



大安大甲溪水源聯合運用輸水工程規劃 -大甲溪下游地下水影響評估

Assessment of the Impacts on Groundwater
Environment Caused by Conjunctive Use of Taan
and Dajia Rivers Water Resource



經濟部水利署中區水資源局
中華民國 97 年 12 月

大安大甲溪水源聯合運用輸水工程規劃
-大甲溪下游地下水影響評估

Assessment of the Impacts on Groundwater
Environment Caused by Conjunctive Use of Taan
and Dajia Rivers Water Resource

主辦機關：經濟部水利署中區水資源局

執行單位：巨廷工程顧問股份有限公司

中華民國 97 年 12 月

合約名稱：「大安大甲溪水源聯合運用輸水工程規劃-大甲溪下游
地下水影響評估」委託技術服務契約書

委託服務編號：WMS-097-01

委託單位：經濟部水利署中區水資源局

受託單位：巨廷工程顧問股份有限公司

內容名稱：「大安大甲溪水源聯合運用輸水工程規劃-大甲
溪下游地下水影響評估」-成果報告

巨廷工程顧問股份有限公司：_____

計畫主持人：_____

(簽章)

目 錄

目 錄.....	I
表目錄.....	IV
圖目錄.....	VI
摘 要.....	摘-1
Abstract	A-1
結論與建議.....	結-1
第一章 前言	1 - 1
1.1 計畫緣起	1 - 1
1.2 委辦工作項目及內容	1 - 2
第二章 基本資料之蒐集整理分析	2 - 1
2.1 大安大甲溪水源聯合運用	2 - 1
一、水資源系統	2 - 1
二、水源聯合運用原則	2 - 3
三、供水潛能	2 - 4
2.2 大安大甲溪水文環境	2 - 7
一、大安溪流域	2 - 7
二、大甲溪流域	2-12
三、區域地下水	2-13
2.3 台中盆地與海岸平原區之水文地質	2-15
一、台中盆地水文地質	2-15
二、海岸平原區水文地質	2-20
2.4 台中地區地層下陷概況	2-26
第三章 分析模式之建置	3 - 1
3.1 本計畫分析探討課題	3 - 1

3.2 河川水理模式建置	3 - 2
一、河川水理分析模式簡介	3 - 3
二、模式建置	3 - 5
3.3 地下水模式建置	3-12
3.4 地層下陷模式建置	3-22
第四章 河川入滲量影響評估	4 - 1
4.1 大甲溪河川水位變化影響評估	4 - 1
4.2 大甲溪河川入滲量變化分析	4-15
第五章 下游地下水影響評估	5 - 1
5.1 模式輸入條件	5 - 1
5.2 參數檢定	5-10
5.3 下游地下水環境影響分析結果說明	5-14
一、情況一條件下地下水環境影響分析	5-14
二、情況二條件下地下水環境影響分析	5-22
三、情況三條件下地下水環境影響分析	5-23
四、地下水環境影響綜合分析	5-37
第六章 地層下陷影響分析	6 - 1
6.1 地層下陷模式輸入條件	6 - 1
6.2 地層下陷影響分析結果說明	6-10
參考文獻	參-1
附錄一 第一次期中報告審查意見回覆	附 1-1
附錄二 第二次期中報告審查意見回覆	附 2-1
附錄三 期末報告審查意見回覆	附 3-1
附錄四 期末報告(修正本)複審審查意見回覆	附 4-1

附錄五	地表入滲補注模式簡介	附 5-1
附錄六	MODFLOW 模式簡介.....	附 6-1
附錄七	LSUB-1 地層下陷模式.....	附 7-1
附錄八	環評審查意見回覆	附 8-1

表 目 錄

表 2.1-1	大安大甲溪水源聯合運用原則	2 - 3
表 2.1-2	目標年水源聯合運用輸水工程計畫實施後情況、計畫 無實施情況及基準年現況供水潛能之分析成果	2 - 6
表 2.2-1	大安溪登記水權量表	2-11
表 2.2-2	大甲溪登記水權量表	2-14
表 2.3-1	台中地區地下水文參數表	2-23
表 2.4-1	台中地區水準測量檢測成果表	2-28
表 3.2-1	計畫相關流域斷面測量資料	3 - 6
表 3.2-2	大甲溪河道分析範圍內斷面樁測量成果表(1/3).....	3 - 9
表 3.2-2	大甲溪河道分析範圍內斷面樁測量成果表(2/3).....	3-10
表 3.2-2	大甲溪河道分析範圍內斷面樁測量成果表(3/3).....	3-11
表 3.2-3	台中港歷年潮位統計表	3-12
表 3.3-1	中央地質調查所富水層及阻水層之劃分	3-16
表 3.3-2	台中地區地下水區觀測井基本資料表(1/2).....	3-19
表 3.3-2	台中地區地下水區觀測井基本資料表(2/2).....	3-20
表 3.3-3	台中縣市地下水水權核發水量統計	3-21
表 4.1-1	大甲溪基準年現況放流量統計表	4 - 2
表 4.1-2	目標年水源聯合運用計畫無實施大甲溪放流量統計表	4 - 3
表 4.1-3	目標年水源聯合運用計畫實施後大甲溪放流量統計表	4 - 4
表 4.1-4	雨量站基本資料	4 - 8
表 4.1-5	豐枯水年及平水年石岡壩放流量及下游剩餘水量比較表	4 - 9
表 4.1-6	各河段歷年水位統計	4-13
表 4.1-7	各河段水位歷年平均水位差值統計	4-14
表 4.2-1	台中人工湖規劃之地下水觀測井	4-18
表 4.2-2	地下水觀測網之地下水觀測井	4-19

表 4.2-3	地下水位變化趨勢分析表	4-28
表 4.2-4	內插地下水位與計算河段之相關資料	4-30
表 4.2-5	河床質平均粒徑與代表粒徑分析成果表	4-34
表 4.2-6	台中人工湖規劃鑽探地層概況	4-34
表 4.2-7	各河段年平均入滲量推估成果表	4-35
表 4.2-8	年入滲量推估成果表	4-36
表 4.2-9	年入滲量差異分析成果表	4-37
表 4.2-10	豐枯水年及平水年之年入滲量差異分析成果表	4-38
表 5.1-1	計算區域內各鄉鎮之地表入滲量	5 - 7
表 5.1-2	模擬範圍之抽水量	5 - 7
表 5.1-3	大甲溪不同滲透係數推計之各鄉鎮河川入滲量	5 - 9
表 5.2-1	地下水位觀測值與計算值比較表	5-13
表 5.4-1	計畫範圍內各鄉鎮地下水水位模擬 30 年下降變動 比較表(1/3)	5-38
表 5.4-1	計畫範圍內各鄉鎮地下水水位模擬 30 年下降變動 比較表(2/3)	5-39
表 5.4-1	計畫範圍內各鄉鎮地下水水位模擬 30 年下降變動 比較表(3/3)	5-40
表 5.4-2	計畫範圍內大安溪南岸各鄉鎮地下水水位模擬 30 年上昇 變動比較表	5-41
表 6.1-1	各計算分層厚度設定值	6 - 1
表 6.1-2	地層下陷分層監測井黏土層與砂土層壓縮量佔總壓縮量 比例	6 - 3
表 6.1-3	黏土層壓密參數最佳優選結果	6 - 4
表 6.2-1	地層下陷模式引用參數最大值、最小值及平均值	6-29
表 6.2-2	選列點位不同參數值之地層下陷量計算結果	6-29

圖 目 錄

圖 2.0-1	大安大甲溪水源聯合運用輸水工程佈置	2 - 2
圖 2.1-1	台中地區供水系統圖	2 - 3
圖 2.2-1	大安大甲溪現存水文測站位置圖	2 - 8
圖 2.2-2	大安大甲溪水源利用示意圖	2-10
圖 2.3-1	台中地區區域地質圖	2-16
圖 2.3-2	台中地區地形分區圖	2-17
圖 2.3-3	水文地質鑽探調查區位圖	2-18
圖 2.3-4	大肚台地南北向水文地質剖面圖	2-21
圖 2.3-5	大肚台地東西向水文地質剖面圖	2-22
圖 2.3-6	台中盆地北部水文地質剖面	2-24
圖 2.3-7	台中盆地南部水文地質剖面	2-25
圖 2.3-8	台灣中部海岸平原水文地質剖面(1/2)	2-25
圖 2.3-8	台灣中部海岸平原水文地質剖面(2/2)	2-26
圖 2.4-2	D-InSar 分析台中地區地層下陷空間分佈之初步成果.....	2-27
圖 2.4-1	台中地區水準檢測路線圖	2-29
圖 3.1-1	計畫執行項目與工作流程	3 - 2
圖 3.2-1	河川水文環境影響分析	3 - 3
圖 3.2-2	大甲溪流域圖	3 - 5
圖 3.2-3	大甲溪河道斷面、防洪構造物、跨河構造物、支流、 排水系統及取水口位置圖(1/2)	3 - 7
圖 3.2-3	大甲溪河道斷面、防洪構造物、跨河構造物、支流、 排水系統及取水口位置圖(2/2)	3 - 8
圖 3.3-1	入滲物理量關聯示意圖	3-13
圖 3.3-2	地下水分析模式輸入/輸出資料關聯圖	3-14
圖 3.3-3	地下水模式分析範圍圖	3-15

圖 3.3-4	台中地區觀測水井位置圖	3-17
圖 3.4-1	壓密試驗之解壓再壓曲線	3-23
圖 3.4-2	土壤彈塑性變形示意圖	3-23
圖 3.4-3	彰化西港國小各模式分層累計土層壓密量模擬與監測值 比較圖	3-24
圖 3.4-4	雲林元長國小各模式分層累計土層壓密量模擬與監測值 比較圖	3-25
圖 4.1-1	石岡壩放流量比較圖	4 - 5
圖 4.1-2	大甲溪下游剩餘流量比較圖	4 - 6
圖 4.1-3	大甲溪豐枯水期放流量比較圖	4 - 7
圖 4.1-4	年平均雨量組體圖	4 - 8
圖 4.1-5	各情況石岡壩放流水量與雨量之關係圖	4-10
圖 4.1-6	各情況大甲溪剩餘水量與雨量之關係圖	4-11
圖 4.1-7	目標年聯合運用計畫無實施情況與基準年現況減少水量 與雨量之關係圖	4-11
圖 4.1-8	目標年聯合運用計畫實施後情況與基準年現況減少水量 與雨量之關係圖	4-12
圖 4.2-1	大甲溪入滲量估算之河段分布圖	4-15
圖 4.2-2	地下水觀測網之地下水觀測井水位歷線(1/9).....	4-21
圖 4.2-2	地下水觀測網之地下水觀測井水位歷線(2/9).....	4-22
圖 4.2-2	地下水觀測網之地下水觀測井水位歷線(3/9).....	4-23
圖 4.2-2	地下水觀測網之地下水觀測井水位歷線(4/9).....	4-24
圖 4.2-2	地下水觀測網之地下水觀測井水位歷線(5/9).....	4-25
圖 4.2-2	地下水觀測網之地下水觀測井水位歷線(6/9).....	4-26
圖 4.2-2	地下水觀測網之地下水觀測井水位歷線(7/9).....	4-27
圖 4.2-2	地下水觀測網之地下水觀測井水位歷線(8/9).....	4-28

圖 4.2-2	地下水觀測網之地下水觀測井水位歷線(9/9).....	4-28
圖 4.2-3	地下水位及地下水井分布圖	4-29
圖 4.2-4	平均地下水位剖面圖	4-31
圖 5.1-1	土地利用型態進行地表分類之空間分佈圖	5 - 2
圖 5.1-2	計算區域表層土壤第一層(0cm ~ 30cm)質地分佈圖	5 - 3
圖 5.1-3	計算區域表層土壤第二層(30cm ~ 60cm)質地分佈圖	5 - 3
圖 5.1-4	計算區域表層土壤第三層(60cm ~ 90cm)質地分佈圖	5 - 4
圖 5.1-5	計算區域表層土壤第四層(90cm ~ 150cm)質地分佈圖	5 - 4
圖 5.1-6	計畫分析區域地表入滲量推估結果	5 - 6
圖 5.1-7	計畫分析區域月平均地表入滲量	5 - 6
圖 5.2-1	模式演算之地下水觀測井分布圖	5-11
圖 5.2-3	滲透係數分布圖	5-12
圖 5.2-2	地下水位觀測值與計算值比較圖	5-13
圖 5.3-1	現況條件下模擬 30 年之地下水水位分布 ($K=1\times 10^{-5}$ m/sec)	5-16
圖 5.3-2	目標年計畫無實施情況下模擬 30 年之地下水水位分布 ($K=1\times 10^{-5}$ m/sec)	5-17
圖 5.3-3	目標年計畫實施後情況下模擬 30 年之地下水水位分布 ($K=1\times 10^{-5}$ m/sec)	5-18
圖 5.3-4	目標年計畫無實施與現況模擬 30 年之地下水水位差異 ($K=1\times 10^{-5}$ m/sec)	5-19
圖 5.3-5	目標年計畫實施後與現況模擬 30 年之地下水水位差異 ($K=1\times 10^{-5}$ m/sec)	5-20
圖 5.3-6	目標年計畫實施後與目標年計畫無實施模擬 30 年之 地下水水位差異($K=1\times 10^{-5}$ m/sec).....	5-21

圖 5.3-7	現況條件下模擬 30 年之地下水水位分布 ($K=5 \times 10^{-6} \text{m/sec}$)	5-24
圖 5.3-8	目標年計畫無實施條件下模擬 30 年之地下水水位分布 ($K=5 \times 10^{-6} \text{m/sec}$)	5-25
圖 5.3-9	目標年計畫實施後條件下模擬 30 年之地下水水位分布 ($K=5 \times 10^{-6} \text{m/sec}$)	5-26
圖 5.3-10	目標年計畫無實施與現況模擬 30 年之地下水水位差異 ($K=5 \times 10^{-6} \text{m/sec}$)	5-27
圖 5.3-11	目標年計畫實施後與現況模擬 30 年之地下水水位差異 ($K=5 \times 10^{-6} \text{m/sec}$)	5-28
圖 5.3-12	目標年計畫實施後與目標年計畫無實施模擬 30 年之 地下水水位差異($K=5 \times 10^{-6} \text{m/sec}$).....	5-29
圖 5.3-13	現況條件下模擬 30 年之地下水水位分布 ($K=1 \times 10^{-6} \text{m/sec}$)	5-31
圖 5.3-14	目標年計畫無實施條件下模擬 30 年之地下水水位分布 ($K=1 \times 10^{-6} \text{m/sec}$)	5-32
圖 5.3-15	目標年計畫實施後條件下模擬 30 年之地下水水位分布 ($K=1 \times 10^{-6} \text{m/sec}$)	5-33
圖 5.3-16	目標年計畫無實施與現況模擬 30 年之地下水水位差異 ($K=1 \times 10^{-6} \text{m/sec}$)	5-34
圖 5.3-17	目標年計畫實施後與現況模擬 30 年之地下水水位差異 ($K=1 \times 10^{-6} \text{m/sec}$)	5-35
圖 5.3-18	目標年計畫實施後與目標年計畫無實施模擬 30 年之 地下水水位差異($K=1 \times 10^{-6} \text{m/sec}$).....	5-36
圖 6.1-1	西港國小黏土層壓密參數優選之累計壓密量與 監測值比較圖(1/4)	6 - 5

圖 6.1-1	新街國小黏土層壓密參數優選之累計壓密量與 監測值比較圖(2/4)	6 - 5
圖 6.1-1	元長國小黏土層壓密參數優選之累計壓密量與 監測值比較圖(3/4)	6 - 6
圖 6.1-1	客厝國小黏土層壓密參數優選之累計壓密量與 監測值比較圖(4/4)	6 - 6
圖 6.1-2	西港國小深度 90~120 公尺間砂土層之應力與應變 關係圖	6 - 8
圖 6.1-3	西港國小深度 180~200 公尺間砂土層之應力與應變 關係圖	6 - 9
圖 6.1-4	西港國小深度 90~120 公尺間砂土層壓縮量推估值與 監測值之比較	6 - 9
圖 6.1-5	西港國小深度 180~200 公尺間砂土層壓縮量推估值與 監測值之比較	6-10
圖 6.2-1	現況地下水水位變化引致之 30 年累積之地層下陷量 (地陷參數採用平均值)	6-13
圖 6.2-2	計畫無實施地下水水位變化引致之 30 年累積之地層 下陷量(地陷參數採用平均值)	6-14
圖 6.2-3	計畫實施後地下水水位變化引致之 30 年累積之地層 下陷量(地陷參數採用平均值)	6-15
圖 6.2-4	計畫無實施與現況 30 年累積地層下陷量差異圖 (地陷參數採用平均值)	6-16
圖 6.2-5	計畫實施後與現況 30 年累積地層下陷差量異圖 (地陷參數採用平均值)	6-17
圖 6.2-6	計畫實施後與計畫無實施 30 年累積地層下陷量差異圖 (地陷參數採用平均值)	6-18

圖 6.2-7	現況地下水水位變化引致之 30 年累積之地層下陷量 (地陷參數採用最小值)	6-21
圖 6.2-8	計畫無實施地下水水位變化引致之 30 年累積之地層 下陷量(地陷參數採用最小值)	6-22
圖 6.2-9	計畫實施後地下水水位變化引致之 30 年累積之地層 下陷量(地陷參數採用最小值)	6-23
圖 6.2-10	計畫無實施與現況 30 年累積地層下陷量差異圖 (地陷參數採用最小值)	6-24
圖 6.2-11	計畫實施後與現況 30 年累積地層下陷差量異圖 (地陷參數採用最小值)	6-25
圖 6.2-12	計畫實施後與計畫實施前 30 年累積地層下陷量差異圖 (地陷參數採用最小值)	6-26
圖 6.2-13	地層下陷列選分析點位分布圖	6-28

摘 要

一、前言

為提昇大安溪及大甲溪水源之調度彈性及運用效率，並建構一套安全可靠供水系統，以穩定供應目標年(民國 110 年)大台中地區用水，經濟部水利署中區水資源局(以下簡稱中水局)爰於民國 95 年研提「大台中地區公共用水穩定水源及供水方案」報經濟部水資源審議委員會同意，透過優先節流及聯合運用供水系統建置(如：鯉魚潭發電取水口設置備援出水工、大安大甲溪水源聯合運用輸水工程、后里淨水場與送水管工程，及降低自來水漏水率管線更新工程等 4 項工作)，以穩定台中地區用水。

中水局於民國 95 年起辦理大安大甲溪水源聯合運用規劃工作，並於民國 96 年 12 月 28 日依程序提報「大安大甲溪水源聯合運用輸水工程計畫」環境影響說明書至行政院環保署審查，經民國 97 年 2 月 13 日專案小組初審會議審查結果，其中有關對下游地下水影響審查意見，包括地下水影響應量化評估、至少應以二維模擬不同情境下地面水／地下水相互影響程度、地下水影響區(清水、大甲、大安、苑裡沖積扇區)應確實評估，以及水位是否下降導致地層下陷等審查意見，為釐清上述影響並使工程計畫推動順利，爰公開招標委託辦理「大安大甲溪水源聯合運用輸水工程規劃-大甲溪下游地下水影響評估」(以下簡稱本計畫)。

二、基本資料之搜集整理分析

1、大安大甲溪水源聯合運用

目前台中地區水源由豐原淨水廠及鯉魚潭水庫二套系統聯合供水，因設施能力不足，為配合「大台中地區公共用水穩定水

源及供水方案」之推動，於后里地區增設淨水廠及興辦上游原水引水工程與下游清水送水工程此系統完成後除可增加台中地區出水量外，在大甲溪濁度升高豐原淨水場無法處理時、或鯉魚潭水庫因故無法出水或減量供水時、亦可藉此系統出水替代，對大台中地區穩定供水助益甚大。

(1)水源聯合運用原則

- a.大甲溪石岡壩原水濁度低於 3,000NTU 時，大台中地區公共用水優先由石岡壩取水輸水至豐原淨水場、后里淨水場及鯉魚潭淨水場處理供應，如公共用水仍有不足時，則再由鯉魚潭水庫或區域地下水水源處理供應；另，石岡壩如仍有剩餘水量，則由右岸新建取水口取水經大甲溪輸水路供應大安溪后里圳，替換農業用水蓄存於鯉魚潭水庫。
- b.大甲溪石岡壩原水濁度大於 3,000NTU 時，大台中地區公共用水需求由鯉魚潭水庫滿載供應鯉魚潭淨水場及后里淨水場處理出水，如公共用水供水仍有不足，則再由區域地下水源或石岡壩與食水崙溪水源混合稀釋供應豐原淨水場處理供水補足。
- c.枯水期如大安溪灌區灌溉水源吃緊，台中水利會可與中水局協商在既有用水權益下調度，利用大甲溪輸水路調度大甲溪灌區灌溉節餘水量因應。

(2)供水潛能

基準年現況計畫供水量為 165 萬 CMD，實際平均供水量為 149.7 萬 CMD，缺水率約 10%之供水能力為 166 萬 CMD；計畫無實施之實際供水量為 166.94 萬立方公尺 CMD，平均日缺水率約 10%之供水能力為 182 萬 CMD；計畫實施後之實際供水量為 175.91 萬立方公尺 CMD，缺水率 10%之供水能力為 197 萬 CMD。大安溪及大甲溪聯合運用輸水管調度引水平均每年引水量

約 1.12 億立方公尺，平均每年使用 338 天，使用率約 92.57%，使用日數之平均流量為 3.55cms。

2、大安大甲溪水文環境

(1)大安溪流域

大安溪流域流路全長 95.76 公里，流經二縣之十鄉鎮，分別為苗栗縣：泰安鄉、卓蘭鎮、三義鄉、苑裡鎮；台中縣：和平鄉、東勢鎮、后里鄉、外埔鄉、大甲鎮、大安鄉，流域面積約 758 平方公里。位於士林攔河堰之象鼻(3)站歷年平均流量為 9.18 億立方公尺，即 29.11 立方公尺/秒。從大安溪流域觀測中流量站之月平均流量來看，5 月至 9 月為大安溪流域豐水期，約佔全年流量之 70%。

(2)大甲溪流域

大甲溪流域流路全長 124.2 公里，流經三縣之十三鄉鎮，分別為宜蘭縣：大同鄉；南投縣：仁愛鄉；台中縣：和平鄉、東勢鎮、新社鄉、石岡鄉、豐原市、后里鄉、神岡鄉、外埔鄉、大甲鎮、清水鎮及大安鄉，流域面積 1,235.73 平方公里。位於石岡壩站之年平均逕流量為 187,507 萬立方公尺。

3、地下水

台中地下水區北起於大安溪南岸、南止於烏溪、東接山陵、西鄰海峽，本計畫範圍位在台中地下水區的北緣。本地下水區除大肚台地為更新世之含紅土階地堆積外，其餘均為現代之礫石、砂土及黏土層。依據經濟部水利署新庄站地下水觀測站之水文資料年報紀錄顯示，民國 93 年新庄站年平均地下水位為地表下 36.68m，地下水位最高為 9 月，平均地下水位為地表下 34.21m，最低為 2 月，水位為地表下 39.22 公尺，年高低水位差約 5m。

4、地層下陷

台中地區地層下陷檢測站網高程(96 年)與內政部水準點埋設公告高程(89~90 年)比較，地表高程變化量在-2.24~2.49 公分間，年平均變化 0.4 公分；經濟部委託辦理之「地層下陷潛勢分析與警示計畫(2/2)」運用 D-Insar 技術分析民國 96 年 2 月至民國 96 年 3 月枯水期大甲溪南北兩岸沉陷量在 0.1~0.3 公分間。

三、分析模式建置

本計畫為瞭解大安大甲溪水源聯合運用輸水工程計畫開發後石岡壩平均年放水量由 12.5 億立方公尺變為 11.52 億立方公尺，減少 0.98 億立方公尺，對下游地下水補注量之減少與地下水補注量減少是否會導致地層下陷之影響，因此需藉由河川水理模式、三維地下水模式及地層下陷模式之建置以評估地下水環境及地層下陷之影響。

四、河川入滲量影響評估

1、大甲溪河川水位變化影響評估

石岡壩放水量基準年現況為 12.66 億立方公尺，目標年計畫無實施為 12.5 億立方公尺，目標年計畫實施後為 11.52 億立方公尺；大甲溪下游河段剩餘水量基準年現況為 10.26 億立方公尺，目標年計畫無實施為 10.11 億立方公尺，目標年計畫實施後為 9.14 億立方公尺。於豐水期(5 月至 10 月)石岡壩放水量目標年計畫實施後放流量為 8.89 億立方公尺較計畫無實施減少 0.55 億立方公尺，其減少幅度為 6.19%；於枯水期(11 月至翌年 4 月)石岡

壩放水量計畫實施後為 3.62 億立方公尺較計畫無實施減少 0.44 億立方公尺減少幅度為 12.15%。

2、大甲溪河川入滲量變化分析

大甲溪河川入滲量之多寡主要受底床質低滲透性地質(如底泥)厚度及滲透係數控制，茲參考水利規劃試驗所(95)「台中地區人工湖規劃工程地質、材料及環境調查評估專題報告」及大甲溪河床底質調查成果可知，大甲溪底質含有 20%之底泥其底泥厚度約 2 公尺厚，因此本計畫茲衡酌泥質特性給定合理變動範圍($1\times 10^{-6}\text{m/sec}\sim 1\times 10^{-5}\text{m/sec}$)進行分析，其分析結果如下：

- (1)底泥入滲率 $1\times 10^{-5}\text{m/sec}$ 分析之河川入滲量：目標年計畫無實施情況年平均入滲量較基準年現況減少 2.20 百萬立方公尺，目標年計畫實施後情況年平均入滲量較基準年現況減少 16.61 百萬立方公尺，目標年計畫實施後情況年平均入滲量較計畫無實施情況減少 14.41 百萬立方公尺。
- (2)底泥入滲率 $5\times 10^{-6}\text{m/sec}$ 分析之河川入滲量：目標年計畫無實施情況年平均入滲量較基準年現況減少 1.10 百萬立方公尺，目標年計畫實施後情況年平均入滲量較基準年現況減少 8.31 百萬立方公尺，目標年計畫實施後情況年平均入滲量較計畫無實施情況減少 7.21 百萬立方公尺。
- (3)入滲率 $1\times 10^{-6}\text{m/sec}$ 分析之河川入滲量：目標年計畫無實施情況年平均入滲量較基準年現況減少 0.22 百萬立方公尺，目標年計畫實施後情況年平均入滲量較基準年現況減少 1.66 百萬立方公尺，目標年計畫實施後情況年平均入滲量較計畫無實施情況減少 1.44 百萬立方公尺。

五、下游地下水影響評估

本計畫評估重點為包括台中盆地及下游清水、大甲地區等沿海平原，考量河川及水文地質特性，茲選取台中地區地下水區中大安溪及烏溪間之區域，為地下水模擬區。

1、模式輸入條件

- (1)邊界條件：分為定水頭邊界及不透水邊界，斷層帶給定為不透水邊界，定水頭邊界則以河川水位及沿海潮位給定之。另，為考量后里台地及大肚台地地表入滲對分析區域地下水之影響，茲採將其入滲量依背斜分區分配至周圍計算格網垂向入滲量內之方式處理；而車籠埔斷層東側丘陵區地表入滲係以河川基流型態補注河川，其對地下水環境之影響則以考慮大里溪、草湖溪、頭汴坑溪等麓山帶水系在下游河段之入滲量方式進行分析。
- (2)地表入滲量：本計畫係採用一維入滲模式進行垂向地表入滲量計算工作，依據計算點位土壤質地分層結果作為其土壤條件，土壤質地分層資料則參考行政院農委會農業試驗所製作之淺層土壤質地分布資料，而地表邊界條件則依據內政部建立之土地利用型態歸類成四種不同之計算類型，並給定降雨量或灌溉量之時序列資料。此外，土壤蒸發散量計算則採用中央氣象局之自由水面蒸發量觀測值。依民國 86~90 年地表入滲量分析成果可知年入滲量介於 3.16 億立方公尺~4.17 億立方公尺，而逐月入滲量以 6 月份為多約 5,000 萬立方公尺，1 月份入滲量最少約 1,065 萬立方公尺，豐水期入滲量佔整年度之 67%。
- (3)抽水量：由於台中地區因無水井調查資料可供參考，援引各鄉鎮核發之地下水水權量作為鄉鎮全區之抽水量，經由統計可知計畫區內年抽水量約 3.77 億立方公尺，模式分析範圍內以大安

鄉之年抽水量最大約 0.89 億立方公尺。本計畫假設模擬分析 30 年期間年抽水量不變，各月地下抽用量按水權逐月核發量變化給定之，作為模擬地下水模式中抽水量之輸入值。

2、參數檢定

本計畫區內之水文地質井記有中央地質調查研究所 8 站，分別為沿海地區之三光、高美、清水、梧棲、忠和及大肚等站與台中盆地地區之烏日站、大里站。此外，本計畫亦蒐集水利規劃試驗所(96)之「台中盆地地區作為人工湖可行性規劃」報告中推估台中盆地地質資料。

因可茲參引之水力傳導係數實地試驗資料缺乏，因此本計畫衡酌各項輸入資料品質及其時空分布特性，參數檢定作業採以平均概念為之，即以現況 30 年大安溪，烏溪及大甲溪河川平均水位給定為邊界條件，同樣入滲及抽水量值亦採 30 年平均值給定之；以此條件進行參數檢定。檢定參數是否符合計畫需求，茲以記錄年限超過兩年之地下水位觀測井所紀錄之最大月平均水位、平均水位及最小月平均水位之水位變動範圍，作為本計畫率定收斂與否判斷之參考值。由地下水位觀測值與以穩態水流計算水位值之計算值之比較，由圖表可知在諸多條件不充足的情況下，本計畫已能約略掌握地下水位變化的趨勢，以構建評估分析所需之環境背景條件。

3、地下水影響分析結果

大甲溪不同河床底泥層之滲透係數對地下水環境之影響範圍約以外埔鄉及清水鎮為最大，計畫實施後與現況比較地下水水位下降最大值變動範圍約在 0.24~2.13 公尺間，計畫無實施與現況比較地下水水位下降最大值變動範圍約在 0.04~0.27 公尺間，計畫實施後與計畫無實施比較地下水水位下降最大值變動範圍

約在 0.20~1.86 公尺間；基本上，滲透係數值越大所造成之水位差異值也愈大。此外，大安溪沿岸部分地區，因兩流域水源聯合運用操作造成河川水位抬升，地下水入滲量增加，造成地下水水位上升，計畫無實施後與現況比較，地下水水位增加較明顯之鄉鎮為后里鄉及外埔鄉，上升最大值變動範圍為 0.1 公尺至 0.2 公尺間。

六、地層下陷評估

為瞭解大安大甲溪水源聯合運用計畫因增加大甲溪取水量導致河川水位降低，入滲量減少，造成局部地區地下水水位下降，會否對沿岸地區產生地層下陷問題，本計畫茲依據地下水文環境影響分析所獲致之地下水水位資料，應用地層下陷模式分析聯合運用計畫實施前後與現況地層下陷量之差異性。

1、地層下陷模式輸入條件

(1)土體計算分層

本計畫另依據現地之水文地質鑽探資料，計算各地區鑽探點位各含水層之砂土層(礫石層假設其地層下陷量微小不列計分析)與阻水層中之黏土層厚度列如表 1，另將各鑽探點之土層分層厚度以徐昇氏多邊形法求取個計算格網位置模式計算所需之土層分層厚度資料。

表 1 各計算分層厚度設定值

區域	X(m)	Y(m)	含水層 1(m)	阻水層 1(m)	含水層 2(m)	阻水層 2(m)	含水層 3(m)
沿海地區	204759	2689903	39	9	68	22	62
	205810	2684730	27	31	28	8	56
	201567	2683239	25	6	75	24	59
	199114	2679471	6	41	35	51	35
	202616	2672938	20	8	24	31	68
台中盆地	214107	2686467	60	-	-	-	-
	209859	2668547	62	-	-	-	-
	212957	2668714	38	-	-	-	-
	212829	2664301	90	-	-	-	-

(2)邊界條件

為進行地下水位變化所引致地層下陷單向度壓密模式之計算，需採用地下水水位歷線資料作為模式計算所需之邊界條件。含水層壓密量採用含水層之地下水位歷線，而阻水層壓密量則分別採用相鄰上下含水層之地下水位歷線。各計算點位所需之地下水位歷線則由三維地下水模式提供。

(3)參數給定

因台中地區至民國 96 年方建置地層下陷水準觀測站網，尚未有長期地表沉陷調查資料，且亦未設置地層下陷分層監測井可供模式進行參數檢定作業。本計畫壓密量計算所需參數包括黏土層之壓密係數(C_v)、壓縮指數(C_c)與膨脹指數(C_e)，以及砂土層之壓縮係數(m_1)與再壓縮係數(m_2)；為適當給定模式參數，本計畫茲參考水利署歷年在濁水溪沖積扇彰雲地區之西港國小、新街國小、元長國小及客厝國小等地所設置之地層下陷分層監測井之實測資料，進行壓密相關參數之優選推估。而台中地區之砂礫地

質其壓縮性較濁水溪沖積扇低，本計畫係以黏土層及砂土層地陷參數之平均值及最小值代入進行分析。

表 2 地層下陷模式引用參數最大值、最小值及平均值

	黏土層			砂土層	
	壓密係數(m^2/sec)	壓縮指數	膨脹指數	壓縮指數	膨脹指數
最大值	6.5E-06	0.57	0.03	0.11	0.006
平均值	8.2E-07	0.31	0.03	0.08	0.005
最小值	1.0E-09	0.15	0.03	0.06	0.004

2、地層下陷評估結果

(1)地陷參數採用平均值

現況地下水水位變化引致之 30 年累積之地層下陷量主要發生地層下陷區域在大甲溪沿岸地區，平均每年約為 1.08 公分，此年均地層下陷量之量級與第 2.4 節 D-InSAR 分析之結果約當，亦可佐證本計畫分析模式給定參數值之適切性。而目標年大安大甲溪水源聯合運用計畫無實施之地下水水位變化引致之 30 年最大之累積下陷量約為 32.8 公分，年均地層下陷量約為 1.09 公分；大安大甲溪水源聯合運用計畫實施後地下水水位變化引致 30 年最大之累積下陷量約為 42.35 公分，年均地層下陷量為 1.41 公分。經比較計畫無實施與現況，計畫實施後與現況，以及計畫實施後及無實施之 30 年累積地層下陷量差異結果可知；計畫無實施與現況 30 年累積沉陷量最大差異量為 4.73 公分，即每年增加 0.16 公分；計畫實施後與現況 30 年累積沉陷量最大差異量為 14.76 公分，即每年增加 0.49 公分；計畫實施後與計畫無實施 30 年累積沉陷量最大差異量為 14.1 公分，即每年增加 0.47 公分；基本上，距離大甲溪愈遠，計畫實施前後之地層下陷量與現況之

差異愈小，約 1 公里外其 30 年累積下陷量之差異在 3.0 公分以下(換言之，即每年影響之差異量在 0.1 公分以下)。

(2)地陷參數採用最小值

現況地下水水位變化引致之 30 年累積之地層下陷量主要發生地層下陷區域在大甲溪沿岸地區，平均每年約為 0.68 公分。而目標年大安大甲溪水源聯合運用計畫無實施之地下水水位變化引致之 30 年最大之累積下陷量約為 20.69 公分，年均地層下陷量約為 0.69 公分；大安大甲溪水源聯合運用計畫實施後地下水水位變化引致 30 年最大之累積下陷量約為 26.47 公分，年均地層下陷量為 0.88 公分。經比較計畫無實施與現況，計畫實施後與現況，以及計畫實施後及無實施之 30 年累積地層下陷量差異結果可知；計畫無實施與現況 30 年累積沉陷量最大差異量為 3.38 公分，即每年增加 0.11 公分；計畫實施後與現況 30 年累積沉陷量最大差異量為 9.88 公分，即每年增加 0.33 公分；計畫實施後與計畫無實施 30 年累積沉陷量最大差異量為 9.56 公分，即每年增加 0.32 公分；基本上，距離大甲溪愈遠，計畫實施前後之地層下陷量與現況之差異愈小，約 1 公里外其 30 年累積下陷量之差異在 3.0 公分以下(換言之，即每年影響之差異量在 0.1 公分以下)。

Abstract

The objective of this study is to evaluate the impacts on groundwater environment caused by the Daan river and Dajia river water resource united development project. The project will take about 1.14 billion cubic meters surface water from Dajia river every year more than now. This will lower down the downstream water levels and affects the infiltration volume into ground water. In order to evaluate how large impact will be, this study has three major tasks. The first is to evaluate how many volume of water will deduct from the ground water infiltration. The second is to evaluate the variation of ground water level due to the change of infiltration volumes. The last is to evaluate the land subsidence induced by groundwater level inclined. The impacts evaluation will focus on the two regions, the one is the downstream coastal area of Dajia river, the other is Tai-Chung basin.

There are four numerical models HEC-RAS, USINF-1D, MODFLOW, LSUB-1, used to simulate the river flow, surface water infiltration, groundwater flow and land subsidence phenomenon respectively and give the quantitative results for evaluation.

Based on the geological characteristics of river bed materials, We give three kinds of permeability to calculate the volume change of river flow infiltration. In the cases of $K=1.0\times 10^{-5}\text{m/sec}$, $5.0\times 10^{-6}\text{m/sec}$, $1.0\times 10^{-6}\text{m/sec}$, the volumes of river water infiltration reduced are $16.61\times 10^6\text{m}^3$, $8.31\times 10^6\text{m}^3$, and $1.66\times 10^6\text{m}^3$ per year respectively between the time of the project finished and now.

Following above infiltration conditions of the three cases, the groundwater levels will decline maximally 2.13 m, 1.13 m, and 0.24 m in Cingshuei Township located at the coastal area of Dajia river after the project operation 30 years. In Taichung basin, the ground water levels decline in the range of 0.05 m to 0.22 m.

Land subsidence phenomenon happens in downstream coastal area of Dajia river only. In case ($K=5.0\times 10^{-6}\text{m/sec}$), Using the mean value of model parameters calibrated by the field data of Chou-Shui Alluvial Fan, we get that the maximum annual land subsidence rate is 1.41 cm in

Cingshuei Township after the project operation 30 years. This means the annual land subsidence rate will increase 0.33 cm more than now. If using the smallest value of model parameters, we get that the maximum annual land subsidence rate is 0.88 cm in Cingshuei Township after the project operation 30 years. This means the annual land subsidence rate will increase 0.20 cm more than now.

結論與建議

一、結論

(一)石岡壩年放水量基準年(90 年)現況為 12.66 億立方公尺，目標年(110 年)計畫無實施情況為 12.5 億立方公尺，目標年計畫實施後情況為 11.52 億立方公尺；大甲溪下游河段年剩餘水量基準年現況為 10.26 億立方公尺，目標年計畫無實施情況為 10.11 億立方公尺，目標年計畫實施後情況為 9.14 億立方公尺。豐水期(5 月至 10 月)目標年計畫實施後情況石岡壩放流量為 8.89 億立方公尺，較計畫無實施情況減少 0.55 億立方公尺，減少幅度為 6.19%；枯水期(11 月至翌年 4 月)目標年計畫實施後情況石岡壩放流量為 3.62 億立方公尺，較計畫無實施情況減少 0.44 億立方公尺，減少幅度為 12.15%。

(二)以河床底泥層入滲率為 $5 \times 10^{-6} \text{m/sec}$ 分析河川入滲量，基準年現況年平均入滲量為 104.42 百萬立方公尺。目標年計畫無實施情況之年平均入滲量較基準年現況減少 1.10 百萬立方公尺；目標年計畫實施後情況之年平均入滲量較基準年現況減少 8.31 百萬立方公尺；而目標年計畫實施後情況之年平均入滲量較計畫無實施情況減少 7.21 百萬立方公尺。

(三)經模擬分析大甲溪河床底泥層入滲率為 $5 \times 10^{-6} \text{m/sec}$ 河川入滲量變化對地下水環境之影響結果顯示：

1.計畫無實施與現況累計 30 年之地下水位差異：大甲溪下游沿海清水鎮鎮內地下水下降幅度最大處為 0.15 公尺，平均下降 0.09 公尺。其次為大甲鎮鎮內地下水下降幅度最大處為 0.13 公尺，平均下降 0.09 公尺；位於台中盆地之台中市，地下水水位幾乎無差異。

2.計畫實施後與現況累計 30 年之地下水位差異：大甲溪下游沿海清水鎮鎮內地下水下降幅度最大處為 1.13 公尺，平均下降 0.44 公尺，其次為大甲鎮鎮內地下水下降幅度最大處為 0.96 公尺，平均下降 0.39 公尺；位於台中盆地之台中市，北屯區地下水水位下降幅度最大處為 0.12 公尺，區內地下水位平均下降 0.09 公尺，其次為西屯區地下水水位下降幅度最大處為 0.11 公尺，區內地下水位平均下降 0.07 公尺。

3.計畫實施後與計畫無實施累計 30 年之地下水位差異：大甲溪下游沿海鄉鎮以清水鎮鎮內地下水位下降幅度最大處為 0.98 公尺，鎮內地下水位平均下降 0.39 公尺，其次為大甲鎮鎮內地下水下降幅度最大處為 0.83 公尺，地下水位平均下降 0.33 公尺；位於台中盆地之台中市，北屯區地下水水位下降幅度最大處為 0.09 公尺，區內地下水位平均下降 0.07 公尺，其次為西屯區地下水水位下降幅度最大處為 0.09 公尺，區內地下水位平均下降 0.06 公尺。

(四)因台中地區至民國 96 年方建置地層下陷水準觀測站網，尚未有長期地表沉陷調查資料，且亦未設置地層下陷分層監測井可供模式進行參數檢定作業。本計畫為適當給定黏土層及砂土層之相關地層下陷模式壓縮參數，則參考濁水溪沖積扇各土層相關參數優選與率定之結果，並考量台中盆地土層壓縮性較濁水溪沖積扇低之地質特性，茲採用各計算參數之最低值作為本計畫模式分析所需之參數值代入進行分析，依分析結果顯示：

1.目標年計畫無實施情況與基準年現況 30 年累積沉陷量最大差異量為 3.38 公分(位於清水鎮)，即年下陷速率增加 0.11 公分。

- 2.目標年計畫實施後與基準年現況 30 年累積沉陷量最大差異量為 9.88 公分(位於清水鎮)，即年下陷速率增加 0.33 公分；年地層下陷速率增加主要集中在大甲溪中下游河岸附近區域，其增加幅度亦為離大甲溪岸愈遠其增量愈小，距大甲溪河岸一公里外其年下陷量之差異均在 0.1 公分以下。
- 3.目標年計畫實施後與計畫無實施情況 30 年累積沉陷量最大差異量為 9.56 公分(位於清水鎮)，即年下陷速率增加 0.32 公分。
- 4.茲分析整理開發計畫有無實施豐水年、枯水年及平水年之年地層下陷量增量分別為 0.65 公分、0.61 公分與 0.17 公分。據此可知於豐水年時計畫有無實施對地層下陷影響較大。

(五)經分析整理計畫有無實施河川入滲量($k=5\times 10^{-6}\text{m/sec}$)減少 7.21 百萬立方公尺。由地層下陷分析結果可知，30 年累積沉陷量最大差異值為 9.56 公分(位於清水鎮)，換言之因入滲量減少肇致年下陷速率增加 0.32 公分。由於水利署對於年下陷速率達 3 公分以上地區稱持續下陷區，年下陷速率達 10 公分以上地區稱嚴重地層下陷地區，以此分類觀之，計畫實施後與計畫無實施相較，台中盆地地區及下游清水、大甲地區等沿海平原地區之年地層下陷差異量屬輕微。

二、建議

- (一)建議加強大甲溪河岸地下水水位之觀測，以掌握長期地下水水位變化之趨勢，據以評估計畫實施後對地下水環境之影響，另建議於台地上及台地周界增設地下水觀測站以掌握地下水邊界條件變化。

- (二)建議進行大甲溪沿岸河床地質調查，以瞭解大甲溪滲漏分析參數條件給定之影響。
- (三)建議大甲溪沿岸之大甲鎮、大安鄉及清水鎮設置地層下陷分層觀測井，以瞭解地層壓縮特性及計畫實施後對地層下陷影響程度。
- (四)建議增加地面水源使用以減少沿海鄉鎮抽用地下水，以減緩計畫開發後對地下水環境之影響。

第一章 前言

1.1 計畫緣起

為提昇大安溪及大甲溪水源之調度彈性及運用效率，並建構一套安全可靠供水系統，以穩定供應目標年(民國 110 年)大台中地區用水，經檢討台中地區未來供水挑戰包括：自來水設施不足、備援能力不足，及長期水源與自來水漏水嚴重等問題，經整體考量上述問題，經濟部水利署中區水資源局(以下簡稱中水局)爰於民國 95 年研提「大台中地區公共用水穩定水源及供水方案」報經濟部水資源審議委員會同意，供水方案包括：鯉魚潭發電取水口設置備援出水工、大安大甲溪水源聯合運用輸水工程、后里淨水場與送水管工程，以及降低自來水漏水率管線更新工程等 4 項工作，透過上述優先節流及聯合運用供水系統建置，以穩定台中地區用水。其中，「大安大甲溪水源聯合運用輸水工程」(以下簡稱大安大甲計畫)即為上述供水方案工作之一。

依據中水局 96 年度大安大甲計畫工程可行性規劃成果，主要工作包括大甲溪輸水路及鯉魚潭水庫第二原水管工程，即於不興建大型水庫原則下，透過上述二輸水工程，將大安溪及大甲溪水源串接，並配合下游台灣自來水公司興辦后里淨水場與送水管，二流域水源可達真正聯合運用，並可於平時充分利用大甲溪川流水，將大安溪水源儘可能儲存於大安溪鯉魚潭水庫，於枯水期或大甲溪高濁度期間再增加鯉魚潭水庫水源出水支援補充，每日可增加台中地區 28 萬噸供水能力，並提昇水源調度及備援能力，可大幅穩定目標年大台中地區用水。

中水局於民國 95 年起辦理大安大甲計畫工程規劃工作，並於民國 96 年 12 月 28 日依程序提報「大安大甲溪水源聯合運用輸水工程

計畫」環境影響說明書至行政院環保署審查，經民國 97 年 2 月 13 日專案小組初審會議審查結果，其中有關對下游地下水影響審查意見，包括地下水影響應量化評估、至少應以二維模擬不同情境下地面水／地下水相互影響程度、地下水影響區（清水、大甲、大安、苑裡沖積扇區）應確實評估，以及水位是否下降導致地層下陷等審查意見，因其工作包括：資料蒐集、地下水模式建置，及地下水補注影響與地層下陷潛勢分析等工作，已屬一專案工作，該工作項目並未含於中水局已委託之工程規劃及環境影響說明之契約工作項目內，為釐清上述影響並使工程計畫推動順利，爰公開招標委託辦理「大安大甲溪水源聯合運用輸水工程規劃-大甲溪下游地下水影響評估」（以下簡稱本計畫）。

1.2 委辦工作項目及內容

依據本計畫委辦合約之規定，委辦工作項目及內容為

1、地下水模式建置

本項地下水模式應至少建置二維(含)以上，並能探討大安大甲計畫營運後對台中盆地及大甲溪下游之大甲與清水等沖積扇平原地區之地下水補注影響。本項工作包括模式建置所需水文、地文等資料蒐集或現場調查等相關工作。

2、下游地下水影響評估

本項工作將依前項地下水模式建置結果，評估分析大安大甲計畫營運後，對下游(含台中盆地及下游大甲與清水等沖積扇平原地區)之地下水影響。

3、下游地下水位是否下降導致地層下陷評估

本項工作主要評估大安大甲計畫營運後，對下游(含台中盆地及下游大甲與清水等沖積扇平原地區)地下水位是否下降導致地層下陷評估。

本報告茲分計畫緣起與委辦工作項目、基本資料之蒐集整理分析、分析模式之建置、河川入滲量評估、下游地下水影響評估、地層下陷評估，以及結論與建議諸章臚列說明辦理成果如后。

第二章 基本資料之蒐集整理分析

為穩定供應大台中地區目標年(民國 110 年)及中部科學工業園區第一、二、三期用水，增加區域水資源調配之靈活度，中水局爰提「大台中地區公共用水穩定水源及供水方案」，其中主要計畫內容即為大安大甲溪水源聯合運用輸水工程(包括大甲溪輸水路及鯉魚潭第二原水管工程)。本項工程完成後可聯通大安溪及大甲溪水源，於豐水期充份利用大甲溪川流水源並儘可能將大安溪水源蓄存於鯉魚潭水庫，於枯水期再由庫水供應，以達真正聯合運用，發揮二流域水資源特性互補之功效。大安大甲溪水源聯合運用輸水工程整體佈置如圖 2.0-1 所示。為評估分析大安大甲計畫對大甲溪地下水環境之影響，本計畫蒐集整理分析相關資料包括大安大甲溪水源聯合運用供水潛能，大安溪、大甲溪水文環境、台中盆地與海岸平原區之水文地質，以及台中地區地層下陷狀況等，以掌握環境背景狀況，進行客觀評析。茲臚列說明各項基本資料如后。

2.1 大安大甲溪水源聯合運用

一、水資源系統

目前台中地區水源來自大甲溪及大安溪，係分別由豐原淨水場及鯉魚潭淨水場二套系統聯合供水，因設施能力不足，又受限於用地問題，無法就地改善，影響大台中地區供水穩定甚鉅。而配合「大台中地區公共用水穩定水源及供水方案」之推動，將興建台中地區第三套供水系統，即配合中科三期，於后里地區增設淨水場，以增加自來水之處理能力及處理量，俾充分利用大甲溪剩餘川流水。另，其上游原水引水工程(自大甲溪至后里淨水場)及下游清水送水工程(自后里淨水場至豐原自來水幹管)亦需一併

興辦，以完成整體供水系統，如圖 2.1-1 所示。此系統完成後除可增加台中地區出水量外，在大甲溪濁度升高豐原淨水場無法處理時、或鯉魚潭水庫因故無法出水或減量供水時、亦可藉此系統出水替代，對大台中地區穩定供水助益甚大。

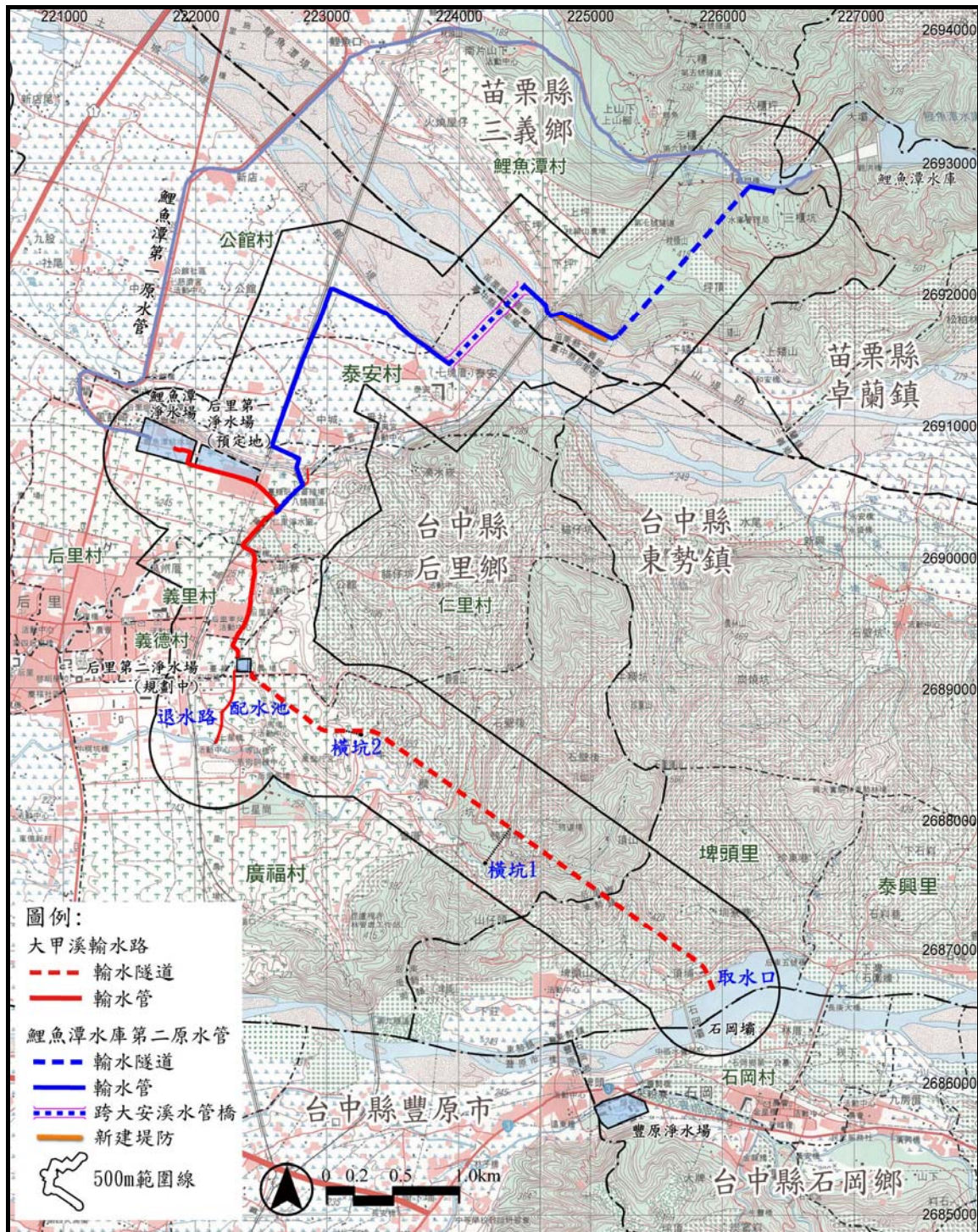


圖 2.0-1 大安大甲溪水源聯合運用輸水工程佈置

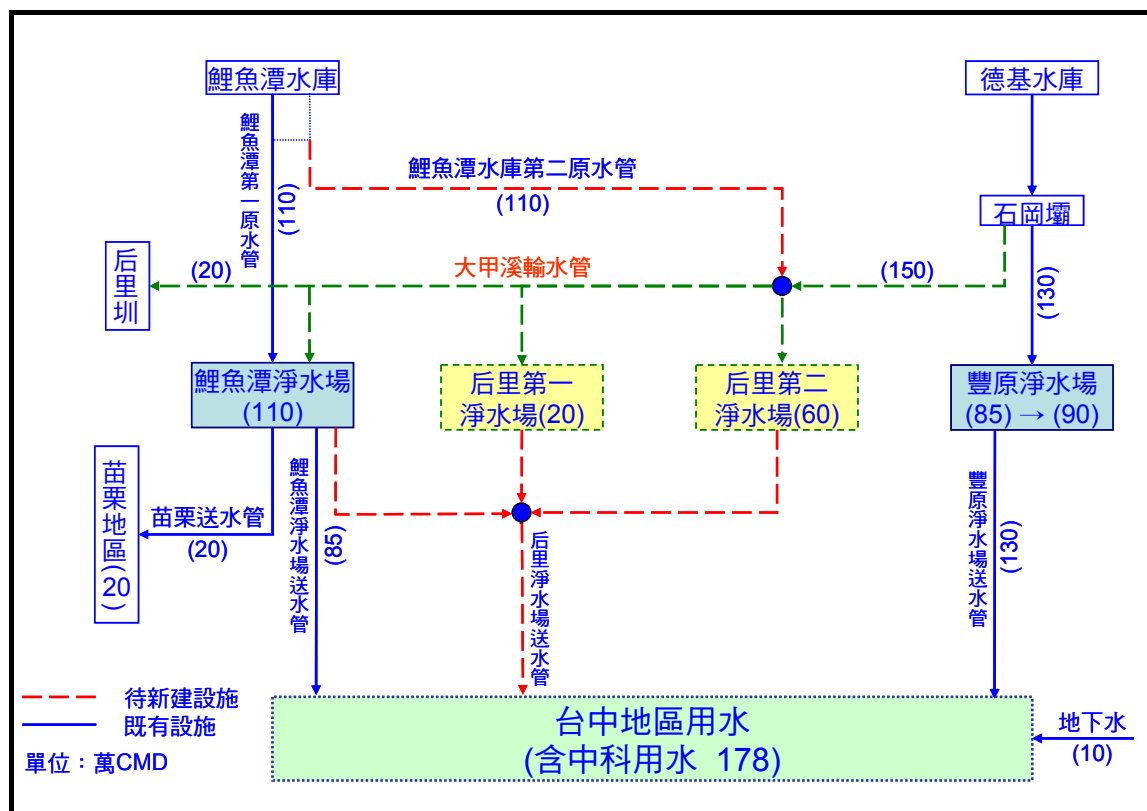


圖 2.1-1 台中地區供水系統圖

二、水源聯合運用原則

由於大安溪及大甲溪之水文條件在時空上分佈不均，即豐水期及枯水期之河川流量相差懸殊，而河川剩餘流量亦多分佈於大甲溪流域，故為因應本地區之特殊水文環境，提高大安溪及大甲溪水源聯合運用效率，目前所研訂水源聯合運用原則如表 2.1-1 所示，並說明如下：

表 2.1-1 大安大甲溪水源聯合運用原則

淨水場 大甲溪 濁度(NTU)	各淨水場別之引水順序		
	鯉魚潭淨水場	后里(第一、二)淨水場	豐原淨水場
≤3,000	大甲溪優先 大安溪次之	大甲溪優先 大安溪次之	大甲溪
>3,000	大安溪	大安溪	大甲溪、食水料溪

1、大甲溪石岡壩原水濁度低於 3,000NTU 時，於確保下游用水權益及生態放流量後，大台中地區公共用水優先由石岡壩取

水輸水至豐原淨水場、后里淨水場及鯉魚潭淨水場處理供應，如公共用水仍有不足時，則再由鯉魚潭水庫或區域地下水水源處理供應；另，石岡壩如仍有剩餘水量，則由右岸新建取水口取水經大甲溪輸水路供應大安溪后里圳，替換農業用水蓄存於鯉魚潭水庫。

2、大甲溪石岡壩原水濁度大於 3,000NTU 時，大台中地區公共用水需求由鯉魚潭水庫滿載供應鯉魚潭淨水場及后里淨水場處理出水，如公共用水供水仍有不足，則再由區域地下水源或石岡壩與食水崙溪水源混合稀釋供應豐原淨水場處理供水補足。

3、枯水期如大安溪灌區灌溉水源吃緊，台中水利會可與中水局協商在既有用水權益下調度，利用大甲溪輸水路調度大甲溪灌區灌溉節餘水量因應。

三、供水潛能

「大安大甲溪水源聯合運用輸水工程可行性規劃總報告」之水源聯合運用分析係分別以基準年(民國 90 年，簡稱現況)之需水量(計畫供水量為 165 萬 CMD)及目標年(民國 110 年)之需水量(計畫供水量為 193 萬 CMD)在未實施大安大甲溪流域水源聯合運用計畫(簡稱計畫無實施)與實施大安大甲溪流域水源聯合運用計畫(簡稱計畫實施後)之情況，配合民國 64 年至民國 93 年河川水文條件進行供水潛能分析，其成果概述如后；

1、基準年現況之供水潛能

基準年現況之供水潛能如表 2.1-2 所示，計畫供水量為 165 萬 CMD，實際平均供水量為 149.7 萬 CMD，缺水率約 10%之供水能力為 166 萬 CMD。

2、目標年計畫無實施情況之供水潛能

目標年大安溪及大甲溪聯合運用輸水工程興建計畫無實施情況之水源運用成果如表 2.1-2 所示，由表中可知實際供水量為 166.94 萬噸 CMD，平均日缺水率約 10% 之供水能力為 182 萬 CMD。

3、目標年計畫實施後情況之供水潛能

目標年大安溪及大甲溪聯合運用輸水工程興建計畫實施後情況之水源聯合運用成果如表 2.1-2 所示，大安溪及大甲溪聯合運用輸水工程完成後可充分發揮利用大甲溪水源效益，由表中可知台中地區，實際供水量為 175.91 萬噸 CMD，缺水率 10% 之供水能力為 197 萬 CMD。大安溪及大甲溪聯合運用輸水管調度引水平均每年引水量約 1.12 億立方公尺，平均每年使用 338 天，使用率約 92.57%，使用日數之平均流量為 3.55cms。

4、河川流量差異

依據分析成果比較可知，因基準年及目標年需水量之差異，致使石岡壩每年放水量由基準年現況 12.66 億立方公尺減少為目標年計畫無實施情況之 12.50 億立方公尺，減少量為 0.15 億立方公尺，下游剩餘流量則由每年 10.26 億立方公尺減少為 10.11 億立方公尺，減少量為 0.15 億立方公尺。在目標年聯合運用計畫實施後情況，因大安溪及大甲溪兩流域水源聯合操作，石岡壩每年放水量變為 11.52 億立方公尺，下游剩餘水量每年則為 9.13 億立方公尺，亦即目標年計畫實施後情況，石岡壩放水量較計畫無實施情況減少 0.99 億立方公尺，下游剩餘水量則較計畫無實施情況減少 0.98 億立方公尺。另，大安溪流域剩餘水量基準年現況為 4.85 億立方公尺/年，目標年計畫無實施情況減少為 4.37 億立方公尺/年，而目標年計畫實施後情況則增為 5.01 億立方公尺/年。

表 2.1-2 目標年水源聯合運用輸水工程計畫實施後情況、計畫無實施情況及基準年現況供水潛能之分析成果

分析項目		分析方案	現況	計畫無實施	計畫實施後
大甲溪流域	德基水庫平均入流量(億立方公尺/年)		10.16	10.16	10.16
	德基水庫平均放水量(億立方公尺/年)		10.14	10.14	10.14
	德基水庫平均蓄水量(億立方公尺/日)		1.17	1.16	1.13
	德基至石岡平均未控制流量(億立方公尺/年)		9.98	9.98	9.98
	石岡壩平均入流量(億立方公尺/年)		19.03	19.03	19.03
	石岡壩平均放水量(億立方公尺/年)		12.66	12.50	11.52
	石岡壩平均蓄水量(萬立方公尺/日)		48.02	46.22	43.09
	大甲溪流域農業平均總需求量(億立方公尺/年)		6.97	6.97	6.97
	大甲溪流域農業平均總供給量(億立方公尺/年)		6.88	6.87	6.84
	大甲溪流域剩餘流量(億立方公尺/年)		10.26	10.11	9.14
	豐原淨水場平均出水量(萬 CMD)		76.69	85.06	79.45
	士林堰平均入流量(億立方公尺/年)		10.02	10.02	10.02
大安溪流域	士林堰平均放水量(億立方公尺/年)		6.63	6.25	6.27
	士林堰平均蓄水量(萬立方公尺/日)		16.07	13.71	19.09
	景山溪平均流量(億立方公尺/年)		1.36	1.26	1.33
	士林堰輸送至鯉魚潭水庫平均水量(億立方公尺/年)		3.27	3.65	3.64
	鯉魚潭水庫平均入流量(億立方公尺/年)		4.18	4.56	4.55
	鯉魚潭水庫平均放水量(億立方公尺/年)		1.36	1.26	1.33
	鯉魚潭水庫平均蓄水量(億立方公尺/日)		0.70	0.57	0.75
	大安溪流域農業平均總需求量(億立方公尺/年)		4.29	4.29	4.29
	大安溪流域農業平均總供給量(億立方公尺/年)		4.25	4.24	4.26
	大安溪流域剩餘流量(億立方公尺/年)		4.85	4.37	5.01
	鯉魚潭淨水場平均出水量(萬 CMD)		72.71	85.17	84.13
	石岡壩輸送至后里圳平均水量(億立方公尺/年)		-	-	0.57
大甲溪輸水路	石岡壩輸送至后里及鯉魚潭淨水場平均水量(億立方公尺/年)		-	-	0.55
	大甲溪輸水路平均水量(億立方公尺/年)		-	-	1.12
	后里淨水場平均出水量(萬 CMD)		-	-	13.21
	大甲溪輸水路使用日數(日/年)		-	-	338.00
	大甲溪輸水路每年使用機會(%)		-	-	92.57
	大甲溪輸水路平均流量(cms)		-	-	3.55
	鯉魚潭水庫第二原水管使用日數(日/年)		-	-	23.00
	鯉魚潭水庫第二原水管每年使用機會(%)		-	-	6.28
	鯉魚潭水庫第二原水管平均流量(cms)		-	-	0.21
	計畫供水量(萬 CMD)		165.00	193.00	193.00
台中地區	實際平均供水量(萬 CMD)		149.70	166.94	175.91
	年缺水指數 SI		1.78	3.34	1.96
	缺水率(%)		9.21	13.45	8.80
	缺水率約 10%之供水能力(萬 CMD)		166.00	182.00	197.00

註：1.為與前期計畫一致，模擬水文記錄年期（64~93 年）共 30 年。

2.現況：豐原與鯉魚潭淨水場處理能力分別為 85 萬及 85 萬 CMD，淨水場下游未增建清水管路，考慮尖峰發電；計畫：豐原、鯉魚潭與后里淨水場處理能力分別為 90 萬、110 萬及 80 萬 CMD，淨水場下游增建清水管路、考慮尖峰發電。

3.計畫有無實施皆考量淨水場之處理損失 5%。

2.2 大安大甲溪水文環境

一、大安河流域

大安溪發源於苗栗、新竹縣界之大壩尖山與雪山北斜面。上源有二，北源為馬達拉溪，南源為雪山溪，兩溪匯流後始稱大安溪，流路全長 95.76 公里，流經苗栗、台中兩縣，流域面積約 758 平方公里。整個流域在地勢上東部較為高峻，向西傾斜，自卓蘭起海拔 500 公尺以下之丘陵起伏其間，蜿蜒連綿。除濱海地區，平原殊不多見。大安河流域分屬二縣之十鄉鎮，分別為苗栗縣：泰安鄉、卓蘭鎮、三義鄉、苑裡鎮；台中縣：和平鄉、東勢鎮、后里鄉、外埔鄉、大甲鎮、大安鄉。

1、水文概況

大安河流域現存水文測站如圖 2.2-1 所示，現有雨量站共有 29 站，但大部分已停測，現存雨量站僅 8 站，現存雨量站中，水利署所屬雨量站 5 站、台中水利會有 3 站。大安河流域因處中央山脈之西，東北季風盛行期間雨量甚少，西南季風期內則豐沛。一般言之，以 5 月至 9 月為最豐，而 8、9 月常因颱風而導致大雨。10 月至翌年 4 月為乾旱期，通常此乾旱期雨量僅及全年雨量之 $1/3 \sim 1/5$ 。大安溪流量站迄今已設立 17 站，目前仍持續觀測中僅 6 站，其中景山溪及天狗(2)站為民國 85 年始設立。流量站設站單位為水利署及台電公司，而以水利署所設之站數較多。其中，位於士林攔河堰之象鼻(3)站歷年平均流量為 9.18 億立方公尺，即 29.11 立方公尺/秒。從大安河流域觀測中流量站之月平均流量來看，5 月至 9 月為大安溪流域豐水期，約佔全年流量之 70%。

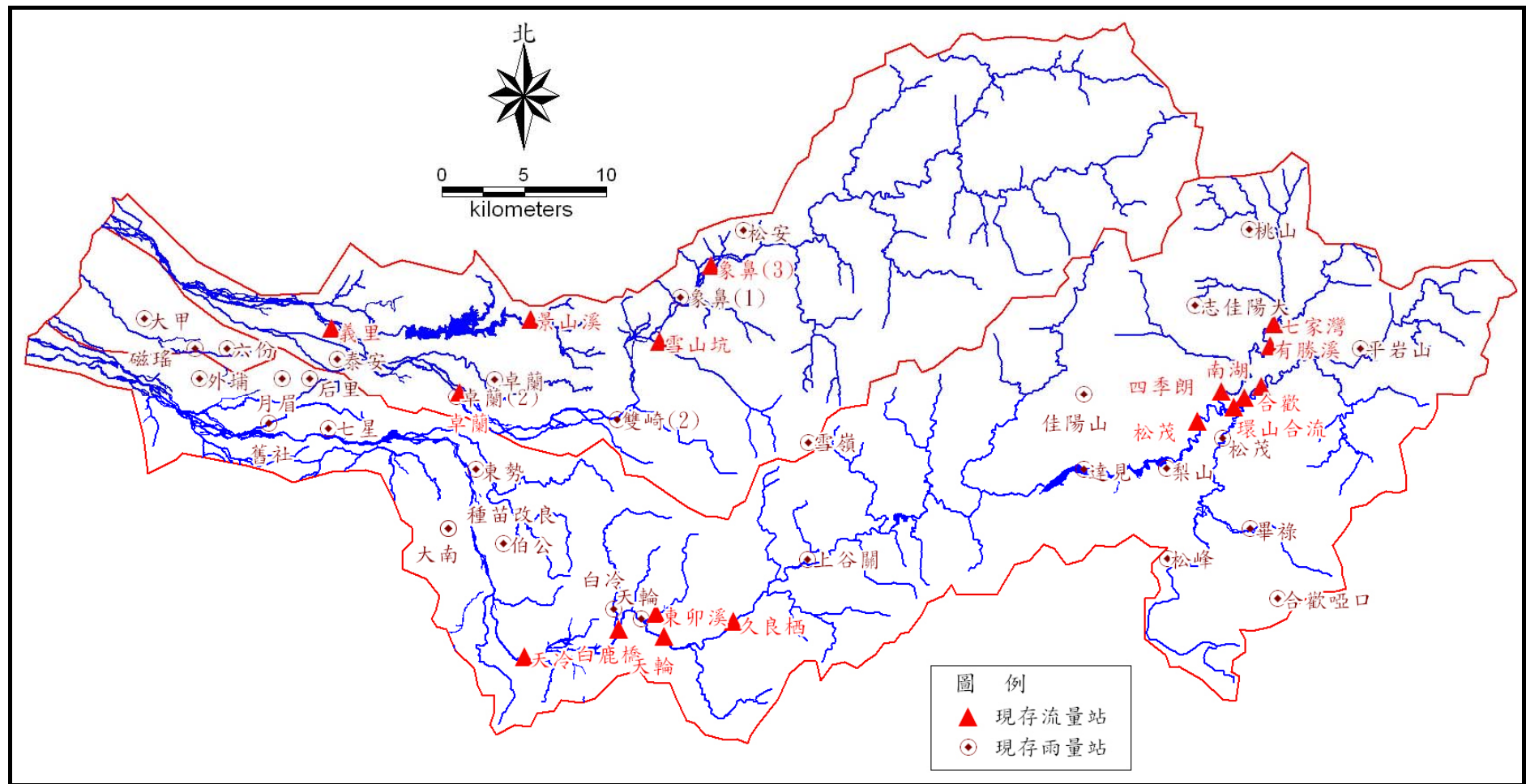


圖 2.2-1 大安大甲溪現存水文測站位置圖

2、重要水資源設施

鯉魚潭水庫位於大安溪支流景山溪中游，水庫集水區面積 53.45 平方公里，滿水位標高 300 公尺，總蓄水量 1 億 2,607 萬立方公尺，有效蓄水量 1 億 1,987 萬立方公尺。鯉魚潭水庫為離槽水庫，本身集水面積小，水源有限，所以從大安溪越域引水，越域引水之攔河堰位於苗栗縣泰安鄉士林村。攔河堰引大安溪水源，經一條長 5,525 公尺之壓力式頭水隧道及長 490 公尺之壓力鋼管至地下電廠發電。發電尾水經長 1.1 公里之重力式尾水隧道，洩放入景山溪，供鯉魚潭水庫多目標使用。攔河堰為混凝土重力壩，壩高 21 公尺，壩長 253.5 公尺，總蓄水容量 127 萬立方公尺，有效蓄水容量 116 萬立方公尺，堰址以上流域集水面積為 447.12 平方公里。

3、生態基流量

大安溪流域生態基流量則採用台電公司「士林壩保留基流量分析報告」之士林堰最小生態放流量為 2.7cms；另以景山溪之天然流量決定鯉魚潭水庫至義里橋間之生態基流量值，得鯉魚潭水庫超越機率 95%之流量值為 0.14cms。

4、水權量

大安溪之水源利用如圖 2.2-2 所示，除士林攔河堰進行越域引水發電外，亦包含農業用水及公共給水，各控制節點之下游保留量需考慮農業用水，而公共給水需水量則由鯉魚潭水庫供給。大安溪下游各灌區之農業用水保留水量採用登記水權量與計畫用水量較少者，另依「鯉魚潭水庫運用要點」之規定，水庫每日供給苑裡圳、日南圳、九張犁圳水量，依各圳計畫用水量供應，但以由士林調整池引入該三圳之權益引水量與水權量兩者之小者為限，大安溪水權登記量如表 2.2-1 所示。

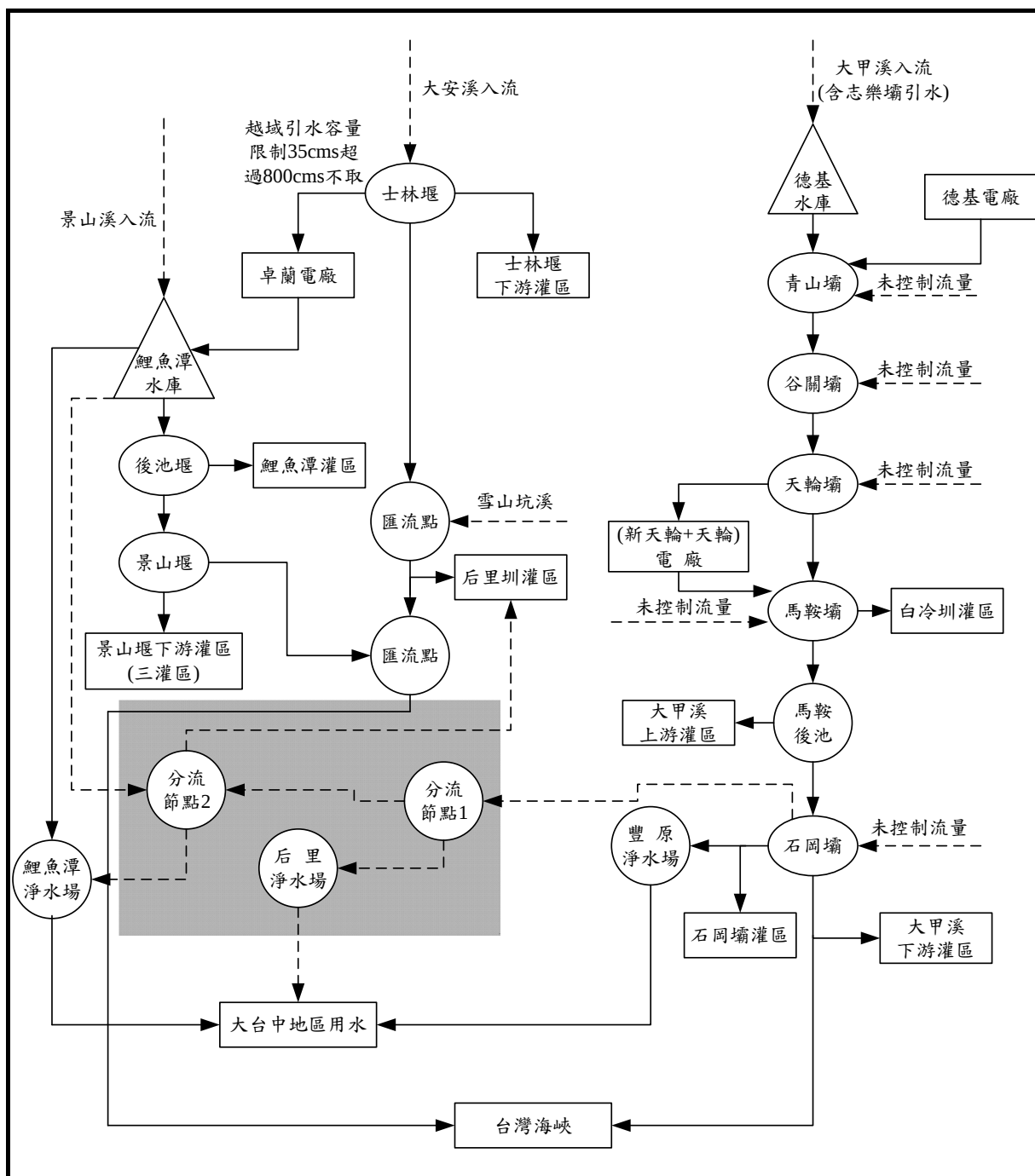


圖 2.2-2 大安大甲溪水源利用示意圖

表 2.2-1 大安溪登記水權量表

溪段	水權人	用水標的	登記水權量(cms)											
			一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
士林攔河堰 ～ 景山溪匯流點	台中水利會	農業用水(卓蘭圳)	0.025	0.519	1.557	1.816	1.747	1.717	1.254	1.944	1.883	1.891	1.173	0.173
	台中水利會	農業用水(石壁坑圳)	0.090	0.669	1.044	1.316	1.262	1.245	0.983	1.382	1.329	1.334	0.309	0.098
	台中水利會	農業用水(埔尾橫圳)	0.007	0.073	0.221	0.237	0.235	0.233	0.189	0.246	0.243	0.217	0.008	0.008
	台中水利會	農業用水(矮山圳)	0.007	0.052	0.118	0.130	0.129	0.128	0.124	0.115	0.130	0.097	0.006	0.006
	自來水公司	公共給水	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024
	台電公司	水力用水(后里發電廠)	3.305	2.543	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	2.906
	台中水利會	農業用水(后里圳)	3.772	3.009	6.004	7.605	6.779	6.456	5.250	8.170	7.182	7.294	4.744	3.340
	台中水利會	農業用水(口潭圳)	0.183	0.194	0.338	0.444	0.441	0.448	0.368	0.451	0.456	0.461	0.263	0.183
	台中水利會	農業用水(新店圳)	0.304	0.315	0.291	0.304	0.398	0.323	0.380	0.343	0.552	0.523	0.446	0.255
	小 計		7.717	7.398	13.897	16.176	15.315	14.874	12.872	16.975	16.099	16.141	11.273	6.993
鯉魚潭水庫 ～ 景山溪匯流點	中區水資源局	農業用水(鯉魚潭圳)	0.061	0.067	0.084	0.109	0.112	0.113	0.109	0.116	0.110	0.096	0.070	0.063
	中區水資源局	家用及公共給水	7.926	7.926	7.926	7.926	7.926	7.926	7.926	7.926	7.926	7.926	7.926	7.926
	中區水資源局	工業用水	0.176	0.176	0.176	0.176	0.176	0.176	0.176	0.176	0.176	0.176	0.176	0.176
	小 計		8.163	8.169	8.186	8.211	8.214	8.215	8.211	8.218	8.212	8.198	8.172	8.165
景山溪匯流點 ～ 大安溪河口	台中水利會	農業用水(苑裡圳)	1.325	1.344	2.645	3.147	3.036	3.355	3.509	3.502	4.097	3.300	2.677	1.272
	台中水利會	農業用水(日南圳)	0.831	0.890	1.123	1.534	2.273	2.540	1.680	2.739	3.021	2.635	1.600	0.803
	台中水利會	農業用水(九張犁圳)	0.477	0.508	0.995	1.147	1.308	1.169	0.824	1.360	1.321	1.208	0.816	0.371
	台中水利會	農業用水(頂店圳)	1.342	1.469	3.253	2.621	3.058	2.945	1.513	3.801	3.489	3.534	2.903	1.422
	小 計		3.975	4.211	8.016	8.449	9.675	10.009	7.526	11.402	11.928	10.677	7.996	3.868
合 計			19.855	19.778	30.099	32.836	33.204	33.098	28.609	36.595	36.239	35.016	27.441	19.026

註：苑裡圳、日南圳、九張犁圳於鯉魚潭水庫二期完工後，已納入鯉魚潭水庫農業用水水權。

二、大甲溪流域

大甲溪流域北與大安溪為鄰，東以中央山脈與立霧溪為界，南臨烏溪，全長 124.2 公里，流域面積 1,235.73 平方公里。本溪多屬山地及台地約占 90%，平地僅 10%。本溪流域分屬於三縣之十三鄉鎮，分別為宜蘭縣：大同鄉；南投縣：仁愛鄉；台中縣：和平鄉、東勢鎮、新社鄉、石岡鄉、豐原市、后里鄉、神岡鄉、外埔鄉、大甲鎮、清水鎮及大安鄉。

1、水文概況

大甲溪流域現存水文測站如圖 2.2-1 所示，現有雨量站有 26 站，其中僅八仙山站為水利署測站，歷年年計平均雨量約為 2,154.7 公厘，雨量主要集中於 4 月至 9 月份，約佔全年雨量之 76%。大甲溪流域現有流量站有 12 站，其中僅白鹿橋站為水利署測站，達見站之年平均逕流量為 95,679 萬立方公尺，志樂壩站之年平均逕流量為 17,192 萬立方公尺，石岡壩站之年平均逕流量為 187,507 萬立方公尺。

2、重要水資源設施

德基水庫於 63 年 9 月完工，大壩位於大甲溪上流的德基，集水面積 592 平方公里。壩體為一混凝土雙曲線型薄拱壩，壩頂標高 1,411 公尺，水庫滿水位 1,408 公尺，壩體高度 180 公尺，水庫總容量 234.52 百萬立方公尺，水庫廠裝置容量 234MW，設計發電水頭 143.1 公尺，設計發電流量 217.5CMS。德基水庫主要標的為發電，兼具灌溉及公共給水等功能。大甲溪之水利開發計畫係由下游往上游發展。民國 11 年時，社寮發電廠(900 瓩)完工運轉。在台灣光復後，大甲溪水力開發先後完成天輪、谷關等六所電廠、青山、德基、新天輪及馬鞍等六所電廠。石岡壩於民國 66 年 10 月完工，位於大甲溪下游，集水面積 1,061 平方公里。石岡壩主要利用上游德基、青山、

谷關、天輪系列電廠發電尾水，供應中部地區包括臺中市及臺中縣等之公共給水及灌溉用水。自來水水權優先供水量为 41.7 萬噸／日(4.83cms)，現平均供水量为 75 萬噸／日。

3、生態基流量

大甲溪流域之生態基流量參照水利規劃試驗所民國 91 年 7 月之「大甲溪攔河堰可行性規劃計畫三、水文水源專題 1、水源運用規劃」、中區水資源局 90 年 5 月之「鯉魚潭水庫運用規則檢討修訂」報告結果，將大甲溪流域區分為三個河段設定生態基流量分別為：德基水庫至八寶堰間之生態基流量為 5.5cms、八寶堰至石岡壩間之生態基流量為 6.11cms、石岡壩以下之河川基流量為 6.44cms。

4、水權量

大甲溪之水源利用如圖 2.2-2 所示，除發電用水外，亦包含農業用水及公共給水。各控制點之下游保留量需考慮農業用水，而公共給水需求量則由石岡壩與德基水庫聯合運用供給，下游各灌區之農業用水保留水量採用登記水權量與計畫用水量較少者；大甲溪水權登記量參見表 2.2-2 所示。

三、區域地下水

台中地下水區北起於大安溪南岸、南止於烏溪、東接山陵、西鄰海峽，本計畫範圍位在台中地下水區的北緣。本地下水區除大肚台地為更新世之含紅土階地堆積外，其餘均為現代之礫石、砂土及黏土層。依據經濟部水利署新庄站地下水觀測站之水文資料年報紀錄顯示，民國 93 年新庄站年平均地下水位為地表下 36.68m，地下水位最高為 9 月，平均地下水位為地表下 34.21m，最低為 2 月，水位為地表下 39.22 公尺，年高低水位差約 5m。

表 2.2-2 大甲溪登記水權量表

溪段	水權人	用水標的	登記水權量(cms)											
			一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
德基水庫 ～ 石岡壩	台中水利會	農業用水(白冷圳)	2.598	2.598	2.598	2.598	2.598	2.598	2.598	2.598	2.598	2.598	2.598	2.598
	台中水利會	農業用水(大茅埔圳)	0.126	0.173	0.216	0.197	0.197	0.168	0.120	0.239	0.197	0.192	0.135	0.123
	台中水利會	農業用水(老圳)	0.286	0.286	0.286	0.286	0.286	0.286	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240
	台中水利會	農業用水(東勢本圳)	0.770	1.081	1.490	1.462	1.462	1.236	0.875	1.705	1.314	1.110	1.015	0.759
	台中水利會	農業用水(八寶圳)	0.635	0.817	1.362	1.284	1.284	1.133	1.018	1.355	1.284	1.195	0.647	0.647
	小 計		4.415	4.955	5.952	5.827	5.827	5.421	4.851	6.137	5.633	5.335	4.635	4.367
石岡壩	中區水資源局	農業用水(葫蘆墩圳)	9.299	10.210	28.162	32.835	31.741	29.031	29.675	33.860	31.706	28.314	11.520	8.914
	中區水資源局	公共給水	4.830	4.830	4.830	4.830	4.830	4.830	4.830	4.830	4.830	4.830	4.830	4.830
	小 計		14.129	15.04	32.992	37.665	36.571	33.861	34.505	38.690	36.536	33.144	16.350	13.744
石岡壩 ～ 大甲溪 河口	台中水利會	農業用水(埤頭山圳)	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046
	台中水利會	農業用水(內埔圳)	1.171	1.999	2.972	2.478	2.478	2.490	3.132	2.634	2.478	1.170	1.147	1.147
	台中水利會	農業用水(五福圳)	1.975	2.394	4.257	5.471	5.116	5.116	10.519	9.822	8.175	7.610	6.591	6.690
	台中水利會	農業用水(虎眼一圳)	0.503	0.683	1.331	1.154	1.129	1.129	3.461	3.049	2.638	2.355	2.266	1.850
	台中水利會	農業用水(高美圳)	0.615	0.714	1.505	1.984	1.955	1.955	4.534	4.711	4.111	3.904	3.805	4.200
	台中水利會	農業用水(虎眼二圳)	0.495	0.677	1.093	0.934	0.814	0.814	3.333	2.955	2.591	2.222	1.944	1.614
	小 計		4.814	6.522	11.213	12.076	11.547	11.559	25.025	23.217	20.039	17.307	15.799	15.547
合 計			23.358	26.517	50.157	55.568	53.945	50.841	64.381	68.044	62.208	55.786	36.784	33.658

