

## 「總統級」的地震提問

文·圖／鍾令和

### 摘要

藉由新聞中總統與氣象局長問答引導出近代地震觀測的歷史，進而討論核彈與地震能量的類比。

關鍵詞：震波、核試爆

1 月底中央氣象局鄭明典局長在臉書上 PO 出總統在參觀陽明山的鞍部氣象站時，問了一個地震與地下核試爆相關的問題，在網路上引起熱議。對於一個平均每年有上萬起地震發生的國家而言，政府高層重視相關議題值得鼓勵。網路上看到總統的提問是「那麼遠，我們的地震儀真的可以量到地下核爆嗎？可以分辨核爆和一般地震？」對此，清水高中周漢強老師已在網路上解釋了普通地震與核爆在震波上的差異(<https://reurl.cc/dVW2vz>)，氣象局也在隔天貼文展示日本東北地震與北韓核試爆的地震波形差異。而筆者想針對地震波可以傳多遠來做一些補充說明。

### 微弱的地震波

回到東漢張衡製造候風地動儀唯一紀錄到的隴西地震。〈後漢書〉記載陽嘉三年（公元 134 年 12 月 13 日）距離洛陽約 700 公里的隴西發生地震，當時洛陽的人並沒有感受到地震，但是候風地動儀感受到這微小的晃動而觸發了龍珠掉落。但史料記載中，公元 92-139 年間洛陽附近約有 20 次地震，僅有這一次龍珠掉落的紀錄。由於不是每次都成功，所以這種紀錄地震的方式已經失傳，現在看到的候風地動儀都是近代科學家藉由史料猜想張衡怎麼做的而造出的仿製品。回到我們的問題，北韓與臺北的距離更遠（約 1750 公里），所以傳來的震波幅度更小，所以才有網友在留言區回應總統「這題很有『深度』」。

### 史上第一筆遠震波紀錄

時間轉回公元 1889 年，德國的瑞布爾帕西維茲 (Ernst von Rebeur-Paschwitz) 在德國波茨坦的電報山利用精密的彈簧進行重力觀測，在 4/17 5:21 pm 時重力儀記錄到奇怪的晃動（圖 1）。這晃動是從約 9000 公里之外日本東京附近傳來的，瑞布爾帕西維茲是在幾個月後看報紙才將奇怪的晃動與日本大地震連結在一起。這個微弱震波在地震發生後 64 分鐘傳到德國，這暗示著震波以每秒超過 2 公里的速度穿過地球內部，這也是我們第一次知道地震波不只很快也傳得很遠。而 17 年之後的 1906 年舊金山地震，地震波同樣也被遠在 9100 公里外的德國哥廷根天文臺的地震儀記錄下來（圖 2）。在距今一百多年前，地震學家已經開始可以記錄遠處傳來的微弱震波訊號，並利用它們來了解地球內部的構造。

### 核彈的能量 vs 地震的規模

地震儀的基本功能就是記錄地面搖晃的情況，所以不只地震波，火山爆發、卡車經過的震動都有，最近有陽明交通大學的專家運用地震儀來研究土石流的震動，所以爆炸當然也會被記錄下來。在穆森(Roger Musson)的書中就有提到一個英國地震站有展示二次世界大戰期間德軍進行倫敦大轟炸時砲彈爆炸所留下的地震儀紀錄。而總統參觀的鞍部氣象站也是由 1961 年美方提供的兩部電磁式地震儀，進而成為國際標準地震測報網站，其主要目的之一便是監測冷戰時期蘇聯

核子武器的威力有多大。由 60 個國家、120 個分布在全球各地的地震測報站所組成的世界地震觀測網(Worldwide Standard Seismograph Network, WWSSN)可以定位出劇烈震動來源的位置，而絕大部分的天然地震都發生在板塊邊界，所以除了核試爆在震波上與地震有所不同之外，發生的位置也不太一樣，像近十年北韓的核試爆位置與能量可以看出其以驚人的速度成長（圖 3）。歷史上曾經被人類製造出來最大的核武器被稱為沙皇炸彈(Ц а р ь - б о м б а)，在公元 1961 年被製造出來，其爆炸威力相當於一個規模 8 的地震。

