

2-1 固體地球的探測

固體地球的探測主要為地殼的探測。

地殼直接探測的方法主要是野外探勘及直接開挖來一探地層究竟，直接開挖又包含：地殼鑽探及槽溝開挖，兩個部分。

一、野外探勘

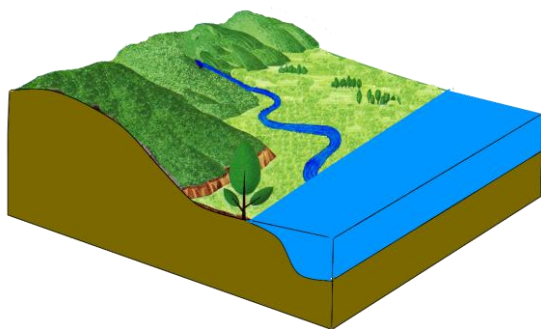
在自然環境中藉由觀察地形、地層剖面，來了解地殼構造。

經過岩相、沉積構造、沉積年代等判斷、解釋、分析後，可推求該地的地質歷史事件。

(一) 岩相

1. 水平方向上的岩相變化反映的是同一時期在空間上的差異。

例如：河流由上游至下游受到地形、流速等影響，造成沉積物顆粒分布由粗至細



上游粗顆粒：礫岩
 中游中顆粒：砂岩
 下游細顆粒：頁岩

2. 垂直方向上的岩相變化，反映的是同一地點在時間上的差異。

可了解沉積形成當時的環境及條件。



(二) 沉積構造

在沉積岩沉積的過程中，沉積物常受到當時環境或生物的影響，而形成一些特有的形狀，稱為沉積構造。

種類			
層理：	水平層理	交錯層	粒級層
層面：	波痕、雨痕	泥裂	
化石：	生痕化石		

※可以從它們的形狀

推測沉積岩沉積當時層位的上下關係，進而判斷岩層屬於正常層序或倒轉。

※沉積構造種類：

1.層理：沉積岩表現如千層派般一層一層可沿之分離的構造。

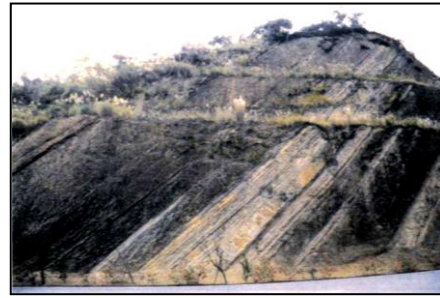
(1) 造成原因：

沉積物來源 改變：沉積物短暫間斷、沉積物的組成改變。

外營力 改變：水流速度改變或水流的搬運能量改變。

沉積環境 改變：海進、海退現象。

(2) 沉積物在平靜的環境下符合原始水平定律，也就是其層理呈現水平。



2.交錯層：

(1) 造成原因：(水成和風成兩種)

水成：a. 河水改道

b. 沙粒沿著波浪前進

c. 急速水流流入大海，於是海床形成一系列的沙坡

風成：沙粒沿著 沙丘 的坡面移動

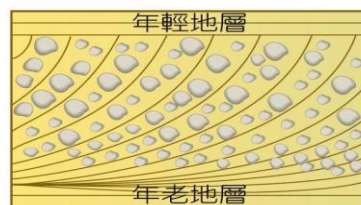
呈現曲面往前推進的交錯層。

(2) 造成岩層與主要沉積面間有夾角

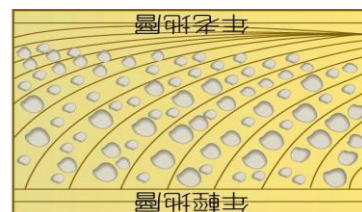
與上層(較年輕地層)夾角大，

與下層(較年老地層)夾角小。

正常層序



地層倒轉



3.粒級層：

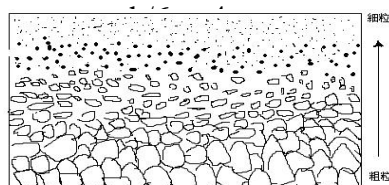
(1) 造成原因：

由於 搬運能量 改變，使同一層理中的岩石，由下而上的顆粒大小由粗至細。

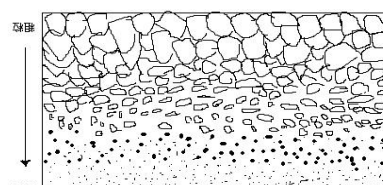
(2) 新地層沉積在老地層之上，

小顆粒在大顆粒之上。

正常層序




地層倒轉

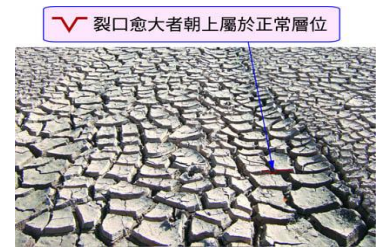


4. 泥裂：

(1) 造成原因：

溼泥土經日曬後乾燥收縮所造成的龜裂現象，
一般裂痕為 多邊形。

(2)  裂口愈大者朝 上，指示層位屬正常層序，
泥裂向下延伸則成 尖角，經岩化後保留。

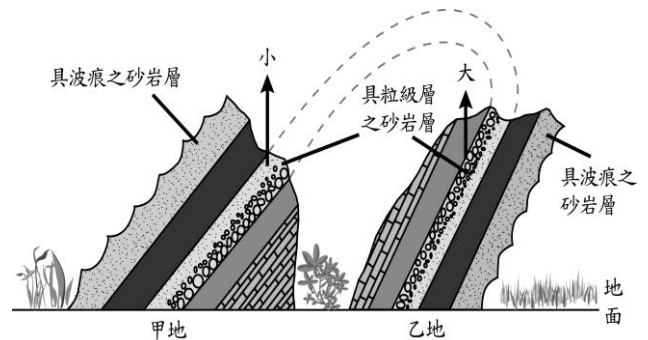
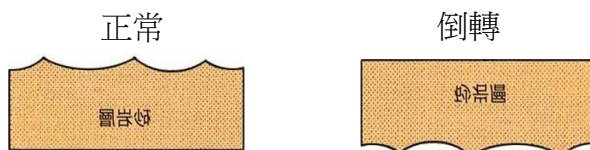


5. 波痕：

(1) 造成原因：

水波經過沉積環境時所遺留下的痕跡。
常發生於沙丘、海灘...

(2) 波痕尖端 朝上 指示層位屬正常層序。



6. 雨痕：

(1) 造成原因：

雨滴在沉積環境上所遺留下的痕跡。

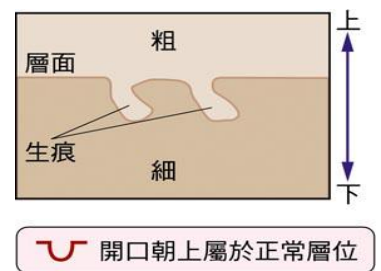
7. 生痕化石：

(1) 造成原因：

沉積岩中常有生物擾動的痕跡。

例如：爬痕、居住痕、覓食痕等，統稱為生痕化石。

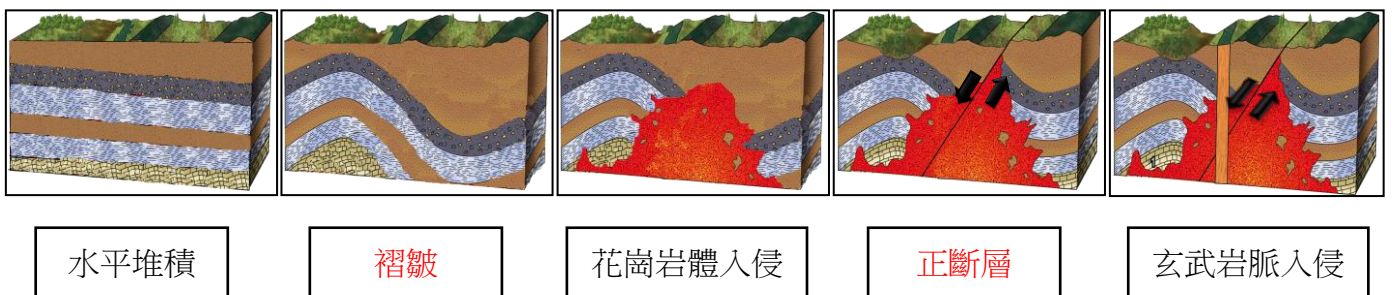
(2) 以生痕洞穴為例：生痕洞穴應發生在層面 下 方
且生痕 U 型管兩端開口處朝 上，
指示層位屬正常層序。



(三) 沉積年代

沉積年代藉由沉積岩的沉積特性，了解沉積時的 相對年代 及環境情況變化。

※判斷地質事件先後順序之依據：



水平堆積

褶皺

花崗岩體入侵

正斷層

玄武岩脈入侵

1. 地層 疊置 原理：在未經變動過的地層層序中，由於重力作用能使沉積物成 水平堆積，
年代關係為下 老 上 新。

2. 截切 原理：後發生的構造，將截切先形成的地層構造

3.包裹體原理：包裹體一定比火成岩層早形成，即被包裹者較老。

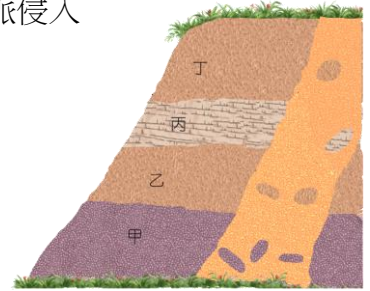
形成順序：甲 → 乙 → 丙 → 丁 → 火成岩脈侵入

4.化石連續原理：

生物演化趨勢一般為由簡而繁。

地層所含化石愈原始，代表地層愈古老。

含同類化石的岩層應屬於同一年代。



(1) 標準化石

同時代的地層中，所包含的特有化石標準化石的條件：

- a. 演化速度 快
- b. 生存期限 短
- c. 分布範圍 廣
- d. 個體數目 多
- e. 特徵明顯在野外易鑑定

(2) 指相化石

判斷出沉積當時的

環境 與 相對地質年代

地質年代		時間 單位	化石紀錄與事件		
元	代				
顯生元	新生代	第四紀	全新世	0.01	
			更新世	1.8	
		第三紀	上新世	5.3	
			中新世	23.0	
		古第三紀	漸新世	33.9	
			始新世	55.8	
	中生代	中生代	古新世	66.5	恐龍、爬蟲等生物滅絕
			白堊紀	146	
			侏羅紀	200	
			三疊紀	251	恐龍、原始哺乳類出現 三疊蟲等生物滅絕
			二疊紀	299	
	古生代	古生代	石炭紀	359	爬蟲類出現
			泥盆紀	416	兩棲類出現
志留紀			444	416 菊石出現 陸生植物出現	
奧陶紀			488	甲青魚(脊椎動物)、珊瑚出現	
寒武紀			541	三葉蟲等無脊椎動物出現 寒武紀生物大爆發	
原生元	太古元	前寒武紀	2500	化石稀少 化石稀少(疊層石出現)	