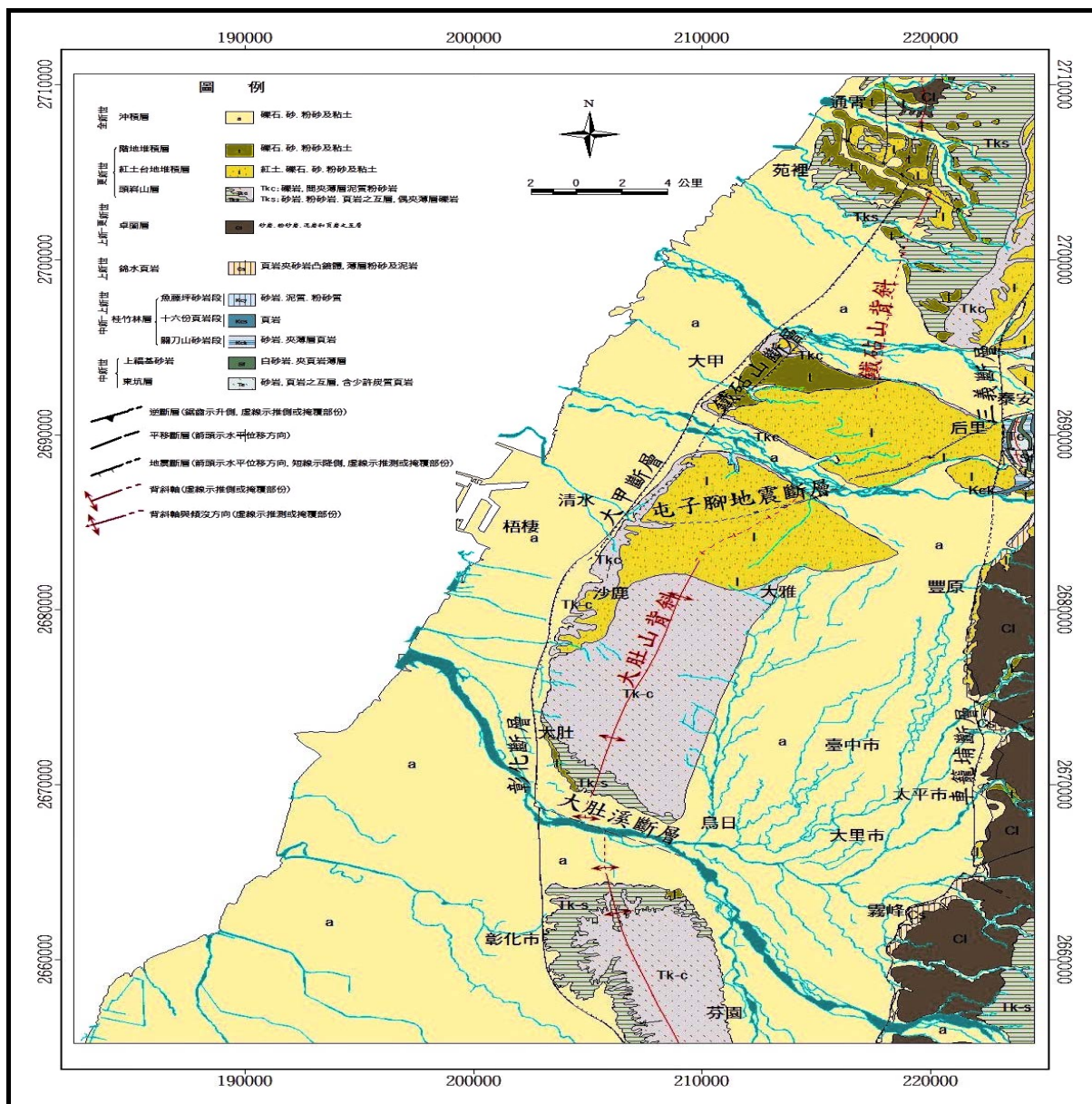
2.3 台中盆地與海岸平原區之水文地質

依據何春蓀民國 71 年台灣地區之地質分區，台中地區為西部麓山帶之外麓山帶。構成本區主要逆斷層有車籠埔斷層及彰化斷層；台中盆地為此兩斷層間之構造盆地。本區以位在車籠埔斷層以西之區域，出露地層包括有更新世之頭嵙山層、紅土台地堆積層和階地堆積層，及全新世之沖積層(如圖 2.3-1 所示)。「頭嵙山層」主要出露於盆地北面及西緣之台地區及構成台中盆地之基盤；頭嵙山層依岩性不同，可分為香山相及火炎山相。階地堆積層為不含紅土之礫石堆物，由礫石、黏土、砂、粉砂等未固結混雜組成。「沖積層」分布在現生河流之河床、台中盆地、大肚山台地西側的海岸平原。沖積層為未固結之礫石、砂、黏土等。

一、台中盆地水文地質

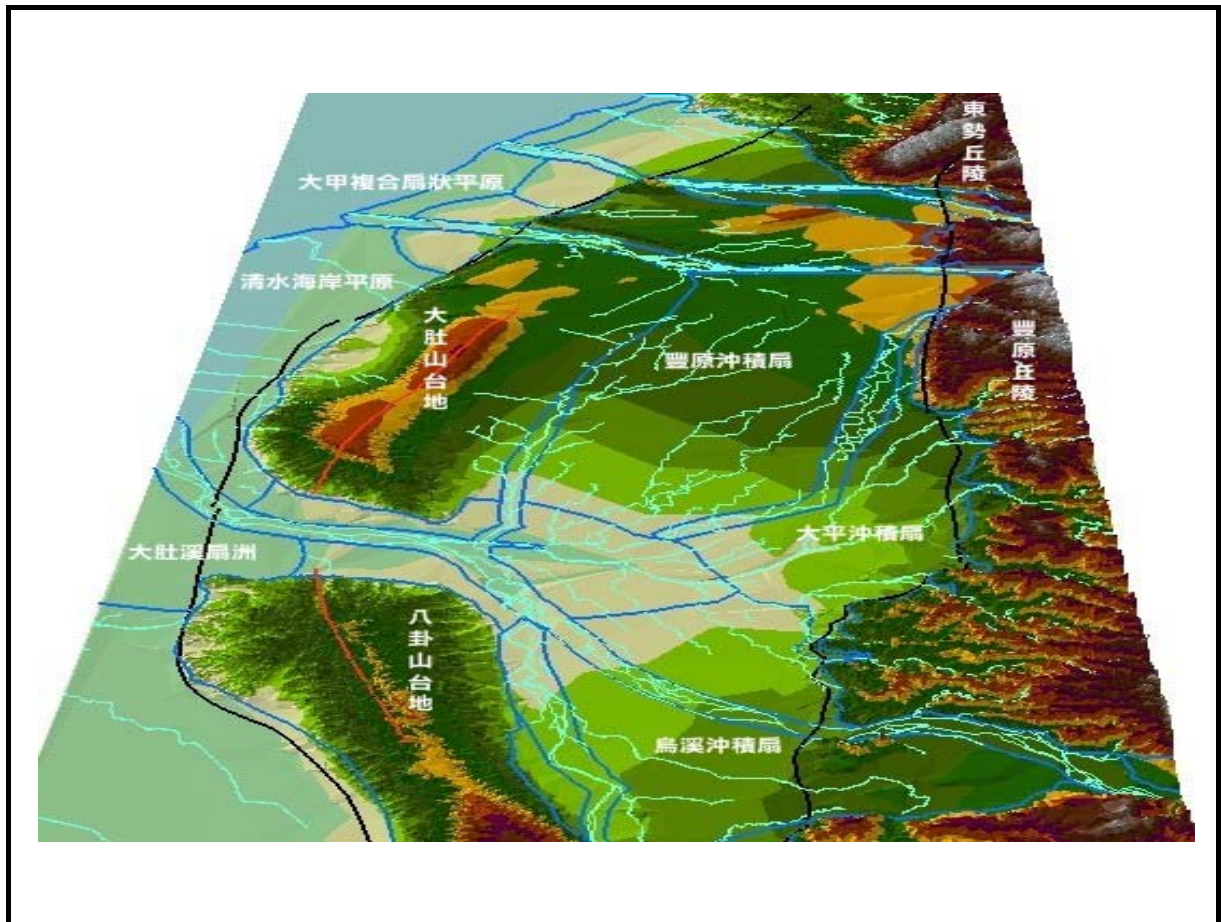
台中盆地主要由北部之大甲溪、東部麓山帶、西北之大肚台地與西南之八卦台地所圍繞(詳見圖 2.3-2)。大甲溪、大里溪、頭汴坑溪、草湖溪、烏溪、樟平溪、平林溪由北而南流經台中盆地，另外有南北流向之貓羅溪及筏子溪，台中盆地大小支流匯集流入大肚溪，大肚溪再切穿大肚山與八卦山脈流入台灣海峽。

台中盆地主要沖積扇由北而南依序為豐原沖積扇、太平聯合沖積扇及烏溪沖積扇。其中，豐原沖積扇係由大甲溪沖積物堆積而成，以粗礫石砂料為主，烏溪沖積扇則由烏溪沖積物堆積而來，堆積材料大致上為粗粒材料，但其中細顆粒材料比例較高。另外，位於台中盆地中央之太平聯合沖積扇乃由發源自豐原丘陵地之大里溪、頭汴坑溪及大里溪帶下之砂石堆積而成。而盆地南端則為濁水溪堆積區，其含較多的沉泥細料，因此，台中盆地之堆積材料由北而南自粗礫石砂料漸變成沉泥細料。



資料來源：中央地質調查研究所

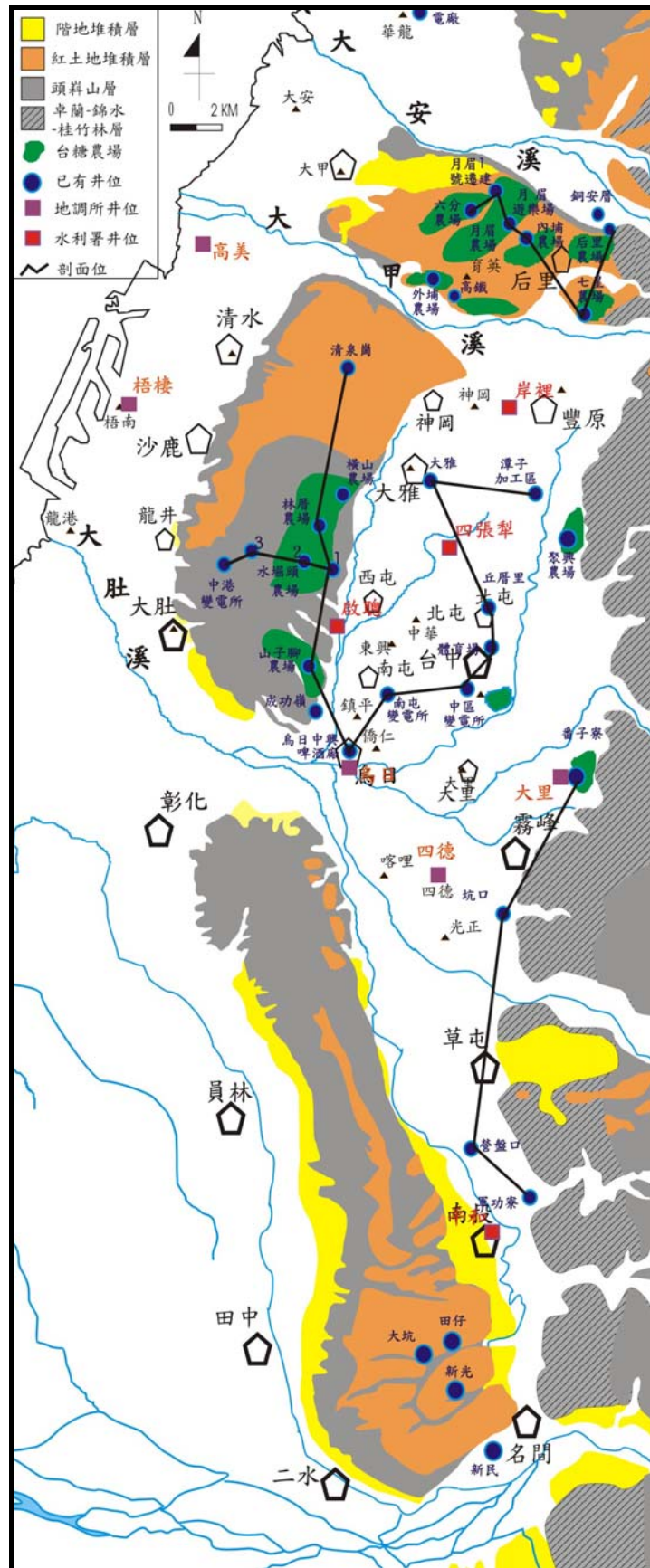
圖 2.3-1 台中地區區域地質圖



資料來源：中央地質調查研究所

圖 2.3-2 台中地區地形分區圖

參考台灣地區地下水觀測網第三期 94 年度計畫-水文地質鑽探(衝鑽)調查及水文分析計畫成果(調查區位請參見圖 2.3-3)，分述大肚台地及台中盆地水文地質狀況如后。



資料來源：水利署水利規劃試驗所(95)，台灣地區地下水水質檢測分析與評估

圖 2.3-3 水文地質鑽探調查區位圖

1、大肚台地

大肚台地計有南北向剖面5口井及東西向剖面4口井其水文地質剖面如圖 2.3-4 及圖 2.3-5，依兩剖面地層資料圖知背斜軸東翼只有一自由含水層而背斜軸附近及西翼區，有一阻水層位於深度 30-60 公尺處將地層分隔出一自由含水層及一拘限含水層。其中中港變電所因鑽探深度較深，可概分出一自由含水層，二受限含水層。相關阻水層厚度、分布、與延續仍待進一步調查。依地下水文參數資料(表 2.3-1)，單位出水量(Q/s)介於 1.42~13.1cmh/m 之間，導水係數(T)介於 0.22~1.76 m^2/min 之間。單位洩降出水量最差的為位於背斜軸西翼的水堀頭 3 號井，其淺層的自由含水層並不存在，因其地下水位深達 85m。另外在北邊紅土台地上的清泉崗水井及最南邊的成功嶺井，其單位洩降出水量亦差，只有約 3.5 cmh/m。另外背斜西翼接近清水-沙鹿-龍井東側一帶山麓地區，局部地形較緩，為水文地質條件頗佳之地區，但仍需進一步蒐集相關資料。

2、台中盆地

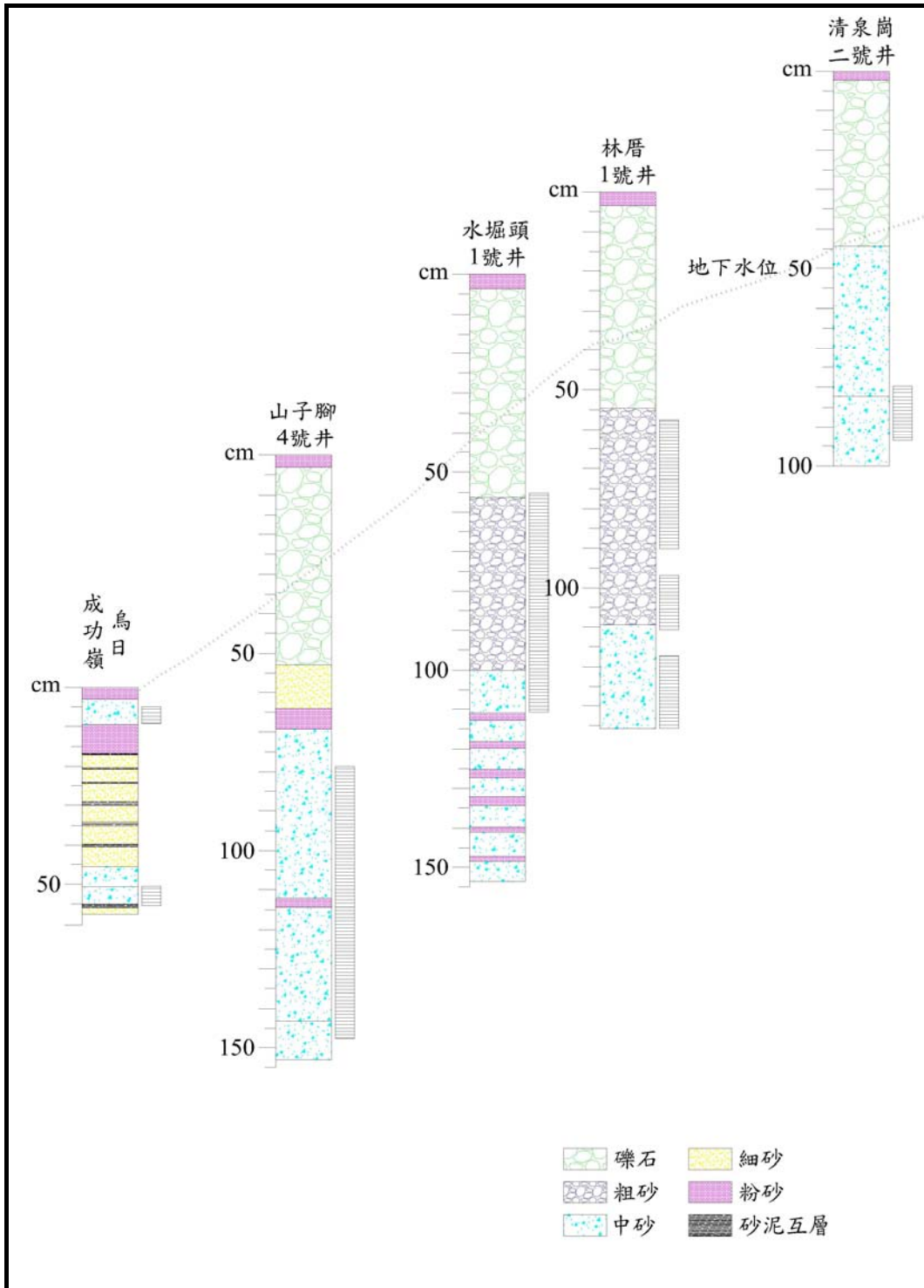
根據北剖面地層資料(共有八口井)，見圖 2.3-6，台中北盆地水文地質上只有一自由含水層，往南至烏日處才有一較厚之泥層(深度 46~58 公尺)出現成為阻水層，而產生一自由含水層及一受限含水層。此一阻水層厚度及往南之分布仍待進一步調查。根據所蒐集之地下水文參數資料，大致上台中北盆地地下水文條件相當好，單位出水量(Q/s)值皆達 14 cmh/m 以上，北屯-潭子一帶最佳，皆大於 50cmh/m，導水係數(T)只有四筆資料，分別為 1.51 及 4.61 m^2/min ，及 94 年度烏日觀一 (0.74 m^2/min)及烏日觀二(0.37 m^2/min)。剖面水井資料中番子寮及大里工業區依地形仍屬台中北盆地，其他四口屬於台中南盆地。

就水文地質言，受限含水層明顯出現於台中南盆地中，如圖 2.3-7。以南投之營盤口及軍功寮井言，其淺層以泥層偶夾礫石、中粗砂為主，故此區域未有自由含水層出現，而泥層以下出現一自由含水層；而霧峰坑口井顯示淺層有一自由含水層存在，深層則因數層泥層之出現，而形成受限含水層，由於阻水層厚度較薄(不到 10 公尺)，限制含水層之分層及分布，仍待進一步調查。因資料有限，草屯以北至烏溪沿岸一帶地層資料較為匱乏，推測應與霧峰一帶相似(同屬烏溪沖積扇)，惟霧峰坑口井因位於扇緣接近山麓地帶，故地層中夾有泥層，而草屯以北至烏溪沿岸一帶以礫石或粗砂為主，而地層是否夾泥層需進一步調查研究。根據所蒐集之地下水文參數資料，大致上台中南盆地地下水文條件亦相當不錯，單位出水量(Q/s)值皆達 12cmh/h 以上，除營盤口井為 12.25cmh/m 較低外，其餘三口單位出水量(Q/s)則相當好，介於 42~126cmh/m；導水係數(T)大里觀一為 $4.005 \text{ m}^2/\text{min}$ ，大里觀二為 $0.882 \text{ m}^2/\text{min}$ 。

二、海岸平原區水文地質

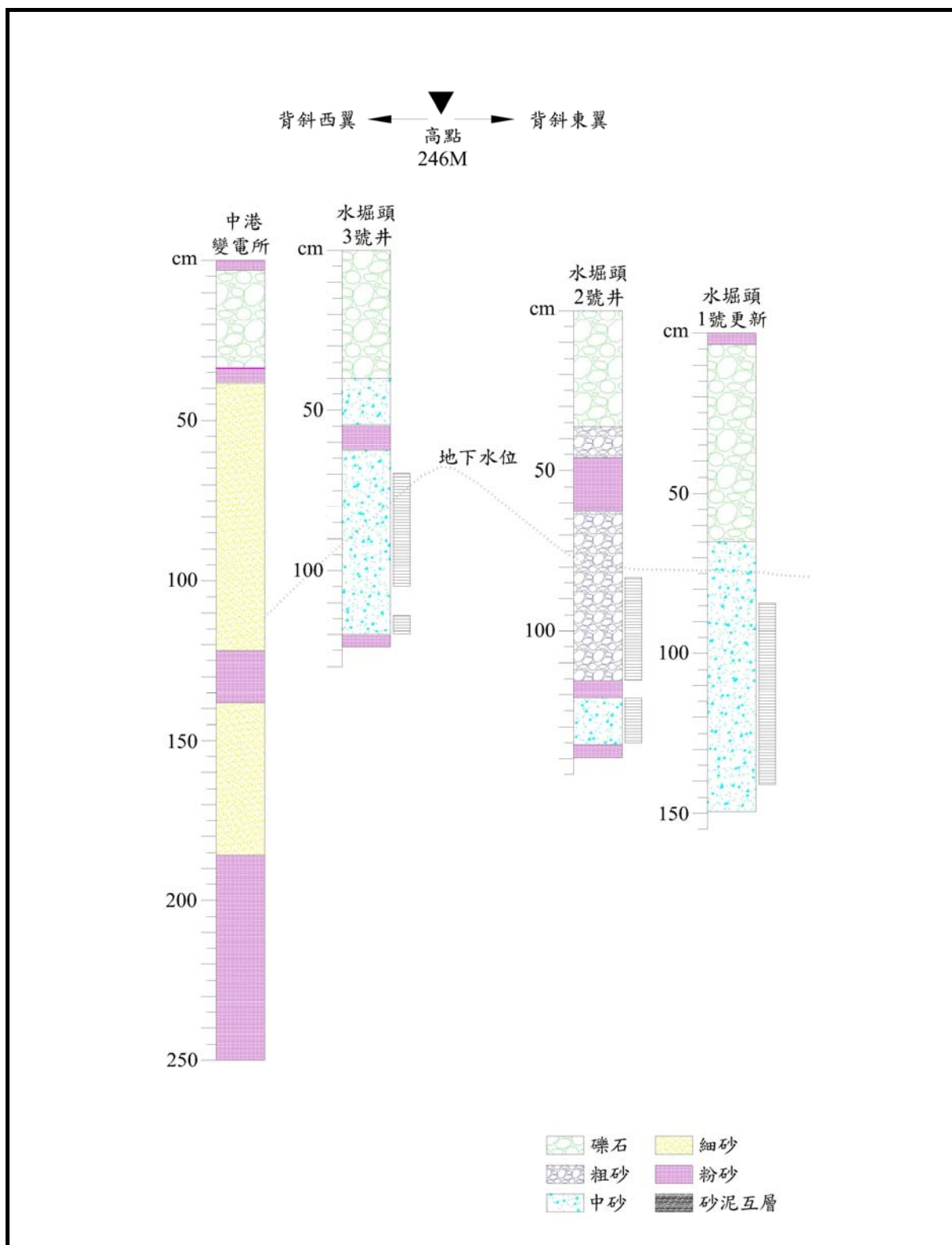
台灣中部海岸平原依據岩性組成(詳如圖 2.3-8)可概分為五層：(1)第一層為細砂層所構成，本層厚度在 7~41m；本層厚度以北側清水地區(高美、清水站)較厚，而向南向海減薄，以近台中火力發電廠之忠和站最薄僅 7m。(2)第二層主要為泥層夾礫或細砂凸鏡體所構成，厚度在 7.1~41m，厚度自大甲溪(高美站)及大肚溪(大肚站)往海邊加厚；其中以忠和站最厚達 41m。(3)第三層為礫石及粗砂所構成，厚度在 22.4~67.4m；本層在近大甲溪及大肚溪之高美及大肚站以礫石為主，而海邊之忠和(54.85m)及梧棲站(37m)則主要以粗砂層為主。(4)第四層為泥及砂層組成所構成，本層厚度在 7.35~58m，除忠和站(48m)及清水站(7.35m)有顯

著層厚分佈外，其它站皆在 25m 左右。(5)第五層為礫石層夾透鏡體粗砂層所構成(第三含水層)，本層之厚度皆超過 50m(由於部份井未鑽穿本層，無詳細層資料)；其中忠和站及梧棲站有鑽穿本層，其厚度近 60m。



資料來源：水利署水利規劃試驗所(95)，台灣地區地下水水質檢測分析與評估

圖 2.3-4 大肚台地南北向水文地質剖面圖

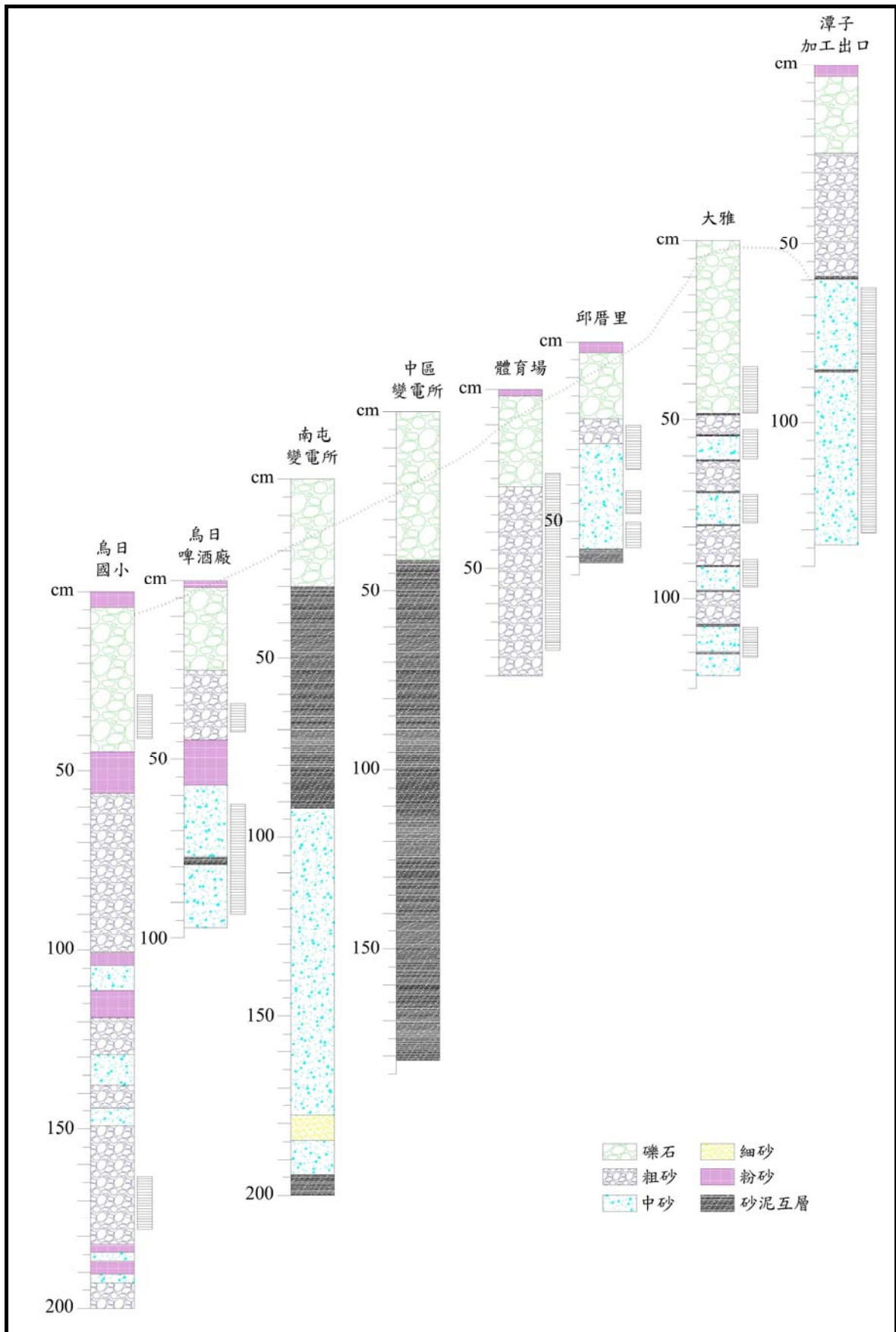


資料來源：水利署水利規劃試驗所(95)，台灣地區地下水水質檢測分析與評估

圖 2.3-5 大肚台地東西向水文地質剖面圖

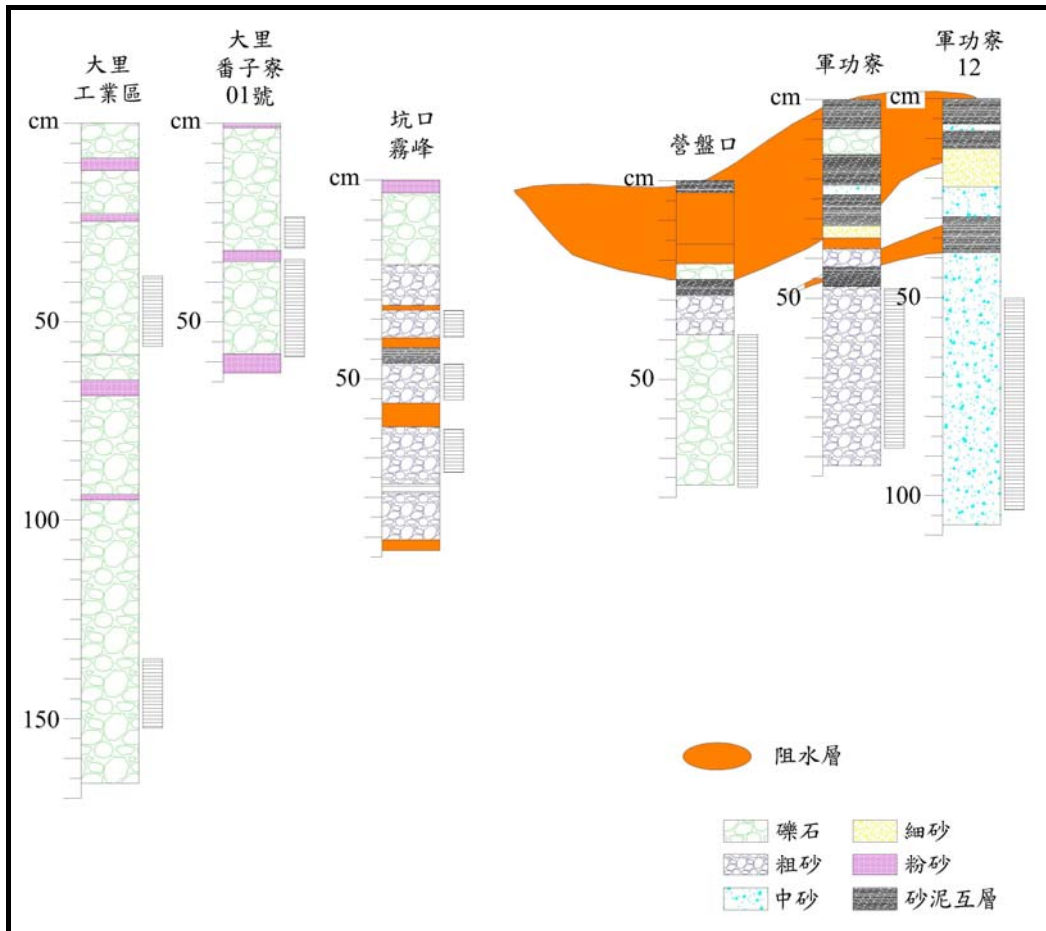
表 2.3-1 台中地區地下水文參數表

地區	井別	日期	靜水位 (公尺)	抽水水位 (公尺)	Q (cmh)	Q/s (cmh/m)	T(m ² /min)
大肚台地	清泉崗 1 號	56.11	30.50	67.90	136.4	3.64	
	清泉崗 2 號	56.11	36.00	66.00	103.4	3.45	
	橫山 1 號	56.02	23.40	33.60	147.8	13.1	
	林厝 1 號	56.01	38.70	45.00	122.7	10.8	
	水堀頭 1 號	56.03	39.00	49.00	102	10.2	
	水堀頭 1 號更新	80.06	64.94	83.86	156	8.26	1.760
	水堀頭 2 號	57.06	72.00	93.00	113	5.38	
	水堀頭 3 號	58.11	85.00	105.00	28.4	1.42	
	山子腳 1 號更新	70.12	14.03	33.18	184.2	10.5	
	山子腳 1 號遷建	86.10	13.25	26.84	90.2	6.6	0.220
	山子腳 3 號	59.12	48.90	67.50	125	6.72	
	山子腳 4 號	64.01	34.00	62.78	227	7.89	0.220
	烏日成功嶺	43.09	0.00	5.10	18	3.6	
台中盆地(北)	潭子加工出口區	59.04	51.00	54.00	164	54.6	
	大雅陸軍	55.08	1.50	3.60	57	27.1	
	北屯丘厝里	54.06	14.10	14.70	34	56.6	
	台中工場井 1 號	74.11	1.40	31.37	461.3	31.37	1.510
	台中工場井 2 號	78.10	1.81	16.30	417	29.3	4.610
	台中體育場	63.03	9.00	26.00	241	14	
	烏日啤酒廠	60.03	4.20	17.00	225	17.6	
	番仔寮 1 號	52.05	19.00	25.00	122	20.3	
	番仔寮 1 號更新	81.01	17.23	26.00	145	18.1	0.310
	番仔寮 2 號遷建	82.11	38.40	43.37	218	44.18	1.370
	番子寮 3 號	55.05	26.80	32.30	150	27.3	
台中盆地(南)	霧峰坑口	46.09	4.50	6.30	227.3	126.3	
	草屯營盤口	45.11	4.50	15.60	136	12.25	
	南投軍功寮	58.06	4.00	4.80	56.8	71	
	南投軍功寮 12	58.11	自噴	1.40	79.5	42	
	大里觀一	94.11	14.23	16.62	47.5	19.88	4.005
	大里觀二	94.11	13.19	15.96	39.0	14.09	0.882
	烏日觀一	94.10	3.55	9.92	45.3	7.11	0.745
	烏日觀二	94.10	自噴	7.14	65.6	6.25	0.368



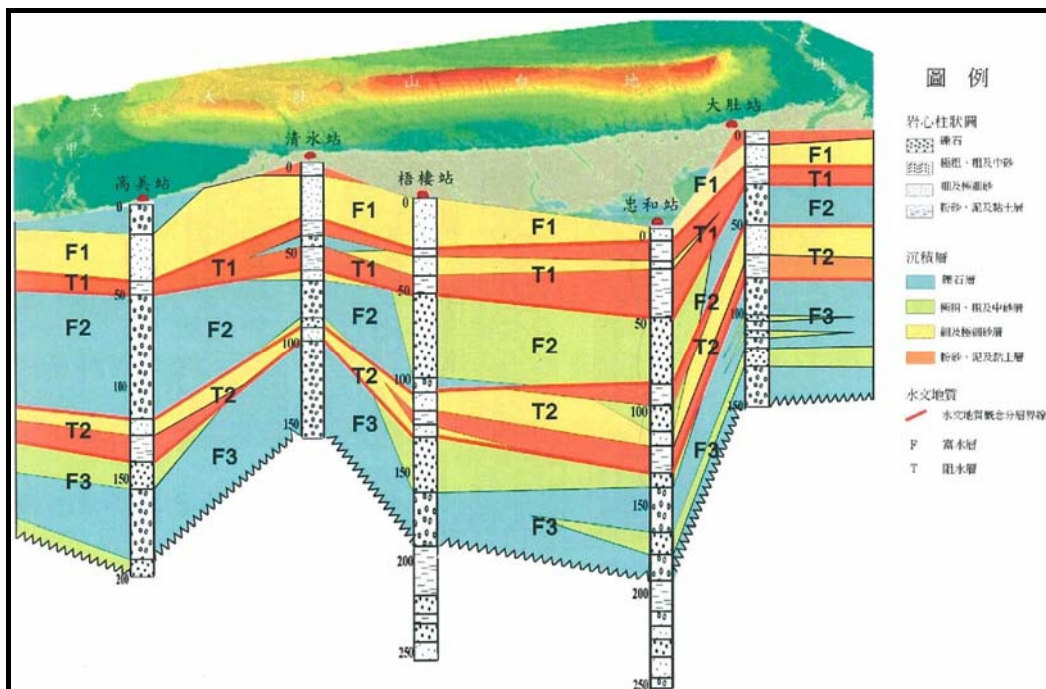
資料來源：水利署水利規劃試驗所(95)，台灣地區地下水水質檢測分析與評估

圖 2.3-6 台中盆地北部水文地質剖面



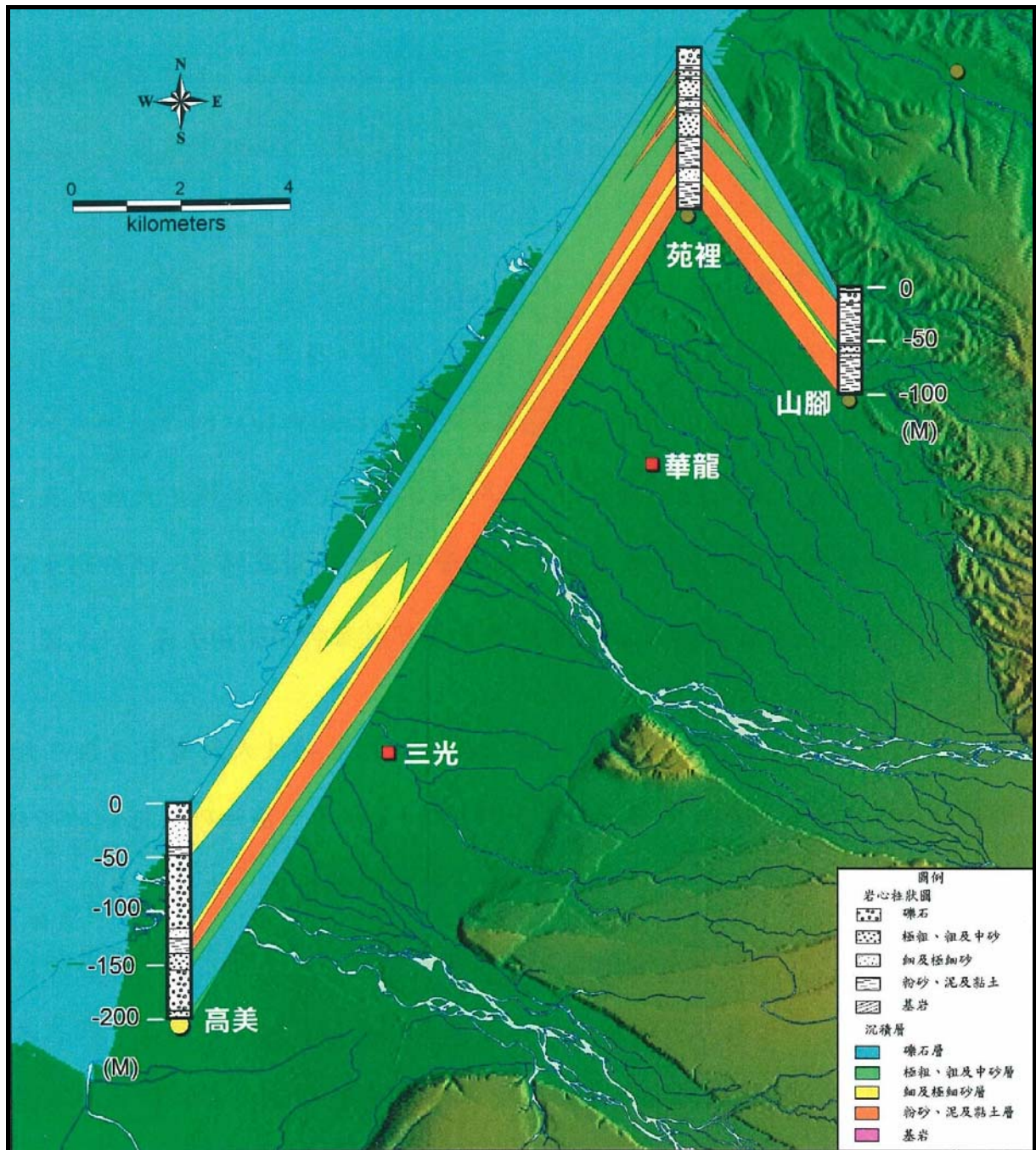
資料來源：水利署水利規劃試驗所(95)，台灣地區地下水水質檢測分析與評估

圖 2.3-7 台中盆地南部水文地質剖面



資料來源：水利署水利規劃試驗所(95)，台灣地區地下水水質檢測分析與評估

圖 2.3-8 台灣中部海岸平原水文地質剖面(1/2)



資料來源：中央地質調查研究所

圖 2.3-8 台灣中部海岸平原水文地質剖面(2/2)

2.4 台中地區地層下陷概況

民國 95 年台中地區水準檢測網北起台 1 線大甲溪橋，南至烏溪大肚橋，東至省道台 3 線太平鄉，西至沿海地區，監測之地區涵蓋有台中縣清水、神岡、豐原、潭子、太平、北屯、大里、烏日、成功、大肚、龍井、西屯、沙鹿、社口、台中港區、大雅等鄉鎮以及

台中市。台中測區水準檢測網係由 18 條主要水準測線連結組合成 5 個環線閉合網。各環線閉合網的佈置及測線行進方向如圖 2.4-1，檢測時間為民國 96 年 1 月，實際水準總里程數為 153 公里。台中地區水準檢測站網係民國 96 年佈設，意即僅有水準樁設置高程，因部分測點援用內政部埋設之水準點，為瞭解台中地區地層下陷情況，茲將民國 96 年水準檢測成果與內政部水準點埋設時(依水準點類等設置時間有別，一等一級為民國 89 年至 90 年間，一等二級為民國 91 年底)之高程相比較列如表 2.4-1 所示，依表內分析可知，台中地區地表高程變化呈些微上升或沉降趨勢，惟其年平均幅度均不明顯。然為掌握台中地區地層下陷空間分佈相對狀況，本計畫將參考經濟部委託辦理之「地層下陷潛勢分析與警示計畫(2/2)」運用差分合成孔徑雷達(Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar, D-InSar)分析技術所獲致之台中地區地層下陷空間分析之研究成果(參見圖 2.4-2 所示)可知民國 96 年 2 月 1 日至民國 96 年 3 月 6 日，枯水期一個月內大甲溪南北兩岸沉陷量在 0.1 公分至 0.3 公分間，平均為 0.2 公分左右。

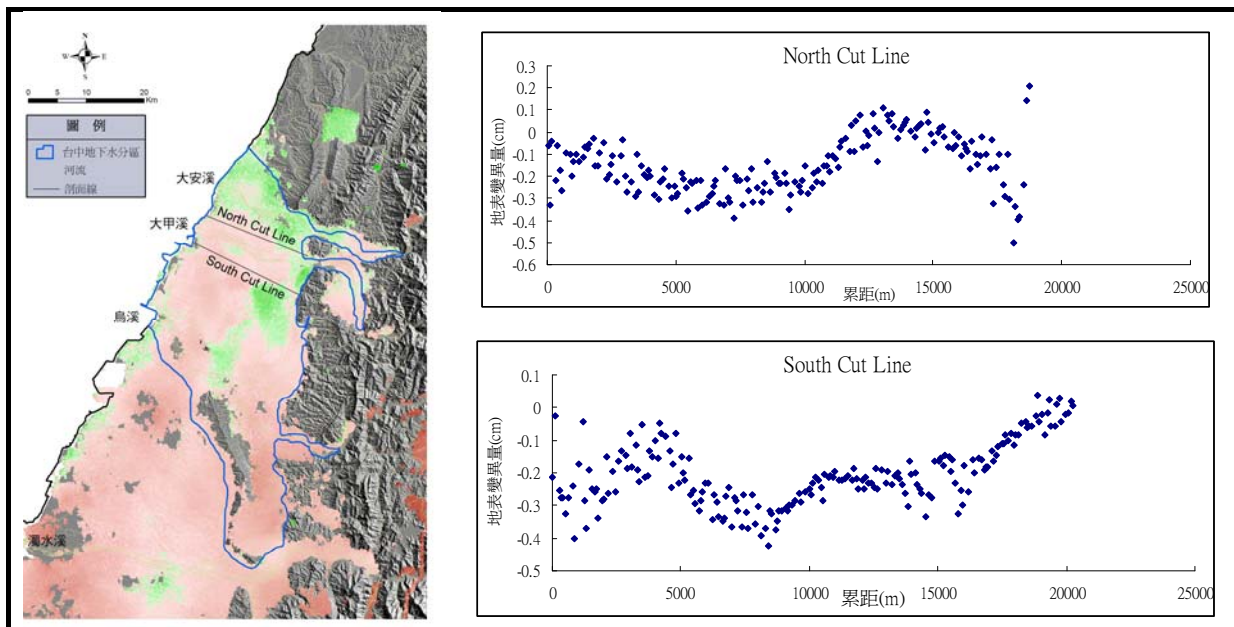
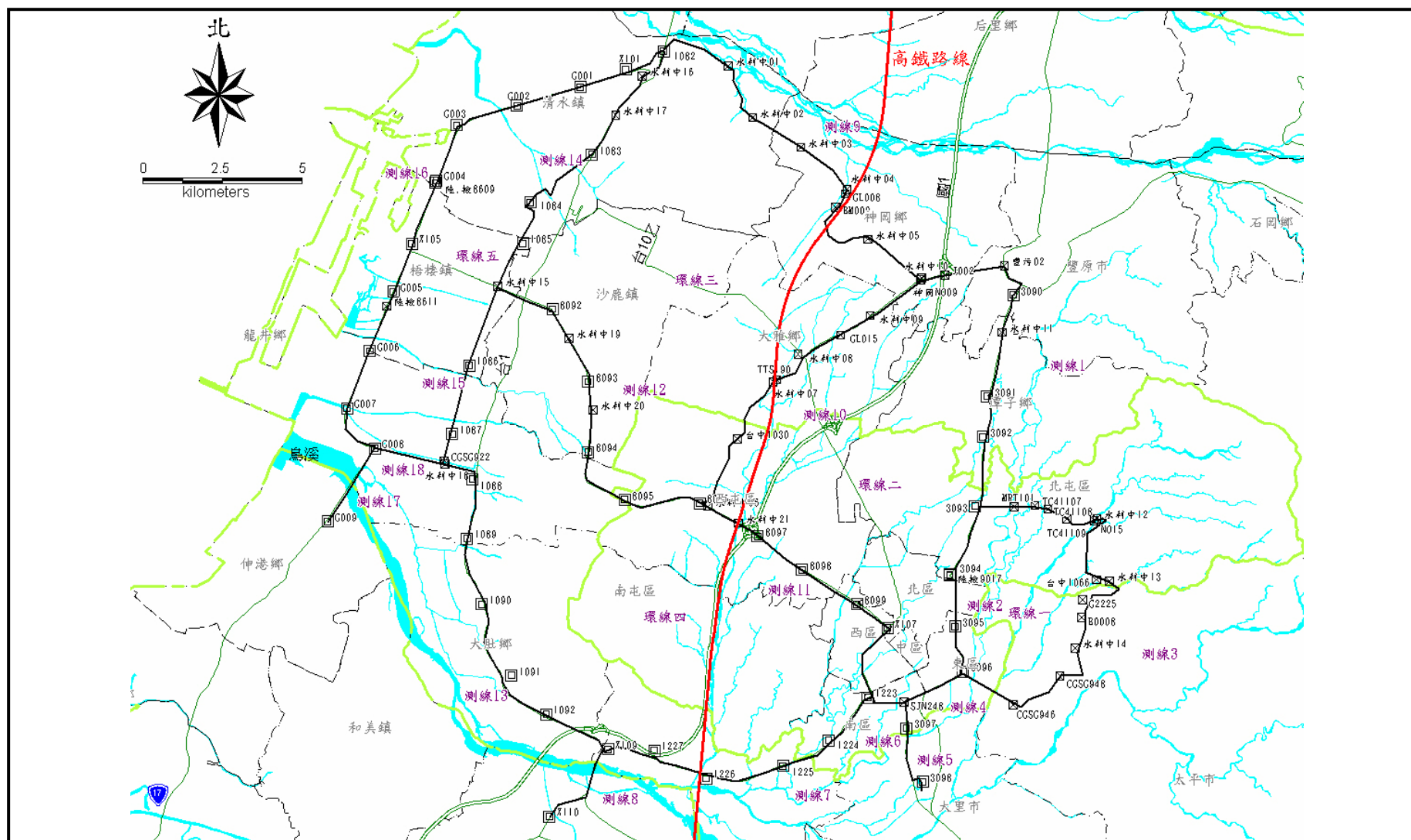


圖 2.4-2 D-InSar 分析台中地區地層下陷空間分佈之初步成果

表 2.4-1 台中地區水準測量檢測成果表

樁號	點名	縱座標 (N)	橫座標 (E)	內政部公告原始高程 (m)	96 年 1 月量測高程 (m)	地層下陷量 (cm)
1082	大甲溪橋	2689729	208911	63.58034	63.59818	-1.78
1083	田寮	2686489	206660	14.04115	14.05782	-1.67
1084	清水國中	2684990	204715	5.4747	5.49211	-1.74
1085	田尾	2683700	204483	5.79958	5.81917	-1.96
1086	下莊	2679874	202792	4.4085	4.42486	-1.64
1087	長玖加油站	2677696	202254	4.50068	4.51108	-1.04
1088	龍田陸橋	2676305	202968	6.86172	6.85843	0.33
1089	山子腳	2674426	202723	8.12615	8.13437	-0.82
1090	大度國小	2672372	203187	24.46001	24.45576	0.42
1091	大忠國小	2670136	204120	30.86103	30.86436	-0.33
1092	追分國小	2668913	205222	29.55225	29.55399	-0.17
1223	三民加油站	2669446	215339	61.05341	61.05399	-0.06
1224	正豪加油站	2668105	214112	45.80149	45.79981	0.17
1225	僑仁國小	2667292	212670	33.39452	33.3949	-0.04
1226	烏日國中	2666909	210260	25.07471	25.07471	0.00
1227	成功嶺	2667785	208626	36.41683	36.41626	0.06
3090	中興莊	2682086	219928	200.3731	200.3596	1.35
3091	潭子國小	2678908	219101	168.63592	168.6273	0.86
3092	僑忠國小	2677617	218972	157.05917	157.0506	0.86
3093	松竹陸橋	2675447	218725	133.55642	133.5315	2.49
3094	北屯	2673269	217930	106.35648	106.3518	0.46
3095	力行	2671664	218095	90.15269	90.14806	0.46
3096	東虹加油站	2670259	218344	76.1142	76.1094	0.48
3097	中興大學	2668479	216562	54.83084	54.83046	0.04
3098	德芳公園	2666801	217073	48.3332	48.33145	0.18
8092	三民公園	2681646	205420	28.35775	28.37087	-1.31
8093	弘光技術學院	2679373	206535	99.57427	99.57835	-0.41
8094	長城橋	2677139	206546	172.3239	172.3183	0.56
8095	新東陸橋	2675645	207693	228.09439	228.0862	0.82
8097	中港交流道	2674499	211876	82.20854	82.20919	-0.07
8098	惠中路	2673446	213272	84.00499	83.99934	0.57
8099	全國	2672368	215004	85.48166	85.47999	0.17
G001	青龍井	2688603	206286	24.45823	24.47693	-1.87
G002	清水鎮農會農業倉庫	2688021	204296	5.86002	5.88237	-2.24
G003	北堤派出所	2687405	202395	4.70846	4.7301	-2.16
G004	海尾	2685674	201766	4.51267	4.53097	-1.83
G005	下草湳	2682196	200409	5.07522	5.09685	-2.16
G006	南華水泥	2680333	199664	4.5772	4.58683	-0.96
G007	臨港二號橋	2678540	198952	6.38566	6.38449	0.12
G008	麗水派出所	2677253	199819	5.9474	5.94648	0.09
G009	全興工業區	2674958	198338	5.14036	5.14019	0.02
X101	清泉國中	2689157	207725	42.59838	42.61763	-1.92
X105	海港聯合大樓	2683693	200983	4.39647	4.41677	-2.03
X107	台中市	2671624	215967	79.42572	79.42651	-0.08
X109	王田	2667818	207169	26.48962	26.47376	1.59



資料來源：經濟部水利署

圖 2.4-1 台中地區水準檢測路線圖

第三章 分析模式之建置

3.1 本計畫分析探討課題

依據目標年大安大甲溪水源聯合運用輸水工程計畫有無實施情況之供水潛能分析(參見表 2.1-2)可知，石岡壩之平均年放水量將由目標年計畫無實施情況之 12.50 億立方公尺變為計畫實施後情況之 11.52 億立方公尺，減少 0.98 億立方公尺/年。另，依據「大安大甲溪水源聯合運用輸水工程計畫」相關規劃研究報告之統計分析，大甲溪石岡壩下游之歷年平均流量為 40.7cms，其中豐水期(5 月至 10 月)之平均流量為 57.7cms，枯水期(11 月至翌年 4 月)之平均流量為 23.5cms。綜合而言，開發計畫完成聯合運用後，石岡壩下游通過之年總水量減少幅度約為 9.69%。基此，本計畫關切之課題為：

- 開發計畫完工運轉後，對河川下游流量之影響程度為何。
- 開發計畫完工運轉後，對地下水補注量減少幅度為何。
- 開發計畫完工運轉後，對下游地區地下水位變化之影響為何。
- 開發計畫完工運轉後，會否因地下水位之下降引致地層下陷問題。

因此，本計畫辦理之主要目的在運用數值模擬方法評估開發計畫完工後對大甲溪下游地下水環境之影響，衡諸開發計畫屬性規模及其對河川水文及地下水環境之影響尺度與範圍，初步歸納分析之重點在於：

- 1、石岡壩下游減少之逕流量對地下水補注量之影響。
- 2、減少地下水補注會否導致地層下陷。

為客觀評估上述環境影響之課題，本計畫執行過程中須掌握目標年計畫有無實施之下列相關資訊；

- 1、石岡壩放水量之季節性(日/旬)變化。

2、大甲溪下游河川水位(日/旬)變化。

3、台中地區地下水水位(日/旬)變化。

4、台中地區地層下陷變化(年)。

為建立客觀分析之架構本計畫將依照地下水相關問題之物理機制，選擇運用合適之模擬分析工具睽諸計畫工作項目之關聯性及評估課題之物理機制，本計畫之執行需考量開發計畫對河川水文環境、地下水文環境及地層下陷等項目之影響，圖 3.1-1 為計畫執行項目與工作流程。

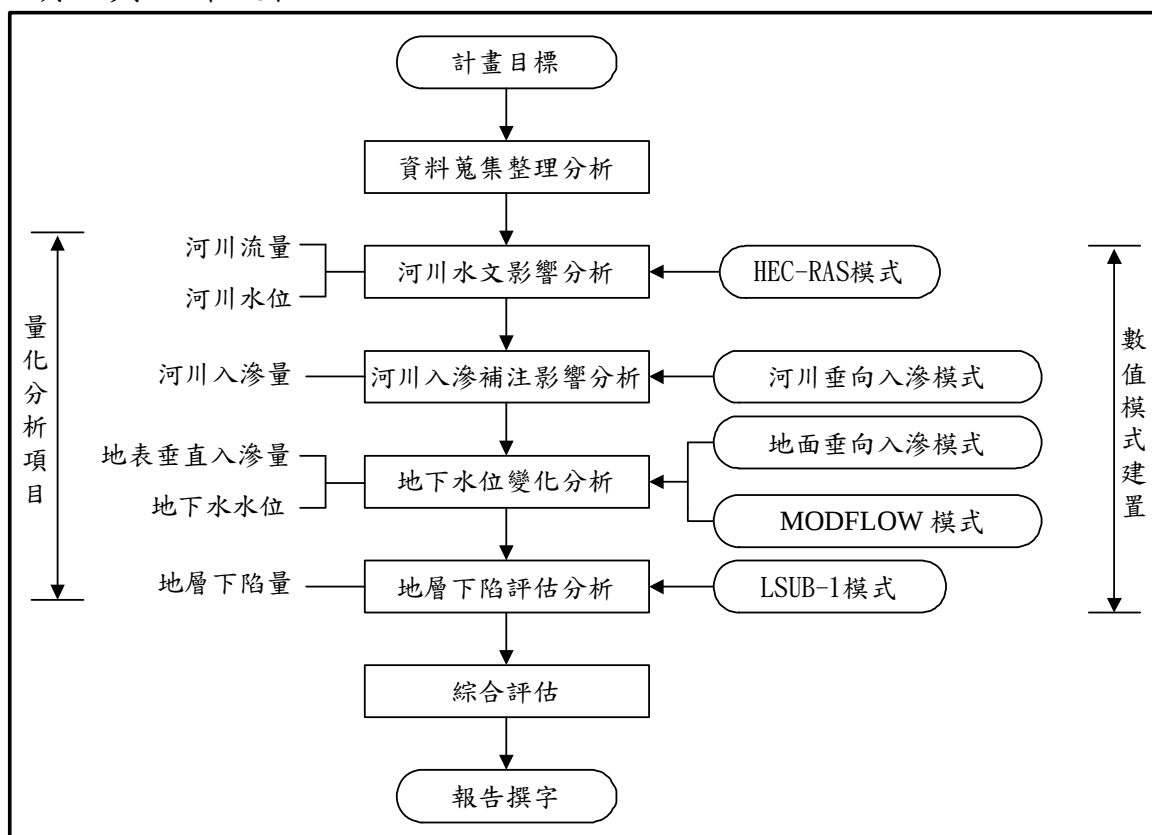


圖 3.1-1 計畫執行項目與工作流程

3.2 河川水理模式建置

衡諸本計畫係「大安大甲溪水源聯合運用輸水工程計畫」完工後，因增加河川取水量引致之地下水補注量影響課題之分析探討。有關大甲溪河川水文環境影響之評估項目為河川流量及水位之改

有關大甲溪河川水文環境影響之評估項目為河川流量及水位之改變，前者係受石岡壩上游取水後之放流量所影響，後者則將影響河川入滲補注地下水之水頭。基本上，任何環境課題之影響評估須依據現況基準，擬合給定之情境進行差異之量化分析。因水文環境常受季節變動之影響，為客觀評析開發計畫對河川水文環境之影響程度，本計畫將區分豐水年、平水年及枯水年三種情境，配合「大安大甲溪水源聯合運用輸水工程計畫」相關水文與水源分析之成果進行之；評估分析之作業流程請參見圖 3.2-1 所示。

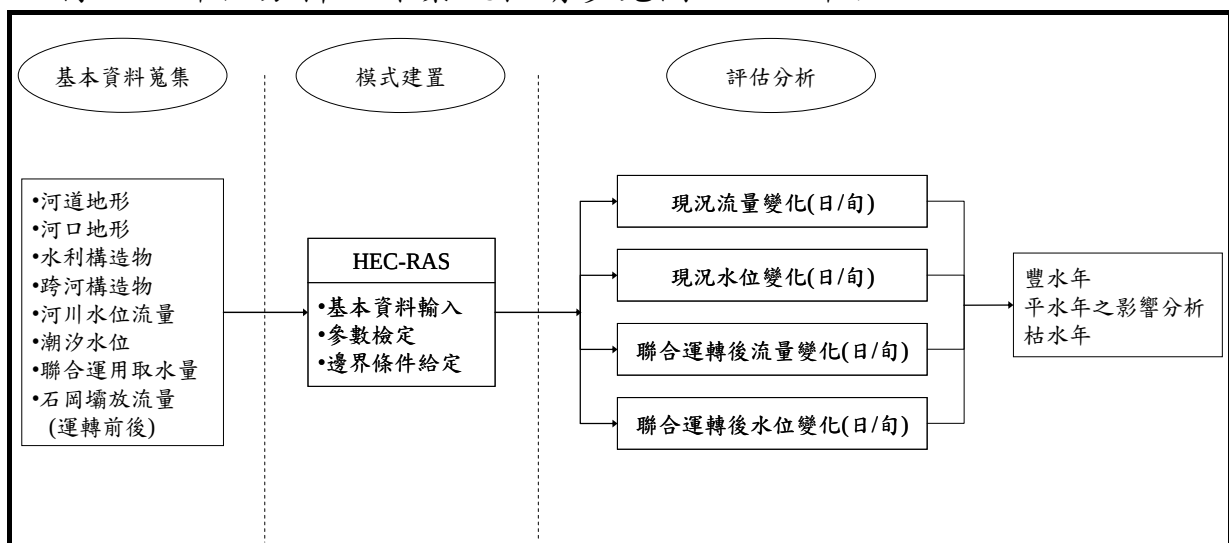


圖 3.2-1 河川水文環境影響分析

一、河川水理分析模式簡介

本計畫將運用美國陸軍工兵團水文工程中心(U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, HEC)所研發一維河川水理模式 HEC-RAS 進行水理分析。HEC-RAS 模式除包含亞、超臨界流及混合流態(mixed regime)之河道水理計算外，並可針對橋樑、涵洞、堰、堤防、溢洪道及其他河工結構物進行水理模擬，提供 WSPRO 模式之橋墩沖刷估算，亦能進行河道改善工程及洪水平原管理、洪災保險等行洪區逾限利用之評估。模式於 2002 改版(3.1 版)後，更加入適用於超臨界

與亞臨界流混合流況之河川變量流模擬程式，使得 HEC-RAS 模式除前述功能外，更可模擬潰堤、蓄水區(高灘地、滯洪區、離槽水庫)、抽水站、壓力涵管與控制(及非控制)溢洪等情況。HEC-RAS 模式之可靠性及實務功能獲得美國 FEMA 認證，且為我國目前使用最廣泛之一維水理模式，適用範圍為坡度 1/10 以下之河道地形，其圖形化操作、展示介面模式及多樣化實務等功能可滿足大部分一維水理模擬之實務需求。本模式之控制方程式如下所示：

1、連續方程式(Continuity Equation)

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q_l \dots\dots\dots (3-1)$$

其中， Q 為流量(cms)， A 為河川斷面積(m^2)， q_l 為單位長度之側向流量(cms/m)， x 為斷面間之距離(m)， t 為時間(sec)。

2、能量方程式(Energy Equation)

$$Z_2 + d_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Z_1 + d_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \dots\dots\dots (3-2)$$

其中， Z 為底床高程(m)， d 為水深(m)， V 為平均流速(m/s)， α 為河段之能量校正係數， g 為重力加速度， h_e 為兩斷面摩擦損失水頭(m)，

$$h_e = L \overline{S_f} + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \dots\dots\dots (3-3)$$

其中， L 為斷面間之距離(m)， $\overline{S_f}$ 為斷面間之平均能量坡降， C 為束縮或擴大損失係數。

3、動量方程式

為更有效解決因水躍所產生之複雜水理情形，以及橋墩流場、箱涵、匯流口與跌水工等處之水理分析；採用動量方程式來解析上述會產生由超臨界流到亞臨界流，或者從亞臨界流變成超臨界流之突變流況。動量方程式可表示如下：

$$h_e = L\overline{S_f} + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \dots\dots\dots (3-4)$$

二、模式建置

本計畫重要工作在評估目標年大安大甲溪水源聯合運用輸水工程興建計畫有無實施情況下，大甲溪取水量之差異對沿岸及沿海平原地下水區內地下水環境之影響。本計畫運用 HEC-RAS 模式分析大甲溪河川水文(包含水位、流量)變化之情況，以下茲分項說明河川水文分析模式輸入之相關資料。

1、分析範圍

大安大甲溪水源聯合運用輸水系統中，大甲溪輸水管路自石岡壩上游取水，因此為評估聯合運用前後對河川水文之影響，本計畫模擬範圍自大甲溪主流河口(斷面-1)至石岡壩(斷面 36)，分析範圍如圖 3.2-2。

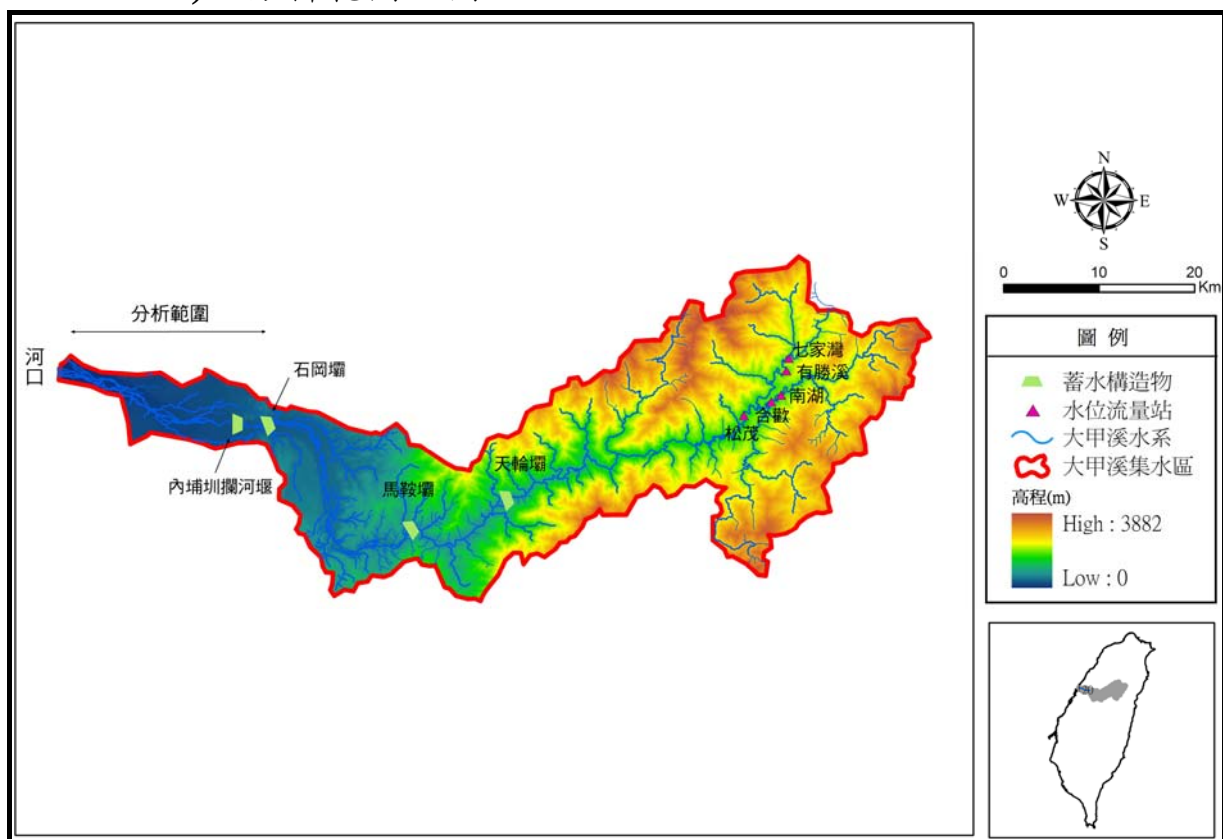


圖 3.2-2 大甲溪流域圖

2、斷面資料

經蒐集整理本計畫相關河川歷年斷面量測資料如表 3.2-1 所示。大甲溪河川水文影響分析茲採用經濟部水利署水利規劃試驗所，民國 94 年「大甲溪治理規劃檢討(河口-至天輪壩下游河段)」計畫之河口(斷面-1)至天輪壩(斷面 94)河道大斷面測量成果，斷面位置圖如圖 3.2-3 所示。分析範圍(斷面-1 至斷面 36)斷面測量樁點坐標列如表 3.2-2。

表 3.2-1 計畫相關流域斷面測量資料

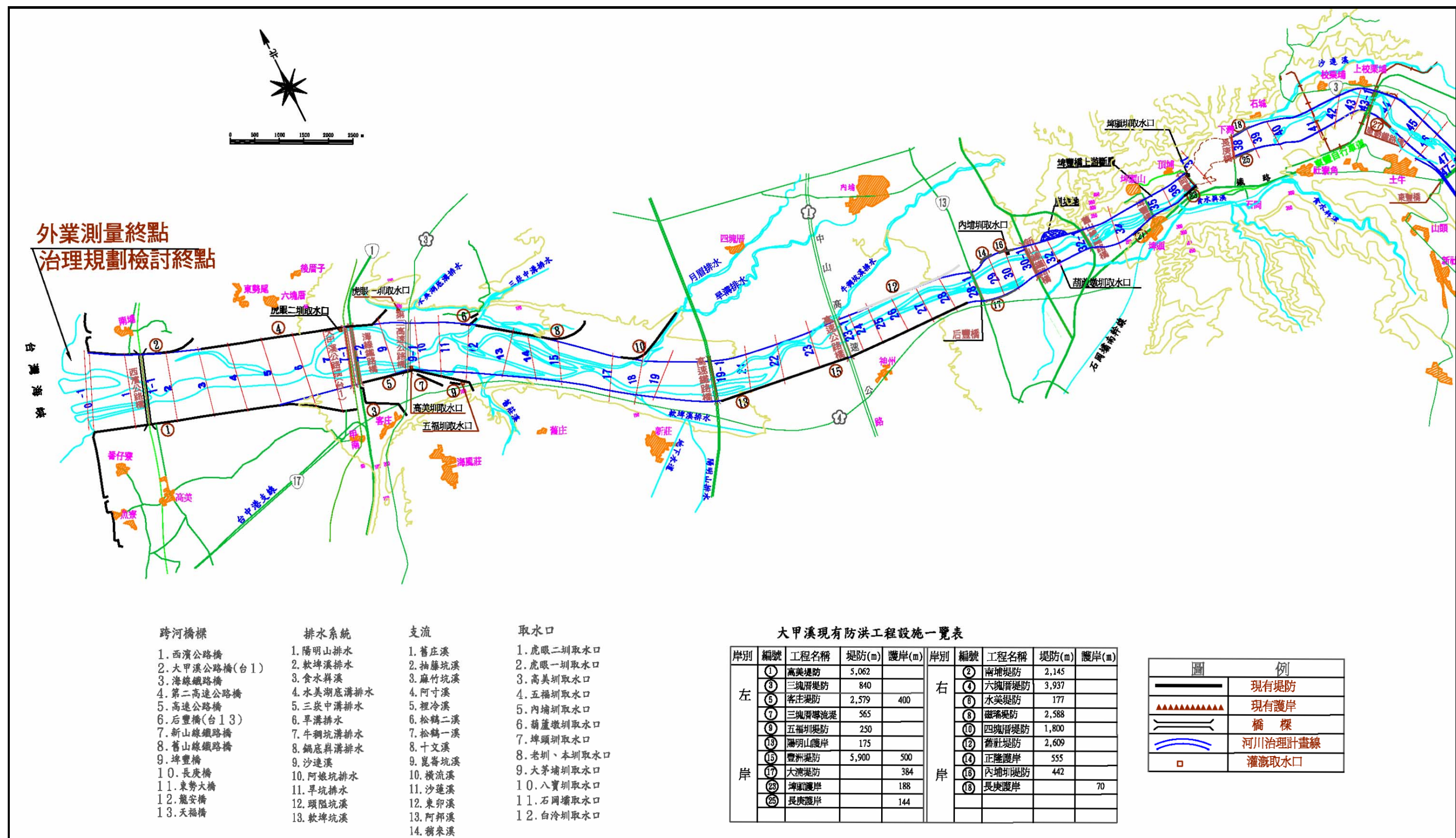
河川名	主/支流	感潮終點	治理終點	歷次斷面測量			
				測量年份	起訖斷面	測量年份	起訖斷面
大安溪	大安溪	不感潮	斷面 56	94	0-56	97	0-82
大甲溪	大甲溪	不感潮	斷面 89	92	88-94	94	-1-94
烏溪	烏溪	斷面 25	斷面 130	95	0-130	96	0-129

3、曼寧粗糙係數

爰引經濟部水利署水利規劃試驗所，民國 94 年之「大甲溪流域聯合整體治理規劃檢討報告」之採用值 0.04，作為本計畫模式參數給定之依據。

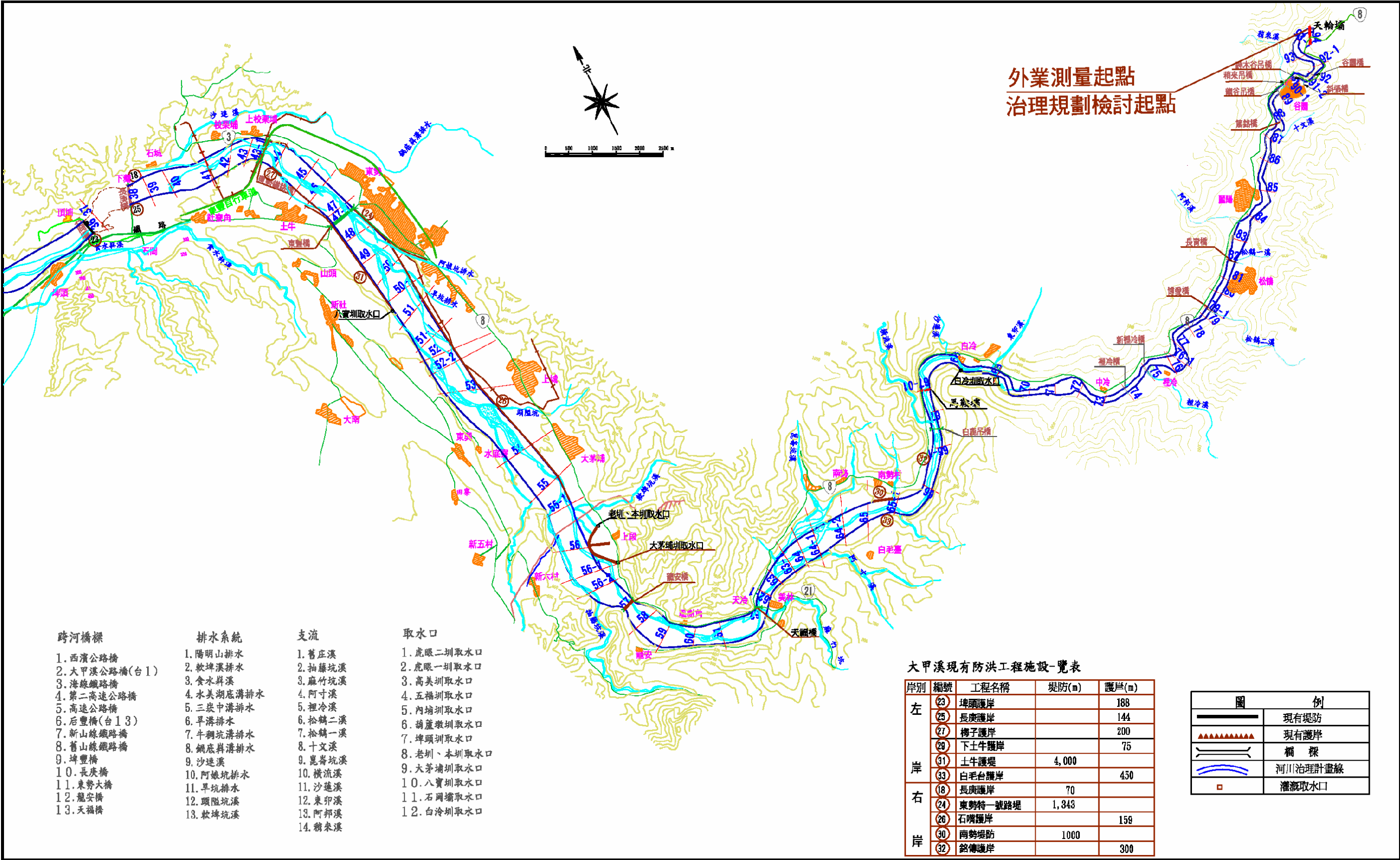
4、邊界條件

茲以「大安大甲溪水源聯合運用輸水工程可行性規劃」報告中，分析推估之聯合運用前後石岡壩放流量作為模式之上游邊界條件；另因石岡壩下游各河段有台中農田水利會灌溉用取水口(由上游至下游分別為埤頭圳、葫蘆墩圳、內埔圳、五福圳、高美圳、虎眼一圳、虎眼二圳)，引取灌溉水源，因此下游河段分析之流量值須扣除農業用水，本計畫依「大安大甲溪水源聯合運用輸水工程規劃」計畫成果，於虎眼二圳(斷面 7)下游其分析流量值設為石岡壩放流量扣除農業用水量後之大甲溪剩餘流量。



資料來源：摘自「大甲溪治理規劃檢討（河口至天輪壩下游河段）」。

圖 3.2-3 大甲溪河道斷面、防洪構造物、跨河構造物、支流、排水系統及取水口位置圖(1/2)



資料來源：摘自「大甲溪治理規劃檢討（河口至天輪壩下游河段）」。

圖 3.2-3 大甲溪河道斷面、防洪構造物、跨河構造物、支流、排水系統及取水口位置圖(2/2)

表 3.2-2 大甲溪河道分析範圍內斷面樁測量成果表(1/3)

斷面樁	左樁					右樁					備註
	縱坐標(m)	橫坐標(m)	高程(m)	年度	材質	縱坐標(m)	橫坐標(m)	高程(m)	年度	材質	
L-01	2,691,319.628	204,662.918	3.004	94	木樁	2,692,782.932	205,282.707	3.042	94	木樁	
L00	2,691,284.801	204,746.824	6.368	85	水泥樁	2,692,733.274	205,357.735	6.418	85	水泥樁	
L01	2,691,033.533	205,564.884	16.547	85	水泥樁	2,692,408.113	205,995.219	15.109	85	水泥樁	
L01-1D	2,690,894.288	206,009.388	18.976	94	鋼片樁	2,692,254.195	206,328.418	18.305	94	鋼釘	西濱公路橋
L01-1	2,690,880.297	206,045.694	19.250	85	水泥樁	2,692,236.598	206,374.723	18.877	85	水泥樁	西濱公路橋
L02	2,690,778.203	206,376.682	23.097	82	水泥樁	2,692,092.231	206,768.294	24.052	71	水泥樁	
L03	2,690,551.196	207,096.814	31.846	81	水泥樁	2,691,865.591	207,385.116	31.860	89	水泥樁	
L04	2,690,347.141	207,746.813	40.051	82	水泥樁	2,691,684.576	207,967.483	37.931	82	水泥樁	
L05	2,690,130.383	208,415.027	47.602	71	水泥樁	2,691,483.933	208,620.947	45.496	85	水泥樁	
L06	2,689,815.031	209,021.891	53.944	85	水泥樁	2,691,295.431	209,230.191	52.915	71	水泥樁	
L07	2,689,488.551	209,454.387	59.910	71	水泥樁	2,691,126.850	209,813.438	57.225	89	水泥樁	
L07-1D	2,689,741.611	209,798.767	66.980	94	鋼片樁	2,691,014.955	210,159.016	67.081	94	鋼片樁	大甲溪公路橋
L07-1	2,689,733.829	209,823.241	67.152	89	水泥樁	2,691,007.941	210,183.067	67.236	85	水泥樁	大甲溪公路橋
L07-2D	2,689,830.141	209,973.532	65.572	94	鋼片樁	2,690,976.798	210,298.904	66.142	94	鋼片樁	海線鐵路橋
L07-2	2,689,829.066	209,992.496	66.022	89	水泥樁	2,690,960.160	210,311.542	66.586	94	水泥樁	海線鐵路橋
L08	2,689,778.132	210,113.993	62.537	94	鋼釘	2,690,899.585	210,475.741	68.241	89	水泥樁	
L09	2,689,693.712	210,770.588	75.419	85	水泥樁	2,690,907.986	210,944.342	72.193	94	水泥樁	
L09-1D	2,689,612.702	211,090.077	78.689	94	鋼片樁	2,690,631.768	211,582.686	78.001	94	鋼片樁	第二高速公路橋
L09-1	2,689,570.127	211,164.332	79.612	94	鋼片樁	2,690,609.964	211,613.606	78.098	94	鋼片樁	第二高速公路橋
L10	2,689,535.246	211,208.677	80.570	85	水泥樁	2,690,587.696	211,613.108	77.893	94	水泥樁	

資料來源：摘自「大甲溪治理規劃檢討（河口至天輪壩下游河段）」。

表 3.2-2 大甲溪河道分析範圍內斷面樁測量成果表(2/3)

斷面樁	左樁					右樁					備註
	縱坐標(m)	橫坐標(m)	高程(m)	年度	材質	縱坐標(m)	橫坐標(m)	高程(m)	年度	材質	
L11	2,689,247.082	211,547.687	85.569	89	水泥樁	2,690,219.100	211,974.859	82.013	94	水泥樁	
L12	2,688,916.755	211,949.916	94.274	94	水泥樁	2,689,934.539	212,503.970	91.355	85	水泥樁	
L13	2,688,688.119	212,636.254	99.552	94	水泥樁	2,689,423.411	213,202.814	99.975	94	水泥樁	
L14	2,688,336.834	213,252.208	107.613	94	水泥樁	2,689,222.256	213,477.969	103.604	85	水泥樁	
L15	2,688,043.229	213,669.572	113.937	94	水泥樁	2,688,905.374	213,992.248	110.813	85	水泥樁	
L16	2,689,063.534	214,565.030	110.743	94	鋼片樁	2,688,751.685	214,432.133	111.117	94	鋼片樁	
L17	2,687,328.396	214,383.047	117.661	94	水泥樁	2,688,073.399	214,803.026	123.891	85	水泥樁	
L18	2,687,049.667	214,813.347	124.356	94	水泥樁	2,688,063.218	215,584.189	136.108	94	水泥樁	
L19	2,686,943.960	215,180.179	129.390	94	水泥樁	2,687,839.505	216,156.739	165.032	71	水泥樁	
L19-1D	2,686,515.484	216,388.776	149.296	94	鋼片樁	2,687,566.071	216,643.098	166.843	94	鋼片樁	高速鐵路橋
L19-1	2,686,510.680	216,403.955	149.423	94	鋼片樁	2,687,565.924	216,659.094	167.084	94	鋼片樁	高速鐵路橋
L20	2,686,495.975	216,441.908	149.999	94	水泥樁	2,687,476.810	216,842.406	178.184	89	水泥樁	
L21	2,686,318.589	217,057.293	154.678	94	木樁	2,687,120.505	217,314.121	179.593	85	水泥樁	
L22	2,686,177.410	217,692.078	163.953	85	水泥樁	2,686,068.551	217,707.114	160.914	85	水泥樁	
L23	2,686,063.992	218,487.909	172.769	79	水泥樁	2,685,995.341	218,459.690	170.704	94	水泥樁	
L23-2	2,686,040.993	218,810.874	176.737	94	水泥樁	2,686,987.906	218,916.721	193.991	94	水泥樁	高速公路橋潛堰
L23-1D	2,686,033.109	218,908.020	177.999	94	水泥樁	2,687,002.054	219,017.972	186.618	94	水泥樁	高速公路橋
L23-1	2,686,030.289	218,947.183	178.531	85	水泥樁	2,686,994.619	219,054.030	185.981	89	水泥樁	高速公路橋
L24	2,686,018.043	219,262.622	182.710	79	水泥樁	2,686,844.660	219,324.327	184.984	85	水泥樁	
L25	2,686,002.275	219,842.300	189.971	85	水泥樁	2,686,823.833	219,894.010	189.849	94	水泥樁	

資料來源：摘自「大甲溪治理規劃檢討（河口至天輪壩下游河段）」。

表 3.2-2 大甲溪河道分析範圍內斷面樁測量成果表(3/3)

斷面樁	左樁					右樁					備註
	縱坐標(m)	橫坐標(m)	高程(m)	年度	材質	縱坐標(m)	橫坐標(m)	高程(m)	年度	材質	
L26	2,685,986.428	220,418.493	197.373	85	水泥樁	2,686,749.633	220,410.177	197.557	85	水泥樁	
L27	2,685,971.366	220,983.134	203.970	89	水泥樁	2,686,706.271	220,944.826	204.191	71	水泥樁	
L28	2,685,954.929	221,480.678	209.826	94	水泥樁	2,686,679.574	221,440.897	209.699	79	水泥樁	
L28-1D	2,685,859.557	221,797.283	217.396	94	鋼片樁	2,686,508.443	221,836.343	217.494	94	鋼片樁	后豐橋
L28-1	2,685,857.107	221,830.764	216.809	89	水泥樁	2,686,500.673	221,867.615	217.540	85	水泥樁	后豐橋
L29	2,685,839.643	222,134.673	215.223	85	水泥樁	2,686,527.258	222,041.446	214.062	94	鋼片樁	
L30	2,685,800.282	222,822.702	223.452	89	水泥樁	2,686,539.214	222,877.838	227.132	94	鋼釘	
L30-1D	2,685,743.410	223,293.145	226.902	94	鋼片樁	2,685,573.260	223,340.900	227.978	94	鋼片樁	新山線鐵路橋
L30-1	2,685,743.107	223,306.519	227.527	94	水泥樁	2,685,591.432	223,347.901	228.803	94	水泥樁	新山線鐵路橋
L31	2,685,734.232	223,498.389	230.369	85	水泥樁	2,685,792.019	223,497.328	230.725	85	水泥樁	
L31-1	2,686,092.080	223,749.336	228.886	94	鋼片樁	2,686,022.286	223,751.830	229.734	94	鋼片樁	
L32	2,685,644.345	223,997.468	236.922	85	水泥樁	2,685,678.652	223,995.325	236.363	85	水泥樁	
L32-1D	2,685,931.984	224,210.629	246.352	94	鋼片樁	2,685,882.489	224,217.241	243.130	94	鋼片樁	舊山線鐵路橋
L32-1	2,685,933.113	224,217.651	245.757	94	鋼片樁	2,685,883.349	224,223.690	243.790	94	鋼片樁	舊山線鐵路橋
L33	2,685,737.772	224,339.013	240.245	89	水泥樁	2,686,485.001	224,375.673	239.918	89	觀音石	
L34	2,685,565.129	224,831.587	248.329	89	觀音石	2,686,413.496	225,138.769	252.983	89	觀音石	
L35D	2,685,901.881	225,583.589	261.475	94	鋼片樁	2,686,285.747	225,630.647	254.550	94	鋼片樁	埤豐橋
L35	2,685,903.753	225,595.073	261.235	94	鋼片樁	2,686,278.008	225,640.517	254.633	85	水泥樁	埤豐橋
L35-1	2,685,909.245	225,666.536	269.168	94	鋼片樁	2,686,367.619	225,767.113	255.290	94	鋼片樁	
L36D	2,686,072.180	226,622.822	281.910	94	鋼片樁	2,686,411.741	226,528.792	273.898	94	鋼片樁	石岡壩

資料來源：摘自「大甲溪治理規劃檢討（河口至天輪壩下游河段）」。

本計畫係以日流量進行分析，因此下游邊界條件採用大甲溪河口鄰近潮位站台中港之平均潮位 0.12m 作起算水位。表 3.2-3 為台中港歷年潮位統計表。

表 3.2-3 台中港歷年潮位統計表

最高 高潮位 (H.H.W.L.)	平均 高潮位 (M.H.W.L.)	平均潮位 (M.W.L.)	平均 低潮位 (M.L.W.L.)	最低 低潮位 (L.L.W.L.)	最大 潮差	平均 潮差
3.11 m	1.96 m	0.123 m	-1.72 m	-3.05 m	5.74 m	4.00 m

