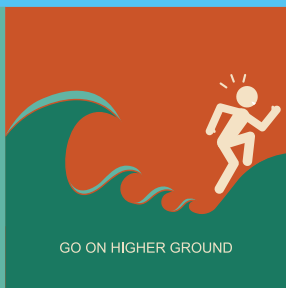


地震百問

中央氣象署編印



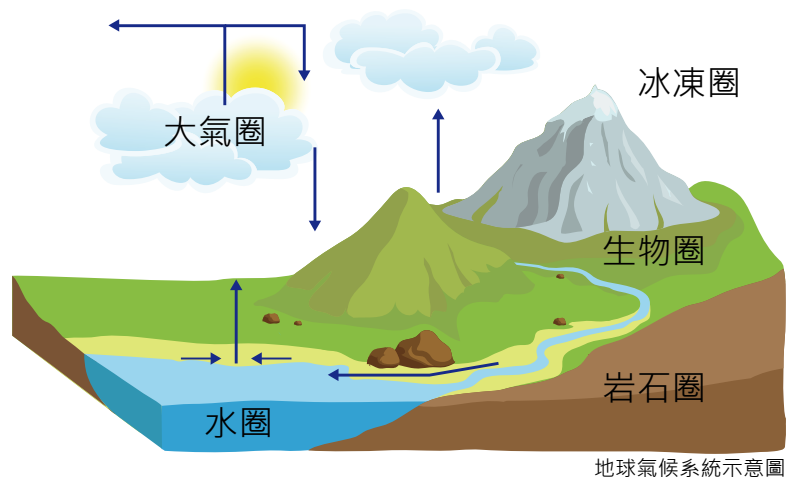
一、地球概論	6		
1、地球是什麼？	6		
2、地球的內部構造為何？	6		
3、地球各部分構造的質量與體積如何？	7		
4、地球的常數如何？	8		
5、地球的重力如何？	8		
6、地球之磁力如何？	8		
7、地球內部之溫度變化？	10		
二、地震	11		
(一) 定義	11		
8、地震學的定義為何？	11		
(二) 地震分類	11		
9、地震發生的原因為何？	11		
10、何謂彈性回彈理論 (Elastic Rebound Theory) ？	12		
11、斷層大致可分為哪幾種？	13		
12、何謂震源機制 (Focal Mechanism) ？	14		
13、何謂震源與震央？	15		
14、何謂淺層地震、深層地震？	15		
15、何謂遠地地震？	16		
16、何謂有感地震、無感地震、前震、餘震？	16		
17、何謂局發、小區域、稍顯著地震及顯著地震？	16		
18、何謂地震序列？	17		
19、何謂假地震？	17		
20、人工水庫是否與地震之活動有關？	17		
(三) 地震波	18		
21、主要的地震波有哪些？	18		
22、地表振動與地震波之關係為何？	19		
23、何謂頻散？	19		
24、何謂地震波之隱蔽區？	20		
		(四) 地震規模與震度	20
		25、何謂規模？	20
		26、如何計算地震規模？以芮氏規模 (ML) 為例	21
		27、各種地震規模的計算值都是一樣的嗎？	21
		28、地震規模與地震儀所記錄到的最大振幅之關係為何？	23
		29、地震規模與釋放能量的關係為何？	24
		30、地震規模愈大是否災情愈大？	24
		31、試問規模多大的地震才會引起災害？	24
		32、規模 8.2 的地震威力有多大？	24
		33、如何以地震規模區分地震之大小？	25
		34、過去發生之地震其規模 (M) 與次數分布情形如何？	25
		35、何謂震度？	25
		36、地震震度與加速度之關係如何？	26
		37、何謂等震度線？	27
		38、等震度圖有何用途？	27
		39、如何藉由震度圖決定地震之深淺？	28
		(五) 地震觀測	28
		40、如何觀測地震的發生？	29
		41、地震儀的構造如何？	30
		42、何謂地震儀常數？	30
		43、地震儀的種類有哪些？	31
		44、地震站應有哪些配備？	31
		45、地震站的主要任務及功能有哪些？	31
		46、如何決定震央？	32
		47、中央氣象署即時地震監測網之情形如何？	34
		48、中央氣象署如何發布有感地震報告？	35
		49、何謂強地動觀測？	36
		50、建立強地動觀測網有何效益？	36
		(六) 地震的分布	37
		51、何謂板塊運動？	37

52、何謂地震帶？	38	77、何謂地震前電離層異常？	61
53、臺灣地震帶之分布情形如何？	39	78、常有微小地震發生的地方，是否易有大地震發生？	61
54、臺灣的地震頻率如何？	40	79、地震波速度變化能預測地震嗎？	62
55、地震的發生是否與天氣或季節有關？	41	80、地震預測研究的概況如何？	62
56、臺灣何以東部地區地震最多？	41	81、地震是否可觸發或誘發？	64
57、臺灣何以西部地區地震災害較嚴重？	41	82、政府是否能對地震做預報？	64
(七) 地震發生時所伴隨的現象	41	83、何謂地震速報？	65
58、因地震引發之地殼變動有哪些現象？	41	84、何謂強震即時警報？	65
59、臺灣大地震發生之地殼變動如何？	42	85、強震即時警報的效益為何？	66
60、何謂地鳴與地光？	43	86、中央氣象署強震即時警報對外通報的方式與管道	67
61、何謂震生湖？	43		
62、發生海嘯之原因為何？	43	四、地震災害預防	72
63、海嘯之傳播情形如何？	44	87、建築工程防震設計應遵守什麼原則？	72
64、過去有哪些大海嘯發生？	44	88、興建特種重大之工程應怎樣慎選地點？	72
65、是否所有的海嘯都能造成災害？	47	89、特種工程之耐震設計應特別考慮嗎？	72
66、臺灣過去是否有海嘯災害？	47	90、磚石造或鋼筋水泥造的房屋是否易於倒塌？	73
67、中央氣象署海嘯資訊發布作業之程序為何？	48	91、地震時房屋為何會倒塌？	73
68、中央氣象署海嘯警戒區域如何劃分？	49	92、地震對建築物之影響，除結構外影響最大者為何？	73
三、地震災害與預報	50	93、應如何避免海嘯災難？	74
(一) 地震災害	50	94、何以特別強調地震發生時首先熄滅火種關閉電源？	74
69、臺灣之災害性地震的災害情形如何？	50	95、地震前之準備事項為何？	75
70、臺灣最嚴重的震災情形如何？	56	96、大地震發生時應注意哪些事項？	76
71、地震對人為構造物會導致什麼損害？	56	97、地震後應注意哪些事項？	76
(二) 地震預測	57	五、地震資料服務	77
72、何謂地震預測？	57	98、中央氣象署有哪些地震觀測資料？民眾如何申請？	77
73、地震預測有哪些方法？	57	99、中央氣象署有哪些地震宣導資料？	77
74、驗潮觀測與地震前兆之關係為何？	59	100、中央氣象署地震測報中心與國家地震工程研究中心之差異為何？	78
75、動物異常行為可否作為地震預測的依據？	59		
76、地殼變動的連續觀測可否用以預測地震？	60		

一、地球概論

1、地球是什麼？

地球 (Earth) 是太陽系中的八大行星之一，距離太陽約1 億4960萬公里，是太陽系中直徑、質量和密度最大的類地行星，住在地球上的我們為地球生物圈的一環。除此之外，又依照固體、液體、氣體將地球分成岩石圈、水圈、大氣圈，構成完整的地球系統。



地球氣候系統示意圖

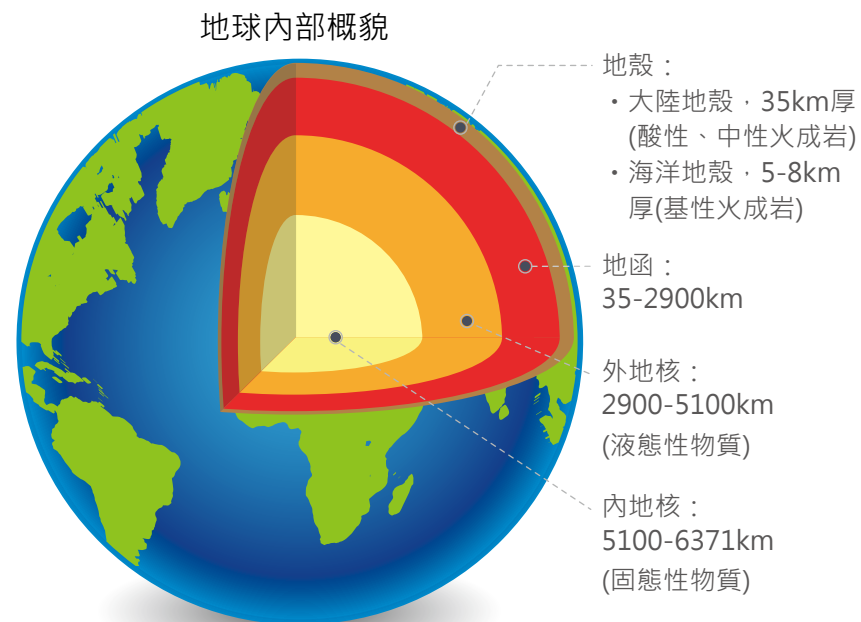
2、地球的內部構造為何？

地球的內部構造，主要可分為地殼、地函及地核：

地殼 (crust) 的深度介於 5 公里至 70 公里之間，平均厚度約 17 公里，是地球構造的最外層，其大部分由堅硬的結晶岩塊組成，另再被岩石水域所覆蓋。海盆下，較薄的海洋地殼由鐵鎂矽酸鹽岩石組成的；較厚的大陸地殼則由鈉鉀鋁矽酸鹽岩石構成。

地函 (mantle)，深度從 35 公里開始至 2900 公里，占地球總體積的 83%，是地球最厚的一層固體材料，由富含鐵鎂的矽酸鹽岩石所組成。雖然地殼是固體，但高溫高壓環境下的矽酸鹽仍具有延展性，能在長時間內緩慢流動，其產生的對流現象為板塊運動的重要原因之一。

地核 (core)，位於地球的最內部，深度由 2900 公里至 6371公里的地心，半徑約 3471 公里，依材料狀態它可再分為內地核與外地核。外地核厚約 2220 公里，為液態的鐵與鎳；而內地核，則是半徑 1251 公里的固態大鐵球。



3、地球各部分構造的質量與體積如何？

名稱	平均厚度 km	質量 10^{24} kg	體積 10^{12} km ³	平均密度 g/cm ³	質量百分比 %
地球	6371	5.974	1.083	5.52	100
地殼	17	0.024	0.008	2.85	0.4
地函	2883	4.075	0.899	4.50	68.1
地核	3471	1.876	0.175	10.70	31.5

4、地球的常數如何？

赤道半徑	6,378.1366 km
極半徑	6,356.752 km
表面積	510,065,600 km ²
表面氣壓	101.3 kPa
重力	9.780 m/s ²
赤道自轉速度	465.11 m/s
恆星週期	23.934 h

5、地球的重力如何？

重力是指加速度 G ，為地心引力對自由落體的作用力，概略的重力加速度為 9.8 m/s^2 。 G 值並非向地心逐一遞減，而是在地函底部達到最大（約為 10.21 m/s^2 ）後，再逐漸遞減到中心為零。同時 G 值在地表各處並非定值，而是隨緯度、高度、地形效應、潮汐影響改變。在不同緯度（ ψ ）之標準重力加速度，可以下式求得：

$$G_{\psi} = 9.7803185(1 + 0.005278895\sin^2\psi + 0.000023462\sin^4\psi) \text{ m/s}^2$$

因此地表赤道標準重力為： $G_E = 9.7803184558 \text{ m/s}^2$

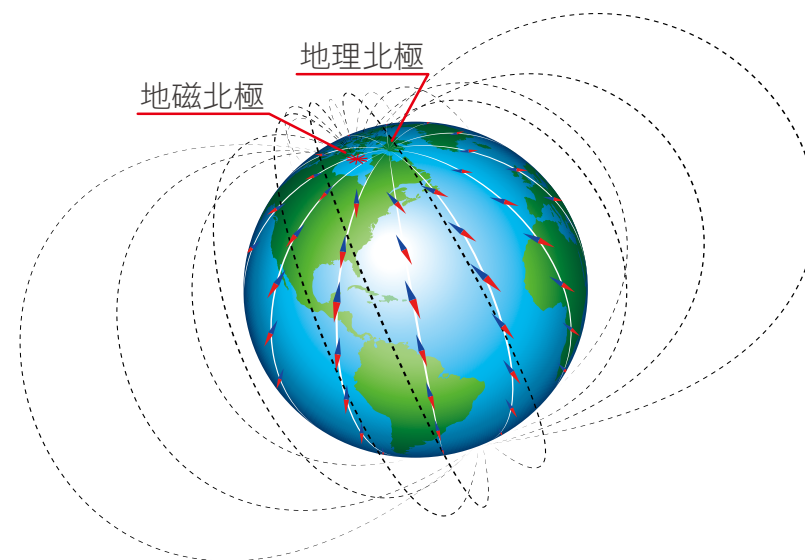
而在極地之標準重力為： $G_p = 9.8321772792 \text{ m/s}^2$

6、地球之磁力如何？

地球磁場軸的兩極一在 73°N 、 100°W ，另一在 68°S 、 146°E 。磁軸並不通過球心，地磁北極與地理北極差距達 1500 公里之遙。磁場型態亦隨世紀而改變，在 1922 年與 1945 年間，地磁向西北方向移動了數百哩。

地球磁場是由兩個因素所組成。第一是與地球旋轉軸並列的永久磁力線，這是地球的主要磁力，直接和地球旋轉有關。第二

是次生磁力，又名剩餘磁場，主要為磁場受地球內部產生的其他力線的影響而生，因此它在地球各處都是不規則的，而且隨時改變。經多年觀察，我們知道剩餘磁場現正緩慢繞著地球向西移。磁力強度的單位（SI 國際單位制）是特士拉（Tesla, T），依據經濟部「法定度量衡單位及其使用之倍數、分數之名稱、定義及代號」的公告內容（經濟部 92 年 6 月 13 日經標字第 09204608060 號公告修正），其定義是一特士拉等於一韋伯之磁通量均勻而垂直地通過一平方公尺面積之磁通密度： $1\text{T}=1\text{Wb/m}^2$ ； $1\text{T}=10^4\text{G}$ （高斯，Gauss, G；CGS 制）。在磁南極（地理北極）地磁強度是 $70 \mu\text{T}$ ，在磁北極（地理南極）地磁強度是 $60 \mu\text{T}$ 。也就是北極磁力強度比南極強。地磁最小的地方是在南美洲巴西，為 $25 \mu\text{T}$ ；最大值可達 $300 \mu\text{T}$ ，是因地區性存有磁性礦物之故（ $1 \mu = 10^{-6}$ ）。



地磁的北極在地理北極附近，地磁的南極則在地理南極附近。
地磁南北與地理南北連線間有一夾角，此夾角稱為磁偏角。

二、地震

(一) 定義

8、地震學的定義為何？

地震學 (Seismology) 一詞源於希臘文 **Seismos**，即地震 (earthquake) 之意，再結合 **logos** 科學 (Science) 一字而成。因此，地震學為一門研究地震的科學，利用地震波可研究地球內部的物狀態。

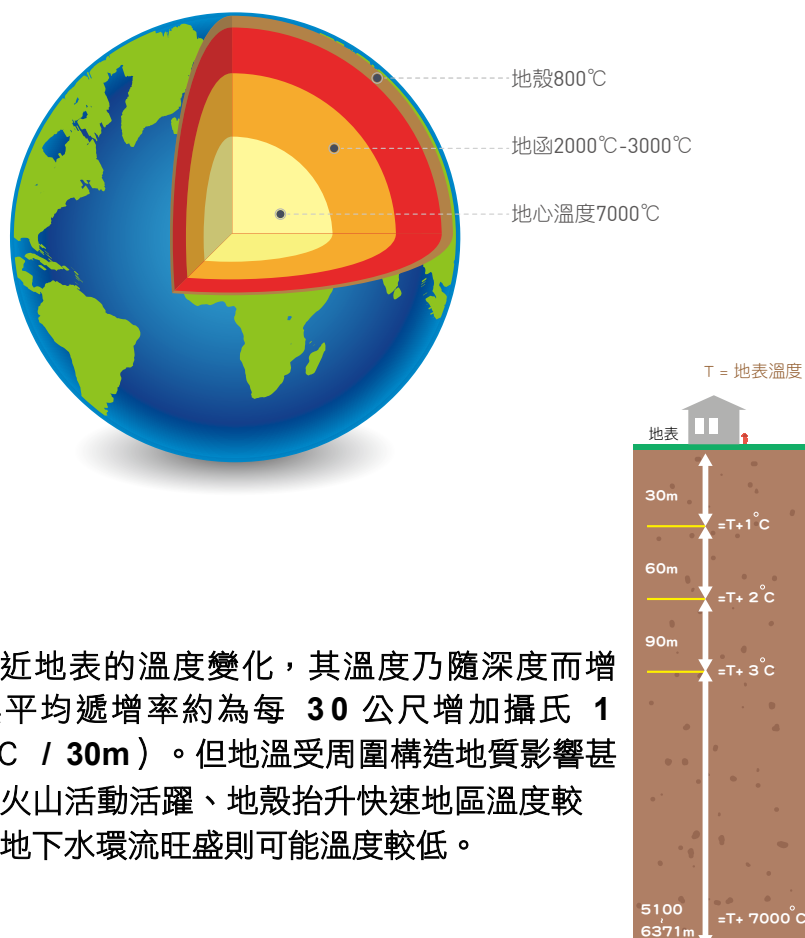
(二) 地震分類

9、地震發生的原因為何？

地震可分為自然地震與人工地震（例如：核爆）。一般所稱之地震為自然地震，依其發生之原因又可分為：**(1) 構造性地震**、**(2) 火山地震**、**(3) 衝擊性地震**（例如：隕石撞擊、原子彈）。其中又以板塊運動所造成的地殼變動（構造性地震）為主。

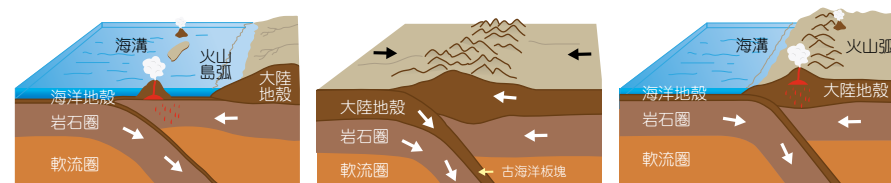
7、地球內部之溫度變化？

地球內部熱源 20% 來自地球生成時之餘熱，80% 來自放射性同位素的輻射加熱。其中產熱同位素有鉀40、鈾238、鈾235 和釷232，使得地心溫度可達約7000°C；地函約2000至3000°C，地殼約800°C以下。



而近地表的溫度變化，其溫度乃隨深度而增加，其平均遞增率約為每 30 公尺增加攝氏 1 度 (1°C / 30m)。但地溫受周圍構造地質影響甚大，在火山活動活躍、地殼抬升快速地區溫度較高；若地下水環流旺盛則可能溫度較低。

(1) 構造性地震



(2) 火山地震

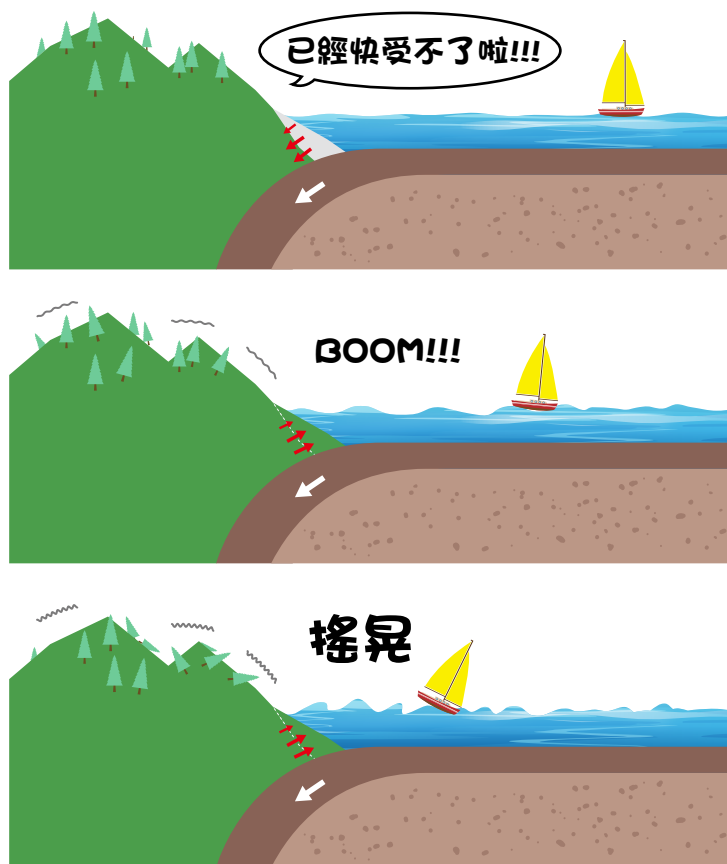


(3) 衝擊性地震 (例如：隕石撞擊、原子彈)



10、何謂彈性回彈理論 (Elastic Rebound Theory) ?

