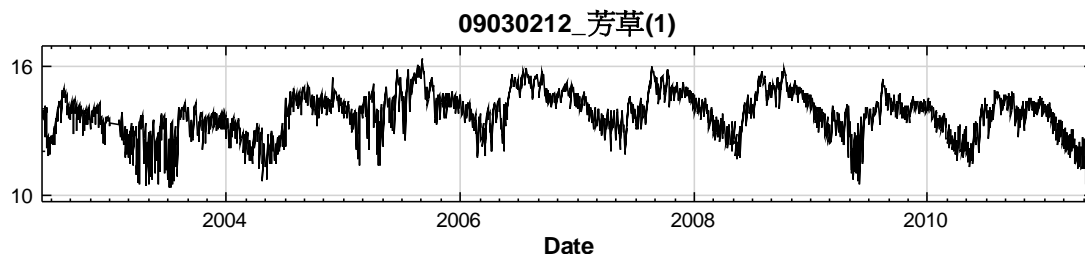


【地下水訊號隱藏了什麼?】

地下水含水層的水位會受到自然與非自然環境因素的影響而變動，像是降雨、地潮、大氣壓力、地震，以及人為抽用地下水等等，都會顯現在地下水訊號中而讓地下水位有固定週期的上下起伏或是驟升與驟降的情形發生。究竟這些自然以及人為的因子會如何改變地下水訊號，下面就讓我們以簡單的分析技巧，帶各位解析地下水訊號隱藏的秘密。

1. 降雨：

影響地下水的自然因素中，降雨為最主要的影響因素，由地下水位歷線中，最容易觀察到有一年的變化周期，以圖一為例，可以看到每年的五月為水位最低時，之後水位逐漸上升，在十月左右達到一年中最高水位，之後又逐漸下降，此水位變化為季節性雨量豐枯所造成，由水文年報定義之豐水期及枯水期分別為 5 月至 10 月與 11 月至隔年 4 月，此季節性豐枯變化為大部分地下水位變化的通則。



圖一 季節性降雨對地下水位變化之影響

2. 地潮：

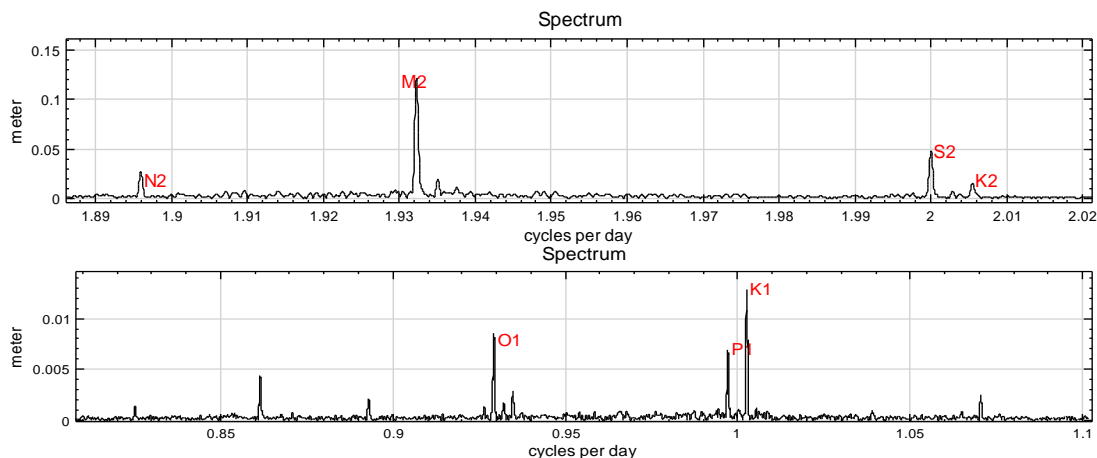
地潮是月球與太陽對固體地球造成的引力變化，地球、太陽、與月亮週而復始地互相圍繞運行，因此地潮是具有週期的。

表一 是地潮的理論週期表，可以看到許多不同地潮的頻率，其中分量最大的為 M_2 潮，其週期為 12.421 小時，對應的頻率約為一天發生 1.93 次。由於此分潮的強度大，頻率也與其他因子錯開，讓它成為了地下水訊號中最具代表性的地潮訊號。

Tidal constituent	Period	Frequency (1/day)	Vertical amplitude (mm)
Semi-diurnal			
M ₂	12.421 hr	1.93221	384.83
S ₂	12 hr	2.00000	179.05
N ₂	12.658 hr	1.89603	73.69
K ₂	11.967 hr	2.00552	48.72
Diurnal			
K ₁	23.934 hr	1.00276	191.78
O ₁	25.819 hr	0.92955	158.11
P ₁	24.066 hr	0.99726	70.88
φ ₁	23.804 hr	1.00823	3.44
ψ ₁	23.869 hr	1.00549	2.72
S ₁ (solar diurnal)	24 hr	1.00000	1.65
Long-term			
M _f	13.661 days		40.36
M _m (moon monthly)	27.555 days		21.33
S _{aa} (Solar semi-annual)	0.50000 yr		18.79
Lunar node	18.613 yr		16.92
S _a (solar annual)	1.0000 yr		2.97

