

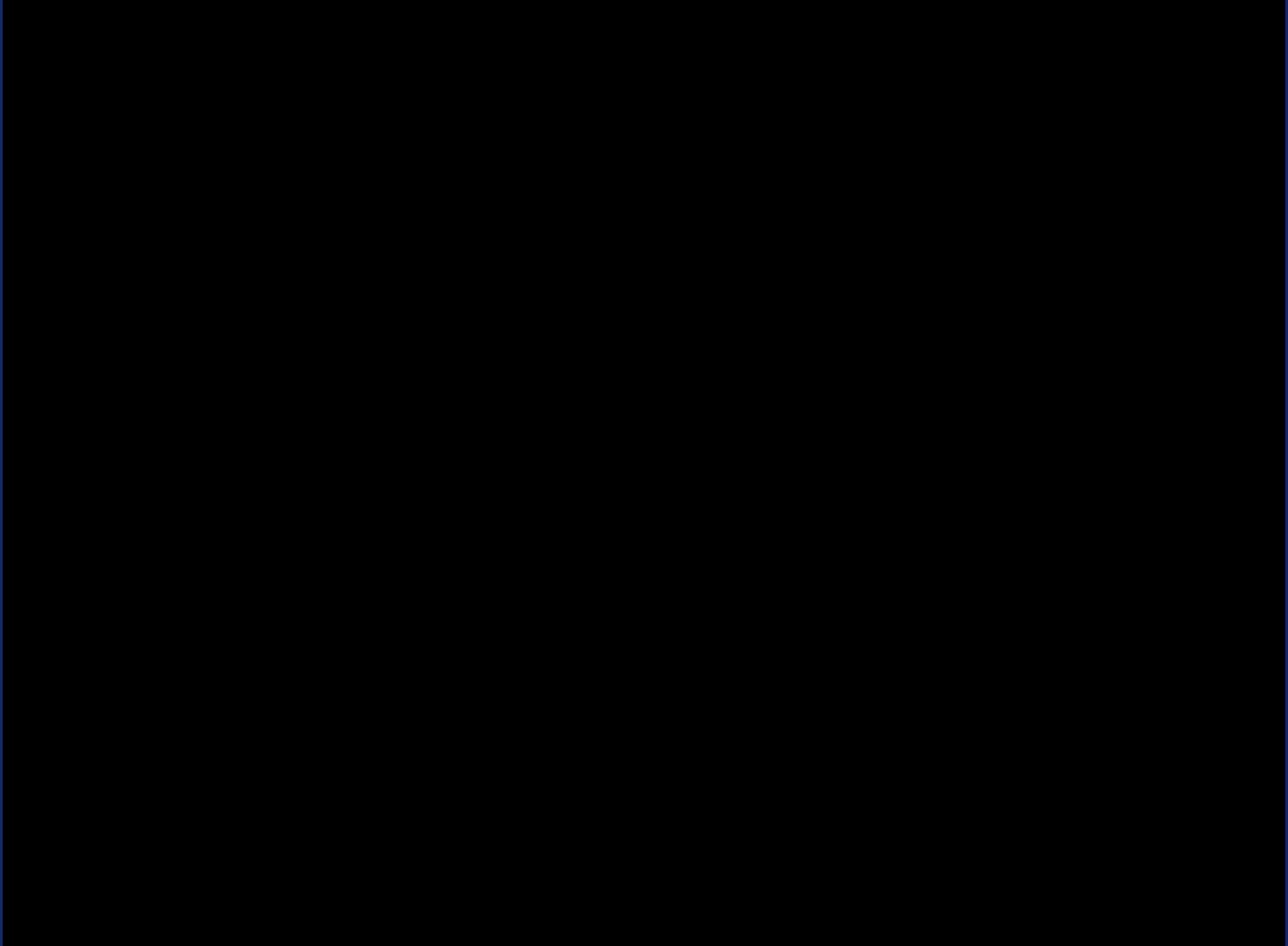
## 3-1

# 探測地下構造

- 地表地質的調查
- 地層層序的判斷
- 地球物理的測勘
- 地殼鑽探的發現



# 了解地層構造的目的





# 一、地表地層的探測-露頭



# 地表地質的調查

快速查詢 圖層控制 地圖定位

快速切换 3D地圖 圖例 操作說

關閉 切换構造線圖例

- 安山岩(7010)  
中新世
- 廬山層(1730)  
中新世
- 都巒山層(1530)  
中新世早期
- 都巒山層(1535)  
中新世早期
- 西村層, 新高層(0080)  
始新世
- 蛇紋岩及基性火成岩(9020)  
先第三紀
- 大南澳片岩(5024)  
古生代晚期-中生代
- 大南澳片岩(5025)  
古生代晚期-中生代
- 大南澳片岩(5026)  
古生代晚期-中生代

信義鄉 萬榮鄉 光復鄉 長濱鄉

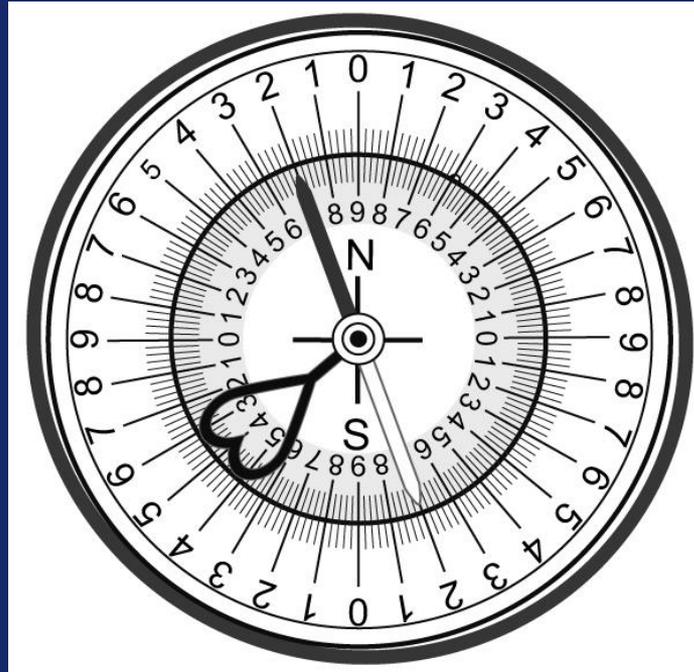
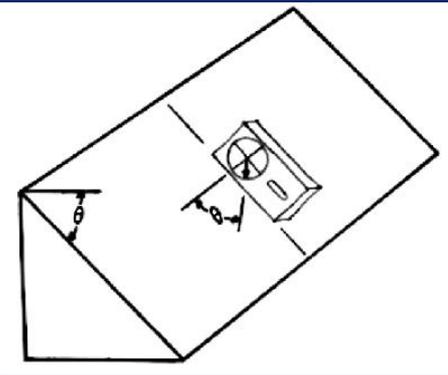
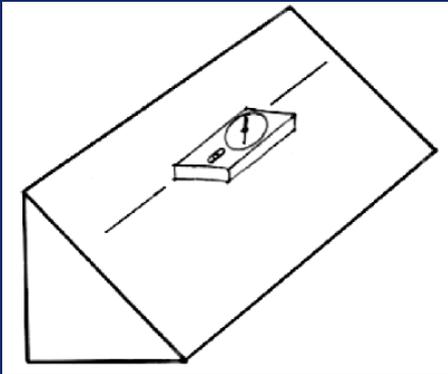
0

並



# 一、地表地層的探測-露頭

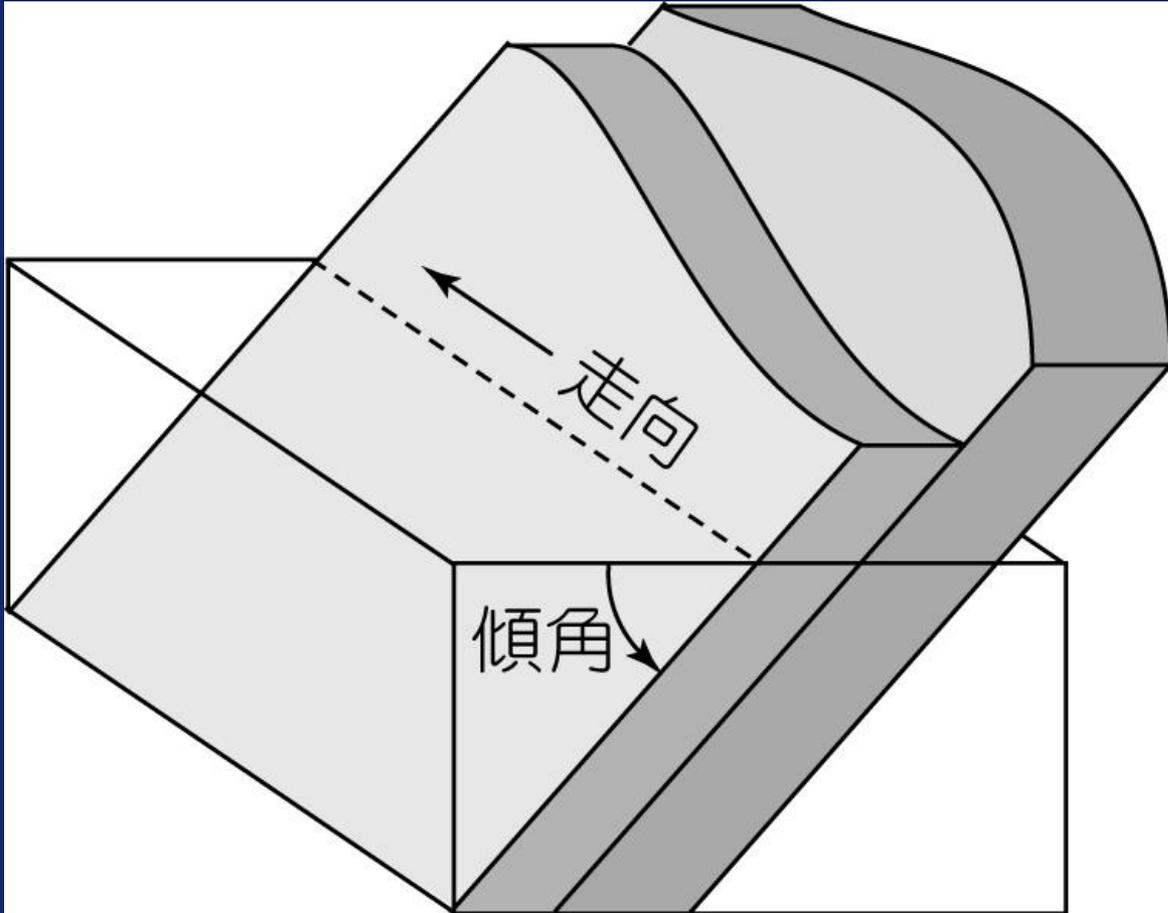
1. 位態：利用 傾斜儀 測量

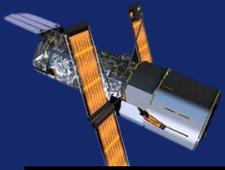


地質圖上記為

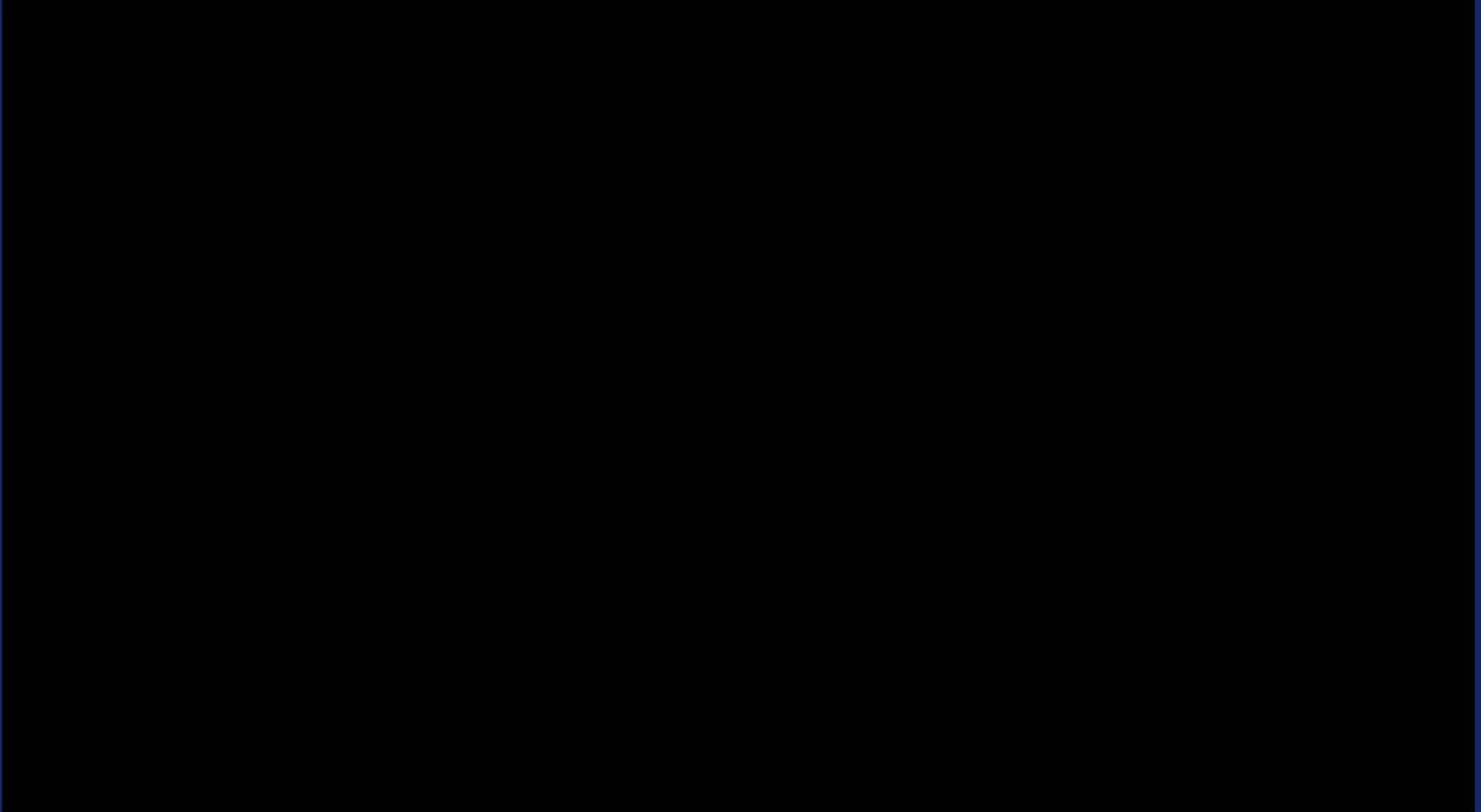


方位：北偏東 $20^{\circ}$   
傾角： $40^{\circ}$





# 真人測量



# 要測量哪一塊？

7





# GPS APP(Android)



## 工程地質野外教室-GeoRocker

🔒 私密社團

關於

討論區

| 林銘郎的貼文

公告

成員

活動

影片

相片

檔案

影片趴

搜尋這個社團 🔍

捷徑

林銘郎和 Estrella Jate 都回應了這張相片。



林銘郎在新竹寶山。

👤 管理員 · 1小時 · 新竹市



👍❤️ 你和其他9人

2則留言



大心



留言



Estrella Jate 這是在臺土層位態嗎?

讚 · 回覆 · 1小時



林銘郎 🗨️ Estrella Jate 請問香山相岩層是岩是土?如何定義比較好?是孔隙地下水還是裂隙地下水呢?

讚 · 回覆 · 1小時



留言.....



社團的最新相片

查看全部



推薦社團

查看全部社團



老相片,老照片俱樂部  
32,782 位成員

+ 加入社團



星字航空 討論區 STARLUX  
Airlines  
97,931 位成員

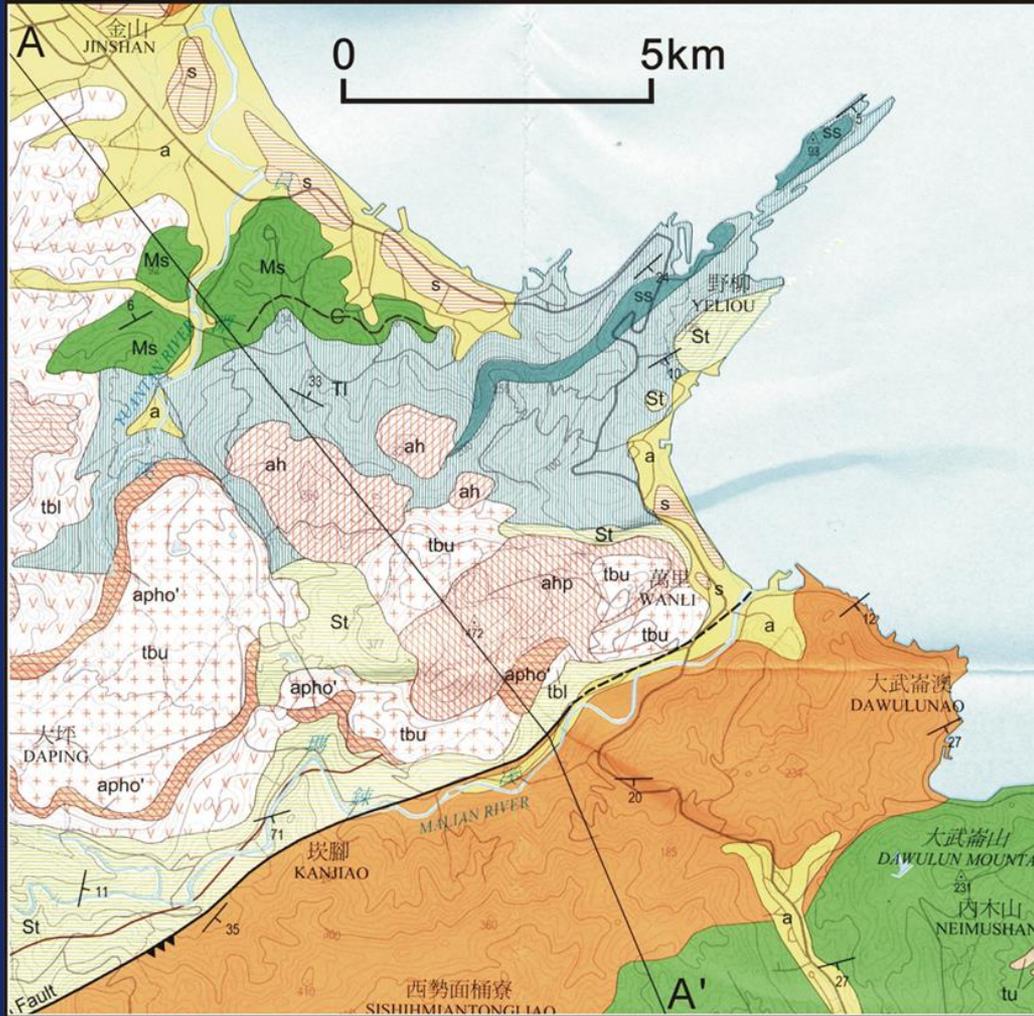
+ 加入社團



臺灣古宮真上色x今昔時光  
機交流團  
8 位朋友 · 28,854 位成員

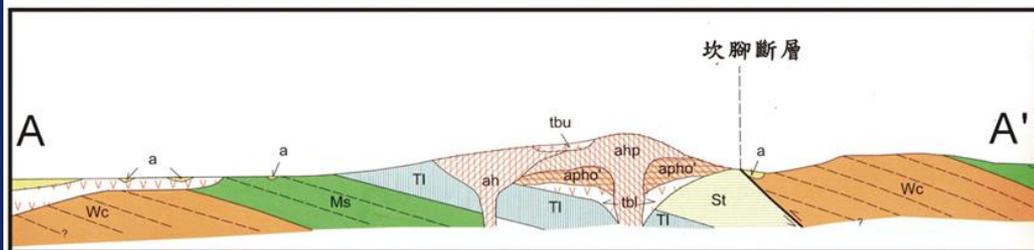
+ 加入社團

# 閱讀地質圖



**圖例**

全新世	砂丘	s	砂, 粉砂
全新世	沖積層	a	礫石, 砂及黏土
全新世	階地堆積層	t	礫石, 砂及黏土
上新世	桂竹林層	Kca	泥質砂岩, 頁岩
上新世		Kca	泥質砂岩, 白砂岩
中新世	南莊層	Ns	砂岩及頁岩互層, 含煤層
中新世	南港層	Nk	砂岩, 粉砂岩及頁岩
中新世	石底層	St	砂岩及頁岩互層, 含煤層
中新世	大寮層	Tl	砂岩及頁岩
漸新世	木山層	Ms	砂岩及頁岩互層, 含煤層
漸新世	五指山層	Wc	砂岩及頁岩互層
更新世		ah	角閃石安山岩
		aha	普通輝石角閃石安山岩
		ahy	紫蘇輝石角閃石安山岩
		ahp	兩輝石角閃石安山岩
		aph	角閃石兩輝石安山岩
		aph'	含角閃石兩輝石安山岩
		ap	兩輝石安山岩
	apho'	含橄欖石角閃石輝石安山岩	
	b	玄武岩	
		tbu	上部凝灰角礫岩
		tbi	大屯山凝灰角礫岩
		tbl	下部凝灰角礫岩

