	204
0	0	205500	2623500	205
0	0	204500	2622500	206
0	0	205500	2622500	207
0	0	206500	2622500	208
0	0	204500	2621500	209
0	0	205500	2621500	210

0	0	206500	2621500	211
0	0	206500	2623500	212
0	0	0	0	213
0	0	199500	2664500	214
0	0	200500	2664500	215
0	0	199500	2665500	216
0	0	201500	2664500	217
0	0	200500	2665500	218
0	0	199500	2666500	219
0	0	200500	2666500	220
0	0	201500	2665500	221
0	0	201500	2666500	222
0	0	198500	2665500	223
0	0	198500	2666500	224
0	0	198500	2667500	225
0	0	199500	2667500	226
0	0	200500	2667500	227
0	0	208500	2624500	228
0	0	208500	2622500	229
0	0	208500	2623500	230
0	0	207500	2622500	231
0	0	207500	2623500	232
0	0	207500	2624500	233
0	0	206500	2624500	234
0	0	208500	2621500	235
0	0	208500	2620500	236
0	0	207500	2621500	237
0	0	207500	2619500	238
0	0	207500	2620500	239
0	0	208500	2619500	240
0	0	206500	2619500	241
0	0	206500	2620500	242
0	0	204500	2617500	243
0	0	204500	2616500	244
0	0	203500	2617500	245
0	0	204500	2615500	246
0	0	203500	2616500	247

0	0	203500	2615500	248
0	0	205500	2617500	249
0	0	205500	2616500	250
0	0	205500	2615500	251
0	0	195500	2616500	252
0	0	195500	2615500	253
0	0	196500	2616500	254
0	0	195500	2614500	255
0	0	196500	2615500	256
0	0	196500	2614500	257
0	0	197500	2616500	258
0	0	197500	2615500	259
0	0	197500	2614500	260
0	0	192500	2616500	261
0	0	191500	2616500	262
0	0	192500	2615500	263
0	0	191500	2615500	264
0	0	192500	2614500	265
0	0	190500	2616500	266
0	0	191500	2614500	267
0	0	190500	2615500	268
0	0	190500	2614500	269
0	0	196500	2613500	270
0	0	198500	2613500	271
0	0	198500	2612500	272
0	0	197500	2613500	273
0	0	198500	2614500	274
0	0	196500	2612500	275
0	0	197500	2612500	276
0	0	204500	2614500	277
0	0	203500	2614500	278
0	0	202500	2614500	279
0	0	204500	2613500	280
0	0	203500	2613500	281
0	0	204500	2612500	282
0	0	202500	2613500	283
0	0	203500	2612500	284

0	0	202500	2612500	285
0	0	195500	2612500	286
0	0	193500	2612500	287
0	0	194500	2612500	288
0	0	195500	2611500	289
0	0	194500	2611500	290
0	0	193500	2611500	291
0	0	194500	2610500	292
0	0	195500	2610500	293
0	0	193500	2610500	294
0	0	199500	2615500	295
0	0	201500	2615500	296
0	0	201500	2614500	297
0	0	199500	2614500	298
0	0	200500	2614500	299
0	0	201500	2616500	300
0	0	200500	2616500	301
0	0	200500	2615500	302
0	0	199500	2616500	303
0	0	200500	2613500	304
0	0	200500	2612500	305
0	0	201500	2613500	306
0	0	200500	2611500	307
0	0	201500	2611500	308
0	0	201500	2612500	309
0	0	202500	2611500	310
0	0	203500	2662500	311
0	0	204500	2662500	312
0	0	203500	2663500	313
0	0	205500	2662500	314
0	0	204500	2663500	315
0	0	203500	2664500	316
0	0	205500	2663500	317
0	0	204500	2664500	318
0	0	205500	2664500	319

第七章 參考文獻

1. 田巧玲、程桂興、周千里，「調用農業用水供應公共給水可行性探討」，農業工程研討會，民國90年。
2. 前經濟部水資源局，「台灣地區水資源開發綱領計畫政策評估說明書」，民國九十年。
3. 台糖公司新營總廠，「地下水觀測站網之建立及運作管理—八十八年度下半年及八十九年度子計劃報告（宜蘭平原、桃園台地、嘉南平原）」，民國八十九年十二月。
4. 工業技術研究院能源與資源研究所，「乾旱指標之建立-北部及東部區域」，經濟部水資源局，民國89年12月。
5. 郭蒼霖，「遺傳演算法於多水庫最佳操作規線優選之應用」，國立交通大學土木工程研究所碩士論文，民國八十九年。
6. 國立交通大學防災中心，「區域性地下水文特性分析-濁水溪沖積扇」，經濟部水資源局，民國八十九年十二月。
7. 國立交通大學防災中心，「區域性地下水文特性分析-濁水溪沖積扇」，經濟部水資源局，民國八十九年十二月。
8. 能邦科技顧問公司，「台灣地下水補注量估算」，經濟部水資源局，民國八十九年十一月。
9. 農業工程研究中心，「濁水溪沖積扇地下水補注區之劃定及保育原則之研究」，經濟部水資源局，民國八十九年十月。
10. 能邦科技顧問公司，「屏東平原地表地下水聯合運用初步規劃」，經濟部水利處，民國八十九年七月。
11. 台糖公司新營總廠，「地下水觀測站網之建立及運作管理—八十八年度子計劃報告(宜蘭平原、桃園台地、嘉南平原)」，經濟部水資源局，民國八十八年十月。

