

Google 地球入門

在您的計算機上，安裝最新版本的 [Google 地球](#)

1. 安裝完成後，打開 Google Earth，在“工具/選項/ 3D 視圖/菜單”下，選擇“小數度”和“米長”選項，並確保選中“顯示地形”框。
2. 打開查看菜單。繼續嘗試這些選項，但通常應該只選中工具欄，側欄和狀態欄。同樣在“查看”菜單上，將鼠標懸停在“導航”上，您將在 Google Earth 屏幕的右上角看到指南針箭頭和滑動條的多個選項。“自動”是一個不錯的選擇，因為它會留下圖像的鬼影，直到您將鼠標懸停在上面。
3. 將 [DynamicEarth.kmz 文件](#) 加載到 GE 中。您應該能夠雙擊文件名，它將在 GE 中打開。或者，您可以將文件下載到計算機上，然後使用“文件/打開”並導航到該文件在 GE 中打開它。原始文件信息來自 https://serc.carleton.edu/sp/library/google_earth/examples/49004.html
4. 加載 DynamicEarth.kmz 後，單擊並拖動將其從“臨時位置”移動到“我的位置”。然後通過單擊文件/保存/保存我的位置來保存“我的位置”。現在，每次在此特定計算機上打開 GE 時，DynamicEarth.kmz 都將可用。當您退出時，GE 應該下次保存“我的位置”。
5. **但是，只要您對“我的位置”進行了重大更改，就應該手動保存，因為 GE 在會話期間不會自動保存。**
6. 通過有效的 Internet 連接，您現在可以看到地球的交互式視圖！花一些時間用 Google Earth 探索地球，並弄清楚如何使用鍵盤，觸摸板和鼠標導航。例如：放大和縮小，移動 N，S，E，W，抓取並旋轉地球等。分辨率將隨著縮放而改變。單擊導航羅盤的“N”將重新定向視圖，以使北方朝上。
7. 在左上方，“搜索”（並飛到）任何感興趣的地方。放大並單擊“街景”圖標（右上角指南針下方的橙色簡筆圖），就好像您在步行中一樣探索一個區域
8. 放大以查看各個建築物，道路，汽車等。（在卡內基湖上找到船員團隊和摩托艇）
9. 進入 3D 模式 - 放大重要的地形特徵（例如，珠穆朗瑪峰，大峽谷，尼亞加拉大瀑布）。按住 Shift 鍵，並使用向上/向下箭頭傾斜地形，以傾斜地形，然後使用向右/向左按鈕旋轉地形。對海底的地形特徵執行相同的操作。

請注意，在“工具/選項/3D 視圖”下，您可以將垂直放大率最多增加 3 倍。這對於強調微妙的功能很有用，但是當您以這種方式看大峽谷時，這非常令人恐懼！

10. 在 Google 地球工具欄上，單擊帶有箭頭的時鐘圖標，以瀏覽感興趣區域中的歷史圖像（例如，普林斯頓大學校園內的整個時間範圍內的視圖）
11. 通過單擊並拖動，您可以將找到並要保存的內容從“搜索”菜單移至“我的位置”。您還可以通過添加和刪除項目，更改事物順序，創建子文件夾等來重新組織“我的位置”。
12. 瀏覽左下方“圖層”菜單下的內置項，以及“位置”菜單中的“動態地球”圖層。
13. 展開和收縮文件夾和子文件夾，打開和關閉各種項目，等等。例如，在顯示“世界動態地球/火山”圖層的情況下，在火山上單擊鼠標左鍵會彈出一個有關此信息的信息框。

基本要求（分配標準）：

地震模式

1. 展開“地震”圖層項，然後單擊“大地震二十年”圖層，以顯示大地震的震中（震級為 ≥ 6.0 ）。
2. 描述您在地表地震震中分佈中看到的任何模式。您將需要繞地球移動以探索不同的位置-它們形成直線，圓弧，圓形還是簇狀？模式已連接還是已斷開？
3. 不同的顏色代表地震的深度。最淺的地震是什麼顏色的？最深的？
4. 仔細觀察地球的山脊（大西洋中部的中海脊）和海溝（東南太平洋）及其周圍。與這些特徵相關的地震深度模式是不同的。
5. 完成下面的圖表。使用地震深度作為證據，在山脊附近或海溝附近，地球的岩石圈是否變厚？證明你的答案。

在山脊附近。

在海溝附近。

（在兩側掃描 1500 公里左右）

（在兩側掃描約 1500 公里左右）

火山與火山紋

保留地震圖層，然後單擊“世界火山”圖層。描述最活躍的火山的位置與地震位置之間的關係。與板間火山相對，沿板塊邊界通常發現哪些類型的火山？與火山噴發相關的常見危害有哪些？

板邊界

1. 取消單擊所有層，然後單擊“板邊界模型”層（單擊框將其顯示，然後單擊+或箭頭以展開圖例）。這顯示了板塊邊界和主要板塊的名稱。
2. 找到非洲和南美板塊之間的邊界
3. 相對於非洲和南美的海岸線，該板塊邊界在哪裡？
4. 現在單擊打開和關閉其他層，以便您可以看到板邊界與這些特徵之間的關係。如果您沒有可用的“板塊邊界層”，您如何確定該板塊邊界在哪裡？確保考慮地形以及地震和火山層。列出幾種方法並具體說明。
5. 該邊界會導致什麼類型的變形（如果有）？您期望看到哪種類型的結構或特徵？
6. 向西穿越南美板塊到達納斯卡板塊的邊界
7. 相對於南美，該板塊邊界在哪裡？
8. 如果您沒有可用的“板塊邊界層”，您如何確定該板塊邊界在哪裡？列出幾種方法並具體說明。
9. 該邊界會導致什麼類型的變形（如果有）？
10. 您期望看到哪種類型的結構或特徵？

