



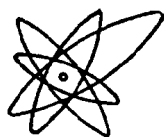
地殼結構新說

——板塊構造

尹贊勳 傅承義著



學知識叢書



科學知識叢書

地殼結構新說——板塊構造

尹贊勳 傅承義著 · 商務印書館

地殼結構新說——板塊構造

尹贊勳 傅承義著

出版者 商務印書館香港分館
香港皇后大道中三十五號

印刷者 商務印書館香港印刷廠
香港九龍炮仗街七十五號

* 版權所有 *

1978年6月初版

目 錄

大陸漂移、海底擴張和板塊構造 傅承義

- 一、緒論 1
- 二、古地磁 3
- 三、大陸漂移 6
- 四、海底擴張 19
- 五、板塊大地構造 34
- 六、存在的問題 45

板塊構造述評 尹贊勳

- 一、歷史的回顧 50
- 二、板塊的劃分 54
- 三、板塊分界綫的活動性 58
- 四、板塊學說論證之一：海底地貌 63
- 五、板塊學說論證之二：海洋地質 67
- 六、板塊學說論證之三：地球物理 71
- 七、板塊學說論證之四：深海鑽探 78
- 八、洋殼生長的機制 80
- 九、洋殼俯衝的機制 84
- 十、驅動力問題 88
- 十一、大洋發展階段 91
- 十二、反對意見 95
- 十三、有關的國際會議 98

十四、結束語	102
板塊構造學說的應用	鍾 羣
一、板塊構造和地下資源	110
二、板塊構造和印度洋的形成	118
三、地質構造和地震的關係	129

大陸漂移、海底擴張和板塊構造

傅承義

一、緒 論

大陸漂移、海底擴張和板塊構造是一個問題的三部曲，雖然具體內容有所不同，但科學思路是密切聯系的。海底擴張是大陸漂移假說的一個新形式，板塊構造是海底擴張假說的引伸。從發展歷史來看，大陸漂移假說在一度沉寂之後，於五十年代中期又獲得新生；海底擴張的假說在六十年代初期才明確提出來；板塊構造學說的發展只不過是最近十年的事。這個學說一出現，就引起地學工作者極大的重視。這不僅因為它對於地震的基本成因和礦產資源富集的理论提出了一個嶄新的研究方向，而且因為它代表一個新的思潮。長久以來，許多地質學家都認為自有地質記錄以來，海、陸的發展和地球上部的運動主要是隆起和沉降的交替，以垂直運動為主，水平運動只是次要的。海洋和大陸在極大程度上是永恒的，它們的變遷只是海侵和海退的問題。從許多古地理圖上就可以注意到這一點。可是奇怪得很，近代海洋地質調查竟一直沒有找到比中生代還早的海底沉積！新的學說則認為地球上部不但有垂直運動，而且水平運動更大，位移能達到幾千公里。用地質學的時間尺度來衡量，地球上正發生着極

活躍的“新陳代謝”作用。地球決不是有些人所想像的那樣沉靜，而是一個仍然充滿活力的星體。

新學說之所以廣泛地被人重視是因為它有大量的令人信服的科學觀測資料作為依據。這些資料大部分來自地球物理的觀測，特別是地磁和地震的觀測。海上地震測量從三十年代就已開始。古地磁的研究在五十年代發展成一門新的學科。整個六十年代，國際上有所謂“上地幔計劃”，進行着地質、深鑽、地震、地磁、地熱、地球化學、高壓物理等多科性的綜合研究，對於（1）全球性的斷裂系統，（2）大陸邊緣地帶及島弧，（3）地幔的物質組成及化學過程，（4）地幔及地殼的結構及其不均勻性等問題取得豐富的成果。新學說就是在這樣的基礎上提出來的，而且還要在七十年代所要進行的另一個國際協作計劃——地球動力學計劃——中加以驗證和充實，因此這個學說是近代地學發展的一個重要事件。不過必須注意到這個學說還很不完善。它的根據和應用，現階段主要限於海洋及大陸邊緣。對於大陸內部，這個學說幾乎全未涉及，這是亟需補充的。這個學說還存在許多缺點，有些是嚴重的和帶有關鍵性的，因此必須以批判的眼光去對待。