但是以地震所釋放的總能量來看，全球平均每年有 3 個規模 8 以上的地震發生。這麼大的破壞力卻沒有相對應的傷亡，主要是因為這些地震沒有發生在人口稠密的地方。而從有地震儀紀錄開始的最大地震-1960 年智利地震（規模 9.5），單一個地震就佔約總釋放能量的 1/5。更進一步來說，前五名的大地震就佔約一半的地震總能量，身為研究者的我只能驚嘆地震帶來的巨大威力（圖 4）。目前臺灣地震相關研究中，最大的地震預估規模 7.6，也就是 1999 年 921 集集地震的車籠埔斷層（第 2 名則是東部的花東縱谷斷層）；也歡迎想了解更多地震知識的讀者到本館兩個地震相關園區來參觀學習。

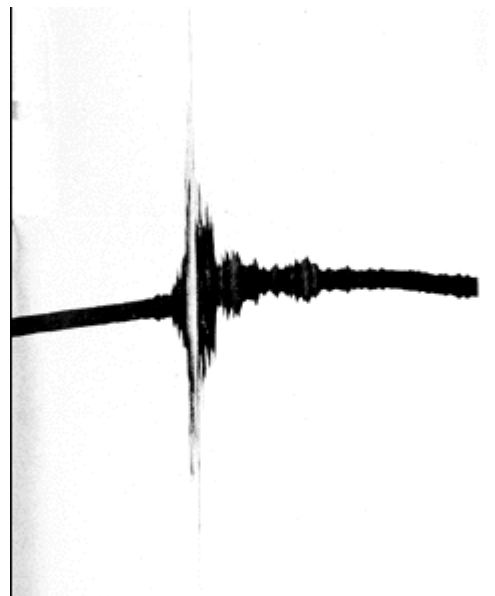


圖 1. 1889/4/17 電報山的重力觀測資料，可以看到明顯的地震波震動。

1906 – NS component recorded at Gottingen, Germany

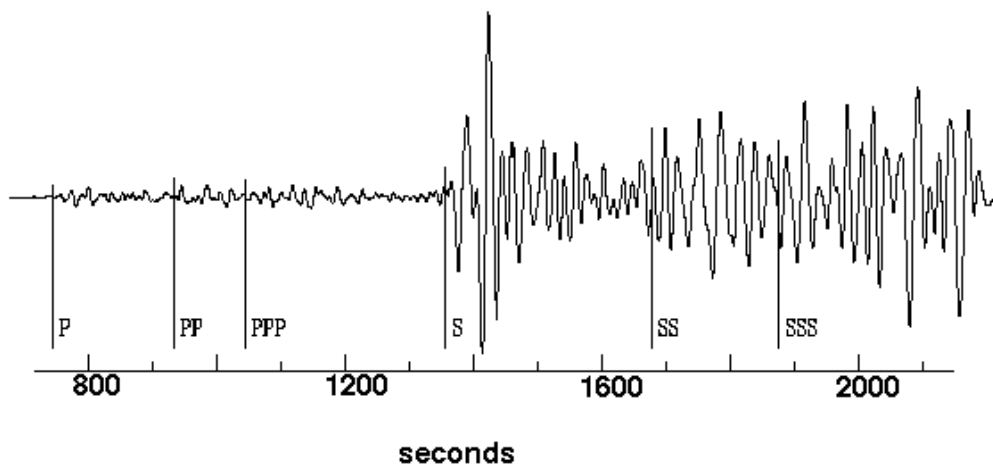


圖 2. 在 9100 公里之外的德國哥廷根天文臺(Göttingen observatory)所記錄到的 1906 年舊金山地震波形。當震波通過地球內部不同的組成時就會產生不同的訊號，圖中 PP 就是 P 波在地殼與地函的界線產生折射形成的(其他同理)，藉由這些震波的折射與反射讓我們更進一步了解地球的內部構造。

