

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(II)

計畫編號：NSC 90-2116-M-002-012

執行計畫期限：90年8月1日至91年7月31日

主持人：陳正宏

執行機構：台灣大學地質科學系

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。本研究第二年以早燕山期大地構造熱歷史為重點工作項目，配合著岩體的地球化學、氬-氬定年結果，希冀由此推論出華南早燕山期之大地構造演化。根據廣東地質誌 (1988)所述，依照岩體的連續性與構造上影響的深斷裂來分，華南早燕山期南嶺花崗岩可大致分為四個東西向岩帶。由地球化學特性來看，廣東省境內不同東西向岩帶的花崗岩表現出相當一致的地球化學特徵；由氬-氬定年結果可知不同岩帶得到的角閃石與黑雲母年齡大致集中在 155-165 Ma 之間，顯示華南地區早燕山期處於一個拉張的地體構造環境，因此在如此短的時間內產生大量的岩漿，進而出露如此大規模的花崗岩體。

Abstract

Granitic intrusions were prevailing in S China during late Mesozoic. They are separated into four Jurassic (Early Yanshanian), E-W trending belts in the Cathaysia interior, and a Cretaceous (Late Yanshanian), NE-SW trending belt in the SE coastal area. This is the second year of a long-term (3-year) project focusing mainly on the geochemistry and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ mineral age dating for granitic rocks in Guangdong, i.e. rocks exposed in one of the major Jurassic E-W belt. Our geochemical results indicate that these rocks, ranging from granodiorite to

granite, mostly belong to the high-K calc-alkaline affinity, with few syenitic rocks falling into the shoshonitic field. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age dating of hornblende, biotite and K-feldspar reveal that they were experienced with extremely rapid cooling histories for large plutons, such as Kuidong and Jiufeng, in the early stage of emplacement of magmas. Therefore, the dating results of higher temperature minerals, 165-155 Ma, can be used to delineate the peak for the Jurassic magmatism in this belt.

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，燕山早期岩漿活動的重要性在於：此造山運動是歐亞大陸邊緣幾個微板塊間的碰撞（印支運動）之後，經過將近二千萬年的間斷，才發生的岩漿活動活躍期，形成了歐亞大陸邊緣於中生代中期最具規模的造山帶；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，應是解決問題的重要關鍵。

吾等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，從晚燕山期大地構造熱歷史演化的研究成果來看，根據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 Ma 之後)，並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。由於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、地球化學特性及熱歷史的研究，探討華南早燕山期的地殼變動事件和岩漿演化特點。