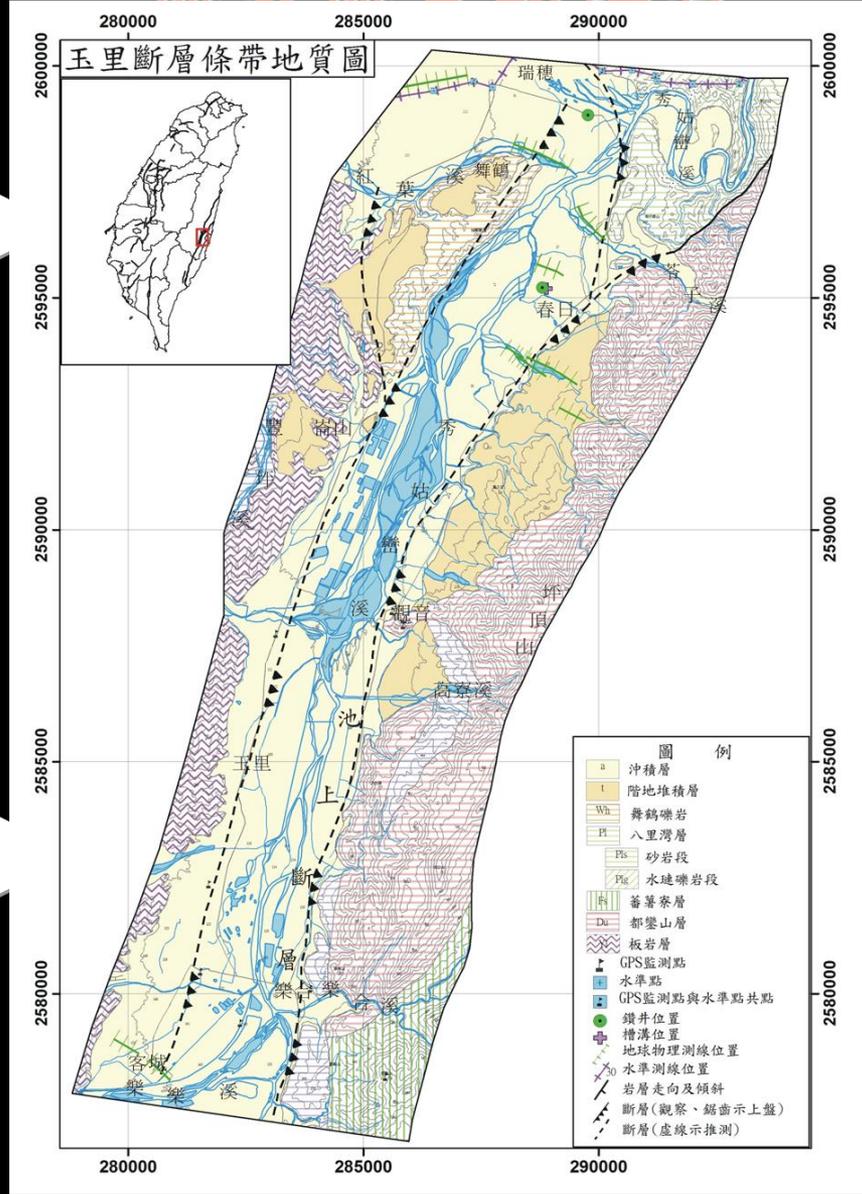


百寶箱 3-1  
地層測量

# 地表地質的調查

調查中

調查後



記錄岩石性質類、地層的走向、沉積構造等。

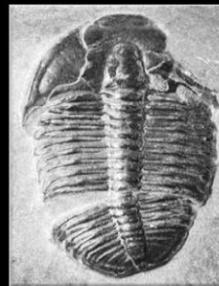
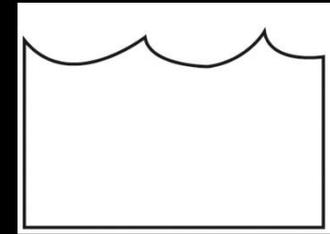
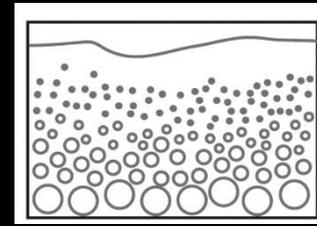
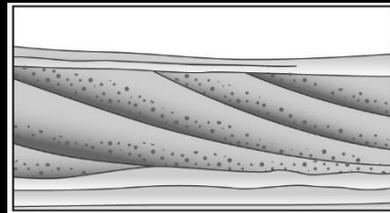
會製地質圖。

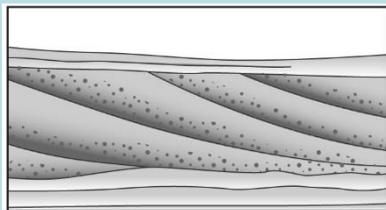
綠色片岩

# 2. 地質變動及沉積構造(層理或層面)<sup>12</sup>

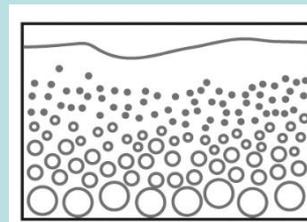
(1)地質變動

(2)沉積構造





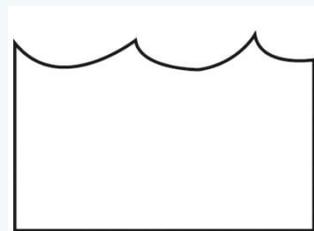
交錯層



粒級層



泥裂

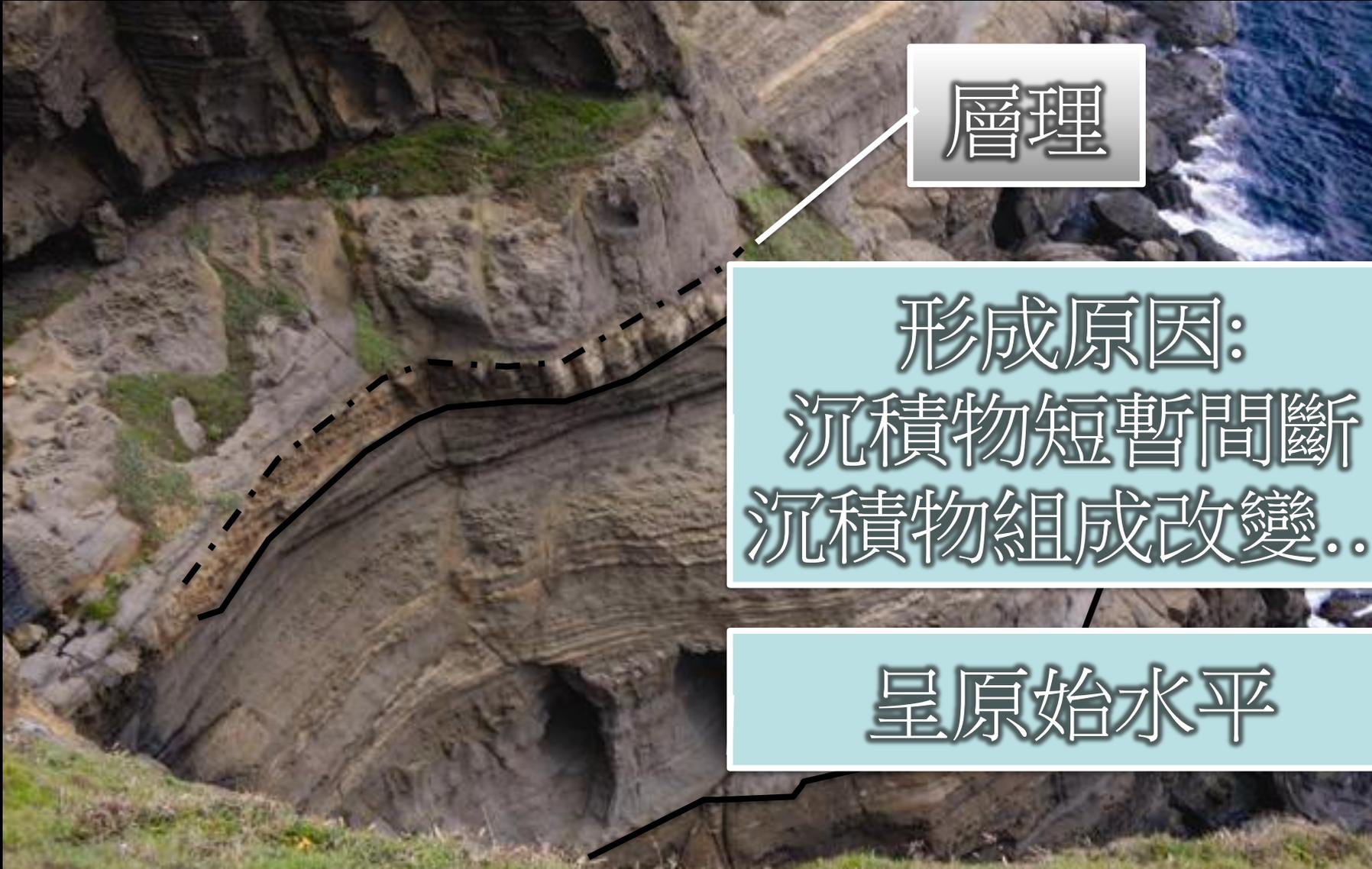


波痕



化石

# 沉積構造—層理—原始水平

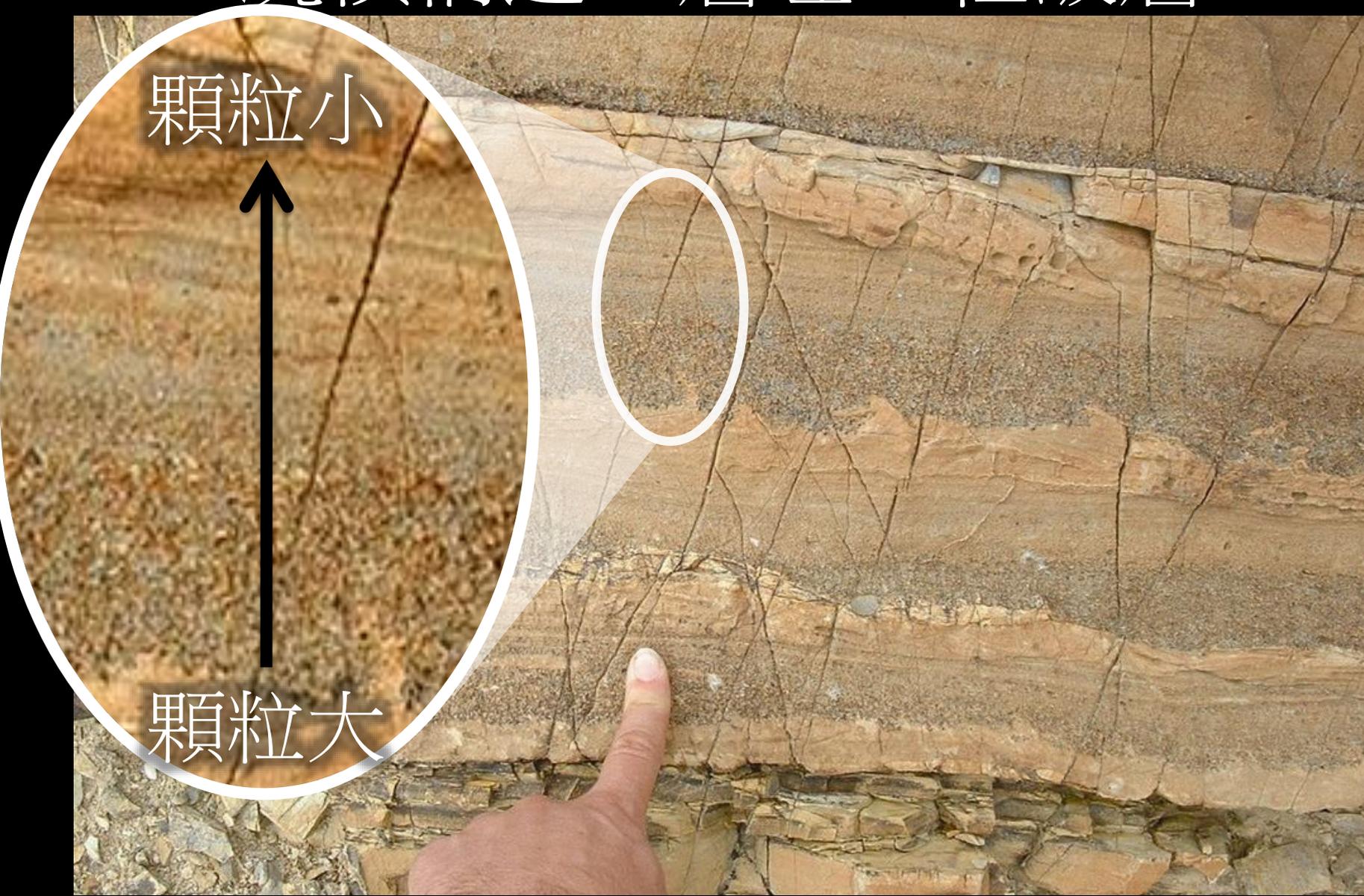


層理

形成原因：  
沉積物短暫間斷  
沉積物組成改變...

呈原始水平

# 沉積構造—層理—粒級層



# 沉積構造—粒級層

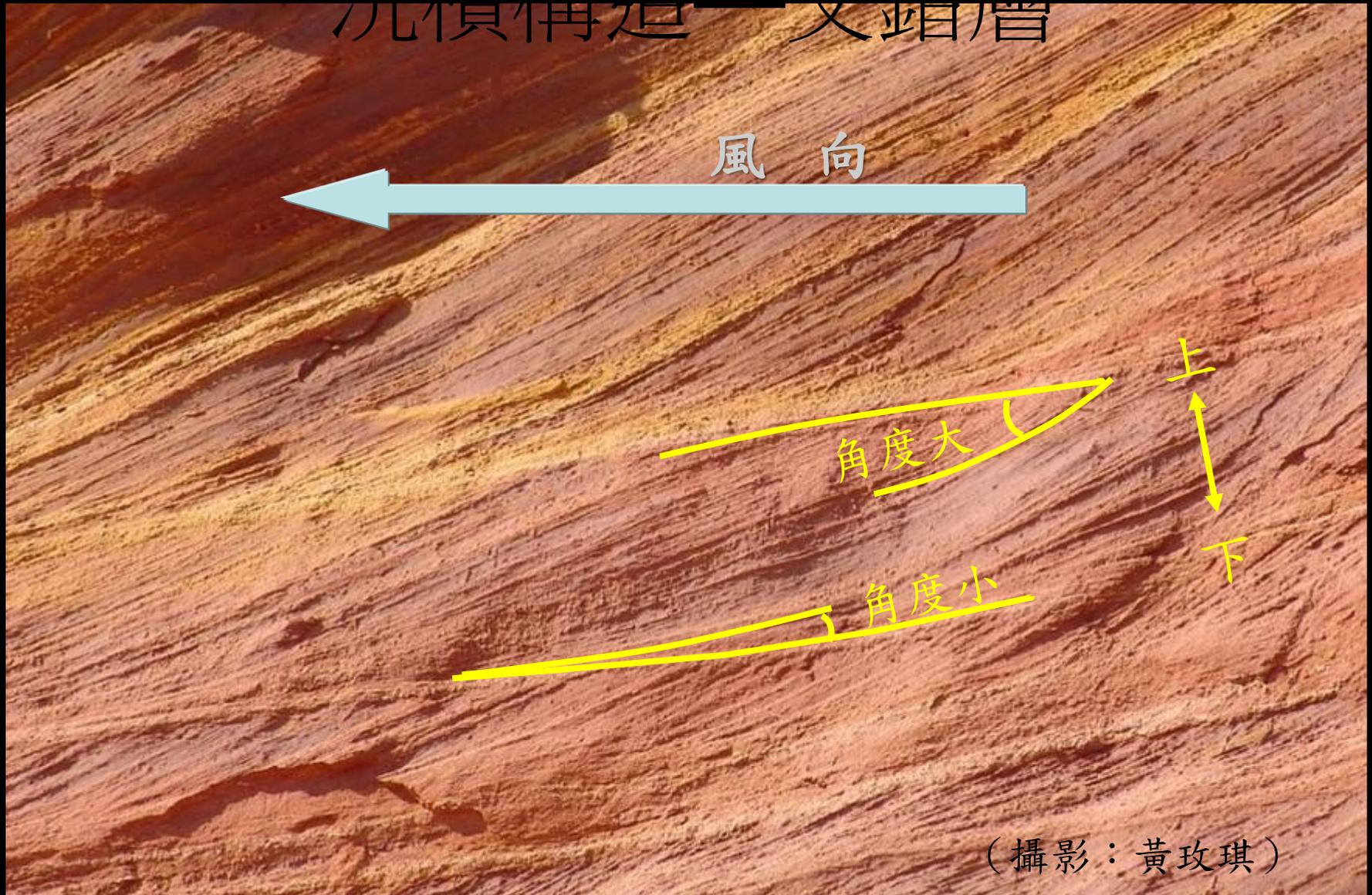
- 同一層中，組成礦物的顆粒愈下面愈粗，愈上面愈細。



圖片來源：臺大地質科學系 臺灣的岩石資訊網

[http://nadm.gl.ntu.edu.tw/field/main/index3.php?page\\_select=13](http://nadm.gl.ntu.edu.tw/field/main/index3.php?page_select=13)

# 沉積物之交错层



(攝影：黃玫琪)

# 沉積構造—泥裂

18



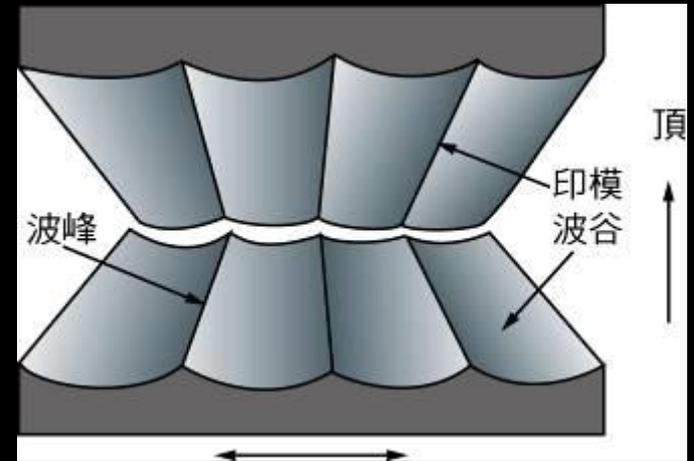
圖片來源

<http://photography.nationalgeographic.com/photography/enlarge/mud-cracks-photography.html>

