

礦物質的物理特性

什麼是礦物質？

除黑曜石和煤炭外，所有岩石均由礦物製成。（黑曜石是一種由玻璃製成的火山岩，煤是由有機碳製成的。）大多數岩石在特定岩石類型的混合物中都含有幾種礦物。識別岩石時，必須首先識別構成該岩石的單個礦物。

礦物是天然存在的無機固體，具有確定的化學組成和晶格結構。儘管已經鑑定出地球上成千上萬種礦物，但僅佔十種礦物，其中斜長石，石英，正長石，閃石，輝石，橄欖石，方解石，黑雲母，石榴石和粘土構成了地殼的大部分。在一起時，**化學式**（化學元素的種類和比例）和**晶格**（的原子是如何排列和結合在一起的幾何形狀）確定礦物的物理性質。

礦物的化學式和晶格只能在實驗室中確定，但是通過檢查礦物並確定其幾種物理性質，您可以識別礦物。首先，您需要熟悉礦物的物理特性以及如何識別它們。

礦物質可以通過其物理特性來識別。礦物質的物理性質與其化學成分和結合力有關。某些特性（例如礦物的硬度）對於礦物識別更有用。顏色很容易觀察到，當然也很明顯，但是通常不如其他物理屬性可靠。

如何鑑定礦物質？



圖 1.這種礦物具有帶條紋的閃亮的金黃色立方晶體，因此它是黃鐵礦。

礦物學家是研究礦物的科學家。礦物學家必須做的一件事是對礦物進行識別和分類。雖然礦物學家可能會使用高功率顯微鏡來鑑定一些礦物質，但大多數礦物質可以通過物理特性來識別。

檢查圖 1 中的礦物。礦物的顏色是什麼？它的形狀是什麼？單個晶體有光澤還是無光澤？礦物質上是否有橫紋（橫紋）？

顏色，條紋和光澤

鑽石是流行的寶石，因為它們反射光的方式使它們非常閃亮。綠松石因其驚人的藍綠色而倍受青睞。請注意，正在使用特定術語來描述礦物的外觀。

顏色



圖 2.這種礦物有光澤，非常柔軟，重且顏色為金色，實際上是金。

顏色通常是有用的，但不應依賴顏色。不同的礦物質可能是相同的顏色。如圖 2 所示，真實金的顏色與圖 1 中的黃鐵礦非常相似。

另外，有些礦物質有許多不同的顏色。例如，石英可以是透明，白色，灰色，棕色，黃色，粉紅色，紅色或橙色。因此，顏色可以提供幫助，但不要依賴顏色作為確定屬性。圖 3 顯示了一個無色石英樣品和另一個紫色石英樣品。微量的鐵使石英變紫。許多礦物被化學雜質著色。



圖 3. 紫色石英（稱為紫水晶）和透明石英是相同的礦物，儘管顏色不同。

光澤

光澤描述了礦物質表面的光反射。礦物學家使用特殊術語來描述光澤。對光澤進行分類的一種簡單方法是基於礦物是金屬還是非金屬。不透明和有光澤的礦物（例如黃鐵礦）具有金屬光澤。石英等礦物具有非金屬光澤。

光澤是礦物表面反射光的方式。它與顏色不同，因此區分光澤與顏色至關重要。例如，被描述為光澤（“光澤”）和顏色（“黃色”）的礦物被描述為“光澤的黃色”，光澤是兩種不同的物理性質。光澤的標準名稱包括金屬，玻璃，珍珠，柔滑，油膩和暗淡。首先確定礦物是否具有金屬光澤通常很有用。金屬光澤意味著像拋光金屬一樣閃亮。例如，清潔拋光的鉻，鋼，鈦，銅和黃銅的碎片都顯示出金屬光澤，就像許多其他礦物一樣。在非金屬光澤中，玻璃質是最常見的，意味著礦物的表面像玻璃一樣反射光。珍珠光澤對於識別長石很重要，這是最常見的礦物類型。珍珠光澤是指反射光中有微弱的虹彩或色彩，與珍珠反射光的方式相同。柔滑意味著用絲般的光澤反射光線。油膩的光澤看起來類似於凝固的培根油脂的光澤。具有暗淡光澤的礦物反射很少的光。識別光澤需要一些練習。記住要區分光澤和顏色。

表 1 描述了不同類型的非金屬光澤。

表 1. 六種非金屬光澤。

光澤

出現

表 1.六種非金屬光澤。

精金	閃閃發光
樸實的	像泥土一樣的鈍
珠光的	珍珠般
樹脂的	像樹液一樣的樹脂
柔滑的	長纖維外觀柔軟
玻璃	玻璃狀

您能否將表 4 中的礦物與表 1 中的正確光澤相匹配？

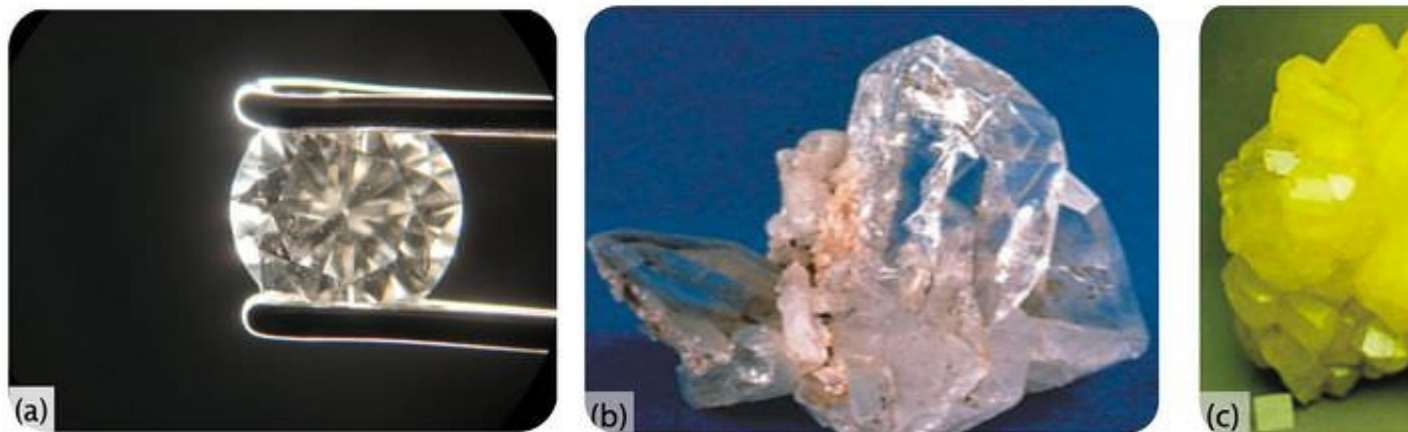


圖 4. (a) 鑽石具有金剛烷光澤。(b) 石英不閃閃發光，具有玻璃或玻璃光澤。(c) 硫的反射光少於石英，因此具有樹脂光澤。

條紋



圖 5.赤鐵礦在未上釉的瓷盤上的條紋為紅褐色。

條紋是礦物粉末的顏色。條紋比顏色更可靠，因為條紋沒有變化。顏色相同的礦物質可能具有不同的條紋。許多礦物（例如圖 3 中的石英）沒有條紋。

要檢查條紋，請在未上釉的瓷板上刮下礦物（圖 5）。黃金黃鐵礦具有黑色條紋，另一個表明黃鐵礦不是黃金的標誌，其具有金黃色條紋。

比重

密度描述了一定空間中有多少物質：密度=質量/體積。

質量是物體中物質量的度量。對象佔用的空間量由其體積來描述。物體的密度取決於其質量和體積。例如，水杯中的水俱有與游泳池相同容積中的水相同的密度。

物質的比重將其密度與水的密度進行比較。密度更大的物質具有更高的比重。

硬度

硬度是礦物抵抗其被刮擦或刺破的表面的強度。在不使用專用工具的情況下處理手部樣品時，礦物硬度由莫氏硬度標尺指定。莫氏硬度標度基於 10 種參考礦物，從最軟的滑石（莫氏硬度為 1）到最硬的金剛石（莫氏硬度為 10）。它是相對或非線性的比例。硬度為 2.5 僅表示礦物比石膏硬（莫氏硬度為 2），比方解石（莫氏硬度為 3）更軟。為了比較兩種礦物的硬度，請查看哪種礦物會刮擦另一種礦物的表面。