三、結果與討論

A、粵北東西向花崗岩岩帶地球化學特性
利用 $(Na_2O+K_2O)-SiO_2$ 圖來判別岩性，粵北東西向花崗岩有下列特徵：

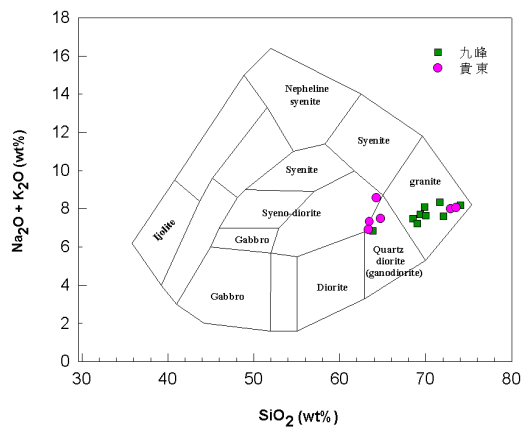


圖 1. 廣東燕山早期花崗岩各東西向岩帶 $SiO_2-Na_2O+K_2O$ 作圖

岩性以花崗閃長岩與花崗岩為主，除了花崗岩類之外在貴東岩帶中還有出露和平正長岩體、佛岡岩帶中還有出露惡雞腦正長岩體。

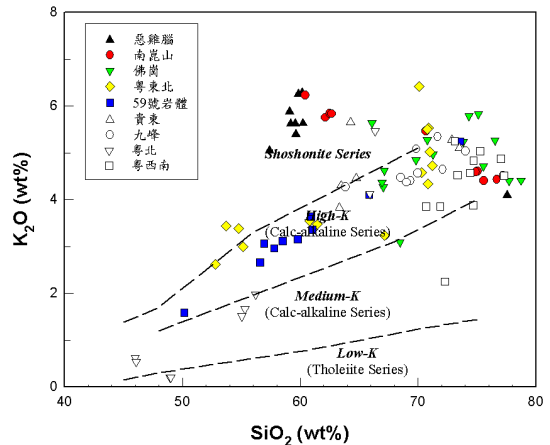


圖 2. 廣東燕山早期花崗岩各東西向岩帶代表性樣品微量元素的 SiO_2-K_2O 作圖

以主要元素 SiO_2 對 K_2O 做圖，即可從圖中判斷出岩體是屬於鉀玄質或高鉀、中鉀、低鉀鈣鹼系列。廣東地區各東西向岩帶大致呈現出主要為高鉀鈣鹼系列至少數鉀玄質系列的趨勢，其中惡雞腦岩體更是呈現出超高鉀的鉀玄質系列 ($SiO_2 \sim 60\%$, $K_2O > 5\%$)。

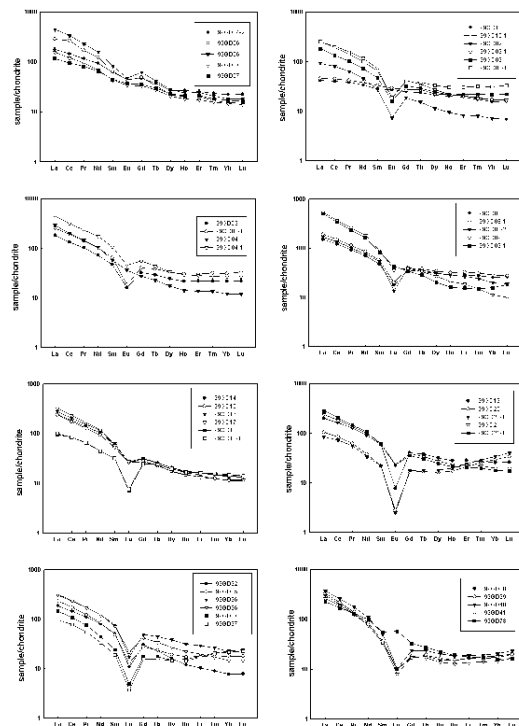


圖 3. 廣東燕山早期花崗岩各東西向岩帶 稀土元素圖

利用稀土元素含量做圖，可以發現經由原始地函值校正之後，華南地區早燕山花崗岩大致呈現出輕稀土元素富集的現象，為一右斜的負斜率趨勢線，並且明顯的發現有銻(Eu)元素的負異常，判斷是受到長石類礦物結晶的影響。

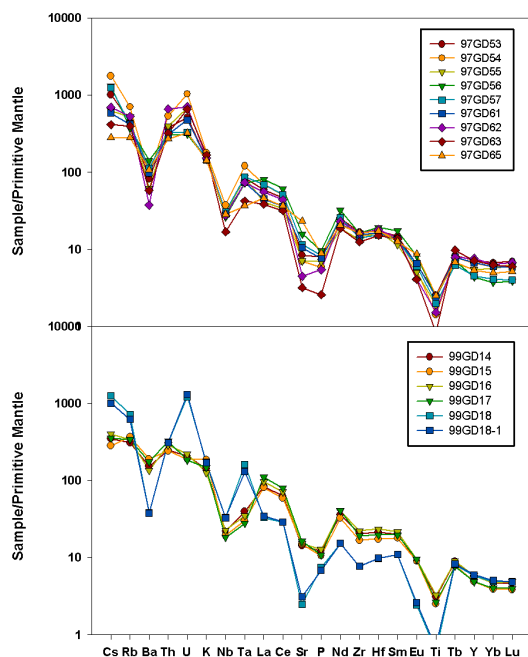


圖 3. 廣東燕山早期花崗岩各東西向岩帶代表性樣品微量元素的原始地幔變化圖

再從利用特定微量元素做成的蛛網圖(Spider diagram)來看，經由原始地函值校正之後，大致上出現明顯的 Ti、P、Sr、Nd 及輕微的 Ba 元素負異常現象。總的來說，廣東省近東西向的花崗岩體大體上表現出一致的地球化學特性。

