

台中大坑地區地下水資源調查及分佈之研究

黃育珍⁽¹⁾ 鄭皆達⁽²⁾ 黃晴曉⁽³⁾ 陳本康⁽⁴⁾

摘要

台中大坑地區因地質上砂頁岩互層之地質構造，表面風化嚴重，遇雨常造成大小規模不一之崩塌情形。部分地區甚至因地下水豐沛之原因，經主管機關調查後劃設為潛在地滑區。

為減低因為高地下水位造成之崩塌危險，本研究評估將移除多餘之地下水源並引導至下邊坡以作改善農業用水。

本研究蒐集 5 處示範區之地形、地層及地質資料並利用包括地質鑽探、地電阻地球物理探測及現場調查等以瞭解五處調查區地下水源利用之可行性。

根據調查結果，在五處示範區中，3 處地點(第一、第二及第四示範區)其地形及地質條件具有蘊藏地下水資源之可行性。

(**關鍵詞**：地下水、湧水、地電阻)

A Study of groundwater investigation and distribution assessment in Taichung Da-Keng area

Huang-Yu Chen⁽¹⁾ Jack D. Cheng⁽²⁾ Ging-Xiao Huang⁽³⁾ Ben Kang Chen⁽⁴⁾

Doctoral Graduate Student ^{(1),(2)} Professor ⁽⁴⁾ Doctor Department of Soil and Water Conservation
National Chung-Hsing University, Taiwan, R.O.C.
Director ⁽³⁾ General of Economic development Bureau Taichung city government.

ABSTRACT

In Dakeng area of Taichung City, geological structure and surface weathering often cause landslides of varying sizes during heavy rainfall periods. Some locations in Dakeng were designated by responsible authorities as potential landslide sites area due to abundant groundwater.

To reduce the danger of landslide occurrence due to high groundwater, this study

(1)國立中興大學水土保持學系博士班研究生 (通訊作者 email:g3240@taichung.gov.tw)

(2)國立中興大學水土保持學系教授

(3)臺中市政府經濟發展局局長

(4)國立中興大學水土保持學系博士

assessed the suitabilities of removing extra water in the ground for use elsewhere downslope to improve agriculture water supply in this area.

This study collect terrain, landform and geological data at 5 study sites in the Dakeng area. Geological logging, resistance physical detection and field check were used to investigate the suitabilities of these 5 sites. The results show that among these 5 sites, 3(#1, #2, #4) were suitable because their geological and topographical conditions are favorable to high groundwater storage.

(**Keywords** : groundwater, drainage, Resistivity Imaging).

前言

大坑地區過去以來素有臺中市後花園之稱，近年來除原有之農業行為外，目前大力推展與新設地區聯合規劃「大新生活圈」以提升觀光休閒產業發展。

過去以來大坑地區居民世代以農業為主，農業生產為當地居民賴以維生之主要命脈。近年來，地方政府除積極發展觀光休閒產業之外，農業生產環境之改善一直為政府積極辦理之工作之一。農產品之產量多寡取決於氣候及水源，大坑地區溪流因集水區較小，坡度較陡又無貯水工程之建設，目前農作物種植均利用既有野溪抽水灌溉，惟枯水期間溪流水源枯竭，農業用水之供給不足，此一課題一直為政府及當地居民困擾之問題，因此近年來有引進新社地區白冷圳餘水灌溉之議。

為充分利用水資源，除前述引水灌溉工程之新建外，枯水期間如何增加水資源供給，避免因水資源分配造成地方不平亦為政府須正視之問題。

本研究之目的在於考量地下水資源為地面水枯水期間可考量之重要水源替代方案，而大坑地區地下水是否得以做為當地枯水期

間之重要替代水源，評估本地區之需求水量、可開發供應水量，並將於水源運用分析工作進行詳細探討，包括利用過去本區完成之相關規劃研究成果，將推估入滲與地下水補注量參考數據；將利用垂向補注、河川入滲及側向補注量之推估，求得規劃區地下水補注量，配合區域各目標年需求水量推估、水資源供需比較分析，探討地下水開發之可行性。

研究地區環境背景

1.地理位置

大坑地區位於台中市北屯區與新社區交界之丘陵地帶，行政區域劃分屬北屯區。東鄰新社鄉，西臨潭子區，南隔太平區，北接豐原區。市 129 線 (東山路)貫穿本區，可通達台中市區及潭子、新社及太平等區。早期以農業為主，然因其地勢高及景觀佳等因素，近年來大力發展觀光與休閒農業，為台中市主要觀光遊憩地帶 (如圖 1)。

2.地形與水系

大坑地區主要高程為 200~300 公尺，約佔規劃區之 34.48%。(詳表 1 高程面積統計表

及圖 2 高程分佈圖)。其坡度主要為三級坡，佔規劃區之 36.72%。(詳表 2 坡度面積統計表及圖 3 坡度分佈圖)規劃區主要坡向為南向及西南向，佔規劃區之 19.01 % (詳表 3 坡向面積統計表及圖 4 坡向分佈圖)。



圖 1 大坑地區位置圖
Figure 1 The location of Da-Keng area (Taichung)

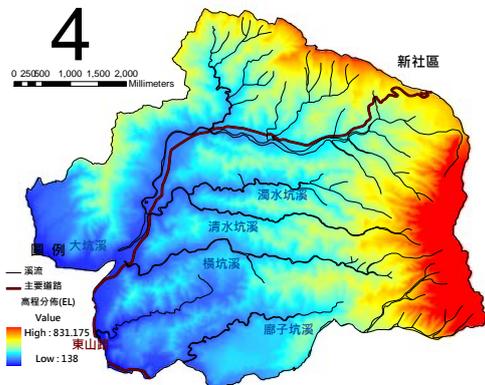


圖 2 大坑地區高程分佈圖
Figure 2 Elevation distribution map in Da-Keng area (Taichung)

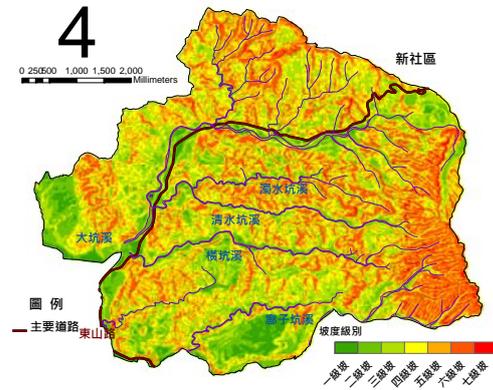


圖 3 大坑地區坡度分佈圖
Figure 3 Slope distribution map in Da-Keng area (Taichung)

表 1 高程面積統計表

Table 1 Elevation distribution of the study area

| 高程 (公尺) | 面積 (公頃) | 百分比 (%) |
|-----------|---------|---------|
| 113 - 200 | 465 | 12.84 |
| 200 - 300 | 1,249 | 34.48 |
| 300 - 400 | 1,019 | 28.13 |
| 400 - 500 | 503 | 13.88 |
| 500 - 600 | 190 | 5.24 |
| 600 - 700 | 126 | 3.49 |
| 700 - 800 | 68 | 1.86 |
| 800 - 900 | 3 | 0.08 |
| 總計 | 3,624 | 100.00 |

表 2 坡度面積統計表

Table 2 Slope distribution of the study area

| 坡度 | 面積 (公頃) | 百分比 (%) |
|-----|----------|---------|
| 一級坡 | 267.69 | 7.39 |
| 二級坡 | 550.42 | 15.19 |
| 三級坡 | 1,330.78 | 36.72 |
| 四級坡 | 773.95 | 21.36 |
| 五級坡 | 522.42 | 14.42 |
| 六級坡 | 178.57 | 4.93 |
| 七級坡 | 0.16 | 0.00 |
| 總計 | 3,624.00 | 100.00 |

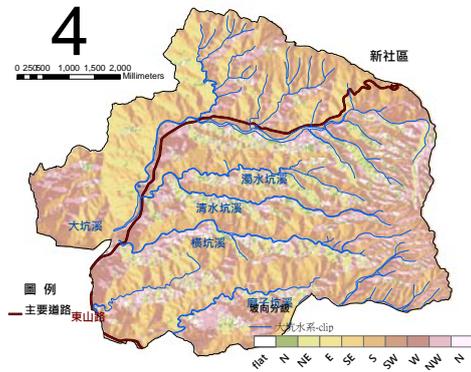


圖 4 大坑地區坡向分佈圖

Figure 4 Aspect distribution map in Da-Keng area (Taichung)

表 3 坡向面積統計表

Table 3 Aspect distribution of the study area

| 坡向 | 面積 (公頃) | 百分比 (%) |
|----|----------|---------|
| 平地 | 14.56 | 0.40 |
| 北 | 175.05 | 4.83 |
| 東北 | 187.53 | 5.17 |
| 東 | 218.41 | 6.03 |
| 東南 | 440.50 | 12.16 |
| 南 | 688.99 | 19.01 |
| 西南 | 634.27 | 17.50 |
| 西 | 529.78 | 14.62 |
| 西北 | 505.94 | 13.96 |
| 北 | 228.97 | 6.32 |
| 總計 | 3,624.00 | 100.00 |

大坑地區主要為大坑溪沿市 129 線貫穿大坑全區。另濁水坑溪、清水坑溪、橫坑溪、連坑野溪、土地公坑溪、番子城坑溪、大湖坑野溪坑溪等八條天然野溪分布並匯入其中。各野溪因河道長度較短、集水區較小，平時水量不豐，遇豪雨流量經常暴漲，造成沖刷災害。(詳圖 5 大坑地區河道分佈圖)

3.區域地質分布

地質分佈情形主要以卓蘭層為主，其次

為頭料山層及錦水頁岩層，分佈情形詳圖 6 地質分佈圖。

卓蘭層的岩性以砂岩頁岩互層為主，砂岩呈淡青灰色或淡灰色，由細至粗粒的混濁砂岩所組成。單層厚度約 10-50 公分，有時複合成數公尺的厚層砂岩，尤其在本層上部，可見數層厚約十幾公尺的複合砂層。由於砂岩和頁岩的抗蝕力不等，因此卓蘭層出露地區常出現單斜脊地形，或稱單面山的地形。砂岩的沉積構造主要以平行層理、低角度交錯層、圓丘狀交錯層理、波狀與壓扁狀構造為主，次生的沈積構造有崩移構造及荷重造成的球枕狀構造。頁岩呈青灰色或暗灰色，層厚一般自數公分至半公尺皆有。

頭料山層由於岩石快速搬運堆積，未經良好挑選成層，因此大小礫石夾雜於鬆軟的頁岩中，愈上礫岩愈多，易風化崩落，造成「惡地地形」。依性質分為兩段，下段為香山砂岩段，以砂岩及頁岩為主；上段為火炎山礫岩段，以礫岩為主，可見波痕、交錯層、礫之疊瓦構造、生物足跡及崩移構造。通常以砂岩、礫質砂岩與水平層狀或透鏡狀礫岩及厚層礫岩所組成，膠結甚為疏鬆。本層下部以厚層砂岩與砂頁互層為主，砂岩單層厚度平均在 50 公分左右，最厚可達 2-3 公尺。厚砂層間以數公分薄泥層或數十公分至數公尺的薄砂頁岩互層相隔。砂岩的沈積構造以平行層理與大型交錯層或槽狀交錯層 (trough cross-bed) 為主，砂層底部或交錯層理面上普遍有粒徑約數公分的礫石沈積。層序往上礫石薄層出現愈頻繁且厚度漸厚，礫徑大多在數公分至十數公分左右，呈圓形至次圓形。本層上部主要以厚層礫石及砂礫互層為主。