備註：統計期間 1991 年至 2000 年。

3.3 地下水模式建置

地下水文環境除與水文地質條件有關外，其變化主要受地下水區邊界入流量、河川及地面逕流之入滲量、地面蒸發散量，及人為抽用量之影響。為建立客觀評量分析模式，本計畫茲運用能納整考量上述影響地下水文環境之變因之數值模式進行模擬研究。

一、地下水分析模式簡介

本計畫運用之地下水分析模式有三種，分別為

- 1、地面垂向入滲模式：此模式為本計畫顧問許榮庭博士所研發，此模式係採用垂直一維飽和未飽和水流方程式以求解非穩態地表淺層水流運動問題，並考慮地面積水、退水、植物根系吸附與蒸散之影響。因土地利用形態對地表入滲率之影響甚鉅，為掌握此影響因素，本計畫應用本模式主要係配合地表土地利用形態與淺層土壤垂向剖面類別之分布，進行地表垂向入滲量之推估。模式理論及數值方法請詳見附錄五。
- 2、河川垂向入滲模式：因河川入滲相關水文地質資料及地下水位觀測資料缺乏，本計畫將用下式推求河川垂直入滲量

$$Q_{inf} = K \cdot \frac{h_{River} - h_{Bed}}{D} \cdot P \cdot L, \quad h_{Gw} \leq h_{River},$$

$$Q_{inf} = K \cdot \frac{h_{River} - h_{Gw}}{D} \cdot P \cdot L, \quad h_{Gw} > h_{River}$$

式中，

Q_{inf} ：河川入滲量(m^3)， K ：河床滲透係數(m/sec)

h_{River} ：河川水位(m)， h_{Gw} ：地下水位(m)

h_{Bed} ：河床底部高程(m)， P ：濕周(m)

D ：河床底泥層厚度(m)， L ：河川長度(m)

各物理量關聯性如圖 3.3-1 所示。

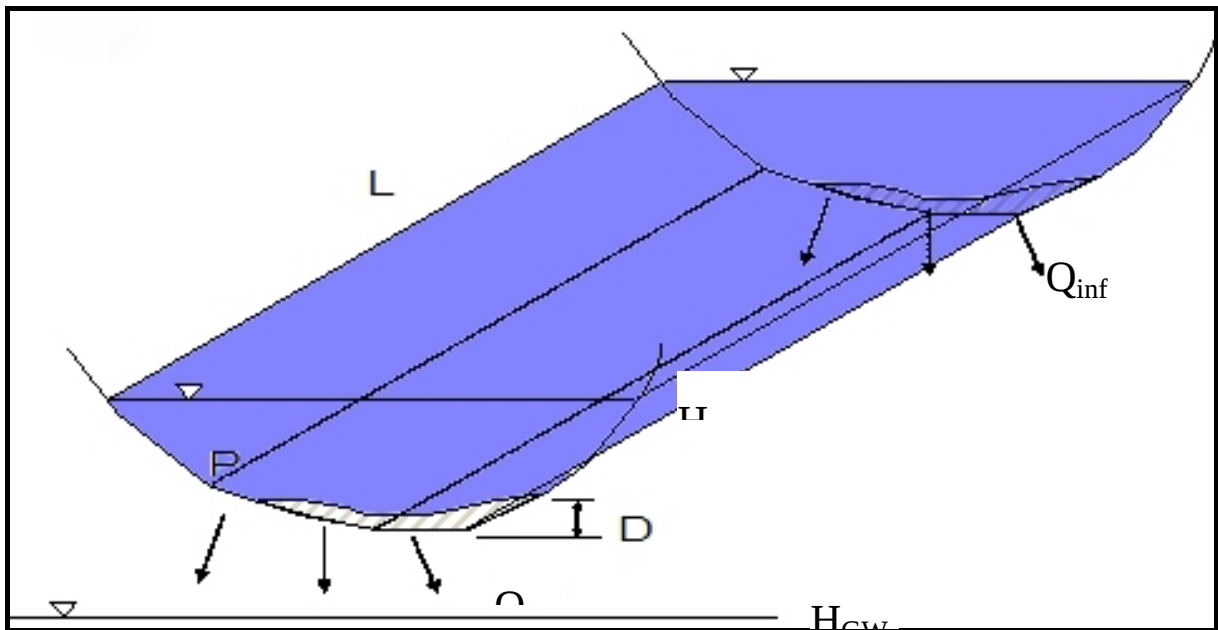


圖 3.3-1 入滲物理量關聯示意圖

3、三維地下水流模式：本計畫依據美國地質調查所（U.S.G.S；United States Geological Survey）所發展之 MODFLOW（McDonald & Harbaugh，1996）地下水流模擬程式進行地下水流分析。模式理論基礎詳附錄六。

各模式間資料輸入輸出之關聯性請參見圖 3.3-2 所示。茲概述模式建置之構想如后。

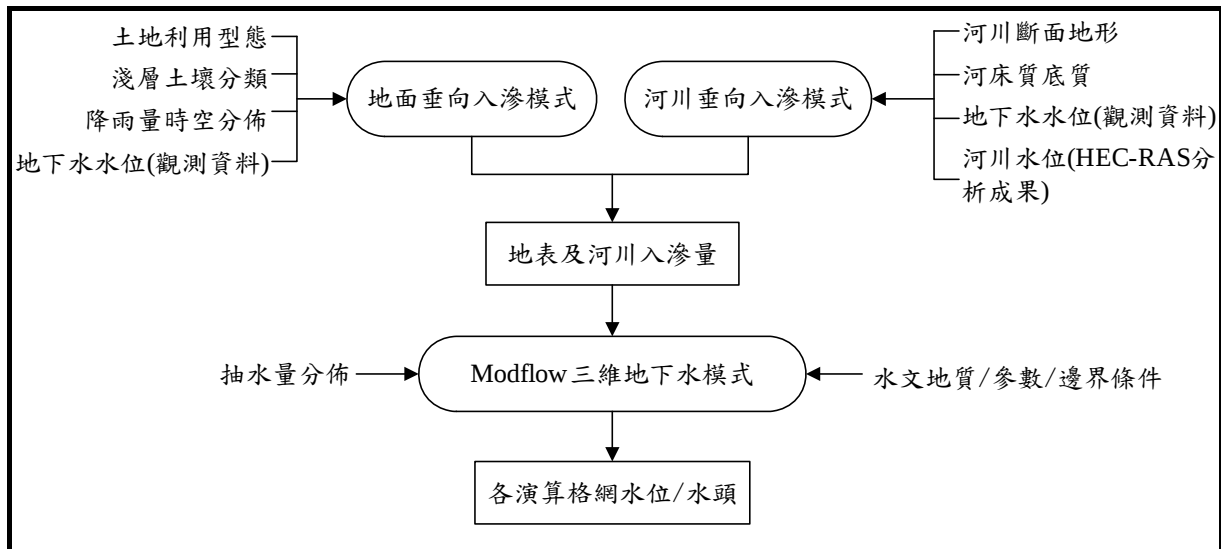


圖 3.3-2 地下水分析模式輸入/輸出資料關聯圖

二、模式建置

1、模擬分析範圍

依據台灣地區地下水之分區，本計畫評估分析之區域係屬台中地區之範圍。台中地區北起於大安溪南岸，止於烏溪北岸，東接山陵，西臨海峽，包括台中盆地、后里台地、大甲扇狀平原、清水海岸平原等，面積為 1,180 平方公里。除大肚台地為更新世之含紅土階地堆積外，其餘均為現代之礫石、砂土及黏土層。本區內大安溪與大甲溪間地區，山麓接觸線不長，其地下水之補注，多依靠河床之滲漏。大甲溪河床高出烏溪 100 餘公尺，故大甲扇狀平原及清水海岸地下水，係由大甲溪河床補注。本區地下水以台中盆地及大甲扇狀平原為豐，清水平原含水層較薄，組成物以泥、細砂為主。

本計畫評估分析之重點包括台中盆地及海岸平原區，考量河川及雨量水文觀測資料、水文地質調查資料、地下水水位觀測資料及地層下陷監測資料等之完整性與配合性，茲選取地下水模擬分析範圍如圖 3.3-3 所示。分析格網大小擬採用與「台

中盆地做為地下水庫可能性之探討」專題計畫相同尺度，即 500 公尺×500 公尺。

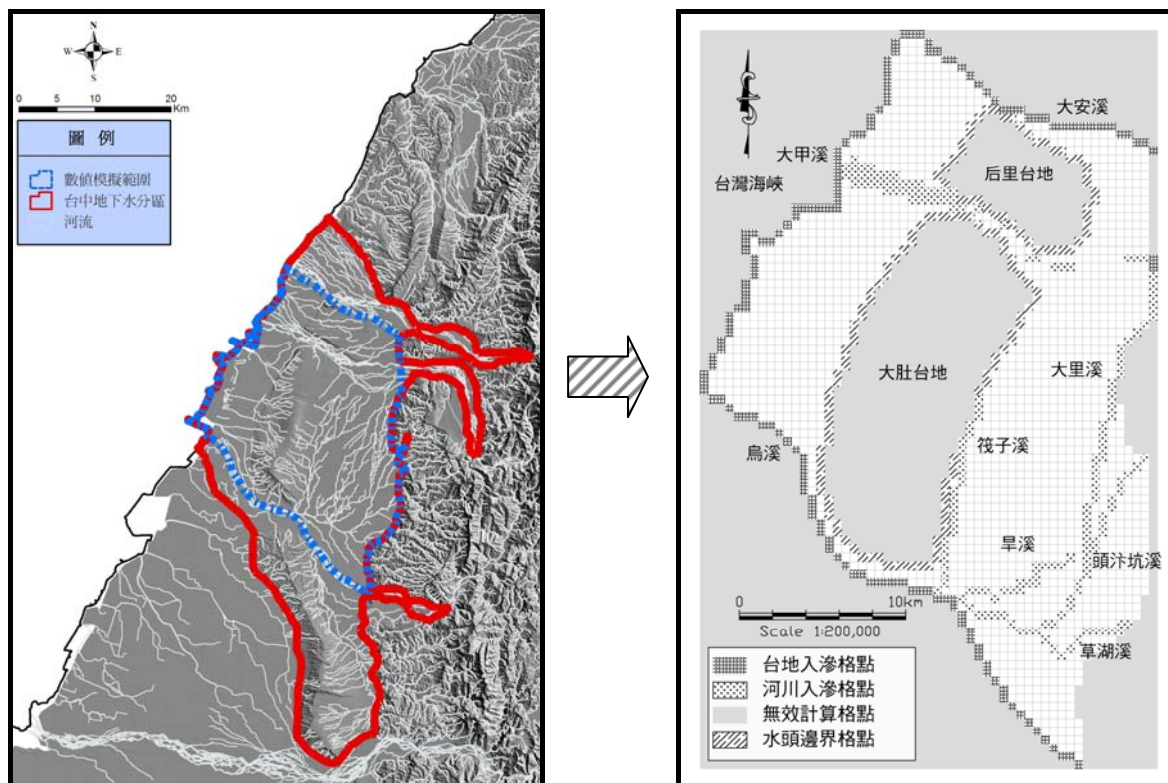


圖 3.3-3 地下水模式分析範圍圖

2、水文地質參數

中央地質調查所辦理「台灣地區地下水文觀測網地一期計畫」提出之富水層及阻水層之劃分原則參見表 3.3-1。因計畫分析區域內鑽井水文資料，其年份、深度範圍及空間分佈皆不均勻(參見圖 3.3-4 及表 3.3-2)，本計畫將參考「台中盆地做為地下水庫可能性之探討」報告之處理分式，依據地質柵狀圖評估均勻化之含水層滲透係數，即以中央地質調查所之滲透係數分級表選定各分層材料(礫石、粗砂、細砂及黏土)之代表性滲透係數值(見表 3.3-1)。以分層材料佔分析層厚度之比例為加權因子推計滲透係數，其計算方式為

$$K = \sum_{i=1}^n (K_i \times d_i) / \sum_{i=1}^n d_i.$$

其中， n 為地層材料分層數， K_i 為各材料分層之代表滲透係數， d_i 為各材料分層之厚度。柵狀圖點位推得之水文地質參數再以克利金(Kriging)法進行空間內插推計各計算格網之水文地質參數。

表 3.3-1 中央地質調查所富水層及阻水層之劃分

水文地質	岩性	土層分類	滲透係數		分類	參透係數代表值 (m/sec)
			m/day	m/s		
富水層	平原區之礫石層或砂層	卵石砂礫(Gp)砂礫	≥ 86	$\geq 10^{-3}$	A(極佳級)	10^{-3}
		砂層(S)	85~8.6	9.9×10^{-4} $\sim 1.0 \times 10^{-4}$	B(佳級)	10^{-4}
	丘陵或台地之礫石層	砂質土(Sa)	8.5~0.86	9.9×10^{-5} $\sim 1.0 \times 10^{-5}$	C(中級)	10^{-5}
			0.85~0.086	9.9×10^{-6} $\sim 1.0 \times 10^{-6}$	D(差級)	
阻水層	泥層、粘土層或固結岩層	粘土(C)	≤ 0.085	$\leq 9.9 \times 10^{-7}$	E(極差級)	10^{-6}

3、邊界條件

本計畫三維地下水流模擬分析之邊界條件可區分為水平邊界條件及垂直邊界條件二類，各類邊界條件給定方式說明如后。

陵區地表入滲係以河川基流型態補注河川，其對地下水環境之影響則以考慮大里溪、草湖溪、頭汴坑溪等麓山帶水系在下游河段之入滲量方式進行分析。

(2)垂直邊界條件：以一維非飽和垂向入滲模式及一維非飽和垂向入滲模式計算之垂直入滲量及河川入滲量值給定之。

三、地下水平衡分析

為完整分析地下水流變化情形，除需給定入滲量分佈值外，地下水抽取量之時空分佈值能否正確掌握，亦為攸關之因子。因本計畫模擬分析之區域往昔並無水井調查資料可供爰引，僅有各地方政府核發之地下水水權資料(參見表 3.3-3)供參考。為建立完整評估之模式輸入條件，茲運用水平衡公式，推計地下水抽取量，平衡方程式為。

$$I - O = \frac{dS}{dt} = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

其中，I 為地下水淨補注量，O 為地下水抽取量， ΔS 為地下水儲蓄變化量，

$$\Delta S = S \times A \times \Delta h,$$

式中，S 為儲水係數，A 為控制面積， Δh 為地下水位變化量，可由地下水位觀測井水位資料及水文地質參數推計之。

四、地下水文環境變化分析

本計畫將依據台中地區歷年水文分析狀況，選取豐水年、平水年及枯水年之代表性評估基準，進行案例模擬分析，預期成果包括：

- 目標年開發計畫無實施情況之地下水水位。
- 目標年開發計畫實施後情況之地下水水位。

表 3.3-2 台中地區地下水區觀測井基本資料表(1/2)

井別	井號	井名	縣市	井深(m)	TMX	TMY	記錄年份	年數
自記式 (每小時一筆)	6030111	華龍(1)	台中縣	39.0	213,625	2,700,250	2007~2008	2
	6030121	華龍(2)		135.0	213,625	2,700,250	2007~2008	2
	6040111	大秀(1)		35.0	205,245	2,685,940	2007~2008	2
	6040121	大秀(2)		145.0	205,245	2,685,940	2007~2008	2
	6060111	梧棲		90.0	202,402	2,683,024	2007~2008	2
	6090111	潭子		150.0	219,106	2,678,852	2005~2008	4
	6140111	三光(1)		102.0	208,625	2,694,937	2007~2008	2
	6140121	三光(2)		151.0	208,625	2,694,937	2007~2008	2
	6150111	烏日(1)		43.0	210,980	2,667,122	2005~2008	4
	6150121	烏日(2)		186.0	210,979	2,667,122	2005~2008	4
	6160111	永順(1)		46.0	203,447	2,672,732	2007~2008	2
	6160121	永順(2)		101.0	203,447	2,672,732	2007~2008	2
	6200111	大里(1)		58.0	220,025	2,666,526	2005~2008	4
	6200121	大里(2)		156.0	220,025	2,666,526	2005~2008	4
	060613T1	梧棲		300.0	201,650	2,682,300	1985~1998,2000~2008	23
	060811M2	社口		61.0	217,220	2,682,350	1986~1996	11
	061812M2	萬豐		40.7	218,070	2,658,215	1987~1998,2000~2008	21
	19010111	中山(1)	台中市	64.0	217,064	2,671,395	2005~2008	4
	19010121	中山(2)		150.0	217,063	2,671,395	2005~2008	4
	19060111	啟聰(1)		48.0	210,102	2,673,131	2005~2008	4
	19060121	啟聰(2)		150.0	210,102	2,673,131	2005~2008	4
	19080111	四張犁(1)		94.0	216,303	2,676,875	2005~2008	4
	19080121	四張犁(2)		180.0	216,304	2,676,875	2005~2008	4
	190812M2	東山		60.6	219,670	2,674,170	1986~1998,2002~2008	20
	080211M2	溪尾	南投縣	32.2	244,870	2,654,175	1987~1998,2002~2008	19
普通式 (每月一筆)	060111M1	豐原	台中縣	149.0	220,130	2,683,220	1975~1982	8
	060111M2	豐原		70.0	220,130	2,683,220	1984~1994	11
	060311M1	德化里		19.0	210,070	2,696,410	1974~1992	19
	060411M1	菁埔		18.0	207,570	2,688,170	1974~1996	23
	060412M1	高南里		54.0	203,590	2,688,260	1974~1976,1980	4
	060412M2	高南里		55.0	203,590	2,688,260	1981~1996	16
	060413M1	鰲峰		85.0	204,930	2,684,845	1974~1986	13
	060413M2	鰲峰		39.6	204,930	2,684,845	1987~2008	22
	060511M1	沙鹿		90.0	203,170	2,680,670	1974~1996	23
	060611M1	梧棲國小		70.0	201,550	2,683,300	1974~1987	14
	060612M1	海尾		70.0	199,840	2,680,700	1974~1978	5
	060612M2	海尾		79.6	199,840	2,680,700	1981~1994	14
	060811M1	社口		48.0	217,220	2,682,350	1975~1986	12
	060812M1	新庄		65.0	214,170	2,686,335	1975~1987,1999,2002	15
	060812M2	新庄		54.0	214,170	2,686,335	1987~2008	22

表 3.3-2 台中地區地下水區觀測井基本資料表(2/2)

井別	井號	井名	縣市	井深(m)	TMX	TMY	記錄年份	年數
普通式 (每月一筆)	060911M1	潭子	台中縣	72.0	219,580	2,678,100	1975~1997	23
	061011M1	大雅		43.7	213,250	2,680,240	1975~2008	34
	061411M1	海墘		24.0	207,175	2,696,730	1974~1994	21
	061412M1	福興村		19.0	209,370	2,693,940	1974~1984	11
	061412M2	福興村		20.1	209,370	2,693,940	1984~2008	25
	061413M1	南庄		23.0	206,240	2,693,983	1974~1985	12
	061413M2	南庄		19.1	206,240	2,693,983	1986~2008	23
	061511M1	五光村		40.3	213,600	2,665,620	1975~1996	22
	061512M1	溪尾國小		35.0	212,400	2,659,930	1975~1986	12
	061512M2	溪尾國小		30.1	212,400	2,659,930	1986~2008	23
	061711M1	茄投		25.2	201,465	2,675,655	1974~2008	35
	061811M1	四德國小		45.0	215,410	2,662,110	1975~1996	22
	061812M1	萬豐		40.0	218,070	2,658,215	1975~1987	13
	061911M1	太平國小		38.3	220,560	2,669,320	1975~1999	25
	062011M1	大里		40.3	216,450	2,666,410	1975~1989	15
	062012M1	草湖國小		40.0	217,635	2,664,005	1975~1986	12
	062012M2	草湖國小		27.2	217,635	2,664,005	1986~2008	23
	190411M1	忠明國小	台中市	46.4	214,570	2,672,865	1975~2008	34
	190611M1	西屯		40.0	212,660	2,675,300	1975~1981	7
	190611M2	西屯國小		40.0	212,660	2,675,300	1981~1993	13
	190711M1	南屯		37.9	212,845	2,670,565	1975~2008	34
	190811M1	建仁國小		60.5	216,450	2,676,510	1975~1996	22
	190812M1	東山		78.0	219,670	2,674,170	1975~1986	12
	080111M1	營盤國小	南投縣	35.0	216,130	2,649,080	1975~1983	9
	080111M2	營盤國小		34.0	216,130	2,649,080	1983~1990	8
	080211M1	溪尾		35.0	244,870	2,654,175	1975~1987	13
	080212M1	中峰國小		38.0	247,700	2,652,680	1975~1987	13
	080212M2	中峰		39.9	247,700	2,652,680	1987~2008	22
	080213M1	籃仔城		22.4	245,085	2,653,270	1975~2008	34
	080214M1	八股		20.7	242,590	2,653,100	1975~1994	20
	080215M1	埔里國小		27.4	245,870	2,651,800	1975~1983	9
	080215M2	埔里國小		28.0	245,870	2,651,800	1983~1988	6
	080216M1	水頭		29.4	246,300	2,649,625	1975~2008	34
	080312M1	僑光國小		35.0	217,315	2,654,505	1975~1979	5
	080312M2	僑光國小		35.0	217,315	2,654,505	1981~1984	4
	080312M3	僑光國小		38.7	217,315	2,654,505	1984~2000	17
	080313M1	碧峰國小		35.0	215,220	2,651,860	1975~1983	9
	080313M2	碧峰國小		33.9	215,220	2,651,860	1983~1993	11
	070911M1	茄荖國小	彰化縣	31.9	212,845	2,656,950	1975~2008	34

表 3.3-3 台中縣市地下水水權核發水量統計

單位：立方公尺

用水標的	台中市政府		台中縣政府	
	水權	臨時用水	水權	臨時用水
家用及公共給水	3,769,078 (24)	63,072 (1)	147,739,572 (145)	0 (0)
農業用水	13,852,512 (38)	0 (0)	237,973,671 (469)	0 (0)
水力用水	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
工業用水	3,292,139 (10)	0 (0)	76,204,238 (213)	2,986,459 (4)
其他用途	1,791,482 (27)	283,824 (1)	24,027,561 (215)	0 (0)
總計	22,705,211 (99)	346,896 (2)	485,945,042 (1042)	2,986,459 (4)

註：1.統計至 2008/6/23 (含)後有效之水權。

2.核發水量之單位為噸/年，括弧內值為核發件數。

3.4 地層下陷模式建置

一、地層下陷分析模式之簡介

一般而言，地層下陷量主要為土壤壓縮變形所致，此壓縮係來自於土壤顆粒變形、顆粒之重新排列及孔隙中之水體或空間被擠出。依據沈陷之次序及原因可分為瞬時沈陷、主壓密沈陷及次壓密沈陷三部分，即

$$\Delta H_T = \Delta H_i + \Delta H_c + \Delta H_s \dots\dots\dots (3-5)$$

式中， ΔH_T 為總沈陷量(total settlement)， ΔH_i 為瞬時沈陷量(immediate settlement)， ΔH_c 為主壓密沈陷量(primary consolidation settlement)， ΔH_s 為次壓密沈陷量(secondary consolidation settlement)。各類沈陷主要特性概為：

- 瞬時沈陷：係乾、濕或飽和土壤在含水層不變之情況下，因彈性變形所產生之沈陷。
- 主壓密沈陷：係導致於飽和黏土超額孔隙水壓(excess pore water pressure)消散引致之體積變化。
- 次壓密沈陷：係飽和黏土中因顆粒組構之塑性重組之現象，此為有效應力不變之情況下增加壓縮。

概言之，當飽和土壤所受應力增加時，瞬時間已完成，孔隙水壓消散之同時亦使得土壤體積變小，而產生沈陷，因為砂土中孔隙水壓快速消散，瞬時與壓密沈陷同時發生。當飽和具有壓縮性黏土所受應力增加時，彈性沈陷瞬時發生，因黏土之透水性遠低於砂土，由受載而產生之超額孔隙水壓需要很長時間消散，黏土在孔隙水壓消散同時進行之體積變化(壓密)，在瞬時沈陷完成後還會繼續很長的一段時間，且壓密量比瞬時沈陷量大好幾倍。由土體壓密試驗之解壓再壓曲線可知，土體壓縮可分為塑性變形

及彈性變形(參見圖 3.4-1 及圖 3.4-2)，意即土壤壓密過程與其應力歷史有關，一般可概分為正常壓密，過壓密與壓密中等不同條件。

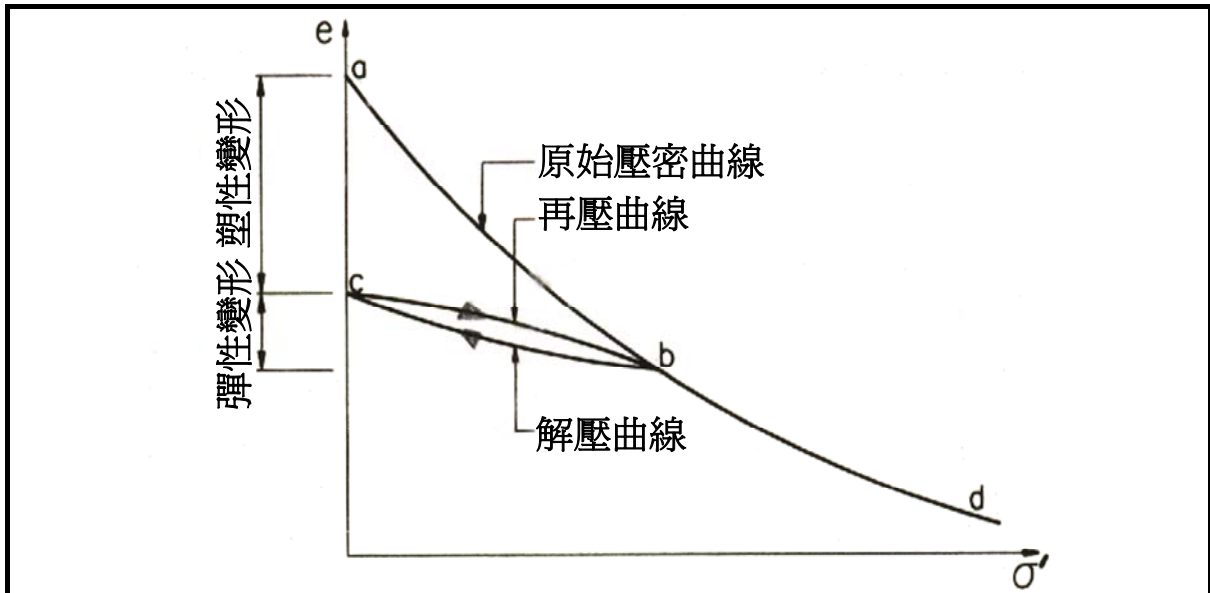


圖 3.4-1 壓密試驗之解壓再壓曲線

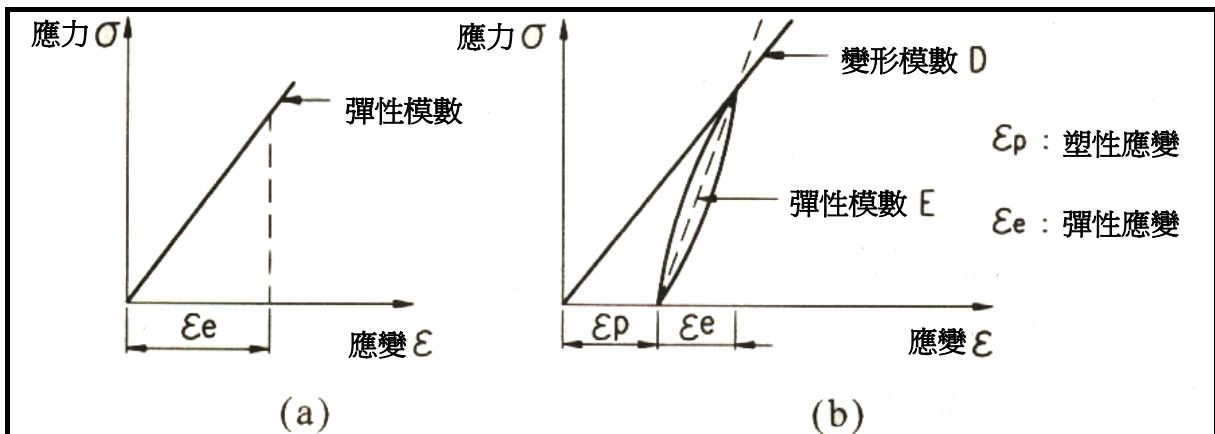


圖 3.4-2 土壤彈塑性變形示意圖

本計畫使用之地層下陷分析模式 LSUB-1 係由計畫主持人宋長虹博士與林政偉先生共同研發之垂向一維之地層下陷模擬分析程式。此模式係應用 Terzaghi 壓密方程式，區分正常壓密、過壓密及壓密中土壤等條件，求解土壤超額孔隙水壓力變化，再依

壓密條件推計土體壓縮量。另，本模式亦納整計畫顧問許榮庭博士開發之參數優選(共軛梯度方向法)模組，俾利模式參數檢定。此外，本模式亦具分析地表荷重引致之土壤壓密行為之功能，其分析之類型為路堤及基礎載重兩種型式(詳附錄七之介紹)。本模式曾應用於濁水溪沖積扇之地層下陷模擬(參見圖 3.4-3 及圖 3.4-4)及雲林縣高鐵沿線路堤工程與土方堆置等地表荷重之地層下陷問題分析，均獲得良好成果。

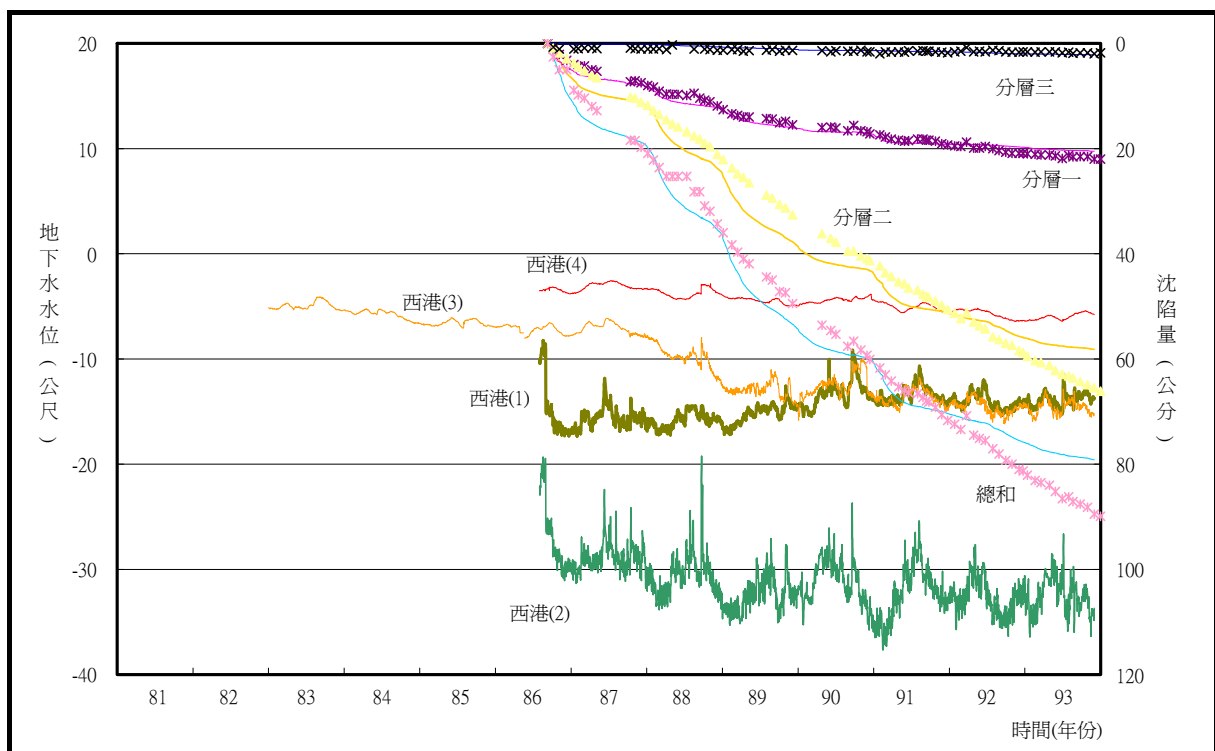


圖 3.4-3 彰化西港國小各模式分層累計土層壓密量模擬與監測值比較圖

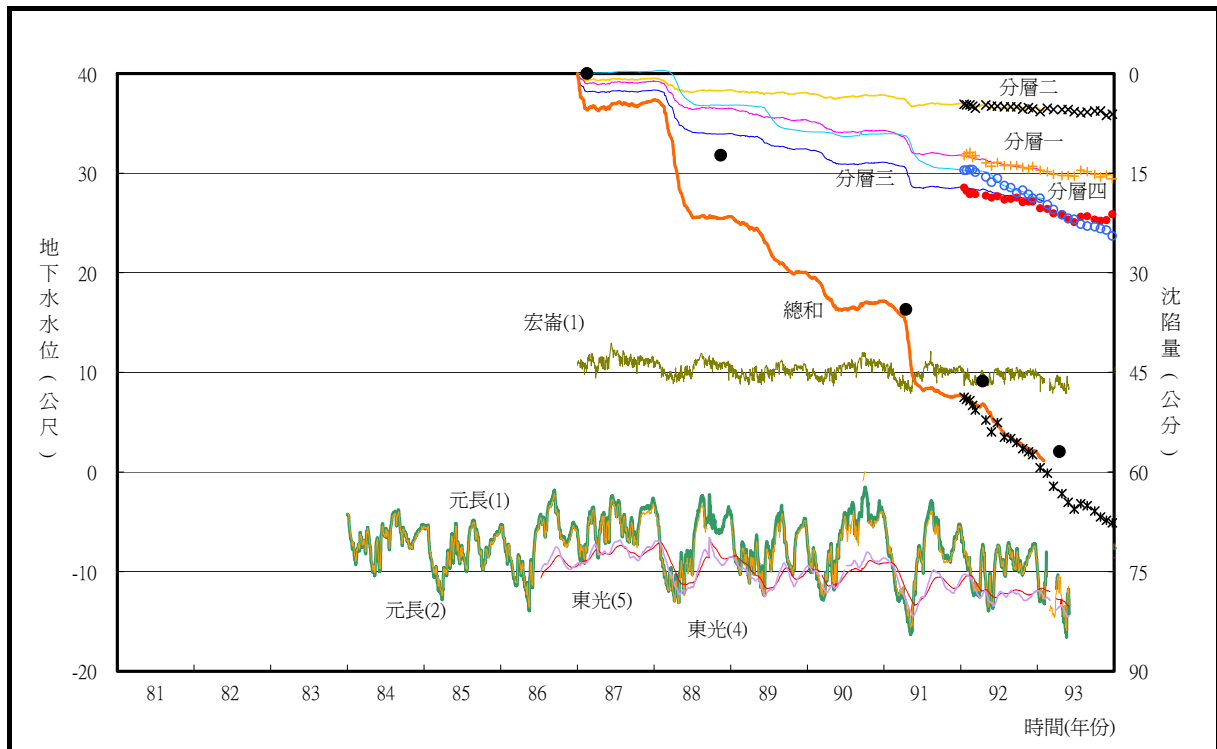


圖 3.4-4 雲林元長國小各模式分層累計土層壓密量模擬與監測值比較圖

二、模式建置

- 1、分析範圍：本模式係以 MODLOW 模式模擬之各含水層之地下水水位或水頭作為分析體層之上下孔隙水壓之邊界條件，因此分析範圍同地下水模擬分析之區域(參見圖 3.3-3)。
- 2、參數給定：台中地區因缺乏長期地層下陷水準檢測資料，亦無地層下陷分層監測井之設置，本計畫將爰引本模式模擬分析濁水溪沖積扇地層下陷參數檢定成果進行分析。

三、地層下陷影響分析

本計畫分析之重點為水源聯合運用計畫有無實施對台中盆地及海岸平原區因地下水水位變化引致之地層下陷量之差異量比較。分析之案例包括：

- 目標年開發計畫無實施情況之年地層下陷量。
- 目標年開發計畫實施後情況之年地層下陷量。

第四章 河川入滲量影響評估

由於大安大甲溪水源聯合運用計畫之實施，將造成河川水文環境的變化，為瞭解河川入滲量之減少對地下水體之補注之影響，本計畫分析河川環境影響其分析重點有二：

1、大甲溪河川水位變化影響評估。

2、大甲溪河川入滲量變化分析。

茲分述分析成果如后。

4.1 大甲溪河川水位變化影響評估

一、流量變化分析

「大安大甲溪水源聯合運用輸水工程可行性規劃」報告係模擬分析在民國 64 年至 93 年之河川水文條件下，目標年大安大甲溪水源聯合運用計畫有無實施及基準年現況之石岡壩下游放流量與台中農田水利會取用灌溉水量後之剩餘水量，其成果列如表 4.1-1 至表 4.1-3 及圖 4.1-1 至圖 4.1-3 所示。由上述 30 年期間分析資料統計可知，基準年現況石岡壩下游年平均放流量為 12.66 億立方公尺，下游河段剩餘水量年平均值為 10.26 億立方公尺，年平均灌溉取水量為 6.88 億立方公尺；目標年聯合運用計畫無實施情況，石岡壩下游年平均放流量為 12.5 億立方公尺，下游河段剩餘水量年平均值為 10.11 億立方公尺；而目標年聯合運用計畫實施後情況，石岡壩下游年平均放流量為 11.52 億立方公尺，下游河段剩餘水量年平均值為 9.14 億立方公尺。經比較目標年聯合運用計畫實施後及無實施情況之分析成果可知，石岡壩下游計畫實施前後減少 0.98 億立方公尺水量，石岡壩至 7 號斷面間減少幅度約為 7.84%，在 7 號斷面至河口間剩餘水量則由平均每年 10.11 億立方公尺減為 9.14 億立方公尺，減少幅度為 9.59%。而由豐枯水期放流量比較可知，目標年計畫實施後情況較計畫無實施情況，豐水期石岡壩放流量平均每年 8.89 億立方公尺減少為

8.34 億立方公尺，減少量為 0.55 億立方公尺減少幅度為 6.19%，下游剩餘水量則由平均每年 7.31 億立方公尺減為 6.76 億立方公尺，減少幅度為 7.52%；而枯水期之石岡壩放流量由 3.62 億立方公尺減為 3.18 億立方公尺，減少量為 0.44 億立方公尺，減少百分比為 12.15%，而下游剩餘水量則由年平均 2.81 億立方公尺減為 2.37 億立方公尺，減少百分比為 15.66%。由此可知，枯水期河川水量減少幅度百分比約為豐水期之一倍。

表 4.1-1 大甲溪基準年現況放流量統計表

年	現況					
	石岡壩放流量(億立方公尺/年)			剩餘流量(億立方公尺/年)		
	豐水期	枯水期	總量	豐水期	枯水期	總量
65	6.22	1.40	7.63	4.62	0.58	5.21
66	10.71	1.58	12.29	9.15	0.81	9.95
67	6.05	5.57	11.61	4.45	4.75	9.20
68	11.72	2.20	13.92	10.12	1.38	11.51
69	3.66	2.06	5.72	2.21	1.24	3.45
70	13.24	2.00	15.24	11.64	1.18	12.82
71	12.48	2.40	14.88	10.88	1.58	12.46
72	6.95	14.51	21.46	5.35	13.69	19.04
73	8.74	1.36	10.10	7.14	0.55	7.69
74	10.49	6.62	17.11	8.89	5.80	14.69
75	13.10	5.58	18.67	11.50	4.76	16.26
76	9.60	2.68	12.27	8.00	1.86	9.85
77	4.92	2.54	7.46	3.34	1.71	5.06
78	7.68	1.63	9.31	6.08	0.86	6.95
79	17.75	8.10	25.85	16.15	7.29	23.43
80	2.97	1.25	4.22	1.37	0.44	1.80
81	14.98	8.93	23.91	13.38	8.11	21.49
82	8.35	2.31	10.66	6.83	1.49	8.32
83	14.60	1.90	16.50	13.00	1.08	14.08
84	5.48	3.28	8.77	3.88	2.47	6.35
85	9.88	1.63	11.50	8.28	0.80	9.08
86	9.59	2.02	11.61	7.99	1.20	9.19
87	8.56	9.54	18.10	6.96	8.72	15.69
88	6.79	1.85	8.64	5.19	1.03	6.22
89	8.01	5.54	13.55	6.41	4.72	11.13
90	10.22	3.08	13.30	8.62	2.26	10.88
91	2.45	1.18	3.63	0.98	0.39	1.36
92	2.60	1.14	3.74	1.10	0.39	1.50
93	12.42	3.00	15.42	10.82	2.18	13.00
平均年放流量	8.97	3.69	12.66	7.39	2.87	10.26

表 4.1-2 目標年水源聯合運用計畫無實施大甲溪放流量統計表

年	計畫無實施					
	石岡壩放流量(億立方公尺/年)			剩餘流量(億立方公尺/年)		
	豐水期	枯水期	總量	豐水期	枯水期	總量
65	6.12	1.38	7.50	4.52	0.56	5.08
66	10.63	1.53	12.16	9.06	0.77	9.84
67	5.96	5.48	11.44	4.36	4.66	9.02
68	11.63	2.13	13.76	10.03	1.31	11.34
69	3.60	1.97	5.57	2.16	1.15	3.31
70	13.13	1.93	15.06	11.53	1.11	12.64
71	12.40	2.34	14.74	10.80	1.52	12.32
72	6.90	14.41	21.31	5.30	13.59	18.89
73	8.65	1.36	10.01	7.05	0.55	7.60
74	10.40	6.49	16.89	8.80	5.67	14.47
75	13.01	5.48	18.49	11.40	4.66	16.07
76	9.49	2.61	12.10	7.89	1.79	9.68
77	4.86	2.46	7.32	3.29	1.64	4.93
78	7.59	1.61	9.20	5.99	0.85	6.84
79	17.66	8.01	25.67	16.06	7.20	23.25
80	2.84	1.25	4.09	1.24	0.43	1.67
81	14.89	8.80	23.68	13.29	7.97	21.26
82	8.30	2.24	10.54	6.78	1.43	8.21
83	14.50	1.83	16.34	12.90	1.02	13.92
84	5.41	3.22	8.63	3.81	2.40	6.21
85	9.75	1.58	11.33	8.15	0.75	8.91
86	9.50	1.90	11.40	7.90	1.08	8.99
87	8.47	9.43	17.90	6.87	8.61	15.49
88	6.71	1.79	8.50	5.11	0.97	6.09
89	7.91	5.42	13.33	6.31	4.60	10.91
90	10.12	3.00	13.12	8.52	2.18	10.71
91	2.42	1.17	3.58	0.95	0.39	1.33
92	2.57	1.13	3.71	1.09	0.39	1.48
93	12.30	2.96	15.26	10.70	2.14	12.84
平均年放流量	8.89	3.62	12.50	7.31	2.81	10.11

表 4.1-3 目標年水源聯合運用計畫實施後大甲溪放流量統計表

年	計畫實施後					
	石岡壩放流量(億立方公尺/年)			剩餘流量(億立方公尺/年)		
	豐水期	枯水期	總量	豐水期	枯水期	總量
65	5.60	1.32	6.92	4.00	0.50	4.50
66	9.87	1.26	11.13	8.30	0.55	8.85
67	5.73	4.62	10.35	4.13	3.80	7.93
68	10.82	1.64	12.46	9.22	0.82	10.04
69	3.01	1.53	4.54	1.58	0.71	2.29
70	12.31	1.58	13.90	10.71	0.76	11.48
71	11.94	1.84	13.77	10.34	1.02	11.35
72	6.66	13.64	20.30	5.08	12.82	17.90
73	8.13	1.27	9.40	6.53	0.46	6.99
74	9.67	5.33	15.00	8.07	4.51	12.59
75	12.50	4.60	17.10	10.90	3.79	14.68
76	8.47	2.08	10.55	6.87	1.26	8.13
77	4.44	1.98	6.42	2.88	1.16	4.04
78	7.14	1.41	8.55	5.54	0.66	6.20
79	17.23	7.92	25.15	15.63	7.10	22.73
80	2.28	1.18	3.46	0.68	0.39	1.07
81	14.29	7.90	22.19	12.69	7.08	19.77
82	7.60	1.79	9.39	6.10	0.97	7.07
83	14.20	1.49	15.69	12.60	0.67	13.27
84	5.14	2.74	7.88	3.54	1.92	5.46
85	9.28	1.32	10.61	7.68	0.56	8.24
86	8.70	1.47	10.17	7.10	0.65	7.75
87	7.74	8.68	16.42	6.14	7.87	14.00
88	6.15	1.46	7.61	4.55	0.64	5.19
89	7.42	4.62	12.04	5.82	3.80	9.62
90	9.77	2.63	12.40	8.17	1.81	9.98
91	2.07	1.13	3.20	0.63	0.39	1.02
92	2.31	1.13	3.44	0.87	0.39	1.25
93	11.34	2.60	13.94	9.74	1.77	11.51
平均年放流量	8.34	3.18	11.52	6.76	2.37	9.13

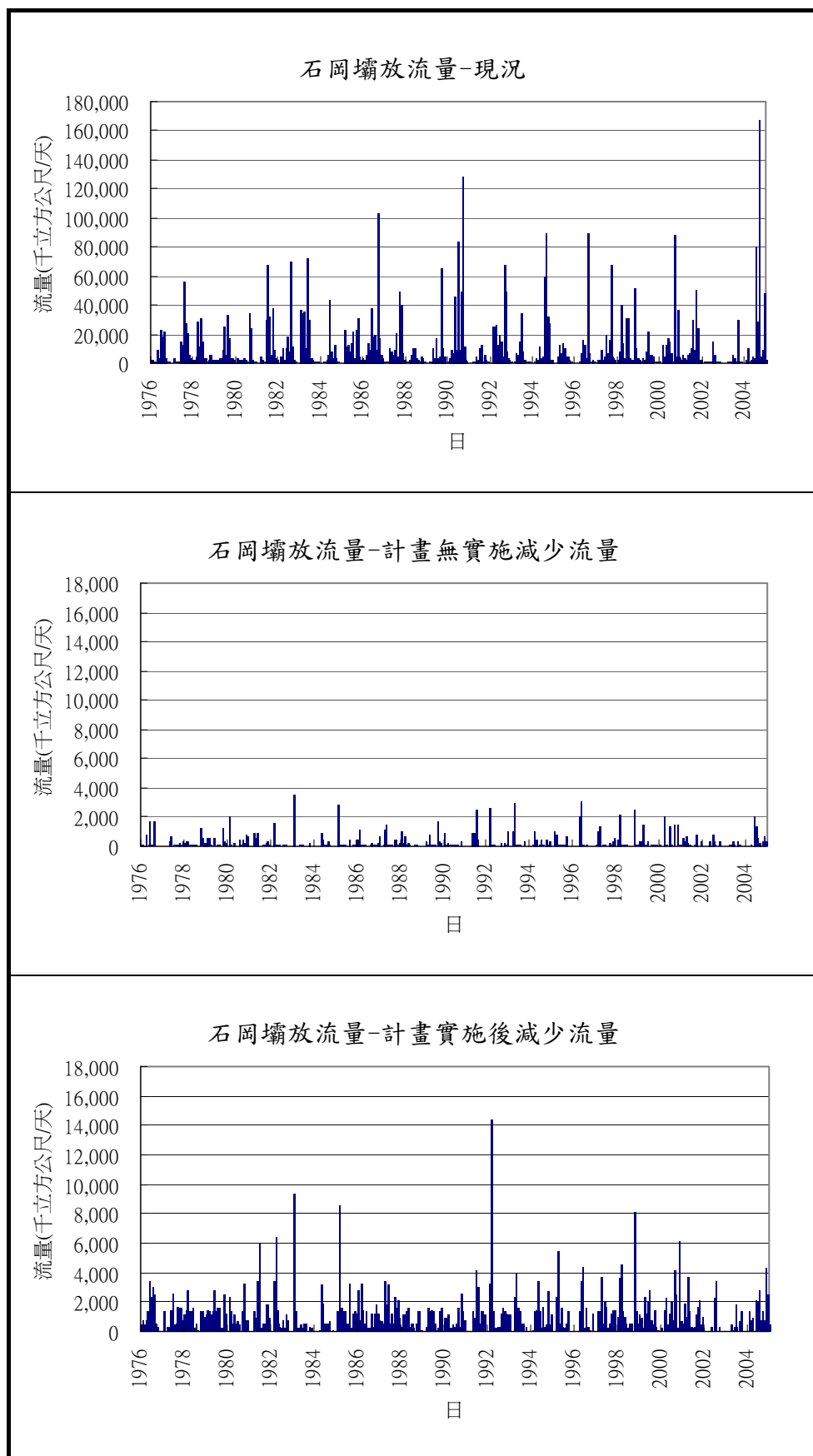


圖 4.1-1 石岡壩放流量比較圖

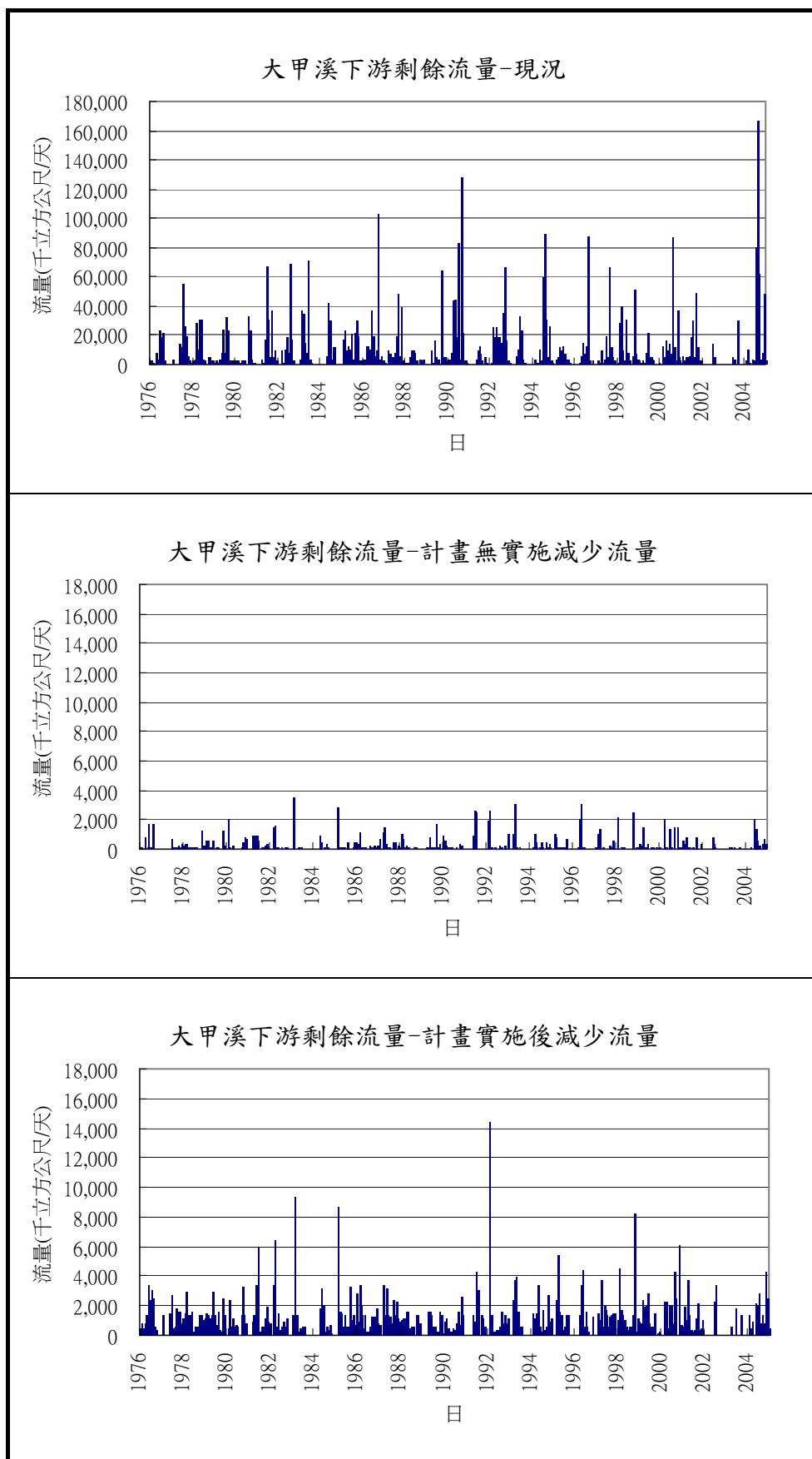


圖 4.1-2 大甲溪下游剩餘流量比較圖

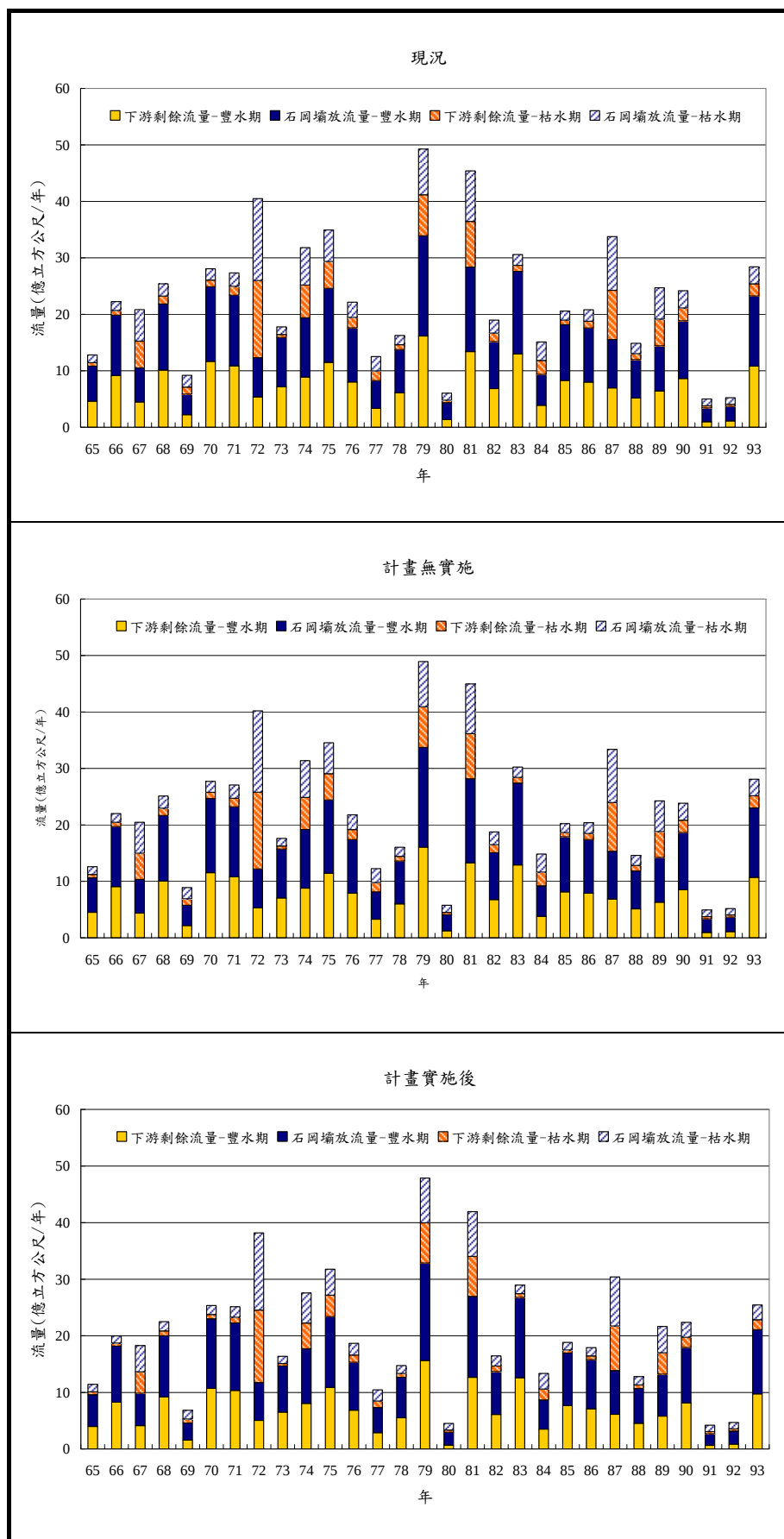


圖 4.1-3 大甲溪豐枯水期放流量比較圖

另，為瞭解氣象水文條件(降雨量)變化與河川流量及水位變化關聯性，茲蒐集大甲溪流域內環山、桃山、伯公、合歡啞口及松茂等雨量站民國 64 年至 93 年之雨量觀測資料，以徐昇氏多邊形法推估大甲溪流域之平均雨量，茲將所採用之雨量站及其權重列如表 4.1-4，圖 4.1-4 為年平均雨量組體圖，本計畫以分析期間之平均年雨量之一倍標準偏差作為豐枯水年及平水年之分類標準，經由統計分析知大甲溪流域年平均雨量為 2,214mm，標準偏差為 446mm。由圖 4.1-4 可知民國 74、79、86、87 及 93 年為豐水年，豐水年之年平均雨量為 2833.7mm；民國 69、77、80、91、92 為枯水年，枯水年之年平均雨量為 1506.1mm，其餘年份為平水年，平水年之年平均雨量為 2235.9mm。

表 4.1-4 雨量站基本資料

日期	環山	桃山	伯公	合歡啞口	松茂
權重	13.145	9.859	42.395	7.442	27.159
X(m)	279263	278737	233073	280477	277072
Y(m)	2690226	2699361	2679961	2676600	2686437

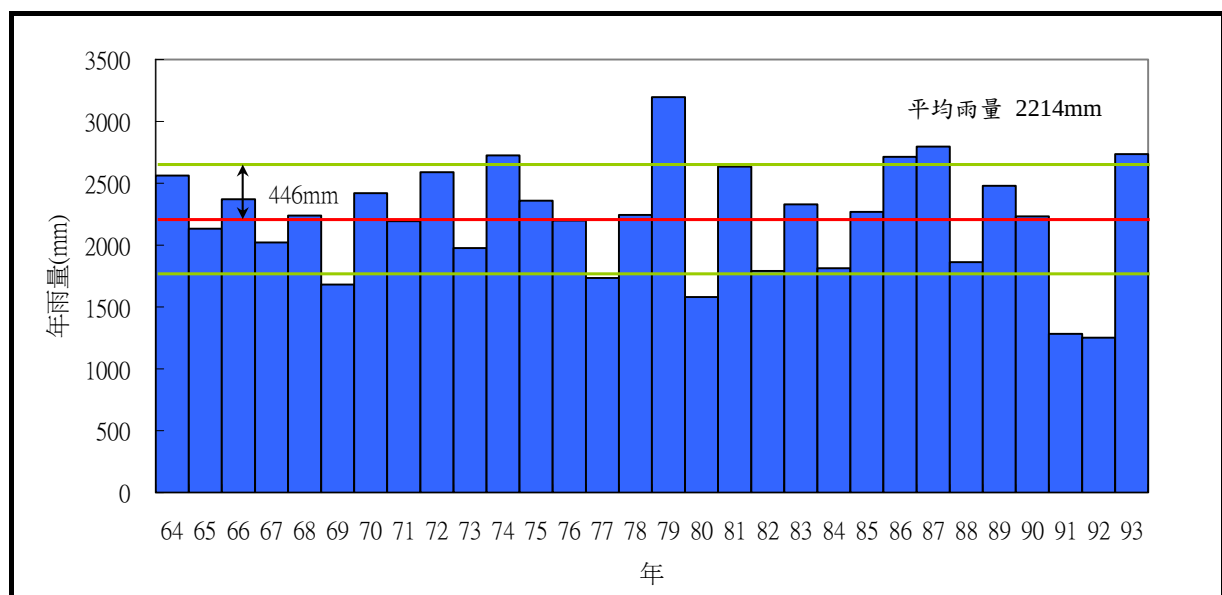


圖 4.1-4 年平均雨量組體圖

另將大甲溪石岡壩放流量及下游剩餘流量依豐枯水年及平水年分類標準，整理如表 4.1-5，由表 4.1-5 可知：

1. 豐水年時計畫實施後情況較計畫無實施情況，石岡壩放流量約減少 7.39%，下游剩餘流量約減少 8.61%；
2. 枯水期時計畫實施後情況較計畫無實施情況，石岡壩放流量約減少 13.23%，下游剩餘流量約減少 23.98%。
3. 平水年時計畫實施後情況較計畫無實施情況，石岡壩放流量約減少 7.56%，下游剩餘流量約減少 9.19%。

表 4.1-5 豐枯水年及平水年石岡壩放流量及下游剩餘水量比較表

單位:億立方公尺/年

		石岡壩放水量	下游剩餘流量
現況	豐水年	17.62	15.20
	平水年	13.38	10.97
	枯水年	4.95	2.63
計畫無實施情況	豐水年	17.42	15.01
	平水年	13.22	10.82
	枯水年	4.85	2.54
計畫實施後情況	豐水年	16.14	13.72
	平水年	12.22	9.82
	枯水年	4.21	1.93
計畫實施後 與現況之差異值	豐水年	-1.48(-8.41%)	-1.48(-9.67%)
	平水年	-1.16(-8.64%)	-1.15(-10.48%)
	枯水年	-0.74(-14.98%)	-0.70(-26.58%)
計畫實施後情況 與計畫無實施之差異值	豐水年	-1.29(-7.39%)	-1.29(-8.61%)
	平水年	-1.00(-7.56%)	-0.99(-9.19%)
	枯水年	-0.64(-13.23%)	-0.61(-23.98%)

註：負值代表減少，()內代表減少百分比

目標年聯合運用計畫有無實施與基準年現況大甲溪石岡壩年放流量及下游年剩餘水量和年降雨量關係如圖 4.1-5 至圖 4.1-6 所示。目標年聯合運用計畫無實施與基準年現況之流量差異值、目標年聯合運用計畫實施後與基準年現況之流量差異值與雨量間之關係如圖 4.1-7 至圖 4.1-8 所示。由圖 4.1-5 至圖 4.1-6 可瞭解降雨量低於平均雨量一倍標準偏差時(枯水年)，石岡壩之放流量有低於 5 億噸/年之情形，而平水年情況放流量約和降雨量成正比關係；大甲溪下游剩餘流量與雨量間關係和石岡壩放流量趨勢約同。由圖 4.1-7 至圖 4.1-8 可知，目標年聯合運用計畫無實施與基準年現況之流量差異值與雨量間無明顯關聯；目標年聯合運用計畫實施後與基準年現況之流量差異值與降雨量間之變化較明顯。

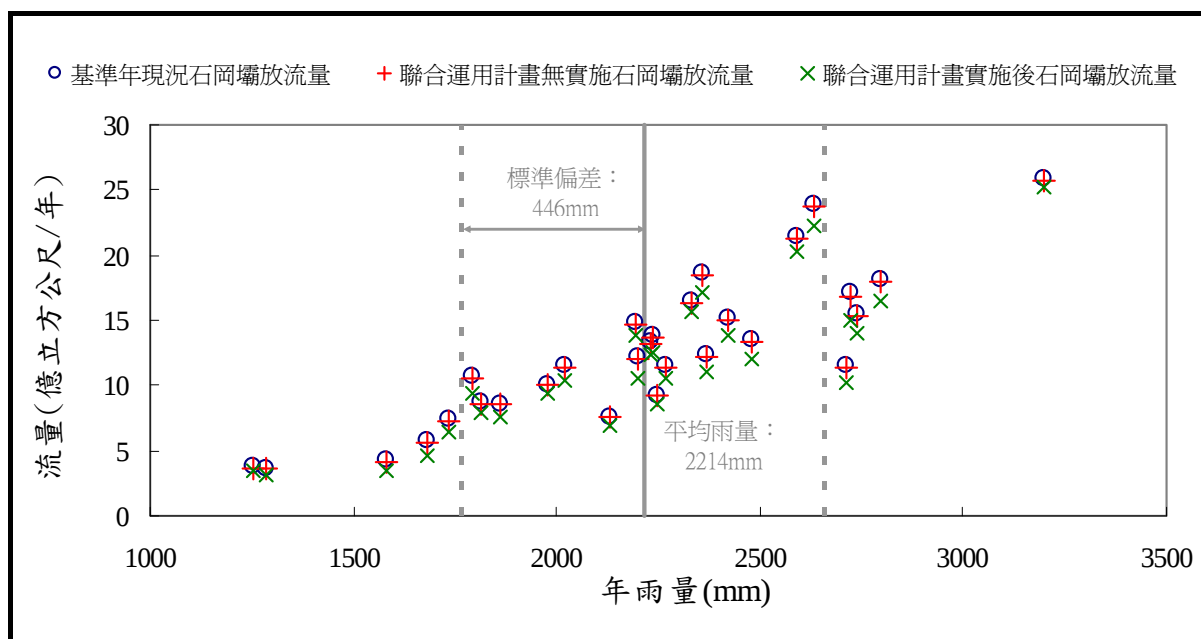


圖 4.1-5 各情況石岡壩放流量與雨量之關係圖

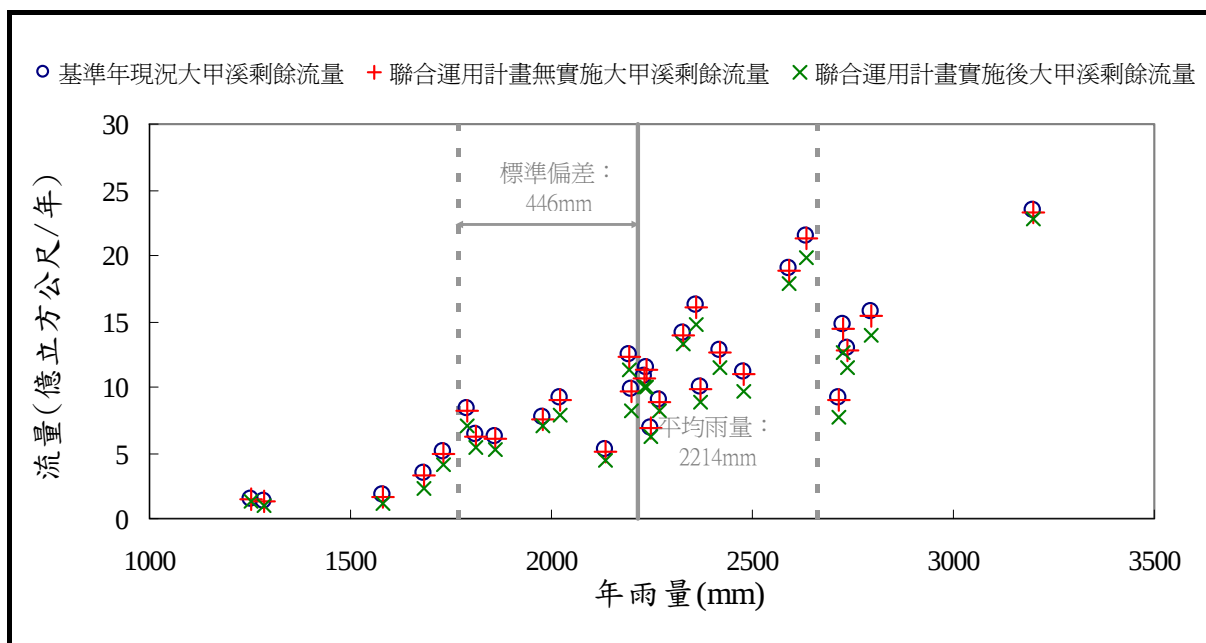


圖 4.1-6 各情況大甲溪剩餘水量與雨量之關係圖

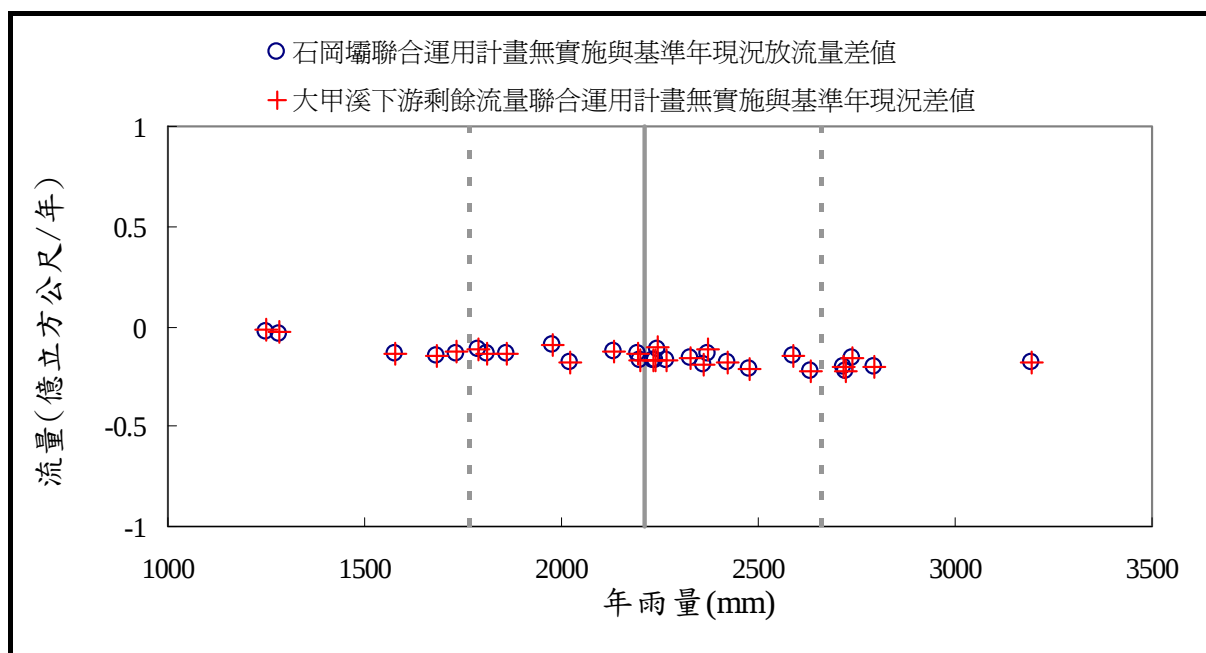


圖 4.1-7 目標年聯合運用計畫無實施情況與基準年現況減少水量與雨量之關係圖

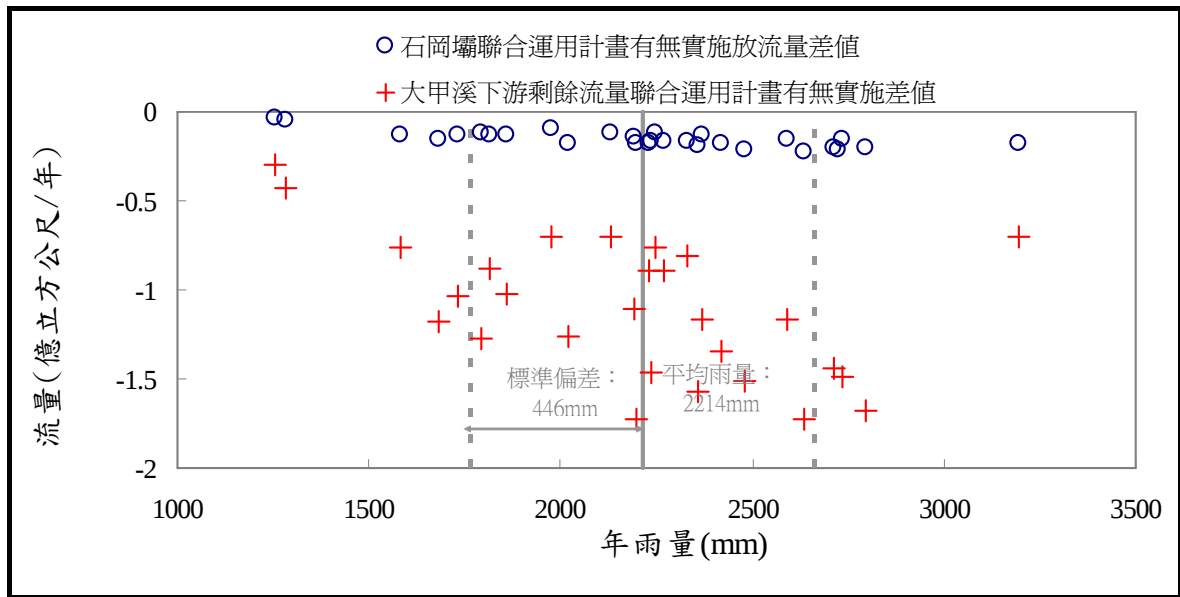


圖 4.1-8 目標年聯合運用計畫實施後情況與基準年現況減少水量與雨量之關係圖

二、河川水位變化分析

為瞭解河川流量變化河川水位之變動情況，本計畫以 HEC-RAS 水理模式進行河川水位分析，分析所採用之上游邊界條件為石岡壩之放流量，斷面 7 下游河段採剩餘流量值(即石岡壩放流量扣除台中農田水利會用水後之剩餘流量)，下游河口邊界採用台中港潮位站之平均潮位 1.2m，分析 65 年至 93 年河川水位變化。茲將各相鄰斷面分析之水位值取平均作為相鄰斷面間河段之代表水位值，經整理各河段基準年現況、計畫有無實施放流量條件下，分析期間內之最高水位、最低水位及平均水位值如表 4.1-6，基準年現況與計畫無實施、基準年現況與計畫實施後及計畫有無實施平均水位比較差異列如表 4.1-7 所示可知，計畫無實施與基準年現況條件下，各河段平均水位差值均在 1 公分以下；計畫實施後與基準年現況條件下，各河段平均水位差值在 2 公分至 7 公分間；計畫實施後與計畫無實施條件下，各河段平均水位差值在 2 公分至 6 公分間。

表 4.1-6 各河段歷年水位統計

單位：m

河段	基準年現況			計畫無實施			計畫實施後		
	最高水位	最低水位	平均水位	最高水位	最低水位	平均水位	最高水位	最低水位	平均水位
1	6.24	3.51	3.90	6.24	3.51	3.90	6.23	3.51	3.86
2	13.14	10.48	11.05	13.14	10.48	11.04	13.14	10.48	11.00
3	20.21	16.90	17.54	20.20	16.90	17.54	20.20	16.90	17.49
4	25.51	22.16	22.62	25.51	22.16	22.62	25.50	22.16	22.58
5	31.26	28.35	28.65	31.26	28.35	28.64	31.26	28.35	28.62
6	39.52	36.62	37.08	39.52	36.62	37.07	39.52	36.62	37.03
7	48.14	44.91	45.54	48.14	44.91	45.53	48.14	44.91	45.47
8	55.65	52.55	53.00	55.65	52.55	52.99	55.65	52.55	52.95
9	62.72	59.63	60.02	62.72	59.63	60.02	62.72	59.63	59.98
10	69.29	65.47	65.97	69.28	65.47	65.96	69.28	65.47	65.92
11	74.78	70.93	71.46	74.78	70.93	71.45	74.78	70.93	71.41
12	79.85	76.78	77.22	79.85	76.78	77.21	79.85	76.78	77.18
13	86.76	83.63	83.97	86.76	83.63	83.97	86.76	83.63	83.94
14	93.54	89.88	90.31	93.54	89.88	90.30	93.54	89.88	90.27
15	98.91	95.38	95.76	98.91	95.38	95.76	98.91	95.38	95.73
16	104.37	100.53	100.93	104.37	100.53	100.93	104.36	100.53	100.89
17	110.19	106.02	106.53	110.19	106.02	106.53	110.18	106.02	106.48
18	116.19	112.18	112.59	116.19	112.18	112.59	116.18	112.18	112.55
19	121.24	117.38	117.71	121.24	117.38	117.70	121.23	117.38	117.68
20	130.89	127.33	127.82	130.89	127.33	127.81	130.88	127.33	127.77
21	141.91	138.77	139.19	141.90	138.75	139.19	141.89	138.77	139.15
22	148.83	145.82	146.12	148.83	145.80	146.11	148.82	145.82	146.09
23	158.19	154.14	154.57	158.19	154.14	154.56	158.19	154.14	154.52
24	169.88	165.92	166.27	169.88	165.92	166.26	169.87	165.92	166.23
25	179.92	174.44	175.05	179.92	174.44	175.04	179.91	174.44	175.00
26	186.81	181.15	181.85	186.81	181.15	181.84	186.80	181.15	181.79
27	191.81	188.06	188.45	191.81	188.06	188.44	191.80	188.06	188.41
28	197.28	193.12	193.43	197.28	193.12	193.43	197.27	193.12	193.40
29	202.89	198.36	198.64	202.89	198.36	198.64	202.89	198.36	198.61
30	208.65	203.66	204.01	208.65	203.66	204.00	208.64	203.66	203.98
31	218.02	214.29	214.56	218.02	214.29	214.56	218.01	214.29	214.54
32	226.03	223.08	223.37	226.03	223.08	223.37	226.02	223.08	223.35
33	229.83	226.70	227.16	229.83	226.70	227.15	229.82	226.70	227.12
34	236.57	233.64	234.08	236.56	233.64	234.08	236.56	233.64	234.04
35	242.49	238.11	238.56	242.49	238.11	238.55	242.48	238.11	238.51
36	255.09	251.22	251.58	255.09	251.22	251.57	255.08	251.22	251.54

表 4.1-7 各河段水位歷年平均水位差值統計

單位：m

河段	計畫無實施與基準年現況	計畫實施後與基準年現況	計畫實施後與無實施
1	-0.01	-0.04	-0.04
2	-0.01	-0.04	-0.04
3	-0.01	-0.05	-0.04
4	-0.01	-0.04	-0.04
5	0.00	-0.03	-0.02
6	-0.01	-0.04	-0.04
7	-0.01	-0.06	-0.06
8	-0.01	-0.05	-0.04
9	-0.01	-0.04	-0.03
10	-0.01	-0.05	-0.04
11	-0.01	-0.05	-0.04
12	0.00	-0.03	-0.03
13	0.00	-0.03	-0.03
14	-0.01	-0.04	-0.03
15	0.00	-0.03	-0.03
16	-0.01	-0.04	-0.03
17	-0.01	-0.05	-0.04
18	-0.01	-0.04	-0.04
19	0.00	-0.03	-0.03
20	-0.01	-0.05	-0.04
21	-0.01	-0.04	-0.04
22	0.00	-0.03	-0.03
23	-0.01	-0.04	-0.04
24	0.00	-0.03	-0.03
25	-0.01	-0.05	-0.05
26	-0.01	-0.07	-0.06
27	-0.01	-0.04	-0.04
28	0.00	-0.03	-0.03
29	0.00	-0.03	-0.02
30	0.00	-0.03	-0.03
31	0.00	-0.02	-0.02
32	0.00	-0.03	-0.02
33	-0.01	-0.04	-0.04
34	-0.01	-0.04	-0.04
35	-0.01	-0.05	-0.04
36	0.00	-0.04	-0.03

4.2 大甲溪河川入滲量變化分析

河川水位變化將影響地下水的補注量，本計畫依聯合運用前後河川水位變化及地下水位間之差值估算大甲溪各河段之補注量，計算河段分布圖如圖 4.2-1。

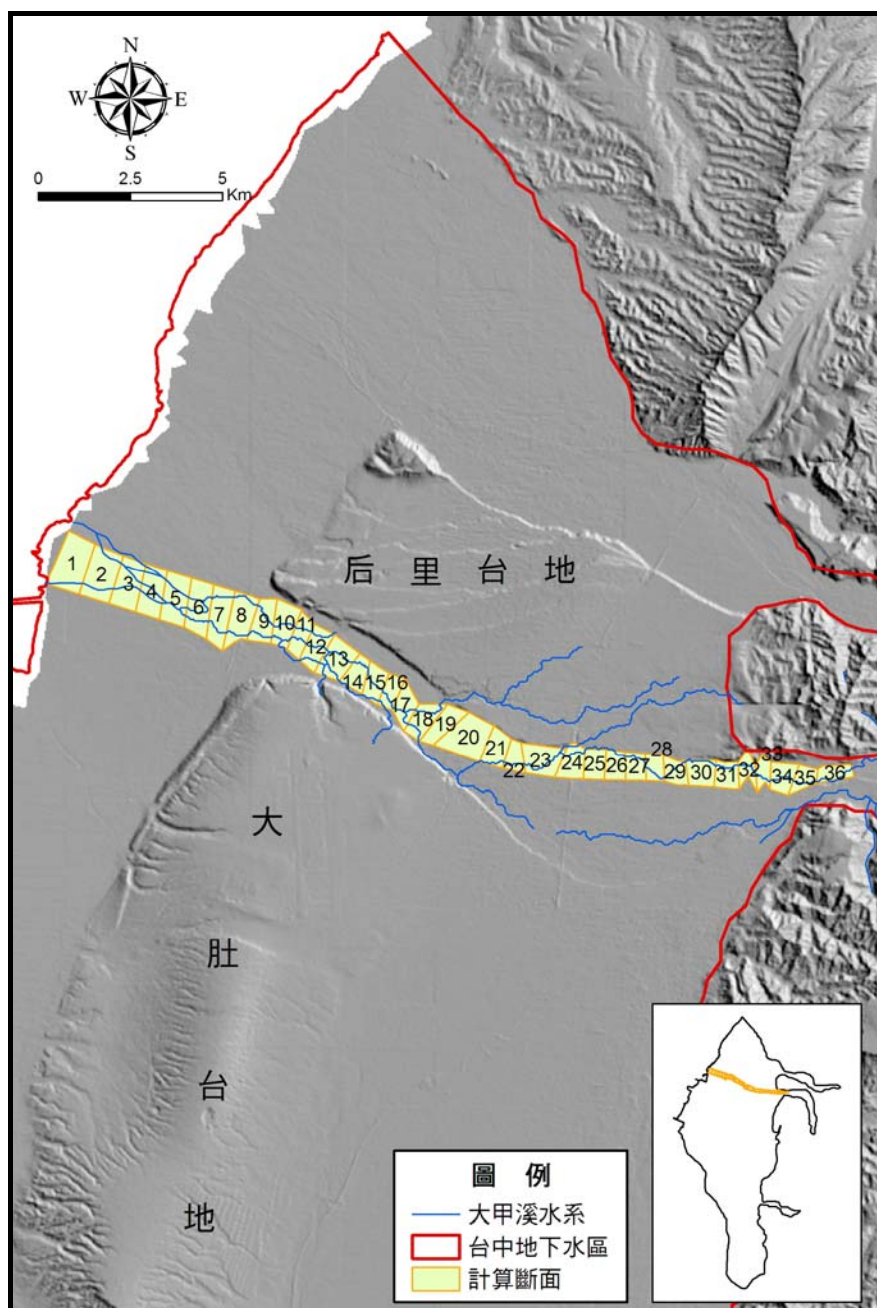


圖 4.2-1 大甲溪入滲量估算之河段分布圖

入滲量推估各物理量輸入條件說明如下：

1、河川水位

採用各河段河川水位分析結果，參見表 4-1.6。

2、地下水位

因大甲溪沿岸淺層(自由含水層)地下水水位長期觀測資料闕如，大甲溪河川入滲量推估所需之地下水水位條件，初步構想可採用二種方法給定之：

- (1)假設以現有地下水位觀測資料內差推計沿岸地下水位；
- (2)假設大甲溪石岡壩下游至河口沿岸之地下水位值均低於河床最低點高程。

大甲溪下游南為大肚台地，北為后里台地，屬台地河谷地形，若僅由地下水觀測網記錄之地下水水位資料，推計河岸之地下水水位其局部解析之準確度恐有偏差，茲參引「台中人工湖規劃工程地質、材料及環境調查評估專題報告書」河谷左右兩側之地下水位資料，配合觀測網資料以克利金空間內差法推計沿岸地下水水位值。本計畫引用之地下水井資料列如表 4.2-1 及表 4.2-2 所示，其中表 4.2-1 為台中人工湖規劃案之地下水觀測井，表 4.2-2 則為水利署地下水觀測網之地下水位觀測井，圖 4.2-2 為觀測網地下水位觀測井其民國 89 年至 96 年監測水位圖，表 4.2-3 為台中地區地下水位趨勢分析表，由表 4.2-3 可知於統計期間，台中地區大部分區域地下水位呈現上昇之情況，惟沿海地區之南庄及鰲峰與盆地地區之大雅、忠明國小、新庄等觀測井之地下水位有下降之趨勢，惟其降低幅度不大，約每年 4~9 公分。圖 4.2-3 為克利金空間內差之地下水水位分布圖，表 4.2-4 及圖 4.2-4 為大甲溪沿程地下水位與各計算河段渠底之比較結果，由此成果可知位於大甲及大肚台地間部分

河段(河段 9 至河段 23)地下水水位高於河床 0.56 公尺至 16.75 公尺間，屬后里台地地下水可能出流至大甲溪之河段。由於該河谷台地間並無長期觀測地下水井，難以掌握豐枯水期地下水變化，且局部底床地質條件資料缺乏，無法正確推估判斷其出流型態與可能量級；此外，本計畫對台地範圍地表入滲水量對地下水環境之影響已採分配至台地周界方式處理之，因此，本計畫茲採假設(2)，即地下水位均低於河床最低點之條件進行分析，以求保守評估聯合運用計畫之實施對地下水環境之影響。