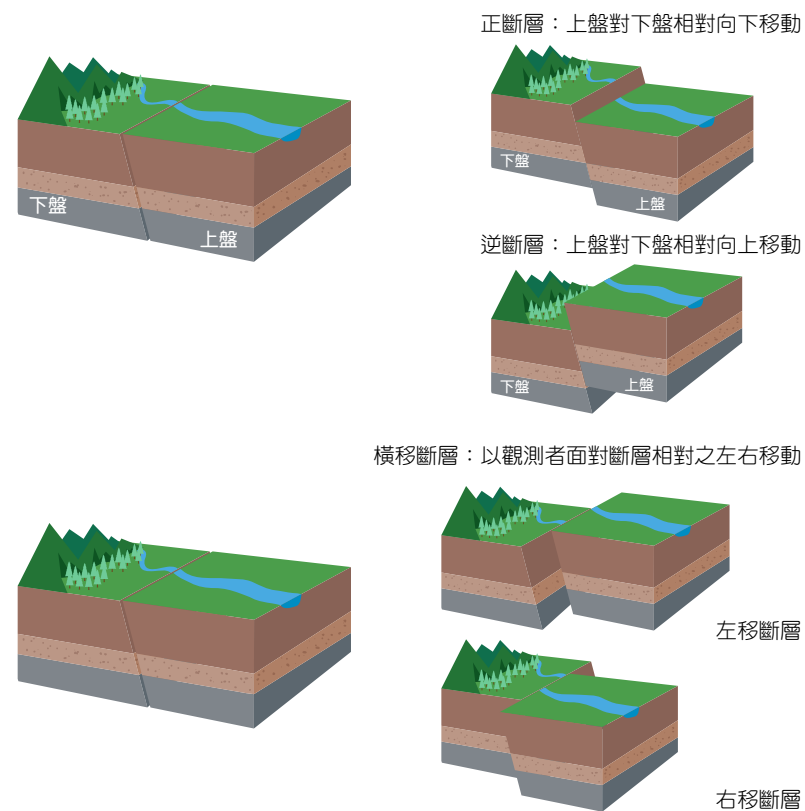
美國地質學家李德 (Harry Fielding Reid)，提出「彈性回彈理論」(Elastic Rebound Theory)，根據彈性回跳理論，就像一片鐵片被折曲，超過其彈性極限會突然斷折，兩片鐵片會彈跳恢復原位，發生來回振動或釋放出因扭曲所貯藏之能量。當地殼受到擠壓產生應力，此時岩層已經產生變形，但是還沒破裂，一旦應力累積至岩層極限時，岩層瞬間破裂產生位移，當應力釋放完全時岩層又回彈到無應變的位置，此為產生構造性地震的主要理論，如圖所示。



11、斷層大致可分為哪幾種？

地殼岩層受力變形且斷裂造成地震時，因岩層斷裂兩側的相對錯動型態不同，可分為正斷層 (normal fault)、逆斷層 (reverse fault) 以及橫移斷層 (strike-slip fault) 三種。正斷層是由張力造成，岩層上盤沿斷層面相對於下盤向下移動。逆斷層由壓力造成，上盤地層沿斷層面往上移動。橫移斷層沿斷層面做水平方向相對移動，在橫移斷層的一側看著另一側往右移動，稱為右移斷層，往左移動，則為左移斷層。

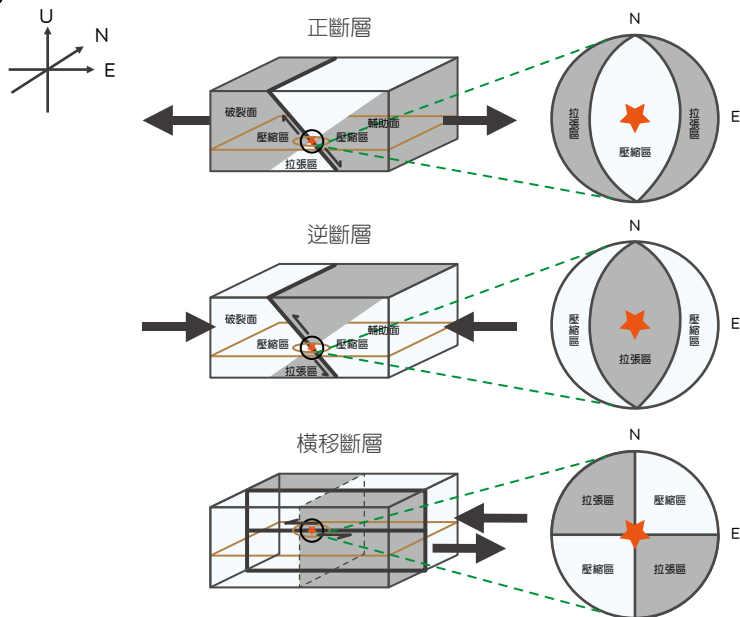
若震源深度較深，斷層面並未破裂至地表，無法從地表上觀察到斷層的跡象，則稱為盲斷層 (blind fault)。



12、何謂震源機制 (Focal Mechanism) ?

欲了解地震的地層破裂型態，大多透過震源機制參數判斷震源屬於哪一類的斷層，再配合震源所在位置，則可進一步推論已知之斷層是否有活動跡象。

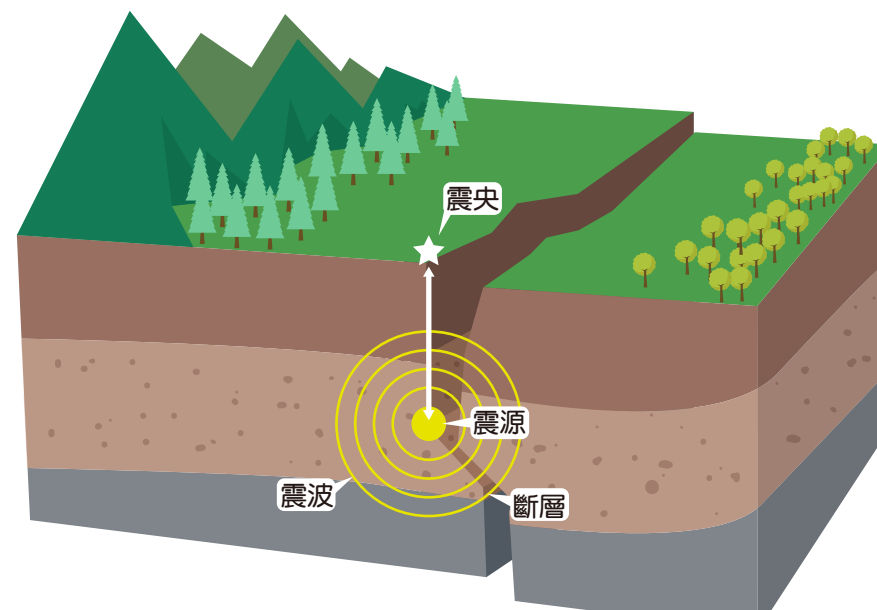
地震發生時，在震源地區的破裂過程是以錯動方式進行，可將三維空間中可以分成四個區域，二個的壓縮區和拉張區。在震源機制解中，參數主要是由走向角 (strike)、傾角 (dip) 與滑動角 (rake) 三個數值組成，其中一個平面為破裂面，另一個為輔助面。一般以下半球等面積投影，將三維空間的資訊投影在圓上，斷層面與輔助面投影成弧線，將壓縮區與拉張區分開，我們能透過震源機制解了解斷層類型與斷層在地震時的錯動情形，如下圖所示。



傳統地震觀測使用 P 波的初動解來得到震源機制解，近年來可以使用寬頻地震儀資料運用波形反演法 (waveform inversion) 求得此解。

13、何謂震源與震央？

- (1) 震源 (hypocenter)：地震錯動的起始點。
- (2) 震央 (epicenter)：震源在地表的投影點。



14、何謂淺層地震、深層地震？

地震可能發生在地表以下至 700 公里的深度範圍，為了科學的目的，依地震的震源深度分為四種地震類型：地震震源深度在 0 至 30 公里者稱為極淺地震 (very shallow earthquakes)。在 30 至 70 公里者稱為淺層地震 (shallow earthquakes)。在 70 至 300 公里者稱為中層地震 (intermediate earthquakes)。在 300 至 700 公里之地震為深層地震 (deep earthquakes)。

一般而言，在同一個地震規模下，地震的震源深度越淺，對地表的破壞力越大。

15、何謂遠地地震？

依本署規定，若地震的震央距離臺灣超過**300**公里者，稱為遠地地震(**teleseismic earthquakes**)，如按美國地質調查局規定，則以**1000**公里為標準。在地震觀測中，需要特別注意遠地地震所引起的海嘯。

16、何謂有感地震、無感地震、前震、餘震？

凡地震所造成之地表震動，為人體所能感覺到的稱為有感地震，依中央氣象署地震震度分級，震度**1**至**7**級為有感地震；反之則為無感地震，震度為**0**級。

在主要地震發生之前，在其震源鄰近地區，有時先發生若干次地震規模較小的地震，稱之為前震(**foreshock**)，並非所有主要地震皆有前震。

在主要地震發生之後，在其震源鄰近地區，常有若干次地震規模較小的地震相繼發生，稱之為餘震(**aftershock**)，餘震可能持續一週、一個月或一年，一般來說，若主要地震的地震規模越大，則餘震數量越多，且持續發生的時間越久。

前震有時不易察覺，而餘震則較前震明顯。

17、何謂局發、小區域、稍顯著地震及顯著地震？

為區分有感地震之大小，我國依最大有感距離分為：

- (1) 局發地震(**local earthquake**)：最大有感半徑小於**100**公里。
- (2) 小區域地震(**small-felt-area earthquake**)：最大有感半徑從**100**公里到**200**公里。
- (3) 稍顯著地震(**moderate earthquake**)：最大有感半徑從**200**公里到**300**公里。
- (4) 顯著地震(**remarkable earthquake**)：最大有感半徑**300**公里及以上。

18、何謂地震序列？

在相近時間與空間上發生之地震，依其發生時間先後排列，即為地震序列。而所謂同一系列之地震，係指發生位置鄰近，時間上連續之所有地震，包括前震、主震、餘震及群震；其定義又分別如下：

- (1) 前震(**Foreshock**)：同一系列之地震中，於主震之前發生的地震稱之，且前震的地震規模較主震小。唯有時前震為時甚短，且不顯著。
- (2) 主震(**Main Shock**)：同一系列之地震中規模最大者稱為主震；若最大者有兩個，則先發生者稱為主震。
- (3) 餘震(**Aftershock**)：同一系列之地震中，主震之後發生的地震稱之，且餘震的地震規模較主震小。可利用餘震分布來得知主震的破裂面。
- (4) 群震(**Swarm Earthquakes**)：同一系列之地震中，無法判別主震的地震序列稱之，或稱為頻發地震，群震常發生於火山地區。

19、何謂假地震？

人類對大氣運動遠較對大地運動敏感。有許多低頻率聲響往往可以被感到，卻不能真正聽到，而被誤以為是地動。此種擾動稱之為假地震(**pseudoseisms**)。例如**1930**年**1**月**28**日晨，美國加州南部居民感覺一連串輕微地震，伴隨低沈的隆隆聲，門窗咯咯作響，事實上這是遠在**150**哩外的戰艦試射所造成的假地震。

20、人工水庫是否與地震之活動有關？

地震學家發現，在水庫建造完成後，當地地震活動常有明顯增加的現象，稱為水庫誘發地震。當一個水庫建造完成，其在水庫周圍產生很大的負荷變化，當儲水的水位上升時，在水庫底層

壓力增加，當水位下降時，壓力減少，這種變動可能誘發地震。另一個因素是水本身，當水壓力增加時，更多的水被壓入地下，填充裂隙，這些水壓可能擴大這些裂隙，甚至產生新的裂隙，造成地殼的不穩定運動。此外，由於水的作用，減低了地殼之間的摩擦力，也可能使原本就瀕臨飽和應力邊緣的地殼，提前誘發地震。

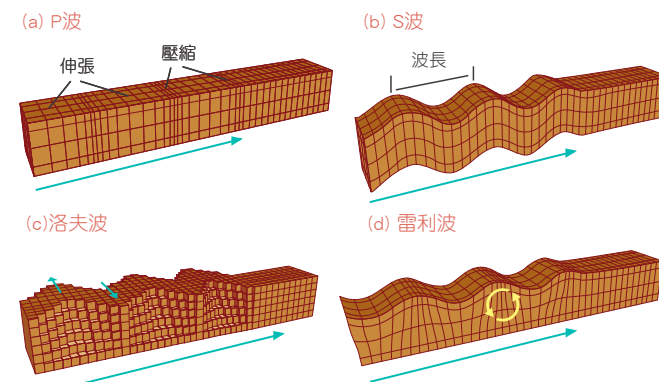
（三）地震波

21、主要的地震波有哪些？

地震波依傳播路徑可分為兩大類：

- (1) 體波 (body wave)：可在地球內部傳播，依波動性質之不同又分為：
 - ① P 波 (primary wave，縱波或壓縮波)：性質與音波相似，質點運動和波傳播方向一致，速度最快。
 - ② S 波 (shear wave or secondary wave，橫波或剪力波)：質點運動與波傳播方向垂直，產生前後左右在水平各方向的振動，速度次之。
- (2) 表面波 (surface wave)：沿地球表層或地球內部界面傳播，主要可分為：
 - ① 洛夫波 (love wave)：質點沿著水平面產生和波傳播方向垂直的運動。
 - ② 雷利波 (rayleigh wave)：質點在平行於震波傳播的垂直面上，沿著橢圓形軌跡震動。

地震波通過介質時，其質點運動示意圖如下：



22、地表振動與地震波之關係為何？

地震發生時，在震源引起的擾動以彈性波自震源向四面八方傳播，經過地球內部或沿地球表面傳播，產生體波和表面波。

如果先不考慮地震波動的衰減與幾何擴散特性，那麼在地表所感受到的振動應該是先由P波引起的短週期上下振動，隨後為由S波引起的短週期水平振動，最後是由表面波引起的長週期振動。

地震波的能量在傳播的過程中，能量會逐漸衰減。產生衰減的原因，一方面會因幾何擴散，當地震波傳得愈遠，其單位體積內的能量愈少，因此距離震源愈近遠的地區所感受到的振動愈大小；另一方面當地震波在地層間傳播的時候，會有衰減的情況，原因是地層非完全的彈性體，而不同特性的地層會吸收不同頻帶的地震波能量，傳播距離愈遠，地震波能量就衰減愈大。此外，在地質鬆軟的地區，常由於地震波的重複反射引起陷波 (trapped wave)，使得地表振動程度更加嚴重。

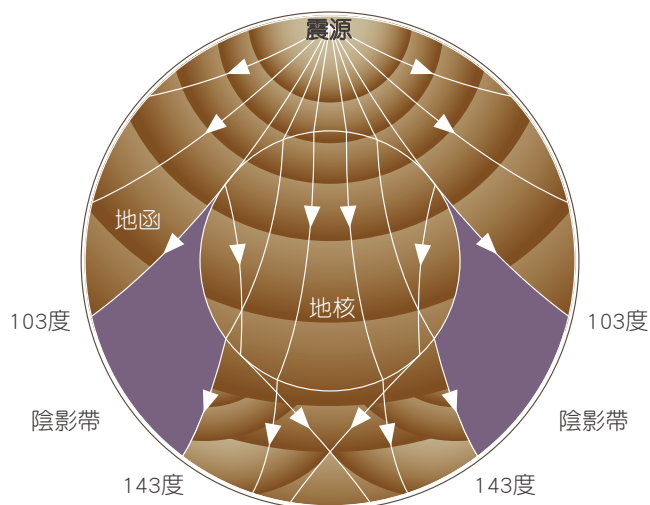
23、何謂頻散？

地震波之波速隨頻率改變而改變的性質，稱之為頻散 (dispersion)。頻散為表面波之主要特性，可用以探討地球內部

之構造。

24、何謂地震波之隱蔽區？

由於地球內部的結構非常複雜，在各地層地震波傳遞速度不同，會造成波的折射，因而影響到地震波的傳播。以 P 波傳播為例，震央距離從發震地至 1 度、2 度……103 度仍可記錄到直接的 P 波，但從 103 度起，P 波因為經過地核而產生折射，又因入射角的關係，折射的 P 波會出現在 143 度以外。是故震央距離在 103 度至 143 度之間，只有微弱地在核心表面繞射的 P 波可被記錄到，這一段我們稱為陰影帶 (shadow zone) (如下圖)。