錦水頁岩總厚約 500 公尺以上，頁岩呈深灰色，具有發育良好的球狀剝離構造，通常夾有砂岩層及粉砂岩和泥岩的薄層。錦水頁岩是在淺海或較其略深的環境中沈積而成，富含各種海相生物。



圖 5 大坑地區河道分佈圖

Figure 5 Creek location in Da-Keng area (Taichung)

4.地質構造

斷層乃是岩層內之不連續面，或其兩邊之地層曾經發生錯動產生長條狀，寬度不一之帶狀地帶，故又稱斷層帶。斷層帶常形成地滑、地盤下陷等地質災害，某些活動斷層，甚至可能夾雜地震之潛在危機，故應管制斷層兩旁之土地使用，以減少其帶來之災害。斷層資料詳表 4 斷層分佈說明。

5.雨量分布

台中地區因受中央山脈屏障，氣候晴朗乾燥；其餘時間，因受西南季風及颱風影響，雨量較為豐沛。在雨量站方面，由於大坑地區未設置雨量站，附近以中台科技大學內之大坑雨量站為主要之雨量參考站。惟因本站設置時間較短，完整之監測資料仍以台中氣象站最完整。

根據台中雨量站統計資料，可知台中地區全年約有八個月屬多雨的天氣，年平均降雨量約為 1955.8 mm，雨量分配並不均勻，平均降雨日數達 147 天，降雨多集中於每年四月至九月，幾乎佔全年降雨量的百分之八十五，且多為夏季雷雨。本研究依據台中雨量站 1998 年~2008 年之雨量觀測紀錄進行分析，可得如表 5 之年平均降雨量、各月平均降雨量及各月平均雨量百分比。

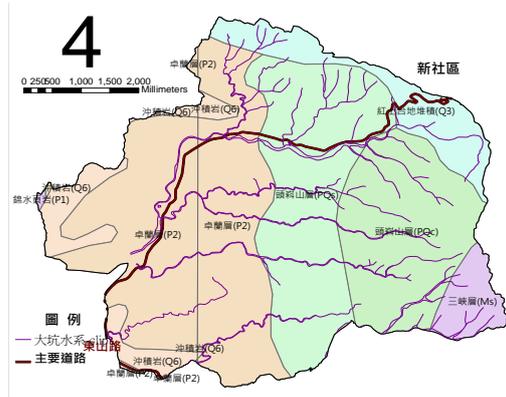


圖 6 大坑地區地質分佈圖

Figure 6 Regional geology map in Da-Keng area (Taichung)

表 4 斷層分佈說明

Table 4 Distribution and characteristics of the fault in study area

| 斷層名稱 | 分佈情況 | 地質概況 |
|-------|---|---|
| 車籠埔斷層 | 位在規劃區西緣鄰台中盆地地帶。車籠埔斷層自南投民間至台中豐原，約呈南北走向；斷層東側為昇側 | 出露地層為上新世之錦水頁岩及卓蘭層，西側則出露更新世頭料山層及現代沖積層。 |
| 頭料山向斜 | 頭料山向斜之向斜軸走向略近南北，越過頭料山及新社臺地後，稱為石圍牆向斜。 | 頭料山向斜軸部為頭料山層上部火山相礫岩，向下依次出露頭料山層下部香山相碎屑岩、卓蘭層、錦水頁岩及桂竹林層。 |

表 5 台中雨量站 1998 年~2008 年之雨量觀測紀錄分析結果

Table 5 Monthly Rainfall in Taichung precipitation station (1998~2008)

| 台中雨量站 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 各月平均雨量(mm) | 各月平均雨量百分比 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------|-----------|
| 1月 | 123 | 16 | 24 | 82 | 29 | 28 | 20 | 18 | 29 | 57 | 15 | 40.1 | 2.05% |
| 2月 | 373 | 3 | 226 | 4 | 3 | 19 | 78 | 155 | 22 | 25 | 38 | 86.0 | 4.40% |
| 3月 | 177 | 63 | 37 | 39 | 20 | 36 | 85 | 228 | 93 | 88 | 34 | 81.8 | 4.18% |
| 4月 | 202 | 38 | 331 | 202 | 4 | 153 | 131 | 47 | 222 | 136 | 31 | 136.1 | 6.96% |
| 5月 | 145 | 272 | 26 | 271 | 271 | 101 | 164 | 620 | 316 | 169 | 332 | 244.3 | 12.49% |
| 6月 | 526 | 206 | 238 | 226 | 199 | 298 | 77 | 566 | 755 | 735 | 183 | 364.5 | 18.63% |
| 7月 | 62 | 369 | 369 | 347 | 356 | 118 | 1025 | 378 | 329 | 62 | 908 | 393.0 | 20.09% |
| 8月 | 288 | 303 | 381 | 225 | 154 | 171 | 467 | 351 | 117 | 516 | 51 | 274.9 | 14.06% |
| 9月 | 107 | 72 | 17 | 565 | 198 | 7 | 156 | 161 | 144 | 316 | 830 | 233.9 | 11.96% |
| 10月 | 129 | 9 | 53 | 6 | 12 | 0 | 9 | 29 | 0 | 290 | 21 | 50.7 | 2.59% |
| 11月 | 2 | 4 | 24 | 3 | 5 | 1 | 0 | 6 | 96 | 23 | 24 | 17.1 | 0.87% |
| 12月 | 43 | 36 | 70 | 13 | 65 | 0 | 49 | 15 | 49 | 17 | 11 | 33.5 | 1.71% |
| 年雨量(mm) | 2177 | 1391 | 1796 | 1983 | 1316 | 932 | 2261 | 2574 | 2172 | 2434 | 2478 | 1955.8 | 100.0% |

單位：公釐

6. 地下水位

本區過去地下水監測資料較為欠缺，參考水利署水文水資源資料管理系統，距離本規劃區最近地下水位觀測站為東山站(距離研究區約 3 公里，井口水位高程 121m，東山站位置請詳圖 7)，其中東山站資料因 921 地震關係該站於 1999-2001 有 3 年並無記錄，故近

年之地下水水位以 2002~2009 年之資料列表統計。

根據統計，其中東山站地下水水位平均值為 85.33 公尺，地下水位最小值出現於 2008 年 5 月 3 日，最大值出現於 2008 年 10 月 6 日，圖 8 為各年度東山站地下水水位之分佈圖。

黃育珍、鄭皆達、黃晴曉、陳本康：
台中大坑地區地下水資源調查及分佈之研究



圖 7 東山站觀測站位置圖

Figure 7 Location of Dong-San groundwater Observatory

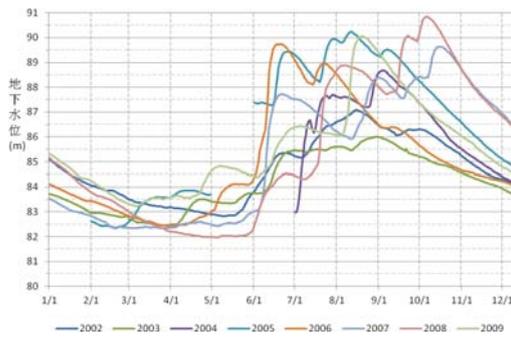


圖 8 東山站 2002 年~2009 年地下水位比較圖

Figure 8 Groundwater table observation curve (2002~2009)

調查區選定

為尋找本區域內之地下水資源分佈情況，地表及地質調查是不可或缺之重要調查方式。而調查工作進行前，調查區之擇定係為一重要之工作。於調查工作進行前，對於本區域之地下水分佈情形若未有初步之瞭解，除耗費不必要之調查資源外，將造成整體之評估工作曠日廢時。

從地下水之工程特性來看，凡地面以下

膠結或未膠結物質(岩石或土壤)的孔隙、裂隙或破碎帶中所含的水分都稱為地下水 (Ground Water)，雨水、地表水、灌溉水、河川、湖泊等任何水皆會逐漸入滲至土壤及地層中。

地層可分為兩部分，一為通氣層 (Zone of aeration)，另一為飽和層 (Zone of saturation)。兩層中間之交界，由一不規則之層面分開，此層面謂之地下水位 (Water table)，參閱圖 9。

由以上地下水之基本成因來看，大坑地區地形地貌東北側的中興嶺及水井一帶屬於紅土台地的平坦農耕區，因此當農耕灌溉或降雨，皆會形成大坑地區的入滲水來源，但這個區域並沒有河流，因此沒有滲出河流存在。

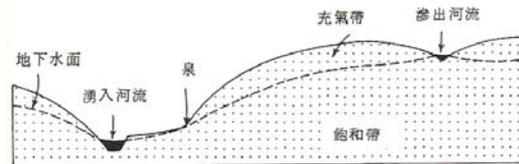


圖 9 地下水位分佈示意圖 (白冷圳引水改善及延伸替代方案可行性評估, 2011)

Figure 9 Schematic strata profile of groundwater

而在大坑地區的幾道主要溪流，包括大坑溪 (上游)、大里溪 (下游)、濁水坑溪、清水坑溪、橫坑溪、苧園溪及廓子溪，皆屬於相對高程較低的溪流，屬於湧入河流，因此針對大坑地區的地下水調查，亦是從這些相對高程較低的溪流、溝谷及山凹處開始著手調查。本文針對本區域各項地質、地形、

地貌及過去相關研究成果作一初步之探討，以對大坑地區域性之地下水分佈有一概括性之瞭解，各項探討因子說明如下：

1.地質特徵

參考過去地質文獻，大坑地區之地層主要以卓蘭層、頭料山層、紅土台地堆積層及沖積層為主；而依照各類地層之特性及其分布區域判斷，較易有地表水入滲的區域及可能蘊藏地下水資源之區域，主要係以下列幾個地層交界處為主。

(一) 紅土台地堆積層與頭料山層的交界處

大坑地區東北區域及新社區中興嶺及水井一帶之地層主要係以紅土台地堆積層，該地層之岩性除地表之紅土外，其餘皆為礫石所組成，滲透性高且位處本區域之地形較高處，因此雨水、地表水及灌溉水皆較易入滲至紅土台地堆積層內。當入滲之地表逕流水亦即地下水降至礫石與岩層的交界面時，由於岩層的膠結程度較為緊密、滲透性低，地下水不易繼續往下入滲，因此將沿礫石與岩層的界面，滲流至地表面，此一交界之地質層面出露於地表將可能由此區域發現地下水湧出之情形。

(二) 頭料山層火炎山相與香山相的交界處

頭料山層火炎山相其岩性組成以礫石層為主，滲透性高，而香山相則以砂岩及砂頁岩互層為主，滲透性較低。以地下水流動之物理特性，地下水容易沿兩者的界面處湧出。此一地層交界出露之區域主要分布在大坑的東側、頭料山一帶，亦即大坑地區的第一至第四步道區附近。