表 2.莫氏硬度量表

硬度	指數礦物	共同對象
1 個	滑石	
2	石膏粉	2.5 指甲
3	方解石	3.5 磅純銅
4	螢石	
5	長石	5 至 5.5 不銹鋼 5.5 至 6 杯
6	磷灰石	6 至 6.5 硬鋼銼
7	石英	
8	黃玉	
9	剛玉	
10	鑽石	

使用莫氏秤，任何人都可以測試未知礦物的硬度。假設您有一種未知的礦物。您會發現它可以刮擦螢石甚至長石，但是磷灰石會刮擦它。然後，您知道礦物的硬度在 5 到 6 之間。請注意，沒有其他礦物可以刮擦鑽石。

劈裂和斷裂

破壞礦物會破壞其化學鍵。由於某些鍵比其他鍵弱，因此每種類型的礦物都可能在原子之間的鍵弱的位置斷裂。因此，礦物質以獨特的方式破裂。

劈開



圖 6.國際空間站上水泡中氯化鈉的特寫視圖。

劈裂是礦物沿著某些平面破裂以形成光滑表面的趨勢。**Halite** 在鈉和氯的層之間破裂，形成具有光滑表面的立方體（圖 6）。

自然分裂成完美平坦表面的礦物質呈現出分裂。並非所有礦物質都具有分裂作用。裂解表示晶格中的弱化方向。劈裂面可以通過它們始終如一地反射光的方式來區分，就像拋光，平滑和均勻一樣。礦物的劈裂特性是根據劈裂的次數和（如果劈裂多於一個）劈裂之間的角度來描述的。劈開的數目是礦物劈開的數目或方向。礦物可能具有 **100** 個彼此平行的劈裂面。這些表示單個切割，因為所有表面都以相同的方向定向。礦物可能發生的劈開次數可能是 **1、2、3、4 或 6**。如果劈開次數超過 **1** 次，並且沒有用於測量角度的設備，

要查看礦物分裂，請在強光下將礦物舉起並移動，然後再移動一些，以查看不同側面如何反射光。劈裂方向將顯示為光滑，發亮，均勻明亮的光澤，被礦物上一組平行表面反射。

雲母沿一個方向分裂並形成薄片（圖 7）。



圖 7.雲母片。



圖 8.這顆未經加工的鑽石顯示出其八面體的分裂。

礦物質可以分裂成多邊形。螢石形成八面體（圖 8）。

寶石之所以美麗，一個原因是，劈裂面會形成吸引人的晶體形狀並具有光滑的表面。

斷裂

斷裂是指不沿著分裂平面的礦物破裂。同一礦物中的斷裂並不總是相同的，因為斷裂不是由礦物的結構決定的。

礦物可能具有特徵性的斷裂（圖 9）。金屬通常會裂成鋸齒狀的邊緣。如果礦物碎片像木頭一樣，可能是纖維狀的。一些礦物，例如石英，在破裂時會形成光滑的曲面。

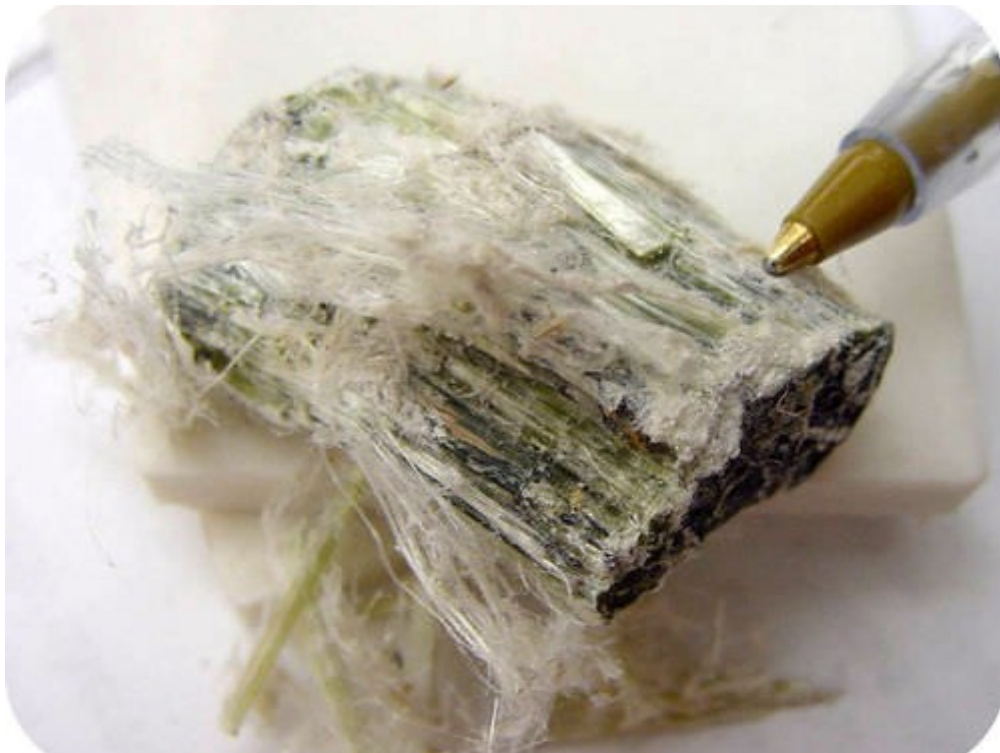


圖 9.溫石棉有碎片破裂。

所有礦物質都有破裂。斷裂是斷裂，其發生在不是斷裂方向的方向上。某些礦物，例如石英，沒有任何解理。當沒有解理的礦物被錘子破碎時，它會在各個方向上破裂。據說石英表現出貝殼狀斷裂。貝殼狀破裂是厚玻璃碎片破裂的方式，破裂表面上有同心彎曲的脊。然而，一些石英晶體具有很多缺陷，以致於不表現出貝殼狀的斷裂，而僅僅表現出不規則的斷裂。不規則骨折是不顯示其他任何類型骨折質量的骨折的標準術語。在地質入門中，要記住的關鍵裂縫類型是不規則的，大多數礦物在石英中都表現出貝殼狀和貝殼狀。

水晶形狀

所有礦物質都是晶體，但只有少數具有顯示其晶體形狀，晶體形式的機會。地質入門實驗室中的許多礦物均未顯示其晶體形式。如果礦物在生長時有空間，它可能會形成天然晶體，其晶體形狀反映了礦物內部晶格的幾何形狀。晶體的形狀遵循其晶格的對稱性。例如，石英形成六面晶體，顯示出其晶格的六邊形對稱性。這裡要記住兩個複雜的因素：（1）礦物在生長時並不總是形成漂亮的晶體，（2）晶體的表面不同於解理的表面。礦物生長過程中會形成晶面。礦物破碎時會形成劈裂面。

