

單元 7：地殼變形

概述：地殼變形

關聯與地殼變形有關的結構地質

介紹



圖 1.人字形折疊，具有平坦的軸向平面，英國北康沃爾郡米洛克港

了解地殼變形有助於解釋彎曲和折疊岩石所需的力，如上圖所示，它們有助於形成山脈。本節將討論完成如此強大的壯舉所需的力量類型。您是否曾經想過這些力量要強大到什麼程度？答案超出了我們的理解範圍。

與這些力一起，我們將研究各種類型的褶皺以及不同類型的斷層。如果您從板塊構造部分中回想起，地震將沿著活動斷層線發生。本節幫助我們更好地了解故障的工作方式。

- 比較並對比地殼中的應力與應變。
- 識別由變形創建的地質結構。

壓力和壓力

比較和對比地殼中的應力與應變

本節向您介紹應力和應變的概念。您將學習它們的定義以及它們如何影響地殼。

你會學到什麼

- 區分應力類型：拉伸，壓縮，剪切。
- 區分應變類型：彈性，延性和斷裂。

本節的包括以下內容：

- 地殼應力
- 勞損
- 自檢：壓力和應變

地殼應力

介紹

巨大的岩石圈平板在行星球面上不均勻地運動，從而導致地震。本章討論由於板塊構造而發生的兩種類型的地質活動：山地建築和地震。首先，我們將考慮岩石承受壓力時會發生什麼。

壓力的原因和類型

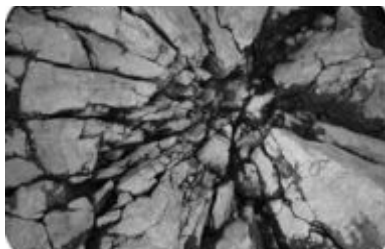


圖 1.應力導致這些岩石破裂。

應力是施加到物體上的力。在地質學中，應力是指放置在岩石上的每單位面積的力。四種類型的應力作用於材料。

- 深埋的岩石被其上方所有材料的重量推下。由於岩石無法移動，因此不會變形。這稱為**圍壓**。
- **壓縮**將岩石擠壓在一起，導致岩石折疊或破裂（破裂）（圖 1）。壓縮是會聚板邊界處最常見的應力。
- 被拉開的岩石處於**緊張狀態**。受張力作用的岩石會伸長或破裂。張力是在不同板邊界處應力的主要類型。
- 當力平行但方向相反時，應力稱為 **剪切力**（圖 2）。剪切應力是變換板邊界處最常見的應力。



圖 2。在岩石中的剪切。白色石英脈已被剪切拉長。

當應力導致材料變形時，它就會發生**應變**或**變形**。變形的岩石在地質活躍地區很常見。

岩石對應力的響應取決於岩石的類型，周圍的溫度和岩石所處的壓力條件，岩石所承受的時間長度以及應力的類型。

岩石對應力增加有三種可能的響應（如圖 3 所示）：

- **彈性變形**：應力消除後，岩石恢復其原始形狀。
- **塑性變形**：去除應力後，岩石不會恢復其原始形狀。
- **斷裂**：岩石破裂。

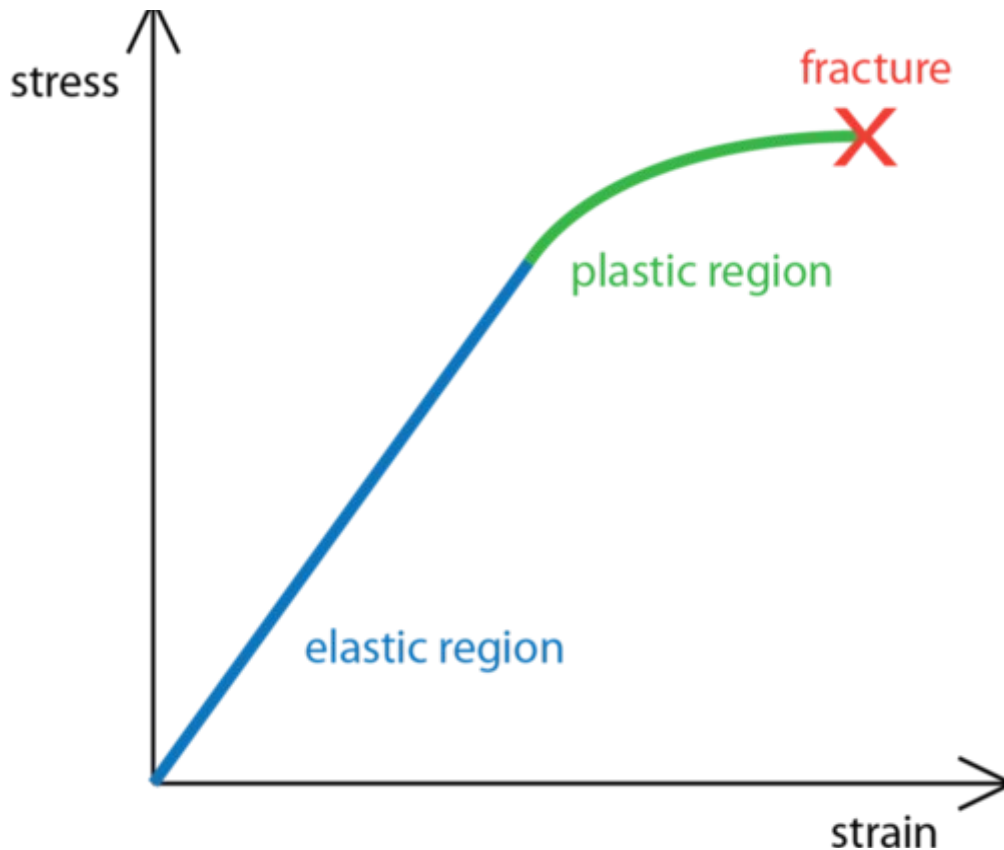


圖 3.隨著應力的增加，岩石經歷：（1）彈性變形，（2）塑性變形和（3）斷裂。

您認為在什麼條件下岩石更容易破裂？它更有可能在地殼內或地表破裂嗎？如果施加的壓力是尖銳的而不是逐漸的，該怎麼辦？

- 在地球表面，岩石通常會很快破裂，但在地殼深處，溫度和壓力較高，岩石更有可能發生塑性變形。
- 突然的壓力，例如用錘子擊打，很可能使岩石破裂。隨著時間的推移施加的應力通常會導致塑性變形。

地質構造

沉積岩對解密某個地區的地質歷史很重要，因為它們遵循某些規則。

1. 沉積岩形成於底部，最老的層位於頂部。
2. 沉積物是水平沉積的，因此沉積岩層本來是水平的，有些火山岩（例如火山灰）也是水平的。
3. 非水平的沉積岩層變形。

