

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

華南中生代雙模式火成活動之成因及其大地構造意義(II)

計畫編號：NSC 88-2116-M-002-002

執行計畫期限：87年8月1日至88年7月31日

主持人：李寄嶠

執行機構：台灣大學地質學系

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

共同主持人：

E-mail address:

### 一、中文摘要

大陸東南火山帶為環太平洋火山帶的一個重要組成部分，廣泛分布著中生代火山岩（或稱為燕山期火山岩）。就體積而言，基性岩類只佔了約5%，其餘為中、酸性火山岩；而雙模式岩漿組合則零星分布於浙、閩、贛、湘等地區，時代涵蓋侏羅紀至白堊紀。本文擬藉由對福建永泰地區雙模式火山岩之研究，探討其在大陸東南地區燕山晚期大地構造演化上之意義。

福建地區中生代火山活動大致上可分為三期：(1)早期火山岩（時代為晚三疊紀至早侏羅紀）由中性、中基性火山岩為主，零星分布於閩北及閩西南斷陷盆地及山間盆地內；(2)中期火山岩（時代為晚侏羅紀）為浙閩粵火山活動帶之主體，廣泛分布在政和一大埔深斷裂帶以東，以酸性火山碎屑岩為主。(3)晚期火山岩（時代為早白堊紀至晚白堊紀）亦分布在政和一大埔深斷裂帶以東，多成大面積盆地展布，以酸性流紋岩及碎屑岩佔絕大多數，而雙模式火山岩則零星出露於盆地底部。

全岩地球化學分析結果顯示，福建永泰地區雙模式火山岩之基性端員為玄武岩—玄武安山岩( $\text{SiO}_2=48.17-53.45\%$ )，且均屬於高鉀鈣鹼系列；而酸性端員為粗面岩—流紋岩， $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}=6.66\sim 11.36\%$ ，屬於高鉀向鉀玄岩系列過渡。一般而言，兩種端員均具有親岩漿性元素富集與Nb, Ta負異常；但是酸性端員更呈現明顯之Ba, Sr, Eu, P及Ti虧損，反映出長石礦物大量結晶分異的演化過程，此一現象與沿海地區之A型花崗岩(福建魁岐岩體91Ma; 浙江青田岩體108Ma)頗為相似。

綜合野外產狀、區域構造特徵及地球化學資料，我們認為福建永泰地區雙模式

火山岩可能為張裂型大地構造環境下的岩漿活動產物。配合對鄰近地區相關岩類的系統性定年資料，顯示大陸東南地區燕山晚期張裂活動開始的時間，應早於110Ma，而到了90—80Ma之間本地區之張裂作用進入最高峰。

關鍵詞：雙模式火山岩， $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 定年，張裂活動

### Abstract

Among North China Block, Indochina Block and Pacific plate, the greatest magmatic belts of Western Pacific are distributed in Huanan. These belts are formed after Indochina orogeny and collisions of North China and South China Blocks. Except the voluminous intrusives, the Mesozoic volcanics (or Yanshanian volcanics) are also widespread in this area. Generally, the basic parts are only 5% of the total volume, the others are the mediate and acidic volcanics. The Jurassic and Cretaceous bimodal magmatic suites are scatteredly distributed in Zhejiang, Fujian, Jiangxi, Hunan and Guangdong provinces.

The Mesozoic volcanism of Fujian Province can be divided into three episodes. (1) Early episode (Late Triassic—Early Jurassic sequence) consist of basic to mediate volcanics which are scatteredly distributed in north and southwest Fujian; (2) Middle episode (Late Jurassic sequence) consist predominantly of acidic pyroclastic rocks which are exposed pervasively in the east side of the Zihe—Dapu deep fault zone and are the main body of the Zhejiang—Fujian—Guandong volcanic belt; (3) Late

episode (Early Cretaceous sequence) are also exposed in the east side of the Zihe—Dapu deep fault zone and consist of bimodal basalt-rhyolite series (Fong et al., 1991). However, according to  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  ages, the Late episode volcanism are distributed between 90-80Ma.

Late Cretaceous bimodal basalt-rhyolite series mainly crop out in the Yongtai basin, middle eastern Fujian. The mafic member consist of basalt/ basaltic andesite ( $\text{SiO}_2 \approx 48.17-53.45\%$ ), and belong to the high K cala-alkaline series. Similar to Cretaceous A-type granites from the nearby region, the felsic member shows high K to Shoshonitic nature [ $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O} \approx 6.66-11.36\%$ ]. Generally, both members show enrichment in the incompatible trace elements and depletion in Nb and Ta. But the felsic member is characterized by the significant depletion of Ba, Sr, Eu, P and Ti which reflect the process of feldspar fractionation.

