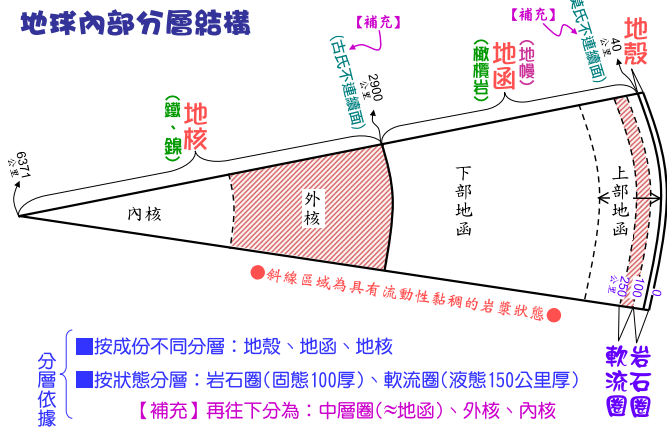


6-1 地球的構造與板塊運動

地球內部分層結構



1

●地球內部的分層是經由「地震波」傳播速度的變化間接測得。

●地殼
大陸地殼：花岡岩質，密度小，輕而厚，約40公里
海洋地殼：玄武岩質，密度大，重而薄，約7公里

●比較 密度：地核>地函>地殼

●比較 厚度：地核>地函>地殼

●比較 體積：地函>地核>地殼

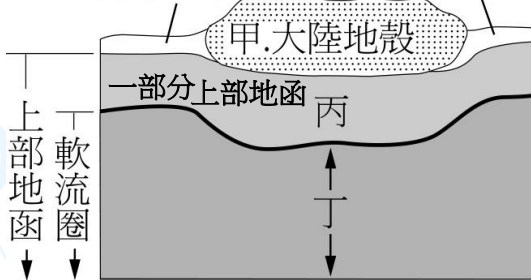
●岩石圈=地殼+一部分上部地函
(100公里厚)(40公里)(60公里)

=板塊(岩石圈裂成二十多塊，每一塊即為「板塊」)



2

乙.海洋地殼



岩石圈=地殼+一部分上部地函
=甲+乙+丙

3

板塊運動

◆「板塊構造學說」是由兩大學說推行而成的：

- 【補充】
- (一) 大陸漂移學說(韋格納)
內容：全球陸地兩億年前連成一塊，稱為「盤古大陸」
證據：(1)大陸良好拼合 (2)化石分布 (3)地層分布 (4)冰川遺跡
 - (二) 海底擴張學說(海斯)

◆板塊運動的動力來源：軟流圈的熱對流

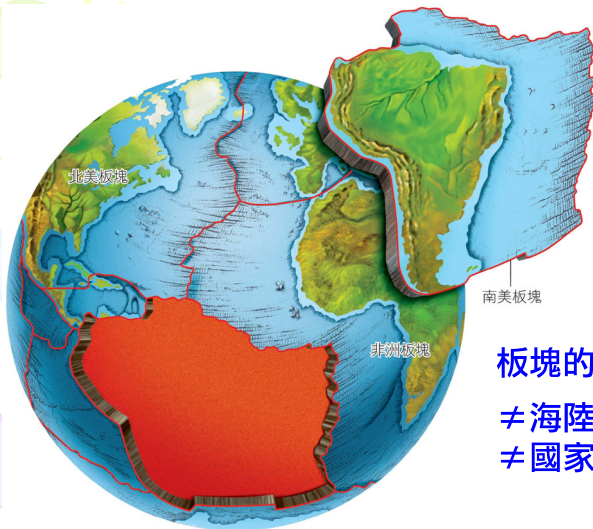
◆全球分為七大板塊，以及許多小板塊：
七大板塊：歐亞、印澳、太平洋、北美洲、南美洲、非洲、南極
(其中以太平洋板塊最大，是大板塊中唯一全由海洋地殼所構成)

