

早期大陸地殼介紹

文．圖 董國安

《三國志演義》卷首名句：「話說天下大勢，分久必合，合久必分」。

我們人類居住的「地球」，誕生至今已有 46 億年的歷史，在這漫長的歲月中，地球的陸地板塊同樣也曾分分合合許多次，目前我們所見地球上海陸分布格局與遠古時代完全不同。但關於地球陸地板塊可移動的論點——「大陸漂移學說」，最早在 1912 年由德國地球科學家韋格納 (Wegner) 所提出，但此學說當時遭受大多數學者激烈的反對，並質疑：堅硬的岩石如何移動？板塊漂移的動力來源為何？推動板塊的巨大力量來自何處？這些問題一直到 1930 年韋格納在格林蘭野外工作中遇難，仍無法得到合理的解釋。直到 1960 年海斯 (Harry Hess) 根據海底地形圖、同位素定年資料、古生物及古地磁研究成果和全球地震分布等證據，提出海底擴張論，「板塊學說」才被越來越多的科學家認同與重視。

地球與太陽系的其他星球一樣，從巨大塵雲中形成到現在已有 46 億年的歷史，通過對岩石學、板塊地質學、古生物學及同位素定年學等多方面研究，約略可將大陸地殼的演化，分為五個階段（圖 1）。

階段一：約 46 至 25 億年前 - 地球初形成階段

這是地球形成的初始階段。最初這座行星還是一團融化的岩石與金屬，鐵和鎳在地球形成的早期大量潛入地球中心聚集，地球本身逐漸固化，由內至外區分為以鐵鎳合金為主的「地核」，以橄欖岩為主的「地函」及以花崗岩、玄武岩為主的「地殼」三部分，地球表面也由岩漿海型態逐漸冷卻凝結成為不穩定和不連續的地殼，形成了初步的地殼和海洋。

階段二：約 25 億年前 - 原始大陸

目前已知最早的聯合大陸，美國地質學家 Evans 博士根據他在北美蘇必略 (Superior) 地區

和南非 Kaapvaal 地區，所測定的古地磁、岩石組合（共同具有綠岩帶）、地質構造、同位素地質年代等資料，提出 SUPVALL 模型，認為在太古代末期北美地塊與南非地塊曾為拼合在一起的聯合大陸，統稱為原始大陸。(Evans et al., *Economic Geology*, 2001)，這也是已知最早的板塊運動。

階段三：約 18 億年前 - 哥倫比亞超大陸 (Columbia Supercontinent)

美國地質學者 Rogers 在研究北美的哥倫比亞和印度東部地區，約 19 至 15 億年前具有相似地化特徵之裂谷型火山岩。因主要的關鍵證據來自北美的哥倫比亞地區，因此 Rogers 等將該超大陸命名為哥倫比亞超大陸。(Rogers, Gondwana research, 2002)

哥倫比亞超大陸主要由三大陸塊群拼合而成，分別稱為 Ur 地塊、Nena 地塊和 Atlantica（大西洋）地塊，其中 Ur 地塊包括印度的大部分、南非的卡拉哈里 (Kalahari)、西澳的皮爾巴拉 (Pilbara)、南極沿岸區和南極的部分地區。這些地區約在 30 億年前時即已聚合，而在 15 億年前，印度的其他地區、南非的津巴布韋和東澳等地區又匯聚到已存在的 Ur 陸塊群中。第二個大陸塊群稱為 Nena 地塊，它是在 25 億年前由北美、西伯利亞和格陵蘭地塊所組成的北極大陸，加上在 20 億年前波羅的地塊拼貼和北美大陸增生而形成的大陸塊群。第三個稱為大西洋陸塊群，它是在約 20 億年前由南美和西非所組成的。上述三個大的陸塊群，在 19 至 15 億年前通過板塊作用而使它們逐步靠攏，形



圖 1. 大陸地殼演化略表（Ma：百萬年前；Ga：十億年前）

成聯而不合的哥倫比亞超大陸（圖 2）。

階段四：約 10 億年前羅迪尼亞超大陸 (Rodinia Supercontinent)