# 沉積構造—波痕



(攝影：黃玫琪)



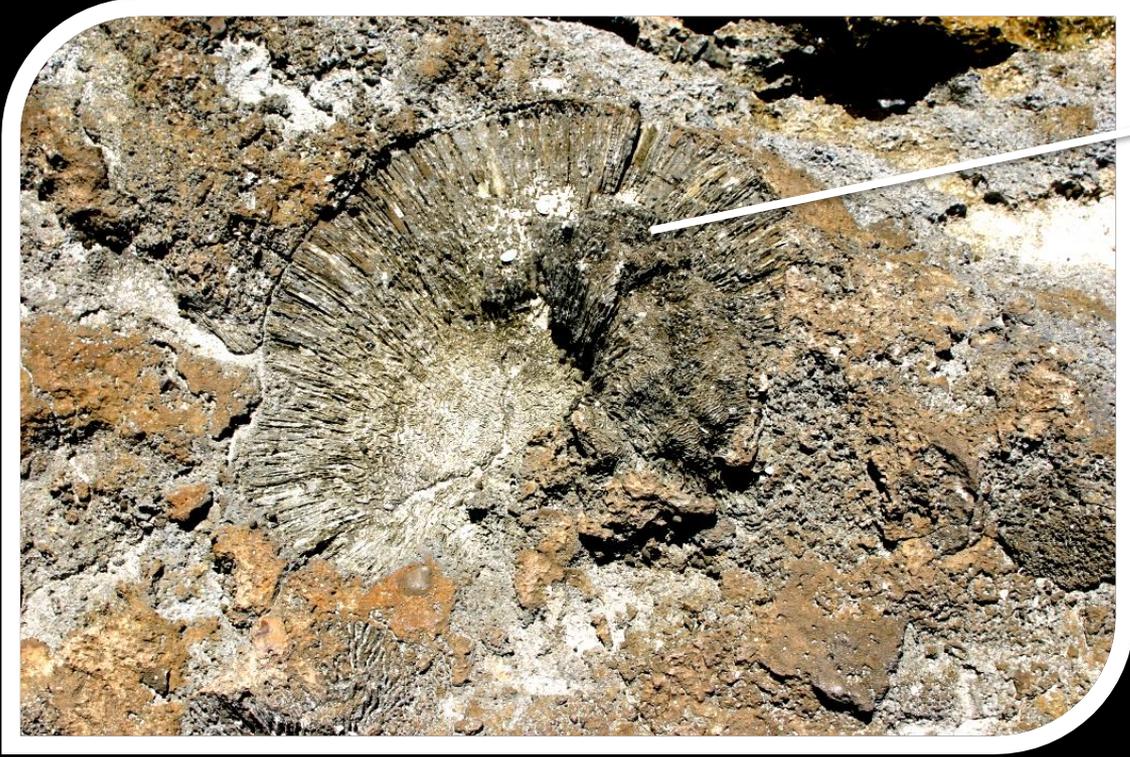
圖片來源：

<http://jp.em.swjtu.edu.cn/courselist/01004/d02z/img/bohen.jpg>

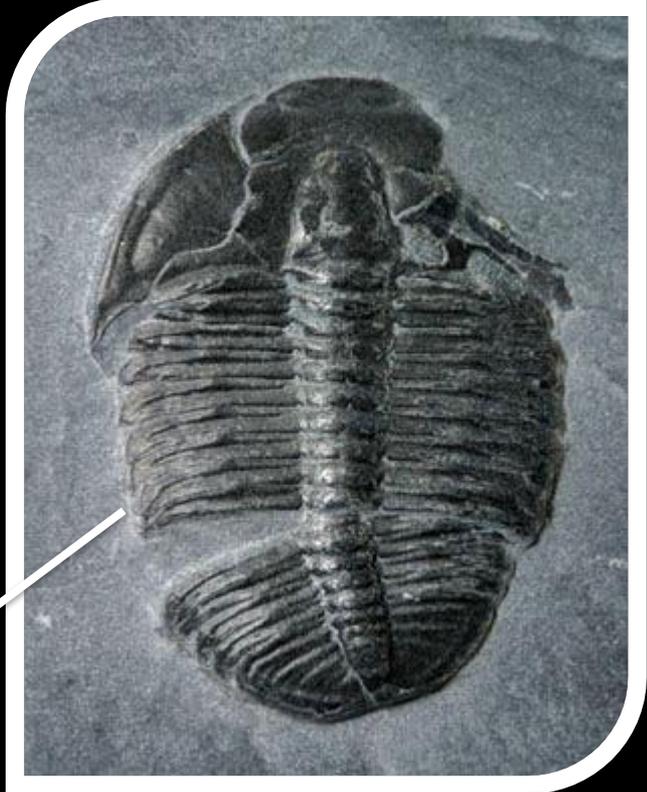
# 沉積構造—層面—波痕



水的波浪流過細沙表面所留下的痕跡，常發生於沙丘、海灘...等



珊瑚化石  
熱帶淺海



三葉蟲  
古生代海洋

# 判斷岩層層序的原則



粒級層



交錯層



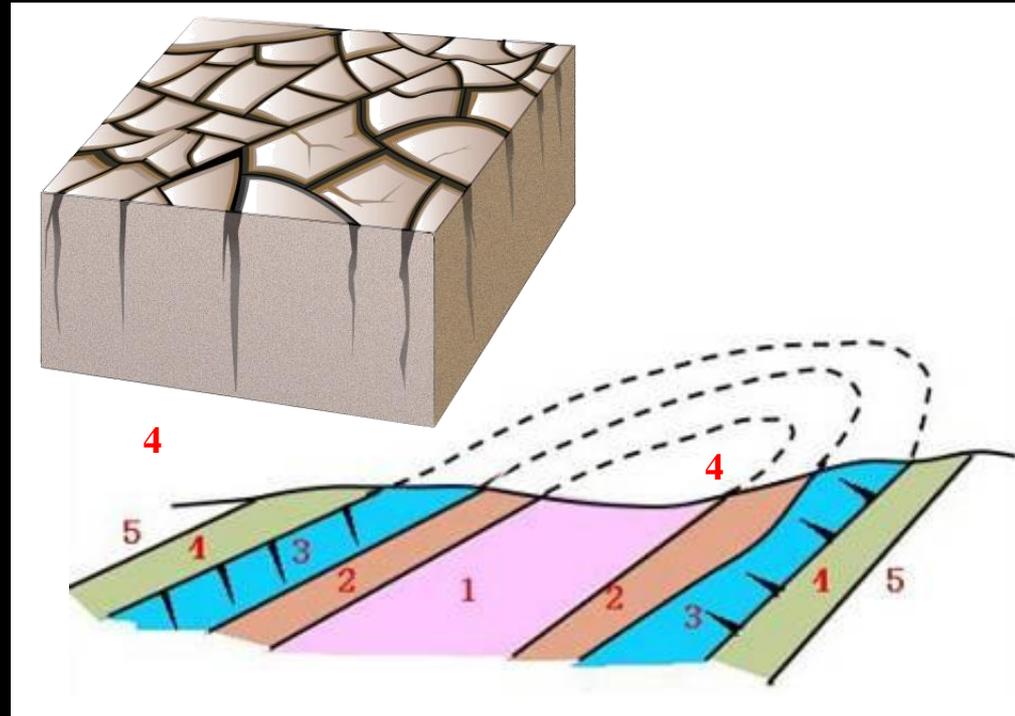
泥裂



波痕

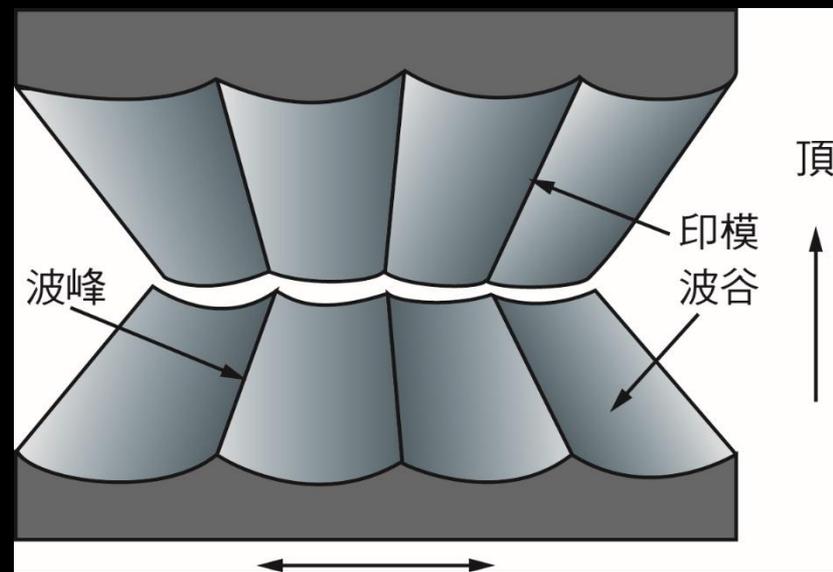


生痕化石



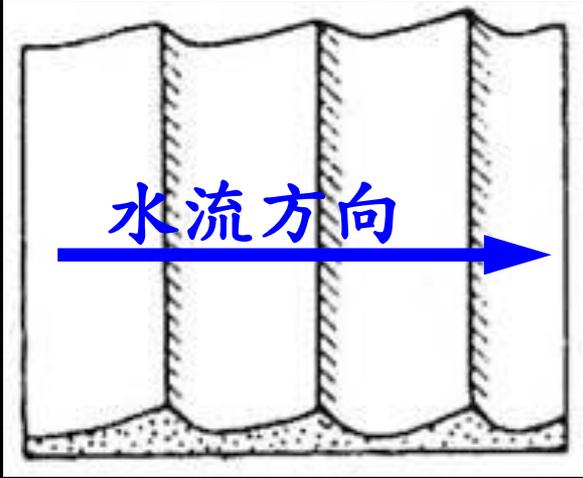
岩層年齡  $1 > 2 > 3 > 4 > 5$

# 尖 上

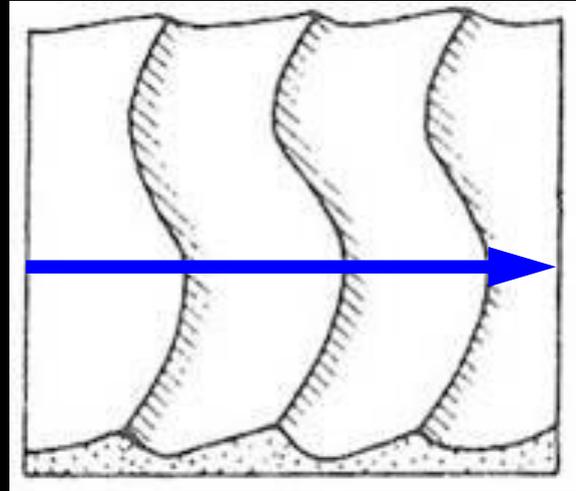


(攝影：黃玫琪)

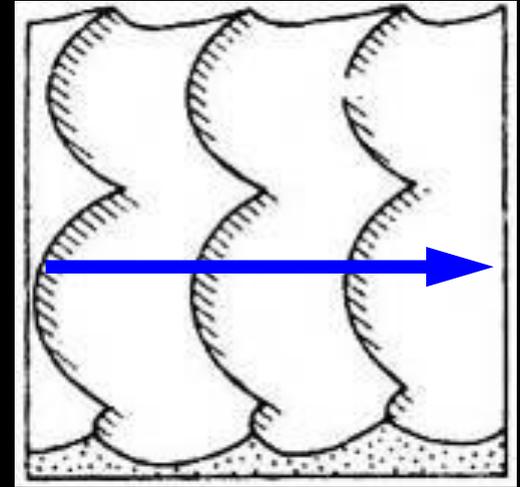
直線狀



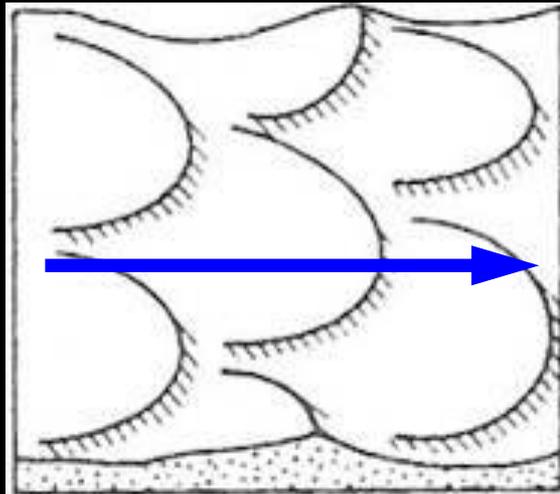
曲狀



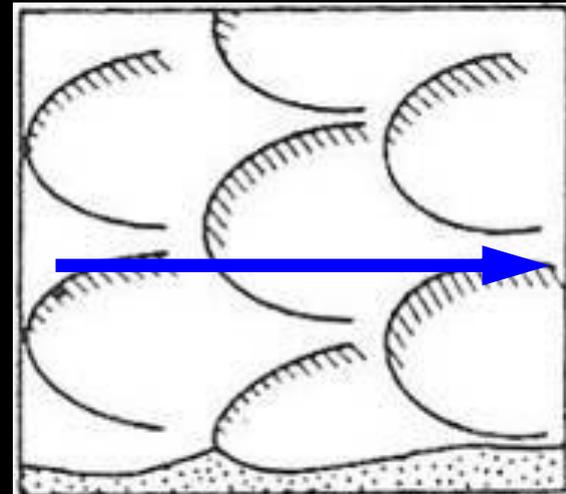
垂曲線狀



舌狀



半月狀





### 3. 測試岩性以及地層層序比對

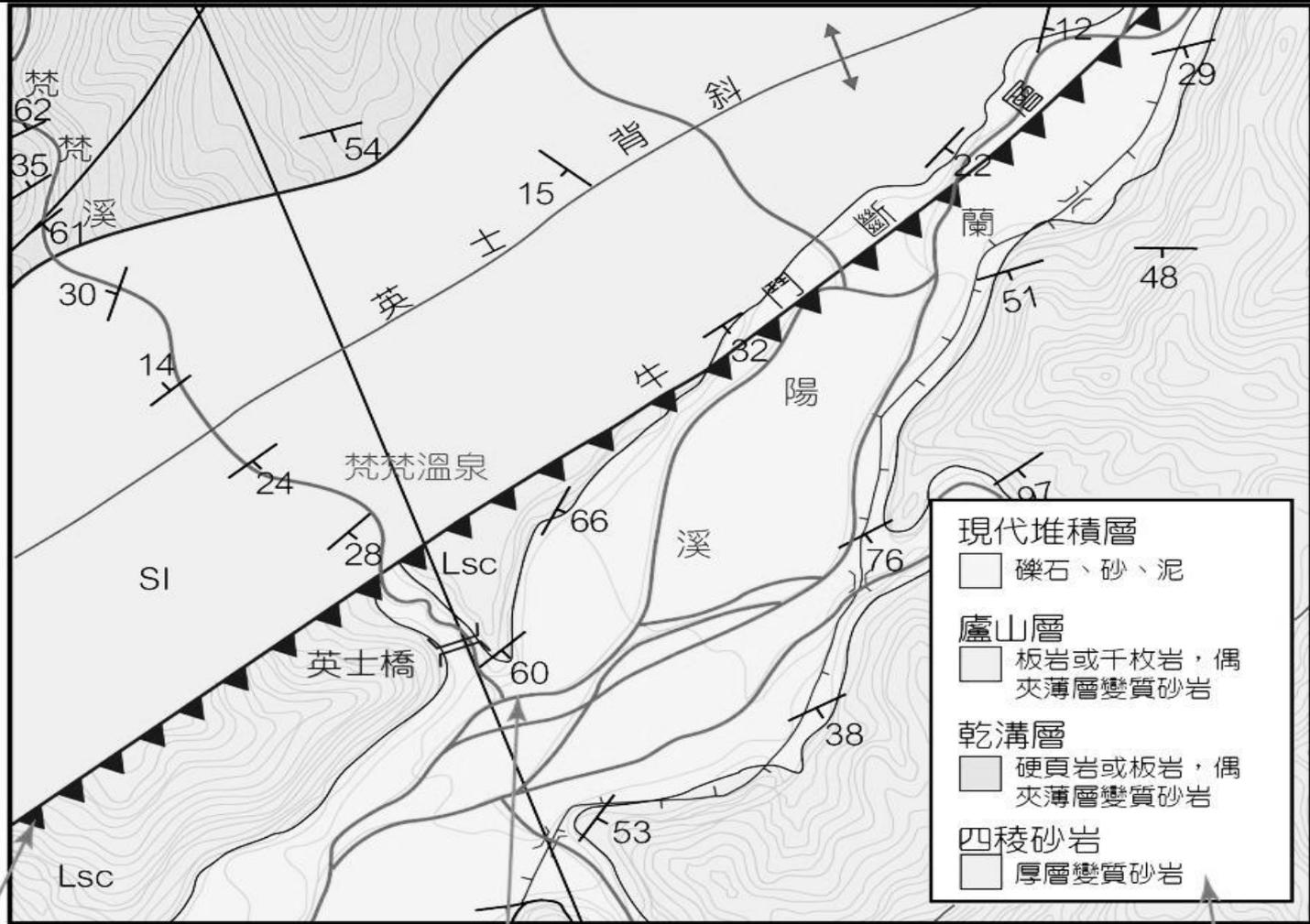
(1) 原始水平沉積 定律

(2) 疊置 定律

(3) 截切 定律

(4) 包裹體 定律

岩性：硬度、岩理(偏光顯微鏡)、稀鹽酸...等



地質構造

逆斷層



背斜構造



層態



走向為  
東北—西南方向

向東南傾角60度

現代堆積層

礫石、砂、泥

廬山層

板岩或千枚岩，偶  
夾薄層變質砂岩

乾溝層

硬頁岩或板岩，偶  
夾薄層變質砂岩

四稜砂岩

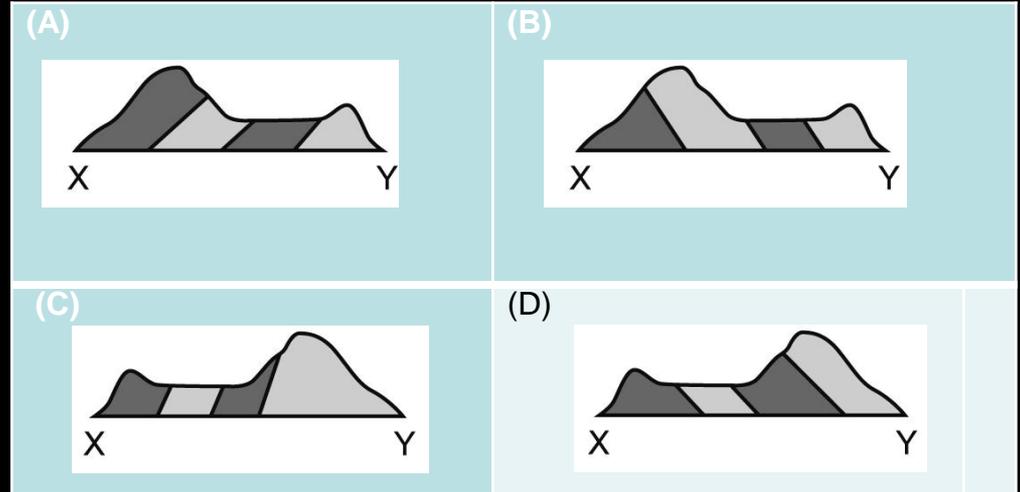
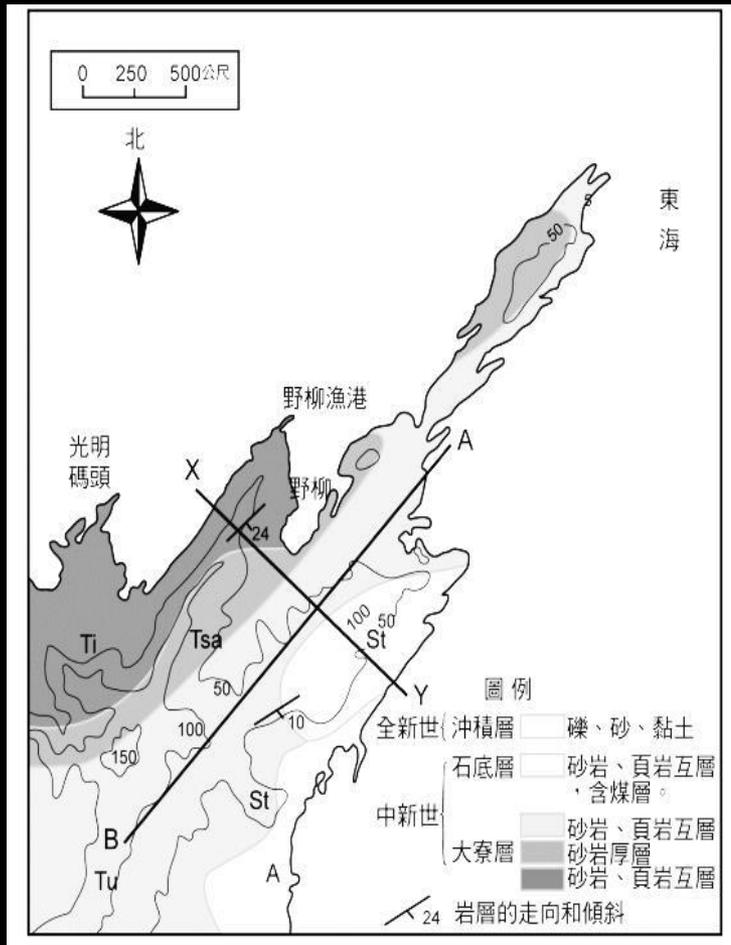
厚層變質砂岩

