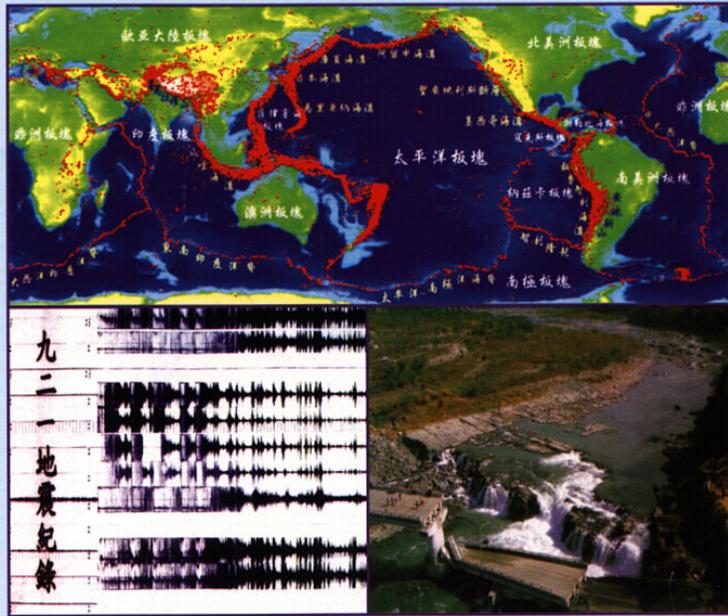


# 地震百問



交通部中央氣象局編印

# 地震百問



921 地震時台中霧峰中正大樓倒塌情形



921 地震時南投草屯烏溪橋受損情形

## 目 次

一、地球概論	1
1. 如何區分地球構造?	1
2. 地球內部概貌如何?	2
3. 地球各部分構造的質量與體積如何?	3
4. 地球的常數如何?	3
5. 地球的重力如何?	4
6. 地球之磁力如何?	4
7. 地球之溫度變化如何?	5
8. 影響地表溫度之因素有那些?	5
二、地 震	6
(一) 定義	6
9. 地震學的定義為何?	6
(二) 地震分類	6
10. 地震發生的原因為何?	6
11. 斷層是否與地震有關?	6
12. 斷層可分那些類?	7
13. 何謂震源與震央?	8
14. 何謂淺層地震、深層地震?	9
15. 何謂遠地地震?	9
16. 何謂有感地震、無感地震、前震、餘震?	9
17. 何謂局發、小區域、稍顯著地震及顯著地震?	9
18. 何謂地震序列?	10
19. 何謂假地震?	10
20. 人工水庫是否與地震之活動有關?	11
(三) 地震波	11
21. 主要的地震波有那些?	11
22. 地表振動與地震波之關係為何?	13

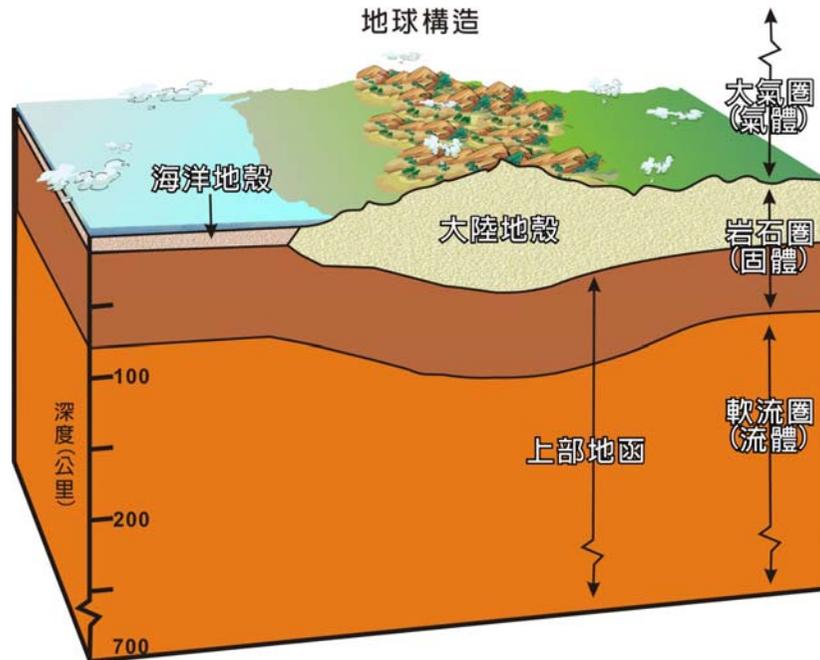
23. 何謂頻散？	13	48. 中央氣象局如何發布地震消息？	33
24. 何謂地震波之隱蔽區？	13	49. 何謂強地動觀測？	33
<b>(四) 地震規模與震度</b>	15	50. 建立強地動觀測網有何效益？	33
25. 何謂規模？	15	<b>(六) 地震的分布</b>	34
26. 如何計算規模？	15	51. 何謂板塊運動？	34
27. 各種地震規模的計算值都是一樣的嗎？	15	52. 何謂地震帶？	37
28. 地震規模與所記錄到的最大振幅之關係為何？	19	53. 台灣地震帶之分布情形如何？	37
29. 地震規模與釋放能量的關係為何？	19	54. 台灣的地震頻率如何？	40
30. 地震規模愈大，是否災情愈大？	19	55. 地震的發生是否與天氣或季節有關？	40
31. 試問規模多大的地震才會引起災害？	19	56. 台灣何以東部地區地震最多？	41
32. 規模 8.2 的地震威力有多大？	20	57. 台灣何以西部地區地震災害較嚴重？	41
33. 如何以地震規模區分地震之大小？	20	58. 台灣一般建築物耐震標準的分區情形如何？	41
34. 過去發生之地震其規模 (M) 與次數分布情形如何？	20	<b>(七) 地震發生時所伴隨的現象</b>	42
35. 何謂震度？	21	59. 因地震引發之地殼變動有那些現象？	42
36. 地震震度與加速度之關係如何？	23	60. 台灣大地震發生之地殼變動如何？	42
37. 何謂等震度線？	23	61. 何謂地鳴與地光？	43
38. 等震度圖有何用途？	25	62. 何謂震生湖？	43
39. 如何藉震度圖決定地震之深淺？	25	63. 發生海嘯之原因為何？	43
<b>(五) 地震觀測</b>	25	64. 海嘯之傳播情形如何？	44
40. 如何觀測地震的發生？	25	65. 過去有那些大海嘯發生？	44
41. 地震儀的構造如何？	25	66. 是否所有的海嘯都能造成災害？	46
42. 何謂地震儀常數？	25	67. 台灣過去是否有海嘯災害？	47
43. 地震儀的種類有那些？	26	68. 中央氣象局海嘯警報發布作業之程序為何？	48
44. 地震站應有那些配備？	26	69. 台澎金馬等地區之海嘯危害度為何？	50
45. 地震站的主要任務及功能有那些？	27	<b>三、地震災害與預報</b>	51
46. 如何決定震央？	28	<b>(一) 地震災害</b>	51
47. 中央氣象局即時地震監測網之情形如何？	30	70. 台灣之災害性地震的災害情形如何？	51
		71. 台灣最嚴重的震災情形如何？	51

72. 地震對人為構造物會導致什麼損害？	51	98. 大地震發生時應注意那些事項？	76
<b>(二) 地震預測</b>	60	<b>五、地震資料服務</b>	77
73. 什麼叫做地震預測？	60	99. 中央氣象局有那些地震觀測資料？民眾如何申請？	77
74. 地震預測之可行性如何？	60	100. 中央氣象局有那些地震宣導資料？	77
75. 地震預測有那些方法？	61		
76. 什麼是驗潮？	62		
77. 何以動物對地震遠較人類敏感？	62		
78. 由動物異常行為可否作為地震預測的依據？	63		
79. 地殼變動的連續觀測可否用以預測地震？	63		
80. 常有微小地震發生的地方，是否易有大地震發生？	64		
81. 由地震波速度變化能預測地震嗎？	64		
82. 地震預測研究的現況如何？	64		
83. 政府是否能對地震作預報？	66		
84. 何謂強震即時警報？	67		
85. 何謂地震速報？	67		
86. 何謂地震速報系統？	68		
87. 何謂強震預警系統？	68		
88. 地震是否可控制？	69		
<b>四、地震災害預防</b>	71		
89. 建築工程防震設計應遵守什麼原則？	71		
90. 興建特種重大之工程應怎樣慎選地點？	71		
91. 特種工程之耐震設計應特別考慮嗎？	72		
92. 磚石造或鋼筋水泥造的房屋是否易於倒塌？	72		
93. 地震時房屋為何會倒塌？	73		
94. 地震對建築物之影響，除結構外影響最大者為何？	73		
95. 應如何避免海嘯災難？	73		
96. 何以特別強調地震發生時首先熄滅火種關閉電源？	75		
97. 地震前之準備事項為何？	75		

# 一、地球概論

## 1、如何區分地球構造？

地球是一個球狀物體，由固體、液體和氣體物質按照一定的分布順序組成。地球本身的主要部分為固體，外層叫岩石圈；岩石圈表面為一層並不連續的水份所包圍叫水圈；水圈以外，再由一層氣體所籠罩是大氣圈。這三者的界限並不完全明確，因為水和空氣、空氣和岩石、岩石和水常常混雜在一起，如大氣常含水份與固體的岩石微粒，水圈則有岩石粒子成為沈積物，岩石圈受空氣與水的作用而發生變化。