您可以通過觀察岩石與原始水平，最舊的底部位置有何不同來跟踪岩石所經歷

的變形（圖 4a）。這種變形會產生由應力引起的地質構造，如褶皺，節理和斷層（圖 4b）。使用上面列出的規則，嘗試找出下面的“地質”列的地質歷史。

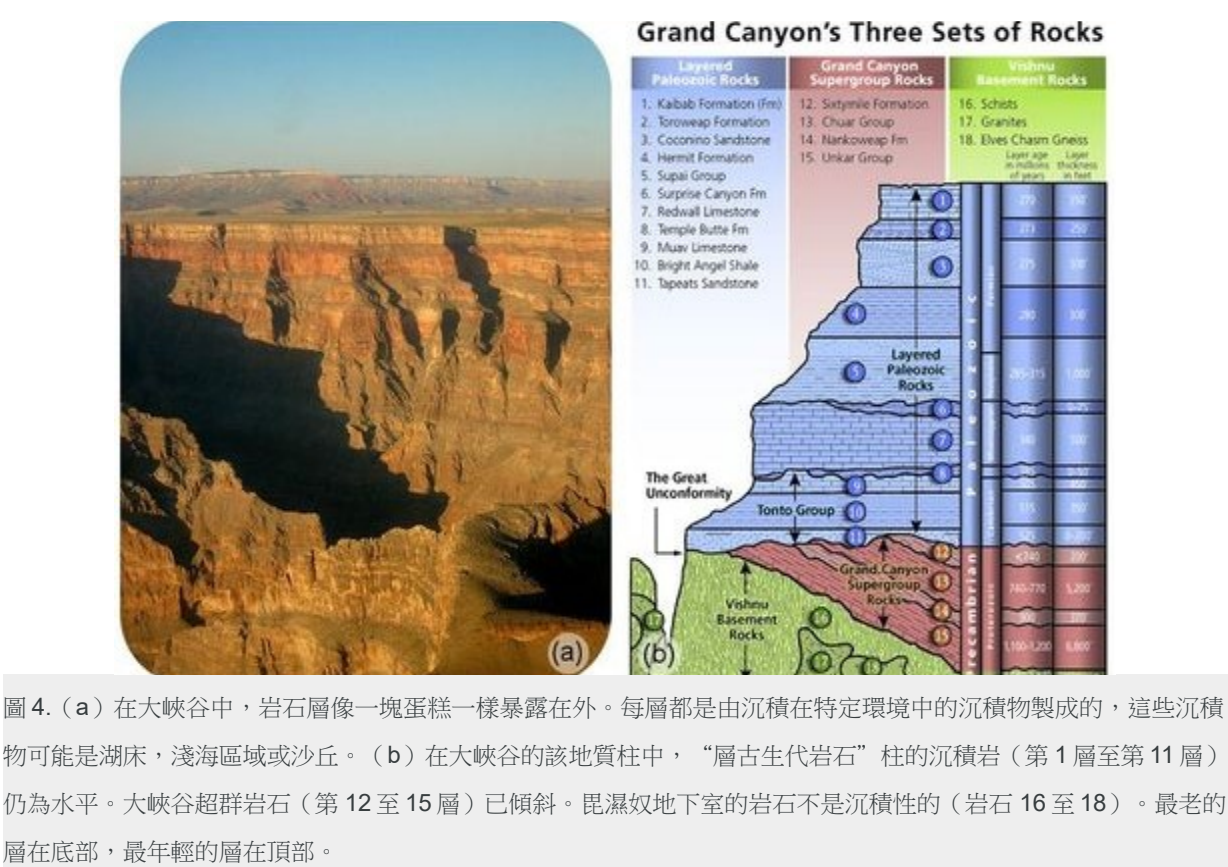


圖 4. (a) 在大峽谷中，岩石層像一塊蛋糕一樣暴露在外。每層都是由沉積在特定環境中的沉積物製成的，這些沉積物可能是湖床，淺海區域或沙丘。(b) 在大峽谷的該地質柱中，“層古生代岩石”柱的沉積岩（第 1 層至第 11 層）仍為水平。大峽谷超群岩石（第 12 至 15 層）已傾斜。毘濕奴地下室的岩石不是沉積性的（岩石 16 至 18）。最老的層在底部，最年輕的層在頂部。

褶皺

岩石在壓縮應力作用下發生塑性變形，並皺摺成褶皺（圖 5）。它們不會恢復其原始形狀。如果岩石承受更大的應力，它們可能會發生更多的折疊甚至破裂。



圖 5.雪突顯了猶他州普羅沃峽谷的這些岩石中露出的褶皺。

可以看到三種類型的褶皺。

- **單斜線：**單斜線是岩石層中的一個簡單彎曲，因此它們不再是水平的（示例見圖 6）。



圖 6.在科羅拉多州國家紀念碑，單斜岩石滑向地面。

- **背斜：**背斜是向上彎曲的褶皺。岩石從褶皺的中心傾斜（圖7）。最古老的岩石位於背斜的中心，而最小的岩石則披在它們的上方。

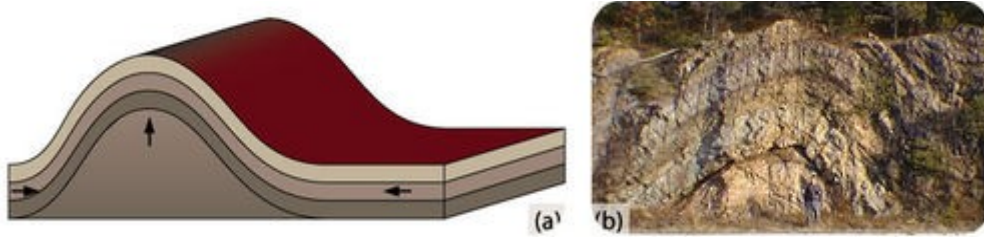
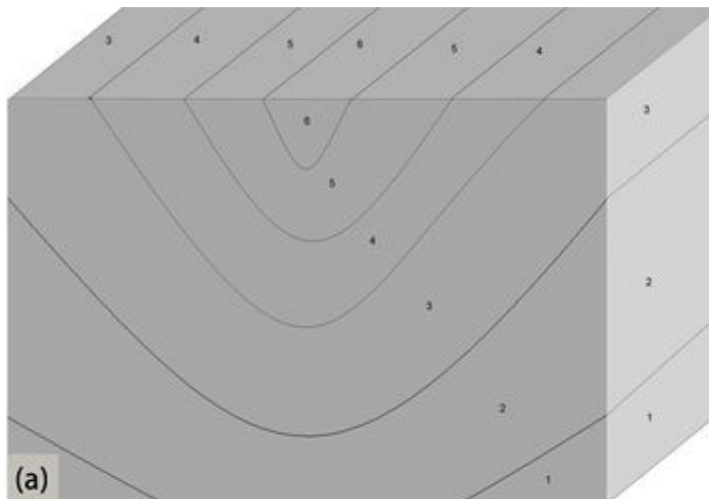


圖 7. (a) 背斜示意圖。(b) 在新澤西州的一條路中暴露出來的背斜。

當岩石向上拱形以形成圓形結構時，該結構稱為**圓頂**。如果將圓頂的頂部切掉，最古老的岩石在哪裡？

- **向斜：**甲向斜是一個折疊的是向下彎曲。最年輕的岩石位於中心，最古老的岩石位於外部（圖8）。



This drawing depicts a syncline and the numbers describe the order that the layers were laid down, 1 being the oldest.

