

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

華南燕山期大地構造之熱歷史研究(I)

計畫編號：NSC 89-2116-M-002-047

執行計畫期限：89年8月1日至90年8月31日

主持人：陳正宏

執行機構：台灣大學地質學系

E-mail address: chench@ccms.ntu.edu.tw

共同主持人：李寄嶠

E-mail address: cylee@ccms.ntu.edu.tw

一、中文摘要

華南地區在中生代中晚期廣泛發育大型花崗岩帶，可分成侏羅紀的早燕山期及白堊紀的晚燕山期。在空間分布上具有明顯的成帶性和方向性，前者主要以近東西向分布，而後者則呈北東向。本研究第一年先以晚燕山期大地構造熱歷史的演化為重點工作項目。由侵入活動與地體抬升冷卻關係，可將華南沿海地區晚燕山期大地構造演化分為造山期(130-110 Ma)、後造山期(110-99 Ma)及非造山期(94-55 Ma)。本研究證實晚燕山期實為白堊紀華南地區最重要的地質事件，且為獨立的造山運動，而伴隨生成的岩漿活動為影響區域熱歷史最重要的因素。

Abstract

The Yanshanian (Jurassic and Cretaceous) granitoids of South China crop out over an immense area. The temporal and spatial variation of granitoids in South China reveals that the mid- to late-Jurassic (Early Yanshanian 190-140 Ma) rocks are exposed largely in the inland, whereas the early to mid-Cretaceous (Late Yanshanian 130-90 Ma) rocks are restricted to a narrow zone close to the southeastern coast. Ages of intrusive rocks along with tectonic thermal history indicate that syn-orogenic high-Al, low-K gabbroic intrusions (130-110 Ma), post-orogenic high-K calc-alkaline granitic magmatism (110-99 Ma) and anorogenic basaltic volcanism (94-55 Ma) have superimposed on the Cathaysia metamorphic basement. We suggest that such a magmatic evolution was a reflection of mountain building to collapse tectonics in the maritime

Cathaysia. Moreover, the magmatism triggered the thermal event which affected regional thermal evolutionary history.

二、計劃緣由與目的

花崗岩岩漿活動是地殼變動過程的產物，其岩石地球化學特性反映出大地構造環境的生成條件，可作為大地構造演化的指標；而其形成時代與溫度定年學資料則是解讀構造活動與地體抬升的重要依據。華南中生代地質最顯著的特點就是大規模燕山期花崗岩體的分布，但其成因和地質構造意義一直存有很大的爭議。針對燕山期花崗岩岩漿活動進行系統性的地球化學、定年學及熱歷史研究，應是解決爭議的重要關鍵。

筆者過去分別針對晚燕山期及早燕山期花崗岩類進行各三年的基礎地球化學研究，從目前的研究成果來看，兩期花崗岩的形成時代、空間分布規律、岩石組合、地球化學特性均有相當大的差異，顯示大地構造環境在侏羅紀與白堊紀間存有明顯的地質事件。這無疑挑戰了華南中生代地質構造演化傳統的理解。本研究計劃的目的在於利用侵入體的溫度定年學、岩性及熱歷史數值模擬的研究，探討華南沿海地區晚燕山期的地殼變動事件和岩漿演化特點。