◆板塊的分界≠海陸的分界≠國家分線

◆板塊的界線≈地震帶≈火山帶

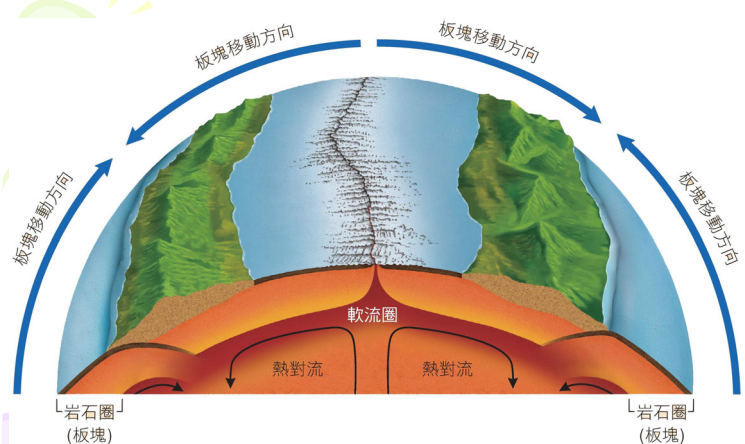
◆太平洋的四周圍火山環繞，科學家稱之為「火環」。

4



板塊的分界
≠海陸的分界
≠國家分線

5



板塊運動的動力來源

6

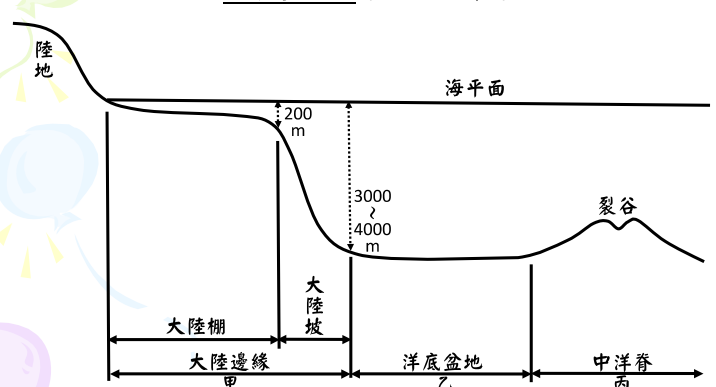
全球板塊分布圖



板塊聚合 板塊張裂

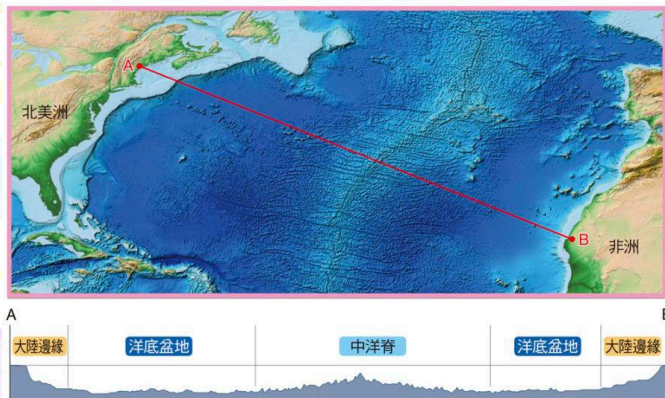
7

海底地形分三大部分【補充】



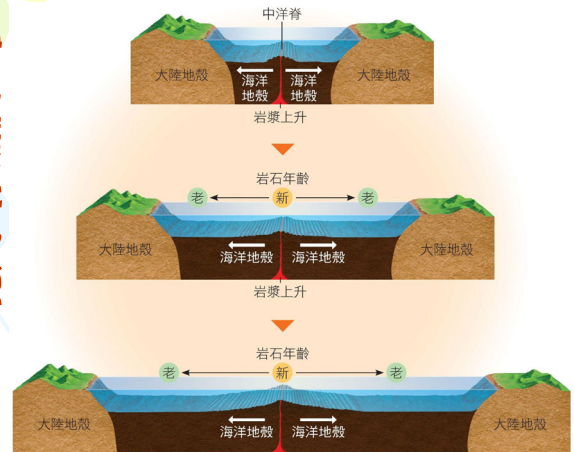
8

大西洋部分海底地形圖【補充】



9

海底擴張學說



10

板塊交界的類型

一、張裂性板塊交界(熱對流上升處)

地表
構造

海底：中洋脊

1. 中央裂谷地殼最年輕，越往兩側越老。
2. 「冰島」是中洋脊唯一露出海面的島嶼。

陸地：(東非)裂谷(大地塹)

地質
活動

地震(以極淺、淺層地震為主)
火山活動(玄武岩)
正斷層

11

二、聚合性板塊交界(熱對流下降處)

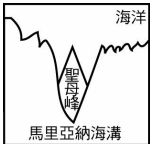
地表
構造

海溝：海洋地殼撞大陸地殼，如台灣(菲律賓)
(隱沒帶) 海板塊撞歐亞板塊

高大褶皺山脈：大陸地殼撞大陸地殼，如喜馬拉雅山(印澳撞歐亞)

地質
活動

地震(極淺、淺、中、深層四種地震皆有)
火山活動(安山岩)、逆斷層
、造山運動、褶皺、變質



【補充】

三、錯動性板塊交界

地表構造：平移斷層
地質活動：地震

(加州聖安地列斯大斷層)