本文將着重討論這個學說的地球物理依據及其與地震學的關係。有關地質方面的問題，因已有專文介紹*，不再詳述。

* 尹贊勳，板塊構造簡介 中國地質工作會議，1972年4月。

二、古地磁

岩石的磁性

在十一世紀時，中國出版了一本講兵器的書，叫作《武經總要》，上面記載着“指南魚”的作法^{*}。指南魚不是用磁石作的，而是用一塊薄鐵片剪成魚形，在炭火上煉得通紅後，放在子午方向讓它冷卻，以後將它漂在水上，便可指南。二十世紀，西方人發現熔岩在地磁場中冷卻凝固，形成岩石後，也帶有磁性。實驗證明，這種磁性是當溫度降低通過“居里”點時所得到的。這種由於加熱和降溫所獲得的剩餘磁性，我們稱之為“熱剩磁”。即使在弱磁場中，熱剩磁也可能達到很高的強度。許多岩石帶有很大的磁性就是由於這個原因。岩石磁性的方向與熔岩冷卻時所在的地磁場方向是一致的。許多岩石的熱剩磁是很穩定的。在地質年代裏，一個地塊如果沒有經過重複加熱或位置的變動，則岩石磁性現在的方向就是它形成時的地磁場方向。解釋岩石磁性的測量結果時，必須要考慮可能引起方向變化的各種因素，不過此處就不詳述這些細節了。

深海沉積一千年約增加1~10毫米。帶有微弱磁性的顆粒在水中慢慢沉下時，也受到地磁場的作用而有一定的取向，因此深海沉積的磁性也和沉積時的地磁場取一致的方向。測量不同地質時期的火成岩或深海沉積的磁性就可以確定相應時期地磁場的方向。這是古地磁研究內容的一部分，以後

* 王振鐸，司南、指南針與羅盤經 中國考古學報卷三，1948。

將闡明這種研究的意義。

偶極磁場與古地磁極

現在的地磁場可以近似地用一個放在地心的偶磁極在地面上所產生的磁場來表示。這個偶極的磁矩等於 8×10^{25} 電

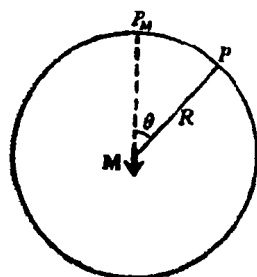


圖 1 偶極磁場

磁單位，磁軸與地球的自轉軸作 11.5° 的交角。按照靜磁學的原理，偶極磁場有一個特殊的性質：設圖 1 中的 M 是地心處一個偶極， M 是它的磁矩， P_M 是地面上的磁極。 P 是地面上任一點，它與 P_M 的角距離為 θ 。在 P 點的垂直磁場強度 Z 和水平磁場強度 H 各為：

$$Z = \frac{2M}{R^3} \cos \theta$$

$$H = \frac{M}{R^3} \sin \theta$$

所以

$$\tan I = \frac{Z}{H} = 2 \cot \theta$$

I 是 P 點的磁傾角。根據這個公式， P 點與磁極的角距離 θ 可以由岩石標本的磁傾角算出來。另一方面， P_M 必須在通過 P 點的磁子午面上，而後者可以由 H 的方向來確定。因此，由一塊岩石所量得的 Z 和 H 可以測定岩石形成時的地磁極位置。

地磁場除了偶極部分外，還有非偶極部分，這包括地區

的影響和地磁場的時間變化，最長的變化週期約有兩千年。所以若在同一地塊上，取形成年代相差幾千年的岩石標本，將測量結果加以適當的統計處理，就可以將時間變化的影響消去。若在不同的地區取標本，也可以將地區的影響消去。在仔細地處理測量數據以後，發現了以下兩個重要結果：(1)在同一大地塊上，(如歐洲-北亞大地塊)所定的各地質時期的地磁極位置是一致的，這就表明地磁場歷來都是一個偶極場。(2)由大約上新世以來的地磁極位置與地球轉動極的位置是符合的。圖2是由岩石磁性所測定的最近七千年的地