表 4.2-1 台中人工湖規劃之地下水觀測井

單位：公尺

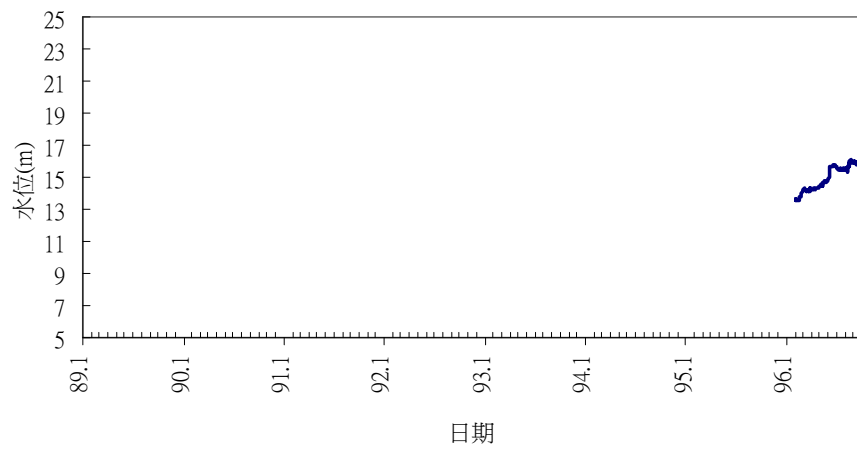
孔號	X_TM67	Y_TM67	地面高程	平均水深	平均水位	最淺水深	最高水位	最深水深	最低水位	備註
95-GH01	210186.9	2691153	70.77	2.29	68.48	2.12	68.65	2.42	68.35	高灘地
95-GH02	211051.7	2690653	82.48	3.64	78.85	3.13	79.35	3.93	78.55	高灘地
95-GH03	212117.3	2690312	93.05	1.61	91.45	1.4	91.65	1.8	91.25	高灘地
95-GH04	213446.7	2689479	107.31	2.12	105.19	1.93	105.38	2.3	105.01	高灘地
95-GH05	214821.7	2688910	163.38	20.08	143.3	18.36	145.02	20.8	142.58	后里台地
95-GH06	215219.9	2688270	165.85	26.14	139.71	25.87	139.98	26.3	139.55	后里台地
95-GH07	217028.2	2687234	183.16	26.21	156.96	25.67	157.49	27.05	156.11	后里台地
95-GH08	216807.7	2688339	177.64	6.53	171.11	5.94	171.7	6.94	170.7	后里台地
95-GH09	214057.1	2690635	172.52	18.45	154.06	16.91	155.61	19.8	152.72	后里台地
95-GH10	212012.6	2691351	152.99	37.06	115.93	35.58	117.41	39	113.99	后里台地
95-BH01	215602.6	2686687	145.54	9.75	135.8	8.08	137.46	10.45	135.09	左岸
95-BH02	219037.6	2686178	188.21	18.07	170.14	16.9	171.31	18.8	169.41	左岸
95-BH03	220799.2	2686261	208.92	25	183.91	24.4	184.52	25.41	183.51	左岸
95-BH04	220544.4	2686708	202.67	17.39	185.28	15.96	186.71	18.35	184.32	右岸
95-BH05	220283.2	2686923	201.9	19.13	182.77	17.95	183.95	19.82	182.08	右岸
95-BH06	219691	2687081	193.81	12.52	181.3	11.39	182.42	13.25	180.56	右岸
95-BH07	216962.4	2687124	161.06	6.66	154.4	6.1	154.96	7.2	153.86	右岸
95-BH08	216370.8	2687242	153.59	7.32	146.28	6.73	146.86	7.95	145.64	右岸
94-PW1	215507	2687659	143.07	5.36	137.71	5.09	137.98	5.53	137.54	94 年成果
94-PW2	213933	2688432	126.62	1.9	124.72	1.72	124.9	2.2	124.42	94 年成果

註：摘自水利規劃試驗所「台中人工湖規劃工程地質、材料及環境調查評估專題報告書」。

表 4.2-2 地下水觀測網之地下水觀測井

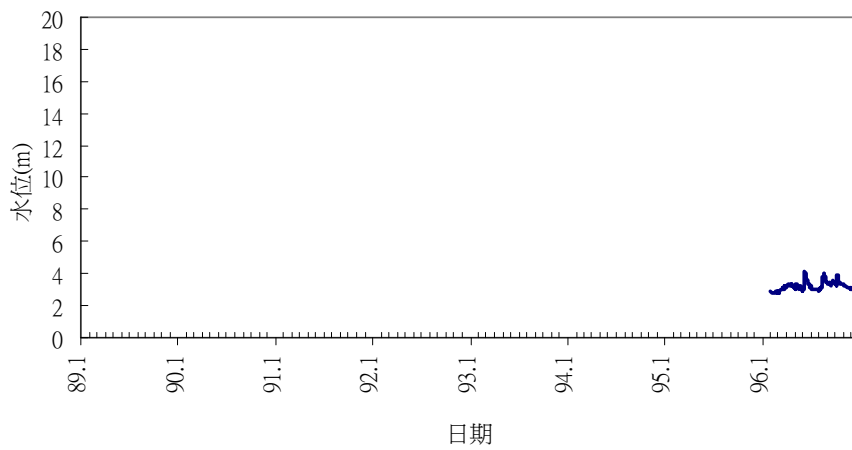
井號	井名	自計/普計	TMX_67	TMY_67	平均地下水位(m)
6030111	華龍(1)	自記	213625	2700250	34.60
6040111	大秀(1)	自記	205245	2685940	3.20
060413M2	鰲峰	普通	204930	2684845	3.93
6140111	三光(1)	自記	208625	2694937	14.93
061412M2	福興村	普通	209370	2693940	24.68
060812M2	新庄	普通	214170	2686335	141.94
061413M2	南庄	普通	206240	2693983	8.85
061011M1	大雅	普通	213250	2680240	121.87
060613T1	梧棲	自記	201650	2682300	-0.36
6090111	潭子	自記	219106	2678852	105.37
6150111	烏日(1)	自記	210980	2667122	25.25
061512M2	溪尾國小	普通	212400	2659930	39.16
6160111	永順(1)	自記	203447	2672732	2.86
061711M1	茄投	普通	201465	2675655	4.33
6200111	大里(1)	自記	220025	2666526	56.39
062012M2	草湖國小	普通	217635	2664005	43.98
070911M1	茄荖國小	普通	212845	2656950	53.89
080212M2	中峰	普通	247700	2652680	457.35
080213M1	藍仔城	普通	245085	2653270	431.51
080216M1	水頭	普通	246300	2649625	442.45
19010111	中山(1)	自記	217064	2671395	78.29
190411M1	忠明國小	普通	214570	2672865	81.38
19060111	啟聰(1)	自記	210102	2673131	74.61
190711M1	南屯	普通	212845	2670565	53.84
19080111	四張犁(1)	自記	216303	2676875	99.05
190812M2	東山	自記	219670	2674170	85.38
061812M2	萬豐	自記	218070	2658215	57.71

三光(1)



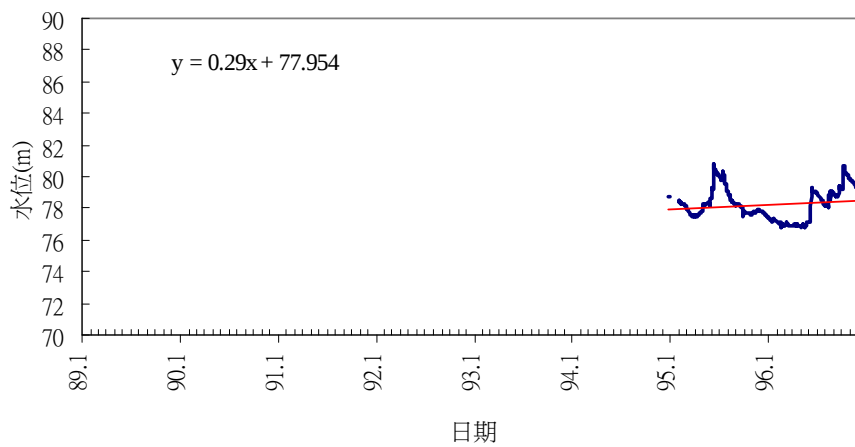
三光(1)

大秀(1)



大秀(1)

中山(1)



中山(1)

圖 4.2-2 地下水觀測網之地下水觀測井水位歷線(1/9)

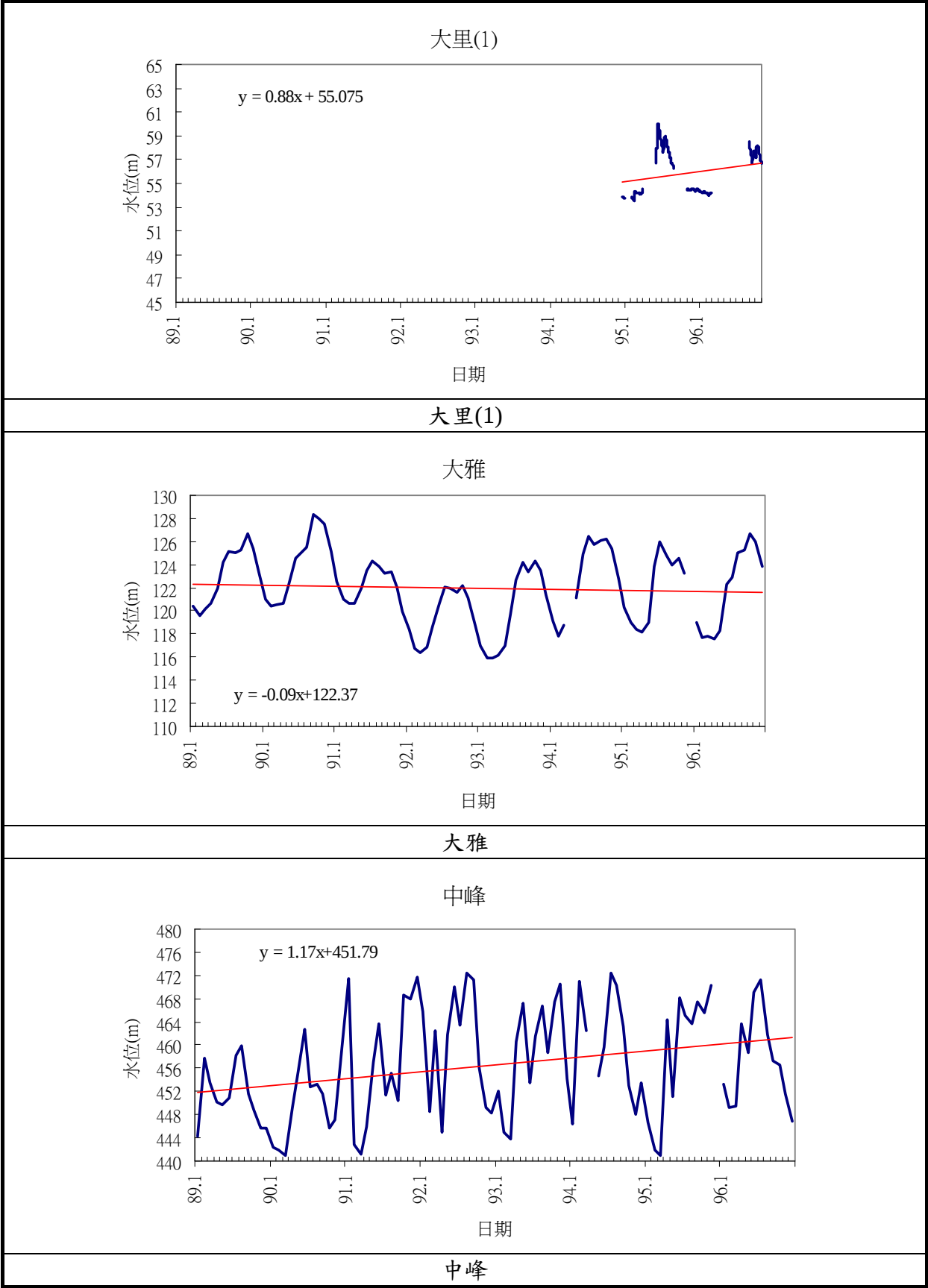


圖 4.2-2 地下水觀測網之地下水觀測井水位歷線(2/9)

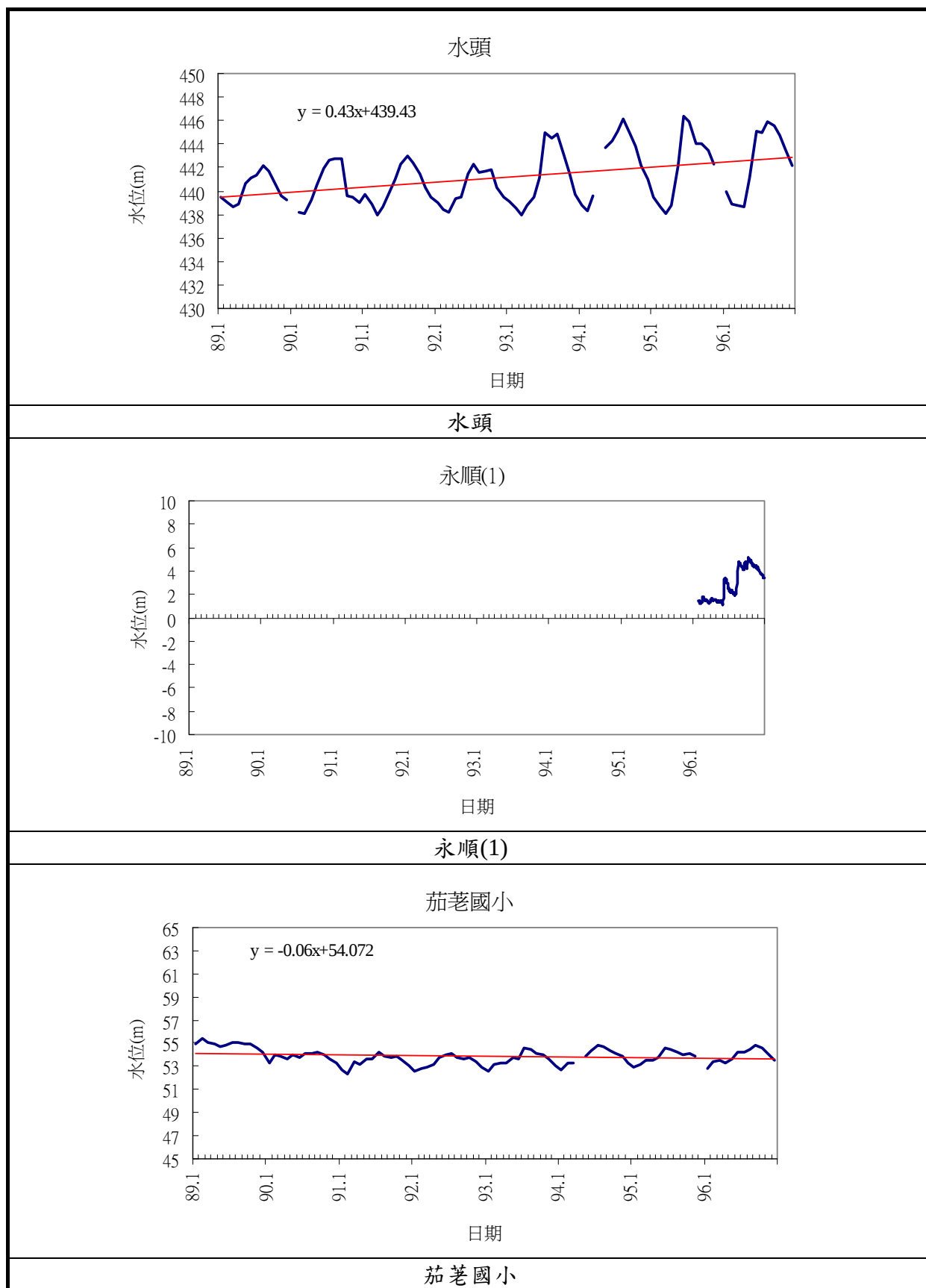


圖 4.2-2 地下水觀測網之地下水觀測井水位歷線(3/9)

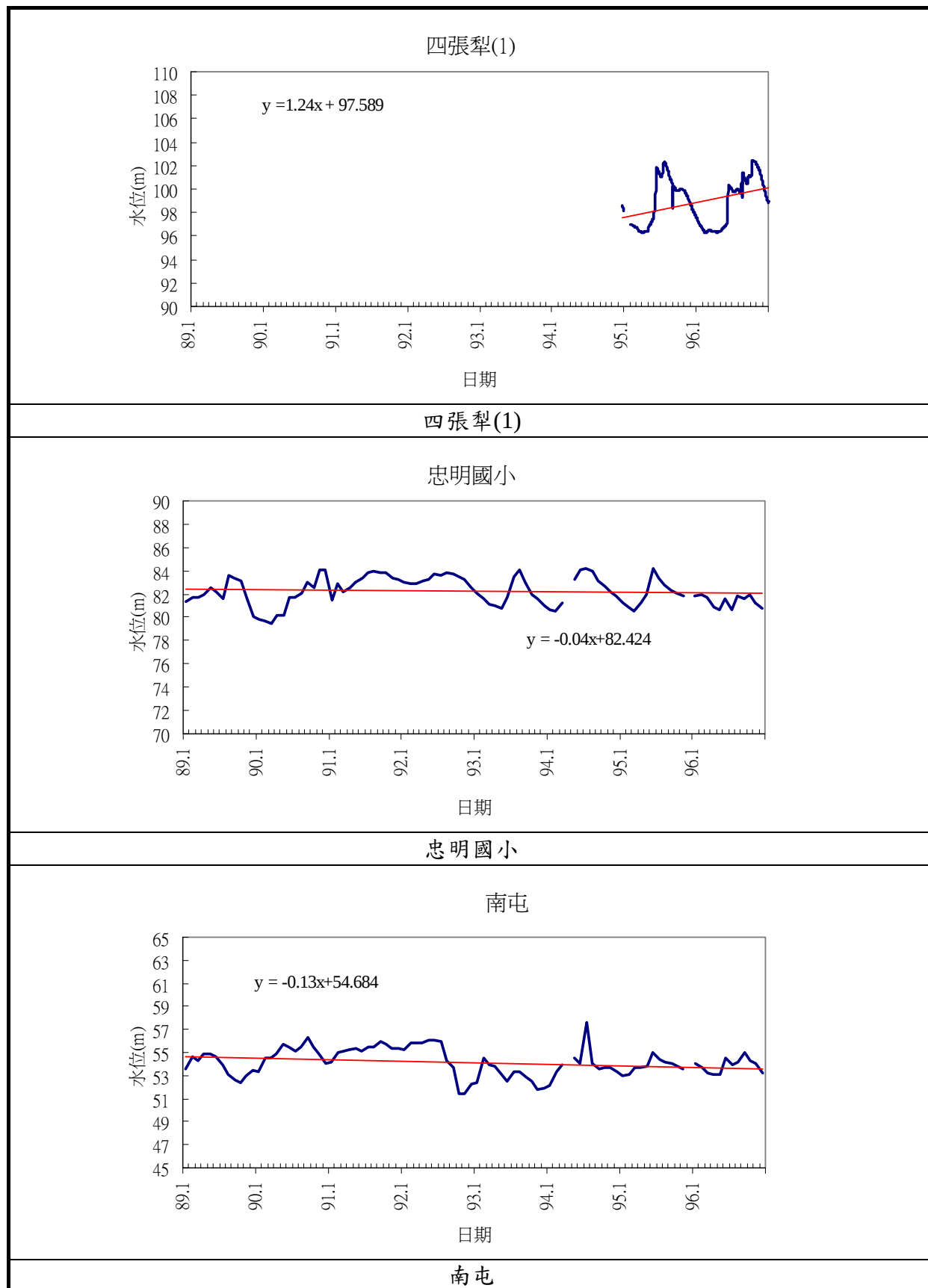


圖 4.2-2 地下水觀測網之地下水觀測井水位歷線(4/9)

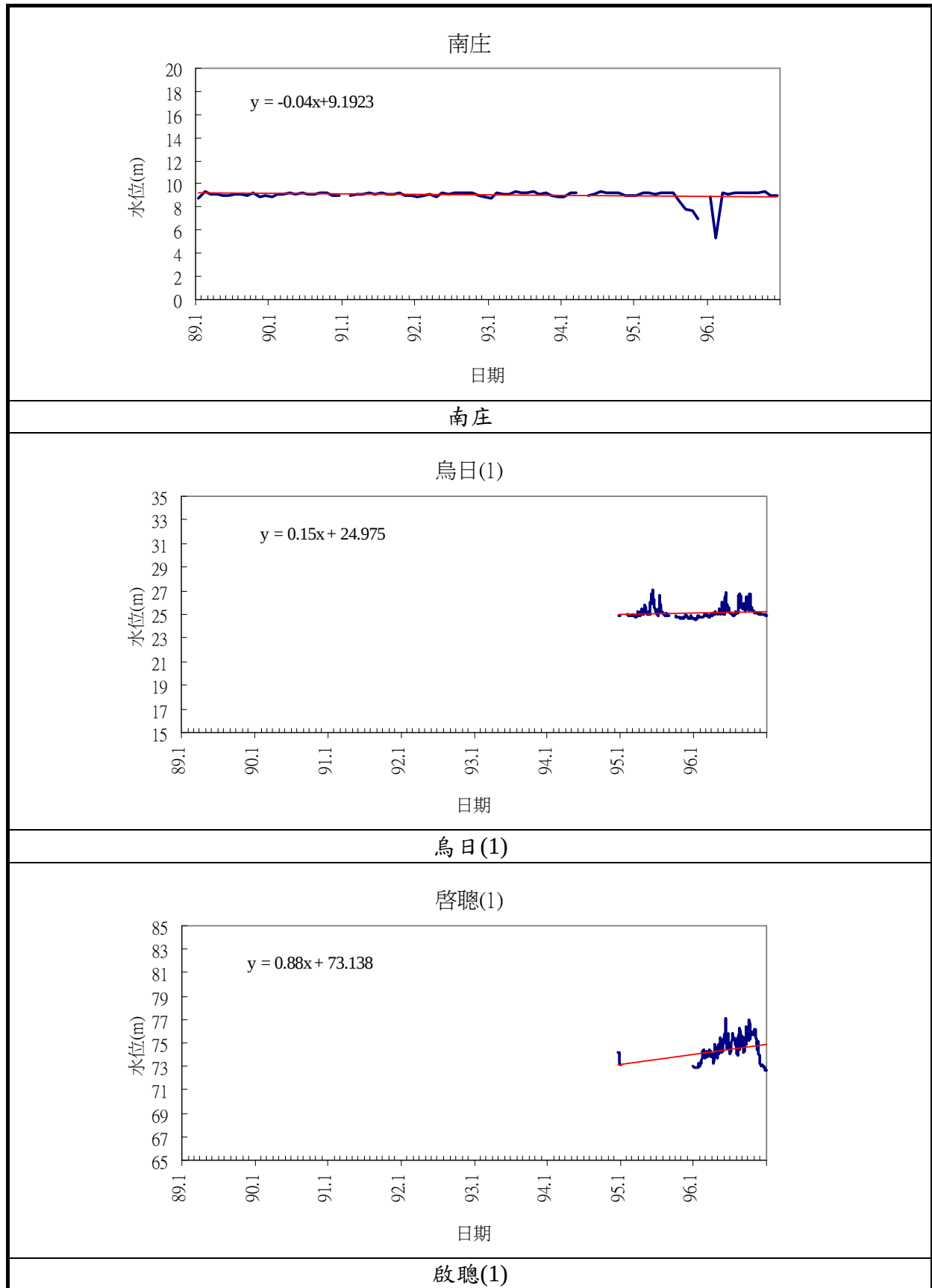


圖 4.2-2 地下水觀測網之地下水觀測井水位歷線(5/9)

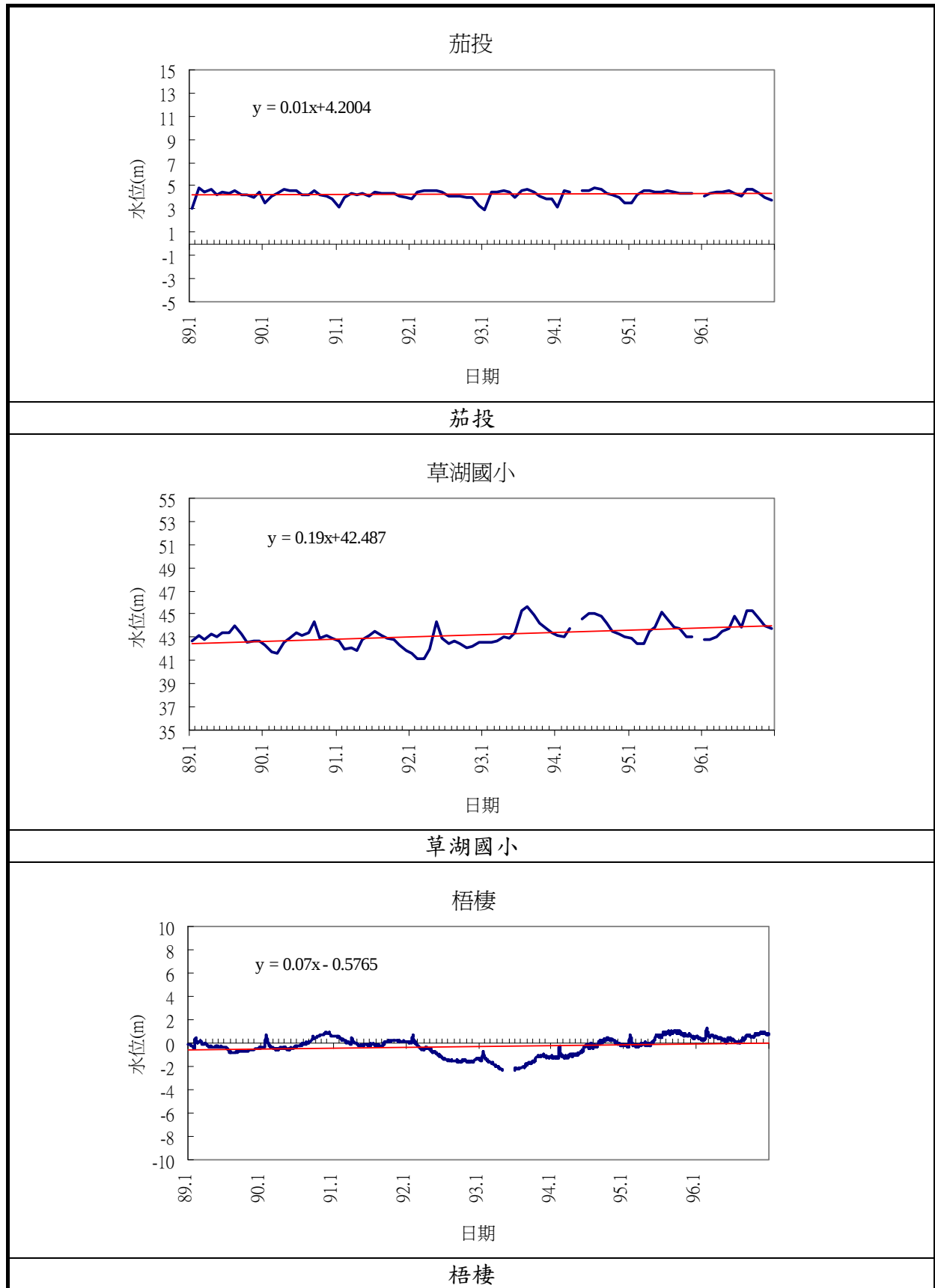


圖 4.2-2 地下水觀測網之地下水觀測井水位歷線(6/9)

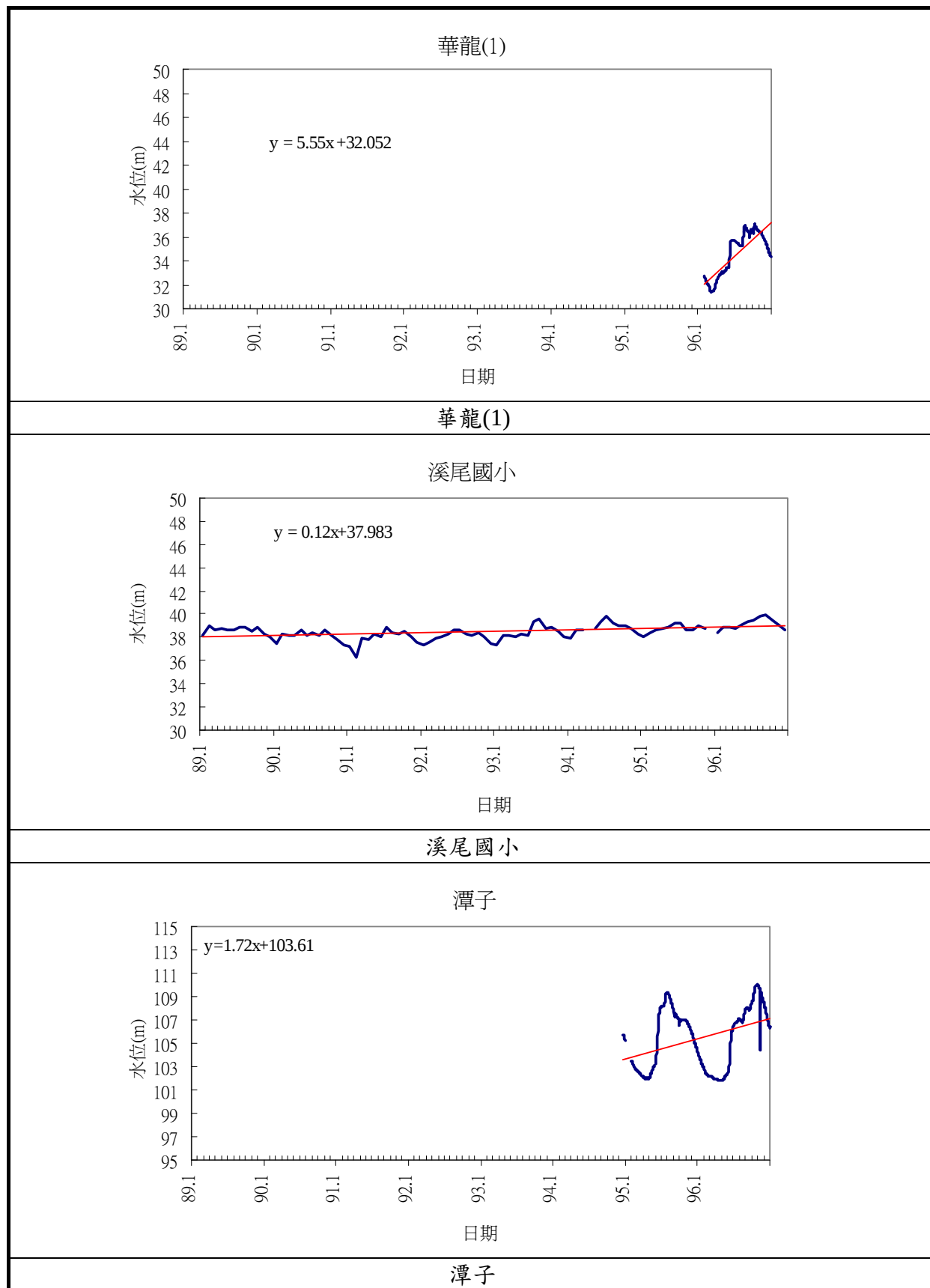


圖 4.2-2 地下水觀測網之地下水觀測井水位歷線(7/9)

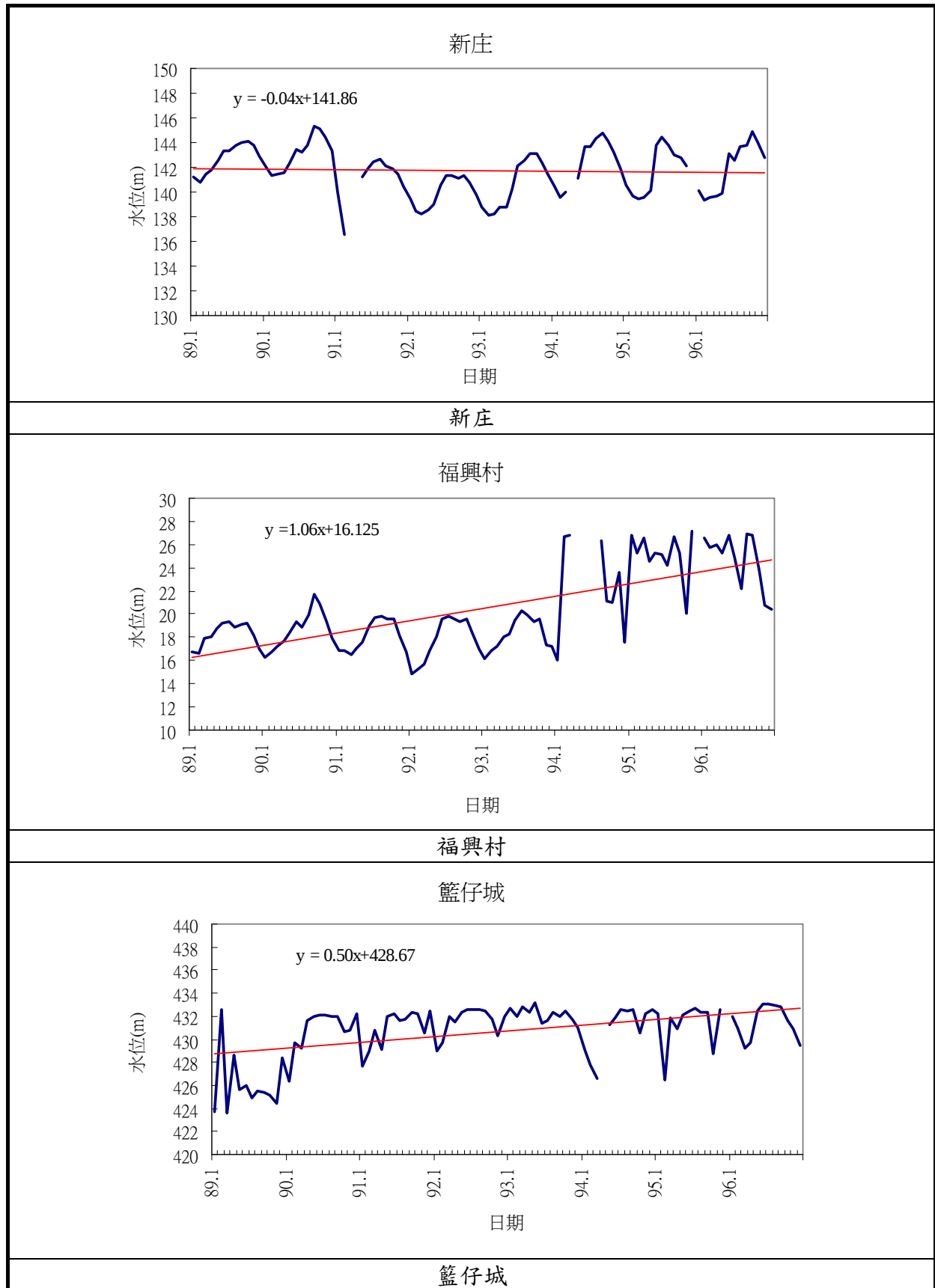


圖 4.2-2 地下水觀測網之地下水觀測井水位歷線(8/9)

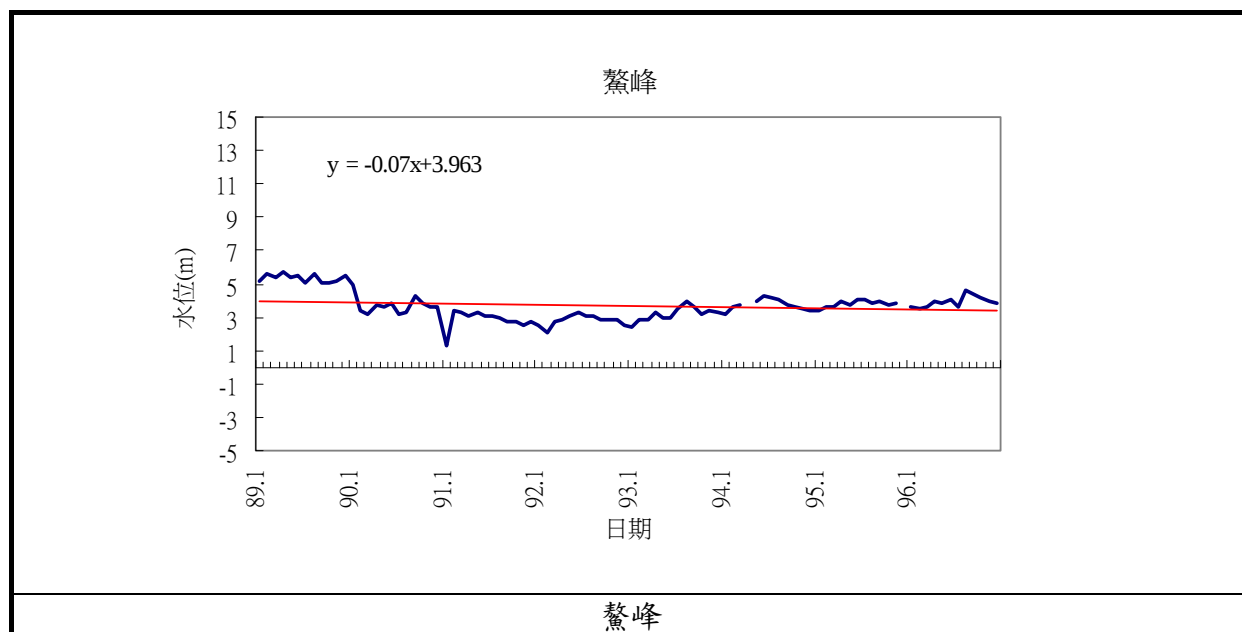


圖 4.2-2 地下水觀測網之地下水觀測井水位歷線(9/9)

表 4.2-3 地下水位變化趨勢分析表

井名	水位變化率 (m/年)	統計期間	井名	水位變化率 (m/年)	統計期間
三光(1)	—	96.2~96.12	烏日(1)	0.15	94.12~96.12
大秀(1)	—	96.2~96.12	啟聰(1)	0.88	94.12~96.12
中山(1)	0.29	94.12~96.12	茄投	0.01	89.1~96.12
大里(1)	0.88	94.12~96.10	草湖國小	0.19	89.1~96.12
大雅	-0.09	89.1~96.12	梧棲	0.07	89.1~96.12
中峰	1.17	89.1~96.12	華龍(1)	5.55	96.2~96.12
水頭	0.43	89.1~96.12	溪尾國小	0.12	89.1~96.12
永順(1)	—	96.2~96.12	潭子	1.72	94.12~96.12
茄萇國小	-0.06	89.1~96.12	新庄	-0.04	89.1~96.12
四張犁(1)	1.24	94.12~96.12	福興村	1.06	89.1~96.12
忠明國小	-0.04	89.1~96.12	萬豐	-0.03	91.1~96.12
南屯	-0.13	89.1~96.12	鰲峰	-0.07	89.1~96.12
南庄	-0.04	89.1~96.12	東山	0.26	91.1~96.12

註：“—”代表觀測數據不及兩年，不進行地下水位趨勢分析

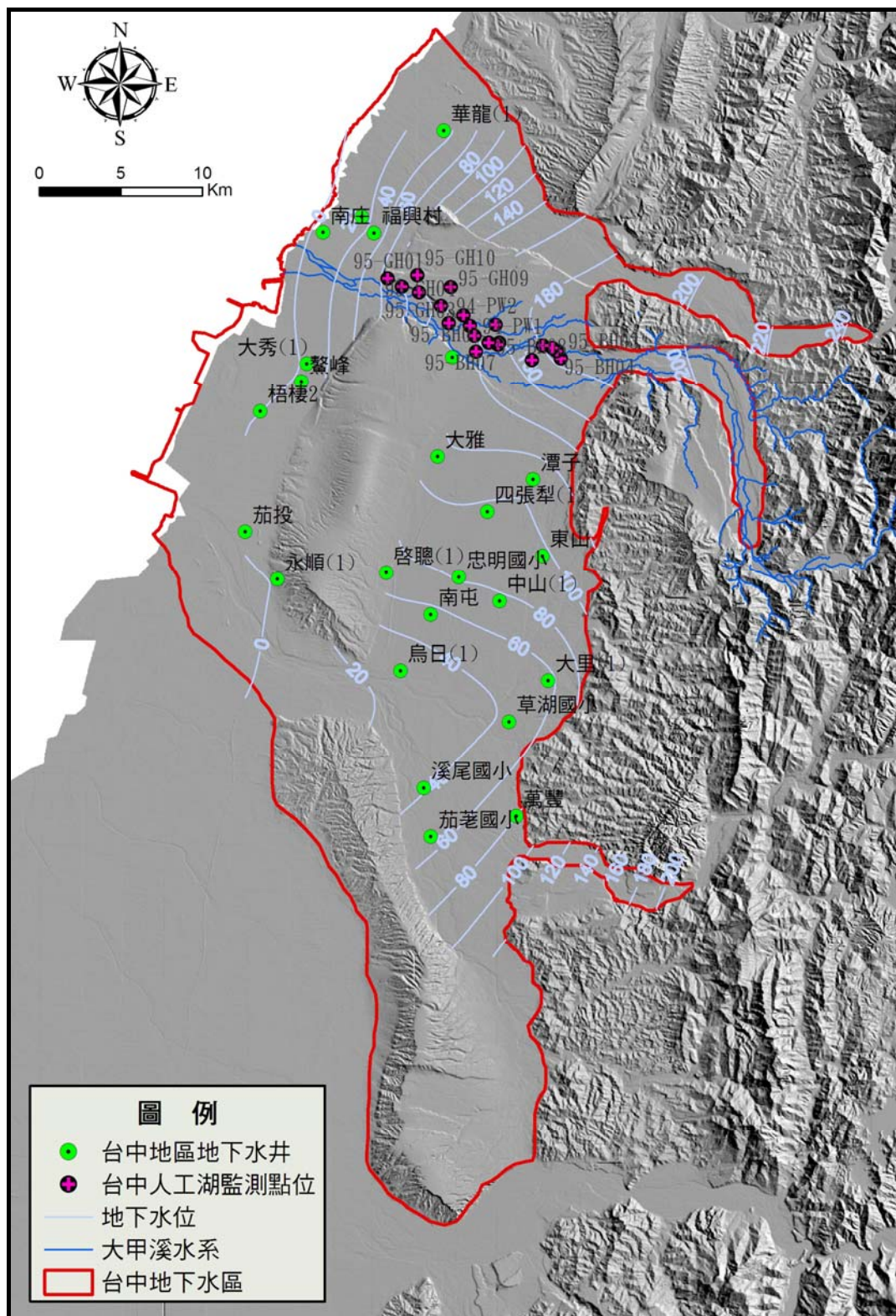


圖 4.2-3 地下水位及地下水井分布圖

表 4.2-4 內插地下水位與計算河段之相關資料

河段	累計長度 (m)	河段間長度 (m)	地下水位 (m)	左岸高程 (m)	右岸高程 (m)	渠底 (m)
1	884	884	3.19	7.32	7.00	3.20
2	1673	789	8.00	15.57	14.12	10.47
3	2385	712	13.43	23.18	23.20	16.88
4	3032	647	19.19	31.25	30.56	22.14
5	3726	694	25.91	39.76	37.69	28.34
6	4363	637	33.87	47.53	45.80	36.61
7	4898	535	41.80	53.82	52.38	44.90
8	5476	578	50.28	59.72	60.14	52.39
9	6030	554	59.74	66.58	67.43	59.18
10	6534	505	68.20	73.15	73.67	64.87
11	6981	447	73.31	78.25	79.86	70.13
12	7527	546	78.02	86.86	84.63	76.02
13	8292	765	84.79	96.16	91.31	83.24
14	8868	576	92.53	103.52	97.29	89.35
15	9427	559	100.08	110.73	102.08	94.89
16	9873	446	108.62	116.14	108.87	100.05
17	10451	578	118.78	118.05	116.72	105.41
18	11008	557	128.36	121.01	126.54	111.82
19	11417	409	133.82	130.03	148.52	117.07
20	12622	1205	137.03	140.58	171.09	126.90
21	13229	607	142.18	149.08	177.99	138.33
22	13832	603	147.56	156.81	179.45	145.44
23	14621	789	156.98	165.81	181.66	153.81
24	15344	724	165.44	174.82	181.09	165.72
25	15914	570	170.93	183.03	184.48	173.91
26	16430	516	175.30	190.65	191.62	180.59
27	16979	549	179.18	198.05	196.65	187.79
28	17479	500	182.81	205.58	202.12	192.89
29	18044	565	184.74	212.16	210.13	198.16
30	18866	822	185.19	219.35	222.18	203.47
31	19449	583	185.36	226.73	232.56	214.05
32	19956	507	186.39	233.38	237.62	222.66
33	20337	382	186.71	238.58	241.12	226.18
34	20972	635	187.17	244.29	248.21	233.06
35	21573	601	188.02	254.91	253.64	237.20
36	22535	962	190.10	268.34	260.99	250.53

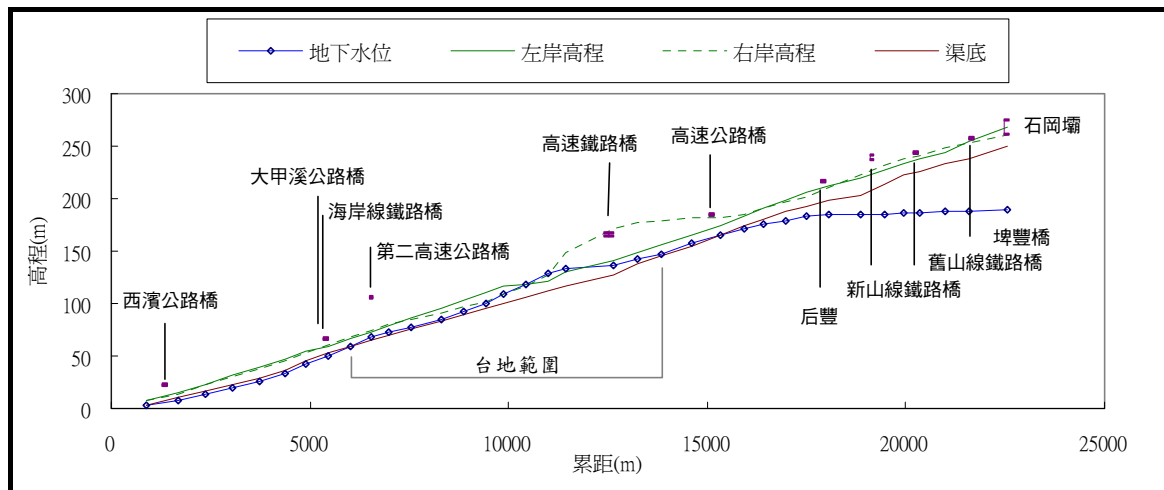


圖 4.2-4 平均地下水位剖面圖

3、滲透係數

依大甲溪治理規劃報告中河床底質分析成果(如表 4.2-5)可知大甲溪石岡壩下游之河床質粒徑組成皆以卵礫石為主，泥砂含量約 20%，此泥砂滲透特性將形成控制河川入滲量或地下水出流量之主要水文地質條件，本計畫茲衡酌泥砂含量及其入滲特性，取 1×10^{-5} m/sec、 5×10^{-6} m/sec 及 1×10^{-6} m/sec 三種可能入滲率代入模式進行分析。

4、河床底泥層厚度

依「台中人工湖規劃工程地質、材料及環境調查評估專題報告書」地質鑽探結果如表 4.2-6，河床底泥層厚度約為 1.5-3m 左右，本計畫取 2m 為河床底泥層厚度。

5、大甲溪河川入滲量變化分析成果

河床底砂層依其特性假設三種入滲係數(1×10^{-5} m/sec、 5×10^{-6} m/sec 及 1×10^{-6} m/sec)，茲將大甲溪入滲量推估值整理列如表 4.2-7 至表 4.2-9 所示，由表 4.2-9 得知：

- (1)入滲率 1×10^{-5} m/sec 分析河川入滲量：目標年計畫無實施情況年平均入滲量較基準年現況減少 2.20 百萬立方公尺；目標年

計畫實施後情況年平均入滲量較基準年現況減少 16.61 百萬立方公尺；目標年計畫實施後情況年平均入滲量較計畫無實施情況減少 14.41 百萬立方公尺。

(2)入滲率 5×10^{-6} m/sec 分析河川入滲量：目標年計畫無實施情況年平均入滲量較基準年現況減少 1.10 百萬立方公尺；目標年計畫實施後情況年平均入滲量較基準年現況減少 8.31 百萬立方公尺；目標年計畫實施後情況年平均入滲量較計畫無實施情況減少 7.21 百萬立方公尺。

(3)入滲率 1×10^{-6} m/sec 分析河川入滲量：目標年計畫無實施情況年平均入滲量較基準年現況減少 0.22 百萬立方公尺；目標年計畫實施後情況年平均入滲量較基準年現況減少 1.66 百萬立方公尺；目標年計畫實施後情況年平均入滲量較計畫無實施情況減少 1.44 百萬立方公尺。

另，為瞭解豐水年、枯水年及平水年時河川入滲量之差異性，茲將大甲溪入滲量推估值與豐枯水年及平水年之關係整理列如表 4.2-10 所示，由表 4.2-10 可知：

(1)入滲率 1×10^{-5} m/sec 之河川入滲量：

- 豐水年條件下，計畫實施後情況年平均入滲量較基準年現況減少 21.74 百萬立方公尺；計畫實施後情況年平均入滲量較計畫無實施情況減少 18.95 百萬立方公尺。
- 平水年條件下，計畫實施後情況年平均入滲量較基準年現況減少 16.43 百萬立方公尺；計畫實施後情況年平均入滲量較計畫無實施情況減少 14.24 百萬立方公尺。
- 枯水年條件下，計畫實施後情況年平均入滲量較基準年現況減少 12.19 百萬立方公尺；計畫實施後情況年平均入滲量較計畫無實施情況減少 10.54 百萬立方公尺。

(2)入滲率 5×10^{-6} m/sec 之河川入滲量：

- 豐水年條件下，計畫實施後情況年平均入滲量較基準年現況減少 10.87 百萬立方公尺；計畫實施後情況年平均入滲量較計畫無實施情況減少 9.47 百萬立方公尺。
- 平水年條件下，計畫實施後情況年平均入滲量較基準年現況減少 8.21 百萬立方公尺；計畫實施後情況年平均入滲量較計畫無實施情況減少 7.12 百萬立方公尺。
- 枯水年條件下，計畫實施後情況年平均入滲量較基準年現況減少 6.09 百萬立方公尺；計畫實施後情況年平均入滲量較計畫無實施情況減少 5.27 百萬立方公尺。

(3)入滲率 1×10^{-6} m/sec 之河川入滲量：

- 豐水年條件下，計畫實施後情況年平均入滲量較基準年現況減少 2.18 百萬立方公尺；計畫實施後情況年平均入滲量較計畫無實施情況減少 1.90 百萬立方公尺。
- 平水年條件下，計畫實施後情況年平均入滲量較基準年現況減少 1.64 百萬立方公尺；計畫實施後情況年平均入滲量較計畫無實施情況減少 1.42 百萬立方公尺。
- 枯水年條件下，計畫實施後情況年平均入滲量較基準年現況減少 1.22 百萬立方公尺；計畫實施後情況年平均入滲量較計畫無實施情況減少 1.05 百萬立方公尺。

綜而言之，豐水年條件下，計畫實施後情況較基準年現況河川入滲量減少約 8.0%，計畫實施後情況較計畫無實施情況減少約 7.1%；平水年條件下，計畫實施後情況較基準年現況河川入滲量減少約 7.5%，計畫實施後情況較計畫無實施情況減少約 6.6%；枯水年條件下，計畫實施後情況較基準年現況河川入滲量減少約 11.4%，計畫實施後情況較計畫無實施情況減少約 10%。

表 4.2-5 河床質平均粒徑與代表粒徑分析成果表

斷面	代表粒徑(mm)			平均粒徑 D _m (mm)	泥砂含量(%)
	D ₃₅	D ₅₀	D ₆₀		
1	39.8	84.2	148.4	89.5	18.6
5	38.1	84.2	146.3	76.8	20.0
9	70.3	130.6	—	102.8	17.8
13	60.1	81.3	—	100.3	18.3
17	49.8	93.7	152.0	82.3	18.4
21	89.6	167.3	—	114.3	10.1
25	67.8	111.0	187.7	90.8	19.6
29	67.4	141.3	—	106.3	19.1
33	29.3	54.2	105.6	71.3	18.5
41	42	90	203	93.5	15.1

表 4.2-6 台中人工湖規劃鑽探地層概況

孔號	位置	鑽探深度	地層概況
GH-01	右岸高灘地	15m	0~15m 均為卵礫石層
GH-02	右岸高灘地	15m	0~15m 均為卵礫石層
GH-03	右岸高灘地	15m	0-1.0m 為紅棕色黏土；1~15m 為卵礫石層
GH-04	右岸高灘地	15m	0-2.0m 為紅棕色黏土；2~15m 為卵礫石層
GH-05	后里台地	26m	0-1.8m 為紅棕色黏土；1.8~25.7m 為卵礫石層
GH-06	后里台地	36m	0-2.0m 為紅棕色黏土；2~36m 為卵礫石層
GH-07	后里台地	31m	0-2.8m 為紅棕色黏土；2.8~31m 為卵礫石層
GH-08	后里台地	24.5m	0-2.0m 為紅棕色黏土；2~24.5m 為卵礫石層
GH-09	后里台地	37m	0-2.2m 為紅棕色黏土；2.2~37m 為卵礫石層
GH-10	后里台地	49m	0-2.2m 為紅棕色黏土；2.2~15m 為卵礫石層
BH-01	左岸高灘地	30m	0-3.0m 黃灰色粉土砂夾卵礫石,磚塊；3~30m 為卵礫石層
BH-02	左岸高灘地	30m	0-2.5m 灰褐色粉土砂夾雜物,磚塊；2.5~30m 為卵礫石層
BH-03	左岸高灘地	30m	0-7.0m 黃灰色粉土砂夾卵礫石,磚塊；7~30m 為卵礫石層
BH-04	右岸高灘地	30m	0-1.5m 黃棕色粉土砂夾卵礫石；1.5~30m 為卵礫石層
BH-05	右岸高灘地	30m	0-2.0m 灰褐色粉土砂夾雜物,磚塊；2~30m 為卵礫石層
BH-06	右岸高灘地	30m	0-2.0m 灰褐色粉土砂夾雜物,磚塊；2~30m 為卵礫石層
BH-07	右岸高灘地	30m	0-1.0m 黃棕色粉土砂夾卵礫石；1~30m 為卵礫石層
BH-08	右岸高灘地	30m	0~30m 均為卵礫石層

表 4.2-7 各河段年平均入滲量推估成果表

單位：百萬立方公尺

河段	河床底泥層入滲率								
	1×10^{-5} m/sec			5×10^{-6} m/sec			1×10^{-6} m/sec		
	現況	計畫 無實施	計畫 實施後	現況	計畫 無實施	計畫 實施後	現況	計畫 無實施	計畫 實施後
1	11.23	11.07	9.95	5.62	5.54	4.98	1.12	1.11	1.00
2	9.15	9.02	8.14	4.58	4.51	4.07	0.92	0.90	0.81
3	6.77	6.67	6.03	3.39	3.34	3.02	0.68	0.67	0.60
4	4.96	4.89	4.43	2.48	2.45	2.22	0.50	0.49	0.44
5	3.98	3.92	3.56	1.99	1.96	1.78	0.40	0.39	0.36
6	4.84	4.77	4.31	2.42	2.39	2.16	0.48	0.48	0.43
7	3.89	3.84	3.50	1.95	1.92	1.75	0.39	0.38	0.35
8	4.44	4.38	3.99	2.22	2.19	2.00	0.44	0.44	0.40
9	4.75	4.69	4.32	2.38	2.35	2.16	0.48	0.47	0.43
10	4.26	4.22	3.92	2.13	2.11	1.96	0.43	0.42	0.39
11	4.98	4.92	4.57	2.49	2.46	2.29	0.50	0.49	0.46
12	10.62	10.50	9.81	5.31	5.25	4.91	1.06	1.05	0.98
13	10.70	10.60	9.96	5.35	5.30	4.98	1.07	1.06	1.00
14	5.19	5.15	4.83	2.60	2.58	2.42	0.52	0.52	0.48
15	4.67	4.63	4.38	2.34	2.32	2.19	0.47	0.46	0.44
16	3.35	3.32	3.14	1.68	1.66	1.57	0.34	0.33	0.31
17	4.01	3.98	3.73	2.01	1.99	1.87	0.40	0.40	0.37
18	3.53	3.50	3.29	1.77	1.75	1.65	0.35	0.35	0.33
19	2.19	2.17	2.05	1.10	1.09	1.03	0.22	0.22	0.21
20	8.89	8.79	8.13	4.45	4.40	4.07	0.89	0.88	0.81
21	7.06	7.00	6.59	3.53	3.50	3.30	0.71	0.70	0.66
22	5.61	5.57	5.30	2.81	2.79	2.65	0.56	0.56	0.53
23	4.17	4.13	3.87	2.09	2.07	1.94	0.42	0.41	0.39
24	4.83	4.79	4.53	2.42	2.40	2.27	0.48	0.48	0.45
25	6.65	6.60	6.30	3.33	3.30	3.15	0.67	0.66	0.63
26	4.59	4.54	4.17	2.30	2.27	2.09	0.46	0.45	0.42
27	3.94	3.90	3.60	1.97	1.95	1.80	0.39	0.39	0.36
28	2.50	2.48	2.34	1.25	1.24	1.17	0.25	0.25	0.23
29	2.35	2.33	2.20	1.18	1.17	1.10	0.24	0.23	0.22
30	3.82	3.78	3.57	1.91	1.89	1.79	0.38	0.38	0.36
31	4.25	4.21	3.97	2.13	2.11	1.99	0.43	0.42	0.40
32	5.62	5.57	5.28	2.81	2.79	2.64	0.56	0.56	0.53
33	4.87	4.81	4.45	2.44	2.41	2.23	0.49	0.48	0.45
34	6.90	6.81	6.28	3.45	3.41	3.14	0.69	0.68	0.63
35	9.51	9.45	9.03	4.76	4.73	4.52	0.95	0.95	0.90
36	15.75	15.61	14.69	7.88	7.81	7.35	1.58	1.56	1.47
總計	208.82	206.61	192.21	104.52	103.40	96.21	20.92	20.67	19.23

表 4.2-8 年入滲量推估成果表

單位：百萬立方公尺

年	河床底泥層入滲率								
	1×10^{-5} m/sec			5×10^{-6} m/sec			1×10^{-6} m/sec		
	現況	計畫 無實施	計畫 實施後	現況	計畫 無實施	計畫 實施後	現況	計畫 無實施	計畫 實施後
65	145.82	144.17	135.38	72.91	72.09	67.69	14.58	14.42	13.54
66	203.72	201.77	186.65	101.86	100.89	93.33	20.37	20.18	18.67
67	205.25	202.58	186.46	102.63	101.29	93.23	20.53	20.26	18.65
68	229.27	226.69	207.48	114.64	113.35	103.74	22.93	22.67	20.75
69	122.23	119.74	101.93	61.12	59.87	50.97	12.22	11.97	10.19
70	240.69	237.62	220.71	120.35	118.81	110.36	24.07	23.76	22.07
71	236.27	234.61	220.86	118.14	117.31	110.43	23.63	23.46	22.09
72	312.32	310.35	297.95	156.16	155.18	148.98	31.23	31.04	29.80
73	174.11	172.99	164.56	87.06	86.50	82.28	17.41	17.30	16.46
74	275.43	272.53	246.13	137.72	136.27	123.07	27.54	27.25	24.61
75	293.31	290.56	270.17	146.66	145.28	135.09	29.33	29.06	27.02
76	209.82	207.51	186.53	104.91	103.76	93.27	20.98	20.75	18.65
77	147.3	144.98	130.15	73.65	72.49	65.08	14.73	14.50	13.02
78	164.18	162.51	152.58	82.09	81.26	76.29	16.42	16.25	15.26
79	365.55	362.91	355.4	182.78	181.46	177.70	36.56	36.29	35.54
80	95.14	92.95	82.13	47.57	46.48	41.07	9.51	9.30	8.21
81	350.93	347.71	328.06	175.47	173.86	164.03	35.09	34.77	32.81
82	180.84	179.44	164.71	90.42	89.72	82.36	18.08	17.94	16.47
83	255.56	253.11	242.4	127.78	126.56	121.20	25.56	25.31	24.24
84	164.27	162.54	151.21	82.14	81.27	75.61	16.43	16.25	15.12
85	190.09	187.98	177.65	95.05	93.99	88.83	19.01	18.80	17.77
86	199.08	195.69	175.87	99.54	97.85	87.94	19.91	19.57	17.59
87	282.77	280.2	259.54	141.39	140.10	129.77	28.28	28.02	25.95
88	161.08	159.01	145.49	80.54	79.51	72.75	16.11	15.90	14.55
89	225.97	223.23	205.56	112.99	111.62	102.78	22.60	22.32	20.56
90	224.3	221.78	211.26	112.15	110.89	105.63	22.43	22.18	21.13
91	83.65	82.89	77.57	41.83	41.45	38.79	8.37	8.29	7.76
92	84.93	84.42	80.51	42.47	42.21	40.26	8.49	8.44	8.05
93	232.44	229.98	209.63	116.22	114.99	104.82	23.24	23.00	20.96
年平均	208.84	206.64	192.22	104.42	103.32	96.11	20.88	20.66	19.22

表 4.2-9 年入滲量差異分析成果表

單位：百萬立方公尺

年	河床底泥層入滲率								
	1×10^{-5} m/sec			5×10^{-6} m/sec			1×10^{-6} m/sec		
	無計畫與 基準年現 況差值	計畫後與 基準年現 況差值	計畫後與 無計畫 差值	無計畫與 基準年現 況差值	計畫後與 基準年現 況差值	計畫後與 無計畫 差值	無計畫與 基準年現 況差值	計畫後與 基準年現 況差值	計畫後與 無計畫 差值
65	-1.65	-10.44	-8.79	-0.82	-5.22	-4.4	-0.16	-1.04	-0.88
66	-1.95	-17.07	-15.12	-0.97	-8.53	-7.56	-0.19	-1.7	-1.51
67	-2.67	-18.79	-16.12	-1.34	-9.4	-8.06	-0.27	-1.88	-1.61
68	-2.58	-21.79	-19.21	-1.29	-10.9	-9.61	-0.26	-2.18	-1.92
69	-2.49	-20.3	-17.81	-1.25	-10.15	-8.9	-0.25	-2.03	-1.78
70	-3.07	-19.98	-16.91	-1.54	-9.99	-8.45	-0.31	-2	-1.69
71	-1.66	-15.41	-13.75	-0.83	-7.71	-6.88	-0.17	-1.54	-1.37
72	-1.97	-14.37	-12.4	-0.98	-7.18	-6.2	-0.19	-1.43	-1.24
73	-1.12	-9.55	-8.43	-0.56	-4.78	-4.22	-0.11	-0.95	-0.84
74	-2.9	-29.3	-26.4	-1.45	-14.65	-13.2	-0.29	-2.93	-2.64
75	-2.75	-23.14	-20.39	-1.38	-11.57	-10.19	-0.27	-2.31	-2.04
76	-2.31	-23.29	-20.98	-1.15	-11.64	-10.49	-0.23	-2.33	-2.1
77	-2.32	-17.15	-14.83	-1.16	-8.57	-7.41	-0.23	-1.71	-1.48
78	-1.67	-11.6	-9.93	-0.83	-5.8	-4.97	-0.17	-1.16	-0.99
79	-2.64	-10.15	-7.51	-1.32	-5.08	-3.76	-0.27	-1.02	-0.75
80	-2.19	-13.01	-10.82	-1.09	-6.5	-5.41	-0.21	-1.3	-1.09
81	-3.22	-22.87	-19.65	-1.61	-11.44	-9.83	-0.32	-2.28	-1.96
82	-1.4	-16.13	-14.73	-0.7	-8.06	-7.36	-0.14	-1.61	-1.47
83	-2.45	-13.16	-10.71	-1.22	-6.58	-5.36	-0.25	-1.32	-1.07
84	-1.73	-13.06	-11.33	-0.87	-6.53	-5.66	-0.18	-1.31	-1.13
85	-2.11	-12.44	-10.33	-1.06	-6.22	-5.16	-0.21	-1.24	-1.03
86	-3.39	-23.21	-19.82	-1.69	-11.6	-9.91	-0.34	-2.32	-1.98
87	-2.57	-23.23	-20.66	-1.29	-11.62	-10.33	-0.26	-2.33	-2.07
88	-2.07	-15.59	-13.52	-1.03	-7.79	-6.76	-0.21	-1.56	-1.35
89	-2.74	-20.41	-17.67	-1.37	-10.21	-8.84	-0.28	-2.04	-1.76
90	-2.52	-13.04	-10.52	-1.26	-6.52	-5.26	-0.25	-1.3	-1.05
91	-0.76	-6.08	-5.32	-0.38	-3.04	-2.66	-0.08	-0.61	-0.53
92	-0.51	-4.42	-3.91	-0.26	-2.21	-1.95	-0.05	-0.44	-0.39
93	-2.46	-22.81	-20.35	-1.23	-11.4	-10.17	-0.24	-2.28	-2.04
年平均	-2.20	-16.61	-14.41	-1.10	-8.31	-7.21	-0.22	-1.66	-1.44

表 4.2-10 豐枯水年及平水年之年入滲量差異分析成果表

單位：百萬立方公尺

河床底泥層入滲率(m/sec)	情況	河川入滲量		
		豐水年	平水年	枯水年
1×10^{-5}	基準年現況	271.05	219.36	106.65
	目標年計畫無實施情況	268.26	217.17	105.00
	目標年計畫實施後情況	249.31	202.93	94.46
	計畫實施後與現況之差異值	-21.74	-16.43	-12.19
	計畫實施後與計畫無實施之差異值	-18.95	-14.24	-10.54
5×10^{-6}	基準年現況	135.53	109.68	53.33
	目標年計畫無實施情況	134.13	108.59	52.50
	目標年計畫實施後情況	124.66	101.47	47.23
	計畫實施後與現況之差異值	-10.87	-8.21	-6.09
	計畫實施後與計畫無實施之差異值	-9.47	-7.12	-5.27
1×10^{-6}	基準年現況	27.11	21.94	10.66
	目標年計畫無實施情況	26.83	21.72	10.50
	目標年計畫實施後情況	24.93	20.30	9.45
	計畫實施後與現況之差異值	-2.18	-1.64	-1.22
	計畫實施後與計畫無實施之差異值	-1.90	-1.42	-1.05

第五章 下游地下水影響評估

5.1 模式輸入條件

地下水模擬分析給定條件包括地表入滲量、抽水量及邊界條件，茲分項說明本計畫處理方式如后。

一、地表入滲量

本計畫係採用一維入滲模式進行垂向地表入滲量計算工作，依據計算點位土壤質地分層結果作為其土壤條件，地表邊界條件則依據不同之計算類型給定所需降雨量或灌溉量之時序列資料。此外，土壤蒸發散量計算則採用中央氣象局之自由水面蒸發量觀測值。一維入滲模式之計算詳如附錄五，分析流程分述如后：

1、計算流程

- 依內政部於民國 84 年建立之台灣地區土地利用型態資料，將其區分為地表持續性積水區域(如魚塭、湖泊及水塘等)、地表間歇性積水區域(如水田)、透水區域(如草地等)與不透水區域(即建築用地、道路等)等四大類，其空間分布如圖 5.1-1 所示。
- 各類土地利用之土壤入滲條件之給定則參考行政院農委會農業試驗所製作之淺層土壤質地分布資料，各分層土壤質地分布圖如圖 5.1-2 至圖 5.1-5 所示。
- 水文條件包含降雨量、灌溉量及蒸發量。其中降雨量及蒸發量資料，採用中央氣象局之觀測值，而灌溉量資料，則依台中農田水利會提供之灌溉統計資料。

本計畫計算格網為 500 公尺x500 公尺，統計格網內之土地利用型態百分比及各類土地利用型態垂向土壤地質平均入滲條

件，以推計各類土地利用型態單位面積之地表入滲量，再按計算格網所佔面積加總推得格網之總入滲量值。

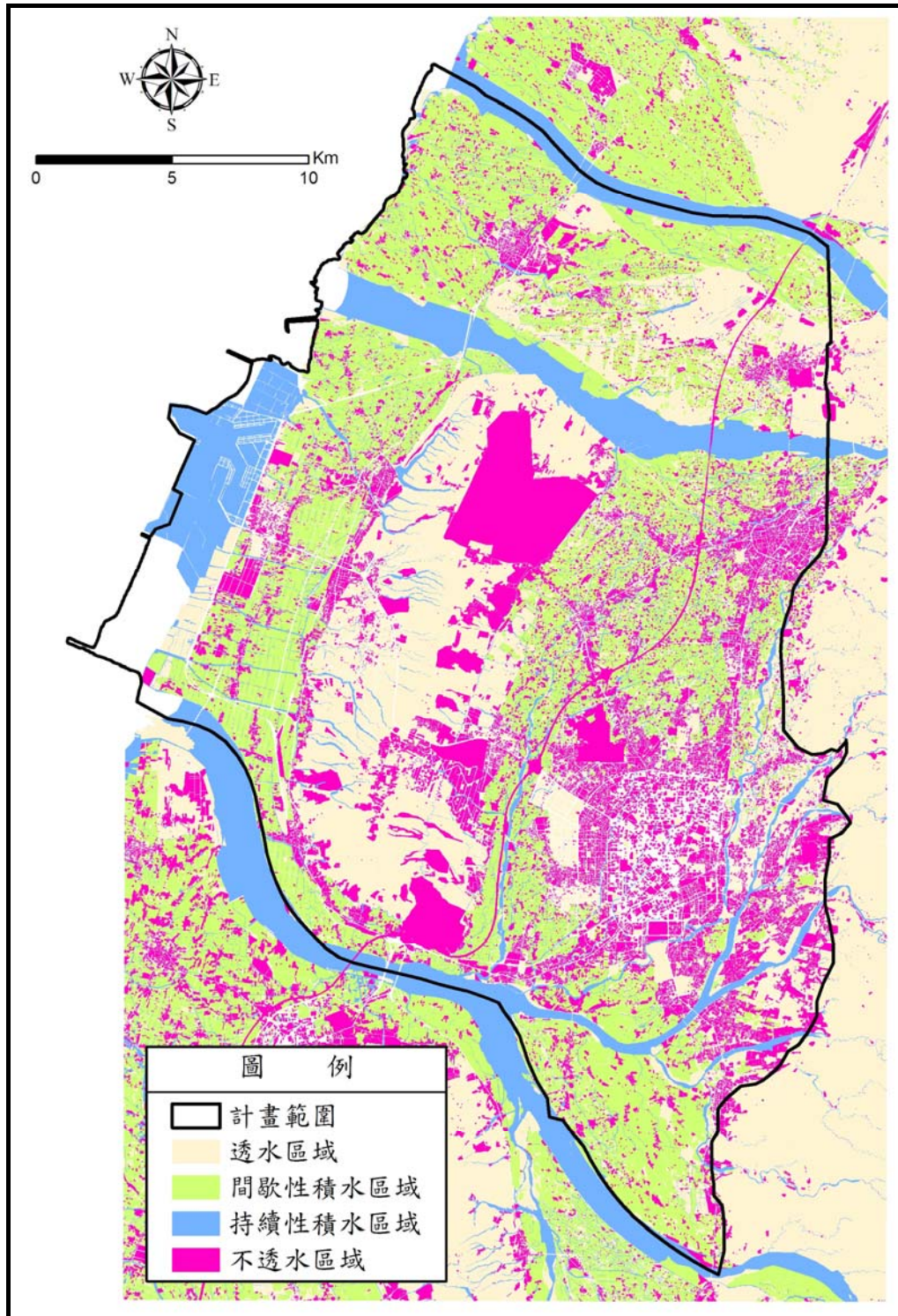


圖 5.1-1 土地利用型態進行地表分類之空間分佈圖

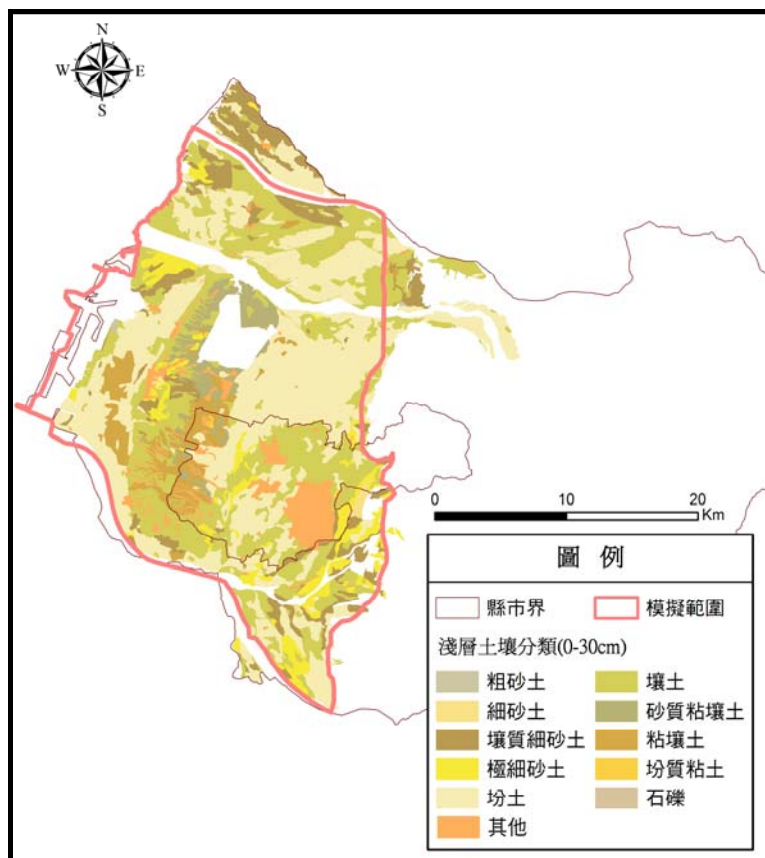


圖 5.1-2 計算區域表層土壤第一層(0cm ~ 30cm)質地分佈圖

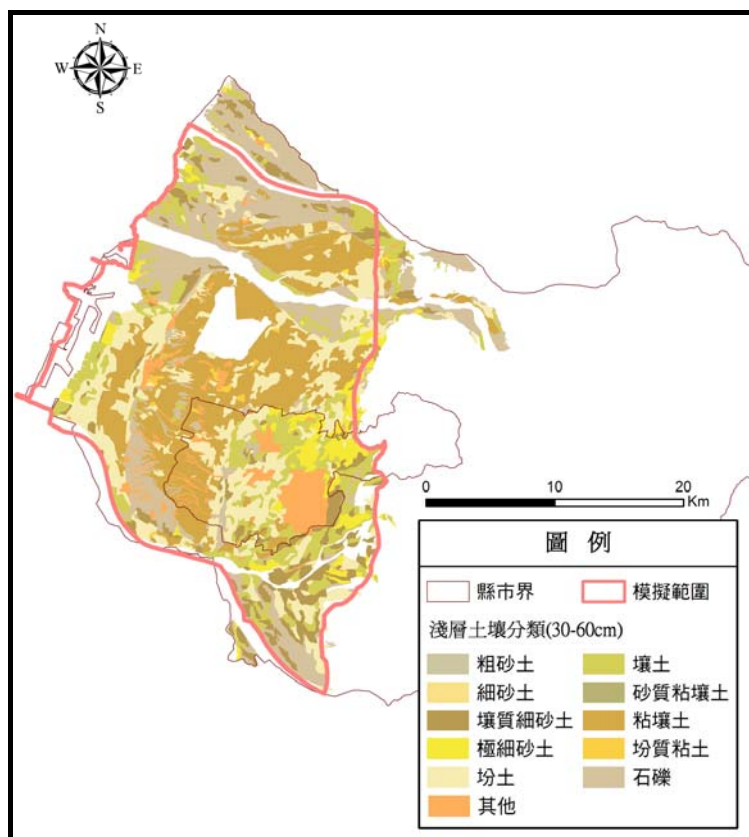


圖 5.1-3 計算區域表層土壤第二層(30cm ~ 60cm)質地分佈圖

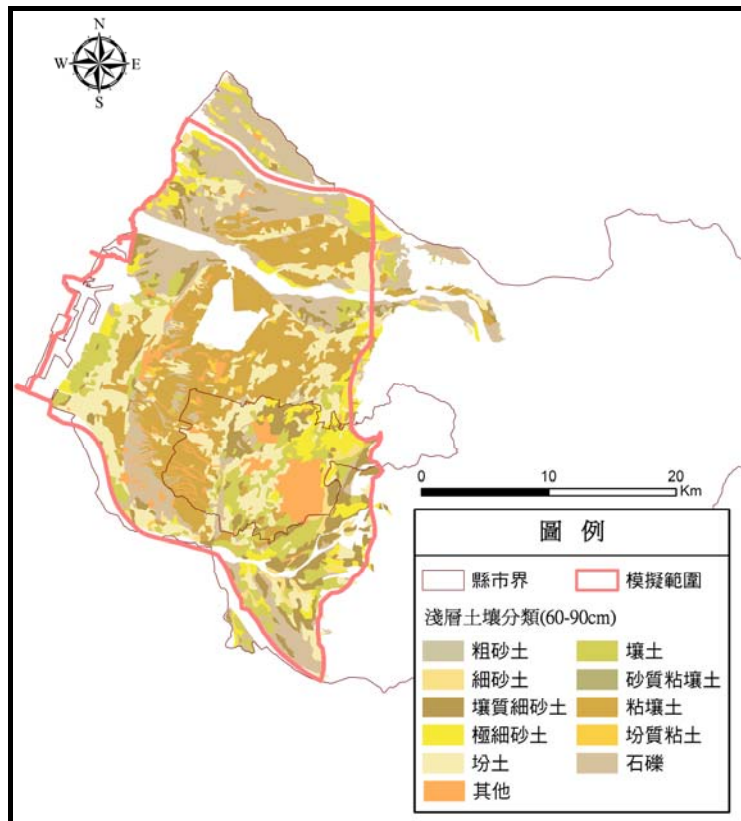


圖 5.1-4 計算區域表層土壤第三層(60cm ~ 90cm)質地分佈圖

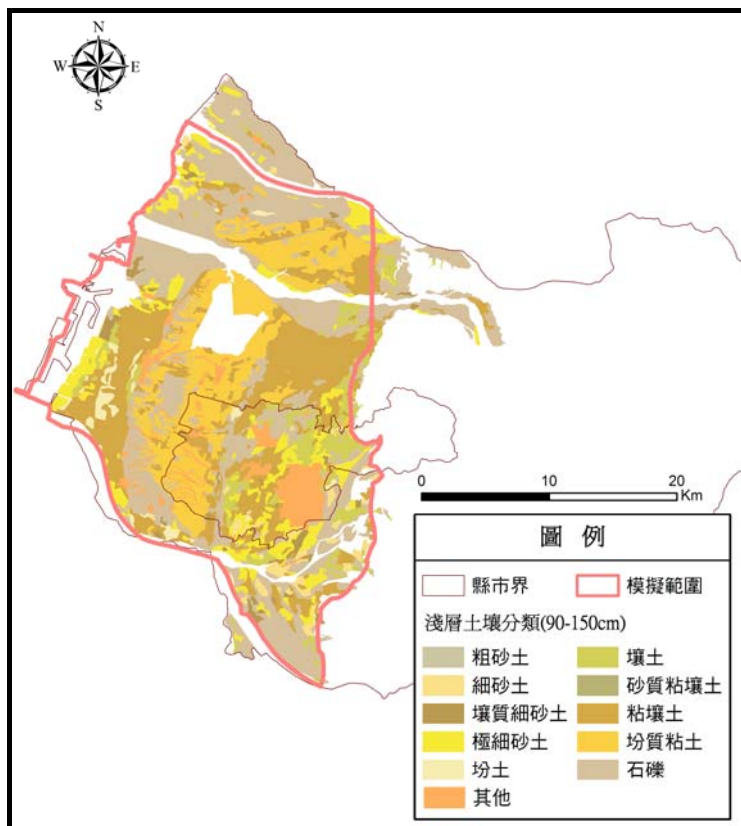


圖 5.1-5 計算區域表層土壤第四層(90cm ~ 150cm)質地分佈圖

2、入滲量推估結果

受限於水利會提供之灌溉資料年限(僅提供民國 86 年至 90 年灌溉紀錄)，本計畫計算相應期間之地表入滲量與年降雨量、灌溉量及蒸散量之變化情形如圖 5.1-6 所示。由圖可知，地表入滲量介於 3.16 億立方公尺(民國 88 年)至 4.17 億立方公尺(民國 87 年)間，當降雨量及灌溉量較高之年度(87 年)，其入滲量較大，降雨量較少之年度(民國 88 年)，則入滲量則較小。由於入滲量推估僅有 5 年之數據，為能運用此有限資料配合 30 年河川水文環境變化進行分析，本計畫茲配合抽水量資料時間分布特性(假設每年抽水量均相同，僅有逐月變化資料)，將五年分析結果各月份入滲量平均而得一組逐月入滲量變化資料，如圖 5.1-7 所示；由圖可知，計畫分析範圍入滲量以 6 月份為最多，約 5,000 萬立方公尺，1 月份入滲量最少，約 1,065 萬立方公尺，豐水期入滲量約佔整年度之 67%。茲將各鄉鎮入滲量整理如表 5.1-1 所示。此外，前經濟部水資源局(89)「台灣地區地下水補注量估算」報告中所列以大陸水利局陳尚及李德滋的經驗公式估算本計畫分析區域平水年之地表入滲量為 3.7 億立方公尺，與本計畫推估之入滲量值約當。

二、抽水量

由於台中地區因無水井調查資料可供參考，爰引用各鄉鎮核發之地下水水權量充作各鄉鎮全區之抽水量，表 5.1-2 為計畫分析範圍所涵蓋之鄉鎮市區依模式分析範圍佔全鄉面積之比例推計其年抽水量值。由統計表可知，計畫區內年抽水量約 3.77 億立方公尺，模式分析範圍內以大安鄉之年抽水量最大約 0.89 億立方公尺。本計畫假設模擬分析 30 年期間年抽水量不變，各月地下

水抽用量按水權逐月核發量變化給定之，作為模擬地下水模式中抽水量之輸入值。

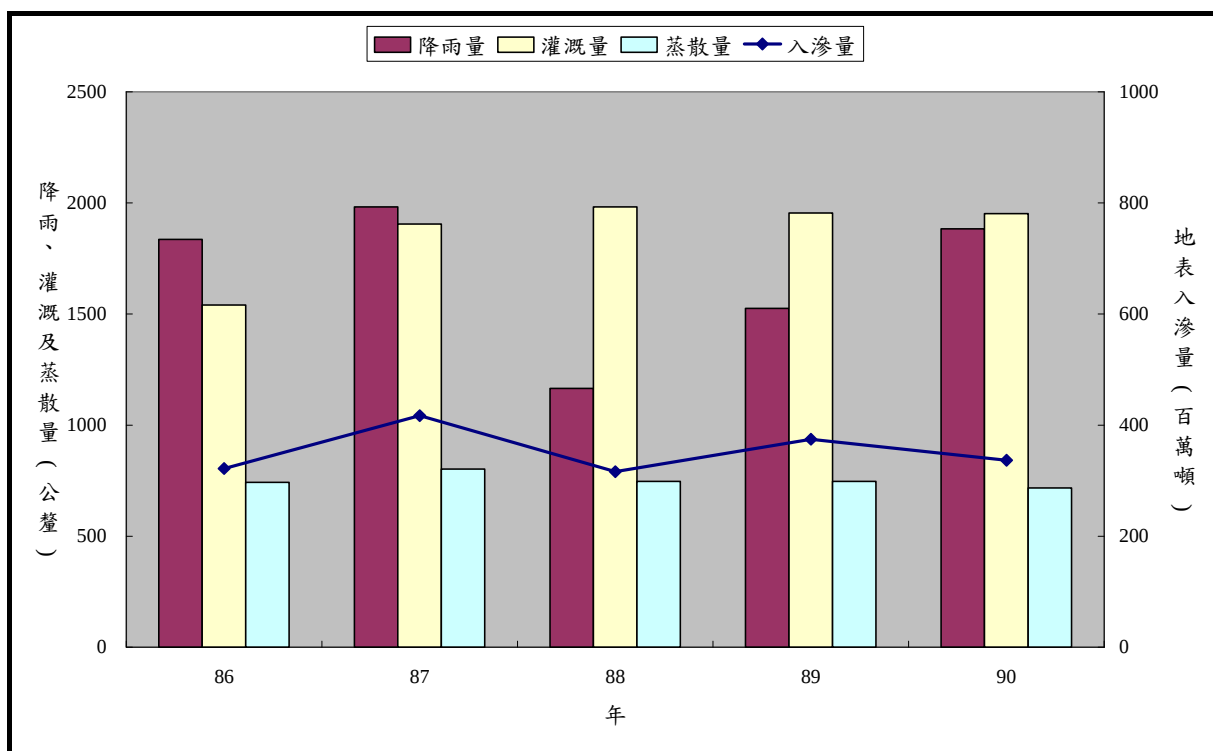


圖 5.1-6 計畫分析區域地表入滲量推估結果

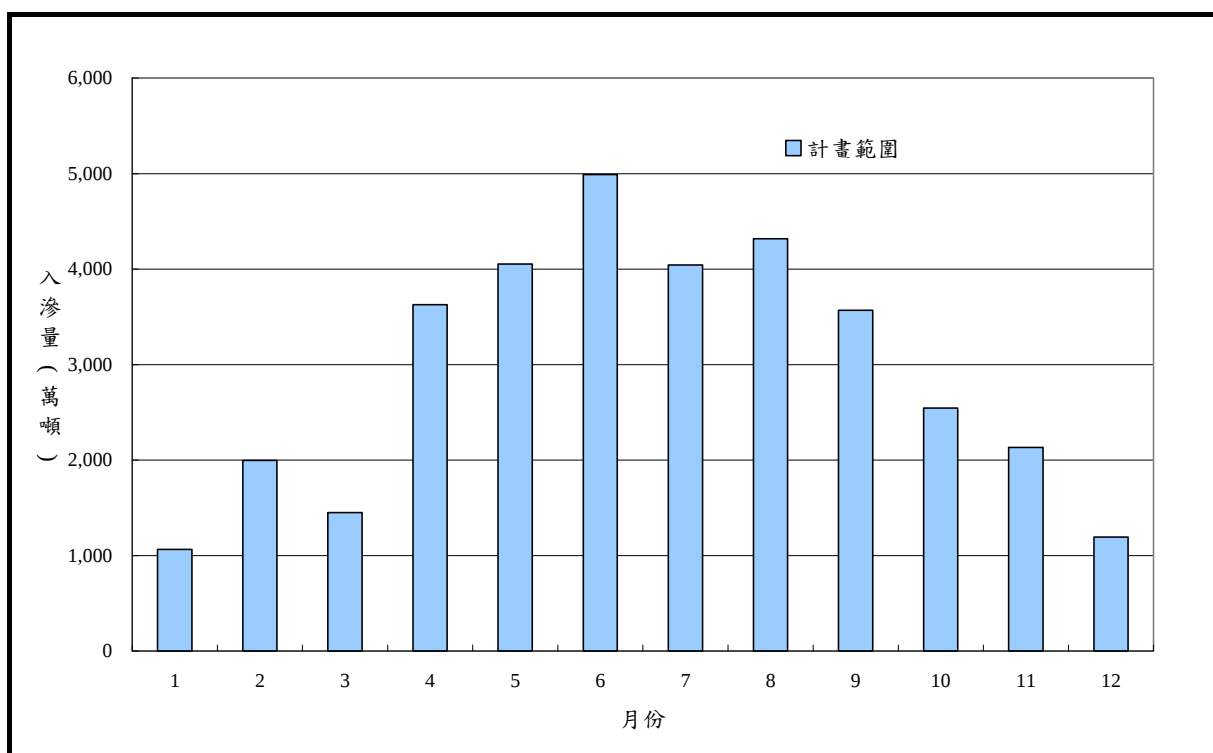


圖 5.1-7 計畫分析區域月平均地表入滲量

表 5.1-1 計算區域內各鄉鎮之地表入滲量

縣市	鄉鎮	入滲量(10^4 m^3)	縣市	鄉鎮	入滲量(10^4 m^3)
台中市	北屯區	1,057.86	台中縣	神岡鄉	735.00
	西屯區	1,596.68		龍井鄉	2,131.99
	北區	23.72		豐原市	774.41
	南屯區	1,379.37		梧棲鎮	1,383.92
	西區	40.44		沙鹿鎮	521.01
	東區	144.42		大雅鄉	787.45
	中區	0.16		潭子鄉	922.74
	南區	182.64		大肚鄉	832.68
台中縣	大甲鎮	1,884.92		太平市	678.80
	大安鄉	3,106.56		烏日鄉	2,075.40
	外埔鄉	3,234.26		大里市	1,588.20
	后里鄉	2,740.70		霧峰鄉	3,055.04
	清水鎮	4,103.88	總計		34,982.25

