經濟部

MOEAWRA1010427

名竹盆地地下水源開發調查規劃

Investigation and planning of groundwater resource development on Minzu Basin

主辦機關：經濟部水利署水利規劃試驗所
執行單位：國立雲林科技大學
水土資源及防災科技研究中心

中華民國 102 年 8 月

名竹盆地地下水源開發調查規劃

Investigation and planning of groundwater resource development on Minzu Basin

主辦機關：經濟部水利署水利規劃試驗所
執行單位：國立雲林科技大學
水土資源及防災科技研究中心
編 著 者：黃紹揚、溫志超、李振誥

目　　錄

目　　錄 I
表　目　錄 V
圖　目　錄 IX
照　片　目　錄 XXI
摘　　要 摘-1
Abstract 英-1
結論與建議 結-1

第壹章　前言 1-1
　一、 計畫緣起與目的 1-1
　二、 計畫區域 1-1
　三、 工作項目 1-3
　四、 預期成果 1-7
第貳章　基本資料及文獻蒐集彙整分析 2-1
　一、 計畫區域概述 2-1
　　(一) 地形與地質 2-1
　　(二) 氣象 2-7
　　(三) 河川水文 2-8
　　(四) 地下水水文 2-14
　　(五) 土地利用概況 2-15
　　(六) 水資源利用概況 2-15
　　(七) 供水系統 2-23
　　(八) 計畫區域下游各標的用水 2-25
　二、 地下水庫開發案例蒐集與彙整 2-28
　　(一) 國內案例 2-28

(二) 國外案例 2-36
第參章　水文地質探測及地下水水文分析 3-1
一、 前期相關研究資料彙整.....3-5
二、 地球物理探測.....3-36
三、 水文地質鑽探.....3-54
四、 水文地質參數探查.....3-105
五、 簡易地下水觀測井建置與觀測 3-142
六、 地下水文分析.....3-157
(一) 水位歷時變化分析 3-157
(二) 水位等值線分析 3-171
(三) 地下水位與鄰近河川關連分析.....3-180
(四) 水位相關性分析 3-186
七、 水文地質架構.....3-191
第肆章　地下水水質監測 4-1
一、 地下水水質採樣及分析方法.....4-1
二、 計畫區域歷史水質資料分析.....4-4
三、 地下水水質採樣成果.....4-19
四、 地下水水質檢測成果分析.....4-21
第伍章　地面水水文監測 5-1
一、 監測站概述.....5-1
二、 監測方法.....5-4
三、 監測成果.....5-7
四、 名竹大橋及鯉魚大橋流量率定曲線繪製 5-12
第陸章　水源補注機制探討 6-1
一、 補注來源評估.....6-1
二、 河川基流量分析.....6-5

三、 河水及地下水交換量分析.....6-14
第柒章 含水層地下水儲水體積及變動量評估.....7-1
一、 含水層儲水體積評估.....7-1
二、 儲水體積變動量評估.....7-8
第捌章 地下水開發情境模擬及對週遭環境影響.....8-1
一、 地下水數值模式建置.....8-1
二、 地下水開發潛能評估.....8-8
(一) 地下水水資源可開發區域評析.....8-9
(二) 可開發區域水平衡分析.....8-16
(三) 可開發區域河川底泥入滲能力評估.....8-34
(四) 地下水可開發區域水源量評析.....8-35
(五) 地面水源條件下地下水開發潛能量.....8-40
(六) 區域水資源供需現況.....8-44
(七) 名竹盆地地下水開發方案規劃.....8-49
(八) 名竹盆地地下水開發方案輸水路線規劃.....8-61
(九) 開發方案工程經費概估.....8-62
(十) 開發方案情境模擬.....8-71
(十一) 綜合討論.....8-84
第玖章 地下水水資源開發可行性總體評價.....9-1
(一) 技術層面.....9-1
(二) 社會層面.....9-2
(三) 環境層面.....9-3
(四) 法規層面.....9-4
(五) 效益層面.....9-5
(六) 開發方案優選.....9-12

參考文獻.....參-1

附錄一　評選會議暨報告書審查意見及處理情形.....附 1-1
附錄二　期初簡報暨工作執行計畫報告書審查意見及處理情形..附 2-1
附錄三　第一次工作會議簡報審查意見及處理情形.....附 3-1
附錄四　期中簡報暨報告書審查意見及處理情形.....附 4-1
附錄五　第二次工作會議簡報審查意見及處理情形.....附 5-1
附錄六　第三次工作會議簡報審查意見及處理情形.....附 6-1
附錄七　期末簡報暨報告書審查意見及處理情形.....附 7-1
附錄八　第四次工作會議簡報審查意見及處理情形.....附 8-1
附錄九　地電阻影像剖面法探測工作照片及測線座標.....附 9-1
附錄十　水質分析報告.....附 10-1
附錄十一　井體構造圖.....附 11-1
附錄十二　工程地質探勘資料庫於計畫區域內鑽孔基本資料....附 12-1
附錄十三　名竹盆地地下水調查規劃訪談問卷.....附 13-1
附錄十四　歷年計畫調查區位.....附 14-1

表　目　錄

表 2-1　計畫區域相關水文測站之站況.....2-9
表 2-2　計畫區域內及附近地區河川流量測站歷年資料彙整 2-10
表 2-3　計畫區域內及附近地區河川水位測站歷年資料彙整 2-12
表 2-4　濁水溪名竹大橋河川水質檢測結果.....2-13
表 2-5　計畫區域內及週邊地下水觀測站井基本資料 2-14
表 2-6　集集攔河堰歷年標的供水量表.....2-17
表 2-7　北岸聯絡渠道各段長度與設計流量資料 2-18
表 2-8　南岸聯絡渠道各段長度與設計流量資料 2-18
表 2-9　名竹盆地各用水標的之地下水取用量 2-21
表 2-10　名竹盆地具有水權井之井深統計.....2-21
表 2-11　名竹盆地具水權之家庭及公共用水井統計表.....2-22
表 2-12　計畫區域各供水系統之供水戶口、普及率及供水區域統計資料 2-24
表 2-13　2010 年台糖公司所屬農場種蔗雜作實際用水量 2-25
表 2-14　彰化及雲林農田水利會 2010 年實際用水量統計 2-26
表 2-15　彰化縣及雲林縣 2010 年行政區別用水量 2-26
表 2-16　彰化縣及雲林縣 2010 年各業別工業面積與用水 2-27
表 3-1　各已知點名稱及設置單位.....3-3
表 3-2　本計畫已蒐集之各單位相關計畫.....3-5
表 3-3　1996 年「濁水溪中游地區地下水補注調查與評估」抽水試驗結果 3-8
表 3-4　2010、2011 年地調所地下水觀測井水力試驗結果 3-20
表 3-5　2012 年地調所模式含水層概念化分層表 (單位：公尺).....3-26
表 3-6　2012 年地調所名竹盆地地下水流模擬模式補注量設定 3-29
表 3-7　名竹盆地各情境井群抽水量設定.....3-32

表 3-8　抽水 1 年後各情境之模擬結果.....3-33
表 3-9　各種不同地層材料之電阻率概值.....3-47
表 3-10　岩盤透水試驗壓力規定表.....3-59
表 3-11　抽水試驗配置與間距表.....3-116
表 3-12　P1 抽水試驗記錄表 3-118
表 3-13　P2 抽水試驗記錄表 3-119
表 3-14　P1 分級抽水試驗結果表 3-123
表 3-15　P2 分級抽水試驗結果表 3-123
表 3-16　定量抽水試驗分析結果.....3-125
表 3-17　回升抽水試驗分析結果.....3-131
表 3-18　名竹盆地內前期抽水試驗結果彙整表 3-139
表 3-19　新民(1)及竹山(1)地下水位記錄資料 3-144
表 3-20　流速及流向測定結果.....3-150
表 3-21　觀測井設置成果表.....3-155
表 3-22　名竹盆地地下水相關性分析矩陣表.....3-189
表 3-23　名竹盆地地面水與地下水水位相關性分析矩陣表 3-189
表 3-24　計畫區域內地質鑽孔基本資料.....3-195
表 4-1　監測井地下水採樣紀錄表.....4-2
表 4-2　2011 年名間鄉及竹山鎮枯水期地下水水質檢測結果 4-7
表 4-3　2011 年名間鄉及竹山鎮豐水期地下水水質檢測結果 4-8
表 4-4　枯水期第一筆水質檢測成果表.....4-28
表 4-5　枯水期第二筆水質檢測成果表.....4-29
表 4-6　豐水期第一筆水質檢測成果表.....4-30
表 4-7　豐水期第二筆水質檢測成果表.....4-31
表 4-8　鄰近其他觀測井枯水期水質檢測值.....4-32
表 5-1　都卜勒流速儀性能諸元.....5-5

表 5-2　河川流量監測資料期距.....5-7
表 6-1　濁水溪上游河道各類水體之 $\delta^{18}O$ 平均值比較.....6-3
表 6-2　清水溪流域各類水體之 $\delta^{18}O$ 平均值比較.....6-3
表 6-3　東埔蚋溪流域各類水體之 $\delta^{18}O$ 平均值比較.....6-5
表 6-4　計畫區現有河川流量站記錄年份(水利署).....6-10
表 6-5　各水位站補注深度及補注率年評估成果 6-12
表 6-6　彰雲橋補注深度分析成果(1985~1990).....6-14
表 6-7　計畫區 2003~2012 地面水流量整理(單位：億立方公尺) ...6-15
表 6-8　集集堰放流量、集集雨量站與新民站水位關聯性分析 6-17
表 6-9　名竹盆地水化學資料整理(單位：ppm).....6-19
表 7-1　坪頂鑽井岩性與其孔隙率分布範圍.....7-7
表 7-2　計畫區含水層儲水體積估算成果.....7-8
表 7-3　各控制站點之控制面積及水文地質資料 7-14
表 7-4　名竹盆地地下水水平衡分析結果(單位：億立方公尺).....7-17
表 8-1　水力傳導係數率定結果.....8-6
表 8-2　SFR 模組之河床水力傳導係數率定結果 8-7
表 8-3　RIVER 模組之河床水力傳導係數與水位高率定結果 8-7
表 8-4　標準水力傳導係數與透水性關係表.....8-10
表 8-5　淺層及深層取水量比較表.....8-12
表 8-6　不同設井深度之單位深度取水量比較表 8-13
表 8-7　可開發區域水平衡因子計算成果表.....8-21
表 8-8　未開發條件下各年度地面地下水交換量 8-25
表 8-9　未開發條件下各月份平均地面地下水交換量 8-26
表 8-10　全年抽水年地面地下水交換總量.....8-28
表 8-11　全年抽水各月平均地面地下水交換量.....8-29
表 8-12　豐水期抽水年地面地下水交換總量.....8-30

表 8-13　豐水期抽水各月平均地面地下水交換量 8-31
表 8-14　枯水期抽水年地面地下水交換總量.....8-32
表 8-15　枯水期抽水各月平均地面地下水交換量 8-33
表 8-16　彰雲橋下游流量缺水率計算表.....8-37
表 8-17　2002 年至 2012 年各月平均缺水率 8-37
表 8-18　2002 年至 2012 年年可利用水源量 8-38
表 8-19　2002 年至 2012 年各月平均剩餘可供利用水源量 8-38
表 8-20　雲、彰地區各標的平均用水量統計表 8-45
表 8-21　雲彰地區各標的地下水平均用水量統計表 8-45
表 8-22　淺井抽水量推估表.....8-53
表 8-23　寬口井抽水量推估表.....8-54
表 8-24　全年常態抽水開發方案工程費用估算表 8-66
表 8-25　豐水期抽水配合調蓄池開發方案工程費用估算表 8-67
表 8-26　枯水期乾旱緊急備援用水開發方案工程費用估算表 8-68
表 8-27　豐水期高濁度時期備援用水開發方案工程費用估算表 8-69
表 8-28　常態供水方案年計成本及原水建造成本估算成果表 8-71
表 8-29　枯水年開發方案模擬成果綜整表.....8-83
表 8-30　豐水年開發方案模擬成果綜整表.....8-84
表 8-31　平水年開發方案模擬成果綜整表.....8-84
表 8-32　名竹盆地地下水開發潛能量歷年分析成果 8-87
表 9-1　名竹盆地開發之成本效益項目.....9-10
表 9-2　名竹盆地開發方案優選表.....9-14

圖　目　錄

圖 1-1　名竹盆地位置示意圖.....1-2
圖 1-2　本計畫流程圖.....1-6
圖 2-1　計畫區域地形及水系分佈圖.....2-3
圖 2-2　計畫區域 5 萬分之一地質圖.....2-6
圖 2-3　計畫區域及其週邊水文站、觀測井及雨量站分佈圖 2-11
圖 2-4　地面水源運用與調配示意圖.....2-16
圖 2-5　名間鄉及竹山鎮各標的用水具地下水水權井數 2-22
圖 2-6　名間鄉及竹山鎮各標的用水具地下水水權井數圓餅圖 2-22
圖 2-7　名間鄉及竹山鎮各標的用水具地下水水權井井深統計圖 ..2-23
圖 2-8　名間鄉及竹山鎮各標的用水具地下水水權水井抽水量統計圖 2-23
圖 2-9　各標的用水分佈圖.....2-27
圖 2-10　赤崁地下堰剖面圖.....2-31
圖 2-11　抽水井位置圖.....2-32
圖 2-12　HBV 水文模型架構示意圖(Barthel et al., 2009).....2-37
圖 2-13　韋梅省流域地下水資源分佈圖(Barthel et al., 2009) 2-38
圖 2-14　地下水庫適宜設置區位示意圖(Deng, 2012) 2-39
圖 2-15　Usquepaug-Queen 河流域位置圖(Dickerman et al., 1997) ..2-42
圖 2-16　Usquepaug-Queen 河流域含水層自然系統與概念模型 (Dickerman et al., 1997).....2-43
圖 2-17　Koolau Volcano 及 Waianae Volcano 裂隙帶及火山口分佈 (Takasaki and Mink, 1985).....2-45
圖 2-18　Kaneohe 裂隙區地下水出流示意圖(Takasaki and Mink, 1985) 2-45
圖 2-19　夏威夷地下水文系統示意圖(Stephen et al., 2000) 2-46

圖 2-20　歐胡島之水井分佈圖(Stephen et al., 2000) 2-46
圖 2-21　猶他州羅斯福城區域地面水與地下水概念模型 2-48
圖 2-22　地面水及地下水相互作用分類示意圖(A 為地下水補注地面水，B 為地面水補注地下水) 2-48
圖 2-23　羅斯井場抽水產生影響示意圖 2-48
圖 2-24　2005 年佛得河谷水平衡分析成果 2-50
圖 2-25　河川基流量因人為抽水所產生之影響(1910-2005) 2-50
圖 2-26　人為抽水行為與地下水儲蓄量及其他水體關係示意圖 2-51
圖 3-1　名竹盆地內各已知點及未知探查點位示意圖 3-2
圖 3-2　以 IDW 法概念推估需進行水文地質探測之範圍 3-4
圖 3-3　「濁水溪中游地區地下水補注調查與評估」計畫範圍及鑽孔位置 3-7
圖 3-4　1996 年「濁水溪中游地區地下水補注調查與評估」流量量測位置 3-9
圖 3-5　1997 年「濁水溪沖積扇清水溪下游水文地質調查」調查井位置 3-10
圖 3-6　1997 年「濁水溪沖積扇清水溪下游水文地質調查」抽水井之地質鑽探結果 3-11
圖 3-7　1997 年「濁水溪沖積扇清水溪下游水文地質調查」抽水井所在之地層剖面 3-12
圖 3-8　1997 年「濁水溪沖積扇清水溪下游水文地質調查」抽水井與觀測井配置 3-12
圖 3-9　二水隘口地質剖面示意圖 3-14
圖 3-10　2010 年地調所地球物理探測位置及結果 3-16
圖 3-11　2011 年地調所地球物理探測位置及結果 3-17
圖 3-12　2010、2011 年地調所流量量測位置 3-18

圖 3-13　2010、2011 年地調所地下水位觀測位置.....3-19
圖 3-14　2010 年地調所地下水觀測井地質鑽探結果 3-21
圖 3-15　車籠埔斷層西側之抽水試驗井地質柱狀圖 3-23
圖 3-16　2012 年地調所名竹盆地地下水流模擬模式邊界設定 3-24
圖 3-17　2012 年地調所名竹盆地地下水流模擬模式網格分佈 3-25
圖 3-18　2012 年地調所繪製之名竹盆地與下游扇頂區地下水位觀測站分佈圖 3-27
圖 3-19　2012 年地調所繪製之名竹盆地地下水流模擬模式 3D 網格展示圖 3-27
圖 3-20　2012 年地調所繪製之名竹盆地地下水流模擬模式之初始等水位線分佈圖 3-28
圖 3-21　2012 年地調所建置模式儲水係數與比出水量分區設定 ...3-30
圖 3-22　2012 年地調所建模第一含水層水力傳導係數分區設定 ...3-30
圖 3-23　2012 年地調所建模第二含水層水力傳導係數分區設定 ...3-31
圖 3-24　名竹盆地以井群開發地下水資源之情境示意 3-32
圖 3-25　各情境抽水 5 個月後之地下水位分佈 3-34
圖 3-26　各情境抽水 10 個月後之地下水位分佈 3-34
圖 3-27　各情境抽水 1 年後之地下水位分佈.....3-35
圖 3-28　名竹盆地歷年及本計畫施作之地電阻探測位置 3-38
圖 3-29　本計畫地電阻探測測線(R1)現場佈置示意圖 3-40
圖 3-30　本計畫地電阻探測測線(R2)現場佈置示意圖 3-40
圖 3-31　本計畫地電阻探測測線(R3)現場佈置示意圖 3-41
圖 3-32　地電阻影像剖面探測測線 R1 高程示意圖.....3-41
圖 3-33　地電阻影像剖面探測測線 R2 高程示意圖.....3-42
圖 3-34　地電阻影像剖面探測測線 R3 高程示意圖.....3-42
圖 3-35　地電阻影像剖面法探測電極排列方式示意圖 3-44

圖 3-36　SuperSting R8/IP resistivity /IP meter 3-44
圖 3-37　測線 R1 地電阻影像剖面探測成果圖 3-49
圖 3-38　測線 R2 地電阻影像剖面探測成果判釋圖 3-51
圖 3-39　測線 R3 地電阻影像剖面探測成果判釋圖 3-52
圖 3-40　名竹盆地歷年及本計畫施作之地質鑽探位置示意圖 3-56
圖 3-41　孔內井測探測原理示意圖 3-60
圖 3-42　電井測儀器配置圖 3-63
圖 3-43　鑽探點 D1 地質柱狀圖(0~20 公尺).....3-67
圖 3-44　鑽探點 D1 地質柱狀圖(20~40 公尺).....3-69
圖 3-45　鑽探點 D1 地質柱狀圖(40~60 公尺).....3-71
圖 3-46　鑽探點 D1 地質柱狀圖(60~80 公尺).....3-73
圖 3-47　鑽探點 D1 地質柱狀圖(80~100 公尺).....3-75
圖 3-48　鑽探點 D2 地質柱狀圖(0~20 公尺).....3-77
圖 3-49　鑽探點 D2 地質柱狀圖(20~40 公尺).....3-79
圖 3-50　鑽探點 D2 地質柱狀圖(40~60 公尺).....3-81
圖 3-51　鑽探點 D2 地質柱狀圖(60~80 公尺).....3-83
圖 3-52　鑽探點 D2 地質柱狀圖(80~100 公尺).....3-85
圖 3-53　鑽探點 D3 地質柱狀圖(0~20 公尺).....3-87
圖 3-54　鑽探點 D3 地質柱狀圖(20~40 公尺).....3-89
圖 3-55　鑽探點 D3 地質柱狀圖(40~60 公尺).....3-91
圖 3-56　鑽探點 D3 地質柱狀圖(60~80 公尺).....3-93
圖 3-57　鑽探點 D3 地質柱狀圖(80~100 公尺).....3-95
圖 3-58　電井測儀器配置圖 3-98
圖 3-59　D1 孔內井測測量結果曲線圖 3-99
圖 3-60　D3 孔內井測測量結果曲線圖 3-100
圖 3-61　D2 地質鑽探井定水頭試驗(深度 76 至 76.5m).....3-102

圖 3-62　D2 地質鑽探井定水頭試驗(深度 62 至 62.5m).....3-103
圖 3-63　D2 地質鑽探井定水頭試驗(深度 53 至 53.5m).....3-104
圖 3-64　名竹盆地歷年已施作及本計畫施作之抽水試驗井位置圖 3-106
圖 3-65　抽水試驗儀器架設示意圖.....3-108
圖 3-66　定量抽水試驗步驟.....3-110
圖 3-67　非穩定流之現地抽水試驗示意圖.....3-112
圖 3-68　Theis 曲線疊合法示意圖.....3-113
圖 3-69　Cooper-Jacob 法示意圖.....3-114
圖 3-70　抽水試驗工作流程圖.....3-117
圖 3-71　P1 井分級抽水試驗之洩降曲線 3-121
圖 3-72　P2 井分級抽水試驗之洩降曲線 3-121
圖 3-73　P1 井水井損失曲線 3-122
圖 3-74　P2 井水井損失曲線 3-122
圖 3-75　Neuman 曲線 3-125
圖 3-76　觀測井 logs-logt 曲線與 Neuman 配對示意圖.....3-125
圖 3-77　P1 抽水井定量抽水試驗各觀測井水位洩降記錄 3-126
圖 3-78　P2 抽水井定量抽水試驗各觀測井水位洩降記錄 3-126
圖 3-79　P1 定量抽水試驗，P1M1 時間—洩降分析圖 3-127
圖 3-80　P1 定量抽水試驗，P1M2 時間—洩降分析圖 3-128
圖 3-81　P2 定量抽水試驗，P2M1 時間—洩降分析圖 3-129
圖 3-82　P2 定量抽水試驗，P2M2 時間—洩降分析圖 3-130
圖 3-83　P1 抽水井回升試驗各觀測井水位洩降記錄 3-131
圖 3-84　P2 抽水井回升試驗各觀測井水位洩降記錄 3-132
圖 3-85　P1 回升試驗，P1M1 時間—洩降分析圖 3-133
圖 3-86　P1 回升試驗，P1M2 時間—洩降分析圖 3-134

圖 3-87　P2 回升試驗，P2M1 時間—洩降分析圖 3-135
圖 3-88　P2 回升試驗，P2M2 時間—洩降分析圖 3-136
圖 3-89　抽水試驗井及觀測井地質柱狀圖.....3-138
圖 3-90　名竹盆地內既有可用及本計畫設置之簡易式地下水觀測井位置圖 3-143
圖 3-91　地下水觀測管設計示意圖.....3-146
圖 3-92　地下水流向測定示意圖.....3-150
圖 3-93　簡易式地下水觀測井地質柱狀圖.....3-152
圖 3-94　名竹盆地設置之各井地下水位變化歷時圖 3-154
圖 3-95　本計畫建置之觀測井與施測地電阻測線及既有可用井位置 3-156
圖 3-96　竹山(1)水位歷時圖 3-158
圖 3-97　竹山(2)水位歷時圖 3-159
圖 3-98　新民(1)水位歷時圖 3-160
圖 3-99　新民(2) 水位歷時圖 3-161
圖 3-100　社寮(1)水位歷時圖 3-162
圖 3-101　鯉魚(1)水位歷時圖 3-163
圖 3-102　鯉魚(2)水位歷時圖 3-163
圖 3-103　觸口(1)水位歷時圖 3-165
圖 3-104　觸口(2)水位歷時圖 3-165
圖 3-105　坪頂(1)水位歷時圖 3-166
圖 3-106　二水水位歷時圖.....3-167
圖 3-107　烏塗(2)水位歷時圖 3-168
圖 3-108　C1 及 N4 水位歷時圖 3-169
圖 3-109　N8 及 S4 水位歷時圖.....3-169
圖 3-110　S5 水位歷時圖.....3-170

圖 3-111　觸口(1)、竹山(1)、新民(1)、社寮(1)、鯉魚(1)、二水、烏塗(2)地下水水位歷時變化圖 3-171
圖 3-112　2012 年 1 月名竹盆地地下水水位等值線圖 3-172
圖 3-113　2012 年 2 月名竹盆地地下水水位等值線圖 3-173
圖 3-114　2012 年 3 月名竹盆地地下水水位等值線圖 3-173
圖 3-115　2012 年 4 月名竹盆地地下水水位等值線圖 3-174
圖 3-116　2012 年 5 月名竹盆地地下水水位等值線圖 3-174
圖 3-117　2012 年 6 月名竹盆地地下水水位等值線圖 3-175
圖 3-118　2012 年 7 月名竹盆地地下水水位等值線圖 3-175
圖 3-119　2012 年 8 月名竹盆地地下水水位等值線圖 3-176
圖 3-120　2012 年 9 月名竹盆地地下水水位等值線圖 3-176
圖 3-121　2012 年 10 月名竹盆地地下水水位等值線圖 3-177
圖 3-122　2012 年 11 月名竹盆地地下水水位等值線圖 3-177
圖 3-123　2012 年 12 月名竹盆地地下水水位等值線圖 3-178
圖 3-124　2013 年 1 月名竹盆地地下水水位等值線圖 3-178
圖 3-125　2013 年 2 月名竹盆地地下水水位等值線圖 3-179
圖 3-126　2013 年 3 月名竹盆地地下水水位等值線圖 3-179
圖 3-127　2013 年 4 月名竹盆地地下水水位等值線圖 3-180
圖 3-128　名竹大橋地面水水位與地下水水位比較圖 3-181
圖 3-129　鯉魚大橋地面水水位與地下水水位比較圖 3-182
圖 3-130　彰雲大橋地面水水位與地下水水位比較圖 3-182
圖 3-131　地下水水位與濁水溪平均深槽高程比較圖 3-183
圖 3-132　名竹大橋地面水水位與地下水水位相關係數等值圖 3-190
圖 3-133　鯉魚大橋地面水水位與地下水水位相關係數等值圖 3-190
圖 3-134　三維網格分層示意圖.....3-192
圖 3-135　名竹盆地水文地質架構地質剖面線分布圖 3-192

圖 3-136　名竹盆地 A-A’地質剖面圖.....3-193
圖 3-137　名竹盆地 B-B’地質剖面圖.....3-193
圖 3-138　名竹盆地 C-C’地質剖面圖.....3-194
圖 3-139　計畫區域水文地質架構縱斷面示意圖 3-194
圖 4-1　名竹盆地內南投縣環保局既有水質監測井位置圖 4-6
圖 4-2　竹山鎮竹山工業區之地下水水質濃度歷時圖(無機鹽類).....4-9
圖 4-3　竹山鎮竹山工業區之地下水水質濃度歷時圖(氨氮及硝酸鹽氮) 4-9
圖 4-4　竹山鎮竹山工業區之地下水水質濃度歷時圖(鐵及錳).....4-10
圖 4-5　竹山鎮延正里之地下水水質濃度歷時圖(無機鹽類).....4-10
圖 4-6　竹山鎮延正里之地下水水質濃度歷時圖(氨氮及硝酸鹽氮)4-11
圖 4-7　竹山鎮延正里之地下水水質濃度歷時圖(鐵及錳).....4-11
圖 4-8　竹山鎮延平國小之地下水水質濃度歷時圖(無機鹽類).....4-12
圖 4-9　竹山鎮延平國小之地下水水質濃度歷時圖(氨氮及硝酸鹽氮) 4-12
圖 4-10　竹山鎮延平國小之地下水水質濃度歷時圖(鐵及錳).....4-13
圖 4-11　名間鄉新民國小之地下水水質濃度歷時圖(無機鹽類).....4-13
圖 4-12　名間鄉新民國小之地下水水質濃度歷時圖(氨氮及硝酸鹽氮) 4-14
圖 4-13　名間鄉新民國小之地下水水質濃度歷時圖(鐵及錳).....4-14
圖 4-14　歸納歷史地下水水質之氨氮濃度歷時圖 4-15
圖 4-15　歸納歷史地下水水質之硫酸鹽濃度歷時圖 4-15
圖 4-16　歸納歷史地下水水質之氯鹽濃度歷時圖 4-16
圖 4-17　歸納歷史地下水水質之硝酸鹽氮濃度歷時圖 4-16
圖 4-18　歸納歷史地下水水質之導電度濃度歷時圖 4-17
圖 4-19　歸納歷史地下水水質之錳濃度歷時圖 4-17

圖 4-20　歸納歷史地下水水質之總溶解固體濃度歷時圖 4-18
圖 4-21　歸納歷史地下水水質之鐵濃度歷時圖 4-18
圖 5-1　計畫範圍內水利署及地調所設置水文監測站分布圖 5-3
圖 5-2　都卜勒流速儀量測原理圖.....5-6
圖 5-3　名竹大橋站流量紀錄(2012/1/1-2012/12/31).....5-9
圖 5-4　彰雲大橋站流量紀錄(1995/1/1-2012/12/31).....5-9
圖 5-5　龍門橋站流量紀錄(2009/10/1-2012/12/31).....5-10
圖 5-6　鯉魚大橋站流量紀錄(2010/6/20-2013/6/20).....5-10
圖 5-7　延平橋站流量紀錄(2003/1/1-2012/12/31).....5-11
圖 5-8　集集攔河堰入流量紀錄(2002/1/1-2012/12/31).....5-11
圖 5-9　集集攔河堰放流量紀錄(2002/1/1-2012/12/31).....5-12
圖 5-10　名竹大橋水文站低水位流量率定曲線 5-14
圖 5-11　鯉魚大橋水文站水位流量率定曲線.....5-14
圖 6-1　基流分離技術示意圖(改自 Nathan 及 McMahon ,1990) 6-6
圖 6-2　分離河川流量過程之流程圖(改自 Rutledge 1992) 6-8
圖 6-3　低流分析示意圖.....6-10
圖 6-4　計畫區河川流量站位置.....6-11
圖 6-5　計畫區地下水補注率分布範圍.....6-13
圖 6-6　集集堰放流量、集集雨量站與新民站歷線及水位關聯性分析(中央地調查所，2012) 6-16
圖 6-7　名竹盆地流量站與水化學樣本採集位置圖(中央地質調查所，2012).....6-20
圖 6-8　2000 年至 2012 年彰雲橋年河川流量值 6-21
圖 6-9　2008/7~2012/12 名竹盆地地面地下水交換量成果圖 6-22
圖 6-10　2010~2011 年名竹盆地地面地下水交換量與新民站地下水位關係圖 6-24

圖 6-11　2008/7~2011/12 新民站地下水位圖 6-25
圖 7-1　觀測井與河川地質斷面鑽井位置圖.....7-2
圖 7-2　觀測井地質柱狀圖及濾水管位置(中央地質調查所，1996)..7-3
圖 7-3　濁水溪 A、B、C 斷面地質柱狀圖(中央地質調查所，1996)7-4
圖 7-4　清水溪 D、E 斷面地質柱狀圖 7-4
圖 7-5　名竹地區水文地質單元分區圖.....7-6
圖 7-6　計畫區地表高程與地下水位迴歸成果 7-7
圖 7-7　區域降雨歷線與地下水歷線起伏變化示意圖 7-10
圖 7-8　控制體積進出水量概念模型圖示意圖 7-10
圖 7-9　名竹盆地蓄水量計算分區.....7-14
圖 7-10　名竹盆地儲水體積變動結果.....7-15
圖 8-1　本計畫數值模式模擬範圍.....8-1
圖 8-2　模式邊界設定.....8-2
圖 8-3　水文地質參數分區圖.....8-3
圖 8-4　模式河川設定圖.....8-5
圖 8-5 初始水位等值線.....8-5
圖 8-6　觀測井地下水水位率定成果圖.....8-7
圖 8-7　計畫區域第 1 概念分層水力傳導係數(K 值，m/s)等值線圖 8-14
圖 8-8　計畫區域第 2 概念分層水力傳導係數(K 值，m/s)分佈.....8-15
圖 8-9　可能開發區域範圍($K>10^{-4}$m/s).....8-16
圖 8-10　可能開發區域水平衡分析概念示意圖(修改自 Lambert et al., 2011).....8-17
圖 8-11　可開發區域現況(未開發)年平均水平衡分析成果示意圖..8-25
圖 8-12　抽水時間與抽水來源變化概念示意圖(Garner et al., 2013)8-27
圖 8-13　全年抽水年地面地下水交換總量變化圖 8-29

圖 8-14　豐水期抽水年地面地下水交換總量變化圖 8-31
圖 8-15　枯水期抽水年地面地下水交換總量變化圖 8-33
圖 8-16　彰雲橋流量、保育用水量及水權量歷時圖 8-39
圖 8-17　彰雲橋可供利用水源量歷時圖.....8-39
圖 8-18　常態抽水抽水量及月缺水率關係圖.....8-41
圖 8-19　枯水期抽水抽水量及月缺水率關係圖 8-42
圖 8-20　豐水期抽水抽水量及月缺水率關係圖 8-43
圖 8-21　彰化地區自來水系統供需圖.....8-48
圖 8-22　彰化地區目標年水源聯合運用分析圖(經濟部水利署水利規劃試驗所，2010).....8-48
圖 8-23　雲林地區自來水系統供需圖.....8-49
圖 8-24 寬口井形式示意圖.....8-50
圖 8-25　輻射井形式示意圖.....8-51
圖 8-26　水平集水管取水示意圖.....8-52
圖 8-27　地下水開發適宜區位.....8-55
圖 8-28　寬口井佈設規劃示意圖.....8-56
圖 8-29　人工湖水源運用演算流程.....8-57
圖 8-30　豐水期抽水配合調蓄設施工程佈置圖 8-58
圖 8-31　枯水期乾旱緊急備援用水工程佈置圖 8-60
圖 8-32　豐水期高濁度緊急備援用水工程佈置圖 8-61
圖 8-33　輸水路線規劃位置圖.....8-62
圖 8-34　枯水年全年常態抽水(每日 3 萬立方公尺)洩降範圍圖.....8-72
圖 8-35　枯水年豐水期抽水常態供水(每日 23 萬立方公尺)洩降範圍圖 8-73
圖 8-36　枯水年枯水期抽水備援供水(每日 9 萬立方公尺，連續抽水 90 日)洩降範圍圖.....8-74

圖 8-37　枯水年豐水期抽水備援供水(每日 15 萬立方公尺，連續抽水 20 日)洩降範圍圖.....8-75
圖 8-38　豐水年全年常態抽水(每日 3 萬立方公尺)洩降範圍圖.....8-76
圖 8-39　豐水年豐水期抽水常態供水(每日 23 萬立方公尺)洩降範圍圖.....8-77
圖 8-40　豐水年枯水期抽水備援供水(每日 9 萬立方公尺，連續抽水 90 日)洩降範圍圖.....8-78
圖 8-41　豐水年豐水期抽水備援供水(每日 15 萬立方公尺，連續抽水 20 日)洩降範圍圖.....8-79
圖 8-42　平水年全年常態抽水(每日 3 萬立方公尺)洩降範圍圖.....8-80
圖 8-43　平水年豐水期抽水常態供水(每日 23 萬立方公尺)洩降範圍圖.....8-81
圖 8-44　平水年枯水期抽水備援供水(每日 9 萬立方公尺)洩降範圍圖.....8-82
圖 8-45　平水年豐水期抽水備援供水(每日 15 萬立方公尺)洩降範圍圖.....8-83
圖 9-1　成本效益之範圍與分類.....9-8

照　片　目　錄

照片 2-1　赤崁水庫.....2-29
照片 2-2　赤崁水庫之淺水抽水井.....2-29
照片 2-3　赤崁水庫之深水抽水井.....2-30
照片 2-4　赤崁水庫之防潮海堤.....2-32
照片 3-1　2011 年地調所設置車籠埔斷層西側之抽水試驗井及觀測井 3-22
照片 3-2　本計畫施作地電阻測線位置現場狀況 3-39
照片 3-3　本計畫施作地質鑽探位置現場狀況 3-57
照片 3-4　鑽探點 D1 岩心箱相片(0~20 公尺).....3-66
照片 3-5　鑽探點 D1 岩心箱相片(20~40 公尺).....3-68
照片 3-6　鑽探點 D1 岩心箱相片(40~60 公尺).....3-70
照片 3-7　鑽探點 D1 岩心箱相片(60~80 公尺).....3-72
照片 3-8　鑽探點 D1 岩心箱相片(80~100 公尺).....3-74
照片 3-9　鑽探點 D2 岩心箱相片(0~20 公尺).....3-76
照片 3-10　鑽探點 D2 岩心箱相片(20~40 公尺).....3-78
照片 3-11　鑽探點 D2 岩心箱相片(40~60 公尺).....3-80
照片 3-12　鑽探點 D2 岩心箱相片(60~80 公尺).....3-82
照片 3-13　鑽探點 D2 岩心箱相片(80~100 公尺).....3-84
照片 3-14　鑽探點 D3 岩心箱相片(0~20 公尺).....3-86
照片 3-15　鑽探點 D3 岩心箱相片(20~40 公尺).....3-88
照片 3-16　鑽探點 D3 岩心箱相片(40~60 公尺).....3-90
照片 3-17　鑽探點 D3 岩心箱相片(60~80 公尺).....3-92
照片 3-18　鑽探點 D3 岩心箱相片(80~100 公尺).....3-94
照片 3-19　孔內井測施工照片 3-97
照片 3-20　本計畫抽水試驗井場址施作前現場狀況 3-107

照片 3-21　本計畫設置之簡易式地下水觀測井場址施作前現場照 3-145
照片 3-22　M1 地下水流速與流向施測照片 3-148
照片 3-23　M3 地下水流速與流向施測照片 3-149
照片 3-24　M4 地下水流速與流向施測照片 3-149
照片 4-1　水質採樣作業儀器設置現場概況.....4-20
照片 4-2　水質採樣作業檢體加藥情形.....4-20
照片 5-1　本計畫使用之都卜勒流速儀.....5-4

摘　　要

一、前言

1、計畫緣起與目的

濁水溪中游與清水溪下游區域亦稱之為名竹盆地，其範圍東自集集攔河堰、西至彰雲橋下游隘口、南至清水溪中游河谷、北至濁水溪中游現代沖積層邊界與車籠埔斷層交界處。為確認名竹盆地地下水資源儲水體積及其可開發之潛能，爰擬就名竹盆地蒐集其水文地質、河川流量及地下水水位等基本資料，並進行現地水文地質相關的調查及試驗，據以分析、模擬並探討名竹盆地地下水庫開發之可行性。

2、計畫區域

前述名竹盆地為本計畫研究區域，依地理資訊系統推求其面積約為 76.05 平方公里，而主要含水層位於車籠埔斷層以西區域，面積約為 58.45 平方公里，名竹盆地位置示意如摘圖 1。

3、工作項目

本計畫之工作項目如下所示，依據本計畫目的及工作項目可規劃計畫執行流程如摘圖 2 所示。

(1)基本資料及文獻蒐集彙整分析

(2)水文地質探測及地下水水文分析

(3)地下水水質監測

(4)地面水水文監測

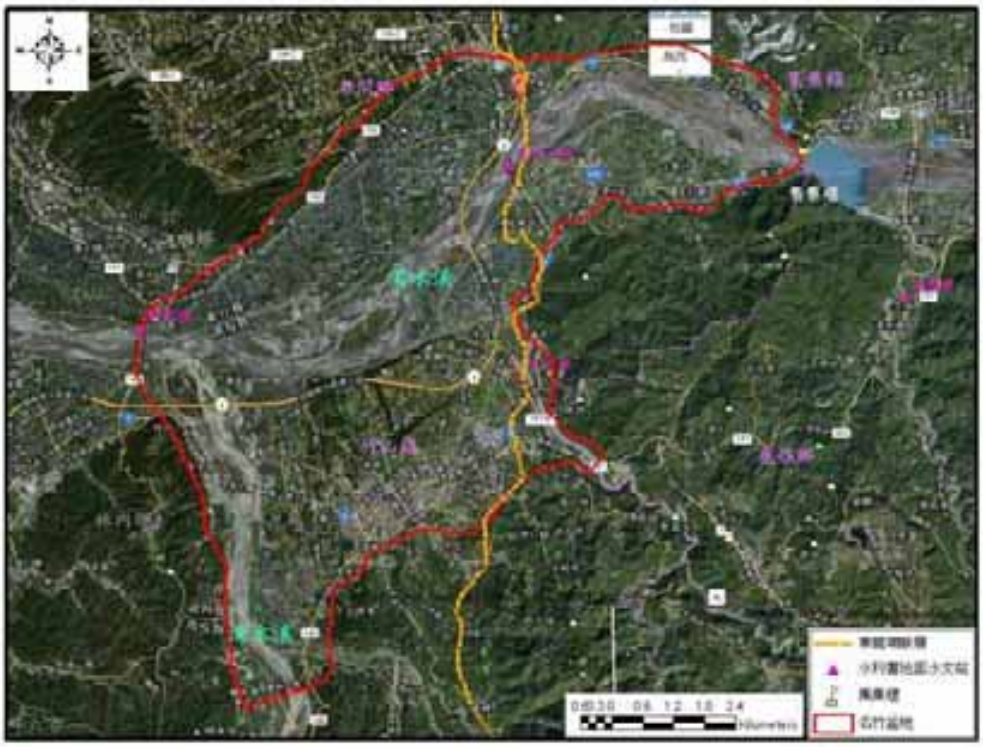
(5)含水層地下儲水體積及變動量評估

(6)名竹盆地地下水豐枯水期水源補注機制及該隘口地區出流地下水流向及與沖積扇地下水補注關係評估

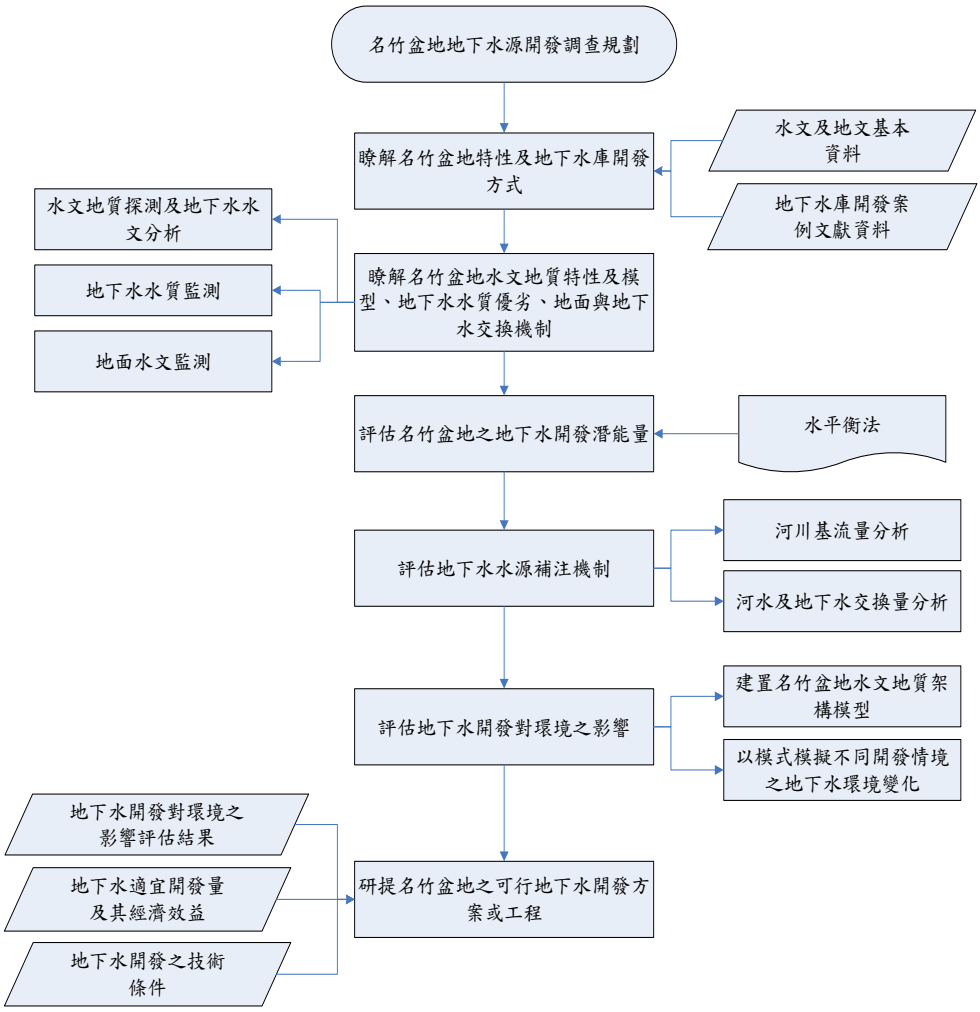
(7)地下水開發情境模擬

(8)名竹盆地地下水開發對週遭環境影響探討

(9)名竹盆地地下水水資源開發可行性總體評價



摘圖 1　名竹盆地位置示意圖



摘圖 2　本計畫流程圖

二、基本資料蒐集

1、地形地質

名竹盆地位於濁水溪中游河段，範圍涵蓋濁水溪河谷、清水溪河谷、部份坪頂埔台地、部份八卦山台地及竹山平原區，面積 76.05 平方公里；名竹盆地地質特性複雜，包含現代沖積層、頭嵙山層及台地堆積層等。

2、地面水文

名竹盆地年降雨量約為 2,222 公釐，範圍內水系發達，河川主要包含濁水溪及清水溪匯流於二水隘口處。

3、地下水文

名竹盆地為一封閉之地下水區，以東側以車籠埔斷層為含水層不連續面、南北兩側則以台地或丘陵分水嶺為分界，西側以二水隘口處為流出口，現代沖積層含水層多為自由含水層，水位隨水文豐枯行為變動。

4、國內外案例蒐集

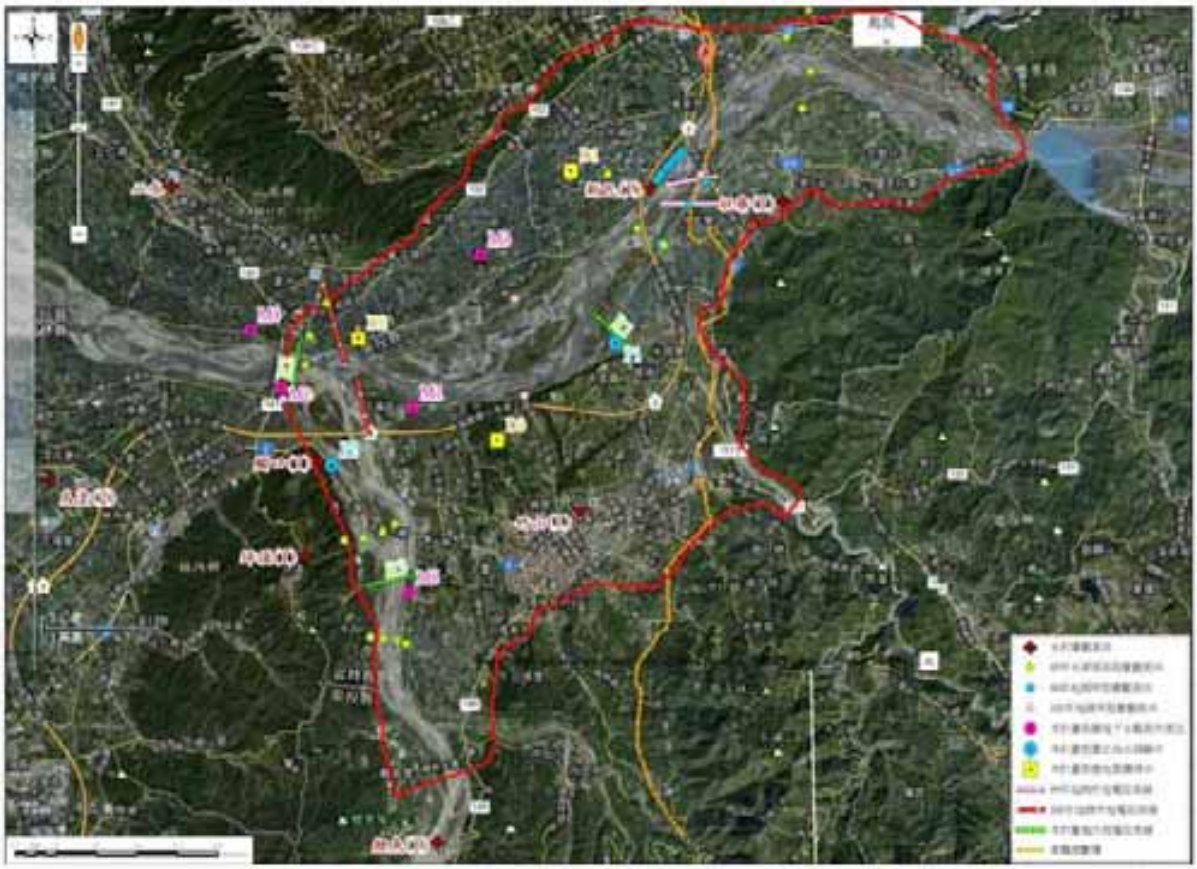
對於區域地下水資源評估方法大致包含傳統水平衡法及數值模式模擬等 2 類，而於分析之初應對於分析區域之水文地質狀況進行掌握，諸如含水層、地質構造及水文地質參數等。除了分析方法之外，甚多研究多著眼於地下水抽取對於河川地面水之影響，地下水之抽取可能影響原有河川基流量，而增加之地下水抽取量多由河川流量補捉(capture)所獲。

三、水文地質探測及地下水水文分析

水文地質探測工作完成地電阻 3 測線總長 3 公里之探測工作、地質鑽探(全程岩心採樣)3 點次總深度 300 公尺、抽水試驗 2 點次、現地透水試驗 1 點次、地下水流速流向 3 點次及孔內井測 2 點次等，並設置 12 口簡易式觀測井進行水位觀測(見摘圖 3 及摘表 1)。

摘表 1　觀測井設置成果表

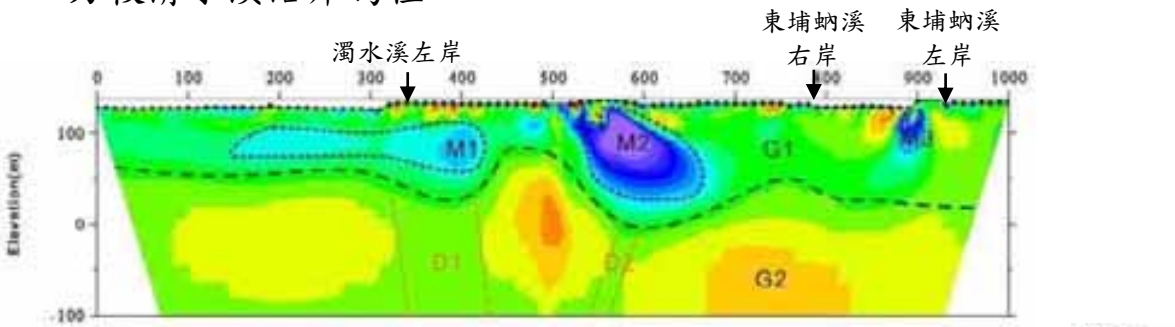
井號	類型	井徑(in)	TWD97_X	WD97_Y	深度(m)	井頂高程(m)	井蓋型式
MC-OB-101-1(M1)	簡易觀測井	4	215223.308	2630452.531	31.30	109.92	地下式
MC-OB-101-2(M2)	簡易觀測井	4	212955.074	2630841.858	30.60	96.223	地下式
MC-OB-101-3(M3)	簡易觀測井	4	216398.681	2633073.308	31.80	124.102	地下式
MC-OB-101-4(M4)	簡易觀測井	4	212432.141	2631786.255	30.86	95.009	地下式
MC-OB-101-5(M5)	簡易觀測井	4	215196.687	2627386.555	31.17	129.465	地下式
MC-Pt-101-1(P1)	抽水試驗井	10	218718.837	2631591.655	30.91	130.944	地面式
MC-Pt0-101-1.1(P1-m1)	抽水試驗觀測井	4	218738.522	2631584.445	30.65	130.851	地下式
MC-Pt0-101-1.2(P1-m2)	抽水試驗觀測井	4	218710.689	2631595.46	31.83	131.217	地下式
MC-Pt-101-2(P2)	抽水試驗井	10	213866.306	2629521.464	30.85	113.105	地面式
MC-Pt0-101-2.1(P2-m1)	抽水試驗觀測井	4	213875.227	2629505.9	31.40	114.372	地下式
MC-Pt0-101-2.2(P2-m2)	抽水試驗觀測井	4	213861.307	2629538.963	31.60	112.115	地下式
MC-HG-101-1(D1)	地質鑽探井	10 吋井孔，4 吋觀測井	217939.002	2634476.625	101.7	136.136	地下式
MC-HG-101-2(D2)	地質鑽探井	4	214303.368	2631663.691	100.65	104.632	地下式
MC-HG-101-3(D3)	地質鑽探井	10 吋井孔，4 吋觀測井	216636.251	2629960.277	101.5	136.535	地下式



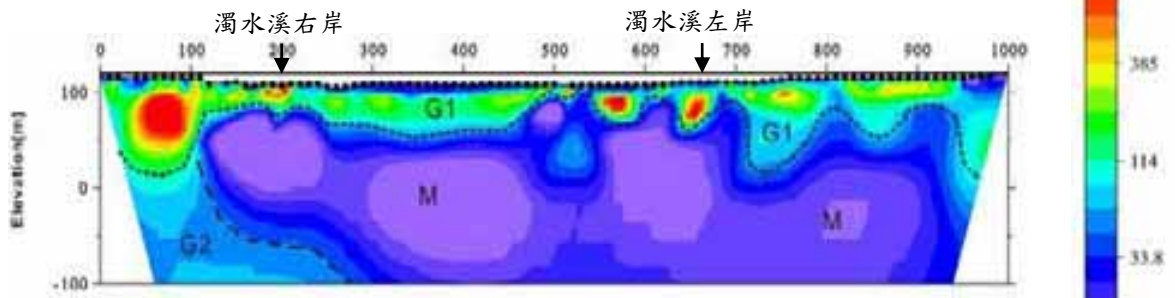
摘圖 3　歷年及本計畫調查區位

由現地調查成果大致可初步掌握名竹盆地水文地質特性，地電阻探測成果顯示，本計畫於二水鼻子頭隘口處所施測之地電阻顯示見摘圖 4(A)，於現代沖積層之下存有厚度甚厚透水性不佳之土層，推測可能為原存有之背斜構造所致，故研判隘口處為一天然之地下堰體，可攔蓄上游地下水不致迅速流出盆地範圍進入下游濁水溪沖積扇扇頂。

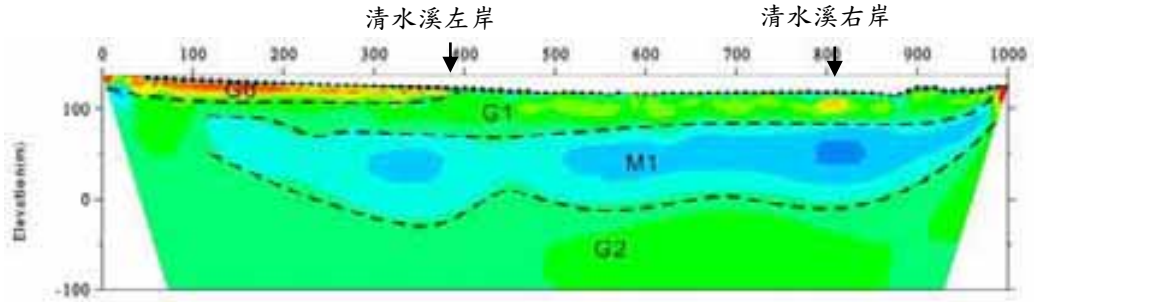
另由本計畫抽水試驗及前期研究水文地質參數探查成果均顯示現代沖積層含水層之水力傳導係數明顯高於其下之頭嵙山層，此外，如以空間分佈區分，位於濁水溪沿岩之現代沖積層出水能力較清水溪沿岸為佳。



(A)測線 R1 地電阻影像



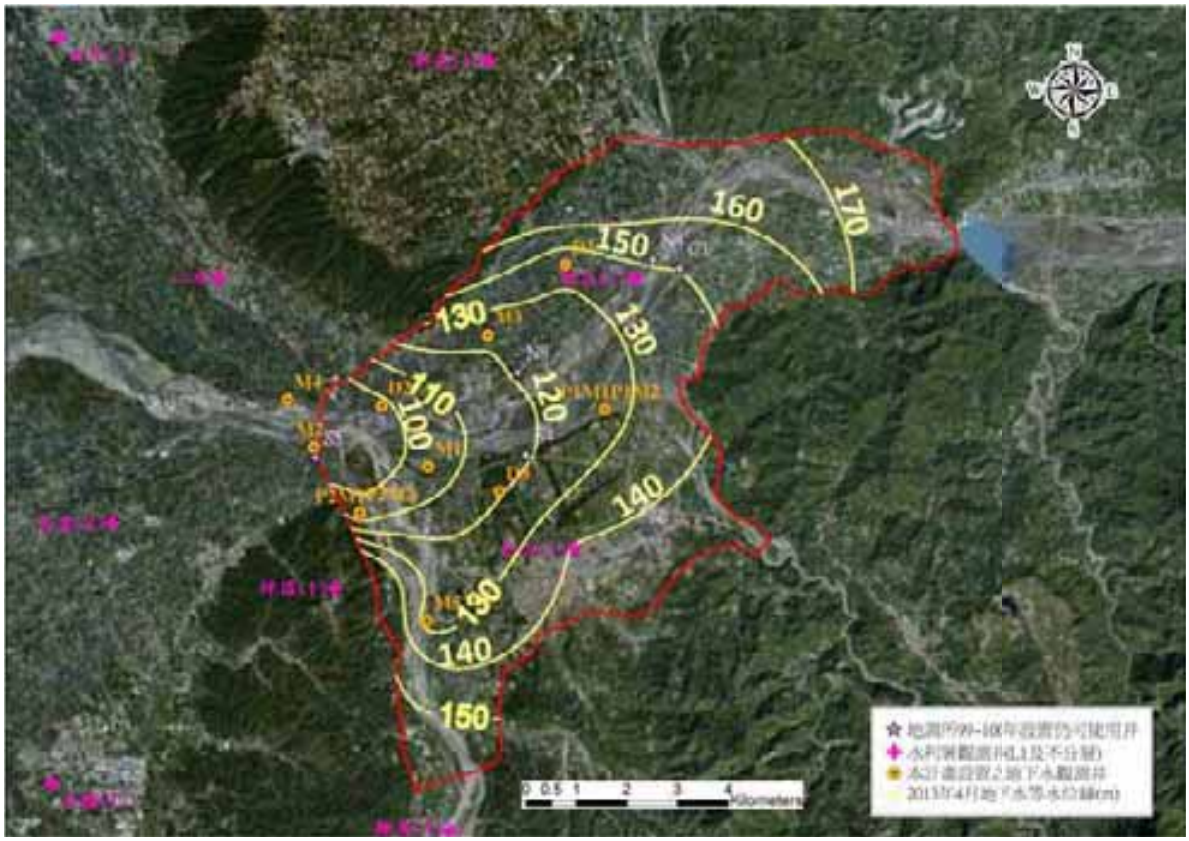
(B)測線 R2 地電阻影像



(C)測線 R3 地電阻影像

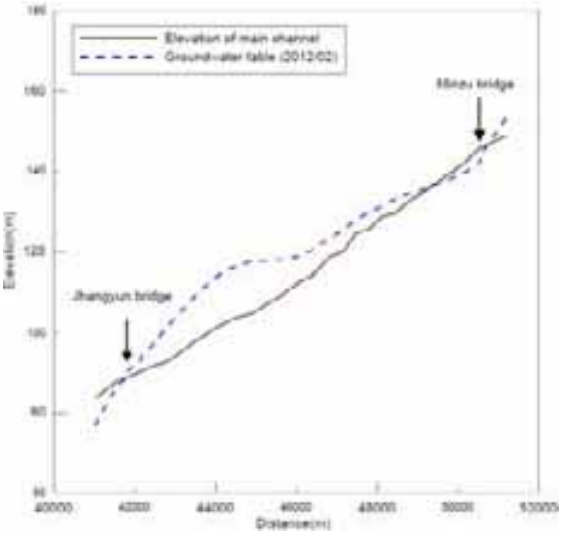
摘圖 4　本計畫地電阻影像剖面探測成果圖

計畫區域經繪製水位等值線圖(如摘圖 5)研判地下水位空間分佈與地下水流向發現與地形變化相同趨勢，原則以東往西遞減，另水位等值線多呈現往河川上游溯源分佈，為典型地下水補注河川地面水型態；另外，地下水流向於濁水溪沿岸呈現東往西及兩岸往河道流動特性，於清水溪沿岸則呈現南往北及兩岸往河道流動特性，而竹山平原一帶則呈現東南往西北方向流動。

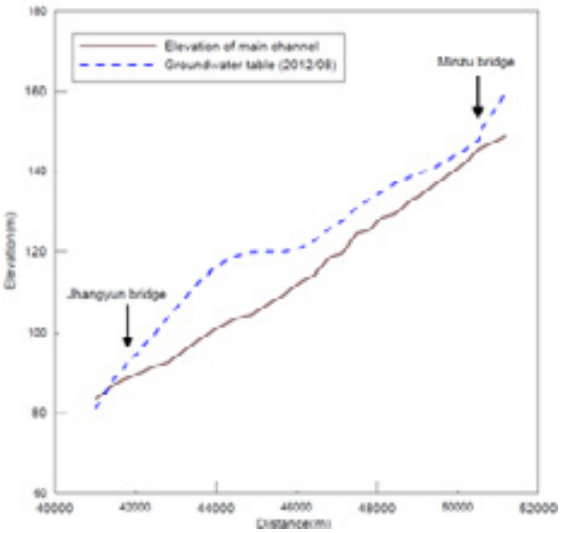


摘圖 5　2013 年 4 月名竹盆地地下水水位等值線圖

依據歷史地下水水位資料顯示，於名竹盆地範圍內地下水水位甚高，明顯高於河道深槽平均高程(如摘圖 6 所示)，且多數時間均高河川水位，依據地面及地下水交互作用關係，於名竹盆地範圍多為地下水補注地面水成為河川基流之現象(如摘圖 7 所示)；此外，藉由地面水水位及地下水水位相關性分析成果顯示，名竹盆地範圍地下水與地面水具有高度相關性，盆地範圍內地面水與地下水連動頻繁，而相關性則隨與河道距離增加而遞減。

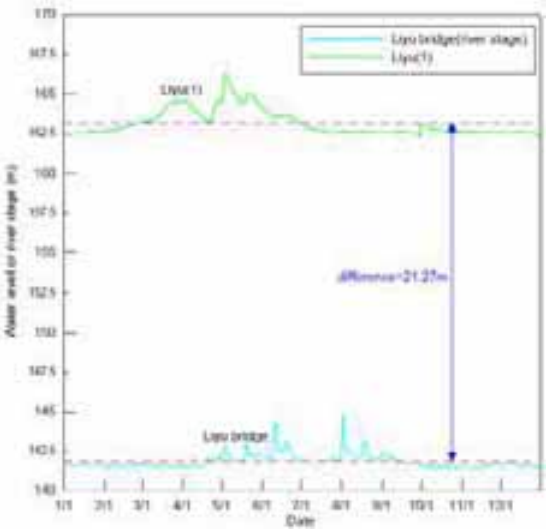


(A)2012 年 2 月(枯水期)

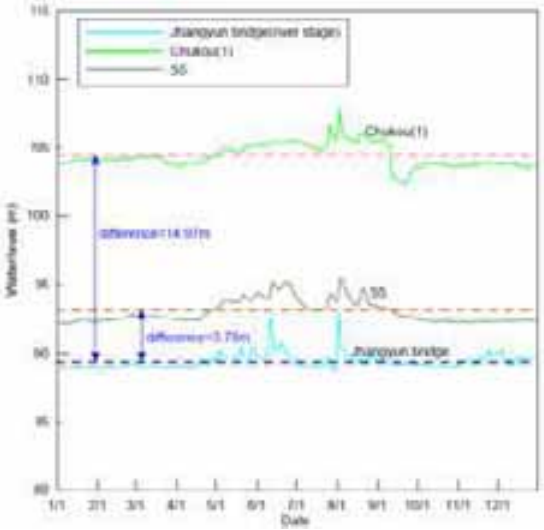


(B)2012 年 8 月(豐水期)

摘圖 6　地下水水位與濁水溪平均深槽高程比較圖



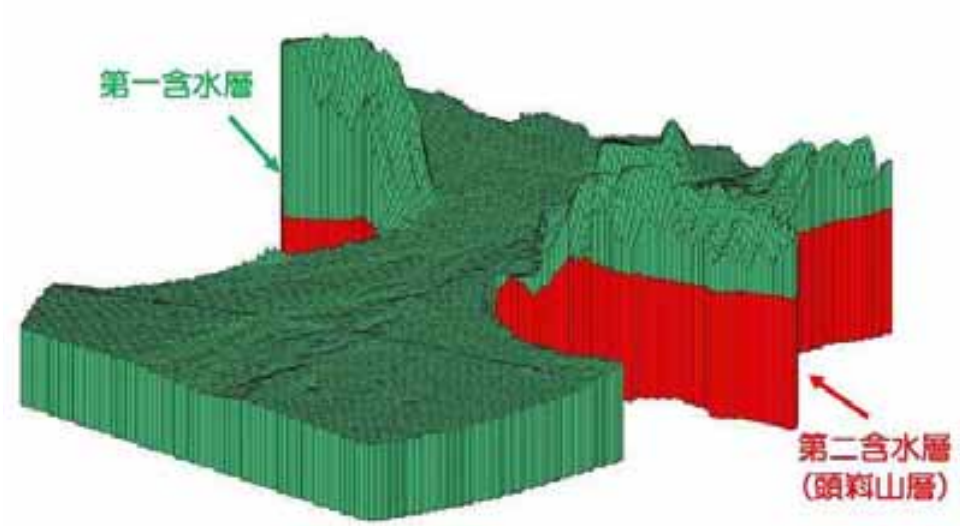
(A)鯉魚大橋



(B)彰雲大橋

摘圖 7　地面水水位與地下水水位比較圖

本計畫依據前期研究、本計畫及中央地質調查所工程地質資料庫於計畫區域內之地質鑽孔資料，建構計畫區域三維水文地質架構模型，概念分層區分為淺層現代沖積層及深層頭嵙山層等 2 分層，而淺層現代沖積層厚度於盆地範圍內分佈不均，於濁水溪沿岸現代沖積層厚度約介於 30 公尺-40 公尺之間，而於清水溪沿岸則約 20 公尺左右，而其下頭嵙山層厚度則甚厚(詳見摘圖 8)。



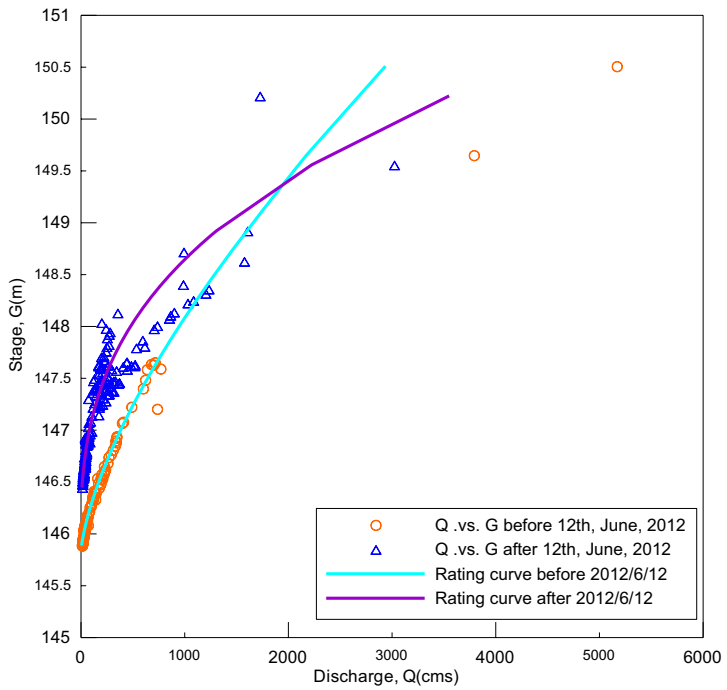
摘圖 8　三維網格分層示意圖

四、地下水水質監測

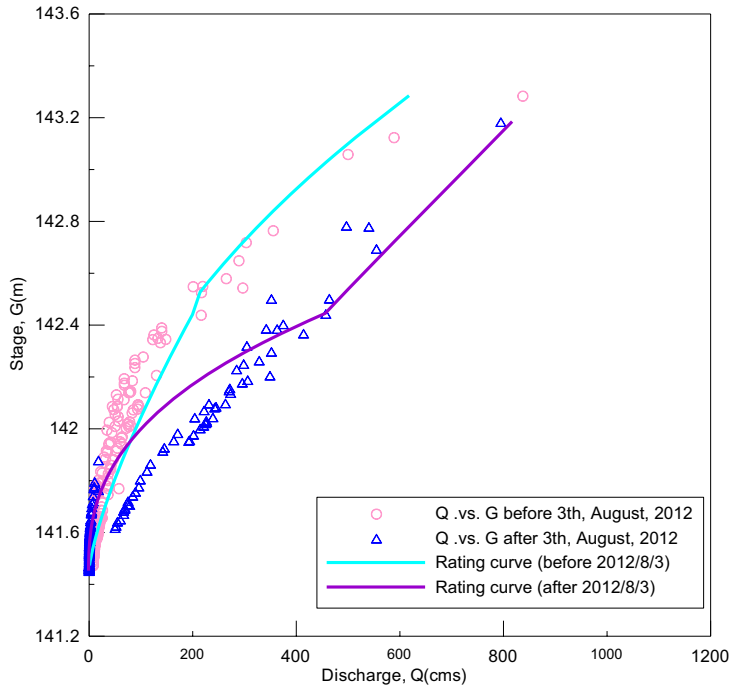
依據本計畫水質採樣分析成果及名竹盆地歷史水質採樣分析資料，於名竹盆地之地下水水質原則均可符合飲用水水源水質標準並可供民生用水使用。

五、地面水監測

本計畫蒐集包含名竹大橋、彰雲大橋、龍門橋、鯉魚大橋、延平橋等共計 5 水文站之河川流量資料，亦蒐集集集攔河堰入流量及放流量資料，分析顯示河川流量豐枯差異甚大，另依繪製鯉魚大橋及名竹大橋之流量率定曲線(如摘圖 9 及摘圖 10 所示)，供未來水位與流量換算之用，其中名竹大橋及鯉魚大橋均出現不同群組數據現象，探討其原因發現均為洪水過後造成河道斷面變化所致,經詢問經濟部水利署第四河川局後得知應以分段方式繪製，無法以單一率定曲線獲得良好率定結果。



摘圖 9　名竹大橋水文站低水位流量率定曲線



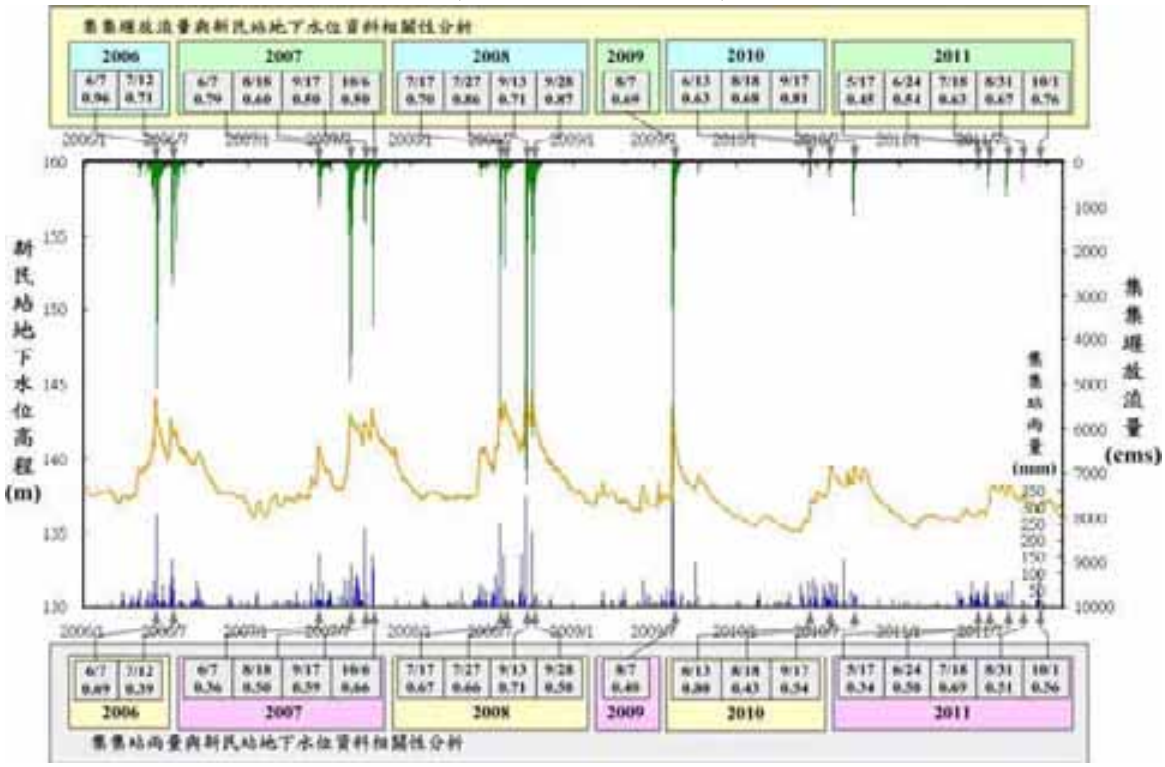
摘圖 10　鯉魚大橋水文站水位流量率定曲線

六、水源補注機制探討

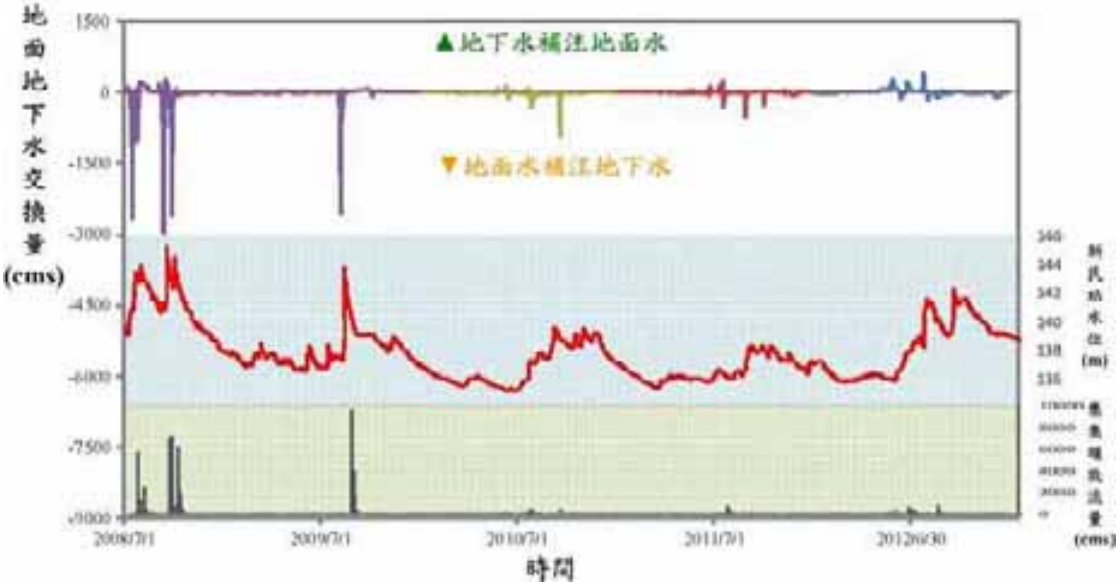
集集堰下游區域地下水位抬升事件，皆與集集堰大量放流有關，集集攔河堰放流量與新民站地下水位資料相關性普遍大於集集雨量站雨量與新民站地下水位資料相關係數分析成果，影響名

竹盆地地下水水位主要因素極可能為上游集集堰放流造成之地下水補注(如摘圖 11 所示)。

利用水化學離子質量平衡計算地面地下水交換量，集集堰放流期間造成地面水補注地下水狀態，非放流期間大部分時間呈現地下水補注地面水狀態(如摘圖 12 所示)。



摘圖 11　集集堰放流量、集集雨量站與新民站歷線及水位關聯性分析 (中央地調查所，2012)



摘圖 12　2008/7~2012/12 名竹盆地地面地下水交換量成果圖

七、含水層地下水儲水體積及變動量評估

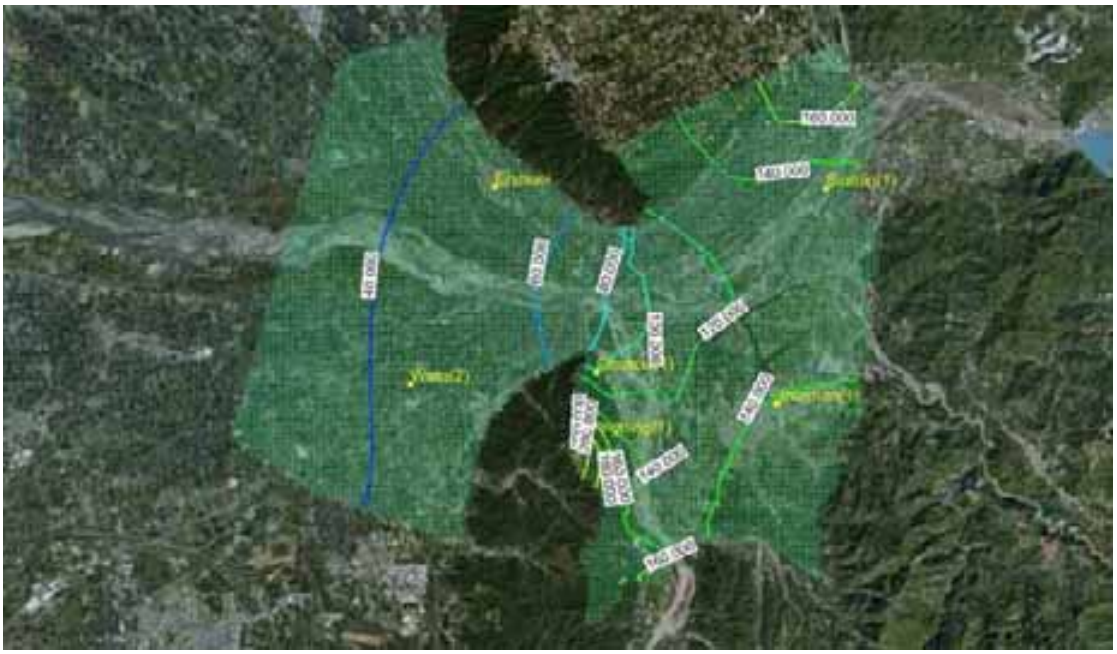
地下水儲水體積成果顯示，現代沖積層濁水溪段及清水溪段分別為 2.32 億立方公尺及 1.98 億立方公尺，於竹山台地堆積層則為 0.88 億立方公尺，另於頭嵙山層為 7.84 億立方公尺。儲水體積變化大致介於 13.03 億立方公尺至 13.5 億立方公尺之間。

八、地下水開發情境模擬及對週遭環境影響

1、地下水數值模式建置

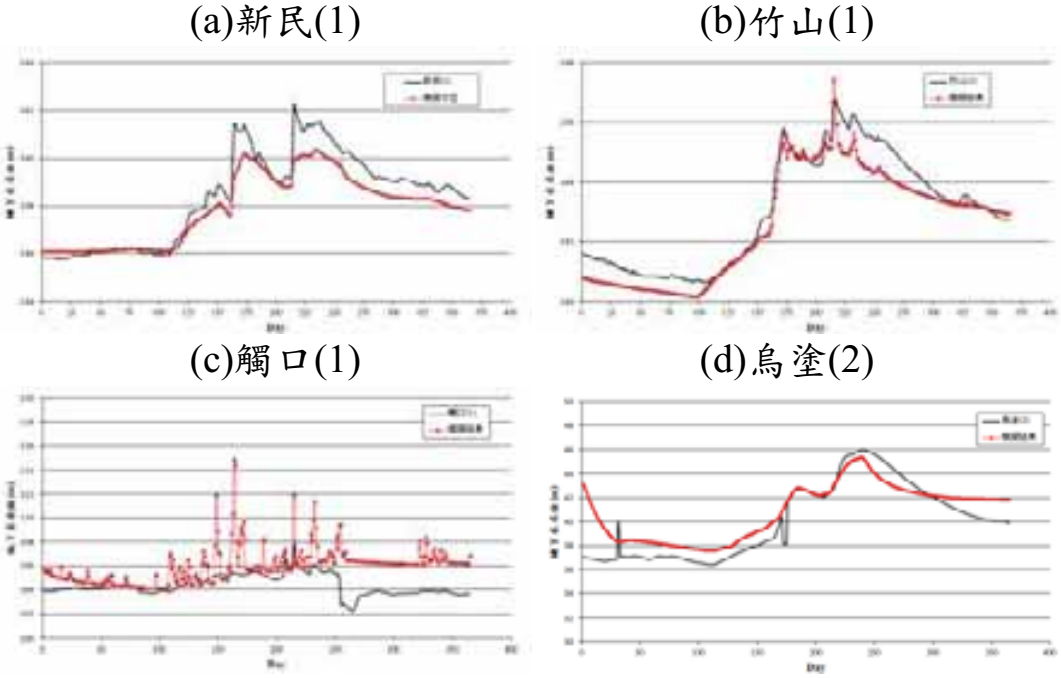
模式範圍選定原則依名竹盆地週邊河川子集水區予以劃設，另車籠埔斷層位於名竹盆地東側，為一含水層不連續面，故於模式東側邊界係沿車籠埔斷層劃設，此外，為了解名竹盆地地下水開發對隘口流出量之影響，於西側則往濁水溪沖積扇延伸一定距離。採用邊長 100 公尺之正方形作為水平離散網格；垂直離散網格則以每一含水層為一個網格，網格垂向長度即為各地層之厚度，總共有 22,085 個網格。

另採用 2 種不同模擬套件進行設定，對於具有流量資料可供利用之河川採用河流演算模組 SFR 設定，而無流量等基本資料可供參考之支流，則依水系分佈圖予以劃定，並以河流模組 RIVER 設定；而於雨水入滲補注率設定部份，採用補注率 0.15 配合實際降雨量予以設定。其模式初始水位等值線及各觀測景率定模擬水位與實測水位之比較圖如摘圖 13 及摘圖 14 所示。



(單位：公尺)

摘圖 13 初始水位等值線



摘圖 14　觀測井地下水水位率定成果圖

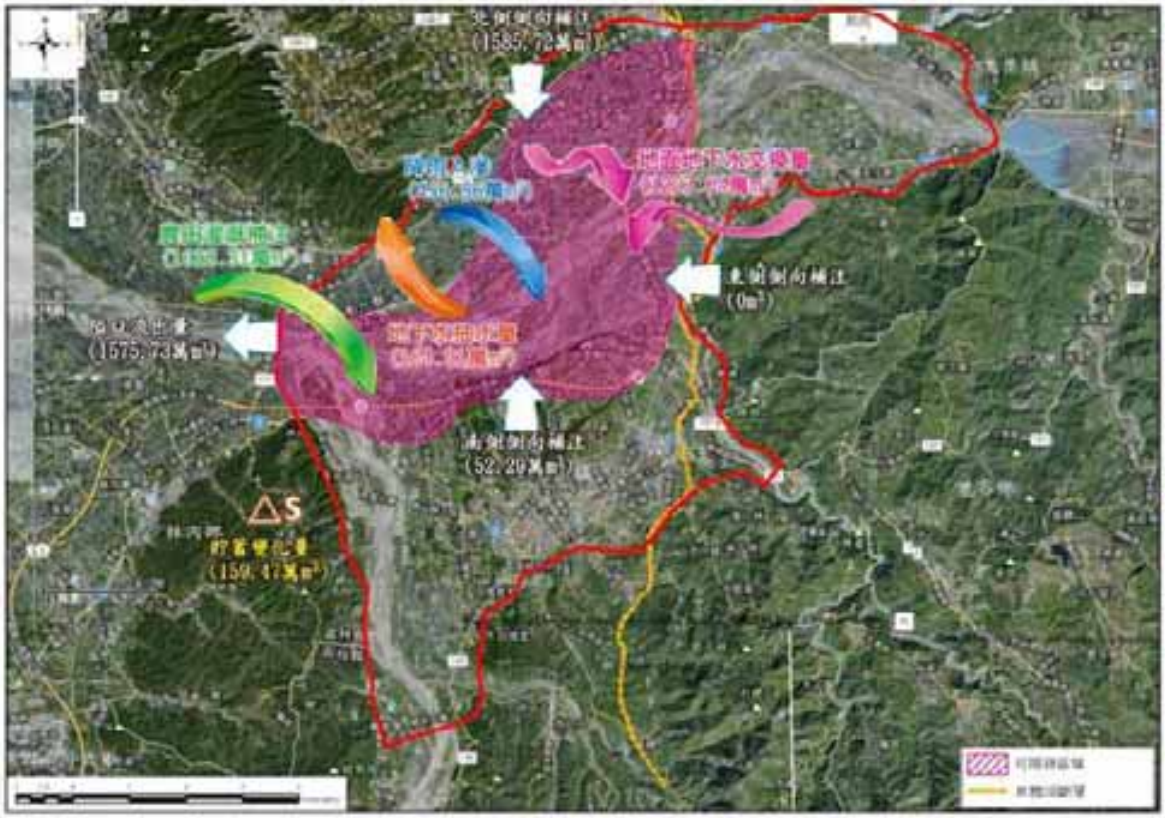
2、地下水開發潛能評估

當含水層流通係數(T)大於 124m^2/day(1,000gpd/ft)之含水層才適合作為工業、公共或農業等標的用水使用(Driscoll, 1986)。為確保可開發區域出水能力得滿足未來可能開發規模，

本計畫以水力傳導係數大於 10^{-4}m/s 為可開發區域劃定原則，故名竹盆地可開發區域為濁水溪沿岸之現代沖積層，面積為 26.51 平方公里(如摘圖 15 所示)，評析成果以相同洩降量條件下，單位設井深度取水量隨設井深度遞減，整體而言，淺層取水較深層取水及混層取水均較具效率，故於於淺層取水較深層取水較具有效率且經統計於計畫區域內井深大於 50 公尺具水權之民生用井每日地下水取用量僅 0.27 萬立方公尺，故建議名竹盆地地下水開發應以濁水溪沿岸現代沖積層為主。

摘圖 15　可能開發區域範圍(K>10^{-4}m/s)

依據可開發區域水平衡分析成果顯示，於可開發區域內地面水與地下水之交換行為多為地下水補注地面水型態，每年地下水補注地面水水量介於 166.33 萬立方公尺至 3,352.53 萬立方公尺之間，平均值約為 1,223.64 萬立方公尺(如摘圖 16)。



摘圖 16　可開發區域現況(未開發)年平均水平衡分析成果示意圖

如未來地下水開發後，地下水與地面水交互關係將使原地下水補注地面水型態改變為由地面水補注地下水型態，如於可開發區域每日抽汲 5 萬立方公尺、10 萬立方公尺、20 萬立方尺及 30 萬立方公尺，每年由地面水補注地下水水量則分別為 601 萬立方公尺、2,426 萬立方公尺、6,076 萬立方公尺及 9,726 萬立方公尺水量，佔抽汲水量 32%、66%、83%、89%及 92%，顯示所抽汲水量多數來自於地面水補充。

依據彰雲大橋 2002 年至 2012 年流量觀測紀錄，比對於於濁水溪隘口下游生態基流量及水權量需求，發現於枯水期彰雲大橋流量均不符生態基流量及水權量需求，如於名竹盆地進行地下水開發將使原水量缺口擴大，影響生態保育及下游水權人權益(詳摘表 2)。

摘表 2　彰雲橋下游流量缺水率計算表

年份	需水量 (萬立方公尺)	缺水量 (萬立方公尺)	流量不符生態基流量及水權量天數(日)	年缺水率(%)
2002	170,957	95,575	326	55.91
2003	170,957	86,610	319	50.66
2004	171,191	74,088	261	43.28
2005	170,957	29,240	137	17.10
2006	170,957	40,428	194	23.65
2007	170,957	22,194	156	12.98
2008	171,191	29,861	213	17.44
2009	170,957	56,257	286	32.91
2010	170,957	43,566	264	25.48
2011	170,957	45,581	244	26.66
2012	170,957	30,784	186	17.98
平均值	171,021	50,380	235	29.46

彰化及雲林地區現況自來水用水量分別每日抽取地下水 28 萬立方公尺及 12.6 萬立方公尺供應，而配合湖山水庫、鳥嘴潭人工湖及自來水調度將分別於 2014 年及 2022 年由地面水資源取代多數地下水抽取，惟其於因應水文豐枯情勢變化，於枯水期仍預留抽取地下水之空間。依據 2010 年經濟部水利署水利規劃試驗所「烏溪鳥嘴潭人工湖可行性規劃(2/2)-工程可行性規劃」總報告，自鳥嘴潭人工湖完工營運後，自 2021 年起，彰化地區仍需每日抽取地下水 11 萬立方公尺。

本計畫進行常態及備援開發方案規劃，於常態供水方案規劃目標以每日提供穩定水源為考量，故規劃全年常態抽水(無調蓄設施)及豐水期抽水(配合調蓄設施)等 2 方案進行規劃描述；另備援供水可區分為枯水期緊急備援及豐水期緊急備援等 2 類：

(1)常態供水方案

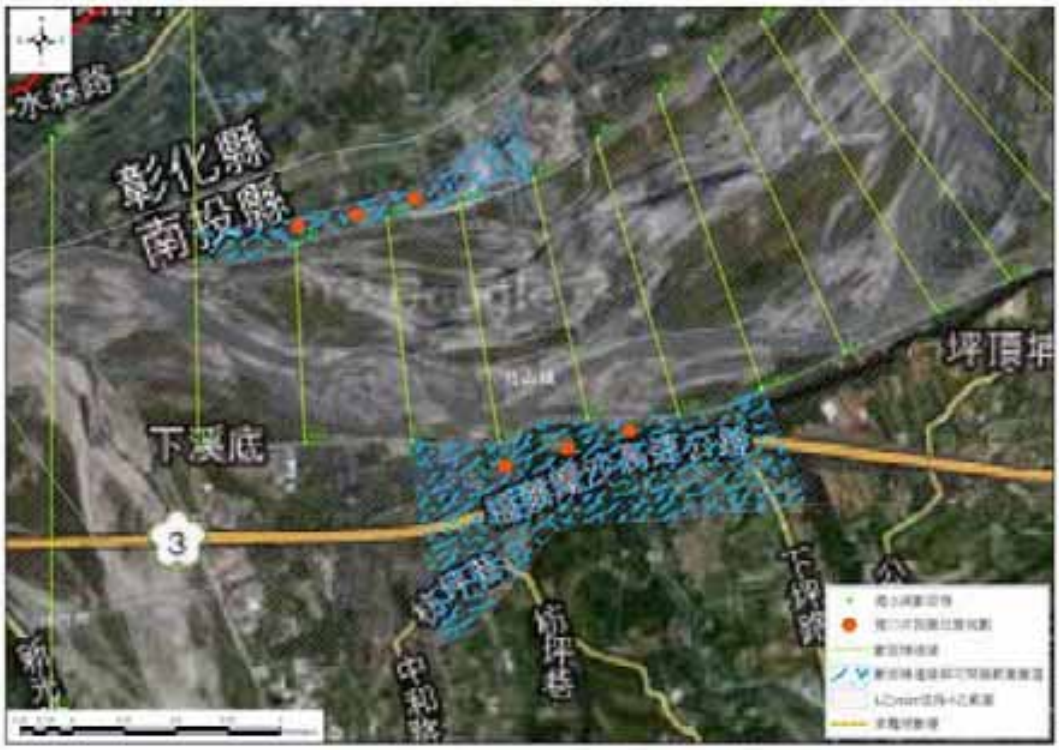
A、全年常態抽水(無調蓄設施)

建議規劃開發每日 3 萬立方公尺，採寬口井方式取水，單井取水量為每日 5,000 立方公尺，故建議於濁水溪北岸

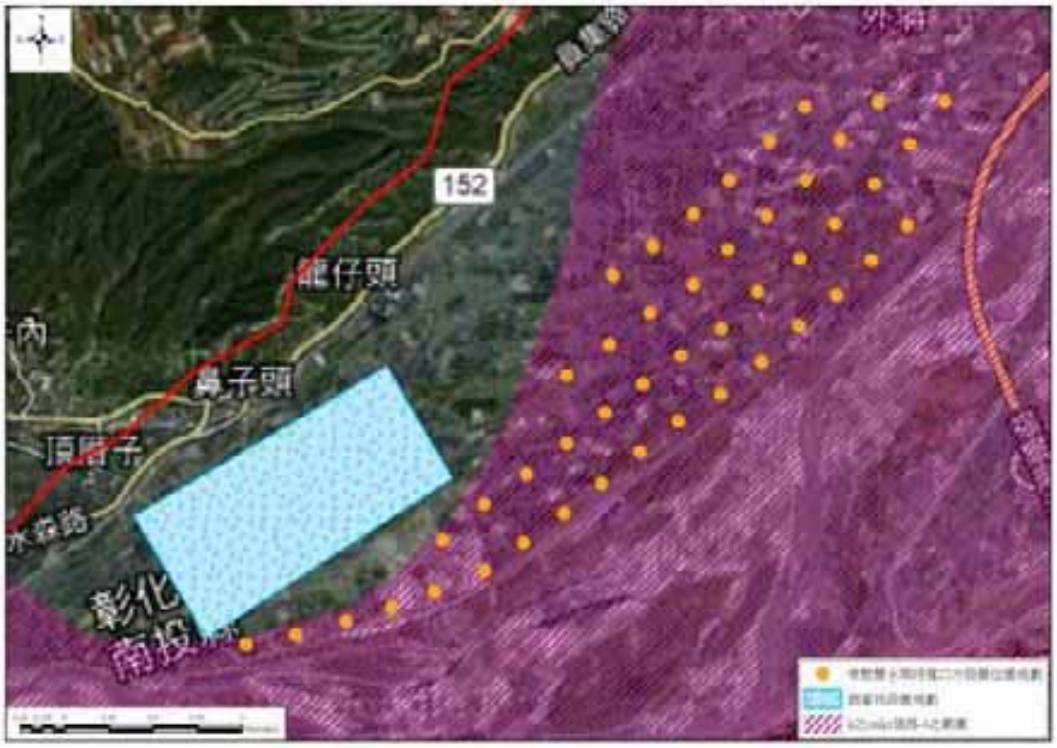
於斷面 90 至斷面 94 區域以及南側斷面 92 至斷面 96 區域為地下水適宜開發區位設置 6 口寬口井(如摘圖 17 所示)，於濁水溪南北兩岸各設置3口，為避免水井相互抽水干擾，井距需大於 280 公尺，此方案可供應彰化雲林地區每年 1,095 萬立方公尺之水量。

B、豐水期抽水(配合調蓄設施)

如以滿足彰化未來每日 11 萬立方公尺之供水目標，調蓄池蓄水空間應滿足於枯水期間穩定供水之需求，有效蓄水深度為 15 公尺，並以封底方式設置調蓄池且缺水指數(Shortage Index, SI)恰等於1之條件下，調蓄水面積需達127公頃，以豐水期抽汲每日 23 萬立方公尺之地下水，如依寬口井單井最佳出水量每日 5,000 立方公尺預估，於北岸需佈設 46 口寬口井(如摘圖 18 所示)。



摘圖 17　全年常態抽水方案寬口井佈設規劃示意圖



摘圖 18　豐水期抽水配合調蓄設施工程佈置圖

(2)備援供水方案

A、枯水期乾旱緊急備援用水方案

建議規劃以農業用水旱災乙級災害標準中間值 45%為限，抽水量可提高至每日 9 萬立方公尺，於南北兩岸分別抽取 4.5 萬立方公尺，以作為緊急備援之用。因考量枯水期水位可能明顯下降，造成寬口井取水能力降低，故建議採淺井開發型式，如以單井出水量 4,000 立方公尺，故於南北兩岸分設 12 口淺井，井深採 40 公尺以確保得順利取水(如摘圖 19 所示)。

B、豐水期高濁度時期備援用水方案

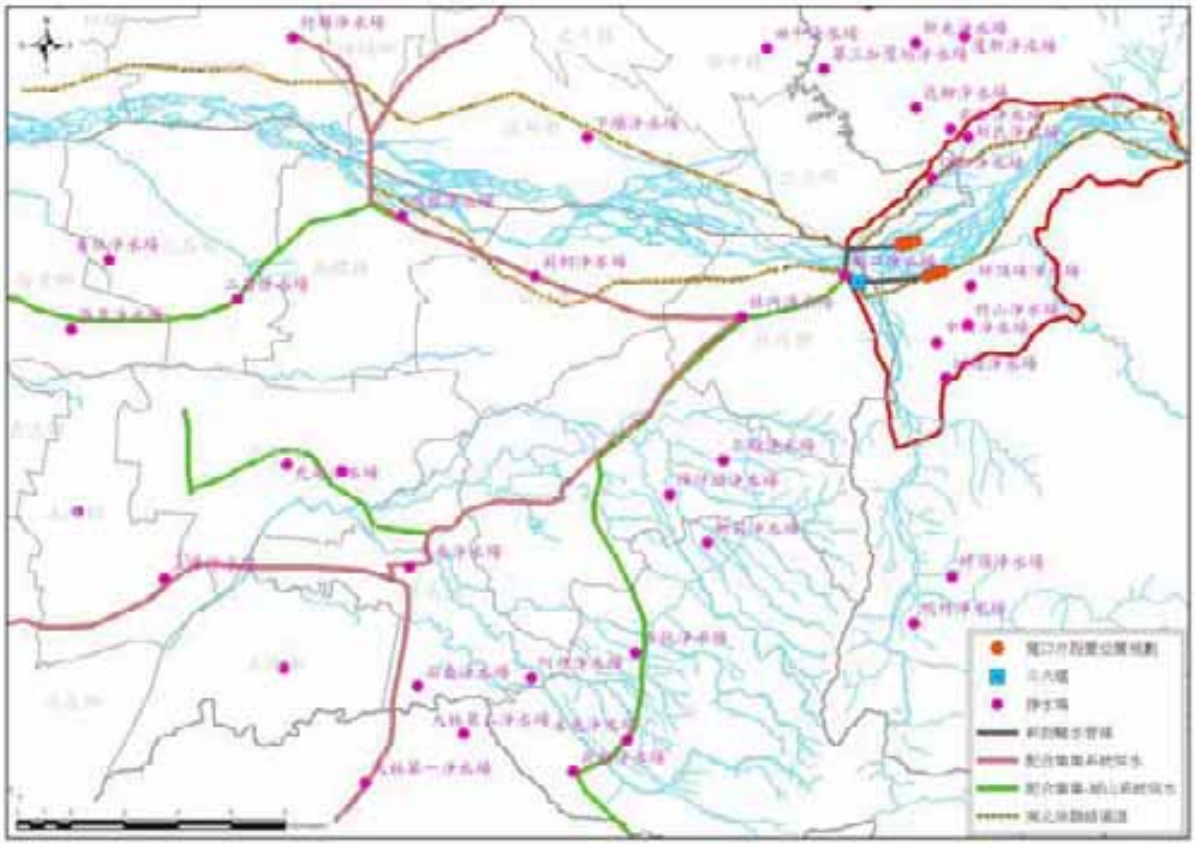
以農業用水旱災丙級災害標準中間值 35%為限，抽水量約每日 15 萬立方公尺規劃於南北兩岸分別抽取 7.5 萬立方公尺，以作為高濁度緊急備援之用，又考量於高濁度期間，寬口井恐因濁度過高造成阻塞而無法順利取水，故以淺井方式取水，井深為 40 公尺，如以單井出水量 4,000 立

方公尺為基礎，則需於南北兩岸分設 19 口淺井(如摘圖 20 所示)。

摘圖 19　枯水期乾旱緊急備援用水工程佈置圖

摘圖 20　豐水期高濁度緊急備援用水工程佈置圖

依據自來水公司於名竹盆地下游淨水場及輸水管線分佈，於建議開發區之水量直接輸送至雲林觸口淨水場，經處理後再利用自來水系統輸送使用，於北岸開發區位輸送至觸口淨水場需新設輸水管路 3.6 公里；於南岸開發區位輸送至觸口淨水場則需新設輸水管路 3.8 公里(如摘圖 21 所示)。



摘圖 21　輸水路線規劃位置圖

經估算結果，兩項常態供水方案之年計成本及原水建造成本估算成果如摘表 3 所示，全年常態抽水方案之年計成本約 4,823 萬元，以年供水量 1,095 萬立方公尺推估，其原水建造成為 4.4 元/立方公尺；豐水期抽水配合調蓄池常態供水方案其年計成本為 28.06 億元，以年供水量 3,614 萬立方公尺估算，其原水建造成本則達 77.66 元/立方公尺。

摘表 3　常態供水方案年計成本及原水建造成本估算成果表

常態供水方案	年計成本(萬元)	年供水量(萬立方公尺)	原水建造成本(元/立方公尺)	計畫成本(萬元)
全年常態抽水(每日供水 3 萬立方公尺)	4,823	1,095	4.4	27,672
豐水期抽水配合調蓄池(每日供水 16 萬立方公尺)	280,662	3,614	77.66	2,636,791

本計畫以建置三維地下水數值模式進行開發情境模擬，於模式率定完成後，即可進行開發方案模擬，依據開發方案規劃結果，共設定 5 種，分別為未開發、全年常態抽水每日 3 萬立方公尺、豐水期抽水每日 23 萬立方公尺、枯水期抽水每日 9 萬立方公尺及豐水期抽水每日 15 萬立方公尺；時間區分為全年常態抽水、豐水期抽水(5 月至 10 月)、豐水期備援抽水(於豐水期間連續抽水 20 日)、枯水期備援抽水(1 月至 3 月，連續抽水 90 日)；開發情境設定以井群方式取水，僅以淺層含水層為抽汲對象，全年常態抽水方案為例，開發規模以單井出水量每日 5000 立方公尺，以井距 300 公尺，以 2012 年代表平水年，年度模擬自 1 月 1 日起至 12 月 31 日至，模擬時距均為 1 日，其成果詳摘表 4 及摘圖 22 所示。

摘表 4　平水年開發方案模擬成果綜整表

開發方案	抽水量(萬立方公尺/日)	抽水時間	最大洩降範圍(公頃)	最大洩降量(公尺)	增加吸引河川入滲量(萬立方公尺)	隘口流出量(萬立方公尺)
未開發	-	-	-	-	-	1,791
全年常態抽水	3	全年	316	6.60	536	1705
豐水期抽水常態供水	23	豐水期(5 月至 10 月)	1797	22.15	1177	1475
枯水期抽水備援供水	9	枯水期(1 月至 3 月，總計連續抽水 90 日)	709	6.83	476	1713
豐水期抽水備援供水	15	豐水期(連續抽水 20 日)	341	6.74	103	1777

(A)全年常態抽水
(每日 3 萬立方公尺)

(B)豐水期常態抽水
(每日 23 萬立方公尺)

(C)枯水期抽水備援供水
(每日 9 萬立方公尺)

(D)豐水期抽水備援供水
(每日 15 萬立方公尺

摘圖 22　平水年各開發方案洩降範圍圖

九、地下水水資源開發可行性總體評價

經考量分析各項影響因子進行方案優選(如摘表 5 所示)，名竹盆地地下水開發常態供水建議方案為全年常態抽水(每日抽水 3 萬立方公尺)工程經費約 2.77 億元，原水建造成本為 4.4 元/立方公尺，如採替代計畫成本 3.2 元/立方公尺估算，益本比約為 0.73。備援供水建議方案則為豐水期抽水備援供水(每日抽水 15 萬立方公尺，連續抽水 20 日)。

摘表 5　名竹盆地開發方案優選表

方案	工程實務可行性	現況水資源開發配合運用取代地下水可行性	移用農業用水可行性	不致影響區域地下水環境	不致影響下游地下水補注量	土地取得可行性	具開發效益
全年常態抽水	○	○	○	○	○	○	○
豐水期抽水常態供水	○	○	○	×	×	×	×
枯水期抽水備援供水	○	×	×	×	○	○	-
豐水期抽水備援供水	○	×	○	○	○	○	-

註：”-“指備援供水方案未計算其益本比

關鍵字：名竹盆地、地下水開發

Abstract

1. Preface

The midstream of Chou-Shui River and downstream of Qing-Shui River also belong to Minzu Basin. The range of Minzu Basin east from Chi-Chi Weir, west to Chang-Yun Bridge, south to the valley of midstream Qing-Shui River, north to the junction of the Recent Alluvium located midstream of Chou-Shui River and Chelungpu Fault. To confirm the groundwater reserve and the develop potential of the Minzu Basin, it collect the basic data including hydrogeology, river flow and groundwater level then conduct suit hydrogeology investigation and experiment to analysis and simulate the feasibility of groundwater reservoir developed in Minzu Basin.

The work of Project mainly including the basic data analysis, literature collection, hydro-geological investigation, groundwater quality monitored, ground hydrological monitored, aquifer reserves and change volume assessment, groundwater recharge mechanisms during dry and flood season, assessed the relationship between groundwater flow in pass area and groundwater recharge in alluvial fan, groundwater development scenario simulation, exploration the Minzu Basin groundwater development effect on surrounding environment, and the feasibility of groundwater reservoir developed in Minzu Basin.

2. Basic data collection

(1)Topographic and geologic

Minzu Basin is located midstream of Chou-Shui River, it's range including Cuou-Shui Valleys, Qing-Shui Valleys, part of Pingdingpu Mesa, part of Bagua mountain Mesa and chu shan Plain. Total area is 76.05 km2, the geological characteristics in Minzu Basin is complex, its including Recent Alluvium, Toukoshan Formation, and Terrace Deposits.

(2)Ground hydrological

The annual rainfall in Minzu Basin is about 2222 millimeter, the river in basin consists of Chou-Shui River and Qing-Shui River, two river converge on Ershui Pass

(3)Groundwater hydrological

Minzu Basin is a closed groundwater area. In the east the Chelungpu Fault is a discontinuities aquifer, the boundaries in south and north side are platform or hilly watershed, in west side the Ershui Pass is the outlet. The aquifer in Recent Alluvium are mostly unconfined aquifer, the groundwater level change according to the flood and dry season change.

(4)The cases in domestic and international

The groundwater resource assessment methods generally contains traditional water budget and numerical model simulation. Before analysis, should be understand the hydro-geological conditions, such as aquifers geological and hydro-geological parameters. In addition to analyzing methods,

many researches focus on the groundwater extraction impact on surface water, the groundwater extraction maybe affect the original river basic flow, and the increase value of groundwater extraction depends on the river flow.

3. Hydro-geological exploration and groundwater hydrology analysis

Hydro-geological exploration work completed 3 ground resistance survey lines, the length of 3km, geological drilling (whole core sampling) in 3 site, the total depth is 300 m, pumping test in 2 site, situ permeability test in 1 site, groundwater velocity and flows monitor in 3 site, electrical Logging in 2 site, and set 10 simple observation wells to monitor the level. According to the investigation result can initial know the hydro-geological characteristics in Minzu Basin. Base on the geological drilling and ground resistance result the geological stratification in Minzu Basin can divided into shallow Recent Alluvium and deep Toukoshan Formation. The thickness of shallow Recent Alluvium in basin is unevenly distributed. Along the Chou-Shui River the thickness of shallow Recent Alluvium approximately between 30m to 40m, while along the Qing-Shui River the thickness is about 20 m and the thickness of Toukoshan Formation under Recent Alluvium is very thick. In addition, it finds that there is a thick impermeable stratum under the Recent Accretion and conjecture that caused by a dubious anticline by electrical resistivity tomography investigation in Ershui Bizitou pass. The research conjectures that the pass is a natural geological structure which could keep the groundwater storing in the basin. In addition, it also shows that the value of hydraulic conductivity for aquifer is higher than the value of Toukoshan Formation that under Recent Alluvium by the relation research results and the result of pumping test which executed in this research. Therefore, the potential of groundwater discharge along the bank of Chou-Shui River is higher than the potential of groundwater discharge along the bank of Qing-Shui River that generalizes from spatial distribution.

According to the historical data for groundwater in Minzu Basin, it shows that the research area with higher groundwater level, it also higher than average elevation of the main river channel and water level in most of time. In accordance with interaction between surface water and groundwater, it find that the groundwater recharge to surface water and become the base-flow in Minzu Basin. In addition, the research also finds that there is high correlation between surface water and groundwater in the basin by correlation analyses, and the correlation decrease progressively with the increase of the distance to main river channel.

4. The groundwater quality monitoring

According to the historical data and result of groundwater quality sampling and analysis that execute in the research, it shows that the quality of groundwater conform to “Drinking Water Source Quality Standards”.

5. The surface water quality monitoring

According to flow rate data collected from five hydrometric station that include Minzu Bridge, Changyun Bridge, Longmian Bridge, Liyu Bridge and Yanping Bridge, the inflow and outflow data collected from Jiji Weir, it shows that there is a noticeable difference of flow rate between rainy season and dry season. In addition, it charted flow rating curve to supply assistance for water level and flow rate to conversion.

6. Discussion about mechanism of groundwater recharge

According to the result of water chemistry analysis, it shows that the flow rate lower in 2013 to 2012. In the Minzu Basin, the source of groundwater recharge is from river flow. In rainy season, the flow rate discharge into river from Jiji Weir affected groundwater level signigicantly.

7. The evaluation for groundwater reserve and its variation in aquifer

There is 2.32 hundred million tons groundwater stored in the Recent Accretion which near to Chou-Shui River and 1.98 hundred million tons groundwater stored in the Recent Accretion which near to Qing-Shui River. In addition, there is 0.88 hundred million tons groundwater stored in the Plateau Sediments, and 7.84 hundred million tons groundwater stored in the Toukoshan Formation. Conclude by the result that the groundwater reserve lies in between 13.03 to 13.5 hundred million tons.

8. Simulation and discussion of environment effect due to groundwater development

According to the discharge capacity of aquifer, suitable development region was the aquifer of modern alluvium near Chou-Shui River. Area of suitable development region was 26.51 km^2. The deeper aquifer under the modern alluvium was poor for groundwater development. Interaction of surface water and groundwater in this area showed groundwater move to Chou-Shui River. The water amount which move to Chou-Shui was 1223.64 ten thousand tons per year by water budget method. Groundwater development scenarios were also estimated. When pump at rates 5, 10, 20, and 30 ten thousand tons per day for a year, there were 601, 2426, 6076, and 9726 ten thousand tons recharge groundwater from the steam. The percentage of recharge between discharge were 32%, 66%, 83%, and 89%. The interaction between surface water and groundwater was transformed from move to the stream to recharge.

According t o discharge records of Jhangyun Bridge station, the discharge of Chou-Shui River had significant shortage for base flow and water right requirement. In the other word, the discharge of Chou-Shui River was unsatisfied the basic requirement. The groundwater development of Minzu Basin may cause the lack of river discharge expand.

The 3D numerical groundwater model was established for groundwater

development scenarios simulation in Minzu Basin. The result shows that when pumping on 6 wells, the area the drawdown more than 2 m was 316 ha with the maximum drawdown 6.6m. The result of groundwater development also showed the effect of discharge flow to Chou-Shui River Alluvial Fan under the mountain pass was not obvious.

According to influence factor analysis, the better exploitation plans of Minzu Basin are daily pumping supply plan pump (3 ten thousand tons per day) and wet season pumping backup plan (pump 15 ten thousand tons per day, for 20 days). The cost of facilities of daily pumping supply plan was 2.77 hundred million NTD. The benefic cost ration was 0.73.

keyword：Minzu Basin、Groundwater Resources Development

結論與建議

一、結論

(一)本計畫為了解名竹盆地水文地質特性，辦理地質鑽探、地電阻探測、抽水試驗及流速流向測定等現地探查工作，並於名竹盆地範圍內增設 10 處地下水水位觀測井，進行地下水水位變化觀測；以往名竹盆地前期研究探查多集中於淺層現代沖積層及濁水溪沿岸範圍，而本計畫探查之深度達地表下 100 公尺，且探查範圍均佈於名竹盆地區域，於深度及範圍均較前期研究為廣，對於名竹盆地水文地質架構之掌握較為明確。

(二)依據前期研究及本計畫探查成果，並參考國外對於地下水開發出水能力之要求，於名竹盆地具地下水開發潛能區域集中於濁水溪沿岸，面積約為 26.51 平方公里，且淺層現代沖積層較深層頭嵙山層具較高之出水能力，故名竹盆地地下水可開發地區應以濁水溪沿岸現代沖積層為主。

(三)本計畫辦理總計 4 筆地下水水質檢測成果顯示，名竹盆地地下水水質均可符合飲用水水源水質標準，未來如進行地下水開發將可作為民生用水水源使用。

(四)依據 2002 年至 2012 年名竹盆地地下水可開發地區之水平衡分析成果，於可開發區域內地面水與地下水之交換行為多為地下水補注地面水型態，平均每年地下水補注地面水水量為 1,223.64 萬立方公尺，為避免影響地面水水量，此水量即為名竹盆地地下水開發之潛能量。

(五)依據彰雲大橋 2002 年至 2012 年流量觀測紀錄，比對於濁水溪隘口下游保育用水量及水權量需求，並以缺水率為限制條件，名竹盆地如採全年常態抽水方式開發，每日可開發水量為 3 萬立方公尺，另比對彰雲地區水資源供需情勢，名竹盆地開發之

水量可供應彰化地區取代部份地下水抽取量，有助於保育濁水溪沖積扇地下水環境。全年常態抽水方案規劃以寬口井方式進行開發，於濁水溪北岸斷面 90 至斷面 94 處及南岸斷面 92 至斷面 96 處分別於佈設 3 口寬口井，總計 6 口寬口井，每日抽汲 3 萬立方公尺水量，所抽汲之水量則規劃由寬口井處佈設輸水管線輸水至觸口淨水場，再利用現有自來水管網輸水至彰化地區。

(五)本計畫建置三維地下水數值模式進行不同開發時間及規模之情境模擬，開發情境設定以井群方式取水，以平水年為例，當全年常態抽水(每日抽汲 3 萬立方公尺)情況時，地下水水位洩降大於 2 公尺範圍達 316 公頃，最大洩降量則達 6.6 公尺，而隘口流出量則由每年 1,791 萬立方公尺略減至 1,705 萬立方公尺。

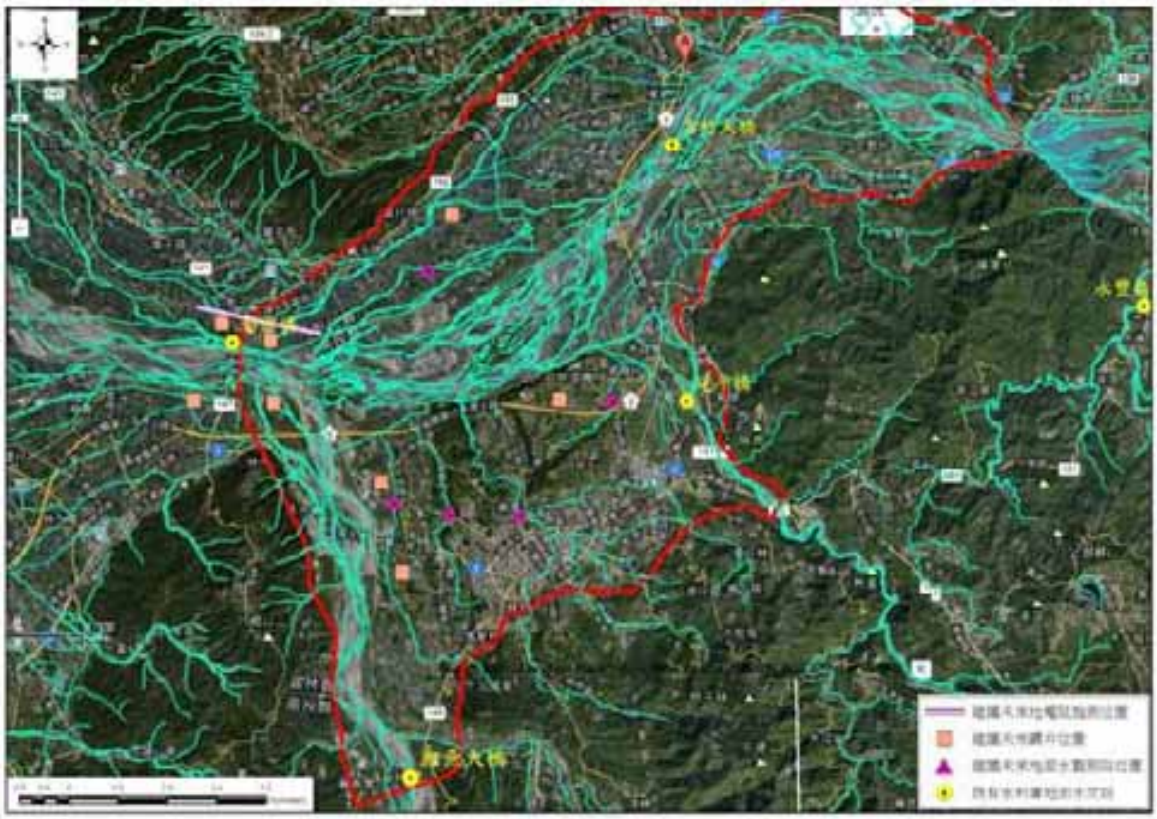
(六)經考量分析各項影響因子進行方案優選，名竹盆地地下水開發常態供水建議方案為全年常態抽水(每日抽汲 3 萬立方公尺)，方案工程經費約 2.77 億元，原水建造成本約為 4.4 元/立方公尺。

二、建議

(一)名竹盆地地面及地下水交互作用頻繁，本計畫利用水平衡、水化學平衡及相關性分析等方法推估其交換量，然仍屬間接推估方法，建議可參考國外經驗利用示縱劑試驗(tracer test)、水溫監測及垂向水力梯度監測等方法，直接針對地面地下水交換量進行量測，可獲致較佳之成果。

(二)目前於名竹盆地範圍可供進行地質判別之岩心資料不足，歷史資料鑽探方法多為衝鑽，並無完整岩心資料可供判讀地層分界，建議未來可增加全程岩心取樣鑽探及地球物理探測，以掌握名竹盆地地質特性及構造，而鑽探位置除目前未有鑽探資料區位外，應包含隘口一帶以釐清背斜構造之走向及位態；而除了濁

水溪、清水溪及東埔蚋溪等河川外，尚有諸多支流及野溪，建議未來可就名竹盆地內支流及野溪進行實際量測，獲取可靠之地面水文資訊，以提高地下水數值模式之準確性；另本計畫於地球物理探測及鑽探成果均指出二水隘口處疑為八卦山背斜構造之延伸，然而對於背斜構造之走向及位態，依現有資訊尚不足進行研判，建議未來可於二水隘口處進行地電阻探測，以釐清背斜構造之走向及位態。後續鑽探、地面水觀測站及地電阻設置建議位置如下圖所示。



(三)本計畫評析名竹盆地開發確有其效益，惟未來開發過程仍應考量對於區域地下水環境之影響，應納入水位管理之概念進行營運操作，以避免大幅降低名竹盆地地下水水位，產生不良影響。

(四)建議未來可針對地下水於山區蓄引至地下水庫存取，進行相關之調查探討研究，以增加地下水庫開發之可行性。

第壹章　前言

一、計畫緣起與目的

依據經濟部中央地質調查所(以下簡稱中央地調所)於 2011 年辦理之「台灣地區地下水資源調查研究整體計畫-第一期台灣中段山區地下水資源調查與評估(2/4)」計畫成果顯示，於濁水溪流域範圍內地下水資源較具開發潛能之河段大致位於三處，包含濁水溪上游河谷部份、陳有蘭溪中游及濁水溪中游與清水溪下游區域，其中濁水溪中游與清水溪下游區域因其補注潛能高，具有河系發達及地下水深度淺等特性，適於提供河川水補注地下含水層，故被認為具有高度地下水資源開發潛能。

前述濁水溪中游與清水溪下游區域亦稱之為名竹盆地，其範圍東自集集攔河堰、西至彰雲橋下游隘口、南至清水溪中游河谷、北至濁水溪中游現代沖積層邊界與車籠埔斷層交界處。為確認名竹盆地地下水資源蘊藏量及其可開發之潛能，爰擬就名竹盆地蒐集其水文地質、河川流量及地下水水位等基本資料，並進行現地水文地質相關的調查、試驗，據以分析、模擬並探討名竹盆地地下水庫開發之可行性。

二、計畫區域

前述名竹盆地為本計畫研究區域，依地理資訊系統推求其面積約為 76.05 平方公里，而主要含水層位於車籠埔斷層以西區域，面積約為 58.45 平方公里，名竹盆地位置示意如圖 1-1。

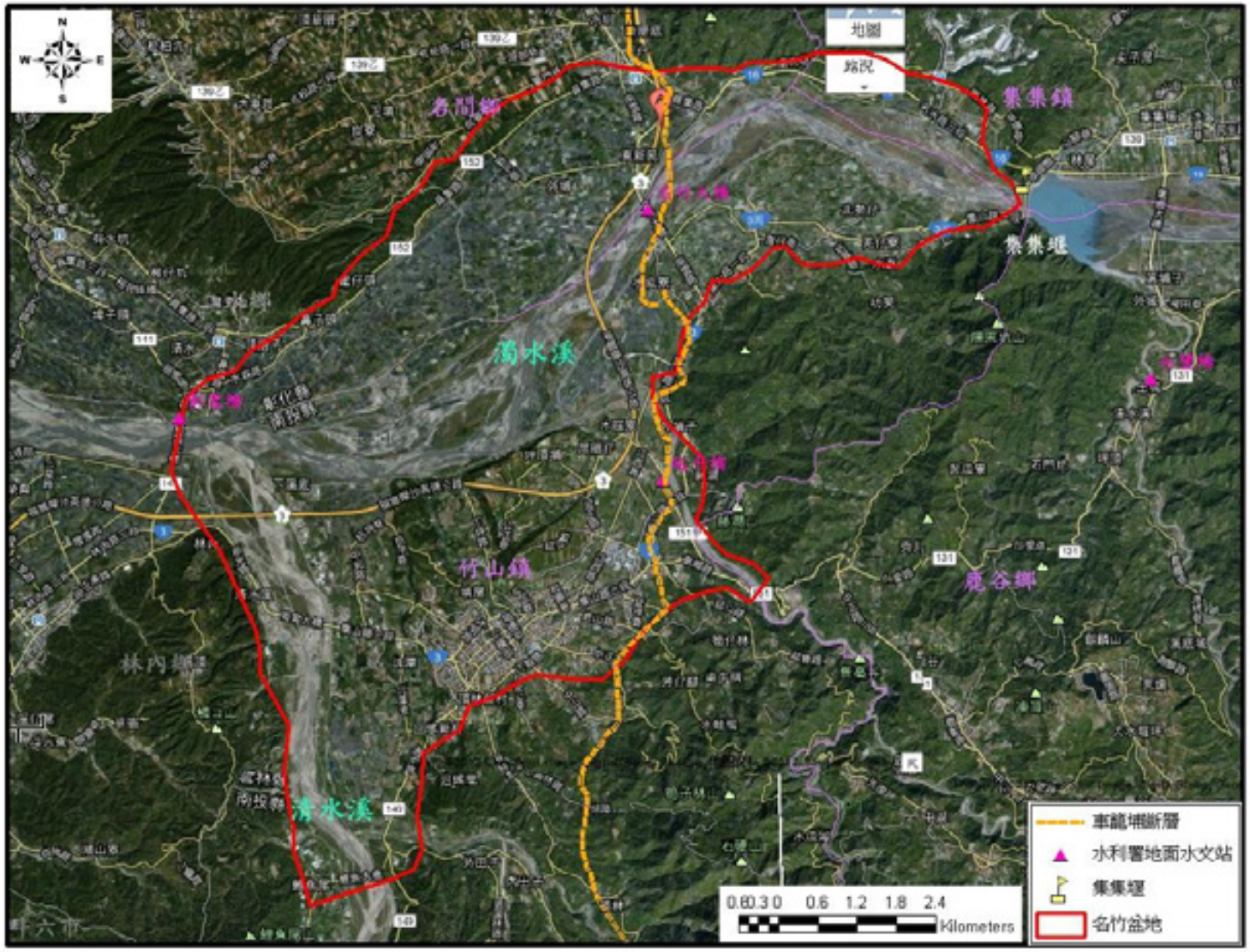


圖 1-1　名竹盆地位置示意圖

三、工作項目

本計畫之工作項目如下所示，依據本計畫目的及工作項目可規劃計畫執行流程圖 1-2 所示。

1、基本資料及文獻蒐集彙整分析

(1)蒐集計畫區內基本資料

蒐集本計畫區內氣象、地表水及地下水水文、水文地質及地質參數、河川及地下水水質、地貌、河道特性(寬度及坡度)、土地利用、總體水資源(含地表水及地下水)開發利用現況、供水系統等相關資料。

(2)蒐集國內外有關地下水庫開發案例文獻資料

蒐集國內外地下水庫調查、評估、開發案例等研究文獻，包含地下水庫基本資料描述、可行性評析過程、操作及監測方法和對周遭環境影響的探討等資訊。

2、水文地質探測及地下水水文分析

(1)地球物理探測

利用地電阻探測方法，探測本區水文地質特性，預估 3 條測線，每條測線長 1,000 公尺。

(2)水文地質鑽探

綜合本區域地質調查、水文地質調查相關文獻，佈置 3 處地質鑽探孔位置，每孔預計鑽探深度 100 公尺，地質鑽探過程採全程取樣，以取得水文地質剖面、確定含水層層位、埋深、厚度及岩性。擇其中 1 孔施作 3 組岩盤透水試驗；另 2 孔施作孔內井測，施測項目包括：自然電位、長短距電阻率、自然伽瑪射線、溫度等；同時利用各鑽孔設置簡易式地下水觀測井。

(3)水文地質參數探查

選擇 2 處適當位置進行抽水試驗，求得水力傳導係數及比出水量。每一抽水井旁同時布設 2 孔觀測井，觀測試驗過程及地下水水位洩降情況。

(4)簡易式地下水觀測井建置與觀測

綜合地球物理探測、水文地質鑽探成果及相關文獻資料，布設地下水觀測井並安裝自記式水位計，觀測地下水位動態變化、分析地下水流動狀況及分析本區地下水水文；預計設置共 10 口(含第 2 項水文地質鑽探之 3 口)簡易式地下水觀測井。

3、地下水水質監測

每季採取本區地下水觀測井水體樣品進行水質檢驗，檢驗項目除以「飲用水水源水質標準」之檢測項目為基準外，另含硝酸鹽氮(NO_3-N)。

4、地面水文監測

利用中央地調所於本計畫範圍中之濁水溪及清水溪河道上設置的河川流量監測站蒐集河川流量歷時變化資料。

5、含水層地下水蘊藏量及變動量評估

根據蒐集之地下水水位變動資料、水文地質架構資訊及水文地質參數等資料，推估名竹盆地含水層之地下水可能蘊藏量及其可能變動範圍，以作為地下水可開發潛能量之推估基礎。

6、名竹盆地地下水豐、枯水期水源補注機制及該隘口地區出流地下水流向及與沖積扇地下水補注關係評估。

7、地下水開發情境模擬

以地調所於計畫區所建置之水文地質架構模型為基礎，模擬不同地下水資源開發情境下，計畫區地下水水位變化、地下

水蘊藏量變化、地下水流失量變化、地表水滲出量變化等，以作為評析地下水開發對周遭環境影響之基礎。

8、名竹盆地地下水開發對周遭環境影響探討

分析名竹盆地地面水與地下水相互作用特性，並探討於不同地下水開發情境下，對於計畫範圍內之河川基流量、河川生態環境及地下水環境等之影響，並評析地下水庫開發後可能效應。

9、名竹盆地地下水水資源開發可行性總體評價

(1)綜合本計畫各項工作成果，評估地下水開發對周遭環境影響，並考量社會及生態環境、經濟及技術條件，進行地下水水資源總體評價，評估其可開發潛能量。

(2)依據可開發潛能量，研提可行之開發工程初步規劃。

10、工作簡報及報告編撰

(1)期初、期中、期末及不定期工作會議。

(2)報告書之編撰及印製。

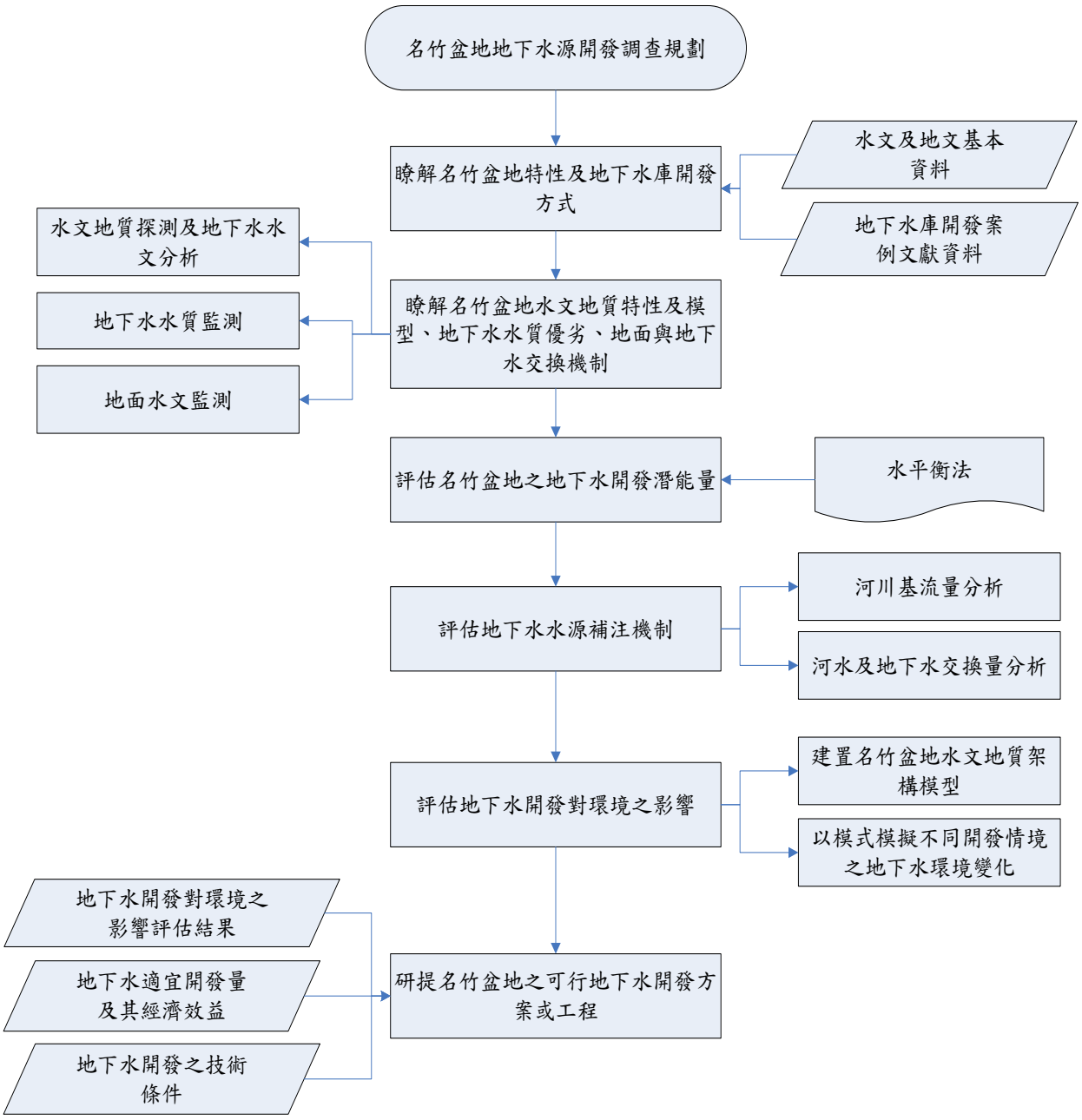

名竹盆地地下水源開發調查規劃
瞭解名竹盆地特性及地下水庫開發方式
水文及地文基本資料
地下水庫開發案例文獻資料
水文地質探測及地下水水文分析
地下水水質監測
地面水文監測
瞭解名竹盆地水文地質特性及模型、地下水水質優劣、地面與地下水交換機制
評估名竹盆地之地下水開發潛能量
水平衡法
評估地下水水源補注機制
河川基流量分析
河水及地下水交換量分析
評估地下水開發對環境之影響
建置名竹盆地水文地質架構模型
以模式模擬不同開發情境之地下水環境變化
地下水開發對環境之影響評估結果
地下水適宜開發量及其經濟效益
地下水開發之技術條件
研提名竹盆地之可行地下水開發方案或工程

圖 1-2　本計畫流程圖

四、預期成果

根據各工作項目之執行方法及目的，本計畫執行後預計可獲致下列成果：

1、依據地球物理探測及地質鑽探等成果概略了解名竹盆地水文地質結構，並評估名竹盆地地下水水位、流向、水質等，藉以作為估算地下水開發潛能量之參考。

2、根據各水文地質評估結果可建構名竹盆地水文地質架構，以做為建置地下水數值模式之參考，並可模擬地下水開發對環境影響之依據。

3、藉由河川基流量分析及地面與地下水交換機制之探討可釐清名竹盆地地下水豐、枯水期水源補注機制，另以水平衡方式可分析隘口地區出流地下水流向，據以瞭解名竹盆地與濁水溪沖積扇間之地下水補注關係。

4、根據水文地質條件及水平衡法推估名竹盆地地下水可開發潛能量，另依據開發潛能擬訂不同開發情境。

5、以數值模式模擬名竹盆地於不同開發情境下對於地下水及河川環境之影響，包括地下水位變動、地下水儲水體積、地下水流失量及地表水滲出量變化等。

6、依據模擬結果及現有技術條件、經濟效益等可進行地下水開發總體評價，並初步規劃可行之開發工程。

第貳章　基本資料及文獻蒐集彙整分析

一、計畫區域概述

(一)地形與地質

計畫區域地形及水系分佈圖如圖 2-1，由該圖獲悉計畫區域係位濁水溪中游河谷一帶，依據 1957 年台灣省通志稿土地志地理篇記載，濁水溪中游河谷指自鼻子頭隘路(以下簡稱隘口)至陳有蘭溪合流點東方塔馬羅丸(Tamarowan)社之間，此間有集集鎮西方之集集隘路、陳有蘭合流點附近之頂崁隘路、拔社埔西方及其東方隘路等，此等隘路均以走向南北而橫斷河流之堅硬岩層所形成，於此等隘路，河床狹隘，兩岸緊扼，而隘路與隘路間形成廣闊之河床，河流呈網狀流路，埋積作用頗為顯著，其一部已形成低位段丘，具有高 5-10 公尺之台地崖。本計畫研究區域係位於坪頂埔台地及竹山段丘群間，茲就該兩處地形特性簡要說明(林朝棨，1957) ：

1、坪頂埔台地

清水溪與濁水溪本流合流處有許多台地，被本流與支流切割，其主要者有坪頂埔台地及竹山段丘群；坪頂埔台地位於竹山鎮之西南，台地面呈北北東及南南西延長，依北傾之崖面分為上下兩面，而均以砂礫層所成，台地面上下兩面均向東緩傾，上面最高約 249.5 公尺，下面最高 199 公尺，上面之表土由赭土所成，下面者紅色較淡而呈黃褐色。台地面之東傾與八卦台地南部之地形相似，台地面向東西延長而分為上下兩面，亦與八卦台地一致；雖然在地質資料上這兩處台地的岩層都稱為頭嵙山層，但是北側的八卦台地屬於較年輕的頭嵙山層，岩性屬於未膠結的礫石層，夾有砂與泥層（未成岩）；南側的坪頂埔台地屬於較老的頭嵙山層有厚層的礫

岩與砂岩層（已成岩）；滲透率可能略有不同。而雙八卦山台地、大肚台地與坪頂埔台地，本係一連串之台地，為大甲溪、大肚溪與濁水溪共同形成之一大合成沖積扇，形成於中部台灣之山麓地帶,嗣後因斷層運動而傾動,成為傾動台地。濁水溪當傾動運動時，掘鑿先行谷而截斷為八卦台地、觸口台地與坪頂埔台地。其所截斷之部份相當於鼻子頭隘路，鼻子頭隘路與其他之堅硬岩石所形成之隘路不同，祇以極軟弱粗鬆之砂礫層所成，證明該部溪谷之形成，比其他隘路部份者較新。

本台地東邊與八卦台地東邊相同,似依傾動而逐漸低下，但八卦台地之東邊，於南投平原南端，形成名間通谷，證示除傾動運動外尚發生曲下(down-warping)運動。

2、竹山段丘群

竹山段丘群中最低位者為竹山鎮之廣闊平原面,其海拔高度 140-160 公尺，而屬於低位段丘面。竹山鎮西方清水溪形成之段丘，段丘崖高 15-20 公尺，呈南北延長；其最高點偏於台地面西緣,高度達 170 公尺,此種現象(即台地面之向東緩傾)，似為八卦台地與坪頂埔台地傾動運動之末期者。

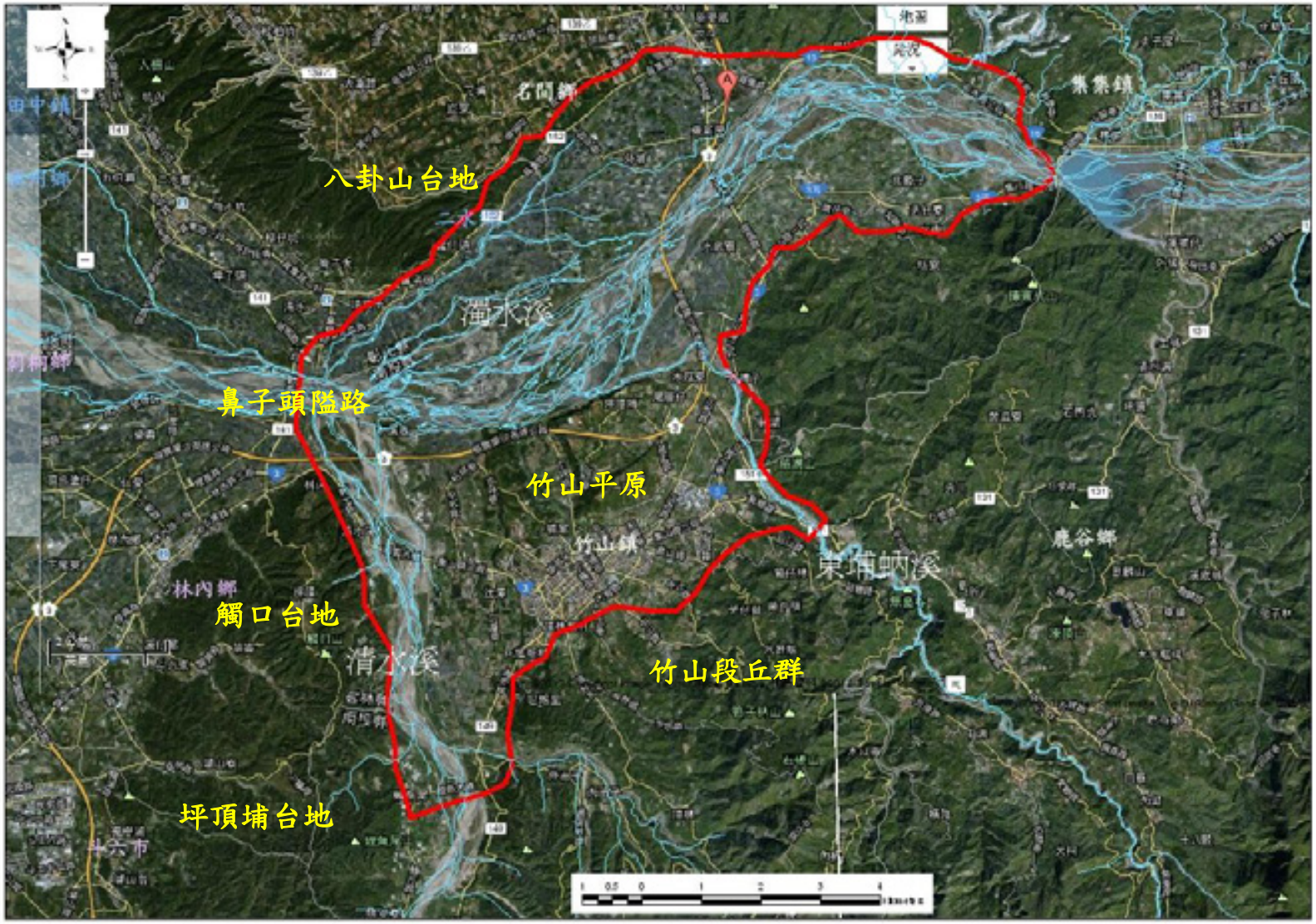


圖 2-1　計畫區域地形及水系分佈圖

計畫區域之地質特性主要由上新世卓蘭層、上新世-更新世之頭嵙山層、更新世紅土台地堆積層、更新世台地堆積層及現代沖積層所組成，其地質分佈圖如圖 2-2。其中卓蘭層之地質由砂岩、泥岩及頁岩所組成，頭嵙山層之地層岩性以礫石為主，現代沖積層、紅土台地堆積層及台地堆積層之地質以礫石、砂及黏土為主。

於計畫區域內車籠埔斷層以近似南北走向於名竹大橋附近通過濁水溪，該處地表均為較年輕之現代沖積層所覆蓋，並無明顯斷層露出。紅土臺地堆積層分佈於竹山丘陵北部頭嵙山層之上，現代沖積層分佈於濁水溪與清水溪之河道與兩側河階地區，車籠埔斷層東邊現代沖積層以下地層以卓蘭層砂頁岩，而該斷層以西之現代沖積層以下地層為頭嵙山層礫岩。於地質結構部份，於計畫區域以西八卦台地及觸口台地西緣為分別為彰化斷層及桐樹湖斷層，其中彰化斷層、雙冬斷層及車籠埔斷層均切穿第四紀以後之岩層，故通稱第四紀斷層，於八卦山台地與觸口台地則分別為八卦山背斜及內林背斜，此兩背斜似應屬相同地質構造，而因濁水溪鑿深形成所謂鼻子頭隘路，推測於此隘路沖積層下方地質特性應仍與此兩背斜相近。(中央地質調查所地質資料整合查詢系統，http://gis.moeacgs.gov.tw/gwh/gsb97-1/sys8/index.cfm)

依據 2001 年經濟部水利處(水利署前身)「濁水溪林內河段與二水河段取水工程調查規劃報告」指出本計畫區主要含水層分佈範圍較小，主要集中在河川現代沖積層附近，河道兩岸坡地及台地其現代沖積層厚度較薄，含水層的透水性能較差，可視為地下水資源貧乏之地區。依據經濟部中央地調所「台灣地區五萬分之一地質圖」利用地理資訊系統進行各地層面積推估，於計畫區域範圍內現代沖積層面積約為 50.07km^2，佔計畫區域總面積 65.84%；紅土台地堆積層面積約 2.8km^2，佔計畫區域總面積 3.68%；台地堆積層面積約 19.59km^2，佔計畫區域總面積 25.76%，頭嵙山層面積 3.59km^2，佔總計畫面積 4.72%，依表

對於各地層之描述，於計畫區域內較具地下水開發潛能應為現代沖積層所涵蓋範圍，如將車籠埔斷層東側現代沖積層面積(7.73km^2)扣除，則於計畫區域內較適宜進行地下水開發之面積約為 42.34km^2。

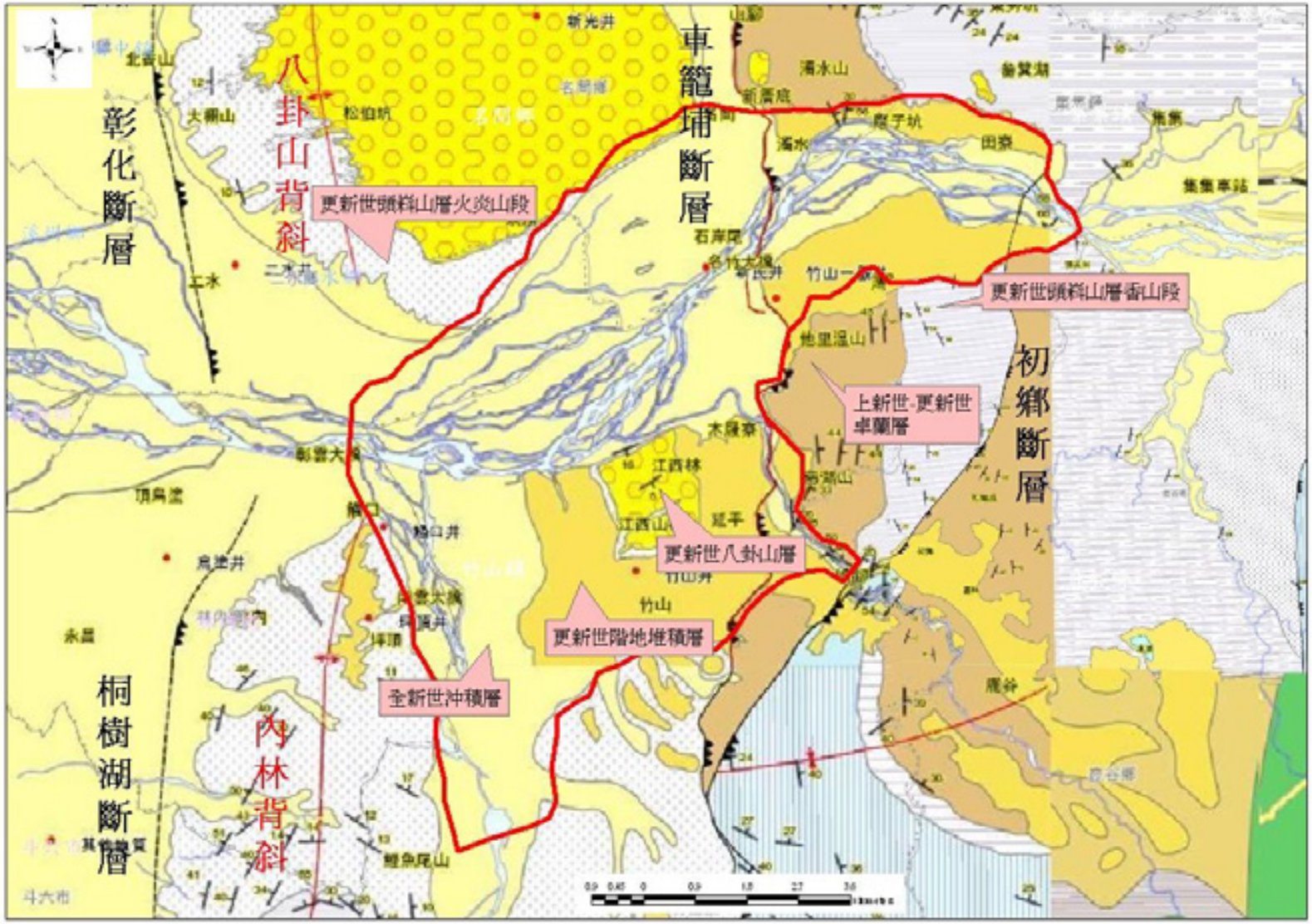


圖 2-2　計畫區域 5 萬分之一地質圖

(二)氣象

根據名竹盆地附近日月潭氣象站於2004年至2011年總計8年間之氣象資料進行統計分析結果,可了解本計畫區域之氣壓、氣溫、相對溼度、日照時數、風速與風向、降雨量及降水日等資訊；由於日月潭氣象站並無量測總蒸發量，本計畫採鄰近計畫區域之中央氣象局溪頭營林區之總蒸發量紀錄，進行蒸發量統計分析，茲分述如下：

1、氣壓

就全年之氣壓值變化而言，以5月至9月份氣壓較低，介於895.20百帕～901.2百帕之間，平均為898.57百帕，然氣壓由秋季至冬季逐漸升高，再由春季至夏季逐漸下降，自10月至隔年4月之氣壓較高，介於900.04百帕～906.7百帕間，平均為 903.67 百帕。故本區域在夏季通常屬低壓型態，而冬季則多籠罩在高氣壓型態之下。

2、氣溫

本計畫區域於春季(2 月～4 月)平均溫度為 16.5℃，夏季（5月～7月）平均溫度為22.03℃，而秋季(8月～10月)平均溫度為21.96℃，而冬季(11月～1月)平均溫度為15.71℃。若就各月份平均溫度而言，以 7 月份最高，月平均溫度為 22.8℃，以1月份最低，月平均溫度為13.4℃。

3、相對濕度

於本計畫區域之月平均相對濕度介於69%～90%間，若就各季節之濕度而言,以夏季(5月～7月)為最高,平均為84.59%，而以冬季(11月～1月)最低，平均為81.58%。

4、日照時數

由日照時數紀錄資料可知南投地區冬季較少會出現下雨

的狀況，而夏天因為颱風及午後雷陣雨的現象，造成 11 月之平均日照時數最高，為 169.16 小時，其次為 12 月份平均日照時數 139.95 小時，6 月份之平均日照時數則最少，為 107.05 小時。

5、降雨量

計畫區域年平均雨量為 2,222.8 mm。一般而言，地勢越高，地形雨作用越盛，雨量越豐。本區域由 2004 年 1 月至 2011 年 12 月期間之月平均降雨量為 183.13mm，而以 5 月～9 月較高，平均為 343.78mm；而 10 月至翌年 4 月的降雨量則較為稀少，平均為 74.73mm。

6、降水日

計畫區域於 2004 年 1 月至 2011 年 12 月期間各月降水日以夏季(5 月至 7 月)較多，平均降水日高達 17.48 天，而冬季(11 月至 1 月)的降水日只有 8.06 天。

7、總蒸發量

根據溪頭營林區觀測站 8 年間(2004 年 1 月至 2011 年 12 月)之總蒸發量紀錄資料，計畫區域春季(2 月～4 月)平均蒸發量為 36.15mm/120cm，夏季（5 月～7 月）平均蒸發量為 40.63mm/120cm，而秋季(8 月～10 月)平均蒸發量為 27.55mm/120cm，而冬季(11 月～1 月) 平均蒸發量為 31.46mm/120cm。若就各月份平均蒸發量而言，以 4 月份最多，月平均蒸發量為 51.53mm/120cm，以 11 月份最低，月平均蒸發量為 6.4mm/120cm。

(三)河川水文

本計畫區域內共有濁水溪、清水溪及東埔蚋溪等 3 條河川，

計畫區域週邊之水文站位置如圖 2-3 所示，於濁水溪主流自上游往下游分別為名竹大橋及彰雲大橋等 2 水文站，其中名竹大橋因於 2011 年設站，現有觀測資訊僅為河川水位資料；清水溪於本計畫區域內並無設置水文站，現有水文站僅於上游龍門站較接近本計畫區域；另東埔蚋溪於計畫區域內則設有延平橋水文站，各站站況如表 2-1 所示，以下分別依濁水溪、清水溪及東埔蚋溪之代表水文站(即彰雲大橋、龍門橋及延平橋)觀測資料，簡要說明各河川之河川特性、河川流量、河川水位等，另各水文站歷史流量分析成果則於第伍章綜整現有觀測資訊綜合說明：

表 2-1　計畫區域相關水文測站之站況

站號	站名	流域	河流	TM67_X	TM67_Y	水尺標高 (m)	集水面積 (km^2)	紀錄年份
1510H050	延平橋	濁水溪	東埔蚋溪	220334	2630592	165.012	86.46	2003~2012
1510H057	彰雲橋	濁水溪	濁水溪	212932	2631549	107.17	2906.32	1991~1992, 1994~2012
1510H079	龍門橋	濁水溪	清水溪	215794	2618897	201.28	360	2009~2012
1510H084	名竹大橋	濁水溪	濁水溪	220097	2634772	163.64	195.19	2011~2012

(資料來源：經濟部水利署水文資訊傳輸管理維護系統)

1、河川特性

濁水溪為台灣最長河川，主流長約 186.6 公里，河床平均坡度為 1/190。計畫區域位於集集攔河堰至彰雲橋之間，其地質特性屬河道沖積層，地質構造為砂礫層、砂土層或黏土層所構成，河床質多為砂土與礫石為主，河床質平均粒徑介於 61 毫米~154 毫米之間，河道寬度介於 429 公尺至 1,961 公尺之間。另本盆地範圍內有另兩支流匯集於濁水溪，分別為清水溪及東埔蚋溪，其中，清水溪全長約為 46 公里，河床平均坡度為 1/58，河道寬度介於 448 公尺~965 公尺之間；東埔蚋溪全長約 18.5 公里，其溪流蜿蜒曲折，坡度甚陡，屬急流河川，東埔蚋溪之

河道寬度介於 101 公尺~374 公尺之間。

2、河川流量

濁水溪河川流量以彰雲橋為代表測站，歷年平均流量約 142.58 cms，以每年 8 月平均流量 362.10 cms 為最高，每年 1 月平均流量 26.39 cms 為最低,最大年平均流量約 220.94 cms，最小年平均流量約 44.35 cms。

支流清水溪河川流量以龍門橋為代表測站,歷年平均流量約 25.02 cms，以每年 7 月平均流量 83.17 cms 為最高，每年 3 月平均流量 2.28 cms 為最低，最大年平均流量約 29.09 cms，最小年平均流量約 20.94 cms。東埔蚋溪河川流量以延平橋為代表測站，歷年平均流量約 4.83 cms，以每年 7 月平均流量 13.62 cms 最高，每年 2 月平均流量 0.74 cms 為最低，最大年平均流量約 6.91 cms，最小年平均流量約 2.49 cms。計畫區域內及附近地區歷年河川流量資料如表 2-2 所示。

表 2-2　計畫區域內及附近地區河川流量測站歷年資料彙整

測站	月	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
延平橋	月平均流量	0.91	0.74	0.95	1.49	4.35	9.09	13.62	11.05	10.93	3.40	2.78	1.97
	月最大平均	1.98 (2009)	1.84 (2005)	3.46 (2005)	3.15 (2005)	8.52 (2006)	24.56 (2006)	25.59 (2004)	31.01 (2009)	42.55 (2008)	7.48 (2010)	9.23 (2006)	6.97 (2006)
	月最小平均	0.05 (2006)	0.04 (2006)	0.21 (2003)	0.44 (2011)	1.18 (2003)	2.15 (2004)	3.00 (2009)	1.84 (2006)	4.15 (2011)	1.05 (2011)	0.56 (2003)	0.29 (2003)
	歷年平均流量	4.83	最大年平均		6.91(2006)		最小年平均		2.49(2003)		**統計年限**	**2003-2011(9 年)**	
彰雲橋	月平均流量	26.39	32.60	44.38	79.82	121.86	286.01	264.78	362.10	279.26	124.51	49.75	39.26
	月最大平均	50.93 (2001)	121.55 (1985)	189.92 (1998)	409.57 (1990)	261.84 (2006)	1069.64 (2006)	823.94 (2006)	932.50 (2007)	955.23 (2008)	451.27 (2007)	184.56 (2000)	95.95 (1998)
	月最小平均	3.42 (2004)	4.08 (2003)	4.27 (2004)	12.04 (2003)	7.93 (2003)	26.71 (2004)	47.73 (2009)	51.07 (2003)	55.91 (2009)	5.75 (2002)	9.88 (2003)	6.57 (2003)
	歷年平均流量	142.58	最大年平均		220.94(1990)		最小年平均		44.35(2003)		**統計年限**	**1985-2011(27 年)**	
龍門橋	月平均流量	2.54	3.26	2.28	2.98	16.35	30.94	83.17	63.40	59.06	13.34	10.38	5.34
	月最大平均	2.94 (2011)	4.05 (2010)	2.37 (2011)	3.81 (2010)	17.36 (2010)	47.25 (2010)	87.19 (2010)	75.90 (2010)	84.14 (2010)	14.70 (2010)	22.32 (2011)	9.63 (2011)
	月最小平均	2.14 (2010)	2.47 (2011)	2.18 (2010)	2.14 (2011)	15.34 (2011)	14.62 (2011)	79.15 (2011)	50.89 (2011)	33.98 (2011)	12.32 (2009)	3.69 (2009)	2.81 (2009)
	歷年平均流量	25.02	最大年平均		29.09(2010)		最小年平均		20.94(2011)		**統計年限**	**2009-2011(3 年)**	

單位:cms

(資料來源：經濟部水利署水文資訊傳輸管理維護系統)

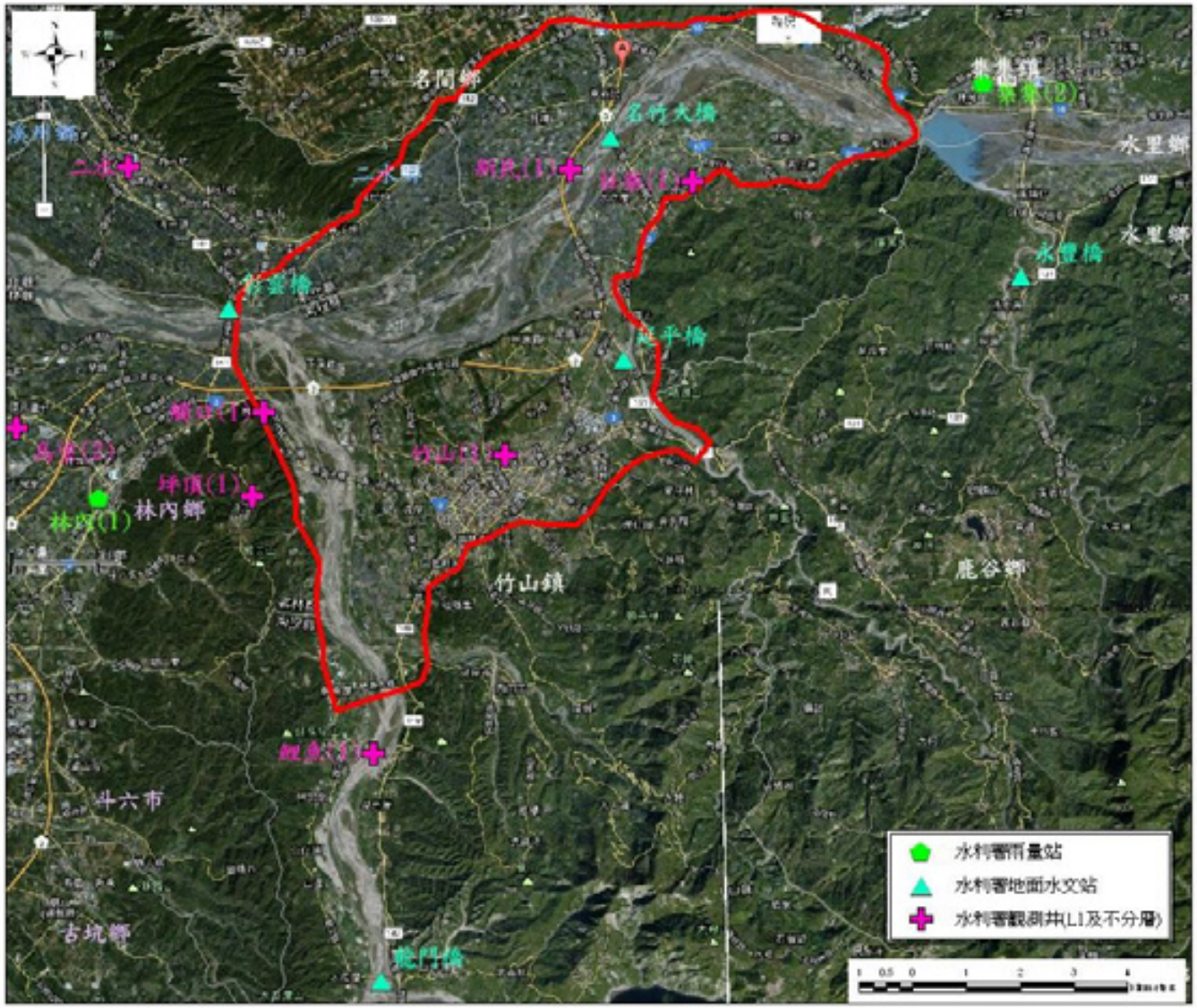


圖 2-3　計畫區域及其週邊水文站、觀測井及雨量站分佈圖

3、河川水位

濁水溪河川水位以彰雲橋為代表測站，歷年平均水位約 90.78 公尺，以每年 6 月平均水位 91.31 公尺為最高，每年 11 月平均水位 90.49 公尺最低，最大年平均水位約 92.42 公尺，最小年平均水位約 88.87 公尺。

支流清水溪以龍門橋為代表測站，歷年平均水位約 187.16 公尺，以每年 7 月平均水位 187.75 公尺為最高，每年 3 月平均水位 186.77 公尺最低，最大年平均水位約 187.18 公尺，最小年平均水位約 187.14 公尺。東埔蚋溪以延平橋為代表測站，歷年平均水位約 157.09 公尺，以每年 6 月平均水位 157.19 公尺為最高，每年 2 月平均水位 156.96 公尺最低，最大年平均水位約 1,557.52 公尺，最小年平均水位約 156.70 公尺。計畫區域內及附近地區歷年河川水位資料如表 2-3 所示。

表 2-3　計畫區域內及附近地區河川水位測站歷年資料彙整

站名	月	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
延平橋	月平均水位	156.97	156.96	156.96	157.01	157.09	157.19	156.99	157.13	157.17	157.11	157.06	157.02
	月最大平均	157.41 (2011)	157.36 (2011)	157.37 (2011)	157.35 (2011)	157.54 (2011)	157.65 (2011)	157.80 (2011)	157.70 (2010)	157.71 (2010)	157.60 (2010)	157.55 (2011)	157.52 (2011)
	月最小平均	157.41 (2006)	157.36 (2006)	157.37 (2006)	157.35 (2006)	157.54 (2006)	157.65 (2005)	157.80 (2004)	157.70 (2004)	157.71 (2006)	157.60 (2004)	157.55 (2005)	157.52 (2005)
	歷年平均水位	157.09	最大年平均		157.52(2011)		最小年平均		156.70(2006)		**統計年限**	**2003-2011(9 年)**	
彰雲橋	月平均水位	90.52	90.52	90.58	90.74	90.88	91.31	91.14	91.22	90.97	90.56	90.49	90.53
	月最大平均	92.41 (1988)	92.35 (1988)	92.26 (1988)	92.73 (1988)	90.88 (1988)	91.31 (1985)	91.14 (1992)	91.22 (1988)	90.97 (1990)	90.56 (1988)	90.49 (1987)	90.53 (1987)
	月最小平均	88.41 (2010)	88.31 (2010)	88.15 (2007)	88.61 (2011)	88.61 (2010)	89.02 (2011)	88.74 (2007)	89.29 (2011)	88.54 (2009)	88.09 (2008)	87.81 (2008)	88.36 (2008)
	歷年平均水位	90.78	最大年平均		92.42(1988)		最小年平均		88.87(2009)		**統計年限**	**1985-2011(27 年)**	
龍門橋	月平均水位	186.78	186.80	186.77	186.78	187.07	187.33	187.75	187.75	187.65	187.18	187.03	186.91
	月最大平均	186.83 (2011)	186.81 (2011)	186.79 (2011)	186.78 (2011)	187.10 (2011)	187.50 (2010)	187.79 (2011)	187.75 (2010)	187.76 (2010)	187.22 (2011)	187.32 (2011)	187.13 (2011)
	月最小平均	186.73 (2010)	186.78 (2010)	186.74 (2010)	186.77 (2010)	187.03 (2010)	187.16 (2011)	187.70 (2010)	187.74 (2011)	187.54 (2011)	187.16 (2009)	186.83 (2009)	186.75 (2009)
	歷年平均水位	187.16	最大年平均		187.18(2011)		最小年平均		187.14(2010)		**統計年限**	**2009-2011(3 年)**	

單位:m

(資料來源：經濟部水利署水文資訊傳輸管理維護系統)

4、河川水質

依據行政院環境保護署 2011 年名竹大橋之水質檢測紀錄進行地面水水質分析，分析結果如表 2-4 所示，由表 2-4 發現 2011 年於 5 月及 6 月之大腸桿菌數密度均超過飲用水水源水質標準值，2011 年 5 月、7 月至 12 月化學需氧量超過飲用水水源水質標準值，2011 年 9 月鉛、銅以及錳之含量皆超過飲用水水源水質標準值。

表 2-4　濁水溪名竹大橋河川水質檢測結果

檢測項目	一般項目				重金屬項目					河川污染指數 RPI
	化學需氧量	總有機碳	氨氮	大腸桿菌群	鉛	銅	鋅	錳	砷	
單位	mg/L	mg/L	mg/L	CFU/100mL	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	
最大限值	25	4	1	20000(具備消毒單元) 50(未具備消毒單元)	0.05	0.03	0.5	0.05	0.05	-
2011 年 12 月	△31.5	0.78	0.16	12,000	0.027	0.019	0.098	△0.713	0.0004	3.25
2011 年 11 月	△52	-	0.13	1,300	-	-	-	-	-	3.25
2011 年 10 月	△1,650	-	0.22	6,500	-	-	-	-	-	4.5
2011 年 9 月	△107	1.57	0.13	17,000	△0.1	△0.075	0.227	△9.17	0.0041	3.25
2011 年 8 月	△28.6	-	0.08	2,500	-	-	-	-	-	3.25
2011 年 7 月	△42.5	-	0.11	5,800	-	-	-	-	-	3.25
2011 年 6 月	24	0.69	0.12	△28,000	0.003	0.006	0.032	△0.133	<0.0003	3.25
2011 年 5 月	△28.1	-	0.11	△61,000	-	-	-	-	-	3.25
2011 年 4 月	17.4	-	0.12	4,600	-	-	-	-	-	3.25
2011 年 3 月	15.1	2.35	0.21	8,700	0.009	0.006	0.029	△0.245	0.001	3.75
2011 年 2 月	8.3	-	0.15	4,900	-	-	-	-	-	3.25
2011 年 1 月	12.9	-	0.33	9,500	-	-	-	-	-	4.5

備註:

1.各項檢測項目之水質標準值係依據「飲用水水源水質標準」(中華民國 86 年 9 月 24 日行政院環境保護署毒字第 56075 號令訂定發布)之第五條地面水體或地下水體作為自來水及簡易自來水水源者，其水質應符合之飲用水水源水質標準規定。

2.〝△〞表超過「飲用水源水質標準(第五條)」。

3.〝-〞表未檢測或未訂定。

(四)地下水水文

依據經濟部水利署地下水觀測網相關資訊，於計畫區域內及其週邊之觀測站井包含竹山平原內之竹山(1)及竹山(2)、位於名竹盆地內濁水溪北側新民(1)及新民(2)、位於濁水溪南側及名竹大橋上游之社寮(1)、位於清水溪上游西側之鯉魚(1)及鯉魚(2)、位於濁水溪及清水溪會流處南側之觸口(1)及觸口(2) 、位於清水溪西側觸口台地之坪頂(1)、位於隘口下游濁水溪北側之二水及位於隘口下游濁水溪南側烏塗，各觀測站井基本資料如表 2-5 所示，由於各觀測站井所代表之水文地質特性均有所不同，故其水位變化可反應該處地質特性、地下水使用狀況及地下水補注特性，有關各觀測地下水文分析成果詳述於第參章。

表 2-5　計畫區域內及週邊地下水觀測站井基本資料

井名	TM67_X	TM67_Y	觀測年份	井深(m)	井頂高(m)	井篩深度(m)	井篩高程(m)
竹山(1)	217282	2629020	1997～迄今	102.65	151.29	66~96	55.29~85.29
竹山(2)	217282	2629020	1997～迄今	199.3	151.25	156~186	-34.75~-4.75
新民(1)	218500	2634400	1997～迄今	78.275	151.1	24~72	79.1~127.1
新民(2)	218500	2634400	1997～迄今	193.2	151.08	144~186	-34.92~7.08
社寮(1)	220800	2634163	1997～迄今	24.14	179.39	9~18	161.39~170.39
鯉魚(1)	214823	2623400	1997～迄今	41	168.715	20~35	133.715~148.715
鯉魚(2)	214823	2623400	1997～迄今	170	168.715	86~98	70.715~82.715
觸口(1)	212782	2629816	1997～迄今	59	113.61	35~89	24.61~78.61
觸口(2)	212782	2629816	1998～迄今	150	113.37	144~174	-60.63~-30.63
坪頂(1)	212545	2628234	1997～迄今	204.55	297.87	144~168	129.87~153.87
二水	210242	2634428	1994～迄今	112.75	82.44	72~108	-25.56~10.44
烏塗(2)	207312	2629734	1994～迄今	96	72.31	40~94	-21.69~32.31

(資料來源：經濟部水利署地下水觀測網)

(五)土地利用概況

本計畫主要研究範圍為名竹盆地，盆地範圍主要位於南投縣名間鄉及竹山鎮，依據「99 年度南投縣統計要覽」所蒐集之統計資料，此兩鄉鎮之土地利用分布情形如下所述：

1、耕地

濁水溪中游與清水溪下游區域之耕地面積包含水田及旱作，竹山鎮共計為 4,675 公頃；名間鄉共計為 5,357 公頃。

2、山林地

山林地面積於本計畫範圍區域內所占比例較少，竹山鎮為 8.25 公頃；名間鄉為 1.82 公頃。

3、茶樹

茶樹種植面積於名間鄉占 2,236 公頃；竹山鎮占 1,898 公頃。

4、建築用地

名間鄉與竹山鎮之建築用地面積於南投縣排名第四及第五，表示此兩鄉鎮之人口甚為集中。

5、工業用地

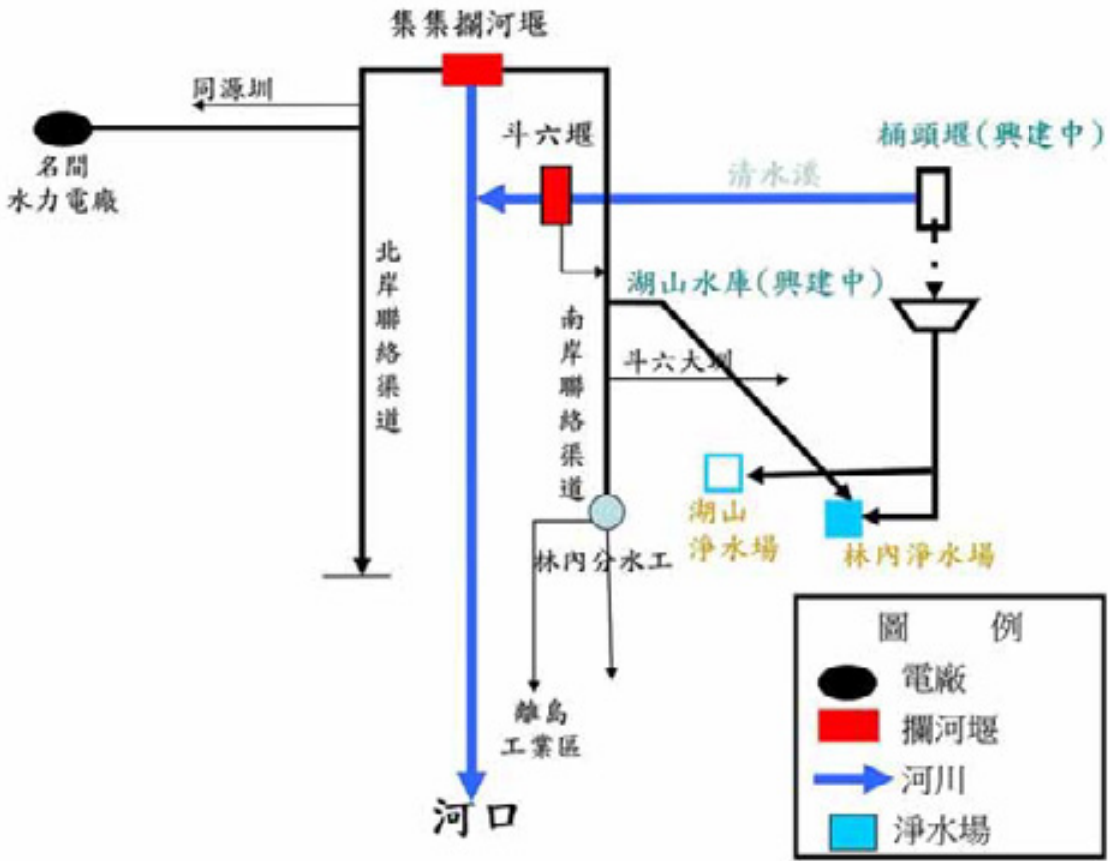
竹山工業區位於名竹盆地西側，佔地 23 公頃。

(六)水資源利用概況

1、地面水水源聯合運用與調配

計畫區域範圍內之地面水調配主要利用集集攔河堰，其係攔蓄濁水溪上游河川逕流量，以南北岸聯絡渠道調配水源提供給下游各用水標的。興建中之湖山水庫未來可提供雲林縣民生用水，以減緩抽取地下水所造成地層下陷等問題，湖山水庫為離槽水庫，利用於清水溪建置桶頭攔河堰引水蓄存，未來完工

營運後可與集集攔河堰聯合運轉應可充分調配水源以提供下游農業、民生、工業等之用水需求，集集攔河堰地面水源聯合運用與調配示意圖如圖 2-4 所示。相關重要蓄水調配設施包含集集攔河堰、南北岸聯絡渠道、斗六大圳、湖山水庫、桶頭堰及斗六堰等，簡要說明如下。



(資料來源：集集攔河堰管理中心)

圖 2-4　地面水源運用與調配示意圖

(1)集集攔河堰

集集攔河堰位於集集鎮林尾里集集大橋下，屬於集集共同引水計畫主體工程，工程內容包括堰體、南北岸連絡渠道及魚梯等，堰長約 353 公尺，共設 18 座排洪閘門、4 道排砂閘門及魚道一座。集集攔河堰擁有全國最大型攔河堰，且為東南亞最大沉沙池，其攔引濁水溪水源，供應農業用水、家用及公共給水、工業用水及水力用水之用。

集集攔河堰運轉水位為標高 204.25 公尺至 214.75 公尺之間，實際蓄水位得依水文氣象及配合清淤需求調整。南岸取水口設計最大取水量為 108cms，北岸取水口設計最大取水量為 77cms。集集攔河堰南北岸聯絡渠道歷年各供水標的之供水量如表 2-6 所列。

表 2-6　集集攔河堰歷年標的供水量表

單位：億立方公尺

年份	集集堰平均入流量	南岸聯絡渠道			北岸聯絡渠道	合計
		雲林灌區	工業用水	公共給水	彰化灌區	
2002	17.82	7.99	0.90	–	4.65	13.54
2003	18.87	7.83	0.98	–	5.55	14.35
2004	44.20	8.98	1.02	–	7.16	17.16
2005	68.89	11.86	1.09	0.09	9.23	22.27
2006	62.86	11.19	1.18	0.37	8.63	21.37
2007	64.82	10.65	1.20	0.41	9.42	21.68
2008	77.10	9.82	1.06	0.42	7.21	18.51
2009	41.56	8.27	1.06	0.42	7.19	16.93
2010	27.62	9.82	1.09	0.46	7.19	16.93
2011	24.54	10.11	0.98	0.43	7.41	18.93
2012	69.69	10.71	1.02	0.44	9.86	22.03

備註：94 年公共給水始運轉

資料來源：集集攔河堰管理中心

(2)南北岸聯絡渠道

A、北岸聯絡渠道

北岸聯絡渠道係自集集攔河堰北岸沉砂池末端量水槽終點至彰化農田水利會深耕三圳進水口止，全長約 51 公里，最大輸水量為 70cms，末端輸水量 2.47cms，其中，第一段至第四段為渠道新建段，長約 23 公里，路線大致遷就地形沿山坡或台地佈置，並於名間附近利用足夠的地形落差設平水池、陡槽，預留將來闢建水力電廠之用，第五段至第

八段為渠道擴建段，長約 28 公里，利用原有圳路擴建。各段之長度及計畫輸水量，如表 2-7 所示。

B、南岸聯絡渠道

南岸聯絡渠道係自沉砂池巴歇爾量水槽末端為起點，經竹山鎮富州里沿濁水溪河川治理計畫線及枋寮導水路橫越清水溪河床至現有斗六大圳進水口，並聯絡各已有灌溉系統，全長 36 公里，最大輸水量為 90cms，末端輸水量 10.91cms，上游至下游共連接斗六大圳、林內大圳、濁幹線、鹿場課圳及西螺支線等灌溉系統，供應五萬多公頃農田灌溉用水，節省現有各圳渠首攔水及導水設施及渠道淤塞浚渫等維修費用，有效控制及分配各圳取水，減輕缺水減產，並補注地下水，減緩地盤下陷。南岸聯絡渠道各段之長度及計畫輸水量，如表 2-8 所示。

表 2-7　北岸聯絡渠道各段長度與設計流量資料

段別	路線位置	設計流量 (cms)	長度(m)	明渠(m)	暗渠(m)
第一段	連絡渠道起點~名間電廠	70.00	4,815.24	1,670.57	2765.47
第二段	名間電廠~同源圳	69.36	264.80	264.80	–
第三段	同源圳~八堡圳進水口	66.75	7,284.83	5,505.13	999.70
第四段	八堡圳進水口~薊仔埤圳進水口	35.00	10,888.86	1,181.54	9707.32
第五段	薊仔埤圳進水口~永基二圳進水口	33.88	10,898.17	10,578.45	319.72
第六段	永基二圳進水口~永基三圳進水口	14.46	5,095.49	4,882.58	212.91
第七段	永基三圳進水口~深耕二圳	10.53	4,511.58	4,511.58	–
第八段	深耕二圳~深耕三圳	6.55	6,906.64	6,906.64	–

資料來源：「集集共同引水工程竣工報告」(經濟部水利署,1995)

表 2-8　南岸聯絡渠道各段長度與設計流量資料

段別	路線位置	設計流量 (cms)	長度(m)	明渠(m)	暗渠(m)
第一段	沈砂池終點～社寮護岸起點	90.00	1,498.06	190.00	1,308.06
第二段	社寮護岸起點～名竹大橋南	90.00	3,193.71	1,285.13	1,908.58
第三段	名竹大橋南橋台～東埔蚋溪	90.00	3,099.42	2,549.42	550.00
第四段	東埔蚋溪～枋寮導水路	90.00	2,992.89	170.00	2,822.89
第五段	枋寮導水路進水口～斗六大	90.00	2,933.52	–	2,933.52
第六段	斗六大圳進水口～鹿場課圳	90.00	7,708.00	6,258.00	1,450.00
第七段	鹿場課圳	90.00	7,019.50	7,019.50	0.00
第八段	鹿場課圳～引西圳	10.91	80,003.12	6,870.15	73,132.97

資料來源：「集集共同引水工程竣工報告」 (經濟部水利署，1995)

(3)斗六大圳

既設斗六大圳進水口位於雲林縣林內鄉觸口，設於清水溪左岸，為斗六大圳灌溉系統的渠首工結構物。原設計進水口寬 5 公尺二孔，計畫取水量 17.4cms；排砂門寬 5 公尺三孔，平時最大排水量 25cms，兩者皆設弧型閘門。

南岸聯絡渠道工程自沉砂池末端為起點，經竹山鎮濁水溪河川治理計畫線及沿枋寮導水路至既設斗六大圳進水口，並與斗六大圳匯流至斗六大圳分水門前，匯流處之南岸聯絡渠道的設計流量為 110cms,其中南岸聯絡渠道與新建斗六大圳進水口的設計流量分別為 90cms 至 70cms 與 20cms 至 40cms 互相調配。

既設斗六大圳進水口為斗六大圳灌溉系統的最上游設施，其水源部分來自於濁水溪的枋寮進水口，經由枋寮導水路及枋寮導水暗渠至斗六大圳，但主要則來自於清水溪，其取水方式則在排砂道上設一導流牆，將溪水引至圓弧溢流堰再入進水口。

(4)湖山水庫

湖山水庫位於斗六市東南方 10 公里，由於集水區範圍較小，其蓄存水量均在豐水期由清水溪之桶頭攔河堰引入，係一離槽水庫，聯外道路工程已於 2003 年施作，大壩工程 2008 年開始進行，全部工程預計於 2014 年完工，主要用途為提供雲林縣民生用水，以減緩抽取地下水所造成地層下陷等問題，提高用水品質。完工後將與集集攔河堰共同調節水源，於豐水期自集集攔河堰引水，枯水期時則運用湖山水庫之蓄水。湖山水庫集水區面積約 6.58 平方公里，壩頂標高 216 公尺，壩體最大高度 75 公尺，呆水位為 165 公尺，水庫

總蓄水量為 5,347 萬立方公尺，有效蓄水量為 5,218 萬立方公尺，溢洪道設計洪峰流量為 509cms，溢流頂標高為 211.5 公尺，取出水工程分層取水高程標高 180 公尺及 165 公尺，設計取水量 10cms。

(5)桶頭堰

桶頭攔河堰位於南投縣竹山鎮桶頭里，清水溪桶頭吊橋下游 70 公尺處，集水面積為 259.2 平方公里，攔河堰堰頂長度 110 公尺，堰頂標高 222 公尺，設計洪水量 6,530cms，由於湖山水庫水源來源較為不足，因此，建置本堰以提高清水溪水位，經沉砂池將泥砂沉澱後，由引水路工程將乾淨的清水以越域引水方式補充湖山水庫，其引水隧道長約 2,825 公尺。

(6)斗六堰

斗六堰位於雲林縣林內鄉清水溪與濁水溪匯流口上游約一公里處，為斗六大圳灌溉系統渠首工結構物。斗六堰堰長 890 公尺，堰頂標高自右岸 109.7 公尺向左岸 109.3 公尺漸變，排砂道位於本堰左端，進水口位於左岸，設計取水量為 40cms。魚道位於排砂道左側，河道寬約 2 公尺。

2、地下水水源利用現況

為了解名竹盆地範圍內地下水取用情況，本計畫依水利署水權管理網之水權人申請的水權資料，依統計其地下水取用量結果了解本盆地範圍內，名間鄉及竹山鎮內具水權申請之抽水井數為 86 口，其中以農業用井數 53 口為最高。本盆地每年地下水取用量約為 1,093.9 萬立方公尺，其中以家用及公共水每年約 518.4 萬立方公尺為最高，其他用途用水 41.4 萬立方公尺為最低。統計樣本其抽水井之井深介於 6.2 公尺至 250 公尺，

本計畫將井深分成四級距統計分析，井深 0-50 公尺以農業用水 12 口為最多，工業及其他用途用水 1 口為最少；井深 50-100 公尺以農業用水 29 口為最多，家用及公共用水 1 口最少；井深 100-200 公尺以農業用水 12 口最多，其他用途用水 1 口最少；井深大於 200 公尺僅家庭及公共用水 1 口，農業用水、工業用水及其他用途則無相關資料；井深大於 50 公尺之家庭及公共用水共 5 口，其地下水取用量為每年 99.11 萬立方公尺(每日 0.27 萬立方公尺)，如表 2-11。井深介於 50 公尺至 100 公尺間抽水井數計有 45 口，佔總數 52%。名竹盆地各用水標之地下水取樣量統計如表 2-9 所示，名竹盆地具水權抽水井之井深統計如表 2-10 所示。圖 2-5 至圖 2-8 則為計畫區域內各標的用水抽用地下水統計圖。

表 2-9　名竹盆地各用水標的之地下水取用量

用水標的	抽水井數 (口)	地下水年取用量 (萬立方公尺)
工業用水	11	76.0
家用及公共給水	11	518.4
農業用水	53	458.1
其他用水	11	41.4
總計	86	1,093.9

資料來源：依水利署水權管理網彙整成果(2013.03)

表 2-10　名竹盆地具有水權井之井深統計

井深 用水標的	0-50m 井數	50-100m 井數	100-200m 井數	>200m 井數
工業用水	1	6	4	0
家用及公共給水	6	1	3	1
農業用水	12	29	12	0
其他用水	1	9	1	0
總計	20	45	20	1

資料來源：依水利署水權管理網彙整成果(2013.03)

表 2-11　名竹盆地具水權之家庭及公共用水井統計表

主管機關	狀照號碼	用水標的	引水地點縣市	引水地點鄉鎮	水井深度(m)	每日地下水取用量(10^4m^3)
南投縣政府	1000011	家用及公共給水	南投縣	竹山鎮	60	0.0018
南投縣政府	108162	家用及公共給水	南投縣	竹山鎮	150	0.1368
南投縣政府	123576	家用及公共給水	南投縣	竹山鎮	165	0.0576
南投縣政府	123538	家用及公共給水	南投縣	竹山鎮	250	0.061072
南投縣政府	122400	家用及公共給水	南投縣	名間鄉	186	0.01425
					總計	0.27

資料來源：依水利署水權管理網彙整成果(2013.03)

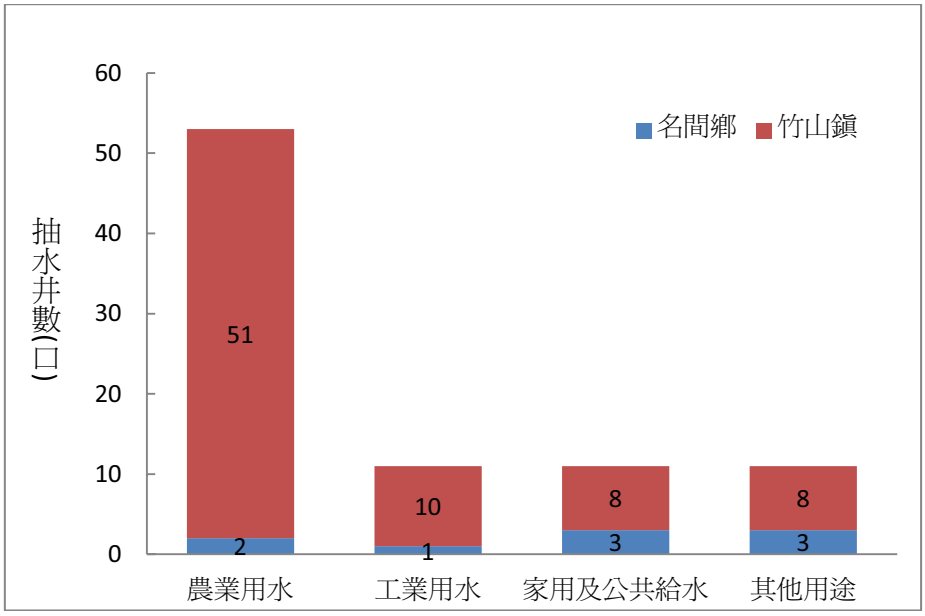


圖 2-5　名間鄉及竹山鎮各標的用水具地下水水權井數

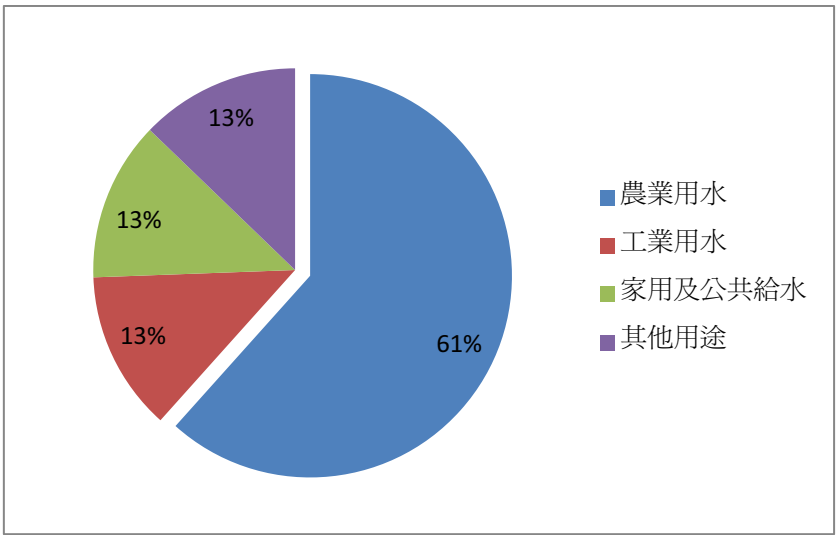


圖 2-6　名間鄉及竹山鎮各標的用水具地下水水權井數圓餅圖

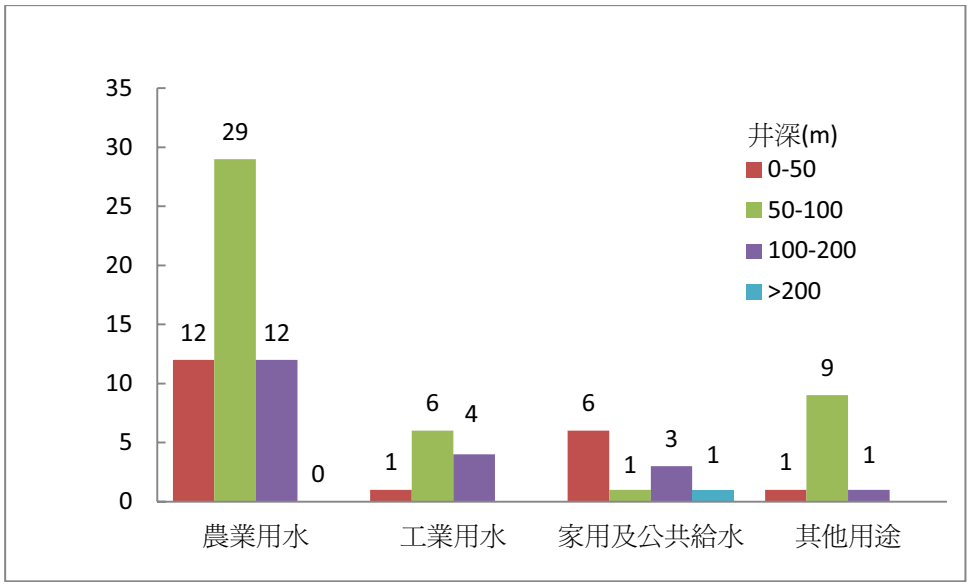


圖 2-7　名間鄉及竹山鎮各標的用水具地下水水權井井深統計圖

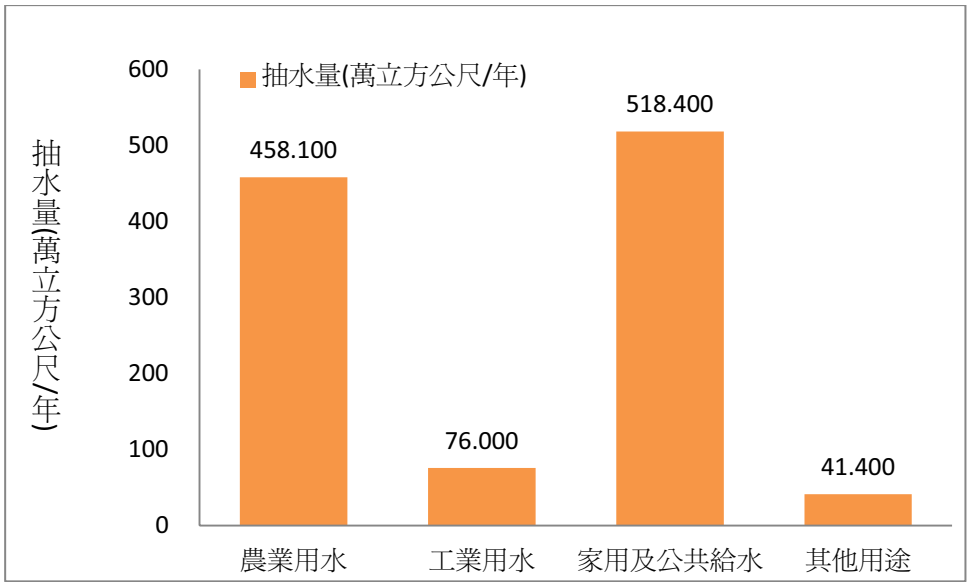


圖 2-8　名間鄉及竹山鎮各標的用水具地下水水權水井抽水量統計圖

(七)供水系統

南投地區自來水供水系統屬台灣自來水公司第四區管理處管理，本計畫參考自來水公司 2011 年統計年報彙整南投地區各供水系統相關資料如表 2-12 所示。

表 2-12　計畫區域各供水系統之供水戶口、普及率及供水區域統計資料

供水系統別	淨水場/水源	供水戶口			普及率(%)			供水區域
		戶數	人口數		按戶數計算	按人口數計算		
			設計(人)	實際(人)		設計	實際	
埔里供水系統	第一淨水場、第二淨水場、第三淨水場、第五淨水場、籃城淨水場	20,482	96,000	60,627	73.47	116.25	73.41	(埔里鎮)全鎮。但成功里、房里里、一新里、向善里、麒麟里等5里尚未供水，桃米里及廣成里部分地區供水。
大坪頂供水系統	水流東溪	486	2,500	1,610	78.01	124.19	79.98	(埔里鎮)大平頂。
霧社供水系統	濁水溪、山澗水	466	2,700	1,477	9.47	17.31	9.47	(仁愛鄉)霧社、壽亭、春陽。
日月潭供水系統	日月潭、木屐蘭溪、公林溪、十一股溪	3,520	15,800	10,381	61.79	94.40	62.02	(魚池鄉) 頂城、中城、下城、魚池、新城、頭股、五城、公林、司馬鞍、大林、東池、日月潭、北旦、頭社、內凹仔、銃櫃。
德化供水系統	日月潭	192	2,100	556	54.39	209.16	55.38	(魚池鄉)北崛。
南投供水系統	平林溪。嘉和第一淨水場、嘉和第二淨水場、南崗淨水場、三興淨水場、永興淨水場、新街淨水場、新民淨水場、廈新淨水場、崁腳淨水場、炭寮淨水場	36,672	135,000	116,289	90.89	105.89	91.21	南投縣： 名間鄉（但磨仔坑由水里系統供水）、南投市（南投、白鷺厝、公埔、千秋、南千秋、崩崁、包尾、南崗、工業區、嘉興里）、中寮鄉（甲頭埔、竹子坑、新厝、後庄、廓地、二重溪、虎尾寮、番子吧、內湖仔、後寮坑、崁仔頂、馬鞍崙、哮貓、福盛頂城、 粗坑、撻子灣、風櫃嶺、鄉親寮、中寮、八仙、和興）。
水里供水系統	水里溪、 坪頂埔淨水場、瑞竹給水站	22,888	141,250	66,363	78.00	165.53	77.77	集集鎮、水里鄉（但上安、郡坑、新山由信義系統供水；頂城、中城、下城、雙龍由地利系統供水）、竹山鎮（山坪頂由坪頂系統供水）、名間鄉（磨仔坑）。
信義供水系統	九層坑溪、信義淨水場	787	6,500	2,181	17.06	46.42	15.57	(信義鄉)信義、愛國、自強。 (水里鄉)上安、郡坑、新山。
草屯供水系統	營盤口淨水場、林子頭淨水場、草屯第一淨水場、草屯第二淨水場、草屯第三淨水場、草屯第四淨水場	41,511	174,600	130,202	84.47	111.55	83.18	南投縣： 草屯鎮、南投市（中興新村、內轆、大埤、新廍仔、營盤口、東山、軍功寮）、中寮鄉（竹圍、花盆、新城、大丘圍、豬肚潭、眉子桃、爽文、田寮仔、龍眼林、圓仔城、後內城、前內城）。
坪頂供水系統	小乾坑溪	161	720	471	82.14	125.44	82.06	(竹山鎮)山坪頂。
鹿谷供水系統	北勢溪、圓山仔坑溪	4,327	30,000	11,822	62.39	158.34	62.40	(鹿谷鄉)全鄉
地利供水系統	民和淨水場	297	2,800	791	38.27	125.62	35.49	(信義鄉)地利。(水里鄉)頂城、中城、下城、雙龍。
人倫供水系統	卓棍溪	138	1,200	511	32.86	77.17	32.86	(信義鄉)人和村。
羅娜供水系統	筆石溪	256	2,500	951	37.48	98.58	37.50	(信義鄉)新鄉、羅娜。
國姓供水系統	北港溪	2,958	25,100	8,352	41.04	123.34	41.04	(國姓鄉)全鄉，除長石口、盧厝、港源等社區外。

(資料來源：經濟部水利署各項用水統計資料庫)

(八)計畫區域下游各標的用水

為瞭解名竹盆地地下水資源開發後可能供應之標的水量，本計畫依據經濟部水利署用水統計資料庫(http://wuss.wra.gov.tw/index.html)蒐集現有彰雲地區之農業用水、民生用水及工業用水等標的之用水量，各標的除既有供水來源外,若有水源不足情形則可考量名竹盆地地下水供應之可能性，以下各段探討範圍以集集堰下游供水區域之彰化縣及雲林縣為主。

1、農業用水

根據經濟部水利署各項用水統計資料庫可彙整彰化及雲林兩縣之農業用水，包括灌溉、養殖及畜牧用水，其中灌溉用水可分為台糖農場用水量(表 2-13)及水利會用水量(表 2-14)，根據表 2-13 可知 2010 年兩縣市之台糖農場用水量合計 13,907 千立方公尺， 彰化縣台糖農場之用水量大多來自地下水，雲林縣則同時以地面水及地下水佔較大比例。另兩水利會用水量如表 2-14，一期作用水量合計約 1,127,844 千立方公尺，二期作用水量合計約 1,668,339 千立方公尺，水利會之水源來源包括進水口取水、地面水配合(迴歸水)、地下水配合(水井)，兩水利會均以進水口取水量最多。

表 2-13　2010 年台糖公司所屬農場種蔗雜作實際用水量

用水量 縣市	用水量(千立方公尺)			
	地面水 (水利會供水)	地下水 (自設水井)	其他水源 (伏流水、水庫等)	合計
彰化	4,555.00	908.07	88.00	5,551.07
雲林	2,555.00	5,548.63	252.00	8,355.63
合計	7,110.00	6,456.70	340.00	13,906.70

(資料來源：經濟部水利署各項用水統計資料庫)

表 2-14　彰化及雲林農田水利會 2010 年實際用水量統計

單位：千立方公尺

用水量 / 縣市	一期作（水稻・雜作等）			
	進水口取水量	地面水配合量	地下水配合量	小計
彰化	390,104.00	270,951.00	8,004.00	669,059.00
雲林	396,344.00	11,970.00	50,471.00	458,785.00
合計	786,448.00	282,921.00	58,475.00	1,127,844.00
用水量 / 縣市	二期作（水稻・雜作等）			
	進水口取水量	地面水配合量	地下水配合量	小計
彰化	417,012.00	303,679.00	10,074.00	730,765.00
雲林	924,577.00	1,342.00	11,655.00	937,574.00
合計	1,341,589.00	305,021.00	21,729.00	1,668,339.00

(資料來源：經濟部水利署各項用水統計資料庫)

2、民生用水

根據水利署用水統計資料庫計算彰化及雲林民生用水量如表 2-15，民生用水來源包括自來水供水及自行取水，彰化縣之民生用水總量為 136,754 千立方公尺/年，雲林縣之民生用水總量為 95,432 千立方公尺/年。

表 2-15　彰化縣及雲林縣 2010 年行政區別用水量

項目 / 縣市	行政區人口	供水人口	普及率(%)	自來水供生活用水(立方公尺/年)	自來水供生活用水(立方公尺/人/日)
彰化縣	1,307,286	1,207,297	92.35	126,210,643	286
雲林縣	717,653	672,323	93.68	89,880,340	365
項目 / 縣市	自行取水生活用水(立方公尺/年)	自行取水生活用水(人/日)	生活用水量(立方公尺/年)		生活用水量(立方公尺/人/日)
彰化縣	10,542,876	288	136,753,519		286
雲林縣	5,551,223	332	95,431,563		363

(資料來源：經濟部水利署各項用水統計資料庫)

3、工業用水

用水統計資料庫顯示彰化及雲林兩縣之工業用水量如表 2-16，由表可知彰化縣之工業用水量約 105,810 千立方公尺，雲林縣則約 217,280 千立方公尺，且水源均以自行取水居多。

表 2-16　彰化縣及雲林縣 2010 年各業別工業面積與用水

項目 縣市	工業面積 (公頃)	工業用水量 (10^6m^3)	工業用水量-自行取水 (10^6m^3)	工業用水量-自來水供水 (10^6m^3)
彰化縣	1521.47	105.810	100.04	5.77
雲林縣	2398.05	217.280	215.12	2.16

(資料來源：經濟部水利署各項用水統計資料庫)

綜合上述，各標的用水繪製圓餅如圖 2-9 所示，由圖可知彰化縣及雲林縣以農業用水為最大宗，約佔整體用水 83%，其次為工業及民生用水。

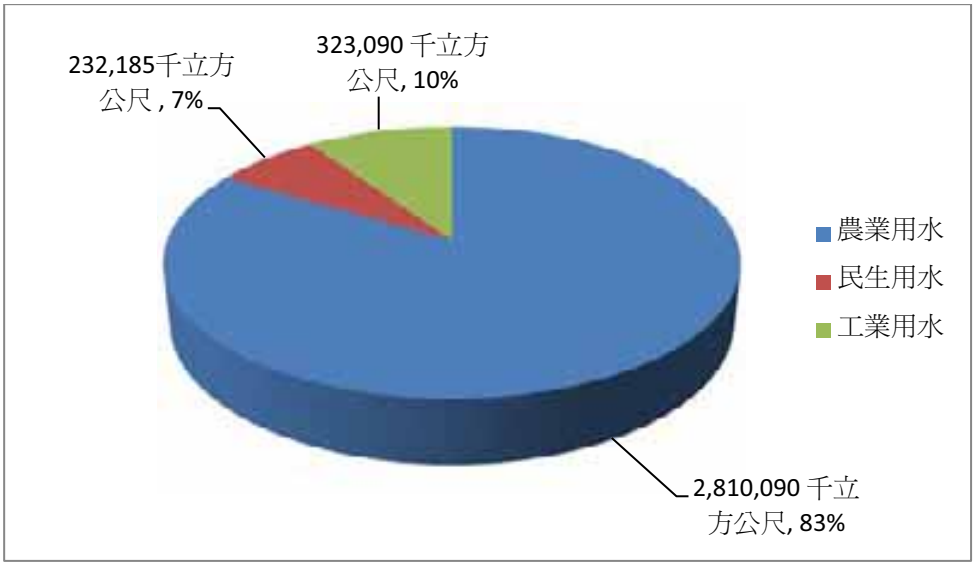


圖 2-9　各標的用水分佈圖

二、地下水庫開發案例蒐集與彙整

地下水庫基本概念在於利用地下含水層作為蓄水空間，利用人工措施攔截地下水，使地下水源得以被有效利用，同時可輔以人工措施將地面水補注至地下含水層，以增加地下水源。地下水庫之興建可有效調節豐水期與枯水期時水資源，豐水期時可將剩餘之地面水補注入地下水庫儲存，待枯水期時，下游地區之用水即可運用豐水期地下水庫所儲存之地下水來使用。

地下水庫相較於地面水庫有諸多優點，包括(1)安全性高：地下水庫不須建造大容量的水壩，且地下水庫多位在平原區內，不必擔心豪雨時會有發生潰壩的危險；(2)蒸發損失小：日照強烈地區之地面水庫受蒸發影響，使水資源損失頗大，而地下水庫位在地下，受陽光照射影響極小；(3)改善水質：地下水庫水源因經過含水層土壤過濾後，所儲存的水質可能變得更潔淨。

然而地下水庫的設置有諸多必備的條件，如設置地點須年雨量高、土壤必須有含蓄水分的能力。一般而言，沖積平原或台地的沙質土壤因透水性高，雨水入滲土壤的水量大，地下水資源豐沛；而集水區地表林木茂盛的森林，除可增加地表之窪蓄雨水的容量外，並可減低地表水流的速度，能提高水分滲入土壤的機會，進而達到涵養水源的目的，形同一座天然的水庫。

(一)國內案例

1、赤崁地下水庫

赤崁地下水庫(照片 2-1)位於台灣澎湖縣白沙鄉煙墩山以東到赤崁之間的窪地，為台灣首座且營運中之地下水庫，目前由自來水公司第七區管理處負責營運管理。赤崁水庫於1983~1984 年間由前台灣省水利規劃總隊調查規劃完成，1985 年 7 月開工、1986 年 8 月 30 日完工，於 1987 年 11 月 17 日

啟用營運至今。水庫集水面積 2.14 平方公里，總蓄水量約為 659 萬立方公尺，有效蓄水量為 25.45 萬立方公尺，主要功能為解決馬公地區民生用水及赤崁地區農業灌溉用水之問題。

資料來源：臺灣國定古蹟編纂研究小組

照片 2-1　赤崁水庫

赤崁地下水庫主要設施包括地下截水牆與抽水設施，其利用赤崁盆地之地形，設置地下截水牆攔截儲蓄地下水，再由抽水井經由輸送管線送至成功水庫淡化廠做鹹水淡化處理，而後與成功淨水廠的水源做聯合運用。水庫覆蓋土壤為一深厚的砂層，由珊瑚礁遺體、貝殼和有孔蟲等碎片組成(教育部數位學習資源入口)，含水性良好。赤崁地下水庫抽水井外觀分別如照片 2-2、照片 2-3。

資料來源：臺灣國定古蹟編纂研究小組

照片 2-2　赤崁水庫之淺水抽水井

資料來源：臺灣國定古蹟編纂研究小組

照片 2-3　赤崁水庫之深水抽水井

澎湖地區因水文環境因素，水庫水源極不穩定，地表水源長期缺乏，地下水過度利用，目前約 50%的供水水源為地下水。水庫原設計提供年供給量約 70 萬立方公尺之公共給水，然而由於先天降雨不足，及該地下水庫鄰近海岸大部分地下水位均低於附近海域的海床，發生海水入侵與水質鹽化的困擾，抽取的地下水多為鹹水，必須再經淡化處理後才能供民生使用，因此水庫功能大為降低。以下介紹赤崁地下水庫開發過程與其營運管理。

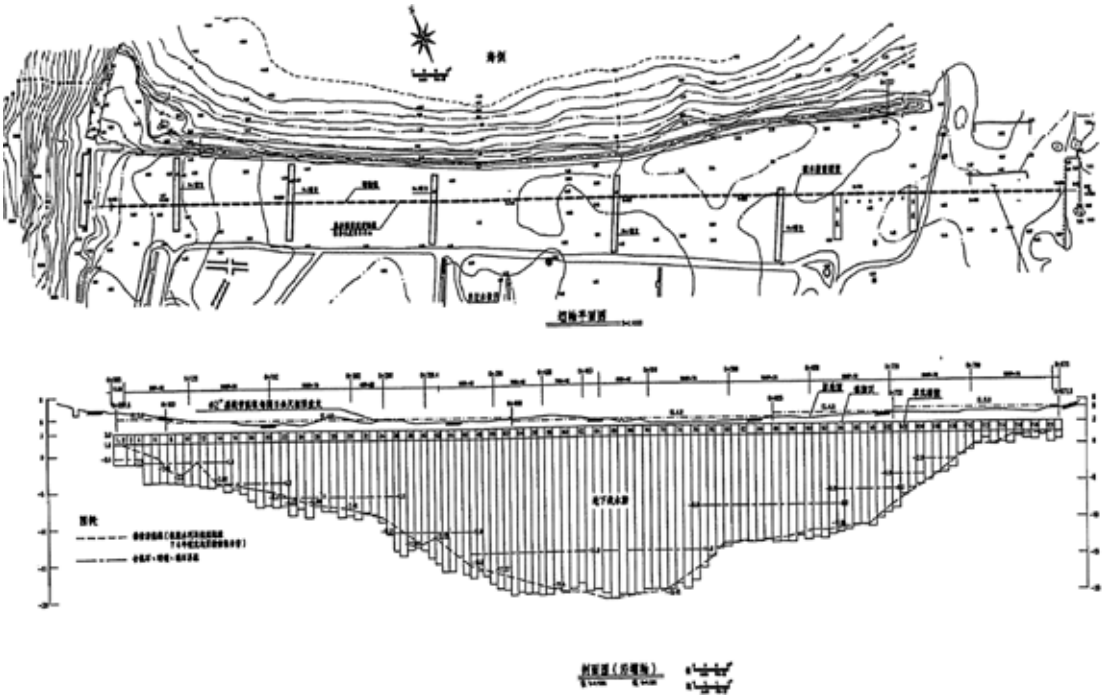
(1)赤崁地下水庫開發

A、地下水庫工程

赤崁地下水庫工程可分壩體工程與取水工程，壩體為混凝土連續壁設計之地下堰截水牆，截水牆頂高程 3 公尺，長度 820 公尺，厚度 0.55 公尺，藉以攔截儲蓄赤崁盆地之地下水，並防止海水入侵。截水牆開挖的最深處距地面下約 25 公尺，崁入岩盤 0.5 公尺以上，截水牆剖面圖如圖 2-10。1986 年 8 月 22 日韋恩颱風來襲，曾造成海水倒灌，台灣