板塊運動

1. 橫跨大西洋中脊的運動：南美板塊與非洲板塊
2. 每個彩色帶代表多少年？_____
3. 平均而言，大陸殼有 20 億年的歷史。最古老的岩石有 38 億年的歷史，這些岩石中的一些穀物甚至更老。
4. 最古老的海底年齡是多少？_____

5. 平均而言，最古老的是大陸還是洋盆？_____
6. 找到標記它們之間邊界的南美板塊，非洲板塊和中大西洋脊。隨著距離中大西洋海脊的距離增加，海底年齡會發生什麼變化？
7. 在該板塊邊界（和其他擴散脊）上是否正在形成或破壞地殼？_____
8. 該板塊邊界是發散的，收斂的還是變換的？_____
9. 專注於北大西洋，靠近美國東海岸和非洲西北海岸。大西洋北部是多久以前開始開放或開始擴散的？描述您的推理。
10. 北部大西洋盆地是否與南部大西洋盆地（南美洲南端和南部非洲之間的區域）同時開始開放？北大西洋盆地比南大西洋盆地大多少歲？描述您的推理。
11. 清除除 “ Seafloor Age”層以外的所有層。在中大西洋海脊，選擇南美板塊一側或非洲板塊一側。單擊“工具”，然後單擊“標尺”以單擊並測量距不同年齡的洋殼的 MOR 的距離。使用 Excel（或其他資源）製作遠離板塊邊界（y 軸）與年齡（x 軸）的累積距離圖。使用標題，坐標軸等格式設置適當的圖形格式。讓 Excel 根據您的數據擬合趨勢線/最佳擬合線。注意：每種顏色對應不同的年齡。使用 Google Earth 提供的圖例或密鑰確定年齡。複製，保存圖形並將其添加到 #26 下的響應中。
12. 根據該海底年齡數據描述所選板塊相對於大西洋中脊的運動，即運動方向，平均速度（最佳擬合線的斜率）以及速度和方向是否隨時間恆定。
13. 將這些結果與來自非洲西南沿海非洲板塊上的特里斯坦達庫尼亞火山島/海山鏈的獨立數據進行比較，如下所示：
14. 要訪問此數據，請在 GE 上展開“火山鏈”層，然後展開“大西洋鏈”層，然後單擊以顯示 “ Tristan da Cunha”。您可能需要單擊“海床年齡”層。它們是非洲西南沿海的綠點。
15. 這些島嶼和海山是在較舊的海底上建造的火山大廈，由活動板塊下方相對固定的震源（“熱點”）噴出的岩漿形成。數字是從每個島嶼/海山採集的百萬年火山岩的輻射年齡。
16. Tristan da Cunha 火山島/海山鏈的數據是否支持您從海底年齡數據推算出的板塊運動？說明。
17. 如果您願意，可以選擇將結果與北美東北海岸外的新英格蘭海山鏈的數據進行比較，這些數據位於大西洋中脊西側的北美板塊上。該數據是否支持上面推論的非洲板塊運動？說明。注意：您不必同時執行這兩項操作，但可以隨意進行驗證。

18. 運用所學知識-太平洋板塊

19. 將注意力轉向太平洋板塊。注意太平洋由幾個板塊組成；我們要關注的是非常大的太平洋板塊（不是納斯卡板塊，科科斯板塊，菲律賓板塊或其他板塊。）太平洋板塊“生”在東太平洋上升帶的水下，南太平洋向西延伸。它在北部，西部和南部邊界的交匯處遭到破壞。注意：沒有提供使用不同層的說明。您現在應該已經熟悉它們。如果需要，您可以返回並進行審查。

20. 東太平洋上升區的傳播速度是比大西洋中部山脈快還是慢？您如何知道-不做任何計算？這個速率是否隨著時間的推移保持恆定？

21. 製作並打印一張圖表（類似於您在問題 24 中所做的操作），以使太平洋板塊遠離東太平洋上升。請記住將其保存在 #31 下。

22. 根據該海底年齡數據描述太平洋板塊相對於東太平洋上升帶的運動-運動方向，平均速度以及速度和方向是否隨時間恆定。

23. 考慮太平洋上的火山鏈（夏威夷/皇帝，路易斯維爾和復活節島）。這些數據是否支持您為太平洋板塊推斷的運動？說明。

24. 夏威夷/帝王鏈的彎曲表明什麼發生在大約 5000 萬年前的太平洋板塊運動方向上？

25. 基於板塊運動的證據，解釋超大陸如何形成以及它們如何裂開。

地殼變形

本部分需要一些批判性的思考，因為在此簡短的部分中您將不使用 Google Earth。回想一下這項活動以及您對板塊構造和板塊運動學到的知識，請考慮它對地球的其他影響。簡要討論板塊構造對地殼變形的影響。確保包括應力，拉力，褶皺，斷層和其他您能想到的特徵。討論創建特徵所需的力的類型，花費的時間等。

大陸漂移與板塊構造

1. 描述大陸漂移與板塊構造之間的關係。
2. 有什麼證據支持大陸漂移？
3. 用什麼證據來支持板塊構造？
4. 您是否同意以上證據？

界線

1. 板邊界的三種類型是什麼？

2. 與每個邊界相關的關鍵特徵是什麼？

板塊構造的作用

1. 回顧總體活動，板塊構造在現代地質中起什麼作用？（這包括從岩石類型到地震，火山到山區建築，氣候變化到生活演變的一切。）
2. 保存完成的評估，確保名稱在文檔中，並且已包含必要的圖表。

提示和提示可以在[這裡](#)找到。

此評估改編自 Laurel Goodell 的“使用 Google 地球探索板塊構造”，該文檔最初在[此處](#)找到。

單元 6：地球內部

概述：地球內部

描述地球，包括各層的特徵；了解不同層次的含義。

介紹

地質學家無法直接看到地球內部。他們必須依靠各種技術和方法來推斷地球內部的外觀和物理特徵。在本節中，我們將看到地球的結構，物理特徵是什麼，以及這如何影響我們在地球上的生活。