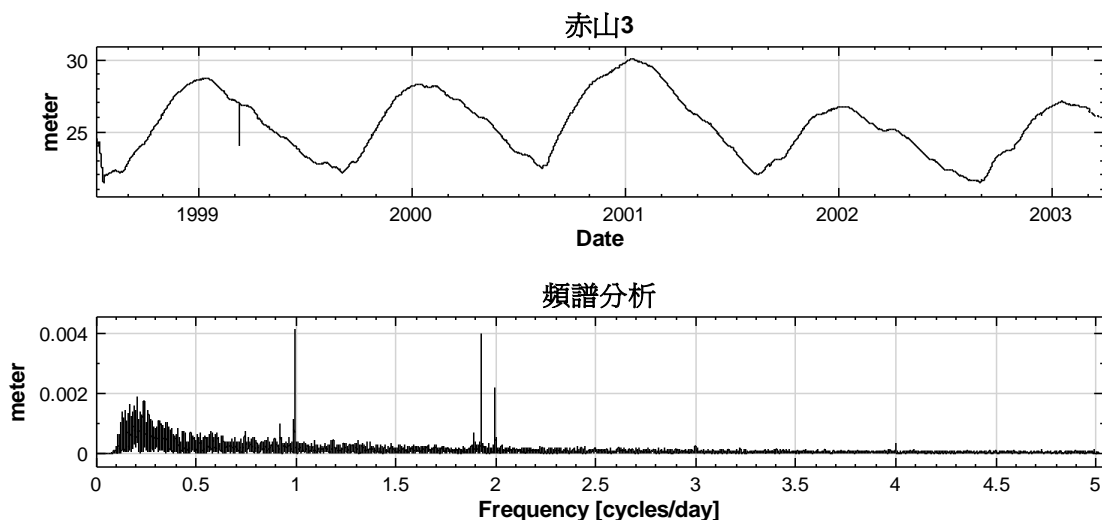
表一 地潮的理論值 (資料來源: http://en.wikipedia.org/wiki/Earth_tide)

我們以漢寶測站為例，將地下水時序資料做傅立葉轉換即可得到頻譜圖。圖二是其地下水位頻譜圖的部分節錄，特別選取頻率為一天 1 次以及一天 2 次附近之頻譜，來對照表一中理論地潮的現象，可以見到此區域的地下水有一天 0.93、0.997、1.003、1.896、1.932、2.005 次的頻率，分別為表一中之 O₁、P₁、K₁、N₂、M₂、S₂ 分潮。進一步比較漢寶測站中分潮之頻譜大小，會發現與表一的理論值雖不盡相同，但之間的比例十分類似，表示地下水位確實受到地潮的影響會有固定週期的波動。



圖二 漢寶測站之頻譜圖節錄，上為一天 2 次附近之節錄，下為一天 1 次附近之節錄

有時，地下水頻譜圖上可以清楚見到一天 1 次以及一天 2 次的頻率，但其觀測到的強度遠大於地潮的理論值，除了因為地潮在不同的地質、水文條件下，反應在地下水的起伏量可能會不一樣大之外，常常是因為受到人為因素如抽水行為的影響。因此，如圖三，赤山測站的頻譜圖上一天 1 次與一天 2 次的頻率，其強度不全然是由地潮貢獻的。



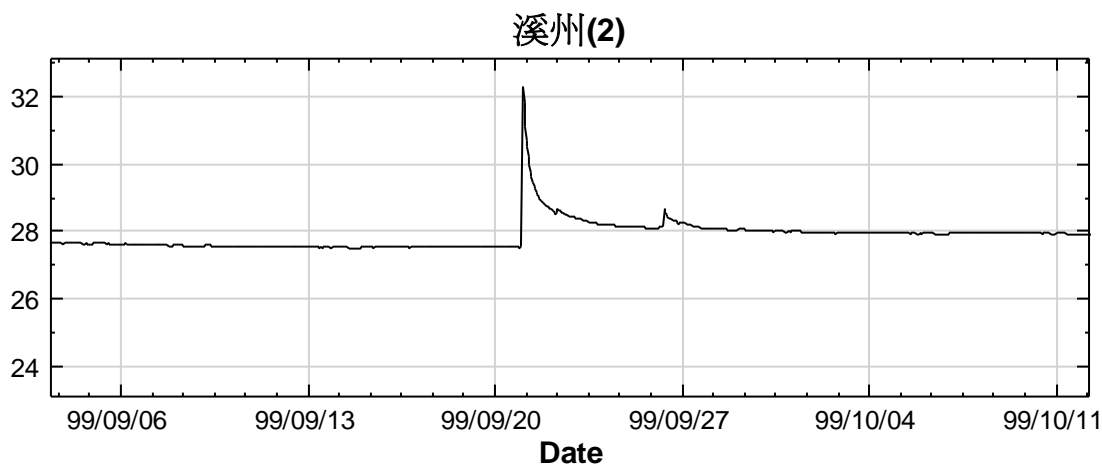
圖三 赤山測站地下水位歷線(上)與頻譜(下)