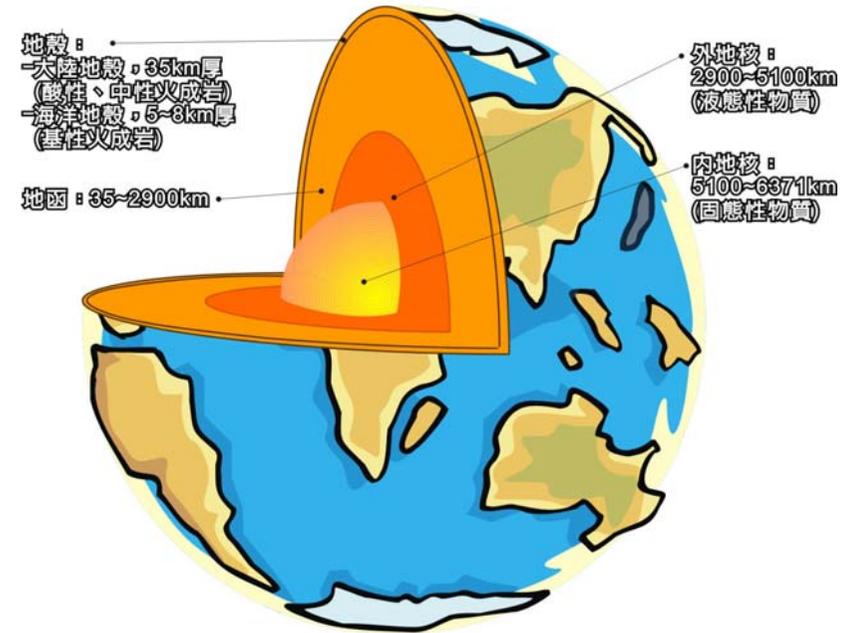


## 2、地球內部概貌如何？

地球內部可分為下列 3 部分：

- (1)地殼 (crust)：平均厚度約為 35 公里。陸地地殼較海洋地殼厚，例如西藏高原下的地殼厚約 70~80 公里，而海洋地殼平均為 5~8 公里。
- (2)地函 (mantle)：約從地殼下部至 2,900 公里。
- (3)地核 (core)：分為內核與外核。自地函的下限至 5,100 公里稱為外核，再由外核的下限至地球中心，稱為內核。

地球內部概貌



### 3、地球各部分構造的質量與體積如何？

名稱	厚度	體積	平均密度
	(km)	( $10^{27} \text{cm}^3$ )	( $\text{g/cm}^3$ )
水圈	(平均) 3.80	0.00137	1.03
地殼	17	0.008	2.80
地函	2883	0.899	4.50
地核	3471	0.175	10.70
地球	(半徑) 6371	1.083	5.52

名稱	質量	質量百分比
	( $10^{27} \text{g}$ )	(%)
水圈	0.00141	000.024
地殼	0.024	000.4
地函	4.075	068.1
地核	1.876	031.5
地球	5.976	100.00

### 4、地球的常數如何？

幾何常數

赤道半徑  $a=6378160\text{m}$  (定義)

極半徑  $b=6356774.5161\text{m}$

物理常數

地心引力常數

$$GM=3.986 \times 10^{14} \text{m}^3/\text{s}^2 \text{ (定義)}$$

地球自轉角速度

$$\omega=7.2921151467 \times 10^{-5} \text{rad/s (定義)}$$

地球的平均密度

$$\rho=5.5145 \text{g/cm}^3$$

地球的質量

$$M=5.976 \times 10^{27} \text{g}$$

### 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，地表赤道標準重力為：

$$G_E=978.03184558 \text{cm/sec}^2$$

而在極地之標準重力為：

$$G_P=983.21772792 \text{cm/sec}^2$$

地下某一點的  $G$  值，是假定物體在該處自由落下時的加速度。 $G$  值並非如一般想像在地函 (mantle) 之內漸向地心遞減，而是地函底部  $G$  值達到最大 (約為  $1021 \text{cm/sec}^2$ ) 後，再逐漸遞減到中心為零。

在不同之緯度 ( $\phi$ ) 處之標準重力加速度，可以下式求得：

$$G_\phi=978.03185 (1+0.005278895 \sin^2 \phi + 0.000023462 \sin^4 \phi) \text{gal}$$

### 6、地球之磁力如何？

地球磁場軸的兩極一在  $73^\circ \text{N}$ 、 $100^\circ \text{W}$ ，另一在  $68^\circ \text{S}$ 、 $146^\circ \text{E}$ 。磁軸並不通過球心，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。

磁力強度的單位是  $\gamma$  (gamma)，定義是  $10^{-5}$  ( $\Gamma$  gauss；高斯)。在磁南極（地理北極）地磁強度是  $0.7\Gamma$ ，在磁北極（地理南極）地磁強度是  $0.6\Gamma$ 。磁南極軸較磁北極軸為大。地磁最小的地方是南回歸線，南美西海岸有  $0.25\Gamma$ ，最大值可達  $3\Gamma$ ，是因地區性存有磁性礦物之故。

## 7、地球之溫度變化如何？

在地球上，由地表起向地球內部，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 ( $1^{\circ}\text{C}/30\text{m}$ )，但變動甚大，曾觀測到每 6.7 公尺增加攝氏 1 度 ( $1^{\circ}\text{C}/6.7\text{m}$ ) 者，偶而亦會測到隨深度遞減之情形，此可能是由於地下水環流之故。

## 8、影響地表溫度之因素有那些？

影響地表溫度之基本因素如下：

- (1) 由太陽而來，落於地表之輻射熱。
- (2) 反照率 (albedo)，為反射與總輻射之比，平均為 0.29。
- (3) 由底部加熱（溫度梯度）。
- (4) 輻射。
- (5) 空氣傳導散熱。

# 二、地震

## (一) 定義

### 9、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。地震學為地球科學之一分科，研究地震及其相關現象。

## (二) 地震分類

### 10、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）。其中又以板塊運動所造成的地殼變動（構造性地震）為主。

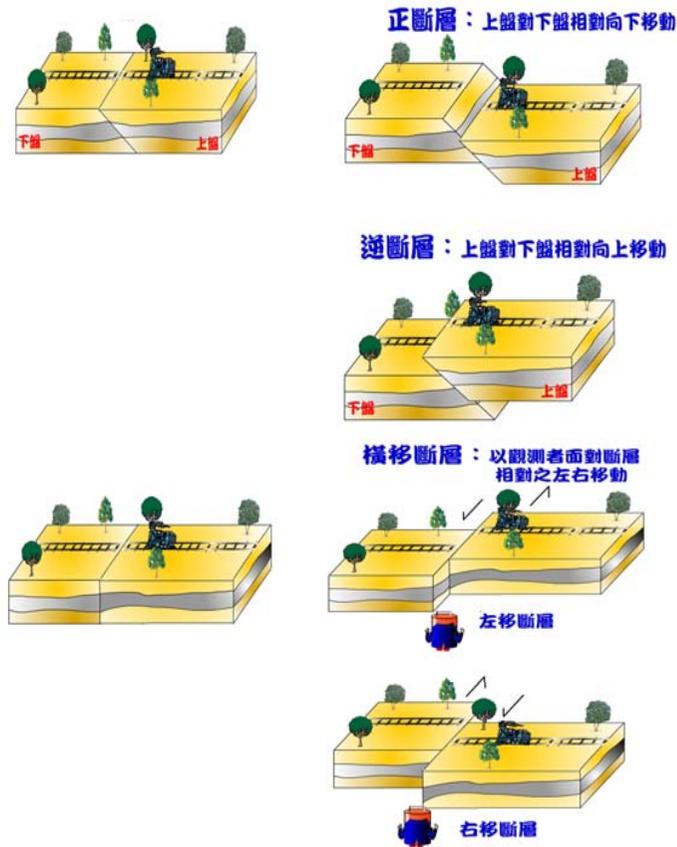
由於地球內有一種推動岩層的應力，當應力大於岩層所能承受的強度時，岩層會發生錯動 (dislocation)，而這種錯動會突然釋放巨大的能量，並產生一種彈性波 (elastic waves)，我們稱之為地震波 (seismic waves)，當它到達地表時，引起大地的震盪，這就是地震。

### 11、斷層是否與地震有關？

許多大地震發生後，常出現地表破裂的現象，究竟是斷層引發地震抑或地震造成斷層，目前尚無科學上的定論。但是，斷層經常是地震釋放能量的地方。

## 12、斷層可分那些類？

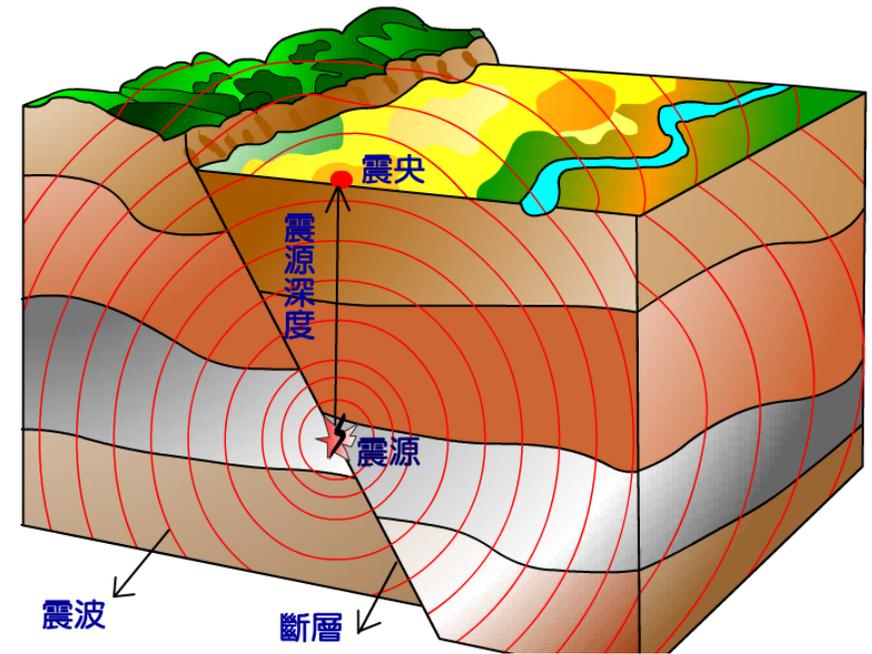
斷層是一種破裂性的變形，兩側岩層延著破裂面（斷層面）發生相對移動，或上下或前後左右，依斷面傾斜角度將兩側岩層分為上盤及下盤，因斷層發生時實際運動情形，已無法追就，所以主要斷層分類以相對移動而定，分為：



## 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。

※附圖為震源與震央位置示意圖



#### 14、何謂淺層地震、深層地震？

地震震源深度在 0~30 公里者稱為極淺地震 (very shallow earthquake)。在 30~70 公里者稱為淺層地震 (shallow earthquake)。在 70~300 公里者稱為中層地震 (intermediate earthquake)。在 300~700 公里之地震為深層地震 (deep earthquake)。

#### 15、何謂遠地地震？

依本局規定，震央在台灣 300 公里以外者，稱為遠地地震。(如按國際規定，則以 1000 公里為標準)