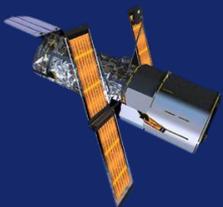
地層圖例

由上至下分別代表由  
新至老的地層

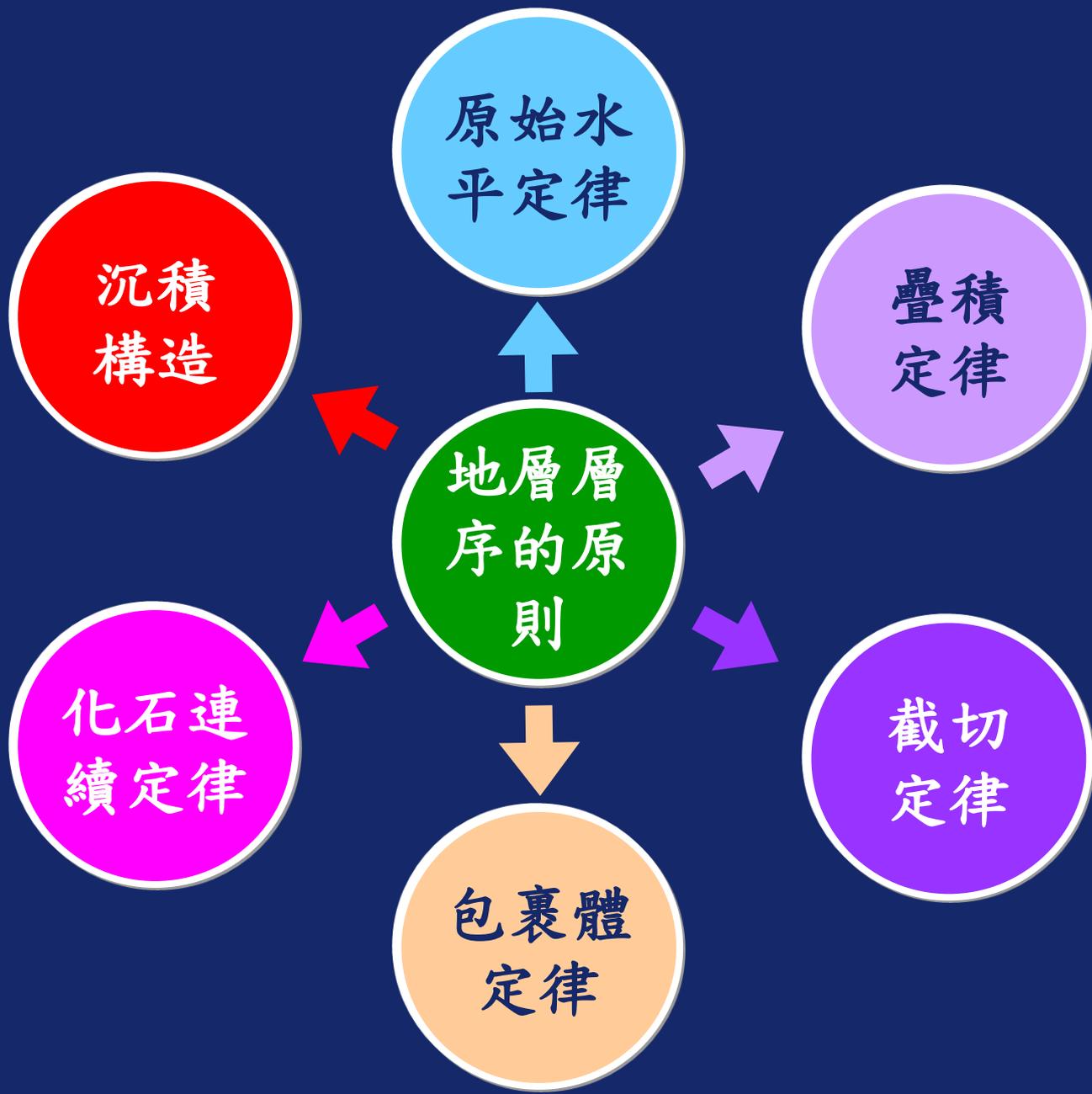
# 4. 繪製出 地質圖 及 地質剖面圖

## 1. 請劃出下方地質圖的地質剖面圖





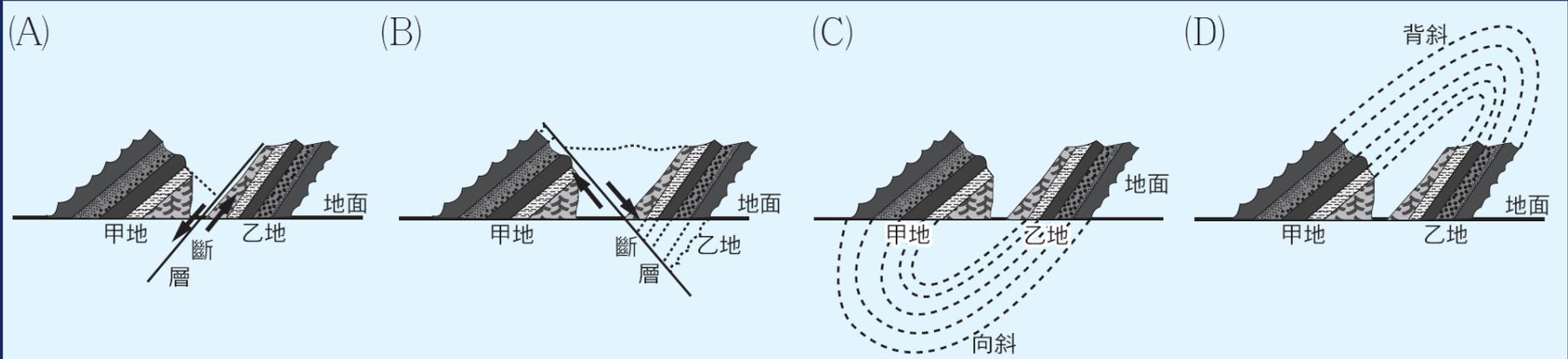
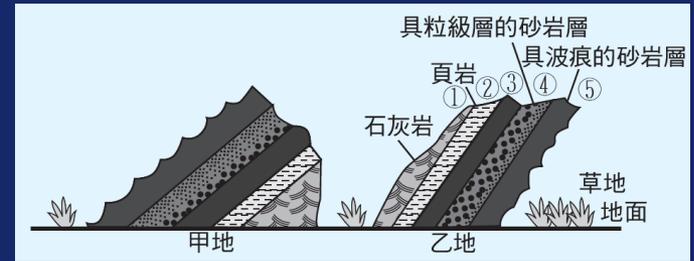
# 地層層序的原則

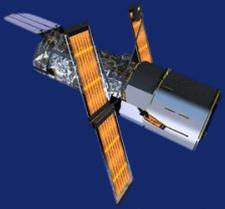




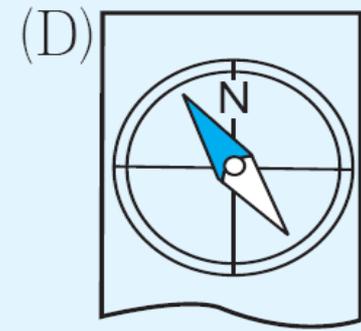
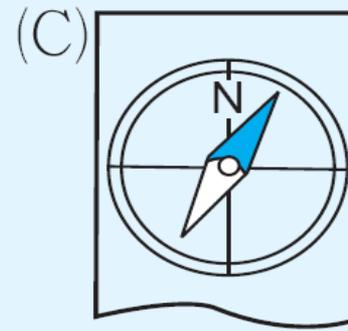
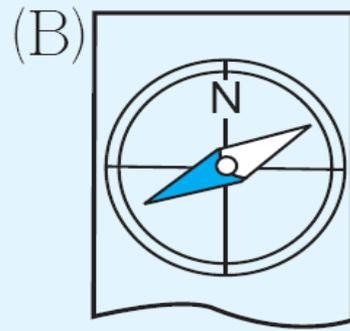
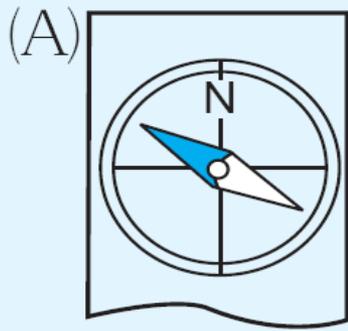
# 牛刀小試

如附圖所示，相隔不遠的甲、乙兩地，可見到整組相同沉積構造型態的地層，已知地層①至⑤為連續沉積的五層地層，則根據甲、乙兩地岩層的沉積構造和層態，兩地應同屬於下列哪一種地質構造？





若岩層走向為北偏西 $60^\circ$ ，則傾斜儀測量的結果，指針應如下列哪一個圖所示？





## 二、地球物理的測勘

33

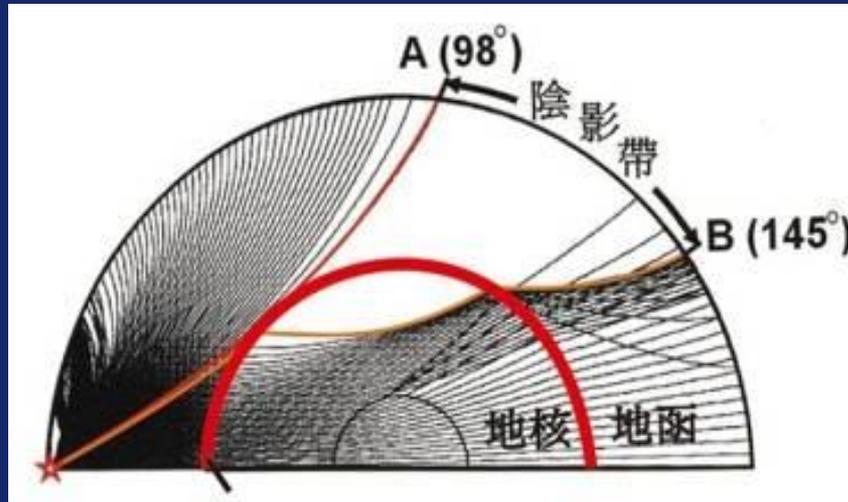
### 1. 非破壞性探測

#### (1) 地震

a. 地震學：利用 地震波 預測描繪地下構造 (大範圍)，主要用於建構地球內部結構

#### (a) 地球分層

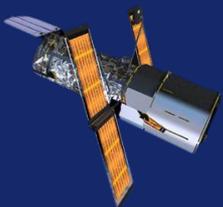
#### (b) 地函地核探測：P波陰影帶



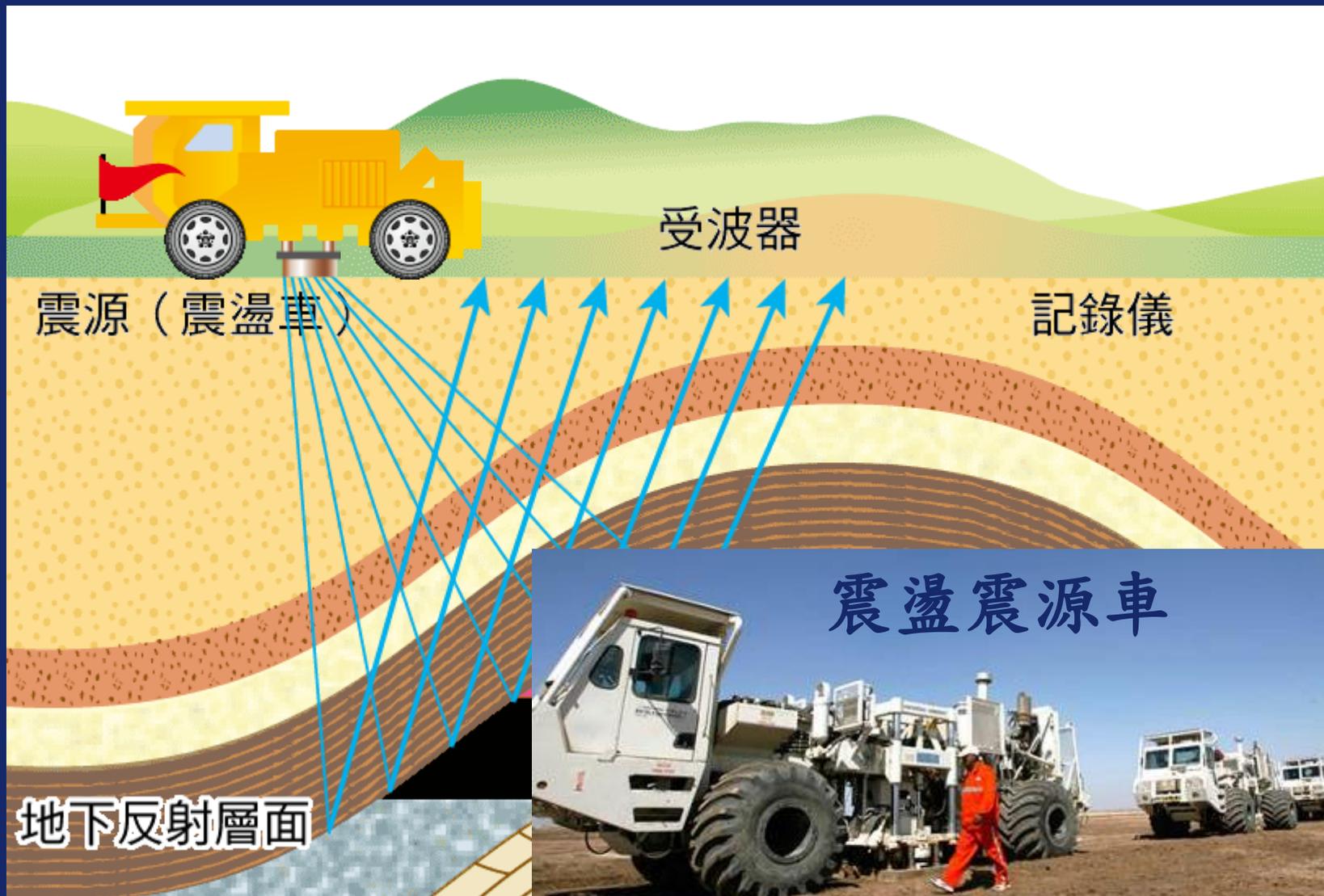


b.震波探勘：利用人工震源之反射波描繪地下影像(小範圍)；數十公里的板塊隱沒帶至數公尺的斷層構造，主要用於石油探勘方面。

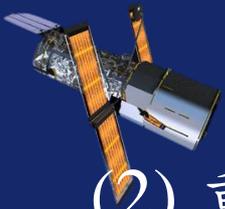
c.震波層析影像、微震資料：監測火山活動(如：大屯火山)



# 震波測勘法

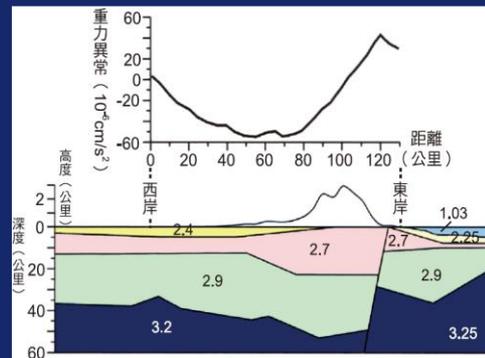
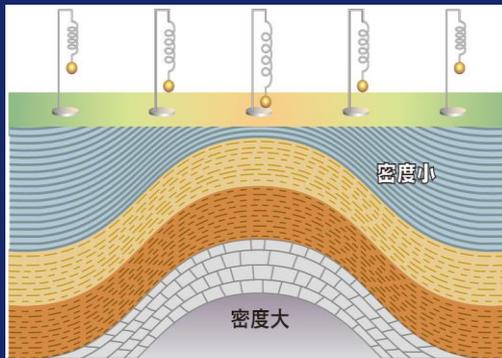


