

世界名著  
部譯

PLATE  
TECTONICS

板塊構造學

XAVIER LE PICHON, JEAN FRANCHETEAU  
and JEAN BONNIN

林明德譯

國立編譯館主編  
明文書局 印行

板塊構造學

部 著  
世 名  
界 著  
譯 著

板

塊



構

造

學

國立編譯館主編  
明文書局 印行

版權所有  
翻印必究

254 << 板塊構造學 >> 基價 7443 圓

定價 410 元

原著者：X. Le Pichan, J. Francheteau,  
J. Bonnin

譯者：林 明 德

譯作權  
所有人：國 立 編 譯 館

發行人：李 潤 海

北市敦化南路 492 號

出版者  
印刷者：明文書局股份有限公司

行政院新聞局局版臺字 1993 號

地址：台北市重慶南路一段 49 號 7 樓

電話：3619101 · 3318447

郵撥：01436784 號

中華民國七十九年 十 月三十一日初版

Ming Wen Book Co., Ltd.

7F No. 49, 1 Sec., Chungking South Road.

Taipei, Taiwan, R. O. C.

# 作者原序

本書原係應李昂·那泊夫教授之建議為1971年莫斯科所舉行之上部地函研討會所寫之評論文章，其後再加以擴大討論範圍而成。原書撰寫之目的是以廣義之角度剖析板塊構造假說。值此地球科學界紛紛企圖利用該假說以証實個人推論之際，實俱特別意義。讀者若能接受板塊構造學祇是一種實用之假說，則不難由書中透過邏輯之推論，了解板塊構造學之基本觀念與及相關之應用。而本書之重點則在說明應用此假說詮釋多種地球現象時所受到之限制條件。至於板塊動力學及其運動之源由，則不在討論之列，蓋吾人對上述問題尚無圓滿之解答。其主要困難仍在於剛性之岩石圈有效地阻礙了吾人對軟流圈之了解。

板塊構造學創立後之最初五年內，地球科學界已發表了數以萬計之論文，本書無意就各類文獻作詳盡之評論，因此就1972年初以前之文獻中，選擇了600篇論文及專著加以討論，大部份所選出之論文若非有其重要性，即或代表當前研究之潮流，惟掛一漏萬之處恐仍在所難免。其次目前吾人尚無法以板塊構造假說充分地應用在地球科學之每一領域，因此討論之內容則難免有所偏頗，例如很可能對作者熟習之領域如海洋地球物理著墨較多，尚請讀者見諒。

本書在第一章之簡介後，第二章為板塊運動學下定義，第三章敘述地球上層之流變層理，並為岩石圈與軟流圈定義，第四章討論平面及球面上之瞬時相對運動與定動，第五章作者討論“絕對運動”，亦即以板塊外之參考座標來研究板塊之運動，第六章與第七章分別介紹增長性板塊邊界以及消滅性板塊邊界之演化情形。

本書除由二位作者（拉比尚與法蘭薛度）合作撰寫之外，第三位作者（邦寧）主要撰寫第七章並對其他章

節之架構，提供寶貴意見。其次麥坎茲，所提出許多有關問題，均為本書討論之重點，特別李氏有關分析之解答十分易於討論，此外作者尚應感謝摩根對首四章之內容之建議。許多同僚亦在同時對本書提供了相當有意義之建議，特別是布隆、甘、哥倫布、蘭貝克、勒葉埃、李保翠、麥坎茲、李約翰、瑞色瑪、提埃力爾及魏爾等協助計算方面之工作；蘭貝克撰寫第四章之一部分。當然作者尚需感謝波塔與查琛小姐協助手稿之謄謄與打字，卡眩與孟提之繪圖以及瑞色瑪為鼓勵作者所出版本書所作之努力。

# 目 錄

第一章 緒論 .....	1
第二章 定義 .....	5
第一節 結果 .....	5
第二節 限制 .....	7
第三章 地函之流變層理 .....	9
第一節 岩石圈 .....	9
一、概說 .....	9
二、定義 .....	9
三、厚度 .....	11
(一) 洋性岩石圈之熱性構造 .....	11
(二) 熱構造之地形特徵 .....	13
(三) 岩石圈之彈性 .....	13
(四) 低速區之深度 .....	15
(五) 洋性岩石圈與陸性岩石圈之比較 .....	17
四、機械特性 .....	18
第二節 軟流圈 .....	19
一、定義 .....	19
二、構造與厚度 .....	19
三、機械性質 .....	20
四、長波重力異常與上部地函 .....	21
第三節 岩石圈為應力指標 .....	22
第四節 驅動機制 .....	23
第四章 相對運動學 .....	25
第一節 引言 .....	25
第二節 瞬時移動 .....	26
一、平面地球上之移動 .....	26
(一) 三交點 .....	32
(二) 板塊相對運動之改變 .....	34
二、球面地球上之瞬時移動 .....	35