#### 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；反之，則為無感地震。

在主要地震發生之前，有時先發生若干次小地震，謂之前震 (Foreshock)。

在主要地震之後，常有若干次小地震相繼發生，謂之餘震 (Aftershock)。

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？

相同地震發生特性 (如時、空) 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。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。

(4)群震 (Swarm Earthquakes)：同一系列之地震中，其大小無法區分何者為主震之地震，或稱之為頻發地震。

#### 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)。

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，門窗格格作響，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？

地震學家在 1940 年左右發現，世界上有一些地方於水庫建築完成後，當地地震活動有增加之現象，此種現象是因為人工湖的建造而增加其周圍地層的負荷所致。但是，通常這只是一種暫時性的自然現象。

## (三) 地震波

### 21、主要的地震波有那些？

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。

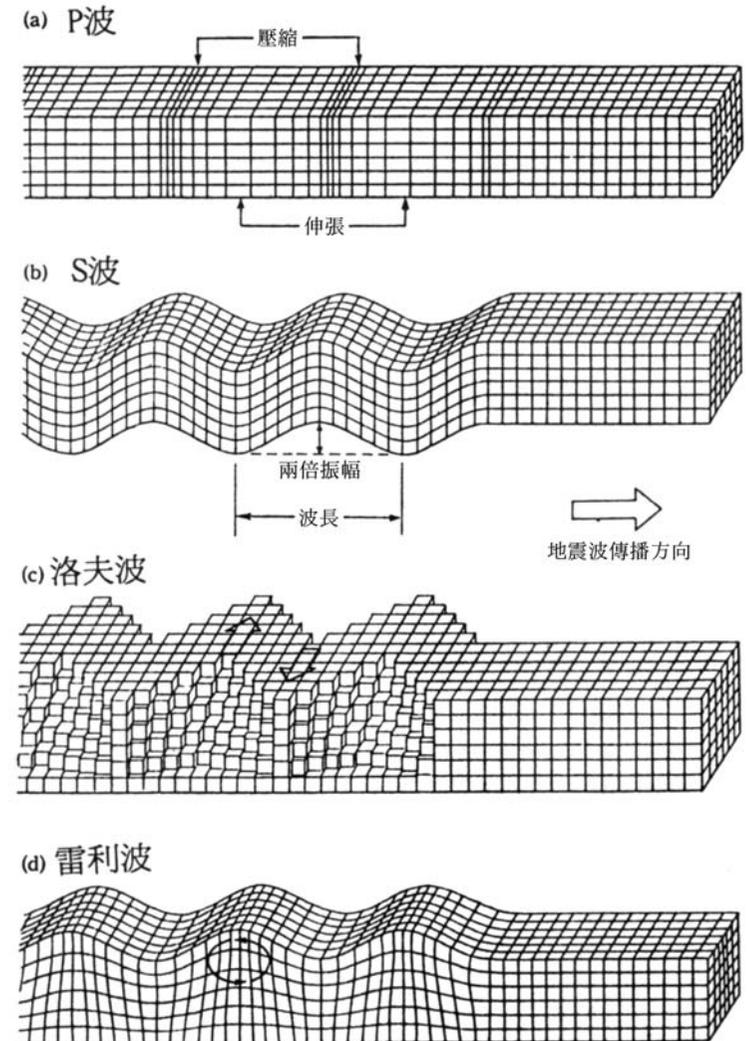
② S 波 (shear wave or secondary wave, 橫波或剪力波)：質點運動與波傳播方向垂直，產生前後左右在水平各方向的振動，速度次之。

(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。但是，由於地震波的能量一方面會因幾何擴散而分散到空間中，當地震波傳得愈遠，其單位體積內的能量愈少，因此距離震源愈近的地區所感受到的振動愈大；另一方面地震波的能量會因岩層之間的摩擦阻力作用而衰減，當地震波穿過地層愈久，衰減得愈多，而且以 P 波的衰減量最大，因此淺層地震的地表上下振動較為明顯，而深層地震的地表上下振動常衰減到不易為人所察覺。此外，在地質鬆軟的地區，常由於地震波的重複反射引起駐波（trapped wave）共振現象，使得地表振動程度更加嚴重。

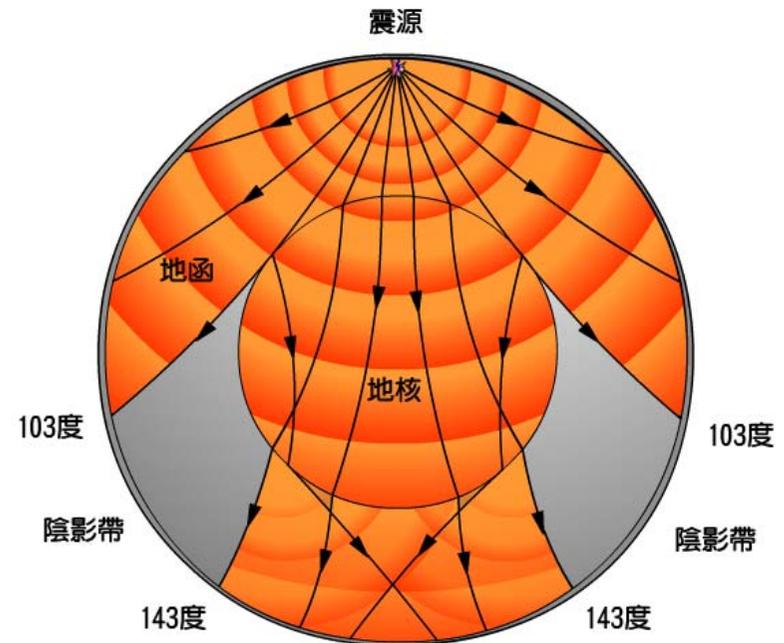
## 23、何謂頻散？

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 分、2 分……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 (Magnitude) 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。

##### 26、如何計算規模？

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 (Micron,  $1 \mu = 10^{-6} \text{m}$ ) 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  $\mu$  為單位)。 $A_0$  = 距離修正量；當標準扭力式地震儀於標準地震 ( $M_L = 0$ ) 時所記錄之最大振幅。

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：

$$M_b = \log A / T + Q(\Delta) \quad \text{式中 } Q(\Delta) \text{ 為距離修正量。}$$

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  $\Delta$  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 (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：

$$M_w = (2/3) \log_{10} M_0 - 6,$$

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：

$$M_0 = \mu DS,$$

- $\mu$  為斷層物質之剛硬係數 (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。以下列出近幾年來台灣地區較大地震，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
2005/06/06 03:06 宜蘭地震	5.9	5.8

## 28、地震規模與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：

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

可知規模每增加一個單位，其所釋放的能量約增大 30 倍。

### 30、地震規模愈大，是否災情愈大？

原則上，同一地區之地震規模愈大其所可能導致的災害應該愈大。就地震而言，它即是一種能量的釋放，然後以波的形式向四方傳播。傳播途中，能量會因摩擦、吸收等而衰減，又因各岩石的物理性質不同，能量、振幅等衰減也因而不同（後者是較小的因素）。是故在有效距離內，規模愈大，災害也愈大是不可否認的，而且深層地震所造成的災害遠比淺層地震造成的災害為小。

### 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？

如果以轟炸日本廣島的原子彈作為比較的標準來看，規模 8.2 的地震，它的能量相當於 1000 個同類型原子彈的能量。

### 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，為最大級之地震，自有地震觀測以來全世界共發生過 5 次。
- (2) M 8.0 至 8.9 之地震，為第一級大地震，如震央在陸上會造成大災害，如震央在海底會引起大海嘯，而且主震後有很多餘震，自 1900 年以來，全世界大約每年平均發生一次。
- (3) M 7.0 至 7.9 之地震為相當大的地震，如震央在陸上會造成大災害，如震央在海底會引起大海嘯，自 1900 年以來，全世界大約每年發生 18 次。
- (4) M 6.0 至 6.9 之地震，如震央在陸上會造成災害，世界上任何主要地震觀測站均可測得其地震波，自 1900 年以來，每年大約發生 120 次。
- (5) M 5.0 至 5.9 之地震，有感區域相當大，震央附近會造成災害，自 1900 年以來，每年約 800 次。
- (6) M 4.0 至 4.9 之地震，通常不發生災害，我們通常感到者都是 M 4 以上之地震，自 1900 年以來，每年約 6,200 次。
- (7) M 3.0 至 3.9 之地震，在震央附近人體可以感到，自 1900 年以來，每年約 49,000 次。

(8)M 2.0 至 2.9 之地震，人體不能感到，震央附近之觀測站可測得此地震，自 1900 年以來，每天約 1,000 次。

(9)M 1.0 至 1.9 之地震，用高倍率地震儀才可以觀測到其地震波，自 1900 年以來，每天約 8,000 次。

(10)M 1.0 以下之地震，設在適當地點之超高倍率地震儀才可以觀測到此地震。

以上所述僅適用於淺震源之地震。

### 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之（見交通部中央氣象局地震震度分級表）。

交通部中央氣象局地震震度分級表

震度分級	地動加速度範圍	人的感受	屋內情形	屋外情形
0 無感	0.8gal 以下	人無感覺。		
1 微震	0.8~2.5gal	人靜止時可感覺微小搖晃。		
2 輕震	2.5~8.0gal	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 弱震	8~25gal	幾乎所有的人都感覺搖晃，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 中震	25~80gal	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，底座不穩物品傾倒，較重傢俱移動，可能有輕微災害。	汽車駕駛人略微有感，電線明顯搖晃，步行中的人也感到搖晃。
5 強震	80~250gal	大多數人會感到驚嚇恐慌。	部分牆壁產生裂痕，重傢俱可能翻倒。	汽車駕駛人明顯感覺地震，有些牌坊煙囪傾倒。
6 烈震	250~400gal	搖晃劇烈以致站立困難。	部分建築物受損，重傢俱翻倒，門窗扭曲變形。	汽車駕駛人開車困難，出現噴沙噴泥現象。
7 劇震	400gal 以上	搖晃劇烈以致無法依意志行動。	部分建築物受損嚴重或倒塌，幾乎所有傢俱都大幅移位或摔落地面。	山崩地裂，鐵軌彎曲，地下管線破壞。