表 5.1-2 模擬範圍之抽水量

縣市	鄉鎮	面積(平方公里)	水權量(10^4 m^3)	計畫範圍內	
				面積(平方公里)	抽水量(10^4 m^3)
台中市	北屯區	61.23	734.74	26.24	315.94
	西屯區	39.95	811.85	39.95	811.85
	北區	7.77	5.52	7.77	5.52
	南屯區	30.65	539.66	30.65	539.66
	西區	6.27	10.51	6.27	10.51
	東區	6.69	25.62	6.69	25.62
	中區	0.95	140.99	0.95	140.99
	南區	7.81	0.00	7.81	0.00
台中縣	大甲鎮	59.51	5,887.15	23.68	2,354.86
	大安鄉	30.51	9,034.50	30.20	8,944.15
	外埔鄉	42.02	1,159.23	41.34	1,136.05
	后里鄉	57.19	2,697.26	42.05	1,995.97
	清水鎮	74.71	3,198.98	71.47	3,071.02
	神岡鄉	36.63	1,749.47	36.63	1,749.47
	龍井鄉	49.77	1,291.23	45.59	1,187.93
	豐原市	41.62	826.76	16.71	330.71
	梧棲鎮	24.98	22.92	24.98	22.92
	沙鹿鎮	40.09	4,213.07	40.09	4,213.07
	大雅鄉	32.95	1,617.51	32.95	1,617.51
	潭子鄉	25.87	1,551.59	17.31	1,039.56
	大肚鄉	38.34	1,456.50	31.10	1,179.76
	太平市	120.42	831.18	21.27	149.61
	烏日鄉	41.97	6,429.07	30.40	4,628.93
	大里市	29.36	739.59	27.80	702.61
	霧峰鄉	95.96	4,896.93	29.67	1,518.05
總計		1,003.24	99,743.63	689.57	37,692.26

三、邊界條件

地下水模式模擬分析區域，北側為大安溪，南為烏溪，西臨海域，以及東側大甲溪進入模擬區域入口處均給定變水頭邊界條件，其餘邊界則為零流量邊界條件。此外，為考量台地地表入滲量對地下水環境分析之影響，本計畫將后里台地及大肚台地依背斜線將東西兩區入滲量以均勻分布方式分配至周界格網進行分析；而車籠埔斷層東側丘陵地帶其地表入滲係以河川基流型態補注河川，其對地下水環境之影響則以考慮太平沖積扇之大里溪、草湖溪、頭汴坑溪等麓山帶水系在下游河段之入滲量方式進行分析。由「台中盆地做為地下水庫可能性之探討」專題報告書可知，大里溪下游溪南橋站之穩定基流量為 2.31 億立方公尺，以其 10% 為河川入滲地下水補注量平均分配至大里溪、草湖溪、頭汴坑溪等麓山帶水系在下游計畫分析範圍河段之計算格網內。

此外，本計畫假設石岡壩下游至地下水模擬間界間之河川入滲量將沿著山谷地下水含水層流至演算域，因此，將上述河川入滲量分配至大甲溪河谷流貫之東部邊界上。

四、大甲溪河川入滲量

大甲溪河川入滲量之給定茲採用第四章分析所推估之三種河床底泥層入滲係數所推估之河川入滲量結果依鄉鎮統計整理如表 5.1-3 所示。

表 5.1-3 大甲溪不同滲透係數推計之各鄉鎮河川入滲量

縣市	鄉鎮	大甲溪河川入滲量(10^4m^3)		
		$K=1\times 10^{-5}\text{m/sec}$	$K=5\times 10^{-6}\text{m/sec}$	$K=1\times 10^{-6}\text{m/sec}$
台中縣	大甲鎮	1,289	644	129
	大安鄉	996	498	100
	外埔鄉	2,147	1,073	215
	后里鄉	3,369	1,684	337
	清水鎮	5,222	2,611	522
	神岡鄉	3,264	1,632	326
	豐原市	4,596	2,298	460
總計		20,882	10,441	2,088

5.2 參數檢定

地下水模式是否能夠確實反映模擬情境，除須掌握水文變量條件外，另外水文地質參數之給定亦相當重要。由於本計畫區屬地下水觀測站網計畫之第三期，礙於區位環境條件、優序安排，以及經費預算限制，本地區鑽探井之孔數較原規劃孔數少，且水文地質資料尚未整理出版，因此相當難以掌握本區之水文地質架構。本計畫區內之水文地質井記有中央地質調查研究所 8 站，分別為沿海地區之三光、高美、清水、梧棲、忠和及大肚等站與台中盆地地區之烏日站、大里站。此外，本計畫亦蒐集水利規劃試驗所(96)之「台中盆地地區作為人工湖可行性規劃」報告中所推估台中盆地地質格柵圖納入。

由於可茲參引之水力傳導係數實地試驗資料缺乏，因此本計畫衡酌各項輸入資料品質及其時空分布特性，參數檢定作業採以平均概念為之，即以現況 30 年大安溪，烏溪及大甲溪河川平均水位給定為邊界條件；同樣地，入滲量及抽水量值亦採 30 年平均值給定之；以此條件進行參數檢定。檢定參數是否符合計畫需求，茲以記錄年限超過兩年之地下水位觀測井(其空間分布如圖 5.2-1)所紀錄之最大月平均水位、平均水位及最小月平均水位之水位變動範圍，作為本計畫率定收斂與否判斷之參考值。圖 5.2-2 及表 5.2-1 為地下水位觀測值與以穩態水流計算水位值之計算值之比較結果，由圖表可知，在諸多條件不充足的情況下，本計畫已能約略掌握地下水位變化的趨勢，以構建評估分析所需之環境背景條件。率定完成之水力傳導係數值其空間分佈如圖 5.2-3 所示。

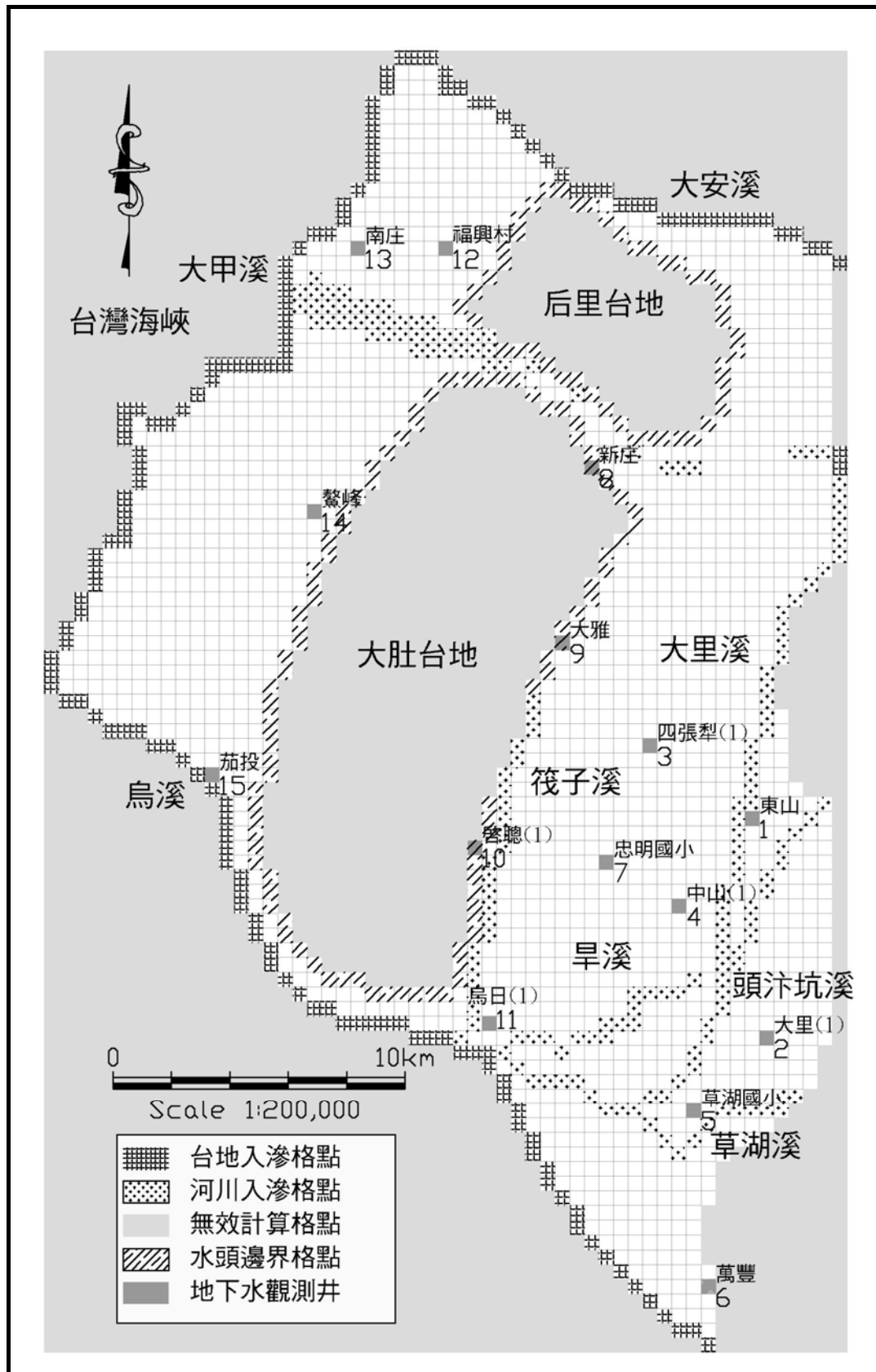


圖 5.2-1 模式演算之地下水觀測井分布圖

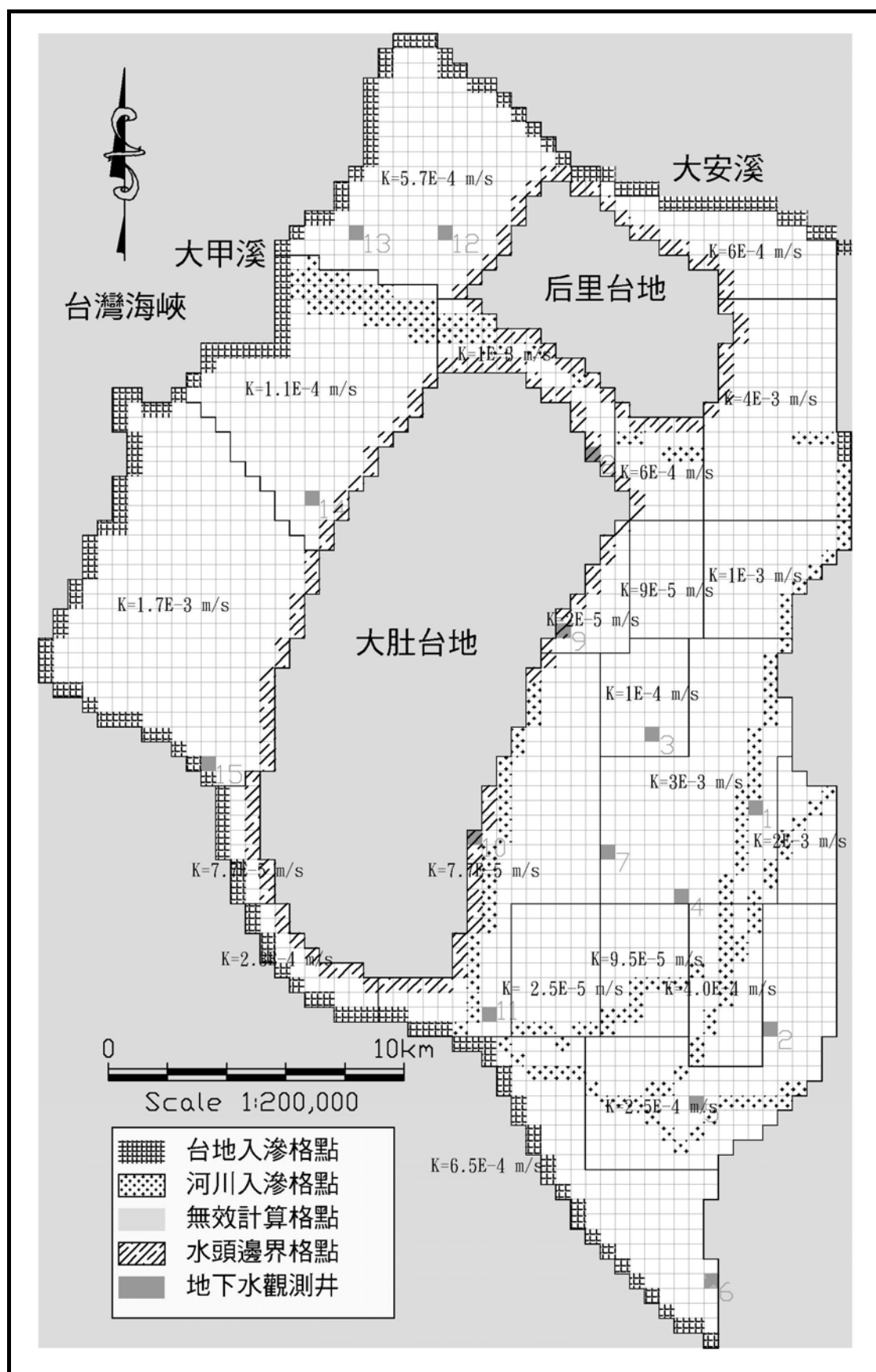


圖 5.2-3 滲透係數分布圖

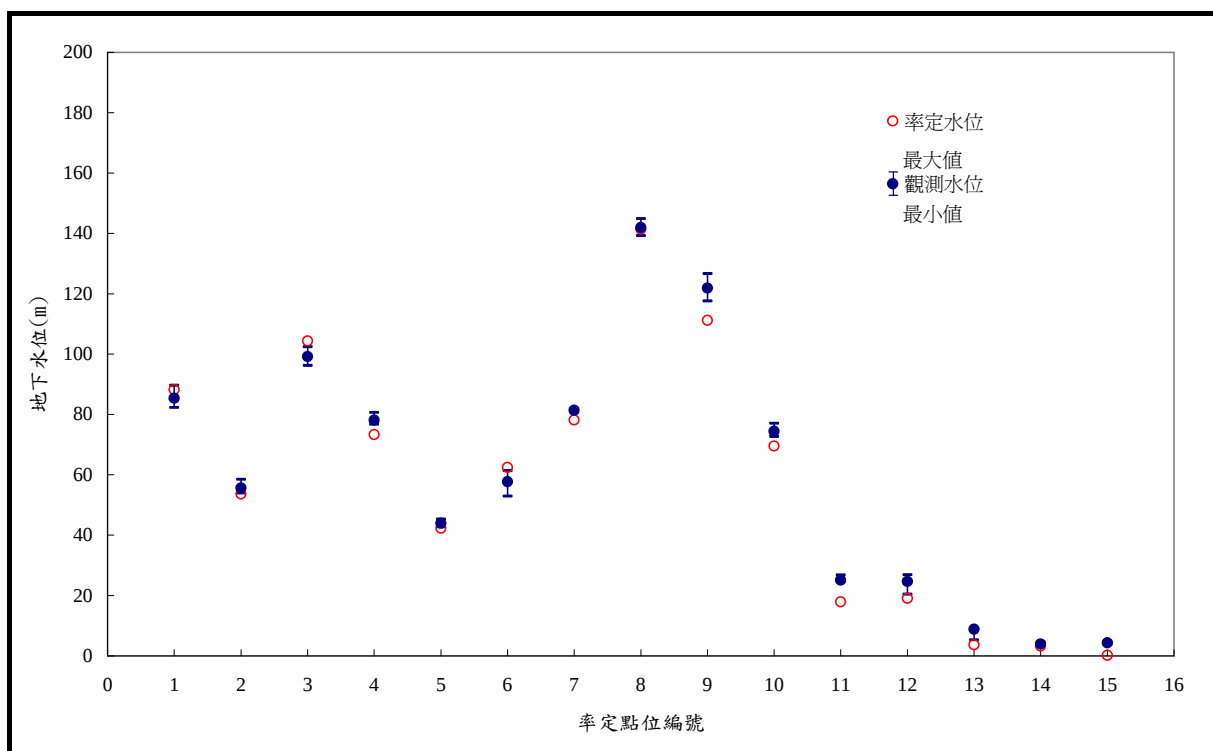


圖 5.2-2 地下水水位觀測值與計算值比較圖

表 5.2-1 地下水水位觀測值與計算值比較表

單位:m

編號	井名	TMX_67	TMY_67	歷年觀測地下水水位			計算值
				平均值	最大值	最小值	
1	東山	219670	2674170	85.38	89.64	82.34	88.23
2	大里(1)	220025.6	2666526	55.65	58.49	54.00	53.66
3	四張犁(1)	216303.9	2676875	99.16	102.49	96.26	104.36
4	中山(1)	217064.1	2671395	78.14	80.66	76.74	73.33
5	草湖國小	217635	2664005	43.98	45.35	42.79	42.34
6	萬豐	218070	2658215	57.71	61.40	52.96	62.43
7	忠明國小	214570	2672865	81.38	81.95	80.65	78.20
8	新庄	214170	2686335	141.94	144.93	139.28	141.42
9	大雅	213250	2680240	121.87	126.65	117.61	111.20
10	啟聰(1)	210102.5	2673131	74.47	77.06	72.65	61.84
11	烏日(1)	210980.1	2667122	25.10	26.84	24.56	69.52
12	福興村	209370	2693940	24.68	26.92	20.45	17.88
13	南庄	206240	2693983	8.85	9.29	5.34	19.11
14	鰲峰	204930	2684845	3.93	4.60	3.51	3.26
15	茄投	201465	2675655	4.33	4.71	3.72	0.19

5.3 下游地下水環境影響分析結果說明

本計畫主要目的在評估分析目標年大安溪及大甲溪水源聯合運用計畫實施後，對大甲溪地下水環境之影響。為瞭解對環境長期影響，本計畫茲模擬分析 30 年期基準年現況及目標年計畫有無實施情況之地下水環境變化差異。因大甲溪河川入滲量值因底床底泥層入滲係數在可能變動範圍內，本計畫推估出基準年現況及目標年計畫有無實施各有三種入滲量值(參見表 5.3-1 所示)，為利分析成果之說明，本計畫依據河床底泥層入滲係數值給定條件區分為三種情況，依序探討各類入滲情況下，基準年現況及目標年計畫無實施情況、計畫實施後情況對地下水水文環境之影響情形，

- 情況一、大甲溪河床底泥層入滲係數 $K=1\times 10^{-5}\text{m/sec}$ 。
- 情況二、大甲溪河床底泥層入滲係數 $K=5\times 10^{-6}\text{m/sec}$ 。
- 情況三、大甲溪河床底泥層入滲係數 $K=1\times 10^{-6}\text{m/sec}$ 。

一、情況一條件下地下水環境影響分析

本情況為入滲量為最大之分析條件，大甲溪石岡壩下游基準年現況之平均年入滲量為 2.08 億立方公尺，目標年計畫無實施情況為 2.06 億立方公尺，目標年計畫實施後情況為 1.92 億立方公尺。目標年計畫無實施情況較現況平均每年減少 0.02 億立方公尺之入滲量；目標年計畫實施後情況則較現況平均每年減少 0.17 億立方公尺之入滲量。經模擬分析現況及計畫有無實施情況 30 年之地下水水位分布如圖 5.3-1 至圖 5.3-3 所示。目標年計畫無實施、計畫實施後與基準年現況之比較，及目標年計畫實施後與計畫無實施之比較則繪如圖 5.3-4 至圖 5.3-6 所示。其分析結果說明如下：

- 1、目標年大安大甲溪水源聯合運用計畫無實施情況與基準年現況之地下水水位變化分析

由圖 5.3-4 可知，目標年計畫無實施情況與基準年現況地下水水位差異較明顯區域位在大甲溪沿岸之外埔鄉、大甲鎮，以及沿海之大安鄉與清水鎮。經模擬分析 30 年後，以外埔鄉及清水鎮內地下水水位差異值為最大，地下水水位下降約 0.27 公尺左右。

2、目標年大安大甲溪水源聯合運用計畫實施後情況與基準年現況之地下水水位變化分析

由圖 5.3-5 可知，目標年計畫實施後情況與基準年現況地下水水位差異值較明顯區域位於大甲溪沿岸之外埔鄉、大甲鄉、后里鄉與石岡鄉，以及沿海之大安鄉與清水鎮，地下水水位下降之範圍較目標年計畫無實施情況與現況之比較益形擴大；而大安溪南岸地區因河川水流量增加、水位抬升，造成大安溪河川入滲量增加提高部分區域地下水水位。經模擬分析 30 年後，以大安鄉內地下水水位差異值為最大，地下水水位下降 2.13 公尺左右，而大安溪南岸地下水水位升高最明顯之區域為后里鄉，水位增高最大值為 0.22 公尺。

3、目標年大安大甲溪水源聯合運用計畫實施後情況與計畫未實施情況之地下水水位變化分析

由圖 5.3-6 可知，目標年計畫實施後情況與計畫無實施情況地下水水位差異值較明顯區域亦位於大甲溪沿岸之外埔鄉、大甲鄉、后里鄉與石岡鄉，以及沿海之大安鄉與清水鎮；而大安溪南岸地區則因河川水流量增加、水位抬升，亦造成大安溪河川入滲量增加提高部分區域地下水水位。經模擬分析 30 年後，以大安鄉內地下水水位差異值為最大，地下水水位下降 1.86 公尺左右，而大安溪南岸地下水水位升高最明顯之區域為后里鄉，水位增高最大值為 0.22 公尺。

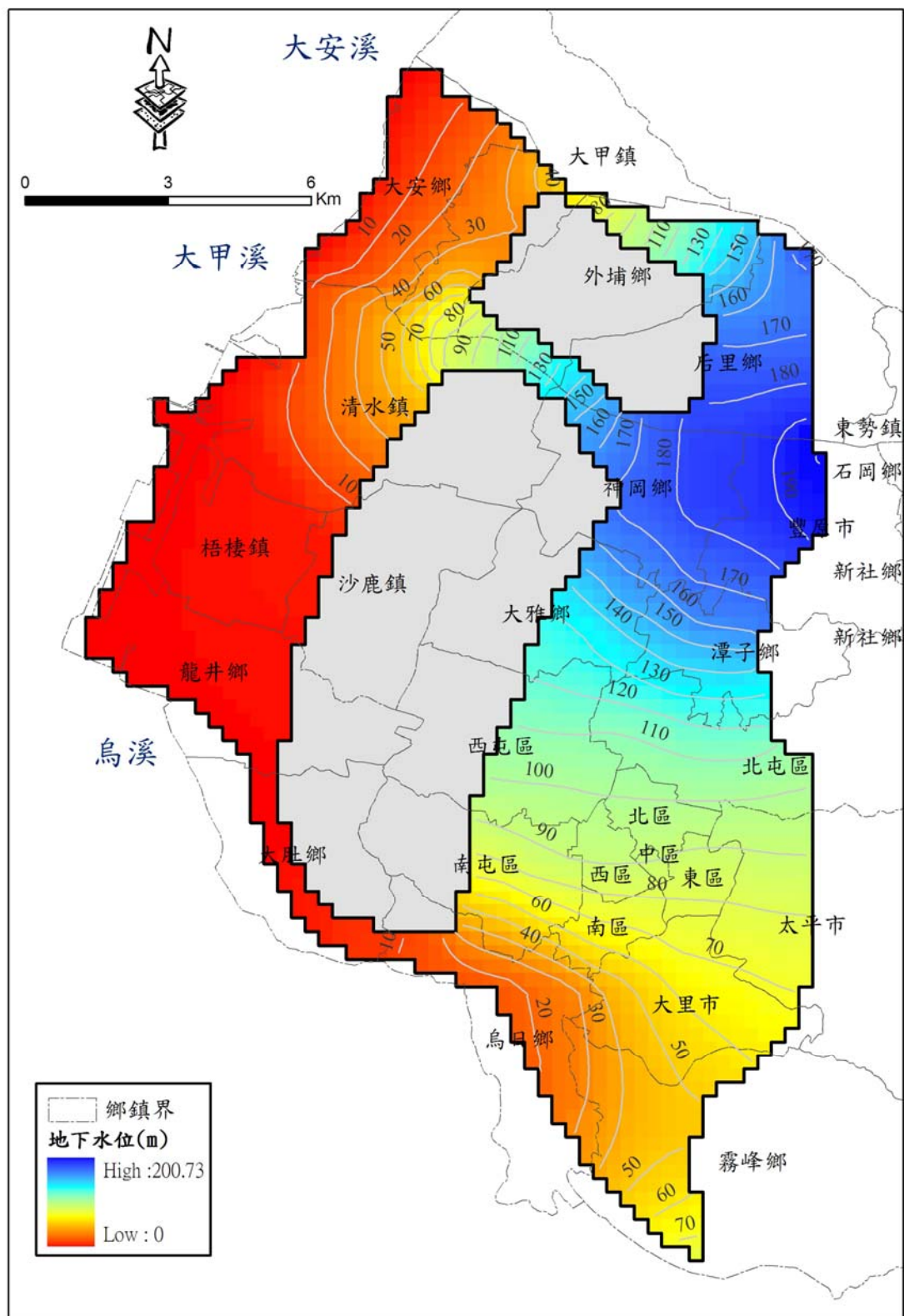


圖 5.3-1 現況條件下模擬 30 年之地下水水位分布($K=1 \times 10^{-5} \text{ m/sec}$)

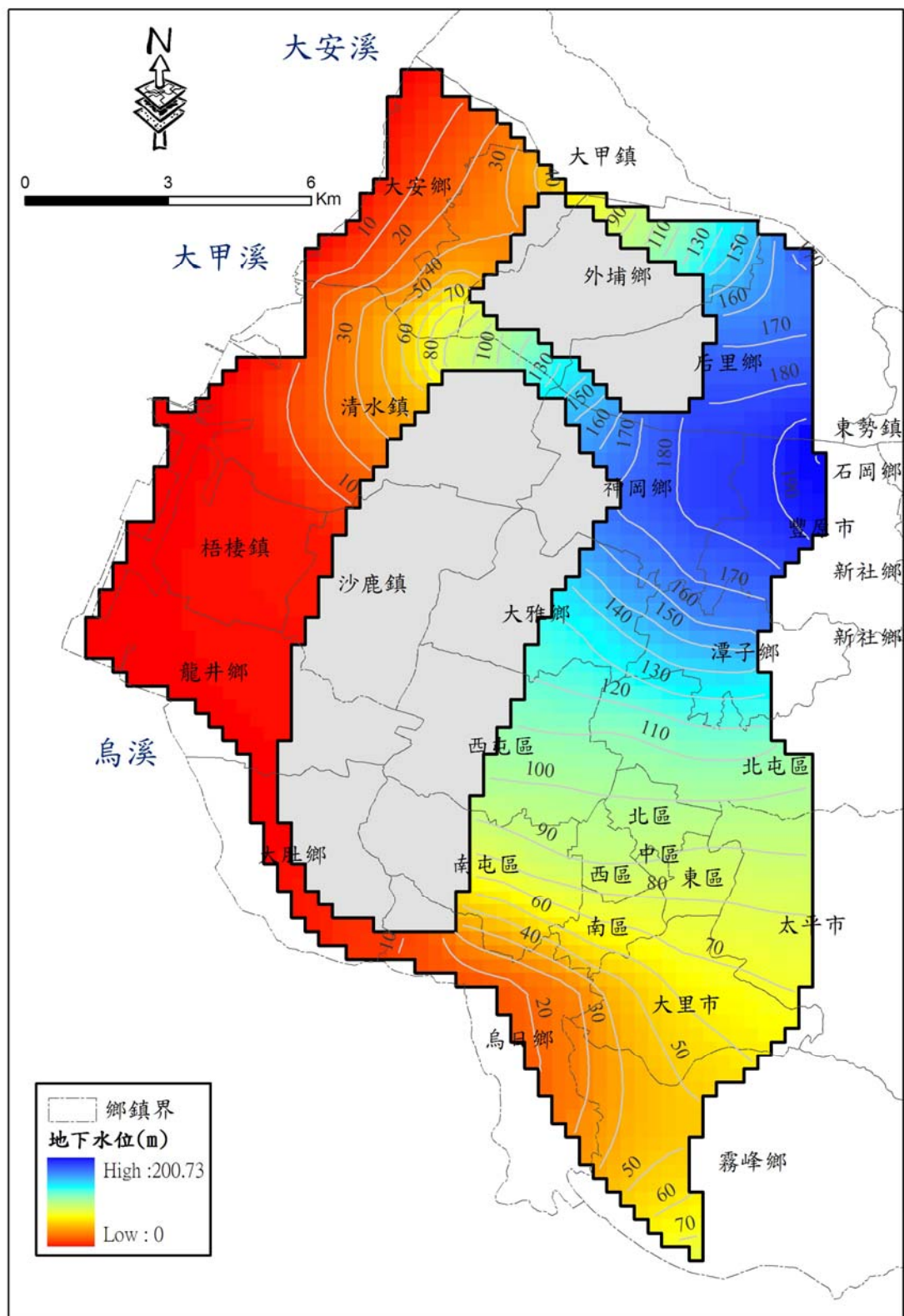


圖 5.3-2 目標年計畫無實施情況下模擬 30 年之地下水水位分布
($K=1 \times 10^{-5} \text{m/sec}$)

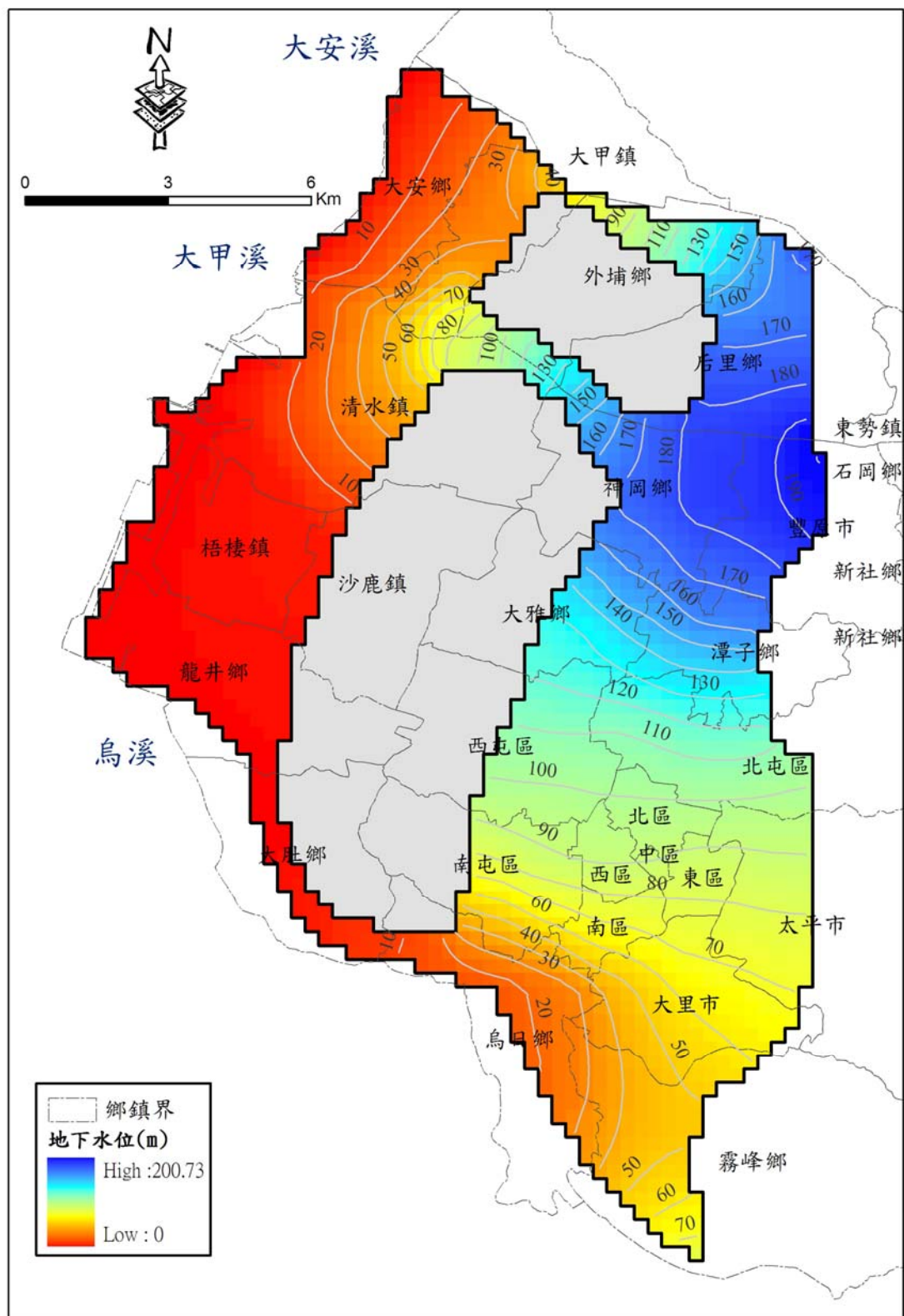


圖 5.3-3 目標年計畫實施後情況下模擬 30 年之地下水水位分布
($K=1 \times 10^{-5} \text{ m/sec}$)

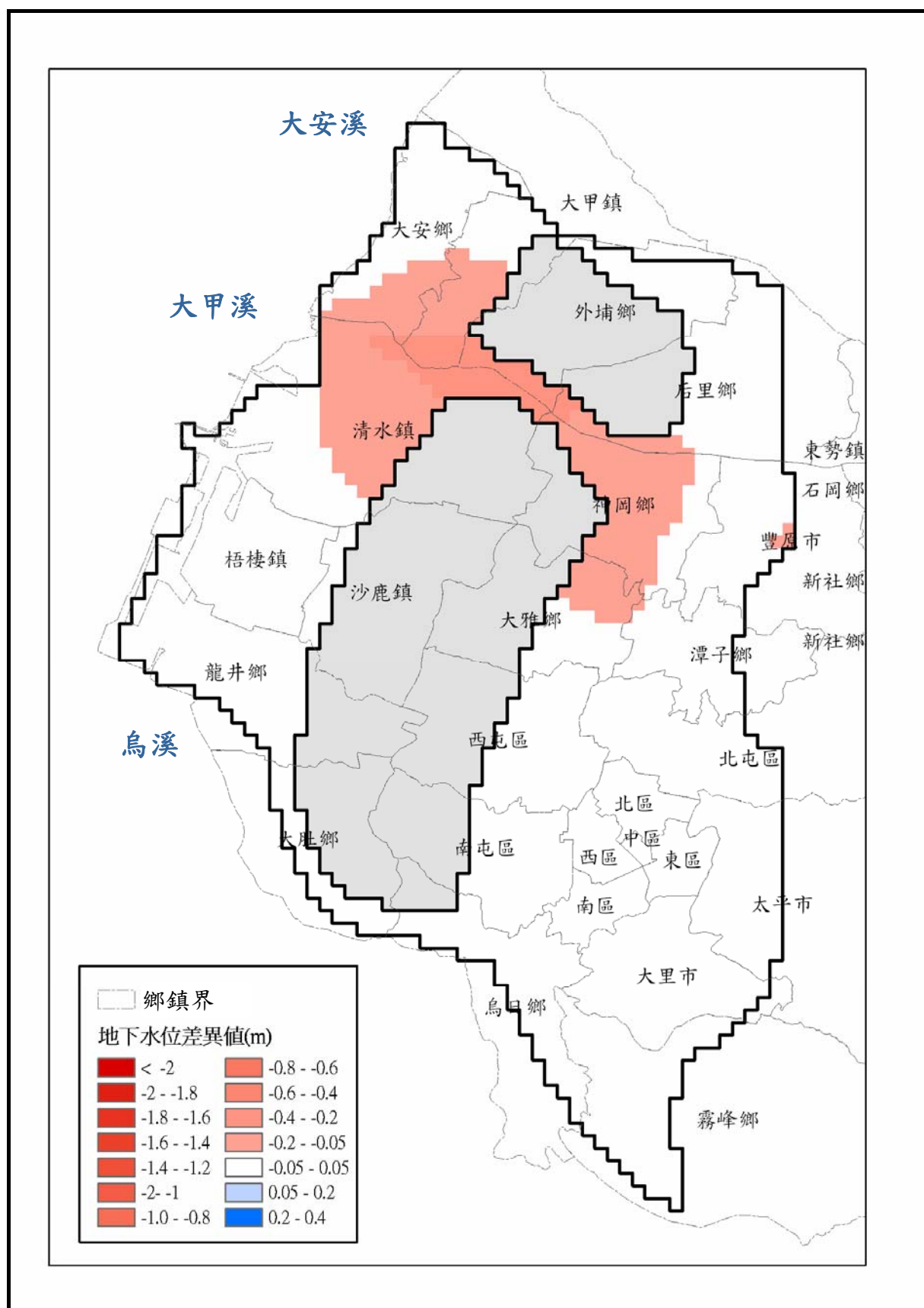


圖 5.3-4 目標年計畫無實施與現況模擬 30 年之地下水位差異
($K=1 \times 10^{-5} \text{m/sec}$)

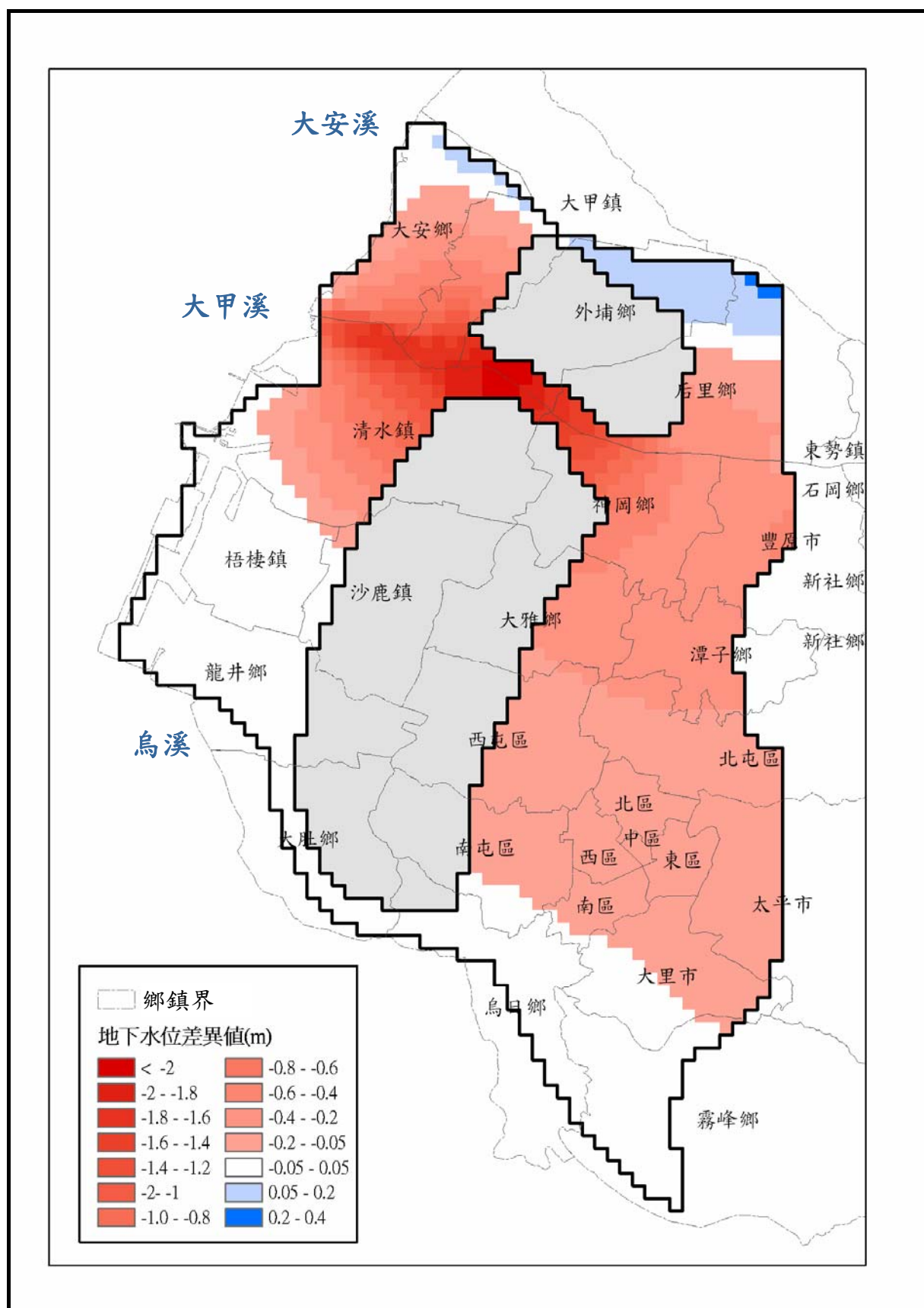


圖 5.3-5 目標年計畫實施後與現況模擬 30 年之地下水位差異
($K=1 \times 10^{-5} \text{m/sec}$)

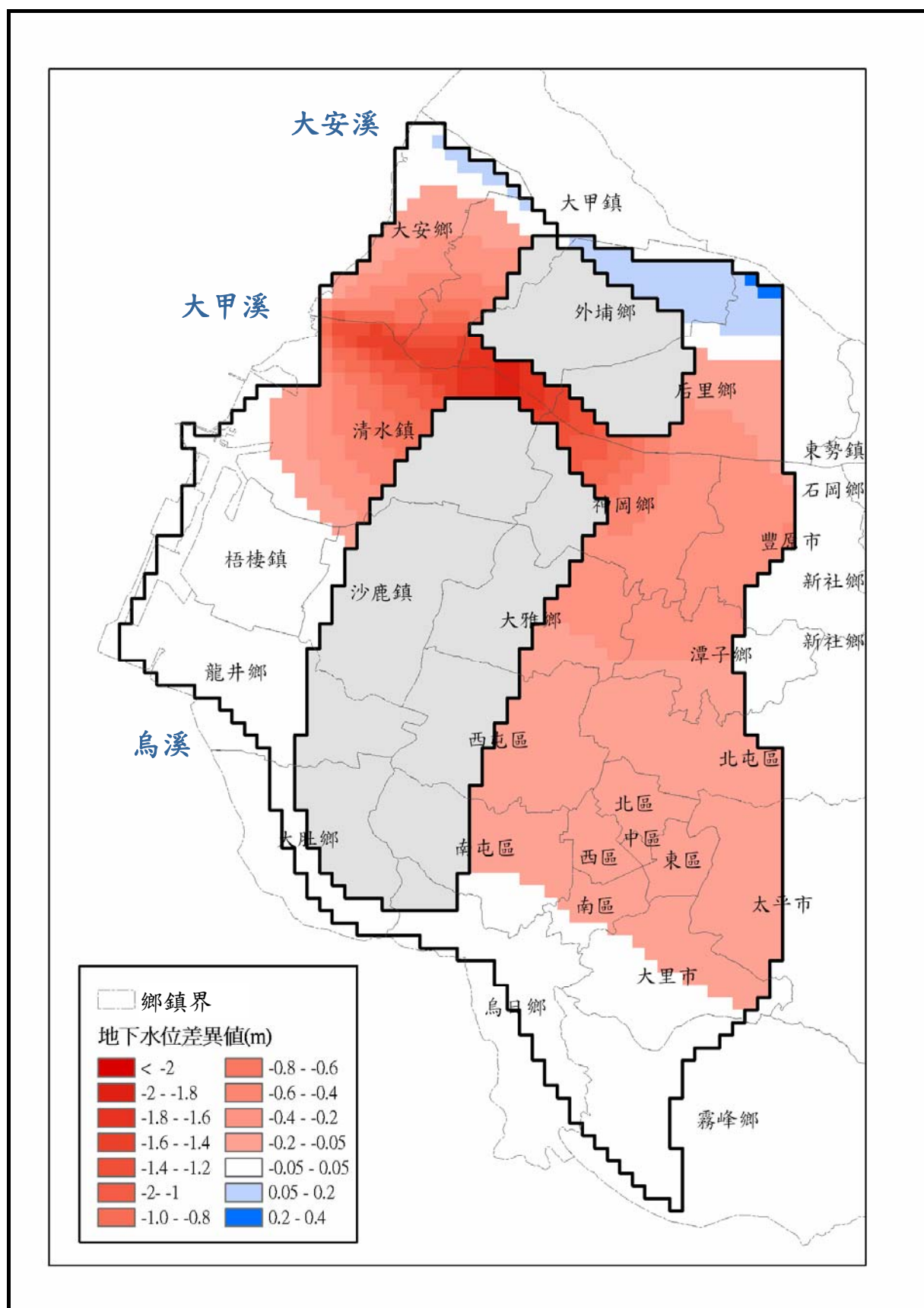


圖 5.3-6 目標年計畫實施後與目標年計畫無實施模擬 30 年之地下水水位差異($K=1 \times 10^{-5} \text{m/sec}$)

二、情況二條件下地下水環境影響分析

本情況為入滲量次大之分析條件，大甲溪石岡壩下游基準年現況之平均年入滲量為 1.04 億立方公尺，目標年計畫無實施情況為 1.03 億立方公尺，目標年計畫實施後情況為 0.96 億立方公尺。目標年計畫無實施情況較基準年現況平均每年減少 0.01 億立方公尺之入滲量，目標年計畫實施後情況則較基準年現況平均每年減少 0.08 億立方公尺之入滲量。經模擬分析現況及計畫有無實施 30 年之地下水水位分布如圖 5.3-7 至圖 5.3-9 所示。目標年計畫有無實施與基準年現況之比較，及目標年計畫實施後與計畫無實施情況之比較則繪如圖 5.3-10 至圖 5.3-12 所示。

1、目標年大安大甲溪水源聯合運用計畫無實施與基準年現況之地下水水位變化分析

由圖 5.3-10 可知，目標年計畫無實施情況與基準年現況地下水水位差異亦屬不明顯情況。經模擬分析 30 年後，以大安鄉內地下水水位差異值為最大，地下水水位下降 0.15 公尺左右。

2、目標年大安大甲溪水源聯合運用計畫實施後情況與基準年現況之地下水水位變化分析

由圖 5.3-11 可知，目標年計畫實施後情況與基準年現況地下水水位差異值較明顯區域位於大甲溪沿岸之外埔鄉、大甲鄉、后里鄉與石岡鄉，以及沿海之大安鄉與清水鎮，地下水水位下降之範圍較計畫無實施情況與現況之比較益形擴大；而大安溪南岸地區則因河川水流量增加、水位抬升，造成大安溪河川入滲量增加提高部分區域地下水水位。經模擬分析 30 年後，以大安鄉內地下水水位差異值為最大，地下水水位下降 1.13 公尺左右，而大安溪南岸地下水水位升高最明顯之區域為后里鄉，水位增高最大值為 0.22 公尺。

3、目標年大安大甲溪水源聯合運用計畫實施後情況與計畫無實施情況之地下水位變化分析

由圖 5.3-12 可知，目標年計畫實施後情況與計畫無實施情況地下水水位差異值較明顯區域位於大甲溪沿岸之外埔鄉、大甲鄉、后里鄉與石岡鄉，以及沿海之大安鄉與清水鎮，地下水水位下降之範圍亦較計畫無實施與現況之比較益形擴大；而大安溪南岸地區因河川水流量增加、水位抬升，亦造成大安溪河川入滲量增加提高部分區域地下水水位。經模擬分析 30 年後，以大安鄉內地下水水位差異值為最大，地下水水位下降 0.98 公尺左右，而大安溪南岸地下水水位升高最明顯之區域為后里鄉，水位增高最大值為 0.22 公尺。

三、情況三條件下地下水環境影響分析

本情況為入滲量最小之分析條件，大甲溪石岡壩下游基準年現況之平均年入滲量為 0.208 億立方公尺，目標年計畫無實施情況為 0.206 億立方公尺，目標年計畫實施後情況為 0.19 億立方公尺。目標年計畫無實施情況較基準年現況平均每年減少 22 萬立方公尺之入滲量，目標年計畫實施後情況則較基準年現況平均每年減少 166 萬立方公尺之入滲量。經模擬分析基準年現況及目標年計畫有無實施情況 30 年之地下水水位分布如圖 5.3-13 至圖 5.3-15 所示。目標年計畫有無實施情況與基準年現況之比較，及目標年計畫實施後及計畫無實施情況之比較則繪如圖 5.3-16 至圖 5.3-18 所示。

1、目標年大安大甲溪水源聯合運用計畫無實施情況與基準年現況之地下水水位變化分析

由圖 5.3-16 可知，目標年計畫無實施情況與基準年現況地下水水位差異亦均屬不明顯情況。經模擬分析 30 年後，以大安鄉內地下水水位差異值為最大，地下水水位下降 0.04 公尺左右。

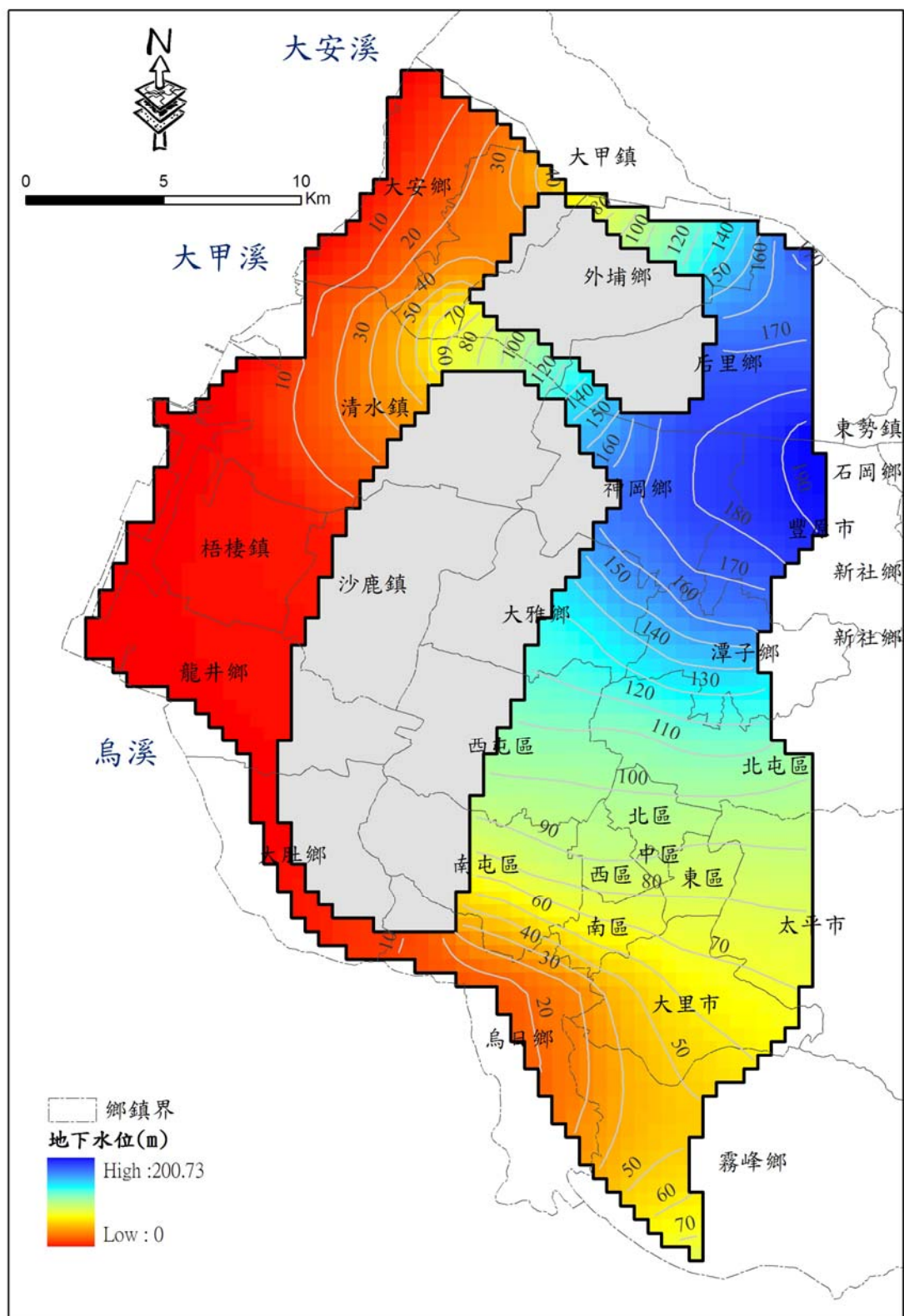


圖 5.3-7 現況條件下模擬 30 年之地下水水位分布
($K=5 \times 10^{-6} \text{m/sec}$)

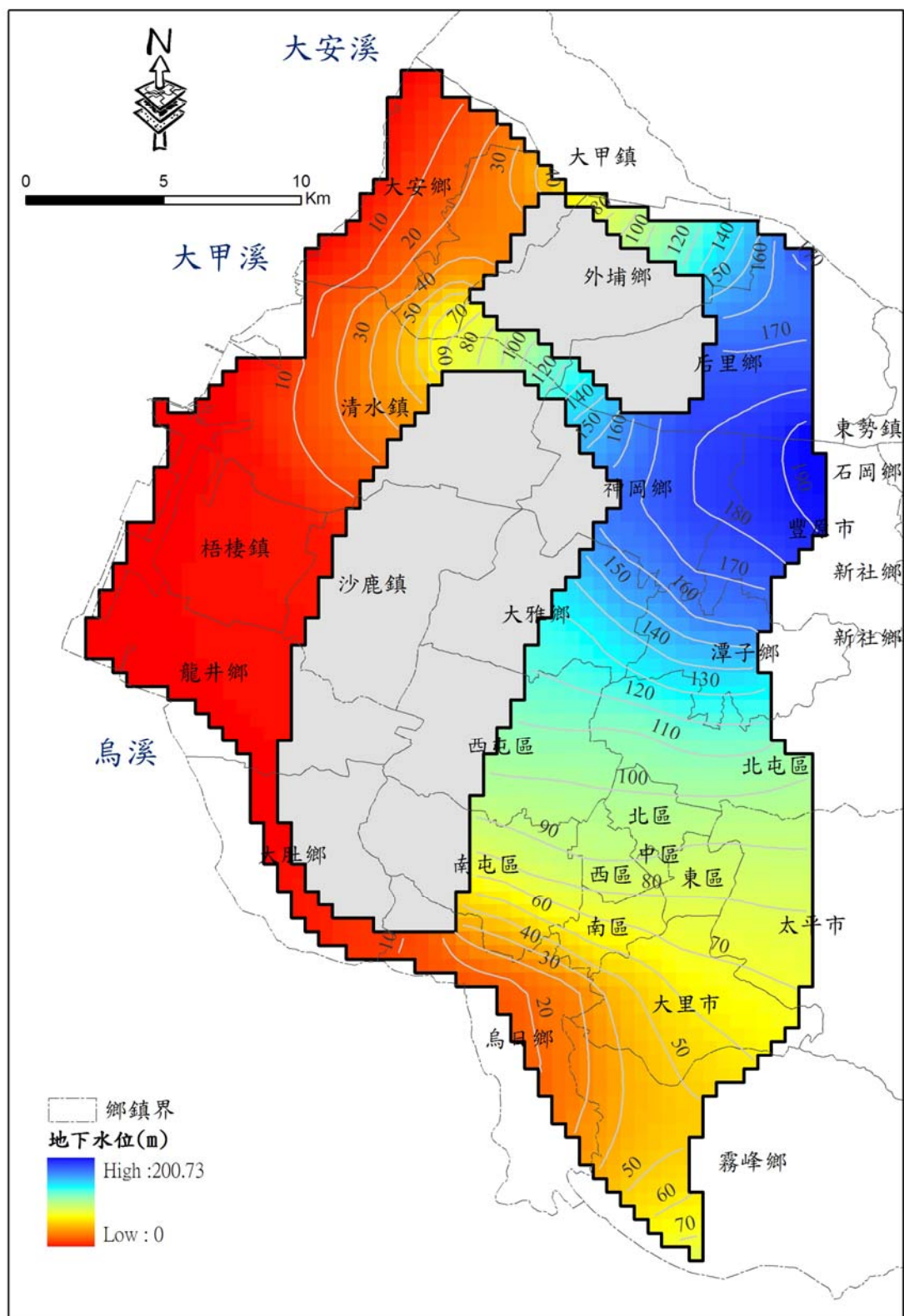


圖 5.3-8 目標年計畫無實施條件下模擬 30 年之地下水水位分布
($K=5 \times 10^{-6} \text{m/sec}$)

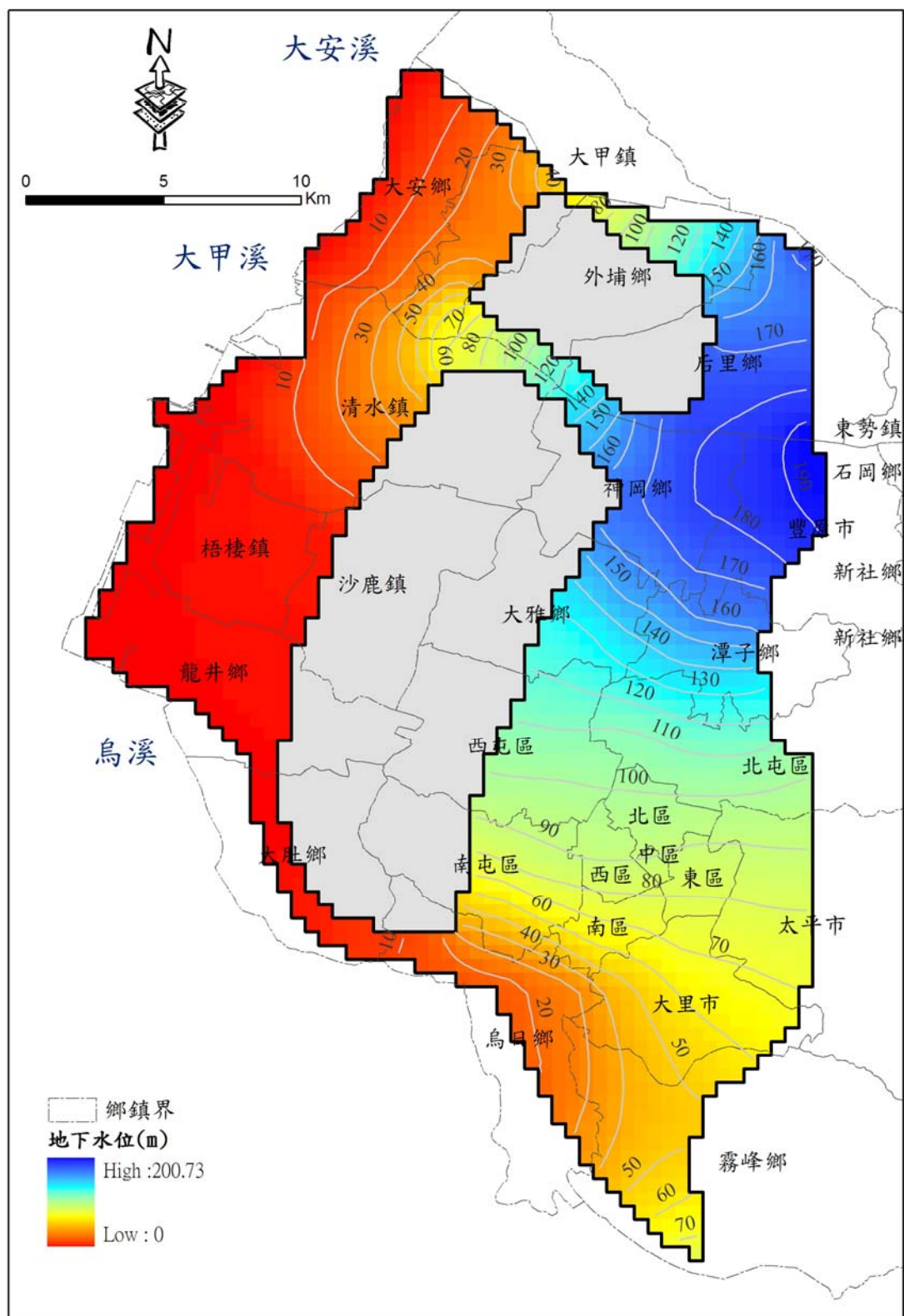


圖 5.3-9 目標年計畫實施後條件下模擬 30 年之地下水水位分布
($K=5 \times 10^{-6} \text{ m/sec}$)

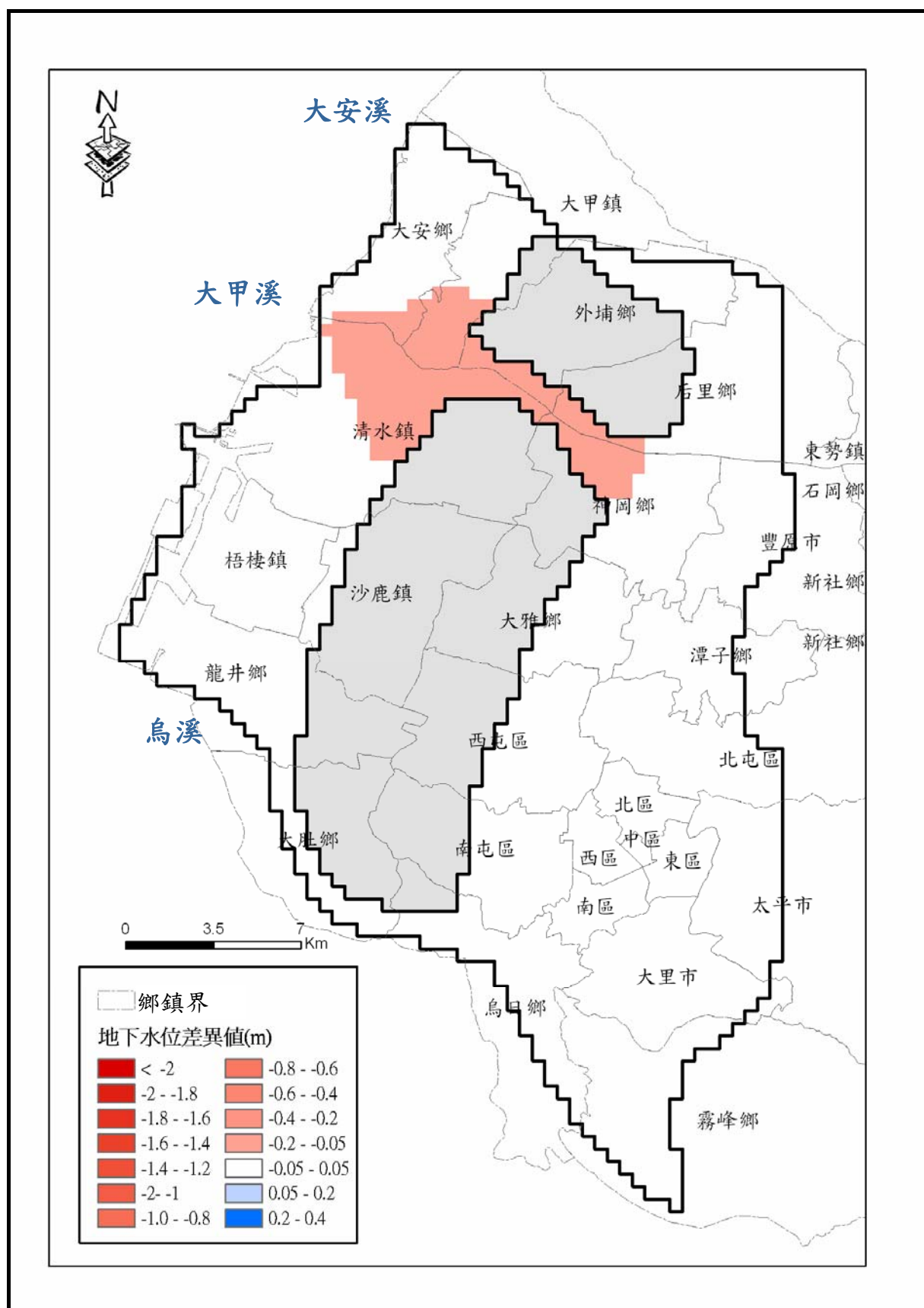


圖 5.3-10 目標年計畫無實施與現況模擬 30 年之地下水水位差異
($K=5 \times 10^{-6} \text{m/sec}$)

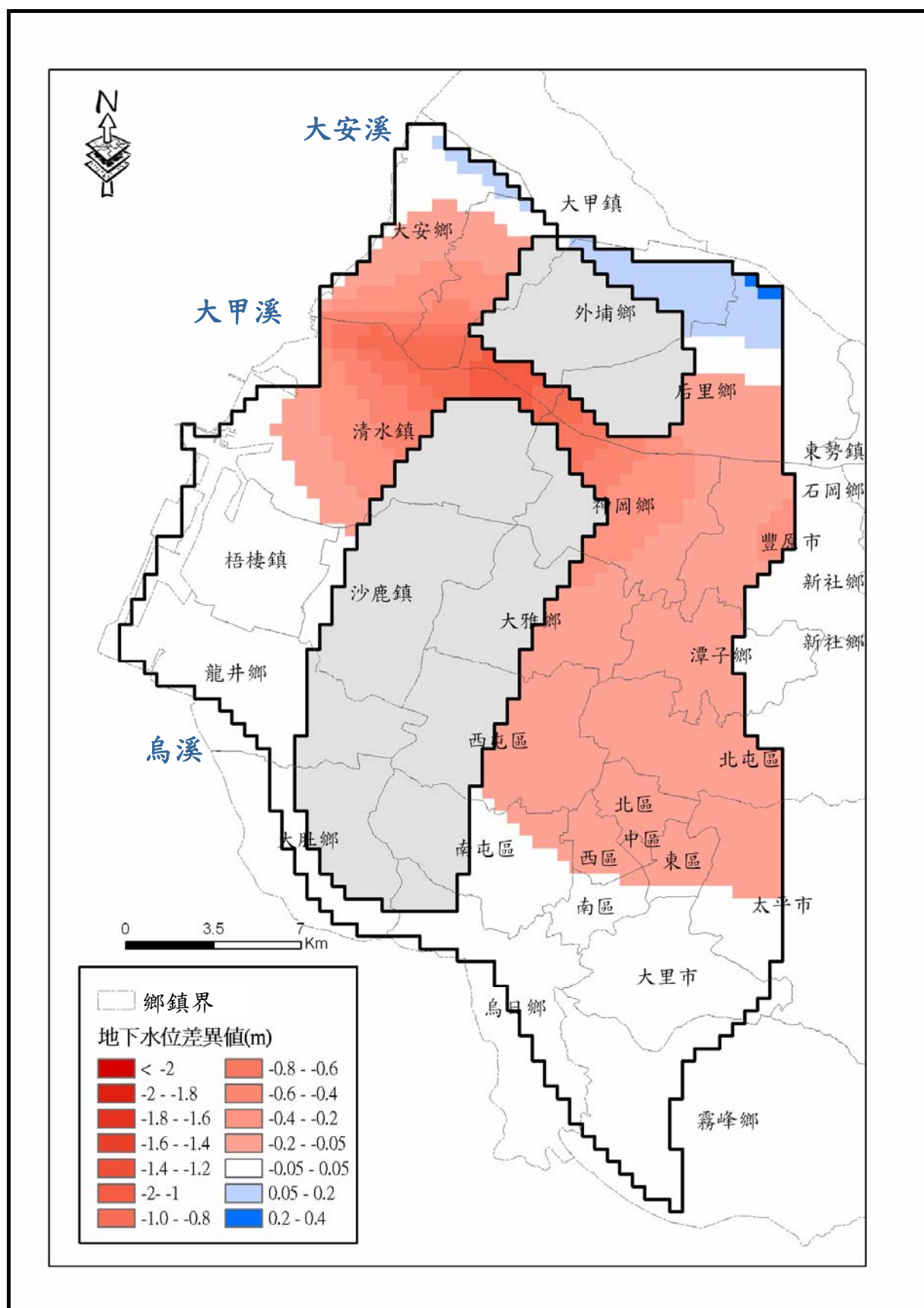


圖 5.3-11 目標年計畫實施後與現況模擬 30 年之地下水水位差異
($K=5 \times 10^{-6} \text{m/sec}$)

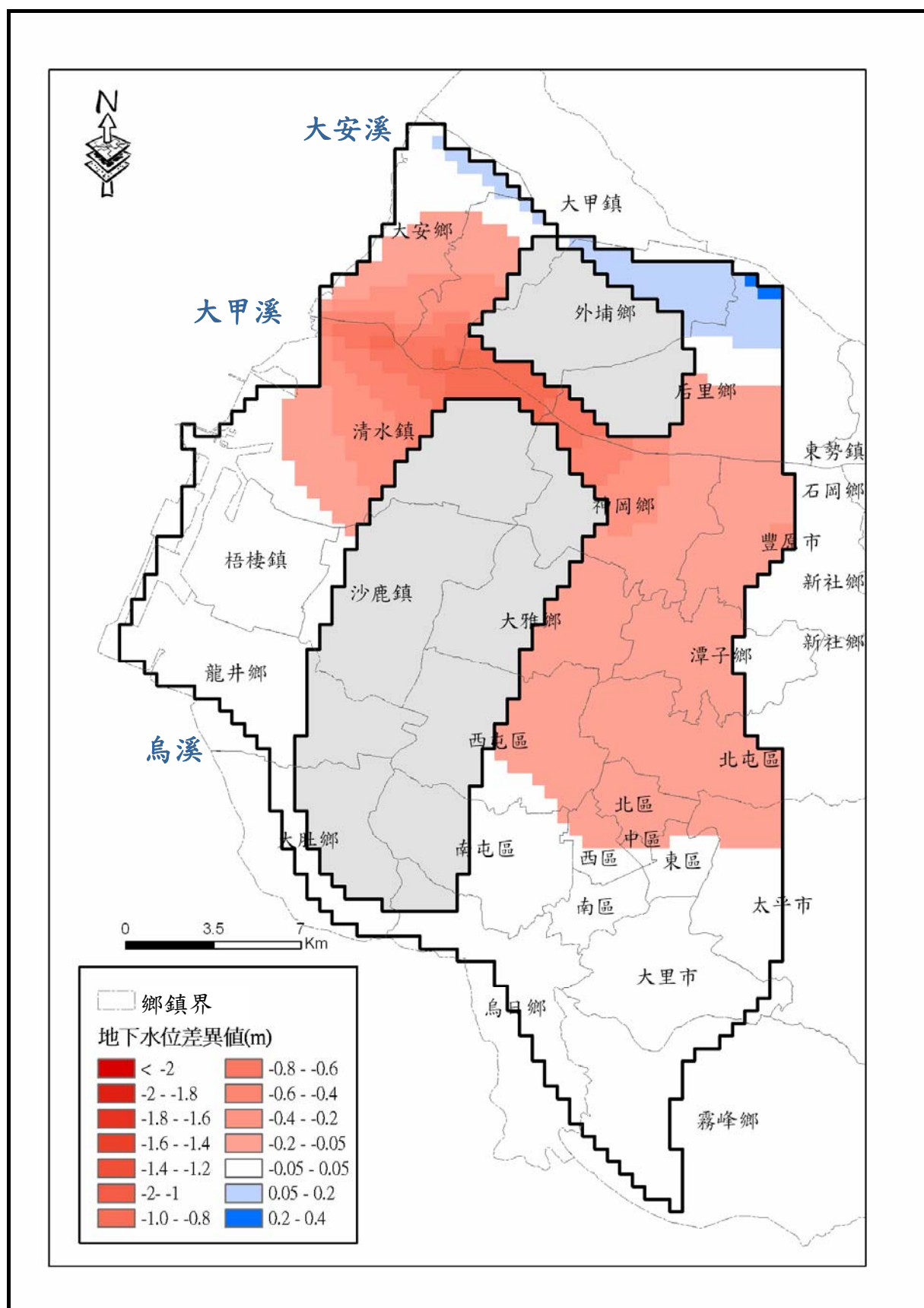


圖 5.3-12 目標年計畫實施後與目標年計畫無實施模擬 30 年之地下水水位差異($K=5 \times 10^{-6} \text{m/sec}$)

2、目標年大安大甲溪水源聯合運用計畫實施後情況與基準年現況之地下水水位變化分析

由圖 5.3-17 可知，目標年計畫實施後情況與基準年現況地下水水位差異值較明顯區域位於大甲溪沿岸之外埔鄉及沿海之清水鎮，地下水水位下降之範圍較目標年計畫無實施情況與基準年現況之比較為大；而大安溪南岸地區因河川水流量增加、水位抬升，造成大安溪河川入滲量增加提高部分區域地下水水位。經模擬分析 30 年後，以外埔鄉及清水鎮鄉內地下水水位差異值為最大，地下水水位下降 0.24 公尺左右，而大安溪南岸地下水水位升高最明顯之區域為后里鄉，水位增高最大值為 0.23 公尺。

3、目標年大安大甲溪水源聯合運用計畫實施後情況與計畫無實施情況之地下水水位變化分析

由圖 5.3-18 可知，目標年計畫實施後情況與計畫無實施情況地下水水位差異值較明顯區域位於大甲溪沿岸之外埔鄉及沿海之清水鎮，地下水水位下降之範圍亦較計畫實施前與現況之比較有些為擴大；而大安溪南岸地區因河川水流量增加、水位抬升，亦造成大安溪河川入滲量增加提高部分區域地下水水位。經模擬分析 30 年後，以外埔鄉內地下水水位差異值為最大，地下水水位下降 0.2 公尺左右，而大安溪南岸地下水水位升高最明顯之區域為后里鄉，水位增高最大值為 0.23 公尺。

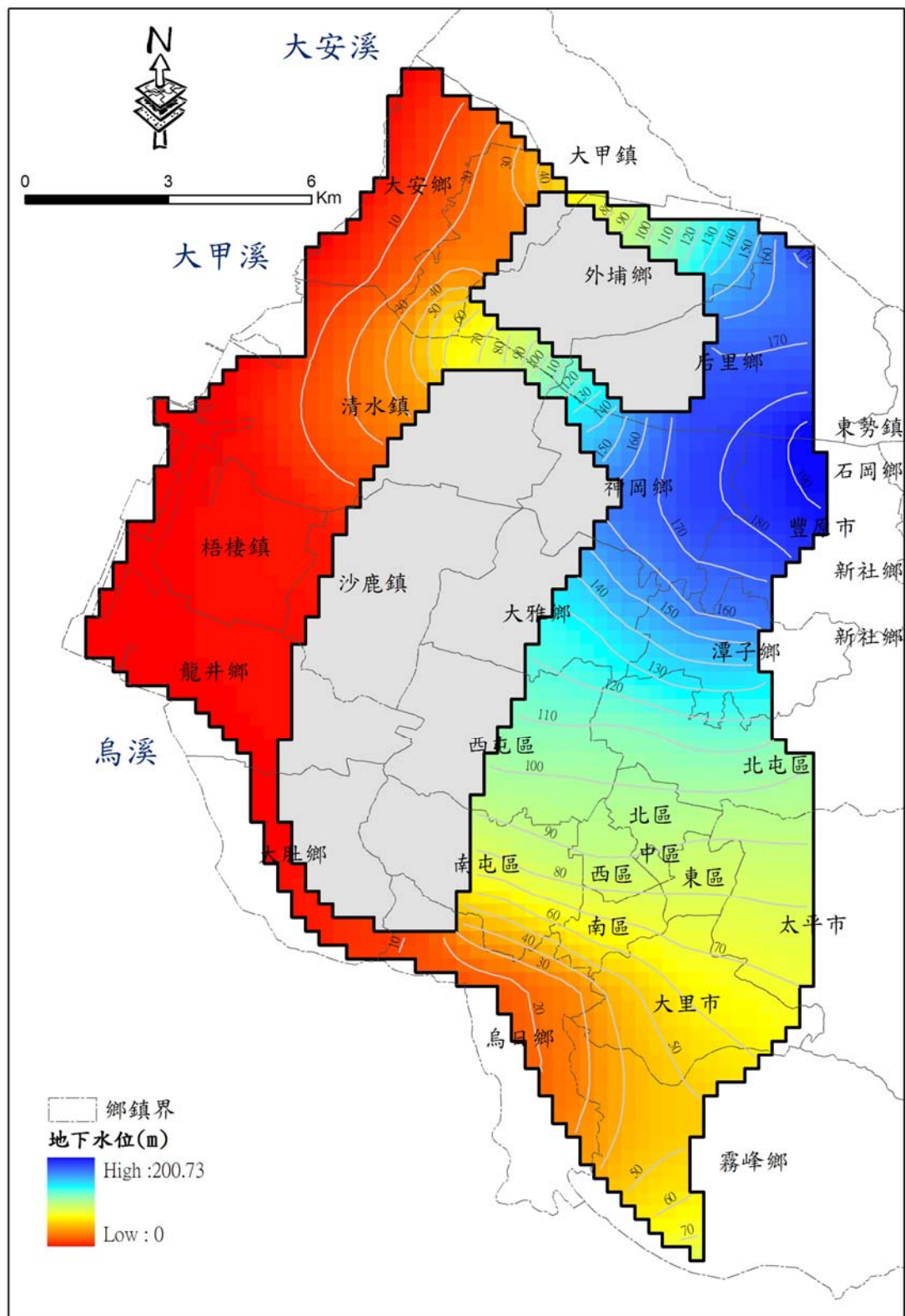


圖 5.3-13 現況條件下模擬 30 年之地下水水位分布($K=1 \times 10^{-6} \text{m/sec}$)

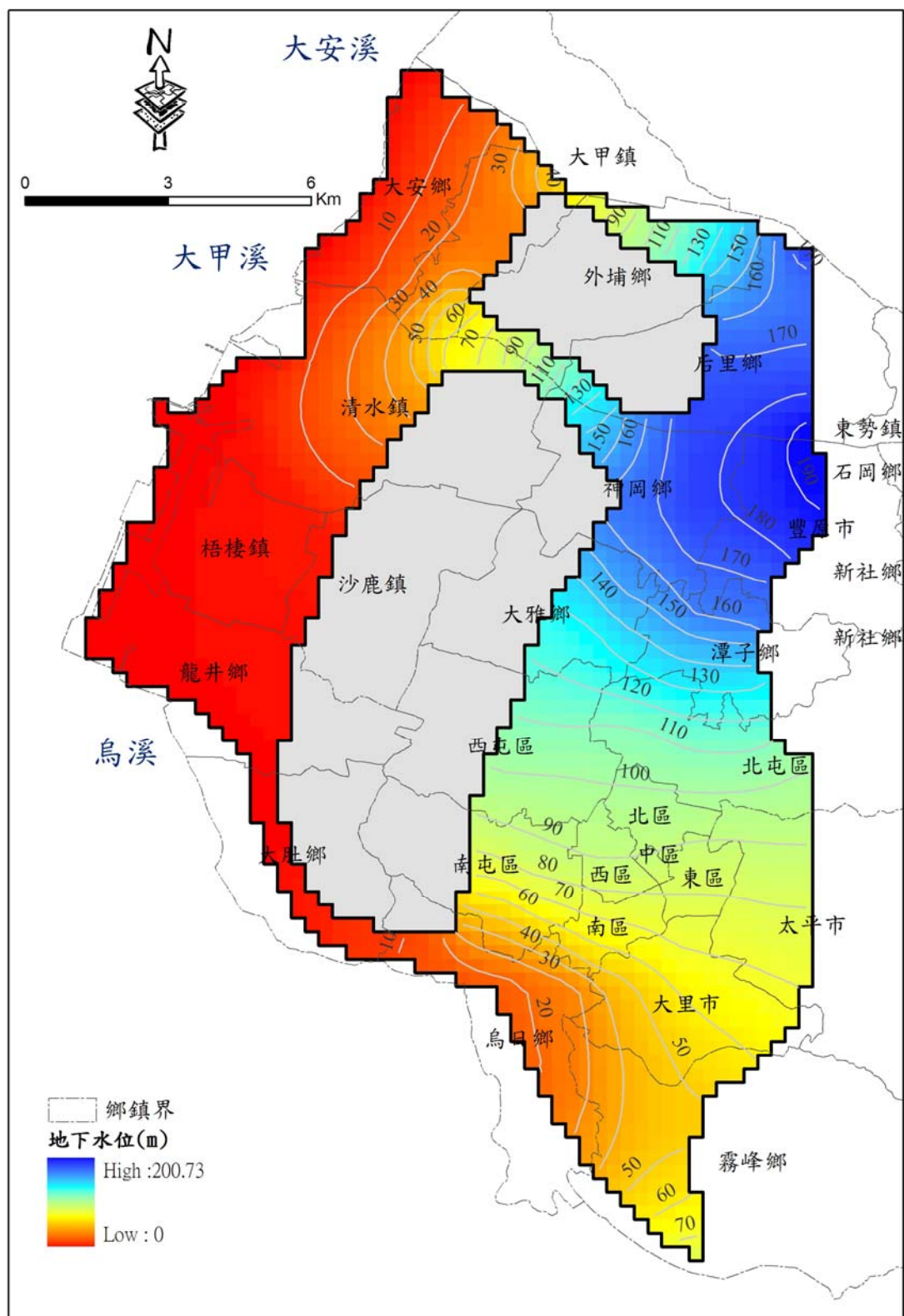


圖 5.3-14 目標年計畫無實施條件下模擬 30 年之地下水水位分布
($K=1 \times 10^{-6} \text{m/sec}$)

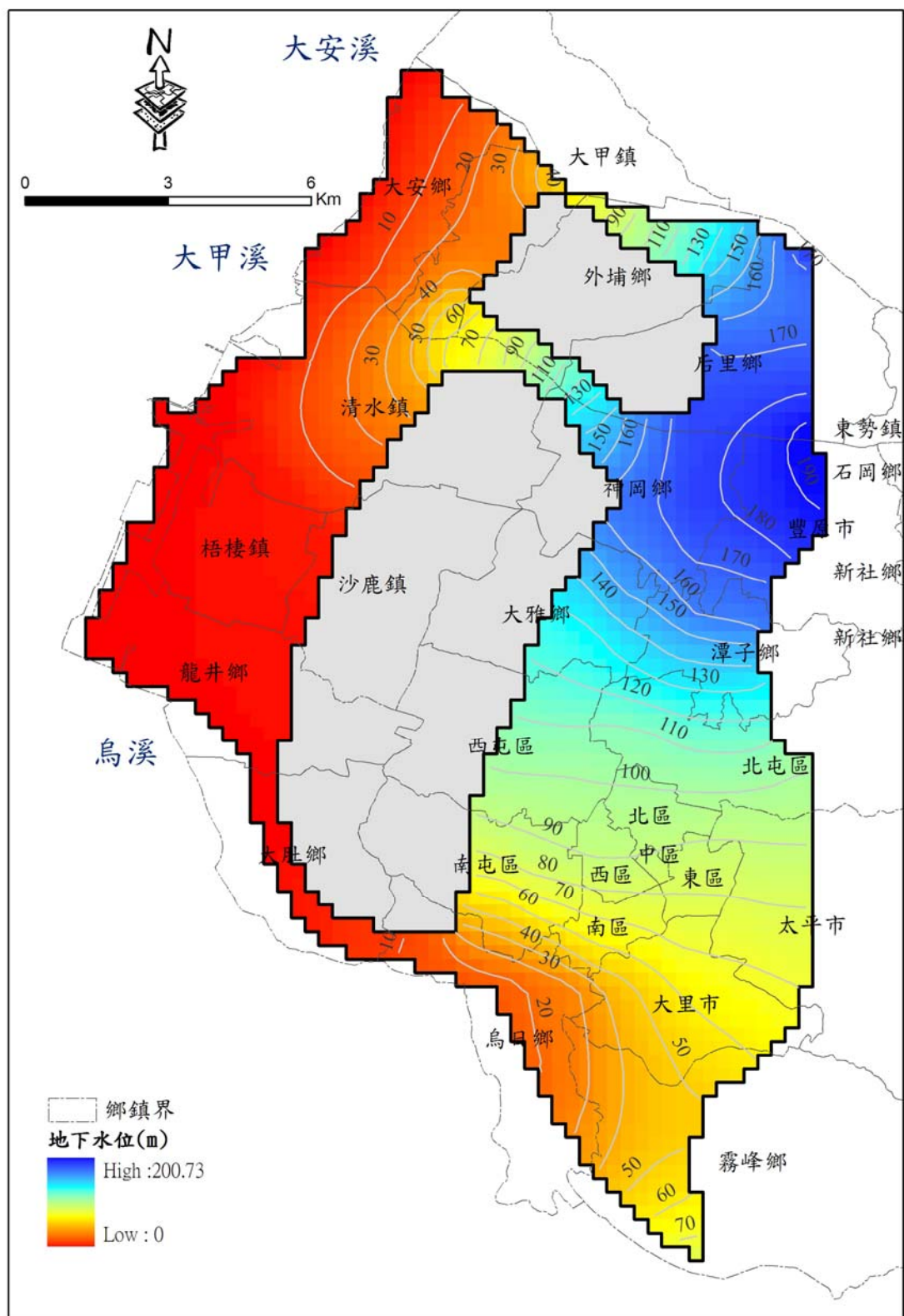


圖 5.3-15 目標年計畫實施後條件下模擬 30 年之地下水水位分布
($K=1 \times 10^{-6} \text{ m/sec}$)