(四) 地震規模與震度

25、何謂規模？

規模 M_L 是用以描述地震大小的尺度，係依其所釋放的能量而定，以一無單位的實數表示 (例如 *)。

26、如何計算地震規模？以芮氏規模 (M_L) 為例

目前世界所通用的地震規模為芮氏規模 (M_L)，乃美國地震學家芮氏 (Richter) 於 1935 年所創。其定義為：一標準扭力式伍德－安德森地震儀 (Wood-Anderson torsion seismometer) (自由週期 0.8 秒，倍率 2800 倍，阻尼常數 0.8) 在距震央 100 公里處記錄的最大振幅以微米 (10^{-6} m) 計的對數值。其計算公式為：

$$M_L = \log A - \log A_0$$

式中 A = 標準扭力式地震儀，在某觀測站所記錄之最大振幅 (以 μm 為單位， $1 \mu m = 10^{-6} m$)。

A_0 = 距離修正量；當標準扭力式地震儀於距離震央 100 公里處紀錄標準地震 ($M_L=0$) 之最大振幅。

在實務地震觀測時，會利用地震觀測網內各地地震站儀器記錄到同一地震之紀錄，分別修正距離、計算規模後，再進行數值平均來演算出此地震之規模。

除了芮氏規模 (M_L) 外，尚有體波規模 (m_b) 及表面波規模 (M_s)。體波規模是根據體波之振幅 (A) 及週期 (T) 而定，其關係式為：

$$m_b = \log(A/T) + Q(\Delta)$$

式中 $Q(\Delta)$ 為距離修正量。表面波規模是根據表面波振幅 (A) 及週期 (T) 而定，其

關係式為：

$$M_s = \log(A/T) + a \log \Delta + b$$

式中 Δ 為距離；a, b 為區域性常數

27、各種地震規模的計算值都是一樣的嗎？

各種地震規模因量度方式不同而有不同的數值，但皆在表示該地震所釋放出的能量之多寡，所以各種地震規模間皆有關係式可供互換。

備註：地震規模會因不同的觀測及計算方式而有不同的名稱和數值。在地震報告中所指的地震規模是用來描述地震大小的尺度。我國使用芮氏地震規模 (Richter magnitude scale)，亦稱為近震規模 (local magnitude, M_L)，是在 1935 年為了研究美國加州地區發生的地震而制定，使用伍德 - 安德森扭力式地震儀 (Wood-Anderson torsion seismometer) 來測量，由觀測點處地震儀所記錄到的地震波最大振幅的常用對數演算而來。以沒有單位的實數

(例如 6.5) 表示。

由於當初設計芮氏地震規模時所使用的伍德 - 安德森扭力式地震儀的限制，當芮氏地震規模大於某數值 (約 7.5) 以上時會有「飽和」現象，也就是計算出來的所有地震規模值都趨近相同。此外，觀測點距離震央超過約 600 公里以上時，芮氏地震規模的計算會產生極大誤差而不適用。於是地震學家發展出表面波規模 (surface waves magnitude, M_S) 和體波規模 (body waves magnitude, m_b) 來描述較遠距離的地震規模值，以地震波中特定波相的最大振幅來計算，但是這兩種計算規模的方法，對於大型地震也會有飽和的問題。

到了 21 世紀初，地震學者採用更能直接反應地震破裂過程物理特性 (如地層錯動的大小和地震的能量等) 的表示方法即地震矩規模 (Moment magnitude scale, M_w) 來描述地震大小。其計算公式為：

$$M_w = 2/3 \log_{10} M_0 - 10.73$$

其中 M_0 為地震矩，是地震學家用來表示地震所釋放出之能量的數量，定義為：

$$M = \mu \cdot D \cdot S$$

μ 為斷層物質之剛性係數 (rigidity 或 shear modulus)。

D 為斷層之平均滑動量 (位移)。

S 為斷層面積。

地震矩規模的優點在於它不會發生飽和現象。亦即，大於某規模的所有地震之數值都相同的情況將不會發生。另外，此地震矩規模與震源的物理特性有較直接的聯繫。因此，地震矩規模已經取代芮氏地震規模成為全球地震學家估算大規模地震時最常用的尺度。美國地質調查所 (U.S. Geological Survey, USGS) 監測全球地震活動並發布地震消息，對於規模大於 3.5 的地震幾乎都已經使用地震矩規模來描述地震大小。

對同一個地震而言，芮氏地震規模與地震矩規模的計算各有其獨特的理論根據與適用範圍，雖然所得的規模數值不盡相同，但是回推到地震本身所釋放能量的大小卻是相似的，就像 1.78 公尺和 178 公分，雖然數值不同但都是描述身高的尺度。以下列出近幾年來臺灣地區較大地震，我國所發布的芮氏地震規模值與美國地質調查所發布地震矩規模的參照表：

時 間	芮氏地震規模	地震矩規模 (USGS)
1999/09/21 01:47 集集大地震	7.3	7.7
2002/03/31 14:52 花蓮地震	6.8	7.1
2003/12/10 12:38 成功地震	6.6	6.8
2005/03/06 03:06 宜蘭地震	5.9	5.8
2016/02/06 03:57 美濃地震	6.6	6.4

28、地震規模與地震儀所記錄到的最大振幅之關係為何？

根據規模之定義，其與最大振幅之對數值成正比，故規模每增加一個單位，表示記錄的振幅大 10 倍。



29、地震規模與釋放能量的關係為何？

根據地震學家古騰堡 (Gutenberg) 之公式：

$$\log E = 11.8 + 1.5M$$

可知規模每增加 1，其所釋放的能量 (E 單位爾格, erg) 約增大 32 倍。 ($10^{1.5}$)；規模增加 2，相當於地震釋放能量增大為 1000 倍。

30、地震規模愈大是否災情愈大？

基本上，地震規模愈大其所可能導致的災害應該愈大。但由於地震是一種能量的釋放，以地震波的形式向四方傳播過程中，能量會因岩層的摩擦、吸收而衰減，所以災情大小通常會與震源深度、震央距離相關，但建築物或公共設施的耐震力也直接影響災情嚴重與否。

31、試問規模多大的地震才會引起災害？

通常地震規模愈大，它所釋放的能量亦愈大，當然所導致的災害也愈大，但仍須視震央與人口的稠密地區的遠近而定。一般地震規模在 2.5 或以上的地震才能感到；在 4.5 可能有局部輕微的災害；在 7.0 以上時必定會造成重大的災害，而全世界的地震站都可以記錄到其地震波。當然，一如前問，仍應視震源深度而定。

32、規模 8.2 的地震威力有多大？

地震發生時釋放出的能量相當巨大，大致等同於彈性回彈過程在地層破裂面上所做的「功」。若依據地震學家古騰堡 (Gutenberg) 之估算公式 (參考 29)，規模 8.2 地震其釋出的能量為 1024.1 爾格，約為 1999 (民國 88) 年 921 集集大地震的 22.4 倍。

33、如何以地震規模區分地震之大小？

地震之大小若以規模區分，則規模小於 3.0 者稱微小地震，等於或大於 3.0 而小於 5.0 者稱小地震，等於或大於 5.0 而小於 7.0 者稱中地震，等於或大於 7.0 者稱大地震。

34、過去發生之地震其規模 (M) 與次數分布情形如何？

- (1) M 大於 9.0 之地震，自 1900 年以來，全世界共發生過 4 次。
- (2) M8.0 至 8.9 之地震，自 1900 年以來，全世界大約每年平均發生 1 次。
- (3) M7.0 至 7.9 之地震為相當大的地震，自 1900 年以來，全世界大約每年發生 18 次。
- (4) M6.0 至 6.9 之地震，自 1990 年以來，每年大約發生 130 次。
- (5) M5.0 至 5.9 之地震，自 1990 年以來，每年約 1,300 次。
- (6) M4.0 至 4.9 之地震，估計每年約 13,000 次。
- (7) M3.0 以下之地震，其地動的傳播範圍相對較小，以全球的觀測角度來看，目前的地震站分布，難以完全監測到這類型地震的完整資料。

資料來源：USGS

35、何謂震度？

震度 (intensity)，是表示地震時地面上的人所感受到振動的激烈程度，或物體因受振動所遭受的破壞程度。

現今地震儀器已能詳細描述地震的加速度，所以震度亦可由加速度值來劃分。震度級以正的整數表示。

震度分級	人的感受	屋內情形	屋外情形
0級	無感	人無感覺	
1級	微震	人靜止或位於高樓層時可感覺微小搖晃	
2級	輕震	大多數的人可感到搖晃，睡眠中的人有部分會醒來	電燈等懸掛物有小搖晃 靜止的汽車輕輕搖晃，類似卡車經過，但歷時很短
3級	弱震	幾乎所有人都感覺搖晃，有的人會有恐懼感	房屋震動，碗盤門窗發出聲音，懸掛物搖擺 靜止的汽車明顯搖動，電線略有搖晃
4級	中震	有相當程度的恐懼感，部分的人會尋求躲避的地方，睡眠中的人幾乎都會驚醒	房屋搖動甚烈，少數未固定物品可能傾倒掉落，少數傢俱移動，可能有輕微災害 電線明顯搖晃，少數建築物牆磚可能剝落，小範圍山區可能發生落石，極少數地區電力或自來水可能中斷
5弱	強震	大多數人會感到驚嚇恐慌，難以走動	部分未固定物品傾倒掉落，少數傢俱可能移動或翻倒，少數門窗可能變形，部分牆壁產生裂痕 部分建築物牆磚剝落，部分山區可能發生落石，少數地區電力、自來水、瓦斯或通訊可能中斷
5強	強震	幾乎所有的人會感到驚嚇恐慌，難以走動	大量未固定物品傾倒掉落，傢俱移動或翻倒，部分門窗變形，部分牆壁產生裂痕，極少數耐震較差房屋可能損壞或崩塌 部分建築物牆磚剝落，部分山區發生落石，鬆軟土層可能出現噴沙噴泥現象，部分地區電力、自來水、瓦斯或通訊中斷，少數耐震較差磚牆可能損壞或崩塌
6弱	烈震	搖晃劇烈以致站立困難	大量傢俱大幅移動或翻倒，門窗扭曲變形，部分耐震能力較差房屋可能損壞或倒塌 部分地面出現裂痕，部分山區可能發生山崩，鬆軟土層出現噴沙噴泥現象，部分地區電力、自來水、瓦斯或通訊中斷
6強	烈震	搖晃劇烈以致無法站穩	大量傢俱大幅移動或翻倒，門窗扭曲變形，部分耐震能力較差房屋可能損壞或倒塌，耐震能力較強房屋亦可能受損 部分地面出現裂痕，山區可能發生山崩，鬆軟土層出現噴沙噴泥現象，可能大範圍地區電力、自來水、瓦斯或通訊中斷
7級	劇震	搖晃劇烈以致無法依意志行動	幾乎所有傢俱都大幅移動或翻倒，部分耐震較強建築物可能損壞或倒塌 山崩地裂，地形地貌亦可能改變，多處鬆軟土層出現噴沙噴泥現象，大範圍地區電力、自來水、瓦斯或通訊中斷，鐵軌彎曲

36、地震震度與加速度之關係如何？

地震震度與加速度的關係，可以心理學家韋伯-費科納法則（Weber-Fechner）來解釋：即刺激程度（速度 α_1 ，單位為公分/秒²）成等比級數增加感覺程度（震度 I ）將以等差級數增加。

氣象署現所採用的震度階級，其與加速度的關係式如下：

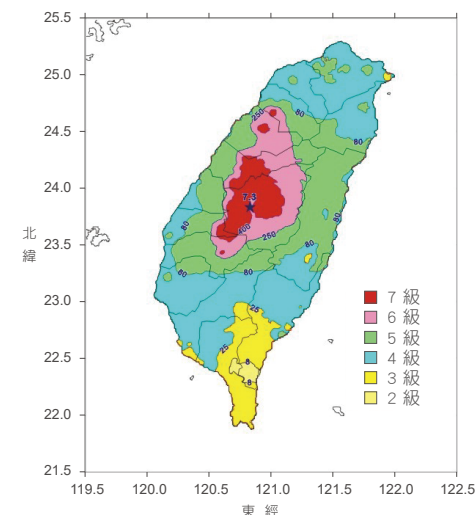
$$\log \alpha_1 = (I / 2) - 0.6$$

亦即震度相差 1 級，相當於地動加速度值增減約 3 倍。

37、何謂等震度線？

一般而言，距離震央愈近，震度愈大，其破壞力亦愈強。因此，同一地震，因各觀測地區與震央距離不同，其收錄之地動加速度值與震度也會有所差異。

將各地等值震度相連所成之曲線，稱為等震度線。依據理論，等震度線之形狀可能呈同心圓形，但實際上除了震央距離之外，震波傳遞經過之地質構造、各地之地質條件均會影響到地動加速度值與震度，因此實際等震度線常呈現不規則狀（下圖為 1999 年集集大地震之等震度圖）。

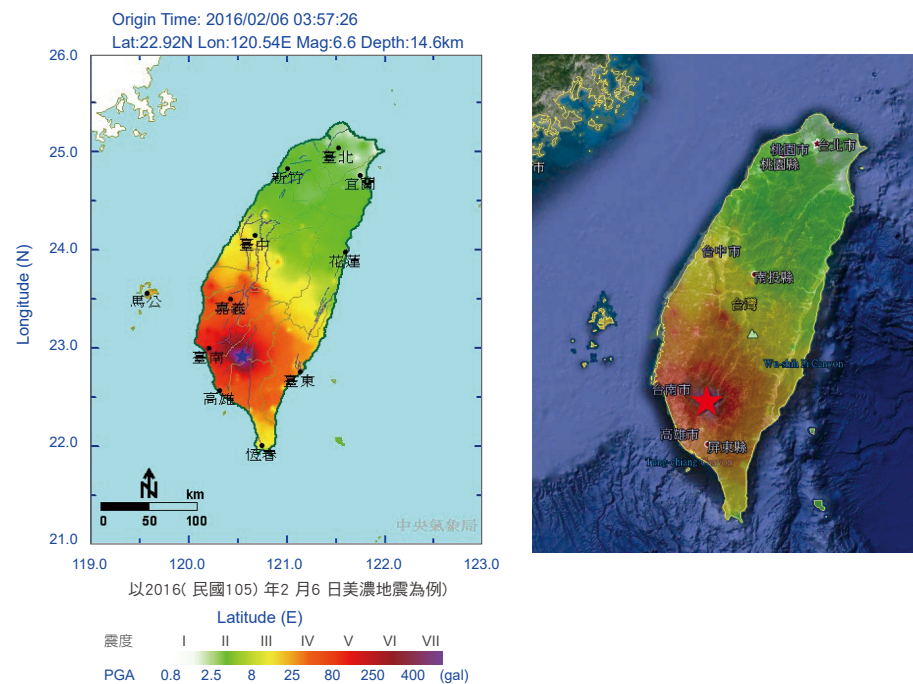


38、等震度圖有何用途？

一般而言，震央附近的震度最大，所以即便不知道震央資訊，也可以從等震度圖略知震央位置，而且可利用等震度之各地震度分布來預估地震災害的情形。

利用最新之電腦科技，可將等震度圖繪製為數值化圖層資訊，若將重要民生、交通建設之位置套疊到數值化圖層，將可作為地震防救災之重要參考情資 (以 2016(民國 105) 年 2 月 6 日美濃地震為例)。

當地震發生達到發布編號地震之標準時，在氣象署官網上除了可以看到地震報告也可以查詢到等震度圖及套疊Google Earth 圖層的等震度圖 (KMZ)。



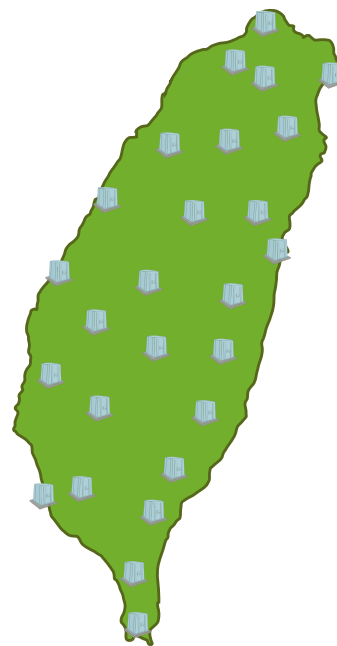
39、如何藉由震度圖決定地震之深淺？

一般而言，除震央距離與地質構造外，震源深度也會影響到震波傳遞與各地震度之分布。若等震度圖上之震度自最大值向外迅速遞減，則震源較淺；反之，如自最大值向外緩慢遞減，則震源較深。

(五) 地震觀測

40、如何觀測地震的發生？

偵測地震的儀器稱為地震儀，置放儀器地點，則是地震觀測站，連結許多測站形成地震網，可用以計算地震的發生時間、位置及規模。



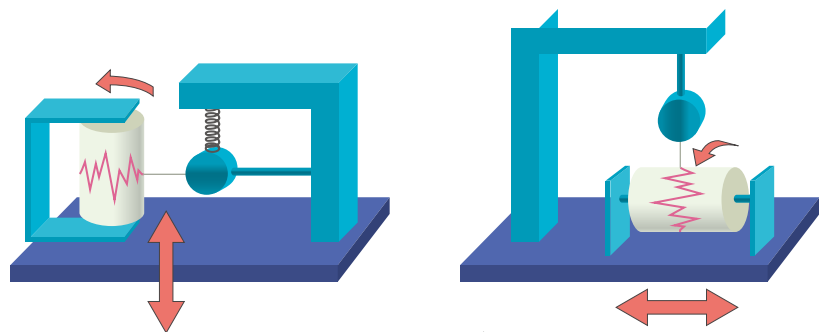
氣象署地震觀測站



觀測站內部儀器

41、地震儀的構造如何？

地震時，地面上的一切東西都隨之運動，只有地震儀的重錘由於慣性與地動有相對運動的關係，經過適當的處理可視為一不動點，用來記錄地動。又依重錘擺動方向之不同，可記錄水平和垂直方向之地動；而為了能讀取地震訊號，地震儀皆配備精密的時間系統。



地震儀原理示意圖

42、何謂地震儀常數？

各種地震儀根據其機械及電磁原理裝置，其構造、性能、狀態等依使用的目的而異，故在觀測地震之時，必先預知儀器固有週期、阻尼、倍率等各項常數，始能由其記錄測算得正確的地振動資料。這些常數的定義如下：

固有週期：地震儀之重錘為一可動部分，在無衰減情況下振動一週所需的時間，視為該地震儀之固有週期。

阻尼(damping)：利用特定的裝置，使重錘的振動受適當的阻力，這種裝置叫做阻尼器（制振器），其主要用途在使重錘的運動不致發生共振現象，因而能正確地記錄地動狀況。

放大倍率：地震儀皆具有放大地動訊號之功能，其記錄訊號與實際地動的比值，稱為放大倍率。

43、地震儀的種類有哪些？

地震儀主要有 4 種：

- (1) 短週期地震儀（此類地震儀設計大多用於記錄地動速度歷時）。
- (2) 長週期地震儀（此類地震儀設計大多用於記錄地動位移歷時）。
- (3) 強震儀（此類地震儀設計大多用於記錄地動加速度歷時）。
- (4) 寬頻地震儀。

44、地震站應有哪些配備？

地震站依其歸屬測網之不同而負有不同的任務，因而設置所需功能的相關配備。地震測網可大分為世界性地震網與區域性地震網，而各網之地震站應有如下配備：

- (1) 世界網之地震站，為偵測發生在全球各地的地震，受限於距離遠高頻率震波衰減快之因素，必須以長週期地震儀記錄地震波動。此外，亦須備有短週期地震儀，以準確記錄特定波相到達時間。
- (2) 區域網之地震站，主要在偵測範圍較世界網小的局部區域之地震，除了配備靈敏的短週期地震儀，為供報導近震引起的震度，必須備有強震儀以記錄之。