註：1gal = 1cm/sec<sup>2</sup>；1G = 980 gal

### 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：即刺激的程度（加速度， $\alpha_1$ ，單位為公分／秒<sup>2</sup>）成等比級數增加時，感覺的程度（震度，I）將以等差級數增加。

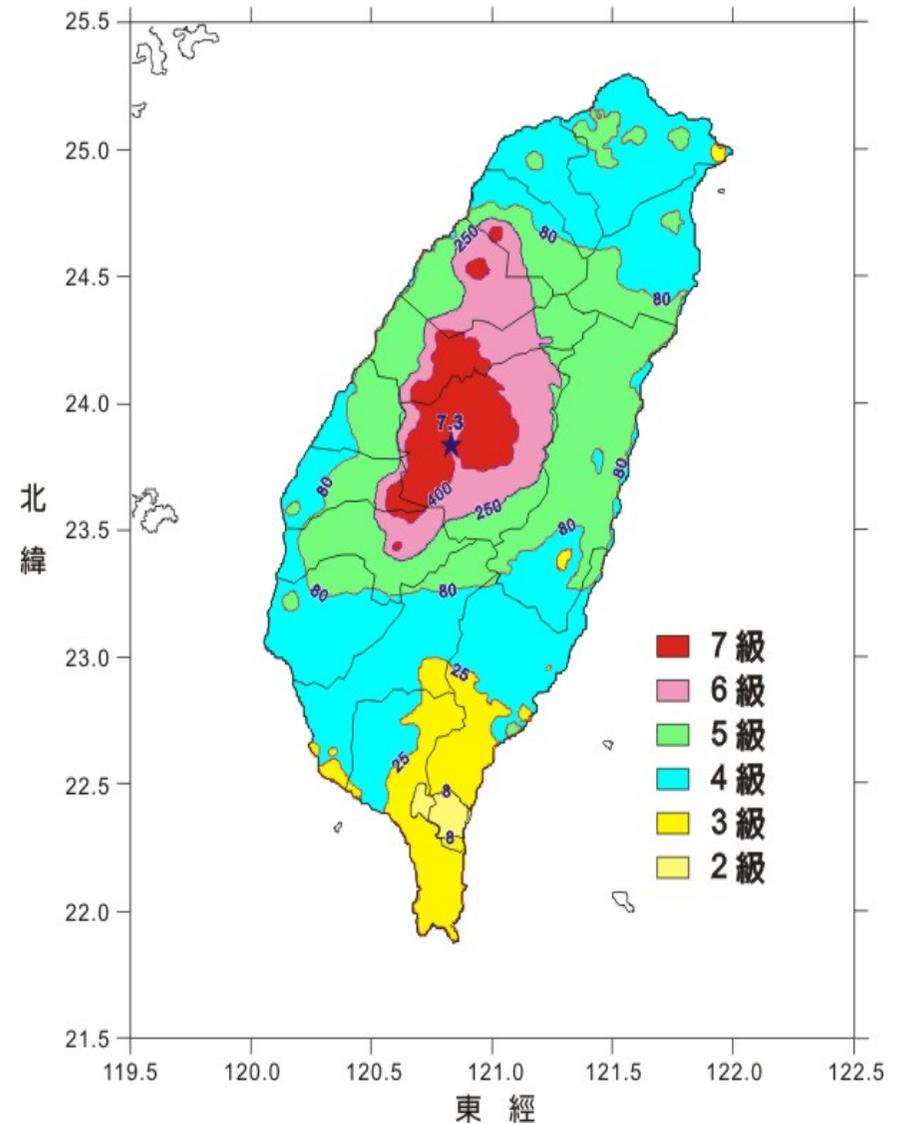
本局現所採用的震度階級，其與加速度的關係式如下：

$$\log \alpha_1 = \frac{I}{2} - 0.6$$

### 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，因觀測地區之不同，震度亦異。

如將一已知地震，震度相等各地所連之曲線，稱為等震度線。等震度線之形狀可能呈圓形，但若地下的地質結構特異時（例如：盆地），則可能呈不規則狀。後頁圖為 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，所以從等震度圖可略知震央位置，而且從等震度線的分布圖可預估地震災害的情形。

### 39、如何藉震度圖決定地震之深淺？

若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。

### 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。

### 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、地震儀的種類有那些？

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、地震站應有那些配備？

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那些？

地震站的主要任務及功能有三：

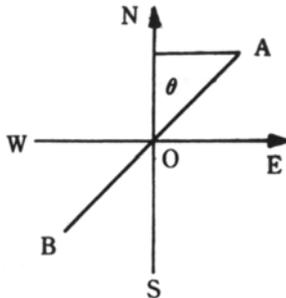
- (1) 記錄近地地震。
- (2) 記錄遠地地震。
- (3) 供當地地震之震後調查之用。

#### 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：

設  $A_{EW}$  = 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)。  
 $\theta$  = 震央與觀測站之方位角 (自北順鐘向計算)。



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

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  $\Delta$  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)

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， $\Delta$  為測站與震央之距離，則

$$T_p - T_0 = \frac{\Delta}{V_p} \quad (T_p = \text{P波到達時間})$$

$$T_s - T_0 = \frac{\Delta}{V_s} \quad (T_s = \text{S波到達時間})$$

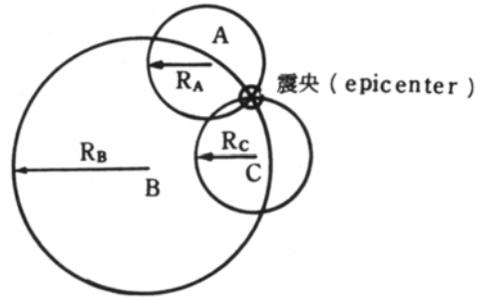
由 兩式得  $T_s - T_p = \Delta \left( \frac{1}{V_s} - \frac{1}{V_p} \right)$

$$\therefore \Delta = \frac{T_s - T_p}{\left( \frac{1}{V_s} - \frac{1}{V_p} \right)}$$

及  $T_0 = \frac{T_p V_p - T_s V_s}{V_p - V_s}$

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。

## 47、中央氣象局即時地震監測網之情形如何？

中央氣象局於民國 83 年建置完成一即時地震監測網，此地震網包括了台灣本島以及金門、澎湖、蘭嶼、彭佳嶼等離島測站，其分布如附圖。即時監測站所裝配的儀器皆為三軸向（垂直、南北和東西向）短週期地震儀，地振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之，數位訊號經由震波分析軟體判讀相位，並進行地震確認與定位作業。若為有感地震，則由作業人員立即對外發布地震消息。所有即時訊號在中心亦以類比記錄器顯示，以便工作人員判斷電腦自動處理是否正確，數位資料事後重新由人工建檔整理成資料庫，以便於日後查詢。

本局即時地震監測站除了有短週期地震儀外，

各測站並設置一啟動式強震儀，由中心以撥接電話方式連線，可查詢地震震度或測校儀器狀況。



#### 48、中央氣象局如何發布地震消息？

中央氣象局自民國 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，發布地震報告（如附圖）或強烈遠地地震消息，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）及無遠弗界的網際網路（網頁、電子郵件），使一般民眾儘早獲知地震消息。

#### 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？

台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：台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，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，主要災區卻在台北地區，可見不同地質所造成的場址效應不可忽視。縱使是在台北盆地內部，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，中央氣象局特自民國 81 年起逐年建立強地動觀測網，以蒐集台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？

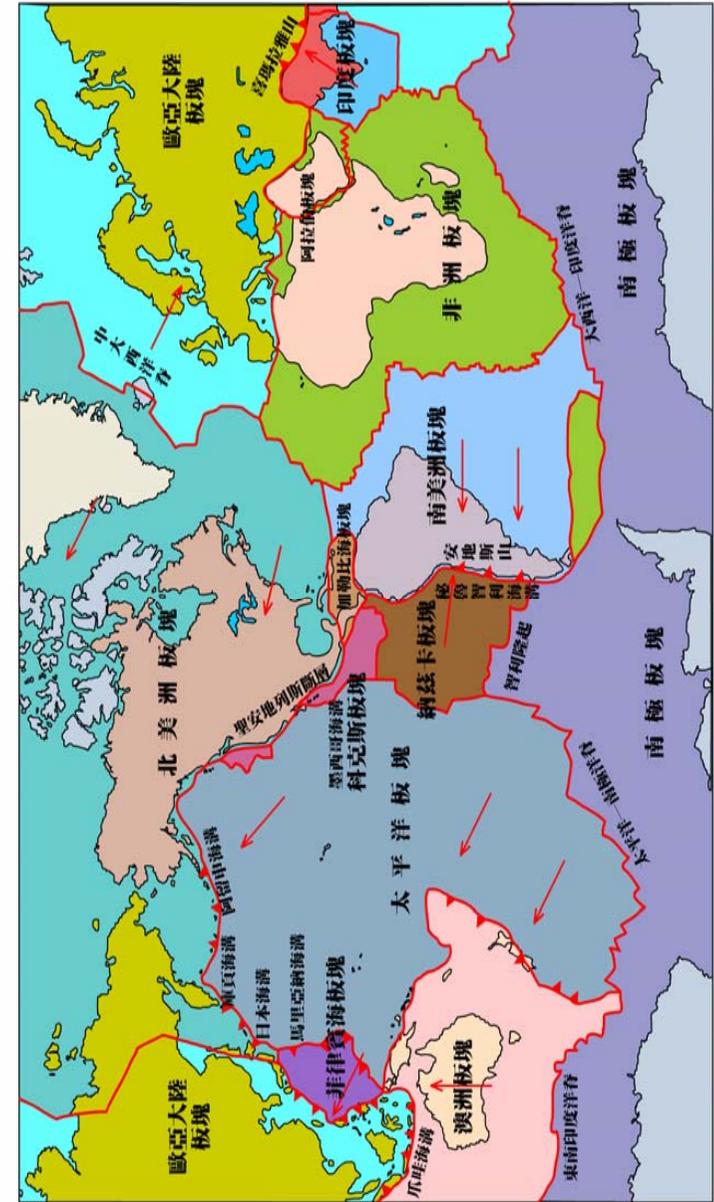
板塊構造學說（Plate tectonics）主要在說明目前發生在地球上層的構造及解釋地震發生之原因。