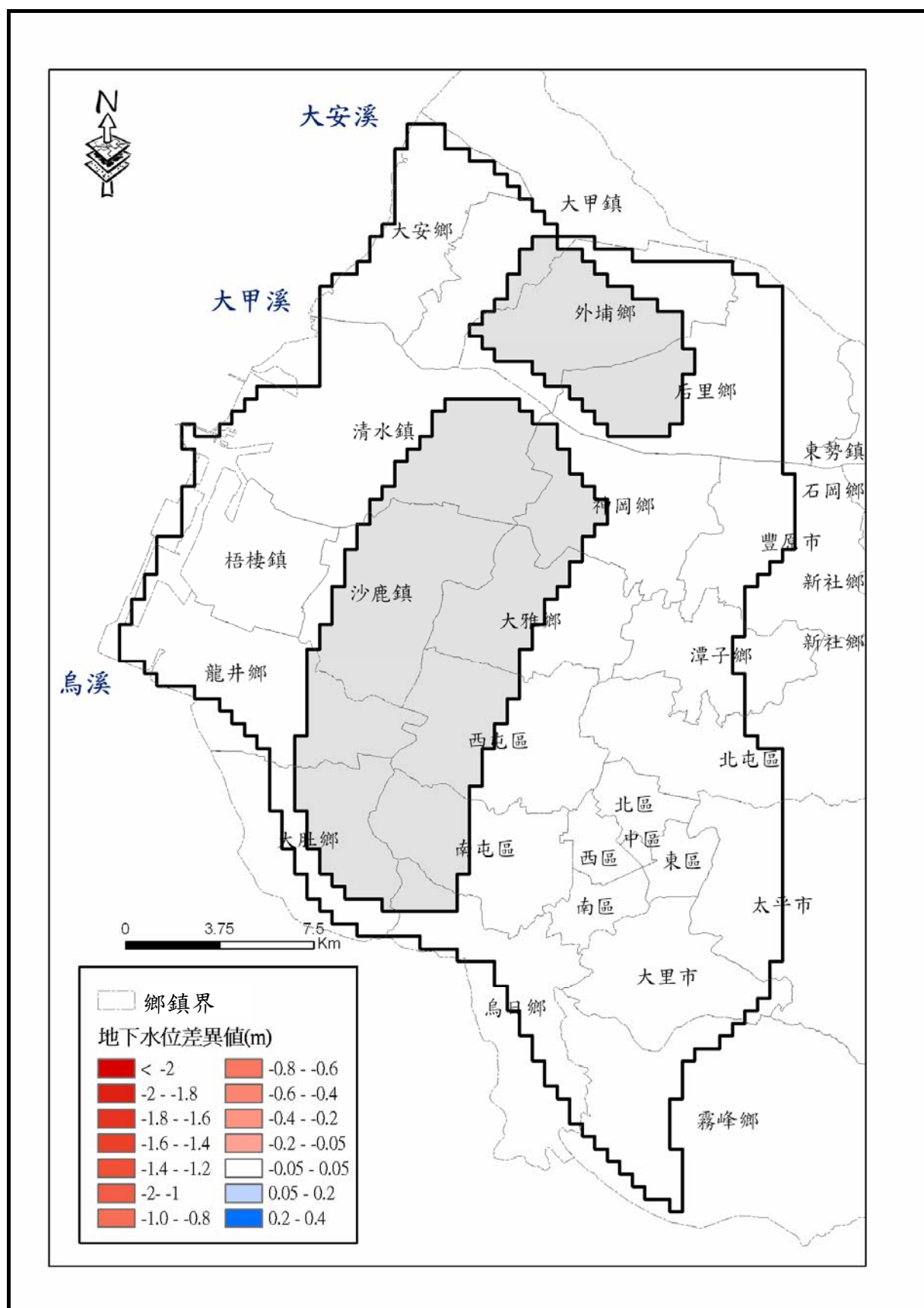


圖 5.3-16 目標年計畫無實施與現況模擬 30 年之地下水水位差異
($K=1 \times 10^{-6} \text{m/sec}$)

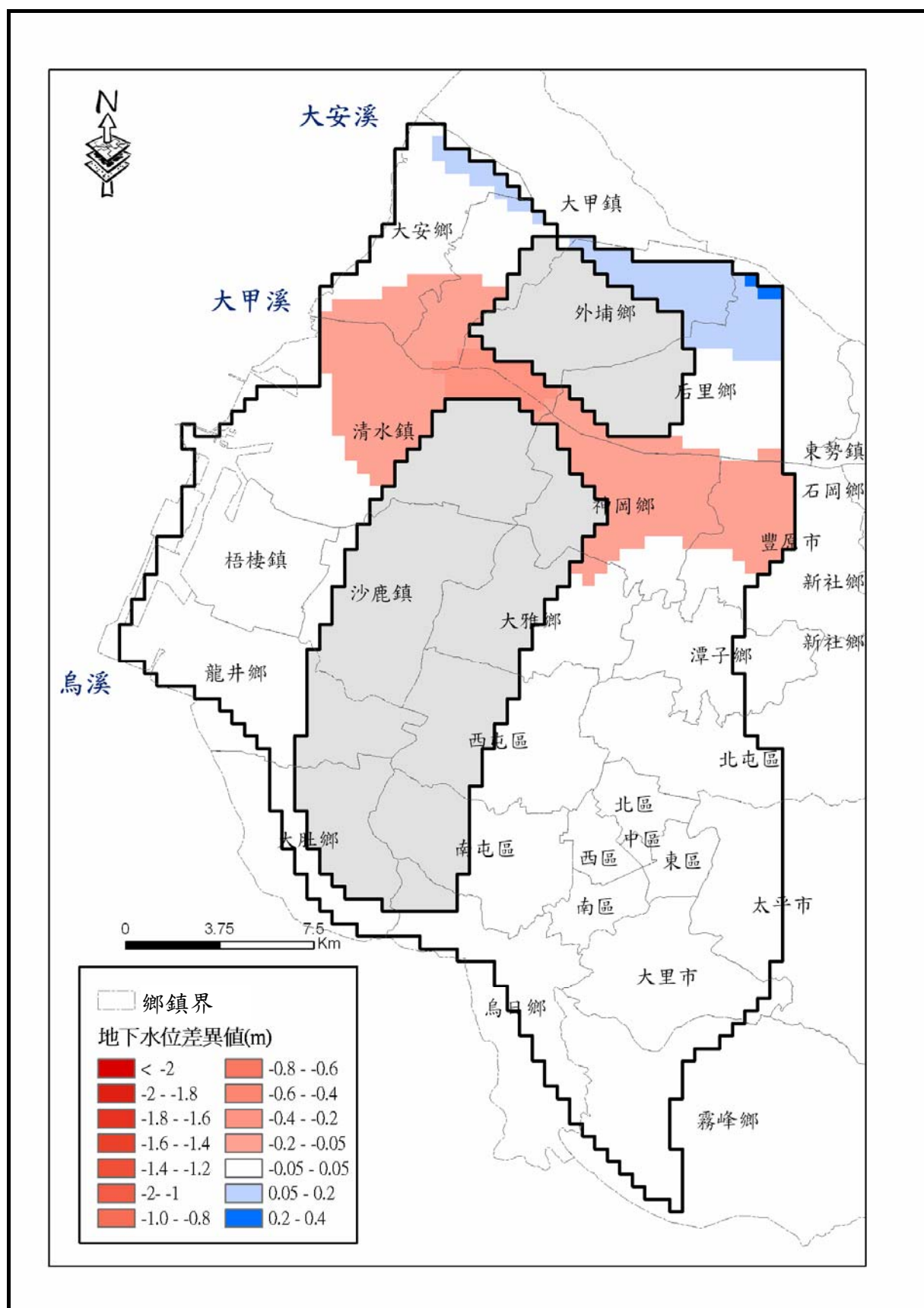


圖 5.3-17 目標年計畫實施後與現況模擬 30 年之地下水水位差異
($K=1 \times 10^{-6} \text{m/sec}$)

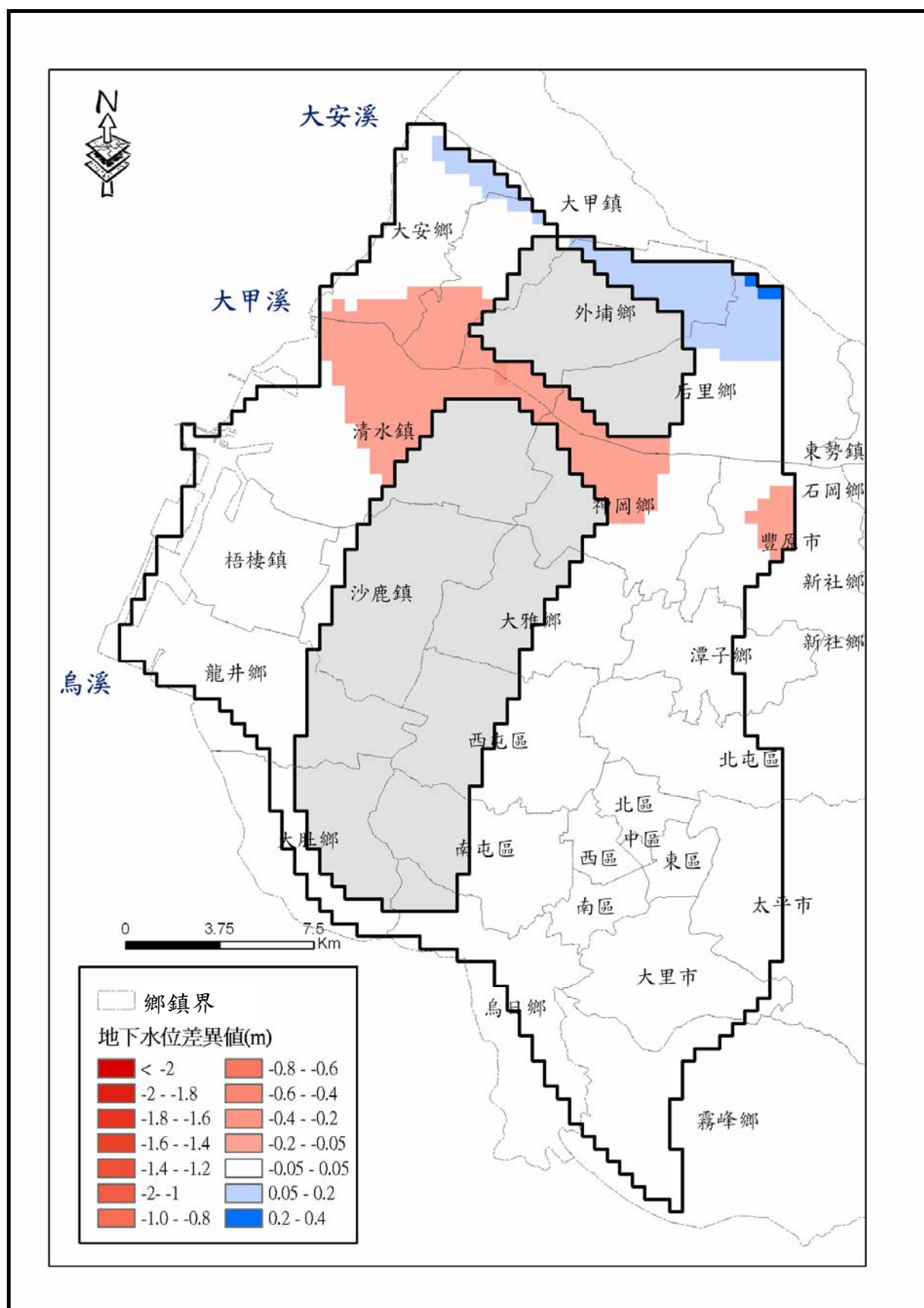


圖 5.3-18 目標年計畫實施後與目標年計畫無實施模擬 30 年之地下水水位差異($K=1 \times 10^{-6} \text{m/sec}$)

四、地下水環境影響綜合分析

由第 5.3 節模擬 30 年河川水文環境變化引致之地下水水位變化之分析可知，大甲溪不同河床底泥層之滲透係數對地下水環境之影響範圍約以外埔鄉為最大，目標年計畫實施後情況與基準年現況比較地下水水位下降最大值變動範圍約在 0.24~2.13 公尺間；目標年計畫無實施情況與基準年現況比較地下水水位下降最大值變動範圍約在 0.04~0.27 公尺間；目標年計畫實施後與計畫無實施情況比較地下水水位下降最大值變動範圍約在 0.20~1.86 公尺間；基本上，滲透係數值越大所造成之水位差異值也愈大。另，整理各鄉鎮於不同河床底泥層滲透係數所造成之目標年計畫無實施情況與基準年現況、目標年計畫實施後情況與基準年現況、目標年計畫實施後與計畫無實施情況地下水水位下降差值最大、最小及平均值如表 5.4-1 所示。

此外，大安溪沿岸部分地區，因河川水位抬升，地下水入滲量增加，造成地下水水位上升，目標年計畫有無實施與基準年現況比較，地下水水位增加較明顯之鄉鎮為后里鄉及外埔鄉，上升最大值變動範圍為 0.1 公尺至 0.2 公尺間。另，整理各鄉鎮於不同河床底泥層滲透係數所造成之目標年計畫無實施情況與基準年現況、目標年計畫實施後情況與基準年現況、目標年計畫實施後與計畫無實施情況地下水位上昇差值最大、最小及平均值如表 5.4-2 所示。

表 5.4-1 計畫範圍內各鄉鎮地下水水位模擬 30 年下降變動比較表(1/3)

單位：公尺

鄉鎮	情況一(河床底泥層入滲率 $K=1 \times 10^{-5} \text{m/sec}$)								
	計畫無實施與現況			計畫實施後與現況			計畫實施後與計畫無實施		
	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值
北屯區	-	-	-	-0.22	-0.14	-0.17	-0.19	-0.11	-0.14
西屯區	-	-	-	-0.21	-0.10	-0.14	-0.18	-0.08	-0.12
北區	-	-	-	-0.15	-0.12	-0.14	-0.13	-0.10	-0.11
南屯區	-	-	-	-0.12	-0.05	-0.08	-0.10	-0.05	-0.07
西區	-	-	-	-0.14	-0.09	-0.12	-0.11	-0.08	-0.10
東區	-	-	-	-0.12	-0.09	-0.11	-0.10	-0.08	-0.09
中區	-	-	-	-0.12	-0.11	-0.12	-0.10	-0.10	-0.10
南區	-	-	-	-0.10	-0.05	-0.08	-0.08	-0.05	-0.07
大甲鎮	-0.23	-0.05	-0.13	-1.81	-0.05	-0.70	-1.57	-0.05	-0.62
大安鄉	-0.21	-0.05	-0.09	-1.67	-0.06	-0.40	-1.46	-0.05	-0.36
外埔鄉	-0.27	-0.22	-0.24	-2.13	-1.74	-1.92	-1.86	-1.51	-1.68
后里鄉	-0.22	-0.05	-0.16	-1.71	-0.05	-0.39	-1.49	-0.05	-0.35
清水鎮	-0.27	-0.05	-0.14	-2.13	-0.05	-0.79	-1.86	-0.05	-0.70
神岡鄉	-0.22	-0.05	-0.09	-1.71	-0.28	-0.57	-1.49	-0.23	-0.49
龍井鄉	-	-	-	-	-	-	-	-	-
豐原市	-	-0.05	-0.06	-0.58	-0.18	-0.33	-0.51	-0.15	-0.28
梧棲鎮	-	-	-	-0.10	-0.05	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08
沙鹿鎮	-	-	-	-0.13	-0.05	-0.09	-0.11	-0.08	-0.09
大雅鄉	-	-0.05	-0.06	-0.42	-0.18	-0.28	-0.35	-0.15	-0.23
潭子鄉	-	-0.05	-0.05	-0.30	-0.20	-0.25	-0.25	-0.16	-0.21
大肚鄉	-	-	-	-	-	-	-	-	-
太平市	-	-	-	-0.15	-0.07	-0.10	-0.12	-0.06	-0.09
烏日鄉	-	-	-	-	-	-	-	-	-
大里市	-	-	-	-0.09	-0.05	-0.07	-0.08	-0.05	-0.06
霧峰鄉	-	-	-	-0.05	-0.05	-0.05	-	-	-

註：負值表示地下水位下降；“-”代表地下水位差異值在±5 公分內。

表 5.4-1 計畫範圍內各鄉鎮地下水水位模擬 30 年下降變動比較表(2/3)

單位：公尺

鄉鎮	情況二(河床底泥層入滲率 $K=5 \times 10^{-6}$ m/sec)								
	計畫無實施與現況			計畫實施後與現況			計畫實施後與計畫無實施		
	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值
北屯區	-	-	-	-0.12	-0.07	-0.09	-0.09	-0.06	-0.07
西屯區	-	-	-	-0.11	-0.05	-0.07	-0.09	-0.05	-0.06
北區	-	-	-	-0.08	-0.06	-0.07	-0.06	-0.05	-0.06
南屯區	-	-	-	-0.06	-0.05	-0.05	-	-	-
西區	-	-	-	-0.07	-0.05	-0.06	-0.06	-0.05	-0.05
東區	-	-	-	-0.06	-0.05	-0.06	-0.05	-0.05	-0.05
中區	-	-	-	-0.06	-0.06	-0.06	-0.05	-0.05	-0.05
南區	-	-	-	-0.05	-0.05	-0.05	-	-	-
大甲鎮	-0.13	-0.05	-0.09	-0.96	0.08	-0.39	-0.83	0.09	-0.33
大安鄉	-0.11	-0.05	-0.07	-0.88	0.14	-0.19	-0.76	0.14	-0.17
外埔鄉	-0.15	-0.12	-0.14	-1.13	0.18	-0.16	-0.98	0.18	-0.13
后里鄉	-0.12	-0.06	-0.10	-0.90	0.23	-0.14	-0.78	0.23	-0.11
清水鎮	-0.15	-0.05	-0.09	-1.13	-0.05	-0.44	-0.98	-0.05	-0.39
神岡鄉	-0.12	-0.05	-0.08	-0.90	-0.15	-0.30	-0.78	-0.12	-0.25
龍井鄉	-	-	-	-	-	-	-	-	-
豐原市	-	-	-	-0.31	-0.11	-0.18	-0.27	-0.09	-0.15
梧棲鎮	-	-	-	-	-	-	-	-	-
沙鹿鎮	-	-	-	-0.07	-0.07	-0.07	-0.06	-0.06	-0.06
大雅鄉	-	-	-	-0.22	-0.09	-0.14	-0.18	-0.07	-0.12
潭子鄉	-	-	-	-0.16	-0.10	-0.13	-0.13	-0.08	-0.10
大肚鄉	-	-	-	-	-	-	-	-	-
太平市	-	-	-	-0.08	-0.05	-0.06	-0.06	-0.05	-0.05
烏日鄉	-	-	-	-	-	-	-	-	-
大里市	-	-	-	-	-	-	-	-	-
霧峰鄉	-	-	-	-	-	-	-	-	-

註：負值表示地下水位下降；“- ”代表地下水位差異值在±5 公分內。

表 5.4-1 計畫範圍內各鄉鎮地下水水位模擬 30 年下降變動比較表(3/3)

單位：公尺

鄉鎮	情況三(河床底泥層入滲率 $K=1 \times 10^{-6}/\text{sec}$)								
	計畫無實施與現況			計畫實施後與現況			計畫實施後與計畫無實施		
	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值
北屯區	-	-	-	-	-	-	-	-	-
西屯區	-	-	-	-	-	-	-	-	-
北區	-	-	-	-	-	-	-	-	-
南屯區	-	-	-	-	-	-	-	-	-
西區	-	-	-	-	-	-	-	-	-
東區	-	-	-	-	-	-	-	-	-
中區	-	-	-	-	-	-	-	-	-
南區	-	-	-	-	-	-	-	-	-
大甲鎮	-	-	-	-0.21	0.10	-0.11	-0.17	0.10	-0.09
大安鄉	-	-	-	-0.19	0.15	-0.02	-0.16	0.15	-0.01
外埔鄉	-	-	-	-0.24	0.18	0.05	-0.20	0.18	0.06
后里鄉	-	-	-	-0.19	0.23	0.04	-0.16	0.24	0.05
清水鎮	-	-	-	-0.24	-0.05	-0.13	-0.20	-0.05	-0.11
神岡鄉	-	-	-	-0.19	-0.05	-0.08	-0.16	-0.05	-0.08
龍井鄉	-	-	-	-	-	-	-	-	-
豐原市	-	-	-	-0.09	-0.05	-0.06	-0.07	-0.05	-0.06
梧棲鎮	-	-	-	-	-	-	-	-	-
沙鹿鎮	-	-	-	-	-	-	-	-	-
大雅鄉	-	-	-	-0.05	-0.05	-0.05	-	-	-
潭子鄉	-	-	-	-	-	-	-	-	-
大肚鄉	-	-	-	-	-	-	-	-	-
太平市	-	-	-	-	-	-	-	-	-
烏日鄉	-	-	-	-	-	-	-	-	-
大里市	-	-	-	-	-	-	-	-	-
霧峰鄉	-	-	-	-	-	-	-	-	-

註：負值表示地下水位下降；“-”代表地下水位差異值在±5 公分內。

表 5.4-2 計畫範圍內大安溪南岸各鄉鎮地下水水位模擬 30 年上昇變動比較表

單位：公尺

情況	鄉鎮	計畫無實施與現況			計畫實施後與現況			計畫實施後與計畫無實施		
		最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值
情況一	大甲鎮	-	-	-	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08
	大安鄉	-	-	-	0.13	0.05	0.09	0.14	0.06	0.09
	外埔鄉	-	-	-	0.18	0.06	0.14	0.18	0.07	0.14
	后里鄉	-	-	-	0.22	0.05	0.13	0.22	0.05	0.13
情況二	大甲鎮	-	-	-	0.08	0.08	0.08	0.09	0.05	0.07
	大安鄉	-	-	-	0.14	0.05	0.10	0.14	0.06	0.10
	外埔鄉	-	-	-	0.18	0.06	0.14	0.18	0.06	0.14
	后里鄉	-	-	-	0.23	0.05	0.13	0.23	0.06	0.13
情況三	大甲鎮	-	-	-	0.10	0.06	0.07	0.10	0.05	0.07
	大安鄉	-	-	-	0.15	0.05	0.09	0.15	0.05	0.10
	外埔鄉	-	-	-	0.18	0.08	0.15	0.18	0.08	0.15
	后里鄉	-	-	-	0.23	0.05	0.12	0.24	0.05	0.12

註：負值表示地下水位下降；“-”代表地下水位差異值在±5 公分內。

第六章 地層下陷影響分析

為瞭解大安大甲溪水源聯合運用計畫因增加大甲溪取水量導致河川水位降低，入滲量減少，造成局部地區地下水水位下降，會否對沿岸地區產生地層下陷問題，本計畫茲依據地下水文環境影響分析所獲致之地下水水位資料，應用地層下陷模式分析目標年聯合運用計畫有無實施與基準年現況地層下陷量之差異性。

6.1 地層下陷模式輸入條件

一、土體計算分層

為進行地下水水位變化所引致地層下陷單向度壓密模式之計算，本計畫茲參考中央地質調查所之水文地質分層方式與現地之土層概況資料，將地層下陷分析模式之計算分層概分為沿海地區與台中盆地地區。沿海地區計有含水層 1、阻水層 1、含水層 2、阻水層 2 及含水層 3 等五層模式分層；台中盆地區則僅有含水層 1；另依據現地之水文地質鑽探資料，計算各地區鑽探點位各含水層之砂土層(礫石層假設其地層下陷量微小不列計分析)與阻水層中之黏土層厚度列如表 6.1-1 所示，將各鑽探點之土層分層厚度以徐昇氏多邊形法求取個計算格網位置模式計算所需之土層分層厚度資料。

表 6.1-1 各計算分層厚度設定值

區域	X(m)	Y(m)	含水層 1(m)	阻水層 1(m)	含水層 2(m)	阻水層 2(m)	含水層 3(m)
沿海地區	204759	2689903	39	9	68	22	62
	205810	2684730	27	31	28	8	56
	201567	2683239	25	6	75	24	59
	199114	2679471	6	41	35	51	35
	202616	2672938	20	8	24	31	68
台中盆地	214107	2686467	60	-	-	-	-
	209859	2668547	62	-	-	-	-
	212957	2668714	38	-	-	-	-
	212829	2664301	90	-	-	-	-

二、邊界條件

為進行地下水位變化所引致地層下陷單向度壓密模式之計算，需採用地下水水位歷線資料作為模式計算所需之邊界條件。計算含水層 1 之壓密量時，則採用含水層 1 之地下水水位歷線資料作為模式計算之邊界條件；計算阻水層 1 之壓密量時，則分別採用含水層 1 及含水層 2 之地下水水位及水頭歷線資料作為模式計算之上、下邊界條件；計算含水層 2 之壓密量時，則採用含水層 2 之地下水水頭歷線資料作為模式計算之邊界條件；計算阻水層 2 之壓密量時，則分別採用含水層 2 及含水層 3 之地下水水頭歷線資料作為模式計算之上、下邊界條件；含水層 3 之壓密量時，則採用含水層 3 之地下水水頭歷線資料作為模式計算之邊界條件。

如上所述，進行單向度壓密量模擬時，各計算點位必需有其對應之含水層 1、含水層 2 及含水層 3 等之地下水水位或水頭歷線資料。本計畫旨在評估目標年大安大甲溪水源聯合運用計畫有無實施與基準年現況供水需求條件下，河川水文環境變化對地下水水文環境及地層下陷之影響。因此，本計畫採用 Modflow 地下水水流模式所推計之各含水層水位或水頭變化資料提供模式計算所需之所有邊界條件。

三、參數給定

因台中地區至民國 96 年方建置地層下陷水準觀測站網，尚未有長期地表沉陷調查資料，且亦未設置地層下陷分層監測井可供模式進行參數檢定作業。本計畫壓密量計算所需參數包括黏土層之壓密係數(C_v)、壓縮指數(C_c)與膨脹指數(C_e)，以及砂土層之壓縮係數(m_1)與再壓縮係數(m_2)；為適當給定模式參數，本計畫茲參考水利署歷年在濁水溪沖積扇彰雲地區之西港國小、新街

國小、元長國小及客厝國小等地所設置之地層下陷分層監測井之實測資料(黏土層及砂土層所佔壓縮比例統計列如表 6.1-2 所示)，進行壓密相關參數之優選推估。

表 6.1-2 地層下陷分層監測井黏土層與砂土層壓縮量佔總壓縮量比例

站名	黏土比例(%)	砂土層比例(%)
土庫國中	44.4	55.6
元長國小	46.3	53.7
西港國小	72.0	28.0
客厝國小	66.4	33.6
新街國小	38.5	61.5
新興國小	33.6	66.4
興華國小	55.6	44.4
豐安國小	73.5	26.5

1、黏土層壓密參數

假設各參數於模擬期間為一定值，優選檢定各計算分層中黏土層之最佳參數值，其推估結果如表 6.1-3 所示。由表可知，西港國小站壓密係數(C_v)優選結果以阻水層二 $6.5 \times 10^{-6} (\text{m}^2/\text{sec})$ 最大，壓縮指數(C_c)則介於 0.20 至 0.37 間；新街國小站壓密係數(C_v)優選結果以阻水層二 $6.2 \times 10^{-6} (\text{m}^2/\text{sec})$ 最大，壓縮指數(C_c)則介於 0.20 至 0.50 間；元長國小站壓密係數(C_v)優選結果亦以阻水層二 $8.9 \times 10^{-7} (\text{m}^2/\text{sec})$ 最大，壓縮指數(C_c)則介於 0.28 至 0.57 間；客厝國小站壓密係數(C_v)優選結果亦以阻水層二 $4.2 \times 10^{-7} (\text{m}^2/\text{sec})$ 最大，壓縮指數(C_c)則介於 0.15 至 0.34 間，而各站之膨脹指數(C_e)對各土層壓密量之影響均不顯著。而壓密參數優選之擬合結果，如圖 6.1-1 所示。

表 6.1-3 黏土層壓密參數最佳優選結果

測站	模式分層	$C_v(m^2/sec)$	C_c	C_e
西港國小	含水層一	-	-	-
	阻水層一	1.0×10^9	0.20	0.030
	含水層二	9.5×10^8	0.20	0.030
	阻水層二	6.5×10^6	0.37	0.030
	含水層三	1.0×10^7	0.20	0.030
	阻水層三	5.3×10^8	0.20	0.030
新街國小	含水層一	-	-	-
	阻水層一	3.6×10^7	0.20	0.030
	含水層二	-	-	-
	阻水層二	6.2×10^6	0.50	0.030
	含水層三	1.0×10^8	0.31	0.031
	阻水層三	3.7×10^8	0.28	0.029
元長國小	含水層一	5.8×10^8	0.28	0.030
	阻水層一	1.6×10^8	0.29	0.031
	含水層二	2.8×10^7	0.32	0.031
	阻水層二	8.9×10^7	0.39	0.030
	含水層三	6.9×10^7	0.57	0.029
	阻水層三	3.6×10^7	0.42	0.031
客厝國小	含水層一	4.4×10^8	0.15	0.031
	阻水層一	1.0×10^8	0.29	0.031
	含水層二	1.8×10^7	0.31	0.030
	阻水層二	4.2×10^7	0.34	0.029
	含水層三	1.0×10^7	0.30	0.030
	阻水層三	-	-	-

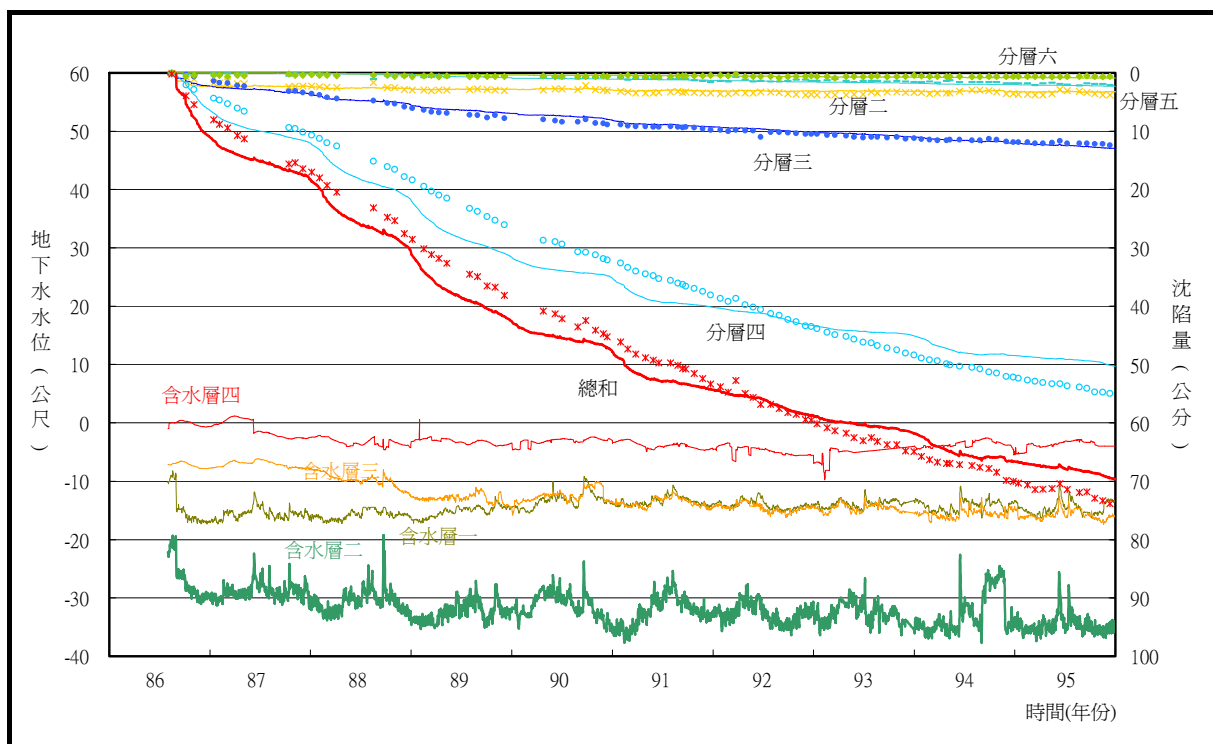


圖 6.1-1 西港國小黏土層壓密參數優選之累計壓密量與監測值比較圖(1/4)



圖 6.1-1 新街國小黏土層壓密參數優選之累計壓密量與監測值比較圖(2/4)

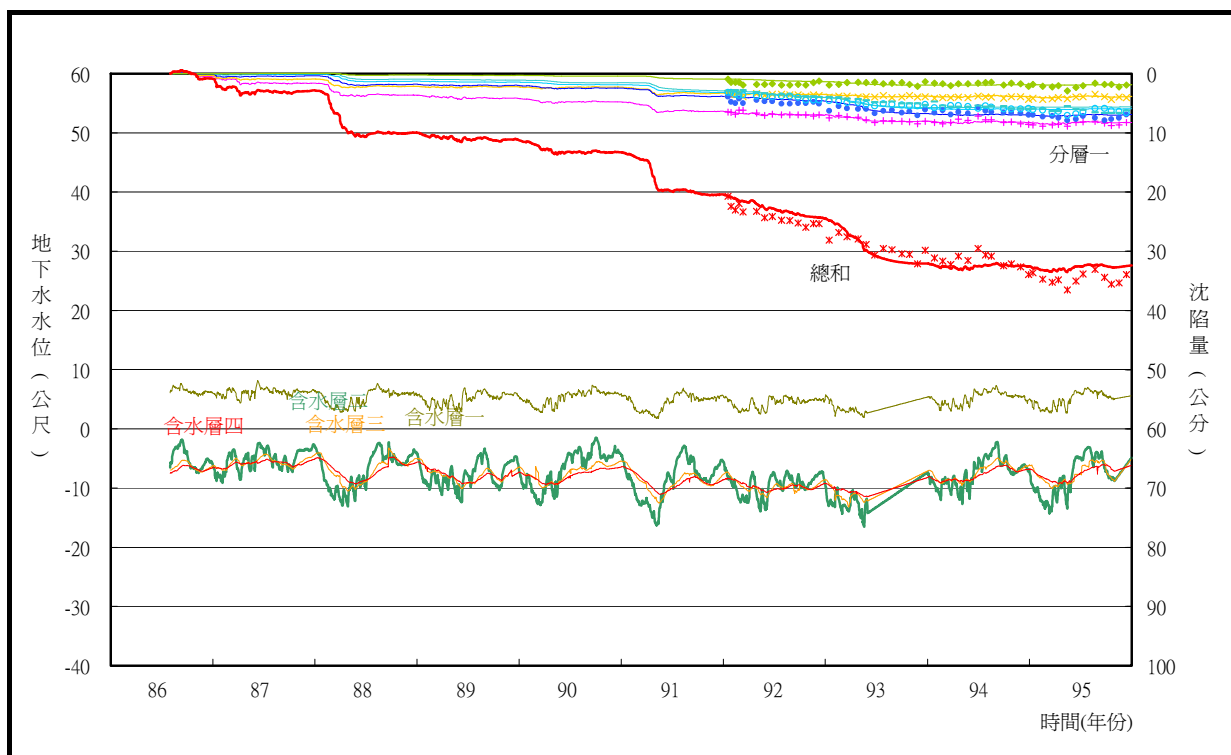


圖6.1-1 元長國小黏土層壓密參數優選之累計壓密量與監測值比較圖(3/4)

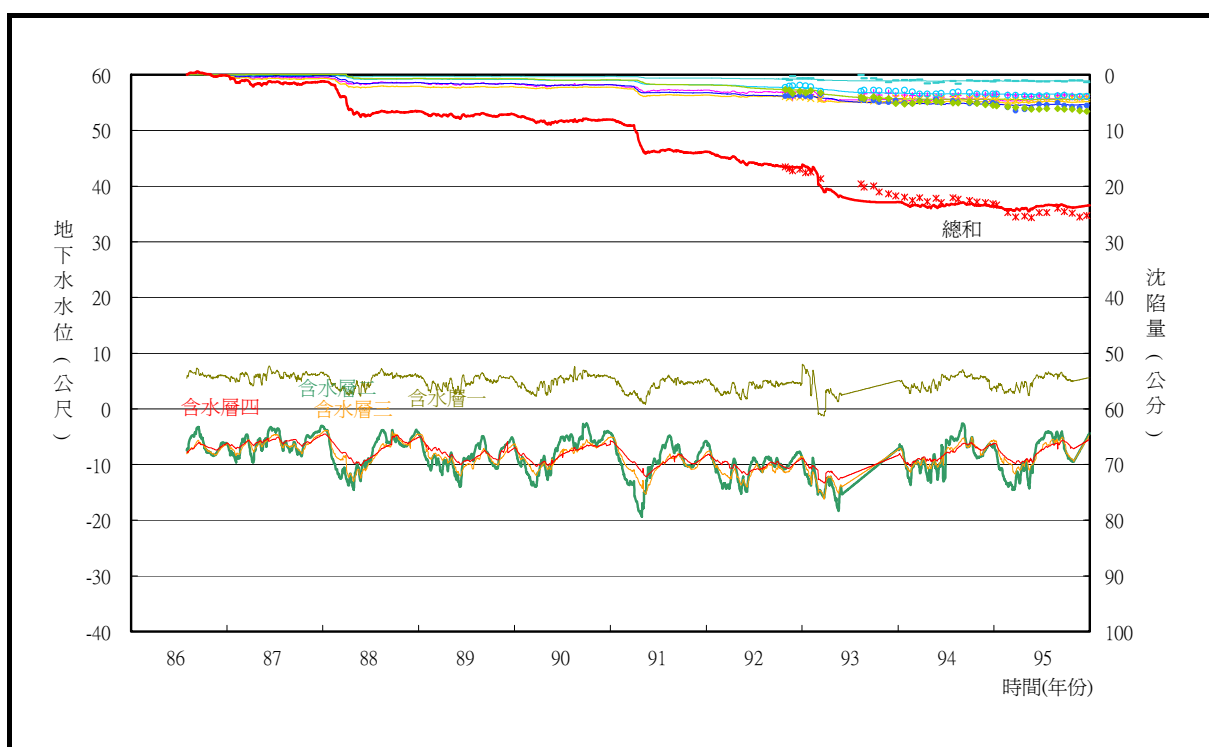


圖6.1-1 客厝國小黏土層壓密參數優選之累計壓密量與監測值比較圖(4/4)

國內關於壓密參數之其它研究上，工研院能資所(民國 80 年)曾針對雲林宜梧地區之淺層黏土進行試驗，求得壓縮指數(Cc)約介於 0.2-0.4，土木科技研究發展基金會(民國 86 年)則建議雲林地區黏土之壓縮指數(Cc)約介於 0.2-0.3，工研院能資所(民國 92 年)針對元長國小及土庫國中淺層土壤(元長國小地表至地表下 100 公尺，土庫國中地表至地表下 50 公尺)進行單向度壓密試驗，求得元長國小黏土層壓縮指數(Cc)約介於 0.1-0.3，膨脹指數(Ce)約介於 0.02-0.04；土庫國中黏土層壓縮指數(Cc)約介於 0.1-0.4，膨脹指數(Ce)約介於 0.01-0.06，一般認為膨脹指數(Ce)約為壓縮指數(Cc)值 0.1-0.2 倍之間。在壓密係數(Cv)的探討上，中興工程顧問社(民國 83 年)規劃雲林離島工業區時，分析該區黏土之 Cv 值約介於 5.2×10^{-8} - 1.5×10^{-6} (m²/sec)，深度愈深其值愈大。綜合言之，本計畫依據濁水溪沖積扇監測資料檢定之參數值與往昔調查研究成果相較係落屬合理範圍內。

2、砂土層壓縮係數

本計畫採用地層下陷壓密分析模式(LSUB-1)，計算土層中黏土層之壓密行為。至於砂土層部分，因砂土排水較快，受力後短期內即完成壓縮，因此現地之砂土層密度通常較高，受地下水水位下降之影響較小，因此一般於地層下陷數值計算上，常視砂土層為瞬時壓密，多以彈性理論計算之。根據地層下陷分層監測井之實測資料顯示，台灣西南沿海之雲林、嘉義、屏東地區之砂土層多呈彈性變形行為，而彰化沿海之砂土層則呈塑性變形行為。本計畫茲參考離分析範圍最近之彰化縣西港國小地層下陷分層監測井之實測下陷資料與對應之地下水水位

變化資料，進行砂土層之有效應力與應變之分析，以求取可資爰引之砂土層壓縮係數值。

為推計砂土層壓縮與再壓縮係數值，茲將各監測井所在位置共點設置之地下水位觀測資料與土層壓縮資料繪製有效應力變化與砂土層之應變關係圖。圖 6.1-2 及圖 6.1-3 分別為彰化西港國小深度 90 公尺至 120 公尺間及 180 公尺至 200 公尺間砂土層，因地下水水位變化所引起之有效應力變化與砂土層之應變關係；由圖可知，兩砂土層之壓縮行為均接近塑性，地下水水位下降與回升過程中產生塑性變形，但當地下水水位再度下降時，土層會以接近固定之斜率再壓縮，其值經現場實測資料率定後，利用壓縮係數及再壓縮係數(m_1 及 m_2)，即可據以推估砂土層在地下水水位變化條件下之壓縮行為。圖 6.1-4 及圖 6.1-5 分別為此兩砂土層壓縮量之推估值與實測值之比較結果，兩者擬合狀況相當良好。

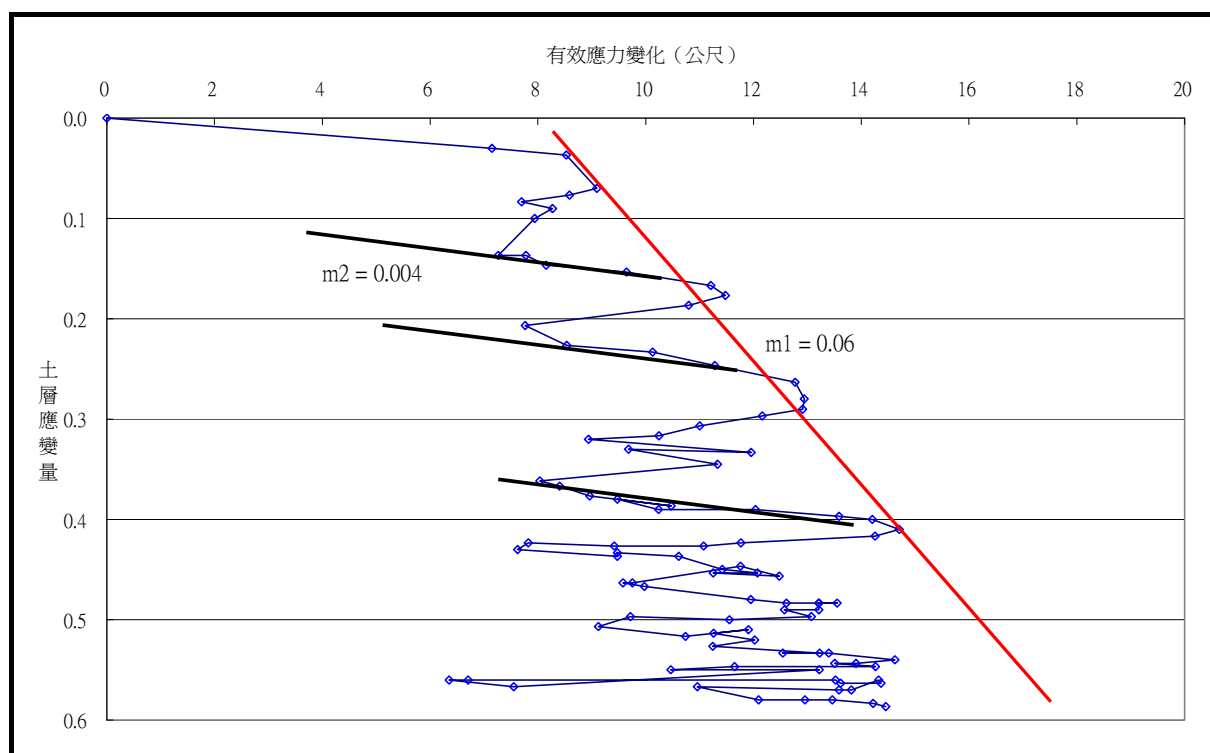


圖 6.1-2 西港國小深度 90~120 公尺間砂土層之應力與應變關係圖

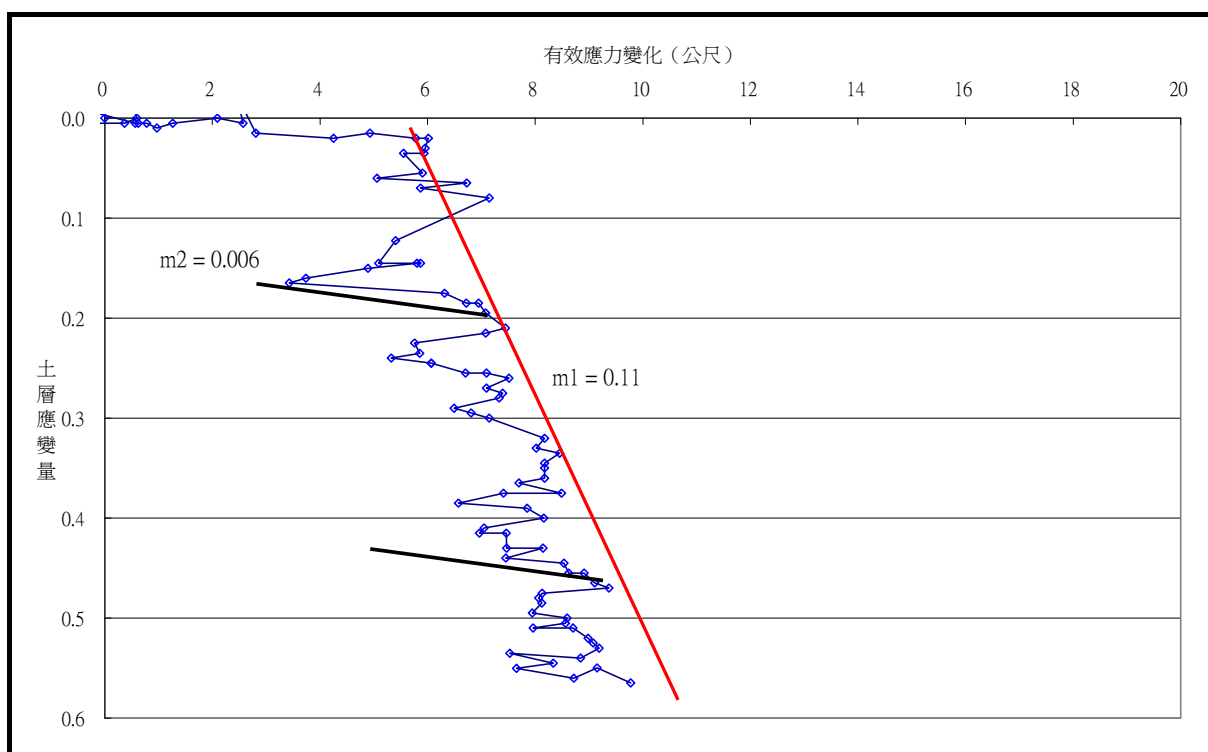


圖 6.1-3 西港國小深度 180~200 公尺間砂土層之應力與應變關係圖

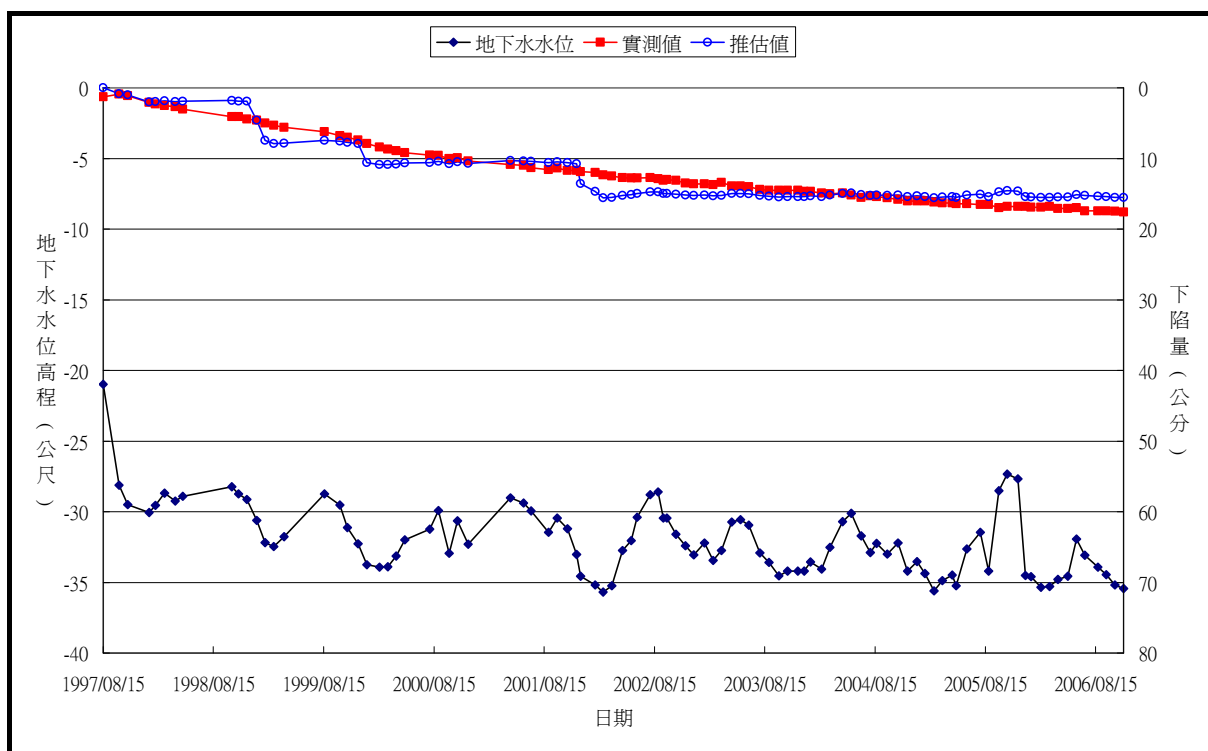


圖 6.1-4 西港國小深度 90~120 公尺間砂土層壓縮量推估值與監測值之比較

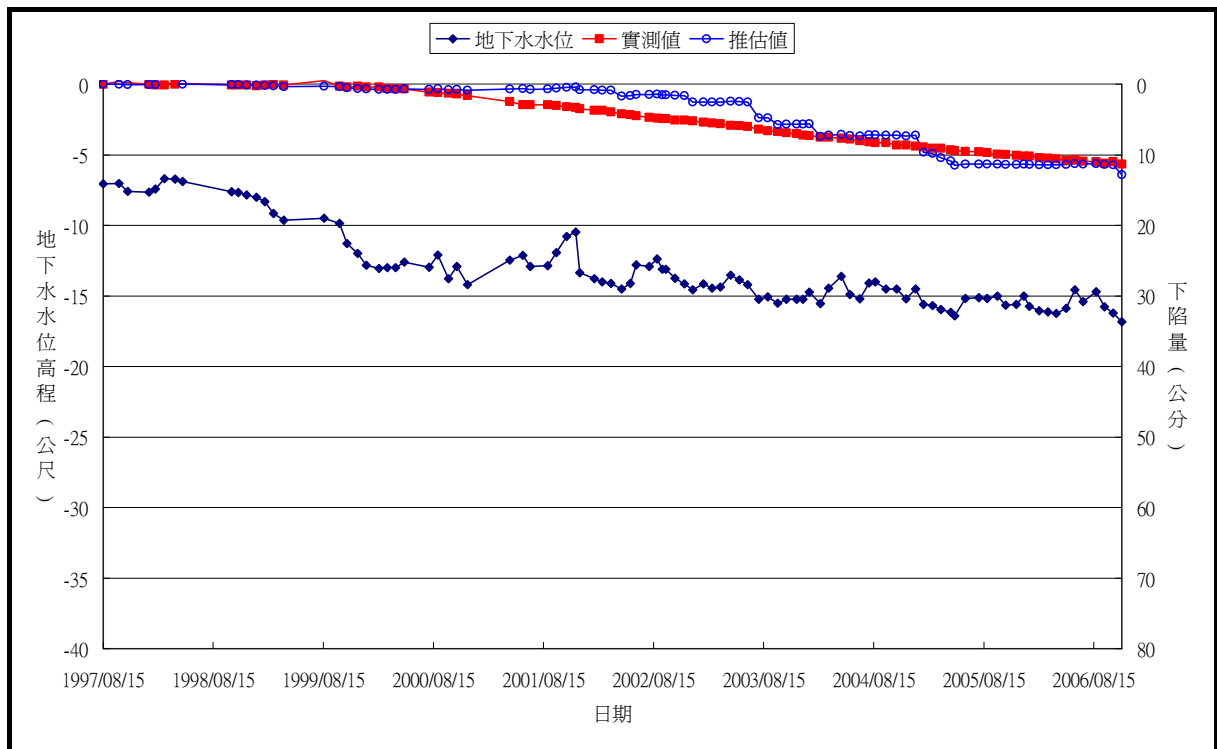


圖 6.1-5 西港國小深度 180~200 公尺間砂土層壓縮量推估值與監測值之比較

6.2 地層下陷影響分析結果說明

本計畫採用 Modflow 地下水水流模式所模擬之基準年現況、目標年水源聯合運用計畫無實施情況及目標年水源聯合運用計畫實施後情況之地下水水位變化歷線，提供模式計算所需之所有邊界條件。由於本區域之水文地質鑽探資料較為缺乏(沿海地區五站及台中盆地三站)，若採用空間內插模式，推估各計算點位土層中之黏土層及砂土層厚度資料，其推估結果可能產生較大之誤差，因此本計畫採用徐昇氏多邊形法，代表各水文地質鑽探點位所控制之範圍，以決定各計算點位之土層分層計算厚度。黏土層及砂土層之相關地層下陷模式壓縮參數，則參考濁水溪沖積扇各土層相關參數優選與率定之結果，並考量台中盆地土層壓縮性較濁水溪沖積扇低之地質特性，茲採用各計算參數之平均值及最低值作為本計畫模式分析所需之參數值(參見表 6.2-1)代入進行分析。即

(1)地陷參數選用平均值：黏土層之壓密係數(C_v)採用 8.2×10^{-7} (公尺²/秒)、壓縮指數(C_c)採用 0.31、膨脹指數(C_e)採用 0.03；而砂土層之壓縮係數採用 0.08、再壓係數則採用 0.005。

(2)地陷參數選用最最小值：黏土層之壓密係數(C_v)採用 1.0×10^{-9} (公尺²/秒)、壓縮指數(C_c)採用 0.15、膨脹指數(C_e)採用 0.03；而砂土層之壓縮係數採用 0.06、再壓係數則採用 0.004。

運用 LSUB-1 模式計算分析區域在基準年現況、目標年水源聯合運用計畫有無實施情況下，在 30 年期間內因地下水水位變動引致之土體有效應力變化所產生之地層下陷量。以下茲分別說明，採用地陷參數平均值及最小值之地層下陷模擬分析成果。

1、地陷參數採用平均值之分析結果

- (1)基準年現況地下水水位變化引致之 30 年累積之地層下陷量分佈如圖 6.2-1 所示，主要發生地層下陷區域在大甲溪沿岸地區，30 年累積下陷量最大值約為 32.3 公分，平均每年約為 1.08 公分，此年均地層下陷量之量級與第 2.4 節有關地層下陷現況分析之結果約當，亦可佐證本計畫分析模式給定參數值之適切性。
- (2)目標年大安大甲溪水源聯合運用計畫無實施情況之地下水水位變化引致之 30 年累積地層下陷量分佈如圖 6.2-2 所示，30 年最大之累積下陷量約為 32.8 公分，年均地層下陷量約為 1.09 公分。
- (3)目標年大安大甲溪水源聯合運用計畫實施後情況地下水水位變化引致之 30 年累積地層下陷量分佈如圖 6.2-3 所示，30 年最大之累積下陷量約為 42.35 公分，年均地層下陷量為 1.41 公分。

- (4)經比較目標年計畫無實施情況與基準年現況、目標年計畫實施後情況與基準年現況，以及目標年計畫實施後及無實施情況之 30 年累積地層下陷量之差異如圖 6.2-4 至圖 6.2-6 所示；由比較結果可知；目標年計畫無實施情況與基準年現況 30 年累積沉陷量最大差異量為 4.73 公分(位於清水鎮)，即年下陷速率增加 0.16 公分；目標年計畫實施後與基準年現況 30 年累積沉陷量最大差異量為 14.76 公分(位於清水鎮)，即年下陷速率增加 0.49 公分；目標年計畫實施後與計畫無實施情況 30 年累積沉陷量最大差異量為 14.1 公分(位於清水鎮)，即年下陷速率增加 0.47 公分；基本上，目標年計畫實施後情況與基準年現況或目標年無實施計畫情況相較，年地層下陷速率增加主要集中在大甲溪中下游河岸附近區域，其增加幅度離大甲溪岸愈遠其增量愈小，在 1 公里外區域其 30 年累積下陷量之差異在 3.0 公分以下，換言之，只要距大甲溪河岸一公里外其年下陷量之差異在 0.1 公分以下。
- (5)茲分析開發計畫有無實施最大地陷點其豐水年、枯水年及平水年之累積地層下陷量分別為 4.81 公分、4.2 公分與 5.1 公分，而年平均地層下陷增量分別為 0.96 公分/年、0.84 公分/年、0.25 公分/年。據此可知於豐水年時計畫有無實施對地層下陷影響較大。

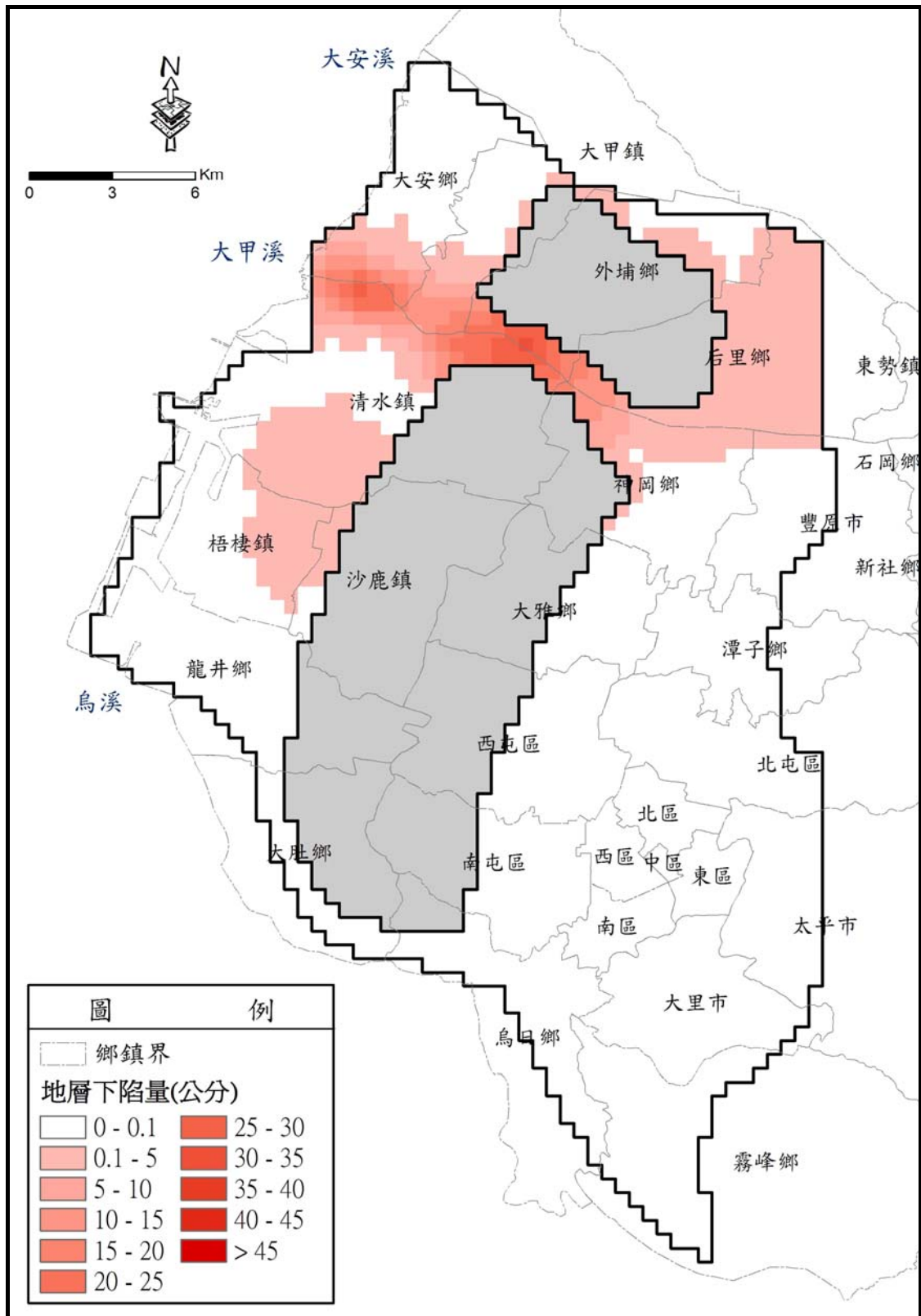


圖 6.2-1 現況地下水水位變化引致之 30 年累積之地層下陷量
(地陷參數採用平均值)

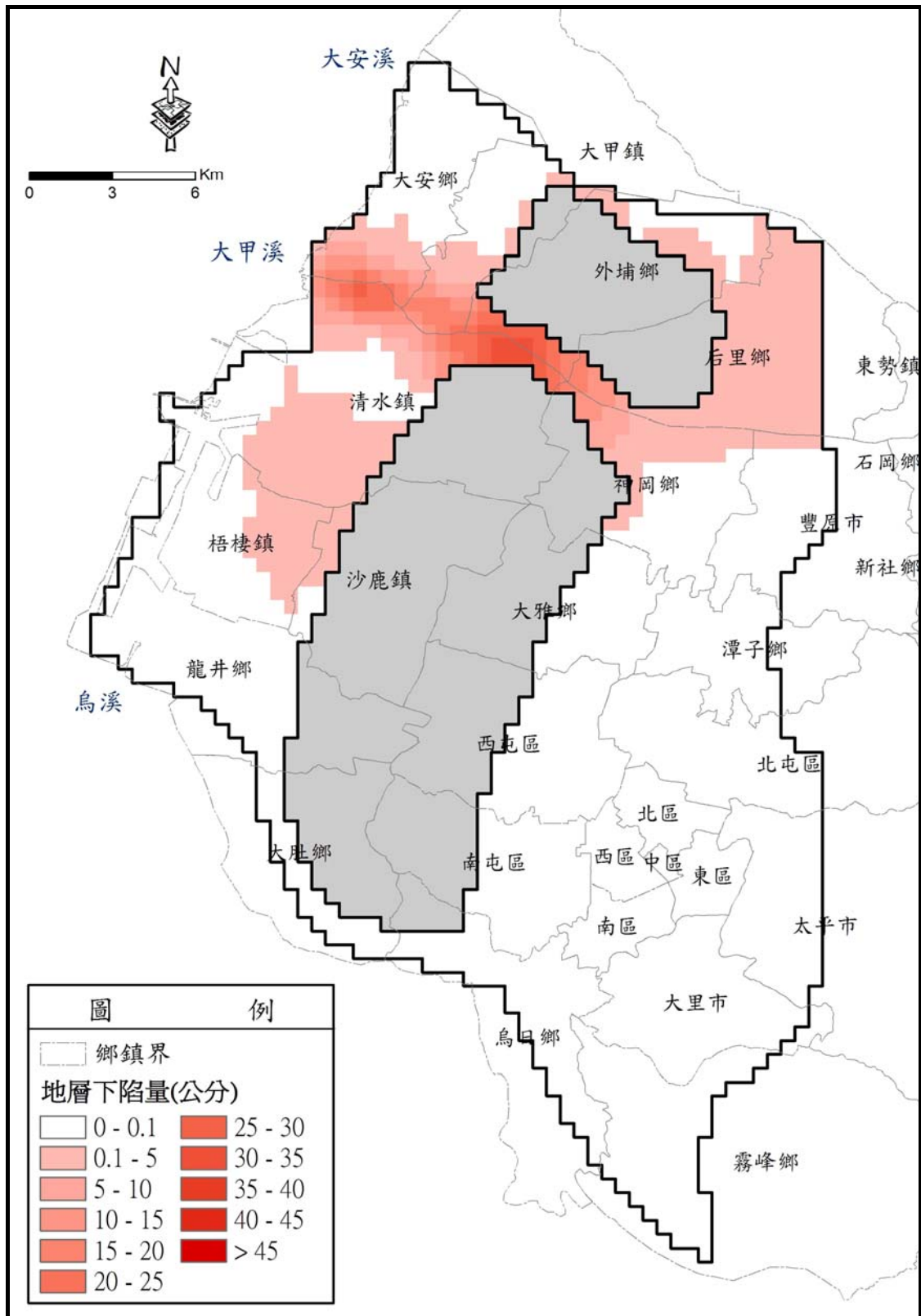


圖 6.2-2 計畫無實施地下水水位變化引致之 30 年累積之地層下陷量
(地陷參數採用平均值)

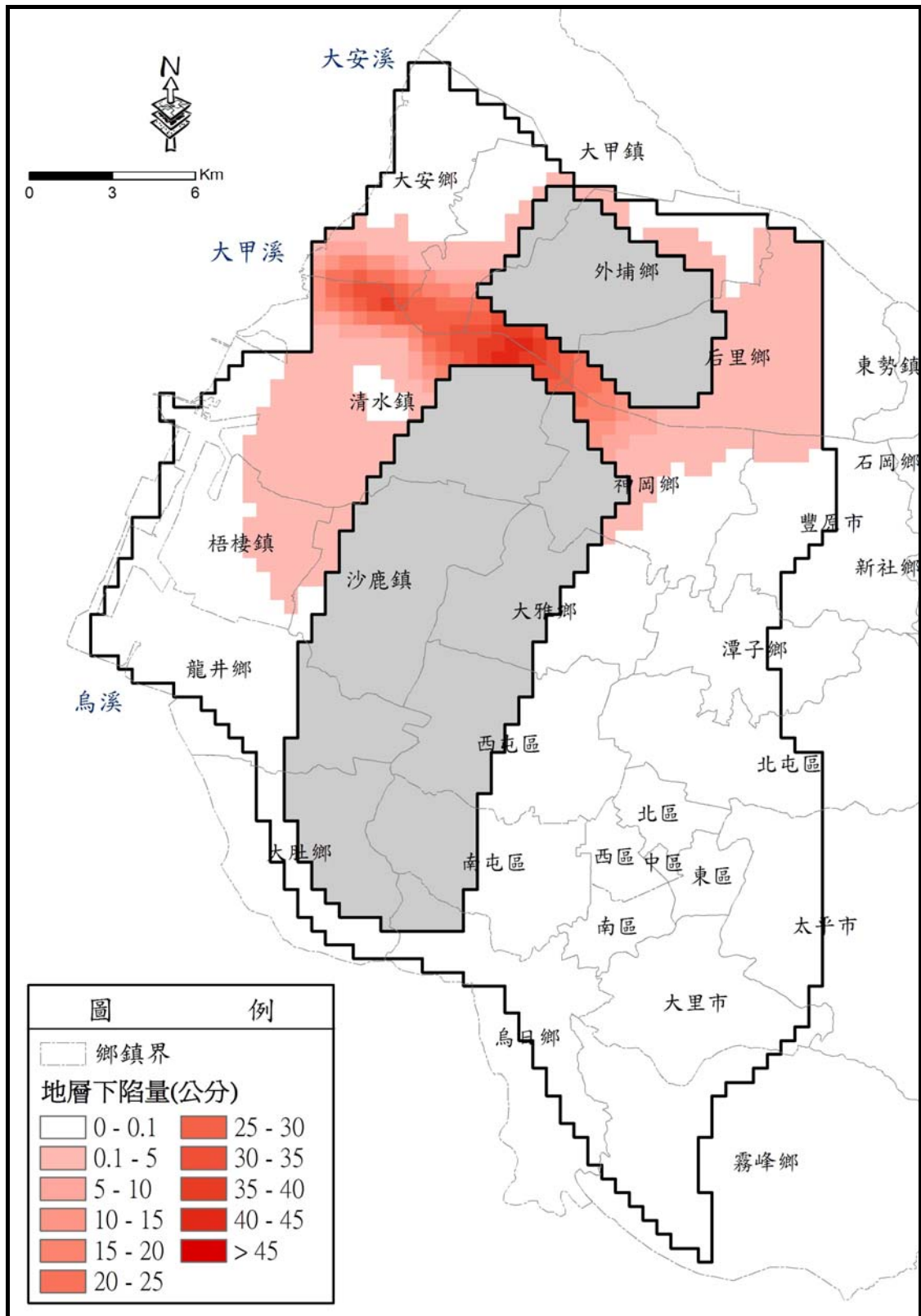


圖 6.2-3 計畫實施後地下水水位變化引致之30年累積之地層下陷量
(地陷參數採用平均值)

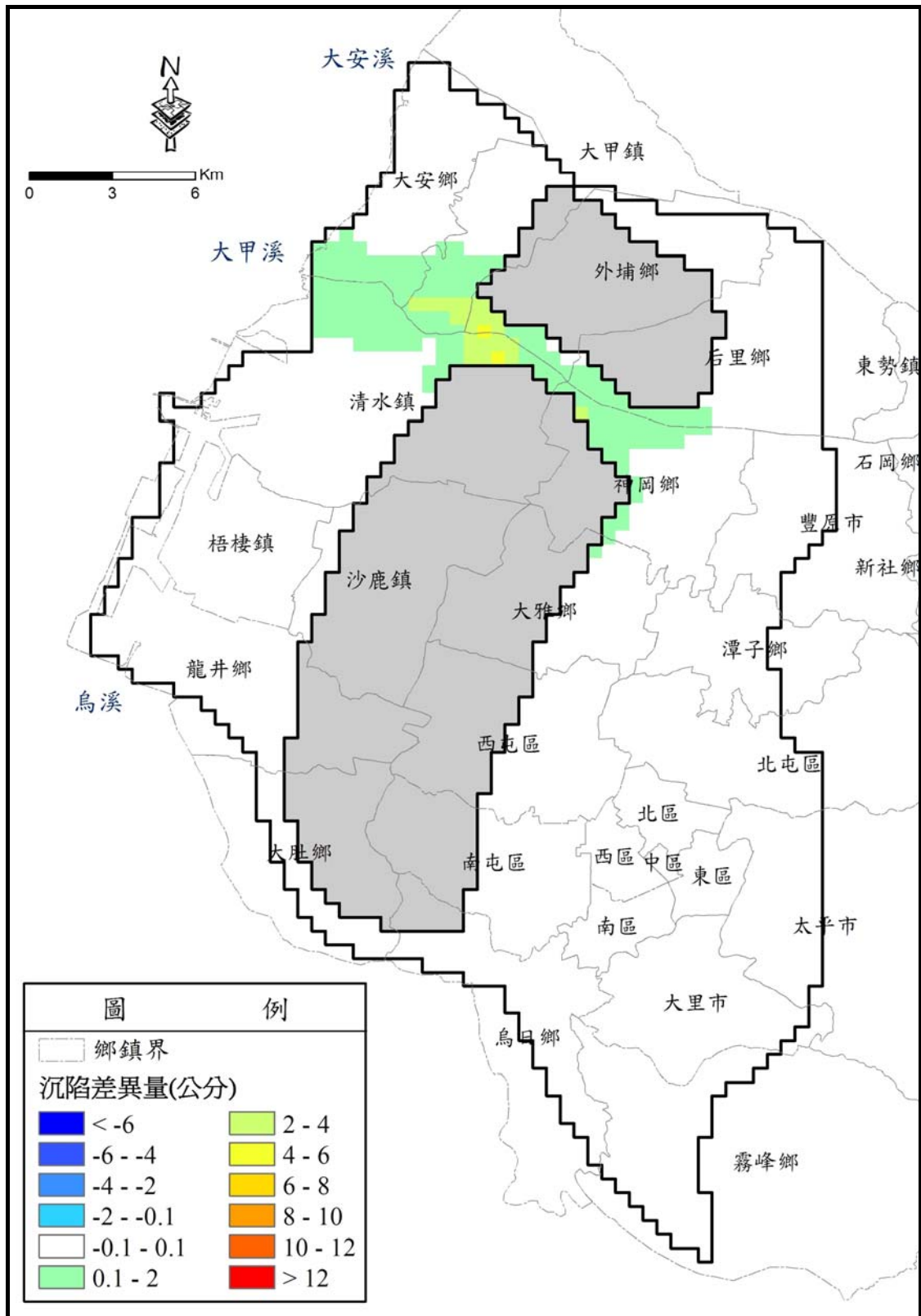


圖 6.2-4 計畫無實施與現況 30 年累積地層下陷量差異圖
(地陷參數採用平均值)

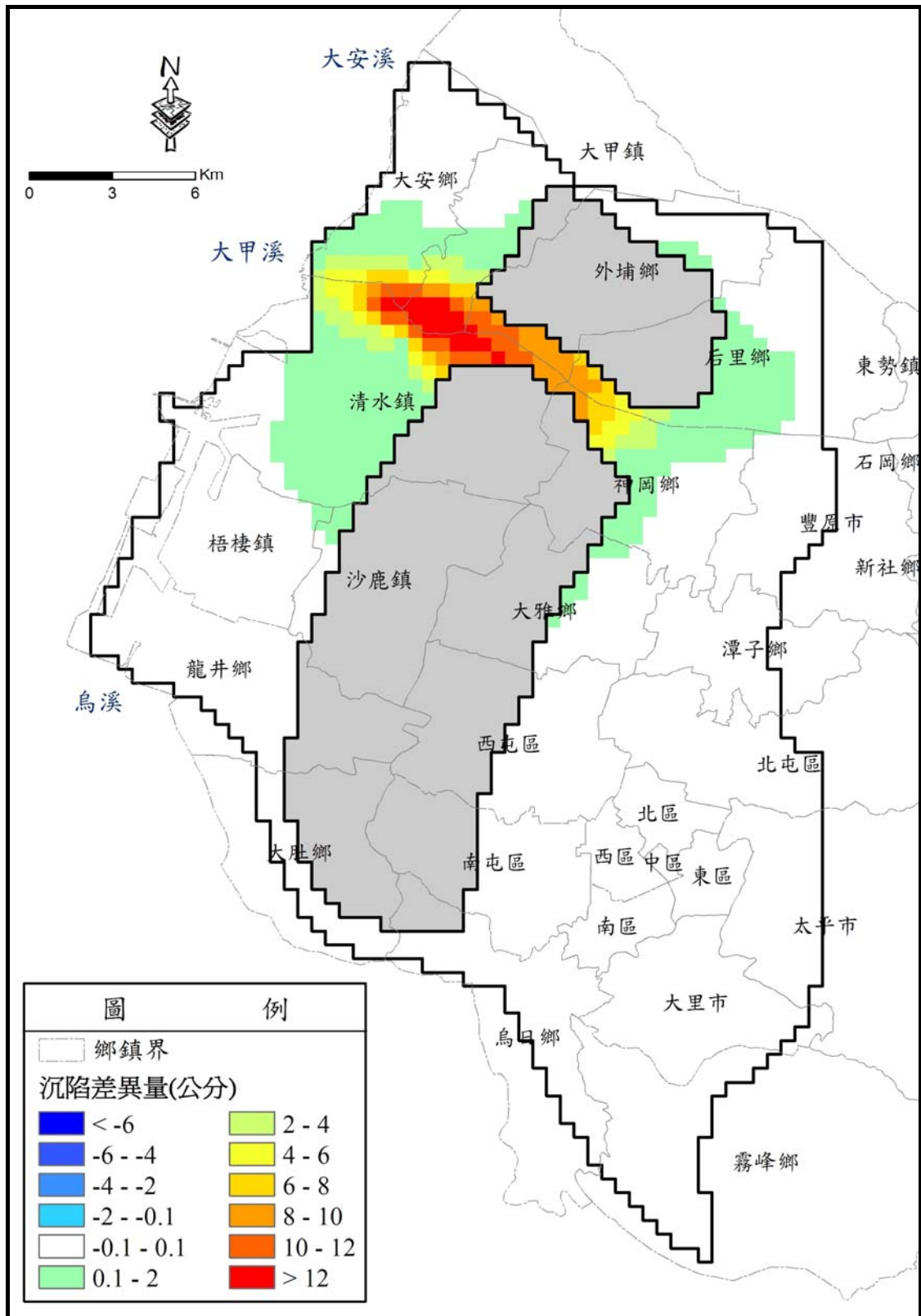


圖 6.2-5 計畫實施後與現況 30 年累積地層下陷差量異圖
(地陷參數採用平均值)

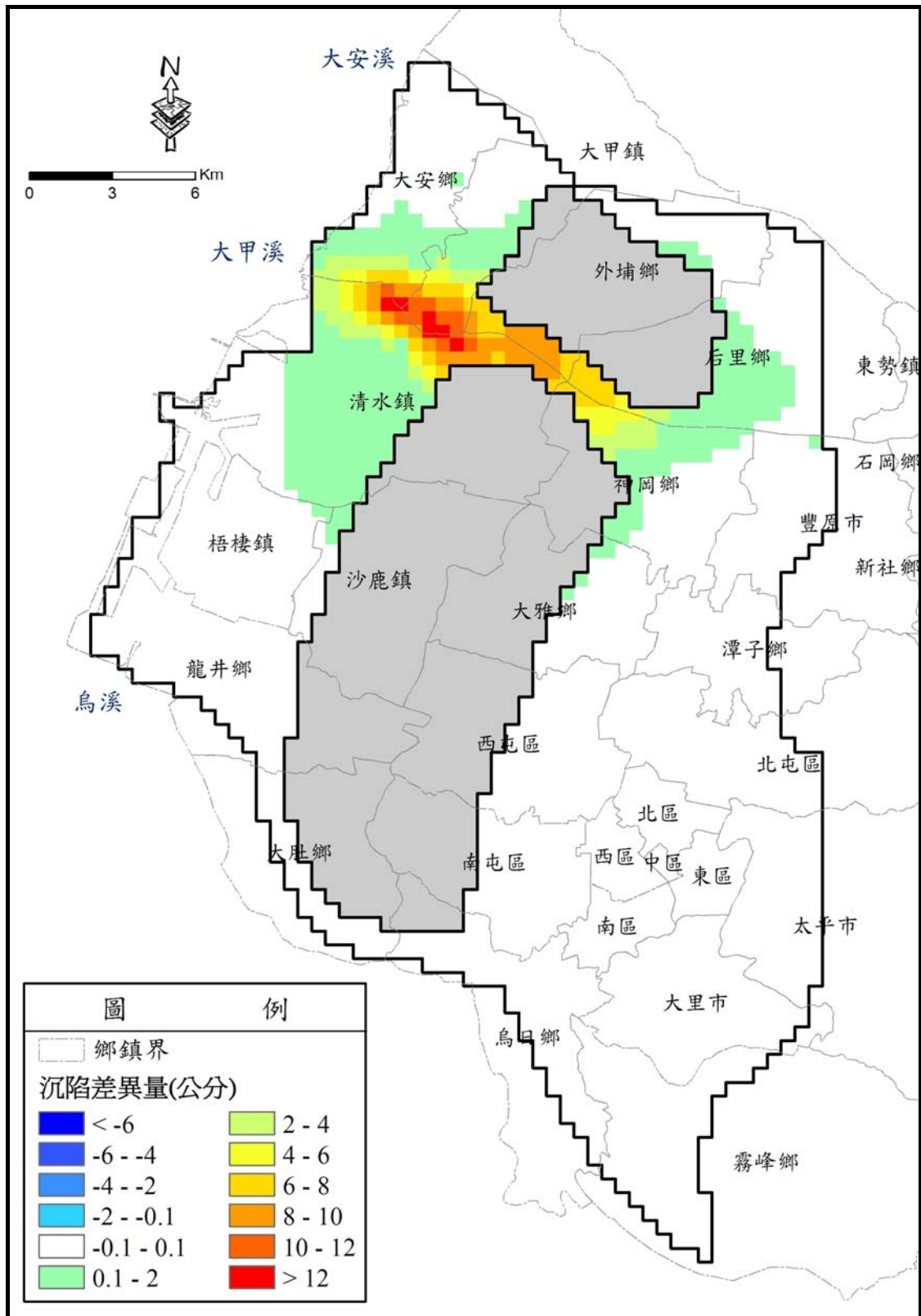


圖 6.2-6 計畫實施後與計畫無實施 30 年累積地層下陷量差異圖
(地陷參數採用平均值)

2、地陷參數採用最小值之分析結果

- (1)基準年現況地下水水位變化引致之 30 年累積之地層下陷量分佈如圖 6.2-7 所示，主要發生地層下陷區域在大甲溪沿岸地區，30 年累積下陷量最大值約為 20.45 公分，平均每年約為 0.68 公分。
- (2)目標年大安大甲溪水源聯合運用計畫無實施情況之地下水水位變化引致之 30 年累積地層下陷量分佈如圖 6.2-8 所示，30 年最大之累積下陷量約為 20.69 公分，年均地層下陷量約為 0.69 公分。
- (3)目標年大安大甲溪水源聯合運用計畫實施後情況地下水水位變化引致之 30 年累積地層下陷量分佈如圖 6.2-9 所示，30 年最大之累積下陷量約為 26.47 公分，年均地層下陷量為 0.88 公分。
- (4)經比較目標年計畫無實施情況與基準年現況、目標年計畫實施後情況與基準年現況，以及目標年計畫實施後及無實施情況之 30 年累積地層下陷量之差異如圖 6.2-10 至圖 6.2-12 所示；由比較結果可知；目標年計畫無實施情況與基準年現況 30 年累積沉陷量最大差異量為 3.38 公分(位於清水鎮)，即年下陷速率增加 0.11 公分；目標年計畫實施後與基準年現況 30 年累積沉陷量最大差異量為 9.88 公分(位於清水鎮)，即年下陷速率增加 0.33 公分；目標年計畫實施後與計畫無實施情況 30 年累積沉陷量最大差異量為 9.56 公分(位於清水鎮)，即年下陷速率增加 0.32 公分。同參數採平均值分析之結果，目標年計畫實施後情況與基準年現況或目標年無實施計畫情況相較，年地層下陷速率增加主要集中在大甲溪中下游河岸附近

區域，其增加幅度亦為離大甲溪岸愈遠其增量愈小，距大甲溪河岸一公里外其年下陷量之差異均在 0.1 公分以下。

- (5)茲分析開發計畫有無實施最大地陷點其豐水年、枯水年及平水年之累積地層下陷量分別為 3.23 公分、3.03 公分與 3.13 公分，而年平均地層下陷增量分別為 0.65 公分/年、0.61 公分/年、0.17 公分/年。據此可知於豐水年時計畫有無實施對地層下陷影響較大。

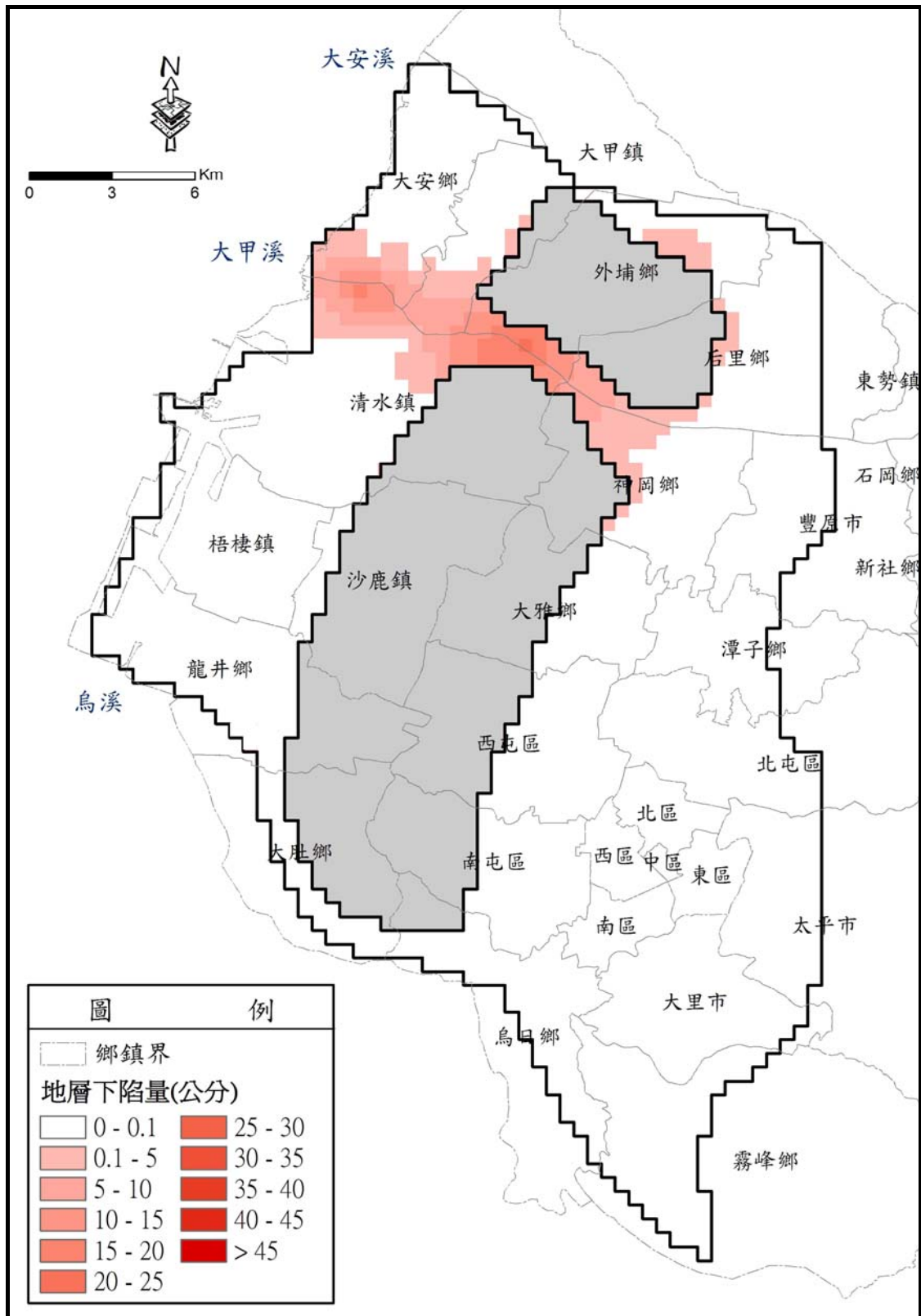


圖 6.2-7 現況地下水水位變化引致之 30 年累積之地層下陷量
(地陷參數採用最小值)