二、大陸地殼鑽探

對地殼進行直接觀測，或進行長期觀測，以揭示大陸地殼的物質組成與結構、探索地殼深部及監測地震活動。

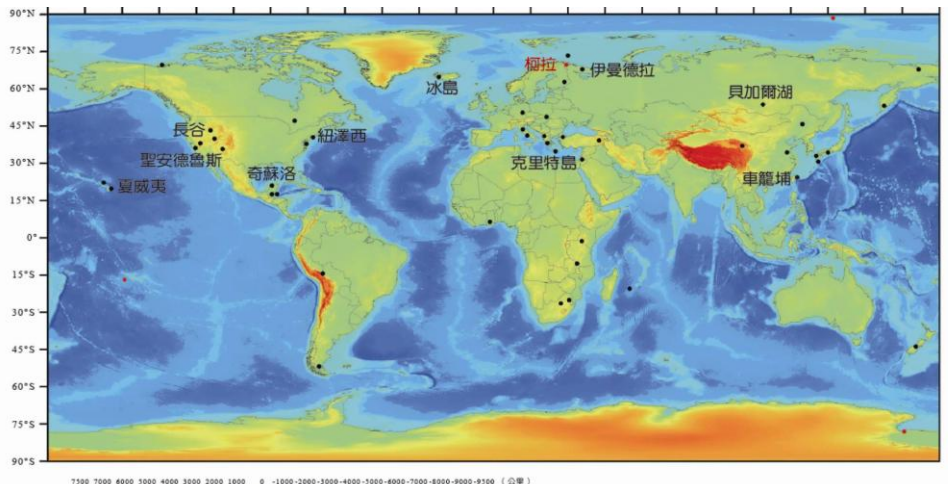
現代鑽探研究工作中，最有組織的就屬國際大陸科學鑽探計畫。

International Continental Scientific Drilling Program，簡稱ICDP。

總部設於德國，從1998年起整合協助各國進行陸地的科學鑽探計畫。

※觀測項目：

- (1) 氣候變遷和全球環境
- (2) 隕石撞擊構造
- (3) 生物圈和早期的生命
- (4) 火山系統和地球的熱源
- (5) 熱點及張裂作用
- (6) 活動斷層
- (7) 板塊聚合帶
- (8) 自然資源



(一) 岩心分析：

岩心經過岩相、沉積構造、顆粒粒徑、化石、岩層間接觸關係、放射性定年法判斷解釋並加以分析後可用於推求該地的地質歷史事件。

(二) 重要大陸地殼鑽探紀錄

1. 全世界最深的鑽孔（工程自 1970 年開始至 1994 年為止）。

(1) 前蘇聯可拉半島 可拉 (Kola) 超深鑽井，1994 年為止深度達 12261 公尺。

(2) 鑽探出 27 億年前古老的岩石。

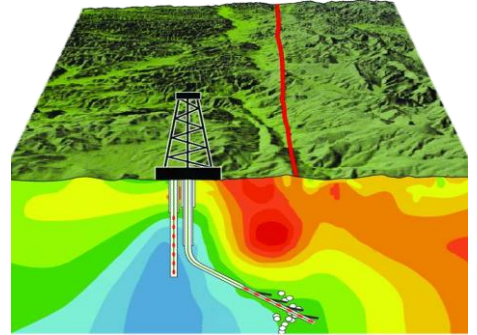
並且發現地面以下 5~10 公里處岩石的孔隙間，富含來自更深處礦物所脫出的水分
這些都能協助科學家了解深處地殼的性質。

※大陸地殼平均厚度 35 公里，鑽探只達地殼三分之一。

2. 聖安得列斯 斷層深部觀測計畫

(1) 地點選在 1966 年美國加州派克菲爾德，
規模 6.0 地震震央北方處，鑽井深度約 3200 公尺。

(2) 藉由監測其活動性，了解斷層的 物理 與 化學 性質，
及這些性質對斷層本身或地震的影響程度。



3. 臺灣 車籠埔 斷層鑽探計畫 (TCDP)

(1) 2004 年，地點選在臺中 大坑 地區進行，鑽井深度約 2000 公尺深。

(2) 顯示多處新舊錯動痕跡

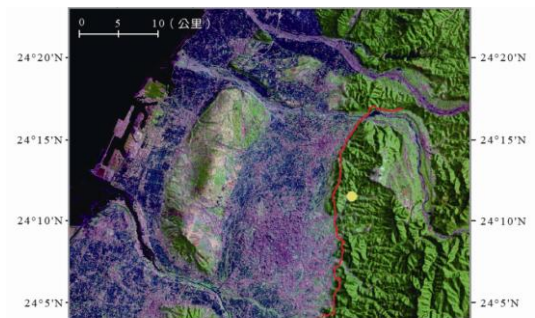
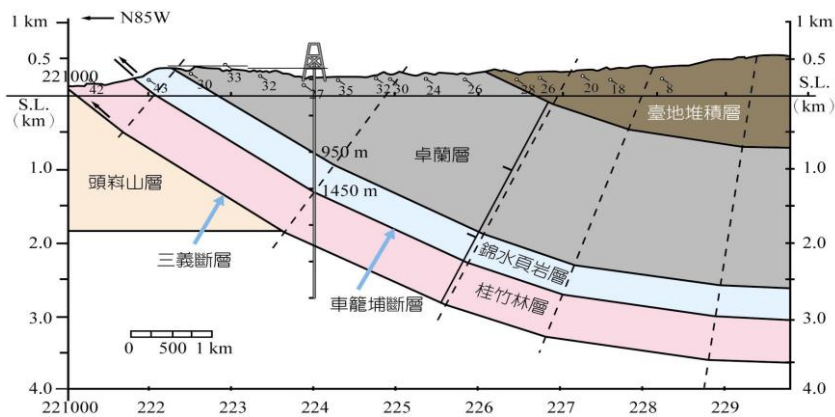
a. 約 1111 公尺深處厚達 12 公分的斷層錯動是車籠埔斷層之古地震所造成的。

b. 過去至少錯動過 33 次。

c. 顯示該區經歷多次錯動，此證據明顯支持同一斷層會重複錯動而發生地震。

(3) 由斷層滑動高溫變質之 斷層泥 礦物成分推斷，
錯動發生瞬間在斷層面上產生約 1100°C 的高溫。

(4) 車籠埔深井鑽探的近東西向地質剖面圖，車籠埔斷層係在 錦水 頁岩層內錯動。



※其他鑽井：石油鑽井最為常見（數千公尺）。

土木建設基礎調查與地下水開發（數十或數百公尺）。

三、槽溝（以開挖槽溝的方式來了解淺部地層構造）

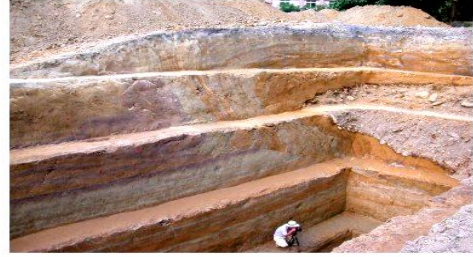
國立臺灣大學地質科學系研究團隊的 竹山 槽溝開挖計畫：

(一) 竹山槽溝長約 50 公尺、寬約 13 公尺、深度約 8 公尺，共分為五層
槽溝切面有三百年來的古地震斷層與 921 地震斷層遺跡。

(二) 南北兩側出露極佳地下剖面：



1. 槽溝南壁主要為一個 逆斷層 構造，原位於地下 8 公尺深的礫石層沿斷層面錯動至接近地面。
2. 槽溝北壁以一個 褶皺 構造為主。



範例練習

- (D) 1. 目前人類鑽井探勘地層的發展為何？ (A)已可穿透大陸地殼 (B)已可穿透岩石圈 (C)只有地函未穿透 (D)還未穿透莫氏不連續面。

解題要訣：目前鑽井仍未能跨越地殼和地函交界之莫氏不連續面。

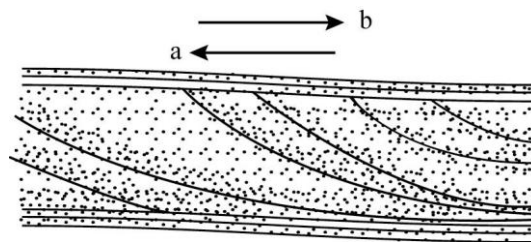
- (B) 2. 水流帶來的沉積物，由於大顆粒的會先沉降，以致同一層的沉積物顆粒會有由下往上逐漸變細的特徵，此種沉積構造為何？ (A)水平層理 (B)粒級層 (C)交錯層。

解題要訣：同一層顆粒由大至小依序排列者為粒級層。

- (D) 3. 下列哪一種不屬於沉積構造？ (A)粒級層 (B)泥裂 (C)波痕 (D)褶皺。

解題要訣：褶皺是內營力擠壓下的結果，非沉積構造。

- (D) 4. 下圖圖中地層是否經歷過倒轉？當時的水流方向（或風吹方向）如圖中的 a 或 b？以上二者配合正確者為下列何者？ (A)是；a (B)是；b (C)否；a (D)否；b。



解題要訣：此構造為交錯層，其中傾斜方向與水平沉積的方向在上層夾角大，下層較緩夾角小，表示正常層序；流水的方向為順層理漸漸平緩的方向。

- (C) 5. 在地層未倒轉的前提之下，下列哪一項不是判斷地層先後順序的方法？ (A)地層下老上新 (B)可以利用化石的比對來判斷先後順序 (C)斷層與褶皺皆為最後發生的地質事件 (D)老的地質事件會被新的地質事件所截切。解題要訣：(C)斷層、褶皺發生後仍可能還有其他事件再發生，如繼續有水平岩層堆積。

- (A) 6. 地質剖面的獲取，除了地表地質調查，常還需要哪些資料的配合？ (A)地下鑽探 (B)地形圖 (C)電腦透視 (D)衛星遙測。

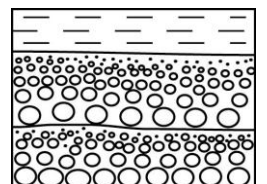
解題要訣：地質剖面常需有地表下之岩層資料，鑽井探勘能提供這方面的資訊。(D)一般遙測也只能做地表的了解。

- (A) 7. 槽溝開挖的主要目的為何？ (A)研究斷層活動歷史 (B)開採地下有價值的礦產 (C)抽取地下水 (D)挖掘埋在地下的古蹟。

解題要訣：開挖溝槽以了解淺部地層構造。

【單元練習】

- (A) 1. 某地可見一地層的沉積物堆積如右圖，請問此為何種沉積構造？ (A)粒級層 (B)交錯層 (C)波痕 (D)泥裂痕。



【解析】同一層顆粒由下至上依顆粒大小排列者為粒級層。

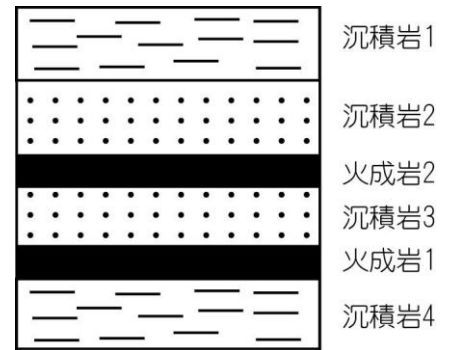
- (D) 2. 1999 年臺灣發生 921 大地震後，地質學家除了以震波探測車籠埔斷層地下岩層外，還用了何種方式檢視其下方地層之實際岩性？ (A)衛星遙測 (B)重力測勘 (C)磁力測勘 (D)鑽井探勘。

【解析】地下岩層之岩性適合以震波探勘預先探測，但如欲了解較真實的狀況，要再進行鑽井才能更清楚完整的了解地下構造。

- (B) 3. 進行槽溝開挖，下列敘述何者與其無關？ (A)要了解斷層的性质 (B)要找到隱藏在地下深處的油氣 (C)可辨別出古地震事件的發生時間、次數和週期 (D)可解讀出斷層的活動史與滑移速度。