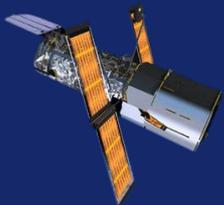
震盪震源車



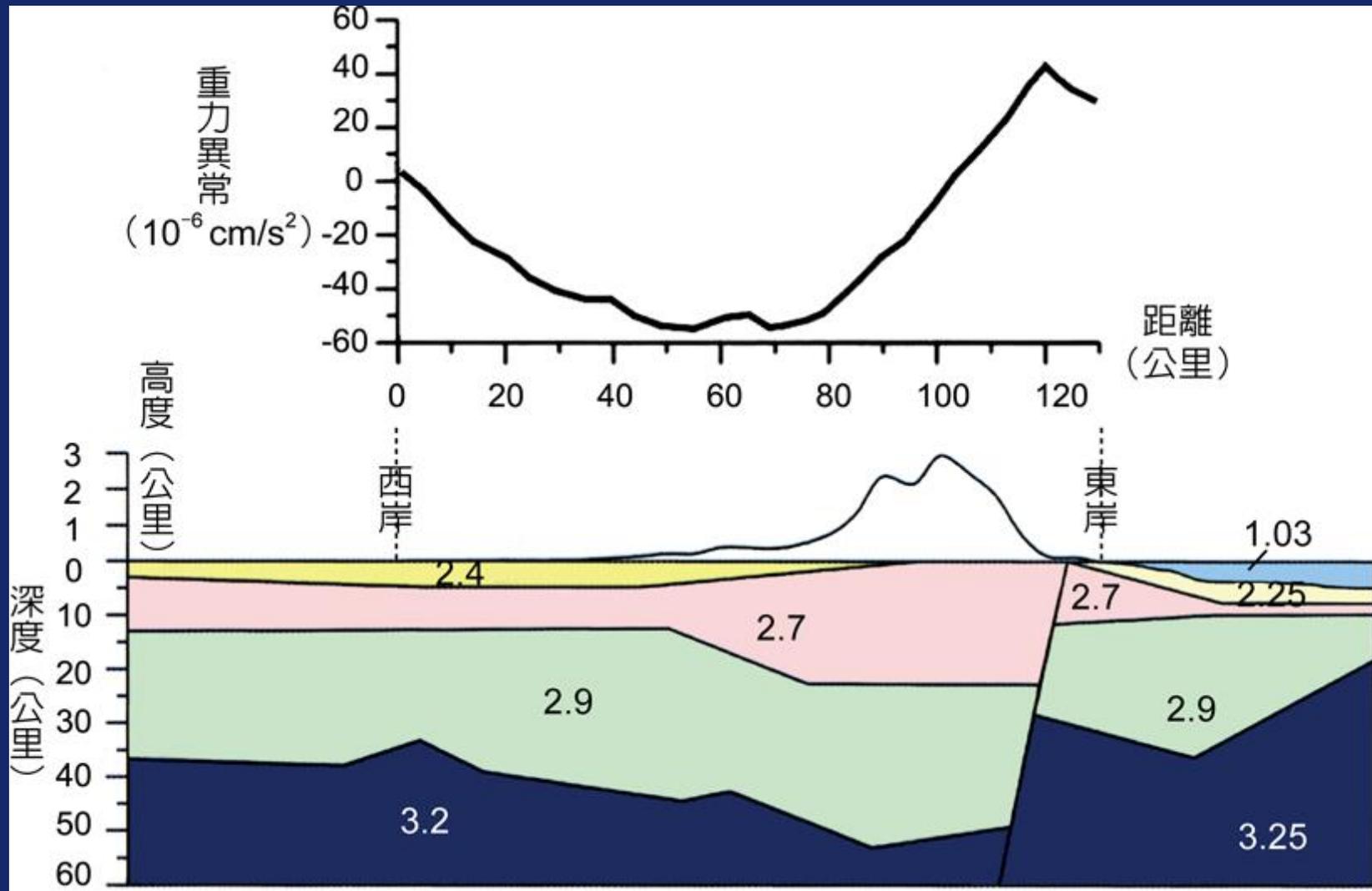
## (2) 重力探測

- 利用重力異常反映出該地區岩石密度分布
- 測量重力值、扣除 緯度、潮汐、高度、地形 影響，得到觀測重力值
- 與 參考(理想)橢球體 理論重力值之差異稱為重力異常
- 重力異常： $(>0)$  背斜 構造、火成 岩入侵或密度較大岩體





# 橫跨臺灣中部（由西岸至東岸）的重力異常值





### (3) 磁力探測

a. 利用磁力儀測量各地磁場變化

b. 扣除平均地磁、磁場日變化、得到磁力異常

c. 磁力強度：火成岩 > 變質岩 > 沉積岩，可測定機盤面起伏

d. 應用：尋找磁性礦物

尋找古地磁南北極

發現磁極反轉，建立海底擴張學說



#### (4) 地電阻探測

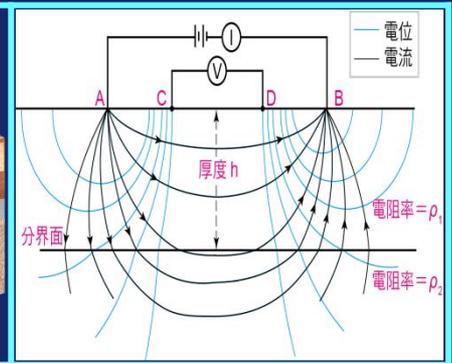
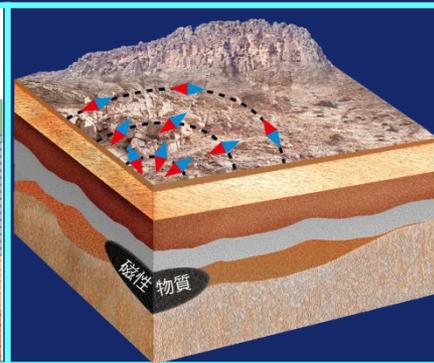
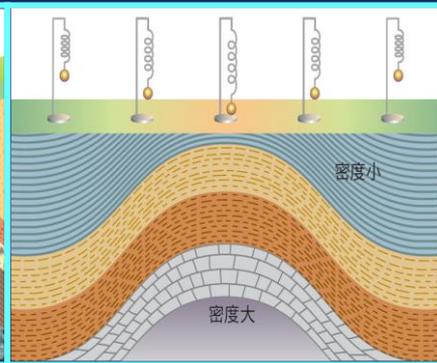
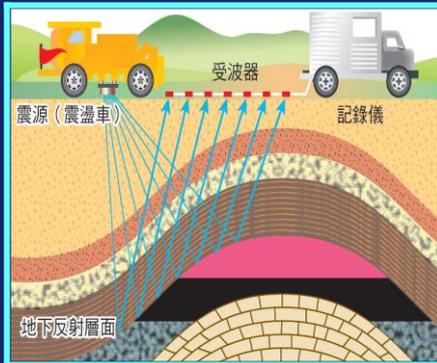
a. 大地電阻法：深度數百公尺的地下水或岩層  
電阻率。如：深埋地下5公尺處的小林村

b. 大地電磁法：利用地球磁層及電離層的  
變化，換算成地下構造的電阻率分布深度可達數  
十公里。



# 地球物理的測勘

(點選名稱連結)



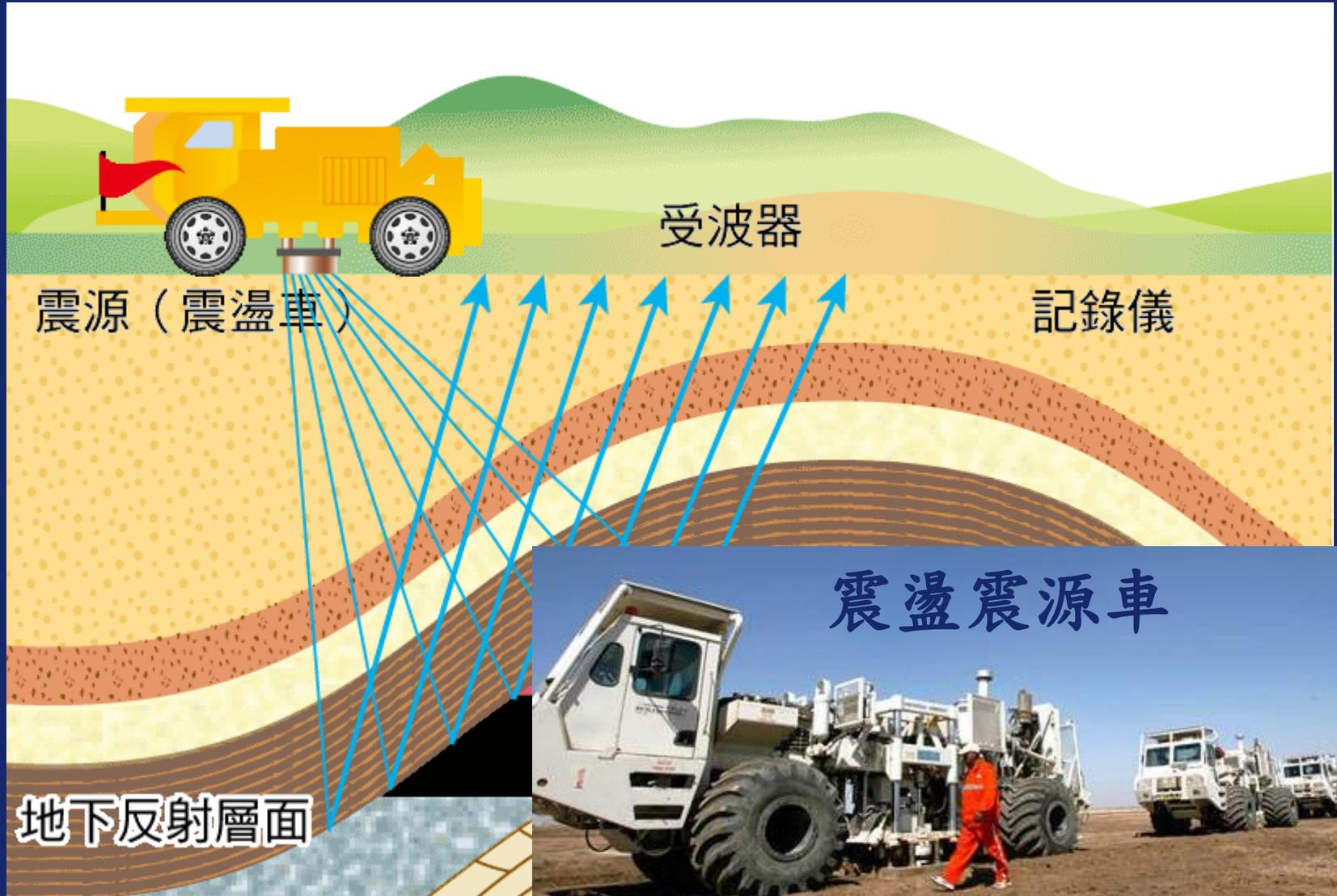
震波  
測勘法

重力  
測勘法

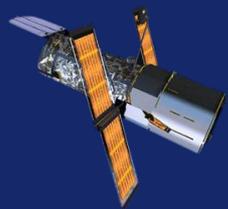
磁力  
測勘法

地電  
測勘法

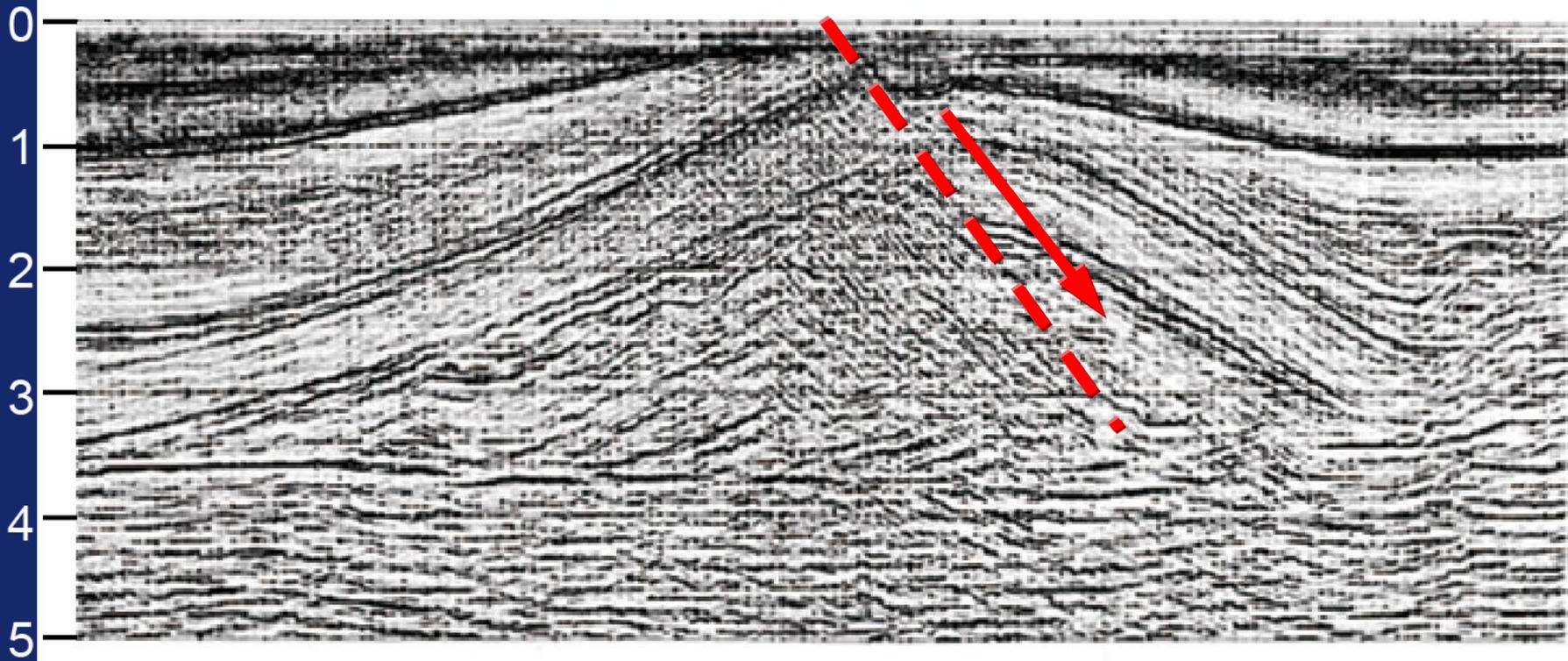
# 震波測勘法



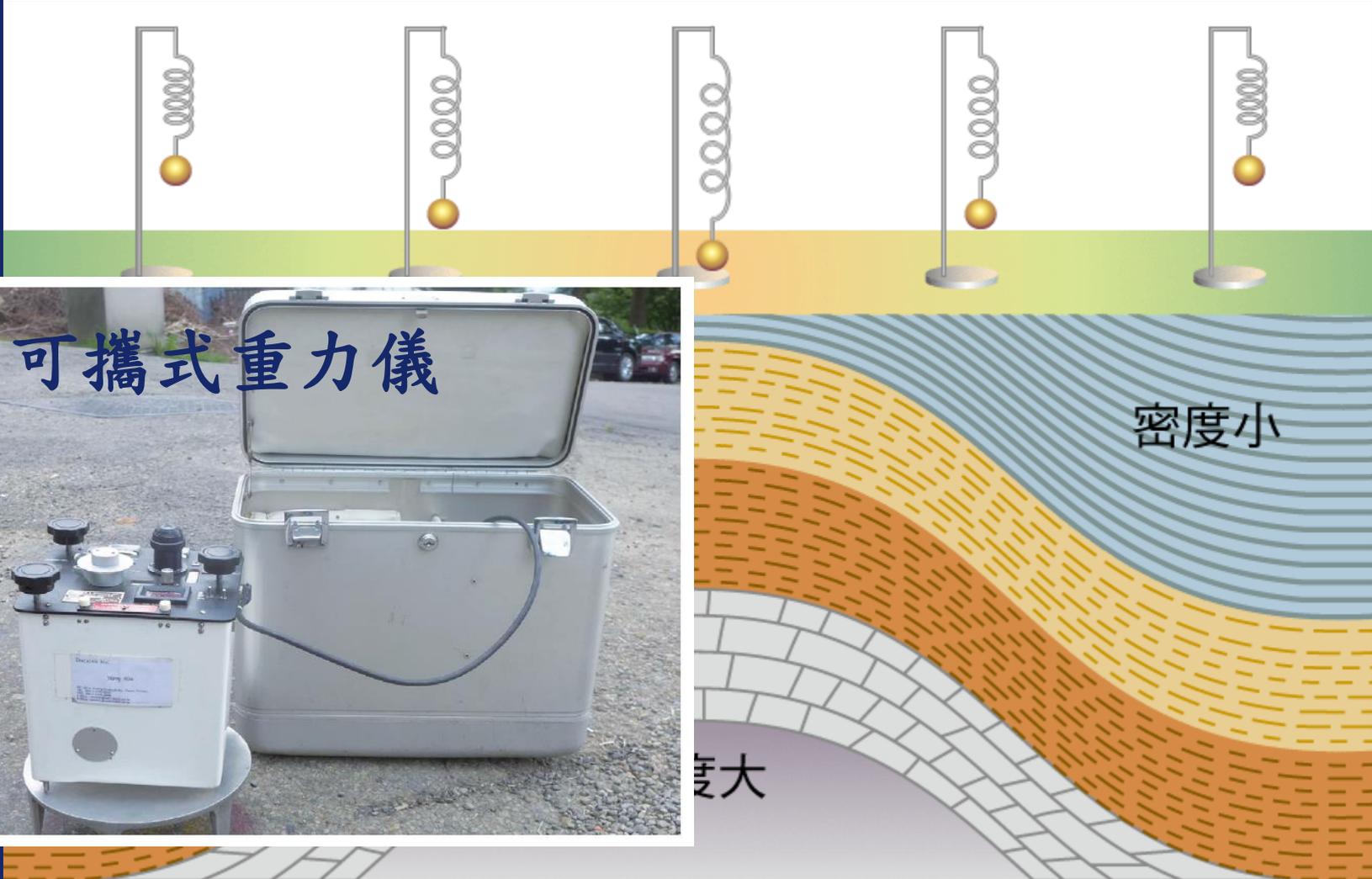
# 震波測勘法



深度 (公里)



# 重力測勘法

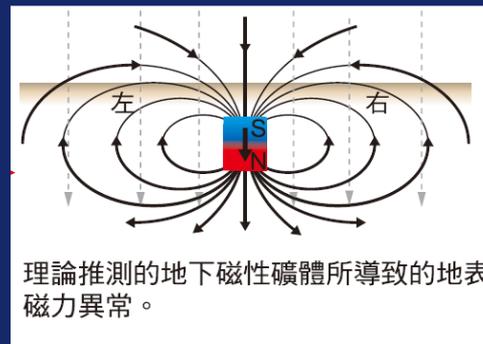
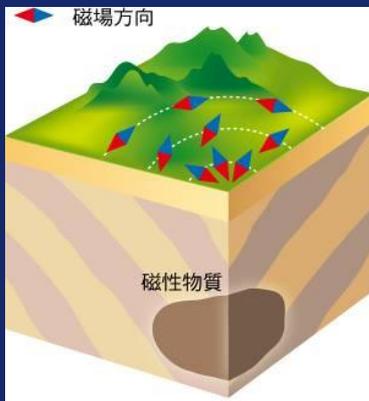




### (3) 磁力探測

44

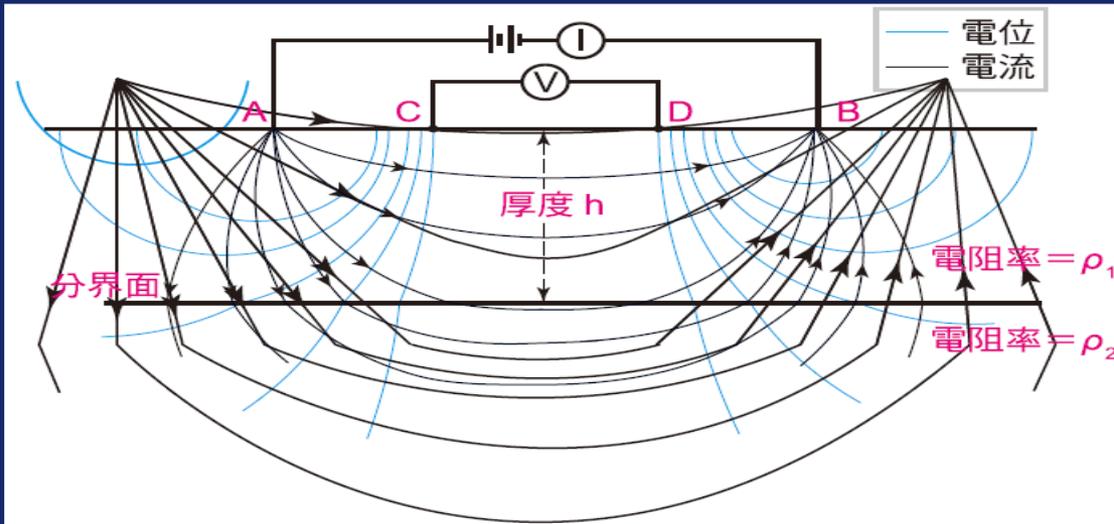
- 利用磁力儀測量各地磁場變化
- 扣除平均地磁、磁場日變化、得到磁力異常
- 磁力強度：火成岩 > 變質岩 > 沉積岩，  
可測定機盤面起伏
- 應用：  
尋找磁性礦物  
尋找古地磁南北極  
發現磁極反轉，建立海底擴張學說

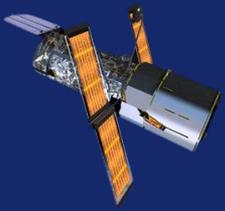




## (4)地電測勘法

- 大地電阻法：深度數百公尺的地下水或岩層\_\_電阻率\_\_。如：深埋地下5公尺處的小林村
- 大地電磁法：利用地球\_\_磁層\_\_及\_\_電離層\_\_的變化，換算成地下構造的電阻率分布深度可達數十公里。