12. 台糖公司新營總廠地下水開發保育中心，「地下水觀測站網之建立及運作管理—八十八年度子計劃報告」觀測井建置及相關試驗，經濟部水資源局，民國八十八年十月。
13. 台糖公司新營總廠，「地下水觀測站網之建立及運作管理—八十八年度子計劃報告」地下水觀測站井管理維護手冊，經濟部水資源局，民國八十八年七月。
14. 台糖公司新營總廠，「地下水觀測站網之建立及運作管理—八十八年度子計劃報告」觀測井建置及相關試驗，經濟部水資源局，民國八十八年七月。
15. 台糖公司新營總廠，「地下水觀測站網之建立及運作管理—八十八年度子計劃報告」，經濟部水資源局，民國八十八年七月。
16. 中國農業工程學會，彙編「台灣地區地下水-濁水溪沖積扇篇」，經濟部水資局，民國八十八年六月。
17. 台糖公司新營總廠，「台灣地區地下水觀測網水質調查分析及指標井選定研究成果報告」，經濟部水資源局，民國八十八年六月。
18. 國立台灣大學地質學研究所，「地下水觀測站網之建立及運作管理—八十八年度子計劃報告」嘉南平原地下水定年分析及垂向水質變化研究，經濟部水資源局，民國八十八年六月。
19. 中興工程顧問公司，「台灣地區南部區域水資源綜合發展計畫」，經濟部水資源局，民國八十八年五月。
20. 中國農業工程學會，「台灣地區地下水濁水溪沖積扇」，經濟部水資源局，民國八十八年五月。
21. 中興工程顧問公司，「濁水溪沖積扇地下水人工補注計畫規劃報告」，台灣省政府水利處，民國八十七年九月。

- 22.財團法人土木科技研究發展文教基金會，屏東平原地層下陷區安全出水量之估算與應用，經濟部水資源局，民國八十七年九月。
- 23.國立交通大學，「屏東地下水補注量推估」，經濟部水資源局，民國八十七年六月。
- 24.涂根源，「長期水文模式推估地下水補注量之研究-以濁水溪沖積扇扇頂地區為例」，國立台灣大學土木工程研究論文，民國八十七年一月。
- 25.林大侯、盧榮祥、吳再益、葉世旭、陳明健、闕雅文、陳詩豪，「農業用水移用補償制度之芻議」，合理用水與造水技術研討會，民國86年。
- 26.吳惠如，「水源開發成本與水價關聯之研究」，合理用水與造水技術研討會，民國86年。
- 27.國立台灣大學土木研究所，「地下水觀測站網之建立及運作管理——八十六年度子計劃報告-濁水溪沖積扇扇頂平原地區地表垂向補注量估計」，台灣省水利處，民國八十六年十一月。
- 28.經濟部水資源規畫委員會，「區域性地下水觀測站網檢討(III)－屏東平原觀測站網佈井及觀測頻率檢討」，民國八十六年六月
- 29.國立交通大學，「區域性地下水觀測站網檢討（III）——八十六年度期末報告」，經濟部水資源局，民國八十六年六月。
- 30.經濟部水資源局，「台灣地區地下水觀測網第一期計畫八十四及八十五年度屏東平原水文地質調查研究」，民國八十六年六月
- 31.中興工程顧問公司，濁水溪沖積扇地表地下水聯合運用，台灣省水利處，民國八十六年六月。
- 32.國立交通大學，經濟部水利司，「區域性地下水觀測站網檢討（II）——八十五年度年度報告」，前經濟部水資源局，民國八十五年八月。

33. 前臺灣省水利局，「改善臺灣地區地下水文基本資料收集系統規劃研究（三）（四）－改善農業結構提高農民所得方案農委會主管計畫」，農委會，民國八十年十二月。
34. 前臺灣省水利局，「改善臺灣地區地下水文基本資料收集系統規劃研究報告第二期」，民國七十九年六月。
35. 前臺灣省水利局，「改善臺灣地區地下水文基本資料收集系統規劃研究報告第一期」，民國七十八年六月。
36. 台灣糖業公司出版，「水井手冊」，民國六十五年六月修增再版。
37. 中興工程顧問公司，「濁水溪沖積扇地表地下水聯合運用總報告」，民國九十年三月。
38. Tucson, Arizona (1999) Procedures and Computer Programs for Telescopic Mesh Refinement Using Modflow

附錄一、期初報告審查意見及辦理情形

單位	審查意見	辦理情形
(一) 台灣大學生 物環境系統 工程學系 譚教授義績	(1) 今年度在樹林鑽鑿之抗旱井，經水質檢測後發現鐵、錳離子濃度較高，因此台灣省自來水公司對納入供水系統意願不高，建議承辦單位參考近年來台糖公司地下水保育中心、農業工程研究中心及中興大學針對濁水溪沖積扇及屏東平原等所檢測之水質資料，再分析有關救旱井可抽取量（需考量水質及水量）及井位優先佈置及排序。	(1) 於第一年的計畫中已有針對濁水溪沖積扇及屏東平原進行水質分析的工作並有相關成果之呈現，第二年將配合所蒐集更新的地下水質資料，作為救旱井位篩選依據，以期使井位篩選的工作能更客觀的進行。
	(2) 救旱井之格網排序之定量因子為何只選用 Q/S？其他尚有 T 值，S 值。	(2) 由於 Q/S 的資料較完整且充足故以其為主要評定選項。
	(3) 救旱井佈置優先考量新竹科學園區，因為其產業型態需要有穩定水資源供給，而濁水溪沖積扇似乎並無急迫性，有關案例分析部分請承辦單位再考量。	(3) 此部份將建請水利署評估並進行整體規劃。