12

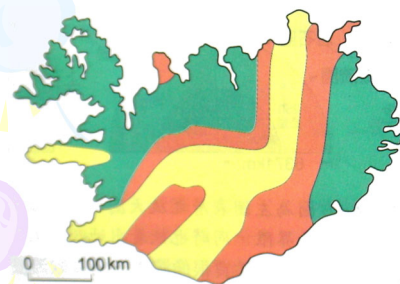
板塊交界的類型



13

【補充】

中洋脊貫穿冰島，產生東北西南走向的裂谷，裂谷的兩側岩石(玄武岩為主)呈對稱分布，距裂谷愈遠則年代愈老，也證明大西洋的中洋脊正逐漸向兩側擴張。



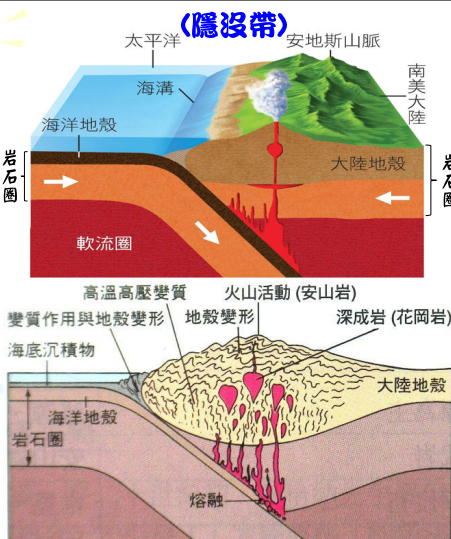
冰島地質圖：
不同顏色代表不同年代，中央黃色代表岩石生成年代最年輕，橘色年代居中，綠色代表年代最老。

- 現代火山活動帶
- 更新世火山岩
- 第三紀火山岩

14

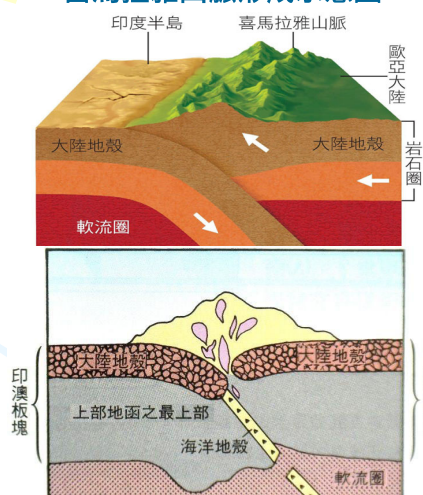
海溝形成示意圖

隱沒→為整個岩石圈鑽入地下，
約至軟流圈深度即熔化成岩漿。



15

喜馬拉雅山脈形成示意圖



印澳板塊受前端海洋地殼影響，隱沒入歐亞板塊下方，故印度半島將會逐漸縮小。

16

結論

凡在海溝旁邊形成的火山，皆為安山岩的火山

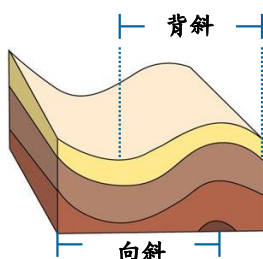
6-2 板塊運動與內營力的影響

• 地質構造-褶皺

地下深處的岩層，因溫度較高具可塑性，若在強大擠壓力量作用下，岩層成波浪狀彎曲，這樣的地質構造稱為**褶皺**。褶皺可以小到只有幾公分，也可以大到綿延數公里的山脈。

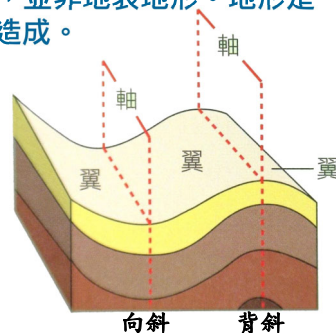
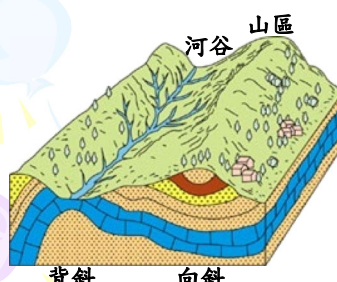


岩層受力產生波浪狀彎曲



17

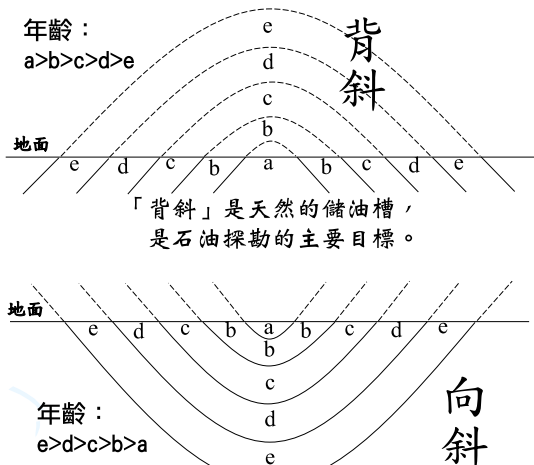
- **軸部**：沿著波峰波谷將褶皺分成對稱兩翼的界面。
- **背斜**：兩翼相背傾斜
- **向斜**：兩翼相向傾斜
- 背斜緊鄰向斜，並共用一翼。
- 褶皺為地下岩層彎曲情形，並非地表地形。地形是大自然風化侵蝕的力量所造成。