地球內部是地質的基礎。如果您回想起板塊構造部分，由於板塊構造，地球就如我們今天所看到的那樣存在。我們還了解了板塊構造在岩石，山脈，火山和地震形成中的重要性。研究地球內部有助於了解所有這些知識以及有助於創造地球並當前驅動板塊構造的過程。

請觀看這段簡短的視頻，並從地球各個層面深入到核心：

地球層

分析和比較地球地圖中的屬性，材料和層。

本節將重點介紹地球內部：地球的構成，原因和方式，以及地球的不同層以及每個層的位置。

你會學到什麼

- 了解兩種地殼的理化特性
- 了解地幔的物理和化學特徵
- 了解內芯和外芯的物理和化學特性
- 區分岩石圈和軟流圈

本節的包括以下內容：

- 地殼的特徵
- 地幔的特徵
- 內外核的特徵
- 岩石圈和軟流圈
- 自檢：地層

地殼的特徵

一條麵包與地球有何相似之處？



一條自製麵包幾乎類似於地球。地殼的凸起部分是大陸，而凹陷的部分是海洋。內部比易碎的外部粘性更大，但仍然堅固。一塊麵包怎麼不像地球呢？

地球的外表面是地殼，是由岩石製成的冷，薄，脆的外殼。地殼相對於行星半徑非常薄。地殼有兩種非常不同的類型，每種都有其獨特的物理和化學特性，表 1 對此進行了匯總。

脆皮	厚度	密度	組成	岩石
海洋的	5–12 公里（3–8 英里）	3.0 克/厘米 ³	黑手黨	玄武
歐陸	平均 35 公里（22 英里）	2.7 克/厘米 ³	費爾西奇	所有

大洋地殼



圖 1.來自洋殼的小蜘蛛

大洋地殼由鎂鐵質岩漿組成，在海底噴出，形成玄武岩熔岩流，或在更深處冷卻，形成侵入性火成岩輝長岩（圖 1）。

沉積物，主要是泥土和微小海洋生物的殼，覆蓋了海底。沉積物在海岸附近最厚，在河流和風流中從大陸流出。

海洋地殼相對較薄，位於地幔之上。圖 2 中洋殼的橫截面顯示了從頂部的沉積物到擠出的玄武岩熔岩，向熔岩供入地表的堤壩，更深的侵入輝長岩以及最後到地幔的層。

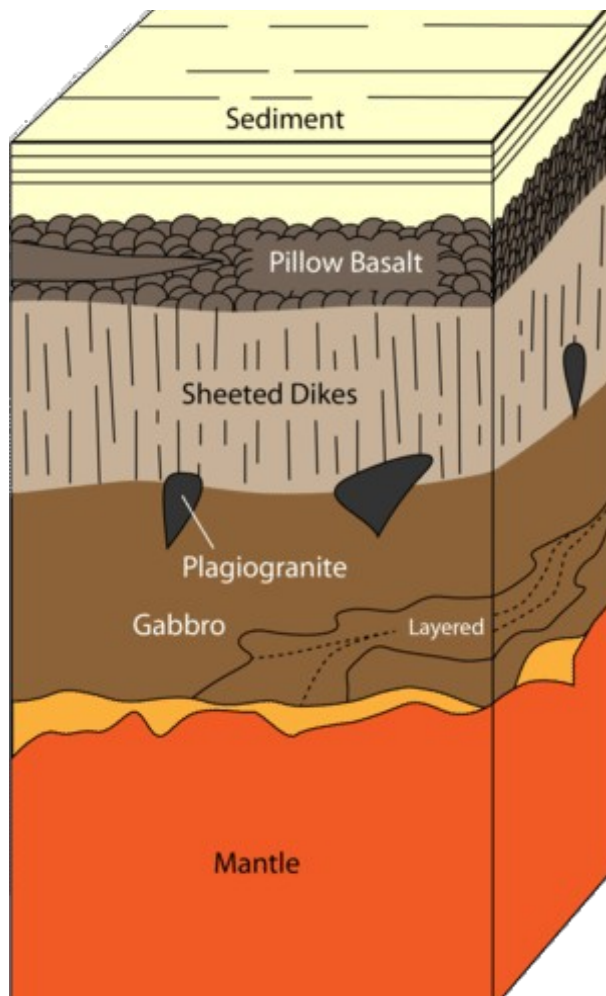


圖 2.洋殼的橫截面。

大陸地殼

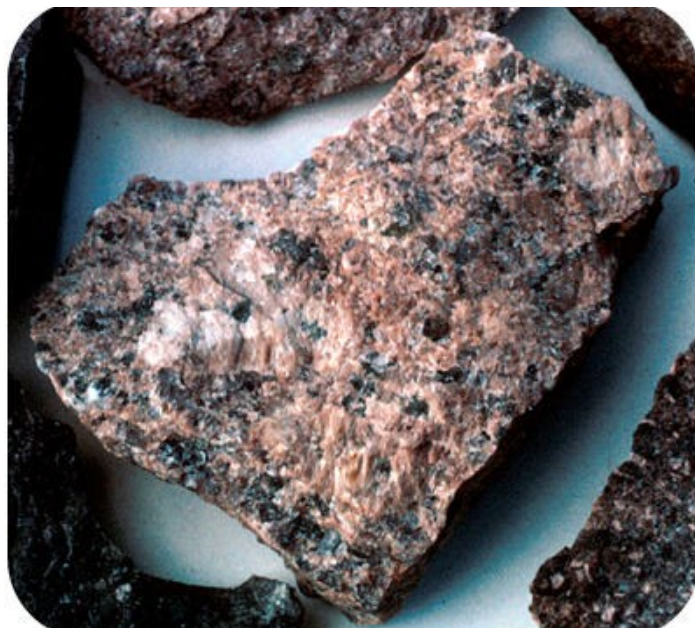


圖 3.密蘇里州的這種花崗岩已有十億多年的歷史。

大陸殼由許多不同類型的火成岩，變質岩和沈積岩組成。平均組成是花崗岩，其密度遠低於洋殼的鎂鐵質岩石（圖 3）。因為它厚且密度相對較低，所以地殼在地幔上的上升要比海洋地殼高，後者沉入地幔以形成盆地。當充滿水時，這些盆地形成了地球的海洋。