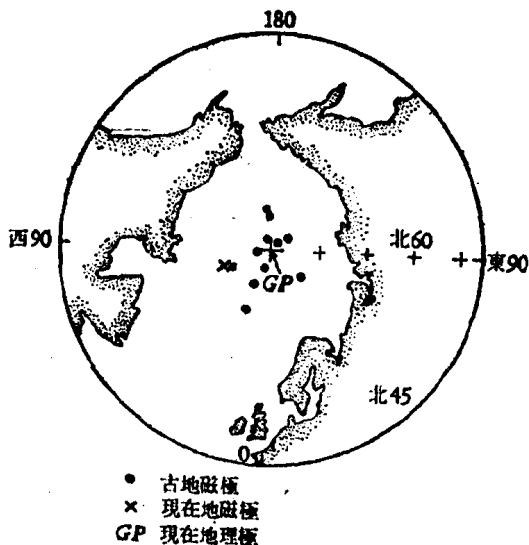


圖2 最近七千年的地磁*極位置

* E. Irving (1964), *Paleomagnetism*, John Wiley, New York.

磁極位置， GP 是地球轉動極的位置， $\times$ 是現在地磁極的位置，後者是偏在一邊的。用上新世以後的岩石標本，都得到類似的結果。由此便引出古地磁學中一個重要定理：地磁場的主要部分一向都是一個偶極場；偶極的方向，若在足夠長的時間內（約為一萬年）取平均值，是與地球的轉動軸相合的。這叫做“軸向偶極場”定理。它還經過許多旁證（如古氣候）被公認是正確的。它的一個直接結果就是：現在所測定的古地磁極，當年原是與地球的轉動極重合的。因為轉動極基本上是不變的，所以地磁極必有漂移。

三、大陸漂移

舊的爭論

大陸漂移的設想很早就有了，不過直到 1912 年以後，由於魏格納* 的提倡，才正式作為一個科學假說而被廣泛地重視。這個假說的根據首先是相隔大洋的兩塊大陸的種種相似性和連續性，包括海岸綫的形狀、地層、構造、岩相、古生物等，還有一些其它的，如古氣候、大地測量、地球物理的證據。魏格納為了證實這個假說，搜集了許多方面的證據，但是忽略了對它們做嚴格的審查。有些證據說服力不強，有些甚至是錯誤的。例如非洲和南美洲的海岸綫看來相似，但

* 魏格納 (Wegener, Alfred)，1880—1920 德國地球物理學家，大陸漂移假說的創始者。

實際比較起來，却又有不小的差別；兩塊大陸在地質上的相似，時常有許多可能的解釋，不一定是由於漂移；魏格納根據舊的大地測量數據，認為格陵蘭與歐洲的相對位置變化很多，但這組數據以後證明是不可靠的；古氣候的分佈雖有利於漂移的假說，但說服力還不够強；古生物分佈的解釋則更是衆說紛紜。魏格納假說的一個嚴重弱點是理論方面的。他假設大陸在海底上漂移就好像船在水中航行一樣，然而從硅鋁層和硅鎂層的相對強度來看，這是不可能的。除此之外，在魏格納的時代，還沒有發現地殼中大規模水平位移的正面證據。由於以上這些原因，漂移與反漂移的爭論在二十年代和三十年代初期達到了高潮，到了四十年代就沒有什麼聲息了，但是任何一方也沒有說服對方。到了五十年代中期，由於發現了新的強有力的證據，大陸漂移的假說才又重新被人重視並得到了新的發展。