省水利局遂於臨海側興建赤崁防潮堤，完成後即未再有海水倒灌發生。照片 2-5 即為赤崁地下水庫臨海面之防潮海堤，用以阻擋海水湧入水庫集水區。

取水工程原設計在距地下截水牆 200 公尺平行線處設置第一排四口井，再向水庫內距第一排井 170 公尺處設第二排三口井，計七口井，每排每口井相距 200 公尺。而後於 1997 年 9 月、90 年 12 月、92 年 10 月分別增鑿 2 口、3 口、6 口井。抽水井位置如圖 2-11 所示。

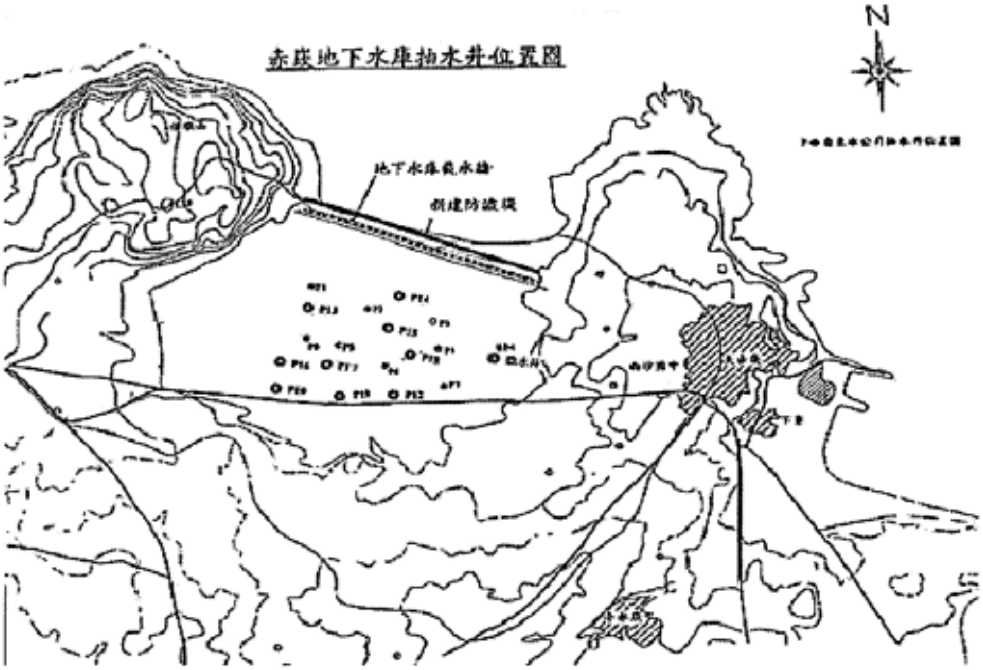


資料來源：謝壎煌等，2007

圖 2-10　赤崁地下堰剖面圖

資料來源：臺灣國定古蹟編纂研究小組

照片 2-4　赤崁水庫之防潮海堤



資料來源：謝壎煌等，2007

圖 2-11　抽水井位置圖

B、土地徵收

原赤崁水庫土地產權分屬私有土地與公有土地(含軍用土地)，集水區上方私有土地並未徵收，同時經濟部水利署並未公告本區為水庫蓄水範圍，無法限制地上土地使用。

因此農民種植瓜果類等農作物，長期抽取地下水恐會導致海水入侵產生鹽化現象，且土地時有濫挖砂石及被亂倒廢棄物之情事，恐有污染地下水源水質之虞。自來水公司於2006 年提出「澎湖赤崁地下水庫集水區土地分區變更及用地變更開發事業計畫書」,經澎湖縣政府核准辦理分區變更及用地變更後，擬具私有土地徵收計畫書並呈報內政部核准，於 2007 年 3 月辦理完成私有土地 200 筆(面積 14.49 公頃)徵收轉移登記作業(謝壎煌等，2007)。

(2)營運管理

A、供水概況

赤崁地下水庫屬白沙供水系統。根據自來水公司 2011 年統計年報,白沙供水系統計有白沙鄉全鄉(吉貝村除外)，設計供水人口約 8,200 人,供水量約每日 2,800 立方公尺，且原皆由深水井供應，近年來地下水位逐漸下降，部份深水井已有出水量降低及鹽化情形。2003 年間澎湖地區時值乾旱,自來水公司第七管理處為緊急供應馬公地區之需求,將原成功海淡廠整修做為井鹽水淡化廠，每日可處理含鹽井水與赤崁水庫地下原水約 5,000 立方公尺。枯旱缺水時期，才利用赤崁地下水庫水源補充供應馬公地區用水。赤崁水庫另有白沙鹽淡廠供赤崁地下水庫水源之淡化處理，目前白沙鹽淡廠每日可處理原水約 1,600 立方公尺，供應白沙供水系統需求。

另外，因水庫啟用後發生附近農業用灌溉淺井水位持續下降，影響農業用水，因此將部份原水轉為提供集水區內之農業灌溉用水。目前每週一、三、五使用本地下水庫水源每日約 250 立方公尺。

B、污染防治

赤崁地下水庫完工啟用至 1989 年止，地下水水質均屬正常，氯鹽含量維持在 300~400ppm 以下，但在 1991 年後即有鹽化現象，自 1993 年起氯鹽含量大增。自來水公司對此逐步進行改善措施，包括「壩體安全暨滲漏改善工程」、「地下水庫範圍區隔」、「雨污水分流」、「水庫巡察」等。「壩體安全暨滲漏改善工程」是將壩底縫隙以高壓灌漿防止海水入侵；「地下水庫範圍區隔」是以植栽代替柵欄或籬笆設立綠帶區隔，確定土地限界，以維持原有自然景觀與生態；「雨污水分流」是配合「澎湖縣政府雨水截流工程計畫」，設置雨水截流管溝、人工補注井、滯留池等相關設施，將雨水導入地下水庫集水區，挹注水庫含量，再配合社區污水下水道工程，將集水區以東住戶之生活廢水接引至北面防潮海堤，同時排水溝底部以混凝土灌漿，避免污水滲漏流入地下水庫，改善集水區水源污染問題；「水庫巡察」是不定期派員巡邏視察管理，杜絕集水區土地濫挖、傾倒廢棄物等不當土地利用，同時逐步停止農業用水供應，將其轉為民生用水，保護水源避免遭受污染。

C、生態保育

赤崁地下水庫之生態保育，是以「以土蓄水」、「以水保土」為原則，保持集水區內原有地形地貌及自然景觀之自然生態工法。其保育策略可分為水源涵養與水質水位監測。水源涵養是以地表植被方式，有效穩定土壤與涵養水源，並讓雨水自然滲流至土壤底層，維持地表排水功能以減少土地鹽化，營造和諧減少對生態環境、動植物造成衝擊與傷害，確保地下水庫永續利用。水質水位監測方面，

是以地下水位高程與氯鹽濃度數據，作為監測地下水庫之最重要指標。至 2007 年止，赤崁地下水庫地下水位高程尚屬正常水位高度，惟水質氯鹽含量於 2007 年四月起略有超出 400ppm。

2、隘門地下水庫

澎湖曾規劃續建隘門地下水庫，但因水源遭污染而擱置。澎湖縣隘門地下水庫規劃案自 1991 年開始進行，已完成主要之地質調查工作。惟水庫預定區內有部分私有地砂石盜採嚴重，並以垃圾回填。經濟部水利處水利規劃試驗所曾於 2001 年，配合工程計畫檢討，以鑽探及地球物理探測之方式，瞭解垃圾之埋置情形，並利用現場之不擾動取樣及室內試驗，求得庫區內土壤之有效孔隙率(經濟部水利處水利規劃試驗所，2001)。經濟部水利處南區水資源局曾針對隘門地下水庫做環境社會變遷調查報告(經濟部水利處，2001)。

3、金峰湖地下水庫

金門地下水自中西部東自瓊林、尚義、西浦頭，莒光樓、庵前、泗湖一帶，基岩深度在 160 公尺左右，含水層達 30~40 公尺之粗砂礫石層，為金門地區地下水源最豐富地區。金門西半島地下水之安全出水量為 300 萬立方公尺／年，以 2006 年為例，自來水廠共計有 22 口深水井抽取量為 333 萬立方公尺，供應大金門自瓊林以西之地區，約佔整個供水量的 46%，使得金門地下水源已出現超抽的情形。

金門地區規劃建構金峰湖地下水庫，目標是增加水資源調配功能。金門縣自來水廠正投資 5 億元在東半島下湖一帶開發「金峰湖地下水庫」，預計每日可增加供水量 3,054 立方公尺。

(二)國外案例

1、西非貝南韋梅省地下水資源評估(Barthel et al., 2009)

Barthel 等人(2009)於西非國家貝南(Benin)韋梅省流域(Ouémé basin)針對地下水資源進行整體評估，其研究方向原則係依循聯合國水資源組織(UN-Water)推動之綜合水資源管理(Integrated Water Resources Management, IWRM)，其指出於IWRM 對於地下水部份主要有兩項目標，其一為提供充足水量及適宜水質之地下水供不同使用者使用，另一則為同時需維護並保證地下水資源量與質之永續利用，因此該研究針對韋梅省流域地下水資源管理綜合評估之目標即包括藉由水文及水文地質觀點了解地下水資源可得性、永續性、水質情況及其經濟效益，以及藉由社經觀點(socio-economic point of view)了解是否地下水資源可支持開發更多安全的農業及經濟系統，並因應當地人口發展現況。

為達上述目標，該研究針對韋梅省流域進行水文模擬(hydrological modeling)、空間水文地質分析(spatial hydrogeological analysis)及健康分析(health analysis)等 3 項主要工作，其中水文模擬工作可得知該流域之地下水補注量空間時間動態資訊，進而得知地下水資源長期可得性(long-term availability)、永續性(sustainability)及可靠性(reliability)，其利用 HBV 半分佈概念模型分析區域地下水補注特性，該模式結構如圖 2-12 所示，該模型考量降雨或融雪(precipitation and snowmelt)、蒸發散(evapotranspiraton)、土壤含水量(soil moisture storage)、地下水補注(groundwater recharge)、直接逕流儲蓄(direct runoff reservoirs)、河川流量(direct discharge)、基流(baseflow)及地下水儲蓄(groundwater reservoir)等因子，藉此模

型架構模擬推估流域範圍內每 3km×3km 網格於不同年份之地下水補注量進而推估流域可能地下水資源總量。

於空間水文地質分析工作中，該研究蒐集於研究區域內自 1983 年至 2004 年間全數鑽井資料總計約為 4,000 點位資料進行分析，分析內容包括含水層型式、水文地質參數、單井及單網格出水量、可利用含水層厚度(aquifer thickness used)、地下水水位、最小開發深度、含水層適合度(aquifer suitability)、開發失敗風險(failure risk)及地下水水質等項目。該研究綜合前述各項工作成果，針對於流域範圍內之地下水資源分佈、開發經費及社經影響以地理資訊系統圖資方式呈現，如圖 2-13 所示，對於該區域未來地下水資源開發提供完整資訊供決策參考，另值得一提，雖然該研究已利用接近 4,000 口鑽井資料，但文內亦提及此等資訊尚不足以提供高可靠度之資訊，後續之持續觀測及調查仍為必要之工作。

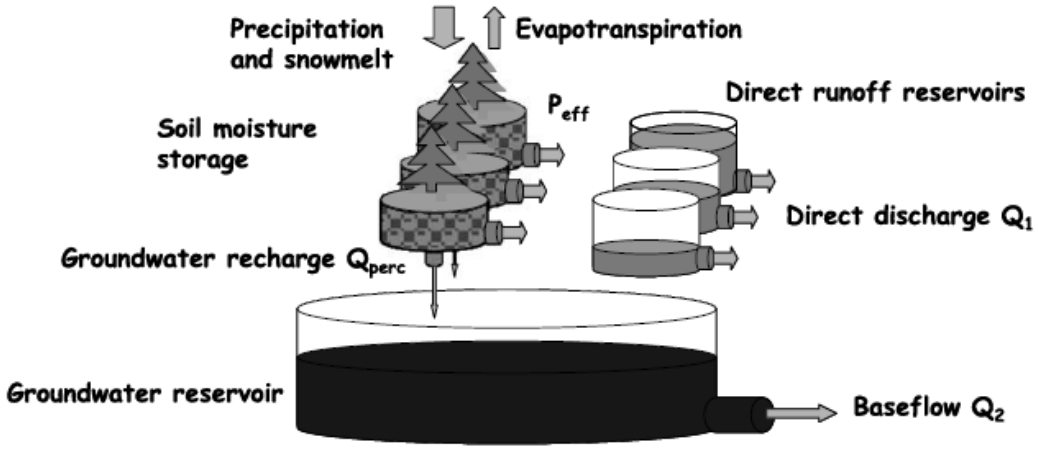


圖 2-12　HBV 水文模型架構示意圖(Barthel et al., 2009)

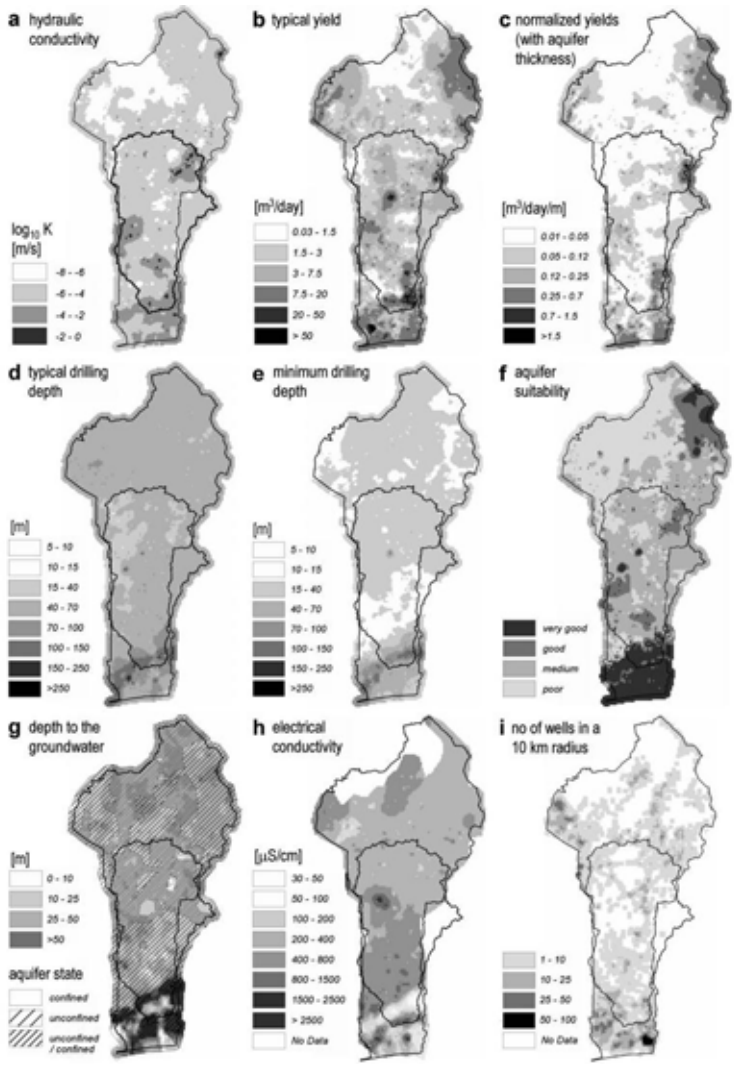


圖 2-13　韋梅省流域地下水資源分佈圖(Barthel et al., 2009)

2、中國新疆地區地下水庫評估(Deng, 2012)

Deng(2012)針對中國西北部新疆地區台蘭河流域(Tailan basin)進行地下水庫評估，該研究認為地下水庫為中國西北部乾燥地區未來水資源運用對策中相當重要的一環，其認為地下水庫與傳統地面水庫相較，於經濟面、技術面及環境面均具有其優勢，包含構造簡易、投資較少、無潰壩災害、較長使用壽命、易於操作管理、無淤積問題、無需佔用土地、無需遷移居民及有效減少蒸發散量等。

該研究依據新疆地區地質結構特性提出適宜施設地下水庫之區位，包含位山區河口、山區與沖積平原間區域及沖積平

原漫流帶(地下水出流區域)，圖 2-14 所示。該研究認為評估地下水庫設置與否的困難在於分析地下水儲蓄潛能、人工補注效率、補注設施阻塞、地下水水質改變及地下水與地層交互作用，因此該研究以台蘭河流域為研究對象，進行流域範圍內之含水層調查、地下阻水壩(ground dam)可行性分析、補注系統與取水系統規劃等工作，並提出該流域利用地表地下水聯合運用之管理規則。

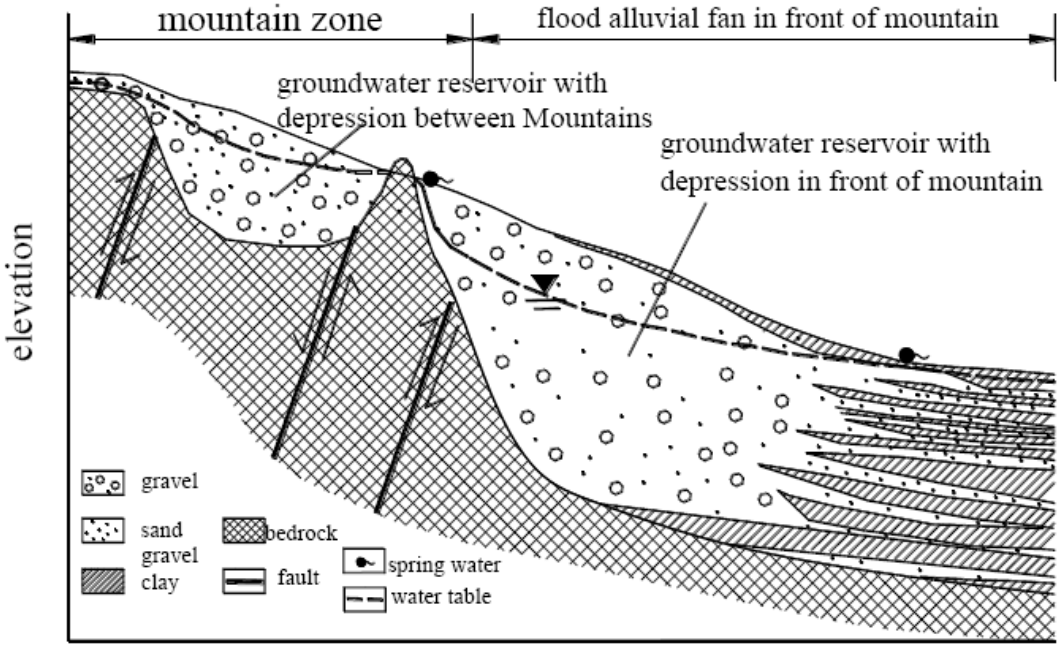


圖 2-14　地下水庫適宜設置區位示意圖(Deng, 2012)

3、美國羅德島州 Usquepaug-Queen 地下水庫地下水庫評估 (Dickerman et al., 1997)

由於美國地質調查所(U.S. Geological Survey, USGS)與美國羅德島州水資源局(Rhode Island Water Resources Board, RIWRB)為規劃羅德島州整體水資源運用，對於羅德島州境內各主要河川流域下之含水層進行大規模調查工作，並將此等含水層視為地下水庫(groundwater reservoirs)並嘗試了解各地下水庫之地下水資源儲蓄量及未來可能運用方式，自 1950 年代

就開始進行相關研究工作，其中 Usquepaug-Queen 地下水庫為 9 個位於波塔基特河(Pawcatuck River)流域地下水庫之一，其上為 Usquepaug-Queen 河流域，位於波塔基特河流域南側，如圖 2-15 所示，Usquepaug-Queen 河流域範圍 90%至 95%均為森林，高程由 555 英呎變化至出海口 95 英呎，地下水集水區(subsurface-drainage area)為 33 平方英哩，略小於地表集水區面積 36.1 平方英哩。

於地質特性部份，於 Usquepaug-Queen 河流域範圍共有 3 種不同地質單元，包含冰河層狀沉積(glacial stratified deposits)、冰磧(glacial till)及結晶母岩(crystalline bedrock)，此 3 種地質單元均有不同之水力特性，結晶母岩具有低滲透性，地下水僅可於其裂隙中流動，而冰河層狀沉積及冰磧均屬未壓密沉積物組成，藉由地質調查資料研析，冰河層狀沉積涵蓋面積約佔流域總面積 42%左右，且其厚度約為 122 英呎。冰河層狀沉積又細分為粗顆粒單元及細顆粒單元 2 類，一般而言，粗顆粒單元較細顆粒單元具有更高之滲透性及儲蓄能力，具有較高滲透性及儲蓄能力之粗顆粒冰河層狀沉積面積約僅有 8 平方英哩，多分佈於河流週邊，即河谷一帶，故於 Usquepaug-Queen 河流域適宜作為地下水庫之面積僅為 8 平方英哩。

經由含水層試驗得知，於研究區域內冰河層狀沉積之流通係數(transmissivity)約介於 4000 平方英呎/天至 26200 平方英呎/天之間，而水平水力傳導係數則介於 25 英呎/天至 470 英呎/天之間，藉由含水層試驗單井出水能力推估求得於流域範圍內冰河層狀沉積每日總出水潛能至少可達 5×10^5 加侖。此外，流域範圍水資源利用狀況分析得知，於 Usquepaug-Queen 河流域範圍地下水使用總量約介於 2.8×10^5 加侖至 4.8×10^5 加侖之間。

另外，由水質檢測資料顯示該流域地下水水質原則符合各標的用水之需求，僅有部份地區出現硝酸鹽高於飲用水標準之情況。其後，為了解未來不同地下水開發情境與其對於區域水資源之影響，該研究建立了 3 分層之地下水流數值模型，其概念模型如圖 2-16 所示，以歷史平水期間(1975-1990)以及枯水期間(1963-1966)之水位狀況為基礎，模擬每日抽取 4×10^6 加侖及 1.1×10^7 加侖水量，成果顯示採用較大抽水量將造成當地較大地下水水位洩降發生，而此洩降可藉由分散抽水位置來獲得改善，如抽水位置鄰近補注源(如河川等)，其所產生之洩降較遠離補注源位置為小，另外，抽水所造成的洩降對於地下水湧出成為河川基流總量影響不大，反之則為地面水藉由河床入滲之補注量則大幅增加進而減少河川逕流量，總體而言，枯水期間可抽取水量明顯小於平水期間。

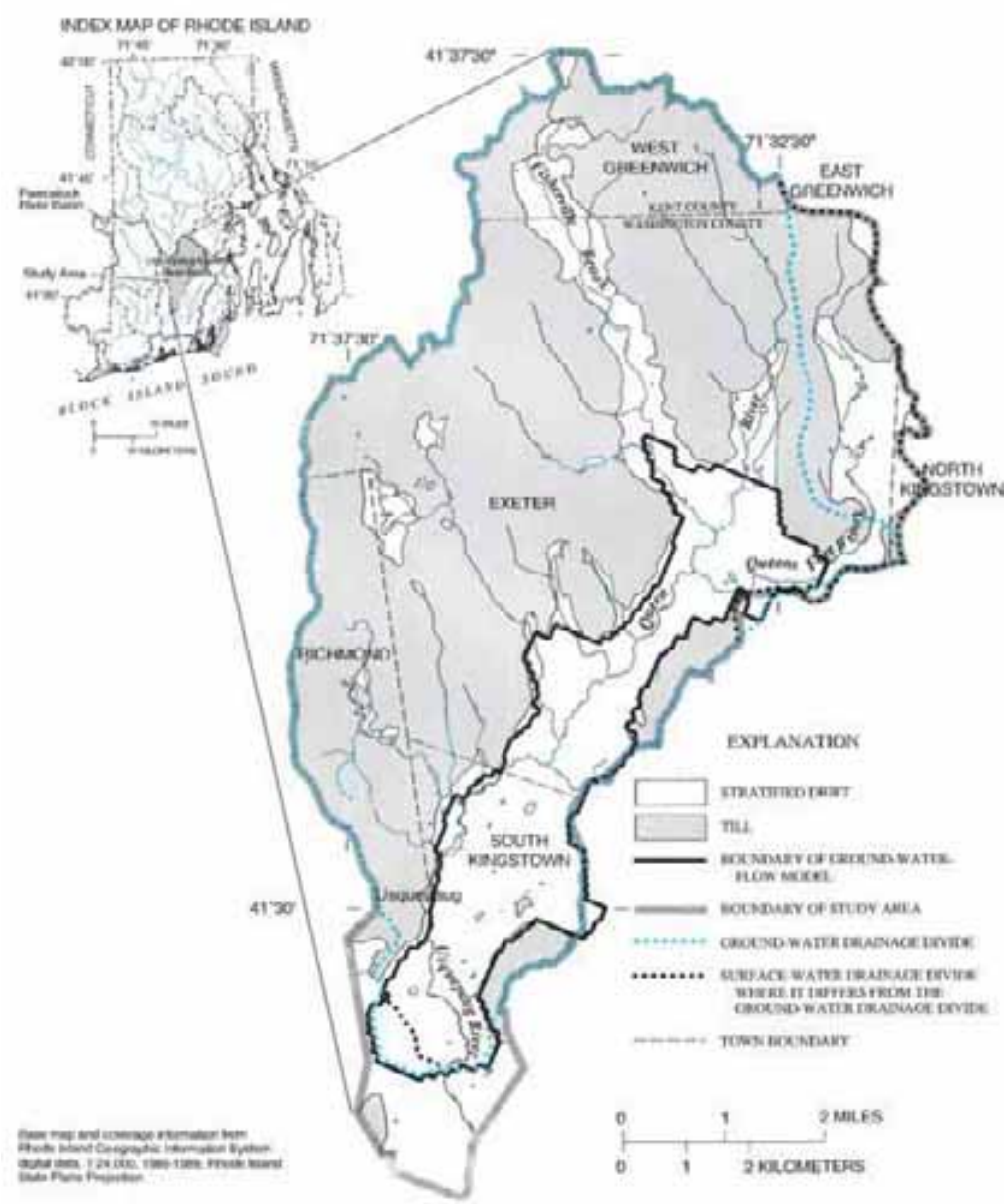


圖 2-15　Usquepaug-Queen 河流域位置圖(Dickerman et al., 1997)

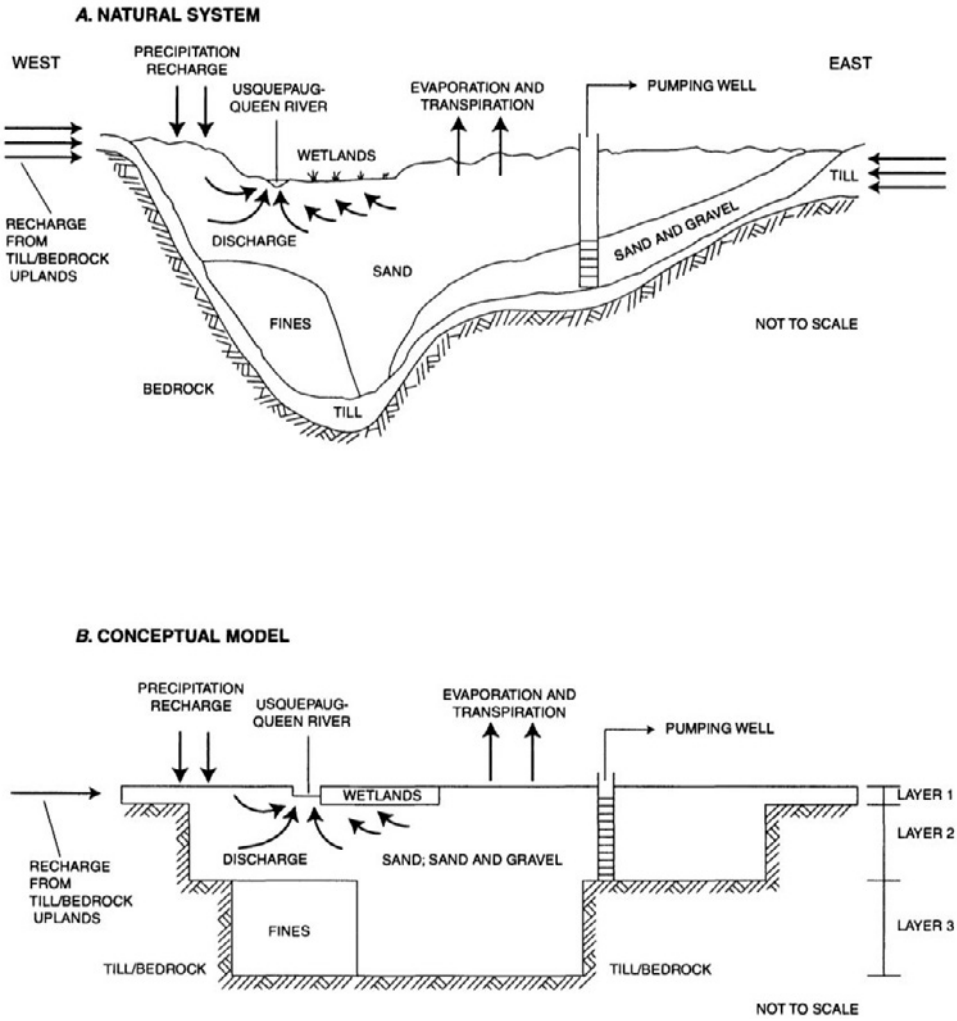


圖 2-16　Usquepaug-Queen 河流域含水層自然系統與概念模型 (Dickerman et al., 1997)

4、美國夏威夷州歐胡島岩脈堰水庫評估(Takasaki and Mink, 1985)

美國地質調查所為了解位於夏威夷州之歐胡島地下水資源，研究其火山岩脈入侵地質結構自然形成之地下水庫，並推估其所圍阻之地下水資源總量，其研究針對位於歐胡島上柯歐勞火山(Koolau Volcano)及懷厄奈火山(Waianae Volcano)週邊裂隙區之地下水庫，如圖 2-17 所示。其地下水庫形成原因主要係因為火山炎漿(lava)侵入於地層內冷卻後現成不透水之圍堤，於鄰近圍堤之間即形成天然儲水空間，又因夏威夷地區本為降雨豐沛地區，大量降雨經入滲後進入此等儲水空間即形成

歐胡島最為重要之水資源，圖 2-18 為歐胡島上卡內奧赫(Kaneohe)裂隙區地下水出流示意圖，圖中亦顯示岩脈形成地下水庫之情況。該研究針對各裂隙區之岩脈走向(strike)及傾向(dip)進行分析，了解各裂隙區地質架構特性，配合地下水位及土層之比出水量(specific yield)即可粗略推估不同裂隙區之儲水量，此外，配合地下水水位觀測及現地試驗所獲之流通係數(T)、水力梯度(hydraulic gradient, I)及斷面長度(L)等資訊，利用達西定律(Darcy law)亦可推求於儲水區內地下水流動特性，藉由儲水量及流動特性進而評估歐胡島地下水資源，該研究指出歐胡島最大之岩脈堰地下水庫區域約佔 135 平方英里(約 52.1 平方公里)，具有 5,600 億加侖(約 21.2 億立方公尺)之地下淡水儲水體積。

地下水為夏威夷最重要資源之一，其水資源運用系統如圖 2-19 所示，地下水於當地提供包括飲水、灌溉、民生、與工商業用水等標的，據統計夏威夷 99%的民生用水來自地下水，同時地下水為該地 50%淡水來源。利用上述歐胡島岩脈堰系統與其他火山岩含水層系統，歐胡島水井分佈遍布全島，分佈圖如圖 2-20。

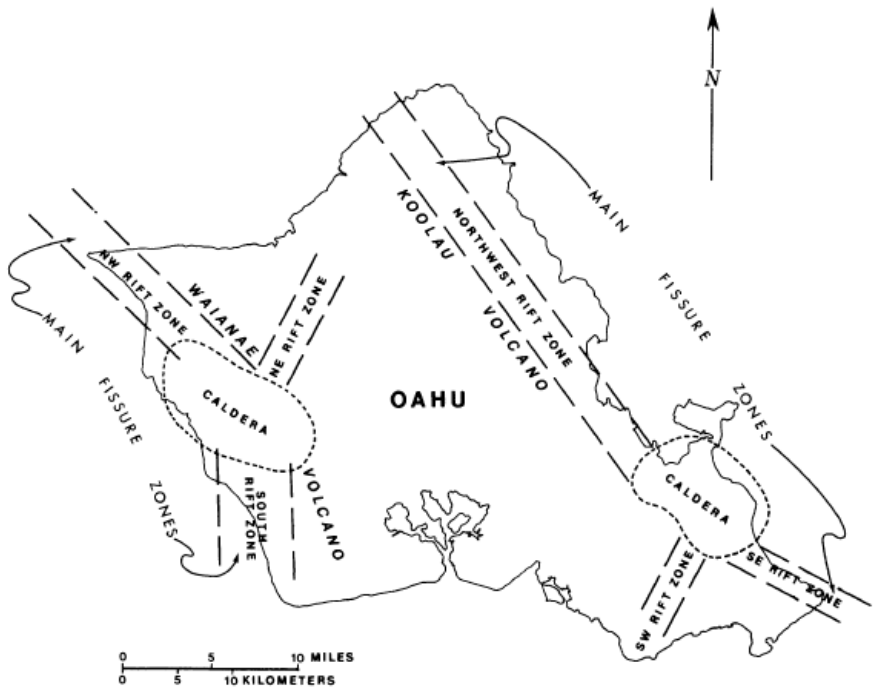


圖 2-17　Koolau Volcano 及 Waianae Volcano 裂隙帶及火山口分佈(Takasaki and Mink, 1985)

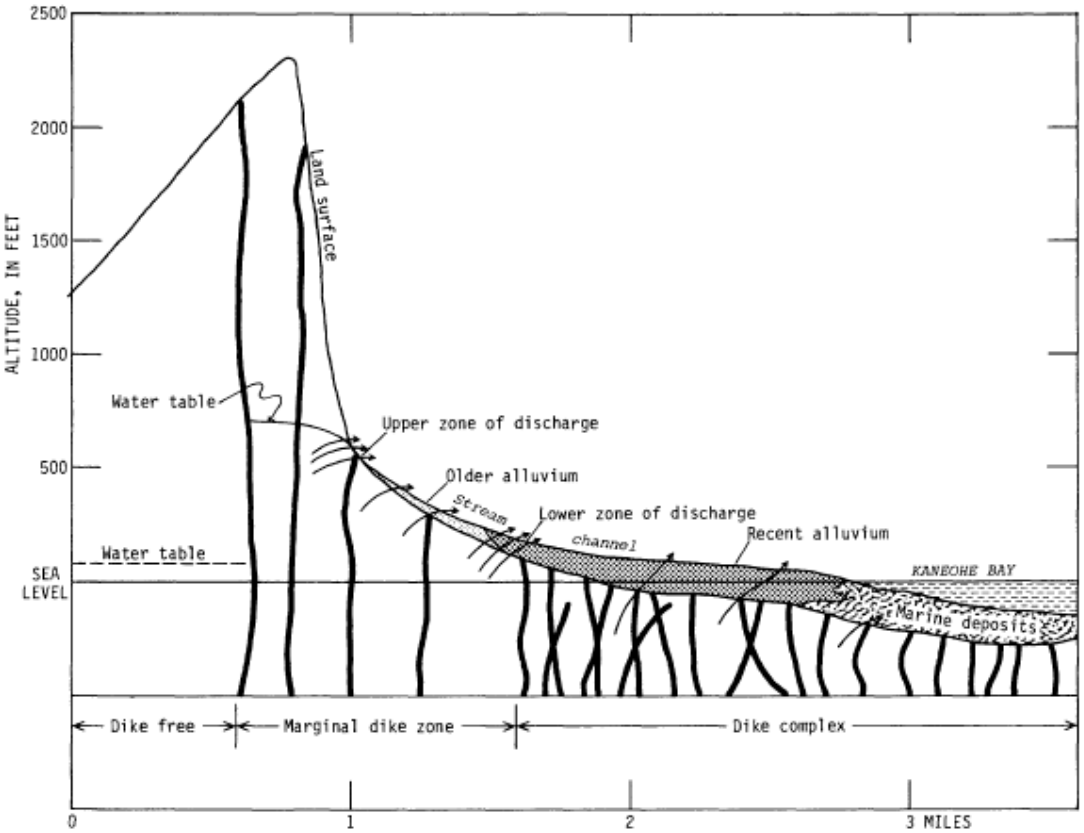
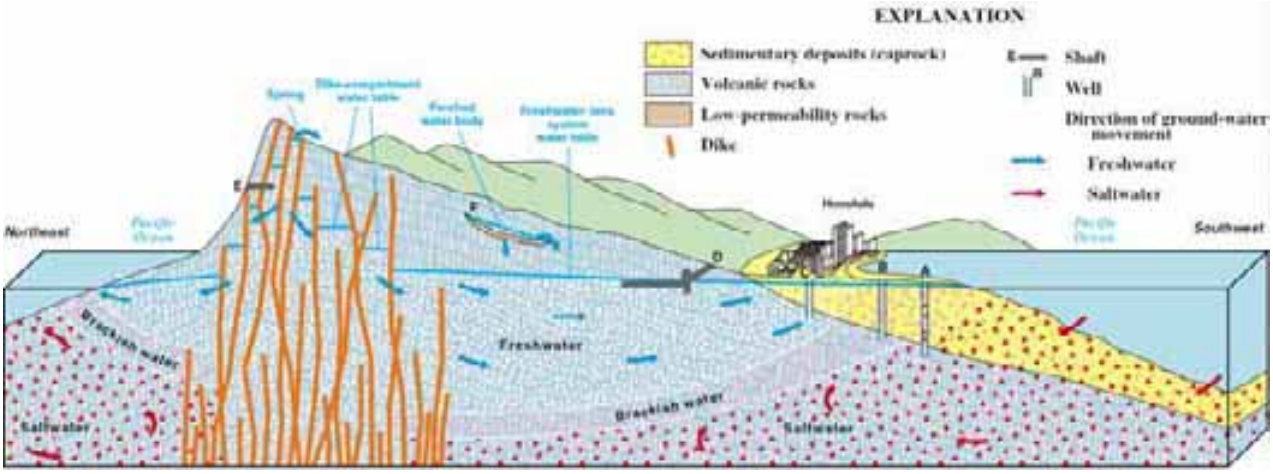


圖 2-18　Kaneohe 裂隙區地下水出流示意圖(Takasaki and Mink, 1985)



資料來源：Stephen B. Gingerich, and S. OkiDelwyn, 2000

圖 2-19　夏威夷地下水文系統示意圖(Stephen et al., 2000)

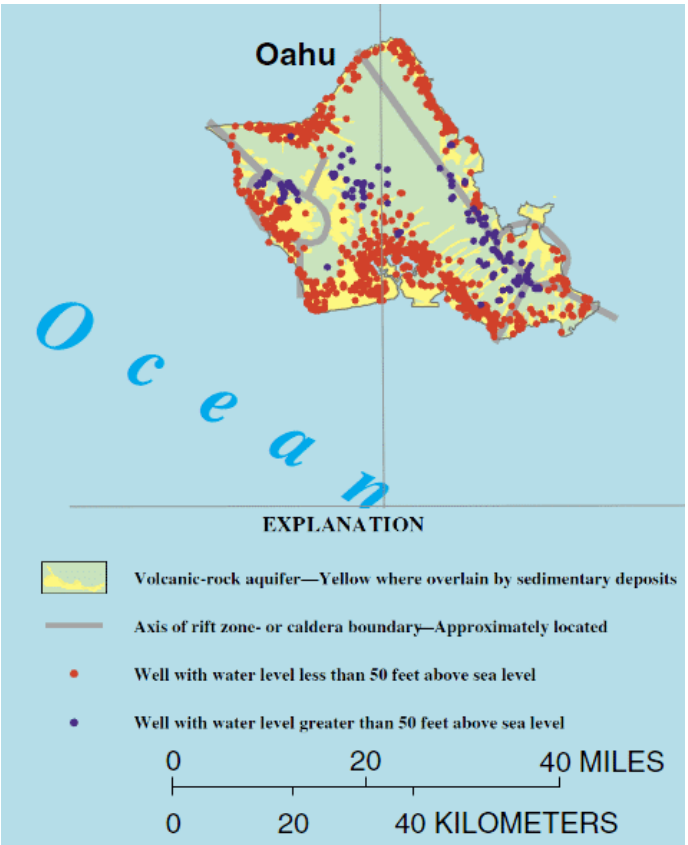


圖 2-20　歐胡島之水井分佈圖(Stephen et al., 2000)

5、美國猶因塔河(Uinta River)因地下水抽取所造成河川流量降低評析(Lambert, et al., 2011)

美國猶他州(Utah state)羅斯福城(Roosevelt City)為因應未來可能人口增加所產生之用水缺口，擬增加原已抽水使用之勞斯井場(Sprouse well field)之抽水量，而該井場緊鄰猶因塔河之西側河道，由於地下水與地面水存有明顯相互影響關係，為了解未來勞斯井場所增加之抽水量對猶因塔河之影響，自 2008 年由美國地質調查所、猶他自然資源部(Utah Department of Natural Resources)及烏特印地安部落(Ute Indian Tribe)進行一連串相關研究，並於 2011 年提出整體評估報告。

該研究藉由現有地下水位觀測資料評析地下水流動特性，研究區域之地面水及地下水概念模型如圖 2-21 所示，該研究亦利用地面水水位與地下水水位評析不同區位地表地下水相互作用之特性，其將河段區隔為地面水補注地下水河段(losing stream)及地下水補注地面水河段(gaining stream)等 2 類，如圖 2-22 所示。為了解該區域地面水及地下水相互作用行為及相關水文地質參數，其利用示縱劑試驗(tracer test)及溫度感測技術(temperature measurement)等方式獲知相關參數及流場特性，最後該研究利用相關參數建構地下水數值模型，並用以預測未來如增加地下水抽汲量所可能造成地下水蓄存量及河川流量之影響，由該研究顯示於不同抽水情境下，河川流量將可能因抽水量增加產生明顯降低現象。

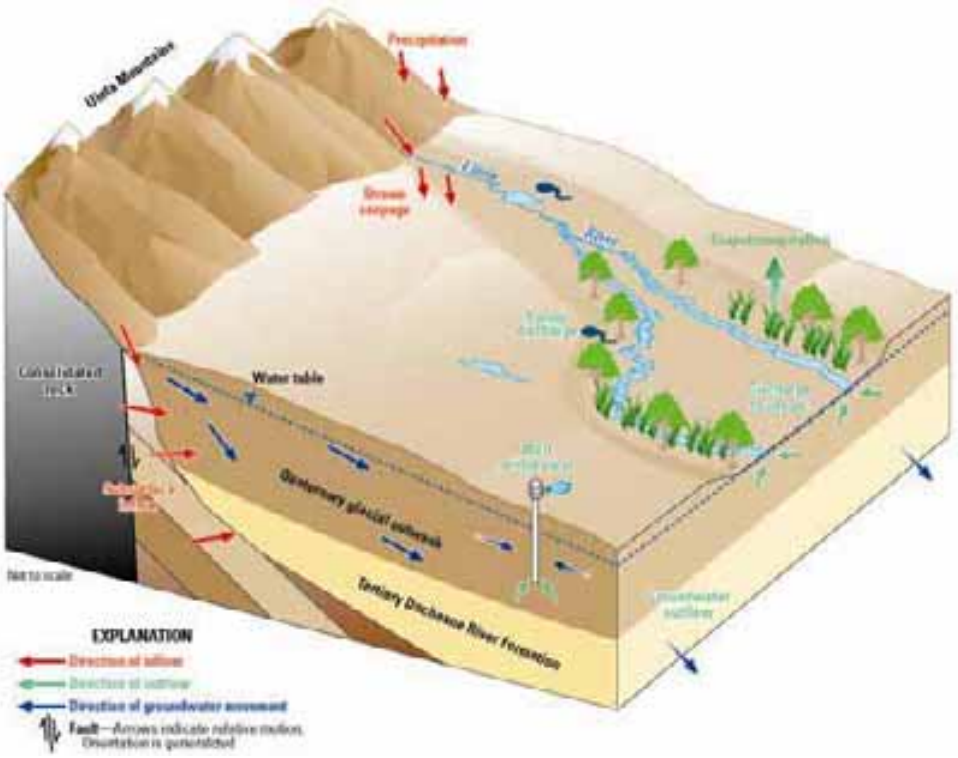


圖 2-21　猶他州羅斯福城區域地面水與地下水概念模型

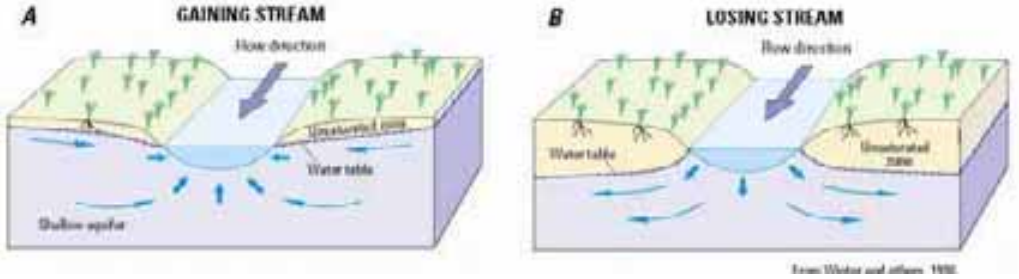


圖 2-22　地面水及地下水相互作用分類示意圖(A 為地下水補注地面水，B 為地面水補注地下水)

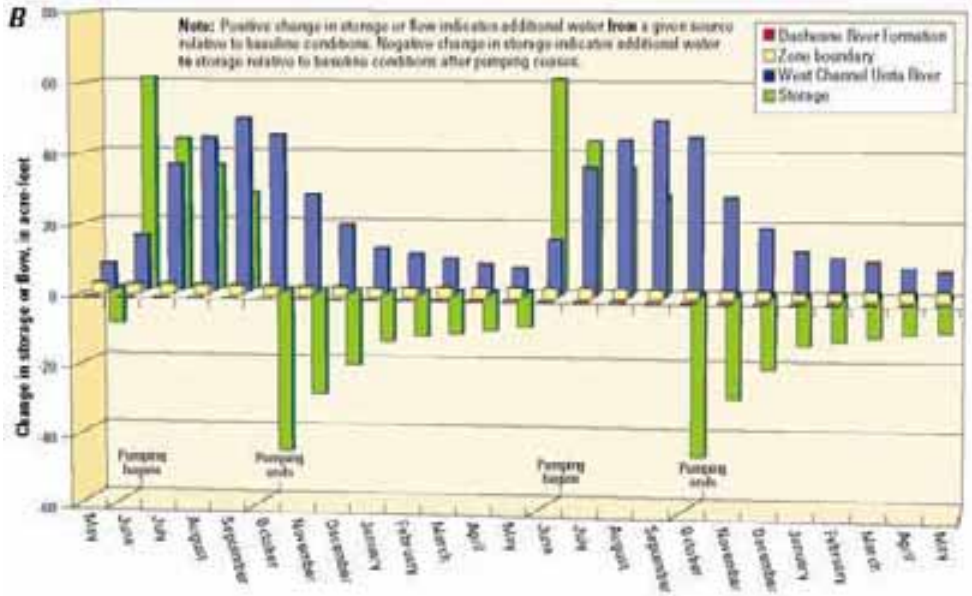


圖 2-23　羅斯井場抽水產生影響示意圖

6、美國亞歷桑那州中部(Central Arizona)佛得河谷(Verde Valley)利用區域地下水數值模型評析 1910 年至 2005 年人為行為對於水文系統影響及預測 2005 年至 2110 年可能之影響(Garner et al., 2013)

美國亞歷桑那州中部之佛得河谷預期於未來將出現顯著人口增加現象，而對於水資源之需求亦將明顯增加，由於水資源之需求將由區域的地下水來因應，預期由於人口增加所產生之人為行為將可能對於自然水文環境產生影響，是故美國地質調查所配合當地組織以 1910 年至 2005 年相關資料評估以往該區域人為行為對於水文環境的影響，並以此資料為基礎預測自 2005 年至 2110 年該區域水文環境變化情況。

該研究著眼於地面水及地下水相互影響，對於水文環境評析方法則採用區域地下水數值模型，而該數值模型係以美國地質調查所發展之 MODFLOW 模式建置，並採用於 MODFLOW 內建水平衡模組進行水平衡分析，由此了解人為抽汲地下水對於區域佛得河(Verde River)之影響，其以 2005 年情況之分析成果如圖 2-24 所示，由歷史資料分析顯示，自 1910 年至 2005 年間因人為取汲地下水造成河川基流量顯著降低，河川基流量減少 4900 acre-ft/yr 至 10000 acre-ft/yr 之間，如圖 2-25 所示。該研究對於抽汲地下水對於鄰近地面水的影響依據前人研究提出現象說明，人為抽水時水之來源於初期主要係由地下水儲蓄量供應，但如長期抽水則將由其他水體(如河川流量或蒸發散量)供應，此現象稱為捕獲行為(capture)，而地下水儲蓄量於長期抽水情況下，地下水儲蓄量將維持穩定，如圖 2-26 所示。

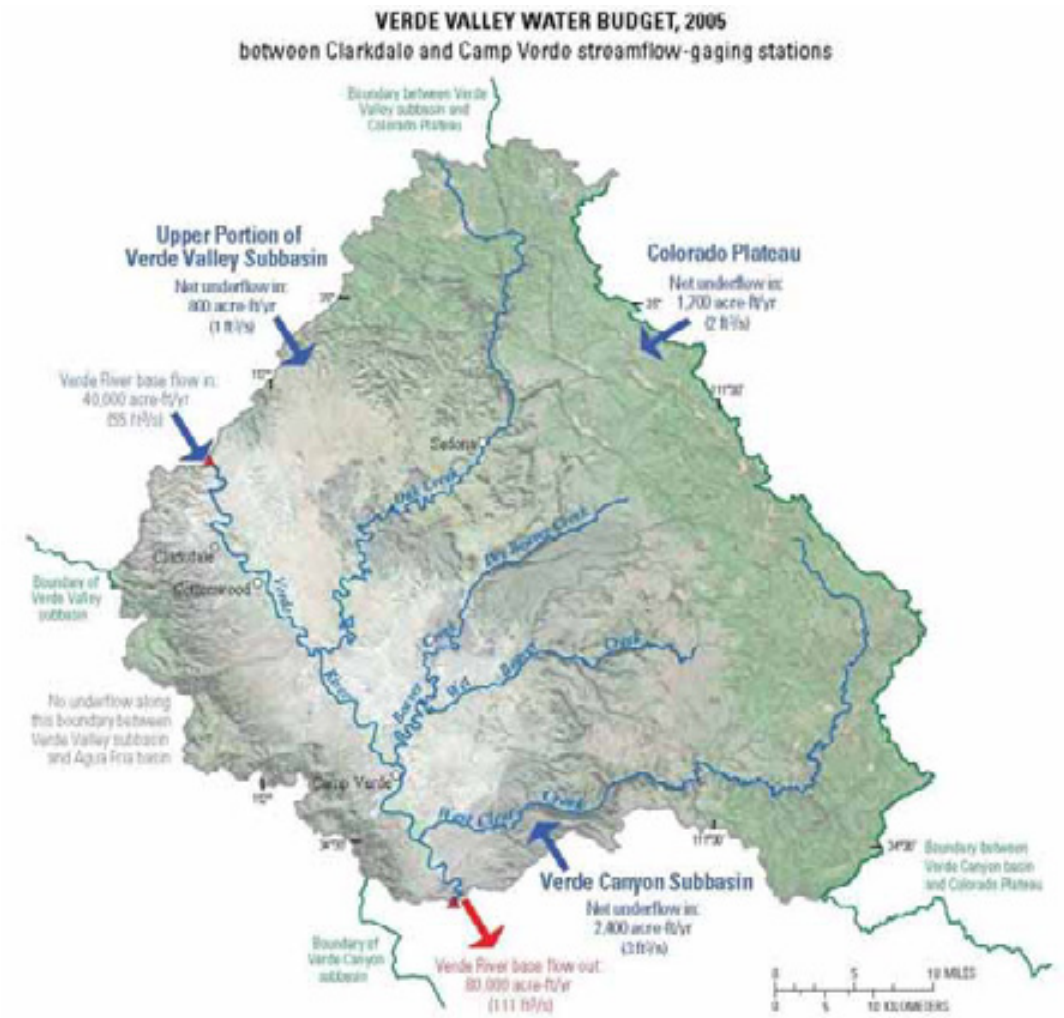


圖 2-24　2005 年佛得河谷水平衡分析成果

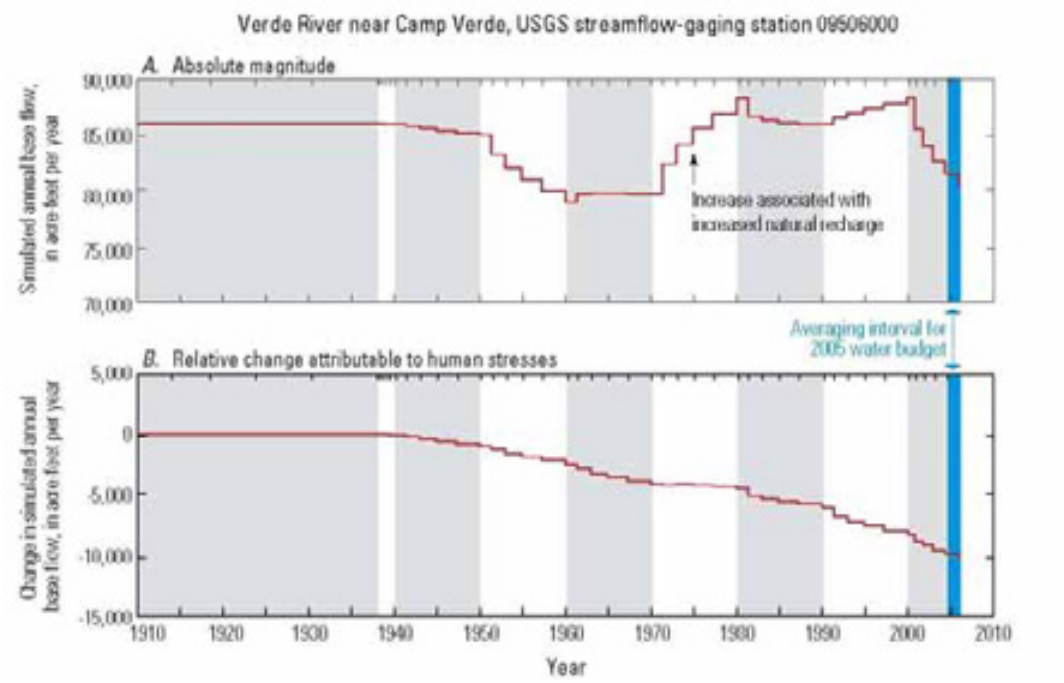


圖 2-25　河川基流量因人為抽水所產生之影響(1910-2005)

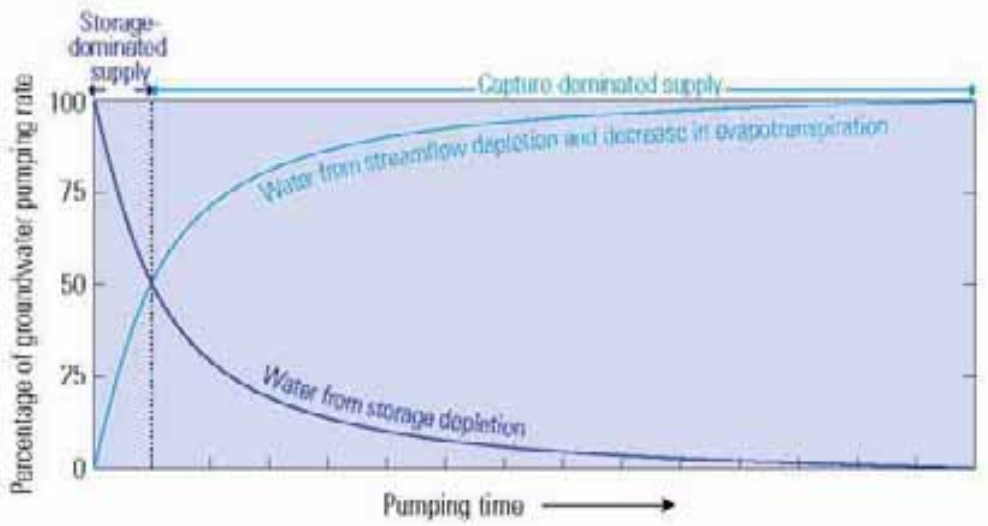


圖 2-26　人為抽水行為與地下水儲蓄量及其他水體關係示意圖

由國外案例得知，對於區域地下水資源評估方法大致包含傳統水平衡法(water budget)及數值模式模擬(numerical model simulation)等 2 類，而於分析之初應對於分析區域之水文地質狀況進行掌握，諸如含水層、地質構造及水文地質參數等，而此 2 類分析方法中，傳統水平衡法多用於推估地下水補注量以作為區域地下水可開發潛能，惟傳統水平衡法基本假設為各項水文因子均為穩態(steady state)，無法反應地下水抽汲後所產生之增加補注量或減少基流量等行為，僅可適用於以年或月作為時間間距之地下水資源評析工作之上；而數值模式模擬則可反應地下水抽取後所產生之各項行為，亦可預測未來可能造成之影響，為近年較被接受之評析方法。

除了分析方法之外，甚多研究(Lambert, et al., 2011, Garner et al., 2013)多著眼於地下水抽取對於河川地面水之影響，由亞歷桑那州佛得河谷案例可得知，地下水之抽取可能影響原有河川基流量，而增加之地下水抽取量多由河川流量捕捉(capture)所獲，可見分析區域地下水資源潛能需將對於河川流量之可能影響一併納入考量較為周延。

第參章　水文地質探測及地下水水文分析

本計畫之水文地質探測及地下水水文分析方法包括地球物理探測、水文地質鑽探、水文地質參數探查，並設置簡易式地下水觀測井進行地下水位觀測，由於計畫區域範圍廣闊，且各項調查點位數量有限，故於調查點位選定甚為重要。為求調查點佈設且有代表性，本計畫利用地理統計學常見之反距離權重法(IDW)之概念做為名竹盆地範圍內尚須進行水文地質探測點位之選取參考，反距離權重法為一種空間分析方法，做法為由眾多不規則分佈之離散點群內插出指定位置之函數值，由於距離未知點最近之已知點資料對於未知點貢獻最大，且其貢獻與距離成反比，故稱之為反距離權重法(陳亭蓉，2006)。

根據此原理，將名竹盆地主要含水層(車籠埔斷層與濁水溪沖積扇扇頂(二水)之間)劃分成數個 500×500m 的網格，各網格均視為未知點，而範圍內各曾施作過水文地質探測之點位(包括水利署觀測井、中央地調所 2010～2011 年設置觀測井、水資源局(水利署前身)1996 年設置觀測井)視為已知點，利用反距離權重法針對每一個未知的數值進行推估，由於一個未知值的點被周圍已知點的值的影響程度與距離成反比，距離越遠影響程度越小，因此可利用它鄰近的已知點之數值來進行加權運算，所給的權重依照距離遠近來計算。圖 3-1 為盆地內各已知點及未知點之位置，已知點為綠色星號，代表曾施作或現存既有之觀測井，如表 3-1；未知點則為粉紅色圓點，各未知點間間距 500 公尺。本計畫利用 IDW 法概念計算各未知點與已知點間之距離，各未知點均能計算出與不同已知點間之距離，將其總和後得總距離，再將各未知點之總距離數值排序，數值越大者表示其受既有觀測井之影響越小，亦即該已知點位需再設置觀測井，如此可增加對整體名竹盆地水文地質狀況之掌握。圖 3-1 中位於車籠埔斷層以東之未知點因不屬主要含水層範圍，故並未納入計算，總計未知點數共 264 點。

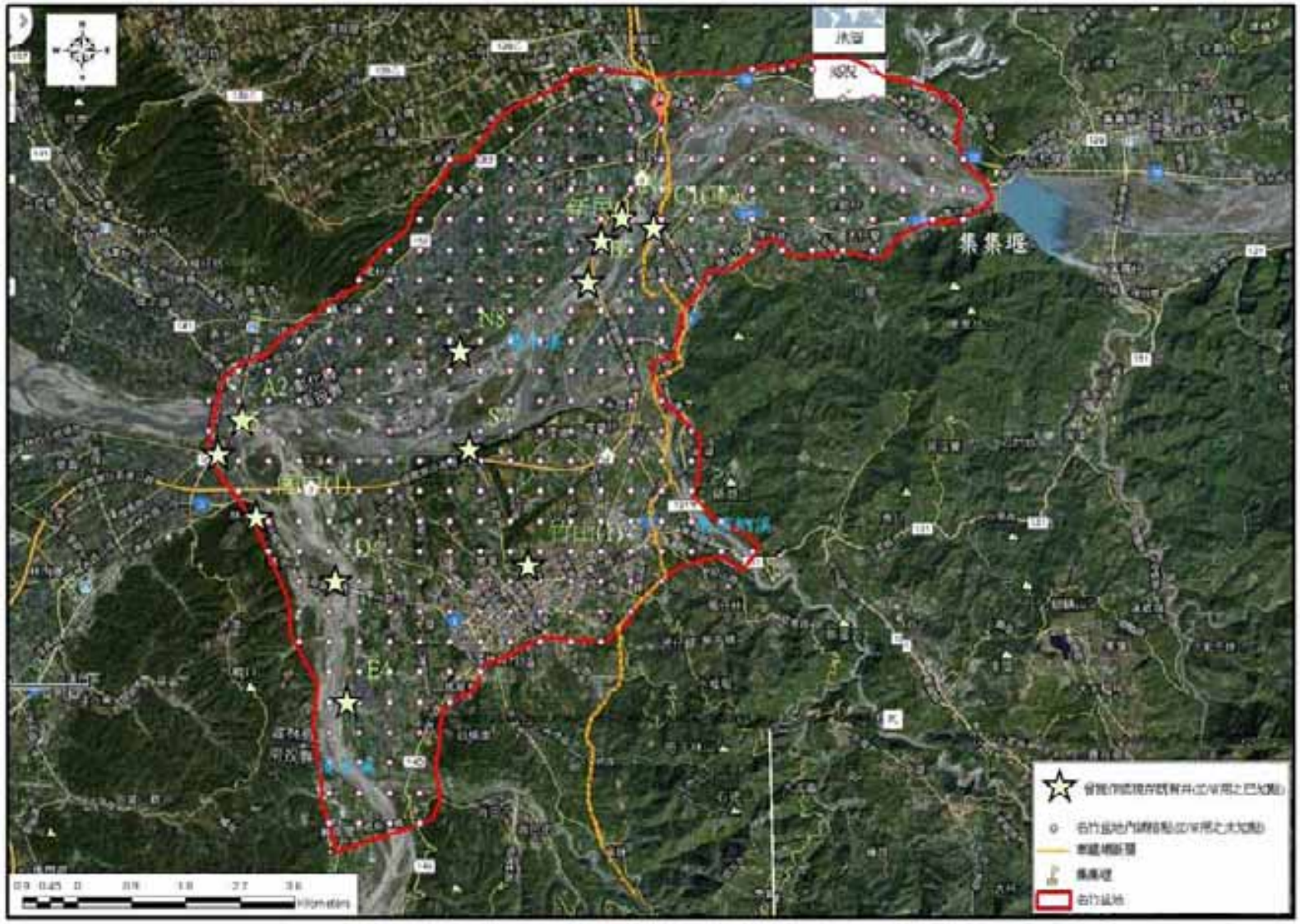


圖 3-1　名竹盆地內各已知點及未知探查點位示意圖

表 3-1　各已知點名稱及設置單位

既有井	X97	Y97	設置單位	現況
觸口(1)	213611	2629610	水利署(觀測井)	使用中
新民(1)	219329	2634194	水利署(觀測井)	使用中
竹山(1)	218111	2628814	水利署(觀測井)	使用中
C1(車籠埔)	220202	2634404	中央地調所	使用中
S5	212984	2630653	中央地調所	使用中
S4	217140	2630740	中央地調所	使用中
N8	216982	2632367	中央地調所	使用中
N4	219676	2634583	中央地調所	使用中
B2	219109	2633513	水資源局	已廢棄
A2	213376	2631228	水資源局	已廢棄
D4	214926	2628555	水資源局	已廢棄
E4	215119	2626541	水資源局	已廢棄

計算結果可得 264 個未知點與所有已知點之總距離排序，總距離越大者表示越需設置觀測井，將總距離排名前 200 之未知點視為需進行水文地質探測之範圍，概略位置及其分區編號於圖 3-2，由圖可知此範圍包括名竹盆地北端及南端、隘口、濁水溪中游兩岸，上述區域為本計畫優先擇定進行調查之範圍，其後，再配合土地取得是否適宜及與既有調查資料進行調查點位之佈設，預計可提高對整體名竹盆地水文地質架構之掌握。根據 IDW 法概念之推估結果，本計畫再配合歷年施作位置、中央地調所建議以及自來水公司預計施作寬口井區位，共規劃 10 個探測點位分別執行抽水試驗、地質鑽探及一般水位監測作業，另施測 3 條地電阻測線，前述各項試驗選址說明如後段各節描述。

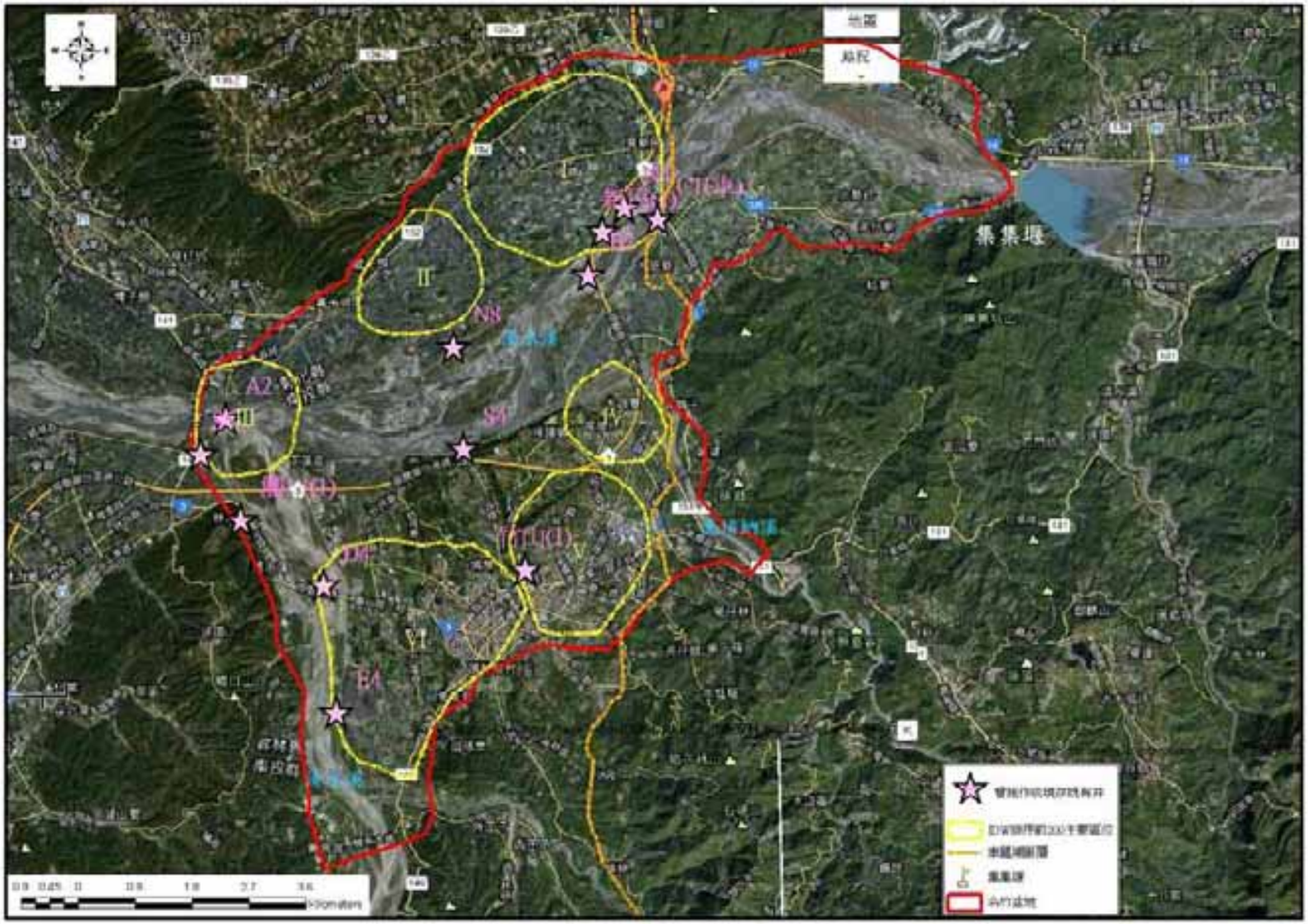


圖 3-2　以 IDW 法概念推估需進行水文地質探測之範圍

一、前期相關研究資料彙整

本計畫區域於以往曾辦理相關調查研究計畫，包括經濟部水資源局及中央地質調查所等單位均曾執行與名竹盆地範圍相近之地下水資源調查工作，故可參考歷年執行成果評估本計畫各項工作項目之執行方式，包括各地球物理探測位置及地下水觀測井位置等選擇，以求獲致更完善之名竹盆地地下水資源狀況，本計畫目前所蒐集之各單位相關計畫如表 3-2 所示，各前期計畫之執行內容簡述如下：

表 3-2　本計畫已蒐集之各單位相關計畫

主辦單位	計畫名稱	年度
經濟部水資源局	濁水溪中游地區地下水補注調查與評估	1996
經濟部中央地質調查所	濁水溪沖積扇清水溪下游水文地質調查	1997
經濟部水利處	濁水溪林內河段與二水河段取工程調查規劃報告	2001
經濟部中央地質調查所	台灣山區地下水資源調查研究整體計畫－第一期台灣中段山區地下水資源調查與評估(1/4) (第 1 年度)	2010
經濟部中央地質調查所	台灣山區地下水資源調查研究整體計畫－第一期台灣中段山區地下水資源調查與評估(2/4) (第 2 年度)	2011
經濟部中央地質調查所	台灣山區地下水資源調查研究整體計畫－第一期台灣中段山區流域水文地質調查及圖幅繪編(1/4)	2010
經濟部中央地質調查所	台灣山區地下水資源調查研究整體計畫－第一期台灣中段山區流域水文地質調查及圖幅繪編(2/4)	2011
經濟部中央地質調查所	台灣山區地下水資源調查研究整體計畫－第一期台灣中段山區地下水資源調查與評估(3/4) (第 3 年度)	2012

1、經濟部水資源局「濁水溪中游地區地下水補注調查與評估」(1996 年)

經濟部於 1996 年實施之「濁水溪中游地區地下水補注調查與評估」計畫，該計畫調查包括八卦山台地南端、斗六丘陵、竹山丘陵、清水溪由桶頭至水門及兩岸河階地、濁水溪由集集橋至彰雲大橋之河川與階地以及彰雲大橋至自強大橋之河川等地區內降雨入滲情形及河川與地下水相互關係，並估算地下

水補注量，計畫範圍如圖 3-3 所示。

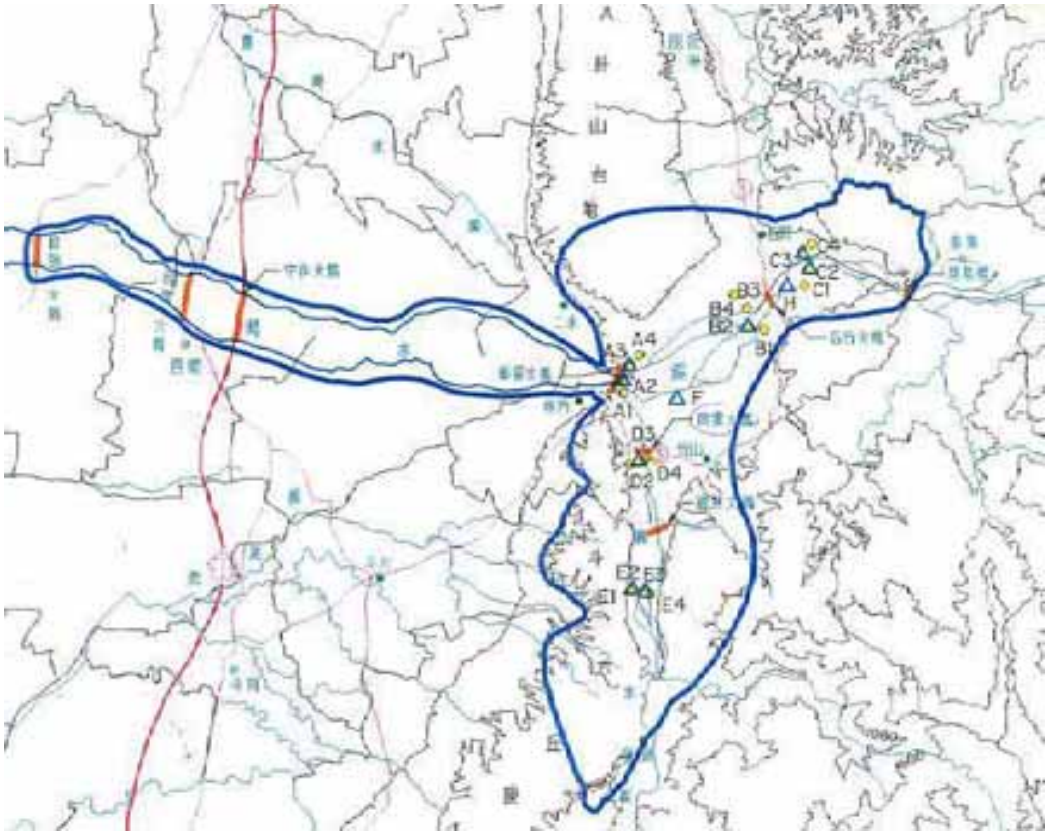
該計畫施行之現地調查項目包括鑽探、抽水試驗、水位觀測、河床斷面測量及河川流量測量等，其中透過鑽探可瞭解河川附近地下水位分佈及沉積物透水特性，以評估河川-地下水關係及二者相互交換情形，鑽探位置選擇濁水溪三個代表性斷面與清水溪兩個代表性斷面，每斷面布置 4 孔，共計鑽設 20 孔，每孔孔徑 8 吋，孔深自 20 公尺至 70 公尺不等，鑽探結果顯示僅有名竹大橋上游側 C 斷面之四口井鑽到基盤岩層，為較不透水之卓蘭層青灰色頁岩，其餘各孔則為河床礫石堆積及頭嵙山層之礫石層。

該計畫並於前述鑽孔位置進行定量抽水試驗，觀測水位之洩降及回升情形，並依 C. V. Theis(1935)之非穩態井流理論推求含水層之流通係數及水力傳導係數，分析結果如表 3-3，其中濁水溪 A、B、C 三個斷面水力傳導係數約 10^{-3}~10^{-5}m/s，清水溪 D、E 兩個斷面水力傳導係數約 10^{-2}~10^{-4}m/s。

該計畫為瞭解區域內各河段之滲漏-回補情形，於清水溪桶頭至水門間及濁水溪集集至彰雲大橋間選擇 9 個斷面施作河川流量測量，如圖 3-4 所示，其中 F、G、H、I 斷面屬濁水溪系，J、K、L、M、N 斷面屬清水溪系，流量測量以涉水方式進行，量測結果顯示濁水溪範圍內之上游斷面流量小於下游斷面流量，因此推估此段濁水溪河段屬地下水回補，而清水溪範圍內之上游斷面流量大於下游斷面流量，故推估此段清水溪河段屬河道滲漏。

該計畫以直接之現地調查結果及間接之地表水平衡法與地下水平衡法估算濁水溪中游彰雲大橋以東區域之地下水補注量約 1.46 億噸/年，且提及計畫範圍內因區域內之地下水位

高，不易獲得河水入滲補注。



資料來源：經濟部水資源局，1996

圖 3-3 「濁水溪中游地區地下水補注調查與評估」計畫範圍及鑽孔位置

表 3-3　1996 年「濁水溪中游地區地下水補注調查與評估」抽水試驗結果

河流	斷面	井號	流通係數 (m^2/min)	水力傳導係數 (m/s)	沉積物分類
濁水溪	A 斷面	A1	0.4188	6.98×10^{-04}	砂質礫
		A2	0.5358	3.57×10^{-04}	砂質礫、砂泥質礫
		A3	0.3255	3.19×10^{-04}	砂質礫、泥質礫
		A4	0.1631	4.94×10^{-05}	砂質礫、泥砂質礫
	B 斷面	B1	5.677	2.31×10^{-03}	泥沙質礫、砂質礫
		B2	0.8237	4.58×10^{-04}	砂泥質礫、砂質礫
		B3	1.7805	9.89×10^{-04}	砂泥質礫、砂質礫
		B4	0.3582	2.21×10^{-04}	砂質礫
	C 斷面	C1	0.2663	8.88×10^{-04}	砂質礫
		C2	0.3806	1.27×10^{-03}	泥砂質礫、泥質礫、 砂質礫
		C3	1.5847	6.60×10^{-03}	砂質礫
		C4	2.436	5.80×10^{-03}	泥砂質礫、砂質礫
清水溪	D 斷面	D1	0.00188	6.27×10^{-06}	(無資料)
		D2	0.000864	4.11×10^{-06}	(無資料)
		D3	0.1609	2.68×10^{-04}	(無資料)
		D4	0.3827	6.38×10^{-04}	(無資料)
	E 斷面	E1	6.0725	1.01×10^{-02}	(無資料)
		E2	0.004077	1.70×10^{-05}	(無資料)
		E3	0.1677	5.59×10^{-04}	(無資料)
		E4	0.7352	1.23×10^{-03}	(無資料)

(註：D1、D2、E2 三口井因使用最小馬力抽水機，試驗階段之地下水位降至濾水管以下，導致出水量減小，致使此三口井 T 值偏低。)

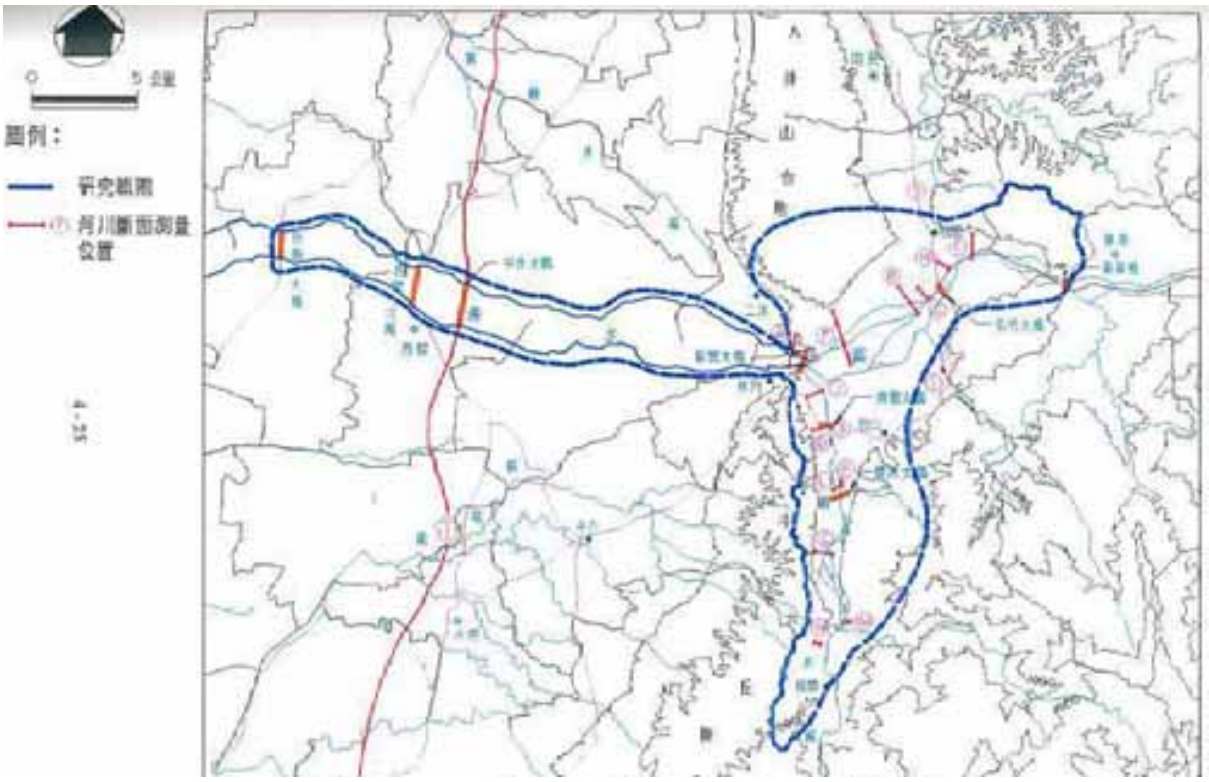
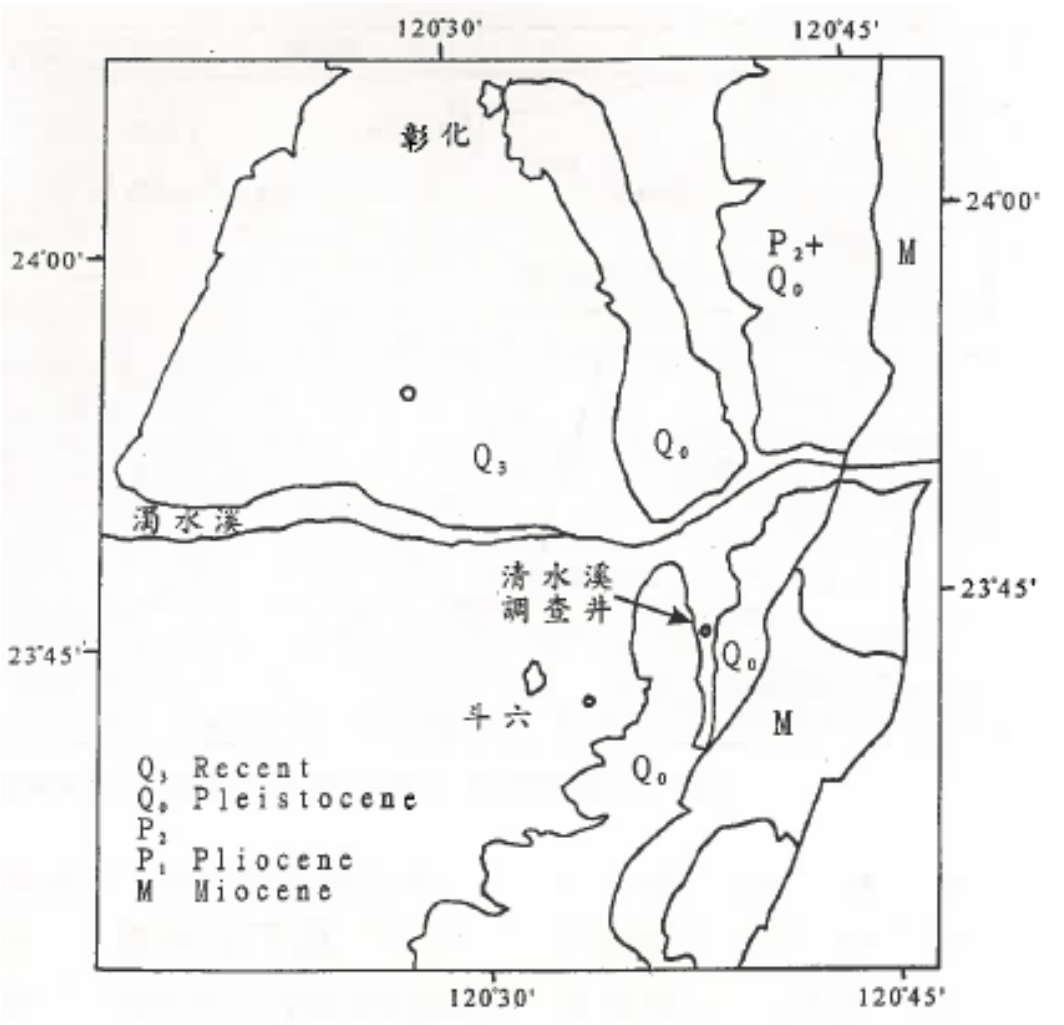


圖 3-4　1996 年「濁水溪中游地區地下水補注調查與評估」流量量測位置

2、經濟部中央地質調查所「濁水溪沖積扇清水溪下游水文地質調查」(1997 年)

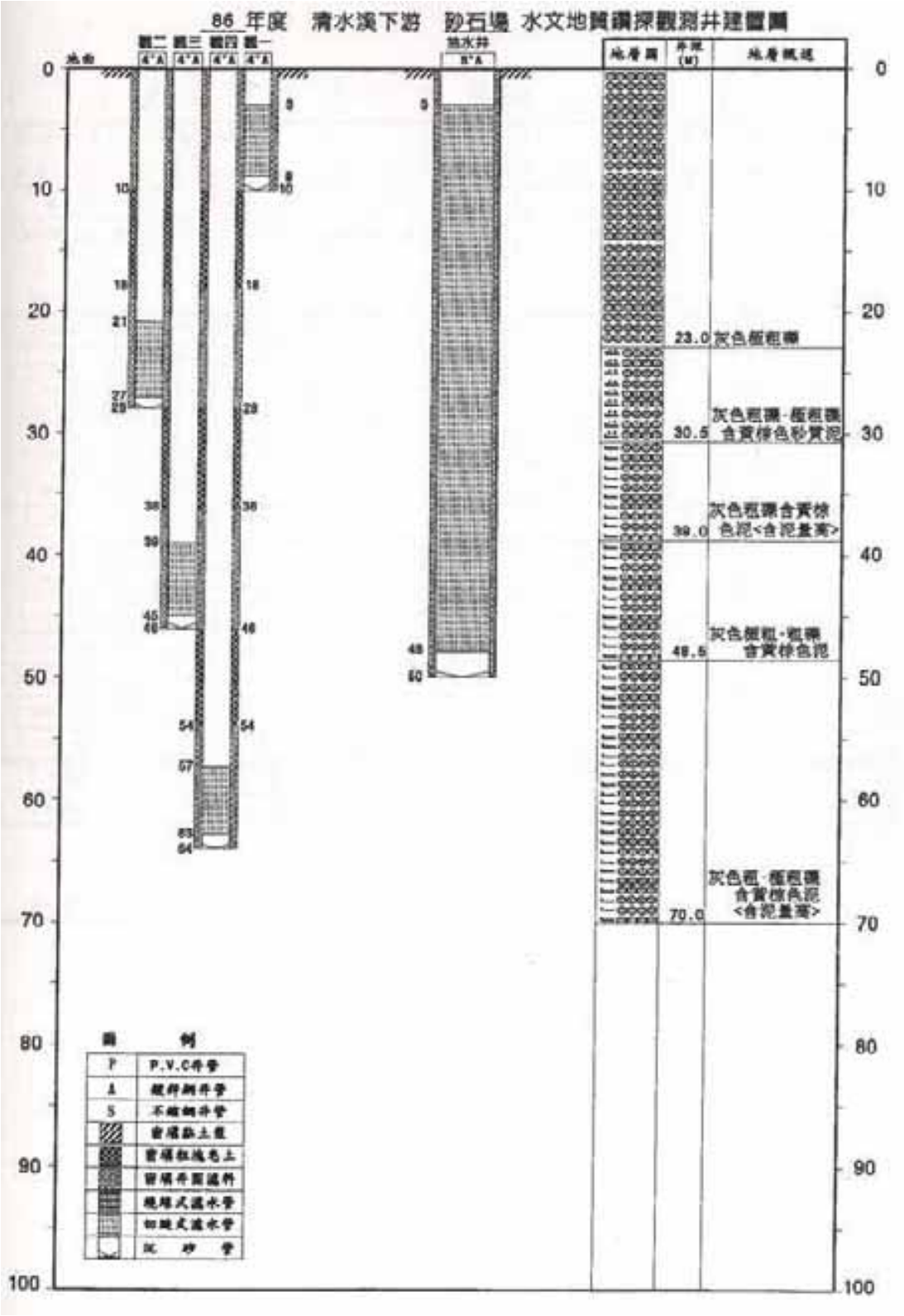
此計畫目的為瞭解清水溪河床之地下水狀況，於計畫範圍內鑿設 1 口抽水井及 4 支共孔之觀測井，除進行地物井測外，亦施作抽水試驗及井孔流速量測，調查井標高約海拔 130 公尺，西有斗六背斜高約 300～500 公尺，東有清水溪河床，更東為竹山一帶的河階地，南為草嶺及阿里山山區，圖 3-5 為調查井位置。抽水井之地質鑽探結果如圖 3-6 所示，其所在地層剖面如圖 3-7。而抽水井與觀測井配置如圖 3-8，由定量試水與抽水試驗的結果推測河床礫石層(觀一)為自由含水層，頭嵙山層礫石(觀二、三、四)為受壓-滲漏水層，觀一的導水性較觀二、三、四為佳。河床礫石層的流通係數約為頭嵙山層礫石的 10 倍，前者約 1.6×10^{-3}~$2.0\times10^{-3}m^2/min$，後者約 0.9×10^{-4}~$1.6\times10^{-4}m^2/min$。至於河床礫石層的水力傳導係數約 4.5×10^{-6}~$5.6\times$

10^{-6}m/min，儲水係數約 1.6×10^{-3}；頭嵙山層礫石的水力傳導係數則約 0.25×10^{-7}~4.5×10^{-7}m/min，儲水係數約 2×10^{-5}~10×10^{-5}。



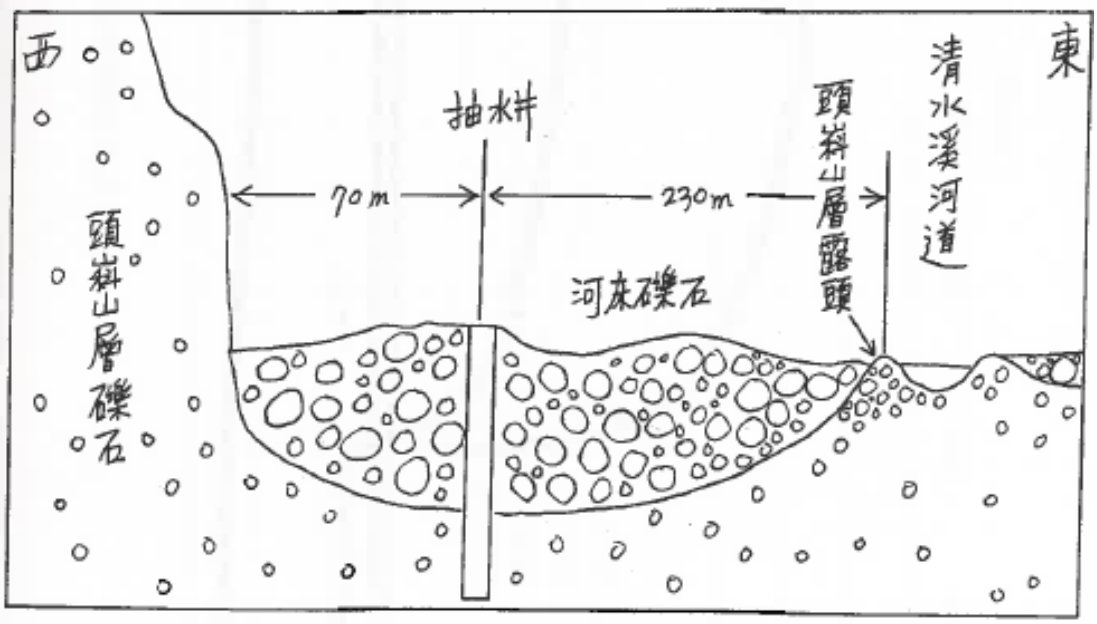
(資料來源：經濟部中央地質調查所，1997)

圖 3-5　1997 年「濁水溪沖積扇清水溪下游水文地質調查」調查井位置



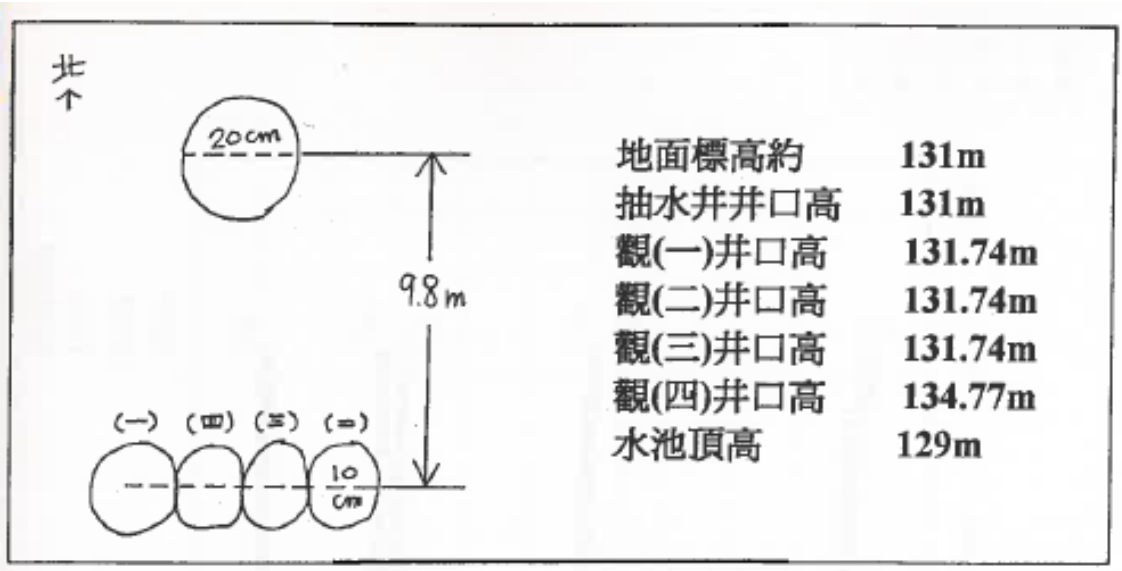
(資料來源：經濟部中央地質調查所，1997)

圖 3-6　1997 年「濁水溪沖積扇清水溪下游水文地質調查」抽水井之地質鑽探結果



(資料來源：經濟部中央地質調查所，1997)

圖 3-7　1997 年「濁水溪沖積扇清水溪下游水文地質調查」抽水井所在之地層剖面



(資料來源：經濟部中央地質調查所，1997)

圖 3-8　1997 年「濁水溪沖積扇清水溪下游水文地質調查」抽水井與觀測井配置

3、經濟部水利處「濁水溪林內河段與二水河段取水工程調查規劃報告」(2001 年)

由於濁水溪之地表逕流量於豐枯水期分配不均，此計畫目的為瞭解濁水溪於枯水期之可靠水源量多寡，以解決枯水期水源不足之問題。根據地下水觀測站網計畫以及濁水溪中游地區地下水補注調查與評估之鑽井資料及抽水試驗資料，可以得到整個二水隘口之水文地質之狀況如圖 3-9。

為了評估濁水溪二水河段地下水資源可開發潛能量，此計畫地下水補注水源分析結果為濁水溪中游地下水區之地下水補注量約為地面補注與側向補注之總和3,516萬立方公尺/年；地下水之抽水量 1,697 萬立方公尺/年；地下水流出主要包括兩個部份，分別為地下水流出至河道成為地表水以及地下水經過二水隘口之地下水含水層，流入濁水溪沖積扇，其中經估算整個地下水通過二水隘口的流通量為 678 萬立方公尺/年；因此，根據地下水之水平衡公式，補注量扣除已抽取量及流入濁水溪沖積扇之水量後，得 1,141 萬立方公尺/年，即為此計畫區域地下水允許出水量。

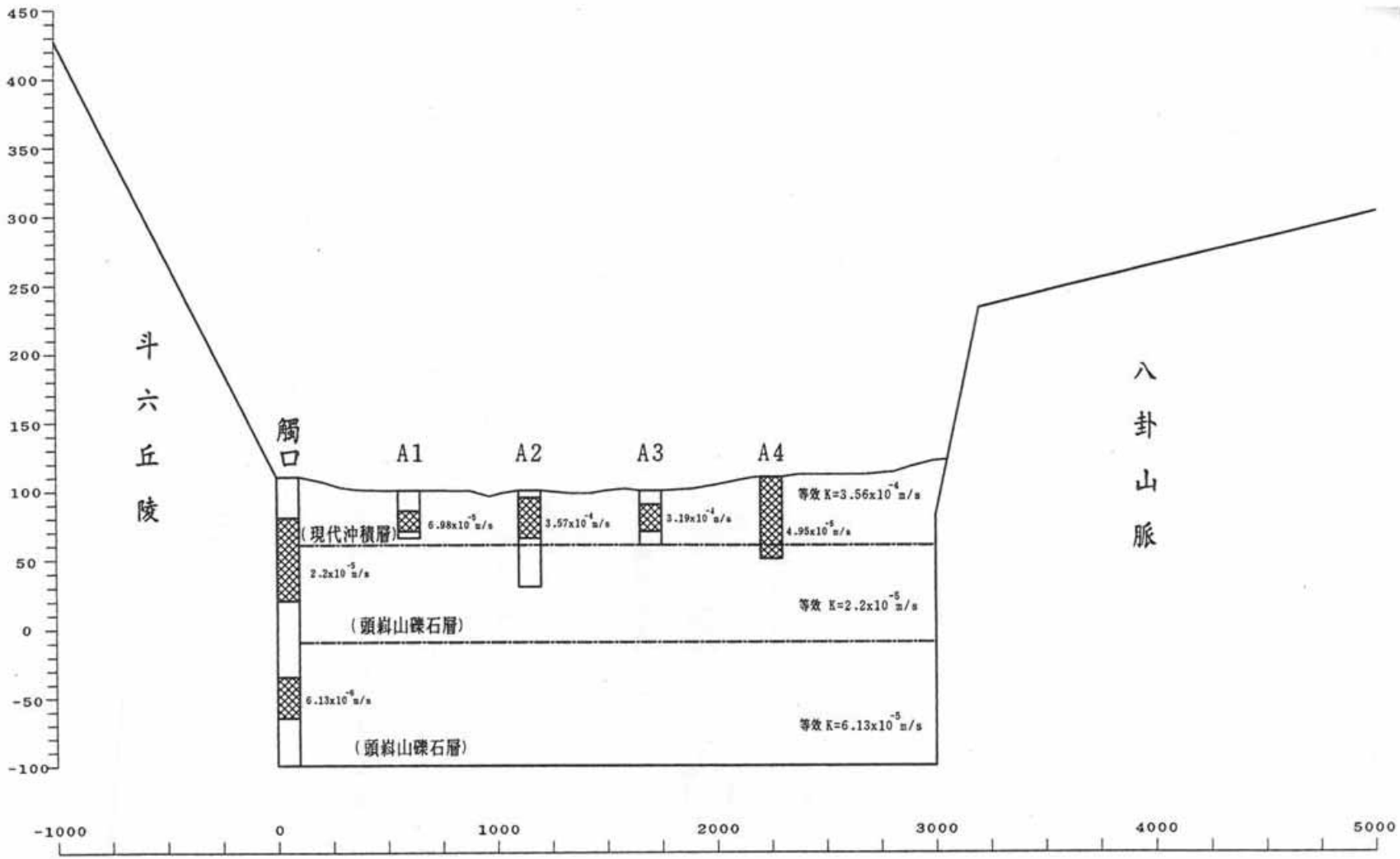


圖 3-9　二水隘口地質剖面示意圖

4、經濟部中央地質調查所「台灣山區地下水資源調查研究整體計畫－第一期台灣中段山區流域水文地質調查及圖幅彙編」(2010、2011 年)

經濟部中央地質調查所於 2010 年、2011 年分別執行「台灣山區地下水資源調查研究整體計畫－第一期台灣中段山區流域水文地質調查及圖幅彙編」第一年及第二年之計畫，主要工作項目為進行台灣中段山區水文地質調查與地下水觀測站建置，以瞭解山區地下水流場分佈及可供調配之水量與水質等，計畫執行內容包括地球物理探測、地球化學分析、地質調查、岩石/土壤物性檢測，計畫結果得知名竹盆地地下含水層主要由全新世礫石堆積及上部頭嵙山層組成，且主要沿著現今濁水溪河道分佈，鐵路橋以西之含水層厚度有急遽增厚現象，區域內之地下含水層厚度約介於 100～400 公尺間，推測地下含水層總體積約 130 億立方公尺。

此計畫於 2010 年執行之地球物理探測作業結果如圖 3-10 所示，其中 S1 井處於車籠埔斷層上盤，顯示此處相當適合做為試驗場址。另 2011 年施測之地電阻區位及結果如圖 3-11 所示。圖 3-10 結果顯示車籠埔斷層以東為透水性極差之卓蘭層，地下水層主要為上覆於卓蘭層之礫石堆積，厚度不大，儲水效能有限。因此名竹盆地主要地下水層指車籠埔斷層以西至濁水溪沖積扇扇頂(二水)間，礫石堆積及頭嵙山礫石層所形成之含水層。

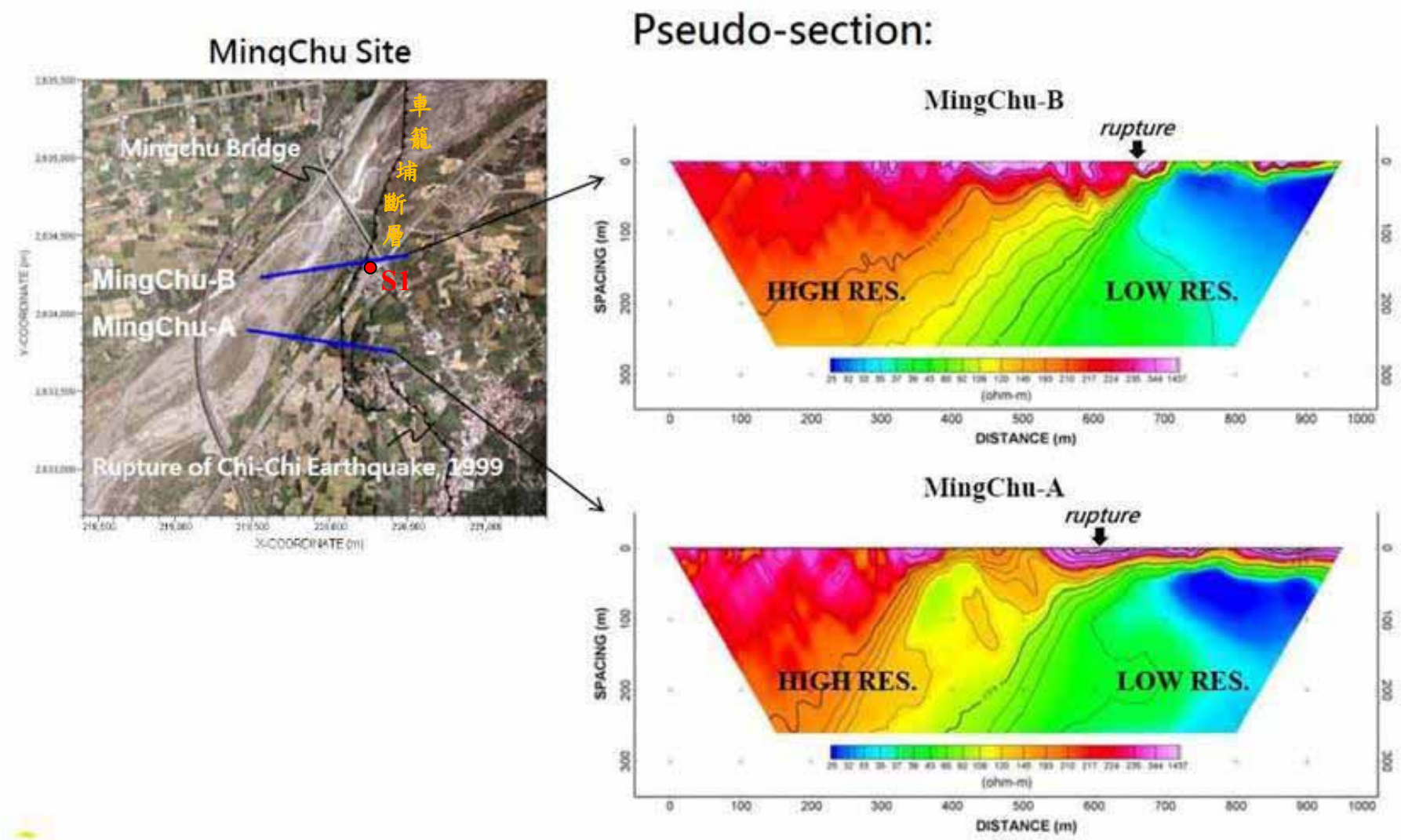


圖 3-10　2010 年地調所地球物理探測位置及結果

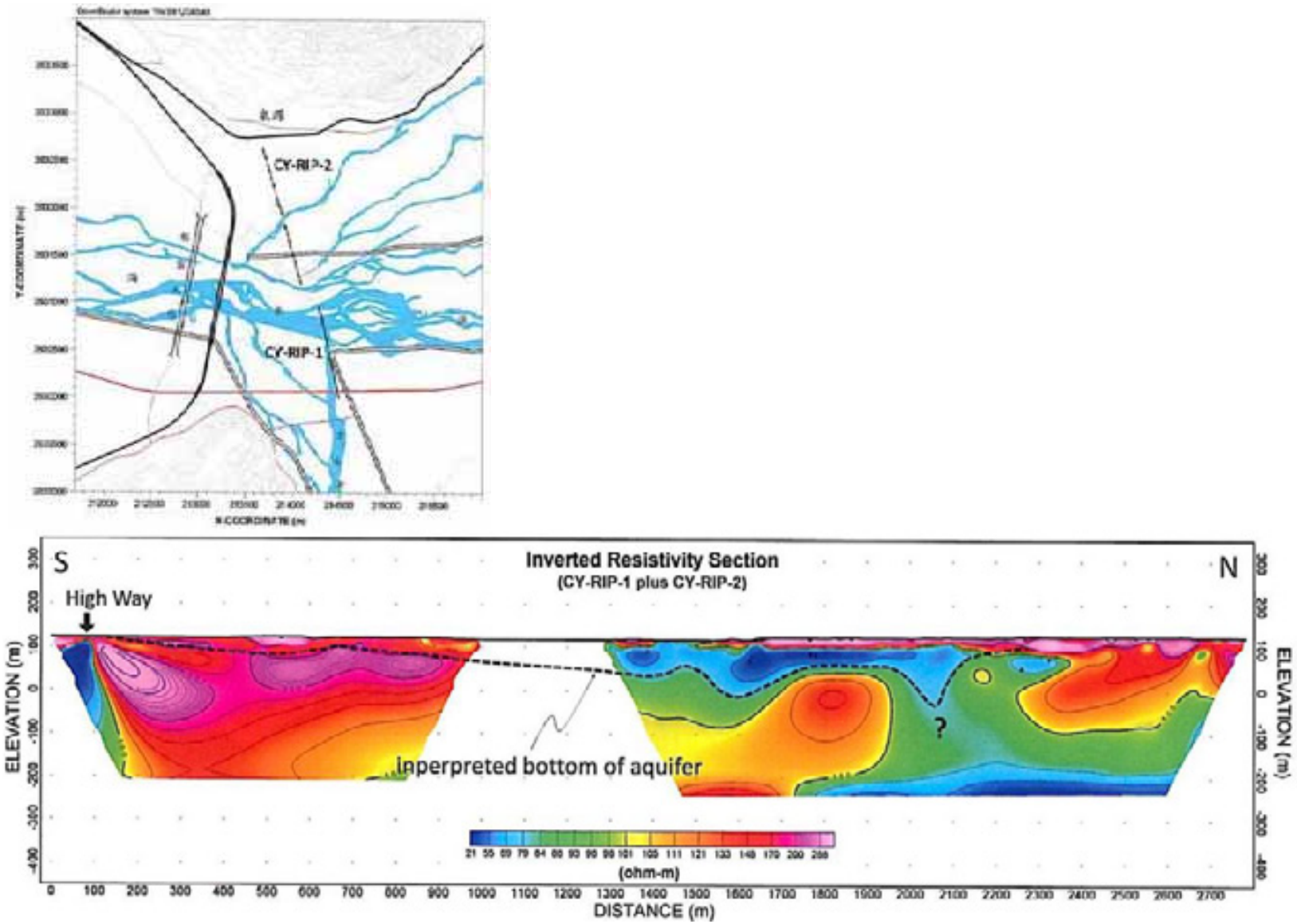


圖 3-11　2011 年地調所地球物理探測位置及結果

5、經濟部中央地質調查所「台灣山區地下水資源調查研究整體計畫－第一期台灣中段山區地下水資源調查與評估」(2010、2011 年及 2012 年)

「台灣山區地下水資源調查研究整體計畫－第一期台灣中段山區地下水資源調查與評估」為經濟部中央地質調查所執行之四年計畫，截至 2012 年為止所執行之三年計畫已評估濁水溪流域中游之大尺度、中尺度以及小尺度區域之地下水資源調查與分析，分析結果得知清水溪下游與濁水溪本流集集攔河堰至彰雲橋段間為地下水補注潛能區。此計畫執行之流量監測、地下水位觀測及地質鑽探結果分述如下：

(1)流量監測

此計畫收集既有 8 處水利署之河川水文站資料並增加 4 處河川流量站(如圖 3-12 所示)，目的為完整評估濁水溪中游河川水平衡收支狀況，因此利用各站流量紀錄進行基流分析，除可分離出河川基流量外，亦可計算各站之地下水補注率，以瞭解地面水與地下水之交換關係。

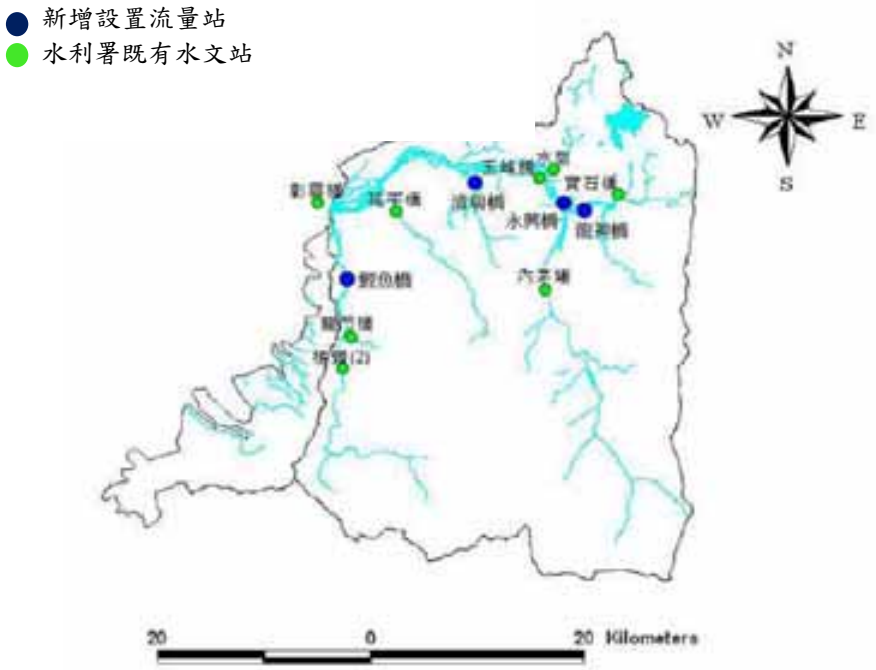


圖 3-12　2010、2011 年地調所流量量測位置

(2)地下水位觀測

此計畫於 2010 年於濁水溪本流名竹橋至國道三號間橋間設置 10 口觀測井，其中 7 口監測井設於北岸堤內防汛道路， 3 口設置於南岸堤外高灘地，另為補充濁水溪中段名竹橋至彰雲橋間之地下水位資料，2011 年在國道三號橋至彰雲橋間增設 3 口地下水位監測井，分別設置於河道兩側各 1 口以及彰雲橋南邊 1 口(圖 3-13)，目的為觀測濁水溪中段區域完整地下水位以及流速流向資料，並進行水化學樣本採集。

前述觀測井曾施行微水試驗以瞭解其水文地質參數，水力傳導係數範圍為 2.15×10^{-4}~2.75×10^{-5}m/s，各觀測井水力試驗結果如表 3-4 所示。

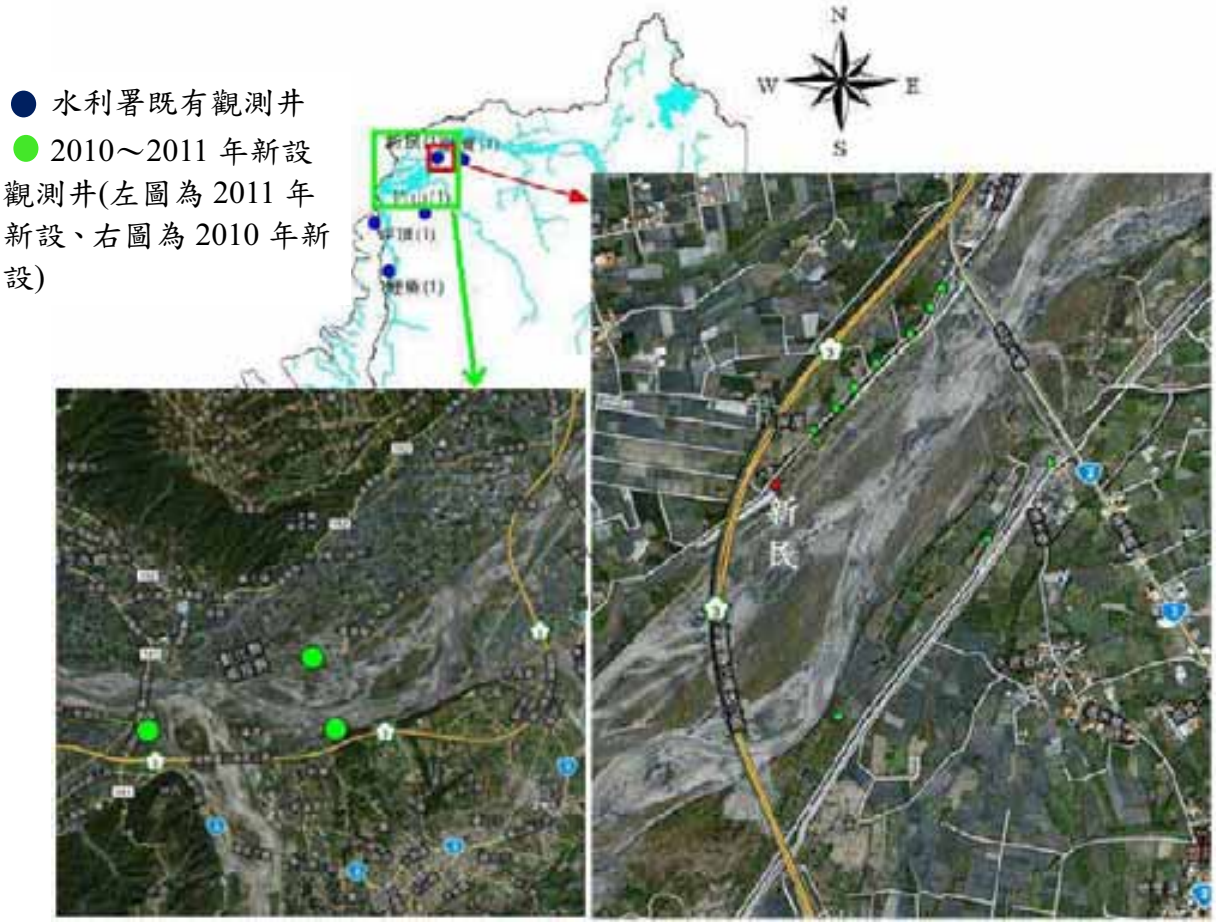


圖 3-13　2010、2011 年地調所地下水位觀測位置

表 3-4　2010、2011 年地調所地下水觀測井水力試驗結果

井號	TM97_X	TM97_Y	水力傳導係數 (m/s)	井深(公尺)
N1	219880	2634817	1.09×10^{-4}	30
N2	219827	2634734	1.60×10^{-4}	20
N3	219762	2634675	1.49×10^{-4}	20
N4	219677	2634582	1.25×10^{-4}	20
N5	219625	2634534	2.15×10^{-4}	20
N6	219528	2634424	1.51×10^{-4}	20
N7	219438	2634329	1.97×10^{-4}	30
N8	216999	2632342	1.88×10^{-4}	30
S1	220281	2634308	-	30
S2	219994	2633912	2.75×10^{-5}	30
S3	219516	2633254	5.16×10^{-5}	30
S4	217162	2630702	2.04×10^{-4}	30
S5	212994	2630640	5.63×10^{-5}	30

(註：因 S1 無水，因此無水力傳導係數分析資料)

(3)地質鑽探

此計畫於 2010 年度即針對所新設觀測井進行鑽探取樣(如圖 3-14)，本區地層以礫岩沖積層為主，偶夾薄層泥砂質夾層，此區地層甚為均質且透水性佳，而其中 S1 井位於南岸接近名竹橋端，鑽井紀錄顯示深度 8.5 公尺以下為灰色砂岩，研判由於此井位於車籠埔斷層上盤，故岩盤深度較淺。

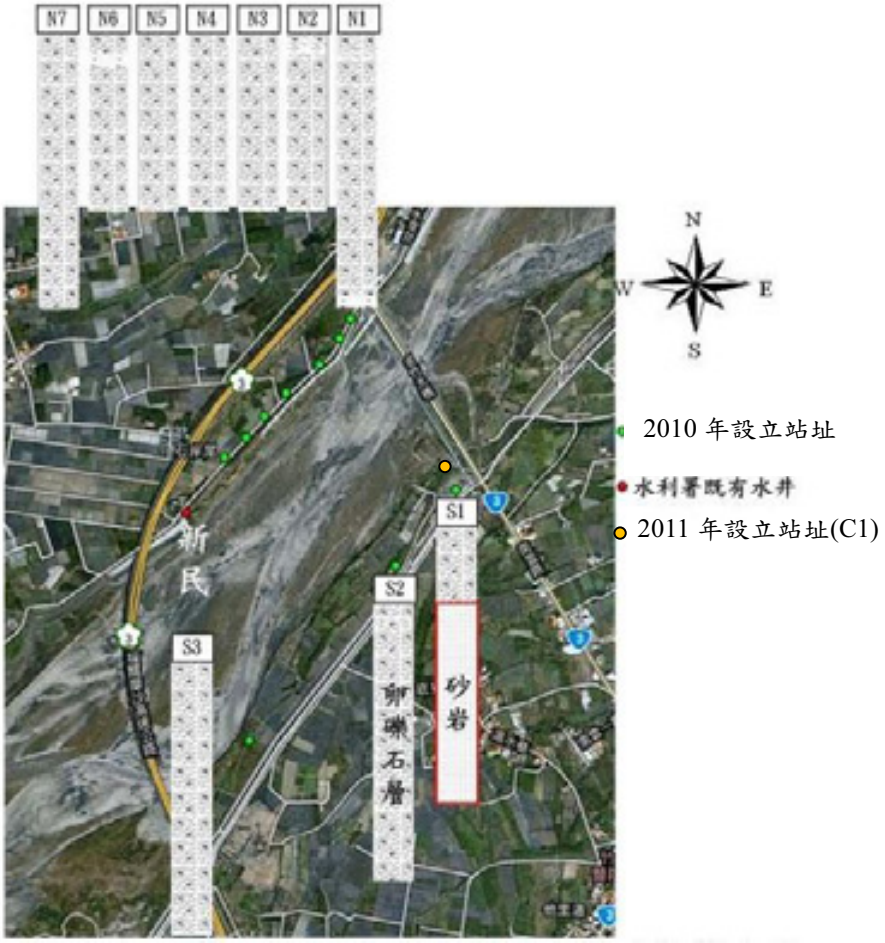


圖 3-14　2010 年地調所地下水觀測井地質鑽探結果

(4)抽水試驗

中央地調所於 2011 年曾於車籠埔斷層西側設立 1 口抽水井(地質柱狀圖如圖 3-15)以及 2 口地下水位監測井，利用水力試驗以推求車籠埔斷層水力性質，其中抽水井井徑 10 吋，深度 50 公尺，監測井 C1 及 C2 井徑 2 吋，深度 50 公尺，各距抽水井 10.4 公尺、17.9 公尺；另 2012 年於斷層位置、斷層至抽水井中央以及河流方向分別設置三口監測井，目的在於監測試驗洩降範圍，並了解河流對抽水試驗過程之影響。前述觀測井中目前僅持續監測 C1 水位，該抽水井及 C1 現況如照片 3-1 所示。

(a) 車籠埔斷層西側之抽水試驗井

(b) 車籠埔斷層西側之抽水試驗觀測井(C1)

照片 3-1　2011 年地調所設置車籠埔斷層西側之抽水試驗井及觀測井

工程名稱：地下水監測井設置

井　　號：PW-1

開鑽日期：100.07.04　　完井日期：100.08.05

記錄人員：陳溪州　　氣候狀況：晴

至地表下深度（米）	土壤特徵描述		土壤柱狀圖
0-2	卵礫石夾黃棕色細砂	2.2M	
2-4			
4-6	卵礫石夾灰色細砂及泥土	6.1M	
6-8			
8-10	卵礫石夾灰色細砂	10.5M	
10-12			
12-14			
14-16			
16-18			
18-20			
20-22			
22-24			
24-26			
26-28			
28-30			
30-32			
32-34			
34-36			
36-38			
38-40			
40-42			
42-44			
44-46			
46-48			
48-50	卵礫石夾黃棕色細砂	50.0M	
50-52			

圖 3-15　車籠埔斷層西側之抽水試驗井地質柱狀圖

(5)數值模擬

此計畫於 2012 年建置地下水數值模擬，該模式建置設定內容，包含模式範圍與邊界條件、模式網格分割、模式分層設定、初始條件設定及水力傳導係數設定等內容擇要描述如下(中央地調所，2012)：

A、模式範圍與邊界條件設定

此計畫之邊界設定方式如圖 3-16 所示，紅色線條為已知水頭邊界，包括扇頂之北、西、南側邊界與名竹盆地之北側邊界，黃色線條則為已知流量邊界，包括斗六丘陵與八卦山流入扇頂之邊界，其餘則為無入流量之黑色邊界。

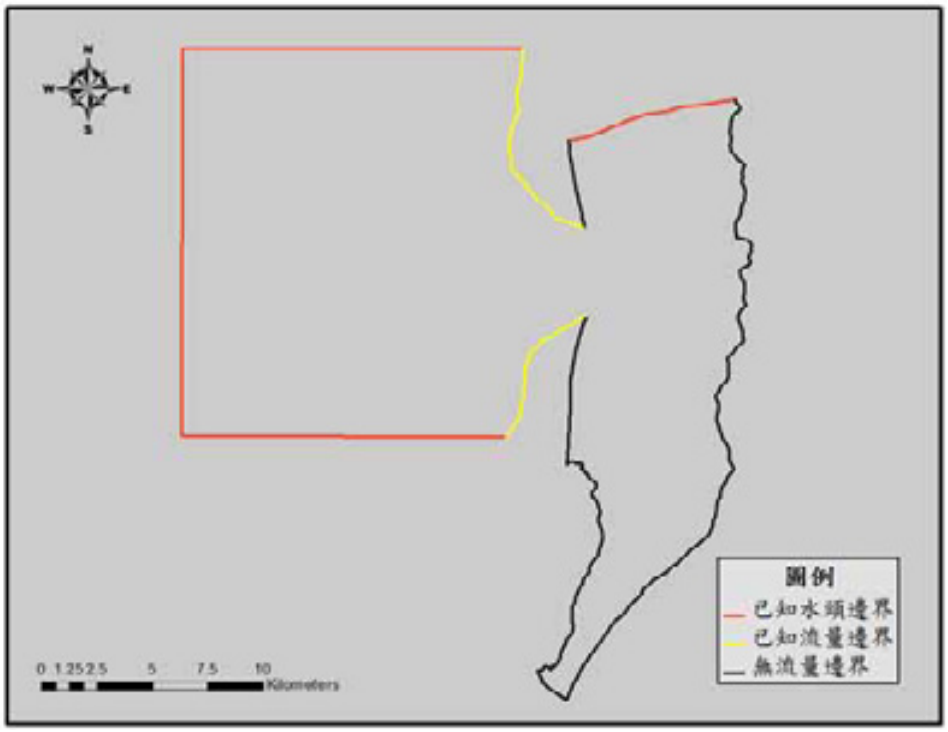


圖 3-16　2012 年地調所名竹盆地地下水流模擬模式邊界設定

B、模式網格分割

此計畫中模式網格分割係採正方形網格方式，總網格數為 19,573 個，每個網格長寬均為 150 公尺，此外為考慮名竹盆地井群抽水對下游濁水溪沖積扇扇頂之地下水位影

響，亦納入扇頂與部分扇央為模式範圍，2012 年地調所名竹盆地之地下水流模擬模式網格分佈如圖 3-17 所示。

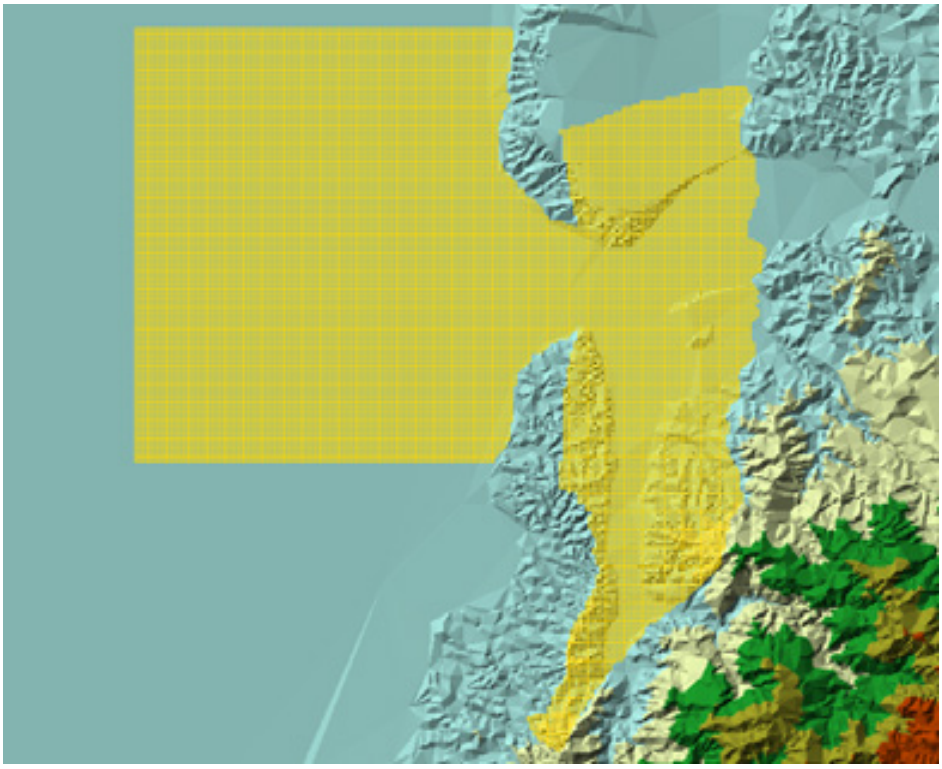


圖 3-17　2012 年地調所名竹盆地地下水流模擬模式網格分佈

C、模式分層設定

於此計畫範圍內之地下水觀測井分佈如圖3-18所示，其中位於名竹盆地之觀測井有新光、新民、竹山、觸口、坪頂與鯉魚，位於扇頂之觀測井則有田中、烏塗、二水、柑園、溪州、莿桐與西螺。

此計畫中模式共分為三層含水層，於第一層設定部份，因名竹盆地濁水溪本流區第一含水層厚度設定約 30 至 40 公尺，於清水溪支流區第一含水層，厚度設定約 5 公尺，部分頭嵙山、火炎山相礫石層之第一含水層厚度則設定為 20 公尺，另外，於台地區此計畫中模式將八卦山台地第一含水層設定為 90 公尺，斗六丘陵則設定為 120 公尺，竹山丘陵設定為 70 公尺。此外，該模式建構時並無資料得知第

二、第三含水層的厚度，故於此計畫中模式將第二、三含水層之厚度假設為 50 公尺，此計畫中模式含水層概念化分層如表 3-5 所示，此計畫中名竹盆地地下水流模擬模式之分層示意如圖 3-19 所示。

表 3-5　2012 年地調所模式含水層概念化分層表 (單位：公尺)

井名	地表高程	第一層底	第二層底	第三層底
新光	222.00	132.00	82.00	32.00
新民	144.00	115.50	65.50	15.50
竹山	150.00	116.50	66.50	16.50
觸口	113.00	80.00	30.00	-20.00
坪頂	297.00	177.00	127.00	77.00
鯉魚	169.00	149.00	99.00	49.00
二水	82.40	17.02	-51.49	-120.00
烏塗	72.30	5.88	-62.06	-130.00
田中	49.01	-1.99	-61.99	-122.00
溪州	33.37	6.37	-47.62	-101.60
柑園	45.73	6.73	-51.64	-110.00
竹塘	21.04	-12.96	-61.98	-111.00
合興	21.30	-18.70	-64.70	-110.70
田尾	23.16	-2.69	-57.20	-111.70
港後	17.79	-7.21	-64.70	-122.20
九隆	16.45	-1.61	-70.11	-138.60
西螺	29.00	-11.00	-65.50	-120.00
莿桐	37.11	-12.90	-71.45	-130.00
六合	55.52	-1.48	-65.74	-130.00
虎尾	26.55	-0.45	-71.98	-143.50
虎溪	36.18	12.18	-66.81	-145.80
石榴	66.97	15.65	-60.68	-137.00
東和	75.07	-21.93	-81.92	-141.90

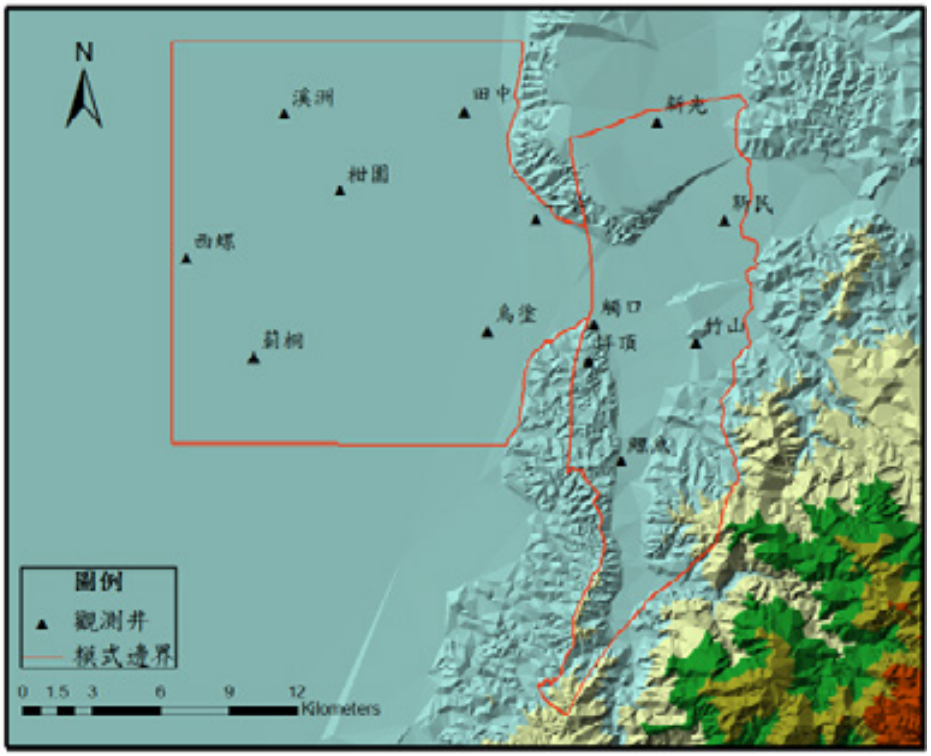


圖 3-18　2012 年地調所繪製之名竹盆地與下游扇頂區地下水位觀測站分佈圖

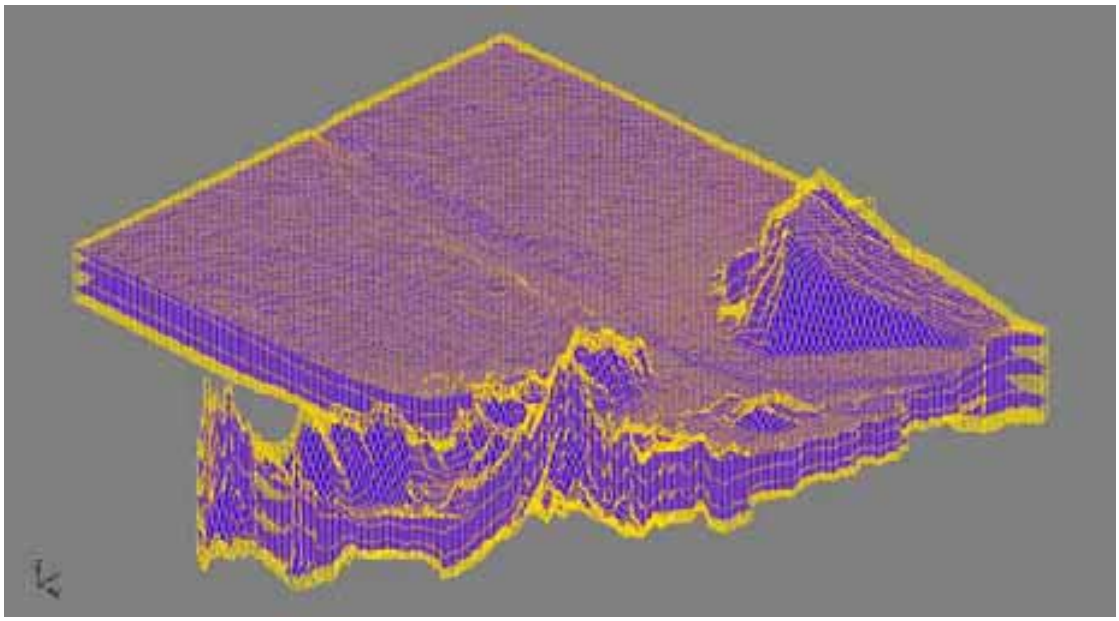


圖 3-19　2012 年地調所繪製之名竹盆地地下水流模擬模式 3D 網格展示圖

D、初始條件之設定

此計畫中模式初始條件之設定以 2008 年 11 月 1 日之水頭為初始地下水位，共利用 23 個地下水位站的觀測資料，內插至各網格求得到初始地下水之水位分布，如圖 3-20 所示。

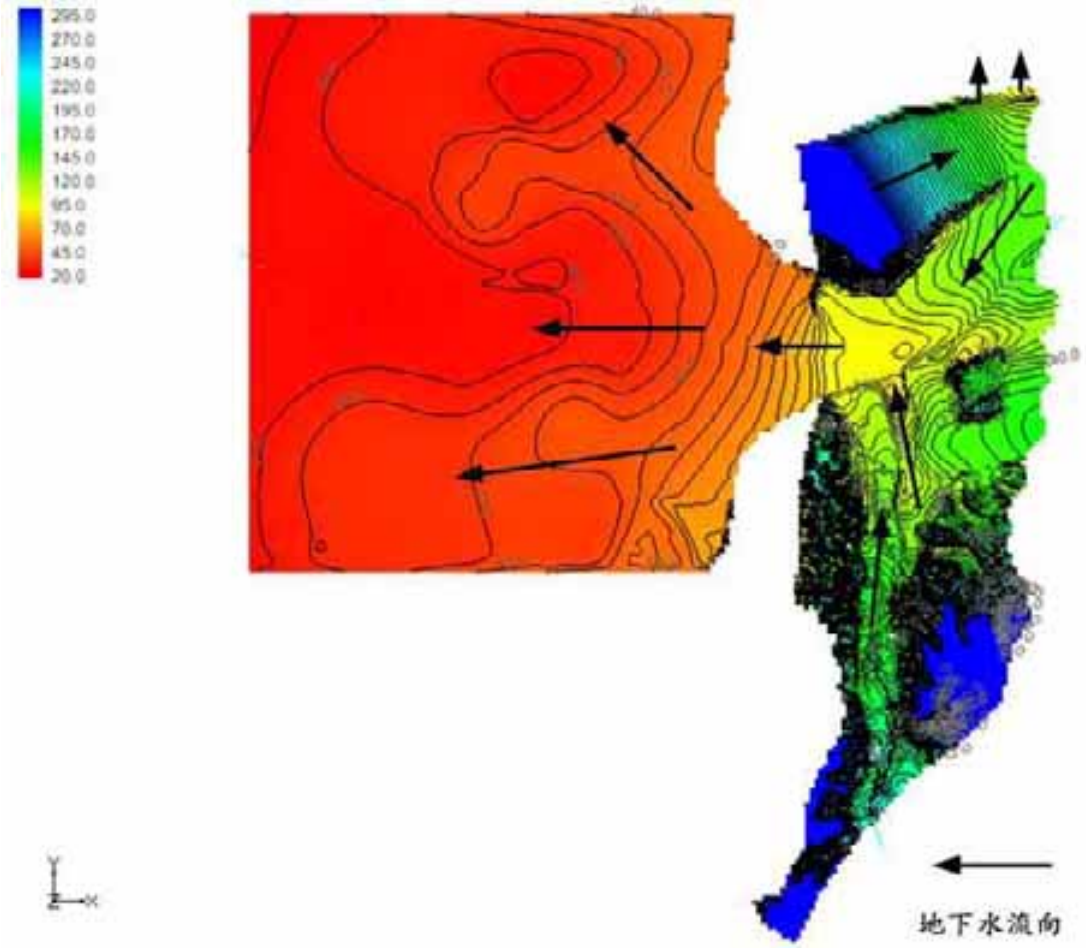


圖 3-20　2012 年地調所繪製之名竹盆地地下水流模擬模式之初始等水位線分佈圖

E、水力傳導係數之設定

此計畫中模式之儲水係數與比出水量分區方式如圖 3-21，單一多角形(polygon)區域內之儲水係數或比出水量均設定為同一值，含水層水力傳導係數分區如圖 3-22 及圖 3-23 所示，另該模式之補注量設定如表 3-6 所示。

此計畫中模式考量八卦山台地、斗六丘陵與竹山丘陵

為頭嵙山層火炎山相礫石組成，透水性較差，故於模式 K 值設定上給定此三處較低的 K 值，而於濁水溪本流區給定較高的 K 值，另於清水溪支流區由於地質調查顯示透水性不高，故 K 值較小。

表 3-6　2012 年地調所名竹盆地地下水流模擬模式補注量設定

區域	井位 x	井位 y	補注深度 (m/day)
新光	216412.3	2638534	0.044457
新民	219328.4	2634194	0.005839
竹山	218110.3	2628814	0.021981
觸口	213610.3	2629610	0.965714
坪頂	213373.2	2628028	0.002833
鯉魚	214805.2	2623635	0.002128
二水	211070.2	2634222	0.015744
烏塗	208969.2	2629321	0.011118
田中	207916.2	2638982	0.006166
溪州	199199.1	2639061	0.006636
柑園	202490.1	2635490	0.01269
港後	188047.9	2632613	0.002972
西螺	195719.0	2632516	0.002972
莿桐	198714.0	2628174	0.018529
六合	205412.1	2629499	0.016534
虎尾	192112.9	2623482	0.162657
虎溪	200159.0	2624335	0.162657
石榴	207772.1	2624153	0.03322
東和	206079.1	2620297	0.03322

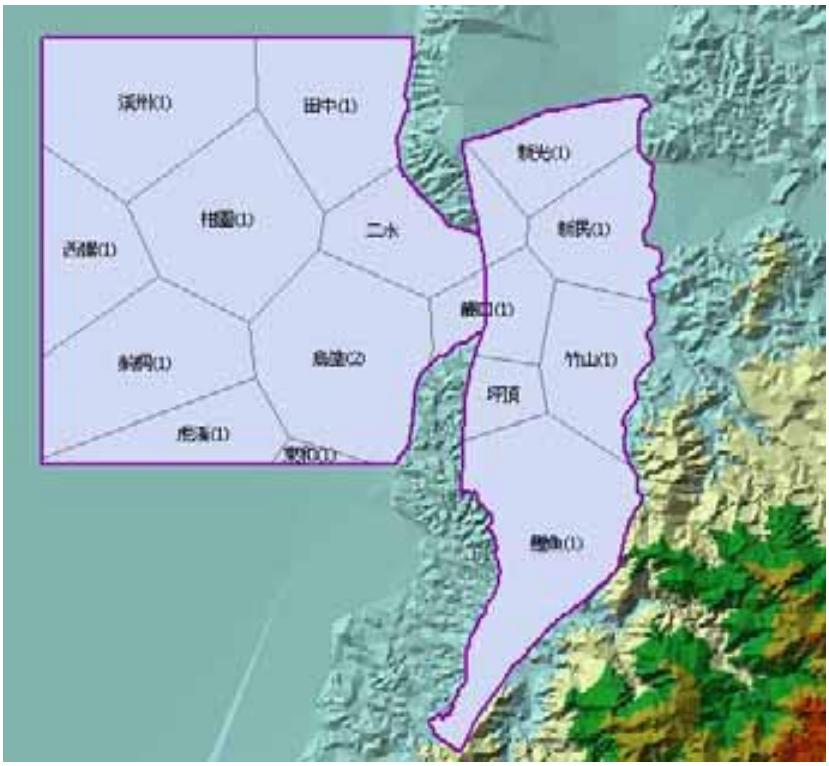


圖 3-21　2012 年地調所建置模式儲水係數與比出水量分區設定

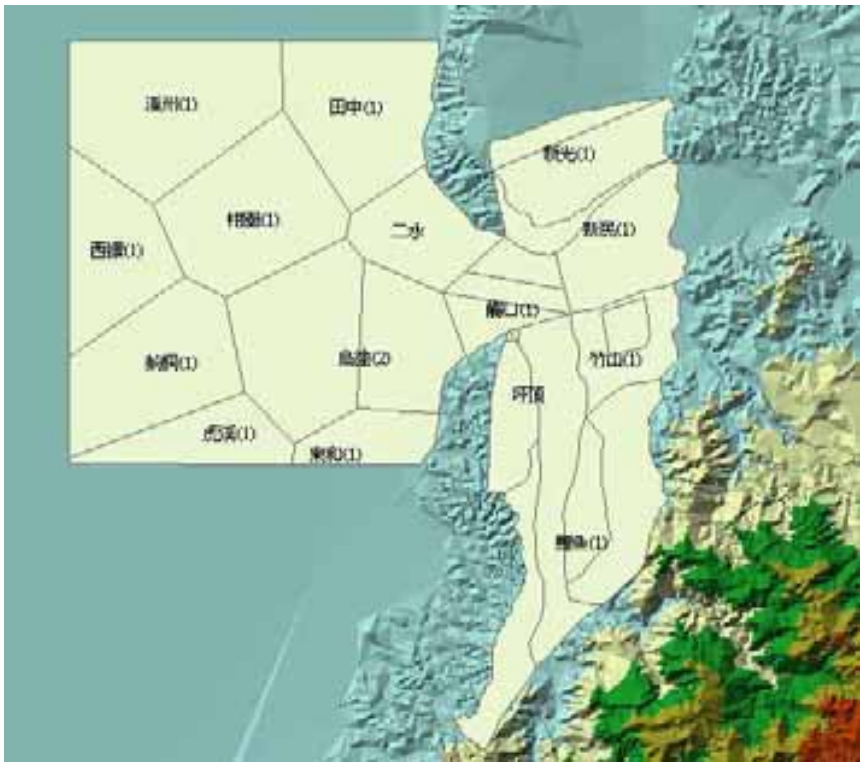


圖 3-22　2012 年地調所建模第一含水層水力傳導係數分區設定

圖 3-23　2012 年地調所建模第二含水層水力傳導係數分區設定

F、模擬結果

此計畫模擬名竹盆地以井群抽水之可開發水量評估，模擬情境為濁水溪河畔南北兩岸設置井群取水，北岸場址設置於堤外防汛道路，南岸則於堤內高灘地取水，北岸 15 口抽水井、南岸 17 口抽水井，抽水井深度為 100 公尺，三層皆抽。每口抽水井距離約 150 公尺至 225 公尺。預計井群取水後將降低附近之地下水位，逢雨季時地下水位仍會抬升，此計畫之情境研擬如圖 3-24 所示，抽水量之設定如表 3-7 所示，由表可知此計畫設定三個抽水量情境，分別為情境一：0.5 億立方公尺、情境二：1.0 億立方公尺與情境三：2.0 億立方公尺。

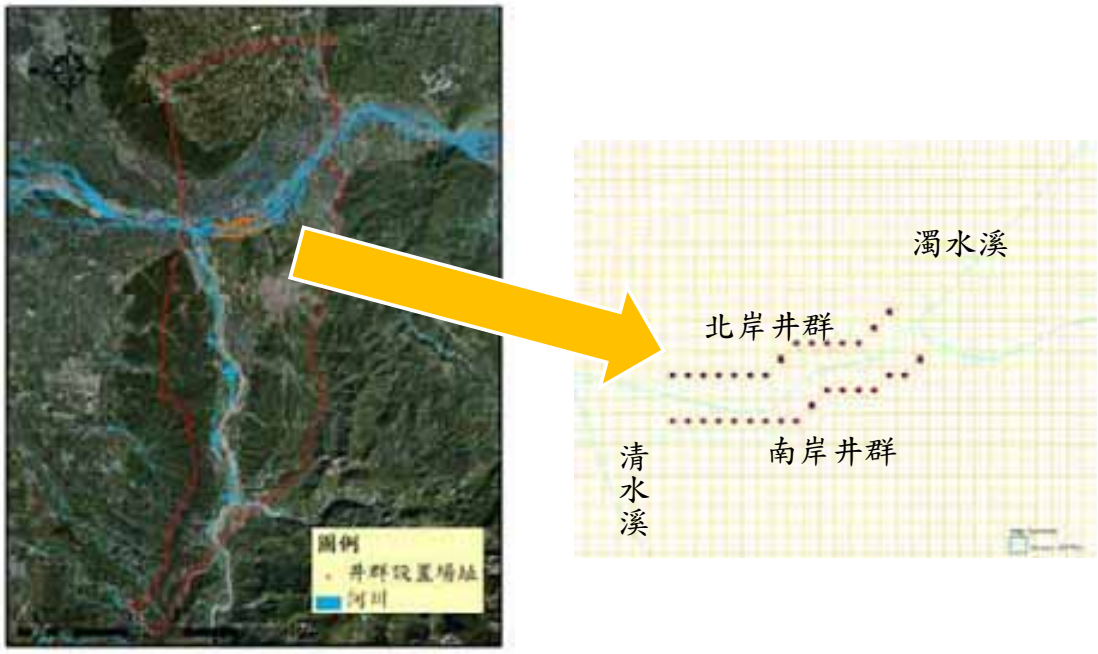


圖 3-24　名竹盆地以井群開發地下水資源之情境示意

表 3-7　名竹盆地各情境井群抽水量設定

	抽水量(2008/11/1~2009/10/31)
情境 I	0.5 億立方公尺
情境 II	1 億立方公尺
情境 III	2 億立方公尺

表 3-8 為此計畫模擬抽水 1 年後各情境之模擬結果，隨著抽水量越大，誘導河水入滲之增加量越大，情境三之河水入滲增加幅度可至 35%，但隘口地下水出流量損失幅度約在 10%以內，隘口之出流量減少有限。

表 3-8　抽水 1 年後各情境之模擬結果

<table>
<tr><th></th><th>季節</th><th>開發前河水入滲量(A)
(億立方公尺)</th><th colspan="2">誘導河水入滲增加量
(億立方公尺)</th><th>增加百分比
(%)</th><th>開發前隘口地下水出流量(B)
(億立方公尺)</th><th colspan="2">隘口地下出流量損失
(億立方公尺)</th><th>損失百分比
(%)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">情境 I</td><td>枯</td><td rowspan="6">1.13</td><td rowspan="2">0.18</td><td>0.05</td><td>4.24</td><td rowspan="6">0.81</td><td rowspan="2">-0.01</td><td>-0.01</td><td>-1.28</td></tr>
<tr><td>豐</td><td>0.13</td><td>11.78</td><td>-0.00</td><td>-0.33</td></tr>
<tr><td rowspan="2">情境 II</td><td>枯</td><td rowspan="2">0.32</td><td>0.07</td><td>5.88</td><td rowspan="2">-0.04</td><td>-0.02</td><td>-2.54</td></tr>
<tr><td>豐</td><td>0.25</td><td>22.49</td><td>-0.02</td><td>-1.95</td></tr>
<tr><td rowspan="2">情境 III</td><td>枯</td><td rowspan="2">0.47</td><td>0.07</td><td>6.53</td><td rowspan="2">-0.11</td><td>-0.04</td><td>-4.90</td></tr>
<tr><td>豐</td><td>0.40</td><td>35.28</td><td>-0.07</td><td>-8.10</td></tr>
</table>

圖 3-25、圖 3-26 與圖 3-27 分別為此計畫模擬名竹盆地各情境抽水 5 個月、10 個月與一年後之地下水位分佈情形，抽水 5 個月後已接近枯旱期之結束，隨著抽水量增加，抽水井群附近之地下水位亦會被影響，據分析結果顯示主要地下水位洩降之區域皆位於河道內，名間鄉與竹山鎮之地下水位有輕微之影響，而隘口以下之地下水位則沒有變化，扇頂區之地下水位不會被名竹盆地井群之抽水行為所影響，至八月底河水之補注會抵消抽水所導致之部分洩降，除了抽水井群附近之地下水位持續被影響外，隘口以下之地下水位依然無變化。

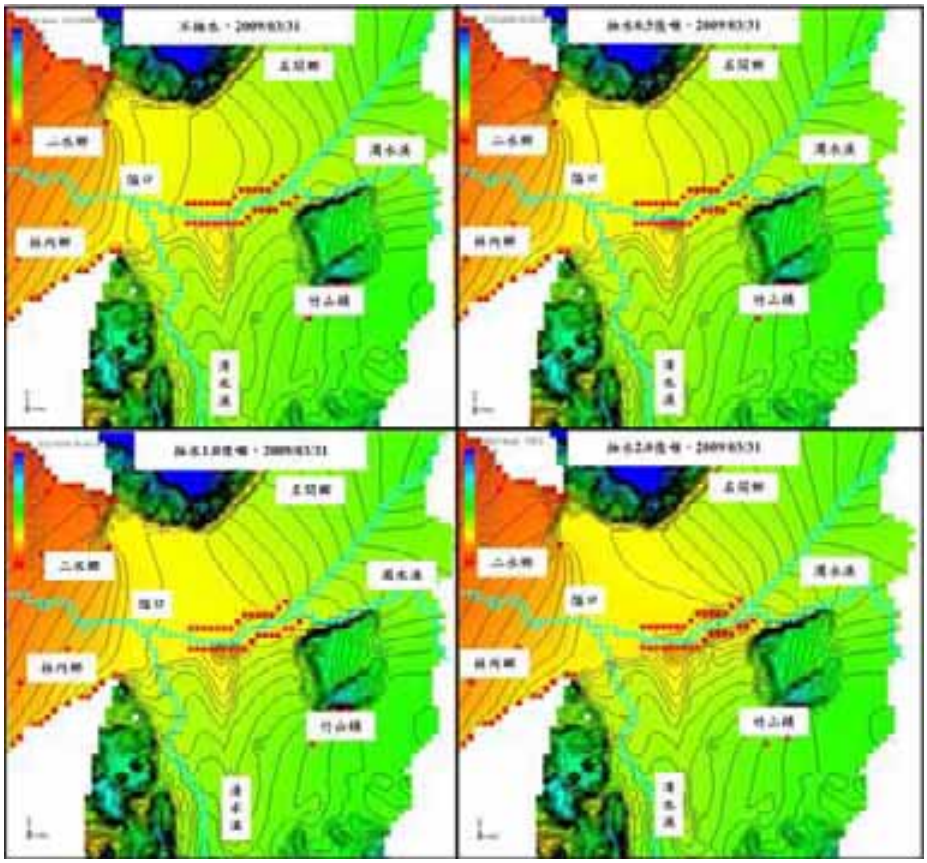


圖 3-25　各情境抽水 5 個月後之地下水位分佈

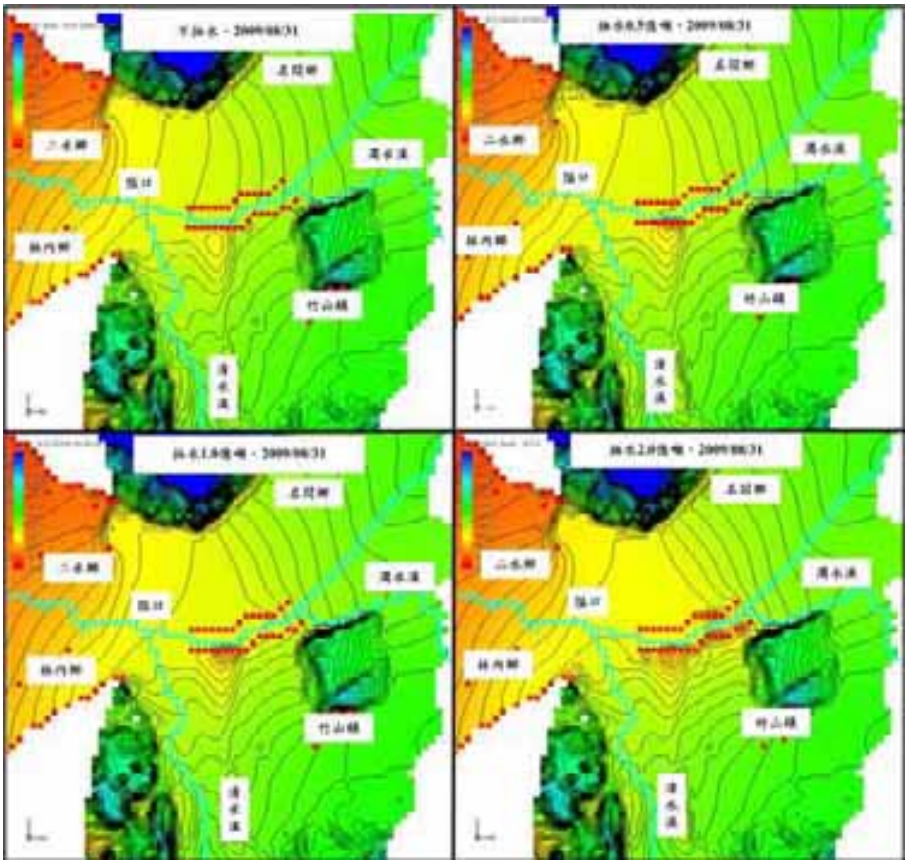


圖 3-26　各情境抽水 10 個月後之地下水位分佈

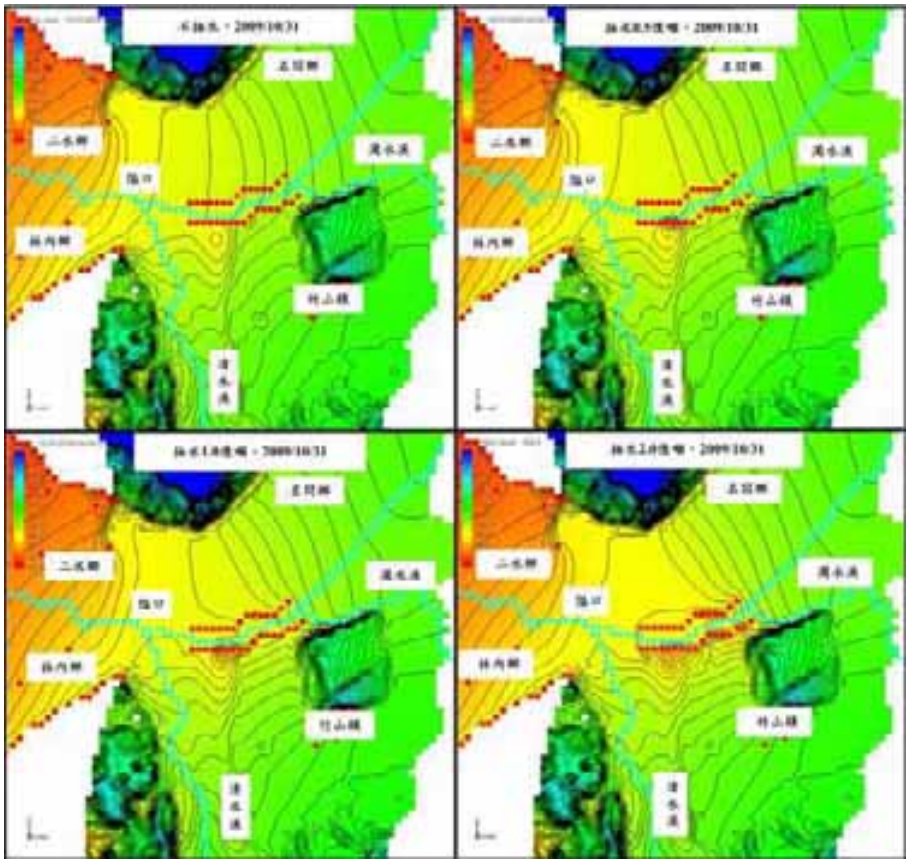


圖 3-27　各情境抽水 1 年後之地下水位分佈

二、地球物理探測

1、地球物理探測區位選定

經濟部中央地質調查所 2010 年及 2011 年之「台灣中段山區水文地質調查與圖幅繪編計畫」均曾於本區進行地電阻探測，各年探測位置如圖 3-28 所示，其中 2010 年施測位置集中於名竹盆地內之濁水溪本流中段，2011 年則自清水溪的斗六堰北側向北延伸至八卦山腳施測，且因中央地調所評估名竹盆地主要含水層介於車籠埔斷層與濁水溪沖積扇扇頂(二水)間，因此本計畫於此範圍內且尚未施作過地電阻之地區選取三條各 1000 公尺之測線進行地球物理探測，各測線分別需位於濁水溪河道、隘口、清水溪河道，各測線詳細區位選址說明如下：

(1)測線 1(MC-RIP-101-1, (R1))：根據前述評估結果，除了Ⅴ區外，其餘分區均位於河道附近，因此可選擇做為地電阻測線。其中 MC-RIP-101-1 欲挑選位於濁水溪之河道上，因此僅考量Ⅰ、Ⅱ、Ⅳ三個區位，而Ⅰ歷年已有施測紀錄，因此摒除；Ⅳ靠近濁水溪南岸，以河道沖積特性而言，其蓄水能力可能較靠近北岸之Ⅱ佳，因此 MC-RIP-101-1 選擇施測在Ⅳ之區位，測線長度為 1,000 公尺。

(2)測線 2(MC-RIP-101-2, (R2))：MC-RIP-101-2 預定施作於隘口，根據評估結果，以Ⅲ之區位最接近隘口，歷年有相關單位於該區位較上游端施測地電阻，因此本計畫於該區位內接近二水鐵橋之河道上施作，測線長度為 1,000 公尺，而對該區域而言可有更多條測線解釋隘口之地質狀況。根據地電阻探查特性，測線與河道垂直較易掌握地質沈積狀況，因一般而言沈積物會隨著河道走向，垂直河道的測線效果較佳。

(3)測線 3(MC-RIP-101-3, (R3))：清水溪以往均被認為沒有沖積層存在，但尚未有充足證明，故本計畫建議將 MC-RIP-101-3 施作於清水溪河道,測線長度為 1,000 公尺，考量上游處已接近山區，其下之含水層蓄水量較小，故建議往清水溪中游移動，選址位置接近南雲大橋。

綜合上述所繪製之各地電阻施測位置如圖 3-28 之綠色測線所示。照片 3-2 為各測線現場狀況，各測線起始位置及其週邊地貌則如圖 3-29 至圖 3-31 所示，於施作地電阻之前需對於測線進行高程量測及放樣作業，各測線地表高程如圖 3-32 至圖 3-34 所示，各測線詳細位置如下所述：

(1)測線編號 R1 長度為 1,000 公尺，位於名竹交流道西南方約 1,100~1,200 公尺處，施測方向為西北至東南。

(2)測線編號 R2 長度為 1,000 公尺，位於彰雲大橋上游側約 350 公尺之鐵路橋處，施測方向為北至南。

(3)測線編號 R3 長度為 1,000 公尺，位於南雲大橋上游側約 500~1,000 公尺處，施測方向為西南西至東北東。

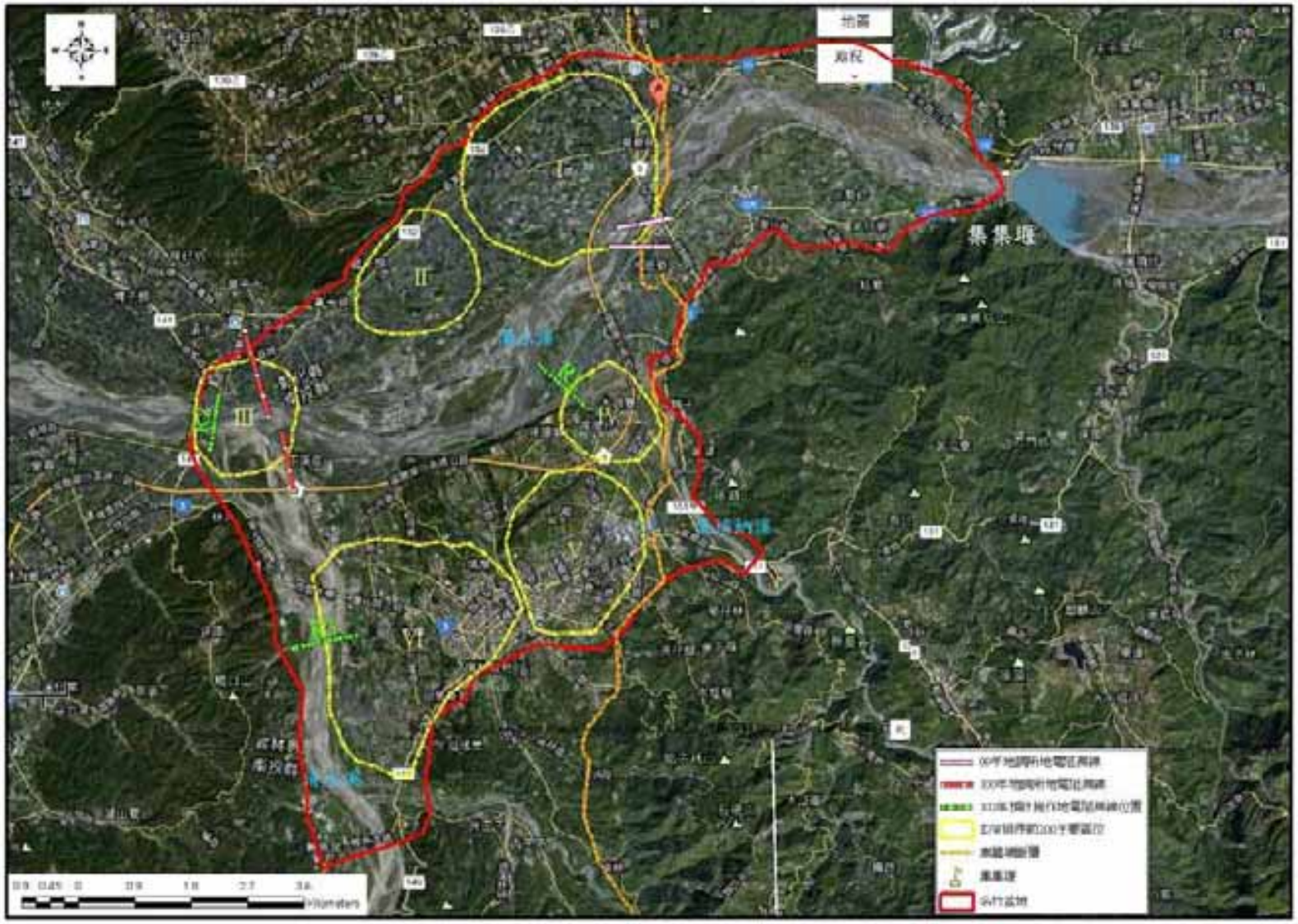


圖 3-28　名竹盆地歷年及本計畫施作之地電阻探測位置

(a)測線 R1 (濁水溪河道)

(b)測線 R2 (濁水溪河道，近二水鐵橋)

(c)測線 R3 (清水溪河道，近南雲大橋)

照片 3-2　本計畫施作地電阻測線位置現場狀況

圖 3-29　本計畫地電阻探測測線(R1)現場佈置示意圖

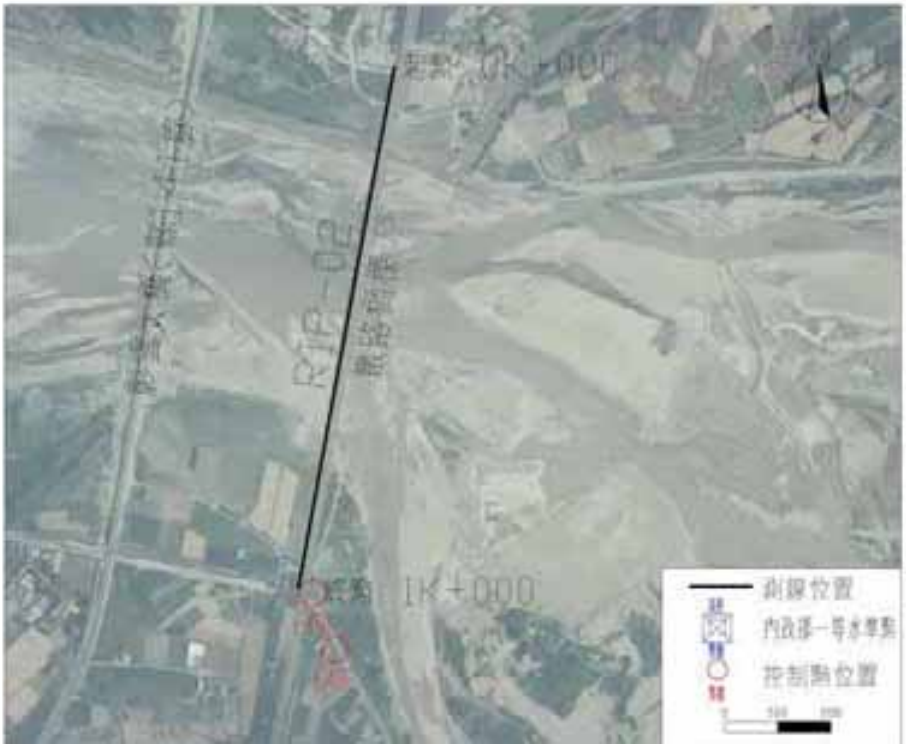


圖 3-30　本計畫地電阻探測測線(R2)現場佈置示意圖

圖 3-31　本計畫地電阻探測測線(R3)現場佈置示意圖

圖 3-32　地電阻影像剖面探測測線 R1 高程示意圖

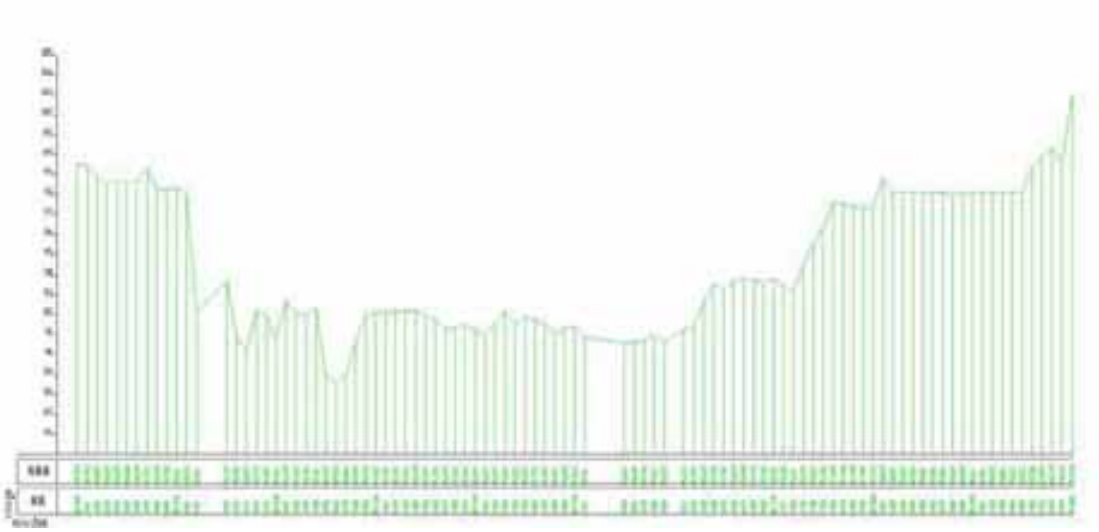


圖 3-33　地電阻影像剖面探測測線 R2 高程示意圖

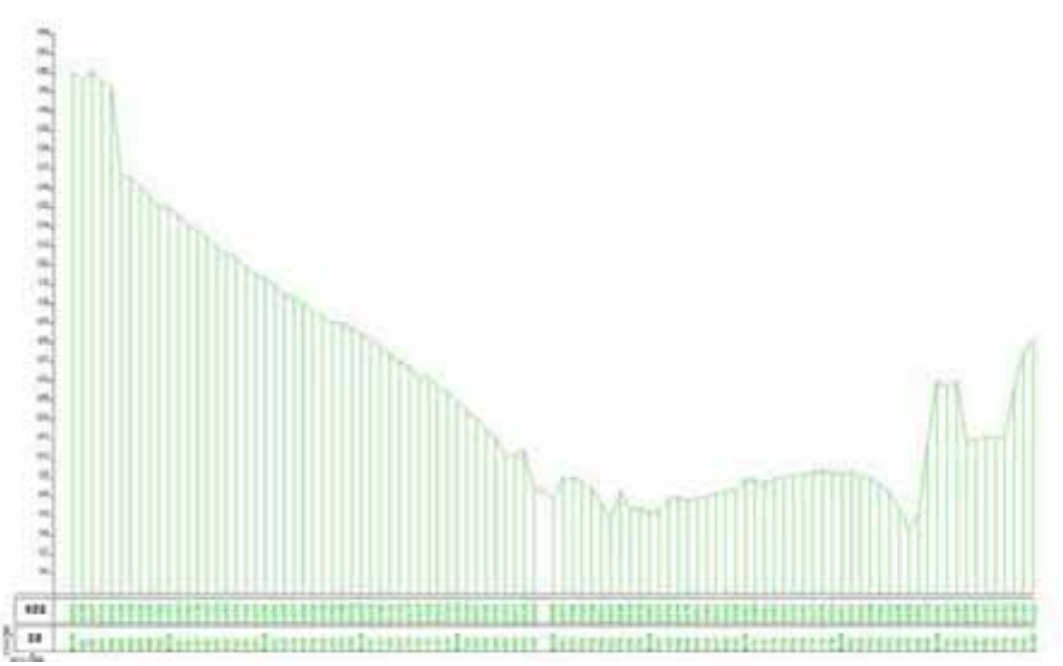


圖 3-34　地電阻影像剖面探測測線 R3 高程示意圖

2、地球物理探測(地電阻)探測方法

本計畫地球物理探測工作主要為使用地電阻影像剖面探測方法針對計畫區域，探測本區水文地質特性，可探測深度約300公尺。為確認名竹盆地地下水資源蘊藏量及其可開發之潛能，探查重點包括地層及地下水分布狀態之初步評估，並配合其他相關調查資料綜合研判，以期能建構本區之地下水分布狀況，提供相關資料探討名竹盆地地下水庫開發之可行性。本計畫現地試驗主要為使用地電阻影像剖面探測方法，茲將地電阻影像剖面探測之探測原理、儀器設備、資料處理分析與判釋結果說明敘述如下：

二維地電阻影像剖面探測(2D Resistivity Image Profiling, 2D RIP)是一種二度空間高密度的電阻探測成果，其前提為假設測線下的地層電阻分佈於垂直測線方向為無限沿伸，故可以二維空間(測線方向、深度)表示，此法可大致掌握調查區域底下之地層構造及異常狀態，其優點為現場施測較為迅速，施測成果準確，可以快速、準確及有效掌握調查區域底下大範圍之狀態。

其原理主要將直流電藉由插於地表或探測孔內之一對電極(電流極)通入地下，電流流經地層造成人工電場，由地表上之另一對電極(電位極)量測此電場之電位差，此電位差因地層之導電性及探測點間異常物質之不同而有異常不均之分佈。由通入地下之電流強度、量測得之電位差及電流極間之相對位置，依歐姆定律求出地層之視電阻值及電性地層之構造，進而推估調查區域間異常帶之分布狀況，地表二維地電阻影像剖面法探測電極排列方式示意圖詳如圖3-35所示。

本計畫地電阻試驗所用之儀器為美國AGI電探儀微電腦，

如圖 3-36 所示。地電阻探測全套設備共計包括電阻探測儀、28 節點切換盒 4 組(共計 112 節點)，多波道探測電纜(每組 28 節點)4 組，不銹鋼電極棒、皮尺、電線等，其中電阻探測儀有信號疊加及儲存等功能。

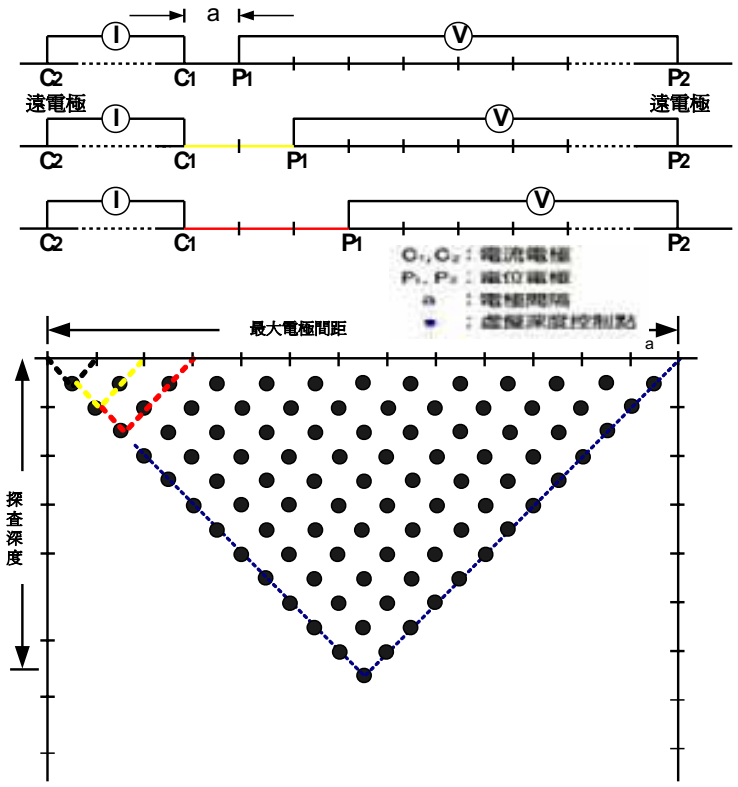


圖 3-35　地電阻影像剖面法探測電極排列方式示意圖

a.輸出電流：可達 2A
b.輸出電壓：可達 400V
c.輸出功率：200W
d.量測解析度：可達 30nV

圖 3-36　SuperSting R8/IP resistivity /IP meter

地電阻影像剖面探測法是使用二支電極棒（以 C1 與 C2 表示）將電流通入地層中以造成人為電場。用另外二支電極棒（以 P1 與 P2 表示）測量此電場的電位差。此電位差與通入地下的電流強度、電極間的相對位置及各地層的導電性有關。在一電性地質半空間地層，各物理量間之關係，如下式：

$$V = \frac{\rho \mathrm{I}}{2\pi}\left\{\left(\frac{1}{C_1P_1}-\frac{1}{C_2P_1}\right)-\left(\frac{1}{C_1P_2}-\frac{1}{C_2P_2}\right)\right\} \qquad \text{(式 3-1)}$$

式中 V 為電位極間的電位差，ρ 為地層的電阻率，I 為通入地下的電流強度，C_1P_1、C_1P_2、C_2P_1、C_2P_2 為電流極至電位極間之距離，上式可改寫成

$$\rho = K\frac{V}{I} \qquad \text{(式 3-2)}$$

$$K = 2\pi\left\{\left(\frac{1}{C_1P_1}-\frac{1}{C_2P_1}\right)-\left(\frac{1}{C_1P_2}-\frac{1}{C_2P_2}\right)\right\}^{-1} \qquad \text{(式 3-3)}$$

因此若測得 I、V 及電流極與電位極的相對位置即可算出此均質半空間介質的電阻率。但地層實際上並非均質半空間狀況，因此依上式算得的電阻率稱為「視電阻率」（apparent resistivity），寫成：

$$\rho_a = K\frac{V}{I} \qquad \text{(式 3-4)}$$

視電阻率通常不代表地下各地層之實際電阻率，而是代表在此種電極排列情形下所有電性地層之綜合效應。電流極展距越大，其效應越接近下部地層之性質，因此在探測中將電流極展距逐次加大，可逐次測獲由淺至深的地層反應訊號。資料經適當的處理與解釋可推算得地層的真實電阻率。

電阻率指示物質導電性的良劣。在一般導體之導線兩端接上可變的電位差 V，每次加上不同的電位差時，而量測導線上

的電流I，發現兩者間是線性關係變化，如下式：

$$\frac{V}{I} = R \qquad \text{(式 3-5)}$$

此處電阻R就是導線兩端電位差與其上電流I成線性關係時的比例常數，金屬導體皆有此重要的結果，此結果稱為歐姆定律(Ohm's law)。

導線上電阻R與材料特性關係可由下式表示：

$$R = \rho \frac{l}{A} \qquad \text{(式 3-6)}$$

可視為導線電阻的一般定義。ρ即為導線材料的電阻率，l為導線長度，A為導線截面積，電阻單位為歐姆（ohm，符號為Ω）。由此可知，導線上的電阻就某一材料而言，線徑（即截面）越小，電阻愈大，而長度越長電阻也越大。導線材料上的電阻率ρ的倒數$1/\rho$稱為導電率σ。因此在取材上盡量使用高導電率，即低電阻率，則其電阻就越小。由於分佈範圍很大，不同的地層及不同含水狀態常表現明顯的電阻率差異，是地層分辨的良好依據。

地層的電阻率與地層水的含量、鹽度及分佈狀態有關，也與組成地層的固體顆粒的導電性有關。一般的地層，其固體顆粒為普通造岩礦物的組合體，導電性很低，可視為絕緣體，所以一般地層的電阻率主要決定於地層中水的含量、鹽度及分佈狀態。一般而言，水的含量愈高，鹽度愈高，水的連通性愈佳，其電阻率愈低。地層的粒度愈細，其可交換離子(exchangeable ions)愈多，電阻率愈低。因此可以由地層的電阻率來研判地層的含水程度、粒度及岩性，藉以研判地層的形貌及構造，表3-9 為各種不同地層材料之地電阻率概值；但相同岩性在不同的區域所顯現的地電阻值差異非常大，故表中之數據僅能作一參考依據。

在一般說來，其地電阻影像剖面只能代表現地地下地電阻的相對性，通常相對地電阻高者(一般剖面表示顏色為紅色區域)，有可能為孔洞、不透水岩層(一般岩層電阻率均高)或地盤改良固結區；相對低者(一般剖面表示顏色為藍色區域)，可能為含水帶、斷層泥或直接為地下水、海水等。但實際情形，還必須配合當地地質鑽探資料和地層狀況加以比對。

表 3-9　各種不同地層材料之電阻率概值

地質材料	電阻率　ρ(Ω-m)
砂岩 Sandstone (in general)	100～8,000
花崗岩 Granite、片麻岩 Gneiss	7,000～15,000
輝長岩 Gabbro	10,000～40,000
石英岩 Quartzite	5,000～10,000
粗砂 Coarse Sand、礫石 Gravel（乾燥）	20,000～80,000
砂 Sand（乾燥）	5,000～20,000
粉砂 Silt（乾燥）	400～2,000
純水 Fresh Water	10,000
海水 Sea Water	0.2～1
粗砂 Coarse Sand、礫石 Gravel（飽和）	1,000～5,000
砂 Sand（飽和）	200～1,000
粉砂 Silt（飽和）	30～200
黏土 Clay（飽和）	15～30

3、地球物理探測(地電阻)探測成果

本計畫地電阻影像剖面施測目的，主要為確認地層及地下水分布狀態之初步評估，並配合其他相關調查資料綜合研判，以期能建構本區之地下水分布狀況，以提供相關資料探討名竹盆地地下水庫開發之可行性，做為後續開發工程規劃設計之參考。地電阻影像剖面探測施測方式採二維探測方式，於測線上每隔 10 公尺佈設一個電極，共施測 3 條測線，各測線長度為 1,000 公尺。

依據地電阻影像剖面探測成果，研判調查區域內地層電阻率分佈，主要受到地層岩性、地層含泥量及地層含水狀態等因

素所控制，施測剖面數據經資料處理分析研判求得二維地電阻影像剖面探測成果圖，茲依據測線編號，依序將本計畫地電阻影像剖面探測成果敘述如下：

(1)測線 R1

測線 R1 現場量測所得地電阻值之原始資料，經過資料處理分析後，獲得電性地層剖面圖如圖 3-37 所示，茲將本次探測所得二維地電阻影像剖面圖之調查成果，依據地層電阻率特徵進行分層，由淺至深依序分為 G1、G2 二個區段，各區段底下之地層及地下水分佈研判描述如下：

A、G1 區段上部分佈範圍接近地表，研判地層組成主要為全新世礫石堆積層，研判孔隙率較高為一透水層，從地表起算最深約為 135 公尺，厚度約為 66～135 公尺不等，M1、M2 與 M3 三個區段為 G1 區中電阻率較低之區域，研判為礫石堆積層中含泥量較高之區域，其中，M2 及 M3 因地表測線通過結構物，所造成之響應；而 M1 電阻率於 100Ω-m 上下，推測為飽和礫石夾砂及黏土之電性反應，M1 區位於測線位置 150~420 公尺，深度最深約 75 公尺。

B、G2 區分佈於測線全段，研判地層組成主要為上部頭嵙山層，為膠結程度較好或較大顆粒礫石組成之地層，地層電阻率約為 300~500Ω-m，分佈深度約為 260～420 公尺不等，依據本計畫編號 MC-HG-101-1(D1)地質鑽探井資料顯示，深度 0～30 公尺範圍為鬆散之礫石堆積層，30～100 公尺範圍礫石膠結較佳，較不利於地下水流通，研判 G2 區段地下水主要分佈於岩層裂隙之間，其透水性較 G1 區段差。G2 區內有 D1 及 D2 兩處地層不連續

之區域，分別於測線位置 320～410 公尺及 550～590 公尺，研判此區段內岩層裂隙較為發達，有利於地下水流動。

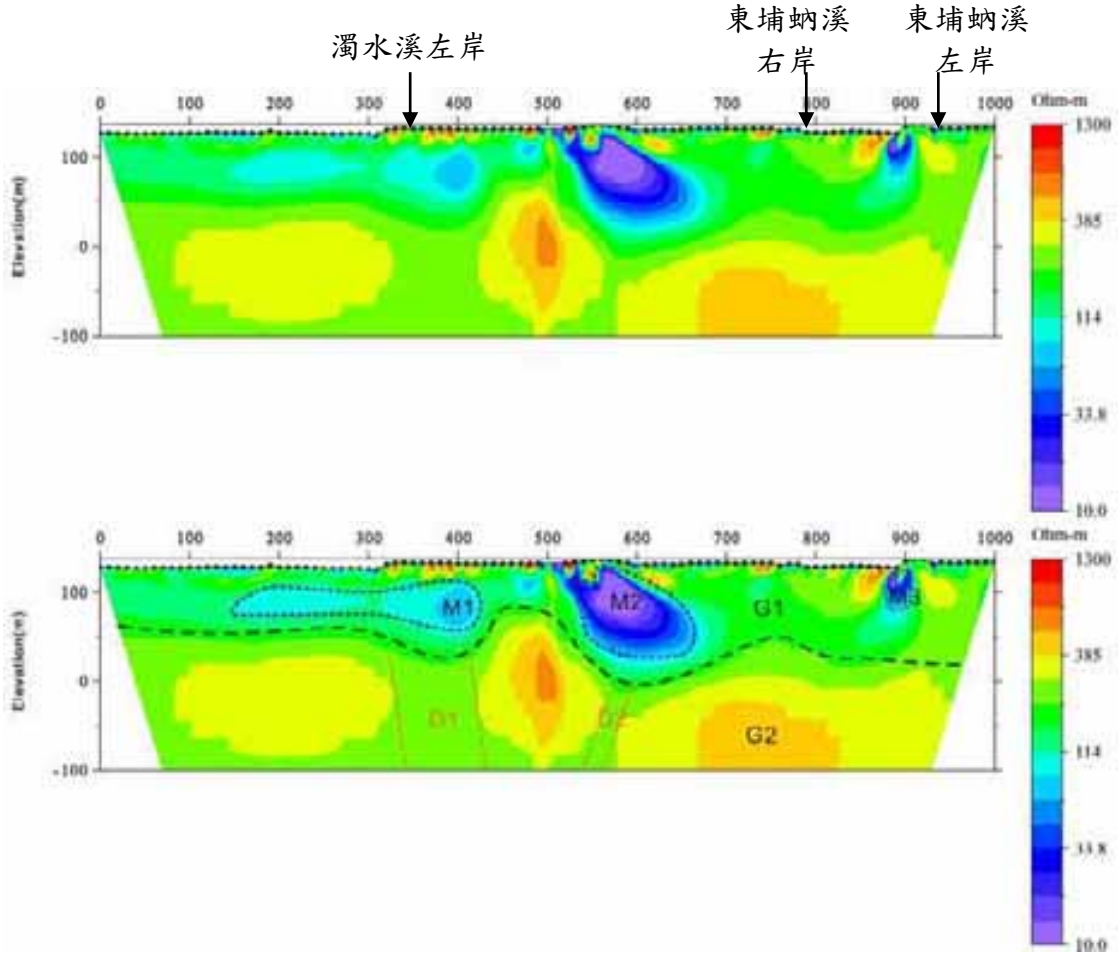


圖 3-37　測線 R1 地電阻影像剖面探測成果圖

(2)測線 R2

測線 R2 現場量測所得地電阻值之原始資料，經過資料處理分析後，獲得電性地層剖面圖如圖 3-38 所示，茲將本次探測所得二維地電阻影像剖面圖之調查成果，依據地層電阻率特徵進行分層，由淺至深依序分為 G1、M、G2 三個區段，各區段底下之地層及地下水分佈研判述敘如下：

A、G1 區段上部分佈範圍接近地表，研判地層組成主要為

全新世礫石堆積層，研判孔隙率較高為一透水層，從地表起算最深約為 100 公尺，厚度約為 20～100 公尺不等，部分區段地層電阻率可達 1000Ω-m，研判為不含地下水之區域，此區段範圍下部起伏變化相當大，研判為早期河川侵蝕地層再堆積砂礫石所造成之影響，致使局部呈現較高地電阻值。

B、M 區段分佈於測線位置 100~1000 公尺，分佈深度約為 90～200 公尺，地層電阻率約為 10~30Ω-m，由本計畫編號 MC-HG-101-2(D2) 岩芯判斷，可能係因較不透水之地層分布所致，深度 0～24 公尺範圍為鬆散之礫石堆積層，24～44 公尺範圍礫石膠結較佳，44～100 公尺範圍主要為含泥量高之地層偶夾礫石，研判 M 區段為含泥量較高之地層，此區域地層孔隙率較低、透水性較差。

C、G2 區分佈於測線位置 0~300 公尺，地層電阻率約為 50~100Ω-m，依據地層電阻率研判應為透水層，惟其深度較深，探測精度較低，是否確為透水層尚需其他資料予以佐證。

D、綜合上述成果，G1 區段為 R2 測線底下主要含水層區域，其分佈深度從地表起算最深約為 100 公尺，G1 區段下方 M 區段則為含泥量較高之不透水層。

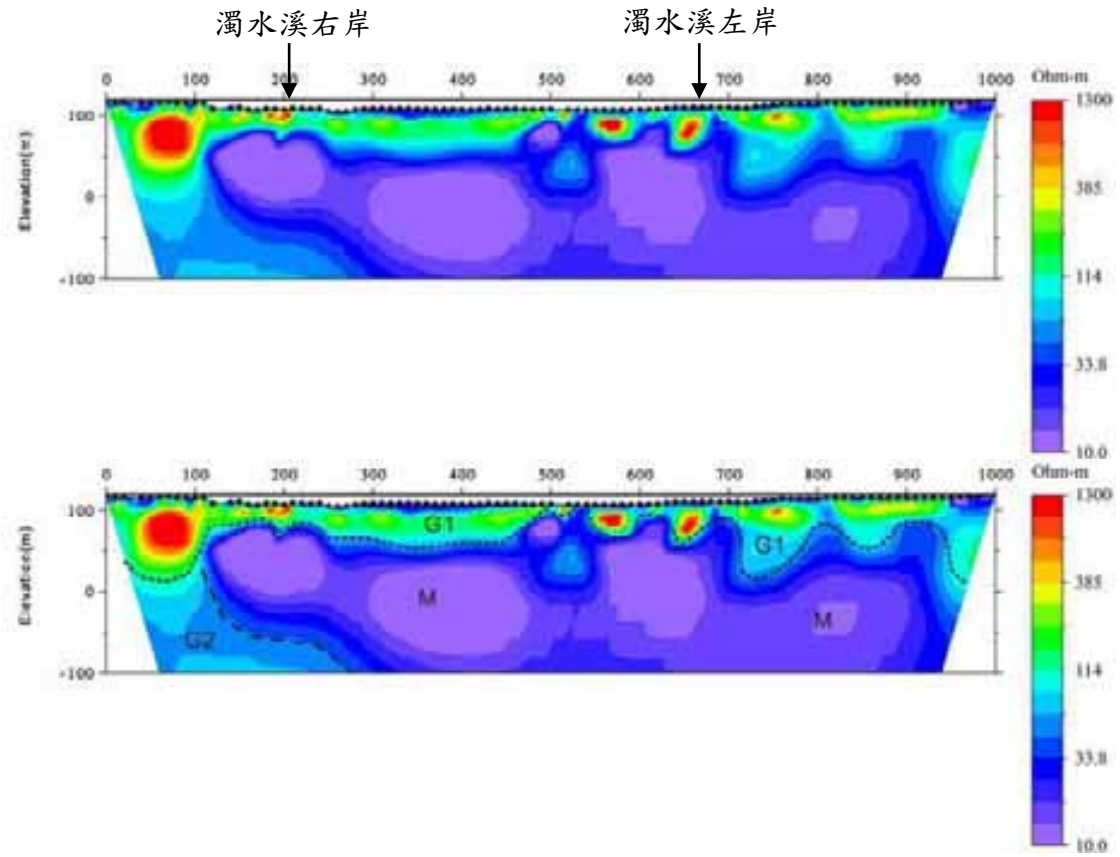


圖 3-38　測線 R2 地電阻影像剖面探測成果判釋圖

(3)測線 R3

測線 R3 現場量測所得地電阻值之原始資料，經過資料處理分析後，獲得電性地層剖面圖如圖 3-39 所示，茲將本次探測所得二維地電阻影像剖面圖之調查成果，依據地層電阻率特徵進行分層，由淺至深依序分為 Gd、G1、M1、G2 四個區段，各區段底下之地層及地下水分佈研判述敘如下：

A、Gd 區分佈於測線位置 0~400 公尺，位於清水溪支流上，研判地層組成主要為全新世礫石堆積層，分佈深度最深為 20 公尺，地電阻值約為 350~1200Ω-m，研判為乾燥含水量低之地層。

B、G1 區分佈於測線全段，地層電阻率約為 200Ω-m，研判

地層組成主要為全新世礫石堆積層，研判孔隙率較高為一透水層，從地表起算最深約為 55 公尺，厚度約為 25～55 公尺不等。

C、M1 區分佈於測線位置 110～1000 公尺，深度最深 155 公尺，地電阻值約為 50～100Ω-m，研判為礫石堆積層中含泥量較高之區域，此區域地層孔隙率較低、透水性相對較差。。

D、G2 區分佈於測線全段，地層電阻率約為 200Ω-m，研判地層組成可能為頭嵙山礫岩層，透水性較低，惟其深度較深，探測精度較低，尚需其他資料予以佐證。

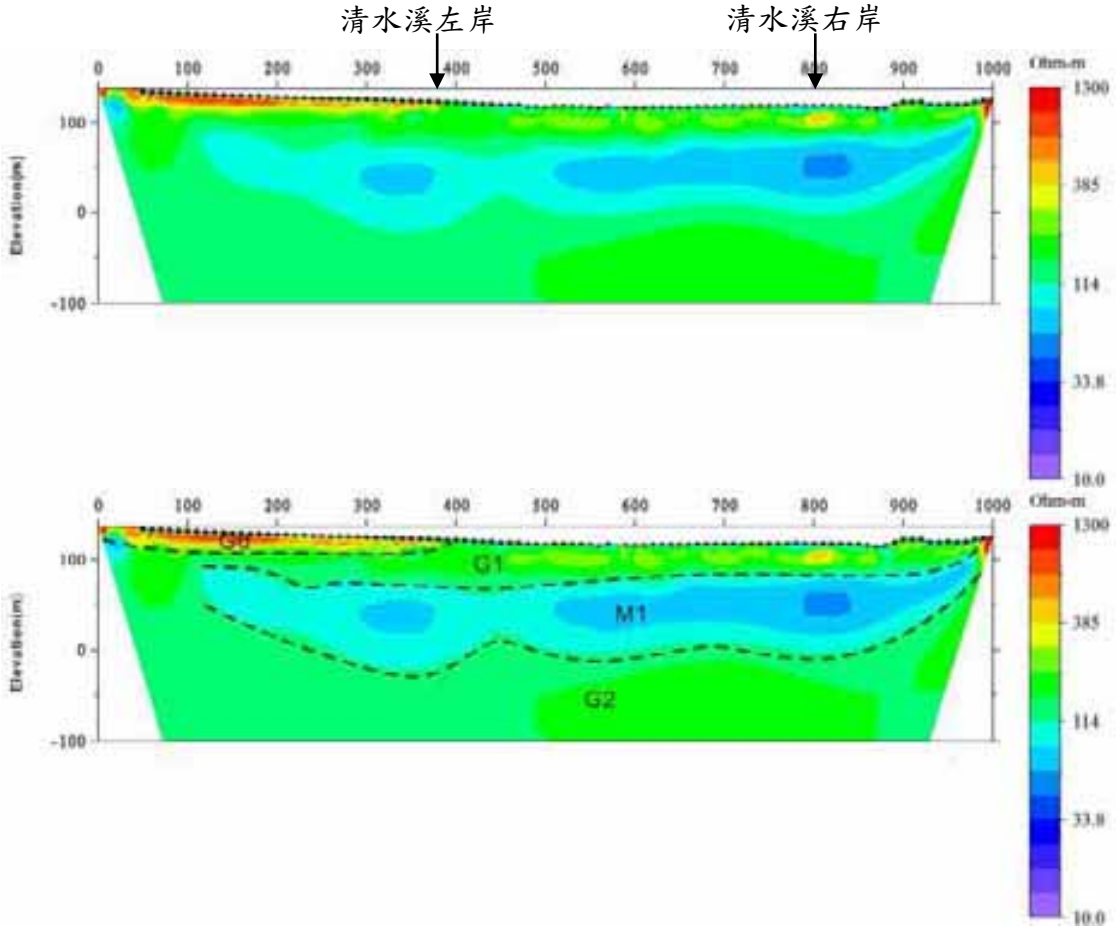


圖 3-39　測線 R3 地電阻影像剖面探測成果判釋圖

(4)小結

本計畫為瞭解名竹盆地河床(屬濁水溪中游與清水溪下游)地下水分布狀況及地下水水庫開發之可行性,綜合本次地電阻影像剖面探測成果，可獲致結論如下：

A、R1 測線由地表至深度 66～135 公尺範圍，研判為礫石層,此區段礫石層依據地層電阻率研判應為孔隙率高之透水層，地下水資源蓄水能力高。

B、R2 測線透水層分佈於 G1 與 G2 區段，G1 區段從地表起算最深約為 100 公尺,厚度約為 20～100 公尺不等，地下水資源蓄水能力高，G1、G2 區段中間分佈一層含泥量較高之地層，研判為不透水層之位置，不透水層厚度由北往南遞增，厚度約為 125～210 公尺。

C、R3 測線透水層分佈於 G1、M1 與 G2 區段，G1 區段從地表起算最深約為 55 公尺,厚度約為 25～55 公尺不等,此區段礫石層依據地層電阻率研判,應為孔隙率高之透水層。

三、水文地質鑽探

1、鑽探點位選定

根據前述應調查區位評估結果以及中央地質調查所建議，本計畫選定 MC-HG-101-1(D1)、MC-HG-101-2(D2)、MC-HG-101-3(D3)為三處地質鑽探區位，各鑽探區位如圖 3-40 所示，鑽探深度各為 100 公尺，以 HQ 口徑全程提取岩心，以取得水文地質剖面、確定含水層層位、埋深、厚度及岩性。此外於 3 孔鑽探孔位擇其中 1 孔施作 3 組岩盤透水試驗，另於其餘 2 孔施作孔內井測，孔內井測項目包括自然電位、長短距電阻率、自然伽瑪射線及溫度等；其後各鑽孔亦設置為簡易式地下水觀測井。於本計畫之初，中央地調所針對本計畫區提供地質鑽探點位之建議，根據中央地調所建議鑽探點位，較接近前述評估之Ⅰ、Ⅲ、Ⅵ區，故本計畫原則以配合中央地調所建議於該三區範圍擇定適宜點位施作地質鑽探，各鑽探點位選址說明如下：

A、MC-HG-101-1, (D1)：為配合地調所建議，故選擇於Ⅰ區範圍擇定適宜處進行地質鑽探。經現勘該區域之土地利用現況，以 MC-HG-101-1 點位所在位置有較適合之河川公地可利用，因此選定該點。雖以往曾有相關研究於Ⅰ之區位施作過地質鑽探，但其鑽探深度小於 70 公尺，而本計畫將施作深度達 100 公尺，以 HQ 口徑全程提取岩心，預計將可更為確認名竹盆地範圍之地質狀況。本點位另進行擴口作業以利孔內井測儀器設置，並設置 4 吋地下水觀測井作為後續地下水位觀測。

B、MC-HG-101-2, (D2)：本計畫於Ⅲ區範圍內施作第二個地質鑽探點，本計畫施作深度同為 100 公尺，本區範圍

多屬河道，空地範圍較小，經現勘後選定北岸之河川公地做為 MC-HG-101-2(D2)。由於本點位位於隘口，為了解隘口地層透水性，以此孔施作透水試驗求得水力傳導係數，於透水試驗施作完成後，另以此孔設置 4 吋觀測井以作為後續地下水位觀測之用。

C、MC-HG-101-3, (D3)：最後擇Ⅵ範圍內施作第三個地質鑽探點，由於本區範圍甚廣，其中靠近山區區位推測蓄水能力較小，故選擇該區北端之位置做為 MC-HG-101-1-3(D3)，本點位施作深度仍為 100 公尺，惟經現勘後發覺該點附近並無適當土地可供利用，因此將該點調整至北方之下坪自然教育園區。本點位另進行擴口作業以利孔內井測儀器設置，並設置 4 吋地下水觀測井作為後續地下水位觀測。

因 MC-HG-101-1(D1)及 MC-HG-101-2(D2)點位屬河川公地，而 MC-HG-101-3(D3)位於下坪自然教育園區，因此 MC-HG-101-1(D1)及 MC-HG-101-2(D2)之土地取得作業需向第四河川局提出申請，另 MC-HG-101-3(D3)之土地取得則需先取得其管理單位(國立臺灣大學生物資源暨農學院實驗林管理處)同意後始得施作，照片 3-3 為各鑽探點現場狀況。

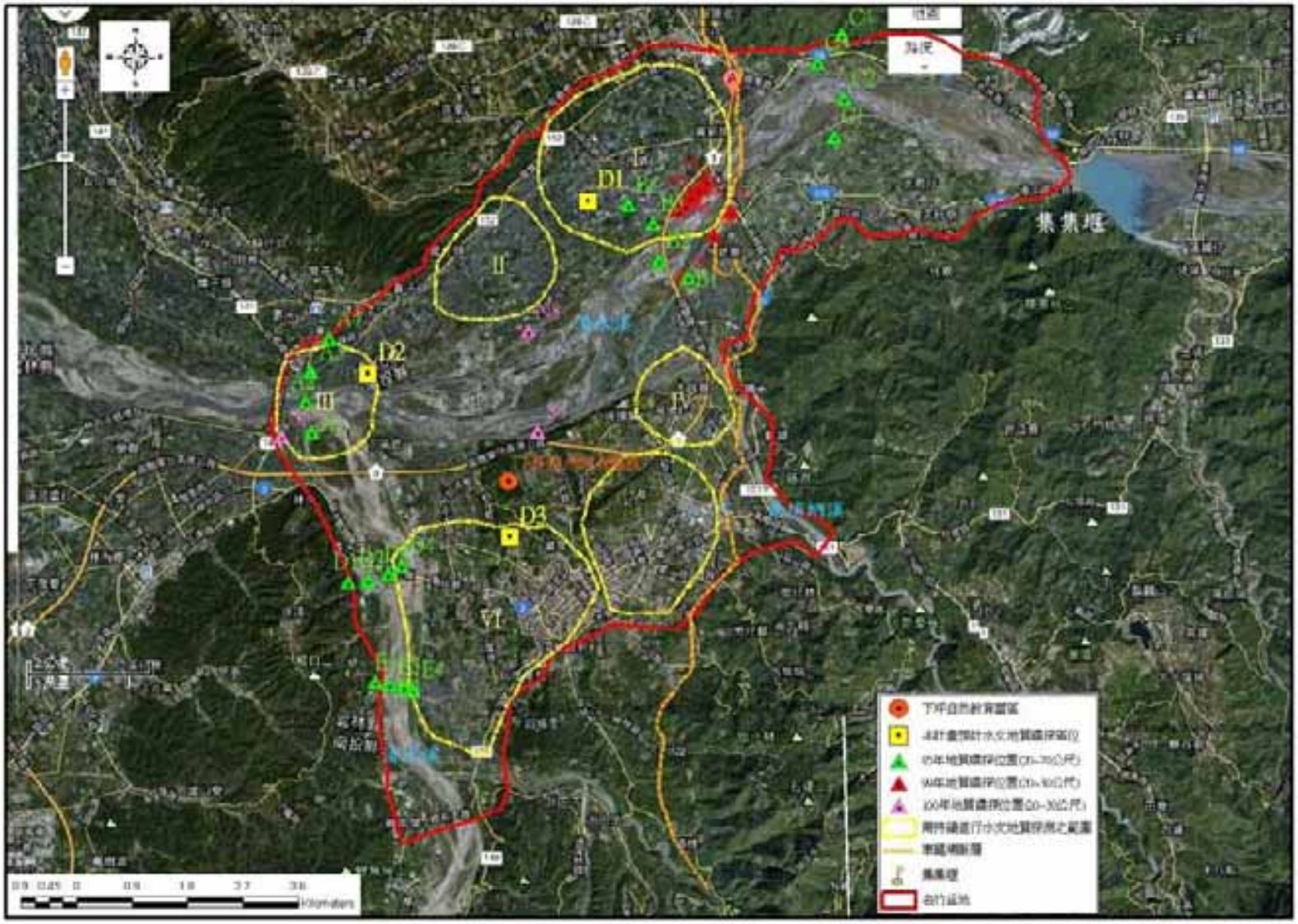


圖 3-40　名竹盆地歷年及本計畫施作之地質鑽探位置示意圖

(a) MC-HG-101-1(D1)

(b) MC-HG-101-2(D2)

(C) MC-HG-101-3(D3)

照片 3-3　本計畫施作地質鑽探位置現場狀況

2、鑽探方法及現地試驗方法

針對地質鑽探、岩盤透水試驗及孔內井測等施測原理及方法簡要說明如下：

(1)地質鑽探方法

本計畫水文地質鑽探係利用 HQ 規格之自轉式鑽機，依不同土層特性配合劈管取樣器、薄管取樣器及岩心取樣器進行取樣，鑽鑿過程運用水洗旋轉式鑽進全程取樣法進行作業，其所得之岩心依序排放於岩心箱中，並拍攝高解析度彩色照片建檔，本計畫地質鑽探內容說明如下：

A、地質鑽探孔數 3 口；

B、每孔鑽探深度 100 公尺；

C、鑽探過程採全程採樣；

D、現場鑽探過程進行地質變化情況之記錄。

(2)岩盤透水試驗(Lugeon Test)

本計畫於 3 孔鑽探孔中選定 1 孔進行 3 組之岩盤透水試驗，即水壓貫入試驗，依預定壓力梯度順序，逐階提高水壓，並記錄其流量，以探查岩層之滲漏性。試驗結果可依圖表分析法或美國墾務局岩盤水力傳導係數之計算方法，求得水力傳導係數。透水度（Lugeon）定義為 10kg/cm^2 之壓力下，每公尺試驗深度於每分鐘之滲流量(公升)。岩盤透水試驗方法及說明如後所述：

A、岩盤透水試驗（Lugeon Test）之目的係為偵測及瞭解岩層之實際透水情形。

B、透水試驗採由上向下逐段鑽孔、試驗和灌漿之方法，逐段進行至預定深度，試驗孔段深度依照施工資料表實施。

C、 各孔段完成鑽孔後，即以鑽桿或沖管用清水將孔內礦物填縫料和岩屑沖除乾淨，隨後再以壓縮空氣將孔內餘水全部吹出。

D、 拔出鑽桿或沖管，隨即量測地下水位。地下水位之量測必須採用導電式水位探測器，每隔 10 分鐘探測 1 次，連續 3 次量測結果相同，如最後 3 次差值在 10 公分以內者可認為相同，即為該孔段之地下水位。

E、 將栓塞鎖定於試驗孔段之頂部進行透水試驗。

F、 透水試驗時應俟注水壓力和流量穩定並維持 10～15 分鐘後，始得開始記錄該壓力下 5 分鐘之注入水量，按照上述要領變換各種壓力，以求得各階壓力之注入水量。

G、 透水試驗之壓力須依下列順序及數值逐步施行，注水壓力變換最少分為 7 階，除特殊地層另行指示外，一般情形按照下列壓力（kgf/cm^2）規定試驗，如表 3-10 所示。

H、 若鑽孔內之地質屬鬆軟及破碎地層，並不宜施行上述透水試驗，可視情況施行定水頭法試驗。所謂定水頭法係使設於地面上之水槽處於恆定水位進行量測其漏水量。試驗時，孔口須裝設一水表以記錄實際漏水量。