其他識別特徵

有些屬性只能幫助區分少量礦物質，甚至只是一種礦物質。這種特殊性質的一個例子是方解石與稀鹽酸（5%HCl）的起泡反應。當 HCl 溶液溶解時，方解石起泡或冒泡，並產生 CO₂ 氣體。即使不通過方解石的硬度，光澤和解理度，即使不測試與 HCl 的反應，方解石也易於鑑定。

另一個特殊屬性是磁性。可以通過查看是否有小磁鐵對礦物做出反應來進行測試。最常見的強磁性礦物是磁鐵礦。在斜長石長石的一些樣品中顯示出的特殊性質是其在分裂表面上顯示出條紋的趨勢。條紋是完全筆直的細平行線。可能需要放大以查看斜長石裂解表面的條紋。在礦物對礦物的基礎上可能會遇到其他特殊性能。

一些礦物具有其他獨特的屬性，表 3 中列出了其中的一些。您能命名一個獨特的屬性，以使您立即識別在本章中已經描述過很多的礦物嗎？（提示：它很可能在您的餐桌上找到。）

表 3. 一些礦物質具有非常規特性，可用於鑑定。

屬性	描述	礦物實例
螢光性	礦物在紫外線下發光	螢石
磁性	礦物被磁鐵吸引	磁鐵礦
放射性	礦物釋放出可以用蓋革計數器測量的輻射	鈾鈾礦
反應性	礦物暴露於弱酸時會形成氣泡	方解石
聞	有些礦物質有獨特的氣味	硫（像臭雞蛋一樣的氣味）
味道	一些礦物質咸	岩鹽

對礦物質進行分類

礦物質類

礦物質根據其化學性質進行分類。除天然元素類別外，對礦物進行分類的化學

基礎是陰離子，即帶負電的離子，通常在礦物的化學式末出現。例如，硫化物基於硫離子 S^{2-} 。硫鐵礦，例如 FeS_2 ，是一種硫化礦物。在某些情況下，該陰離子屬於多原子礦物類，例如 $(CO_3)^{2-}$ 碳酸鹽離子。礦物的主要類別是：

- 矽酸鹽
- 硫化物
- 碳酸鹽
- 氧化物
- 鹵化物
- 硫酸鹽
- 磷酸鹽
- 本機元素

矽酸鹽

基於多原子陰離子 $(SiO_4)^{4-}$ ，具有四面體形狀。地殼和地幔中的大多數礦物是矽酸鹽礦物。所有矽酸鹽礦物均由具有不同鍵合排列的矽-氧四面體 $(SiO_4)^{4-}$ 製成，形成不同的晶格。您可以通過了解矽酸鹽礦物的晶格類型來了解其性質，例如晶體形狀和解理。

- 在**中矽酸鹽**（也稱為島狀矽酸鹽）中，矽酸鹽四面體彼此分開並完全鍵合到非矽酸鹽原子上。橄欖石是島狀矽酸鹽。
- 在**單矽酸鹽**或成對的矽酸鹽中，例如**附子**，矽酸鹽四面體成對結合。
- 在**cyclosilicates**，也稱為環矽酸鹽，矽酸鹽四面體接合在環。綠柱石或祖母綠是環狀矽酸鹽。
- 在**層狀矽酸鹽**或層狀矽酸鹽中，四面體在三個角處結合形成平板。黑雲母是片狀矽酸鹽。
- 在**單鍊矽酸鹽**中，矽酸鹽四面體以單鏈鍵合。輝石是單鍊矽酸鹽。
- 在**雙鍊矽酸鹽**中，矽酸鹽四面體以雙鏈鍵合。閃石是雙鍊矽酸鹽。
- 在**層狀矽酸鹽**（也稱為骨架矽酸鹽）中，矽酸鹽四面體的所有角都與其他矽酸鹽四面體的角結合，從而形成了各個方向上完整的矽酸鹽四面體的骨架。長石是地殼中最常見的礦物，石英也是骨架矽酸鹽。

硫化物

這些基於硫化物離子 S^{2-} 。示例包括黃鐵礦， FeS_2 ，方鉛礦， PbS 和閃鋅礦，純鋅形式的 ZnS 。開采了一些硫化物作為鋅，鉛，銅和錫等金屬的來源。

碳酸鹽

這些是基於碳酸根離子 (CO_3)²⁻。方解石 CaCO_3 和白雲石 $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ 是碳酸鹽礦物。碳酸鹽礦物傾向於相對容易地溶於水，特別是酸性水，而天然雨水則是微酸性。

氧化物

這些基於氧陰離子 O^{2-} 。實例包括氧化鐵，例如赤鐵礦， Fe_2O_3 和磁鐵礦 Fe_3O_4 以及軟錳礦 MgO 。

鹵化物

這些有鹵族元素作為陰離子，無論是氟， F^- ，氯化物， Cl^- ，溴離子， Br^- ，碘離子， I^- ，或砷，在。NaCl 鹵化物是鹵化物礦物。

硫酸鹽

這些具有多原子硫酸根離子 (SO_4)²⁻ 作為陰離子。硬石膏 CaSO_4 是硫酸鹽。

磷酸鹽

這些具有多原子磷酸根離子 (PO_4)³⁻ 作為陰離子。氟磷灰石， $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ ，使您的牙齒堅硬，是一種磷酸鹽礦物質。

本機元素

這些僅由一個元素組成。由碳製成的金 (Au)，天然銅 (Cu) 以及鑽石和石墨都是天然元素礦物。回想一下，礦物質被定義為天然存在。因此，除非在自然界中也發現過，否則在實驗室中純化和結晶的元素不屬於礦物。

礦物分類表

在表 1-3 中，硬度是根據莫氏硬度標尺測量的。當您瀏覽表格時，可以單擊礦物圖像以查看較大尺寸的照片。

表 1. 非金屬光澤—淺色

典型顏色	硬度	劈裂/斷裂	礦物名	礦物照片
------	----	-------	-----	------

表 1.非金屬光澤—淺色

無色	7	貝殼狀骨折	石英
變量	7	貝殼狀骨折	玉髓（cher石等）
粉色或白色	5—6	2個直角飛機	正肽酶（長石）
白色	5—6	2個直角飛機	鈉斜長石（長石）



表 1.非金屬光澤—淺色

白色至灰色	5-6	2 個直角 飛機	鈣斜長石（長石）
-------	-----	----------	----------



變量	4	4 架 飛機	螢石
----	---	--------	----



無色或白色	3	3 個平面的 奇角	方解石
-------	---	-----------	-----



粉色或白色	3	3 個平面的 奇角	白雲石
-------	---	-----------	-----



表 1. 非金屬光澤—淺色

無色或白色	2.5-3	3 個平面的奇角	鹽岩
無色或白色	2.5	1 架飛機	白雲母
無色或白色	2	2 個直角飛機	石膏粉
變量	1 個	1 架飛機	滑石



表 1.非金属光澤—淺色

白色	<1	不均勻（變成粉末）	高嶺石
----	----	-----------	-----



表 2.非金属光澤—深色

典型顏色	硬度	劈裂/斷裂	礦物名
綠色	5—6	不規則	黃綠
紅	5—6	不規則	石榴石
紅	3—6	不規則	赤鐵礦

礦物照片



表 2.非金屬光澤—深色

深綠色

3-6

2 個直角飛機

輝石



黑色

4.5-6

2 個平面成奇數角

角閃石
(amphibole)