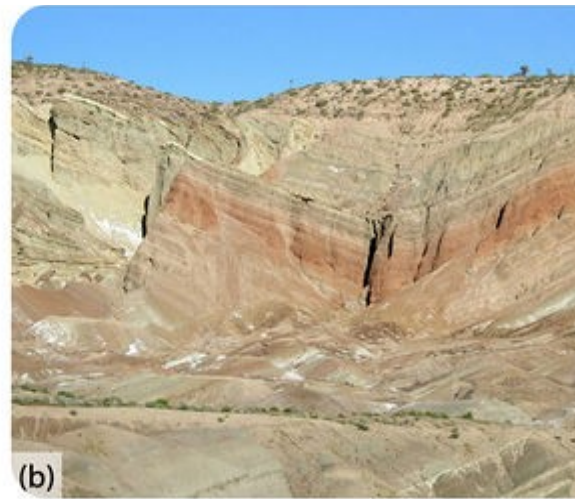


圖 8. (a) 同步線的示意圖。(b) 此向斜線位於加利福尼亞的彩虹盆地。

當岩石向下彎曲成圓形結構時，該結構稱為**盆地**（圖9）。如果岩石暴露在地表，最古老的岩石在哪裡？

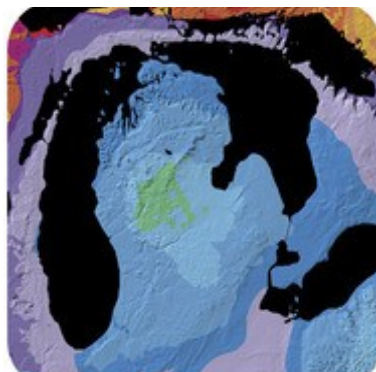


圖 9. 盆地可能很大。這是密歇根盆地的地質圖，該地圖以密歇根州為中心，但延伸到其他四個州和一個加拿大省。

缺點

在足夠應力下的岩石會破裂。如果骨折的任一側都沒有運動，則將該骨折稱為**關節**，如圖 10 所示。



圖 10. 約書亞樹國家公園的花崗岩岩石，顯示水平和垂直接縫。這些約束是在花崗岩去除約束應力時形成的。

如果裂縫一側或兩側的岩石塊發生移動，則該裂縫稱為**斷層**（圖 11）。沿斷層的突然運動會導致岩石破裂並突然移動。釋放的能量是地震。



圖 11.斷層岩層間的斷層很容易識別。

滑移是指岩石沿斷層運動的距離。滑移可以在斷層平面上或下。滑移是相對的，因為通常沒有辦法知道雙方是否都移動了或只有一個移動了。斷層與地球的水平面成一定角度。該角度稱為斷層**傾角**。傾角定義故障是兩種基本類型中的哪一種。如果斷層的傾角相對於水平面傾斜，則該斷層為**傾滑斷層**（圖 12）。有兩種類型的傾滑故障。在**正常斷層**中，懸掛壁相對於下盤壁下降。在**反向斷層**中，下盤相對於下盤下降。