表 3-10　岩盤透水試驗壓力規定表

	一階	二階	三階	四階	五階	六階	七階
	（$kgf／cm^2$）						
第 1 段（ 0～ 5m）	0	0.5	1.0	1.5	1.0	0.5	0
第 2 段（ 5～10m）	0	1.0	2.0	3.0	2.0	1.0	0
第 3 段（10～15m）	0	1.5	3.0	4.0	3.0	1.5	0
第 4 段（15～20m）	0	2.0	4.0	5.0	4.0	2.0	0
註：試驗深度超過 20m 之孔段，試驗壓力依其上覆荷重增加。							

(3)孔內井測

孔內井測(well logging)是地球物理探勘的方法之一，其探測方法係以將探棒(probe)置於鑽孔或試驗井中，以向下吊放或向上拉提的方式,測定及記錄地層的電阻、自然電位差、聲波速度、地層放射線強度等物理性質，用以判定地層之特性，井測所使用的原理，主要包含電學、聲波及放射性等地球物理原理，孔內井測探測原理示意圖如圖 3-41。孔內井測試驗項目包含自然電位、長短距電阻、自然伽瑪射線、溫度井測等項目，可藉由試驗沿井深量測地層之物理性變化情形，綜合繪製孔內井測之量測曲線圖，孔內井測原理如后所述：

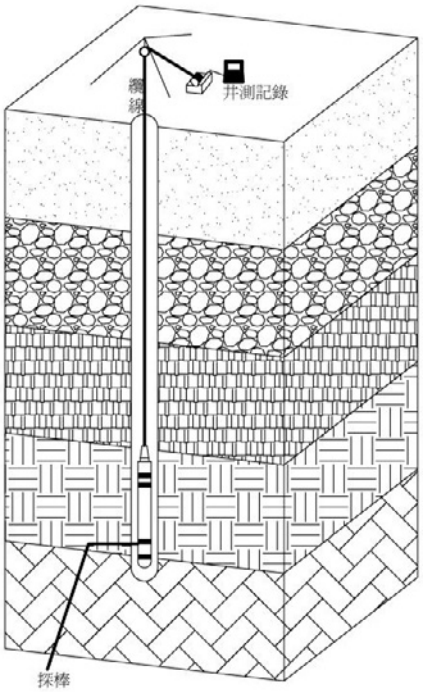


圖 3-41　孔內井測探測原理示意圖

A、 自然電位井測(spontaneous potential log)

自然電位井測係偵測及記錄井中之電極與地表上電極之間的電位差。井內探棒的電極係由鉛製成，當它由井底

向上拉提經過不同地層時，井內探測針的電極與地面電極間之固定電位差由分壓計迴路予以平衡，如此可以測定並記錄井內各地層的電位差變化。並依地層自然電位差變化繪製 SP 曲線圖，即可用以了解地層構造。

自然電位差井測曲線可以用來區分低滲透性的頁岩和高滲透性的砂岩。通常在頁岩地層裡，自然電位差的讀數為一定值，SP 曲線圖呈一直線，稱為頁岩基線。在砂岩部分，由於砂岩具有高滲透性，不同滲透性的地層具有不同程度的泥漿濾液浸污，造成不同程度的離子交換作用。通常，地層水的鹽分濃度高於泥漿濾液時，砂岩層相對於頁岩層較具負電位，SP 曲線的讀數會向左(即負電位方向)偏移。

B、長短距電阻率(normal-resistivity log)

本法係利用電極之電流流經地層後，量測地層電位差，並計算其電阻，用以了解地層特性。根據電流極與測定極的間距，電阻井測主要有兩種，當探測棒上之電流極和電位極距離為 64 吋者稱為正長距(Long normal)，16 吋者稱為正短距(Short normal)，正長距探測範圍較大，但對岩層界面或薄岩層之解析度較差；正短距探測範圍較小，對岩層界面或薄岩層有較佳解析力，但其所測之電阻率受泥漿水影響較大。岩層之電阻率與其岩性及水質有關。相同孔隙水質條件下，地層電阻率高表示透水性較佳或含黏土量少；反之，地層電阻率低表示透水性差或含黏土量多；電阻率由大而小依次為礫石層、粗砂層、細砂層、泥層及黏土層。黏土、泥及鹼水之電阻率低，而砂、礫及淡水之電阻率較高。

C、單極式電阻井測(single point resistance log)

地層中電阻因組成、成分、厚度、孔隙及含水量等等而有所不同,而本法中電阻為地表至井中感應器間之電阻,不能直接指出該處之電阻係數，但可以指出相對之電阻係數定性之變化，因此對地層界面具有很好的解析能力。對於地質特性判斷一般來說電阻大者為砂或礫石等之含水地層，電阻小者為黏土等之不透水層或者含鹽水之砂礫地層。

D、自然伽瑪射線井測(nature gamma log)

自然伽瑪井測係用以測定地層的自然伽瑪放射線，由於地層中自然放射物含量因地層岩性而有所不同，因此可利用閃爍計數器(scintillation counter，crystal of sodium iodide)探測地層之連續自然伽瑪射線，用以探測黏土性地層或黏土層。通常，顆粒極細的頁岩及黏土所含的放射性元素（例如 K40）較多，砂岩、白雲石、石灰岩等地層裡的自然伽瑪線放射量則相對很少。根據伽瑪井測所測得的自然伽瑪放射線強度，可以研判地層種類及其分界面，並可利用伽瑪放射線的讀值推算地層中不同岩石種類含量。

E、溫度井測(temperature logging)

以連續量測方式量測地層受地熱或地下水傳導產生之現地溫度，有利於劃定含水層區域以及鑑定不同水頭區域間之孔內垂直流動。

本計畫採用之井測儀器配置圖如圖 3-42 所示,所使用之儀器主要為英國 Robertson Geologging 公司製造之 RG Micrologger 2 電井測儀，主要之配備包括量測紀錄單元、電動捲線機、複合式測試棒及控制電腦等部份。各項配備

規格簡述如下：

F、量測紀錄單元

Micro-Logger 2 主要提供各不同測試棒之電源及信號處理，亦可同時紀錄不同之測試結果，另外整合了微電腦處理機、深度計量器及電纜捲速計量器。

G、電動捲線機

Smart Winch 200 可控制捲線速度由 0 m/min 至 13m/min，使用 3/16”直徑之電纜線。

H、複合式測試棒

ELTG 8101 包含自然電位(SP)、正長矩與正短矩電阻(SNR and LNR)、單極電阻(SPR)、溫度(T)、自然伽瑪射線(NGAM)之功能。

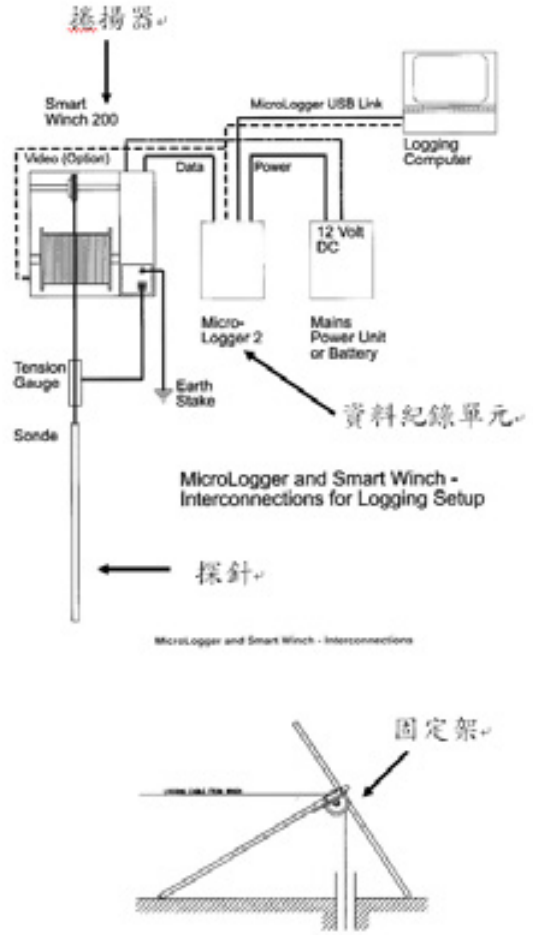


圖 3-42　電井測儀器配置圖

3、鑽探成果及分析

本計畫於 2013 年 3 月 28 日、3 月 24 日以及 2 月 28 日分別完成 MC-HG-101-1(D1)、MC-HG-101-2(D2) 及 MC-HG-101-3(D3)地質鑽探施鑽作業。照片 3-4 至照片 3-18 及圖 3-43 至圖 3-57 分別為 D1、D2 及 D3 岩心箱相片及地質柱狀圖，各點位地質鑽探分析結果如下所述：

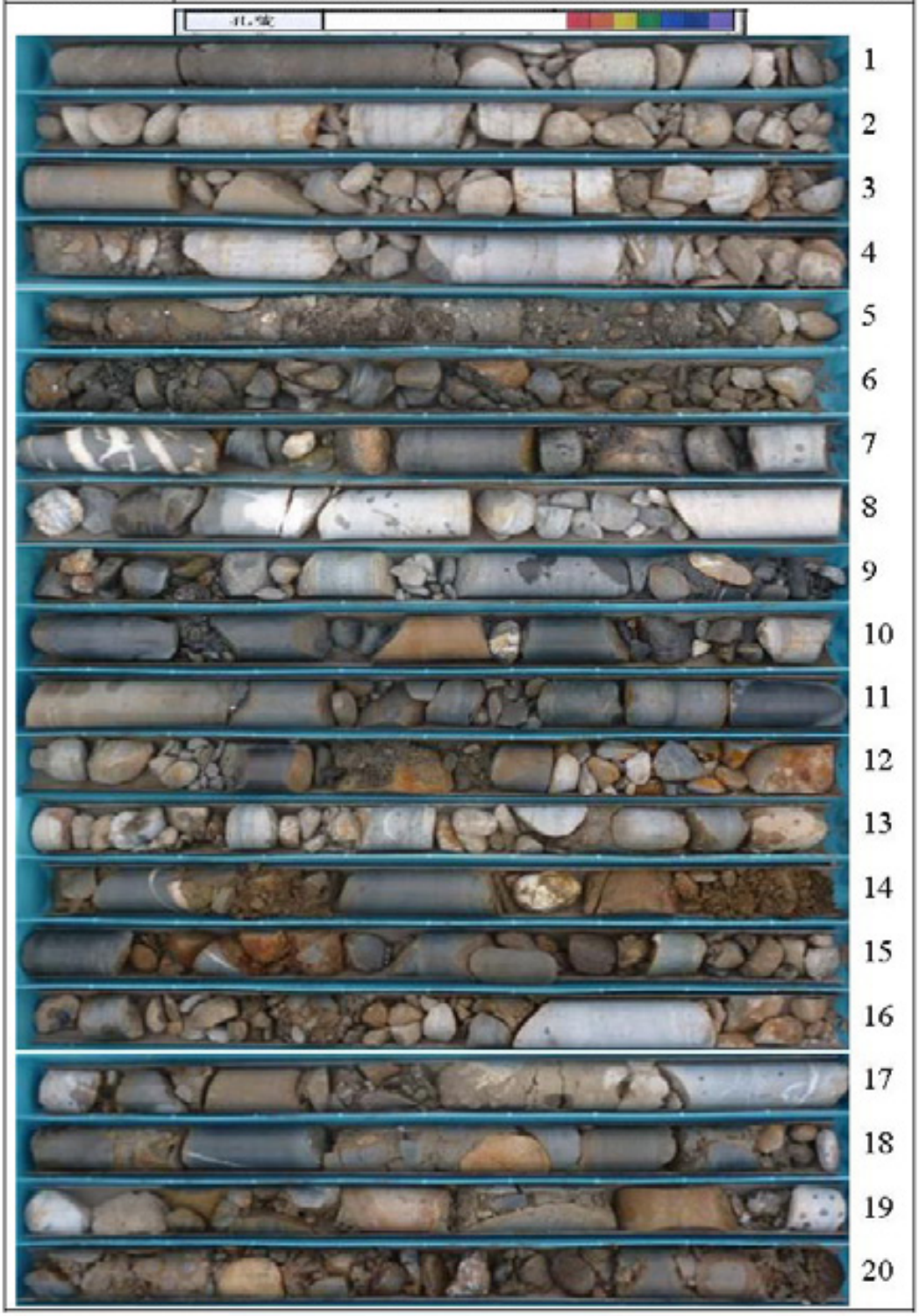
(1)MC-HG-101-1(D1)：由地質鑽探成果可得知，於 D1 點位地表至地表下 0.6 公尺處為棕灰色粉土，自地表下 0.6 公尺至 20.7 公尺處則為卵礫石夾灰色粗砂，自地表下 20.7 公尺至 81.0 公尺處為為卵礫石夾棕色粗砂，自地表下 81.0 公尺至 83.5 公尺處為為棕色中粗砂，自地表下 83.5 公尺至 100 公尺處則亦為卵礫石夾棕色粗砂。

(2)MC-HG-101-2(D2)：由地質鑽探成果可得知，於 D2 點位地表至地表下 15.45 公尺處為卵礫石夾灰色粗細砂，自地表下 15.45 公尺至 28.5 公尺處為卵礫石夾棕黃色粗細砂，自地表下 28.5 公尺至 29.4 公尺則為黃棕色泥質砂岩，自地表下 29.4 公尺至 29.8 公尺為灰色泥質粉砂岩，自地表下 29.8 公尺至 31.5 公尺為灰色粉砂質泥岩，自地表下 31.5 公尺至 43.7 公尺為卵礫石夾黃棕色粗細砂，自地表下 43.7 公尺 至 50.1 公尺為灰色泥岩含少量粉砂，自地表下 50.1 公尺至 50.6 公尺為灰色砂岩，自地表下 50.6 公尺至 57.3 公尺為卵礫石夾灰色粗砂，自地表下 57.3 公尺至 59.45 公尺為灰色砂岩偶夾粗砂礫石，自地表下 59.45 公尺至 64.5 公尺為灰色砂岩，自地表下 64.5 公尺至 72.0 公尺為灰色砂岩夾層泥岩，自地表下 72.0 公尺至 77.2 公尺則為灰色粗細砂岩，自地表下 77.2 公尺至 85.3 公尺則為灰色砂岩

偶夾灰色礫石粗砂岩，自地表下 85.3 公尺至 87.8 公尺為卵礫石夾灰色粗細砂，自地表下 87.8 公尺至 89.0 公尺為灰色砂岩，自地表下 89.0 公尺至 90.4 公尺為卵礫石夾灰色粗細砂，自地表下 90.4 公尺至 99.9 公尺為灰色砂岩，自地表下 99.9 公尺至 100 公尺則為卵礫石夾灰色粗細砂。惟 D2 點位係位於濁水溪北岸鄰近清水溪匯流口，依地質鑽深成果顯示該地區地質狀況複雜，應為地質活動發生地區，且原認為較具含水能力之現代沖積層厚度甚薄約僅 30 公尺左右，其下之岩層均為較不透水之岩盤，可見此區域之含水層較不具儲水效能。

(3)MC-HG-101-3(D3)：由地質鑽探成果可得知，於 D3 點位地表至地表 76 公尺處為卵礫石夾棕黃色粗細砂，而自地表下 76 公尺至 80 公尺則出現棕黃色粉土質細砂夾灰色剪裂泥，其後自地表下 80 公尺至 100 公尺則亦為卵礫石夾棕黃色粗細砂。

工程名稱	名竹盆地地下水源開發調查規劃		
鑽孔編號	D1	總 深 度	100 公尺
岩 箱 數	1~5	岩 心 深	0-20 公尺
施鑽日期	中華民國 102 年 03 月 06 日起 至 102 年 03 月 28 日		



照片 3-4　鑽探點 D1 岩心箱相片(0~20 公尺)

鑽孔地質柱狀圖

工程名稱：名竹盆地地下水源開發調查規劃

地點：南投縣名間鄉新民村　　日　期：1020306~1020328

鑽孔編號：D1　鑽孔標高：136.14 M　地下水位高程：132.50 M　專業技師：塗明寬　輸入人員：賴諭萱

深　度：100.00 M　座標系統：TW97　座　標 N：2634476.63　座　標 E：217939.00　鑽探公司：

深度 (m)	鑽孔水位	標準貫入	回收率(%)	RQD 25 50 75	RQD(%)	岩石不連續面	地質圖元	岩石或土壤性質描述
0								棕灰色粉土 0.6 M
			95					卵礫石夾灰色中粗砂
			83					
2			82					
	▽ 102/04/22		91					
4			93					
			75					
6			85					
			84					
8			82					
			87					
10			90					
			88					
12			87					
			83					
14			85					
			86					
16			89					
			96					
18			97					
			100					
20								20.7 M

圖 3-43　鑽探點 D1 地質柱狀圖(0~20 公尺)

工程名稱	名竹盆地地下水源開發調查規劃			
鑽孔編號	D1	總深度	100	公尺
岩箱數	6~10	岩心深	20-40	公尺
施鑽日期	中華民國 102 年 03 月 06 日起 至 102 年 03 月 28 日			

照片 3-5　鑽探點 D1 岩心箱相片(20~40 公尺)

鑽孔地質柱狀圖

工程名稱：名竹盆地地下水源開發調查規劃

地點：南投縣名間鄉新民村　　日　期：1020306~1020328

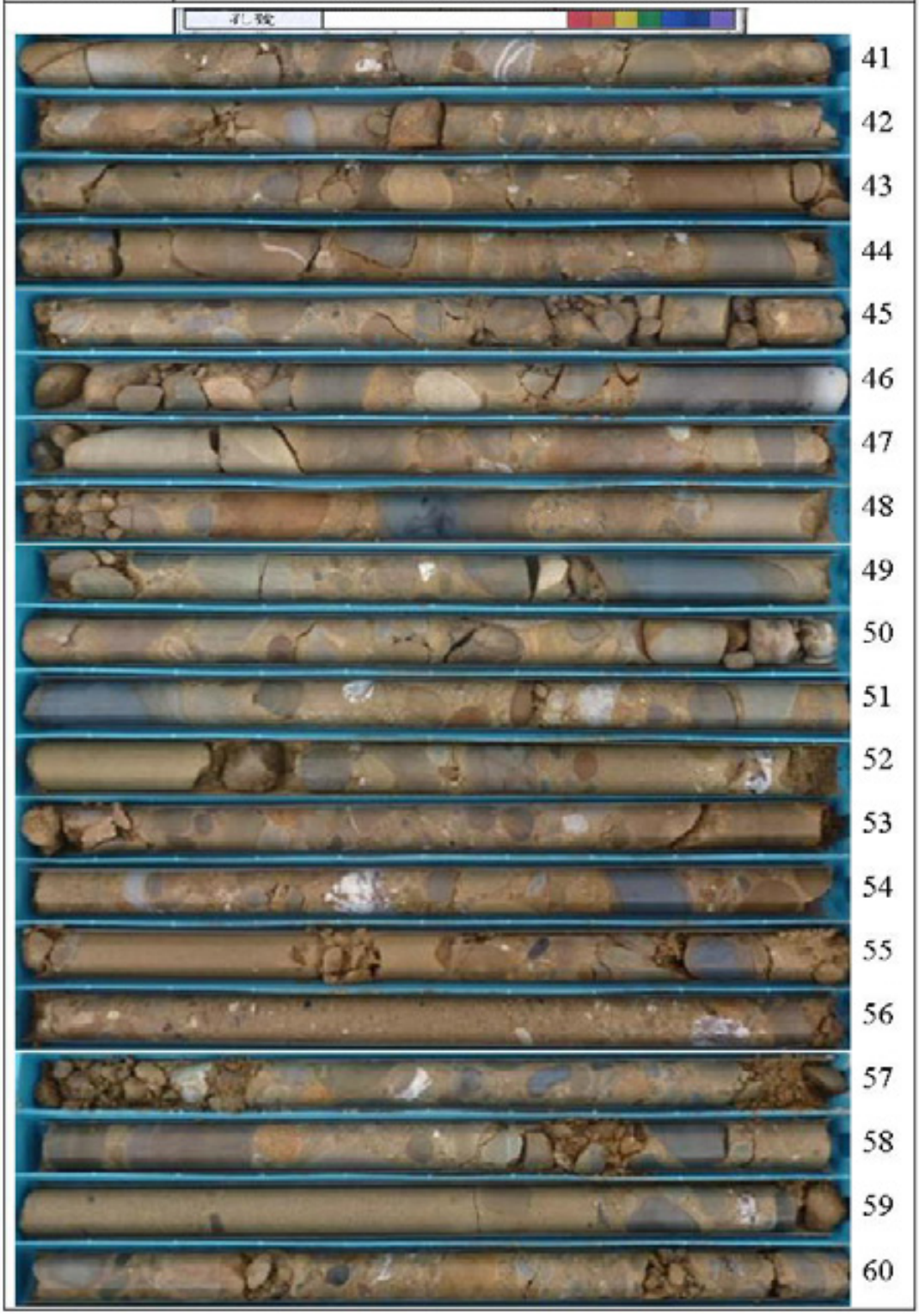
鑽孔編號：D1　鑽孔標高：136.14 M 地下水位高程：132.50 M　專業技師：塗明寬　輸入人員：賴諭萱

深　度：100.00 M 座標系統：TW97　座　標 N：2634476.63　座　標 E：217939.00 鑽探公司：

深度 (m)	鑽孔水位	標準貫入	回收率(%)	RQD 25 50 75	RQD(%)	岩石不連續面	地質圖元	岩石或土壤性質描述
20			100					卵礫石夾灰色中粗砂 20.7 M
			100					卵礫石夾棕色中粗砂
22			100					
			100					
24			100					
			100					
26			100					
			100					
28			100					
			100					
30			100					
			100					
32			100					
			100					
34			100					
			100					
36			100					
			100					
38			100					
			100					
40			100					81 M

圖 3-44　鑽探點 D1 地質柱狀圖(20~40 公尺)

工程名稱	名竹盆地地下水源開發調查規劃		
鑽孔編號	D1	總 深 度	100 公尺
岩 箱 數	11~15	岩 心 深	40-60 公尺
施鑽日期	中華民國 102 年 03 月 06 日起 至 102 年 03 月 28 日		



照片 3-6　鑽探點 D1 岩心箱相片(40~60 公尺)

鑽孔地質柱狀圖

工程名稱：名竹盆地地下水源開發調查規劃

地點：南投縣名間鄉新民村　　日　期：1020306~1020328

鑽孔編號：D1　鑽孔標高：136.14 M 地下水位高程：132.50 M　專業技師：塗明寬　輸入人員：賴諭萱

深　度：100.00 M 座標系統：TW97　座　標 N：2634476.63　座　標 E：217939.00 鑽探公司：

深度 (m)	鑽孔水位	標準貫入	回收率(%)	RQD 25 50 75	RQD(%)	岩石不連續面	地質圖元	岩石或土壤性質描述
40			100					卵礫石夾棕色中粗砂
			100					
42			100					
			100					
44			100					
			100					
46			100					
			100					
48			100					
			100					
50			100					
			100					
52			100					
			100					
54			100					
			100					
56			100					
			100					
58			100					
			100					
60			100					81 M

圖 3-45　鑽探點 D1 地質柱狀圖(40~60 公尺)

工程名稱	名竹盆地地下水源開發調查規劃		
鑽孔編號	D1	總 深 度	100 公尺
岩 箱 數	16~20	岩 心 深	60-80 公尺
施鑽日期	中華民國 102 年 03 月 06 日起 至 102 年 03 月 28 日		

照片 3-7　鑽探點 D1 岩心箱相片(60~80 公尺)

鑽孔地質柱狀圖

工程名稱：名竹盆地地下水源開發調查規劃

地點：南投縣名間鄉新民村　　日　期：1020306~1020328

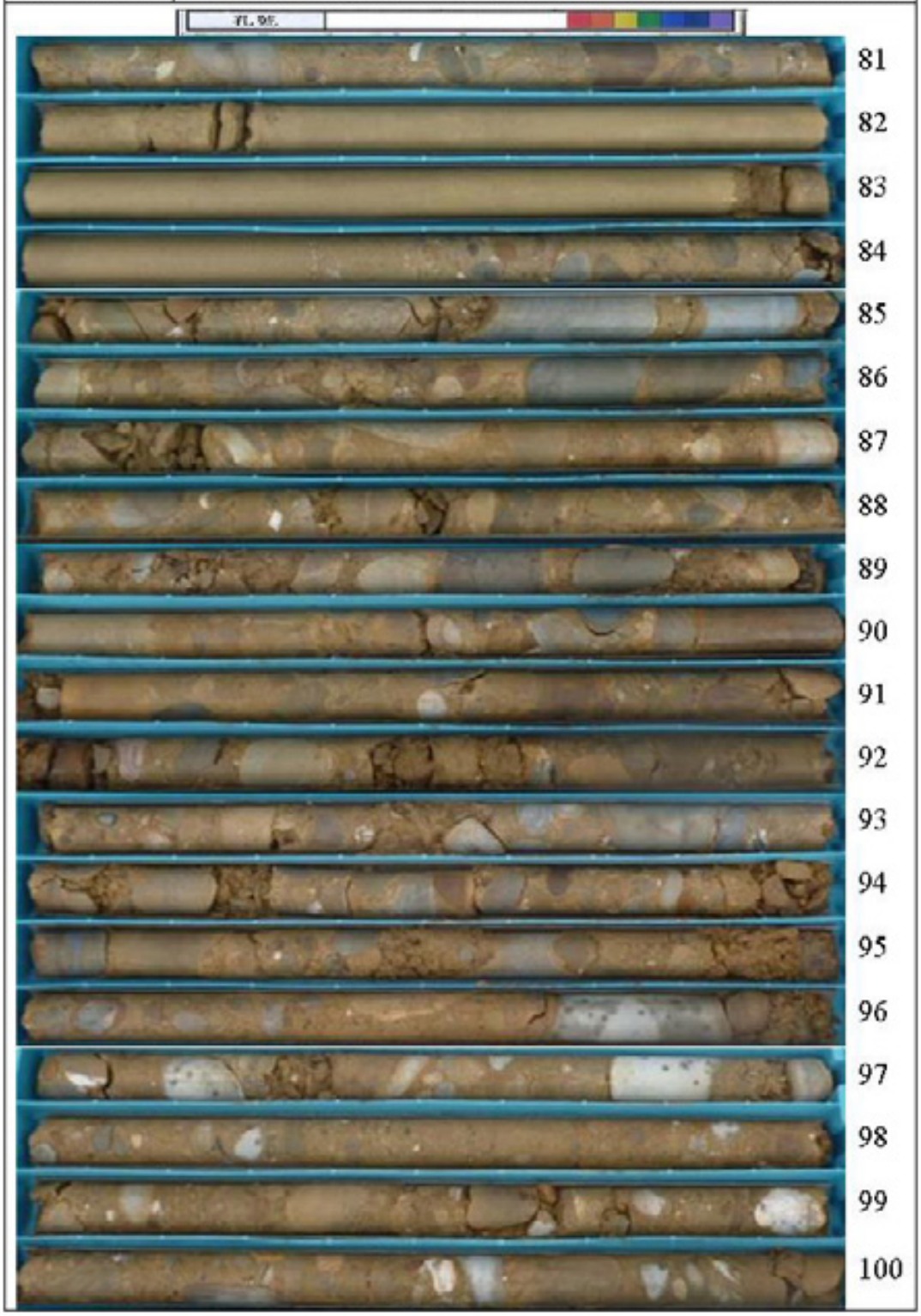
鑽孔編號：D1　鑽孔標高：136.14 M 地下水位高程：132.50 M　專業技師：塗明寬　輸入人員：賴諭萱

深　度：100.00 M 座標系統：TW97　座　標 N：2634476.63　座　標 E：217939.00 鑽探公司：

深度 (m)	鑽孔水位	標準貫入	回收率(%)	RQD 25 50 75	RQD(%)	岩石不連續面	地質圖元	岩石或土壤性質描述
60			100					卵礫石夾棕色中粗砂
			100					
62			100					
			100					
64			100					
			100					
66			100					
			100					
68			100					
			100					
70			100					
			100					
72			100					
			100					
74			100					
			100					
76			100					
			100					
78			100					
			100					
80			100					81 M

圖 3-46　鑽探點 D1 地質柱狀圖(60~80 公尺)

工程名稱	名竹盆地地下水源開發調查規劃		
鑽孔編號	D1	總深度	100 公尺
岩箱數	21~25	岩心深	80-100 公尺
施鑽日期	中華民國 102 年 03 月 06 日起 至 102 年 03 月 28 日		



照片 3-8　鑽探點 D1 岩心箱相片(80~100 公尺)

鑽孔地質柱狀圖

工程名稱：名竹盆地地下水源開發調查規劃

地點：南投縣名間鄉新民村　　日　期：1020306~1020328

鑽孔編號：D1　鑽孔標高：136.14 M 地下水位高程：132.50 M　專業技師：塗明寬　輸入人員：賴諭萱

深　度：100.00 M 座標系統：TW97　座　標 N：2634476.63　座　標 E：217939.00 鑽探公司：

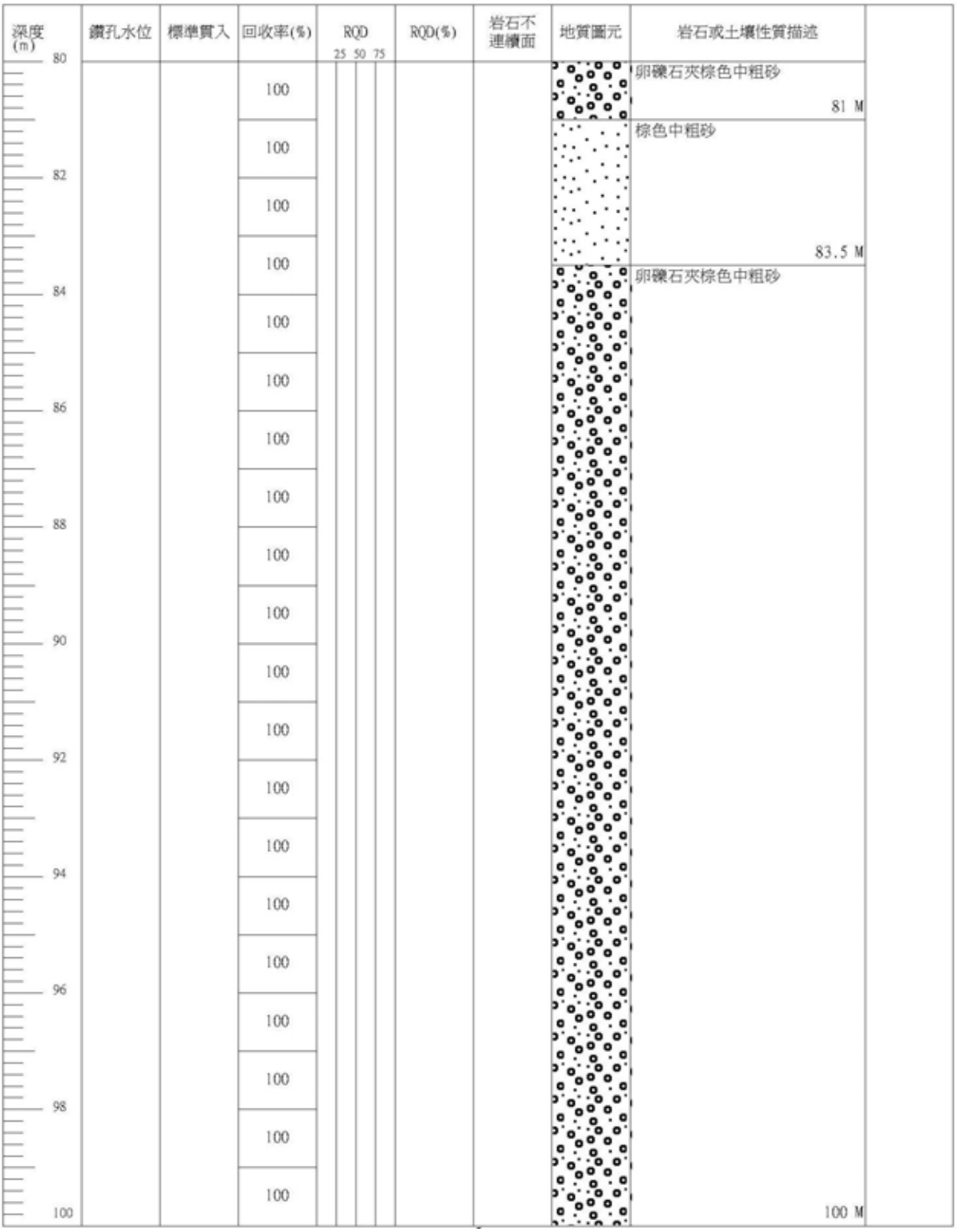
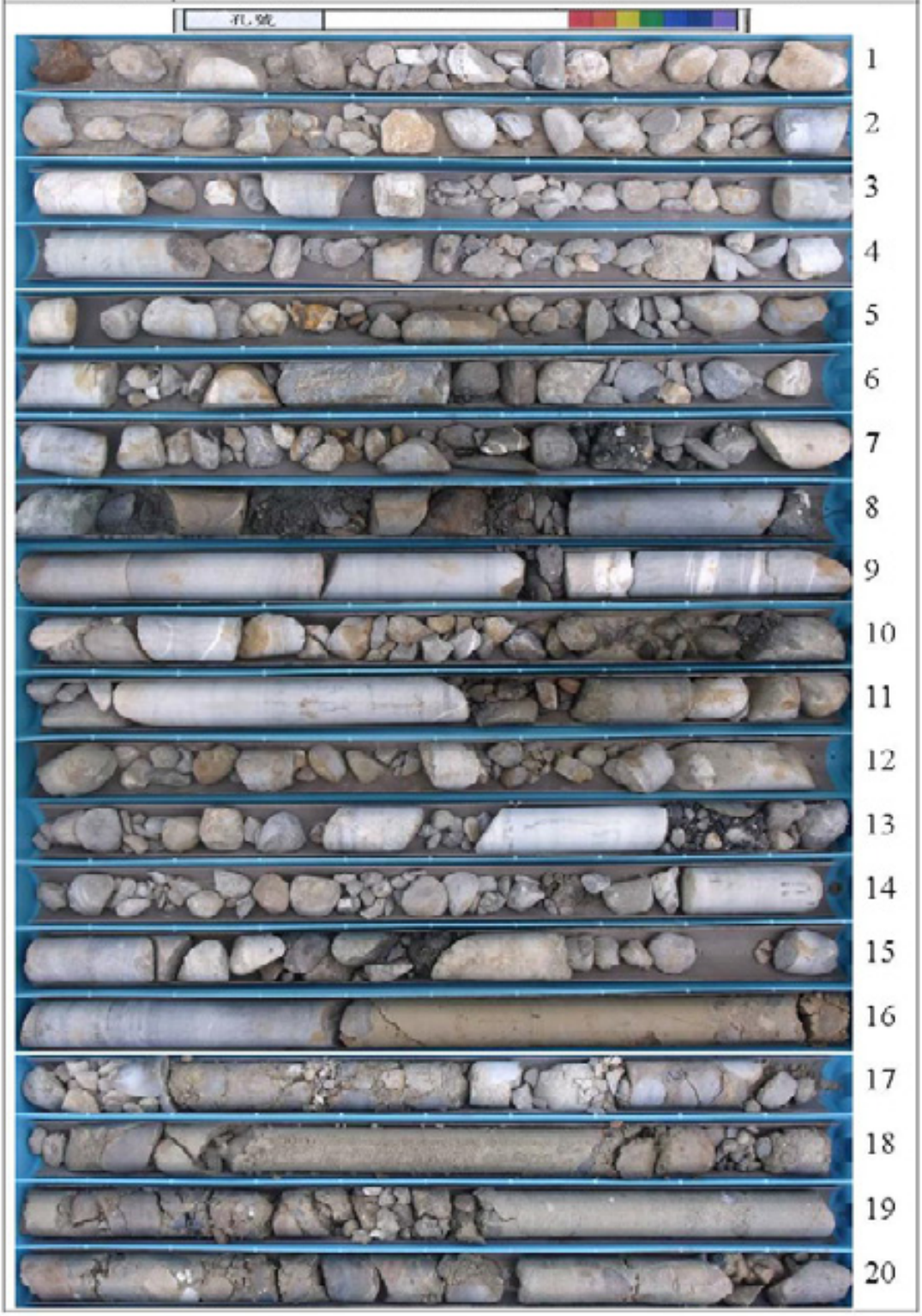


圖 3-47　鑽探點 D1 地質柱狀圖(80~100 公尺)

工程名稱	名竹盆地地下水源開發調查規劃			
鑽孔編號	D2	總 深 度	100	公尺
岩 箱 數	1~5	岩 心 深	0-20	公尺
施鑽日期	中華民國 102 年 03 月 04 日起 至 102 年 03 月 24 日			



照片 3-9　鑽探點 D2 岩心箱相片(0~20 公尺)

鑽孔地質柱狀圖

工程名稱：名竹盆地地下水源開發調查規劃

地點：彰化縣二水鄉濁水溪北岸旁　　日　期：1020304~1020324

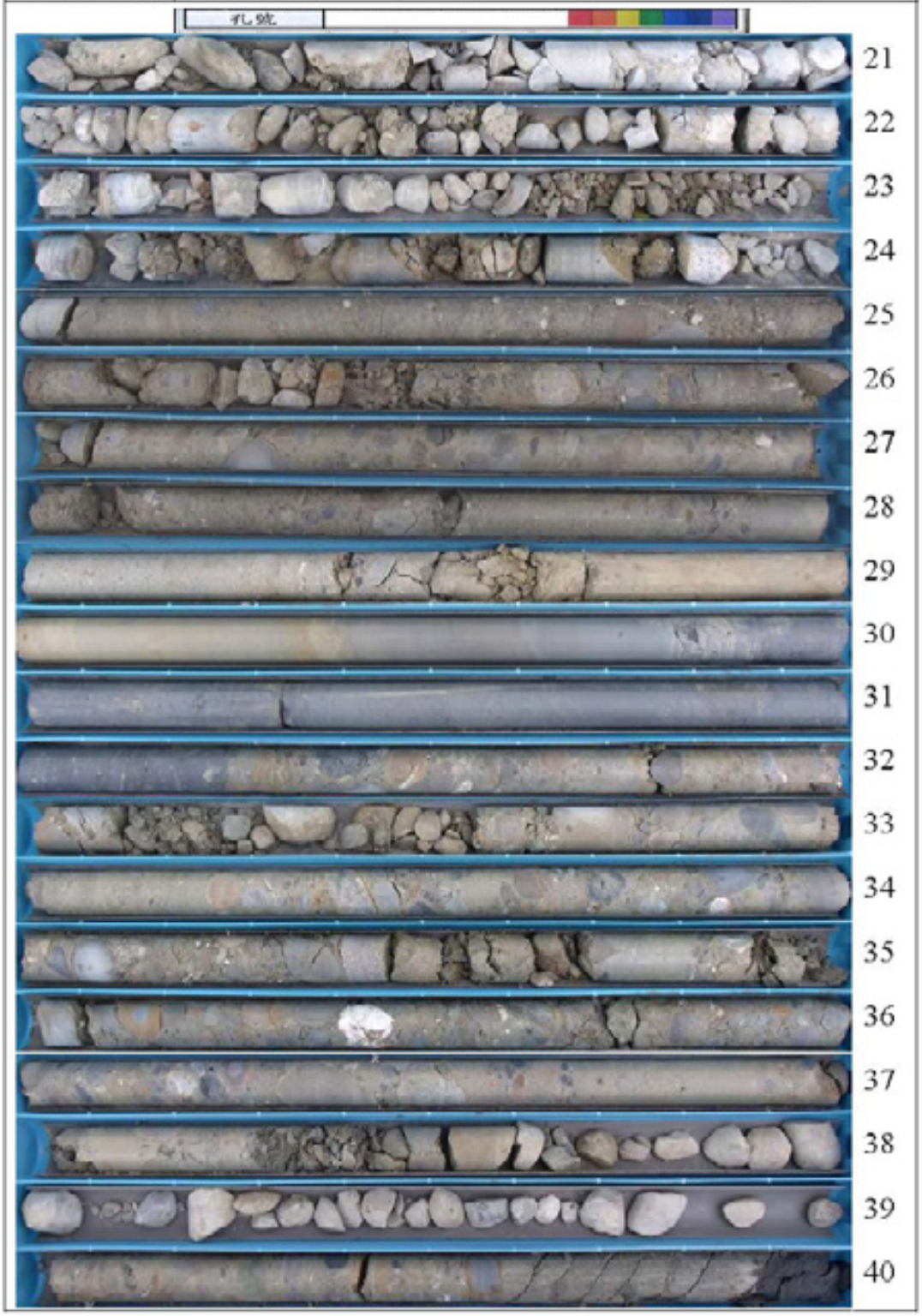
鑽孔編號：D2　鑽孔標高：104.63 M 地下水位高程：97.51 M　專業技師：塗明寬　輸入人員：賴瑜萱

深　度：100.00 M 座標系統：TW97　座　標 N：2631663.69　座　標 E：214303.37 鑽探公司：

深度 (m)	鑽孔水位	標準貫入	回收率(%)	RQD 25 50 75	RQD(%)	岩石不連續面	地質圖元	岩石或土壤性質描述
0			85					卵礫石夾灰色粗細砂
			85					
2			70					
			70					
4			70					
			80					
6			80					
	▽ 102/04/24		90					
8			98					
			85					
10			95					
			80					
12			80					
			70					
14			70					
			100					15.45 M 卵礫石夾黃棕色粗細砂
16			90					
			90					
18			95					
			95					28.5 M
20								

圖 3-48　鑽探點 D2 地質柱狀圖(0~20 公尺)

工程名稱	名竹盆地地下水源開發調查規劃		
鑽孔編號	D2	總 深 度	100 公尺
岩 箱 數	6~10	岩 心 深	20-40 公尺
施鑽日期	中華民國 102 年 03 月 04 日起 至 102 年 03 月 24 日		



照片 3-10　鑽探點 D2 岩心箱相片(20~40 公尺)

鑽孔地質柱狀圖

工程名稱：名竹盆地地下水源開發調查規劃

地點：彰化縣二水鄉濁水溪北岸旁　　日　期：1020304~1020324

鑽孔編號：D2　　鑽孔標高：104.63 M 地下水位高程：97.51 M　專業技師：塗明寬　輸入人員：賴諭萱

深　度：100.00 M 座標系統：TW97　座　標 N：2631663.69　座　標 E：214303.37 鑽探公司：

深度 (m)	鑽孔水位	標準貫入	回收率(%)	RQD 25 50 75	RQD(%)	岩石不連續面	地質圖元	岩石或土壤性質描述
20			90					卵礫石夾黃棕色粗細砂
			85					
22			80					
			85					
24			100					
			98					
26			96					
			96					
28			100					28.5 M
								黃棕色泥質砂岩 29.4 M
			100		100			灰色泥質粉砂岩 29.8 M
30			100		100			灰色粉砂質泥岩 31.25 M
			100					卵礫石夾黃棕色粗細砂
32			100					
			100					
34			100					
			100					
36			100					
			100					
38			100					
			100					
40								43.7 M

圖 3-49　鑽探點 D2 地質柱狀圖(20~40 公尺)

工程名稱	名竹盆地地下水源開發調查規劃			
鑽孔編號	D2	總深度	100	公尺
岩箱數	11~15	岩心深	40-60	公尺
施鑽日期	中華民國 102 年 03 月 04 日起 至 102 年 03 月 24 日			

照片 3-11　鑽探點 D2 岩心箱相片(40~60 公尺)

鑽孔地質柱狀圖

工程名稱：名竹盆地地下水源開發調查規劃

地點：彰化縣二水鄉濁水溪北岸旁　　日　期：1020304~1020324

鑽孔編號：D2　鑽孔標高：104.63 M 地下水位高程：97.51 M　專業技師：塗明寬　輸入人員：賴諭萱

深　度：100.00 M 座標系統：TW97　座　標 N：2631663.69　座　標 E：214303.37 鑽探公司：

深度 (m)	鑽孔水位	標準貫入	回收率(%)	RQD 25 50 75	RQD(%)	岩石不連續面	地質圖元	岩石或土壤性質描述
40			100					卵礫石夾黃棕色粗細砂
			100					
42			100					
			100					43.7 M
44			100		100			灰色泥岩含少量粉砂
			100		90			
46			100		70			
			100		70			
48			100		100			
			100		80			50.1 M
50			100					灰色砂岩 50.6 M
			100					卵礫石夾灰色粗細砂
52			100					
			100					
54			100					
			100					
56			100					
			100					57.3 M
58			100					灰色砂岩偶夾粗砂礫石
			100		100			
			100		90			59.45 M
60								灰色砂岩 64.5 M

圖 3-50　鑽探點 D2 地質柱狀圖(40~60 公尺)

工程名稱	名竹盆地地下水源開發調查規劃			
鑽孔編號	D2	總 深 度	100	公尺
岩 箱 數	16~20	岩 心 深	60-80	公尺
施鑽日期	中華民國 102 年 03 月 04 日起 至 102 年 03 月 24 日			

照片 3-12　鑽探點 D2 岩心箱相片(60~80 公尺)

鑽孔地質柱狀圖

工程名稱：名竹盆地地下水源開發調查規劃

地點：彰化縣二水鄉濁水溪北岸旁　　日　期：1020304~1020324

鑽孔編號：D2　鑽孔標高：104.63 M 地下水位高程：97.51 M　專業技師：塗明寬　輸入人員：賴瑜萱

深　度：100.00 M 座標系統：TW97　座　標 N：2631663.69　座　標 E：214303.37 鑽探公司：

深度(m)	鑽孔水位	標準貫入	回收率(%)	RQD (25 50 75)	RQD(%)	岩石不連續面	地質圖元	岩石或土壤性質描述
60			100		70			灰色砂岩
			100		100			
62			100		95			
			100		90			
64			100		100			64.5 M
			100		90			灰色砂岩夾層泥岩，偶而夾層礫石粗砂
66			100		100			
			100		100			
68			100		95			
			100		85			
70			100		100			
			100		100			72 M
72			100		100			礫石，灰色粗細砂岩
			100		100			
74			100		95			
			100		100			
76			100		95			77.2 M
			100		100			灰色砂岩偶而夾層灰色礫石粗砂岩
78			100		100			
			100		100			85.3 M
80								

圖 3-51　鑽探點 D2 地質柱狀圖(60~80 公尺)

工程名稱	名竹盆地地下水源開發調查規劃		
鑽孔編號	D2	總 深 度	100 公尺
岩 箱 數	21~25	岩 心 深	80-100 公尺
施鑽日期	中華民國 102 年 03 月 04 日起 至 102 年 03 月 24 日		

照片 3-13　鑽探點 D2 岩心箱相片(80~100 公尺)

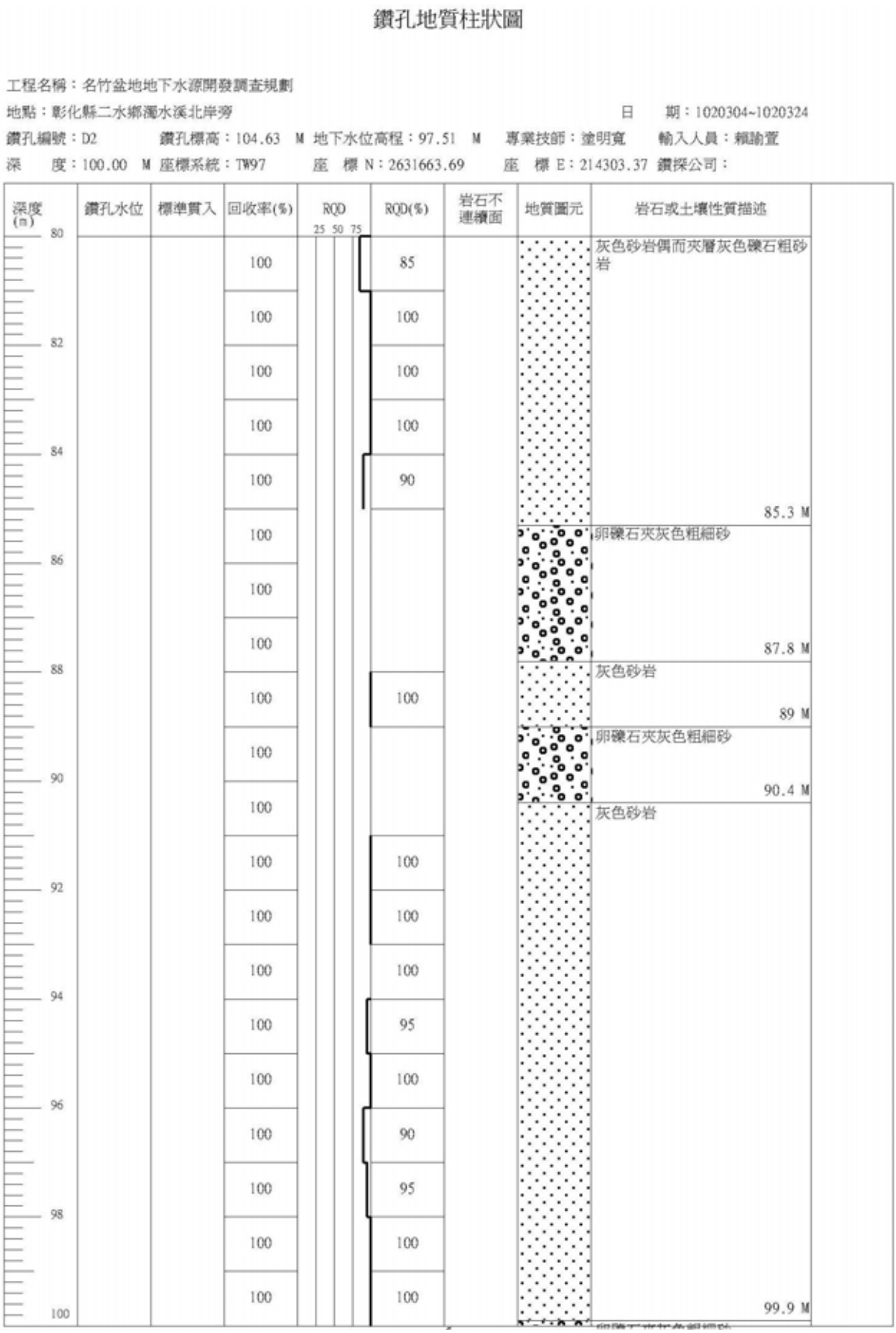


圖 3-52　鑽探點 D2 地質柱狀圖(80~100 公尺)

工程名稱	名竹盆地地下水源開發調查規劃		
鑽孔編號	D3	總 深 度	100 公尺
岩 箱 數	1~5	岩 心 深	0-20 公尺
施鑽日期	中華民國 102 年 01 月 31 日起 至 102 年 02 月 28 日		

照片 3-14　鑽探點 D3 岩心箱相片(0~20 公尺)

鑽孔地質柱狀圖

工程名稱：名竹盆地地下水源開發調查規劃

地點：南投縣竹山鎮　　日　期：1020131~1020228

鑽孔編號：D3　鑽孔標高：136.54 M 地下水位高程：119.19 M 專業技師：塗明寬　輸入人員：賴諭萱

深　度：100.00 M 座標系統：TW97　座　標 N：2629960.28　座　標 E：216636.25 鑽探公司：

深度 (m)	鑽孔水位	標準貫入	回收率(%)	RQD 25 50 75	RQD(%)	岩石不連續面	地質圖元	岩石或土壤性質描述
0			75					卵礫石夾棕黃色粗細砂
			70					
2			75					
			70					
4			70					
			70					
6			70					
			70					
8			70					
			70					
10			70					
			70					
12			70					
			70					
14			70					
			70					
16			70					
	▽ 102/04/22		75					
18			70					
			75					
20								76 M

圖 3-53　鑽探點 D3 地質柱狀圖(0~20 公尺)

工程名稱	名竹盆地地下水源開發調查規劃		
鑽孔編號	D3	總 深 度	100 公尺
岩 箱 數	6~10	岩 心 深	20-40 公尺
施鑽日期	中華民國 102 年 01 月 31 日起 至 102 年 02 月 28 日		

照片 3-15　鑽探點 D3 岩心箱相片(20~40 公尺)

鑽孔地質柱狀圖

工程名稱：名竹盆地地下水源開發調查規劃

地點：南投縣竹山鎮　　日　期：1020131~1020228

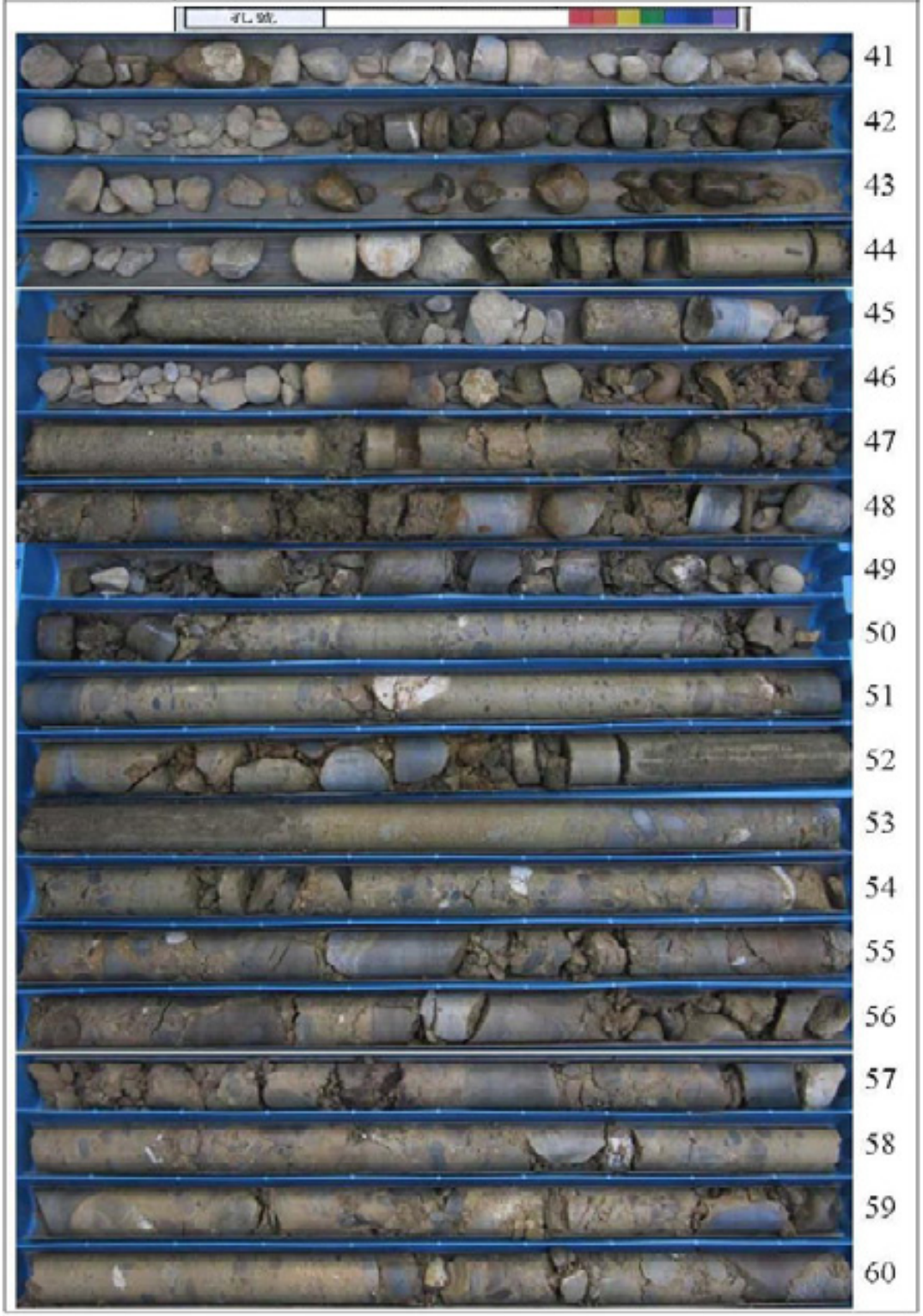
鑽孔編號：D3　鑽孔標高：136.54 M　地下水位高程：119.19 M　專業技師：塗明寬　輸入人員：賴諭萱

深　度：100.00 M　座標系統：TW97　座　標 N：2629960.28　座　標 E：216636.25　鑽探公司：

深度 (m)	鑽孔水位	標準貫入	回收率(%)	RQD 25 50 75	RQD(%)	岩石不連續面	地質圖元	岩石或土壤性質描述
20			70					卵礫石夾棕黃色粗細砂
			70					
22			70					
			75					
24			90					
			75					
26			80					
			70					
28			80					
			70					
30			70					
			70					
32			70					
			70					
34			70					
			70					
36			70					
			70					
38			70					
			70					
40			70					76 M

圖 3-54　鑽探點 D3 地質柱狀圖(20~40 公尺)

工程名稱	名竹盆地地下水源開發調查規劃			
鑽孔編號	D3	總 深 度	100	公尺
岩 箱 數	11~15	岩 心 深	40-60	公尺
施鑽日期	中華民國 102 年 01 月 31 日起 至 102 年 02 月 28 日			



照片 3-16　鑽探點 D3 岩心箱相片(40~60 公尺)

鑽孔地質柱狀圖

工程名稱：名竹盆地地下水源開發調查規劃

地點：南投縣竹山鎮　　日　期：1020131~1020228

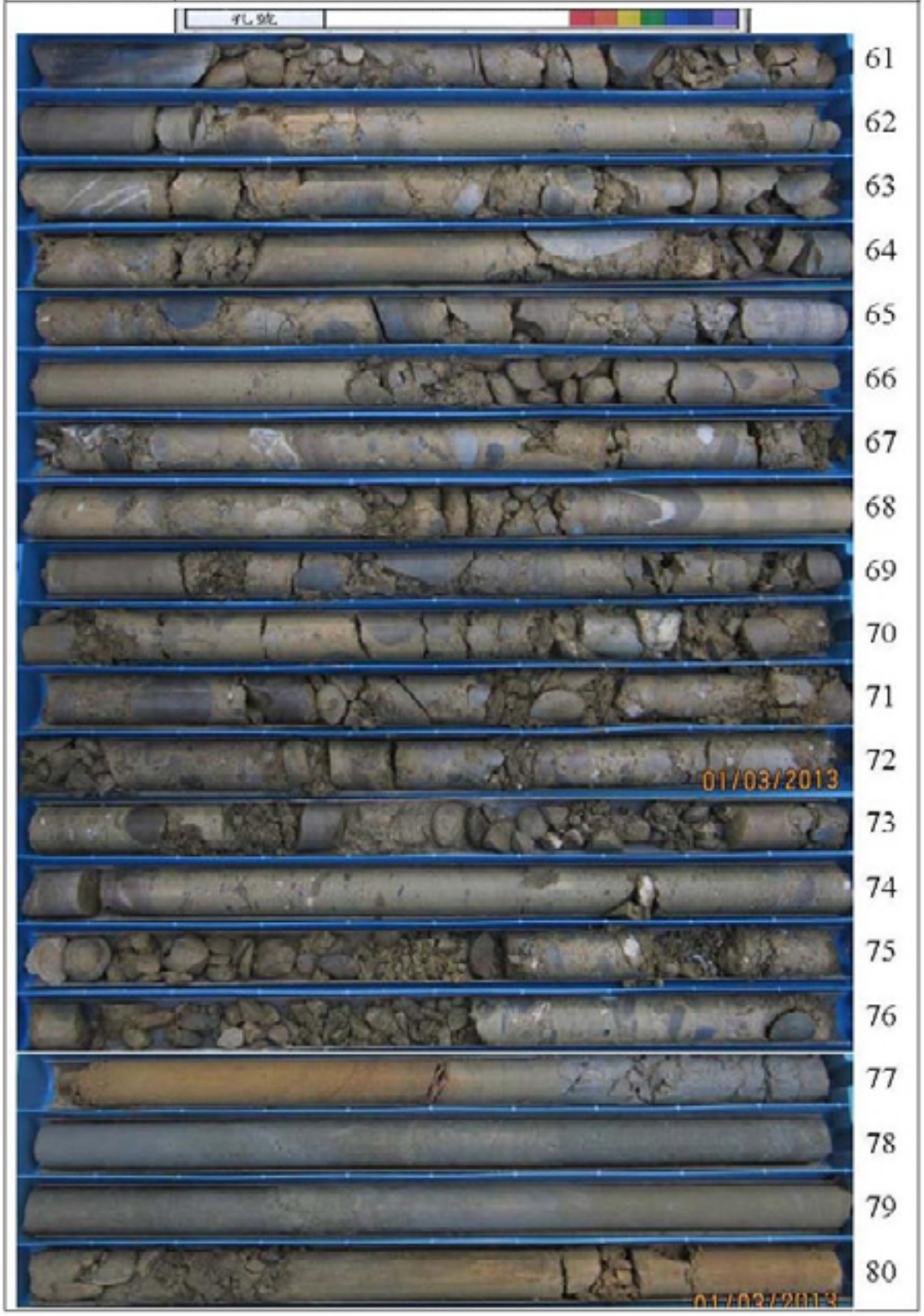
鑽孔編號：D3　鑽孔標高：136.54 M 地下水位高程：119.19 M 專業技師：塗明寬　輸入人員：賴諭萱

深　度：100.00 M 座標系統：TW97　座　標 N：2629960.28　座　標 E：216636.25 鑽探公司：

深度(m)	鑽孔水位	標準貫入	回收率(%)	RQD 25 50 75	RQD(%)	岩石不連續面	地質圖元	岩石或土壤性質描述
40			70					卵礫石夾棕黃色粗細砂
			70					
42			70					
			85					
44			90					
			80					
46			90					
			95					
48			90					
			95					
50			100					
			100					
52			100					
			100					
54			100					
			100					
56			100					
			100					
58			100					
			100					
60			100					76 M

圖 3-55　鑽探點 D3 地質柱狀圖(40~60 公尺)

工程名稱	名竹盆地地下水源開發調查規劃			
鑽孔編號	D3	總 深 度	100	公尺
岩 箱 數	16~20	岩 心 深	60-80	公尺
施鑽日期	中華民國 102 年 01 月 31 日起 至 102 年 02 月 28 日			



照片 3-17　鑽探點 D3 岩心箱相片(60~80 公尺)

鑽孔地質柱狀圖

工程名稱：名竹盆地地下水源開發調查規劃

地點：南投縣竹山鎮　　日　期：1020131~1020228

鑽孔編號：D3　鑽孔標高：136.54 M 地下水位高程：119.19 M 專業技師：塗明寬　輸入人員：賴諭萱

深　度：100.00 M 座標系統：TW97　座　標 N：2629960.28　座　標 E：216636.25 鑽探公司：

深度 (m)	鑽孔水位	標準貫入	回收率(%)	RQD 25 50 75	RQD(%)	岩石不連續面	地質圖元	岩石或土壤性質描述
60			100					卵礫石夾棕黃色粗細砂
			100					
62			100					
			100					
64			100					
			100					
66			100					
			100					
68			100					
			100					
70			100					
			100					
72			100					
			100					
74			100					
			100					
76			100					76 M
			100					棕黃色粉土質細砂夾灰色剪裂泥
78			100					
			100					
80			100					80 M

圖 3-56　鑽探點 D3 地質柱狀圖(60~80 公尺)

工程名稱	名竹盆地地下水源開發調查規劃			
鑽孔編號	D3	總 深 度	100	公尺
岩 箱 數	21~25	岩 心 深	80-100	公尺
施鑽日期	中華民國 102 年 01 月 31 日起 至 102 年 02 月 28 日			

照片 3-18　鑽探點 D3 岩心箱相片(80~100 公尺)

鑽孔地質柱狀圖

工程名稱：名竹盆地地下水源開發調查規劃

地點：南投縣竹山鎮　　日　期：1020131~1020228

鑽孔編號：D3　鑽孔標高：136.54 M 地下水位高程：119.19 M 專業技師：塗明寬　輸入人員：賴諭萱

深　度：100.00 M 座標系統：TW97　座　標 N：2629960.28　座　標 E：216636.25 鑽探公司：

深度 (m)	鑽孔水位	標準貫入	回收率(%)	RQD 25 50 75	RQD(%)	岩石不連續面	地質圖元	岩石或土壤性質描述
80			100					卵礫石夾棕黃色粗細砂
			100					
82			100					
			100					
84			100					
			100					
86			100					
			100					
88			100					
			100					
90			100					
			100					
92			100					
			100					
94			100					
			100					
96			100					
			100					
98			100					
			100					
100			100					100 M

圖 3-57　鑽探點 D3 地質柱狀圖(80~100 公尺)

4、電井測結果

本計畫針對地質鑽探井 D1 及 D3 進行電井測，此次電井測量測主要係以自然電位(SP)、正長矩與正短矩電阻(64” and 16”)、單極電阻(SPR)、溫度(T) 及自然伽瑪射線(NGAM)為主，沿井深量測地層之物理性變化情形，將此孔沿井深之量測值連續變化曲線，做量測點深度之修正後，綜合繪製得圖 3-59 至圖 3-60 所示之電井測測量結果曲線圖。

一般含淡水之泥層、砂層及礫石層之長短矩電阻率約為 20~50、40~80、60~400 OHMM。D1 電井測結果顯示，地表至深度 39.6 m 應為金屬保護套管處，所以導致電阻率極低與岩性所應表現特徵不符合。也由於金屬套管存在，自然伽瑪射線強度在穿透過金屬套管後被削弱為 40 API。深度 39.6~81.0 公尺處，其長短矩電阻率介於 120~350 OHMM，反映出礫石層特徵，也符合岩心取樣結果顯示此區段岩性為卵礫石夾棕黃色粗細砂。深度 81.0~83.5 公尺處，自然伽瑪射線強度增加，顯示岩性改變，黏土礦物增加；電阻率降低也顯示其透水性稍差於上下層礫石層。深度 83.5~100.0 公尺處，其長短矩電阻率介於 250~400 OHMM，反映出礫石層特徵並符合岩心取樣結果顯示此區段岩性為卵礫石夾棕色中粗砂層。

D3 電井測結果顯示，地表至深度 54.0 公尺應為金屬保護套管處，所以導致電阻率極低與岩性所應表現特徵不符合。也由於金屬套管存在，自然伽瑪射線強度在穿透過金屬套管後被削弱為 40 API。深度 54.0~76.0 公尺處，其長短矩電阻率介於 150~300 OHMM，反映出礫石層特徵，也符合岩心取樣結果顯示此區段岩性為卵礫石夾棕黃色粗細砂。深度 76.0~80.4 公尺處，自然伽瑪射線強度增加，顯示岩性改變，黏土礦物增加；

電阻率約為 20~80 OHMM 顯示其屬於砂層，透水性差於上層礫石層。深度 80.4~100.0 公尺處，其長短矩電阻率介於 70~250 OHMM，反映出礫石層特徵並符合岩心取樣結果顯示此區段岩性為卵礫石夾棕黃色粗細砂，但自然伽瑪射線強度顯示於 89.4~90.0 公尺處增加，顯示岩性改變，黏土礦物含量增加，對比岩心資料此區段夾有棕黃色粉土質細砂。

(a)D1 孔內井測施工照片

(b)D3 孔內井測施工照片

照片 3-19　孔內井測施工照片

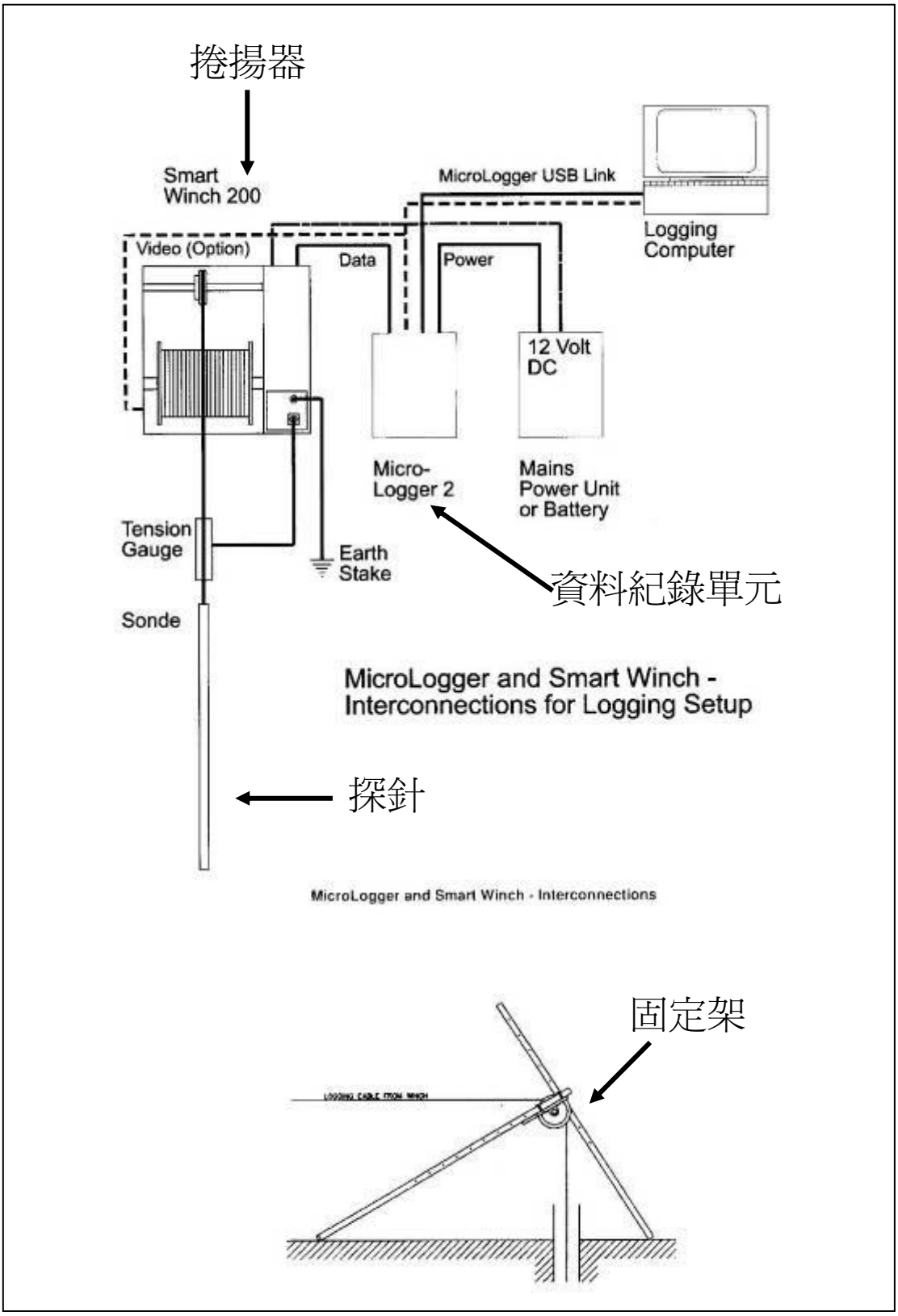


圖 3-58　電井測儀器配置圖

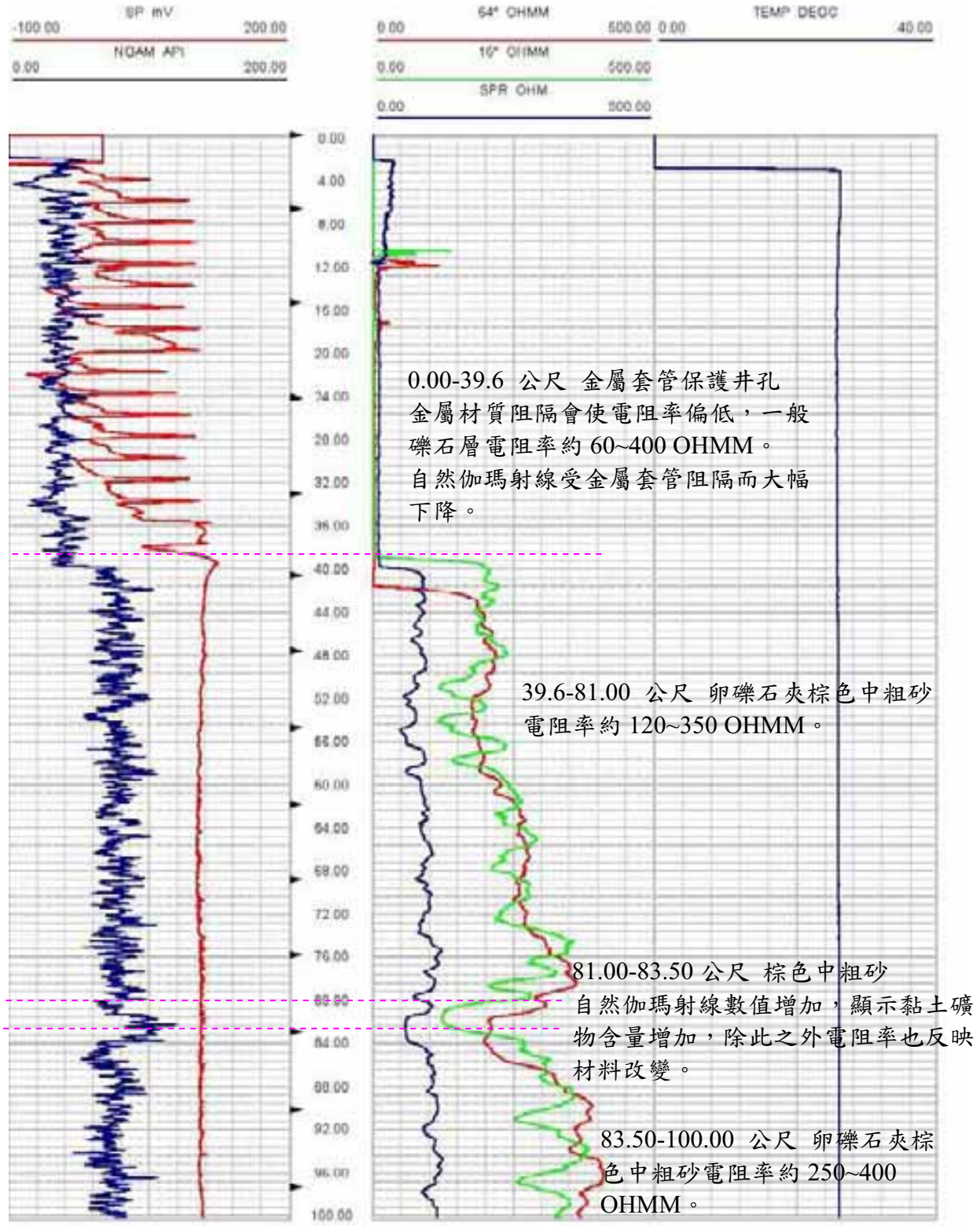


圖 3-59　D1 孔內井測測量結果曲線圖

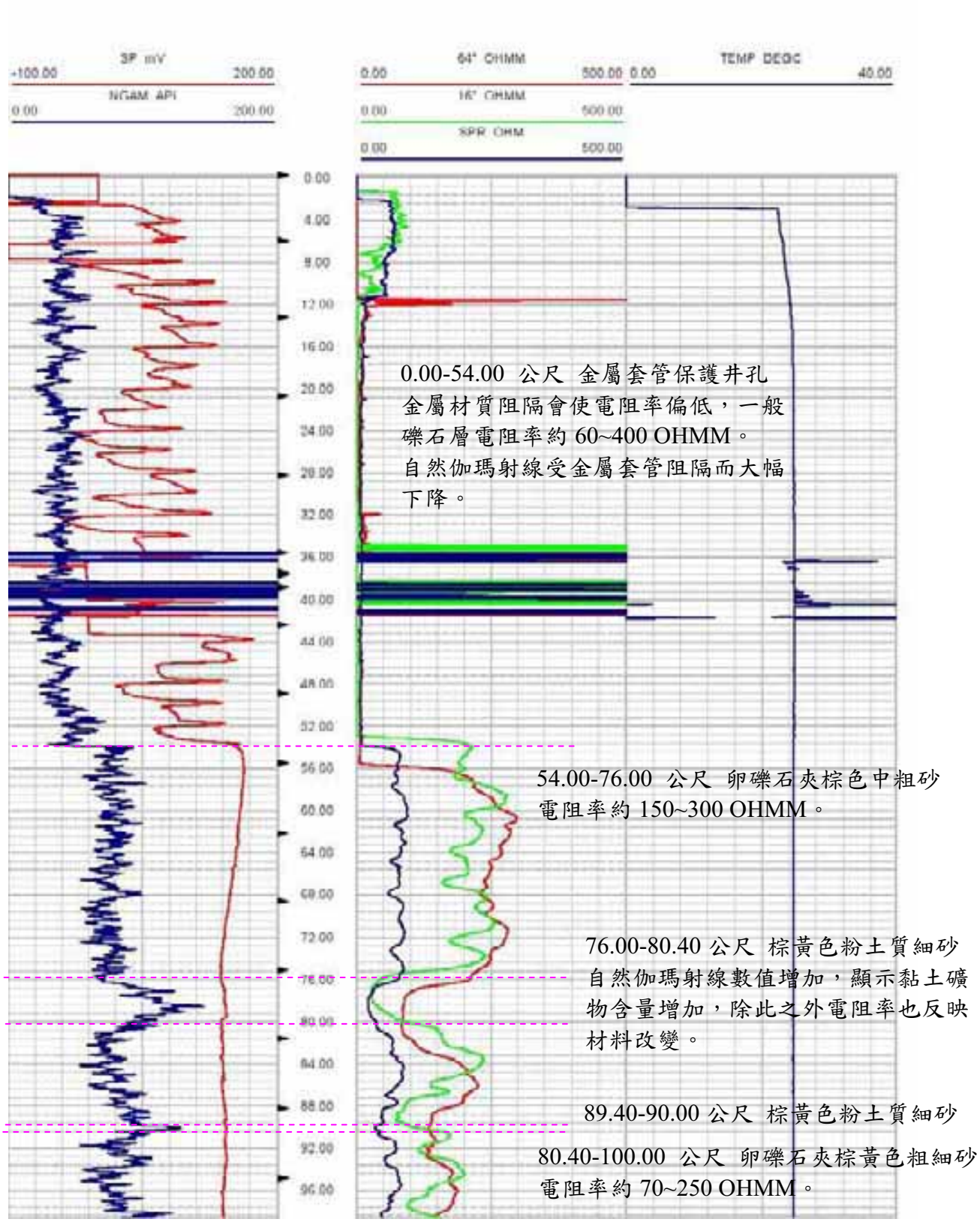


圖 3-60　D3 孔內井測測量結果曲線圖

5、定水頭法試驗結果

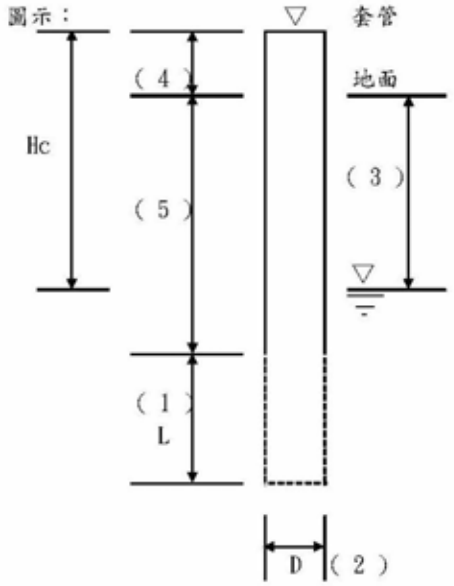
本計畫原預定根據地質技師建議於 D2 孔施作 3 組岩盤透水試驗，但鑽孔內之地質岩化與膠結並不完全，加壓過程中由於地層鬆軟而使得無法保持圍壓或地層破裂使壓力逸散，因此不宜施行此試驗，而轉而施行定水頭法試驗。

定水頭透水試驗(Hoek & Bray，1997)流程為在一口地下水觀測孔中設定固定水深(定水頭)汲水或注水，並量測其流量隨時間變化。利用此流量資料及合適的定水頭水井水力學理論推估地層水力傳導係數(K)值。本計畫定水頭試驗結果則如圖 3-61 至圖 3-63。水力傳導係數(K)分別為 2.51×10^{-5}(m/s)、1.15×10^{-5}(m/s)、6.87×10^{-5}(m/s) 。

現場透水試驗紀錄

工程名稱：名竹盆地地下水源開發調查規劃

圖示：



孔　　號：D2　　試驗種類：定水頭

日　　期：102.04.18

（ 1 ）試驗長度(L)：　0.5 m

試驗深度：　76.0 m至　76.5 m

（ 2 ）試驗孔徑(D)：　14.0 cm

（ 3 ）地下水位：　7.10 m

（ 4 ）孔口以上：　0.3 m

（ 5 ）孔口以下：　76.00 m

（ 4)&(5 ）套管長度：76.30 m

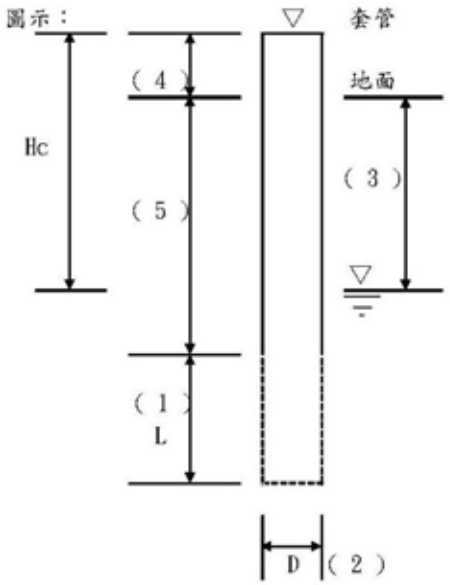
（ 6 ）地質概況：　礫石，灰色粗細砂岩

時間 分	時間 秒	讀數	定水頭試驗 透水量(公升)	透水係數 (cm/sec)	計算公式
	0	3856.0	0.0	0	$K = \frac{Q}{t*F*Hc}$
	30	3865.0	9.0	2.537E-03	
1	0	3873.0	17.0	2.396E-03	
2	0	3892.0	36.0	2.537E-03	
4	0	3931.0	75.0	2.643E-03	
8	0	3996.0	140.0	2.467E-03	$F = \frac{2*\pi*L}{\ln(2*L/D)}$
16	0	4138.0	282.0	2.484E-03	
32	0	4426.0	570.0	2.511E-03	By Hoek & Bray (1977)
					Result
					K= 2.511E-03 cm/sec

圖 3-61　D2 地質鑽探井定水頭試驗(深度 76 至 76.5m)

現場透水試驗紀錄

工程名稱：名竹盆地地下水源開發調查規劃



孔　　號：D2　　試驗種類：定水頭

日　　期：102.04.18

(1) 試驗長度(L)：　0.5 m

試驗深度：　62.0 m至　62.5 m

(2) 試驗孔徑(D)：　14.0 cm

(3) 地下水位：　7.10 m

(4) 孔口以上：　0.3 m

(5) 孔口以下：　62.00 m

(4)&(5) 套管長度：　62.30 m

(6) 地質概況：　灰色砂岩

時間 分	時間 秒	讀數	定水頭試驗 透水量(公升)	透水係數 (cm/sec)
	0	4572.0	0.0	0
	30	4576.0	4.0	1.128E-03
1	0	4581.0	9.0	1.269E-03
2	0	4587.0	15.0	1.057E-03
4	0	4604.0	32.0	1.128E-03
8	0	4639.0	67.0	1.180E-03
16	0	4699.0	127.0	1.119E-03
32	0	4833.0	261.0	1.150E-03

計算公式

$$K = \frac{Q}{t*F*Hc}$$

$$F = \frac{2*\pi*L}{\ln(2*L/D)}$$

By Hoek & Bray (1977)

Result

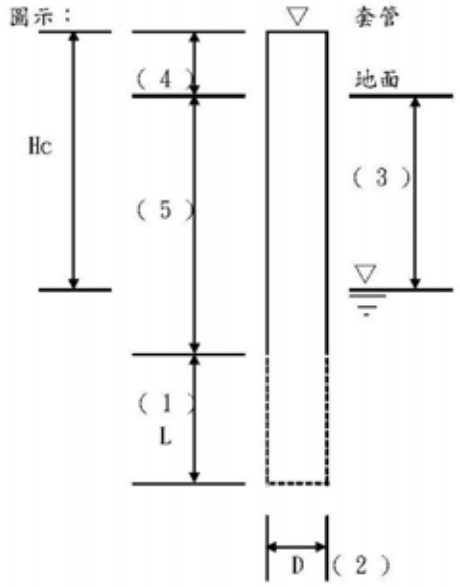
K= 1.147E-03 cm/sec

圖 3-62　D2 地質鑽探井定水頭試驗(深度 62 至 62.5m)

現場透水試驗紀錄

工程名稱：名竹盆地地下水源開發調查規劃

圖示：



孔　　號：D2　　試驗種類：定水頭

日　　期：102.04.18

(1) 試驗長度(L)：　0.5 m

試驗深度：　53.0 m至　53.5 m

(2) 試驗孔徑(D)：　14.0 cm

(3) 地下水位：　7.10 m

(4) 孔口以上：　0.3 m

(5) 孔口以下：　53.00 m

(4)&(5) 套管長度：53.30 m

(6) 地質概況：　卵礫石夾灰色粗細砂

時間 分	時間 秒	讀數	定水頭試驗透水量(公升)	透水係數 (cm/sec)	計算公式
	0	5022.0	0.0	0	$K = \frac{Q}{t*F*Hc}$
	30	5046.0	24.0	6.766E-03	
1	0	5075.0	53.0	7.471E-03	
2	0	5111.0	89.0	6.272E-03	
4	0	5217.0	195.0	6.871E-03	
8	0	5426.0	404.0	7.118E-03	$F = \frac{2*\pi*L}{\ln(2*L/D)}$
16	0	5784.0	762.0	6.713E-03	
32	0	6589.0	1567.0	6.902E-03	By Hoek & Bray (1977)
					Result K= 6.873E-03 cm/sec

圖 3-63　D2 地質鑽探井定水頭試驗(深度 53 至 53.5m)

四、水文地質參數探查

1、水文地質參數探查點位選定

本計畫今年度設置兩處 10 吋抽水試驗井，由於設置抽水試驗井之目的為求得水力傳導係數、流通係數及給水度，故選址原則除根據 IDW 法概念評估結果外，亦將考量以往曾施作區位(包括水利署觀測井、水資源局(水利署前身)1996 年設置抽水試驗井、地調所 2010 及 2011 年設置抽水試驗井均曾施作過，因各施作區位已可得知水文地質參數，需避免重複施作)，各選址原則說明如下：

(1)MC-Pt-101-1,(P1)：根據評估結果可知除Ⅱ及Ⅳ外，其他各區均曾有單位施作過抽水試驗，而Ⅱ之區位接近地調所設置之 N8 觀測井，其所得水文地質參數不致相差太多，故規劃於Ⅳ施作第一處抽水試驗，另經現場勘查選定 MC-Pt-101-1(P1)點為試驗點位，口徑為 10 吋。

(2)MC-Pt-101-2,(P2)：承上述，若於 MC-Pt-101-1(P1)施作抽水試驗後，則經 IDW 概念評估之各區均已可得水文地質參數，故第二個抽水試驗點位參考自來水公司欲於斗六堰附近施作寬口井之規劃，口徑為 10 吋，藉本計畫於附近施作抽水試驗可瞭解該區之水文地質狀況，提供該單位未來取水之建議。

各抽水試驗井之布置如圖 3-64 所示，另每口抽水井之上、下游各布設 1 口觀測井分別為 MC-PtO-101-1.1(P1m1)(上游側)、MC-PtO-101-1.2(P1m2)(下游側)、MC-PtO-101-2.1(P2m1)(上游側)及 MC-PtO-101-2.2(P2m2)(下游側)，其口徑為 4 吋，各抽水試驗井及其觀測井位置設井前土地情況如照片 3-20。

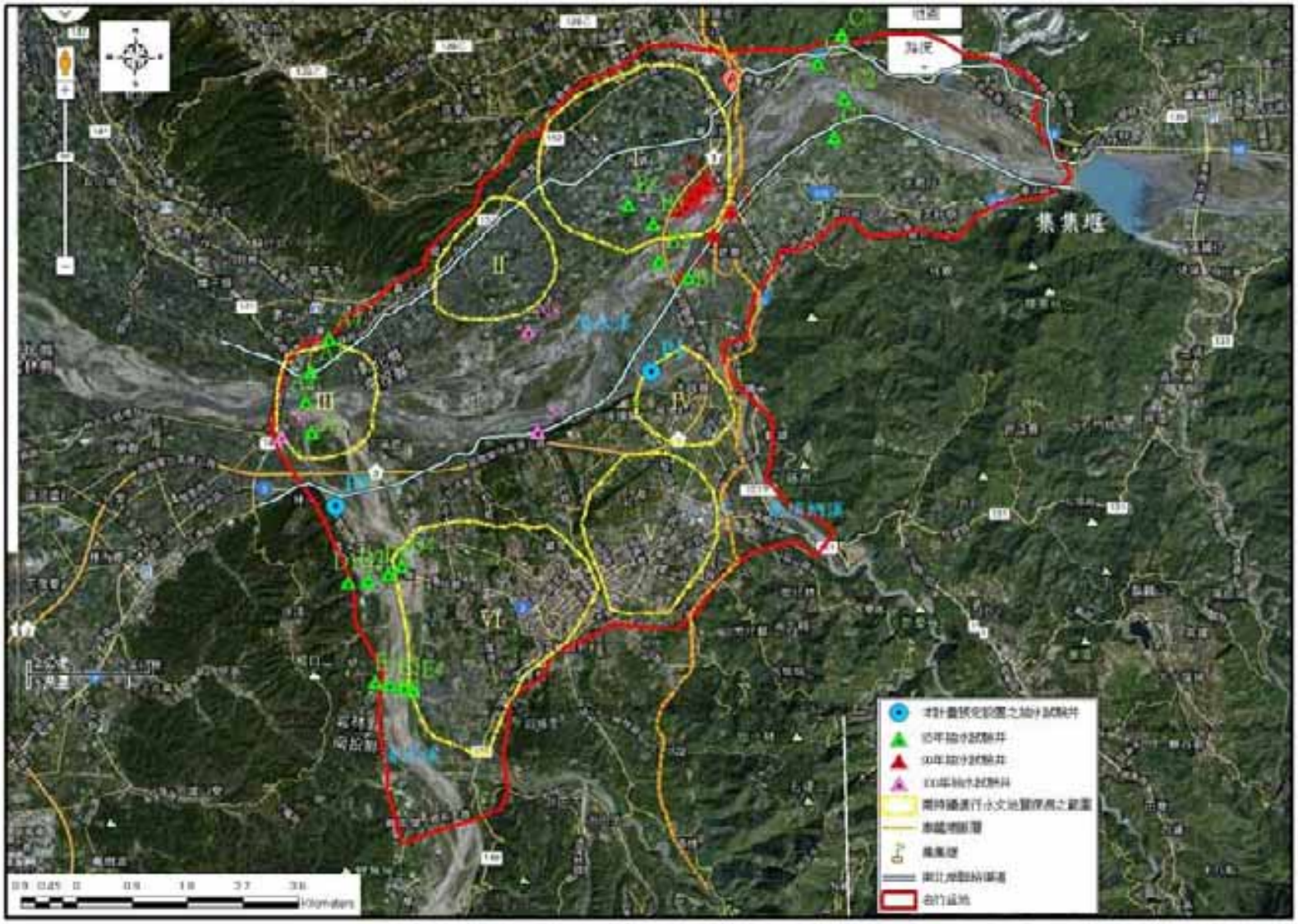


圖 3-64　名竹盆地歷年已施作及本計畫施作之抽水試驗井位置圖

(a) MC-Pt-101-1 (P1)(抽水試驗井)

(b) MC-PtO-101-1.1(P1m1)(抽水試驗井之上游觀測井)

(c) MC-PtO-101-1.2(P1m2)(抽水試驗井之下游觀測井)

(d) MC-Pt-101-2(P2)(抽水試驗井)

(e) MC-PtO-101-2.1(P2m1)(抽水試驗井之上游觀測井)

(f) MC-PtO-101-2 .2(P2m2)(抽水試驗井之下游觀測井)

照片 3-20　本計畫抽水試驗井場址施作前現場狀況

2、水文地質參數探查方法

本計畫以抽水試驗方法進行水文地質參數探查，其抽水試驗及分析方法說明如下：

(1)抽水試驗方法

抽水試驗方法係於抽水井中以抽水方式量測附近觀測井中水位洩降情況，後續配合水井力學理論推估水文地質參數。由於抽水井中的洩降包括流經含水層的能量損失，以及井內及流經井篩的摩擦損失，因此以抽水井洩降來推估參數易造成較大誤差，因此本計畫將於抽水井旁再設置觀測井，觀測井設置原則將配合地下水流向，於抽水井上、下游各設置 1 口簡易觀測井，並依觀測井水位洩降資料作為水文地質參數之推估，其推估水文地質參數包含水力傳導係數(K)、流通係數(T)、儲水係數(S)及抽水井井體安全出水量等。因此，本抽水試驗將以分級、定量及水位回復試水試驗等三階段進行分析。抽水試驗儀器架設示意圖如圖 3-65 所示，各項階段試驗方法則簡述如下：

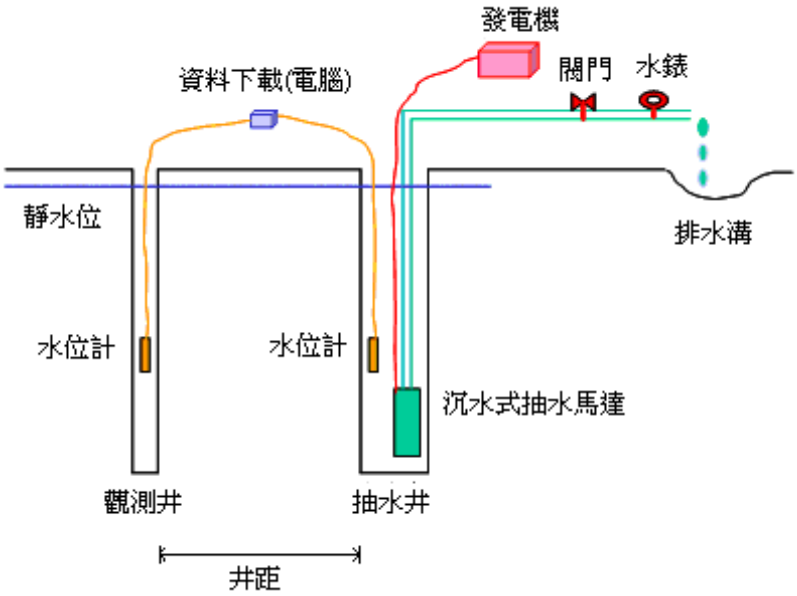


圖 3-65　抽水試驗儀器架設示意圖

A、分級試水試驗

分級抽水試驗為瞭解井體之安全出水量，以決定適當之抽水量，另考量抽水機馬力和出水狀況，全程分為 4 級抽水，水量由小而大依序連續抽水，本次試驗各級抽水持續時間為 200 分鐘，並記錄各級抽水量與抽水井及觀測井水位洩降量。分級試水試驗操作如下：

(A)測試水位計或水壓計是否正常可運作。

(B)等待及確認地下水位處於靜水位狀態後，才能開始以下操作。

(C)以抽水量 Q1 至 Q4 由小而大依序連續抽水，每一級抽水時間以 200 分鐘為原則，若 200 分鐘內抽水洩降情形達到穩態時，則可調整變換至較大一級之抽水量。

(D)自記式水位計量測地下水位之時間，每一級均為 2、4、6、8、10、15、20、30、40、50、75、100、125、150、175、200 分鐘。

(E)調整變換至較大一級之抽水量時，須於 2 分鐘內定妥。

B、定量抽水試驗

根據分級抽水試驗之結果，決定一適當抽水量，作連續長期定量抽水，以求取含水層之水文特性，如流通係數(T)和儲水係數(S)。其以定量抽水率抽水，並觀測水位洩降，持續至穩定狀態，本次試驗定量抽水持續時間為 72 小時。定量抽水試驗流程如圖 3-66 所示，抽水試驗設備與步驟如下所述：

(A)抽水試驗開始前，必須先將抽水設備、水位監測設備

及流量監測設備進行維護作業，待設備確認無誤後便可進行設備架設。

(B)於抽水井及觀測井架設自計式水位計，並設定紀錄頻率及試驗開始時間。

(C)抽水井初始水位量測，並架設發電機、排水管及沉水式抽水馬達。

(D)抽水馬達開啟後，以水位監測設備進行抽水井水位監測(h_i)及進行流量監測(Q_i)。

(E)以流量監測設備進行抽水井流量監測，且固定其抽水井流量，以達抽水流量之穩定，當抽水井之流量變化低於 2%，且抽水井之水位洩降量小於 2%時，則代表水位趨於穩定。

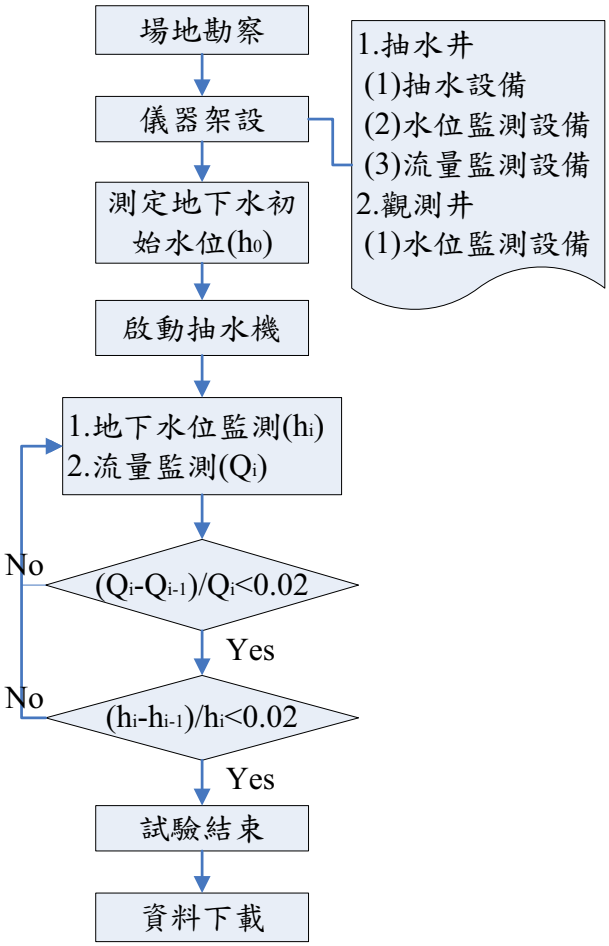


圖 3-66　定量抽水試驗步驟

C、水位回復試驗

待定量抽水試驗結束，關閉抽水機，隨即觀測記錄水位之回復情形，持續至穩定狀態，藉以檢核含水層流通係數，本次試驗回水持續時間為 24 小時。

(2)資料分析方法

水文地質參數分析方法係依據達西定律及質量守恆定律條件下進行分析，國內較常用分析方法係依據 Theis(1935)及 Cooper-Jacob(1946)近似解分析試驗結果，以獲取含水層水文地質參數。

A、Theis 水井曲線法

Theis 非穩定流井公式之基本假設如圖 3-67 所示。進行拘限含水層的抽水試驗時，其初始水位洩降資料受延遲出水（鑽孔內的蓄水（Bore-hole storage））影響小，故初始水位洩降資料可以利用 Theis 方法估算 T 與 S，Theis 方程式如下所述：

$$s(t) = h_0 - h(t) = \frac{Q}{4\pi T} W(u) = \frac{Q}{4\pi T} \int_u^{\infty} \frac{e^{-u}}{u} du \qquad \text{(式 3-7)}$$

式中，s(t)為觀測井中 t 時間之水位洩降量(drawdown)；h_0 為抽水前之初始水頭；h(t)為監測井中 t 時間之水頭；Q 為抽水時之恆定流量；T 為流通係數（transmissivity），其中 u 及水井函數 W(u)可由下式計算求得：

$$u = \frac{r^2 S}{4Tt}$$

$$W(u) = -0.5772 - \ln u + u - \frac{u^2}{2 \cdot 2!} + \frac{u^3}{3 \cdot 3!} - \frac{u^4}{4 \cdot 4!} + \ldots \qquad \text{(式 3-8)}$$

其中，S 為含水層儲水係數(coefficient of storage)；r 為抽水井與觀測井中心距離。

將式 3-7 及式 3-8 取對數後分別改寫成

$$\log s = \log \frac{Q}{4\pi T} + \log W(u) \qquad \text{(式 3-9)}$$

$$\log \frac{r^2}{t} = \log \frac{4T}{S} + \log u \qquad \text{(式 3-10)}$$

其中 Q 為定流量、T 為流通係數、S 為儲水係數，均為常數值，所以 s(t)對 r^2/t 的關係圖必定會與 w(u)對 u 之關係圖相似。因此，Theis 建議將 s(t)對 r^2/t 的關係圖與 w(u)對 u 之關係圖分別繪於相同尺度的兩個半對數座標圖上，將兩張圖上曲線進行擬合比較找出最相似的部分重疊放置，如圖 3-68 所示，然後任選圖上的任一點，即可獲得一組相對應的 s(t)、r^2/t、w(u)及 u 值，並代入式 3-7 及式 3-8 即可求得流通係數 T 及儲水係數 S。

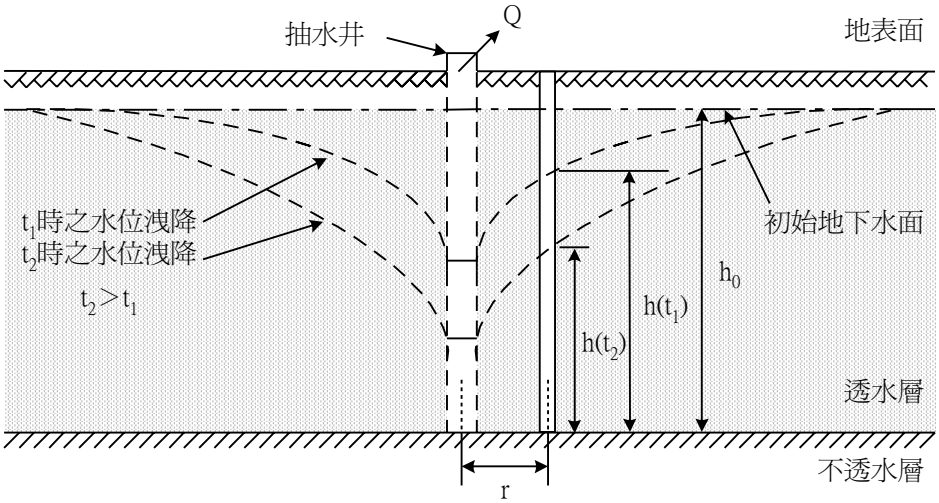


圖 3-67　非穩定流之現地抽水試驗示意圖

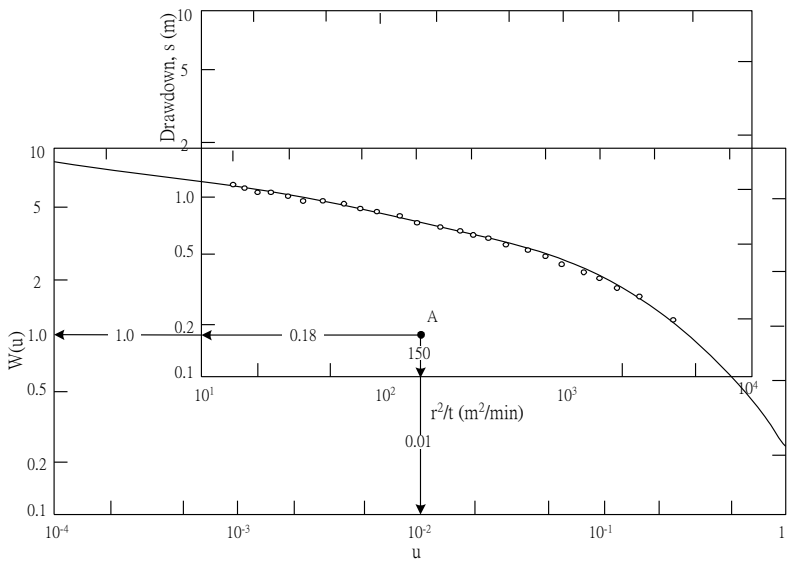


圖 3-68　Theis 曲線疊合法示意圖

B、Cooper-Jacob 方法

依 Theis 水井曲線法分析時，當 r 值較小或 t 值過大時，其對應之 u 值很小，所以 Theis 水井函數(如式 3-8)之高次項計算時可忽略不計。Cooper and Jacob 建議可將 Theis 井函數公式簡化如下式：

$$W(u) = -0.5772 - \ln\frac{r^2 S}{4Tt} \qquad \text{(式 3-11)}$$

將式(3-11)代入式(3-7)時，經合併後 Theis 法可簡化成：

$$s = \frac{Q}{4\pi T}(-0.5772 - \ln\frac{r^2 S}{4Tt}) = \frac{2.3}{4\pi T}\log\frac{2.25Tt}{r^2 S} \qquad \text{(式 3-12)}$$

因此，s 對 logt 在半對數上之關係便會近似一直線，如圖 3-69 所示。延伸這條直線至橫軸上可得知 $t=t_0$ 時 s=0，當代入(式 3-12)可得儲水係數 S 值，如下式：

$$S = \frac{2.25Tt_0}{r^2} \qquad \text{(式 3-13)}$$

若 $t/t_0=10$ 時，則 $\log t/t_0=1$。因此，若以△s 取代 s，則

式 3-12 可簡化成：

$$T = \frac{2.30Q}{4\pi\Delta s} \qquad \text{(式 3-14)}$$

依式 3-13 及式 3-14 可供作為流通係數 T 及儲水係數 S 值之求得。Cooper-Jacob 方法使用 $u=r^2S/4Tt$ 值必須小於 0.01，故運用此法分析水力參數時，必須對於分析結果詳加檢核是否符合該限制條件以避免誤差過大情形發生。

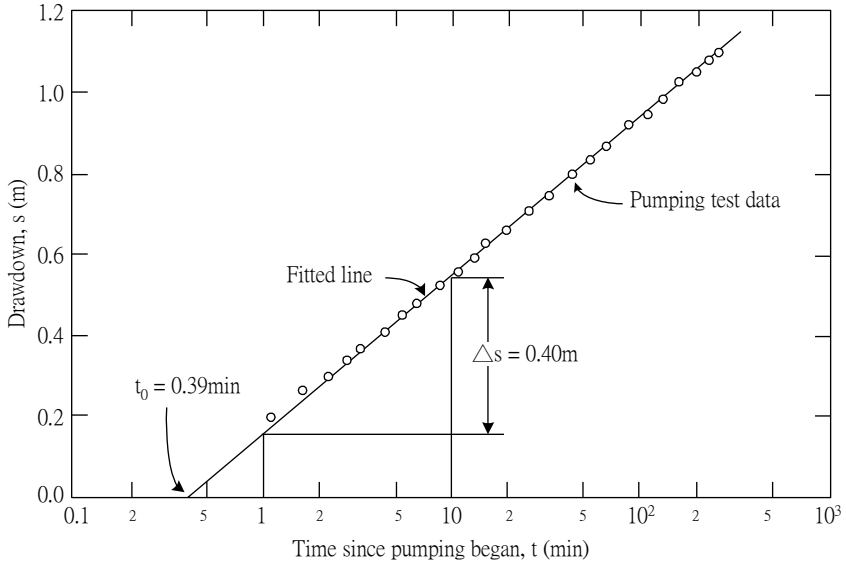


圖 3-69　Cooper-Jacob 法示意圖

Theis 水井曲線法及 Cooper-Jacob 方法中之含水層均假設為侷限含水層，然而自然界中含水層多為非侷限含水層。故本計畫採用 Jacob(1944)理論中指出在非侷限含水層中當所量測地下水位洩降量相當小時，此非拘限含水層可視為一侷限含水層，其地下水位洩降量須予以修正。修正公式如下式：

$$s' = s - \left(s^2/2D\right) \qquad \text{(式 3-15)}$$

其中，s' 為修正後地下水位洩降量，D 為含水層厚度。

C、Neuman 方法

Theis 水井曲線法及 Cooper-Jacob 方法應用於非侷限含水層均需滿足洩降量與含水層厚度相較甚小之要求，針對非侷限含水層 Neuman 於 1975 年曾提出抽水試驗分析法，係採標準曲線疊合法(curve-fitting method)，Neuman 之洩降方程式如下所示：(Kruseman, 1994)

$$s = \frac{Q}{4\pi KD} W(u_A, u_B, \beta) \qquad \text{(式 3-16)}$$

其中 Q 為抽水量，K 為水力傳導係數，D 為含水層厚度，$W(u_A, u_B, \beta)$則為水井函數，且 u_A、u_B、β均為常數。

對於試驗初期情況，上式可簡寫為：

$$s = \frac{Q}{4\pi KD} W(u_A, \beta) \qquad \text{(式 3-17)}$$

其中 $u_A = \frac{r^2 S_A}{4KDt}$，而 S_A 則為彈性儲水係數(elastic storativity)。

對於試驗後期情況，則式 3-16 則可簡寫為下式：

$$s = \frac{Q}{4\pi KD} W(u_B, \beta) \qquad \text{(式 3-18)}$$

其中 $u_B = \frac{r^2 S_Y}{4KDt}$，而 S_Y 為比出水量(specific yield)。

3、水文地質參數探查成果及分析

(1)抽水試驗井

A、試驗作業

本計畫以抽水試驗進行水文地質參數探查，本抽水試驗首先進行不同水量(由小到大)的分級試水，藉地下水的洩降情形以確定水井安全出水量。根據分級抽水結果，決定一適當抽水量連續長時間定量試水，觀測水位洩降情形。

並將試水結果點繪成半對數洩降-時間曲線，用以計算地層水理參數。定量試水終了時，可隨即觀測記錄水位之回升情形，藉以校核地層水理參數。

本次抽水試驗共進行兩組，試驗主要目的為瞭解水文地質參數，以供後續分析該區域地下水資源開發工程規劃設計參考，抽水井及抽試觀測井的配置與間距詳如下表 3-11 所示。

表 3-11　抽水試驗配置與間距表

抽水試驗	設施名稱	距離抽水井間距(m)	設施用途
第一組	抽水井 (P1)	0	抽水降壓
	水位觀測井 (P1M1)	20.96	觀測抽水造成之洩降狀況
	水位觀測井 (P1M2)	8.99	觀測抽水造成之洩降狀況
第二組	抽水井 (P2)	0	抽水降壓
	水位觀測井 (P2M1)	17.94	觀測抽水造成之洩降狀況
	水位觀測井 (P2M2)	18.20	觀測抽水造成之洩降狀況

本計畫執行 P1 分級試水的試驗日期為今(2013)年 3 月 20 日，P2 的試驗日期為 3 月 6 日，P1 的定量抽水試驗日期為 3 月 20 日至 3 月 23 日，回升試水日期為 3 月 23 日至 3 月 24 日。P2 的定量抽水試驗日期為 3 月 7 日至 3 月 10 日，回升試水日期為 3 月 10 日至 3 月 11 日。試驗的相關設定說明如表 3-12 及表 3-13。

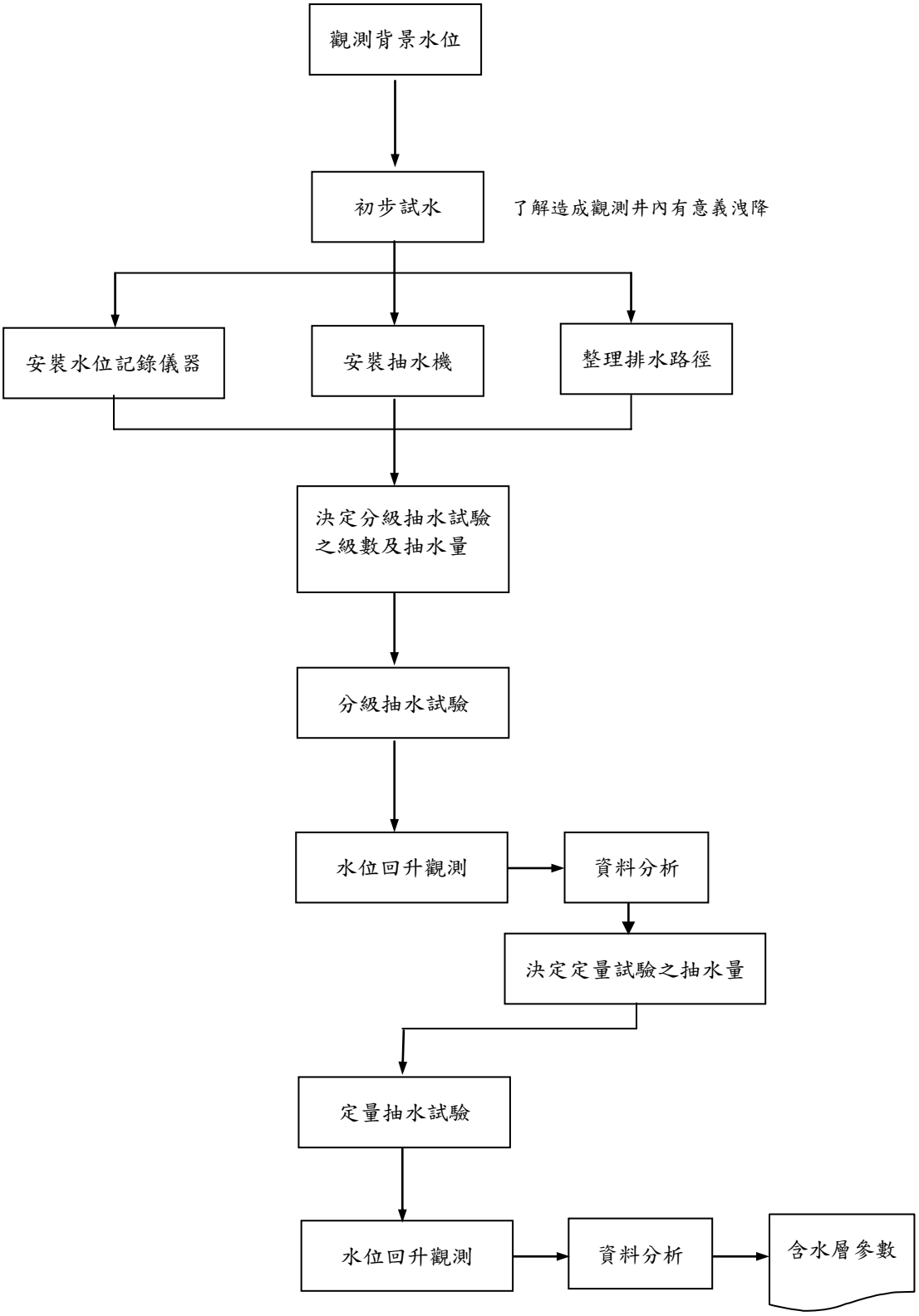


圖 3-70　抽水試驗工作流程圖

表 3-12　P1 抽水試驗記錄表

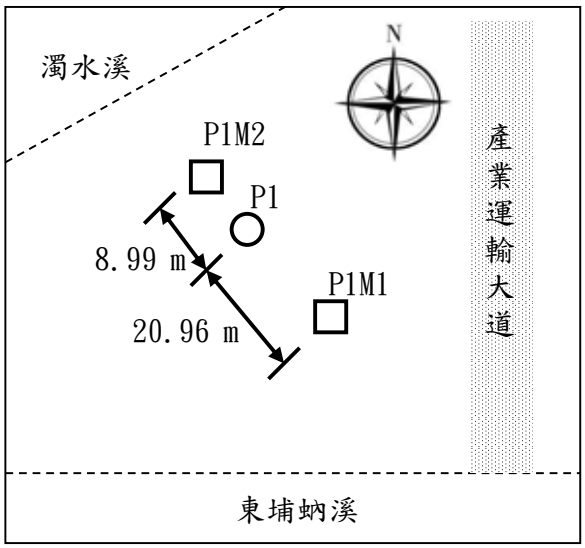
工程名稱：名竹盆地地下水源開發調查規劃			合約編號：	
業　　主：經濟部水利署水利規劃試驗所			試驗日期：	2013 年 03 月 20 日 起至 2013 年 03 月 24 日 止
執行單位：井帝工程股份有限公司				
試驗位置：東埔蚋溪與濁水溪交會處				
井編號	抽水井 P1	抽水井口徑：10”	井深：30.91 m	抽水井材質：PVC
		井篩管縫寬：2.0 mm	井篩管長：18m	抽水井篩管材質：PVC
	觀測井 P1M1	井口徑：4”	井深：30.65 m	觀測井材質：PVC
		井篩管縫寬：2.0 mm	井篩管長：10m	觀測井篩管材質：PVC
	觀測井 P1M2	井口徑：4”	井深：31.83 m	觀測井材質：PVC
		井篩管縫寬：2.0 mm	井篩管長：10m	觀測井篩管材質：PVC
抽水機口徑：	3”(10Hp)			
抽水機放置深度：	管頂 -24m			
抽水機現場啟動 10 分鐘最大出水量	54.80CMH			
流量計：	Siemens SITRANS FM Magflo			
電子式水位計：	Diver 3 支			
資料收集處理軟體：	Van Essen Instruments, Logger Data Manager			

抽水井分級抽水試驗簡述：

	分級水量	開始時間	結束時間	水位計讀數	最後洩降	備　註
1	22.18 m³/hr	03/20 12：35	13：45	2620	1.90	
2	33.90 m³/hr	13：46	14：55	2432	3.78	
3	44.10 m³/hr	14：56	16：55	2156	6.54	
4	54.80 m³/hr	16：56	18：55	1893	9.17	

定量抽水試驗簡述：

水井、觀測井相對位置簡圖



試驗前地下水位：(03/20，20:00 量測)
P1 抽水井，地表-4.91m
P1M1 觀測井，地表-4.30m
P1M2 觀測井，地表-4.84m

抽水量：55 m³/hr
試驗開始時間：03/20，20:00
試驗結束時間：03/23，17:54
共歷時：4195 min

水位回升試驗：
試驗開始時間：03/23，17:54
試驗結束時間：03/24，15:46
共歷時：1312 min

表 3-13　P2 抽水試驗記錄表

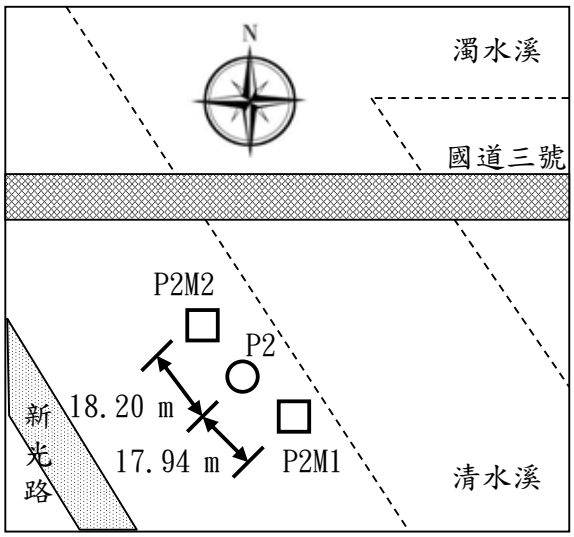
工程名稱：名竹盆地地下水源開發調查規劃			合約編號：	
業　　主：經濟部水利署水利規劃試驗所			試驗日期：	2013 年 03 月 06 日 起至 2013 年 03 月 11 日 止
執行單位：井帝工程股份有限公司				
試驗位置：清水溪與濁水溪交會處				
井編號	抽水井 P2	抽水井口徑：10”	井深：30.85 m	抽水井材質：PVC
		井篩管縫寬：2.0 mm	井篩管長：18m	抽水井篩管材質：PVC
	觀測井 P2M1	井口徑：4”	井深：31.40 m	觀測井材質：PVC
		井篩管縫寬：2.0 mm	井篩管長：10m	觀測井篩管材質：PVC
	觀測井 P2M2	井口徑：4”	井深：31.60 m	觀測井材質：PVC
		井篩管縫寬：2.0 mm	井篩管長：10m	觀測井篩管材質：PVC
抽水機口徑：	1”(1Hp)			
抽水機放置深度：	管頂 -29m			
抽水機現場啟動 10 分鐘最大出水量	0.92CMH			
流量計：	Siemens SITRANS FM Magflo			
電子式水位計：	Diver 3 支			
資料收集處理軟體：	Van Essen Instruments, Logger Data Manager			

抽水井分級抽水試驗簡述：

	分級水量	開始時間	結束時間	水位計讀數	最後洩降	備　註
1	0.37 m³/hr	03/06 13：10	16：30	2436	2.72	
2	0.56 m³/hr	16：31	19：50	2260	4.48	
3	0.74 m³/hr	19：51	23：10	2055	6.53	
4	0.92 m³/hr	23：11	03/07 02：30	1809	8.99	

定量抽水試驗簡述：

水井、觀測井相對位置簡圖



試驗前地下水位：(03/07，09:35 量測)
P2 抽水井，地表-11.08m
P2M1 觀測井，地表-12.46m
P2M2 觀測井，地表-10.38m

抽水量：0.92 m³/hr
試驗開始時間：03/07，09:35
試驗結束時間：03/10，09:43
共歷時：4328 min

水位回升試驗：
試驗開始時間：03/10，09:43
試驗結束時間：03/11，08:22
共歷時：1359 min

B、抽水試驗分析

(A)分級試水

分級抽水試驗的目的是為檢驗水井效能，同時提供選擇水井最佳抽水量的參考。Jacob (1946)認為井內洩降可以下列方程式表示：

$$s = BQ + CQ^2 \qquad (式3\text{-}19)$$

其中 s 為地下水水位洩降量

Q 為抽水量

BQ 為含水層洩降損失 (aquifer loss)，主要為層流(laminar flow)洩降所造成。

CQ^2 為水井損失(well loss)，主要為擾流水頭損失所造成

P1 與 P2 井分級抽水試驗之洩降曲線及各級抽水在抽水後 100 與 200 分鐘之水位洩降差，如圖 3-71 與圖 3-72 所示。

Bierschenk(1964)將上式改寫為：

$$s/Q = CQ + B \qquad (式3\text{-}20)$$

其中 B 為水層損失係數，C 為水井損失係數，可以圖解法求出 B 和 C 值（參考自 Driscoll, 1986）。

圖 3-73 與圖 3-74 乃根據上式將 P1 與 P2 之分級抽水試驗結果，以 s/Q 為 Y 軸，Q 為 X 軸作圖，資料點之趨勢直線斜率為 C，與 Y 軸之截點為 B。資料分析結果顯示現有主井之抽水量應未超出安全出水量，故保守取最大水井抽水量為安全出水量。

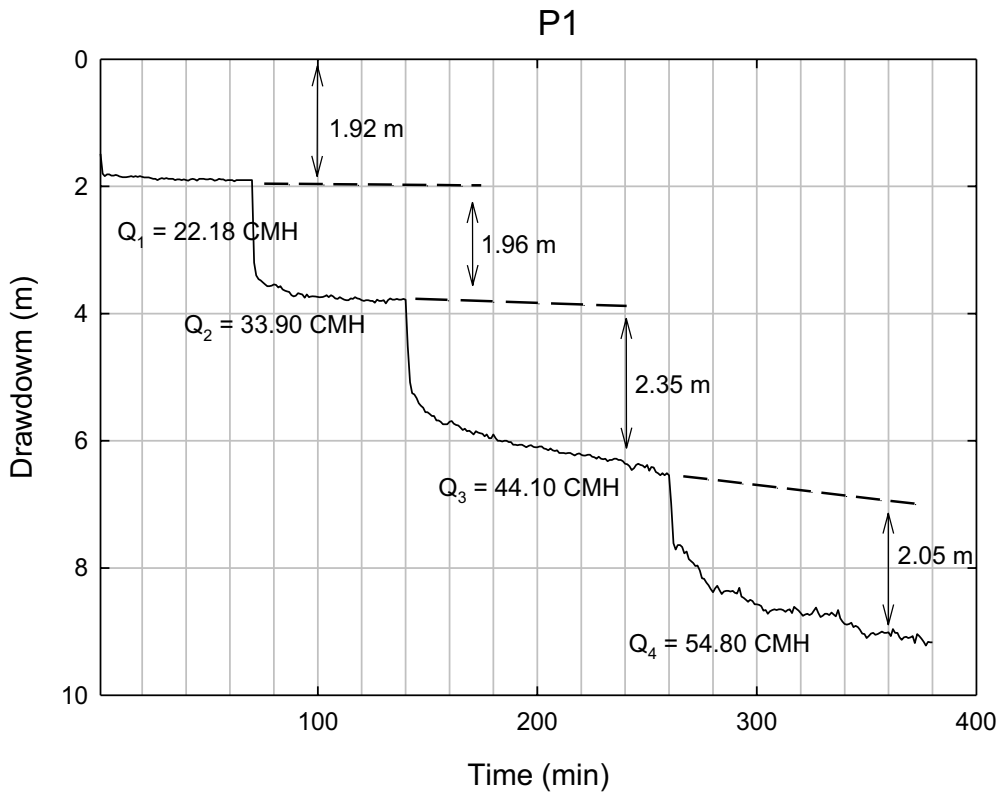


圖 3-71　P1 井分級抽水試驗之洩降曲線

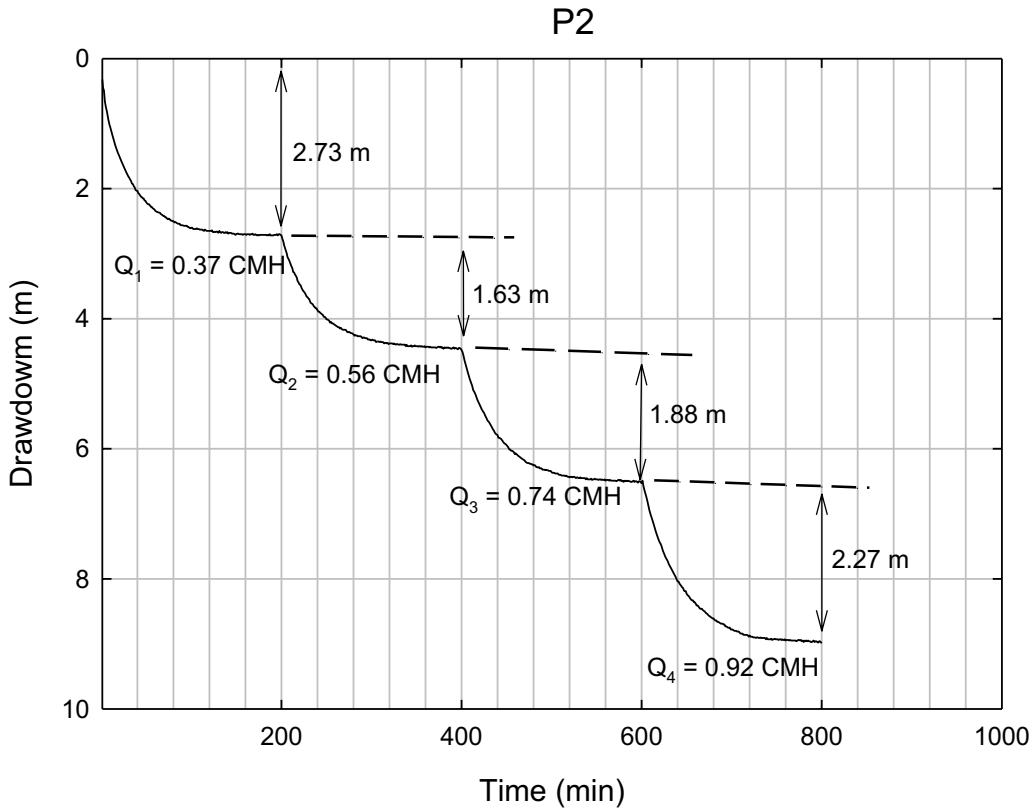


圖 3-72　P2 井分級抽水試驗之洩降曲線

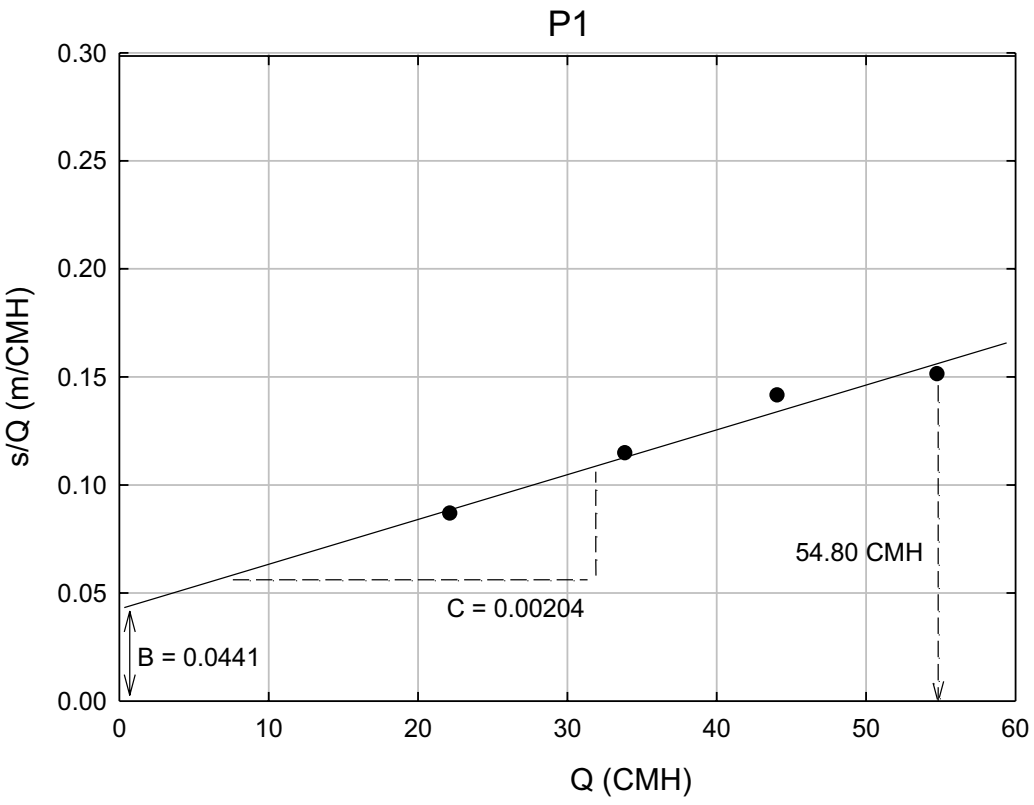


圖 3-73　P1 井水井損失曲線

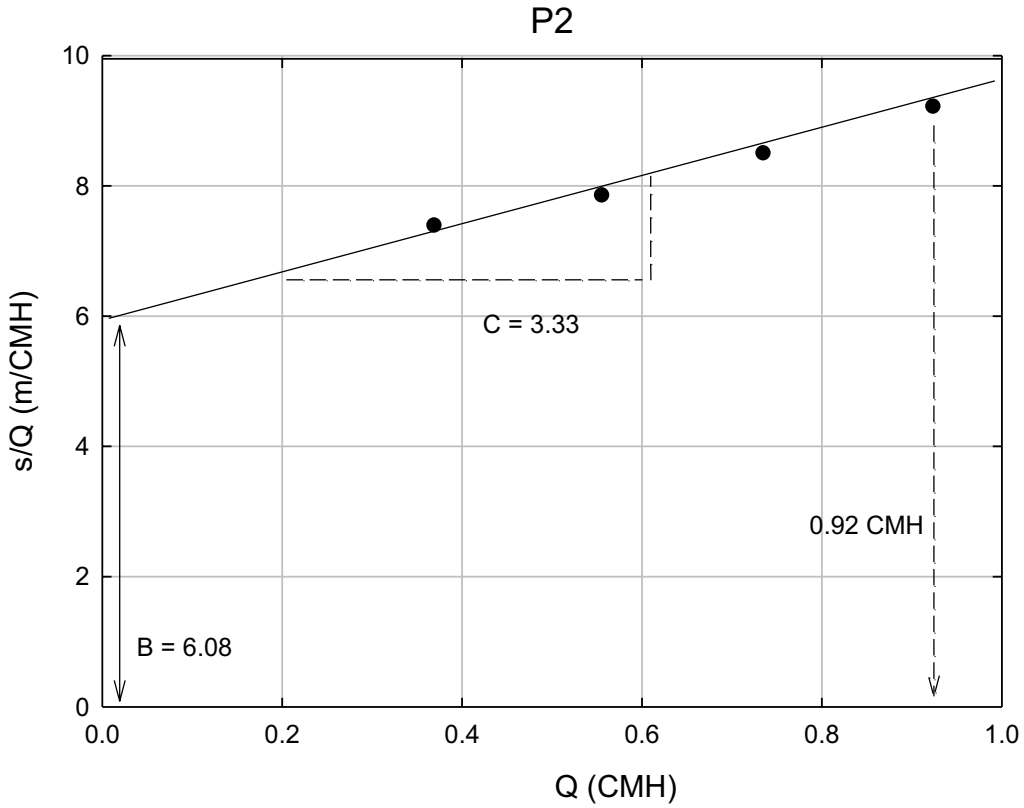


圖 3-74　P2 井水井損失曲線

表 3-14　P1 分級抽水試驗結果表

級數	抽水量 $Q(m^3/hr)$	水位洩降 Δs(m)	水位洩降 s(m)	$s/Q(hr/m^2)$
1	22.18	1.92	1.92	0.086
2	33.90	1.96	3.88	0.114
3	44.10	2.35	6.23	0.141
4	54.80	2.05	8.28	0.151
B=	0.0441	hr/m^2	Optimal yield=	54.80 m^3/hr
C=	0.00204	hr^2/m^5		

表 3-15　P2 分級抽水試驗結果表

級數	抽水量 $Q(m^3/hr)$	水位洩降 Δs(m)	水位洩降 s(m)	$s/Q(hr/m^2)$
1	0.37	2.73	2.73	7.38
2	0.56	1.63	4.36	7.84
3	0.74	1.88	6.25	8.49
4	0.92	2.27	8.51	9.21
B=	6.08	hr/m^2	Optimal yield=	0.92 m^3/hr
C=	3.33	hr^2/m^5		

(B) 定量試水

本計畫採用符合非受壓含水層並考慮遲滯現象的 Neuman 標準曲線套圖來計算非受壓含水層參數，如圖 3-75。試驗內觀測井的整體曲線可以分為三部份。早期符合與彈性儲存有關的 Theis 解，抽水開始的瞬間，水主要來自於含水層的彈性釋放，隨著時間的推移，重力水逐步釋放，曲線偏離 Theis 解。曲線出現與越流補給相似的一種暫時的假穩定現象，此時曲線呈現水平狀態(第二部份)。隨時間的推移，水主要來自含水層孔隙水的釋放，曲線再一次與比出水量有關的 Theis 解一致，是曲線的第三部份。

抽水試驗從離抽水井一定距離的觀測孔中得到 logs-logt 曲線也和 Neuman 曲線可分為A型曲線與B型

曲線，中間為水平線，先將 log s - log t 曲線的早期部份與 A 型曲線配合，可以得到一組吻合點（s、t、w、$1/u_a$）帶入下式求解出流通係數（T）值與儲水係數（S）值。

Early (A)

$$s = \frac{Q}{4\pi T} W(u_a),\ u_a = \frac{r^2 S}{4Tt} \qquad (式3\text{-}21)$$

將觀測孔中得到 log s - log t 曲線的後期資料和 Neuman 曲線 B 型曲線配合，可以得到另一組吻合點（s、t、w、$1/u_y$）帶入下式求解出流通係數（T）值與比出水量（S_y）值，如圖 3-76。

Early (B)

$$s = \frac{Q}{4\pi T} W(u_y),\ u_y = \frac{r^2 S_y}{4Tt} \qquad (式3\text{-}22)$$

其中，s 為水位洩降；Q 為抽水流量；W(u)為井含數。

本試驗分析資料採用 AQTESOLV 水文計算軟進行解算，AQTESOLV 軟體由 HydroSOLVE, Inc.所生產，最初版本於 1989 年釋出，是一套完整的含水層試驗分析套裝軟體，軟體設計於分析抽水試驗、微水試驗與定水頭試驗所取得的數據以求取水力傳導係數(K)、儲水係數(S)或其他含水層水理參數。AQTESOLV 在應用上係在設定迭代區間內找出理論模式與觀測資料之間最小誤差之參數群，提供了快速而有效的匹配機制。試驗分析的成果如表 3-16、圖 3-79 至圖 3-82。

表 3-16　定量抽水試驗分析結果

試驗及分析方法	抽水井	觀測井	T (m^2/sec)	K (m/sec)	S	S_y
Neuman Solution	P1	P1M1	9.73×10^{-3}	3.60×10^{-4}	0.00046	0.1
		P1M2	8.29×10^{-3}	3.07×10^{-5}	0.0001	0.1
	P2	P2M1	6.65×10^{-5}	3.33×10^{-6}	0.00085	0.005
		P2M2	2.90×10^{-5}	1.45×10^{-6}	0.00048	0.045

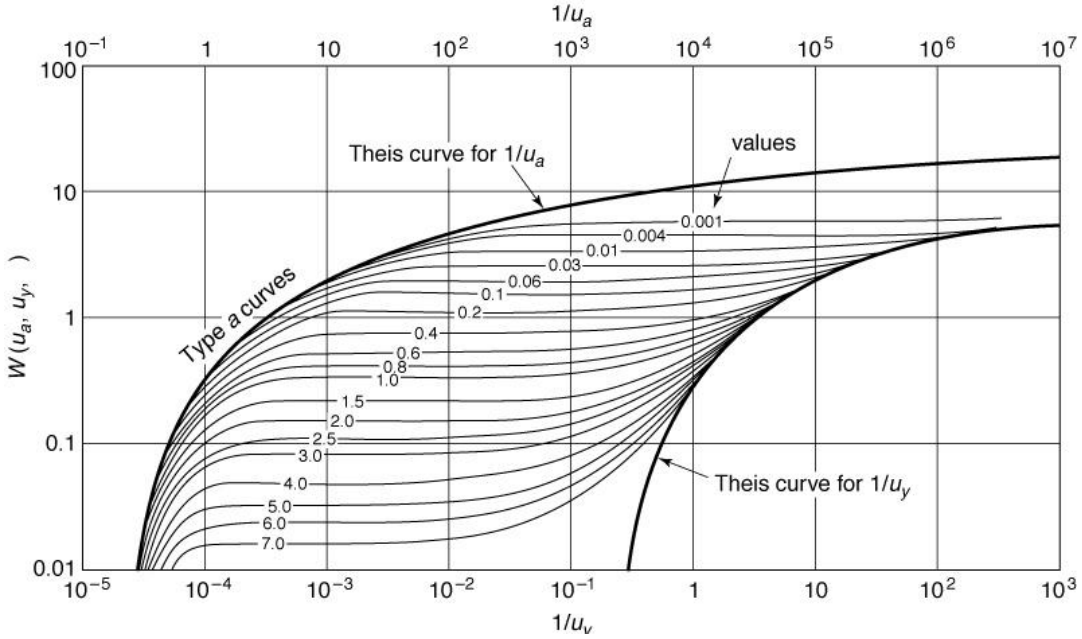


圖 3-75　Neuman 曲線

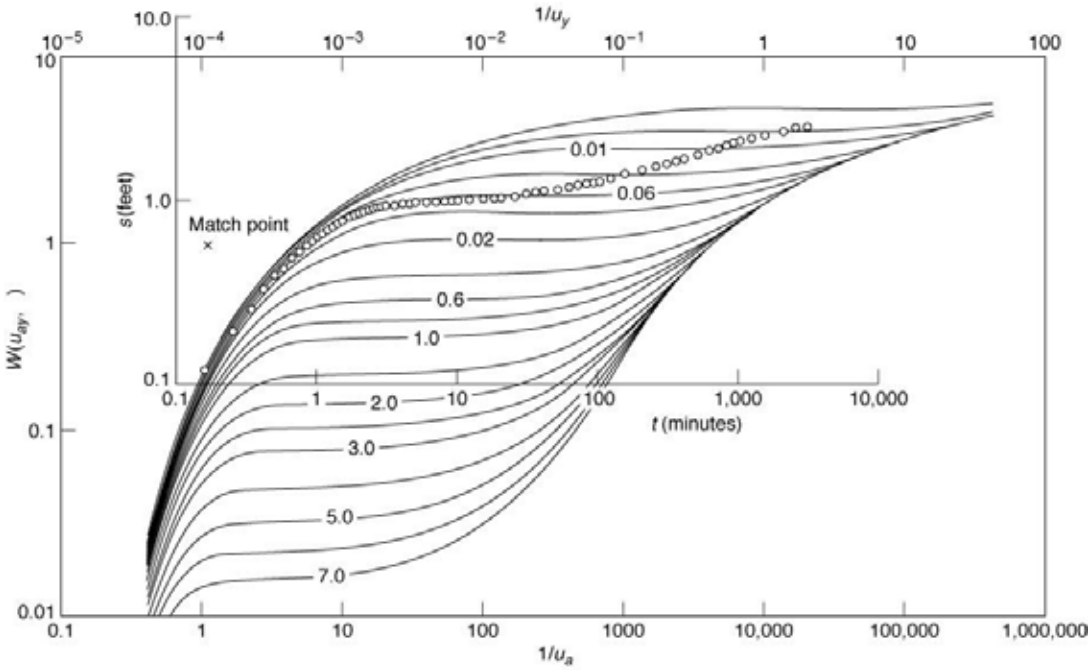


圖 3-76　觀測井 logs-logt 曲線與 Neuman 配對示意圖

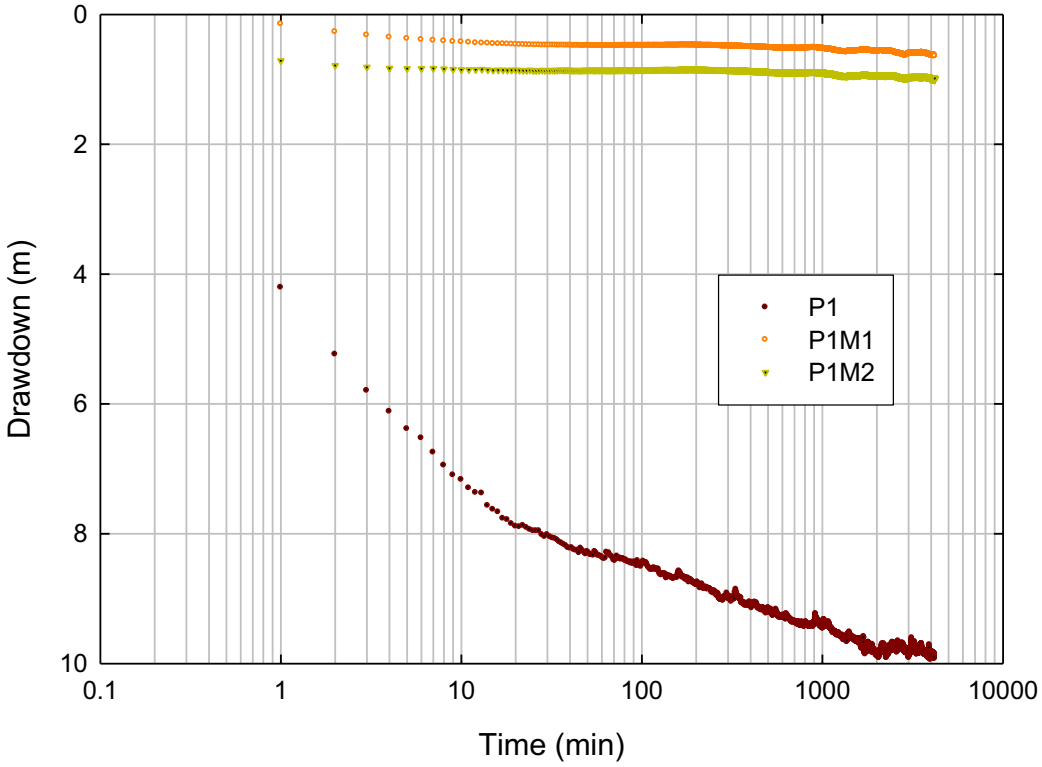


圖 3-77　P1 抽水井定量抽水試驗各觀測井水位洩降記錄

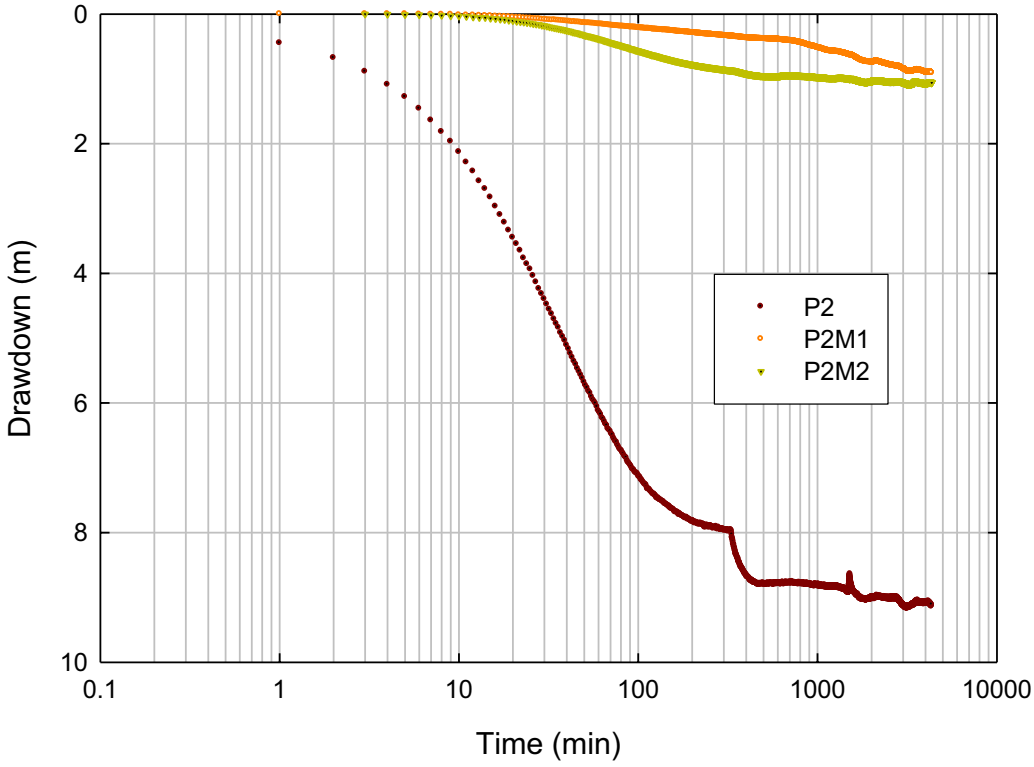
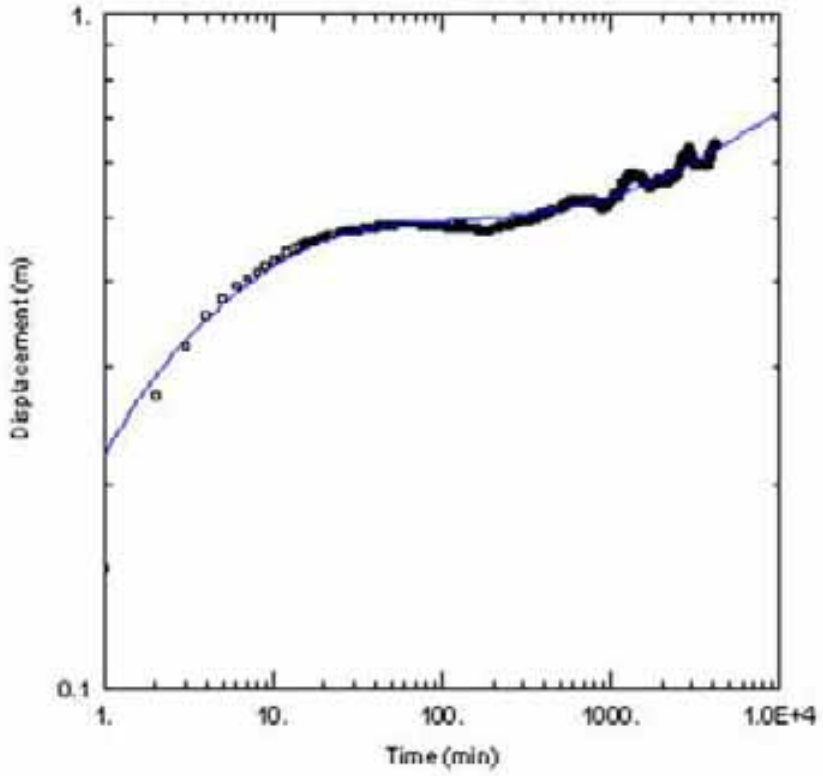


圖 3-78　P2 抽水井定量抽水試驗各觀測井水位洩降記錄



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: D:\...\P1M1NU.AQT
Date: 08/24/13 Time: 21:13:16

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 27. m

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
P1	0	0

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
* P1M1	20.96	0

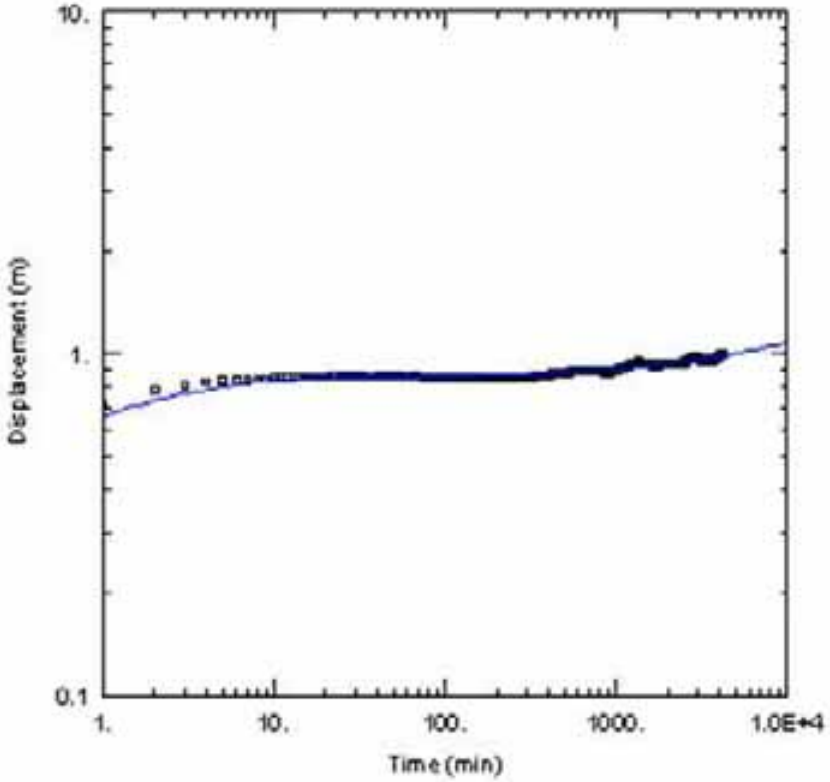
SOLUTION

Aquifer Model: Unconfined Solution Method: Neuman

T = 0.5841 m^2/min S = 0.0004641

Sy = 0.1

圖 3-79　P1 定量抽水試驗，P1M1 時間—洩降分析圖



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: D:\...\P1M2NU.AQT
Date: 06/24/13 Time: 21:51:30

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 27. m

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
P1	0	0

Observation Wells

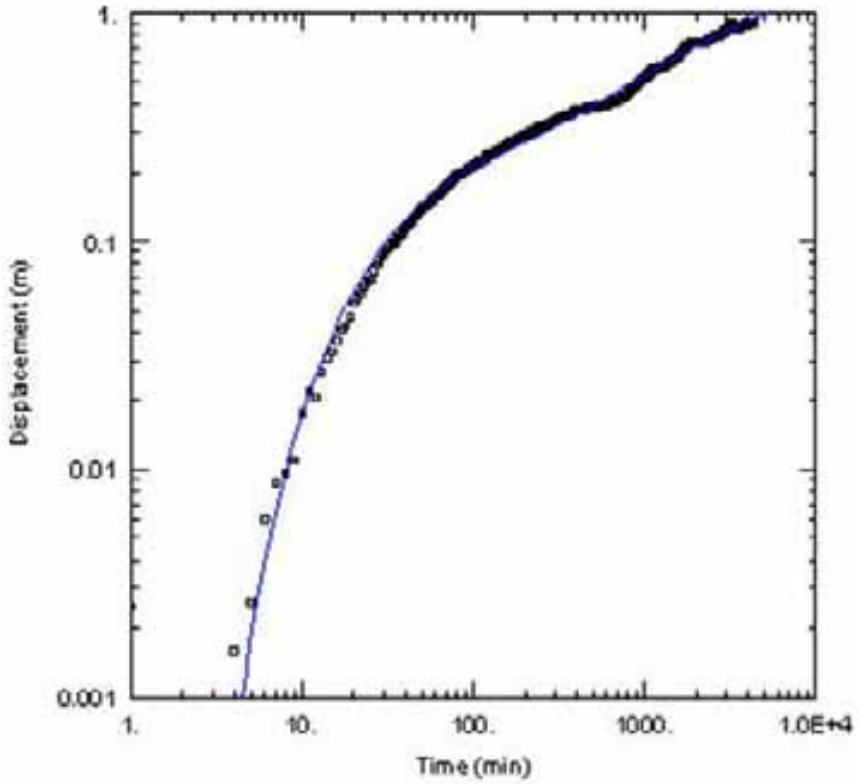
Well Name	X (m)	Y (m)
* P1M2	8.99	0

SOLUTION

Aquifer Model: Unconfined
T = 0.4972 m^2/min
Sy = 0.1

Solution Method: Neuman
S = 0.0001

圖 3-80　P1 定量抽水試驗，P1M2 時間—洩降分析圖



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: D:\...\P2M1TH20.AQT
Date: 06/25/13 Time: 20:53:40

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 20. m

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
P2	0	0

Observation Wells

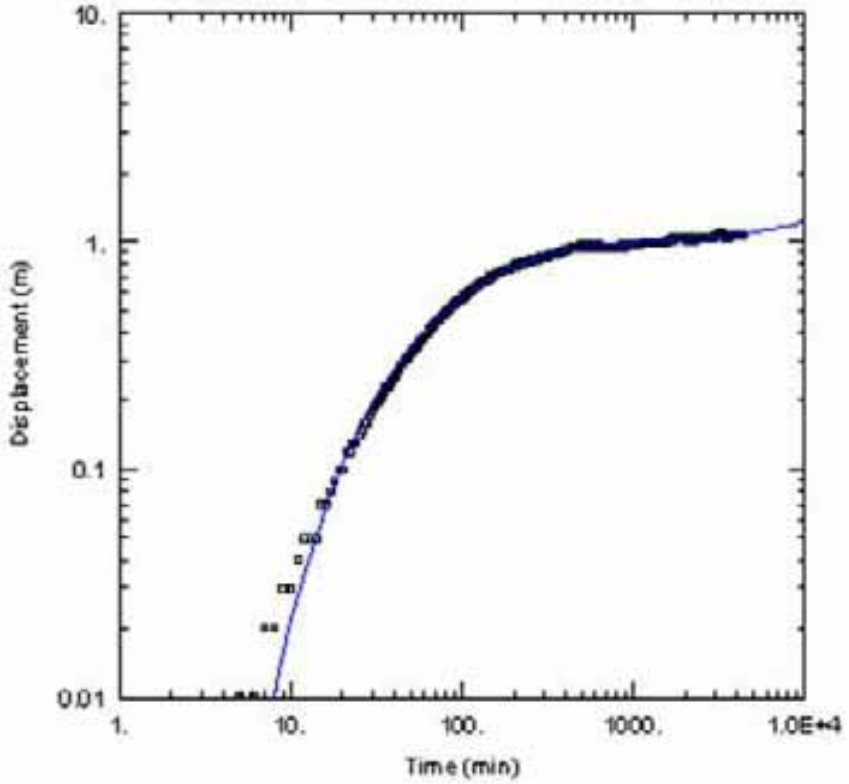
Well Name	X (m)	Y (m)
P2M1	17.94	0

SOLUTION

Aquifer Model: Unconfined
Solution Method: Neuman

T = 0.003993 m^2/min
S = 0.0008537
Sy = 0.004995

圖 3-81　P2 定量抽水試驗，P2M1 時間—洩降分析圖



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: D:\...\P2M2TH20.AQT
Date: 06/25/13 Time: 20:12:48

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 20. m

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
P2	0	0

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
* P2M2	18.2	0

SOLUTION

Aquifer Model: Unconfined
Solution Method: Neuman
T = 0.001741 m^2/min
S = 0.0004768
Sy = 0.04525

圖 3-82　P2 定量抽水試驗，P2M2 時間—洩降分析圖

C、回升試水

待定量抽水試驗結束，關閉抽水機，隨即觀測記錄水位之回復情形，持續至穩定狀態，藉以檢核含水層流通係數（T）值，水位洩降紀錄如圖 3-83 及圖 3-84，試驗分析的成果如表 3-17、圖 3-85 至圖 3-88。

表 3-17　回升抽水試驗分析結果

試驗及分析方法	抽水井	觀測井	T (m^2/sec)
Cooper-Jacob Solution	P1	P1M1	4.52×10^{-3}
		P1M2	7.15×10^{-3}
	P2	P2M1	4.16×10^{-5}
		P2M2	5.28×10^{-5}

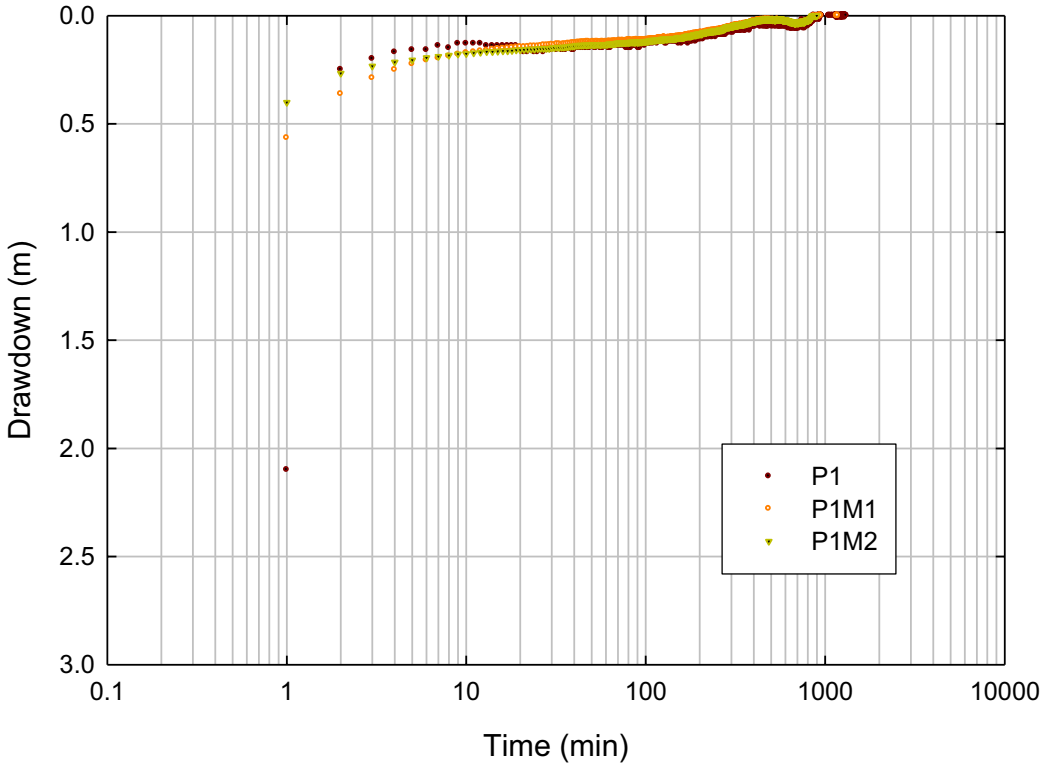


圖 3-83　P1 抽水井回升試驗各觀測井水位洩降記錄

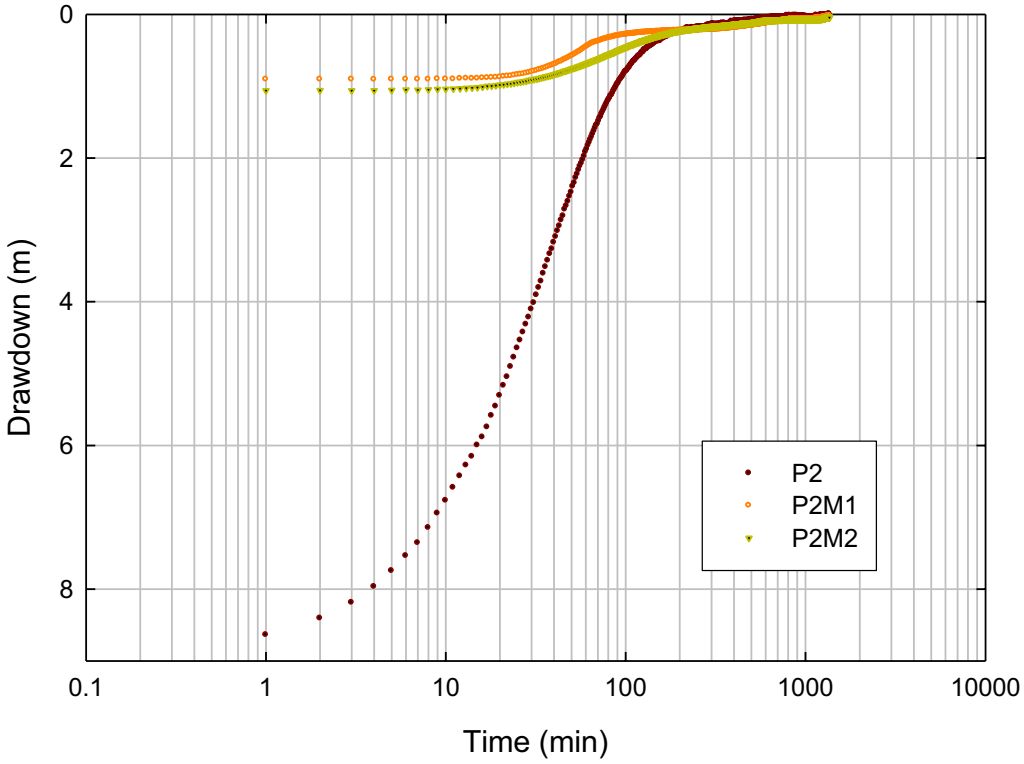
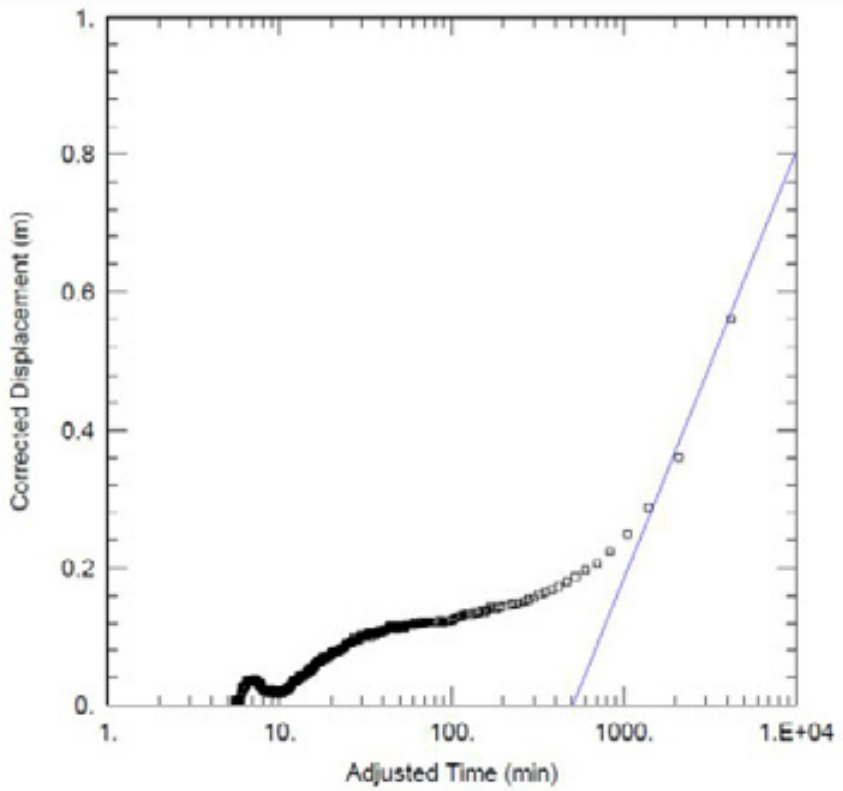


圖 3-84　P2 抽水井回升試驗各觀測井水位洩降記錄



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: C:\P1M1-RE.AQT
Date: 04/10/13 Time: 14:31:23

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
P1	0	0

Observation Wells

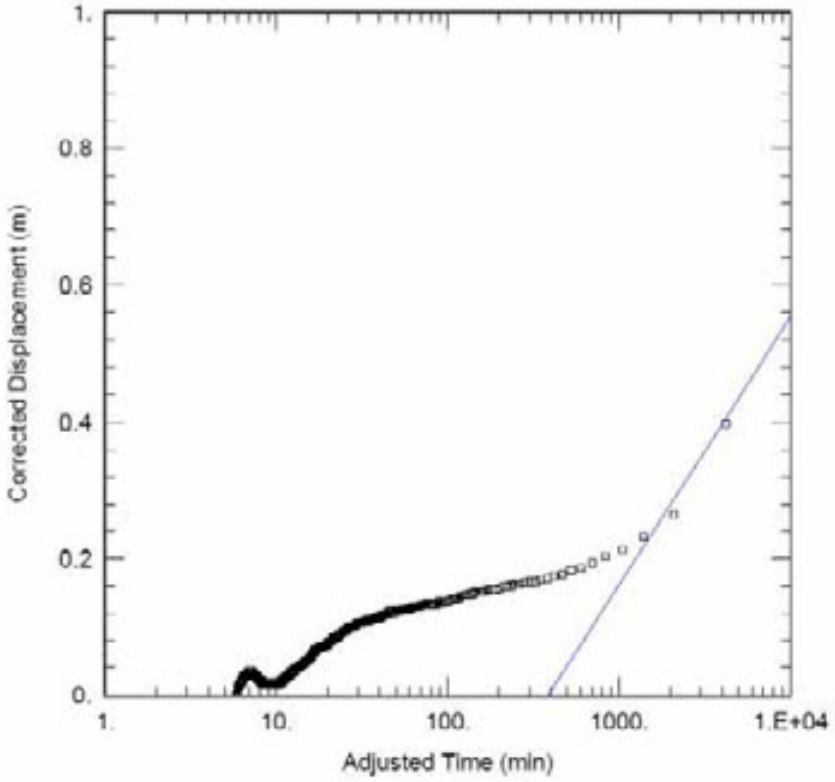
Well Name	X (m)	Y (m)
P1M1	20.96	0

SOLUTION

Aquifer Model: Unconfined
Solution Method: Cooper-Jacob

T = 0.271 m^2/min

圖 3-85　P1 回升試驗，P1M1 時間—洩降分析圖



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: C:\P1M2-RE.AQT
Date: 04/10/13 Time: 14:31:45

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
P1	0	0

Observation Wells

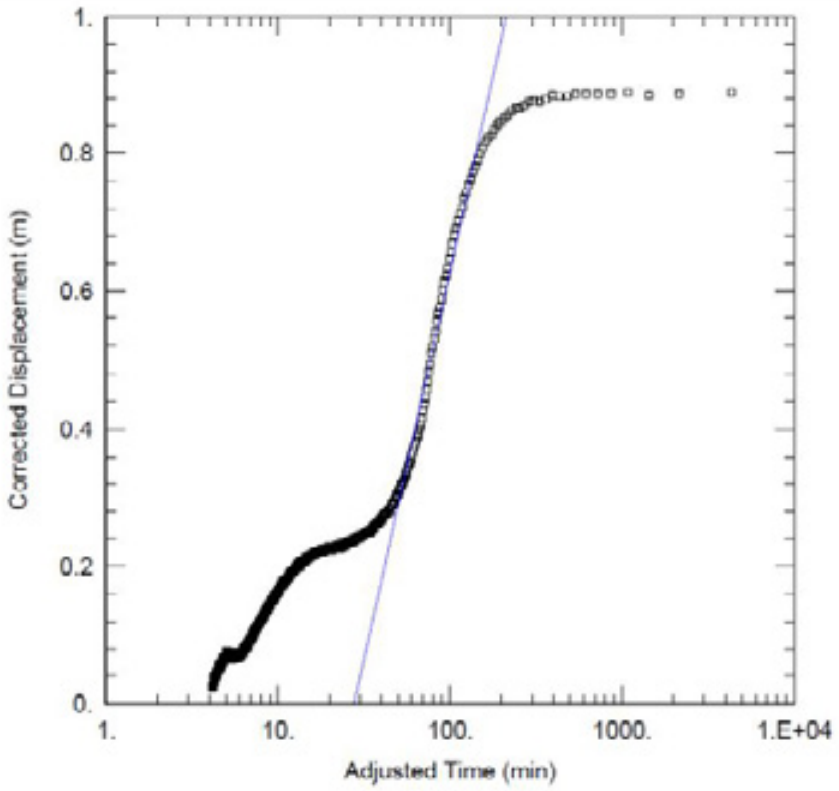
Well Name	X (m)	Y (m)
▫ P1M2	8.99	0

SOLUTION

Aquifer Model: Unconfined
Solution Method: Cooper-Jacob

T = 0.4291 m^2/min

圖 3-86　P1 回升試驗，P1M2 時間—洩降分析圖



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: C:\P2M1-RE.AQT
Date: 04/10/13 Time: 14:52:31

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
P2	0	0

Observation Wells

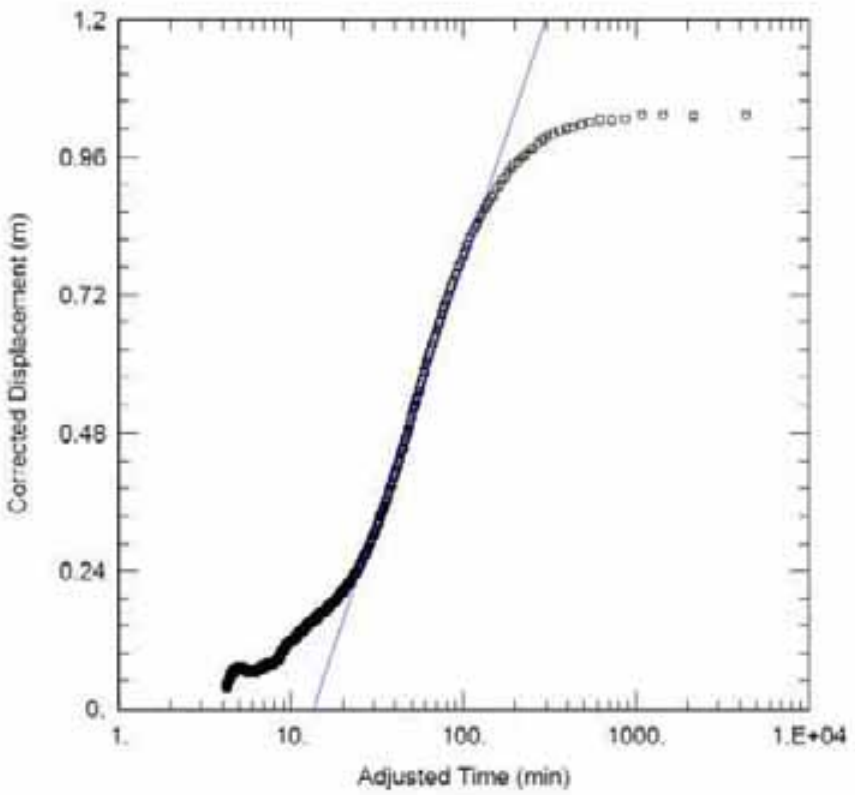
Well Name	X (m)	Y (m)
▫ P2M1	17.94	0

SOLUTION

Aquifer Model: Unconfined
Solution Method: Cooper-Jacob

T = 0.002498 m^2/min

圖 3-87　P2 回升試驗，P2M1 時間—洩降分析圖



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: C:\P2M2-RE.AQT
Date: 04/10/13 Time: 14:52:44

WELL DATA

Pumping Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
P2	0	0

Observation Wells

Well Name	X (m)	Y (m)
P2M2	18.2	0

SOLUTION

Aquifer Model: Unconfined
Solution Method: Cooper-Jacob

T = 0.00317 m^2/min

圖 3-88　P2 回升試驗，P2M2 時間—洩降分析圖

D、設井目視地質

本計畫用以進行水文地質參數探查之抽水試驗井MC-Pt-101-1(P1)及 MC-Pt-101-2 (P2)分別於 2013 年 3 月 6 日及 2 月 25 日設置完成，其週邊抽水試驗觀測井(MC-Pt-101-1.1(P1M1) 、 MC-Pt-101-1.2(P1M2) 、 MC-Pt-101-2.1(P2M1)、MC-Pt-101-2.2(P2M2))則於 2013 年 2 月 18 日至 2013 年 3 月 18 日設置完成，而抽水試驗井 P1 及 P2 分別於 2013 年 3 月 6 日及 3 月 20 日進場抽水試驗，於設井過程針對各鑿設點位目視地質特性描述如下，其地質柱狀圖則如圖 3-89 所示：

(A)MC-Pt-101-1(P1)：於 3 月 6 日設置完成，地表至地表下 0.5 公尺為回填土，地表下 0.5 公尺至地表下 4 公尺為卵礫石夾灰色中粗砂，地表下 4 公尺至地表下 6 公尺為卵礫石夾棕黃色中粗砂，地表下 6 公尺至地表下 8 公尺為卵礫石夾灰黑色中粗砂，地表下 8 公尺至地表下 31.5 公尺為卵礫石夾棕黃色中粗砂。

(B)MC-Pt-101-2 (P2)：地表至地表下 31.5 公尺為卵礫石夾棕黃色中粗砂。

(C)MC-Pt-101-1.1(P1M1)：地表至地表下 0.5 公尺為回填土，地表下 0.5 公尺至地表下 4 公尺為卵礫石夾灰色中粗砂，地表下 4 公尺至地表下 6 公尺為卵礫石夾棕黃色中粗砂，地表下 6 公尺至地表下 8 公尺為卵礫石夾灰黑色中粗砂，地表下 8 公尺至地表下 31.5 公尺為卵礫石夾棕黃色中粗砂。

(D)MC-Pt-101-1.2(P1M2)：地表至地表下 0.5 公尺為回填土，地表下 0.5 公尺至地表下 4 公尺為卵礫石夾灰色

中粗砂，地表下 4 公尺至地表下 6 公尺為卵礫石夾棕黃色中粗砂，地表下 6 公尺至地表下 8 公尺為卵礫石夾灰黑色中粗砂，地表下 8 公尺至地表下 31.5 公尺為卵礫石夾棕黃色中粗砂。

(E)MC-Pt-101-2.1(P2M1)：地表至地表下 31.5 公尺為卵礫石夾棕黃色中粗砂。

(F)MC-Pt-101-2.2(P2M2)：地表至地表下 31.5 公尺為卵礫石夾棕黃色中粗砂。

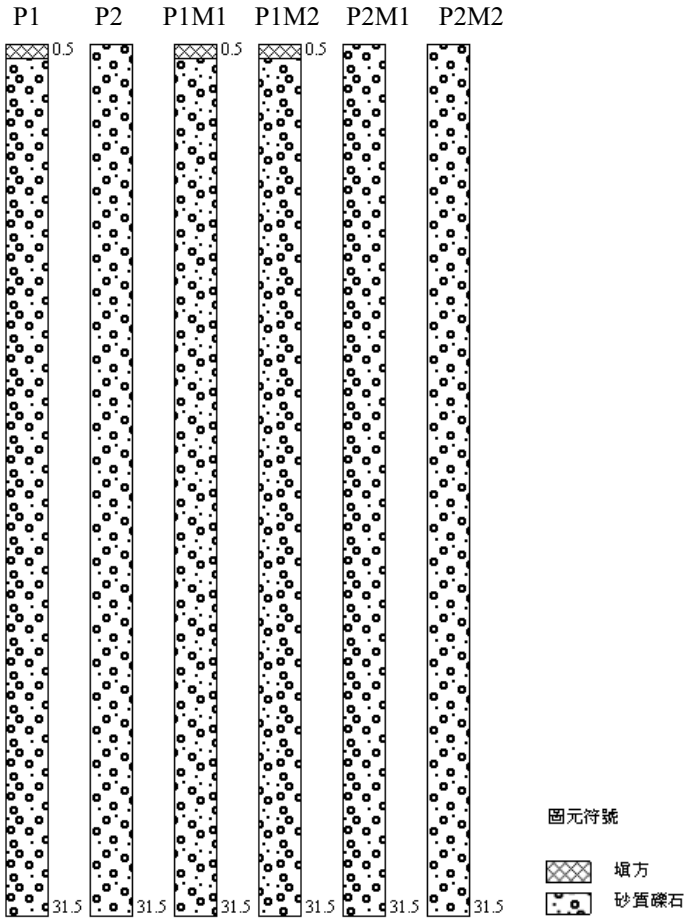


圖 3-89　抽水試驗井及觀測井地質柱狀圖

(2)前期試驗蒐集

本計畫蒐集 2006 年至 2011 年期間，計畫範圍內曾施作相關抽水試驗，其抽水試驗結果及基本資料見表 3-18。

表 3-18　名竹盆地內前期抽水試驗結果彙整表

西元	資料來源或計畫名稱	主辦單位	井號	TM97_X	TM97_Y	井深 (m)	井頂高程 (m)	流通係數 $T(m^2/min)$	水力傳導係數 K(m/s)
2011	台灣山區地下水資源調查研究整體計畫－第一期台灣中段山區地下水資源調查與評估（2/4）	經濟部中央地質調查所	N8	216999	2632342	30	127.34	-	1.88×10^{-4}
2011	台灣山區地下水資源調查研究整體計畫－第一期台灣中段山區地下水資源調查與評估（2/4）	經濟部中央地質調查所	S4	217162	2630702	30	125.358	-	2.04×10^{-4}
2011	台灣山區地下水資源調查研究整體計畫－第一期台灣中段山區地下水資源調查與評估（2/4）	經濟部中央地質調查所	S5	212994	2630640	30	102.093	-	5.63×10^{-5}
2011	台灣山區地下水資源調查研究整體計畫－第一期台灣中段山區地下水資源調查與評估（2/4）	經濟部中央地質調查所	C1	220202	2634404	50	158.542	28.08	1.32×10^{-4}
2011	台灣山區地下水資源調查研究整體計畫－第一期台灣中段山區地下水資源調查與評估（2/4）	經濟部中央地質調查所	C2	220215	2634406	50	158.556	-	1.28×10^{-4}
2010	台灣山區地下水資源調查研究整體計畫－第一期台灣中段山區地下水資源調查與評估（1/4）	經濟部中央地質調查所	N1	219880	2634817	30	158.323	-	1.09×10^{-4}
2010	台灣山區地下水資源調查研究整體計畫－第一期台灣中段山區地下水資源調查與評估（1/4）	經濟部中央地質調查所	N2	219827	2634734	20	158.15	-	1.6×10^{-4}
2010	台灣山區地下水資源調查研究整體計畫－第一期台灣中段山區地下水資源調查與評估（1/4）	經濟部中央地質調查所	N3	219762	2634675	20	157.274	-	1.49×10^{-4}
2010	台灣山區地下水資源調查研究整體計畫－第一期台灣中段山區地下水資源調查與評估（1/4）	經濟部中央地質調查所	N4	219677	2634582	20	156.021	-	1.25×10^{-4}
2010	台灣山區地下水資源調查研究整體計畫－第一期台灣中段山區地下水資源調查與評估（1/4）	經濟部中央地質調查所	N5	219625	2634534	20	154.964	-	2.15×10^{-4}
2010	台灣山區地下水資源調查研究整體計畫－第一期台灣中段山區地下水資源調查與評估（1/4）	經濟部中央地質調查所	N6	219528	2634424	20	153.734	-	1.51×10^{-4}
2010	台灣山區地下水資源調查研究整體計畫－第一期台灣中段山區地下水資源調查與評估（1/4）	經濟部中央地質調查所	N7	219438	2634329	20	153.756	-	1.97×10^{-4}
2010	台灣山區地下水資源調查研究整體計畫－第一期台灣中段山區地下水資源調查與評估（1/4）	經濟部中央地質調查所	S1	220281	2634308	30	163.56	-	-
2010	台灣山區地下水資源調查研究整體計畫－第一期台灣中段山區地下水資源調查與評估（1/4）	經濟部中央地質調查所	S2	219994	2633912	30	154.524	-	2.75×10^{-5}

西元	資料來源或計畫名稱	主辦單位	井號	TM97_X	TM97_Y	井深 (m)	井頂高程 (m)	流通係數 $T(m^2/min)$	水力傳導係數 K(m/s)
2010	台灣山區地下水資源調查研究整體計畫－第一期台灣中段山區地下水資源調查與評估（1/4）	經濟部中央地質調查所	S3	219516	2633254	30	149.62	-	5.16×10^{-5}
2008	臺灣地區地下水觀測網整體計畫成果彙編（81～97 年度）	經濟部水利署	鯉魚(1)	214806	2623635	41	169.62	0.0048	1.67×10^{-6}
2008	臺灣地區地下水觀測網整體計畫成果彙編（81～97 年度）	經濟部水利署	鯉魚(2)	214806	2623635	170	169.55	0.0031	1.67×10^{-6}
2008	臺灣地區地下水觀測網整體計畫成果彙編（81～97 年度）	經濟部水利署	坪頂(1)	213374	2628028	260	297.87	0.0018	8.3×10^{-7}
2008	臺灣地區地下水觀測網整體計畫成果彙編（81～97 年度）	經濟部水利署	竹山(1)	218111	2628814	72	151.29	0.0308	1.17×10^{-5}
2008	臺灣地區地下水觀測網整體計畫成果彙編（81～97 年度）	經濟部水利署	竹山(2)	218111	2628814	162	151.25	0.012	3.33×10^{-6}
2008	臺灣地區地下水觀測網整體計畫成果彙編（81～97 年度）	經濟部水利署	觸口(1)	213611	2629610	59	113.61	0.0952	1.67×10^{-5}
2008	臺灣地區地下水觀測網整體計畫成果彙編（81～97 年度）	經濟部水利署	觸口(2)	213611	2629610	150	113.37	0.02	6.67×10^{-6}
2008	臺灣地區地下水觀測網整體計畫成果彙編（81～97 年度）	經濟部水利署	社寮(1)	221629	2633957	15	179.39	0.0318	2.5×10^{-5}
2008	臺灣地區地下水觀測網整體計畫成果彙編（81～97 年度）	經濟部水利署	新民(1)	219329	2634194	40	151.1	0.9864	2.22×10^{-4}
2008	臺灣地區地下水觀測網整體計畫成果彙編（81～97 年度）	經濟部水利署	新民(2)	219329	2634194	162	151.08	0.1306	3.33×10^{-5}
2008	臺灣地區地下水觀測網整體計畫成果彙編（81～97 年度）	經濟部水利署	新光(1)	216413	2638534	84	222.13	0.0906	2.33×10^{-5}
2008	臺灣地區地下水觀測網整體計畫成果彙編（81～97 年度）	經濟部水利署	新光(2)	216413	2638534	216	222.14	0.034	8.33×10^{-6}
1997	濁水溪沖積扇清水溪下游水文地質調查	經濟部中央地質調查所	清水溪下游(上層)	214581	2626292	50	131	0.0016~0.002	4.5×10^{-6}~5.6×10^{-6}
1997	濁水溪沖積扇清水溪下游水文地質調查	經濟部中央地質調查所	清水溪下游(下層)	214581	2626292	50	131	0.00009~0.00016	2.5×10^{-8}~4.5×10^{-7}
1996	濁水溪中游地區地下水補注調查與評估	經濟部水資源局	A1	213249	2630521	35	-	0.4188	6.98×10^{-4}

西元	資料來源或計畫名稱	主辦單位	井號	TM97_X	TM97_Y	井深 (m)	井頂高程 (m)	流通係數 $T(m^2/min)$	水力傳導係數 K(m/s)
1996	濁水溪中游地區地下水補注調查與評估	經濟部水資源局	A2	213286.7	2630824	70	-	0.5358	3.57×10^{-4}
1996	濁水溪中游地區地下水補注調查與評估	經濟部水資源局	A3	213360.9	2631520	35	-	0.3255	3.19×10^{-4}
1996	濁水溪中游地區地下水補注調查與評估	經濟部水資源局	A4	213596	2631965	65	-	0.1631	4.94×10^{-5}
1996	濁水溪中游地區地下水補注調查與評估	經濟部水資源局	B1	219398	2632960	50	-	5.677	2.31×10^{-3}
1996	濁水溪中游地區地下水補注調查與評估	經濟部水資源局	B2	218695	2632859	35	-	0.8237	4.58×10^{-4}
1996	濁水溪中游地區地下水補注調查與評估	經濟部水資源局	B3	218827	2633891	35	-	1.7805	9.89×10^{-4}
1996	濁水溪中游地區地下水補注調查與評估	經濟部水資源局	B4	218665	2634242	34.94	-	0.3582	2.21×10^{-4}
1996	濁水溪中游地區地下水補注調查與評估	經濟部水資源局	C1	221934.8	2635563	20	-	0.2663	8.88×10^{-4}
1996	濁水溪中游地區地下水補注調查與評估	經濟部水資源局	C2	222171.1	2635933	26.6	-	0.3806	1.27×10^{-3}
1996	濁水溪中游地區地下水補注調查與評估	經濟部水資源局	C3	221912.6	2636532	30	-	1.5847	6.6×10^{-3}
1996	濁水溪中游地區地下水補注調查與評估	經濟部水資源局	C4	221971.5	2636710	24.94	-	2.436	5.8×10^{-3}
1996	濁水溪中游地區地下水補注調查與評估	經濟部水資源局	D1	214370	2627503	33	-	0.00188	6.27×10^{-6}
1996	濁水溪中游地區地下水補注調查與評估	經濟部水資源局	D2	214774	2627592	20	-	0.000864	4.11×10^{-6}
1996	濁水溪中游地區地下水補注調查與評估	經濟部水資源局	D3	214976	2627769	28	-	0.1609	2.68×10^{-4}
1996	濁水溪中游地區地下水補注調查與評估	經濟部水資源局	D4	215244	2627702	20	-	0.3827	6.38×10^{-4}
1996	濁水溪中游地區地下水補注調查與評估	經濟部水資源局	E1	214494	2621862	30	-	6.0725	1.01×10^{-2}
1996	濁水溪中游地區地下水補注調查與評估	經濟部水資源局	E2	214630	2621890	17.3	-	0.004077	1.7×10^{-5}
1996	濁水溪中游地區地下水補注調查與評估	經濟部水資源局	E3	215167	2621783	30	-	0.1677	5.59×10^{-4}
1996	濁水溪中游地區地下水補注調查與評估	經濟部水資源局	E4	215371	2621754	23	-	0.7352	1.23×10^{-3}

五、簡易地下水觀測井建置與觀測

1、簡易式地下水觀測井設置區位選定

根據評估結果，本計畫將地質鑽探井及抽水試驗井之外的觀測井分配於盆地內之MC-OB-101-1(M1)、MC-OB-101-3(M3)及MC-OB-101-5(M5)點位，另考量下游地下水之監測重要性，再將其他觀測井分配於盆地外之 MC-OB-101-2(M2)及MC-OB-101-4(M4)點位。各點位選擇時亦考慮現存仍可使用之觀測井(包括水利署觀測井及地調所 2010～2011 年設置觀測井)，避免重複施作，圖 3-90 為各型態之觀測井設置位置。各選址結果說明如下：

(1)MC-OB-101-1, (M1)：根據既有仍可使用觀測井及前述規劃之地質鑽探井與抽水井位置，僅Ⅱ及Ⅵ內尚無設置觀測井，因此將兩口觀測井布置於此範圍內(分別為MC-OB-101-3(M3)及 MC-OB-101-5(M5))，考量名竹盆地內觀測井分佈之均勻性，本計畫將 M1 布置於濁水溪及清水溪交界附近，經現勘此為南投縣竹山鎮垃圾掩埋場旁，觀測井口徑為 4 英吋。

(2)MC-OB-101-2, (M2)：為隘口下游之觀測井，選定南岸一處河川公地設置，觀測井口徑為 4 英吋。

(3)MC-OB-101-3, (M3)：配合河川公地區位，於 II 區位內選定 M3 設置觀測井，觀測井口徑為 4 英吋。

(4)MC-OB-101-4, (M4)：為隘口下游之觀測井，選定北岸一處河川公地設置，觀測井口徑為 4 英吋。

(5)MC-OB-101-5, (M5)：由於VI區附近佈有一條地電阻測線，建議於該測線附近設置觀測井 MC-OB-101-5(M5)，觀測井口徑為 4 英吋。

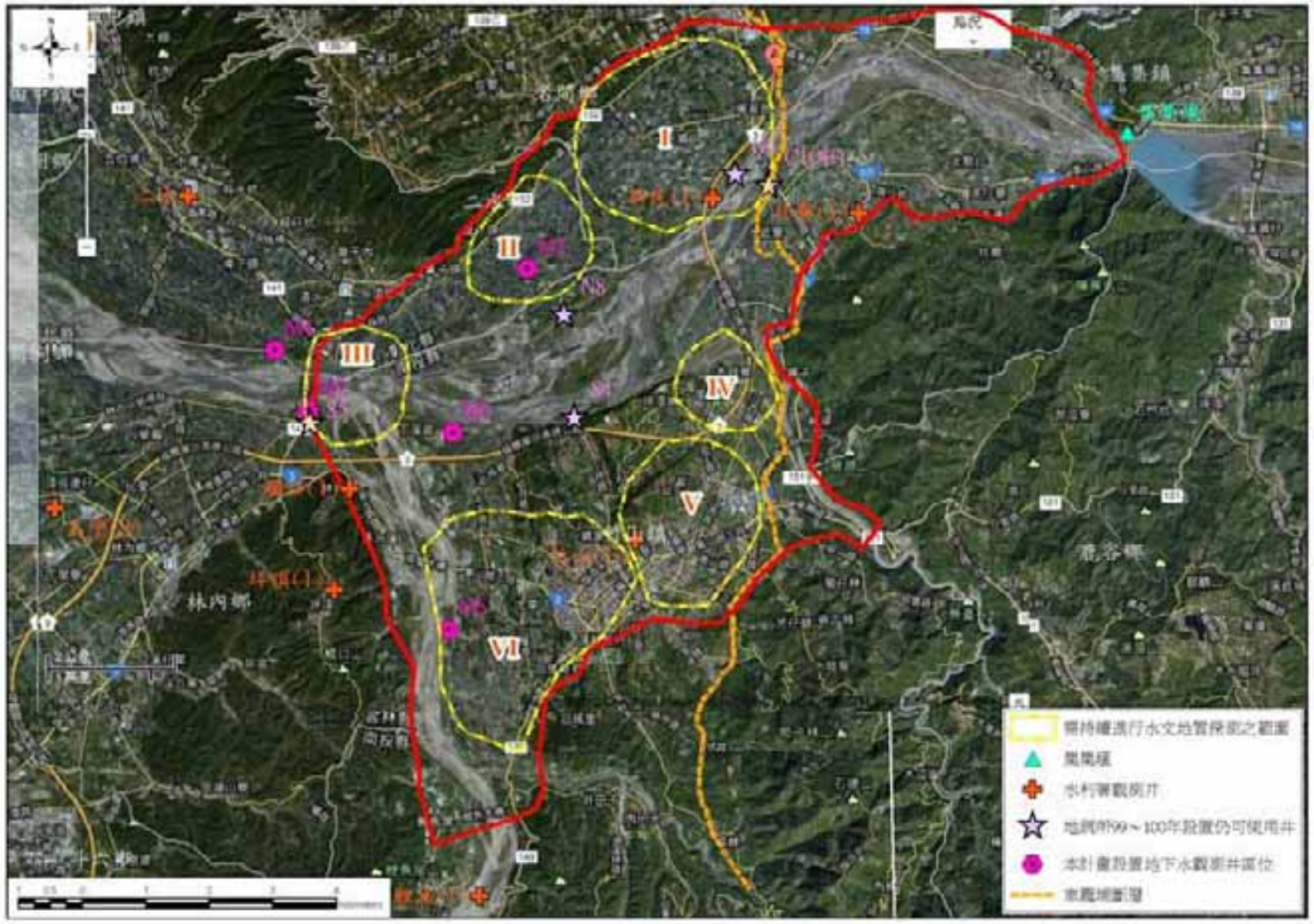


圖 3-90　名竹盆地內既有可用及本計畫設置之簡易式地下水觀測井位置圖

根據中央地質調查所於 2011 年執行之「台灣山區地下水資源調查研究整體計畫－第一期台灣中段山區流域水文地質調查及圖幅彙編」可知名竹盆地靠近河道沖積層之含水層主要分佈於地表下 100m 以內，另以水利署之新民(1)及竹山(1)等地下水觀測站井量測之水位與地表高程進行比對，兩觀測井之地表至歷年地下水最低日水位高程差分別為 18.42 及 12.73m，如表 3-19 所示。因此，本計畫規劃簡易井設置深度原則上為 30m，如未達地下水位時，其設置深度至少達地下水位面下 10m，以避免地下水水位低於井底底部造成地下水位無法量測情形發生，另設置深度應於 100m 以內避免觀測井管量測水位並非為淺層河道沖積層範圍之地下水。此外針對做為水文地質鑽探孔之三處觀測井深度則應配合地質鑽探而設置 100 公尺之井管。

地質鑽探(MC-HG-101-1(D1)至 MC-HG-101-3(D3))及抽水試驗(MC-Pt-101-1(P1)及 MC-Pt-101-2(P2))所設置之觀測井場址現況已如前述，因此本段僅說明其他簡易式觀測井之施工場址概況，各觀測井場址施工前狀況如照片 3-21 所示。

表 3-19　新民(1)及竹山(1)地下水位記錄資料

測站	記錄年份 (year)	地表高程 (m)	歷年最低日水位(m)	地表至歷年最低日水位高差(m)
新民(1)	1997-2011	151.1	132.68	18.42
竹山(1)	1997-2011	151.2	138.47	12.73

(a)MC- OB -101-1(M1)

(b)MC- OB -101-2(M2)

(c)MC- OB -101-3(M3)

(d)MC- OB -101-4(M4)

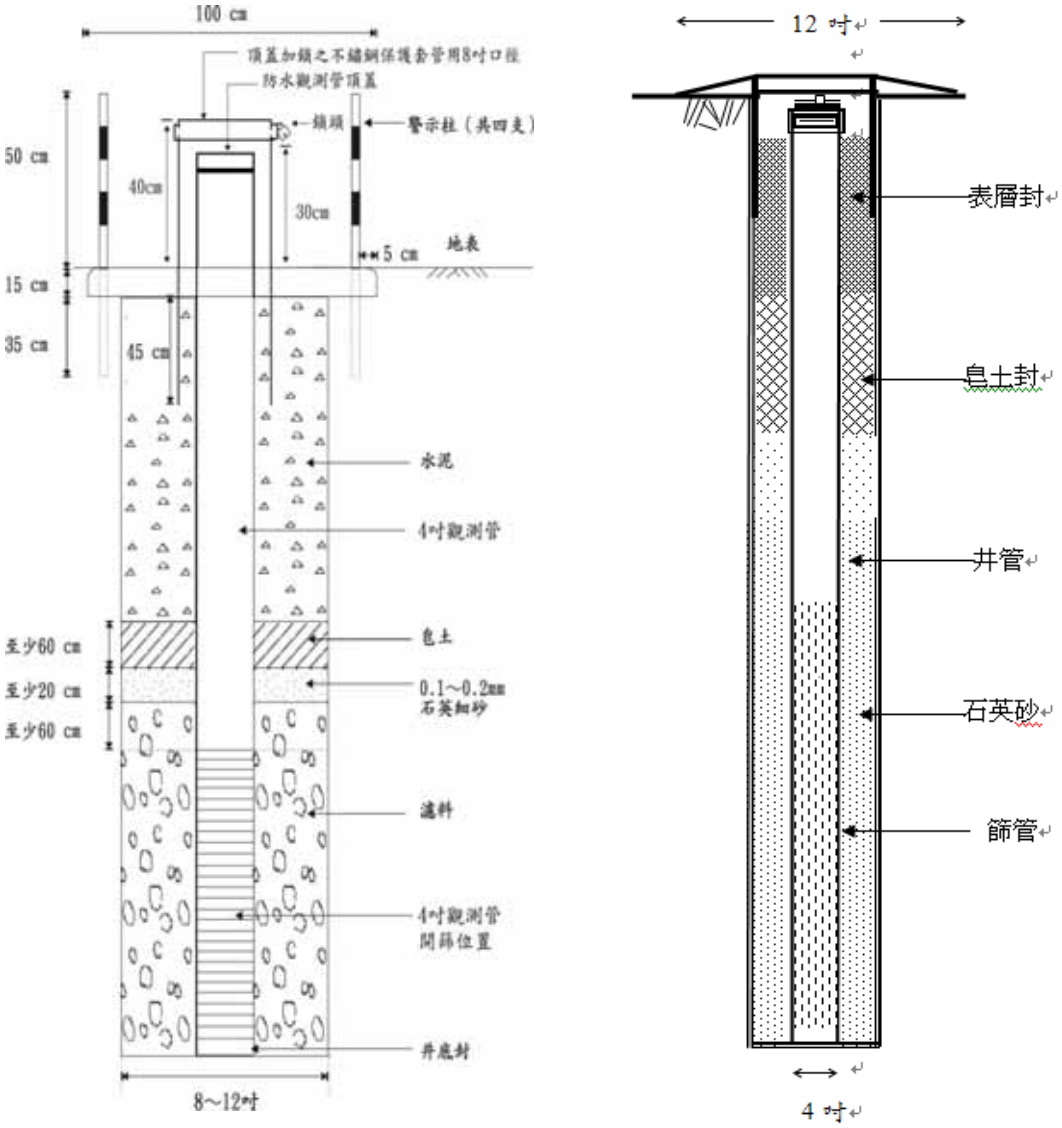
(e)MC- OB -101-5(M5)

照片 3-21　本計畫設置之簡易式地下水觀測井場址施作前現場照

2、簡易式地下水觀測井建置與觀測方法

本計畫設置之地下水觀測井均採用 PVC 井管，PVC 井管包覆不織布，回填透水濾料至地表、設置平台、警示柱、保護套管及鎖頭，以保護自計式水位計及避免人為造成之損壞。另

視土地所有人要求可更改為隱藏式觀測井，即免去設置平台、警示柱、保護套管及鎖頭之設置，而改設置隱藏式人孔蓋。後續並放置自計式水位計進行水位量測，量測頻率每小時記錄一次為原則。地下水觀測管設計示意圖如圖 3-91 所示。



(a)非隱藏式　　(b)隱藏式

圖 3-91　地下水觀測管設計示意圖

3、地下水流速流向試驗

本計畫於簡易式地下水觀測管設置完成後，分別選定濁水溪南岸之 M1、濁水溪北岸之 M3 與隘口下游之 M4，以此 3 口施作地下水流速流向試驗場址，其成果如下：

(1)工作執行方法及使用材料

A、測定過程如下：

(A)量測鑽孔孔內水位及記錄。

(B)確認鑽孔資料之篩管位置，並計算所需連桿長度及數量。(每支連桿長度為 1.5 公尺)。

(C)接合連桿將流向儀感測器放置於孔內之篩管位置處，並以固定夾將管頂端連桿及感測器電纜進行固定。

(D)管頂端連桿上安裝指北儀，並進行感測器之北方位置定位。

(E)安裝儀器控制箱、電腦並進行連線及相關參數設定。

(F)由電腦監控感測器之讀值穩定後（約 15～30 分鐘），即啟動感測器之加熱，加熱時間為 30 秒，30 秒後加熱器自動關閉，並持續進行孔內周圍之水溫變化偵測至 240~250 秒，藉此計算分析地下水流速及流向。

(G)操作人員將電腦顯示之流向及流速分析結果讀值進行抄寫。

B、測量儀器：

(A)KERFOOT GEOFLOW MODEL200L　流速流向儀一套。

(B)NOTEBOOK 一台。

C、電腦軟體：

(A)KVA 流速流量分析軟體。

(2)地下水流向與流速測量成果

本次測定 3 口簡易式地下水觀測管內流速及流向測定結果如表 3-20 所示，現場施測照片如照片 3-22 至照片 3-24 所示。

A、流速測定成果

本次 3 口簡易式地下水觀測管內地下水流速介於 0.017 cm/min 與 0.041 cm/min 之間。

B、流向測定成果

本次 3 口簡易式地下水觀測管內地下水流向介於 210.0 至 218.7 度之間。將流向量測得到之角度值以正北邊(N)為 0 度並且順時針旋轉至所量測之角度值後繪製於圖 3-92，由圖中結果顯示本區地下水大致為東北向西南流動為主，整體而言該區域流向皆具一致性。

照片 3-22　M1 地下水流速與流向施測照片

照片 3-23　M3 地下水流速與流向施測照片

照片 3-24　M4 地下水流速與流向施測照片

表 3-20　流速及流向測定結果

鑽孔編號	測定日期	時間	管頂下篩管深度 (m)	管頂下水位深度 (m)	儀器放置深度 (m)	管頂高程 (m)	測定結果	
							流速 (cm/min)	流向 (deg Mn)
M1	2013 年 05 月 29 日	19:25	20~30	4.80	24.5	109.920	0.041	218.7
M3		17:44	20~30	1.44	24.5	124.102	0.029	214.5
M4		16:12	20~30	7.31	24.5	95.009	0.017	210.0

備註：流向為 0、90、180、270 表示地下水流向朝正北、正東、正南、正西。

圖 3-92　地下水流向測定示意圖

4、簡易地下水觀測井之觀測成果分析

(1)設井目視地質

本計畫作為地下水位觀測之簡易式地下水觀測井MC-OB-101-1(M1)、MC-OB-101-2(M2)、MC-OB-101-3(M3)、MC-OB-101-4(M4)及 MC-OB-101-5(M5)陸續於 2013 年 1 月 22 日至 2 月 21 日設置完成，本計畫並於 2013 年 3 月 5 日前往設置自記式水位計進行水位觀測作業，針對各鑿設點位目視地質特性描述如下，地質柱狀圖如圖 3-93 所示：

A、MC-OB-101-1(M1)：地表至地表下 0.3 公尺為回填土，地表下 0.3 公尺至地表下 6 公尺為卵礫石夾灰色中粗砂，地表下 6 公尺至地表下 9 公尺為卵礫石夾棕黃色中粗砂，地表下 9 公尺至地表下 10 公尺為卵礫石夾灰色中粗砂，地表下 10 公尺至地表下 31.5 公尺為卵礫石夾棕黃色中粗砂。

B、MC-OB-101-2(M2)：地表至地表下 15.6 公尺為卵礫石夾灰色中粗砂，地表下 15.6 公尺至地表下 30 公尺為卵礫石夾棕黃色中粗砂。

C、MC-OB-101-3(M3)：地表至地表下 14 公尺為卵礫石夾灰色中粗砂，地表下 14 公尺至地表下 31.5 公尺為卵礫石夾棕黃色中粗砂。

D、MC-OB-101-4(M 4)：地表至地表下 20.5 公尺為卵礫石夾灰色中粗砂，地表下 20.5 公尺至地表下 30 公尺為卵礫石夾棕黃色中粗砂。

E、MC-OB-101-5(M5)：地表至地表下 20.9 公尺為卵礫石夾棕黃色中粗砂，地表下 20.9 公尺至地表下 21.5 公尺為灰色粉土質黏土，地表下 21.5 公尺至地表下 31.5 公尺為卵礫石夾棕黃色中粗砂。

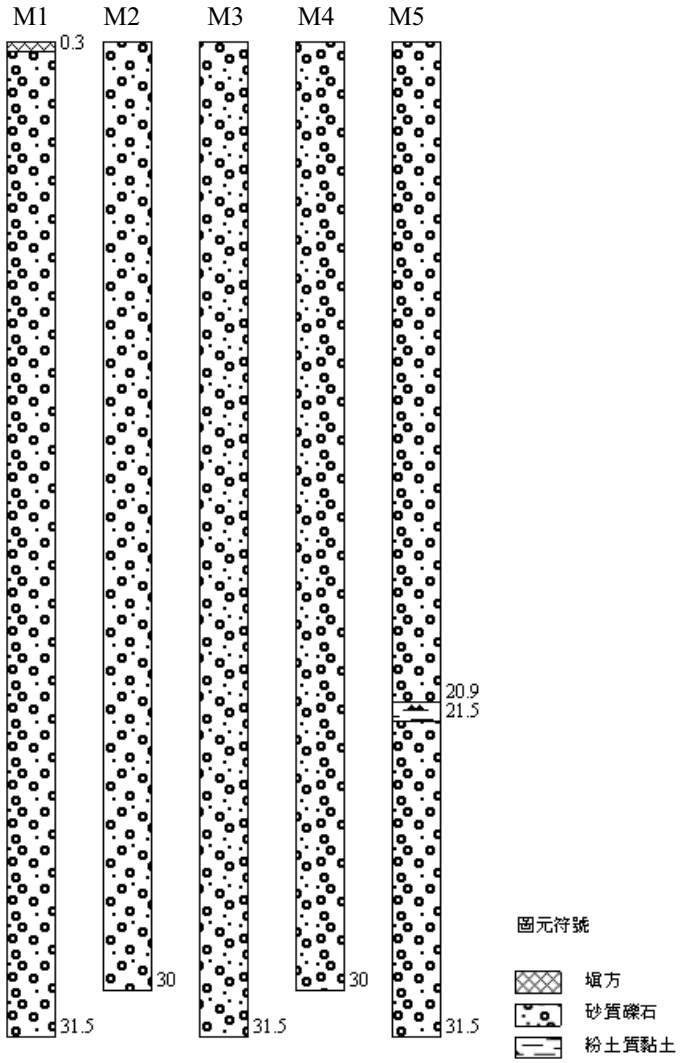
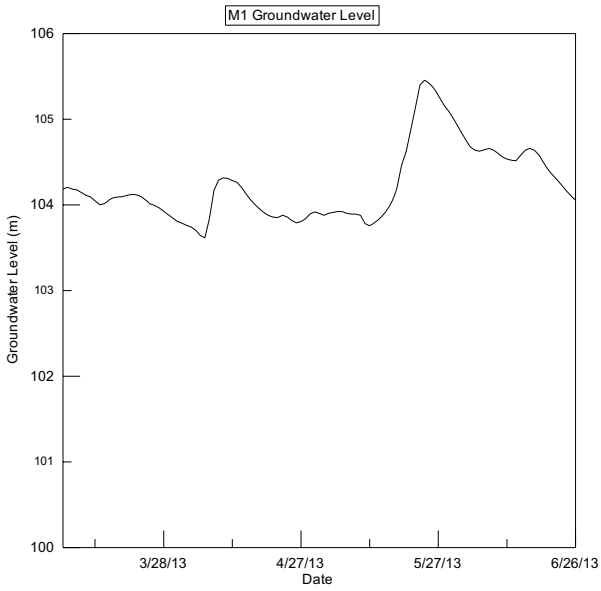
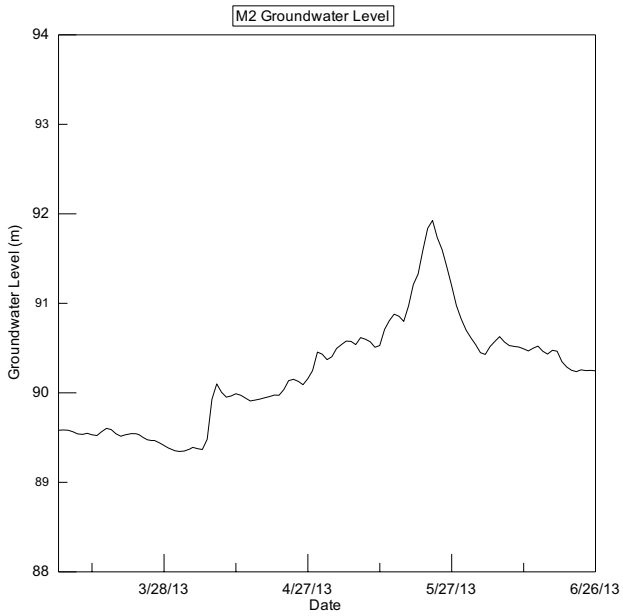