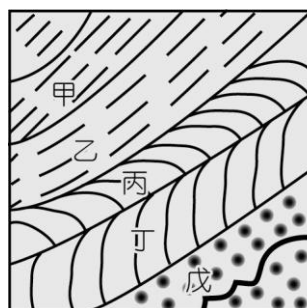
【解析】了解地下油氣蘊藏，通常多用震波探勘、重力探勘。

- (B) 4. 鑽井得地層岩層如右圖，在沉積岩層 1 中發現菊石化石，沉積岩層 2、3 中發現三葉蟲化石、沉積岩層 4 不含化石。而火成岩 1 經定年後，其形成年代為 5 百萬年前，火成岩 2 經定年後，其形成年代為 1 千萬年前。下列對此地層結構敘述何者正確？ (A)火成岩 1 比火成岩 2 年輕是不合理的 (B)火成岩的形成是一種侵入作用 (C)年代關係由老至新依序為：火成岩 1、沉積岩層 3、火成岩 2、沉積岩層 2 (D)不含化石的沉積岩層 4 必出現於前寒武紀。



【解析】火成岩的形成是一種侵入作用，不一定要遵循疊積定律的關係；不含化石不一定是生物化石出現很少的前寒武紀。

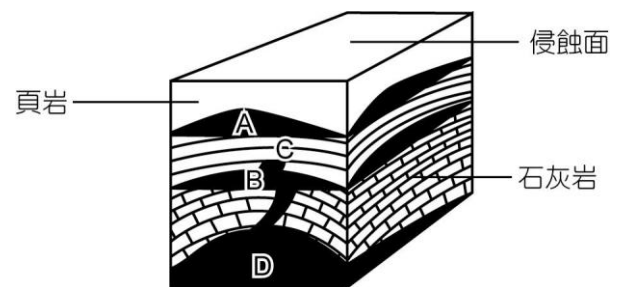
- (B) 5. 下圖是某地的地質剖面圖。由甲~戊五岩層可推測地殼有何變動？ (A)此處岩層呈現倒轉層序；地殼逐漸下降 (B)此處岩層呈現倒轉層序；地殼逐漸上升 (C)此處岩層呈現正常層序；地殼逐漸下降 (D)此處岩層呈現正常層序；地殼逐漸上升。



甲：含海洋生物化石之頁岩
乙：含海洋生物化石之頁岩
丙：砂岩層
丁：砂岩層
戊：含陸地生物化石之砂岩

【解析】從丙、丁層中之交錯層發現傾斜方向與下層夾角較大表示此為倒轉岩層。故甲最老，戊最年輕。而甲是海相堆積，戊為陸相堆積，故由甲至戊，即是由老至新，此處是漸漸上升。

- (B) 6. 右圖為深成岩體示意圖，A、B、C、D 分別為岩漿貫入的深成岩體構造，若想辨別頁岩與火成岩 A 誰先形成？應如何做判斷？ (A)觀察頁岩與 A 之接觸面，若有變質現象，表示火成岩 A 先形成 (B)觀察頁岩與 A 之接觸面，若有變質現象，表示頁岩先形成 (C)觀察頁岩與 A 之接觸面後，若無變質現象，表示頁岩先形成 (D)觀察火成岩 A 若有變質現象，表示火成岩 A 先形成。



【解析】若頁岩與 A 岩接觸有變質現象，表示頁岩受熱 (岩漿侵入) 影響變質了，故頁岩比 A 岩先形成。

2-2 地面探測

地表探測包含了震波探測、電阻探測、重力探測、磁力探測及精密水準測量間接獲取地殼資料。

一、震波探測

(一) 原理：

1. 在近地表處使用 人為 的方式產生地震波，利用地震波在地層或地層界面間，因傳播 速度 的改變，形成 折射、反射 等現象。(一次人工地震，可測約六千公尺深的反射層)

※反射震測原理：震源≡ 太陽光

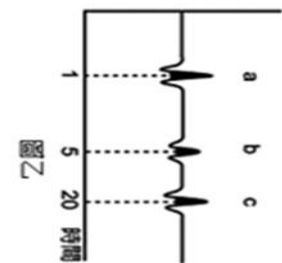
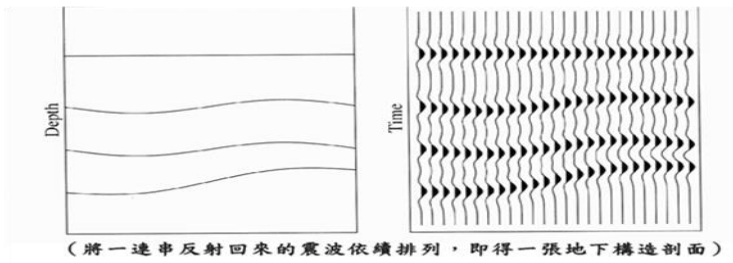
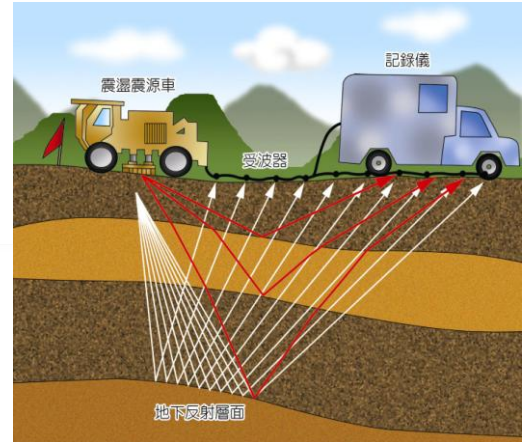
地層反射震波≡物體反射 光線

受波器紀錄≡ 底片感光

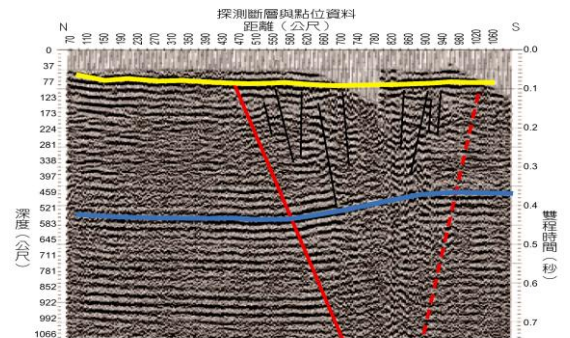
資料處理≡ 沖洗相片

※範例：若震波穿過三層密度不同的地殼，地殼內平均震波的速度為 6km/s，受波器分別於 a、b、c 收到三個反射訊號。則「丙」的深度有多深？

$$\text{解：} 6 \text{ km/s} \times (20\text{s} \div 2) = 60\text{km}$$

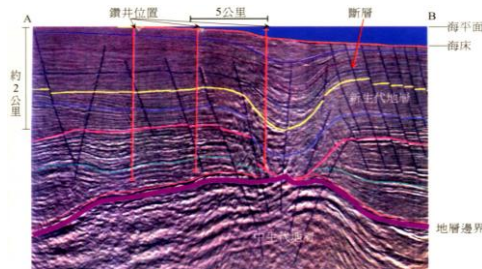
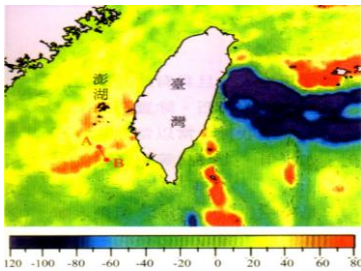


2. 藉由傳播時間及震波訊號強弱，得知各地層 深度、厚度、地層傾斜角度以及有無斷層、向斜、背斜、岩性等性質，進而繪出地層構造剖面以獲得地下地層結構。



(二) 應用：

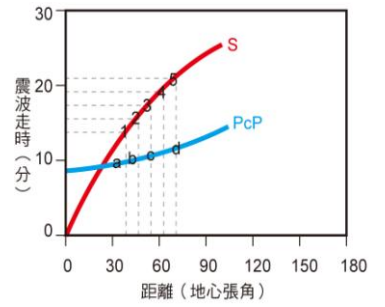
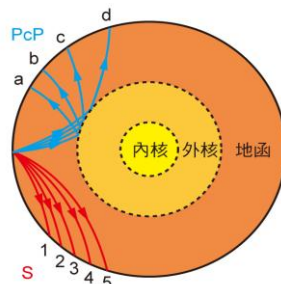
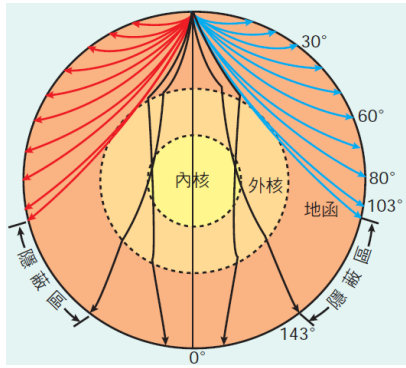
1. 目前的 石油探勘 大都是利用人造震波來尋找 儲油構造。
2. 在選擇鑽井的位置及評估地下岩層的位置及斷層帶深度時，要先進行震波探測，預估鑽探地區地下的可能形貌。



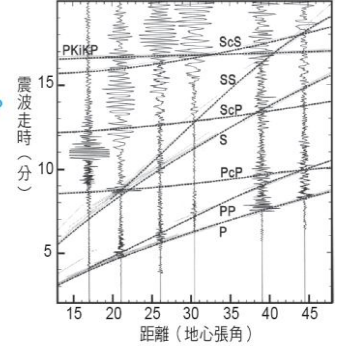
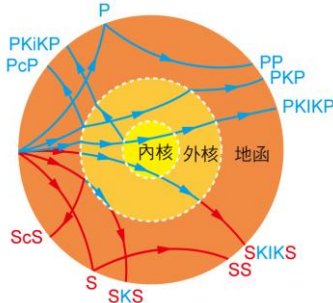
※形成油氣田的條

}	蓋層 (封閉構造)	}	<u>構造</u> 封閉：背斜封閉；斷層封閉；不整合封閉
	儲油層		<u>地層</u> 封閉
	生油層		

※溫故知新



1. $0^\circ \sim 103^\circ$: 可收到 P、S、L 三種波
2. $143^\circ \sim 180^\circ$: 可收到 P、L 波
3. $103^\circ \sim 143^\circ$: 可收到 L 波
4. $103^\circ \sim 180^\circ$: 沒有 S 波



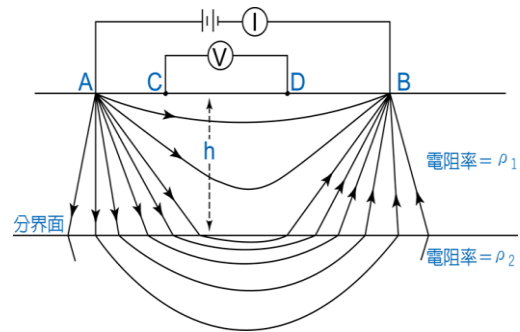
二、電阻探測

(一) 原理：

1. 將電流傳導進入地底產生人工電場，量測各點的 電壓 值大小，以分析地底 電阻 分布特性及其變化，進而推得地底下的構造。
2. 地層之電阻率與 岩性、含 水 狀況及水之 鹽度 有密切關係。