步道區的起點為平緩的坡面，有岩層出

露，亦即香山相地層區，而沿著步道逐漸登高即進入火炎山相的礫石層，因此雨水由坡面較高處之頭料山礫石層入滲，由坡面較平緩區的岩層流出，因而形成地下水湧出，但由於坡面上的礫石層經長久以來的崩塌堆積作用，坡腳堆積大量的礫石，因此其岩層界線已被覆蓋，地下水亦順著地形趨勢向凹谷集中，因而形成大坑多數溪流坑溝的上游發源區。

(三) 頭料山層香山相與卓蘭層的交界處

此一狀況係由於岩性本身的膠結程度不同、強度不同，亦會形成滲透性的高低差異，因此仍會有地下水湧出的情形。

(四) 卓蘭層與沖積層的交界處

卓蘭層之岩性以砂岩及砂頁岩互層為主，岩層位態呈 N10~60E/20~30S，因此在東南向坡面皆形成順向坡，當卓蘭層坡面上的雨水入滲後，可能沿著岩層的傾斜方向，將入滲地下水導至順向坡的坡腳滲出，一般順向坡坡腳都在坡面的底部或溪谷的右岸。

依地下水流動之物理特性研判，上述的四類地層交界處，均有可發生地下水之湧出，故本研究依相關之地質分佈資料，將前述(一)~(四)之區域分析並圈繪於圖10中，以作為後續調查位置之參考依據。

2.地形特徵

雨水下降至地表後逐漸形成逕流且不斷的入滲至土壤及地層中，而由於入滲後之地下水因重力作用由高處往低處流，因此若利用正射影像或相片基本圖或地形圖等具有高低起伏的地形圖資進行地形分析，找出地形之特徵區域，可初步研判出地下水可能之湧

出位置。

一般而言在地形特徵上，①相對凹谷區、②山坡坡腳處、③河流邊緣、④舊崩塌地及⑤農耕區的下坡方等相對較低窪的地形區，皆有可能形成地下水湧出，在地形分析上，依以上特性篩選出之區域，均有發生湧水之可能 (如圖 11 所示)。

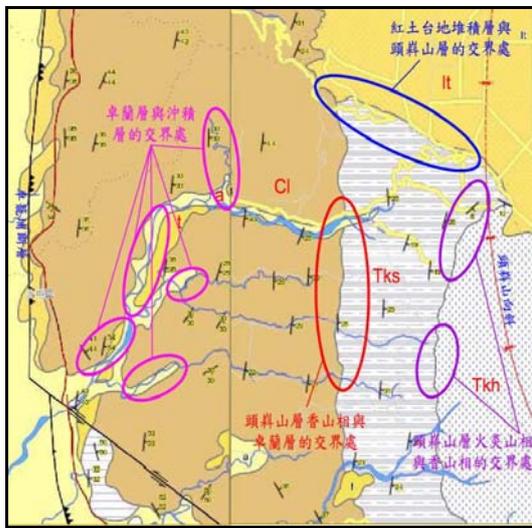


圖 10 地層分布與地下水湧出相對位置圖

Figure 10 The relationship of Groundwater drainage position and Regional geology distribution

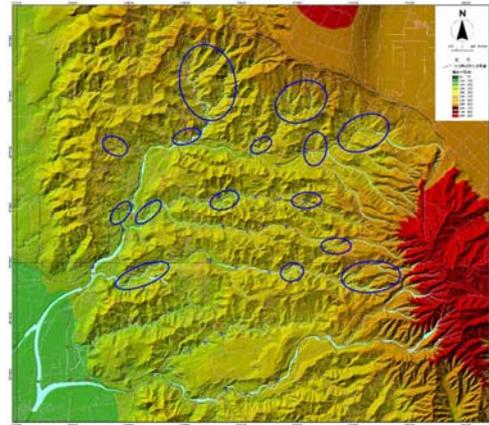


圖 11 地形與地下水湧出相對位置圖

Figure 11 The relationship of Groundwater drainage position and terrain

3.地貌特徵

地下水之豐沛與否對於地面之上農作物、植生情形有極為重大之影響。於野外調查時，若發現池塘、沼澤或植生特別茂密處，皆顯示可能有地下水湧出。此外，傳統上大坑地區係以農業為主，農民為了引水灌溉農作物，會尋找地下水源作為灌溉使用，若以透過農民的蓄水池、蓄水塔及塑膠管等灌溉設施延伸，尋找其水源頭，往往亦為地下水源湧出之重要地點。

本研究依上述三種特性先進行資料分析研判，初步描繪出地下水湧出潛在分佈區，透過初步之地下水湧出點之分佈情形進行野外調查。調查區域包括道路兩側，農耕步道區及各個溪流坑溝等可能有地下水湧出的區域，由於調查時間的不同(連日降雨或多日不降雨)亦會得到不同的結果，茲將調查結果有明顯地下水湧出的位置標示於圖 12。

4. 潛在地滑區調查成果

本研究之目的在評估大坑地區地下水資源之分佈情形，若探討發現地下水分佈區與潛在地滑區範圍重疊，且地下水位確為造成地滑之因子，若未來規劃一可行地下水排除策略，除可藉由收集再利用排出之地下水達到水資源運用之效果外，利用工程之手段長期性降低地下水位，亦可達低地滑發生之可能性。故本研究除需了解水資源分布情形外，另外探討大坑地滑所發生之機制。本研究稱之潛在地滑區係依臺中市政府於86年委託國立中興大學水土保持學系進行調查與勘定，依照評估結果，大坑地區潛在地滑區其發生機制包括①河川淘刷坡腳②道路挖除

坡腳③舊有地滑地④陡坡與層面走向一致⑤高地下水位等等。由於大坑26處潛在地滑地各有不同型態及機制，故在現場調查前，將相關資料與地滑地做一個分析，作為判斷地下水分佈之依據，後續之調查工作將能更有效率達到目的。26處潛在地滑地之相關型態與機制分析詳如附表，(詳表7崩坍型態與機制)，因此依據地層、地形及農耕行為等因子，初步研判可能有地下水湧出的區域，再以這些區域進行現場調查，追蹤是否有地下水湧出的情形。

5. 地下水湧水點尋勘

逕流經地表滲透，有一部分會通過土層

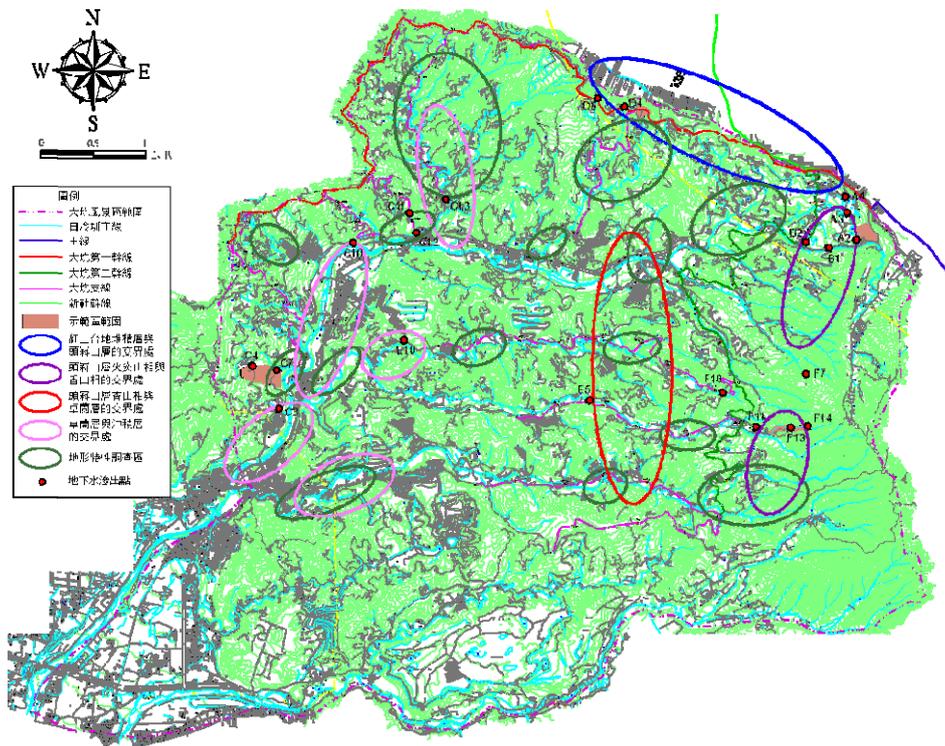


圖 12 地下水湧出位置圖

Figure 12 The relationship of Groundwater drainage position and geomorphology

中之間隙，以湧水狀態出現於坡面上。湧水量急增或變濁之地點，除為地下水位較高處亦常是崩塌發生之地點。坡面上湧水之立體分佈及其與山谷地形或是斷層、破碎層等相關位置對地下水蘊藏量判斷甚為重要。

本研究透過地層分布，地形特性、地表特徵等方法，加以研判圈繪地下水可能湧出或滲出的位置後，再進行野外的初勘調查，針對以室內作業所評估之可行區域，進行現場之確認，作為選定示範區之依據。

6. 調查區選定

依前述之調查結果，從相關地質、地形資料分析、調查成果之探討，並進行地下水滲出或湧出位置之現場調查及紀錄後，再配合其他前述之條件，預選五處示範區，其中勘定結果之 2 號及 7 號潛在地滑區，不但發現地下水持續湧出，水源豐沛，並可搭配引用管線，其餘評選區則以土地適宜性層面，包括①水資源蘊藏條件②土地使用管制條件③位置條件④土地權屬條件及工程技術層面，進行評估選定，各預選之示範區位置圖如圖 13 所示，示範區基本資料詳表 8，後續本研究將依預選之調查區進行詳細之地下水調查工作。

調查方法

1. 現場湧水調查

在示範區選定工作中，已針對大坑地區全區先行以現有之圖資進行分析，以瞭解可能之湧水點並進行現場之初勘，俟示範區選定後，第二階段將進行細部之勘查。本項工作，除針對示範區附近進行地層分布，地形

特性、地表特徵之確認外，透過不同時間之地下水湧出觀察及記錄，可作為豐、枯水期間地下水湧出或滲出之差異以作為後續引用地下水的據點。

2. 調查區降雨量監測

本研究利用置於調查區內之傾斗式自記雨量計，配合電子式紀錄器(smart-RP)進行雨量記錄，監測頻率則每兩星期至少一次和大坑雨量站日雨量超過 50mm 之次日記錄雨量。

由於本研究需要檢討降雨與地下水位之關係，故雨量站之設置甚為重要，而大坑地區附近只有中央氣象局台中雨量站及太平地區水利署之頭汙坑雨量站，對大坑地區之區域性無法實施反應，雨量觀測值無法引用作為研究之用。故本研究新增 3 個雨量站，利用徐昇面積計算法去推判雨量分佈，進而分析地下水之變化與滑動之機制之關係，新增雨量站位置詳表 9 及圖 14。