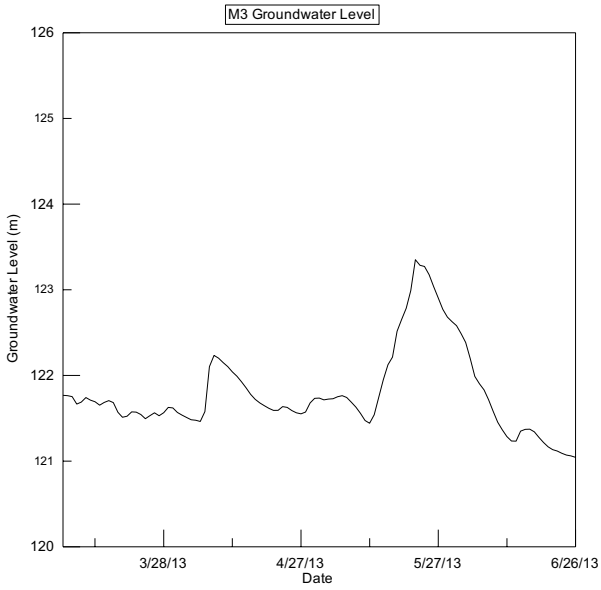
圖 3-93　簡易式地下水觀測井地質柱狀圖

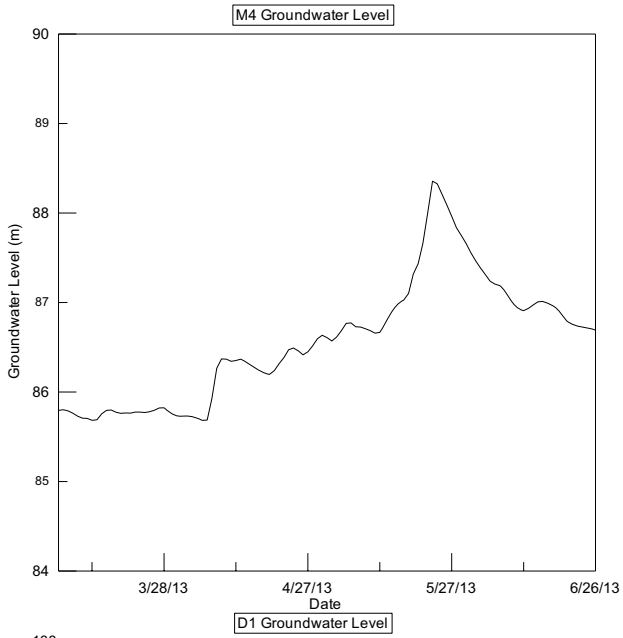
(2)地下水位監測

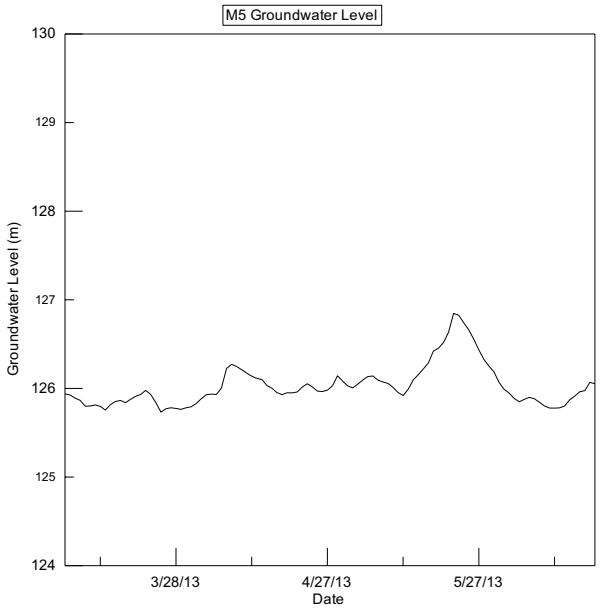
本計畫分別於 12 口井設置自記式水位計以量測觀測井地下水位，目前監測紀錄至 2013 年 6 月 25 日止，各觀測井地下水位變化見圖 3-94。於 3 月 20 及 21 日本計畫於 P1(抽水試驗井)進行抽水試驗，故影響此抽水試驗觀測井(P1M2)之地下水位。各井水位於 5 月上旬開始上升，主要乃受連續降雨影響。

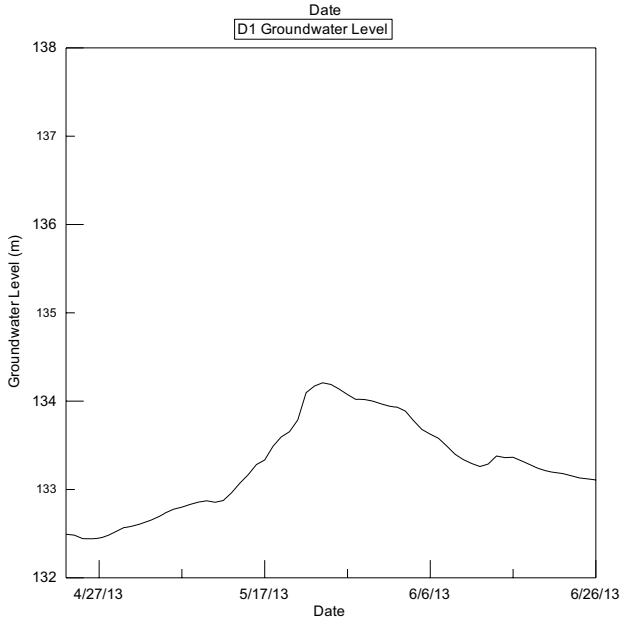

M1 Groundwater Level
Groundwater Level (m)
106
105
104
103
102
101
100
3/28/13
4/27/13
5/27/13
6/26/13
Date


M2 Groundwater Level
Groundwater Level (m)
94
93
92
91
90
89
88
3/28/13
4/27/13
5/27/13
6/26/13
Date


M3 Groundwater Level
Groundwater Level (m)
126
125
124
123
122
121
120
3/28/13
4/27/13
5/27/13
6/26/13
Date


M4 Groundwater Level
Groundwater Level (m)
90
89
88
87
86
85
84
3/28/13
4/27/13
5/27/13
6/26/13
Date


M5 Groundwater Level
Groundwater Level (m)
130
129
128
127
126
125
124
3/28/13
4/27/13
5/27/13
Date


D1 Groundwater Level
Groundwater Level (m)
138
137
136
135
134
133
132
4/27/13
5/17/13
6/6/13
6/26/13
Date

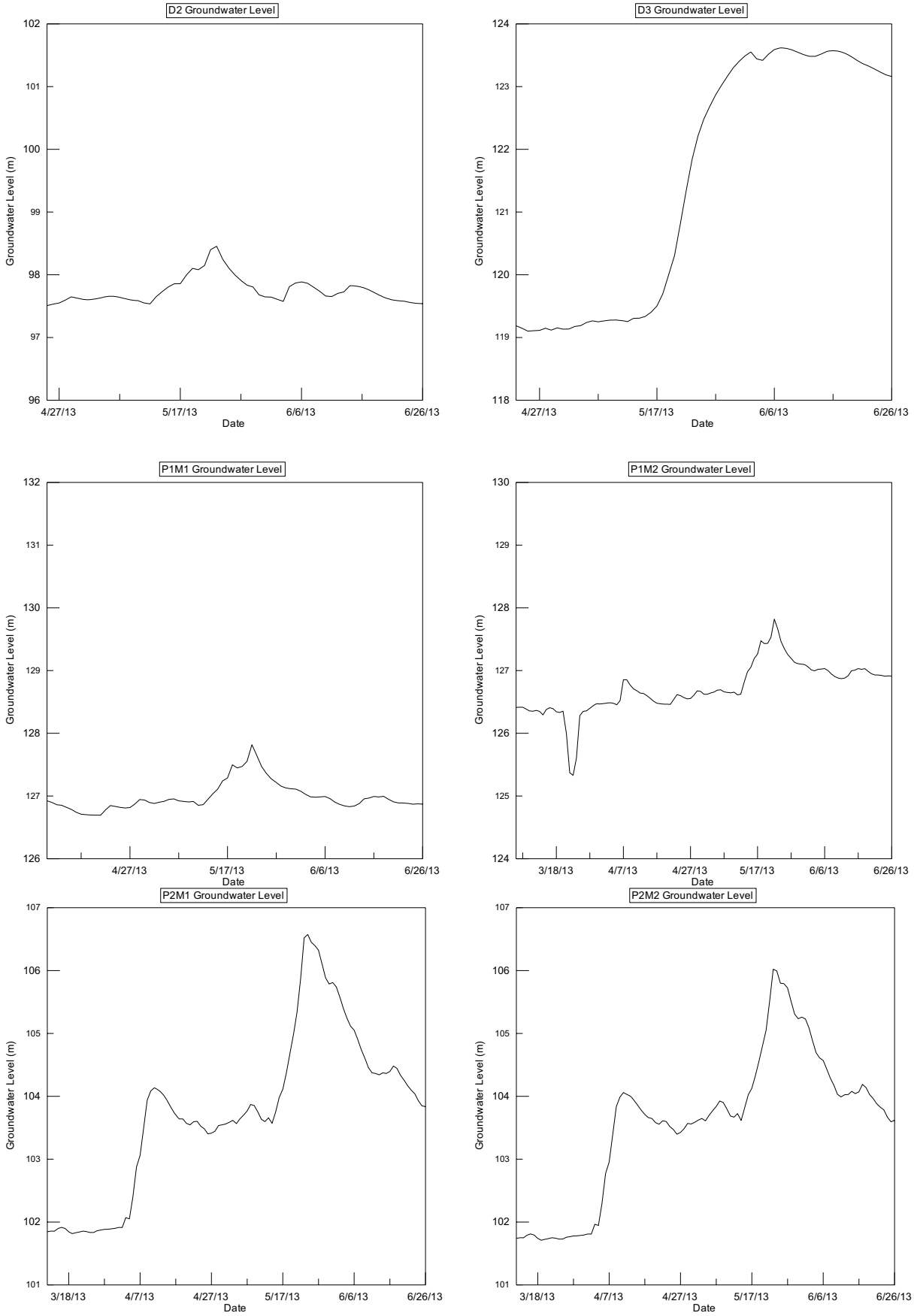


圖 3-94　名竹盆地設置之各井地下水位變化歷時圖

綜合以上說明，本計畫之現地作業及分析包括地球物理(地電阻)探測、水文地質鑽探、水文地質參數探查，並設置簡易式地下水觀測井進行地下水位觀測。本計畫分別建置地電阻測線3條(R1、R2及R3)、地質鑽探井3口(D1、D2及D3)、抽水試驗井2口(P1及P2)、抽水試驗觀測井4口(P1m1、P1m2、P2m1及P2m2)以及簡易觀測井5口(M1、M2、M3、M4及M5)等，本計畫於計畫範圍內施作水文地質探測及設置觀測井之點位如圖3-95，各點位設置成果如表3-21所示。

表 3-21　觀測井設置成果表

井號	類型	井徑(in)	TWD97_X	WD97_Y	深度(m)	井頂高程(m)	井蓋型式
MC-OB-101-1(M1)	簡易觀測井	4	215223.308	2630452.531	31.30	109.92	地下式
MC-OB-101-2(M2)	簡易觀測井	4	212955.074	2630841.858	30.60	96.223	地下式
MC-OB-101-3(M3)	簡易觀測井	4	216398.681	2633073.308	31.80	124.102	地下式
MC-OB-101-4(M4)	簡易觀測井	4	212432.141	2631786.255	30.86	95.009	地下式
MC-OB-101-5(M5)	簡易觀測井	4	215196.687	2627386.555	31.17	129.465	地下式
MC-Pt-101-1(P1)	抽水試驗井	10	218718.837	2631591.655	30.91	130.944	地面式
MC-Pt0-101-1.1(P1-m1)	抽水試驗觀測井	4	218738.522	2631584.445	30.65	130.851	地下式
MC-Pt0-101-1.2(P1-m2)	抽水試驗觀測井	4	218710.689	2631595.46	31.83	131.217	地下式
MC-Pt-101-2(P2)	抽水試驗井	10	213866.306	2629521.464	30.85	113.105	地面式
MC-Pt0-101-2.1(P2-m1)	抽水試驗觀測井	4	213875.227	2629505.9	31.40	114.372	地下式
MC-Pt0-101-2.2(P2-m2)	抽水試驗觀測井	4	213861.307	2629538.963	31.60	112.115	地下式
MC-HG-101-1(D1)	地質鑽探井	10吋井孔，4吋觀測井	217939.002	2634476.625	101.7	136.136	地下式
MC-HG-101-2(D2)	地質鑽探井	4	214303.368	2631663.691	100.65	104.632	地下式
MC-HG-101-3(D3)	地質鑽探井	10吋井孔，4吋觀測井	216636.251	2629960.277	101.5	136.535	地下式

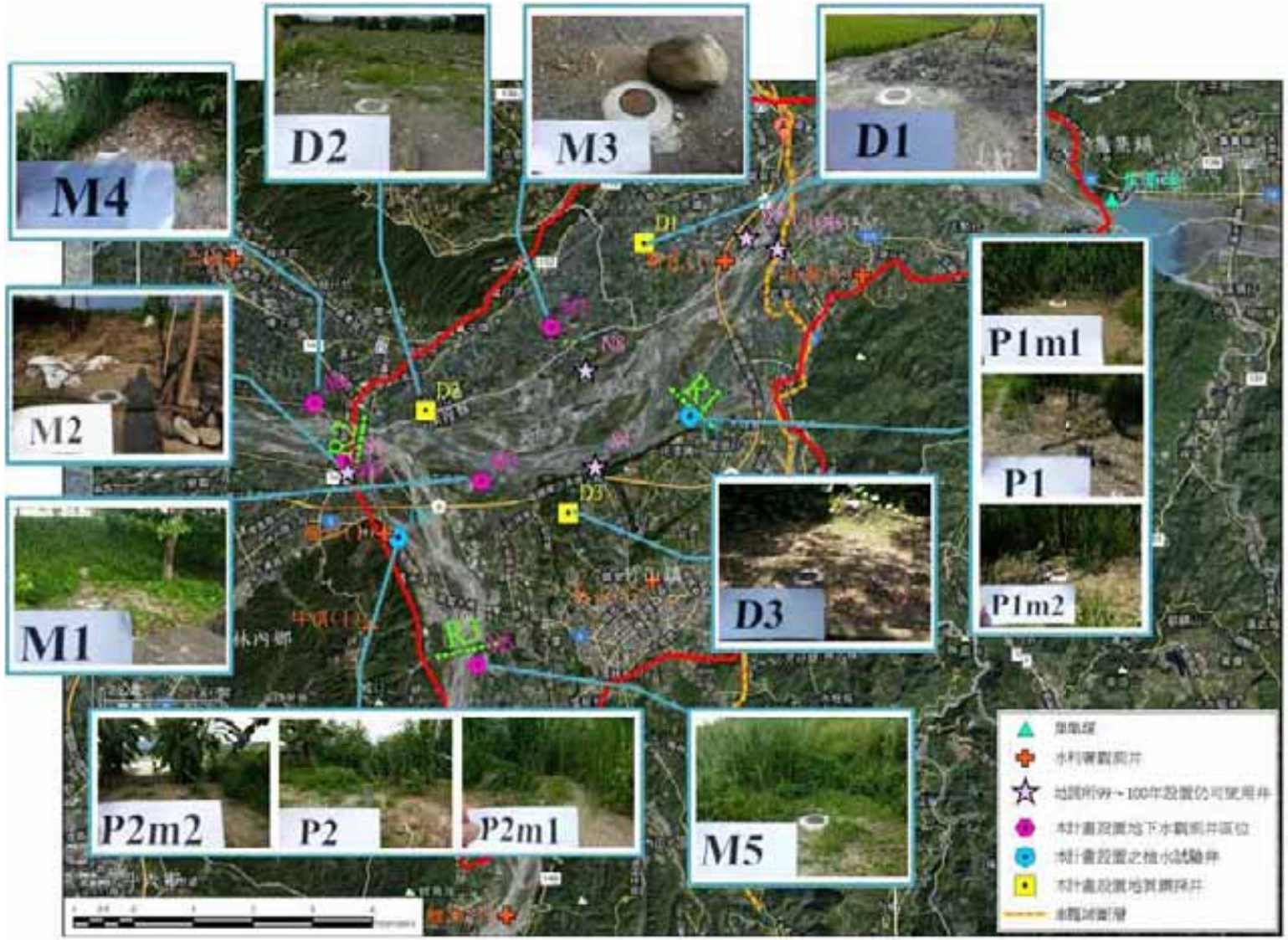


圖 3-95　本計畫建置之觀測井與施測地電阻測線及既有可用井位置

六、地下水文分析

針對計畫區域及計畫週邊地下水文分析工作包含歷時變化分析、水位等值線分析、地下水位與鄰近河川關連分析及水位相關性分析等，以就各項分析成果簡要說明如下：

(一)水位歷時變化分析

本計畫除針對新設簡易觀測井及既有前期計畫所設觀測井進行水位觀測外，亦蒐集經濟部水利署地下水觀測網站井水位資料，由於此等觀測井紀錄時間較長，利於進行區域地下水水位歷時變化分析，圖 3-96 至圖 3-107 為各觀測井自 1997 年 1 月 1 日至 2013 年 3 月 31 日之水位歷時變化圖，其中圖 3-96 及圖 3-97 為竹山(1)及竹山(2)之水位歷時變化圖，由於竹山(1)及竹山(2)2 觀測井井篩深度分別為地表下 66 公尺至 96 公尺及 156 公尺至 186 公尺，故 2 觀測井主要係反應竹山平原地區淺層(100 公尺內)及深層(大於 100 公尺)地下水水位變化特性，以淺層竹山(1)水位變化而言，水位變化特性呈現明顯週期特性，約以年為其變化週期，其中水位較低年代發生於 2002 年至 2004 年之間，該年份均屬枯水年期，此低水位恰反應天然補注量減少之特性，竹山(1)之最低水位、最高水位及平均水位分別為 138.47 公尺、146.78 公尺及 141.91 公尺，其最高及最低水位差值為 8.31 公尺，另外以線性迴歸評估其水位變化趨勢顯示竹山(1)水位呈現微幅上升趨勢；竹山(2)水位變化特性與竹山(1)相較存有明顯差異，於 1997 年至 2002 年間竹山(2)水位呈現大幅振盪情況，其後自 2003 年起水位變化有逐步趨於規律週期性變化，竹山(2)於紀錄期間之最低水位、最高水位及平均水位分別為 134.92 公尺、145.55 公尺及 142.48 公尺，其最高及最低水位差值為 10.63 公尺，另外以線性迴歸評估其水位變化趨勢顯示水位有緩步上升

趨勢，竹山(2)水位漸趨穩定之原因，推測可能與 2002 年集集攔河堰開始營運有關，因集集攔河堰將濁水溪地面水攔蓄於計畫區域上游處，並依水文豐枯情況調節放流量，如濁水溪河道為竹山平原地區含水層主要補注源，則週期性地面水放流量將使地下水位亦呈現相同變化特性，由竹山(2)水位變化可明顯發現此等特性；整體而言，自集集攔河堰營運後，於竹山平原之地下水水位呈現隨水文豐枯明顯週期性變化，豐枯水期水位變化幅度則以竹山(1)明顯大於竹山(2)，推測可能因淺層地下水直接受到鄰近河川水位影響，而深層地下水則因深度較深受河川影響較為輕微。

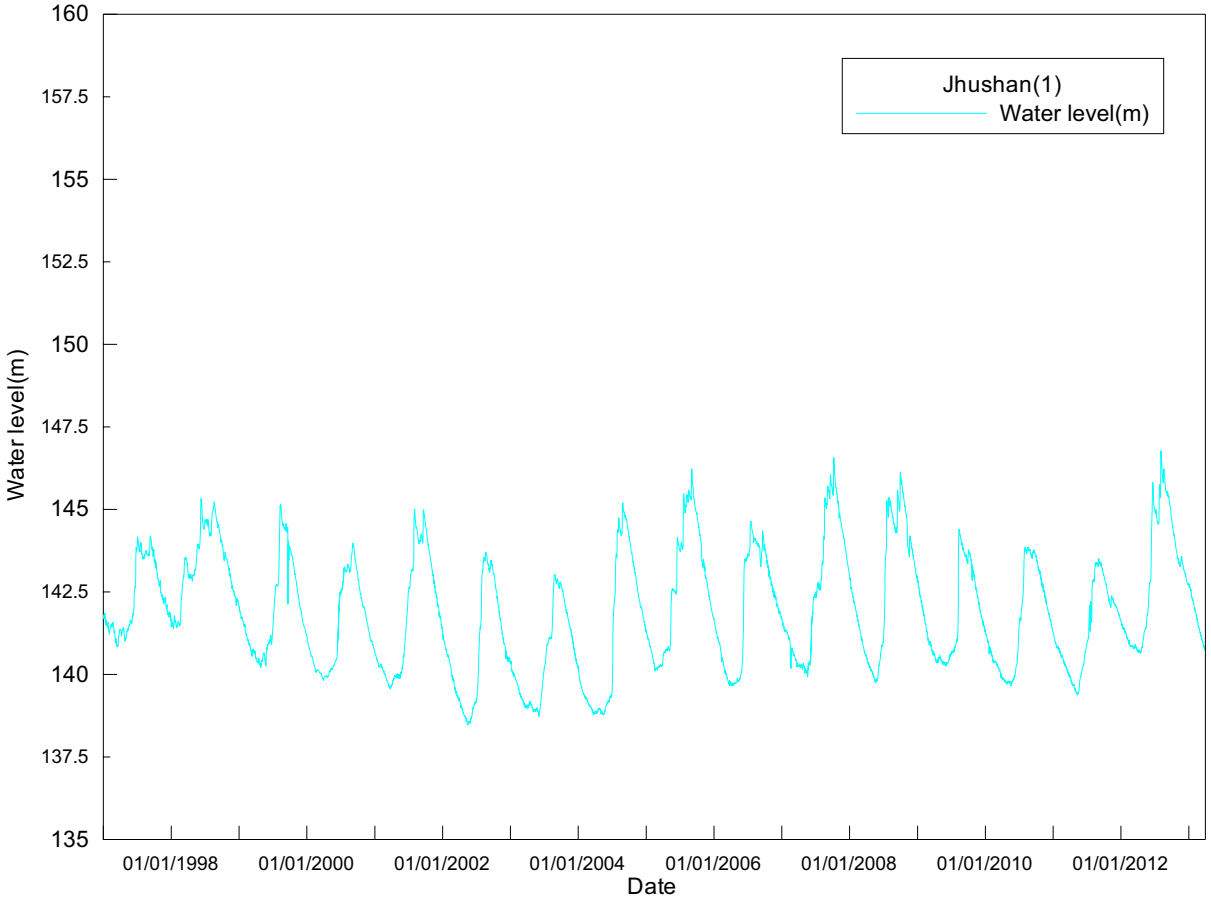


圖 3-96　竹山(1)水位歷時圖

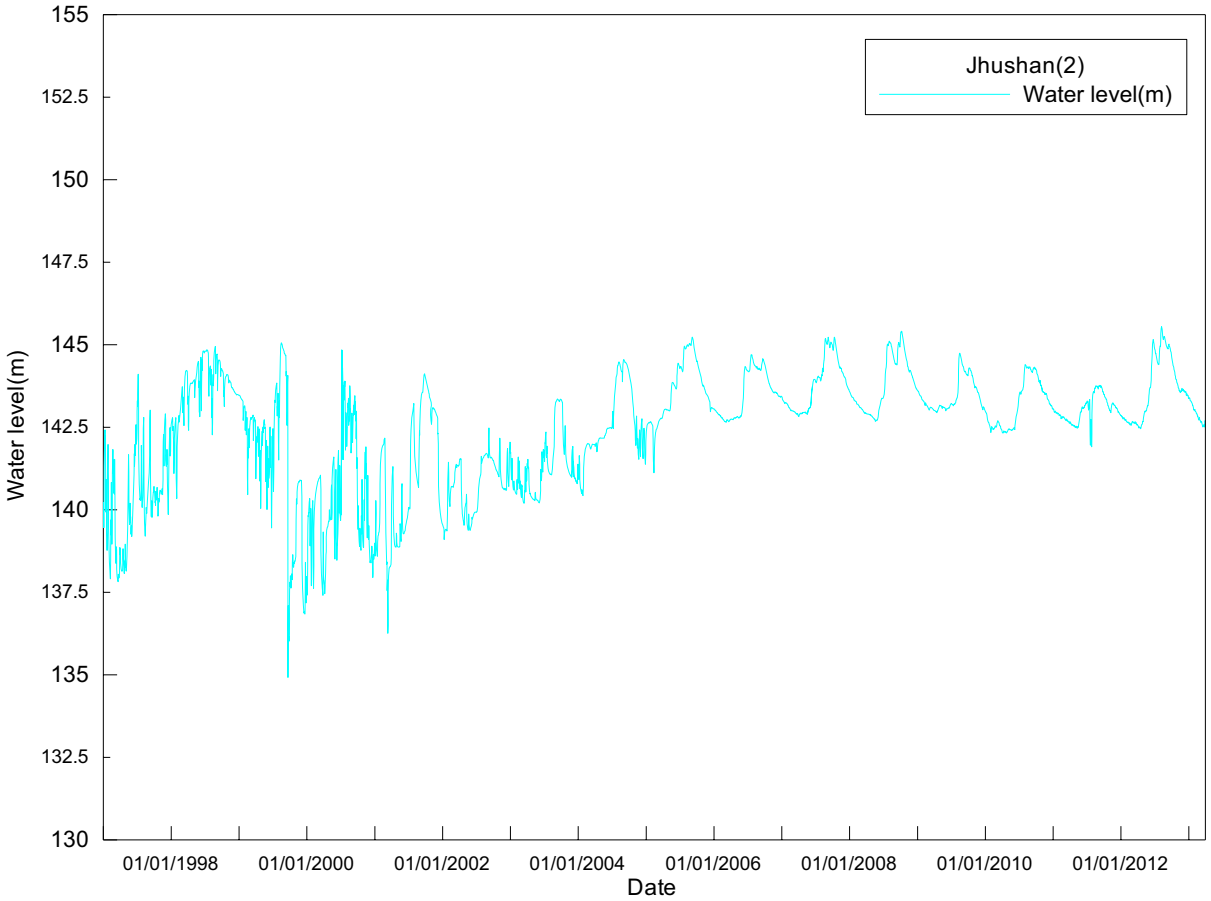


圖 3-97　竹山(2)水位歷時圖

圖 3-98 至圖 3-99 則為新民(1)及新民(2)水位變化歷時圖，新民(1)及新民(2)井篩深度分別為地表下 24 公尺至 72 公尺及 144 公尺至 186 公尺，依據井篩深度，新民(1)地下水水位變化反應濁水溪北側現代沖積層含水層水位變化特性，而新民(2)則反應於現代沖積層下方頭嵙山層含水層水位變化特性；由新民(1)水位歷時變化可發現該區域水位自 1998 年至 1999 年間跳升約 10 公尺左右，其後則逐年降低至 2004 年低點，自 2004 年起始逐上升並趨於穩定週期性變化直至現今，新民(1) 於 16 年間之最低水位、最高水位及平均水位分別為 132.68 公尺、145.16 公尺及 137.87 公尺，其最高及最低水位差值為 12.48 公尺，其水位變化趨勢與年度水文豐枯情勢相近；新民(2)反應該區域頭嵙山層地下水水位變化行為，其歷時變化行為與新民(1)類似，較明顯之差異為新民(1)於 1998 年水位明顯大幅上升行為，於新民(2)

則於 2000 年始發生，其間存有 2 年延遲時間，惟影響新民(1)及新民(2)水位大幅跳升之原因不明，可能與當地地下水使用情形有關，因相關地下水使用資訊不足，並無法證實其確切原因，新民(2)之最低水位、最高水位及平均水位分別為 126.49 公尺、139.51 公尺及 134.62 公尺，其最高及最低水位差值為 13.02 公尺；整體而言，代表現代沖積層之新民(1)觀測井水位變化幅度大於反應頭嵙山層含水層之新民(2)水位，推測現代沖積層含水層與河川水位相關性良好所致，另於相同時間新民(1)水位明顯高於新民(2)，可見於名竹盆地內濁水溪北側現代沖積層與頭嵙山層水文地質特性存有顯著差異，非屬相同含水層。

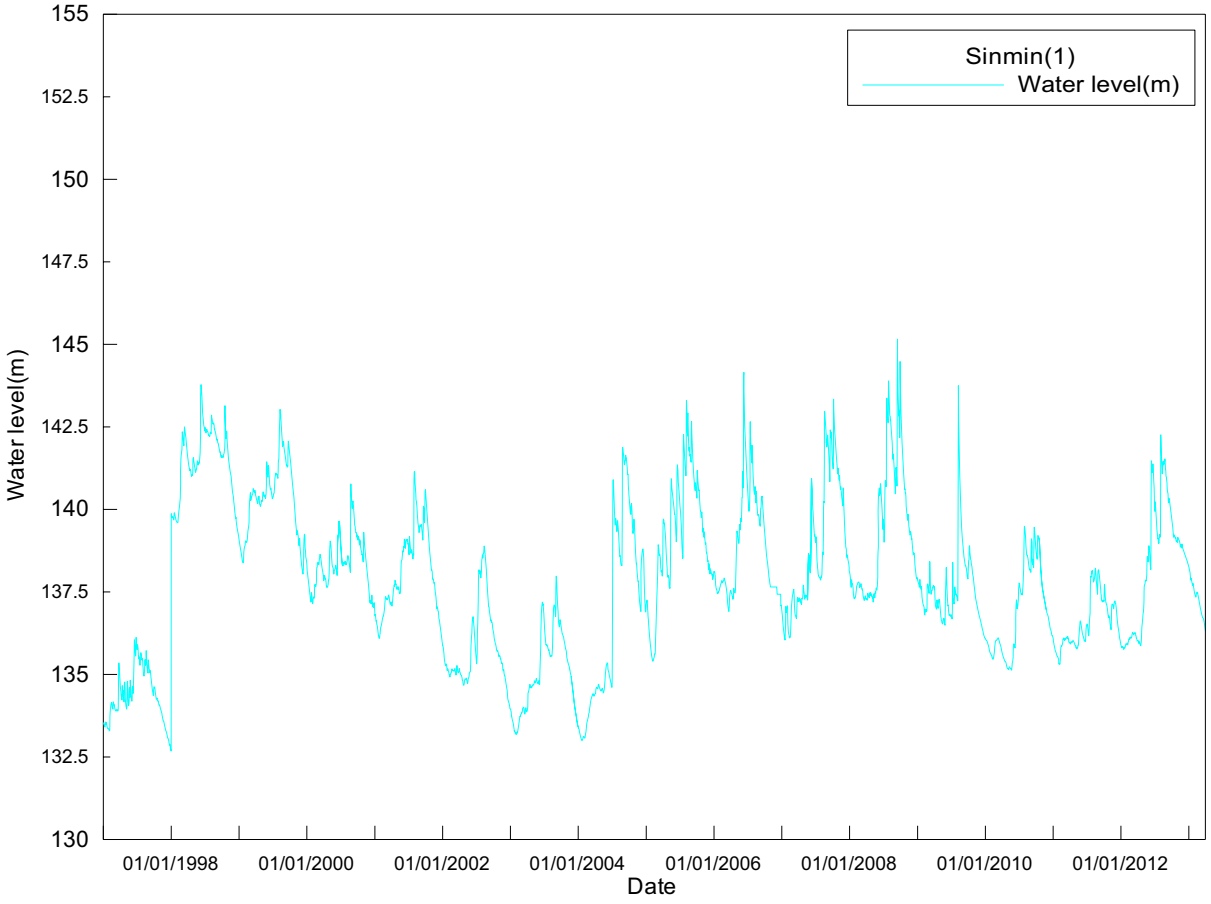


圖 3-98　新民(1)水位歷時圖

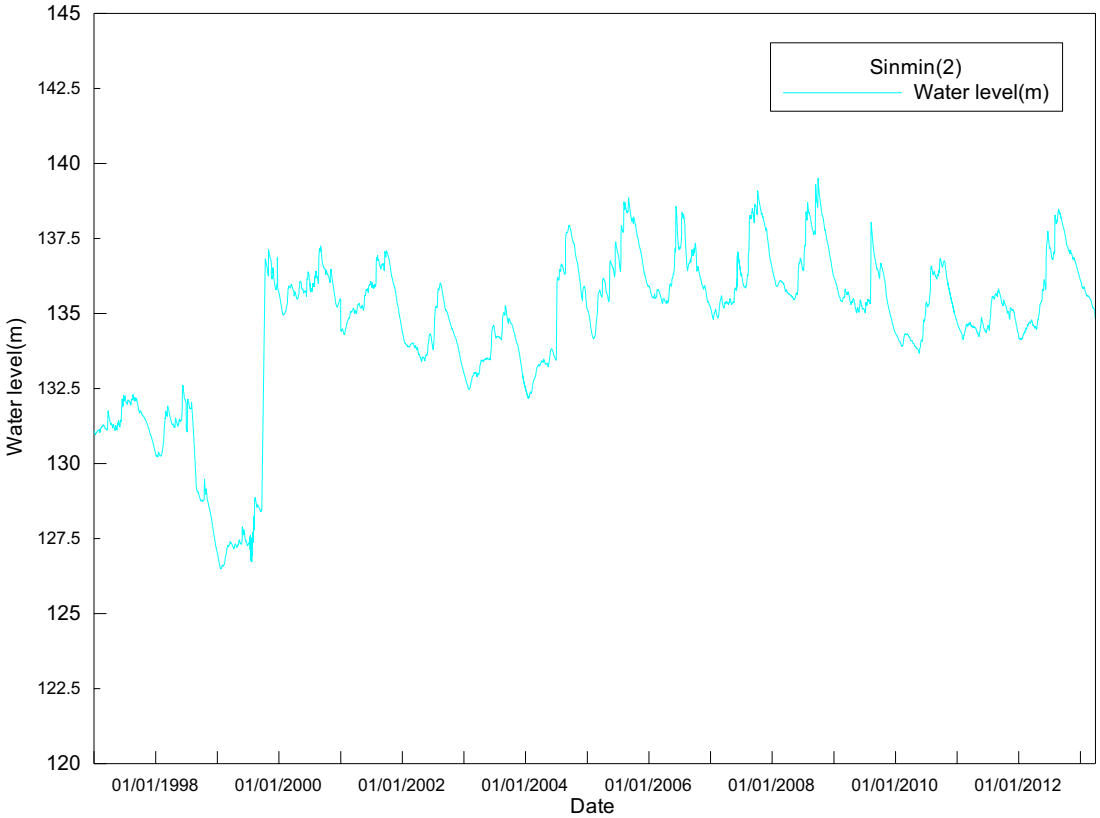


圖 3-99　新民(2) 水位歷時圖

圖 3-100 為位於名竹大橋上游社寮(1)水位歷時變化圖，因社寮(1)站井所在位置係於車籠埔斷層東側，因斷層阻隔使其水位變化與位於車籠埔斷層西側之竹山(1)及新民(1)等站有明顯差異，由圖中可發現社寮(1)水位振盪情況較竹山(1)及新民(1)兩站更為頻繁，雖仍有年度豐枯水期週期變化行為，但於豐水期水位跳動現象則非常明顯，此現象似與當地降雨有關，由於該站井位於名竹盆地沖積層邊緣，緊鄰南側丘陵地，由地形特性判斷，該站井含水層主要補注來源應為其南側丘陵地表逕流入滲所產生側向補注，由於地勢陡峭坡降大，故降雨所致之影響亦快速影響此站井之水位變化，導致於豐水期出現較無規律之水位跳動現象，社寮(1)之最低水位、最高水位及平均水位分別為 164.48 公尺、176.03 公尺及 168.91 公尺，其最高及最低水位差值為 11.55 公尺，而水位變化趨勢則大致呈現微幅上升現象，此站井水位變化特性可代表位於車籠埔斷層東側含水層特性。

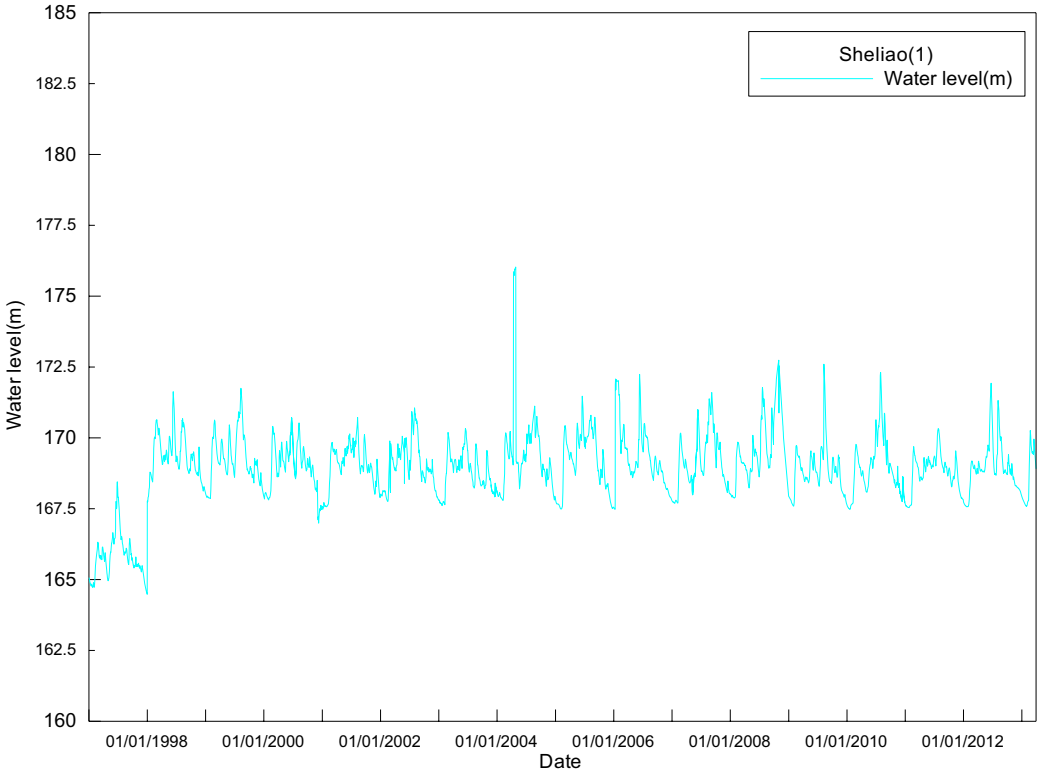


圖 3-100　社寮(1)水位歷時圖

圖 3-101 至圖 3-102 為位於清水溪上游西側之鯉魚(1)及鯉魚(2)於紀錄期間之水位變化歷時圖，鯉魚(1)及鯉魚(2)井篩深度分別為地表下 20 公尺至 35 公尺及 86 公尺至 98 公尺，此兩站井可代表清水溪上游現代沖積層含水層與其下頭嵙山層含水層水位變化行為，由圖中可發現鯉魚(1)站井於 1999 年底有明顯水位陡降現象，下降幅度約為 10 公尺，依其陡降時間恰發生於集集地震隔日(1999 年 9 月 22 日)，故此陡降行為應受地震影響所致；其後水位漸趨穩定並呈現年度豐枯水期週期性變化，惟其振盪亦較為頻繁，直至 2011 年 12 月則出現缺測情況，於 2012 年底水位為 16 年間歷史水位之最低區段，鯉魚(1)之最低水位、最高水位及平均水位分別為 161.51 公尺、177.93 公尺及 167.61 公尺，其最高及最低水位差值為 16.42 公尺，而水位變化趨勢則明顯呈現下降現象；鯉魚(2)代表當地頭嵙山層含水層水位變化情況，其水位歷時變化大致與鯉魚(1)相近，鯉魚(2) 之最低水位、最高水位及平均水位分別為 164.39 公尺、178.02 公尺及 169.07 公尺，

其最高及最低水位差值為 13.63 公尺，而水位變化趨勢亦呈現下降現象。

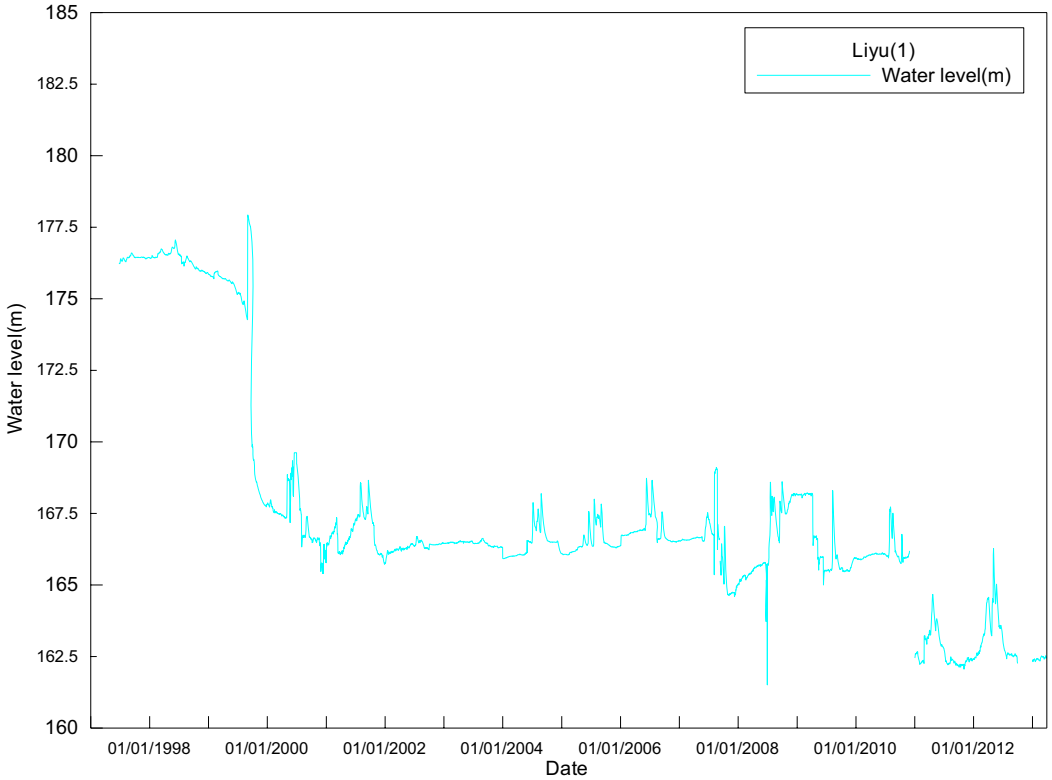


圖 3-101　鯉魚(1)水位歷時圖

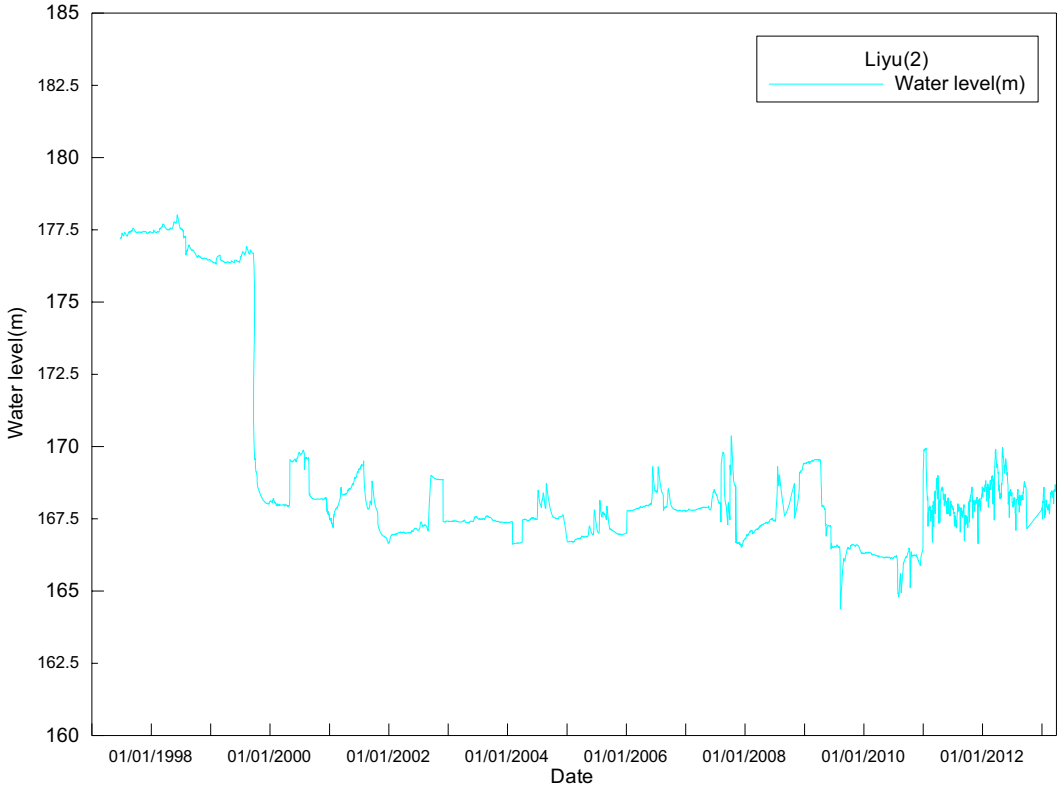


圖 3-102　鯉魚(2)水位歷時圖

圖 3-103 至圖 3-104 為位於濁水溪及清水溪會流處南側之觸口(1)及觸口(2)水位變化歷時圖，觸口(1)及觸口(2)井篩深度分別為地表下 35 公尺至 89 公尺及 144 公尺至 174 公尺，故觸口(1)及觸口(2)分別代表當地不同深度含水層水位變化特性，由地理位置研判影響此兩站井水位變化因素包含濁水溪河道補注、清水溪河道補注及觸口台地側向補注等三項，可能較其他站井更為複雜，由觸口(1)水位歷時變化可發現於 1999 年底出現幅度約 5 公尺之水位下降情況，其後水位漸趨穩定，直至 2007 年底出現短期水位陡降約 16 公尺現象，惟水位隨即回升，推測應為站井維護所致，而於 2009 年底則出現缺測現象，之後水位始呈現穩定變化情況，而此時之水位屬紀錄期間之低位段，由於該站井所在區位地質條件複雜，其水位陡升陡降原因不易判讀，觸口(1)之最低水位、最高水位及平均水位分別為 98.52 公尺、120.88 公尺及 113.18 公尺，其最高及最低水位差值為 22.36 公尺，而水位變化趨勢亦呈現下降現象。觸口(2)代表該區域深層水位變化行為，自 1999 年起至 2004 年水位大致呈現穩定週期變化趨勢，但自 2004 年起至 2009 年止水位即呈現大幅振盪現象，且於 2006 年底、2008 年底及 2009 年初均出現水位陡升或陡降現象，此期間水位振盪幅度高達 16 公尺左右，觸口(2)之最低水位、最高水位及平均水位分別為 97.35 公尺、116.23 公尺及 112.41 公尺，其最高及最低水位差值為 18.88 公尺，而水位變化趨勢呈現微幅下降現象。

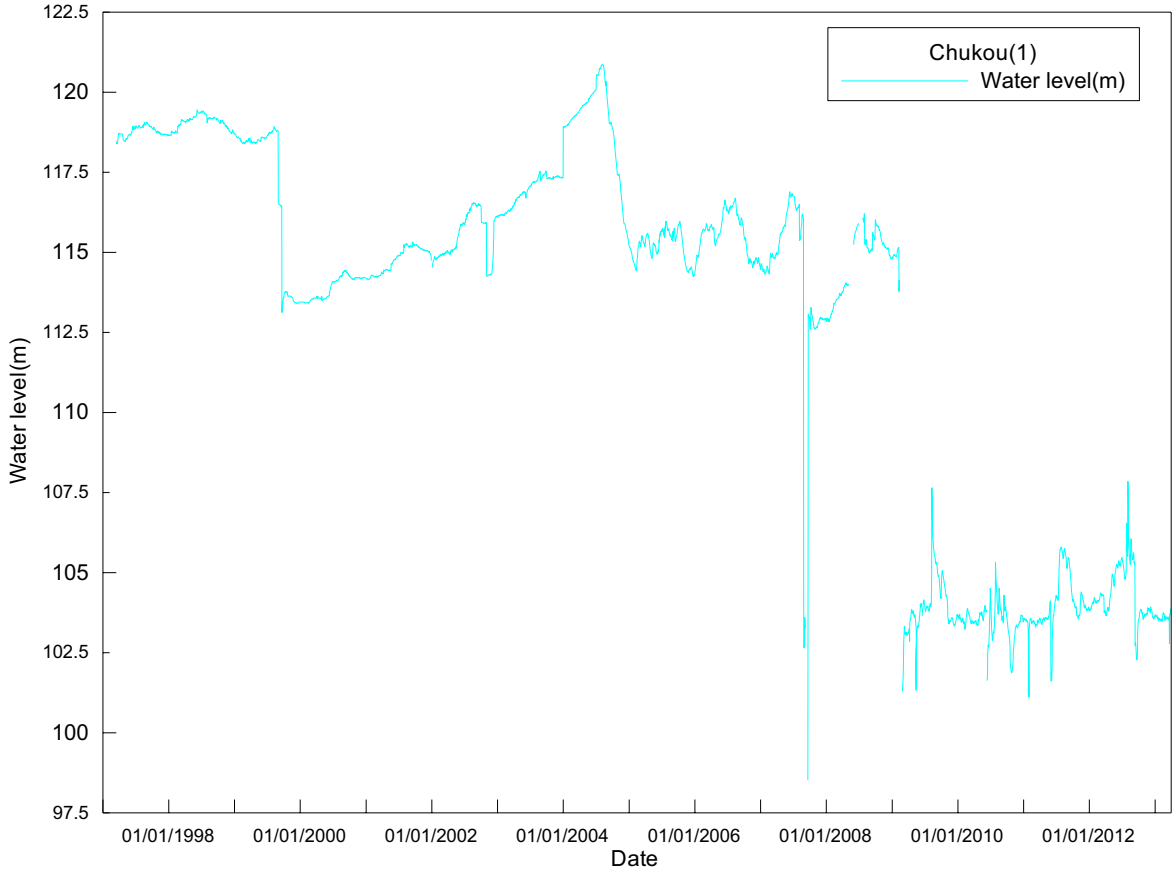


圖 3-103　觸口(1)水位歷時圖

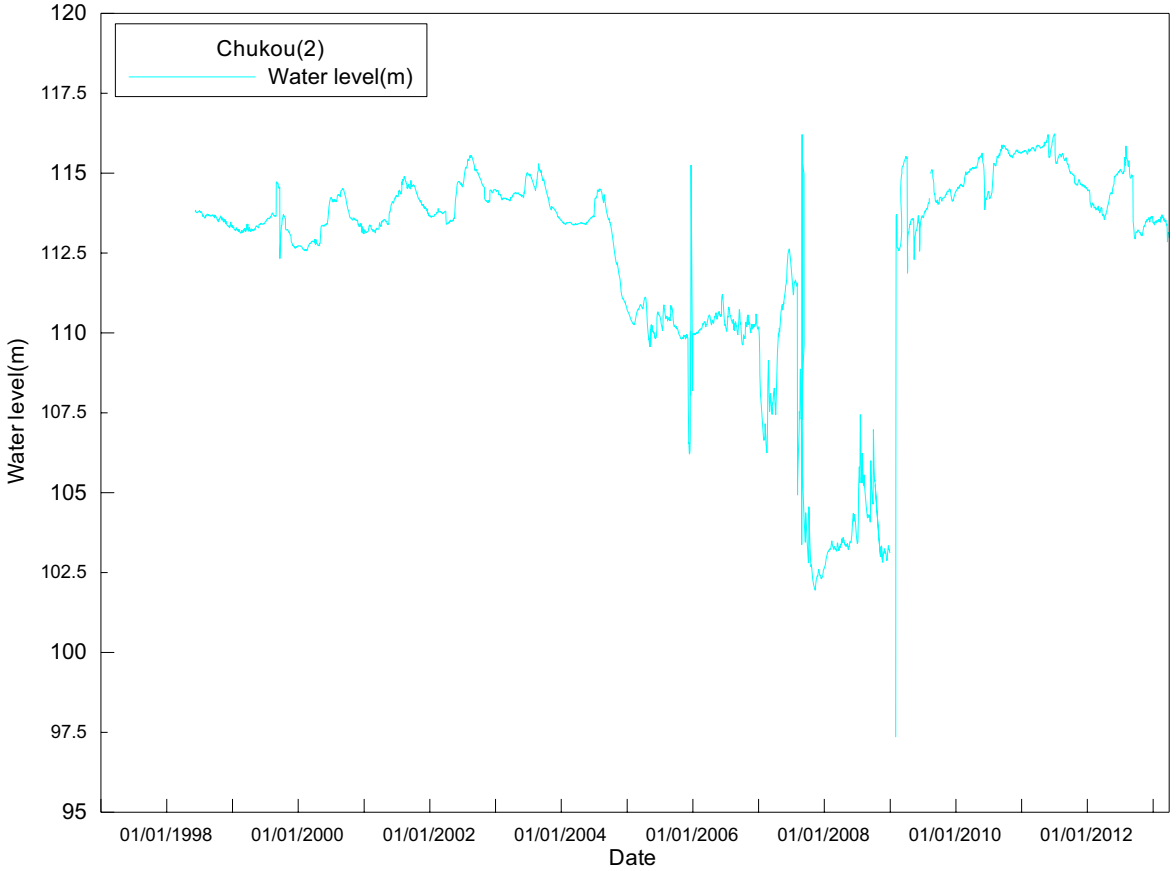


圖 3-104　觸口(2)水位歷時圖

圖 3-105 為位於清水溪西側觸口台地之坪頂(1)站井水位變化歷時圖，由其水位歷時變化可發現於該區域之地下水水位大致呈現年度水文豐枯週期性變化，惟其水位有明顯逐年遞減現象，由於當地地勢較高，地下水補注來源應僅為降雨入滲補注，故其水位逐年遞減現象可能其當地過量使用地下水有關，坪頂(1)之最低水位、最高水位及平均水位分別為 188.5 公尺、205.83 公尺及 197.09 公尺，其最高及最低水位差值為 17.33 公尺，而水位變化趨勢呈現顯著下降之現象。

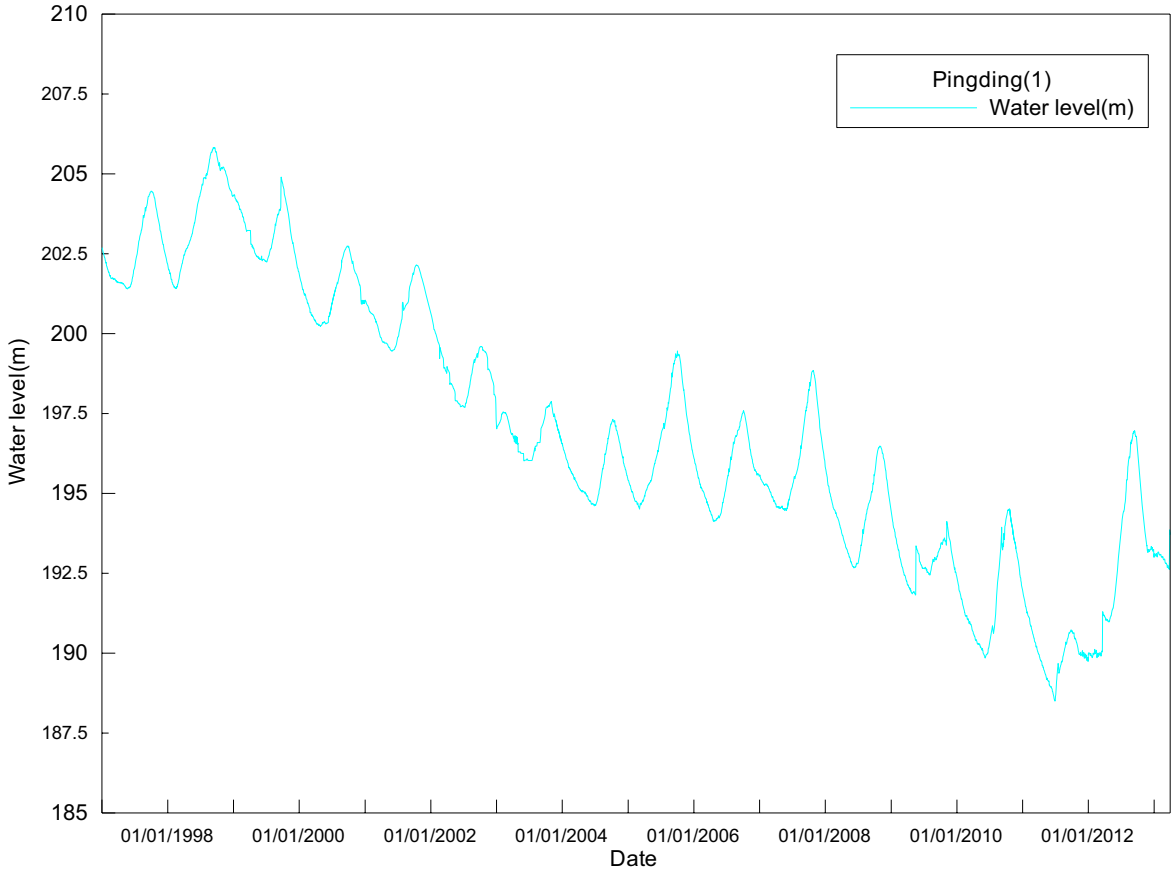


圖 3-105　坪頂(1)水位歷時圖

圖 3-106 及圖 3-107 分別為位於濁水溪隘口下游北側二水及南側烏塗(2)站井水位變化歷時圖，其反應之水位變化係為濁水溪沖積扇扇頂水位變化特性，此二站井水位變化特性大致相似，水位變化呈現符合年度豐枯水期之週期性變化，且於紀錄期間最低水位多發生於 2002 年至 2005 年之間，而此期間恰為水文

情勢較為枯旱期間，二水之最低水位、最高水位及平均水位分別為 33.62 公尺、52.66 公尺及 39.21 公尺，其最高及最低水位差值為 19.04 公尺，而水位變化趨勢呈現持平現象。而烏塗之最低水位、最高水位及平均水位則分別為 33.32 公尺、47.74 公尺及 38.96 公尺，其最高及最低水位差值為 14.42 公尺，而水位變化趨勢亦呈現持平現象。

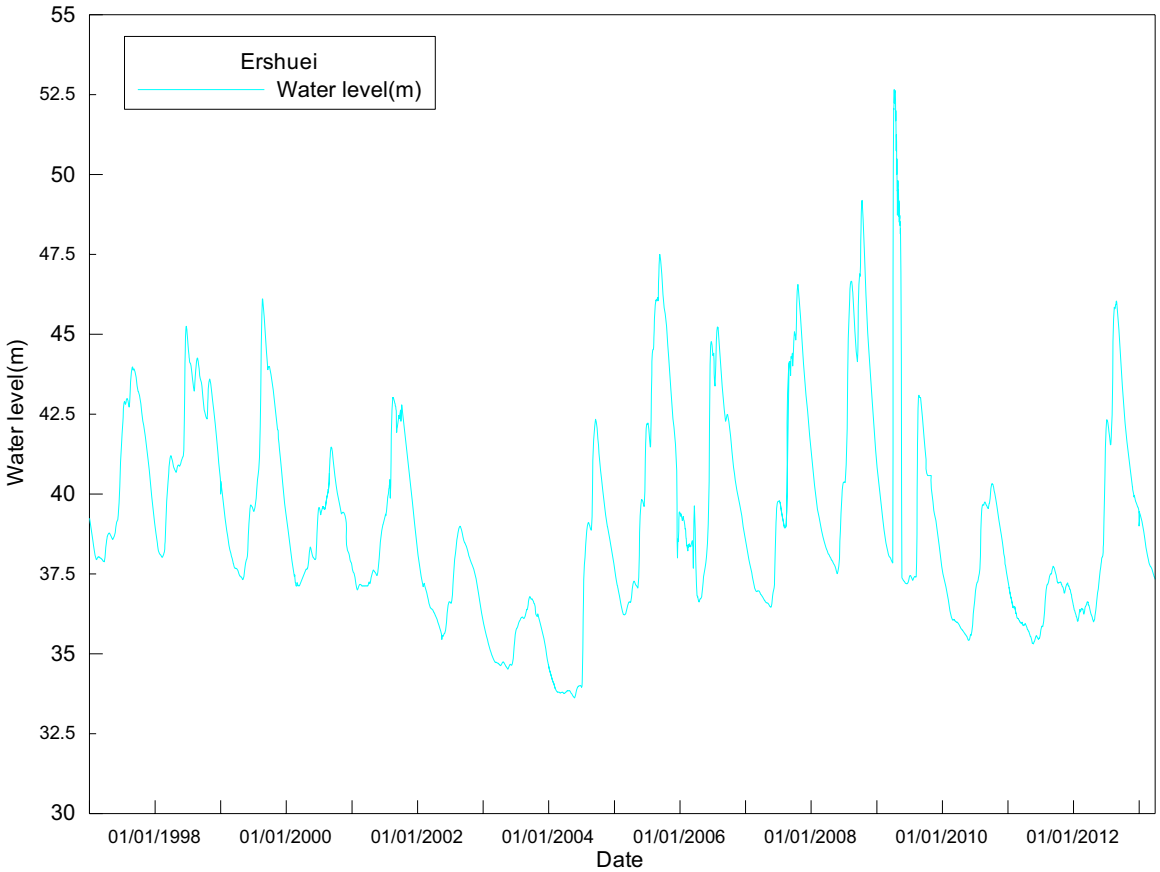


圖 3-106　二水水位歷時圖

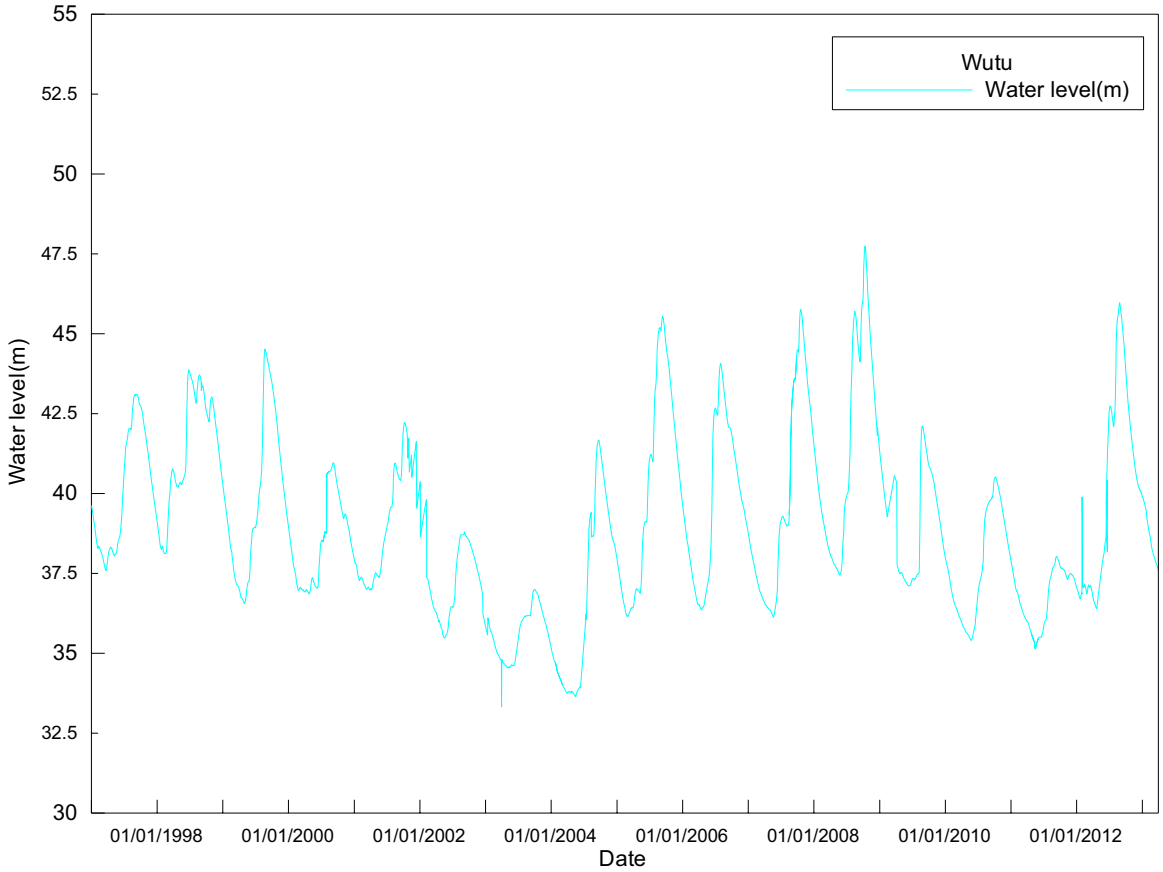


圖 3-107　烏塗(2)水位歷時圖

前期計畫(中央地質調查所，2010；中央地質調查所，2011)所設置之觀測井 C1、N4、N8、S4 及 S5 自 2012 年起進行觀測，其中於 2012 年 11 月及 12 月因前期計畫結束之故而缺測，其後自 2013 年 1 月 1 日起重行觀測，圖 3-108 至圖 3-110 為該 5 口觀測井水位歷時變化圖，由於該 5 口觀測井均緊鄰河道，故由水位歷時變化可發現具有與水文豐枯特性，而於空間水位特性上，由於 C1、S4 與 N4、N8 分別位於濁水溪南側及北側，由此 4 口觀測井之絕對水位可發現，位於濁水溪北側水位略高於濁水溪南側。

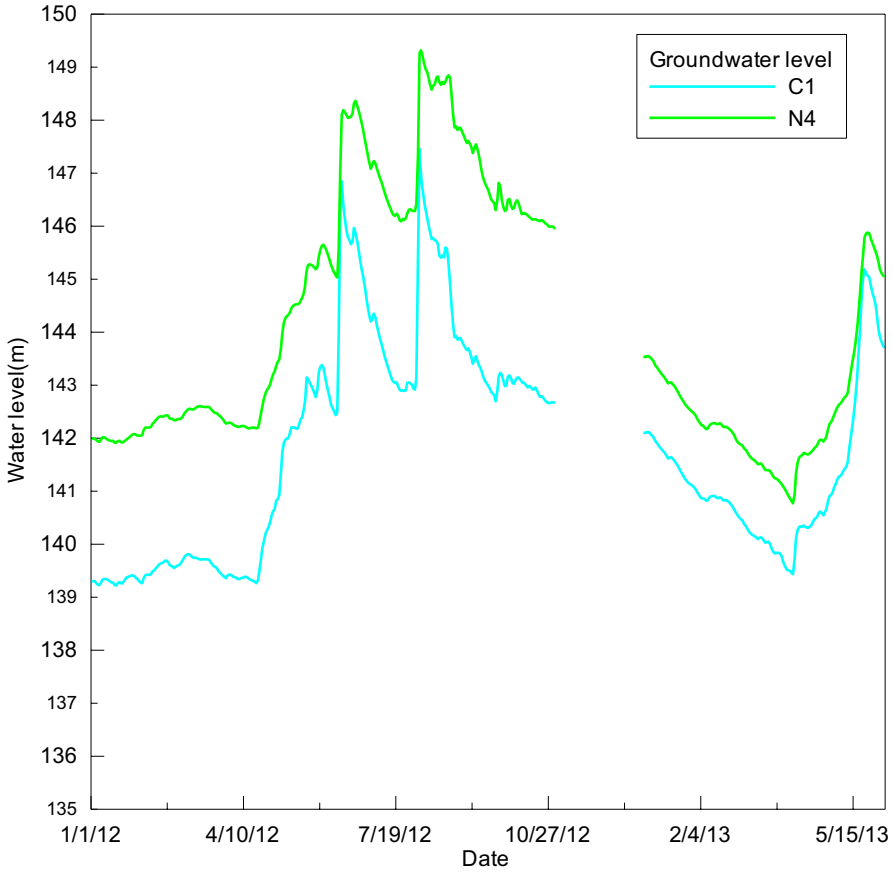


圖 3-108　C1 及 N4 水位歷時圖

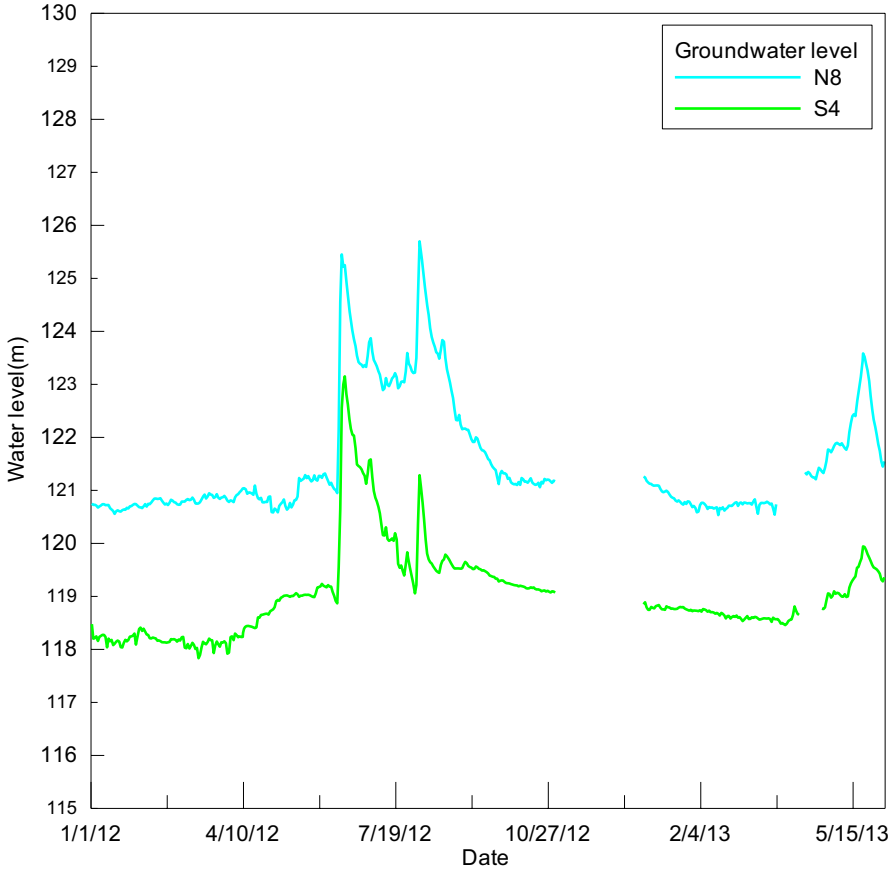


圖 3-109　N8 及 S4 水位歷時圖

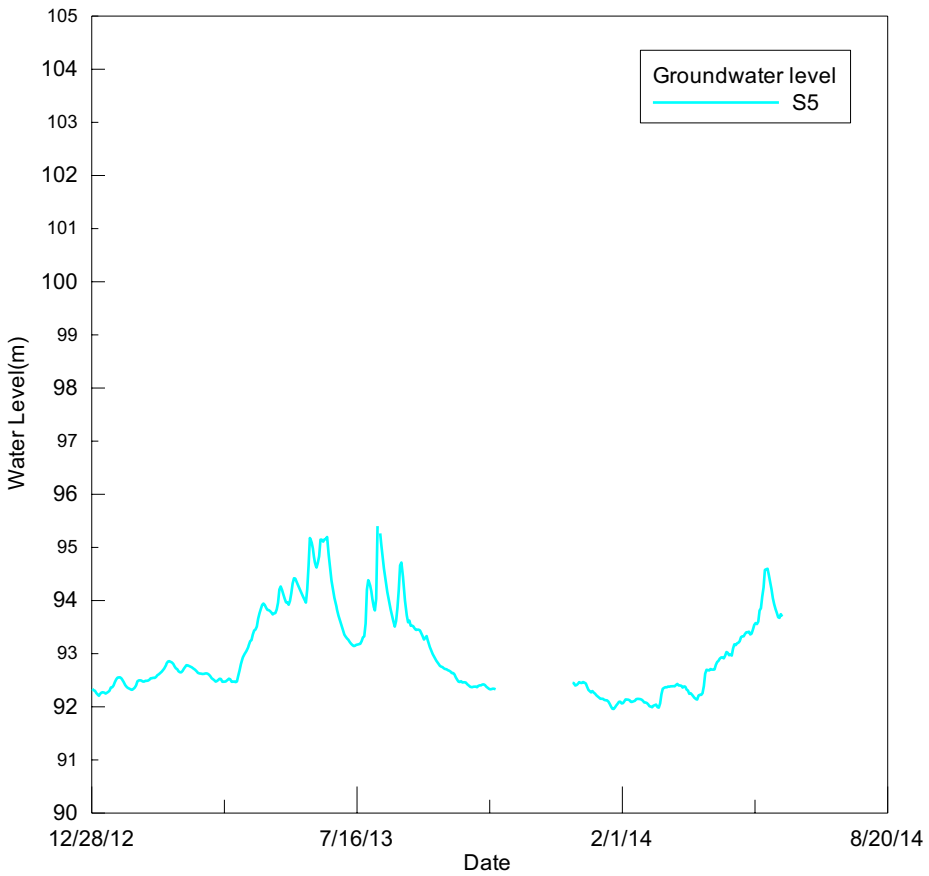


圖 3-110　S5 水位歷時圖

為了解於計畫區域週邊各站井地下水水位變化差異性，圖 3-111 將觸口(1)、竹山(1)、新民(1)、社寮(1)、鯉魚(1)、二水及烏塗等 7 站井水位歷時變化展繪於同一張圖上以利比對，由圖中可發現位於濁水溪隘口東側各站井水位大致可區分為三類別，第一類為位於濁水溪上游及清水溪上游沖積層與丘陵交界處之水位特性，即社寮(1)與鯉魚(1)站井，其水位高程約為 170 公尺左右，水位變化特性顯示豐枯週期性變化較不明顯，而其振盪多屬短期微幅陡升或陡降；第二類則為位於名竹盆地濁水溪南北側沖積平原水位變化特性，即竹山(1)及新民(1)站井，其水位高程約為 140 公尺左右，水位變化顯示反應年度豐枯週期性變化，且變化幅度較位於上游處之水位變化幅度為大，顯見此區域地下水補注來源應為濁水溪河道，屬地面水及地下水相互作用頻繁之區域；第三類則為位於濁水溪及清水溪會流處與隘口

一帶，即觸口(1)，其水位高程約為 110 公尺左右，此處因地質結構複雜，影響含水層之補注來源眾多，故其水位變化不具明顯週期性，且較易發生陡升或陡降現象。另外，位於隘口西側之二水及烏塗站井水位則呈現幾乎相同之變化行為，其水位高程約為 40 公尺左右，且明顯呈現豐枯週期性變化。

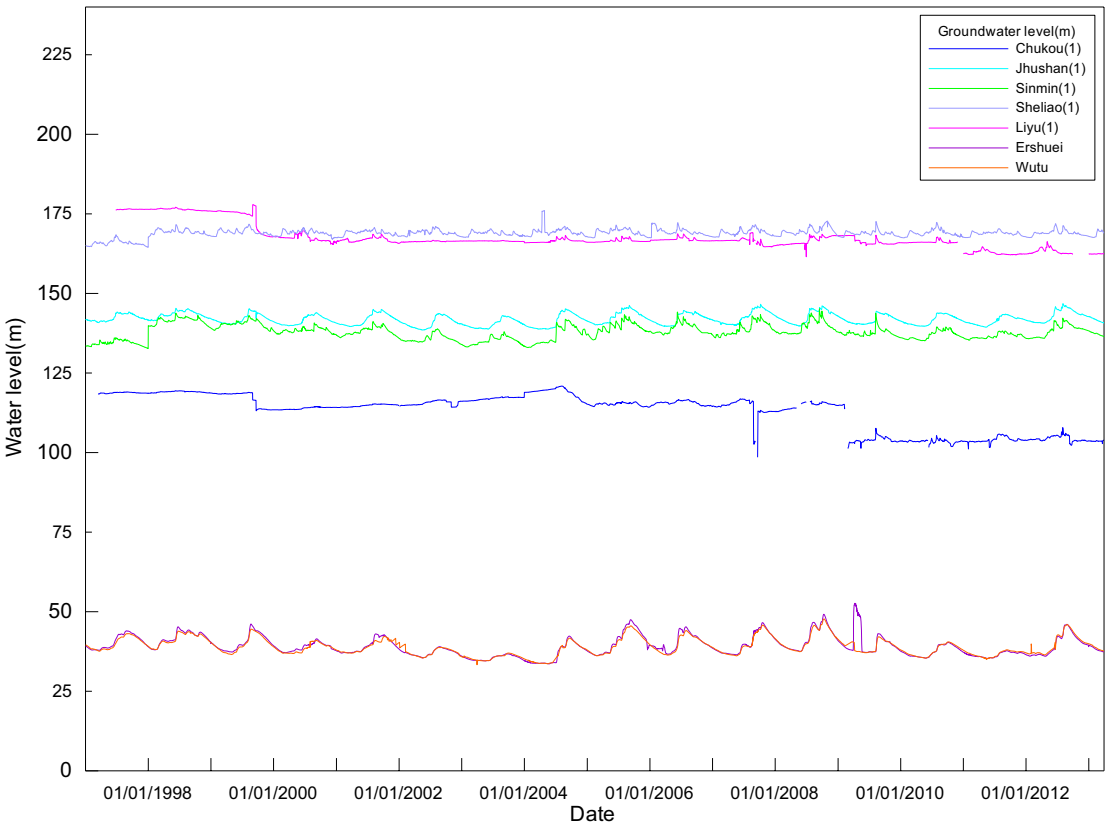


圖 3-111　觸口(1)、竹山(1)、新民(1)、社寮(1)、鯉魚(1)、二水、烏塗(2)地下水水位歷時變化圖

(二)水位等值線分析

利用各觀測井水位紀錄資料，可繪製水位等值線圖以供研判地下水位空間分佈與地下水流向，地下水位資料原則選用經濟部水利署觀測井(觸口(1)、新民(1)、竹山(1)、鯉魚(1)、社寮(1)、新光(1)、坪頂(1)、二水、烏塗(2)、田中(1)及石榴(1))、前期計畫觀測井(C1、N4、N8、S4 及 S5)及本計畫新設觀測井(M1、

M2、M3、M4 M5、D1、D2、D3、P1M1、P1M2、P2M1、P2M2)，由於本計畫新設觀測井觀測時間起始於 2013 年 3 月，故於 2013 年 3 月之前僅可利用經濟部水利署觀測井及前期計畫觀測井資料進行繪製，採各觀測井月平均水位繪製 2012 年 1 月至 2013 年 4 月之水位等值線圖，如圖 3-112 至圖 3-127 所示，可發現於計畫區域範圍地下水水位大致呈現與地形變化相同趨勢，原則以東往西遞減，另水位等值線多呈現往河川上游溯源分佈，為典型地下水補注河川地面水型態；另外，地下水流向於濁水溪沿岸呈現東往西及兩岸往河道流動特性，於清水溪沿岸則呈現南往北及兩岸往河道流動特性，而竹山平原一帶則呈現東南往西北方向流動。

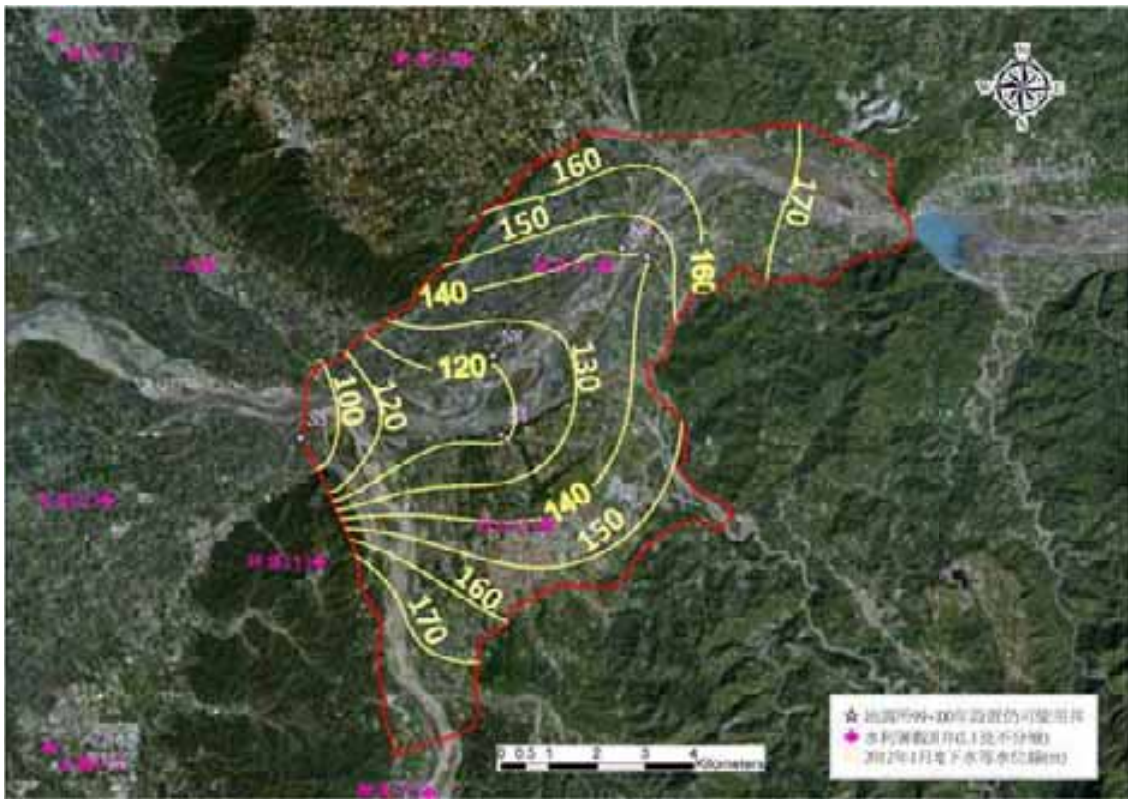


圖 3-112　2012 年 1 月名竹盆地地下水水位等值線圖

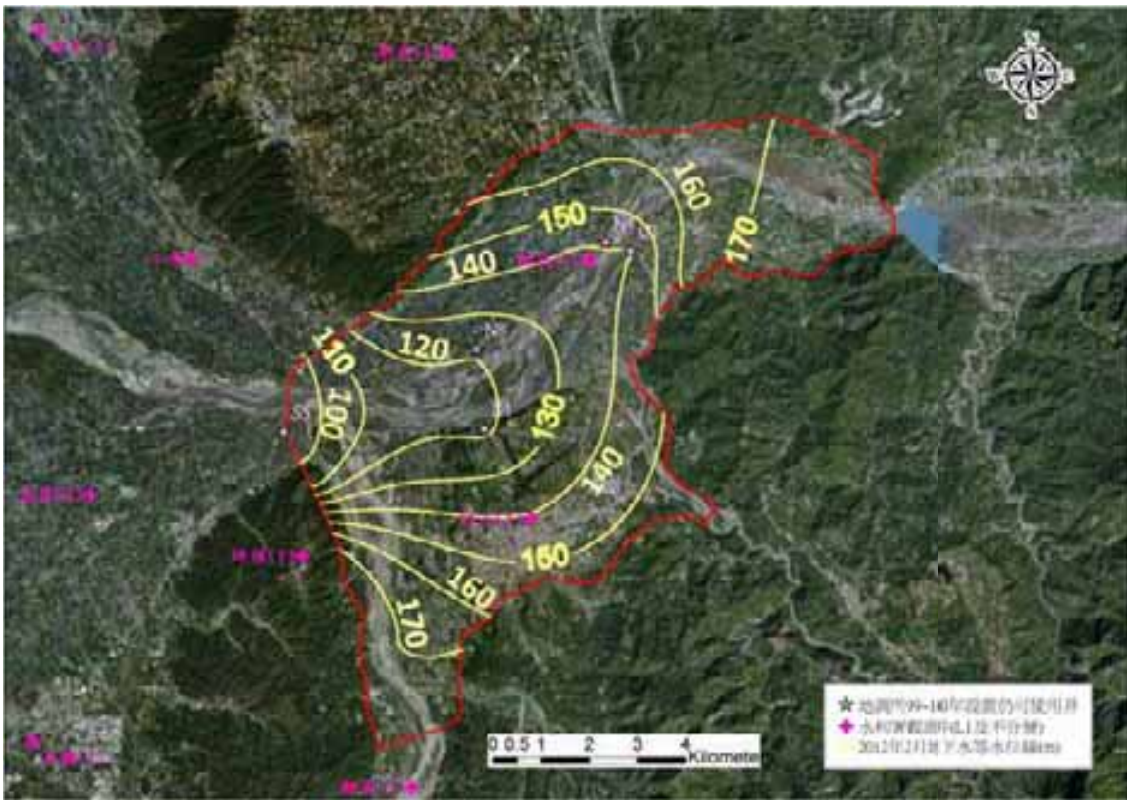


圖 3-113　2012 年 2 月名竹盆地地下水水位等值線圖

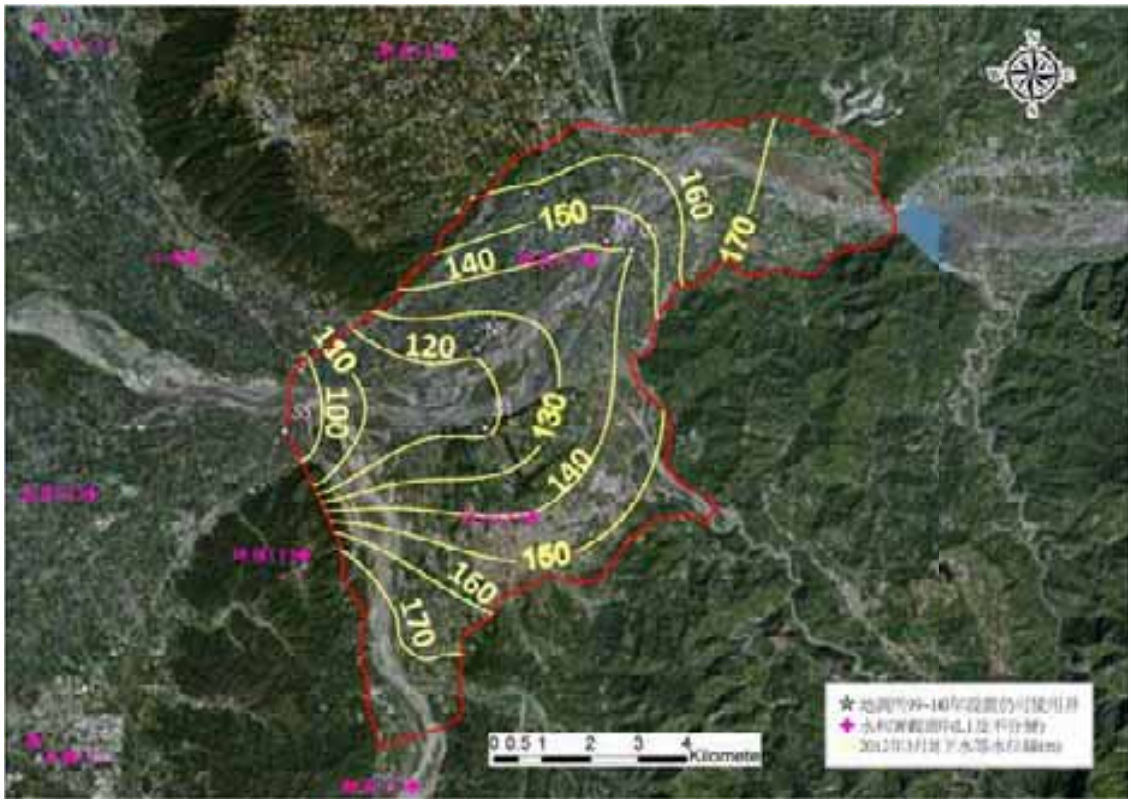


圖 3-114　2012 年 3 月名竹盆地地下水水位等值線圖

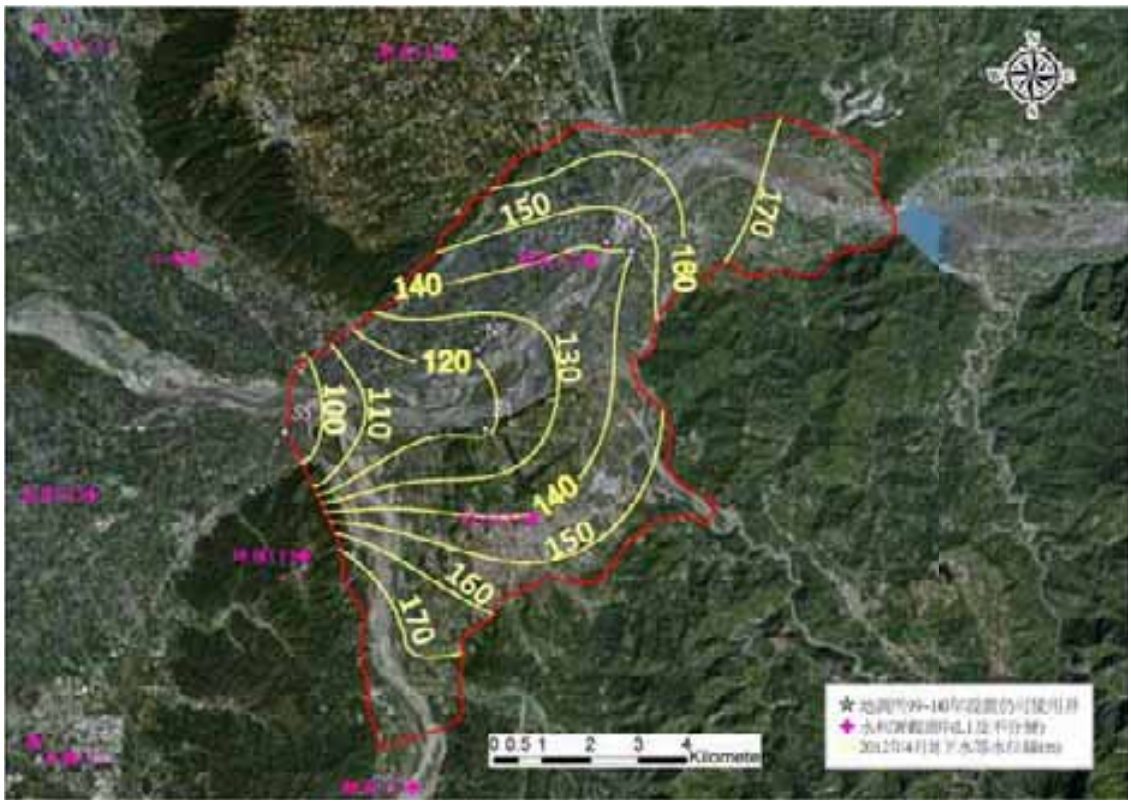


圖 3-115　2012 年 4 月名竹盆地地下水水位等值線圖

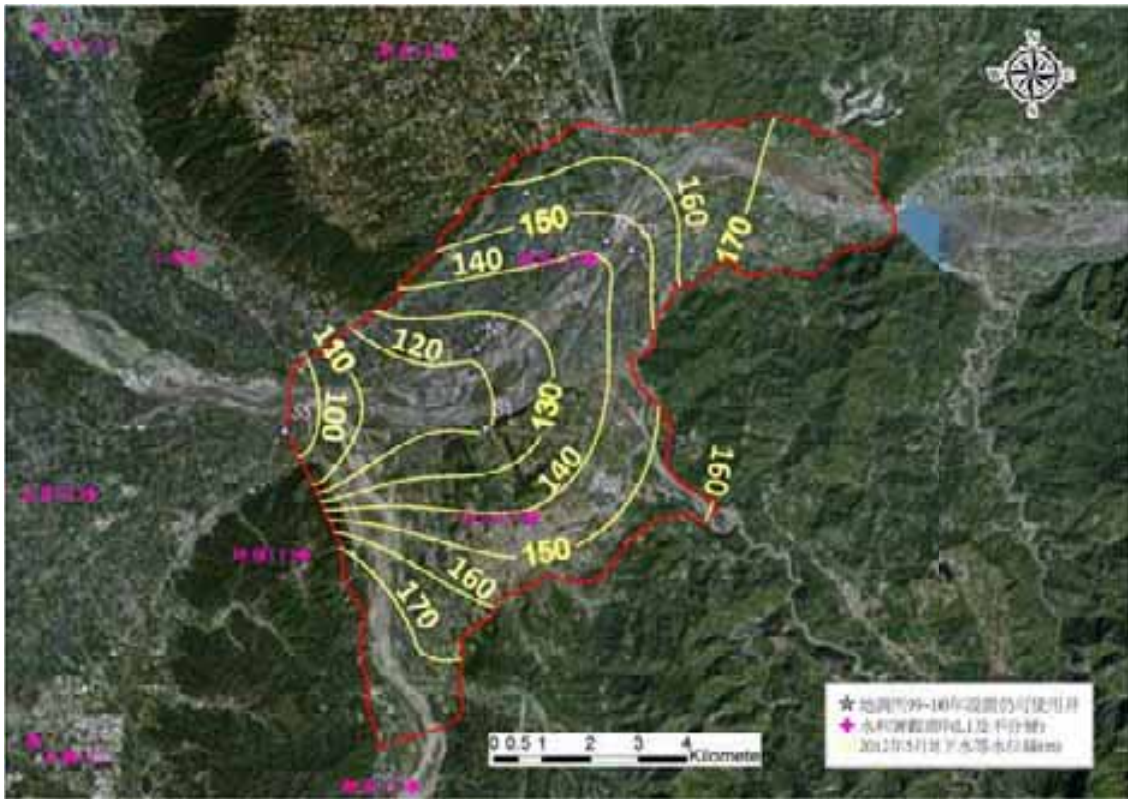


圖 3-116　2012 年 5 月名竹盆地地下水水位等值線圖

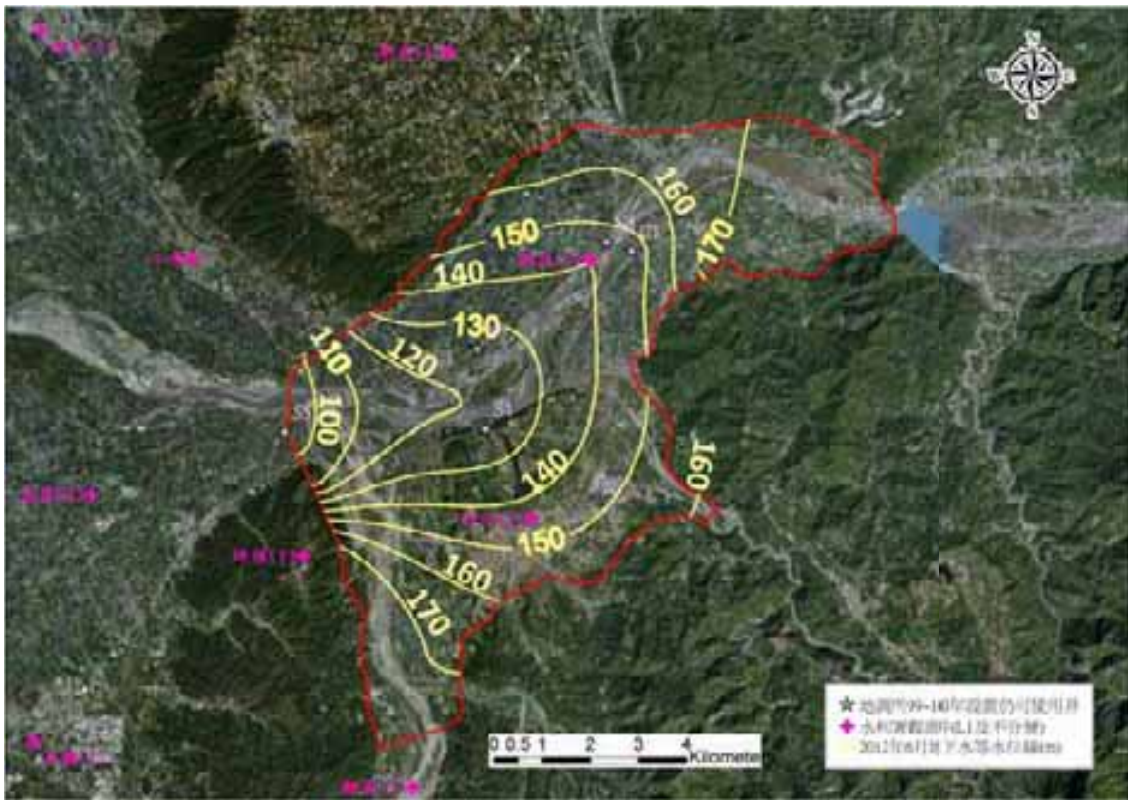


圖 3-117　2012 年 6 月名竹盆地地下水水位等值線圖

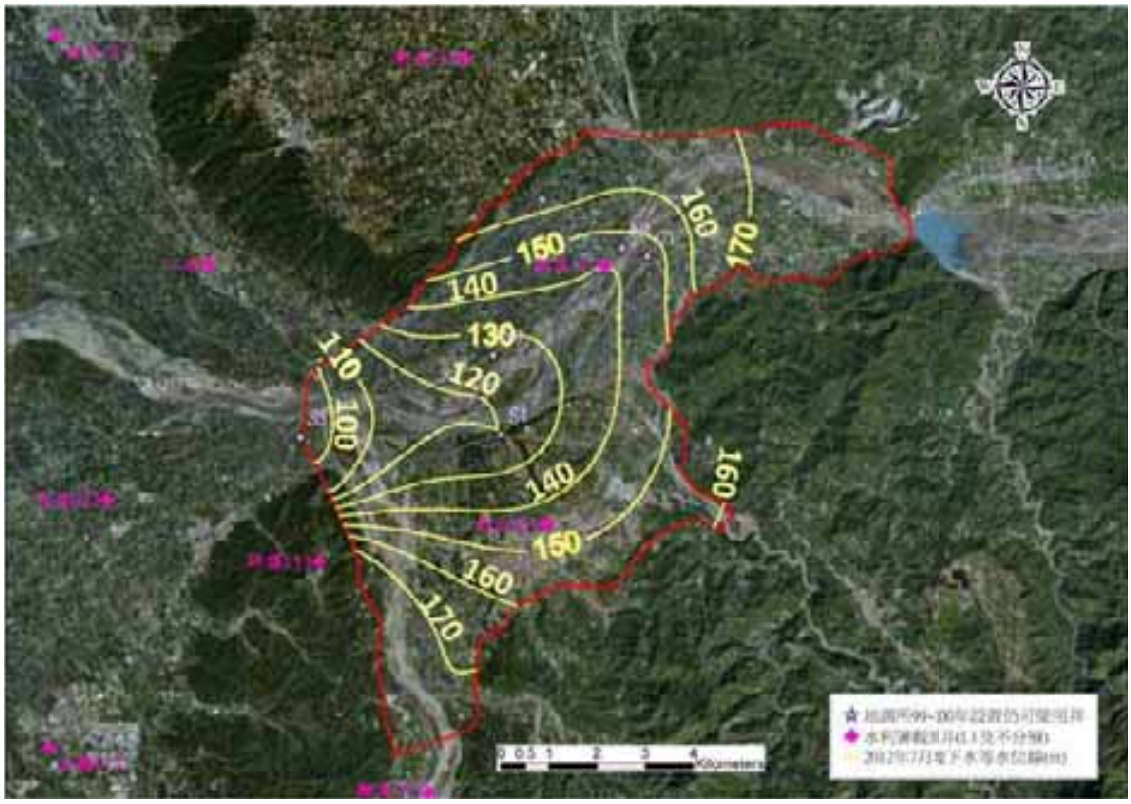


圖 3-118　2012 年 7 月名竹盆地地下水水位等值線圖

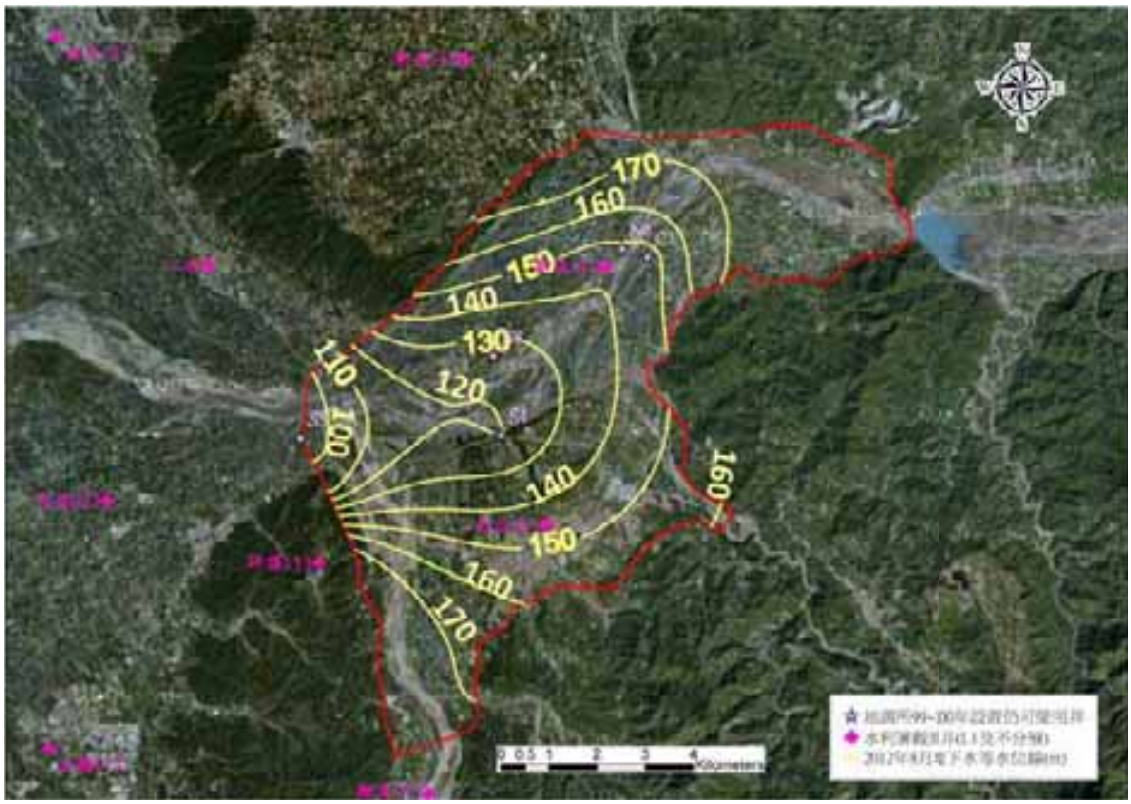


圖 3-119　2012 年 8 月名竹盆地地下水水位等值線圖

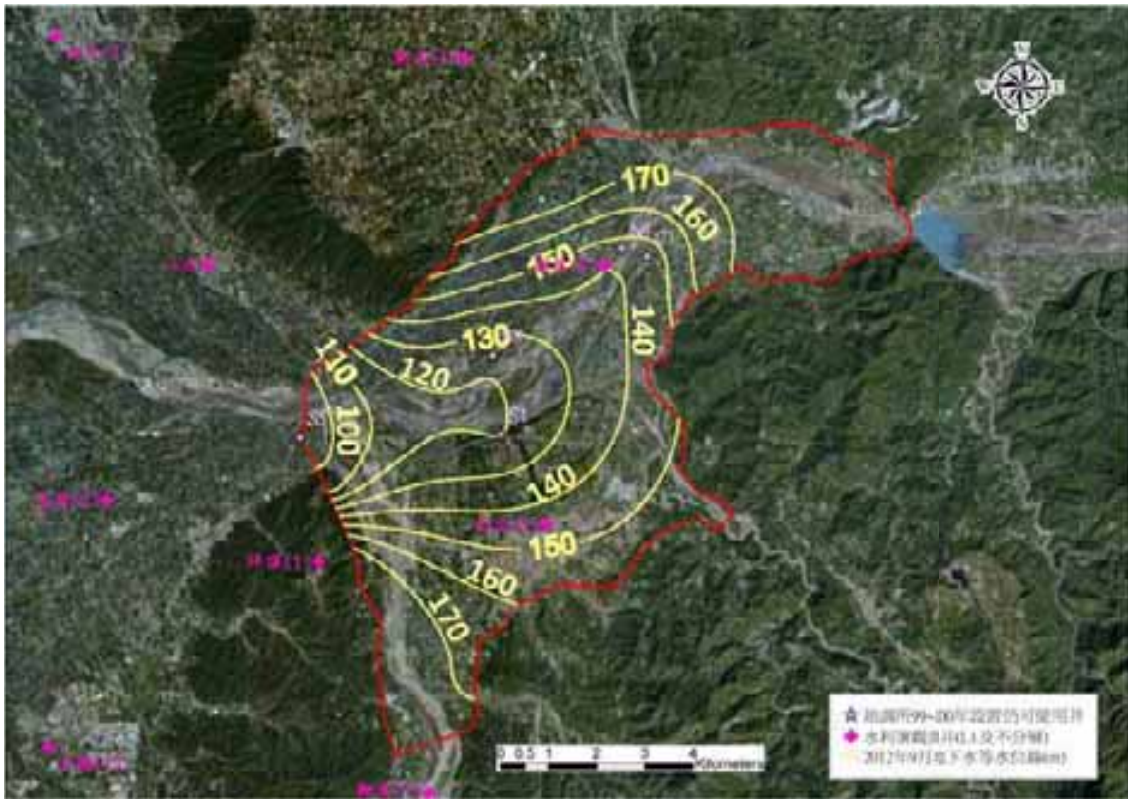


圖 3-120　2012 年 9 月名竹盆地地下水水位等值線圖

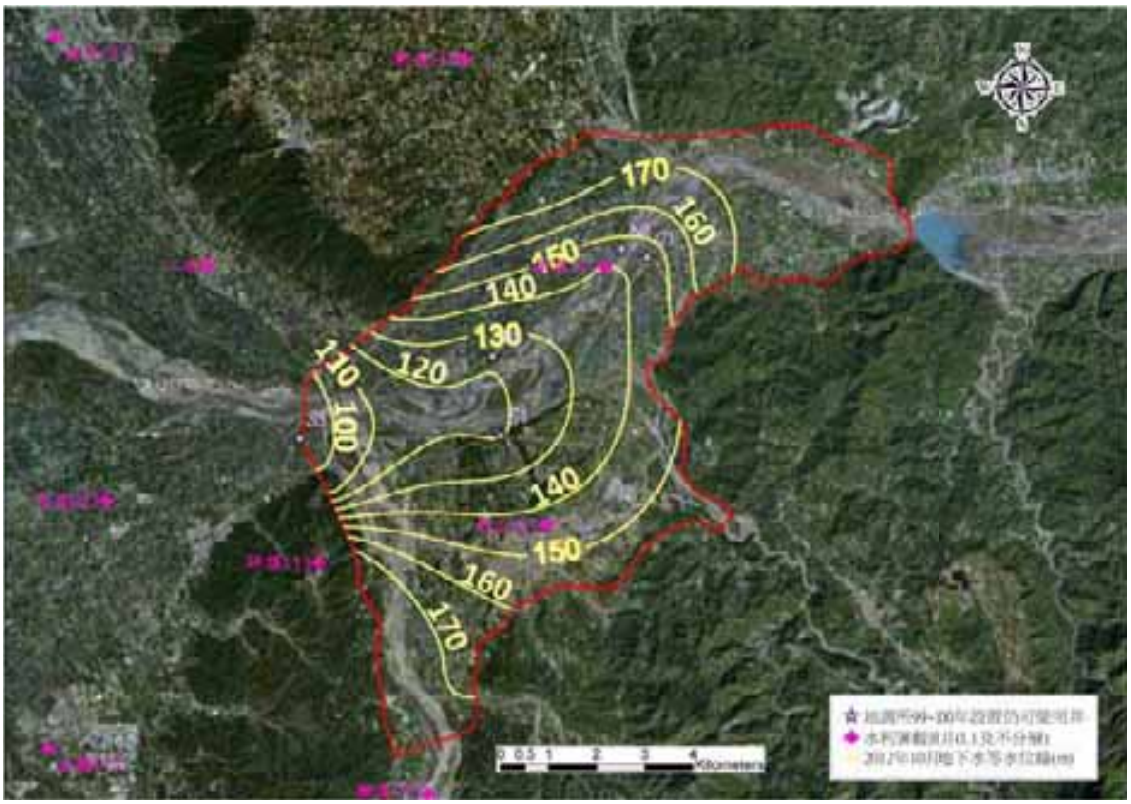


圖 3-121　2012 年 10 月名竹盆地地下水水位等值線圖

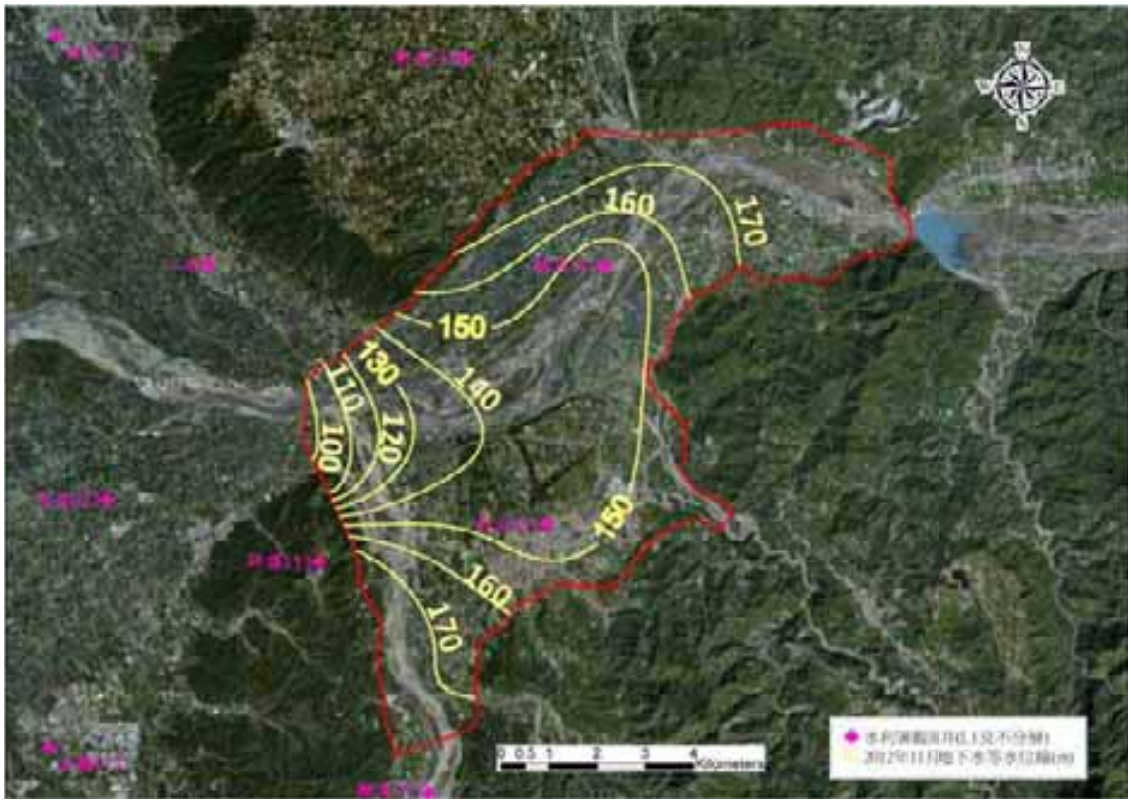


圖 3-122　2012 年 11 月名竹盆地地下水水位等值線圖

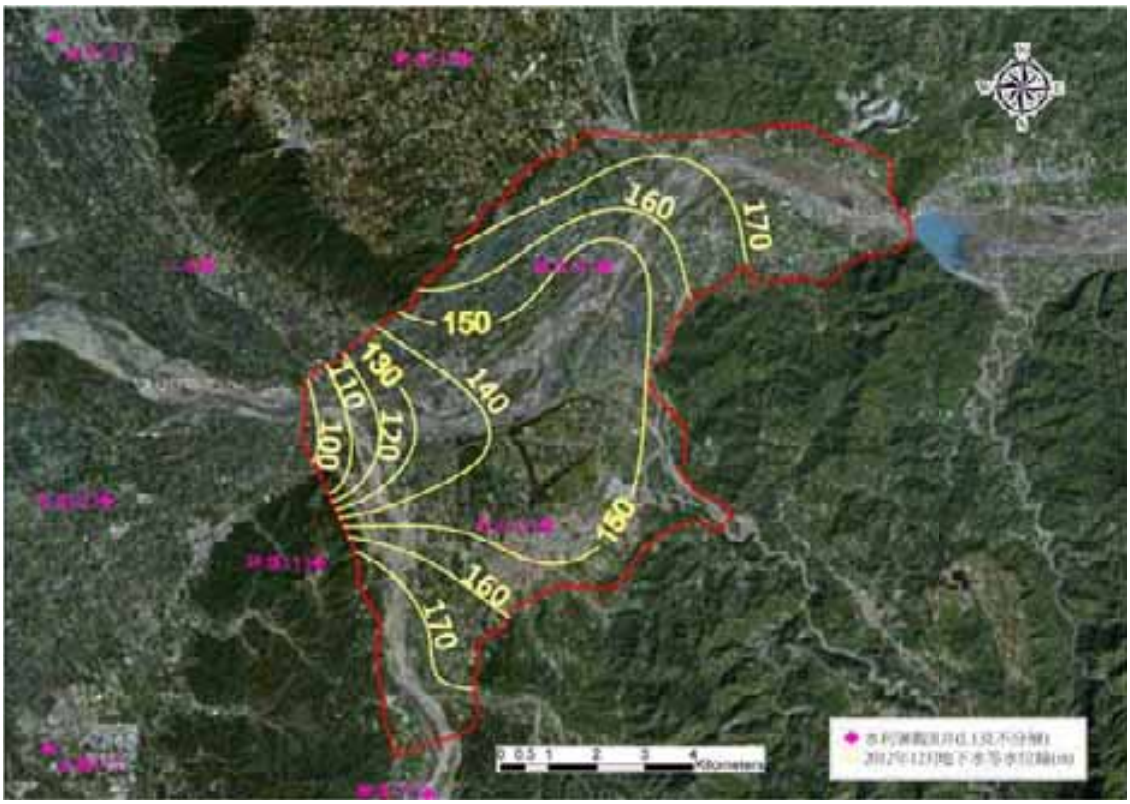


圖 3-123　2012 年 12 月名竹盆地地下水水位等值線圖

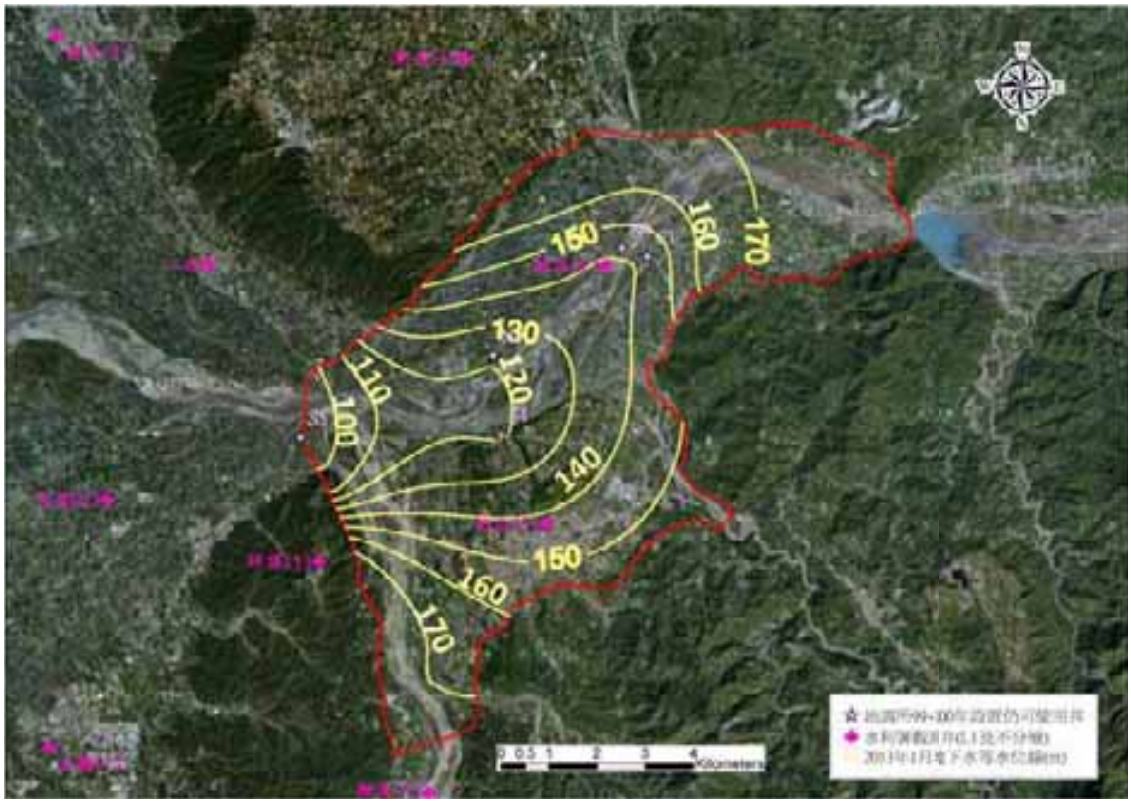


圖 3-124　2013 年 1 月名竹盆地地下水水位等值線圖

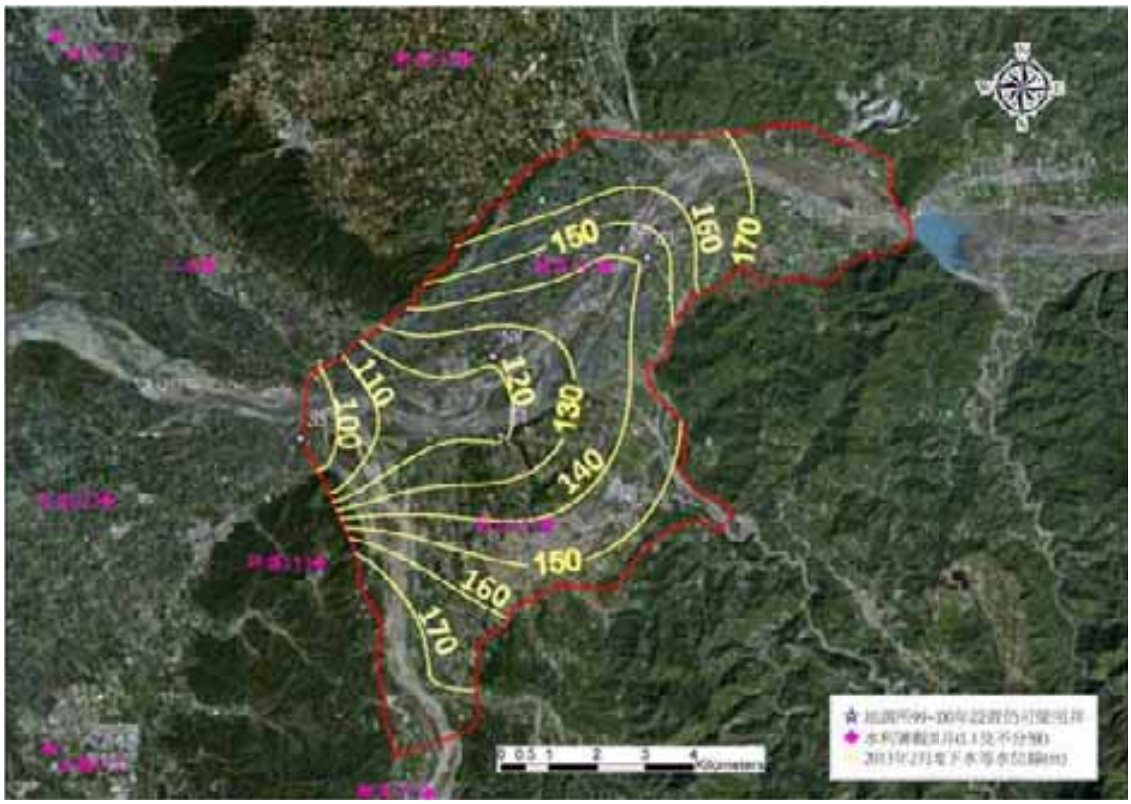


圖 3-125　2013 年 2 月名竹盆地地下水水位等值線圖

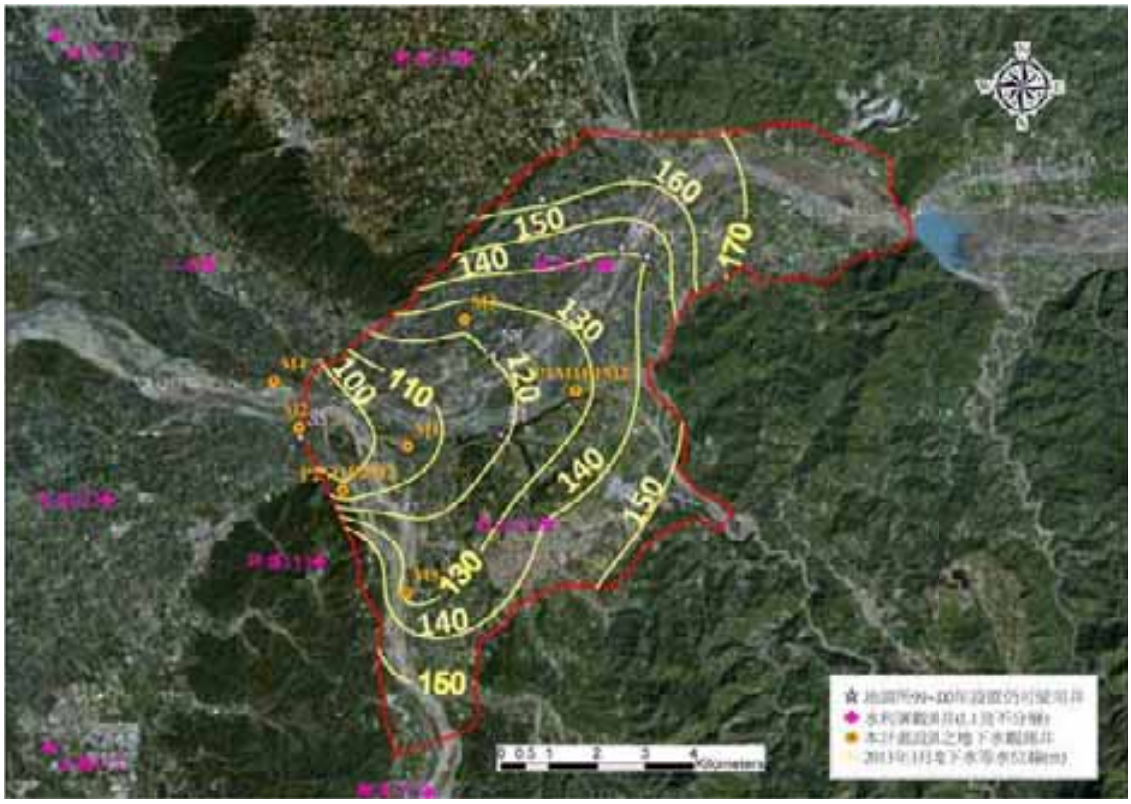


圖 3-126　2013 年 3 月名竹盆地地下水水位等值線圖

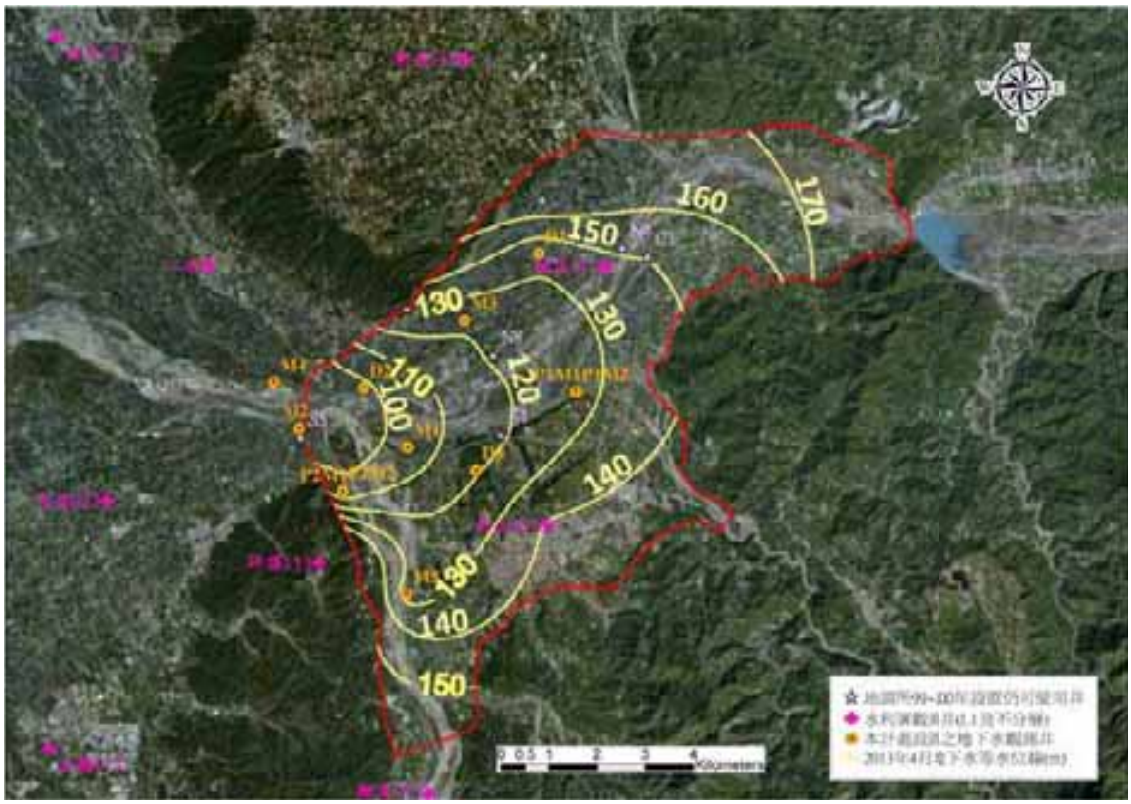


圖 3-127　2013 年 4 月名竹盆地地下水水位等值線圖

(三)地下水位與鄰近河川關連分析

由於名竹盆地水系發達，預期地面地下水交互作用關係頻繁，而地面地下水交互作用行為取決於地面水與地下水水位差異(Winter et al., 1998)，比對地面水及地下水水位關係有助於了解地面地下水交互作用特性，圖 3-128 為 2012 年名竹大橋地面水與其週邊新民(1)、N4、C1 觀測井地下水水位關係，圖 3-128 中顯示於名竹大橋週邊地面水水位高於地下水水位，且地下水變化行為與地面水水位相同，可見於名竹大橋週邊地面地下水交互作用行為應為地面水補注地下水；圖 3-129 為 2012 年鯉魚大橋地面水與其週邊鯉魚(1)地下水水位關係，可發現於鯉魚大橋週邊地下水水位高於地面水水位，平均水位差值達 21.27 公尺，且兩者水位變化趨勢不一致，此處地面地下水交互作用行為應為地下水補注地面水；圖 3-130 為 2012 年彰雲大橋地面水與其週邊觸口(1)及 S5 觀測井地下水水位關係，於彰雲大橋週邊地下

水水位高於地面水水位，以較為鄰近 S5 觀測井水位為例，平均水位差值為 3.78 公尺，另兩者水位變化趨勢相近，推測此處地面地下水交互作用行為變化頻繁，水位連動行為明顯。

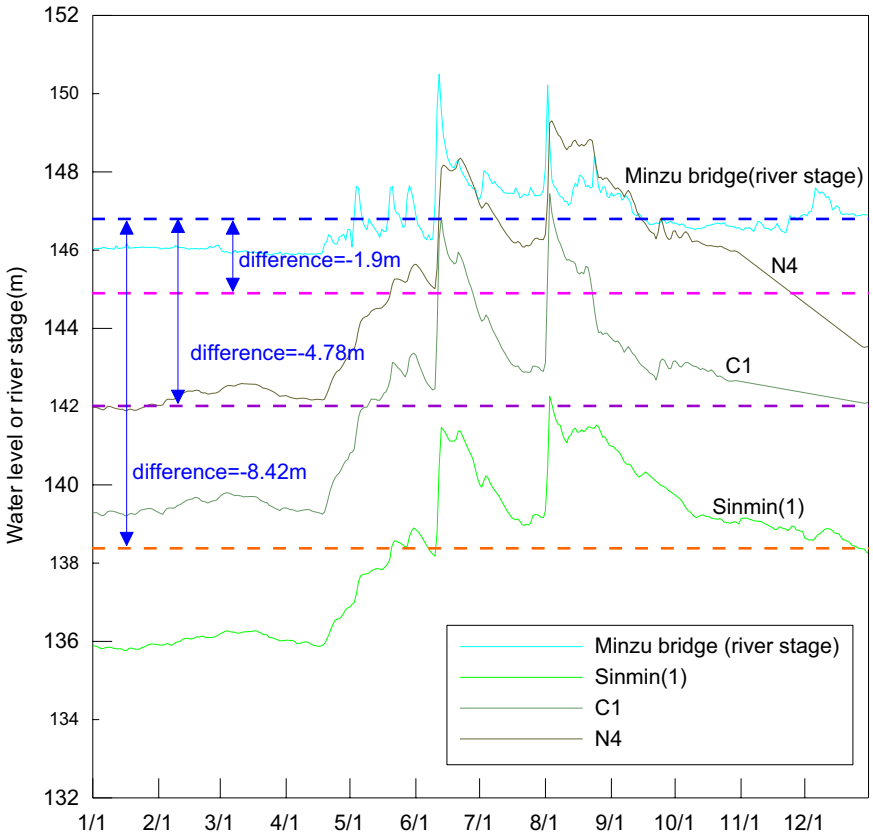


圖 3-128　名竹大橋地面水水位與地下水水位比較圖

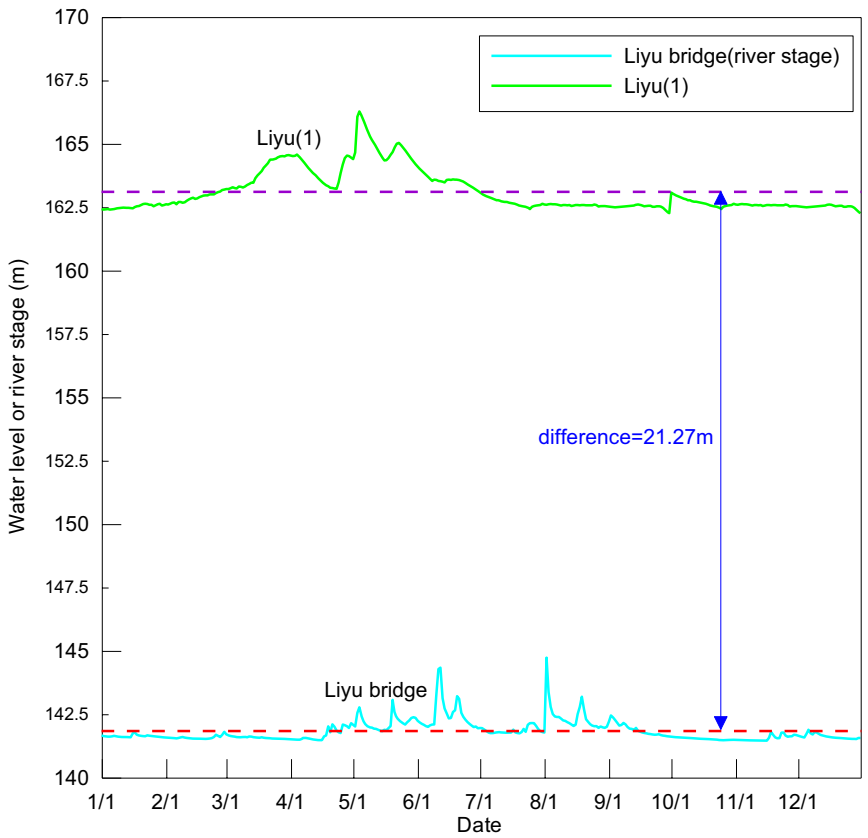


圖 3-129　鯉魚大橋地面水水位與地下水水位比較圖

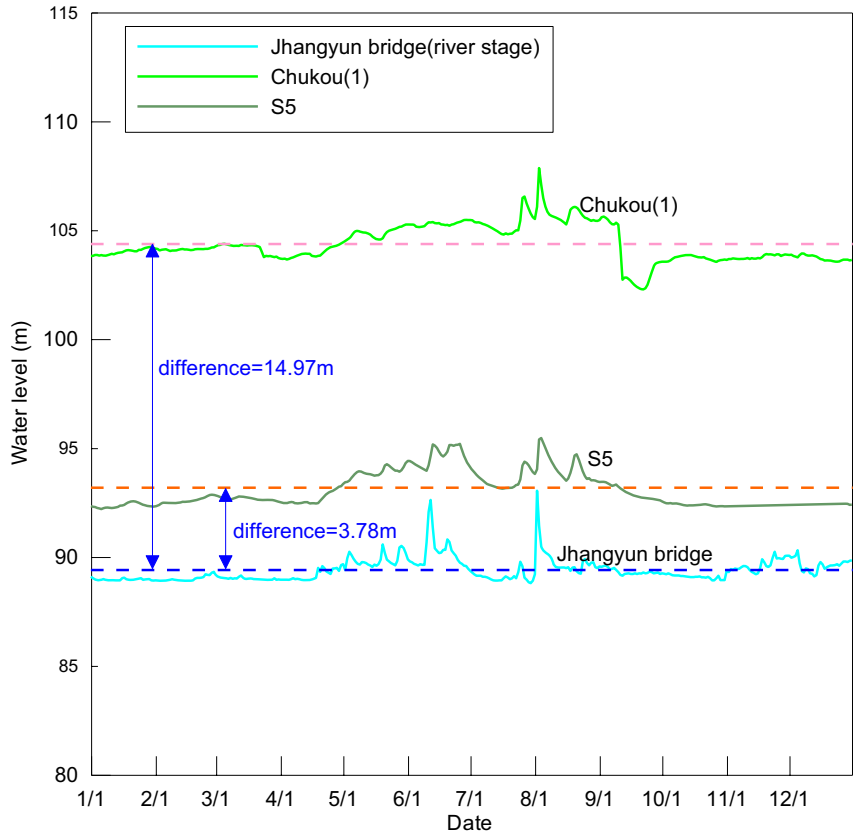


圖 3-130　彰雲大橋地面水水位與地下水水位比較圖

利用前述水位等值線分析成果可與河道深槽平均高度比較，可了解地下水水位與河道深槽之關係，亦可作為判斷地面地下水交互作用行為沿河道之變化，河道斷面資料係由經濟部水利署第四河川層提供於 2011 年施測之資料，由於清水溪週邊地下水水位觀測資料不足，故僅以濁水溪為探討對象，圖 3-131 為自 2012 年 1 月至 2013 年 4 月地下水水位與濁水溪河道深槽平均高程關係圖，其中 2012 年 11 月及 2012 年 12 月因前期計畫觀測井缺測之故，地下水水位資料較少而呈現與其他月份不同之行為外，其餘各月份地下水水位與河道平均深槽高程關係大致相同，於名竹大橋下游處地下水水位於枯水期低於平均深槽高程，而於豐水期略高於平均深槽高程，研判此區位之地面地下水交互作用行為為地面水補注地下水，而於此區域至彰雲大橋一帶地下水水位均高於平均深槽高程，可見於名竹盆地範圍內多為地下水補注地面水之行為。

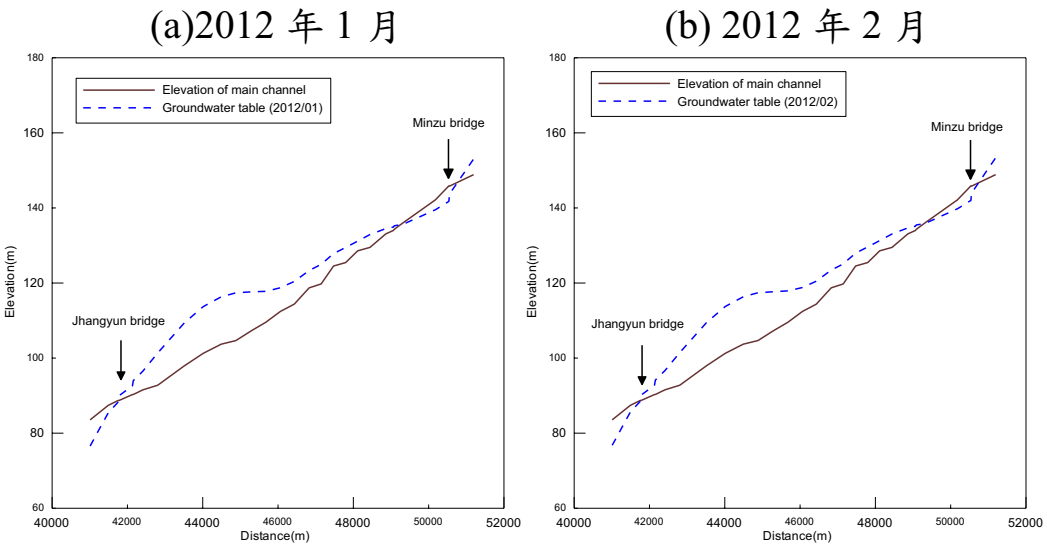
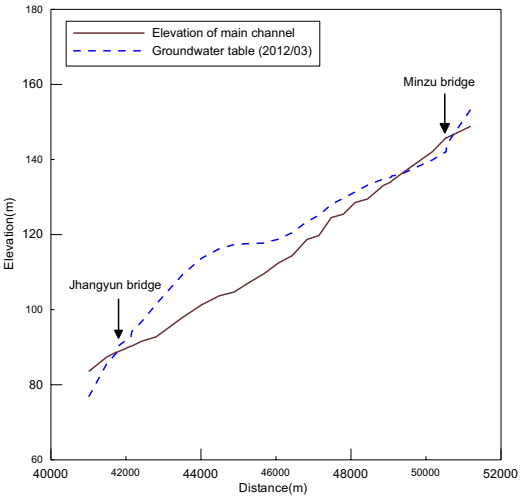
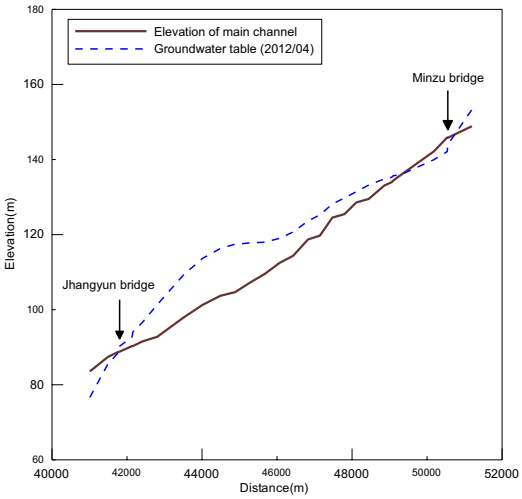


圖 3-131　地下水水位與濁水溪平均深槽高程比較圖

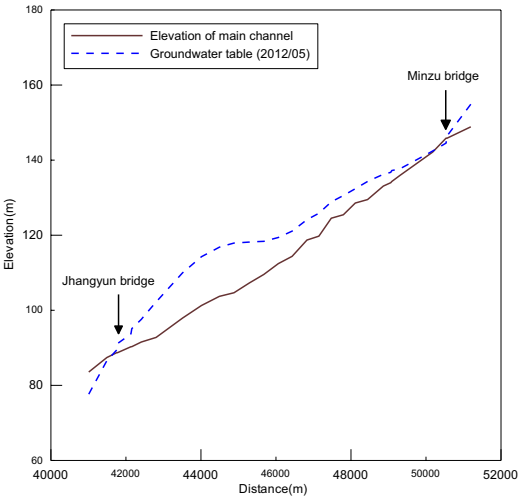
(c)2012 年 3 月



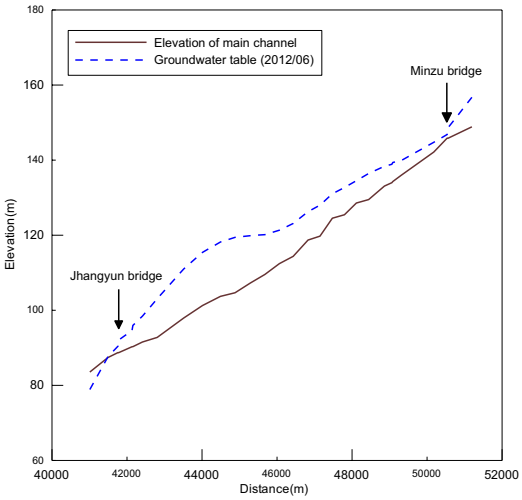
(d) 2012 年 4 月



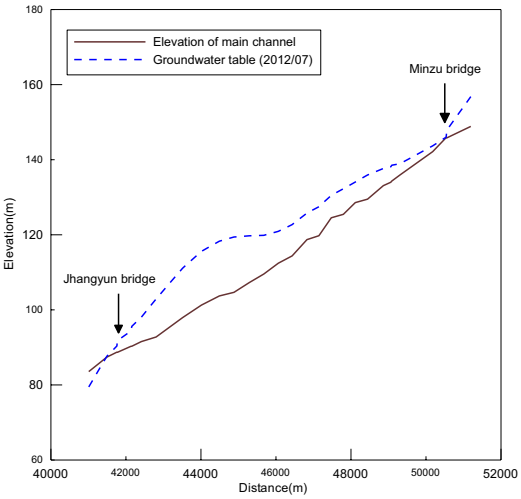
(e)2012 年 5 月



(f) 2012 年 6 月



(g)2012 年 7 月



(h) 2012 年 8 月

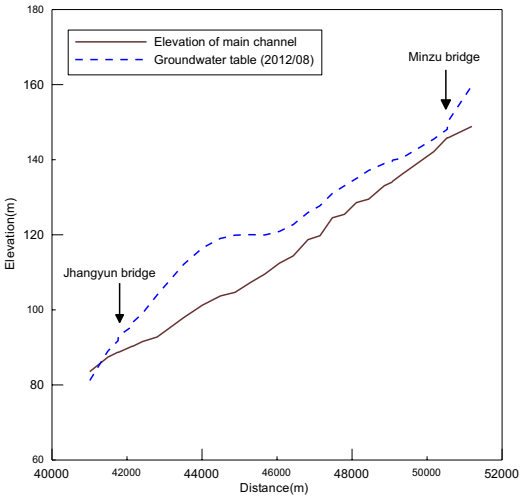
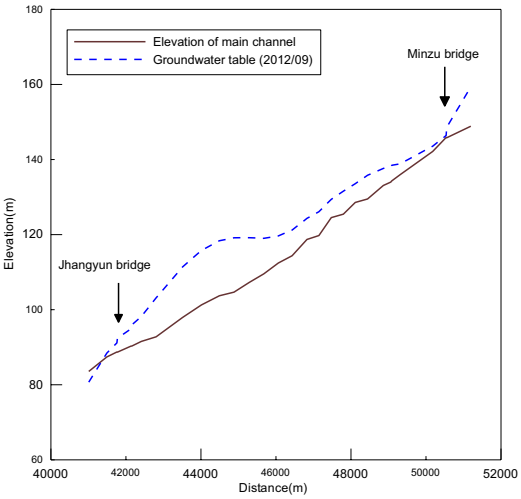
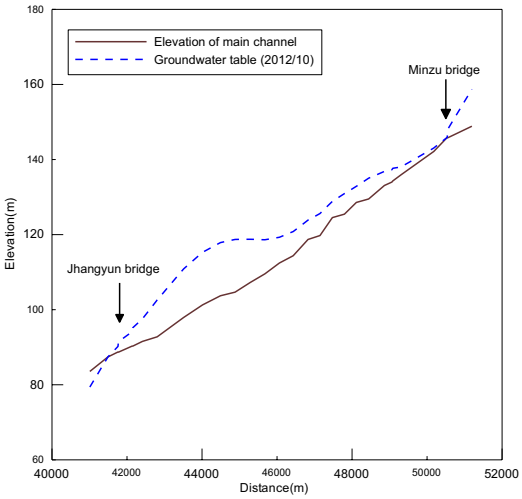


圖 3-131　地下水水位與濁水溪平均深槽高程比較圖(續)

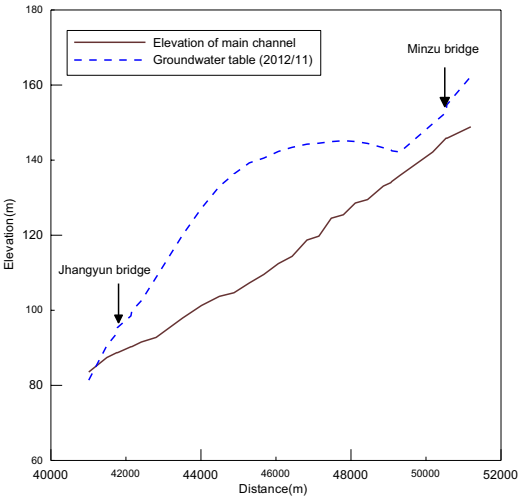
(i)2012 年 9 月



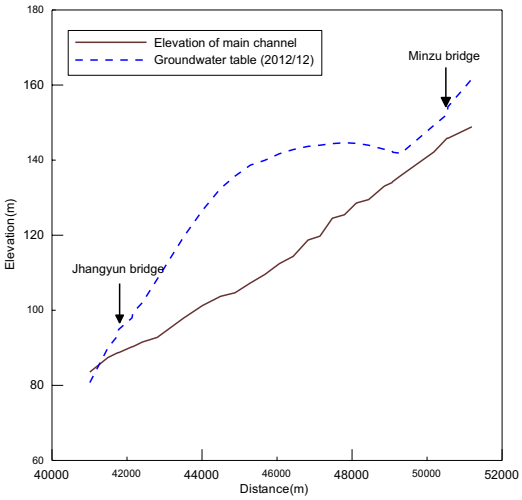
(j) 2012 年 10 月



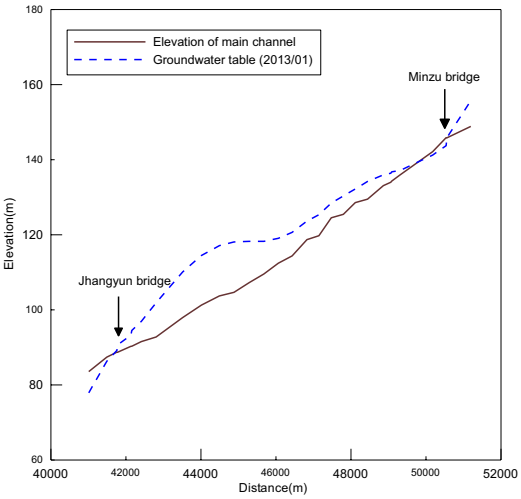
(k)2012 年 11 月



(l) 2012 年 12 月



(m)2013 年 1 月



(n) 2013 年 2 月

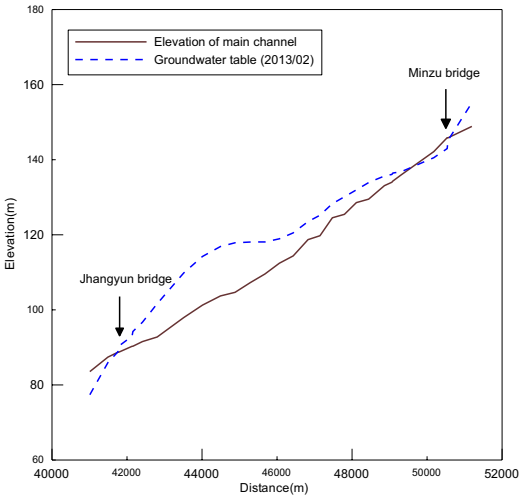


圖 3-131　地下水水位與濁水溪平均深槽高程比較圖(續)

(o)2013 年 3 月　　(p) 2013 年 4 月

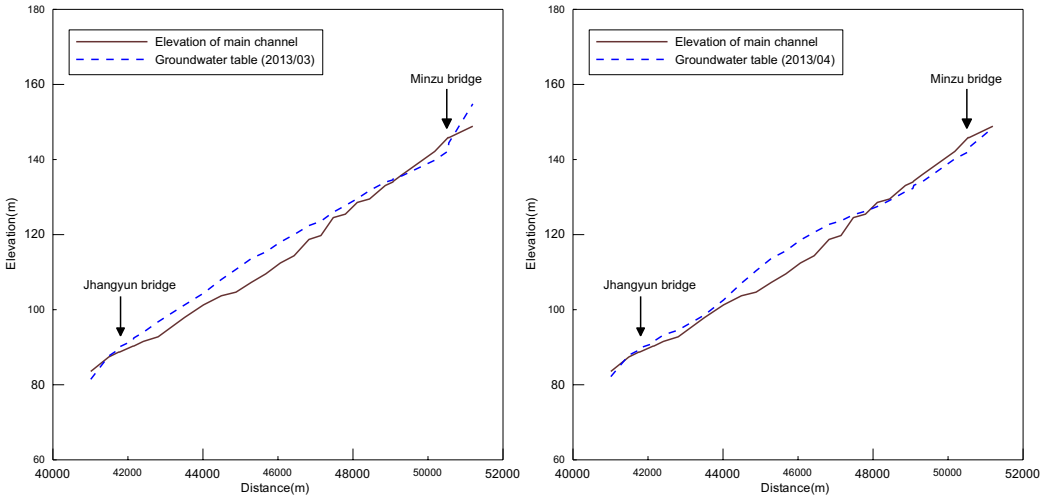


圖 3-131　地下水水位與濁水溪平均深槽高程比較圖(續)

(四)水位相關性分析

為了解計畫區域週邊各觀測站井地下水水位相關程度及地面水與地下水水位之相關程度，本計畫利用統計方法中相關係數(correlation coefficient)分析方法進行相關係數之計算，計算方法如式 3-23 所示，分析結果則綜整說明如下：

$$r=\frac{\sum_i\left[(x(i)-\bar{x})\times(y(i)-\bar{y}\right]}{\sqrt{\sum_i(x(i)-\bar{x})^2}\times\sqrt{\sum_i(y(i)-\bar{y})^2}} \qquad \text{(式 3-23)}$$

其中 $x(i)$ 指 x 站井於 i 時間之水位值，$y(i)$ 指 y 站井於 i 時間之水位值，$\bar{x}$ 及 $\bar{y}$ 則為 x 站井及 y 站井水位平均值。

於地下水水位相關性分析方面，分析對象為名竹盆地範圍內及週邊觀測井，考量資料長度充足與否，原則以經濟部水利署觀測井為分析對象，包含觸口(1)、觸口(2)、竹山(1)、竹山(2)、新民(1)、新民(2)、鯉魚(1)、鯉魚(2)、坪頂(1)、二水、烏塗、及社寮(1)等 12 口觀測井，並將 1997 年 1 月 1 日起至 2012 年 12 月 31 日止總計 16 年之日平均水位資料納入分析，分析成果以

矩陣表方式呈現，如表 3-22 所示，其中以相關係數高於 0.5 認為該 2 觀測井水位具有相關性，於表中以黃色標註。

由表 3-22 中可發現位於清水溪週邊觀測井水位具有明顯相關性，即觸口(1)、鯉魚(1)、鯉魚(2)及坪頂(1)，可見此等觀測井水位變化應具有相同影響因素，依地理區位判斷應為清水溪所產生之影響，其中觸口(2)則與其他觀測井水位無相關性，此現象應與觸口(2)代表鄰近隘口處深層含水層有關，推測該處地質特性及補注來源複雜有關。

另外，位於名竹盆地範圍濁水溪兩側之竹山(1)、竹山(2)及新民(1)具有高度相關性，可見該兩區位之補注來源應均為濁水溪河道補注，除此之外，於表 3-22 亦發現位於隘口西側之二水及烏塗(2)兩觀測井亦與竹山(1)及新民(1)具有明顯相關性，推測應為具有相同補注來源，亦即濁水溪河道所致；較值得注意的為新民(2)觀測井水位於其他觀測井均不具相關性，即便為相同地點淺層之新民(1)觀測井亦不具相關性，可見該處淺層及深層含水層應有明顯差異甚或之間流通性不佳。

位於車籠埔斷層東側之社寮(1)觀測井，除與鄰近新民(1)觀測井具有相關係數約 0.55 之關連性外，與其他觀測井之相關係數均甚低或負相關，可見車籠埔斷層於名竹盆地內形成含水層明顯之不連續面，此與前期計畫調查分析成果相符(中央地質調查所，2012)。

於地面水與地下水水位相關性分析部份，係利用於名竹大橋、彰雲大橋、鯉魚大橋、龍門橋及延平橋等水文站水位觀測資料與盆地範圍觀測井地下水水位進行分析，此外，為了解集集攔河堰操作對於名竹盆地地下水之影響，亦將集集攔河堰放流量納入相關性分析。

分析成果如表 3-23 所示，彰雲大橋水位僅於觸口(1)及坪頂(1)觀測井水位具有相關性，其餘觀測井則多為無相關或負相關；而名竹大橋地面水水位與名竹盆地範圍內多數觀測井均有明顯相關性，且與觀測井距離有關，愈接近名竹大橋之觀測井其相關係數愈高，如新民(1)觀測井；鯉魚大橋地面水水位僅與位於其下游觸口(1)及觸口(2)具有相關性，其餘則否；龍門橋則與觸口(1)、鯉魚(1)及坪頂(1)地下水水位具有相關性；而延平橋及集集攔河堰放流量則均與名竹盆地內地下水水位不具明顯相關性。一般而言，深層觀測井水位與地面水水位相關性較淺層觀測井為低。

圖 3-132 為名竹大橋地面水水位與淺層地下水水位相關係數等值圖，如以相關係數大於 0.7 視為高度相關，亦即地面水影響地下水之範圍，則由圖中可發現濁水溪河川水位影響範圍涵蓋濁水溪沿岸及部份竹山平原範圍，另圖 3-133 為鯉魚大橋地面水水位與淺層地下水水位相關係數等值圖，由圖中可發現清水溪影響整體名竹盆地地下水水位範圍僅集中於其下游與濁水溪匯流口一帶，兩相比較，可發現名竹盆地之地下水係由濁水溪所影響，而受到清水溪影響則相對較輕微。

表 3-22　名竹盆地地下水相關性分析矩陣表

	觸口(1)	觸口(2)	竹山(1)	竹山(2)	新民(1)	新民(2)	鯉魚(1)	鯉魚(2)	坪頂(1)	二水	烏塗	社寮(1)
觸口(1)	1	-0.29	0.03	-0.22	0.13	-0.35	0.6	0.44	0.72	0.1	0.1	0.01
觸口(2)	-0.29	1	-0.19	-0.27	-0.29	-0.32	0	0.08	0.01	-0.35	-0.35	-0.11
竹山(1)	0.03	-0.19	1	0.56	0.68	0.29	0.21	0.24	0.23	0.8	0.89	0.17
竹山(2)	-0.22	-0.27	0.56	1	0.53	0.27	-0.03	0.03	-0.34	0.42	0.46	0.38
新民(1)	0.13	-0.29	0.68	0.53	1	0.19	0.33	0.32	0.24	0.66	0.67	0.55
新民(2)	-0.35	-0.32	0.29	0.27	0.19	1	-0.71	-0.75	-0.48	0.22	0.25	0.29
鯉魚(1)	0.6	0	0.21	-0.03	0.33	-0.71	1	0.91	0.75	0.33	0.29	-0.09
鯉魚(2)	0.44	0.08	0.24	0.03	0.32	-0.75	0.91	1	0.65	0.31	0.3	-0.14
坪頂(1)	0.72	0.01	0.23	-0.34	0.24	-0.48	0.75	0.65	1	0.34	0.35	-0.16
二水	0.1	-0.35	0.8	0.42	0.66	0.22	0.33	0.31	0.34	1	0.92	0.1
烏塗	0.1	-0.35	0.89	0.46	0.67	0.25	0.29	0.3	0.35	0.92	1	0.06
社寮(1)	0.01	-0.11	0.17	0.38	0.55	0.29	-0.09	-0.14	-0.16	0.1	0.06	1

表 3-23　名竹盆地地面水與地下水水位相關性分析矩陣表

	觸口(1)	觸口(2)	竹山(1)	竹山(2)	新民(1)	新民(2)	鯉魚(1)	鯉魚(2)	坪頂(1)	二水	烏塗	社寮(1)
彰雲大橋	0.59	0.02	-0.16	-0.45	-0.12	-0.21	0.26	-0.02	0.56	-0.21	-0.17	0.14
名竹大橋	0.59	0.56	0.74	0.74	0.81	0.71	-0.14	-0.38	0.58	0.58	0.58	0.57
鯉魚橋	0.64	0.65	0.36	0.39	0.46	0.33	0.11	-0.11	0.2	0.18	0.17	0.57
龍門橋	0.87	-0.49	-0.07	-0.19	0.1	0.07	0.69	0.12	0.72	0.13	0.06	0.16
延平橋	-0.2	0.27	-0.23	-0.2	-0.28	-0.32	-0.27	-0.17	-0.4	-0.3	-0.35	0.02
集集放流量	0.07	-0.08	0.23	0.2	0.34	0.28	0.08	0.15	0.05	0.17	0.2	0.22

圖 3-132　名竹大橋地面水水位與地下水水位相關係數等值圖

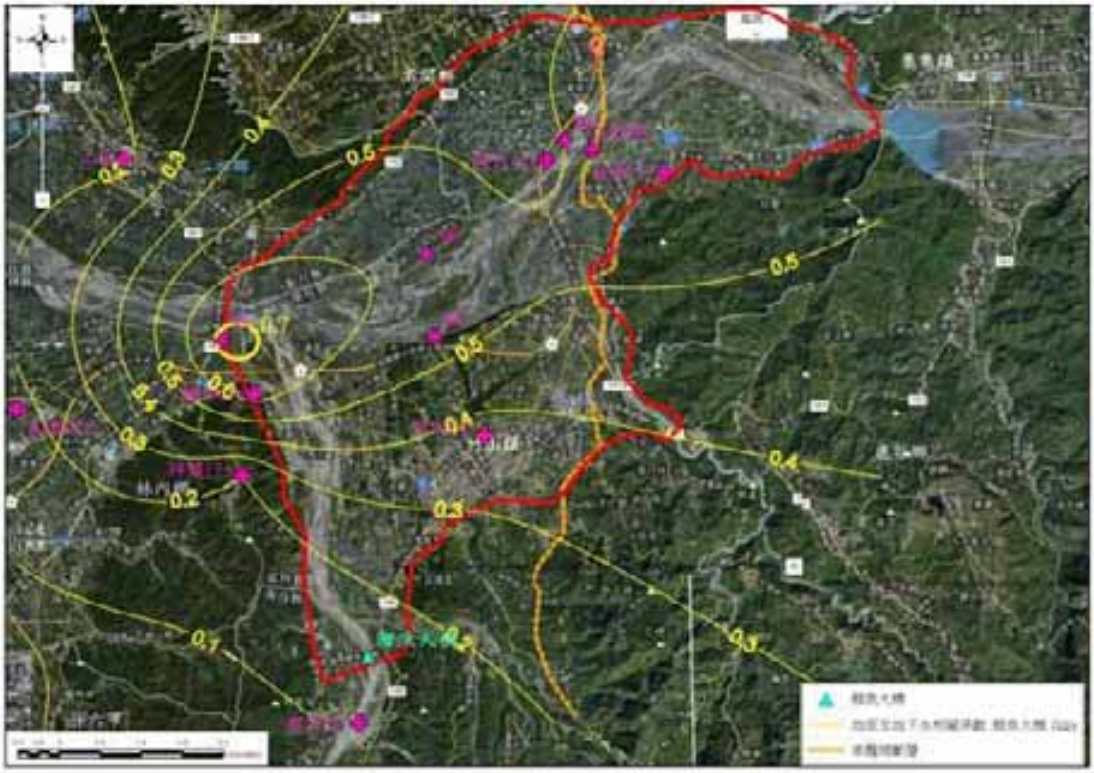


圖 3-133　鯉魚大橋地面水水位與地下水水位相關係數等值圖

七、水文地質架構

本計畫彙整前期研究、本計畫及中央地質調查所工程地質資料庫於計畫區域內之地質鑽孔資料，其中工程地質資料庫鑽孔資料深度均較淺，故僅作為參考之用，而其餘總計 50 筆地質鑽孔資料則用以研判名竹盆地之水文地質架構，並依其地質柱狀圖顯示之地質特性，自地表起訂定較具儲水能力之地層(如砂質礫石等)為第 1 概念分層，因該層緊鄰地表入滲補注較易，屬較具開發潛能之地層，而位於第 1 概念分層以下之土層則均視為第 2 概念分層，表 3-24 為各鑽孔基本資料及第一概念分層深度。

利用前述各鑽孔概念分層成果可建構計畫區域三維水文地質架構模型，有關水文地質架構模型於地下水數值模式建置(如圖 3-134)，而藉由該三維數值模型亦繪出地質剖面圖，由於濁水溪沿岸鑽孔資料較多，較具代表性，故就濁水溪北岸及南岸沿河道各切劃為縱向 A-A’剖面、B-B’剖面及橫向 C-C’剖面，以供判別位於濁水溪沿岸之現代沖積層厚度，地質剖面切劃位置(如圖 3-135)及地質剖面圖(如圖 3-136 至圖 3-138)。於濁水溪北岸 A-A’剖面顯示，現代沖積層厚度約為 30 公尺左右，由隘口處往東大致呈現均勻厚度情況，直至鄰近車籠埔斷層厚度有略微增厚現象；而於濁水溪南岸 B-B’剖面現代沖積層厚度則較為均勻，亦約 30 公尺左右，另外，由 C-C’剖面則可發現現代沖積層於南岸略薄於北岸。

前述地電阻探測顯示於隘口處確存有明顯低滲透性之地層，配合計畫區域鄰近地質構造，可將濁水溪縱向水文地質架構示意如圖 3-139 所示，由西往東分別為二水隘口及彰化斷層所形成之含水層不連續面，接續於名竹盆地範圍則為上覆厚度約 30 公尺至 40 公尺不等之現代沖積層，最後車籠埔斷層再度形成含水層不連續面，於車籠埔斷層東側之現代沖積層厚已縮減至 7 公尺-14 公尺。

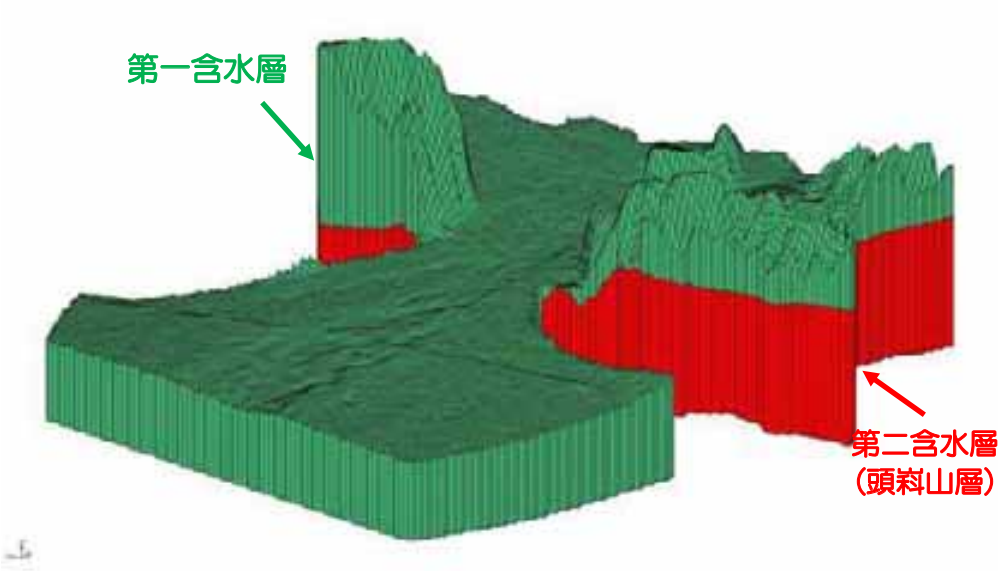


圖 3-134　三維網格分層示意圖

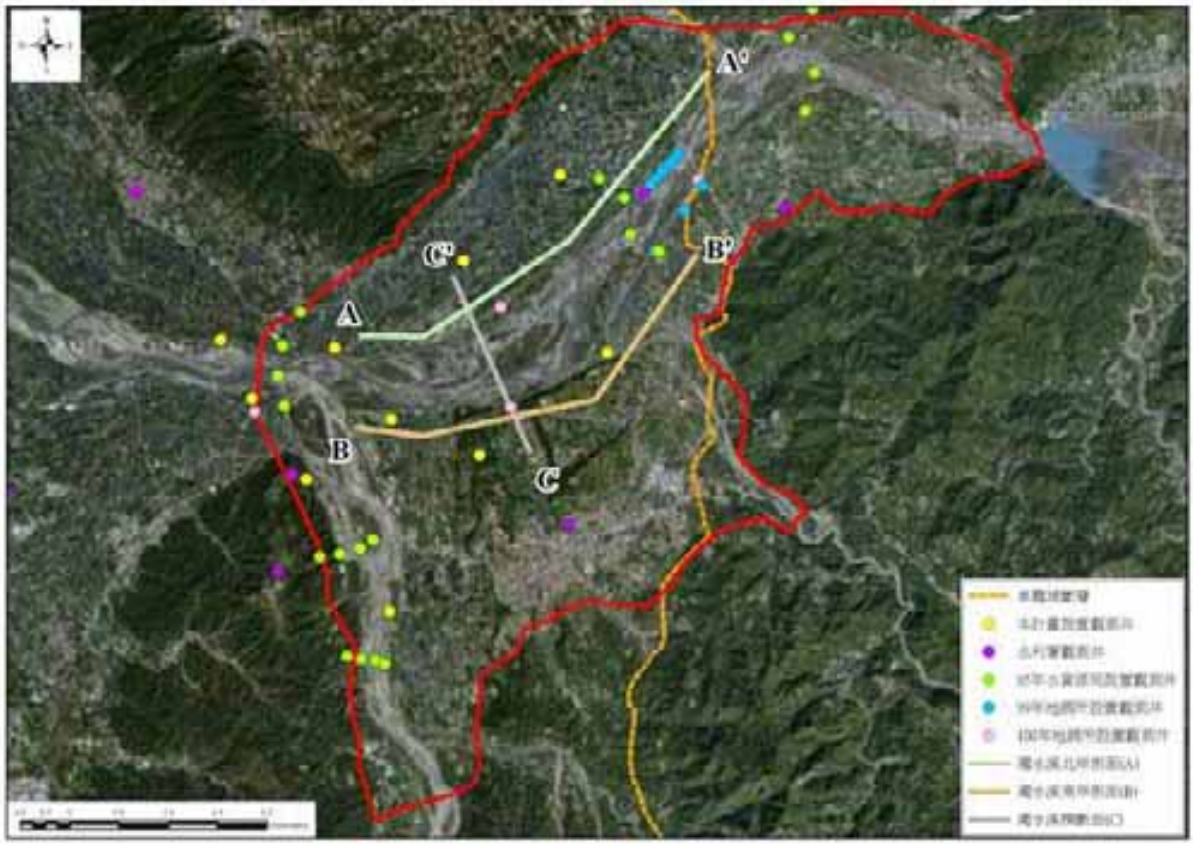


圖 3-135　名竹盆地水文地質架構地質剖面線分布圖

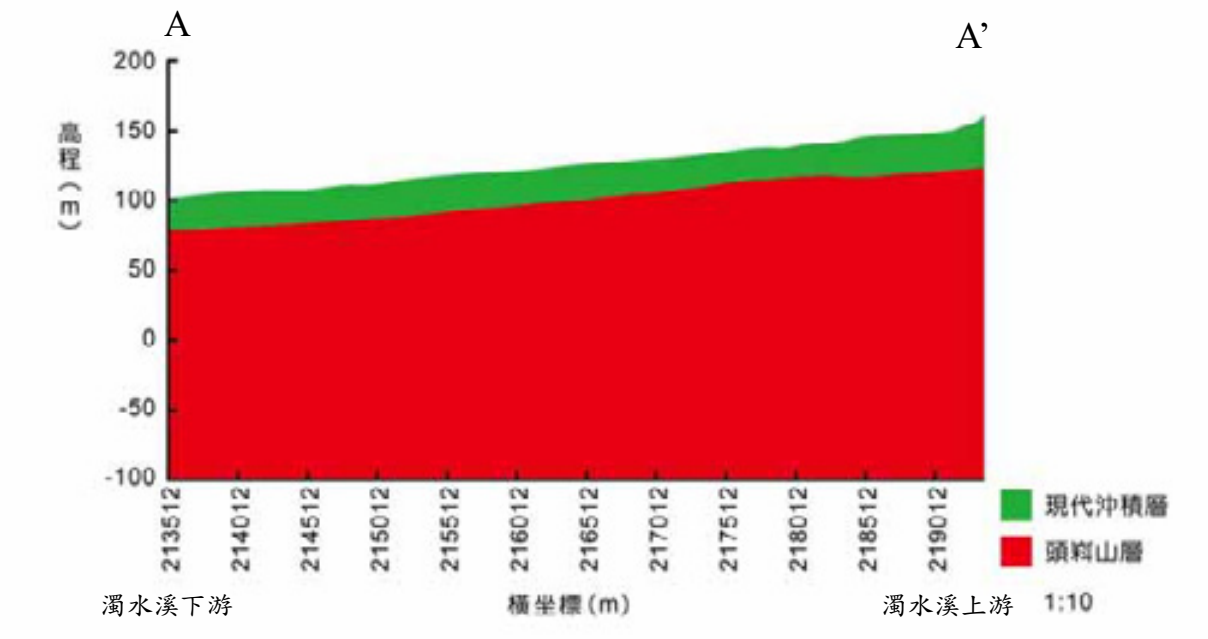


圖 3-136　名竹盆地 A-A'地質剖面圖

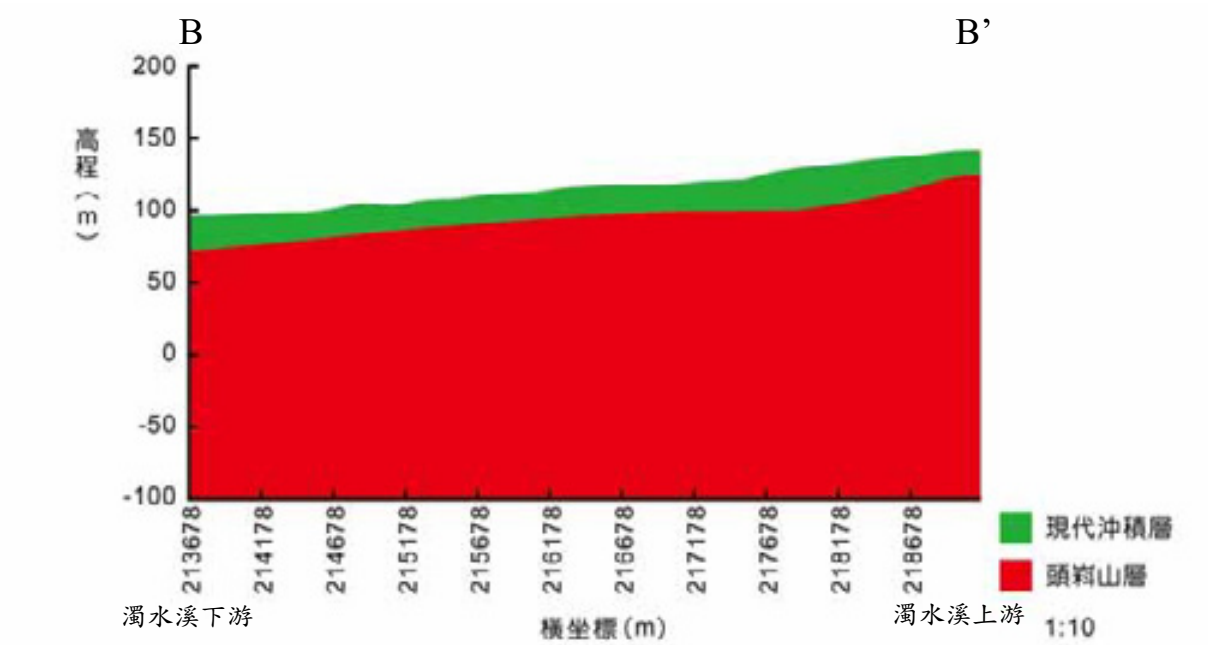


圖 3-137　名竹盆地 B-B'地質剖面圖

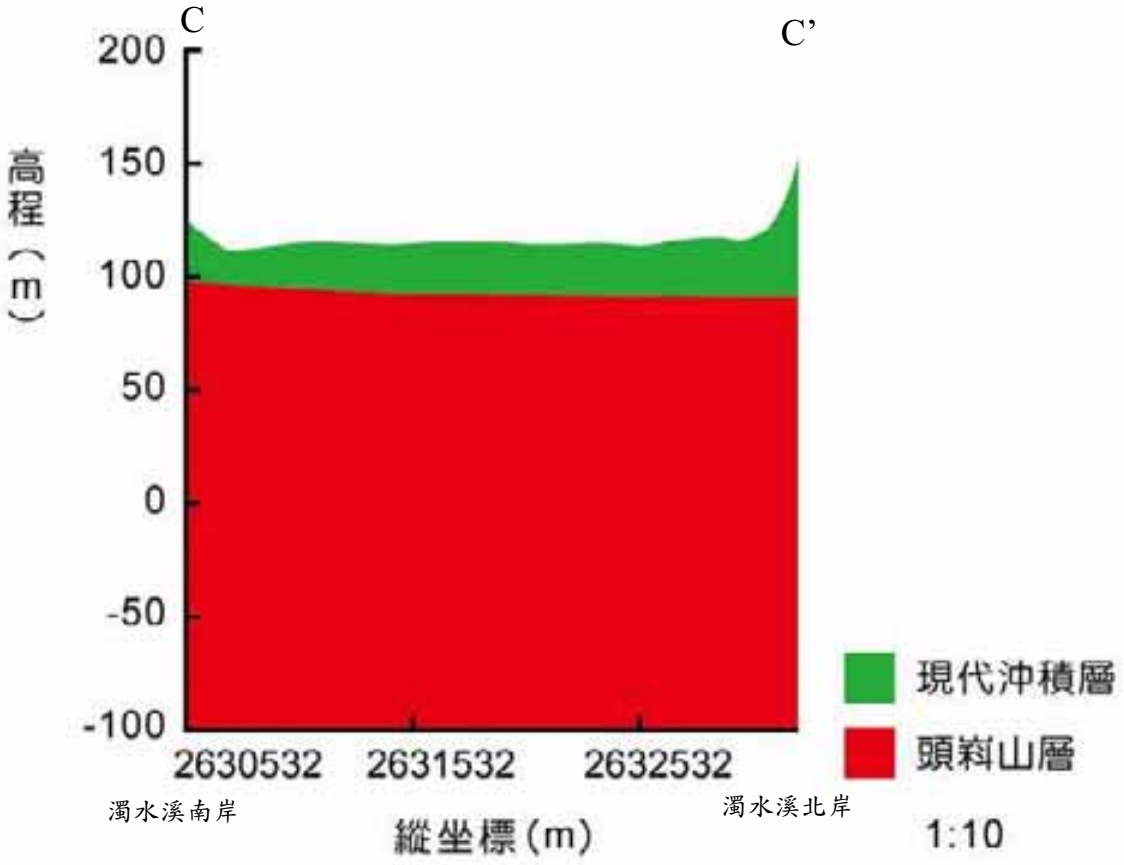


圖 3-138　名竹盆地 C-C'地質剖面圖

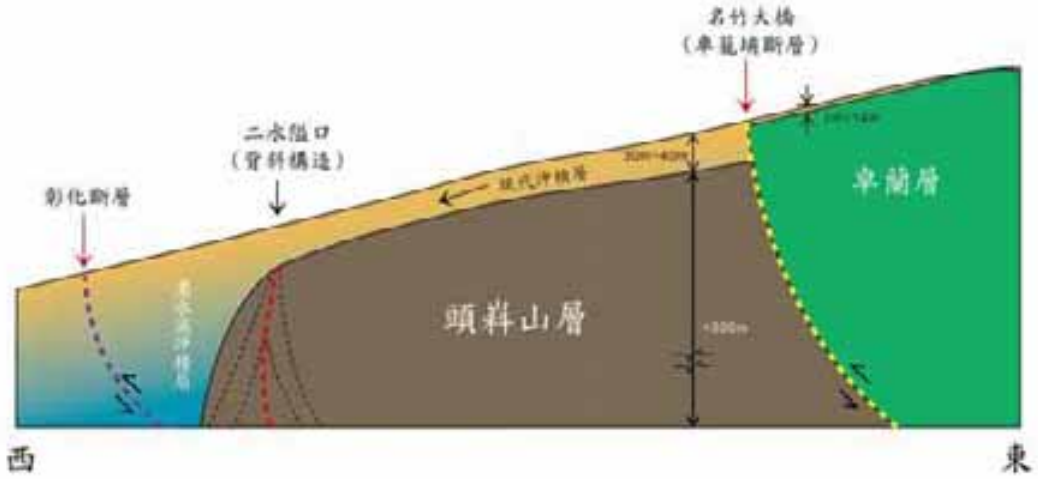


圖 3-139　計畫區域水文地質架構縱斷面示意圖

表 3-24　計畫區域內地質鑽孔基本資料

計畫名稱	計畫年度(西元)	鑽孔名	井頂高程(m)	TWD97_X	TWD97_Y	井深(m)	第一概念分層深度(m)
濁水溪中游地區地下水補注調查與評估	1996	A-1	102.876	213249	2630521	35	35
		A-2	96.597	213286.7	2630824	70	42
		A-3	100.121	213360.9	2631520	35	33
		A-4	103.429	213596	2631965	65	30
		B-1	142.685	219398	2632960	50	29
		B-2	136.926	218695	2632859	35	35
		B-3	145.32	218827	2633891	35	35
		B-4	142.226	218665	2634242	34.94	34.94
		C-1	170.544	221934.8	2635563	20	7
		C-2	172.926	222171	2635933	26.6	9
		C-3	170.662	221912	2636532	30	9
		C-4	171.141	221971	2636710	24.94	14
		D-1	136.472	214370	2627503	33	33
		D-2	123.685	214774	2627592	20	20
		D-3	120.834	214976	2627769	28	28
		D-4	127.589	215244	2627702	20	20
		E-1	171.59	214494	2621862	30	17
		E-2	169.517	214630	2621890	17.3	6
		E-3	171.373	215167	2621783	30	8
		E-4	171.905	215371	2621754	23	22
濁水溪沖積扇清水溪下游水文地質調查	1997	Chishui-1	131	214581	2626292	50	23
臺灣地區地下水觀測網整體計畫成果彙編	1992-2008	Liyu(2)	169.55	214806	2623635	170	20
		Pingding	297.87	213374	2628028	260	130
		Zhushan(2)	151.25	218111	2628814	162	34
		Chukou(2)	113.37	213611	2629610	150	20
		Sinmin(2)	151.08	219329	2634194	162	32
		Singuang(2)	222.14	216413	2638534	216	83

計畫名稱	計畫年度(西元)	鑽孔名	井頂高程(m)	TWD97_X	TWD97_Y	井深(m)	第一概念分層深度(m)
台灣山區地下水資源調查研究整體計畫－第一期台灣中段山區地下水資源調查與評估	2010-2011	N1	158.323	219880	2634817	30	28.5
		N2	158.15	219827	2634734	20	20
		N3	157.274	219762	2634675	20	20
		N4	156.021	219677	2634582	20	20
		N5	154.964	219625	2634534	20	20
		N6	153.734	219528	2634424	20	20
		N7	153.756	219438	2634329	20	20
		S1	163.56	220281	2634308	30	8.5
		S2	154.524	219994	2633912	30	30
		S3	149.62	219516	2633254	30	30
		N8	127.34	216999	2632342	30	30
		S4	125.358	217162	2630702	30	30
		S5	102.093	212994	2630640	30	30
名竹盆地地下水源開發調查規劃	2013	M1	109.92	215223	2630453	31.3	31.3
		M2	96.223	212955	2630842	30.6	30.6
		M3	124.102	216398	2633073	31.8	31.8
		M4	95.009	212432	2631786	30.86	30.86
		M5	129.465	215196	2627387	31.17	20.9
		P1	130.944	218718	2631592	30.91	30.91
		P2	113.105	213866	2629521	30.85	30.85
		D1	136.136	217939	2634477	101.7	20.7
		D2	104.632	214303	2631664	100.65	28.5
		D3	136.535	216636.3	2629960	101.5	40

第肆章　地下水水質監測

一、地下水水質採樣及分析方法

為了解計畫範圍內之地下水水質，本計畫於每季至本年度新設之地下水觀測井進行水質採樣工作，而本計畫之水質檢測分析工作委由經環保署認證之中環科技事業股份有限公司(環署環檢字第○二○號)進行檢測，而檢測項目乃以飲用水水源水質標準之檢測項目為主，另包含鐵、錳及硝酸鹽氮。

為瞭解未來本計畫之水源可否供給農業及民生使用，本計畫將利用行政院環境保護署於 1997 年完成之「飲用水水源水質標準」及行政院農業委員會於民國 2003 年完成之「灌溉用水水質標準」與本計畫之檢測數據進行比較分析，有助於瞭解本區域之地下水質，本計畫擬定之採樣計畫如下所示。

1、採樣地點：本年度新設之地下水觀測井 10 口(M1、M2、M3、M4、M5、D1、D2、D3、P1 及 P2)。

2、採樣頻率：枯水期 2 筆、豐水期 2 筆(共計 4 筆)。

3、檢測項目：水溫、pH、導電度、大腸桿菌群密度、氨氮、硝酸鹽氮（以氮計）、化學需氧量、總有機碳、砷、鉛、鎘、鉻、汞、硒、鐵及錳等 16 項。

4、採樣方法：NIEA W103.54B 監測井地下水採樣方法

5、樣品保存方法：

(1)大腸桿菌群密度、總有機碳、硝酸鹽氮：4℃暗處冷藏。

(2)氨氮、化學需氧量：加入適量的濃硫酸，pH 值調至小於 2。

(3)砷、鉛、鎘、鉻、汞、硒、鐵及錳：添加濃硝酸使水樣之 pH 值小於 2，加酸後之水樣貯藏於 4±2℃暗處。

6、現場紀錄方式：填寫「監測井地下水採樣紀錄表」(表 4-1)。

表 4-1　監測井地下水採樣紀錄表

<table>
<tr><td colspan="4">計畫名稱：</td></tr>
<tr><td colspan="4">採樣日期：　　年　　月　　日</td></tr>
<tr><td colspan="2">採樣地點：</td><td colspan="2">井篩深度：</td></tr>
<tr><td colspan="2">天候狀況：</td><td colspan="2">井號：</td></tr>
<tr><td rowspan="2">環境描述：</td><td colspan="3">(1)監測井鎖扣是否完整：
□是
□否(情況描述：　　)</td></tr>
<tr><td colspan="3">(2)監測井附近環境描述：</td></tr>
<tr><td colspan="4">洗井資料</td></tr>
<tr><td>井管內徑：</td><td colspan="2">水位面至井口深度：</td><td>井底至井口深度：</td></tr>
<tr><td>井水深度：</td><td colspan="2">井水體積：</td><td>預估洗井時間：</td></tr>
<tr><td>型式：</td><td colspan="2">型號：</td><td>抽水速率：</td></tr>
<tr><td>抽水方法：</td><td colspan="2">泵進水口深度：</td><td>井篩長度：</td></tr>
<tr><td>水位洩降：</td><td colspan="2">水流元容積：</td><td>現場儀器量測頻率：</td></tr>
<tr><td colspan="2">洗井開始時間：</td><td colspan="2">洗井結束時間：</td></tr>
<tr><td colspan="4">現場量測</td></tr>
<tr><td colspan="4">(1) pH 計校正後，使用緩衝溶液(Buffer)-　　之確認值：【　　】
(2) 0.01 N 之氯化鉀溶液於 25 ℃ 下之導電度的測值為：【　　】μmho / cm；0.01 N 之標準氯化鉀溶液於 25 ℃ 下之導電度測試合格參考值為：【1343 ～ 1483】μmho / cm。
(3) 溶氧計之校正，滿點校正之讀值：【　　】mg / L，校正時溫度【　　】℃、校正值【　　】、【　　】% 飽和度。
(4)水溫【　　】℃。</td></tr>
</table>

表 4-1　監測井地下水採樣紀錄表(續)

時間	汲水速率（L/min）	水位深度（m）	汲出水體積(升)	pH 值	導電度(μmho/cm)	溶氧(mg/L)	氧化還原電位（mV）	洗井水觀察(水色、色味、雜質…)
(洗井前)：								
(洗井中)：								
(洗井中)：								
(洗井中)：								
(洗井中)：								
(洗井後)：								
(採樣時)：								

汲出水總體積：　　洗井結束時水位面至井口深度：

採樣資料：

採樣器材：　　採樣方法：　　採樣器放置深度：

開始時間：　　結束時間：

附註：

採樣人員：

二、計畫區域歷史水質資料分析

本計畫蒐集南投縣環境保護局自 2003 年起於名間鄉及竹山鎮一帶所進行之地下水水質採樣檢測成果，其位於計畫區域內之監測井共計有名間鄉新民國小、竹山鎮竹山工業區、竹山鎮延平國小及竹山鎮延正里等四監測井，其分佈位置如圖 4-1 所示。其於 2011 年所進行之豐枯水期水質檢測成果如表 4-2 及表 4-3 所示，如與法規標準(地下水污染監測標準、地下水污染管制標準、飲用水水源水質標準及灌溉用水水質標準)相較，檢測結果顯示於枯水期僅名間鄉新民國小監測井地下水之導電度有超過灌溉用水水質標準值(750μmho/cm)之情況，而其餘監測井或其他監測項目於枯水期皆符合標準；而於豐水期則有竹山鎮延平國小監測井之導電度超過灌溉用水水質標準值(750μmho/cm)及竹山鎮延正里之硝酸鹽氮與錳超過「地下水污染監測標準」第二類標準之情況。

利用監測井歷年檢測成果，可就其不同檢測項目繪製濃度歷時圖，以了解其水質變化情況，圖 4-2 至圖 4-4 為竹山鎮竹山工業區監測井各檢測項目濃度歷時變化圖，於圖中顯示，該處地下水之導電度、氯鹽及總溶解固體濃度有振盪跳動之行為，且未來有略微上升之趨勢，其餘監測項目濃度則趨於穩定，而各檢測項目濃度於歷年之檢測結果均符合法規標準，僅導電度測值於 2006 年 9 月超過灌溉用水水質標準，然近年已穩定且均符合灌溉用水水質標準。圖 4-5 至圖 4-7 為竹山鎮延正里監測井之各檢測項目之濃度歷時圖，由圖中可知，該處地下水之導電度有上升趨勢，其餘監測項目則已趨於穩定，且各檢測項目於歷年之檢測結果均符合法規標準，僅導電度曾超過灌溉用水水質標準。圖 4-8 至圖 4-10 為竹山鎮延平國小監測井之濃度歷時圖，由圖中可知，該處地下水僅導電度有上升趨勢，其餘監測項目均呈現水質良好情況。圖 4-11

至圖 4-13 為名間鄉新民國小各檢測項目之歷年檢測成果，由圖可知，硝酸鹽氮濃度於 2011 年 8 月有升高之趨勢，但於 2011 年度已有明顯下降趨勢，而其它檢測項目並無明顯之變化，且歷年之各檢測項目濃度均符合法規標準。圖 4-14 至圖 4-21 分別為名竹盆地內歷年地下水水質之氨氮、硫酸鹽、氯鹽、硝酸鹽氮、導電度、錳、總溶解固體及鐵濃度歷時圖，並分別標註了各項目具有相關法規標準值以利判讀。

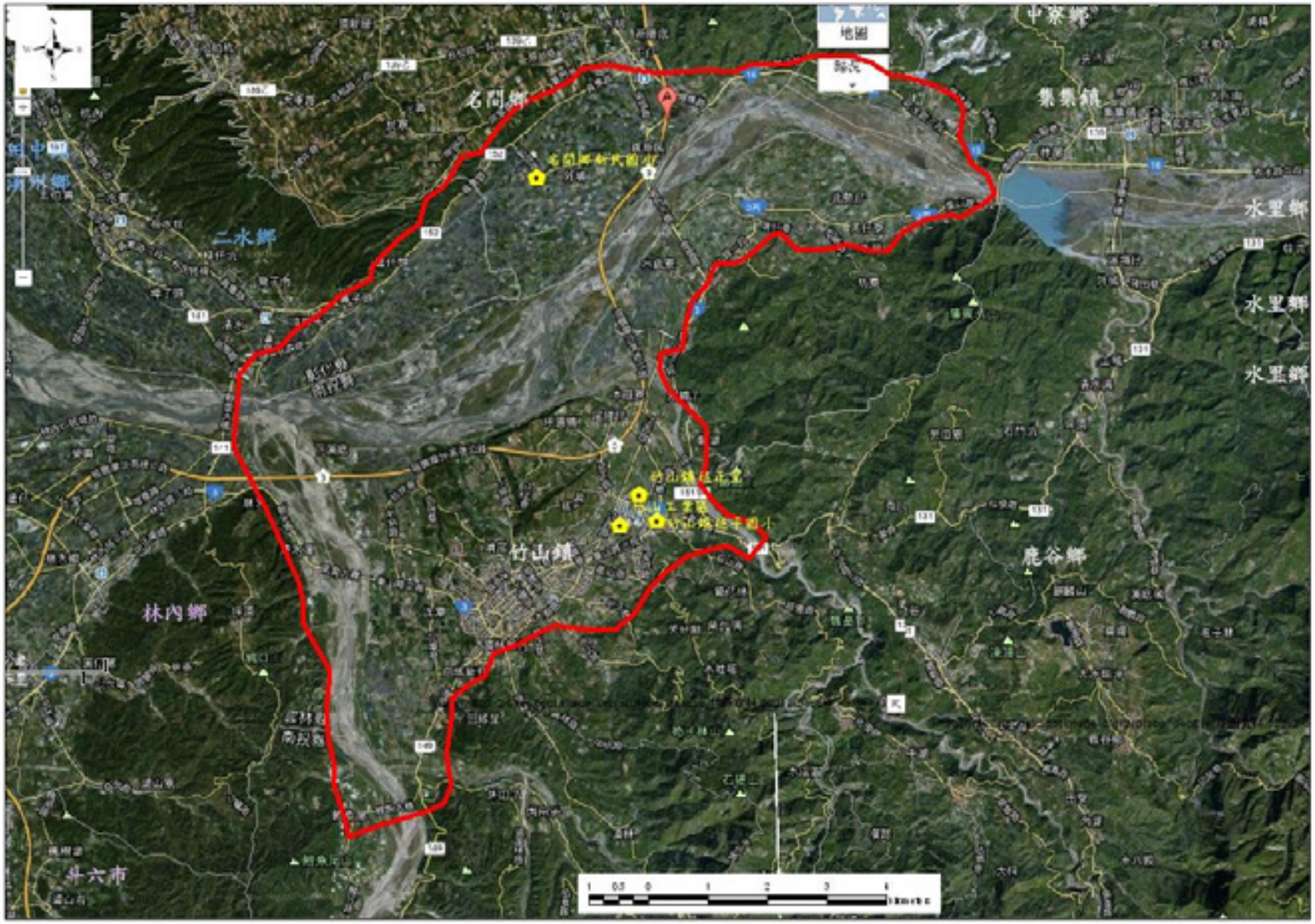


圖 4-1　名竹盆地內南投縣環保局既有水質監測井位置圖

表 4-2　2011 年名間鄉及竹山鎮枯水期地下水水質檢測結果

項目 井號	水溫 (°C)	pH	導電度 (μmho/cm)	氯鹽 (mg/L)	總硬度 (as$CaCO_3$ mg/L)	總溶解固體 (mg/L)	濁度 (NTU)	氨氮 (mg/L)	硝酸鹽 (mg/L)	硝酸鹽氮 (mg/L)	亞硝酸鹽 (mg/L)	硫酸鹽 (mg/L)	總有機碳 (mg/L)	鐵 (mg/L)	錳 (mg/L)	鎘 (mg/L)	鉻 (mg/L)	銅 (mg/L)	鋅 (mg/L)	鎳 (mg/L)	鉛 (mg/L)
灌溉用水水質標準值	35	6~9	750	175	-	-	-	-	-	-	-	200	-	-	2	0.01	0.1	0.2	2	0.2	0.1
地下水污染監測標準值第二類	-	-	-	625	750	1250	-	0.25	-	25	-	625	10	1.5	0.25	0.025	0.25	5	25	-	0.25
地下水污染管制標準值第二類	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	10	-	-	-	-	0.05	0.5	10	50	1	0.5
竹山-竹山工業區	25.2	6.52	414.17	23.3	161	258	0.6	ND	12	2.71	<0.01	44.8	0.6	0.026	<0.01	ND	ND	ND	0.058	ND	ND
竹山鎮延正里	25.38	6.39	658	51.4	185	412	0.25	ND	7.38	1.67	ND	73.7	0.9	<0.02	ND	<0.002	ND	ND	0.056	ND	<0.02
名間-新民國小	24.4	6.92	●802.67	ND	443	558	1.4	ND	30.5	6.89	ND	121	<0.5	0.02	<0.01	ND	ND	ND	<0.02	ND	ND

註：

1.ND 表測值低於偵測極限。(各水質項目之方法偵測極限如下: 氯鹽：0.57mg/L,氨氮:0.0041mg/L, 硝酸鹽:0.0248mg/L, 亞硝酸鹽:0.00128mg/L, 銅:0.00058mg/L, 鉻:0.00084mg/L, 鎘:0.00064mg/L)

2.測值後標註符號說明：▲表超過「地下水污染管制標準」第二類標準；Δ：表超過「地下水污染監測標準」第二類標準；●：表超過「灌溉用水水質標準」。

3.水質檢測施行均採重覆試驗檢測而得。

表 4-3　2011 年名間鄉及竹山鎮豐水期地下水水質檢測結果

項目 井號	水溫 (°C)	pH	導電度 (μmho/cm)	氯鹽 (mg/L)	總硬度 (as$CaCO_3$ mg/L)	總溶解固體 (mg/L)	濁度 (NTU)	氨氮 (mg/L)	硝酸鹽 (mg/L)	硝酸鹽氮 (mg/L)	亞硝酸鹽 (mg/L)	硫酸鹽 (mg/L)	總有機碳 (mg/L)	鐵 (mg/L)	錳 (mg/L)	鎘 (mg/L)	鉻 (mg/L)	銅 (mg/L)	鋅 (mg/L)	鎳 (mg/L)	鉛 (mg/L)
灌溉用水水質標準值	35	6~9	750	175	-	-	-	-	-	-	-	200	-	-	2	0.01	0.1	0.2	2	0.2	0.1
地下水污染監測標準值第二類	-	-	-	625	750	1250	-	0.25	-	25	-	625	10	1.5	0.25	0.025	0.25	5	25	-	0.25
地下水污染管制標準值第二類	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	10	-	-	-	-	0.05	0.5	10	50	1	0.5
竹山-竹山工業區	26.3	6.41	2.2	478.33	21	170	325	0.2	ND	8.77	1.98	ND	51.4	0.8	<0.02	<0.01	<0.002	ND	ND	0.039	ND
竹山鎮延正里	25.9	6.1	1.7	438.67	13.7	379	614	400	ND	118	△26.65	<0.03	61.8	1.5	0.639	△0.263	<0.002	<0.01	<0.01	0.058	0.019
名間-新民國小	26.5	6.9	0.4	●799.2	15.7	150	321	22	ND	30.2	6.82	<0.03	49.6	0.9	0.106	0.012	ND	ND	ND	0.054	ND

註：

1.ND 表測值低於偵測極限。(各水質項目之方法偵測極限如下: 氯鹽：0.57mg/L,氨氮:0.0041mg/L, 硝酸鹽:0.0248mg/L, 亞硝酸鹽:0.00128mg/L, 銅:0.00058mg/L, 鉻:0.00084mg/L, 鎘:0.00064mg/L)

2.測值後標註符號說明：▲表超過「地下水污染管制標準」第二類標準；Δ：表超過「地下水污染監測標準」第二類標準；●：表超過「灌溉用水水質標準」。

3.水質檢測施行均採重覆試驗檢測而得。

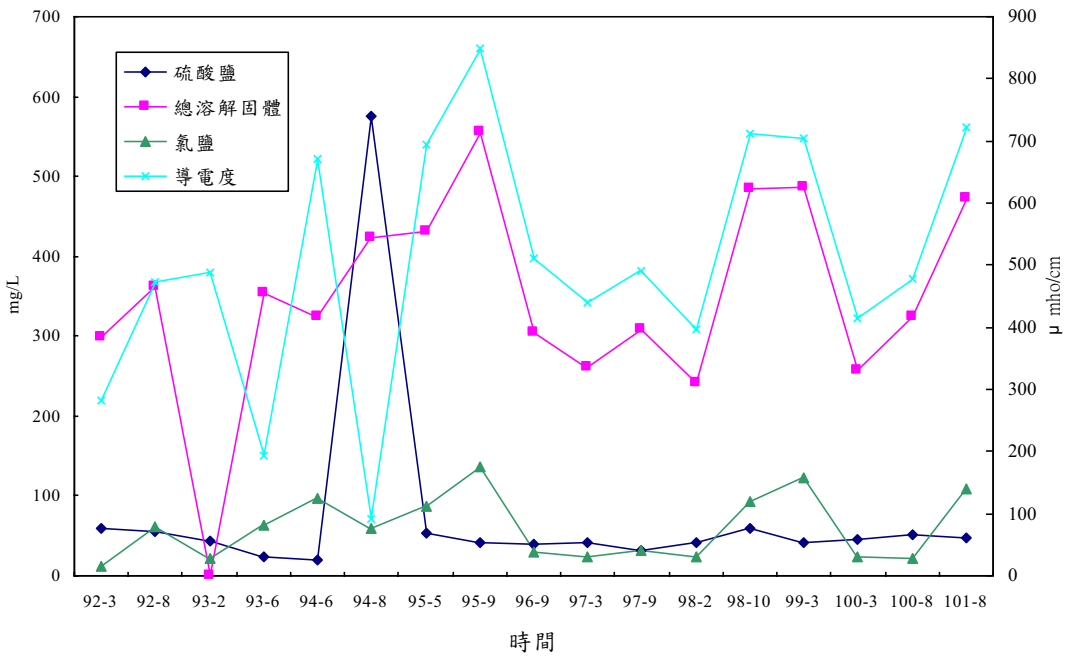


圖 4-2　竹山鎮竹山工業區之地下水水質濃度歷時圖(無機鹽類)

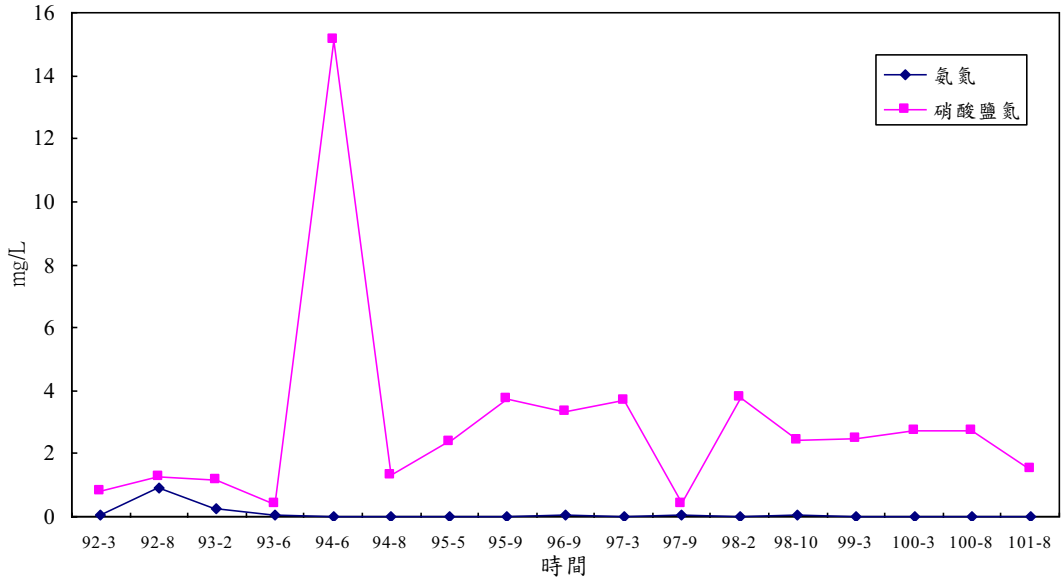


圖 4-3　竹山鎮竹山工業區之地下水水質濃度歷時圖(氨氮及硝酸鹽氮)

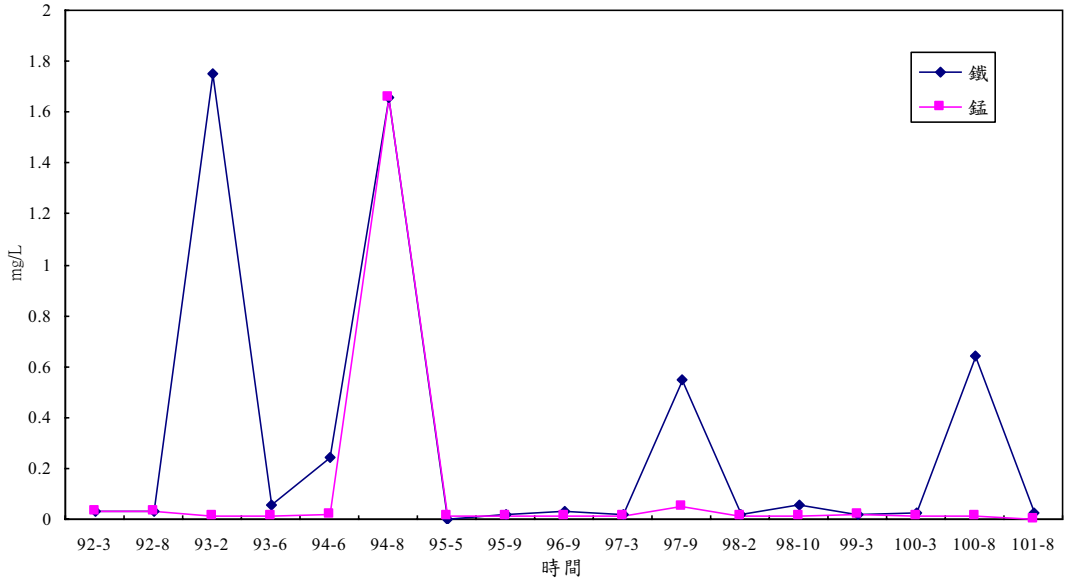


圖 4-4　竹山鎮竹山工業區之地下水水質濃度歷時圖(鐵及錳)

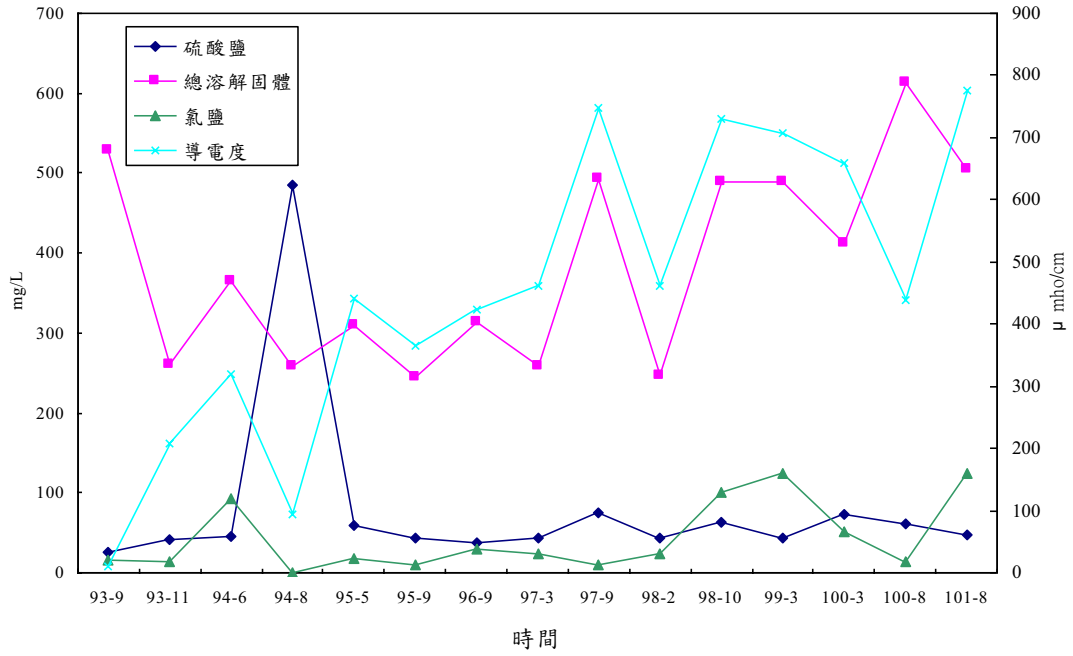


圖 4-5　竹山鎮延正里之地下水水質濃度歷時圖(無機鹽類)

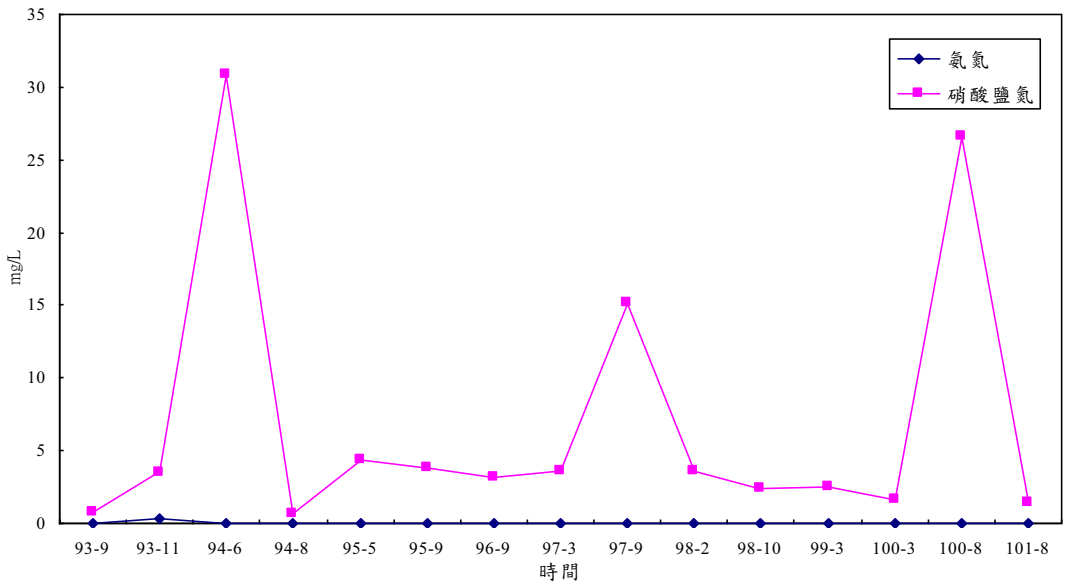


圖 4-6　竹山鎮延正里之地下水水質濃度歷時圖(氨氮及硝酸鹽氮)