三、結果與討論

A、岩漿活動分期

華南沿海地區晚燕山期大地構造演化分為造山期(130-110 Ma)、後造山期(110-99

Ma)及非造山期(94-55 Ma)。華南地區岩石

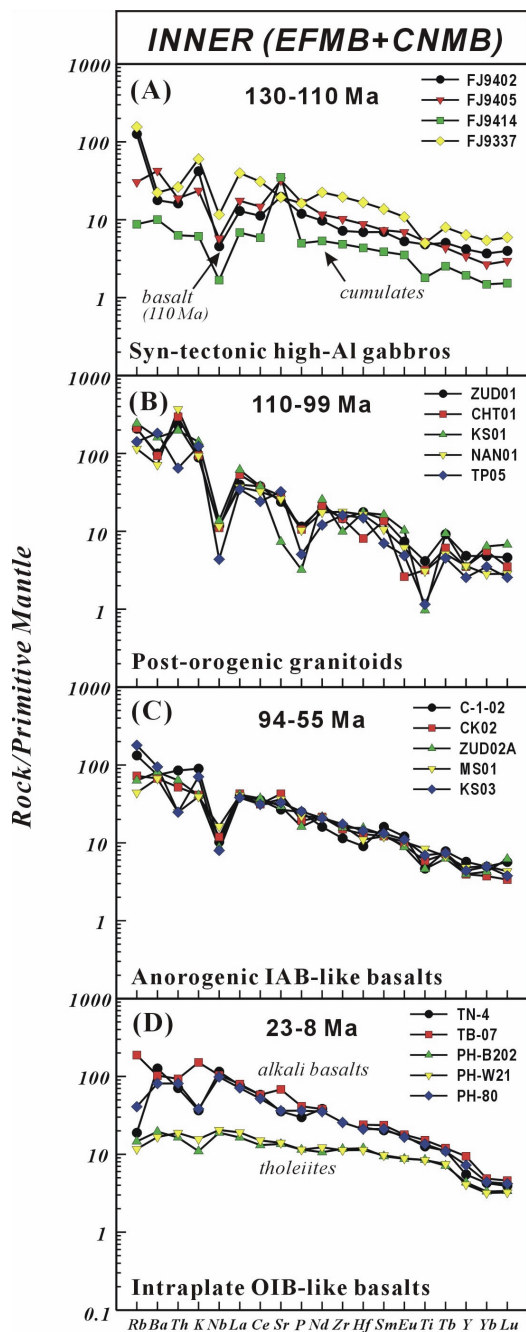


圖 1 晚燕山期至新生代岩漿活動序列

圈自晚侏羅紀張裂型花崗岩及板內玄武岩的薄岩石圈型態，在晚燕山運動中增厚，形成同造山期高鋁岩漿活動（圖 1A），再由後造山期開始因過厚的岩石圈發生下部岩石圈地函的底脫作用(dellamination)，轉變為張裂的初期，屬於高鉀鈣鹼性岩漿活動（圖 1B），岩石圈再持續減薄，使非造山型岩漿活動從似島弧型玄武岩的

地化特徵（圖 1C），演化成似洋島型玄武岩地化特徵（圖 1D）。從後造山期、非造山期至板內張裂型等岩漿活動岩漿的演化，完全符合大陸內部張裂的岩漿活動序列（例如 Basin and Range, Hawkesworth et al., 1995）。

B、華南沿海晚燕山期大地構造之熱歷史

一般而言，最能代表侵入年代的高溫熱定年法為封存溫度最高(大於 700)的鈾鉛法鈾石或獨居石定年，其次為大於 650 的全岩鈉鉍同位素定年法。封存溫度大約 500-550 的角閃石氬氬定年法，由於已接近角閃岩相變質相範圍，對侵入體與變質帶的關係運用上需要更為審慎。可能反映構造抬升的冷卻年代，也可能受到構造帶上侵入體的影響。但對於淺位侵入快速冷卻的岩體，角閃石氬氬法年代非常接近侵入年代。白堊紀長樂南澳變質帶與華南火成岩帶（福建）的各花崗岩體溫度定年學資料，依照封存溫度及年代關係作圖（圖 2），可以看出除了長樂南澳北邊平潭地區年代範圍介於 132-110 Ma 之間外，絕大部份年代都在後造山期岩漿活動的範圍。而且金門或晉江半島的花崗岩與基盤岩，從高溫到中溫的年代資料，多集中在岩漿活動高峰期 110-100 Ma 附近，依冷卻路徑來看都具有快速冷卻的現象，顯示岩漿侵入對圍岩熱歷史記錄影響甚巨。

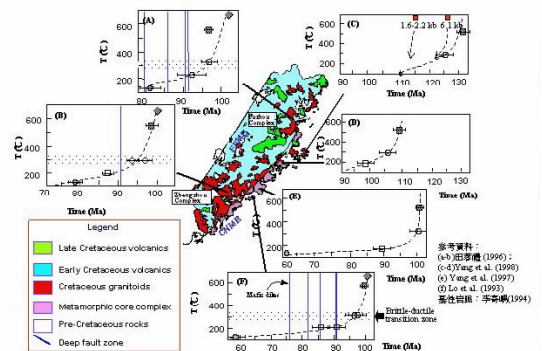


圖 2 晚燕山期福建東部熱歷史演化

C、華南晚燕山期岩漿活動熱歷史數值模擬

根據侵入活動分期及地體熱歷史的資料，可將岩石圈演化的熱歷史進行數值模擬的工作，進一步探討高鉀鈣鹼性岩漿的形成環境，以及鹼性A型花崗岩可能的成因。若岩石圈在110 Ma因底脫作用而減薄成100公里厚，並在90 Ma減薄至90公里厚，則軟流圈逐漸對流上湧的過程，可以產生玄武岩質岩漿(~1100 °C)，底侵至下部地殼的位置。這將是地殼最主要的熱事件來源，並導致大量花崗岩質岩漿的產生。由數值模擬的結果(圖3)證實後造山期大量高鉀鈣鹼性花崗岩岩漿活動，主要因為玄武岩質岩漿的底侵作用使然，並在100 Ma達到高峰。而後雖然溫度仍逐步升高，但岩漿來源區已成為難熔物質為主的環境，因而進入岩漿活動止歇期，直到更高溫度的累積(圖三箭頭所指)，使難熔物質發生部份融熔，形成A型花崗岩類(Chen et al., 2000)。