B、華南早燕山期大地構造之熱歷史

一般而言，最能代表侵入岩侵入年代的高溫熱定年法為封存溫度最高(大於 700°C)的鋯石鈾鉛法或獨居石定年，其次為大於 650°C 的全岩鈹同位素定年法；另外封存溫度大約 500-550°C 的角閃石與 300-350°C 的黑雲母氬氫定年法，可能反映構造抬升的冷卻年代。但對於淺位侵入快速冷卻的岩體，角閃石氬氫法年代非常接近侵入年代。本研究挑選了不同岩帶中具代表性的岩石，並分離出其中之礦物進行了氬氫定年分析。結果如下表：

編號	岩體	礦物	年代(Ma)
九峰-諸廣山-油山岩帶			
97GD53	九峰岩體	角閃石	156.3±0.6
		黑雲母	156.8±0.6
		鉀長石	132.6±0.6
97GD54	九峰岩體	黑雲母	158.4±0.6
		鉀長石	132.6±0.6
97GD61	九峰岩體	黑雲母	154.4±0.6
		鉀長石	136.7±0.6
97GD62	九峰岩體	黑雲母	155.0±2.6
		鉀長石	117.6±0.5
大東山-貴東-九連山岩帶			
99GD16	貴東岩體	黑雲母	155.2±1.0
99GD17	貴東岩體	黑雲母	149.8±0.9
連陽-佛岡-新豐江-羅浮墟岩帶			
97GD82	佛岡岩體	黑雲母	146.5±0.6
97GD89	惡雞腦岩體 (正長岩)	角閃石	135.6±0.5
97DJ1-3	閩西南	黑雲母	158.1±0.7
HK-28	桂東南 花山岩體	角閃石	161.6±0.9
		黑雲母	153.8±0.9
HK-61	桂東南 花山岩體	角閃石	160.9±0.9
		黑雲母	161.2±0.9
HK-65	桂東南 花山岩體	角閃石	163.2±0.9
		黑雲母	160.0±0.9
新興-鶴山岩帶			
97GD18	新興岩體	黑雲母	156.7±0.6
97GD19	新興岩體	黑雲母	157.7±0.6

表一、華南早燕山期花崗岩之定年結果

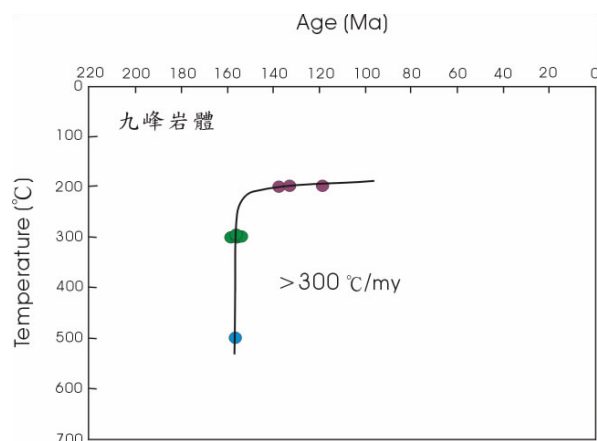


圖 3. 廣東九峰岩體冷卻速率示意圖

經由表一的年代資料可以歸納出幾點：

1. 封存溫度約 500-550°C 的角閃石與封存溫度約 350-300°C 的黑雲母，兩種礦物的氬-氫年齡相當接近，顯示本地區岩漿為淺位侵入，才導致不同封存溫度的兩種礦物快速冷卻，冷卻速率推測大於