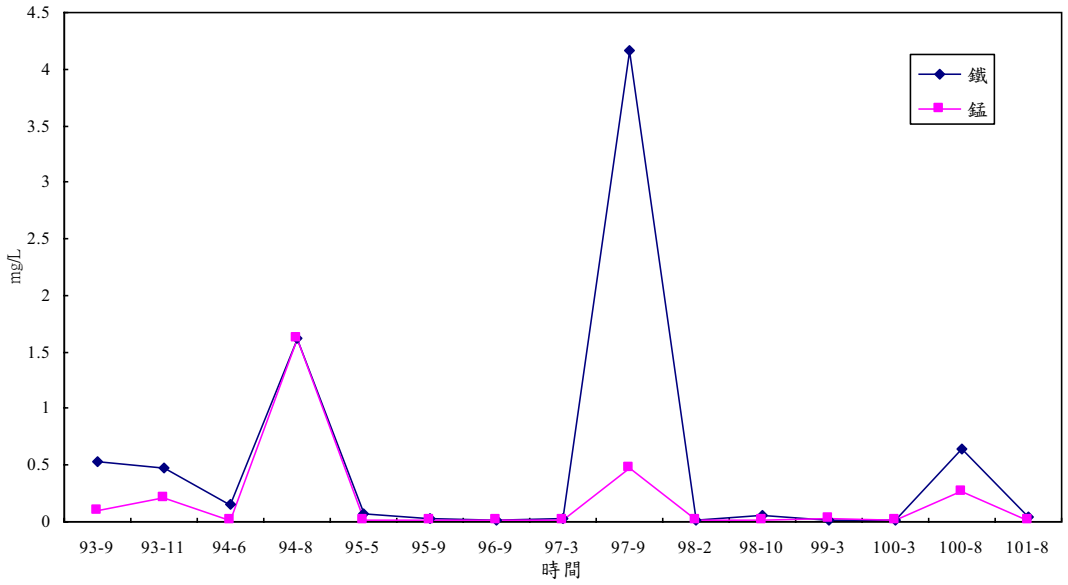


圖 4-7　竹山鎮延正里之地下水水質濃度歷時圖(鐵及錳)

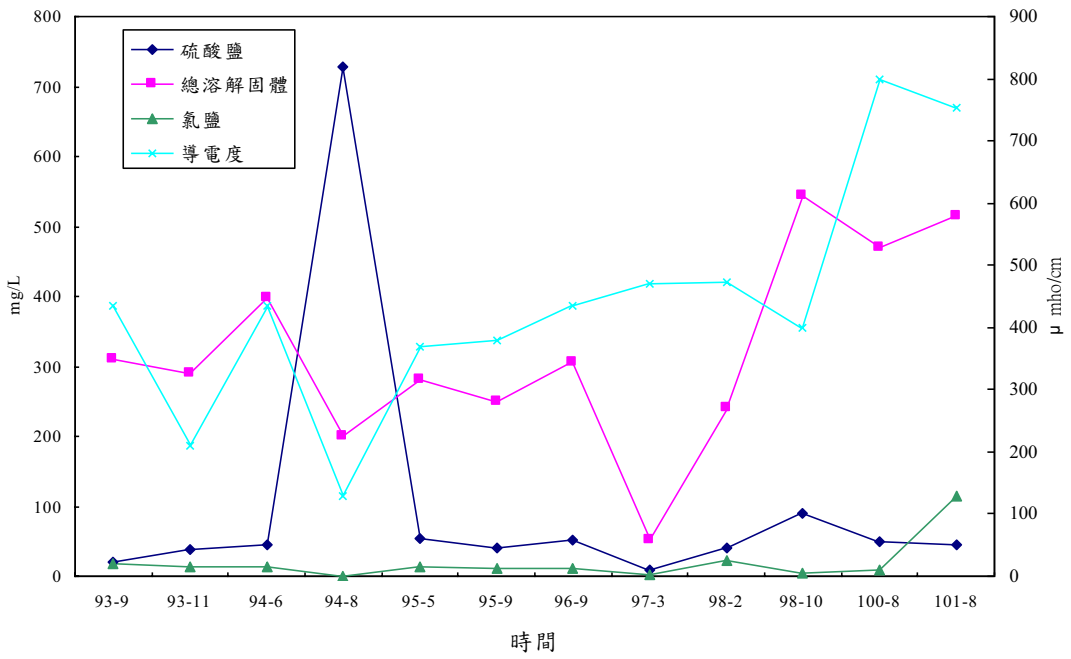


圖 4-8　竹山鎮延平國小之地下水水質濃度歷時圖(無機鹽類)

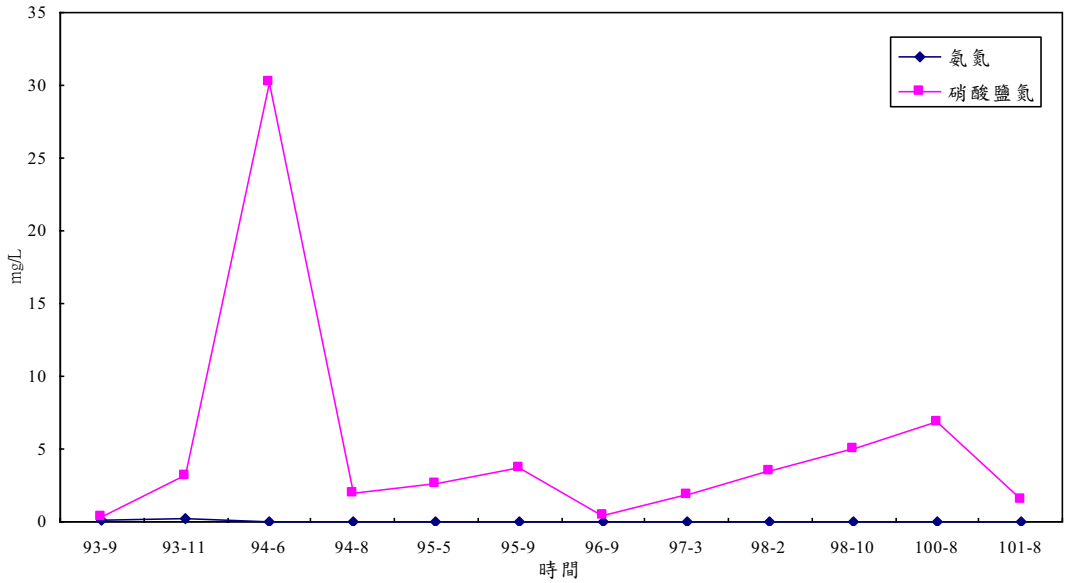


圖 4-9　竹山鎮延平國小之地下水水質濃度歷時圖(氨氮及硝酸鹽氮)

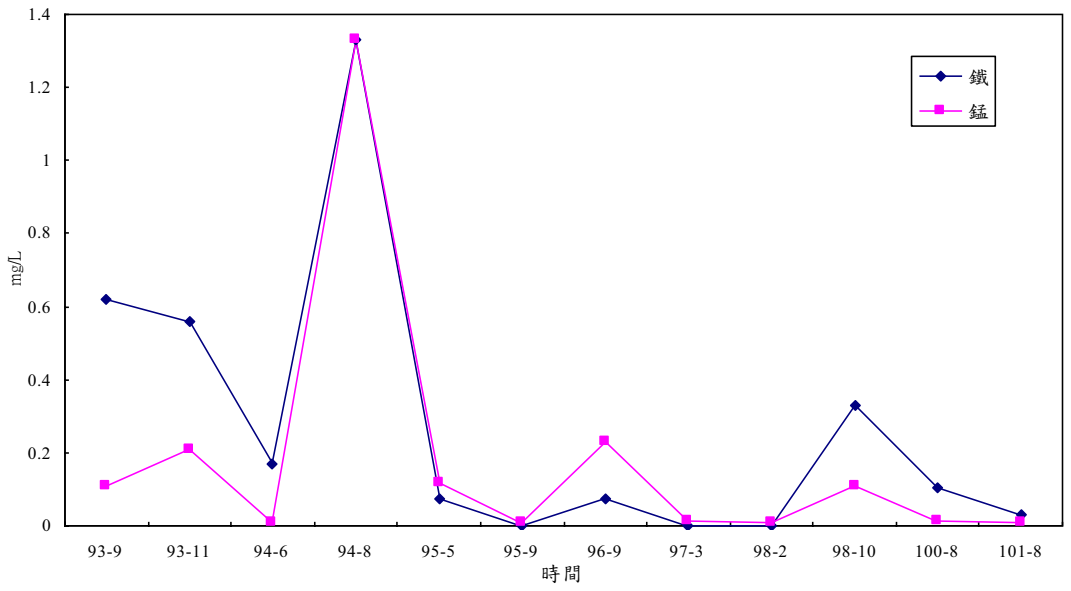


圖 4-10　竹山鎮延平國小之地下水水質濃度歷時圖(鐵及錳)

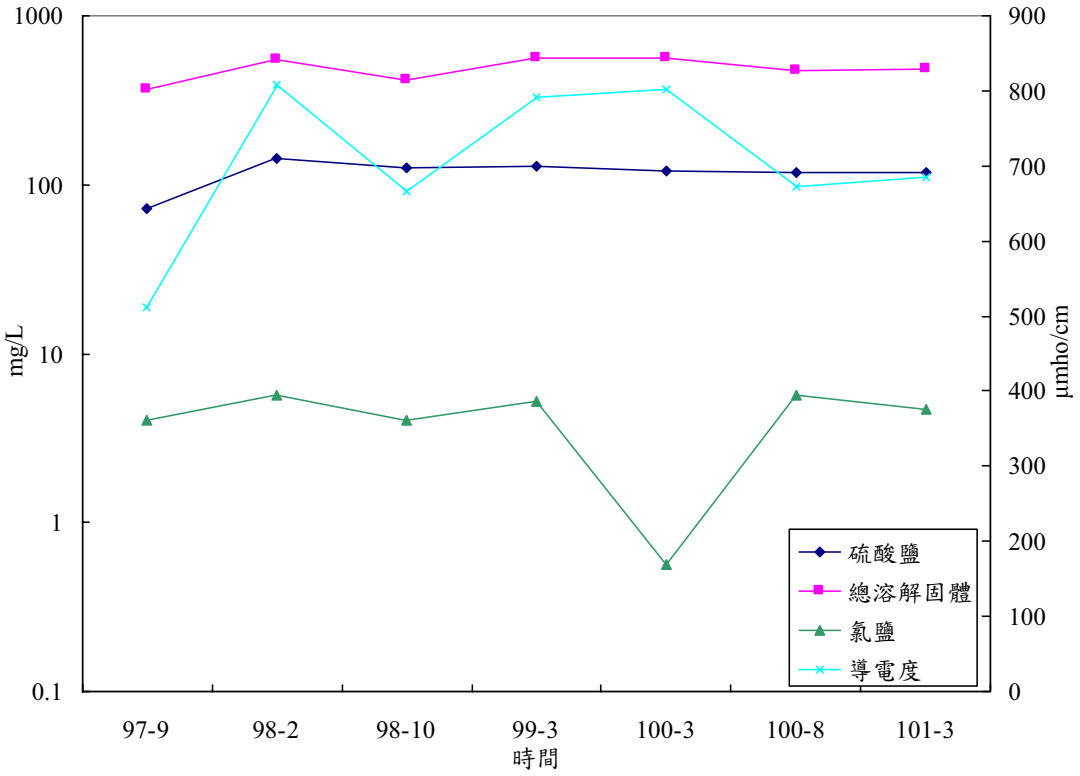


圖 4-11　名間鄉新民國小之地下水水質濃度歷時圖(無機鹽類)

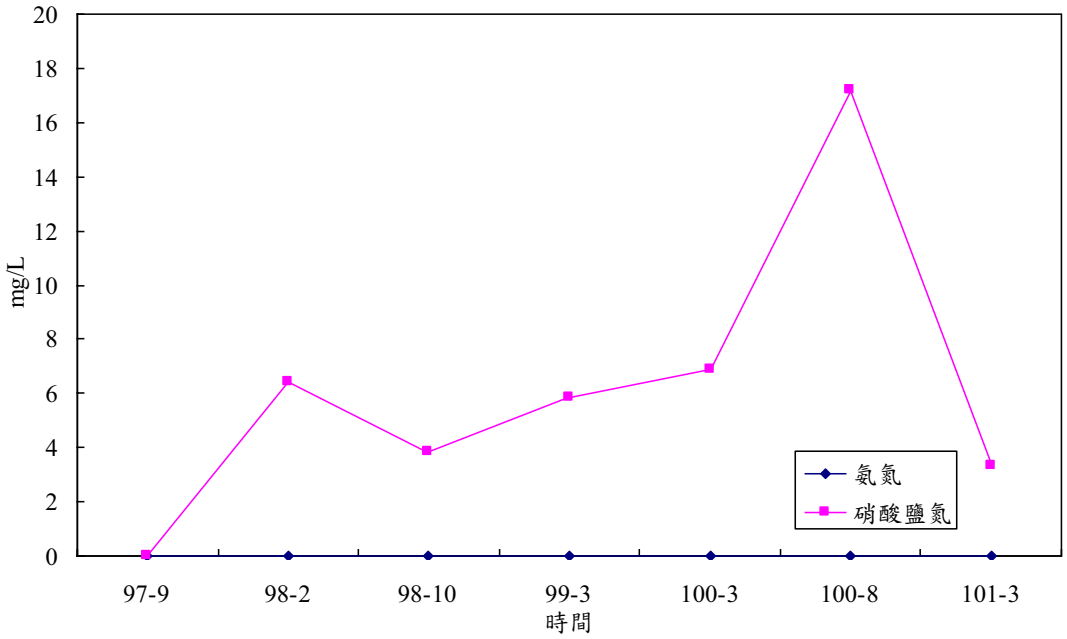


圖 4-12　名間鄉新民國小之地下水水質濃度歷時圖(氨氮及硝酸鹽氮)

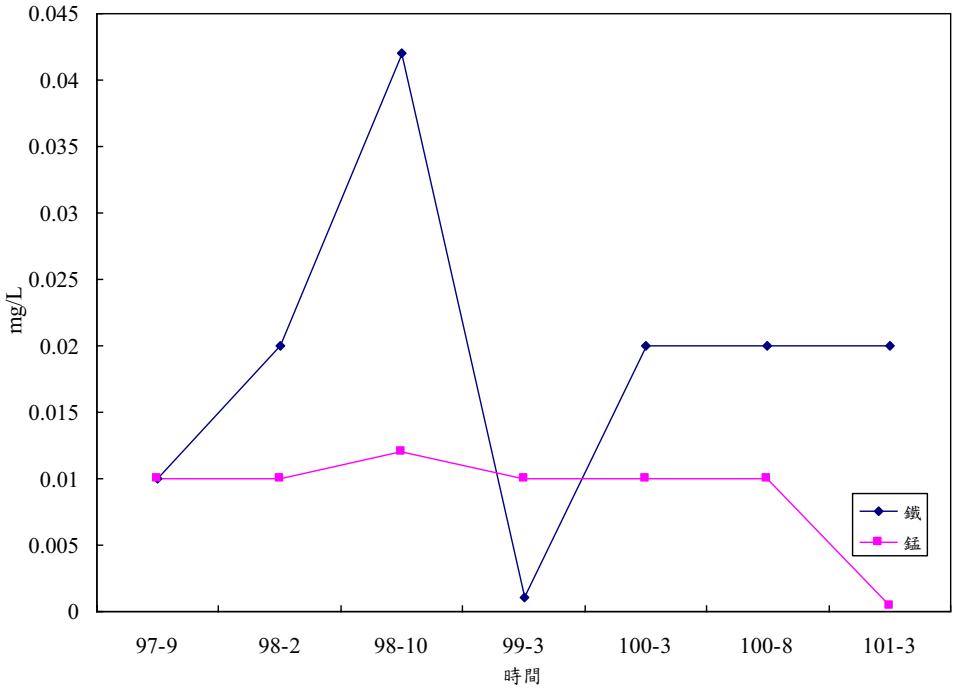


圖 4-13　名間鄉新民國小之地下水水質濃度歷時圖(鐵及錳)

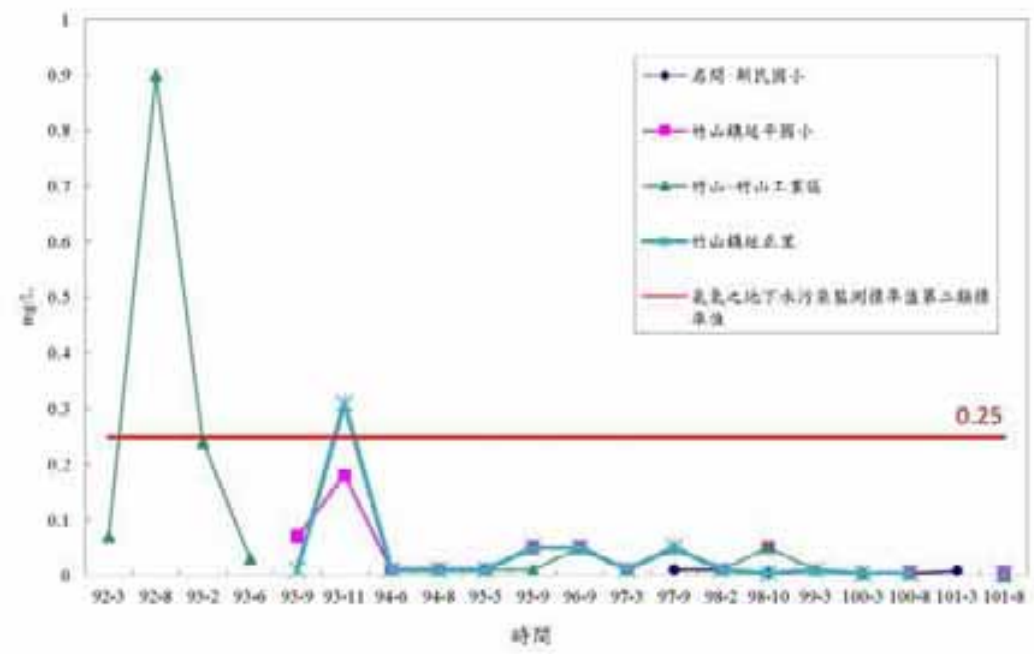


圖 4-14　歸納歷史地下水水質之氨氮濃度歷時圖

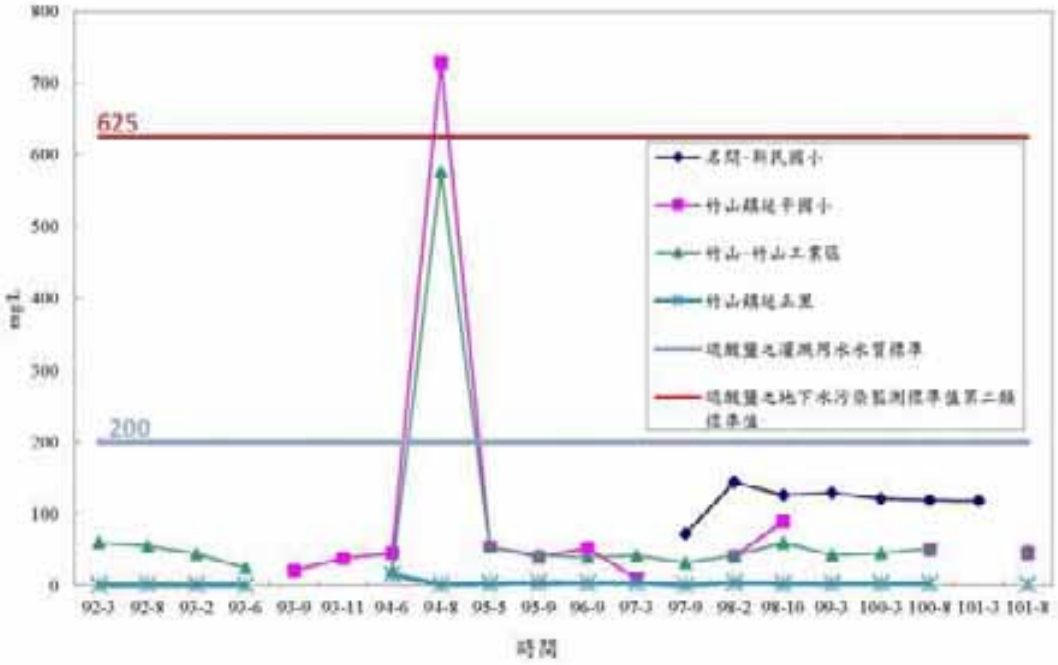


圖 4-15　歸納歷史地下水水質之硫酸鹽濃度歷時圖

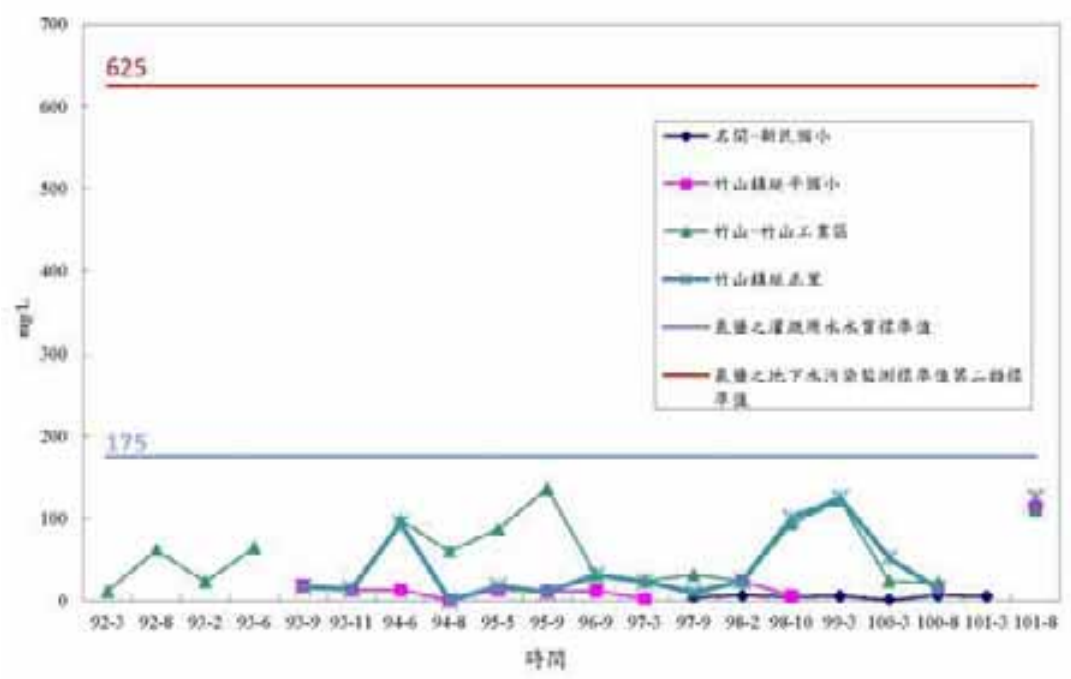


圖 4-16　歸納歷史地下水水質之氯鹽濃度歷時圖

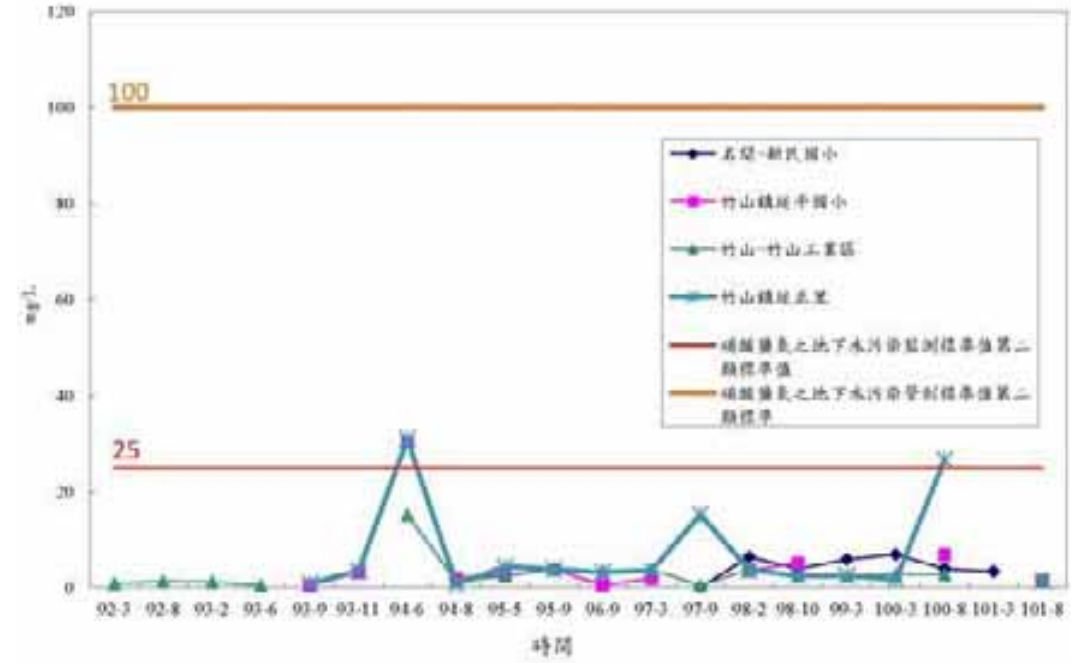


圖 4-17　歸納歷史地下水水質之硝酸鹽氮濃度歷時圖

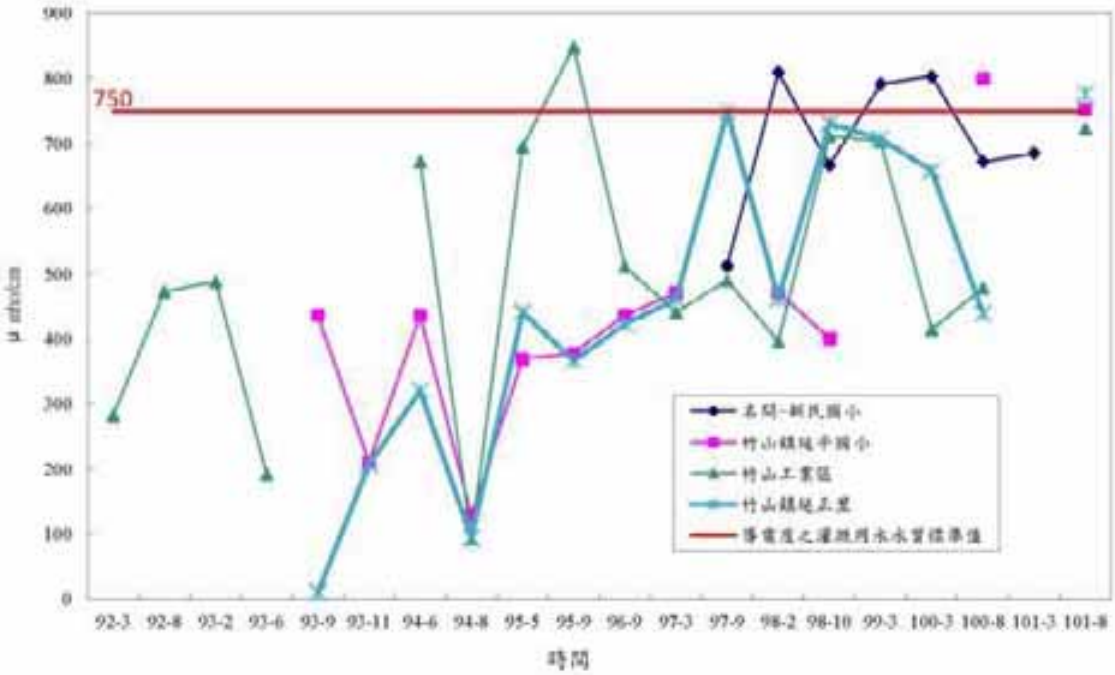


圖 4-18　歸納歷史地下水水質之導電度濃度歷時圖

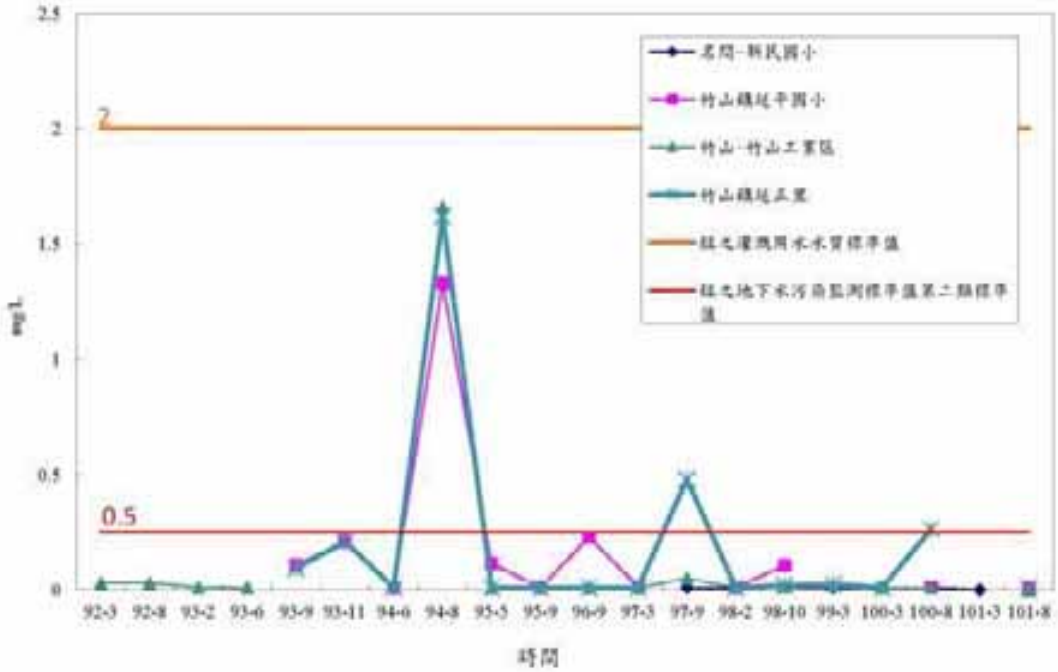


圖 4-19　歸納歷史地下水水質之錳濃度歷時圖

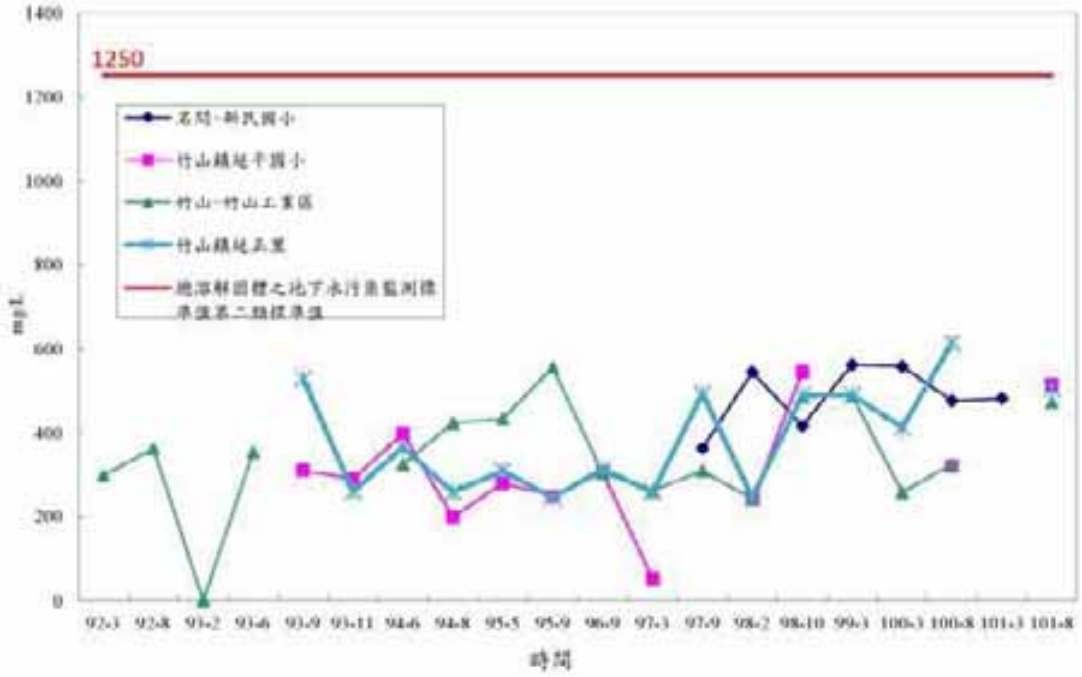


圖 4-20　歸納歷史地下水水質之總溶解固體濃度歷時圖

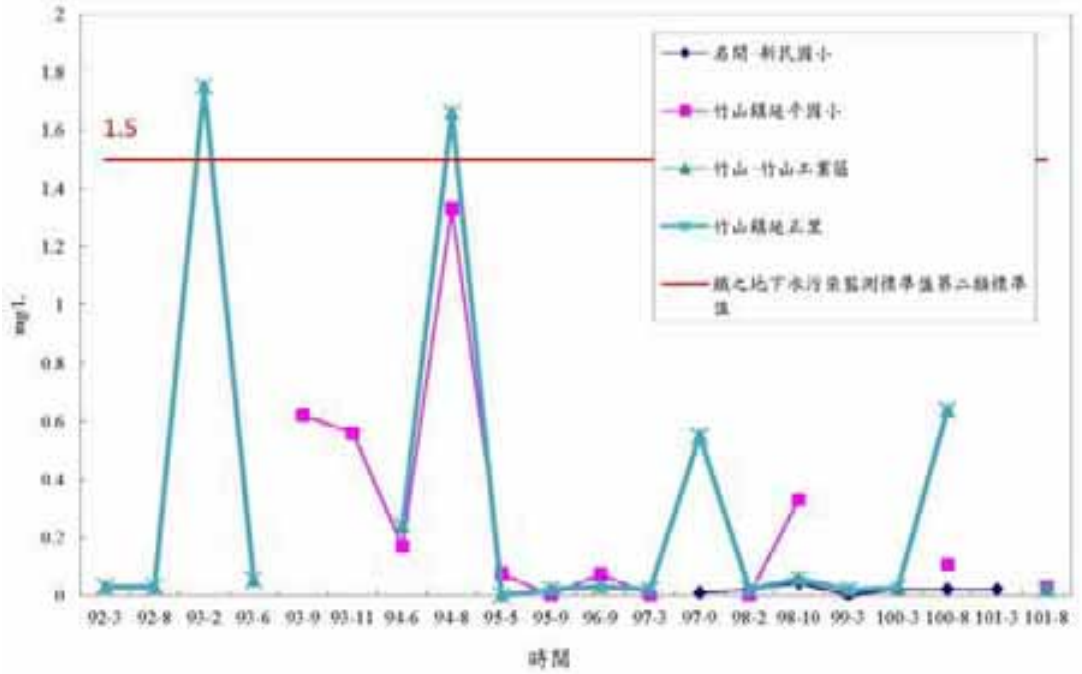


圖 4-21　歸納歷史地下水水質之鐵濃度歷時圖

三、地下水水質採樣成果

本計畫地下水水質採樣作業原則依照行政院環境保護署公告之「地下水採樣方法」及「專案計畫品管/品保計畫書」規定之步驟進行地下水水質採樣工作，採樣儀器如照片 4-1 所示。於地下水採樣作業前，先行量測地下水水位，量測完畢後進行洗井作業，洗井方式利用沉水式馬達採用超量抽水方式進行，抽水頻率控制於 2.0L/min 以下以避免造成井管損壞，而完成頻率設定後，即開始進行洗井作業，洗井過程中，按照井水體積計算所需抽汲之水量，原則應大於 3 倍井水體積。另洗井過程中需依照「地下水採樣紀錄表」紀錄其時間、汲水速率、水位深度、汲出水體積、pH 值、導電度、溶氧、氧化還原電位及洗井水觀察等。於洗井工作完成後，進行地下水水樣採集及水樣加藥(如照片 4-2)，完成採樣工作後，立即依水樣保存規定予以保存，並立即送往實驗室進行檢測。

原規劃於2013年1月份辦理之枯水期第一季地下水水質採樣工作，因觀測井設置所需土地取得時間延後，導致未能如預期時間進行採樣。而本計畫陸續於 2013 年 2 月 21 日至 4 月 22 日進行枯水期第一筆水質採樣作業，全數採樣完成共 10 口觀測井。因為臺灣歷年平均枯水期為 11 月至 4 月，加上中央氣象局於 2013 年年初預報資料推估春季偏乾訊號顯著，且經濟部提高應變層級成立「旱災經濟部災害緊急應變小組」，故本計畫合理推斷 4 月底前進行枯水期水質採樣尚屬合理，因此於 2013 年 4 月 28 日至 102 年 4 月 29 日完成枯水期第二筆水質採樣作業；豐水期水質採樣目前於 5 月 29 日至 5 月 30 日完成豐水期第一筆水質採樣作業，最後一筆則於 7 月中旬完成採樣作業。

照片 4-1　水質採樣作業儀器設置現場概況

照片 4-2　水質採樣作業檢體加藥情形

四、地下水水質檢測成果分析

1、本計畫水質檢測成果

本計畫地下水水質檢測工作係委由行政院環境保護署環境檢驗所認可之中環科技事業股份有限公司進行檢驗工作，其水質檢驗方法均依照行政院環境保護署環境檢驗所規定之水質檢測方法施行。本團隊目前已完成共 10 口觀測井之枯水期二筆及豐水期二筆(共 4 筆)水質採樣工作，已完成檢測之結果如表 4-4 至表 4-7 所示。

本計畫監測井均位於非水源保護區內，且為瞭解未來本計畫之水源可否供給農業及民生使用，本計畫以第二類標準之「地下水污染監測標準」與「地下水污染管制標準」、「飲用水水源水質標準」以及「灌溉用水水質標準」為比較對象，當如測值高於「地下水污染監測標準」標準值時，表示該地區地下水水質應持續予以監控；然如測值高於「地下水污染管制標準」標準值時，該地區則需施行污染整治，表已受高度污染；若如測值高於「飲用水水源水質標準」標準值時，該地區地下水質不適於民生使用；又如測值高於「灌溉用水水質標準」標準值時，該地區地下水質不適於農業灌溉使用，由於未來地下水開發標的將以民生用水為主，因此統整分析結果，本計畫各監測井水質檢驗分析結果均符合飲用水水源水質標準，可符合用水標的。以下就各項檢測成果與法規標準進行說明：

A、水溫、pH、導電度

枯水期二筆與豐水期二筆(共 4 筆)之檢測結果顯示，各監測井地下水之水溫均未超過灌溉用水水質標準值 35℃。pH 值指水中氫離子濃度倒數之對數值，一般自

然水之 pH 值多在中性或略鹼性範圍。於枯水期第一筆檢測結果 pH 檢測值介於 6.27 至 8.41 之間，枯水期第二筆檢測結果 pH 檢測值介於 6.50 至 8.07 之間，豐水期第一筆檢測結果 pH 檢測值介於 6.58 至 7.84 之間，豐水期第二筆檢測結果 pH 檢測值介於 6.41 至 7.86 之間皆符合灌溉用水水質標準。

導電度表示水傳導電流之能力，導電度與水中離子總濃度、移動性、價數、相對濃度及水溫等有關。通常導電度越高，表示水中電解質含量較多。大部分鹽類都可電離，因此導電度亦可表示水中總溶解固體之多寡，若導電度太高將對灌溉有不良之影響，故導電度為重要灌溉用水之標的之一。由枯水期第一筆及第二筆之地下水水質檢測成果可知，井號 M3、M4、D1 及 D2 監測井導電度皆超過「灌溉用水水質標準」標準值（750 μmho/cm），其超過之監測值介於 753μmho/cm 至 865μmho/cm 之間；豐水期第一筆之地下水水質檢測成果可知，井號 M3、M4、D1 監測井導電度皆超過「灌溉用水水質標準」標準值（750 μmho/cm），其監測值介於 765μmho/cm 至 832μmho/cm；豐水期第二筆之地下水水質檢測成果可知，井號 M3、D1 及 D2 監測井導電度皆超過「灌溉用水水質標準」標準值（750 μmho/cm），其監測值介於 780μmho/cm 至 834μmho/cm。

B、氨氮、硝酸鹽氮

含氮有機物來自於動物排泄物及動植物屍體的分解，分解時先形成胺基酸，再依氨氮及硝酸鹽程序而漸次穩定。因此，當水體中存在氨氮，表示該水體受污染

時間較短。硝酸鹽是有機氮好氧氧化穩定的最終產物，顯示該水體曾經遭受到污染的程度。而氨氮含量高，顯示水體受污染嚴重。其氨氮及硝酸鹽的來源可能是農業化肥、生活污水、化糞池污水等含氮物質。

枯水期二筆與豐水期二筆(共 4 筆)之地下水水質檢測結果可知，氨氮測值均未超過「地下水污染監測標準值」第二類標準(0.25mg/L)及「飲用水水源水質標準值」(1mg/L)。硝酸鹽氮僅豐水期第一筆之地下水水質檢測結果於井號 D3 之監測值超過「地下水污染監測標準值」第二類標準(25mg/L)為 27.5mg/L，其餘之檢測結果皆未超過「地下水污染監測標準值」第二類標準(25mg/L)及「地下水污染管制標準值」第二類標準(100mg/L)。

C、總有機碳、大腸桿菌群、化學需氧量

總有機碳測值主要為表示水體中有機物之含碳濃度。當水中出現大腸桿菌群時，表示可能會有其他致病菌同時出現。化學需氧量一般用於表示水中可被化學氧化之有機物含量，一般工業廢水或含生物不易分解物質之廢水，常以化學需氧量表示其污染程度。

枯水期二筆與豐水期二筆(共 4 筆)之地下水水質檢測結果顯示，總有機碳測值均未超過「地下水污染監測標準值」第二類標準(10mg/L)及「飲用水水源水質標準值」(4mg/L)，而大腸桿菌群測值均未超出「飲用水水源水質標準」(20,000CFU/100mL)；而化學需氧量之監測值均未超過「飲用水水源水質標準」 (25 mg/L)。

D、重金屬

本計畫監測井地下水水質檢測之重金屬共包含鐵、錳、鎘、鉻、鉛、砷、汞及硒等八項，重金屬對生物(如人體、植物、魚、貝等）會產生急性及慢性中毒影響，並影響農漁產品品質以及河川自淨功能。如鐵會影響外觀，產生味道或腐蝕，使水不適合飲用；錳則會引起神經及精神異常;鎘對人體所造成的傷害更大,如痛痛病、高血壓、心臟血管疾病及癌症等；鉻食入則會引起胃腸出血性胃腸炎、急性腎衰竭；鉛則會引起慢性腎炎及腦神經中毒；硒為人體必要之微量元素之一，每人每日理想攝入量為 0.1~0.2mg(含食物及飲水)，若高濃度則會危害肌肉及神經系統；鉛則會對腎臟、神經系統造成危害 ，對兒童具高毒性；汞則對人體健康傷害極大，在日本曾造成水俣病，而無機汞傷害之主要器官為腎臟，有機汞則會危害中樞神經系統。砷雖然不是金屬元素，但因其比重是 5.7，而且對生物有明顯的毒害，同時它的許多化學行為都跟一般重金屬很類似，因此也被歸類在重金屬群中，若長期飲用含砷之地下水，易引起烏腳病等疾病。

鐵及錳常見於地下水中，存在原因多為地質特性所造成。枯水期二筆與豐水期二筆(共 4 筆)之地下水水質檢測結果可知，各井之鎘、鉻、鉛、砷、汞及硒濃度測值均未超過各項標準值。於枯水期第一筆時，井號 M5 及 P2 之鐵濃度超過「地下水污染監測標準值」第二類標準(1.5mg/L)，其餘井之測值均未超過標準值；於枯水期第二筆時，井號 M3 及 P2 之鐵濃度超過「地下水污

染監測標準值」第二類標準(1.5mg/L)，其餘井之測值均未超過標準值。豐水期第一筆各井之鐵濃度均未超過「地下水污染監測標準值」第二類標準(1.5mg/L)。

枯水期第一筆時，井號 M4、 M5 及 P2 之錳濃度超過「地下水污染監測標準值」第二類標準(0.25mg/L)，其餘井之測值均未超過標準值；於枯水期第二筆及豐水期第一及第二筆時，井號 M3、 M4 及 D2 之錳濃度超過「地下水污染監測標準值」第二類標準(0.25mg/L)，其餘井之測值均未超過標準值。

依據 2003 年發布之「自來水工程設施標準」第 74 條（慢濾池之規定如下：(1)使用為地面水者，其原水之濁度經常低於二十濁度單位，最高以不超過五十濁度單位為原則。使用地下水者，其鐵錳含量應在每公升三毫克以下。(2)地面水有較高濁度、污染現象或色度高時，應採用初步處理。(3)應有適當之備用池，池數應為二池以上，使用進行刮砂及補砂等工作時，其他各濾池均能維持在正常濾速下操作。）及第 78 條（除鐵錳之處理規定如下：(1)溶於水中之鐵錳先用氣曝、預氯處理或加藥等方法加以氧化。(2)經氧化之鐵錳，其祛除方法與一般濁度之祛除相同。(3)加藥、膠凝、沉澱、過濾等設備之選用，主要應視水中鐵錳含量之多寡及其型態而定。(4)鐵錳之祛除，必要時應經試驗確定其最有效之方法，作為設計之依據。）

本計畫目前鐵錳含量檢測成果均未超過 3mg/L，故計畫區域若於未來成為飲用水水源保護區，其鐵錳含量尚在自來水公司可處理範圍內。

E、硬度

水中之多價陽離子(multivalent cations)是導致水具有硬度的主要原因，多價陽離子中，尤以鈣與鎂離子兩者為天然水中之陽離子，其餘如 Fe^{2+}、Mn^{2+}、Sr^{2+}、Al^{3+} 等亦可能存在天然水中，但其相對含量低，常予以忽略不計。一般而言，含石灰岩地區及土壤表層較厚地區，雨水與岩石及土壤接觸溶出較多的鈣鎂離子，故硬度較高。本計畫於採集枯水期第二筆時(2013 年 4 月 29 日)會同自來水公司第五區處進行井號 P2 水質採樣作業，增加總硬度檢測項目；由於「飲用水水源水質標準」並未包含總硬度項目，因此本計畫以「飲用水水質標準」作為參考標準依據，檢測結果顯示井號 P2 之總硬度(以 $CaCO_3$ 計)為 99mg/L，並未超過「飲用水水質標準」總硬度(以 $CaCO_3$ 計)之最大限值 300mg/L。

2、鄰近區域其他觀測井水質檢測成果

本計畫另考量於 3 月底至 4 月上旬接連降雨可能影響枯水期之水質，因此參考名竹盆地範圍鄰近區域由其他單位所設置地下水監測井之監測資料，以補充評估今年 1 至 3 月枯水期之水質狀況。本計畫蒐集到 5 口(名間-新街國小、竹山-竹山工業區、名間-新街國小(2)、竹山鎮上游 T01 及竹山鎮下游 T02)於 2013 年 3 月採集之水質檢測資料，資料來源為南投縣環保局「102 年度土壤及地下水監測研究工作計畫」；另亦蒐集到水利署 2012 年 3、4 月共 7 口水質檢測資料(竹山(1)、竹山(2)、新民(1)、新民(2)、觸口(1)、觸口(2)及社寮(1))，以上如表 4-8 所示，供本計畫枯水期對照參考。

檢測結果顯示2013年3月南投縣環保局所檢測之5口觀測井，僅名間-新街國小及名間-新街國小(2)之硝酸鹽氮超過「地下水污染監測標準值」第二類標準(25mg/L)，依據近年名間鄉新街地區研究推測可能為新街國小上游處近年來大量種植鳳梨、山藥等作物所致，此作物須使用大量肥料且該區域土地利用多以農業用地所致。而水利署於2012年3、4月水質檢測之觀測井中，竹山(1)之大腸桿菌群超過「飲用水水源水質標準值」 (20,000CFU/100mL)、竹山(1)及竹山(2)之總有機碳超過「飲用水水源水質標準值」(4mg/L)，可能為家庭用水、畜牧用水及工業廢水污染所致；社寮(1)之鐵濃度超過「地下水污染監測標準值」第二類標準(1.5mg/L) 。

3、小結

本計畫地下水源開發主要以供民生用水為首要用水標的，因此水質檢測以符合「「飲用水水源水質標準」為主及參照第二類標準之「地下水污染監測標準」與「地下水污染管制標準」、「飲用水水源水質標準」以及「灌溉用水水質標準」為輔作為參考依據。

本計畫於名竹盆地內共採枯水期二筆與豐水期二筆(共4筆)進行地下水水質採樣分析，結果顯示均符合「飲用水水源水質標準」，但是部分井出現導電度、鐵、錳及硝酸鹽氮則出現不符灌溉用水水質標準及地下水污染監測標準第二類之情況。因此，名竹盆地之地下水源開發若作為民生用水使用，其水質屬於良好且台灣自來水公司可處理範圍內。

表 4-4　枯水期第一筆水質檢測成果表

項目 井號	水溫 (°C)	pH	導電度 (μmho/cm)	大腸桿菌群密度 (CFU/100mL)	氨氮 (mg/L)	硝酸鹽氮 (mg/L)	總有機碳 (mg/L)	化學需氧量 (mg/L)	鎘 (mg/L)	鉻 (mg/L)	鉛 (mg/L)	砷 (mg/L)	汞 (mg/L)	硒 (mg/L)	鐵 (mg/L)	錳 (mg/L)
灌溉用水水質標準值	35	6~9	750.00	-	-	-	-	-	0.010	0.1	0.10	0.05	0.002	0.02	5.0	2.0
飲用水水源水質標準值	-	-	-	20,000	1	-	4	25	0.01	0.05	0.05	0.05	0.002	0.05	-	-
地下水污染監測標準值第二類	-	-	-	-	0.25	25.00	10.0	-	0.025	0.25	0.25	0.25	-	-	1.5	0.25
地下水污染管制標準值第二類	-	-	-	-	-	100.00	-	-	0.05	0.5	0.50	0.5	0.02	-	-	-
M1	25.7	6.27	492	<10	<0.05	4.74	0.7	ND	ND	<0.01	ND	0.003	ND	<0.002	0.664	0.081
M2	26.1	6.92	584	70	ND	0.52	0.8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.023	0.076
M3	25.5	6.93	●858	<10	ND	ND	1.2	2.3	ND	ND	ND	<0.002	ND	ND	1.48	ND
M4	26.0	6.84	●812	35	<0.05	0.01	1.1	2.4	ND	ND	ND	0.005	ND	ND	0.523	Δ0.394
M5	26.8	7.69	396	<10	ND	<0.01	0.9	5.3	ND	<0.01	<0.02	0.002	ND	0.002	Δ1.8	Δ0.312
D1	24.8	6.97	●812	90	ND	4.35	0.9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<0.002	0.02	0.01
D2	26.1	8.41	●781	100	0.16	<0.05	3.6	69	ND	<0.01	0.021	0.0074	ND	<0.002	3.85	1.05
D3	25.1	7.5	457	850	0.05	22.7	0.6	3.2	ND	ND	ND	<0.002	ND	<0.002	0.054	0.069
P1	25.3	6.84	674	<10	ND	3	<0.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<0.002	ND	<0.01
P2	25.5	7.28	310	15	ND	0.03	0.9	ND	ND	0.041	<0.02	<0.002	ND	<0.002	Δ2.32	Δ0.651

附註：

1.ND 表測值低於偵測極限。(各水質項目之方法偵測極限如下:氨氮:0.0099mg/L, 硝酸鹽:0.0248mg/L, 鉻:0.00084mg/L, 鎘:0.00071mg/L,化學需氧量:0.9 mg/L, 汞:0.00013 mg/L,鉛:0.0027 mg/L ,硒:0.0034 mg/L,砷:0.00025 mg/L, 鐵:0.0018 mg/L)

2.測值後標註符號說明：▲表超過「地下水污染管制標準」第二類標準；Δ：表超過「地下水污染監測標準」第二類標準；●：表超過「灌溉用水水質標準」；★：表超過「飲用水水源水質標準」。

3.水質檢測施行均採重覆試驗檢測而得。

表 4-5　枯水期第二筆水質檢測成果表

項目 井號	水溫 (°C)	pH	導電度 (μmho/cm)	大腸桿菌群密度 (CFU/100mL)	氨氮 (mg/L)	硝酸鹽氮 (mg/L)	總有機碳 (mg/L)	化學需氧量 (mg/L)	鎘 (mg/L)	鉻 (mg/L)	鉛 (mg/L)	砷 (mg/L)	汞 (mg/L)	硒 (mg/L)	鐵 (mg/L)	錳 (mg/L)
灌溉用水水質標準值	35	6~9	750.00	-	-	-	-	-	0.010	0.1	0.10	0.05	0.002	0.02	5.0	2.0
飲用水水源水質標準值	-	-	-	20,000	1	-	4	25	0.01	0.05	0.05	0.05	0.002	0.05	-	-
地下水污染監測標準值第二類	-	-	-	-	0.25	25.00	10.0	-	0.025	0.25	0.25	0.25	-	-	1.5	0.25
地下水污染管制標準值第二類	-	-	-	-	-	100.00	-	-	0.05	0.5	0.50	0.5	0.02	-	-	-
M1	25	6.5	518	<10	ND	6.46	0.6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<0.002	0.294	0.02
M2	26.1	7.18	637	<10	<0.02	1.79	0.7	2	ND	ND	ND	ND	ND	<0.002	0.027	0.056
M3	25	6.93	●865	<10	0.03	<0.01	0.8	2.4	ND	ND	ND	<0.002	ND	<0.002	Δ1.78	Δ0.514
M4	26.1	6.97	●863	<10	0.02	ND	0.7	2.5	ND	ND	ND	0.0035	ND	ND	0.523	Δ0.998
M5	26.2	7.82	405	<10	0.05	0.04	0.5	1.8	ND	ND	ND	0.0037	ND	<0.002	0.266	0.138
D1	24.2	7.01	●800	<10	ND	3.91	<0.5	1.9	ND	ND	<0.02	ND	ND	<0.002	<0.02	<0.01
D2	25.2	7.19	●753	30	0.03	0.01	0.8	2.2	ND	ND	ND	<0.002	ND	<0.002	0.5	Δ0.363
D3	25.4	7.48	488	65	<0.02	20.6	0.6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<0.002	0.036	0.019
P1	25.1	6.84	701	75	ND	3.24	0.6	1.7	ND	ND	ND	ND	ND	<0.002	<0.02	<0.01
P2	25.9	8.07	273	<10	0.05	0.65	0.6	3.1	ND	<0.01	<0.02	0.0057	ND	<0.002	Δ1.66	0.238

附註：

1.ND 表測值低於偵測極限。(各水質項目之方法偵測極限如下:氨氮:0.0099mg/L, 硝酸鹽:0.0248mg/L, 鉻:0.00084mg/L, 鎘:0.00071mg/L,化學需氧量:0.9 mg/L, 汞:0.00013 mg/L,鉛:0.0027 mg/L ,硒:0.0034 mg/L,砷:0.00025 mg/L, 鐵:0.0018 mg/L)

2.測值後標註符號說明：▲表超過「地下水污染管制標準」第二類標準；Δ：表超過「地下水污染監測標準」第二類標準；●：表超過「灌溉用水水質標準」；★：表超過「飲用水水源水質標準」。

3.水質檢測施行均採重覆試驗檢測而得。

表 4-6　豐水期第一筆水質檢測成果表

項目 井號	水溫 (°C)	pH	導電度 (μmho/cm)	大腸桿菌群密度 (CFU/100mL)	氨氮 (mg/L)	硝酸鹽氮 (mg/L)	總有機碳 (mg/L)	化學需氧量 (mg/L)	鎘 (mg/L)	鉻 (mg/L)	鉛 (mg/L)	砷 (mg/L)	汞 (mg/L)	硒 (mg/L)	鐵 (mg/L)	錳 (mg/L)
灌溉用水水質標準值	35	6~9	750.00	-	-	-	-	-	0.010	0.1	0.10	0.05	0.002	0.02	5.0	2.0
飲用水水源水質標準值	-	-	-	20,000	1	-	4	25	0.01	0.05	0.05	0.05	0.002	0.05	-	-
地下水污染監測標準值第二類	-	-	-	-	0.25	25.00	10.0	-	0.025	0.25	0.25	0.25	-	-	1.5	0.25
地下水污染管制標準值第二類	-	-	-	-	-	100.00	-	-	0.05	0.5	0.50	0.5	0.02	-	-	-
M1	25	6.58	528	690	ND	8.73	1	ND	ND	ND	ND	<0.002	<0.0004	ND	<0.02	<0.01
M2	26.3	7.19	618	10	ND	1.79	1	1.8	ND	ND	ND	<0.002	ND	ND	0.046	0.087
M3	25.8	6.96	●804	<10	ND	<0.01	1.4	ND	ND	ND	ND	<0.002	ND	ND	1.39	Δ0.428
M4	26.3	7.04	●832	<10	ND	<0.01	1.1	ND	ND	ND	ND	0.0029	ND	ND	1.2	Δ0.411
M5	26.7	7.84	383	45	0.02	0.01	0.7	ND	ND	<0.01	<0.02	0.0029	<0.0004	ND	0.576	0.054
D1	25.6	7.09	●765	<10	ND	4.38	1	ND	ND	ND	ND	<0.002	ND	<0.002	<0.02	ND
D2	25.6	7.37	687	<10	ND	0.02	1.2	2	ND	ND	ND	0.0023	ND	ND	0.433	Δ0.346
D3	25	7.55	451	10	ND	Δ27.5	0.6	ND	ND	ND	ND	<0.002	<0.0004	ND	0.133	0.011
P1	25.5	6.97	665	<10	ND	3.25	1.2	ND	ND	ND	ND	<0.002	<0.0004	ND	ND	<0.01
P2	25.9	7.51	309	55	<0.02	0.86	0.7	ND	ND	ND	<0.02	0.0027	<0.0004	ND	0.231	0.105

附註：

1.ND 表測值低於偵測極限。(各水質項目之方法偵測極限如下:氨氮:0.0099mg/L, 硝酸鹽:0.0248mg/L, 鉻:0.00084mg/L, 鎘:0.00071mg/L,化學需氧量:0.9 mg/L, 汞:0.00013 mg/L,鉛:0.0027 mg/L ,硒:0.0034 mg/L,砷:0.00025 mg/L, 鐵:0.0018 mg/L)

2.測值後標註符號說明：▲表超過「地下水污染管制標準」第二類標準；Δ：表超過「地下水污染監測標準」第二類標準；●：表超過「灌溉用水水質標準」；★：表超過「飲用水水源水質標準」。

3.水質檢測施行均採重覆試驗檢測而得。

表 4-7　豐水期第二筆水質檢測成果表

項目 井號	水溫 (°C)	pH	導電度 (μmho/cm)	大腸桿菌群密度 (CFU/100mL)	氨氮 (mg/L)	硝酸鹽氮 (mg/L)	總有機碳 (mg/L)	化學需氧量 (mg/L)	鎘 (mg/L)	鉻 (mg/L)	鉛 (mg/L)	砷 (mg/L)	汞 (mg/L)	硒 (mg/L)	鐵 (mg/L)	錳 (mg/L)
灌溉用水水質標準值	35	6~9	750.00	-	-	-	-	-	0.010	0.1	0.10	0.05	0.002	0.02	5.0	2.0
飲用水水源水質標準值	-	-	-	20,000	1	-	4	25	0.01	0.05	0.05	0.05	0.002	0.05	-	-
地下水污染監測標準值第二類	-	-	-	-	0.25	25.00	10.0	-	0.025	0.25	0.25	0.25	-	-	1.5	0.25
地下水污染管制標準值第二類	-	-	-	-	-	100.00	-	-	0.05	0.5	0.50	0.5	0.02	-	-	-
M1	25.4	6.41	503	<10	ND	10.6	1	ND	ND	ND	ND	<0.002	ND	ND	0.021	<0.01
M2	25.8	6.97	709	<10	<0.05	1.55	0.8	ND	ND	ND	<0.02	ND	ND	ND	0.045	0.057
M3	25.2	6.87	●834	<10	ND	<0.01	0.8	1.7	ND	ND	ND	<0.002	<0.0004	ND	1.19	Δ0.379
M4	25.8	6.97	730	<10	<0.05	ND	0.9	3.7	ND	ND	ND	0.0035	ND	ND	0.93	Δ0.307
M5	26.4	7.86	386	<10	<0.05	0.02	0.6	ND	ND	ND	<0.02	0.0022	<0.0004	ND	0.195	0.154
D1	24.9	7.02	●798	65	<0.05	3.66	0.8	1.6	ND	ND	ND	ND	ND	<0.002	<0.02	<0.01
D2	25.14	7.19	●780	<10	<0.05	<0.01	1	ND	ND	ND	ND	<0.002	ND	ND	0.606	Δ0.44
D3	25.3	7.38	443	<10	ND	19.6	0.6	ND	ND	<0.01	<0.02	<0.002	ND	ND	0.509	0.034
P1	25.8	7.36	322	<10	ND	2.74	0.7	ND	ND	ND	ND	<0.002	<0.0004	<0.002	ND	ND
P2	25.3	6.83	632	3200	ND	0.69	0.7	ND	ND	ND	ND	<0.002	ND	ND	0.079	0.118

附註：

1.ND 表測值低於偵測極限。(各水質項目之方法偵測極限如下:氨氮:0.0099mg/L, 硝酸鹽:0.0248mg/L, 鉻:0.00084mg/L, 鎘:0.00071mg/L,化學需氧量:0.9 mg/L, 汞:0.00013 mg/L,鉛:0.0027 mg/L ,硒:0.0034 mg/L,砷:0.00025 mg/L, 鐵:0.0018 mg/L)

2.測值後標註符號說明：▲表超過「地下水污染管制標準」第二類標準；Δ：表超過「地下水污染監測標準」第二類標準；●：表超過「灌溉用水水質標準」；★：表超過「飲用水水源水質標準」。

3.水質檢測施行均採重覆試驗檢測而得。

表 4-8　鄰近其他觀測井枯水期水質檢測值

項目 井號	水溫 (°C)	pH	導電度 (μmho/cm)	大腸桿菌群密度 (CFU/100mL)	氨氮 (mg/L)	硝酸鹽氮 (mg/L)	總有機碳 (mg/L)	化學需氧量 (mg/L)	鎘 (mg/L)	鉻 (mg/L)	鉛 (mg/L)	砷 (mg/L)	汞 (mg/L)	硒 (mg/L)	鐵 (mg/L)	錳 (mg/L)
灌溉用水水質標準值	35	6~9	750.00	-	-	-	-	-	0.010	0.1	0.10	0.05	0.002	0.02	5.0	2.0
飲用水水源水質標準值	-	-	-	20,000	1	-	4	25	0.01	0.05	0.05	0.05	0.002	0.05	-	-
地下水污染監測標準值第二類	-	-	-	-	0.25	25.00	10.0	-	0.025	0.25	0.25	0.25	-	-	1.5	0.25
地下水污染管制標準值第二類	-	-	-	-	-	100.00	-	-	0.05	0.5	0.50	0.5	0.02	-	-	-
名間-新街國小	24.7	6.52	439	-	ND	Δ27.77	0.8	-	ND	ND	ND	ND	-	-	ND	<0.01
竹山-竹山工業區	25.4	6.93	374	-	ND	2.20	1.6	-	ND	ND	ND	<0.002	-	-	<0.02	<0.01
名間-新街國小(2)	25.3	6.27	451	-	ND	Δ37.71	0.6	-	ND	ND	ND	ND	-	-	0.031	ND
竹山鎮上游 T01	25.6	7.61	565	-	<0.02	0.72	<0.5	-	ND	ND	ND	<0.002	-	-	0.022	0.053
竹山鎮下游 T02	25.8	7.6	560	-	ND	0.01	<0.5	-	ND	ND	ND	<0.002	-	-	<0.02	0.035
竹山(1)	-	-	-	★49,000	ND	4.84	★5.9	-	ND	ND	ND	ND	-	-	0.162	0.244
竹山(2)	-	-	-	45	0.19	ND	★4.7	-	ND	ND	ND	0.004	-	-	0.093	0.192
新民(1)	-	-	-	750	<0.01	0.21	1.80	-	ND	ND	ND	ND	-	-	0.042	ND
新民(2)	-	-	-	370	<0.01	0.08	1.50	-	ND	ND	ND	ND	-	-	0.178	0.003
觸口(1)	-	-	-	300	0.06	0.01	1	-	ND	ND	ND	0.001	-	-	0.393	0.074
觸口(2)	-	-	-	40	0.14	0.05	1.70	-	ND	ND	ND	ND	-	-	0.200	0.047
社寮(1)	-	-	-	<10	0.48	1.88	0.70	-	ND	ND	ND	ND	-	-	Δ2.47	0.040

附註：

1.ND 表測值低於偵測極限。

2.測值後標註符號說明：▲表超過「地下水污染管制標準」第二類標準；Δ：表超過「地下水污染監測標準」第二類標準；●：表超過「灌溉用水水質標準」；★：表超過「飲用水水源水質標準」。

3.水質檢測施行均採重覆試驗檢測而得。

4. 標註符號說明： -：表無測值

第伍章　地面水水文監測

由於地下水與河川流量具有顯著相互作用之關係，故河川流量及其空間變化為掌握區域地下水資源總量不可或缺的一環。

一、監測站概述

本計畫參考 2010 年中央地質調查所委託財團法人成大研究發展基金會執行之「台灣山區地下水資源調查研究整體計畫-第一期台灣中段山區地下水資源調查與評估（1/4）」計畫所增設 4 處流量站(分別為陳有蘭溪流域設置龍神橋及永興橋 2 處、清水溝溪流域設置清瑞橋及清水溪流域設置鯉魚大橋)及 2012 年中央地質調查所委託財團法人成大研究發展基金會執行之「台灣山區地下水資源調查研究整體計畫-第一期台灣中段山區地下水資源調查與評估（3/4）」計畫增設之一處流量站(濁水溪中游段名竹大橋)進行分析，其中屬於本計畫範圍內者為清水溪流域之鯉魚大橋及濁水溪中游段之名竹大橋兩測站。另本計畫亦參考水利署於濁水溪所設置之彰雲橋流量站進行河川流量分析，並向中區水資源局集集攔河堰管理中心蒐集濁水溪集集攔河堰之入流與放流量資料，此外，於東埔蚋溪之延平橋水文站及清水溪上游龍門橋水文站之流量資料亦一併蒐集，本計畫所監測之各測站分布位置如圖 5-1 所示。

其中，由於彰雲大橋、延平橋、龍門橋及集集堰入流與放流量資料，經濟部水利署均持續予以監測，故取得較易。但鯉魚大橋及名竹大橋均屬中央地調所計畫所設置之流量測站，其分別於 2010 年及 2012 年設站，但於 2012 年 12 月 31 日因計畫任務完成之故已撤站，恰經濟部水利署亦於 2011 年於名竹大橋處設置水文站，故後續名竹大橋流量資料之取得較易，但鯉魚大橋目前已無任何水文監測設備，為求順利監測該河段流量資料，本計畫自 2013 年 1 月 1 日起，每日均至鯉魚大橋利用都卜勒流速儀進行流量量

測，並於豐水期前於該處設置水位測站，進行水位量測，配合本計畫所繪製之流量率定曲線推求其流量資料，以確保流量資料之完整。

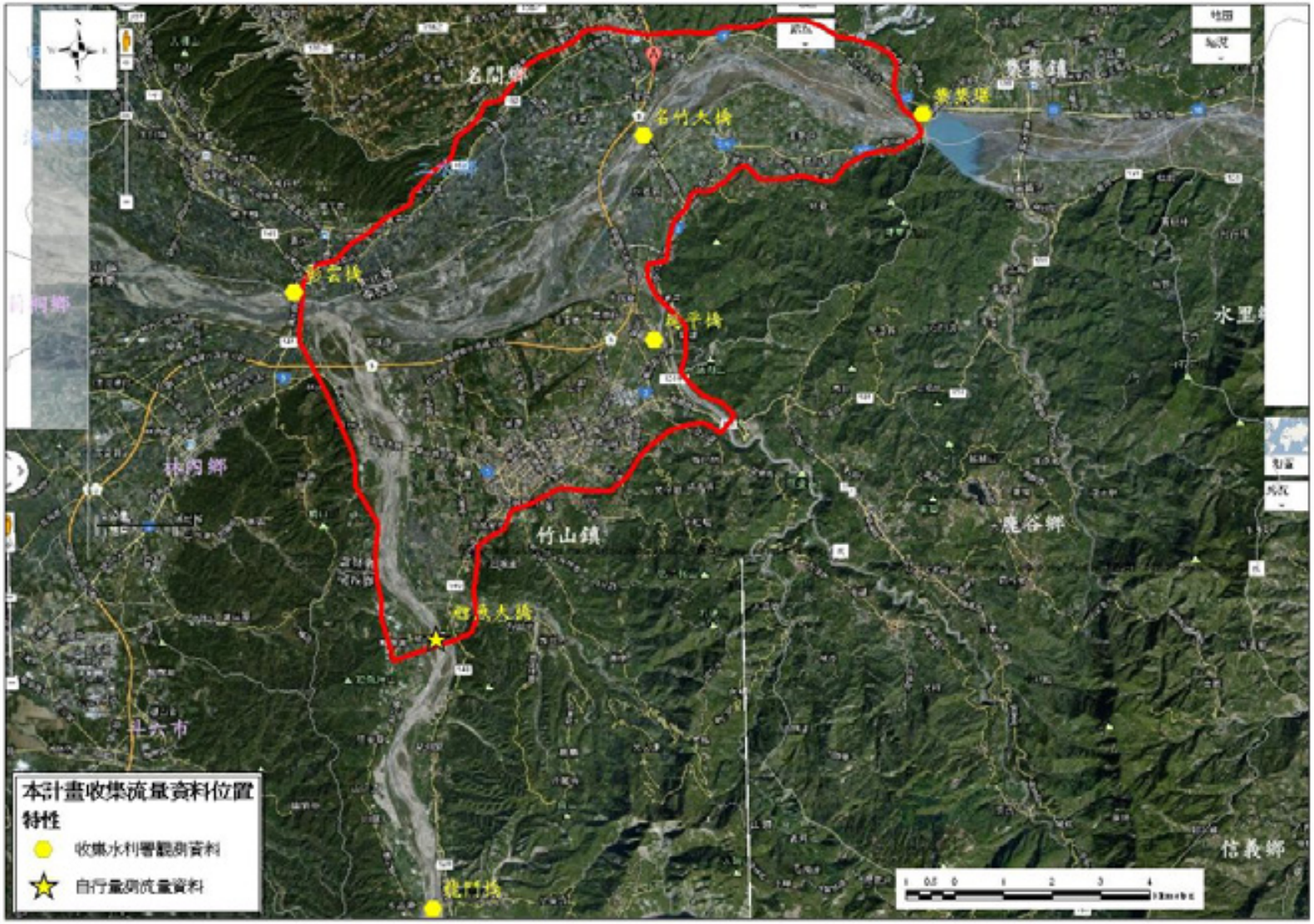


圖 5-1　計畫範圍內水利署及地調所設置水文監測站分布圖

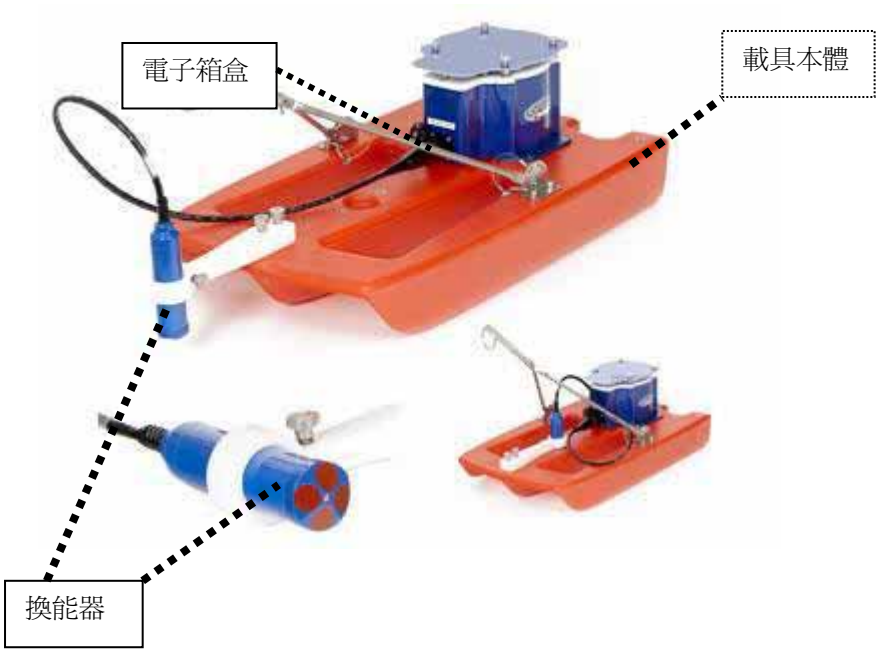
二、監測方法

如前述，本計畫自 2013 年 1 月 1 日針對鯉魚大橋利用都卜勒流速儀進行流量監測工作，都卜勒流速儀可針對欲量測之河川斷面進行各點流速、流量及全斷面量測，以下將就本計畫使用之都卜勒流速儀設備、量測原理及其量測方法簡要說明如下：

1、都卜勒流速儀設備

(1)本計畫採用之美國 RDI 公司出品之都卜勒流儀(Acoustic Doppler Current Profilers, ADCP)，其配備包含載具本體、電子箱盒及換能器（四音鼓）等，如照片 5-1 所示。

(2)都卜勒流速儀最大探測深度為 6 公尺，最小探測深度為 0.07 公尺，相關性能，流速儀相關之性能如表 5-1 所示。



照片 5-1　本計畫使用之都卜勒流速儀

表 5-1　都卜勒流速儀性能諸元

項目	監測極限
每層厚度	0.02~0.2 m
最大探測深度	6 m
最小探測深度	0.07 m
流速解析度	0.1cm/sec
最大量測流速	5m/sec

2、都卜勒流速儀量測原理

都卜勒位移以聲波而言，即為靜止物體與移動物體所聽到聲音之頻率差，其方程式如下：

$$F_D = F_E(V/C) \qquad \text{(式 5-1)}$$

其中 F_D 為都卜勒頻率位移，F_S 為當聲源與接收者皆靜止時的頻率，V 為音源與接收者之間的相對運動速度（m/s），C 則為音速（m/sec）

都卜勒流速儀應用都卜勒效應，傳送一固定頻率聲波，然後聽水中散射物傳回之回音，散射物主要為水中之固體微粒和浮游生物，由於其本身無運動能力，僅隨水漂流移動，故其和水流動是一致的，由於水中散射物既是接收者也是回音發射者，故由都卜勒流速儀音鼓所接收之回音事實上是有兩次都卜勒效應，故將上式修正為

$$F_D = 2F_S(V/C) \qquad \text{(式 5-2)}$$

由於都卜勒效應只能測量音源與物體之間的相對徑向運動，若都卜勒流速儀音鼓與水中散射物之間的運動如圖 5-2 所示，則式 5-2 修正為：

$$F_D = 2F_S(V/C)\cos A \qquad \text{(式 5-3)}$$

其中 A 表示相對速度向量與音束之間的夾角。

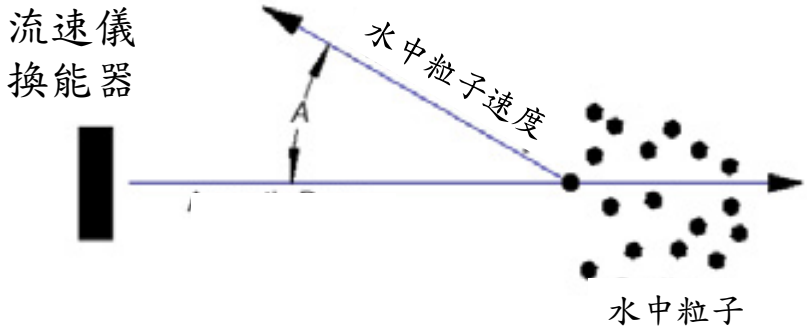


圖 5-2　都卜勒流速儀量測原理圖

3、都卜勒流速儀設定及其量測方法

本計畫都卜勒流速儀量測採橫渡法施測，其係將流速儀以穩定速度橫渡過斷面即可得到河川斷面剖面流速，並將其積分即可得到流量，適用於河川斷面較寬、流速穩定之區域，本計畫於鯉魚大橋流量量測之設定方法如下所述：

(1)每層厚度(cellsize)之設定將決定可量測最小深度，於量測枯水河道流量較小、水深較淺，因此將每層厚度設定為 2 公分。

(2)層數(cell number)設定為 50 層，渠道深度多小於 1 公尺，因此 50 層(50*0.02 公尺= 1 公尺)在可探測深度以內。

(3)換能器(transducer)深度放置於 0.05 公尺，當量測深度較淺時，則將其往上調整至 0.02 公尺，並於接收器(PDA)中設定。

三、監測成果

本計畫已蒐集包含名竹大橋、彰雲大橋、鯉魚大橋及延平橋等水文站之河川流量資料(最新資料為 2012 年 12 月 31 日)，並將鯉魚大橋自 2013 年 1 月 1 日至 2013 年 6 月 20 日之流量量測成果納入，此外，亦蒐集集集攔河堰自操作至今之入流量及出流量資料，本計畫蒐集河川流量期距如表 5-2 所示，以下分就濁水溪、清水溪、東埔蚋溪及集集攔河堰之流量資料分析成果簡要說明如下：

表 5-2　河川流量監測資料期距

測站名稱	所屬河川	資料起始日	資料終止日
名竹大橋	濁水溪	2012 年 1 月 1 日	2012 年 12 月 31 日
彰雲大橋	濁水溪	1995 年 1 月 1 日	2012 年 12 月 31 日
鯉魚大橋	清水溪	2010 年 6 月 20 日	2013 年 6 月 20 日
龍門橋	清水溪	2009 年 10 月 1 日	2012 年 12 月 31 日
延平橋	東埔蚋溪	2003 年 1 月 1 日	2012 年 12 月 31 日
集集攔河堰	濁水溪	2002 年 1 月 1 日	2012 年 12 月 31 日

1、濁水溪

圖 5-3 及圖 5-4 分別為位於計畫區域內濁水溪上游及下游名竹大橋及彰雲大橋水文站流量資料歷時圖，以名竹大橋而言，其於 2012 年期間最大流量、最小流量及平均流量分別為 5171.57cms、13.6cms 及 194.05cms，豐枯差異懸殊；另於彰雲大橋水文站自 1995 年起至 2012 年止，其最大流量、最小流量及平均流量分別為 9074.17cms、0.32cms 及 132.76cms。

2、清水溪

清水溪鯉魚大橋雖其流量紀錄自 2010 年 7 月開始，但其間經過多次疏濬造成斷面改變，故其較具代表性之流量資料應

自 2011 年 1 月 1 日起至 2012 年 12 月 31 日止，圖 5-5 及圖 5-6 分別為位於計畫區域清水溪上游龍門橋水文站及下游鯉魚大橋水文站流量歷時圖，以龍門橋而言，其於 2009 年 10 月 1 日至 2012 年 12 月 31 日期間最大流量、最小流量及平均流量分別為 996.73cms、0.93cms 及 25.21cms；另於鯉魚大橋水文站自 2010 年 6 月 20 日起至 2013 年 6 月 20 日止，其最大流量、最小流量及平均流量分別為 2818.53cms、0.04cms 及 65.14cms，此兩水文站均顯示清水溪流量豐枯差異懸殊。

3、東埔蚋溪

圖 5-7 為位於計畫區域內東埔蚋溪下游延平橋水文站流量歷時圖，其於 2003 年至 2012 年間最大流量、最小流量及平均流量分別為 452.68cms、0.03cms 及 5.44cms。

4、集集攔河堰

圖 5-8 及圖 5-9 分別為集集攔河堰於 2002 年 1 月 1 日至 2012 年 12 月 31 日入流量及放流量歷時圖，於圖中可發現於 2004 年至 2005 年間集集攔河堰出現較大之入流量，於紀錄期間集集攔河堰入流量最大值、最小值及其平均值分別為 34,504.5cms、12.68cms 及 361.92cms；而於集集攔河堰放流量之最大值、最小值及平均值則分別為 7,245.29cms、0cms 及 78.77cms。

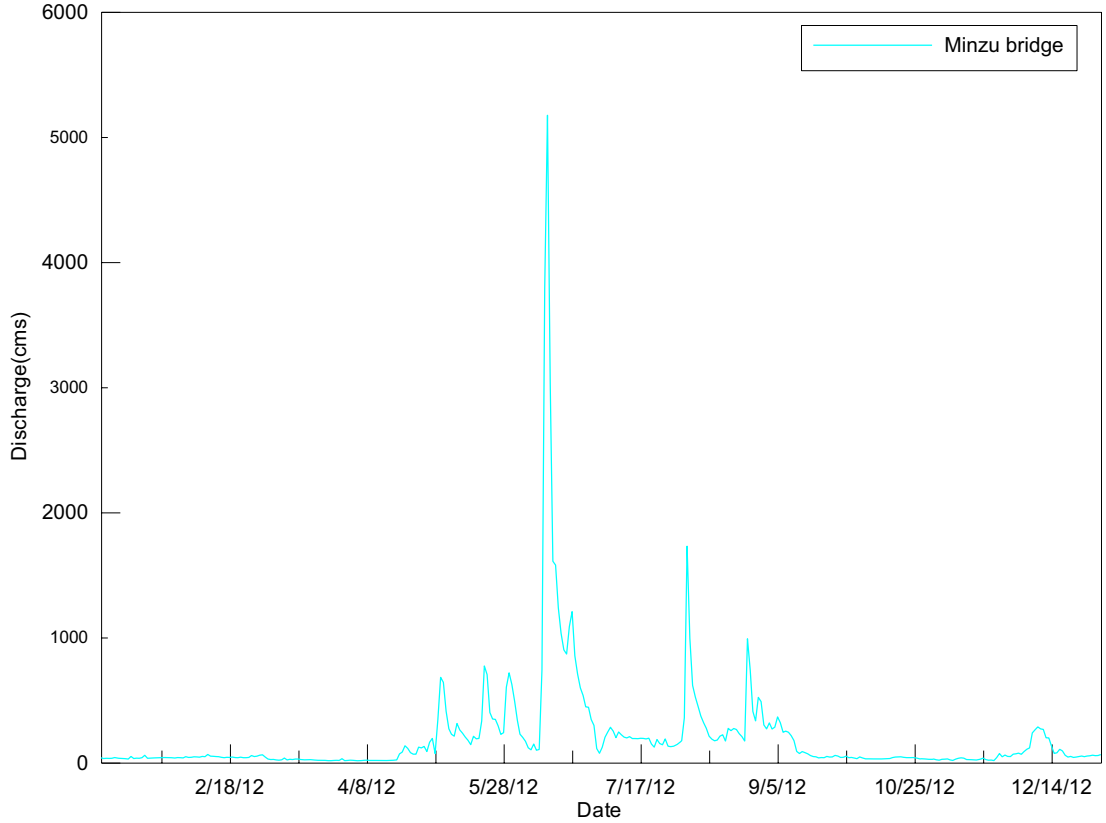


圖 5-3　名竹大橋站流量紀錄(2012/1/1-2012/12/31)

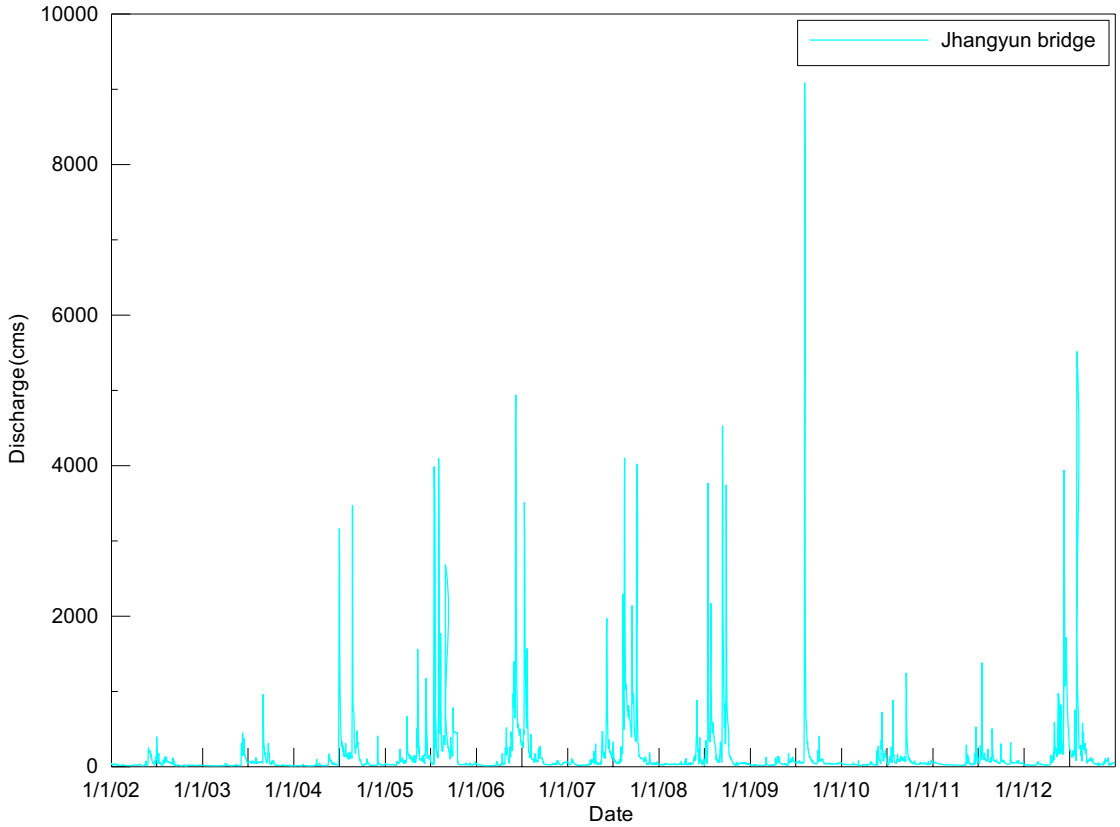


圖 5-4　彰雲大橋站流量紀錄(1995/1/1-2012/12/31)

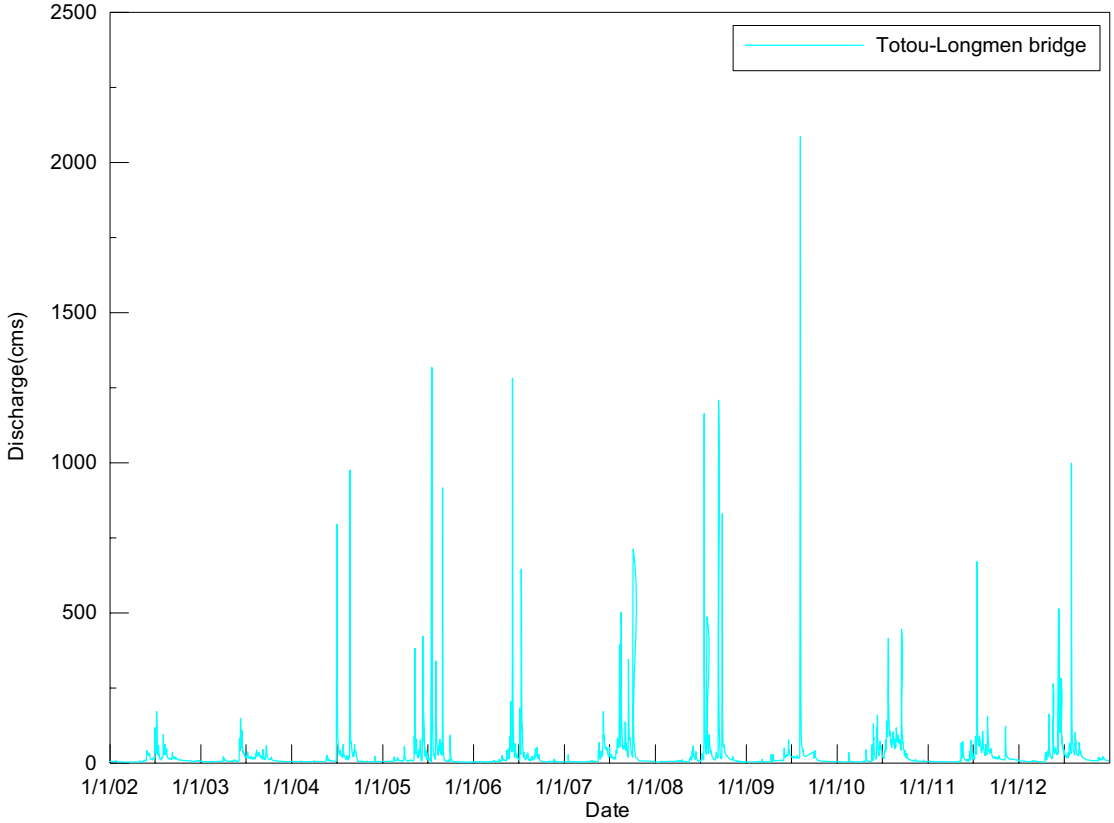


圖 5-5　龍門橋站流量紀錄(2009/10/1-2012/12/31)

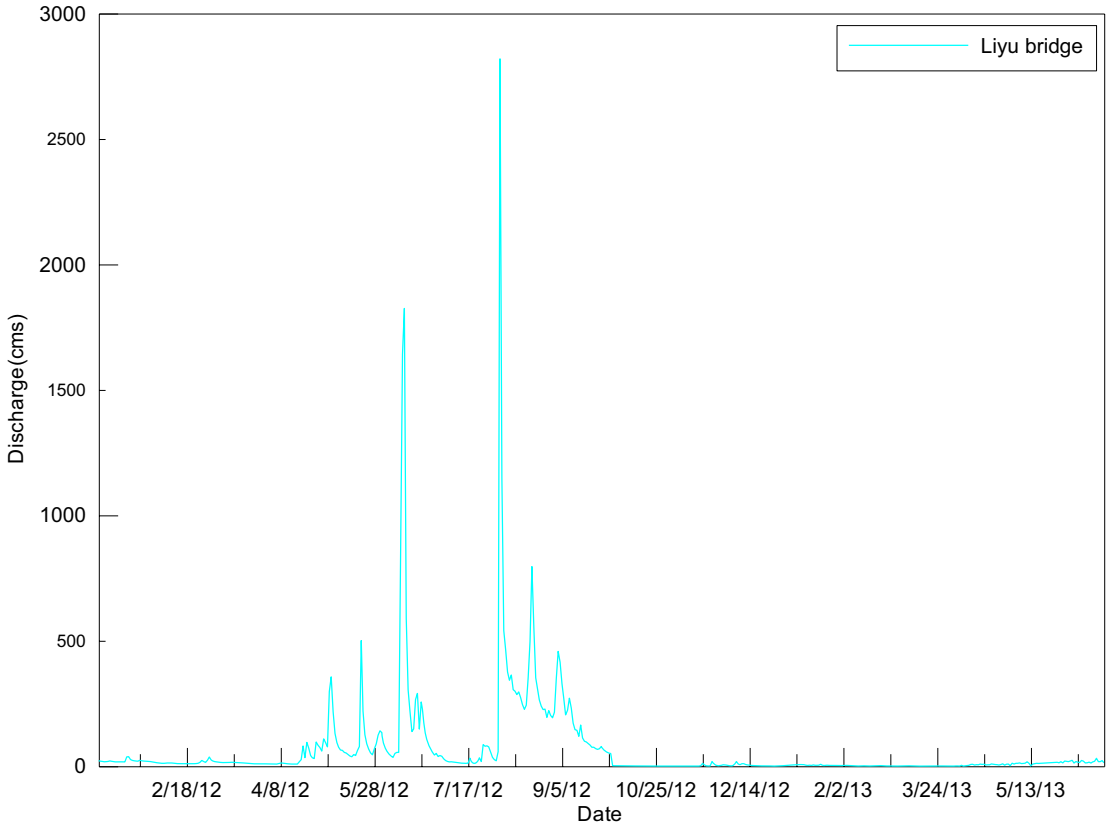


圖 5-6　鯉魚大橋站流量紀錄(2010/6/20-2013/6/20)

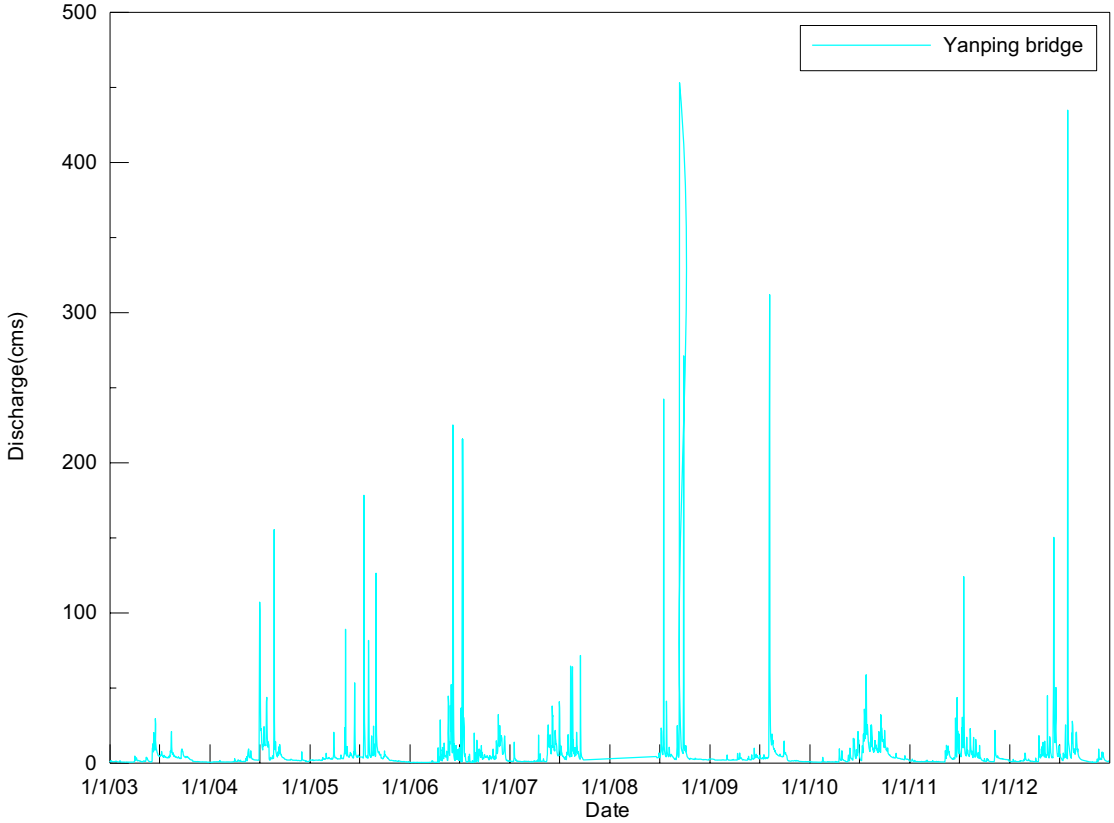


圖 5-7　延平橋站流量紀錄(2003/1/1-2012/12/31)

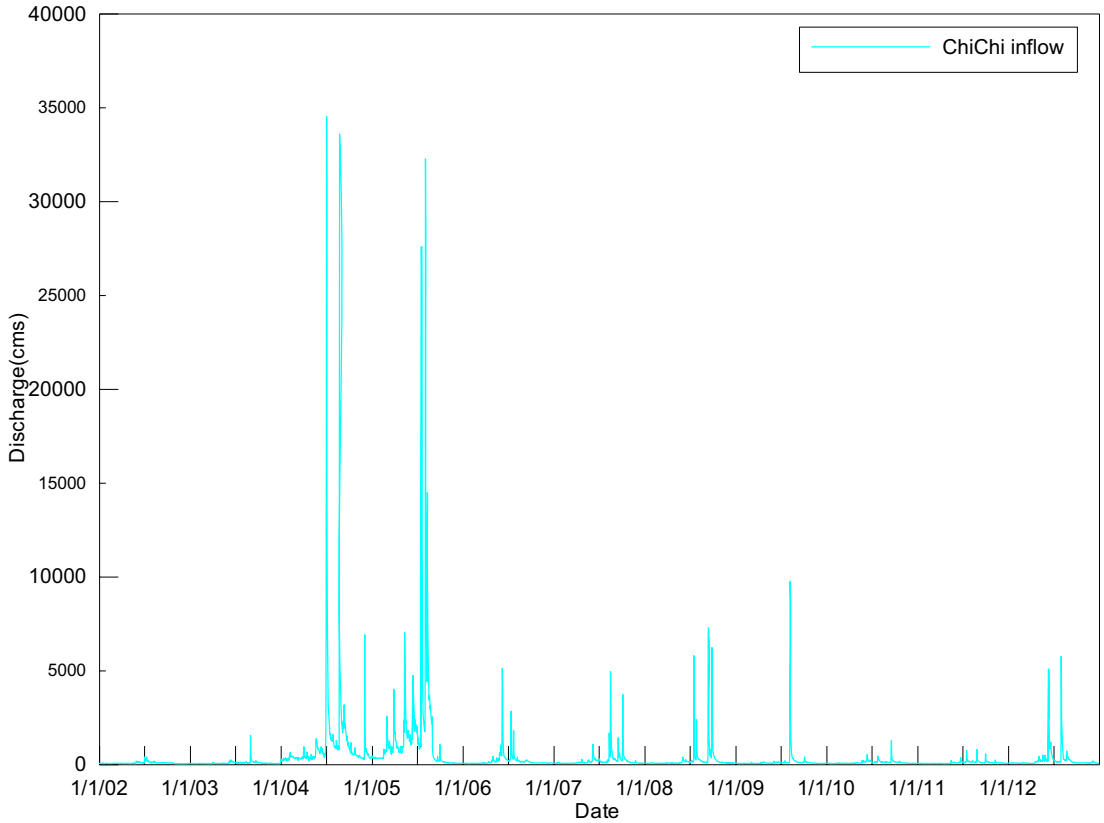


圖 5-8　集集攔河堰入流量紀錄(2002/1/1-2012/12/31)

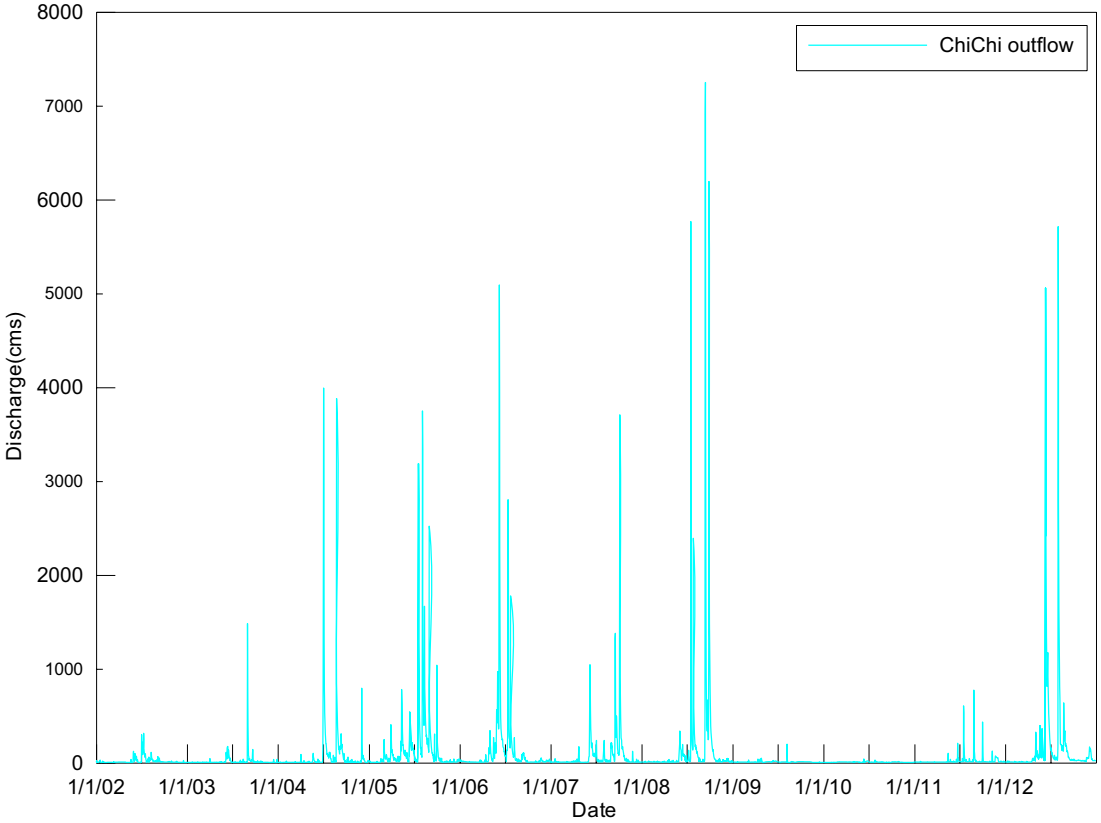


圖 5-9　集集攔河堰放流量紀錄(2002/1/1-2012/12/31)

四、名竹大橋及鯉魚大橋流量率定曲線繪製

1、流量率定曲線繪製方法(Subramanya, 2007)

一般而言對於多數河川其水位與流量之關係，即流量率定曲線(rating curve)可表示為下式：

$$Q = C_r (G - a)^{\beta} \qquad \text{(式 5-4)}$$

其中 Q 代表河川流量(discharge)，G 代表河川水位(stage)，a 則為一常數代表河川零流量時河川水位，C_r 及 β 均為率定曲線常數。分別將 a、C_r 及 β 代入式 5-4 中，即可求得該站流量率定曲線；另外，如水位-流量數據出現偏離群組情況，則應採分段率定方式求得率定曲線。

2、流量率定曲線繪製成果

圖 5-10 至圖 5-11 分別為鯉魚大橋及名竹大橋水文站依 2012 年整年度實測河川水位及流量數據所繪製之流量率定曲

線，其中名竹大橋及鯉魚大橋均出現不同群組數據現象，探討其原因發現均為洪水過後造成河道斷面變化所致，經詢問經濟部水利署第四河川局後得知應以分段方式繪製，無法以單一率定曲線獲得良好率定結果，故名竹大橋及鯉魚橋分別於 2012 年 6 月 12 日及 2012 年 8 月 3 日為群組分隔時間，此外鯉魚大橋於 2012 年 8 月 3 日前後又因高低流量差異出現不同行為，故於鯉魚大橋率定曲線以 2012 年 8 月 3 日前以水位 142.525 公尺為高低流量分界及於其後則以水位 142.443 公尺為分界，分別就高低水位及其對應之流量分段進行率定工作，名竹大橋及鯉魚大橋水文站流量率定曲線方程如下所示，未來配合兩水文站之水位量測成果即可求得其流量：

(1)名竹大橋水文站 2012 年 6 月 12 日前流量率定曲線

$$Q = 286.154 \times (G - 145.77)^{1.5} \quad , \quad R^2 = 0.98$$

(2)名竹大橋水文站 2012 年 6 月 12 日後流量率定曲線

$$Q = 48.23 \times (G - 145.77)^{2.8} \quad , \quad R^2 = 0.93$$

(3)鯉魚大橋水文站 2012 年 8 月 3 日前高流量之率定曲線

$$Q = 183.15 \times (G - 141.44)^{1.99} \quad , \quad R^2 = 0.6$$

(4)鯉魚大橋水文站 2012 年 8 月 3 日前低流量之率定曲線

$$Q = 201.09 \times (G - 141.44)^{1.36} \quad , \quad R^2 = 0.77$$

(5)鯉魚大橋水文站 2012 年 8 月 3 日後高流量之率定曲線

$$Q = 455.1 \times (G - 141.44)^{1.06} \quad , \quad R^2 = 0.9$$

(6)鯉魚大橋水文站 2012 年 8 月 3 日後低流量之率定曲線

$$Q = 453.52 \times (G - 141.44)^{2.57} \quad , \quad R^2 = 0.76$$

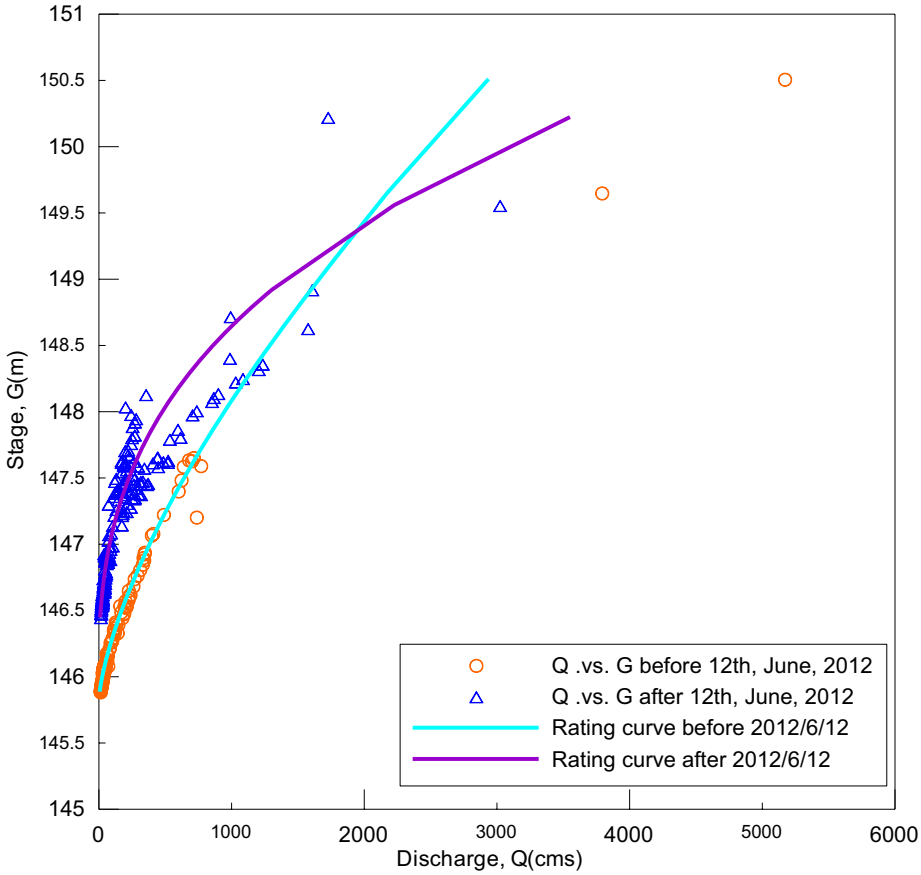


圖 5-10　名竹大橋水文站低水位流量率定曲線

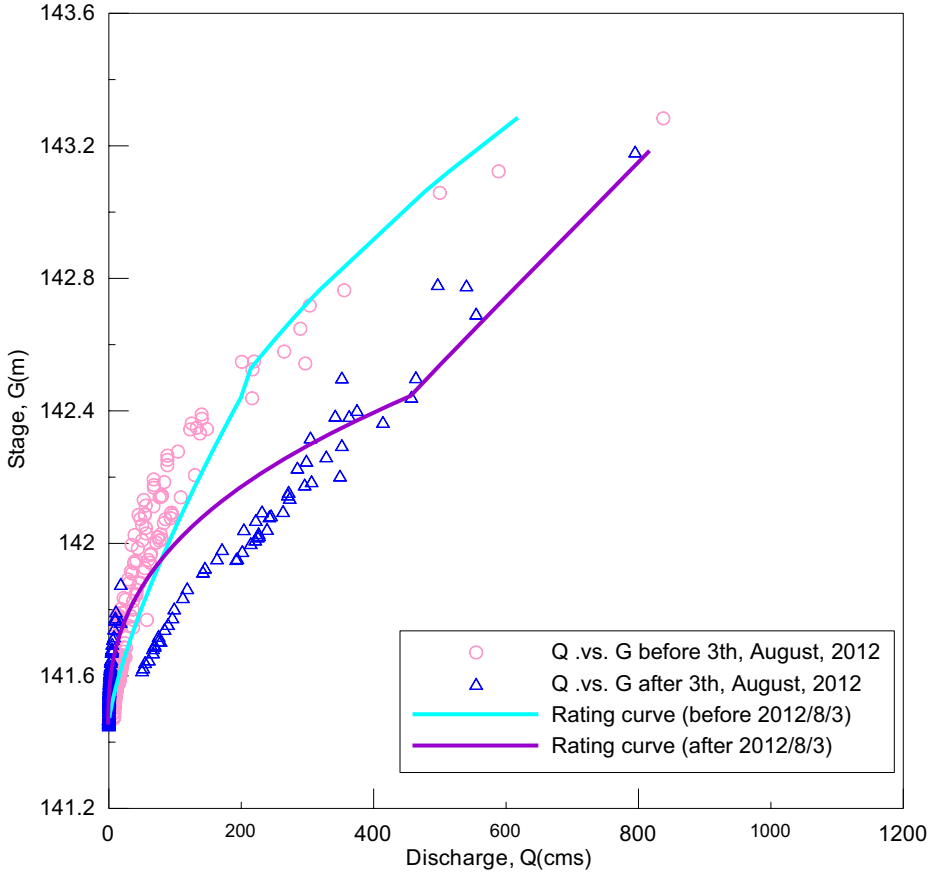


圖 5-11　鯉魚大橋水文站水位流量率定曲線

第陸章　水源補注機制探討

一、補注來源評估

本計畫研究區域為名竹盆地，於本計畫區域內共有濁水溪、清水溪及東埔蚋溪等三條溪流，本計畫針對上述三條溪流之地下水補注水體來源作評估。

選擇適當之示蹤劑注入儲水體作為標記後，觀察示蹤劑在儲水體本身或其週遭水體中的濃度變化，以瞭解標記水體之流向的人工標記技術，是最易理解的方法。但是人工標記技術常受限於難以決定在何時、何處施放示蹤劑及採取水樣，以及示蹤劑之投入劑量。在實務上，操作人工示蹤技術有其一定程度的困難，尤其是在區域尺度的水文研究上。另一方面，理想的示蹤劑在物理性質上必須與水相同，在化學性質上又能不與水及含水層介質發生反應；而人工示蹤劑只是水中的溶質，在物化性質上很難能完全代表水。相較而言，穩定氫、氧的同位素是組成水的原子，所以它們最能代表水的行為。

在地下水補注來源的評估方法中，環境同位素最常被利用作為環境水文示蹤，它一般常被利用作為評估水文環境課題，其應用範圍甚廣，大尺度之研究則是利用存在於自然環境中，濃度不固定的氫氧同位素組成，藉由本身或週遭環境因物理或化學性質的不同而產生同位素分化作用(isotope fractionation)，而保存於水圈中，如此自然水文環境變遷的訊息，便可藉由氫氧同位素濃度的變化而表現出來，如在大氣降水模式、地下水與地表水之相互作用、地下水補注過程與水流機制、量化由降雨及其他來源貢獻之地下水補注量等(Blasch and Bryson, 2007; Kumar et al., 2008; Li et al., 2008; Peng et al., 2010; Yeh et al., 2011)。本研究蒐集經濟部中央地質調查所(2009；2010a；2011)針對濁水溪、清水溪及東埔蚋溪

等三條溪流相關報告數據之分析結果作一描述。

1、濁水溪流域

濁水溪上游河道地區雨水之 $\delta^{18}O$ 推估值顯示有明顯之季節性差異，豐水期雨水之 $\delta^{18}O$ 推估值較枯水期之值為輕(如表 6-1 所示)。然而，湧泉水/山澗水及溪水之 $\delta^{18}O$ 並無明顯之季節性差異。以 $\delta^{18}O$ 平均值而言，各水體之值由輕至重依序為溪水<湧泉水/山澗水≅地下水<雨水，溪水為 $\delta^{18}O$ 值最輕的水體，且上游與下游溪水之 $\delta^{18}O$ 值無太大差異，顯示本研究河段之溪水主要源自更上游之集水區，而受本研究河段區內之雨水或地下水的影響甚小；也就是說，本研究河段之集水效應顯著。

本流域研究河段之湧泉水/山澗水與地下水之 $\delta^{18}O$ 值相近，顯示二者之間可能有水文關聯，或二者有相似之來源水體。另一方面，湧泉水與地下水之值均較雨水之值為輕，顯示當地雨水並非湧泉水/山澗水及地下水之主要來源。然而，地下水之 $\delta^{18}O$ 值較湧泉水/山澗水略重，表示地下水水源來自較低高程之集水區，或者有較多量當地入滲的雨水。至於地下水與溪水間是否有水文關聯，由於本研究河段集水效應顯著，所以應先比較河川水位與地下水位，才可進行判斷。

表 6-1　濁水溪上游河道各類水體之 $\delta^{18}O$ 平均值比較

水體類別	$\delta^{18}O$ 平均值	
	枯水期(11-4 月)	豐水期(5-10 月)
雨水	-3.0‰ (-4.4 ~ -2.3‰)	-5.0‰ (-7.5 ~ -3.5‰)
湧泉水/山澗水	-9.1‰ (-10.3 ~ -8.1‰)	-9.6‰ (-11.0 ~ -7.8‰)
溪水	-11.7‰ (-12.1 ~ -11.1‰)	-11.9‰ (-12.2 ~ -11.5‰)
地下水	-8.4 (-10.0 ~ -7.1)	

2、清水溪流域

清水溪流域區內，以 $\delta^{18}O$ 平均值而言，各水體之值由輕至重依序為地下水≅湧泉水/山澗水<溪水<雨水(如表 6-2 所示)；溪水之值明顯輕於當地雨水之值，但其值仍重於地下水、湧泉水/山澗水。溪水之 $\delta^{18}O$ 值有明顯枯水期重而豐水期輕的季節性差異現象，顯受上游集水區當季雨水補注之影響。湧泉水/山澗水的 $\delta^{18}O$ 值季節性差異並不明顯，初判湧泉水/山澗水受到當季雨水的影響較小。同時，湧泉水/山澗水的 $\delta^{18}O$ 值與地下水之值相近，表示它的來源與地下水之間應有密切的關聯。

表 6-2　清水溪流域各類水體之 $\delta^{18}O$ 平均值比較

水體類別	$\delta^{18}O$ 平均值	
	枯水期(11-4 月)	豐水期(5-10 月)
雨水	-2.7‰ (-3.8 ~ -2.1‰)	-4.2‰ (-6.4 ~ -3.0‰)
湧泉水/山澗水	-9.4‰ (-10.5 ~ -8.5‰)	-10.2‰ (-11.2 ~ -8.7‰)
溪水	-8.3‰ (-9.5 ~ -7.6‰)	-10.5‰ (-11.0 ~ -10.0‰)
地下水	-9.8‰ (-10.4 ~ -9.2‰)	

3、東埔蚋溪流域

東埔蚋溪流域各類水體 $\delta^{18}O$ 值由輕至重之排列依序為湧泉水/山澗水<地下水<溪水<雨水(表 6-3 所示)。湧泉水之 $\delta^{18}O$ 值最輕，且豐水期及枯水期之值幾無差異，指示湧泉水/山澗水受到當季雨水的影響較小；且湧泉水/山澗水之 $\delta^{18}O$ 值輕於地下水之值，表示此區域的湧泉水受到當地雨水的影響較地下水為小。豐水期雨水及溪水的 $\delta^{18}O$ 值皆明顯輕於枯水期之值，表示溪水受當季雨水補充的影響，而有季節性變化；然而，下游溪水的 $\delta^{18}O$ 值明顯較上游溪水之值為重，顯示在此流域河段所謂之集水效應並不明顯，溪水可能受到具較重 $\delta^{18}O$ 值水體補注之影響，如雨水或地下水，導致下游溪水的 $\delta^{18}O$ 值較上游溪水為重。

另一方面，因地下水的 $\delta^{18}O$ 值與溪水之值相近，表示在東埔蚋溪上游地區，溪水與地下水之間可能有密切的關聯。而從東埔蚋溪上游地區溪水與地下水的 $\delta^{18}O$ 值可知，上游溪水、下游溪水與地下水的 $\delta^{18}O$ 值依序為上游溪水<下游溪水<地下水；下游溪水之 $\delta^{18}O$ 值似為上游溪水與地下水混合之結果。因此，推測地下水可能為溪水的補注來源水體之一。以同位素二端點混合模式估算地下水對溪水的貢獻，估算的結果顯示，在此研究河段上游溪水及地下水對溪水之貢獻度分別約為 56% 與 44%；也就是說，基流貢獻為 44%。

表 6-3　東埔蚋溪流域各類水體之 $\delta^{18}O$ 平均值比較

水體類別	$\delta^{18}O$ 平均值	
	枯水期(11-4 月)	豐水期(5-10 月)
雨水	-4.3‰	-7.3‰
湧泉水/山澗水	-9.9‰ (-10.2 ~ -9.6‰)	-10.4‰ (-10.5 ~ -10.4‰)
溪水	-7.6‰ (-8.4 ~ -6.5‰)	-9.0‰ (-9.4 ~ -8.5‰)
地下水	-8.7‰ (-9.0 ~ -8.3‰)	

二、河川基流量分析

本計畫選用基流資料估計法，利用河川流量資料將基流量分離，假設分離出之基流量為地下水補注量，以估計集水區地下水補注概況，但對於長年多雨、氣候潮濕或山區地勢陡峭等區域，若只有使用基流分離結果來推估入滲深度，往往將在濕季造成有明顯高估基流量。因此，為求得較為穩定基流量，故需將基流分離之結果數據，再利用穩定低流分析方法，以求得穩定基流量，並推估出入滲深度與合理之地下水補注量。

Nathan 及 McMahon (1990)整合基流分離法，而將之歸類為兩主要型態，第一種型態表示於圖 6-1(a)，由 a-b-c 及 a-d 所形成的曲線代表基流歷線。不同的研究學者使用不同的地表逕流終止時間。如 Nash（1960）決定以降雨及暴雨逕流影響河川流量兩個時間的終點為地表逕流的終止時間；Wilson（1974）則認為終止於河川水文消退歷線的最大曲率點時；而 Hertzler（1939）則以完整的觀測資料憑經驗決定之；Chow（1964）則認為它發生於河川水文歷線的反曲點。

第二種分離技術型態則由 a-e-f 和 a-e-g-c 所形成的曲線代表基流歷線。其中 e 點通常假設發生在河川水文歷線的尖峰點，g 點表

示地下水於河川水文歷線之反曲點時開始消退(例如，Barnes，1939；Kulandaiswamy 及 Seetharaman，1969)。

基流歷線形狀主要決定於水文及地文因素，其大體為：

1、前一事件的基流消退將會在此事件的河川流量歷線上升點延伸下去（點 a，圖 6-1(a)）；

2、基流歷線將會在河川流量歷線尖峰後所產生對基流的影響而達尖峰（點 b 或 e）；

3、基流消退將依循一非線性化關係；

4、基流的消退歷線將在地表逕流終止時與河川流量歷線接合（點 c）。

5、其中，圖 6-1(a)為河川流量單峰歷線，圖 6-1(b)為複合歷線。

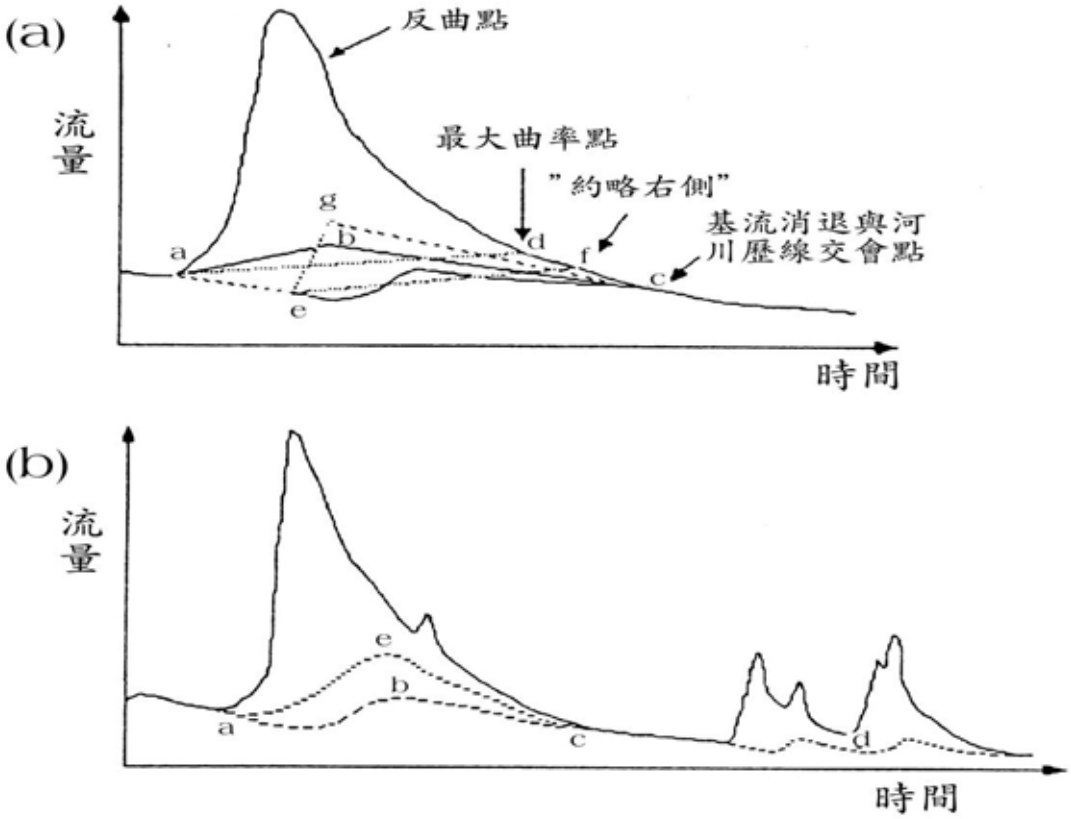


圖 6-1　基流分離技術示意圖(改自 Nathan 及 McMahon ,1990)

本研究選用一種分析河川日流量資料以估計補注量之模式，

是為 Rutledge (1991)提出之基流資料估計法，利用河川流量資料與流量歷線，將基流量由河川流量分離出來，藉此獲得地下水自然補注量之推估。

基流資料估計法，為利用任一連續流量資料之河川流量歷線，來估計地下水排水量，或稱作基流量。若資料非為連續性(如日平均流量)，則模式亦可以日為時間單位之平均流量資料來作估算。在一般的情況下，通常會選擇以一長時期的紀錄來作分析，以獲得更精確的地下水排水量。當分析的時期夠久時，由水平衡所造成的儲水變化則可視為忽略，且可將所估計出之地下水排水量視為有效補注量。在此，有效補注量將因河岸蒸發散之影響而比全部補注量小。

在模式中所運用之基流資料估計法，為避免因人為主觀因素影響所可能產生之誤差，採用由美國地質調查研究所(USGS) Rutledge(1992)所發展之電腦程式 PART 來作模擬分析。而模式是為分析河川流量消退而非分析降雨，來估計地下水排水之一方法，其主要原則為；(1)使用河川日流量資料；(2)在河川流量歷線上地表逕流作用時期內，運用線性插補法來估計地下水排水量。

模式之流程示於圖 6-2。首先將對數河川日流量資料建立成一維陣列，並找出符合消退時段條件的每一筆資料，然後於此段時間內的每一筆資料，皆指定其地下水排水量等於河川流量，直到其日衰退大於 0.1 個對數週期(暴雨滲流或地表逕流之影響結果，Barnes 1939)；最後將其餘的時段，以線性插補法連接，估計這些時段內的地下水排水量。對於某些河川流量資料，線性插補法會造成地下水排水量大於河川流量之現象，由流程的最後一步驟修正之。

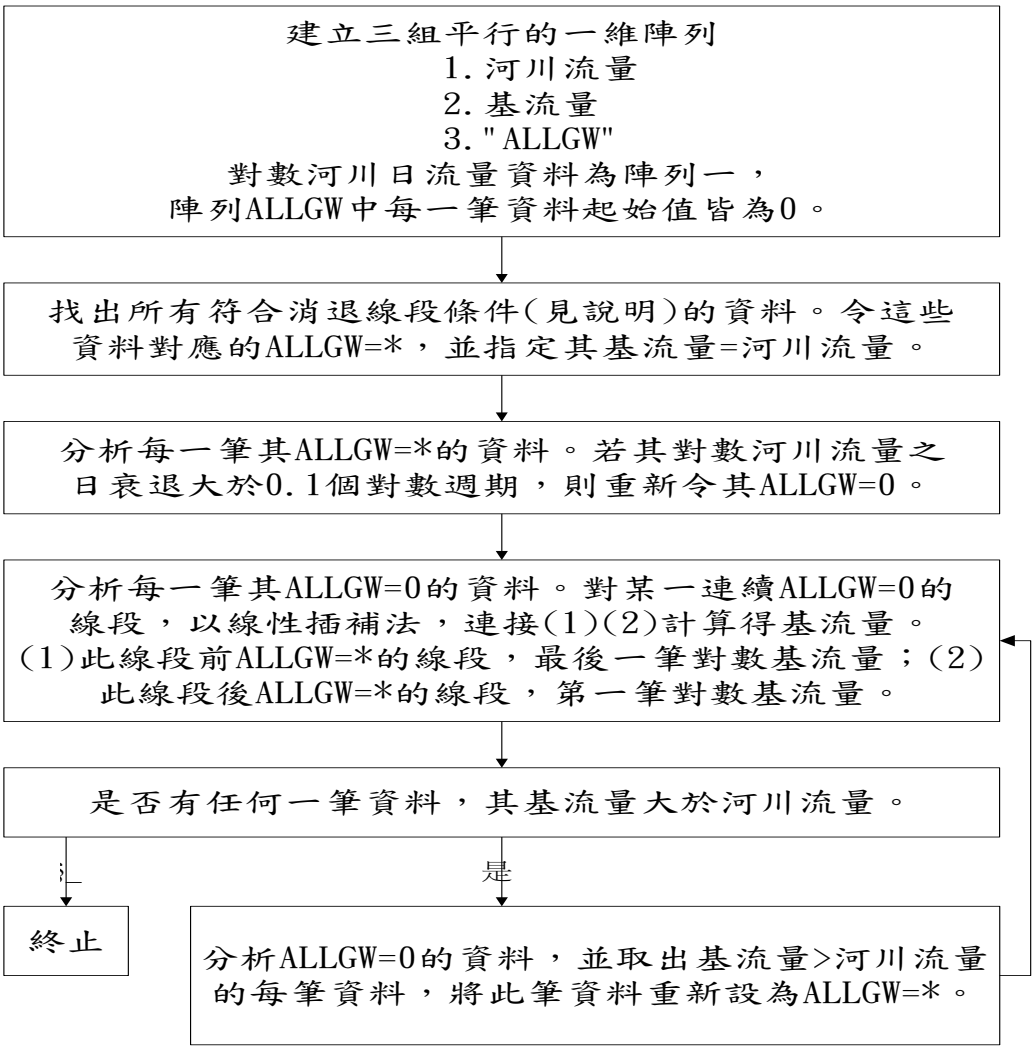


圖 6-2　分離河川流量過程之流程圖(改自 Rutledge 1992)

本年度計畫將依據濁水溪流域測站之河川流量資料，以美國地質調查所(USGS)基流分離法進行分析，估計出各測站所代表集水區之地下水基流量，並根據集水區面積(測站所代表之集水區面積)反算各區域之地下水補注深度。模式中所運用之基流資料估計法，其主要原則為：(1)使用河川日流量資料；(2)在河川流量歷線上地表逕流作用時期內，運用線性插補法來估計地下水排水量。而台灣位處亞熱帶潮濕氣候地帶，長年多雨的氣候條件，使得基流分離所分析出之補注深度，仍可能高於河川流量於穩定基流期時所反應出的地下水補排情況。若以短期的觀點來看，基流量將會受到該年雨量豐沛與否所影響，但若以長期的觀點而言，地下

水系統所排出之水量為一穩定值，因此，於文中再以穩定基流分析之結果來進行探討推估地下水補注量。

穩定基流分析為參考灰色理論分析中將資料重新排序累加後以獲得資料趨勢的一種分析技巧。穩定基流分析之基本概念為，當所分離出之基流量經過排序累加後，可獲得如圖 6-3 低流期、穩定基流期以及基流高估期之三種趨勢，再經由穩定基流期作線性外插以獲得穩定基流量。其中，穩定基流期則是隨著所分析測站之地理位置不同而異，大致上對同一流域各流量測站而言，越靠近出海口之測站所分析出之穩定基流期會越往前延伸，亦即為低流期較為不明顯；而越接近河川發源地的測站，其低流期則是表現得更加明顯。

為求得基流低流量，將由河川流量所分離出之分析年限中逐月基流量，代入低流分析中探討。分析過程步驟如下：

1、經由基流分離獲得逐月基流量。

2、將每年逐月基流量加總並平均，獲得長期之逐月平均基流量。

3、將長期之逐月平均基流量由大至小排序並累加，得其逐月累積基流量及其累積基流量趨勢。

4、由累積基流量趨勢線判斷基流量抬昇點，並獲得穩定基流期。

5、對低流期內之累積基流量作線性迴歸，並以線性迴歸方程式外插獲得年低流量，即為年補注深度，補注深度為補注量除以集水面積所得之單位面積補注量，且可將補注深度除以降雨量，即得補注率成果。

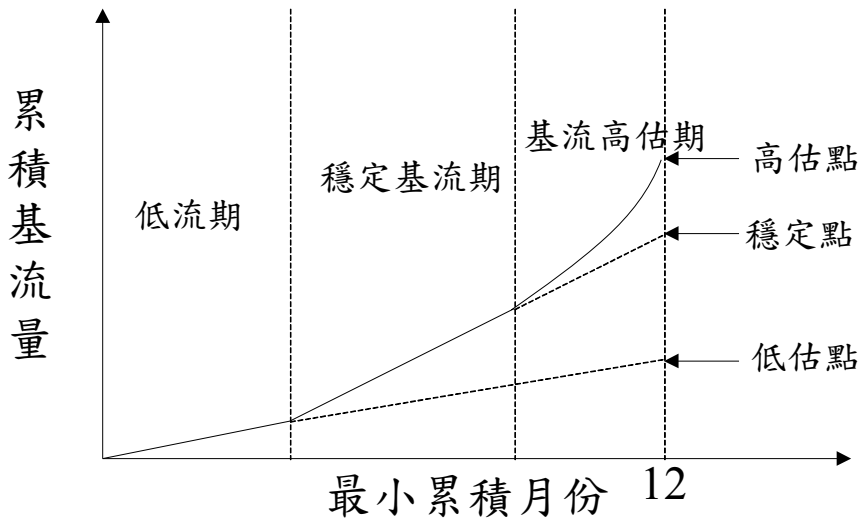


圖 6-3　低流分析示意圖

本計畫區域為濁水溪中游部份，其中包括濁水溪本流以及清水溪流域。本計畫區中有四處河川流量站資料(表 6-4)，其位置則繪於圖 6-4。

表 6-4　計畫區現有河川流量站記錄年份(水利署)

站名	集水面積（平方公里）	記錄年份	統計年數	TMx 坐標	TMy 坐標
桶頭(2)	259.2	1941~1944 1947~2009	67	214392.2	2615946
延平橋	86.46	2003~2012	10	219505.2	2630798
龍門橋	360.0	2009~2012	4	214965.4	2619103
彰雲橋	2,906.32	1985~2012	28	212103.2	2631755

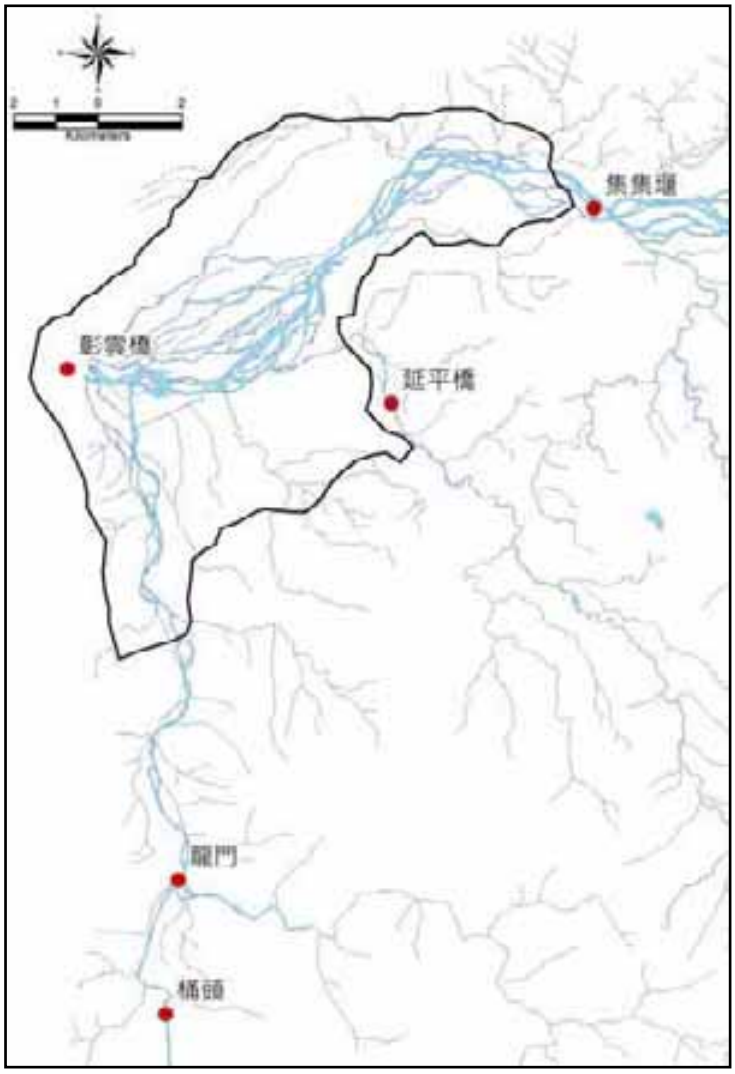


圖 6-4　計畫區河川流量站位置

本計畫利用河川流量資料，以基流資料估計法之基流分離技術，推估該流量測站集水範圍內之平均年補注深度。使用測站之日流量資料將基流量從河川流量歷線中分離出來，並依河川流量與基流量經由集水面積換算成以長度單位之入滲深度為代表，由河川流量觀察可知該區域每年有 12 月至隔年 3 月為明顯乾季，河川流量較少與基流量相近，因此於低流分析中選用最小累積四個月之結果進行線性迴歸，以求得穩定低流量。

利用最小累積四個月排序並累加後，得其逐月累積基流量之趨勢，再從累積基流量趨勢線判斷基流量抬昇點，獲得低流期，對穩定低流期內之累積基流作線性迴歸，以線性迴歸方程式外插

可求得年低流量，將各年以及近十年平均低流分析整理於表 6-5。結果顯示，彰雲大橋站由於集集攔河堰截流之影響，故分析成果偏低，補注率僅有 0.07，為評估自然狀態下本區地下水補注率，本計畫選取集集堰設立前，彰雲橋流量站基流資料(1985~1990)進行低流分析(表 6-6)，參考 2010 年中央地質調查所「台灣山區地下水資源調查研究整體計畫-第一期台灣中段山區地下水資源調查與評估(1/4)」得知將補注量加總除以集水面積即可獲得本區平均補注深度為 0.386 公尺，依平均雨量 2,508 毫米計算，可得彰雲橋上游平均補注率為 0.15。

由於基流資料估計法所獲得之成果，為流量站上游全區地下水補注率平均，由上下游流量站基流量成果，可以計算流量站間分區地下水補注率，根據表 6-4 之流量站集水面積以及表 6-5 補注率成果，可得計畫區範圍地下水補注率如圖 6-5 所示。其中東埔蚋溪流域地下水補注率為 0.12，清水溪流域桶頭橋站至龍門橋站為 0.04，清水溪下游與濁水溪本流範圍為 0.15。

表 6-5　各水位站補注深度及補注率年評估成果

年份	彰雲橋	延平橋	桶頭	龍門橋
2001	176		400	
2002	50		212	
2003	45	108	302	
2004	42	148	305	
2005	154	760	289	
2006	170	22	159	
2007	144		221	
2008	167		243	
2009	142	457		
2010	92	146		168
2011	54	146		176
2012	159	191		262
平均	146	290	275	224
補注率	0.07	0.12	0.11	0.09

註 1：補注深度單位為公釐
註 2：無資料代表該年度流量資料缺損，無法計算。
註 3：平均補注深度為各月份流量平均後，進行低流分析之成果。
註 4：補注率=補注深度/降雨量

圖 6-5　計畫區地下水補注率分布範圍

表 6-6　彰雲橋補注深度分析成果(1985~1990)

年份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	總和
1985	14.2	51.6	43.2	68.58	67.3	256	155.7	223	266.2	92.2	48.5	33.8	1,320
1986	14.5	22.4	47.2	37.59	47.5	211.3	189	85.6	144.3	93.7	42.7	46.5	982
1987	28.4	14.7	25.4	43.94	65	102.6	202.4	169.4	138.7	73.2	62.7	32.8	959.6
1988	20.6	19.8	18	59.94	137	107.4	46.74	170.2	139.2	104	56.4	44.2	923.3
1989	31.5	14.7	17.8	34.29	66	157.7	152.7	184.7	201.7	94.7	24.9	15.5	996.2
1990	27.2	17	32.3	152.1	139	243.8	169.7	241.6	345.9	95	27.4	24.4	1,515
平均	22.7	23.4	30.6	66.08	86.9	179.8	152.7	179.1	206	92.2	43.8	32.9	1,116

單位：毫米

三、河水及地下水交換量分析

以常年平均而言，降雨形成之地表逕流量與基流量被假設為兩主要組成河川流量之成份，因此區域降雨量與河川水位間有著較高相關性；而區域地質環境與透水性的高低，影響著雨水入滲與地下水排出量的多寡，因此地下水位與降雨量之相關性以及地下水位與河川流量之相關性，會隨著地域的不同有著極大差異。

為了解本區地面水收支概況，本計畫整理 2003~2012 計畫區地面水流量紀錄，包含上游濁水溪本流集集堰放流量，東埔蚋溪延平橋站以及清水溪桶頭、龍門橋站資料，雨量資料則採計集集站資料，並利用下游彰雲橋站集水面積扣除上游三站集水面積可得 95.3 平方公里，整理地面水收支如表 6-7。河川出流量扣去入流量代表地面水於區域內變化量，正值代表區域內有補注源補注河川水量造成地面水增加，若為負值則可能代表地面水被取用或是形成地下水補注來源，由表中可知在 2005 年至 2007 年為正值情形，其他年份均為負值，代表地面水與地下水之關係隨當年河川流量以及水文循環為互相補注之情況，且河川水可能為本區地下水之重要來源。

表 6-7　計畫區 2003~2012 地面水流量整理(單位：億立方公尺)

年分	彰雲橋	集集堰放流量	清水溪	東浦納溪	降雨量(公釐)	未控制面積流量	出流量-入流量
2003	14.0	27.4	3.7	2.1	1,497	1.4	-20.7
2004	36.2	47.5	6.3	6.5	2,493	2.4	-26.3
2005	68.8	47.5	9.6	1.8	2,851	2.7	7.3
2006	67.5	42.4	7.3	2.2	2,440	2.3	13.3
2007	78.2	44.0	9.7	1.4	3,070	2.9	20.2
2008	61.6	59.0	9.4	2.0	3,093	2.9	-11.7
2009	34.9	24.8	7.7	1.5	1,865	1.8	-0.9
2010	21.8	7.9	21.4	4.3	2,167	2.1	-13.8
2011	19.5	6.2	15.8	2.7	1,814	1.7	-6.9
2012	64.8	52.8	35.9	8.2	2,960	2.8	3.7
平均	46.7	35.9	12.7	3.3	2,425	4.0	16.0

註：1.未控制面積流量為：降雨量 x 集水面積(95.3 平方公里)
2.2003~2009 清水溪河川流量資料來源為桶頭橋流量站，2010~2012 清水溪河川流量資料來源為龍門橋流量站

為釐清本區可能之地下水補注來源，中央地質調查所(2012)利用 2006 年至 2011 年集集攔河堰放流資料、集集雨量站雨量資料以及新民站地下水位資料，並選取 19 次主要降雨事件，進行集集攔河堰放流量與新民站地下水位資料，以及集集雨量站雨量與新民站地下水位資料相關係數分析(表 6-8)，結果顯示此 19 項事件相關性分析成果中，集集攔河堰放流量與新民站地下水位資料相關性普遍大於集集雨量站雨量與新民站地下水位資料相關係數分析成果，放流量與地下水位變化相關係數範圍為 0.96~0.45，雨量與地下水位變化相關係數範圍則為 0.8~0.34，而集集堰下游區域地下水位抬升事件，皆與集集堰大量放流有關，顯示影響名竹盆地地下水水位主要因素極可能為上游集集堰放流造成之地下水補注(圖 6-6)。

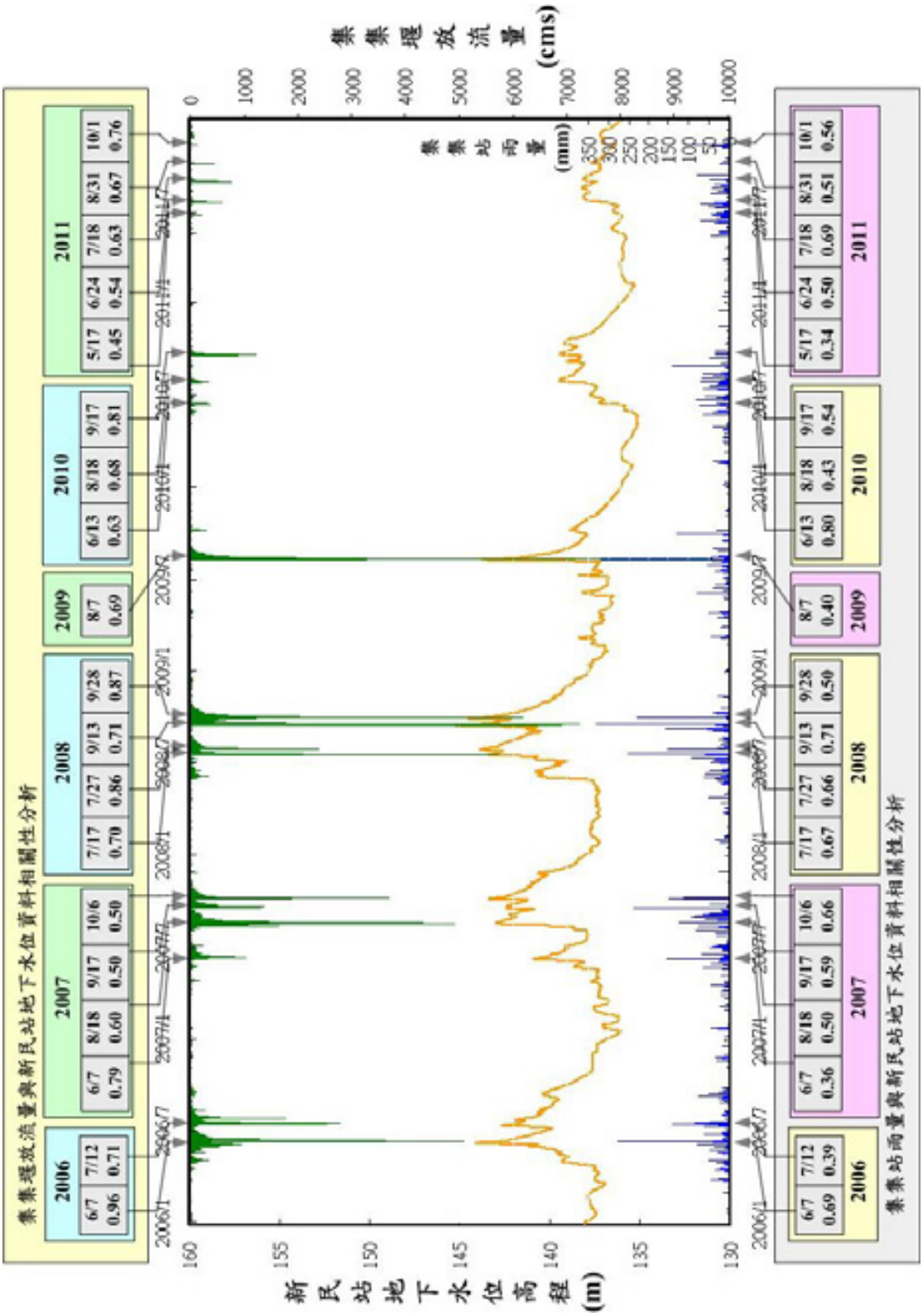


圖 6-6　集集堰放流量、集集雨量站與新民站歷線及水位關聯性分析(中央地調查所，2012)

表 6-8　集集堰放流量、集集雨量站與新民站水位關聯性分析

日期	事件	集集堰放流量	相關係數 a	時間延遲 a (day)	降雨量	相關係數 b	時間延遲 b (day)
2006/6/7	梅雨季節	5,087cms	0.96	0	278mm	0.69	1
2006/7/12	碧利斯颱風	2,799 cms	0.71	0	142mm	0.39	2
2007/6/7	梅雨季節	1,041 cms	0.79	0	158mm	0.36	2
2007/8/18	梧提颱風	4,919 cms	0.60	0	125mm	0.50	2
2007/9/17	納莉颱風	1,376 cms	0.50	0	2238mm	0.59	1
2007/10/6	柯羅莎颱風	3,703 cms	0.50	0	150mm	0.66	1
2008/7/17	卡玫基颱風	5,765 cms	0.70	0	251 mm	0.67	1
2008/7/27	鳳凰颱風	2,387 cms	0.86	0	155 mm	0.66	3
2008/9/13	辛樂克颱風	7,245 cms	0.71	0	230 mm	0.71	1
2008/9/28	薔蜜颱風	6,190 cms	0.87	0	294 mm	0.50	1
2009/8/7	莫拉克颱風	9,714 cms	0.69	0	320 mm	0.40	1
2010/6/13	梅雨季節	380 cms	0.63	0	30 mm	0.80	3
2010/8/18	連續雷雨	342 cms	0.68	0	73 mm	0.43	4
2010/9/17	凡那比颱風	1,237 cms	0.81	0	34 mm	0.54	2
2011/5/17	梅雨季節	97 cms	0.45	0	35 mm	0.34	3
2011/6/24	米雷颱風	203 cms	0.54	0	44 mm	0.50	2
2011/7/18	西南氣流	602 cms	0.63	1	37 mm	0.69	3
2011/8/31	南瑪都颱風	770 cms	0.67	0	50 mm	0.51	1
2011/10/1	外圍環流	204 cms	0.76	1	22 mm	0.56	2
註	1.放流量為事件發生期間，集集攔河堰最大單日放流量。 2.降雨量為事件發生期間，集集雨量站最大單日雨量。 3.相關係數 a 為集集攔河堰放流量與下游新民站地下水位變動相關係數。 4.相關係數 b 為集集雨量站雨量與下游新民站地下水位變動相關係數。						

由於名竹盆地各流量站資料部分不全，故選取兩段時間進行地面與地下水交換量評估，包括(1)2008/7~2009/8 時間段利用彰雲橋站、集集堰、延平橋站與桶頭橋站進行分析。(2)2009/10~ 2011/12 時間段利用彰雲橋站、集集堰、延平橋站與龍門橋站進行分析。利用中央地調查所(2012)水化學離子量測濃度值之平均(如表 6-9)進行分析，由採樣測量成果顯示所選取之 4 種離子中(鈉離子、鈣離子、鎂離子、硫酸根離子)，地下水樣本離子濃度明顯高於地面水樣本，代表若地面水混合地下水，將發生離子濃度變化。濁水溪河段中，若包含地面水與地下水交換，最下游彰雲橋之水化學質量應為上游所有來源水化學質量之總和，如(式 6-1)所示。

$$V_A C_A = \sum_i V_i C_i + V_G C_G \qquad \text{(式 6-1)}$$

V_A：彰雲橋站河川流量(cms)

C_A：彰雲橋站河水之水化學離子濃度(ppm)

V_i：上游流量站河川流量(cms)

C_i：上游流量站河水之水化學離子濃度(ppm)

V_G：本段河川地面地下水交換量(cms)

C_G：本區地下水水化學離子濃度(ppm)

表 6-9　名竹盆地水化學資料整理(單位：ppm)

採樣位置	離子濃度範圍	平均
濁水溪下游端 (彰雲橋站)	SO_4^{2-} 118~84	99
	Na^+ 45~39	42
	Ca^{2+} 76~53	63
	Mg^{2+} 21~16	18
東埔蚋溪 (延平橋站)	SO_4^{2-} 48~33	41
	Na^+ 43~39	41
	Ca^{2+} 14~1	51
	Mg^{2+} 76~53	12
清水溪 (鯉魚橋站)	SO_4^{2-} 81~43	61
	Na^+ 38~33	35
	Ca^{2+} 17~13	41
	Mg^{2+} 76~53	15
濁水溪上游端 (集集堰)	SO_4^{2-} 124~89	102
	Na^+ 41~37	39
	Ca^{2+} 45~38	41
	Mg^{2+} 19~14	17
地下水	SO_4^{2-} 191~114	165
	Na^+ 45~39	62
	Ca^{2+} 196~117	147
	Mg^{2+} 39~20	28

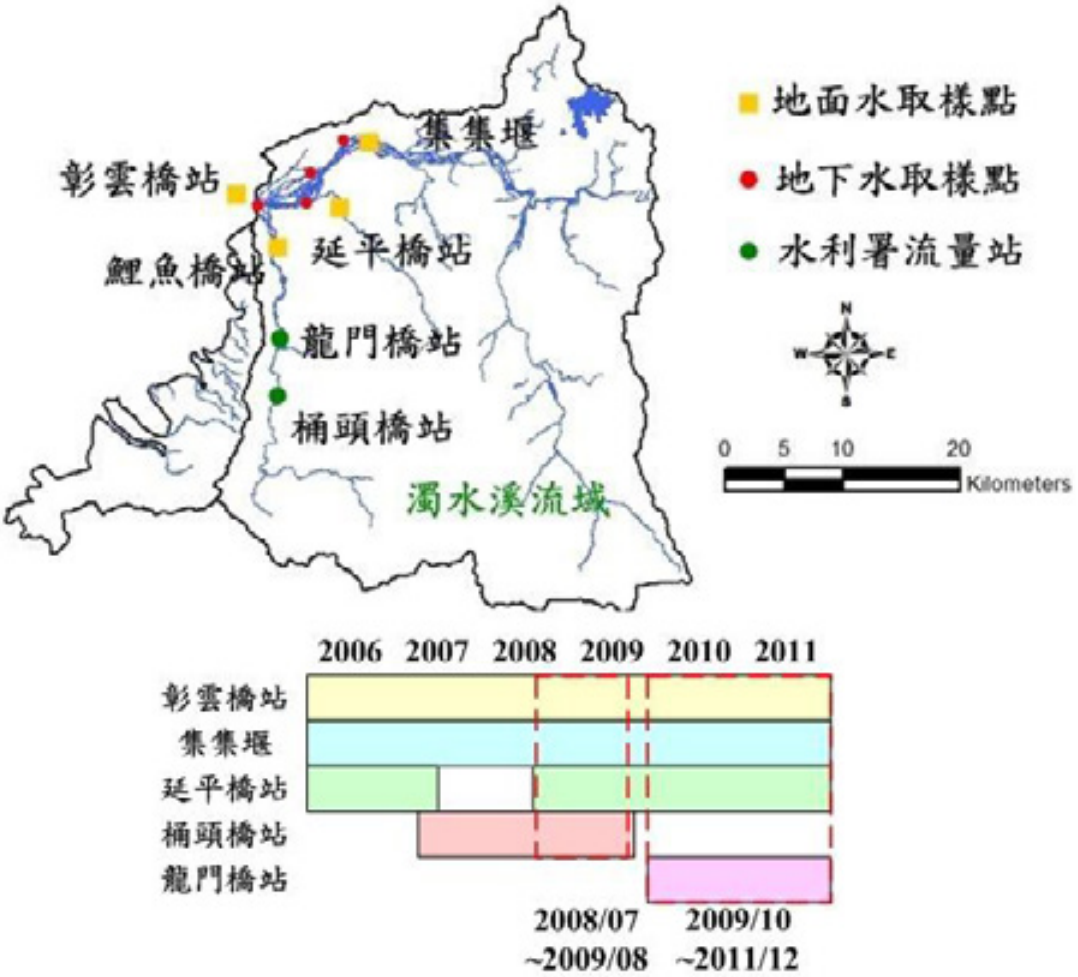


圖 6-7　名竹盆地流量站與水化學樣本採集位置圖(中央地質調查所，2012)

整理 2000 年至 2012 年彰雲橋河川流量繪於圖 6-8，由圖中可知，近年彰雲橋河川流量變化甚大，近 13 年平均值為每年 45.2 億立方公尺，然期間因降雨量變化導致河川流量變異甚大，而上述分析兩時段中，2008/7~2009/8 時間段河川流量約近於平均值；2010~2011 年河川流量平均為 20.7 億立方公尺，不足平均值一半，屬於偏低之情況；2012 則有 64.8 億立方公尺，河川流量偏高。

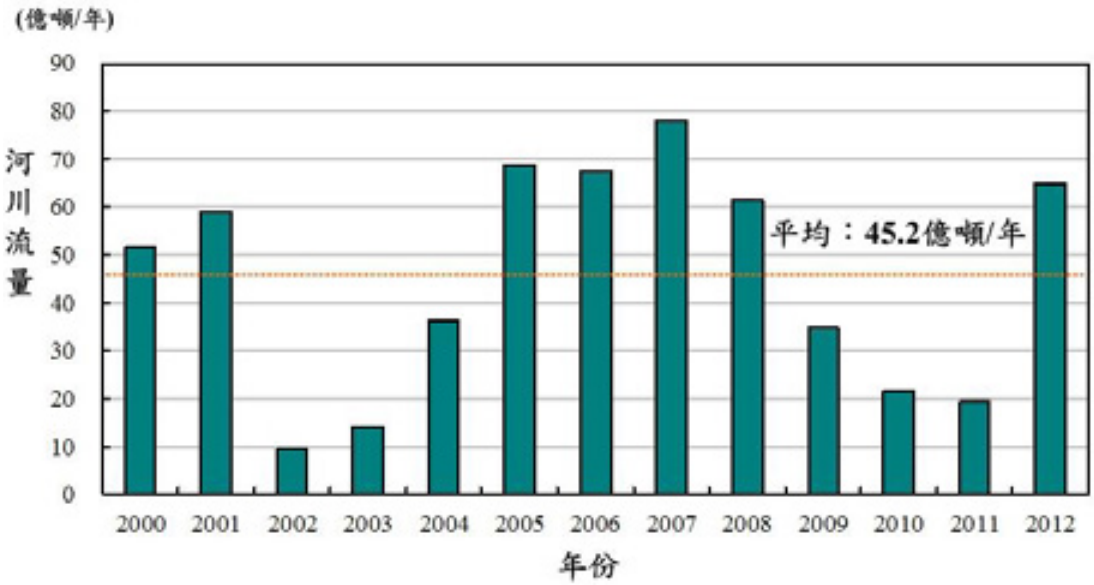


圖 6-8　2000 年至 2012 年彰雲橋年河川流量值

由水化學離子質量平衡估算名竹盆地地面與地下水交換量，並將 2008/7~2012/12 名竹盆地區域成果繪於圖如圖 6-9。由圖 6-9 可知，在集集堰放流事件期間，形成地面水補注地下水之情況，由於集集堰放流導致河川水位升高，短期間中形成補注地下水狀態，而在非大量放流期間，則是地下水補注至地面水狀態。將地面地下水交換量評估成果與新民站地下水位進行比較，可知集集堰放流期間之大量流量對名竹下水位之變化影響甚大，而短期間之大量放水操作造成主要補注事件，而成為名竹盆地地下水之主要來源，而在放水事件結束後，地下水位則呈現消退情形，而在長年狀況下，約為地下水補注河川水狀況，直至下次放水事件後而形成補注事件。

統計 2008/7~2008/12 共 6 個月中由於連續出現卡玫基颱風、鳳凰颱風、辛樂克颱風與薔蜜颱風，連續降雨導致集集堰放流量大增，累計 6 個月放流量達 55.6 億立方公尺，影響名竹盆地甚大，總計地下水補注地面水為 5.97 億立方公尺，地面水補注地下水為 18.27 億立方公尺，總和為地面水補注地下水 12.30 億立方公尺。

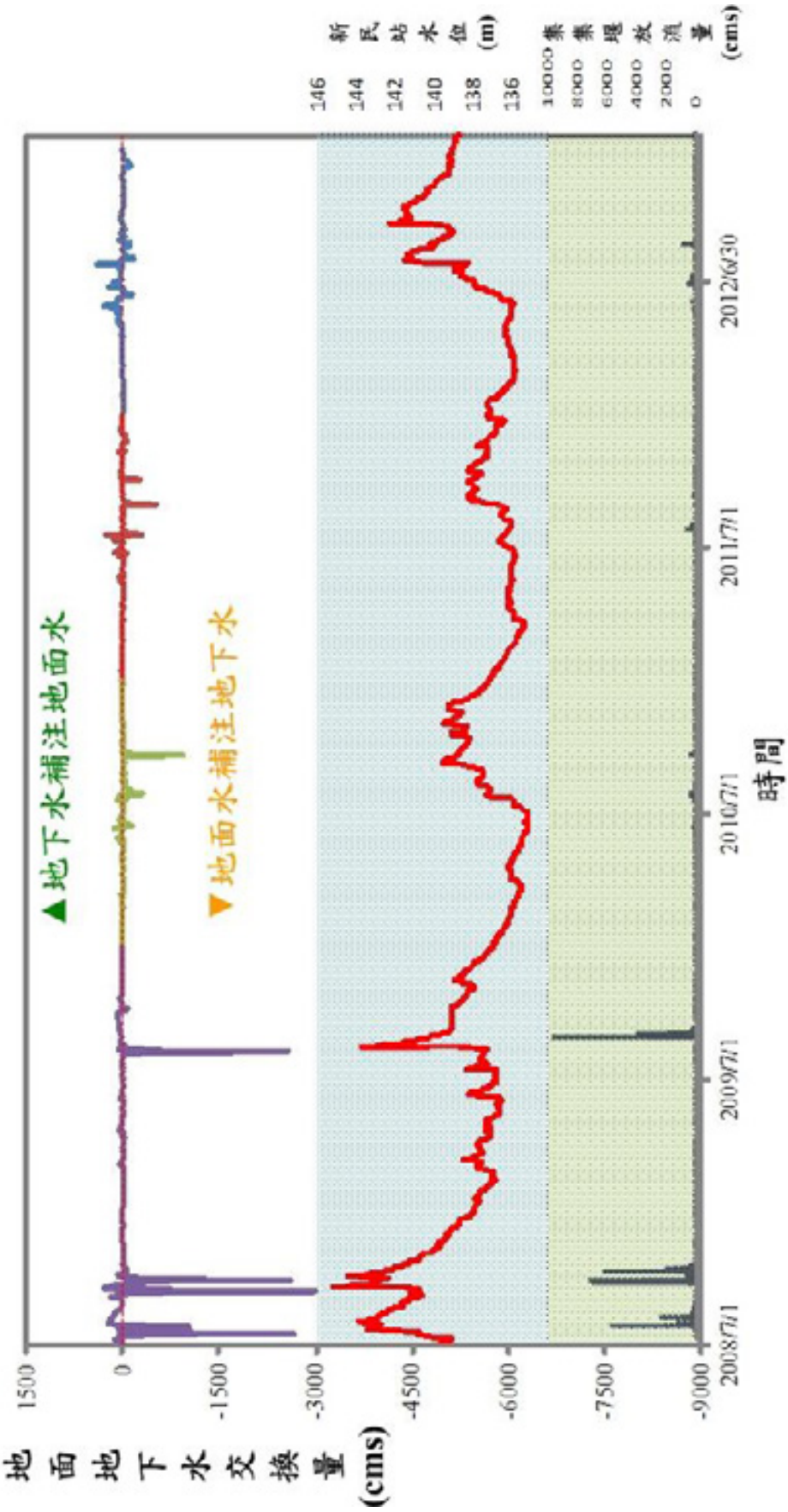


圖 6-9　2008/7~2012/12 名竹盆地地面地下水交換量成果圖

2009 年地面地下水交換變化則趨緩，主因為降雨集中，整年僅有莫拉克颱風帶來大部分雨量，集集堰也於颱風期間始進行大量放水操作，統計莫拉克颱風 8 月 7 日至 8 月 31 日期間集集堰放流量即達 22.3 億立方公尺，占全年放流量(24.8 億立方公尺)之 90%，統計全年地下水補注地面水為 3.24 億立方公尺，地面水補注地下水為 5.85 億立方公尺，總和為地面水補注地下水 2.61 億立方公尺；2010/1~2011/12 年降雨量皆為偏低狀況，2010 年降雨量為 2167 毫米，2011 年降雨量為 1814 毫米，由圖 6-9 可知 2009 年往後集集堰放流量與 2008 年相較下極低，同時名竹盆地水位(新民站)同樣為逐年降低情況，統計 2010 全年地下水補注地面水為 2.48 億立方公尺，地面水補注地下水為 3.90 億立方公尺，總和為地面水補注地下水 1.42 億立方公尺。

2011 年地下水補注地面水為 3.92 億立方公尺，地面水補注地下水為 2.57 億立方公尺，總和為地下水補注地面水 1.35 億立方公尺。比較 2010 年與 2011 年分析成果，顯示 2010 年集集堰放流量較高，導致地面水補注地下水總量也較高，而 2010 與 2011 年降雨量持續下降，形成枯水年狀況，在河川流量降低以及區域地下水位面持續下降情況，造成山區地下水向河谷補注，且集集堰放流量降低，導致河川水補注地下水水量降低，而形成兩年趨勢相反狀況。

2012 年降雨量為 2,960 毫米，在降雨量增加情況下上游入水量增加，集集堰放流量也隨之增加，年度放流量達 52.8 億立方公尺，而下游彰雲橋年度流量也達到 64.8 億立方公尺，由圖 6-9 地下水位資料，可見本區地下水位明顯抬升，顯示在 2010 至 2011 年水位偏低情況下，在地表水流量增加後，明顯補注地下水，且提升區域地下水位，總計全年地下水補注地面水為 7.0 億立方公尺，

地面水補注地下水為 2.45 億立方公尺，總和為地下水補注地面水 4.55 億立方公尺。

由圖 6-9 名竹盆地地面與地下水交換量評估成果顯示，名竹盆地區域於集集堰放流事件期間將形成主要補注地下水事件，而其餘時間大部分呈現地下水補注地面水狀態。在長年狀態下，由於地形效應影響，盆地地形之區域地下水將形成往河谷集中而補注河川水狀態，但在枯水年狀態下，上游集集堰放流量也隨之降低，造成區域地下水位持續洩降，在地下水位降至河川高程之下時，則將形成河川水補注地下水狀態，如 2010 年與 2011 年河川流量甚低，將新民站地下水位與地面-地下水交換量繪於圖 6-10，可知集集堰放流期間，河川水呈現顯著補注地下水概況，而由 2010 年一月至五月與 2011 年一月至五月評估成果可觀察得知，新民站地下水位在 136 公尺約為地面與地下水交換界線，當新民站地下水位高於 136 公尺時，在非集集堰放流期間名竹盆地呈現地下水補注河川水概況;而低於於 136 公尺時則為呈現河川水補注地下水，顯示此水位可做為名竹盆地地面地下水交互作用之重要指標(圖 6-11)。

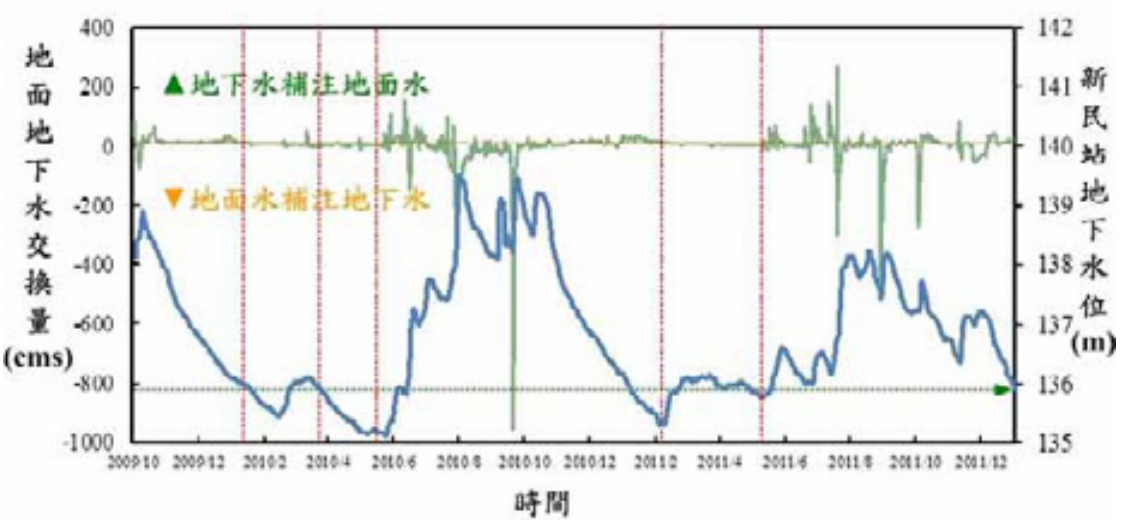


圖 6-10　2010~2011 年名竹盆地地面地下水交換量與新民站地下水位關係圖

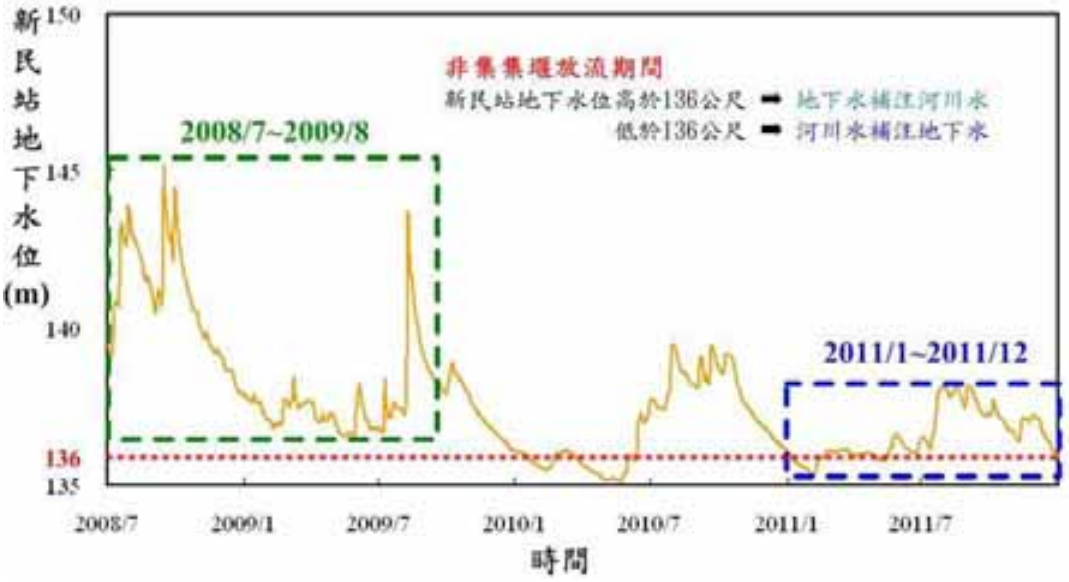


圖 6-11　2008/7~2011/12 新民站地下水位圖

第柒章　含水層地下水儲水體積及變動量評估

一、含水層儲水體積評估

江崇榮等人(2010)根據濁水溪流域地表高程與地下水位監測資料紀錄，分析其變化關聯性，指出地表高程與地下水位變化屬地下水荷重與地下水壓所影響，在自由含水層與受壓含水層不同條件下，將顯示不同之變化趨勢，而濁水溪中游區域監測成果顯示,由岩屑以及風化裂隙帶組成之自由含水層為本區主要含水層，而其受壓含水層並不發達。為劃分計畫區地下含水層，本計畫首先依區域地質圖進行分區設定，並參考計畫區中鑽井岩心成果，進行含水層劃分。

經濟部水資源局(水利署前身)(1996)觀測站網計畫於濁水溪中游地區鑽設六口觀測井，以及中央地質調查所(1996)「濁水溪中游地區地下水補注調查與評估」計畫於濁水溪及清水溪河道分別鑽設 3 個及 2 個地質斷面，每斷面布置 4 口井共 20 口，其鑽井位置(圖 7-1)與地質柱狀圖(圖 7-2～圖 7-4)將作為含水層概念化分層參考依據，位於河畔附近之新民與觸口兩井上層主要為沖積層，下層主要為頭嵙山礫岩，新民井多由粗礫及泥質礫組成，而觸口井由泥質礫及少數泥質薄層組成，判定為非受壓含水層；位於八卦山台地上之新光井，為頭嵙山火炎山段礫岩層，皆由粗礫及泥質礫組成中間無泥或黏土阻隔，為非受壓含水層；位於斗六丘陵之坪頂與鯉魚兩井，亦為頭嵙山火炎山段礫岩層，組成由泥層將礫石層分隔為多層，為多層受壓含水層；位於竹山台地上之竹山井為上層階地堆積層與下層頭嵙山火炎山段礫岩層，其中砂及泥將粗礫與泥質礫分隔為多層，亦為多層受壓含水層。

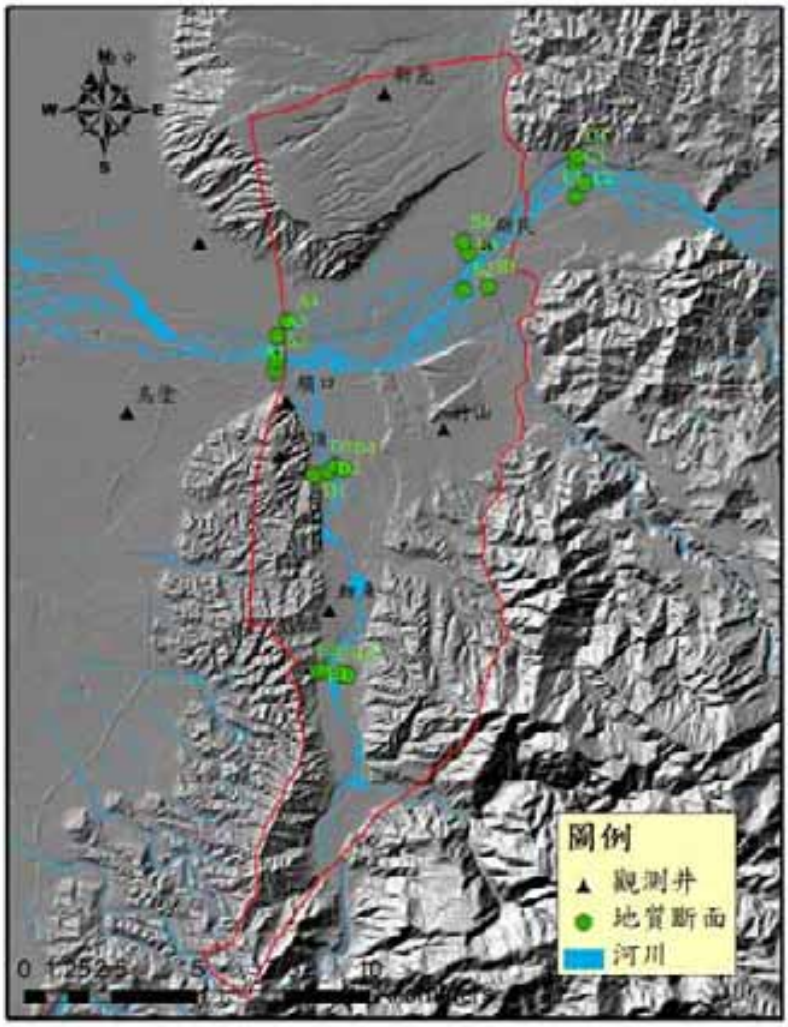


圖 7-1　觀測井與河川地質斷面鑽井位置圖

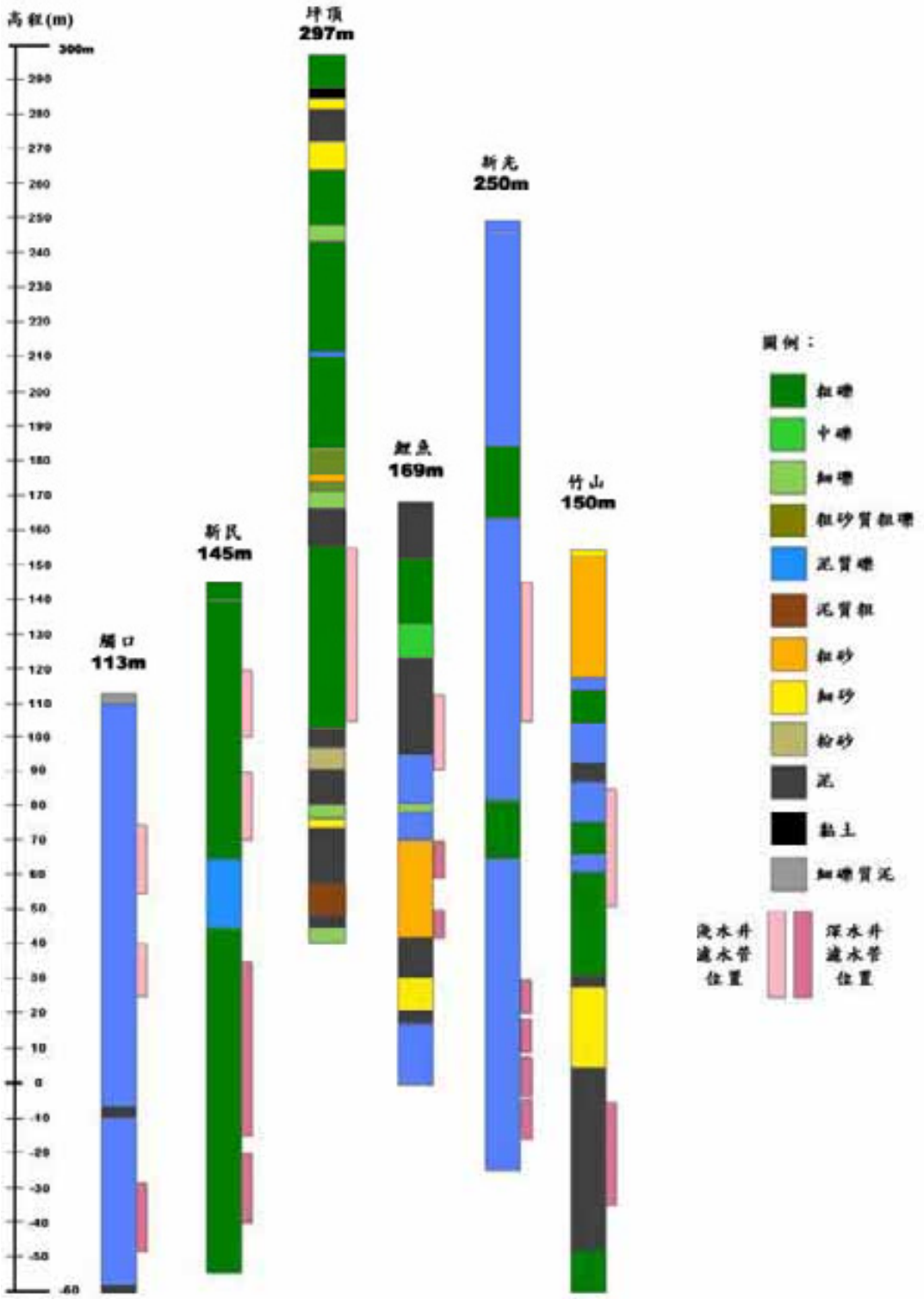


圖 7-2　觀測井地質柱狀圖及濾水管位置(中央地質調查所，1996)

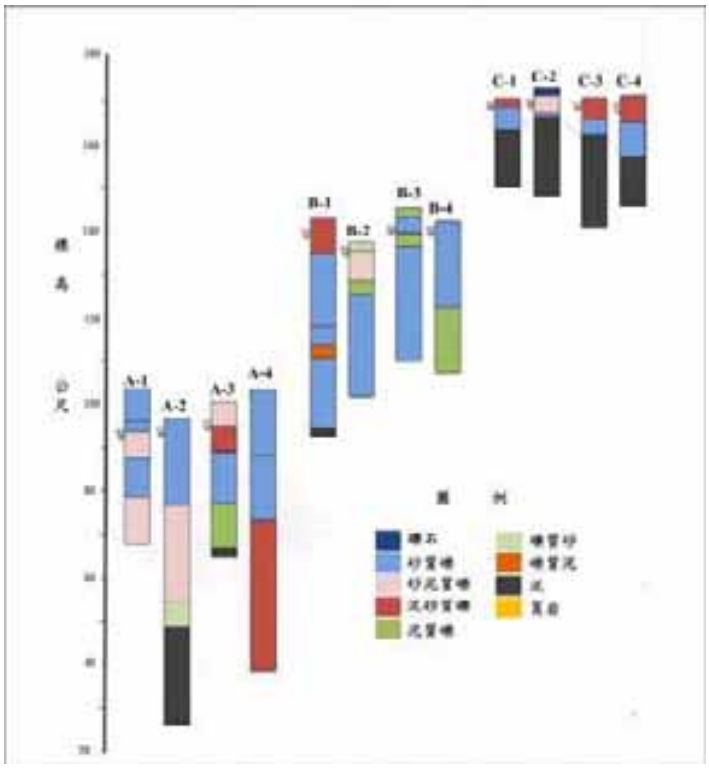


圖 7-3　濁水溪 A、B、C 斷面地質柱狀圖(中央地質調查所，1996)

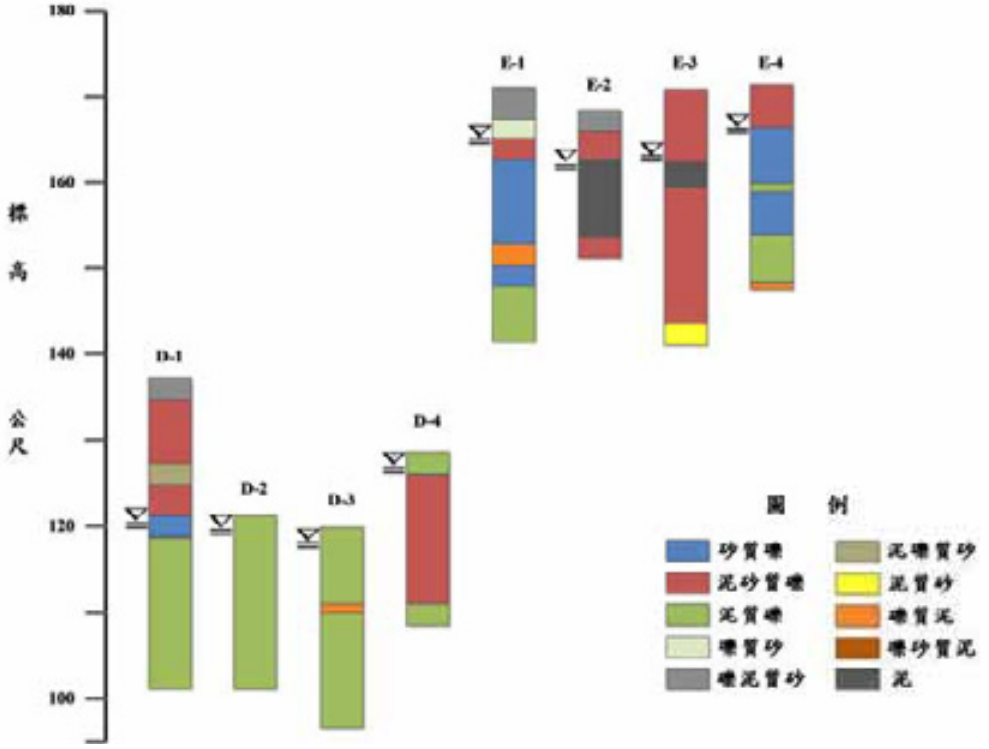


圖 7-4　清水溪 D、E 斷面地質柱狀圖

本計畫依前述地質鑽探資料，配合本計畫鑽孔岩心成果，進行含水層厚度劃分，並依據地質圖資料，將名竹盆地進行分區如圖 7-5 所示，本區可劃為現代沖積層、竹山台地堆積層以及頭嵙山層三區，各區依地質單元不同進行設定，其中將現代沖積層依河系區分為濁水溪段以及清水溪段，各區含水層厚度設定如下：

1、現代沖積層濁水溪段：根據新民井、D2 井以及 R1、R2 地電阻探測成果，可知本區沖積層為東厚西薄情況，故本區東側依新民井鑽井成果設定含水層厚為 40 公尺，全區向西厚度遞減至西側含水層，厚度依 D2 井設定為 30 公尺。
2、現代沖積層清水溪段：本區根據主要根據地電阻剖面 R3 以及觸口、鯉魚二井，將含水層厚度設定為 30 公尺。
3、竹山台地：根據竹山井岩心，將含水層厚度設定為 30 公尺。
4、頭嵙山層：根據新光以及坪頂井，將厚度設定為 130 公尺。

中央地質調查所(2010)於名竹盆地設置中和(BH-04)以及坪頂(BH-14)地下水試驗井進行水文地質試驗，曾進行氣體滲透率現場試驗並反推現地地層孔隙率，本計畫則依此二井試驗成果，依其鑽井岩心與孔隙滲透率成果進行整理，並參考本計畫地質單元主要岩性，整理出孔隙率分布範圍以及其平均值，作為本計畫含水層孔隙率設定如表 7-1 所示。其中現代沖積層依地表堆積層將孔隙率設定為 0.32，竹山台地堆積層依砂質礫石設定為 0.27，頭嵙山層依砂質礫石與泥質礫石設定為 0.25。

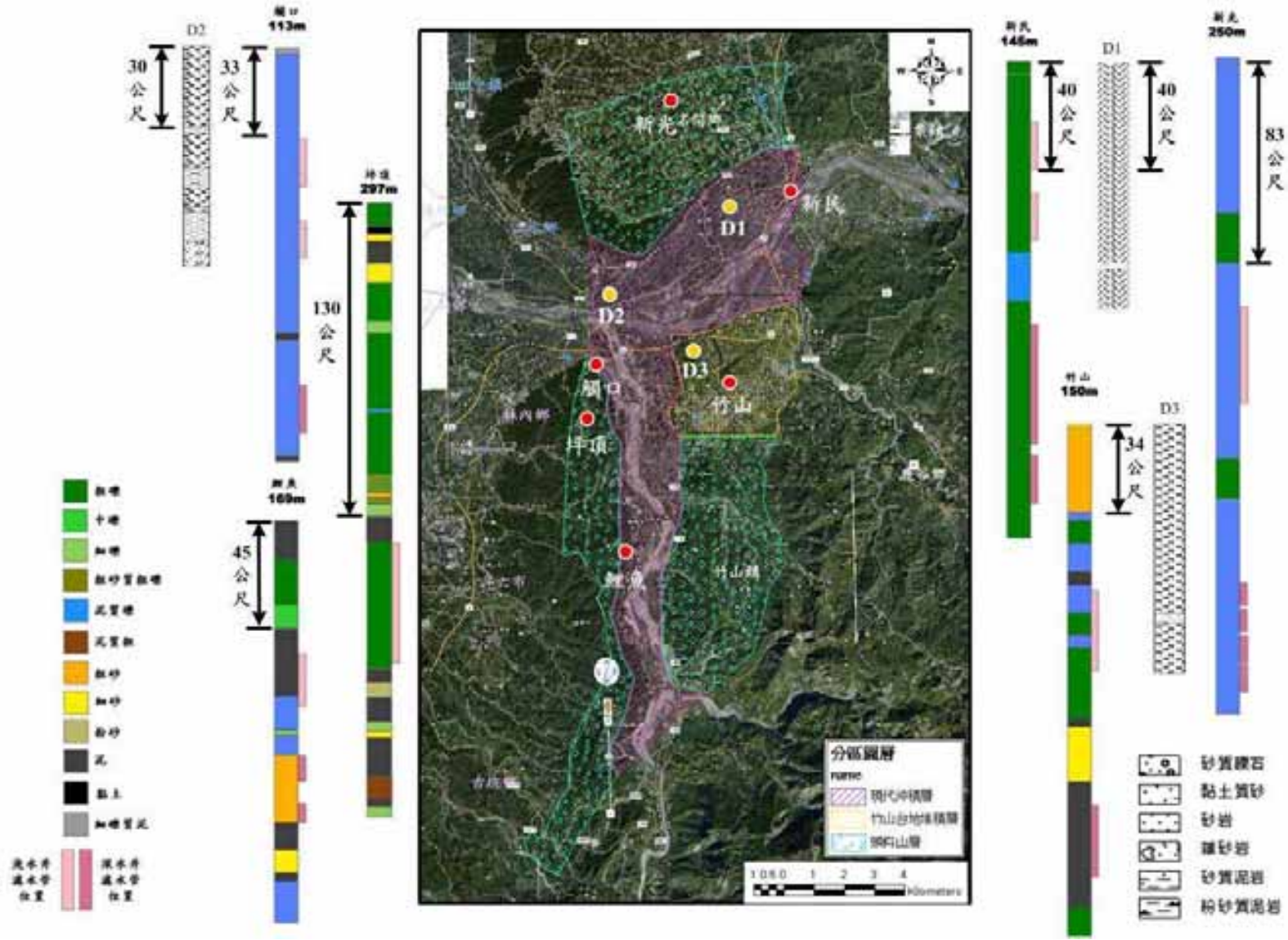


圖 7-5　名竹地區水文地質單元分區圖

表 7-1　坪頂鑽井岩性與其孔隙率分布範圍

岩性	孔隙率範圍	平均
地表堆積(砂、礫)	0.41~0.24	0.32
砂質礫石層	0.34~0.25	0.27
砂質礫石層 泥質礫石層	0.34~0.12	0.25

本計畫以前述概念分層計算第一含水層之地下水儲水體積，其中第一層為地下水位面至第一含水層底部，本計畫利用經濟部水利署於計畫區間之6口觀測井與中央地質調查所(2011)於濁水溪中游設立 5 口地下水位觀測井水位，進行計畫區地下水位評估，將 11 口井之地下水位以及地表高層資料繪於圖 7-6，由圖中可知，本區地下水位與地表高層之關係接近於線性關係，而可將資料點區分為兩組群組，包括頭嵙山層新光、坪頂、鯉魚，以及其他 8 口井水位，並可依其迴歸成果，將地下水位高程與地表高程之相關性如式 7-1：

頭嵙山層：$h_{GWL} = 0.2318h_{ELE} + 124.03$　(式 7-1a)

其他區域：$h_{GWL} = 0.9384h_{ELE} + 1.0217$　(式 7-1b)

其中 h_{GWL} 為地下水位高程，h_{ELE} 為地表高程，單位皆為公尺。

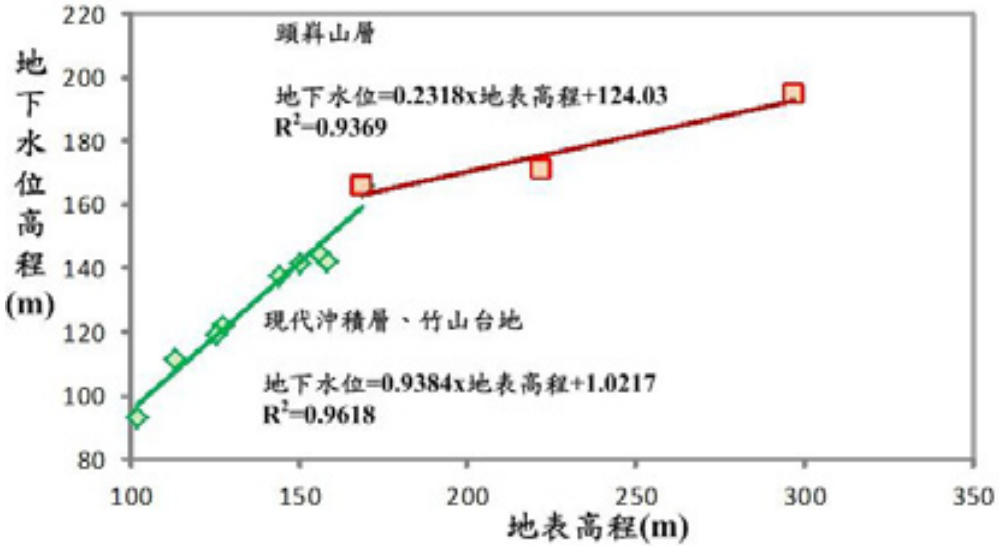


圖 7-6　計畫區地表高程與地下水位迴歸成果

本計畫即依據上述地下水位迴歸成果，利用地表高層資料(40mx40m)，計算第一含水層各分區地下水位厚度(地下水位面至第一含水層底部距離)，並計算地下水儲水體積如表 7-2 所示，本區地下含水層儲水體積為 13.03 億立方公尺。

表 7-2　計畫區含水層儲水體積估算成果

分區	面積 (平方公里)	平均含水層厚度 (公尺)	孔隙率	地下水儲水體積 (億立方公尺)
現代沖積層濁水溪段	27.4	26.5	0.32	2.32
現代沖積層清水溪段	25.1	24.7	0.32	1.98
竹山台地	14.8	22.0	0.27	0.88
頭嵙山層	74.0	42.4	0.25	7.84
合計				13.03

二、儲水體積變動量評估

Healy and Cook (2002) 、Schwartz and Zhang (2003) 與江崇榮等人(2006) 指出水位的上升可代表地下水補注量，而水位的下降則代表地下水出滲至河川中。地下水水位同時受到抽水與補注之綜合影響，地下水位歷線隨時間高低起伏，然而分析地下水位歷線與降雨歷線之關係，可以發現地下水位歷線上升或是減緩下降是隨著降雨行為而產生，因此藉由水位歷線的變化即可呈現掌握各項水量進出之歷程，以此概念推估地下水補注量或其他進出水量之方法，可稱之為地下水歷線法(Groundwater Flucturation Method, GFM)。

地下水歷線法之流程主要可以分為四個步驟，首先利用各站

各時刻之觀測水位，以內插演算法推估全系統全時刻之水位；其次，內插水位搭配比儲率(S_s) 或比出水量(S_y) 計算全系統之蓄水量歷線；接著，利用枯水期之蓄水量歷線推估系統抽水量與邊界交換量，並以降雨事件求得降雨造成之垂向補注量與流失量；最後，統計各年度之水平衡分析。

含水層蓄水體積可以下式表示：

$$S_i^t = \begin{cases} n_i A_i \times (t_i - b_i) + S_{s,i} A_{v,i} \times (h_i^t - t_i) \times (t_i - b_i) & \\ = S_{s,i} A_{v,i} + S_{s,i} A_{v,i} \times (h_i^t - t_i) + const & \text{Confin} \\ S_{y,i} A_{v,i} \times (h_i^t - b_i) & \text{Unconfi} \end{cases} \qquad \text{(式 7-2)}$$

其中，h_i^t 與 S_i^t 分別代表時刻 t 於第 i 個控制體積蘊藏之水位與地下水儲蓄水量， $S_{s,i}$ 與 $S_{y,i}$ 則分別代表土壤之比儲率(specific storage)與比出水量(specific yield)， b_i 、t_i 與 $A_{v,i}$ 則分別代表控制體積之底部高程、頂部高程與俯視面積。藉由式 7-2 與地下水位變化即可求得控制體積內的蓄水量變化。

將區域降雨歷線與地下水歷線起伏變化繪於圖 7-7，圖中顯示兩個階段，在降雨事件之前，地下水歷線持續下降，直至降雨事件發生為止；當降雨事件發生期間，地下水位迅速抬升，此時水位達至最高點。發生為止；當降雨事件發生期間，地下水位迅速抬升，此時水位達至最高點。Healy and Cook (2002)將之稱為地下水位潛在下降量(potential groundwater decline)，可視為系統因河川出滲、邊界流出，甚至人工抽水等行為，導致地下水位持續下降，如降雨期間該下降機制仍持續作用，因降雨實質補注造成之水位抬昇量應為觀測到之抬昇量，再加上潛在下降量。

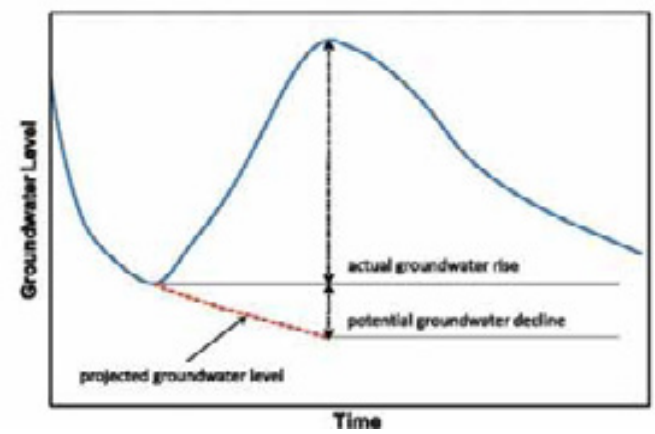


圖 7-7　區域降雨歷線與地下水歷線起伏變化示意圖

圖 7-8 為表層水層之概念模型圖，式(7-3)為系統之水平衡方程式，系統之蓄水量變化，受到抽水量、補注量、側向交換量與其他垂向交換量之影響。其他垂向交換量包含河川出滲量與系統對外部之流失量等。前述所謂之地下水潛在下降量，即為水平衡方程式中的抽水量與其他垂向交換量之和。

$$S_i^t - S_i^{t-1} = \Delta S_i^{t,t-1} = I_i^{t,t-1} - W_i^{t,t-1} - VE_i^{t,t-1} + HE_i^{t,t-1} \qquad \text{(式 7-3)}$$

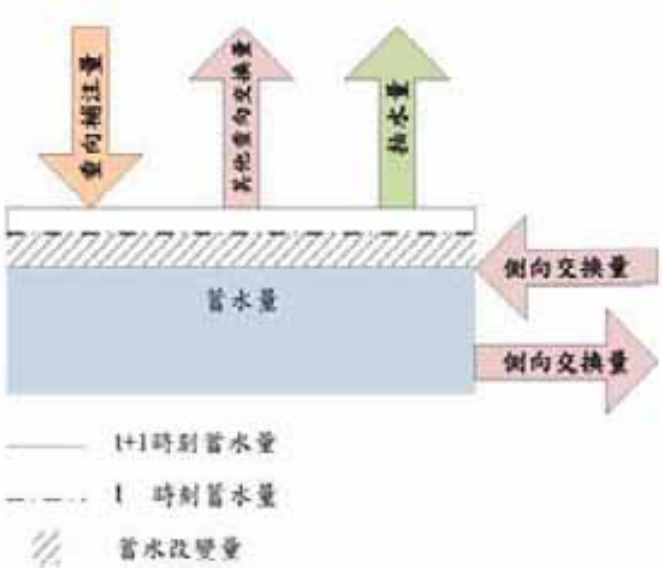


圖 7-8　控制體積進出水量概念模型圖示意圖

其中，S_i^t代表時刻 t 於第 i 個控制體積之地下水儲蓄水量，S_i^{t-1}即代表時刻 t-1 至 t 之蓄水改變量，$I_i^{t,t-1}$、$W_i^{t,t-1}$、$VE_i^{t,t-1}$與$HE_i^{t,t-1}$分別代表於時刻 t 與 t-1 間的地下水補注量、抽水量、其他垂向交換量與水平向交換量。

式 7-2 為控制體積內之水位與蓄水量之轉換關係式，其中因應含水層型態之不同，其計算式亦不同。對於非拘限含水層而言，蓄水量可應用比出水量計算；而對於拘限含水層而言，蓄水量之絕對數值應以孔隙率估算填滿孔隙之水量，與以比儲率計算之彈性蓄水部分，然填滿孔隙之水量不為時間之函數，而為一定值，因此後續估算蓄水改變量(S_i^{t-1})時，該定值會彼此對消，因此在計算上可忽略不計。

式 7-4 是以達西公式計算水平流量，並環繞加總可得與鄰近控制體積之水平交換量。另外，藉由參數與加權平均的方式，計算時刻 t-1 至 t 間之水平交換量。

$$HE_i^{t,t-1} = \left\{ \omega \sum_{j=1}^{M} \left[-\overline{K}_{ij} \frac{h_i^t - h_j^t}{l_{ij}} \right] + (1-\omega) \sum_{j=1}^{M} \left[-\overline{K}_{ij} \frac{h_i^{t-1} - h_j^{t-1}}{l_{ij}} \right] \right\} \times A_{h,ij} \qquad \text{(式 7-4)}$$

$$j \in \bar{R}_i$$

其中，$\bar{R}_i$代表第 i 個控制體積周遭的鄰近控制體積，M_i代表鄰近控制體積個數，$HE_i^{t,t-1}$代表時刻 t-1 至 t 間，由周遭控制體積流入之水平交換量， h_i^t則代表第 i 個控制體積於時刻 t 之水位，$\overline{K}_{ij}$代表第 i 與 j 個控制體積間的等效水力傳導係數，l_{ij}與$A_{h,ij}$則兩鄰近控制體積間的距離與穿越面積。

$$I_i^{t,t-1} - W_i^{t,t-1} - VE_i^{t,t-1} = \Delta S_i^{t,t-1} - HE_i^{t,t-1} \qquad \text{(式 7-5)}$$

由於地下水歷線法是以觀測水位為運算基礎，因此藉由觀測水位，搭配式 7-2 與式 7-4 即可求得$\Delta S_i^{t,t-1}$與$HE_i^{t,t-1}$，如依據已知與未知來作分類，將已知項置放於右方，未知項則放於左方，即可改寫為式 7-5，等號左方之$I_i^{t,t-1}$、$W_i^{t,t-1}$與$VE_i^{t,t-1}$等三項則留待後續推估。由於枯水期間，因缺少降雨而無補注事件，因此枯水期之水位變化與水平交換，則是受到人工抽水($W_i^{t,t-1}$)與其他垂向交換($VE_i^{t,t-1}$)之影響。

江崇榮等人(2004; 2006)與張良正等人(2011)指出，枯水期水位呈現直線下降，由於該時期長期無降雨，因此完全受到抽水之影響，故水位下降之斜率即為區域之平均抽水量，其假設抽水量大小為區域土地利用開發與社經發展之緣故，因此可假設該時期之抽水量為定值。Heppner et al. (2005)指出河川出滲時，由於外部水位比較低，當內部地下水位提高時，造成較大的水力梯度，因此向外流出之量值會隨地下水位或蓄水量的增加而增加，因其為水位或系統蓄水量的函數，越高之水位或越多之蓄水量，則向外流失之量值亦越大，故枯水期之水位歷線或蓄水量歷線並非完全呈現線性，而是約略呈現非線性。

本計畫以枯水期之蓄水量歷線之時序變化，藉由迴歸分析(regression analysis) 求得主要退水線(Master Recession Curve, MRC)，求得蓄水量對單位時間蓄水量減少率之函數關係，推估蓄水量減少率，並利用水平衡觀點，以人工抽水與天然之邊界交換量評估計畫區地下水平衡之各項分量。

1、計畫區儲水體積變化量

地下水儲水體積代表計畫區地下含水層總含水量，計算研究年限內每日之地下水蓄水量可得到地下水蓄水量歷線，若地下水位觀測井所控制的範圍為非受壓含水層，含水層之蓄水體

積計算則可寫為比出水量(S_y)、水深及 Voronoi Diagram 控制面積(A_{uc})的乘積。

Voronoi(1907)提出 Voronoi Diagram 控制面積法，其方法廣泛應用於地球科學領域，可通用於分析多維之空間資料，以供進行特性分區，各分區中任一點之特性以距離最近之資料點來代表，如式 7-6 所示：

$$\mathrm{V}(\mathrm{p_i}) = \{p \mid d(p, p_i) \le d(p, p_j), i \ne j\} \qquad \text{(式 7-6)}$$

其中，$V(p_i)$為 p_i 資料點所控制之空間，d 為距離，p 為空間中任一點。本計畫則繪製名竹盆地 Voronoi Diagram 如圖 7-9 所示，其分區資料如表 7-3。

本計畫計算名竹盆地之蓄水量歷線步驟如下，共分為四個步驟，並將結果繪於圖 7-10：

(1)蒐集名竹盆地各地下水位觀測站日水位資料；

(2)以觀測站位置為控制點位，繪製地下水位觀測站之 Vonoroi diagram 分區。

(3)將其地下水位乘上控制面積與對應之儲水係數或比出水量，加總得到名竹盆地之日相對蓄水量；

(4)將一年 365 天的地下水蓄水量變化繪出為地下水蓄水量歷線圖，簡稱地下水歷線圖。

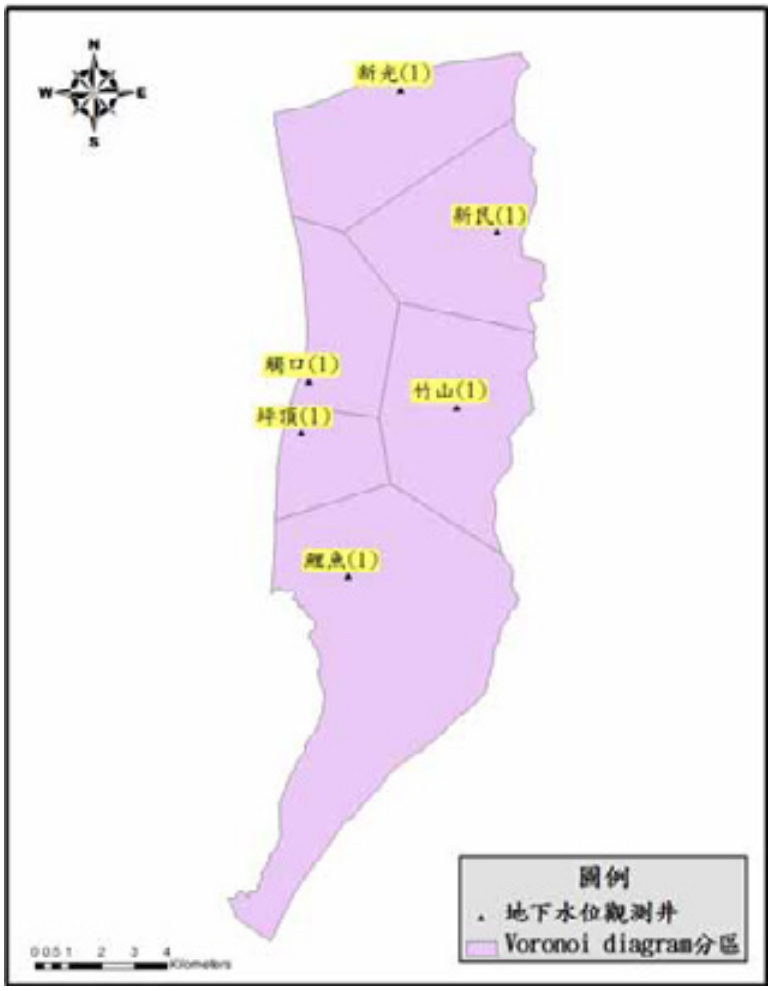


圖 7-9　名竹盆地蓄水量計算分區

表 7-3　各控制站點之控制面積及水文地質資料

井名	地表高層	S_y	控制面積(km^2)	含水層厚度(m)
新民	144	0.26	23.2	40
竹山	151.2	0.152	24.6	30
觸口	113.6	0.26	14.0	30
坪頂	197	0.15	9.0	130
鯉魚	169.6	0.152	53.9	130
新光	222.1	0.152	24.0	130

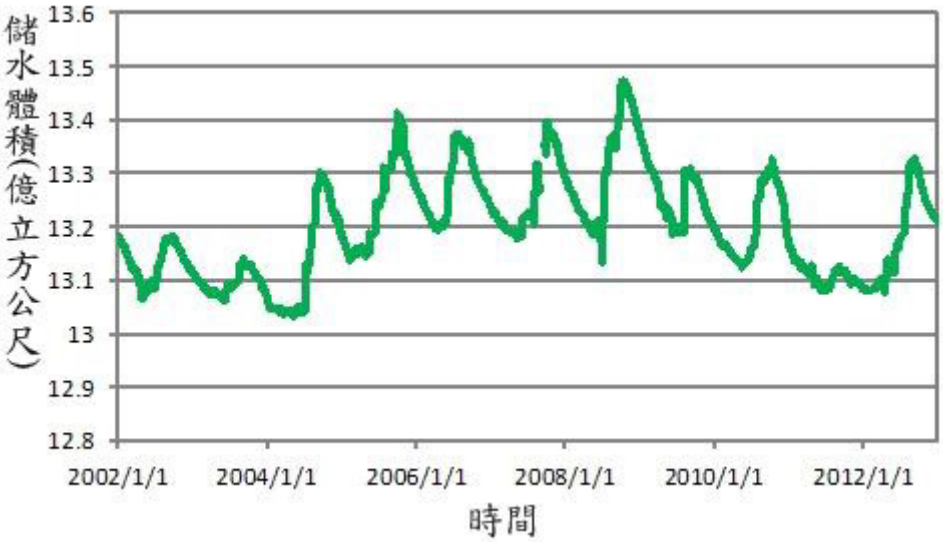


圖 7-10　名竹盆地儲水體積變動結果

2、水平衡分量計算

為了解名竹盆地各項水收支概況，本計畫針對含水層儲水量變化以及各項分量，進行水平衡收支估計如下：

(1) 降雨補注

本計畫第陸章第二節利用河川基流估計法，利用河川流量資料將基流量分離，利用分離出之基流量進行穩定基流分析，採用穩定低流分析方法，以求得穩定基流量，並推估出入滲深度與合理之地下水補注量，可反算本區降雨補注率為0.15，故可利用降雨量資料乘以地下水補注率以及集水面積，即可得地下水補注量。

(2) 北部邊界出流量

根據北區頭嵙山層範圍之地形資料，可見本區北部約略向北傾斜，由於本區地下水位高層與地形一致，故依地表地形高層可畫定本區地下水分水嶺，其中分水嶺以北則補注至台中盆地，分水嶺以南區域地下水流向則往南補注至濁水溪現代沖積層，本區往北補注之分量則以新光站地下水位配合分水嶺劃定後面積估計之。

(3) 隘口地下水出流量

根據第陸章所進行之區域地下水位分析顯示，隘口處可能存在含水層之不連續面，導致水位大幅變化，本計畫利用濁水溪北側社寮(1) 、新民(1)、二水及田中(2)等 4 站井，由上游至下游繪製其水位及井頂高程剖面，新民(1)及二水之間，其水力坡降則明顯大於地表坡降(1.07%)，豐枯水期水力坡降分別為 1.50%及 1.55%，將下游隘口水力坡降訂為 1.5%，並依達西定率計算下游隘口出流量，地下水流通截面積長度則依地表沖積層下游寬度訂定，高則依含水層底部至地下水位面計算之。水力傳導係數則參照本計畫完成之水力傳導係數等值圖訂為 10^{-4}m/s。

(4)抽用量

由於名竹盆地目前亦無全面性之水井普查，根據中央地質調查所(1996)於濁水溪中游地區地下水補注調查與評估中進行之水井及抽水量調查，以單井平均抽水率、抽水井密度、抽水日以及區域面積估算抽水量為 9,175,362 立方公尺，加上自來水公司於竹山營運所與南投營運所之抽用地下水出水量，顯示名竹盆地年抽水量約 1,100 萬立方公尺左右。