18

▷ 對稱中心岩層

最年輕：向斜構造
最老：背斜構造

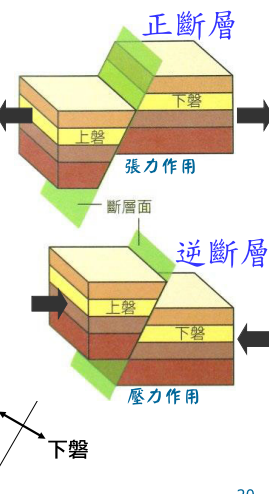
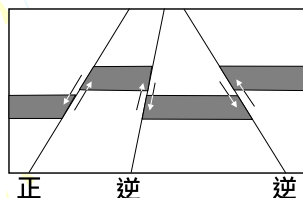


19

• 地質構造-節理、斷層

淺層岩層因溫度較低而堅硬，若受力而破裂，破裂面兩側的岩石未發生相對移動，這種地質構造稱為**節理**；若兩側的岩石發生相對錯動，則稱為**斷層**。

因為岩層受力方向不同，會出現不同類型的斷層，依相對移動情形，區分為**正斷層**、**逆斷層**和**平移斷層**。

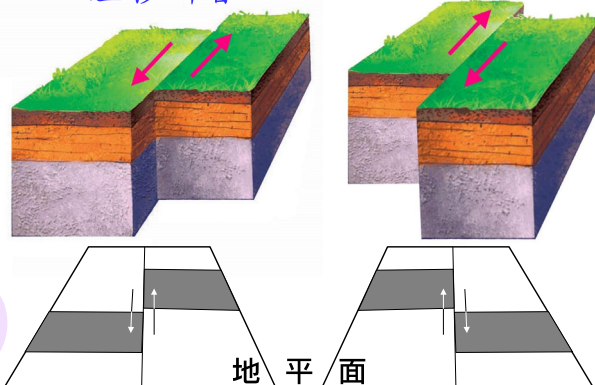


20

平移斷層

左移斷層

右移斷層



21

地震

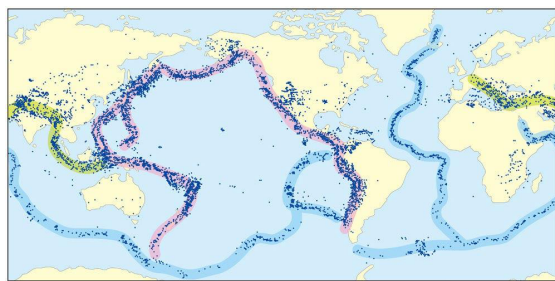
1. 原因：板塊與板塊交界處，因岩層相互擠壓或張裂，所以較容易發生斷層，發生斷層的那一剎那間，會釋放出驚人的能量，此一能量會以波的性質（**地震波**），藉岩層傳遞至地表，因而造成地表的震動，稱為地震。全世界主要的地震，仍然是以**地下岩層發生斷層為主**；另外，**火山爆發**、**地下核彈試爆**也能引起地震。

22

2、全球三大地震帶：

- (1) 環太平洋地震帶 80%
- (2) 歐亞地震帶 15%
(或稱「地中海及橫貫亞洲地震帶」)
- (3) 中洋脊地震帶 5%

※ 全年地震發生次數 (1) > (2) > (3)



世界三大地震帶：■ 環太平洋地震帶、■ 歐亞地震帶、■ 中洋脊地震帶

23

3、震源：地下岩層發生斷層、釋出能量的位置稱為震源。

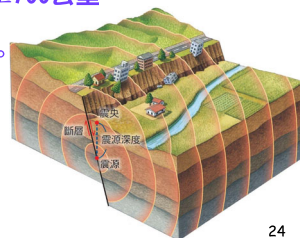
4、震央：震源正上方的地表投影點稱為震央。

5、震源深度：震源至震央的直線距離，依深度不同可分為：

- (1) 極淺地震：震源深度在地下深度30公里以內
- (2) 淺層地震：震源深度在30至70公里
- (3) 中層地震：震源深度在70至300公里
- (4) 深層地震：震源深度300至700公里