## 2. 破壞性探測

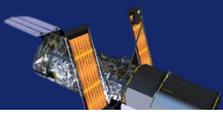
46

### (1) 鑽探

- a. 鑽井前及鑽井後與槽溝開挖的工作相同。
- b. 俄羅斯在靠近挪威邊界所鑽的井最深(約 12 公里)

### (2) 計畫：

- a. 車籠埔鑽井計畫(TCDP)
  - (a) 鑽井：多處錯動面，判斷地震易發生在滑移帶
  - (b) 槽溝開挖：判斷古地質事件發生時間及滑移量

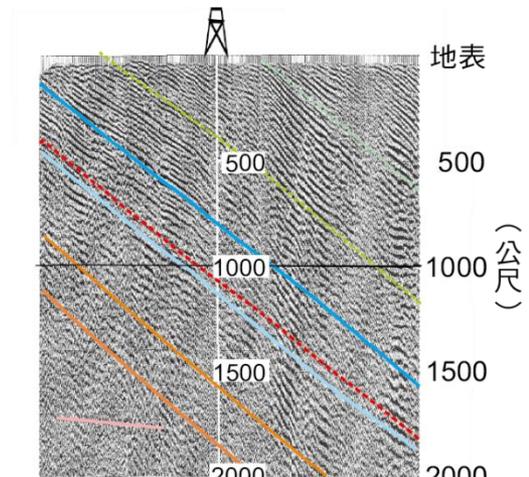
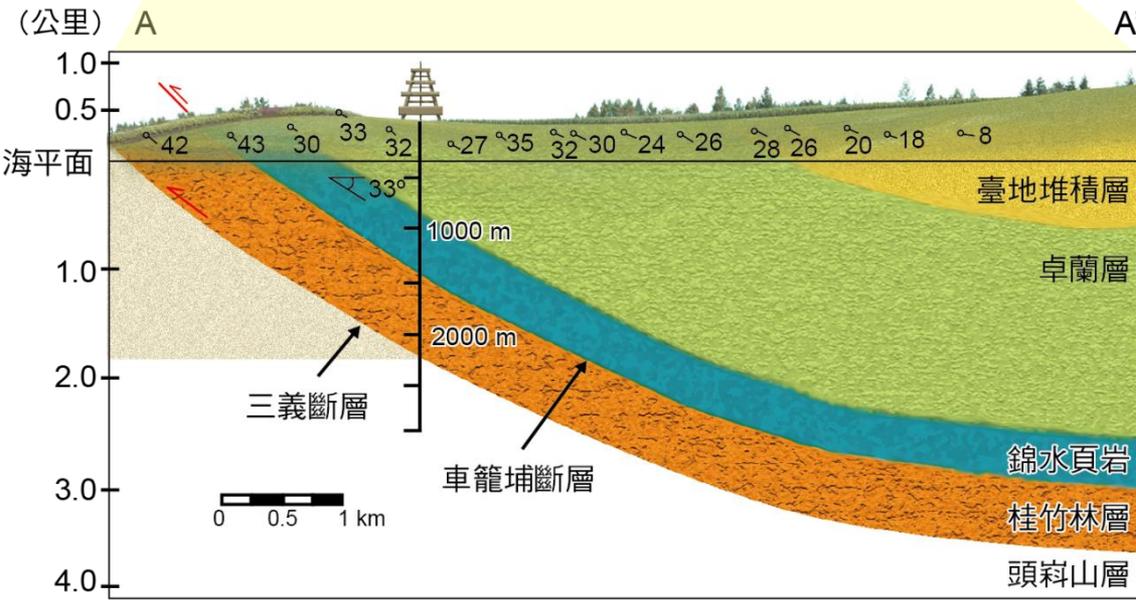
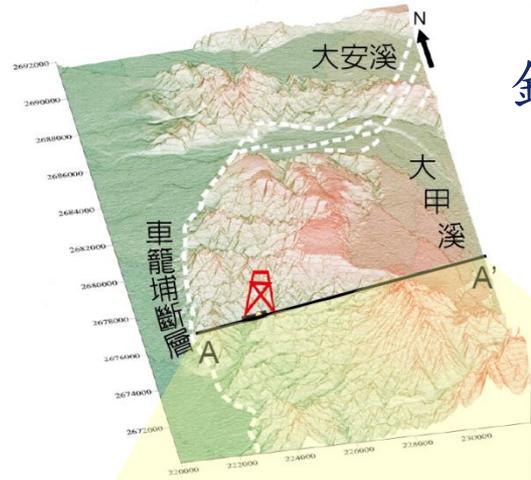


# 臺灣車籠埔斷層鑽井計畫 (TCDP)

## 百寶箱 3-4 鑽井工程

### 鑽井前的場址調查

TCDP於臺中大坑的井場





(2)計畫：

b.國際地殼鑽探組織(ICDP)

(a)組織目的：協助各國進行地球科學學術鑽井

(b)成果：古氣候變遷、自然資源的開發與利用、  
板塊運動機制與演化

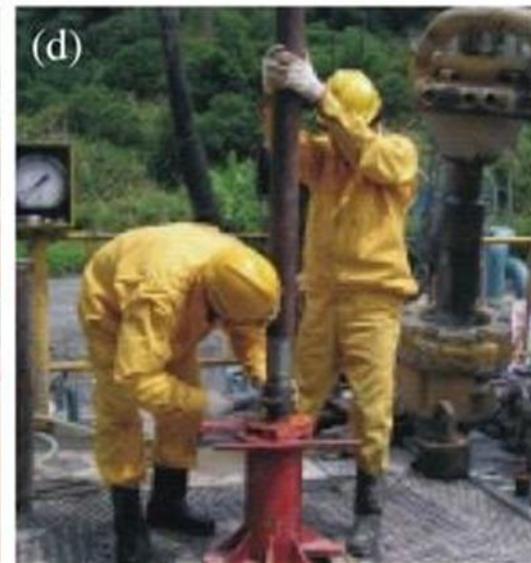
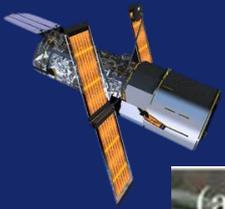
(c)相關書籍：古海荒漠

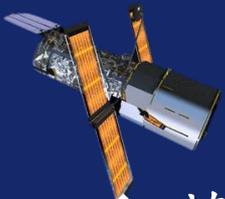


## (2) 槽溝開挖

- a. 開挖前：地質調查、地下探測、確認地質圖與地質剖面圖
- b. 開挖後：帶回的岩心掃描、化學分析或物理分析；現場的鑽孔內測量岩層內孔隙率、地電阻率...等

# 岩芯鑽取與量測





# 槽溝開挖

51

- ❖ 藉由槽溝開挖可了解斷層的變形形貌和特徵，辨別出古地震事件，可計算斷層活動週期與滑移速率。

延伸閱讀 槽溝開挖



竹山古斷層研究



# 鑽井與漕溝開挖

52





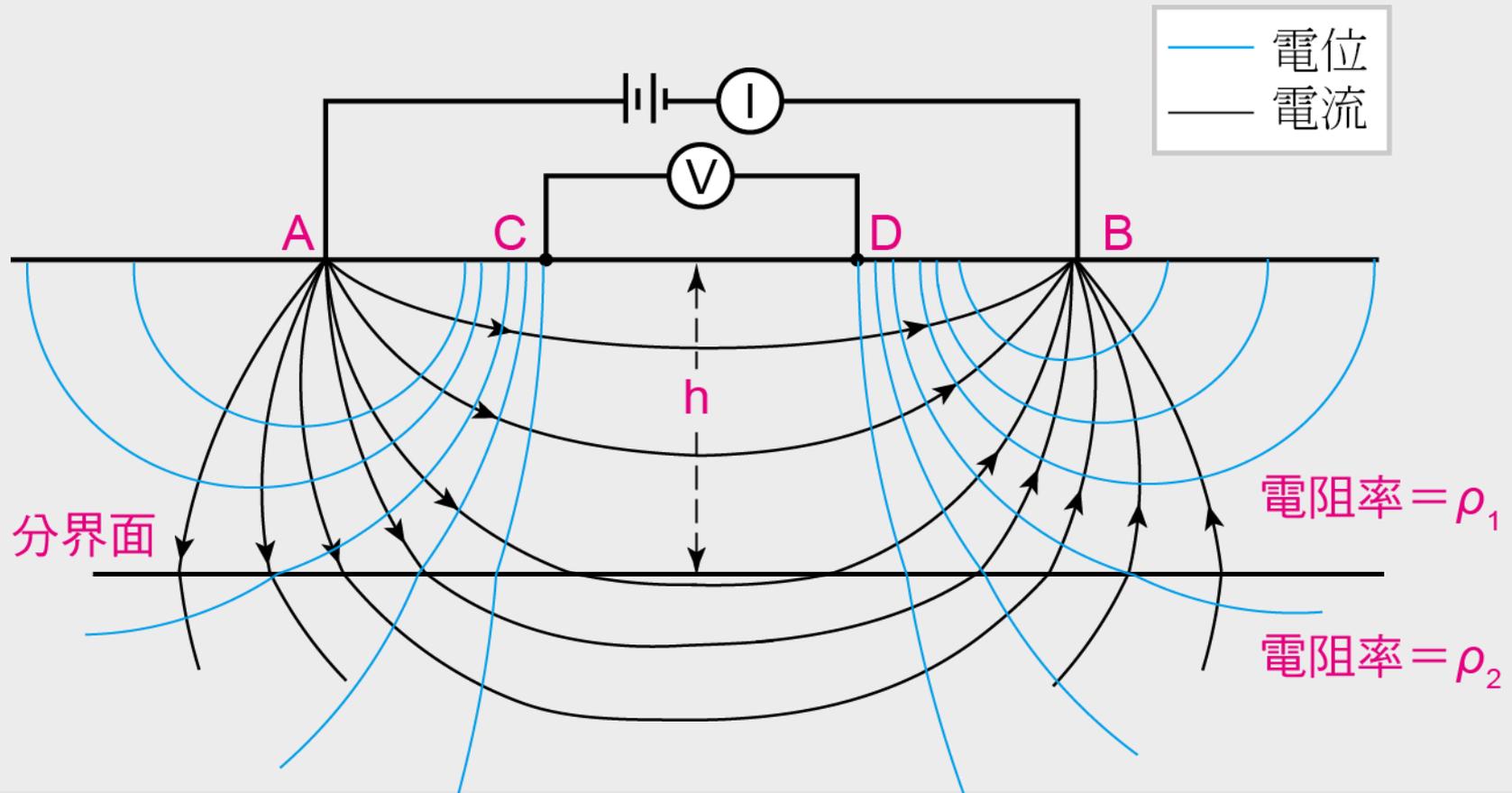


# 地電測勘法

56

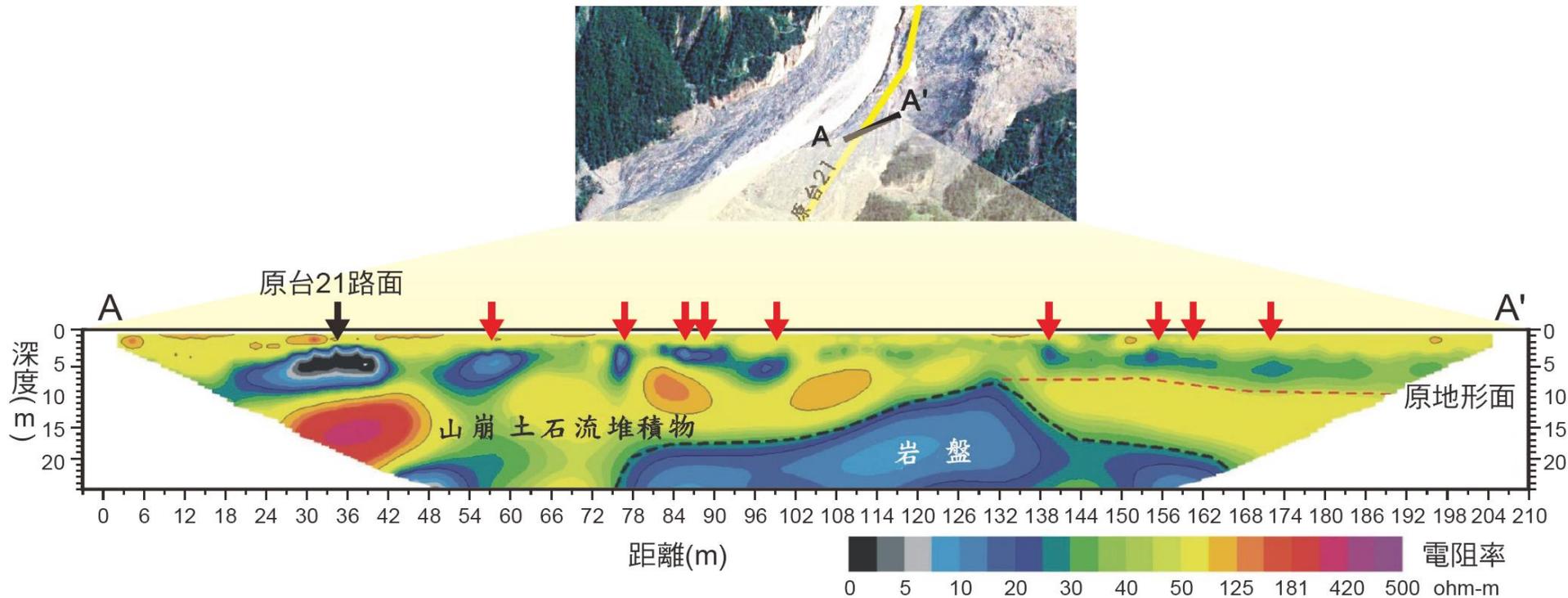
❖ 測定地下岩層的導電率（電阻率的倒數）

- 大地電磁法以天然電磁場變化為來源，可探測數十公里深的地層。





# 八八水災小林村山崩場址的地電測勘



2009年，八八水災小林村山崩場址的地電阻探測，可清楚看到房舍被掩埋在5公尺深處（如紅色箭頭所示）。由於房舍多由鋼筋建成，故電阻率較小。



❖ 鑽井是取得地下資源或資料最直接的方法，因費用昂貴，須萬全準備。

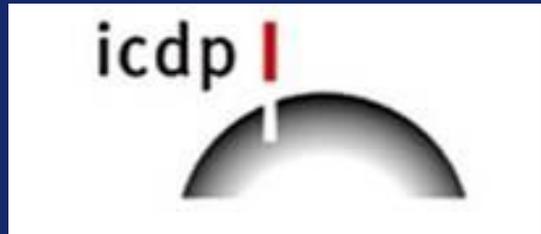
■ 步驟：

- 根據鑽探目的，盡可能蒐集探測區的地質資料
- 決定井位，研擬完善的鑽探計畫
- 詳實記錄鑽探過程
  - » 岩芯分析：判斷岩性、做岩芯影像掃描、化學分析、物理特性試驗等
  - » 孔內量測：岩層孔隙率、地電阻率等



## ❖ 國際地殼鑽探組織 (ICDP)

- 整合以及協助各國進行陸地科學鑽井，對人類面臨的地球急遽變化的問題，進行科學探討，包括：
  - 地震、火山及其防災
  - 地下資源礦產和地下水
  - 人為與自然力對環境的衝擊
  - 生物圈與地球地殼的相互影響
  - 影響物種滅絕因素的探討





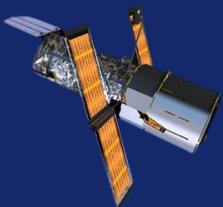
END



## 3-2

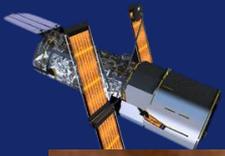
# 地質作用與地質構造

- 外營力造成的地質作用
- 內營力造成的地質構造



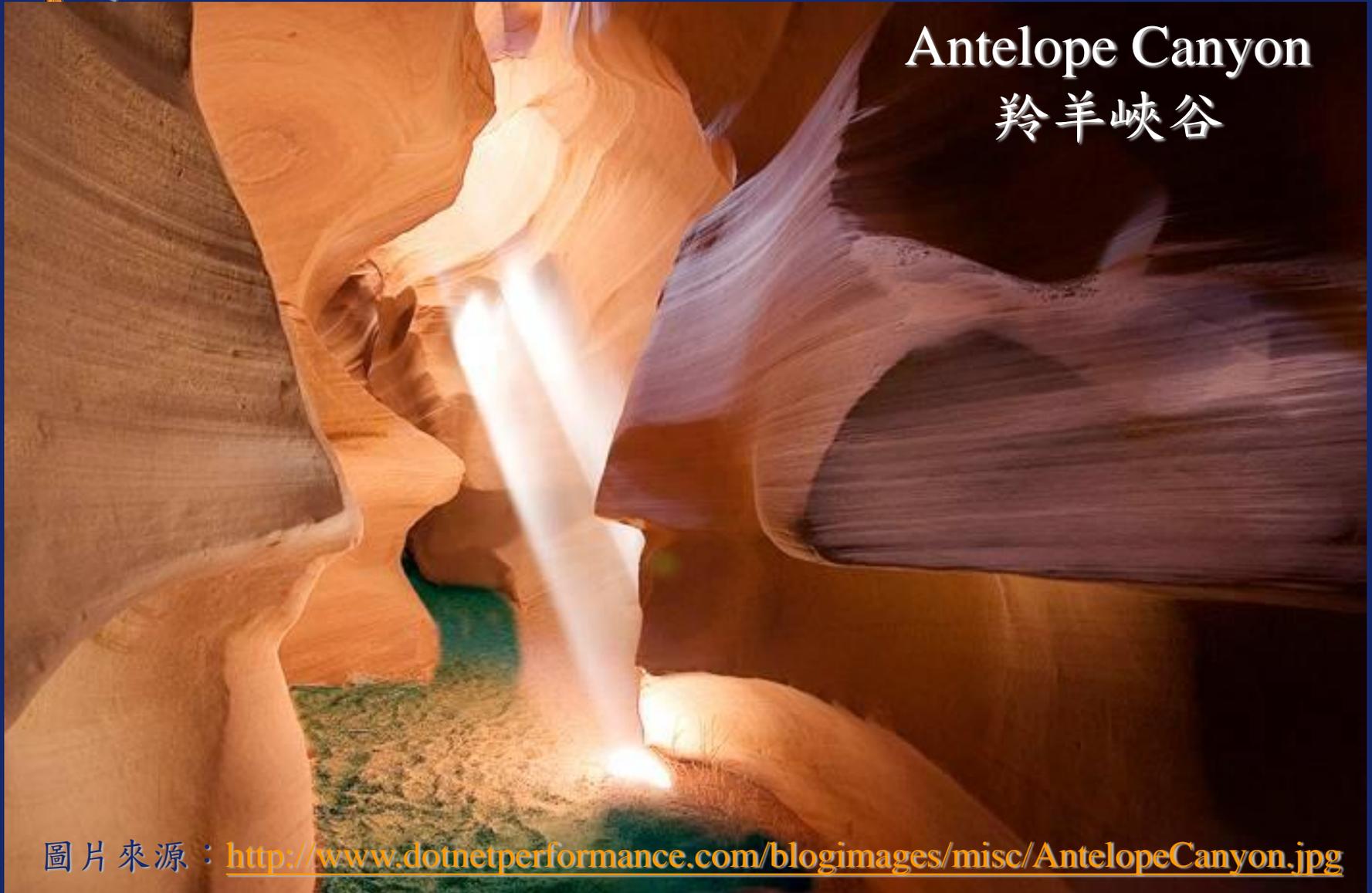
# Antelope Canyon

## 羚羊峽谷



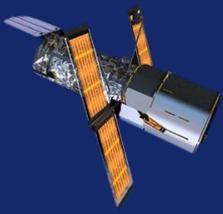
# 雕琢大地的雕刻刀

63



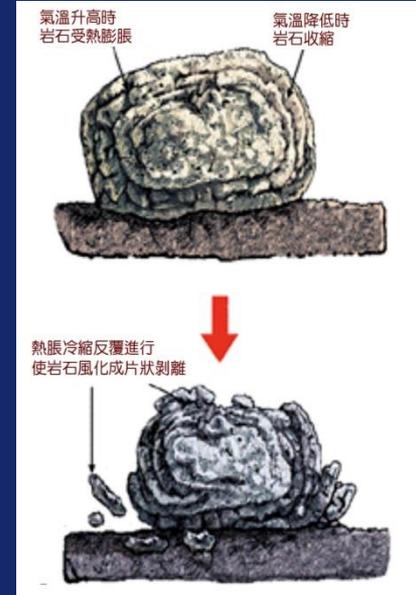
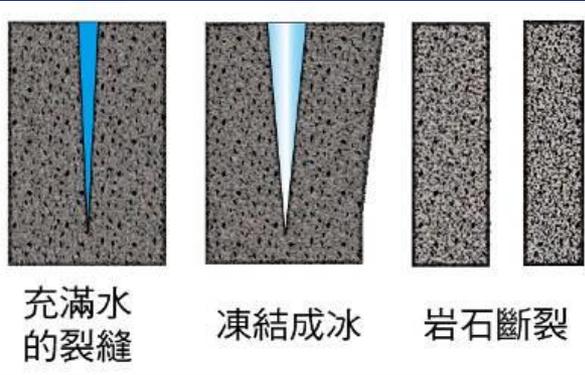
Antelope Canyon  
羚羊峽谷