From a series of studies of the Late Yanshanian granitoids in Zhejiang-Fujian areas since three years ago, the geochemical results show that some rock units have the characteristics of extension-type granite. This seems to imply the tectonic style of SE China has been changed from compression to extension since late Cretaceous. Therefore the studies of Mesozoic bimodal volcanism in the Zhejiang—Fujian province shows that the extensional activity of SE China may be earlier than 110 Ma and the climax of rifting is reached after 90Ma.

Keywords: bimodal volcanism,  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  ages, extensional activity

## 二、計畫緣由與目的

本研究著眼於大陸福建永泰地區之燕山晚期雙模式火山岩，利用地球化學及定年學的資料，討論本地區雙模式火山岩岩漿成份與源區性質的演化，並配合過去對花崗質侵入岩的研究，綜合分析探討華南地區燕山運動的框架以及中生代大地

構造的演化。

## 三、結果與討論

### (1) 福建永泰地區晚白堊紀雙模式火山岩之野外產狀、層序

研究區域於閩東火山噴發帶中段，戴雲山巨型環狀火山構造的中部。中生代以來，尤其是晚侏羅世至白堊紀曾有多次火山活動，全區 90% 以上面積出露火山岩，它們總體呈北東向帶狀展布。白堊紀火山岩，呈串珠狀火山構造窪地疊置在晚侏羅世火山岩之上，兩者分布格局截然不同。

在巨環西北面，前寒武記地層構成南圓組的構造窗。同時還有上古界—三疊記地層出露。巨環周邊有燕山期花崗岩類侵入。研究區值福安—南靖北東向深大斷裂、閩江口—永定北東東向大斷裂及浦城—嵩口大斷裂交匯處。福安—南靖東北向斷裂，為長期活動的繼承性斷裂，它不僅約制了基底構造格局，也控制中生代火山活動，主宰閩東火山噴發帶的規模和範圍。閩江口—永定斷裂則主要控制白堊紀火山噴發帶（馮宗熾等，1991）。

時代	地層	前人研究 (馮等 1991)	標本編號	
K2	(石牛山群)	IV	$91 \pm 5\text{Ma}$ (Rb/Sr)	
	K1	(石帽山群)		$100.3\text{Ma}$ (K-Ar)
		上組	III	$104.1\text{Ma}$ (K-Ar)
		中組第三段	II	$106.8\text{Ma}$ (K-Ar)
		中組第二段	II	
		中組第一段	II	
	下組	I	$113.2\text{Ma}$ (K-Ar)	
J3	小溪組	JX	$142\text{Ma}$ (Rb/Sr)	
	南園組	J3n	$147.5 \pm 6$ $\sim 151 \pm 15\text{Ma}$ (Rb/Sr)	
	長林組	J3c		

表一、福建永泰地區晚中生代火山活動之地層記錄

石帽山群的分布受永泰北東東向斷陷盆地制約，疊置在南園組、小溪組之上，分下、中、上三個三個沈積—噴發旋回。下、中旋回係沈積岩—基性熔岩—酸性火山岩的三結構組合，火山岩為雙峰式。而上旋回為沈積岩—酸性火山岩組合；石牛山組又疊置在石帽山群之上，火山構造洼地成北東東向帶展布格局。岩石組合為流紋質火山岩或英安岩—流紋岩組合，主要呈紫紅色。石帽山群 Rb-Sr 等時線年齡為 104.1Ma, K-Ar 年齡為 113.2—107.9Ma；石牛山組全岩鈷—鋇等時線年齡為 88-91Ma，鉀—氬年齡 77.8—86.7Ma。因此石帽山群屬早白堊世，石牛山組歸晚白堊世，亦可與浙、粵白堊系進行區域對比(馮宗幟等, 1991)。

(2)福建永泰地區晚白堊紀雙模式火山岩之  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  定年結果

編號	地點	岩性	地層	年代(Ma)
YT00-1	風際	Rhyolite	南園組	83.2 ± 0.6
YT02-1	風際	Basalt	石帽山群下組	88.8 ± 0.7
YT12-2	雲山	Rhyolite	石帽山群中組	86.8 ± 0.7
YT17-1	雲山	Rhyolite	石帽山群上組	81.1 ± 0.6