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（見 36 頁附圖），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)：代表地殼引伸拉裂的現象，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，係經熔融作用而產生。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)：在這交界處兩板塊相互碰撞，較重者插入較輕者之下方 (約以  $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$  之傾角)，使老的岩石圈消失而回到地函中，這插入的部分叫隱沒帶 (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一地震帶，其震源深度可從很淺到大約 700 公里左右。台灣花蓮附近為歐亞大陸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。台東縱谷斷層即為歐亞大陸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。

其主要者如下：

- (1)環太平洋地震帶 (circum-Pacific seismic zone)：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、台灣、菲律賓、印尼至紐西蘭。東從阿拉斯加起，經北美和中美洲西海岸，直至安第斯山南端。
- (2)歐亞地震帶 (Eurasia seismic zone) 或稱地中海地震帶 (Mediterranean seismic zone)：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 zone)：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。
- (4)台灣地震帶。

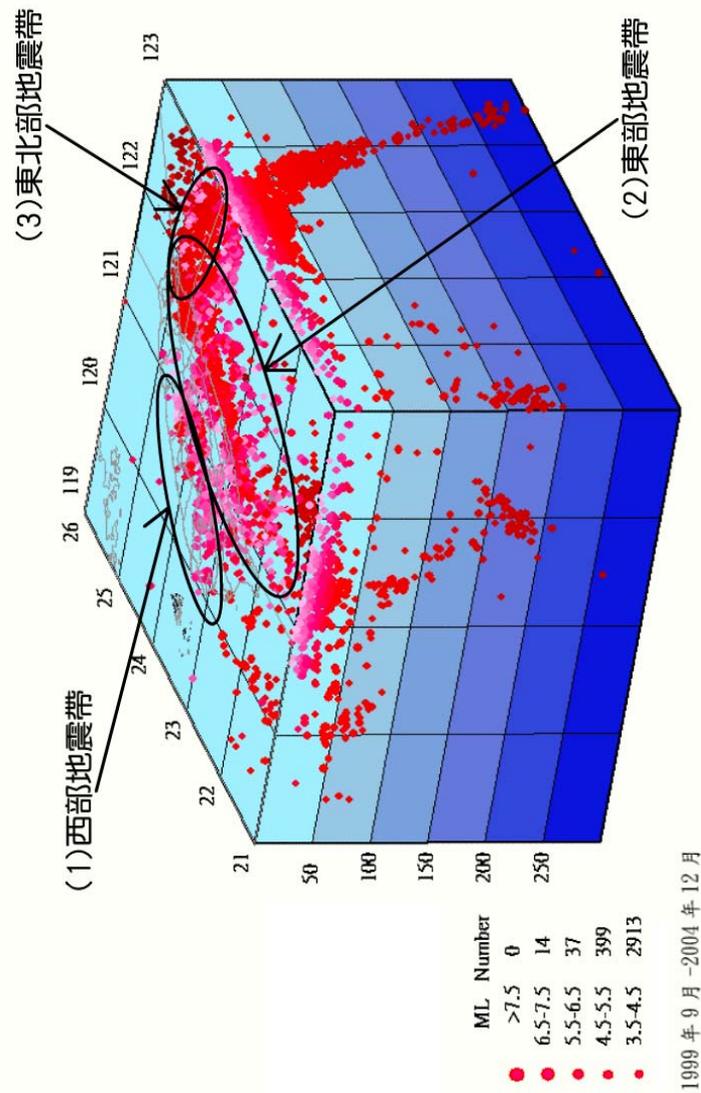
## 53、台灣地震帶之分布情形如何？

台灣地震帶主要有 3：(如 39 頁附圖)

- (1)西部地震帶：自台北南方經台中、嘉義而至台南。寬度約 80 公里，大致與島軸平行。地震次數較少，但餘震較頻繁，持續時間較短暫，範圍廣大，災情較重，震源淺 (約 10 餘公里)，地殼變動激烈。
- (2)東部地震帶：北起宜蘭東北海底向南南西延

伸，經過花蓮、成功到台東，一直至呂宋島。此帶北端自宜蘭與環太平洋地震帶延伸至西太平洋海底者相連，南端幾與菲律賓地震帶相接。此帶成近似弧形朝向太平洋，亦和台灣本島相平行，寬 130 公里，特徵為地震次數多。通常，震源較西部者為深。

- (3)東北部地震帶：此帶自琉球群島向西南延伸，經花蓮、宜蘭至蘭陽溪上游附近，屬淺層震源活動帶。



## 54、台灣的地震頻率如何？

我國位處環太平洋地震帶上，地震發生的次數相當頻繁，並且經常有強烈的地震發生。根據中央氣象局自1900~1990年的觀測資料顯示，台灣地區平均每年約發生2,200次地震，其中約有214次為有感地震。中央氣象局地震網在1991年經過大幅更新後，地震偵測能力亦隨之倍增，地震紀錄自1991~2004年之年平均值增為18,649次(每月平均約為1,554次)，其中多數為無感地震，有感地震之年平均值約有1,047次。地震發生次數最多的是在1999年，主要是受到921地震之影響，該年共計發生了49,919次地震，其中有感地震達3,003次之多。就災害性地震資料統計分析，從1900年至今計有96次災害性地震。

## 55、地震的發生是否與天氣或季節有關？

許多人相信地震的發生與天氣有關，認為天氣悶熱時地震最多，但是此種說法尚無明確的科學根據。

台灣地區地震的發生與季節之間的關係，依各月統計，從9月到翌年1月為台灣多地震季節，其次是6月。如果就地震地點而言，台北9月份多，6月反而少；新竹11月最多，2、3月最少；花蓮10、11月為最多，6、7月最少；台南以12月為最多；台東也以12月最多。不過這種地震頻率與季節之關係並無科學理論根據。

## 56、台灣何以東部地區地震最多？

台灣東部恰處於歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊的交界處，故其地震活動甚為頻繁，但因其多發生在外海，所以造成的災害相對地較小。

## 57、台灣何以西部地區地震災害較嚴重？

台灣西部的地震活動雖不如台灣東部地區頻繁，但因其震源較淺，且多發生在陸地，加以人口密集，所以較可能造成嚴重災害。

例如民國 24 年新竹、台中烈震，民國 53 年嘉義烈震與民國 88 年集集大地震，皆造成慘重的災情。

## 58、台灣一般建築物耐震標準的分區情形如何？

民國 88 年 9 月 21 日集集大地震後，內政部營建署依最新強地動資料於民國 88 年 12 月修正建築技術規則耐震設計(內政部台 88 內營字第 8878473 號文)，依震區水平加速度係數劃分為地震甲區及地震乙區，其對應之加速度係數分別為 0.33g 及 0.23g。各震區包括之直轄市、縣(市)及鄉(鎮、市)如下表所列：

地震甲區		地震乙區	
宜蘭縣、新竹市、新竹縣、苗栗縣、台中市、台中縣、彰化縣、南投縣、雲林縣、嘉義市、嘉義縣、台南市、台南縣、花蓮縣、台東縣。		基隆市、台北市、台北縣、桃園縣、高雄市、澎湖縣。	
高雄縣	旗山鎮、三民鄉、六龜鄉、內門鄉、甲仙鄉、杉林鄉、美濃鄉、桃源鄉、茂林鄉。	高雄縣	鳳山市、岡山鎮、大社鄉、大寮鄉、大樹鄉、仁武鄉、田寮鄉、永安鄉、阿蓮鄉、林園鄉、梓官鄉、鳥松鄉、

			茄荳鄉、路竹鄉、湖內鄉、燕巢鄉、橋頭鄉、彌陀鄉。
屏東縣	恆春鎮、九如鄉、內埔鄉、里港鄉、車城鄉、牡丹鄉、長治鄉、來義鄉、泰武鄉、高樹鄉、春日鄉、獅子鄉、瑪家鄉、萬巒鄉、滿洲鄉、霧台鄉、鹽埔鄉、麟洛鄉、三地門鄉。	屏東縣	屏東市、東港鎮、竹田鄉、林邊鄉、佳冬鄉、枋山鄉、枋寮鄉、南州鄉、崁頂鄉、琉球鄉、新埤鄉、新園鄉、萬丹鄉、潮州鄉。

金門與馬祖不屬上述任一震區。但其水平加速度係數可取地震乙區。

## (七) 地震發生時所伴隨的現象

### 59、因地震引發之地殼變動有那些現象？

因地震引發之地震變動有斷層、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。

### 60、台灣大地震發生之地殼變動如何？

台灣歷年來發生大地震均有地裂、山崩、斷層等地殼變動之狀況，如 1906 年 3 月 17 日嘉義地方烈震，產生梅仔坑斷層，長 13 公里，水平變位最大為 240 公分，垂直變位最大為 180 公分，有顯著之地裂及噴泥等現象。

1935 年 4 月 21 日新竹、台中烈震，發生屯子腳及獅潭斷層，前者長 10 餘公里，後者 20 餘公里，水平最大變位 150 公分，垂直最大變位達 3 公尺，是以陷沒、山崩地裂、噴泥等現象均甚顯著。

1941 年 12 月 17 日嘉義地方烈震，雖未發生地震斷層，但有很多廣大山崩，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年12月5日台南強震，產生新化斷層，長12公里，水平最大變位220公分，垂直為200公分，多處有噴泥及地裂現象。

1999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，水平最大變位7公尺，垂直最大變位達4公尺，多處有噴沙、噴泥現象。

以上是地變較為顯著者。

### 61、何謂地鳴與地光？

大地震時常發現聲、光出現，對聲音的發生，認為可能是由彈性波而來。至於閃光，則難以解釋，認為可能是斷層摩擦充電，並隨之放電或電網短路所致。

### 62、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，則其上游水流因而儲蓄於山區，形成大湖，稱為震生湖，1941年12月17日4時19分，發生嘉義烈震，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餘公尺之堰塞湖。

### 63、發生海嘯之原因為何？

一般而言，海底發生地震時並不一定會引起海

嘯，但當淺層地震的規模夠大時，會造成海底地形變動，如海床垂直位移、海溝斜坡崩塌及火山爆發等現象，從而引起海面擾動而成長週期的波浪，統稱為海嘯。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。

### 64、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：

$$v = \sqrt{gh} \quad h: \text{海洋深度} \quad g: \text{重力加速度}$$

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堆積現象使浪高大為增加，造成沿岸地區重大的破壞及生命財產的損失。