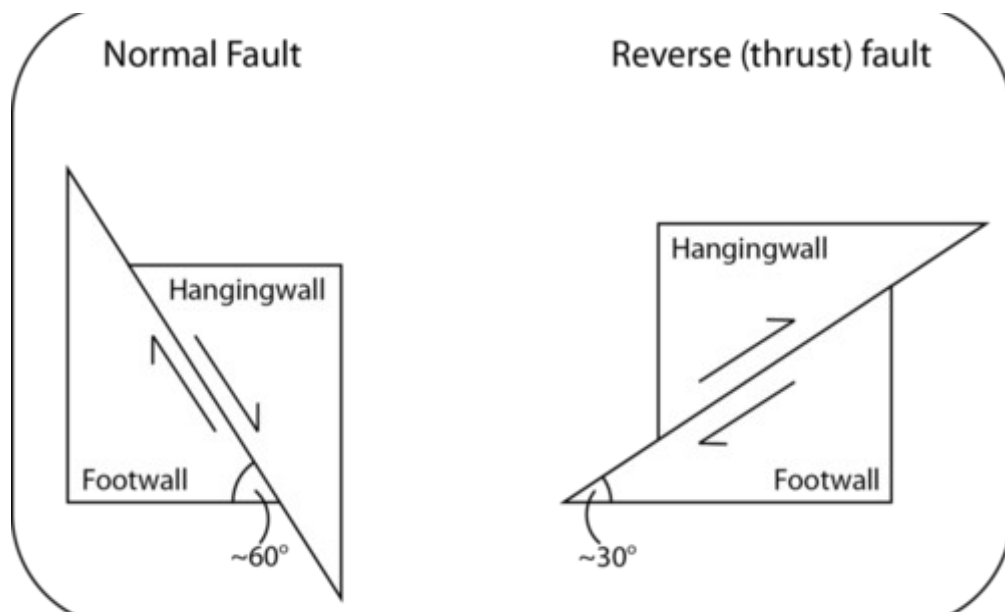


圖 12.該圖說明了滑移故障的兩種類型：正常故障和反向故障。想像一下礦工沿著斷層開採資源。吊牆是礦工們懸掛燈籠的地方。人行道就是他們要走的地方。

這是[正常故障的動畫](#)。

甲**推力故障**是一種類型的逆斷層，其中斷層面角是接近水平的。岩石可沿逆衝斷層滑動許多英里（圖 13）。



圖 13.在蒙大納州的 Chief Mountain，Lewis Overthrust 的上層岩石比下層岩石早十億年。這怎麼可能呢？

這是 [推力斷層的動畫](#)。

正常故障可能很大。他們負責在承受拉應力的地區抬升山脈（圖 14）。



圖 14.懷俄明州的提頓山脈沿正常斷層上升。

一個走滑斷層是傾滑斷層在斷層面上的傾角是垂直的。滑移斷層是由切應力引起的（圖 15）。

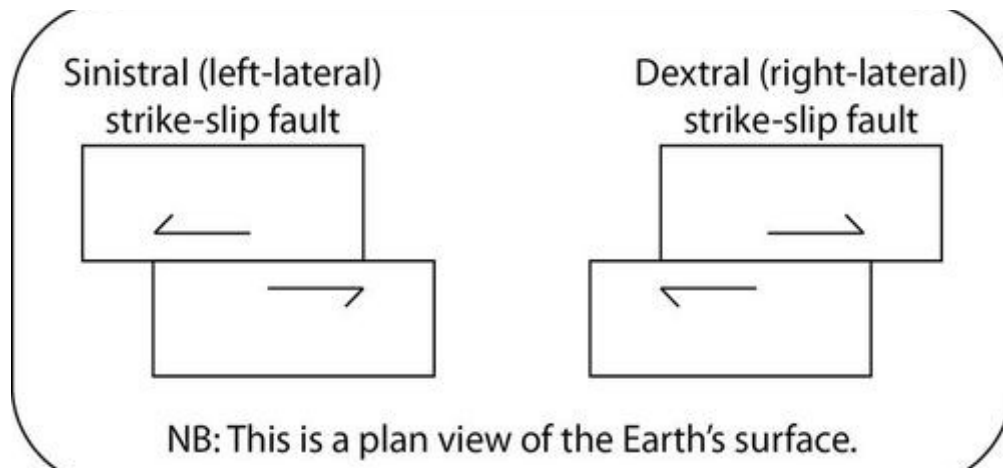


圖 15.想像將一隻腳放在走滑斷層的兩側。一個街區向您移動。如果該障礙物向右腳移動，則該斷層為右側走滑斷層。如果該障礙物向您的左腳移動，則該斷層為左側走滑斷層。



圖 16. San Andreas 是一個巨大的變形斷層。

加利福尼亞州的聖安德烈亞斯斷層是世界上最著名的走滑斷層。這是右側的走滑斷層（圖 16）。

這是[走滑故障動畫](#)。

人們有時會說加利福尼亞有一天會掉入大海，這是不正確的。該[動畫顯示了聖安地列斯到未來的運動](#)。

壓力和山地建築

兩塊匯聚的大陸板塊向上撞擊形成山脈（圖 17）。這種隆起引起的應力會引起褶皺，逆斷層和逆衝斷層，使地殼向上上升。

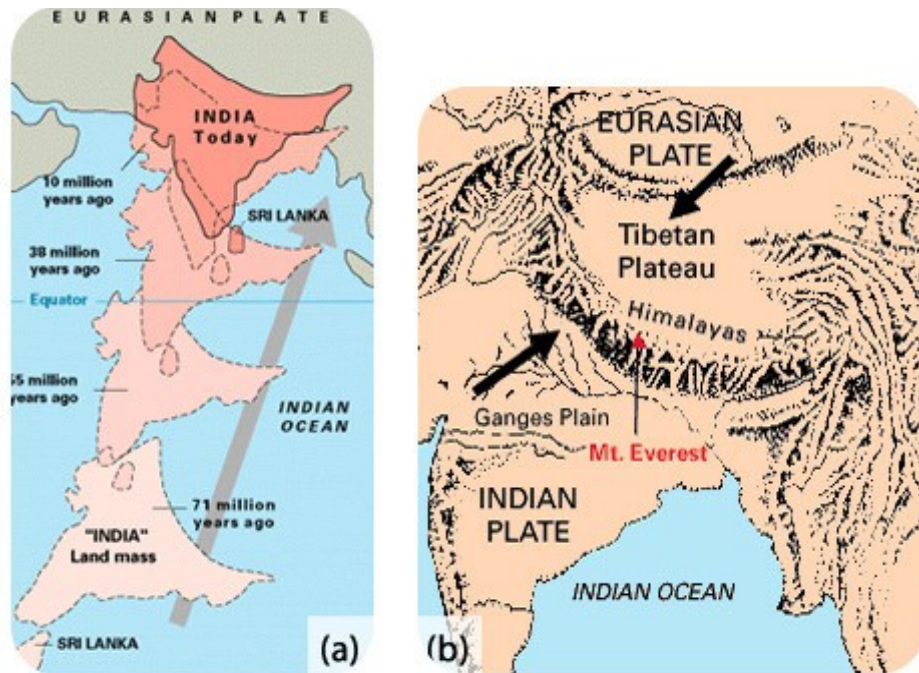


圖 17. (a) 世界上最高的山脈喜馬拉雅山脈正因印度和歐亞板塊之間的碰撞而增長。(b) 印度和歐亞大陸殼板的皺縮形成了喜馬拉雅山。

在會聚的板塊邊界處俯衝海洋岩石圈也會形成山脈（圖 18）。



圖 18.安第斯山脈是大陸弧火山鏈，隨著納斯卡板塊俯衝到南美板塊下方而形成。

當拉應力將地殼拉開時，它會破碎成塊，沿著正常斷層向上或向下滑動。結果是山丘和山谷交替出現，被稱為盆地和山脈（圖 19）。

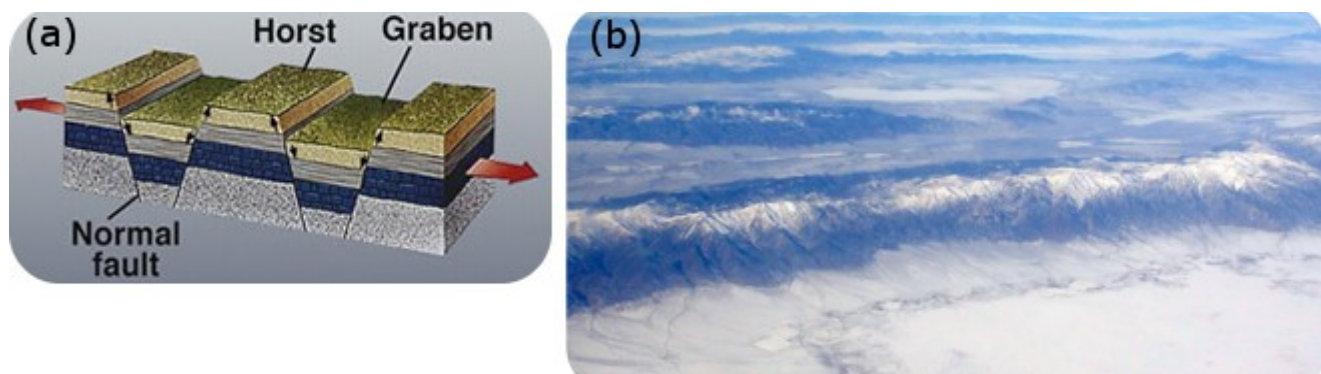


圖 19. (a) 在盆地和範圍內，有些區塊被抬升以形成山脈，稱為霍斯特（horsts），而另一些則下降以形成盆地，稱為 grab 陷。(b) 內華達州的山脈具有經典的盆地和山脈形式。

這是[在範圍和範圍內快速移動塊的動畫](#)。

課程總結

- 應力是作用在岩石上的力，可能導致變形。三種主要類型的應力是板邊界的三種類型的典型特徵：會聚邊界處的壓縮，發散邊界處的張力和變換邊界處的剪切。
- 在岩石發生塑性變形的地方，它們傾向於折疊。脆性變形會導致破裂和斷層。
- 斷層的兩種主要類型是傾滑（斷層相對於水平面傾斜）和走滑（斷層垂直於水平面）。
- 世界上最大的山脈主要在逆衝斷層和褶皺作用下在收斂的板塊邊界生長。

勞損

正如我們剛剛了解到的那樣，地殼不斷受到推，拉或扭曲地殼的作用力。這些力稱為壓力。響應應力，地球的岩石會發生**應變**，也稱為變形。

應變是體積或形狀的任何變化。應力共有四種類型。一種應力是均勻的，這意味著力均勻地作用在岩石體的所有側面。應力的其他三種類型（拉伸，壓縮和剪切）是不均勻的或定向的應力。地球上的所有岩石在任何時候都承受均勻的應力。這種均勻應力稱為岩石靜壓力，它來自地球上給定點以上的岩石重量。靜壓也稱為靜水壓。（岩石靜壓力包括大氣層的重量，如果是在海洋或湖泊下方，則是地球上該點以上的水柱的重量。但是，與上面岩石的重量所引起的壓力相比，岩石上方的水和空氣的重量造成的壓力損失可以忽略不計，岩石上的靜壓改變的唯一方法是改變岩石在地球內的深度。由於靜壓是均勻應力，因此靜壓的變化不會引起沿斷層的破裂和滑移。。但是，這可能是某些類型的地震