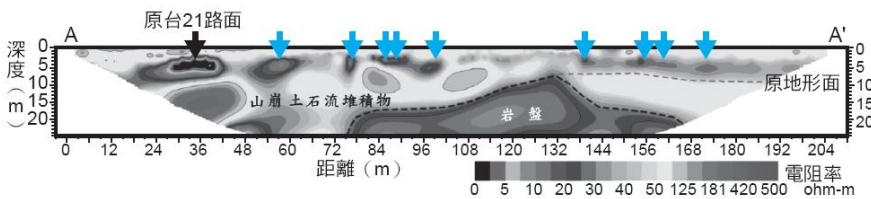
※直流電由電極 A、B 形成迴路，造成地下電場，再由電極 C、D 量測電位差，該電位差可以反映地下導電物質的分布情形。

(電阻率 $\rho_1 > \rho_2$)



(二) 應用：

應用於：推知地下 構造、地下金屬砂產、地下水分布、地下水鹽化、海水入侵等。



2009 年，八八水災
小林村山崩場址的
地電阻探測

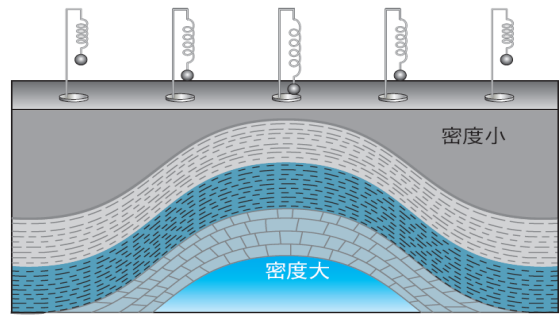
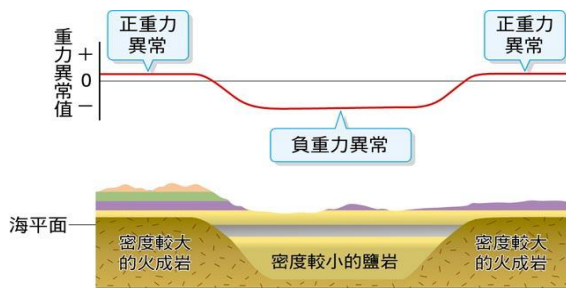
三、重力探測

(一) 原理：依牛頓萬有引力定律來探測地層。

※重力異常：

地表各測點量測 重力值 改變，經由 潮汐、緯度、高度、地形 等修正後，重力應相等。若仍和 理論值 有差異，即表示地下岩性或構造有異常狀況，便可推測地下岩層密度、厚度及構造。

1. 正重力異常：修正後的觀測重力值比理論重力值大
表示地下可能有 背斜 構造或密度較 大 的火成岩體侵入

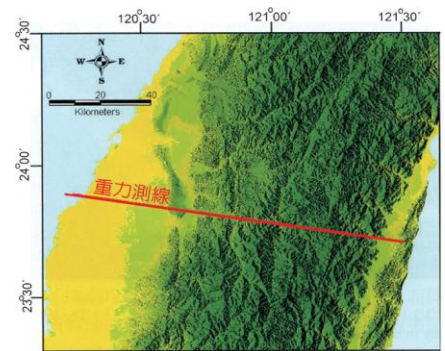
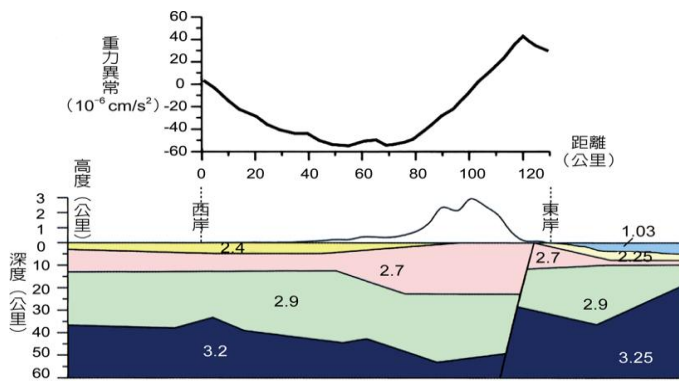


2. 負重力異常：修正後的觀測重力值比理論重力值小

表示地下可能有 向斜 構造或密度較 小 的物質（如鹽岩）

※在高山地區常呈現負重力異常：

高山地區地表密度小的岩層排擠地下密度大的岩層，代表有 山根 存在。



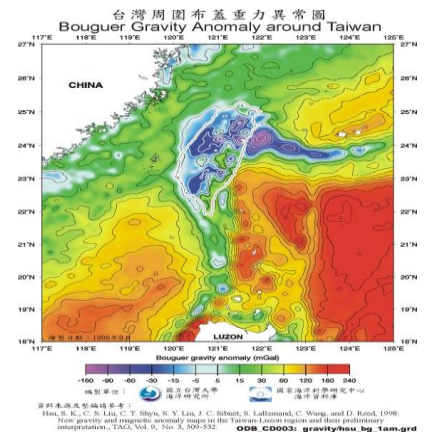
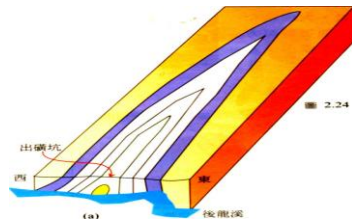
中央山脈為重力異常 低 區

臺灣海峽為重力異常 高 區：配合地質及震測資料，發現具有 背斜 構造

(二) 應用：尋找具有蘊藏石油和天然氣潛力的 背斜 構造。

1. 澎湖海域

2. 苗栗沿後龍溪溯溪而上，到 出磺坑 油礦的背斜



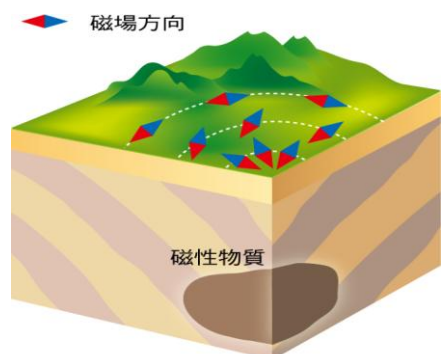
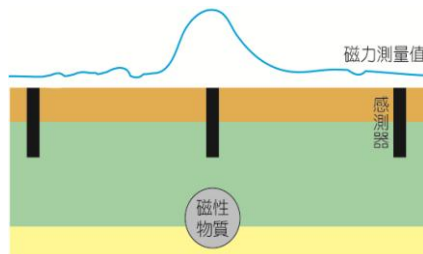
四、磁力探測

(一) 原理：將觀測值去除 地球平均磁場 和 磁場日變化 後，得到的磁力異常利用磁力的變化差異，推測地底下磁性物質的位置及厚度。

(二) 應用：1. 尋找具磁性（例如：磁鐵礦）的礦產。

一般火成岩含有較 多 磁性物質，
然而沉積岩含有較 少 磁性物質。

2. 尋找火成岩入侵



五、精密水準測量

(一) 原理：

※高程：某地點相對於基準面的相對高度。(基準面：一般是當地海水平均面)

臺灣地區之基準面一律以 基隆 平均海水面起算。

※使用裝置：具有水平氣泡之 望遠鏡、及兩根 水準尺

1.計算此兩根水準尺之點位間的 高程差值。

2.再逐點利用各站間的相對高程值的方式，

得出沿線之高程變化值



例題： $a=2.626\text{m}$ $b=0.543\text{m}$ 求 $h_{AB} = ?$

$$h_{AB} = a - b$$

$$= 2.626\text{m} - 0.543\text{m}$$

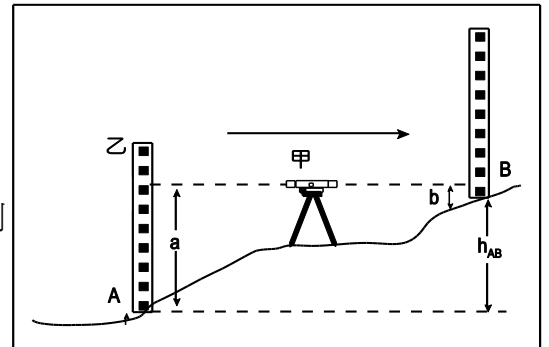
$$= 2.083\text{m}$$

地面高度B應比A高 2.083m

(二) 應用：主要使用於細微地形 垂直 變化的監測，

例如：國土測繪中心於2003年就曾對玉山做高程量測

並得到玉山高程為 3951.798 公尺。



六、潛變儀

(一) 原理：

※潛移：為一種 斷層 錯動而釋放能量的行為。

利用架設於活動斷層兩側之 鈹鋼 棒，當斷層兩側發生錯動時，造成鈹鋼棒位置改變帶動刻度表轉動以記錄其結果。

※鈹鋼棒(Invar rod)是膨脹係數 極小 的金屬，應用極廣，

例如法國巴黎的艾菲爾鐵塔，為防止熱脹冷縮使鐵塔結構變形，即使用此材料來建造。



(二) 應用：測量 潛移 情形。

※池上斷層確實有持續性且明顯的地表潛移，

當兩基座間之距離縮短時，儀表指針會順時針旋轉。

當兩基座間之距離拉長時，儀表指針會逆時針旋轉。

※同時該斷層地表潛移有明顯 「乾季鎖定」 之現象。

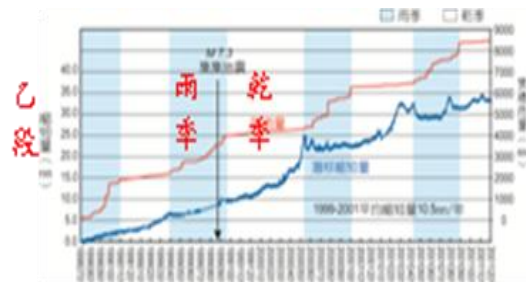
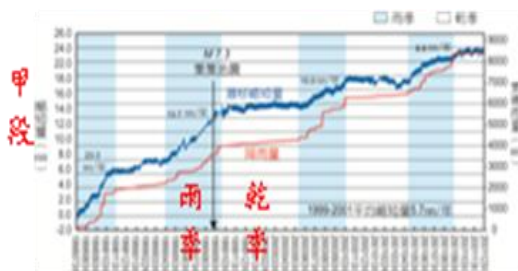
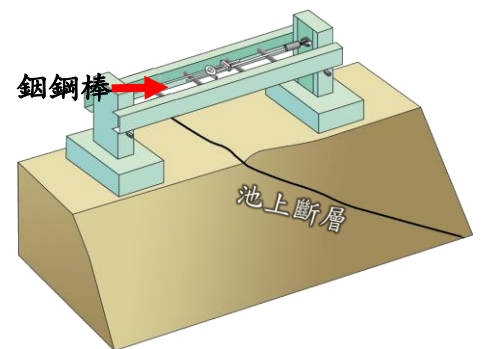
乾季鎖定：雨量小時，所短量小

1. 乾季 時，潛變儀顯示出地表斷層幾乎停滯不動。

2. 雨季 時，有非常 明顯 的地表潛移持續至雨季結束。

※雨水對斷層的影響所及之深度，科學家還沒有精確的答案。

侷限在接近地表處而不至於太深。



範例練習

- (C) 1. 利用震波探勘以了解礦床分布是依據何原理？甲、震波在不同岩層的傳播速率有差異；乙、爆炸所生的震波震碎礦床；丙、震波使礦床裸露；丁、震波遇到不同岩層會產生折射及反射的現象；戊、震波較節省人力開挖 (A)甲乙丙丁 (B)甲乙 (C)甲丁 (D)乙丁。

