

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(I)
計畫編號：NSC 87-2116-M-002-008
執行計畫期限：86 年 8 月 1 日至 87 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。本文擬藉由對浙江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。

浙江地區中生代火山活動可分為早晚二期：(1)早期火山岩（或稱下火山岩系，時代為晚侏羅紀至早白堊紀）由安山岩 - 英安岩 - 流紋岩組成連續的高鉀鈣鹼性系列；(2)晚期火山岩（或稱上火山岩系，時代為晚白堊紀）則往往為不連續的玄武岩及高鉀流紋岩組成的雙峰式系列或者單獨以玄武岩或流紋岩產出。此雙模式火山岩多以夾層形態發育於地塹、半地塹型的斷陷盆地或等軸狀火山窪地內，主要出露於鄞縣玄巖地、天台九里坪及文成山門等地。其中天台九里坪剖面不但涵蓋早晚兩期，其頂部更為新第三紀玄武岩不整合覆蓋，是本區出露最為完整的剖面。經由目前有限之 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 定年結果顯示，上火山岩系之噴發年代約為 108Ma 以後。

全岩地球化學分析結果顯示，浙江地區雙模式火山岩之基性端員為玄武岩 - 玄武安山岩($\text{SiO}_2=43.6 - 55.8\%$)，且由中鉀向鉀玄岩系列(shoshonite)過渡；酸性端員之 SiO_2 含量均大於 70%， $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}=6 - 9\%$ ，屬於高鉀流紋岩。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離的演化過程，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，我們認為浙江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。

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 Zhejiang Province can be divided into two episodes. (1) Early episode (lower volcanic sequence, or Late Jurassic-Early Cretaceous sequence) consist predominantly of high-K calc-alkaline series (andesite-dacite-rhyolite); (2) Late episode (upper volcanic sequence, or Late Cretaceous sequence) are exposed in small fault-bounded basins and consist of bimodal basalt-rhyolite series. According to

$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages, the Late episode (upper volcanic sequence) began at 108Ma.

Late Cretaceous bimodal basalt-rhyolite series mainly crop out in the eastern Zhejiang. The mafic member consist of basalt/ basaltic andesite ($\text{SiO}_2 \cong 43.6-55.8\%$), and belong to the middle K to Shoshonitic suites. Similar to Cretaceous A-type granites from the nearby region, the felsic member shows peralkaline nature [$\text{SiO}_2 > 70\%$, $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} \cong 6-9\%$]. 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 province shows that the extensional activity of SE China may be earlier than 110 Ma..

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

二、計畫緣由與目的

本研究著眼於大陸浙江地區之燕山晚期(即晚白堊紀)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

(a) 浙江地區晚白堊紀雙模式火山岩之野外產狀、層序

雙模式火山岩多以夾層形態發育於地塹、半地塹型的斷陷盆地或等軸狀火山窪地內,主要出露於鄞縣玄壇地、天台九里

坪及文成山門等地。其中天台九里坪剖面不但涵蓋早晚兩期,其頂部更為新第三紀玄武岩不整合覆蓋,是本區出露最為完整的剖面,本區中生代火山活動之地層記錄(表一)。

- (1)文成山門朝川組雙峰式火山岩(編號為 SM-),出露於浙東南溫州文成-瑞安一帶的山門火山構造窪地中,基性端員玄武岩在雙尖山剖面上呈兩層夾層產出,總厚度約 100 米,岩石呈深灰色,致密塊狀,無斑隱晶結構,鏡下可見以拉長石為主的板條狀斜長石微晶定向排列,構成流動構造,全岩 Rb-Sr 等時線年齡為 105.5 ± 9.6 Ma;酸性火山岩則呈巨厚層狀產出,全岩 Rb-Sr 等時線年齡為 101.5 ± 1.3 Ma (邢光福等, 1993)。

時代	地層		標本編號
N	嵛山組		Ns
			SP-, PC-, J103(s)
K2	天台群	赤城山組	Kcc
		兩頭塘組	Kl
			LS- 01(s)
K1	永康群	塘上組	Kt
		朝川組	Kc
		館頭組	Kg
		祝村組	Kz
			SM-02, J105(s) SM03, J106(x) ST-01(s), 04(x)
J3	磨石山群	九里坪組	Jj
		茶灣組	Jc
		西山頭組	Jx
		高鑄組	Jg
		大爽組	Jd
			J104, J102(x) J101(s)

表一、浙江地區中生代火山活動之地層記錄

- (2) 寧波玄壇地館頭組雙峰式火山岩(編號為 ST-),出露於浙東寧波鄞縣玄壇地及奉化亭下等地,以玄壇地剖面為代表。基性端員玄武岩厚 83 米,深灰色致密塊狀,無斑或少斑結構,少量斑晶為橄欖石(大多已伊丁石化),普通輝石和斜長石($\text{An}=60-65$),基質呈間粒或顯微玻基交織結構,全岩 Rb-Sr 等時線年齡為 $110.3 \pm 10\text{Ma}$,奉

化亭下館頭組玄武岩的 K/Ar 等時線年齡為 110.0±3.3Ma；酸性端員流紋岩其全岩 Rb-Sr 等時線年齡為 97.0±4.3Ma-110.3±10Ma (李坤英等, 1989)。

