

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

根据同位素年龄讨论侏罗、白垩纪 火山岩系地层的时代

胡华光 胡世玲 王松山 朱 铭

(中国科学院地质研究所)

前 言

我国东部中生代火山岩系地层非常发育,随着我国科学技术的发展,对广泛分布的火山岩系地层进行了深入的研究。在地层、古生物、岩石、大地构造、同位素地质等方面都已取得了大量资料,为火山岩系地层时代的确定、划分和对比提供了有力的依据,这不仅在理论上具有重大意义,而且有很大实际价值。自 1973 年以来,我们对宁芜、庐枞地区作了系统的年代学工作,并对测定得到的部分年龄数据作过报道^[1,2],同时对长江中下游其它几个火山岩盆地,浙江、福建以及冀北、辽西等地区的中生代火山岩系,进行了剖面观察和年龄测定工作。下面就同位素地质年龄测定和研究,来讨论这套火山岩系地层的时代。

一、测定方法及精度

本文的年龄数据是采用 K-Ar、Rb-Sr 等方法测定,其中以 K-Ar 法数据为主,包括了体积法、稀释法和快中子活化法(即 Ar^{40}/Ar^{39} 法)等三种方法。体积法和稀释法的实验误差一般为 5% 或低于 5%,快中子活化法为 1% 或小于 1%。

K-Ar 法采用的 K^{40} 衰变常数为 $\lambda_e = 0.585 \times 10^{-10}/\text{年}$, $\lambda_\beta = 4.72 \times 10^{-10}/\text{年}$, $K^{40}/K = 1.22 \times 10^{-4}$ 克/克。Rb-Sr 法采用 Rb 的衰变常数: $\lambda_{Rb} = 1.42 \times 10^{-11}/\text{年}$; $Rb^{87} = 27.85\% \cdot Rb$ 。

为进一步检验我们实验室测定的准确度,王松山同志赴澳工作期间,将国内样品带到

表 1 国内外同位素年龄测定对比表

样品号	产地及岩性	样品	国内测定 (百万年)	澳 大 利 亚 测 定		
				稀释法	$Ar^{40}-Ar^{39}$ 法	$Ar^{40}-Ar^{39}$ 等时线
LZ-48	安徽庐江罗河砖桥组黑云母粗安岩	黑云母	124.7±1.7*	127.7±1.2	126.6±0.4	126.5±0.6
NW-37	安徽小丹阳南第一火山喷发旋回粗安岩	黑云母	125.3*	124.1±1.2	126.1±0.4	126.6±0.4
ZB-1	北京周口店花岗闪长岩	黑云母	128.4±0.9**	129.4±1.2	129.4±0.12	
ZB-1	北京周口店花岗闪长岩	角闪石	129.1±5.2**	129.8±2.4	129.5±0.12	

* 体积法测定 ** 稀释法测定

澳大利亚国立大学地球科学院 K-Ar 实验室进行重复测定和外检, 并采用快中子活化法进行测定, 其结果对比见表 1。从表上可以看出, 国内实验室测定结果与澳大利亚实验室测定结果基本上一致。此外, 两个黑云母 (LZ-48, NW-37) 的快中子活化法分析结果表明^[2], 这两个黑云母样没有受到后期热事件或重结晶作用的影响, 放射性氩的保存性很好, 并没有发生后期氩的丢失问题。

二、长江中下游几个主要火山岩盆地的同位素年龄及其对比

长江中下游分布一系列中生代陆相火山岩盆地, 其中段有怀宁、庐枞、滁县、宁芜、繁昌、溧水、溧阳等七个盆地 (图 1), 目前已知具有工业价值的矿床主要分布在庐枞、宁芜和繁昌等三个盆地, 并且已对这三个盆地做了系统的同位素年代学研究。在此就这三个盆地火山岩系地层的时代和对比作进一步的讨论。