解題要訣：震波測勘的方式為人為製造震波，震波往下方地層傳播時，遇不同性質之地層層面會發生反射及折射，依接收這些回波的差異而推測地下岩層之變化，可推斷是否含有礦產資源。

- (B) 2. 在做重力測勘時需注意去除何種影響？ (A)不同岩層密度 (B)地勢高低 (C)氣壓高低 (D)地磁影響。

解題要訣：影響重力值大小的因素有潮汐、緯度、高度、地形。

- (C) 3. 火成岩和變質岩體中，通常含有較多的磁鐵礦，所以可以利用下列何種方法探勘？ (A)重力探勘 (B)震波測勘 (C)磁力測勘 (D)潛變儀探勘 (E)採樣探勘。

解題要訣：磁力探勘測地下磁力異常現象。

- (D) 4. 若地底下有背斜構造、火成岩體侵入或密度較大的物質，下列敘述何者正確？ (A)其重力異常值為負 (B)會有磁力異常的現象 (C)需用震波測勘法方能偵測出來 (D)地下物質的密度愈大，其重力異常的正值也愈大。

解題要訣：這些現象都將使重力值偏高。

- (C) 5. 傳統測量山峰高度之方式為 (A)利用衛星遙測 (B)利用震波探測 (C)利用地面水準點，由山下往上實測 (D)利用空載光達測量。

解題要訣：傳統測量山高的方式，是以預先設好的水準點，由下往上實測其高度。

【單元練習】

- (A) 1. 較深層的岩層較緻密，密度較大，而背斜構造是油氣田良好的貯存所在，我們常可利用何種較經濟便利的方法來探測岩層中是否儲藏油氣？此處該測量值成何型態？ (A)重力測勘，高值 (B)磁力測勘，高值 (C)重力測勘，低值 (D)磁力測勘，低值。

【解析】因背斜構造使密度大之地層上拱近地表，使地表測到的重力值偏高。

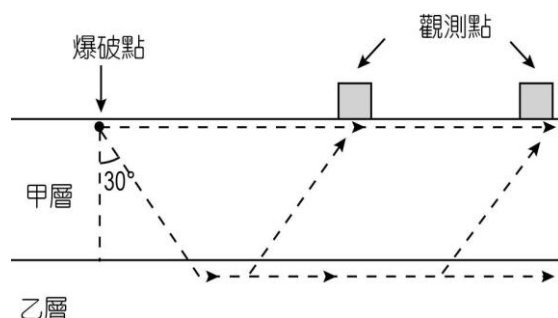
- (D) 2. 下列何種地球物理探勘法可以得知地下水的分布？ (A)震波探勘 (B)重力探勘 (C)磁力探勘 (D)地電探勘。【解析】地下水的存在改變岩層的導電度，可以用測電阻的方式求得。

- (A) 3. 假設九份地下金礦蘊藏量仍相當豐富，已知黃金的比重較一般岩石重許多，針對此一特性，可以利用下列何種方法探得金脈？ (A)重力探勘 (B)震波探勘 (C)磁力探勘 (D)大地電位探勘。【解析】金礦比重大，可以重力探測測得重力高值。

- (C) 4. 當地底下有背斜構造或鹽丘時，分別表示此地重力值為何？ (A)較大、較大 (B)較小、較小 (C)較大、較小 (D)較小、較大 (E)和周圍都一樣。

【解析】背斜岩層上拱，呈現重力高值；鹽丘密度小，呈現重力低值。

※下圖為某地區的地下構造模式示意圖，甲層與下方的乙層其接觸面與地面平行。以人工地震來推定地下的構造。地表從爆破點起每 2.5km 間隔設立一觀測點，測量 P 波到達的時間（走時），其結果如下表所示，試回答 5.~6.題：



觀測點	a	b	c	d	e	f	g	h
到爆破點的距離 (km)	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0
走時 (s)	1.0	2.0	3.0	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0

(D) 5. 若繪製走時曲線，則其折曲點位於觀測站何者所測得的資料處？ (A)a (B)b (C)c (D)d (E)e (F)f (G)g (H)h。

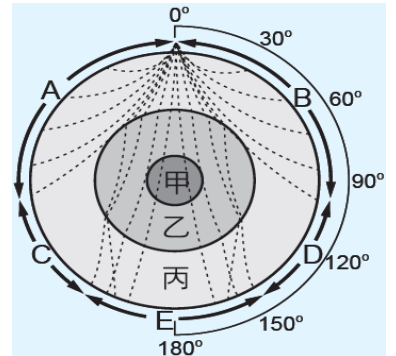
(B) 6. 乙層中，P 波的速度為何？ (A)2.5 (B)5.0 (C)7.5 (D)10.0 (E)12.5 km/s。

【解析】由畫出的走時曲線 (圖見書後解析 p167) 可看出 a~d 之間的 P 波速為 2.5km/sec，為 P 波在甲層中進行的速度；e~h 之間 p 波速為 5km/sec，為 p 波在乙層中的前進速度。

(D) 7. 依據地球內部層圈物質的特性變化做判斷，S 波無法直接傳達到的「陰影帶」應在圖中的何處？

- (A)只有甲區域 (B)只有乙區域 (C)只有丙區域
(D)甲、乙兩區域 (E)乙、丙兩區域。

【解析】S 波則因無法穿越液態外核，所以在震央距離 98° 之後就再也無法發現其蹤跡。



2-3 空中遙測

遙感探測為不直接接觸物體而進行探測的方式，

如觀察 顏色、折射率、反射率、距離、大小、重力等物體性質，藉以了解物體變化的過程與情形。不受地形、地面佈點資源等限制，可以更全面的了解大地的變化情形。

一、全球衛星定位系統 (GPS) (Global Position System)

(一) 特性：

1. 全世界目前有 24 顆 GPS 衛星 (21 顆工作和 3 顆備份工作衛星)
2. 軌道離地高度在 20,200 公里
3. 共有 六 個軌道面互成 30 度
4. 每 11 小時 58 分繞地球一周
5. 無論何時何地在地表任一點，只要不被遮蔽物掩蓋，都可以至少接收到 四 顆以上的衛星訊號。
6. 不受天候的影響。

※為一種 主動式 (active) 的遙測系統。



(二) 組成：

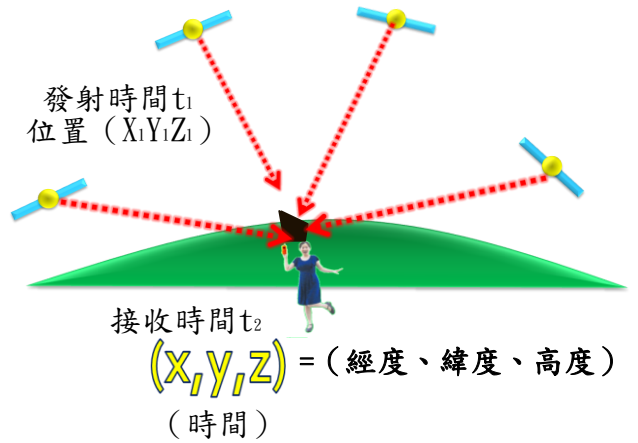
1. GPS 衛星
2. 地面控制系統
3. 接受器

※全球衛星定位系統原為 1970 年代美國國防部為了軍事用途而開始發展的

※目前民用系統的即時定位精度在 10~100 公尺，使用起來相當方便

(三) 原理：

- 1. GPS 衛星裝置有鈷原子鐘及銫原子鐘，準確度可達 10^{-14} 秒，能提供精密的時間標準。
 ※ 24 個定位衛星每隔 1 秒發出信號，送出該衛星的位置和出發時間的資料碼。

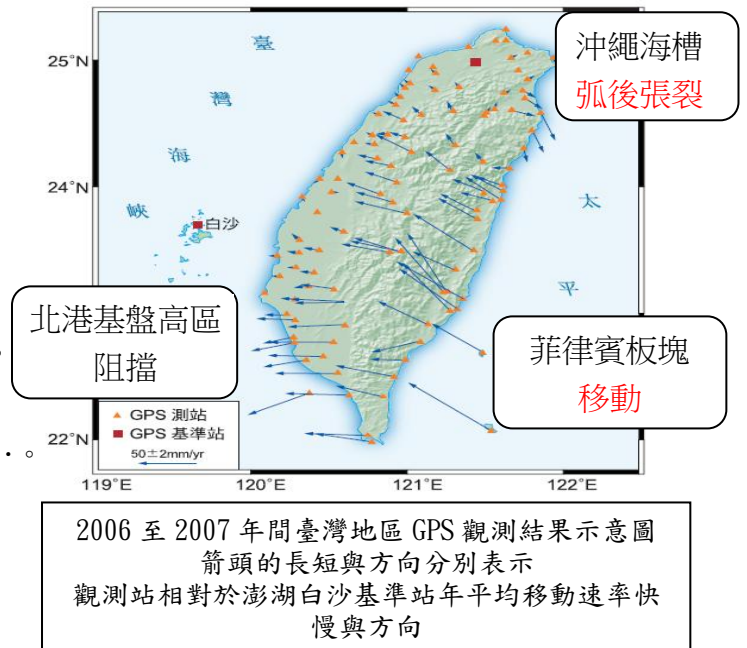


- 2. 至少需要接受 三 顆 GPS 衛星，其交集點即可推出接受器的 位置 所在。
 ※ 精確定位 (即 (x, y, z) 坐標與 時間) 則須同時接收到 4 個以上的衛星訊號。
 ※ GPS 定位和地震定位原理相同
 衛星位置 = 地震儀 位置
 接收器位置 = 震源 位置

距離 = 速度 × 時間

$$(X - X_1)^2 + (Y - Y_1)^2 + (Z - Z_1)^2 = \text{光速} \times (t_2 - t_1)$$

- 3. 精度：長時期的 GPS 定位相當精準，可優於 1 公分，而且可以連續不斷的觀測。
- 4. 目前臺灣大部分地區都架有 GPS 測站，故可對臺灣地區做完整的地表變形監測。



(四) 導航、定位、經確定位、地殼變形測量...