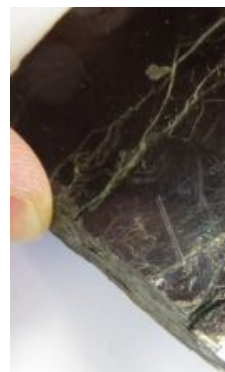


黑色

2.5

1 架飛機

黑雲母



綠色

2

1 架飛機

亞氯酸鹽



表 3.金屬光澤

典型顏色	硬 度	劈裂/斷裂	礦物名	礦物照片
------	--------	-------	-----	------

黑色或深灰色	6	不規則	磁鐵礦	
--------	---	-----	-----	--



黃銅黃色	6	不規則	黃鐵礦	
------	---	-----	-----	--



銅黃色	4	不規則	黃銅礦	
-----	---	-----	-----	--

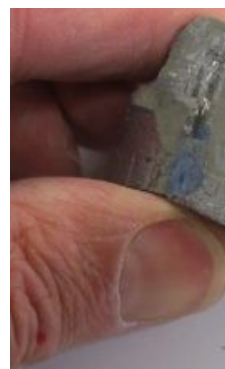


表 3. 金屬光澤

銀

3 3 個直角飛機

方鉛礦



如何識別礦物質

首先，您需要良好的光線和手持鏡頭或放大鏡。手持鏡頭是一種小型的雙鏡頭放大鏡，其放大倍率至少為 **8** 倍，可以在某些書店和自然商店購買。

礦物質是根據其物理性質進行識別的，這已在上一節中進行了描述。要識別礦物，請仔細觀察。一眼看去，方解石和石英看起來很相似。兩者通常是無色的，具有玻璃光澤。但是，它們的其他屬性完全不同。石英要硬得多，足以刮擦玻璃。方解石是柔軟的，不會劃傷玻璃。石英沒有礦物分裂和破裂，就像玻璃破裂一樣。方解石具有三個解理方向，這些解理方向相交的角度不是 **90°**，因此它分解成具有完美平坦，光滑，光亮側面的固體碎片。

識別礦物時，您必須：

1. 仔細觀察所有可見側面，看它如何反射光
2. 測試其硬度
3. 識別其分裂或斷裂
4. 賦予其光澤
5. 評估確定礦物質身份所必需的其他任何物理性質

在此部分隨附的礦物質表中，根據礦物質的光澤和顏色對其分組。它們還根據其硬度和解理或斷裂進行分類。如果您可以識別其中幾種物理性質，則可以識別礦物。

該視頻中有一個關於如何識別礦物的簡單課程。

結果：最常見的要素

確定地殼中最常見的元素及其豐度順序。

本節將向您介紹地殼中存在的最常見元素，這些元素直接影響所形成礦物質的類型。

你會學到什麼

- 確定地殼中最常見的八個元素。
- 按照豐度順序組織地殼中最常見的八個元素。

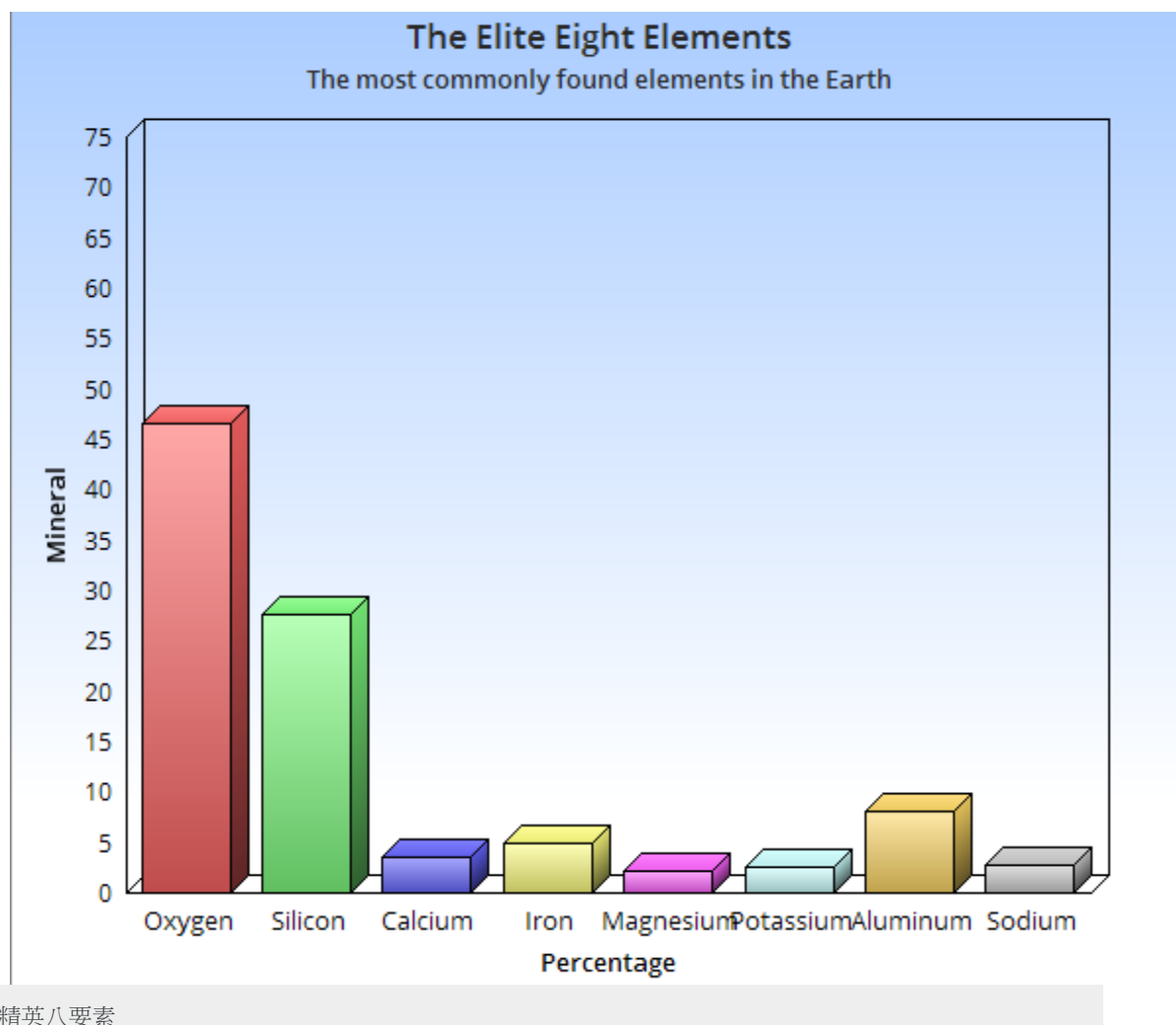
學習活動

本節的學習活動包括以下內容：

- 閱讀：地殼中的元素豐富
- 閱讀：矽酸鹽礦物和矽酸鹽四面體
- 自我檢查：最常見的要素

地殼中的元素豐富

該表顯示了地殼中元素的豐度。



矽酸鹽礦物和矽酸鹽四面體

地球上大多數礦物是矽酸鹽礦物。矽酸鹽礦物的構成要素（使它們成為矽酸鹽礦物的基本成分）是矽酸鹽四面體。矽酸鹽四面體由四個氧原子組成，它們排列得盡可能靠近中心矽原子。結果是一個金字塔形狀，稱為四面體，在四個頂點中每個都有一個氧原子。（頂點是四面體上三個角匯合的點。）

矽原子本身在其外殼中具有四個電子。在矽酸鹽四面體中，這四個電子中的每一個都與四個連接的氧原子之一共享。反過來，每個氧原子共享在其外殼中擁有的 6 個電子之一。

結果是，四面體中心的矽實際上具有一個完整的外殼，其中有八個電子。這八個電子與四面體的四個氧原子成對共享。反過來，四面體中的每個氧原子在其外殼中都會有七個電子，如果系統中只剩下與四個氧原子鍵合的一個矽原子，則該系統便沒有其他了。這樣會使每個氧原子缺少一個完整的電子外殼的一個電子。

