

# 二十年前的 那個地震(三) 地震預警科學進程

文·圖—鍾令和

5月初在南港展館參加了一場有趣的會議——第22屆臺北國際安全科技應用博覽會。本來是因為會中有談及防災議題才去參加的，沒想到收穫出乎我的意料，除了看到很多防災產品(例如：可以保用十年的衛生紙等等)，其中最有趣的是有一個日本廠商擺攤推廣落雷預報(圖1)！利用分布在日本的31臺感測器偵測閃電所釋放的電磁波，在發生前就可以準確預測90%的落雷地點(位置誤差在300公尺以內)。當聽到他們介紹到這裡的時候，讓我有一種錯覺，我是不是在聽地震預警系統呀……。

## 預報的原理

由於不是所有的閃電都會對地面造成影響，只有約10%會形成落雷，所以大部分的氣象資訊只能提供兩天至數小時之內哪個區域發生閃電的機會比較高(就像是地震學者所做的中長期地震預測)。所以，1970年代M.A.Uman教授發現可以藉由電磁波波形的差異分別出閃電是發生在空中或是會落到地面，由於電磁波會比閃電的尖峰電流值更早被儀器接收到，所以這家廠商可以在被雷擊中的 $10^{-9}$ 秒之前就可以知道它會打在哪裡(圖2)。類似的原理，地震學家利用地震波中跑得比較快的P波將地震位置定出，

同時利用P波的波形來判定這個地震是小地震還是規模5以上的地震事件。唯一不同的是，地震預警的時間比落雷預報長一點，在臺灣地震預警的案例裡有1~20秒的預警時間。

## 地震預警的困境

地震預警中離震央越近的地方可以預警的時間越短(有時甚至沒有)，主要是在P波與造成主要破壞的S波之間的時間差不夠長(圖3)。P波波速約6.5km/s，而S波波速約3.5km/s，也就是地震發生後10秒，S波已經跑35公里了，扣除收到P波資訊、電腦運算與發布預警的秒數需要18~20秒。換句話說，距離震央約50公里範圍內的地區是沒有辦法預警的，也就是所謂的無預警區。

地震學家正在努力縮短預警所需的時間，也就能縮小無預警區的範圍。以臺大地質系吳逸民教授研發的系統為例，最成功的案例是2013年南投地震，在距離震央不到10公里的法治國小，因預警系統發揮作用而有了1.65秒的預警時間。

此外，氣象局也投入了許多的努力，在過去10年間開始進行東部外海的海底地震站的布設(媽祖計畫)，針對占全臺70%地震發生率的東部地區進行預警，透過海底地震儀的架設，可以增加5~10秒的預警時間(圖3)。

## 地震預測

回過頭來看看落雷預報，它完整的呈現預報所需要的資訊：何時、何地與精準程度，只差落雷的能量大小(規模)。所以地震預測方法要能回答上面這4個問題才能稱得上是正確的預測。目

前所運用的預測方法很多元，包括有：電離層異常變化(去年常被地震達人拿來討論)、地表電磁波異常、地下水位異常變化、地下水氫氣異常、地震活動性改變(例如：密集發生的小規模前震)、動物異常行為等等，但目前還沒有可以做為一致標準的預測基準。

雖然目前科學家還沒有很好的辦法可以預測地震，但是以筆者的觀點來看，這只是我們做的還不夠多，還不夠了解地震的行為而已，因為我們手邊只有過去的10~20年累積的觀測資料。在20年前的集集地震發生的時候，還沒有品質良好的數位相機，手機還是低階的Nokia 3310。這段期間因數據的累積與運算的精準度提升，使我們對地震的了解已有長足的進步。

換個角度來說，以約400年發生一次的921集集地震來說，如果我們可以累積數百年時間尺度的相關資料，我很有信心我們應該有機會可以解開這些謎題。

筆者後來在博覽會上跟落雷預報的廠商聊了快半個小時，他們說預報這件事情其實是他們研究出來的副產品，他們的主力商品其實是各種避雷的用品，所以他們其實是為了瞭解哪裡有市場需求才進行這項研究工作的，沒想到連這最後一點都跟地震預警有類似之處，其重點不在預測何時地震會發生，而是在平日就應該做好所有的地震預防措施。這同時也告訴我們研究工作的價值，常常沒辦法在一開始就很清楚，而是要努力做下去才有可能開花結果，而且新發現常常在一些意想不到的地方。