(二) 屏東科技大學丁教授澈士	(1) 救旱井設置、營運、維護及隸屬單位，請承辦單位於今年度報告內容中應有完整之規劃及說明。	(1) 此部份將建請水利署評估並進行整體規劃。
	(2) 模式對於河川補注部分，在河川水文地質參數如何取得？又如何做校正。	(2) 於第一年計畫中已利用 UCODE 優選模式來對河川補注量進行推估。第二年將再進一步配合觀測水位進行率定工作。
	(3) 有關救旱井佈置與現有地下水井之影響，數值模式可模擬，最好建立最佳化管理模式。	(3) 本計畫將採用格網加密(Hybrid)之方式來進行救旱井佈置及其抽水之水位模擬，以評估對既有水井之影響。
	(4) 本計畫如何與水利署已建置之地下水決策支援系統結合。	(4) 此部分已與主辦單位達成相關協議與工作確認。
(三) 雲林科技大學 溫教授志超	(1) 本計畫工作內容重要，值得推動。	(1) 謝謝指教。

	(2) 濁水溪沖積扇依本校防災科技中心對水井清查所作之相關研究，雲林縣水資源主要以地下水供應，民眾在枯水期不理會政府部門停水措施，意即越是乾旱，越是採用自給自足方式抽取地下水，這也是為何九十一年上半年雲林縣不缺水原因，承辦單位針對濁水溪沖積扇提出地表、地下水之聯合運用模式，應考量模式與實際執行之差距，且模式要如何調整因應。	(2)本計畫所規劃的救旱井將做為水利署研擬乾旱因應策略之參考，而實際執行層面則有賴水利署來進行相關協調與規劃。
	(3) 救旱井之井位優選評估應包括水質篩選，水質篩選項目為何？若已選定相關之水質指標，需如何納入承辦單位使用遺傳演算法做井位佈置分析？報告中應作一完整說明。	(3)本計畫以飲用水水源標準作為井位篩選之主要依據。此外，本年度計畫並無使用遺傳演算法。
(四) 成功大學資工系李教授 振皓	(1) 地表水與地下水間於河川相互轉換機制應考慮於模式內。	(1)將利用地下水模擬模式MODFLOW中的河川模組(River package)來進行地表水與地下水間於河川相互轉換的模擬。
	(2)救旱井之可抽水量應配合入滲量分析評估，以確定降雨入滲或河川入滲對抽水量之影響。	(2)乾旱時期之入滲量分析評估原已於計畫項目考量之。

	(3) 救旱井最大抽取量應與地下水位有關，最佳井位優選模式分析時，應考量此限制條件，即評估地下水位後再進行救旱井最大可抽取量評估。	(3)本計畫將以抽水之洩降及影響半徑來限制與規劃救旱井最大抽取量。
	(4) 本年度應結合地表、地下聯合模式運用模式之結果，運用於乾旱時期之相對缺水量之關係，且執行程序應進一步說明。	(4)遵照辦理

附錄二、期中報告審查意見及辦理情形

單位	審查意見	辦理情形
(一)台灣大學 土木工程學系 黃教授良雄	(1)報告中列入研究人員及合約工作內容，前期審查意見及答覆會較完整。	(1)參酌辦理。
	(2) 若以 UCODE 優選評估地下水區補注量（地表、河川交換量、側流量）及抽水量，請先選作較具說服力的模式檢驗後再使用較適宜。	(2)本計畫模式的建置已經使用大量的人力於模式之檢定，且先以優選再人工檢定的方式，亦應是最嚴謹的方式。
	(3) 救旱井設置除考慮水量、水質外，亦請與地表水調配等一併考慮。	(3)此次報告文中已有交代如何與地表水調配作互動的章節述說。
(二) 中興工程 顧問公司龔協 理誠山	(1)建議可考量利用其他水文年，再深入探討。	(1)地表水方面已進行40年之模擬。地下水方面也配合雨量的超越機率來選取代表年。

	(2)抗旱井之佈置可再考量系統的水源特性及輸水限制條件，輸水系統是否有能力負荷增加之地下水出水量。	(2) 抗旱井之佈置已考量了淨水場的剩餘處理能力。
	(3)緊急抽水可再考量地質限制因素，是否會引發長期地層下陷之隱憂。	(3)規劃流程中已應用格網加密模式來檢查其洩降狀況。
(三)屏東科技大學丁教授澈士	(1)九十二年中央地調所有新出版之屏東平原水文地質圖幅及相關水文地質參數之資料，建請執行單位更新模式之輸入資料，並重新校正各參數。	(1)參酌辦理。
	(2)入滲為補注之過程，在模式(MODFLOW)中之入滲補注率，請了解其定義並作正確之輸入，根據往昔之模式應用之經驗，此值是模式之主要參數，亦為影響水均衡之參數。因此，全省各區之天然補注量之推估，不得不謹慎。	(2)針對大區域地表補注量已應用GIS系統分析，同時考量降雨、土壤型態、土地利用、灌溉型態等因素做嚴謹之考量。