### 65、過去有那些大海嘯發生？

#### (1)日本三陸大海嘯

西元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。

#### (2) 葡萄牙里斯本的海嘯

西元 1755 年 11 月 1 日，葡萄牙地震。葡京里斯本經歷了歷史上空前的一次浩劫。里斯本位於 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。

#### (3) 印尼喀喇卡多亞的海嘯

在喀喇卡多亞火山大爆發的時候，海嘯跟著

發生了，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。

#### (4) 西元 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 9.0 的巨震，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十多萬人罹難。

### 66、是否所有的海嘯都能造成災害？

我們知道，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。

## 67、台灣過去是否有海嘯災害？

依據歷史記載，台灣自公元 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 傳船入港，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，重修台灣縣志「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) 台灣采訪冊「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) 台灣采訪冊「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，台灣北部地震，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，基隆全市房屋倒壞，死者數百人，基隆港海水向外海流出，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，房屋部分倒壞。

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，較能確定為台灣近海地區地震所引發之海嘯。

## 68、中央氣象局海嘯警報發布作業之程序為何？

中央氣象局觀測到我國沿海發生波高五十公分以上之海嘯時，應儘速發布海嘯報告，並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。

經中央氣象局研判海嘯將對我國沿海造成影響時，應儘速發布海嘯警報，其種類、發布時機及通報對象如下：

一、遠地地震所引起之海嘯：預測海嘯將於三小時內到達我國沿海時，應發布海嘯警報，並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，籲請沿岸居民防範海嘯侵襲。

二、近海地震所引起之海嘯：當偵測到台灣沿岸及近海發生地震規模七以上，震源深度淺於三十五公里之淺層地震時，發布海嘯警報，並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，籲請沿岸居民防範海嘯侵襲。

海嘯警報發布後，經中央氣象局研判海嘯之威脅解除時，應即解除海嘯警報。

## 69、台澎金馬等地區之海嘯危害度為何？

根據過去的海嘯歷史紀錄，台澎金馬沿海地區其海嘯危險性分級依行政區劃分如下表：

區級	縣 市	說 明
I	台北縣、基隆市	歷史資料顯示有海嘯災害者。
II	台中縣、彰化縣、雲林縣、嘉義縣、台南縣市、高雄縣、高雄市(含東沙、南沙)、屏	歷史資料顯示可能有海嘯紀錄或疑似海嘯紀錄，但無海嘯災害者。

	東縣、台東縣、花蓮縣、宜蘭縣、澎湖縣	
III	桃園縣、新竹縣、新竹市、苗栗縣、金門縣、連江縣	歷史資料顯示並無海嘯紀錄，但可能受影響者。
附註：台北市、台中市、嘉義市、南投縣未臨海，無海嘯威脅。		

### 三、地震災害與預報

#### (一) 地震災害

##### 70、台灣之災害性地震的災害情形如何？

台灣地區自 1901 年至 2006 年曾發生 97 次較大災害之地震。其地震災害情形如後表：

##### 71、台灣最嚴重的震災情形如何？

過去近百年，台灣發生地震引起災害死傷最大者是 1935 年 4 月 21 日 6 時 2 分，新竹台中烈震，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，水平最大變位 150 公分最大落差 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，水平變位甚微，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。

台灣災害性地震引起損害最大者是 1999 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，由車籠埔斷層及雙冬斷層所引發，造成長約 100 公里之地表破裂帶，水平變位最大 7 公尺，垂直最大變位達 4 公尺，此次地震死 2,456 人，傷 10,718 人，房屋全毀 53,661 棟，毀損 53,024 棟。

##### 72、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，橋樑斷裂，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。

臺灣地震災害統計表（1901～）

次數 No.	發生時間 120E					震央		震深 H	規模 M	人口死傷			房屋毀損				備註	
	公元 年	國曆 年	月 日	時 分	緯度 經度	地 點	死 人			傷 人	合計 人	全毀 棟	半毀 棟	破損 棟	合計 棟			
1	1901	光緒 27	6	7	8	5	24.7 121.8		5.6				1	57		58		
2	1904	光緒 30	4	24	14	39	23.5 120.3		6.1	3	10	13	66	152	688	906		
3	1904	光緒 30	11	6	4	25	23.6 120.3	嘉義附近	7	6.1	145	158	303	661	1112	2067	3840	新港附近發生地裂及噴砂。
4	1905	光緒 31	8	28	12	22	24.2 121.7	立霧溪附近	5	6.0				1	8	9		
5	1906	光緒 32	3	17	6	43	23.6 120.5	嘉義縣民雄	6	7.1	1258	2385	3643	6769	3633	10585	20987	梅仔坑北方至民雄長13公里斷層。
6	1906	光緒 32	3	26	11	29	23.7 120.5	雲林斗六地方	5	5.0	1	5	6	29	43	486	558	
7	1906	光緒 32	4	4	20	42	23.7 120.5	雲林斗六地方	5	4.9				5			5	
8	1906	光緒 32	4	7	12	52	23.4 120.4	鹽水港		5.3	1	6	7	63	76	187	346	大埔附近多崖崩，7、8月連續發生。
9	1906	光緒 32	4	14	3	18	23.4 120.4	鹽水港	20	6.6	15	84	99	1794	2116	7921	11831	7時52分再震，地裂噴砂，崖崩甚多。
10	1908	光緒 34	1	11	11	35	23.7 121.4	花蓮萬榮地方	10	7.3	2		2	3	1	4	8	璞石閣附近有地裂及崖崩。
11	1909	宣統 1	4	15	3	54	25.0 121.5	台北附近	80	7.3	9	51	60	122	252	798	1172	
12	1909	宣統 1	5	23	18	44	24.0 120.9	南投埔里附近		5.9		6	6	10	32		42	
13	1909	宣統 1	11	21	15	36	24.4 121.8	大南澳附近	20	7.3		4	4	14	25	14	53	

14	1910	宣統 2	4	12	8	22	25.1 122.9	基隆東方近海									13	2	57	72	
15	1913	民國 2	1	8	6	50	24.0 121.6	花蓮附近									2			2	有地裂。
16	1916	民國 5	8	28	15	27	24.0 121.0	濁水溪上游	45	6.8	16	159	175	614	954	3931	5499				埋沒 14 戶。
17	1916	民國 5	11	15	6	31	24.1 120.9	台中東南約 20 公里	3	6.2	1	20	21	97	200	772	1069				
18	1917	民國 6	1	5	0	55	24.0 121.0	埔里附近	淺	6.2	54	85	139	130	230	395	755				
19	1917	民國 7	1	7	2	8	23.9 120.9	埔里附近	淺	5.5	—	21	21	187	221	277	685				
20	1918	民國 7	3	27	11	52	24.6 121.9	蘇澳附近		6.2		3	3				6	6			
21	1920	民國 9	6	5	12	21	24.0 122.0	花蓮東方近海	20	8.3	5	20	25	273	277	980	1530				
22	1922	民國 11	9	2	3	16	24.5 122.2	蘇澳近海	20	7.6	5	7	12	14	22	139	175				
23	1922	民國 11	9	15	3	31	24.6 122.3	蘇澳近海	20	7.2		5	5	24	24	365	413				
24	1922	民國 11	9	17	6	44	23.9 122.5	花蓮東方近海		6.0		1	1	6	2	195	203				
25	1922	民國 11	10	15	7	47	24.6 122.3	蘇澳近海	20	5.9	6	2	8				14	14			
26	1922	民國 11	12	2	11	46	24.6 122.0	蘇澳近海		6.0	1	2	3	1	—	33	34				
27	1922	民國 11	12	13	19	26	24.6 122.1	蘇澳近海		5.5		1	1				13	13			
28	1923	民國 12	2	28	18	12	24.6 122.0	蘇澳近海									1				1

29	1923	民國 12	3	5	8	10	24.5 121.8	蘇澳近海						1			1	
30	1923	民國 12	5	4	18	41	23.3 120.3	台南烏山頭附近		5.7				1		若干	1	
31	1923	民國 12	9	29	14	51	22.8 121.1	台東附近		5.5		1	1	1	5	75	81	
32	1925	民國 14	6	14	13	38	24.1 121.8	立霧河口	20	5.6		1	1	—	—	339	339	
33	1927	民國 16	8	25	2	9	23.3 120.3	台南新營附近	20	6.5	11	63	74	214	225	984	1423	
34	1930	民國 19	12	8	16	01	23.3 120.4	台南新營附近	20	6.1	4	25	29	49	277	172	498	磚場倒 165 戶，曾文區多地裂及噴砂。
35	1930	民國 19	12	22	8	08	23.3 120.4	台南新營附近	10	6.5		14	14	121	424	2295	2840	台南市道路龜裂、噴砂、新營有崖崩。
36	1931	民國 20	1	24	23	02	23.4 120.1	八掌溪中游	20	5.6						698	698	嘉義附近損害。
37	1934	民國 23	8	11	6	18	24.8 120.8	宜蘭濁水河口	淺	6.5		3	3	7	11		18	
38	1935	民國 24	4	21	6	02	24.4 120.8	竹縣關刀山附近。	5	7.1	3276	12053	15329	17907	11405	25376	54688	新竹-台中烈震，獅潭、屯子腳斷層。
39	1935	民國 24	5	5	7	02	24.5 120.8	後龍溪中游公館附近	10	6.0		38	38	28	98	473	599	新竹-台中烈震餘震。
40	1935	民國 24	5	30	3	43	24.1 120.8	大肚溪中游內橫屏山	20	5.6				2	24		26	新竹-台中烈震餘震。
41	1935	民國 24	6	7	10	51	24.2 120.5	梧棲附近	20	5.7		2	2	5	16	174	195	
42	1935	民國 24	7	17	0	19	24.6 120.7	後龍溪河口	30	6.2	44	391	435	1734	1850	4037	7621	新竹-台中烈震餘震。
43	1935	民國 24	9	4	9	38	22.5 121.5	台東東南 50 公里綠島附近	20	7.2						114	114	