概要

- 大洋地殼比大陸地殼薄和緻密。
- 大洋地殼更黑鐵質，大陸地殼更長質。
- 地殼相對於地球半徑非常薄。

互動練習

訪問 [Annenberg Learner 的“動態地球”](#)，然後單擊外殼回答以下問題：

1. 描述外殼。
2. 地殼最厚的地方在哪裡？

地幔的特徵

什麼是鑽石運送系統？



當地球更年輕，更熱時，發生了一些事件，而現在不再發生。金伯利岩管從地幔深處彈起。這些管道是鑽石的最重要來源，鑽石是在非常高的壓力下形成的。大多數金伯利岩很久以前就出現了。

有關地幔的兩個最重要的事情如下：

1. 它由半固態岩石製成。
2. 很熱。

堅硬的岩石



圖 1. 橄欖石由橄欖石（綠色）和輝石（黑色）的晶體形成。

科學家們知道，地幔是由岩石製成的，其依據是地震波，熱流和隕石的證據。

這些特性適合由鎂鐵質富鎂質矽酸鹽礦物製成的超鎂鐵質岩石橄欖岩（圖 1）。橄欖岩很少在地球表面發現。

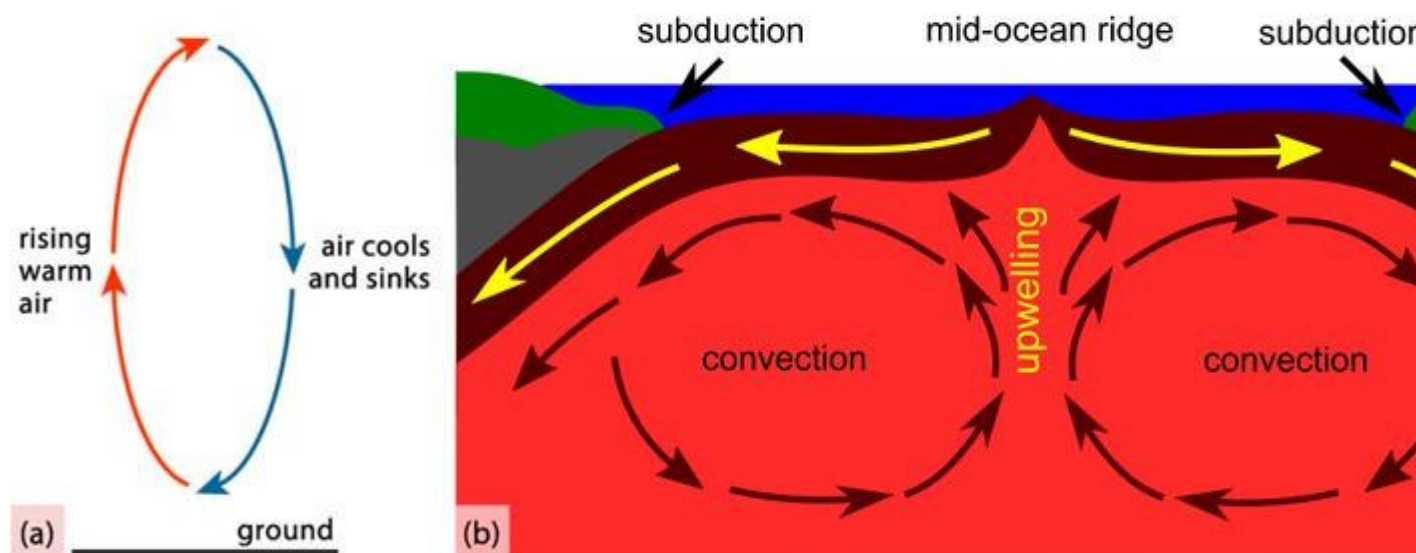
熱流

科學家們知道，地幔是非常熱的，這是因為熱量從地幔中向外流動以及它的物理特性。

熱量以兩種不同方式在地球內部流動：

1. **傳導**：熱量是通過原子的快速碰撞傳遞的，這只有在材料為固體的情況下才會發生。熱量從較熱的地方流到較冷的地方，直到所有溫度都相同。地幔很熱，主要是因為從地心傳熱。
2. **對流**：如果材料能夠移動，即使其移動非常緩慢，也會形成對流。

地幔中的對流與爐子上一鍋水中的對流相同。當核心附近的物質變熱時，地幔內的對流就會形成。當核心加熱地幔材料的底層時，粒子運動得更快，從而降低了密度並導致其上升。上升的物料開始對流。當溫暖的材料到達地面時，它會水平擴散。材料冷卻，因為它不再靠近芯材。最終，它變得涼爽而緻密，足以沉入地幔中。在地幔的底部，物料水平移動並被岩心加熱。它到達溫暖的地幔物質上升的位置，並且地幔對流單元完整（圖 2）。



In a convection cell, warm material rises and cool material sinks. In mantle convection, the heat source is the core.