6、地震大小和震源深度無關。

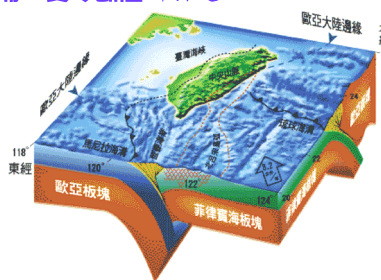
7、越深的地震發生的次數越少。



24

8、張裂性板塊交界帶以極淺、淺層地震為主；聚合性板塊交界帶則極淺、淺、中、深層四種深度皆有機會發生。

9、台灣隸屬於環太平洋地震帶，恰好位於歐亞板塊和菲律賓海板塊交界處，多呈南北向的逆斷層，地震多是地質上必然的現象。例如921大地震，即車籠埔、雙冬斷層所引起。



25

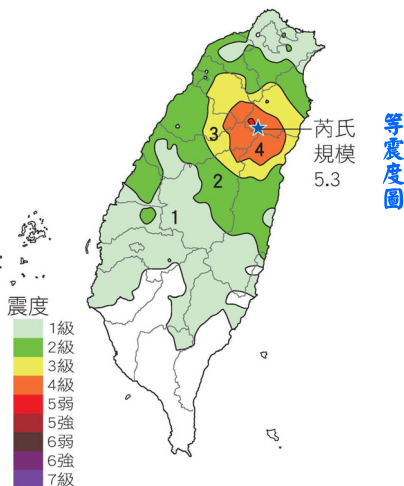
- 例1：中國唐山大地震，1976.7.28.凌晨3:42，規模8.2，震源深度16km。
 例2：日本阪神大地震，1995.1.17.清晨5:46，規模7.2，震源深度20km。
 例3：921集集大地震，1999.9.21.凌晨1:47，規模7.3，震源深度8km。
 例4：中國四川大地震，2008.5.12.下午2:28，規模8.0，震源深度14km。
 例5：海地大地震，2010.1.12.下午4:53，規模7.0，震源深度13km。

補充：

- 芮氏地震規模 (M_L) 每相差2，能量剛好相差1000倍； M_L 每相差1，能量則相差31.62倍； M_L 約相差0.7時，能量便相差10倍。
- 921集集大地震， $M_L=7.3$ ，換算能量約 5.62×10^{15} 焦耳。若以轟炸日本廣島的原子彈所釋出的能量 (8×10^{13} 焦耳) 來算，921大地震釋出之能量，約相當於70.25顆的廣島原子彈爆炸所釋出的能量。
- 近年來，科學家發現芮氏規模對大地震有飽和的現象，亦即對大地震的大小鑑別度較差，誤差較大。因而由多位科學家共同提出了新的「地震矩規模」 (M_M)。

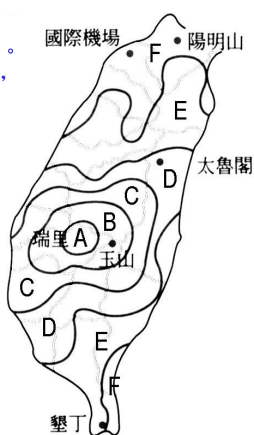
27

震度同地通，震度地常，度故質距，否相與狀震，央不愈震亦相同，度即同，圖，距震震便等離波度失距的能愈去離各量小了不一，減但意義定不率因。等見不各



29

- (A) 1. 附圖是民國87年發生在台灣某處，規模6.2之地震等震度圖，本次地震震央在 (A) 瑞里 (B) 玉山 (C) 太魯閣 (D) 墾丁。
 (A) 2. 附圖中，下列三地地震強度大小比較，何者正確？(A) 玉山 > 太魯閣 > 墾丁 (B) 玉山 > 太魯閣 = 墾丁 (C) 墾丁 > 太魯閣 > 玉山 (D) 玉山 > 墾丁 > 太魯閣。
 (B) 3. 附圖中，下列三地地震儀器所測本次地震規模大小比較，何者正確？(A) 玉山 > 太魯閣 > 墾丁 (B) 玉山 = 太魯閣 = 墾丁 (C) 墾丁 > 太魯閣 > 玉山 (D) 玉山 > 墾丁 > 太魯閣。
 (B) 4. 本次地震應屬於 (A) 大 (B) 中度 (C) 小地震。
 (D) 5. 若不考慮本次地震的規模，單從附圖來看，依據現今我國中央氣象署地震強度的分級，F區的震度不可能為 (A) 2 (B) 3 (C) 4 (D) 5 弱 級。



31

地震分級

- 1、地震規模：簡稱「規模」。是由美國芮氏(Richter) (世界統一) 於1935年根據地震所釋出能量計算而得，又稱「芮氏規模」或「芮氏分級法」。
 (1) 一個地震只有一個規模值，同一地震各地測站測量換算所得規模均相同。
 (2) 取至小數以下第一位，後面不加「級」為單位。
 (3) 「規模」值沒有上限。

微小地震 0~2.9；小地震 3.0~4.9；中度地震 5.0~6.9；大地震 ≥ 7.0

■1900年以來前五大地震：

排名	規模	深度	發生地	發生時間
1	9.5	33km	智利	1960/5/22
2	9.2	23km	南阿拉斯加(美)	1964/3/28
3	9.1	30km	蘇門答臘(印尼)	2004/12/26
3	9.1	32km	日本	2011/3/11
5	9.0	35km	堪察加半島(俄)	1952/11/4