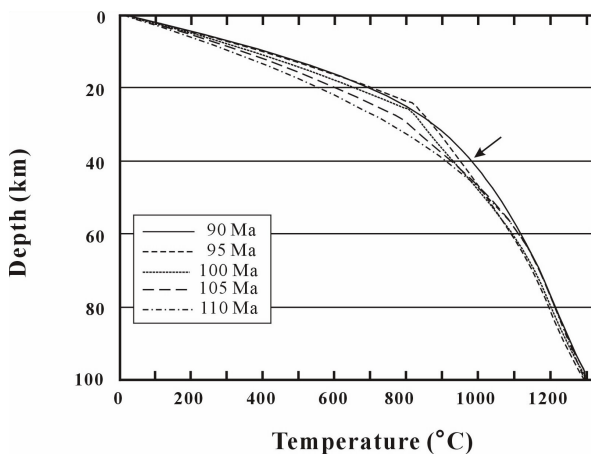


圖3 晚燕山期熱歷史數值模擬結果

綜合本研究的結果可以對華南沿海地區地質演化史有如下的推論：160-165Ma的鉀玄質侵入岩與156Ma的廣東北部和西南部早燕山期的花崗岩類屬於高鉀演化系列，意味著最可能的形成構造背景是區域性的拉張環境。由本研究針對晚燕山期大地構造熱歷史演化，所制約的侵入活動與地體抬升冷卻關係顯示：華南沿海地區晚燕山期大地構造演化分為造山期(130-110 Ma)、後造山期(110-99 Ma)及非造山期

(94-55 Ma)，為白堊紀華南地區發生重要的一期地質事件，代表了一次新的造山運動。其伴隨生成的各期岩漿活動包括：順剪切帶侵入的高鋁輝長岩(造山期)，大規模分布的高鉀鈣鹼性I型花崗岩(後造山期)，以及其後的A型花崗岩與基性岩脈組合成的雙模式侵入活動(非造山期)，乃各階段岩石圈變形，並與軟流圈物質交互作用的產物。對岩體侵位於地殼的各期層位(岩體現今出露的剝蝕面記錄的時間與深度關係)而言，岩漿活動均為影響區域熱歷史最重要的因素。

四、計劃成果自評

由於本計畫的研究工作，在華南沿海地區發現了晚燕山期造山型岩漿活動(林蔚、陳正宏、李寄嶠等, 2001; Chen et al., 2001)，此類高鋁輝長岩的侵入活動過去僅在東太平洋沿岸發現(e.g. Atherton & Petford., 1993)，西太平洋地區為首次報導。配合筆者過去對晚燕山期岩漿活動成因提出的模式(Chen et al., 2000)，完整的建立出晚燕山期岩漿活動從造山至非造山期演化的始末，反映的就是華南東部白堊紀發生造山運動時，地殼變動由增厚至減薄的過程。對岩漿活動如何記錄造山帶演育的相關研究上，將是值得深究的議題(Chen et al., 2001)。

五、參考文獻

- 林蔚、陳正宏、李寄嶠、陳文山(2001) 中國東南沿海晚燕山期造山型岩漿活動。中國地質學會90年年會摘要，第68-70頁。
- Atherton, M. P. and Petford, N. (1993) Generation of sodium-rich magmas from newly underplated basaltic crust. *Nature*, v. 362, p. 144-146.
- Chen, C.-H., Lin, W., Lu, H., Lee, C. Y., Tien, J. L. and Lai, Y. H. (2000) Cretaceous fractionated I-type granitoids and metaluminous A-type granites in SE China: the Late Yanshanian post-orogenic magmatism. In: Special volume of forth Hutton

symposium on the origin of granites and related rocks, Transaction of Royal Society of Edinburgh: Earth Science, v. 91 (in press)

- Chen, C-H., Lin, W. and Lee, C.Y. (2001) Geochemical aspects and tectonic implication of late Yanshanian magmatism in SE China (Abs.): Proc. Int'l Symposium. on East Asian Tectonics, Sep. 25-26, Taipei, p.38-39.
- Martin, H., Bonin, B., Capdevila, R., Jahn, B. M., Lameyre, J. and Wang, Y. (1994) The Kuiqi peralkaline granitic complex (SE China): Petrology and geochemistry. *Journal of Petrology*, vol. 35(4), 983-1015.
- Yang, H. C., Chen, W. S., Lo, C. H., Chen, C. H., Huang, H., Wang, X. & Wang Lee, C. M. (1998) Role of the Nanjih Fault on the exhumation of the Pingtan-Dongshan Metamorphic Belt, SE China. *Journal of the Geological Society of China*, v.41, p. 409-440.