44	1936	民國 25	8	22	14	51	22.0 121.2	恆春東方 50 公里	30	7.1				3	3			甚多	
45	1939	民國 28	11	7	11	53	24.4 120.8	竹縣卓蘭附近	10	5.8					4		20	24	
46	1941	民國 30	12	17	3	19	23.4 120.5	嘉義市東南 10 公里中埔附近	12	7.1	358	733	1091	4520	6910	4176	15606	嘉義地方烈震、草嶺山崩。	
47	1943	民國 32	10	23	0	01	23.8 121.5	花蓮西南 15 公里	5	6.2	1	1	2	1			148	148	道路崩壞兩處，電線斷七處。
48	1943	民國 32	11	3	0	51	24.0 121.8	花蓮東方 10 公里		5.0							87	87	
49	1943	民國 32	11	24	5	51	24.0 121.7	花蓮東方 5 公里	0	5.7							479	479	煙突損壞 78 座。
50	1943	民國 32	12	2	13	9	22.5 121.5	綠島南方 20 公里	40	6.1	3	11	14	139	55	229	423	崖崩 36 處。	
51	1944	民國 33	2	6	1	20	23.8 121.4	花蓮鳳林附近	5	6.4				2	8	380	390	花蓮市上太和、白川有若干損壞。	
52	1946	民國 35	12	5	6	47	23.1 120.3	台南新化附近	5	6.1	74	482	556	1954	2084		4038	有地裂、電桿、鐵路歪斜。	
53	1951	民國 40	10	22	5	34	23.9 121.7	花蓮東南東 15 公里	4	7.3	68	856	932				2382	山崩、地裂、鐵路彎曲下沉。	
54	1951	民國 40	10	22	11	29	24.1 121.7	花蓮東北東 30 公里	1	7.1									
55	1951	民國 40	11	25	2	50	23.2 121.4	台東北方 30 公里	36	7.3	17	326	343	1016	582	—	1598		
56	1955	民國 44	4	4	19	11	21.8 120.9	恆春	5	6.8		7	7	22	30	141	193		
57	1957	民國 46	2	24	4	26	23.8 121.8	花蓮	30	7.3	11	12	23	44	64		108	山崩。	
58	1957	民國 46	10	20	2	28	23.7 121.5	花蓮	10	6.6	4		4					輕	

59	1959	民國 48	4	27	4	41	24.1 123.0	與那國	150	7.7	1		1	9		4	13		
60	1959	民國 48	8	15	16	57	21.7 121.3	恆春	20	7.1	16	85	101	1214	1375	—	2589		*
61	1959	民國 48	8	17	16	25	22.3 121.2	大武東偏南 35 公里	40	5.6				3	少數		3		
62	1959	民國 48	8	18	8	34	22.1 121.7	恆春東 98 公里	15	6.1				32	5		37		
63	1959	民國 48	9	25	10	37	22.1 121.2	恆春東 50 公里	10	6.5		3	3	3	28	37	68		
64	1963	民國 52	2	13	16	50	24.4 122.1	宜蘭東南方 50 公里	47	7.3	3	15	18	6	6	—	12	蘇花公路坍方一處，橫貫公路山崩。	*
65	1963	民國 52	3	4	21	38	24.6 121.1	宜蘭東南偏南 16 公里	5	6.4	1	—	1					蘇澳中震，有地裂。	
66	1963	民國 52	3	10	10	53	24.5 121.9	宜蘭東南偏南 19 公里	5	6.1					3		3		
67	1964	民國 53	1	18	20	4	23.2 120.6	台南東北東 43 公里	18	6.3	106	653	759	10924	30041	—	40965	嘉南烈震，有地裂、噴砂。(白河地震)	*
68	1964	民國 53	2	17	13	50	23.2 120.6	台南東北 50 公里	10	5.9		3	3	422	4223		4645	嘉南餘震。	
69	1965	民國 54	5	18	1	19	22.5 120.8	大武西北偏北 26 公里	21	6.5		1	1	21	70		91	澎湖、台東有地鳴。	
70	1966	民國 55	3	13	0	31	24.2 122.7	花蓮外海	42	7.8	4	11	15	24	14		38		*
71	1967	民國 56	10	25	8	59	24.4 122.1	宜蘭東南 58 公里	20	6.1	2	3	5	21	38		59	花蓮長春橋山崩。	*
72	1972	民國 61	1	25	10	07	22.5 122.3	台東東偏南 120 公里	33	7.3	1	1	2	5	9		14		*
73	1972	民國 61	4	24	17	57	23.5 121.4	花蓮瑞穗東北 4 公里	15	6.9	5	17	22	50	98		148	瑞穗強震。	

74	1978	民國 67	12	23	19	23	23.3 122.1	成功東偏北 81 公里	4	6.8	2	3	5			1	1	2		
75	1982	民國 71	1	23	22	11	24.0 121.6	花蓮東南 12 公里	3	6.5	1		1				1	輕微	宜蘭太平山坍方，道路龜裂。	
76	1986	民國 75	5	20	13	25	24.1 121.6	花蓮北偏西 15 公里	16	6.2	1	3	4					少許	蘇花及橫貫公路坍方，北迴鐵路軌變位。	*
77	1986	民國 75	11	15	5	20	24.0 121.8	花蓮東偏南 10 公里	15	6.8	13	45	58	37	33			70	蘇花及橫貫公路全線中斷，北迴鐵路軌扭曲。中和華陽市場 2/3 房屋倒塌。	*
78	1990	民國 79	12	13	11	1	23.9 121.5	花蓮南方 10 公里	3	6.5	2		2	3	11			14	中橫、蘇花公路坍方，多處房屋龜裂。	
79	1990	民國 79	12	14	3	49	23.9 121.8	花蓮東南方 30 公里	1	6.7										
80	1991	民國 80	3	12	14	4	23.2 120.1	台南佳里附近	12.3	5.9										
81	1992	民國 81	4	20	2	32	23.8 121.6	花蓮南偏西 15.1 公里	8.1	5.6									花東海岸公路坍方，瑞港公路落石。	
82	1992	民國 81	5	29	7	19	23.1 121.4	成功北方 5 公里	13.7	5.4									花蓮富里牆壁龜裂、產業道路中斷。	
83	1993	民國 82	12	16	5	49	23.2 120.5	大埔西南西 10 公里	12.5	5.7									大埔民房龜裂、地基碎裂。	
84	1994	民國 83	6	5	9	9	24.4 121.8	宜蘭南方 34.8 公里	5.3	6.5	1	2	3	1	24		25	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	24.2 121.7	花蓮北偏東 26 公里	21.7	5.8	2	13	15						中橫公路落石擊中遊覽車。	*
86	1995	民國 84	6	25	14	59	24.6 121.7	宜蘭西南南方 19 公里	40	6.5	1	3	4	6	1		7	三峽白雞山莊數棟房屋滑落坡谷。	*	

87	1998	民國 87	7	17	12	51	23.5 120.7	阿里山西方 14.2 公里	3	6.2	5	28	33	18	165	183	嘉義瑞里強震，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	23.9 120.8	日月潭西方 9 公里	8	7.3	2415	11305	13174	51711	53768	105479	二十世紀台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、台中縣災情嚴重。(集集大地震)	*	
89	1999	民國 88	10	22	10	19	23.5 120.4	嘉義市西偏北 2.5 公里	12.1	6.4		262	262	7	62	69	嘉義地震。	*	
90	2000	民國 89	5	17	11	25	24.2 121.1	日月潭北偏東 40.8 公里	3	5.3	3	8	11					中橫公路中斷災情嚴重。	*
91	2000	民國 89	6	11	2	23	23.9 121.1	玉山北方 47.4 公里	10.2	6.7	2	36	38					中橫公路、埔霧公路落石坍方。	*
92	2002	民國 91	3	31	14	52	24.2 122.1	花蓮秀林東方 44.3 公里	9.6	6.8	5	280	285			5	5	中橫公路落石、蘇花公路坍方。	*
93	2002	民國 91	5	15	11	46	24.6 121.9	蘇澳東北 9.3 公里	5	6.2	1	6	7					331 花蓮烈震餘震。	*
94	2003	民國 92	12	10	12	38	23.1 121.3	台東成功西 方 3.0 公里	10	6.6		15	15					台東成功地震	*
95	2004	民國 93	5	1	15	56	24.1 121.5	花蓮新城西 方 7.4 公里	17.8	5.8	2	1	3					中橫公路落石	*
96	2006	民國 95	4	1	18	2	22.9 121.1	台東卑南北方 7.0 公里	7.2	6.2					1		1	台東地震	*
97	2006	民國 95	12	26	20	26	21.69 120.56	屏東墾丁地震 站西南方 38.4 公里	44.1	7.0	2		2	3			3	恆春地震	*

\*災情資料由消防署提供，21 世紀之災害地震，以消防署公布為準，參考網址([www.nfa.gov.tw](http://www.nfa.gov.tw))查詢。

## (二) 地震預測

### 73、什麼叫做地震預測？

在地震發生之前，能夠明確地指出地震發生的地點，地震發生的時間，以及地震的規模、震度等，這就叫做地震預測。但是，迄今為止，地震預測技術仍未完全成熟。

### 74、地震預測之可行性如何？

地震是一種自然現象，要準確地預測其發生時間、地點，以及其規模等，在目前似乎還不可能。現在世界各國許多專家、學者，均致力研究，也許將來有一天能夠實現。但是，由於各種地震觀測資料的日漸增多，地震災害的預估變為可能，其技術也趨成熟，將來在地震預測方面可能先做到下列各項：(一)可能發生破壞的地區；(二)破壞的大小程度；(三)破壞發生的機率。

假定有人發表地震預測說：「明天亞洲地區將會發生地震」，可信嗎？它的答案是：可以相信。但是，這種預測沒有明白表示地震的震央位置、規模，以及可能發生的震度，而涵括的範圍又那麼大，這種預測顯然毫無意義。

你知道嗎？花蓮地方人體感覺不到的地震（即所謂無感地震）是經常在發生的。整個花蓮地區，於民國 40 年全年內，計發生有感地震 610 次，無感地震 980 次，幾乎是天天有地震發生。如果再把範圍擴大到我們東鄰素有地震國之稱的日本，你說亞洲地區有那一天沒有地震發生？

### 75、地震預測有那些方法？

雖然人們至今對於地震發生的機制(mechanism)還沒有徹底了解，地震預測理論也還沒有充分建立，但是仍有許多嘗試性的地震預測研究方法，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)地震活動，(5)地震波速度，(6)地磁及地電流，(7)活斷層及褶曲，(8)岩石破壞實驗和地殼熱流量的測定，(9)其他。