★歷史地震規模排行：<https://www.usgs.gov/programs/earthquake-hazards/science/20-largest-earthquakes-world-1900>

26

- 2、地震強度：簡稱「震度」。地震強度是表示地震時，(各國自訂) 地面上的人所感受到振動的激烈程度，或生命財產所遭受的破壞程度。

- (1) 我國共分10級 (0, 1, 2, 3, 4, 5弱, 5強, 6弱, 6強, 7級)。
 (2) 取整數，無小數點。
 (3) 需加「級」字作為單位。
 (4) 因各地受損情況不同，故級數也不同。
 (5) 0級的「無感地震」，是表示有地震發生，只是人們感覺不到，地震儀器記錄得到的意思。

- 等震度圖：地震發生後，將各地的地震強度標示在地圖上，相同震度地區圍成一區，形成等震度圖。
 震度五級以上的地區，為「地震災區」。

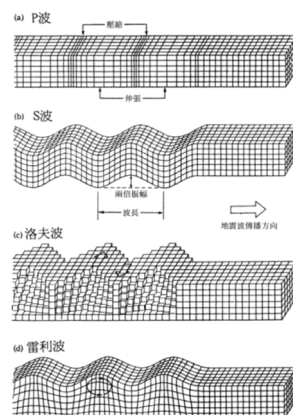
28

【補充】

- 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：
 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。
 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)：沿地球表面或地球內部界面傳播，主要可分為：
 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。
 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：

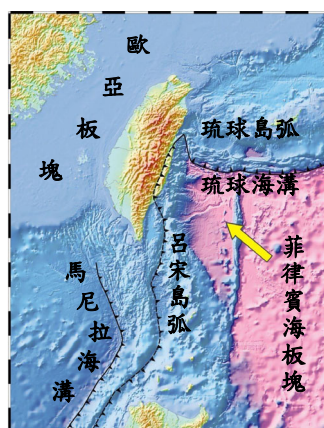
$$\frac{S}{V_S} - \frac{S}{V_P} = \Delta t$$



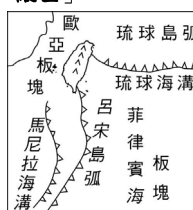
S：震源與測站距離 V_P 、 V_S ：P波、S波波速
 Δt ：P波與S波到達測站的時間差

30

約六百萬年前



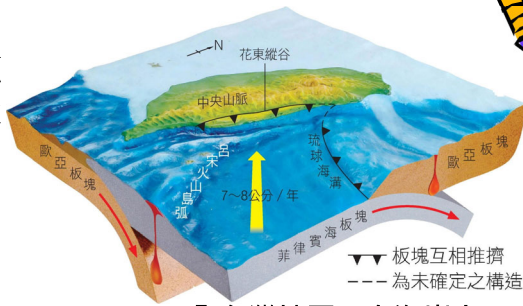
呂宋火山島弧北端隨著菲律賓海板塊的運動，以每年七~八公分的速度向西北擠壓歐亞板塊，交界線位於「花東縱谷」。



32

台灣板塊構造圖

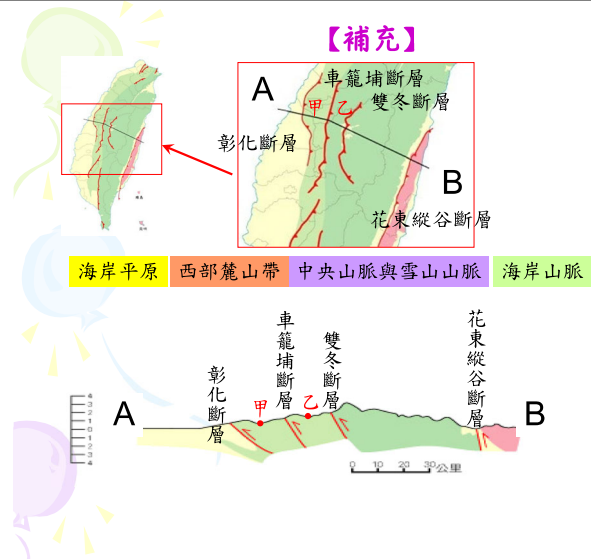
因板塊聚合而形成的一系列島嶼，大致排列呈弧狀，稱為島弧。例如呂宋火山島弧，即是一系列因火山噴發形成的島嶼。



全台灣地區只有海岸山脈、綠島、蘭嶼三處屬於菲律賓海板塊的範圍

33

【補充】



板塊交界處的花東縱谷近乎南北走向，表示板塊的擠壓力大致為東西向，因此造成臺灣主要斷層為逆斷層，且走向也大致為南北向，例如車籠埔斷層。

34

6-3 岩層的紀錄

化石的定義

- ◆ 化石：是古生物的遺骸或其種種活動所遺留的痕跡。
- ◆ 已石化的「雨溝」、高山上古海灘的「波痕」，皆非化石，因與生物無關。
- ◆ 原始人住過的洞穴和使用過的石器亦屬「化石」。
- ◆ 古生物留下的爬痕、腳印稱為「生痕化石」。