但是，氧是一種強電負性元素，這意味著在大多數情況下，它具有將電子從其他元素吸引到其原子核的強度。在礦物中，矽酸鹽四面體中的每個氧原子實際上將具有八個電子：每個氧原子

在其外電子殼中都具有的六個電子開始，它是通過與電子共價鍵共享一對電子而獲得的電子。四面體中的矽原子，以及礦物中四面體之外的另一個原子（或另一個小原子團）的一個電子。矽酸鹽四面體能夠與許多不同晶格排列中的許多常見元素結合。此外，矽酸鹽四面體能夠以各種幾何排列與其他矽酸鹽四面體鍵合，包括環，片，鍊和三維網絡。

小結：成岩礦物

概要

在本節中，您了解了以下內容：

1. 礦物形成涉及的基本化學
2. 最常見的礦物形成元素
3. 識別礦物的常用技術
4. 如何使用這些技術來識別常見礦物
5. 礦物學家的工作方式和工作地點

合成

在本模塊中，我們仔細研究了礦物。礦物質非常複雜，它們以多種方式和環境形成。我們研究了礦物學家識別礦物的一些方法；其中一些方法非常簡單，而另一些則更為複雜（其中一些方法包括裂解和對酸的反應）。現在我們可以理解為什麼礦物學家需要化學和地質學的堅實基礎。在礦物學中，化學和地質學緊密地結合在一起。我們看到了這些元素如何構成礦物質。我們之前曾說過，元素組成礦物質，而礦物組成岩石，但是我們也可以用一種更熟悉的方式看待它：巧克力組成巧克力片，然後巧克力片構成餅乾（當然還有麵團）。現在我們對礦物有了了解，

成岩礦物

對於此評估，您將確定各種礦物質。您將使用在本模塊中學習到的信息來完成以下圖表。請記住訪問以下提示。

基本要求（分配標準）：

1. 您將需要使用提供的[礦物識別表](#)來幫助識別這些礦物。

2. 礦物識別表針對不同的礦物分類具有不同的選項卡。這些選項卡位於底部並列出：金屬礦物，深色非金屬礦物和淺色非金屬礦物。
3. 填寫每種礦物的各個列，並在文檔末尾回答問題。
4. 您將只提交完整的圖表和對問題的回答，而不是整個文檔。
5. 保存之前，請確保您的名字在文檔中。