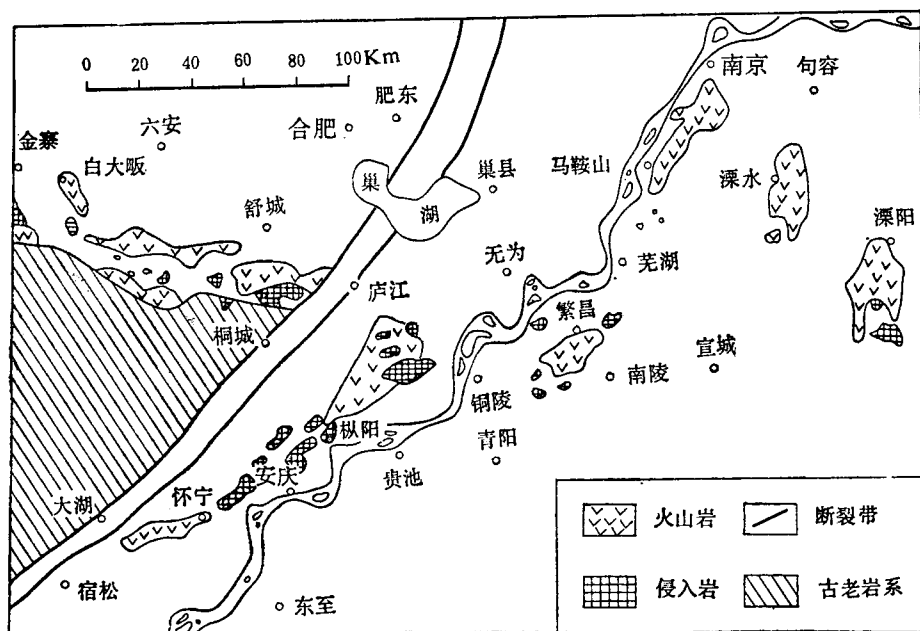


图 1 长江中下游火山岩盆地分布略图

庐枞盆地火山岩系地层共分三个组, 自上而下为浮山组、双庙组和砖桥组, 岩层最大厚度达 4000 多米。近几年来, 我们开展了以 K-Ar 定年为主的同位素年代学的研究, 取得火山岩系年龄 19 个 (包括外单位测定的 4 个)。浮山组为一套粗面质熔岩和火山碎屑岩, 下段的两个样的全岩年龄值为 110.0 和 110.1 百万年, 其单矿物歪长石和黑云母的年龄值分别为 111.0 和 113.4 百万年, 这两个样品的年龄值采用 K-Ar 等时线作图, 可得到浮山组下段的年龄值为 114 ± 6 百万年。上段火山碎屑岩的年龄为 108 ± 3 百万年。双庙组为粗面玄武岩、玄武粗安岩及火山碎屑岩夹少量砂岩、粉砂岩, 龙城山南林场附近双庙组顶部粗安岩的年龄为 115.4 百万年; 罗河矿区钻孔双庙组粗安岩中黑云母的年龄为 121.3 百万年。砖桥组分三个岩性段, 下段为安山岩及火山碎屑岩, 中段为辉石粗安岩夹

火山碎屑岩和粉砂岩, 上段下部为紫红色含砾凝灰质粉砂岩, 上部为黑云母粗安岩。对该黑云母粗安岩, 不少单位作过年龄测定, 平均值为 125 ± 2 百万年。1979 年在澳大利亚用 K-Ar 稀释法测得黑云母 (LZ-48) 的年龄为 127.7 ± 1.2 百万年和用 $\text{Ar}^{40}\text{-Ar}^{39}$ 快中子法在同一样品上获得的坪年龄为 126.6 ± 0.4 百万年 (图 2), 而 $\text{Ar}^{40}/\text{Ar}^{36}\text{-Ar}^{39}/\text{Ar}^{36}$ 等时线年龄为 126.5 ± 0.6 百万年。LZ-48 的快中子法阶段加热的资料有力地表明, 样品在形成以后的历史中没有放射性成因氩的丢失。砖桥组中段粗安岩年龄为 131.3 百万年, 中、下段 K-Ar 等时线年龄为 132 ± 12 百万年。

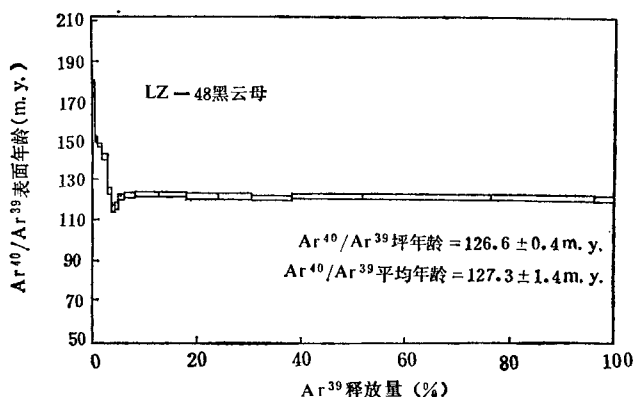


图 2 庐枞火山岩盆地 LZ-48 黑云母 $\text{Ar}^{40}/\text{Ar}^{39}$ 阶段加热年龄谱

(据王松山、麦克杜尔, 1980, 按本文衰变常数换算)