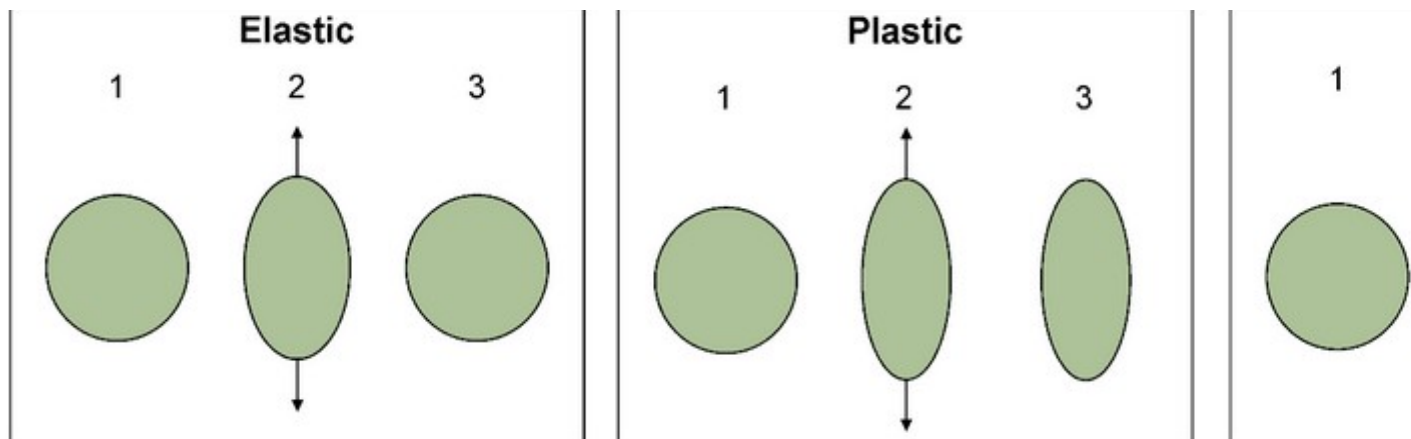
的原因。在俯衝構造板塊中，地球內部更大深度的增加的壓力可能導致板塊中的礦物質自發地變質為在較高壓力下穩定的一組新的緻密礦物質。人們認為這可能是俯衝帶中某些類型的深地震的可能原因，包括有史以來最深的地震。因為岩石靜壓力是均勻應力，所以岩石靜壓力的變化不會引起沿斷層的破裂和滑動。但是，這可能是某些類型的地震的原因。在俯衝構造板塊中，地球內部更大深度的增加的壓力可能導致板塊中的礦物質自發地變質為在較高壓力下穩定的一組新的緻密礦物質。人們認為這可能是俯衝帶中某些類型的深地震的可能原因，包括有記錄以來的最深地震。因為岩石靜壓力是均勻應力，所以岩石靜壓力的變化不會引起沿斷層的破裂和滑動。但是，這可能是某些類型的地震的原因。在俯衝構造板塊中，地球內部更大深度的增加的壓力可能導致板塊中的礦物質自發地變質為在較高壓力下穩定的一組新的緻密礦物質。人們認為這可能是俯衝帶中某些類型的深地震的可能原因，包括有記錄以來的最深地震。地球內部更大深度的增加的壓力可能導致板塊中的礦物質自發地變質為在較高壓力下穩定的一組新的緻密礦物質。人們認為這可能是俯衝帶中某些類型的深地震的可能原因，包括有記錄以來的最深地震。地球內部更大深度的增加的壓力可能導致板塊中的礦物自發地變質為一組新的緻密礦物，這些礦物在更高的壓力下穩定。人們認為這可能是俯衝帶中某些類型的深地震的可能原因，包括有記錄以來的最深地震。

岩石還受到三種類型的定向（非均勻）應力-拉伸，壓縮和剪切。

- **張力**是有向的（非均勻的）應力，它將岩石沿相反的方向拉開。拉力（也稱為拉伸力）彼此拉開。
- **壓縮**是將岩石推到一起的定向（非均勻）應力。壓縮力朝彼此推。
- **剪切**是一種有向（非均勻）應力，它會沿一個方向推動岩石主體的一側，而沿相反方向推動岩石主體的另一側。剪切力以相反的方式推動。

為了響應應力，岩石可能會經歷三種不同類型的應變-彈性應變，延性應變或斷裂。

- **彈性應變**是可逆的。如果釋放應力，僅經受彈性應變的岩石將恢復其原始形狀。
- **延性應變**是不可逆的。即使應力停止，經過延性應變的岩石也將保持變形。延性應變的另一個術語是塑性變形。
- **骨折**也稱為破裂。一塊破裂的岩石突然破碎成不同的碎片。如果零件偏移-彼此在相反的方向上移動-斷裂就是故障。



韌性和脆性應變

土石由多種礦物組成，並以多種條件存在。在不同的情況下，岩石既可以充當可塑性材料，使其能夠響應應力而承受大量的延性應變，也可以充當脆性材料，它們在破裂前僅會承受很小的延性應變或不會發生延性應變。確定岩石是延性還是脆性的因素包括：

- 組成-某些礦物，例如石英，往往會變脆，因此更有可能在壓力下破裂。方解石，粘土和雲母等其他礦物往往易延展，並且會發生很大的塑性變形。另外，岩石中水的存在會使其更具延展性和變脆性。
- 溫度-較高的溫度下，岩石變得更柔軟（更具延展性）。處於地幔和核心溫度的岩石是易延展的，不會在地球深處產生的應力作用下破裂。如果壓力足夠高，地殼以及一定程度上岩石圈就足夠冷而破裂。
- 岩石靜壓力—岩石在地球中越深，承受的岩石靜壓力就越高。較高的岩石靜壓力降低了破裂的可能性，因為高壓在裂縫形成或擴散之前就將其閉合。地球岩石圈以下的地幔和固體內核的高岩石靜壓力以及高溫，是為什麼地球深處沒有地震的原因。
- 應變率-岩石應變越快，其破裂的機會就越大。如果應變速率足夠慢，即使是脆性岩石和礦物（例如石英）或地球表面的一層玄武岩也可能發生延性變形。

大多數地震發生在地殼中。發生俯衝的最上層地幔（至約700公里深）發生的地震次數較少。地球深處的岩石不會破裂，也不會產生地震，因為那裡的溫度和壓力足以使所有應變延展。沒有地震來自地球上地幔以下。

應力和故障類型

可以在地球上的應力類型與可能導致的斷層類型之間建立以下關聯：

- 張力會導致正常故障。
- 壓縮會導致反向故障或推力故障。
- 水平剪切導致走滑斷層。

應力類型和故障類型之間的相關性可能會有例外。例如，水平應力區域可能會以走滑斷層為主要斷層類型。但是，在此類區域中也可能存在活動的法向和逆斷層，特別是在主要走滑斷層中存在彎曲或間隙的情況下。

再舉一個例子，在地殼的壓縮應力區域中，在主動衝斷層上堆滿岩石片，走滑斷層通常將一些衝斷層連接在一起。

地質構造

識別由變形創建的地質結構。

諸如斷層和褶皺之類的地質結構是地殼的結構。地質結構會影響景觀的形狀，確定滑坡的危害程度，將舊岩石帶到地表，掩埋年輕岩石，捕集石油和天然氣，在地震過程中轉移，並引導流體形成金屬的經濟沉積，例如金和銀。

褶皺，斷層和其他地質結構可承受較大的力，例如構造板塊相互撞擊的應力，而較小的力，例如在陡峭的山坡上拉引力的應力。了解形成地殼的結構可以幫助您了解地殼在何時何地受到推拉，地層增生或地殼裂谷。