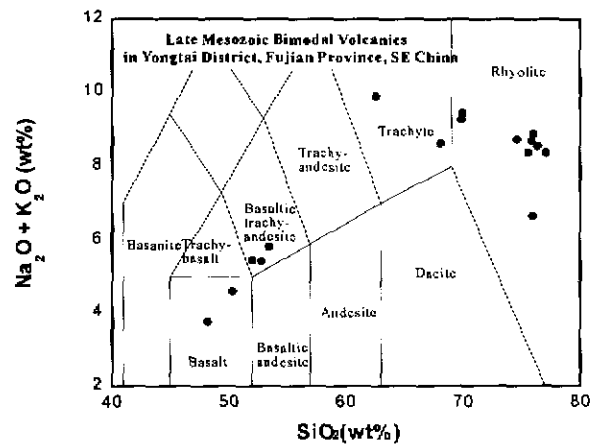
表二、福建永泰地區晚中生代火山岩  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  定年結果

經由目前有系統的  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  定年結果顯示(表二)，福建永泰地區原本劃入早白堊世時代的石帽山群火山岩，其噴發年代幾乎集中在 90—80Ma 之間。此外本研究亦分析了一個南園組的酸性碎屑岩(YT00-1)，所得年代不但遠低於馮宗幟等(1991)所歸納之晚侏羅世，更年輕於不整合於其上之石帽山群下組之玄武岩。關於此異常現象，除了繼續進行該樣品是否有受到後期蝕變作用的探究外，未來更需仔細核實野外產狀及區域構造間的關係，以確認該時代之可信度。綜合兩年來浙閩地區雙模式火山岩之年代學研究，再配合對鄰近地區相關

岩類的系統性定年資料(沿海地區之 A 型花崗岩，福建魁岐岩體 91Ma；浙江青田岩體 90Ma)，顯示大陸東南地區燕山晚期張裂活動開始的時間，應早於 110Ma，而到了 90—80Ma 之間本地區之張裂作用進入最高峰。

(3) 福建永泰地區晚白堊紀雙模式火山岩之地球化學特徵

全岩地球化學分析結果顯示，本地區雙模式火山岩之基性端員為玄武岩—玄武安山岩( $\text{SiO}_2=48.17-53.45\%$ )，且均屬於高鉀鈣鹼系列；而酸性端員為粗面岩—流紋岩， $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}=6.66\sim 11.36\%$ ，屬於高鉀向鉀玄岩系列過渡(圖一)。

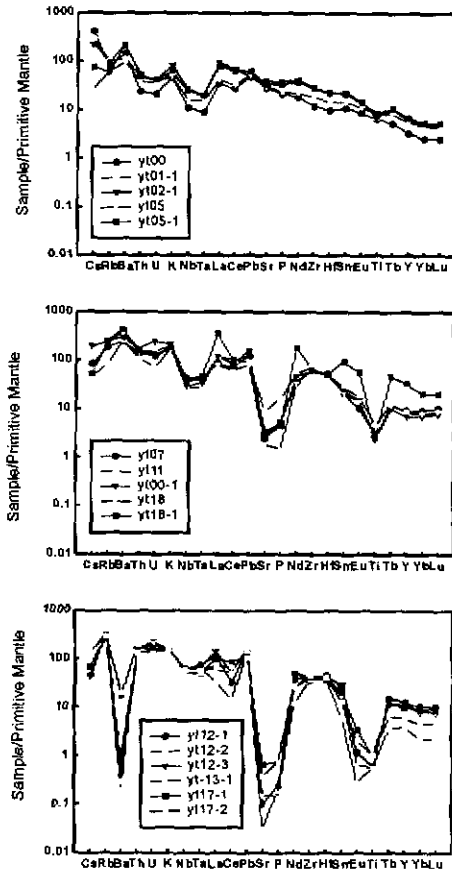


圖一、福建永泰地區晚中生代火山岩  $\text{SiO}_2$  vs  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ ，作圖

一般而言，兩種端員均具有親岩漿性元素富集與 Nb, Ta 負異常；但是酸性端員更呈現明顯之 Ba, Sr, Eu, P 及 Ti 虧損，反映出長石礦物大量結晶分異的演化過程，此一現象與沿海地區之 A 型花崗岩(福建魁岐岩體 91Ma；浙江青田岩體 108Ma)頗為相似。根據本研究之地球化學資料，本地區晚白堊紀雙模式火山岩組合中之玄武岩具有島弧信息的特徵非常明顯，其因可能是由於大部分岩漿來自岩石圈地函與下部地殼物質的部分融熔，源區地化性

