

地科 基礎講義

外力造成的地質作用

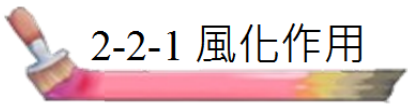
信望愛文教基金會 · 地科種子教師團隊



信望愛文教基金會

2-2 外力造成的地質作用

- 地表外力的地質作用有：風化、侵蝕、搬運、沈積。
- 緩慢的外力作用：高聳的地貌夷平，凹陷的窪地填滿。
- 快速的外力作用：山崩、土石流等短時間造成地貌改變的力量。
- 外力作用主要讓地貌變平（高聳地區變低、低窪地區填平），故也稱為均夷作用。



2-2-1 風化作用

1.風化作用定義

岩石或礦物在和地球大氣層的接觸後，由大變小的崩解作用，依照崩解的方式可以分為物理風化、化學風化以及生物風化。

註：風化作用不能和侵蝕作用互相混淆，因為侵蝕作用包括了岩石和礦物經過媒介（水、冰、風等）引起的移動和崩解。

2.物理風化

岩石受到外力，使得顆粒間的結合力變弱。岩體從大到小崩解破裂，變成更細小的顆粒。因為崩解作用沒有化學反應加入，所以不會新成新的礦物。

(1)熱膨脹

岩石在日間受熱膨脹；在晚間冷卻收縮，岩石外層會以薄片狀態剝落，如果有水氣的存在會令熱膨脹的效果加強。

(2)凍融風化

常在接近冰點的山區見到，水在岩石的縫隙當中，因為結冰而膨脹，經過反覆的作用而使得岩石縫隙變大，最後崩裂。

(3)鹽結晶作用

發生在含有鹽分的溶液滲入的岩石裂縫後蒸發，留下鹽晶體。鹽晶體受熱的膨脹與岩石的膨脹不一，造成岩石裂縫變大，更多的鹽體形成，過程反覆進行最後岩石崩裂。

(4)壓力釋放

因為侵蝕的作用，岩石上方的部分會被剝離移開，殘留下來的岩石下方的部分會因為壓力的釋放產生了以表面水平的方式膨脹及破裂。

(5)水力作用

常發生在海邊的岩石中，海浪沖入岩石表面的裂痕，裂痕的深處會保留一層被困者的空氣，空氣受到海浪的壓迫會反饋給岩石的裂痕，從而使裂痕加寬。



凍融風化

鹽結晶作用

壓力釋放

3.化學風化

岩石經過化學風化後，物理性質會改變，通常強度會變弱而較容易崩解。化學風化嚴重者可能會使原有的礦物消失生成新礦物。

(1)溶解作用

岩石中的某些礦物會溶於液體中被帶走，使得岩石溶解。天然的降雨會有些微酸性，石灰岩容易溶於酸性的溶液中。

(2)水合作用

岩石中含有容易吸水的礦物（含有 H^+ 與 OH^- 離子），當這些礦物遇到水後會使岩石變的鬆軟。例如：氧化鐵會轉變成氫氧化鐵。

(3)水解作用

矽酸鹽礦物和水發生的化學作用產生了新的礦物。因為二氧化碳容易溶於水中（碳酸），所以會讓水輕微的離子化並捐出 H^+ 。碳酸的酸性比起矽酸強，所以會獲得酸性較弱的矽酸。特別的情況下也可以生成新的礦物，例如：正長石水解變成高嶺土。

