



第一章 緒論

1.1 研究動機

為了解地表下數公尺內的極淺層 (ultra-shallow) 地質構造或地下異常體分布，我們常藉由人工震源產生的震波，透過地表特定幾何排列之受波器接收震波資料，並加以分析該測區震波地下涵蓋範圍的地質構造情況。這種利用人工震源的測勘方法基本上可分成折射震波測勘 (seismic refraction) 與反射震波測勘 (seismic reflection) 兩種。

震測探勘方法的原理則在於當地表下地層之聲波阻抗 (acoustic impedance) 有差異時，震波便會與這個界面作響應 (response)，部分能量反射，部分穿透，反射能量則讓受波器 (geophone) 接收感應並傳回震測儀加以記錄，這是利用地層在垂直方向的差異性來探勘地下可能的構造；在水平方向差異性上的應用，則往往透過布線的幾何排列設計，從最後資料處理後的震測剖面圖來加以解釋。

震測探勘人員經常先以走離雜波測試 (walkaway noise tests) 求得該測區地下構造概況，再決定適用之施測幾何參數，以增進施測效率。理論上從震波資料的走時曲線 (travel time curve) 圖

可以判斷出直達波、折射波與反射波，並從中推算出地層速度以及地層深度。但淺層震測的信噪比（S/N ratio）較低，尤以地表下數公尺內的極淺層震測為甚，常受到施測時伴隨的相參性雜波諸如地滾波（ground-roll）、空氣波（air wave）及散射波（scattered waves）等雜訊波或地層中的繞射源所影響，再加上外來的背景環境雜波干擾，使得震波信號極為複雜，故在理論與實際應用上可能稍有出入，此時欲從雜波中擷取出微弱的震波信號，人為參與極為重要。

一般傳統的濾波處理方法有很多種，不論直接從時間域（time domain）將雜波切除（mute），或在頻率域（frequency domain）作 F-K 濾波、頻率濾波等，皆與資料處理者本身的判斷有很直接的相關性，經驗不足的處理者有可能會作出與實際結果誤差很大的解讀。

再者，頻譜分析（spectrum analysis）最普遍被人使用的傅立葉分析（Fourier analysis），是將野外測勘記錄到的跡線（trace），在時間域經由傅立葉轉換至頻率域，而得到振幅頻譜（amplitude spectrum）或能量頻譜（energy spectrum），藉此觀察該震波信號的變化與顯著頻率，進而分析頻譜特性。基本上傅立葉分析對於資料分析提供一個有效而簡單的方法，但其數學方法基本假設是

以正交的弦波去合成所欲分析的數據，且每一個成分波都是穩定的 (stationary)。雖然傅立葉分析有極佳的正交性 (orthogonality) 與完整性 (completeness)，但每一個成分波並不一定具有實際的物理意義。然而地球物理的資料往往既非線性 (non-linear) 亦非穩定性 (non-stationary)，在這種情況下傅立葉分析的結果有其解釋上的困境，數學上的分析結果不見得具有真實的物理意義。在頻譜結構中震波資料有時變 (time variance) 的特質，任一成分波的振幅、頻率皆隨時間而變，因此必須以瞬時 (instantaneous) 的觀念處理震波資料，才能完整看出數據的特性。

第三，每個測區的信號主頻帶往往稍有差異，最理想的判斷準則是以試誤法 (trial-and-error) 找出最佳的濾波參數 (Baker,1999 ; Steeples and Miller,1998)，而這樣的處理過程往往也需要有較充裕的時間。因此，如何有效加強反射信號而抑制雜波，同時避免人為失誤造成的錯誤判讀，即是本篇研究論文的中思想。

1.2 文獻回顧

1998年，黃鶚等人（Huang et al.,1998）在英國皇家學會的刊物上發表了一篇對時域信號新的解析方法，名為「經驗模組分解」（empirical mode decomposition，簡稱EMD），EMD與希伯特頻譜分析（Hilbert spectral analysis）的組合是分析頻譜的新方法，又稱為Hilbert-Huang transform，簡稱HHT。EMD可將複雜的數據分解成有限的幾個本質模組函數（intrinsic mode function，簡稱IMF），如此可視作將原來的信號用IMF展開，而以展開的IMF作為基底，它也可以是非線性或非穩定性的，系統的轉換函數可視實際需要作調變，因此與快速傅立葉轉換和小波轉換（wavelet transform）相較之下效率更高。

HHT可計算出數據的希伯特頻譜，看出數據之「瞬時能量—頻率—時間」分布，所以此法對非線性、非穩定過程而言是有效的分析方法，適用於各種地球物理信號處理。過去數年國內外學界也普遍將此方法應用在各個領域上，諸如海洋、大氣、土木工程、地震或重力方面的數據。如1999年921臺灣集集大地震的資料分析（Huang et al.,2001），探討各分量的特性，並比較FFT、小波分析與HHT三種方法之處理結果；橋柱微振動量信號之希伯特頻譜應用（李有豐等人，2003）；分析並重建甚低頻電磁波信

號，消除地表產生的雜波及周圍物體造成的干擾，加強地下異常體之過零點反應（黃彥勳, 2004）；應用於年尺度以上的對流層與平流層氣候資料分析，其所分解之IMFs恰可分別代表周年尺度（annual cycle）、QBO（Quasi-Biennial Oscillation）、ENSO（El-Niño/Southern Oscillation）、太陽黑子周期（sunspot cycle）等不同震盪模組，其趨勢（trend）則代表了溫室氣體的變動（Coughlin and Tung, 2004）；加拿大亞伯達省Turner河谷的布蓋重力異常資料分析，研究結果顯示可成功經由EMD處理過程，判別不同頻率特質的分量，達到濾除雜波、加強信號的效果（Hassan, 2005）。

1.3 本文內容

本論文擬以經驗模組分解方法，對極淺層震波資料作分析，取得本質模組函數後再予以重建信號，以得到具有實際物理意義的濾波結果，進而探討以 EMD 方法濾除不同頻率特質雜波的可行性。在下一章中，將對本質模組函數與經驗模組分解過程作更詳細的說明。

各章節內容之概要簡介如下：

第一章為緒論，說明本文研究動機，並回顧近年來國內外文獻對於 EMD 應用在各界的研究與成果，以及本文的內容摘要。

第二章為理論分析，敘述信號處理所使用的本質模組函數與經驗模組分解之理論架構。

第三章為研究原理與試驗，觀察 EMD 方法對於加入不同頻率特質雜訊波的合成訊號濾波成果，並與 IIR 及 FIR 濾波器比較。

第四章為儀器與資料處理流程，介紹本文所使用之相關儀器布放與參數設定，並說明震測信號資料處理流程。

第五章為 EMD 資料處理結果討論，將本文使用之兩個測區的野外數據作 EMD 分析，並討論其走時曲線之判圖結果。

第六章為結論，針對本研究的實驗方法與解析結果作一客觀評估。