

布袋商港深層地下水調查

游峻一¹ 謝志賢²

清雲科技大學通識教育中心¹ 新中光物理探測股份有限公司²

摘 要

大地電磁波法為一種頻率域的電磁波探勘技術，係應用自然界不同頻率的電磁波入射地下，地下深度不同的各地層因岩性及構造等不同，造成地表接收其不同之電磁感應，以此來區分地層特性對地層，由於其測勘經濟及快速，對地下地層具有良好的解析能力，被廣泛的應用於斷層描繪、地下水探測、環境變遷、探礦等。本研究運用大地電磁波法探測深層地下水，藉以瞭解布袋商港深層地下水蘊藏的情況。

前 言

大地電磁波法於深層地下水之探測（游峻一等，2005）已有良好的驗證，為瞭解大地電磁探測儀低頻系統於嘉南海岸平原海邊探測深度及布袋商港深層地下水分佈情況，本研究共進行了五個大地電磁波測站，用以瞭解儀器探測能力及布袋商港深層地下水分佈情況。

測 區 地 質

研究測區位於嘉義縣布袋鎮，地勢平坦，地表地層為第四紀現世沖積層，沖積物主要由河道沖積層、海岸風積砂、潟湖、沼澤淤泥、三角洲沈積層所組成，地層含細小顆粒及泥質較多，故透水性較差。其下地層層序，依據中油探採彙報（1987）為台南層、六雙層、二重溪層、崁下寮層、六重溪層、沱水溪層、鳥嘴層、中崙層、南莊層、觀音山層、打鹿砂岩、北寮層、石底層、碧靈頁岩層及木山層等。

原 理

本研究使用大地電磁波法，推算由淺至深地層的電阻率。再依地層的電阻率值與分布形貌配合地質資料研判測區地下地質情況，大地電磁法是量測天然電磁場進入地層中的電磁感應訊號，包含感應電場與磁場，用以推算地層電阻率。理論上，在一均質等向性地層，電磁場之穿透深度（或稱肌膚深度，skin depth）

$$d_{skin} = 503 \sqrt{\frac{\rho}{f}}$$

， ρ 為電阻率（歐姆·公尺）， f 為頻率（赫）， d_{skin} 為肌膚深度（公尺）

或稱測深，有學者提出實際測深以 0.7 肌膚深度計算測深。從方程式可知探測深度和訊號之頻率的平方根成反比，頻率越低，探的越深；反之，頻率越高，探的越淺。且地層的電阻率平方根成正比關係，地層電阻率越高，探的越深。若以頻率 10 赫，電阻率 1000 歐姆·公尺，計算測深為 5030 公尺，實際測深約 3521 公尺。

根據電磁學理論，在一均質等向性無限厚度地層，在地表一組互相垂直方向的電場與磁場，其電場與磁場之比值與地層電阻率的關係為

$$\rho = 0.2T \left| \frac{E_x}{B_y} \right|^2$$

T 為週期， E_x 為 x 方向的電場， B_y 為 y 方向的磁場，但因實際地層並非均質均向，故所計算出來的的測值稱為視電阻率（apparent resistivity） ρ_a

$$\rho_a = 0.2T \left| \frac{E_x}{B_y} \right|^2$$

本次探測使用美國 GEOMETRICS 公司製造的 STRATAGEM 大地電磁探測儀低頻系統，頻率為 0.1 ~ 1000 Hz，同時可接收 x 與 y 方向之感應電場與磁場，其資料處理利用 GEOMETRICS 公司研發之 IMAGEM 程式，可作一維及二維構造解釋。