你會學到什麼

- 解釋和建模常見的折疊類型：背斜，向斜，盆地和穹頂。
- 解釋和建模常見故障類型。
- 了解山峰的變形過程和起源

本節的包括以下內容：

- 折疊
- 故障
- 山脈
- 自檢：地質結構

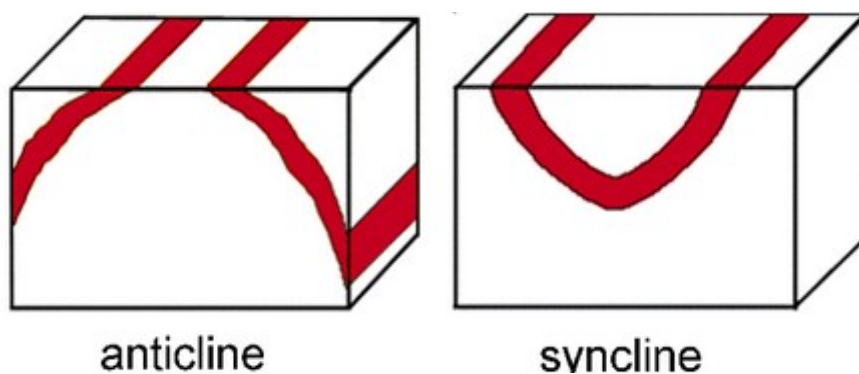
折疊

球墨岩具有可塑性，並在應力作用下折疊。即使在岩石涼爽且較脆的淺層地殼中，如果應力緩慢且穩定，並且岩石有足夠的時間逐漸彎曲，則可能會發生折疊。如果應力施加得太快，則淺殼中的岩石將表現為脆性固體並破裂。即使在應力和應變迅速發生的情況下，地殼越深，岩石越容易延展，折疊就更容易發生。

背斜線和向斜線

折疊的最基本類型是背斜和向斜。想像一下一個地毯，地毯的兩邊朝著彼此推擠，形成了隆起和凹陷 – 隆起是“向上”折疊，而山谷是“向下”折疊。就地質構造而言，向上的褶皺稱為背斜，向下的褶皺稱為向斜線。

在如下所示的框圖中，塊的頂部是地球的水平面（地圖視圖）。盒子的其他兩個可見側面是橫截面，是穿過地殼的垂直切片。有色層代表最初為水平的分層地質構造，例如沉積層或熔岩流。使用框圖可視化地質結構的三維形狀。請記住，侵蝕已剝奪了這些結構的上部，因此地圖視圖顯示了這些結構的內部。



在地圖視圖中，背斜線顯示為相同岩石類型的平行床，並遠離折疊中心。在背斜中，最古老的床（最初位於其他床下面）位於折疊褶皺的中心。軸是一條假想線，標記了地圖上摺痕的中心。

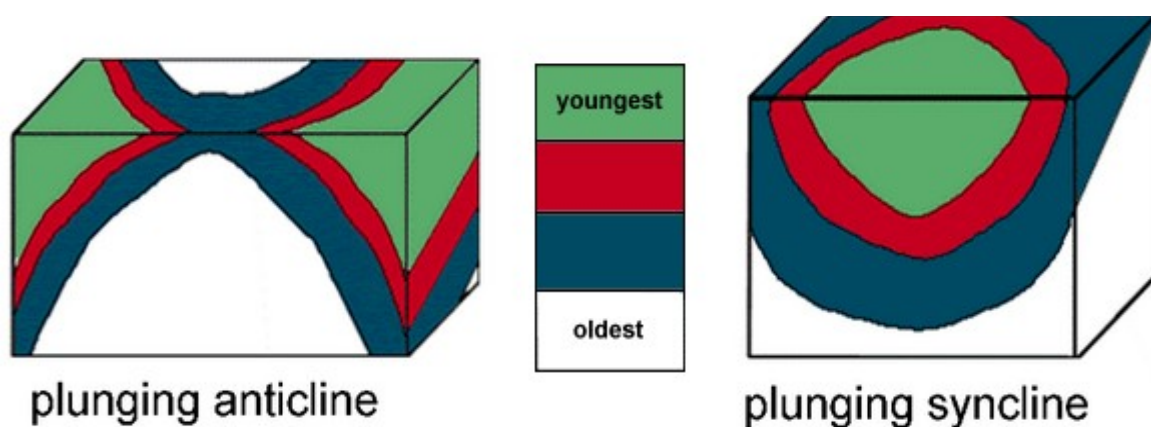
在地圖視圖中，向斜線顯示為一組朝中心傾斜的平行床。在向斜線中，最年輕

的床（最初位於其餘床的頂部）位於折疊線的中心。

背斜和向斜線形成在被壓縮的地殼部分中，即地殼被推到一起的地方。

插入背斜線和向斜線

俯衝背斜線或俯衝斜向線的軸線相對於水平方向傾斜，從而使褶皺沿其長度插入地面。切入方向是折疊軸向下傾斜到大地的方向。



在地圖視圖中，下降的背斜線會形成一個 U 形或 V 形的圖案，該圖案指向或閉合於插入的方向。與下降的背斜線的軸線成直角的橫截面看起來與背斜線相同。

在地圖視圖中，插入的同步線呈 U 形或 V 形圖案，在插入方向上打開。

背斜線

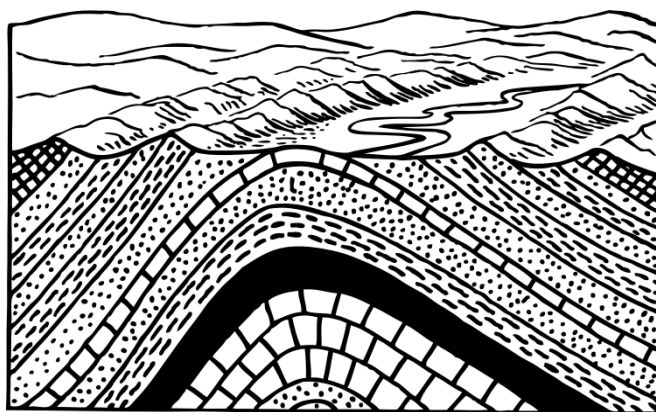


圖 1.背斜圖。

在構造地質學中，**背斜**是向上凸起的褶皺，其最古老的床層是其核心。該術語不應與 *antiform* 混淆，*antiform* 是任何向上凸出的折疊的純粹描述性術語。因此，

如果各個階層之間的年齡關係未知，則應使用術語反形式。

在地質圖上，背斜通常被一系列朝著褶皺中心逐漸變老的岩石層所識別，因為相對於地形較低的側面，褶皺的上升核心優先被侵蝕到更深的地層。地層遠離褶皺的中心或波峰。



圖 2.在最右端看到帶有背斜的背斜。注意站在編隊前的那個人，以求規模。

如果背斜線突然下陷（即相對於地球表面傾斜），則表面地層將形成 **Vs**，該點指向跳入的方向。背斜通常兩側是向斜，儘管斷層會使兩者之間的關係複雜化並模糊不清。由於造山造山帶的縮短，在地殼變形期間經常形成褶皺。在許多情況下，背斜是通過在縮短和伸展過程中在非平面斷層上運動而形成的，例如 *斜坡背斜* 和 *翻滾背斜*。

術語

任何形式向上**凸起**的折疊都是反形式。從岩心向外逐漸包含年輕岩石的反型物是背斜線。

背斜或反型具有**波峰**，這是沿褶皺頂部的給定層上的最高點。甲**鉸鏈**在一個背斜是最大曲率或在折疊的給定地層彎曲的軌跡。的**軸線**是通過所述背斜的二維橫截面的連接鉸鏈在不同地層的假想線。在三個維度上將不同層中的鉸鍊或最大曲率點連接起來會產生**軸向平面**或**軸向表面**。在對稱背斜中，軸向平面的表面軌跡與波峰重合。對於不對稱的背斜線，軸向平面或軸線的表面軌跡將從波峰向褶皺的更陡峭的側面偏移。一種**類型的倒轉背斜**是一種非對稱背斜與已經傾斜超過垂直，使得在肢體中的床是倒置一個側面或肢體。