(4)氧化作用

金屬礦物在環境中接觸氧氣產生的氧化作用，最常見的為鐵與氧氣和水的融合變成鐵的氫氧化物或氧化物。



剛破裂的岩石發生了化學風化作用（氧化）

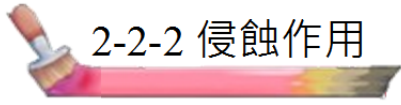
4.生物風化

(1)生物參與的物理風化

植物（地衣、苔蘚等）的根部會在岩石的裂隙施加物理壓力，讓岩石裂隙加大。

(2)生物參與的化學風化

有部分動植物能夠釋放有機酸或其他腐蝕性容易，從而引起化學風化使得岩石崩解。



2-2-2 侵蝕作用

1.雨水的侵蝕

雨水通過撞擊、溶解、淋溶、雨蝕等的方式來侵蝕岩石或地面。

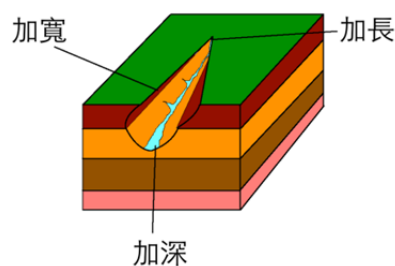
- (1) **撞擊**：撞擊岩石或地表，破壞其結構。
- (2) **溶解**：雨水溶解了岩石，將其帶走。
- (3) **淋溶**：將易溶的鹽類溶解，滲透到岩石下層沈澱出來。
- (4) **雨蝕**：雨水在地表徑流對坡面的侵蝕作用。

2.河流的侵蝕

- (1) **水力**：河水撞擊河床、岩壁，使得岩塊破裂
- (2) **磨蝕**：河水夾帶的細沙也可以通過撞擊岩壁、河床來磨蝕岩塊
- (3) **溶解**：河水可以溶解一些可溶岩石（例如石灰岩）

河流對河道的侵蝕也可以分為向源、向測和向下侵蝕，會形成 V 型谷。

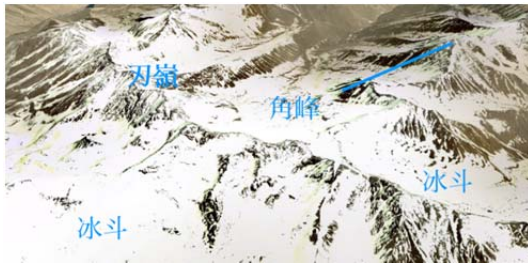
- (1)**向源侵蝕**：侵蝕往源頭發展，故會加長河道
- (2)**向側侵蝕**：侵蝕往兩側發展，故會加寬河道
- (3)**向下侵蝕**：侵蝕往下方發展，故會加深河道



3.冰河的侵蝕

- (1) **拔蝕**：冰河移動的時候，強大的力量會把岩石拔起
- (2) **磨蝕**：冰河移動是物理性的磨蝕岩石
- (3) **冰楔**：岩石內的水分反覆的結冰和融化之下，岩石的結構被破壞

常見的冰河侵蝕地形有冰斗、刃嶺、角峰等。冰河移動所形成的 U 型谷、懸谷等特殊地形。



冰川地形圖（圖片來源：google earth）

4.海水的侵蝕

侵蝕作用和河水的侵蝕一樣，具有水力、磨蝕以及溶解作用。海水的侵蝕能量來源比較多元，主要來自波浪、潮汐以及海流，其中以波浪的侵蝕力最強。

常見的海蝕地形有海蝕崖、海蝕洞、海蝕平台、海蝕凹壁、海階、海蝕柱等等。

5.風的侵蝕

(1) **吹蝕**：岩石、地表鬆散的細小岩體被風帶走

(2) **磨蝕**：小岩體被風高舉帶走並對岩石、地面形成物理性摩擦

吹蝕常見的地貌以風蝕窪地為代表，因為風不斷的吹蝕，讓地表的物質不斷被帶走形成的窪地。由磨蝕作用所造成的地貌包括風稜石、蕈狀石、平衡石、蜂窩壁、雅爾當等。風稜石、蕈狀石等屬小規模地貌。



風吹蝕的示意圖

2-2-3 搬運作用

1.河水的搬運

細小的顆粒由懸浮的方式搬運；較大的顆粒由跳動、滑動、滾動的方式移動。

2.海水的搬運

(1)海浪

主要發生在淺海帶，海浪會侵蝕海岸物質並將其帶往海水深處。越靠近海底海浪的動能越小，所以只有顆粒大、比重大的碎屑能夠搬運到海底。

(2)潮汐

潮流的搬運在近岸和海灣區比較明顯。大潮的時候，海峽中潮流流速可以達到 $6\sim 7\text{m/s}$ 。動力和山區的河流相當，具有強大的搬運力。如果是碎屑懸浮物質也會被退潮帶往海洋深處。