3. 地下水位觀測

地下水觀測為本研究之重點工作項目。水位觀測井乃在監測地下水位之變動情形並藉以研判地下水之來源、貯藏量及枯水期地下水位之變化等，藉以評估各示範區可利用之水量。本研究地下水位觀測位置則使用現有鑽探孔位，利用水位指示器加以量測，以瞭解地下水變化之情形。並依據調查之成果作為後續評估之依據。

地下水位觀測結果，本研究將配合雨量監測資料，分析降雨與地下水位之相關性，未來將可作為評估地下水資源可靠度之重要依據。

表 7 崩坍型態與機制

Table 7 Landslide type and mechanism of potential landslide zone in study area

| 編號 | 崩坍型態與機制 | 編號 | 崩坍型態與機制 |
|----------|--|----------|--|
| 01 潛在地滑區 | 1.河川掏刷坡腳 2.道路挖除坡腳 3.平面型順向坡移動 | 14 潛在地滑區 | 1.河川淘刷坡腳 2.道路挖除坡腳 3.平面加圓弧之複合型順向坡滑動 |
| 02 潛在地滑區 | 1.舊有地滑地 2.河川掏刷坡腳 3.平面型順向坡移動 | 15 潛在地滑區 | 1.河川淘刷坡腳 2.道路挖除坡腳 3.平面加圓弧之複合型順向坡滑動 |
| 03 潛在地滑區 | 1.崩塌地西側陡坡與層面走向一致 2.平面型順向坡移動 | 16 潛在地滑區 | 1.舊有地滑地 2.高地下水位 3.圓弧型順向坡移動 |
| 04 潛在地滑區 | 1.崩塌地西側陡坡與層面走向一致 2.平面型順向坡移動 | 17 潛在地滑區 | 1.大規模之開發整地行為 2.道路挖除坡腳 3.平面加圓弧之複合型順向坡滑動 |
| 05 潛在地滑區 | 1.河川掏刷坡腳 2.崩塌地西側陡坡與層面走向一致 3.平面型順向坡移動 | 18 潛在地滑區 | 1.河川淘刷坡腳 2.道路挖除坡腳 3.平面加圓弧之複合型順向坡滑動 |
| 06 潛在地滑區 | 1.崩塌地西側陡坡與層面走向一致 2.道路挖除坡腳 3.平面型順向坡移動 | 19 潛在地滑區 | 1.陡坡及蝕溝 2.上覆礫石因地震與逕流引發崩落 3.道路挖除坡腳 |
| 07 潛在地滑區 | 1.舊有地滑地 2.高地下水位 3.圓弧型順向坡移動 | 20 潛在地滑區 | 1.陡坡及蝕溝 2.上覆礫石因地震與逕流引發崩落 3.道路挖除坡腳 |
| 08 潛在地滑區 | 1.向源侵蝕 2.河川掏刷坡腳 3.圓弧型順向坡移動 | 21 潛在地滑區 | 1.陡坡及蝕溝 2.上覆礫石因地震與逕流引發崩落 3.道路挖除坡腳 |
| 09 潛在地滑區 | 1.陡坡及蝕溝 2.上覆礫石因地震與逕流引發崩落 | 22 潛在地滑區 | 1.河川淘刷坡腳 2.逆向之陡坡及蝕溝 |
| 10 潛在地滑區 | 1.陡坡及蝕溝 2.上覆礫石因地震與逕流引發崩落 | 23 潛在地滑區 | 1.河川淘刷坡腳 2.道路挖除坡腳 3.平面加圓弧之複合型順向坡滑動 |
| 11 潛在地滑區 | 1.陡坡及蝕溝 2.上覆礫石因地震與逕流引發崩落 3.道路挖除坡腳 | 24 潛在地滑區 | 1.舊有地滑地 2.高地下水位 3.圓弧型順向坡移動 |
| 12 潛在地滑區 | 1.河川掏刷坡腳 2.逆向之陡坡及蝕溝 | 25 潛在地滑區 | 1.河川淘刷坡腳 2.陡坡 |
| 13 潛在地滑區 | 1.河川掏刷坡腳 2.逆向之陡坡及蝕溝 | 26 潛在地滑區 | 1.崩塌地西側陡坡與層面走向一致 2.道路挖除坡腳 3.平面型順向坡移動 |

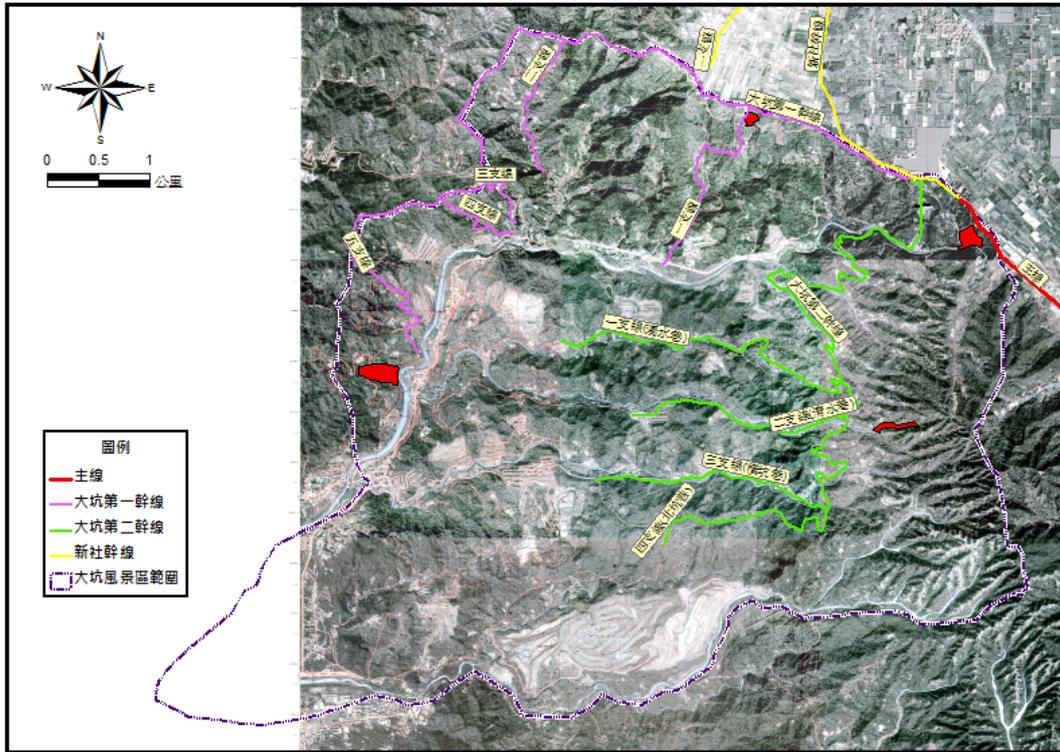


圖 13 示範區位置圖

Figure 13 Location of study site

表 8 示範區基本資料表

Table 8 The property of study site

| 編號 | 潛在地滑區編號 | 行政區及權屬 | | 環境地質 | | | | 大坑風景區細部計畫分區 | 白冷圳引水管線配套 | | | |
|----|---------|--------|------|----------|------|--------|--------|-------------|-----------|------|---------|-------|
| | | 村里名 | 土地權屬 | 岩體 | 岩體代碼 | 岩層種類 | 地層含水性能 | | 鄰近幹線名稱 | 支線名稱 | 最短距離(m) | 下游支線 |
| 1 | 7 | 民德里 | 公有 | 頭料山層、香山段 | Tks | 砂岩偶夾泥岩 | 含水性能低 | 公園用地 | 大坑第二幹線 | 無 | 520 | 全線 |
| 2 | --- | 民德里 | 公有 | 頭料山層、香山段 | Tks | 砂岩偶夾泥岩 | 含水性能低 | 公園用地 | 大坑第二幹線 | 無 | 0 | 三、四支線 |
| 3 | 2 | 大坑里 | 私有 | 卓蘭層 | Cl | 砂岩偶夾泥岩 | 含水性能甚低 | 農業區 | 大坑第一幹線 | 四支線 | 240 | 四支線 |
| 4 | | 民德里 | 私有 | 卓蘭層 | Cl | 砂岩偶夾泥岩 | 含水性能低 | 保護區 | 大坑第一幹線 | 無 | 0 | 全線 |
| 5 | | 東山里 | 公有 | 頭料山層、香山段 | Tks | 砂岩偶夾泥岩 | 含水性能低 | 保護區、農業區 | 大坑第二幹線 | 無 | 307 | 全線 |

表 9 雨量站位置表

Table 9 The coordinate of precipitation station in study area

| 雨量站 | 地標 | N | E |
|-----|---------|--------|---------|
| 1 | 大坑國民小學 | 223502 | 2677000 |
| 2 | 逢甲國民小學 | 224730 | 2673914 |
| 3 | 民德里活動中心 | 227074 | 2677473 |

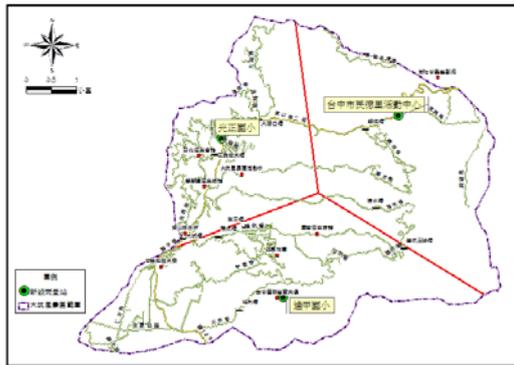


圖 14 雨量站位置圖

Figure 14 Location of precipitation station in study area

4.地質鑽探

本研究原預定於五個調查區內之進行地質鑽探及地下水位觀測，惟第五示範區因當地居民反對，無法實施鑽探作業而僅實施物理探測。其餘各示範區皆完成鑽探作業並實施物理探測，其中各示範區鑽孔及物理探測線佈置說明如後節；各示範區作業佈置情形如表 10。

5.地球物理調查

本研究所埋設的其中常用之物理探測方法有反射、折射震測及地電阻剖面法，其中反射震測主要用來探測地層構造、斷層破碎擾動帶位置及範圍，而折射震測適用於探測

地層構造及崩積層之厚度及範圍，而地電阻影像剖面法除可探測地層構造情形、斷層位置外，亦可同時探測地層含水情形、含水層及岩性，故就本研究主要目的為探測地下水及地層分布，故採用地電阻剖面法作為本研究地球物理探測之主要方法。

調查結果與討論

1.湧水現場調查結果

透過地層分布，地形特性、地表特徵等方法，加以研判圈繪地下水可能湧出或滲出的位置後，再進行野外的實際調查，最後得明顯有地下水湧出或滲出的分布位置(詳圖 12)。

最後再針對圖 12 的地下水湧出或滲出位置點，依不同時間(99 年 9 月 4 日、99 年 10 月 2 日及 99 年 11 月 3 日三個不同時段)進行地下水湧出觀察。依觀察結果發現，多數地下水湧出或滲出位置，當進入乾季後，地下水湧出的量有明顯減少的現象。