300°C，故記錄了相當接近的時間，也因此可以推測岩漿侵入的時間也相距不遠。

2. 從上述定年資料可以將本地區燕山早期的岩漿活動時間侷限在 155-165Ma 內，未來若是可以獲得更高溫度的鋯石或是獨居石定年結果，即可更進一步將釐清華南大規模岩漿活動的時間。
3. 研究中並針對佛岡岩體中之惡雞腦岩體進行氫-氫定年分析。惡雞腦岩體為一霞石正長岩體，屬於鉀玄質系列，從地球化學特性及趨近於零的 $\epsilon Nd(t)$ 值: -0.66~ -1.6(包等人, 2000)，顯示其源區物質可能為上部地函部分熔融並混有部分地殼成分，也指示處於一強烈拉張的環境。此出露在佛岡花岡岩體中的正長岩體在年齡上(135Ma)明顯晚於圍岩，兩者之間的關係對於未來解釋岩漿演化的模式也具重要的影響。

如此的地體構造環境不僅是在四個東西向岩帶主要分佈的廣東顯現出來，近期范春方等人(2000)對贛南陂頭 A 型花崗岩，以及陳志剛等人(2002)對江西南部全南正長岩的地球化學特徵及成因均有見解，都反映出該地區在同時代也是處於拉張的構造背景。因此整個南嶺從贛南一直到粵北的部分，都表現出在燕山早期有著相似的岩漿活動與地體構造環境。

四、計劃成果自評

本計畫現階段的研究成果具有的潛在意義：華南地區早燕山期處於一個拉張的地體構造環境，在很短的時間內產生了大量的岩漿活動，形成了如此廣泛面積的花崗岩體出露。是什麼樣的機制提供如此大量的熱源，又是如何的岩漿演化造就了華南地區不同組合的早燕山期岩石序列？這些都是未來積極著手解決與探索的目標。

本研究計劃持續進行的工作有：1.礦物化學成份的電子微探分析，將著重於地質壓力計一角閃石上，作為岩漿侵位深度的指標；2.代表性岩石的微量元素 ICP-MS 分析；3.代表性岩石的 Sr-Nd 同位素分析；4.礦物 $^{39}Ar/^{40}Ar$ 定年。這些分析將提

供我們更全面、更可靠的資料，對於將來提出一個完善、合理的模式來重建華南燕山早期的大地構造環境與熱歷史有著莫大的助益。

五、參考文獻

- 廣東省地質礦產局(1988)廣東省區域地質志，地質出版社，821-825.
- 李獻華、周漢文、劉穎、李寄嶠、孫敏、陳正宏(1999)桂東南鉀玄質岩侵入岩帶及其岩石學和地球化學特徵。科學通報，44 卷，第 18 期，1992-1998.
- 范春方、陳培榮(2000)贛南陂頭 A 型花崗岩的地質地球化學特徵及其形成的構造環境。地球化學，29 卷，第 4 期，358-366.
- 包志偉、趙振華、熊小林(2000)廣東惡雞腦鹼性正長岩的地球化學及其地球動力學意義。地球化學。29 卷，第 5 期，462-468.
- 陳志剛、李獻華、李武顯(2002)全南正長岩的地球化學特徵及成因。地質論評，48 卷(增刊)，77-83.
- Chen J.F. and Jahn B.M. (1996) Crustal evolution of southeastern China: evidence from Sr, Nd and Pb isotopic compositions of granitoids and sedimentary rocks. *Tectonophysics*, 284, 101-133.
- Gilder S.A. Gill J. and Coe R.S. (1986) Isotopic and paleomagnetic constraints on the Mesozoic tectonic evolution of south China. *J. Geophys. Res.*, 101(B7), 16137-16154.
- Jahn, B.M., (1990) Formation and tectonic evolution of southeastern China and Taiwan: Isotopic and geochemical constraints. *Tectonophysics*, 183: 145-160.
- Li H.X. (2000) Cretaceous magmatism and lithosphere extension in Southeast China. *J. Asian Earth Sci.*, 18: 293-305.