	(3)水文地質參數之基礎調查研究為地下水資源開發利用中最根本，然河川之底泥厚度及滲透性、阻水層垂向滲透係數、側向補給量、海邊之邊界條件之確定……等基本資料研究，尚付闕如，並尚止於模式校正之結果，建請主辦單位應予重視，否則對地下水資源營運在規劃與實務有所差距。	(3)請主辦單位參酌辦理。
	(4)屏東平原在農業灌溉用水之地表及地下水聯合運用，已有多方之研究成果，可洽屏東水利會洽取資料。	(4)參酌辦理。
	(5)在本計畫應提出對屏東平原、濁水溪沖積扇在第一期建立之觀測站網之頻率及密度之建議。	(5)此為站網評估工作範圍，建議另以其他計畫探討之
(四)雲林科技大學 溫教授 志超	(1)期中報告成果豐碩	(1)謝謝指教。

(2) 期中報告中模擬了濁水溪流域及屏東平原兩區域水源運用線性規劃，其結果顯示濁水溪農業用水缺水率為 0.257~0.261，而屏東平原缺水率為 0.02~0.321。可以發現屏東平原初始水位對農業用水的影響很敏感。但是報告中對兩區域農業用水的情形，並未有詳細說明，所以雖然規劃結果已有成果，卻無法了解為何初始水位對農業用水會有如此大的敏感度。建議期末報告，能補充農業用水的詳細說明。此外，對兩區域的線性規劃成果均提到民國 110 年「需加入地下水輔助地表水之供水」。但是線性規劃模型並未利用到區域地下水資料，為何最後有「需加入地下水輔助地表水之供水」的結論？似乎有些武斷。難道其他節水措施或替代水源方案均不行。請補充。

(2)

1. 濁水溪流域的農業用水僅考慮由天然入流量提供，但是南部地區的農業用水則可由水庫的庫容來提供，故南部地區水庫的初始水位對農業用水的影響就顯得很敏感。

2. 由於這兩個地區的地下水豐沛且現為該區域的主要供水來源之一，故於地表系統缺水時為首先考慮支援的對象。「需加入地下水輔助地表水之供水」的說法略顯武斷，故文中已修正為「可考慮加入地下水輔助地表水之供水」的說法。

	(3)第三章的圖表很凌亂，請詳重整。此外第 3-1 頁式 (3-1-1)的土壤飽和入滲率為長時間蓄水區塊的入滲量計算因子。但是將採用何種飽和入滲率(如土壤種類)，均未說明，無法了解採用此種飽和入滲率的假設。建議能補充說明。	(3)本計畫以GIS地理資訊系統套疊分析土地利用圖層、土壤圖層、灌區圖等資料，經過套疊分析後，每一區塊(polygon)均有其土壤屬性、土地利用屬性與區塊面積大小等資訊，因此式 3-1-1 之土壤入滲率則採用該區塊所屬土壤之飽和入滲率，其數值如表 3.1-8 所示。
--	--	--

(4)推估淨入滲量及側流量工作上，於兩個區域均採用每區抽水率視為均勻抽水，故給予相同抽水量。只是濁水溪南岸雲林地區而言，其東邊山區因為地面水源充足，故地下水抽用量較少，而中部地區及西部地區因為農業用水及養殖用水，因無地面水源，所以抽用地下水量較多，如此與報告假設相左，此假設對後續抗旱井規劃是否有影響，建議多考量。

(4)抽水量時空分佈，由於缺乏實際資料，故以參數優選的方式推估仍是可行且較為嚴謹的方式之一。惟進行參數推估時，與所欲推估之參數進行必要的參數化(Parameterization)乃是必要且一般的處理方式，其中分區(zonation)的方式最為常用，本研究亦以此方式進行各地下水區之抽水量推估。針對濁水溪沖積扇而言，雖採用分區簡化的方式，惟為反應區域結構之不同，以先依地質結構分扇頂、扇央、扇尾，再以彰化、雲林之行政區域方式進行分區。應可基本反應抽水之區域結構，本研究並未假設扇頂之抽水量一定比沿海地區多，而是以各區域觀測之地下水位為準，以參數推估法推求之，扇尾由於水位洩降椎的存在，而使其有相當之超抽水量，由於沿海地區多位於地下水管制區，故已排除救旱井之設置

	(5)第 4-17 頁，表 4.3.3-1 各欄位屬性名稱，請補充說明。	(5)遵照辦理
(五)成功大學 資工系李教授 振誥	(1)地下水抗旱井之位置佈 置與地表水調配各單元有重 大相關，建議應接近淨水廠 地點規劃，再進行救旱系統 營運。本計畫以線性規劃來 進行，建議可採用動態模式 來管理。	(1) 1. 救旱井的設置規劃已 有考量於淨水廠的 附近。 2. 地表水模式每一時刻 雖以線性規劃調 配，但是各個時刻皆 可不同，故仍是動態 模式。