35

利用化石畫分地質時代

由於地球歷史有46億年之久，有必要加以區分成不同的段落，稱為「地質時代」或「地質年代」。

【補充】絕對地質時代

利用岩層中組成礦物所含的放射性同位素定出地層的確切數字年代（放射性定年法）。時間雖然明確，卻不方便記憶。

36

相對地質時代

- ◎ 像歷史朝代一般，為每段地質歷史命名，方便記憶也方便比對先後順序。
- ◎ 單位劃分由大到小：元(宙)→代→紀→世→期
- ◎ 「化石」為劃分的主要依據，稱為「標準化石」。
- ◎ 要作為「標準化石」，該物種必須是當時分佈廣、數量多，但是後來絕跡了，才具代表性。

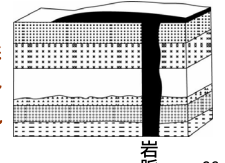
元	代	紀	標準化石
顯生元	新生代 (6600萬年前)	第四紀	哺乳類
		第三紀	鳥類
	中生代 (2.5億年前)	白堊紀	恐龍 (陸)
		侏儸紀	菊石 (海)
		三疊紀	
		二疊紀	
	古生代 (5.4億年前)	石炭紀	三葉蟲
		泥盆紀	
		志留紀	
		奧陶紀	
		寒武紀	
寒武紀大爆發：化石大量出現			
隱生元	原生代	生命隱晦不彰 (從46億年前地球誕生開始)	
	始生代		

37

地層記錄「地質事件」

- ◎ 如同歷史書籍記錄人類歷史，地球的歷史(簡稱「地史」)記錄在岩層中，成層的地層相當於書中的書頁，記錄了「地質事件」。
- ◎ 地質事件：地層發生任何變動，舉凡沉積、侵蝕、傾斜、斷層、褶皺、岩脈侵入...等等，皆稱為「地質事件」。

※岩脈：地下岩漿侵入岩層間裂縫，逐漸上升冷卻凝固後形成柱狀的火成岩體（與岩脈接觸的地層會發生「接觸變質」）。



38

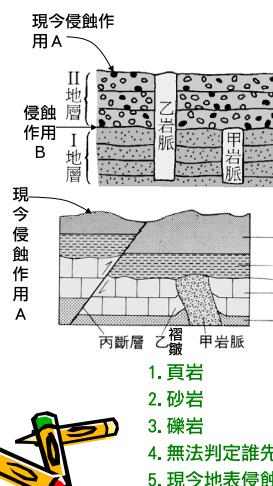
【補充】

判斷「地質事件」先後順序的準則

- ⊕ 水平原理：沉積岩層最初都是水平狀態，若有傾斜、彎曲、斷層等現象，表示曾發生過地殼變動的地質事件。
- ⊕ 疊積原理：新的地層在上，老的地層在下，判斷先後順序應由下往上觀察。
- ⊕ 截切原理：舊的事件會受新的事件所影響（截切、貫穿），亦即被切斷或貫穿的是較老的事件。

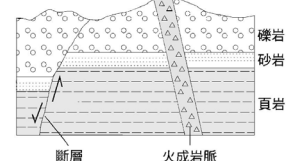
39

例題



由老到新
I → 甲 → B → II → 乙 → A

① → ② → 乙 → 甲 → B
→ ③ → ④ → 丙 → A



1. 頁岩
2. 砂岩
3. 礫岩
4. 無法判定誰先
5. 現今地表侵蝕作用

40

【本頁至最後一頁皆為補充教材】

• 臺灣地形多變原因

臺灣位於強烈的板塊擠壓帶，地盤抬升快速；加上溫暖潮濕的氣候條件，更加速各項的地質作用。

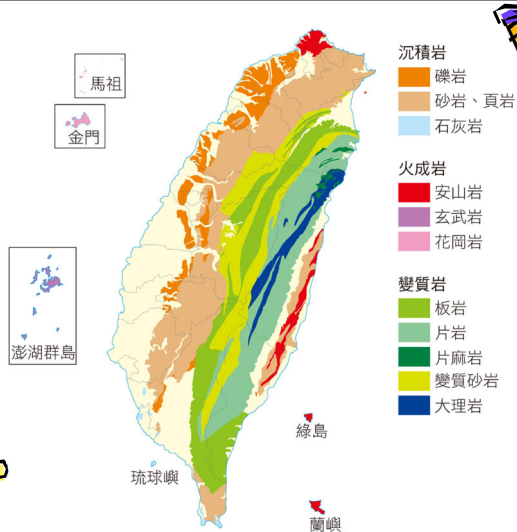
• 地形特色

1. 地勢陡峭—多高山、丘陵
2. 河流侵蝕旺盛—形成峽谷或瀑布
3. 搬運沉積作用旺盛—形成沖積平原
4. 地形、河道極不穩定，易發生水流氾濫或土石流等災害



41

臺灣地質分布圖



42

1. 約兩百多萬至四十萬年前，臺灣北部的大屯山火山群斷斷續續噴發，造成陽明山國家公園的火山景觀。
2. 目前歐亞板塊和菲律賓海板塊仍處於聚合推擠狀態，所以臺灣島仍在持續抬升。