45、地震站的主要任務及功能有哪些？

地震站的主要任務及功能有 3 項：

- (1) 記錄近地地震。
- (2) 記錄遠地地震。
- (3) 供當地地震之震後調查之用。

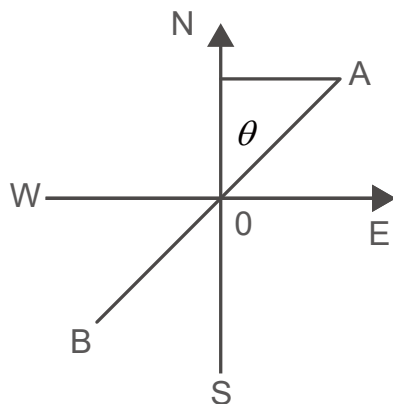
46、如何決定震央？

(1) 從單一測站之紀錄決定震央位置：

如地震站記錄到某一地震之震波，其初動方向及大小均能計算，則按向量合成法可求出震央：

A_{EW} = P 波初動 E-W 分量之振幅 (E 為正，W 為負)。

A_{NS} = P 波初動 N-S 分量之振幅 (N 為正，S 為負)。



θ = 震央與觀測站之方位角 (自北順鐘向計算)。

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{A_{EW}}{A_{NS}} \right)$$

如圖，若初動垂直分量為上動，則震央在 **OB** 或其向 **B** 方向之延長線上；如垂直分量為下動，則震央在 **OA** 或其向 **A** 方向之延長線上。至於震央與觀測站之距離，可由下法之 Δ 求得。但因地震發生時其初動往往不明顯，故僅以單站決定震央者甚少使用。

(2) 簡易多站定位法 (以 3 站為例)：

利用單一測站之 **S** 波到時與 **P** 波到時之時間差，計算出

此測站與震央之相對距離。假設地震波之傳播速度為常數， V_P 為 **P** 波波速， V_S 為 **S** 波波速， T_0 為地震發震時間， Δ 為測站與震央之距離，則

$$T_P - T_0 = \Delta / V_P \quad (T_P = \text{P 波到達時間}) \quad \text{-----(1)}$$

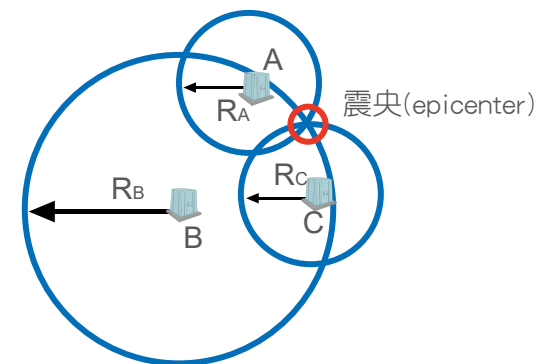
$$T_S - T_0 = \Delta / V_S \quad (T_S = \text{S 波到達時間}) \quad \text{-----(2)}$$

由 (1)，(2) 兩式得 $T_S - T_P = \Delta (1/V_S - 1/V_P)$

$$\therefore \Delta = (T_S - T_P) / ((1/V_S) - (1/V_P))$$

$$\text{及 } T_0 = (T_P V_P - T_S V_S) / (V_P - V_S)$$

若有 3 站與震央之距離已知，則分別由其距離為半徑作圓，所得之交點即為震央 (如圖)。



(3) 多站定位法：

綜合各站所記錄之初達波的時間，利用最小平方法計算地震發生的時間、位置及深度。

以上之計算係假設地震波之傳播速度為常數，實際上震波傳遞波速會隨著地質構造與岩層密度等條件而不同，一般而言地震波速會隨著地層深度而增加，且水平方向也會有側向速度變化。因此實務上地震觀測必須仰賴電腦數值運算，將各地震站觀測到之 **P** 波到時、**S** 波到時、震波頻率、最大振幅等資訊，導入預先

建立之速度模型（層狀或三維模型），即可演算出發震時間、地震位置、震源深度、規模大小等震央資訊。

47、中央氣象署即時地震監測網之情形如何？

氣象署為加強地震觀測，自1989(民國78)年成立地震測報中心，並積極執行「加強地震測報建立地震觀測網計畫」，建置臺灣完整的地震觀測網（簡稱CWASN），測站分布於臺灣本島以及金門、澎湖、蘭嶼、彭佳嶼等離島。各測站均裝配三軸向（垂直、南北和東西向）的短週期地震儀，地動訊號在當地數位化後利用數據專線即時傳送回中心處理。數位資料經由人工重新檢視、定位後建檔整理成資料庫，藉以研究、瞭解臺灣地震活動為長遠目標。

為了提昇地震測報效能，氣象署在1997(民國86)年執行「強地動觀測第二期計畫－建置強震速報系統」，加裝具即時作業能力之加速度型地震儀

（強震儀），即時將強、弱地動訊息同步傳送回中心，加強了對各地震度之掌控。

此舉不但加快有感地震消息發布的作業速度，且提升地震資料的準確度，而所接收各測站的震度資料亦可供災損之初步判斷。地震速報系統已穩定運轉，成為氣象署發布有感地震資訊的核心系統。



氣象署自2000(民國89)年參與國科會「地震及活斷層研究」跨部會大型整合計畫，增設寬頻地震儀，各測站所收錄之資料透過數據網路專線傳回氣象署處理。由於寬頻地震儀之紀錄頻寬較寬廣且感應器更為靈敏，能夠記錄完整地震波形，可彌補傳統速度型及加速度型地震儀紀錄之不足。藉由斷層面破裂過程的完整地震波形紀錄，將更有助於了解臺灣及鄰近地區大地構造與地震活動之關連性。

近年來氣象署持續精進臺灣地震觀測網，包括：（一）升級全島之地震儀為高解析度 24 位元儀器；（二）逐年增建深井式地震站，將高精度地震儀器安裝於地表下深達 300 公尺（或地下岩盤深度）之深井內，以有效避免地表人為或天候造成之雜訊干擾；（三）推動電纜式海底地震儀之建置，將地震儀安裝於地震密集之臺灣東部海域海床上；（四）與國際合作，交換鄰近國家之即時地震站訊號。我國之地震觀測網無論是地震訊號品質、測站密度與地震觀測網覆蓋範圍，均可有效監測臺灣之中大規模地震、或是微小地震活動、並可提供地震科技研究所需之寶貴資料。

48、中央氣象署如何發布有感地震報告？

中央氣象署自1991(民國80)年開始啟用最新式完全自動化之即時遙測地震系統，當有近地有感地震或較大遠地地震發生時，即刻由數據專線傳送回各站所接收的地震資料，經電腦即時地計算出震央位置、震源深度、規模等，發布有感地震報告（如下圖）或遠地地震報告，並透過大眾傳播媒體（各新聞機構、廣播電台及電視台）、便捷的電信設備（166、167 語音系統、手機簡訊、傳真）及無遠弗屆的網際網路（網頁、電子郵件、社群網路），使防救災單位與一般民眾儘早獲知地震消息。以目前中央氣象署之地震速報時效，平均約可在地震發生後5至10分鐘，即完成有感地震報告製作並對外發布。



49、何謂強地動觀測？

綜合過去震災經驗，地震成災多因為強烈的地振動使建築毀壞而造成人員傷亡與財物損失。地震波引起的地振動在不同的地質狀況下會有不同的反應，利用強震儀可觀測記錄這些型態相異的地動反應，以瞭解強地動的特性及其對建築物所產生的影響。

50、建立強地動觀測網有何效益？

臺灣的地質狀況差異極大，造成各地區地振動特性不同，因此將某一地區的地震頻譜，廣泛地運用於其他不同地質狀況的地區從事耐震設計，此種做法並不恰當。例如：臺北盆地為一湖積盆地，盆地內堆積著厚而未固結之軟弱沉積土層，容易對某些週期的地震波產生放大效應，1986 (民國 75) 年 5 月 20 日發生於花蓮附近規模 6.2 的地震與同年 11 月 15 日發生於花蓮外海規模 6.8 的地震，震央在花蓮附近，主要災區卻在臺北地區，可見不同地質所造成的場址效應不可忽視。縱使是在臺北盆地內部，不同地點其地動特性差異也很大。

強地動觀測網蒐集到的資料將可供工程界檢討現行之耐震設計規範，俾使未來的耐震設計更符合經濟與安全的原則。有鑑於

此，中央氣象署特自 1992 (民國 81) 年起逐年建立強地動觀測網，以蒐集臺灣各都會區的強地動觀測資料。

(六) 地震的分布

51、何謂板塊運動？

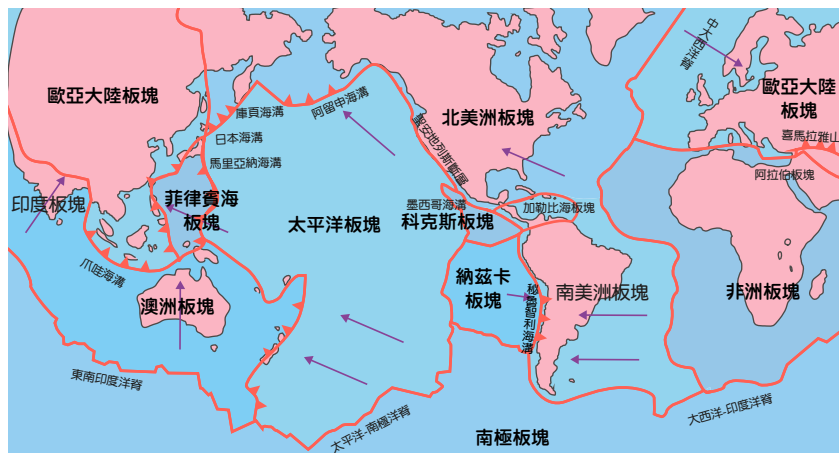
板塊構造學說 (plate tectonics) 主要在說明目前發生在地球上層的構造及解釋地震發生之原因。地球的最外部為冷而硬的可移動之岩石，稱為岩石圈 (lithosphere)，其厚度平均約 100 公里，岩石圈之下為軟流圈 (asthenosphere) 為黏度高的液態物質所組成，在高溫、高壓作用下而成可塑性，使岩石圈漂浮其上。

板塊構造的基本觀念是將岩石圈分成數個接近剛性之板塊，包括較大的歐亞板塊、美洲板塊、非洲板塊、印度洋板塊、太平洋板塊及南極洲板塊和數個較小之板塊 (如下圖)，板塊受到張力、壓力、重力及地函對流的作用，不同的板塊之間每年以數公分的相對速度緩慢移動，大部分的地震、火山及造山運動便由於相鄰板塊之互相作用而發生。板塊交界處主要有 3 種型態：

(1) 分離板塊交界處 (divergent boundaries)：代表地殼拉裂的現象，在中洋脊 (mid-ocean ridge) 處，相鄰的兩板塊互相分離，而產生新的岩石圈，其材料來自地函的上部，經熔融作用而產生。地殼在這裡由於張力作用向兩側擴張延伸，沿著發散交界處常有地震發生，其震源深度多在 100 公里以內。

(2) 聚合板塊交界處 (convergent boundaries)：此交界處兩板塊相互碰撞，密度較高者隱沒入密度較低者之下方 (約以 30° 至 45° 之傾角)，使老的岩石圈消失而回到地函中，這隱沒的部分叫隱沒帶 (subduction zone)。由於兩板塊間的相互磨擦，所以沿著隱沒帶可以不斷地發生地震而造成地震帶，其震源深度可從很淺到大約 700 公里左右。臺灣花蓮附近為歐亞板塊和菲律賓海板塊之聚合板塊交界處所以地震非常頻繁。

(3) 守恆板塊交界處 (**conservative boundaries**)：不產生新的岩石圈也不使岩石圈消失，相鄰兩板塊彼此橫向移動磨擦，而產生震源深度較淺之地震。臺東縱谷斷層即為歐亞板塊和菲律賓海板塊之守恆板塊交界處。



52、何謂地震帶？

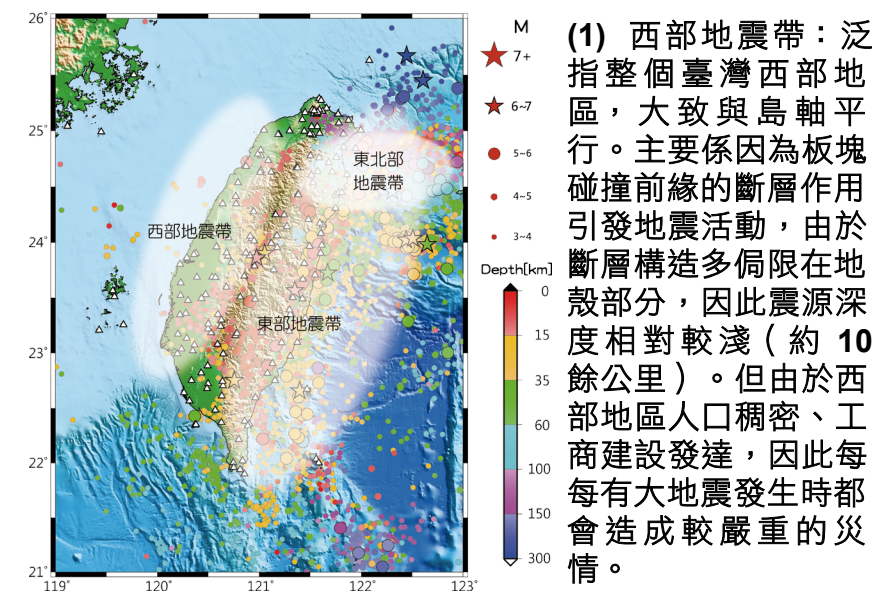
依據過去觀測經驗，大多數地震多呈帶狀分布，稱為地震帶（如圖）：

- (1) 環太平洋地震帶 (**Circum-Pacific seismic belt**)：在太平洋周圍沿大陸邊緣。西從阿留申群島起，經千島群島、日本、琉球、臺灣、菲律賓、印尼至紐西蘭。東從阿拉斯加起，經北美和中南美洲西海岸，直至安第斯山南端。
- (2) 歐亞地震帶 (**Eurasia seismic belt**) 或稱地中海地震帶 (**Mediterranean seismic belt**)：從地中海北岸開始，包括意大利半島、西西里島，經土耳其、伊朗、巴基斯坦、印度北部，直至中國西藏邊境。此帶又分支伸入新疆，轉甘肅、陝西。
- (3) 中洋脊地震帶 (**Mid-ocean-ridge seismic belt**)：在各大洋洋脊處，如大西洋、印度洋、東太平洋、北極海等洋脊、海嶺等。



53、臺灣地震帶之分布情形如何？

臺灣的地震帶主要有 3 處（如圖）：



(1) 西部地震帶：泛指整個臺灣西部地區，大致與島軸平行。主要係因為板塊碰撞前緣的斷層作用引發地震活動，由於斷層構造多侷限在地殼部分，因此震源深度相對較淺（約 10 餘公里）。但由於西部地區人口稠密、工商建設發達，因此每每有大地震發生時都會造成較嚴重的災情。

(2) 東部地震帶：此地震帶之地震係直接肇因於菲律賓海板塊與歐亞板塊碰撞所造成，地震活動頻率最高。此一地震帶南端幾與菲律賓地震帶相接，並沿臺灣本島平行方向向北延伸經臺東、成功、花蓮到宜蘭，而與環太平洋地震帶延伸至西太平洋海底者相連。本地震帶南端與花蓮以北區域因板塊隱沒作用，震源深度可達到300公里左右。

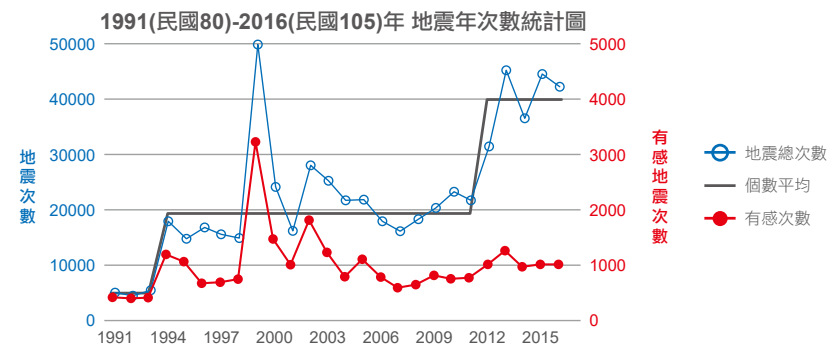
(3) 東北部地震帶：此帶係受沖繩海槽擴張作用影響，自蘭陽溪上游附近經宜蘭向東北延伸到琉球群島，屬淺層震源活動地帶，並伴隨有地熱與火山活動現象（龜山島附近）。

54、臺灣的地震頻率如何？

我國位處環太平洋地震帶上，地震活動頻繁，且經常有強烈地震發生。中央氣象署地震觀測網（簡稱CWASN）自1991(民國80)年起，開始啟用即時地震監測系統，除全面使用三向量S-13短週期速度型電磁式地震儀，取代傳統機械式地震儀，同時增建地震測站，使地震偵測率大幅增加，自1991(民國80)-2011(民國100)年蒐錄超過40萬起地震資料。

自2010(民國99)年起執行「強地動觀測第4期計畫—建置新一代地震觀測系統」，逐年更新觀測設備，同時增益波形動態範圍從12位元提升至24位元，並自2012(民國101)年起開始啟用此24位元地震觀測系統，結合本署及不同機構的地震觀測資料做聯合觀測，有效提升觀測密度及偵測範圍；使可偵測到的地震數量再次大幅增加，目前每年約可蒐錄近40,000次地震，其中有感地震約1,000次。

地震發生次數最多在1999(民國88)年，主要是受到921集集大地震影響，該年共發生49,928次地震，其中有感地震達3,233次之多。就災害性地震資料統計分析，從1901(明治34、光緒27)年至今計有102次災害性地震。



圖為 1991(民國80)-2016(民國105)年地震年次統計圖

55、地震的發生是否與天氣或季節有關？

天氣變化主要與天氣系統有關，也常會因局部地區的地理環境因素不同，而引發特殊的天氣現象，但地震與天氣或季節的關聯性目前尚無明確的科學證據可以證明。

56、臺灣何以東部地區地震最多？

臺灣東部恰處於歐亞板塊與菲律賓海板塊的交界處，故其地震活動甚為頻繁。

57、臺灣何以西部地區地震災害較嚴重？

臺灣西部的地震活動因其震源較淺，且多發生在陸地，加以人口密集，所以較可能造成嚴重災害。例如1935(民國24，昭和10)年新竹-臺中地震、1964(民國53)年嘉義白河地震與1999(民國88)年集集大地震，皆造成慘重的災情。