地球上層的水平向大斷裂

許多反對大陸漂移的地質學家似乎有這樣一種成見：地殼運動主要是垂直的，因此不能接受像大陸漂移這樣大規模的水平運動；然而近年來的觀測證明，大規模的水平斷裂畢竟是存在的——大陸和海底全有。

討論最多的是北美西部的聖安德列斯大斷層，它一部分經過陸地，一部分通過海底。斷層是右旋的，西盤向西北相對錯動。地質學家經過多年的調查研究，一致承認這個斷層在約一千萬年期間，至少曾錯動了400~500公里。除了這個斷層之外，在環太平洋地區，如我國台灣省和菲律賓、新西蘭、

南美等都有巨大的平移斷裂。圖 3 是一個簡圖*。有人曾認為這些斷裂標誌着太平洋的旋轉運動，不過這些斷層有些是右旋的，有些是左旋的，所以此說頗難成立。

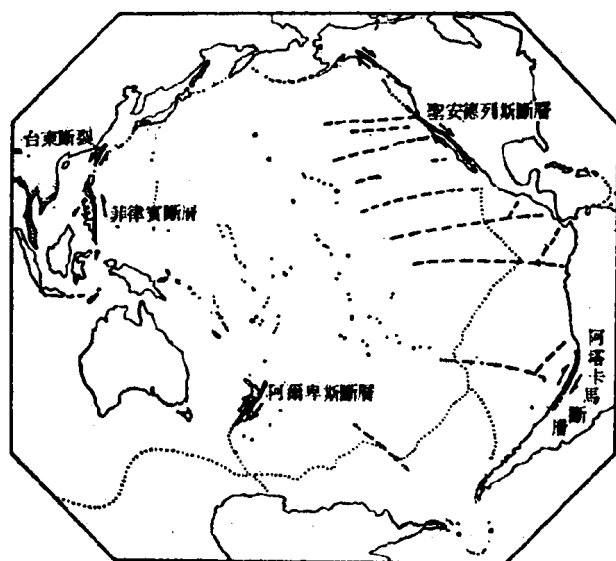


圖 3 環太平洋地區的大斷裂

近年來的海上地球物理測量還發現海底大斷裂的水平錯動甚至比陸地的還大。圖 4 是北美西海岸附近洋面上地磁測量的平面圖**。由圖可見，磁異常等值線圖案沿着大斷裂有很

* C. R. Allen (1965), Symposium on Continental Drift, Royal Society, London, pp. 82—89.

