

疑難問題討論

國中地球科學上册疑難問題討論

李春生
國立臺灣師範大學地球科學系

一、台北縣金山國中盧建昇老師問：

李教授，有關國中地科上册 P. 81，圖 6-2（本文之圖 1）大西洋底的中洋脊地函物質自裂谷湧出，帶動海洋地殼向兩側擴張的示意圖。其中岩石圈下方為紅色內層圈，再下方為黃色的中心圈；似乎宜將紅色改為地函的屬性顏色，並在岩石圈下方畫一條 150 公里厚的紅色軟流圈，而黃色的仍保留原來顏色。故建議更改示意圖顏色，以使圖形更生動、真實。

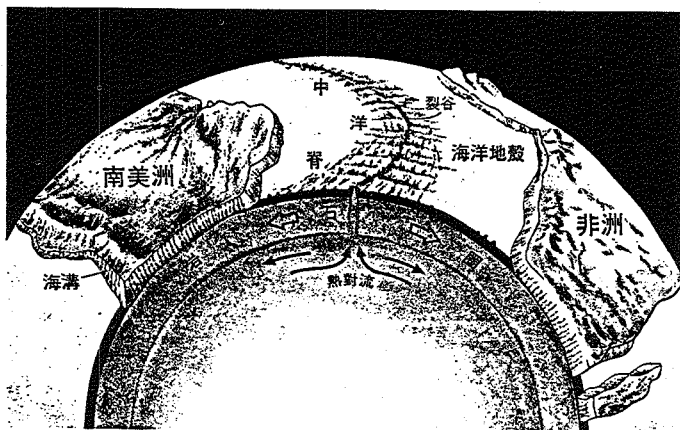


圖 1 大西洋底的中洋脊地函物質自裂谷湧出，帶動海洋地殼向兩側擴張的示意圖。

答：盧老師，從你知道海洋地區之軟流圈厚約 150 公里（圖 2），代表你很用功，至少已參考過高一基礎地球科學教科書第 92 頁之圖 9-2（本文之圖 2）。甚至你也知道構成岩石圈的份子為地殼加上（上部）地函的最上部。如果照你之建議，岩石圈下方需插入一個厚 150 公里之軟流圈，那麼軟流圈上、下俱為地函，所謂宜將局部紅色改色變為地函的屬性顏色，只保留原來紅色內層圈之 150 公里厚給軟流圈，請問你喜歡的地函屬性顏色為何？此顏色是不是又要出現在軟流圈之上的岩石圈內？因為該處也屬（上部）地函的最上部，仍屬地函之範疇。至於你認為黃色仍保留原來顏