Diagram of convection within the mantle

圖 2.對流

內外核的特徵

您想去地球的中心嗎？



朱爾斯·凡爾納（Jules Verne）的想像核心是熾熱的。但是我們知道外核是熔融金屬，如上所述。就像去凡爾納（Verne）地球中心的旅程一樣熱，對真實位置的訪問會更糟。



圖 1.鐵隕石是我們可以握在手中的最接近地球核心的東西。

在行星的中心有一個密集的金屬核。科學家知道核心是金屬，因為：

1. 根據行星的自轉計算，地球表面層的密度遠小於行星的整體密度。如果表面層的密度小於平均密度，則內部空間的密度必須大於平均密度。計算表明，芯子是大約 85% 的鐵金屬，其餘 15% 則是鎳金屬。
2. 金屬隕石被認為是核心的代表。在金屬隕石中也可以看到上述 85% 的鐵/15% 的鎳（圖 1）。

如果地球的核心不是金屬，那麼行星將不會有磁場。鐵等金屬具有磁性，而構成地幔和地殼的岩石則沒有磁性。

科學家知道外層核心是液體，內層核心是固體，因為：

1. S 波不會穿過外部磁芯。
2. 強磁場是由液體外芯中的對流引起的。外芯中的對流是由於來自更熱的內芯的熱量所致。

防止外核固化的熱量是由內核中放射性元素的分解產生的。

探索更多

使用此資源來回答隨後的問題。

1. P 波可以穿過哪些材料？
2. S 波可以傳播什麼材料？
3. 我們如何知道核心是液體？
4. 當 P 波通過液體時會發生什麼變化？
5. 關於內核，P 波能說明什麼？

岩石圈和軟流圈

您能想到可以流動的固體嗎？



您每天使用兩次！牙膏是可以流動的固體。軟流圈是用牙膏製成的嗎？僅當牙膏的成分為超鎂鐵質時，然後才能夠真正流動時才能夠流動。牙膏類比仍然為您提供了一個很好的印象，即如果您擠壓它，軟流圈的行為會如何！

岩石圈

岩石圈由地殼和上部地幔的一部分組成，表現為脆性，剛性固體。岩石圈是最外層的機械層，表現為脆性，剛性固體。岩石圈厚約 **100** 公里。地殼和岩石圈有何不同？

岩石圈的定義是基於地球物質的行為，因此包括脆性的地殼和最上層的地幔。由於它是剛性且易碎的，因此當應力作用於岩石圈時，它會破裂。這就是我們經歷的地震。

儘管我們有時將地球的板塊稱為地殼板塊，但這些板塊實際上是由岩石圈製成的。

軟流圈

軟流圈是固體的上地幔物質，其溫度很高，以至於具有可塑性並可以流動。岩

石圈騎在軟流圈上。

概要

- 岩石圈是脆性地殼和最上層的地幔。
- 軟流圈是固體，但它可以像牙膏一樣流動。
- 岩石圈位於軟流圈上。

探索更多

觀看此視頻，回答以下問題：

1. 他所說的層的機械性能是什麼意思？
2. 在成分模型中：最外層是什麼？該層的兩種類型是什麼，它們的主要特徵是什麼？
3. 下一層是什麼？它的主要特點是什麼？
4. 最深的一層是什麼？為什麼這是最密集的層？
5. 該層的組成是什麼？
6. 什麼是岩石圈？
7. 岩石圈以下的材料的機械性能是什麼？該層稱為什麼？
8. 相對於軟流層，中球的組成和力學性質是什麼？

了解地球內部

了解我們如何了解地球的內部及其磁性。

本節通過使用模型來了解地球的內部及其特徵來擴展上一部分。

你會學到什麼

- 比較不同的地震波並了解地震波如何幫助解釋地球內部。
- 了解什麼是地球磁場及其起源。

本節的包括以下內容：

- 研究地球內部
- 自我檢查：了解地球內部

研究地球內部

下表總結了地球的物理層。

地球物理層		
層	身體行為	厚度
岩石圈	堅硬，在淺深度易碎	5–200 公
軟流圈	韌性的	100–300
上中層	堅硬，不脆，密度隨深度而迅速增加	300–400
下中層	比上中層更密集，更堅硬	2,300 公
外芯	液體	2,300 公
內核	剛性，不脆	1,200 公

地球磁場起源於核心

液態外核由於其金屬性質而成為地球磁場的來源，這意味著它包含未附著在特定核上的電子。熱量通過對流單元從內芯向上傳遞到地幔，其中外芯中的液體以循環方式流動。鬆散的電子和循環的對流與地球的旋轉相結合，產生了一個產生磁場的大地發電機。因為磁場是由動態對流和旋轉的液體球體產生的，所以它是不穩定的。在幾十萬到幾百萬年後，地球磁場不時地變得不穩定，以至於暫時關閉。重新啟動時，它的南北磁極不可避免地必須反轉，根據大地發電機自發產生的磁場的物理學。（作為比較，太陽的磁場也是通過在旋轉的球體中對流而產生的，磁場變得不穩定，並且每隔 11 年就會更規則地反轉其磁場。）

假設內核是一個固態的金屬球，主要由鐵和鎳製成，並完全被液體包圍，則可以將其描繪為在加壓流體中旋轉的巨型滾珠軸承。對通過內芯的地震波的詳細研究發現，證據表明它正在旋轉-旋轉-僅僅比地球其他地方快。

超越簡單層

地球內部並非簡單地分層。一些層，特別是地殼和岩石圈的厚度變化很大。層之間的邊界是粗糙且不規則的。有些層在某些地方會穿透其他層。地球各層厚度的變化，各層邊界的不規則性以及各層的互穿性反映了地球的動態性質。

例如，岩石圈在俯衝帶深入到中層。儘管這仍然是一個研究和辯論的問題，但有一些證據表明俯衝板塊可能會一直滲透到下半球中層。如果這樣的話，板塊構造正在從地幔底部到地殼頂部在地球上引起物質的廣泛混合和交換。