茲彙整所有的調查結果，建議下列幾處可繼續觀察並作為後續引用地下水的據點。

(一) 第一示範區及其鄰近區域

這個範圍內的水塘，從 3 月至 11 月，水塘的水位高度幾乎都可維持同樣的高度，顯示水塘的側面或底部持續有地下水湧出。但從擋土牆所做的水平鑽孔，其地下水流量有明顯減少的情形，從 9 月 4 日的 80.2 公升/小時降至 10 月 2 日的 30 公升/小時，再到 11 月 3 日已降低至 5 公升/小時，顯示地下水位有下降的情形。

表 10 地質試驗作業佈置統計

Table 10 Geological Investigation in study site (#1~#5)

| 示範區 | 孔號 | 水位 觀測 井 | 深度 | 試驗項目 | | | 地球物 理探測 |
|-----------|------|---------------|------|--------------|--------------|------------|----------------------|
| | | | | 土壤三軸 透水試驗 | 岩心三軸 透水試驗 | 岩心直 剪試驗 | |
| 第一 示範區 | AH-1 | ★ | 10m | | | | Ra=150m |
| | AH-2 | ★ | 20m | | | | |
| | AH-3 | ★ | 10m | | 1 | | |
| | AH-4 | ★ | 20m | 1 | | | |
| | AH-5 | | 5m | | | | |
| 第二 示範區 | BH-1 | ★ | 30m | | 1 | | Rb1=100m Rb2=50m |
| | BH-2 | ★ | 20m | | | | |
| | BH-3 | ★ | 15m | | | | |
| 第三 示範區 | CH-1 | ★ | 30m | | | | Rc1=100m Rc2=100m |
| | CH-2 | ★ | 20m | | 1 | 2 | |
| | CH-3 | ★ | 20m | | | | |
| | CH-4 | | 10m | | | | |
| | CH-5 | | 10m | | | | |
| | CH-6 | | 10m | | | | |
| | CH-7 | | 10m | | | | |
| 第四 示範區 | DH-1 | ★ | 30m | | | | Rd=150m |
| | DH-2 | ★ | 30m | | 1 | | |
| 第五 示範區 | - | | - | | | | Re1=50m Re2=100m |
| 總計 | | 12 孔 | 300m | 1 | 4 | 2 | 800m |

(二) 第二示範區及其鄰近區域

從擋土牆及山溝的湧水及滲水情形，在 10 月 2 日及 11 月 3 日皆已進入乾枯的狀態，整個區域僅剩青青湖畔該區的水塘仍有少量地下水滲出的情形。

(三) 第三示範區及其鄰近區域

這個示範區主要地下水湧出的位置，皆從擋土牆的排水孔或本計畫的水平鑽孔中流出，其流量自 9 月至 11 月變化極大，進入 11 月(乾季)幾乎已無水流情形，但擋土牆的底部裂縫仍有部分地下水流出，但水量很小，評估地層中的含水於乾季時明顯減少，估計在 11 月可達 80~100 公升/小時。

(四) 第四示範區及其鄰近區域

第四示範區在 11 月 3 日時，僅剩一處仍

有地下水湧出的情形，估計其水量為 3 公升/小時，其湧出量受降雨影響非常明顯。

(五) 第五示範區及其鄰近區域

這個區域原本在 9 月有地下水滲出的區域，到了 11 月滲水量減少，研判本區之地下水僅為地層含水，不足提供冬季缺水時使用。

(六) 溝谷區域

現象：在 11 月坑溝大都已呈乾涸狀態，部分區域農民直接築土壩攔阻濁水坑溪上游水，其水位亦有明顯下降的情形，農民自山壁中引來之水亦有減少的情形，顯示進入乾季後，地下水的湧出明顯降低，甚至乾涸。

2. 地下水位觀測

第一示範區由各個鑽孔之地下水位觀測結果，發現地下水位極高，幾乎都已從鑽孔

孔頂溢流而出，研判本示範區之地層，其地表以礫石層為主，厚度約 3.6~13.0m，因此地表水(包括灌溉水或雨水)滲流速度快，另外由於礫石層的滲透係數高，而岩層的滲透係數低，因此在礫石層與岩層之間形成地下水的滲流界面，所以礫石層中可貯存較多量的地下水，但此一地下水貯存量(地下水位高低)仍與雨量多寡有相關性，水位觀測資料詳表 11。

第二示範區 BH-1 及 BH-2 之表土層厚度為 1.5m，其下則為岩層，因此地表水貯存在表土層的空間範圍小，地下水的來源主要為岩層中的滲流水，岩性以黃棕色風化砂岩及灰色砂岩為主，其滲透數為 $0.428-1.07 \times 10^{-6}$ 。因此當鑽孔完成初期，地下水未能完全滲透至鑽孔中，且鑽孔完成該段時間，降雨量較少，直至 7 月 26-28 日及 8 月 25 日降雨量增加後(參閱表 12)，地下水位有明顯上升的情形。

第三示範區 CH-1 及 CH-2 分別位於坡面的上下坡不同高度的位置，其回填層(表土層)厚度分別為 3.0m 及 3.3m，由於本坡面屬於

02 號崩塌區，由野外觀察道路及擋土牆皆有龜裂滑動的跡象，且地下水位一直維持在 GL-2.4m 至 GL-0.0m 的高水位狀態，經由水平鑽孔亦有地下水流出之情形，因此研判本區坡面含有較高的地下水，水位觀測資料詳表 13。

第四示範區之高程，相對於其他示範區，屬於較高的位置，但仍發現地下水滲流，係因為其北側為崑山之主要農耕區，崑山之地層為紅土礫石層，屬於易滲透地層，農耕灌溉水容易入滲至地層中，另由地層分布研判，DH-1 之 1.0~10.1m 為黃棕色風化砂岩，而 DH-2 之 1.7~13.6m 及 17.7~23.5m 亦為黃棕色風化砂岩，屬於滲透性高的地層，因此鑽孔剛完成時，可在黃棕色風化砂岩的下部區段量得地下水，但當 7 月 26-28 日及 8 月 25 日明顯降雨後(參閱表 14)，地下水位即有上升的情形，顯示這個區域之地下水，由於受地層滲透係數 ($3.67-7.82 \times 10^{-6}$) 的影響，有延遲反應的現象。至於其相對關係應有更長期的觀測資料才能加以研判分析，水位觀測資料詳表 14。

表 11 第一示範區地下水位觀測記錄表

Table 11 The underground water observe record (study site #1)

| 孔 號 | AH-1 | AH-2 | AH-3 | AH-4 | AH-5 |
|-------------|----------|---------|----------|----------|--------------------------------|
| 鑽孔高程 | 448m | 451m | 453m | 456m | 水平孔 |
| 鑽孔深度 | 10m | 20m | 10m | 20m | 5m |
| 水位觀測(5/8) | 滿水位 | 滿水位 | 滿水位 | — | 水平鑽孔 (流量 80.2 公 升/小時) |
| 水位觀測(5/24) | 滿水位 | 滿水位 | 滿水位 | — | |
| 水位觀測(6/9) | 滿水位 | 滿水位 | 滿水位 | 滿水位 | |
| 水位觀測(6/24) | 滿水位 | 滿水位 | 滿水位 | 滿水位 | |
| 水位觀測(7/8) | 滿水位 | 滿水位 | 滿水位 | GL-0.6m | |
| 水位觀測(7/25) | 滿水位 | 滿水位 | 滿水位 | GL-0.8m | |
| 水位觀測(8/10) | 滿水位 | 滿水位 | 滿水位 | GL-0.55m | |
| 水位觀測(9/2) | GL-0.3m | 滿水位 | 滿水位 | GL-0.5m | |
| 水位觀測(9/26) | GL-0.5m | GL-0.5m | 滿水位 | GL-0.8m | |
| 水位觀測(10/26) | GL-0.25m | GL-6.9m | GL-6.45m | GL-1.0m | |

表 12 第二示範區地下水位觀測記錄表

Table 12 The underground water observe record (study site #2)

| 孔 號 | BH-1 | BH-2 | BH-3 |
|-------------|----------|----------|----------|
| 鑽孔高程 | 438m | 435m | 424m |
| 鑽孔深度 | 30m | 20m | 15m |
| 水位觀測(6/9) | GL-5.3m | GL-5.7m | GL-5.1m |
| 水位觀測(6/24) | GL-5.4m | GL-5.6m | GL-5.3m |
| 水位觀測(7/8) | GL-5.1m | GL-4.9m | GL-5.1m |
| 水位觀測(7/25) | GL-4.8m | GL-5.2m | GL-4.9m |
| 水位觀測(8/10) | GL-3.2m | GL-3.8m | GL-4.75m |
| 水位觀測(9/2) | GL-0.45m | GL-0.45m | GL-4.7m |
| 水位觀測(9/26) | GL-0.4m | GL-0.5m | GL-5.15m |
| 水位觀測(10/26) | GL-0.35m | GL-0.75m | GL-5.75m |

表 13 第三示範區地下水位觀測記錄表

Table 13 The underground water observe record (study site #3)

| 孔 號 | CH-1 | CH-2 | CH-3 | CH-4 | CH-5 | CH-6 | CH-7 |
|-------------|---------|----------|----------|--|------|------|------|
| 鑽孔高程 | 196m | 242m | 232m | 水平孔 | 水平孔 | 水平孔 | 水平孔 |
| 鑽孔深度 | 30m | 20m | 20m | 10m | 10m | 10m | 10m |
| 水位觀測(4/7) | GL-1.4m | GL-1.7m | — | CH-4~CH-7 為水平鑽孔(CH-4 之流量 19.2 公升/小時， CH-5、CH-6 及 CH-7 之流量為 0 公升/小時) | | | |
| 水位觀測(4/25) | GL-1.5m | GL-1.9m | — | | | | |
| 水位觀測(5/8) | GL-1.2m | GL-2.4m | — | | | | |
| 水位觀測(5/24) | GL-0.7m | GL-1.4m | — | | | | |
| 水位觀測(6/9) | GL-0.7m | GL-1.8m | — | | | | |
| 水位觀測(6/24) | GL-0.8m | GL-1.6m | — | | | | |
| 水位觀測(7/8) | GL-0.7m | GL-2.0m | — | | | | |
| 水位觀測(7/25) | GL-0.5m | GL-1.4m | — | | | | |
| 水位觀測(8/10) | 滿水位 | GL-1.3m | — | | | | |
| 水位觀測(9/2) | 滿水位 | GL-1.3m | GL-7.65m | | | | |
| 水位觀測(9/26) | 滿水位 | GL-1.25m | GL-8.4m | | | | |
| 水位觀測(10/26) | 滿水位 | GL-1.4m | GL-8.65m | | | | |

表 14 第四示範區地下水位觀測記錄表

Table 14 The underground water observe record
(study site #4)

| 孔號 | DH-1 | DH-2 |
|-------------|---------|----------|
| 鑽孔高程 | 508m | 502m |
| 鑽孔深度 | 30m | 30m |
| 水位觀測(7/8) | GL-9.8m | GL-10.1m |
| 水位觀測(7/25) | GL-7.9m | GL-9.5m |
| 水位觀測(8/10) | GL-7.5m | GL-8.8m |
| 水位觀測(9/2) | 滿水位 | 滿水位 |
| 水位觀測(9/26) | 滿水位 | 滿水位 |
| 水位觀測(10/26) | GL-0.3m | 滿水位 |