結果與解釋

研究區域位於布袋商港，為瞭解本區地下含水層分佈狀況，共進行五個大地電磁波法測勘，每一測站含三個之測點，茲將結果討論如下：

（一） 測站一

測站一含三個測點。探測結果顯示地層在淺部受到海水影響，0~300 公尺地層電阻率均低於 50 Ω -m，其中 <20 Ω -m 的層段受海水影響較大，20-50 Ω -m 的層段，泥質含量較高。深度 300 公尺以下地層電阻率隨深度增加逐漸緩慢升高，並無較為明顯的層段變化，約維持在 50~350 Ω -m 之間，表示深部地層岩性變化不大，電阻率上升可能因地層壓密影響或含砂量逐漸增多之故，或二者皆有可能。 y 方向 300 公尺後地層電阻率與 x 略有不同，可能為受到當地環境因素的影響。

（二） 測站二

測站二含三個測點。探測結果均顯示地層在淺部受到海水污染結果影響，0

~100 公尺地層電阻率均低於 10 Ω -m。深度 100~300 公尺地層電阻率都較高，約維持在 10~40 Ω -m 之間，大致隨深度的加深地層電阻率越高。300 公尺以下，可能為受到測勘時旁邊有推土機的影響，資料訊號不佳，無法判斷更深層的結果，故本次並無採用。

(三) 測站三

測站三含三個測點。探測結果均顯示地層在淺部受到海水影響，0~450 公尺地層電阻率均低於 50 Ω -m，其中<20 Ω -m 的層段受海水影響較大 20-50 Ω -m 的層段，泥質含量較高。深度 450 公尺以下地層電阻率都較高，約維持在 50~350 Ω -m 之間，大致隨深度的加深地層電阻率越高，表示深部地層岩性變化不大，電阻率上升可能因地層壓密影響或含砂量逐漸增多之故，或二者皆有可能。在 y 方向 200 公尺後地層電阻率與 x 略有不同，可能為受到當地環境因素的影響。

(四) 測站四

測站四含三個測點，資料訊號不佳，無法採用其結果。

(五) 測站五

測站五含三個測點，測勘結果受到現地因素影響，淺層干擾較深層因素嚴重，0~650 公尺地層電阻率均低於 50 Ω -m，其中<20 Ω -m 的層段受海水影響較大 20-50 Ω -m 的層段，泥質含量較高。深度 650~3,000 公尺地層電阻率都較高，約維持在 10~400 Ω -m 之間，大致隨深度的加深地層電阻率越高。

綜合以上的探測結果，將各測點依配置方向與基地相對關係繪製測站 1-3-5) 之電性地層剖面。除淺地表為泥質黏土外，至探查深度約 2,000 公尺範圍內地層主要以泥質砂岩為主地層，其中在深度 0~300 公尺附近的地層含鹽度較高。以泥質砂岩為主的地層，電阻率越低表示泥質含量越高，越難透水，電阻率越高則表示泥質砂岩中夾的砂岩比例較高。參考中油公司在嘉南附近的鑽井，推估在研究區的地層單位由地表至深度約 2000 公尺，分別為台南層、六雙層、二重溪層、崁下寮層、六重溪層、沅水溪層、鳥嘴層，因為各地層多以砂質泥岩或泥質砂岩為主，因此在電阻率分部上並不容易區辨。

若以泥質砂岩為地下水層，(K 值約 10^{-6} ~ 10^{-5} cm/sec)，取水層厚度約 100 公尺，水井井徑 10 英吋，初估出水量約 100~200 立方米/日。

結 論

綜合本次探查成果可以獲致下結論：

1. 在探查深度範圍內(約 2,000 公尺)的岩性主要以泥質砂岩/砂質泥岩為主，地層中砂質含量越高，則透水性越佳，可作為取水層段。
2. 若以地層中砂質含量較高的層段為取水層，水井井徑 10 英吋，初估出水量約 100~200 立方米/日，實際出水量仍應以鑽井後之試驗為主。

參考書目

游峻一、謝志賢，2006. 台南四草地區深層地下水探測，九十五年度地球物理學會年會暨 2006 年台灣地區地球物理學術研討會，p28。

陳雄茂、吳明賢，1987. 嘉義鹿草—朴子地區儲氣砂岩之震測解釋，探探研究彙報，第 10 期， p. 91-107、。