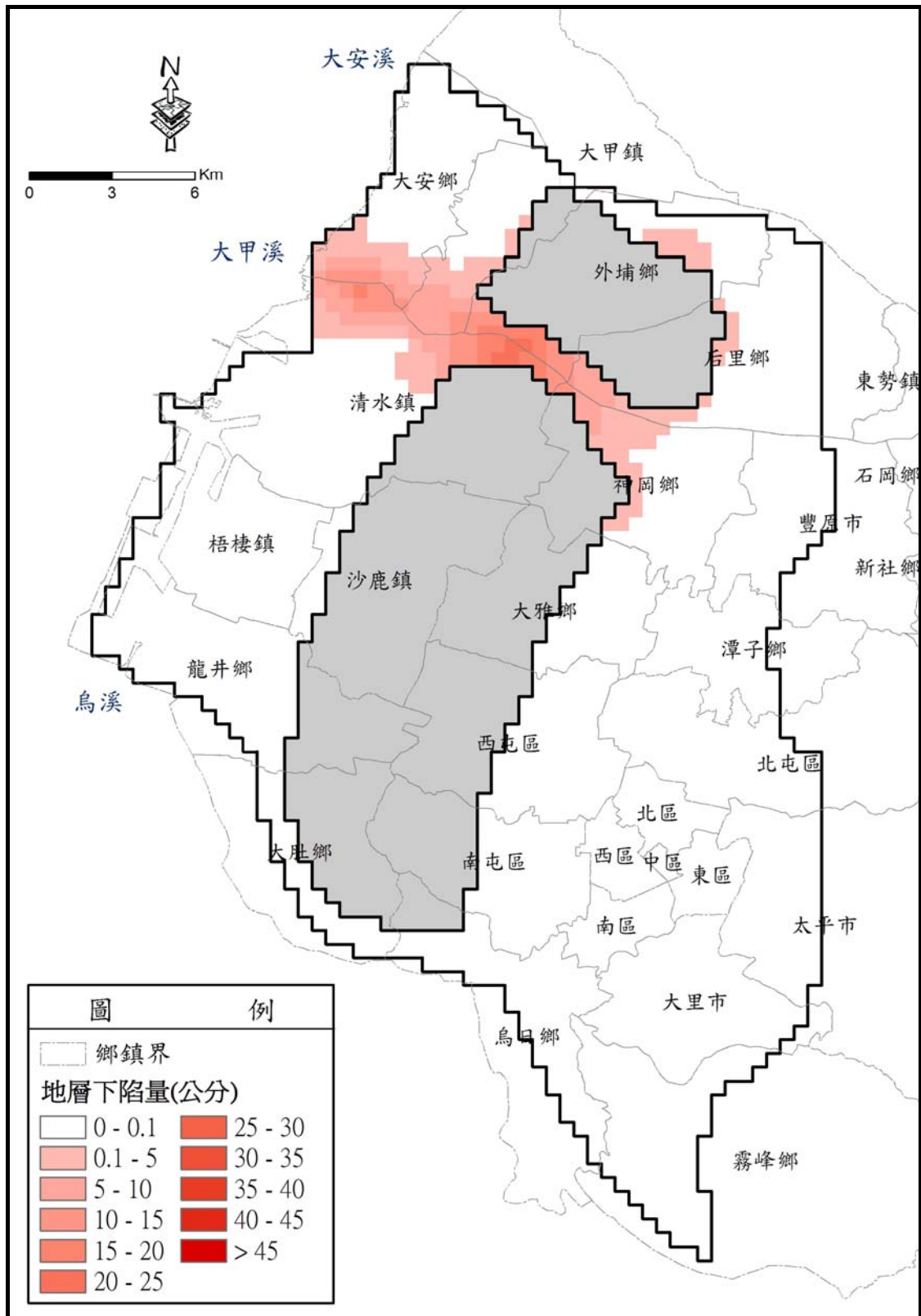


圖 6.2-8 計畫無實施地下水水位變化引致之 30 年累積之地層下陷量
(地陷參數採用最小值)

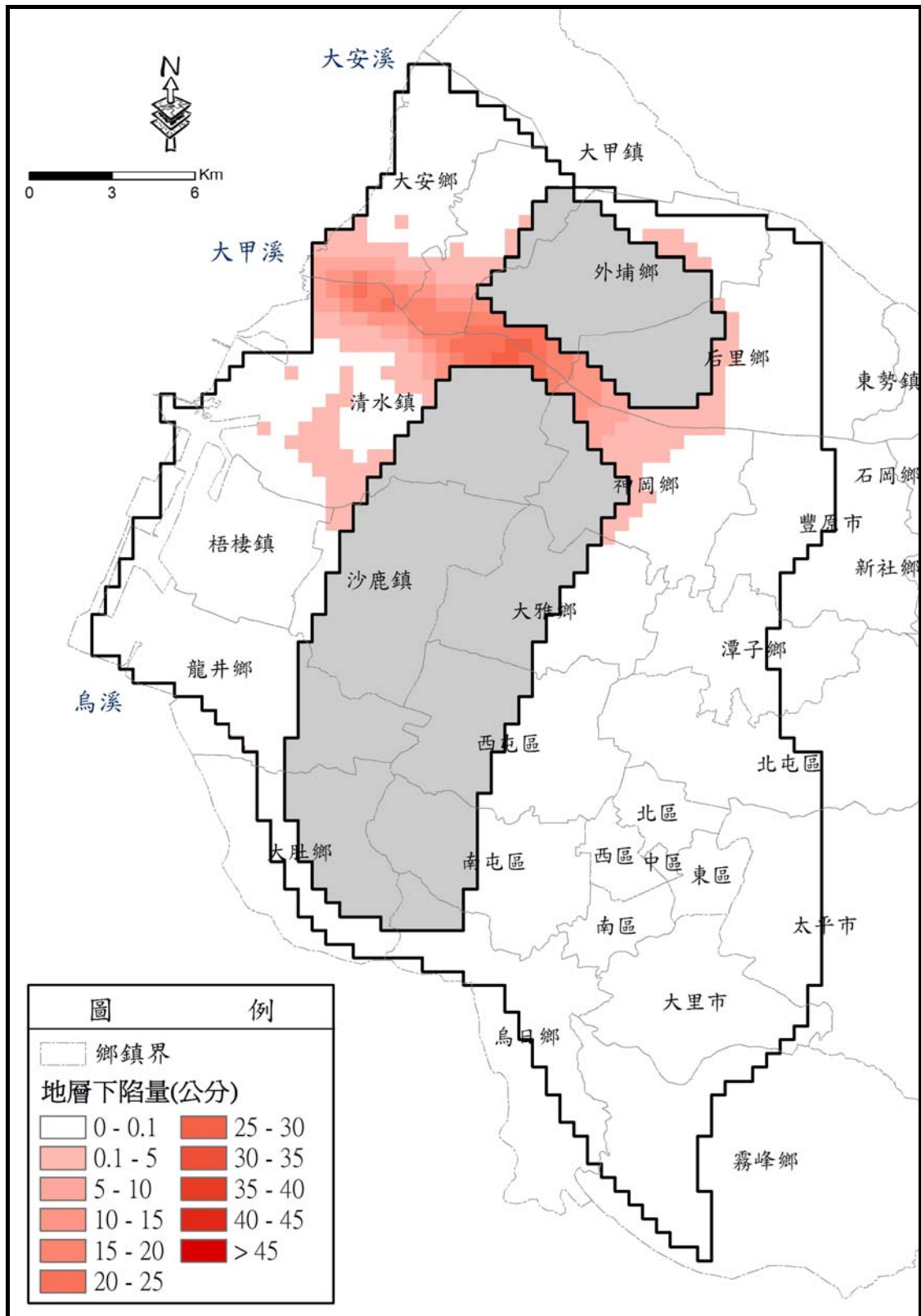


圖 6.2-9 計畫實施後地下水水位變化引致之30年累積之地層下陷量
(地陷參數採用最小值)

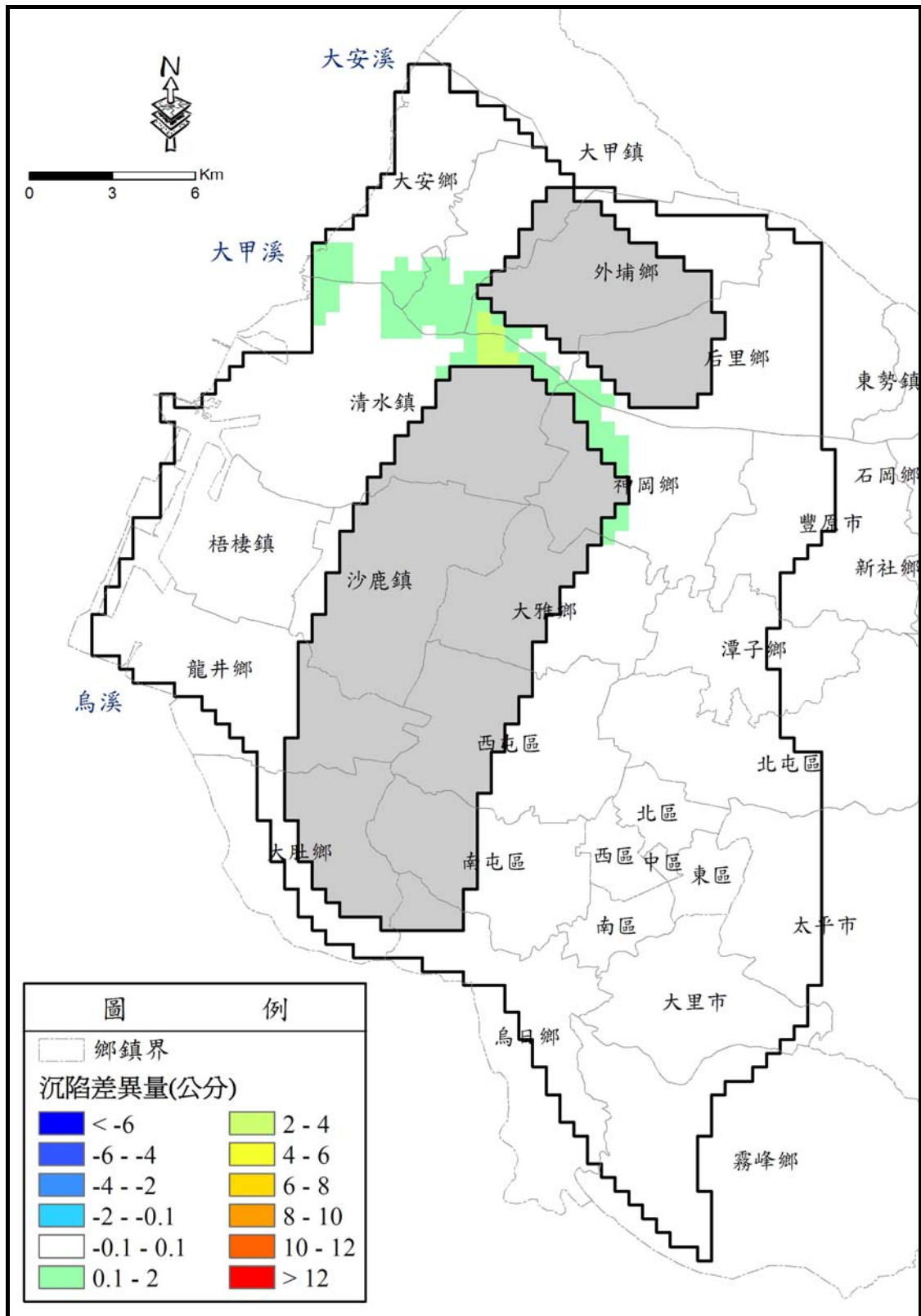


圖 6.2-10 計畫無實施與現況 30 年累積地層下陷量差異圖
(地陷參數採用最小值)

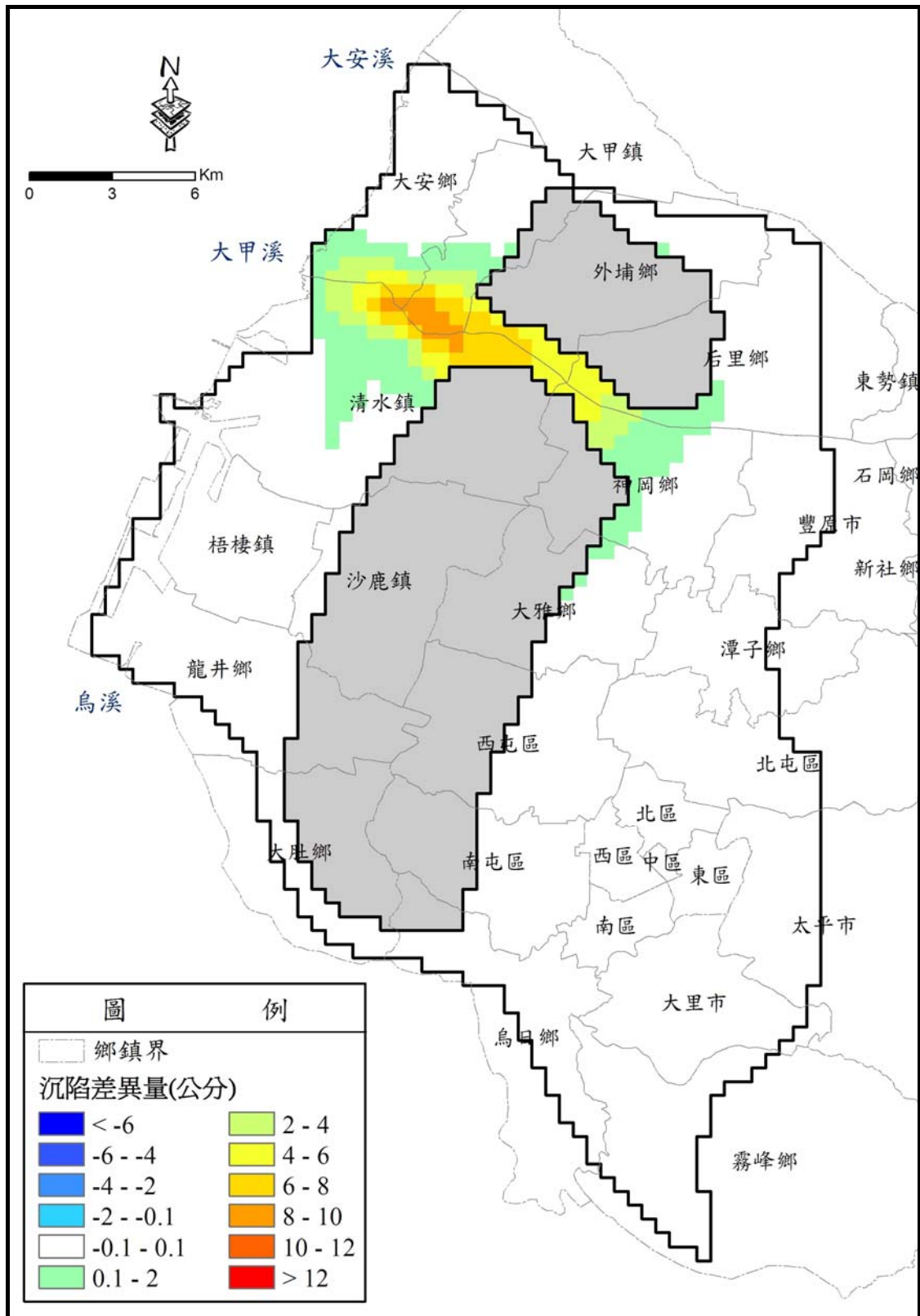


圖 6.2-11 計畫實施後與現況 30 年累積地層下陷差量異圖
(地陷參數採用最小值)

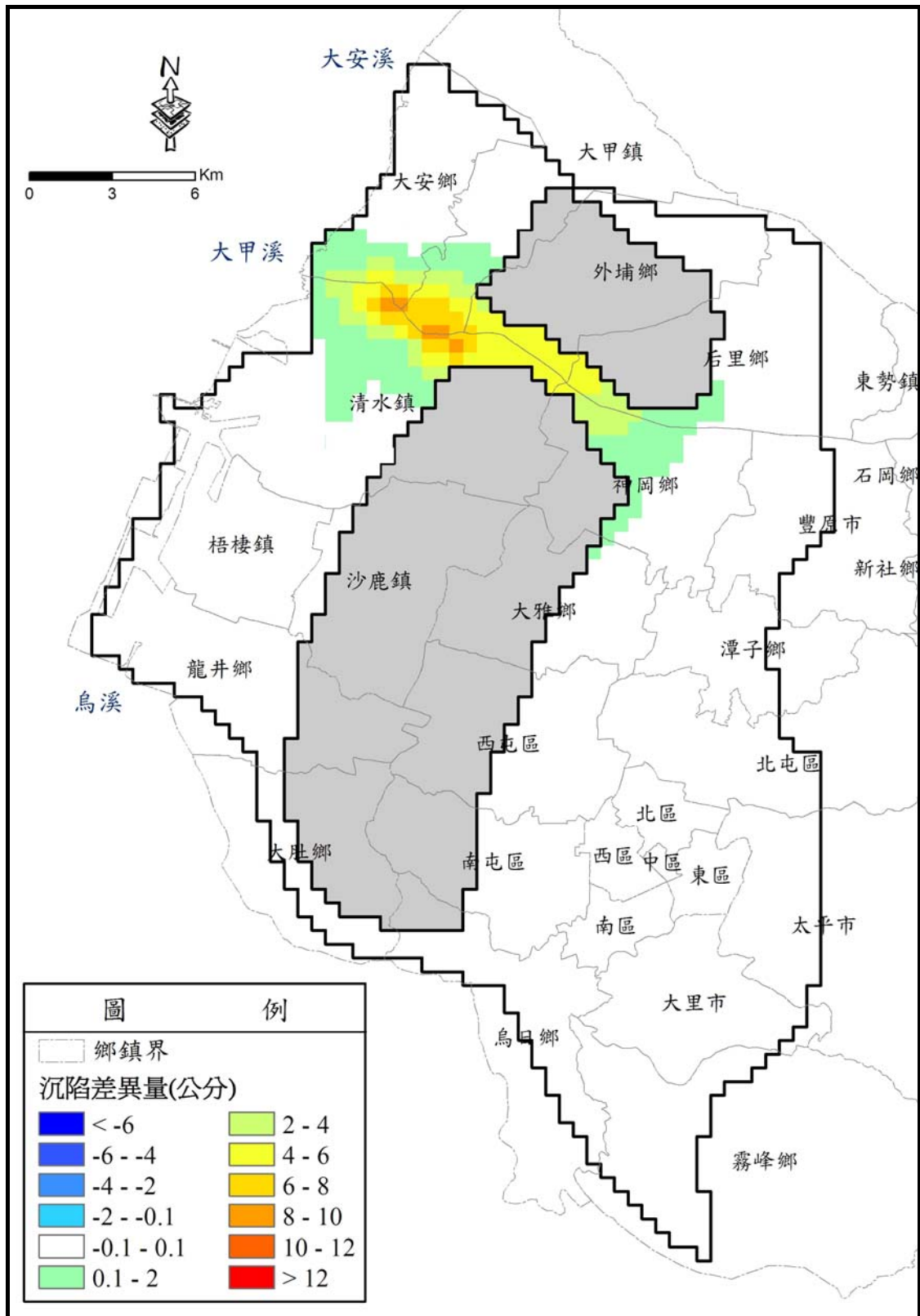


圖 6.2-12 計畫實施後與計畫實施前 30 年累積地層下陷量差異圖
(地陷參數採用最小值)

另，為瞭解模式參數給定之差異導致地層下陷量變化差別，茲選取 17 個點位(位置參見圖 6.2-13 所示)計算表 6.2-1 中列示之參數最大值、平均值與最小值在目標年大安大甲溪水源聯合運用計畫有無實施與基準年現況條件下之 30 年累積地層下陷值之比較如表 6.2-2 所示。由表 6.2-2 可知，S7 點位最小參數值計算之目標年大安大甲溪水源聯合運用計畫實施後情況與基準年現況之 30 年累積地層下陷量增加 9.88 公分，每年約增加 0.33 公分，其次為 S9 點位之 30 年累積地層下陷量增加 7.4 公分，每年約增加 0.25 公分，再者為 S11 點位之 30 年累積地層下陷量增加 4.43 公分，每年約增加 0.15 公分，其餘 30 年地層下陷增加量均在 5.0 公分以下；而給定最平均值參數值計算之 30 年累積地層下陷量較最小參數值計算結果之增量約在 53%以下。

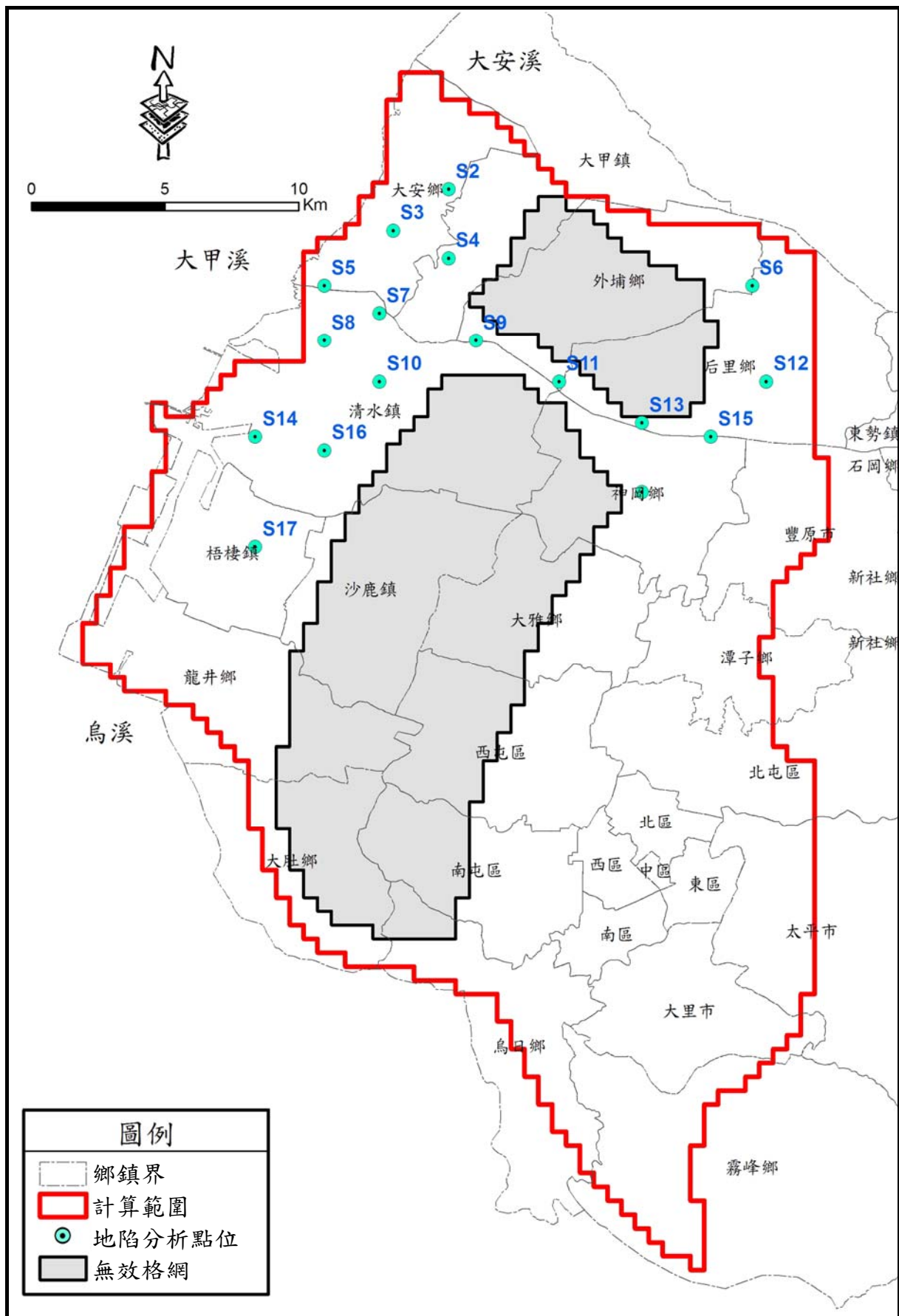


圖 6.2-13 地層下陷列選分析點位分布圖

表 6.2-1 地層下陷模式引用參數最大值、最小值及平均值

	黏土層			砂土層	
	壓密係數(m^2/sec)	壓縮指數	膨脹指數	壓縮指數	膨脹指數
最大值	6.5E-06	0.57	0.03	0.11	0.006
平均值	8.2E-07	0.31	0.03	0.08	0.005
最小值	1.0E-09	0.15	0.03	0.06	0.004

表 6.2-2 選列點位不同參數值之地層下陷量計算結果

單位：cm

點位	採用最大值		採用平均值		採用最小值	
	計畫實施後 -現況	計畫實施後 -計畫無實施	計畫實施後 -現況	計畫實施後 -計畫無實施	計畫實施後 -現況	計畫實施後 -計畫無實施
S1	0.12	0.10	0.10	0.08	0.08	0.07
S2	0.57	0.48	0.15	0.14	0.09	0.08
S3	1.04	0.89	0.46	0.40	0.14	0.14
S4	2.18	1.86	0.99	0.86	0.32	0.29
S5	6.21	4.92	4.39	3.47	2.79	2.15
S6	-0.05	-0.09	-0.04	-0.04	-0.05	-0.06
S7	20.99	19.99	14.76	14.10	9.88	9.56
S8	2.06	1.78	1.12	0.99	0.33	0.30
S9	17.06	11.23	11.80	7.72	7.40	4.52
S10	1.90	1.83	0.70	0.64	0.36	0.32
S11	14.86	13.81	8.22	7.96	4.43	4.45
S12	0.56	0.51	0.21	0.19	0.06	0.06
S13	7.08	6.49	3.66	3.47	1.99	1.97
S14	0.05	0.04	0.04	0.02	0.03	0.03
S15	1.16	0.95	0.42	0.33	0.09	0.08
S16	0.80	0.76	0.58	0.52	0.10	0.10
S17	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00

參考文獻

- 1.經濟部水資源局，「台灣地區地下水補注量估算」，民國 89 年 12 月。
- 2.經濟部水利署中區水資源局，「台灣中部區域水資源統籌調度規劃計畫」，民國 92 年 6 月。
- 3.經濟部水利規劃試驗所，「中部地區水資源供需檢討」，民國 92 年 2 月。
- 4.經濟部水利署中區水資源局，「大安溪及大甲溪水資源聯合運用初步規劃報告」，民國 94 年 3 月。
- 5.經濟部水利署水利規劃試驗所，「大甲溪治理規劃檢討（河口至天輪壩下游河段）」，民國 94 年 12 月
- 6.經濟部水利署水利規劃試驗所，「大甲溪流域聯合整體治理規劃檢討」，民國 94 年 12 月
- 7.經濟部水利署中區水資源局，「中部地區水資源利用整體檢討規劃」，民國 95 年 1 月。
- 8.經濟部水利署水利規劃試驗所，「台中人工湖規劃工程地質、材料及環境調查評估專題報告書」，民國 95 年 12 月。
- 9.經濟部水利署，「95 年度地層下陷水準監測及相關分析」，民國 96 年 5 月。
- 10.經濟部水利署水利規劃試驗所，「地下水觀測網計畫－95 年度台灣地區地下水水質檢測分析與評估專題報告書」，民國 95 年。
- 11.經濟部水利署中區水資源局，「大安大甲溪水源聯合運用輸水工程可行性規劃」，民國 96 年 7 月。
- 12.經濟部水利署水利規劃試驗所，「台中盆地做為地下水庫可能性之探討」，民國 96 年 9 月。
- 13.經濟部水利署中區水資源局，「大安大甲溪水源聯合運用輸水工程規劃環境影響說明書」，民國 96 年 7 月。

14.經濟部水利署，「地層下陷潛勢分析與警示計畫(2/2)」，民國 96 年 12 月。

15.經濟部中央地質調查研究所，<http://www.moeacgs.gov.tw/>

附錄一 第一次期中報告審查意見回覆

「大安大甲溪水源聯合運用輸水工程規劃-大甲溪下游地下水影響評估」

第1次期中報告審查意見辦理情形說明

一、時間：民國 97 年 6 月 18 日（星期三）上午 9 時 30 分

二、地點：經濟部中區水資源局二樓第一會議室

三、主持人：江副局長明郎

四、第1次期中報告會議意見、結論暨辦理情形：

委員意見	辦理情形說明
(一)潘委員以文：	
1. 台中盆地地下水之補注除了大甲溪入滲補注，由豐原丘陵方向之補注亦不少。數模之邊界條件以東側斷層帶為不透水邊界，是否合理考量來自豐原丘陵之地下水補注。	1. 本計畫係將丘陵之地表入滲補注量平均分配在周臨邊界上之方式處理。
2. 地下水之水平衡，以核准水權估計地下水抽取量是否能掌握時空分佈？	2. 計畫區域無水井調查資料可供參考，本計畫資以經濟部水利規劃試驗所出版之「中部地區水資源供需檢討報告」中之抽水量為區域之總抽水量，並以各鄉鎮核發水權量與總量之比較為權重分配至各鄉鎮。
3. 台中盆地沖積層多為卵礫砂層，沉陷計算應加以考量，除黏土層之壓密沉陷，卵礫與粗砂之彈性、塑性壓縮變形亦值得注意。	3. 有關地層下陷分析擬將土層區分為三類，即粘土、細砂粉土、卵礫粗砂各給予不同之彈塑性變形參數之方式進行分析。
4. 大甲溪河川入滲，應注意於台中盆地北側多屬側漏入滲而非垂直入滲。	4. 謝謝提醒。
5. 河床卵礫厚度至少數十公尺甚至百公尺，K值估計採 10^{-5} cm/sec似乎低估。	5. 謝謝指教。本計畫河床入滲分析滲透係數已採 10^{-5} m/sec進行推算。
(二)溫委員志超：	
1. 第一次報告內容充實。	1. 感謝委員肯定。

委員意見	辦理情形說明
(二)溫委員志超：	
2.有關本案重點為大甲及大安溪河川水量使用後，對其下游河道補注地下水的影響評估分析。因此對本案評估重點地區的水文地質架構的掌握及描述，相形之下變成很重要的因素。所以，針對第3.3節中相關水文地質架構的分析及建模，遂成本案後續相關工作項目成功與否的決定重要因子。但是，目前在此部分的討論及分析，似乎仍嫌不足。例如圖3.3-2地下水模式分析範圍圖中，其邊界條件如何決定，應有說明。而相關水文地質參數如何選定？又是否能反應本案欲了解地區的地下水環境的變化及地層下陷的可能預測結果？應有可信度的分析，如此對環評委員才有說服力。	2.由於本計畫範圍包含清水沿海地區及部分台中盆地，本區屬「台灣地區地下水觀測網第三期計畫」致其水文地質資料較為缺乏，本計畫除盡量蒐集相關報告，另已將邊界條件及參數決定之方式於第二次期中報告書第五章中補充說明。
3.簡報內容新增了雲林、土庫、元長的地層下陷經驗的擷取，對本案工作項目欲分析研判台中地區的地層下陷可能情形之預測，應是正確的方式。但是，建議針對雲林土庫、元長地區的地下水含水層特性與台中地區的地下水含水層特性之明顯差異，應有修正或校正的模式，如此，對環評的審查意見要求回覆才能更符合實務性。	3.感謝委員建議，本計畫將對比兩區水文地質條件，援引相應條件參數之範圍進行最大可能沉陷量分析。
(三)經濟部水利署水利規劃試驗所 王課長國樑	
1.簡報P5及P6相關「大甲溪及大安溪在大安大甲溪水源聯合運用輸水工程」規劃之水量增減變化呈現資料，建議應先釐清所謂「現況」、「計畫前」之資料差異，並建議未來應先整理成一個數據來呈現。	1.謝謝指正，第二次期中報告已增補各名詞定義說明，即現況乃指基準年90年計畫供水量165萬CMD，計畫前乃指目標年110年計畫供水量193萬CMD無大安大甲溪水源聯合運用輸水工程之興建，而計畫後乃指目標年110年計畫供水量193萬CMD大安大甲溪水源聯合運用輸水工程之運作。
2.大安大甲溪水源聯合運用，在豐水期增加大甲溪川流水之引用建議應特別呈現其增引之水量佔歷年豐水期流量之多寡。	2.感謝建議，將於報告中呈現其增引之水量佔歷年豐水期流量之多寡之分析成果。
3.研究地區地下水資料缺乏下，所進行之地下水模式模擬，其意義何在？若不可行，應加強說明其不可行的原因？另可否增列附加水公司、學校或民井之水井資料納入檢討評估。	3.現階段模式之運用可據以瞭解在合理參數範圍內其計畫實施與否之差異性。

委員意見	辦理情形說明
(三)經濟部水利署水利規劃試驗所 王課長國樑	
4.利用MODFLOW模式，在未飽和入滲部份如何處理？另本所以往進行之台中盆地地下水及台中人工湖等資料若執行單位有需要，可向本所洽借參考。	4.有關未飽和入滲部分係納入地面垂向入滲模式中考慮。謝謝課長在資料提供上之協助。
(四)經濟部水利署中區水資源局 江副局長明郎	
1.報告之呈現應考量便利閱讀，所送報告附圖諸多不清晰，且部份尚有長寬不成比例且有文字壓縮問題，請修正。	1.遵照辦理。
2.報告第二章對於大安大甲計畫之描述宜儘量簡單，另所述內容錯誤甚多(如八寶堰非計畫中工作，宜免列)，應請修正。	2.遵照辦理。
3.除全河段之地下水補注量影響評估外，應評估空間分佈(台中盆地、河口沖積扇)及時間分佈(豐枯水期)。	3.地下水補注量空間及時間分布已於第二次期中報告提出。
4.報告第三章3.1有關環評審查意見及課題等免列。	4.遵照辦理。
(五) 經濟部水利署中區水資源局經管課	
1.本次所送初步成果，主要分析大安大甲溪計畫完成後大甲溪石岡壩下游河道地下水位垂直補注影響，其中分析方法以既有鄰近河道地下水位與河道地表水位直接比較，判定該河道係入滲或出流關係，分析結果斷面26以上河道為入滲以下為地下水出流河段。所分析方法看似合理，惟僅以內陸臨近地下水位直接與河道地表水位比較，而並未考量地下水位與地表高程變化關係，採直接比較過程似過簡略，且恐不符現場實際，請再修正釐清。	1.謝謝提醒，本計畫針對河川高程與地下水位之關聯性已進行分析探討。
2.本計畫成果呈現之重點，主要在於大安大甲計畫完成後，對於台中盆地及大甲清水沖積平原之地下水涵養與永續影響，而非僅係入滲量減少估算。因台中盆地並非一封閉式補注系統，其地下水經大甲溪補注後，流向西南，並流至烏溪出流，如經分析雖大甲溪補注地下水量減少，惟並不改變台中盆地地下水涵養量，則大安大甲計畫對其地下水涵養應無影響。	2.有關計畫成果分析重點之建議謹遵辦理。

委員意見	辦理情形說明
(五) 經濟部水利署中區水資源局經管課	
3.本委託服務地下水模型建置是否精確，關鍵邊界條件之輸入，惟因河道監測地下水位資料缺乏，諸多係直接採用陸地水井水位模擬，致成果失真，建議重點河道地下水位應現場調查，可採鑽探、震測或探測等方式調查後，納入地下水模式，成果方較能有說服力。	3.模式分析成果之良窳確與邊界條件及參數之給定有關，本計畫目的在評估水源聯合運用方案實施之長期影響，須以較長期地下水位觀測資料進行參數檢定，短期觀測之助益有限。因此，本計畫將在參數合理範圍內評估方案實施前後之可能最大影響。
4.本計畫依環評審查議見辦理，日後成果將受各界放大檢驗，相關成果除須符合學理外，亦請考慮實際。	4.謝謝提醒。
5.有關台中盆地之地下水補注除考慮天然降雨及河道等邊界補助外，因921震後台中地區自來水漏水相當嚴重，初估現況每年自來水漏至地下之水量達1.9億噸，該水量是否補注至地下成為地下水補注來源，未來本計畫每年增加取水約1億噸餘水量，考量自來水漏水因素，該水量中約4仟萬噸水量亦可能成為地下水補注來源，此等亦請納入地下水影響評估。	5.本項意見將納入綜合評估說明內。

會議結論	辦理情形說明
1.請巨廷工程顧問股份有限公司依各委員及各單位意見納入後續修正補充，並請配合本局7月底提送大安大甲計畫環評修正資料時程，提供較成熟之地下水影響評估成果。	1.配合辦理。
2.本計畫成果論述方式，請以現況、計畫前及計畫後三種模擬成果綜合評估本計畫營運後對地下水影響。	2.遵照辦理。
3.本計畫評估區域現況地下水資料甚為缺乏，區域內具代表性之地下水觀測位置請一併納入報告之建議，俾供後續相關單位建置參考。	3.遵照辦理。

附錄二 第二次期中報告審查意見回覆

「大安大甲溪水源聯合運用輸水工程規劃-大甲溪下游地下水影響評估」

第2次期中報告審查意見辦理情形說明

一、時間：民國 97 年 8 月 13 日（星期三）上午 9 時 30 分

二、地點：經濟部中區水資源局二樓第一會議室

三、主持人：江副局長明郎

四、第2次期中報告會議意見、結論暨辦理情形：

委員意見	辦理情形說明
(一)潘委員以文	
1.大肚台地與后里台地在數模中視為無效網格，忽略大肚台地與后里台地可視為地下水分水嶺之事實，須合理加以考量。	1.為考量后里台地及大肚台地之地表入滲量對演算區域之影響，茲採將台地範圍之入滲量分配至周鄰邊界格點上方式處理之。
2.除檢討對平均地下水位之變化，建議也應檢討枯水期所可能之變化。	2.依照委員建議將補充說明現況、目標年未實施聯合運用輸水工程前及計畫實施後枯水期之地下水位變化情形。
3.枯水期川流量是否可滿足生態基流量之限制，亦值得關心。	3.本計畫河川水理分析之河川流量源自「大安大甲溪水源聯合運用輸水工程可行性規劃」成果，該成果之河川流量已考量生態基流量。
4.數模中邊界條件之合理假設決定結果之合理性，對台地周圍、大安溪、大甲溪、烏溪與斷層帶之合理假設是否合理，宜慎重討論。	4.謝謝指教，本計畫已補充對邊界條件處理方式說明。
5.大安溪水頭較大甲溪高程顯著較高，大甲溪又比烏溪之水頭高出百米，大甲溪北岸可能地下水補注河川，大甲溪南岸則反之，是否在分析中可合理反映。	5.大安溪至烏溪之地勢係北高南低自北而南逐漸低降地下水水流大體上亦維持相應之趨勢。大甲溪入滲水流補注方向與大甲溪沿岸區域地下水水位相對關係而定，本計畫因無長期詳細地下水水位調查資料可供研判，將大甲溪入滲量以地表入滲方式給定之方式處理，對計畫評估目的而言應屬合理。
6.地下水補注之計算可嘗試利用數模計算之flux積分估計之，並與其他方法相互檢討。	6.謝謝指教，將補充說明之。

委員意見	辦理情形說明
(二)經濟部水利署 許副工程司宏達	
1.本計畫係為應大安大甲水源聯合運用輸水工程環評審查之需，環評補正資料已於8月8日送環保署，建議應於環評第二次審查會前，研提合理合宜之說明。	1.遵照建議配合辦理。
2.本次評估成果減少入滲量約14百萬噸/年，其量於全河段之分布如何？在下游大安、清水河段減少量多少？建議與該區域現有地下水利量情況之影響加以評估，以利環評審查之說明。	2.感謝委員意見，各河段之入滲量列如表4.2-6所示。另下游地區減少量為何將補充說明
(三)經濟部水利規劃試驗所 葉工程員時偉	
1.烏溪共有3個流量站，上游流量居中、中游流量最小、下游最大，經由現況分析，大度橋流量來源可能有烏溪本流、烏溪支流及農業迴歸水及地下水補，此現象供研究團隊參考。	1.感謝委員寶貴意見供本計畫參考。
2.三河局於96年重測烏溪斷面，建議研究團隊可洽三河局。	2.謝謝建議，本計畫已採用之烏溪大斷面為96年重測之資料進行分析。
(四)台灣自來水公司 施工程師名芳	
1.簡報P44「假設地下水位皆低於河床底部」，如此假設代表入滲量影響地下水位之趨勢已定調(負面)，是程度而已，如此假設是否適當，如以簡報P43出流量不合理找出問題點並作修正是否可行。	1.此假設僅表示河川入滲計算方式選擇並未隱含負面之先見；計畫實施前後對地下水環境之影響主要在於河川水位是否降低，河川入滲量之增減與河川水位之升降有直接關聯性。
(四)台灣自來水公司 施工程師名芳	
2.豐枯水期，尤其枯水期之影響最大，入滲量減少、抽取量可能增加，並對於時間及空間分布之影響尤應著重。	2.謝謝提醒，本計畫將補充豐枯水期入滲量變化資料。基本上，本計畫主要在分析聯合運用計畫實施後對地下水環境長期之影響，倘有負面影響則應彩行減抽地下水措施以為因應減輕影響對策。
3.簡報P57，大甲溪出海口兩岸地下水位影響最大，如此呈現是否和公聽會民眾之疑義呼應，是否恰當。	3.此為本計畫分析成果所呈現狀況，為展現可能影響範圍，本計畫將補充大甲溪不同入滲係數條件之分析成果說明。
4.簡報P50，地下水補注河川入滲之影響權重？是否可能地表入滲影響更大，尤其距河川越遠之區域。	4.計畫實施前後及現況分析範圍內地表補注及地下水抽用量為環境背景條件，均給定相同時空變化值，主要差別則在大甲溪入滲量之變化。

委員意見	辦理情形說明
(五)聯美環保科技公司 陳副理世煥	
1.目前模擬計畫實施後與現況基準年之水位差異主要分布於后里台地與大肚台地間谷地，但此區段依表4.2-5之河段資料屬地下水位高於河床之區段，是否應加以檢討。	1.經探討大甲溪河段為有長期完整之地下水水位調查資料可供研判，因此本計畫河川入滲量之計畫採地下水水位低於河川水位之假設條件進行分析。
2.本計畫完成後大安溪下游流量增加是否可納入分析。	2.大安溪河川水理演算採用「大安大甲溪水源聯合運用輸水工程可行性規劃」成果，水理演算之河川水位作為地下水模式之北部定水頭邊界，由於大安溪河川水位因越域引水，水位抬升河川入滲量增加，造成大安溪南岸部分區域地下水水位增加。
3.地下水平衡分析可能為環評審查之重點，對於地下水抽取及地表入滲補注量化分析及對地下水位變化之成果需儘速納入評估，以即時於環評專案小組審查時進行說明。	3.配合辦理。
(六)經濟部中區水資源局 江副局長明郎：	
1.如前次會議所提，報告之呈現仍應考量便利閱讀，圖表呈現應清晰，內文頁首之報告名稱及頁尾之章節名稱免列。	1.配合辦理。
2.地下水影響模擬成果多以圖表呈現，惟文字說明分析過少，難以瞭解其模擬結果意見，請修正。	2.配合辦理。
(七)經濟部中區水資源局石管中心	
1.報告P82-P107圖面建議增加漸層變化之圖例，以利參考。	1.配合辦理。
2.報告P107之圖5.2-26可否增加套疊上大甲溪河流水系圖面，以利該水位差異與大甲溪位置參考。	2.配合辦理。
(八)經濟部中區水資源局經管課	
1.報告內容之呈現，包括文字及圖表，請依水利署相關報告書排版格式相關規定編排。	1.配合辦理。
2.大甲溪河段入滲模擬中，採2種分析方法，由方法一之模擬結果判定不合理，故不予採用，其不合理之處為何？是否有修正空間？請敘明，如該方法係屬學理上不被接受，建議直接由報告內移除。	2.已依建議方式處理之。

委員意見	辦理情形說明
(八)經部部中區水資源局經管課	
3.台中盆地之地下水補注行為係由大甲溪補注至烏溪，其入滲水頭差達百米以上，報告中河段入滲模擬僅考慮河床厚度2公尺，如此模擬是否造成滲流長度(L)過於低估，致使水力梯度 $i(h/L)$ 值過於高估，而超估大安大甲計畫營運後下游河段地下水補注量，請檢討。	3.河川入滲量主要受河床至地下水位間低滲透性底質特性所影響，本計畫爰引河床底泥層厚度資料係參照「台中人工湖規劃工程地質、材料及環境調查評估專題報告書」中鑽探資料給定，為反映底泥資料不完整性之變異影響，本計畫茲分析不同入滲係數之入滲量，以探討可能之影響範圍。
4.地下水模式模擬之輸入條件中，包括河川入流量及抽水量，皆以旬為單位輸入，惟獨雨量輸入卻採全年平均雨量模擬，因降雨亦為地下水主要補注來源，建議單位尺度應統一。	4.本計畫已衡酌各種物理現象變化之時間尺度，已統一以月平均資料進行評估分析。
5.初步分析結果顯示，大安大甲計畫營運20年後，下游地下水位下降最大處集中於大甲溪與大度山橫交處，其是否為模式輸入條件不連續所造成，請檢討說明。另所評地下水位最大可能下降4.5公尺，就量值而言似乎影響不小，惟實際之影響程度為何？亦請補充文字說明。	5.本計畫經統一資料分析時間尺度重新分析檢討評估影響範圍如期末報告第五章內容。
6.本計畫係依環評審查辦理，現階段須優先釐清地下水之時間與空間影響為何？俟具體成果評估後，建議再視其影響研提減輕對策。	6.已將水源聯合運用計畫實施前後之影響範圍詳列期末報告第五章中

會議結論	辦理情形說明
1.請巨廷工程顧問公司依各委員及各單位意見納入後續修正補充，並請配合本局大安大甲計畫環評審查會議時間，提供地下水影響評估成果。	1.配合辦理。

附錄三 期末報告審查意見回覆

「大安大甲溪水源聯合運用輸水工程規劃-大甲溪下游地下水影響評估」

期末報告審查意見辦理情形說明

一、時間：民國 97 年 10 月 24 日（星期三）上午 9 時 30 分

二、地點：經濟部中區水資源局二樓第一會議室

三、主持人：江副局長明郎

四、期末報告會議意見、結論暨辦理情形：

委員意見	辦理情形說明
(一)潘委員以文	
1.期末報告應包含結論與建議，針對工作目標具體說明主要研究結果。	1.已補列。
2.數模建構符合工作目標，但請加強說明邊界條件與輸入參數給定細節。應說明： (1)忽略台地與丘陵地地下水補注之貢獻，如何合理考量。 (2)邊界條件應以較大之圖形標示說明，定水頭邊界指定值之依據。 (3)水文參考數中對滲透係數 k 設於 $10^{-5} \sim 10^{-6} \text{m/sec}$ 間之理由。	2.有關邊界條件與輸入參數給定之補充說明請參見第五章。本計畫台地與丘陵入滲對地下水補注貢獻係以地表入滲及河川基流入滲方式給定之；定水頭邊界係給定河川水理模擬之水位值，而大甲溪河川入滲係以泥質底床可能之滲透係數範圍值進行分析。
3.對於沈陷之評估： (1)以D-INSAR成果估計96.2~96.3.6間沈陷0.1~0.3cm據計年平平均沈陷約在2cm，應注意豐枯水期之變化。 (2)本計畫以雲林砂泥質為主之沈積岩Cc與Cs，來代表台中附近地層之壓縮參數，應注意台中盆地與大甲溪沖積砂礫粒較粗，壓縮性會小很多。	3.謝謝提醒，由於本地區可佐證之地層下陷資料缺乏，本計畫爰引D-INSAR成果知目的在確認本計畫估算地層下陷量級範圍。而台中地區之砂礫地質誠如委員所言其壓縮性較濁水溪沖積扇低，本計畫係以平均值及最小值代入進行分析。
4.對於結果之詮釋： (1)P4-14，認為河段9-23地下水位高於河段渠底不合理，其實此河段恰位於后里台地與大肚台地，台地地下水位豐水期較高完全合理。至於枯水期時情況如何，則需查核。 (2)GWT分佈藉數模所得結果以及河川入滲量之估計結果，宜與他案結果比較。	4.謹遵委員意見修訂相關結果之說明並蒐集他案成果作比較以求客觀。

委員意見	辦理情形說明
(3)外埔、清水區間地下水位降低較多，是否忽略台地地下水補注有關。 (4)圖5.3.16~18，表達地下水位變化差異以等值圖表現，請調整等值圖間距與範圍，較容易表達成果。	
5.誤植或錯誤： (1)P4-14，第11行表4-2.3應為4-2.4。 (2)表5-4.1遺漏。 (3)表3-2.2錯置於表3-2.3之後。	5.謝謝指正，已修正。
(二)劉委員振宇	
1.是否可計算計畫實施前後河川補注占整體地下水補注量百分比之改變。	1.計畫無實施大甲溪河川入滲量佔分析區域內地表入滲量(含河川基流量)之21.7%;計畫有實施則大甲溪入滲量佔地表入滲量之20.5%。
2.P4-14，河川與地下水之關係可能為交互作用，並非一定河川補注地下水，乾季時亦有地下水反向補注河川之可能。	2.敬悉。
3.圖4.2-2部份水井水位歷線時間甚短,無須作迴歸分析。	3.為篩選具地下水位變化趨勢判斷意義之觀測資料，本計畫將以紀錄年限二年為門檻進行迴歸分析。
4.圖4.2-6、4.2-7請加強說明。	4.配合辦理。
5.P5-11,圖5-2-3有關后里及大肚台地之入滲量如何分配至盆地四周請說明。	5.以台地背斜線將東西兩區入滲量以均勻分布方式分配至週界格網進行分析。
6.P6-4至P6.5圖6-1地下水位與下陷量之關係，請說明。	6.模擬分析各含水層之地下水位為各地層壓縮量計算之邊界條件。
7.是否考慮烏溪上游山區之基流量對台中南盆地之補注水量。	7.烏溪上游山區基流量之影響係以河川入滲方式處理之。
8.請補充參考文獻、摘要、結論與建議。	8.疏漏部分已補附。
9.議程附件一之議題一，外埔鄉地下水位累積下降應為0.2~1.86公尺，請修正。	9.配合辦理。
(三)經濟部水利署 簡科長振源	
1.P2-25所提以D-InSar分析96年2月份枯水期下陷0.2公分，換算每年下陷約2公分，其分析可靠度？其分析結果是否為地層下陷之影響？如尚無法確定，似不宜納入說明甚或作為本計畫後續模式評估之佐證(水準檢測資料反而較為可靠，而依所列檢測結果並無明顯下陷情況)。	1.D-InSar資料僅具短期成果確無法據以推論全年下陷量，僅能作為最大下陷量級判釋之界值參考。

委員意見	辦理情形說明
(三)經濟部水利署 簡科長振源	
2.大肚台地及后里台地實際上因建物較少，為一地表入滲之區域(從地下水等位線亦可看出)，如該區未納入計算恐低估實際入滲量，如採用邊界條件處理其處理方式為何？如何反應實際入滲量？建請補充說明。	2.有關大肚台地、后里台地及彰化丘陵地表入滲對計畫分析範圍內地下水環境之影響已增補分析。
3.P4-1提及大安大甲溪聯合運用工程為越域取水，與實際情形不符恐遭誤解，建議刪除。	3.配合辦理。
4.河川滲漏量推估採用K值為 10^{-5} ~ 10^{-6} m/sec，依說明主要為礫石層含20%之泥沙推估，但底泥厚度又以台中人工湖鑽探資料估算約1.5-3M，到底K值採用礫石層或泥層宜一致(如為泥層其K值似乎太過保守)。	4.河川入滲量多寡主要受底床質低滲透性地質(如底泥)之厚度及滲透係數控制，本計畫茲衡酌泥質特性給定合理變動範圍進行分析。
5.P5-2土地利用型態圖與實際圖之內容不符，請更正。	5.已更正。
6.地下水模式所用抽水量之空間分佈為何，請補充說明。	6.由於台中地區無地下水抽用量調查資料，本計畫係依水利署核發各鄉鎮之地下水水權量進行空間上之分配。
7.參數檢定似以入滲量及抽水量為已知來進行K值檢定，但實際上入滲量及抽水量其不確定性亦高，K值反而有站網計畫相關實測資料可參考，此種參數檢定是否合宜？另檢定結果與實測資料之差異可否接受？	7.基本上本計畫滲透係數值係主要參考站網計畫調查成果，再衡酌水文地質條件與地下水位資料進行參數檢定微調以獲取更佳之空間解析。
8.地層下陷分析結果可以發現，主要沉陷仍集中在大甲溪兩台地間之河段，但地下水模式分析時，該河段區域之K值採 10^{-3} m/sec~ 10^{-4} m/sec，為礫石層，而依所列地層分界礫石層應無下陷情況，該河段地層下陷分析中所採用之地質參數是否合理？請再確認以免誤判。	8.雖然大甲溪兩台地間的河段其地質特性主要為礫石層，但礫石層中亦有夾雜砂土及黏土，本計畫僅考慮土壤地質中砂土及黏土因地下水位變動造成之地層累積沉陷量。
9.結論與建議建請補充說明本計畫分析之限制及分析之原則(採保守估算)；另環評第二次補充報告中已針對台中都會區部分提出初步估計地下水下降量及地層下陷量，建議亦請補充本次分析後台中都會區部份之分析結果，另如分析結果如與前次對外之資料差異過大，亦宜有合理說明。	9.已補充說明。

委員意見	辦理情形說明
(四)水利署 許副工程司宏達	
1.結論請就本計畫之目的說明，即就計畫前與計畫後(即有無計畫)之入滲量、地下水位、及地層下陷影響說明。	1.遵照辦理。
2.相關之影響建議以平均值或中值評估說明。	2.遵照辦理。
3.年平均地下水下降約4公分，將導致年平均0.5公分之下陷量，其影響似不合理，模式之建立與參數之採用建議再予檢討。	3.已綜合委員意見重新檢討參數引用之合理性，並補附相關分析成果。
4.P6-10，地層下陷之差異說明過於混亂，建議條理說明或列表。	4.遵照辦理。
(五)水利規劃試驗所 王課長國樑	
1.未來成果報告應補充摘要、Abstract、結論與建議等章節資料，其中摘要應以節錄各章節重點呈現或重要數據方式撰寫，結論與建議應分節等原則來補充。	1.遵照辦理。
2.報告行距或格式建議適度調整，以利可讀性較佳。	2.遵照辦理。
3.引用原大安大甲溪水源聯合運用輸水工程規劃報告中呈現各壩之日平均蓄水量意義不大，建議刪除，主要呈現現況、計畫實施前後、各水文年(豐、枯、平水年)豐枯水期水量的盈虧即可。	3.謹遵意見進行報告修定。
4.相關引用之水文(如雨量、流量)或灌溉水量等時間應至95年之資料，若資料無法獲得的原因，補充說明。	4.已補充說明。
5.邊界的選定建議應加強說明，分析記得重點應以大安大甲溪下游地區分析為主。	5.有關邊界條件選定補充說明請參照第五章。
6.豐枯平水年之選定原則亦應說明。	6.本計畫係以分析期間(民國64年至民國93年)平均年雨量之一倍標準偏差作為豐枯平水年分類基準。
7.相關分析成果資料的呈現，建議增加豐枯水期資料的呈現。	7.配合辦理。
8.地下水分區原則及抽水量的估算等亦應補充說明。	8.地下水分區係參考水文地質調查成果，而抽水量給定係以水利署核可之地下水水權量。
9.除率定外相關驗證的工作是否有進行，請說明。	9.本區可資引用之調查資料缺乏，僅能以平均概念進行檢定作業。
(六)水利規劃試驗所 黃工程員兆章	
1.報告書未見「結論與建議」針對研究成果作總結，似不完整。	1.已補附。

委員意見	辦理情形說明
2.有關P2-7及P2-9之大安大甲溪流域範圍內各縣轄鄉鎮名稱有誤(如宜蘭縣未有”太平鄉”)。	2.謝謝指正。
3.P2-13,計畫沿線地下水位中第1行地質鑽探水位觀測井與倒4行本計畫地下水補充調查資料之地點可否以位置圖展示?	3.位置圖已補充,詳圖2.2-3。
4.P2-24圖2.3-8與P2-25圖2.3-9之標題相同,易生混淆。	4.已修正。
5.P3-4及P3-5內文中提及「經濟部水利規劃試驗所」名稱誤繕。	5.「經濟部水利規劃試驗所」修正為「經濟部水利署水利規劃試驗所」。
6.P3-6第1行提及虎眼二圳(斷面7)之選定理由為何?如以不同取水口分段設定分析流量是否可行?	6.本計畫流量值係引用「大安大甲溪水源聯合運用輸水工程可行性規劃總報告」之成果。
7.P3-6倒1行之「表3.3-3」應屬誤繕。	7.「表3.3-3」修正為「表3.2-3」
8.P3-14模擬分析範圍第6行「…地下水之補充,多依靠河床之滲漏…」說明是否合理?忽略暴雨所產生之地表(面)水補注?	8.已修定相關文字說明。
9.P3-16倒2行垂直邊界條件重複出現「一維非飽和垂向入滲模式」名詞。	9.贅字已刪除。
(七)台灣自來水公司 施工程師名芳	
1.簡報P58地下水上昇鄉鎮為大安溪南岸之后里鄉、外埔鄉及大安鄉。雖然由大甲溪引水至后里處理,但最後應送至大台中區,僅后里圳20萬CMD(豐水期)儲留后里地區。報告是否有考量引用大甲溪之水量最終仍回歸大甲溪及烏溪之因素,后里地區上昇現象是否考量太多大甲溪越域引水之水量(應僅有豐水期20萬CMD)。	1.本計畫大安溪及大甲溪流量爰引「大安大甲溪水源聯合運用輸水工程可行性規劃總報告」,該規劃已考慮部分大甲溪水引至后里圳。
(八)聯美環保科技公司 陳副理世煥	
1.本評估使用參數多採較保守之估計,建議於報告書中敘明。	1.配合辦理。
2.建議補充年間地下水位因豐枯產生之變化量,並與本計畫之平均年變化值比較。	2.豐枯水期變化補充說明於第四章。
(八)聯美環保科技公司 陳副理世煥	
3.報告書以D-InSAR觀測資料推估地層之年平均沉陷量約2cm,並用以檢核模式推估值。惟所引用之D-InSAR觀測值僅有1個月的時間,且為枯水期,用以推估全年(含蓋豐枯期間)沉陷量是否適當?甚至用以檢核長期(30年)之累積下陷量?	3.由於本計畫區相關資料缺乏,本計畫引用D-InSAR成果,僅以佐證分析成果量級之正確與否。

委員意見	辦理情形說明
(九)經部部中區水資源局江副局長明郎：	
1.所定義之「計畫前」及「計畫後」，請修正為「計畫無實施」及「計畫有實施」。	1.配合辦理。
2.地下水影響模擬成果多以圖表呈現，惟文字說明分析過少，難以瞭解其模擬結果意見，請修正。	2.遵照辦理加強文字說明。
(十)經部部中區水資源局經管課	
1.期末報告應有成果報告之內容與格式，請依下列辦理補充修正： (1)第一章之工作項目及契約規定提送日期等契約行政內容免列，另其計畫緣起請與第二章基本資料蒐集內容併為1章。 (2)報告字體及行距請適度放大。 (3)圖2.2-2模糊不清並請放大。 (4)諸多數值次方呈現不符標準，如 km^2 簡化為 $\text{km}2$ 、 10^{-6} 簡化為 $10-6$ 等，請修正。 (5)章節名稱請儘可能與契約工作名稱相符。 (6)請補充摘要、結論與建議。 (7)書背應加主辦機關名稱。 (8)封面年月請改用阿拉伯數字。	1.遵照辦理，已依意見編排報告與查校更正誤繕文字，另相關章節名稱將儘可能與契約工作名稱相符。
2.環評審查意見處理亦屬本契約工作範疇，歷次之環評審查意見回復處理說明亦請專節併入本報告。	2.配合辦理，參見附錄七。
3.沿海地區地下水位下降，可能造成地層下陷或海水入侵，本計畫沿海側以定水頭邊界分析，並無考量海水入侵，而致水位下降全部反應於地層下陷，是否可能合理？	3.海水入侵其成因主要係地下水位降低於海平面所致，本計畫由地下水位分析成果與觀測井水位調查成果初步可知無此現象。
4.報告內容成果討論及綜合分析過少，難以瞭解其意義。	4.已補充說明。
(十)經部部中區水資源局經管課	
5.結論應呼應原環評審查意見所關注之地區及地下水影響，包括下游清水大甲沿海平原及台中盆地之水位下降及地層下陷影響。	5.遵照辦理。

會議結論	辦理情形說明
1.請巨廷工程顧問公司補充計畫成果摘要、結論與建議、及參考文獻，並請於契約期限內依各委員及各單位意見補充修正到局複審。	1.配合辦理。
2.上述修正報告到局後，是否須再開會審查，由本局經管課審酌辦理。	2.敬悉。

附錄四 期末報告(修正本)複審審查意見回覆

「大安大甲溪水源聯合運用輸水工程規劃-大甲溪下游地下水影響評估」

期末報告(修正本)複審審查意見辦理情形說明

委員意見	辦理情形說明
(一)前次期末報告審查意見諸多處理不實(臚列如下)，請確實修正： 1.潘委員第2點意見回應未針對問題說明、第4點意見回應「謹遵委員意見修訂相關結果並蒐集他案成果作比較以求客觀」，惟於報告內並未見處理。	1. a.有關邊界條件與輸入參數給定之補充說明請參見第五章。本計畫台地與丘陵入滲對地下水補注貢獻係以地表入滲方式給定之(詳P.5-8)，再依地形之背斜線將東西兩區地表入滲量以均勻分布方式分配至周界格網分析；而大甲溪河川入滲係以泥質底床可能之滲透係數範圍值進行分析。 b.因台地間河道附近並無地下水監測井，故河道旁地下水位以現有地下水觀測井資料內插獲得，於是本計畫建議於河道旁設置地下水監測井及設置河川水位計以了解掌握河川水位與地下水位間之交互關係。本計畫推得之河川入滲量與「台中盆地作為地下水庫可能性探討」報告相比，該報告中指出大里溪以基流量分析推得之地下水補注量為231.69百萬立方公尺與本計畫情況一推計之河川入滲量約當，詳P.5-8。
2.劉委員第2點意見僅回應「敬悉」，並未見處理；第3點意見回應「本計畫將以紀錄年限二年為門檻進行回歸分析」，惟報告仍見有少於二年之地下水變化趨勢迴歸分析。	2.由於河川沿岸並無地下水長期監測資料可供佐證，因此乃以現有地下水觀測井觀測地下水位內插作為河川沿岸之地下水位。詳4.1節。少於兩年之地下水位變化無進行趨勢回歸分析，詳圖4.2-2及表4.2-3。
3.水利署簡科長第2點及第9點意見回應「有關大肚台地、后里及彰化丘陵地表入滲對計畫範圍內地下水環境之影響已增補分析」及「已補充說明」，惟報告皆未見處理補充。	3.已處理詳P.5-8及結論與建議。
4.水規所王科長第7點意見回應「配合辦理」，惟報告成果未見增加豐枯水期分析成果資料呈現。	4.河川豐枯水期流量分析資料詳4.1節，地層下陷分析資料詳6.2節。
(二)報告格式及內容，請依下列修正： 1.書脊之單位名稱請修正為本局機關全銜。	1.配合辦理。

委員意見	辦理情形說明
2.成果報告請附計畫主持人確認簽名，封背面並請依規定印製。	2.配合辦理。
3.所用「計畫有實施」一詞，請修正為「計畫實施後」。	3.以將「計畫有實施」修改為「計畫實施後」。
4.部份內容左右文字排版未對齊(如摘-5～摘-10頁，結-1～結-2頁)。	4.配合辦理。
5.諸多入滲率數值說明，如 5×10^{-6} m/sec等字體大小與內文不同(如結-1頁)。	5.配合辦理。
6.P2-2，圖2.0-1請以彩色印刷。	6.配合辦理。
7.P2-6，二行文字說明請併入P2-5內容說明。	7.配合辦理。
8.P2-16，有關「計畫沿線地下水位」乙節內容，與本評估工作無關，請刪除。	8.配合辦理。
9.P2-28，2.4節「台中地區地層下陷」名稱，題意不明。	9.將「台中地區地層下陷」修改為「台中地區地層下陷概況」。
10.P4-1，第四章「河川環境影響評估」章名與內容未契合，請修正。	10.修改為「河川入滲量影響評估」。
11.請成果報告請依政府出版品相關規定附GPN及ISBN等代碼。	11.配合辦理。
(三)結論未說明本計畫實施後對台中盆地是否有地層下陷影響，另其對下游地區地下水及地層下陷影響程度亦請補充。	(三)詳結論第五點說明。
(四)建議內容甚為薄弱，請加強。另提及「積極宣導民眾提昇自來水普及效率，減少地下水抽用」乙事，是否因本計畫實施後會影響地下水使用，始須配合減少使用地下水，惟結論並未見有明確地下水使用影響說明，二者請互為呼應。	(四)配合辦理，詳結論第三點與建議第四點說明。
(五)P2-3，圖2.1-1台中地區供水系統圖，漏附地下水10萬CMD供應台中地區。	(五)配合辦理，詳P.2-3，圖2.1-1。
(六)P5-16～P-26，圖5.3-1～圖5.3-18請標註說明其為「30年累積影響」模擬結果。	(六)已修正，詳P.5-16～P.5-26。
(七)請依服務建議書36頁所述，本計畫地層下陷分析之案例應包括計畫實施後與無實施之豐水年、平水年及枯水年之年地層下陷量，並納入結論與建議中說明。	(七)已補充分析詳第六章及結論第四點說明。

附錄五 地表入滲補注模式簡介

降雨、農業灌溉、魚塭與湖泊等地面水水源入滲進入地下含水層以補注地下水源，其中降雨係屬隨機性，其產生之地表入滲率隨著土壤層之種類、乾濕情形與地表土地利用之情況而變化。此外，農業灌溉、魚塭與湖泊之地表因設置鋪面，入滲特性較為固定，其入滲量因土壤性質而有所差異。本研究將應用一維未飽和入滲模式，配合地表土地利用形態與淺層土壤垂向剖面類別之分布，進行地表垂向入滲量之推估。模式之分析方法與計算流程，分項概述如后。

附 5.1 未飽和層土壤水分控制方程式

一、控制方程式

由土壤中水分流動之控制方程式，採用張力水頭(h)為基底之控制方程式，於一維垂直方向可以簡化為下式(z 採用向下為正)，

$$C \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(K \frac{\partial h}{\partial z} \right) - \frac{\partial K}{\partial z} - E \dots\dots\dots(5.1-1)$$

將上式中各計算變量之相關位置示如附圖 5.1-1，茲以第 i 個差分點為中心，於時間與空間上依中央差分法將微分式展開成下列差分式，

$$\hat{C}_i \frac{h_i - h_i^o}{\Delta t} = \frac{1}{\Delta \bar{z}_i} \left[\frac{\hat{K}_{i-1}}{\Delta z_{i-1}} (\hat{h}_{i-1} - \hat{h}_i) - \frac{\hat{K}_i}{\Delta z_i} (\hat{h}_i - \hat{h}_{i+1}) \right] - \frac{1}{\Delta \bar{z}_i} (\hat{K}_i - \hat{K}_{i-1}) - \hat{E}_i \dots\dots\dots(5.1-2)$$

式中 $h_i = h_i(t)$ ， $h_i^o = h_i(t - \Delta t)$ ， $\hat{h}_i = \omega_t h_i + (1 - \omega_t) h_i^o$ 代表時間差分加權平均值， $\Delta \bar{z}_i = (\Delta z_{i-1} + \Delta z_i) / 2$ 表示第 i 個節點之控制體積長度。(5.1-2)

式中各項土壤水力參數表示如下：

$$\hat{C}_i = C_i(\hat{h}_i)，\dots\dots\dots(5.1-3a)$$

$$E_i = E_i(\hat{h}_i)，\dots\dots\dots(5.1-3b)$$

$$K_i = \frac{1}{4} K(\hat{h}_i) + \frac{1}{2} K(\hat{h}_{i+1/2}) + \frac{1}{4} K(\hat{h}_{i+1})，\hat{h}_{i+1/2} = \frac{1}{2} (\hat{h}_i + \hat{h}_{i+1})，\dots\dots\dots(5.1-3c)$$

$$\hat{h}_i = \omega_t h_i(t) + (1 - \omega_t) h_i(t - \Delta t) = \omega_t h_i + (1 - \omega_t) h_i^o, \quad \dots\dots\dots(5.1-3d)$$

ω_t 為權重係數， $\omega_t = 0$ 為顯式差分式， $\omega_t = 1/2$ 或 1 則為隱式差分式。合併同類項後得：

$$\begin{aligned} & \left[\omega_t \frac{\hat{K}_{i-1}}{\Delta z_{i-1}} \right] h_{i-1} - \left[\omega_t \left(\frac{\hat{K}_{i-1}}{\Delta z_{i-1}} + \frac{\hat{K}_i}{\Delta z_i} \right) + \hat{C}_i \frac{\Delta \bar{z}_i}{\Delta t} \right] h_i + \left[\omega_t \frac{\hat{K}_i}{\Delta z_i} \right] h_{i+1} \\ &= - \left[(1 - \omega_t) \frac{\hat{K}_{i-1}}{\Delta z_{i-1}} \right] h_{i-1}^o + \left[(1 - \omega_t) \left(\frac{\hat{K}_{i-1}}{\Delta z_{i-1}} + \frac{\hat{K}_i}{\Delta z_i} \right) - \hat{C}_i \frac{\Delta \bar{z}_i}{\Delta t} \right] h_i^o, \quad \dots\dots\dots(5.1-4) \\ & - \left[(1 - \omega_t) \frac{\hat{K}_i}{\Delta z_i} \right] h_{i+1}^o + \hat{K}_i - \hat{K}_{i-1} + \hat{E}_i \Delta z \end{aligned}$$

將上式整理成矩陣式如下：

$$\begin{bmatrix} \beta_1 & \gamma_1 & & & \\ \alpha_2 & \beta_2 & \gamma_2 & & \\ & \dots & \dots & \dots & \\ & & \alpha_{n-1} & \beta_{n-1} & \gamma_{n-1} \\ & & & \alpha_n & \beta_n \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \\ \vdots \\ h_{n-1} \\ h_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ \vdots \\ f_{n-1} \\ f_n \end{bmatrix}, \quad \dots\dots\dots(5.1-5)$$

各矩陣係數表示如下：

$$\alpha_i = \omega_t \frac{\hat{K}_{i-1}}{\Delta z_{i-1}}, \quad \dots\dots\dots(5.1-6a)$$

$$\beta_i = - \left[\omega_t \left(\frac{\hat{K}_{i-1}}{\Delta z_{i-1}} + \frac{\hat{K}_i}{\Delta z_i} \right) + \hat{C}_i \frac{\Delta \bar{z}_i}{\Delta t} \right], \quad \dots\dots\dots(5.1-6b)$$

$$\gamma_i = \omega_t \frac{\hat{K}_i}{\Delta z_i}, \quad \dots\dots\dots(5.1-6c)$$

$$\begin{aligned} f_i &= - \left[(1 - \omega_t) \frac{\hat{K}_{i-1}}{\Delta z_{i-1}} \right] h_{i-1}^o + \left[(1 - \omega_t) \left(\frac{\hat{K}_{i-1}}{\Delta z_{i-1}} + \frac{\hat{K}_i}{\Delta z_i} \right) - \hat{C}_i \frac{\Delta \bar{z}_i}{\Delta t} \right] h_i^o, \quad \dots\dots\dots(5.1-6d) \\ &+ \left[(1 - \omega_t) \frac{\hat{K}_i}{\Delta z_i} \right] h_{i+1}^o + \hat{K}_i - \hat{K}_{i-1} + \hat{E}_i \Delta z \end{aligned}$$

二、邊界條件

經由達西定律之假設，當土壤表面之水分流通量 q_s 已知時，其邊界條件差分式如下：

$$\hat{C}_1 \frac{h_1 - h_1^0}{\Delta t} = \frac{2}{\Delta z_1} \left[q_s - \frac{\hat{K}_1}{\Delta z_1} (\hat{h}_1 - \hat{h}_2) \right] - \frac{2\hat{K}_1}{\Delta z_1} - \hat{E}_1, \dots\dots\dots(5.1-7)$$

上式合併同類項後得到下式，

$$\begin{aligned} & - \left[\omega_t \frac{\hat{K}_1}{\Delta z_1} + \hat{C}_1 \frac{\Delta z_1}{2\Delta t} \right] h_1 + \left[\omega_t \frac{\hat{K}_1}{\Delta z_1} \right] h_2 \\ & = \left[(1 - \omega_t) \frac{\hat{K}_1}{\Delta z_1} - \hat{C}_1 \frac{\Delta z_1}{2\Delta t} \right] h_1^0 + \left[(1 - \omega_t) \frac{\hat{K}_1}{\Delta z_1} \right] h_2^0 - q_s + \hat{K}_1 + \hat{E}_1 \frac{\Delta z_1}{2} \end{aligned}, \dots\dots(5.1-8)$$

於計算未飽和層水流方程式時，若降雨強度小於或等於土壤入滲時，則地表無積水現象，此時邊界條件依據上式，並且令 q_s 等於降雨強度 R_n ，則矩陣係數如下，

$$\beta_1 = - \left[\omega_t \frac{\hat{K}_1}{\Delta z_1} + \hat{C}_1 \frac{\Delta z_1}{2\Delta t} \right], \dots\dots\dots(5.1-9a)$$

$$\gamma_1 = \omega_t \frac{\hat{K}_1}{\Delta z_1}, \dots\dots\dots(5.1-9b)$$

$$f_1 = \left[(1 - \omega_t) \frac{\hat{K}_1}{\Delta z_1} - \hat{C}_1 \frac{\Delta z_1}{2\Delta t} \right] h_1^0 - \left[(1 - \omega_t) \frac{\hat{K}_1}{\Delta z_1} \right] h_2^0 - R_n + \hat{K}_1 + \hat{E}_1 \frac{\Delta z_1}{2}, \dots\dots(5.1-9c)$$

若入滲率小於降雨強度時地表將產生積水，此時地表邊界位置土壤呈現完全飽和，因此地表邊界條件採用固定張力水頭條件，此情況下，

$$\beta_1 = 1, \dots\dots\dots(5.1-10a)$$

$$\gamma_1 = 0, \dots\dots\dots(5.1-10b)$$

$$f_1 = 0, \dots\dots\dots(5.1-10c)$$

同理，若土壤底部流通率 q_B 已知時，其邊界條件差分式展開如下：

$$\hat{C}_n \frac{h_n - h_n^0}{\Delta t} = \frac{2}{\Delta z_n} \left[\frac{\hat{K}_{n-1}}{\Delta z_{n-1}} (\hat{h}_{n-1} - \hat{h}_n) - q_B \right] + \frac{2\hat{K}_{n-1}}{\Delta z_n} - \hat{E}_n, \dots\dots\dots (5.1-11)$$

上式合併同類項後得到下式，

$$\begin{aligned} & \left[\omega_t \frac{\hat{K}_{n-1}}{\Delta z_{n-1}} \right] h_{n-1} - \left[\omega_t \frac{\hat{K}_{n-1}}{\Delta z_{n-1}} + \hat{C}_n \frac{\Delta z_{n-1}}{2\Delta t} \right] h_n \\ &= - \left[(1 - \omega_t) \frac{\hat{K}_{n-1}}{\Delta z_{n-1}} \right] h_{n-1}^0 + \left[(1 - \omega_t) \frac{\hat{K}_{n-1}}{\Delta z_{n-1}} - \hat{C}_n \frac{\Delta z_n}{2\Delta t} \right] h_n^0, \dots\dots\dots (5.1-12) \\ & - \hat{K}_{n-1} + q_B + \hat{E}_n \frac{\Delta z_n}{2} \end{aligned}$$

土壤底部邊界條件可以選擇固定流通率(一般選取無流通率)或固定壓力水頭。於固定流通率條件下，令土壤底部流通率為 Q_B ，此時矩陣係數如下：

$$\alpha_n = \omega_t \frac{\hat{K}_{n-1}}{\Delta z_{n-1}}, \dots\dots\dots (5.1-13a)$$

$$\beta_n = -\omega_t \frac{\hat{K}_{n-1}}{\Delta z_{n-1}} - \hat{C}_n \frac{\Delta z_{n-1}}{2\Delta t}, \dots\dots\dots (5.1-13b)$$

$$\begin{aligned} f_n = & - \left[(1 - \omega_t) \frac{\hat{K}_{n-1}}{\Delta z_{n-1}} \right] h_{n-1}^0 + \left[(1 - \omega_t) \frac{\hat{K}_{n-1}}{\Delta z_{n-1}} - \hat{C}_n \frac{\Delta z_n}{2\Delta t} \right] h_n^0, \dots\dots\dots (5.1-13c) \\ & + Q_B - \hat{K}_{n-1} + \hat{E}_n \frac{\Delta z_n}{2} \end{aligned}$$

若土壤底部採用固定張力水頭條件 h_B 時，則矩陣係數如下：

$$\alpha_n = 0, \dots\dots\dots (5.1-14a)$$

$$\beta_n = 1, \dots\dots\dots (5.1-14b)$$

$$f_n = h_B, \dots\dots\dots (5.1-14c)$$

當矩陣中各係數得到後，依據矩陣演算即得到下一時刻之張力水頭剖面。於張力水頭剖面得到後，可以計算地表邊界入滲率 q_s ：

$$q_s = \hat{K}_1 + \left(\omega_t \frac{\hat{K}_1}{\Delta z_1} + \hat{C}_1 \frac{\Delta z_1}{2\Delta t} \right) h_1 - \left(\omega_t \frac{\hat{K}_1}{\Delta z_1} \right) h_2, \dots (5.1-15)$$

附 5.2 未飽和層土壤水力函數

在求解未飽和水流方程式前，土壤水力函數必須先予量測。對於土壤水力函數，使用頻率最高者有下列經驗式：

一、Brooks-Corey 式 (Brooks & Corey, 1964)

$$S_e = \begin{cases} (h_a/h)^{a_1} & , h < h_a \\ 1 & , h \geq h_a \end{cases}, \dots (5.2-1a)$$

$$K = \begin{cases} K_s (h_a/h)^{b_1} & , h < 0 \\ K_s & , h \geq 0 \end{cases}, \dots (5.2-1b)$$

式中， a_1 是未飽和參數， h_a 是空氣捲增張力水頭。

二、Verma-Brutsaert 式 (Verma & Brutsaert, 1970)

$$S_e = \begin{cases} 1/(1+|a_2 h|^{b_2}) & , h < 0 \\ 1 & , h \geq 0 \end{cases}, \dots (5.2-2a)$$

$$K = K_s S_e^{d_2}, \dots (5.2-2b)$$

其中 a_2 、 b_2 和 d_2 是未飽和參數。

三、van Genuchten 式 (van Genuchten, 1980)

$$S_e = \begin{cases} 1/(1+|a_3 h|^{b_3})^{d_3} & , h < 0 \\ 1 & , h \geq 0 \end{cases}, \dots (5.2-3a)$$

$$K = K_s S_e^{d_3} \left[1 - (1 - S_e^{1/d_3})^{d_3} \right]^2, \dots (5.2-3b)$$

其中 $d_3 = 1 - 1/b_3$ ， a_3 、 b_3 和 d_3 是未飽和參數。

四、Russo-Gardner 式(Russo, 1988)

$$S_e = \begin{cases} [e^{0.5a_4h}(1-0.5a_4h)]^{b_4} & , h < 0 \\ 1 & , h \geq 0 \end{cases} \quad \dots\dots\dots (5.2-4a)$$

$$K = \begin{cases} K_s e^{a_4h} & , h < 0 \\ K_s & , h \geq 0 \end{cases} \quad \dots\dots\dots (5.2-4b)$$

其中 a_4 和 b_4 是未飽和參數。

五、Broadbridge-White 式(Broadbridge & White, 1988)

該土壤水力函數以飽和度 S_e 變數基底，

$$K(S_e) = K_s S_e^2 (b_{5-1}) / (b_5 - S_e) \quad \dots\dots\dots (5.2-5a)$$

$$D(S_e) = a_5 b_5 (b_{5-1}) (\Delta K / \Delta \theta) / (b_5 - S_e)^2 \quad \dots\dots\dots (5.2-5b)$$

$$C(S_e) = K(S_e) / D(S_e) \quad \dots\dots\dots (5.2-5c)$$

$$h(S_e) = -a_5 (1 - S_e) / S_e - \frac{1}{b_5} \ln \left[\frac{b_5 - S_e}{(b_{5-1}) S_e} \right] \quad \dots\dots\dots (5.2-5d)$$

該經驗中 a_5 , b_5 為未飽和層參數， a_5 代表特性長度， b_5 係一無因次形狀係數且 $b_5 > 1$ ，依據 White & Broadbridge(1988)之研究結果， $1 < b_5 < 2$ ，於現地調查結果 b_5 數值接近 1.3。

六、Fujita-Rogers 式(Waston et al., 1995)

Wasto 等人(1995)採用 Fujita(1952)之水分擴散度函數與 Rogers 等人(1983)之水力傳導度函數，進而利用 Sande 等人所提出之解析方法得未飽和層水流方程式之解析解，其所採用之未飽和層函數如下：

$$K(S_e) = K_s \frac{S_e(1-b_6)}{1-b_6 S_e} = K_s \exp[a_6(h-h_a)] \quad \dots\dots\dots (5.2-6a)$$

$$a_6 = \frac{K_s}{D_s} (1-b_6) \quad \dots\dots\dots (5.2-6b)$$

$$C(S_e) = (K_s / D_s) (1-b_6) S_e (1-S_e b_6) \quad \dots\dots\dots (5.2-6c)$$

$$h = h_a + \frac{1}{a_6} \ln \left[\frac{(1-b_6)S_e}{1-b_6S_e} \right], \dots\dots\dots(5.2-6d)$$

$$D(S_e) = D_5 / (1-b_6S_e)^2, \dots\dots\dots(5.2-6e)$$

該土壤水力函數所需要之參數為 D_5, h_a 與 $b_6, b_6 < 1$ 。

七、Saxton 式(Saxton 等人，1986)

$$\theta = \begin{cases} \exp[\ln(h/h_s)/\beta_s] & \text{當 } h < -1m \\ \theta_{10} + (\theta_s - \theta_{10})(h+1)/(h_e+1) & \text{當 } -1m \leq h \leq h_e \\ \theta_s & \text{當 } h_e \leq h \end{cases}, \dots\dots\dots(5.2-7a)$$

$$K(\theta) = K_s \exp[K_B(1/\theta - 1/\theta_s)], \dots\dots\dots(5.2-7b)$$

其中，

$$h_s = -10 \exp(-4396 - 7.15r_c - 4.88r_c^2 - 42.85r_s r_c^2), \dots\dots\dots(5.2-7c)$$

$$\beta_s = -3.14 - 22.2r_c^2 - 0.3484r_s^2 - 34.84r_c r_s^2, \dots\dots\dots(5.2-7d)$$

$$\theta_s = 0.5872 - 0.07251r_s + 0.1276 \log r_c, \dots\dots\dots(5.2-7e)$$

$$h_e = 1.08 - 3.41\theta_s, \dots\dots\dots(5.2-7f)$$

$$K_s = 2.778 \times 10^{-6} \exp(K_A + K_B/\theta), \dots\dots\dots(5.2-7g)$$

$$K_A = 12.012 - 7.55r_s, \dots\dots\dots(5.2-7h)$$

$$K_B = -3.895 + 3.671r_s - 11.03r_c + 8.7546r_c^2, \dots\dots\dots(5.2-7i)$$

上式中，張力水頭單位為 m，水力傳導度單位為 m/sec， r_s 代表土壤粒徑組成中，沙粒所佔比例($0 < r_s < 1$)； r_c 則代表黏粒所佔比例($0 < r_c < 1$)。

令含水量 $\theta = \theta_r + (\theta_s - \theta_r)S_e$ ，其中 S_e 是土壤之有效飽和度， $0 \leq S_e \leq 1$ 。 θ_r 是土壤之殘餘含水量，其意義是：當土壤處於極端乾燥時，土壤顆粒表面由於靜電引力和表面張力等吸附力而保留於土壤

中的含水量。 θ_s 是飽和含水量，若不考慮土壤中氣體之流動，則 θ_s 等於土壤孔隙率 n_s 。根據水容積度之定義：

$$C = \frac{d\theta}{dh} = (1 - S_e) \frac{d\theta_r}{dh} + S_e \frac{d\theta_s}{dh} + (\theta_s - \theta_r) \frac{dS_e}{dh}, \dots\dots\dots(5.2-8)$$

在未飽和條件下，土壤水分飽和度的變化量遠大於土壤團粒的壓縮量，即 $dS_e/dh \gg d\theta_r/dh$ ， $dS_e/dh \gg d\theta_s/dh$ ，因此可以忽視土壤壓力水頭改變時土壤孔隙率之相對變化量。在飽和條件下土壤水分飽和度不變，即 $S_e=1$ ， $(1 - S_e)d\theta_r/dh = 0$ ， $(\theta_s - \theta_r)dS_e/dh = 0$ ，此時上式等號右邊之土壤孔隙率的變化率必須考慮。因此在飽和及未飽和地下水流動模式中，水容積度 C 的計算必須採用下式(配合上述各種不同經驗公式)：

$$C = \begin{cases} d\theta_s/dh & , S_e = 1 \\ (\theta_s - \theta_r)dS_e/dh & , S_e < 1 \end{cases}, \dots\dots\dots(5.2-9)$$

$d\theta_s/dh$ 之數值大約在 10^{-6} 至 10^{-8}cm^{-1} 範圍內，而 dS_e/dh 大約在 10^{-2} 至 10^{-5}cm^{-1} 內，因此在計算過程中，若水位的變化量小於10公尺時，忽略 $d\theta_s/dh$ 並不會有很大的誤差。

八、淺層土壤蒸散量計算

植生地之淺層土壤因植物根系吸收而散失部分含水量稱為蒸散量(E)，利用蒸發皿觀測而得之皿蒸發率(E_p)乘以蒸發皿係數(K_p)，即得到實際蒸發率(E_a)為，

$$E_a = E_p \times K_p, \dots\dots\dots(5.2-10)$$

其中蒸發皿係數為實際蒸發率與皿蒸發率之比值，隨著蒸發皿觀測方法不同而有不同之參數(通常小於1)。土壤潛勢蒸散率(E_T)可由實際蒸發率(E_a)乘上一作物因子(F_c)而得，其表示如下，

$$E_T = E_a \times F_c, \dots\dots\dots(5.2-11)$$

則第 i 土層之單位深度實際蒸散率(E_i)計算如下，

$$E_i = E_{Ti} \times f_{ri} , \dots\dots\dots (5.2-12a)$$

$$f_{ri} = \begin{cases} 1 & \text{當 } \theta_C < \theta_i < \theta_S \\ (\theta_i - \theta_{WP}) / (\theta_C - \theta_{WP}) & \text{當 } \theta_{WP} < \theta_i < \theta_C \end{cases} , \dots\dots\dots (5.2-12b)$$