提示和提示可以在[這裡](#)找到（[鏈接到外部站點。](#)）。

礦物 # 1



礦物 # 2



礦物 # 3



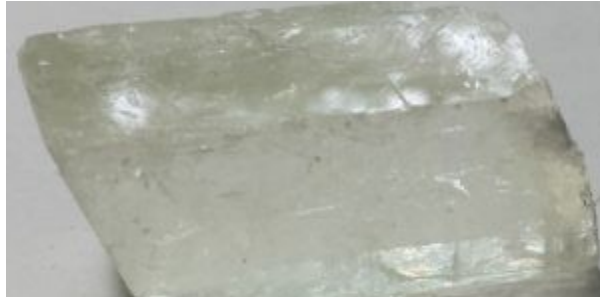
礦物 # 4



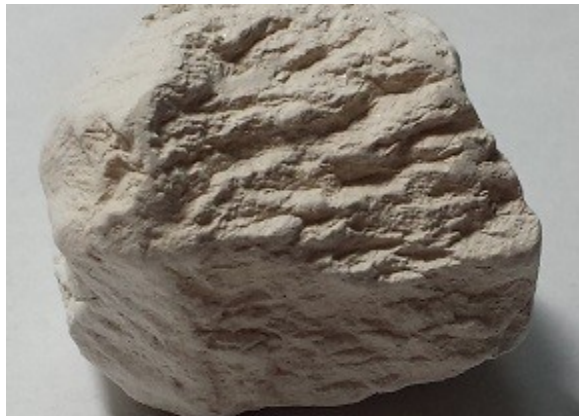
礦物 # 5



礦物 # 6



礦物 # 7



礦物 # 8



礦物 # 9



礦物 # 10





第2單元：成岩礦物

單元3：岩石與岩石循環

為何重要：岩石與岩石循環

識別岩石循環的過程以及與每個步驟相關的不同岩石類型。

介紹

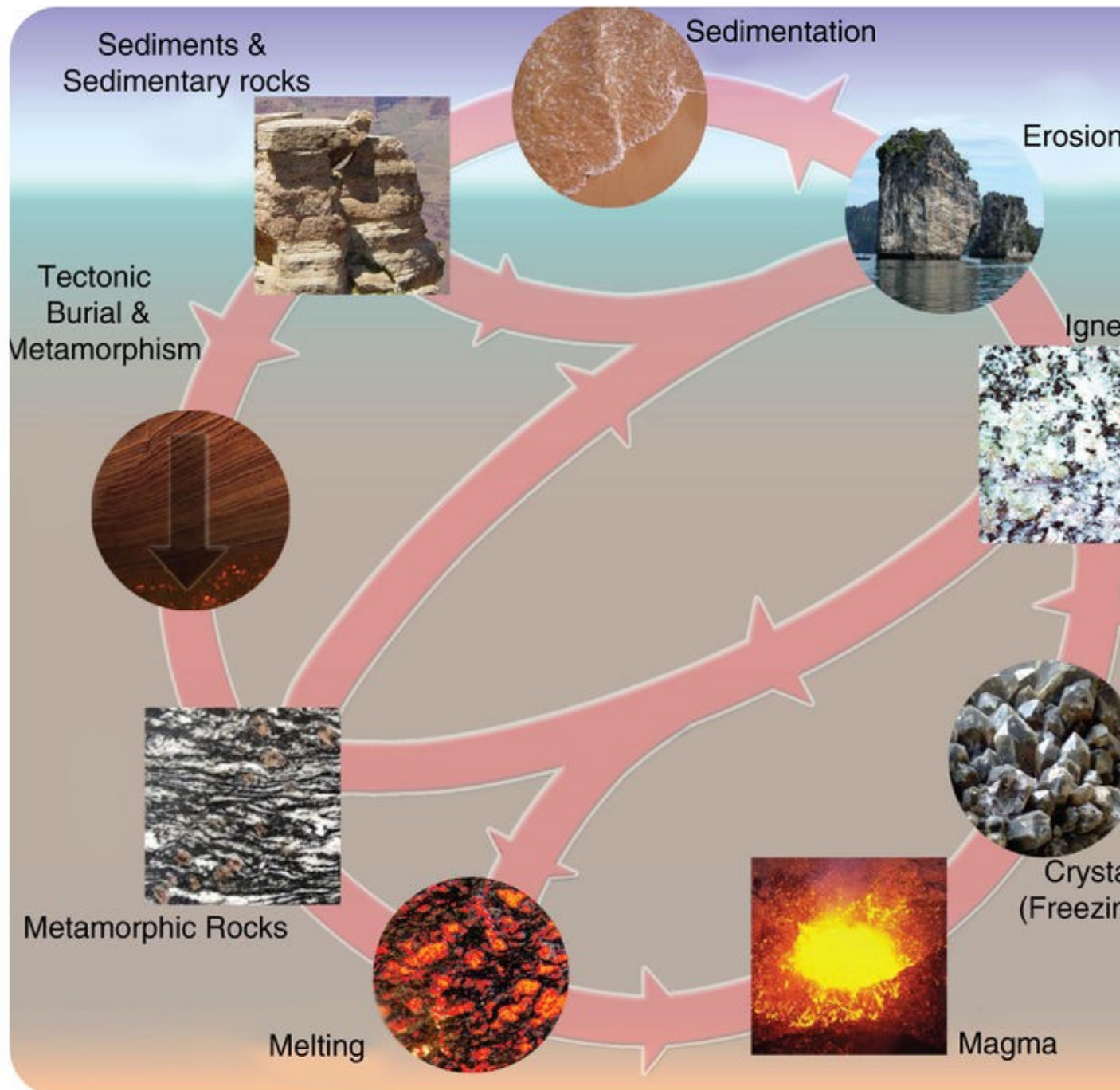
在本節中，我們將學習岩石循環和不同類型的岩石。請觀看此簡短視頻以獲取介紹：

如您所見，搖滾週期永遠不會結束。該視頻介紹了岩石如何從一種岩石類型變為另一種岩石，並且同等重要，它展示了引起這些變化的過程。

學習搖滾週期並了解其中涉及的過程對我們所有人都有幫助。例如，您在視頻中看到了所有岩石如何被侵蝕成細顆粒。這就是通過岩石破裂而形成土壤的方式。我們需要土壤來生存-想像一下要種植沒有土壤的蔬菜。這是與食物鏈的直接聯繫。岩石循環還為科學家和工程師提供了有關能源（主要是化石燃料，僅

在沉積岩中找到）和建築材料（例如大理石或花崗岩）的位置的想法。我們將在整個課程中看到這個循環如何在地質學的各個方面發揮作用。

這是岩石循環的視覺表示：



在繼續學習該模塊時，請參考此圖像。請記住，岩石循環的所有過程都是相互聯繫的。

學習成果

- 識別火成岩以及與岩石形成有關的岩石循環步驟。
- 識別沉積岩及其相關的岩石循環步驟。
- 識別變質岩以及與岩石形成有關的岩石循環步驟。

結果：火成岩

識別火成岩以及與岩石形成有關的岩石循環步驟。

我們將從了解火成岩及其形成開始。

你會學到什麼

- 定義火成岩的特徵。
- 討論融化和隨後的冷卻在岩石循環中的作用。

學習活動

本節的學習活動包括以下內容：

- 閱讀：火成岩的特徵
- 閱讀：火成岩如何分類？
- 閱讀：識別火成岩
- 火成岩的用途
- 自檢：火成岩

閱讀：火成岩的特徵

岩漿是地球內部的熔融岩石。它是所有火成岩的來源。由於地球在其起源處大部分處於熔融狀態，因此岩漿可以被認為是岩石循環的開始。火成岩包含有關其起源的信息。通過仔細分析火成岩並解釋其包含的信息，我們可以推斷出地球內部發生的過程，並且我們可以了解地球表面發生的火山過程。

對火成岩的研究使我們能夠了解地質歷史的火成部分。例如，在 2.45 億年前的三疊紀末期，發生了有史以來最嚴重的大規模滅絕，消滅了地球上比導致 6500 萬年前恐龍滅絕的大規模滅絕更多的生命形式白堊紀。在三疊紀末期，大量的玄武岩噴發到了地球上。許多地質學家認為，這些噴發釋放到大氣中的氣體和顆粒可能是導致三疊紀大滅絕的主要因素。這些科學家正在研究那個時代的玄武岩中包含的信息，以進一步檢驗他們的假設。

火成岩包含三個必不可少的信息來源：其礦物，其整體化學成分和火成岩質地。火成岩的名字是基於這些特徵的特定組合。火成岩還含有同位素信息，可用於確定絕對年齡並進一步表徵岩漿的成因。需要特殊的設備和專業知識來進行同位素和精確的化學分析。幸運的是，通過一些基本的培訓和實踐，任何人都可以學會識別火成岩的礦物，成分和質地。命名岩石；並解釋有關其起源的關鍵信息。

除純火山玻璃外，所有火成岩均含有礦物質。這些礦物提供了有關岩石化學成分以及岩漿形成，冷卻和凝固的條件的詳細信息。地質學家對礦物進行化學分析，以確定礦物形成的溫度和壓力，並確定岩漿中存在的溶解氣體和化學元素。

大多數岩漿主要為矽酸鹽液體，主要由尚未結合在一起成為矽酸鹽礦物的二氧化矽四面體組成。火成岩的化學成分告訴我們岩漿的起源，首先是哪種類型的岩石在地球內部融化，首先形成岩漿，以及融化發生在地球的深度。一旦岩漿在地球內部形成，它的組成就可以改變。礦物質可以從岩漿中生長出來並與之分離，從而改變了剩餘液體的化學性質。或者，一個岩漿體可以與另一個具有不同成分的岩漿混合。

岩漿的組成範圍很廣，從富含矽，貧和鐵和鎂（長晶）到中等矽和高鐵和鎂（鎂）。整體上，長石質火成岩傾向於具有淺色或陰影：白色，粉紅色，淺棕色，淺灰色。總體來說，鎂鐵質火成岩傾向於是深色的，通常是黑色或深灰色。大多數鐵鎂質岩漿是由地幔中富含鐵和鎂的岩石融化而成。長質岩漿通常起源於地殼或隨著岩漿從地殼中上升而引起的鐵鎂質礦物的脫落。

火成的質地告訴我們岩漿如何冷卻和凝固。岩漿可以幾種不同的方式凝固成火成岩，每種方式導致不同的火成岩質地。岩漿可能停留在地球內部，遠低於地平面，並結晶成深成火成岩（也稱為侵入性火成岩）。或者，岩漿可能會以熔岩流的形式流出到地球表面。火成岩形成的另一種方式是，岩漿爆炸性地噴向空中，然後以稱為火山碎屑物質（也稱為特非拉）的碎片落到地球上。熔岩流和火山碎屑物質是火山火成岩（也稱為擠壓火成岩）。

岩石的火成質地並不是您手中的感覺，無論它是粗糙還是光滑的。火成的質地

描述了岩石是具有礦物晶體還是玻璃狀，礦物顆粒的大小以及岩石的孔隙度（空白空間）。

閱讀：火成岩如何分類？

該頁面著重於火成岩，並為您提供了解火成岩分類表中使用的術語所需的背景（在頁面底部）。

侵入性和擠壓性火成岩



圖 2.花崗岩是由四種礦物製成的，所有這些礦物都是肉眼可見的：長石（白色），石英（半透明），角閃石（黑色）和黑雲母（黑色，板狀）。

火成岩在其表面下冷卻並凝固時被稱為**侵入岩**。侵入岩形成雲母，因此也稱為雲母。甲**岩體**是火成岩侵入岩體，在地殼中冷卻。當岩漿在地球內冷卻時，冷卻會緩慢進行。緩慢的冷卻為大型晶體的形成留出了時間，因此侵入性火成岩具有可見的晶體。花崗岩是最常見的侵入性火成岩（示例見圖 2）。

火成岩構成了地球上大部分的岩石。大多數火成岩被埋在地表以下並被沉積岩覆蓋，或者被埋在海水之下。在某些地方，地質過程將火成岩帶到了地表。下面的圖 3 顯示了加利福尼亞內華達山脈由花崗岩製成的景觀，該景觀被抬高以創造山脈。