※ 雷達種類：

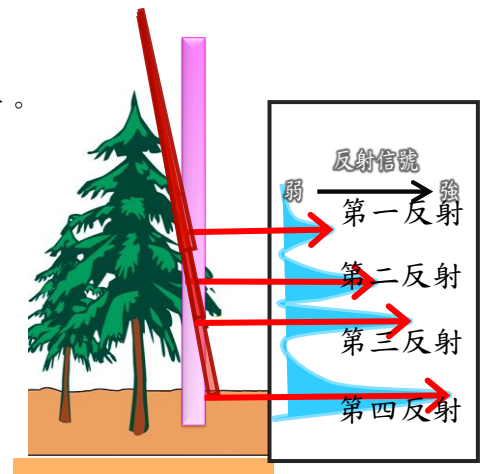
- ◎ 雷達 (Radar) Radio Detection And Ranging，又可以被稱作 微波 雷達。
 (微波：頻率極高之無線電波) 目前衛星使用的雷達波主要有：
 X 波段 (波長約 3 公分)、C 波段 (波長約 6 公分) 和 L 波段 (波長約 24 公分)
- ◎ 光達 (Lidar) Light Detective And Ranging，又可以被稱作 雷射 雷達。
 (近紅外光的 1064 奈米，經激發放大倍頻處理後，變成波長 532 奈米的綠光)
 雷射光束的特性是 集中、不會散開來，可以發射到極遠的地方。

二、空載光達

- (一) 飛機作為載具，以 雷射 光束穿透大氣層，再藉由接收器接收散射或是反射回來的回波進行各種分析。
 ※ 為一種 主動式 (active) 的遙測系統。

(二) 原理：

- 1. 將測距儀裝置在飛機上，利用飛機上 GPS 定出即時位置，測距儀則記錄光束之發射 角度、接收之 時間差 與回波訊號 強弱，藉以推算出目標物的位置及反射面性質。
- 2. 測距儀具有接收 「多重反射」 能力，



一個光束脈衝至多可接收_____個反射回波訊號。

藉由光束反射強度及時間可以

同時量測 多層 高度模型或是穿透樹林之 地表 高度模型。

3.一般平地精度可達 5~15 公分等級，

(三) 應用：有助於計算山地崩塌量或侵蝕量、辨識活動斷層。

注意：(1)不同 高度 的物體，反射回來的訊號先後不同。

(2)樹葉、樹枝、土壤等不同 材質 的物體，反射訊號強弱不同。

三、合成孔徑雷達 (SAR) Synthetic Aperture Radar

(一) 原理：

1.利用 微波 波段之雷達測距原理，

用以量測目標物的 高程。

2. (航空) 機載雷達或 (太空) 星載雷達

向同一目標物進行 多次 測量，

相當以一個極大口徑的天線接收目標所反射的訊號，

如此就得到大面積地表之 高精度 地形資料。

3.利用 兩 次上資料得到某一段時間內的雷達波資料差異，可以用來監測 地表變化 情形。

※為一種 主動式 (active) 的遙測系統。

(二) 應用：

1.目前主要應用於 地層下陷、火山 監測、地震地表變形偵測 等方面的研究。

2.雷達波 (微波) 可以穿透雲雨，具有 全天候 大範圍觀測的能力

且不受日光與雲層的影響，因此成為 即時 監測海上油汙的有效工具。



※遙測系統種類

	訊號來源	儀器體積	常用波段	代表
被動式 遙測	儀器本身並不放出任何訊號 由儀器接收從被探測物所放出或反射的訊號	體積小	可見光 紅外線	1.繞極軌道氣象衛星 2.地球同步氣象衛星 3.海表面溫度量測 4.海洋水色照相 5.大地照相
主動式 遙測	由探測器主動發射探測波 (電磁波、光波或聲波)， 再接收由被探測物反射回來的訊號	所需能量高 功率也大 體積自然較大	微波 (雷達常用) 雷射 聲波	1.地表上的氣象雷達 和都卜勒雷達 2.聲達 3.太空中的「熱帶降水觀測 任務」氣象實驗衛星 4.GPS 5.飛機上的空載雷射 (光達) 6.合成孔徑雷達 (SAR)

※遙測依空間移動方式分類

地面遙測	機載遙測	太空遙測
------	------	------

【單元練習】

(C) 1. 下列哪一種測量地表地貌變化之方式較有效率且解析度較好？ (A)衛星空拍照片 (B)飛機航拍照片 (C)飛機空載光達掃描 (D)利用水準儀進行地表普測。

【解析】飛機空載光達其雷射掃描點的密度很高，故所得資訊的解析度較好。

(A) 2. 下列何種為在地面上實測地表變化情形之方式？ (A)利用地殼變形精密測量儀測量 (B)利用GPS測量 (C)利用空載光達觀測 (D)利用航照圖觀測。

【解析】精密水準測量或潛變儀可以精準量測地表變化。

(C) 3. 要利用遙測來偵測植被茂密地區的地表活斷層，最好使用下列何者？

(A)可見光航空照相 (B)紅外線熱輻射儀 (C)空載光達 (D)合成孔徑雷達。

【解析】同時量測 多層高度模型 或是 穿透樹林之地表高度模型

(CD) 4. 由感測器本身發出能量的遙測方法稱為「主動式遙測」，其常用的電磁波是（應選二項）

(A)可見光 (B)紅外光 (C)雷達波 (D)雷射。

【解析】一般雷達 (Radar) 又可以被稱作微波雷達。光達 (Lidar) 又可以被稱作雷射雷達。

(A) 5. 目前大部分太空遙測所用的電磁波中，最常用的是

(A)太陽光 (B)雷射 (C)雷達 (D)紅外光。

【解析】太陽光是最經濟有效且使用最廣的遙測電磁波來源。

【綜合評量】

(C) 1. 下列有關地層新舊的判斷，何者錯誤？ (A)正常層位，在上者為新 (B)火成岩侵入沉積岩層時，侵入者為新 (C)含化石的岩層為新，不含化石者為舊 (D)向斜軸部為新，背斜軸部為舊。

【解析】若岩層中有化石，可依其演化出現在地球上的時間判斷相對年代，但沒有化石不一定代表此地層較老。

(A) 2. 下列哪一項觀測不能證明地層順序有沒有經過倒轉？ (A)化石的有無 (B)粒級層的粒度排列 (C)交錯層的傾斜角度 (D)化石出現的順序。

【解析】沒有化石不一定代表此地層較老，故不能藉有無化石判斷形成年代，便無法知其是否倒轉。

(D) 3. 下列關於岩石鑽探敘述何者正確？ (A)目前最深的鑽井在臺灣 (B)鑽探至深處最主要的困難在於地下岩層過於堅硬，鑽探機器難以穿透 (C)科學家試圖能鑽透莫氏不連續面，所選擇鑽探地點以大陸地殼較為容易進行 (D)臺灣在 921 大地震後，地質學家在車籠埔斷層沿線向下鑽探以發掘古斷層，有助於對此地區發生較大規模地震成因之瞭解。

【解析】(A)在前蘇聯近芬蘭處。(B)越深處溫度和壓力越大是難以鑽探的主因。(C)會選擇於海洋地殼進行鑽探，因其厚度較大陸地殼薄。

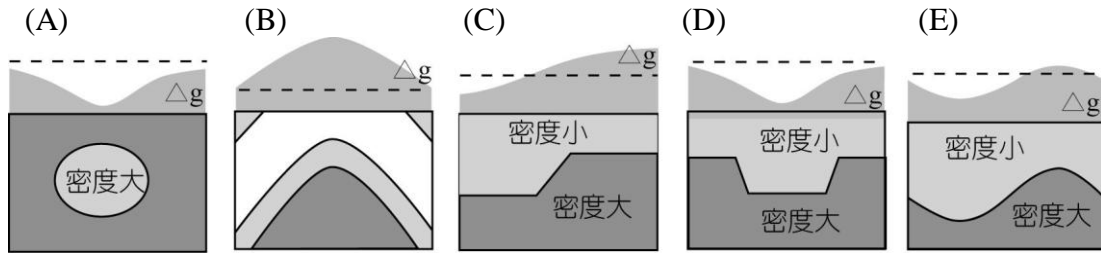
(A) 4. 地質學家由地震波的傳播狀況，可知下列哪些資訊？甲、岩石密度；乙、岩層厚度；丙、斷層構造；丁、礦產分布 (A)甲乙丙丁 (B)只有甲 (C)只有甲丙 (D)只有乙丁。

【解析】震波在不同介質 (不同種類、不同密度的岩層、或不同構造) 內傳播時，會改變波前進的方向 (折、反射)，與前進的速度，並藉由測站的接收記錄可進一步算出岩層厚度。

(B) 5. 目前最常被用來找尋可能的儲油構造大都利用 (A)震波及重力測勘找地下向斜構造 (B)震波及重力測勘找地下背斜構造 (C)磁力測勘及挖掘採樣找地下向斜構造 (D)磁力測勘及挖掘採樣找地下背斜構造。

【解析】油氣常儲存於背斜構造，而背斜處常為重力高值區。

(A) 6. 下圖為重力異常 (Δg) 與地下構造的關係，請選出錯誤的選項：

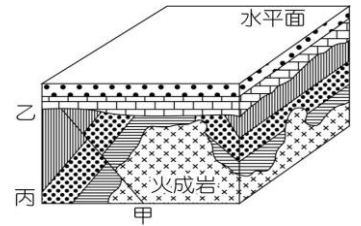


【解析】(A)密度大處反應在地表重力值應偏高。

(B) 7. 臺灣位於板塊交界，測量此地區因板塊運動所造成位移量較合適的觀測方式為 (A)衛星空拍照片 (B)全球定位系統觀測 (C)利用地表水準儀實測 (D)利用空載光達掃描。

【解析】(C)地表水準儀測的是高程；板塊移動速率約每年數公分，適合以較長的時間間隔，利用衛星定位測量此一些微的變化量。

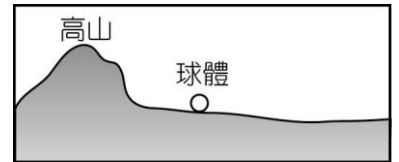
(C) 8. 下圖為某地可能的立體地質構造圖，甲斷層、乙不整合面和丙褶皺三者形成的順序由先至後依序為何？



(A)甲乙丙 (B)乙丙甲 (C)丙甲乙 (D)甲丙乙。

【解析】甲能切斷丙，但無法切穿乙，故由先至後依序為丙、甲、乙。

(B) 9. 如右圖所示，某一物體若單純僅受到左側高山的作用，其重力值與平坦地比較，會有如何的變化？



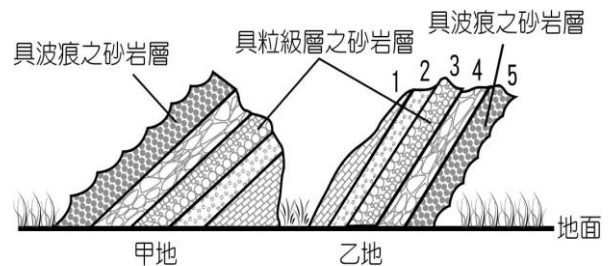
(A)變大 (B)變小 (C)不變 (D)不一定。

【解析】受左側高山質量影響，有一向上拉力，故重力變小。

※ 下圖為甲、乙兩地之岩層露頭。依此岩層露頭的形成方式回答 10.~11.題：

(A) 10. 甲乙兩地何處是正常層序？

(A)甲地 (B)乙地 (C)均是 (D)均不是。



【解析】由波痕的起伏判斷甲地是正常層序。

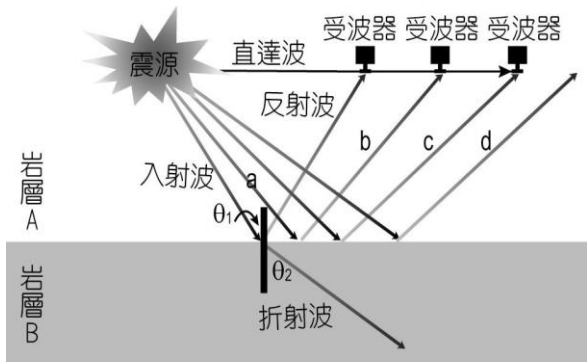
(B) 11. 推斷經過以下幾種地質作用的結果：

甲、沉積岩層 5；乙、形成褶皺；
丙、沉積岩層 1；丁、受侵蝕具有侵蝕面。

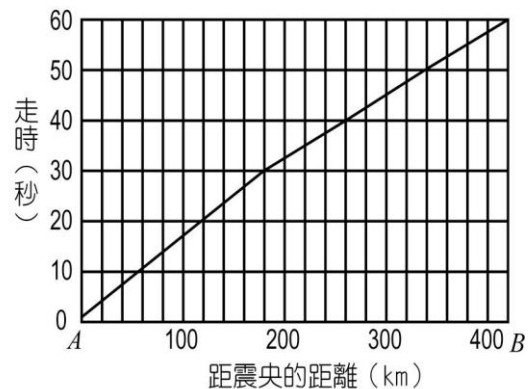
按照發生的先後順序應為 (A)甲乙丙丁 (B)丙甲乙丁 (C)甲丙乙丁 (D)丁乙甲丙。