質可能長期受到隱沒帶的改造，因此即使大地構造環境已經不同於島弧環境，但是生成的岩漿仍會具有類似島弧的性質（圖二）。

圖二、福建永泰地區晚中生代火山岩蛛網圖



此一現象在北美盆嶺地區亦獲印證 (Hawkesworth et al., 1995)。從中生代晚期至新生代的岩漿活動顯示，此一地區岩石圈演化是一個後造山型至非造山型的張裂減薄過程。從浙閩地區的地質資料顯示，侏羅紀至白堊紀在中國東南地區雖然普遍呈現張裂的大地構造環境，但是其淺部地殼同時也顯示在白堊紀曾經快速的上隆，可能導因於此區之下部岩石圈地函的脫落。岩石圈減薄的過程中，除了大規模劇烈的岩漿活動外，大地構造拉張的環境使得淺部地殼廣大區域發育了無數的張裂盆地（在隆升的地塊中多屬於山間盆地），經過長期的張裂作

用，新生代此區的地勢已逐漸低緩（甚至開始形成邊緣海），就此一時期的岩漿活動之特性而言，多為板塊內部玄武岩，已無島弧特徵，顯示岩石圈厚度減至相當的程度，開始有直接來自於軟流圈物質的部分融熔，因而產生具有板內特徵的岩漿活動（李寄嶠，1994；林蔚等人，1995；陳正宏等人，1997；Lee et al., 1998a；Lee et al., 1998b）。

#### 四、計畫成果自評

由於大陸尚屬於開發中國家，過去三十年的地質工作，主要是以找礦為目標的經濟地質思路。中生代火山岩儘管遍佈大陸東南地區，但是一直未受到重視，系統性的定年及地球化學工作均付之闕如。本研究為三年計劃的第二年，經由初步的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 定年結果顯示，勢必會將過去大陸地質工作者所建立的火山地層層序，有一革命性的更新，即浙閩地區中生代早晚二期火山活動的時代可能會由晚侏羅紀至晚白堊紀，向上修正為中白堊紀至晚白堊紀。如此將使吾等對於大陸東南地區燕山期大地構造演化史有新的詮釋。

#### 五、參考文獻

- Chen, C.-H., Lee, C.Y., Huang, T.C. and Ting, J.S. (1997) Radiometric ages and petrological and geochemical aspects of some late Cretaceous and Paleogene volcanic rocks beneath the northern offshore of Taiwan: *Petrol. Geol. Taiwan*, no. 31, p.61-88.
- Hawkesworth, C., Turner, S., Gallagher, K., Hunter, A., Bradshaw, T. and Rogers, N. (1995) Calc-alkaline magmatism, lithospheric thinning and extension in the Basin and Range. *Journal of Geophysical Research*, v. 100, B7, 10271-10286.
- Lee, C. Y., Lin, W., Chen, C.-H., Tao, K.Y., Mao, J.R., Lo, C. H. and Chung, S. L., (1998a) Study of late Cretaceous bimodal volcanism from Zhejiang area: Annual Meeting of Geological

- Society of China, p.97.
- Lee, C. Y., Chung, S. L., Lin, W., Lo, C. H. and Chen, C.-H. (1998b) Cretaceous mafic dikes from the coastal region of Fujian, SE China: Geochronology, mineral chemistry and major element composition. (Submitted to J. Asian Earth Sci.: the special issue of Tectonics of East Asia)
- Lin, W., Chen, C.-H. and Lee, C. Y. (1997) Origin of REE-depleted leucogranites in Chinmen Island, SE Fujian: J. Geol. Soc. China, 40(3), 587-606.
- 李寄嶼(1994)澎湖地區玄武岩類與福建地區基性脈岩之定年學與地球化學研究兼論中生代晚期以來中國東南地函之演化。國立台灣大學地質學研究所博士論文，243 頁。
- 林蔚、李寄嶼和陳正宏(1995)金門地區後造山型花崗岩：產狀及岩石化學特性之研究。中國地質學會 83 年年會論文摘要 303-306.
- 邢光福，陶奎元，楊祝良(1993)浙江溫州山門雙峰式火山岩成因探討。岩石學報，第九卷(增刊)，1-13。
- 李坤英，沈加林，王小平(1989)中國浙閩贛地區中生代陸相火山岩同位素年代學。地層學雜誌，13(1)，1-13
- 馮宗幟，齊潤章，黃水興，李進堂，許美輝，鄒永興，吳志勤，王國金，何文興(1991)福建永泰—德化地區火山地質及火山岩含礦性。南京地礦所所刊，增刊第九號，1-100。