圖 3.加利福尼亞內華達山脈是暴露在地球表面的侵入性火成岩。

當火成岩在表面上方冷卻並凝固時，被稱為**擠壓岩**。這些岩石通常是由火山形成的，因此也稱為**火山岩**（圖 4）。



圖 4.熔岩冷卻至地表上方後形成噴出的火成岩。



圖 5.冷卻的熔岩形成玄武岩，無可見晶體。為什麼沒有可見的晶體？

噴發性火成岩比侵入性岩石冷卻得快得多。幾乎沒有時間形成晶體，因此，可

擠壓的火成岩具有微小的晶體（圖 5）。

分類火成岩

正如我們剛剛了解到的，有兩種主要類型的火成岩：侵入岩（也稱為深成岩）和擠壓岩（也稱為火山岩）。火山岩又分為兩類：（a）熔岩流和（b）特非拉（火山碎屑物質）。

火成岩根據其組成和質地進行分類。岩漿和它變成的火成岩具有一系列化學成分。例如，玄武岩是鎂鐵質熔岩流岩石，其起源於上地幔的熔融。岩漿變成堅硬岩石的方式使其具有獨特的火成岩質地。例如，通過在地殼內緩慢結晶（生長礦物質）而成為岩漿的岩漿，將產生與變成灰漿凝灰岩的岩漿截然不同的結構，因為半熔融的火山灰在整個景觀中噴出，然後沉降下來，將自身焊接成堅固的岩石。

火成岩紋理

火成岩質地包括發生在火成岩中的岩石質地。地質學家使用火成岩質地來確定火成岩的起源模式，並將其用於岩石分類。有六種主要的紋理類型。色變的，色變的，斑狀的，玻璃狀的，火山碎屑的和成釘狀的。

隱晶質（*aphanitic* = 沒有，*phaner* = 可見）岩石相反 *phaneritic* 岩石，典型地從熔岩其中快速結晶上或附近的地球表面形成。由於擠壓岩石與大氣接觸後會迅速冷卻，因此礦物沒有時間形成大晶體。幻影狀火成岩中的單個晶體肉眼無法分辨。幻彩火成岩的例子包括玄武岩，安山岩和流紋岩。

當一些火山噴發使熔岩急冷時，玻璃或玻璃質地會迅速消失，以至於不會發生結晶。結果是天然的無定形玻璃，幾乎沒有或沒有晶體。例子包括黑曜石和浮石。

偉晶岩岩漿冷卻時，一些礦物可能長得很大，他們成為龐大（尺寸範圍從幾厘米到幾米）期間發生的質感。這是偉晶岩的典型特徵。

侵入型火成岩具有典型的幻影（*phaner* = 可見）紋理，這些岩石在地球表面以下緩慢結晶。隨著岩漿緩慢冷卻，礦物有時間生長並形成大晶體。在火成岩火成岩中的礦物足夠大，可以用肉眼看到每個單獨的晶體。黃土，火成岩和花崗岩是黃土火成岩的例子。

當岩漿冷卻期間的條件變化相對較快時，就會形成斑狀紋理。較早形成的礦物將緩慢形成並保留為大晶體，而突然冷卻會導致剩餘的熔體迅速結晶為細顆粒（*matrix*）基質。結果是在基體中嵌入了一些較大的晶體（隱晶）的無定形岩石。當岩漿在火山下面結晶但在完成結晶之前爆發時，也會出現斑狀質地，從

而迫使剩餘的熔岩以更小的晶體更快地結晶。

火山碎屑（**焦**=火成岩，**碎屑**當噴發爆炸熔岩成導致碎屑落入如火山灰，火山礫和火山彈空氣，典型地玻璃狀物質=片段）紋理發生。



(a)

Obsidian is lava that cools so rapidly crystals do not form, creating natural glass.



(b)

Pumice contains holes where gas bubbles were trapped in the molten lava, creating vesicular texture. The holes make pumice so light that it can float on water.



(c)

The most common extrusive is basalt because it makes up most of the ocean floor. These are examples of basalt boulders from the Pacific Ocean.

圖 1.不同的冷卻速度和氣體含量導致這些不同的組織。

火山岩

讓我們從與熔岩流形成的岩石相關的紋理開始。熔岩噴發到地球表面的岩漿會迅速冷卻並凝固。快速冷卻會產生幻影狀的火成質地，其中幾乎沒有或根本沒有單個礦物質足以用肉眼看到。有時將其稱為細粒火成質。

但是，有些熔岩流並不是純粹的細顆粒。如果某些礦物晶體在岩漿仍處於地下並緩慢冷卻時開始生長，這些晶體長到足以觀察到的足夠大的尺寸，然後岩漿以熔岩流的形式噴發，則最終的紋理將由嵌入的粗粒晶體組成在細粒度的矩陣中。這種紋理稱為斑狀的。

如果熔岩在凝固過程中逸出氣泡，最終將在熔岩中形成“凍結的氣泡孔”。這些“凍結的氣泡孔”被稱為囊泡，並且包含它們的岩石質地被稱為囊泡。

如果從熔岩中逸出了很多氣泡，以致氣泡最終比固體岩石包含更多的氣泡孔，則據說產生的質地是泡沫狀的。浮石是一種具有泡沫質地的火山岩的名稱。

如果熔岩冷卻得非常快並且幾乎沒有水溶解，它可能會凍結成玻璃，而沒有礦

物質（從定義上講，玻璃不是礦物質，因為它沒有晶格）。據說這種岩石具有玻璃質地。黑曜石是具有玻璃質質地的常見岩石，本質上是火山玻璃。黑曜石通常是黑色的。

現在讓我們簡要地考慮一下特非拉或火山碎屑岩的質地。像熔岩流岩石一樣，它們也是擠壓性火成岩。然而，提法拉不是源自流在地球表面的熔岩，而是在火山噴發過程中被拋向空中的火山物質。

可以說由細粒火山灰製成的火山碎屑岩具有細粒碎片狀紋理。火山灰主要由火山玻璃碎片組成。它的顏色可能是白色，灰色，粉紅色，棕色，米色或黑色，並且可能混有其他一些細小的晶體和碎石。“細顆粒的碎片”一詞很容易與術語“細顆粒”混淆。粒狀的（幻影）。不太含糊的等效術語是含混的。用火山灰製成的岩石稱為凝灰岩。

據說火山爆發中夾有許多大塊物質的火山碎屑岩具有粗糙的碎片狀紋理。但是，一個更好的詞可以避免混淆，那就是說它具有角礫岩的質地，而岩石通常被稱為火山角礫岩。火山角礫岩中較大的材料塊的寬度超過 1 厘米（5/8 英寸），有時甚至更大。

岩溶岩

當岩漿在地下緩慢冷卻並凝固時，通常會長出足以用肉眼輕易看到的晶體。這些可見的晶體構成了整個岩石，而不僅僅是斑狀細粒火成岩中的一部分。火成岩的質地完全是由晶體組成的，足夠大，用肉眼很難看到。糊狀質地有時被稱為粗粒火成質地。花崗岩是侵入性火成岩最著名的例子，具有質構特徵。

有時在地下緩慢結晶的岩漿侵入會釋放出大量熱水。水以極熱的流體從岩漿中釋放出來，其中溶解有許多化學元素。這種熱液進入地殼的裂縫和空隙中，隨著冷卻，它可能從溶解的化學元素中生長出非常大的礦物質。據說由如此大的礦物組成的岩石具有釘狀紋理，這意味著平均礦物尺寸的直徑大於 1 厘米（有時更大）。具有偉晶質紋理的火成岩的名稱為偉晶岩。偉晶岩常見於花崗岩體的邊緣或附近。

火成岩成分

最常見的火成岩成分可以概括為三個詞：鎂鐵質（玄武質），中度（安山岩）和長英質（碎屑岩）。

二氧化矽（ SiO_2 ）的長英質成分較高，鐵（ Fe ）和鎂（ Mg ）的成分低。鐵基和鎂基鐵的成分較高，而二氧化矽則較低。中間組合物包含二氧化矽，鐵和鎂，其含量為長素和鎂鐵質組合物的中間量。