(一) 三交點 .....	39
第三節 定動運動學 .....	43
一、概說 .....	43
二、定旋理論 .....	45
三、三交點之演化過程 .....	50
第四節 瞬時移動量之量測 .....	51
一、相對速度測量法 .....	53
(一) 凡恩—麥修斯法 .....	53
(二) 地形法 .....	63
(三) 布隆法 .....	70
(四) 大地測量法 .....	73
(五) 沉降區長度法 .....	82
二、相對運動方向測求法 .....	84
(一) 轉形斷層法 .....	84
(二) 斷層面解法 .....	87
三、板塊間相對瞬時角速度之計算與誤差 估求 .....	95
(一) 概說 .....	95
(二) 角速度 .....	97
(三) 角速度之誤差 .....	102
第五節 現行地球運動模式 .....	105
一、六板塊模式：限制 .....	105
二、現有資料 .....	108
(一) 環太平洋區板塊邊界 .....	109
(二) 極地、大西洋及印度板塊之邊界 .....	120
(三) 阿爾卑斯—喜馬拉雅消滅區 .....	123
三、十二板塊模式 .....	125
四、紅海與東非地區運動模式之再檢討 .....	126
第六節 定動之量測 .....	137
一、古增長性板塊邊界之湊配 .....	137
(一) 磁力異常與陸塊邊緣 .....	138

(二) 磁極移動路經 .....	143
(三) 古相對位移之導求 .....	144
(四) 過去之板塊邊界 .....	150
二、古轉形斷層之應用 .....	154
(一) 單一古轉形斷層 .....	154
(二) 多個古轉形斷層 .....	154
(三) 計算方法 .....	160
三、運動形態之訂定 .....	162
(一) 陸緣斷裂海嶺 .....	163
(二) 拓樸學上之推論 .....	163
(三) 熱點與相對運動 .....	165
第五章 對板塊以外座標系之相對運動 .....	167
第一節 引言 .....	167
第二節 參考座標系 .....	169
第三節 絕對運動之訂定 .....	177
一、古磁極之訂定 .....	177
(一) 古磁極 .....	177
(二) 訂定方法之困難 .....	179
二、海洋中之古地磁 .....	181
(一) 海山法 .....	183
(二) 跨越柱狀構造磁力異常剖面之研究 .....	189
(三) 兩維磁力異常測勘之研究 .....	198
第四節 古地磁資料之整合 .....	199
第六章 增長性板塊邊界之演化過程 .....	205
第一節 引言 .....	205
第二節 洋性岩石圈之產生與演進 .....	207
一、模式 .....	207
二、物理參數之選擇 .....	218
三、熱流量分布與地形之配合 .....	223
四、較複雜之板塊模式 .....	228
第三節 海洋地殼之產生 .....	230



一、概說 .....	230
二、洋性地殼之震波構造 .....	231
(一) 平均構造 .....	231
(二) 沉積層 .....	234
(三) 基層 .....	235
(四) 洋性層 .....	237
(五) 莫霍不連續面 .....	241
三、地殼之組成 .....	246
(一) 中洋脊 .....	246
(二) 冰島 .....	249
(三) 岩石圈之化性分區 .....	250
四、板塊邊界之構造活動 .....	253
(一) 侵入區之寬度 .....	253
(二) 起伏地形之產生：裂谷 .....	257
(三) 地震活動 .....	261
第四節 大陸裂谷 .....	263
一、概說 .....	263
二、萊茵地塹為大陸裂谷之範例 .....	265
第五節 大陸邊緣 .....	269
一、概說 .....	269
二、熱演化 .....	271
三、沉積物與熱潛變之負載 .....	273
四、陸性—洋性地殼之界定 .....	277
第七章 消滅性板塊邊界之演進過程 .....	279
第一節 引言 .....	279
第二節 沉降板塊模式 .....	280
一、概說 .....	280
二、下沉岩石圈之熱力體系 .....	282
(一) 麥氏板塊溫度構造解析法 .....	283
(二) 板塊剪運動產生之熱量 .....	287
(三) 淺層地區相切產生之熱能；邊緣 .....	