(5)河水補注量

根據計畫區邊界設定，可將計畫區水平衡寫為

$$\Delta S = R_p + Q_{gw\text{-}sw} - Q_p - Q_{out} \qquad \text{(式7-7)}$$

其中ΔS 為含水層體積變化量，R_p 為降雨補注量，$Q_{gw\text{-}sw}$ 為地面水補注量，Q_p 為抽取量，Q_{out} 為地下水流出量，包括北側及隘口出流量。根據上式水平衡之成果，即可計算河水補注量如表 7-4 所示。

表 7-4　名竹盆地地下水水平衡分析結果(單位：億立方公尺)

年分	儲水體積變動量	雨量 (mm)	降雨補注	北側出流量	下游出流量	河水補注量	地下水補注河水量
2002	-0.066	1672	0.24	0.77	0.185	1.07	0.42
2003	-0.052	1497	0.21	0.54	0.184	1.18	0.72
2004	0.122	2493	0.36	0.56	0.187	2.41	1.90
2005	0.089	2851	0.41	0.86	0.190	3.15	2.42
2006	-0.032	2440	0.35	0.75	0.190	2.06	1.50
2007	0.059	3070	0.44	0.51	0.190	2.81	2.49
2008	0.077	3093	0.44	0.79	0.190	2.94	2.32
2009	-0.179	1865	0.27	1.13	0.188	2.21	1.34
2010	-0.031	2167	0.31	0.57	0.187	1.31	0.89
2011	-0.081	1814	0.26	0.63	0.186	1.09	0.61
2012	0.123	2960	0.42	0.53	0.189	1.86	1.44
平均	0.003	2357	0.34	0.69	0.188	2.01	1.46

第捌章　地下水開發情境模擬及對週遭環境影響

一、地下水數值模式建置

為了解名竹盆地地下水開發行為對於週遭環境之影響，利用美國地質調查所開發之 MODFLOW 模式進行名竹盆地地下水流 3 維數值模式建置，模式基本設定及參數率定成果如下所述：

1、模式基本設定

(1)模式範圍

本數值模擬目的在於預測地下水開發後對於週邊環境之影響，包含對於下游濁水溪沖積扇及名竹盆地範圍內河川，因名竹盆地內水系發達，除濁水溪及清水溪主流外，有諸多支流分佈，故於模式範圍選定原則依名竹盆地週邊河川子集水區予以劃設，另車籠埔斷層位於名竹盆地東側，為一含水層不連續面，故於模式東側邊界係沿車籠埔斷層劃設，此外，為了解名竹盆地地下水開發對隘口流出量之影響，於西側則往濁水溪沖積扇延伸一定距離，模式範圍如圖 8-1 所示

圖 8-1　本計畫數值模式模擬範圍

(2)邊界設定

於邊界設定方面，在名竹盆地與濁水溪沖積扇部分扇頂區之邊界設定方面，北邊界與南邊界原則係沿著子集水區位置劃定，故設定為零流量邊界；東邊界則沿著車籠埔斷層劃定邊界範圍，亦設定為零流量邊界；西邊界以觀測水位線性內插為已知水頭邊界，平均水頭設定為 30.2 公尺，數值模型整體邊界設定如圖 8-2 所示。

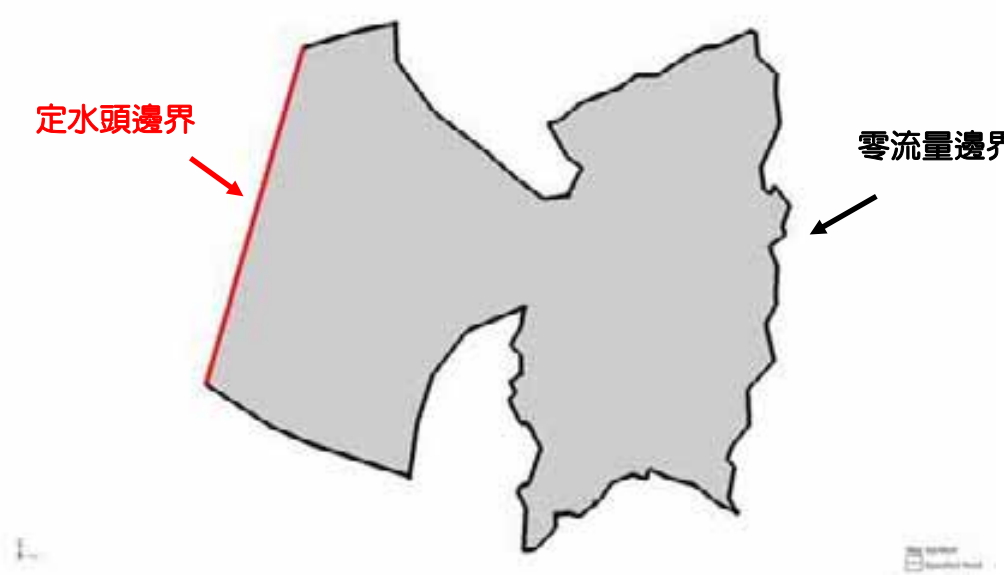


圖 8-2　模式邊界設定

(3)地層分層及離散網格設定

模式數值之地層分層原則依照前述水文地質架構進行含水層概念分層切分，原則上以現代沖積層為第一含水層，厚度約 20 公尺至 33.5 公尺之間，而於山區部份則依地表高程與第一含水層底部高程予以劃分，亦視為第一含水層；第一含水層以下則皆為頭嵙山礫石層，然而尚無鑽探資料可顯示頭嵙山層的厚度，故將頭嵙山層的底部高程設定為-100 公尺，另外隘口西側之濁水溪沖積扇扇頂則為厚度甚厚之現代沖積礫石層，故自隘口起至西側模式分層僅延伸第一含水層，厚度為地表高程至-100 公尺，而代表頭嵙山層之第二含水層

則予以沒入。藉由地表與各含水層之底部高程，將有限的鑽探井資料以 XYZ 三維座標分佈，或稱數值地形模型(Digital Terrain Model, 簡稱 DTM)，內插至整個模擬範圍，如此可得到含水層水平與垂直空間範圍，完成概念模型，而後根據模擬範圍建立有限差分之離散網格。

考慮模擬範圍內數值計算之精度，採用邊長 100 公尺之正方形作為水平離散網格；垂直離散網格則以每一含水層為一個網格，網格垂向長度即為各地層之厚度，總共有 22,085 個網格，其概念模型分層建立與離散網格如圖 3-134 所示。

(4)水文地質參數分區與設定

於模式水文地質參數分區部份原則依據地質特性予以劃分，總計劃分為 10 區，如圖 8-3 所示。在水力傳導係數(K)初始值原則參考相關資料，依據各分區之地質岩性予以給定，於現代沖積層約 10^{-3}m/s 至 10^{-4} m/s，而頭嵙山層約 10^{-5}m/s 至 10^{-7} m/s 之間；比出水量(S_y)初始值亦參考相關資料設定為 0.33，其後於模式率定過程中，分別合理調整以獲得較佳水文地質參數值分佈。

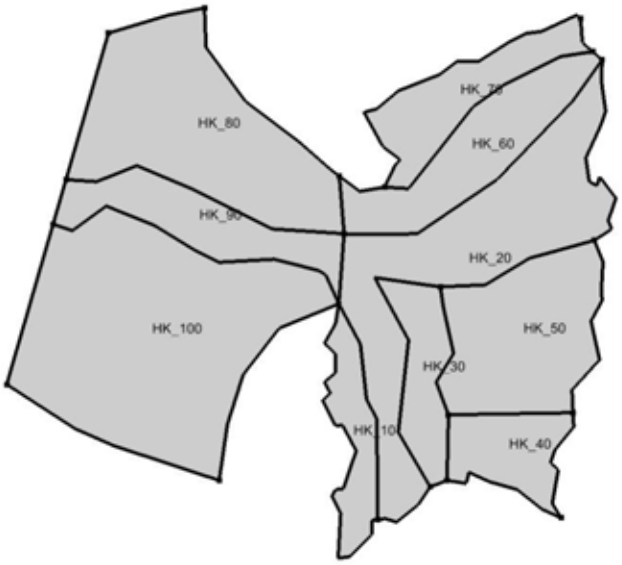


圖 8-3　水文地質參數分區圖

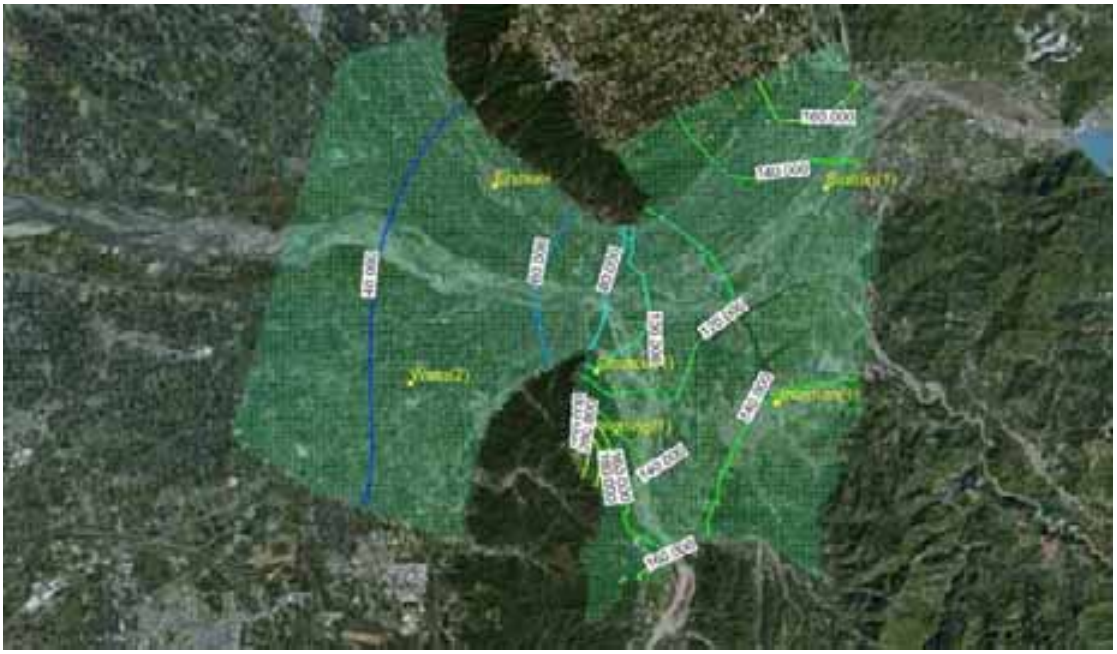
(5)河川模擬套件設定

由於名竹盆地範圍水系發達，河川與含水層相互關係緊密，由於具有流量紀錄資料之河川僅有濁水溪、清水溪及東埔蚋溪等 3 河川，其餘支流則無相關資料可供利用，為有效模擬河川與含水層間之相互關係，採用 2 種不同模擬套件進行設定，對於具有流量資料可供利用之 3 河川採用河流演算模組 SFR 設定，而無流量等基本資料可供參考之支流，則依水系分佈圖予以劃定，並以河流模組 RIVER 設定；其中，SFR 模組需輸入資料包含河道路徑、河川斷面、河川上游與下遊之河床高層、河床水力傳導係數、河床底泥厚度以及主河道與河道兩岸之曼寧係數 n 值等，而上游與下游分別為該河組(segment)之第一河段(reach)與最後一個河段，若上、下游給定不同值，模式將對該段河道進行線性內插，除了高程設定不同外，其餘參數先給定相同值，本模式於 SFR 模組設定原則參考 2012 年中央地質調查所「台灣山區地下水資源調查研究整體計-第一期:台灣中段山區地下水資源調查與評估(3/4)」計畫於名竹盆地所建置之模式設定方式，SFR 模組設定完成後，於各河段輸入上游流量資料，即可進行 1 維河道演算。另研究範圍內之支流，則採 RIVER 模組進行設定，設定河床水力傳導係數、上游與下游之河床高程及河川水位高，如圖 8-4 所示。

圖 8-4　模式河川設定圖

(6)初始水位與雨水入滲補注率設定

模式初始水位採用 2012 年 1 月 1 日於水利署觀測井日水位資料及前期計畫觀測水位資料予以給定，水位等值線如圖 8-5 所示，而於雨水入滲補注率設定部份，採用補注率 0.15 配合實際降雨量予以設定。



(單位：公尺)

圖 8-5 初始水位等值線

2、參數率定

模式建置完成後，將依據觀測井水位歷線進行各項率定工作，包括水文地質參數、SFR 模組河床底泥水力傳導係數及 River 模組水位與水力傳導係數等，率定成果原則應符合觀測水位歷線之趨勢。由於含水層出水能力分析成果顯示，第二含水層出水能力較差，較不具開發效益，故模式之率定原則以第一含水層為對象，此外如位於山區之觀測井因其地下水特性複雜，故亦未將其納入率定範圍。首先針對水文地質參數分區就整體地下水水位趨勢過高或過低進行調整水文地質參數調整，率定結果如表 8-1 所示；其後，則針對位於鄰近河川之地下水觀測井，因其受河川影響較大，因此配合河道流量大小及地下水水位起伏率定河床底泥水力傳導係數及 RIVER 模組之水力傳導係數與水位高，使其地下水水位模擬正確，其 SFR 模組底泥水力傳導係數率定結果如表 8-2 所示，而 RIVER 模組之水力傳導係數與水位高率定結果如表 8-3 所示。各觀測井率定模擬水位與實測水位之比較如圖 8-6 所示。

表 8-1　水力傳導係數率定結果

區域名稱	K (m/d)
HK_10	11
HK_20	30
HK_30	20
HK_40	8
HK_50	20
HK_60	12
HK_70	12
HK_80	10
HK_90	51
HK_100	12

表 8-2　SFR 模組之河床水力傳導係數率定結果

河段編號	上游	下游
	河床水力傳導係數(m/d)	河床水力傳導係數(m/d)
Chin	0.01	0.01
DPLK	0.08	0.08
LTK_1	0.001	0.001
LTK_2	0.1	0.1
LTK_3	0.1	0.1
LTK_4	0.02	0.02

表 8-3　RIVER 模組之河床水力傳導係數與水位高率定結果

河段編號	上游		下游	
	河川水位高(m)	河床底部高程(m)	河川水位高(m)	河床底部高程(m)
RIV_1	155.2	155.17	93	92.66
RIV_2-1	192	191.76	152.5	152
RIV_2-2	160	159.28	152.5	152
RIV_2-3	152.5	152	112	111.41
RIV_3	184	182.96	92	90.95

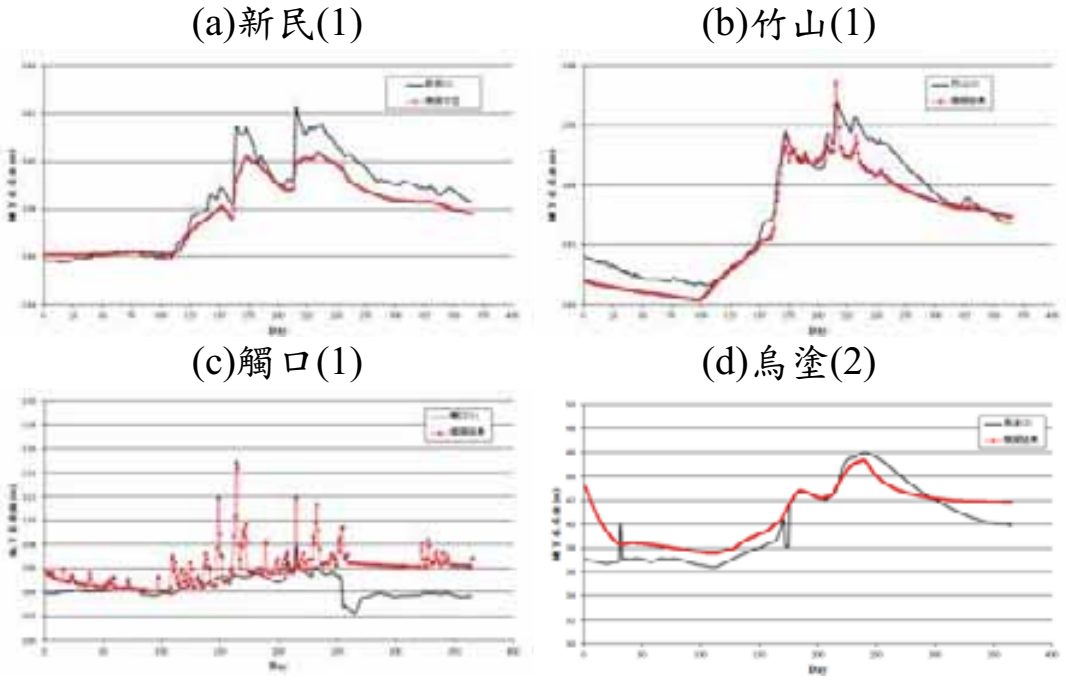


圖 8-6　觀測井地下水水位率定成果圖

二、地下水開發潛能評估

地下水開發潛能評估過程,需考量地下水開發之限制與目標，一般而言地下水開發需滿足以下限制及目標(Bear, 1979)：

1、地下水水位不得低於或高於最小或最大水位限制值。

2、開發區域內湧泉(spring)流量不得低於最小限制流量。

3、河川基流量(base flow)不得因地下水開發低於最小限制基流量。

4、於開發區域抽汲之地下水水質項目濃度不得高於最大標準值。

5、地層下陷量不得高於最大地層下陷容許值。

6、全數地下水抽水量應滿足區域用水需求。

7、單井抽水量不得高於含水層出水能力。

8、補注於含水層之水量應於含水層停留時間不得低於最小限制時間。

9、海水入侵範圍不得超越最大限制範圍。

10、地下水開發方案應滿足最大淨效益(total net benefits)原則。

11、單位地下水開發量應滿足最低成本原則。

12、開發方案應使所需能源耗損最小化。

綜合前述,地下水開發潛能評估過程需考量主要之三項條件，第一項為開發行為應不致產生不良影響(如水位過低、湧泉流量過低、河川基流量過低、地層下陷及海水入侵等)，第二項為開發行為應滿足預訂開發區域之含水層特性(如出水能力及流動速率)，最後則為經濟層面考量，包含需滿足區域用水需求、開發之最大效益及開發之最小成本等，本計畫於地下水開發潛能評估就此三項條件綜合評析，以作於計畫區域內規劃適宜開發方案之基礎。

(一)地下水水資源可開發區域評析

由於本計畫區域面積廣達 76.05 平方公里，如扣除車籠埔斷層以東面積 17.6 平方公里，主要可能開發區域面積亦達 58.45 平方公里，此區域地質特性複雜，包含現代沖積層、頭嵙山層及台地堆積層等，並非全數範圍均滿足地下水開發條件，即其是否具含水層特性應先行探討，對於含水層定義於美國地質調查所及歐洲聯盟(European Union，EU)，以下簡述其定義：

1、美國地質調查所(http://water.usgs.gov/nawqa/studies/praq/)：

含水層係指一地質構造、一組地質構造或某一地質構造之一部份，其含有充足的飽和滲透性材料，並可藉由水井及湧泉產出顯著的水量。

2、歐洲聯盟

(http://www.eea.europa.eu/themes/water/wise-help-centre/glossary-definitions/aquifer)：

含水層指地表下具有充足孔隙率及滲透性之土層、岩層或其他地層，容許地下水於其間顯著流動或可抽汲顯著之水量。

由美國地質調查所及歐洲聯盟對於含水層之定義均指出含水層需具有可抽汲顯著水量之特性，即指含水層應具有足夠之出水能力，而對於含水層出水能力之判別多由水力傳導係數(K)為之，對於含水層出水能力及水力傳導係數之關係如表 8-4 所示(Bear, 1979)，由表可見水力傳導係數小於 10^{-4} m/s 係屬半透水性，而水力傳導係數小於 10^{-5}m/s 即屬不良含水層。此外，水力傳導係數可能影響地下水開發規模，一般而言當含水層流通係數(transmisivity, T)大於 124m^2/day (1000gpd/ft)，此等含水層才適合作為工業、公共或農業等標的用水使用(Driscoll, 1986)，如以本計畫區域現代沖積層厚度約 40 公尺推估，即水力傳導係數 K 值

需大於 3.59×10^{-5}m/s 始適宜作為工業、公共或農業使用，綜合上述，為確保可開發區域出水能力得滿足未來可能開發規模，本計畫以水力傳導係數大於 10^{-4}m/s 為可開發區域劃定原則。

表 8-4　標準水力傳導係數與透水性關係表

<table>
<tr><td>水力傳導係數
對數值
($Log_{10}K$)
(m/sec)</td><td>0</td><td>-1</td><td>-2</td><td>-3</td><td>-4</td><td>-5</td><td>-6</td><td>-7</td><td>-8</td><td>-9</td><td>-10</td><td>-11</td><td>-12</td><td>-13</td></tr>
<tr><td>滲透性
(Permeability)</td><td colspan="5">透水
(pervious)</td><td colspan="3">半透水
(Semipervious)</td><td colspan="6">不透水
(Impervious)</td></tr>
<tr><td>含水層
(Aquifer)</td><td colspan="6">優良
(Good)</td><td colspan="3">不良
(Poor)</td><td colspan="5">非含水層
(None)</td></tr>
<tr><td>土壤
(Soil)</td><td colspan="3">乾淨礫石
(Clean gravel)</td><td colspan="3">乾淨砂或砂與礫石
(Clean sand or sand and gravel)</td><td colspan="3">極細砂、粉土、黃土、壤土、鹼土
(very fine sand, silt, loess, loam, solonetz)</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td>岩石
(Rock)</td><td colspan="3"></td><td colspan="3">油岩
(礫岩、砂岩)
(Oil rocks)</td><td colspan="2">砂岩
(Sandstone)</td><td colspan="3">優良石灰岩及白雲岩
(Good limestone, dolomite)</td><td colspan="2">角礫岩及花崗石
(Breccia, granite)</td></tr>
</table>

(參考資料來源：Bear, 1979)

於可開發區域劃定分析工作將計畫區域依水文地質架構區隔第 1 概念分層(淺層，厚度 20 公尺至 40 公尺不等)及第 2 概念分層(深層，深度大於地表下 40 公尺，厚度大於 200 公尺)等 2 類各別探討，分析結果如下所述：

1、第 1 概念分層：

於前述水文地質模型之第 1 概念分層部份，依據前期計畫及本計畫所進行之水文地質參數探查成果，總計 46 筆之水力傳導係數 K 值大致介於 10^{-2}m/s 至 10^{-7}m/s 之間，如以區域區隔，則位於濁水溪沿岸 K 值大致介於 10^{-3}m/s 至 10^{-5}m/s 之間，而於清水溪沿岸 K 值則大致介於 10^{-3}m/s 至 10^{-7}m/s 之間，於清水溪沿岸之變異相較於濁水溪沿岸為大，且多數小於 10^{-6}m/s；

另於竹山平原之 K 值則大致介於 10^{-4}m/s 至 10^{-5}m/s 之間，呈現距河道愈遠 K 值愈小之特性；另八卦山台地以新光(1)為代表點位，其 K 值亦小於 10^{-4}m/s。利用該 46 筆 K 值數據及分佈特性，配合計畫區域地形可繪製於第 1 概念分層之 K 值等值線，如圖 8-7 所示，顯示 K 值分佈大致呈現自河道中心往外遞減趨勢，具較高 K 值範圍大致分佈於濁水溪沿岸之現代沖積層範圍。

2、第 2 概念分層：

於第 2 概念分層之水力傳導係數資料僅 7 筆，圖 8-8 為第 2 概念分層 K 值分佈，可發現於第 2 概念分層之 K 值均小於 10^{-4}m/s。

由於名竹盆地範圍含水層於垂向可大致區分水力傳導係數較高之第 1 概念分層(現代沖積層)及水力傳導係數較低之第 2 概念分層(頭嵙山層)，依據地質鑽探及歷史地下水水位分析成果顯示，於名竹盆地前述兩分層間並無明顯不透水層阻隔，均屬非揭限含水層，故兩分層間地下水可垂向交換流通，僅其水力傳導係數存有差異，為分析名竹盆地較佳之取水深度，假設 2 種取水深度情況，包含淺層取水(取水深度為地表下 10 公尺至地表下 40 公尺)及深層取水(取水深度於地表下 40 公尺至地表下 100 公尺)，計算於以相同洩降量條件下之取水量進行比較，而於兩分層之水力傳導係數則分別採地下水觀測網新民(1)及新民(2)分別為 2.21×10^{-4}m/s 及 3.33×10^{-5}m/s 代表，並假設水井井徑為 40 公分及洩降量為 10 公尺，採非揭限含水層抽水穩態方程式推算其取水量，如下式(Bear, 1979)：

$$H_0^2 - h_w^2 = \frac{Q_w}{\pi K} \ln(R / r_w) \qquad \text{(式 8-1)}$$

$$h_w = H_0 - s_w \qquad \text{(式 8-2)}$$

其中，H_0為含水層厚度，h_w抽水井內水位距含水層底部高度，s_w則為抽水井內洩降，Q_w為抽水量，K為水力傳導係數，R為抽水影響半徑，r_w為井徑。

而影響平徑(R)可利用經驗公式推求，如下式(Bear, 1979)：

$$R = 3000 s_w K^{1/2} \qquad \text{(式 8-3)}$$

不同取水深度取水量計算成果如表 8-5 所示，於淺層取水情況下，其取水量可達 0.0495cms，而深層取水則僅為 0.019cms，約為淺層取水之 38%。

表 8-5　淺層及深層取水量比較表

取水深度	含水層厚度 (m)	水力傳導係數 (m/s)	洩降量 (m)	影響半徑 (m)	井徑 (m)	取水量 (cms)
淺層	30	2.21×10^{-4}	10	445.98	0.4	0.0495
深層	60	3.33×10^{-5}	10	173.12	0.4	0.0190

另考量混層抽水情況,計算不同設井深度情況下之取水量，混層抽水情況之水力傳導係數則以前述兩分層水力傳導係數及各別含水層厚度計算等效水力傳導係數代表之，由於設井深度可代表其建造成本,故以單位設井深度取水量作為比較之基礎，計算成果如表 8-6 所示，以相同洩降量條件下，單位設井深度取水量隨設井深度遞減，整體而言，淺層取水較深層取水及混層取水均較具效率，故於名竹盆地應以淺層取水，即地表至地表下 40 公尺間為較佳之取水深度。

表 8-6　不同設井深度之單位深度取水量比較表

設井深度 (m)	含水層厚度 (m)	等效水力傳導係數 (m/s)	取水量 (cms)	單位深度取水量 (cms/m)
40	30	2.21×10^{-4}	0.0495	0.00124
50	40	1.74×10^{-4}	0.0555	0.00111
60	50	1.46×10^{-4}	0.0606	0.00101
70	60	1.27×10^{-4}	0.0652	0.00093
80	70	1.14×10^{-4}	0.0695	0.00087
90	80	1.04×10^{-4}	0.0736	0.00082
100	90	9.59×10^{-5}	0.0776	0.00078

整體而言，如以 10^{-4}m/s 為出水能力優良與否之分野，則可發現於第 1 概念分層以濁水溪沿岸現代沖積層及竹山平原部份台地堆積層出水能力較佳，其餘地區則呈現出水能力較差情況，由表 8-6 可知以相同洩降量條件下，單位設井深度取水量隨設井深度遞減，若深層取水則效率反而較淺層取水不佳，且第 2 概念分層均屬出水能力較差之地層，故本計畫可開發區域原則即為第 1 概念分層(淺層含水層)K 大於 10^{-4}m/s 區域，面積約為 26.51 平方公里，如圖 8-9 所示。

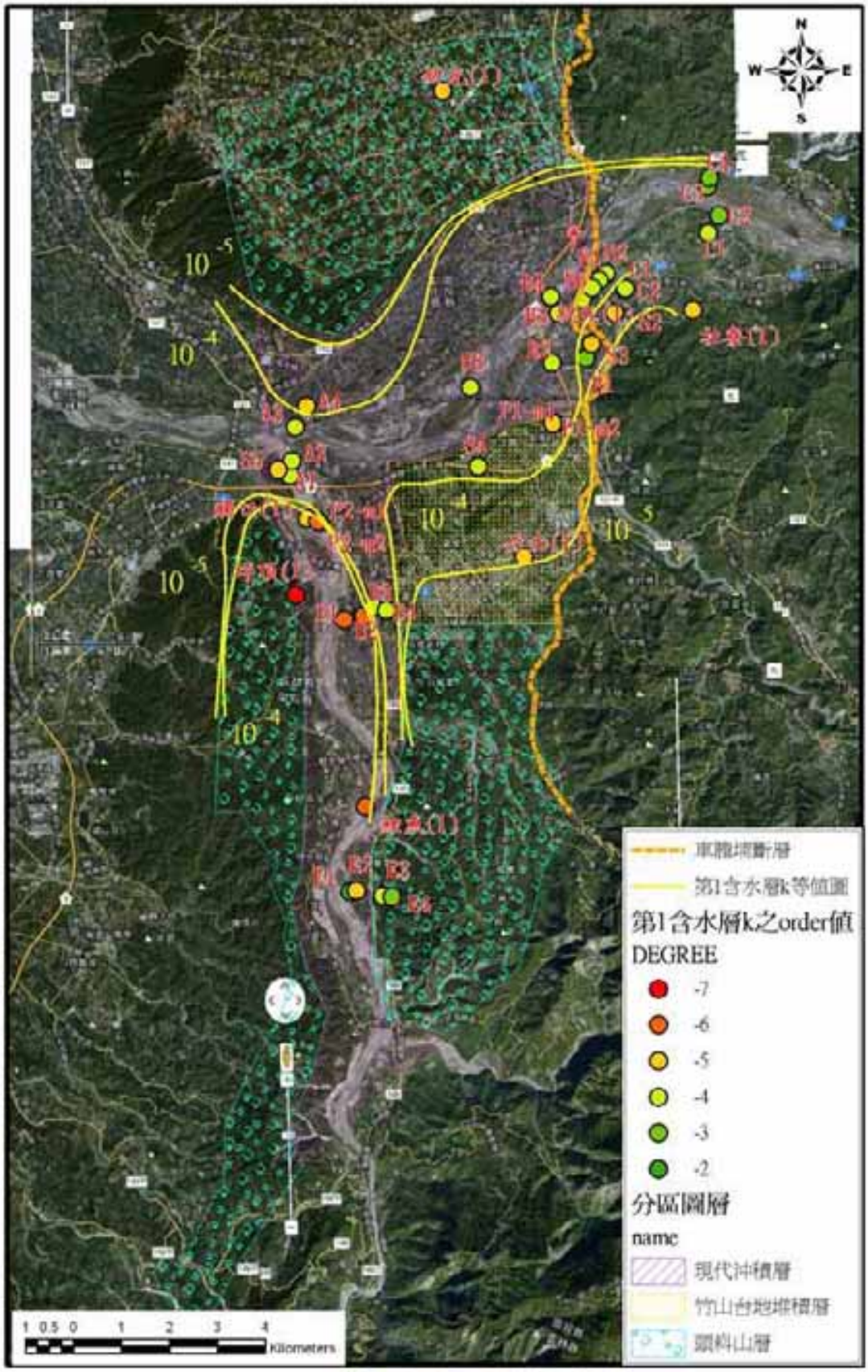


圖 8-7　計畫區域第 1 概念分層水力傳導係數(K 值，m/s)等值線圖

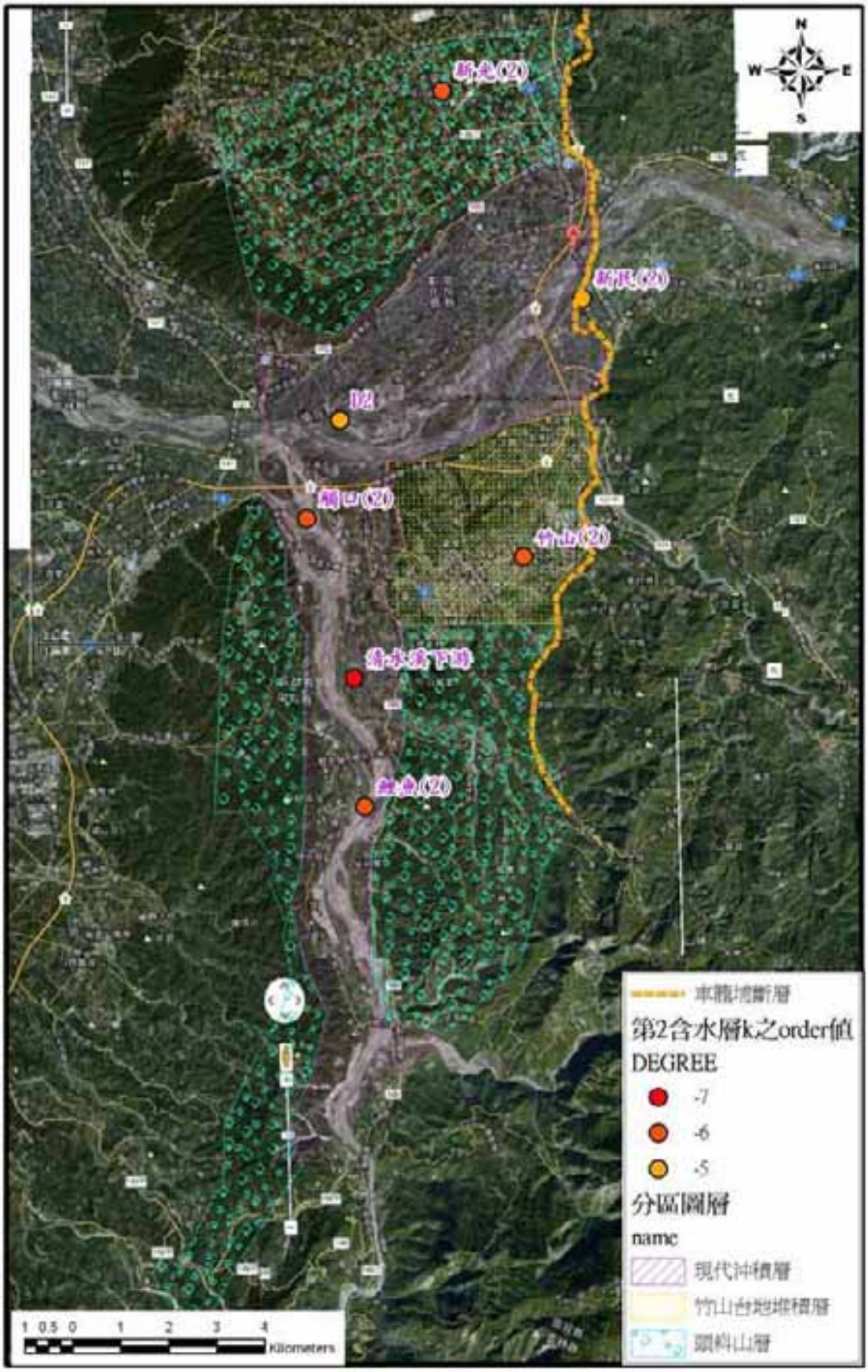


圖 8-8　計畫區域第 2 概念分層水力傳導係數(K 值，m/s)分佈

圖 8-9　可能開發區域範圍(K>10^{-4}m/s)

(二)可開發區域水平衡分析

依據國外案例對於地下水資源評估方法中，利用含水層之水平衡分析用以評析穩態行為下區域地下水資源概況(Dickerman et al., 1997; Healy et al., 2007; Nelms and Moberg, 2010; Garner et al., 2013) ，如以可開發區域淺層含水層為水平衡分析對象，則其水文因子包含降雨入滲補注量(R_p)、農田灌溉補注量(R_i)、含水層流入量(Q_{in})、含水層流出量(Q_{out})、地下水抽水量(Q_p)、地面地下水交換量(Q_{gw-sw})及地下水儲蓄變化量(ΔS)等，而由於本計畫水平衡分析係以含水層為對象，一般於水平衡方程需考量蒸發散量，因地下水埋深之故，影響甚微(Bear, 1979)，故予以忽略不計，於可開發區域水平衡概念大致如圖 8-10 所示。於可開發範圍之含水層水平衡方程大致可寫為下式：

$$\Delta S = R_p + R_i + Q_{in} - Q_{out} - Q_p - Q_{gw-sw} \qquad \text{(式 8-4)}$$

上式各項水文因子除地面地下水交換量較難實際量測求得，且本計畫區域因地下水位較高，導致地面地下水相互作用頻繁，故地面地下水交換量為本計畫水平衡分析主要推求對象，因此式 8-4 可移項修改為：

$$Q_{gw-sw} = R_p + R_i + Q_{in} - Q_{out} - Q_p - \Delta S \qquad \text{(式 8-5)}$$

此外，由於計畫區域水文現象因集集攔河堰操作營運後出現較為明顯影響，因此本計畫分析時間以集集攔河堰起始操作之 2002 年至 2012 年；由於計畫區域豐枯差異甚大，本計畫亦將水平衡分析之期距縮短為各月份分析，以了解於不同水文情況下之地下水資源情況，以下就各項水文因子計算方法及成果詳予說明，各項水平衡因子每月估算結果，則綜整於表 8-7：

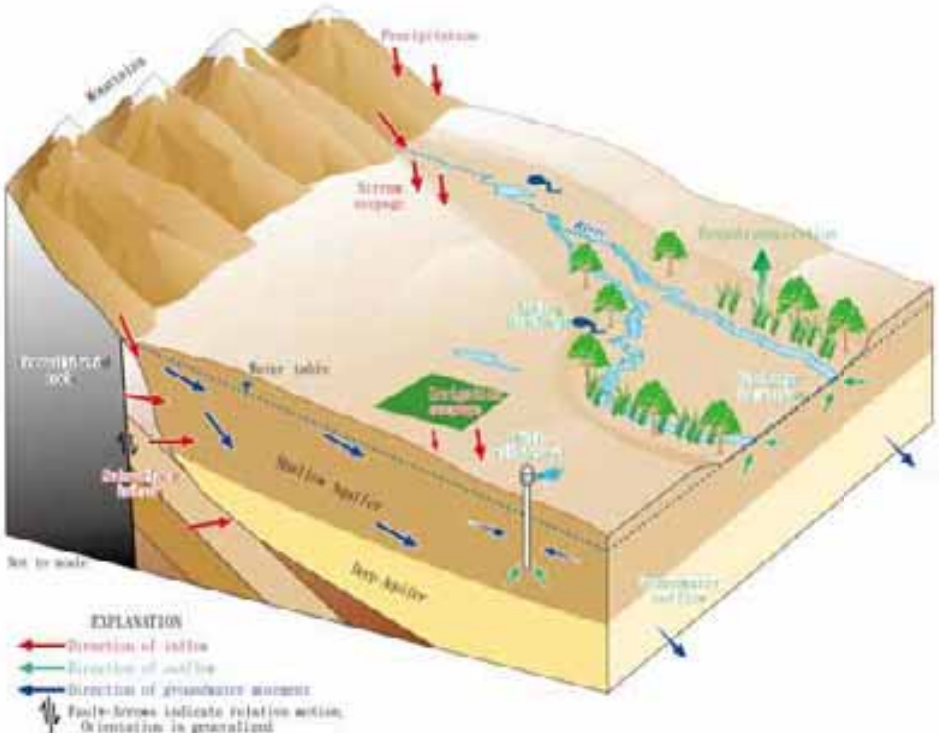


圖 8-10　可能開發區域水平衡分析概念示意圖(修改自 Lambert et al., 2011)

1、降雨入滲量(R_p)

於降雨入滲量推估主要係依據第陸章水源補注機制探討分析成果，顯示於濁水溪沿岸淨入滲率(C)為 15%，另外，統計鄰近計畫區域之林內雨量站自 2002 年起之月累積降雨量(P)，利用淨入滲率、月累積降雨量及可入滲面積(A_p)(於灌溉期間為可開發區域面積(A)扣除農田面積 (A_f)後剩餘面積為 15.23km^2，於非灌溉期間則為可開發區域面積(A)26.51km^2)，即可依下式計算每月降雨入滲補注量(R_p)：

$$R_p = P \times A_p \times C \qquad \text{(式 8-6)}$$

自 2002 年 1 月至 2012 年 12 月降雨入滲量計算成果如表 8-7 所示，年累積降雨入滲量介於 264.28 萬立方公尺(2007 年)與 566.89 萬立方公尺(2012 年)之間，各月平均降雨入滲量則介於 2.16 萬立方公尺(11 月)與 86.71 萬立方公尺(8 月)之間。

2、農田灌溉補注量(R_i)

農田灌溉補注量主要依據中國水利電力部研究於礫石層之水稻田入滲率(Φ)為 3mm/day，並依據雲林農田水利會各埤圳用水紀錄，了解一期作及二期作施灌時間(T_i)大致由 1 月至 10 月均需施灌(包含整田)，並配合於可開發區域內農田面積(A_f)11.28 平方公里，利用下式計算農田灌溉補注量(R_i)：

$$R_i = T_i \times \Phi \times A_f \qquad \text{(式 8-7)}$$

自 2002 年至 2012 年間年農田灌溉補注量為 1,028.31 萬立方公尺，於施灌期間月農田灌溉補注量介於 94.71 萬立方公尺(2 月)至 104.86 萬立方公尺(1、3、5、7、8 及 10 月)之間。

3、含水層流入量(Q_i)

由可開發區域之含水層區位可得知，含水層流入量可區分為北側由八卦山台地側向補注量及南側由竹山平原側向補注量等 2 項，而於東側車籠埔斷層則視為無側向補注量流入，利用含水層厚度(H)、南北兩側水力傳導係數(K)、水力梯度(i)及可開發區域邊界長度(L)，即可以達西定律(Darcy's Law)推求其側向補注量，如下式：

$$Q_i = K \times i \times H \times L \qquad \text{(式 8-8)}$$

計算過程含水層厚度合理假設為 40 公尺，而於水力梯度部份，於北側地形屬八卦山台地，地勢變化較大，故採用新光(1)及新民(1)觀測井月平均水位及 2 觀測井距離估算，於南側因屬平原地形水力梯度變化較緩，且無充足水位資訊可供估算(僅有竹山(1)觀測井)，故於南側係採用 2012 年等水位線推求水力梯度，由於各月份變化不大，故採用枯水期 2 月等水位線推估之水力梯度為代表約為 0.0045，另於水力傳導係數於北側以新光(1)及新民(1)觀測井水力傳導係數值之幾何平均數(3.4×10^{-5}m/s)代表之，而南側則採用竹山(1)水力傳導係數(1.17×10^{-5}m/s)代表。

估算結果顯示，自 2002 年至 2012 年間北側側向補注量介於 1,114 萬立方公尺至 1,978 萬立方公尺之間，而南側側向補注量則約為 52.29 萬立方公尺，故於可開發區域年地下水流入量則介於 1,166.64 萬立方公尺至 2,030.46 萬立方公尺之間。

綜合上述，於可開發區域範圍之地下水補注量包含地面補注(降雨入滲補注及農田灌溉補注)及側向補注(北側八卦山台地及南側竹山平原)，予以加總可得知於可開發區域內之年補注量介於 2,644.06 萬立方公尺與 3,466.59 萬立方公尺之間。

4、含水層流出量(Q_{out})

依地下水流向顯示於可開發區域範圍含水層流出量應僅為隘口流出至濁水溪沖積扇水量，而隘口流出量之估算亦利用上述達西定律推估之，隘口處水力傳導係數採用 2001 年經濟部水利處(水利署前身)「濁水溪林內河段與二水河段取水工程調查規劃報告」淺層含水層等效水力傳導係數(3.56×10^{-4}m/s)，而隘口處水力梯度則亦由 2012 年等水位線進行估算代表，由於各月份等水位線變化不大，故採用枯水期 2 月估算之水力梯度代表約為 0.015，此外，含水層厚度及隘口長度分別設定為 40 公尺及 2,500 公尺，推估結果顯示，隘口地下水年流出量約為 1,575.73 萬立方公尺。

5、地下水抽水量(Q_p)

由於可開發區域缺乏地下水抽水量實際調查資訊，且可開發區域多為濁水溪沿岸高灘地及河道，地下水抽用行為應為高灘地農民耕作用私井抽水為主，而農業行為較不受時間影響，故採用 1996 年經濟部水資源局「濁水溪中游地區地下水補注調查與評估」報告中於可開發區域(Ⅰ區)之調查推估值每年 164 萬立方公尺代表。另外，經調查於鄰近可開發區域之雲林觸口淨水場目前每日抽水量約 2 萬立方公尺，但因該淨水場位於可開發區域之外，故未將其納入地下水抽水量之計算。

6、地下水儲蓄變化量(ΔS)

於可開發區域地下水儲蓄變化量估算則利用於範圍內之新民(1)觀測井月平均水位變化量(Δh)資料，配合可開發區域面積(A)及含水層孔隙率(n)代表值，以下式計算：

$$\Delta S = n \times A \times \Delta h \qquad \text{(式 8-9)}$$

地下水儲蓄量推估成果顯示自 2002 年至 2012 年間，於可開發區域內含水層年計儲蓄量變化大致介於-1,768.48 萬立方公尺與 3,390.94 萬立方公尺之間(負值代表儲蓄量減少)。

表 8-7　可開發區域水平衡因子計算成果表

日期 (mm-dd)	降雨入滲補注 (10^4m^3)	農田灌溉補注 (10^4m^3)	含水層流入量 (10^4m^3)	含水層流出量 (10^4m^3)	地下水抽水量 (10^4m^3)	地下水儲蓄變化量 (10^4m^3)	地面地下水交換量 (10^4m^3)
Jan-02	6.86	104.86	135.04	133.83	13.93	-970.37	1,069.37
Feb-02	0	94.71	115.39	120.88	12.58	-279.06	355.71
Mar-02	4.11	104.86	116.64	133.83	13.93	44.09	33.77
Apr-02	0.24	101.48	104.56	129.51	13.48	-183.96	247.24
May-02	45.25	104.86	98.04	133.83	13.93	7.67	92.71
Jun-02	30.46	101.48	90.62	129.51	13.48	1,100.31	-1,020.75
Jul-02	83.64	104.86	88.91	133.83	13.93	967.61	-837.96
Aug-02	36.79	104.86	94.15	133.83	13.93	919.2	-831.15
Sep-02	26.21	101.48	112.11	129.51	13.48	-1,381.42	1,478.22
Oct-02	0	104.86	119.15	133.83	13.93	-773.92	850.17
Nov-02	2.88	0	112.54	129.51	13.48	-460.02	432.45
Dec-02	27.84	0	117.16	133.83	13.93	-758.61	755.85
Jan-03	7.54	104.86	118.32	133.83	13.93	-770.88	853.83
Feb-03	5.06	94.71	101.82	120.88	12.58	-17.77	85.9
Mar-03	5.94	104.86	104.35	133.83	13.93	359.65	-292.25
Apr-03	26.45	101.48	96.61	129.51	13.48	510.38	-428.84
May-03	15.77	104.86	95.44	133.83	13.93	218.02	-149.71
Jun-03	62.11	101.48	83.86	129.51	13.48	1,171.32	-1,066.88
Jul-03	29.25	104.86	88.25	133.83	13.93	-153.67	228.28
Aug-03	75.18	104.86	91.72	133.83	13.93	238.9	-114.9
Sep-03	43.69	101.48	90.86	129.51	13.48	613.3	-520.28
Oct-03	4.8	104.86	98.43	133.83	13.93	-779.47	839.8
Nov-03	2.05	0	96.19	129.51	13.48	-753.09	708.34
Dec-03	0	0	100.79	133.83	13.93	-1,009.29	962.32
Jan-04	2.51	104.86	99.24	133.83	13.93	-681.39	740.24
Feb-04	13.68	94.71	86.49	120.88	12.58	249.57	-188.14
Mar-04	12.34	104.86	88.76	133.83	13.93	713.78	-655.58
Apr-04	21.25	101.48	84.21	129.51	13.48	266.44	-202.5
May-04	30.85	104.86	83.63	133.83	13.93	78.57	-6.99
Jun-04	5.43	101.48	77.18	129.51	13.48	288.82	-247.73
Jul-04	191.05	104.86	65.29	133.83	13.93	3,703.42	-3,489.98
Aug-04	127.74	104.86	104.4	133.83	13.93	9.58	179.67
Sep-04	21.02	101.48	127.63	129.51	13.48	1,613.11	-1,505.99
Oct-04	1.6	104.86	146.72	133.83	13.93	-1,256.06	1,361.48
Nov-04	0	0	138.34	129.51	13.48	-1,528.33	1,523.68
Dec-04	28.63	0	134.02	133.83	13.93	-66.57	81.47
Jan-05	2.51	104.86	131.68	133.83	13.93	-1,261.81	1,353.1
Feb-05	29.6	94.71	113.29	120.88	12.58	-445.13	549.28

日期 (mm-dd)	降雨入滲補注 (10^4m^3)	農田灌溉補注 (10^4m^3)	含水層流入量 (10^4m^3)	含水層流出量 (10^4m^3)	地下水抽水量 (10^4m^3)	地下水儲蓄變化量 (10^4m^3)	地面地下水交換量 (10^4m^3)
Mar-05	49.59	104.86	111.32	133.83	13.93	2,101.91	-1,983.9
Apr-05	9.45	101.48	101.3	129.51	13.48	462.82	-393.6
May-05	101.69	104.86	100.53	133.83	13.93	430.04	-270.72
Jun-05	124.92	101.48	104.03	129.51	13.48	673.7	-486.27
Jul-05	103.06	104.86	128.49	133.83	13.93	74.13	114.52
Aug-05	83.18	104.86	125.7	133.83	13.93	1,447.07	-1,281.09
Sep-05	38.49	101.48	155.5	129.51	13.48	-670.83	823.29
Oct-05	5.26	104.86	202.94	133.83	13.93	-766.45	931.74
Nov-05	3.29	0	175.92	129.51	13.48	-1,122.4	1,158.61
Dec-05	3.18	0	174.16	133.83	13.93	-740.41	769.99
Jan-06	2.97	104.86	163.79	133.83	13.93	-347.81	471.67
Feb-06	1.01	94.71	137.94	120.88	12.58	105.1	-4.9
Mar-06	22.4	104.86	145.88	133.83	13.93	-349.11	474.48
Apr-06	28.57	101.48	133.51	129.51	13.48	127.92	-7.35
May-06	47.08	104.86	125.78	133.83	13.93	1,528.71	-1,398.76
Jun-06	164.12	101.48	121.12	129.51	13.48	2,022.15	-1,778.43
Jul-06	65.13	104.86	163.43	133.83	13.93	-499.61	685.28
Aug-06	36.34	104.86	181.01	133.83	13.93	-710.13	884.57
Sep-06	47.46	101.48	172.4	129.51	13.48	-325.36	503.71
Oct-06	0	104.86	172.38	133.83	13.93	-1,261.33	1,390.81
Nov-06	39.86	0	161.16	129.51	13.48	-636.85	694.87
Dec-06	19.88	0	160.61	133.83	13.93	-202.78	235.51
Jan-07	16.68	104.86	156.29	133.83	13.93	-684.13	814.2
Feb-07	3.8	94.71	134.48	120.88	12.58	0.03	99.49
Mar-07	13.25	104.86	140.36	133.83	13.93	461.71	-351
Apr-07	25.27	101.48	130.94	129.51	13.48	158.81	-44.12
May-07	61.02	104.86	128.67	133.83	13.93	345.19	-198.41
Jun-07	83.59	101.48	115.52	129.51	13.48	1,513.55	-1,355.95
Jul-07	50.28	104.86	129.18	133.83	13.93	-1,017.48	1,154.04
Aug-07	167.28	104.86	123.41	133.83	13.93	1,814.31	-1,566.53
Sep-07	90.44	101.48	138.48	129.51	13.48	1,219.7	-1,032.31
Oct-07	45.02	104.86	179.18	133.83	13.93	-39.78	221.08
Nov-07	9.86	0	188.99	129.51	13.48	-1,004.71	1,060.56
Dec-07	0.4	0	191.94	133.83	13.93	-1,520.61	1,565.19
Jan-08	8.68	104.86	183.86	133.83	13.93	-1,012.51	1,162.15
Feb-08	7.33	94.71	157.34	120.88	12.58	20.63	105.29
Mar-08	7.77	104.86	165.3	133.83	13.93	-181.72	311.89
Apr-08	6.61	101.48	151.69	129.51	13.48	-60.55	177.33
May-08	23.99	104.86	146.27	133.83	13.93	65.96	61.4
Jun-08	64.47	101.48	126.39	129.51	13.48	2,278.87	-2129.54
Jul-08	234.01	104.86	126.13	133.83	13.93	1,121.73	-804.5
Aug-08	54.85	104.86	159.95	133.83	13.93	566.73	-394.84
Sep-08	144.99	101.48	168.43	129.51	13.48	186.68	85.23
Oct-08	9.83	104.86	216.19	133.83	13.93	-678.22	861.33
Nov-08	13.15	0	216.76	129.51	13.48	-1,681.17	1,768.08

日期 (mm-dd)	降雨入滲補注 (10^4m^3)	農田灌溉補注 (10^4m^3)	含水層流入量 (10^4m^3)	含水層流出量 (10^4m^3)	地下水抽水量 (10^4m^3)	地下水儲蓄變化量 (10^4m^3)	地面地下水交換量 (10^4m^3)
Dec-08	4.37	0	212.15	133.83	13.93	-948.41	1,017.17
Jan-09	0	104.86	200.87	133.83	13.93	-703.01	860.98
Feb-09	0.76	94.71	170.09	120.88	12.58	-379.91	512.02
Mar-09	25.82	104.86	174.77	133.83	13.93	449.79	-292.09
Apr-09	31.17	101.48	162.42	129.51	13.48	-393.6	545.67
May-09	2.51	104.86	166.2	133.83	13.93	-422.76	548.58
Jun-09	47.94	101.48	146.4	129.51	13.48	439.24	-286.42
Jul-09	29.25	104.86	146.52	133.83	13.93	68.87	64
Aug-09	172.99	104.86	149.62	133.83	13.93	2,264.19	-1,984.49
Sep-09	58.09	101.48	174.69	129.51	13.48	-1,360.25	1,551.5
Oct-09	4.8	104.86	173.62	133.83	13.93	-13.27	148.79
Nov-09	5.34	0	160.09	129.51	13.48	-983.43	1,005.87
Dec-09	7.16	0	156.89	133.83	13.93	-661.83	678.11
Jan-10	7.54	104.86	151	133.83	13.93	-440.31	555.95
Feb-10	22.26	94.71	131.01	120.88	12.58	-158.61	273.13
Mar-10	3.2	104.86	138.24	133.83	13.93	250.92	-152.39
Apr-10	28.1	101.48	131.36	129.51	13.48	-458.32	576.26
May-10	30.17	104.86	132.16	133.83	13.93	-162.38	281.81
Jun-10	106.74	101.48	120.66	129.51	13.48	1,166.02	-980.15
Jul-10	102.84	104.86	126.49	133.83	13.93	1,047.21	-860.78
Aug-10	66.04	104.86	152.39	133.83	13.93	677.29	-501.76
Sep-10	77.69	101.48	168.6	129.51	13.48	100.6	104.17
Oct-10	1.14	104.86	181.64	133.83	13.93	-33.07	172.95
Nov-10	11.92	0	174.17	129.51	13.48	-1217	1,260.09
Dec-10	9.94	0	173.44	133.83	13.93	-691.78	727.41
Jan-11	6.86	104.86	167.56	133.83	13.93	-635.42	766.93
Feb-11	4.3	94.71	143.55	120.88	12.58	46.75	62.36
Mar-11	5.26	104.86	149.13	133.83	13.93	275.98	-164.49
Apr-11	1.18	101.48	136.69	129.51	13.48	-83.05	179.4
May-11	38.16	104.86	133.41	133.83	13.93	102.42	26.25
Jun-11	56.44	101.48	124.52	129.51	13.48	100.69	38.75
Jul-11	75.64	104.86	123.49	133.83	13.93	708.99	-552.76
Aug-11	58.96	104.86	122.62	133.83	13.93	735.03	-596.35
Sep-11	16.53	101.48	123.42	129.51	13.48	-268.45	366.88
Oct-11	5.94	104.86	129.19	133.83	13.93	-398.5	490.74
Nov-11	70.68	0	123.42	129.51	13.48	-176.3	227.4
Dec-11	9.15	0	127.25	133.83	13.93	-306.21	294.85
Jan-12	8.46	104.86	128.48	133.83	13.93	-590.27	684.31
Feb-12	17.34	94.71	113.32	120.88	12.58	177.52	-85.6
Mar-12	5.48	104.86	121.57	133.83	13.93	126.05	-41.9
Apr-12	47.94	101.48	114.22	129.51	13.48	-17.3	137.94
May-12	75.18	104.86	109.27	133.83	13.93	1,545.86	-1,404.31
Jun-12	119.72	101.48	99.49	129.51	13.48	1,809.32	-1,631.63
Jul-12	114.49	104.86	132.8	133.83	13.93	-564.27	768.66
Aug-12	190.59	104.86	161.16	133.83	13.93	1,599.22	-1,290.37

日期 (mm-dd)	降雨入滲補注 (10^4m^3)	農田灌溉補注 (10^4m^3)	含水層流入量 (10^4m^3)	含水層流出量 (10^4m^3)	地下水抽水量 (10^4m^3)	地下水儲蓄變化量 (10^4m^3)	地面地下水交換量 (10^4m^3)
Sep-12	0	101.48	188.1	129.51	13.48	-847.4	993.98
Oct-12	0	104.86	187.22	133.83	13.93	-927.84	1,072.16
Nov-12	46.02	0	169.03	129.51	13.48	-215.33	287.39
Dec-12	20.28	0	167.21	133.83	13.93	-635.97	675.7

利用各項水平衡因子計算成果，依(式 8-5)即可知於可開發區域之地面地下水交換量，另外，如於原有地下水抽水量基礎上，增加抽水量視為未來地下水開發，可知如進行地下水開發後，對於原地面地下水相互關係有何影響，以下就現況(未開發)及未來進行不同規模地下水開發之水平衡分析成果簡述如下：

1、現況分析(未開發)

自 2002 年至 2012 年含水層水平衡分析成果顯示，於可開發區域地面地下水交互作用行為多為地下水補注地面水成為基流型態，僅於部份豐水期間出現地面水補注地下水情況，如表 8-8 所示(正值代表地下水補注地面水，負值代表地面水補注地下水)，各年度地面地下水交換總量及各月份平均地面地下水交換量如表 8-8 及表 8-9 所示，自 2002 年至 2012 年間，僅於 2004 年為地面水補注地下水 2,410 萬立方公尺情況，其餘各年度均為地下水補注地面水行為，補注量介於 166.33 萬立方公尺至 3,352.53 萬立方公尺之間，平均值約為 1,223.64 萬立方公尺；另自 2002 年至 2012 年各項水平衡因子年平均值，如圖 8-11 所示，農田灌溉補注量為 1,028.31 萬立方公尺、降雨入滲量為 456.56 萬立方公尺、地下水抽水量為 164.01 萬立方公尺及地面地下水交換量為 1223.64 萬立方公尺等。另於表 8-9 中則顯示，於 3 月、5 月、6 月、7 月及 8 月等月份大部分為豐水期間呈現地面水補注地下水情況，補注量最大值發生於 6 月為 995 萬立方公尺，最小值則發生於 5 月為 219.83 萬立方

公尺，其餘月份則多為地下水補注地面水情況，大致介於 71.58 萬立方公尺至 920.67 萬立方公尺之間。

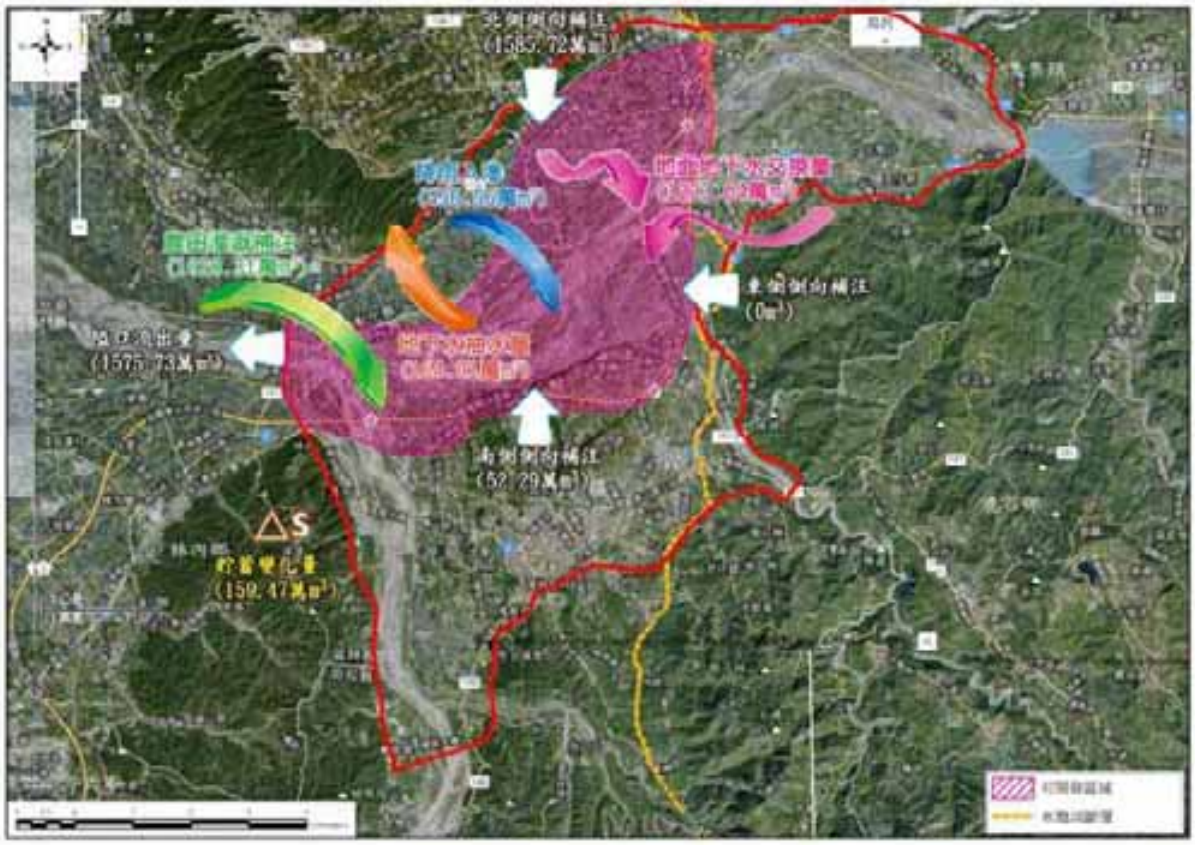


圖 8-11　可開發區域現況(未開發)年平均水平衡分析成果示意圖

表 8-8　未開發條件下各年度地面地下水交換量

年度	地面地下水交換量 (萬立方公尺)
2002	2,625.61
2003	1,105.61
2004	-2,410.37
2005	1,284.97
2006	2,151.47
2007	366.25
2008	2,221.01
2009	3,352.53
2010	1,456.7
2011	1,139.96
2012	166.33
年計平均值	1,223.64

表 8-9　未開發條件下各月份平均地面地下水交換量

月次	平均地面地下水交換量 (萬立方公尺)
1	848.43
2	160.41
3	-283.04
4	71.58
5	-219.83
6	-995
7	-321.02
8	-681.57
9	258.95
10	758.28
11	920.67
12	705.78

2、地下水開發分析

於水平衡分析過程中，如增加地下水抽水量(Q_p)即可反應未來地下水開發情況，雖然水平衡分析係針對含水層長期穩態行為進行探討，對於增加抽水量後因地下水位降低所產生之短期動態變化(如儲蓄量變化及額外增加之補注量)並無法反應(Bredehoeft, 2002)，但如以長期觀之，所增加之抽水量將由其他地面水體予以補足，而對於含水層儲蓄量變化則甚微，如圖8-12 所示(Garner et al., 2013)。因此，由於可開發區域內主要地面水體為濁水溪，預期長期地下水開發之水量將由濁水溪地面水補足(stream capture)，因原水平衡分析推求對象即為地面地下水交換行為，故應可反應地下水開發後對於原地面地下水交換行為之影響，另外，依文獻指出長期抽水行為含水層儲蓄量變化甚微，故於地下水儲蓄變化量(ΔS)仍依未開發時之變化量予以代表。

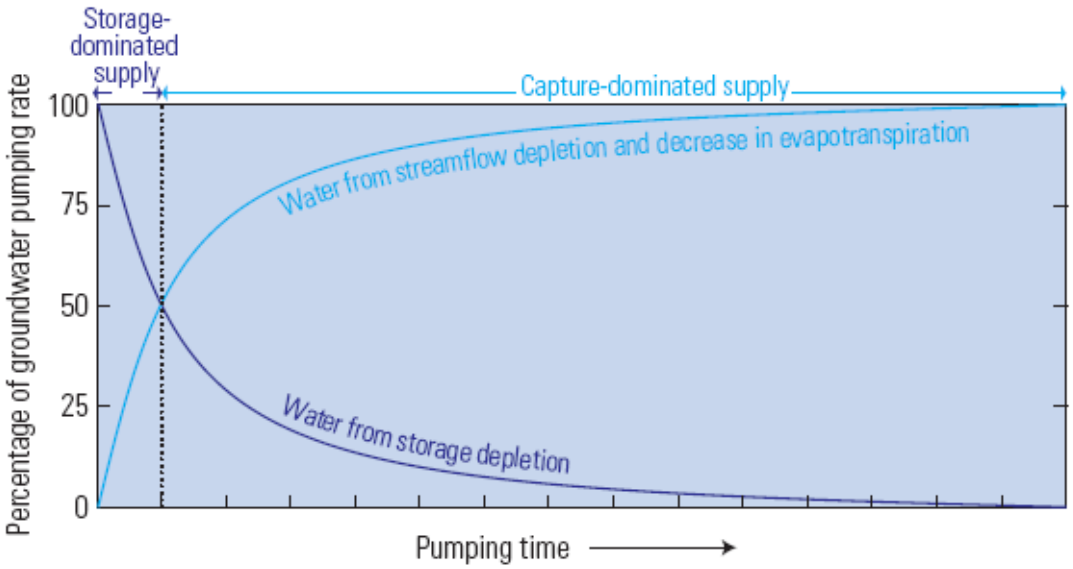


圖 8-12　抽水時間與抽水來源變化概念示意圖(Garner et al., 2013)

於地下水開發量設定方面，採用每日增抽 5 萬立方公尺、10 萬立方公尺、20 萬立方公尺、30 萬立方公尺及 40 萬立方公尺等 5 種抽水量，並考量全年、豐水期及枯水期抽水等不同抽水時間，總計 15 種抽水情境進行水平衡分析，以下依全年抽水、豐水期抽水及枯水期抽水等 3 種不同抽水時間之地面地下水交換行為，說明如下：

(1)全年抽水

於全年抽水條件下，各不同抽水量之各年度地面地下水交換總量及各月份平均地面地下水交換量如表 8-8 及表 8-9 所示，而各年度年地面地下水交換量變化情況則如圖 8-13 所示，於表 8-8 中可得知如進行地下水開發後，原未開發情況下，地下水補注地面水之行為將改變為地面水補注地下水之行為，於每日增抽 5 萬立方公尺、10 萬立方公尺、20 萬立方公尺、30 萬立方公尺及 40 萬立方公尺情況下，將自河川地面水補入 601 萬立方公尺、2,426 萬立方公尺、6,076 萬立方公尺、9,726 萬立方公尺及 13,376 萬立方公尺水量，另

計算由河川地面水補入水量與增抽水量之比例，可發現隨增抽水量增加，由河川地面水補入所佔比例亦隨之提高，如表 8-10 所示，可見於可開發區域進行地下水開發，所抽汲之水量多數係由河川地面水補足，此現象符合相關文獻論述 (Theis, 1940; Leake abd Pool, 2010; Garner et al., 2013)，另於各月份地面地下水交換量則呈現未開發僅於豐水期地面水補注地下水情況，而轉換全年各月份均由地面水補注地下水型態，如表 8-11 所示。

表 8-10　全年抽水年地面地下水交換總量

(單位：$10^4 m^3$)

年度	現況(未開發)	每日增抽 5 萬立方公尺	每日增抽 10 萬立方公尺	每日增抽 20 萬立方公尺	每日增抽 30 萬立方公尺	每日增抽 40 萬立方公尺
2002	2,625.61	800.61	-1,024.39	-4,674.39	-8,324.39	-11,974.39
2003	1,105.61	-719.39	-2,544.39	-6,194.39	-9,844.39	-13,494.39
2004	-2,410.37	-4,235.37	-6,060.37	-9,710.37	-13,360.4	-17,010.37
2005	1,284.97	-540.03	-2,365.03	-6,015.03	-9,665.03	-13,315.03
2006	2,151.47	326.47	-1,498.53	-5,148.53	-8,798.53	-12,448.53
2007	366.25	-1,458.75	-3,283.75	-6,933.75	-10,583.8	-14,233.75
2008	2,221.01	396.01	-1,428.99	-5,078.99	-8,728.99	-12,378.99
2009	3,352.53	1,527.53	-297.47	-3,947.47	-7,597.47	-11,247.47
2010	1456.7	-368.3	-2,193.3	-5,843.3	-9,493.3	-13,143.3
2011	1,139.96	-685.04	-2,510.04	-6,160.04	-9,810.04	-13,460.04
2012	166.33	-1,658.67	-3,483.67	-7,133.67	-10,783.7	-14,433.67
平均值	1,223.643	-601.36	-2,426.36	-6,076.36	-9,726.36	-13,376.36
地面水補注水量佔增抽水量比例(%)		32.95	66.48	83.24	88.83	91.62

表 8-11　全年抽水各月平均地面地下水交換量

(單位：10^4m^3)

月份	現況(未開發)	每日增抽 5 萬立方公尺	每日增抽 10 萬立方公尺	每日增抽 20 萬立方公尺	每日增抽 30 萬立方公尺	每日增抽 40 萬立方公尺
1	848.43	693.43	538.43	228.43	-81.57	-391.57
2	160.41	20.41	-119.59	-399.59	-679.59	-959.59
3	-283.04	-438.04	-593.04	-903.04	-1,213.04	-1,523.04
4	71.58	-78.42	-228.42	-528.42	-828.42	-1,128.42
5	-219.83	-374.83	-529.83	-839.83	-1,149.83	-1,459.83
6	-995	-1145	-1295	-1,595	-1895	-2,195
7	-321.02	-476.02	-631.02	-941.02	-1,251.02	-1,561.02
8	-681.57	-836.57	-991.57	-1,301.57	-1,611.57	-1,921.57
9	258.95	108.95	-41.05	-341.05	-641.05	-941.05
10	758.28	603.28	448.28	138.28	-171.72	-481.72
11	920.67	770.67	620.67	320.67	20.67	-279.33
12	705.78	550.78	395.78	85.78	-224.22	-534.22

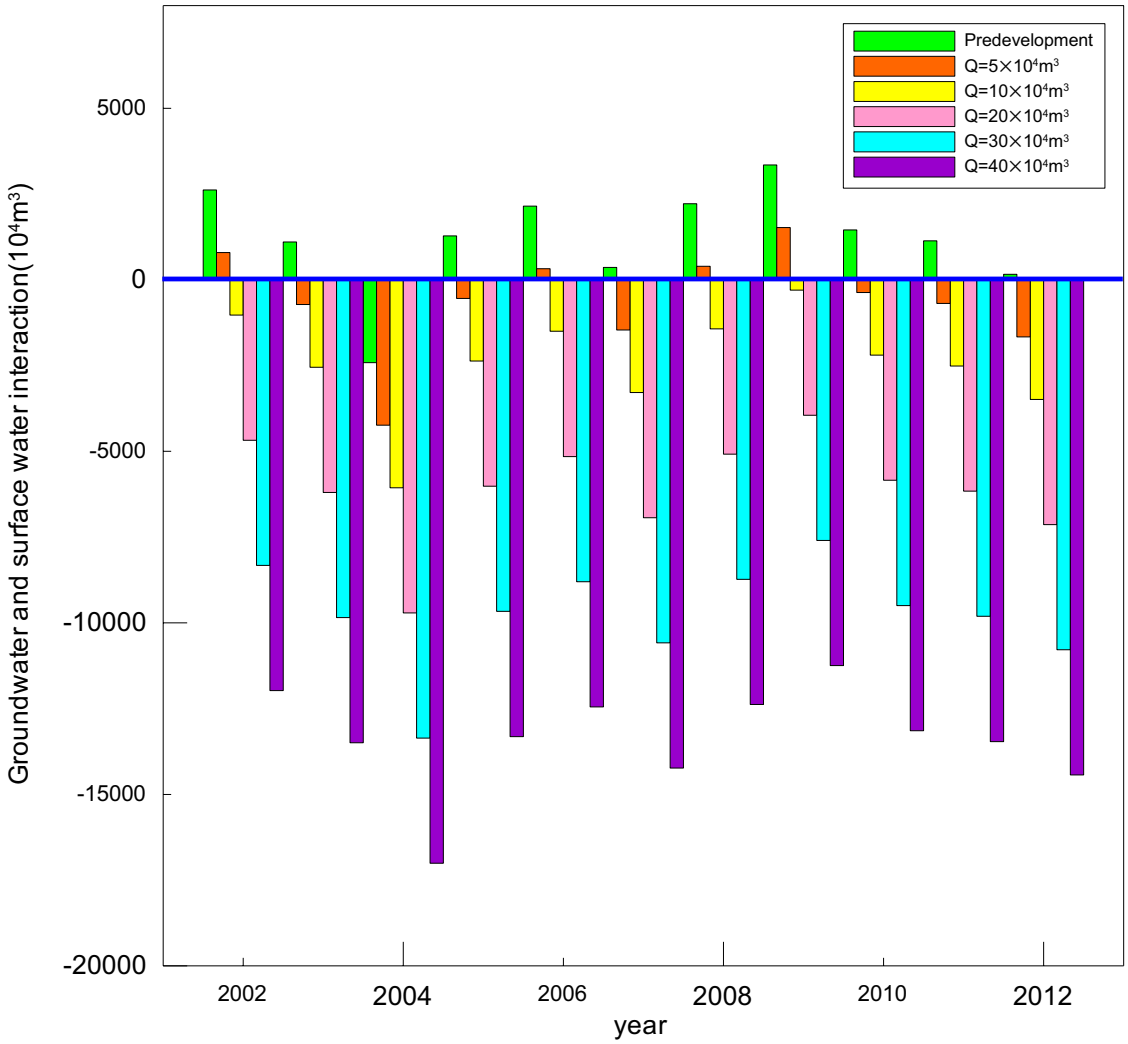


圖 8-13　全年抽水年地面地下水交換總量變化圖

(2)豐水期抽水

如僅於豐水期(5 月至 10 月)進行地下水抽汲，以每日抽水 5 萬立方公尺為例，由水平衡分析成果顯示各年度整體地面地下水交互作用行為僅 2004 年、2007 年及 2012 年有明顯轉換為地面水補注地下水型態，其餘年度仍可維持地下水補注地面水行為，但與未開發情況相較，各年度地下水補注地面水水量明顯減少；但如將抽水規模擴大至每日抽水 20 萬立方公尺時，則全數年度均呈現地面水補注地下水型態，而地面水補注地下水水量佔增抽水量之比例亦隨抽水規模增大而增加，如表 8-12 及圖 8-14 所示。另外，由各月份地面地下水交換行為則顯示，因僅於豐水期進行抽水，亦大部份於豐水期出現地面水補注地下水水量增加現象，如表 8-13 所示。

表 8-12　豐水期抽水年地面地下水交換總量

(單位：10^4m^3)

年度	現況(未開發)	每日增抽 5 萬立方公尺	每日增抽 10 萬立方公尺	每日增抽 20 萬立方公尺	每日增抽 30 萬立方公尺	每日增抽 40 萬立方公尺
2002	2,625.61	1,705.61	785.61	-1,054.39	-2,894.39	-4,734.39
2003	1,105.61	185.61	-734.39	-2,574.39	-4,414.39	-6,254.39
2004	-2,410.37	-3,330.37	-4250.37	-6,090.37	-7930.37	-9,770.37
2005	1,284.97	364.97	-555.03	-2,395.03	-4,235.03	-6,075.03
2006	2,151.47	1,231.47	311.47	-1,528.53	-3,368.53	-5,208.53
2007	366.25	-553.75	-1,473.75	-3,313.75	-5,153.75	-6,993.75
2008	2,221.01	1,301.01	381.01	-1,458.99	-3,298.99	-5,138.99
2009	3,352.53	2,432.53	1,512.53	-327.47	-2,167.47	-4,007.47
2010	1,456.7	536.7	-383.3	-2,223.3	-4,063.3	-5,903.3
2011	1,139.96	219.96	-700.04	-2,540.04	-4,380.04	-6,220.04
2012	166.33	-753.67	-1,673.67	-3,513.67	-5,353.67	-7,193.67
平均值	1,223.643	303.6427	-616.357	-2,456.36	-4,296.36	-6,136.3573
地面水補注水量佔增抽水量比例(%)		-	33.5	66.75	77.83	83.37

表 8-13　豐水期抽水各月平均地面地下水交換量

(單位：10^4m^3)

月份	現況 (未開發)	每日增抽 5 萬立方公尺	每日增抽 10 萬立方公尺	每日增抽 20 萬立方公尺	每日增抽 30 萬立方公尺	每日增抽 40 萬立方公尺
1	848.43	848.43	848.43	848.43	848.43	848.43
2	160.41	160.41	160.41	160.41	160.41	160.41
3	-283.04	-283.04	-283.04	-283.04	-283.04	-283.04
4	71.58	71.58	71.58	71.58	71.58	71.58
5	-219.83	-374.83	-529.83	-839.83	-1,149.83	-1,459.83
6	-995	-1,145	-1295	-1595	-1895	-2,195
7	-321.02	-476.02	-631.02	-941.02	-1,251.02	-1,561.02
8	-681.57	-836.57	-991.57	-1,301.57	-1,611.57	-1,921.57
9	258.95	108.95	-41.05	-341.05	-641.05	-941.05
10	758.28	603.28	448.28	138.28	-171.72	-481.72
11	920.67	920.67	920.67	920.67	920.67	920.67
12	705.78	705.78	705.78	705.78	705.78	705.78

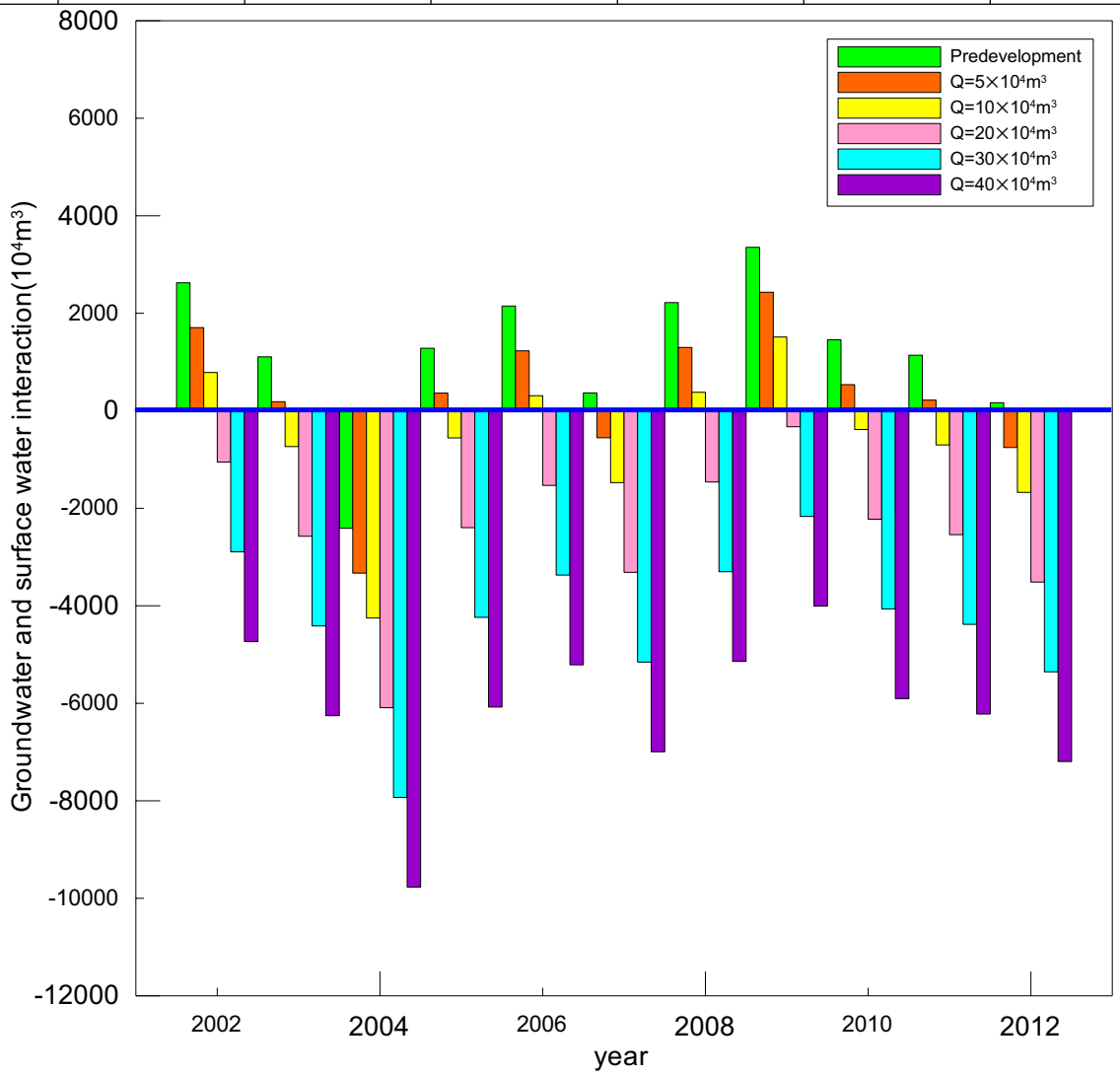


圖 8-14　豐水期抽水年地面地下水交換總量變化圖

(3)枯水期抽水

如僅於枯水期(11 月至隔年 4 月)進行地下水抽汲，如每日抽水 5 萬立方公尺則多數年度均可維持地下水補注地面水之行為，但如擴大抽水規模則全數年度亦將轉換為地面水補注地下水之行為，與豐水期抽水特性相似，表 8-14 及圖 8-15 所示。另外，由各月份地面地下水交換行為則顯示，因僅於枯水期進行抽水，亦僅於枯水期出現地面水補注地下水水量增加現象，如表 8-15。

表 8-14　枯水期抽水年地面地下水交換總量

(單位：10^4m^3)

年度	現況(未開發)	每日增抽 5 萬立方公尺	每日增抽 10 萬立方公尺	每日增抽 20 萬立方公尺	每日增抽 30 萬立方公尺	每日增抽 40 萬立方公尺
2002	2,625.61	1,720.61	815.61	-994.39	-2,804.39	-4,614.39
2003	1,105.61	200.61	-704.39	-2,514.39	-4,324.39	-6,134.39
2004	-2,410.37	-3,315.37	-4,220.37	-6,030.37	-7,840.37	-9,650.37
2005	1,284.97	379.97	-525.03	-2,335.03	-4,145.03	-5,955.03
2006	2,151.47	1,246.47	341.47	-1,468.53	-3,278.53	-5,088.53
2007	366.25	-538.75	-1,443.75	-3,253.75	-5,063.75	-6,873.75
2008	2,221.01	1,316.01	411.01	-1,398.99	-3,208.99	-5,018.99
2009	3,352.53	2,447.53	1,542.53	-267.47	-2,077.47	-3,887.47
2010	1,456.7	551.7	-353.3	-2163.3	-3,973.3	-5,783.3
2011	1,139.96	234.96	-670.04	-2,480.04	-4,290.04	-6,100.04
2012	166.33	-738.67	-1,643.67	-3,453.67	-5,263.67	-7,073.67
平均值	1,223.643	318.6427	-586.357	-2,396.36	-4,206.36	-6,016.3573
地面水補注水量佔增抽水量比例(%)		-	32.4	66.2	77.47	83.1

表 8-15　枯水期抽水各月平均地面地下水交換量

(單位：10^4m^3)

月份	現況(未開發)	每日增抽 5 萬立方公尺	每日增抽 10 萬立方公尺	每日增抽 20 萬立方公尺	每日增抽 30 萬立方公尺	每日增抽 40 萬立方公尺
1	848.43	693.43	538.43	228.43	-81.57	-391.57
2	160.41	20.41	-119.59	-399.59	-679.59	-959.59
3	-283.04	-438.04	-593.04	-903.04	-1,213.04	-1,523.04
4	71.58	-78.42	-228.42	-528.42	-828.42	-1,128.42
5	-219.83	-219.83	-219.83	-219.83	-219.83	-219.83
6	-995	-995	-995	-995	-995	-995
7	-321.02	-321.02	-321.02	-321.02	-321.02	-321.02
8	-681.57	-681.57	-681.57	-681.57	-681.57	-681.57
9	258.95	258.95	258.95	258.95	258.95	258.95
10	758.28	758.28	758.28	758.28	758.28	758.28
11	920.67	770.67	620.67	320.67	20.67	-279.33
12	705.78	550.78	395.78	85.78	-224.22	-534.22

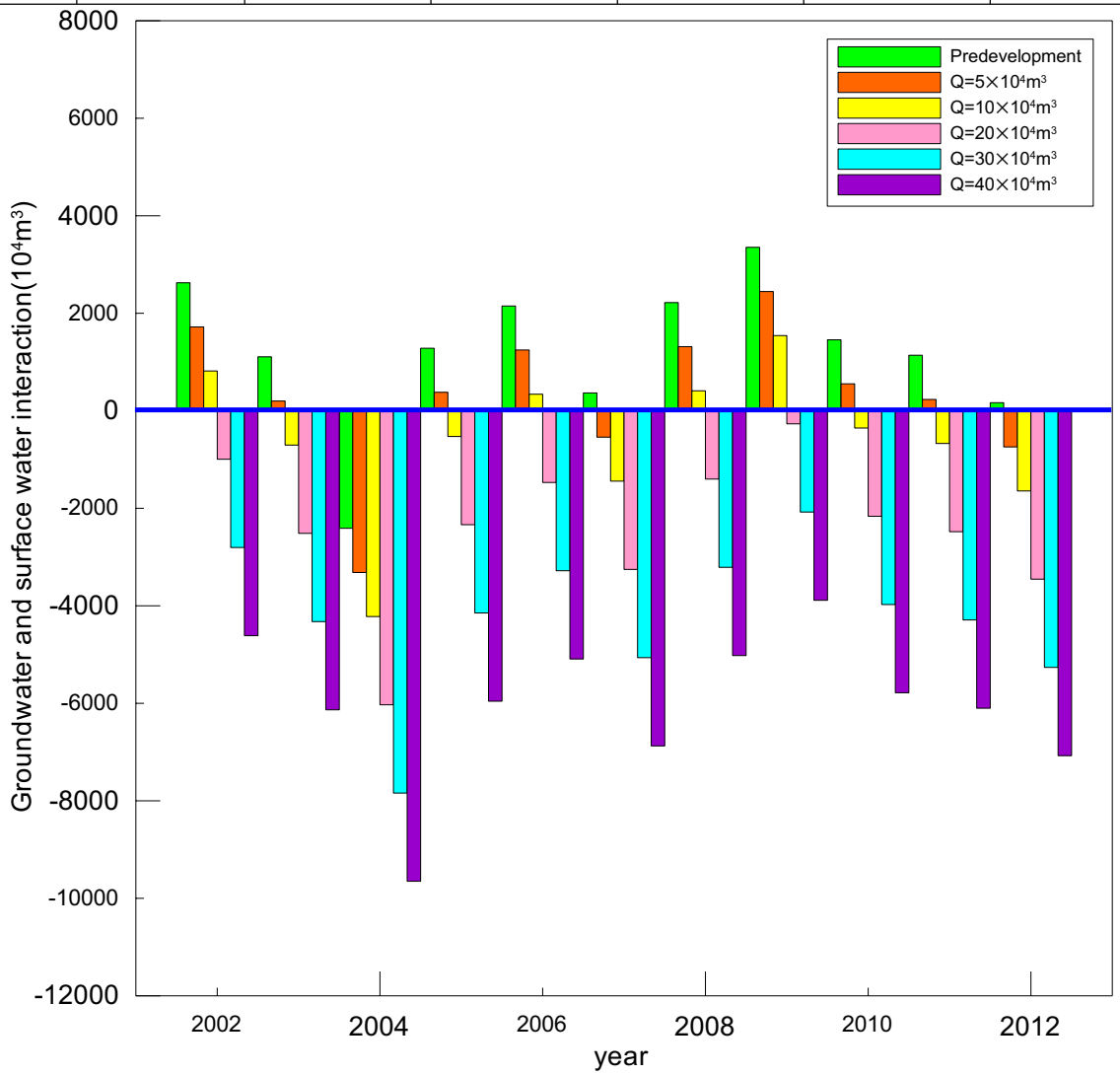


圖 8-15　枯水期抽水年地面地下水交換總量變化圖

(三)可開發區域河川底泥入滲能力評估

依據 1996 年經濟部水資源局「濁水溪中游地區地下水補注調查與評估」計畫針對濁水溪及清水溪採取底泥不擾動土樣進行室內三軸透水試驗成果顯示，於可開發區域範圍內濁水溪河床底泥水力傳導係數介於 1.48×10^{-4}m/s 至 8.56×10^{-6}m/s 之間，平均值為 2.27×10^{-6}m/s，因前述水平衡分析指出如增加可開發區域內之抽水量將吸引河川流量入滲至含水層，而河川出滲能力取決於河床底泥透水性，河川河床透水量(riverbed conductance, $CRIV$)可依下式計算(Harbaugh, 2005)：

$$CRIV = \frac{K \times L \times W}{M} \qquad \text{(式 8-10)}$$

其中 K 為河床底泥水力傳導係數，L 為河川長度，W 為河川浸水寬度，M 則為河床底泥厚度。

依濁水溪縱斷面資料，於可開發區域內濁水溪河道長度約為 8,687 公尺，並依彰雲大橋處(濁水溪斷面 86-1)橫斷面及枯水期平均水位，於枯水期濁水溪浸水寬度約 260 公尺，另河床底泥厚度因缺乏相關資料，故合理假設為 50 公分，配合前述平均底泥水力傳導係數，並忽略地面水水頭影響保守推估，於可開發區域內河川入滲速率為 10.6m^3/s，每日入滲潛能量為 88.6 萬立方公尺，如換算為年入滲總量可達 3.23 億立方公尺。

可見濁水溪河道入滲能力甚佳，未來如於名竹盆地進行地下水開發降低地下水水位，使地面地下水交互作用行為，依前述水平衡分析開發行為所自河川引入之水量均可順利滲入含水層。

(四)地下水可開發區域水源量評析

可能開發區域內主要河川為濁水溪，又彰雲橋水文站位於名竹盆地隘口下游處，為名竹盆地地面水資源匯流處，該站流量可作為評析名竹盆地上下游地面水資源評析之對象。依據「台灣地區水資源開發綱領計畫」，每 100 平方公里集水面積應保留 0.135cms 流量作為保育用水量(生態基流量)，此外，依據經濟部水利署水權管理資訊網資料，於彰雲橋下游尚有包含彰化農田水利會、雲林農田水利會及台電公司等共計 5 筆水權資料(含臨時用水)，藉由實際流量、保育用水量及水權量資料，可了解於彰雲橋水文站處之地面水資源情況，圖 8-16 為彰雲橋水文站自 2002 年 1 月 1 日至 2012 年 12 月 31 日逐日流量記錄(Q_0)、保育用水量(Q_e)及水權量(Q_{wr})之歷時圖，由圖 8-16 中可發現於枯水年期間(2002 年、2003 年及 2004 年)，於枯水期均出現彰雲橋流量低於保育用水量情況，其餘年度枯水期間最低流量亦多接近保育用水量需求，顯見於枯水期間濁水溪流量雖可滿足保育用水量需求，但餘裕量有限；如將目前仍存有之水權量進行比較，則可發現於各年度枯水期間，彰雲橋流量多無滿足水權量之需求。另外，如將彰雲橋實測流量視為供水量，下游保育用水量及水權量視為需水量，則可利用缺水率(Deficit Rate, DR)作為指標了解濁水溪缺水情況，缺水率計算方式如下式所示：

$$\mathrm{DR} = \frac{\text{某一時期之總缺水量}}{\text{某一時期之計畫供水量}} \times 100\% \qquad \text{(式 8-11)}$$

經計算成果顯示，自 2002 年至 2012 年彰雲橋流量比對下游保育用水量及水權量後，可發現其年缺水率介於 12.98%至 55.91%之間，平均值約為 29.46%；另計算各月缺水率可發現，

自 2002 年至 2012 年間月平均缺水率為 33.88%，其中以 2 月缺水率為最高已達 50.53%，而以 8 月最低為 9.99%，由於彰雲橋下游水權量多為農業用水，依據行政院「災害緊急通報作業規定」農業給水缺水率介於 30%至 40%間即屬乾旱丙級災害規模，如以此標準觀之，各月缺水率僅於 6 月、7 月、8 月及 9 月其缺水率可小於 30%，其餘各月份缺水率均高於 30%；另如將枯水期(1 月、2 月、3 月、4 月、11 月及 12 月)及豐水期(5 月、6 月、7 月、8 月、9 月及 10 月)月平均缺水率分別計算，發現枯水期平均月缺水率已達 43.19%，而豐水期則為 24.57%，另統計各年度出現流量不符生態基流量及水權量之天數，大致介於 137 日至 326 日之間，流量不符生態基流量及水權量之天數之平均天數為 235 日，可見於濁水溪彰雲橋流量已明顯不符下游保育用水量及水權量之需求，且枯水期缺水情況明顯。

另外，考量水文豐枯不均特性，除枯水期明顯流量不符保育用水量及水權量需求外，於豐水期應仍具有餘裕量可供利用，如於河川流量不易留用情況下，是否可利用名竹盆地地下水汲取使用方式，應用此等河川流量，故如將彰雲橋流量扣除所應保留之保育用水量及下游水權量後，即可得知於各年度可供利用之水源量(Q_r)，圖 8-17 為自 2002 年至 2012 年彰雲橋流量扣除保育用水量及下游水權量後每日水源量，可發現於各年度枯水期幾無餘裕量可供利用，僅於豐水期間因颱洪或暴雨所產生較大流量具有可利用水源量，經逐日累計平均，各年度總可利用水源量介於 19,642 萬立方公尺至 633,149 萬立方公尺之間，如表 8-18 所示，而具水源量可利用天數則介於 34 日至 227 日之間，平均值則為 130 日，可見於濁水溪可利用之水源量並非為穩定之水源，其平均水源量雖高達 313,002 萬立方公尺，但僅於每年

130 日時間具有利用之可能，此等流量均為短時序颱洪或暴雨所致，欲進行穩定利用困難；另於各月平均水源量如表 8-19 所示，約介於 249 萬立方公尺至 85,103 萬立方公尺之間，平均值約為 25,853 萬立方公尺，如表 8-19 中可發現於枯水期可供利用水源量甚為有限，僅於豐水期尚有較為充足水源可供利用。

表 8-16　彰雲橋下游流量缺水率計算表

年份	需水量 (萬立方公尺)	缺水量 (萬立方公尺)	流量不符生態基流量及水權量天數(日)	年缺水率(%)
2002	170,957	95,575	326	55.91
2003	170,957	86,610	319	50.66
2004	171,191	74,088	261	43.28
2005	170,957	29,240	137	17.10
2006	170,957	40,428	194	23.65
2007	170,957	22,194	156	12.98
2008	171,191	29,861	213	17.44
2009	170,957	56,257	286	32.91
2010	170,957	43,566	264	25.48
2011	170,957	45,581	244	26.66
2012	170,957	30,784	186	17.98
平均值	171,021	50,380	235	29.46

表 8-17　2002 年至 2012 年各月平均缺水率

月份	缺水率(%)
1	41.91
2	50.53
3	50.35
4	34.39
5	33.91
6	22.14
7	20.74
8	9.99
9	17.89
10	42.74
11	48.80
12	33.18
年計平均值	33.88

表 8-18　2002 年至 2012 年年可利用水源量

年份	水源量 (萬立方公尺)	可供利用天數 (日)
2002	19,642	34
2003	55,532	46
2004	264,880	107
2005	546,330	227
2006	544,189	177
2007	633,149	202
2008	474,967	153
2009	234,743	86
2010	90,567	108
2011	69,936	121
2012	509,089	179
平均值	313,002	130

表 8-19　2002 年至 2012 年各月平均剩餘可供利用水源量

月份	水源量 (萬立方公尺)
1	637
2	249
3	1,834
4	5,841
5	21,164
6	63,109
7	58,327
8	85,103
9	51,423
10	20,014
11	1,236
12	1,303
年計平均值	25,853

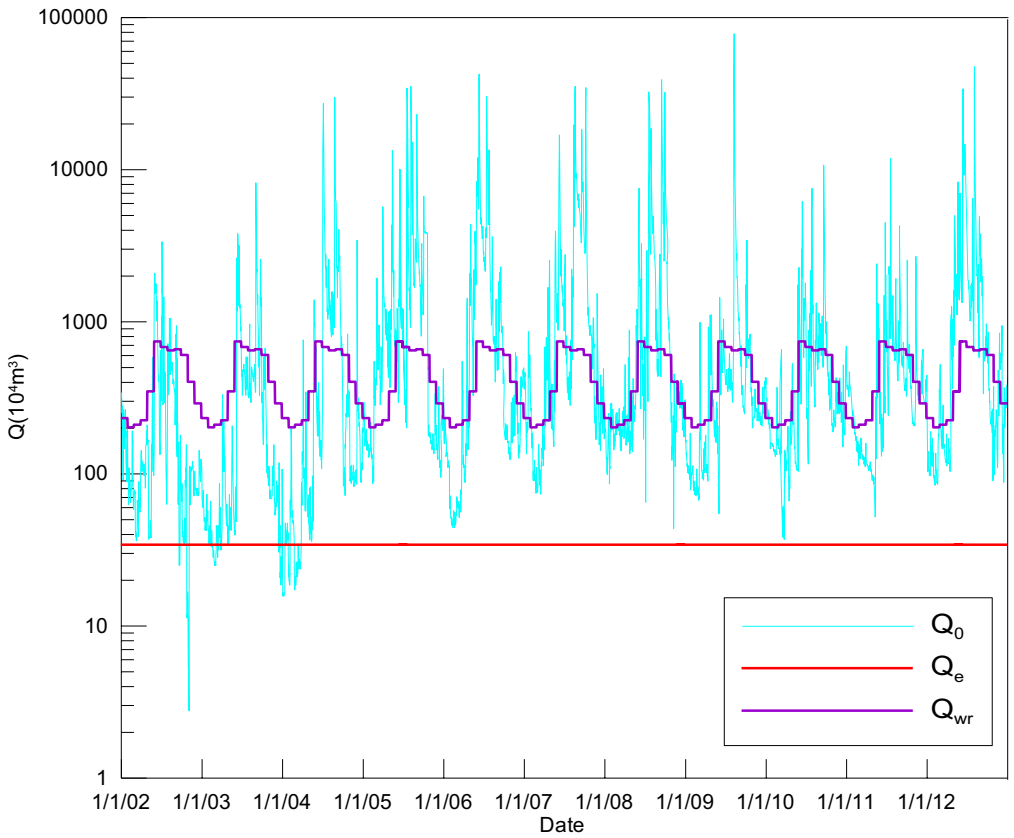


圖 8-16　彰雲橋流量、保育用水量及水權量歷時圖

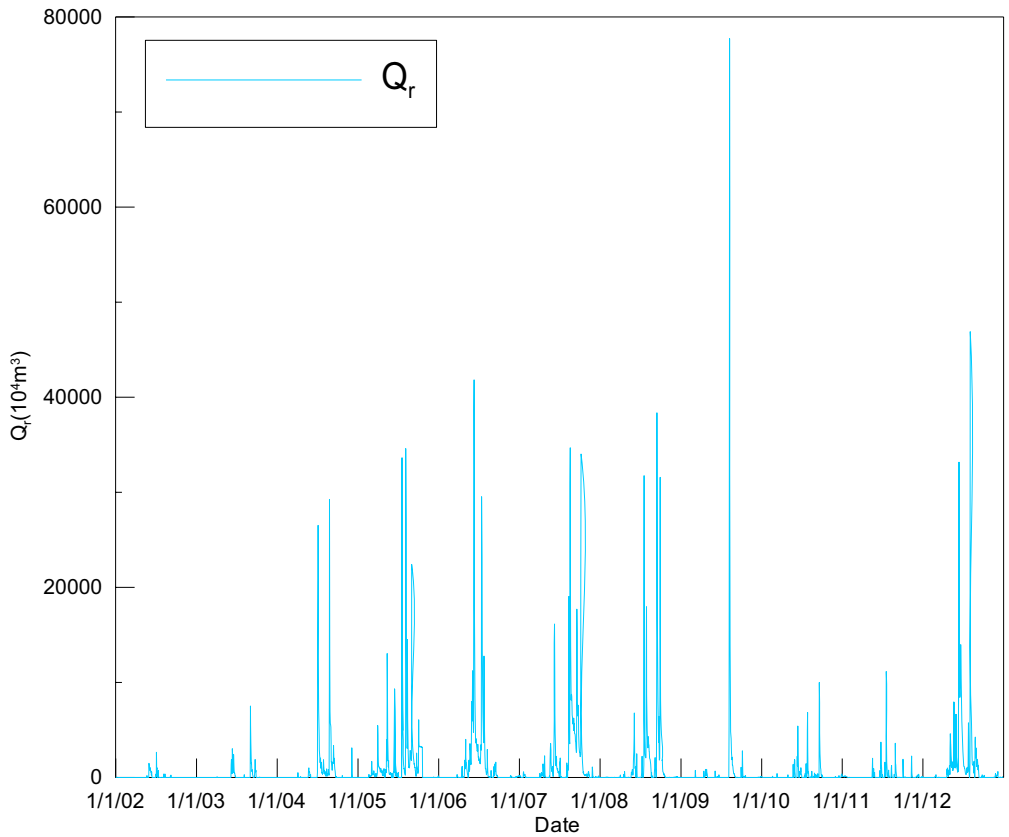


圖 8-17　彰雲橋可供利用水源量歷時圖

(五)地面水源條件下地下水開發潛能量

考量前述分析顯示，名竹盆地地下水與地面水交互關係頻繁，地下水抽汲將直接影響河川流量，故以彰雲橋流量為對象分析地下水抽汲後對於河川流量之影響，並保守假設所抽汲水量均將由河川流量供應，以平均月缺水率為標準，依農業用水丙級災害缺水率 30%至 40%標準，取其中間值 35%作為平均月缺水率限制值，對於未來可能不同時段抽水情境，分析其地下水開發潛能量，由於水文豐枯特性無法準確預測，而地下水抽汲屬人為主動行為，並無法完全配合水文豐枯特性實行，故於抽水情境設定條件以每日固定抽水量方式予以探討，以下就全年常態、枯水期及豐水期等不同時段之抽水情境予以分析探討。

1、常態抽水(全年每日抽水)

於名竹盆地每日進行常態抽水，並計算平均月缺水率，抽水量自每日 1 萬立方公尺至每日 10 萬立方公尺，分析結果如圖 8-18 所示，由圖 8-18 中顯示，當每日抽水量達 3 萬立方公尺時，平均月缺水率即達 34.84%，以平均月缺水率 35%為限，於名竹盆地進行常態性抽水每日抽水量建議為3萬立方公尺，此水量略小於前述水平衡分析中名竹盆地地面地下水交換平均值(3.35 萬立方公尺/日)。如以此抽水量進行常態抽水，則於枯水期平均月缺水率將由未開發時 42.34%增加至 43.21%，而豐水期平均月缺水率則由 26.22%增加至 26.48%，枯水期及豐水期相較，常態抽水行為將對枯水期影響較大，而豐水期則影響較小。

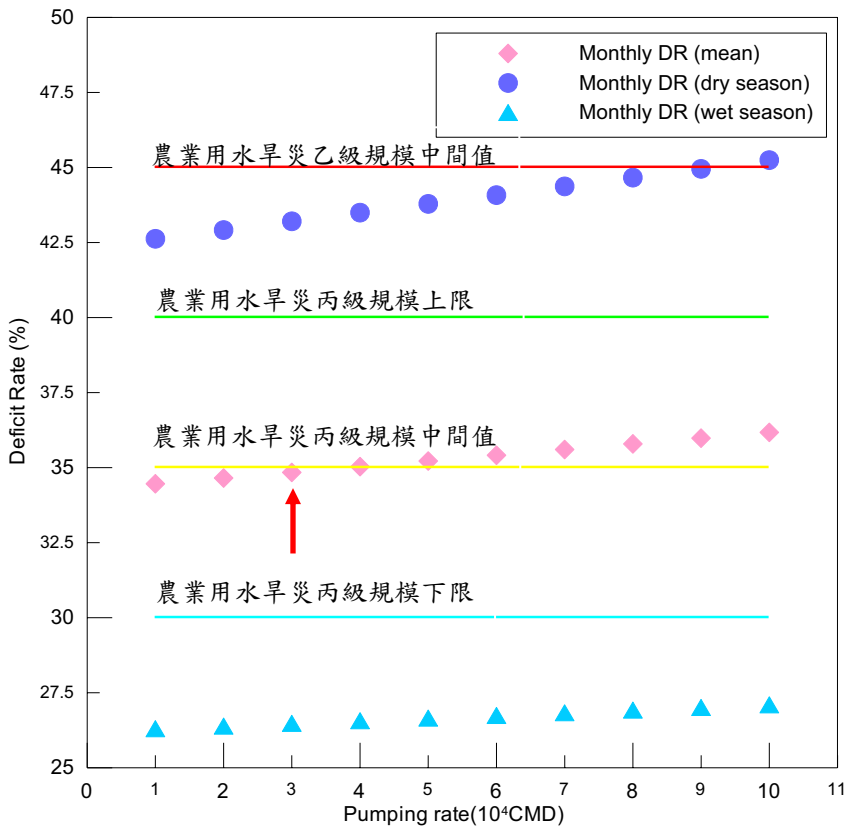


圖 8-18　常態抽水抽水量及月缺水率關係圖

2、枯水期抽水

如僅於枯水期進行抽水，計算平均月缺水率，抽水量自每日 1 萬立方公尺至 10 萬立方公尺，分析結果如圖 8-19 所示，由圖 8-19 中顯示，當每日抽水量達 4 萬立方公尺時，平均月缺水率為 34.86%，於名竹盆地於枯水期間進行抽水每日抽水量建議為 4 萬立方公尺，如以此地下水抽水量進行枯水期用水開發，則枯水期平均月缺水率將由原未開發情況下 42.34%增加至 43.5%，而豐水期則維持原缺水率 26.22%。如為因應乾旱作為緊急備援用水使用，允許枯水期平均月缺水率可達農業用水旱災乙級標準中間值 45%條件下，則名竹盆地於枯水期抽水量可放大至每日 9 萬立方公尺，此時全年平均月缺水率將達 35.59%。

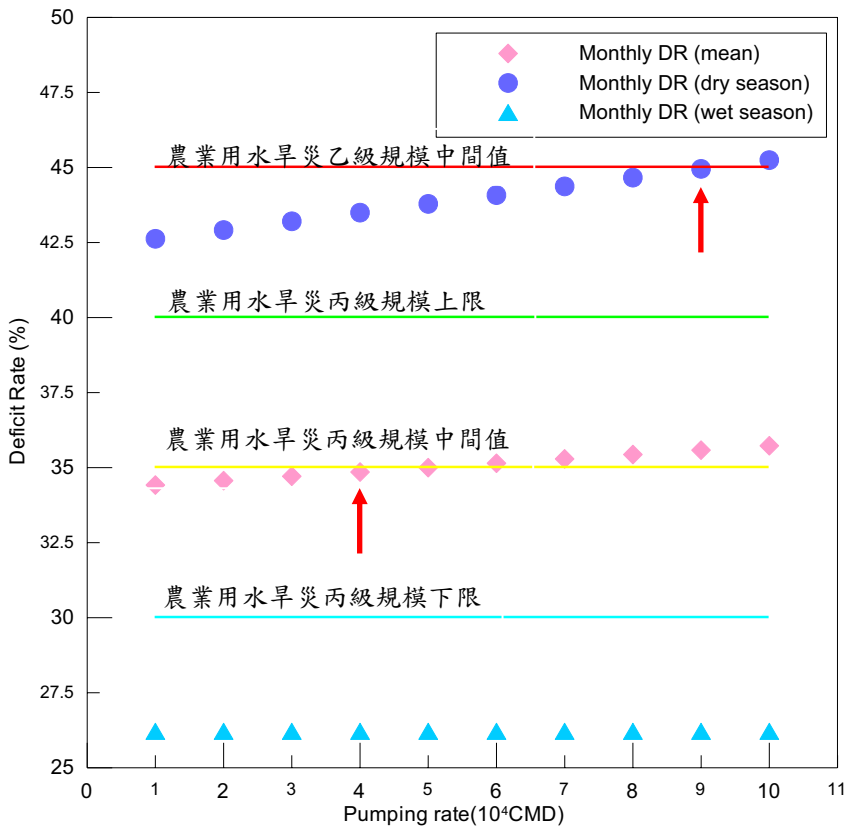


圖 8-19　枯水期抽水抽水量及月缺水率關係圖

3、豐水期抽水

如僅於豐水期進行抽水，計算平均月缺水率，抽水量自每日 1 萬立方公尺至 20 萬立方公尺，分析結果如圖 8-20 所示，由圖 8-20 中顯示，當每日抽水量達 16 萬立方公尺時，平均月缺水率為 34.98%，於名竹盆地於豐水期間進行抽水每日抽水量建議為 16 萬立方公尺。如以此抽水量進行抽水，則枯水期間可維持原平均月缺水率 42.34%，而豐水期則由原平均月缺水率 26.22%增加至 27.63%，尚未達農業用水旱災丙級災害之標準。如考量豐水期充份利用地面水資料情況，並以農業用水丙級災害標準缺水率下限值 30%為限制，則於豐水期抽水量可放大至每日 42 萬立方公尺，於此抽水量情況下年平均月缺水率達 36.16%。

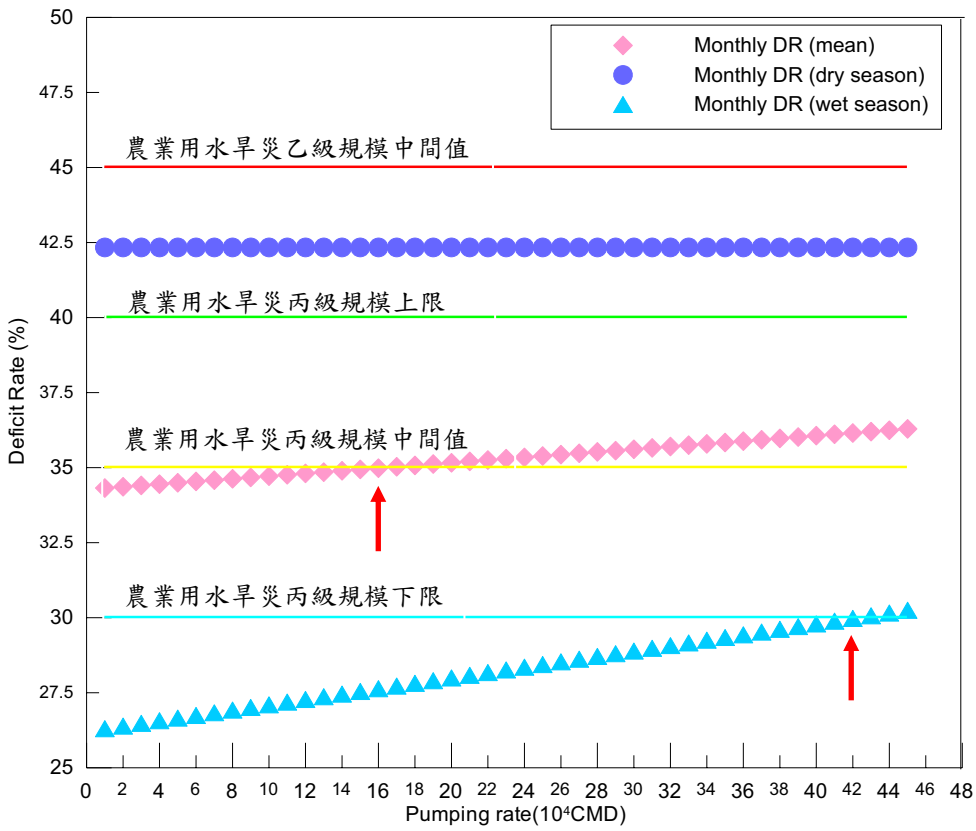


圖 8-20　豐水期抽水抽水量及月缺水率關係圖

比對彰雲橋自 2002 年至 2012 年總計 11 年日流量資料、保育用水量及水權量等，可發現於彰雲橋下游地面水資源量於枯水期已不符保育用水量及水權量之需求，平均月缺水率已達農業用水乙級災害等級，又因名竹盆地地下水與地面水交互關係密切，出水能力較佳之含水層亦鄰近濁水溪河道，預期於名竹盆地進行地下水開發將直接影響地面水水源量，故於缺水率限制條件下，名竹盆地常態地下水開發潛能量約僅每日 3 萬立方公尺，此抽水量略小於名竹盆地地面地下水平均日交換量，可維持名竹盆地地下水補注地面水特性，不致影響地面水資源過劇。

如以枯水期抽水情境考量，於相同缺水率限制條件下，枯水期抽水量建議為每日 4 萬立方公尺，但如考量嚴重乾旱緊急用水則抽水量可放大至每日 9 萬立方公尺；豐水期抽水部份，

如以相同年平均月缺水率限制條件下，名竹盆地抽水量可達每日 16 萬立方公尺。

綜合前述，名竹盆地地下水開發時間應以豐水期為宜，以避免對於地面水資源產生過大衝擊，惟豐水期雖可於名竹盆地抽汲較多水源，但如欲解決彰雲地區枯水期水源不足之問題，需配合調蓄設施進行操作，始可達到蓄豐濟枯之效果。另如考量穩定常態抽水開發行為,名竹盆地地下水開發規模不宜過大，應以其地面地下水平均交換量為限,建議為每日 3 萬立方公尺。

(六)區域水資源供需現況

依據行政院 100 年 8 月 16 日核定之「雲彰地區地層下陷具體解決方案暨行動計畫」中「雲、彰地區各標的用水、水源分析及未來趨勢預測」內容顯示，位於名竹盆地下游彰化雲林地區生活用水現況及未來趨勢如下所述：

1、現況用水分析

彰化及雲林地區目前生活用水量約 2.39 億立方公尺，佔總用水量 5.4%，其中約 64%來自地下水(表 8-18 及表 8-19)。而前述生活用水量 2.39 億立方公尺中，約 94%由自來水系統供應，另自來水系統亦供應部份產業用水。

目前彰化地區自來水系統供水量為每日 36 萬立方公尺(1.31 億立方公尺/年)，主要由地下水每日 28 萬立方公尺(1.02 億立方公尺/年)及台中系統支援每日 8 萬立方公尺(0.29 億立方公尺/年)。雲林地區供水現況自來水系統可供水源總量約每日 28.5 萬立方公尺(1.04 億立方公尺/年，不含離島工業區用水)，由集集堰(每日 15.9 萬立方公尺，0.58 億立方公尺/年)及地下水(每日 12.6 萬立方公尺，0.46 億立方公尺/年)供應，可滿足現況用水量約每日 28.5 萬立方公尺(約 1.04 億立方公尺/年)。

表 8-20　雲、彰地區各標的平均用水量統計表

單位：億立方公尺

標的	生活	工業	農業				合計
			灌溉	養殖	畜牧	小計	
彰化	1.36	1.28	15.85	2.45	0.17	18.47	21.11
雲林	1.03	3.12	17.2	1.35	0.19	18.74	22.89
小計	2.39	4.4	33.05	3.8	0.36	37.21	44
比例	5.43%	10.00%	84.57%				100.00%

表 8-21　雲彰地區各標的地下水平均用水量統計表

單位：億立方公尺

標的	生活	工業	農業				合計
			灌溉	養殖	畜牧	小計	
彰化	1.08	1.08	2.91	2.2	0.17	5.28	7.44
雲林	0.45	2.06	4.2	1.15	0.19	5.54	8.05
小計	1.53	3.14	7.11	3.35	0.36	10.82	15.49
比例	9.88%	20.27%	69.85%				100.00%
地下水佔標的用水量比例	64.02%	71.36%	29.08%				35.20%

2、未來預測趨勢

依據經濟部 98 年「台灣地區水資源需求潛勢評估及經理策略檢討」估算至民國 120 年人口成長及每人每日生活用水量變化趨勢，推估彰化地區預估至 120 年生活用水需求為每日 36.3 萬立方公尺(約 1.32 億立方公尺/年)；另如包含透過自來水系統供應之產業用水需求，估計自來水系統需求至民國 120 年達每日 42 萬立方公尺(1.53 億立方公尺/年)。而雲林地區預估至 120 年民生用水需求約為每日 24 萬立方公尺(約 0.88 億立方公尺/年)，加上由自來水系統供應之產業用水，估計自來水系統需求至民國 120 年達每日 31.6 萬立方公尺(1.15 億立方公尺/年)。

另於「雲彰地區地層下陷具體解決方案暨行動計畫」中「具體防治措施及工作規劃」第一項「減抽地下水增供地面水」中對於公共用水內容顯示，未來於彰化雲地區水資源開發方案主要包含湖山水庫及鳥嘴潭人工湖等 2 主要開發計畫，關於此 2 計畫之計畫說明、供水規劃及預期成效如下所述：

(1)計畫說明

湖山水庫已奉行政院核定執行中，預估 2014 年完成，完成後與集集攔河堰聯合運用，可增供水量每日 43.2 萬立方公尺，扣除支援嘉義地區每日 4 萬立方公尺之用水後，可增供雲、彰地區每日 39.2 萬立方公尺之地面水源。

鳥嘴潭人工湖位於南投縣草屯鎮，目前辦理可行性規劃及環評說明書中，預計推動期程為第一期工程 2012 至 2019 年，完成後可增供彰化地區每日 13 萬立方公尺水量，第二期工程於 2022 年完工，完成後可再增供彰投地區每日 17 萬立方公尺水量，合計增供彰化地區每日 18~26 萬立方公尺及南投地區每日 4 萬立方公尺水量。

(2)供水規劃

雲林縣部分，目前自來水每日需水量約 28.5 萬立方公尺(1.04 億立方公尺/年)，除每日抽取 12.6 萬立方公尺(0.46 億立方公尺/年)地下水外，其餘由林內淨水場供應。未來配合已奉核執行之湖山水庫工程期程，興建湖山淨水場及林內淨水場前處理設備等下游自來水工程，計畫豐水期雲林全縣全部由地面水源供水，枯水期視地層下陷趨勢合理抽取地下水。

彰化縣部分，目前自來水每日需水量約 36 萬立方公尺(1.32 億立方公尺/年)，扣除臺中地區水源支援每日 8 萬立方

公尺外，再扣除林內支援每日 1 萬立方公尺，其餘每日 28 萬立方公尺均由台灣自來水公司抽取地下水供應(約為每年 1.03 億立方公尺)。未來配合烏嘴潭人工湖工程期程，興建水場設備等自來水工程，計畫豐水期全部由地面水源供水，枯水期視地層下陷趨勢合理抽取地下水。

綜合上述，彰化及雲林地區現況自來水用水量分別每日抽取地下水 28 萬立方公尺及 12.6 萬立方公尺供應，而配合湖山水庫、烏嘴潭人工湖及自來水調度將分別於 2014 年及 2022 年由地面水資源取代多數地下水抽取，惟其於因應水文豐枯情勢變化，於枯水期仍預留抽取地下水之空間。圖 8-21 至圖 8-23 為經濟部水利署水源經營組提供彰化雲林地區自來水系統供需圖，由圖 8-22 中可得知於目標年 2032 年時，於湖山水庫及烏嘴潭人工湖完成營運後，彰化地區仍需抽取地下水供自來水系統使用，另依據 2010 年經濟部水利署水利規劃試驗所「烏溪烏嘴潭人工湖可行性規劃(2/2)-工程可行性規劃」總報告，自烏嘴潭人工湖完工營運後，自 2021 年起，彰化地區仍需每日抽取地下水 11 萬立方公尺。另於圖 8-23 中則可得知，雲林地區自 2016 年起湖山水庫完工營運後，原抽取之地下水將可由地面水全數取代，未來將無抽取地下水之需求。因此，名竹盆地地下水開發規模應以滿足彰化地區未來地下水抽取量為目標，以達地下水減抽進而保育地下水環境之目的。此外，因應豐水期高濁度期間集集攔河堰水源恐因濁度過高而無法處理以及於枯旱期間地面水源量不足所可能產生之供水缺口，亦可考量由名竹盆地地下水作為備援用水因應，故名竹盆地地下水開發方案應以常態供水、豐水期備援供水及枯水期備援用水等面向進行規劃其開發規模及應配合調蓄設施。

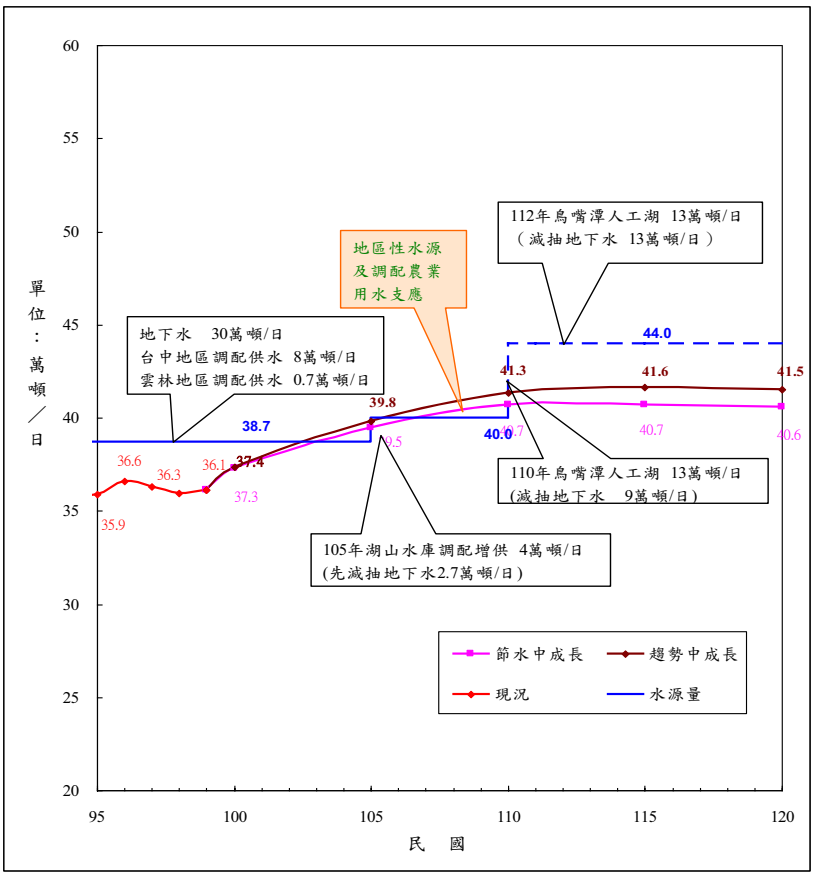


圖 8-21　彰化地區自來水系統供需圖

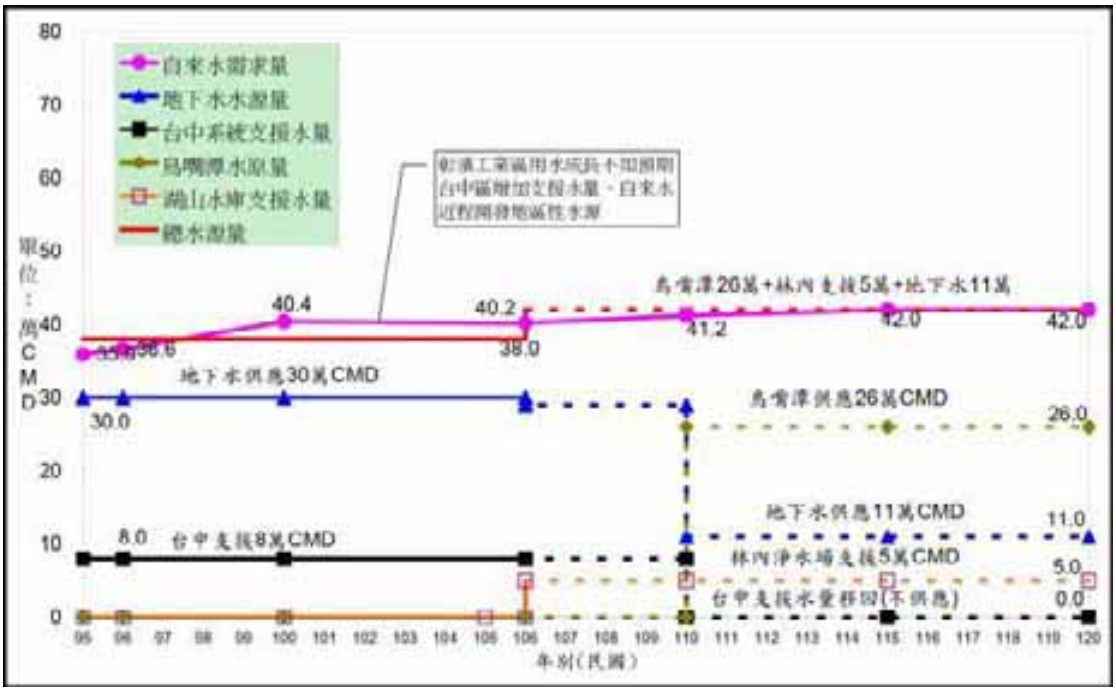


圖 8-22　彰化地區目標年水源聯合運用分析圖(經濟部水利署水利規劃試驗所，2010)

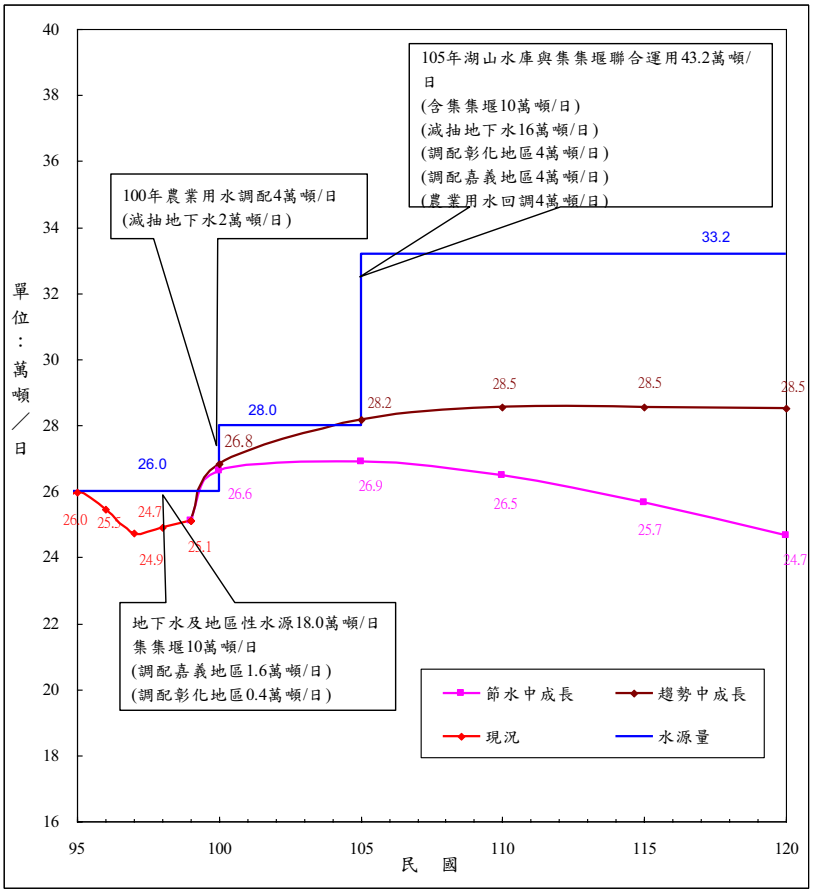


圖 8-23　雲林地區自來水系統供需圖

(七)名竹盆地地下水開發方案規劃

名竹盆地地下水開發方案依其供水型態可區分為常態供水開發方案及備援供水開發方案，依據前述地面水水源情況所探討於不同時段之開發潛能量及供水需求，進行常態供水及備援供水等名竹盆地地下水開發方案規劃，開發型式及各規劃方案分析結果如下：

1、開發型式分析

依前述分析成果得知，名竹盆地內具開發潛能之地下水資源主要蘊藏於深度 40 公尺以內之現代沖積層，一般而言，淺層地下水資源開發可採用淺井、寬口井、輻射井式井及水平集水井等 4 類，此 4 類取水工程特性，分就其特性及出水能力簡要說明如下：(經濟部水利處，2001)，

(1)開發型式特性

A、淺井

淺井主要係利用於井體中抽水造成較大的水力坡降來取水，一般井管口徑約在 40 公分以內，廣泛應用於一般地下水區之取水，除了含水層厚度過低可能不適用外，一般適用於各類之水文地質條件，其中以含水層厚度較厚的含水層為佳。

B、寬口井

一般為圓型或橢圓型之鋼筋混凝土結構物，井深多於 20 公尺之內，較深之淺井為防止礫石層之崩塌，多採用鑿井法鑿井，並以鋼管為井管材質。井體構造如圖 8-24 所示，有底面取水與側面取水方式兩種。若含水層較厚，地下水水位較高，可採用底部取水方式；如含水層較薄，枯水期地下水水位較低，可採用側面取水方式。

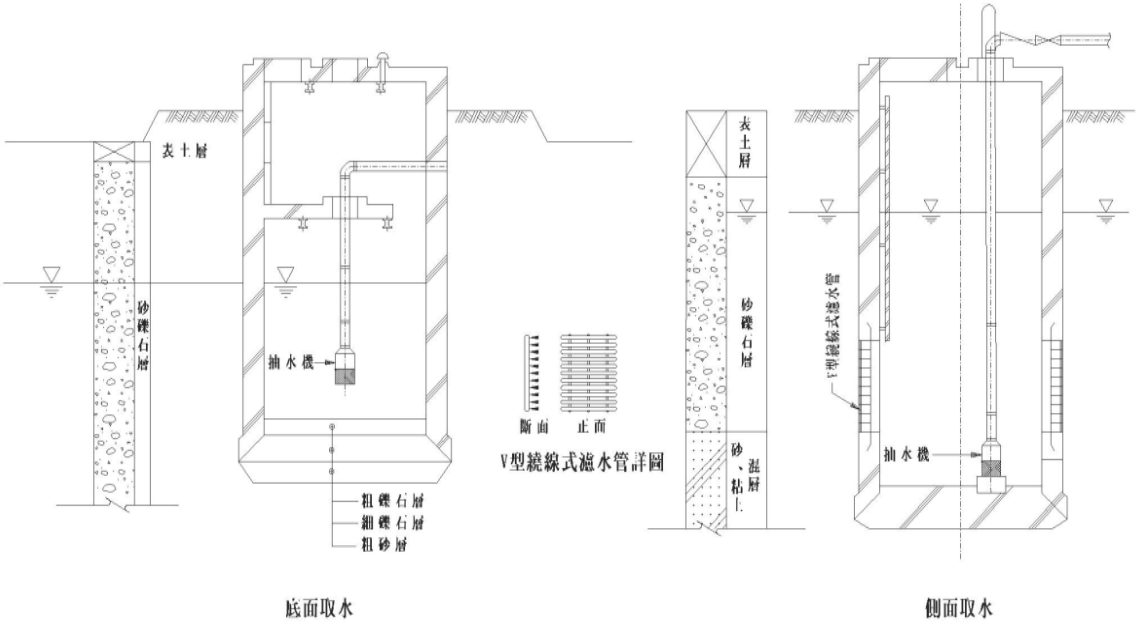


圖 8-24 寬口井形式示意圖

C、輻射式井

輻射式井係以一寬口井為中心，在下部鄰近含水層處再埋設輻射式井管，以汲取伏流水為主，或用於含水層極薄處。其優點為集水面積較普通淺井大若干倍，水平集水管得視實際需要規劃，最長可達 50 公尺至 60 公尺，出水量相當於數口淺井，而其缺點為輻射管易阻塞，維護不易，故一般用於當寬口井出水量不足時，再增設輻射管以增加水井之取水量。

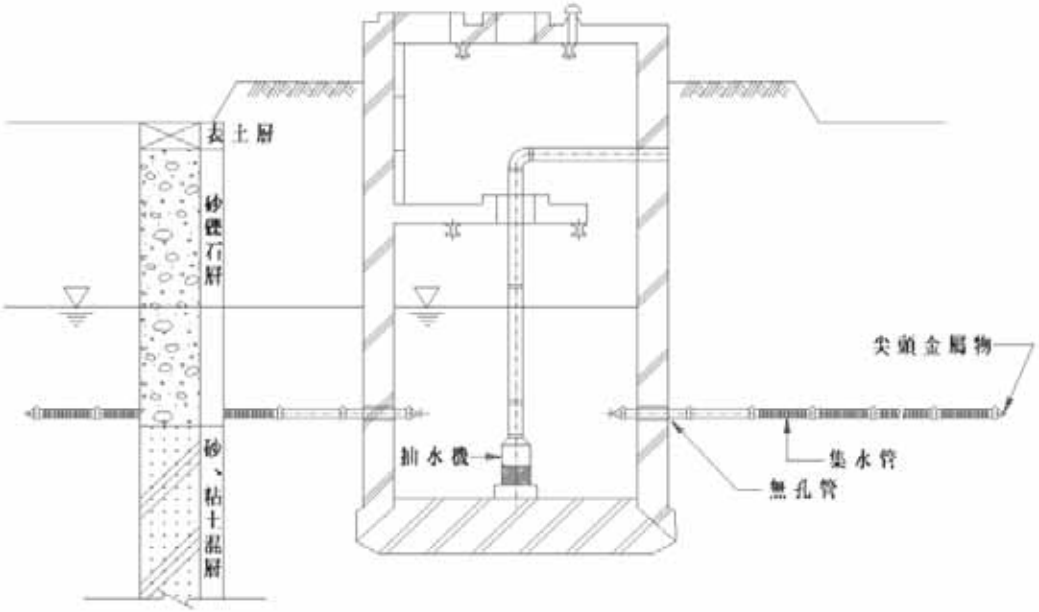


圖 8-25　輻射井形式示意圖

D、水平集水井

水平集水井又稱為集水暗渠，係直接埋集水井管於河道底部，用以汲取伏流水或淺層地下水之設施，若為入滲河川(losing stream)，將集水管渠埋於河川兩岸或河底，以汲取河水滲入地下水之伏流水；若為出滲河川(gaining stream)，將集水管渠設置於山麓或山谷下汲取地下水滲出河川前之伏流水。其可直接埋藏於河道底部汲取河道之滲漏水，因此在地面水源充沛及透水性佳之河床條件下，適

宜使用水平集水管，可有效增加取水量，但其缺點為若濾管阻塞之後，不易維修清洗。

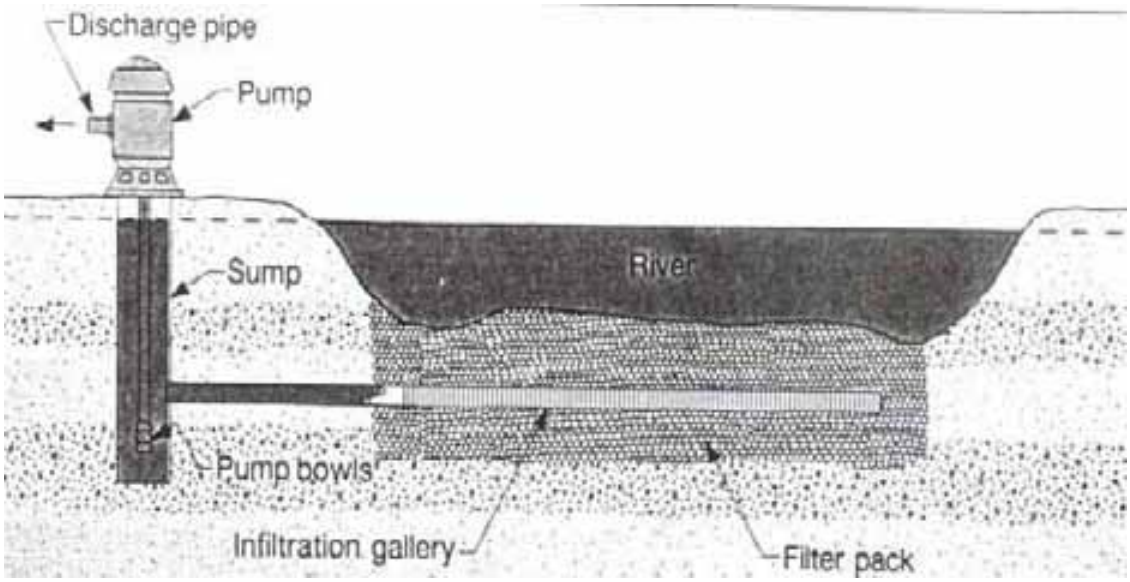


圖 8-26　水平集水管取水示意圖

依前述水平集水井較適宜使用於地面水源充沛及透水性較佳之河床條件，且汲取水量為河川入滲量或出滲量，依名竹盆地地面地下水交互作用特性，河川應屬出滲河川，以水平集水井汲取原地下水滲出前之伏流水將減少河川流量，對於河川流量衝擊較大，以名竹盆地內河川流量原已不足條件下，不宜使用水平集水井進行開發，相較水平集水管，淺井及寬口井於流量不大情況下，對於河川流量影響相對較小，另依經濟部水利處「濁水溪林內河段與二水河段取水工程調查規劃」計畫成果亦顯示，水平集水管單位原水建造成本高於淺井及寬口井，綜上，名竹盆地之地下水開發應以淺井或寬口井較為適宜。

(2)出水能力

A、淺井出水能力

假設井徑(r_w)為 40 公分、含水層厚度(H_0)為 30 公尺、水力傳導係數(K)為 3.54×10^{-4} 公尺/秒，則依不同井內洩降量(s_w)之設定，即可推求淺井之抽水量(Q_w)，推估成果如表 8-22 所示。同樣以井內洩降量為 5 公尺，比對表可知於洩降 5 公尺情況下，保守建議抽水量為每日 4,000 立方公尺，此抽水量下之影響半徑亦約為 280 公尺。

表 8-22　淺井抽水量推估表

抽水井洩降量(m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
影響半徑(m)	56.44	112.89	169.33	225.78	282.22	338.67	395.11	451.56	508	564.45
抽水量(cms)	0.0133	0.0229	0.0314	0.0393	0.0466	0.0535	0.0598	0.0658	0.0714	0.0767
抽水量(CMD)	1,149	1,979	2,713	3,396	4,026	4,622	5,167	5,685	6,169	6,627

B、寬口井出水能力

假設井徑(r_w)為 2 公尺、含水層厚度(H_0)為 30 公尺、水力傳導係數(K)為 3.54×10^{-4} 公尺/秒(經濟部水利署，2001)，則依不同井內洩降量(s_w)之設定，即可推求寬口井之抽水量(Q_w)，推估成果如表 8-23 所示。為避免過度影響河川流量，較適宜抽水井洩降量不宜使水位低於河道平均深槽高，比對濁水溪斷面 90 至斷面 96 間地下水與河道平均深槽高，於枯水期地下水水位約高於河道平均深槽高程 7 公尺左右，故抽水井洩降量應小於 7 公尺，保守起見以其 70%作為設計洩降，即抽水井洩降量為 5 公尺，比對表可知於洩降 5 公尺情況下，保守建議抽水量為每日 5,000 立方公尺，此抽水量下之影響半徑約 280 公尺。

表 8-23　寬口井抽水量推估表

抽水井洩降量(m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
影響半徑(m)	56.44	112.89	169.33	225.78	282.22	338.67	395.11	451.56	508	564.45
抽水量(cms)	0.0196	0.032	0.0428	0.0527	0.0618	0.0702	0.0781	0.0854	0.0922	0.0985
抽水量(CMD)	1,693	2,765	3,698	4,553	5,340	6,065	6,748	7,379	7,966	8,510

2、開發方案規劃分析

(1)常態供水方案

於常態供水方案規劃部份主要考量前述於不同時段之地下水開發潛能量及是否應有調蓄設施進行探討，目標均以每日提供穩定水源為考量,以下就全年常態抽水(無調蓄設施)及豐水期抽水(配合調蓄設施)等 2 方案進行規劃描述：

A、全年常態抽水(無調蓄設施)

依前地下水開發潛能評估成果，名竹盆地常態抽水情況下，建議地下水開發量為每日 3 萬立方公尺，以此開發規模為基礎分別就開發區位及工程佈置，簡要說明如下：

(A)開發區位

依據地下水流向分析成果，於清水溪與濁水溪匯流口為地下水匯集區域，地下水水位明顯高於河道平均深槽高程，為地下水資源較為豐沛及穩定之區域，考量鄰近衛生掩埋場及觸口淨水場區位，避免水質不佳及抽水干擾，建議於濁水溪北岸於斷面 90 至斷面 94 區域以及南側斷面 92 至斷面 96 區域為地下水適宜開發區位，亦可作為自來水公司研擬設置寬口井位置。

圖 8-27　地下水開發適宜區位

(B)工程佈置

考量於相同洩降量限制下，寬口井出水能力優於淺井，故於常態抽水方案建議採寬口井進行取水，規劃於前述開發區位進行地下水開發每日 3 萬立方公尺，單井取水量為每日 5,000 立方公尺，故應於建議區位設置 6 口寬口井，井深為 15 公尺，於濁水溪南北兩岸各設置 3 口，此外，為避免水井相互抽水干擾，井距需大於 280 公尺，且為避免河道沖刷影響，建議於堤內沿堤防佈設，建議佈設方式如圖 8-28 所示。此方案可供應彰化雲林地區每年 1,095 萬立方公尺之水量。

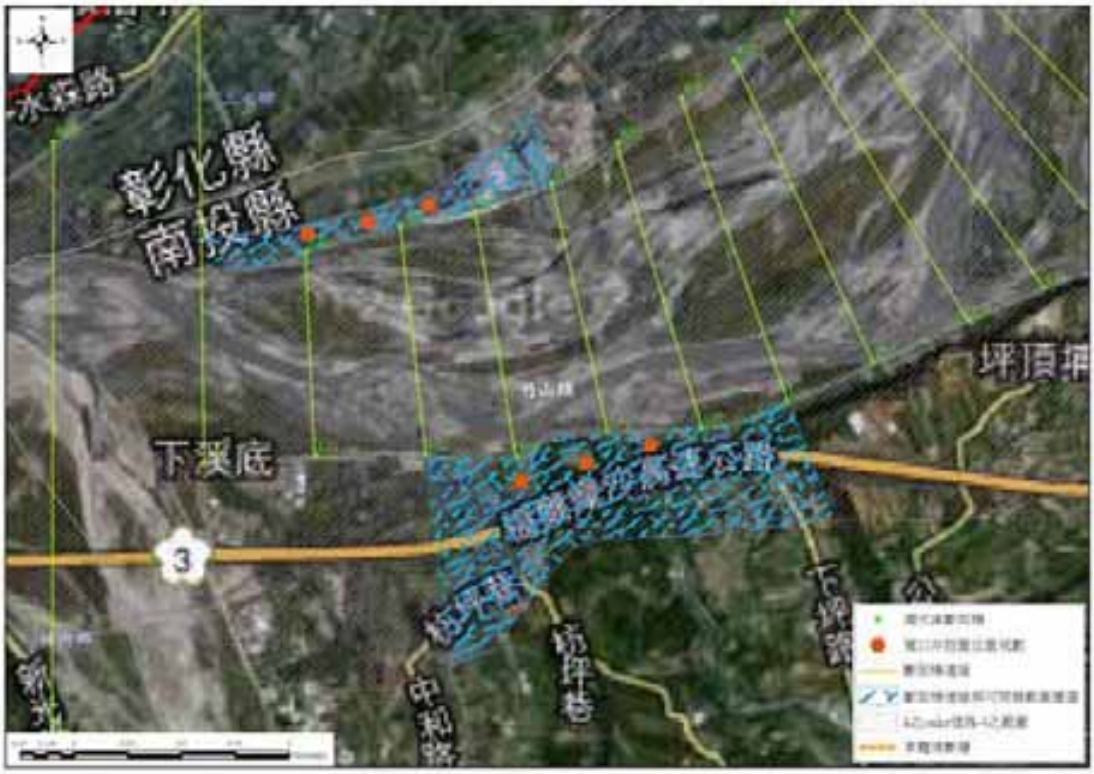


圖 8-28　寬口井佈設規劃示意圖

B、豐水期抽水(配合調蓄設施)方案

(A)調蓄池操作運算

如以滿足彰化未來每日 11 萬立方公尺之供水目標，調蓄池蓄水空間應滿足於枯水期間穩定供水之需求，調蓄池大小及每日抽水量可藉由調蓄池操作模擬予以試算得知，先行規劃有效蓄水深度為 15 公尺，並以封底方式設置調蓄池，故僅考量蒸發損失而不計滲漏損失，模擬試算期間自豐水期起始 5 月 1 日起至隔年枯水期終止日 4 月 30 日止，時距採每日計算，模擬試算原則為於豐水期終止日前調蓄池需可達滿庫，而於枯水期終止日調蓄池供水量需可滿足計畫供水目標，且缺水指數(Shortage Index, SI)恰等於 1 之條件，調蓄池操作運算參數說明如下：

Q_{0i}：指第 i 天調蓄池水源量(即計畫抽水量)。

Q_{1i}：指第 i 天調蓄池取水量。

R_i：指第 i 天調蓄池可供水量。

S_T：指調蓄池總容積。

S_{0i}：指第 i 天調蓄池可蓄水空間。

S_{1i}：指第 i 天調蓄池操作前蓄水量。

S_i：指第 i 天調蓄池蓄水量。

E_i：指第 i 天人工湖蒸發量。(單位面積蒸發量參考鄰近之台南農改場雲林農業分場統計各月平均值，採每日 2.62 公釐計)

R_i：指第 i 天調蓄池可供水量。

D_i：指第 i 天調蓄池計畫供水量。

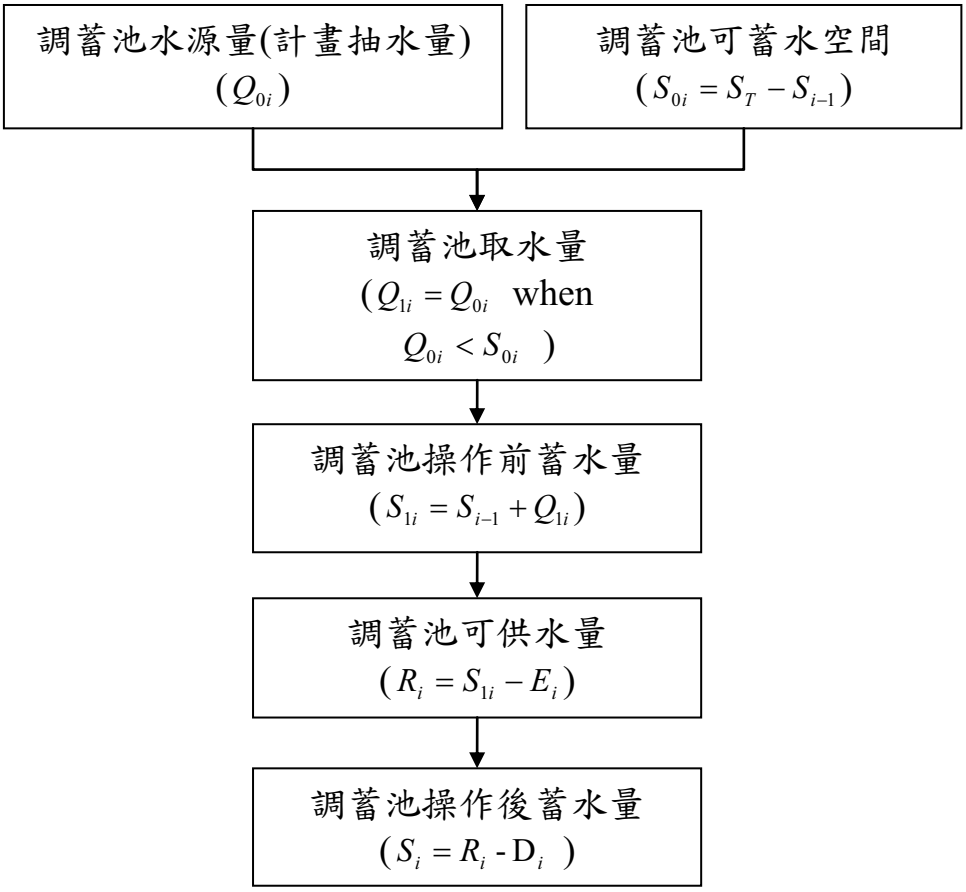


圖 8-29　人工湖水源運用演算流程

(B)調蓄池操作運算成果及調蓄池尺寸

依模擬試算成果顯示，如欲滿足於豐水期抽水並藉由調蓄池全年常態供水 11 萬立方公尺需求下，所需調蓄池有效蓄水容積需達 1,900 萬立方公尺，故調蓄池面積需達 127 公頃；於豐水期每日地下水抽水量需達 23 萬立方公尺，尚小於前述豐水期最大地下水開發潛能每日 42 萬立方公尺；依此地下水抽水量配合調蓄池進行供水，年總供水量可達 3,614 萬立方公尺。

(C)開發方案規劃

依前述分析成果顯示，如欲利用豐水期抽水及配合調蓄池進行穩定供水，則於應於豐水期抽汲每日 23 萬立方公尺之地下水，如依寬口井單井最佳出水量每日 5,000 立方公尺預估，於北岸需佈設 46 口寬口井，各井井深為 15 公尺；此外，亦需設置面積 127 公頃及有效蓄水深度 15 公尺之調蓄池，工程平面佈置如圖 8-30 所示。

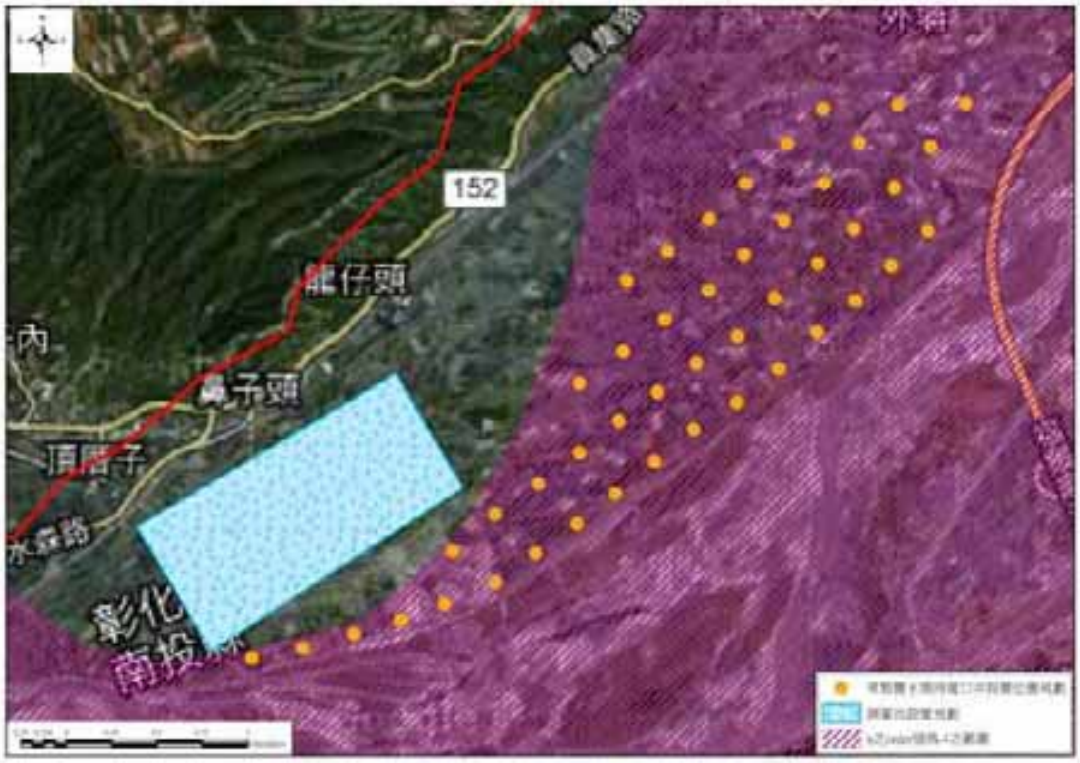


圖 8-30　豐水期抽水配合調蓄設施工程佈置圖

(D)調蓄池土地取得可行性評估

經調查目前規劃調蓄池位置均位於河川公地之上，未來若進行開發在用地取得上，並無較大影響。

(2)備援供水方案

名竹盆地地下水開發如以供作備援用水，可區分為於枯水期因應嚴重乾旱導致原有地面水供應設施無法正常供水時，作為緊急備援使用；亦或於豐水期颱洪暴雨發生時，因應濁度過高導致自來水原有淨水設施無法處理時，作為緊急備援使用，因此，名竹盆地地下水開發作備援供水可區分為枯水期緊急備援及豐水期緊急備援等 2 類，以下就此等 2 類備援用水取水方案簡要說明：

A、枯水期乾旱緊急備援用水方案

由於枯水期乾旱發生時，河川流量原已偏低，於極度乾旱情況下，為求緊急供應公共用水需求，可忍受較高之河川流量缺水率，依前述不同時段地下水開發潛能量分析中，於枯水期如為因應乾旱分析，允許濁水溪河川流量缺水率以乾旱農業用水乙級災害標準中間值 45%為限，則於名竹盆地地下水開發量可提高至每日 9 萬立方公尺，即南北兩岸均可於枯水期間分別抽取 4.5 萬立方公尺，以作為緊急備援之用。因考量枯水期水位可能明顯下降，造成寬口井取水能力降低，故建議採淺井開發型式，如以單井出水量每日 4,000 立方公尺為基礎，則需於南北兩岸分設 12 口淺井，井深採 40 公尺以確保得順利取水，工程佈設方式如圖 8-31 所示。

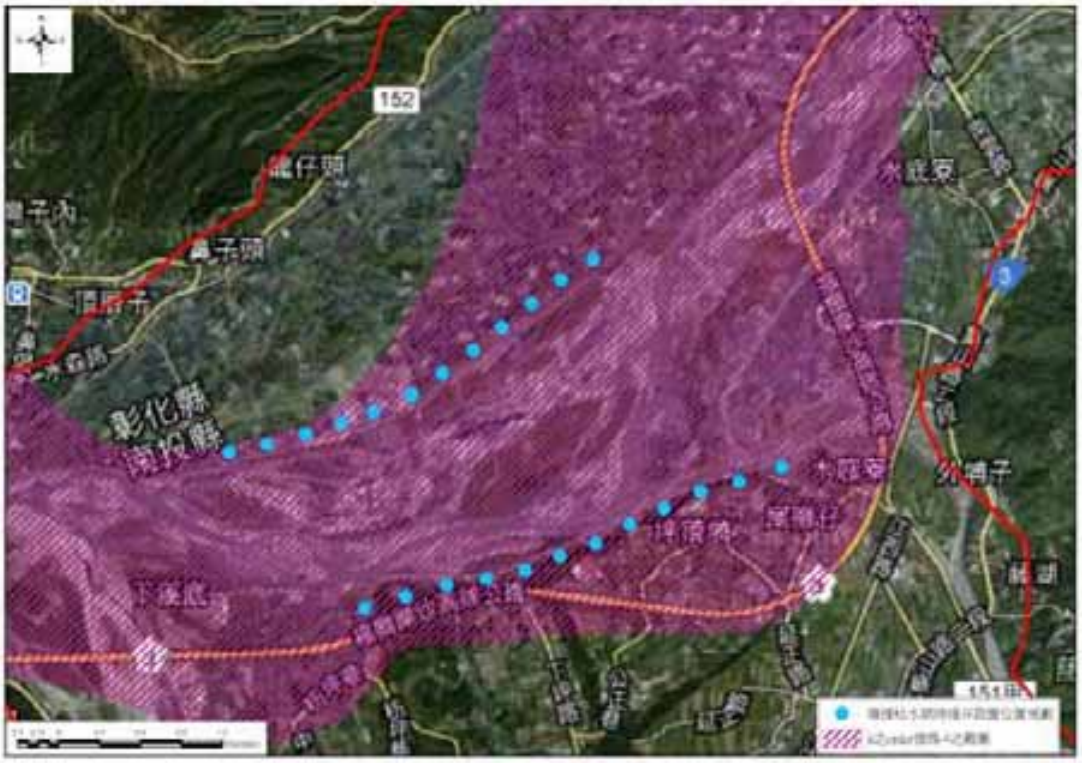


圖 8-31　枯水期乾旱緊急備援用水工程佈置圖

B、豐水期高濁度時期備援用水方案

由於豐水期颱洪及暴雨發生時，地面水可能出現高濁度情況，而使為淨水設施無法去除水中懸浮顆粒，而於此期間，地下水濁度低水質良好，可於高濁度期間作為緊急備援用水來源,依前述不同時段地下水開發潛能量分析中，於豐水期如以濁水溪河川流量月平均缺水率以乾旱農業用水丙級災害標準中間值 35%為限，則於名竹盆地地下水開發潛能量約為每日 16 萬立方公尺。

依前述彰化及雲林地區自來水系統供需圖可得知，於高濁度期間，彰化地區由林內淨水場所供應每日 5 萬立方公尺及雲林地區由集集堰供應之 10 萬立方公尺將可能因濁度過高，而無法順利供水，總計可能供水缺口為每日 15 萬立方公尺。故於此期間規劃於南北兩岸分別抽取 7.5 萬立方公尺，以作為高濁度緊急備援之用，又考量於高濁度期間，寬口井恐因濁度過高造成阻塞而無法順利取水，故

以淺井方式取水，井深為 40 公尺，如以單井出水量 4,000 立方公尺為基礎，則需於南北兩岸分設 19 口淺井，規劃工程佈設方式如圖 8-32 所示。

圖 8-32　豐水期高濁度緊急備援用水工程佈置圖

(八)名竹盆地地下水開發方案輸水路線規劃

依據自來水公司於名竹盆地下游淨水場及輸水管線分佈，前述各項開發方案規劃於建議開發區位可將抽汲水量或經由調蓄池調蓄之水量直接輸送至雲林觸口淨水場，經處理後再利用自來水系統輸送使用，於北岸開發區位輸送至觸口淨水場需新設輸水管路 3.6 公里；而於南岸開發區位輸送至觸口淨水場則需新設輸水管路 3.8 公里，詳細輸水路線規劃位置如圖 8-33。

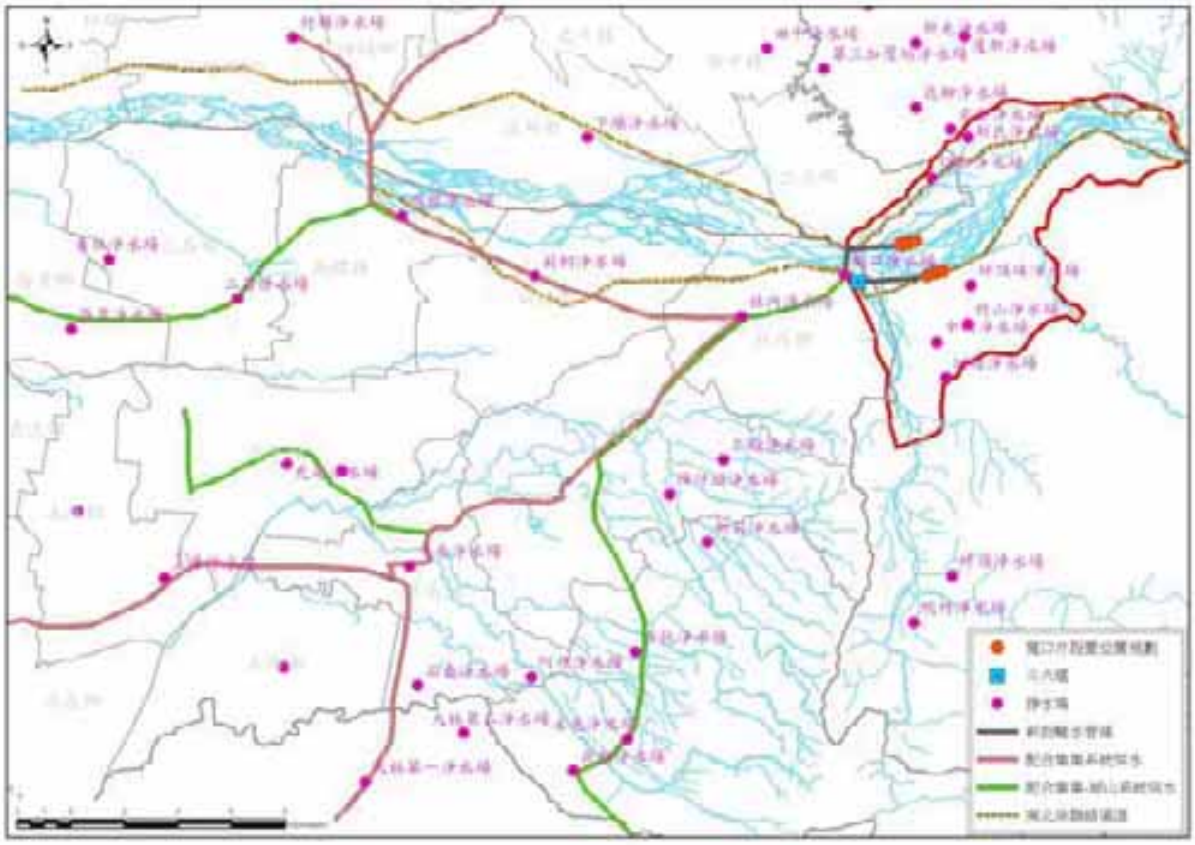


圖 8-33　輸水路線規劃位置圖

(九)開發方案工程經費概估

工程數量估算原則上參考 2003 年經濟部水利署水利規劃試驗所「濁水溪下游水源開發規劃檢討(二)-開發方案檢討」針對二水寬口井工程數量計算成果，相關估價標準、主要成本編估、工程費用估算成果說明如下：

1、估價標準

本工程單價分析以民國 102 年之物價為基準。

2、主要成本編估說明

本計畫成本依行政院公共工程委員會「公共建設工程經費估算編列手冊」分別估算下列各項經費：

A、規劃設計階段作業費用

規劃設計階段作業又分可行性規劃及細部設計兩階段，其中可行性規劃作業費按直接工程成本之 2%估列，細部

設計作業費按直接工程成本之 3%估列。

B、用地取得費

本計畫針對用地取得依公告現值加四成方式估列，預訂開發區位公告現值為每平方公尺 850 元，故土地徵收費用約為每平方公尺 1,200 元。

C、工程建造費

(A)直接工程成本

直接工程成本為建造工程目的物所需之成本，直接成本之單價為各項主體工程費。除主體工程外，施工中環境保護費及工地安全衛生費亦為直接工程成本之項目，簡稱環保安衛費，採主體工程費之 2%計算，詳如下：

a、環境保護費

包括空氣污染、噪音、震動、水污染、廢棄物清理等防治措施及其他環保費(管理、訓練、宣導等)。

b、工地安全衛生費

包括工地內所有設備之安全、工區內之衛生及其他安全衛生費(管理、宣導、訓練、防護具等)。

(B)間接工程成本

間接工程成本係業主為監造管理工程目的物所需支出之成本，包含工程行政管理費、工程監造費、階段性專案管理及顧問費、環境監測費、空氣污染防制費及工程保險費，間接工程成本按直接工程成本之 15%估列。

(C)工程預備費

為彌補先期規劃(可行性研究)、綜合規劃及設計期間，因所蒐集引用資料之精度、品質和數量不夠完整、可能的意外或無法預見之偶發事件等狀況所準備的一筆費用，

稱為工程預備費。工程預備費按直接工程成本之 20%估列。

(D)物價調整費

物價調整費係直接工程成本及間接工程成本與工程預備費之合計，按每年預估上漲率 1.8%並依複利法分年估列。

D、施工期間利息

依分年經費(設計階段作業費用＋用地取得及拆遷補償費＋工程建造費)及資金來源，按年利率 3%採複利逐年估算。

3、開發方案成本估算成果

依前述開發方案成本估算成果，分就常態供水方案及備援供水方案綜整說明如下：

(1)常態供水方案

A、全年常態抽水(無調蓄設施)

全年常態抽水開發方案工程內容，包含寬口井工程及輸水管路工程，工程經費估算成果如表 8-24 所示，由於本計畫寬口井工程預期一年即可完工，故物價調整費及施工期間利息均為 0，經初步估算建造成本約為 2.77 億元。

B、豐水期抽水(配合調蓄設施)

豐水期抽水常態供水方案工程內容包含寬口井工程、調蓄池工程及輸水管路工程等，工程經費估算成果如表 8-25 所示，由於本計畫寬口井工程期間預估為四年，經初步估算建造成本約為 263.68 億元。

(2)備援供水方案

A、枯水期乾旱緊急備援用水

枯水期乾旱緊急備援用水抽水開發方案工程內容，包含淺井工程及輸水管路工程，工程經費估算成果如表 8-26 所示，由於本計畫淺井工程預期二年可完工，經初步估算建造成本約為 4.73 億元。

B、豐水期高濁度時期備援用水

枯水期乾旱緊急備援用水抽水開發方案工程內容，包含淺井工程及輸水管路工程，工程經費估算成果如表 8-27 所示，由於本計畫淺井工程時間預估為二年，經初步估算建造成本約為 6.39 億元。

表 8-24　全年常態抽水開發方案工程費用估算表

項次	項目	單位	數量	單價(元)	複價(元)
一、	設計階段作業費用	式	1	7,782,958	7,782,958
二、	用地取得費(含寬口井及輸水管路)	ha	4.9	12,000,000	58,800,000
三、	工程建造費				210,139,866
1	直接工程費				155,659,160
1.1	寬口井				20,160,000
	土方開挖	m^3	16000	90	1,440,000
	地層鑽探	式	6	300,000	1,800,000
	沉箱下沉	式	6	120,000	720,000
	井筒	座	6	2,000,000	12,000,000
	水錶	式	6	200,000	1,200,000
	人孔	座	6	500,000	3,000,000
1.2	寬口井抽水設備				5,400,000
	抽水設備	式	6	300,000	1,800,000
	機房	式	6	500,000	3,000,000
	水錶	式	6	100,000	600,000
1.3	輸水管				27,220,000
	集水管埋設(DIP Φ600mm)	m	1600	10,000	16,000,000
	可撓管(Φ600mm)	m	6	600,000	3,600,000
	土方開挖	m^3	23000	90	2,070,000
	土方回填	m^3	22200	250	5,550,000
1.4	抽水站房				20,000,000
	機電工程	式	2	6,000,000	12,000,000
	土建工程	式	2	4,000,000	8,000,000
1.5	輸水管路工程				74,000,000
	自來水管路	m	7400	10,000	74,000,000
1.6	雜項工程	式	1	7,278,000	7,278,000
1.7	公安衛生及環保費	式	1	1,601,160	1,601,160
2	間接工程費	式	1	23,348,874	23,348,874
3	工程預備費	式	1	31,131,832	31,131,832
4	物價調整費	式	1	-	-
四、	總工程費				276,722,824
五、	施工期間利息	式			-
六、	計畫成本				276,722,824

表 8-25　豐水期抽水配合調蓄池開發方案工程費用估算表

項次	項目	單位	數量	單價(元)	複價(元)
一、	設計階段作業費用	式	1	811,451,954	811,451,954
二、	用地取得費(含寬口井及輸水管路)	ha	17.1	12,000,000	205,200,000
三、	工程建造費				23,113,723,215
1	直接工程費				16,229,039,072
1.1	寬口井				158,194,230
	土方開挖	m^3	122,667	90	11,040,030
	濾料	m^3	6057	600	3,634,200
	地層鑽探	式	46	300,000	13,800,000
	沉箱下沉	式	46	120,000	5,520,000
	井筒	座	46	2,000,000	92,000,000
	水錶	式	46	200,000	9,200,000
	人孔	座	46	500,000	23,000,000
1.2	寬口井抽水設備				41,400,000
	抽水設備	式	46	300,000	13,800,000
	機房	式	46	500,000	23,000,000
	水錶	式	46	100,000	4,600,000
1.3	輸水管				193,089,970
	集水管埋設(DIP Φ600mm)	m	12,267	10,000	122,670,000
	可撓管(Φ600mm)	m	20	600,000	12,000,000
	土方開挖	m^3	176,333	90	15,869,970
	土方回填	m^3	170,200	250	42,550,000
1.4	抽水站房				10,000,000
	機電工程	式	1	6,000,000	6,000,000
	土建工程	式	1	4,000,000	4,000,000
1.5	調蓄池工程				13,987,700,000
	土方工程	m^3	19,050,000	90	1,714,500,000
	混凝土工程(含封底)	式	635,000	10,000	6,350,000,000
	鋼筋	t	280,000	21,000	5,880,000,000
	模板	m^2	33,000	400	13,200,000
	水工機械(含閘門、抽水站)	式	1	30,000,000	30,000,000
1.6	輸水管路工程				74,000,000
	自來水管路	m	7,400	10,000	74,000,000
1.7	雜項工程	式	1	1,446,438,420	1,446,438,420
1.8	公安衛生及環保費	式	1	318,216,452	318,216,452
2	間接工程費	式	1	2,434,355,861	2,434,355,861
3	工程預備費	式	1	3,245,807,814	3,245,807,814
4	物價調整費	式	1	1,204,520,468	1,204,520,468
四、	總工程費				24,130,375,169
五、	施工期間利息	式	1	2,237,537,298	2,237,537,298
六、	計畫成本				26,367,912,467

表 8-26　枯水期乾旱緊急備援用水開發方案工程費用估算表

項次	項目	單位	數量	單價(元)	複價(元)
一、	設計階段作業費用	式	1	13,545,146	13,545,146
二、	用地取得費(含淺井及輸水管路)	ha	6.1	12,000,000	73,200,000
三、	工程建造費				372,301,885
1	直接工程費				270,902,922
1.1	淺井				25,012,800
	鑿井工資　(0 - 50 M 深) 鑿井 0"~12"	m	1,200	3,000	3,600,000
	鑿井工資　(0 - 50 M 深) 擴孔 13"~24"	m	1,200	3,000	3,600,000
	套管§609.6mm*6mm t	m	432	3,500	1,512,000
	§400mm 不銹鋼濾管安裝(含不銹鋼濾管)	m	720	18,000	12,960,000
	井管及安裝費　(§400 SUS304-SP)	m	240	9,000	2,160,000
	濾料	m^3	48	600	28,800
	預拌 141Kg/cm2 混凝土	m^3	48	1,500	72,000
	洗井費	口	24	15,000	360,000
	試水費	口	24	30,000	720,000
1.2	淺井井抽水設備				21,600,000
	抽水設備	式	24	300,000	7,200,000
	機房	式	24	500,000	12,000,000
	水錶	式	24	100,000	2,400,000
1.3	輸水管				108,880,000
	集水管埋設(DIP Φ600mm)	m	6,400	10,000	64,000,000
	可撓管(Φ600mm)	m	24	600,000	14,400,000
	土方開挖	m^3	92,000	90	8,280,000
	土方回填	m^3	88,800	250	22,200,000
1.4	抽水站房				20,000,000
	機電工程	式	2	6,000,000	12,000,000
	土建工程	式	2	4,000,000	8,000,000
1.5	輸水管路工程				74,000,000
	自來水管路	m	7,400	10,000	74,000,000
1.6	雜項工程	式	1	17,549,280	17,549,280
1.7	公安衛生及環保費	式	1	3,860,842	3,860,842
2	間接工程費	式	1	40,635,438	40,635,438
3	工程預備費	式	1	54,180,584	54,180,584
4	物價調整費	式	1	6,582,941	6,582,941
四、	總工程費				459,047,031
五、	施工期間利息	式	1	13,771,411	13,771,411
六、	計畫成本				472,818,442

表 8-27　豐水期高濁度時期備援用水開發方案工程費用估算表

項次	項目	單位	數量	單價(元)	複價(元)
一、	設計階段作業費用	式	1	18,633,463	18,633,463
二、	用地取得費(含淺井及輸水管路)	ha	7.5	12,000,000	90,000,000
三、	工程建造費				512,159,355
1	直接工程費				372,669,253
1.1	淺井				39,603,600
	鑿井工資　(0 - 50 M 深) 鑿井 0"~12"	m	1,900	3,000	5,700,000
	鑿井工資　(0 - 50 M 深) 擴孔 13"~24"	m	1,900	3,000	5,700,000
	套管§609.6mm*6mm t	m	684	3,500	2,394,000
	§400mm 不銹鋼濾管安裝(含不銹鋼濾管)	m	1140	18,000	20,520,000
	井管及安裝費　(§400 SUS304-SP)	m	380	9,000	3,420,000
	濾料	m^3	76	600	45,600
	預拌 141Kg/cm2 混凝土	m^3	76	1,500	114,000
	洗井費	ロ	38	15,000	570,000
	試水費	ロ	38	30,000	1,140,000
1.2	淺井井抽水設備				34,200,000
	抽水設備	式	38	300,000	11,400,000
	機房	式	38	500,000	19,000,000
	水錶	式	38	100,000	3,800,000
1.3	輸水管				172,390,030
	集水管埋設(DIP Φ600mm)	m	10,133	10,000	101,330,000
	可撓管(Φ600mm)	m	38	600,000	22,800,000
	土方開挖	m^3	145,667	90	13,110,030
	土方回填	m^3	140,600	250	35,150,000
1.4	抽水站房				20,000,000
	機電工程	式	2	6,000,000	12,000,000
	土建工程	式	2	4,000,000	8,000,000
1.5	輸水管路工程				74,000,000
	自來水管路	m	7,400	10,000	74,000,000
1.6	雜項工程	式	1	26,619,363	26,619,363
1.7	公安衛生及環保費	式	1	5,856,260	5,856,260
2	間接工程費	式	1	55,900,388	55,900,388
3	工程預備費	式	1	74,533,851	74,533,851
4	物價調整費	式	1	9,055,863	9,055,863
四、	總工程費				620,792,818
五、	施工期間利息	式	1	18,623,785	18,623,785
六、	計畫成本				639,416,603

4、開發方案年計成本及原水建造成本估算

年計成本指於經濟分析年限內，每年平均攤還建造成本之固定年成本及年營運維護費用累計，其中固定年成本包含年利息、償債基金、期中換新準備金、保險費及稅捐等，由於備援用水使用時機及用水量難以預測，於年計成本及原水建造成本部份原則僅以常態供水方案為估算對象。各費用估算原則如下：

(1)固定年成本

A、年利息

為投資之利息負擔，以建造成本乘以年利息 3%估算。

B、年償債基金

為投資之清償年金，採用積金法，每年提存等值金額，以年利率複利計算至經濟分析年限屆滿時，所積存之本息足以清償計畫之建造成本，如經濟分析年限 20 年，以年利率 3%，則年償債基金為建造成本之 3.72%。

C、年保險費及稅捐

假設保險費及稅捐每年平均分攤，保險費及稅捐分別以建造成本 0.12%及 0.5%估算。

D、年換新準備金

各項工程設施之耐用年限長短不一，運轉期間，部份工程設施需定期更新，以避免影響正常功能，因此須按年提存換新準備金，供期中換新使用，一般以建造成本 2%估列。

(2)年營運維護費用

本計畫各方案營運期間須支付財貨與勞務費用，另由於本計劃開發方案是以抽汲地下水方式取水，因此須考量抽汲

之電費，依據 2010 年經濟部水利署水利規劃試驗所「烏溪鳥嘴潭人工湖可行性規劃(2/2)-工程可行性規劃」總報告，地下水每立方公尺用電度數為 0.4 度，而 1 度電為 4.4 元計算；另考量維持各項設施之功能，以直接工程費之 2%估列設施維護費。

經估算結果，兩項常態供水方案之年計成本及原水建造成本估算成果如表 8-28 所示，全年常態抽水方案之年計成本約 4,823 萬元，以年供水量 1,095 萬立方公尺推估，其原水建造成為 4.4 元/立方公尺；豐水期抽水配合調蓄池常態供水方案其年計成本為 28.06 億元，以年供水量 3,614 萬立方公尺估算，其原水建造成本則達 77.66 元/立方公尺。

表 8-28　常態供水方案年計成本及原水建造成本估算成果表

常態供水方案	年計成本 (萬元)	年供水量 (萬立方公尺)	原水建造成本 (元/立方公尺)	計畫成本 (萬元)
全年常態抽水 (每日供水 3 萬立方公尺)	4,823	1,095	4.4	27,672
豐水期抽水配合調蓄池 (每日供水 16 萬立方公尺)	280,662	3,614	77.66	2,636,791

(十)開發方案情境模擬

於模式率定完成後，即可進行開發方案模擬，不同開發規模及其開發情境設定說明如下：

1、開發規模：依據開發方案規劃結果，共設定 5 種，分別為未開發、全年常態抽水每日 3 萬立方公尺、豐水期抽水每日 23 萬立方公尺、枯水期抽水每日 9 萬立方公尺及豐水期抽水每日 15 萬立方公尺。

2、開發時間：區分為全年常態抽水、豐水期抽水(5 月至 10 月)、豐水期備援抽水(於豐水期間連續抽水 20 日)、枯水期備援抽水(1 月至 3 月，連續抽水 90 日)

3、開發設施:依前述開發方案工程佈置方式,以井群方式抽水，單井出水量每日 5000 立方公尺，井距設定為 300 公尺。

4、模擬時間：分別以 2002 年、2005 年及 2012 年代表枯水年、豐水期及平水年，年度模擬自 1 月 1 日起至 12 月 31 日至，模擬時距均為 1 日。

於枯水年、豐水期及平水年各開發方案模擬結果綜整於表 8-29 至表 8-31，於不同水文情勢下，各方案洩降範圍、最大洩降量、河川吸引水量及隘口流量減少量等分述如下：

1、枯水年(2002 年)

(1)全年常態抽水(每日抽水 3 萬立方公尺)

枯水年期間，如於名竹盆地進行每日 3 萬立方公尺常態抽水情境，於連續抽水 365 日情況下，洩降量大於 2 公尺範圍面積為 358 公頃，均集中於井群週邊，且此區域內之最大洩降量為 7.05 公尺，如圖 8-34 所示；另於全年常態抽水情況下，將增加河川入滲量 390 萬立方公尺，而隘口流出量則由未開發情況 1,791 萬立方公尺減少至 1,683 萬立方公尺。

圖 8-34　枯水年全年常態抽水(每日 3 萬立方公尺)洩降範圍圖

(2)豐水期抽水常態供水(每日抽水 23 萬立方公尺)

於枯水年期間，如於名竹盆地進行豐水期每日 23 萬立方公尺抽水情境，連續抽水 184 日情況下，洩降量大於 2 公尺範圍面積為 1,943 公頃，洩降範圍涵蓋濁水溪南北兩岸，如圖 8-35 所示，區域內之最大洩降量為 29.55 公尺；另將增加河川入滲量 593 萬立方公尺，而隘口流出量則由未開發情況 1,791 萬立方公尺減少至 1,461 萬立方公尺。

圖 8-35　枯水年豐水期抽水常態供水(每日 23 萬立方公尺)洩降範圍圖

(3)枯水期抽水備援供水(每日抽水 9 萬立方公尺)

於枯水年期間，如於名竹盆地進行枯水期每日 9 萬立方公尺抽水情境，連續抽水 90 日情況下，洩降量大於 2 公尺範圍面積為 1,115 公頃，洩降範圍集中於井群週邊，如圖 8-36 所示，區域內之最大洩降量為 10.34 公尺；另將增加河川入滲量 409 萬立方公尺，而隘口流出量則由未開發情況 1,791 萬立方公尺減少至 1,701 萬立方公尺。

圖 8-36　枯水年枯水期抽水備援供水(每日 9 萬立方公尺，連續抽水 90 日)洩降範圍圖

(4)豐水期抽水備援供水(每日抽水 15 萬立方公尺)

於枯水年期間，如於名竹盆地進行豐水期每日 15 萬立方公尺抽水情境，連續抽水 20 日情況下，洩降量大於 2 公尺範圍面積為 477 公頃，洩降範圍涵蓋濁水溪南北兩岸，如圖 8-37 所示，區域內之最大洩降量為 6.15 公尺；另將增加河川入滲量 86 萬立方公尺，而隘口流出量則由未開發情況 1,791 萬立方公尺減少至 1,774 萬立方公尺。

圖 8-37　枯水年豐水期抽水備援供水(每日 15 萬立方公尺，連續抽水 20 日)洩降範圍圖

2、豐水年(2005 年)

(1)全年常態抽水(每日抽水 3 萬立方公尺)

於豐水年期間，如於名竹盆地進行每日 3 萬立方公尺常態抽水情境，於連續抽水 365 日情況下，洩降量大於 2 公尺範圍面積為 269 公頃，均集中於井群週邊，且此區域內之最大洩降量為 6.32 公尺，如圖 8-38 所示；另於全年常態抽水情況下，將增加河川入滲量 583 萬立方公尺，而隘口流出量則由未開發情況 1,791 萬立方公尺減少至 1,708 萬立方公尺。

圖 8-38　豐水年全年常態抽水(每日 3 萬立方公尺)洩降範圍圖

(2)豐水期抽水常態供水(每日抽水 23 萬立方公尺)

於豐水年期間，如於名竹盆地進行豐水期每日 23 萬立方公尺抽水情境，連續抽水 184 日情況下，洩降量大於 2 公尺範圍面積為 1,732 公頃，洩降範圍涵蓋濁水溪南北兩岸，如圖 8-39 所示，區域內之最大洩降量為 21.52 公尺；另將增加河川入滲量 1,288 萬立方公尺，而隘口流出量則由未開發情況 1,791 萬立方公尺減少至 1,469 萬立方公尺。

圖 8-39　豐水年豐水期抽水常態供水(每日 23 萬立方公尺)洩降範圍圖

(3)枯水期抽水備援供水(每日抽水 9 萬立方公尺)

於豐水年期間，如於名竹盆地進行枯水期每日 9 萬立方公尺抽水情境，連續抽水 90 日情況下，洩降量大於 2 公尺範圍面積為 658 公頃，洩降範圍集中於井群週邊，如圖 8-40 所示，區域內之最大洩降量為 6.72 公尺；另將增加河川入滲量 476 萬立方公尺，而隘口流出量則由未開發情況 1,791 萬立方公尺減少至 1,714 萬立方公尺。

圖 8-40　豐水年枯水期抽水備援供水(每日 9 萬立方公尺，連續抽水 90 日)洩降範圍圖

(4)豐水期抽水備援供水(每日抽水 15 萬立方公尺)

於豐水年期間，如於名竹盆地進行豐水期每日 15 萬立方公尺抽水情境，連續抽水 20 日情況下，洩降量大於 2 公尺範圍面積為 332 公頃，洩降範圍涵蓋濁水溪南北兩岸，如圖 8-41 所示，區域內之最大洩降量為 6.17 公尺；另將增加河川入滲量 104 萬立方公尺，而隘口流出量則由未開發情況 1,791 萬立方公尺減少至 1,778 萬立方公尺。

圖 8-41　豐水年豐水期抽水備援供水(每日 15 萬立方公尺，連續抽水 20 日)洩降範圍圖

3、平水年(2012 年)

(1)全年常態抽水(每日 3 萬立方公尺)

於平水年期間，如於名竹盆地進行每日 3 萬立方公尺常態抽水情境，於連續抽水 365 日情況下，洩降量大於 2 公尺範圍面積為 316 公頃，均集中於井群週邊，且此區域內之最大洩降量為 6.6 公尺，如圖 8-42 所示；另於全年常態抽水情況下，將增加河川入滲量 536 萬立方公尺，而隘口流出量則由未開發情況 1791 萬立方公尺減少至 1705 萬立方公尺。

圖 8-42　平水年全年常態抽水(每日 3 萬立方公尺)洩降範圍圖

(2)豐水期抽水常態供水(每日 23 萬立方公尺)

於平水年期間，如於名竹盆地進行豐水期每日 23 萬立方公尺抽水情境，連續抽水 184 日情況下，洩降量大於 2 公尺範圍面積為 1,797 公頃，洩降範圍涵蓋濁水溪南北兩岸，如圖 8-43 所示，區域內之最大洩降量為 22.15 公尺；另將增加河川入滲量 1,177 萬立方公尺，而隘口流出量則由未開發情況 1,791 萬立方公尺減少至 1,475 萬立方公尺。

圖 8-43　平水年豐水期抽水常態供水(每日 23 萬立方公尺)洩降範圍圖

(3)枯水期抽水備援供水(每日 9 萬立方公尺)

於平水年期間，如於名竹盆地進行枯水期每日 9 萬立方公尺抽水情境，連續抽水 90 日情況下，洩降量大於 2 公尺範圍面積為 709 公頃，洩降範圍集中於井群週邊，如圖 8-44 所示，區域內之最大洩降量為 6.83 公尺；另將增加河川入滲量 476 萬立方公尺，而隘口流出量則由未開發情況 1,791 萬立方公尺減少至 1,713 萬立方公尺。

圖 8-44　平水年枯水期抽水備援供水(每日 9 萬立方公尺)洩降範圍圖

(4)豐水期抽水備援供水(每日 15 萬立方公尺)

於平水年期間，如於名竹盆地進行豐水期每日 15 萬立方公尺抽水情境，連續抽水 20 日情況下，洩降量大於 2 公尺範圍面積為 341 公頃，洩降範圍涵蓋濁水溪南北兩岸，如圖 8-45 所示，區域內之最大洩降量為 6.74 公尺；另將增加河川入滲量 103 萬立方公尺，而隘口流出量則由未開發情況 1,791 萬立方公尺減少至 1,777 萬立方公尺。

圖 8-45　平水年豐水期抽水備援供水(每日 15 萬立方公尺)洩降範圍圖

表 8-29　枯水年開發方案模擬成果綜整表

開發方案	抽水量(萬立方公尺/日)	抽水時間	最大洩降範圍(公頃)	最大洩降量(公尺)	增加吸引河川入滲量(萬立方公尺)	隘口流出量(萬立方公尺)
未開發	-	-	-	-	-	1,791
全年常態抽水	3	全年	358	7.05	390	1,683
豐水期抽水常態供水	23	豐水期(5 月至 10 月)	1,943	29.55	593	1,461
枯水期抽水備援供水	9	枯水期(1 月至 3 月，總計連續抽水 90 日)	1,115	10.34	409	1,701
豐水期抽水備援供水	15	豐水期(連續抽水 20 日)	477	6.15	86	1,774

表 8-30　豐水年開發方案模擬成果綜整表

開發方案	抽水量(萬立方公尺/日)	抽水時間	最大洩降範圍(公頃)	最大洩降量(公尺)	增加吸引河川入滲量(萬立方公尺)	隘口流出量(萬立方公尺)
未開發	-	-	-	-	-	1,791
全年常態抽水	3	全年	269	6.32	583	1,708
豐水期抽水常態供水	23	豐水期(5 月至 10 月)	1,732	21.52	1,288	1,469
枯水期抽水備援供水	9	枯水期(1 月至 3 月，總計連續抽水 90 日)	658	6.72	476	1,714
豐水期抽水備援供水	15	豐水期(連續抽水 20 日)	332	6.17	104	1,778

表 8-31　平水年開發方案模擬成果綜整表

開發方案	抽水量(萬立方公尺/日)	抽水時間	最大洩降範圍(公頃)	最大洩降量(公尺)	增加吸引河川入滲量(萬立方公尺)	隘口流出量(萬立方公尺)
未開發	-	-	-	-	-	1,791
全年常態抽水	3	全年	316	6.60	536	1,705
豐水期抽水常態供水	23	豐水期(5 月至 10 月)	1,797	22.15	1,177	1,475
枯水期抽水備援供水	9	枯水期(1 月至 3 月，總計連續抽水 90 日)	709	6.83	476	1,713
豐水期抽水備援供水	15	豐水期(連續抽水 20 日)	341	6.74	103	1,777

(十一)綜合討論

依本計畫與相關計畫對於名竹盆地調查資料顯示，名竹盆地因隘口處似地下天然堰體地質構造，將地下水攔蓄於隘口東側使地下水水位抬高，多數區域明顯高於盆地內河川深槽，故於名竹盆地內地面地下水連動關係緊密，使地下水為河川基流重要組成。依據相關文獻指出，長期地下水開發行為將對鄰近

地面水體產生影響，即所謂河川補捉行為(stream capture)，反而對於地下水儲蓄量影響較小，因此，地下水開發行為需滿足不致使河川基流量小於某一特定限制值之要求，即地下水開發量將因河川流量需求而有所限制。

此外，以往地下水開發潛能之評估多以估算安全出水量(safety yield)為之，即以天然補注量作為安全出水量估算地下水開發潛能量，但近年來永續出水量(sustainable yield)逐漸取代安全出水量之概念,永續出水量係指地下水之抽取不致對於經濟、生態及環境造成破壞而得永續使用之水量(Sophocleous, 2000; Alley and Leake, 2004)，以美國堪薩斯州經驗，過度信賴安全出水量使諸多依賴地下水補注河川之溪流出現乾涸情況，對於整體社經及環境衝擊甚大，相關研究甚指出維持河川流量尚較使用地下水效益為高(Sophocleous, 2000)。

名竹盆地地下水開發潛能量自 1996 年即有相關計畫進行探討研究，相關研究成果如表 8-32 所示，由於分析區域及範圍不同而結果有所差異，地下水開發潛能量(地下水補注量)推估結果自每年 1,141 萬立方公尺至 4.3 億立方公尺不等，一般而言，分析範圍愈大或以強制方式降低水位，其地下水開發潛能量即愈大,惟其分析方法均未將河川現有流量短缺部份納為優先考量，均屬以往安全出水量評析原則。

依前述地下水開發之限制需包含三要項，以不致產生不良影響限制下，名竹盆地地下水開發不可避免對河川流量有減少的影響，於現況河川水量不足情況下，將對於濁水溪下游生態保育或地面取水產生衝擊，影響程度隨開發規模愈大而升高，故地下水開發規模需予以限制。此外，名竹盆地範圍並非全數區域均適宜進行地下水開發，僅於河道沿岸淺層現代沖積層具

有較佳出水能力，故評量地下水開發潛能之範圍不宜過大。最後地下水開發方案需滿足經濟效益，此部份於經濟總體評價乙節再行說明。

於 2011 年台灣山區地下水資源調查研究整體計畫-第一期:台灣中段山區地下水資源調查與評估(2/4)計畫成果中，利用地下水歷線分析法分析於名竹盆地之補注量，其分析對象為位於名竹盆地內全數地下水觀測站井，包含淺層及深層站井，其推估面積達 69.8 平方公里，由於其分析面積明顯大於本計畫分析範圍 26.51 平方公里，且本計畫分析含水層僅限於較具出水能力之現代沖積層，厚度約僅 40 公尺，與該計畫綜合分析現代沖積層及頭嵙山層含水層，含水層厚度大於 100 公尺亦存有明顯差異，故於地下水開發潛能量之評析亦出現較大落差。此外，本計畫於考量地下水開發潛能量，同時考量地面河川流量影響，增加以下游保育用水量及水權量為地下水開發之限制條件，雖屬較保守之分析方法，但符合近年文獻所主張永續出水量之觀念。本計畫與該計畫對於名竹盆地地下水儲蓄體積及地面地下水相互交換行為分析成果，原則一致，僅對於名竹盆地適宜開發規模於不同限制條件下有所差異。

表 8-32　名竹盆地地下水開發潛能量歷年分析成果

計畫名稱	濁水溪中游地區地下水補注調查與評估	濁水溪林內河段與二水河段取水工程調查規劃	台灣山區地下水資源調查研究整體計畫-第一期:台灣中段山區地下水資源調查與評估(2/4)	本計畫
主辦單位	經濟部水資源局	經濟部水利處	經濟部中央地質調查所	經濟部水利署水利規劃試驗所
執行單位	中興工程顧問公司	中興工程顧問公司	財團法人成大研究發展基金會	國立雲林科技大學
計畫年度	1996	2001	2011	2013
分析範圍	八卦山台地南端、斗六丘陵、濁水溪中游由集集橋至彰雲大橋段之河川及階地、清水溪由桶頭至水門段河川與階地	二水隘口東側至車籠埔斷層濁水溪沿岸現代沖積層	東至車籠埔斷層、西至彰雲大橋上游隘口、南至清水溪中游河谷	二水隘口東側至車籠埔斷層濁水溪沿岸現代沖積層(水力傳導係數大於 10^{-4}m/s)
分析深度(公尺)	150	35	>100	40
面積(平方公里)	200.08	32.8	69.8	26.51
分析方法	直接法(現地調查結果分析)、地下水平衡分析法、地表水平衡分析法	地下水平衡法	地下水歷線分析法及數值模式	地下水平衡法
地下水開發潛能量(地下水補注量)(萬立方公尺/年)	14,600	1,141	16,000(地下水歷線分法) 43,000(數值模式，水位洩降 2 公尺)	1,223

第玖章 地下水水資源開發可行性總體評價

本計畫由技術、社會、環境、法規、效益等層面進行名竹盆地地下水水資源開發可行性總體評價，各層面分析結果如下：

(一)技術層面

技術層面探討的內容包括本區域水資源整體供需情況及可能供水對象評估，並進行供水系統評估及規劃，以探討開發工程於技術層面之可行性。彰化及雲林地區現況自來水用水量分別每日抽取地下水 28 萬立方公尺及 12.6 萬立方公尺供應，而配合湖山水庫、鳥嘴潭人工湖及自來水調度將分別於 2014 年及 2022 年由地面水資源取代多數地下水抽取，惟其於因應水文豐枯情勢變化，於枯水期仍預留抽取地下水之空間。彰化及雲林地區於鳥嘴潭人工湖及湖山水庫完工營運後，僅彰化地區尚須每日抽水 11 萬立方公尺地下水供自來水系統使用。

故名竹盆地地下水開發規劃定位可區分為常態供水及備援供水兩類，常態供水以減少未來彰化地區地下水抽取量為目標 ，備援供水則以因應豐水期高濁度及嚴重枯旱為目標。

依照水利法對用水標的之供給順序，本計畫評估建議未來名竹盆地可能供水對象以民生用水為主，供應區域則為濁水溪下游之彰化及雲林地區。由於可開發量之限制，規劃以寬口井或淺井作為取水工程即可達到出水要求，開發情境設定以井群方式取水，僅以較具出水能力之淺層含水層為抽汲對象，規劃方案包含全年常態抽水(每日 3 萬立方公尺)、豐水期抽水常態供水(每日 23 萬立方公尺)、枯水期抽水備援供水(每日 9 萬立方公尺，連續抽水 90 日)及豐水期抽水備援供水(每日 15 萬立方公尺，連續抽水 20 日)，寬口井或淺井佈設位置原則以濁水溪沿岸佈設，而豐水期抽水常態供水方案則需配合面積 127 公頃之調蓄池。

另由於供水對象以民生用水為主，建議透過自來水系統既有之淨水場進行處理，並設置原水管線使寬口井或淺井出水量可輸至淨水場處理。另若考量工程區位附近之斷層，於耐震設計上可參考數項因素包括地震時的土壤壓力、地震時的動態水壓、土壤的液化作用;至於供水設施的抗震設計則依下列順序進行，選擇適宜的建築處所、基地的工程地質調查、選擇結構類型、詳細抗震計算、檢驗抗震程度，另在抗震系統設計上則應考量將地震損害盡可能局部化、可做簡易快速的修復、提供預防地震造成間接災害的措施，且應有維護與計畫中的改善措施，如進行合宜的檢查與維護、進行正向的抗震診斷檢查、改善抗震等級較低的措施等(自來水公司，2013)。

(二)社會層面

為了解名竹盆地地下水開發對地區產業及經濟面之影響，本計畫將利用實地訪談之方式訪談當地地方人士對地下水開發之意見，包括開發後供應予民生用水使用之看法、是否了解雲彰地區水資源供需現況、是否認同其有助於解決雲彰地區地層下陷問題、開發後對當地生活環境可能之影響看法、是否贊成此開發規劃，惟根據本計畫所設計且經水利規劃試驗所同意之訪談問卷作為社會層面調查之先期成果，實地訪談統計取得當地村里長共 6 份之訪談成果(詳見附錄十三)，其中對於名竹盆地地下水源開發表示贊成共 1 人、不贊成共 5 人；當地村里長對於此開發規劃相關意見大致分為以下幾點：

1、目前當地地面水已受移用，因此已造成地下水位下降，若未來於當地再撥用地下水源，將可能造成當地地下水位下降更多，影響當地居民用水。

2、建議未來可以移用清水溪之桶頭堰及東埔蚋溪之地面水供

彰雲地區使用。

3、彰雲地層下陷問題為當地養殖漁業興盛，因此需抽汲大量地下水，建議應適度改變彰雲地區產業型態，方可有效降低其地下水抽汲量。

4、若開發其施工必定造成當地環境影響，建議應提撥維護當地環境及回饋當地居民之相關經費。

(三)環境層面

本計畫利用地下水開發情境模擬方式評析名竹盆地地下水開發對於環境之影響，包含河川流量、地下水水位及隘口流出量等，其中由河川流量影響評析中可發現於全年常態抽水將使枯水期河川流量減少，對於原已顯著之缺水現象加劇，故需控制其開發規模；而如僅於豐水期進行地下水開發對於河川流量影響較微，故如以河川流量影響為考量重點，則僅於豐水期進行地下水開發應為較佳之方案。另於隘口流出量分析可發現對於隘口流出量之影響取決於開發規模之大小，但整體而言，名竹盆地地下水開發對於隘口流出量之影響不甚明顯，僅豐水期抽水常態供水方案將減少隘口流出量每年 230 萬立方公尺較為明顯。另以地下水位影響而言，進行地下水開發勢必造成區域地下水位下降，而下降幅度及範圍則與開發規模有關，以豐水期開發每日 23 萬立方公尺為例，其地下水洩降範圍高達 1,797 公頃，涵蓋面積廣大，且最大洩降量高達 22.15 公尺，對於區域地下水環境勢必造成不良影響，相較於每日常態抽水方案，洩降範圍約為 316 公頃，最大洩降量約為 6.6 公尺，對於地下水環境影響相對較小。

因此由分析結果顯示名竹盆地具有隘口天然地下堰體及存有淺層出水能佳之現代沖積層等天然優勢，確具有作為地下水

庫之條件，然名竹盆地地下水與地面水連動關係良好，抽汲地下水將造成原河川流量減少；另抽水行為亦將造成鄰近地區地下水水位大幅下降，對於原區域已存有之抽水井可能出現水位過低而無法抽汲之現象，恐引發民眾反彈；另考量未來湖山水庫操作營運後，清水溪部份流量將引至湖山水庫蓄存，對於名竹盆地含水層補注來源亦將減少，綜合前述各項，於名竹盆地之開發規模不宜過大，以避免造成不良影響。

(四)法規層面

名竹盆地地下水源開發可能涉及環境影響評估、水權核發申請、水污染防治等相關作業，故本計畫根據現行各項法規評估開發行為之適法性，各相關法規內容之分析結果如下：

1、環境影響評估

根據開發行為應實施環境影響評估細目及範圍認定標準第 13 條:『供水、抽水或引水工程之開發,有下列情形之一者，應實施環境影響評估：…(二)抽取地下水每秒抽水量 0.2 立方公尺以上。…』假設名竹盆地地下水開發以每日 3 萬立方公尺計算，約為 0.35cms，亦即必須實施環境影響評估。

2、水權核發申請

由於未來名竹盆地地下水源開發主要將以供給民生用水為主，因此自來水公司為取得水權，需按照水利法規定辦理水權之登記。

3、水污染防治

依照水污染防治第 18 條規定事業應採行水污染防治措施，另第 32 條規定，除有特定情形外，廢(污)水不得注入於地下水體或排放於土壤，故未來名竹盆地地下水源開發後，應由事業主體執行水污染防治措施，包括水質及水量監測等，以確保

出水之穩定。另為確保水質，本計畫亦提出「地下水水質保護計畫」供參，詳細內容如下：

(1)本計畫目的為維護名竹盆地地下水開發做為自來水水源之水質，避免用水人健康或其他財產受到危害，並依據「水污染防治法」、「飲用水水源水質標準」及「飲用水管理條例」研擬相關內容。

(2)供水單位應採行適當水污染防治措施，前述措施之適用對象、範圍、條件、必備設施、規格、設置、操作、監測、記錄、監測紀錄資料保存年限、預防管理、緊急應變，與廢（污）水之收集、處理、排放及其他應遵行事項應報請地方環保機關同意。

(3)供水單位應定期檢驗水源水質，採樣地點及檢驗項目需符合飲用水水源水質標準規定，並應提供檢驗結果予地方環保機關確認。

(4)因暴雨或其他天然災害，造成自來水水源水質惡化時，供水單位應於事實發生後，立即採取應變措施。

(5)供水單位應限制距取水地點一定距離內之地區不得有污染水源水質之行為，前述行為係指：

A、傾倒、施放或棄置垃圾、灰渣、土石、污泥、糞尿、廢油、廢化學品、動物屍骸或其他足以污染水源水質之物品。

B、其他經中央環保機關公告禁止之行為。

(6)前點所指取水地點一定距離應由地方環保機關擬訂，報請中央環保機關核定後公告之。

(五)效益層面

本計畫以成本效益法進行地下水水資源總體評價，對各層

面進行效益及成本之估算，分析過程及結果如下：

1、地下水水資源開發之成本效益分析理論基礎

地下水水資源開發為提供人民穩定、安全和充足的水源，涉及民生用水、農業生產以及社會安定等。當推動水資源開發建設時必定會對經濟體系中的個人產生影響，有些將受益，有些則受損，公共投資是否值得推動，必須視所有受益者得到的福利是否大於所有受損者的福利損失來決定。因此進行公共投資建設之前，必須先確定公共投資計畫對經濟體系中每一份子的影響（福利的改變），再以共同單位來衡量，並換算為總效益與總成本，以計算公共投資的淨效益，若淨效益為正，則表示該公共投資值得推動，前述的評估過程即是成本效益分析。

由此可見，在進行公共建設成本效益時必須先定義福利以及決定如何衡量福利，同時必須確定所有受到影響的主體和其影響的方向。因此，首先討論成本效益分析的基本原則及評估的層面，以及成本和效益的屬性和分類，由此進而界定水資源開發建設項目內容與分類，做為本研究水資源開發財務與經濟評估的原則性依據。

(1)成本效益分析之理論基礎

成本效益分析是決定公共投資建設的分析工具，通常公共投資對社會中的份子會產生不同的影響，有些受益，有些受損，因此評估時以衡量整體的福利為決定是否推動公共投資的準則。成本效益分析時，必須先確定公共投資對社會中每一份子福利的改變，再以共同單位衡量這些影響，換算為總效益與總成本。

在福利經濟學中衡量福利改變的方法稱為柏拉圖福利增進準則（Pareto improvement criterion），即公共投資使社會

中至少一人的福利增加，而其他人並未惡化。在此準則下，如果所有受益者所願意支付的貨幣總額大於所有受損者所願意接受的補償總額，則公共投資即值得進行。也就是以願付金額或願受金額來代表社會效益或社會成本，則當淨社會效益為正時，公共投資即可推動。

成本效益分析的基本任務，即是講求以最低的成本獲致最大的效益，成本效益分析雖有明確的意義，且使用範圍亦逐漸擴大，但其在使用上仍有下列的限制：

A、技術方面：如成本效益之資料不全、項目難以判斷，或無法以市場價值評估。

B、法律方面：法律上的限制，可能會扭曲計畫之優先順序。

C、行政方面：有些公共計畫可能會受到行政處理上的限制，而不得不變更計畫。

D、預算方面：若計畫投資成本過於龐大，則資金預算可能成為抉擇的限制。

E、社會公平方面：成本效益分析著重效率，較忽略分配的問題。

成本效益分析雖然有前述的限制，但無論在公部門或是私部門，仍不失為具體且客觀的分析工具。

(2)水資源開發建設成本效益評估之基本原則

水資源開發為公共投資建設之一種，主要目的在於提供穩定、充足和安全的水資源，部分水資源開發建設項目的投資金額相當龐大，建設期長，缺乏自償性，影響國民生計甚大，而且對環境生態和水資源的永續利用有很大的衝擊。因

此，在投資建設前必須先進行整體性的成本效益分析，以決定計畫是否值得推動。

成本效益分析時首先需確定公共建設的範圍與成本效益項目，然後衡量所有的成本效益項目；衡量時視其成本效益項目可否依市場價值評估，而選擇市場價值評估法或非市場價值評估法進行估算；為能進行比較，先以基期計算總成本和總效益的現值後，再依不同的衡量決策準則，決定公共建設是否可執行；若無法通過決策準則的評選，則從頭再檢視前述步驟，否則可推動建設。

(3)成本效益之分類與定義

本計畫將水資源開發建設的成本效益分為財務面、經濟面、環境面和社會及其他（見圖 9-1），此一分類的定義與範圍說明如下。

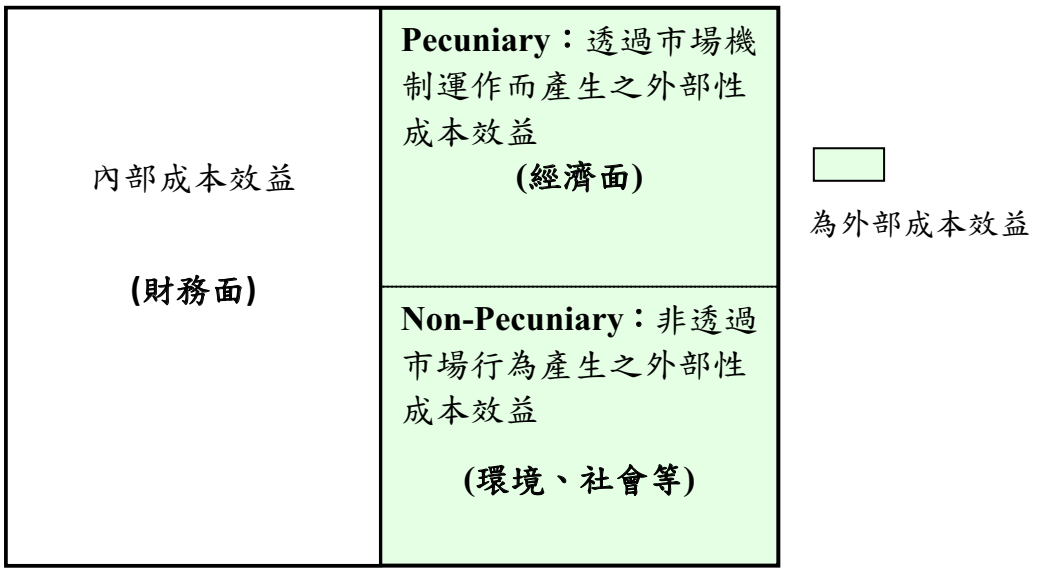


圖 9-1　成本效益之範圍與分類

A、財務面成本效益

財務面成本效益為水資源開發計畫所產生之會計成本和收入，涉及現金之流出與流入。換言之，財務面之成本

效益項目是水資源開發計畫的內部成本和效益。

B、經濟面成本效益

經濟面的成本效益為公共投資所產生的外部成本效益，為公共政策或投資對經濟體系產生的直接影響，也就是透過市場機制產生市場性的影響，例如對產業產值的影響，現有資本財的改變，私人財產的影響等，因此經濟面成本效益是對有市場性財貨或勞務的影響，可轉換為對產值、所得、就業等之影響。經濟面成本效益又可分為直接或間接的成本效益，直接經濟成本效益為公共投資直接產生之市場性財貨或勞務的影響，間接經濟成本效益是由直接經濟成本效益衍生出來的產業關聯效果。

C、環境面成本效益

環境面的成本效益也是一種外部性成本效益，即公共投資對環境體系所產生的影響，社會面及其他成本效益都是公共投資所產生之外部成本或效益。環境成本則為河川斷流後對生態的影響等。由於本研究的範圍為水資源開發的財務與經濟分析，因此對於其他成本效益項目不再做詳細說明。

2、水資源開發經濟成本效益之項目

由前述成本效益的分類為依據，則本研究水資源開發建設的財務面、經濟面與環境面的成本效益項目可綜合歸納如表9-1。

表 9-1　名竹盆地開發之成本效益項目

水資源開發項目	開發項目之功能	財務面成本效益項目		經濟面直接成本效益項目		環境面成本效益項目	
		成本項目	效益項目	成本項目	效益項目	成本項目	效益項目
興建階段 名竹盆地地下水源開發	-	先期階段之規劃、 作業與徵收補償、 直接與間接工程成本、 工程預備費、 物價調整費與資金利息	-	-	建設投資所產生之產業關聯效果	開發期間的噪音、 交通及環境影響	-
營運階段 名竹盆地地下水源開發	供水	營運管理費用、 水處理成本	售水收入	-	減少民生用水之缺水損失、 增加當地就業	-	減少地下水抽用、 減少地層下陷
	其他	-	-	-	-	影響河川生態	-

資料來源：本研究整理。

3、地下水水資源開發建設成本效益分析決策

評估水資源開發之各項成本效益後，必須針對計畫進行決策，計畫決策可能決定一特定計畫應否進行，或者多個方案中選擇最佳計畫。為決定本計畫應否推動，本計畫使用益本比法（benefit-cost ratio, B/C）準則決策，說明如下：

益本比法係將投資計畫未來服務年限內所有的效益與支出，分別利用貼現率轉換為現值，再求其比值，公式如下：

$$B/C = \frac{\sum_{t=0}^{n} B_t (1+i)^{-t}}{\sum_{t=0}^{n} C_t (1+i)^{-t}} \qquad \text{(式 9-1)}$$

其中，B_t 為未來第 t 年的預期效益

C_t 為未來第 t 年的預期成本

i 為貼現率

n 為計畫年限

若 $B/C > 1$，表示此計畫具淨效益，可進行投資或建設；若 $B/C < 1$，表示此計畫具負效益，除非具有極重要性，否則建議放棄投資或建設。

4、益本比分析結果

本計畫利用代替計畫成本與原水建造成本之比值計算益本比，作為方案效益評析之用，以常態移用農業用水供自來水使用作為本計畫之替代方案，依據雲林農田水利會提供資訊，目前於彰化雲林地區移用農業用水補償費用為 3.2 元/立方公尺，另經估算全年常態抽水方案之原水建造成本為 4.4 元/立方公尺，故全年常態抽水方案之益本比約為 0.73；而豐水期抽水配合調蓄池常態供水方案之原水建造成本為 77.66 元/立方公

尺，故其益本比為 0.04。兩者相較，全年常態抽水方案較豐水期抽水常態供水方案更具開發效益。

(六)開發方案優選

依前述相關分析，可就常態供水及備援供水等 4 規劃開發方案進行優選，分析考量因子包含工程實務可行性、現況水資源開發配合運用取代地下水可行性、移用農業用水可行性、地下水環境影響、對下游地下水補注量影響及土地取得可行性等進行分析，分析成果如表 9-2 所示，以下詳細說明各項要點之探討結果：

1、工程實務可行性：

本計畫規劃全年常態抽水、豐水期抽水常態供水、枯水期抽水備援供水及豐水期抽水備援供水等 4 方案，主要工程內容為寬口井或淺井工程，國內寬口井及淺井工程技術甚為成熟，故以工程實務角度應均為可行，另豐水期抽水常態供水方案需增設調蓄池以供調配之用，國內於調蓄池工程部份相關工程經驗亦豐，故於工程技術層面亦為可行，故此 4 規劃方案之工程實務面應均可順利開發。

2、現況水資源開發配合運用取代地下水可行性：

目前於名竹盆地下游水資源開發計畫主要包含湖山水庫及鳥嘴潭人工湖等 2 計畫，依該 2 計畫規劃內容可知，於湖山水庫完工營運後，雲林地區自來水系統將可由湖山水庫與集集攔河堰聯合操作供應地面水取代原地下水抽水需求，而彰化地區如於鳥嘴潭人工湖完成營運之後，則仍有每日約 11 萬立方公尺水量需仰賴地下水供應，本計畫規劃之全年常態抽水方案可配合湖山水庫及鳥嘴潭人工湖進行調配，如全數提供彰化地區使用，將可減少彰化地區地下水抽取量，有助保育地下水資

源環境，惟因其開發規模僅每日 3 萬立方公尺，尚無法配合烏嘴潭人工湖全數取代地下水抽取。另於豐水期抽水常態供水方案，因配合調蓄池調控，可於缺水指數等於 1 情況下，全數取代彰化地區於烏嘴潭人工湖營運後所需之地下水抽取量，對於減抽彰化地區地下水助益甚大。

3、移用農業用水可行性：

依地下水開發潛能評析結果顯示，名竹盆地地下水開發行為將直接影響濁水溪河川流量，進而影響下游原存在之農業用水取水，等同移用農業用水，依現有流量資料顯示，現有水源量已不符下游保育用水量及水權量需求，僅於豐水期尚有水源餘裕量可供利用，故名竹盆地地下水開發應於豐水期取水所產生衝擊較小，如欲於枯水期取水，則應限制其取水量，因此，本計畫所規劃之全年常態抽水、豐水期抽水常態供水及豐水期備援供水等方案較具可行性。

4、地下水環境影響

地下水開發方案常需考量是否大幅影響區域地下水，依數值模擬結果顯示，開發規模愈大則其對於區域地下水影響愈大，其中以豐水期抽水常態供水方案而言，其洩降影響範圍高達 1,700 公頃以上，且最大洩降量大於 20 公尺，此等開發規模將影響現存之水井抽水效能，為避免過度影響區域地下水，以全年常態抽水及豐水期抽水備援供水較具可行性。

5、對下游地下水補注量影響

由於名竹盆地位於濁水溪沖積扇之上游，隘口流出量即為濁水溪沖積扇之側向補注來源，依據數值模擬結果顯示，開發規模愈大對於隘口流出量影響亦愈大，其中以豐水期抽水常態供水方案將使隘口流量每年減少 230 萬立方公尺，為 4 方案中

較具顯著影響之方案。

6、土地取得可行性

經比對各方案規劃區位與土地權屬，於全年常態抽水供水、豐水期抽水備援供水及枯水期抽水備援供水，其寬口井及淺井設置位置可擇取河川公地施設，無土地取得困難，然而豐水期抽水常態供水方案中調蓄池雖可利用河川公地施設，但因需於濁水溪北岸設置多達 46 口寬口井，為避免群井效應，無法全數設置於河川公地，故尚需利用徵收或價購方式取得土地，於土地取得部份較為困難。

7、效益評析

依益本比分析可發現豐水期抽水常態供水方案，因需設置面積廣達 127 公頃之調蓄池，使其益本比僅為 0.04，不符開發應有之效益，相較之下，全年常態抽水方案則較具開發效益。

綜合上述各項因子評析結果，名竹盆地開發以全年常態抽水方案及豐水期抽水備援供水方案等 2 方案為優選方案。

表 9-2　名竹盆地開發方案優選表

方案	工程實務可行性	現況水資源開發配合運用取代地下水可行性	移用農業用水可行性	不致影響區域地下水環境	不致影響下游地下水補注量	土地取得可行性	具開發效益
全年常態抽水	○	○	○	○	○	○	○
豐水期抽水常態供水	○	○	○	×	×	×	×
枯水期抽水備援供水	○	×	×	×	○	○	-
豐水期抽水備援供水	○	×	○	○	○	○	-

註：”-“指備援供水方案未計算其益本比

參考文獻

1. Barnes, B.S., 1939. The structure of discharge recession curves. Transactions of American Geophysical Union 20, p. 721-725.
2. Barthel R., B.G.J.S. Sonneveld, J. Götzinger, M.A. Keyzer, S. Pande, A. Printz, and T. Gaiser, 2009,Integrated assessment of groundwater resources in the Ouémé basin, Benin, West Africa, Physics and Chemistry of the Earth, 34, 236-250.
3. Bear, J., 1979, Hydraulics of Ground Water. McGraw-Hill Book Company, New York, NY, 569p.
4. Bekele, E.B., Salama, R.B., and Commander, D.P., 2006, Impact of change in vegetation cover on groundwater recharge to a phreatic aquifer in Western Australia: assessment of several recharge estimation techniques. Australian Journal of Earth Sciences, 53(6), 905-917.
5. Blasch K. W., Bryson J. R. ,2007, Distinguishing sources of ground water recharge by using δ^2H and δ^{18}O, *Ground Water*, 45:294-308.
6. Bredehoeft, J.D., 2002, The water budget myth revisited: why hydrogeologists model, Ground Water, 40(4), 340-345.
7. Chenery, H.B. and P. G. Clark, 1959,Interindustry Economics, John Wiley and Sons,New York.
8. Chow, V.T., 1964. Handbook of applied hydrology. New York, McGraw-hill, [variously paged].
9. Daniel, C.C., 111, and Dahlen, P.R., 2002, Preliminary hydrogeologic assessment and study plan for a regional ground-water resource investigation of the Blue Ridge and Piedmont Provinces of North Carolina: U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations 02-4 1 05, 60 p.
10. Deng M.J., 2012, Groundwater reservoir: a new pattern of groundwater utilization in arid north-west China-a case study in Tailan river basin, Procedia Environmental Sciences, 13, 2210-2221.

