

地震預測

參考資料：《大象為什麼不長毛》方舟子著，海豚出版社，2010。

台灣位於地震帶，是一個地震頻發地區，除非特別大的地震，大家好像也都見怪不怪了。以目前的科技水準，地震可以事先預測嗎？好像不行！每次有比較大的地震發生後，氣象局的工作就是報告已經測到發生地震的震央地點、深度、震度等級、推測可能的原因，然後說：「不排除以後會在***地區會有**級的餘震。」其實，這種說法根本不能叫做預報，因為「不能排除」是完全沒有包含任何有用訊息的說法，根本不能叫做預測！就像有人頭部近距離中彈死亡，手中還握著槍。鑑定結果排除是「自殺」，這才是有包含訊息的說法，原因是傷口周邊並沒有火藥殘留痕跡，自殺的人是無法做到這種傷口的，因此才能夠排除是自殺。對於任何一個即將要去搭飛機的人，我們都不能排除他搭的這班飛機會出意外，儘管這種機率是很低很低的。既然這樣，那麼我們不妨想想看，像「不能排除」這樣的說法，又有何意義呢？

1988年美國UCLA地球物理學家Yakov Kagan在一次學術會議上做了一個關於地震研究的講座，在演講中他告訴聽眾地震是如何難以捉摸、無法預測的。其實，在50年代，加州理工學院的地震學家Beno Gutenberg和Charles Richter就曾收集了發生在世界各地的幾千次地震資料，加以統計分析，試圖從中整理出一些頭緒，例如各級地震發生頻率是否呈常態分佈？是否某個中間震級(典型)的地震會最常見？結果，他們並沒有發現所謂的典型地震，震級也不呈常態分佈，但也不是毫無規律，而是震級愈高，發生率愈低，它遵循一條簡單的原則……「冪次定律」：一次地震釋放的能量每增加一倍，發生的頻率就減為四分之一。

在紐約國家實驗室工作的丹麥理論物理學家Per Bak，聽到了演講中地震的情形，想到了這不是非常像他正在研究的沙堆崩塌嗎？如果我們往一張桌子上粒一粒的丟下沙子，沙子就會逐漸堆積起來，沙堆會越堆越高、越來越陡、越來越不穩定，當到達臨界點時，再增加一粒沙子就會引起沙堆的崩塌，繼續再丟沙子，沙堆又會增高然後崩塌，如此循環下去。沙堆的崩塌規模有大有小，有沒有一種典型的規模？能否預測下一次什麼時候崩塌？崩塌的規模有多大？他和同事用電腦模擬，研究了數千個模擬沙堆，統計了數百萬次崩塌下來的沙子數目，卻什麼結論也沒得到。什麼樣崩塌的規模都有可能發生，少到一粒多則數百萬粒，根本無法預測。

為了找到為什麼，他們根據模擬沙堆上的每粒沙子所處位置的陡度著上不同顏色：相對平穩的著上綠色、較陡峭的就著上紅色。剛開始時，沙子都是綠

色的，隨著越堆越高，紅點開始增多，形成了網絡狀。當一粒新丟下的沙子掉到紅點上，就會觸發周圍紅點的滑動。但周圍紅點多到連成一片時，就無法估計新丟下去的沙子會導致什麼結果：可能只影響了周邊的小波動、觸發一場小規模的崩塌、或者是觸發一連串的反應，導致幾百萬粒的沙一起崩塌。這種高度敏感的不穩定狀態，就稱為「臨界狀態」，而這種臨界狀態是沙堆在過程中自己逐漸形成的，他們稱其為「自組織的臨界狀態」。在這種狀態下，任何規模的崩塌都有可能發生，不需要任何條件，是完全不可預測的。沙堆崩塌的規模並不呈常態分佈，但是遵循「冪次定律」…即崩塌的規模越大，發生的機率越低，參與崩塌的沙子數目每增加一倍，發生的機率就降低 2.14 倍。

Bak 一聽說地震頻率和強度也遵循冪次定律，馬上就想到地震可能和沙堆崩塌一樣，也是一種自組織的臨界現象。地殼運動產生的應力逐漸累積，形成到臨界狀態無法承受之後的應力時，就會出現滑動，有些滑動很小無法察覺，但也可能引發一場大規模的連鎖滑動，就像大規模的沙崩一樣，沒有前兆也無法預測，如果地震有意識的話，在它剛剛發生時，它自己都不知道會有多大的規模。既然連地震自己都不知道，我們當然就更無法知道了，不是嗎？

心得分享：

雪山的雪崩、土石流會不會也是同樣的現象？同學們，再想想看，你還想到了

什麼其他類似的例子嗎？