(七) 地震發生時所伴隨的現象

58、因地震引發之地殼變動有哪些現象？

因地震引發之地殼變動有斷層、山崩、地裂、地盤隆起、陷沒、崩崖、噴沙、噴泥、土壤液化、井水變化等，此等現象通常伴隨大地震而發生。



59、臺灣大地震發生之地殼變動如何？

臺灣歷年來發生大地震常有地裂、山崩、斷層等地殼變動之狀況，以下為地殼形變較為顯著者：

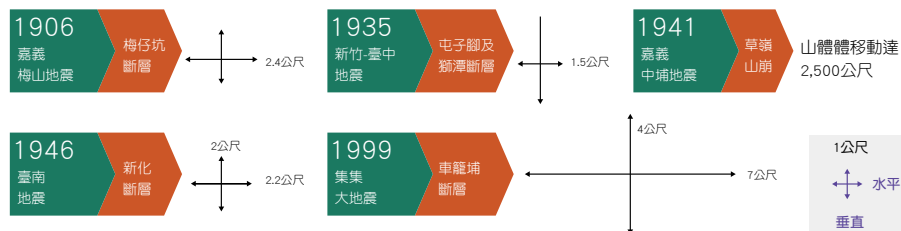
1906(民前6，明治39)年3月17日嘉義梅山地震，產生梅仔坑斷層，長13公里，水平位移最大為2.4公尺，垂直位移最大為1.8公尺，有顯著之地裂及噴泥等現象。

1935(民國24，昭和10)年4月21日新竹 - 臺中地震，發生屯子腳及獅潭斷層，前者長10餘公里，後者20餘公里，水平最大位移1.5公尺，垂直最大位移達3公尺，是以陷沒、山崩地裂、噴泥等現象均甚顯著。

1941(民國30，昭和16)年12月17日嘉義中埔地震，雖未產生地震斷層，但有很多大型山崩，草嶺有山體移動達2,500公尺，落土堆積河谷，造成清水潭震生湖，世所罕見。

1946(民國35，昭和21)年12月5日臺南地震，產生新化斷層，長12公里，水平最大位移2.2公尺，垂直為2公尺，多處有噴泥及地裂現象。

1999(民國88)年9月21日集集大地震，由車籠埔斷層造成約100公里長之地表破裂，水平最大位移7公尺，垂直最大位移達4公尺，多處有噴沙及噴泥現象。

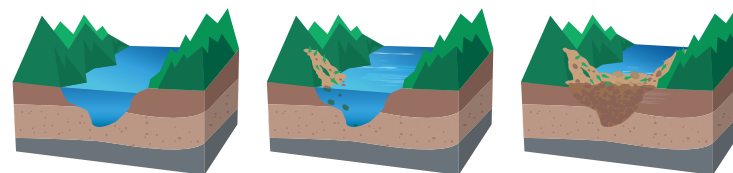


60、何謂地鳴與地光？

大地震時常發現聲、光出現。地鳴認為可能是一小部分的地震波能量傳入空氣變成聲波所形成的聲音。地光為受震動波及之區域上空所觀測到的光，形成原因仍未能確定，認為可能是岩石受壓，釋放出電荷而產生光亮。

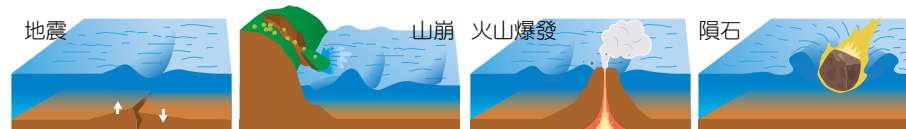
61、何謂震生湖？

因大地震而引發山崩，若適在河川山峽處被堵塞，則其上游水流因而蓄積於山區，形成大湖，稱為震生湖，**1941(民國30，昭和16)年12月17日4時19分**，發生嘉義中埔地震，濁水溪支流之清水溪上游草嶺山崩，形成長7公里，寬800公尺，深160公尺之震生湖，**1999(民國88)年9月21日1時47分**，發生集集大地震，草嶺再度山崩，造成長3公里以上，深50餘公尺之震生湖。



62、發生海嘯之原因為何？

當海底發生大規模淺層地震時，可能會造成海底地形變動，如海床垂直位移、海溝斜坡崩塌等現象，從而引起水體擾動而成長週期的波浪，稱為海嘯，其他如海底火山爆發、大型隕石撞擊都可能造成水體擾動而引發海嘯。由於其週期較長，所以相鄰兩浪頭間之距離可遠達500至650公里，其傳播情況可見下問。



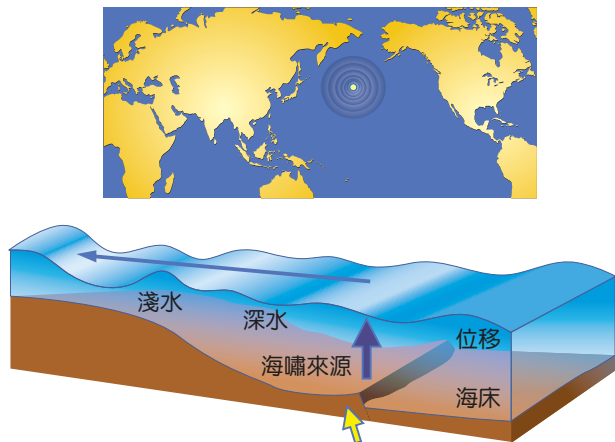
63、海嘯之傳播情形如何？

海嘯係指海上之長浪從發生地區由內而外，向各個方向傳播，其速度視海洋深度而定，計算公式如下：

$$V = \sqrt{gh}$$

， h ：海洋深度， g ：重力加速度

一般在深而廣闊之海洋，其傳播速度約每小時 500 至 1,000 公里，浪高也許不超過 30 至 60 公分，不致引起海面船隻之注意。當其接近沿岸時，受到海岸及海底地形之影響，波浪前進速率減小而造成後浪往前堆積現象，使浪變得高大並往內陸侵襲，造成沿岸地區重大的破壞及生命財產的損失。



64、過去有哪些大海嘯發生？

(1) 葡萄牙里斯本的海嘯

1755 年 11 月 1 日，葡萄牙地震。里斯本經歷了歷史上空前的一次浩劫。里斯本位於太加斯（Tagus）河北岸，距河口約 9 公里，河港深廣，為葡國第一良港，也是伊伯里安半島的最好港灣。但不幸之事終於發生了，在聽到一陣如雷響聲之後，大地開始戰慄了，山搖地動了 6 分鐘之後，一排一排房屋震倒，繼而火災煙霧大起，天日如晦，地面陡生裂縫，開而復合，葬身其中者數以千計。

大震初起時海水退而旋進，高逾 50 公尺的巨浪沖進河岸。巨浪越過了大西洋，到達西印度群島時，還引起了 4 至 6 公尺之波浪，其威力之大不難想像。蘇格蘭的羅蒙河水，

突高 2 公尺後又退落，反低於常時。西班牙沿海浪高 60 公尺，非洲北岸海水起落 58 次，近海各地浸水成災。喪生於這次地震、火災、海嘯的人數，達到了 8 萬人以上。里斯本到處瓦礫，一片廢墟，其景象之淒涼，令人鼻酸。

(2) 印尼喀拉喀托火山爆發造成的海嘯

1883 年，印尼巽他海峽中的喀拉喀托火山（印尼語：Krakatau；6°6'27"S, 105°25'3"E）大爆發並伴隨海嘯發生，巨浪襲擊海峽北側，高達 22 公尺，碇泊在離岸 3,300 公尺距離的軍艦貝魯號，被海浪往上推離當時的水平面，達到了 9 公尺的高度。爪哇有些地方，巨浪高達 35 公尺。波浪自巽他海峽的南口向印度洋擴散，使錫蘭島的浪高達到了 2 至 2.4 公尺。及至澳洲的西岸，餘波還未全平，依舊有 1.5 至 1.8 公尺的高度。

海嘯巨浪以每小時 350 英里的速度，朝著大西洋北進，抵達法國沿岸，在北大西洋的英吉利海峽，波浪還留下了幾厘米高的紀錄。於 32.5 小時內，波浪繞過了半個地球，沿途至少有 50 艘以上的船隻毀於巨浪之下。死於這次噴火和海嘯的人數，達到了 36,400 人之多，財物的損失不可數計。

(3) 日本三陸大海嘯

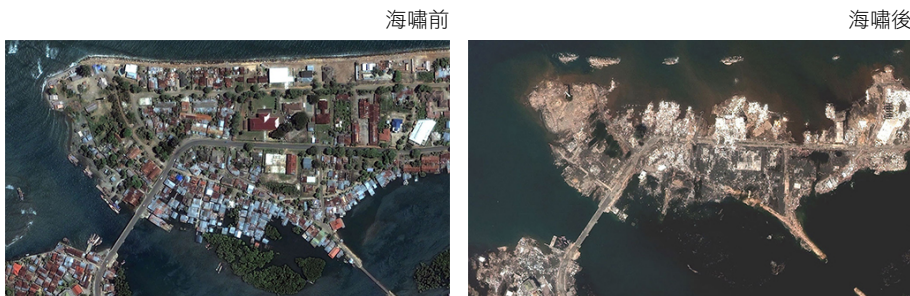
1896 年（日本明治 29 年）6 月 15 日，日本釜石東方約 200 公里的海底發生地震，引起一場大海嘯，巨浪襲擊日本青森縣尻矢崎至宮城縣牡鹿半島的沿海各地。岩手縣的宮古於當日 19 時 33 分感到地震，震度不強，可是所引發的海嘯，襲擊三陸沿岸，流失房屋 10,370 棟，死亡

人數 **27,000** 人，其他的堤防、道路、漁船的毀損、流失不可勝計。

大海嘯開始於當日**19時50分**（海水初向後撤的開始時間），初時海水先後退，**20時**左右開始回升，接著海水又向後撤，海面再次升高，捲起了巨浪橫掃陸地。襲擊宮城縣吉濱的浪高，曾達到了**24公尺**的紀錄，續襲擊黑灣的浪高，更達到了**30公尺**。

(4) 2004 年南亞海嘯

2004年12月26日00：58（格林威治時間），印尼蘇門達臘西部外海發生了規模**9.1**的超級地震，其所引發的海嘯重創了瀕臨印度洋水域國家之沿岸，包括印尼、斯里蘭卡、印度、泰國、馬來西亞等國以及非洲東部在內，地震及海嘯總計造成超過 **20** 萬人罹難。



摘自 <http://zh.wikipedia.org/wiki/2004年印度洋大地震>

(5) 2011 年日本 311 大海嘯

2011年3月11日05:46（格林威治時間），在日本本州東部外海發生規模**9.0**之超級地震，隨之引發大規模海嘯。海嘯主要侵襲日本福島縣、岩手縣及茨城縣等地沿海，造成**2萬**多人罹難與多項民生、交通設施毀損，更嚴重的是，本次地震造成福島第一核電廠爆炸與核污染，對居民的影響與經濟上的損失更是無法估計。



資料來源：[https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3AFlickr_-_Official_U.S._Navy_Imagery_-_Aerial_of_Wakuya%2C_Japan._\(1\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3AFlickr_-_Official_U.S._Navy_Imagery_-_Aerial_of_Wakuya%2C_Japan._(1).jpg)

65、是否所有的海嘯都能造成災害？

大部分的海嘯是由於海底或鄰近海床之大地震所引起，但並非所有的海底地震都能產生海嘯。同時，亦並非所有的海嘯都大得足以造成災害，而是與當地海岸地形有著密切之關係，或是偶然的巨浪在海岸地區造成生命財產的損失。

66、臺灣過去是否有海嘯災害？

依據歷史記載，臺灣自**1661**年起疑似海嘯紀錄有**6**次之多，分別摘要整理如下：

- (1) 德人海卜脫 (Herport) 著旅行記稱：「**1661**年**1**月某日晨**6**時開始地震，約歷**30**分鐘，居民均以為地將裂開。安平房屋倒塌**23**棟，海地（今安平）城破裂多處。大震之後仍不斷有輕微地震，使人如置身舟中，約**3**小時，無一人能站穩。其時適有**3**船入港，在水中亦激烈震動，一若即將覆沒者。此次地震中，有一事最可驚奇，即海水曾被捲入空中，其狀如雲。此次地震，無論海中，在陸上，人身均能感覺，共歷**6**星期。」
- (2) 王必昌，重修臺灣縣志「雜誌·詳異」：「**12**月庚子（**1721**年**1**月**5**日），又震，凡震十餘日，日震數次，房屋傾倒，壓死居民。」明清史料戊編載朱一貴供詞有云：「因地震，海水冷漲，眾百姓合夥謝神唱戲。」由上述的「因地震，海水冷漲」看來，海水上漲可能與地震有關，有地震海嘯的可能。
- (3) 臺灣采訪冊「詳異·地震」：「鳳港西里有如藤港（今

屏東佳冬附近)，……乾隆四十六(1781)年四、五月間，時甚晴霽，忽海水暴吼如雷，巨湧排空，水漲數十丈，近村人居被淹，皆攀援而上至尾，自分必死，不數刻，水暴退，人在竹上搖曳呼救，有強力者一躍至地，兼救他人，互相引援而下。間有牧地甚廣及附近田園溝壑，悉是魚蝦，撥刺跳躍，十里內村民提籃挈筒，往爭取焉。……漁者乘筏從竹上過，遠望其家已成巨浸，至水汐時，茅屋數椽，已無有矣。」此次海嘯，並無地震報導，故有可能是由遠地地震所引起。

- (4) 臺灣採訪冊「詳異·地震」：「壬子(1792年)，將赴鄉闈，時六月望，泊舟鹿耳門，船常搖蕩，不為異也。忽無風，水湧起數丈。舟人曰：『地震甚。』又在大洋中亦然，茫茫黑海，搖搖巨舟，亦知地震，洵可異也。」
- (5) 阿瓦力茲(Alvarez)著「福爾摩薩(Formosa)」一書中云：「1866年10月16日晨8時20分，發生地震，約歷一分鐘，樹林、房舍及港中船隻，無不震動；河水陡落3尺，忽又上升，似將發生水災。」
- (6) 1867年12月18日，臺灣北部地震，是日有15次連續地震，基隆(雞籠頭，金包里)沿海山傾，地裂，全島震動，基隆全市房屋倒塌，死者數百人，基隆港海水向外流出，港內海底露出，瞬間巨浪捲進，船隻被沖上市內，釀成重大災害，處處發生地裂，山腹大龜裂，噴湧泉水，淡水也有地裂，海嘯，數百人被淹死，房屋部分倒塌。由以上6次疑似海嘯紀錄中，以1867年所造成的海嘯災害情況，較能確定為臺灣近海地區地震所引發之海嘯。

67、中央氣象署海嘯資訊發布作業之程序為何？

中央氣象署因應海嘯可能的威脅程度與侵襲時間，分別發布海嘯消息、海嘯警訊、海嘯警報與海嘯報告等4項海嘯資訊。發布內容包括可能受海嘯侵襲之警戒分區的海嘯波預估到達時間與最大預估波高，以及海嘯來襲後，潮位站實際觀測的海嘯波到達時間與波高。相關資訊將迅速通報中央災害防救主管機關、相關單位以及新聞傳播機構，採取必要措施。其種類、發布時機說明如下：

(1)遠地地震所引起之海嘯：

- ① 經評估可能會引起民眾關切時，即發布海嘯消息，提供民眾參考。
- ② 預估6小時內海嘯可能會到達臺灣，即發布海嘯警訊，提醒民眾注意。
- ③ 預估3小時內海嘯可能會到達臺灣，即發布海嘯警報，提醒民眾防範。

(2)近海地震所引起之海嘯：

- ① 當臺灣近海發生地震規模6.0以上，震源深度淺於35公里之淺層地震時，在地震報告中加註沿岸地區應防海水位突變。
- ② 當臺灣近海發生地震規模7.0以上，震源深度淺於35公里之淺層地震時，即發布海嘯警報，籲請沿岸居民準備因應海嘯侵襲。

(3)當觀測到臺灣沿海發生波高50公分以上之海嘯時，應儘速發布海嘯報告，提供民眾參考。

海嘯警報發布後，經中央氣象署研判海嘯之威脅解除時，應即解除海嘯警報(「交通部中央氣象署海嘯資訊發布作業要點」<http://www.cwb.gov.tw/V7/service/notice.htm>)。

68、中央氣象署海嘯警戒區域如何劃分？

根據海嘯威脅的可能性與周圍海底地形等科學因素，輔以行政區域劃分，將臺澎金馬沿海地區劃分成北部沿海地區、東北沿海地區、東部沿海地區、東南沿海地區、西南沿海地區與海峽沿海地區6個海嘯警戒分區。



分區名稱	分區範圍
北部沿海地區	包括新北市及基隆市沿岸。
東北沿海地區	包括宜蘭縣頭城鎮至蘇澳鎮沿岸。
東部沿海地區	包括宜蘭縣南澳鄉至臺東縣長濱鄉沿岸。
東南沿海地區	包括臺東縣成功鎮至屏東縣滿州鄉沿岸。
西南沿海地區	包括臺南市至屏東縣恆春鎮沿岸。
海峽沿海地區	包括桃園市至嘉義縣沿岸，以及澎湖縣、金門縣與連江縣等離島區域。

三、地震災害與預報

(一) 地震災害

69、臺灣之災害性地震的災害情形如何？

臺灣地區自 1901 至 2016 年曾發生 102 次較大災害之地震。其地震災害情形如下表(最新資料請參考官網)：

No	年	月	日	時	分	緯度	經度	地點	震源	規模 (註 1)		人口	備註
									深度	M _L	M _{L1}	死亡	
1	1901 (明治 34、 光緒 27)	6	7	8	5	24.7	121.7	宜蘭附近	(20)	6.2	6.2		
2	1904 (明治 37、 光緒 30)	4	24	14	39	23.5 (23.375)	120.3 (120.475)	嘉義附近	(2)	6.1	6.1	3	
3	1904 (明治 37、 光緒 30)	11	6	4	25	23.58 (23.575)	120.25	嘉義附近	7	6.1	6.1	145	斗六地震。 新港附近發生地 裂及噴砂。
4	1905 (明治 38、 光緒 31)	8	28	12	22	24.2	121.7	立霧溪附 近	5	5.4	5.4		
5	1906 (明治 39、 光緒 32)	3	17	6	43	23.55	120.45	嘉義縣民 雄	6	6.7	7.1	1258	梅山地震。 梅仔坑北方至民 雄長 13 公里斷 層。
6	1906 (明治 39、 光緒 32)	3	26	11	29	23.7	120.5	雲林斗六 地方	5	5.6	5.6	1	
7	1906 (明治 39、 光緒 32)	4	4	20	42	23.5	120.5	雲林斗六 地方	5	4.9	4.9		
8	1906 (明治 39、 光緒 32)	4	7	12	52	23.4	120.4	鹽水港		5.3	5.3	1	大埔附近多崖 崩,7、8月連續 發生。
9	1906 (明治 39、 光緒 32)	4	14	3	18	23.4	120.4	鹽水港	20	6.4	6.4	15	7 時 52 分再震, 地裂噴砂,崖崩 甚多。