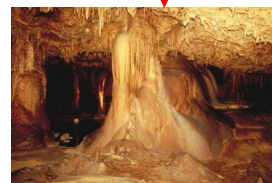
地熱活動仍很旺盛，有許多噴氣孔和溫泉



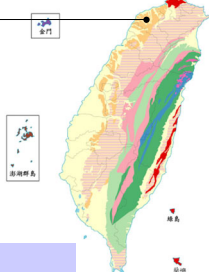
43

數十萬年前，臺灣南部恆春半島珊瑚礁逐漸露出水面，形成墾丁國家公園的珊瑚礁石灰岩。

珊瑚礁石灰岩受地下水溶解與沉澱作用，形成許多石灰岩洞和鐘乳石



44

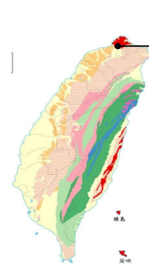


大漢溪河階地形

陸地抬升或海平面下降，河流相對於海平面間歇性的向下切割河床；使兩旁的舊河床高於新河床而成為階地。



45



十分寮瀑布

臺灣地勢陡峭的山林間可見到瀑布景觀，瀑布的形成與河流的侵蝕、斷層及山崩等作用有關。



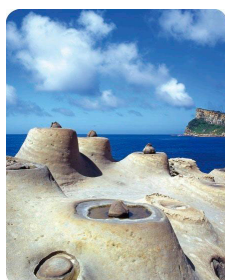
46

臺灣地形與岩石分布



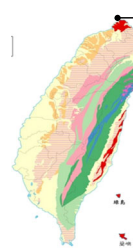
A 岩岸—野柳的奇石

野柳的地層以砂岩為主，常見海膽和貝類化石鑲嵌其中，岩石形狀奇特，主要是海水和風侵蝕的結果。



47

臺灣地形與岩石分布



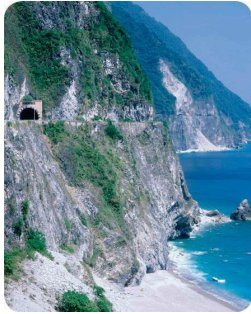
B 火山—大屯山火山

板塊擠壓造成了火山活動，形成特殊的火山地形，有些火山噴出的碎屑堆成山丘，偶爾可見爆裂口、溫泉等景觀。



48

臺灣地形與岩石分布

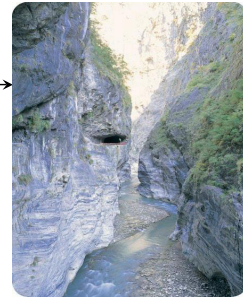
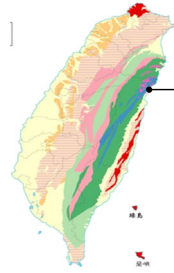


C斷崖—清水斷崖

清水斷崖是岩層被斷層切過，再經海水侵蝕造成，主要是大理岩和片麻岩組成，因質地堅硬所以形成陡峭的斷崖。

49

臺灣地形與岩石分布



D峽谷—太魯閣峽谷
峽谷地形是由於陸地快速抬升，加上溪流強烈侵蝕，使兩側山壁呈現陡直矗立的景象。

50

臺灣地形與岩石分布



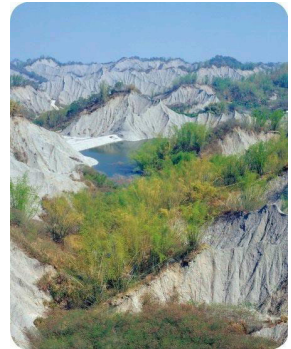
E柱狀玄武岩—澎湖群島（鳥嶼）

澎湖群島主要是由火山活動造成，其火山活動型式類似中洋脊，是玄武岩質的岩漿。各島嶼約在1800萬～800萬年前形成，玄武岩質岩漿在冷卻凝固時收縮，造成特殊的六角柱狀破裂，十分壯觀美麗。

51

臺灣地形與岩石分布

F惡地—臺南草山月世界
此處原本是海底的沉積物，由於板塊擠壓抬升而成為陸地。因鬆軟的泥岩極易被沖蝕，又不易蓄水，所以形成不毛的奇特景觀。



52