** V. Vacquier (1962), Continental Drift, S. K. Runcorn ed. Academic Press, New York. pp. 135—144.

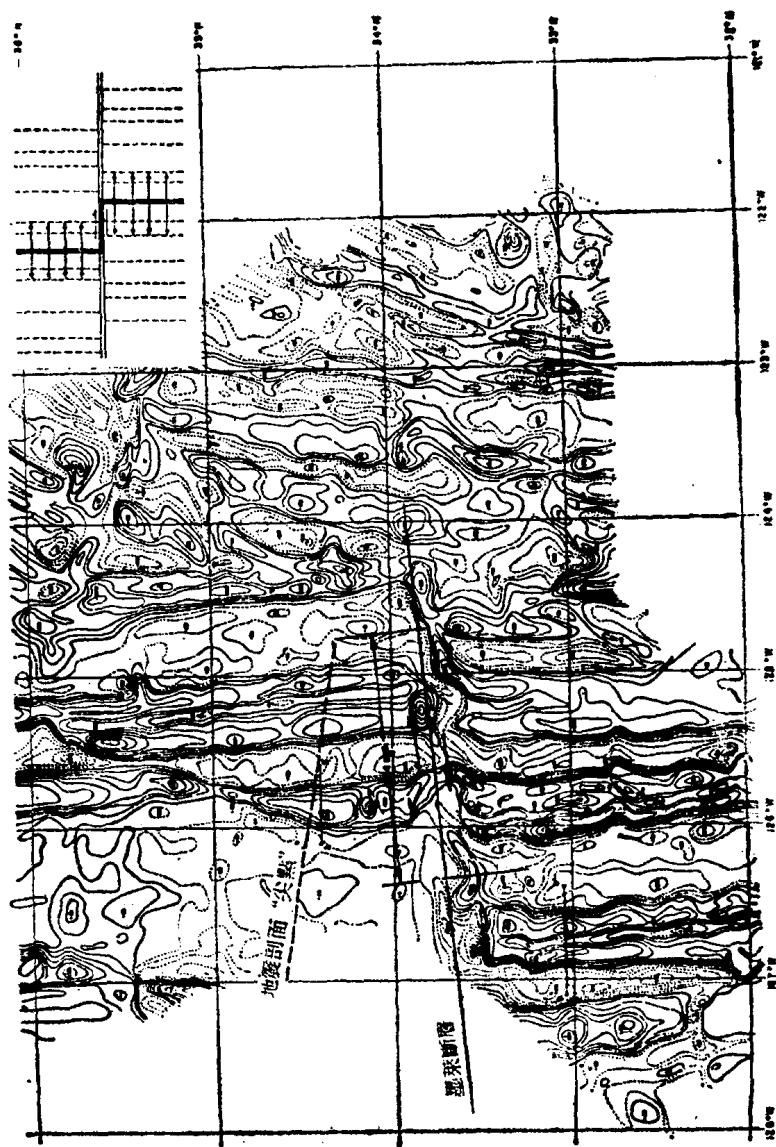


圖 4 臺北西海岸外地磁異常平面圖

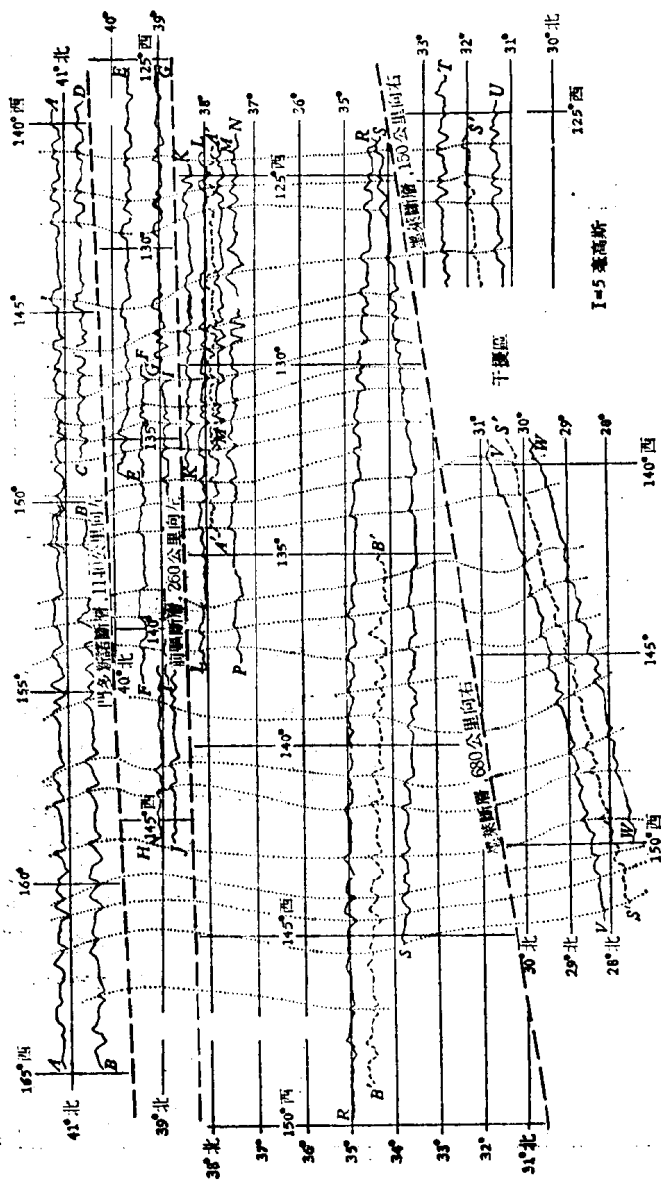


圖 5 北美西海岸外地磁異常剖面圖

大的錯動。圖 5 是同地區幾條東西測線上磁異常剖面圖*。各條測線上的磁異常曲線原來都對應得很好，但當跨過大斷裂時，這種對應就消失了，這顯然是斷層兩邊地殼錯動的結果。如將曲線在東西方向移動一定的距離，對應仍可恢復。這個移動的距離也就是斷層的水平錯動的距離。由圖上所標明的經度線，可以讀出錯動的數值。這樣便得到門多新諾 (Mendocino) 斷層錯動了 1140 公里，南面的墨萊 (Murray) 斷層西端錯動了 680 公里，但東端則只錯動了 150 公里。在西經 $130^{\circ} \sim 139^{\circ}$ 之間有一段干擾區，似乎表明斷層南面增加了(或北面減少)約 500 公里的海底地殼。