No	年	月	日	時	分	緯度	經度	地點	震源	規模 (註 1)		人口	備註
									深度	M _L	M _{L1}	死亡	
10	1908 (明治 41、 光緒 34)	1	11	11	35	23.7	121.4	花蓮萬榮 附近	10	6.7	7.3	2	璞石閣附近有地 裂及崖崩。
11	1909 (明治 42、 宣統 1)	4	15	3	54	25 (25.1)	121.5 (121.475)	臺北附近	80 (72)	7	7.3	9	
12	1909 (明治 42、 宣統 1)	5	23	18	44	24 (24.075)	120.9 (120.95)	南投埔里 附近	(5)	6.1	6.1		
13	1909 (明治 42、 宣統 1)	11	21	15	36	24.4	121.8	大南澳附 近	20	7	7.3		
14	1910 (明治 43、 宣統 2)	4	12	8	22	25.1	122.9	基隆東方 近海	200	7.3	7.8		
15	1913 (大正 2、 民國 2)	1	8	6	50	24	121.6	花蓮附近		6.2	6.2		有地裂。
16	1916 (大正 5、 民國 5)	8	28	15	27	24	121.03 (121.025)	濁水溪上 流	45	6.8	6.8	16	南投地震系列。 埋沒 14 戶。
17	1916 (大正 5、 民國 5)	11	15	6	31	24.1	120.88 (120.9)	臺中東南 約 20km	3	6.2	6.2	1	南投地震系列。
18	1917 (大正 6、 民國 6)	1	5	0	55	24	120.98 (121)	埔里附近	淺 (5)	6.2	6.2	54	南投地震系列。
19	1917 (大正 6、 民國 6)	1	7	2	8	23.95 (23.9)	120.98 (120.9)	埔里附近	淺 (5)	5.5	5.5		南投地震系列。
20	1918 (大正 7、 民國 7)	3	27	11	52	24.6	121.9	蘇澳附近		6	6		
21	1920 (大正 9、 民國 9)	6	5	12	21	24	122	花蓮東方 近海	20 (25)	7.5	8	5	
22	1922 (大正 11、 民國 11)	9	2	3	16	24.6 (24.5)	122.2 (122.35)	蘇澳近海	20 (9)	7.2	7.6	5	
23	1922 (大正 11、 民國 11)	9	15	3	31	24.6	122.3	蘇澳近海	20	7	7.2		
24	1922 (大正 11、 民國 11)	9	17	6	44	23.9	122.5	花蓮東方 近海		5.8	5.8		
25	1922 (大正 11、 民國 11)	10	15	7	47	24.6	122.3	蘇澳近海	20	5.7	5.7	6	
26	1922 (大正 11、 民國 11)	12	2	11	46	24.6	122	蘇澳近海		5.8	5.8	1	
27	1922 (大正 11、 民國 11)	12	13	19	26	24.6	122.1	蘇澳近海		5.3	5.3		
28	1923 (大正 12、 民國 12)	2	28	18	12	24.6	122.1 (122)	蘇澳近海		4.8	4.8		
29	1923 (大正 12、 民國 12)	3	5	8	10	24.5	121.8	蘇澳近海		4.8	4.8		
30	1923 (大正 12、 民國 12)	5	4	18	41	23.3	120.3	臺南烏山 頭附近	(20)	5.5	5.5		

No	年	月	日	時	分	緯度	經度	地點	震源	規模 (註 1)		人口 死亡	備註
									深度	M _L	M _{L1}		
31	1923 (大正 12、 民國 12)	9	29	14	51	22.8	121.1	臺東附近		5.3	5.3		
32	1925 (大正 14、 民國 14)	6	14	13	38	23.9	121.9	立霧河口	20	6.1	6.1		
33	1927 (昭和 5、 民國 16)	8	25	2	9	23.3	120.3 (120.5)	臺南新營 附近	20	6.5	6.5	11	
34	1930 (昭和 5、 民國 19)	12	8	16	10	23.3	120.4	臺南新營 附近	20	6.3	6.3	4	磚場倒 165 戶， 曾文區多地裂及 噴砂。
35	1930 (昭和 5、 民國 19)	12	22	8	8	23.3	120.4	臺南新營 附近	10	6.1	6.1		臺南市道路龜 裂，噴砂，新營 有崖崩。
36	1931 (昭和 6、 民國 20)	1	24	23	2	23.4	120.4	八掌溪中 流	20	5.4	5.4		嘉義附近損害。
37	1934 (昭和 9、 民國 23)	8	11	16	18	24.83 (24.8)	121.83 (121.8)	宜蘭濁水 河口	20	6.3	6.3		
38	1935 (昭和 10、 民國 24)	4	21	6	1	24.35	120.82 (120.2)	竹縣關刀 山附近	5	6.9	7.1	3276	新竹-臺中地 震。 獅潭、屯子斷 層。
39	1935 (昭和 10、 民國 24)	5	5	7	2	24.5	120.8	後龍溪中 流公館附 近	10	5.8	5.8		新竹-臺中地震 餘震。
40	1935 (昭和 10、 民國 24)	5	30	3	43	24.1	120.8	大肚溪中 流內橫屏 山	20	5.4	5.4		新竹-臺中地震 餘震。
41	1935 (昭和 10、 民國 24)	6	7	10	51	24.2	120.5	梧棲附近	20	5.5	5.5		
42	1935 (昭和 10、 民國 24)	7	17	0	19	24.6	120.7	後龍溪河 口	30	6	6	44	新竹-臺中地震 餘震。
43	1935 (昭和 10、 民國 24)	9	4	9	37	22.5	121.5 (121.55)	臺東東南 50 公里 綠島附近	20	7	7.2		
44	1936 (昭和 11、 民國 25)	8	22	14	51	22	121.2	恆春東方 50 公里	30	7	7.3		
45	1939 (昭和 24、 民國 28)	11	7	11	53	24.4	120.8	竹縣卓蘭 附近	10	5.6	5.6		
46	1941 (昭和 16、 民國 30)	12	17	3	19	23.4	120.48 (120.475)	嘉義市東 南 10 公 里中埔附 近	12	7	7.1	358	嘉義地方 (中埔) 地震。 草嶺山崩。
47	1943 (昭和 18、 民國 32)	10	23	0	1	23.8	121.5	花蓮西南 15 公里	5	6	6	1	道路崩落兩處， 電線斷七處。
48	1943 (昭和 18、 民國 32)	11	3	0	51	24	121.8	花蓮東方 10 公里		4.8	4.8		
49	1943 (昭和 18、 民國 32)	11	24	5	51	24	121.7	花蓮東方 5 公里		5.5	5.7		煙突損壞 78 座。
50	1943 (昭和 18、 民國 32)	12	2	13	8	22.5	121.5	綠島南方 20 公里	40	5.9	5.9	3	崖崩 36 處。

No	年	月	日	時	分	緯度	經度	地點	震源	規模 (註 1)		人口 死亡	備註
									深度	M _L	M _{L1}		
51	1944 (昭和 19、 民國 33)	2	6	1	19	23.8	121.4	花蓮鳳林 附近	5	6.2	6.2		花蓮市上太和、 白川有若干損 壞。
52	1946 (民國 35)	12	5	6	47	23.07	120.33 (120.3)	臺南新化 附近	5	6.1	6.1	74	新化地震。 有地裂，電桿、 鐵路歪斜。
53	1951 (民國 40)	10	22	5	34	23.875	121.625 (121.725)	花蓮東南 東 15km	4	7.1	7.3	68	花東縱谷地震系 列。 山崩地裂，鐵路 彎曲下沉。
54	1951 (民國 40)	10	22	11	29	24.075	121.725	花蓮東北 東 30km	1	7	7.1		花東縱谷地震系 列。
	1951 (民國 40)	10	22	13	43	22.825	121.95		18	6.9	7.1		花東縱谷地震系 列。
	1951 (民國 40)	11	25	2	47	23.1	121.23 (121.225)		16	6.5	6.1		花東縱谷地震系 列。
55	1951 (民國 40)	11	25	2	50	23.275	121.35	臺東北方 30km	36	7	7.3	17	花東縱谷地震系 列。
56	1955 (民國 44)	4	4	19	11	21.8 (21.775)	120.9 (120.975)	恆春	5	6.5	6.5		
57	1957 (民國 46)	2	24	4	26	23.8 (23.9)	121.85	花蓮	30 (17)	6.9	7.1	11	山崩。
58	1957 (民國 46)	10	20	2	28	23.7 (23.6)	121.5 (121.55)	花蓮	10 (15)	6.3	6.4	4	
59	1959 (民國 48)	4	27	4	40	25 (24.725)	122.5 (122.475)	與那國	150 (135)	7.2	7.5	1	
60	1959 (民國 48)	8	15	16	57	21.7 (21.825)	121.3 (121.4)	恆春	20	6.9	7.1	16*	恆春地震。
61	1959 (民國 48)	8	17	16	25	22.3 (22.05)	121.2 (121)	大武東偏 南 35 公 里	40 (18)	5.7	5.6		
62	1959 (民國 48)	8	18	8	34	22.1 (21.775)	121.7 (121.65)	恆春東 98 公里	15 (119)	6.1	5.9		
63	1959 (民國 48)	9	25	10	36	22.1 (21.95)	121.2	恆春東 50 公里	10	6.1	6.3		
64	1963 (民國 52)	2	13	16	50	24.4 (24.65)	122.1 (121.925)	宜蘭東南 方 50 公 里	47 (13)	7.1	7.4	3*	蘇花公路坍方一 處，橫貫公路山 崩。
65	1963 (民國 52)	3	4	21	38	24.6	121.8	宜蘭東南 偏南 16 公里	5	5.9	5.9	1	蘇澳中震，有地 裂。
66	1963 (民國 52)	3	10	10	53	24.5 (24.95)	121.8 (121.825)	宜蘭東南 偏南 19 公里	5	5.8	5.8		
67	1964 (民國 53)	1	18	20	4	23.2 (23.15)	120.6 (120.575)	臺南東北 東 43 公 里	18 (13)	6.3	6.3	106*	嘉南地震 (白河 地震)。 有地裂、噴砂。
68	1964 (民國 53)	2	17	13	50	23.2 (23.375)	120.6 (120.625)	臺南東北 東 50 公 里	10 (8)	5.5	5.2		嘉南 (白河) 餘 震。
69	1965 (民國 54)	5	18	1	19	22.5 (22.525)	120.3 (121.15)	大武西北 偏北 26 公里	21	6.1	6.1		澎湖、臺東有地 嘔。
70	1966 (民國 55)	3	13	0	31	24.24 (24.05)	122.67 (123)	花蓮外海	42	7.3	7.8	4*	
71	1967 (民國 56)	10	25	8	59	24.5 (24.575)	122.2 (122.15)	宜蘭東南 58 公里	65 (34)	6.6	5.9	2*	花蓮長春橋山 崩。
72	1972 (民國 61)	1	25	10	6	22.46 (22.55)	122.26 (122.1)	臺東東 偏南 120 公里	33 (61)	7.1	7.5	1*	
73	1972 (民國 61)	4	24	17	57	23.51 (23.475)	121.53 (121.475)	花蓮瑞穗 東北東 4 公里	15.4 (15)	6.7	6.7	5	瑞穗強震。

No	年	月	日	時	分	緯度	經度	地點	震源	規模 (註 1)		人口	備註
									深度	M _L	M _{L1}	死亡	
74	1978 (民國 67)	12	23	19	23	23.3	122.01 (122)	成功東偏北 81 公里	4.12	6.9	7	2	
75	1982 (民國 71)	1	23	22	10	23.91	121.63 (121.626)	花蓮東南 12 公里	3.25	5.8	5.8	1	宜蘭太平山坍方, 道路龜裂。
76	1986 (民國 75)	5	20	13	25	24.08 (24.1)	121.59 (121.6)	花蓮北偏西 15 公里	15.82	6.1	6.5	1*	蘇花及橫貫公路坍方, 北迴鐵路鐵軌變位。
77	1986 (民國 75)	11	15	5	20	23.99	121.83	花蓮東偏南 10 公里	15	6.8	6.8	13*	花蓮地震。蘇花及橫貫公路全線中斷, 北迴鐵路鐵軌扭曲。中和華陽市場 2/3 房屋倒塌。
78	1990 (民國 79)	12	13	11	1	23.88 (23.87)	121.55 (121.54)	花蓮南方 10 公里	2.82	5.6	6.5	2*	中橫, 蘇花公路坍方, 多處房屋龜裂。
79	1990 (民國 79)	12	14	3	50	23.77 (23.76)	121.63 (121.62)	花蓮東南方 30 公里	1.26	6	6.7		
80	1991 (民國 80)	3	12	14	4	23.5 (23.24)	120.08 (120.07)	臺南佳里附近	12.26	5.67	5.67		
81	1992 (民國 81)	4	20	2	32	23.84	121.58 (121.57)	花蓮南偏西 15.1 公里	8.07	5.55	5.55		花東海岸公路坍方, 瑞港公路落石。
82	1992 (民國 81)	5	29	7	19	23.13	121.35	成功北方 5.0 公里	13.68 (13.7)	5.4	5.42		花蓮富里牆壁龜裂, 產業道路路中斷。
83	1993 (民國 82)	12	16	5	49	23.21 (23.2)	120.52 (120.5)	大埔西南西 10.0 公里	12.5	5.7	5.7		大埔地震。大埔民房龜裂、地基碎裂。
84	1994 (民國 83)	6	5	9	9	24.46 (24.4)	121.84 (121.8)	宜蘭南方 34.8 公里	5.3	6.5	6.5	1*	南澳地震。蘇花公路坍方、房屋 25 毀損、1 死 2 傷、中橫公路中斷、南方澳道路龜裂。
85	1995 (民國 84)	2	23	13	19	24.2	121.69 (121.7)	花蓮北偏東 26 公里	21.69 (21.7)	5.8	5.77	2*	中橫公路落石擊中遊覽車。
86	1995 (民國 84)	6	25	14	59	24.61 (24.6)	121.67 (121.7)	宜蘭西南南方 19 公里	39.88 (40)	6.5	6.5	1*	牛門地震。三峽白雞山莊數棟房屋滑落坡谷。
87	1998 (民國 87)	7	17	12	51	23.5	120.66 (120.7)	阿里山西方 14.2 公里	2.8	6.2	6.2	5*	嘉義瑞里地震。瑞里飯店嚴重受損、阿里山區多處公路、鐵路坍方中斷, 嘉南地區多處房屋毀損。
88	1999 (民國 88)	9	21	1	47	23.85 (23.9)	120.82 (120.8)	日月潭西方 9 公里	8	7.3	7.3	2415*	二十世紀臺灣島內規模最大地震, 車籠埔斷層活動, 錯動長達 80 公里。南投、臺中縣災情慘重。(集集大地震)。
89	1999 (民國 88)	10	22	10	18	23.52 (23.5)	120.42 (120.4)	嘉義市西偏北 2.5 公里	16.59 (16.6)	6.4	6.4		嘉義地震。

No	年	月	日	時	分	緯度	經度	地點	震源	規模 (註 1)		人口	備註
									深度	M _L	M _{L1}	死亡	
90	2000 (民國 89)	5	17	11	25	24.19 (24.2)	121.1	日月潭北偏東 40.8 公里	9.74	5.59	5.59	3*	中橫公路中斷災情嚴重。
91	2000 (民國 89)	6	11	2	23	23.9	121.11 (121.1)	玉山北方 47.4 公里	16.21	6.7	6.7	2*	中橫公路、埔霧公路落石坍方。
92	2002 (民國 91)	3	31	14	52	24.14 (24.1)	122.19 (122.2)	花蓮秀林地震站東方 44.3 公里	13.82 (13.81)	6.8	6.8	5*	中橫公路落石、蘇花公路坍方。
93	2002 (民國 91)	5	15	11	46	24.65	121.87	宜蘭蘇澳地震站東方 9.3 公里	8.52	6.2	6.2	1	331 花蓮地震餘震
94	2003 (民國 92)	12	10	12	38	23.07 (23.1)	121.4 (121.39)	臺東成功地震站西方 3.0 公里	17.73	6.42	6.42		臺東成功地震
95	2004 (民國 93)	5	1	15	56	24.08 (24.1)	121.53 (121.52)	花蓮新城地震站西方 7.4 公里	21.55	5.2	5.25	2*	中橫公路落石
96	2006 (民國 95)	4	1	18	2	22.88	121.08	臺東卑南地震站北方 7.0 公里	7.2	6.23	6.23		臺東地震
97	2006 (民國 95)	12	26	20	26	21.69 (21.68)	120.56 (120.55)	屏東墾丁地震站西南方 38.4 公里	44.11	6.96	6.96	2*	恆春地震
	2006 (民國 95)	12	26	20	34	21.97 (21.96)	120.42 (120.41)	屏東恆春地震站西方 33.1 公里	50.22	6.99	6.99		恆春地震
98	2009 (民國 98)	11	5	17	32	23.79 (23.78)	120.72 (120.71)	南投名間地震站南偏東方 10.1 公里	24.1 (24.08)	6.15	6.2		
99	2009 (民國 98)	12	19	21	2	23.79	121.66	花蓮市地震站南偏東方 21.4 公里	43 (43.78)	6.92	6.9		
100	2010 (民國 99)	3	4	8	18	22.97	120.71	高雄甲仙地震站東南方 17.1 公里	22.6 (22.64)	6.42	6.4		
101	2013 (民國 102)	6	2	13	43	23.86	120.97	南投縣政府東方 29.3 公里 (位於南投縣魚池鄉)	14.5 (14.54)	6.48	6.5	4*	南投縣竹山鎮天梯遊樂區遊客受困, 主要為道路落石坍方阻斷
102	2016 (民國 105)	2	6	3	57	22.92	120.54	屏東縣政府北偏東方 27.1 公里	14.6 (14.64)	6.6	6.6	117*	美濃地震

註 1： M_L 為本署委託學者校驗過去災害地震規模所得結果，乃鄭世楠 2010 年由 M_L 與 M_S 關係推導的近震規模、 M_{L1} 則為本署過去使用的 1995 年版近震規模。括弧內的數字為修正後的震源參數。

註 2：* 表災情資料由消防署提供。

參考文獻

鄭世楠、葉永田、黃文紀、辛在勤、張建興，1995，1898 年至 1995 年臺灣地區地震目錄（未出版）。
鄭世楠，2009，臺灣地區地震目錄的建置，中央氣象署地震技術報告彙編，第 54 卷，575-605。
鄭世楠，2010，臺灣地區地震目錄的建置 (II)，中央氣象署地震技術報告彙編，第 64 卷，483-501。

70、臺灣最嚴重的震災情形如何？

過去近百年，臺灣發生地震引起災害死傷最大者是 1935(民國 24、昭和 10) 年 4 月 21 日 6 時 2 分，新竹 - 臺中地震，震央在新竹關刀山東南方偏南 3 公里，即北緯 24.4 度，東經 120.8 度，發生屯子腳及獅潭斷層，前者長 10 餘公里，水平最大位移 1.5 公尺、最大落差 60 公分；後者長 20 公里，最大落差為紙湖至洽坑之間達 3 公尺，水平位移甚微，是較特殊之情況，此次地震死 3,276 人，傷 12,053 人，房屋全毀 17,907 棟，半毀 11,405 棟，破損 25,376 棟。

臺灣災害性地震引起損害最大者是 1999(民國 88) 年 9 月 21 日 1 時 47 分，南投集集大地震，震央在日月潭西方 9 公里，即北緯 23.9 度，東經 120.8 度，由車籠埔斷層所引發，造成長約 100 公里之地表破裂帶，水平位移最大 7 公尺，垂直最大位移達 4 公尺，此次地震造成 2,415 人死亡，11,305 人重傷，房屋全毀 51,711 戶，毀損 53,768 戶。(摘自內政部消防署天然災害統計 <http://www.nfa.gov.tw/main/Content.aspx?ID=&MenuID=873>)