聚合作用.....	291
(四) 結論.....	292
第三節 海構、島孤及山脈之構造.....	294
一、概說.....	294
二、地表徵候.....	296
(一) 地形.....	296
(二) 島孤之曲率.....	304
(三) 沉積物.....	308
(四) 地磁.....	315
(五) 重力.....	315
三、深部特徵：地震分佈.....	321
(一) 概說.....	321
(二) 板塊之地震分佈模式.....	323
(三) 被駕疊板塊之幾何形狀.....	325
(四) 逆衝斷層.....	330
(五) 下沉板塊內之應力分布.....	335
四、消滅性板塊邊界後之地表徵候.....	337
(一) 火山深成活動.....	338
(二) 變質作用.....	342
(三) 近消滅性板塊邊界沉積物之 堆積與垂直構造.....	343
(四) 混同型蛇綠岩與高壓／低溫變質 作用.....	346
(五) 消滅性板塊邊界後之板塊增長作 用：邊緣盆地.....	348
第四節 陸性板塊之消滅作用.....	352
第五節 板塊構造學與地質學.....	361
附錄.....	373
參考文獻.....	375
中英文名詞對照表及索引.....	397
中英文人名對照表及索引.....	425

# 第一章 緒論

“板塊構造學”係說明地球內部上層運動模式，為一種統一而成功之假說。大部份地球科學所研究之自然現象，均可以該假說作定量預測，使人類得以重新檢視累積之大量地質、地球物理以及地球化學資料與數據，求取更完美之地球演化理論。

板塊構造假說之基本立論乃係根據過去六十年來，不斷之研究與改進而獲得。雖然它綜合了各種假說與理論，如由韋格納 (Wegner; 1912, 1929) 首倡，阿爾干得 (Argend, 1924) 與杜托 (Du Toit, 1937) 修訂之大陸飄移 (Continental Drift) 概念；海斯 (Hess, 1960) 提出之海床擴張論 (Sea-floor Spreading)，以及狄茲 (Dietz, 1961, 1963)、凡恩與麥修斯 (Vine and Mathews; 1963)、摩利與拉羅契利 (Morley and Laroche, 1964)、海斯 (Hess, 1965)、威爾森 (Wilson, 1965a)、凡恩 (Vine, 1966)、匹特曼與海茲勒 (Pitman and Heirtzler, 1966)、希克斯 (Sykes, 1967) 等科學家們進一步之研究結果，但假說本身卻需待地球科學家們，在完全瞭解下列三項觀念，以及其引申之意義與應用方式後，才能在一九六七年至一九六八年間，一連串發表之研究論文中定論。

此三項觀念為：

一 地球上部地函與地殼之主要流變層理為岩石圈與軟流圈，此二種岩層支配了地球內部上層之機械特性。

麥坎茲 (Mckenzie, 1972) 指出：早於一八八九年，費雪 (Fisher) 即曾提出類似型態之構造模式，用以敘述地球之長期機械性質。巴瑞爾 (Barrell, 1941a、b) 使此模式成型，並將彈性特強之表層命名為岩石圈，其下之流層為軟流圈。艾爾沙色 (Elsasser, 1967b)、麥坎茲 (Mckenzie, 1967a) 以及奧利弗與艾薩克斯 (Oliver and

Isacks, 1967) 亦曾各自以不同觀點，探討地球上部之流變層理。

二 絕大部份消耗於地表之機械能係消耗於窄狹之地震帶內，其他剩餘之少部份能量則消耗於造山運動上。

谷登堡與芮希特 (Gutenberg and Richter, 1954) 之論文即曾說明地震與造山活動均集中於數條窄狹之地帶內。由於地震定位準確性之逐漸增高，使地震分佈益形確實，更強調上述事實 (艾薩克斯等, Isacks et al., 1968)

三 地表上剛體之位移應受幾何關係之限制。

平面地表上，位移之幾何限制係由威爾森 (Wilson, 1965a) 首創，而球面地球上之位移幾何限制則係由布拉德等 (Bullard et al., 1965) 提出。