圖片來源：<http://www.dotnetperformance.com/blogimages/misc/AntelopeCanyon.jpg>



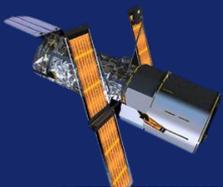
# 3-2 地質作用與地質構造

## 一、外營力：風化、搬運、侵蝕

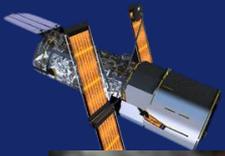


<http://web2.nmms.edu.tw/DokLib/NewsLetter/89/154/10-1.htm>

# 生物風化作用



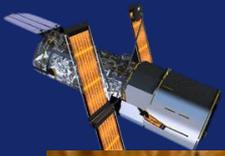
圖片來源：<http://www.treknature.com/gallery/Asia/Cambodia/photo111875.htm>



# 生物風化作用



(攝影者：黃玫琪)



# 溶解作用

67



(攝影者：黃玫琪)

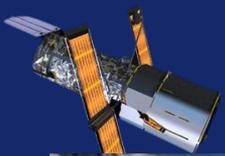


# 冰川的侵蝕

68



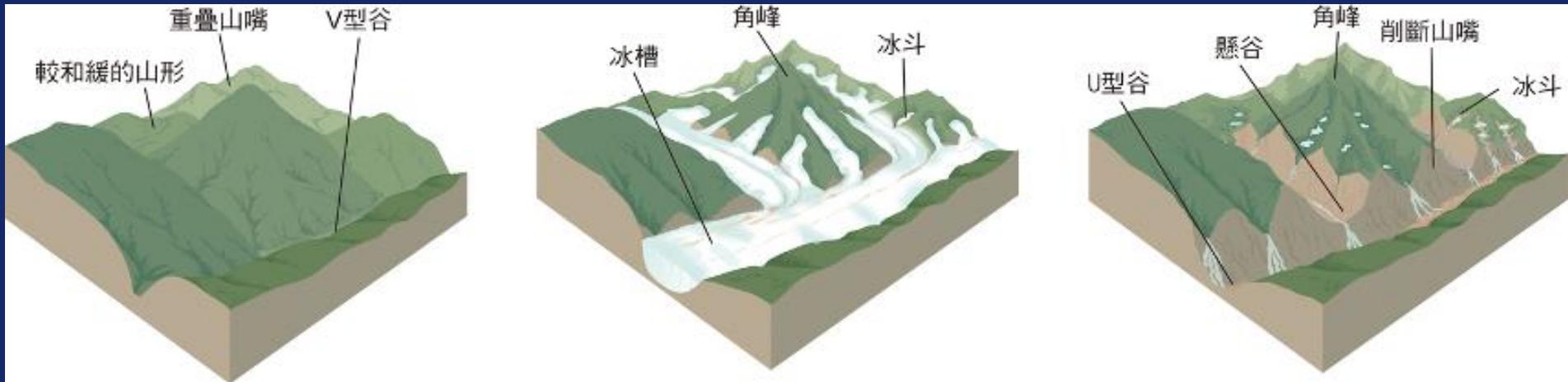
# 冰川



奧地利 大葛洛克納山 (攝影者：黃玫琪)



# 冰川地形

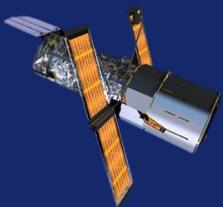




# 常見的地表作用

71





# 海蝕地形—海蝕洞



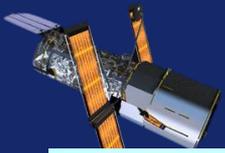


# 海蝕地形—海蝕平臺

73



東北角風景區 萊萊 (攝影者：黃玫琪)

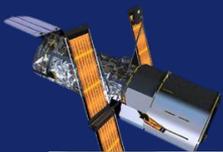


# 海蝕地形—海蝕門



澎湖 (攝影者：黃玫琪)

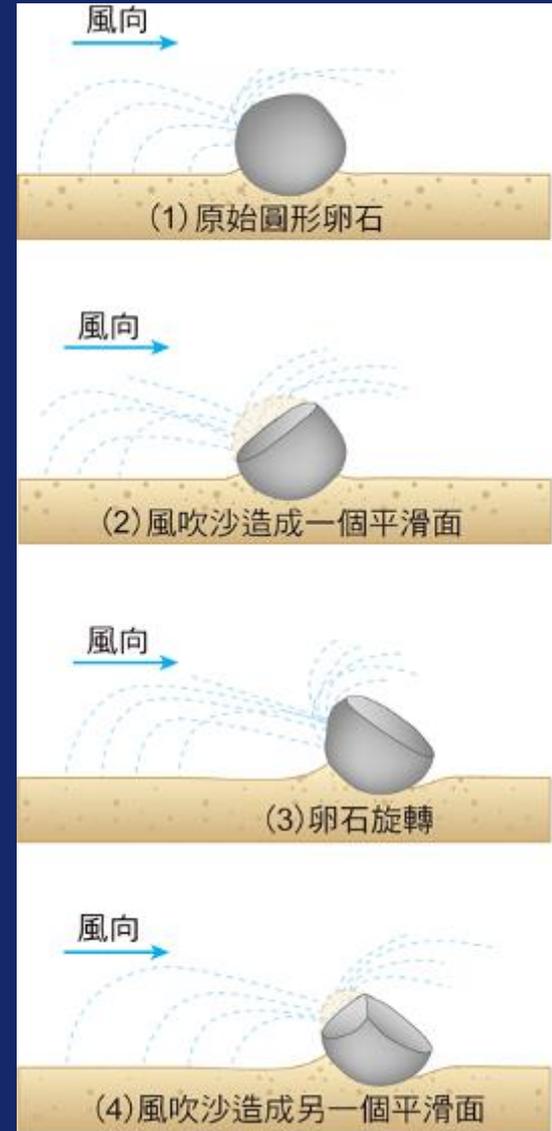
# 溶蝕盤

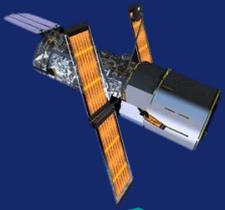


野柳風景區 (攝影者：黃玫琪)



# 風稜石

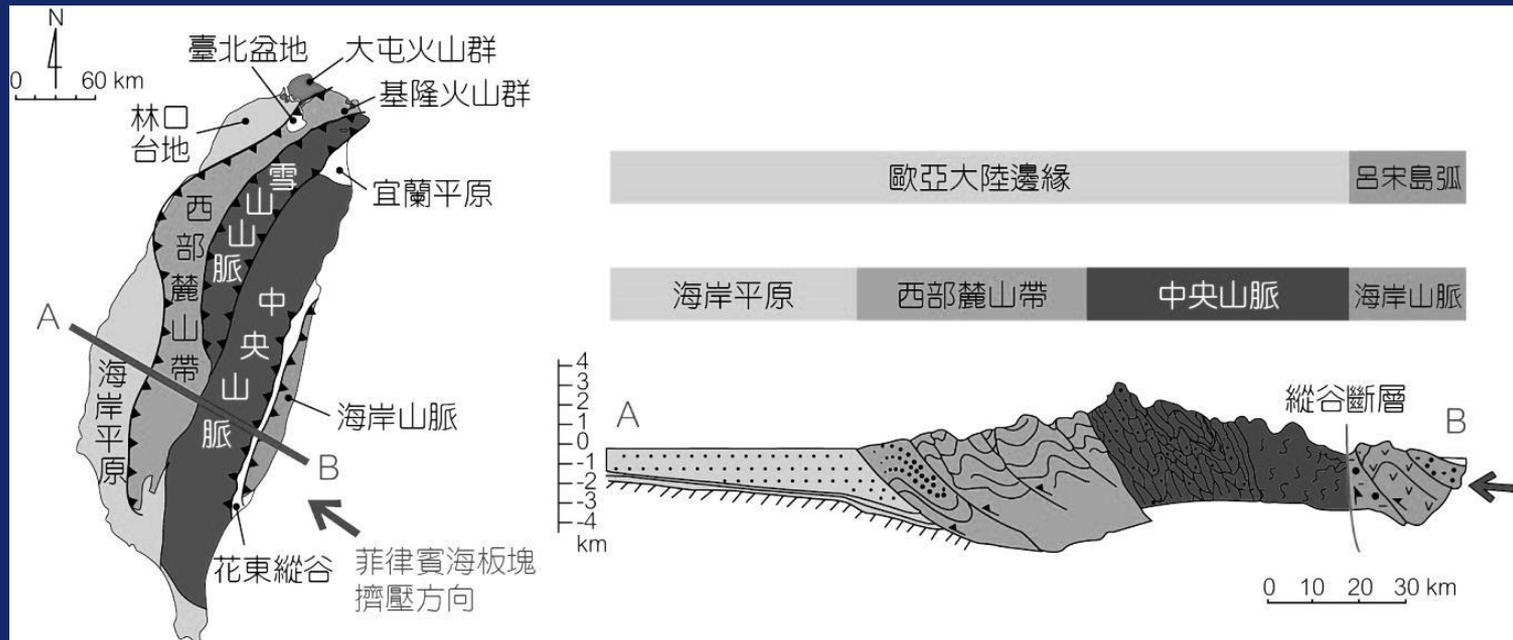


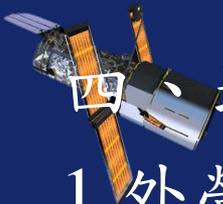


二、內營力：地震、火山、褶皺、斷層、塊體運動

三、地質作用與岩石循環：各種岩根據其所含不同礦物的命名。

## 形成原因





#### 四、地貌變化：經由外營力及內營力形成不同岩類 <sup>78</sup>

1. 外營力：(\_\_\_\_\_作用)，主要營力為\_\_\_\_\_

(1) 風化：母岩 均夷 \_\_\_\_\_ 的過程，最終產物為\_\_\_\_\_

a. 物理風化：減壓膨脹、凍融、根部撐裂、礦物結晶增壓

b. 化學風化：\_\_\_\_\_ (長石風化成\_\_\_\_\_)、金屬\_\_\_\_\_ (鐵礦氧化)、細菌作用



(2)侵蝕：碎屑脫離母岩的過程。向源、側向、向下  
侵蝕、差異侵蝕

水侵蝕產物：\_\_\_\_\_

冰川侵蝕產物：\_\_\_\_\_

風侵蝕產物：\_\_\_\_\_



(3)搬運：淘選度、搬運方式(水：溶解、跳動、滾動、懸浮；風：懸移、躍移、推移)