宁芜火山岩盆地与庐枞盆地一样, 中生代以来岩浆活动强烈, 也表现为大面积的中基性至碱性岩浆喷发和侵入。有关地区详细研究业已发表^[1], 我们在该区共测定了 41 块标本, 取得了 46 个 K-Ar 年龄数据。最近, 又补充做了一些火山岩系地层的同位素年龄。第一期火山活动喷发的粗安岩 (NW-37), 在澳大利亚用稀释法测定结果为 124.1 ± 1.2 百万年和快中子活化法测定为 126.1 ± 0.4 百万年 (图 3), 而 $\text{Ar}^{40}/\text{Ar}^{36}\text{-Ar}^{39}/\text{Ar}^{36}$ 等时线年龄为 126.6 ± 0.4 百万年, 与国内测定结果 125.3 百万年基本上一致。快中子阶段加热年

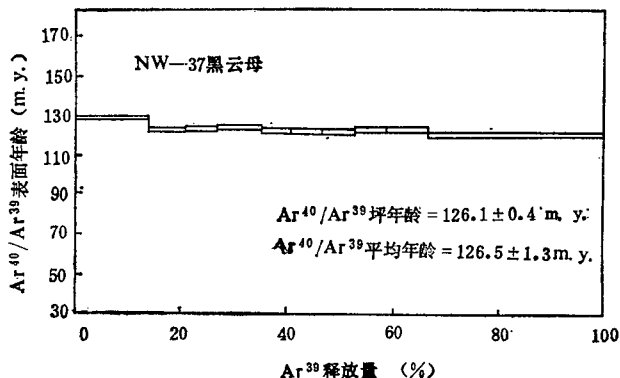


图 3 宁芜火山岩盆地 NW-37 黑云母 $\text{Ar}^{40}/\text{Ar}^{39}$ 阶段加热年龄谱

(据王松山、麦克杜尔, 1980, 按本文衰变常数换算)

龄谱也清楚地表明,该样品同样没有任何有意义的氩丢失。同时,体积法、稀释法与快中子活化法所获得结果的一致性也充分说明这些结果的可靠性。

繁昌盆地火山岩系地层也分三个组,自上而下为蝌蚪山组、赤砂组和中分村组。最后一个火山喷发旋回的蝌蚪山组的黑云母英安岩中黑云母年龄为 115.4 百万年。1979 年中国科技大学 K-Ar 实验室曾在该盆地作了较多的年龄测定,得到中期火山喷发旋回的赤砂组中黑云母的年龄为 138.6 百万年,安山岩年龄为 122—125 百万年。

庐枞、宁芜、繁昌三盆地具有相似的构造条件,均属断陷盆地,是在早、中侏罗世陆相湖盆地基础上发展起来的继承性盆地;岩浆活动性质、顺序都近似;火山喷发的时间也是相近的。宁芜盆地的火山岩年龄范围主要在 126.8—89.7 百万年之间,而庐枞盆地年龄范围是 132—108 百万年,比宁芜盆地稍早。繁昌盆地的赤砂组至蝌蚪山组年龄值为 138—115 百万年,下限还不确定。根据年龄测定结果,庐枞盆地的浮山组和繁昌盆地的蝌蚪山组可能相当于宁芜地区的姑山组或第二期火山活动。庐枞的砖桥组和双庙组大致相当于宁芜地区的第一期火山活动,或略早。

1976 至 1978 年中国科学院南京地质古生物研究所,在宁芜、庐枞地区作了大量的工作¹⁾,发现化石多种,包括叶肢介、介形类、植物、轮藻、孢粉、双壳类、腹足类等。他们认为这两个地区火山岩系地层层位大致相当,对其地层时代,各门类古生物工作者持有不同观点,叶肢介、植物、轮藻研究者将其划归早白垩世,介形类工作者认为其属晚侏罗世(?)—早白垩世,孢粉化石工作者认为庐枞地区砖桥组上段的孢粉组合与宁芜地区的“云合山组”相同,为晚侏罗世晚期至早白垩世早期,双壳类研究者定为晚侏罗世。因此他们把庐枞、宁芜两地区与含化石层有关的火山岩系地层暂划归早白垩世或晚侏罗世。根据我们以及兄弟单位的同位素年龄测定结果来看,以上三盆地的火山岩系地层的时代属于早白垩世,与上述多数化石门类的研究结果是一致的。

三、我国东部某些中生代盆地火山岩系地层的划分和对比

我国东部中生代火山活动很强烈,其中尤以早白垩世更为发育。除上述庐枞、宁芜、繁昌等火山岩盆地的同位素年龄资料外,我们又测定了浙江、福建、冀北等地的火山岩系年龄。同时对搜集到的年龄数据,进行综合性分析和整理,收集了冀北、山东、鄂东、浙江等地区同位素年龄数据 41 个。下面按地区简要介绍。