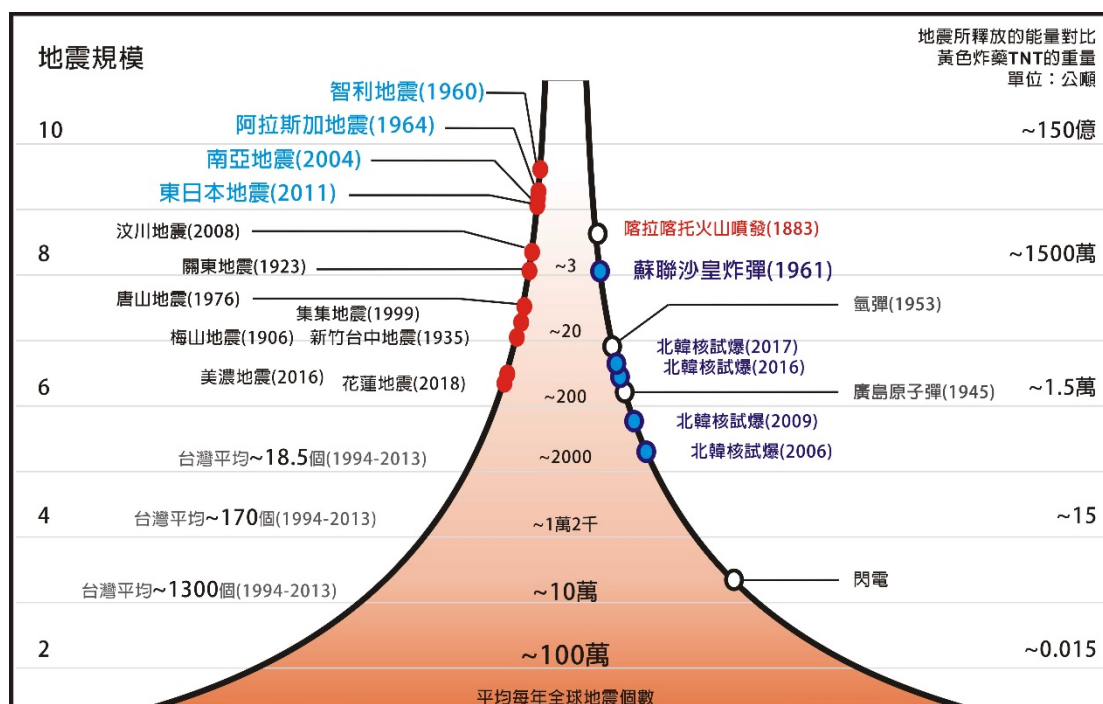


圖 3. 地震頻率與釋放能量的關係圖(資料來源：美國地質調查所 USGS、中央氣象局)。

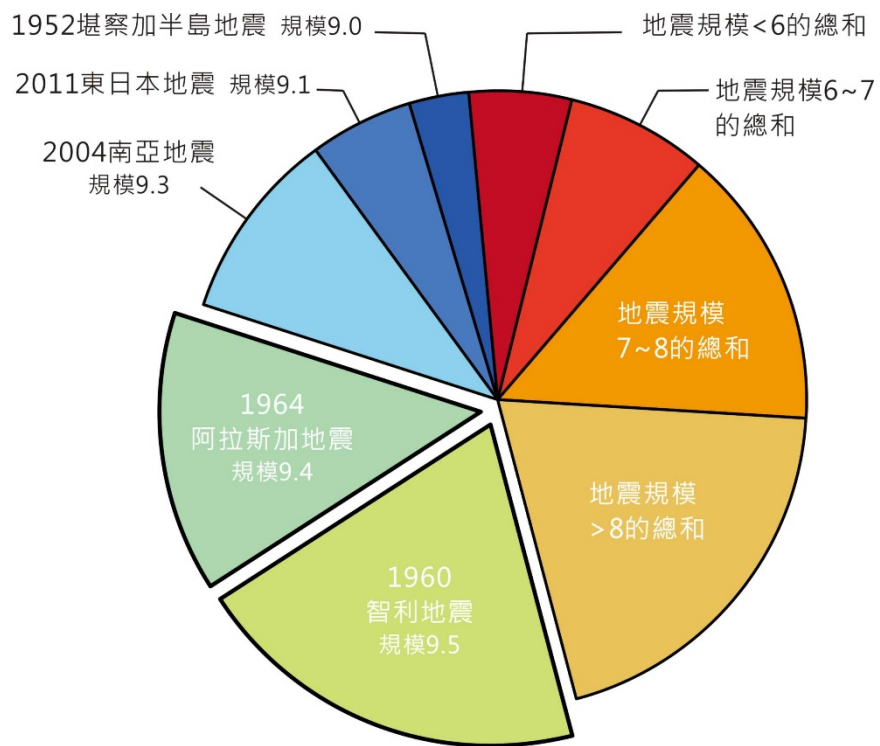


圖 4. 由地震儀觀測全球地震所釋放的能量比例(公元 1900-2020 年, 資料來源: 美國地質調查所 USGS)。