	(2)目前以資料較豐富之屏東平原與濁水溪沖積扇為案例，如何把此系統運用於資料缺乏地區，如台北盆地、嘉南平原，而能有效應用此規劃營運。	(2)由於目前規劃建立在於地下與地表各項資料，其中地表資料方面於其它水區應已足夠，然用地下水資料需提供地下水模式的建構，仍需補充相當之水文地質資料，以降低規劃結果之不確定性。
	(3)地下水量建議朝「備用水量」來補足地表水之營運來進行方案模擬。另外對於乾旱時期管理期間長短與範圍大小亦應先加以確定，才能進行地表水與地下水資源整體營運規劃。目前以1967年為初始模擬，似乎合理可作為長期模擬豐平枯水年之管理調配。	(3) 1. 本計畫即為此方向之規劃。 2. 文中已有章節對此部分進行分析探討。
	(4)地下水管制區亦應列入救旱井之地區。	(4)為避免地層下陷持續惡化，各管制區不列入考慮。
	(5)抗旱井以單位洩降出水量來推估是否有高估之現象，為何不用安全出水量或水位來推估可能水量，請說明。	(5)單位洩降出水量僅作排序之用，後續規劃以格網加密模式檢查抽水量是否過量。

(六)自來水公司第五區管理處	(1)本規劃救旱井之設置係作為救旱之民生用水用，故建請其設置時能考量下列因素： 1、當地水質狀況（如鐵、錳、砷、硝酸鹽氮、氨氮.....等含量），請參考本公司附近水井水質狀況，及現有淨水場設備之處理能力，並請鑿井後提供水質檢測報告，供本公司參考。 2、深井位置：就旱井之位置，應考量埋設輸水管之用地問題（如經過私人土地之同意、是否會產生抗爭、與道路銜接之便利性），另應考量埋管長度之經濟效益問題，能於最短距離內與本公司現有廠外深井輸水管有效聯絡運用為最佳選擇。 3、鑿井深度、取水層因素：請參考本公司附近深井地層圖狀況，避免取水層水質狀況不良影響將來之使用，及增加處理成本。	(1) 1. 以配合現有觀測井網水質資料與淨水廠處理能力，進行救旱井址的篩選。 2. 救旱井之初步選定以淨水廠為中心之九宮格為考量，至於細部用地等問題，本計畫建議之救旱井規劃決策支援系統已列入現堪之考慮 3. 就水質問題已配合現有資料作篩選。
	(2)基於前述原因，建請抗旱井之鑿井位置能知會本公司會同決定。	(2)遵照辦理。

(七)防災中心 黃主任慶光	(1)有關抗旱井啟動時機，請參照本署旱災業務計畫及相關法令。	(1)將參酌辦理。
(八)本署水源 經營組	(1)因本計畫係為二年之第二年度計畫，建議期末及成果報告應為綜合二年度成果之整體報告，以綜整涵蓋計畫目的之地面地下水整體可開發潛能及長期與乾旱時期的地下水操作原則等評估。	(1)將參酌辦理。
	(2)有關調配機制部分，本署係僅考慮公共用水及工業用水需求進行水資源調配，農業用水部分因農業對缺水容忍度較高，故係用以作為移用調配水源，而未將其缺水量及缺水率納入調配考量。操作模擬部分，本署則採以日操作進行模擬以更符現況，提供卓參。	(2) 謝謝指教。
	(3)本計畫農移用水策略分析部分，建議宜評估各缺水容忍度之農移量及農移後之不足量，以供乾旱時期水源調配參考。另建議宜考量原已使用地下水之農業用水或淨水場用水與救旱井抽用地下水間之競合。	(3)本計畫暫不對農移用水作探討。

	(4)建議後續除抗旱井系統設計與評估外，亦應考量涵蓋乾旱時期之啟動機制、各區域救旱井可能之上限供應量及停抽機制等，以供調配決策參考。	(4)乾旱時期之啟動機制、各區域救旱井可能之上限供應量均已在文中考慮。
	(5)救旱井之排序除考量單位洩降水量，建議再考量需水重點區域（如中科虎尾基地）。另救旱井設置地點亦應將較敏感區位之合宜性納入考量（如高鐵雲林段關切抽地下水造成地層下陷問題亟待解決），避免或造成權責難釐清之問題。	(5)本計畫以淨水廠為主，所抽水量統一交由淨水廠相連之管線輸送，故毋須在重點區域另佈救旱井。另外，區域特殊性所致之影響於現勘時進行考量。
	(6)根據救旱井排序分析結果，排序較前者係位於河川鄰近處，惟乾旱時期川流水已有限，救旱井抽水後是否河川入滲量增加會影響地面水資源調配之競合，建議於後續分析中予以綜合評估。	(6)本計畫以較深之主要含水層為主，且救旱井乃以支援非常時期之用水為目標，而非常態之水源供應，應不至於直接影響地表之川流水。

	(7)湖山水庫部分，公共用水係供至林內淨水場、工業用水則供至八角池與集集攔河堰進行聯合運用，故 P2-3 調配系統及 P2-6 網流系統之示意圖略有出入。另 P2-4 湖山水庫規線部分「…暫不予操作」恐造成其水源量不納入運用考量之誤解，建議釐清說明。	(7)已於文中修正。
	(8)本計畫係將嘉南及屏東平原合併為南部區域(P2-14)，惟抗旱井之評估設計僅為屏東平原，並尚未嘉南平原抗旱井之評估設計。	(8)於第一年的規劃評估中已指出嘉南平原無論在地下水水質與水量方面均不滿足本計畫得要求。
	(9)報告中之「地表水」建議以「地面水」代之(水利法之用詞)。P2-4 中之「集集攔河堰運用要點」係已正式發布，而非草案。P4-9、P4-15 圖例中「淨水場名稱」以「淨水場」代之即可。	(9)參酌辦理。
(九)本署水文技術組	(1)截至七月底止，本計畫進度及工作項目內容符合計劃契約書規定	(1)謝謝指教。
	(2)請款時請依契約書第三條契約經費之給付與處理各款規定辦理	(2)遵照辦理。