至於其他各種假說，目前已無法追溯其演進成型之發展歷史。故一旦基本理論確立後，各種觀念幾乎於同時、但不同地區之地球科學家們分別提出。當然今日各種論文初稿之廣泛流傳，加速上述各種觀念之散播亦功不可沒。摩根 (Morgan, 1967) 於一九六七年四月在華盛頓舉行之全美地球物理年會中，首先提出板塊假說。麥坎茲與派克 (Mckenzie and Parker, 1967) 除為板塊構造假說訂定較為簡潔之定義外，並利用它解釋環太平洋地震區之震源機制及相關之構造特徵，彼等認為有關板塊運動之幾何問題與三板塊交會處之“三交點”有關。拉比尚 (Le Pichon, 1968) 亦認為板塊構造假說能為地球之運動，提供一種合乎邏輯之模式。此外拉氏運用該假說研究部份地區新生代之演化情形，對古運動學之瞭解亦獲得相當之成就。不過，最重要之論文卻係由艾薩克斯、奧利弗與賽克斯所提出 (Isacks et al., 1968)。該文系統地利用板塊構造假說分析世界各地之構造現象，其次更證實此假說亦能解釋地球上發生之大部份地震現象且不違反觀測所得結果，極可能該篇論文才首度激發起

地質界對板塊構造假說之重視，產生實質上之影響。

摩根 (Morgan, 1968) 稱圓蓋形之剛性岩石圈為“塊” (Block)，麥坎茲與派克 (Mckenzie and Parker 1967) 則稱之為“板塊” (Plate)。若單就板塊相當薄之厚度而言，後者似較為恰當。假說之名稱也變化多端，麥坎茲與派克稱之為“鋪石” (Paving stone)，艾薩克斯等稱它為“新地球構造說” (The New Global Tectonics)，而板塊構造之名稱實際由凡恩與海斯 (Vine and Hess, 1970) 所提出。

由上述板塊構造假說演進簡史之說明可知，雖然圓球表面相對運動之基本立論早已出版，且為大眾所知曉，但地球科學家們卻在耗費相當時日後，才能應用該項觀念。同樣地，威爾森 (Wilson, 1965a) 之“轉形斷層”觀念也無法為地質界所接受，因為一般地質學家只明瞭平面上相對運動之觀念。由此可見板塊構造假說之觀念，直到利用假說所作各種預測，特別在海洋方面得到證實後，才普遍被接受。至於有關海洋之構造以及“中洋脊”之特性，主要係由尤恩 (Ewing and Ewing, 1964) 及海增 (Heezen, 1962) 等海洋學家們之先驅研究工作所得。總之，板塊構造假說係由上世紀末葉，經過各種階段，逐步演進而得。在每一階段內，科學家們似均能根據當時所知自圓其說，惟其主要階段之理論則分別由韋格納 (Wegner, 1912)、海斯 (Hess, 1960, 1962)、凡恩與麥修斯 (Vine and Mathews, 1963)、威爾森 (Wilson, 1965) 及摩根 (Morgan, 1967) 等首創。



## 第二章 定義

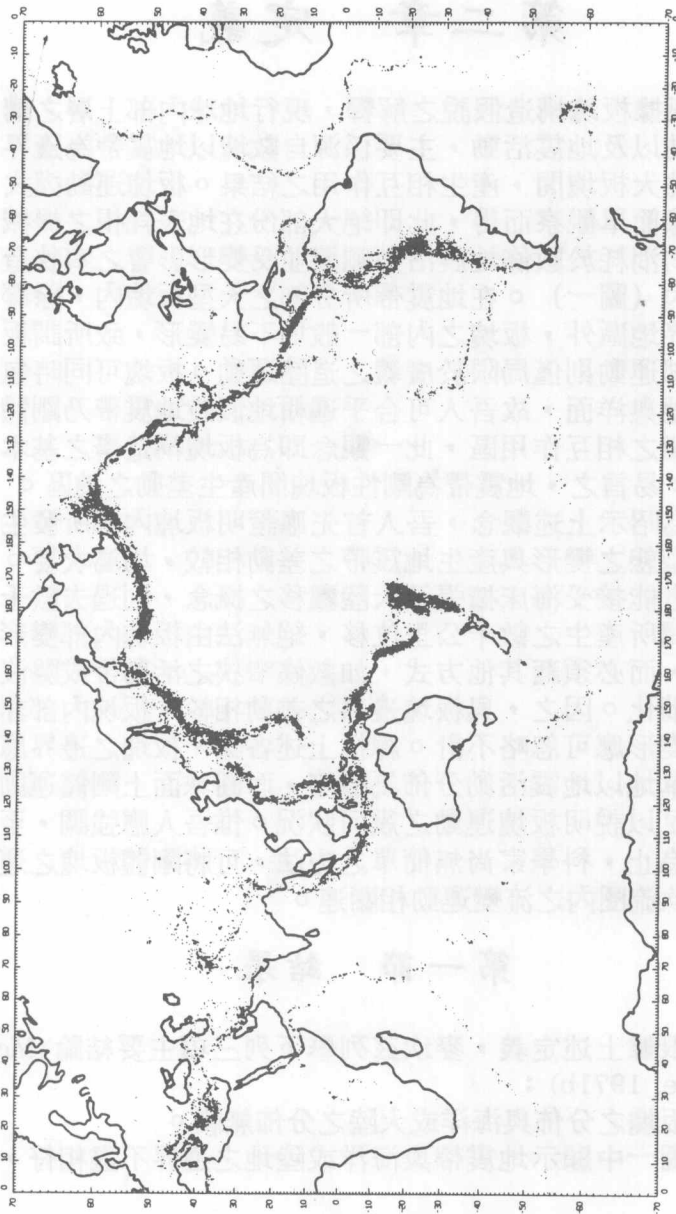
根據板塊構造假說之解釋，現行地球內部上層之構造運動以及地震活動，主要係源自數塊以地震帶為邊界之剛性大板塊間，產生相互作用之結果。板塊運動模式係依據簡單觀察而得，此即絕大部份在地表耗損之機械能，均消耗於數條地震活動頻繁並受變形影響之窄狹造山帶內（圖一）。在地震帶所分割之大型板塊內，除鄰近邊界地區外，板塊之內部一般均不易變形，致所謂板塊內部運動則僅局限於廣義之造陸運動。板塊可同時包括陸地與洋面，故吾人可合乎邏輯地假設地震帶乃剛體板塊間之相互作用區，此一觀念即為板塊構造學之基本前題。易言之，地震帶為剛性板塊間產生差動之地區。