11. Dickerman, D.C., Kliever, J.D., and Stone, J.R., 1997, Hydrogeology, water quality, and simulation of ground-water-development alternatives in the Usquepaug-Queen ground-water reservoir, Southern Rhode Island: U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 97-4126, 48p.
12. Dickerman D.C., J. D. Kliever, and J. R. Stone, 1997, Hydrogelogy, water quality, and simulation of groundwater development alternatives in the Usquepaug-Queen groundwater reservoir, Southern Rhode Island: U.S. Geological Survey Water Resources Investigations Report 97-4126, 49p.
13. Driscoll, F.G., 1986, Groundwater and Wells. Johnson Filtration Systems Inc., St. Parl, Minnesota. 1085p.
14. Garner, B.D., Pool, D.R., Tillman, F.D., and Forbes, B.T., 2013, Human effects on the hydrologic system of the Verde Valley, Central Arizona, 1910-2005 and 2005-2110, using a regional groundwater flow model: U.S. geological Survey Scientific Investigations Report 2013-5029,47p.
15. Gehart, J.M., 1986, Ground-water recharge and its effect on nitrate concentrations beneath a manured field site in Pennsylvania. Groundwater, 24, 389-483.
16. Hall, D.W. and Rissser, D.W., 1993, Effects of agricultural nutrient management on nitrogen fate and transport in Lancaster County, Pennsylvania. Water Resources Bulletin, 29, 55-76.
17. Healy, R.W. and Cook, P.G., 2002, Using groundwater levels to estimate recharge. Hydrogeology Journal, 10(1), 91-109.
18. Healy, R.W., Winter, T.C., LaBaugh, J.W., and Franke, O.L., 2007, Water budgets-Foundations for effective water-resources and environmental management: U.S. geological Survey Circular 1308, 92p.

19. Heppner, C., Nimmo, J., and Geological Survey, Menlo Park, C. ,2005, A com-puter program for predicting recharge with a master recession curve. Technical report, United States Geological Survey.
20. Hertzler, R. A., Jr., 1939. Engineering aspects of the influence of forests on mountain streams, Civ. Eng., 9, 487-489.
21. Kruseman G.P. and deRidder N.A. ,1994, Analysis and evaluation of pumping test data (2nd edtition). ILRI Publication 47, International Institute for Land Reclamation and Improvement.
22. Kulandaiswamy, V.C., and Seetharaman, S., 1969. A note on Barnes' method of hydrograph separation. Journal of Hydrology, v. 9, p. 222-229.
23. Kumar U. S., Sharma S., Navada S. V. ,2008, Recent studies on surface water–groundwater relationships at hydro-projects in India using environmental isotopes. *Hydrological Processes* 22: 4543-4553.
24. Leake, S.A., and Pool, D.R., 2010, Simulated effects of groundwater pumping and artificial recharge on surfacewater resources and riparian vegetation in the Verde Valley subbasin, Central Arizona: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2010-5147, 18p.
25. Li F., Pan G, Tang C., Zhang Q., Yu J. ,2008, Recharge source and hydrogeochemical evolution of shallow groundwater in a complex alluvial fan system, southwest of North China Plain. *Environmental Geology* 55:1109-1122.
26. Miller,R.E. and P. D. Blair, 1985, Input–Output Analysis :Foundations and Extensions, Engle-wood Cliffs, New Jersey：Prentice Hall Professional.
27. Nash, J.E., 1960. Aunit hydrograph study, with particular reference to British catchments, Proc. Inst. Eng., 17, pp. 249-282.
28. Nathan, R.J., and McMahon, T.A., 1990. Evaluation of automated techniques for base flow and recession analysis. Water Resources

Research, v. 26, no. 7, p. 1,465-1473.

29. Nelms, D.L., and Moberg, Jr., R.M., 2010, Preliminary assessment of the hydrogeology and groundwater availability in the metamorphic and siliciclastic fractured-rock aquifer systems of Warren County, Virginia: U.S. geological Survey Scientific Investigations Report 2010-5190, 74p.
30. Peng T. R., Wang C. H., Huang C. C., Fei L. Y., Chen C. T. A., and Hwong J. L. ,2010, Stable isotopic characteristic of Taiwan's precipitation: A case study of western Pacific monsoon region. *Earth and Planetary Science Letters*, 289:357-366.
31. Rutledge, A.T., 1991. A new method for calculating a mathematical expression for streamflow recession, in Ritter, W.F., ed., Irrigation and Drainage. National Conference on Irrigation and Drainage, American Society of Civil Engineers, Irrigation and Drainage Division, Honolulu, Hawaii, 1991, Proceedings, p. 337-343.
32. Rutledge, A.T., 1992, Methods of using streamflow records for estimating total and effective recharge in the Appalachian Valley and Ridge, Piedmont, and Blue Ridge physiographic provinces, in Hotchkiss, W.R. and Johnson, A.I., eds., Regional aquifer systems of the United States, aquifers of the southern and eastern states. American Water Resources Association Monograph Series, no. 17, p. 59-73.
33. Rutledge, A.T., 2000, Considerations for use of the RORA program to estimate ground-water recharge from streamflow records, U.S. Geological Survey, Open-File Report 00-156, 44 p.
34. Schwartz, F.W., and Zhang, H. 2003. Fundamentals of ground water, John Wiley & Sons, New York.
35. Snower, D.J., 1990."New Methods of Updating Input-Output Matrices," Econ.Systems Research .2：1, 27-37.
36. Stephen B. Gingerich, and S. OkiDelwyn, 2000, Ground Water in

Hawaii, U.S. Departement of the Interior, U.S. Geological Survey.
37. Takasaki, K. J., and J. F. Mink, 1984, Evaluation of Major Dike-. Impounded Ground-Water. Reservoirs, Island of Oahu, U.S. GEOLOGICAL SURVEY WATER-SUPPLY PAPER 2217.
38. Theis, C.V., 1940, The source of water derived from wells: Civil Engineering, 10, 277-280.
39. Voronoi, G., 1907. Nouvelles Applications Des Paramètres Continus à La Théorie Des Formes Quadr a tiques, Journal für die Reine und Angewandte Mathematik,Vol. 133, pp. 97–178, 1907.
40. Wilson, E.M., 1974. Engineering Hydrology, 2nd ed., 232 pp., Macmillan, New York.
41. Winter, T.C., Harvey, J.W., Franke, O.L., and Alley W.M., 1998, Ground water and surface water, a single resource: U.S. geological Survey Circular 1139, 79p.
42. Yeh H. F., Lee C. H., and Hsu K. C. , 2011, Oxygen and hydrogen isotopes for the characteristics of groundwater recharge: a case study from the Chih-Ben Creek basin, Taiwan, *Environmental Earth Sciences*. 62:393-402.
43. 丁澈士、黃信恩，2003，「屏東平原地下水人工補注水資源優化管理之研究–以林邊溪流域為例」，臺灣水利，Vol., 51, No.2, pp.54-61.
44. 王俊傑，2008，「台灣產業環境衝擊關聯分析與永續消費型態探討」，國立台灣大學環境工程學研究所碩士論文：台北。
45. 王肇蘭、許義忠及徐偉初，2008，「台灣地區地方政府暨生產力之評估」，應用經濟論叢，84：71-120。
46. 台灣自來水股份有限公司，2012，「台灣自來水事業統計年報(中華民國 100 年)」，第 34 期。
47. 江崇榮、黃智昭、陳瑞娥(2004). 屏東平原地下水補注量及抽水量之評估. 經濟部中央地質調查所彙刊, 17:21-51。
48. 江崇榮、黃智昭、陳瑞娥，2006，以地下水歷線分析法評估濁水溪

沖積扇之地下水收支，經濟部中央地質調查所彙刊第十九號，第 61-90 頁。
49. 行政院，2011，「雲彰地區地層下陷具體解決方案暨行動計畫（核定本）」。
50. 行政院主計處，2009，「綠色國民所得帳編制報告」，台北。
51. 行政院主計處，2005，「 2001 年臺灣產業關聯表（162 部門）」，台北：行政院主計處。
52. 行政院主計處，2005，「2001 年臺灣產業關聯編製報告」，台北：行政院主計處。
53. 吳宓珊，2008，「台灣主要都市環境發展效率評估」，國立成功大學都市計畫學系研究所碩士論文：台南。
54. 吳濟華、何柏正，2008，「組織效率與生產力評估」，台北：前程文化事業股份有限公司。
55. 李欣儒、蘇娟儀，2007，「金門縣自來水廠-開展開源節流新策略」，節水季刊第 48 期。
56. 李振誥、陳尉平、李如晃，2002，「應用基流資料估計法推估台灣地下水補注量」，台灣水利，第 50 卷，第 1 期，第 69-80 頁。
57. 周志龍，2000，「地方產業經濟流動與區域發展政策」，台灣土地金融. 季刊，37(3): 27-46。
58. 周明輝，2002，「利用類神經網路計算地層參數之研究-雲林地區案例分析」，國立成功大學資源工程學系碩士論文。
59. 林再興，2001，「濁水溪沖積扇深部地下含水層之研究(一)年 10 月」，國科會計劃 NSC 89-2116-M-006-018"。
60. 林君儀，2009，「大甲及大安溪流域水量改善策略對 BOD 之影響研究」，國立交通大學土木工程研究所碩士論文。
61. 唐晨欣，2005，「地區差異對垃圾量與垃圾政策之影響探討」，國立政治大學地政研究所：台北。
62. 高慈敏，1994，「在有限訊息下產業關聯表更新方法之研究」，1994 年國際統計學術研討會，台北：中國統計學社，行政院主計處與中

央研究院。
63. 許昊，2010，「地下水補注量推估之研究-以濁水溪沖積扇為例」，國立台灣大學生物環境系統工程學研究所碩士論文。
64. 陳永坤，2008，「台灣環境永續發展評估指標之建立與應用研究」，國立成功大學資源工程學研究所博士論文：台南。
65. 陳亭蓉，2006，「以高斯過程回歸分析台灣中部山區颱風降雨量之空間分佈」，國立台灣科技大學營建工程系碩士論文。
66. 陳美智，2007，「都市空氣污染防治系統動態分析」，國立成功大學都市計畫學系研究所博士論文：台南。
67. 陳尉平，2006，「應用河川流量歷線推估台灣地下水補注量」，國立成功大學資源工程研究所博士論文。
68. 麻匡復，1999，「編定工業區與都市計畫工業區開發效率之研究」，國立政治大學地政學系碩士論文：台北。
69. 黃書禮，2000，「生態土地使用規劃」，台北：詹式書局。
70. 楊智強，2008，「台灣 22 縣市之效率評估－Undesirable Output 之應用」，東吳大學經濟研究所碩士論文：台北。
71. 經濟部工業局，2004，「生態效益指標手冊」，台北。
72. 經濟部中央地質調查所，2008，「台灣山區地下水資源調查研究先期計畫」，山區水文地質及地下水資源調查研究(1/2) 。
73. 經濟部中央地質調查所，2009，「集水區水文地質對坡地穩定性影響之調查評估計畫 (2/3)」。
74. 經濟部中央地質調查所，2010，「台灣山區地下水資源調查研究整體計畫－第一期台灣中段山區地下水資源調查與評估(1/4) (第 1 年度)」。
75. 經濟部中央地質調查所，2010，「台灣山區地下水資源調查研究整體計畫－第一期台灣中段山區流域水文地質調查及圖幅繪編(1/4) 」。
76. 經濟部中央地質調查所，2010，台灣中段山區地下岩層水力特性調查與地下水位觀測井建置(1/4)。

77. 經濟部中央地質調查所，2011，「台灣山區地下水資源調查研究整體計畫－第一期台灣中段山區地下水資源調查與評估(2/4)(第 2 年度)」。
78. 經濟部中央地質調查所，2011，「台灣山區地下水資源調查研究整體計畫－第一期台灣中段山區流域水文地質調查及圖幅彙編」。
79. 經濟部中央地質調查所，2012，「台灣山區地下水資源調查研究整體計畫－第一期台灣中段山區地下水資源調查與評估(3/4)(第 3 年度)」。
80. 經濟部水利處，2001，「濁水溪林內河段與二水河段取水工程調查規劃報告」。
81. 經濟部水利處水利規劃試驗所，2001，「澎湖隘門地下水庫工程計畫檢討地質調查工作報告」。
82. 經濟部水利處南區水資源局，2001，「澎湖隘門地下水庫環境社會變遷調查報告」。
83. 經濟部水利署水利規劃試驗所，2010，「烏溪鳥嘴潭人工湖可行性規劃(2/2)-工程可行性規劃」。
84. 經濟部水利署，2011a，「國立雲林科技大學水土資源及防災科技研究中心 100 年度工作推動計畫-期末報告」。
85. 經濟部水利署，2011b，「雲林內陸地層下陷地區地下水抽水機制之探討與評估」。
86. 經濟部水利署，2003，台灣地下水資源圖。
87. 經濟部水資源局，1996，「濁水溪中游地區地下水補注調查與評估」。
88. 經濟部台灣自來水公司，2013，「考察日本淨水場小水力發電及供水管線設施耐震防災對策」。
89. 鄒克萬、郭幸福、柯珮婷，2010，「評估都市土地使用變遷之自然環境效率-以永康市為例」，都市與計畫，37：143-165。
90. 潘志奇,「產業關聯表之編製」，台北：中國財政學會，(出版日期不詳)。

91. 蔡清研，2007，「濁水溪沖積扇整合模式下之 MODFLOW 地下水模擬研究」，國立中正大學應用地球物理所碩士論文。
92. 蔡蕙安，2007，「南台灣產業結構調整與永續經濟發展」，都市與計畫，34(3)317-341。
93. 蕭新煌、朱雲鵬、蔣本基、林俊全、紀俊傑，2010，「地方社會的永續發展之路(II)」：永續台灣 2011 研究，永續科技與政策研討會論文集。
94. 謝壎煌、童銘陽、林頌富，2007，「澎湖赤崁地下水庫營運概況」，水利 17 期，頁 144-151。
95. 簡傳彬、方文村、蔡坤良、陳淑貞，2011，「桃園大圳導水路上游地區備用水源之規劃與可行性評估」，臺灣水利第 59 卷第 3 期。
96. 龔明鑫、張健一，2002，「我國加入世界貿易組織對勞動市場的影響與因應策略」，行政院經建會委託研究案，計畫編號：(91)033.808。執行機構：財團法人台灣經濟研究院。
97. 水利署地理資訊倉儲中心，http://gic.wra.gov.tw/gic/Water/Space/Main.aspx
98. 行政院環境保護署，http://erarc.epa.gov.tw/
99. 汪中和，文化部台灣大百科全書 - 地下水庫，http://taiwanpedia.culture.tw/web/content?ID=3429
100. 徐振煌，經濟部水資源局 - 地下水人工補注法，http://www.twce.org.tw/info/%E6%8A%80%E5%B8%AB%E5%A0%B1/195-2-2.htm)
101. 國立臺灣海洋大學河海工程研究所 中華民國台灣地區水庫水壩資料，http://wrm.hre.ntou.edu.tw/wrm/dss/resr/wk.htm
102. 教育部數位學習資源入口，http://content.edu.tw/local/ponhu/houshei/water/resource/head/under.htm
103. 維基百科，赤崁地下水庫，http://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%B5%A4%E5%B4%81%E5%9C%

B0%E4%B8%8B%E6%B0%B4%E5%BA%AB
104. 臺灣國定古蹟編纂研究小組，http://www.facebook.com/idocare.taiwan
105. 澎湖縣白沙鄉白沙數位機會中心，http://www.gics.com.tw/baisha/intro.asp

附錄一 評選會議暨報告書審查意見及處理情形

「名竹盆地地下水源開發調查規劃」委託專業服務
評選會議暨報告書審查意見及處理情形

壹、日期：民國 101 年 10 月 08 日（星期一）上午 9 時 30 分

貳、地點：水利規劃試驗所霧峰辦公區 A 棟 4 樓會議室

參、主持人：廖副所長培明　　記錄：林峰瑋

審查意見	處理情形
一、結論	
1. 地球物理探測佈線的原則及鑽探孔布置的原則請補充說明。	1. 工作計畫書修正稿內已補充說明利用反距離權重法概念規劃各水文地質探測點位原則。
2. 名竹盆地地下水開發工程布置之原則為何？且對西螺大橋附近之農業用水影響請補充說明。	2.有關名竹盆地河道沖積層適宜開發工程布置將依據適宜開發量評估成果、區位考量、河床質特性及現場勘查等提出建議，若屬河岸取水則適宜利用伏流水工法，另若適宜開發位置為盆地內，則可考量小井群抽水井之設置。此外待可開發量確定後可利用模式模擬對周遭地下水環境之影響，亦可計算河川基流量與開發量之關係，據以研判是否影響下游用水權益。
3. 貴公司如何保證以數值分析所得到的「推估補注量」及「推估可抽水量」與現地實況相符？	3. 本計畫均參考歷年相關執行於山區地下水之地質調查結果設定模式所需參數，並使用實測流量資料評估地面水與地下水交換機制及地下水補注來源，以使用現地資料之方式使評估結果接近實際。
4. 請說明本計畫欲評估計畫區域地下水補注機制及模型時，關鍵之參數為哪些？如何驗證？	4. 評估計畫區域地下水補注機制及模型時，關鍵之參數為河川流量及地下水位，可利用模式模擬之率定過程加以驗證。
5. 請問本計畫未來最可能有效而經濟之開發方式(如輻射井、集水井、集水廊道或鑿井等)。	5.以經濟面而言，鑿井為最快速有效之方式，惟仍應待名竹盆地適宜開發量評估成果、區位考量、河床質特性確定後始規劃可行工程規劃方式。

6. 從鑽井岩心如何研判頭嵙山層礫石與近代濁水溪河道礫石層？兩者透水係數(K 值)是否有差異，約多少？	6. 從地調所之鑽探結果可知由岩心難以區隔兩者差異，另由 99 年及 100 年執行之地電阻探測結果可知兩者區隔在 100～150 公尺間，而 K 值則無太大差異。
7. 貴團隊規劃的三孔 100 公尺地質鑽井以及三條地物探測，所選擇地點有何地質意義？並說明 貴團隊所瞭解名竹盆地的地下地質結構。	7. 本計畫規劃之三孔 100 公尺地質鑽井以及三條地物探測之原則主要為增加對地區性地質之整體瞭解，因此以歷年計畫未執行過之地區做為施測範圍。另就周圍地質鑽探資料可繪製名竹盆地之地質剖面圖，由繪製結果可知名竹盆地於新民、竹山、觸口觀測井範圍內以礫石為主，盆地南側開始出現砂及黏土。
8. 本計畫為「地下水源」之開發，因此地下水源之補注方式及機制的探討殊為重要，因此本計畫工作項目包含三條地球物理之測線、三處地質鑽孔及十處地下水觀測井，此些測線及井位的選擇除過去未佈設之位置，請說明其他考慮之因素。	8. 地球物理測線選定原則主要為假設河道兩側蓄水能力較高，因此跨越河道施測；另地質鑽孔及觀測井佈設之原則均假設河道兩側蓄水能力應為對稱，因此擇定距河道不同距離之位置佈設，惟仍須視現場土地利用情形做調整。
9. 另本區周圍有數條斷層，地下水之補注除地表河川之補注外，上游集水區之地質亦有密切相關，因此本區周遭的斷層對地下水補注有何影響？如何得知？(何種方法)	9. 名竹盆地周圍斷層包括車籠埔斷層(屬右側邊界)及彰化斷層(屬左側邊界)，為不透水邊界，而地調所於 100 年已利用水力試驗推求車籠埔斷層水力性質，將可做為評估其對地下水補注之影響。

10. 本調查區域多為礫石層且地下水層深達 100～400 公尺，在這樣條件下，地電阻探測法之準確性為何？如何提升其準確度。	10. 地電阻影像剖面法為結合地電阻水平電性剖面法及地電阻垂直測深法的一種施測技巧，可同時達到了解測深及側向變化的功效，且地電阻影像剖面法具有對岩性變化與水的高度敏感性，故對於礫石層及地下水層之探測，依據以往之探測案例顯示對礫石層及地下水層之辨識率及準確性相當高。 探測區域為礫石層且地下水層深達 100～400 公尺，於提升其準確度可從下列方向著手： (1) 資料收集：使用長度較長之電極棒，讓電極棒更深入地表，提高接觸面積降低接地電阻，使電流能更容易通入地下，提高量測的準確度。 (2) 提高探測深度：施測過程中，同時設置 101 根電極，最大展開距離可達 1000 公尺，以達到探測較深層之地下水層之目的。 (3) 提高岩性辨識率：除進行地層電阻率量測，另增加可充電率(chargeability) 量測進行雙重確認，提昇準確率。
11. 兩條地電阻探測位置與 99、100 年所設置位置相當接近，99 年、100 年之測線結果不足之處為何？地電阻佈點位置考慮之最重點應為何？	11. 99、100 年所施測之地電阻已可看出名竹盆地主要地下水層為車籠埔斷層以西至濁水溪沖積扇扇頂(二水)間，礫石堆積及頭嵙山礫石層所形成之含水層，為增加對整體地下水層結構之瞭解，本計畫擇定以往未施測區位進行地電阻探測。
12. 調查區域地下水位淺？約多少？	12. 以水利署之新民(1)及竹山(1)等地下水觀測站井量測之水位與地表高程進行比對結果可發現兩觀測井之地表至歷年地下水最低日水位高程差分別為 18.32 及 12.73m，地下水位埋深較淺。

13. 本計畫預定辦理地球物理探測三條測線、水文地質鑽探三處，其施作地點如何選擇才能與原有地質資料結合發揮最大功用？	13. 為增加對地區性地質之整體瞭解，建議以歷年計畫未執行過之地區做為施測範圍，因此本計畫利用 IDW 法規劃各水文地質探測點位。
14. 名竹盆地地下水開發後，河川補注量可能增加，對下游地區的地下水補注量可能減少，數值模式模擬能否予以量化計算？其結果如何驗證？	14. 本計畫未來將針對地下水情境開發進行模擬，即可瞭解其對河川流量的影響及對下游補注量的影響，另驗證需仰賴開發後的河川流量及地下水位量測。
15. 數值模式模擬的範圍如何選擇？	15. 研究計畫主要參考中央地調所於 100 年所建置之數值模式，其範圍東至車籠埔斷層，西至埤頭鄉、溪州鄉、西螺鎮與虎尾鎮，東西向距離約 26,165 公尺，南北向距離約 17,622 公尺，設定紅色邊界為已知水頭邊界，黃色邊界為已知流量邊界，藍色為無流量邊界。

附錄二　期初簡報暨工作執行計畫報告書審查意見及處理情形

「名竹盆地地下水源開發調查規劃」委託專業服務
期初簡報暨工作執行計畫書審查意見及處理情形

壹、日期：民國 101 年 11 月 21 日（星期三）下午 2 時 0 分

貳、地點：水利規劃試驗所霧峰辦公區 A 棟 4 樓會議室

參、主持人：陳所長弘凸　　記錄：林峰瑋

審查意見	處理情形
一、林技師永德	
1. P.15 水利署觀測井之位置圖和 P.62 85 年鑽孔位置不同，且 P.62 圖中無竹山(1)之位置圖請再加校核。	1. 感謝委員建議,工作執行計畫書初稿 p.15 為水利署觀測網中之觀測井位置，原 p.62 為水資源局於 85 年所設置之觀測井，現已廢站，修正後之位置如圖 3-4-1 所示。
2. P.16 圖 2-1-5 名竹盆地地層剖面圖，新民(1)和竹山(1)直接連結。在計畫評選時其他廠商曾有不同看法,經查其間有一河道存在。圖 2-1-5 是否加入更多鑽探資料再予檢視。	2. 感謝委員建議，已將原圖 2-1-5 地層剖面圖刪除,改用地質柱狀圖顯示請參閱圖 7-2~7-4 所示。
3. P.89 在區域補注量分析內,所述分離出之基流量即可視為地下水補注量,難以理解,是否為名竹大橋的累積基流量加鯉魚橋的累積基流量減彰雲大橋的累積基流量視為地下水補注量。	3. 河川基流量定義為地下含水層補注至河川之地下水，在長年地下水位穩定之狀態下，可視為代含水層補注之總和。由各流量站之基流收支的確可估計計畫區地下水補注量，然名竹盆地上游為集集攔河堰，故河川流量受集集堰放流影響，與自然河川流量歷線差異過大，並無法直接利用河川基流量評估。
4. P.96、3.6.2 節將評析地下水庫開發後地下水文可能影響,如開發後地下水位明顯下降,是否亦探討增加地下水補注之方法，以提升開發的可行性。	4. 本計畫欲評估利用現有名竹盆地內地下水蘊藏量進行開發之可行性，故未考量增加其補注量之方法。
5. P.14 名竹大橋之河川水質不適宜作為民生用水使用，限縮了開發效益，是否亦需探討,該做何處理？開發的水源能做何種用途？	5. 本計畫主要評估名竹盆地地下水做為水資源利用之可行性，故水質方面之探討將以地下水為主，此段落僅為蒐集名竹盆地背景資料所分析之河川水水質，並非為本計畫主要水資源開發評估之對象。

6. 分析名竹盆地地下水開發對下游地面水、地下水的影響需要模擬未來下游流量變化，彰雲大橋下游需有一流量站以供分析。	6. 現有水利署於彰雲大橋下游尚設有溪州大橋等流量站，未來模式將視需要參考下游各流量站資料進行模擬。
二、台灣自來水公司 葉副總工程司陳萼	
1. 報告工作項目地下水水質監測項目，除 P2 所示以「飲用水水源水質標準」之檢測項目及硝酸鹽氮外，建議比照提升至 P18 之檢測項目；另 P78 檢測頻率為每季 1 次，建議增加在暴雨或洪水過後進行採樣，以充分了解該地區地下水質之變化。	1. 感謝委員建議，因計畫經費問題，本計畫主要依照契約規定項目辦理水質分析，僅可額外增加鐵及錳兩項水質檢驗項目。另採樣頻率亦與計畫經費有關，原則上仍遵照契約規定辦理。
2. 本計畫以「名竹盆地地下水源開發」為基礎，建議是否併行檢討可能使用該水源之各用水標的單位之需求，以了解供需面之平衡。	2. 本計畫已於期中報告補充說明名竹盆地下游可能用水標的之需求量，請參閱 2.1.8 節。
3. 依 P.25 所述，目前計畫範圍內具有水權之抽水井數約 1,334 口，建議研究單位加強搜集其相關之井深、地質、抽水量及水質等歷史資料，建立並分析該地區地下水情資料，也可供本計畫後續作業參考用。	3. 各水權井之井深及抽水量可於水權資訊網中查詢，其他包括地質及水質等未於資料庫中登錄，故本計畫期中報告階段乃針對水權資訊網中可蒐集之資料進行分析，請參閱 p29 頁。
4. P.26，自來水供水系統函括非屬計畫範圍之部分，請重新整理並更新為最新年度。	4. 表 2-1-12 為南投地區內各供水系統說明，包含計畫範圍內之竹山及名間等鄉鎮，另已更新資料為最新年度統計結果(100 年)。
5. P.28～33，對於赤崁地下水庫供水及該地區供水營運狀況已有調整，請研究單位洽台水公司第七區處澎湖營運所了解目前營運概況並修正之。	5. 已參考自來水公司 100 年統計年報修正白沙供水系統之供水概況，請參閱 p56 頁。
6. 建議加強對補注水量來源的可能污染源進行調查與探討。	6. 本計畫已參考南投縣環保局歷年對計畫範圍內之地下水質監測結果，探討部分地區硝酸鹽氮偏高之原因，分析結果請參閱 4.2 節中。

7. P.71 有關抽水試驗井如出水功能佳，即可做生產，由渠道送至鄰近之淨水場乙點，因涉及水權、水質，供水穩定性，是否須辦理相關自來水設施實辦，維護成本、效益等因素考量，建議另案辦理，本公司將請相關區處積極配合檢討其可行性。	7. 已與主辦科及自來水公司相關區處討論利用抽水試驗井做為生產井之可行性，初步結論乃將視本計畫之評估成果若有水源可使用，即可將抽水試驗井作為生產井使用。
三、經濟部中央地質調查所 黃科長智昭	
1. 建議名竹盆地地下水資源開發方式應以小規模井群抽水方式進行，逐步增加抽水量，並同步監測水位變化，以瞭解區域地下水環境之衝擊情形，可兼顧行政與技術上之可行性。	1. 感謝委員建議，未來模式模擬時將納入小規模井群抽水之開發方式，並模擬其對地下水環境之影響。
2. 由於地表水地下水文互作用將影響整體水資源平衡情形，故本計畫應對於河川流量與地下水位關係進一步加以探討，並採用更精細流量資料。	2. 本計畫已持續收集名竹盆地河川流量與地下水位資料，採用河川日流量資料進行河川水與地下水交換量評估，請參閱 6.3 節。
3. 若擬利用抽水井作為未來生產井之用，則 P2 接近竹山鎮之垃圾掩址埋場，應考量民眾之觀感，故建議另覓適合場址。	3. 本計畫已修正 P2 之區位為斗六堰附近。
4. 本計畫於地質鑽探過程中，將利用劈管取樣，其目的為何？	4. 本計畫以 HQ 規格之自轉式鑽機進行鑽探。
5. 報告中有關水文地質參數，儲水係數及貯水係數，流通係數及導水(T)係數，其名詞請統一。	5. 已統一使用貯水係數、流通係數、水力傳導係數做為各水文地質參數用語。
6. 本計畫對於地下資源開發取水工法採取集水暗渠，大型集水管 及寬口井結合輻射井，其取水源為河川之伏流水，為何沒有考量於河道兩旁佈設抽水井，請補充敘述。	6. 本計畫除河岸取水外，亦考量以抽水井方式抽取地下水，並根據計畫調查及模擬結果估算可抽取量及抽取區位。
7. 地下水觀測井之設置為期能長久觀測地下水水位變化情形，避免被外力破壞，建議以公有地為主，最好位於學校內。	7. 由於本計畫所設置觀測井為簡易式觀測井，首要考量為土地取得快速，根據分析結果，各規劃之點位大多位於河川公地，其他位於市區內之點位即可優先選擇學校施設。
8. 本計畫報告中所提區域地下水數值模式建立範圍較地調所所定為大，請敘明原因，並建議以名竹盆地範圍為主。	8. 本計畫之數值模式範圍，主要即參考地調所 100 年建置之模型為基礎，並就本計畫現場調查成果予以調整修正，請參閱第八章。

四、經濟部水利署水源經營組 曾簡任正工程司國柱	
1. 請將過去本計畫區(及其鄰近，含彰雲隘口下游)相關之調查研究資料完整收集，並彙整具體呈現。	1. 感謝簡任正工程司建議，已將過去本計畫區相關之調查研究資料增列於2.2 節中。
2. 地物探測之測線布置，所考量之因素除避免與過去重覆位置外，應該再加強說明其他理由，例如本區域地下水文地質條件、與鑽探孔位之配合，或地下水模式架構邊界所需等。並請注意跨河施測之安全、困難度、精度及如何配合地質資料解讀地探結果。	2. 本計畫主要利用 IDW 概念評估出合適水文地質探測區位，配合以往施測區位規劃今年度之地電阻測線，已補充說明於第三章中。另地電阻施測時將規範施作廠商注意現場安全，並要求其數據分析精度。
3. 水文地質鑽探孔布置是否已參考地調所及前期計畫之孔位、地層分布，請加強說明。	3. 已補充說明本計畫根據 IDW 法評估結果以及中央地調所建議各鑽探點位之選取原則，請參閱第三章所示。
4. 抽水試驗方式、地點請及早定案，以利取得所需之 K、T、S 等參數。	4. 本計畫已於期初審查後三週內提出探查計畫書，並經水利試驗規劃所審查通過後進行現場作業。
5. 地下水開發情境模擬，目前雖只是期初簡報，但仍應及早構想。	5. 期初審查會議後已與地調所聯繫取得名竹盆地既有水文地質模式之方式，並據以進行後續之各開發情境模擬。
五、經濟部水利署水源經營組 郭科長耀程	
1. 本計畫主要目的在確認名竹盆地可開發地下水潛能量，其因受下游雲彰地下水補注限制，故開發抽用時機應審慎釐清掌握，以免造成本區位開發衍生下游地下水補注減少，加劇地層下陷情勢。	1. 感謝科長建議，本計畫於後續數值模式模擬時將評估各種開發方案對河川流量及地下水位之影響，藉此瞭解對既有地下水補注設施之衝擊。
2. 建議定位本地下水開發使用時機，(1)濁水溪豐水期補注水源(水質)，(2)雲彰地層下陷減抽地下水之水源。	2. 本計畫已蒐集集集堰下游各標的用水情形並探討計畫區域內地下水水資源開發之目的及供應對象，以加強計畫定位，請參閱 2.1.3 及 2.1.6。

3. 如何透過豐水期增加抽用地下水量，以達全年減抽地下水目的，建議應透過數值模式進行情況模擬，請補充工作執行計畫書相關內容。	3. 本計畫將利用建立之地下水文數值模式，模擬名竹盆地不同抽水開發情境之地下水影響。以虛擬開發情境之抽水位置、抽水時間、抽水量、抽水頻率等，模擬地下水於豐枯水等不同時期對地下水位變化與影響範圍，以評析地下水庫開發後可能之地下水文與其他環境可能影響。據此評估結果，本計畫將提出建議之抽水利用情境，提供名竹盆地未來開發之參考。另模式亦可評估豐水期時因河川流量之增加所提升之地下水蘊藏量，並得知名竹盆地內之地下水可開發量，以達到減抽地下水之目的。
4. 名竹盆地深層地下水是否與雲彰扇頂第 3、4 層地下含水層相通，如有相通應提出說明，未來並做為開發井深條件。	4. 根據水利署觀測井設置於名竹盆地範圍內之濁水溪沖積扇扇頂內之水位觀測資料可判斷兩者間之相通性低。
5. 相關資料蒐集為本計畫提升可信度依據，建議表列已取得及待取得之資料，以利瞭解及協助。	5. 已補充本計畫已蒐集之各單位相關計畫列表，請參閱表 2-2-1 所示。
六、經濟部水利署水文技術組 鄭正工程司元康	
1. 名竹盆地深層地下水蘊藏量，經濟部地調所相關研究計畫已評估可供作為水資源運用，本計畫行政院陳政務委員振川主持　會議已確認納入「雲彰地區地層下陷防治方案暨行動計畫」之強化措施，請執行單位以實務可執行面進行規劃，故應就以下各層面加強辦理： (1) 法規面：是否辦理環境影響評估？其他法規？ (2) 影響面：對下游濁水溪沖積扇地下水位影響，反而加劇地層下陷，其他用水人取水影響。 (3) 效益面：除經濟效益外，應考慮減緩地層下陷，對國土安全之效益。	1. 感謝正工程司建議，於水資源開發可行性總體評價項目將納入法規面、影響面及效益面進行分析。

七、經濟部水利署水源經營組 江副工程司俊生	
1. 此區域地下水調查開發利用，前期已有諸多成果顯示此區域蘊藏充沛地下水資源且已有相關取水工程規劃，惟因該水源畢竟為地下水，取水利用是否會造成下游地下水補注及環境影響，尚待進一步釐清，故本計畫重點建請聚焦於可安全利用的地下水量評估。	1. 感謝副工程司建議，本計畫後續模式模擬將評估各種開發量對地下水環境之影響，並提出不同地下水可開發量之定義建議供決策者參考，以利規劃合適之地下水水資源開發方案。
2. 如欲釐清二水隘口上下游地下水連通與補注關係，建議應於隘口下游側配合設置 1~2 孔分層地下水監測井(目前所規劃監測井皆於盆地內)，以利檢視於盆地內抽水試驗時，下游地下水各層含水層水位變化情形，如二者變化無明顯相關，方可佐證二水隘口具有良好地下水阻隔地質。	2. 本年度於隘口下游設置 2 口簡易觀測井，請參閱 3.4 節。
3. 本署 101.11.13 與台水公司研商會議討論本案議題時，台水公司五區處建議抽水試驗井徑擴大為 20 吋，以便後續抽水設備置入水井抽水利用，惟因本案契約已明訂抽水試驗井徑為 10 吋，恐無契約空間配合擴大井徑，而為協助台水公司嚴重地層下陷區自來水地下水減抽，建議台水公司評估負擔該擴大井徑所增加費用。	3. 本計畫已於審查會議後提出抽水試驗井擴大為 20 吋井之經費需求，並說明與原訂契約規定 10 吋井所需經費之差異，提供主辦科參考。
4. 本計畫擬利用中央地調所前期計畫所建置 4 處流量站資料(P81)，供水平衡分析。惟據 101.10.30 日本署與地調所平台會議，地調所表示該 4 處流量站將配合工作結束於年底撤站，故請執行單位儘速洽地調所協調。另未來計畫區域上下游流量站，包括濁水溪集集堰與彰雲大橋流量及清水溪桶頭堰等本署既有流量資料，亦請蒐集納入分析。	4. 依照契約規定，本計畫將利用地調所設置於計畫範圍內之濁水溪與清水溪河川流量監測站(名竹大橋及鯉魚大橋)進行流量資料之蒐集，因應其於年底撤站一事，本計畫將利用地調所設站以來所蒐集之河川水位及流量資料繪製率定曲線，並於計畫執行中自行量測該河道之水位，配合水位流量率定曲線即可得流量資料。另依據現有水利署流量站分佈，本計畫亦將蒐集濁水溪上之彰雲大橋流量資料(清水溪各流量站於 2012 年起已無資料)，並向集管處蒐集濁水溪集集堰之入流與放流量資料。

5. 本案契約工作「地下水資源開發可行性總體評估」(P96)，工作重點請聚焦於地下水開發利用之最大安全水量及其經濟性評估，至於所提擬評估「開發是否影響當地濕地動植物影響、溫室氣體減量情形、對當地民眾工作機會是否增加、當地文化的影響、對國內經濟成長及稅收的貢獻」等等，非本階段主要重點，建請適度調整工作比重，以免發散。	5. 期中報告已檢視並刪除與水資源開發較無直接相關之評價指標，請參閱 8.3 節。
八、水利規劃試驗所水源規劃課 畢副研究員嵐杰	
1. 本計畫最主要之工作重點之一，在於評估名竹盆地地下水可開發量，即安全出水量之估算，建議考量之項限制因素： (1) 可補注水量及其下游河川地下水位之影響評估於一定風險條件下（如 SI），不致造成負面影響下之可開發水量，建議除有地下水數模外，應有地面地下水聯合運用觀點評估水量之時空分布。 (2) 含水層流通係數：安全出水量並非由可得水量流量而是水流至水井的速率而定，建議日後生產井之布置規劃等管線問題予以考量。 (3) 污染潛能評估：除污染源調查外，建議提出「地下水水質保護計畫」，確保水的品質。	1. 感謝副研究員建議，各意見回覆如下： (1)本計畫除數值模式外，亦將考量此項建議納入地面地下水聯合運用觀點以評估可開發水量。 (2)本計畫持續與自來水公司保持聯繫以規劃適當之生產井管線配置。 (3)本計畫已蒐集南投縣環保局歷年於計畫區域範圍內之地下水質調查結果，請參閱 4.2 節，並於後續報告中將提出維護地下水水質之相關建議。
2. 本計畫之功能定位：依本計畫評估成果，再決定其係為詳依常態性缺水、緊急調度或為備援系統。	2. 本計畫之數值模式等模擬結果可評估適當之開發時間，因此可提出開發定位建議。
3. 建議擬訂相關水源調配範略如下：豐水期水情佳，應為補注期，讓含水層充分補充，若有用水需求，宜就補注後之餘水供應。枯水期為抽用期，僅就各旬（月）之安全出水量取用操作。	3. 未來將參考委員建議擬訂數項開發時間進行模擬，並分析各開發情境之影響。

4. 若經評估本計畫為可行，建議應於法規面；如環評法（開發門檻）、水利法（水權核發申請）及水污染防治及其相關規定等研處。	4. 根據本計畫之成果若評估本計畫為可行方案，擬將法規面之評價列入。
九、水利規劃試驗所廖副所長培明	
1. 評選委員審查意見之回應需務實。	1. 感謝副所長建議，已將各委員審查意見修正於期中報告中。
2. 基本資料之蒐集宜更廣泛，應一併蒐集含集集堰下游之所有農用水及公共給水。	2. 已補充說明集集堰下游各標的之用水情形，請參閱 2.1.8 節。
3. 探查計畫書宜儘速研擬送所俾利開工及驗收。	3. 本計畫已將於期初審查會議後三週提出探查計畫書送所審查。
4. 名竹盆地地下水開發是否要分區，分區之原則為何宜交待；請彙整調查成果，繪製地下水柵狀圖。	4. 本計畫建置評估名竹盆地地下水開發可行性過程將考量地形及流量站位置進行分區分析，另亦已蒐集各相關計畫繪製地下水柱狀圖，請參閱第七章所示。
5. 抽水試驗井擬作生產井其鑽探方式宜敘明清楚。	5. 本計畫以 HQ 規格之自轉式鑽機進行鑽探，請參閱 p93 頁。
十、水利規劃試驗所大地工程試驗課 林研究員峰瑋	
1. 外業工作開工前請來文報備。	1. 感謝林研究員建議，本計畫於各項外業工作開工前均將去文報備。
2. 外業探查用地，請務必釐清其權屬，無論公私有土地均應事先徵求所有權人的同意。	2. 本計畫於現地作業執行前均行文請各土地管理者獲所有人同意，並將副本知會水規所。
3. 有關需本所提供行政協助之事項，請備函敘明事由到所憑辦。	3. 遵照辦理。
4. 本計畫在布置各項探查點位前，務必綜整本區域以往相關調查、試驗之成果，以能完整建構本區域水文地質架構為前提，審慎布置本計畫各項探查點位。	4. 本計畫各點位佈設原則，主要參考以往相關調查成果並配合 IDW 概念規劃之，另已提出探查計畫書加以說明。
5. 請儘量檢視前階段設置的井位，其井況仍堪用者宜善加利用，以期本案所布設的觀測井能儘量涵蓋全區必要的觀測點位，尤應考量能充份滿足本計畫建構水文地質模式之需求。	5. 已補充說明利用 IDW 概念可考量空間分析結果佈設適當點位，另亦檢視地調所 99～101 年所設置之觀測井是否仍可使用，若可持續利用則納入本計畫之觀測範圍，請參閱第三章。

6. 本計畫所施作的 3 孔水文地質鑽探孔，應由地質師研判施作岩盤透水試驗及孔內井測的井位。所鑽取的岩心，需由地質師執行井錄製作，並研判岩盤透水試驗的施作區段。	6. 本計畫已規範現場施作廠商依循此規定作業。
7. 所布設的抽水試驗井 P2 緊鄰竹山鎮垃圾掩埋場，需考量未來可能開發時的水質疑慮，建議移至斗六圳取水口之上游側。	7.已修正 P2 位置，並移至斗六堰附近，請參閱圖 3-3-1 所示。
8. 地下水水質監測的採樣頻率，請考量時序與季節。	8. 本計畫於觀測井設置完成後，每 2 個月執行一次地下水水質採樣。
9. 編輯問題： (1) P.15 第 2 段第 1 行、p71 第 1 段第 5 行及 p78 一、採樣地點 等圖號誤植。 (2) P.28 倒數第 4 行水〝力〞…。 (3) P.84 第 13 行公式誤植。	9. 各圖號或文字錯誤處已於期中報告中修正。
十一、結論	
1. 歷年的調查、研究報告應詳加彙整評估，做為本計畫調查項目、地點與開發潛能初步評估的參據。	1. 已將前期研究增列於 2.2 節中主要摘錄歷年由水資源局及中央地調所於名竹盆地範圍內所執行之各項研究，並彙整其施作各水文地質探查項目之內容及結果。
2. 研究範圍應涵蓋中、下游，由整體地下水平衡觀點探討名竹盆地地下水可開發潛能。是否擇地點設幾口簡易式地下水觀測井，以觀測地下含水層與伏流水流量、流向的變化，做為建構整體數值模式的參據。	2. 本計畫利用地調所既有水文地質模式進行評估，該模式範圍已涵蓋至名竹盆地中、下游。
3. 地下水可開發潛能的定義應嚴謹，除了需滿足水平衡的要件，亦應將對環境影響的效應綜合納入考量。	3. 本計畫主要以地下水蘊藏量評估名竹盆地之開發可行性，另數值模式亦可具備水平衡檢視之功能，評估各開發方案對地下水環境之影響。
4. 水源運用的定位是常態或備援，應以地下水可開發潛能評估的結果為參據。	4. 本計畫後續將依據模式模擬結果評估名竹盆地地下水之開發時間點，以確認其應定位為常態或備援。

5. 水源開發規劃要考量下游自來水系統評估及規劃。	5. 本計畫已與自來水公司保持聯繫，並與其討論各下游自來水供水系統與計畫範圍內水源開發之關係，以規劃合適之開發地點及方式。
6. P.46，2.4 節 可行性總體評價，宜優先確認技術可行，再依所列評估其它層面的可行性(包括地下水補注、地層下陷的影響)。	6. 本計畫所規劃之可行性總體評價將彙整各層面的調查分析結果，以成本效益法對各層面進行效益及成本之估算，並考量開發技術的限制，最終形成對地下水水資源開發之總體評價，請參閱 8.3 節。
7. 抽水試驗井的井徑是否如自來水公司所建議的，由 10 吋改為 20 吋，請雲林科技大學補充資料後由大地課在二週內召開工作會議討論後報署。	7. 本計畫已與主辦科及自來水公司討論協商並於工作會議時提出相關資料，原則上由於本計畫契約規範抽水試驗井之井徑為 10 吋，若要改為 20 吋經費恐不足，故原則上仍維持 10 吋井。
8. 請於三週內研提名竹盆地水文地質調查計畫書，報所同意後辦理。	8. 遵照辦理。
9. 請求協助之事項涉及中區水資源局及第四河川局需協調，由大地課研辦。	9. 本計畫已與中區水資源局及第四河川局聯繫並取得相關協助。
10. 本次期初簡報及工作執行計畫書審查原則同意，請依據與會委員及各單位代表所提意見修正工作執行計畫書，並於二週內提送 5 本到所續辦。	10. 遵照辦理。
11. 期中報告書請於 102 年 3 月 8 日前提送到所。	11. 遵照辦理。
12. 下次會議增邀中興大學蘇苗彬教授、自來水公司總管理處、自來水公司第四第五及第十一區管理處、及水利署中區水資源局派員參加。	12. 遵照辦理。

附錄三　第一次工作會議簡報審查意見及處理情形

「名竹盆地地下水源開發調查規劃」委託專業服務

第一次工作會議簡報審查意見及處理情形

壹、日期：民國 101 年 12 月 6 日（星期四）上午 9 時 30 分

貳、地點：水利規劃試驗所舊正辦公區大地課 2 樓會議室

參、主持人：廖副所長培明　　記錄：林峰瑋

審查意見	處理情形
一、結論	
1. 本計畫仍維持原契約規定，所設置之 2 口抽水試驗井的井徑為 10 吋，工作時程請儘可能縮減，以利後續之推動。	1. 本計畫遵照契約規定設定抽水試驗井之井徑為 10 吋，兩抽水試驗井 P1 及 P2 分別於 102 年 3 月 6 日及 102 年 2 月 25 日完成鑿井作業。
2. 本計畫抽水試驗施做規格及所取得成果應能滿足提供未來作為生產井評估所需相關參數。	2. 本計畫抽水試驗取得導水係數(T)、儲水係數(S)之成果，可供未來生產井評估所需數據參考。
3. 本計畫之抽水試驗成果，請雲林科技大學儘速提供本所，由本所彙整後依行政程序提報水利署。	3. 本計畫之抽水試驗成果已納入期中報告書內容，於 102 年 3 月 7 日檢送至水利規劃試驗所。
4. 本計畫抽水試驗區位是否具備開發為生產井之條件，及生產井所需之輸水管線的配置，宜由自來水公司本諸專業評估。	4. 本計畫結果可協助提供自來水公司專業參考，以利其辦理相關評估作業。
5. 請大地課本於權責儘速就雲林科技大學所提送工作執行計畫書(修正本)、水文地質調查計畫書完成審查，以利工進。關於抽水試驗井應施做至地下水位以下多深，請大地課配合雲林科技大學現場施作條件，綜合研判決定。	5. 本計畫分別於 101 年 12 月 11 日提送工作執行計畫書(修正本)以及 101 年 12 月 20 日提送水文地質調查計畫書並完成審查作業。

附錄四 期中簡報暨報告書審查意見及處理情形

「名竹盆地地下水源開發調查規劃」委託專業服務

期中簡報暨報告書審查意見及處理情形

壹、日期：民國 102 年 03 月 27 日（星期三）上午 9 時 30 分

貳、地點：水利規劃試驗所霧峰辦公區 B 棟 2 樓會議室

參、主持人：陳所長弘凷　　記錄：林峰瑋

審查意見	處理情形
一、廖委員宗盛	
1. 本報告最重要結論 P201 蘊藏量評估之依據僅引用周明輝之研究，孔隙率為何由 0.29 降至 0.20 未交待為何?且未說明該研究之適用條件建議應予於補充，且最好應有其他研究或案例以資旁證。（環境情境模擬）	1.感謝委員指正，本計畫於期末報告中已納入現場試驗所得之孔隙率參數結果，並以其為依據。
2. P217-P220 之問卷調查，設定情境並未告知當地民眾抽取地下水係依 P214 之方式送至下游使用，故該調查問卷似有重寫設計之空間。	2.本計畫訪談調查表已補充相關說明。
3. 本研究之主要目的應是利用地下水之(1)安全出水量 (2)時間 (3)方式 (4)如何與既有設施銜接，而 P214 為何採 20 公尺之變動，抽取 2 億 m^3 之可取量，似乎應補充主要之論述。	3.本計畫已利用水平衡及數值模擬方式評估可開發量，另開發時間為常態性開發，開發方式為井群抽水，並新設輸水管線後，搭配既有自來水系統將水送至下游地區。
4. 依工作項目及預期成果，前者之(七)至(九)後者四至六依目前報告似大有不足，建議應加速辦理。	4.遵照辦理。
5. 摘要第 4 段及結論四，可以再充實說明推估方法，第一層及第二層之定義。	5.有關地下水蘊藏量之計算及各概念分層之描述已於期末報告第捌章中加以說明。
6. 水源短缺“蓄豐補枯”為最重要課題，但本方案仍應探討“零”方案與“建議”方案，在整體水資源利用及“能源”效益之比較。	6.期末報告已於可開發潛能章節探討有無開發情境下對環境之影響，並利用模式模擬開發對環境之影響。另採用本計畫規劃之方案所得益本比為 3.125。
7. P 1 前言 1.2 節第二行應有「北至何處」。	7.補充於 P1-1 文敘中「北至濁水溪中游現代沖積層邊界與車籠埔斷層交界處。」

8. P25 圖 2-1-4，示意圖應更新。	8.已更新為圖 2-4。
9. 宜有本計畫之研究與以往研究之結果，從不同階段做一彙整比較較佳。	9.已於期末報告第捌章補充各研究對名竹盆地之儲水體積及潛能量評估等彙整。
二、台灣省水利技師公會 林技師永德	
1. 水資局 85 年之調查評估得到彰雲大橋以東之地下水補注量約 1.46 億噸/年，P38，本報告內河水與地下水交換量分析內，得到 2008 年 7 月起 14 個月之總和為地面水補注地下水 16.1 億噸，2010 年地面水補注地下水 1.42 億噸，2011 年地下水補注地面水 1.35 億噸，差異頗大，2011 年是否還有地下水補注(P194)。	1. 感謝委員意見，由於水資局評估之結果為集集堰設立之前之資料，故在地表水文狀況改變下，地面水受集集堰影響甚深，本計畫之地面地下水交換是以地面水之水化學離子濃度值平衡計算得知，並於第陸章第三節補充地面水收支表，顯示本區地面水收支狀況呈現不足，代表本區河水可能為地下水之重要補注來源。
2. 地調所認為車籠埔斷層以東為透水性極差的卓蘭層，因此其地下水流模擬之範圍比名竹盆地為小，本計畫模擬時係以名竹盆地全區為範圍？或如何調整？	2.本計畫蒐集前期資料綜合分析，選定名竹盆地內車籠埔斷層以西且 K 值大於 10^{-4} 區域為可能開發區域，將此可能開發區域配合集水區概念框選為地下水流數值模擬範圍。
3. 辦理問卷調查時，最好能先予說明預定開發方式（公共或個人）、開發後用途、預估對下游水量之影響，否則只問是不是贊成，其結果不可靠，又問卷內，設定竹山、名間、林內，其範圍似已超出名竹盆地。	3.本計畫已於訪談調查表加入開發範圍、開發目的、開發方式及對下游地下水之影響等說明。另由於開發地點位於名竹盆地，故以鄰近之竹山及名間民眾為主要訪談對象。
4. 期初簡報時說明名竹盆地在西側地質上有透水性較差地層存在，但 P141 之等地下水位圖似未考慮地質因素，從等地下水位線看不出來地質差異。	4.期末報告內所繪製地下水水位等值圖如圖 3-87 至圖 3-102 已考量地質因素。
三、國立中興大學土木工程系 蘇教授苗彬	
1. P14 有關區域地層特性採用 1963 年的資料可能過於老舊，近年來本區有很多新的調查可參考。	1. 感謝委員意見，本計畫除參考 1963 年研究得大範圍地質狀況外，亦參考歷年相關研究成果並運用於水文地質架構及數值模式建構中。
2. P15 本調查區地下水源範圍可能為東埔蚋溪及清水溪河床連接處更上游，是否考慮在評估中納入。	2.本計畫所模擬之可開發範圍包括濁水溪中游、東埔蚋溪下游及清水溪下游。

3. P85 等二維地電阻成果判釋劃到 400m 的深度可能不太適合，地電阻電量有限，能探測深度不太可能這麼深，不宜過度判釋。	3.已修改地電阻成果判釋到 200 公尺。
4. 岩盤透水試驗為岩層中的試驗，在多卵礫石的地層是否適合應考慮？	4. 本計畫原預定根據地質技師建議於 D2 孔施作 3 組岩盤透水試驗，但鑽孔內之地質岩化與膠結並不完全，加壓過程中由於地層鬆軟而使得無法保持圍壓或地層破裂使壓力逸散，因此不宜施行此試驗，而轉而施行定水頭法試驗。
5. 井抽水試驗應注意觀測井的佈置與距離，透水性高，主要洩降多在井圈的損失，可能會偏離理論，試驗出水仍小，無法評估安全出水量，全區為非侷限層其貯水係數結果偏低。	5.本計畫抽水試驗所得數據並非含水層安全出水量，而是該井體本身所能承受之最大出水量，另抽水試驗結果重新檢視後，各井 S_y 值差異不大。
6. 整體地下水源應可儘量利用現有地下水觀測站網的資料來做評估，地下水儲存量由卵礫石分佈為主，如何評定卵礫石及沖積層分佈的真實情況。	6.本計畫利用歷年相關計畫(包含地下水觀測網資料)之地質鑽探結果建構名竹盆地水文地質架構，另由本計畫現地調查成果大致可初步掌握名竹盆地水文地質特性，由地質鑽探及地電阻探測成果顯示，於名竹盆地內地質分層大致可區分為淺層現代沖積層及深層頭嵙山層等二分層。
7. 鯉魚站 921 的觀測有大幅地下水下降，顯示水文地質條件的改變值得討論。	7.鯉魚站水位確有受 921 地震影響產生大幅變化之現象，惟因資料有限，關於地震前後之水文地質狀況變化需透過進一步評估始能確定。
8. 相關水質分析，可考慮用各陰陽離子的菱形圖來研判水的來源與補注。	8.本計畫主要以選定具「飲用水水源水質標準」之項目進行水質檢測，項目中無陰陽離子可供研判水的來源與補注，故未以菱形圖進行分析。
四、台糖公司油品事業部開發工務組 蔡組長克敏	
1. 在水文地質參數探查成果 P2 點自來水公司欲於附近施作寬口井，抽水試驗結果出水能力較不佳，水公司是否續作？	1. 感謝委員意見，本計畫將提供相關數據給自來水公司作為參考依據。
2. 各抽水試驗場址現況圖及地下水井設置現況圖各式照片請補充放置說明牌後再拍攝。	2.遵照辦理，如期末報告圖 3-70。

五、經濟部中央地質調查所 黃科長智昭	
1. 有關報告中之名詞，如給水度、貯水係數及儲水係數(S)，請統一。	1. 感謝委員意見，本計畫已統一使用比出水量(S_y)、儲水係數(S)、流通係數(T)及水力傳導係數(K)作為各水文地質參數用語。
2. 地球物理探測成果，測線 R1，研判全新世厚度約為 66~135 公尺，應與鑽探結果整體評估。從測線 R1 中可判釋全新世礫石堆積及頭嵙山層，其他測線(R2、R3)判釋是否亦可比照研判全新世及頭嵙山層分佈情形。	2.由於本計畫所施作之地電阻 R1 測線附近無鑽探點位，故尚無法配合鑽探結果評估。另期末報告所分析之 R2 測線已出現上層(深度 100 公尺左右)屬全新世礫石堆積層、下層為含泥量較高之不透水層之現象；另 R3 分析結果則顯示至深度 200 公尺以上均屬礫石堆積層。
3. 地調所於名竹盆地本年度進行大地電磁(AMT)及多頻道電磁(EM)地球物理探測，其評估結果，可提供本計畫參考。	3.期末報告於分析本年度地電阻分析結果(R2)時，已同時比較附近由地調所於 100 年所施測之 CY-RIP-2 測線，比較結果顯示均可呈現隘口不透水的性質。
4. 對於水文地質鑽探，以 HQ 採樣完成後，即可進行井測，為何須進行擴孔作業方能執行，另鑽探點 D1 及 D3 要設置 10 吋地下水觀測井，其深度是否為 100 公尺，是否提供作為日後抽水井使用，請說明。	4.本計畫依照契約規定尺寸施作地質鑽探井，故待井體擴孔至 10 吋才進行井測，目前井測結果已完成，D1 及 D3 井深皆達 100 公尺以上，日後並無提供作為抽水井使用。
5. P121 表 3-4-2 中抽水試驗觀測井井體編碼，要與 P114 資料同，另缺 MC-Pt-101-1(P1)地質資料，請補充。	5.已於期末報告修正井體編碼及補充 MC-Pt-101-1(P1)地質資料。
6. 有關名竹盆地內地下水位分析，對於不明原因之水位異常現象，應進一步加以探討，如觸口站、鯉魚站部分水位異常，可能受 921 地震之影響。	6.期末報告已補充鯉魚站之水位異常變化可能原因，另觸口站因無明確資料，故無法分析變化原因。
7. 建議本報告應綜整各項調查資料，釐清盆地內全新世河道礫石堆積和頭嵙山層空間分布情形，繪製更精確水文地質架構，以利後續地下水流數值模式之建立。	7.期末報告已彙整各相關計畫分析結果並繪製水文地質結構圖 8-5。

8. 本計畫擬辦理問卷調查，應先予民眾說明背景資料，如抽水量多少，用途為何？影響為何？會不會造成地層下陷等，如此在進行問卷調查，方能達到預定目的。	8.期末報告內之訪談問題均已參考意見修正，補充有關水源開發之水量、方式及影響。
六、洪委員益發	
1. 清水溪龍門橋站是桶頭橋站遷站所致，兩站宜一併觀之。	1. 感謝委員建議，由於龍門橋站與桶頭橋站集水區範圍不一致，故在分析過程將二站數據獨立處理，而後續交換量分析則將二站結果結合討論。
2. 本計畫若有開發，對於下游地下水位是否有下降之影響，要先確認，否則難以推動。	2.本計畫以利用數值模擬方式模擬開發後對地下水水位之影響，分析結果顯示開發後主要影響區域為濁水溪沿岸(寬口井設置鄰近地區)，而對下游(隘口以西)之地下水水位影響不大。
3. 年度降雨之豐枯，直接影響地下水位之高低，所以本計畫對於豐枯水年之抽水操作，要有一些明確的分析。	3.本計畫於水平衡分析時以考量豐枯年之水文情形，並取 11 年之平均數據作為可開發量之評估參考，應已具代表性。
4. 中水局的集管中心，不是集管處，筆誤請更正。	4.已於期末報告修正相關用語。
5. P1，本計畫定位為地下水庫，既是水庫，則水庫入流量、出流量、水位之變化，皆要有明確之數值計算。	5.本計畫利用水平衡分析即可考量名竹盆地內地下水環境之入出流情形。
6. P25，圖 2-1-4，林內第二淨水場，已改為湖山淨水場，且桶頭堰（待建），已改為（興建中）。	6. 已於期末報告更新此圖，見圖 2-4。
7. P28，湖山水庫及桶頭堰之諸元數據，再洽中水局拿最新資料，另靜水位請使用呆水位。	7.本計畫已洽中區水資源局更新最新資料。
8. P86，M 區電阻率 10~32Ω-m，研判透水性較差。G2 區 50~100Ω-m，研判為透水層。此與 P82「水含量愈高，電阻率愈低」是否相符？	8. 一般來說「水含量愈高，電阻率愈低」，然而不同地層材料具不同地電阻率，依此來研判地層的含水層度、粒度及岩性，需配合當地地質鑽探資料等，加以比對研判地層的形貌及構造，本計畫主要依據表 3-2 比對地質材料而得。

9. P133，鯉魚站地下水位在 1999 年及 2000 年有陡降，其原因是河床沖刷或河川疏濬或 921 地震影響？請補充說明。	9.經比對鯉魚站水位變化時間，初步判斷應受 921 地震影響。
10. P145「隘口處有不連續面，水位落差 70m」，此是地形之落差，惟是否有反應到地下水蘊含量的多寡差異，請補充說明。	10.由於隘口水位落差位置是位於名竹盆地範圍之外，故對蘊藏量估計並無影響。
11. P176 水位 175.5m 似為 147.5m 之筆誤。請補充迴歸式之相關係數，圖 5-4-1 點繪圖明顯分布成兩群，迴歸式之選用，建議請再確認，或洽河川局交換率定經驗。	11.期末報告已修正流量率定曲線，並已補充迴歸式之相關係數。
12. P181 第 6.2 節河川基流量分析，還是看不懂，可否將計算過程列出，以利閱讀。	12. 已補充河川基流分離理論及作法於第陸章第二節。
13. P186 圖 6-2-3 補注率是集集堰完工營運後之情形嗎?若不是，則可以拿來現階段或未來評析之用嗎？	13.由於降雨補注屬天然水文循環，集集堰設立後河川流量受人工放流影響導致分析成果不合理，故採取集集堰設立前之年平均結果代表之。
14. P188 雨量與地下水位相關性較差，是否集集站雨量無法完全代表上游集水區之雨量？	14.在相關性分析中，由於直接入滲之影響需採計當地雨量站資料，故選擇集集站作為代表。
15. P200 式 7-1 迴歸式，請補充說明相關係數。表 7-1 鯉魚站代入地表高程 169.0m，求得地下水位高程 148.8m，卻小於第 1 含水層 149.0m，是否有誤？	15. 感謝委員指正，本計畫於後續分析中已修改迴歸式於第柒章第一節中。
16. P201 第一、二、三含水層蘊藏量如何算出?可否列出計算式?	16. 根據工作會議結論，本計畫後續工作著重於第一含水層，並整理計算參數於表 7-2。
17. P203 本計畫納入扇頂與部份扇央為模式範圍，則其總網格數是多少？	17. 本計畫考慮模擬範圍內數值計算之精度，採用邊長 100 公尺之正方形作為水平離散網格；垂直離散網格則以每一含水層為一個網格，網格垂向長度即為各地層之厚度，總共有 22,085 個網格。
18. P206 最後一段文字「頭嵙山層火炎山相礫石透水性差」與 P14「頭嵙山礫岩層為透水性含水層」是否矛盾?	18.本計畫所指頭嵙山層均為透水性差之含水層。

七、台灣自來水股份有限公司第五區管理處 蕭課長博元	
1. 水質檢測建議增加各層硬度之檢項。	1. 感謝 貴單位意見，已於 102 年 4 月 29 日與自來水公司第五區處共同於井號 P2 進行水質採樣，並由水公司進行硬度之檢驗。
2. 表 2-1-17 工業用水-自來水供水之水量雲林地區 2.16 百萬有誤請更正。	2.此數據乃參考「經濟部水利署各項用水統計資料庫」而來，經確認並無誤植。
3. 建議可將計畫範圍內相關水利設施(如斗六堰、農田水利會渠道及淨水場、導水管等)標示以為參考。	3.已於期末報告補充供水系統分佈圖，圖內已含相關水利設施(如斗六堰、農田水利會渠道及淨水場、輸水系統等)，見圖 8-18。
八、台灣自來水股份有限公司 林工程員冠伯	
1. 報告 P18 圖 2-1-3 是否可分別標示水文站、觀測井及雨量站之圖例?	1. 感謝 貴單位意見，本計畫已補充圖例於圖 2-3。
2. 報告第二章(a)2.3 節：地下水庫設置之條件(如：年降雨量、土壤含蓄水能力等…)是否具判定標準?如何評估本計畫區域是否合適?(b)2.3.1~2 節：是否說明國內、外案例與本案之相關性或可參考部份？	2. 國外資料並無針對地下水庫設立標準，本計畫乃利用水文地質架構及地下水位評估名竹盆地地下水潛能量高，再利用水平衡及數值模式推求可開發量。已於期末報告補充國內外案例與本計畫之相關性。
3. 報告 P119 表 3-4-1 對照 P130 所述，記錄年份是否為 1997~2012?新民(1)之歷年最低日水位為 132.78m 或 132.68m？	3.前者為前期報告書統計至 2011 年之比較數據，後者為本計畫蒐集至 2012 年為分析水位之歷時圖，兩者並無直接關聯。新民(1)之歷年最低日水位為 132.68m，謝謝委員指正，已修正。
4. 報告 4.2 節之圖 4-2-2~圖 4-2-13 是否以單一檢測項目繪圖，並將法規標準繪入比較。	4.本計畫認為數個有關性質之項目合併畫圖可看出其濃度是否有相關變化趨勢，另遵照委員意見方式繪製圖 4-14 至圖 4-21。
5. 報告書內有許多的推估，是否能在多方面證實，以提高參考之正確性。	5. 有鑑於現場資訊並未十分充足，本計畫已參考歷年相關計畫所分析之結果描繪名竹盆地水文地質架構，並利用水平衡及數值模式評估開發影響，可初步提供參考。

6. 問卷中「拒答」項目用意為何？	6.若沒有(99)拒答，則回答問卷者(不管是廠商、民眾)不想回答，例如水資源之使用情況是否有回收機制?汙水如何處理?可能會牽涉一些廠商不太想回答，則可以勾選(99)拒答，若沒有此選項，則拒答直接由空白做處理，我們可能會不知道此空白是題目作答遺漏或者拒答(有兩種可能)。
九、經濟部水利署水文技術組 林副工程司錦全	
1. 對既有完成調查、試驗成果(如水利署、地調所前研究調查所得之水文地質、水文參數等)可運用於本計畫者，請彙整成圖表。	1. 感謝 貴單位意見，本計畫已彙整前期水力傳導係數(K)於期末報告表3-11。
2. 地下水模式為計畫評估可抽用量及對下游地下水影響之工具，對於模式邊界條件訂定，輸入資料如水利傳導係數、儲水係數、抽補量等，建議更細緻說明。	2.已於期末報告第捌章說明模式建置過程及參數設定。
3. 文字或圖表須修正補充： (1) P13，第 3 行，請補充地質分布圖號。 (2) P18，圖 2-1-3 請補充圖例。 (3) P40，圖 2-2-2 紅色圈內標示數字點代表意義。 (4) P47，抽水試驗請補充結果。 (5) P49，第 2 段文字與圖 2-2-1 之 S1 井、圖 2-2-12 車籠埔斷層位置，無法連結。 (6) P126，提及前期計畫所設之觀測井，如 C1、N4、N8、S4、S5 等位置似乎未標列報告圖內。	3.意見回覆如下： (1)已補充於期末報告圖 2-2。 (2)已補充於期末報告圖 2-3。 (3)紅色圈選 3 指台 3 線。 (4)已補充於期末報告表 3-5、表 3-6。 (5)感謝委員意見，本計畫已補充 S1 位置見及車籠埔斷層位置見期末報告圖 2-33。 (6)於本計畫期末報告圖 3-70 已有標註

九、經濟部水利署水源經營組 江副工程司俊生	
1. 因部分現地試驗工作目前尚未完成，致相關工作尚無法進一步展開，本次所送期中報告內容除資料蒐集外，諸多初步分析尚有許多假設與不確性，仍難提供計畫整體評斷。為利後續執行，未來如有初步成果，建議加開 1 次工作會議，以先討論後再進入期末階段。	1. 感謝 貴單位意見，本計畫已於 102 年 5 月 13 日下午 2 時至水利規劃試驗所加開 1 次工作會議(第二次工作會議)，主要討論內容著重於現地調查試驗成果、初步水文架構及開發方案等討論事項，會議討論內容與建議將一併於期末報告呈現。
2. P145，報告依據週邊地下水站所繪製地下水位等高線判定「隘口處似存在地下水含水層不連續面，致隘口東西兩側水位高達 70m 落差」，惟所採用地下水位站均在名竹盆地外圍或邊緣，並無隘口東西兩側地下水位站，其水位差恐係選取水位站及內插方式所致，建議再參考現地調查結果再作評斷，較能有說服力。	2.期末報告已修改地下水位等值圖於圖 3-87 至圖 3-102。
3. P194，濁水溪川流水與地下水交換量分析乙節，其交換水量計算方式並無詳述，如僅以河川水位與臨近地下水井水位差及區域面積估算，其是否符合現地實際交換機制?（二比較水位尚有一定水平距離），且依所分析民國 99 年及 100 年成果分別係「地面水補注地下水 1.42 億噸/年」及「地下水補注地面水 1.35 億噸/年」，該 2 年水文環境並無亟大差異，為何落差如此大，建請再檢討。	3. 地面水與地下水交換量是利用水離子質量平衡，根據式(7-1)可計算獲得，另本計畫以補充地下水水平衡計算之交換量於第柒章第二節。
4. 依清水溪與濁水溪匯流口上游右岸抽水試驗(深度 30m)，每日出水量僅約 20 噸，其與歷年推估預期水量差距甚大，建請優先檢討其成因，究是抽水試驗深度不足或是選擇位址不佳，如為深度不足建議應再增辦抽水試驗，以免影響計畫成果及定位。	4.根據具該抽水試驗井較近之 D2 井地質鑽探結果顯示，較具含水能力之現代沖積層厚度僅約 30 公尺左右，因此造成出水能力不佳，且因其下之岩盤均較不透水，故即使往更深處抽水亦不易得到高出水量。
5. 上述抽水試驗如確定每日出水量僅 20 噸，因其水量並不具開發經濟性，有關後續開發工程初步規劃工作是否仍須辦理，建請考量。	5.本計畫將此抽水試驗結果提供給自來水公司參考，後續工程規劃是否辦理乃待自來水公司考量。

6. 本計畫重點為名竹盆地地下水安全開發量評估，二水隘口不透水層之地質特性及其與下游補注機制(含流向等)應有所掌握，建議後續強化辦理。	6.已於期末報告補充名竹盆地水文地質架構(含二水隘口)，另第捌章亦利用水平衡法估算含水層入出流量。
十、水規所大地工程試驗課 林課長進榮	
1. P98~P99 水文地質鑽探成果請以圖表配合文字表示，不要以純文字說明，以利判讀。	1.感謝 貴單位意見，本計畫已遵照辦理見圖 3-18 至圖 3-32 及照片 3-3 至照片 3-17。
2. P100~P104，D2 岩心照片解析度不足，請重新製作。	2.本計畫已重新製作，見照片 3-8 至照片 3-12。
3. P125、P139 抽水試驗井及觀測井並無取岩心，為何能有地質柱狀圖，會使讀者誤判。	3.為設井過程對各鑿設點位目視地質特性之地質柱狀圖，已於內文更改描述方式。
4. P86 測線 R2 地電阻影像，為何地電阻低反而透水性較差，似乎與正常規律不同。	4.不同地層材料具不同地電阻率，依此來研判地層的含水層度、粒度及岩性，需配合當地地質鑽探資料等，加以比對研判地層的形貌及構造。
5. P214 文中「由計算可得第一含水層蘊藏量 5.1 億噸，第二含水層與第三含水層皆為 7.63 億噸」，請交代如何計算。	5.根據工作會議結論，本計畫後續工作著重於第一含水層，並整理計算參數於表 7-2。
十一、國立臺灣大學地質科學所 陳教授文山	
1. 名竹盆地的地下水源開發調查，首先必須瞭解地下地層的結構，如岩性（即滲透率）、地下水位歷時變化、水質與地質構造等等。其中重點之一是滲透率佳的含水層（可利用的含水層）的空間分布。為瞭解此問題，必須瞭解此盆地的地下構造與地層分布的地質問題。當然可以利用前人與本計劃進行的地電阻與鑽探岩心等資料作概略的分析。	1.感謝 委員建議，本計畫蒐集名竹盆地內前期計畫及本計畫所有地電阻及鑽探資料綜合分析，已繪製地質構造圖見圖 8-5。

此計畫於第二章中已收集此地區地質與地形的基本資料，已概略描述名竹盆地與鄰近地區的地質概況。但這些資料在地層與構造的描述有一些的錯誤，恐怕會造成名竹盆地的可利用含水層範圍（體積）在評估上的錯誤。報告中所描述的在濁水溪南北岸的八卦台地與坪頂埔台地的地質完全相同（P.10）。問題如下：	
(1)雖然在地質資料上這兩處台地的岩層都稱為頭嵙山層，但是北側的八卦台地屬於較年輕的頭嵙山層，岩性屬於未膠結的礫石層，夾有砂與泥層（未成岩）；南側的坪頂埔台地屬於較老的頭嵙山層有厚層的礫岩與砂岩層（已成岩）；滲透率可能略有不同。而在岩性分布的評估上，應特別注意，兩側是不會連繫的，而之前中國石油公司在濁水溪的震測研究，認為沿著濁水溪有一條東西向的斷層，分隔八卦台地與坪頂埔台地。無論如何，請善用前人與本計劃的地電阻與鑽探岩心資料來評估名竹盆地地下含水層大致的 3D 型貌。	(1)本計畫參考委員意見補充至文敘中，並蒐集前人與本計畫相關資料彙整並繪製地質構造圖，如圖 8-5。
(2)D2 井（位於濁水溪北岸）可能在 29 公尺深以下屬於滲透率差的以泥層為主的地層。此層是否為八卦台地底下的地層，朝東的延續性為何？若為八卦台地底下的地層且延續性佳，那此層是否可以作為名竹盆地地下含水層的北側邊界？ 從前人與本計劃進行的地電阻資料分析，名竹盆地地下含水層的南側邊界，可能就位在現今濁水溪河道的南岸；而東西方向較佳的含水層，大致呈現東深西淺的楔形型態（請參考）。	(2)因現地資料有限，本計畫僅就歷年相關資料描繪 K 值分佈，並據以設置模式邊界。另本計畫綜合分析後，參照委員意見以東深西淺的楔型型態劃分含水層厚度，以東為 40m 且西為 30m 之地質架構進行數值模擬。

2. 其餘，在清水溪地下地層的解釋，須注意，並非全為礫石層，G1 可能為礫岩層，M1 可能為厚層的砂岩層，G2 可能為礫岩層，M2 可能為厚層的砂岩層；G1 以下地層屬於頭嵙山層地層，以成岩為岩層，砂岩與礫石之間的基質已含有大量的砂泥，造成滲透率較低。	2.本計畫參照委員意見修正於期末報告中。
3. D3 井約 45 公尺以上，D2 約 15 公尺以上的取岩心率較差，請注意是否為現代的沖積層，以下的礫石層都含有砂泥的基質是否屬於較早期的沉積層（晚更新世至全新世），其滲透率應該有差異。	3.本計畫已參考現地鑽探及地電阻探測結果描繪水文地質架構，可初步研判現代沖積層及頭嵙山層之分界。
十二、經濟部中央地質調查所 費組長立沅	
1. 摘要中談及之初步成果，目前都只引用地電阻數據，建議增加既有之鑽井資料做為佐證。另外，請將計畫區內之所有鑽井(包含本計畫與非本計畫者)與其他調查方法施設之位置，彙整於一張較大比例尺圖件中，以瞭解本計畫各資料的相對位置。	1.感謝 委員建議，已於摘要補充本計畫各項成果。已於期末報告附錄十繪製歷年計畫曾施作觀測井之區位分佈。
2. 報告中述及：隘口處地質特性可能為背斜，如果隘口是屬於背斜軸的位置，岩性也可能因為受到剪應力的作用而會較為破碎，請考慮其可能之影響。	2.本計畫僅進行地質鑽探及地電阻探測分析，未進行岩石力學試驗，故對破碎情形尚無有效掌握。
3. 名竹盆地範圍中有車籠埔斷層及初鄉斷層，在評估地下水資源開發可行性總體評價時，建議考慮活動斷層對於工程設施耐震程度之影響。初鄉斷層資料於中水局近年執行之集集攔河堰相關計畫中有深入之探討。	3.已於期末報告之開發可行性總體評價章節提及供水系統抗震設計之要求供參考。
4. 目前只引用地調所五萬分之一區域地質圖，建議應繪製一區域地質的剖面圖，以瞭解各地層間之關係、重要地質構造之相對位置。	4. 期末報告內已繪製濁水溪橫、縱斷面 3 條，可概略分出現代沖積層及頭嵙山層，另根據現有資料繪製水文地質架構示意圖，如圖 8-2 至圖 8-4，惟詳細地質狀況尚待細節調查。

5. P46 地質鑽探成果，建議選擇適當方向繪出地質剖面，並依據鑽井與地物數據，做適當之分層，方能瞭解本案探討之水資源範圍內之水文地質架構，做為未來評估地下水資源之依據。	5. 期末報告內已繪製濁水溪橫、縱斷面 3 條，可概略分出現代沖積層及頭嵙山層如圖 8-2 至圖 8-4。
6. 建議在評估地下水資源開發可行性總體評價時，能夠依據本計畫完成之成果，圈繪出合理的開發範圍、數處適宜取水的位置等，對於本計畫更會有實際應用之價值。	6.本計畫於第捌章已說明開發範圍及取水方案。
十三、水規所大地工程試驗課 林研究員峰瑋	
1. 地形與地質為本計畫建構水文地質架構之基礎，請務必確實掌握本計畫區地質地形的背景資料。p11 文敘第 2 段「視八卦台地…，未能波及觸口台地。」語意不明，再者本段文敘後面的說明，亦未盡完整，請補充說明。	1. 感謝 貴單位意見，本計畫於第參章有描述地質地形的背景資料。另已修正原文不明之內容。
2. P47 請補充地調所 100 年度於車籠埔斷層西側之抽水試驗成果資料及該井之地質柱狀圖。	2.已於期末報告補充前期計畫抽水試驗結果。
3. P50 圖 2-2-11 圖幅太小，無法辨識文敘所提 S1 井位置。	3.本計畫已補充 S1 位置見圖 2-33。
4. P50 圖 2-2-12 請補列在 p49 所提車籠埔斷層之位置。	4.本計畫已補充車籠埔斷層位置見圖 2-33。
5. 第三章有關地球物理探測成果之詮釋，請彙整以往本區位之相關調查成果、地調所 99、100 年度之探測成果及本計畫 3 孔水文地質鑽探之成果作綜合探討，以建構較為妥適之水文地質架構。	5. 期末報告已彙整個相關計畫之研究成果描繪名竹盆地之水文地質架構，如圖 8-5。
6. 本計畫所施作之水文地質鑽探孔、水位觀測井(含抽水試驗井)均應有詳細地質柱狀圖、井口高程、坐標、完井後的地下水位等基本資料。	6.本計畫所施作之水文地質詳細資料皆呈現於期末報告第參章。
7. 地質鑽探岩心照片及鑽探岩心井錄請依照本所規定格式。	7.遵照辦理，如照片 3-3 至照片 3-17。

8. 本計畫之抽水試驗井及其附屬之觀測井相關位置、岩層柱狀圖請明確標示。	8.本計畫之抽水試驗井及其附屬之觀測井相關位置請參閱表 3-5 及表 3-6，目視柱狀圖見圖 3-64 。
9. 本計畫之抽水試驗水文地質參數的計算係採用 Neuman 法進行擬合，請補充擬合之詳細過程；另，似未交待水位回復試驗部份之參數，請補充說明。	9.本計畫 Neuman 法計算理論已呈現於第參章三、文敘中，擬合過程如圖 3-50 至圖 3-57 所示，回升試驗之參數亦呈現於此章節中。
10. p140 圖 3-4-7~圖 3-4-9 建議可合併為一張圖幅，但以對比較強的彩色線條標示，以利於判讀。	10.感謝委員意見，由於各井水位高程不一，若繪於同一圖幅，歷時變化辨識度相對降低，故選擇分開繪製，如圖 3-83 至圖 3-85。
11. 第三章第三節、地下水位觀測成果及分析，有關竹山(1)、竹山(2)水位歷線變化之說明，謂係「反應竹山平原地區淺層及深層地下水水位變化特性」，從地下水水位觀之，竹山(1)、竹山(2)地下水水位甚為接近，此處淺層與深層如何界定？同理，新民、鯉魚、觸口等，請一併補充說明。	11.竹山(1)及竹山(2)之深層與淺層差異乃以開篩深度而訂，然而開篩深度較為深層之竹山(2)其地下水位乃受限含水層之壓力水位，而非實際水位，故其地下水位與竹山(1)之地下水位甚為接近。
12. P201 圖 6-3-1 顯示新民站之地下水水位隨集集堰放流量與集集雨量站之降雨量同步昇降，請問以本區域水文地質之特性，會有這種效應否？又，新民站之降雨量與地下水水位之關係為何及地下水水位與集集堰放流量之關係為何？其間有無時間的遲滯關係？	12. 由於集集堰節流將導致下游地面水量銳減，而名竹盆地地表沖積以礫石為主容易入滲，故在大量放流時易造成河水補注地下水狀態。目前由於僅有日流量資料，集集堰放流日數相當集中，故在時間延遲方面尚無法分析。
13. 第捌章 8.3 節 三、名竹盆地附近自然生態及環境分析述及「，以年豐枯水期水位 20 公尺變動…，初估…地下水量每年約 2 億…」，此項論述應將背景資料交待完整，否則會被誤解為本計畫之成果。建議相關之論述應以本計畫之成果為主，同理本小節之下一段文敘亦尚有討論空間。	13.感謝委員建議，為避免誤解疑慮，本計畫已將此段刪除。

14. 文字編輯	14.感謝委員建議，回覆如下：
(1) p10 倒數第 10 行「鎮之北，」，由相關位置圖看應為「鎮之西南，」。	(1)感謝委員意見，已更正。
(2) p13 第 4 行「頭嵙山層之地質構造」，應為「頭嵙山層之地層岩性」。	(2)感謝委員意見，已更正。
(3) p15 圖 2-1-2 請補充圖例、資料來源。	(3)由於此圖之圖例較多，若一一列出反而使計畫區域之圖幅減少，本計畫於圖 2-6 中以標註計畫區內地質、斷層等重點呈現方式，以方便審閱者了解。
(4) p23 表 2-1-6 請補註坐標系統。	(4)遵照辦理，如表 2-5。
(5) p25 圖 2-1-4 請補充圖例。	(5)遵照辦理，如圖 2-2。
(6) p29 表 2-1-10、表 2-1-11 請補註年度。	(6)遵照辦理，表 2-9 及表 2-10。
(7) 圖 2-1-6~圖 2-1-8、表 2-1-12 等之標題編輯請改善(勿單獨一字為一行！)。	(7)遵照辦理。
(8) p35 第 3 行「，由表 4」？	(8)感謝委員意見，已更正。
(9) 請改善圖 2-2-4、圖 2-2-9 井柱狀圖及文字之清晰度。	(9)遵照辦理。
(10) p56 倒數第 11 行「每可…」？	(10)感謝委員意見，已更正。
(11) P68 第 2 段第 1 行(車籠埔斷層…之間)，請以明確地名說明較妥。	(11)由於該段所描述區位橫跨多個地點，因此建議仍維持原說法。
(12) P98 第 2 行及圖 3-2-6 「102 年 2 月 17 日」應為「102 年 2 月 28 日」。	(12)感謝委員意見，已更正。
(13) 3 孔水文地質鑽探之岩心照片請補充詳細之地質柱狀圖及岩心紀錄。	(13)遵照辦理，圖 3-18 至圖 3-32 及照片 3-3 至照片 3-17
(14) p118、p119 公式編號重複及誤植，請校核更正。	(14)感謝委員意見，已更正。
(15) p157 第 16 行「於表亦…」？	(15)感謝委員意見，已更正。
(16) p198、199 表 6-2-2、表 6-2-3 標題請補充係補注率或補注深度？	(16)此兩表係以補注深度為主要分析結果，如表 6-5 及表 6-6。

十四、結論	
1. 外業所施作的地電阻探測、水文地質鑽探試驗、地下水觀測井、水質檢驗等工作項目應檢核是否符合原計畫的期程和數量。	1.本計畫已完成地電阻探測共 3 條各 1000 公尺(共 3000 公尺)、水文地質鑽探井 3 口、地下水觀測井 12 口等，於 2013 年 4 月 24 日辦理驗收完成，現地工作皆符合契約規定。
2. 本計畫地下水可開發之潛能評估應考量下列要項： (1) 用水定位：常態或備援。 (2) 抽水地點、抽水機制、地下水補注潛能的釐清。 (3) 開發本區地下水是否需要在隘口設置截水牆。 (4) 開發地下水後對下游地區的影響評估。 (5) 取水方式： A. 與集集攔河堰、湖山水庫聯合操作。 B. 利用北岸聯絡渠道送彰化使用。	2.期末報告已針對開發方案進行說明，包括方案建議地點、開發量、對環境影響等，摘錄說明如下： (1)用水定位：常態。 (2)抽水地點為濁水溪斷面 90～96 之南北岸。抽水機制已於模式模擬之章節內容描述。另於水平衡分析內容中已評估地下水補注量。 (3)由於隘口已是天然堰體，故開發本區地下水不需要在隘口設置截水牆。 (4)對下游地下水位影響不大。 (5)取水方式:利用自來水系統輸水。
3. 本計畫地下水水資源開發可行性評價應將下列層面納入評估： (1) 技術層面:本區域水資源的整體供、需情況。 (2) 社會層面：對本地區產業、經濟面的影響評估,且其評估指標應包含量化指標及定性指標。 (3) 環境層面:對本地區及下游區域因水文條件的變動,對河川基流量、地下水環境、河川生態環境等可能產生的效應。	3.已將此意見所提各層面納入期末報告可行性總體評價分析內。

4. 請釐清本計畫區位的水質是否符合飲用水水源水質標準或自來水水源水質標準，並請查核飲用水水源水質標準的檢驗是否包含硬度。	4.本計畫目前已完成枯水期共二筆及豐水期第一筆之水質採樣作業，檢測結果如表 4-4 至表 4-6 所示，目前為止並未有任何項目超過「飲用水水源水質標準值」。本計畫已於 102 年 4 月 29 日與自來水第五區處同行於井號 P2 採集地下水檢測硬度項目，總硬度測值為 99 毫克/公升，並未超過「飲用水水質標準值」。
5. 在本次簡報一個月後召開工作會議，以釐清前開五項課題。	5.本計畫已於 2013 年 5 月 13 日召開第二次工作會議。
6. 有關本開發計畫案對周遭社會、環境、生態影響衝擊之民意調查，請採用訪談方式，並請於工作會議後再進行。訪談問卷之內容，請依據本次會議討論之事項修正後，先送本所同意後辦理。訪談對象為本計畫周邊 3 公里內居民。	6.於第二次工作會一討論結論為訪談調查部份於期末報告後再辦理。
7. 有關文獻蒐集彙整請補充地下水觀測站網所得資料、中區水資源局以往在本區位的調查報告以及國外的相關案例-美國加州、德州使用地下水經驗等，將可供本計畫應用的資料妥為彙整評估。	7.本計畫已蒐集國內歷年相關研究及美國 USGS 各地下水開發或地面與地下水聯合運用之相關文獻為參考依據。
8. 有關本計畫水文地質架構的建置，請再就調查範圍、調查方法以及分析方法的適用性加以檢討。	8. 本計畫主要蒐集國內歷年於名竹盆地之調查研究結果並彙整描繪水文地質架構，由於鑽探資料有限，僅能呈現初步評估結果，相關探討均已納入期末報告。
9. 本次期中簡報暨期中報告審查原則同意。	9. 感謝主辦單位意見。
10. 本計畫各委員及相關單位與會代表所提意見，請納入作為後續工作之參據。	10.本計畫已將各意見納入期末報告書討論。

附錄五　第二次工作會議簡報審查意見及處理情形

「名竹盆地地下水源開發調查規劃」委託專業服務

第二次工作會議簡報審查意見及處理情形

壹、日期：民國 102 年 05 月 13 日（星期一）下午 2 時 00 分

貳、地點：水利規劃試驗所舊正辦公區大地工程試驗課 2 樓會議室

參、主持人：陳所長弘凷　　記錄：林峰瑋

審查意見	處理情形
一、台灣省水利技師公會 林技師永德	
1. 地下水補注來源內說明 2011 年降雨補注地下水為 0.387 億噸，地下水補注地面水 3.92 億噸，地面水補注地下水 2.57 億噸，但河道高程高於地下水位，應是河道的水補注地下水才是?應請釐清。	1. 感謝委員建議，根據名竹橋站水位資料，本區河川水位與地下水位相當接近，2011 年成果是由於降雨持續偏低，河川流量降低以及區域地下水位面持續下降情況，造成山區地下水向河谷補注，導致 2011 年地下水補注河川水量較 2010 年高。
2. 水質監測成果內，有些硝酸鹽氮及總有機碳較高，是否和其地面之土地利用型態有關，請釐清。	2.感謝委員意見，本計畫根據土地利用型態及前期研究推測可能為農業施肥及家庭、工業廢水所致。
3. 計畫開發區內之地下水位最好能繪製等地下水位圖。	3.感謝委員建議，本計畫已繪製 2012 年 1 月至 2013 年 4 月之各月水位等值圖，見圖 3-87 至圖 3-102。
4. 訪談調查表內部份請修正： (1) 地下水位下降後，地表高程反而會上升，應修正。 (2) 訪問對象包括各行各業人士，但問卷題目針對農民。 (3) 地下水開發量不宜問受訪者。 (4) 開發地下水期間究竟是工程施工期間或運轉期間需明確。 (5) 是否應回饋不宜當問題。	4.感謝委員建議，回覆如下: (1)國內地調所研究指出於名竹盆地抽取上部非受壓含水層抽取地下水不一定會造成地表高程下降，故本計畫調整文字為「地下水位下降不一定會影響地表高程」。 (2)經第二次工作會議討論結果，訪談調查對象以當地村里長、村幹事為主。 (3)本計畫已將此提問刪除。 (4)本計畫已將此文敘刪除。 (5)本計畫已將此提問刪除。
二、廖委員培明	
1. P.1 表 1.1 請增加地電阻探測起迄點座標與高程，且編號 R1、R2、R3 亦更改較宜。	1. 感謝委員建議，遵照辦理，增加至附錄六。

2.	P.12~P.26 之圖 1.5~圖 1.7 有關工程名稱及編號參照表 1.1 及圖 1.1 俾利研判亦有利可行性規劃之延續。	2.本計畫已將工程名稱修正至圖中，以利後續規劃之延續，如圖 3-18 至圖 3-32，編號則以簡單編號代之。
3.	P.27、P.59 及 P.64，有關地質柱狀圖需先切剖面再畫較符合所需。	3.井號 P1、P1M1、P1M2、P2、P2M1、P2M2、M1、M2、M3、M4 及 M5 之目視柱狀圖主要是為了瞭解各觀測井地質構造。
4.	P.75 之基流分析表 2.2 採平均值不妥，因其中有甚多缺測。	4. 表 6-5 中主要缺漏流量站為龍門橋站與桶頭站，缺漏原因為遷站之影響，兩站皆為清水溪中游，故可利用兩站成果分別代表遷站前後時間之清水溪分析。
5.	P.78 有關 2010 與 2011 現象完全相反是否有誤或無法說明宜釐清。	5. 根據數據統計結果，2011 年總計與 2010 年之成果相反，研判是在枯水年降雨持續偏低，在河川流量降低以及區域地下水位面持續下降情況，造成山區地下水向河谷補注，且集集堰放流量降低，導致河川水補注地下水水量降低，而形成兩年趨勢相反狀況。
6.	P.79 機關名稱需列全名。	6. 感謝委員指正，已修改。
7.	P.83 之表 2.4 第 3 欄〝平均地下水位高度〞應是〝平均含水層厚度〞。	7. 感謝委員指正，已修改，如表 7-2。
8.	P.87 圖 3.1 為本計畫蒐集地調所重要成果請採用較大比例尺，且將本次調查成果亦整理柵狀圖作比較，俾便比較地下水估算之差異性。	8.現有資料僅有三口地質鑽探資訊，故不易繪製柵狀圖，僅能利用相關資料繪製地質剖面圖供參，此圖已有比例尺可比較，參見圖 8-21。
9.	P.93 有關本地區年滲漏量為 678 萬噸，與年可開發量 2,545 萬噸差異甚大，是否有考慮已開發之公私有井。	9.年滲漏量 678 萬噸指前期研究中利用達西定律計算之地下水從隘口流出之量，而年開發量乃利用水平衡法估算求得，計算之水文因子包含降雨入滲補注量、農田灌溉補注量、含水層流入量、含水層流出量、地下水抽水量、地面地下水交換量及地下水貯蓄變化量等。
10.	P.95 方案評估需考慮究竟是長期常態穩定供水或備援用水。尚需評估對下游既有水源設施之影響，尤其是集集堰下游農業供水系統之影響一定要探討。	10.本計畫規劃未來開發方式為常態供水，另因規劃供水對象以民生用水為主，且利用自來水系統供水，將不影響既有農業供水系統。
11.	P.97 擬訪談調查如何選樣及其代表性如何於期末報告書交待清楚。	11. 經第二次工作會議討論結果，訪談調查範圍以區域週邊 3km 為主，對象以當地村里長、村幹事為主。

12. P.98 調查表是由訪問員或受訪員簽名宜敘明。	12.感謝委員指正，本計畫經討論後，為尊重個人隱私，本計畫將訪談調查表簽名部分移除。
三、經濟部中央地質調查所 費組長立沅	
1. 目前隘口位置以存在彰化斷層及背斜軸當做一阻水界線，雖然地電阻剖面在此呈現出較低的數值，但由 D2 岩心判斷，卻可能係因較不透水之地層分布所致。彰化斷層在地調所目前之資料中是屬於未出露於地表的活動斷層。	1.感謝委員建議，本計畫參考委員建議修正於期末報告文敘內容。
2. 在討論本案之 3 個主要地層時，請將鄰近地區地表量測得到之地層位態呈現於圖面上；D2 較深處分布之砂岩層，似呈水平位態；建議以 3 個地層之孔隙率、水文地質參數、膠結程度等，再參考地電阻剖面等，將水文地質剖面再做精進。簡化之水文地質模型有關濁水溪沖積層與頭嵙山層之間的彰化斷層，繪製方式請改為較符合地質現況。	2.已參考委員意見繪製三條濁水溪地質剖面圖，並修正計畫區域濁水溪縱斷面水文地質架構示意圖，如圖 8-2 至圖 8-4。
3. 請依據地下水資源開發之各個面向，討論本案取水層、阻水層、補注水層等之層次。	3.依照地質特性，計畫區域地質應為現代沖積層及頭嵙山層，依出水能力判斷，現代沖積層具有開發潛能，另於相關地質資料並無發現明顯阻水層及補注水層，且本區域之主要補注來源多為河川。
4. 由自記式與人工量測之地下水位趨勢似不一致，請說明。	4.本計畫與前期計畫尚存之觀測井水位量測方式均利用自計式水位計，而本計畫乃自 2013 年 3 月開始監測，前期計畫自 2012 年 12 月即有水位數據，比對前期計畫自 2013 年 3 月後之水位變化與本計畫之監測數據趨勢變化均呈現下降後逐漸上升之情況，主要是因枯水期一開始水位較低，再受降雨影響而上升。
四、經濟部中央地質調查所 黃科長智昭	
1. 地質鑽探井測 D1 及 D3，上部因套管保護而無完整井測資料，可與岩心紀錄相比對，或許可判釋河道礫石堆積與頭嵙山礫岩之界線，惟亦因說明加套管之原因，另為何無 D2 鑽探孔之井測資料。	1. 感謝委員建議，期末報告已利用鑽探資料及地電阻探測結果概略分析現代沖積層及頭嵙山層，另按照契約及經費關係，本計畫僅於 D1 及 D3 進行井測作業。

2. 抽水試驗分析中之分級試水結果建議加列單位洩降出水量 Q/S，可做為估算抽水量之大小；另 P1 定量抽水試驗，求出之 S_y 值似乎過大，而 P2 求出之 S_y 值似乎又過小，請再檢視。	2. 期末報告已根據分級試水結果估算 Q/s，並已重新檢視抽水試驗分析結果，P1 井之 S_y 值約 0.1，P2 井之 S_y 值則約 0.025。
3. P.72，…可得彰雲橋上游平均補注率為 0.14，與圖 2.1 標示不符，請修訂。	3. 彰雲橋上游平均補注率為 0.14 為全區平均結果，經分區計算後為 0.15，已補充於第陸章第二節中。
4. P.79，有關地下水蘊藏量評估，對各區含水厚度之設定，其依據為何，建議設一基準，依水位資料來評估地下水蘊藏量。	4. 感謝委員意見，根據第二次工作會議結論，本計畫後續工作著重於第一含水層，並已重新分區設定含水層厚度參數。
5. P.93，3.3 名竹地下水庫特性評估中所述依據河水及地下水交換量分析成果顯示，於新民(1)測站水位於 136 公尺時應為地面與地下水交換線，惟此章節並無此項敘述，請補列。	5. 已於期末報告說明地面地下水交換分析結果。
五、水利規劃試驗所大地工程試驗課 林課長進榮	
1. 西側隘口處地區出流地下水流向及與沖積扇地下水補注關係評估結果如何，未說明。(僅於 P93 依 90 年中水局研究資料說明)	1. 感謝 貴單位建議，已於期末報告第捌章說明含水層流出量及隘口出流流向，因補注量不大，推測對下游地下水影響不大。
2. 後續規劃事項中，未見「對下游地下水之影響」？應補充。	2. 本計畫已補充於第捌章，包括數值模式模擬結果。
3. P73 表 2.1 補注率之求法為何，應予說明(P73)。	3. 補注率之計算為補注深度除以降雨量可得，已補充於表 6-5 中附註說明。
4. P83 表 2.4 之「平均地下水位『高度』」是否應為『厚度』？蘊藏量之估算法，請予說明。	4. 感謝委員指正，已修改。蘊藏量計算參數已整理於表 7-2。
5. 取表層水易取到較差水質，是否考慮取較深水源。	5.由地質特性顯示較深之頭嵙山層出水量較小。
6. 抽水紀錄表中「啟動 10 分鐘最大出水量」為何皆未記錄？	6.遵照辦理，已補充於表 3-5 及表 3-6。

六、水利規劃試驗所水資源規劃課 畢副研究員嵐杰	
1. 請釐清安全出水量之定義，建議就水文（水收支平衡）、經濟（不造成地層下陷）、既有用水權益確保、生態環境等層面綜合考量，據以評估安全出水量及安全出水水位，俾利後續供水操作之依據。	1. 感謝 貴單位建議，本計畫已利用水平衡法及可行性總體評價評估可開發量及效益面、環境面之影響。
2. 請增加本區及下游水平衡圖，包括降雨、蒸發補注、河道逕流量之等值圖，以及開發前後地下水位等值圖，以利評估開發後之影響情形。	2. 已於期末報告補充水平衡圖及開發前後之地下水洩降圖，如圖 8-10。
3. 為利穩定供水及操作原則訂定，應就時間（豐、枯水期）及空間（分層、地面地下交換水量），就其評估成果再定位常態或備援，並據以擬訂取水方案。	3. 本計畫主要利用水平衡評估各月份之地面、地下水交換情況，並將開發方案定位為常態供水。
4. 有關訪談調查表，建議增加區位圖及取水方案之說明，並增列調查單位及個資保護等申明。	4. 本計畫已補充區位圖及取水方案說明、個資保護申明及調查單位等於訪談調查表內。
七、水利規劃試驗所水源經營組 江副工程司俊生	
1. 本計畫已進入期末準備階段，依目前提出成果，包括地下水模式建構及利用分析、與下游補注關係及其影響探討等契約工作均尚未有深入探討，建議執行團隊加速整合，以利 6 月底依契約提送期末報告。	1. 感謝 貴單位意見，本計畫之地下水模式建構與分析請參閱第捌章、水源補注等請參閱第陸章。
2. P93，地下水的利用為何採新民站(1)觀測井民國 93 年最低水位為操作底限，其是否符合水文地質最佳考量，請補充。	2. 期末報告已修改為利用水平衡分析結果推求可開發量，並已考量對河川流量生態基流量以及下游水權量之影響。
3. 另報告提及名竹盆地操作單次地下水開發潛能量約 2,535 萬噸，其所謂「操作單次」的意涵為何?建議具體並將其操作時間、抽水量及位置詳細說明。	3. 期末報告以利用水平衡法估算可開發量，並將其定位為常態供水，抽水位置亦已標示成圖。
4. 本計畫似僅著重於淺層之非受壓含水層地下水利用，而深層之拘限含水層及其是否有地下水可開發利用，建請一併說明。	4. 深層屬頭嵙山層，出水能力差，因此本計畫仍以淺層含水層為主要抽水對象。
5. 供水對象建議一併考量利用南北聯絡渠道供應下游雲林或彰化水利會灌區，以作地陷防治使用之方案。	5. 由於本計畫規劃名竹盆地未來開發後以民生用水為首要供應對象，因此供水將利用自來水系統為之。

6. 前期相關計畫之建議取水地點，多位於二水隘口濁水溪北側(二水鐵橋上游北岸)，惟目前取水地點位於南岸為主，取水地點建請綜合評估。	6. 期末報告之評估結果為利用數值模擬規劃於南北兩岸各設置數口寬口井取水。
八、水利規劃試驗所水源經營組 郭科長耀程	
1. 本計畫目的為開發名竹盆地地下水源，如考量自由含水層取水對隘口下游地表或地下水用水人權益影響較大，宜應優先規劃開發壓力含水層地下水，且該含水層年滲透補注量依中水局 90 年研究僅 678 萬噸(詳第 93 頁)。惟如受限於本計畫委辦項目及經費(如鑽探取樣及抽水試驗井深度)，僅能設限自由含水層取水開發，則建請仍於期末成果提供專業意見，俾利後續規劃開發推動參考。	1. 感謝 貴單位意見，考量名竹盆地地質結構，因深層之頭嵙山層厚度甚厚，且出水能力不佳，本計畫主要建議於淺層含水層進行取水。
2. 本計畫如屬設定開發淺層(自由含水層)地下水源，建議應思考利用此地下蓄水空間及地層過濾特性，在豐水期儘量取水供下游減抽地下水使用，枯水期則回歸上游水利設施操作運用，亦即其屬地層下陷防治為主要標的，以免枯水期操作衍生搶水嚴重爭議。另應重點設定為地面水及地下水聯合操作運用，因即使計算出地下水庫蓄水空間及年可取水量，但在不可能使下游斷流或影響既有取水人權利下，此空間量及水量仍不具實質水源開發運用意義。	2.本計畫利用水平衡法並考量河川生態基流及下游水權人用水權益後估算可開發量限度為每日 3 萬立方公尺，可避免各時期之抽水影響河川流量，此開發量亦定位為常態供水，以達自來水系統供水之穩定性。
3. 圖 1.2~圖 1.4 請補列河川地理環境標示，如左、右岸或河川水流流向，以利研判地下水流補注機制。	3.感謝委員意見，本計畫已補列見圖 3-12 至圖 3-14。
4. 第 68 頁文敘中，指水質監測出現部分區域導電度、鐵、錳值過高狀況，但於表 1.10 中，顯示尚未超過飲用水水源水質標準，故建請未來開發利用規劃應審慎評估考量，以免影響用水安全。	4. 本計畫文敘中是指水質檢測測值高於「灌溉用水水質標準」及「地下水污染監測標準」，並非代表其項目有超過「飲用水水源水質標準」。

5. 本計畫所述「二、地下水補注機制及蘊藏量初步成果」中，似未建立合理水收支平衡關係，如第 2.1 節所述之地下水補注來源，僅考量降雨補注及河水與地下水交換情形，為何未考量側向地下水補注，建請說明。另建立水收支平衡關係時，請將地下水分層補注納入及下游用水情形納入考量(如圖 1.2 之 D1 及 D2 區域垂直補注量)。	5. 感謝委員意見，已補充地下水收支平衡分析成果於第柒章第二節中。
6. 第 72~73 頁中，請述明「補注率」及「補注深度」之定義，並說明其與地下水補注量之關係。	6. 補注深度為補注量除以集水面積所得之單位面積補注量，且可將補注深度除以降雨量，即得補注率成果，已補充說明於第陸章第二節中。
7. 第 75~78 頁中，利用“水化學離子量測濃度值”來推求河水與地下水交換量，其原因為何？為何不利用一般水收支平衡關係來論定？另為何地下水取樣離子濃度會高於地面水樣本？(通常不是地面水水質較差會影響地下水水質嗎？)	7. 由於地表水收支僅能計算漏失或增加水量，並無法估計從地下水獲得之分量，故須採用水化學離子質量平衡。而河川水中由於混合雨水，故離子濃度相對較低；地下水由於與含水層介質接觸，加上流動速度慢，反應時間加長，故離子濃度較河水高。
8. 圖 2.3 中，建議將時間尺度放大，以利瞭解地面水與地下水及降雨交換關係。另本圖以降雨為控制參數是否合宜？建議考量以上游邊界(如集集堰)放水量為控制參數，否則如有降雨但上游水庫未放水狀況，會影響地面水與地下水交換關係呈現。	8. 本計畫已於期末報告中補充至 2012 年成果，並由 2008~2012 年計算成果可觀察在長期狀況下之變化，另已補充集集堰放流量於圖 6-9 中以便參考。
9. 圖 2.4 中，呈現名竹盆地年地下水補注成果，因未具水平衡關係，其意義為何？	9.本分析成果是利用水離子質量平衡估算，故為地面水平衡成果，目的在於了解計畫區損失之地面水量補注至地下水之分量。
10. 圖 2.6 中，所建立之地面高程與地下水位高程關係，其使用數據僅 5 筆，代表性恐不足。另地下水位高程通常係利用井口高程推算，其計算時是否檢核並排除井口高程(亦即地面高程)變化因素。此外，如全區地質條件有不同狀況，如礫石及岩盤其地面高程與地下水位高程關係，是否應再予區分？	10.感謝委員意見，本計畫已補充地下水井資料，並利用地質分區進行地下水位高程迴歸。
11. 表 2.4 中，以“地下水位高度”推算地下水蘊藏量，該高度如何推算得到？(圖 2.6 僅算出高程)	11.地下水位高度應為地下水厚度，計算方式是地下水位至含水層底部之距離，已補充說明於第柒章第一節中。

12. 第 89 頁，述及“可能開發區域之地下水蘊藏量約為 2.63 億噸”，因地下水可開發潛能視該區域取用水量及補注水量而定，並非該區域可蓄存地下水量，也非所有蓄存量均可開發利用，故建議修正文敘，以免誤解。	12. 此處所指地下水蘊藏量為利用含水層厚度及孔隙率等估算而得，計畫後段所描述之可開發量始為考量水平衡後所建議之開發水量。
13. 第 93 頁中，選用新民(1)站為地面及地下水交換界線，請加強述明原因？另以 93 年名竹盆地最低水位為未來操作底限，原因為何？建議仍應以上下游水收支平衡為考量重點。此外，述及單次操作開發潛能為 2,545 萬噸，無豐枯水期操作運用說明，容易誤解為該地下水庫具每日約 7 萬噸增供水量能力，請釐清。	13. 期末報告已修正原算法，主要利用水平衡法估算可開發量。
14. 第 4.1 節開發方案規劃中，述及將評估水平集水管及寬口井作為本盆地開發地下水使用之設施，請注意當地下水位低於水平集水管(通常無法深埋)時，恐無法取得地下水，將使開發潛能設限。另請評估於測線 R2 附近設地下集水渠(如二峰圳)取水可行性，因此型式取水設施較水平集水管維管容易。	14. 本計畫經分析評估後，以設計寬口井為主。
15. 第 4.2 節訪談調查設計中，問卷內容建議增加對當地民眾具誘因資料，否則恐填寫人都回應反對本計畫，而造成後續推動困難及無法得到真正民眾意見。	15.訪談目的為得到當地民眾對名竹盆地水源開發之看法，以做為總體性評價之社會層面分析參考，另因規劃未來水源開發後以提供下游民生用水為主，故對地方民眾無直接水量供應，恐不具足夠誘因。
九、水利規劃試驗所大地工程試驗課 林研究員峰瑋	
1. 有關本計畫地電阻探測，請補充說明所採用的方法、測線長度與可能探測深度的關係，以釐清探測成果之疑慮。地電阻探測成果之詮釋，請將本計畫所施作的 3 孔各 100 公尺深的水文地質鑽探成果納入綜合分析。	1.感謝 貴單位意見，地電阻探測分析方法、長度及結果詳參第參章第一節，其分析接果皆已將本計畫地質鑽探成果納入分析考量。
2. 水文地質鑽探成果的呈現，不應與一般採用衝擊鑽或鑽堡的地質柱狀圖一樣，請依照本所提供之範本格式編輯。內容應包含：計畫名稱、地點、鑽孔編號、孔口高程及坐標、總深度、施鑽期程、岩心照片、岩心井錄及製作井錄技師姓名。	2.本計畫已修正呈現方式，詳參本計畫第參章第二節。

3.	P37 最後一段文敘〝定量抽水試驗 P1M1 與 P1M2〞，〝P2M1 與 P2M2 的定量抽水試驗〞極易讓人誤以為抽水試驗井是 P1M1、P1M2、P2M1 與 P2M2，請改善此段文敘。	3.文敘內容已修正。
4.	P41 第 10 行〝CQ2 為水井損失〞，又第 15 行〝C 為水井損失〞，請校核更正。	4.文敘內容已修正。
5.	定量抽水試驗分析結果無論 P1、P2 其 S_y 值均有甚大的差異，尤其 P2 差達 2 個 order，請補充說明。	5.期末報告已重新檢視 S_y 值，經檢視後所得數據顯示 P2 之 S_y 值並未有太大差異。
6.	地下水位觀測井無論本計畫施作的或前期施作的，均請補充各井之坐標和高程。	6.已補充於期末報告，如表 3-14。
7.	表 2.1 之目的應是要表達低流分離後所得的補注深度及補注率，故其標題應能讓讀者一目了然；表中延平橋的數據落差甚大請確認是否合理，另補注率與補注深度之關係請於文敘中補充說明。同是低流分離成果，表 2.2 所採用單位應與表 2.1 一致。	7.已修改標題。延平橋由於集水面積小，導致豐枯水年間河川低流變動較大。補注深度為補注量除以集水面積所得之單位面積補注量，且可將補注深度除以降雨量，即得補注率成果，已補充說明於第陸章第二節中。表 2.2 單位已改正見期末報告表 6-6。
8.	P73 第 1 行 兩個年度之(降雨量 2176 公厘)請校核更正。	8.已刪改於期末報告。
9.	請改善圖 2.3 之呈現方式，以利判讀。	9.已重新繪圖如圖 6-9。
10.	有關集集堰在放流操作後造成河川水位瞬間升高，形成補注地下水狀況，因此有圖 2.3 放流量與地面地下水交換的現象，而此現象是否也包含每次大量放流期間降雨對本區段地下水位抬升的貢獻？	10.在水位抬升階段，降雨補注也將造成水位上升，而在評估間換量時是採用離子質量平衡，故可扣除雨水補注之影響。
11.	請補充 P79 第 3 段文敘所提之圖 1.43。	11.已刪改原文內容。
12.	P82 公式(2-2)之意義為何？可作為本計畫推估地下水位高程之依據否？	12.式(2-2)可利用地表高程計算地下水位，故可大致進行水井外地下水位估計，本計畫並於期末報告中補充水井資料進行重新迴歸。
13.	水文地質架構的建構，請綜合前期各探查計畫成果既本計畫探查成果，先繪製具代表性地質剖面圖，再據以建構水文地質圖。	13. 已於期末報告繪製濁水溪三條地質剖面圖 8-2 至圖 8-4。

14. 在建構水文地質圖時對〝第一概念分層深度〞的定義務必審慎，分層所依據地層之岩性務必要一致。就以表 3.1 本計畫所施作的 D1、D2、D3 等 3 孔井為例，D1 的深度為 81 公尺，從岩心照片看，其岩性與 D2、D3 分別深度為 28.5 公尺與 34 公尺差異極為明顯。 再者，S1、B4 與 N2~N7 之第一概念分層深度分別為 8.5 公尺、35 公尺與 20 公尺，等均與模式設定深度為 80 公尺的新民井甚為接近。另，亦與表 2.4 所定義之現代沖積層濁水溪段平均厚度 31 公尺前後不一致。因此，目前水文地質架構第一概念分層深度的設定(隘口處約 30 公尺，往東漸增至車籠埔斷層處約 80 公尺)顯然有待商榷。 在此，亦請注意，若第一概念分層是以深度為設定的基準，則必須將各區的相對高程納入考量。	14.依照本計畫調查成果及前期相關計畫地質鑽孔資料、地調所工程地質資料庫，一併考量第一概念分層之地質分佈特性。另已將各區的相對高程納入第一概念分層之深度考量。
15. P93 以新民單口井的水位升降特性做為本區地下水開發潛能量單次操作的依據，其代表性與合理性請審慎評估。	15.期末報告已修正為利用水平衡法估算可開發量。
16. P98 問卷第 6 項以未經廣泛應用之假說做為對民意調查之訴求，合理否？具有說服力否？	16.已修正原訪談問題。
十、結論	
1. 後續的綜合分析評估，應將前期各單位相關計畫之成果彙整納入分析，並就其差異性進一步分析原因。	1.已於期末報告補充各期研究之彙整結果。
2. 本次工作會議各委員及單位代表所提意見納入期末報告。	2. 遵照辦理。
3. 民意訪談調查俟期末報告後再進行問卷訪談。	3. 遵照辦理。
4. 報告中所採用的名詞應審慎斟酌，以免造成誤解或誤導。	4. 期末報告已加強用語之檢視及修正。
5. 集集攔河堰下游剩餘可用水源潛能量應予以釐清，不能影響既有水權量及生態基流量。	5.本計畫已將水權量及生態基流量納入考量。

6. 本計畫地下水開發之定位，無論是常態-整年穩定供水，或備援-枯水期抽用豐水期補注，均應能滿足下列要件：1.維持本區域原本的水平衡，2.對下游的地層下陷有所幫助，3.集集攔河堰供水標的不變。	6.經評估後，本計畫建議名竹盆地之地下水開發以常態供水為主，且因利用水平衡法估算，故可維持原區域之水平衡，另可減少下游自來水系統部分抽用之地下水水量，間接達地層下陷防治功效且因供水標的為民生用水，不影響原集集堰之供水標的。
7. 檢討地質調查鑽探結果的合理性，請補充必要的地質剖面圖。	7.已於期末報告補充濁水溪三條地質剖面圖，如圖 8-2 至圖 8-4。
8. 期中報告中尚待釐清之事項，請於期末報告內補實。	8.遵照辦理。

附錄六　第三次工作會議簡報審查意見及處理情形

「名竹盆地地下水源開發調查規劃」委託專業服務

第三次工作會議簡報審查意見及處理情形

壹、日期：民國 102 年 07 月 12 日（星期五）下午 2 時 00 分

貳、地點：水利規劃試驗所舊正辦公區大地工程試驗課 2 樓會議室

參、主持人：陳所長弘凸　　記錄：林峰瑋

審查意見	處理情形
一、結論	
1. 本計畫成果的呈現，應以本區域水資源整體應用的觀點撰寫。	1. 感謝委員建議，已補充區域水資源觀點撰寫於期末報告書【編修補充本】，期末審查後，其成果將一併納入成果報告書。
2. 所擬各種規模的開發方案，應以本區域經濟面與環境面等因子納入綜合評估。	2. 感謝委員建議，已補充相關資料於期末報告書【編修補充本】，詳見第捌章、三。
3. 若以所建議的開發規模(3 萬 CMD)進行開發，應考量既有設施的配合及需增設那些設施。	3. 感謝委員建議，已補充於期末報告書【編修補充本】，詳見第捌章、二、(七)。
4. 3 萬 CMD 的出水量與地調所的觀點差異甚大，請詳述造成此種差異的因素。	4. 本計畫與地調所模擬分析之差異詳見期末報告書表 8-25 或期末報告書【編修補充本】表 8-28。
5. 若要提高名竹盆地的地下水供水潛能量，採盡量靠近豐水期的時候抽取地下水源，是否具有可行性?	5. 已補充相關資料於期末報告書【編修補充本】，詳見第捌章、二、(七)及(九)，欲於靠近豐水期時抽取地下水源，必須配合調蓄設施方可運作，然其工程經費及原水建造成本則大幅增加。
6. 請補充探討如何充分利用名竹盆地作為地下水的儲蓄空間，包含採取任何可行設施。	6. 感謝委員建議，已補充於期末報告書【編修補充本】，詳見第捌章、二、(七)。
7. 集集攔河堰放流後剩餘地面水源量，與下游地下水位關係為何?請以圖表說明。	7. 由集集攔河堰放流量與新民站地下水位資料分析成果顯示，放流量與地下水位變化相關係數範圍為 0.96~0.45，當集集堰放流量越大，下游區域地下水位抬升事件越顯著，顯示影響名竹盆地地下水水位主要因素極可能為上游集集堰放流造成之地下水補注(詳見期末報告書圖 6-6 與表 6-8)。另其相關性分析可詳見期末報告書表 3-16，集集放流量和各井地下水位相關性甚低。

8. 所估之原水成本尚未考量用地及增設配水、輸水等設施費用，請納入經濟效益評估。	8.感謝委員建議，已補充於期末報告書【編修補充本】，詳見第捌章、二、(九)。
9. 原定 7 月 17 日下午 2 時期末審查會議展延至 7 月 31 日上午 9 時 30 分辦理。	9.遵照辦理。

附錄七 期末簡報暨報告書審查意見及處理情形

「名竹盆地地下水源開發調查規劃」委託專業服務

期末簡報暨報告書審查意見及處理情形

壹、日期：民國 102 年 7 月 31 日（星期三）上午 9 時 30 分

貳、地點：水利規劃試驗所霧峰辦公區 B 棟 2 樓會議室

參、主持人：陳所長弘凸　　記錄：林峰瑋

審查意見	處理情形
一、經濟部中央地質調查所 費組長立沅	
1. 請比較地調所設定之範圍(面積及深度)與本計畫範圍之差異，以呈現區域所蘊含之地下水資源。	1.感謝委員意見，請參見本計劃期末報告書【修正本】表 8-33。
2. 調查期間地下水位較低，似與常時不同，但報告中又提及區域性地下水平衡係由地下水補注河川水。如確屬前述水平衡情況，則利用此地下水似屬合理。	2.感謝委員意見，本計畫評析可開發區域經水平衡分析，多數為地下水補注地面水之基流型態。
3. 目前蒐集之地下水井資料，僅有水權之水井，似應估計不合法水井之抽水量。未來也應評估此區域開發地下水資源對於現在抽取地下水之影響。	3.感謝委員建議，本計畫利用水平衡分析計算地下水開發潛能時，依據前期研究對於私井的抽水量調查結果進行分析，詳見期末報告書【修正本】P8-18。
4. 現在是以 K 值 10^{-4}m/s 設定為是不是可以抽用的界線，但考慮到頭嵙山層火炎山段(礫石層)也常為重要之含水層，因此本計畫是否宜將此含水層列入考慮。若如此，則未來之取水方式以中深井抽水會是較佳的方式。	4.感謝委員建議，本計畫評估適宜取水深度係考量單位設井深度之取水量，經試算於名竹盆地應以淺層取水效率較高，試算結果詳如期末報告書【修正本】P8-10。
5. 水質部分是否符合飲用水之水源標準請說明，水質良否在區域性是否有不均勻分布之情形。	5.感謝委員建議，本計畫執行期間共計 4 筆水質檢測結果，全數皆符合「飲用水水源水質標準」，且依據採樣位置分布可推估名竹盆地範圍內地下水質狀況應甚均勻。
6. 表 8-1 第一概念分層較異常，且評估不合理之數據應標示。圖 8-5 示意圖，請增加(或修正)彰化斷層、層面位態、車籠埔斷層之表示方式。表 8-2 土壤之泥炭土、層狀粘土、未風化粘土等請刪除，油岩請修改為「礫岩、砂岩」，會較符合國內條件。報告 P.摘-4 述及「頭嵙山層出水能力則不佳」，應係指「香山段」，而非「火炎山段」。	6.感謝委員意見，表 8-1 第一概念分層三筆數據大於 40 公尺原因為其井設置於山區地帶，因此皆視為現代沖積層；圖 8-5 已修正補繪彰化斷層及層面位態等；表 8-2 已依委員意見修改。

二、經濟部中央地質調查所 黃科長智昭	
1. 本計畫於名竹盆地進行一系列水文地質調查，如地質鑽探、抽水試驗及地電阻影像剖面探測，提供更詳盡的資料，對於計畫區域水文地質特性能進一步瞭解，其成果值得肯定。	1.感謝委員肯定。
2. 表 2-6 有關集集堰入流量與表 6-7 集集堰地面水流量資料不符合，請再檢視。	2.本計畫引用之表 2-6 為集集堰平均入流量，表 6-7 則為集集堰放流量，已更改欄位名稱。
3. P2-21 名竹盆地具水權井之井深統計，大多數井深位於 50~200 公尺間，故建議數值模擬時之抽水深度可至 100 公尺。	3.感謝委員意見，本計畫經評析計畫區域(見表 8-4)，以相同洩降量條件下，單位設井深度取水量隨設井深度遞減。因此，淺層取水較深層取水及混層取水均較具效率，故於名竹盆地應以淺層取水，即地表至地表下 40 公尺間為較佳之取水深度。
4. 圖 2-39 所示地下水庫適宜設置區位與名竹盆地所處之區位相似，可作為地下水庫營運之參考。	4.感謝委員建議，本計畫主要參考 Dickerman et al.(1997)等國外文獻並利用水平衡概念進行分析。
5. 圖 3-60、3-61 回升試驗時間-洩降分析圖中，因回升試水只能計算 T 值及 K 值，無法計算 S 值，而且 S 值太大不合理，故請修訂。	5.感謝委員建議，本計畫已將回升試驗之 S 值移除，以避免混淆。
6. 結論與建議 2，所述頭嵙山層應已成岩，按照透水係數而言小於 10^{-7}m/sec 以下，方屬固結岩盤，頭嵙山層透水係數介於 10^{-5}~10^{-6}m/sec，應屬半固結岩盤。	6 以參考委員意見修改結論 2，將其修正為半固結岩盤。.
7. 結論與建議 6 及 8 兩項對於地面水與地下水交互作用之描述似有矛盾之處，請說明理由。	7. 感謝委員意見，本計畫已修正描述方式，並依其他委員意見合併結論 6 及結論 8，詳見期末報告書【修正本】結論 6。
8. P8-31 可開發區域範圍內濁水溪河床底泥水力傳導係數介於 1.48×10^{-4}m/s 至 8.56×10^{-6}m/s 之間，其平均值為 2.27×10^{-6}m/s 似乎有誤且矛盾，請再檢視。	8.感謝委員意見，內文所提及之平均值為多筆數值之平均，本計畫重新檢視後並無錯誤。
9. 關於名竹盆地地下水源開發工程形式，建議以寬口井、輻射井及水平集水井佈置，請補列其示意圖。	9.感謝委員建議，本計畫已補列如圖 8-23~圖 8-25。
10. 圖 5-8 集集攔河堰入流紀錄，與表 2-6 數量不符，請再檢視。	10. 感謝委員意見，表 2-6 為集集堰平均入流量，與圖 5-8 時間尺度及流量單位相異，經本計畫檢視後數值無誤。

11. 名竹盆地地下水可開發區域，建議範圍為東以車籠埔斷層為界，北以八卦山南緣，西以斗六丘陵東緣及濁水溪隘口為界，包括濁水溪河床及竹山階地堆積層，面積約 55 平方公里，主要地層分布為現代沖積層、階地堆積層及下伏之頭嵙山層，沖積層厚度依據水利署調查資料約 30~40 公尺，其下為頭嵙山層，沖積層之 K 值約 10^{-3}~10^{-4}m/s，頭嵙山層之 K 值約 10^{-5}~10^{-6}m/s，建議名竹盆地地下水開發深度至少為地表下 100 公尺。	11. 感謝委員意見，本計畫依據國外文獻將可開發含水層之 K 值設在 10^{-4}m/s 以上，因此仍以沖積層為主要開發範圍。詳見期末報告書【修正本】表 8-4，當單位設井深度取水量隨設井深度遞減，因此，依照抽水效率思考，淺層抽水會較深層抽水有利。
12. 豐水期濁水溪洪峰水是主要補注水源，可以名竹盆地地下水庫儲水，減少洪峰水流失入海之水量，而枯水期地下水位面較深，河水與地下水位面間之不飽和帶較厚，河水入滲是由河川流量控制，地下水抽用及地下水位面下降，並不會顯著增加河水入滲量。	12. 感謝委員意見，依照枯水期河床高程與地下水位高程關係，若地下水位依然高於河川時，地面地下水交互關係為地下水補注地面水。另外，有關河床河水入滲行為部分，經計算河床底泥入滲顯示，於名竹盆地內濁水溪河段入滲能力甚大，當地下水位低於河川水位時，將可能使河川水順利入滲至含水層。然而，目前對於河川入滲行為資料有限，建議未來可增補調查分析。
13. 名竹盆地地下水源開發不宜一次大規模開發，應逐步開發並同步觀測地下水位，地表高程變化，掌握河水補注地下水性能，作為持續增加開發與否決策之依據。	13.感謝委員建議，本計畫於開發規劃時以不大幅影響河川流量前提下進行規劃，建議可以本計畫規劃成果為基礎逐步開發同步觀測。
三、台糖公司油品事業部開發工務組 蔡組長克敏	
1. 開發工程的投資可行性評估，應以投資報酬率為考慮方向，不應以 4.69 元/M^3 與收入 4.5 元/M^3 益本比為申論方向，論述應提出未來政府需補貼多少經費及設置工程之可行性進行評估。	1.感謝委員意見，本計畫係為初步規劃階段，僅提供概略工程經費估算及效益評析供參考，另有關工程可行性規劃工作應由另案詳實規劃辦理。
2. 寬口井設置於洪水期濁度高的時期，將無法發揮抽取清水之效果，因在洪水期往往寬口井易被阻塞，建議採開發淺井方式，可確保水源供應穩定。	2.感謝委員意見，本計畫於第捌章開發方案中，已參考委員意見補列於豐水期高濁度備援時採用淺井之相關方案，詳見 P8-52。
3. 訪談調查可預期成效不大，建議與地方農民及在地德高望重人士多做溝通。	3.感謝委員意見，本計畫遵照辦理。

四、廖委員培明	
1. 結論的第 6 及第 8 點若能合而為一的敘述較妥，否則將自相矛盾，因第 8 點係說明名竹盆地為地面水補注地下水年約 5 億噸，然第 6 點又敘述為地下水補注地面水或為河川基流量之現象。	1. 感謝委員意見，已依照委員意見合併結論 6 及結論 8，詳見期末報告書【修正本】結論 6。
2. 結論的第 11 及第 15 點亦建議合而為一，定義年開發量 1,223.64 萬噸為其開發上限，惟其是否減低了下游河川之可引水量卻未敘明。	2. .感謝委員意見，後續地下水開發潛能以地面水水源餘裕量進行評估分析與地下水每年補注地面水量已無相關性，故建議分開描述。
3. 建議 2 宜考慮地下水站網計畫之鑽井方式且配合井測才能確實掌握名竹盆地地質特性及構造，惟需建議鑽井位置。	3. .感謝委員意見，已依照委員意見補列建議 2 之內容，並繪製建議鑽井位置圖，詳見期末報告書【修正本】P 結-5。
4. 建議 3 應以圖示說明工作之需，建議設地面水觀測站之位置。	4. .感謝委員意見，已依照委員意見補列建議 2 之內容，並繪製建議水文監測站設置位置圖，詳見期末報告書【修正本】P 結-6。
5. 建議 4 宜併入建議 2 之內，不僅應用圖示，儘可能也列表說明擬辦理相關地質探探測之目的工法及預估所需經費等。	5. 感謝委員意見，已依照委員意見補列至期末報告書【修正本】建議 2 之內容。
6. 有關期中報告審查會議結論 2 之回應在報告內僅簡單描述並未詳細分析及論述宜補充。	6. .感謝委員意見，有關期中報告審查會議結論 2 之相關分析及論述均增補於期中報告書【修正本】第捌章各節中，綜合討論分析於 P8-109 中(六)開發方案優選。
7. 報告書內有甚多資料來源統計年份或誤植的部份修正稿時一併修正補充。	7.感謝委員意見，本計畫已一一修正及補列於期末報告書【修正本】。
8. 報告內有關湖山水庫之描述宜修正為湖山水庫係一離槽水庫，其蓄存水量均在豐水期由清水溪之桶頭攔河堰引入。	8.感謝委員建議，本計畫已遵照修改於第貳章湖山水庫文敘中。
9. P2-29 文敘且提及計畫範圍內因區域內之地下水位高不易獲得河水入滲補注，宜了解清楚。因其論述與本計畫基本資料蒐集內容差異甚大。	9.感謝委員意見，.本計畫經歷年水平衡分析結果顯示，名竹盆地可開發區域內地面地下水交換量多數為地下水補注地面水之基流型態，故與基本資料蒐集論述內容相似。
10. P3-141~3-149 圖 3-87~圖 3-102 地下水水位等值線圖有些微錯誤，宜參考地形作修正。	10.感謝委員意見，本計畫已依照地形作為考量進行修正。

11. P4-27 根據地下水水質監測資料宜評估其地下水開發之水質是否符合用水標的。	11. 感謝委員意見，本計畫開發水源以民生用水為主，因此水質檢測項目以「飲用水水源水質標準」為主要檢核法規，依據本計畫 4 筆水質檢驗成果顯示，名竹盆地地下水質皆符合「飲用水水源水質標準」。前述已補充於 P4-27。
12. P5-1 之描述與表 5-2 相關資料不一致，建議統計分析宜同樣起始及終止年月才有意義。	12.感謝委員意見，由於計畫區域內水文站設站年份皆不相同，且部分觀測井僅具有 1 年資料，資料長度無法具有相同起始年月。為了解整體區域地面水文特性，各水文站納入全數歷史資料進行統計。惟本計畫後續分析工作均採相同起始年月之資料進行分析。
13. P5-13~P5-14 流量率定曲線之繪製宜參考水文技術組慣用之方式。	13.感謝委員意見，本計畫流量率定曲線繪製方法已詢問經濟部水利署第四河川局，確認水利署報告繪製方法。
14. P6-12 之表 6-5 分析統計之原則似有不妥，因其統計年份不一致。	14. 感謝委員意見，造成資料缺漏之主因為桶頭橋站遷站，故時間上資料不連續，桶頭橋與龍門橋站距離相近，經期中報告洪委員建議，此二站之資料可一併利用。
15. P6-17 表 6-8 內相關資料如何選用，尤其降雨量資料其延時多少均未交代宜釐清。	15. 感謝委員意見，資料選取為主要降雨事件以及新民站水位主要抬昇事件，分析延時成果已補充於表 6-8 中。
16. P6-24 以地下水位 136 公尺作為地面及地下水交換界線，論述不夠明確。	16. 感謝委員指正，已補充說明於 P6-24 第一段。
17. P7-17 表 7-4 相關內容分項之單位宜釐清。	17. 感謝委員意見，表 7-4 中內容分項除雨量單位為 mm 外，其餘皆為水量分項，單位為億立方公尺。
18. P8-1 相關如圖 8-21，宜置放在第參章最後才妥。	18.感謝委員意見，本計畫為求報告內文之流暢性，圖 8-35 屬數值模擬網格示意圖，置放於模式建置內文中將能清楚呈現模式分層型態。
19. P8-2~P8-3 相關地質剖面圖之斷面 A-A’、B-B’、C-C’等，宜標示剖面之起訖點。	19.感謝委員建議，本計畫已補列於圖中。
20. P8-15 相關入滲補注率宜更清楚描繪。	20.感謝委員意見，本計畫主要參考國內外研究採用淨入滲率，計算因降雨導致之入滲量以及採用水稻田之入滲率，計算農田灌溉補注量。

21. P8-32 有關水權蒐集與統計涵蓋的範圍(是否有關集集堰之水權)宜釐清。	21. 感謝委員意見，依據經濟部水利署水權管理資訊網，於彰雲橋下游共計 5 筆臨時用水水權，多為農業用水使用，且皆不屬集集堰之水權量。
22. P8-79 有關售水收入採用 4.5 元/立方公尺係參考備用水源之規劃與可行性評估似有不妥，因本案採用的是常態供水非備用水。	22. 感謝委員意見，本計畫依據目前彰化雲林地區農業用水移用補償費用(3.2 元/m^3)做為替代計畫成本進行益本比估算。
23. 水資源效益分析甚少，用益本比宜考慮內部投資報酬率較宜。	23. 感謝委員意見，以內部報酬率(IRR)評估計畫接受度時，尚需計畫要求之必要報酬率或資金成本等參數以利評估，於此些參數欠缺之情況下，建議以益本比法進行評估較為適宜。
五、台灣省水利技師公會 林技師永德	
1. 過去認為名竹盆地是濁水溪沖積扇的主要地下水補注區，依本報告說明，部分河水補注到名竹盆地後再以地下水的形態回注到濁水溪，則濁水溪的主要補注來源應是出了彰雲大橋的河道，執行單位同時執行水利署名竹盆地及彰雲大橋下游地下水補注兩計畫，建議把地下水補注機制釐清。	1. 感謝委員意見，本計畫僅針對名竹盆地可開發區域範圍內之地面地下水交換情形進行分析，以釐清可開發量，至於下游地下水補注機制因與本計畫目的較無涉，因此不列入分析。
2. P6-21 說明「集集堰放流量造成之河川水補注為造成名竹盆地地下水變化最主要因素」，P8-18 表 8-3 則另考慮降雨入滲及農田灌溉補注，另 P3-152 以地下水水位等值線與河道深槽平均高度比較得「名竹大橋至彰雲大橋一帶地下水位均高於平均深槽高程，可見於名竹盆地範圍內多為地下水補注地面水之行為」，三者之間請予合理說明。	2. 感謝委員意見，參考圖 6-9 可知本區地下水位在集集堰非放流期間為地下水補注河川水狀態，且地下水位均高於平均深槽高程，故名竹盆地範圍內多為地下水補注地面水之行為，但集集堰操作則是在短期間內大量放流，由地下水位反應即可知在短期間中地面水補注地下水而形成水位抬升，為避免誤解，已將 P6-21 修正為「集集堰放流期間之大量流量對名竹地下水位之變化影響甚大」。
3. P6-15 表 6-7，2012 年彰雲橋之流量 19.5 億噸，只有集集堰、清水溪、東埔蚋溪及總降雨的 1/5，且與 2011 年彰雲橋流量相同，明顯有誤，所得之出流量-入流量為-80.3 億噸，顯不合理，建議再查。	3. 感謝委員意見，本計畫河川流量皆依據水利署水文年報資料計算，感謝委員提醒，已更正河川流量紀錄，並重新計算地面水地下水交換量成果，詳見期末報告書【修正本】P6-15。
4. 在益本比分析時未計列寬口井至彰化下壩淨水場、雲林觸口淨水場輸水管線及用地費用及自來水公司營運成本，致益本比高達 3.1。修改後益本比 0.96 請於整體報告內整合。	4.感謝委員意見，本計畫已調整益本比計算內容，並將輸水管線、用地費用等納入工程經費考量，詳見期末報告書【修正本】P8-108。

5. P8-18 表 8-3 可開發區域水平衡因子計算成果表未納入河川水與地下水交換資料。	5. 感謝委員意見，本計畫使用之水平衡分析法，已將河川水與地下水交換值納入期末報告書【修正本】表 8-5
六、洪委員益發	
1. 本案若要實施，請配合提供資料，俾利爭取預算，並評估辦理方式。例如：由台水公司施作或由水利署提報計畫？	1. 感謝委員意見，本計畫僅提供可能開發方案供水利署參考，日後評估辦理方式將由水利署或台水公司進行專業考量。
2. P8-79 本案益本比 3.125，但取水量不多，若與其他替代供水案比較，本案之優勢何在？	2 感謝委員意見，.本計畫已重新計算益本比，經評估常態抽水優於豐水期抽水常態供水。
3. P8-22 表 8-4，1,223 萬立方公尺係依水平衡分析求得，惟從所用諸多方程式中，真正的變數只有 P(降雨量)及△R(井水位變化量)，分析邏輯及結果，是否可接受？	3. 感謝委員意見，依據國外案例對地下水資源之評估，利用水平衡分析評估穩態行為下之區域水資源概況，且就資料可取得性而言，利用此方法較為迅速簡便，應已可用以初步評估。
4. 承上，此結果與 P6-15 的表 6-7 及 P6-22 的圖 6-9，在描述上，可有矛盾？	4. 感謝委員意見，第陸章與第捌章之成果根據資料來源有所不同，第陸章為名竹盆地全部範圍，包括清水溪流域。而第捌章分析範圍則為開發區域，僅限於濁水溪本流區域。
5. P6-18 式 6-1，若是地下水跑上來，地面水濃度當然有變化。但若是地面水跑下去，如何知悉？此分析之時間尺度是月嗎？	5. 感謝委員意見，地面水補注地下水量是以質量平衡計算，由計算成果之正負值則可判定補注方向。圖 6-9 計算成果是以日資料進行分析計算。
6. P6-15 表 6-7，2010 年及 2011 年依 P6-23 屬枯水年，但清水溪流量卻很大。2012 年彰雲橋流量偏小，解釋成補注量大，合理嗎？	6. 感謝委員意見，由於桶頭橋 2009 撤站，故 2010~2012 年改採龍門橋站資料，由於集水面積擴大，故造成河川流量增加。此部分已補充於表 6-7 中。2012 彰雲橋流量已更正為 64.8 億噸，本年河川流量屬偏高情況，已更正水收支計算成果。
7. P6-12 拿集集設堰前之補注率，可以代表現況之水環境嗎？	7. 感謝委員意見，本計畫進行之補注率計算，是在長期平衡狀態下，計算降雨補注至地下水之比例，故僅用於計算降雨補注量。而在集集堰設立後，河川流量受人為操作影響，本計畫為評估自然狀態下之地下水補注率，故採用集集堰設立前資料。
8. P8-33 表 8-12 集集堰已經共同引水，是否還有水權量？請確認。	8. 感謝委員意見，本計畫已利用地面水源量進行地下水開發潛能的評析，故該表已移除。依據經濟部水利署水權管理資訊網，於彰雲橋下游共計 5 筆臨時用水水權，多為農業用水使用，且皆不屬集集堰之水權量。

9. P8-46 表 8-17 埋設集水管 1,600 公尺，有到淨水場嗎？	9.感謝委員意見，經費估算表中埋設集水管長度是指自井與井之間，輸送抽汲水量之管路，並不是直接送至淨水場之管路。送至淨水場之管路為估算表中自來水管路項目。
10. P8-58 模擬 1 年之成果，其代表性可接受嗎？	10.感謝委員意見，本計畫已分為豐水年、枯水年及平水年分別模擬以代表不同水文狀況下之開發情境，成果已具代表性。
11. 本計畫若定位為備援水源，恐有塞管之虞。且本區之供水已有因應方案。	11.感謝委員意見，本計畫將提供常態、豐水期高濁度備援及枯旱期備援，配合寬口井及淺井作為各種開發方案。
12. 台水公司已在執行林內淨水場擴建及湖山淨水場新建，其供水區域涵蓋雲林及南彰化，本計畫之供水對象恐將重複。	12.感謝委員意見，本計畫重新檢視未來供水計畫及對象，詳見期末報告書【修正本】P8-42。
七、經濟部水利署水文技術組 郭科長純伶	
1. 名竹盆地開發檢討為雲彰方案暨行動計畫重點工作之一，建議加速推動。	1.感謝委員意見。
2. 水資源設施開發目的應先定位。最初政策上是期望於湖山水庫完工前之緊急水源，取代下游地下水抽用，目前若時程上已無法配合，應考量枯水期備援及豐水期因應濁度昇高，或考量供應彰化地區。	2.感謝委員意見，本計畫針對枯水期乾旱備援、豐水期高濁度備援及考量供應彰化地區，已評析於期末報告書【修正本】P8-57。
3. 本計畫開發可減少下游地下水抽用，原則對地層下陷有助益，但建議仍應對上游取用地下水，對下游地下水是否補注受阻亦應有說明。	3. 感謝委員意見，依據數值模擬結果顯示，開發規模愈大則對於隘口流出量影響亦愈大，其中以豐水期抽水常態供水方案將使隘口流量每年減少 230 萬立方公尺，為 4 方案中較具顯著影響之方案。
4. 本報告書基本資料蒐集與調查非常豐富，包括地下水位、水質檢測、河川流量…等，但與最後分析運用連結性似乎不強，如地下水位站最後只取新民站分析。	4.感謝委員肯定，於名竹盆地內本計畫新設地下水觀測資料，僅於本年度 3 月至 6 月間，故地下水觀測資料長度有限，因此使用具完整水文年之地下水觀測資料作為水文分析之基礎。
5. 第參章第五節地下水文分析，各地下水位站水位歷線圖之趨勢線建議修正，如測站受 921 地震或集集攔河堰蓄水影響，應依不同時段繪製不同趨勢線，另觸口(1)及觸口(2)之地下水位資料於 2009 年兩段資料是否錯置，請再檢視。	5. 感謝委員意見，依照其他審查委員意見，已刪除各觀測井水位趨勢線之繪製，另觸口(1)、(2)之水位資料係參考水利署觀測網資料繪製，經檢視並無錯置。

6. 第肆章地下水水質監測，因檢測項目，並未完全涵蓋灌溉用水水質標準所有項目，爰是否符合該標準之說明應謹慎。	6. 感謝委員意見，本計畫地下水開發本以供民生用水為用水標的，因此主要以符合「飲用水水源水質標準」為首要，其餘比較標準皆屬參考為輔，經本計畫執行期間共 4 筆水質檢測結果顯示，本計畫區域之水質皆符合「飲用水水源標準」。
7. P5-15 圖 5-11，after 2012/8/3 之曲線建議再檢視。	7. 感謝委員意見，本計畫流量率定曲線繪製方法已詢問經濟部水利署第四河川局，確認水利署報告繪製方法
八、國立中興大學土木工程系 蘇教授苗彬	
1. 相關抽水井記錄如 P.3-88，對抽水中與觀測井無地表高程資料，不知水深是否達平衡，理論上抽水前水位應一致，顯示平衡達成。	1. 感謝委員意見，已於表 3-5 及表 3-6 補充試驗前各抽水井及抽水觀測井之水位高程，附 10-11 將述各井頂高程，將其視為地表高程後，扣除原表所列地下水位距地表之距離即可得試驗前地下水位高程，經計算 P1、P1M1、P1M2 於試驗前地下水位均約 126m，P2、P2M1、P2M2 則約 102m，故抽水試驗水位均一致。
2. 建議表 3-11 等 K 值以科學記錄 $N\times10^{-b}$ 等方式表達，相關 K 值分佈可能可以進行統計分析，顯示其空間分布。	2.感謝委員建議，本計畫已修改為科學記號方式呈現。
3. P.3-129 等水位歷時圖線性迴歸不具意義，且無法顯示其長期變化，建議修正或分段。	3.感謝委員意見，本計畫依照委員意見已刪除線性迴歸趨勢線。
4. 結論第 10 點，建議以 K 大於 10^{-4}m/s 做為可開發區域，是否太過保守，井可抽水範圍可能可以大很多，10^{-4}m/s 為粗礫石層的 K。	4. 感謝委員意見，根據國外文獻資料，K 值必須要大於 10^{-5}m/s 才具有大規模開發之效益，故本計畫保守以 10^{-4}m/s 作為可開發區域條件。
5. 結論第 16 點益本比 0.96 表示不符效益，應增加其他說明或其他效益，抽水開發不太可能無效益。	5. 感謝委員意見，益本比經過工程機費估算調整，全年常態抽水之益本比為 1.21，且此方案時下由地下水減抽及地層下陷防治亦有間接效益。
九、廖委員宗盛	
1. P8-43～P8-46 之未來預測趨勢，以推估計畫供水量，數字前後不一致，以彰化為例 42-8-26(鳥嘴潭)= 8(非 11)，現況 21.11×0.4 = 8.44 萬 ≠ 11，宜加以核對。	1.感謝委員意見，本計畫參考林委員正旺第 2 點意見，已修正內文描述，彰化未來用水需求 42 萬 CMD，其中台中系統支援 8 萬 CMD，林內系統支援 1 萬 CMD，湖山水庫支援 4 萬 CMD，鳥嘴潭供應 18~26CMD，故尚需由地下水供應 3~11 萬 CMD，若保守估計，則以 11 萬 CMD 為後續計畫供水量之依據。

2. P8-47 開發方案規劃，依 P 結-4. 16.售水單價 4.5 元/m3 益本比 0.96<1 在水價未調前，似乎不具開發價值，故本方案則仍以「緊急備援用水」為宜，且所提之調蓄設施，宜進一步探討用地如何取得？未來之營運如何管理才有實際效益。(與原結-4. 16.益本比 3.1 為何差異如此之大？宜加以說明)	2. 感謝委員意見，益本比之計算前後因考量輸水管線，用地取得等經費之有無造成差異，另調蓄設施位於河川公地，用地取得可由水利署協助辦理。
3. P8-85 之訪談對象為何？對如此專業題目，利用訪談來求取答案，似非所宜，有此需要嗎？	3. 感謝委員意見，本計畫訪談對象依期末審查會議討論結果主要以地方意見領袖為主，對於本計畫之開發方案僅作為參考之用。
十、台灣自來水股份有限公司第五區管理處 蕭課長博元	
1. 本計畫感謝水規所及規劃團隊的用心，已分析各種取水方案，建議可將工程方案分為豐水期高濁度、高流量之備援供水方式時可以寬口井方式取水，另枯水期枯旱年缺水時之備援供水方式以深井方式取水，方可取得充足之水量。	1.感謝委員肯定及建議，本計畫已提出數種方案並加入評估。
2. 建議本計畫應以濁水溪區域之水源開發計劃整合性角度思考，比較各水源開發計畫之優缺點，何者對濁水溪扇央及扇尾地區之影響較小，若以單一計畫考量，產生各項計畫對個別用水標的均有負面影響時，會有無法推動之困難。	2. 感謝委員意見，本計畫已於第捌章提出各種方案之評估結果，建議以常態抽水方式較適宜，且經模擬結果顯示，對下游地下水補注之影響不大，主要供水標的則為民生用水。
3. 開發方案工程費用中，礫石回填可以現地石方處理回填為主，不足再以濾料回補。抽水設備應考量供電費用寬列，另自來水管路單價應考量加入維修費。	3. 感謝委員意見，於工程經費估算中已調整。
十一、台灣自來水股份有限公司第十一區管理處 林工程師正旺	
1. P8-45 第 7 行，再扣除林內支援每日 1 萬 m^3，其餘每日 27 萬 m^3 均由…。	1.感謝委員意見，本計畫已重新檢核，詳見期末報告書【修正本】P8-42。

2. P8-45，3、預期成效 A.彰化地區 彰化現有每日需水量 36 萬 m^3，至 2022 年鳥嘴潭人工湖開發完成後，彰化地區將減抽用地下水 1.03 億 m^3，全面水井停用，此與鳥嘴潭人工湖規劃不符，理應以目標年 120 年彰化每日需水量 42 萬 m^3 計算，扣除湖山增供每日 4 萬 m^3，林內每日 1 萬 m^3，台中每日 8 萬 m^3，鳥嘴潭年平均每日 18~26 萬 m^3，故彰化地區每日水量缺 3~11 萬 m^3，須與彰化地下水井聯合運用，如此方可符合 P8-46 下往上第 5 行。	2.感謝委員建議，本計畫已重新檢核及修正，詳見期末報告書【修正本】P8-42。
3. 很高興從「豐水期抽水備援供水」方案可每日抽水 16 萬 m^3，支援彰化 11 萬 m^3，但因移撥到農業用水似乎不可行，最可行應為全年常態抽水每日 3 萬 m^3，因此由工程數量估算，其支援彰化地區管線埋設至下壩淨水場 13.5 km 可刪除，而由現有管線支援即可。	3.感謝委員建議，本計畫已刪除原有為支援彰化而埋設置下壩淨水場 13.5km，改以埋設管線 3.6km 至觸口淨水場並經既有管線支援至彰化地區方式，以降低成本，詳見期末報告書【修正本】P8-42。
十二、台灣自來水股份有限公司 林工程員冠伯	
1. 結論 13 表示：枯水期流量不符生態基流量及水權量需求，如於名竹盆地進行地下水開發將影響生態保育及下游水權人權益。上述與 P8-49 供水方案規劃：枯水期取用地下水作為替代水源一說，是否牴觸？	1. 感謝委員意見，已修正結論內容，本計畫主要分析於不影響河川流量之前提下進行地下水開發之可行性，經分析建議可於全年常態抽水條件下進行開發。
2. P8-48 供水方案(2)，豐水期公共給水需求水量，是否應以「每日 XX 立方公尺」表示較妥適?	2.感謝委員建議，本計畫已依委員建議修改表示方式。
3. 報告中建議之開發潛能量建議為每日 3.35 萬立方公尺，此來源係為 2002~2012 年之地面地下水交換量平均，由表 8-4 可知，各年間交換量差異甚大，若以平均值為開發量是否具相當之風險？未來應如何評估取水量？	3.感謝委員意見，本計畫地下水開發潛能評估，係以地面水缺水率進行分析，採逐日估算再進行統計求得可開發量，故已具代表性。
4. P8-6 關於「地下水開發潛能評估」須滿足之條件，本案是否滿足所列項目之限制及目標？其對應數值為何？是否逐項說明。	4.本計畫主要以第 3、6、7、10 及 11 點條件為評估依據，各對應數值均於第捌章中描述。

十三、經濟部水利署水源經營組 江副工程司俊生	
1. 原台水公司計畫於清水溪辦理寬口井，因本計畫抽水試驗出水量不佳，爰該公司已暫緩該計畫，而由本計畫成果顯示本區地下水可常態抽用 3 萬 CMD，故建請規劃單位再協助台水公司擇選一適當位址辦理寬口井計畫。	1.感謝委員意見，建議台水公司可以參考本計畫評析後常態抽水方案之適宜開發區位。
2. 各方案之用水端、興辦主體及後續推動應有交待。建議常態供水 3 萬 CMD 方案或考量供應彰化二林精機及中科四期二林園區產業用水缺口(每日約 2 萬噸)，未來透過北岸聯絡渠道送水至莿子埤圳取水口，再銜接至既設輸水專管及淨水場，即可供水，並可解決上開設施於 108 年閒置之問題。	2.感謝委員意見，本計畫地下水開發原則上以供民生用水為主，有關開發主體及後續推動建議由水利署研議。
3. 所提豐水期抽水搭配興建蓄水池方案之工程經費高達 602 億元，其財務計畫是否合理可行，亦請補充。	3.感謝委員意見，此為本計畫提出之開發方案之一，經本計畫重新檢視常態豐水期抽水配合調蓄池之工程經費為 263.68 億元。
4. 經模擬，無論豐水期或枯水期抽水，將造成周遭地下水位下降 6~23 公尺，其恐有影響周遭水井出水及地層下陷疑慮，故未來是否可考量以設置截水牆方式阻隔抽水區內外地下水連通，避免抽水區外地下水大幅下降造成影響。	4.感謝委員意見，名竹盆地含水層面積廣大深度亦深，初步評析運用節水牆阻隔效果可能不彰，且截水牆尺寸需足以完全阻隔大面積之含水層，於實務上恐有困難。
5. 地下水的利用，應能反映當下水文狀況，建議未來本區地下水的利用仍應納入安全管理水位概念，即未來地下水低於一定水位時即減抽或停抽，以確保安全。	5.感謝委員建議，本計畫將納入未來建議項目。
十四、水利規劃試驗所水資源規劃課 畢副研究員嵐杰	
1. 本計畫欲釐清開發後對下游水量之影響，以彰雲橋流量探討對保育水量及水權量之缺水率影響，對現況描述（包括現況負面表列之文字）顯與實際不符，請斟酌。另有關下游農業用水均由集集堰統一調配，因此對下游影響需對生態基流量著眼探討評估。	1. 感謝委員意見，依據經濟部水利署水權管理資訊網，於彰雲橋下游共計 5 筆臨時用水水權，多為農業用水使用，且皆不屬集集堰之水權量，故於地下水開發潛能量評析過程，仍應考量對於現存水權人權益。

2. 水資源開發大體著眼於設施於一定缺水風險予以探討，未如報告所述對需求端之缺水率來定開發規模，相關開發方案建議如下： (1) 考量抽水量略小於地面地下平均日交換水量，且隘口流出量於開發前後相若，因此常態抽水 3 萬 CMD 應為合宜保守之開發方案。 (2) 所提豐水期抽水方案，在豐水期蓄滿後不抽水，不考慮蒸發損失情況下，仍可供滿枯水期（6 個月），亦即為 SI=0 之開發規模，因此此方案之單位原水成本高達 108.56。任何水源設施因有其一定之缺水風險（如 SI=1）下，再試算所需調蓄空間應較為合理可行。 (3) 建議增加豐水期抽用、豐抽多枯抽少及豐水期濁度備援等方案評估。	2. 感謝委員意見，回覆說明如下： (1) 本計畫亦以此為建議開發方案。 (2)本計畫已調整修正缺水風險 SI=1，故豐水期抽水配合調蓄池方案，其調蓄空間修改為面積 127 公頃及蓄水深度 15 公尺。 (3)本計畫主要評估常態抽水、枯水期乾旱備援、豐水期高濁度備援方案。
3. 開發方案情境模擬僅以 2012 年全年度模擬，建請考量豐、平、枯水年對於抽水後之影響分析。	3. 感謝委員意見，由於 2012 年之資料較為齊全，故以此年為模擬依據，詳見期末報告書【修正本】P8-77。
4. 本計畫與前期地調所分析成果最大差異在於分析範圍及考量抽用後對於下游水量之影響。為穩定供水考量（K、T）因而拘限開發範圍應為合理，惟本計畫僅就淺層（40m）予以分析之緣由宜說明，或可建議為後續計畫研究之項目。	4. 感謝委員意見，受限於 K 值大小，本計畫僅以現代沖積層做為分析範圍。有關更深層之開發可行性探討已納入建議。
5. 名竹盆地地面地下水交換頻繁之特性，穩定入流來源為要項，如補充來源為地面，則開發地面水即可。建議另行研究地下水於山區蓄引至地下水庫存取之可行性。	5. 感謝委員建議，本計畫將納入未來建議項目。
十五、水利規劃試驗所水資源規劃課 林研究員峰瑋	
1. p2-21 表 2-10 家用及公共給水井深大於 100 公尺者有 14 口，請補充說明各井之每日抽水量。	1. 感謝委員意見，已補充各井每日抽水量於內文表 2-11，合計每日抽水量約 2700CMD。
2. 第參章 P1 抽水試驗井定量抽水試驗所得之 S 與回升試驗者相差甚大，原因為何？	2.感謝委員意見，由於回升試驗僅可得知 T 值及 K 值，故 S 值差異較大，為避免混淆，本計畫已刪除 S 值。

3. 第參章第五節地下水文分析 (一)水位歷時變化分析 小節中文敘 『竹山(1)及竹山(2)觀測井井篩分別為地表下 66~96 公尺及 156~186 公尺，主要係反應竹山平原地區淺層(100 公尺內)及深層(大於 100 公尺)地下水水位變化特性。而自 1997 年至 2013 年間竹山(1)的最低水位、最高水位及平均水位分別為 138.47 公尺、146.78 公尺及 141.91 公尺，竹山(2)的最低水位、最高水位及平均水位分別為 134.92 公尺、145.55 公尺及 142.48 公尺』，兩者水位均遠小於 100 公尺深〔表 2-5 竹山(1)(2)井頂高程分別為 151.29 公尺及 151.25 公尺〕且甚為接近，其淺層與深層的分層有意義否？	3. 感謝委員意見，依據地質鑽探及歷史地下水水位分析成果顯示，於名竹盆地前述兩分層間並無明顯不透水層阻隔，均屬非揭限含水層，故兩分層間地下水可垂向交換流通，僅其水力傳導係數存有差異
又，『新民(1)及新民(2)觀測井井篩分別為地表下 24~72 公尺及 144~186 公尺，新民(1)地下水水位變化反應濁水溪北側現代沖積層含水層水位變化特性，新民(2)則反應現代沖積層下方頭嵙山層含水層水位變化特性。而自 1998 年至 2013 年間新民(1) 的最低水位、最高水位及平均水位分別為 132.68 公尺、145.16 公尺及 137.87 公尺，新民(2)的最低水位、最高水位及平均水位分別為 126.49 公尺、139.51 公尺及 134.62 公尺』，兩者之間的水位亦甚為接近，是否真正分別代表濁水溪現代沖積層含水層及其下方頭嵙山層含水層水位變化特性？〔表 2-5 新民(1)(2)井頂高程分別為 151.1 公尺及 151.08 公尺〕。 請分別探討這些地下水水位紀錄所顯示的意義。	同理，無法直接由觀測井水位數值看出真正深層水位高程，但就壓力水位之變化仍可判斷深層水位變化特性。深層水位數值非真正水位高層位置，另本計畫已就各觀測井水位紀錄說明長期水位變化趨勢。
4. 第參章第五節地下水文分析 (四)水位相關性分析中，新民(2)之水位與其它觀測井均不具相關性，又於地面水與地下水水位相關性分析則顯示新民(1)、新民(2)之水位均與名竹大橋之水位均有相當高的相關性，既然此兩口井之水位均與名竹大橋之水位有明顯的相關性，何以新民(1)、新民(2)兩者之水位不具相關性？	4. 感謝委員意見，各觀測井及地面水文站之水位相關性分析均獨立計算，新民(1)、(2)與名竹大橋水位具相關性並不代表新民(1)與新民(2)一定具相關性。分析結果表示名竹大橋水位會同時影響新民(1)及新民(2)，但新民(1)及新民(2)並不同時呈現相同走向之變化。

5. 表 6-7 彰雲橋 2011、2012 年之流量均為 19.5 億立方公尺，清水溪於 2012 年之流量特別大，所推算的 2012 年的出流量與入流量之差高達 80.3 億立方公尺，是否異常，請詳加校核。	5. 感謝委員意見，本計畫河川流量皆依據水利署水文年報資料計算，感謝委員提醒，已更正河川流量紀錄，2012 年彰雲橋總流量應為 64.8 億立方公尺。
6. 第陸章第三節河水及地下水交換量分析，最後結論以新民站地下水位在 136 公尺為地面與地下水交換界線，亦以此推論此水位可做為名竹盆地地面與地下水交互作用之重要指標，以單一口井之水位推論整區的地面與地下水交換行為是否合理？	6. 感謝委員意見，本計畫所計算之交換量是以全區地面水流量計算而得，而由於本區並無其他地下水位長期監測站，故僅有新民站一口可供比對，而本計畫所分析之指標水位僅建議為參考警示用，若要了解計畫區地面水與地下水交換量，仍需以計畫區地面水與地下水資料進行估算為宜。
7. 以現階段本計畫執行結果顯示，尚有一些關鍵議題未能釐清，請詳述此等議題未能釐清之因素，並請就此建議下階段應辦理補充調查研究之工作項目、內容及區位。	7.感謝委員意見，本計畫已全力蒐集及釐清名竹盆地地下水源變動情況，將提出相關建議說明供下階段辦理參考。
8. 編輯問題 (1)文字部份 a. 目錄各章節、圖、表之標題文字若長過 1 行，其第 2 行文字宜與第 1 行者對齊。 b. p2-71 第 4 行〝圖 2-46〞應為〝圖 2-40〞。 c. 建議將第貳章第二節前期研究之第 4.、5. 小節前後對調。 d. p2-75 第 10 行〝…135 平方英哩(約 2.6 平方公里)〞，請校核更正。 e. p3-6 第二段文敘〝本計畫已於 2012 年 10 月…，非汛期時施作，〞建議刪除。 f. p3-22 第一段文敘建議僅就地電阻探測成果做說明，不需再做背景介紹。 g. p3-27 請刪除第 11 行及第 15 行文敘中〝至少〞。	8. (1) a.感謝委員建議，本計畫已全面修正。 b.感謝委員指正，已修改。 c.感謝委員建議，已調整。 d.感謝委員指正，已修改。 e.感謝委員建議，已刪除。 f.感謝委員建議，已調整。 g.感謝委員意見，已刪除。

h. p3-80~p3-84 (2)資料分析方法中 公式的編序請校核更正。	h.感謝委員指正，已檢核修正。
i. 第參章 p3-107~3-110 (2)前期試驗蒐集請挪至第貳章第二節前期研究 6。	i.感謝委員建議，本計畫經考量仍以置放於第參章抽水試驗成果一併呈現較具一致性。
j. p3-116 第 4 行文敘〝…地下水流速流向試驗方法及成果如下：〞，建議修正為〝…地下水流速流向試驗場址，其成果如下：〞。	j.感謝委員建議，已修改。
k. p3-127 第 2 行文敘〝…濁水溪地面…〞請修正為〝…濁水溪地面水…〞。	k.感謝委員指正，已修改。
l. p3-139~3-140 文敘中有關各水位觀測井水位之敘述均請將〝水位高度〞修改為〝水位高程〞。	l.感謝委員意見，已修改。
m. p3-141 第 1 行文敘〝畫觀測〞，應為〝畫觀測井〞。	m.感謝委員指正，已修改。
n. p3-149 倒數第 3 行文敘〝，於處…〞，應為〝，此處…〞。	n. 感謝委員指正，已修改。
o. p5-7 倒數第 5 行文敘〝向 1995 年〞，應為〝自 1995 年〞。	o. 感謝委員指正，已修改。
p. (16)p6-7 第 7 行文敘〝可以如日〞，應為〝可以日〞。	p. 感謝委員指正，已修改。
q. (17)p7-9 倒數第 5~6 行文敘〝發生為止；…最高點〞，建議刪除。	q. 感謝委員指正，已修改。
r. (18)p7-9 倒數第 5 行文敘〝將稱為〞，請修改為〝將之稱為〞。	r. 感謝委員指正，已修改。
s. (19)p7-13 式 7-6 請刪除贅字。	s. 感謝委員指正，已刪除。
t. (20)p7-15 倒數第 4、5 行文敘〝高層〞，應為〝高程〞。	t. 感謝委員指正，已修改。
u. (21)p8-13 第 7 行及 p8-16 文敘含水層流入量〝Qi〞請配合式 8-1、8-2 改為〝Qin〞。	u. 感謝委員指正，已修改。
v. (22)p8-31 第 7 行河川(流量)〝出滲〞，應為〝入滲〞。	v.感謝委員指正，已修改。

(2)圖幅部份 a. 圖 2-19 請補列車籠埔斷層西側之抽水井參考位置。 b. 圖 2-30~圖 2-32 建議增大圖幅並補列各等水位線之高程。 c. p2-57 圖 2-33、p2-73 圖 2-40、p2-79 圖 2-46、請改善圖幅之清晰度。 d. 圖 3-1 之標題建議修正為〝名竹盆地內各已知及未知探查點位示意圖〞。 e. 圖 3-3 之標題建議修正為〝名竹盆地歷年及本計畫施作之地電阻探測位置。 f. 照片 3-1 之標題建議修正為〝本計畫施作地電阻探測位置現場狀況〞。 g. 圖 3-4~3-6 之標題建議修正為〝本計畫地電阻探測測線(R1)現場布置示意圖〞，所用圖例不妥，建議參照圖 3-3 之格式。 h. 圖 3-12~3-14 〝Inverted Resistivity Section〞請標註中文並注意應編輯在同一頁面。 i. 圖 3-15 之標題建議修正為〝名竹盆地歷年及本計畫施作之地質鑽探位置示意圖〞。	(2) a. 感謝委員建議，已補列於圖 2-21。 b. 感謝委員指正，此為前期研究文獻蒐集部分，本計畫無法大幅更動或補列。 c. 感謝委員指正，已修改。 d. 感謝委員建議，已修改。 e. 感謝委員建議，已修改。 f. 感謝委員建議，已修改。 g. 感謝委員建議，已修改。 h. 感謝委員建議，為避免混淆，本計畫已刪除此標註。 i. 感謝委員建議，已修改。

j. 照片 3-2 之標題建議修正為〝本計畫施作地質鑽探位置現場狀況〞。	j. 感謝委員建議，已修改。
k. 鑽孔地質柱狀圖(圖 3-18~3-32)中之地下水位請統一採用高程標示以免混淆。	k. 感謝委員建議，已修改。
l. 圖 3-39 之標題建議修正為〝名竹盆地歷年已施作及本計畫施作之抽水試驗井位置圖〞。	l. 感謝委員建議，已修改。
m. 照片 3-19 之標題建議修正為〝本計畫抽水試驗井場址施作前現場狀況〞。	m. 感謝委員建議，已修改。
n. 圖 3-54~3-57 最後一個參數(S 下方)符號無法辨識，請校核更正。	n. 感謝委員建議，此為 Neuman 計算時其中計算子 a，為避免混淆，本計畫已刪除。
o. 圖 3-65 之標題建議修正為〝名竹盆地內既有可用及本計畫設置之簡易式地下水觀測井位置圖〞。	o. 感謝委員建議，已修改。
p. 照片 3-20 之標題建議修正為〝本計畫設置之簡易式地下水觀測井場址施作前現場狀況〞。	p. 感謝委員建議，已修改。
q. 圖 3-69、圖 3-71~3-85 各圖幅之縱坐標請均採用同一比例尺。	q. 感謝委員建議，已修改。
r. p7-6 圖 7-5 請補列 D1 孔位及其柱狀圖。	r.感謝委員意見，以補列於圖中。
s. 圖 8-12~8-14 建議採用鑑別度較高的色系以便於辨識。	s. 感謝委員建議，已修改。
十六、結論	
1. 是否為自來水公司另尋設置寬口井的地點，目前似已無此需求，惟為回應地層下陷防治工作會議之決議，仍請執行團隊研議。	1. 感謝委員意見，本計畫已於第捌章提出寬口井設置位置建議，詳見期末報告書【修正本】P8-53。
2. 本計畫調查成果與中央地質調查所在含水層厚度的定義上有相當的差異，請執行團隊就本議題做系統性的比較分析以更具說服力。	2. 感謝委員意見，本計畫經評析計畫區域(見表 8-4)，以相同洩降量條件下，單位設井深度取水量隨設井深度遞減。因此，淺層取水較深層取水及混層取水均較具效率，故於名竹盆地應以淺層取水，即地表至地表下 40 公尺間為較佳之取水深度。

3. 本計畫共建議全年常態供水、豐水期抽水常態供水(配合調蓄設施)、枯水期抽水備援供水、豐水期抽水備援供水等四個開發方案，各方案的可行性請綜合考量下列層面再行評估：(一)工程實務面的可行性，(二)與現況水資源開發配合運用，(三)移用農業用水是否可行，(四)調蓄池用地的取得，(五)常態供水配合鳥嘴潭人工湖以取代彰化地下水使用之可行性，(六)備援用水的規劃可參考中庄調整池計畫，並就分析結果建議可行的方案。	3. 感謝委員意見，本計畫已增補於期末報告書【修正本】第捌章 (六)開發方案優選(詳見 P8-109)。
4. 目前名竹盆地地下水的取用評估僅考量下游保育用水量、水權量及地面地下水可維持平衡之水量，對下游地下水補注之影響應補充說明。	4. 感謝委員意見，已補充說明於期末報告書【修正本】第捌章 (六)開發方案優選(詳見 P8-109)。
5. 將來抽汲地下水設施的方式是寬口井或深水井，請針對供水標的做整體性考量。	5. 感謝委員意見，以民生用水為主要供水標的，若以常態供水為目標，建議以寬口井為開發方式，若以備援用水為主，則建議利用淺井開發。
6. 效益評估建議採用一般常用替代計畫成本做為評估依據。	6. 感謝委員意見，本計畫依據目前彰化雲林地區農業用水移用補償費用(3.2 元/m^3)做為替代計畫成本進行益本比估算。
7. 本計畫期末報告書審查原則認可，請執行團隊參考委員及各與會單位意見，修正報告書內容，並請於兩星期內提送期末報告書修正本，由水利規劃試驗所大地課召開工作會議複核後，依照最後議定方案，擬訂訪談問卷內容，再針對主要地方意見領袖進行問卷訪談工作。	7.感謝委員意見，遵照辦理。
8. 待正式報告書送達本所後，由水利規劃試驗所研提後續推動方案，再行報署鑒核。	8.感謝委員意見，本計畫提供建議貴所辦理研擬工作。

附錄八　第四次工作會議簡報審查意見及處理情形

「名竹盆地地下水源開發調查規劃」委託專業服務

第四次工作會議簡報審查意見及處理情形

壹、日期：民國 102 年 08 月 19 日（星期一）上午 10 時 00 分

貳、地點：水利規劃試驗所舊正辦公區大地工程試驗課 2 樓會議室

參、主持人：林課長進榮　　記錄：林峰瑋

審查意見	處理情形
一、廖委員培明	
1.報告書目錄章節順序宜卓修俾利參閱。 (1)第貳章第二節需放在第參章第一節較妥。 (2)第捌章第一節需移至第參章最後一節。 (3)第捌章第十節需移至捌章第一節較妥。 (4)第捌章之三宜獨成立第玖章。	1.感謝委員建議，已遵照委員意見調整章節順序於正式報告書。
2.摘要宜參考水利規劃試驗所慣用格式編撰較妥。	2.感謝委員意見，遵照辦理。
3.結論移縮減成下述重點： (1)強調本年度增加之外業補充探查成果與前期之差異性。 (2)描述本計畫之可開發量 1,223 萬立方公尺之基準為何。 (3)依區域水資源供需等認定本計畫為常態供水宜描述更清楚。 (4)依初步規劃成果之重要工程諸元(含輸水路線)等。	3.感謝委員意見，遵照辦理。
4.建議部分宜將 2、3、4 三點合併且圖亦濃縮在一張且增加圖例。	4.感謝委員意見，遵照辦理。
5. P.2-1 之文敘宜卓修。	5.感謝委員意見，已修改文敘內容。
6.P.2-8 氣象資料為何無蒸發量資料。	6.感謝委員建議，已補充蒸發量資料於 P2-8。

7. P.3-141~P.3-149 之圖 3-87~圖 3-102 有不合理之現象宜卓修。	7.感謝委員意見，已針對不合理處進行修正,詳見正式報告書 P3-172 至 P3-179。
8.P.5-12 之式 5.5 宜刪除較妥。	8.感謝委員意見，遵照辦理，詳見正式報告書 P5-12。
9.P.5-14~P.5-15 之圖 5-10 及圖 5-11 實測過程中資料有疑慮部分宜處理。	9.感謝委員意見，遵照辦理，詳見正式報告書 P5-14。
10.P.6-12~P.6-13 之表 6-5 及圖 6-5 如何整合宜在報告內簡述。	10.感謝委員意見,已補充相關文敘於正式報告書 P6-12。
11.P.6-15 表 6-7 有關總降雨量宜更改為未控制面積流量。	11.感謝委員建議，已遵照建議於表 6-7 進行修正。
12.P.8-1 之文敘宜卓修。	12.感謝委員意見，已修改其文敘，並依據委員前述意見調整其章節，修改部分詳見正式報告書第參章、七(P3-191)。
13.P.8-2 以往及本計畫執行之地質剖面圖一併整理俾利比較研判。	13.感謝委員意見,本計畫繪製之地質剖面圖以參照前期計畫及中央地調所相關資料所繪，而本計劃地質剖面圖主要呈現以頭嵙山層及沖積層為主，若欲了解詳細地質狀況可參考正式報告書圖 7-5。
14.P.8-19 之文敘內之數字宜釐清。	14.感謝委員意見,文敘中其數值表示年計地下水儲水體積變化，文敘下方表 8-7 為每月地下水儲水體積變化，所表示的時間單位不同，故文敘數字與表 8-7 有所差異。
15.P.8-23 之平均值宜探討成年計平均。	15.感謝委員意見，已進行修改，詳見正式報報告書 P8-25。
16.P.8-34 文敘 3 月份缺水率最高已達 50.35%，惟依表 8-15 則係 2 月份缺水率最高宜卓修。	16.感謝委員意見,本計畫已於文敘中進行修正，詳見 P8-36。
17.P.8-36 之表 8-17 應修正為剩餘可供利用水量。	17.感謝委員意見，已進行修正，詳見正式報告書 P8-38。
18.P.8-37 之圖 8-15 之圖例宜修正俾利參閱。	18.感謝委員意見，已對其圖例進行修正，詳見正式報告書 P8-39 之圖 8-16。
19.P.8-59～P.8-60 輸水規劃宜修正為輸水路線規劃，其它文敘一併卓修。	19.感謝委員意見,關於輸水路線規劃相關內文進行修正，詳見正式報告書 P8-61。
20.P.8-69 表 8-26 宜增列總工程費一項。	20.感謝委員意見，已增列於正式報告書表 8-28 中。
21.P.8-93 之表 8-33 係本計畫最重要之成果宜列在摘要內。	21.感謝委員意見，遵照辦理。

22.有關水資源開發是否採用益本比法做決策分析宜再卓。	22.感謝委員意見，本計畫為初步規劃階段，於經費細部估算方面，須待未來進行可行性規劃時方可較準確估算。因此本計畫以較為簡易之益本比初步評估開發方案之工程經費。
二、經濟部中央地質調查所 黃科長智昭	
1.P.8-11 表 8-4，因鑿井取水首著重於取水量多寡，故混層抽水之效率以單位設井深度取水量來衡量是否妥適，請再考量，因目前大部分民眾抽水深度約已達 100 公尺以上。另請再考量模擬規模，除考量抽水深度外，還有面積大小因素。	1.感謝委員意見，由於單位設井深度與設井費用及後續維護費用有關，故本計畫以單位設井深度取水量作為衡量取水效率之依據，應屬合理；依水文地質參數探查成果顯示，淺層現代沖積層出水能力優於深層頭嵙山層，於計畫區域內雖有民眾取水深度達 100 公尺以上，惟視其水權登記取水量均不甚大，不宜引用作為本計畫取水深度訂定之依據。
2.本計畫完成調查與水資源評估後，建議於後續水利署與地調所兩單位合作平台會議中再進行討論，以整合意見。	2.感謝委員建議，遵照辦理。
3.本計畫目前只是規劃階段且較屬專業問題，即要辦理民眾訪談調查，是否需要可再考量。	3.感謝委員意見，已修改訪談調查相關問題，並經水規所修改同意後，進行地方重要人士訪談調查。
三、經濟部水利署水源經營組 江副工程司俊生	
1.本計畫成果豐碩，惟為利閱讀，建請精簡且重點呈現報告之摘要、結論及建議內容。	1.感謝委員肯定，本計畫遵照委員建議辦理。
2.備援方案不應僅設定豐水期高濁度或枯水期水量不足之單一備援功能，如有需要亦可考量水井兼具上開備援功能，應可提高計畫效益。	2.感謝委員建議，本計畫文敘內容主要以開發規模為主，未來如進行開發時，其設置之水井無論於常態及備援時皆可使用，惟須考量其抽汲水量應以不高於本計畫評估之開發規模為原則。
3.本案地下水係以動力抽水方式取得，未來營運階段之電費應有所估算。	3.感謝委員建議，已將抽汲地下水量之電費納入估算，詳見正式報告書 P8-70。
4.所建議之方案後續推動應有規劃建議，包括環評與否及主辦機關等。	4.感謝委員建議，本計畫為名竹盆地地下水開發初步規劃，有關是否環評或開發主體等疑義，建議於未來進行可行性評估階段，再行考量。
5.常態抽水方案對環境的影響，請納入結論重點交待。	5.感謝委員建議，遵照辦理。

6.訪談的重點在於蒐集地方意見，所提訪談內容係以問卷調查的規格設計，因其目的不同，建請依實際需求考量修正。	6.感謝委員意見，已修改訪談調查內容以問答方式提問，並經水規所修改同意後，已進行地方重要人士訪談調查。
四、經濟部水利署水源經營組 郭科長耀程	
1.“結論”應以委辦目的及預期效益論述，執行作法（如第 1 點）及細部成果(如第 2 點)可簡化或不列出，至於可開發水量、規劃取水方式、時機、位置、經費及效益等成果才是重點(如第 15 點)，請聚焦論述	1.感謝委員建議，遵照辦理。
2.“建議”請以未來達成水源開發為目標提出，如第 3 點提及增加支流量及野溪水文量監測，是否反應本報告推估之地表水量誤差很大，或是無法相信彰雲大橋流量站進行地面水平衡估算之結果。	2.感謝委員建議，本計畫建議增加其地面水監測站，主要為數值模式分析時將可納入更多實際資料值，以增加數值模擬結果能更符合真實且更加精準。而以歷年彰雲橋流量資料進行地面水平衡估算並無不妥。
3.水源開發首重保留基流量及下游合法水權量，“結論”第 12 點述及集集堰現況操作，年平均缺水日數為 235 日，此數字易生外界質疑及爭議，請確認或查明原因補述。	3.感謝委員建議，本計畫已修改相關文敘以避免爭議。
4.如依“結論”第 12 點之缺水率說明，現況豐、枯水期均已有極高缺水率，未來湖山水庫完工再擷取水源(此部分報告未見分析)，缺水率將再提高。因此，研判採常態供水作為開發目標，實務上應已不可能，建議仍以豐水期增加取水、減少地陷區全年抽水量為計畫定位。	4.感謝委員建議，本計畫考量缺水率的限制，目前全年常態供水建議開發規模量較小，不會影響地面地下水交換特性，於豐水期抽水須配合調蓄設施供水，其工程經費較高，因此本計畫建議採全年常態供水。
5.第 8-56 頁及第 8-62 頁，述及為規劃開發常態供水 11 萬 CMD，需設用地面積 127 公頃蓄水池，經費約 264 億元。類比高屏大湖第一期工程開發增供水源 10 萬 CMD，僅需 85 億元，已遭外界高度反對，顯見本案極不可行。	5.感謝委員意見，本計畫為考量可全年常態供水並提供足夠水源量補足現有用水缺口，故嘗試以豐水期抽水配合調蓄池方案進行規劃，為了可全年常態供水，其調蓄池必須為面積 127 公頃及深度 15 公尺，因此其需求之經費較高。
6.如依相關調查資料研判，名竹盆地深層地下水開發仍具潛能，建請仍就其未來開發提出初步規劃建議，以利主辦單位參考。	6.感謝委員建議，遵照辦理。

7.本案緣起地調所認為此盆地具地下水源高開發潛能，惟如就目前淺層地下水源開發而言，該盆地淺層似無常態地下水源開發潛能，差異主要原因研判為地調所係著眼於地下水層蓄水量推估，而並未考量該盆地抽用地下水將影響下游用水需求(抽水會直接影響隘口出流地面水量)。爰為避免造成本成果提出後，水利署與地調所有不同看法及解讀，建議定稿前宜透過兩單位平台會議先行確認整合。	7.感謝委員建議，遵照辦理。
五、水利規劃試驗所大地工程試驗課 林研究員峰瑋	
1.報告書的編撰請遵照本所指定格式。	1.感謝委員意見，遵照辦理。
2.摘要之撰寫應將每章之主要內容及成果以簡潔的方式呈現。	2.感謝委員建議，本計畫摘要於正式報告書中以重點方式呈現。
3.目錄標題文字多於 1 行時，請注意其第 2 行文字應與第 1 行的開頭對齊。	3.感謝委員建議，遵照辦理。
4.摘要、英文摘要、結論與建議及各章之第 1 頁均應自每一展開面的正面頁開始。	4.感謝委員建議，遵照辦理。
5.P 摘-3　六、〝…2011~2012 年河川流量較常年為低，…〞，而 P 附 7-7　六之 6〝…64.8 億噸，本年河川流量屬偏高情況…〞，前後顯不一致。	5.感謝委員意見，已修正於正式報告書。
6.建議於摘要中增列本計畫於本區域深度大於 100 公尺水井取用水量的數據，以為〝於淺層取水較深層取水具有效率〞之佐證。	6.感謝委員意見，本計畫已補充相關重點於摘要內容。
7.P 結-1　2、有關本計畫地物探查成果之說明不夠具體完整，建議改善；另，推論頭嵙山礫岩層為不透水層，顯與一般見解相左，建議再酌。	7.感謝委員意見，正式報告書結論內容已依其他委員意見修正精簡。
8.P 結-1　3、請補列 D3 自 76 公尺以下之岩性說明。	8.感謝委員建議，正式報告書結論內容已依其他委員意見修正精簡。
9.P 結-1　4、請補充岩盤透水試驗方法，各透水係數應分別述明其所屬岩性及深度。	9.感謝委員建議，正式報告書結論內容已依其他委員意見修正精簡。
10.P 結-5　2、概估鑽探經費與鑽探目的、方式、深度、岩性有關，除非明列各鑽孔的鑽探需求明細，否則不宜估列經費，以免誤導。	10.感謝委員建議，遵照辦理。

11.P2-44 圖 2-21 之 C1 位置與 P3-25 圖 3-15 者不一致，請校核更正。	11.感謝委員意見，圖 2-21(為正式報告書圖 3-14)中之 C1 為 2011 年地調所設置之觀測井，另圖 3-15(為正式報告書圖 3-40)中圖例綠色三角形之 C1 為 1996 年水資源局所設置之觀測井，兩者為不同單位不同時期設置之觀測井，故其位置不同。
12.P3-71~3-73 現場透水試驗紀錄中孔號欄以 D2-1~D2-3 表示可能造成誤解。	12.感謝委員意見，已修正孔號為原本井號編號，以避免混淆。
13.P8-12~8-13 圖 8-6~8-7 中 各井之名稱請均採用中文標示。	13.感謝委員意見，已修改詳見正式報告書圖 8-7 及圖 8-8。
14.P8-22 倒數第 6~7 行文敘〝另自 2002 年至…，如圖 8-10 所示〞，未敘明完整，請校核更正。	14.感謝委員意見，已補充完整文敘於正式報告書 P8-24。
15.有關本計畫訪談議題內容的擬訂，建議宜考量以下要項： (1)開發範圍的敘述應以當地人熟悉的地名作簡要說明。 (2)開發規模、方式、區位及對當地和下游面影響的論述應簡明扼要，避免用過於學理性及不確定性的詞彙讓受訪者不易瞭解而產生疑慮。 (3)期望受訪者回饋的答案，應能妥為蘊涵於議題說明中。	15.感謝委員建議，遵照辦理。
六、結論	
1.本計畫期末報告書（修正本）審查原則認可，請執行團隊參考委員及各與會單位意見，修正報告書內容，尤其摘要、結論、建議內容、本益比計算方式及是否辦理環評等項目。	1.感謝委員意見，遵照辦理。
2.地方訪談部分，其內容依委員意見修正後，儘速進行，並將結果納入成果報告書，依契約期限送本所辦理。	2.感謝委員意見，遵照辦理。

附錄九　地球物理之地點組影像剖面法探測工作照片及測線座標

地球物理之地電阻影像剖面法探測
工作照片及測線座標高程

一、工作照片

照片 1 測線 R1 0K+810~0K+790	照片 2 測線 R1 終點
照片 3 測線 R2 0K+120~0K+150	照片 4 測線 R3 0K+590
照片 5 測線 R3 0K+660	照片 6 測線 R3 終點

照片 7 地電阻探測	照片 8 地電阻探測
照片 9 地電阻探測	照片 10 地電阻探測
照片 11 地電阻探測	照片 12 地電阻探測

二、測線座標及高程

1.測線R1(RIP-01)

測線編號	里程	收方(X) E 座標	收方(Y) N 座標	地面高	備註:
R1	0	218358.519	2632107.990	127.433	北上起點
R1	10	218365.884	2632101.072	127.274	
R1	20	218373.103	2632094.260	126.983	
R1	30	218380.371	2632087.435	126.856	
R1	40	218387.596	2632080.480	125.976	
R1	50	218395.238	2632073.580	126.341	
R1	60	218402.444	2632066.935	126.743	
R1	70	218409.546	2632060.133	126.572	
R1	80	218416.936	2632053.282	126.765	
R1	90	218424.085	2632046.299	126.984	
R1	100	218431.278	2632039.414	127.112	
R1	110	218438.606	2632032.543	127.004	
R1	120	218446.070	2632025.568	127.963	
R1	130	218453.373	2632018.840	127.847	
R1	140	218460.471	2632012.083	127.594	
R1	150	218468.003	2632005.550	127.779	
R1	160	218475.316	2631998.645	127.686	
R1	170	218482.261	2631991.682	127.187	
R1	180	218489.948	2631984.752	127.139	
R1	190	218497.026	2631977.819	130.015	
R1	200	218504.356	2631971.000	127.316	
R1	210	218511.695	2631964.287	127.210	
R1	220	218519.062	2631957.338	127.134	
R1	230	218526.285	2631950.582	127.174	
R1	240	218533.772	2631943.561	126.808	
R1	250	218540.699	2631936.768	126.363	
R1	260	218548.178	2631929.997	126.223	
R1	270	218555.396	2631923.198	126.361	
R1	280	218562.714	2631916.316	125.982	
R1	290	218569.798	2631909.504	125.950	
R1	300	218577.070	2631902.712	125.716	
R1	310	218584.349	2631895.729	125.800	
R1	320	218591.786	2631888.879	130.963	
R1	330	218599.118	2631882.051	132.358	

測線編號	里程	收方(X) E 座標	收方(Y) N 座標	地面高	備註:
R1	340	218606.416	2631875.195	132.803	
R1	350	218613.687	2631868.358	132.369	
R1	360	218620.972	2631861.524	132.126	
R1	370	218628.349	2631854.589	132.126	
R1	380	218635.634	2631847.710	132.022	
R1	390	218642.829	2631841.038	132.140	
R1	400	218650.109	2631834.162	131.293	
R1	410	218657.430	2631827.236	131.327	
R1	420	218664.786	2631820.423	131.294	
R1	430	218671.992	2631813.589	131.312	
R1	440	218679.307	2631806.723	131.275	
R1	450	218686.602	2631799.901	131.285	
R1	460	218693.906	2631793.068	131.620	
R1	470	218701.171	2631786.223	131.630	
R1	480	218708.499	2631779.301	131.748	
R1	490	218715.813	2631772.517	131.824	
R1	500				引水渠道
R1	510				引水渠道
R1	520	218737.523	2631751.985	132.322	AC 路面
R1	530	218744.898	2631745.150	133.022	
R1	540	218752.196	2631738.297	132.997	
R1	550	218759.565	2631731.378	135.447	
R1	560	218766.776	2631724.607	136.429	
R1	570	218774.067	2631717.726	135.097	
R1	580	218781.370	2631710.880	133.212	
R1	590	218788.691	2631703.996	132.112	
R1	600	218795.925	2631697.212	130.946	
R1	610	218803.293	2631690.314	130.505	
R1	620	218810.513	2631683.534	130.908	
R1	630	218817.825	2631676.646	130.757	
R1	640	218825.006	2631669.822	130.610	
R1	650	218832.465	2631662.953	130.677	
R1	660	218839.657	2631656.186	131.840	
R1	670	218846.999	2631649.337	131.951	
R1	680	218854.259	2631642.351	131.945	
R1	690	218861.464	2631635.795	132.316	
R1	700	218868.990	2631628.774	132.107	
R1	710	218876.006	2631621.931	131.797	

測線編號	里程	收方(X) E 座標	收方(Y) N 座標	地面高	備註:
R1	720	218883.387	2631615.186	131.862	
R1	730	218890.724	2631608.153	131.992	
R1	740	218897.939	2631601.366	131.979	
R1	750	218905.339	2631594.605	132.062	
R1	760	218912.610	2631587.773	129.955	
R1	770	218919.881	2631580.837	130.940	
R1	780	218927.137	2631574.003	130.727	
R1	790	218930.546	2631570.484	127.902	
R1	800				深槽區
R1	810	218949.070	2631553.447	127.738	
R1	820	218956.280	2631546.640	128.377	
R1	830	218963.540	2631539.763	128.792	
R1	840	218970.917	2631532.903	129.644	
R1	850	218978.195	2631526.080	129.103	
R1	860	218985.583	2631519.242	128.810	
R1	870	218992.815	2631512.265	128.091	
R1	880	219002.672	2631502.911	127.485	
R1	890	219007.307	2631498.658	127.031	
R1	900	219014.726	2631491.869	134.235	
R1	910	219021.925	2631484.952	136.770	
R1	920	219029.235	2631478.147	136.551	
R1	930	219036.572	2631471.235	131.311	
R1	940	219043.711	2631464.545	132.787	
R1	950	219051.080	2631457.603	132.339	
R1	960	219058.391	2631450.715	132.083	
R1	970	219065.668	2631443.450	133.007	
R1	980	219072.902	2631437.065	132.979	
R1	990	219080.356	2631430.315	133.105	
R1	1000	219087.541	2631423.369	133.083	北上終點

2.測線R2(RIP-02)

測線編號	里程	收方(X) E 座標	收方(Y) N 座標	地面高	備註:
R2	0	213334.734	2631592.191	99.584	北上起點
R2	10	213333.005	2631582.308	99.423	
R2	20	213331.534	2631572.330	98.805	
R2	30	213329.797	2631562.478	98.645	
R2	40	213328.065	2631552.655	98.658	
R2	50	213326.335	2631542.847	98.668	
R2	60	213324.592	2631532.964	98.678	
R2	70	213322.866	2631523.143	99.310	
R2	80	213321.090	2631513.342	98.282	
R2	90	213319.378	2631503.396	98.302	
R2	100	213317.649	2631493.593	98.311	
R2	110	213315.917	2631483.773	98.043	
R2	120	213314.789	2631478.922	92.161	
R2	130				深槽區
R2	140				深槽區
R2	150	213308.500	2631444.272	93.702	
R2	160	213306.659	2631434.596	90.932	
R2	170	213304.948	2631424.813	90.203	
R2	180	213303.291	2631414.896	92.176	
R2	190	213301.109	2631405.228	91.984	
R2	200	213299.284	2631395.342	90.812	
R2	210	213297.529	2631385.377	92.695	
R2	220	213295.693	2631375.454	92.069	
R2	230	213293.747	2631365.752	92.026	
R2	240	213292.011	2631356.066	92.311	
R2	250	213290.170	2631346.154	88.987	
R2	260	213288.379	2631336.396	88.586	
R2	270	213286.497	2631326.470	89.006	
R2	280	213284.714	2631316.353	90.495	
R2	290	213282.967	2631306.920	92.038	
R2	300	213281.118	2631296.992	92.093	
R2	310	213279.330	2631287.212	92.152	
R2	320	213277.491	2631277.328	92.160	
R2	330	213275.642	2631267.378	92.221	

測線編號	里程	收方(X) E 座標	收方(Y) N 座標	地面高	備註:
R2	340	213273.845	2631257.616	92.225	
R2	350	213272.041	2631247.875	91.974	
R2	360	213270.312	2631238.029	91.786	
R2	370	213268.472	2631228.176	91.298	
R2	380	213266.692	2631218.354	91.345	
R2	390	213264.925	2631208.441	91.540	
R2	400	213263.051	2631198.617	91.243	
R2	410	213261.313	2631189.111	91.039	
R2	420	213259.366	2631179.128	91.597	
R2	430	213257.521	2631169.136	92.164	
R2	440	213255.722	2631159.354	91.536	
R2	450	213253.943	2631149.576	91.935	
R2	460	213252.119	2631139.678	91.755	
R2	470	213250.233	2631129.680	91.542	
R2	480	213248.450	2631119.998	91.092	
R2	490	213246.638	2631110.224	91.329	
R2	500	213244.700	2631100.465	91.463	
R2	510	213242.962	2631090.524	90.901	
R2	520				深槽區
R2	530				深槽區
R2	540				深槽區
R2	550	213235.694	2631050.837	90.615	
R2	560	213233.876	2631041.271	90.658	
R2	570	213232.055	2631031.364	90.722	
R2	580	213230.294	2631021.568	91.052	
R2	590	213227.559	2631006.775	90.655	
R2	600				深槽區
R2	610	213224.747	2630991.957	91.236	
R2	620	213223.059	2630982.529	91.490	
R2	630	213221.329	2630972.438	92.609	
R2	640	213219.414	2630962.569	93.552	
R2	650	213217.632	2630952.861	93.300	
R2	660	213215.833	2630943.029	93.674	
R2	670	213213.882	2630932.957	93.899	
R2	680	213212.070	2630923.218	93.783	

測線編號	里程	收方(X) E 座標	收方(Y) N 座標	地面高	備註:
R2	690	213210.416	2630913.551	93.562	
R2	700	213208.552	2630903.850	93.841	
R2	710	213206.870	2630893.776	93.495	
R2	720	213204.843	2630884.070	93.211	
R2	730	213203.039	2630874.022	94.550	
R2	740	213201.251	2630864.257	95.513	
R2	750	213199.559	2630854.463	96.308	
R2	760	213197.683	2630844.584	97.645	
R2	770	213195.888	2630834.720	97.496	
R2	780	213194.084	2630824.906	97.425	
R2	790	213192.282	2630815.208	97.405	
R2	800	213190.423	2630805.312	97.393	
R2	810	213188.630	2630795.608	98.833	
R2	820	213186.786	2630785.554	98.091	
R2	830	213184.993	2630775.753	98.124	
R2	840	213183.161	2630765.969	98.128	
R2	850	213181.356	2630756.086	98.104	
R2	860	213179.540	2630746.263	98.126	
R2	870	213177.728	2630736.468	98.105	
R2	880	213175.957	2630726.676	98.040	
R2	890	213174.096	2630716.779	98.089	
R2	900	213172.278	2630706.920	98.116	
R2	910	213170.466	2630697.196	98.118	
R2	920	213168.700	2630687.254	98.070	
R2	930	213166.869	2630677.430	98.120	
R2	940	213165.015	2630667.542	98.123	
R2	950	213163.210	2630657.734	98.172	
R2	960	213161.376	2630647.938	99.350	
R2	970	213159.555	2630638.029	99.859	
R2	980	213157.772	2630628.302	100.349	
R2	990	213155.944	2630618.390	99.639	
R2	1000	213154.140	2630608.583	103.036	北上終點

3.測線R3(RIP-03)

測線編號	里程	收方(X) E 座標	收方(Y) N 座標	地面高	備註:
R3	0	214258.750	2627535.576	142.036	西向起點
R3	10	214268.553	2627538.029	141.589	
R3	20	214278.177	2627540.363	142.079	
R3	30	214287.889	2627542.730	141.478	
R3	40	214297.785	2627545.713	141.283	
R3	50	214307.398	2627547.379	136.802	
R3	60	214317.109	2627549.758	136.524	
R3	70	214326.849	2627552.187	136.166	
R3	80	214336.460	2627554.538	135.597	
R3	90	214346.209	2627556.922	135.024	
R3	100	214355.897	2627559.306	134.971	
R3	110	214365.659	2627561.679	134.639	
R3	120	214375.373	2627564.002	134.068	
R3	130	214385.084	2627566.395	133.780	
R3	140	214394.801	2627568.720	133.437	
R3	150	214404.536	2627571.097	132.976	
R3	160	214414.241	2627573.445	132.585	
R3	170	214423.943	2627575.907	132.413	
R3	180	214433.627	2627578.274	131.962	
R3	190	214443.322	2627580.550	131.574	
R3	200	214453.076	2627582.929	131.301	
R3	210	214462.829	2627585.312	130.967	
R3	220	214472.542	2627587.709	130.485	
R3	230	214482.304	2627590.012	130.370	
R3	240	214492.017	2627592.445	130.058	
R3	250	214501.739	2627594.813	129.687	
R3	260	214511.449	2627597.156	129.352	
R3	270	214521.103	2627599.527	129.060	
R3	280	214530.885	2627601.897	129.009	
R3	290	214540.543	2627604.292	128.760	
R3	300	214550.225	2627606.643	128.455	
R3	310	214559.957	2627608.985	128.136	
R3	320	214569.676	2627611.374	127.819	
R3	330	214579.375	2627613.932	127.413	

測線編號	里程	收方(X) E 座標	收方(Y) N 座標	地面高	備註:
R3	340	214589.085	2627616.132	127.056	
R3	350	214598.815	2627618.485	126.749	
R3	360	214608.541	2627620.822	126.145	
R3	370	214618.247	2627623.188	126.246	
R3	380	214628.022	2627625.538	125.676	
R3	390	214637.690	2627627.920	125.436	
R3	400	214647.436	2627630.293	124.958	
R3	410	214657.119	2627632.650	124.449	
R3	420	214666.813	2627634.996	124.071	
R3	430	214676.603	2627637.390	123.516	
R3	440	214686.271	2627639.758	123.104	
R3	450	214695.942	2627642.095	122.033	
R3	460	214705.760	2627644.558	122.177	
R3	470	214715.428	2627646.904	122.382	
R3	480	214725.235	2627649.135	120.530	
R3	490				深槽區
R3	500	214744.596	2627653.967	119.952	
R3	510	214754.266	2627656.313	120.974	
R3	520	214763.990	2627658.690	120.981	
R3	530	214773.719	2627661.062	120.689	
R3	540	214783.437	2627663.431	120.526	
R3	550	214793.305	2627665.749	119.679	
R3	560	214802.951	2627668.135	118.834	
R3	570	214812.500	2627670.509	120.300	
R3	580	214822.060	2627672.970	119.338	
R3	590	214832.272	2627675.323	119.398	
R3	600	214841.663	2627677.603	119.185	
R3	610	214851.557	2627680.014	119.276	
R3	620	214861.369	2627682.533	119.846	
R3	630	214870.896	2627684.720	119.942	
R3	640	214880.513	2627687.066	119.785	
R3	650	214890.320	2627689.458	119.923	
R3	660	214900.045	2627691.824	120.064	
R3	670	214909.708	2627694.183	120.174	
R3	680	214919.405	2627696.537	120.263	