【解析】此地層屬於背斜構造，故近軸部的「1」是最老的地層，依序水平堆積，之後再發生褶皺，待地層抬升至地表後，再因侵蝕使部分地層消失。

※ 在地表某處，引發一個人工地震，圖一是地表之下的剖面圖以及從震源沿著各種入射波路徑傳至各地表受波器處。圖二從震源到各受波器處 P 波的走時曲線，依次回答 12.~13.題：



圖一



圖二

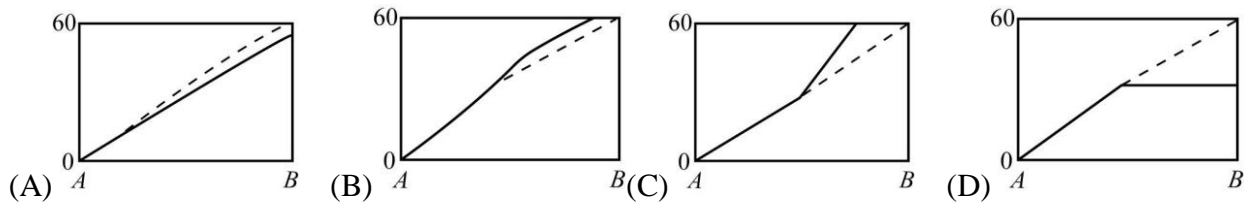
(A) 12. P 波在 A 層中傳播的速率為何？ (A)6km/s (B)7km/s (C)8km/s (D)17km/s。

【解析】圖二中 180 公里處有一轉折點，前段屬於 P 波在 A 層中傳播的狀況，速率為 $180/30 = 6$ 。

- (A) 13. 從這些震波探測資料可得到 (A)岩層的厚度 (B)岩層內是否有岩漿 (C)岩層中是否含磁性礦產 (D)地下水面。

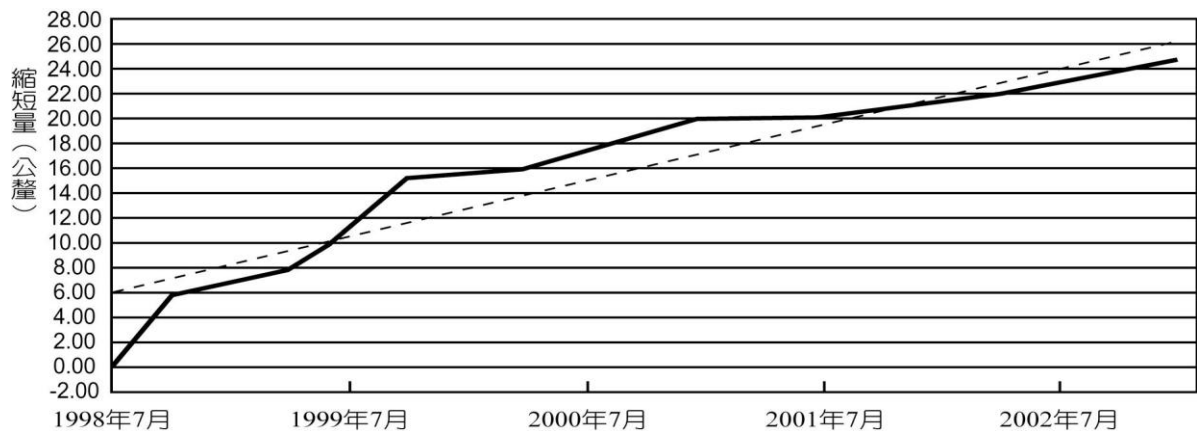
【解析】由地震波的傳播狀況，可知下列岩石密度、岩層厚度、地層構造等資訊。

- (B) 14. 根據圖二，當岩層 A 的厚度變厚時，走時曲線變為何？（已知虛線是圖二的曲線）



【解析】若 A 層變厚，不影響 P 波在 A 層、B 層中傳播的速率，故圖二中的斜率不變，但轉折點會出現在遠距離（轉折點與震央距離稱為超越距離，若測站與震央距離大於超越距離，收到的初達波並非為震波經 A 層直接到達的直達波）。

※下圖為 1998 年～2002 年池上斷層某測站所測得的地表水平縮短量變化情形，粗線為實測資料，細線則為平均線，依圖回答 15.～17.題：



- (B) 15. 此地之水平年平均縮短量約為每年多少公分？ (A)0.05 (B)0.5 (C)5 (D)50。

【解析】1998～2002 年 4 年間之縮短量約為 $(24 - 6) = 18$ 公釐，故每年約 0.5 公分。

- (D) 16. 此地水平縮短量的變化情形較適合的描述為 (A)不分季節、年月，大致恆定的縮短 (B)縮短量呈不規則的變化，每年差異甚大 (C)縮短量逐年下降 (D)每年約 7 月時縮短量增加，1 月時縮短量減少。

【解析】由圖可看出，每年約 7 月時縮短量較大，約半年後縮短量變小，變化和乾溼季有關。

- (D) 17. 此圖可能是下列哪一種觀測方式所得之資料？ (A)全球衛星定位系統 (B)利用三角點高程測量 (C)震波測勘 (D)潛變儀。

【解析】潛變儀可針對地表在小範圍內連續測量。

※以下為各種探測地球的方式：甲、空載光達；乙、磁力測勘；丙、重力測勘；丁、GPS；戊、水準（高程）測量；己、鑽井探勘；庚、潛變儀；辛、震波測勘。

- (D) 18. 主要需在地表進行測量者包括 (A)甲乙丁己庚 (B)乙丙丁戊辛 (C)丙戊己庚辛 (D)乙丙戊己庚辛。

【解析】在地表進行測量：乙、磁力測勘；丙、重力測勘；戊、水準（高程）測量；己、鑽井探勘；庚、潛變儀；辛、震波測勘。

- (A) 19. 下列選項中，可以遙測方式進行測量者為 (A)甲丙丁 (B)戊己 (C)丙庚 (D)戊辛。

【解析】遙測：甲、空載光達；丙、重力測勘（此測勘方式可在地表進行，也可衛星遙測）丁、GPS。

- (D) 20. 下列選項中，可以測量地表起伏者為 (A)甲乙己 (B)丙己辛 (C)甲庚辛 (D)甲丁戊。

【解析】可以了解地表起伏：甲、空載光達；丁、GPS；戊、水準（高程）測量。乙、磁力測勘；丙、重力測勘；己、鑽井探勘；辛、震波測勘，用以了解地下構造；庚、潛變儀，用以了解地表水平位移。

習作

第二章 探地層

牛刀小試

★ 2-1

- (B) 1. 野外探勘時，常使用岩相、沉積構造來判斷當地的地質歷史事件，右圖便是一種臺灣常見的沉積構造，請問此沉積構造的名稱是 (A)斷層 (B)粒級層 (C)交錯層 (D)泥裂。

【解析】由圖可以看到同一岩層中底下顆粒較大，往上逐漸縮小的變化，此為粒級層的特徵。

- (A) 2. 1999年9月21日，臺灣發生嚴重的大地震，為了解地震的原因，科學家除了以震波探測地層下的岩層分布及地質構造外，還進一步使用了哪一種方法來直接了解地下岩層的錯動狀況？

(A)鑽井探測 (B)重力探測 (C)磁力探測 (D)精密水準測量。

【解析】(A)地質學家還利用車籠埔斷層鑽探計畫了解地底下岩層分布。

- (C) 3. 利用槽溝挖掘的方式，不能得到下列哪一種結果？
(A)古斷層的分布 (B)褶皺構造的分布 (C)地殼的深度 (D)沉積構造。

【解析】(C)槽溝挖掘為淺層的探勘，無法得知地殼深度。

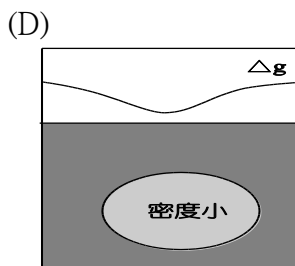
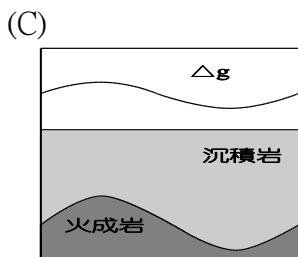
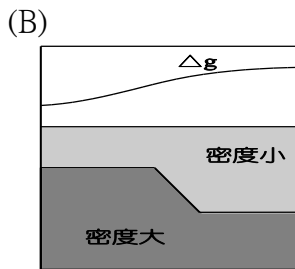
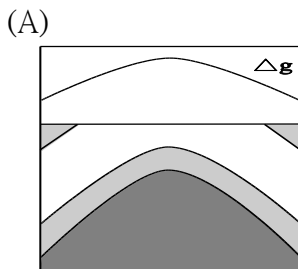
★ 2-2

- (C) 4. 為了解地下岩層的構造，經常使用地球物理的方法，以下哪一種方法是最常使用的地球物理探測方法？

(A)重力探測 (B)磁力探測 (C)震波探測 (D)鑽探。

【解析】(C)震波探測是最廣泛使用的地球物理探測方式。

- (B) 5. 重力異常是由於地球質量分布不均勻造成測量的觀測重力值和理論重力值有差異。使用重力異常來判斷地下的構造時，以下哪一項的配對是錯誤的？（上半部的 Δg 代表重力異常的變化曲線，下半部為相對應的地下構造）



【解析】密度較大的岩層會使重力變大，老地層或基盤通常密度較大，故會造成較大的重力。(A)背斜軸應有較大的重力。(B)應為左側 Δg 重力異常較大，右側較小。(C)基盤岩層較厚地區，重力較大。(D)密度小的岩體，重力較小。

(A) 6. 下列哪一種因素對重力探測影響的程度最小？ (A)大氣壓力 (B)岩層密度 (C)地形起伏 (D)緯度。

【解析】岩層密度、地形高低、緯度都會影響重力的大小，但大氣壓力則無影響。

(C) 7. 使用磁力探測的方法尋找地底下的礦產，在應用於以下哪一種礦產的效果較好？ (A)鈾礦 (B)石油 (C)鐵礦 (D)金礦。

【解析】鐵礦中如磁鐵礦等礦物，具有磁性，可以使用磁力探測。

★ 2-3

(C) 8. 使用全球衛星定位系統 (GPS) 作定位時，地面的接收器至少要接收幾顆衛星的信號，才能推算出接受器的位置？ (A)1 顆 (B)2 顆 (C)3 顆。