作為另一個例子，熱點可以是氣體和流體與熱量一起從地幔邊界上升的地方。對熱點火山岩中的氦同位素進行的研究發現，證據表明大部分氦來自地球深處，可能來自中下層。

我們怎麼知道？

我們人類無法比上地幔更深地接觸地球內部的樣本。地球的核心是如此之密，如此之深，根本無法進入。與流行的誤解相反，熔岩不是來自地球的核心。岩漿和熔岩僅來自岩石圈和軟流圈，即地球 6400 公里厚的上部 200 公里。嘗試鑽穿地殼到達地幔，但沒有成功。鑑於缺乏比軟流圈更深的實際地球碎片，我們如何知道地球的內層，它們的構成以及它們的性質和過程？

火成岩和斷層塊

下岩石圈和軟流圈的岩石樣品有兩種來源，即火成岩和斷層塊。一些火成岩中含有異種岩，這些固體岩塊與岩漿體相鄰，併入岩漿中，並在岩漿中向上傳播。從火山岩和火山火成岩中的異岩中，已經確定並研究了許多下地殼和上地幔樣品。

下地殼和上地幔碎片的另一個來源是斷層帶和裸露的造山帶（經過大量隆升和侵蝕後已經裸露的山脈的根部區域）。一些逆衝斷層的平板包含岩石圈地幔岩石。在蛇綠岩中，來自岩石圈地幔部分的超鎂鐵質岩石是決定性的屬性。含有上地幔碎片的大多數蛇綠岩和逆衝斷層的岩石片都與俯衝帶或轉換板塊邊界有

關。

地震波

地震的能量以波的形式傳播。地震波的研究被稱為地震學。地震學家使用地震波了解地震，也了解地球內部。

科學家了解地球內部的一種巧妙方法是觀察地震波。地震波從地面破裂處的各個方向向外傳播，並被世界各地的地震儀採集。兩種類型的地震波對於了解地球內部最為有用。

體波

P波和S波被稱為體波，因為它們在地球的固體中移動。P波穿過固體，液體和氣體。S波僅在固體中移動（圖1）。表面波僅沿地球表面傳播。在地震中，體波會產生劇烈的震動。它們的損壞不如表面波大。