3.降雨與地下水位分析

第一調查區

以鄰近逢甲國小雨量站作為降雨量分析依據，關係圖如圖 15，就 AH-2、AH-3 而言，可知在 7 月 27 日前後及 8 月 24 日前後皆有規模較大之雨量，而 9 月 8 日~9 月 26 日之間皆處於滿水位或近滿水位狀態，可知於 6 月 24 日~7 月 12 日無降雨期間，本區之地下水位仍可保持 18 日在滿水位之狀態，乃至於 9 月 8 日最後一次降雨過後也仍可保持近 18 日滿水或接近滿水之狀況，而 AH-2、AH-3 之

間之範圍亦為本區主要湧水區域。

第二調查區

以鄰近逢甲國小雨量站作為降雨量分析依據。由雨量記錄可知在 7 月 27 日前後及 8 月 24 日前後皆有規模較大之雨量之後，本區之地下水位有明顯之上升現象，說明本區降雨量多寡對於地下水位有顯著之影響；而於 6 月 24 日~7 月 12 日無降雨期間，本區之地下水位仍呈現緩慢上升之態勢，此可能為前次降雨入滲之他處或者上游灌溉水入滲後在地層中以橫向補注方式流入本區，遂緩慢抬高本區之地下水位，關係圖如圖 16。

第三示範區

採鄰近之大坑國小(前光正國小)雨量站作為降雨量分析依據如圖 17。由雨量記錄可知在 7 月 27 日前後具規模較大之雨量，使本區之地下水位有明顯之上升現象，而於 8 月 10 日前將本區之地下水位抬升至滿水位之狀態，說明降雨對於本區地下水位影響較為顯著，由於 7 月 25 日~8 月 10 日期間無地下水位觀測值，故無法確知在 7 月 27 日降雨過後多少時間將本區地下水位抬升至滿水位，而於 8 月 10 日~8 月 16 日其間雖有少量降雨(皆在 44.5mm 以下)，然本區之地下水位仍可維持滿水位狀態，此可能為在本區並無明顯之上游地下水補注區之情況下，因地下水之傳輸乃藉由表土及風化砂岩為主，其中本區中較厚之表土可能有較高之保水能力。

第四示範區

以鄰近之大坑國小(前光正國小)雨量站作為降雨量分析依據，如圖 18。由雨量記錄可知在 7 月 27 日前後具規模較大之雨量

(118mm)，使本區之地下水位一開始即微微有抬升現象，於 8 月 10 日後地下水位之升高則更為顯著，而就本區之含水層為僅有 1~2m 土層而言，說明本區可能所承接之側向補注遠大於垂向補注，應與本基地北側為廣大且平坦之新社灌區有關。

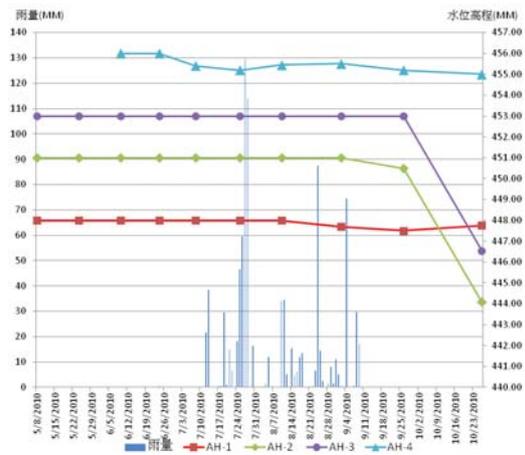


圖 15 第一示範區降雨與地下水位關係圖
Figure 15 The relationship of Groundwater variation and precipitation (study site #1)

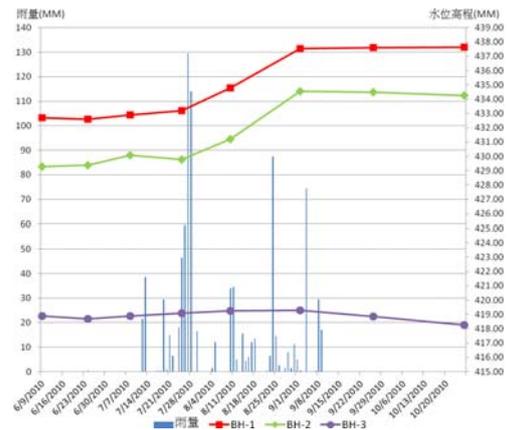


圖 16 第二示範區降雨與地下水位關係圖
Figure 16 The relationship of Groundwater variation and precipitation (study site #2)

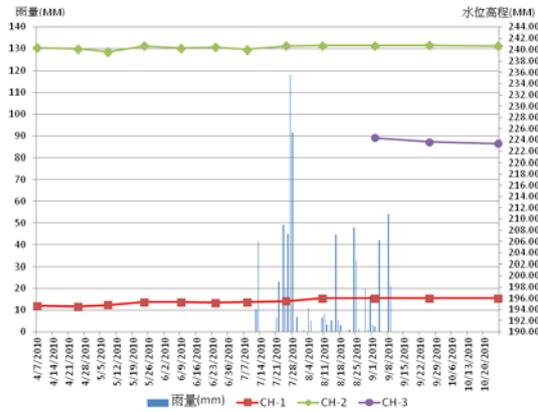


圖 17 第三示範區降雨與地下水位關係圖
Figure 17 The relationship of Groundwater variation and precipitation (study site #3)

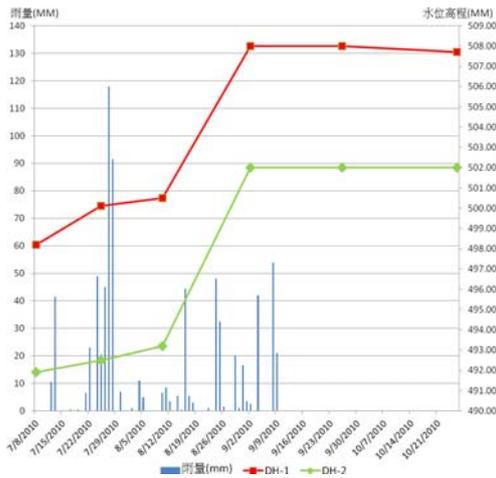


圖 18 第四示範區降雨與地下水位關係圖
Figure 18 The relationship of Groundwater variation and precipitation (study site #4)

4.地質鑽探

本研究依據湧水位置於第一調查區至第四調查區，共計實施鑽孔 17 孔總深度 300 公尺。其中部分區域並實施一處橫向鑽孔，計 5 孔長度 45 公尺，以瞭解邊坡含水及出水狀況，並於部分孔設置水位觀測孔，進行地下水位調查，藉以了解自由水層隨時間變化之情形，以推估地下水資源蘊藏量（詳表 15）。

第一示範區依據湧水位置沿等高線方向進行地下水及地質調查，於本區進行 4 處鑽探調查，分別為 AH-1~AH-4（詳圖 19），鑽探深度總計 60M，並實施一處橫向鑽孔調查 AH-5（長度 5M），以了解邊坡含水及出水狀況，並於 AH-1~AH-4 各孔設置水位觀測孔，進行地下水位調查，藉以了解自由水層隨時間變化之情形，以推估地下水資源蘊藏量。

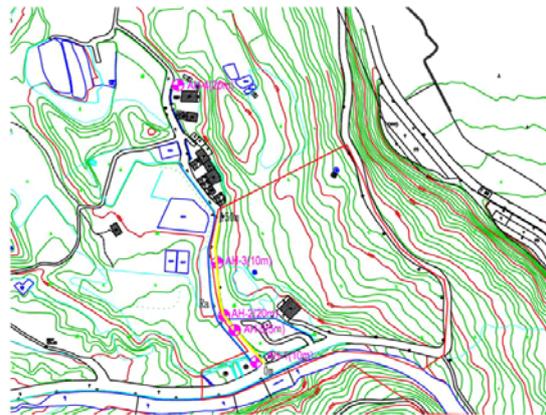


圖 19 第一示範區鑽孔及物理探測線位置圖
Figure 19 Location of logging and Geophysics explore line (study site #1)

表 15 第一示範區之地層分布表

Table 15 Geological logging record in study site #1

| 孔號 | 深度 | 回填層 | 棕黃色砂質粉土 | 卵礫石層夾雜棕黃色細砂粉土 | 灰色砂岩偶夾灰黑色薄頁岩層 |
|------|-----|----------|----------|---------------|---------------|
| AH-1 | 10m | 0.0~0.4m | 0.4~4.3m | 無此層 | 4.3~10.0m |
| AH-2 | 20m | 0.0~0.6m | 0.6~1.5m | 1.5~3.8m | 3.8~20.0m |
| AH-3 | 10m | 0.0~0.6m | 0.6~1.2m | 1.2~3.6m | 3.6~10.0m |
| AH-4 | 20m | 無此層 | 無此層 | 0.0~13.0m | 13.0~20.0m |
| AH-5 | 5m | 水平鑽孔 | | | |

※其中 AH-4 距離 AH-1、AH-2、AH-3 及 AH-5 等孔約有 100m 之距離

表 16 第二示範區之地層分布表

Table 16 Geological logging record in study site #2

| 孔號 | 深度 | 表土層 | 卵礫石層 | 岩層(黃棕色風化砂岩及灰色砂岩) |
|------|-----|----------|----------|------------------|
| BH-1 | 30m | 0.0~1.5m | 無此層 | 1.5~30.0m |
| BH-2 | 20m | 0.0~1.5m | 無此層 | 1.5~20.0m |
| BH-3 | 15m | 0.0~0.5m | 0.5~3.8m | 3.8~15.0m |

※其中 BH-3 距離 BH-1、BH-2 約有 150m 之距離

表 17 第三示範區之地層分布表

Table 17 Geological logging record in study site #3

| 孔號 | 深度 | 回填層 | 岩層(灰色砂岩、灰色砂岩與灰黑色頁岩互層) |
|------|-----|----------|--|
| CH-1 | 30m | 0.0~3.0m | 3.0~30.0m (灰色砂岩、灰色砂岩與灰黑色頁岩互層) |
| CH-2 | 20m | 0.0~3.3m | 3.3~20.0m (3.3~10.0m 黃棕色至灰色砂岩、10.0~20.0m 為灰色砂岩、灰色砂岩夾薄層灰黑色頁岩) |
| CH-3 | 20m | 0.0~9.7m | 9.7~20.0m (灰色砂岩偶夾深灰色泥質砂岩) |
| CH-4 | 10m | 水平鑽孔 | |
| CH-5 | 10m | 水平鑽孔 | |
| CH-6 | 10m | 水平鑽孔 | |
| CH-7 | 10m | 水平鑽孔 | |