水搬運產物：\_\_\_\_\_

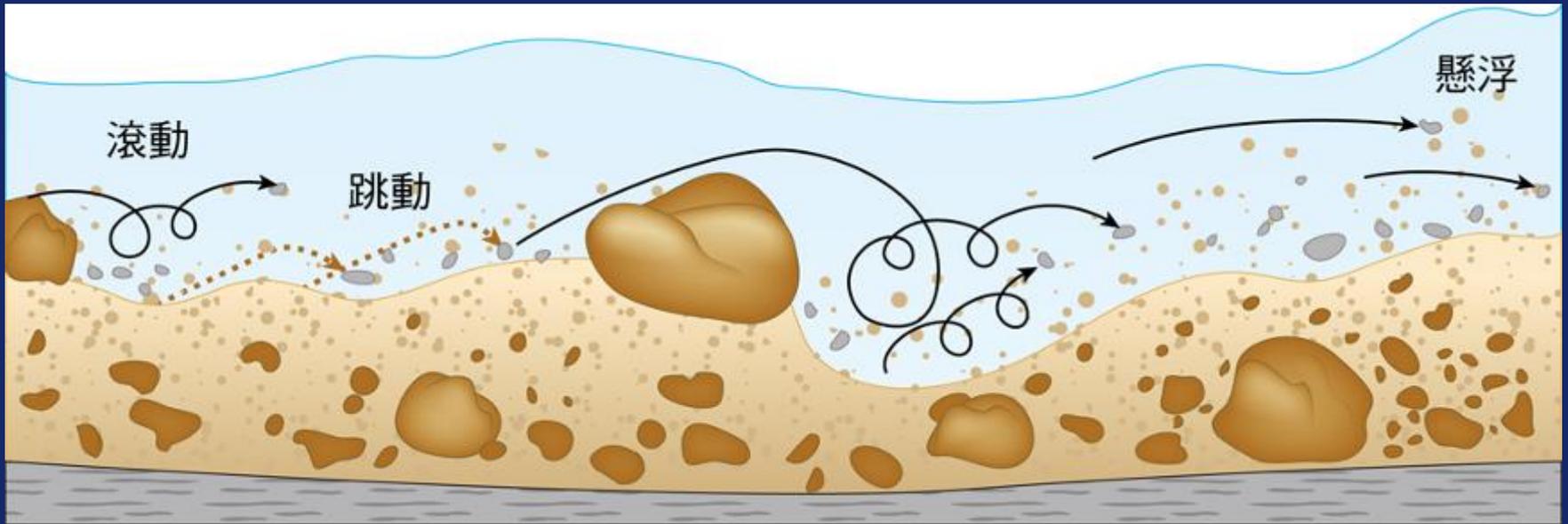
冰搬運產物：\_\_\_\_\_

風搬運產物：\_\_\_\_\_

(4)堆積(沉積)：侵蝕基準面以下

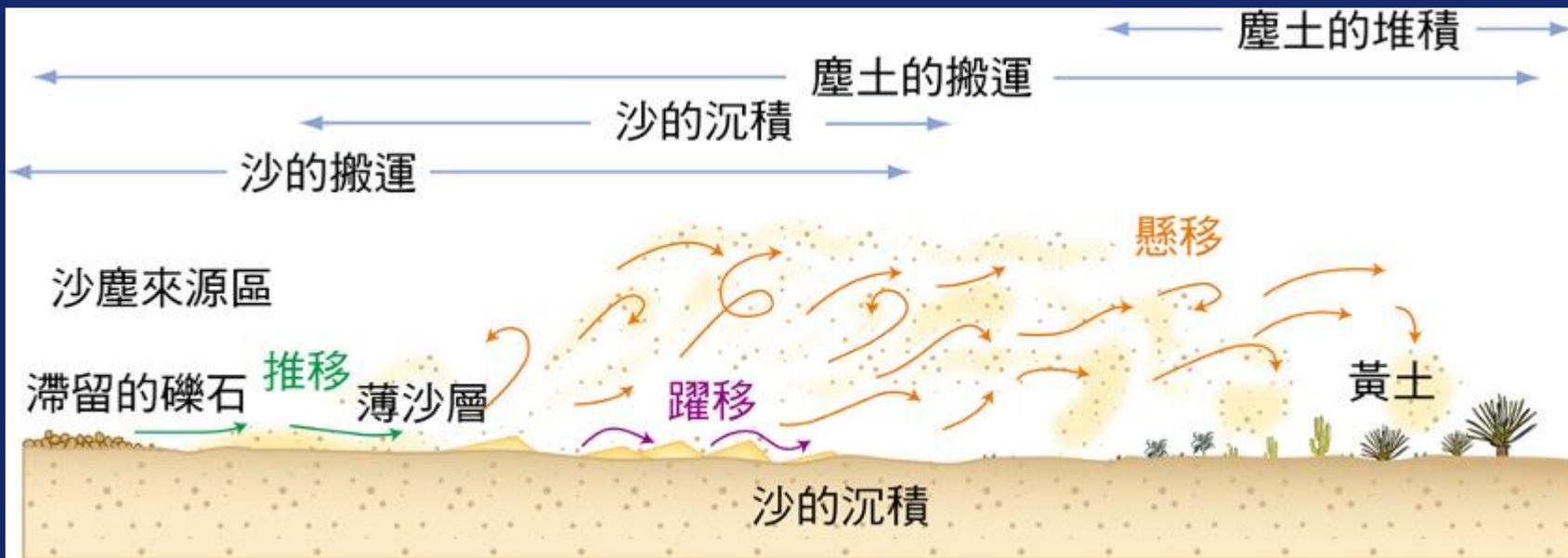


# 水的搬運作用



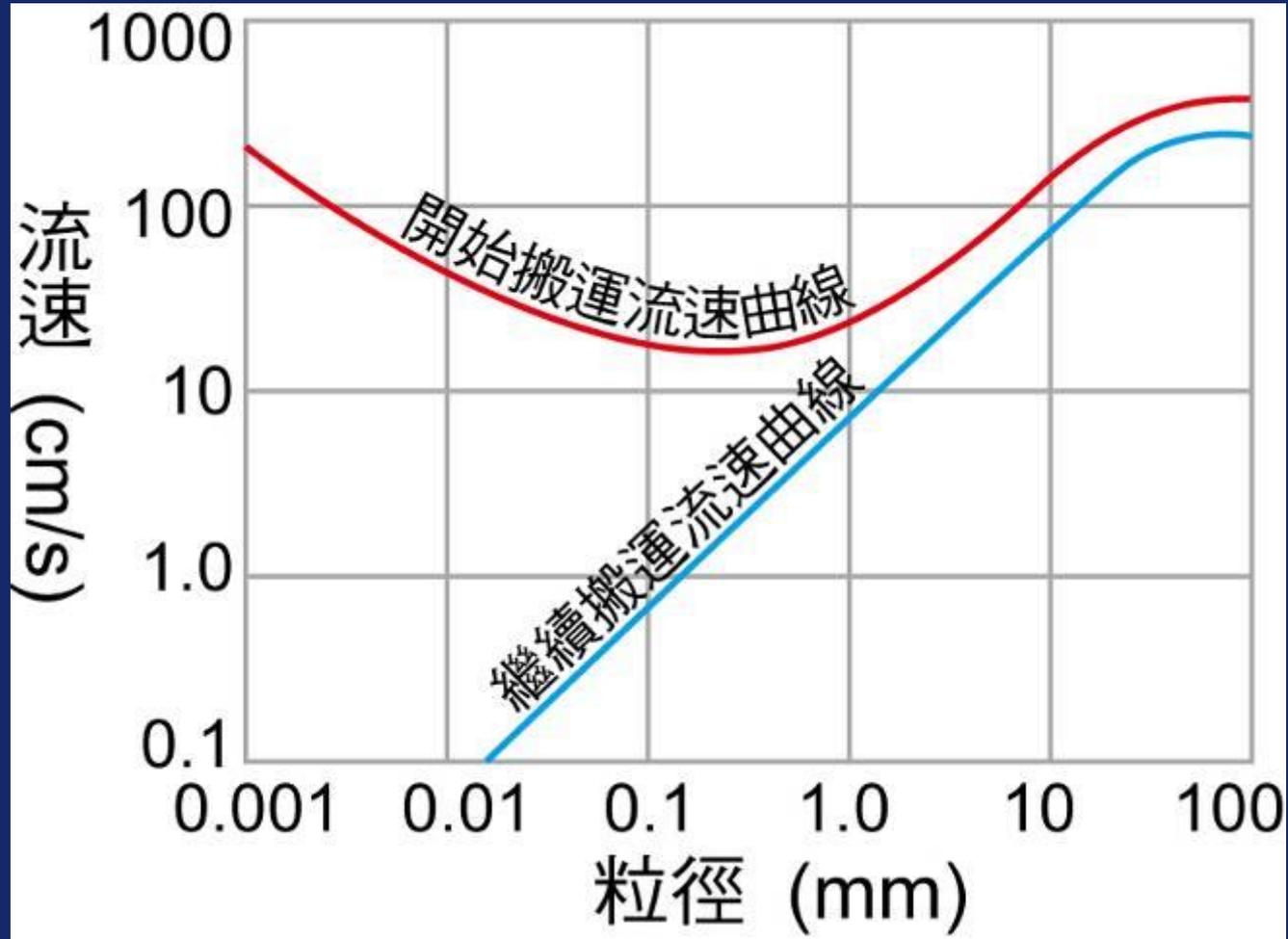


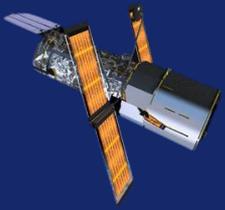
# 風的搬運作用





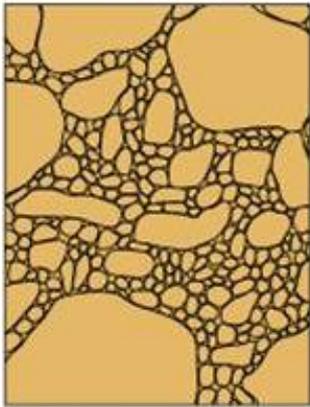
# 水的搬運粒徑與流速的關係



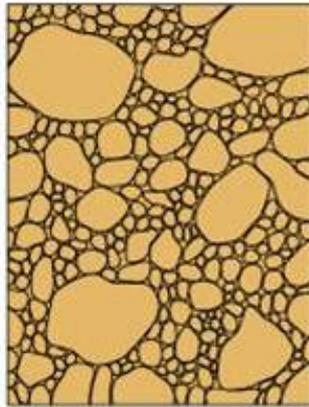


# 堆積作用

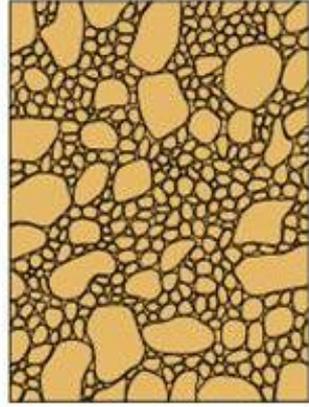
排序很差



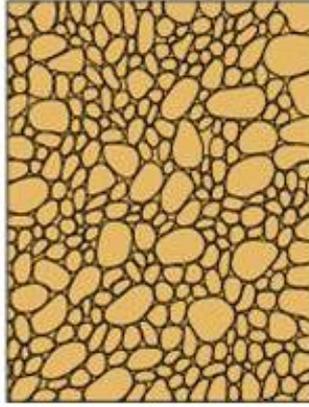
排序差



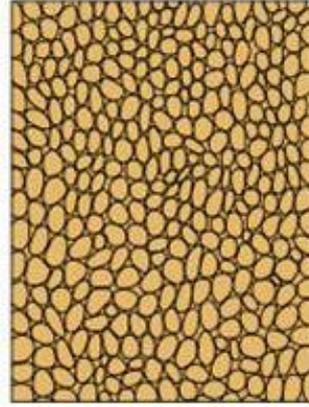
適度排序



排序佳



排序很好



Copyright 1999 John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.

- ❖ 淘選作用：將大小顆粒分別沉積的作用
- ❖ 風和水流等營力的淘選度較佳。
- ❖ 重力或冰川等營力的淘選度則較差。



2.內營力：(\_\_\_\_\_運動、\_\_\_\_\_作用)

(1)斷層：正逆平移、上下磐

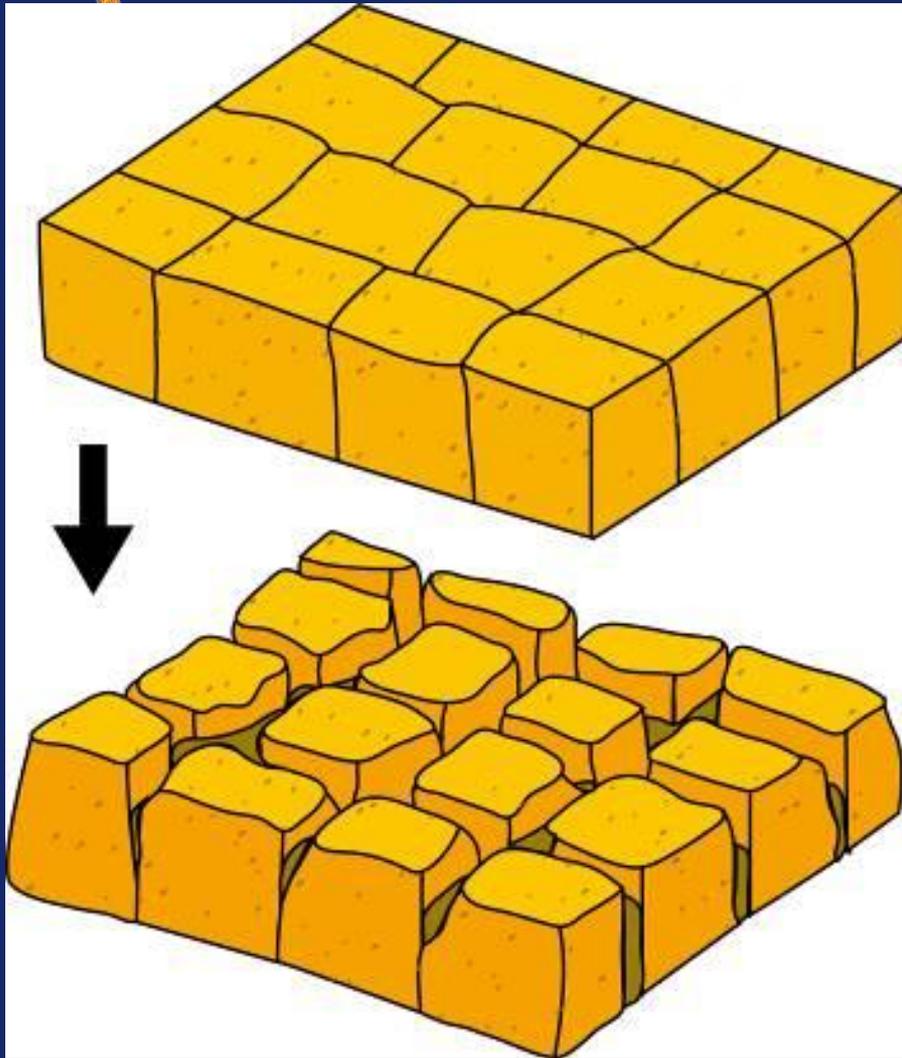
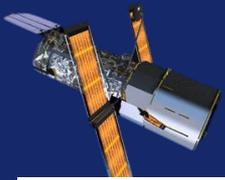
(2)節理：兩組(豆腐岩)、三組(柱狀節理)

(3)褶皺：向斜背斜

(4)潛移：池上斷層

(5)板塊運動

# 豆腐岩的兩組節理



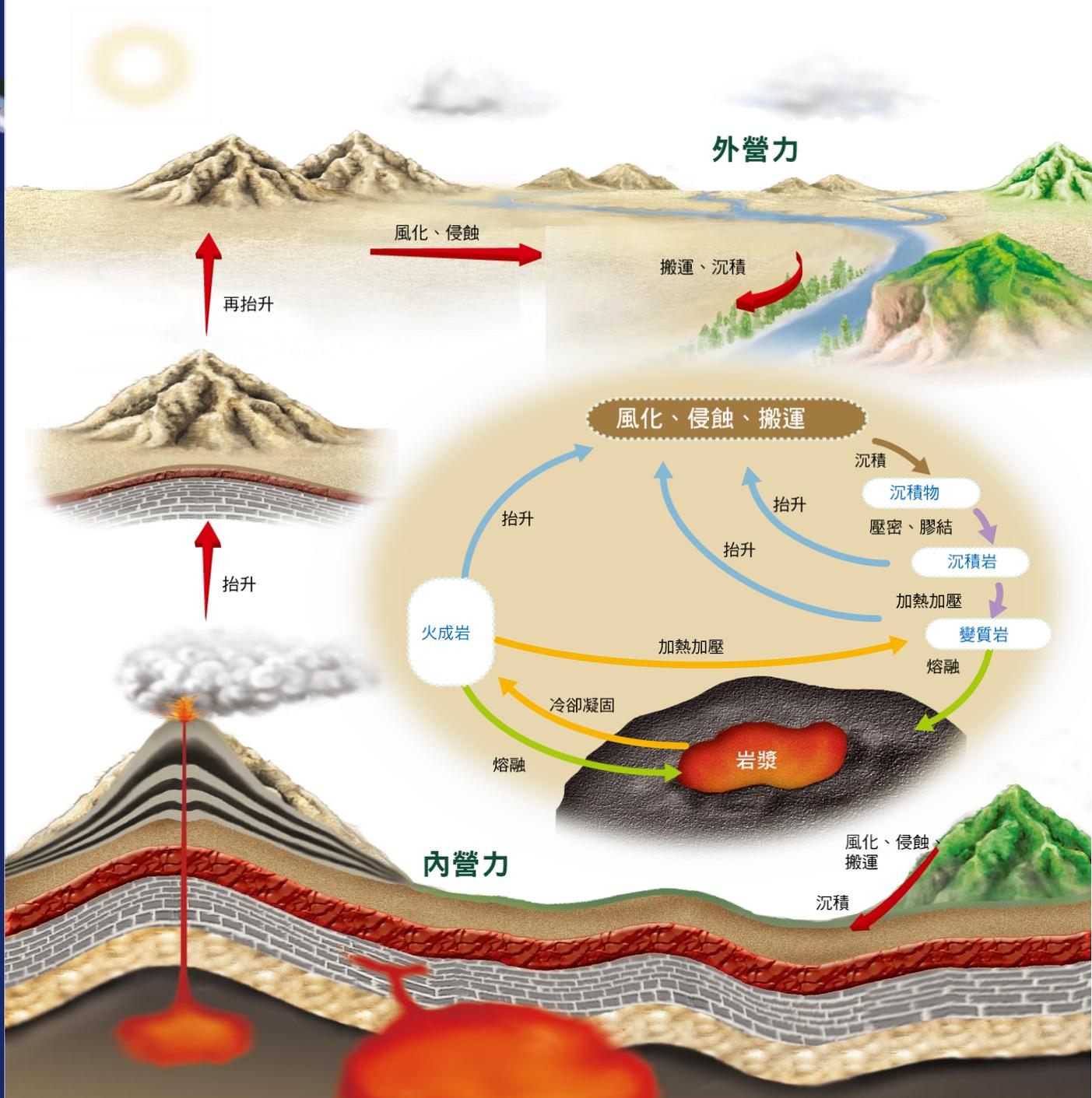
(攝影者：黃玫琪)



# 玄武岩的柱狀節理

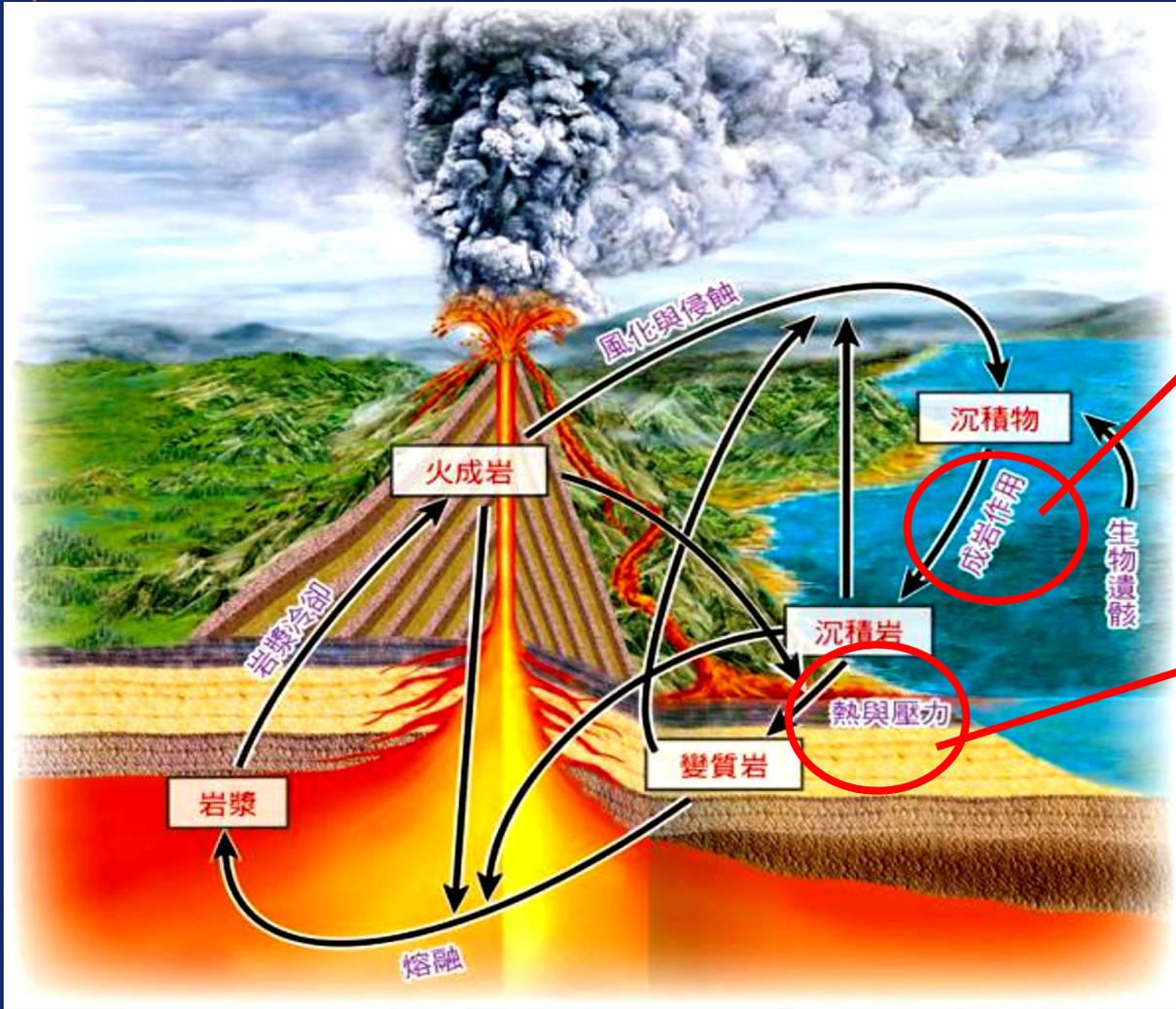


(攝影者：黃玫琪)



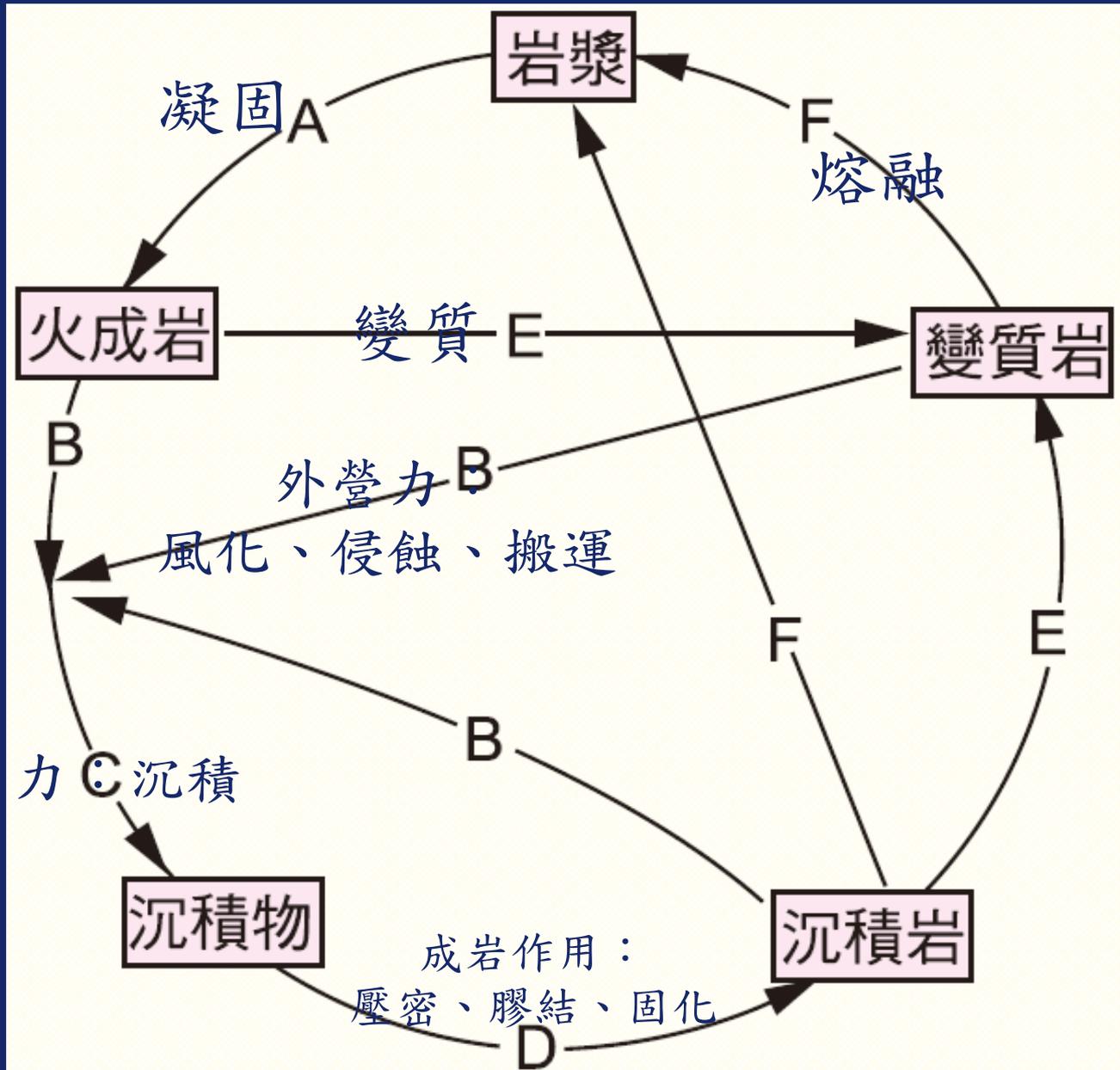
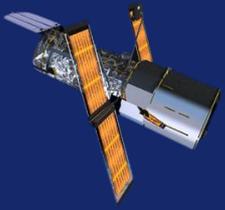
岩石與地形的循環示意圖

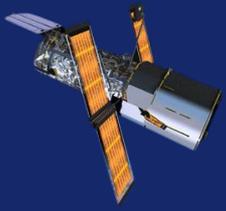
# 岩石循環



壓密膠結固化

不可達到熔點





# The End