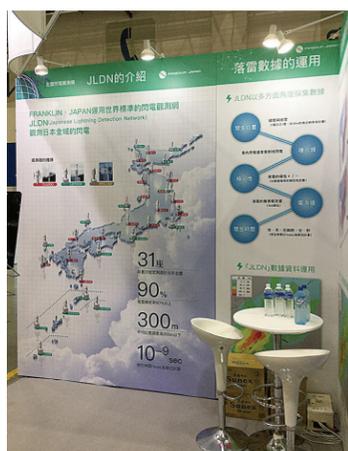


圖1 第22屆臺北國際安全科技應用博覽會會場中有關落雷預報的介紹看板

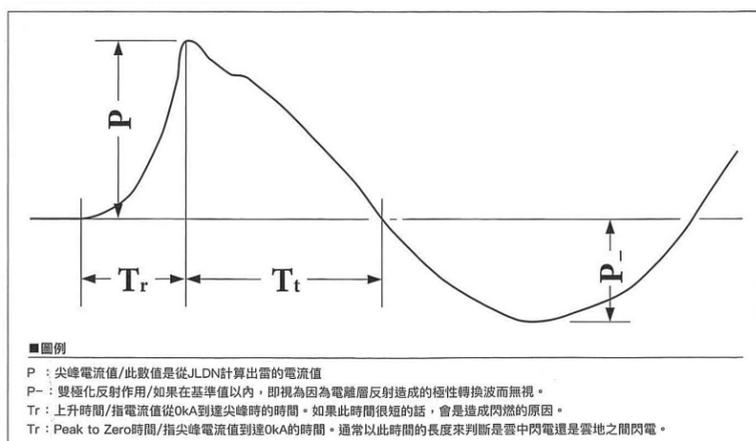


圖2 判定是否形成落雷的各項參數(由FRANKLIN JAPAN 提供)。  
P：尖峰電流值/此數值是從JLDN計算出雷的電流值  
P-：雙極化反射作用/如果在基準值以內，即視為因為電離層反射造成的極性轉換波而無視。  
Tr：上升時間/指電流值從0A到達尖峰時的時間。如果此時間很短的話，會是造成閃電的原因。  
Tr：Peak to Zero時間/指尖峰電流值到達0A的時間。通常以此時間的長度來判斷是雲中閃電還是雲地之間閃電。

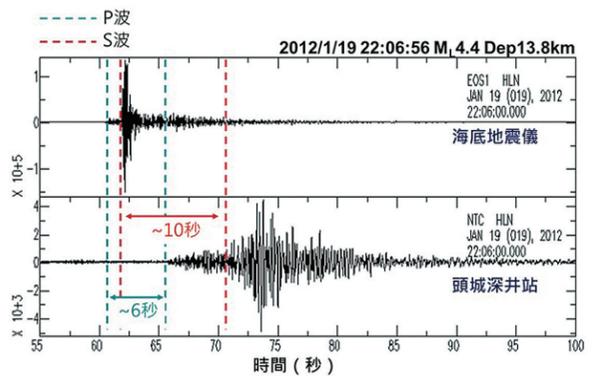


圖3 2012年1月19日宜蘭外海地震。海底地震儀距離頭城站約55公里，距離震央約10公里，所以海底地震儀距P波到時比頭城站早了6秒，圖中也呈現不同地震站所接收到P波與S波到達的時間差的現象，頭城地震站的震度比海底地震儀晚了約12秒(資料來源：氣象局)。

# 荔枝椿象產卵

文·圖—王明仁

假日民眾聚集在科博館戶外園區的大草坪上休憩，從事野餐、打坐、散步、運動和放風箏等活動，享受大自然的寧靜，有徐徐的涼風和溫暖的陽光(圖1)。有一家人在樹蔭下野餐和乘涼，「唉哦！你身上爬的是什麼？好噁！」(圖2)，3、4

個小孩開始驚叫，一起圍過來看，有經驗的大人為他們解惑，「那是荔枝椿象的若蟲，不要緊張，用紙張把蟲拍掉就好了。」「還好是若蟲，如果是成蟲就要非常小心，不要驚擾牠，以免被牠分泌的腐蝕性臭液灼傷或受其他傷。」觀察發現在1小時內至少有3隻椿象若蟲掉在這家人的身上，他們只好到別處野餐。

2015年10月筆者在科博館園區觀察到個人第1隻荔枝椿象，是隻外觀為土黃色的成蟲，當時僅發現一個觀察個體(圖3)；2016年9月梅姬颱風侵襲臺中後，許多樹木被強風吹倒，發現不少荔枝椿象爬行在斷木殘枝中，在科博館園

區觀察到荔枝椿象數量有增多的趨勢。荔枝椿象為近年入侵臺灣本島的外來物種，牠主要分布於南亞與東南亞等地區，1999年首先在金門地區發現；2011年侵入臺灣本島首見於南部，牠會危害荔枝和龍眼，讓果樹落花或落果，進而擴及臺灣欖樹等行道樹。原來只在臺灣中南部、苗栗等地出現零星個體，短短4年內已迅速擴散至全臺。

荔枝椿象是荔枝椿科的昆蟲，學名 *Tessaratoma papillosa* (Drury, 1770)，植食性，(續第八版)



圖1 民眾在戶外園區休憩

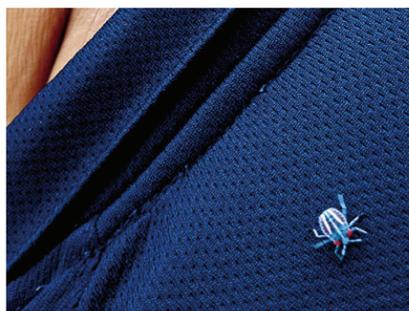


圖2 椿象的若蟲爬上身



圖3 荔枝椿象(成蟲)