3. 大氣壓力：

大氣壓力也有可能會影響地下水位的變化，不過大部分的測站在量測時就將大氣壓力的影響扣除，所以在地下水測站中通常見不到大氣的影響。

4. 地震：

地震帶給地下水位的變化通常是十分即時的，地震發生的瞬間馬上就可以看到地下水發生劇烈的變化，如圖四的溪州測站即可見到 1999 年九二一地震帶來的水位驟升現象。

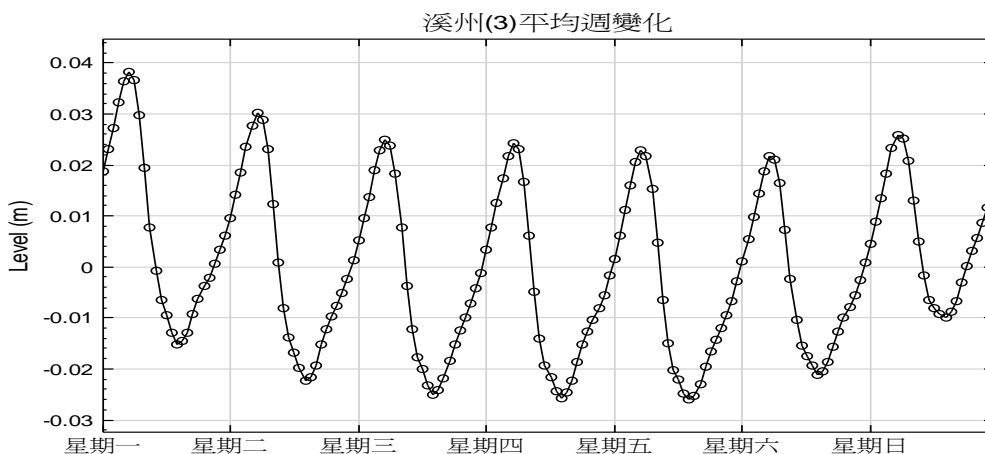


圖四 溪州測站所見的地震訊號

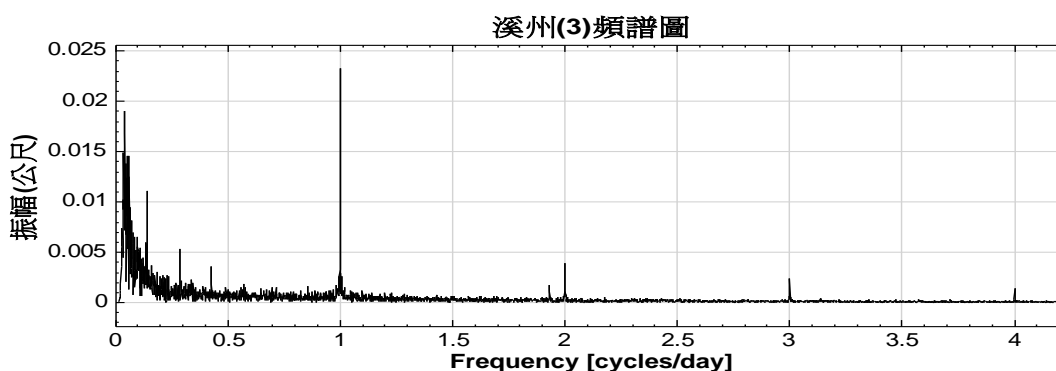
地震有時會讓地下水位突然升高或是突然降低，關於此部分的研究，已有相當多學者發表論文，有興趣的讀者可以在網路上搜尋。

5. 人為抽水：

由於人類的活動具有日出夜息的特點，因此常可以在地下水訊號中看到依此作息之抽水行為，也就是一天一次的水位變化頻率。而人為抽水用途主要包括：農業用水、工業用水與民生用水。透過訊號分析與現地調查可以抓到這些用水型態的特徵，例如，溪州測站之地下水位即可見到規律的水位週變化，週一到週五地下水位變動為下降趨勢，至周末水位乃逐漸回升，如圖五。這樣的水位週變化與工業地區之作業時間相當吻合，上班後開始抽水，下班後停止抽水，且週間之上班日，抽水行為較強，水位變化大，週末則抽水行為較緩。也可以由頻譜圖(圖六)更清楚看到水位變動頻率為一天 1 次與一週 1 次的主頻與其所產生的倍頻。



圖五 溪州站地下水位平均週變化



圖六 溪州測站地下水位的頻譜圖

地下水訊號蘊藏了許多豐富的資訊，事實上不只地下水，自然界裡滿滿地都是這樣藏著秘密的訊號，看完了以上的介紹，你有沒有迫不及待想分析對你手上的資料了呢？趕快打開 Visual Signal 試試看吧！