向各個方向插入以形成圓形或細長結構的結構是圓頂。圓頂通常是由一個主要的變形事件形成的，或者是由於岩漿侵入或潛在向上移動的，具有機械延展性的材料（如鹽岩（鹽穹頂）和頁岩）的向上成岩作用而形成的。撒哈拉沙漠的里查特結構被認為是被侵蝕暴露的圓頂。

在兩端都下陷的背斜稱為**雙重下陷背斜**，可以由多次變形或兩組褶皺的疊加形成，或者與下伏的分離斷層的幾何形狀以及沿表面的位移量有關那個支隊故障。

陡峭的背斜線（或與此有關的任何地質構造）上的最高點稱為“頂點”。

隨著沉積物沉積而形成的細長圓頂稱為周線。

一個复背斜是一系列在區域尺度背斜褶皺背斜的。例子包括不列顛哥倫比亞省的侏羅紀晚期至早白堊紀的珀塞爾反斜體和阿巴拉契亞山脈的北弗吉尼亞和馬里蘭州的藍岭反斜體，或賓夕法尼亞中部的尼塔尼谷。

經濟意義



圖 3. 結構性陷阱：背斜褶皺

傾角或斷層背斜，頂峰和結構穹頂出現雙重凹陷是石油和天然氣鑽井的首選地點；低密度的石油使它向上漂浮並向上移動到褶皺的最高部分，直到被低滲透率的屏障（例如不可滲透的地層或斷層帶）阻止。在地下包含碳氫化合物，石油和天然氣的低滲透密封件的例子包括頁岩，石灰石，砂岩甚至鹽丘。地層的實際類型並不重要，只要它具有低滲透率即可。

ic 線是匯集熱的，充滿金屬的地層鹽水的重要焦點，這些鹽水可以形成 **man** 石礦床，愛爾蘭型鉛鋅礦床和鈾礦床等。

剪切和斷層切割的褶皺地層中的沉積物是馬鞍礁型金礦床沉積的有利場所。

同步線



美國馬里蘭州漢考克市西部 68 號州際公路路段中暴露的 Sideling Hill 向斜

在結構地質學中，向斜線是一種褶皺，其中較年輕的層靠近結構中心。甲向斜（複數 **synclinoriums** 或复向斜）是一個大的向斜上疊加小褶皺。斜向線通常是向下的褶皺，稱為共形斜向線（即低谷）。但是當地層被翻轉和折疊時，可以找到指向上方或棲息的斜線（反形式的斜線）。

特點

在地質圖上，向斜線由一系列逐漸年輕的岩石層識別，然後是褶皺中心或鉸鏈中最年輕的層，以及鉸鏈另一側的相同岩石層的逆序識別。如果折疊模式是圓形或細長圓形，則該結構為盆形。褶皺通常在造山帶變形過程中由於造山造山過程中的壓縮作用而形成。

著名的例子

- 美國懷俄明州的粉末河盆地。
- 美國馬里蘭州西部沿 68 號州際公路的 Sideling Hill 公路開挖，暴露了 Rockwell 組和上覆的 Purslane 砂岩。
- 西湖蘇必利爾湖，位於由中陸裂谷系統形成的盆地中
- Saou，法國東南部 Drôme 部門的公社
- Catlins，位於新西蘭南島東南角的區域

盆地和圓頂

盆地是地層（岩石層）中碗狀的凹陷。盆地類似於向斜線，但在軸線上沒有一

個軸，而是在中心。地層全部向中心點傾斜，而最小的岩石位於中心。在地圖視圖中，地層圍繞中心點形成同心圓（牛眼圖樣）。

圓頂是地層中的凸起。穹頂類似於背斜，但不是軸，而是在中心有一個點。地層均從中心點傾斜，最古老的岩石位於中心。在地圖視圖中，地層圍繞中心點形成同心圓（牛眼圖樣）。

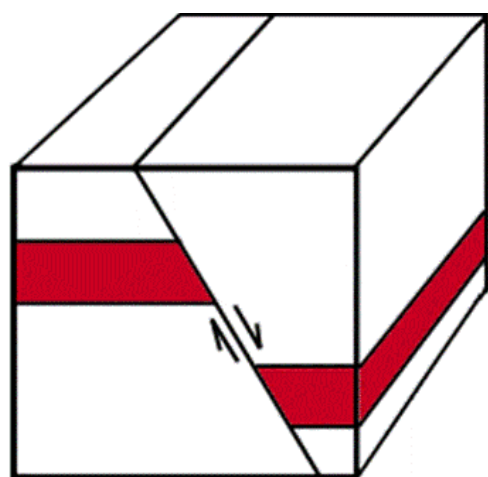
故障

斷層是地球內的一個平坦表面，岩石沿著該表面破裂並滑動。故障是由彈性應變引起的，最終導致脆性破壞。斷層兩側的岩石向相反方向移動，稱為偏移方向。如果斷層不是垂直的，則斷層上方有岩石，斷層下方有岩石。

- 斷層上方的岩石稱為懸壁。
- 斷層下面的岩石稱為下盤壁。

正常和分離故障

在正常的斷層中，懸壁相對於下壁向下移動。



脫離斷層是一種特殊的普通斷層，通常以低角

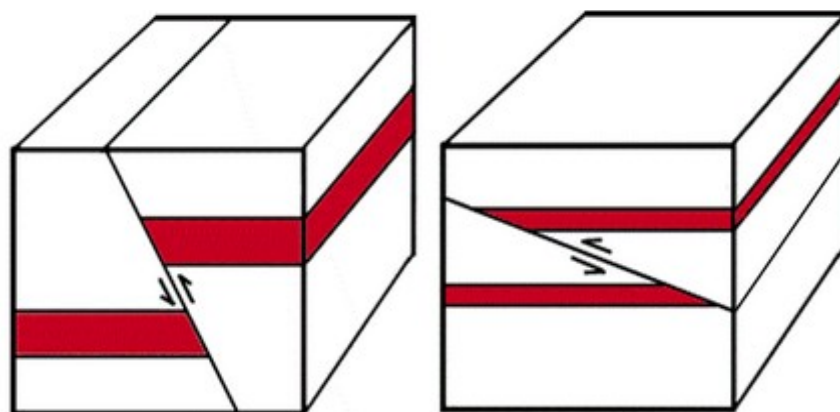
度傾斜。它可以將地殼深處且易延展的岩石（花崗岩和片麻岩）與脆性的上地殼岩石（沉積或火山岩）分開。剝離斷層沿變質岩心複合物的邊界發生（見下文）。

正常的和分離的斷層形成在承受張力的地殼部分中，即地殼被拉開的地方。板塊邊界發散是正常斷層較大的區域。正斷層也發生在地殼張力的其他區域，例

如美國西部的盆地和山脈景觀區域。

反向和推力故障

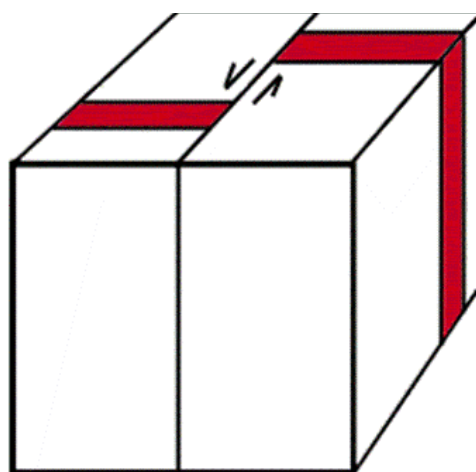
在逆向或逆衝斷層中，懸掛壁相對於底壁向上移動。反向斷層與逆衝斷層之間的區別在於，反向斷層的傾角大於 30° 。



reverse fault

thrust fault

在受壓縮的地殼部分中形成了逆向和逆衝斷層。會聚板塊邊界是主要逆向和逆衝斷層的區域。實際上，俯衝帶有時被稱為大推力斷層。在地殼被壓縮的其他情況下，例如在洛杉磯以北的橫向山脈，也會發生反向和逆向斷層。



strike-slip fault

走滑故障

走向滑動斷層是陡峭或垂直的斷層，沿其兩側的岩石沿相反的方向水平移動。變換板邊界是較大的走滑斷層帶。San Andreas 斷層是變換邊界處主要走滑斷

層的一個例子。其他設置中也會發生走滑故障。

山脈

板塊運動如何形成山脈？



板塊構造過程創造了一些世界上最美麗的地方。華盛頓州的北喀斯喀特山脈是大陸性的火山弧。這些山脈目前擁有一些冰川，而更豐富的冰河時期冰川還留下許多特徵。海拔的變化使該範圍成為許多生物體的宜居之地。