附錄三、期末報告審查意見及辦理情形

單位	審查意見	辦理情形
(一) 成功大學 資源工程系 李 教授振誥	(1)本計劃對救旱計劃甚有幫助，可提供對抗旱地下水供水計劃之目標。	(1)謝謝指教。
	(2)地下水水質有些可提供公共用水(雖不合乎計劃之飲用水標準)不應以嚴格僅提供飲用水為考慮，應以工業與民生用水而加以分區，來配合地表水使用與淨水場淨化處理。	(2)事實上應如此，因此在救旱井規劃上，本計劃提供了現地勘查項目來作實際使用的彈性修正，但在本計劃中是採用較嚴格的篩選條件來考量規劃，兩者並不相衝突。
	(3)高雄公共用水之缺水率(P2-34)請再校正。	(3)本系統考量之高雄地區需求量需扣除澄清湖、鳳山 84 萬 CMD，吉洋人工湖 32.3 萬 CMD 以及淨水場中由地下水源供應之 31.769 萬 CMD 才是本系統地表水所考量之需求，已於文章補充說明。

	(4)可否考慮分層與分時間調配情況再模擬抽水量。	(4)抽水量分層與分時間調配模擬的組合有很多種，本計劃模擬抽水主要考量抽取含水層二，並連續抽水三個月此為較嚴格的模擬情況。
	(5)請先模擬網格 Q v. s S 之曲線再利用此曲線方程式來設計或許可較簡化。	(5)本計劃直接以生產井 Q/S 內插得到，並不需要再推求 Q v. s S 曲線方程式。
	(6)一般若進行抗旱時農業用水常被移用造成不提供或僅提供少量，請考慮此種情況再加以案例分析。	(6)因農移用水影響層面較複雜，在設計規劃階段可以採保守的標準規劃之，惟將來在操作時可彈性因應實際狀況調整之。
	(7)影響半徑與抽水量、時間、地層參數有關，請以設計最大影響半徑來說明不要僅用影響半徑來表示。	(7)決策支援系統有提供不同影響半徑公式來計算，因為不同計算公式，需給定不同參數，所以計算結果差異甚大，本計劃中影響半徑僅提供輔助性質的參考，主要的評估方式乃以網格加密的方式模擬驗證之。

	(8)分析二救旱每日供水容量 153712 噸與南部地區抗旱之供水容量 163662 噸似乎小些，因為此二區之地下水補注量相當大，而且抗旱僅三個月，抽水量似乎可再加大。	(8)因為本計劃因考量淨水場剩餘處理容量當作抽水上限，故抽水量無法再加大。
	(9)1967 年水位資料如何獲得？如何與觀測網地層剖面圖之劃分。	(9)本計劃並不進行 1967 年模式率定，而是將平水年地下水模式入滲量換成乾旱年（1967）的入滲量，再以此模擬水位與平水年的觀測值比較；故本計劃並無須收集 1967 年的水位資料。
	(10)P2-33 中加入嘉義地區公共給水需求表。	(10)本計劃所考慮的嘉義地區非全區，而是僅考慮烏山頭水庫保留給嘉義的需水量。已於文中補充說明。
(二)台灣大學 生工系譚教授 義績	(1)本計畫兩年來成果豐碩，執行單位之努力用心值得肯定。	(1)謝謝指教。

	(2)第 3-22 頁圖 3.1.1-4 比例尺是否有誤？其他圖 3.1.1-6 及 3.1.1-7 為未知比例尺，可否將其統一	(2)圖 3.1.1-4 比例尺並無錯誤。因為圖 3.1.1-6 及 3.1.1-7 的大小並不相同，所以比例尺會有不一樣的現象。
	(3)濁水溪用 1967 年資料驗證，為何會有東和 (1)，九隆 (2)，文昌 (4) 之觀測值，此三井是點的位置，而非面的等高線。	(3)此三口井的水位為 1967 年濁水溪模擬水位，並非觀測水位，採用的水文地質參數是根據 1999 年微調結果。
	(4)為何以 Q/S 為救旱井之依據基準？其他土地利用，交通便利性及水質等因素，有在本文討論，但是否有權重因子分析？	(4)Q/S 是一個根據水文地質出水潛能整體的概括考量。至於土地利用，交通便利性及水質等因素，乃由將來之現地勘查考量。

	(5)為何取名九宮格？以第4-12圖4.3.2-1會有重疊九宮格之格網，是否有佈井之困擾，另外水質有一部分合格，若其他九宮格內水質有一部分不合格時，是否有其他取捨標準？	(5)取名九宮格，乃是因每格為一公里，因此大約是在淨水場半徑一公里之範圍內。重疊格網在本計劃中是以九宮格Q/S區域排序較前面的格網為佈井優先，並不會有重複。本計劃中是以較嚴格的水質篩選標準，即含水層三層水質只要有一層一項不合格，就將此九宮格排除。
	(6)SI以超越機率20%之乾旱程度，以九十天為長期民國一百年中成長，而水利署是否有一乾旱指標？	(6)水利署的乾旱指標尚未統一公佈確認實施的指標。
	(7)簡報第四十八頁，何時是救旱井啟用開始時間？	(7)本計劃是以超越機率20%，對應缺水天數約3個月來決定啟用開始時間。