【解析】至少要三顆才能得知接受器的經緯度座標。

(C) 9. 人類發展許多不同的方法來測量所需的資料，下列各種測量方法或測量儀器與其測量用途的配對，哪一項是錯誤的？

選項	測量方法、儀器	測量用途
(A)	精密水準測量	高度變化
(B)	GPS 測量	經緯度座標
(C)	潛變儀	高度變化
(D)	合成孔徑雷達影像	地形變化

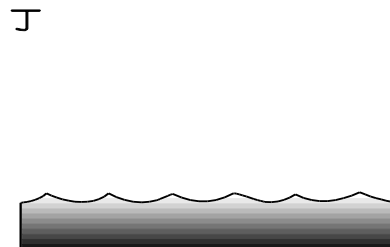
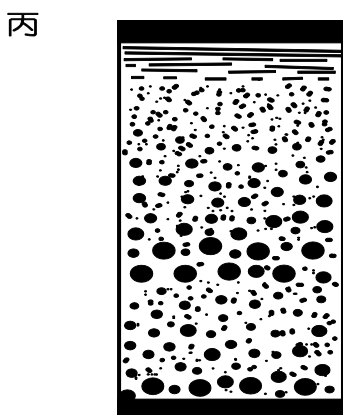
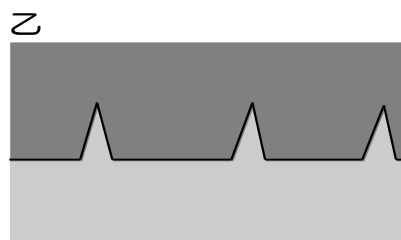
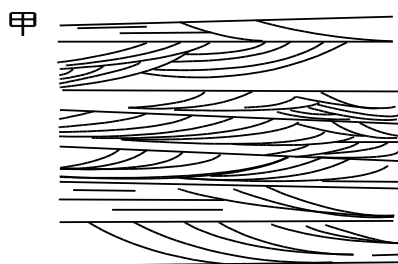
【解析】潛變儀主要應用於測量地殼的變形。

(A) 10. 臺灣處於兩個板塊的交界，為能測量臺灣各地產生的位移量，從而了解受板塊擠壓變形的情况，最適合使用哪一種方法來測量？ (A)GPS 測量 (B)重力探測 (C)精密水準測量 (D)空載光達。

【解析】要測量板塊的變形，必須大範圍且長期的觀測，並且誤差要小，GPS 測量是經常使用的測量方式。

活學活用

※下圖分別為四種沉積構造，試根據圖回答 1.~4.題：



(A) 1. 此四種沉積構造的名稱分別是？

選項	甲	乙	丙	丁
(A)	交錯層	泥裂	粒級層	波痕
(B)	粒級層	波痕	交錯層	泥裂
(C)	交錯層	波痕	粒級層	泥裂
(D)	泥裂	交錯層	波痕	粒級層

(B) 2. 圖中哪一項沉積構造可以判斷發生了地層倒轉的現象？ (A)甲 (B)乙 (C)丙 (D)丁。

【解析】泥裂為開口朝上，尖端朝下，乙圖正好上下顛倒，故應發生了地層倒轉。

(A) 3. 甲沉積構造通常發生於什麼環境下？ (A)河流 (B)火山口 (C)深海平原 (D)冰川。

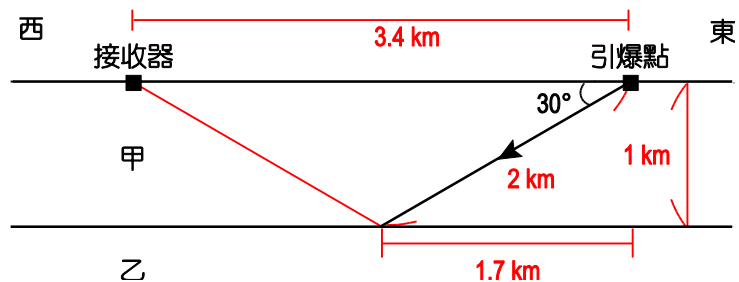
【解析】交錯層通常為河流或淺海強勁海流搬運時造成。

(B) 4. 丙沉積構造可能與發生於海底的哪項作用有關？ (A)火山爆發 (B)攜帶大量泥沙的濁流 (C)海嘯 (D)潮汐。

【解析】濁流發生時，將大量大小不等的沉積顆粒帶入海中，大顆粒先沉降，小顆粒後沉降，故可形成粒級層。

※已知某地有甲、乙兩地層，欲以震波探測得知甲、乙地層交界深度，已知地震波以俯角 30 度向西傳遞，

遇甲、乙不同地層交面便有一反射波傳至地表，表層傳遞之地震波不予計入， $\sqrt{2}=1.4$ ， $\sqrt{3}=1.7$ ，



且遵守反射定律，試回答 5.~7.題：

(A) 5. 在引爆後 1 秒，離引爆點西側 3.4km 處地表接收到第一個反射波，請估計甲層的厚度約為多少？ (A)1km (B)2km (C)3km (D)4km。

【解析】以俯角 30 度傳遞的地震波，遇到甲、乙交面時，地震波反射情形如上圖所示，遵守反射定律，故入射角應等於反射角，接收地點和引爆地點相距 3.4km，其一半為 1.7km，利用三角形邊長關係，可知甲層厚度為 1km。

(D) 6. 估計此處甲層地震波波速為多少？ (A)1km/s (B)2km/s (C)3km/s (D)4km/s。

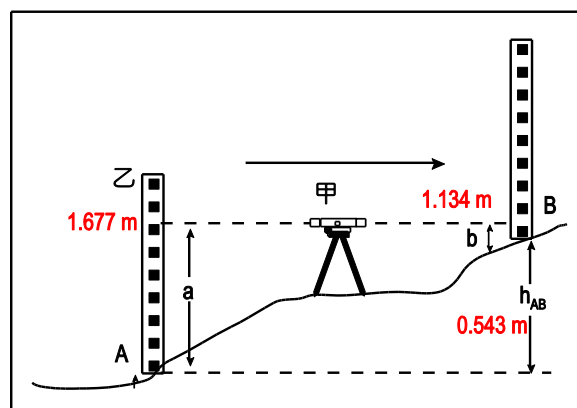
【解析】地震波在甲層內傳遞距離為

$2\text{km} \times 2 = 4\text{km}$ ，故地震波波速為 $4\text{km}/1 = 4\text{km/s}$ 。

(C) 7. 若甲層更厚且波速不變，則在地面測站測得的反射地震波會有何不同？ (A)接收到第一個訊號的時間不變 (B)接收到第一個訊號的時間縮短 (C)接收到第一個訊號的時間變長。

【解析】當甲層變厚時，地震波傳遞距離變長，故接受到第一個反射地震波的時間也會變長。

※下圖是精密水準測量的原理示意圖，根據此圖回答 8.~10.題：



(B) 8. 甲和乙的名稱與功用各為何？

選項	甲名稱	功用	乙名稱	功用
(A)	游標儀	定位	游標尺	測量高程
(B)	水準儀	保持視線水平	水準尺	測量高程
(C)	望遠鏡	放大影像	米尺	測量高程
(D)	水平儀	保持平臺水平	捲尺	測量高程

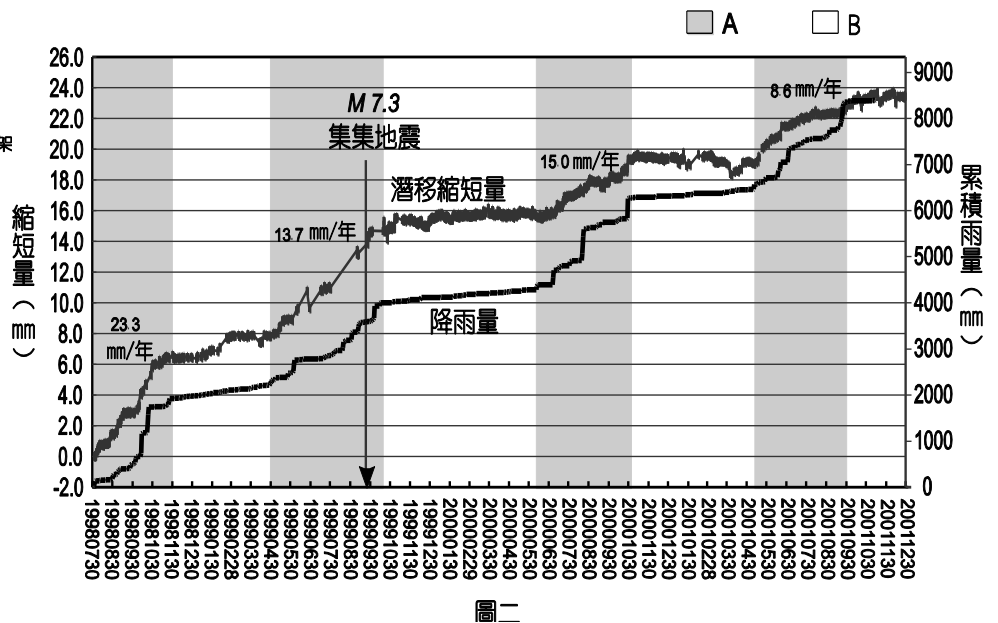
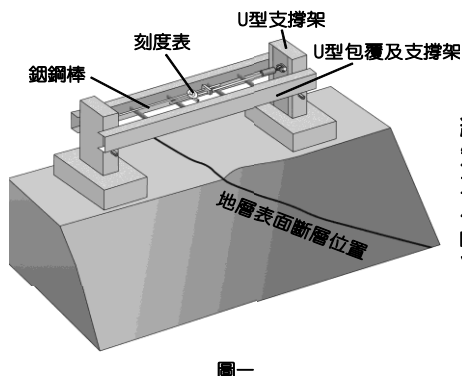
(B) 9. 若A所測得資料為 1.677m，B所測得資料為 1.134m，則AB間的高程為 (A)A比B高0.543m (B)A比B低0.543m (C)A比B高1.677m (D)A比B高1.134m。

【解析】由圖中 $a=1.677m$ ， $b=1.134m$ ，兩者相差 $1.677-1.134m=0.543m$ ，地面高度B應比A高0.543m。

(A) 10. 目前在臺灣精密水準測量所使用的基準面為 (A)基隆平均海水面 (B)參考橢球體 (C)地形面 (D)大地水準面。

【解析】臺灣地區水準測量以基隆平均海水面為基準面。

※圖一是架設在池上斷層上用來測量地殼變形的一種儀器，圖二為此儀器測量所得的結果，利用此資料回答 11.~14.題：



(C) 11. 此儀器的名稱為 (A)GPS (B)重力儀 (C)潛變儀 (D)空載光達。

(A) 12. 圖二的資料中，可以看出 A 和 B 兩種不同顏色的區域，此兩種區域的潛移量有何不同？和哪一因素有關？ (A)A 段潛移量>B 段潛移量，因 A 段為雨季，B 段為乾季 (B)A 段潛移量<B 段潛移量，因 A 段為雨季，B 段為乾季 (C)A 段潛移量>B 段潛移量，因 A 段為乾季，B 段為雨季 (D)A 段潛移量<B 段潛移量，因 A 段為乾季，B 段為雨季。

【解析】圖中 A 區段累積降雨的增加量較 B 區段大，故 A 區段是雨季，B 區段是乾季。

(C) 13. 1999 年初至 2001 年末這段時間，累積的變形量共有多少？

(A)8.8mm (B)13.7mm (C)17mm (D)23mm。

【解析】1999 年 12 月 30 日縮短量已有 6mm，至 2001 年 12 月 30 日縮短量累積有 23mm 左右，故此段時間縮短量為 $23-6=17mm$ 。

(B) 14. 從測量的結果，判斷池上斷層的運動以何種形式為主？

(A)正斷層 (B)逆斷層 (C)左移斷層 (D)右移斷層。

【解析】從記錄上可得知為縮短，故池上斷層主要以逆斷層的形式為主。