

汶川大地震的威力是 921 的幾倍？

驚天動地的瞬間

2008 年 5 月 12 日臺北時間 14 時 28 分 04.1 秒，也是格林威治時間 6 時 28 分 04.1 秒，是個令許多人畢生難以忘懷的時間。當時在中國境內四川省中，以汶川縣為震央，發生了一起表面波規模（*surface waves magnitude*， M_s ，中國大陸稱為面波震級）為 8.0，地震矩規模（*Moment magnitude scale*， M_w ，中國大陸稱為矩震級）為 8.3 的強烈地震。截至在事發當月月月底，已證實因這起地震而死亡的人數超過六萬人次以上，倒塌的房屋超過三百萬間。

回想起 921 那天

這一事件必定使許多人回想起在 1999 年 9 月 21 日台北時間凌晨 1 時 47 分 15.9 秒，臺灣所發生的集集大地震。回顧集集大地震的芮氏地震規模（*Richter magnitude scale* 或稱為近震規模 *local magnitude*， M_L ）為 7.3、地震矩規模（ M_w ）為 7.7，當時死亡人數達二千餘人，四萬多棟房屋全倒。

將這兩起大地震的相關資料列表比較：

地震別	汶川大地震	集集大地震	差異
震源深度（公里）	19	8	11
表面波規模（ M_s ）	8.0	-	-
芮氏地震規模（ M_L ）	-	7.3	-
地震矩規模（ M_w ）	7.9	7.6	0.3

註：資料來源參考自中央氣象局網站、中國地震局網站以及維基百科網站

這兩起地震分別對四川與臺灣兩地的人身與環境破壞造成程度截然不同的影響，譬如：兩地地質與建築抗震性並不同、汶川大地震發生在白天上班上課時間因而產生更多的傷亡、四川斷層帶總長是集集的 3 倍多…等，都是造成重大差異的原因。但從上述列表的相關數據，乍看之下，實在令人無法理解這兩起地震之間存在著多大的差異！

臺灣和中國大陸兩地的制度不同，因此使用的地震規模不盡相同，而地震矩規模（ M_w ）恰好是兩地所通用的。比較這兩起地震的地震矩規模（ M_w ）可以發現兩者的數值只相差了 0.3，可是小小的 0.3 卻意味著這兩起地震所釋放出來的能量具有好幾倍的差異。

要解開這兩起地震能量倍數差異的謎底，就要先來認識什麼是「地震規模」。

關於地震規模

所謂地震規模就是用來描述地震大小的尺度，常用的地震規模有芮氏地震規模（ M_L ）、表面波規模（ M_S ）和地震矩規模（ M_W ）等，不同地方可能使用不同的地震規模表示當地的地震大小，但共同的是：這些地震規模都是依據一些測量與公式所換算出來的結果，並且都引用數學上的指數與對數來表示。

以中央氣象台的資料為例，地震矩規模（ M_W ）的公式如下：

$$M_W = \frac{2}{3} \log M_0 - 6$$

其中 M_0 稱為地震矩，是地震學家用來表示地震所釋放出來的能量，其單位是牛頓-米。我們若將地震矩規模的大小代入公式中，就能夠來反推地震所釋放出來的能量！

地震能量比一比

現在我們就根據地震矩規模的公式與數據，對這兩起地震進行能量比較吧！

設汶川大地震釋放出來的能量為 M_1 ，而集集大地震釋放出來的能量為 M_2 。因此，我們可以列出以下的式子：

$$\begin{cases} 7.9 = \frac{2}{3} \log M_1 - 6 \\ 7.6 = \frac{2}{3} \log M_2 - 6 \end{cases}$$

將兩式相減，可得 $0.3 = \frac{2}{3} (\log M_1 - \log M_2) \Rightarrow \log M_1 - \log M_2 = 0.45$

繼續化簡可得 $\log M_1 - \log M_2 = \log \frac{M_1}{M_2} = 0.45$

其中 $\frac{M_1}{M_2}$ 就是汶川大地震對於集集大地震所釋放出來的能量倍數

於是我們可以求算出兩地震能量相差 $\frac{M_1}{M_2} = 10^{0.45} = 2.8 \dots \approx 3$ 倍！

你也可以一開始就將地震矩規模的對數方程式轉換成指數方程式後再計算：

$$M_W = \frac{2}{3} \log M_0 - 6 \Rightarrow M_0 = 10^{\frac{3}{2}(M_W+6)}$$

因此，

$$\begin{cases} M_1 = 10^{\frac{3}{2}(7.9+6)} \\ M_2 = 10^{\frac{3}{2}(7.6+6)} \end{cases}$$

將兩式相除，可得 $\frac{M_1}{M_2} = 10^{\frac{3}{2} \times 0.3} = 10^{0.45} = 2.8 \dots \approx 3$

所以根據本文的數據與公式，汶川大地震所釋放出來的能量大約為集集大地震的 3 倍！

還記得南亞海嘯

回顧 2004 年 12 月 26 日的印度洋大地震（南亞海嘯），當時地震的震央在印尼蘇門答臘島西邊 160 公里，震源在深度為 30 公里的海底，其芮氏地震規模（ M_L ）為 9.0、地震矩規模（ M_w ）為 9.3。顯然引起南亞海嘯的地震所釋放出來的能量又比汶川大地震大的太多了！

類似以上算式的推導，我們不難求出印度洋大地震所釋放出來的能量約為汶川大地震的

$$10^{\frac{3}{2} \times (9.3 - 7.9)} = 10^{2.1} = 125.8 \dots \approx 126 \text{ 倍！}$$

有人說過：對數是十七世紀數學三大發明之一。伽利略也曾說：「給我空間、時間、及對數，我可以創造一個宇宙。」從這一地震事件中，除了讓我們經歷天災的可怕，對於數學在生活中的應用層面，您是否有了更深一層的感受呢？

寰宇知識科技
Knowledge Universe Technology