	(8)為何中興顧問公司開發救旱井規劃？而程式是由本計畫負責完成？	(8)救旱井規劃為本計畫所執行的主要工作而非中興顧問公司，為將計畫成果落實為水利署地下水決策支援系統的模組之一，故本計畫除進行規劃設計外亦協助提供部分所需的運算程式。
(三)雲林科技大學 溫教授志超	(1)工作項目大致均已完成，非常不容易。	(1)謝謝指教。

	(2)摘-12 頁中表 7 中所列之連續缺水量，以民國 95 年低成長缺水 30 日下的缺水量為 2611 萬噸，平均為每日 87 萬噸。但是，綜觀目前雲林、彰化兩縣的日生活須水量為雲林縣 20 萬噸、彰化縣 36 萬噸，總計 56 萬噸。不知道此數據為何相去達 31 萬噸，建議於報告本文中須詳加說明。	(2) 56 萬噸之資料亦非正式計劃報告公佈之資料，故引用會造成爭議。
	(3)第 2-6 頁中林內淨水場(PCI)的供水為雲林、南投、彰化，並未將自來水公司優先引用清水溪每日 10 萬噸的公共用水(見第 2-7 頁)扣除。此外，第 2-10 頁中將每日 10 萬噸的公共用水自雲林地區的公共用水扣除(DC3 為扣除 D1.16CMS 者)，但是第 2-6 頁中的流程圖並未標示。又第 2-11 頁中節點 5 的 Uc3 分為 Uc7、Uc8 及 Uc9，此三項也未標示於流程圖(第 2-6 頁)。請修正。	(3)已遵照修正

	(4)第 2-16 頁圖 2.1.5-1 中 100 年中成長及 100 年低成在超越機率 0.3 到 0.4 之間出現向下凹的曲線，不符機率分佈曲線(遞增)的現象，建議繪圖時能留意此一問題。相似的問題也出現在圖 2.25-1 中。	(4)此曲線並無下凹的情況發生，此乃為橫軸和縱軸 scale 相差太大所做成的視覺誤差。
	(5)第 3-1 頁 3.1 節文字第三行中所提到「土地利用如圖 3.1.1-5」，與第 3-23 頁之圖 3.1.1-5 不符合，應該是圖 3.1.1-4。	(5)遵照辦理。
	(6)第 3-6 頁中第 2 節中文字第五行後面出現的「地下水埋深淺的平原區」，所指何意義，請補充或修正。	(6)「地下水埋深淺的平原區」是文字的錯誤，應修正為「地下水埋藏淺的平原區」。
	(7)第 3-7 頁第四行後面「則地下水含水層之調蓄能力相對較小」，這句話的意義，請再詳細說明。	(7)因為年降雨量大的地區其地下水含水層之水位距地表較近，所以含水層能容納多餘入滲量的空間就會較少，亦即含水層相對調蓄能力較小之意義。

	(8)第 3-7 頁第 3 節平均降雨量文字中提到的「雨量站分佈如圖 3.1.1-1 及圖 3.1.1-2」，只不知這些雨量是目前的雨量或是 1967 年的雨量站，請補充說明。	(8)遵照辦理。
	(9)第 3-30 頁第二段文字提到水田之垂向入滲補注量為 4.22 億噸(佔 72.91%)，此一結論較目前國內在水稻田現地留測所得之入滲量似乎偏高很多，不知是否有比較過。	(9)此計算結果主要是把土地利用分成靜止水體、旱田及其他可透水面積、不透水區、水稻田、河川五類以大陸水利電力部之建議值估算飽和入滲率得到之結果。

	(10)第 3-33 頁中提到 BC 邊為接近朴子溪邊的一條流線，但是在第 3-35 頁文字中卻提到 BC 邊為北港溪，此一文字與前不一致，請修正。又第 3-34 頁中北港溪北岸瓊埔站在地表下 60 公尺到 100 公尺處有一條往內陸延伸十多公里的塩水區，此一結果為當地鑿井學者公認的海水入侵區，但是由圖中顯示地下水往此地方移動，似乎不太合理。	(10)名稱不一致部分，將予以修正。至於模式邊界條件假設乃根據中央地質調查所(1999)對於濁水溪沖積扇地下水邊界分析得到的研判。本計畫的依據乃是地下水觀測點所得之正式資料，建議中所提之塩水區尚未見諸於正式報告中，且縱使有此種現象，亦說明此區之地下水於區域的觀點而言相對較低，地下水往此流動亦是合理。
--	---	---

	(11) 本案利用 MODTMR 模式，將原來 1 公里*1 公里的網格再細分到 100 公尺*100 公尺的網格，確實為非常不容易的工作。但是因為原來的水文地質參數為 1 公里*1 公里內均為同一組參數，換言之切到更小的網格 100 公尺*100 公尺時，每個網格中的水文地質參數與原來 1 公里*1 公里的網格參數完全相同。所以，如此情形下模擬所得的等水位線似乎可能與一般的內插軟體相差不大。倘若如此，何必大費周章地去分割網格並模擬等水位線。	(11) 雖然經過格網加密切細後，水文地質參數並沒改變，但格網加密才可以看到細部格網水位的變化。反之即使在粗網格，也不是每個格網都給不同的地質參數。因此在空間分布上仍然具有其意義。事實上參數分區的大小與數值計算所採用的格網大小，在模擬上是不同的事情，本應分別考量
	(12) 報告中圖表順序，其編排方式請務必依一般報告格式撰寫及編排。例如先出現的圖，應為編號在前，報告中圖 3.1.1-1 及圖 3.1.1-2 的編號則不是該章第一個出現的圖，請修正。	(12) 遵照辦理。