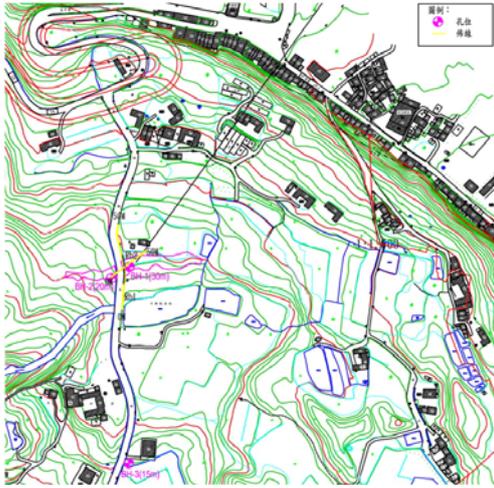


圖 20 第二示範區鑽孔及物理探測線位置圖
Figure 20 Location of logging and Geophysics
explore line (study site #2)

第二示範區本示範區依據湧水點、農塘位置，於上邊坡及下邊坡分別進行 3 處鑽探調查 (詳表 16)，孔位編號為 BH-1~BH-3 (詳圖 20)，鑽孔深度總計 65M，並佈置 2 條物理探測測線，而於 BH-1~BH-3 各孔設置水位觀測孔，進行地下水位調查，藉以了解自由水層隨時間變化之情形，以推估地下水蘊藏量。

第三示範區本區於湧水位置鄰近進行三處鑽探調查 (CH-1~CH-3)，總深度約為 70 公尺，另實施橫向鑽孔 CH-4~CH-7 共四處，鑽孔總長度 40M (詳表 17)，並於上下邊坡順等高線方向實施物理探測，鑽孔及物理探測位置詳圖 21。

第四示範區本區於湧水位置鄰近進行二處鑽探調查 (DH-1~DH-2)，總深度約為 60 公尺 (詳表 18)，另於二孔間實施實施物理探測，鑽孔及物理探測位置詳圖 22。

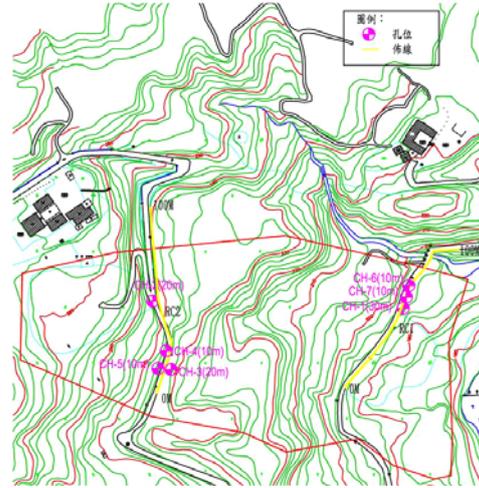


圖 21 第三示範區鑽孔及物理探測線位置圖
Figure 21 Location of logging and Geophysics
explore line (study site #3)

5.物理探測分析

第一示範區

由探測得知，本電阻地層大致可分為三地層構造，上層為崩積層，第二層為崩積層或風化岩層，含水分佈不均，其下為砂岩層及頁岩層，岩層深度大致在地面下 8 公尺至 22 公尺，其中於測樁 40 公尺及 100 公尺附近為岩層變化界面。依地質鑽探結果所繪之剖面圖如圖 23 所示，而探測結果之電阻係數剖面圖如圖 24 所示。依據地層剖面及地球物理探測交叉比對之結果，從地表深約 3~5m 為主要地下水含水層，因此本區除了可蒐集地面湧水外，亦可由擋土牆處打設水平排水孔，加以蒐集地下水。

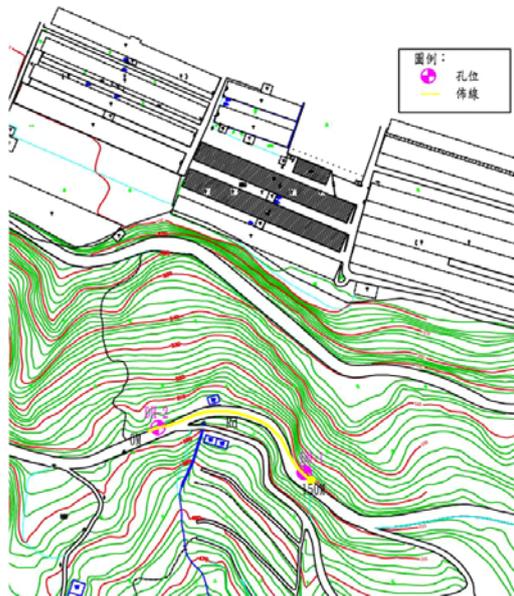


圖 22 第四示範區鑽孔及物理探測線位置圖
 Figure 22 Location of logging and Geophysics explore line (study site #4)

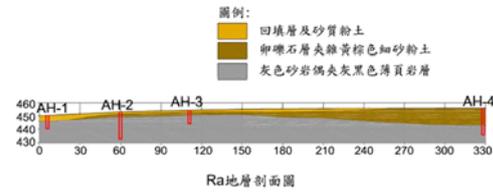


圖 23 第一示範區地層剖面圖
 Figure 23 Geology strata profile of study site #1

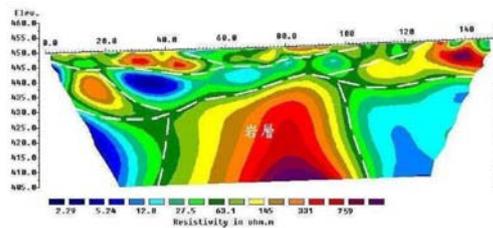


圖 24 Ra 測線地電阻影像剖面圖
 Figure 24 Resistivity Imaging Profiling Ra (study site #1)

表 18 第四示範區之地層分布表

Table 18 Geological logging record in study site #4

| 孔 號 | 深 度 | 回 填 層 | 岩層(黃棕色風化砂岩、灰色砂岩偶夾灰黑色頁岩及灰色砂岩與灰黑色薄頁岩互層) |
|------|-----|----------|--|
| DH-1 | 30m | 0.0~1.0m | 1.0~30.0m (其中 1.0~10.1m 為黃棕色風化砂岩, 10.1~30.0m 為灰色砂岩偶夾灰黑色頁岩) |
| DH-2 | 30m | 0.0~1.7m | 1.7~20.0m (其中 1.7~13.6m 及 17.7~23.5m 為黃棕色風化砂岩, 13.6~17.7m 及 23.5~30.0m 為灰色砂岩與灰黑色薄頁岩互層) |

第二示範區

佈置 2 條物理探測測線, 探測結果如下:

Rb1 測線: 本電阻地層大致可分為二地層

構造, 上層為崩積層, 第二層為高電阻砂岩層層, 崩積層厚度大致在地面下 2 公尺至 10 公尺。Rb2 測線: 本電阻地層大致可分為二地層構造, 上層為崩積層, 第二層為高電阻砂

岩層層，崩積層厚度大致在地面下 10 公尺至 15 公尺。依地質鑽探結果所繪之剖面圖如圖 25 所示，而探測結果之電阻係數剖面圖如圖 26、27 所示。

依據地層剖面及地球物理探測結果加以研判，從地表面深約 2~4m 為主要地下水含水層，含水層厚度較薄，但本區可延伸至第一示範區，形成一較大範圍的地下水含水層區，可透過更大範圍蒐集地下水，亦可蒐集由農塘溢出之水，共同形成大範圍的地下水蒐集區。

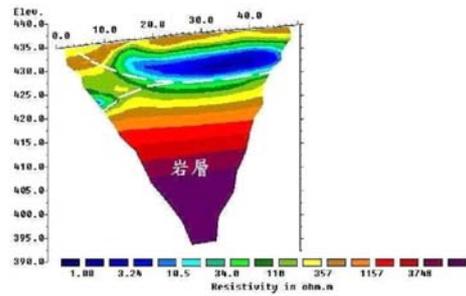


圖 27 Rb2 測線地電阻影像剖面圖
Figure 27 Resistivity Imaging Profiling Rb2
(study site #2)

第三示範區

佈置 2 條物理探測測線，探測結果如下：

Rc1 測線：本電阻地層大致可分為三地層構造，上層為崩積層，第二層為崩積層或風化岩層，其下為頁岩層，岩層深度大致在地面下 8 公尺至 27 公尺，岩層變化複雜。

Rc2 測線：本電阻地層大致可分為二地層構造，上層為崩積層，第二層為低電阻頁岩層層，崩積層厚度大致在地面下 8 公尺至 10 公尺。

依地質鑽探結果所繪之剖面圖如圖 28 所示，而探測結果之電阻係數剖面圖如圖 29 及 30 所示。

由地層剖面及地球物理探測結果，本區的地下水含水層約從地面深 3~9m，主要為坡面的表土層及風化岩層，從擋土牆的排水孔及本次調查所施做的水平鑽孔，可發現地下水湧出情形，但其量不大，約每小時 19.2 公升。

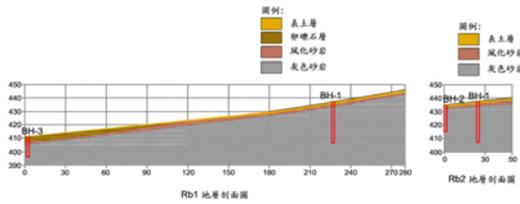


圖 25 第二示範區地層剖面圖
Figure 25 Geology strata profile of study site #2

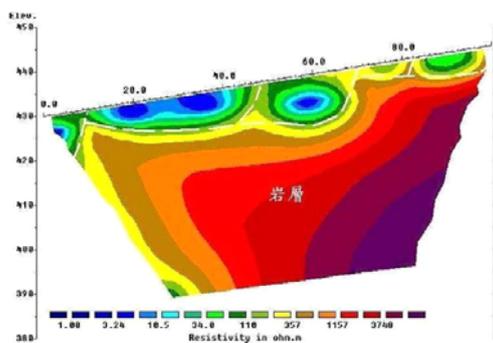


圖 26 Rb1 測線地電阻影像剖面圖
Figure 26 Resistivity Imaging Profiling Rb1
(study site #2)

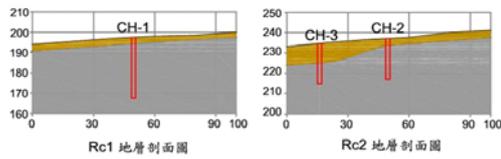


圖 28 第三示範區地層剖面圖

Figure 28 Geology strata profile of study site #3

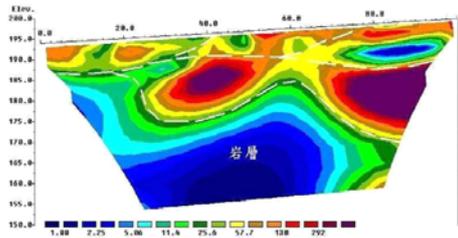


圖 29 Rc1 測線地電阻影像剖面圖

Figure 29 Resistivity Imaging Profiling Rc1 (study site #3)