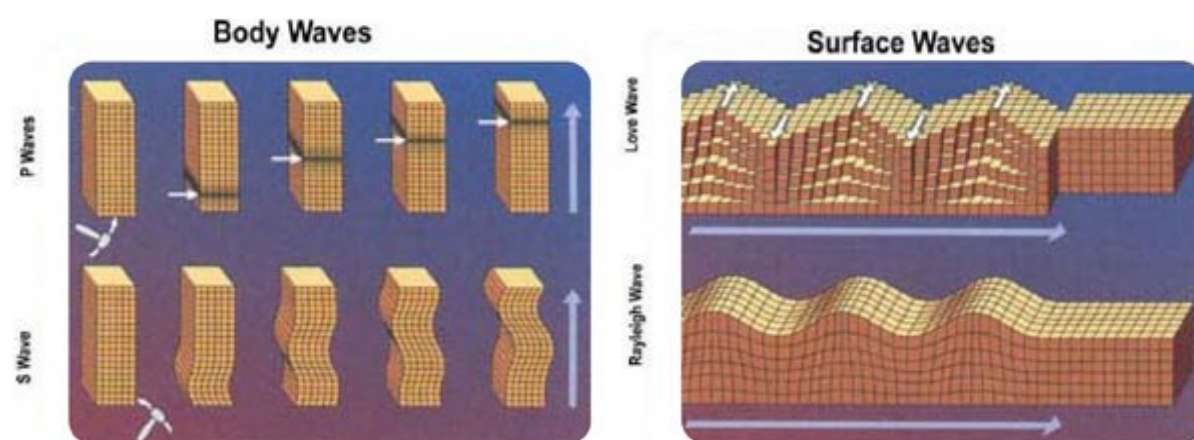


圖 1.體波和麵波

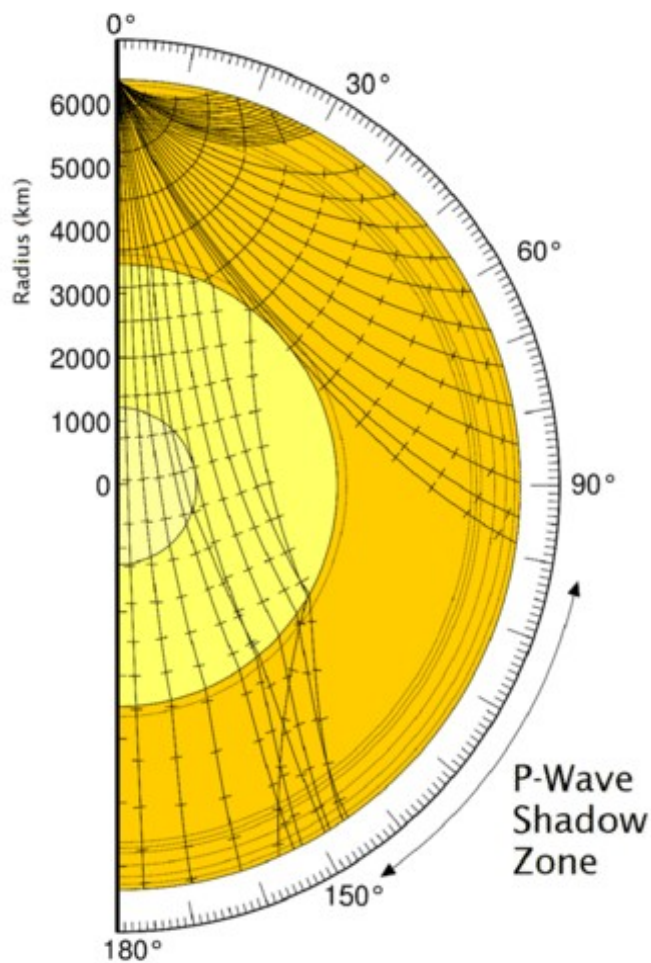


圖 2. P 波如何在地球內部傳播。

- **P 波**（主波）最快，每秒傳播約 6 至 7 公里（約 4 英里），因此它們首先到達地震儀。P 波以壓縮/擴展類型的運動運動，在傳播時擠壓和鬆開地球材料。這會導致材料體積的變化。P 波從一層傳播到另一層時會略微彎曲。地震波在密度更大或更堅硬的材料中移動得更快。當 P 波遇到比外層更硬的液態外核時，它們會減慢速度。這使得 P 波到達的時間比預期的晚，而且距離更遠。結果是一個 P 波陰影區。從地震焦點出發，沒有在地震儀 104° 至 140° 處拾取 P 波。
- **S 波**（次波）的速度約為 P 波的一半，以每秒 3.5 公里（2 英里）的速度傳播，並在地震儀上到達第二。S 波沿垂直於波傳播方向的上下運動。這會使它們穿過的地球材料發生形狀變化。只有固體可以抵抗形狀的變化，因此 S 波只能通過固體傳播。S 波無法通過液體傳播。

在地震波加速或減速的地方，它們會折射，從而改變其傳播的方向。在地震波遇到兩個截然不同的層之間的突然邊界的地方，一些地震波能量被反射，以與它撞擊的相同角度彈回。地震波的反射和折射允許對地球內的層和邊界進行定位和研究。

通過跟踪地震波，科學家們了解了構成行星內部的原因（圖2）。

- P波在地幔核心邊界處變慢，因此我們知道外核的剛性小於地幔。
- S波在地幔核心邊界處消失，因此外核心是液態的。

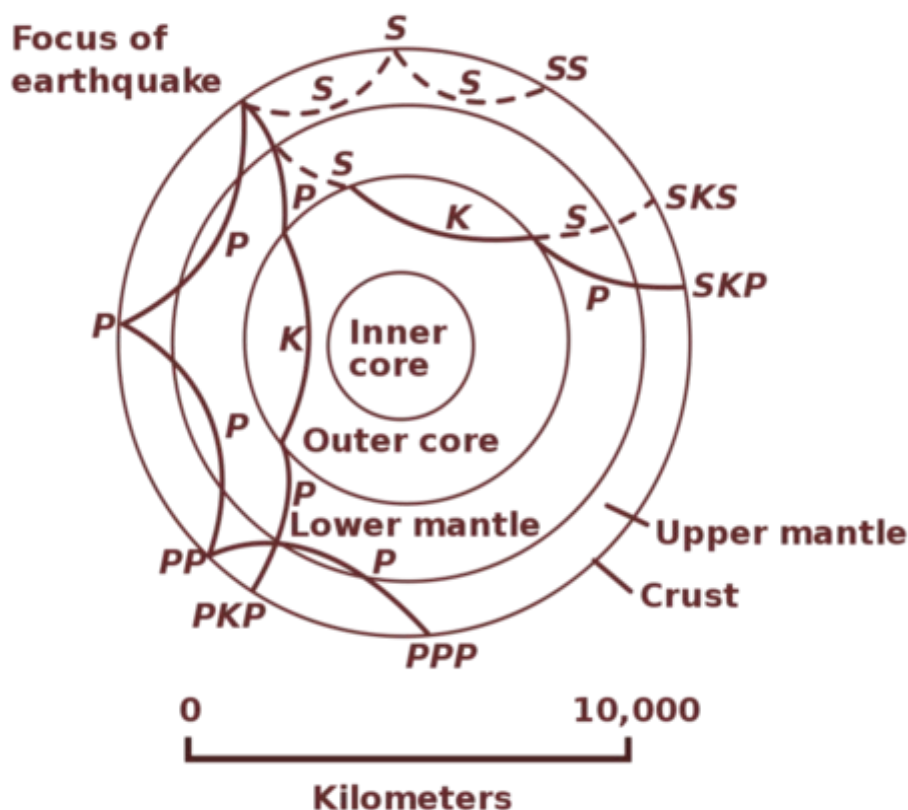


圖 3.字母描述單個 P 波或 S 波的路徑。穿過核心的波以字母 K 表示。

該動畫顯示了[地震波陰影區](#)。

以下是一些示例，這些示例使我們能夠通過研究地震波以及它們如何穿過地球各層來區分地球內部：

1. 地殼的厚度。這是根據地震波進入地幔時突然增加的速度來衡量地殼厚度的方法。由 P 波和 S 波速度的變化推斷出的地殼與地幔之間的邊界稱為 Mohorovicic 不連續面，以克羅地亞地震學家首次發現時為命名。通常將其簡稱為 Moho。主要是通過地震波，我們才能知道洋殼的厚度和大陸殼的厚度。
2. 岩石圈的厚度。在地震波從岩石圈向下進入軟流圈的地方，它們會減慢速度。這是因為岩石圈以下層中岩石的剛性和可壓縮性較低。地震波傳播較慢的岩石圈以下的區域稱為低速帶。低速區可能與軟流圈一致。

3. 上部和下部中間層之間的邊界（上部和下部地幔）。這表現為在 660 km 深度地震波速度增加。
4. 地幔與核心之間的邊界。其特徵是 S 波突然停止，大概是因為外層核心是液體，並且 P 波進入液體核心的時候，波速突然大幅度降低，因為它們沒有剛性來影響 P-波速。
5. 內核。首先，由於速度的突然提高，P 波通過鐵心這一部分的折射引起了折射，而 P 波僅穿過鐵心的外部並沒有顯示出來。
6. 地震層析成像：不僅可以分層，還可以對地球上各個方向的平板和塊進行成像。通過組合來自許多地震儀的數據，可以構造出具有較高或較低地震波速度的地球區域的三維圖像。地震層析成像顯示，在某些地方存在大量俯衝板塊，這些俯衝板塊已經滲透到軟流圈以下並進入中層，在某些情況下還滲透到了下部中層層（即地幔的最深處）。在其他地方，俯衝板塊似乎堆積在上部中層的底部，而沒有滲透到下部中層。