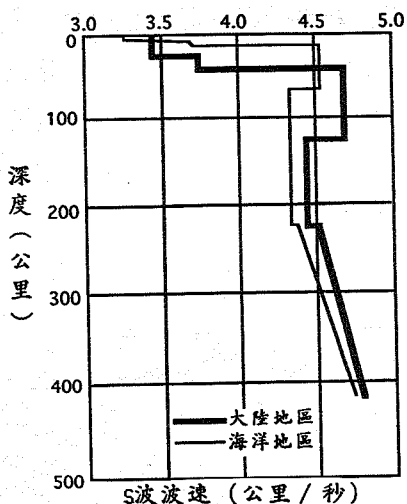


圖 2 軟流圈之厚度在海洋地區

大約為 150 公里厚

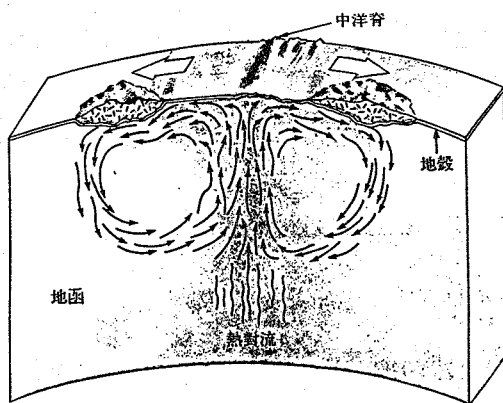


圖 3 地函熱對流造成海洋地殼的擴張

色，我希望你沒有誤會成黃色部份是代表地函之內之「地核」部份。

經過以上之分析，我希望你明白圖 1 要表現的不是地球內部的層圈狀構造，因為這在國中地球科學教科書上冊第 8 頁之圖 2-1 (a)及(b)已經展示過。此處的重點毋寧說在示意如下二項。第一：經由熱對流作用藉熱對流循環之聚合，可將地下岩漿帶至地表處，而該處即是中洋脊所在，一旦岩漿凝固能形成新的海洋地殼。第二；既然稱為熱對流循環，則完成一次循環，一定能畫出一個圓圈，故一般稱對流圈或對流胞 (convection cell)。此胞可能是逆時針運轉，也可能是順時針運轉。俾鄰而居的逆時針及順時針運行之一對對流胞，一旦左邊的為逆時針型而右邊的為順時針型，則必然會造成一個上升的聚合，在完成聚合後能從聚合處再向外分離。此分離的力量，可能連帶的將具有海洋地殼的板塊以中洋脊為界，又向二側擴張，其情形有如高中基礎地科教科書第 97 頁之圖 9-9 (本文之圖 3) 所示。不過仔細比較圖 1 及圖 3，你應該會發現對流胞之表示方式也不同，因為圖 1 為一對簡單的箭頭，一個向上，另一個向下。而圖 3 的則為一束循環的箭頭，其實它們的意義都是一樣的，只是在表示一個完整的對流循環而已。此外，以中洋脊為界分離的二個或二束箭頭，其位置也有不同，圖 1 的位在岩石圈底下，而圖 3 的位在地殼底下。你認為那一個較妥當呢？一般相信圖 1 較妥，因為熱對流的循環的頂界應該停留在岩石圈與軟流界之交界面，如此可使剛性的板塊在塑性的軟流圈上做一種近乎是輸送帶式的運動。板塊一旦運動，當然也會帶動板塊組成之任一份子，不論大陸地殼或海洋地殼，都會一起運動。注意此處只提到大陸地殼及海洋地殼而非大陸板塊及海洋板塊，課本

上常提到的歐亞大陸板塊指的是此板塊地理分布幾乎與歐亞大陸相同，另外菲律賓海板塊，指的是此板塊範疇在地理上之分布幾乎與菲律賓海相同。況且圖 1 及圖 3 俱為示意圖，既然稱為示意圖，則只能重視它們所要示意的主題——熱對流，不要再計較(1)為何圖 1 及圖 3 之對流胞畫法不同（它們之所以不同，主因在比例尺不同）？(2)為何圖 3 中之熱對流帶動的是地殼而非岩石圈？

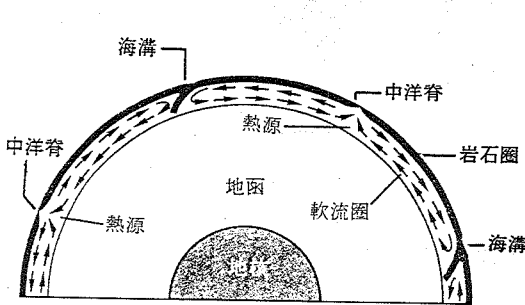


圖 4 海底擴張說之地函對流循環

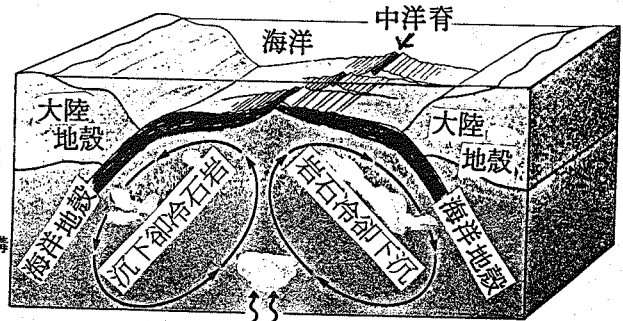


圖 5 地球內部熱對流循環示意圖

如再細究對流胞的涵蓋深度到底有多深？答案亦不一致。有人主張對流胞只在軟流圈中循環，一如高中地球科學第二冊第 99 頁圖 6-14（本文之圖 4）所示，有人主張可深到地函和地核的交界面。答案的不一致，正代表人類對於對流胞之智識，仍然停留在不成熟的階段，尚待人們勤奮加以鑽研。由於熱對流現象或對流胞目前尚未弄清楚，故有人含糊的主張：藉地球內部物質之放射性元素蛻變，釋放出大量熱能，岩石受熱熔融後，因密度變小而上升；當它上升到地表處，將逐漸冷卻，密度因此會變大，故又下沉而回到地球內部深處，填補原先受熱上升物質的空缺，如此完成地球內部的熱對流（圖 5）。這個主張因此避開對流胞到底有多大及有多深的困擾。不過圖 5 仍有不妥的地方，因為對流圈之頂界設定在地殼之底而非岩石圈之底。