(3)洋流

洋流流速很小，搬運能力不強。但是由於洋流的流程很遠，所以懸浮的碎屑可以帶到很遠的地方。

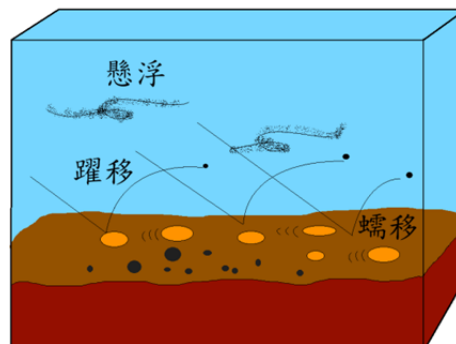
(4)濁流

濁流的密度大，在流動過程中，紊流強烈，具有極強的搬運力，可以將其大量的礫石和沙級碎屑搬到半深海、深海區產生沉積。

3.風的搬運

風的搬運形式依照顆粒的大小有所不同。由小到大可分為

- (1) **懸浮**：顆粒漂浮於空中
- (2) **躍移**：顆粒被風吹起，向前跳躍移動
- (3) **蠕移**：大顆粒貼著地面移動



4.冰川的搬運

冰川的搬運能力極強，大小顆粒都能夠被帶走，所以淘選度很差。（「淘選度」會在之後解釋）

2-2-4 沉積作用

按照沉積作用的方式可以將其分為機械、化學和生物沉積作用

1.機械沈積

- (1) 隨著牽引流機械式（例如風、河流、湖流、洋流、海浪、潮汐等）搬運能力的減弱，隨著顆粒大小的不同會在不同的地點沈澱下來，所以通常淘選度比較好。

(2) 重力流的搬運後發生的沈積作用，例如：泥石流、液化沉積物流、濁流、岩塊崩塌流和熱灰雲流等，所以淘選度差、無大型交錯層，常見於大陸的沖積扇、深湖或深海中。

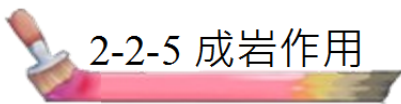
- 沈積作用之後，該地區的沈積物顆粒大小的均勻程度。越均勻表示淘選度越好（風和水流）；越不均勻表示淘選度差（重力和冰川）。

2.化學沈積

- (1) 膠體凝聚：膠體凝聚可沉積形成粘土礦物、磷酸鹽類、鋁土礦、鐵礦和錳礦等。
- (2) 真溶液體：溶解在水體中的物質被搬運後，再透過化學作用沈澱出來，形成各種鹽類及石灰岩、白雲岩、多水高嶺石等。

3.生物沈積

生物通過生命活動直接或間接地促使化學元素、有機或無機物質進行分解、化合、遷移和聚集或將遺體直接堆積下來，造成生物沉積岩石。如礁灰岩、硅藻土、石油、油頁岩、煤及某些磷礦、錳礦、鐵礦等



2-2-5 成岩作用

沈積物在埋藏之後，固結變成堅硬的岩石，主要的成岩作用有：

1.壓實

上面沈積物不斷加厚、壓力增加而使得底下的沈積物體積減小、水含量變少、沈積物間顆粒空隙變小，最後新成岩石。

2.膠體陳化

膠體脫水、過渡變為偏膠體，最後形成穩定的自生礦物。（如蛋白石→玉髓→石英）。

3.膠結

個別顆粒彼此連接，再從水中沈澱出礦物充填空隙中，使得顆粒緊密結合在一起。

4.再結晶

通常在化學、生物作用形成的沈積物比較普遍，沈澱物種原有的礦物顆粒改變其顆粒形態，變成新的礦物，使得顆粒之間更加密合。

- 隨著板塊運動擠壓，底下的岩石又會露出地表，重新開始風化、侵蝕、搬運、沈積以及成岩作用。