71、地震對人為構造物會導致什麼損害？

地震對於人畜直接造成傷害的機會不大，但對於人為構造物因受了劇烈的地震動，而致倒塌崩潰，繼而殃及人畜者，損失往往非常嚴重。地震時或地震後，可能導致的損害如下：

(1) 房屋建築物傾倒，尤其公共建築物如戲院、學校、醫院、

市場等人口密集的地方，最易引起重大的傷亡。

- (2) 水壩崩潰，水庫開裂，河堤決口，致而洪水氾濫引起水災。
- (3) 房屋、電線桿斷裂倒塌，引起電線走火，以及瓦斯、煤氣、爐灶等失火，造成火災。
- (4) 公路坍方，橋梁斷裂，路面突起或下陷，造成交通阻塞，以致消防車、救護車無法出動施救，擴大災情。

(二) 地震預測

72、何謂地震預測？

地震預測是指在地震發生之前，能夠明確地指出地震發生的時間、地點、規模、震度或可能造成之地震災害等資訊。截至目前為止，地震預測技術仍在試驗及研發階段，世界各國許多專家、學者，均致力研究，也許在未來能研發出較成熟的地震預測技術。

依據 1991 (民國 80) 年至 2015 (民國 104) 年的地震資料統計，臺灣地區平均每月約發生 3,000 次地震，也就是每天大概有 100 次之多，這時假定有人預測說：「最近臺灣地區將會發生地震」，由資料顯示其預測到之機率是非常高，但是，這種預測並無明確的時地描述，無法提供地震防災使用，因此也就沒有任何防災意義。

雖然準確的地震預報技術還有待努力，但由於各種地震觀測資料日漸增多，地震發生後可能造成的災害評估技術也越趨成熟，例如：(一) 可能發生破壞的地區；(二) 破壞發生的機率；(三) 破壞的程度；這樣一來對提升救災效率、降低生命財產的損失就有明顯的幫助。這也是目前地震預測技術的發展過程中，最可預期的成效。

73、地震預測有哪些方法？

雖然人們至今對於地震發生的機制 (Mechanism) 尚未徹底

了解，地震預測理論亦未充分建立，但是仍有許多嘗試性的地震預測研究方式，常見的有以下幾種：（1）測地法、（2）驗潮、（3）地殼變動的連續觀測、（4）電離層電子的密度變化、（5）土壤中氣體之濃度（例如氡（Rn）、氦（He）、二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、氫（H₂）、氫（Ar）與氮（N₂）等）、（6）地震活動、（7）地震波速度、（8）地磁及地電流、（9）活斷層及褶曲、（10）岩石破壞實驗和地殼熱流量的測定以及其他。茲選擇介紹一些重要的方法如下：

※ 測地法 (geodesic method)：

在大地震發生前後，震央附近的地殼常有傾斜、變形、地裂等現象，因此利用應變儀、傾斜儀、位移計長期監測地殼變動情形，有助於地震預測之研究。例如 1964（民國 53）年日本新潟地區發生地震前有地盤下沉現象，因當地經常從事測量調查工作，故發現地震發生之前確有前兆現象可尋。

此外，地殼發生變動的面積會隨地震規模之增大而增加，也就是說地殼發生異常變動的範圍越廣，可能發生地震的規模也越大。

※ 井水含氡量的變化：

1966（民國 55）年，前蘇聯的科學家發現在加爾姆地區的水井中，地下水裡氡（Radon）氣濃度有異常變化，因而在地震之前成功預測了塔什干地震的發生。

氡是一種放射性氣體，其少量的存在於泥土以及岩石（尤其是花崗岩）中，科學家們認為當岩石受到強大壓力時，岩石內部產生無數微小裂隙，曝露於地下水的表面積自然也會增加，當地下水滲入裂隙之中，補滿裂開的空隙，可以接觸到較多的放射性物質，同時吸收更多量的氡。直到地震發生，岩石突然崩裂，氡的含量又逐漸下降。因此，監測井水含氡量，可以知道岩石受力

情形，從而預測地震。

※ 分析天然氣含量：

德國杜秉根大學的地質學家恩斯特（Ernst）教授，在富有沼氣的杜秉根地方從事地下沼氣含量的分析，建立了一種具有地方特色的地震警告系統。

在1969（民國58）年，他首次觀測到探測器裡沼氣含量先增加0.2%至2%，而於經過強烈地震後沼氣含量又告下降。又發生餘震時，沼氣含量也會增加。在1973（民國62）年，恩斯特教授在中美洲的哥斯大黎加的首都聖荷西擔任客座教授時，與哥國的地質研究所合作研究，他以天然氣探測器觀測的結果，發現地球天然氣含量與火山爆發有連帶關係，此法也能預測地震。

天然氣探測器主要在分析二氧化碳，因為在火山要爆發的那些地區，二氧化碳的濃度會高達12%。測定土壤內天然氣含量的方法簡單，測定工具只需一根1公尺的探測管，是屬於較經濟的一種預測地震方法。

74、驗潮觀測與地震前兆之關係為何？

過去在大地震發生的前後，住在海岸一帶的人，會觀察到海岸線或島嶼有急劇上昇或下降的現象。而同樣的現象也可以在觀測海水面變動的驗潮儀上記錄到，這些數公分左右的變化亦可能是受到海流、海溫及其他因素所影響。因此，有完善設備的驗潮觀測網，並經常監視驗潮記錄的變化，或許能找到地震發生的前兆現象。

75、動物異常行為可否作為地震預測的依據？

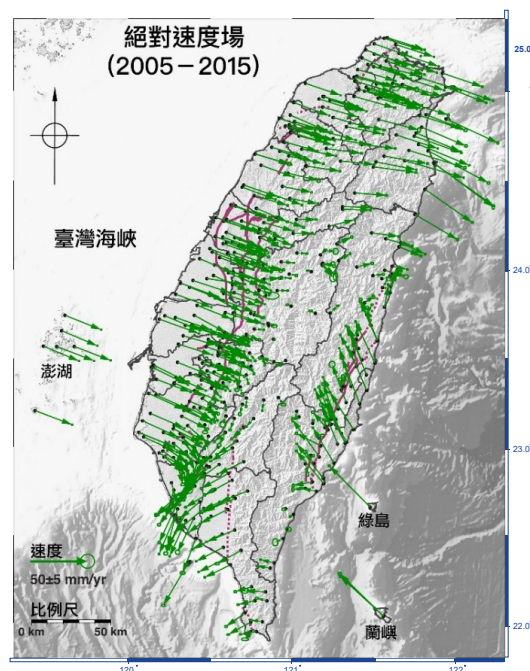
希臘在西元前373年提出，在顯著地震發生前，曾有動物異常行為的案例，其中包括老鼠、黃鼠狼、蛇和蜈蚣等動物，據說在破壞性地震發生前幾天，離開他們的家園避難。傳聞地震前有

異常行為的動物繁多，包括魚類、鳥類、爬行類、昆蟲等，異常時間從地震前數週到數秒。以往部分科學家，例如中國和日本等，曾嘗試研究這個謎題，但無一致性和可行性的異常行為可作為判斷依據，提供地震前兆分析之應用，亦無法解釋其與地震活動和機制之關聯性。目前科學尚無法證明動物異常行為與發生地震具有關聯性，且動物行為常受其他環境因素影響而產生變化。因此，使用精密的科學儀器直接量測地球物理異常現象，應是較準確有效的方法。

76、地殼變動的連續觀測可否用以預測地震？

早期地殼形變觀測利用每隔幾年實施一次大地測量，這是發現地殼變動相當有效的一種方法，惟因不能獲得連續的資料是其缺失，只有利用高靈敏度的傾斜計及伸縮計進行觀測，以獲得地殼變動的連續紀錄。

近代主要發展全球衛星定位系統 (Global Positioning System, GPS)，或稱全球衛星導航系統 (Global Navigation Satellite System, GNSS) 的連續觀測站來記錄地殼形變，藉由長期觀測得到背景地殼移動速度，再與大地震前的速度做比較，被認為是現代較具潛力的地震預測方法之一。



77、何謂地震前電離層異常？

長久以來人類發現大地震前會有聲、光、電、磁等各種異常前兆。美、俄、日、中等國已經投入地震前兆和預報之研究工作。高層大氣層中的電離層全電子含量變化受到光、電、磁等現象的影響極為顯著，近年來，科學家發現 921 集集大地震發生前，臺灣地區上空之電離層的全電子含量異常的偏低，若能了解其原因及機制，相信便能精準的預測大地震發生。

利用地面接收機網記錄全球衛星定位系統 (GPS) 衛星發射之雙頻電波，可反演計算電離層全電子含量，現行採用中央氣象署約 160 個全球衛星定位系統接收網，在距地表 350 公里高之太空中每 30 秒即有 1,000 至 2,000 個全電子含量分布臺灣上空，其解析度非常良好。為了要減少大地震災害及研究地震前兆，中央氣象署對於每日的電離層全電子含量都在進行詳細的監測與分析其異常。

78、常有微小地震發生的地方，是否易有大地震發生？

自有電磁式高倍率地震儀問世以來，微小地震的紀錄急劇增加中，至於微小地震和大地震之間，有什麼相關關係存在？地震學尚沒有一致的看法。

我們知道地殼內或上部地函之某一部分，受到某種應力後，會慢慢地將之蓄積起來，當它超過岩石的彈性限度時，會發生破壞現象而釋出能量，這就是地震。所以有人說：常有微小地震發生的地方，它的應力已經蓄積不起來，那麼大地震便不易發生。事實上不然，常常發生微小地震的地方，仍然可能會發生大地震，日本的松代地震便是一例。而不常發生微小地震的地方，也可能發生大地震，美國的聖安地列斯斷層 (San Andreas fault) 地帶的地震便是一例。這兩個例子看似矛盾，其原因在於兩處地殼的性質不同所致。

由上述情形可知，預測地震必先了解該地區地震活動，和其地質構造情形。

79、地震波速度變化能預測地震嗎？

由地震波速度的變化，也可以預測地震的發生。因為地殼如果受到強大應力時，經過此區的地震波速度可能會發生變化。根據在中亞細亞觀測的報告，縱波速度在地震發生前後有 **15%** 之變化。這個數字相當驚人，必須應用人造地震反覆實驗，才能證明地震波速度的變化和地震發生的關係。

80、地震預測研究的概況如何？

(1) 日本

有地震國之稱的日本，對於地震預測的研究不遺餘力，**1962**（民國 **51**）年，即由地震研究學者、專家約 **90** 人組成地震預知研究小組，規劃研究計畫的藍圖，內容包含下列項目：①應用測地的結果，調查地殼變動；②整頓各驗潮站，以檢出地殼變動；③辦理地殼變動連續觀測；④調查地震活動；⑤應用人造地震，觀測地震波速度；⑥調查地磁及地電流；⑦調查活動斷層和褶曲；⑧辦理岩石破壞實驗；⑨設置地震預測中心。

地震預測研究計畫，於 **1965**（民國 **54**）年開始執行，網羅東京、京都、名古屋、東北及北海道等各大學以及氣象廳、國家地理院等各單位專家、學者，從事研究工作。歷經數十年，地震預測理論與地震預報方法尚在研究階段。

(2) 美國

美國自 **1964**（民國 **53**）年阿拉斯加大地震發生之後，對於

地震預測的研究亦推動甚力，阿拉斯加大學、加州理工學院、哥倫比亞大學，以及地震情報中心等單位，亦不斷有人從事這方面的研究，並曾於 **1964**（民國 **53**）年在東京與日本聯合舉行地震預測會議。嗣後每兩年舉辦一次，討論有關地震預測的問題。

(3) 前蘇聯

前蘇聯在中亞細亞及堪察加半島等地區從事地震預測的研究多年，**1972**（民國 **61**）年 **7月26日** 前蘇聯塔斯社報導，蘇維埃研究學院（Soviet Research Institute）的科學家們預測，自 **1973**（民國 **62**）年至 **1976**（民國 **65**）年間，將發生 **3至4次** 大的海嘯，襲擊沿西伯利亞北部至臺灣間的 **4,000** 公里海岸線，海嘯時速達 **400至800** 公里，海岸浪高可達 **30** 公尺。

因為海嘯多半由於海底發生地震所引起，若能夠預測海底地震，當然能夠預測海嘯。但前蘇聯官方並未公布震央的精確位置，及其預測規模與大海嘯發生的時間，所以此項預測令人懷疑。當時臺灣各大報章雜誌亦大幅刊載此項消息，上下驚動，本署亦全力查證，認為前蘇聯研究地震預報確在全力推動，惟迄無一次完全成功，特去函美國夏威夷國際海嘯資料中心查證，該中心負責人米勒博士（Gaylord R. Miller）於 **1972**（民國 **61**）年 **11月21日** 函復要點如下：經向蘇俄庫頁島的遠東科學中心（ILGG）海嘯委員會主席索羅維夫（S. L. Soloviev）查證說：「蘇俄科學家們對於海嘯問題發表過許多有關論文，由於新聞記者的熱心報導，經誇大渲染並曲解事實而引起……………」。可見世界各國對於地震預測，還無法辦到。

(4) 中國

中國地震預報的研究發展始於 **1966** 年河北邢台地震，經過 **40** 多年的研究，曾經預報具有破壞性的地震，例如 **1975**（民國 **64**）年 **2月4日** 遼寧海城地震，為世界公認地震預測的成功案例。

但是其後所觀測到的各種地震前兆現象，都有許多不確定性，所以短期地震預報，主要是靠經驗累積的。

81、地震是否可觸發或誘發？

世界各國受到地震災害威脅的地區，凜於震災損失的嚴重，無不加強對地震的研究。首先希望能夠發展做到精確的地震預報，正如現在的天氣預報一樣，在地震未發生之前，通知將要發生地震地區的民眾，可以從容脫離震區趨吉避凶。

不過，無論地震預測是否百分之百的準確，但地震的發生卻是無可避免的。因此，更進一步地使一場將要發生的地震消弭於無形，或者是使將要發生的一場大地震減少威力變成一場中度地震或微小地震，這也並非絕不可能。

經多年研究，科學家們已建立一種稱為「板塊構造」的理論，那些地殼裡不同結構的板塊，經過了長時間的推擠，其壓力與日俱增，到了某一時刻無法負荷時，便迸發了一場驚天動地的震動。

所以科學家們便想，如何在地殼應力漸增至可能發生地震的地方，用某一種方法去消除其應力，或者以人為方式觸發或誘發一些小地震，引導地殼的應力以發生小地震的方式散發。

82、政府是否能對地震做預報？

目前全球不同領域已積極投入各項地震預測相關研究，中央氣象署亦持續進行各種地球物理觀測作業，範圍涵括監測全球衛星定位系統（GPS）之地殼形變、電離層電子濃度、地下水水位、地磁變化、地層應變、地震波速度與地震活動度等項目，以期發展地震前兆相關研究技術。

雖然目前尚無法以科學方式準確預測地震發生之時間、位置及規模，是以大家應隨時做好防震及臨震應變準備，才可將災損及傷害減至最低。

另外提醒，中央氣象署係主管全國氣象、地震及海象現象之測報及發布機關，有關地震前兆相關資訊應以中央氣象署發布為準，並呼籲各界勿聽信及傳播未經科學證實之資訊，以免造成社會恐慌不安，影響防災避難及救災應變的順利執行。

83、何謂地震速報？

在地震發生之後的數十秒至數分鐘內，快速蒐集地震觀測網即時訊號、演算出地震位置、規模、震央深度，以及各地觀測震度後，彙整為有感地震報告，並立即通報防救災相關單位、媒體與一般民眾。地震速報的資訊提供雖然是在地震發生後，且全島各地已經經歷震度搖晃之後，但仍為地震防救災之重要情資。其效益與運用層面概述如下：

- (1) 依據地震震央資訊，輔以歷史地震事件、發震構造與地質條件等，評估後續餘震活動。
- (2) 防救災協力單位可利用地震報告資訊進行快速災損評估。
- (3) 警察、消防或軍方等救災相關單位可依據地震報告資訊，有效進行救災資源之分配與調度，以達最大效益。
- (4) 重要民生與交通建設可立即依據地震報告資訊，進行震後之應變，例如重要設施、網路、電力等之巡檢、重整或調配系統以快速恢復提供服務。
- (5) 建築物、橋梁等工程結構，可依據地震報告資訊配合受災損程度，進行震後之補強或改進。
- (6) 透過公共媒體提供大眾可靠有時效性的地震資訊，可減低民眾恐慌。
中央氣象署之有感地震報告發布作業，即為強震速報系統之重要目的。

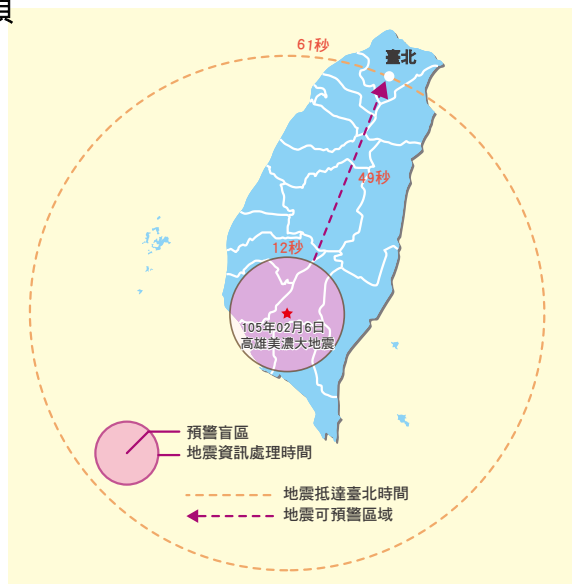
84、何謂強震即時警報？

氣象署利用高密度即時地震網中，靠近震央少部份地震站最

早收錄到的早期震波訊號，快速演算出震央資訊，推估各地之預估震度與到時，並快速對外通報，如此將可示警距離震央較遠的地區，於破壞性震波抵達前提早應變。

以氣象署近年之效能，若在島內或近岸地區發生中大規模地震，約可在地震發生後 **15 至 20 秒** 演算出初步震央資訊，再利用 **1 至 2 秒** 對外通報，預期可對距離震央 **100 公里** 以外地區提供數秒至數 **10 秒** 的預警時效，來有效降低地震災害。

如圖以 **2016 (民國 105) 年 2 月 6 日** 美濃地震為例，地震發生後約 **12 秒** 即演算出初步震央資訊，對臺北地區可提供 **49 秒** 的預警時效。



85、強震即時警報的效益為何？

利用氣象署之快速地震資訊演算，結合高速網路通訊科技對外通報，可提供接收單位啟動緊急應變，以保障民眾之生命安全；甚至結合重要民生、經濟與工業建設之自動控制機制，將可有效降低中大地震所帶來的地震災害。列舉部份效益如下：

- (1) 學校教職員生或一般民眾可依據防護要點，快速尋求隱蔽保障自身安全。
- (2) 工人或救災人員能及時離開危險的位置。
- (3) 醫院或其他精密工業，可暫停或調整精細及關鍵操作。

- (4) 高速行進間之交通運輸系統能自動減速，甚至停止。
- (5) 重要維生管線（電力、瓦斯）及通訊網路能及時中斷或調整，避免造成震後二次災害（例如火災），並提早恢復通訊網路或維生系統等。
- (6) 電梯或其他載具可即時停在安全位置與疏散乘客，減少救災人員的負擔。