重力

艾薩克·牛頓（Isaac Newton）是第一個計算地球總質量的人。這給了我們關於地球構成的重要約束，因為通過將地球的質量除以地球的體積，我們就可以知道地球的平均密度。無論地球是由什麼構成的，它都必須加起來達到正確的質量。重力測量和地球質量告訴我們，地球內部必須比地殼更稠密，因為地球的平均密度遠高於地殼的密度。

由於地殼，地幔和岩心的不同部分具有不同的厚度和密度，因此地球上特定點的重力強度會略有變化。地球重力平均強度的這些變化稱為重力異常。在某些情況下，使用衛星對重力異常進行製圖和分析，以及測量重力異常對海洋表面形狀的影響，使我們對俯衝帶，中海擴張脊和山脈（包括對其根深的限制）。

慣性矩

地球的重力告訴我們地球有多少總質量，但沒有告訴我們質量如何在地球內分佈。稱為慣性矩的屬性，即對像對自旋（旋轉）變化的抵抗力（慣性），是由物質在旋轉對像中從其核心到其表面的確切分佈方式確定的。地球的慣性矩是通過其對與地球引力相互作用的其他物體（包括月球和衛星）的影響來衡量的。了解地球的慣性矩提供了一種檢查和完善我們對地球各個內部層的質量和密度

的理解的方法。

隕石

隕石是降落在地球上的小行星的研究，以及對太陽，其他行星和繞行小行星的組成進行的天文學研究，為我們提供了內部太陽物體總體化學組成的模型系統主要由形成岩石和金屬的元素組成，而木星等外行星則主要由輕的氣體形成元素構成。太陽系岩石和金屬部分的一般組成模型具有比地殼中高得多的鐵，鎳和鎂百分比。

如果地球的地幔是由超鎂鐵質岩石構成的（如在異岩和蛇綠岩中上地幔的實際樣本中發現的那樣），這將佔部分鐵，鎳和鎂的缺失。但是仍然會缺少更多的鐵和鎳。如果核心主要由鐵和豐富的鎳製成，那麼地球的整體組成與內部太陽系中其他物體的組成相似，並且與岩石和金屬形成元素的比例相似。太陽。

具有超鎂鐵質成分的地幔，以及一個主要由鐵和鎳構成的核，將使地球的成分與太陽係其餘部分的分相匹配，並賦予這些層適當的密度以說明地球的慣性矩和總質量。

實驗

與其他科學一樣，地質學也基於實驗以及觀察和理論。地球科學家和物理學家已經開發出實驗方法來研究材料在地球內部的壓力和溫度（包括核心溫度和壓力）下的行為。他們可以測量諸如密度，物質狀態（液體或固體），剛度，可壓縮性以及地震波在高壓和高溫下穿過這些材料的速度等特性。這些研究可以進一步完善我們對地球內部構成及其行為方式的了解。這些實驗支持以下理論：地幔是超鎂鐵質的，岩心主要是鐵和鎳，

小結：地球內部

概要

現在，您應該更好地了解研究地球內部及其對我們生活各個方面的影響才是重要的。特別是，我們研究了以下項目：

1. 地球的各個層面，包括它們的位置，組成以及它們的物理行為
2. 地質學家如何使用間接方法研究地球內部
3. 地球磁場，包括磁場的產生方式和重要性
4. 內部對板塊構造的影響

例子

您是否喜歡通過結果開始時觀看的地球各層的視頻？這是一次非常短的旅程，但非常有益。現在您知道了為什麼地質學家有時會對好萊塢以及我們有時看到的電影有疑問。《前往地球中心的旅程》可能是一部有趣的電影（旁白），但這是完全不現實的。如您所見，地球內部的溫度和壓力使我們無法實際訪問那裡，儘管我知道很多地質學家都願意旅行！

既然我們對地球內部以及板塊構造的工作方式有了很好的了解，那麼讓我們近距離看一下地震吧！

地球內部

為了進行此評估，您將創建地球內部的準確表示。您不僅將展示地球的不同層，而且還將展示它們的物理和化學特性。記住要訪問頁面底部的提示。

基本要求（分配標準）：

評估需要您發揮想像力。由您決定要用於模型的材料。一些想法包括-Play-Doh，各種糖果，布丁，果凍或其他物品。您將需要創建不同層的厚度及其物理特性的準確表示。模型不需要像地球一樣圓。

我建議使用 9×13 的平底鍋，餡餅盤或高大的透明玻璃杯。您可以使用普通的平底鍋或在\$ 1 美元的商店中購買鋁箔鍋。實際上，去當地的美元商店旅行可能會產生各種各樣的想法。

1. 確保每個 EACH 層的厚度正確。記住這是一個模型。
2. 確保每個 EACH 層的物理特性是正確的。對於外芯，由於它是液體，因此不可能。但是，您可以更改其他層的屬性。在創建各個層時，請記住對每個層的了解。
3. 對於每一層，寫一個簡短的描述。確保包括物理屬性描述以及為該層選擇的材料。包括對該層的化學組成和化學性質的簡要說明。此外，還應包括該層的任何唯一或特殊特徵（提示：每一層-內芯，外芯，地幔和地殼-至少具有一個值得一提的獨特或特殊特徵。
4. 拍攝模型的照片以及模型的您的照片，並將其與圖層摘要一起保存以進行提交。需要清晰的模型圖，以便可以輕鬆看到不同的級別。
5. 有創造力，玩得開心！

6. 您的最終項目應該是唯一的！

提示和提示可以在[這裡](#)找到（[指向外部站點的鏈接。](#)）