水平大斷裂的例子可以舉出很多，在別的大洋中也有。這都說明地球上層確有大規模的水平運動存在，不過要證明大陸漂移，還需要其它的證據。

大陸的拼合

啓發大陸漂移設想的重要事實之一，是南美洲的東海岸與非洲的西海岸的相似性，但是有人認為這種相似是偶然的，因為地圖上的這兩條海岸線並不真正符合。其實，海岸線的形狀受海平面變化的影響很大。如果非洲和南美原來確是相連的，在分裂了漫長的地質年代以後，也不能期望它們的海岸線仍然符合。合理的比較應當以較深的邊緣（如大陸坡）為標準。另一方面，比較的時候，兩塊大陸應當放在什麼

* — (1965), Symposium on Continental Drift, *Royal Society, London*, pp. 77—81.

相對位置上，也要有個標準，不應只靠直觀。卜拉德(Bullard)等人*採用了最小均方根誤差的方法，根據最精確的海深圖和電子計算機的運算，將南美和非洲在深度為500 呎（約為一公里）的大陸邊緣上拼合起來，得到圖6的方案。拼合

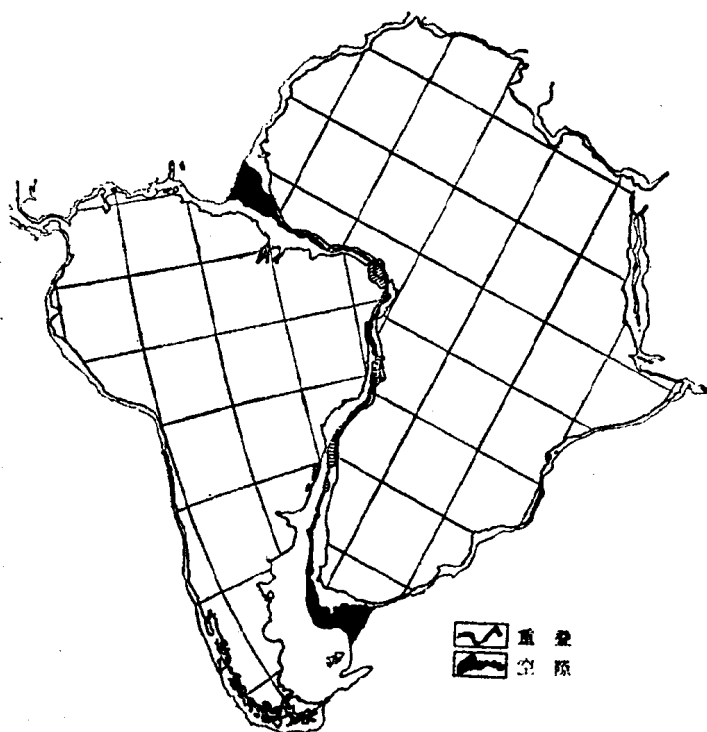


圖6 南美和非洲在500 呎處的拼合

* E. C. Bullard et al, 同上頁注 pp. 41—51.