

淺層大地電磁波法於旗山斷層之初探

游峻一¹ 宋國城¹ 張鴻成²

清雲科技大學空間資訊與防災科技研究所¹ 中央大學地球物理研究所²

摘要

淺層大地電磁波法為一種頻率域的電磁波探測技術，其原理係利用接收器接收來自天然的場源，量測地下地層對不同頻率之入射電磁波所產生的感應磁場與電場，由電磁場的比值大小與相位，可推斷地下地層的特性，以解析地層形貌、岩性或地質構造。

本研究利用淺層大地電磁波法於旗山斷層進行探查，希望藉由探查結果瞭解斷層兩側電性差異及由探測結果推測泥火山材料之來源。

前言

淺層人控音頻大地電磁波法測勘儀為美國Geometrics和EMI公司共同研發出的電導率成像系統（Stratagem EH-4系統），並將此探測法簡稱為EH-4法，EH-4法為電磁波法施測的一種，雖與傳統的CSAMT類似，但其送訊頻率較高（1k Hz~69.5k Hz），探測深度約在10公尺至1000公尺間，又可稱為淺層人控音頻大地電磁波法。與一般的直流電阻法（DC resistivity method）原理不同，DC係藉由加大半展距（ $AB/2$ ）來加大地層深度的探測，EH-4則由降低電磁波頻率而增加垂直測深。目前淺層人控音頻大地電磁波法廣泛應用於地下水探測、溫泉探測、環境變遷、斷層描繪、探礦等等，具有良好的解析能力。其應用於斷層調查方面已有許多的成就（鄭榮卿等，1996；游峻一等，2005、2006），其具有測勘快速、精確等特性，本研究利用淺層大地電磁波法來探討旗山斷層兩側電性差異及推測泥火山材料之來源。

測區地質

測區地表以烏山砂岩及古亭坑泥岩為主，古亭坑泥岩為淡灰色細粒塊狀的岩層，常夾有砂質泥岩，因此可以看出其岩層狀態。烏山砂岩以鈣質砂岩為主，呈塊狀堅硬暗灰色或淡棕色，節理甚發達。砂岩的顆粒大部分呈細粒且緻密，局部被風化呈棕黃色。旗山斷層為一逆斷層，斷層線之走向為北 30-50 度東，斷層面傾向東南。烏山砂岩西側呈斷崖與古亭坑泥岩接觸，其界線即為旗山斷層，將中新世的地層逆衝到上新世的地層上方。

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 大地電磁探測儀高頻系統，頻率為 1k ~ 69.5 kHz，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

研究區位於高雄縣燕巢鄉，為了解狀況，共配置四處淺層大地電磁波法測站，每一測站含兩個以上之測點，茲將各測站探查成果分述如下：

（一） 測站一

測站一位於烏山頂泥火山之西側，共包含 4 個測點，因 x 方向資料受干擾效果不佳，僅以 y 方向資料討論。地層電阻率顯示，0~20 公尺處地層電阻率均低

於 $5\Omega\text{-m}$ ，隨深度增加電阻率逐漸變大，深度 50 公尺後，地層電阻率大致在 $10\Omega\text{-m}$ 上下，其地層由淺至深應以古亭坑層為主。

(二) 測站二

測站二與測站一相去不遠，共包含 4 個測點，因 x 方向資料受干擾效果不佳，僅以 y 方向資料討論。地層電阻率顯示，0~20 公尺處，地層電阻率均低於 $5\Omega\text{-m}$ ，隨深度增加電阻率逐漸變大，深度 50 公尺後，地層電阻率大致在 $10\Omega\text{-m}$ 上下。

(三) 測站三

測站三，共包含 8 個測點，測線由東向西走，由測點資料顯示，東邊測點之地層電阻率在深度 0~50 公尺處，電阻率由 $2\Omega\text{-m}$ 快速增加至 $30\Omega\text{-m}$ ，推測地層電阻率快速升高原因為烏山砂岩造成之結果，深度大於 50 公尺之地層電阻率大至在 20 至 $40\Omega\text{-m}$ 上下；偏西側之測點地層電阻率均低，大略維持在 1 至 $10\Omega\text{-m}$ 之間，推測古亭坑層，此處為旗山斷層一個明顯的界線，也外露頭也可印證探測成果。

(四) 測站四

測站四位於測站三西北側，共包含 4 個測點，地層電阻率顯示，0~20 公尺處電阻率均低於 $5\Omega\text{-m}$ ，隨深度增加電阻率逐漸變大，深度 50 公尺後，地層電阻率大致在 $10\Omega\text{-m}$ 上下，其地層由淺至深應以古亭坑層為主。

綜合以上的探測結果，可知古亭坑層在可探測的層段內，深度 0~20 公尺地層電阻率大略都維持在均低於 $5\Omega\text{-m}$ ，隨深度增加電阻率逐漸變大，深度 50 公尺後，地層電阻率大致在 $10\Omega\text{-m}$ 上下；旗山斷層西側之烏山砂岩地層，除淺層表土因風化呈現較低電阻外，其餘深度地層電阻率約維持在 20 至 $40\Omega\text{-m}$ 上下。

本次因測點過少，無法推測泥火山材料來源及泥火山與旗山斷層的關係，待資料更詳盡之後，將做更深入的研究。

結 論

綜合本次探查成果可以獲致下結論：

1. 古亭坑層在深度 0~20 公尺地層電阻率大略都維持在均低於 $5\Omega\text{-m}$ ，隨深度增加電阻率逐漸變大，深度 50 公尺後，地層電阻率大致在 $10\Omega\text{-m}$ 上下。
2. 烏山砂岩地層，除淺層表土因風化呈現較低電阻外，其餘深度地層電阻率約維持在 20 至 $40\Omega\text{-m}$ 上下。

參考書目

- 游峻一、林冠衛、鄭智鴻、楊潔豪、陳平護，2005. 運用直流電阻法與人控音頻大地電磁波法研究湖口斷層，九十四年度中國地質年會暨學術研討會，p.184。
- 游峻一，2006. 運用直流電阻法與人控音頻大地電磁波法研究南崁構造，九十五年度中國地質年會暨學術研討會，p200。

鄭榮卿、游峻一、曹正宇、楊潔豪、董倫道，1996. 應用 EH-4 人控音頻大地電磁測勘儀偵測車籠埔斷層，1996 紀念顏滄波教授地質研討會，p117~121。