式中， E_{Ti} ：第 i 層土壤之單位深度潛勢蒸散率， f_{ri} ：為第 i 層土壤潛勢蒸散率與實際蒸散率之權重因子，

θ_i ：第 i 層土壤含水量，

θ_S ：飽和土壤含水量，

θ_{WP} ：田間凋萎點土壤含水量，

θ_C ：臨界土壤含水量(實際蒸散量臨界值之土壤含水量)。

因此，植物根系吸收蒸散量(E)表示如下，

$$E = \sum (E_i + E_{i-1}) \frac{\Delta h_i}{2} , \dots\dots\dots (5.2-13)$$

另外，根據「台灣旱作灌溉立地區分計畫報告」(民國六十五年)，穀類作物之根層深度約在 60 至 75 公分。

附錄六 MODFLOW模式簡介

MODFLOW 程式在求解地下水流控制方程式時所採用的是體心式有限差分法 (Block-Centered Finite-Difference Approach) 的計算方式。其數值法求解的方法在傳統的 MODFLOW 中採用兩種的迭代運算技巧，為強制隱式法 (Strongly Implicit Procedure；SIP) 以及片式連續鬆弛法 (Slice-Successive Overrelaxation；SSOR)。

含水層三維地下水流的流動控制方程式之偏微分式，可表為：

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z}\right) - W = S_s \frac{\partial h}{\partial t} \dots\dots\dots (6.1)$$

其中 K_{xx} 、 K_{yy} 和 K_{zz} ：分別為沿著 x, y, z 方向上的透水係數 (L/T)，
h：水頭 (L)，W：水之補注或流出單位體積的體積流通量 (1/T)，
 S_s ：比貯水率 (1/L)，t：時間 (T)。

在地下水流控制方程式 (6.1) 中，可知水頭 (h) 是時間的函數，因此對連續性的時間進行離散之技巧。對式 (6.1) 進行離散 (Block)。在每一格網元素、每一列的間距為 Δc_i ，每一格網元素、每一行的間距為 Δr_j ，而層方向上每一格網元素的間距則定為 Δv_k 。同時根據水流連續性方程式可知水流入格網元素的量等於流出格網元素的量和格網元素內貯存量的變化率之總和。可表示為：

$$\sum Q_i = SS \frac{\Delta h}{\Delta t} \Delta V \dots\dots\dots (6.2)$$

其中 Q_i ：水流入格網元素之水流率 (L^3/T)

SS：格網元素之比貯水率；與式 (3.1) 之 S_s 定義同 (1/L)

ΔV ：格網元素之體積 (L^3)

Δh ：在 Δt 時段內水頭的變化 (L)

式 (6.2) 中，以正值之 Q_i 代表水流流入格網元素之水流率；反之，則以負值之 Q_i 代表水流流出格網元素之水流率。根據以上所述，在 Cell (i,j-1,k) 和 Cell (i,j,k) 間，根據達西定律 (Darcy's Law)，由 Cell (i,j-1,k) 流至 Cell (i,j,k) 之流量為 $q_{i,j-1/2,k}$

$$q_{i,j-1/2,k} = KR_{i,j-1/2,k} \Delta c_i \Delta v_k \frac{(h_{i,j-1,k} - h_{i,j,k})}{\Delta r_{j-1/2}} \dots\dots\dots (6.3a)$$

其中 $h_{i,j,k}$: Cell (i,j,k) 之水頭值 (L)

$h_{i,j-1,k}$: Cell (i,j-1,k) 之水頭值 (L)

$q_{i,j-1/2,k}$: 通過 Cell (i,j-1,k) 和 Cell (i,j,k) 之間的面，由 Cell (i,j-1,k) 流至 Cell (i,j,k) 之流量 (L^3)

$KR_{i,j-1/2,k}$: 沿著 Cell (i,j-1,k) 和 Cell (i,j,k) 的列方向上之透水係數 (L/T)

$\Delta c_i \Delta v_k$: 垂直 Cell (i,j-1,k) 和 Cell (i,j,k) 間列方向上之截面的面積 (L^2)

$\Delta r_{j-1/2}$: Cell (i,j-1,k) 體心和 Cell (i,j,k) 體心間的距離 (L)

若針對 Cell (i,j,k) 來說，在三維的空間中除了上述所說的 Cell (i,j-1,k) 外，另有 Cell (i,j+1,k)，Cell (i-1,j,k)，Cell (i+1,j,k)，Cell (i,j,k-1)，Cell (i,j,k+1) 等其他五個格網元素與 Cell (i,j,k) 格網元素有水流進出的交互作用。依據式 (6.3a) 則可推導出流進、流出

Cell (i,j,k) 流量的關係式。

$$q_{i,j+1/2,k} = KR_{i,j+1/2,k} \Delta c_i \Delta v_k \frac{(h_{i,j+1,k} - h_{i,j,k})}{\Delta r_{j+1/2}} \dots\dots\dots (6.3b)$$

$$q_{i+1/2,j,k} = KC_{i+1/2,j,k} \Delta r_j \Delta v_k \frac{(h_{i+1,j,k} - h_{i,j,k})}{\Delta c_{i+1/2}} \dots\dots\dots (6.3c)$$

$$q_{i-1/2,j,k} = KC_{i-1/2,j,k} \Delta r_j \Delta v_k \frac{(h_{i-1,j,k} - h_{i,j,k})}{\Delta c_{i-1/2}} \dots\dots\dots (6.3d)$$

$$q_{i,j,k+1/2} = KV_{i,j,k+1/2} \Delta r_j \Delta c_i \frac{(h_{i,j,k+1} - h_{i,j,k})}{\Delta v_{k+1/2}} \dots\dots\dots (6.3e)$$

$$q_{i,j,k-1/2} = KV_{i,j,k-1/2} \Delta r_j \Delta c_i \frac{(h_{i,j,k-1} - h_{i,j,k})}{\Delta v_{k-1/2}} \dots\dots\dots (6.3f)$$

其中 $KC_{i-1/2,j,k}$: 沿著 Cell (i-1,j,k) 和 Cell (i,j,k) 的行方向上之
透水係數 (L/T)。

$KV_{i,j,k-1/2}$: 沿著 Cell (i,j,k-1) 和 Cell (i,j,k) 的層方向上之透水
係數 (L/T)。

為了簡化上述式 (6.3a~6.3f)，引入水力傳導率常數 (Hydraulic Conductance) CR, CC, CV，它是經由合併格網元素量綱和透水係數而得。

$$CR_{i,j-1/2,k} = KR_{i,j-1/2,k} \Delta c_i \Delta v_k / \Delta r_{j-1/2} \dots\dots\dots (6.4a)$$

其中 $CR_{i,j-1/2,k}$: 在第 i 列、第 k 層中，Cell (i,j-1,k) 和 Cell (i,j,k)
間之水力傳導率 (L²/T) 同理可得

$$CR_{i,j+1/2,k} = KR_{i,j+1/2,k} \Delta c_i \Delta v_k / \Delta r_{j+1/2} \dots\dots\dots (6.4b)$$

$$CC_{i-1/2,j,k} = KC_{i-1/2,j,k} \Delta r_j \Delta v_k / \Delta c_{i-1/2} \dots\dots\dots (6.4c)$$

$$CC_{i+1/2,j,k} = KC_{i+1/2,j,k} \Delta r_j \Delta v_k / \Delta c_{i+1/2} \dots\dots\dots (6.4d)$$

$$CV_{i,j,k-1/2} = KV_{i,j,k-1/2} \Delta r_j \Delta c_i / \Delta v_{k-1/2} \dots\dots\dots (6.4e)$$

$$CV_{i,j,k+1/2} = KV_{i,j,k+1/2} \Delta r_j \Delta c_i / \Delta v_{k+1/2} \dots\dots\dots (6.4f)$$

將式 (6.4a~6.4f) 代入式 (6.3a~6.3f) 中，得

$$q_{i,j-1/2,k} = CR_{i,j-1/2,k} (h_{i,j-1,k} - h_{i,j,k}) \dots\dots\dots (6.5a)$$

$$q_{i,j+1/2,k} = CR_{i,j+1/2,k} (h_{i,j+1,k} - h_{i,j,k}) \dots\dots\dots (6.5b)$$

$$q_{i-1/2,j,k} = CC_{i-1/2,j,k} (h_{i-1,j,k} - h_{i,j,k}) \dots\dots\dots (6.5c)$$

$$q_{i+1/2,j,k} = CC_{i+1/2,j,k} (h_{i+1,j,k} - h_{i,j,k}) \dots\dots\dots (6.5d)$$

$$q_{i,j,k-1/2} = CV_{i,j,k-1/2} (h_{i,j,k-1} - h_{i,j,k}) \dots\dots\dots (6.5e)$$

$$q_{i,j,k+1/2} = CV_{i,j,k+1/2} (h_{i,j,k+1} - h_{i,j,k}) \dots\dots\dots (6.5f)$$

式 (6.5a~6.5f) 為計算在 Cell (i,j,k) 附近六個格網元素流入 Cell (i,j,k) 內之流量。為了計算從內部過程到含水層間流入格網元素的水量，此時則必須考慮其他的流量。這些流量可能與格網元素內水頭值具有相關性，但與含水層中的水頭值卻無關；亦或許這些流量與在格網元素內的水頭值完全無關。因此對一格網元素受外部含水層影響之水流變化量為：

$$a_{i,j,k,n} = p_{i,j,k,n} h_{i,j,k} + q_{i,j,k,n} \dots\dots\dots (6.6)$$

其中 $a_{i,j,k,n}$ ：第 n 個內部源流入 Cell (i,j,k) 之流量 (L3/T)

$p_{i,j,k,n}$ ：常數 (L2/T)

$q_{i,j,k,n}$ ：常數 (L3/T)

通常，若有 N 個內部源對單一格網元素造成影響時，則其總流量可表示為：

$$QS_{i,j,k} = \sum_{n=1}^N a_{i,j,k,n} = \sum_{n=1}^N p_{i,j,k,n} h_{i,j,k} + \sum_{n=1}^N q_{i,j,k,n} \dots\dots\dots (6.7)$$

令

$$P_{i,j,k} = \sum_{n=1}^N p_{i,j,k,n}$$

$$Q_{i,j,k} = \sum_{n=1}^N q_{i,j,k,n}$$

則式 (6.7) 可改寫為

$$QS_{i,j,k} = P_{i,j,k} h_{i,j,k} + Q_{i,j,k} \dots\dots\dots (6.8)$$

根據水流連續性方程式，式（6.2）之定義，為將其應用於有限差分法的模擬系統中將其改寫為：

$$q_{i,j-1/2,k} + q_{i,j+1/2,k} + q_{i-1/2,j,k} + q_{i+1/2,j,k} + q_{i,j,k-1/2} + q_{i,j,k+1/2} + QS_{i,j,k} = SS_{i,j,k} \frac{\Delta h_{i,j,k}}{\Delta t} \Delta r_j \Delta c_i \Delta v_k \dots\dots\dots (6.9)$$

將式（6.5a~6.5f）和式（6.8）代入式（6.9），得

$$CR_{i,j-1/2,k} (h_{i,j-1,k} - h_{i,j,k}) + CR_{i,j+1/2,k} (h_{i,j+1,k} - h_{i,j,k}) + CC_{i-1/2,j,k} (h_{i-1,j,k} - h_{i,j,k}) + CC_{i+1/2,j,k} (h_{i+1,j,k} - h_{i,j,k}) + CV_{i,j,k-1/2} (h_{i,j,k-1} - h_{i,j,k}) + CV_{i,j,k+1/2} (h_{i,j,k+1} - h_{i,j,k}) \dots\dots\dots (6.10) + P_{i,j,k} h_{i,j,k} + Q_{i,j,k} = SS_{i,j,k} \left(\Delta r_j \Delta c_i \Delta v_k \right) \frac{\Delta h_{i,j,k}}{\Delta t}$$

考慮水頭值隨著時間變化，MODFLOW 為了可容許較大的時間間隔(Δt)進行數值的求解，所以採用了反向差分法(Backward Difference Approach) 進行對各時段(Time Step) 水頭值的計算其求解方法如下：

$$\left(\frac{\Delta h_{i,j,k}}{\Delta t} \right)^m = \frac{h_{i,j,k}^m - h_{i,j,k}^{m-1}}{t_m - t_{m-1}} \dots\dots\dots (6.11)$$

其中 t_m ：式（6.10）中水流在第 m 時段被估計時所代表的時間

t_{m-1} ： t_m 的前一個時間

$h_{i,j,k}^m$ ， $h_{i,j,k}^{m-1}$ ：Cell (i,j,k) 於 t_m ， t_{m-1} 時間時所對應的水頭值

$\left(\frac{\Delta h_{i,j,k}}{\Delta t} \right)^m$ ：為在第 m 時段時的 $\left(\frac{\Delta h_{i,j,k}}{\Delta t} \right)$ 值

則在 t_{m-1} 與 t_m 的時間間距內，式（6.10）可改寫為

$$\begin{aligned}
& CR_{i,j-1/2,k} \left(h_{i,j-1,k}^m - h_{i,j,k}^m \right) + CR_{i,j+1/2,k} \left(h_{i,j+1,k}^m - h_{i,j,k}^m \right) \\
& + CC_{i-1/2,j,k} \left(h_{i-1,j,k}^m - h_{i,j,k}^m \right) + CC_{i+1/2,j,k} \left(h_{i+1,j,k}^m - h_{i,j,k}^m \right) \\
& + CV_{i,j,k-1/2} \left(h_{i,j,k-1}^m - h_{i,j,k}^m \right) + CV_{i,j,k+1/2} \left(h_{i,j,k+1}^m - h_{i,j,k}^m \right) \dots\dots\dots (6.12) \\
& + P_{i,j,k} h_{i,j,k}^m + Q_{i,j,k} = SS_{i,j,k} \left(\Delta r_j \Delta c_i \Delta v_k \right) \frac{h_{i,j,k}^m - h_{i,j,k}^{m-1}}{t_m - t_{m-1}}
\end{aligned}$$

式 (6.12) 之反向差分方程式即為 MODFLOW 利用有限差分法模擬地下水流所得出之基本控制方程式。

附錄七 LSUB-1 地層下陷模式

附 7.1 基本假設與求解計算

一、Terzaghi 壓密方程式

Terzaghi(1925)基本下列假設：

- 土壤為均質且飽和。
- 土壤固體顆粒及孔隙水體之壓縮性可忽略。
- 土壤之壓縮與水之排出均為單向度。
- 孔隙水流適用達西定律(Darcy's law)。
- 微小土壤(壓密模型)與實際土層之作用不無相同。
- 孔隙比與壓力間有理想直線關係。

假設垂直向總應力不變之情形下(即 $\partial\sigma_v=0$)，則可推得一維壓密控制方程式為，

$$\frac{\partial u}{\partial t} = C_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}, \dots\dots\dots(7.1-1)$$

式中， C_v ：壓密係數(coefficient of consolidation)，

u ：超額孔隙水壓力，

t ：時間，

z ：土體之垂向位置。

二、邊界條件

壓密計算之邊界條件可分為二類(如附圖 7.1-1 所示)：

- 透水邊界條件，即假設孔隙水壓為零($u_b=0$)，
- 不透水邊界條件，即假設孔隙水壓梯度為零($\partial u_b/\partial n=0$)。

三、超額孔隙水壓求解

為求解式(7.1-1)，本研究採用 Crank-Nicholson 之差分法，則式(7.1-1)可化為，

$$u_i^{n+1} - u_i^n = \frac{C_v \Delta t}{2\Delta h^2} \left[(u_{i+1}^{n+1} - 2u_i^{n+1} + u_{i-1}^{n+1}) + (u_{i+1}^n - 2u_i^n + u_{i-1}^n) \right], \dots\dots\dots(7.1-2)$$

式中， u_i^n 表示土壤 i 點位置及 $n\Delta t$ 時間之超額孔隙水壓值。
Crank-Nicholson 為隱式差分法，具無條件穩定及二階精度。令
 $\alpha = C_v \Delta t / \Delta h^2$ ，則式(7.1-2)可化為，

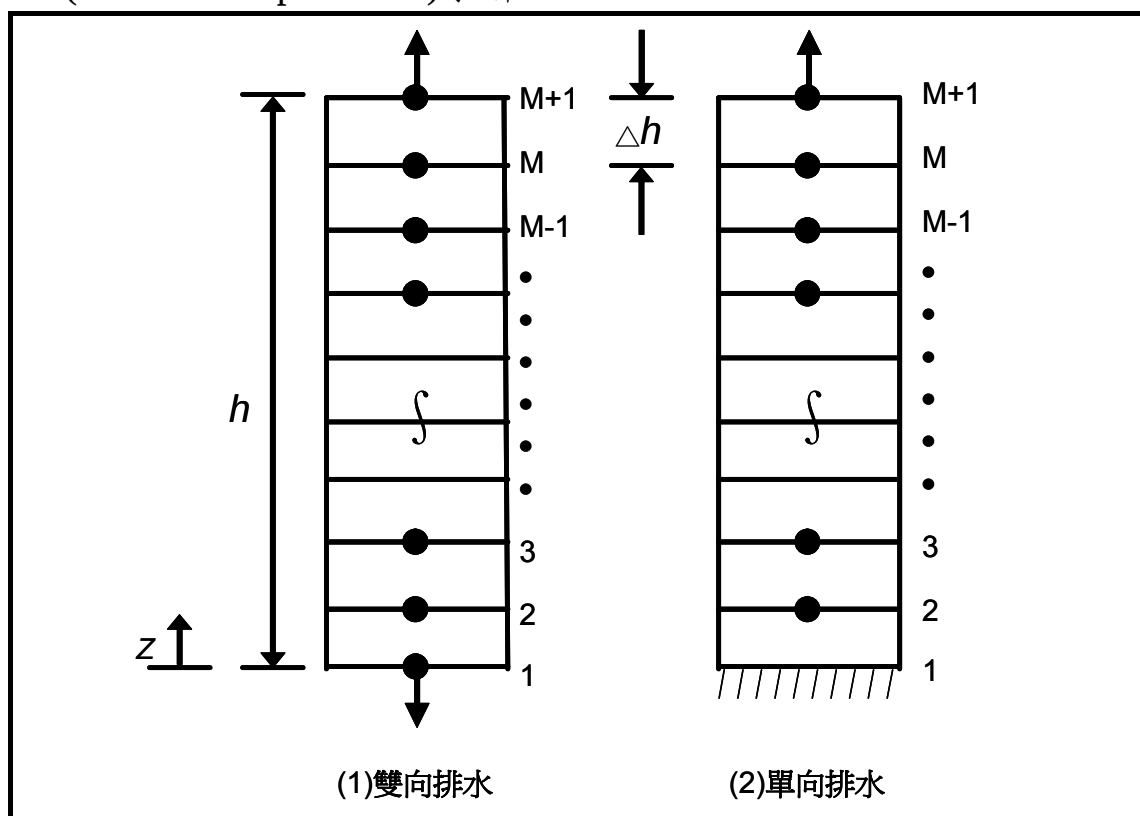
$$-u_{i-1}^{n+1} + \frac{2(1+\alpha)}{\alpha} u_i^{n+1} - u_{i+1}^{n+1} = u_{i-1}^n + \frac{2(1-\alpha)}{\alpha} u_i^n + u_{i+1}^n \dots\dots\dots, (7.1-3)$$

$$-u_{i-1}^{n+1} + \frac{2(1+\alpha)}{\alpha} u_i^{n+1} - u_{i+1}^{n+1} = u_{i-1}^n + \frac{2(1-\alpha)}{\alpha} u_i^n + u_{i+1}^n, \dots\dots\dots(7.1-3)$$

利用式(7.1-3)可將土壤化為，

$$[A]\{u\} = \{B\} \dots\dots\dots(7.1-4)$$

其中， A 為 $(M+1) \times (M+1)$ 階帶狀矩陣帶，寬為 3。可運用雙掃法(double sweep method)求解。



附圖 7.1-1 單向度土體示意圖

四、壓密量計算

計算單向度主壓密沈陷公式為，

$$S = \frac{\Delta e}{1 + e_0} h, \dots\dots\dots(7.1-5)$$

式中， S ：壓密量，

Δe ：孔隙比變化量，

h ：土壤厚度，

e_0 ：初始孔隙比。

其計算方式依土層壓密條件可分別表示如下，

(一)正常壓密條件($\sigma'_0 = \sigma'_c$)

$$S = \frac{C_c}{1 + e_0} h \log \left(\frac{\sigma'_0 + \Delta \sigma}{\sigma'_0} \right), \dots\dots\dots(7.1-6)$$

式中， C_c 為壓縮指數(compression index)。

(二)過壓密條件($\sigma'_0 < \sigma'_c$)

- 純過壓密土壤($\sigma'_0 + \Delta \sigma < \sigma'_c$)

$$S = \frac{C_e}{1 + e_0} h \log \left(\frac{\sigma'_0 + \Delta \sigma}{\sigma'_0} \right), \dots\dots\dots(7.1-7)$$

式中， C_e 為膨脹指數(expansion index).

- 部分過壓密及部分正常壓密土壤($\sigma'_0 + \Delta \sigma > \sigma'_c$)

$$S = \frac{C_e}{1 + e_0} h \log \frac{\sigma'_c}{\sigma'_0} + \frac{C_c}{1 + e_0} h \log \left(\frac{\sigma'_0 + \Delta \sigma}{\sigma'_c} \right), \dots\dots\dots(7.1-8)$$

(三)壓密中土壤($\sigma'_0 > \sigma'_c$)

$$S = \frac{C_c}{1 + e_0} h \log \frac{\sigma'_0 + \Delta \sigma}{\sigma'_c}, \dots\dots\dots(7.1-9)$$

假設總應力不變條件下 $d\sigma_v = 0$ ，則可得 $\Delta\sigma_v = 0$ ，即 $\Delta\sigma = -\Delta\mu$ ，意即各土層單元其有效應力增量可由土層超額孔隙水壓力變化得之。

令，

$$\Delta\sigma_i^{n+1} = -\left(\frac{u_i^{n+1} + u_{i+1}^{n+1}}{2} - \frac{u_i^n + u_{i+1}^n}{2}\right) \quad i = 1, \dots, M, \quad n = 0, \dots, N. \quad (7.1-10)$$

採用上式求得計算土層之有效應力增量，配合各壓密條件下之主壓密沉陷公式，以非耦合方式求解因地下水水位變化造成孔隙水壓消散所引致之地層下陷量。

五、模式驗證

為驗證數值模式之正確性，本研究採用 Taylor(1948)&Leonards(1962)以 Fourier 級數展開，所提出之 Terzaghi 單向度壓密方程式解析解與本模式之計算結果進行比較。茲將 Terzaghi 單向度壓密解析解驗證過程之邊界及初始條件分述如下，

- 可壓縮土層(厚度 $2H$)之頂面及底面可完全排水。
- 起始超額孔水壓 u_i 等於邊界地下水位洩降量 Δh 。

上述邊界和起始條件可表示為，當 $z = 0$ 或 $2H$ 時， $u = 0$ ；當 $t = 0$ 時， $u = u_i = (h - h_0)$ 。當起始超額孔隙水壓 u_i 是深度 z 的函數時，Terzaghi 壓密方程式之解析解可以下式來表示，

$$u = \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{1}{H} \int_{z=0}^{z=2H} u_i \sin \frac{n\pi z}{2H} dz \right) \sin \frac{n\pi z}{2H} \exp \left(\frac{-c_v t n^2 \pi^2}{4H^2} \right), \quad (7.1-11)$$

起始超額孔隙水壓 u_i 之分佈為定值時，其解析解形式如下所示，

$$u = u_i \sum_{n=0}^{\infty} \frac{4}{(2n+1)\pi} \sin \left(\frac{2n+1}{2} \pi Z \right) \times \exp \left[\frac{(2n+1)^2}{4} \pi^2 T \right], \quad (7.1-12)$$

式中， T_v ：時間之無因次量，

Z ：深度之無因次量(介於 0-1)，

其與壓密係數 C_v 之關係可表示為，

$$T = \frac{C_v t}{H_{dr}^2} = \frac{k(1+e_0)t}{a_v \gamma_w H_{dr}^2}, \quad (7.1-13)$$

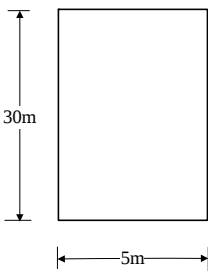
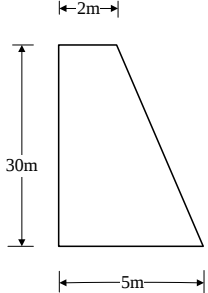
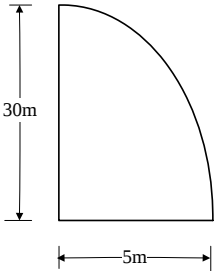
$$Z = \frac{z}{H_{dr}}, \dots\dots\dots(7.1-14)$$

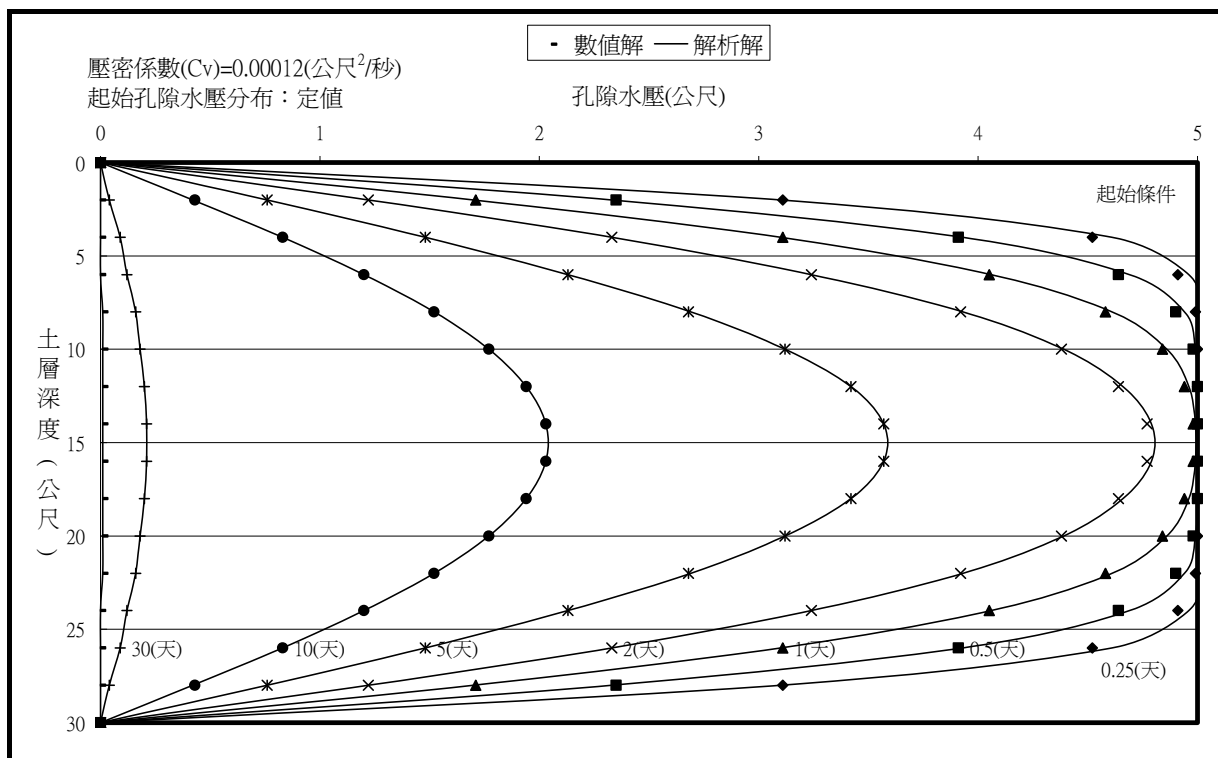
式中， t ：自壓密作用開始所經過之時間，

H_{dr} ：水於壓縮性土層中到達自由排水邊界之最長排水路徑。

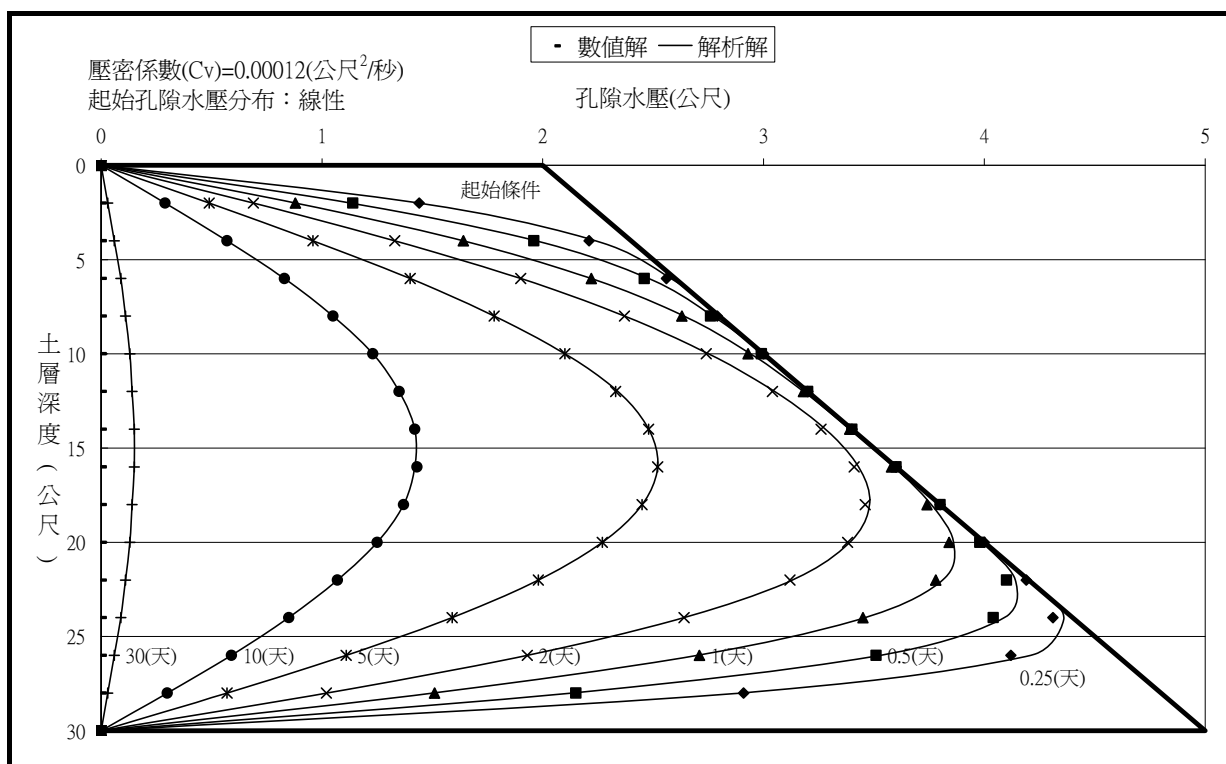
本研究除採用上述起始孔隙水壓為定值之條件外，亦以孔隙水壓分佈為線性及半正弦函數，進行一維地層下陷數值模式之計算工作，並將計算結果與解析解比較，以驗證本模式孔隙水壓計算結果之準確性，各項計算參數之設定值(如壓密係數 C_v 、邊界條件、土層厚度)，列如附表 7.1-1 所示。附圖 7.1-2 為三種不同起始條件分佈下，超額孔隙水壓隨時間之消散過程，由圖可知，本模式之超額孔隙水壓計算可以得到相當不錯之結果，證明本模式孔隙水壓計算之可信度。

附表 7.1-1 數值模式孔隙水壓驗證各項設定參數綜整表

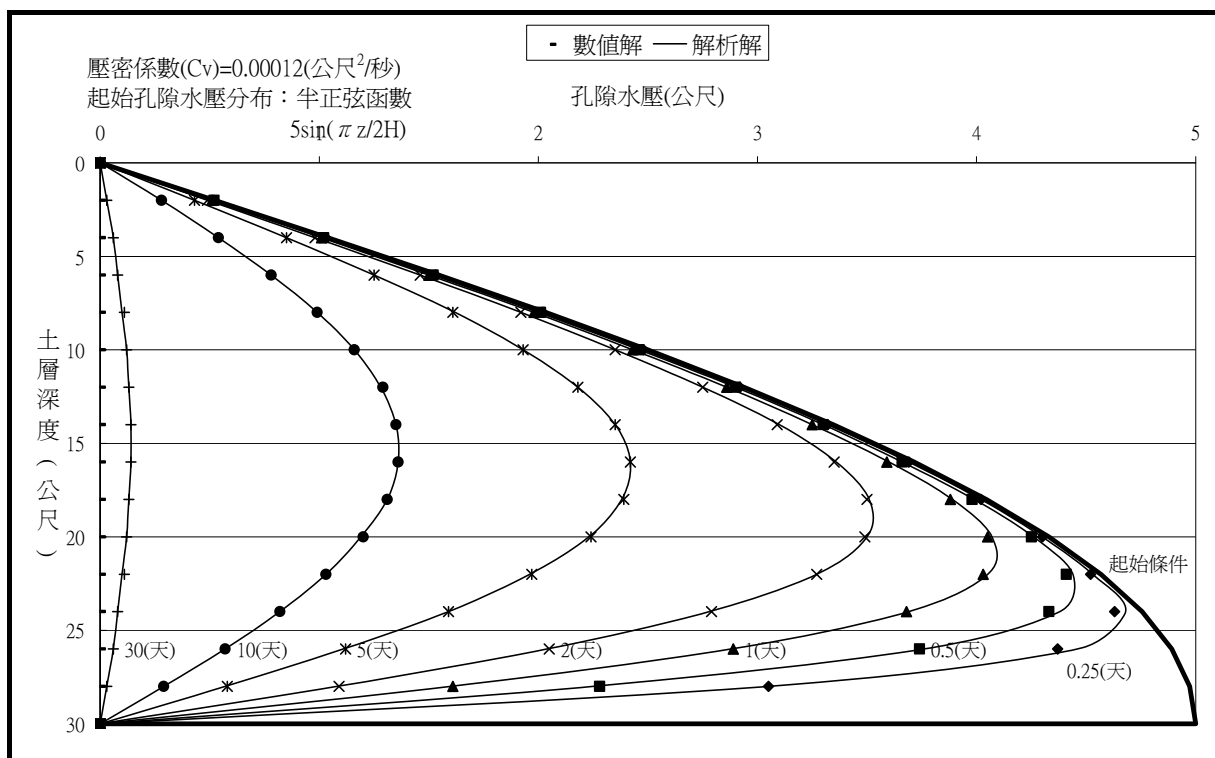
起始孔隙水壓 分佈類型	定值	線性	半正弦
邊界條件	$U_s=5$ $U_b=5$	$U_s=2$ $U_b=5$	$U_s=0$ $U_b=5$
土層厚度 $2H(m)$	30	30	30
函數型態	$U(z) = U_s$	$U(z) = U_s + (U_b - U_s) \frac{z}{2H}$	$U(z) = U_b \sin(\pi z / 2H)$
壓密係數 $C_v(m^2/sec)$	0.00012	0.00012	0.00012
起始孔隙水壓 分佈圖			



附圖 7.1-2 一維壓密方程式數值與解析解(定值)



附圖 7.1-2 (續 1)一維壓密方程式數值與解析解(線性)



附圖 7.1-2 (續 2)一維壓密方程式數值與解析解(半正弦)

附 7.2 參數優選-共軛梯度方向法

一、影響係數矩陣

一般系統分析或系統規劃問題可以由附圖 7.2-1 所示，其中輸入項即是控制變量，而輸出項即是觀測變量，而系統的流程是接受輸入，經由系統反應過程與系統參數而得到輸出。假設系統參數不會隨時間而改變，因此只要系統參數以及系統反應過程確定，那麼輸入與輸出之間就有固定可依循之關係。當輸出(觀測變量)已知時，可以藉著不斷調整或修正輸入(控制變量)而改善模擬觀測變量與實際觀測變量之差距，此即是系統輸入值之優選過程，優選過程之計算流程如附圖 7.2-2 所示。令 $\bar{p}$ 代表由期望推估參數所組成之向量值，並且取目標函數為計算值與觀測值誤差平方和之最小值，即，

$$\min. z_p = f(\bar{p}) \quad \dots\dots\dots (7.2-1)$$

$$f(\bar{p}) = [e(\bar{p})]^T [e(\bar{p})] \dots\dots\dots (7.2-2)$$

此處 $[e(\bar{p})]$ 稱為誤差向量，就此問題而言， $f(\bar{p})$ 是非線性函數，其以 $\bar{p}_0$ 為中心之 Taylor 展開式如下，

$$[e(\bar{p})] = [e(\bar{p}_0)] + [C_f][\Delta p] + \text{高階微分項} , \dots\dots\dots(7.2-3)$$

$$[C_f] = \begin{bmatrix} \frac{\partial e_1}{\partial p_1} & \frac{\partial e_1}{\partial p_2} & \dots\dots\dots & \frac{\partial e_1}{\partial p_m} \\ \frac{\partial e_2}{\partial p_1} & \frac{\partial e_2}{\partial p_2} & \dots\dots\dots & \frac{\partial e_2}{\partial p_m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial e_n}{\partial p_1} & \frac{\partial e_n}{\partial p_2} & \dots\dots\dots & \frac{\partial e_n}{\partial p_m} \end{bmatrix} , \dots\dots\dots(7.2-4)$$

$[C_f]$ 即為影響係數矩陣(influence coefficient matrix) (Becker and Yeh,1972)， $\bar{p}_0$ 是 $\bar{p}$ 之起始推估值，則 $\Delta\bar{p} = \bar{p} - \bar{p}_0$ 。將式(7.2-3)代入式(7.2-2)中，並且忽略式(7.2-3)之高階微分項，則可得，

$$f(\bar{p}) = [\Delta p]^T[A][\Delta p] + [B]^T[\Delta p] + f(\bar{p}_0) , \dots\dots\dots(7.2-5)$$

其中 $[A] = [C_f]^T[C_f]$ ， $[B] = 2[C_f]^T[e(\bar{p}_0)]$ ， $f(\bar{p}_0) = [e(\bar{p}_0)]^T[e(\bar{p}_0)]$ 。

為了使參數推估結果在合理範圍內，在目標函數之外另外給予其他限制式。本研究取未知係數之限制值如下，

$$p_{\min_i} \leq p_i \leq p_{\max_i} , \quad i=1,2,3,\dots,m , \dots\dots\dots(7.2-6)$$

其中， $\bar{p}_{\min}$ 是未知參數之最小值， $\bar{p}_{\max}$ 是未知參數之最大值。定義 $\bar{u} = \bar{p} - \bar{p}_{\min}$ ，則式(7.2-5)及式(7.2-6)可以轉換成標準之二次規劃式(quadratic programming)如下：

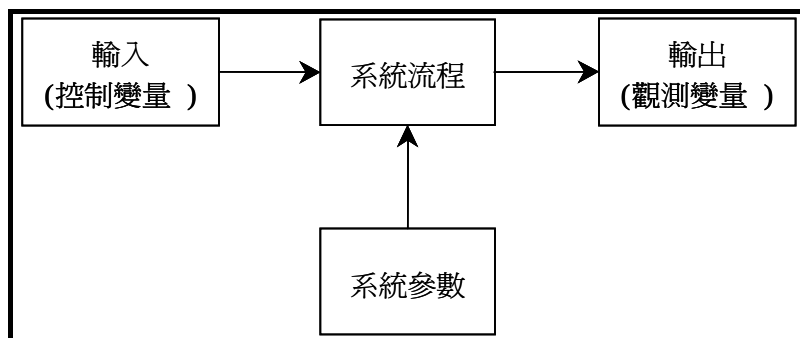
$$\min. Z_u = f(\bar{u}) + f(\bar{u}_0) , \dots\dots\dots(7.2-7)$$

$$f(\bar{u}) = [u]^T[A][u] + [W]^T[u] , \dots\dots\dots(7.2-8)$$

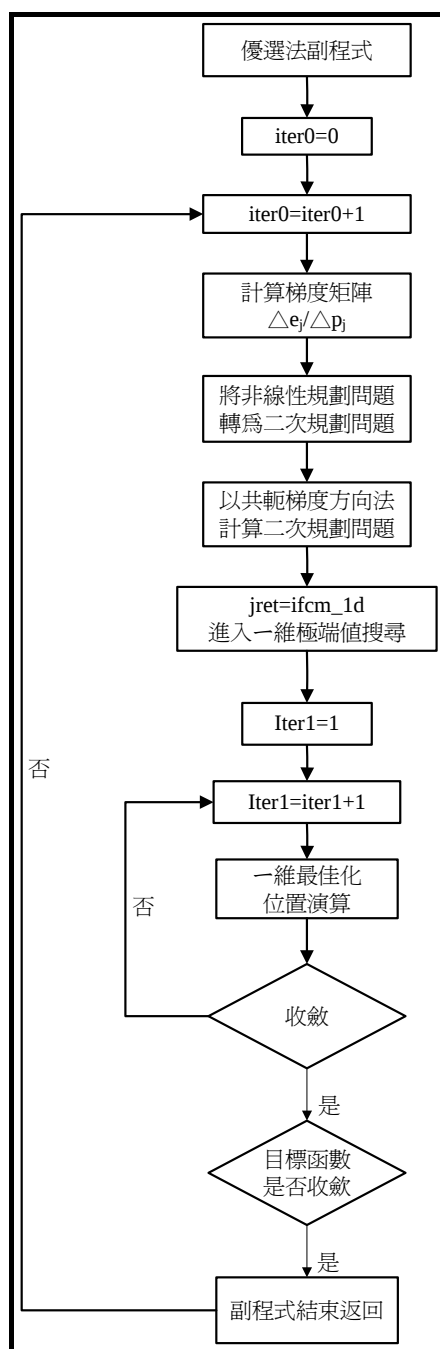
$$[0] \leq [u] \leq [u_{\max}] , \dots\dots\dots(7.2-9)$$

上式中， $[W] = ([B] - 2[A]^T[P_{\min}] + 2[A]^T[P_0])$ ， $[u_{\max}] = [P_{\max}] - [P_{\min}]$ 。

求解上式之二次規劃問題本研究採用共軛梯度方向法(conjugate direction method)。



附圖 7.2-1 系統流程示意圖



附圖 7.2-2 優選法運算流程

二、共軛梯度方向法

若 $\bar{S}_i$ 與 $\bar{S}_j$ 稱為二次函數 $Q(x)=[x]^T[C][x]+[P]^T[x]$ 的共軛方向，則 $\bar{S}_i, \bar{S}_j$ 滿足 $[S_i]^T[C][S_j]=0$ 。令 $[x_1]$ 為起始位置，沿 $\bar{S}_1$ 方向求得之極小值為 $[x_2]$ ，即 $[x_2]=[x_1]+\lambda_1[S_1]$ ，再以 $[x_2]$ 為起始位置，沿任意選取方向 $\bar{S}_2$ 求得此方向上極小值之位置為 $[x^*]$ ，即 $[x^*]=[x_2]+\lambda_2[S_2]$ 。若 $\bar{S}_1, \bar{S}_2$ 共軛，則 $[x^*]$ 即為由 $[x_1]$ 及 $\bar{S}_1, \bar{S}_2$ 所決定的二維空間上的極小值，相關證明過程分述如后。

$\bar{x} = \bar{x}_1 + \alpha_1 \bar{S}_1 + \alpha_2 \bar{S}_2$ 代表由 $\bar{x}_1$ 及 $\bar{S}_1, \bar{S}_2$ 所決定的二維空間參數式(即此二維空間上之所有可能位置由上式決定)，則在此二維空間中之二次函數值 $Q(\bar{x}) = Q(\bar{x}_1 + \alpha_1 \bar{S}_1 + \alpha_2 \bar{S}_2)$ ，將 $Q(\bar{x})$ 展開，

$$Q(\bar{x}) = Q(\bar{x}_1 + \alpha_1 \bar{S}_1 + \alpha_2 \bar{S}_2), \dots\dots\dots(7.2-10)$$

將上式以矩陣符號展開如下，

$$\begin{aligned} Q(x) &= \{[x_1] + \alpha_1[S_1] + \alpha_2[S_2]\}^T[C]\{[x_1] + \alpha_1[S_1] + \alpha_2[S_2]\} \\ &\quad + [P]^T\{[x_1] + \alpha_1[S_1] + \alpha_2[S_2]\} \\ &= \alpha_1^2[S_1]^T[C][S_1] + 2\alpha_1\alpha_2[S_1]^T[C][S_2] + 2\alpha_1[S_1]^T[C][x_1] \\ &\quad + 2\alpha_2[S_2]^T[C][x_1] + \alpha_2^2[S_2]^T[C][S_2] + [x_1]^T[C][x_1] \\ &\quad + \alpha_1[P]^T[S_1] + \alpha_2[P]^T[S_2] + [P]^T[x_1] \\ &= \alpha_1^2[S_1]^T[C][S_1] + \alpha_2^2[S_2]^T[C][S_2] + \alpha_1[S_1]^T[G_1] + \alpha_2[S_2]^T[G_1] \\ &\quad + [x_1]^T[C][x_1] \end{aligned}, \dots\dots\dots(7.2-11)$$

式中， $[G_1] = 2[C][x_1] + [P]$ 。

令 $Q_\alpha(\alpha_1, \alpha_2) = Q(x)$ ，由微分法則知 $Q_\alpha(\alpha_1, \alpha_2)$ 在 $\frac{\partial Q_\alpha}{\partial \alpha_1} = \frac{\partial Q_\alpha}{\partial \alpha_2} = 0$ 時，有大域極小值，

$$\frac{\partial Q_\alpha}{\partial \alpha_1} = 2\alpha_1^*[S_1]^T[C][S_1] + [S_1]^T[G_1] = 0, \dots\dots\dots(7.2-12)$$

$$\frac{\partial Q_\alpha}{\partial \alpha_2} = 2\alpha_2^*[S_2]^T[C][S_2] + [S_2]^T[G_1] = 0, \dots\dots\dots(7.2-13)$$

由式(7.2-12)及式(7.2-13)可求解得，

$$\alpha_1^* = -\frac{[S_1]^T[G_1]}{2[S_1]^T[C][S_1]}, \dots\dots\dots(7.2-14)$$

$$\alpha_2^* = -\frac{[S_2]^T [G_1]}{2[S_2]^T [C][S_2]}, \dots\dots\dots(7.2-15)$$

亦即說明了在 (α_1, α_2) 的參數平面上之極小值為 (α_1^*, α_2^*) ，其相對應之二次函數位置為 $\bar{x}_\alpha = \bar{x}_1 + \alpha_1^* \bar{S}_1 + \alpha_2^* \bar{S}_2$ 。

若以 $\bar{x}_1$ 為起始值沿 $\bar{S}_1$ 求得極小值為 $\bar{x}_2$ 之位置， $\bar{x}_2 = \bar{x}_1 + \lambda_1^* \bar{S}_1$ 。令 $Q(\bar{x}) = Q(\bar{x}_1 + \lambda_1 \bar{S}_1)$ ，當 $\frac{\partial Q(\bar{x})}{\partial \lambda_1} = 0$ 時，求得 λ_1^* ，而 λ_2^* 可表示如下，

$$\lambda_2^* = -\frac{[S_2]^T \{2[C][x_2] + [P]\}}{2[S_2]^T [C][S_2]}, \dots\dots\dots(7.2-16)$$

將 $[x_2] = [x_1] + \lambda_1^* [S_1]$ 代入上式，

$$\begin{aligned} \lambda_2^* &= -\frac{[S_2]^T \{2[C][x_1] + [P] + 2[C]\lambda_1^* [S_1]\}}{2[S_2]^T [C][S_2]} \\ &= -\frac{[S_2]^T [G_1]}{2[S_2]^T [C][S_2]} - \frac{2\lambda_1^* [S_2]^T [C][S_1]}{2[S_2]^T [C][S_2]} \\ &= -\frac{[S_2]^T [G_1]}{2[S_2]^T [C][S_2]}, \dots\dots\dots(7.2-17) \end{aligned}$$

上式亦說明了， $\bar{x}_\lambda = \bar{x}_2 + \lambda_2^* \bar{S}_2 = \bar{x}_1 + \lambda_1^* \bar{S}_1 + \lambda_2^* \bar{S}_2$ 。又 $\lambda_1^* = \alpha_1^*$ ， $\lambda_2^* = \alpha_2^*$ ，所以 $\bar{x}_\alpha = \bar{x}_\lambda$ 。因此，當 $\bar{S}_1, \bar{S}_2$ 互為共軛方向時，則連續以 $\bar{S}_1, \bar{S}_2$ 尋得之極小值位置必為包含 $\bar{x}_1, \bar{S}_1$ 及 $\bar{S}_2$ 之大域極小值。推廣至 n 維空間，若 $\bar{S}_1, \bar{S}_2, \dots, \bar{S}_n$ 互為共軛，亦即，

$$[S_i]^T [C][S_j] = 0, \quad i \neq j, \quad i, j = 1, 2, \dots, n, \quad \dots\dots\dots(7.2-18)$$

則連續以 $\bar{S}_1, \bar{S}_2, \dots, \bar{S}_n$ 尋得之極小值位置必為此 n 維空間中之大域極小值。且若 $\bar{S}_1, \bar{S}_2, \dots, \bar{S}_n$ 映成 n 維空間，則此極小值之位置與起始位置 $\bar{x}_1$ 無關。由共軛梯度方向法得到 $\bar{u}$ 後，由 $\bar{u} = \bar{p} - \bar{p}_{\min}$ 計算 $\bar{p}$ ，再由 $\Delta \bar{p} = \bar{p} - \bar{p}_0$ 得到 $\Delta \bar{p}$ 。然而 $\Delta \bar{p}$ 是在 Taylor 展開式中忽略二階以上微分項後得到的，為了得到 $\Delta \bar{p}$ 方向上之最佳值，令 $\bar{p} = \bar{p}_0 + \lambda_p \Delta \bar{p}$ 。若 $\lambda_p = 1$ 表

示誤差向量是線性函數。一般而言 $\lambda_p \neq 1$ ，此時再把 λ_p 當作一個變數，並且利用一維的極端值求法決定 λ_p ，以獲得最佳參數推估值。

附 7.3 地面荷重影響分析功能

抽水導致地層下陷之主要機制係抽水時孔隙水壓改變引發孔隙水體流動，因土體需滿足力平衡條件，肇致土壤有效應力之變化進而產生土體變形，本研究已完成因抽水導致地層下陷之壓密量化分析模式，惟土體變形為一複雜問題，爰此，本研究進一步考量土體因地表荷重增加，引致土層應力增量變化產生變形之行為模式，推估地表荷重所引致之沉陷量。相關之計算原理與流程，分述如后，

一、土層沉陷計算模式

承受地表載重之土層其沉陷主要可概分為兩種型式：彈性沉陷(S_e)與壓密沉陷(S_c)，彈性沉陷於地表加入載重瞬間即已完成，本計畫於彈性沉陷僅考慮載重對砂土層之影響；而壓密沉陷則與時間有關，且為飽和黏土層中孔隙水排出所產生，爰此，地表載重所造成土層之總沉陷量約為砂土層彈性沉陷與黏土層壓密沉陷之總和。彈性沉陷與壓密沉陷之相關計算方法為，

(一)彈性沉陷

當地表受到單位面積之載重等於 q_0 之荷重時，瞬時沉陷可以表示如下(Harr,1966)，

$$S_e = \frac{Bq_0}{E_s}(1-\mu_s^2)\alpha, \dots\dots\dots(7.3-1)$$

其中， B 為寬度、 q_0 為地表載重、 E_s 為楊氏模數、 μ_s 為柏松比、 α 為與長寬度比值有關之參數。(7.3-1)式中有關各種土壤之楊氏模數與柏松比係數如附表 7.3-1 所示。

(二)壓密沉陷

壓密沉陷為飽和黏土層承受地表載重所增加之應力增量，因黏土層孔隙水壓消散，轉換為黏土層之有效應力增量，所引致黏土層沉陷。因此，需先行計算計算不同深度黏土層於地表載重下所增加

之應力，配合一維地層下陷數值模式與優選模式，計算孔隙水壓隨時間消散之歷程，並以單向度壓密沉陷公式計算不同深度黏土層之壓密沉陷量

附表 7.3-1 各種土壤之彈性參數

土壤	楊氏模數(×103KN/m ²)	柏松比
鬆砂	10.35-24.15	0.20-0.40
中等緊密砂	17.25-27.60	0.25-0.40
緊密砂	34.50-55.20	0.30-0.45
粉質砂土	10.35-17.25	0.20-0.40
砂和礫石	69.00-172.50	0.15-0.35
軟弱黏土	2.07-5.18	-
中稠黏土	5.18-10.35	0.20-0.50
硬黏土	10.35-24.15	-

資料來源：基礎工程原理，文笙書局。

二、應力增量

不同深度土層因地表載重所增加之應力隨載重型式之差異而有不同之計算方法，本研究分別採用地表載重為路堤與土堆之型式，計算因地表載重條件下不同深度土層之應力增量，配合彈性沉陷與壓密沉陷計算模式，推估因地表荷重增加，引致土層應力增量變化而產生之變形。

(一)路堤型式

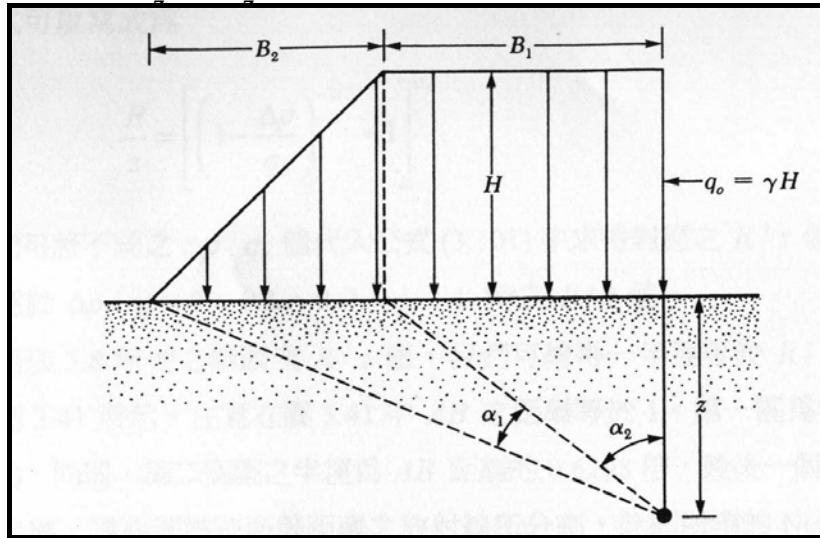
一高度為 H 之路堤剖面(如附圖 7.3-1 所示)，由路堤載重情況所引致之垂直應力增量可表示如下，

$$\Delta p = \frac{q_0}{\pi} \left[\left(\frac{B_1 + B_2}{B_2} \right) (\alpha_1 + \alpha_2) - \frac{B_1}{B_2} (\alpha_2) \right], \dots\dots\dots (7.3-2)$$

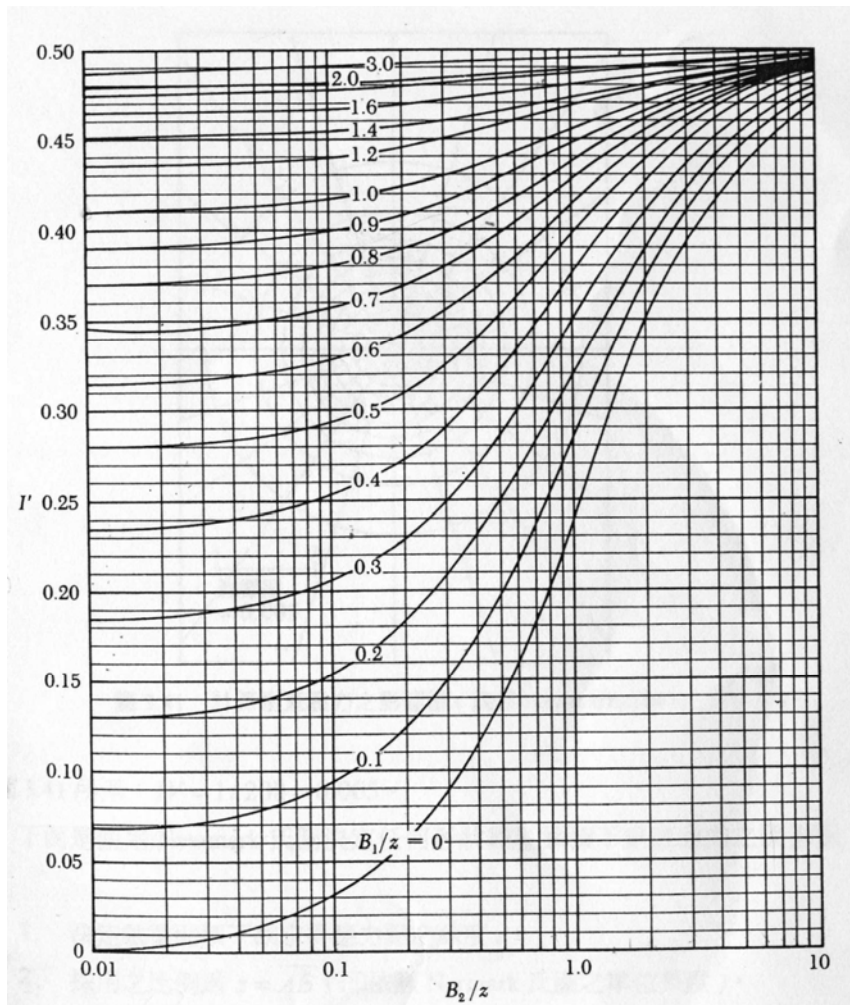
其中，H 為路堤高度、 q_0 為載重、 B_1 及 B_2 為路堤寬度、 α_1 及 α_2 為弧度，上式可簡化表示如下，

$$\Delta p = q_0 I' , \dots\dots\dots (7.3-3)$$

其中， I' 為 $\frac{B_1}{z}$ 和 $\frac{B_2}{z}$ 之函數，其變化之關係如附圖 7.3-2 所示。



附圖 7.3-1 路堤載重示意圖



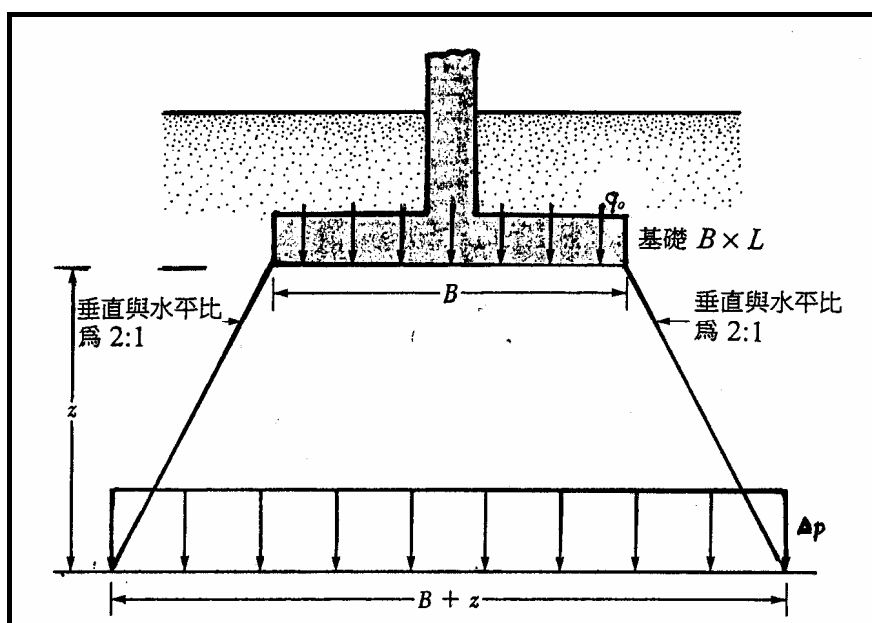
附圖 7.3-2 路堤載重之影響值 I' (取自 Osterberg, 1957)

(二)基礎載重型式

採用 2:1 比例法計算基礎載重，土層應力增量隨深度變化量(如附圖 7.3-3 所示)，於某一深度之應力增量可表示如下，

$$\Delta p = \frac{q_0 \times B \times L}{(B + z)(L + z)} , \dots\dots\dots(7.3-4)$$

其中， q_0 為載重、 B 為土堆寬度、 L 為土堆長度、 z 為地表下深度。



附圖 7.3-3 基礎下應力增加量 2:1 計算法

附錄八 環評審查意見回覆

「大安大甲溪水源聯合運用輸水工程規劃-大甲溪下游地下水影響評估」 期末報告審查意見辦理情形說明

一、時間：民國 97 年 8 月 22 日（星期五）下午 2 時 00 分

二、地點：行政院環保署

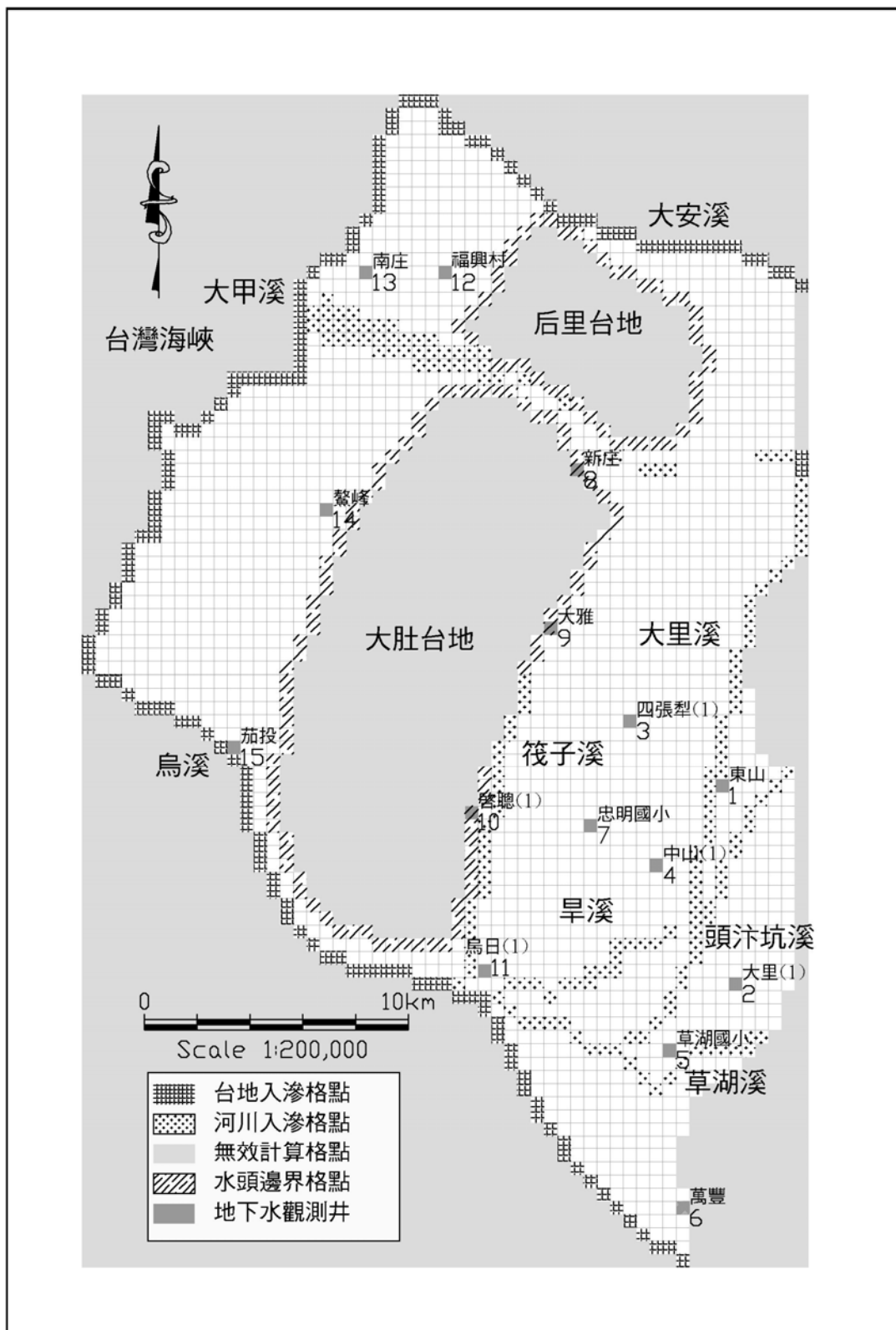
委員意見	辦理情形說明
(一)林委員鎮洋	
3. 附件十五 MODFLOW 的 Calibration 與 Verification 應予補充，模擬時宜因應水文地質的不同而予分區，並分別評估 unconfined 及 confined aquifer 影響(PS.既主要為卵礫、砂層組成， $K=10^{-5}$ m/s 合理性，請說明)。	3. 本計畫分析區域內可資參考之水文地質、抽水量等資料較為缺乏且部分觀測資料調查期間不及 2 年，因此本計畫僅能以觀測站平均地下水位值進行參數檢定，以建構影響評估之背景條件，本計畫將參酌委員建議依水文地質條件進行分區，並分析自由含水層及拘限含水層之影響。檢定結果參見附件二。
(二)郭委員鴻裕	
6. 書面說明本案開發影響河床入滲量僅 0.17 億噸，平均每日為 4 萬噸/天，但本開發引用大甲溪水每日達 13 萬噸，如何達成平衡。	6. 為減少開發計畫對環境影響，除提高生態基流量為 3cms 外，另將積極宣導民眾申請「無自來水地區供水改善計畫補助」，增加自來水接管率，提高使用自來水普及率，減少地下水抽用。
8. 書面資料附件十五，附表 15-5 地下水位比渠底高 16 公尺，可能嗎？	8. 此為引用台中地區地下水觀測站網觀測及相關調查之研究資料內插推計而得，其所顯示者係河岸台地地下水水位與河床高程之差異值。
(三)台灣生態學會	
3. 地下水下陷只提台中都會區下陷 30~50cm，應補充其他地區地下水下陷資料。	3. 本計畫以大甲溪河川底泥滲透係數 5×10^{-6} m/sec 模擬分析 30 年水文條件，分析成果為目標年無聯合運用輸水工程計畫大甲溪入滲量為 1.033 億立方公尺，目標年有聯合運用輸水工程計畫大甲溪入滲量為 0.961 億立方公尺，輸水工程計畫實施後較無實施大甲溪入滲量減少 0.072 億立方公尺。因大甲溪河川入滲量減少對地下水環境之影響，茲分台中都會區及大甲溪下游之大甲與清水等沖積扇平原兩區域說明計畫實施後與計畫無實施之地下水位變化。台中都會區地下水下降幅度最大之鄉鎮為北屯區，其地下水位下降 0.12 公尺，都會

委員意見	辦理情形說明
	區各鄉鎮平均地下水位下降約0.05公尺 ~ 0.07公尺間；大甲及清水沖積扇地下水位下降幅度最大之鄉鎮為清水鎮，其地下水位下降0.98公尺，沿海沖積扇各鄉鎮平均地下水位下降約0.17公尺 ~ 0.39公尺間。

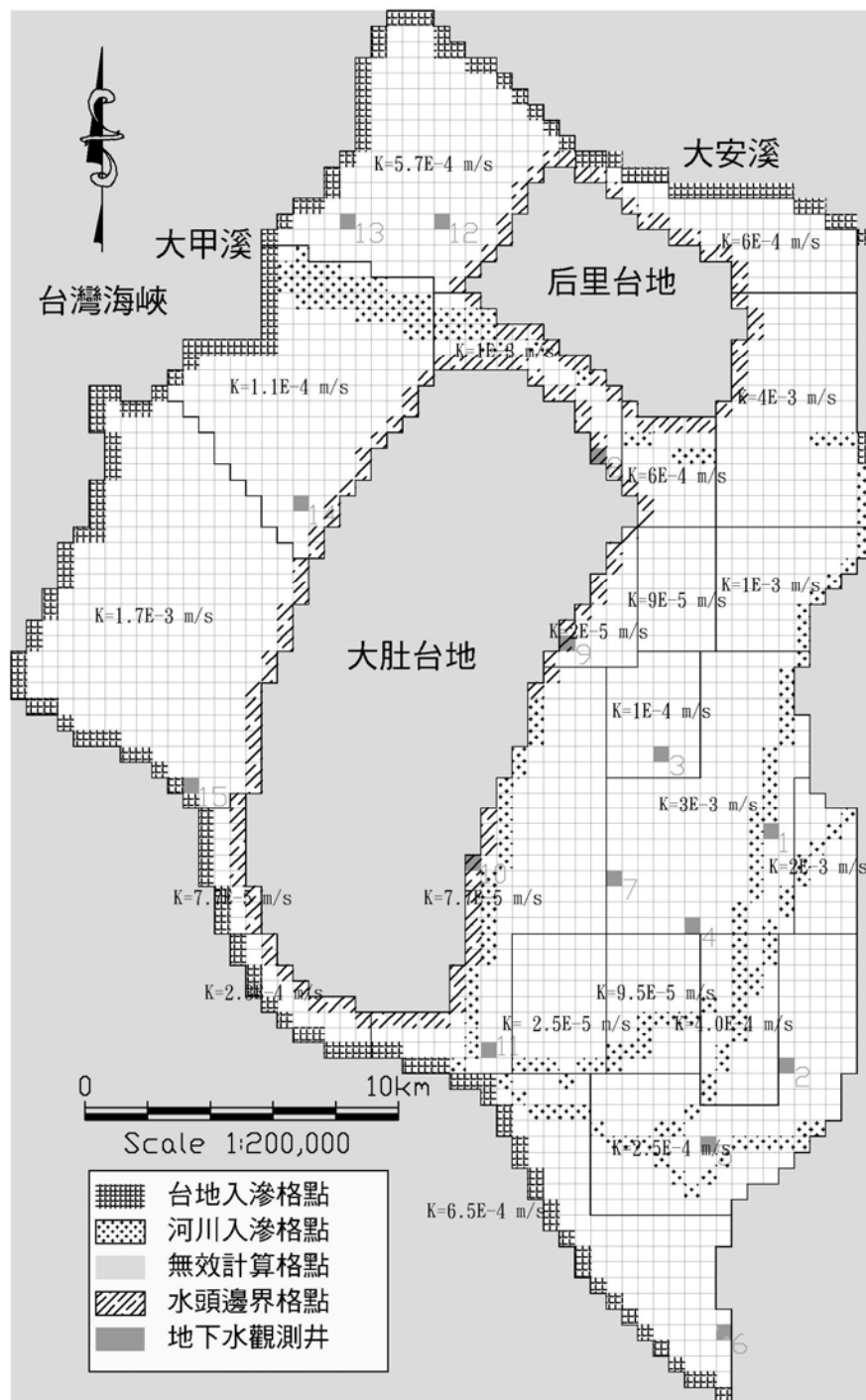
附件二 參數檢定

地下水模式是否能夠確實反映模擬情境，除須掌握水文變量條件外，另外水文地質參數之給定亦相當重要。由於本計畫區屬地下水觀測站網計畫之第三期，礙於區位環境條件、優序安排，以及經費預算限制，本地區鑽探井之孔數較原規劃孔數少，且水文地質資料尚未整理出版，因此相當難以掌握本區之水文地質架構。本計畫區內之水文地質井記有中央地質調查研究所 8 站，分別為沿海地區之三光、高美、清水、梧棲、忠和及大肚等站與台中盆地地區之烏日站、大里站。此外，本計畫亦蒐集水利規劃試驗所(96)之「台中盆地地區作為人工湖可行性規劃」報告中所推估台中盆地地質格柵圖納入。

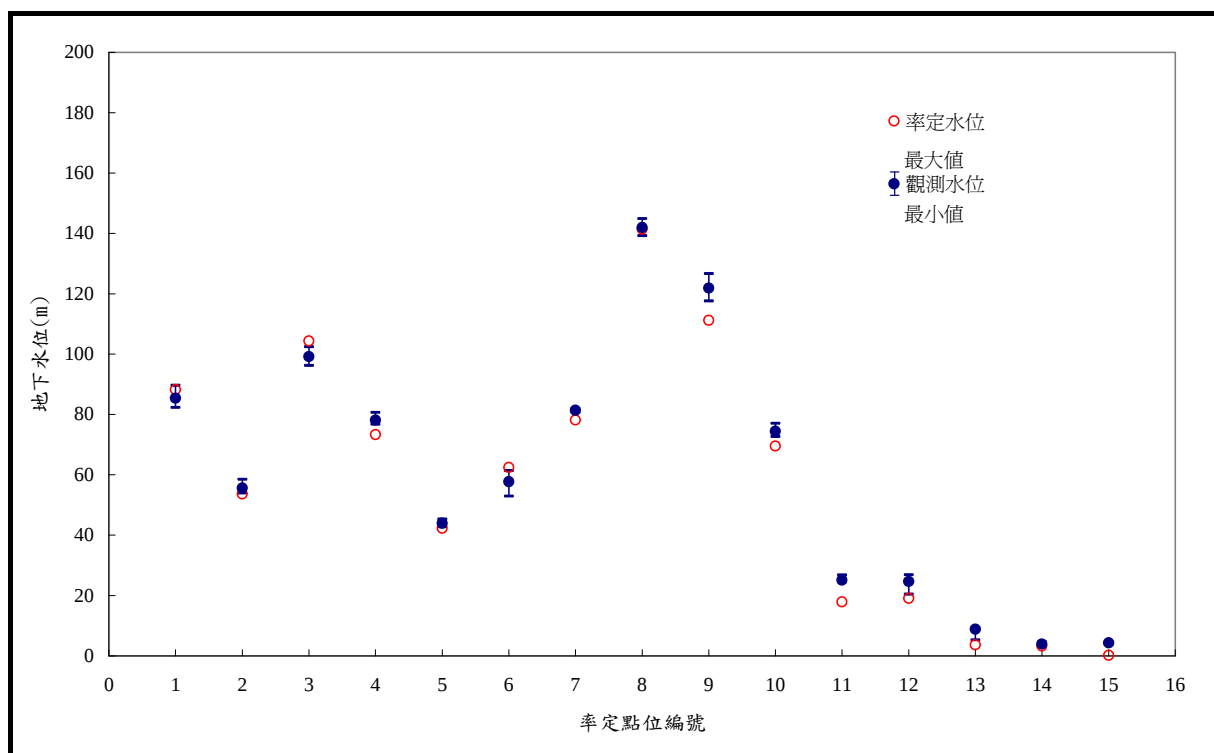
由於可茲參引之水力傳導係數實地試驗資料缺乏，因此本計畫衡酌各項輸入資料品質及其時空分布特性，參數檢定作業採以平均概念為之，即以現況 30 年大安溪，烏溪及大甲溪河川平均水位給定為邊界條件，同樣入滲及抽水量值亦採 30 年平均值給定之；以此條件進行參數檢定。檢定參數是否符合計畫需求，茲以記錄年限超過兩年之地下水位觀測井(其空間分布如附圖 2-1)所紀錄之最大月平均水位、平均水位及最小月平均水位之水位變動範圍，作為本計畫率定收斂與否判斷之參考值。附圖 2-2 及附表 2-1 為地下水位觀測值與以穩態水流計算水位值之計算值之比較，由圖表可知在諸多條件不充足的情況下，本計畫已能約略掌握地下水位變化的趨勢，以構建評估分析所需之環境背景條件。率定完成之水力傳導係數值其空間分佈如附圖 2-3 所示。



附圖 2-1 模式演算之地下水觀測井分布圖



附圖 2-3 滲透係數分布圖



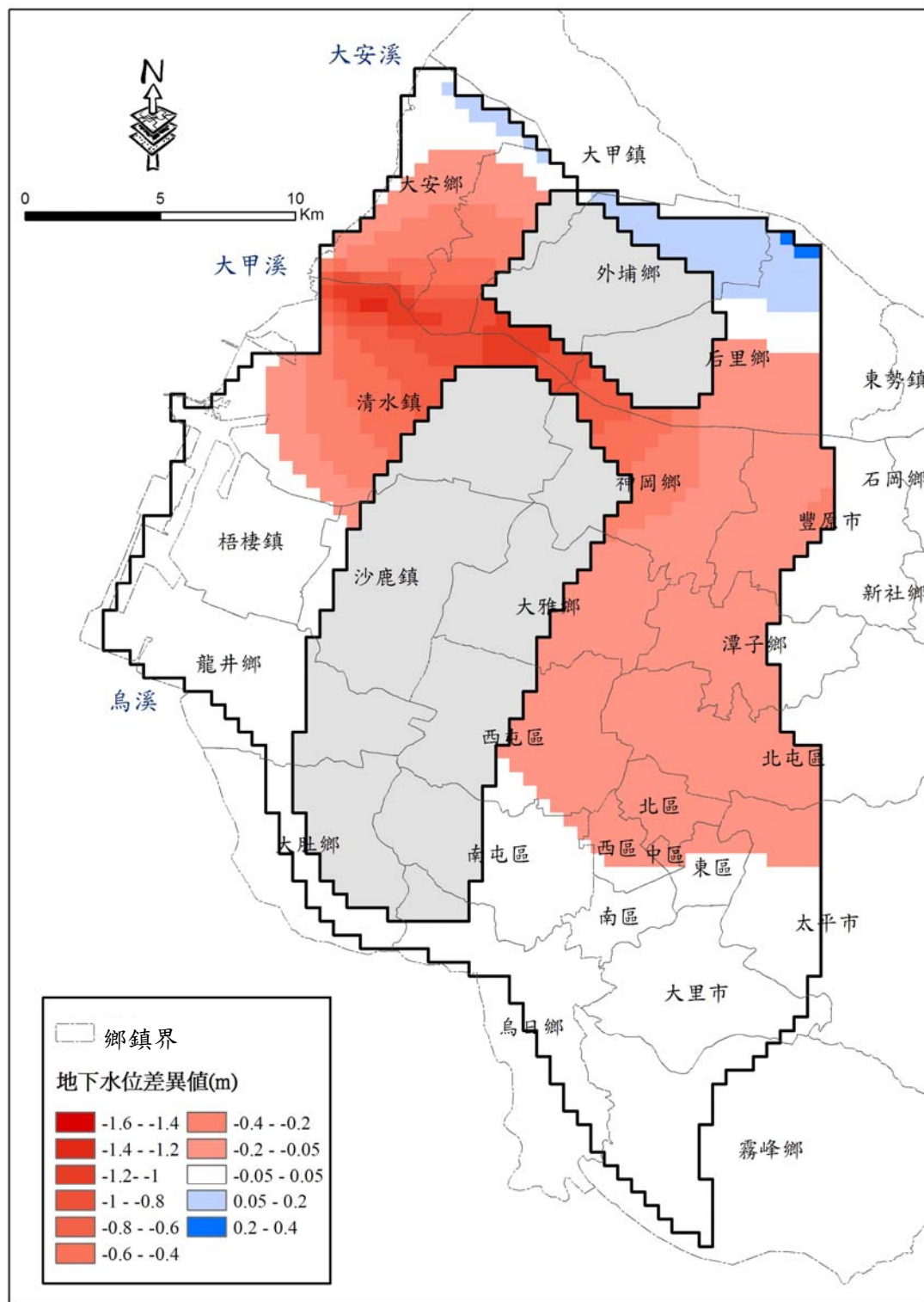
附圖 2-2 地下水位觀測值與計算值比較圖

附表 2-1 地下水位觀測值與計算值比較表

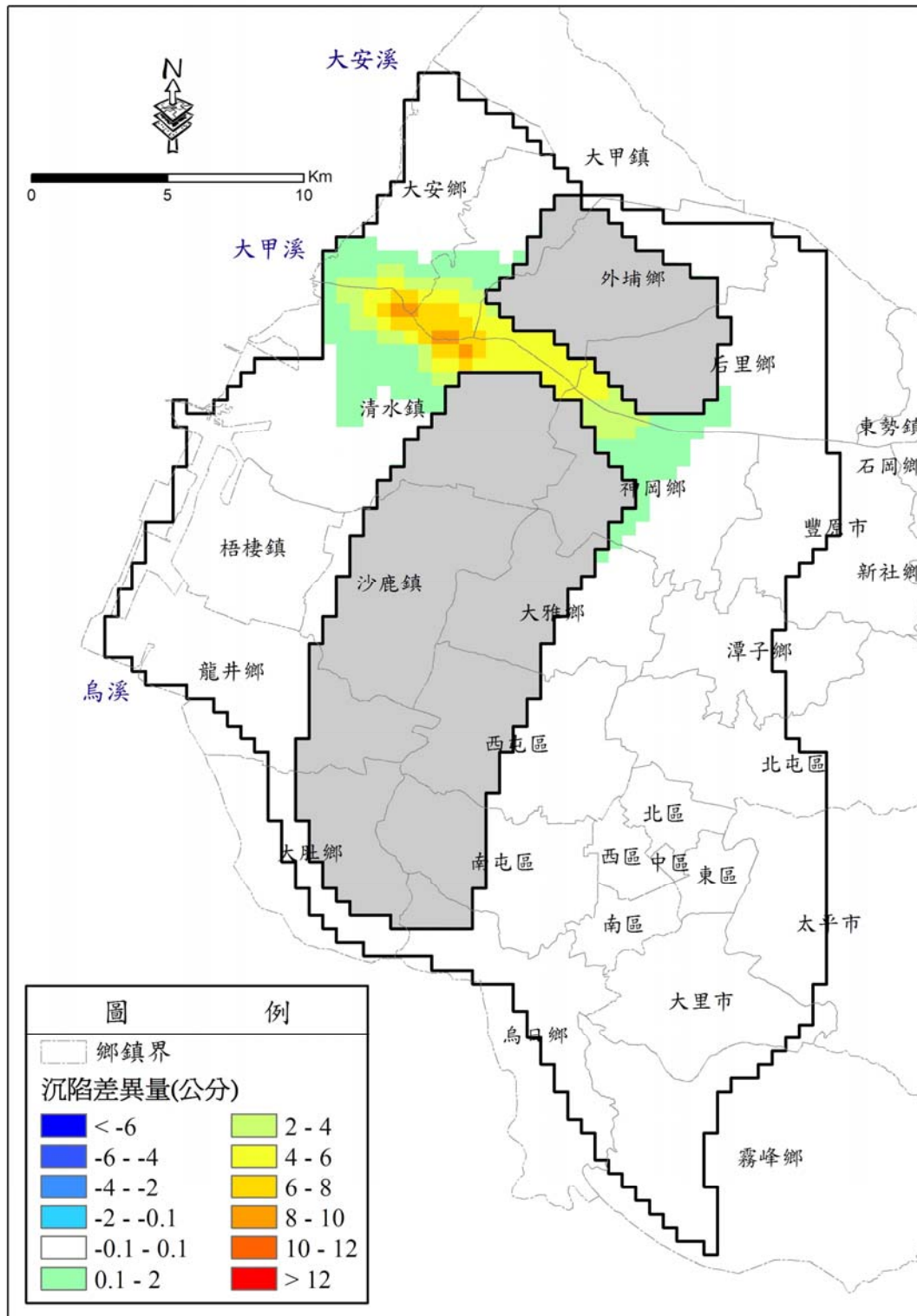
編號	井名	TMX_67	TMY_67	歷年觀測地下水位			計算值
				平均值	最大值	最小值	
1	東山	219670	2674170	85.38	89.64	82.34	88.23
2	大里(1)	220025.6	2666526	55.65	58.49	54.00	53.66
3	四張犁(1)	216303.9	2676875	99.16	102.49	96.26	104.36
4	中山(1)	217064.1	2671395	78.14	80.66	76.74	73.33
5	草湖國小	217635	2664005	43.98	45.35	42.79	42.34
6	萬豐	218070	2658215	57.71	61.40	52.96	62.43
7	忠明國小	214570	2672865	81.38	81.95	80.65	78.20
8	新庄	214170	2686335	141.94	144.93	139.28	141.42
9	大雅	213250	2680240	121.87	126.65	117.61	111.20
10	啟聰(1)	210102.5	2673131	74.47	77.06	72.65	61.84
11	烏日(1)	210980.1	2667122	25.10	26.84	24.56	69.52
12	福興村	209370	2693940	24.68	26.92	20.45	17.88
13	南庄	206240	2693983	8.85	9.29	5.34	19.11
14	鰲峰	204930	2684845	3.93	4.60	3.51	3.26
15	茄投	201465	2675655	4.33	4.71	3.72	0.19

附件三

考量大甲溪河床質含有 20%之泥砂，採河川底泥滲透係數 $5 \times 10^{-6} \text{ m/sec}$ 計算大甲溪河川入滲量。大安大甲溪水源聯合運用輸水工程計畫實施後之大甲溪年平均入滲量為 0.961 億立方公尺而計畫無實施之大甲溪年平均入滲量為 1.033 億立方公尺，計畫實施後較計畫無實施減少 7.21 百萬噸。本計畫另以美國地質調查研究所研發之地下水模式 MODFLOW 配合目標年有計畫實施與目標年無計畫實施之 30 年河川水文條件進行大甲溪河川入滲量減少對地下水環境影響評估。評估結果顯示大甲溪下游沿海清水鎮地水位下降幅度最大處為 0.98 公尺，其次為大甲鎮 0.83 公尺，沿海鄉鎮平均地下水下降為 0.17 公尺 ~ 0.39 公尺間；位於台中盆地之台中都會區，北屯區及西屯區地水位下降幅度最大處為 0.09 公尺，其次為北區及西區 0.06 公尺，台中都會區平均地下水下降為 0.05 公尺 ~ 0.07 公尺間。而由地下水位變化引致地層下陷量，其 30 年累積沉陷量之差異最大為 9.56 公分位於清水鎮，平均每年增加 0.32 公分。基本上，離大甲溪越遠地層下陷差異越小，約 1 公里外其 30 年累積下陷量差異在 3.0 公分以下(換言之，即每年影響之差異量在 0.1 公分以下)。



附圖 3-1 計畫實施後與計畫無實施模擬 30 年之地下水位差異



附圖 3-2 計畫實施後與計畫無實施 30 年累積地層下陷量差異圖

國家圖書館出版品預行編目資料

大安大甲溪水源聯合運用輸水工程規劃-大甲溪下游地下水影響評估= Assessment of the Impacts on Groundwater Environment Caused by Conjunctive Use of Taan and Dajia Rivers Water Resource /

巨廷工顧問股份有限公司

編著.-- 臺中縣霧峰鄉：水利署中區水資源局，

2008.11

面；公分

參考書目：面

ISBN 978-986-01-6045-1(平裝)

1. 地下水 2. 水資源 3.環境影響評估

443.86

97021593

大安大甲溪水源聯合運用輸水工程規劃-大甲溪下游地下水影響評估

出版機關：經濟部水利署中區水資源局

編著者：巨廷工程顧問股份有限公司

地址：台中縣霧峰鄉吉峰村中正路 1340 之 6 號

電話：(04)23320579

傳真：(04)23320484

網址：<http://www.wracb.gov.tw>

出版年月：2008 年 12 月

GPN 1009703100

ISBN 978-986-01-6045-1

版權所有，翻印必究



廉潔、效能、便民



經濟部水利署中區水資源局

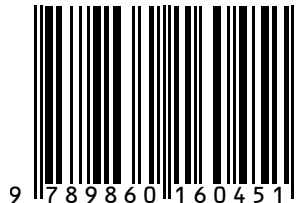
地址：台中縣霧峰鄉吉峰村中正路 1340-6 號

網址：<http://www.wracb.gov.tw/>

總機：(04)23320579

傳真：(04)23320484

ISBN 978-986-01-6045-1



9 789860 160451

GPN：1009703100

定價：新台幣 600 元