86、中央氣象署強震即時警報對外通報的方式與管道，目前有哪幾種？未來發展的規劃為何？

中央氣象署強震即時警報目前的地震測報效能為：當臺灣島內或是近岸地區發生中大規模（**4.5 以上**）淺層地震時，約可在地震發生後 **15 至 20 秒**，快速測得初步震央資訊，包括發震時間、位置、震源深度與規模大小等。但必須透過各式通訊科技快速通報、並結合經驗公式演算，才能有效推算各地之預估震度與破壞性 **S** 波到時，提供各全國各地接收者來進行強震之緊急應變與設備自動控制，以有效達到防震減災的目標。

由於強震即時警報之時效僅有數秒至數 **10 秒**，即時快速通報技術的投入相對重要。目前氣象署對外通報強震即時警報的方式與管道，包括氣象署直接通報，以及與外部單位合作兩種模式，主要如下：

一、中央氣象署地震速報訊息通報軟體

1. 通報方式：由氣象署伺服器發布警報，透過網際網路推播至各單位安裝之接收軟體，再由現地電腦演算當地預估震度與破壞性 S 波到時，如達到接收端設定之震度門檻，立即以影音告警，並可由接收單位設計開發應用來連動設備，例如廣播系統等。可提供當地之緊急應變。

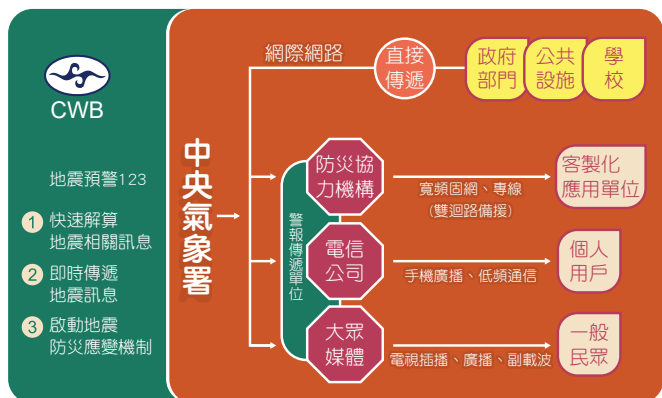
2. 預警時效：約在地震發生後 20 秒內完成通報與告警。

3. 警報門檻：由各接收端自行設定當地之震度門檻。

4. 應用限制：如接收單位並未開發應用或廣播設備等之介接連動，僅單一電腦設備發出影音告警，效益有限。

5. 推動現況：目前主要接收單位包括全國高中、國中、小學校園、消防與軍方救災單位等公部門。惟僅利用氣象署伺服器提供服務，硬體與網路資源有一定限制，目前約可提供數千接收端連線，無法全面廣泛的通報。

6. 未來規劃：將持續擴大重要交通等基礎建設單位之接收，惟仍須各單位自行開發應用。同時推動各重要單位之轉發機制，當接收到氣象署發出之預警後，利用各自專屬網路與設備快速轉發，將可有效擴大接收層面與數量。



二、災防告警細胞廣播系統 (PWS)

1. 通報方式：由氣象署直接演算全國各地之預估震度與破壞性 S 波到達時間，並依據警報門檻綜整資訊後，透過網路發送至國家災害防救科技中心 (NCDR)；NCDR 彙整資訊轉換格式後，發送至國內各大電信業者（由國家通訊傳播委員會 NCC 整合），啟動特定警報地區之基地台，發布警報廣播。

2. 預警時效：由於包括測報時效、網路通訊以及跨單位之資訊整合傳遞，約在地震發生後 20 多秒內，基地台覆蓋範圍內（以縣市為區域範圍）、符合細胞廣播系統 (CBS) 通訊規範之手機將可強制收到文字與聲響告警。

3. 警報門檻：地震規模 5.0 以上，且縣市政府所在地預估震度達 4 級以上（臺北市府預估震度 3 級以上），針對前述地區發布手機廣播。

4. 應用限制：僅可提供固定之有限文字告警，無預估震度與破壞性 S 波到時等接收現地資訊，且僅可供個人避難使用，目前尚無法進行加值自動控制等應用。

5. 推動現況：由於目前國內之 3G/4G 無線通訊環境仍持續推動中，普遍仍有不少手機尚未符合相關技術規範，且各電信業者之技術、不同廠牌型號之手機反應不一。

6. 未來規劃：有待電信業者與手機供應商持續整合，逐漸強化各業者之軟硬體設備，同時將國內民眾之手機升級或是汰舊，以全面符合 CBS 規範。



三、電視台畫面插播

1. 通報方式：由氣象署直接演算全國各地之預估震度與破壞性 S 波到時、並依據警報門檻綜整資訊後，透過網路發送電視台業者，由各電視台業者立即彙整資訊、啟動設備，將重要圖文資訊插播至播放中的節目畫面。

2. 預警時效：約在地震發生後 20 至 30 秒內完成電視節目之插播，將預警資訊公告於進行中節目畫面。

3. 警報門檻：地震規模 5.0 以上，且任一縣市政府所在地預估震度達 3 級以上。

4. 應用限制：僅可提供固定圖文資訊給正在觀賞特定頻道、節目的觀眾，若是非收播時段或不再看電視，無法接收資訊，且無法連動其他自動控制等設備。

5. 技術弱點：必須由各接收電視台開發專屬之軟體，並投資硬體設備。

6. 現況與未來規劃：目前氣象署已與數家電視台 (東森、三立..) 完成合作協議書 (MOU) 的簽訂並於 2016(民國 105) 年 8 月底陸續上線，持續有多家電視業者來署洽談合作技術細節等，未來將有效整合通報相關之模式與技術規格。



四、與民間業者合作

1. 合作方式：氣象署與民間有意願、具備最新通訊或是自動控制技術能力的業者或單位洽談合作，經簽署合作契約後，由氣

象署進行相關技術移轉，以利民間業者推動預警資訊轉發、自動控制應用開發等，來有效提供客製化服務予更多接收單位。

2. 推動現況：截至 2017(民國 106) 年 3 月計與 15 家民間業者或其他單位簽署合作契約，推動的應用包括：

(1) 預警資訊轉發，例如網際網路、無線網路、手機 APP。

(2) 現地型預警之整合應用，主要由國家地震工程研究中心、以及臺灣大學地質系推動。

(3) 現地應用設備之介接，例如校園廣播設備與其他警示系統之介接連動等。

3. 未來規劃：

(1) 每年持續辦理「合作推動地震資訊傳遞服務成果交流會」，邀集相關廠商與預警需求單位，就推動強震即時警報之現況、科技運用、服務層面與未來規劃等進行交流，期待集思廣益、甚至跨域合作，來日益完備國內防災產業之規模。

(2) 目前的手機無線網路雖可有效提供便捷的資訊接收，但由於網路穩定性、手持式裝置之硬體效能、無線推播技術、應用軟體開發等因素，目前 APP 之接收效率與穩定性仍有待改進。期待未來將有更穩定、快速之通訊科技發展與投入。

(3) 預警資訊之大量快速傳遞，僅可提供接收單位或民眾個人之訊息獲知，相關的應變規劃與教育訓練必須同步推動。

(4) 除了提供緊急應變與避難之外，強震即時警報的最大效益在於重要設備的臨震自動控制，例如交通建設減速或停止、電力瓦斯管線的中止或遮斷、電梯設備控制、高科技廠房、機密醫療設備等應用。相關之應用有賴民間業者、相關轉發、接收與應用單位依據需求投入資源來共同努力，方可有效達到防震減災的目標。

四、地震災害預防

87、建築工程防震設計應遵守什麼原則？

一般的建築工程防震設計，除考慮安全之外，還要合乎經濟的原則。因為要設計一座絕對耐震的房屋或橋梁，並非絕不可能。但是如果所花的建築費過份龐大，就經濟學的立場觀之，那就划不來。比如說某座橋梁的造價只要 200 萬，為了要使它能夠承受地震規模等於 8.5 至 9.0 的最大級的地震，它的工程費要漲到 500 萬甚至 1,000 萬，那就不如等到橋毀後再重建一座。

從過去的地震紀錄資料統計，地震規模介於 8.5 至 9.0 者，全世界發生的次數大約為 10 年一次，至於規模大於 9.0 的地震，自地震觀測以來，僅發生過 4 次。因此，一項合乎經濟原則的防震設計，應該根據該地區以往發生地震的最大強度，以及未來可能重現機率定出適度合理的耐震要求，以避免人力物力的過度浪費。

88、興建特種重大之工程應怎樣慎選地點？

在防震設計上，興建特種重大工程設施，撇開交通、地質等因素不計外，如有選擇餘地，應避免興建於地震斷層附近。因為絕大多數的淺層地震，均因地殼斷層急速錯動而引起的。一般而言，距離地震斷層愈近的地方震力越大，受震損失的機會也愈高。

如果迫不得已非建於斷層附近的時候，應該慎重加強耐震設計，詳細勘查可能發生地震的活動斷層位置，預計可能發生地震的大小，並進一步推求震源的力學特性，作為防震設計的參考。

89、特種工程之耐震設計應特別考慮嗎？

某些特種工程建設，像核能發電廠、大型水壩等，如果因承受不住震動而造成損壞，其後果之嚴重不難想像。核子反應爐裡的放射性物質，散播到附近的土壤及水中，甚至隨風飄揚於空氣中，為害人畜，污染環境，其後遺症將長期影響人們的正常生活。

而大型水壩的崩潰，可能將下游的市鎮夷成一片廢墟。

像這種特種工程建設，必須作特殊的耐震設計。對於工程地址地區可能發生的最強地震強度，地震時可能產生的地動加速度之大小與週期特性，然後釐訂出最適合的耐震設計規範，以減少生命和財產的損失。

90、磚石造或鋼筋水泥造的房屋是否易於倒塌？

房屋振動的真正情形相當複雜，但主要還是受牛頓的慣性定律所支配。地震時房屋所受的側向震力，等於這對應加速度與房屋質量的乘積。也就是說，兩種不同構造的房屋，受到了相同的加速度時，質量大者所受的震力也大。

因此，從動力學的觀點上來看，一棟不合防震設計的磚石或鋼筋水泥建造的房屋，反而會比一棟木造竹造的房屋，更易於開裂或倒塌。

91、地震時房屋為何會倒塌？

地震時地表震動，房屋會跟著上下震動以及在水平方向擺動，擺動幅度的大小視地震的強度、震波的性質與房屋本身的振動週期而定。

如果震波中某一波段的週期，恰好和房屋的振動週期相吻合，便會因共振現象造成很大的振動幅度。從加速度的觀點上來看，房屋的相對加速度，往往會比地面上的加速度大 4.5 倍之多。

一間設計不夠堅牢的房屋，本身不能承受因地震所產生的力量時，輕者開裂，重者倒塌，屋毀人亡，難免造成悲劇。

92、地震對建築物之影響，除結構外影響最大者為何？

地質對地震之影響甚大，亦影響建築物之安全。同樣結構之建築物，對同一強度的地震，建築於鬆軟土地上者遠較建築於堅硬岩石上者所受之損壞為大。

93、應如何避免海嘯災難？

對海嘯的力量及其毀壞力絕不可忽視。一般前進騷動的浪陣是海嘯最具摧毀力的部分，其上升平靜，在波峰之間海水流出迅速，激流橫掃之處多遭毀壞。故海嘯警報發出後，其行將侵襲之海岸地區，宜以後述方式應變：

人員之處置：如在海邊遊憩時，聽到海嘯警報或感受到劇烈搖晃的地震時，應迅速遠離海岸邊至高處躲避。當在海岸地區遇見海水突然退去，海底礁石露出、魚兒在無水海底處跳躍，遇此奇景千萬不可駐足觀賞，因為海嘯即將來襲，務必掌握這數秒至數十秒時間快速奔離岸邊，當然不見得海嘯來襲海水都會突然退去。

船舶之處置：當收到海嘯警報時，在港外作業船舶或停在港內之船舶應速駛離海岸往外海避難，否則可能被拋向防波堤、碼頭或船舶互撞，造成損傷。如海嘯即將來襲，仍以人身安全為重。



94、何以特別強調地震發生時首先熄滅火種關閉電源？

歷史上許多大地震所造成的災情均顯示，火災所造成的災害遠比震動更為嚴重。例如 1906（明治 39、光緒 32）年 4 月 18 日格林威治時間 13 時 12 分美國舊金山大地震，其規模為 8.3，強度雖大，但由震動所導致的人員死亡大約僅 390 人，而財物損失估計約 4 億美元（當時之幣值）。此種財物之損失係由震動開始時大火所致。由於水管被震裂，水壓不足，以致無法救火。如此，經過 3 天的燃燒才將火勢控制，致使全市大部分地區被焚毀。

1995（民國 84）年 1 月 17 日上午在日本關西所發生的阪神（神戶）大地震，也是因為引起大火而造成嚴重災情。

95、地震前之準備事項為何？

平時家中規劃好避難路線，並且避免在避難路線上堆放雜物，家人彼此間可約定好住家附近的避難地點，一旦災情嚴重，失去聯絡，可至約定的避難地點。平常前往電影院、旅館、KTV 等公眾場合之建物時，習慣了解避難路線，遇上地震或火災時，才能安全逃生。

地震為不可避免的天災，為使人員的傷亡及財物的損失減至最少，平時必須有充分的準備：

- (1) 準備乾電池、收音機、手電筒、滅火器及急救藥箱，並告知家人儲放的地方及使用方法。
- (2) 知道瓦斯、自來水及電源安全閥如何開、關。
- (3) 綁牢家中高懸的物品，鎖緊櫥櫃門門。
- (4) 重物不要置於高架，拴牢笨重家具。
- (5) 知道地震時家中最安全的地方。
- (6) 教師（尤其中、小學校）應經常於課堂宣導防震常識，教導學生避難事宜；學校應定期舉行防震演習。
- (7) 教室的照明燈具、實驗室的櫥櫃及圖書館的書架應加以固定。
- (8) 辦公室及公共場所應經常檢驗防火和消防設備。
- (9) 機關、團體應規劃有關緊急計畫，並預先分配、告知緊急情況時各人的任務以及應採取的行動。



96、大地震發生時應注意哪些事項？

- (1) 在室內者應立即熄滅火源，關閉電源以防火災，然後奔逃至室外空曠地方，但應防外物倒塌（如招牌、屋瓦、廣告燈等）而被擊傷。
- (2) 如一時無法逃至室外，應選一堅固、高度較矮而重心穩定之家具下（旁）躲避，並遵照趴下 (drop)、掩護 (cover)、穩住 (hold on) 的原則，以免被室內落物擊傷。
- (3) 不可躲在牆邊、河、海堤或山崖附近。
- (4) 沿海居民應疏遷至高地以防海嘯。
- (5) 水庫下游地區居民，應防水庫崩場所引起之山洪。
- (6) 高樓之居民逃離時，切忌爭先恐後，否則易生跌倒而被踏斃，並使出口擁塞。



97、地震後應注意哪些事項？

強烈地震發生後，應注意下列事項：

- (1) 確認房屋是否有受損，大樓是否有異常傾斜沉陷現象，門窗是否被擠壓變形，柱子是否有嚴重裂縫或是混凝土被壓碎剝落、鋼筋外露等現象。
- (2) 確認家人和家裡一切平安之後，還要確認附近鄰居是否安全，有沒有人需要援助。
- (3) 確認瓦斯爐、暖爐等器具是否關掉。斷水前，盡量用水桶、水壺和鍋子多儲存一些水。存在浴缸裡的水，可以用來沖馬桶。
- (4) 保持冷靜，確認自己有沒有受傷，再想辦法讓外面的人知道自已的位置與情況。

(5) 應發揚守望相助精神，互相救助，並速向警方請求救助。

(6) 地震發生後，勿輕信謠言，並防餘震。



五、地震資料服務

98、中央氣象署有哪些地震觀測資料？民眾如何申請？

中央氣象署目前計有：地震定位資料、各測站有感地震資料、地震季報、地震震央分布圖、一般地震紀錄數值資料、強震紀錄之最大加速度值資料、強震網地震數值資料以及全球衛星之定位系統觀測資料等地震觀測資料。

民眾如欲申購地震資料，可直接在本署網站辦理（氣象署\便民\資料申購），或電洽本署服務科，電話：（02）2349-1102。亦可洽詢地震測報中心聯絡窗口協助，電話：（02）2349-1168。

99、中央氣象署有哪些地震宣導資料？

氣象署地震宣導服務活動，每年例行與其他單位合作舉辦的宣導活動如 119 防災、國家防災日、行政院災害防救應用科技方案成果發表會、全國科展或是氣象署所舉辦的敦親睦鄰、署慶等活動。

本署為加強地震常識及地震防護之宣導，印有「地震百問」、「地震測報」、「認識地震」、「地震防護要點」、「認識海嘯」、「海嘯防護要點」、「板塊模型DIY」、「強震即時警報宣導短片」

等文宣品。相關電子檔亦公布在本署網站(氣象署\常識\宣導)供民眾下載參閱。

100、中央氣象署地震測報中心與國家地震工程研究中心之差異為何？

國家地震工程研究中心 (<http://www.ncree.narlabs.org.tw>)

科技部為推動我國震災科技之研究與發展，擇定於國立臺灣大學校園內，設立國家地震工程研究中心，於民國 79 年正式開始籌建工作。主要業務為：

- (1) 營運地震工程共同實驗研究設施及相關資料庫，支援地震工程學術研發。
- (2) 建構風險管理之研發與服務平台，提供地震防災規劃及應變之資訊。
- (3) 擔任地震工程研究先驅，促進耐震設計評估與補強技術提升與落實。
- (4) 構築地震工程產學界之橋梁，帶領技術創新及知識之傳播與普及。

中央氣象署地震測報中心

地震測報中心成立目的為加強對臺灣地區地震活動的測報工作以降低地震災害。主要業務為：

- (1) 監測臺灣地區地震活動。
- (2) 發布有感地震報告與海嘯警報。
- (3) 執行強地動觀測計畫。
- (4) 研究各種地震前兆現象。
- (5) 提供地震資訊服務與地震防護宣導。

國家圖書館出版品預行編目資料

地震百問 / 中央氣象署編. --
臺北市：交通部中央氣象署，民
106.03面；公分
ISBN 978-986-05-1796-5 (平裝)
1. 地震 2. 問題集

地震百問

發行人：辛在勤

出版機關：交通部中央氣象署

編地者：交通部中央氣象署

址：10048 臺北市中正區公園路 64

號電：(02)23491102

址網<http://www.cwb.gov.tw>

展售地點：交通部中央氣象署服務科

出版日期：中華民國 106 年 3 月

版次：初版

本書亦登載中央氣象署網站，網址為 <http://www.cwb.gov.tw>

定價：100 元整

展售地點：國家書店松江門市

地址：10485 臺北市松江路 209 號 1

樓網址：<http://www.govbooks.com.tw>

電話：(02) 25180207

(02) 25180207

五南文化廣場臺中總店

地址：臺中市北屯區軍福七路 600 號網

址：<http://www.wunanbooks.com.tw>

電話：(04) 24378010

GPN 條碼：1010600251

ISBN 條碼：

9789860517965

著作人：中央氣象署

著作財產人：中央氣象署

本書保留所有權利。欲利用本書全部或部分內容者，需徵求著作財產人中央氣象署同意或書面授權。請洽中央氣象署 (02)23491168