成分和顏色

組成會影響火成岩的顏色。長英質岩石的顏色往往是淺色的（白色，粉紅色，棕褐色，淺棕色，淺灰色）。鎂鐵質岩石的顏色往往是深色的（黑色，非常深的棕色，非常深的灰色，深綠色和黑色混合）。顏色的區別來自鐵和鎂含量的差異。鐵和（在較小程度上）鎂使礦物具有更深的顏色。中間的火成岩傾向於具有中間的陰影或顏色（綠色，灰色，棕色）。

顏色和成分之間的關聯非常有用，因為在命名和解釋火成岩之前，您需要確定其質地和成分。如果您有粉質火成岩，沒有任何晶體都無法用顯微鏡觀察，那麼您可以根據其顏色估算其組成：粉紅色或接近白色，長圓形；中灰色，中等；非常黑或黑色，鐵鎂矽酸鹽。

此顏色規則在大多數情況下都有效，但是需要牢記兩個問題。首先，該規則不適用於玻璃狀火成岩。黑曜石是火山玻璃，儘管具有長質成分，但通常是黑色的。那是因為極少量的鐵太少而無法使礦物質非常深地著色，卻會使玻璃變黑。

第二個問題是，當火成岩長時間暴露在空氣和水中後，它們開始風化，從而改變其顏色。在野外工作的地質學家會攜帶石鎚，以便可以將風化的岩石外部折斷，以查看內部的“新鮮”，未風化的岩石。

如果您可以看到並識別火成岩中的礦物，則可以獲得有關火成岩成分的更多信息。帶有石英的火成岩通常為長英質。其中含有橄欖石的火成岩通常是鎂鐵質的。既沒有石英也沒有橄欖石的火成岩最常見。

火成岩的起源

一旦確定了火成岩的質地和成分，就可以對其進行命名，還可以說出有關其形成方式的重要信息。例如，粗粒，長英質的火成岩不僅是花崗岩，它還是侵入性的火成岩，它是由地殼內岩漿體的緩慢冷卻和結晶形成的。大型花崗岩（蝙蝠石）的入侵通常是山脈起源的一部分。同樣，細粒的鎂鐵質火成岩不僅是玄武岩，而且是在地球表面熔岩流的快速冷卻和結晶作用下形成的擠壓性火成岩。

火成岩分類

岩石紋理（極其粗粒）

源自富含水的入侵，這些入侵冷卻並結晶了地下

組成	最常見的礦物質
長笛	鈉斜長石，正長石，石英，黑雲母，閃石，白雲母

礫化質地（粗粒）

起源於深部侵入體，在地下緩慢冷卻並結晶

組成	最常見的礦物質
長笛	鈉斜長石，正長石，石英，黑雲母，閃石，白雲母
中間	鈉斜長石，石英，正長石，閃石，黑雲母
	鈉斜長石，角閃石，輝石，黑雲母
黑手黨	Ca-斜長石，輝石，橄欖石，閃石

幻影紋理（細顆粒狀）

起源於熔岩流（或非常淺的侵入體），它們迅速冷卻

組成	最常見的礦物質
長笛	鈉斜長石，正長石，石英，黑雲母，閃石，白雲母
中間	鈉斜長石，石英，正長石，閃石，黑雲母
	鈉斜長石，角閃石，輝石，黑雲母
黑手黨	Ca-斜長石，輝石，橄欖石，閃石

泡沫狀（多孔，浮雲）

起源於充氣火山爆發，通常為火山碎屑

組成	最常見的礦物質
長笛	玻璃（可能包含一些長英質岩石典型的礦物質）
黑手黨	玻璃（可能包含一些典型的鎂鐵質岩石礦物）

注意：孔少的玄武岩稱為水泡，稱為水泡玄武岩。天蠍座有更多孔，可能是黑色或紅色。

玻璃質質地

起因於冷卻太快而無法形成晶格

組成	最常見的礦物質
長笛到黑手黨	玻璃（無礦物質）

注意：黑曜石在薄邊緣處透明且具有良好的貝殼狀骨折可能是長形的。

碎片紋理-粗裂（包含大塊岩石碎片）

源自火山碎屑（爆發性）爆發

組成	最常見的礦物質
長笛到黑手黨	變量（取決於岩石碎片和灰分含量）

碎片紋理-細（主要是火山灰）

起源於火山碎屑性（爆炸性）噴發

組成	最常見的礦物質
長笛	可能含有一些長英質岩石典型的礦物質
中	可能包含一些典型的中間岩石礦物
黑手黨	可能含有一些典型的鎂鐵質岩石礦物

閱讀：識別火成岩

火成岩與沈積岩的區別在於缺少火床，缺乏化石，火成岩中缺乏圓形顆粒以及火成質地。例如，花崗岩可以與砂岩區分開，因為花崗岩不是風化的，圓形的顆粒被壓縮和膠合在一起的混合物，而是由少量呈黑色，白色或粉紅色的礦物質組成，具有出色的結晶形式一起成長為一個完全連鎖的模式。相比之下，砂岩具有沉積層（層），由圓形顆粒組成，顆粒之間有一些空隙，您可以用手持透鏡或放大鏡看到。

火成岩可以與大多數區域變質岩區分開，這是因為火成岩中沒有葉面（分層）。

未成葉的變質岩缺乏火成岩質地，通常含有在火成岩中找不到的礦物。

乍一看，花崗岩看起來像片麻岩，但花崗岩沒有分層，也沒有礦物的首選方向。花崗岩中的礦物質在各個方向上都是隨機生長的，而不是彼此平行生長。

火成岩根據其質地和組成進行分類。有關不同火成質地和成分的描述，請參見前面的部分。

此部分的火成岩分類表首先根據火成岩質地排列，然後根據火成岩成分進一步細分。請記住，火成的成分是根据顏色估算的：淺色=怪味成分，中等=中間成分，深色=黑鎂質成分。

閱讀：火成岩的用途

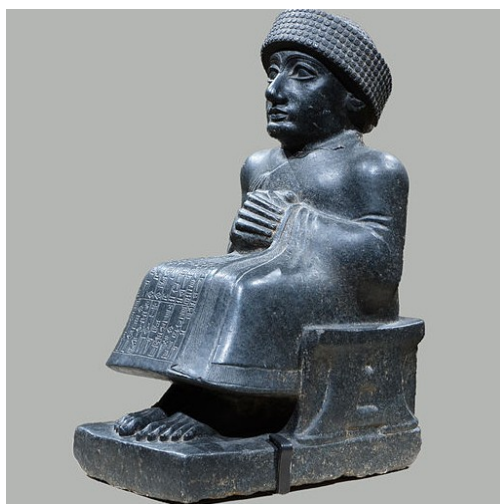


圖 1. 這個閃長石雕像大約在公元前 2090 年製成。

火成岩具有多種用途。一種重要用途是用作建築物和雕像的石材。**Diorite** 在古代文明中已廣泛用於花瓶和其他裝飾藝術品，並在今天仍用於藝術（圖 1）。

花崗岩（圖 2）既用於建築結構，又用於雕像。它也是廚房檯面的流行選擇。橄欖石有時被開採用於橄欖石，橄欖石是一種用於珠寶的橄欖石。

浮石通常用作研磨劑。浮石用於使房屋周圍的皮膚光滑或刮去污垢。當將浮石與新製造的牛仔褲一起放入巨型洗衣機中並摔倒時，結果就是“石頭洗過”的牛仔褲。有時將磨碎的浮石添加到牙膏中，以作為磨蝕牙齒的磨料。