羅迪尼亞 (Rodinia) 一詞源於俄語，為「誕生」之意。賦與新元古時期大陸以羅迪尼亞這一詞，係指羅迪尼亞超大陸是顯生宙所有大陸的始祖，而且羅迪尼亞超大陸邊緣（大陸棚）是最早期動物誕生的搖籃。許多著名的前寒武紀地質學家在 SWEAT 假說（美國西南部與南極東部拼合 South West U.S.-East Antarctic；Morres, *Geology*, 1991）的基礎上，對 Rodinia 超大陸的古地理再造做了大量的研究，其中較有影響的成果當屬 Hoffman (Science, 1991) 及 Condie (Gondwana Research, 2001) 所建立的新元古時期超大陸復原圖（圖 3），該成果被許多文獻引用。在超大陸復原圖中，顯示以勞倫大陸為中心的聚合，東岡瓦納（澳

大利亞、印度和南極）與其相鄰。西伯利亞位於勞倫大陸的一側，而另一側遙相對應的則是波羅的、非洲和南美地塊群。上述早前寒武紀地塊主要以格林威爾時期（13 至 10 億年前）造山帶為縫合標誌。

階段五：約 2 億年前盤古大陸 (Pangaea Supercontinent)

最早在 1912 年地質學家韋格納提出大陸漂移學說時，指盤古大陸是在古生代至中生代期間

（約 2 億年前）形成的那一大片陸地。由岡瓦納大陸與勞亞大陸在奧陶紀時開始匯聚 (Dalziel, *Geology*, 1991)，形成最年輕的一個超大陸（圖 4）。

盤古大陸的周圍是一片汪洋大海，叫做泛大洋 (Panthalassic Ocean)，而在東岸形狀類似喇叭型巨大的海灣，則為古特提斯洋 (Paleo-Tethys Ocean)。在距今 1 億 8 千萬年前，盤古大陸開始分裂，漂移成南北兩大陸塊，南邊為岡瓦那大陸，包括南美洲、非洲、印度、南極洲和澳洲；北邊叫勞亞古陸，包括歐亞大陸和北美大陸。

以後，又經過億年的板塊運動，岡瓦那和勞亞大陸又進一步分裂和漂移，從而形成目前地球所謂七大洲（亞洲、非洲、歐洲、大洋洲、南美洲、北美洲和南極洲）、三大洋（太平洋、大西洋、印度洋）的外貌。



圖 2. 哥倫比亞超大陸復原圖（修改自 Rogers and Santosh, Gondwana research, 2002）

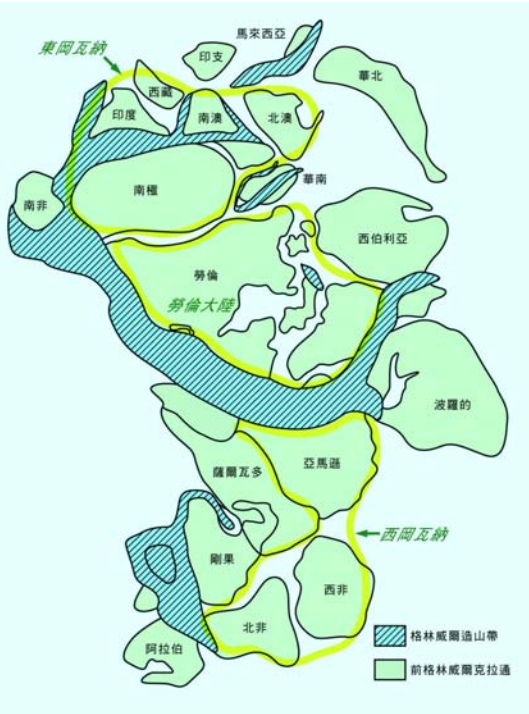


圖 3. 羅迪尼亞超大陸重建模式（修改自 Condie, Gondwana research, 2001）



圖 4. 盤古大陸重建復原圖