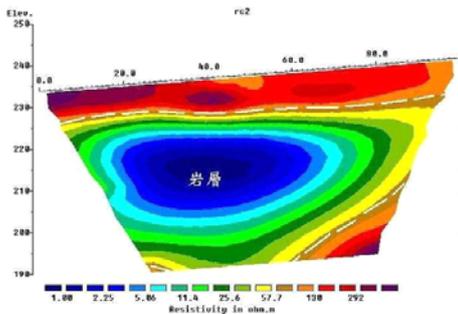


圖 30 Rc2 測線地電阻影像剖面圖

Figure 30 Resistivity Imaging Profiling Rc2 (study site #3)

第四示範區

本電阻地層大致可分為三地層構造，上層為崩積層，第二層為風化岩層，含水分佈不均，其下為砂岩層及頁岩層，新鮮岩層深度大致在地面下 6 公尺至 30 公尺，其中於測

樁 35 公尺及 105 公尺附近為岩層變化界面。依地質鑽探結果所繪之剖面圖如圖 31 所示，而探測結果之電阻係數剖面圖如圖 32 所示。

依據地層剖面及地球物理探測結果，本區的地下水含水層僅有 1~2m 土層，但由於本區的北側即為新社鄉永源村（水井仔地區），該區農業發達，因此有較多的農耕灌溉行為，而本示範區正位於該區的下坡方，且為紅土礫石層與卓蘭層的交界處，因此地表水滲入地下後由礫石與岩層的界面處滲出，因此本區有多處的地下水滲流湧出的位置，其中一處在 9 月 18 日以量筒加以量測估算，其地下水湧出量可達每小時 12000 公升，另在 10 月 24 日再加以量測，仍可達每小時 6500 公升，因此該處為大坑地區目前所調查的地下水湧出最大量的位置。

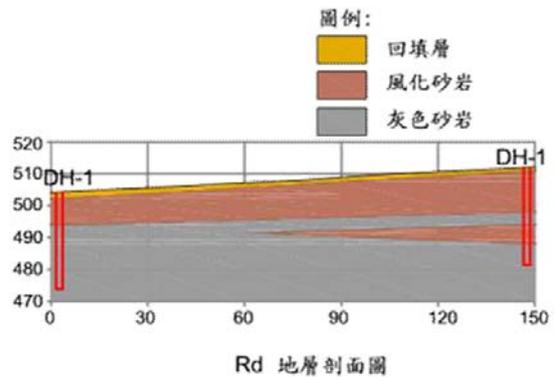


圖 31 第四示範區地層剖面圖

Figure 31 Geology strata profile of study site #4

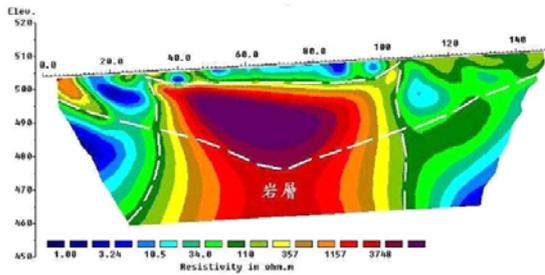


圖 32 Rd 測線地電阻影像剖面圖
Figure 32 Resistivity Imaging Profiling Rd
(study site #4)

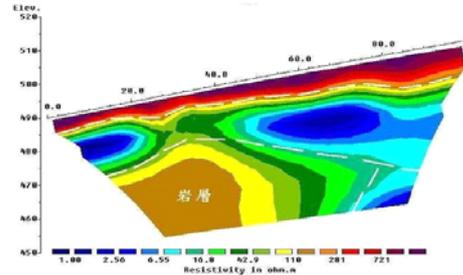


圖 34 Re2 測線地電阻影像剖面圖
Figure 34 Resistivity Imaging Profiling Re2
(study site #5)

第五示範區

本示範區佈置 2 條物理探測測線，探測結果之電阻係數剖面圖請參閱圖 33、34。

Re1 測線：由本電阻地層大致可分為二地層構造，上層為崩積層，第二層為低電阻頁岩層層，崩積層厚度大致在地面下 7 公尺至 25 公尺。

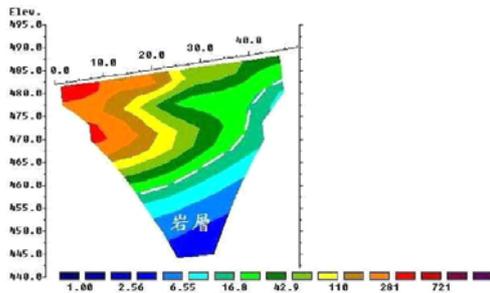


圖 33 Re1 測線地電阻影像剖面圖
Figure 33 Resistivity Imaging Profiling Re1
(study site #5)

Re2 測線：本電阻地層大致可分為二地層構造，上層為崩積層，第二層為低電阻頁岩層及高電阻砂岩層，岩層變化複雜，崩積層厚度大致在地面下 5 公尺至 12 公尺。由於本區未進行地質鑽探，因此由野外地質調查得本區之地表由上游崩落之礫石所覆蓋，其厚度研判由 2~10m 不等(最下游最薄，愈往上游愈厚)，其地下水滲出位置係由崩落的礫石與其下岩層(頭料山層香山相)界面處滲出，7~9 月地下水滲流明顯，10 月再加以觀察，滲流量已明顯減少，研判此一地下滲流與雨量多寡有明顯的相關性，冬季(乾季)時可能就沒有地下水滲流了，因此本區較不適合作為地下水引水地點。

結論與建議

1. 結論

第一示範區

本區位於大坑風景區東部臨中興嶺處，鄰接民興巷，屬七號潛勢地滑地範圍內。依現有蒐集資料顯示蘊藏豐富之淺層地下水，且有多處湧水點，初步判斷應可提供一定區

域之農業用水使用，本區經鑽探結果顯示水位皆為滿水，且有湧水情形。

依據所現有資料指出屬於「淺層之地滑地」，其滑動面約在地表下 3.5~4.5 公尺處，而其地滑地末端則位於礫石之表土層與灰色泥岩層交界處，並有大量的地下水湧出，地下水深度約介於 3m~4m 之間，以此深度而言，相當適合以設置滲流井、滲流溝等較為小規模之簡易施工之方式，即可達到地下水資源收集之目的，由於距離大坑第二幹線雖為 520 公尺，然所收集之水資源可利用既有路邊溝或新設管線、明溝輸送，故初步以工程技術層面研判本區之可行性高。

第二示範區

本區位於大坑風景區東部，鄰接連坑巷(連坑三號橋東側)。本區依現地勘查即發現有多處湧水現象，後經實施鑽探後亦發現地下水位皆位於地表處，顯示此區鄰近蘊藏大量水資源。本區地下水資源分析後僅需於湧水處設置集水或蓄水設施直接加壓補注，或配合管路細部設計減壓閥設置位置以重力方式補注置較下游位置，本示範區所需工程屬小規模施工之方式，即可達到地下水資源收集之目的，故初步以工程技術層面研判本區之可行性高。

第三示範區

本區位於大坑風景區西部，鄰接光西巷，行政區為大坑里，為二號潛在地滑區範圍。

依現況調查本區現有二處出水點，並分位於區位中央山凹地形上下二處，故依初步勘查結果本區蘊含水源可能性頗高，且經鑽

探資料及水位監測結果顯示本區水位介於地下 0.7~2.4 公尺之間。本區需以橫向集水井及集水管收集引水，並加強坡面之縱、橫向排水，就施工影響範圍、工期及採用之機具而言，工程技術層面較高，初步以工程技術層面研判本區之可行性中等。

第四示範區 (麻竹坑巷)

本區位於大坑風景區北部，鄰接麻竹坑巷，行政區屬民政里。

本區現有二處出水點，且有多處已設置蓄水池，出水點約略由中 88 號公路由下穿越竹坑巷、麻竹坑巷，水量十分豐富。

本區地下水僅需於湧水處設置集水或蓄水設施直接加壓補注，或配合管路細部設計減壓閥設置位置以重力方式補注置較下游位置，本示範區所需工程屬小規模施工之方式，即可達到地下水資源收集之目的，故初步以工程技術層面研判本區之可行性高。

第五示範區

第五示範區位於大坑風景區中部，鄰近連坑巷及清水坑溪，行政區屬東山里。現況鄰近多為農業使用，農戶之灌溉用水多皆引此區之伏流水至多處農塘儲存，其伏流水多出現於岩盤與堆積之砂礫石交界處，初步研判本區應有地下伏流水層。後續若考量地下水補注灌溉用水僅需設置集水池、抽水站或蓄水池及輸配水管線，就施工技術層面而言，本區具有可行性，惟本區地下水豐枯水期之水量差異較大，若於本區辦理引水工程應思考其他之枯水期間之配套措施。

2.建議

- (一) 本研究之地下水分佈結果，若需應用於實際之水資源運用，仍應持續進行本區域之灌溉用水量與補注量進行分析，以瞭解其補注率、經濟效益及與缺水時段之搭配性。
- (二) 各示範區是否可施設引水工程作為補注農業灌溉使用，除地下水資源蘊藏量之探討外，其土地使用管制情形、位置條件、土地權屬等係未來工程施作時重要條件之一，未來可針對各項評估因子作更進一步之探討。
- (三) 在可行性評估方面，未來在提出灌溉幹管線之實際策略並計算工程成本後計算個別工程之補注灌區面積，並透過本研究之成果，可求得各示範區之單位成本，並據以評估各示範區之經濟效益。
- (四) 本研究主要目的係將本評估大坑地區本身之地下水源是否有供大坑地區之農業灌溉用水使用之可行性。為使評估成果更具可行性，應更進一步調查農業需水之週期及時令與地下水位變化之關係，以評估利用地下水引水替代（或部分替代）農業灌溉之可行性。
- (五) 本研究部分之研究區（如第三示範區）雖經評估水資源存量較低，惟若透過地下水引水工程之設置有助於潛勢地滑地之地下水排出，減少滑動潛勢，若同時考量防災減災層面，是否可行？仍應以不同於農業灌溉之思維進行討論。
- 其有關電氣滲透法之研究」，中興大學水土保持學系碩士論文。
- 謝豪榮(1997)，「坡地之泥砂災害與其防治法」，水土保持學報，第 29 卷，第 2 期。
 - 鄭皆達、徐享崑(1998)，「集水區與保育經營問題探討」，第四屆兩岸水利科技研討會。
 - 李錦育(2000)，土壤水分滲透補注動態之研究-以竹林集水區為例，中華水土保持學報。
 - 臺中市政府(2004)，「台中市大坑山坡地潛在危險區整治工程委託調查規劃設計」。
 - 臺中市政府(2005)，「白冷圳餘水引進本市大坑地區可行性評估」。
 - 經濟部水利署中區水資源局(2007)，「白冷圳餘水利用評估」。
 - 臺中市政府(2011)，「白冷圳引水改善及延伸替代方案可行性評估」。
 - 臺中市政府(2011)，「台中市大坑風景特定區都市防災及風險因子資料庫建置計畫」。

101 年 06 月 06 日收稿

101 年 06 月 13 日修改

101 年 06 月 26 日接受

參考文獻

- 陳慶雄(1986)，「石碑地滑地之穩定性及

水土保持學報44(4) : 313 – 340 (2012)

Journal of Soil and Water Conservation , 44 (4) : 313 – 340 (2012)