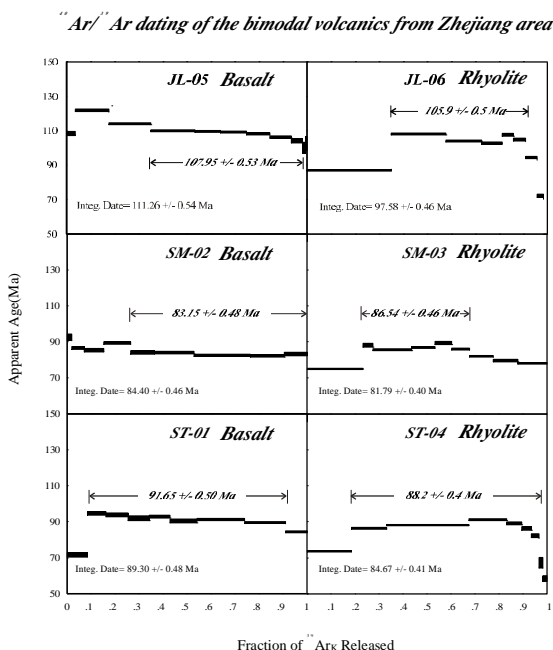
(3) 天台九里坪雙峰式火山岩：

浙江地區中生代火山活動可分為早晚二期，(1)早期火山岩（或稱下火山岩系，時代為晚侏羅紀至早白堊紀）產出的玄武岩相對極少，僅見於天台九里坪晚侏羅西山頭組頂部；(2)晚期火山岩（或稱上火山岩系，時代為晚白堊紀）則往往為不連續的玄武岩及高鉀流紋岩組成的雙峰式系列或者單獨以玄武岩或流紋岩產出。

(b) 浙江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)
ST01	鄞縣玄壘地	Basalt	館頭組	91.3 ± 0.6
ST04	鄞縣玄壘地	Rhyolite	館頭組	88.2 ± 0.4
JL05	天台	Basalt	朝川組	108.0 ± 0.5
JL06	天台	Rhyolite	朝川組	105.9 ± 0.5
SM02	文成山門	Basalt	朝川組	83.5 ± 0.5
SM03	文成山門	Rhyolite	朝川組	86.5 ± 0.5

表二、浙江地區晚中生代火山岩 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 定年結果

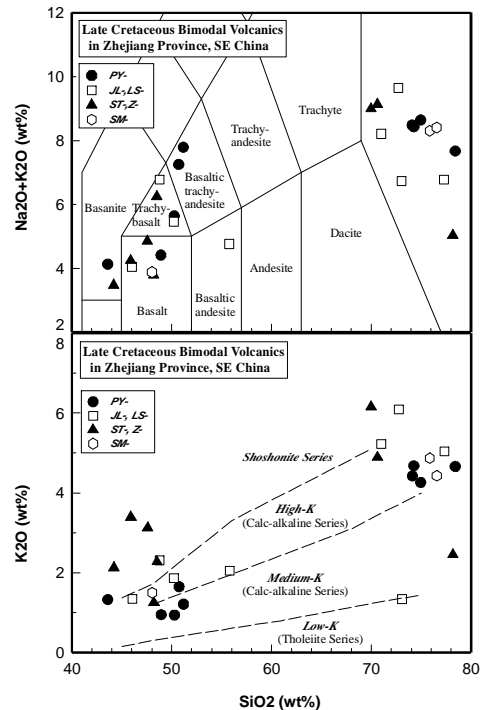


圖一、浙江地區晚中生代火山岩 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 定年結果

經由目前有限之 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 定年結果顯示(表二,圖一),上火山岩系(館頭組與朝川組)之噴發年代約為 108Ma 以後。綜合野外產狀及區域構造特徵,我們認為浙江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(沿海地區之 A 型花崗岩,福建魁岐岩體 91Ma;浙江青田岩體 108Ma),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。

(c) 浙江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,浙江地區雙模式火山岩之基性端員為玄武岩-玄武安山岩($\text{SiO}_2=43.6 - 55.8\%$),且由中鉀向鉀玄岩系列(shoshonite)過渡;酸性端員之 SiO_2 含量均大於 70%, $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}=6 - 9\%$,屬於高鉀流紋岩(圖二)。

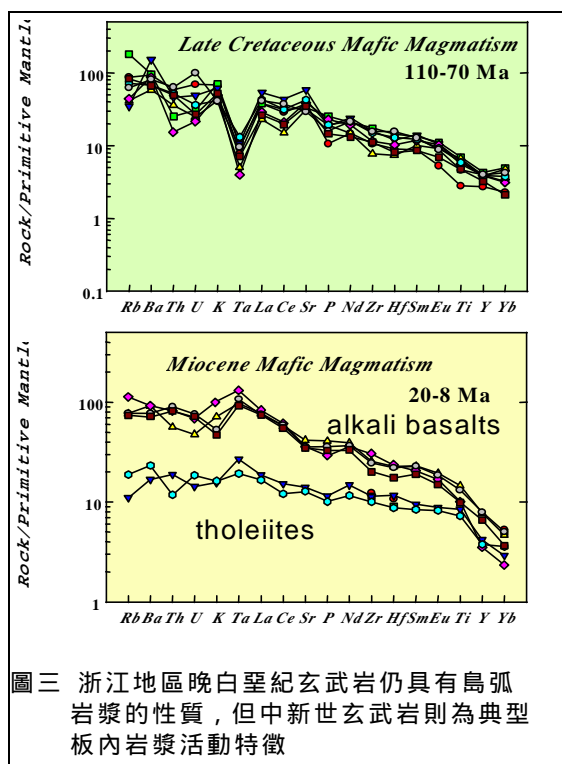


圖二、浙江地區晚中生代火山岩 SiO_2 vs K_2O 與 SiO_2 vs $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$, 作圖

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,浙江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(圖三)。



圖三 浙江地區晚白堊紀玄武岩仍具有島弧岩漿的性質,但中新世玄武岩則為典型板內岩漿活動特徵

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一年,經由初步的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 定年結果顯示(Lee et al., 1998a),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,即浙江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