為昭示上述觀念，吾人首先應證明板塊內部所發生任何型態之變形與產生地震帶之差動相較，均屬次要。若讀者能接受海床擴張及大陸飄移之概念，則過去數千萬年間所產生之數千公里位移，絕無法由板塊內部變形吸收，而必須藉其他方式，如數條窄狹之活動帶或隱沒帶所消化。因之，與板塊邊界之差動相較，板塊內部非地震變形應可忽略不計。總括上述各點，板塊之邊界應可簡單地以地震活動分佈為標竿，而圓球面上剛體運動學亦足以說明板塊運動之幾何狀況。惟吾人應強調，至目前為止，科學家尚無簡單之方法，可將剛體板塊之運動與軟流圈內之流變運動相關連。

### 第一節 結果

根據上述定義，麥坎茲列舉下列三項主要結論 (McKenzie, 1971b)：

- 一 板塊之分佈與海洋或大陸之分佈無關。
- 圖一中顯示地震帶與海洋或陸地之邊界不盡相符，



圖一. 地表之地震分佈情形 (取材自巴拉然吉與朵曼, Barazangi and Dorman, 1969)



因此板塊可同時為海洋地殼及大陸地殼所覆蓋。目前，地球上祇有一個主要板塊之表面全部為海洋（太平洋），其他各主要板塊（歐亞板塊除外）均同時擁有大陸表面及海洋表面。至於板塊邊界通過大陸與海洋之唯一重大區別，乃係前者之地震分佈較為分散（參閱圖一）。二 板塊運動學所討論之對象為嵌花狀板塊間之相對運動。若令「參考座標」附於某特定板塊上，則其他所有板塊亦必同在此參考座標系內運動（法蘭薛度與斯雷特 Francheteau and Sclater, 1970）。

目前科學家尚無任何理由可使讀者相信任一板塊邊界應固著於現有之地理座標位置上，故祇能應地質上之需要，精確地測出板塊間之相對運動。

三 板塊相對運動產生之大型位移多沿同一脆弱區發生，故無法以簡單方式表現板塊內之應力與板塊間位移之關係（麥坎茲，Mckenzie, 1969b）。例如造山運動所造成之變形，不能用來作為以該山岳為邊界之板塊間，相對運動方向之指標。上述結論為研究細部構造運動之基本限制。

## 第二節 限制

嚴格說來，上述板塊構造假說僅係為解釋地表現行構造及地震活動，所提供之運動模式。一旦回溯過去之地質活動，失去地震活動指標，即無法辨認過去時段內之板塊邊界形態以及跨越邊界兩端板塊之相互運動方式。此亦即何以板塊構造假說能使地震學之進步最為顯著之原因之一。不過，它既能解釋現行之構造活動，亦當能解釋過去之現象，此時面臨之問題則為可回溯多久？設若在無地震指標之情況下，地質學家仍能辨認以往之板塊邊界及相對運動，至多可能推溯至新生代或中生代