	(13)第 3-2 頁及 3-3 頁中「飽和入滲率」後面均有一個多餘的「.」點，請刪除。第 3-45 頁表 3.2.2-2 第二列第一行的「儲水係數」應為「比儲水係數」。第 3-1 頁倒數第六行中重複出現「長期」，請刪除。	(13)遵照辦理。
(四)本署水源經營組	(1)於本署實際調配策略中，農業用水係於枯旱時之移用水源，且枯旱用水不足時，農民多自行抽取地下水進行灌溉，故建議增列僅考量公共用水時相對之缺水天數及缺水量，並進行相關分析供參。	(1)本計劃報告中已有符合此建議之工作與內容。
	(2)4.5.2「救旱井設置於地下水層影響評估」中，除單一救旱井之影響模擬外，建議增加較為鄰近之群組救旱井抽水影響評估，以瞭解該等救旱井併同抽水後對鄰近區域之影響情形。	(2)本計劃報告中已有符合此建議之工作與內容。

	(3) P4-17~18表4.3.3-1~2建議增列各淨水場之剩餘容量，以方便辨識救旱井可能之設計抽水量。	(3)遵照辦理
	(4)結論與建議中，建議增述後續辦理救旱井規劃計畫之建議辦理事項或應注意事項供參。	(4)將參酌辦理
(五)本署水文技術組	(1)本計畫進度及工作項目內容符合計畫契約書規定，且依照契約第六條履約管理規定函送期末報告書至本署。	(1)謝謝指教。
	(2)請款時請依契約書第三條契約經費之給付與處理各款規定辦理。	(2)遵照辦理。

附錄四、工作協調會議紀錄

(1)第一次工作協調會議紀錄

時間:2003.03.26

地點:水利署台北辦公室 10F 會議室

參加人員:蕭健雄(水利署)、陶方策(中興顧問公司)、楊朝仲(交大)、
張誠信(台大)、葉明生(交大)、蔡瑞彬(交大)、吳明穎(交大)

● 會議相關結論:

一、中興工程公司與水利署協助交大部分:

1. Q/S 資料之蒐集
2. 各井之初步設計容量所需資料
 - i. 各井之設計出水量
 - ii. 各井之管徑容量
 - iii. 成本資料
3. 水質檢測項目，缺 2002 年濁水溪流域資料
4. 自來水管線分佈資料與淨水廠容量部分之各項目與單位說明
5. 2002 濁水溪流域與屏東平原年雨量資料
6. 合法水權水井資料（需各井座標）

二、交大工作內容修正

1. 水質檢測部分以飲用水當檢測標準
2. 交大以 UML 的方法描述工作流程以協助中興建置資訊系統
3. 影響半徑的篩選需參考多種救旱井影響半徑推估公式

(2)第二次工作協調會議紀錄

時間:2003.05.14

地點:交通大學工程一館 209A 地下水實驗室

參加人員:蕭健雄(水利署)、林燕初(水利署)、陶方策(中興顧問公司)、陳智惠(中興顧問公司)、楊朝仲(交大)、張誠信(台大)、葉明生(交大)、蔡瑞彬(交大)、吳明穎(交大)

● 會議相關議程:

1. 協助中興公司系統建置之 UML 圖說明與檢視
2. 目前進度成果說明與檢視

● 會議相關結論:

交大提供中興顧問公司資訊系統之格網篩選及格網排序程式，其程式前後端的處理（前端：抓取資料庫資料形成排序程式的輸入

檔；後端：依排序後的座標資料於展示圖中產生篩選後的點位)

則由中興顧問公司來負責

(3)第三次工作協調會議紀錄

時間:2003.07.24

地點:水利署台北辦公室 10F 會議室

參加人員:蕭健雄(水利署)、林文勝(水利署)、林燕初(水利署)、陶方策(中興顧問公司)、陳智惠(中興顧問公司)、楊朝仲(交大)、張誠信(台大)、葉明生(交大)、蔡瑞彬(交大)、吳明穎(交大)

● 會議相關議程:

1. 期中報告成果圖說明-包含濁水溪流域與屏東平原兩區
2. 說明格網篩選及格網排序程式的輸入與輸出檔及程式架構
3. 尚缺資料說明-水權水井資料(需二度分帶座標)

● 會議相關結論:

交大僅修正格網篩選及格網排序程式之輸入檔即可

(4)第四次工作協調會議紀錄

時間:2003.10.15

地點:水利署台北辦公室 10F 會議室

參加人員:蕭健雄(水利署)、林燕初(水利署)、陶方策(中興顧問公司)、楊朝仲(交大)、葉明生(交大)、蔡瑞彬(交大)、吳明穎(交大)

● 會議相關議程:

1. 工作流程圖說明(修改後)
2. 現勘表說明
3. 程式說明



廉潔、效能、便民



經濟部水利署

台北辦公區（出版）

地址：台北市信義路三段41之3號9~12樓

總機：(02) 37073000

傳真：(02) 37073166

免費、服務專線：080212239

台中辦公區

地址：台中市黎明路二段 501 號

總機：(04) 22501250

傳真：(04) 22501635

免費、服務專線：0800001250

GPN：1009204706

工本費：新台幣600元