會聚板

匯聚的板塊創造了世界上最大的山脈。板塊類型的每種組合（大陸-大陸，大陸-海洋和海洋-海洋）都會造就山脈。

會聚大陸板塊

兩塊匯聚的大陸板塊向上撞擊形成巨大的山脈（圖 1）。這種隆起引起的應力會引起褶皺，逆斷層和逆衝斷層，使地殼向上上升。如前所述，美國西部目前沒有這種山脈，但是我們可以找到印度向歐亞大陸進發的山脈。

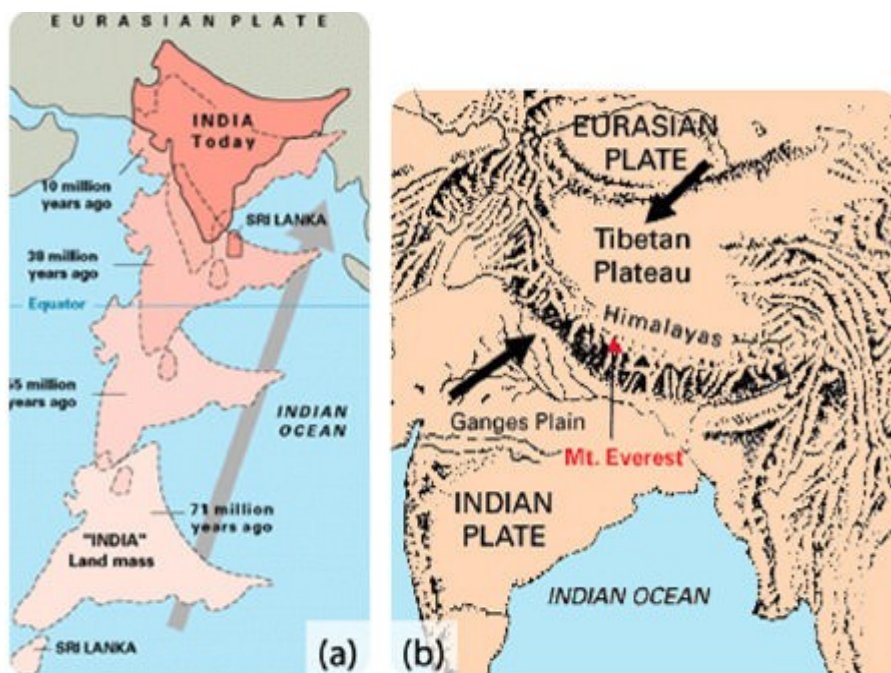


圖 1. (a) 世界上最高的山脈喜馬拉雅山脈是印度和歐亞板塊之間的碰撞所致。(b) 印度和歐亞大陸殼板的皺縮形成了喜馬拉雅山。

俯衝洋板



圖 2. 安第斯山脈是由大陸弧火山鏈組成，隨著納斯卡板塊俯衝到南美板塊下方而形成。

在會聚的板塊邊界處俯衝海洋岩石圈也會建立山脈。這種情況發生在安第斯山脈（圖 2）的大陸殼上，或者像我們較早訪問過的阿留申群島一樣，在海洋殼上。美國西部的喀斯喀特山脈也是以此方式創造的。

分流板

令人驚訝的是，甚至分歧也會造成山脈。當拉應力將地殼拉開時，它會破碎成

塊，沿著正常斷層向上或向下滑動。結果是山脈和山谷交替出現，被稱為盆地和山脈（圖 3）。在盆地和山脈中，有些區塊被抬升以形成山脈，稱為霍斯特，而另一些則下降以形成盆地，稱為 grab 陷。

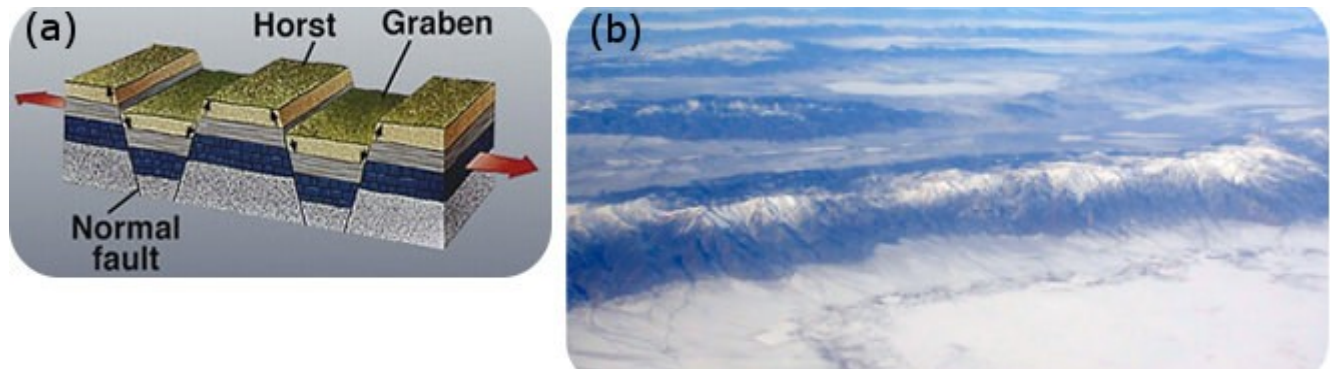


圖 3. (a) 霍斯特和 Graben。 (b) 內華達州的山脈具有經典的盆地和山脈形式。

觀看這種 [在範圍和範圍內設置的方塊運動的快速動畫](#)。

概要

- 會聚或發散的板塊會導致山脈生長。
- 在大陸板塊或海洋板塊下俯衝洋殼會形成火山弧。
- 張力引起塊體斷層，從而形成盆地和地形。

小結：地殼變形

概要

在本節中，您了解了以下內容：

1. 折疊和變形地殼所需的力的大小
2. 應力和應變及其產生的差異
3. 作用在地球上的不同類型的力：拉力，壓縮力和剪切力
4. 不同類型的褶皺和與之相關的力
5. 與之相關的不同類型的斷層和作用力
6. 地殼變形的結果是什麼

合成

在本節中，我們了解到，斷層和褶皺不僅提供了更多壯觀的風景，還幫助我們解釋了地球的歷史，幫助捕獲了重要的資源（例如石油和水），幫助我們確定了地震的位置和原因，並幫助了我們在我們對塑造地球的過程的理解中。由於我們生活在一個充滿活力且不斷變化的星球上，因此這些力量將在很長一段時間內繼續幫助塑造我們的星球。