茲選擇介紹一些重要的方法如下：

#### ※測地法(geodesic method)：

根據過去許多紀錄，在大地震發生時地殼會發生變動，而有時會發生在地震之前。因此測量地殼變動情形並研判地震前兆現象，是可以預測將否有大地震發生。例如西元 1964 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：

前蘇聯的科學家，在加爾姆地區發現到水井中的含氡(Radon)於地震前會增加，亦用以預測地震。

氡是一種放射性氣體，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，通常只有用顯微鏡才看得見。岩石有了裂隙之後，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，氦的含量又漸下降。因此，監測井水含氦量，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。

在西元 1969 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 年，恩斯特教授在中美洲的哥斯達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，測定工具只一根 1 公尺的探測管，是屬於較經濟的一種預測地震方法。

## 76、什麼是驗潮？

在大地震發生前後，過去住在海岸一帶的人，往往會發現海岸線或島嶼的急劇上升或下降現象。因此，有完善設備的驗潮站網，經常監視驗潮紀錄，很可能發現大地震發生的前兆現象。

## 77、何以動物對地震遠較人類敏感？

動物，尤其是鳥類對地震的感覺遠較人類為敏

感。在人類還沒有感到震動前，家禽已先驚覺到第一個地震波到達，其原因可能是動物對於低頻率震動比較敏感的緣故。

地震波所傳播之處，低頻率波雖然振幅通常比最大振幅波動為小，但其行速卻最快，因此會首先到達。而低頻率震動與較高頻率震動，在能量相等之情況下，低頻率震動可能不為人類所立即感到，而動物則能馬上發覺到。

## 78、由動物異常行為可否作為地震預測的依據？

地層內累積了相當大的能量造成斷層錯動，便引發地震。某些動物可能具有一些天賦的本能，能感覺到地震前之物理異常現象，例如地殼形變等，而產生某些異常行為。但以動物異常行為作為地震預測的方法，須先探討那些動物會有異常行為，以及其臨震時之異常行為為何？問題並不單純。因此，使用精密的科學儀器直接量測地球物理異常現象，是更準確有效的方法。

## 79、地殼變動的連續觀測可否用以預測地震？

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。

日本松代群生地震發生時，設在松代地震觀測所內的水管傾斜計，其觀測紀錄顯示與地震活動消長有相當密切的關係，有時會有前驅異常傾斜現象出現。因此，也是預測地震的有效方法之一。

## 80、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，美國的聖安杜禮阿斯斷層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。

準此，預測地震必先了解該地區地震活動，和其地質構造情形。

## 81、由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。

## 82、地震預測研究的現況如何？

### (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 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 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。雖已經歷了 30 年，但由於還沒有完成地震預測理論，目前日本還沒有發布地震預報。

### (2) 美國

美國自 1964 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 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 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 年至 1976 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，能夠預測海嘯，當然能夠預測地震。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月日，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，本局亦全力查證，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 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. Solviev)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。

### 83、政府是否能對地震作預報？

依目前地震學觀點，地震預測尚未成熟，無法達到一般地震測報作業之要求。雖然有些大地震發生前可能會有某些地球物理的異常現象或地震動之異常，但各區域之特性不同，必須累積足夠之經驗，或許可依之適當發布地震之警示，並配合疏散等應變措施，以減少地震災害。

在地震預測技術尚未成熟之前，政府對所作的地震預報須更為審慎，必須考慮地震預報對社會各層面所產生的負面影響。

### 84、何謂強震即時警報？

為在都會區以外發生的地震，在破壞性的地震波尚未來襲前之數秒至數十秒提出警告稱之。其應用範圍如下：

- (1)學校學童躲入桌子底下尋求保護。
- (2)工人能離開危險的位置。
- (3)醫院進行的手術能暫時停止或調整精細及關鍵的操作。運輸系統能自動停止。
- (4)維生管線及通訊網路能自動調整、重組或關閉。

### 85、何謂地震速報？

為在地震發生後的數十秒至數分鐘內提出地震資訊，資訊包含地震位置、規模、震度分佈圖及重要設施搖晃情形。

速報的資訊將可以減低二度的災害、加速救災反應及災後恢復。運用的層面如下：

- (1)重要設施如電力及通訊網路系統能立即重整或調配系統提供服務。
- (2)調整交通系統如火車避免駛入受損變形的路段及飛機避免降落受損的機場。
- (3)救災機構能夠派遣有限的資源至最需要的地方。
- (4)工廠經營者能由速報資訊判斷機器的停機檢修，避免受損後之機器繼續操作而造成更大損失。
- (5)透過公共媒體能提供大眾可靠有時效性的地震

資訊。

## 86、何謂地震速報系統

對地震發生後之救災工作而言，最迫切需要的是各地區的震度資料，而地震速報系統即是一套能快速提供各地震度資料的系統。

依據本局對地震速報系統之規劃，以目前作業中之即時地震監測網為基本架構，在原有地震監測站增設自由場強震儀等硬體設備，並透過現有數據專線，將弱震與強震等地震速報資料悉數傳回地震測報中心。結合軟體之研究開發，將強地動觀測網地震資料經由快速評估，以達到地震速報的功能。

## 87、何謂強震預警系統？

強震預警系統是一套可迅速偵測地震並藉由震災區之預估發布警訊的系統。對一特定地區而言，該系統能在大地震發生後，地表面強烈振動之前，爭取地震能量傳遞的短短數秒鐘乃至數十秒的時間，以空間換取時間，對某些重要公共設施（如：捷運系統、高速鐵路等），發出強震警訊，使其能有所因應，以降低震災。

強震預警系統除了快速偵測地震外，評估可能的災區做為預警的範圍，需要有充分的強地動觀測資料及相關研究。地震預警系統所利用之物理原理如下：

- (1)地震時，地面強烈振動通常是由S波（剪力波）及表面波所引起，而S波及表面波傳遞速度較P

波（初達波）傳遞速度慢。

- (2)地震波傳遞速度遠小於電話或無線電傳遞訊號的速度。

例如，有一個地震其發生地點距某城市 100 公里遠，地震發生後，P波大約於 15 秒後到達，而S波及表面波大約於 25 秒後才到達。假如在該城市設置一套偵測地震波的儀器，當其測至P波後立即發布警報，則該城市在受到強烈推動之前，便有 10 秒的預警時間。如果更進一步在震源附近設置地震儀，當其偵測到地震後，立即透過無線電傳送地震訊息，該城市將有更長的預警時間。

預警時間的長短依地震發生地點至預警地區之距離遠近而定，地震發生地點愈靠近預警地區則預警時間愈短。換言之，強震預警系統對在震央附近地區之功效不大，但是對距離較遠地區則功效顯著，例如：發生在花蓮的地震，強震預警系統無法對花蓮地區提供充分的預警時間，但是能對宜蘭、台北地區或更遠的地區提供較長的預警時間。

## 88、地震是否可控制？

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兇。

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「板塊地殼結構」的新理論，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，或者以人為方式製造一些小地震，引導地殼的應力以發生小地震的方式發散掉。

## 四、地震災害預防

### 89、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樑，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。比如說某座橋樑的造價只要 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 5 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。

### 90、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，估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。

### 91、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。對於工程建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。

### 92、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。

### 93、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左右前後擺動，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。

### 94、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。

### 95、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。



## 96、何以特別強調地震發生時首先熄滅火種關閉電源？

歷史上許多大地震均顯示，火災所造成的災害遠比震動所造成者為慘烈。如1906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。

## 97、地震前之準備事項為何？

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)重物不要置於高架上，栓牢笨重家具。
- (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。

### 98、大地震發生時應注意那些事項？

- (1)在室內者應立即熄滅火種，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旁躲避，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，應防水庫崩塌所引起之山洪。
- (6)地震發生後，勿輕信謠言，並防餘震。
- (7)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。
- (8)災害發生時，應發揚守望相助精神，互相救助，並速向警方請求救助。

## 五、地震資料服務

### 99、中央氣象局有那些地震觀測資料？民眾如何申請？

中央氣象局目前計有：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。

民眾如欲申請地震資料，請先電洽本局氣象服務科，電話：(02) 2349-1102。

### 100、中央氣象局有那些地震宣導資料？

本局為加強地震常識及地震防護之宣導，印有「地震百問」、「認識地震」、「地震防護要點」、「板塊運動模型」、「地震測報」、「認識海嘯」、「海嘯防護要點」及印有地震防護要點之墊板等宣導品，部份供民眾索取。

# 地震百問

編印者：交通部中央氣象局  
地址：台北市公園路64號  
<http://www.cwb.gov.tw>  
電話：(02)2349-1168

展售處：三民書局  
地址：台北市重慶南路1段61號  
電話：(02)2361-7511

國家書坊台視總店  
地址：台北市八德路3段10號B1  
電話：(02)2578-1515#284  
(02)2578-1515#643

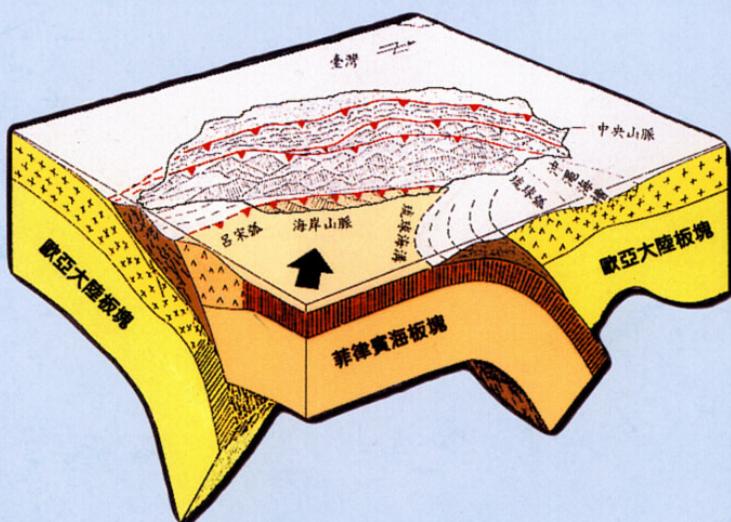
五南文化廣場  
地址：台中市中山路2號B1  
電話：(04)2226-0330

新進圖書廣場  
地址：彰化市光復路177號  
電話：(04)725-2792

青年書局  
地址：高雄市復興2路91號  
電話：(07)332-4910

出版日期：中華民國94年5月  
工本費：每本新台幣24元整

GPN：1009201589



台灣板塊構造運動立體圖