最後討論由於什麼力量導致板塊運動？答案也是莫衷一是。較普遍的說法是海底盆地受到中洋脊處形成的新海洋地殼之推擠向兩側展開。但矛盾的是受到推擠一般應為壓力性質，但中央脊處以正斷層為主，顯示該處受到的力為張力而非壓力。另一說法是中洋脊處由於岩漿侵入鼓起獲得較高的地勢，而舊海洋地殼由於冷卻收縮體積變小、地勢較低，如此一來二地的位能存有差異，可造成一牽引力。支持後一說法的證據，還包括下沉的冷板塊的密度遠大於其周遭較熱的軟流圈。二者溫度之差異，甚至有近千℃之差。因此密度大的冷卻板塊，靠其重量，此時不必靠位能高低之差，就可以拉動整個板塊下沉。有人計算一旦地勢高差的斜率為 1：3000

時，則藉板塊本身重量下滑，每年即可達到下滑幾公分。不過以上二種說法都面臨同樣的困難，即板塊的性質是剛性，故在上述大規模的擠壓力與拖曳力之下，板塊的中間應該存在有極大變形或斷裂，但該處幾乎見不到變形現象。此外由斷裂造成的地震現象在該處也幾乎不會發生。

二、以下為台北縣國中地球科學研習活動教師所提的疑難問題：

1. 為何張裂性板塊交界帶會產生平移斷層？

答：聚合性板塊交界處（即隱沒帶）通常最大主應力軸 σ_1 為水平方面的壓應力，而最小主應力軸（ σ_3 ）成上下垂直分布故易造成逆斷層（圖6之A & B），如果 σ_1 與 σ_3 互換位置（圖6之E & F），則 σ_3 由於最小，相對於 σ_1 ，可視為向外跑之水平方向的張力，故破裂帶板塊交界處（即中洋脊）造成正斷層，不過一旦 σ_1 與 σ_3 二軸組成的平面不作垂直分布，變成水平分布（圖6之C）則即有平移斷層產生（圖6之D，該圖上之張力（ σ_3 ），即最小主應力軸，其方向可視為拉向立體屏風圖之前及後）。

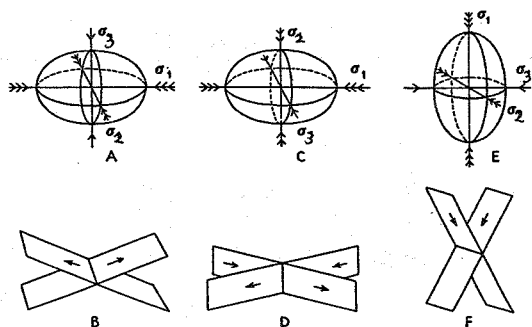


圖6 (A)水平面而言，可視為受到壓力，在垂直斷面上產生逆斷層(B)
(C)水平面而言，可視為受到壓力或受到張力，在水平斷面上形成平移斷層(D)
(E)水平面而言，受到張力，在垂直斷面上形成正斷層(F)
圖中之 σ_1 ：最大主應力軸；
 σ_2 ：中間主應力軸；
 σ_3 ：最小主應力軸。

2. 印、澳板塊有否隱沒？

答：有，例如在印尼群島附近造成明顯隱沒帶（圖7）。

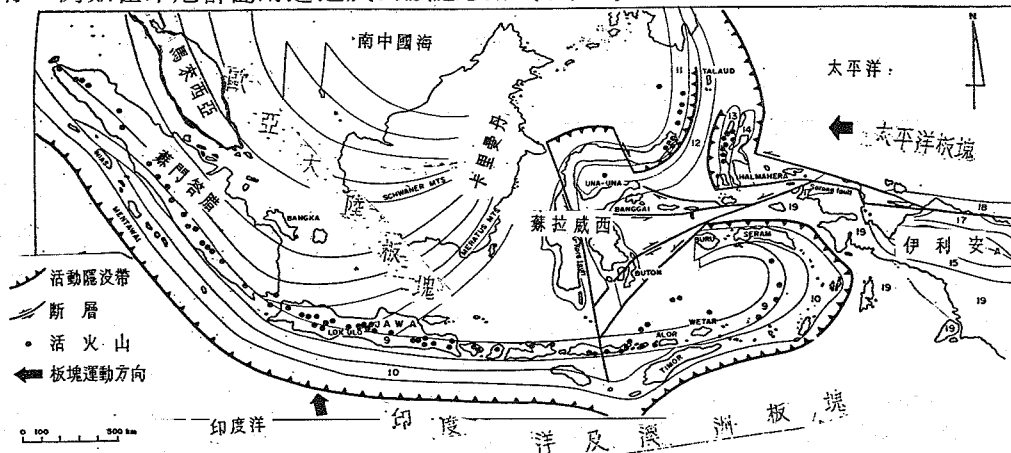


圖7 印、澳板塊向北隱沒至歐亞大陸板塊（注意課本中的印、澳板塊指的即是印度洋及澳洲板塊）。