測線編號	里程	收方(X) E 座標	收方(Y) N 座標	地面高	備註:
R3	690	214929.188	2627698.924	120.356	
R3	700	214938.864	2627701.285	120.871	
R3	710	214948.567	2627703.646	120.884	
R3	720	214958.281	2627706.018	120.613	
R3	730	214967.959	2627708.379	120.893	
R3	740	214977.710	2627710.748	121.032	
R3	750	214987.466	2627713.124	121.093	
R3	760	214997.208	2627715.497	121.183	
R3	770	215006.891	2627717.857	121.274	
R3	780	215016.649	2627720.229	121.356	
R3	790	215026.300	2627722.586	121.243	
R3	800	215036.072	2627724.966	121.187	
R3	810	215045.777	2627727.322	121.319	
R3	820	215055.528	2627729.707	121.045	
R3	830	215065.143	2627732.069	120.986	
R3	840	215074.918	2627734.427	120.614	
R3	850	215084.600	2627736.788	120.235	
R3	860	215094.319	2627739.155	119.391	
R3	870	215104.076	2627741.532	118.320	
R3	880	215113.755	2627743.928	119.103	
R3	890	215123.458	2627746.252	122.708	
R3	900	215133.209	2627748.639	126.011	
R3	910	215142.891	2627751.026	125.674	
R3	920	215152.651	2627753.365	126.005	
R3	930	215162.280	2627755.710	122.914	
R3	940	215172.024	2627758.084	122.989	
R3	950	215181.772	2627760.458	123.123	
R3	960	215191.550	2627762.839	123.039	
R3	970	215201.229	2627765.187	123.123	
R3	980	215210.999	2627767.576	125.560	
R3	990	215220.645	2627769.927	127.479	
R3	1000	215230.358	2627772.293	128.237	西向終點

附錄十　水質分析報告

水質分析成果

一、枯水期第一筆(102/2/21 至 102/4/22)

中環科技事業股份有限公司

樣品檢驗報告

99919379

中環科技事業股份有限公司

樣品檢驗報告

99919377

中環科技事業股份有限公司

高雄市前鎮區利民路266-3號8樓之一
TEL：(07)815-2248 FAX：(07)815-2250　報告序號：[illegible]

樣品檢驗報告

委託單位：國立雲林科技大學水土資源及防災科技研究中心　採樣時間：107年02月25日11時25分
計畫別：原水　收樣日期：107年02月26日09時20分
樣品名稱：[illegible]　報告日期：107年03月11日
樣品編號：[illegible]　案件編號：[illegible]
採樣單位：國立雲林科技大學水土資源及防災科技研究中心　聯絡人：[illegible]
採樣地點：(未提供)

檢驗項目	單位	檢驗值	分析方法	備註
大腸桿菌群	CFU/100mL	[illegible]	[illegible]	
化學需氧量	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鉛	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.00013
氰化	mg/L	[illegible]	[illegible]	
砷	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鉻	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.00034
總酚類	mg/L	[illegible]	[illegible]	
銅	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.0028
鋅	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.0011
鎘	mg/L	[illegible]	[illegible]	
總有機碳	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鎳	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.00057
鉛	mg/L	[illegible]	[illegible]	

備註：
1. 檢測方法後測檢驗之測定以"ND"表示，並註明其方法偵測極限(MDL)及單位。
2. 本檢驗報告僅產生自送樣，樣品基本資料由為客戶提供，本報告僅對該樣品負責。
3. 檢測結果表現"E+N"(N為數值)，表示科學記號，其前小數點後數字N位的乘方。

負責人：[illegible]　實驗室主任：[illegible]

第1頁(1/4)　9919378

中環科技事業股份有限公司

高雄市前鎮區利民路266-3號8樓之一
TEL：(07)815-2248 FAX：(07)815-2250　報告序號：[illegible]

樣品檢驗報告

委託單位：國立雲林科技大學水土資源及防災科技研究中心　採樣時間：107年02月26日15時35分
計畫別：原水　收樣日期：107年02月27日09時15分
樣品名稱：[illegible]　報告日期：107年03月11日
樣品編號：[illegible]　案件編號：[illegible]
採樣單位：國立雲林科技大學水土資源及防災科技研究中心　聯絡人：[illegible]
採樣地點：(未提供)

檢驗項目	單位	檢驗值	分析方法	備註
大腸桿菌群	CFU/100mL	[illegible]	[illegible]	
化學需氧量	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鉛	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.00013
氰化	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.0006
砷	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鉻	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.00034
總酚類	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.0013
銅	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.0028
鋅	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.0011
鎘	mg/L	[illegible]	[illegible]	
總有機碳	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鎳	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.00057
鉛	mg/L	[illegible]	[illegible]	

備註：
1. 檢測方法後測檢驗之測定以"ND"表示，並註明其方法偵測極限(MDL)及單位。
2. 本檢驗報告僅產生自送樣，樣品基本資料由為客戶提供，本報告僅對該樣品負責。
3. 檢測結果表現"E+N"(N為數值)，表示科學記號，其前小數點後數字N位的乘方。

負責人：[illegible]　實驗室主任：[illegible]

第2頁(2/2)　9919373

中環科技事業股份有限公司

高雄市苓雅區新興路[illegible]號[illegible]樓之一
TEL：(07)815-2248 FAX：(07)815-2250　報告序號：[illegible]

樣品檢驗報告

委託單位：	[illegible]	採樣時間：	102年03月14日11時30分
行業別：	學校	收樣日期：	102年03月15日09時30分
樣品名稱：	[illegible]	報告日期：	102年03月21日
樣品編號：	[illegible]	案件編號：	[illegible]
採樣單位：	[illegible]	聯絡人：	黃明山
採樣地點：	高雄縣竹山鎮		

檢驗項目	單位	檢驗值	分析方法	備註
大腸桿菌群	CFU/100mL	[illegible]	[illegible]	
化學需氧量	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=[illegible]
鉛	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=[illegible]
氰化	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=[illegible]
砷	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=[illegible]
鎘	mg/L	[illegible]	[illegible]	
總鉻濃度	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鉻	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=[illegible]
銅	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=[illegible]
鋅	mg/L	[illegible]	[illegible]	
總有機碳	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鎳	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=[illegible]
硫	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=[illegible]

備　註：
1. 檢測方法後附檢驗之測定記錄表示，並註明其方法偵測極限(MDL)及單位。
2. 本報告為委託單位自行採樣，樣品基本資料均為客戶提供，本報告僅對採樣品負責。
3. 特別交代：「本研究所僅為本專題研究用途。」

負責人：　實驗室主任：陳明欣

第1頁(共1頁)　9919735

中環科技事業股份有限公司

高雄市苓雅區新興路[illegible]號[illegible]樓之一
TEL：(07)815-2248 FAX：(07)815-2250　報告序號：[illegible]

樣品檢驗報告

委託單位：	[illegible]	採樣時間：	102年02月25日10時20分
行業別：	學校	收樣日期：	102年02月26日09時20分
樣品名稱：	[illegible]	報告日期：	102年03月11日
樣品編號：	[illegible]	案件編號：	[illegible]
採樣單位：	[illegible]	聯絡人：	黃明山
採樣地點：	[illegible]		

檢驗項目	單位	檢驗值	分析方法	備註
大腸桿菌群	CFU/100mL	[illegible]	[illegible]	
化學需氧量	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鉛	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=[illegible]
氰化	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=[illegible]
砷	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鎘	mg/L	[illegible]	[illegible]	
總鉻濃度	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鉻	mg/L	[illegible]	[illegible]	
銅	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鋅	mg/L	[illegible]	[illegible]	
總有機碳	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鎳	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=[illegible]
硫	mg/L	[illegible]	[illegible]	

備　註：
1. 檢測方法後附檢驗之測定記錄表示，並註明其方法偵測極限(MDL)及單位。
2. 本報告為委託單位自行採樣，樣品基本資料均為客戶提供，本報告僅對採樣品負責。
3. 檢測項目此處「SS」(懸浮物)，其所用濾膜1.2微米，濾後烘乾溫度=105±5℃。

負責人　實驗室主任：

第2頁(共2頁)　9919375

中環科技事業股份有限公司

高雄市前鎮區新衙路285-8號5樓之一
TEL：(07)815-2248 FAX：(07)815-2250　報告序號：[illegible]

樣品檢驗報告

委託單位：國立屏東科技大學水土資源及防災科技研究中心　採樣時間：102年04月27日14時50分
行業別：學校　收樣日期：102年04月29日09時45分
樣品名稱：FT　報告日期：102年05月08日
樣品編號：NMC1020174-02　案件編號：NMC1020174
採樣單位：國立屏東科技大學水土資源及防災科技研究中心　聯絡人：李明山
採樣地點：(未提供)

檢驗項目	單位	檢驗值	分析方法	備註
大腸桿菌群	CFU/100mL	[illegible]	NIEA [illegible]	
化學需氧量	mg/L	[illegible]	NIEA [illegible]	MDL=1.5
鉛	mg/L	[illegible]	NIEA [illegible]	MDL=0.00013
氰化	mg/L	[illegible]	NIEA [illegible]	MDL=0.0006
鉻	mg/L	[illegible]	NIEA [illegible]	MDL=0.00025
銅	mg/L	[illegible]	NIEA [illegible]	
硝酸鹽氮	mg/L	[illegible]	NIEA [illegible]	
鋅	mg/L	[illegible]	NIEA [illegible]	MDL=0.0026
鎘	mg/L	[illegible]	NIEA [illegible]	MDL=0.0011
鎳	mg/L	[illegible]	NIEA [illegible]	
總有機碳	mg/L	[illegible]	NIEA [illegible]	
鉛	mg/L	[illegible]	NIEA [illegible]	MDL=0.00017
銅	mg/L	[illegible]	NIEA [illegible]	

備註：
1. 檢驗方法後附檢測之測定以"ND"表示，並註明其方法偵測極限(MDL)及單位。
2. 本報告僅為客戶自行送樣，樣品基本資料均為客戶提供，本報告僅對該樣品負責。
3. 檢測值若出現"E/N"(N為數值)，表示該檢值，其前二位有效數字×10的N次方。
4. 工廠名稱：「土壤污染地下水調查管理系統」專用報告書。

負責人：　實驗室主任：

第頁(2/2)　9921103

中環科技事業股份有限公司

高雄市前鎮區新衙路285-8號5樓之一
TEL：(07)815-2248 FAX：(07)815-2250　報告序號：[illegible]

樣品檢驗報告

委託單位：國立屏東科技大學水土資源及防災科技研究中心　採樣時間：102年02月25日17時20分
行業別：學校　收樣日期：102年02月26日09時20分
樣品名稱：FT　報告日期：102年03月11日
樣品編號：NMC1020082-03　案件編號：NMC1020082
採樣單位：國立屏東科技大學水土資源及防災科技研究中心　聯絡人：李明山
採樣地點：(未提供)

檢驗項目	單位	檢驗值	分析方法	備註
大腸桿菌群	CFU/100mL	[illegible]	NIEA [illegible]	
化學需氧量	mg/L	[illegible]	NIEA [illegible]	MDL=1.5
鉛	mg/L	[illegible]	NIEA [illegible]	MDL=0.00013
氰化	mg/L	[illegible]	NIEA [illegible]	MDL=0.0006
鉻	mg/L	[illegible]	NIEA [illegible]	
銅	mg/L	[illegible]	NIEA [illegible]	
硝酸鹽氮	mg/L	[illegible]	NIEA [illegible]	
鋅	mg/L	[illegible]	NIEA [illegible]	
鎘	mg/L	[illegible]	NIEA [illegible]	
鎳	mg/L	[illegible]	NIEA [illegible]	
總有機碳	mg/L	[illegible]	NIEA [illegible]	
鉛	mg/L	[illegible]	NIEA [illegible]	MDL=0.00017
銅	mg/L	[illegible]	NIEA [illegible]	

備註：
1. 檢驗方法後附檢測之測定以"ND"表示，並註明其方法偵測極限(MDL)及單位。
2. 本報告僅為客戶自行送樣，樣品基本資料均為客戶提供，本報告僅對該樣品負責。
3. 檢測值若出現"E/N"(N為數值)，表示該檢值，其前二位有效數字×10的N次方。

負責人：　實驗室主任：

第頁(3/4)　9919376

中環科技事業股份有限公司

高雄市前鎮區新衙路285-8號8樓之一
TEL：(07)815-7248 FAX：(07)815-7250 報告序號：[illegible]

樣品檢驗報告

委託單位：[illegible]　採樣時間：102年04月16日11時30分
計畫別：學校　收樣日期：102年04月17日09時20分
樣品名稱：[illegible]　報告日期：102年04月27日
樣品編號：[illegible]　案件編號：[illegible]
採樣單位：[illegible]　聯絡人：[illegible]
採樣地點：(未提供)

檢驗項目	單位	檢驗量	分析方法	備註
大腸桿菌群	CFU/100mL	[illegible]	[illegible]	
化學需氧量	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鉛	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.00013
氨氮	mg/L	[illegible]	[illegible]	
砷	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鎘	mg/L	[illegible]	[illegible]	
總懸浮固體	mg/L	[illegible]	[illegible]	
銅	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.0028
鎳	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.0011
鋅	mg/L	[illegible]	[illegible]	
總有機碳	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鉻	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.00037
硒	mg/L	[illegible]	[illegible]	

備註：
1. 低於方法偵測極限之測定以"ND"表示，並以括號方法偵測極限(MDL)為單位。
2. 本樣品係由客戶自行採樣，樣品基本資料均為客戶提供，本報告僅對該樣品負責。
3. 檢測後原始碳"E10"(3為數值)，表示該測值=原值(小於有效數字x10的5次方)。

負責人：　實驗室主任：

第1(1/1)頁　9920926

中環科技事業股份有限公司

高雄市前鎮區新衙路285-8號8樓之一
TEL：(07)815-7248 FAX：(07)815-7250 報告序號：[illegible]

樣品檢驗報告

委託單位：[illegible]　採樣時間：102年04月22日12時20分
計畫別：學校　收樣日期：102年04月23日09時45分
樣品名稱：[illegible]　報告日期：102年05月08日
樣品編號：[illegible]　案件編號：[illegible]
採樣單位：[illegible]　聯絡人：[illegible]
採樣地點：(未提供)

檢驗項目	單位	檢驗量	分析方法	備註
大腸桿菌群	CFU/100mL	[illegible]	[illegible]	
化學需氧量	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鉛	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.00013
氨氮	mg/L	[illegible]	[illegible]	
砷	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鎘	mg/L	[illegible]	[illegible]	
總懸浮固體	mg/L	[illegible]	[illegible]	
銅	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.0028
鎳	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.0011
鋅	mg/L	[illegible]	[illegible]	
總有機碳	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鉻	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.00037
硒	mg/L	[illegible]	[illegible]	

備註：
1. 低於方法偵測極限之測定以"ND"表示，並以括號方法偵測極限(MDL)為單位。
2. 本樣品係由客戶自行採樣，樣品基本資料均為客戶提供，本報告僅對該樣品負責。
3. 檢測後原始碳"E10"(3為數值)，表示該測值=原值(小於有效數字x10的5次方)。
4. 工廠名稱：「高竹資源回收工業區聯合廢棄物處理場」，委託編碼計畫。

負責人：　實驗室主任：

第1(1/2)頁　9921104

二、枯水期第二筆(102/4/28 至 102/4/29)

中環科技事業股份有限公司

樣品檢驗報告

中環科技事業股份有限公司

樣品檢驗報告

中環科技事業股份有限公司

高雄市前鎮區新和路286-8號8樓之一
TEL：(07)815-2248 FAX：(07)815-2250　報告序號：[illegible]

樣品檢驗報告

委託單位：國立雲林科技大學水土資源及防災科技研究中心　採樣時間：102年04月28日14時50分
行業別：學校　收樣日期：102年04月29日09時49分
樣品名稱：[illegible]　報告日期：102年05月13日
樣品編號：[illegible]　案件編號：[illegible]
採樣單位：國立雲林科技大學水土資源及防災科技研究中心　聯絡人：[illegible]
採樣地點：(未提供)

檢驗項目	單位	檢驗值	分析方法	備註
大腸桿菌群	(CFU/100mL)	[illegible]	[illegible]	
化學需氧量	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鉛	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.00013
氨氮	mg/L	[illegible]	[illegible]	
砷	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鎘	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.00018
硝酸鹽氮	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.0013
銅	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.0028
鋅	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.0011
鉻	mg/L	[illegible]	[illegible]	
總有機碳	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鎳	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.00057
鐵	mg/L	[illegible]	[illegible]	

備註：
1. 檢驗方法後附檢驗之附錄說明"MDL"表示，表示檢測方法後附檢驗值(MDL)為單位。
2. 本報告僅為客戶自行送樣，樣品基本資料均為客戶提供，本報告僅對檢驗結果負責。
3. 檢測儀器名稱"E-N"(N為數值)，表示儀器編號，其前二位為流水號，第三位為數字=2040年之年。
4. 本報告編號：「表明當地地下水源受污染調查規劃」專案調查計畫。

負責人：　實驗室主任：潘利民

第2/5頁　9921163

中環科技事業股份有限公司

高雄市前鎮區新和路286-8號8樓之一
TEL：(07)815-2248 FAX：(07)815-2250　報告序號：[illegible]

樣品檢驗報告

委託單位：國立雲林科技大學水土資源及防災科技研究中心　採樣時間：102年04月28日14時43分
行業別：學校　收樣日期：102年04月29日09時49分
樣品名稱：[illegible]　報告日期：102年05月13日
樣品編號：[illegible]　案件編號：[illegible]
採樣單位：國立雲林科技大學水土資源及防災科技研究中心　聯絡人：[illegible]
採樣地點：(未提供)

檢驗項目	單位	檢驗值	分析方法	備註
大腸桿菌群	(CFU/100mL)	[illegible]	[illegible]	
化學需氧量	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鉛	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.00013
氨氮	mg/L	[illegible]	[illegible]	
砷	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鎘	mg/L	[illegible]	[illegible]	
硝酸鹽氮	mg/L	[illegible]	[illegible]	
銅	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.0028
鋅	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.0011
鉻	mg/L	[illegible]	[illegible]	
總有機碳	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鎳	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.00057
鐵	mg/L	[illegible]	[illegible]	

備註：
1. 檢驗方法後附檢驗之附錄說明"MDL"表示，表示檢測方法後附檢驗值(MDL)為單位。
2. 本報告僅為客戶自行送樣，樣品基本資料均為客戶提供，本報告僅對檢驗結果負責。
3. 檢測儀器名稱"E-N"(N為數值)，表示儀器編號，其前二位為流水號，第三位為數字=2040年之年。
4. 本報告編號：「表明當地地下水源受污染調查規劃」專案調查計畫。

負責人：　實驗室主任：潘利民

第4/5頁　9921230

中環科技事業股份有限公司

高雄市前鎮區新和路285-8號8樓之一
TEL：(07)813-2348 FAX：(07)813-2350　報告序號：Z3020179

樣品檢驗報告

委託單位：國立雲林科技大學水土資源及防災科技研究中心　採樣時間：102年04月29日17時10分
行業別：學校　收樣日期：102年04月30日09時20分
樣品名稱：N5　報告日期：102年05月13日
樣品編號：NN5102020401　案件編號：NN5102020401
採樣單位：國立雲林科技大學水土資源及防災科技研究中心　聯絡人：李明山
採樣地點：（未提供）

檢驗項目	單位	檢驗值	分析方法	備註
大腸桿菌群	CFU/100mL	[illegible]	[illegible]	
化學需氧量	mg/L	1.7	NIEA M515.74C	
鉻	mg/L	[illegible]	NIEA M108.51A	MDL:0.00011
氰化物	mg/L	[illegible]	NIEA M401.52C	MDL:0.0006
砷	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL:0.00020
鎘	mg/L	[illegible]	[illegible]	
硝酸盐氮	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鋅	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL:0.0038
銅	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL:0.0011
鎳	mg/L	[illegible]	[illegible]	
總有機碳	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鉛	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL:0.00017
鉻	mg/L	[illegible]	[illegible]	

備註：
1. 凡於方法檢測極限之測定以"ND"表示，並註明其方法偵測極限值(MDL)及單位。
2. 本樣品係由客戶自行採樣，樣品基本資料均為客戶提供，本報告僅對該樣品負責。
3. 檢測報告表現"E-N"（N為數值），表示檢測值=其前二位有效數字×10的N次方。
4. 上限名稱：「本所實驗室地下水溶解污染調查規範」，環境調查計畫。

負責人：　實驗室主任：

第1頁(1/1)　9921228

中環科技事業股份有限公司

高雄市前鎮區新和路285-8號8樓之一
TEL：(07)813-2348 FAX：(07)813-2350　報告序號：Z3020179

樣品檢驗報告

委託單位：國立雲林科技大學水土資源及防災科技研究中心　採樣時間：102年04月29日17時10分
行業別：學校　收樣日期：102年04月30日09時20分
樣品名稱：N5　報告日期：102年05月13日
樣品編號：NN5102020401　案件編號：NN5102020401
採樣單位：國立雲林科技大學水土資源及防災科技研究中心　聯絡人：李明山
採樣地點：（未提供）

檢驗項目	單位	檢驗值	分析方法	備註
大腸桿菌群	CFU/100mL	[illegible]	[illegible]	
化學需氧量	mg/L	1.8	NIEA M515.74C	
鉻	mg/L	[illegible]	NIEA M108.51A	MDL:0.00011
氰化物	mg/L	[illegible]	[illegible]	
砷	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鎘	mg/L	[illegible]	[illegible]	
硝酸盐氮	mg/L	[illegible]	[illegible]	
銅	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL:0.0028
鎳	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL:0.0011
鋅	mg/L	[illegible]	[illegible]	
總有機碳	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鉛	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL:0.00017
鉻	mg/L	[illegible]	[illegible]	

備註：
1. 凡於方法檢測極限之測定以"ND"表示，並註明其方法偵測極限值(MDL)及單位。
2. 本樣品係由客戶自行採樣，樣品基本資料均為客戶提供，本報告僅對該樣品負責。
3. 檢測報告表現"E-N"（N為數值），表示檢測值=其前二位有效數字×10的N次方。
4. 上限名稱：「本所實驗室地下水溶解污染調查規範」，環境調查計畫。

負責人：　實驗室主任：

第2頁(2/2)　9921224

中環科技事業股份有限公司

高雄市前鎮區新衙路250 8號8樓之一
TEL：(07)813-2248 FAX：(07)813-2250　報告序號：ZT020565

樣品檢驗報告

委託單位：國立雲林科技大學水土資源及防災科技研究中心　採樣時間：102年04月29日10時30分
付 款 別：學校　收樣日期：102年04月29日09時45分
樣品名稱：H1　報告日期：102年05月13日
樣品編號：NKI1020107-03　案件編號：NKI1020107
採樣單位：國立雲林科技大學水土資源及防災科技研究中心　聯 絡 人：李明山
採樣地點：（未提供）

檢驗項目	單位	檢驗值	分析方法	備註
大腸桿菌群	CFU/100mL	[illegible]	[illegible]	
化學需氧量	mg/L	1.1	NIEA W515.54A	
汞	mg/L	[illegible]	NIEA M200.53A	MDL=0.00013
氰化	mg/L	[illegible]	NIEA M401.[illegible]	MDL=0.0050
砷	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.00025
鉻	mg/L	[illegible]	[illegible]	
硝酸鹽氮	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鈣	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鎂	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.0011
鉛	mg/L	[illegible]	[illegible]	
硫酸鹽	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鎘	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.00027
鉻	mg/L	[illegible]	NIEA M317.[illegible]	

備　註：
1. 檢驗方法後面括號內之測定以"N/A"表示，表示測定方法後面括號內值(MDL)為單位。
2. 本樣品係由客戶自行採樣，樣品基本資料均為客戶提供，本報告僅對該樣品負責。
3. 檢測結果表示值，"E-N"（N為數值），表示該測值=原值×10的負N次方。
4. 小數點後：「表示當地地下水法開發標準規範，參照標準計畫。

負責人：　實驗室主任：潘利佳

第1頁(共3頁)　5921231

中環科技事業股份有限公司

高雄市前鎮區新衙路250 8號8樓之一
TEL：(07)813-2248 FAX：(07)813-2250　報告序號：ZT020574

樣品檢驗報告

委託單位：國立雲林科技大學水土資源及防災科技研究中心　採樣時間：102年04月29日14時45分
付 款 別：學校　收樣日期：102年04月30日09時20分
樣品名稱：F2　報告日期：102年05月13日
樣品編號：NKI1020204-03　案件編號：NKI1020204
採樣單位：國立雲林科技大學水土資源及防災科技研究中心　聯 絡 人：李明山
採樣地點：（未提供）

檢驗項目	單位	檢驗值	分析方法	備註
大腸桿菌群	CFU/100mL	[illegible]	[illegible]	
化學需氧量	mg/L	1.1	NIEA W515.54A	
汞	mg/L	[illegible]	NIEA M200.53A	MDL=0.00013
氰化	mg/L	[illegible]	[illegible]	
砷	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鉻	mg/L	[illegible]	[illegible]	
硝酸鹽氮	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鈣	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鎂	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鉛	mg/L	[illegible]	[illegible]	
硫酸鹽	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鎘	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.00027
鉻	mg/L	[illegible]	NIEA M317.[illegible]	

備　註：
1. 檢驗方法後面括號內之測定以"N/A"表示，表示測定方法後面括號內值(MDL)為單位。
2. 本樣品係由客戶自行採樣，樣品基本資料均為客戶提供，本報告僅對該樣品負責。
3. 檢測結果表示值，"E-N"（N為數值），表示該測值=原值×10的負N次方。
4. 小數點後：「表示當地地下水法開發標準規範，參照標準計畫。

負責人：　實驗室主任：潘利佳

第1頁(共3頁)　5921226

中環科技事業股份有限公司

高雄市前鎮區新衙路280-8號8樓之一
TEL：(07)815-2248 FAX：(07)815-2750　報告序號：[illegible]

樣品檢驗報告

委託單位：國立雲林科技大學水土資源及防災科技研究中心　採樣時間：[illegible]
行業別：學校　收樣日期：[illegible]
樣品名稱：[illegible]　報告日期：[illegible]
樣品編號：[illegible]　案件編號：[illegible]
採樣單位：國立雲林科技大學水土資源及防災科技研究中心　聯絡人：[illegible]
採樣地點：(未提供)

檢驗項目	單位	檢驗值	分析方法	備註
大腸桿菌群	CFU/100mL	[illegible]	[illegible]	
化學需氧量	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL:1.1
鎘	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL:0.00013
氰化物	mg/L	[illegible]	[illegible]	
砷	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL:0.00025
鉻	mg/L	[illegible]	[illegible]	
六價鉻	mg/L	[illegible]	[illegible]	
銅	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL:0.0028
鋅	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL:0.0011
鎳	mg/L	[illegible]	[illegible]	
總有機碳	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鉛	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL:0.00037
汞	mg/L	[illegible]	[illegible]	

備註：
1. 依行政院環保署之規定以"ND"表示，並註明其方法偵測極限(MDL)及單位。
2. 本報告所檢測樣品為自行送樣，僅以委託單位所提供之樣品為準，本報告僅對該樣品負責。
3. 檢測儀器名稱"F/S"(冷凍數據)：表示該測儀器用二位有效數字以四捨五入。
4. 本報告編：「表示當地地下水源受污染之規劃」，委託調查計畫。

簽章人：　實驗室主任：

第頁(2/3)　5921227

中環科技事業股份有限公司

高雄市前鎮區新衙路280-8號8樓之一
TEL：(07)815-2248 FAX：(07)815-2750　報告序號：[illegible]

樣品檢驗報告

委託單位：國立雲林科技大學水土資源及防災科技研究中心　採樣時間：[illegible]
行業別：學校　收樣日期：[illegible]
樣品名稱：[illegible]　報告日期：[illegible]
樣品編號：[illegible]　案件編號：[illegible]
採樣單位：國立雲林科技大學水土資源及防災科技研究中心　聯絡人：[illegible]
採樣地點：(未提供)

檢驗項目	單位	檢驗值	分析方法	備註
大腸桿菌群	CFU/100mL	[illegible]	[illegible]	
化學需氧量	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鎘	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL:0.00013
氰化物	mg/L	[illegible]	[illegible]	
砷	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鉻	mg/L	[illegible]	[illegible]	
六價鉻	mg/L	[illegible]	[illegible]	
銅	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL:0.0028
鋅	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL:0.0011
鎳	mg/L	[illegible]	[illegible]	
總有機碳	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鉛	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL:0.00037
汞	mg/L	[illegible]	[illegible]	

備註：
1. 依行政院環保署之規定以"ND"表示，並註明其方法偵測極限(MDL)及單位。
2. 本報告所檢測樣品為自行送樣，僅以委託單位所提供之樣品為準，本報告僅對該樣品負責。
3. 檢測儀器名稱"F/S"(冷凍數據)：表示該測儀器用二位有效數字以四捨五入。
4. 本報告編：「表示當地地下水源受污染之規劃」，委託調查計畫。

簽章人：　實驗室主任：

第頁(1/3)　9921164

三、豐水期第一筆(102/5/29 至 102/5/30)

中環科技事業股份有限公司

樣品檢驗報告

9922711

中環科技事業股份有限公司

樣品檢驗報告

9922562

中環科技事業股份有限公司

高雄市前鎮區新光路288 [illegible]之一
TEL：(07)815-7248 FAX：(07)815-7250 報告序號：[illegible]

樣品檢驗報告

委託單位：[illegible] 採樣時間：[illegible]
行 業 別：學校 收樣日期：[illegible]
樣品名稱：[illegible] 報告日期：[illegible]
樣品編號：[illegible] 案件編號：[illegible]
採樣單位：[illegible] 聯 絡 人：[illegible]
採樣地點：[illegible]

檢驗項目	單位	檢驗值	分析方法	備註
大腸桿菌群	CFU/100mL	[illegible]	[illegible]	
化學需氧量	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=1.5
[illegible]	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.00013
氨氮	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.0096
[illegible]	mg/L	[illegible]	[illegible]	
[illegible]	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.00034
硝酸鹽氮	mg/L	[illegible]	[illegible]	
[illegible]	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.0028
[illegible]	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.0011
[illegible]	mg/L	[illegible]	[illegible]	
總磷酸鹽	mg/L	[illegible]	[illegible]	
[illegible]	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.00017
[illegible]	mg/L	[illegible]	[illegible]	

備 註：
1. 檢驗方法後括號內之數字以"MDL"表示，其結果方法偵測極限值(MDL)為單位。
2. 本樣品為由客戶自行採樣，樣品基本資料均為客戶提供，本報告僅對該樣品負責。
3. 檢測項目之後"E-N"(N為數值)，表示該檢測項目之小位有效數字=N的5次方。
4. 本報告稿，「資料產製流程管理辦法」辦理。

負責人：

實驗室主任：沒青燕代

第 [illegible](1/5)

9922566

中環科技事業股份有限公司

高雄市前鎮區新光路288 [illegible]之一
TEL：(07)815-7248 FAX：(07)815-7250 報告序號：[illegible]

樣品檢驗報告

委託單位：[illegible] 採樣時間：[illegible]
行 業 別：學校 收樣日期：[illegible]
樣品名稱：[illegible] 報告日期：[illegible]
樣品編號：[illegible] 案件編號：[illegible]
採樣單位：[illegible] 聯 絡 人：[illegible]
採樣地點：[illegible]

檢驗項目	單位	檢驗值	分析方法	備註
大腸桿菌群	CFU/100mL	[illegible]	[illegible]	
化學需氧量	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=1.5
[illegible]	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.00013
氨氮	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.0096
[illegible]	mg/L	[illegible]	[illegible]	
[illegible]	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.00034
硝酸鹽氮	mg/L	[illegible]	[illegible]	
[illegible]	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.0028
[illegible]	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.0011
[illegible]	mg/L	[illegible]	[illegible]	
總磷酸鹽	mg/L	[illegible]	[illegible]	
[illegible]	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.00017
[illegible]	mg/L	[illegible]	[illegible]	

備 註：
1. 檢驗方法後括號內之數字以"MDL"表示，其結果方法偵測極限值(MDL)為單位。
2. 本樣品為由客戶自行採樣，樣品基本資料均為客戶提供，本報告僅對該樣品負責。
3. 檢測項目之後"E-N"(N為數值)，表示該檢測項目之小位有效數字=N的5次方。
4. 本報告稿，「資料產製流程管理辦法」辦理。

負責人：

實驗室主任：沒青燕代

第 [illegible](3/5)

9922564

中環科技事業股份有限公司

高雄市前鎮區新衙路288-8號8樓之一
TEL：(07)815-2248 FAX：(07)815-2250　報告序號：FT020020

樣品檢驗報告

委託單位：國立雲林科技大學水土資源及防災科技研究中心　採樣時間：102年03月20日10時45分
行業別：學校　收樣日期：102年03月21日09時30分
樣品名稱：河　報告日期：102年03月11日
樣品編號：3M1020200-01　案件編號：3M1020200
採樣單位：國立雲林科技大學水土資源及防災科技研究中心　聯絡人：秦明山
採樣地點：竹山

檢驗項目	單位	檢驗值	分析方法	備註
大腸桿菌群	CFU/100mL	[illegible]	[illegible]	
化學需氧量	mg/L	ND	[illegible]	MDL:1.5
鎘	mg/L	<0.0004	[illegible]	
氯乙烯	mg/L	ND	[illegible]	MDL:0.0006
砷	mg/L	<0.0039	[illegible]	
鉻	mg/L	ND	[illegible]	MDL:0.00034
硝酸氮氮	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鋅	mg/L	ND	[illegible]	MDL:0.0028
銅	mg/L	ND	[illegible]	MDL:0.0011
鎳	mg/L	[illegible]	[illegible]	
總有機碳	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鉛	mg/L	ND	[illegible]	MDL:0.00051
硒	mg/L	ND	[illegible]	MDL:0.0024

備　註：
1. 以符合法規規格限之測定值"ND"表示，並註明其方法偵測極限值(MDL)為單位。
2. 本報告僅針對客戶自行送樣，樣品基本資料均為客戶提供，本報告僅對該樣品負責。
3. 檢測值若出現"E+E"(科學數值)，表示該測值是有二位有效數字x10的N次方。
4. 工廠名稱：「高竹雲林地下水污染防治調查計劃」專案編碼計畫。

負責人：　實驗室主任：

第次(1/5)　9922713

中環科技事業股份有限公司

高雄市前鎮區新衙路288-8號8樓之一
TEL：(07)815-2248 FAX：(07)815-2250　報告序號：FT020020

樣品檢驗報告

委託單位：國立雲林科技大學水土資源及防災科技研究中心　採樣時間：102年03月20日15時45分
行業別：學校　收樣日期：102年03月21日09時30分
樣品名稱：地　報告日期：102年03月11日
樣品編號：3M1020200-01　案件編號：3M1020200
採樣單位：國立雲林科技大學水土資源及防災科技研究中心　聯絡人：秦明山
採樣地點：竹山

檢驗項目	單位	檢驗值	分析方法	備註
大腸桿菌群	CFU/100mL	[illegible]	[illegible]	
化學需氧量	mg/L	ND	[illegible]	MDL:1.5
鎘	mg/L	<0.0004	[illegible]	
氯乙烯	mg/L	[illegible]	[illegible]	
砷	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鉻	mg/L	ND	[illegible]	MDL:0.00034
硝酸氮氮	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鋅	mg/L	[illegible]	[illegible]	
銅	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鎳	mg/L	[illegible]	[illegible]	
總有機碳	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鉛	mg/L	ND	[illegible]	MDL:0.00051
硒	mg/L	[illegible]	[illegible]	

備　註：
1. 以符合法規規格限之測定值"ND"表示，並註明其方法偵測極限值(MDL)為單位。
2. 本報告僅針對客戶自行送樣，樣品基本資料均為客戶提供，本報告僅對該樣品負責。
3. 檢測值若出現"E+E"(科學數值)，表示該測值是有二位有效數字x10的N次方。
4. 工廠名稱：「高竹雲林地下水污染防治調查計劃」專案編碼計畫。

負責人：　實驗室主任：

第次(2/5)　9922710

中環科技事業股份有限公司

高雄市前鎮區新開路255-8號8樓之一
TEL：(07)815-2248 FAX：(07)815-2250 報告序號：ET020011

樣品檢驗報告

委託單位：國立雲林科技大學水土資源及防災科技研究中心　採樣時間：102年05月29日13時35分
行業別：學校　收樣日期：102年05月30日08時29分
樣品名稱：[illegible]　報告日期：102年06月07日
樣品編號：SWC1020289-02　案件編號：SWC1020289
採樣單位：國立雲林科技大學水土資源及防災科技研究中心　聯絡人：李明山
採樣地點：二水、五間

檢驗項目	單位	檢驗值	分析方法	備註
大腸桿菌群	CFU/100mL	[illegible]	[illegible]	
化學需氧量	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL-1.5
氨	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL-0.00013
氨氮	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL-0.0056
砷	mg/L	[illegible]	[illegible]	
硼	mg/L	[illegible]	[illegible]	
硝酸鹽氮	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鉛	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL-0.0028
鉻	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL-0.0011
鎳	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL-0.00041
總有機碳	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鎘	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL-0.00017
鐵	mg/L	[illegible]	[illegible]	

備註：
1. 抵於方法偵測極限之測定以"ND"表示，並註明其方法偵測極限值(MDL)及單位。
2. 本樣品係由客戶自行送樣，樣品基本資料均為客戶提供，本報告僅對該樣品負責。
3. 檢測值若出現"E/V"(N為數值)，表示該測值，其前二位有效數字=10的N次方。
4. 工程意義：「是否當地地下水源開發調查規劃」，委託服務計畫。

負責人：　實驗室主任：洪菁燕代

重次(2/5)　9922565

中環科技事業股份有限公司

高雄市前鎮區新開路255-8號8樓之一
TEL：(07)815-2248 FAX：(07)815-2250 報告序號：ET020020

樣品檢驗報告

委託單位：國立雲林科技大學水土資源及防災科技研究中心　採樣時間：102年05月30日16時45分
行業別：學校　收樣日期：102年05月31日08時39分
樣品名稱：[illegible]　報告日期：102年06月11日
樣品編號：SWC1020290-01　案件編號：SWC1020290
採樣單位：國立雲林科技大學水土資源及防災科技研究中心　聯絡人：李明山
採樣地點：[illegible]

檢驗項目	單位	檢驗值	分析方法	備註
大腸桿菌群	CFU/100mL	[illegible]	[illegible]	
化學需氧量	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL-1.5
氨	mg/L	[illegible]	[illegible]	
氨氮	mg/L	[illegible]	[illegible]	
砷	mg/L	[illegible]	[illegible]	
硼	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL-0.00034
硝酸鹽氮	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鉛	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鉻	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL-0.0011
鎳	mg/L	[illegible]	[illegible]	
總有機碳	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鎘	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL-0.00017
鐵	mg/L	[illegible]	[illegible]	

備註：
1. 抵於方法偵測極限之測定以"ND"表示，並註明其方法偵測極限值(MDL)及單位。
2. 本樣品係由客戶自行送樣，樣品基本資料均為客戶提供，本報告僅對該樣品負責。
3. 檢測值若出現"E/V"(N為數值)，表示該測值，其前二位有效數字=10的N次方。
4. 工程意義：「是否當地地下水源開發調查規劃」，委託服務計畫。

負責人：　實驗室主任：洪菁燕代

重次(1/5)　9922709

中環科技事業股份有限公司

高雄市前鎮區和平路285-8號8樓之一
TEL：(07)815-2248 FAX：(07)815-2250 報告序號：ETE09820

樣品檢驗報告

委託單位：國立雲林科技大學水土資源及防災科技研究中心　採樣時間：102年05月30日12時20分
行業別：學校　收樣日期：102年05月31日09時20分
樣品名稱：RO　報告日期：102年06月11日
樣品編號：NM1020290-02　案件編號：NM1020290
採樣單位：國立雲林科技大學水土資源及防災科技研究中心　聯絡人：李明山
採樣地點：竹山

檢驗項目	單位	檢驗值	分析方法	備註
大腸桿菌群	CFU/100mL	[illegible]	[illegible]	
化學需氧量	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=1.5
鉻	mg/L	<0.[illegible]	[illegible]	
氰化	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.[illegible]
砷	mg/L	<0.[illegible]	[illegible]	
鎘	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.00034
硝酸盐氮	mg/L	27.[illegible]	[illegible]	
銅	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.0039
鉛	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.0011
鎳	mg/L	[illegible]	[illegible]	
總有機碳	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鋅	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.00057
硒	mg/L	[illegible]	[illegible]	

備註：
1. 檢測方法後附括號之測定以"NIT"表示，表示所選方法後附括號之(MDL)為單位。
2. 本報告僅為客戶自行送樣，樣品基本資料均為客戶提供，本報告僅對該樣品負責。
3. 檢測值若出現"TNTC"(為數值)，表示該測值>其於二倍有效數字=15的次方。
4. 上欄空白，"表示當地地下水資源調查計劃，委託檢驗計畫。

負責人：　實驗室主任：

第2頁(2/3)　9922712

中環科技事業股份有限公司

高雄市前鎮區和平路285-8號8樓之一
TEL：(07)815-2248 FAX：(07)815-2250 報告序號：ETE09811

樣品檢驗報告

委託單位：國立雲林科技大學水土資源及防災科技研究中心　採樣時間：102年05月29日13時45分
行業別：學校　收樣日期：102年05月30日09時20分
樣品名稱：RO　報告日期：102年06月07日
樣品編號：NM1020290-04　案件編號：NM1020290
採樣單位：國立雲林科技大學水土資源及防災科技研究中心　聯絡人：李明山
採樣地點：北投

檢驗項目	單位	檢驗值	分析方法	備註
大腸桿菌群	CFU/100mL	[illegible]	[illegible]	
化學需氧量	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鉻	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.00112
氰化	mg/L	[illegible]	[illegible]	
砷	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鎘	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.00034
硝酸盐氮	mg/L	[illegible]	[illegible]	
銅	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.0039
鉛	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.0011
鎳	mg/L	[illegible]	[illegible]	
總有機碳	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鋅	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.00057
硒	mg/L	[illegible]	[illegible]	

備註：
1. 檢測方法後附括號之測定以"NIT"表示，表示所選方法後附括號之(MDL)為單位。
2. 本報告僅為客戶自行送樣，樣品基本資料均為客戶提供，本報告僅對該樣品負責。
3. 檢測值若出現"TNTC"(為數值)，表示該測值>其於二倍有效數字=15的次方。
4. 上欄空白，"表示當地地下水資源調查計劃，委託檢驗計畫。

負責人：　實驗室主任：

第4頁(4/3)　9922563

三、豐水期第二筆(102/7/17 至 102/7/22)

中環科技事業股份有限公司

樣品檢驗報告

中環科技事業股份有限公司

樣品檢驗報告

中環科技事業股份有限公司

高雄市前鎮區新衙路285-8號8樓之一
TEL：(07)815-2248 FAX：(07)815-2250　報告序號：E0027847

樣品檢驗報告

委託單位：國立高雄科技大學水土資源及防災科技研究中心　採樣時間：102年07月17日13時45分
行業別：學校　收樣日期：102年07月18日09時05分
樣品名稱：93　報告日期：102年07月29日
樣品編號：NMC1020394-02　案件編號：NMC1020394
採樣單位：國立雲林科技大學水土資源及防災科技研究中心　聯絡人：朱明山
採樣地點：桃園，二水(工程名稱：「五叶宮地區下水道開發調查規劃，委託規劃計畫」)

檢驗項目	單位	檢驗值	分析方法	備註
大腸桿菌群	CFU/100mL	[illegible]	NIEA [illegible]	
化學需氧量	mg/L	3.7	NIEA [illegible]	
鉛	mg/L	ND	NIEA [illegible]	MDL=0.00013
氰化	mg/L	[illegible]	NIEA [illegible]	
砷	mg/L	[illegible]	NIEA [illegible]	
鎘	mg/L	ND	NIEA [illegible]	MDL=0.00034
六價鉻	mg/L	ND	NIEA [illegible]	MDL=0.0013
銅	mg/L	ND	NIEA [illegible]	MDL=0.0009
鋅	mg/L	ND	NIEA [illegible]	MDL=0.0011
鎳	mg/L	[illegible]	NIEA [illegible]	
總有機碳	mg/L	[illegible]	NIEA [illegible]	
鎘	mg/L	ND	NIEA [illegible]	MDL=0.00057
鉻	mg/L	[illegible]	NIEA [illegible]	

備註：
1. 檢驗方法後括號標示之測定值"ND"表示，表示檢測方法偵測極限值(MDL)為單位。
2. 本樣品係由客戶自行送檢，樣品基本資料均為客戶提供，本報告僅對檢驗品負責。

負責人：　實驗室主任：沒青慈代

頁次(2/3)　9940063

中環科技事業股份有限公司

高雄市前鎮區新衙路285-8號8樓之一
TEL：(07)815-2248 FAX：(07)815-2250　報告序號：E0027847

樣品檢驗報告

委託單位：國立雲林科技大學水土資源及防災科技研究中心　採樣時間：102年07月17日13時45分
行業別：學校　收樣日期：102年07月18日09時05分
樣品名稱：93　報告日期：102年07月29日
樣品編號：NMC1020394-04　案件編號：NMC1020394
採樣單位：國立雲林科技大學水土資源及防災科技研究中心　聯絡人：朱明山
採樣地點：五叶(工程名稱：「五叶宮地區下水道開發調查規劃，委託規劃計畫」)

檢驗項目	單位	檢驗值	分析方法	備註
大腸桿菌群	CFU/100mL	[illegible]	NIEA [illegible]	
化學需氧量	mg/L	1.7	NIEA [illegible]	
鉛	mg/L	[illegible]	NIEA [illegible]	
氰化	mg/L	ND	NIEA [illegible]	MDL=0.0006
砷	mg/L	[illegible]	NIEA [illegible]	
鎘	mg/L	ND	NIEA [illegible]	MDL=0.00034
六價鉻	mg/L	[illegible]	NIEA [illegible]	
銅	mg/L	ND	NIEA [illegible]	MDL=0.0028
鋅	mg/L	ND	NIEA [illegible]	MDL=0.0011
鎳	mg/L	[illegible]	NIEA [illegible]	
總有機碳	mg/L	[illegible]	NIEA [illegible]	
鎘	mg/L	ND	NIEA [illegible]	MDL=0.00057
鉻	mg/L	[illegible]	NIEA [illegible]	

備註：
1. 檢驗方法後括號標示之測定值"ND"表示，表示檢測方法偵測極限值(MDL)為單位。
2. 本樣品係由客戶自行送檢，樣品基本資料均為客戶提供，本報告僅對檢驗品負責。

負責人：　實驗室主任：沒青慈代

頁次(4/3)　9940061

中環科技事業股份有限公司

高雄市前鎮區新衛路285-3號8樓之一
TEL：(07)813-2248 FAX：(07)813-2250　報告序號：[illegible]

樣品檢驗報告

委託單位：[illegible]　採樣時間：102年07月22日16時15分
行業別：學校　收樣日期：102年07月23日09時15分
樣品名稱：[illegible]　報告日期：102年07月31日
樣品編號：[illegible]　案件編號：[illegible]
採樣單位：[illegible]　聯絡人：李明山
採樣地點：竹山，桃園

檢驗項目	單位	檢驗值	分析方法	備註
大腸桿菌群	CFU/100mL	<10	[illegible]	
化學需氧量	mg/L	50	[illegible]	MDL=1.5
鉛	mg/L	<0.0014	[illegible]	
氰化物	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.0008
砷	mg/L	<0.0020	[illegible]	
鎘	mg/L	<0.0010	[illegible]	
硝酸鹽氮	mg/L	2.34	[illegible]	
鉻	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.0028
銅	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.0011
鎳	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.00041
總有機碳	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鋅	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.00057
鉛	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.0016

備註：
1. 低於方法偵測極限之測定以"ND"表示，括弧內為方法偵測極限值(MDL)之單位。
2. 本樣品係由客戶自行送檢，樣品基本資料均為客戶提供，本報告僅對該樣品負責。
3. 本報告編：「屏什盆地地下水污染調查規劃」專案執行中。

負責人：　實驗室主任：

重次(6/33)　9940162

中環科技事業股份有限公司

高雄市前鎮區新衛路285-3號8樓之一
TEL：(07)813-2248 FAX：(07)813-2250　報告序號：[illegible]

樣品檢驗報告

委託單位：[illegible]　採樣時間：102年07月22日17時35分
行業別：學校　收樣日期：102年07月23日09時15分
樣品名稱：[illegible]　報告日期：102年07月31日
樣品編號：[illegible]　案件編號：[illegible]
採樣單位：[illegible]　聯絡人：李明山
採樣地點：竹山

檢驗項目	單位	檢驗值	分析方法	備註
大腸桿菌群	CFU/100mL	<10	[illegible]	
化學需氧量	mg/L	50	[illegible]	MDL=1.5
鉛	mg/L	<0.0014	[illegible]	
氰化物	mg/L	[illegible]	[illegible]	
砷	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鎘	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.00016
硝酸鹽氮	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鉻	mg/L	[illegible]	[illegible]	
銅	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.0011
鎳	mg/L	[illegible]	[illegible]	
總有機碳	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鋅	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.00057
鉛	mg/L	[illegible]	[illegible]	

備註：
1. 低於方法偵測極限之測定以"ND"表示，括弧內為方法偵測極限值(MDL)之單位。
2. 本樣品係由客戶自行送檢，樣品基本資料均為客戶提供，本報告僅對該樣品負責。
3. 本報告編：「屏什盆地地下水污染調查規劃」專案執行中。

負責人：　實驗室主任：

重次(5/5)　9940161

中環科技事業股份有限公司

高雄市前鎮區新衛路280-8號8樓之一
TEL：(07)815-2248 FAX：(07)815-2250 報告序號：[illegible]

樣品檢驗報告

委託單位：[illegible]　採樣時間：102年07月17日17時25分
行業別：學校　收樣日期：102年07月18日09時05分
樣品名稱：[illegible]　報告日期：102年07月29日
樣品編號：NWG1020304-05　案件編號：NWG1020304
採樣單位：[illegible]　聯絡人：李明山
採樣地點：[illegible]

檢驗項目	單位	檢驗值	分析方法	備註
大腸桿菌群	CFU/100mL	[illegible]	[illegible]	
化學需氧量	mg/L	1.6	[illegible]	
鉛	mg/L	ND	[illegible]	MDL=0.00013
氯氮	mg/L	[illegible]	[illegible]	
砷	mg/L	ND	[illegible]	MDL=0.00025
硼	mg/L	[illegible]	[illegible]	
硝酸鹽氮	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鉛	mg/L	ND	[illegible]	MDL=0.0028
鎳	mg/L	ND	[illegible]	MDL=0.0011
鎘	mg/L	[illegible]	[illegible]	
總有機碳	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鐵	mg/L	ND	[illegible]	MDL=0.00057
鐵	mg/L	[illegible]	[illegible]	

備註：
1. 檢驗方法後面檢驗化測定以"ND"表示，並註明其方法後面檢驗值(MDL)及單位。
2. 本樣品係由客戶自行送樣，樣品基本資料均為客戶提供，本報告僅對該樣品負責。

負責人：　實驗室主任：[illegible]

頁次(5/5)　9940060

中環科技事業股份有限公司

高雄市前鎮區新衛路280-8號8樓之一
TEL：(07)815-2248 FAX：(07)815-2250 報告序號：[illegible]

樣品檢驗報告

委託單位：[illegible]　採樣時間：102年07月22日11時45分
行業別：學校　收樣日期：102年07月23日09時15分
樣品名稱：PS　報告日期：102年07月31日
樣品編號：NWG1020403-01　案件編號：NWG1020403
採樣單位：[illegible]　聯絡人：李明山
採樣地點：[illegible]

檢驗項目	單位	檢驗值	分析方法	備註
大腸桿菌群	CFU/100mL	[illegible]	[illegible]	
化學需氧量	mg/L	ND	[illegible]	MDL=1.5
鉛	mg/L	ND	[illegible]	MDL=0.00013
氯氮	mg/L	ND	[illegible]	MDL=0.0006
砷	mg/L	[illegible]	[illegible]	
硼	mg/L	ND	[illegible]	MDL=0.00034
硝酸鹽氮	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鉛	mg/L	ND	[illegible]	MDL=0.0028
鎳	mg/L	ND	[illegible]	MDL=0.0011
鎘	mg/L	[illegible]	[illegible]	
總有機碳	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鐵	mg/L	ND	[illegible]	MDL=0.00057
鐵	mg/L	[illegible]	[illegible]	

備註：
1. 檢驗方法後面檢驗化測定以"ND"表示，並註明其方法後面檢驗值(MDL)及單位。
2. 本樣品係由客戶自行送樣，樣品基本資料均為客戶提供，本報告僅對該樣品負責。
3. 本報告係：「[illegible]」，委託服務計畫。

負責人：　實驗室主任：[illegible]

頁次(1/5)　9940165

中環科技事業股份有限公司

高雄市前鎮區新衙路[illegible]號[illegible]樓之一
TEL：(07)815-2248 FAX：(07)815-2250　報告序號：[illegible]

樣品檢驗報告

委託單位：[illegible]　採樣時間：102年07月27日17時45分
行業別：學校　收樣日期：102年07月29日09時15分
樣品名稱：[illegible]　報告日期：102年07月31日
樣品編號：NWC1020403-02　案件編號：NWC1020403
採樣單位：[illegible]　聯絡人：[illegible]
採樣地點：竹山

檢驗項目	單位	檢驗值	分析方法	備註
大腸桿菌群	CFU/100mL	[illegible]	[illegible]	
化學需氧量	mg/L	10	[illegible]	MDL=1.5
鉛	mg/L	ND	[illegible]	MDL=0.00013
氨氮	mg/L	[illegible]	[illegible]	MDL=0.0096
砷	mg/L	<0.0020	[illegible]	
鎘	mg/L	ND	[illegible]	MDL=0.00034
硝酸鹽氮	mg/L	15.6	[illegible]	
鉻	mg/L	<0.03	[illegible]	
銅	mg/L	<0.03	[illegible]	
鎳	mg/L	<0.010	[illegible]	
總有機碳	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鋅	mg/L	ND	[illegible]	MDL=0.00017
磷	mg/L	0.123	[illegible]	

備註：
1. 低於方法偵測極限之測定以"ND"表示，括號內為方法偵測極限值(MDL)及單位。
2. 本報告僅由客戶自行送檢，樣品基本資料均為客戶提供，本報告僅對檢驗結果負責。
3. 下線部分：「農田灌溉地下水污染防治辦法規劃」查核檢測計畫。

負責人：

實驗室主任：

第1頁(共1頁)　9940164

中環科技事業股份有限公司

高雄市前鎮區新衙路[illegible]號[illegible]樓之一
TEL：(07)815-2248 FAX：(07)815-2250　報告序號：[illegible]

樣品檢驗報告

委託單位：[illegible]　採樣時間：102年07月17日11時50分
行業別：學校　收樣日期：102年07月18日09時05分
樣品名稱：[illegible]　報告日期：102年07月29日
樣品編號：NWC1020304-03　案件編號：NWC1020304
採樣單位：[illegible]　聯絡人：[illegible]
採樣地點：[illegible]

檢驗項目	單位	檢驗值	分析方法	備註
大腸桿菌群	CFU/100mL	[illegible]	[illegible]	
化學需氧量	mg/L	ND	[illegible]	MDL=1.5
鉛	mg/L	ND	[illegible]	MDL=0.00013
氨氮	mg/L	[illegible]	[illegible]	
砷	mg/L	<0.0020	[illegible]	
鎘	mg/L	ND	[illegible]	MDL=0.00034
硝酸鹽氮	mg/L	<0.03	[illegible]	
銅	mg/L	ND	[illegible]	MDL=0.0006
鎳	mg/L	ND	[illegible]	MDL=0.0011
鋅	mg/L	[illegible]	[illegible]	
總有機碳	mg/L	[illegible]	[illegible]	
鋅	mg/L	ND	[illegible]	MDL=0.00017
磷	mg/L	[illegible]	[illegible]	

備註：
1. 低於方法偵測極限之測定以"ND"表示，括號內為方法偵測極限值(MDL)及單位。
2. 本報告僅由客戶自行送檢，樣品基本資料均為客戶提供，本報告僅對檢驗結果負責。

負責人：

實驗室主任：

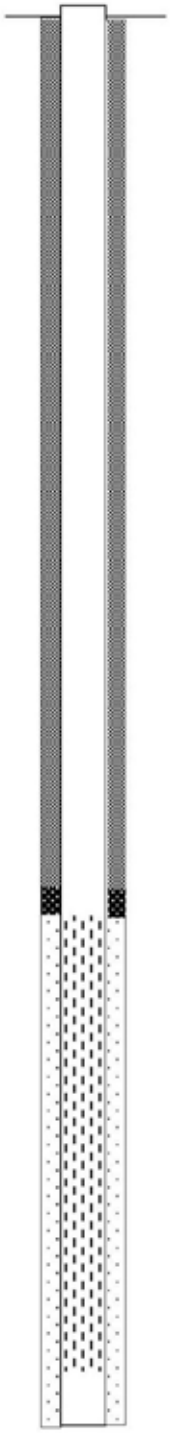
第2頁(共2頁)　9940062

附錄十一　井體構造圖

地下水水位觀測站　井體構造圖

委託單位	水利規劃試驗所	位置	215223.308	2630452.531	井頂高程	109.92M	井管口徑	φ4"
編號	MC-OB-101-1(M1)	井址					井管深度	31.3m

井管及濾水管位置



井孔及地層柱狀圖

深度(M)	地層圖	井深(M)	地面
1		0.3M	回填
2			卵礫石夾灰色
3			
4			
5			
6		6.0M	
7			卵礫石夾棕黃色
8			
9		9.0M	
10			卵礫石夾棕黃色中粗砂
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31		31.3M	
32			

水井建井資料

鑿井紀錄

一、計畫名稱：名竹盆地地下水源開發調查規劃

二、委辦機關：經濟部水利署水利規劃試驗所

三、執行單位：國立雲林科技大學

四、開鑿日期：民國102年1月21日

五、完鑿日期：民國102年1月22日

六、鑿井方法：頂擊式鑽堡

七、井管規格：4" PVC南亞管

八、濾水管規格：4" PVC南亞管SLOT2mm

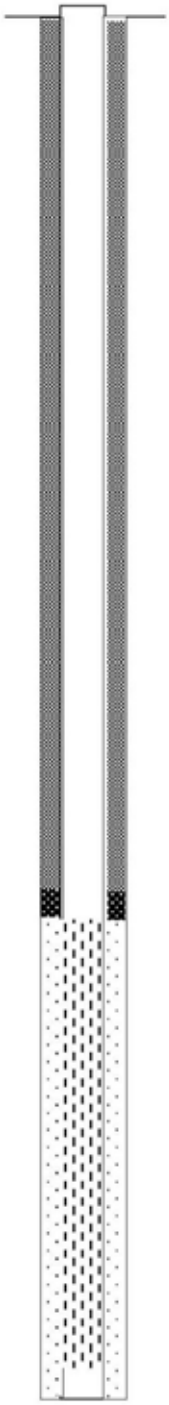
圖例

濾管	
井管	
水泥漿	
濾料	
皂土	

地下水水位觀測站　井體構造圖

委託單位	水利規劃試驗所	位置	212955.074	2630841.858	井頂高程	96.223M	井管口徑	φ4"
編號	MC-OB-101-2(M2)	井址					井管深度	30.6m

井管及濾水管位置



井孔及地層柱狀圖

深度(M)	地層圖	井深(M)	地層概述
1			地　面
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			卵礫石夾灰色
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15		15.6M	
16			卵礫石夾棕黃色中粗砂
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31		30.6M	
32			

水井建井資料

鑿井紀錄

一、計畫名稱：名竹盆地地下水源開發調查規劃

二、委辦機關：經濟部水利署水利規劃試驗所

三、執行單位：國立雲林科技大學

四、開鑿日期：民國102年2月21日

五、完鑿日期：民國102年2月21日

六、鑿井方法：頂擊式鑽堡

七、井管規格：4" PVC南亞管

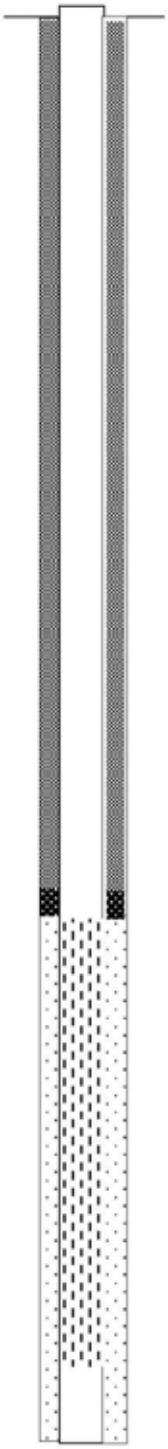
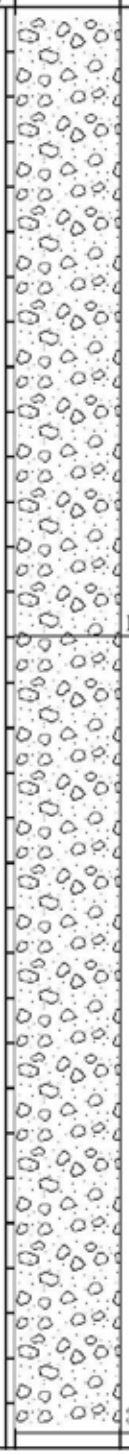
八、濾水管規格：4" PVC南亞管SLOT2mm

圖例

濾管	
井管	
水泥漿	
濾料	
皂土	

地下水水位觀測站　井體構造圖

委託單位	水利規劃試驗所	位置	216398.681	2633073.308	井頂高程	124.102M	井管口徑	φ4"
編號	MC-OB-101-3(M3)	井址					井管深度	31.8m

井管及濾水管位置	井孔及地層柱狀圖			地層概述	水井建井資料
	深度(M)	地層圖	井深(M)	地　面	鑿井紀錄
	1			卵礫石夾灰色	一、計畫名稱：名竹盆地地下水源開發調查規劃 二、委辦機關：經濟部水利署水利規劃試驗所 三、執行單位：國立雲林科技大學 四、開鑿日期：民國102年2月21日 五、完鑿日期：民國102年2月21日 六、鑿井方法：頂擊式鑽堡 七、井管規格：4" PVC南亞管 八、濾水管規格：4" PVC南亞管SLOT2mm
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				
	7				
	8				
	9				
	10				
	11				
	12				
	13				
	14		14.0M		
	15			卵礫石夾棕黃色中粗砂	
	16				
	17				
	18				
	19				
	20				
	21				
	22				
	23				
	24				
	25				
	26				
	27				
	28				
	29				
	30				
	31				
	32		31.8M		

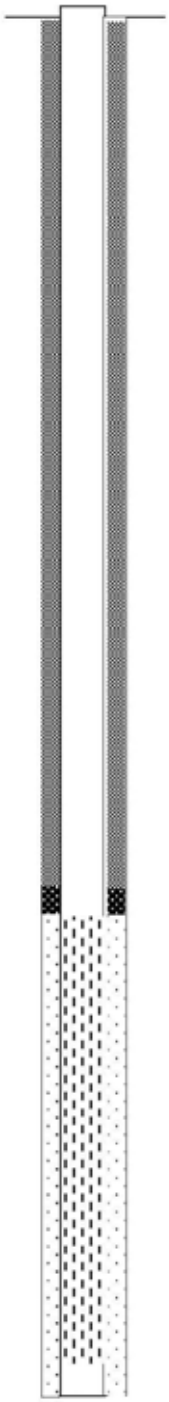
圖例

濾管	
井管	
水泥漿	
濾料	
皂土	

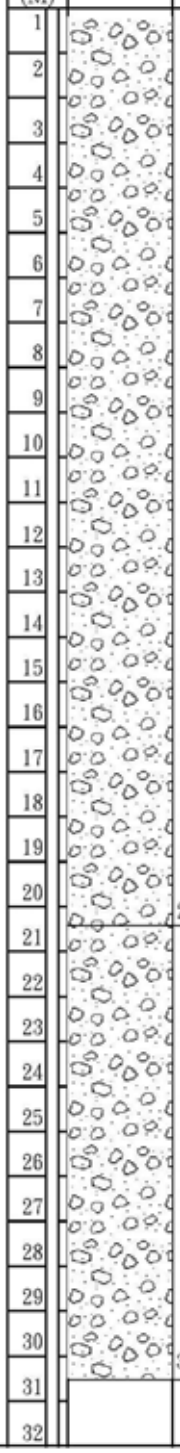
地下水水位觀測站　井體構造圖

委託單位	水利規劃試驗所	位置	212432.141	2631786.255	井頂高程	95.009M	井管口徑	φ4"
編號	MC-OB-101-4(M4)	井址					井管深度	30.86m

井管及濾水管位置



井孔及地層柱狀圖



地層概述

地面	
卵礫石夾灰色	0 – 20.5M
卵礫石夾棕黃色中粗砂	20.5M – 30.86M

水井建井資料

鑿井紀錄

一、計畫名稱：名竹盆地地下水源開發調查規劃

二、委辦機關：經濟部水利署水利規劃試驗所

三、執行單位：國立雲林科技大學

四、開鑿日期：民國102年2月20日

五、完鑿日期：民國102年2月20日

六、鑿井方法：頂擊式鑽堡

七、井管規格：4" PVC南亞管

八、濾水管規格：4" PVC南亞管SLOT2mm

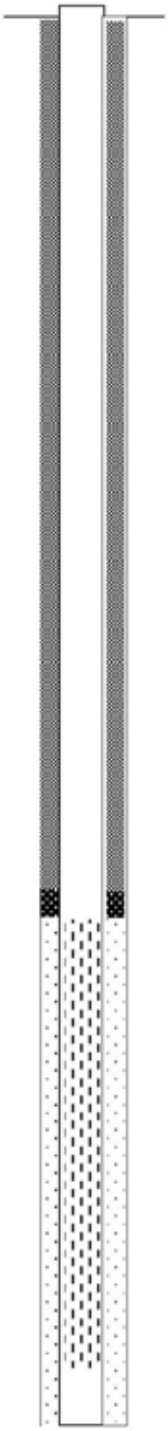
圖例

濾管	
井管	
水泥漿	
濾料	
皂土	

地下水水位觀測站　井體構造圖

委託單位	水利規劃試驗所	位置	215196.687	2627386.555	井頂高程	129.465M	井管口徑	φ4"
編號	MC-OB-101-5(M5)	井址					井管深度	31.17m

井管及濾水管位置



井孔及地層柱狀圖

深度(M)	地層圖	井深(M)	地面
1			卵礫石夾棕黃色
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20		20.9M	
21		21.5M	灰色粉土質粘土
22			卵礫石夾棕黃色中粗砂
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31		31.17M	
32			

水井建井資料

鑿井紀錄

一、計畫名稱：名竹盆地地下水源開發調查規劃

二、委辦機關：經濟部水利署水利規劃試驗所

三、執行單位：國立雲林科技大學

四、開鑿日期：民國102年2月19日

五、完鑿日期：民國102年2月19日

六、鑿井方法：頂擊式鑽堡

七、井管規格：4" PVC南亞管

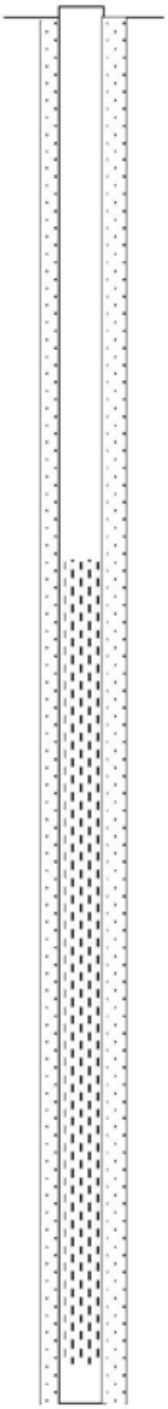
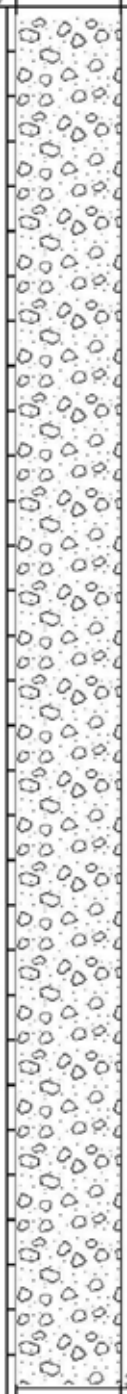
八、濾水管規格：4" PVC南亞管SLOT2mm

圖例

濾管	
井管	
水泥漿	
濾料	
皂土	

地下水水位觀測站　井體構造圖

委託單位	水利規劃試驗所	位置	218718.837	2631591.655	井頂高程	130.944M	井管口徑	φ10"
編號	MC-PT-101-1(P1)	井址					井管深度	30.91m

井管及濾水管位置	井孔及地層柱狀圖			地層概述	水井建井資料
	深度(M)	地層圖	井深(M)	地　面	鑿井紀錄
	1			卵礫石夾棕黃色	一、計畫名稱：名竹盆地地下水源開發調查規劃 二、委辦機關：經濟部水利署水利規劃試驗所 三、執行單位：國立雲林科技大學 四、開鑿日期：民國102年3月1日 五、完鑿日期：民國102年3月6日 六、鑿井方法：衝擊式鑽堡 七、井管規格：10" PVC南亞管 八、濾水管規格：10" PVC南亞管SLOT2mm
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				
	7				
	8				
	9				
	10				
	11				
	12				
	13				
	14				
	15				
	16				
	17				
	18				
	19				
	20				
	21				
	22				
	23				
	24				
	25				
	26				
	27				
	28				
	29				
	30				
	31		30.91M		
	32				

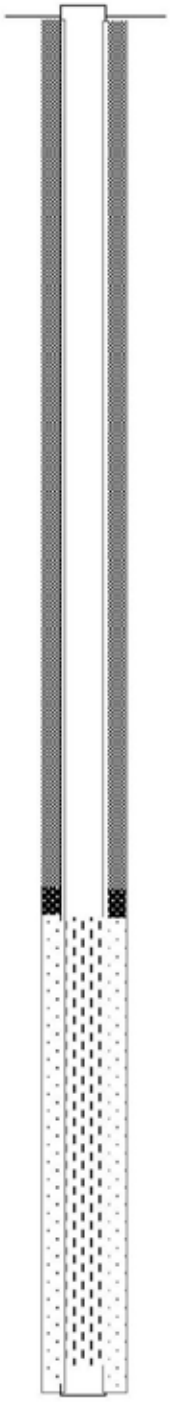
圖例

濾管	
井管	
水泥漿	
濾料	
皂土	

地下水水位觀測站　井體構造圖

委託單位	水利規劃試驗所	位置	218738.522	2631584.445	井頂高程	130.851M	井管口徑	φ4"
編號	MC-PTO-101-1.1(P1-M1)	井址					井管深度	30.65m

井管及濾水管位置



井孔及地層柱狀圖

深度(M)	地層圖	井深(M)	地面
1		0.5M	回填
2			卵礫石夾灰色
3			
4		4.0M	
5			卵礫石夾棕黃色
6		6.0M	
7			卵礫石夾灰黑色
8		8.0M	
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			卵礫石夾棕黃色中粗砂
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31		30.65M	
32			

水井建井資料

鑿井紀錄

一、計畫名稱：名竹盆地地下水源開發調查規劃

二、委辦機關：經濟部水利署水利規劃試驗所

三、執行單位：國立雲林科技大學

四、開鑿日期：民國102年3月18日

五、完鑿日期：民國102年3月18日

六、鑿井方法：頂擊式鑽堡

七、井管規格：4" PVC南亞管

八、濾水管規格：4" PVC南亞管SLOT2mm

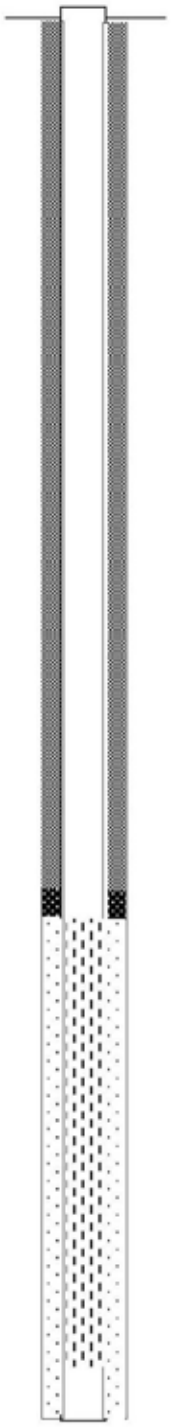
圖例

濾管	
井管	
水泥漿	
濾料	
皂土	

地下水水位觀測站　井體構造圖

委託單位	水利規劃試驗所	位置	218710.689	2631595.46	井頂高程	131.217M	井管口徑	φ4"
編號	MC-PTO-101-1.2(P1-M2)	井址					井管深度	31.83m

井管及濾水管位置



井孔及地層柱狀圖

深度(M)	地層圖	井深(M)	地層概述
1		0.5M	地面 / 回填
2			卵礫石夾灰色
3			
4		4.0M	
5			卵礫石夾棕黃色
6		6.0M	
7			卵礫石夾灰黑色
8		8.0M	
9			卵礫石夾棕黃色中粗砂
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31		31.83M	
32			

水井建井資料

鑿井紀錄

一、計畫名稱：名竹盆地地下水源開發調查規劃

二、委辦機關：經濟部水利署水利規劃試驗所

三、執行單位：國立雲林科技大學

四、開鑿日期：民國102年2月19日

五、完鑿日期：民國102年2月19日

六、鑿井方法：頂擊式鑽堡

七、井管規格：4" PVC南亞管

八、濾水管規格：4" PVC南亞管SLOT2mm

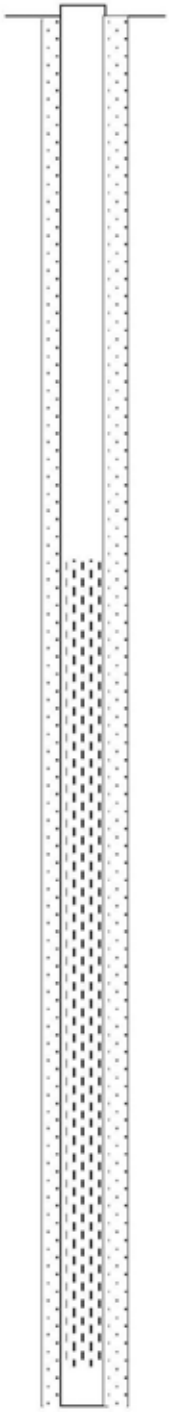
圖例

濾管	
井管	
水泥漿	
濾料	
皂土	

地下水水位觀測站　井體構造圖

委託單位	水利規劃試驗所	位置	213866.306	2629521.464	井頂高程	113.105M	井管口徑	φ10"
編號	MC-PT-101-2(P2)	井址					井管深度	30.85m

井管及濾水管位置



井孔及地層柱狀圖

深度(M)	地層圖	井深(M)	地面
1			卵礫石夾棕黃色
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31		30.85M	
32			

水井建井資料

鑿井紀錄

一、計畫名稱：名竹盆地地下水源開發調查規劃

二、委辦機關：經濟部水利署水利規劃試驗所

三、執行單位：國立雲林科技大學

四、開鑿日期：民國102年2月20日

五、完鑿日期：民國102年2月25日

六、鑿井方法：衝擊式鑽堡

七、井管規格：10" PVC南亞管

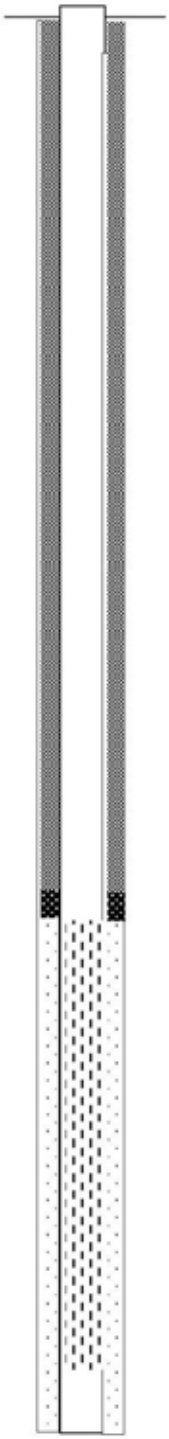
八、濾水管規格：10" PVC南亞管SLOT2mm

圖例

濾管	
井管	
水泥漿	
濾料	
皂土	

地下水水位觀測站　井體構造圖

委託單位	水利規劃試驗所	位置	213875.227	2629505.9	井頂高程	114.372M	井管口徑	φ4"
編號	MC-PT0-101-2.1(P2-M1)	井址					井管深度	31.40m

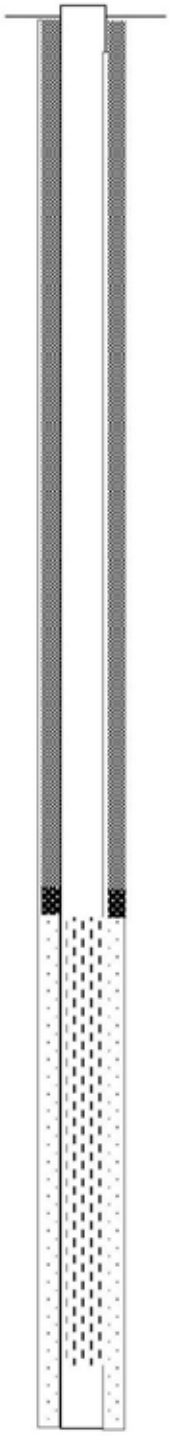
井管及濾水管位置	井孔及地層柱狀圖			地層概述	水井建井資料
	深度(M)	地層圖	井深(M)	地　面	鑿井紀錄
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32		31.4M	卵礫石夾棕黃色中粗砂	一、計畫名稱：名竹盆地地下水源開發調查規劃 二、委辦機關：經濟部水利署水利規劃試驗所 三、執行單位：國立雲林科技大學 四、開鑿日期：民國102年2月17日 五、完鑿日期：民國102年2月17日 六、鑿井方法：頂擊式鑽堡 七、井管規格：4" PVC南亞管 八、濾水管規格：4" PVC南亞管SLOT2mm

圖例

濾管	
井管	
水泥漿	
濾料	
皂土	

地下水水位觀測站　井體構造圖

委託單位	水利規劃試驗所	位置	213861.307	2629538.963	井頂高程	112.115M	井管口徑	φ4"
編號	MC-PTO-101-2.2(P2-M2)	井址					井管深度	31.60m

井管及濾水管位置	井孔及地層柱狀圖			地層概述	水井建井資料
	深度(M)	地層圖	井深(M)	地　面	鑿井紀錄
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32		31.6M	卵礫石夾棕黃色中粗砂	一、計畫名稱：名竹盆地地下水源開發調查規劃 二、委辦機關：經濟部水利署水利規劃試驗所 三、執行單位：國立雲林科技大學 四、開鑿日期：民國102年2月18日 五、完鑿日期：民國102年2月18日 六、鑿井方法：頂擊式鑽堡 七、井管規格：4" PVC南亞管 八、濾水管規格：4" PVC南亞管SLOT2mm

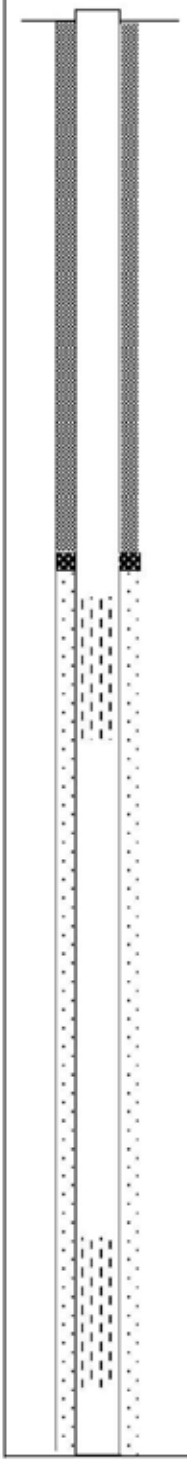
圖例

濾管	
井管	
水泥漿	
濾料	
皂土	

地下水水位觀測站　井體構造圖

委託單位	水利規劃試驗所	位置	217939.002	2634476.625	井頂高程	136.136M	井管口徑	ϕ4"
編號	MC-HG-101-1(D1)	井址					井管深度	101.7

井管及濾水管位置



井孔及地層柱狀圖

深度(M)	地層圖	井深(M)	地面
2		0.6M	棕灰色粉土
4			卵礫石夾灰色中粗砂
6			
8			
10			
12			
14			
16			
18			
20		20.7M	
22			卵礫石夾棕色中粗砂
24			
26			
28			
30			
32			
34			
36			
38			
40			
42			
44			
46			
48			
50			
52			
54			
56			
58			
60			
62			
64			
66			
68			
70			
72			
74			
76			
78			
80		81.0M	
82		83.5M	棕色中粗砂
84			卵礫石夾棕色中粗砂
86			
88			
90			
92			
94			
96			
98			
100		100.0M	

水井建井資料

鑿井紀錄

一、計畫名稱：名竹盆地地下水源開發調查規劃

二、委辦機關：經濟部水利署水利規劃試驗所

三、執行單位：國立雲林科技大學

四、開鑿日期：民國102年4月7日

五、完鑿日期：民國102年4月11日

六、鑿井方法：頂擊式鑽堡

七、井管規格：4" PVC南亞管

八、濾水管規格：4" PVC南亞管SLOT2mm

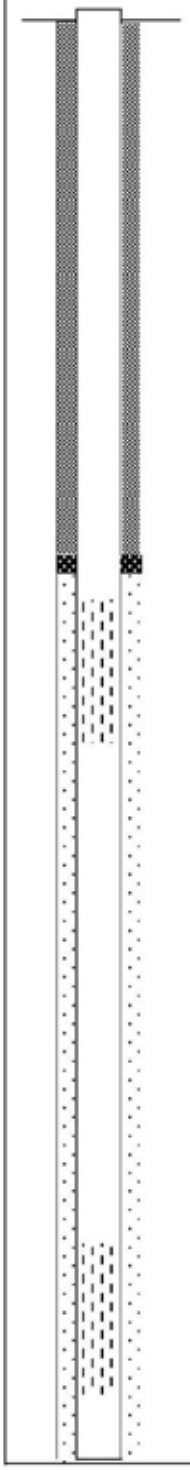
圖例

濾管	
井管	
水泥漿	
濾料	
皂土	

地下水水位觀測站　井體構造圖

委託單位	水利規劃試驗所	位置	214303.368	2631663.691	井頂高程	104.632M	井管口徑	φ4"
編號	MC-HG-101-2(D2)	井址					井管深度	100.65

井管及濾水管位置



井孔及地層柱狀圖

深度(M)	地層圖	井深(M)	地面
2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16		15.45M	卵礫石夾灰色粗細砂
18, 20, 22, 24, 26, 28		28.5M	卵礫石夾黃棕色粗細砂
30		29.4M	黃棕色泥質砂岩
32		29.8M 31.5M	灰色泥質粉砂岩 灰色粉砂質泥岩
34, 36, 38, 40, 42, 44		43.7M	卵礫石夾黃棕色粗細砂
46, 48, 50		50.1M	灰色泥岩含少量粉砂
52		50.6M	灰色砂岩
54, 56		57.3M	卵礫石夾灰色粗細砂
58		59.45M	灰色砂岩偶夾粗砂礫石
60, 62, 64		64.5M	灰色砂岩
66, 68, 70, 72		72.0M	灰色砂岩夾層泥岩
74, 76		77.2M	礫石，灰色粗細砂岩
78, 80, 82, 84		85.3M	灰色砂岩偶而夾層灰色礫石粗砂岩
86		87.8M	卵礫石夾灰色粗細砂
88		89.0M	灰色砂岩
90		90.4M	卵礫石夾灰色粗細砂
92, 94, 96, 98		99.9M	灰色砂岩
100		100.0M	卵礫石夾灰色粗細砂

水井建井資料

鑿井紀錄

一、計畫名稱：名竹盆地地下水源開發調查規劃

二、委辦機關：經濟部水利署水利規劃試驗所

三、執行單位：國立雲林科技大學

四、開鑿日期：民國102年4月16日

五、完鑿日期：民國102年4月19日

六、鑿井方法：頂擊式鑽堡

七、井管規格：4" PVC南亞管

八、濾水管規格：4" PVC南亞管SLOT2mm

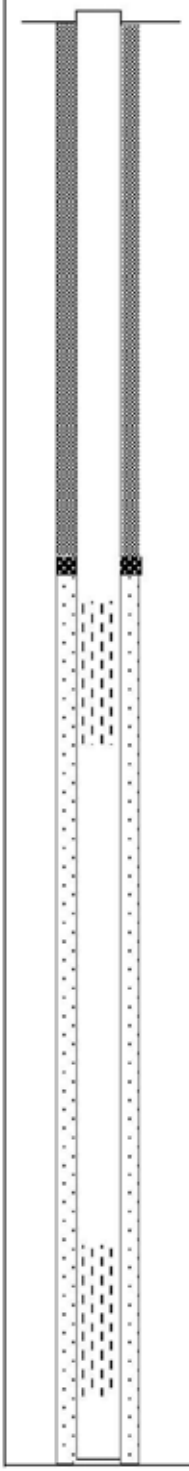
圖例

濾管	
井管	
水泥漿	
濾料	
皂土	

地下水水位觀測站　井體構造圖

委託單位	水利規劃試驗所	位置	216636.251	2629960.277	井頂高程	136.535M	井管口徑	φ4"
編號	MC-HG-101-3(D3)	井址					井管深度	101.5

井管及濾水管位置



井孔及地層柱狀圖

深度(M)	地層圖	井深(M)	地層概述
2			地　面
4			
6			
8			
10			
12			
14			
16			
18			
20			
22			
24			
26			
28			
30			卵礫石夾黃棕色粗細砂
32			
34			
36			
38			
40			
42			
44			
46			
48			
50			
52			
54			
56			
58			
60			
62			
64			
66			
68			
70			
72			
74			
76		76.0M	
78			棕黃色粉土質細砂夾灰色剪裂泥
80		80.0M	
82			
84			
86			
88			
90			卵礫石夾棕黃色粗細砂
92			
94			
96			
98			
100		100.0M	

水井建井資料

鑿井紀錄

一、計畫名稱：名竹盆地地下水源開發調查規劃

二、委辦機關：經濟部水利署水利規劃試驗所

三、執行單位：國立雲林科技大學

四、開鑿日期：民國102年4月13日

五、完鑿日期：民國102年4月15日

六、鑿井方法：頂擊式鑽堡

七、井管規格：4" PVC南亞管

八、濾水管規格：4" PVC南亞管SLOT2mm

圖例

濾管	
井管	
水泥漿	
濾料	
皂土	

附錄十二　工程地質探勘資料庫於計畫區域內鑽孔基本資料

中央地調所工程地質探勘資料庫於計畫區域內鑽孔基本資料

計畫名稱	鑽孔編號	鑽孔地表高程(m)	TW67_X	TW67_Y	鑽孔總深(m)	鑽探公司
二高南投-名間段初步設計地質鑽探調查	A138-6	161	219418	2636988	23.78	欣揚探勘工程公司
二高南投-名間段初步設計地質鑽探調查	A139-3	161	219469	2636338	60	欣揚探勘工程公司
二高南投-名間段初步設計地質鑽探調查	A140-2	156	219087	2635332	20.02	欣揚探勘工程公司
二高南投-名間段初步設計地質鑽探調查	A141-2	150	218501	2634615	15.09	欣揚探勘工程公司
二高名間-林內段初步設計地質鑽探調查	A141-3	149	218410	2634356	29.58	欣揚探勘工程公司
二高名間-林內段初步設計地質鑽探調查	A142-2	146	218398	2633581	30.04	欣揚探勘工程公司
二高名間-林內段初步設計地質鑽探調查	A142-3	145	218490	2633420	30.05	欣揚探勘工程公司
二高名間-林內段初步設計地質鑽探調查	A143-1	143	218596	2633198	19.71	欣揚探勘工程公司
二高名間-林內段初步設計地質鑽探調查	A143-4	140	218791	2632588	30	欣揚探勘工程公司
二高名間-林內段初步設計地質鑽探調查	A144-1	137	219028	2632046	30.04	欣揚探勘工程公司
二高名間-林內段初步設計地質鑽探調查	A144-3	143	219013	2631396	10.21	欣揚探勘工程公司
二高名間-林內段初步設計地質鑽探調查	A145-2	150	218356	2630672	10.45	欣揚探勘工程公司
二高名間-林內段初步設計地質鑽探調查	A146-1	155	218011	2630588	10.09	欣揚探勘工程公司
二高名間-林內段初步設計地質鑽探調查	A146-3	181	217289	2630643	25.04	欣揚探勘工程公司
二高名間-林內段初步設計地質鑽探調查	A147-5	193	216871	2630698	45.05	欣揚探勘工程公司
二高名間-林內段初步設計地質鑽探調查	A148-1	133	216377	2630750	20.05	欣揚探勘工程公司
二高名間-林內段初步設計地質鑽探調查	A148-5	131	216153	2630729	15.05	欣揚探勘工程公司
二高名間-林內段初步設計地質鑽探調查	A148-6	129	215929	2630686	15.03	欣揚探勘工程公司
二高名間-林內段初步設計地質鑽探調查	A148-7	132	215774	2630647	15.09	欣揚探勘工程公司
二高名間-林內段初步設計地質鑽探調查	A148-8	138	215497	2630795	15.07	欣揚探勘工程公司
二高名間-林內段初步設計地質鑽探調查	A148-9	144	215561	2630340	15.04	欣揚探勘工程公司
二高名間-林內段初步設計地質鑽探調查	A149-1	115	215119	2630411	10.6	欣揚探勘工程公司
二高名間-林內段初步設計地質鑽探調查	A149-2	112	214476	2630294	27.5	欣揚探勘工程公司
二高名間-林內段初步設計地質鑽探調查	A150-2	108.277	214108	2630281	25	欣揚探勘工程公司

計畫名稱	鑽孔編號	鑽孔地表高程(m)	TW67_X	TW67_Y	鑽孔總深(m)	鑽探公司
二高名間-林內段初步設計地質鑽探調查	A150-6	109.506	213663	2630290	50	欣揚探勘工程公司
二高名間-林內段初步設計地質鑽探調查	A150-8	104	213477	2630273	25.51	欣揚探勘工程公司
二高名間-林內段初步設計地質鑽探調查	A151-2	107	213095	2630274	25.09	欣揚探勘工程公司
二高名間-林內段初步設計地質鑽探調查	A151-4	106	212883	2630259	28	欣揚探勘工程公司
二高名間-林內段初步設計地質鑽探調查	A151-6	107	212645	2630270	25.13	欣揚探勘工程公司
二高南投-名間路段細部設計地質鑽探調查	B138-5A	163	219356	2637106	26.63	欣揚探勘工程公司
二高南投-名間路段細部設計地質鑽探調查	B139-01	161.55	219478	2636737	20.06	欣揚探勘工程公司
二高南投-名間路段細部設計地質鑽探調查	B139-02	160	219490	2636561	20	欣揚探勘工程公司
二高南投-名間路段細部設計地質鑽探調查	B140-01	158	219307	2635699	20.06	欣揚探勘工程公司
二高南投-名間路段細部設計地質鑽探調查	B141-01	152	218710	2634859	20	欣揚探勘工程公司
二高名間-林內路段細部設計地質鑽探調查	B142-1	140	218363	2633760	30.05	欣揚探勘工程公司
二高名間-林內路段細部設計地質鑽探調查	B143-5	139	218886	2632449	15	欣揚探勘工程公司
二高名間-林內路段細部設計地質鑽探調查	B144-2	138	219065	2631893	20.07	欣揚探勘工程公司
二高名間-林內路段細部設計地質鑽探調查	B145-1	148	218700	2630918	15.13	欣揚探勘工程公司
二高名間-林內路段細部設計地質鑽探調查	B148-10	139	215520	2630560	5	欣揚探勘工程公司
二高名間-林內路段細部設計地質鑽探調查	B148-2	132	216255	2630728	15.11	欣揚探勘工程公司
二高名間-林內路段細部設計地質鑽探調查	B148-4	130	216059	2630715	15.04	欣揚探勘工程公司
二高名間-林內路段細部設計地質鑽探調查	B149-3	113	214781	2630324	10	欣揚探勘工程公司
二高名間-林內路段細部設計地質鑽探調查	B149-5	109.294	214343	2630297	25.03	欣揚探勘工程公司
二高名間-林內路段細部設計地質鑽探調查	B151-5	102.544	212769	2630278	30.13	欣揚探勘工程公司
二高南投-元長段工程規劃地質探查	YH-07	142.57	218417	2633554	30.07	中華顧問工程公司
二高南投-元長段工程規劃地質探查	YH-08	138.32	218859	2632456	20.05	中華顧問工程公司
二高南投-元長段工程規劃地質探查	YH-09	183.21	217225	2630633	20.06	中華顧問工程公司
二高南投-元長段工程規劃地質探查	YH-10	110.01	214352	2630272	20	中華顧問工程公司
二高南投-元長段工程規劃地質探查	YH-11	121.43	214567	2624664	25.04	中華顧問工程公司
北二高雲林嘉義段初步設計地質鑽探調查	AB-01	103.95	212543	2630265	30.09	中美礦物探勘公司

● 鑽孔編號：A138-6

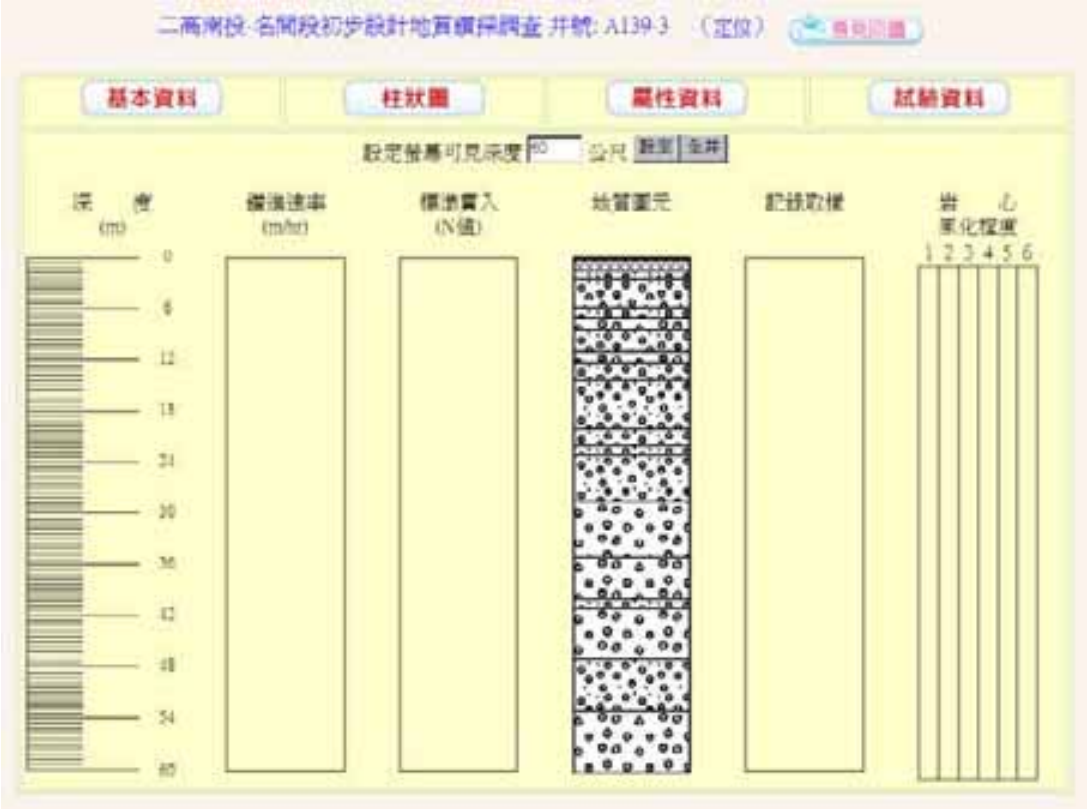
1. 柱狀圖

2. 地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	0.80	264	粉土質黏土	
0.80	7.15	264	粉土質黏土	
7.15	9.85	103	礫石	
9.85	11.45	103	礫石	
11.45	14.35	103	礫石	
14.35	19.67	262	砂質黏土	
19.67	23.78	103	礫石	

● 鑽孔編號：A139-3

1.柱狀圖



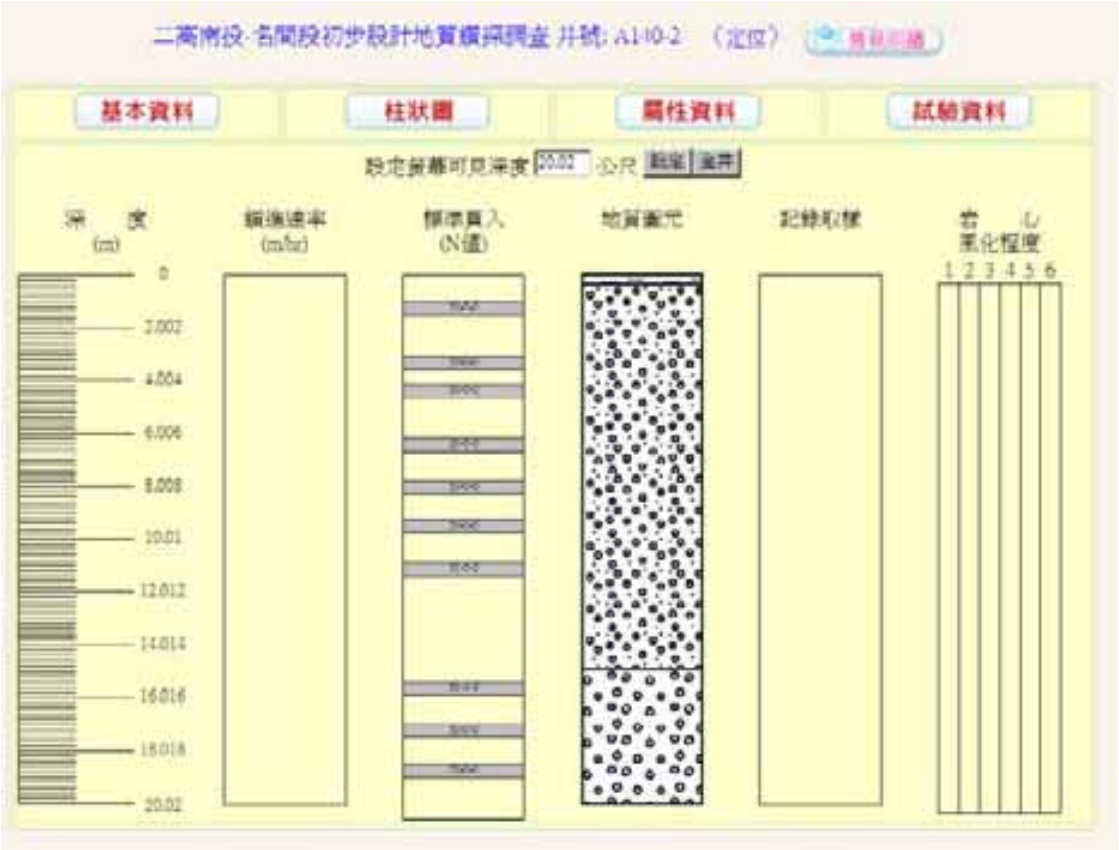
2.地質圖元符號

上限深度 (M)	下限深度 (M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	0.15	112	填方	
0.15	1.50	112	填方	
1.50	2.30	202	砂質礫石	
2.30	5.80	202	砂質礫石	
5.80	7.00	202	砂質礫石	
7.00	8.50	103	礫石	
8.50	11.00	202	砂質礫石	
11.00	12.20	103	礫石	
12.20	14.30	202	砂質礫石	
14.30	20.00	202	砂質礫石	
20.00	22.00	202	砂質礫石	

上限深度 (M)	下限深度 (M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
22.00	23.00	202	砂質礫石	
23.00	28.50	202	砂質礫石	
28.50	35.00	103	礫石	
35.00	40.00	103	礫石	
40.00	41.00	202	砂質礫石	
41.00	47.00	103	礫石	
47.00	53.00	202	砂質礫石	
53.00	60.00	103	礫石	

● 鑽孔編號：A140-2

1.柱狀圖



2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	0.37	264	粉土質黏土	
0.37	14.95	202	砂質礫石	
14.95	20.02	103	礫石	

● 鑽孔編號：A141-2

1.柱狀圖

2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	1.00	202	砂質礫石	
1.00	7.50	103	礫石	
7.50	12.00	103	礫石	
12.00	15.09	103	礫石	

● 鑽孔編號：A141-3

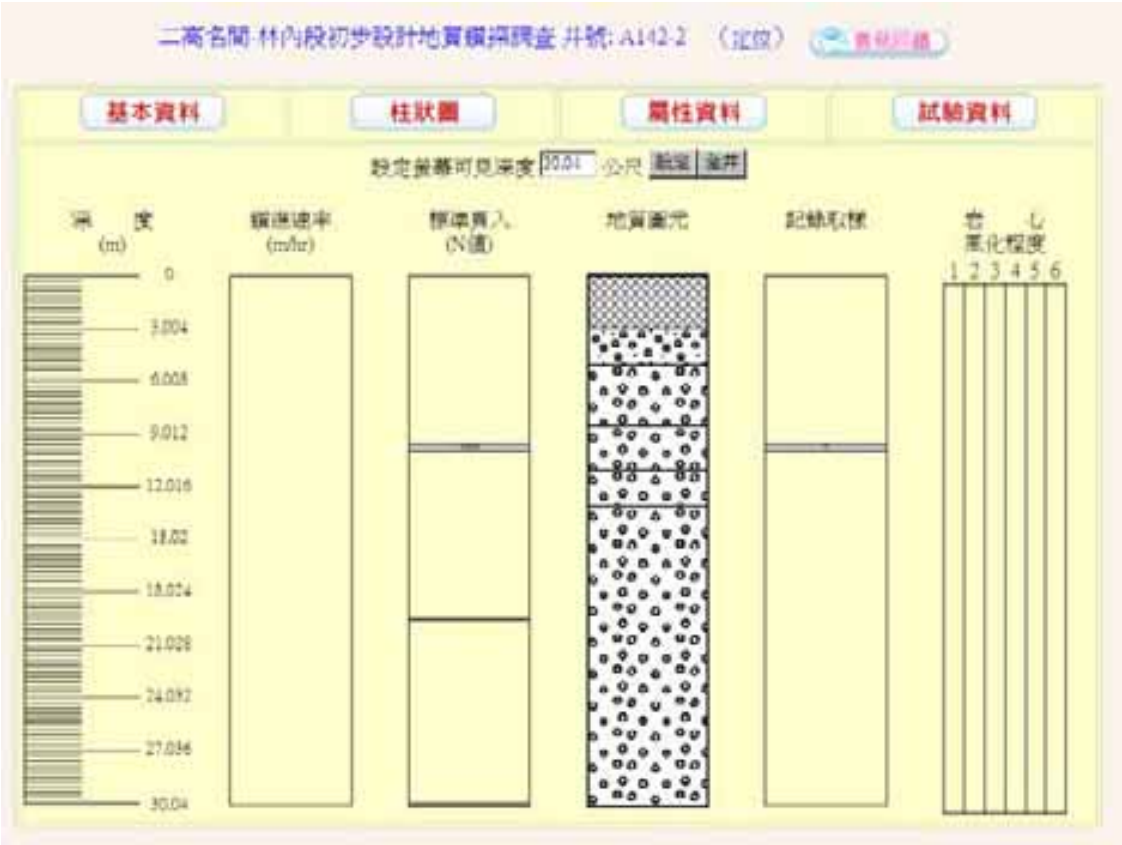
1.柱狀圖

2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	2.10	103	礫石	
2.10	5.50	103	礫石	
5.50	11.00	102	粗礫	
11.00	14.50	103	礫石	
14.50	29.58	101	巨礫	

● 鑽孔編號：A142-2

1.柱狀圖



2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	3.00	112	填方	
3.00	5.00	202	砂質礫石	
5.00	8.50	103	礫石	
8.50	11.00	103	礫石	
11.00	13.00	103	礫石	
13.00	30.04	103	礫石	

● 鑽孔編號：A142-3

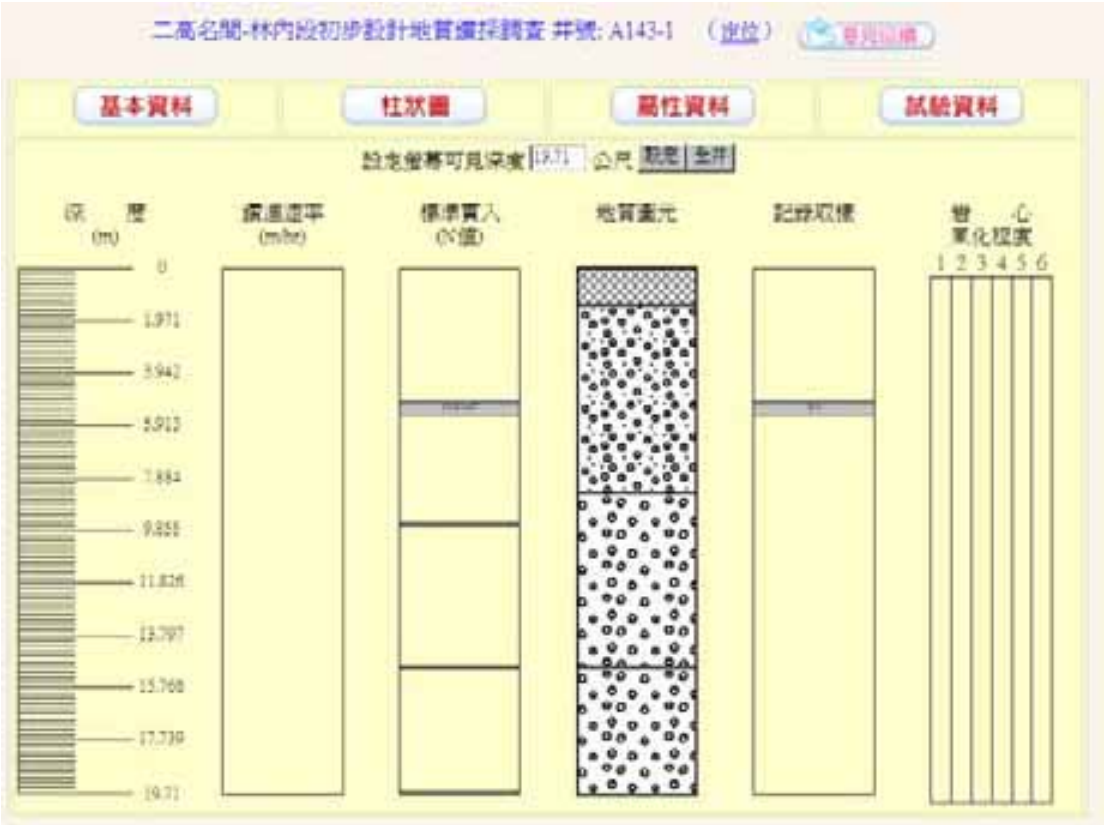
1.柱狀圖

2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	2.10	112	填方	
2.10	3.80	103	礫石	
3.80	6.00	202	砂質礫石	
6.00	9.00	103	礫石	
9.00	12.30	103	礫石	
12.30	17.10	103	礫石	
17.10	27.00	103	礫石	
27.00	30.05	103	礫石	

● 鑽孔編號：A143-1

1.柱狀圖

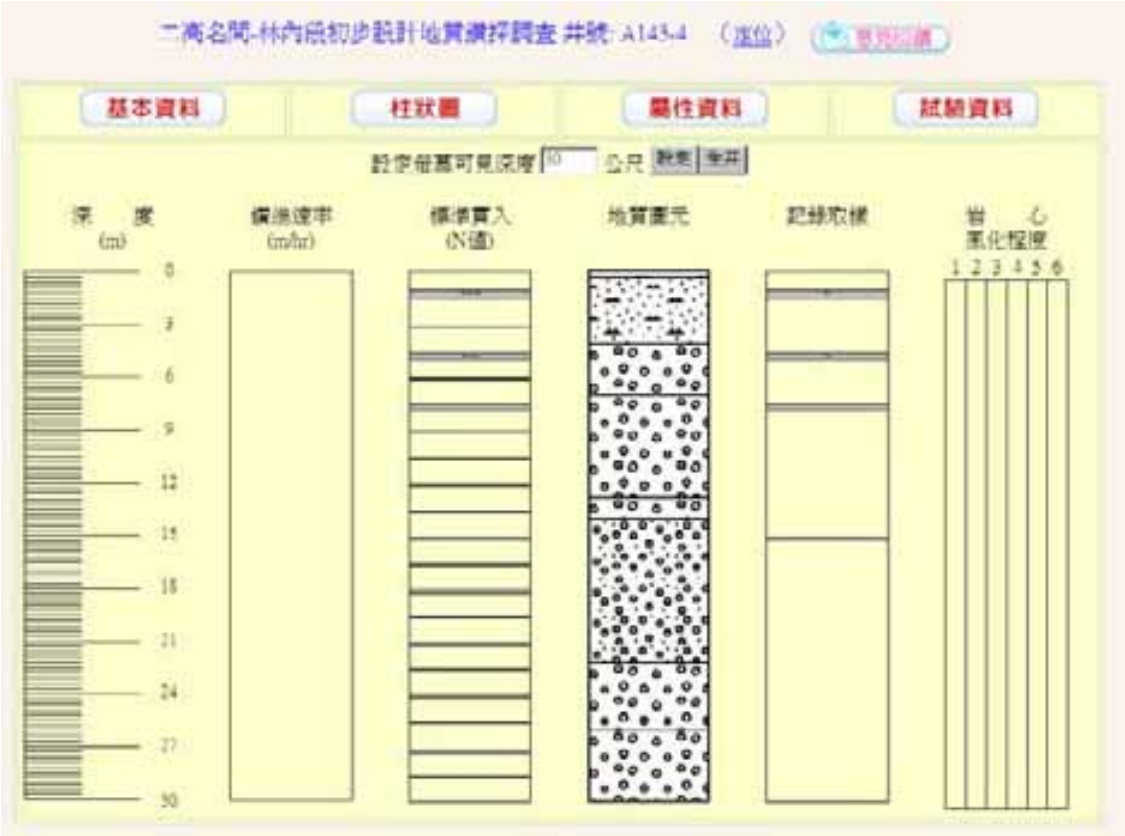


2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	1.40	112	填方	
1.40	8.50	202	砂質礫石	
8.50	15.00	103	礫石	
15.00	19.71	103	礫石	

● 鑽孔編號：A143-4

1.柱狀圖



2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	0.30	264	粉土質黏土	
0.30	4.10	227	粉土質砂	
4.10	7.00	103	礫石	
7.00	12.78	103	礫石	
12.78	14.00	103	礫石	
14.00	22.15	202	砂質礫石	
22.15	26.00	103	礫石	
26.00	30.00	103	礫石	

● 鑽孔編號：A144-1

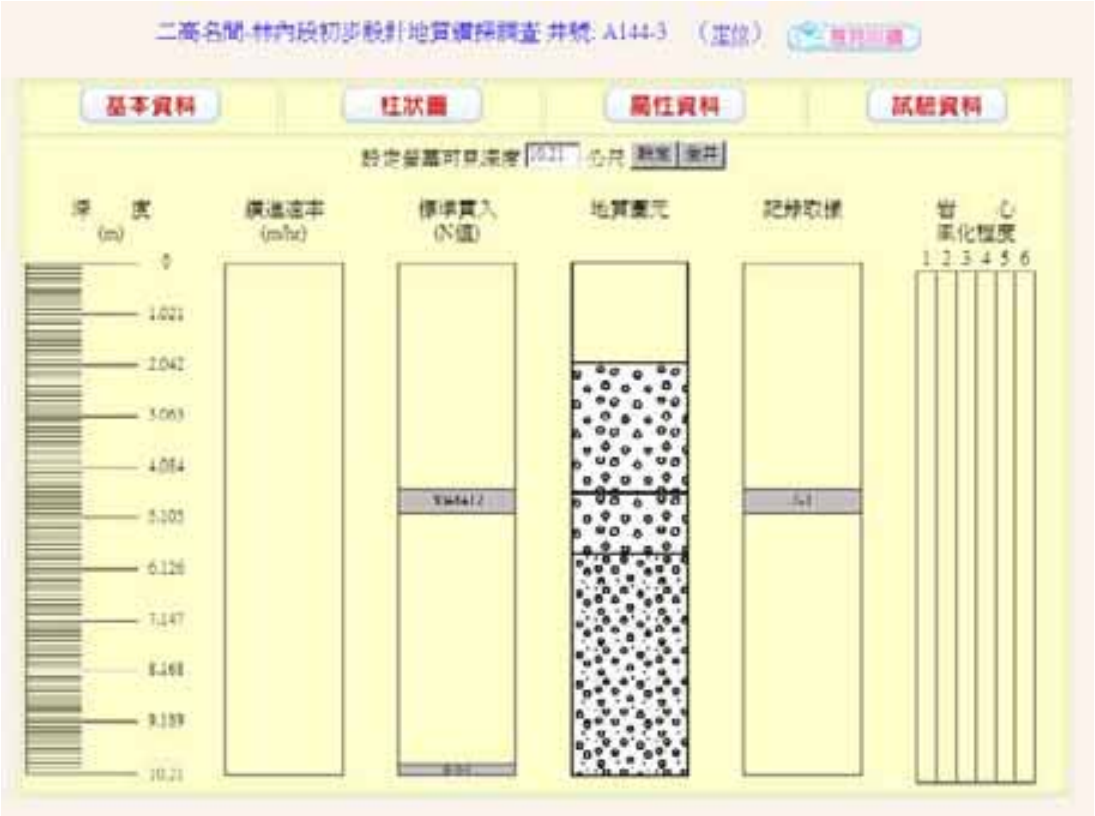
1.柱狀圖

2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	0.65	112	填方	
0.65	30.04	103	礫石	

● 鑽孔編號：A144-3

1.柱狀圖

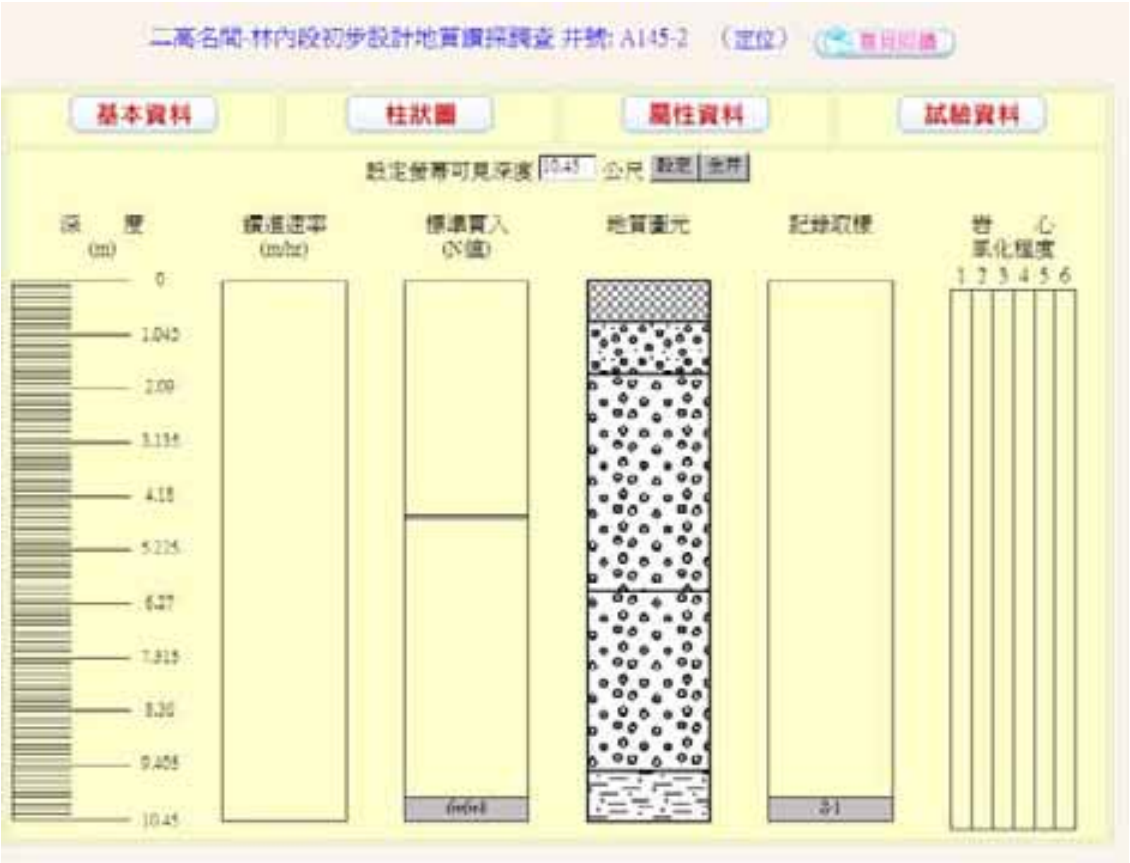


2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	2.00	112	填方	
2.00	4.60	103	礫石	
4.60	5.80	103	礫石	
5.80	10.21	202	砂質礫石	

● 鑽孔編號：A145-2

1.柱狀圖

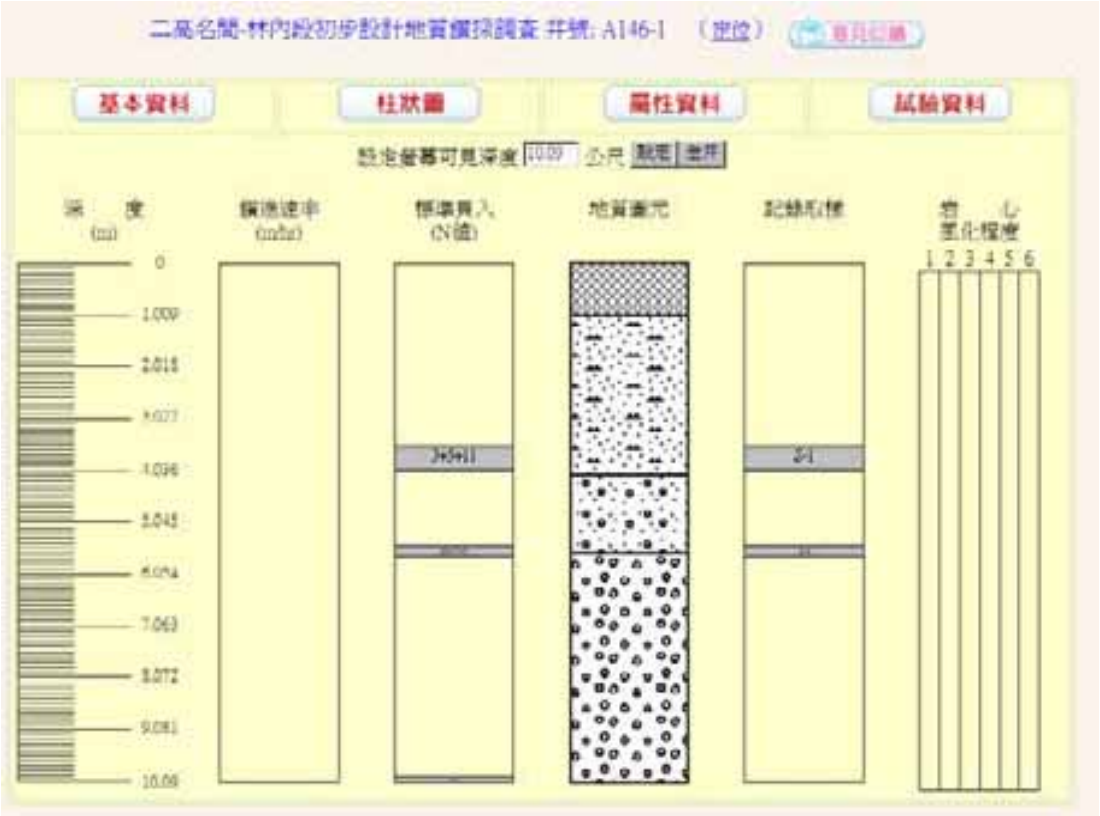


2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	0.80	112	填方	
0.80	1.80	202	砂質礫石	
1.80	6.00	103	礫石	
6.00	9.50	103	礫石	
9.50	10.45	262	砂質黏土	

● 鑽孔編號：A146-1

1.柱狀圖



2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	1.00	112	填方	
1.00	4.10	227	粉土質砂	
4.10	5.65	222	礫質砂	
5.65	10.09	103	礫石	

● 鑽孔編號：A146-3

1.柱狀圖

2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	0.50	112	填方	
0.50	2.90	264	粉土質黏土	
2.90	3.50	244	黏土質粉土	
3.50	12.50	103	礫石	
12.50	13.00	222	礫質砂	
13.00	14.10	206	黏土質礫石	
14.10	18.70	103	礫石	
18.70	25.04	202	砂質礫石	

● 鑽孔編號：A147-5

1.柱狀圖

2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	1.40	264	粉土質黏土	
1.40	1.65	227	粉土質砂	
1.65	45.05	103	礫石	

● 鑽孔編號：A148-1

1.柱狀圖

2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	1.55	228	黏土質砂	
1.55	3.70	242	砂質粉土	
3.70	20.05	103	礫石	

● 鑽孔編號：A148-5

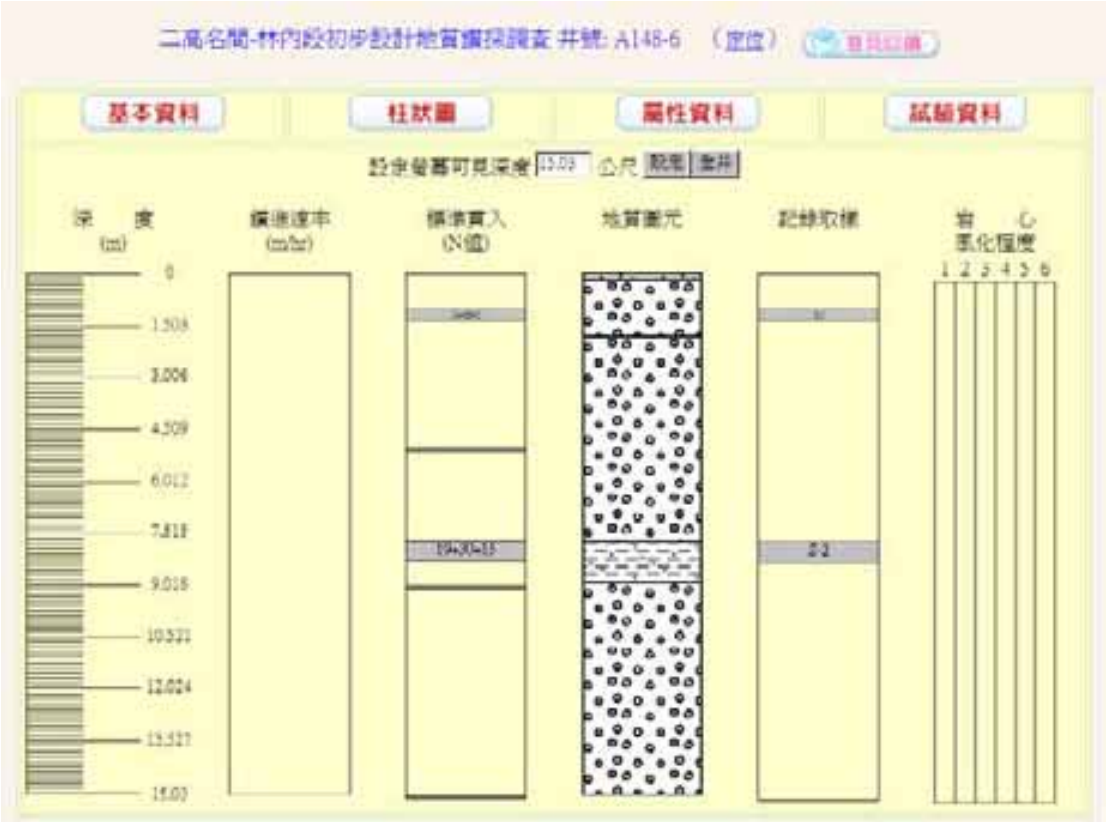
1.柱狀圖

2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	2.30	227	粉土質砂	
2.30	5.00	103	礫石	
5.00	6.20	227	粉土質砂	
6.20	8.20	103	礫石	
8.20	9.70	227	粉土質砂	
9.70	15.05	103	礫石	

● 鑽孔編號：A148-6

1.柱狀圖

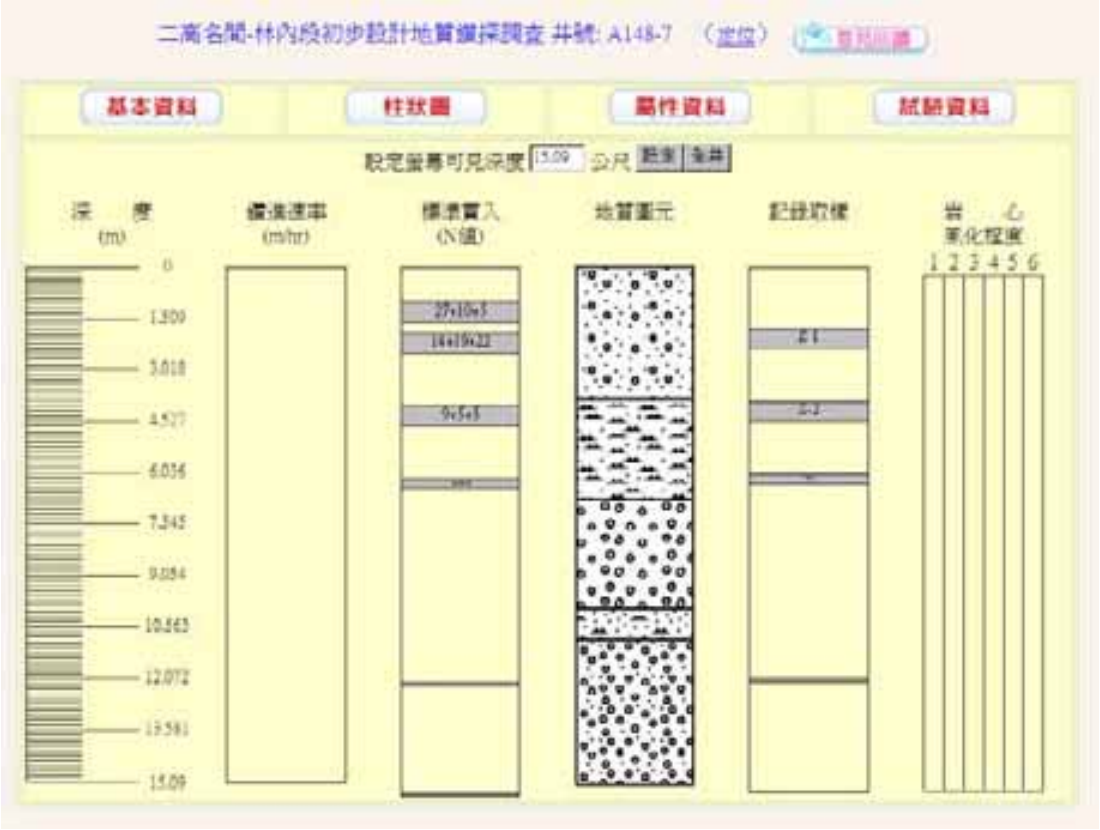


2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	0.15	227	粉土質砂	
0.15	1.80	103	礫石	
1.80	7.75	103	礫石	
7.75	8.90	442	砂質泥岩	
8.90	15.03	103	礫石	

● 鑽孔編號：A148-7

1.柱狀圖

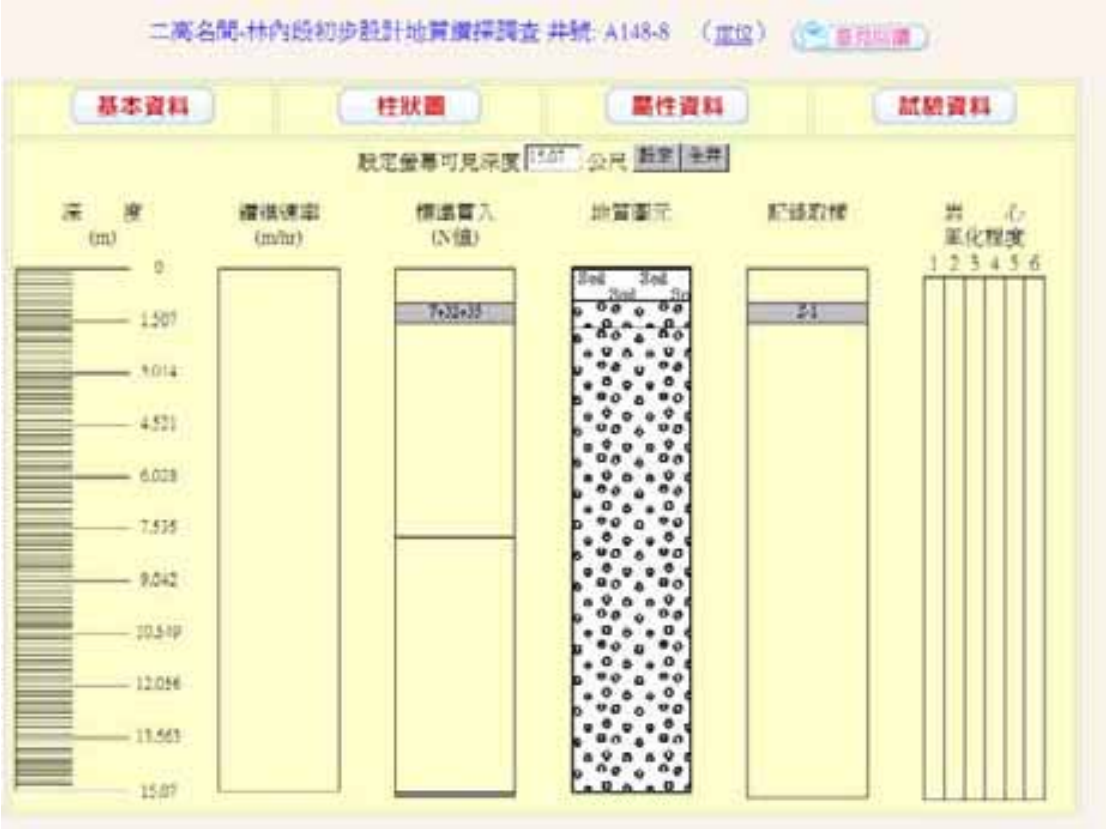


2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	3.87	222	礫質砂	
3.87	6.80	242	砂質粉土	
6.80	10.00	103	礫石	
10.00	10.90	227	粉土質砂	
10.90	15.09	202	砂質礫石	

● 鑽孔編號：A148-8

1.柱狀圖



2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	0.90	001	土壤	Soil Soil
0.90	1.70	103	礫石	
1.70	15.07	103	礫石	

● 鑽孔編號：A148-9

1.柱狀圖

2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	0.30	001	土壤	Soil Soil
0.30	15.04	103	礫石	

● 鑽孔編號：A149-1

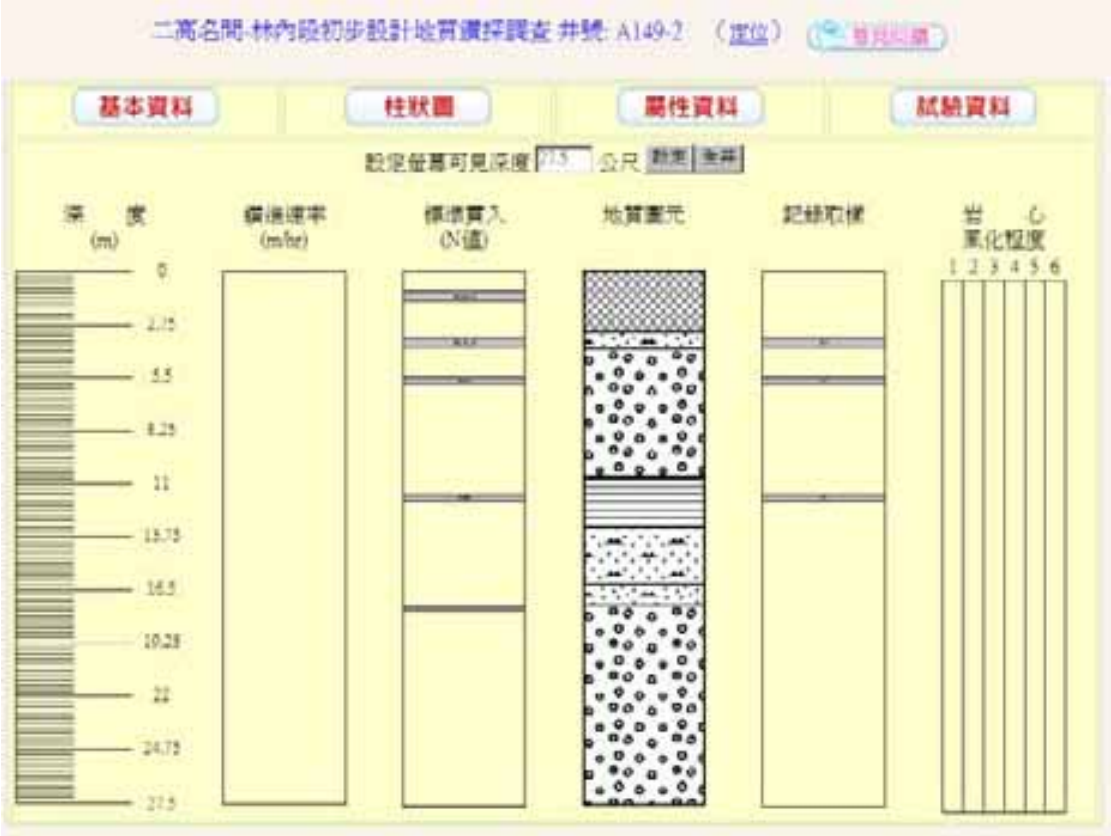
1.柱狀圖

2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	0.80	112	填方	
0.80	1.00	227	粉土質砂	
1.00	1.50	103	礫石	
1.50	2.10	242	砂質粉土	
2.10	10.06	103	礫石	

● 鑽孔編號：A149-2

1.柱狀圖



2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	3.10	112	填方	
3.10	4.00	227	粉土質砂	
4.00	10.60	103	礫石	
10.60	13.25	309	頁岩	
13.25	16.20	412	粉砂質砂岩	
16.20	17.25	227	粉土質砂	
17.25	27.50	103	礫石	

● 鑽孔編號：A150-2

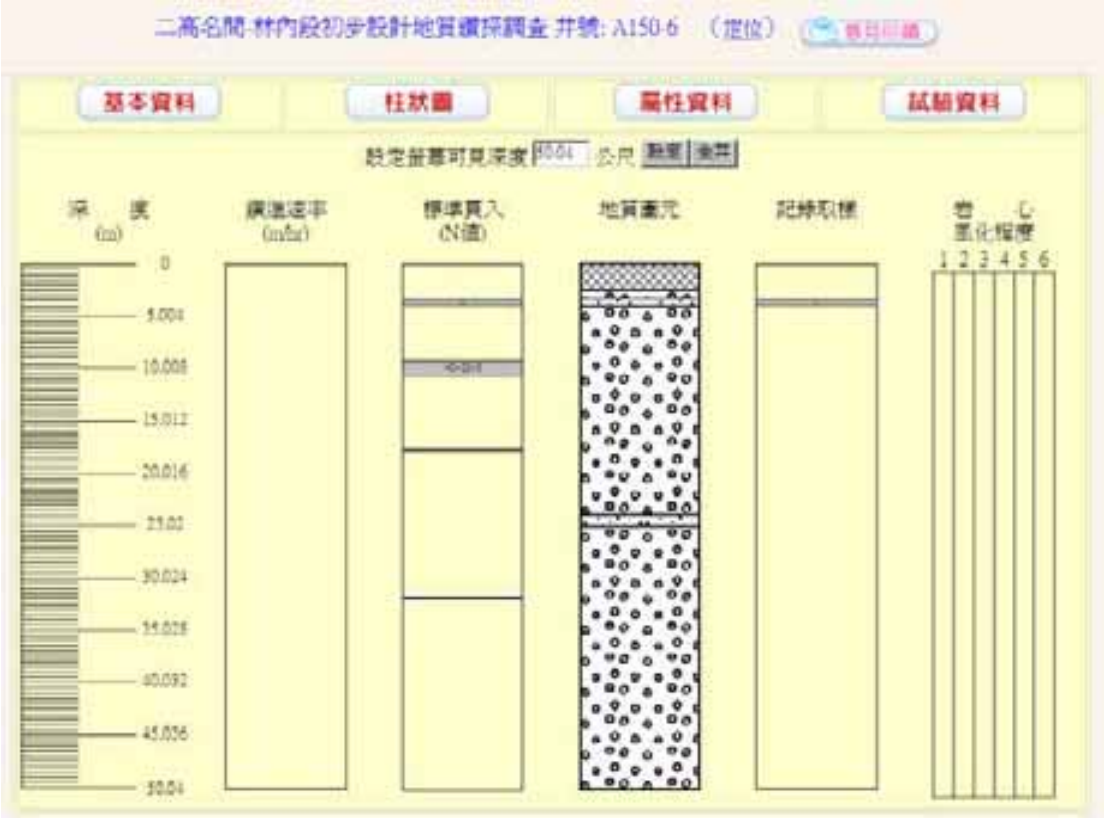
1.柱狀圖

2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	1.60	104	砂	
1.60	25.02	103	礫石	

● 鑽孔編號：A150-6

1.柱狀圖

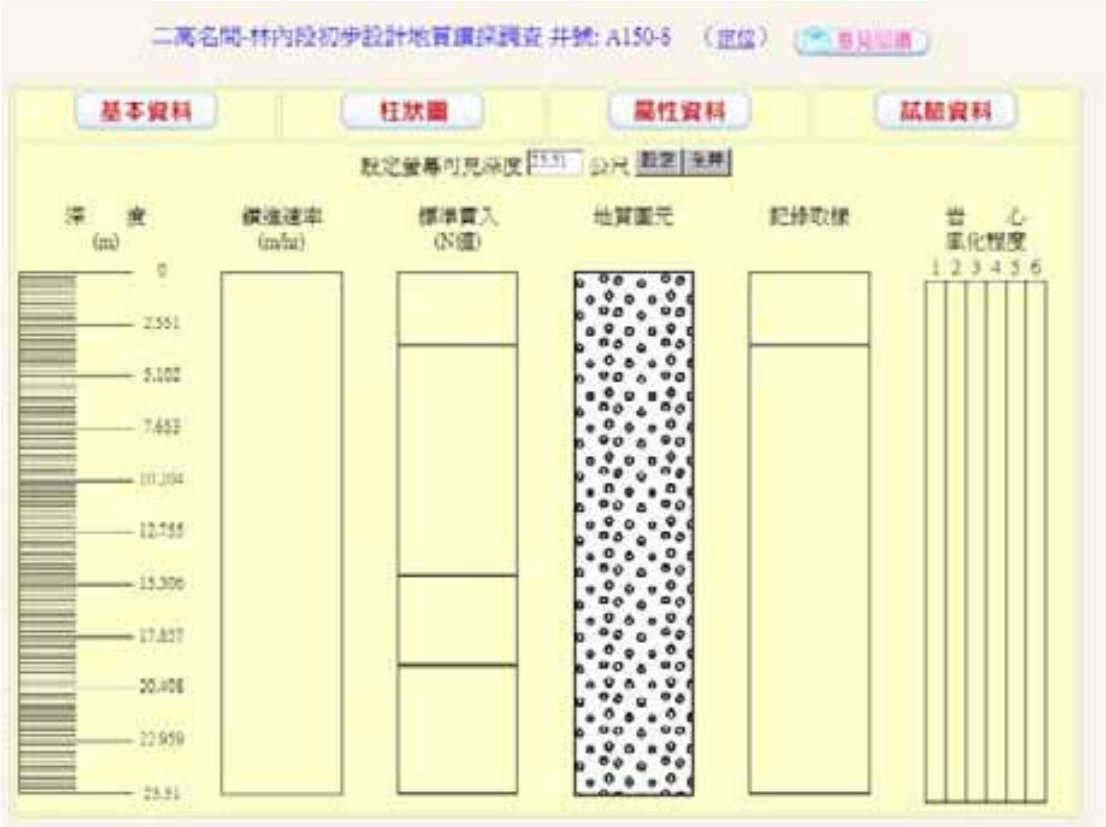


2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	2.50	112	填方	
2.50	3.30	103	礫石	
3.30	4.00	227	粉土質砂	
4.00	24.00	103	礫石	
24.00	25.00	227	粉土質砂	
25.00	50.04	103	礫石	

● 鑽孔編號：A150-8

1.柱狀圖

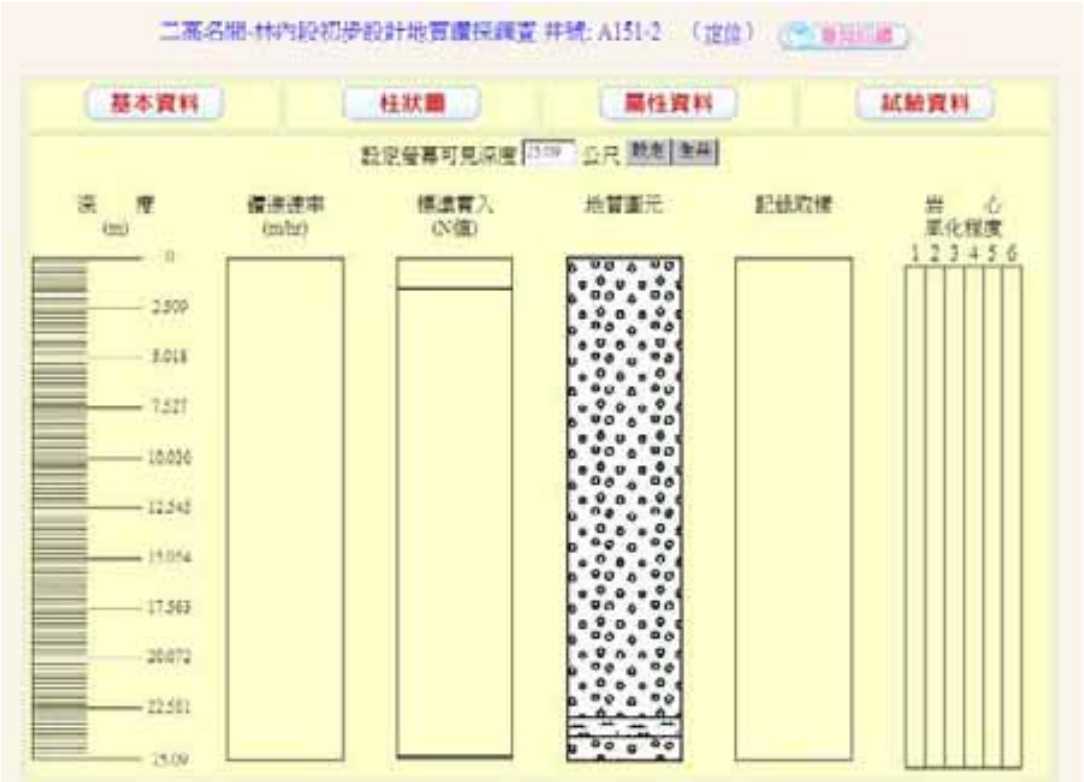


2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	25.51	103	礫石	

● 鑽孔編號：A151-2

1.柱狀圖

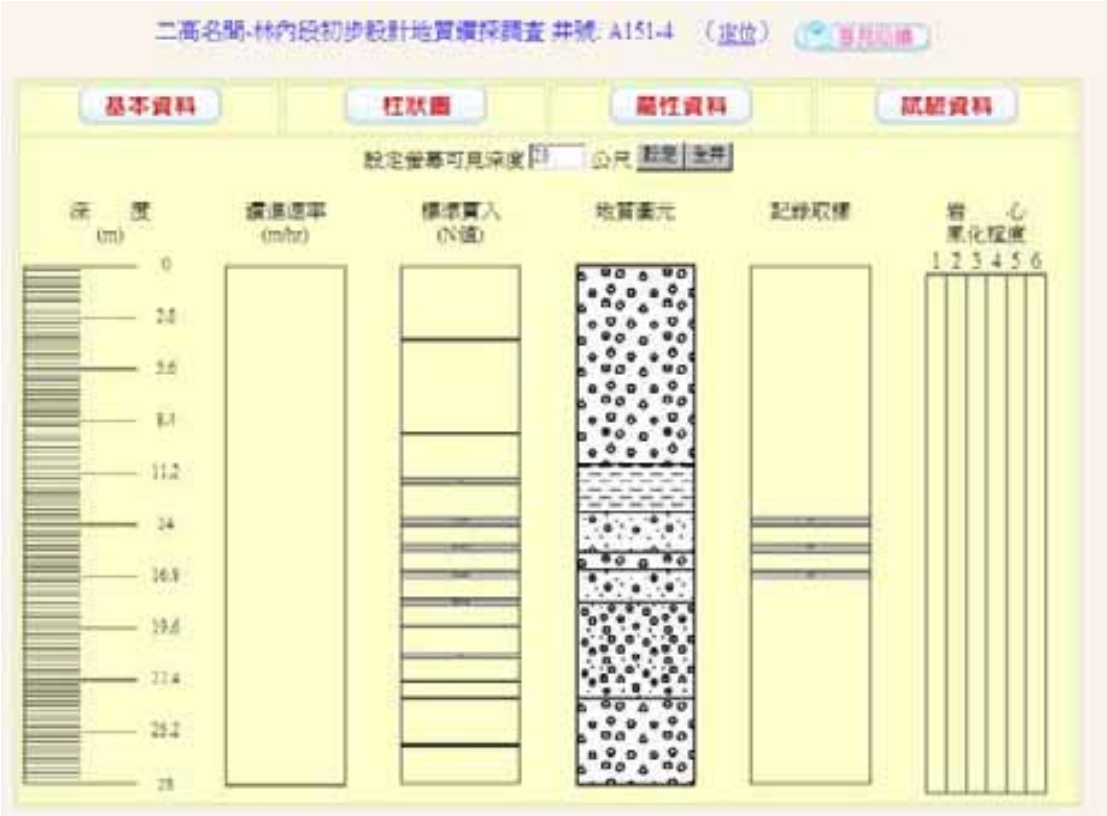


2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	23.00	103	礫石	
23.00	24.00	242	砂質粉土	
24.00	25.09	103	礫石	

● 鑽孔編號：A151-4

1.柱狀圖

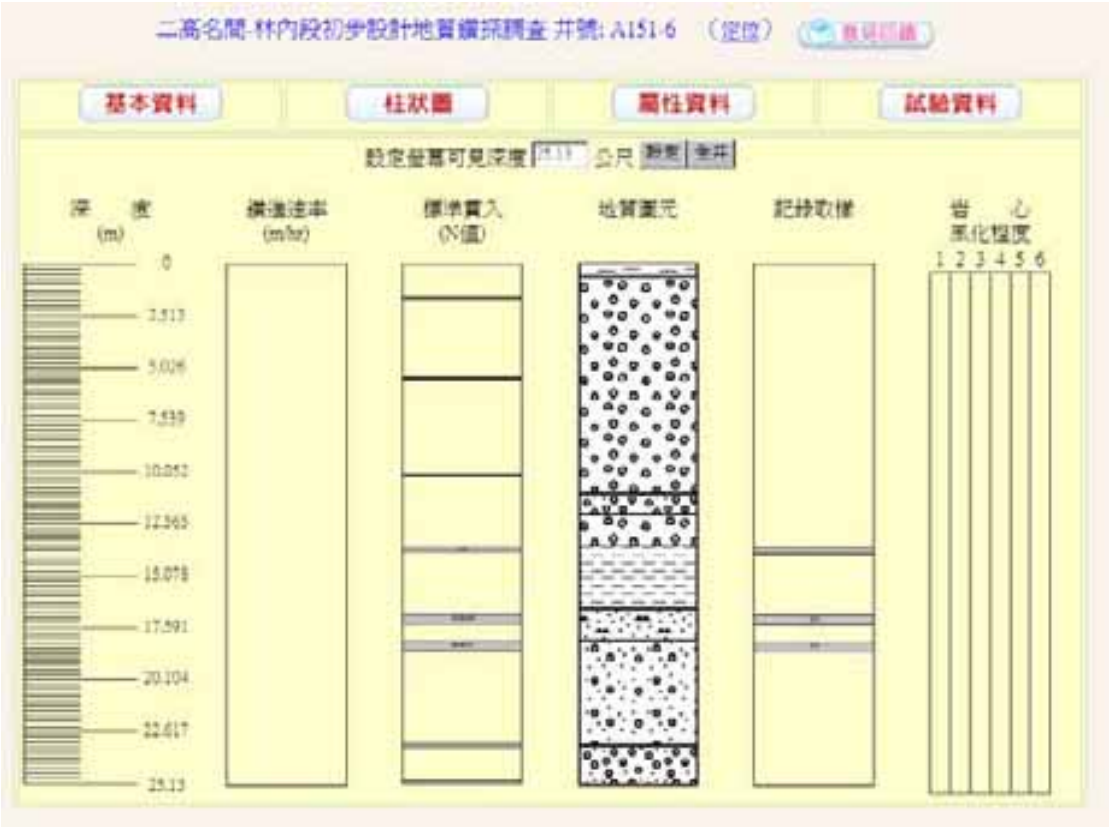


2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	10.70	103	礫石	
10.70	13.30	307	泥岩	
13.30	15.50	222	礫質砂	
15.50	16.50	103	礫石	
16.50	18.20	222	礫質砂	
18.20	23.40	202	砂質礫石	
23.40	28.00	103	礫石	

● 鑽孔編號：A151-6

1.柱狀圖

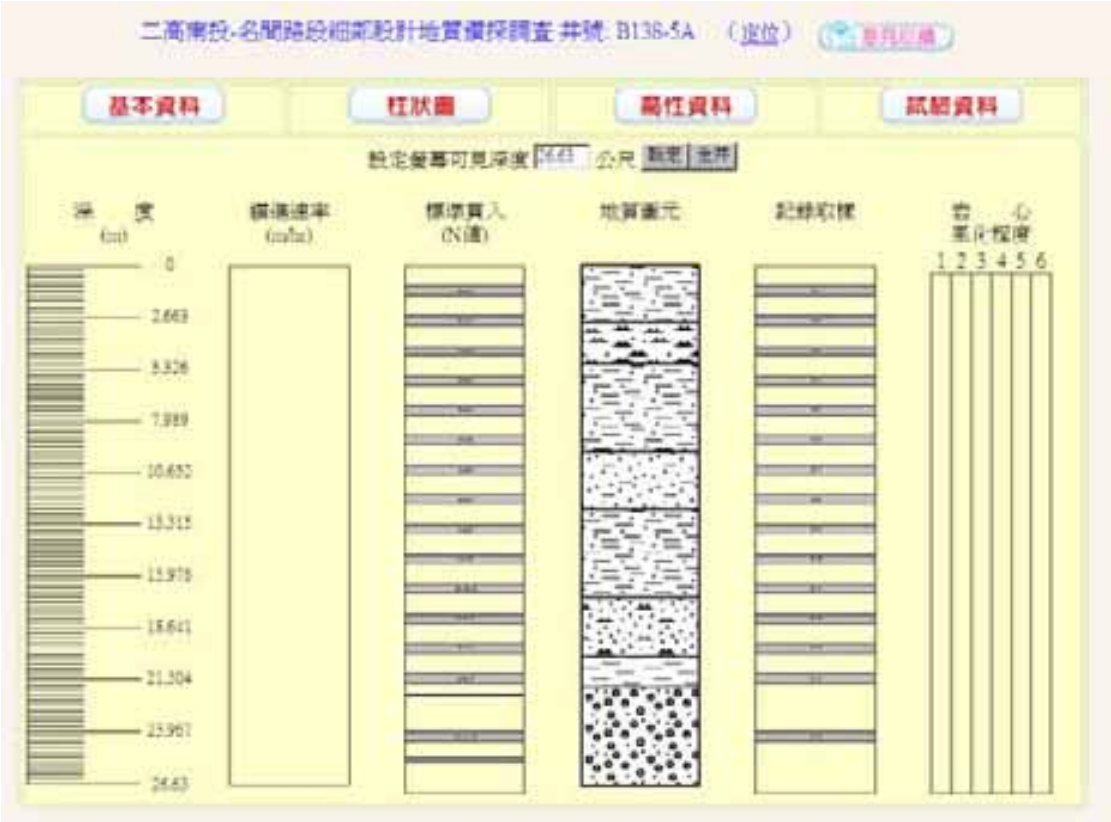


2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	0.65	264	粉土質黏土	
0.65	11.10	103	礫石	
11.10	12.15	202	砂質礫石	
12.15	13.60	103	礫石	
13.60	16.70	307	泥岩	
16.70	18.30	227	粉土質砂	
18.30	23.30	222	礫質砂	
23.30	25.13	202	砂質礫石	

● 鑽孔編號：B138-5A

1.柱狀圖



2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	2.95	262	砂質黏土	
2.95	5.05	242	砂質粉土	
5.05	9.50	262	砂質黏土	
9.50	12.50	228	黏土質砂	
12.50	17.00	262	砂質黏土	
17.00	20.00	227	粉土質砂	
20.00	21.63	106	黏土	
21.63	26.63	202	砂質礫石	

● 鑽孔編號：B139-01

1.柱狀圖

2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	2.20	242	砂質粉土	
2.20	2.80	106	黏土	
2.80	5.95	262	砂質黏土	
5.95	7.10	202	砂質礫石	
7.10	8.90	202	砂質礫石	
8.90	10.65	227	粉土質砂	
10.65	16.50	202	砂質礫石	
16.50	18.55	262	砂質黏土	
18.55	20.06	202	砂質礫石	

● 鑽孔編號：B139-02

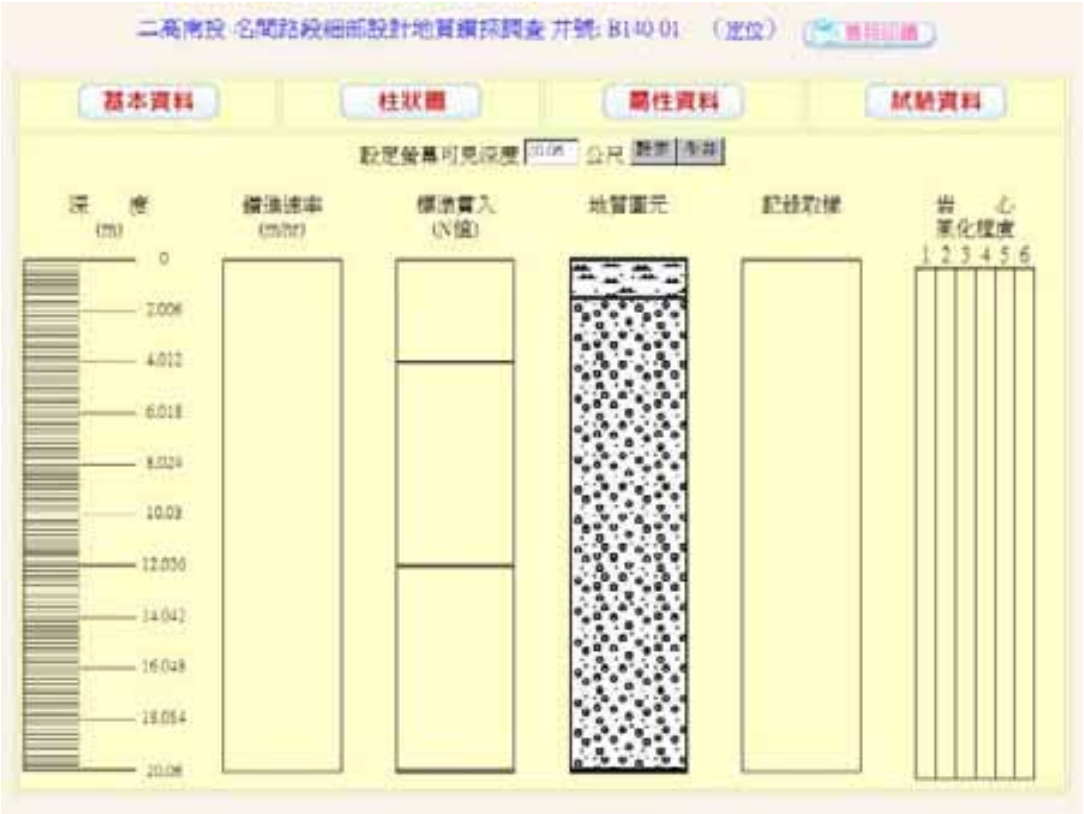
1.柱狀圖

2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	0.45	112	填方	
0.45	0.90	244	黏土質粉土	
0.90	1.70	106	黏土	
1.70	3.25	242	砂質粉土	
3.25	8.70	202	砂質礫石	
8.70	20.00	202	砂質礫石	

● 鑽孔編號：B140-01

1.柱狀圖



2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	1.50	242	砂質粉土	
1.50	20.00	202	砂質礫石	

● 鑽孔編號：B141-01

1.柱狀圖

2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	16.00	202	砂質礫石	
16.00	20.00	202	砂質礫石	

● 鑽孔編號：B142-1

1.柱狀圖

2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	13.10	202	砂質礫石	
13.10	30.05	202	砂質礫石	

● 鑽孔編號：B143-5

1.柱狀圖

2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	0.60	112	填方	
0.60	0.90	227	粉土質砂	
0.90	6.80	103	礫石	
6.80	15.00	202	砂質礫石	

● 鑽孔編號：B144-2

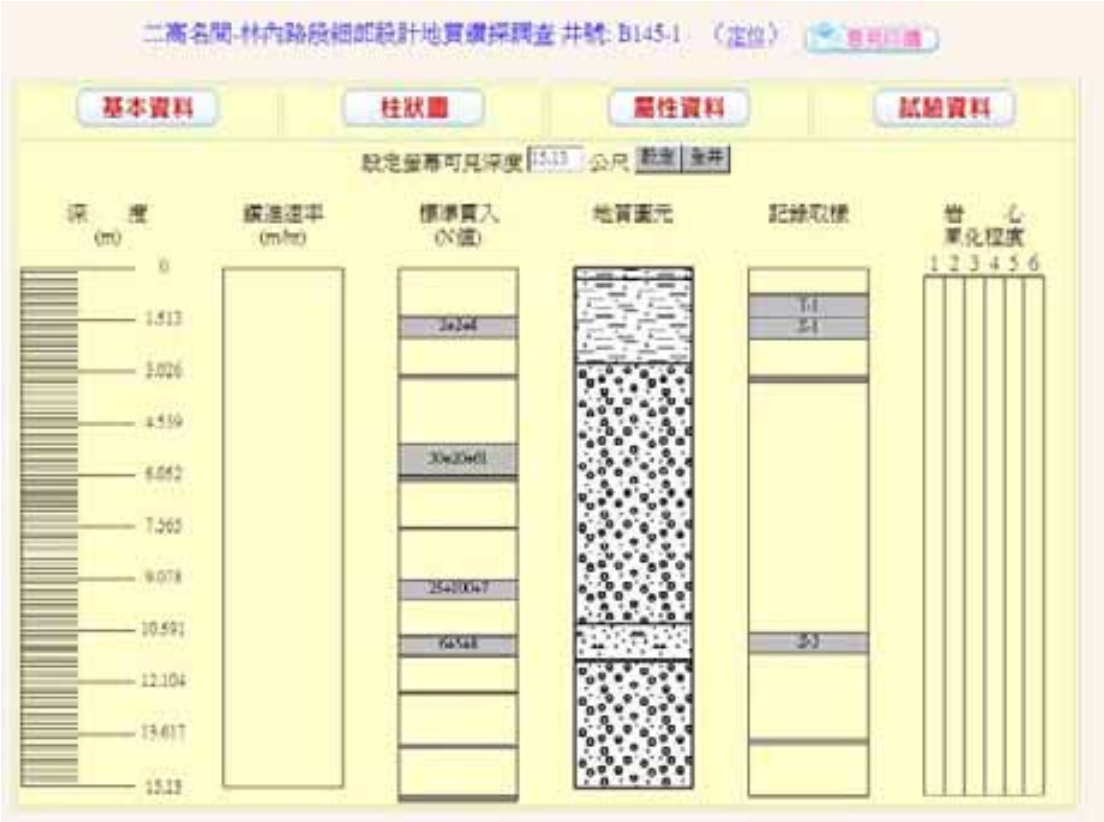
1.柱狀圖

2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	1.50	222	礫質砂	
1.50	15.50	202	砂質礫石	
15.50	16.00	227	粉土質砂	
16.00	20.07	202	砂質礫石	

● 鑽孔編號：B145-1

1.柱狀圖



2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	0.30	262	砂質黏土	
0.30	2.80	262	砂質黏土	
2.80	10.40	202	砂質礫石	
10.40	11.45	227	粉土質砂	
11.45	15.13	202	砂質礫石	

● 鑽孔編號：B148-10

1.柱狀圖

2.地質圖元符號

(無提供)

● 鑽孔編號：B148-2

1.柱狀圖

2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	0.30	001	土壤	Soil Soil
0.30	0.70	242	砂質粉土	
0.70	1.60	227	粉土質砂	
1.60	15.11	103	礫石	

● 鑽孔編號：B148-4

1.柱狀圖

2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	0.30	242	砂質粉土	
0.30	15.04	103	礫石	

● 鑽孔編號：B149-3

1.柱狀圖

2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	0.37	264	粉土質黏土	
0.37	0.87	227	粉土質砂	
0.87	10.00	103	礫石	

● 鑽孔編號：B149-5

1.柱狀圖

2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	0.35	227	粉土質砂	
0.35	0.90	103	礫石	
0.90	1.35	227	粉土質砂	
1.35	14.80	103	礫石	
14.80	16.60	307	泥岩	
16.60	17.15	303	砂岩	
17.15	25.03	103	礫石	

● 鑽孔編號：B151-5

1.柱狀圖

2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	12.40	103	礫石	
12.40	13.25	227	粉土質砂	
13.25	16.83	103	礫石	
16.83	24.64	424	砂泥岩互層	
24.64	26.93	303	砂岩	
26.93	27.40	227	粉土質砂	
27.40	30.13	103	礫石	

● 鑽孔編號：YH-07

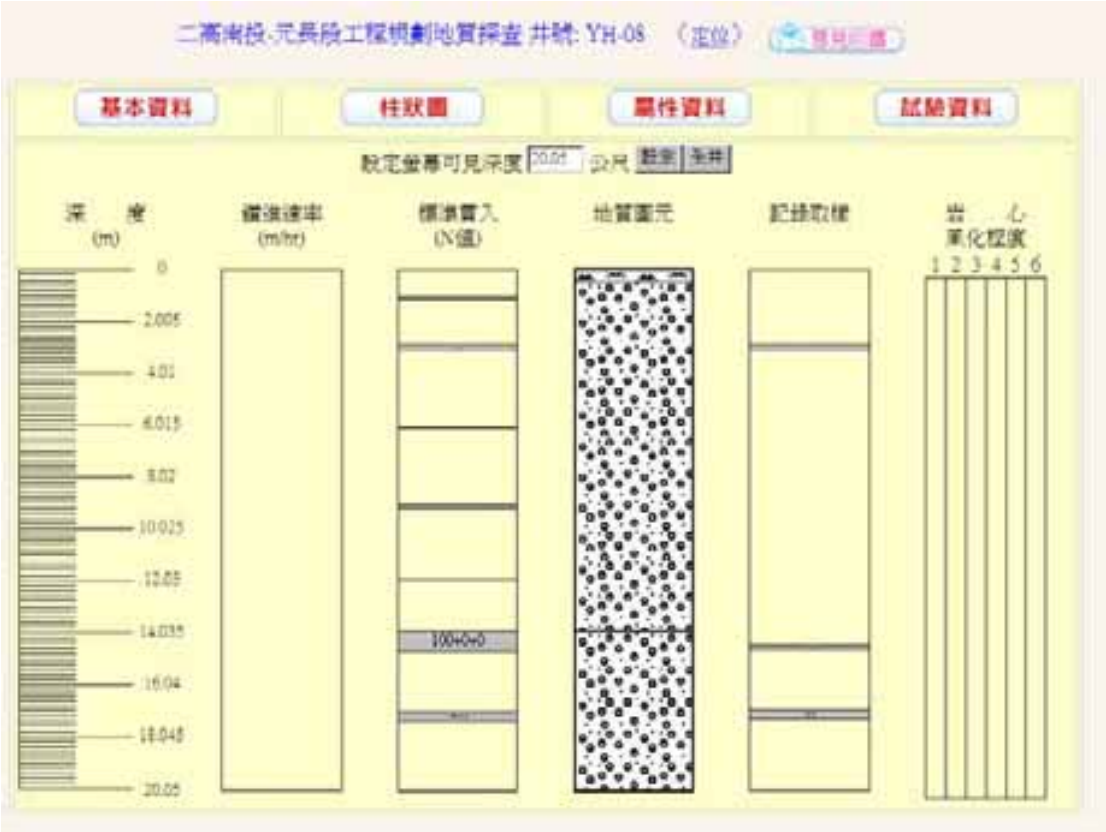
1.柱狀圖

2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	0.75	244	黏土質粉土	
0.75	11.50	202	砂質礫石	
11.50	30.07	202	砂質礫石	

● 鑽孔編號：YH-08

1.柱狀圖



2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	0.50	242	砂質粉土	
0.50	14.00	202	砂質礫石	
14.00	20.05	202	砂質礫石	

● 鑽孔編號：YH-09

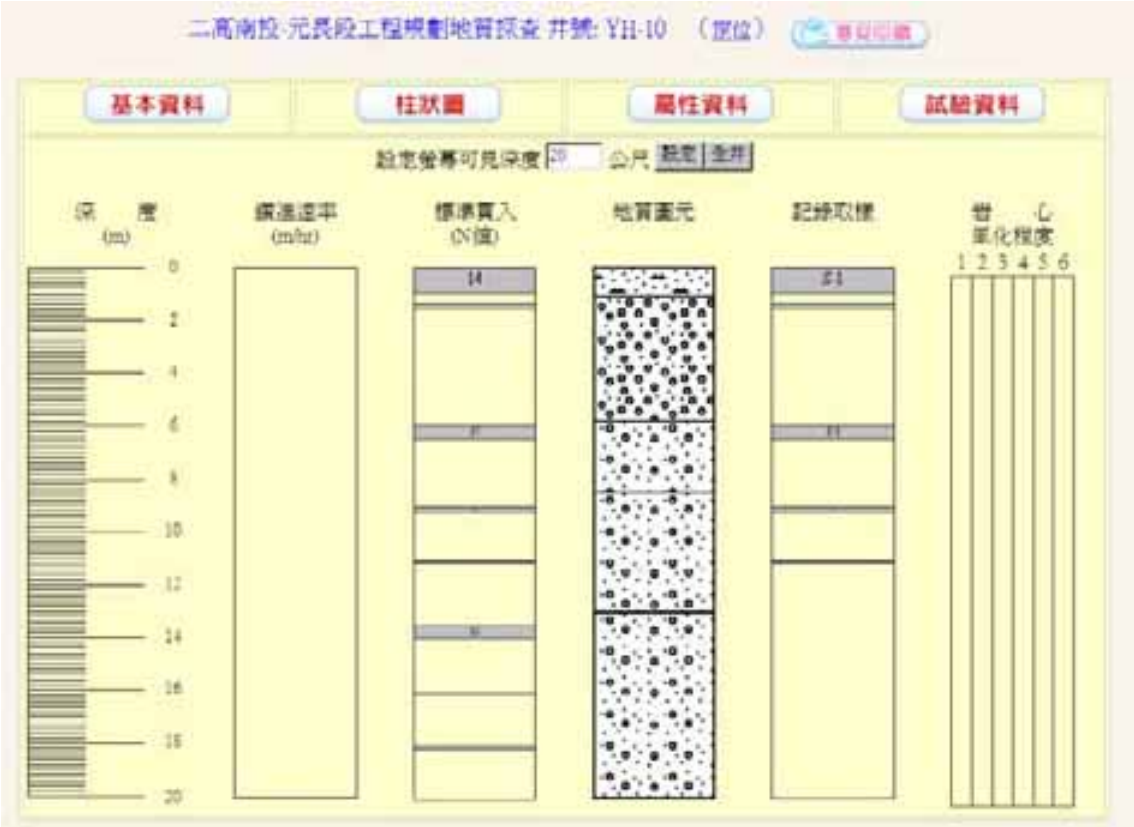
1.柱狀圖

2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	10.00	222	礫質砂	
10.00	20.06	202	砂質礫石	

● 鑽孔編號：YH-10

1.柱狀圖



2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	1.10	227	粉土質砂	
1.10	5.80	202	砂質礫石	
5.80	8.50	222	礫質砂	
8.50	13.00	222	礫質砂	
13.00	20.00	222	礫質砂	

● 鑽孔編號：YH-11

1.柱狀圖

2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	0.30	227	粉土質砂	
0.30	25.04	103	礫石	

● 鑽孔編號：AB-01

1.柱狀圖

2.地質圖元符號

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	0.60	264	粉土質黏土	
0.60	12.80	103	礫石	
12.80	15.00	106	黏土	
15.00	18.25	227	粉土質砂	
18.25	20.40	227	粉土質砂	
20.40	22.90	227	粉土質砂	
22.90	26.00	103	礫石	
26.00	30.00	103	礫石	

附錄十三　名竹盆地地下水調查規劃訪談問卷

名竹盆地地下水源調查規劃
訪談問卷

受訪單位 山崇里　　受訪者 [illegible]　　受訪日期 1.2/08/21

※先生/小姐，您好：

感謝您參與本次訪談調查，調查資料僅供「名竹盆地地下水源開發調查規劃」計畫案統計使用。

有關名竹盆地地下水源可能運用說明如下：

1. 名竹盆地地下水可能開發範圍：東自外埔及水底寮、西至下溪底及枋寮子一帶，面積約 25 平方公里。(涵蓋鄉鎮約為南投縣竹山鎮及名間鄉)
2. 名竹盆地地下水調查目的：於可能開發範圍內抽汲地下水，增供下游地區(彰化、雲林)民生用水需求，減少彰雲地區之地下水抽水量，以減緩彰雲地區地層下陷情形。
3. 經初步調查，名竹盆地地下水可能開發方式：
   (1)以寬口井之井群方式，等距沿濁水溪斷面 90 至 96 之南北兩岸各佈設 3 口抽水井(合計 6 口)。(開發區位圖詳圖 1)
   (2)開發規模為每日 3 萬立方公尺。
   (3)取水僅以較具出水能力之淺層含水層為抽汲對象。
4. 名竹盆地地下水開發可能對環境之影響：
   (1)抽水井鄰近地區地下水水位微幅下降。
   (2)濁水溪河川流量局部微幅減少。
   (3)不會造成名竹盆地地層下陷。

※謝謝您寶貴的意見，訪談過程所取得之個人資料與訪談結果，僅供「名竹盆地下水源開發調查規劃」計畫案所說明的使用目的和範圍加以運用，除非事先說明、或依照相關法律規定，否則本所不會將使用者個人資料提供給第三人、或移作其他目的使用。

經濟部水利署　水利規劃試驗所

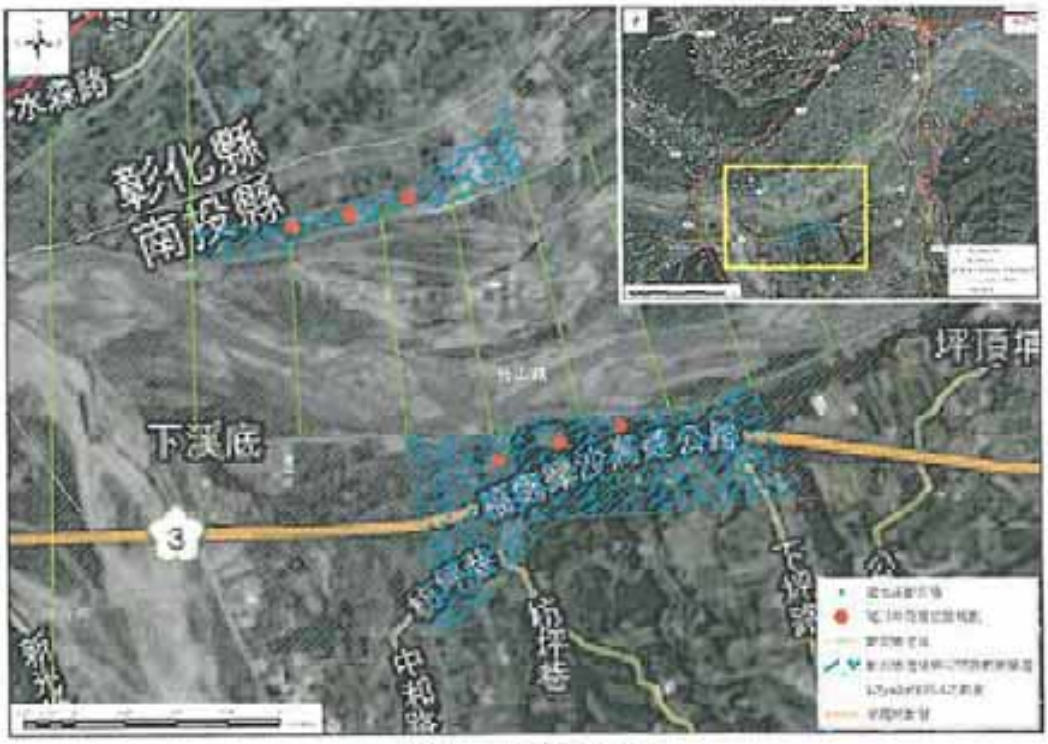


圖 1　開發區位圖

請您依據前述對名竹盆地地下水開發之說明，針對下列題目表達意見：

Q1、請問您對於濁水溪下游彰化、雲林地區，目前水資源的供需狀況是否了解？有什麼看法呢?

ANS：

① 了解

② 養殖業過多、農田皆抽地下水所造成。

Q2、請問您認為可以用何種方式，以減低彰化及雲林地區因抽汲地下水而不會造成地層下陷問題?

ANS：①改變彰雲地区漁、農業須大量抽汲地下水的產業型態.

Q3、請問您對於名竹盆地地下水未來開發後，其開發規模及可能造成地下水水位下降、濁水溪河川流量減少等問題，對當地生活環境可能帶來哪些影響或衝擊?

ANS：①若會造成地層下陷，應先擬出解決或補救事業.

②影响到當地因抽取地下水之飲用水，其民生用井水量減少.

Q4、請問您是否贊成在名竹盆地開發地下水資源，以供下游彰化及雲林地區使用?

ANS：①不贊成

②若有相關地方回饋方案，應該較佳。

名竹盆地地下水源調查規劃
訪談問卷

受訪單位 地正里　受訪者 [illegible]　受訪日期 102/8/4

※先生/小姐，您好：

感謝您參與本次訪談調查，調查資料僅供「名竹盆地地下水源開發調查規劃」計畫案統計使用。

有關名竹盆地地下水源可能運用說明如下：

1. 名竹盆地地下水可能開發範圍：東自外埔及水底寮、西至下溪底及枋寮子一帶，面積約 25 平方公里。(涵蓋鄉鎮約為南投縣竹山鎮及名間鄉)
2. 名竹盆地地下水調查目的：於可能開發範圍內抽汲地下水，增供下游地區(彰化、雲林)民生用水需求，減少彰雲地區之地下水抽水量，以減緩彰雲地區地層下陷情形。
3. 經初步調查，名竹盆地地下水可能開發方式：
   (1)以寬口井之井群方式，等距沿濁水溪斷面 90 至 96 之南北兩岸各佈設 3 口抽水井(合計 6 口)。(開發區位圖詳圖 1)
   (2)開發規模為每日 3 萬立方公尺。
   (3)取水僅以較具出水能力之淺層含水層為抽汲對象。
4. 名竹盆地地下水開發可能對環境之影響：
   (1)抽水井鄰近地區地下水水位微幅下降。
   (2)濁水溪河川流量局部微幅減少。
   (3)不會造成名竹盆地地層下陷。

※謝謝您寶貴的意見，訪談過程所取得之個人資料與訪談結果，僅供「名竹盆地下水源開發調查規劃」計畫案所說明的使用目的和範圍加以運用，除非事先說明、或依照相關法律規定，否則本所不會將使用者個人資料提供給第三人、或移作其他目的使用。

經濟部水利署　水利規劃試驗所

1

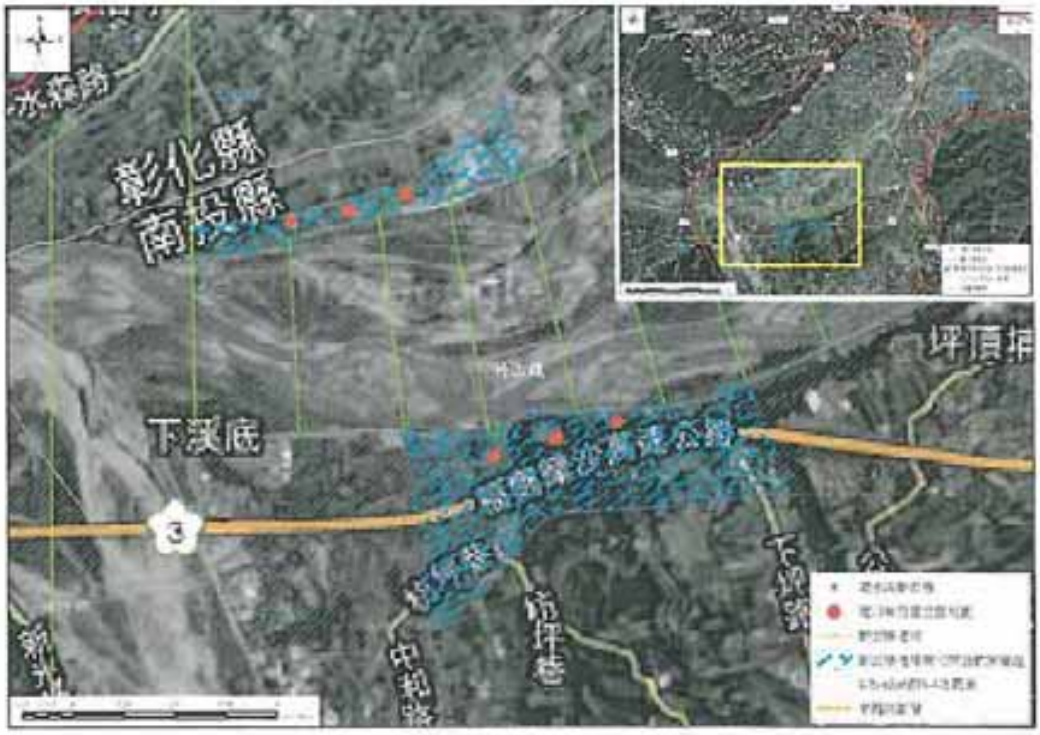


圖 1　開發區位圖

請您依據前述對名竹盆地地下水開發之說明，針對下列題目表達意見：

Q1、請問您對於濁水溪下游彰化、雲林地區，目前水資源的供需狀況是否了解？有什麼看法呢?

ANS：

① 是

② 山石地較易下陷

Q2、請問您認為可以用何種方式，以減低彰化及雲林地區因抽汲地下水而不會造成地層下陷問題?

ANS：① 無意見.

Q3、請問您對於名竹盆地地下水未來開發後，其開發規模及可能造成地下水水位下降、濁水溪河川流量減少等問題，對當地生活環境可能帶來哪些影響或衝擊?

ANS：① 自來水管路修補造成路面不平，造成民生交通困擾，定期進行路平方案，應提撥相關經費.

Q4、請問您是否贊成在名竹盆地開發地下水資源，以供下游彰化及雲林地區使用?

ANS：① 贊成

② 須維護原本當地環境民生活狀態。

名竹盆地地下水源調查規劃

訪談問卷

受訪單位 喜州里　受訪者 楊麗娟　受訪日期 102/8/22

※先生/小姐，您好：

感謝您參與本次訪談調查，調查資料僅供「名竹盆地地下水源開發調查規劃」計畫案統計使用。

有關名竹盆地地下水源可能運用說明如下：

1. 名竹盆地地下水可能開發範圍：東自外埔及水底寮、西至下溪底及枋寮子一帶，面積約 25 平方公里。(涵蓋鄉鎮約為南投縣竹山鎮及名間鄉)
2. 名竹盆地地下水調查目的：於可能開發範圍內抽汲地下水，增供下游地區(彰化、雲林)民生用水需求，減少彰雲地區之地下水抽水量，以減緩彰雲地區地層下陷情形。
3. 經初步調查，名竹盆地地下水可能開發方式：
   (1)以寬口井之井群方式，等距沿濁水溪斷面 90 至 96 之南北兩岸各佈設 3 口抽水井(合計 6 口)。(開發區位圖詳圖 1)
   (2)開發規模為每日 3 萬立方公尺。
   (3)取水僅以較具出水能力之淺層含水層為抽汲對象。
4. 名竹盆地地下水開發可能對環境之影響：
   (1)抽水井鄰近地區地下水水位微幅下降。
   (2)濁水溪河川流量局部微幅減少。
   (3)不會造成名竹盆地地層下陷。

※謝謝您寶貴的意見，訪談過程所取得之個人資料與訪談結果，僅供「名竹盆地下水源開發調查規劃」計畫案所說明的使用目的和範圍加以運用，除非事先說明、或依照相關法律規定，否則本所不會將使用者個人資料提供給第三人、或移作其他目的使用。

經濟部水利署　水利規劃試驗所

1

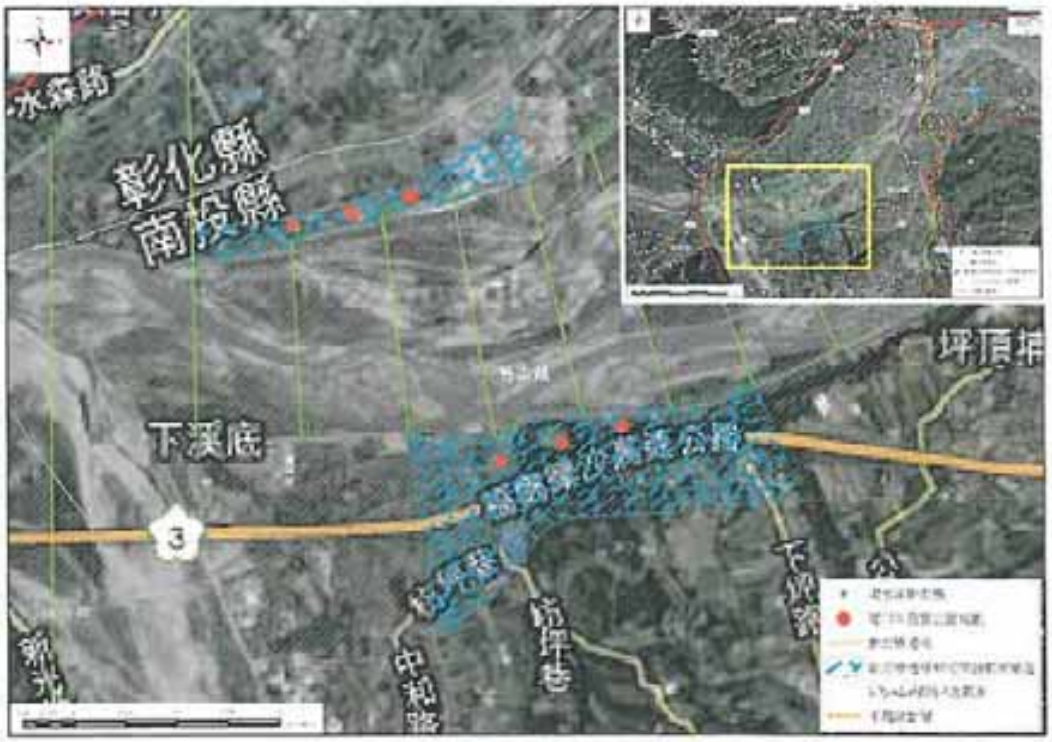


圖 1　開發區位圖

請您依據前述對名竹盆地地下水開發之說明，針對下列題目表達意見：

Q1、請問您對於濁水溪下游彰化、雲林地區，目前水資源的供需狀況是否了解？有什麼看法呢?

ANS：

①了解，地層下陷

②因應養殖業抽水過多的因素

Q2、請問您認為可以用何種方式，以減低彰化及雲林地區因抽汲地下水而不會造成地層下陷問題?

ANS：

①用清水溪桶頭壩的水供彰雲民生用水即可.

Q3、請問您對於名竹盆地地下水未來開發後，其開發規模及可能造成地下水水位下降、濁水溪河川流量減少等問題，對當地生活環境可能帶來哪些影響或衝擊?

ANS：

①上游地下水位是否會降低.

②原有水田水涵養已不足，再開發有疑慮.

③若再開發，抽汲過多地下水量恐怕造竹山地区有地層下陷問題.

Q4、請問您是否贊成在名竹盆地開發地下水資源，以供下游彰化及雲林地區使用?

ANS：

①不同意

②集集壩和桶頭壩興建後，當地地下水位(竹山地区)已造成下降，不宜再開發

3

名竹盆地地下水源調查規劃

訪談問卷

受訪單位 延和里 里長　受訪者 林韓聖　受訪日期 102 / 8 / 22

※先生/小姐，您好：

感謝您參與本次訪談調查，調查資料僅供「名竹盆地地下水源開發調查規劃」計畫案統計使用。

有關名竹盆地地下水源可能運用說明如下：

1. 名竹盆地地下水可能開發範圍：東自外埔及水底寮、西至下溪底及枋寮子一帶，面積約 25 平方公里。(涵蓋鄉鎮約為南投縣竹山鎮及名間鄉)
2. 名竹盆地地下水調查目的：於可能開發範圍內抽汲地下水，增供下游地區(彰化、雲林)民生用水需求，減少彰雲地區之地下水抽水量，以減緩彰雲地區地層下陷情形。
3. 經初步調查，名竹盆地地下水可能開發方式：
   (1)以寬口井之井群方式，等距沿濁水溪斷面 90 至 96 之南北兩岸各佈設 3 口抽水井(合計 6 口)。(開發區位圖詳圖 1)
   (2)開發規模為每日 3 萬立方公尺。
   (3)取水僅以較具出水能力之淺層含水層為抽汲對象。
4. 名竹盆地地下水開發可能對環境之影響：
   (1)抽水井鄰近地區地下水水位微幅下降。
   (2)濁水溪河川流量局部微幅減少。
   (3)不會造成名竹盆地地層下陷。

※謝謝您寶貴的意見，訪談過程所取得之個人資料與訪談結果，僅供「名竹盆地下水源開發調查規劃」計畫案所說明的使用目的和範圍加以運用，除非事先說明、或依照相關法律規定，否則本所不會將使用者個人資料提供給第三人、或移作其他目的使用。

經濟部水利署　水利規劃試驗所

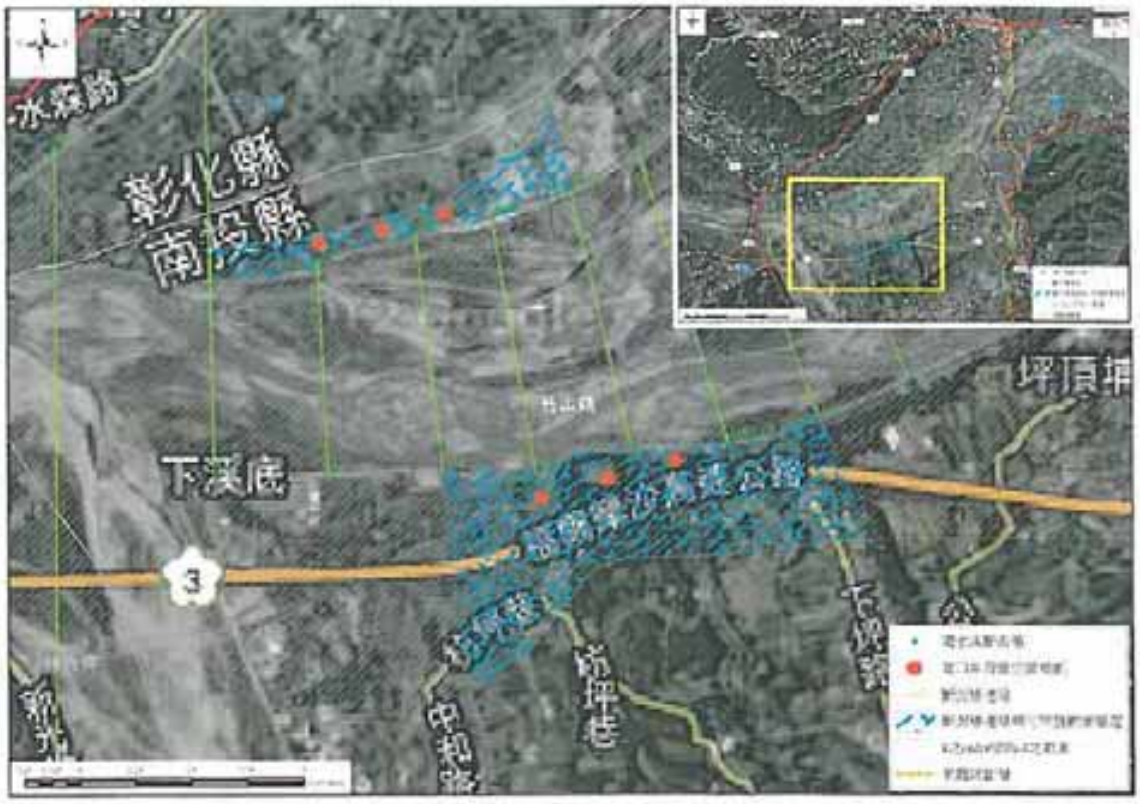


圖 1　開發區位圖

請您依據前述對名竹盆地地下水開發之說明，針對下列題目表達意見：

Q1、請問您對於濁水溪下游彰化、雲林地區，目前水資源的供需狀況是否了解？有什麼看法呢?

ANS：

①不了解

Q2、請問您認為可以用何種方式，以減低彰化及雲林地區因抽汲地下水而不會造成地層下陷問題?

ANS：

① 沒有想法。

∴運用地面水即可. 應足夠.

Q3、請問您對於名竹盆地地下水未來開發後，其開發規模及可能造成地下水水位下降、濁水溪河川流量減少等問題，對當地生活環境可能帶來哪些影響或衝擊?

ANS：

① 若抽水會造成原有古地抽水井抽不到，影响当地民眾抽水井使用便利程度.

Q4、請問您是否贊成在名竹盆地開發地下水資源，以供下游彰化及雲林地區使用?

ANS：

① 不同意

② 湖山水庫完成應足夠, 不需抽取地下水.

3

名竹盆地地下水源調查規劃
訪談問卷

受訪單位 中和里[illegible] 受訪者 里長曾坤源 受訪日期 10218122

※先生/小姐，您好：

感謝您參與本次訪談調查，調查資料僅供「名竹盆地地下水源開發調查規劃」計畫案統計使用。

有關名竹盆地地下水源可能運用說明如下：

1. 名竹盆地地下水可能開發範圍：東自外埔及水底寮、西至下溪底及枋寮子一帶，面積約 25 平方公里。(涵蓋鄉鎮約為南投縣竹山鎮及名間鄉)
2. 名竹盆地地下水調查目的：於可能開發範圍內抽汲地下水，增供下游地區(彰化、雲林)民生用水需求，減少彰雲地區之地下水抽水量，以減緩彰雲地區地層下陷情形。
3. 經初步調查，名竹盆地地下水可能開發方式：
   (1)以寬口井之井群方式，等距沿濁水溪斷面 90 至 96 之南北兩岸各佈設 3 口抽水井(合計 6 口)。(開發區位圖詳圖 1)
   (2)開發規模為每日 3 萬立方公尺。
   (3)取水僅以較具出水能力之淺層含水層為抽汲對象。
4. 名竹盆地地下水開發可能對環境之影響：
   (1)抽水井鄰近地區地下水水位微幅下降。
   (2)濁水溪河川流量局部微幅減少。
   (3)不會造成名竹盆地地層下陷。

※謝謝您寶貴的意見，訪談過程所取得之個人資料與訪談結果，僅供「名竹盆地下水源開發調查規劃」計畫案所說明的使用目的和範圍加以運用，除非事先說明、或依照相關法律規定，否則本所不會將使用者個人資料提供給第三人、或移作其他目的使用。

經濟部水利署　水利規劃試驗所

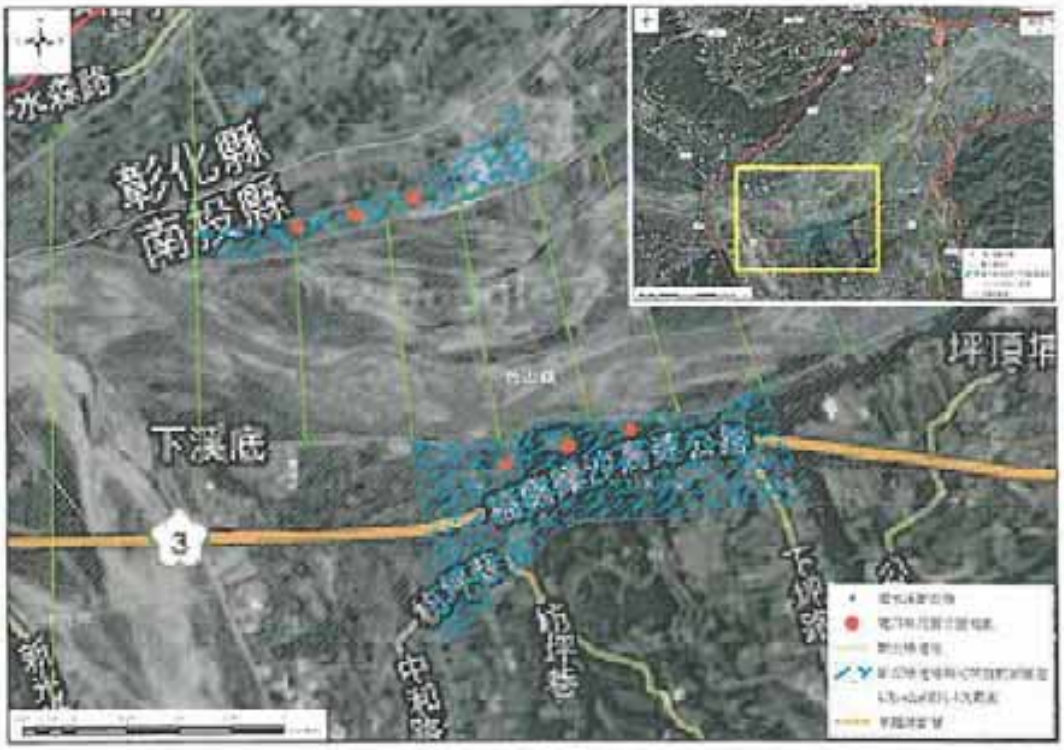


圖 1　開發區位圖

請您依據前述對名竹盆地地下水開發之說明，針對下列題目表達意見：

Q1、請問您對於濁水溪下游彰化、雲林地區，目前水資源的供需狀況是否了解？有什麼看法呢?

ANS：了解

Q2、請問您認為可以用何種方式，以減低彰化及雲林地區因抽汲地下水而不會造成地層下陷問題?

ANS：取地上水。

Q3、請問您對於名竹盆地地下水未來開發後，其開發規模及可能造成地下水水位下降、濁水溪河川流量減少等問題，對當地生活環境可能帶來哪些影響或衝擊?

ANS：①心理因素(地上水均擇用，再抽地下水就擔心)
②計畫塊土地會帶來再缺水(跟以前比土地就已去代表試乾燥)

Q4、請問您是否贊成在名竹盆地開發地下水資源，以供下游彰化及雲林地區使用?

ANS：不同意。正好是竹山垃圾掩埋場之地方。

名竹盆地地下水源調查規劃

訪談問卷

受訪單位 下蚶里　受訪者 楊錦富　受訪日期 102/8/22

※先生/小姐，您好：

感謝您參與本次訪談調查，調查資料僅供「名竹盆地地下水源開發調查規劃」計畫案統計使用。

有關名竹盆地地下水源可能運用說明如下：

1. 名竹盆地地下水可能開發範圍：東自外埔及水底寮、西至下溪底及枋寮子一帶，面積約 25 平方公里。(涵蓋鄉鎮約為南投縣竹山鎮及名間鄉)

2. 名竹盆地地下水調查目的：於可能開發範圍內抽汲地下水，增供下游地區(彰化、雲林)民生用水需求，減少彰雲地區之地下水抽水量，以減緩彰雲地區地層下陷情形。

3. 經初步調查，名竹盆地地下水可能開發方式：
   (1)以寬口井之井群方式，等距沿濁水溪斷面 90 至 96 之南北兩岸各佈設 3 口抽水井(合計 6 口)。(開發區位圖詳圖 1)
   (2)開發規模為每日 3 萬立方公尺。
   (3)取水僅以較具出水能力之淺層含水層為抽汲對象。

4. 名竹盆地地下水開發可能對環境之影響：
   (1)抽水井鄰近地區地下水水位微幅下降。
   (2)濁水溪河川流量局部微幅減少。
   (3)不會造成名竹盆地地層下陷。

※謝謝您寶貴的意見，訪談過程所取得之個人資料與訪談結果，僅供「名竹盆地下水源開發調查規劃」計畫案所說明的使用目的和範圍加以運用，除非事先說明、或依照相關法律規定，否則本所不會將使用者個人資料提供給第三人、或移作其他目的使用。

經濟部水利署　水利規劃試驗所

1

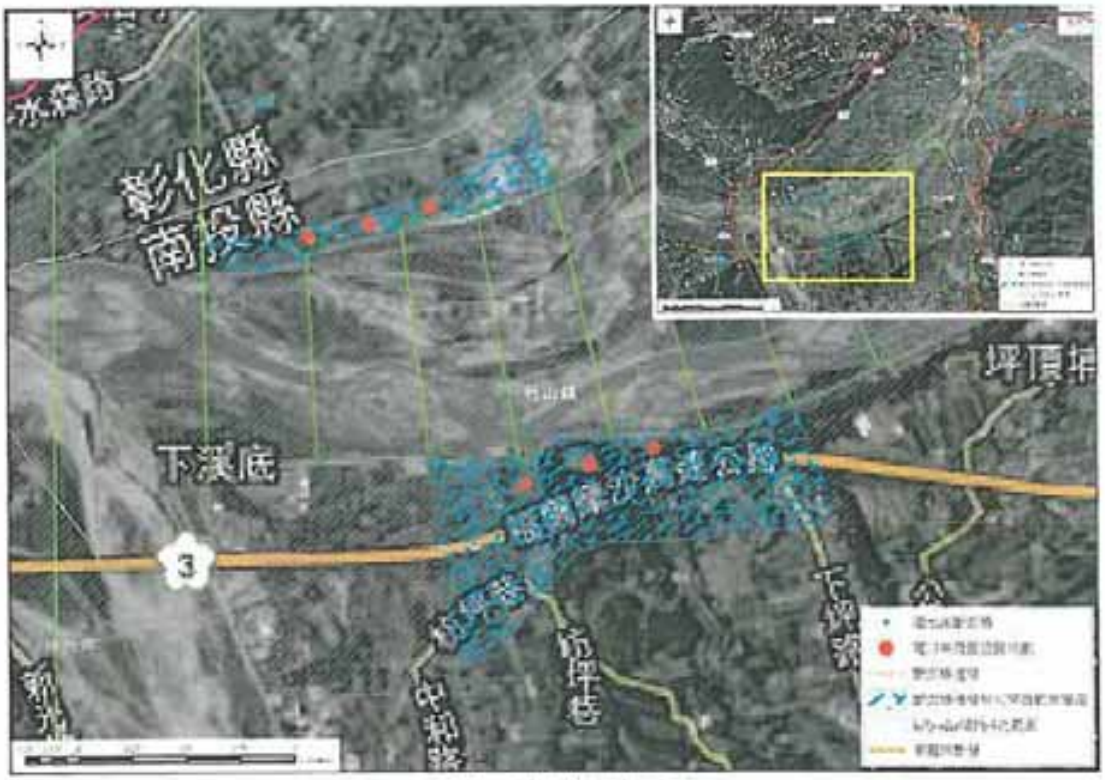


圖 1　開發區位圖

請您依據前述對名竹盆地地下水開發之說明，針對下列題目表達意見：

Q1、請問您對於濁水溪下游彰化、雲林地區，目前水資源的供需狀況是否了解？有什麼看法呢?

ANS：

① 了解

② 無

Q2、請問您認為可以用何種方式，以減低彰化及雲林地區因抽汲地下水而不會造成地層下陷問題?

ANS：

① 建議可從清水溪、東埔蚋溪取水用，應夠供應.

② 雲林可直接由日月潭提供水源.

Q3、請問您對於名竹盆地地下水未來開發後，其開發規模及可能造成地下水水位下降、濁水溪河川流量減少等問題，對當地生活環境可能帶來哪些影響或衝擊?

ANS：① 淺層井若沒有水，應提供回饋或是夠水量引流給當地民眾.

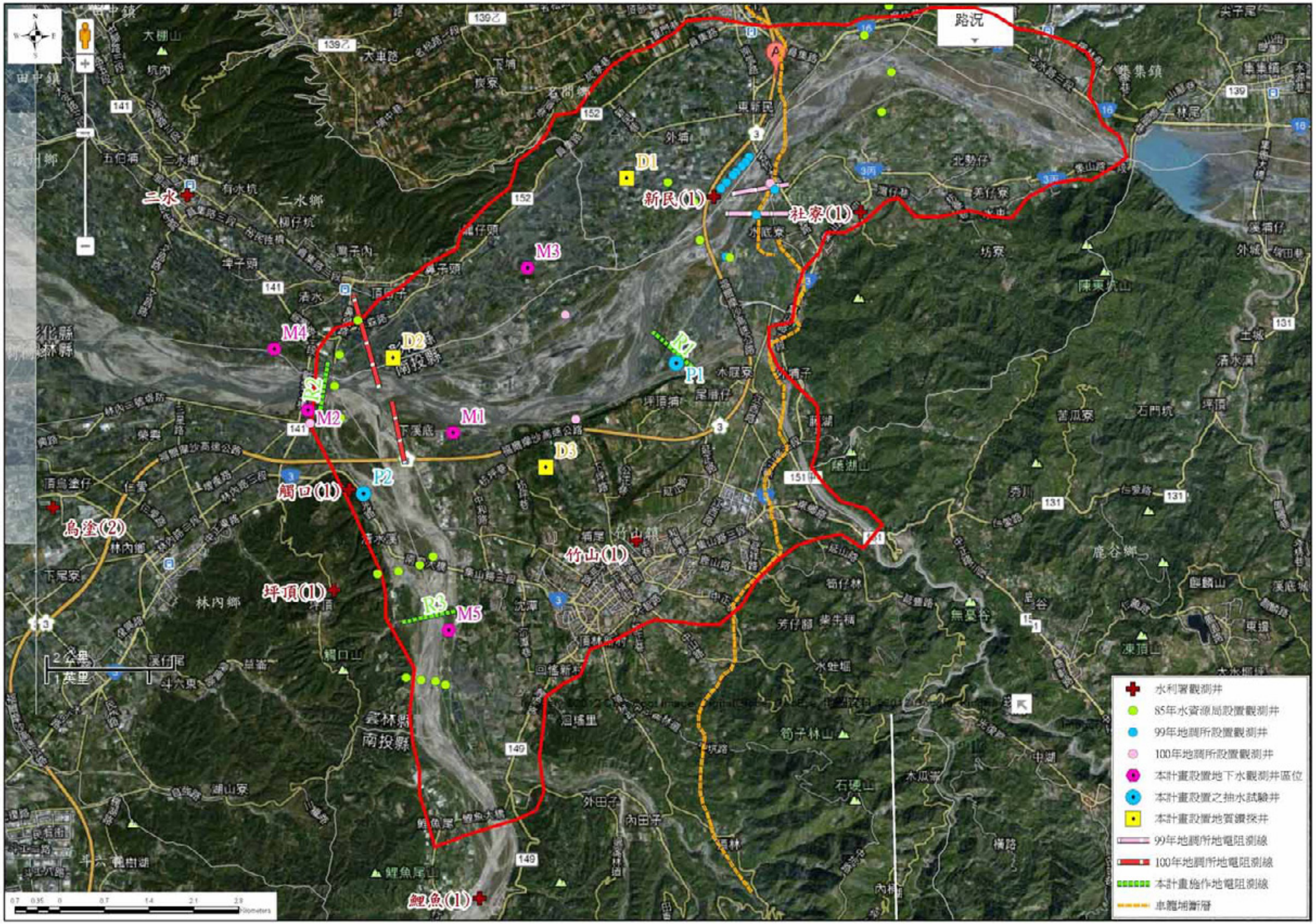
Q4、請問您是否贊成在名竹盆地開發地下水資源，以供下游彰化及雲林地區使用?

ANS：

① 不贊成

② 對竹山會造成影響.

附錄十四　歷年計畫調查區位


路況
二水(1)
新民(1)
社寮(1)
觸口(1)
烏塗(2)
坪頂(1)
竹山(1)
鯉魚(1)
D1
D2
D3
M1
M2
M3
M4
M5
P1
P2
R1
R2
R3
水利署觀測井
85年水資源局設置觀測井
99年地調所設置觀測井
100年地調所設置觀測井
本計畫設置地下水觀測井區位
本計畫設置之抽水試驗井
本計畫設置地質鑽探井
99年地調所地電阻測線
100年地調所地電阻測線
本計畫施作地電阻測線
車籠埔斷層

國家圖書館出版品預行編目資料CIP

名竹盆地地下水源開發調查規劃／ 黃紹揚, 溫志超, 李振誥編著. -- 初版 -- 臺中市：水利署水規所, 2013.08
面； 公分
ISBN 978-986-03-7738-5（平裝附光碟片）

1.地下水 2.臺灣

443.8 102015947

名竹盆地地下水源開發調查規劃

出版機關：經濟部水利署水利規劃試驗所
地址：台中市霧峰區吉峰里中正路1340號
電話：(04)23304788
傳真：(04)23300282
網址：http://www.wrap.gov.tw
編著者：國立雲林科技大學水土資源及防災科技研究中心/黃紹揚、溫志超；國立成功大學/李振誥
出版年月：2013年8月
版次；初版
定價：新台幣1500元
展售門市：五南文化廣場 台中市中山路6號 (04) 22260330
http://www.wunanbooks.com.tw
國家書店松江門市 台北市松江路209號1樓 (02)25180207
http://www.govbooks.com.tw
GPN：1010201644
ISBN：978-986-03-7738-5
著作權利管理資訊：經濟部水利署水利規劃試驗所保有所有權利。欲利用本書全部或部分內容者，須徵求經濟部水利署水利規劃試驗所同意或書面授權。
電子出版：本書附光碟片
聯絡資訊：經濟部水利署水利規劃試驗所
電話(04)23304788

廉潔、效能、便民

經濟部水利署水利規劃試驗所

地址：臺中市霧峰區吉峰里中正路 1340 號

網址：http://www.wrap.gov.tw/

總機：(04)23304788

傳真：(04)23300282

ISBN 978-986-7738-5

9 789860 377385

GPN：1010201644

定價：新臺幣 1500 元