(一) 冀北地区

本区火山岩系地层分为白旗组、张家口组和大北沟组。河北省第二区域地质调查队收集了火山岩年龄值 39 个,侵入岩体年龄值 12 个,结合地质情况我们选用了其中 14 个。

该地区的侵入岩和火山岩关系密切,侵入作用与火山喷发具有明显的区域专属性。从现有资料看,白旗组和张家口组火山岩全岩的年龄值,普遍低于侵入岩体的年龄值,这可能是由于火山岩受后期地质作用的影响,造成氩的丢失,致使年龄偏低。所以本文采用一些与火山岩系地层有清楚接触关系的侵入岩体的年龄值来说明白旗组和张家口组火山

1) 据中国科学院富铁矿研究论文集(1978)。

岩系地层的时代。侵入白旗组而被张家口组覆盖的丰宁杨树底下花岗闪长岩的黑云母年龄为 141.2 百万年;昌黎县北山斑状花岗岩的黑云母年龄为 134.1 百万年。侵入张家口组的丰宁县正沟花岗岩体黑云母年龄为 132.7 百万年,老虎沟门岩体黑云母的年龄为 125.2 百万年。1979 年我们对滦平县火山岩系地层进行剖面观察,并采集滦平县姚营子白旗组底部流纹岩的 Rb-Sr 全岩等时线样品,测定结果的年龄值为 145.3 ± 9.5 百万年。根据以上年龄值及其地质资料,可以 145 百万年为白旗组下限年龄,而 141 至 134 百万年作为白旗组大致的上限年龄,132—125 百万年代表张家口组上限的地质年龄。

大北沟组的上段,就区域层序看,大体相当于辽西的建昌组,这一层位的安山岩有 7 个全岩年龄,它们的年龄值在 116—96 百万年间,而大部分年龄值为 116 至 113 百万年。

(二) 山东地区

山东省内发育的中生代火山岩系地层,目前基本上都被划归青山群。它主要由安山岩及其火山碎屑岩组成。对于青山群的地质时代归属,国内认识基本上一致,将其划归早白垩世。从青山群安山岩取得 5 个全岩年龄,与上述认识相吻合。所以采用 121 及 119 百万年代表青山群的地质年龄。

(三) 鄂东地区

火山岩主要分布于黄石、大冶、灵乡一线西北的断陷盆地内,以金牛、保安、大冶一带出露较好。它们被划分为三个组,自上而下称大寺组、灵乡组和马架山组。宜昌地质矿产研究所对本区作了详细的年龄工作,共测得 17 个年龄数据¹⁾。大寺组是一套流纹岩,其六个年龄数据较分散,我们取鄂城太和镇的珍珠岩中黑云母年龄值 132 百万年作为该组的地质年龄值。灵乡组为一套玄武岩,测得五个全岩年龄值,在 127 至 80 百万年之间,其中四个线性较好的年龄数据,经等时线处理,得到等时年龄为 139.7 百万年,它较为客观地代表灵乡组的地质时代。马架山组为一套酸性火山岩系,多数全岩年龄偏低,其中大冶灵乡镇北流纹岩中黑云母年龄为 144 百万年,结合地质层序,以及地层整体的特征看,它们应属下面一个喷发旋回的上部。

(四) 浙江地区

北京铀矿研究所 1976 年曾对浙江的中生代火山岩系地层,做了较多的同位素年龄测定工作^[4]。由于他们的年龄数据跨的层位较多,即把浙西的劳村组、黄尖组及寿昌组与浙东的磨石山组的四个岩性段合在一起考虑,因而所取得的数据,在地层时代上难以进行讨论。不过,在它们的测定中,浙东磨石山组第二段流纹质凝灰岩(金华县安地公社于山垄)锆石的 U-Pb 年龄为 133 ± 7 百万年,晶屑凝灰岩(金华县琅琊区皂里)钾长石 Rb-Sr 年龄为 133 百万年;浙西劳村组含黑云母流纹岩(建德县陈家公社茶园),其黑云母的 Rb-Sr 年龄为 133 百万年;黄尖组流纹岩(常山县金源公社木杓坞)透长石的 K-Ar 年龄为 124 ± 4 百万年。1978 年下半年,我们观察了寿昌剖面,于寿昌镇西密山庙附近寿昌组(广义)中段,即或对比表(表 2)中黄尖组顶部流纹质熔接凝灰岩中采集了 Rb-Sr 年龄样,分析测定结果,得到等时年龄值为 118 ± 4 百万年。据此,我们选取 133—118 百万年的时距代表建德群中、下部火山岩系地层的地质年龄。另外,我们在丽水老竹永康群朝川组

1) 据中南地质科技情报(1978)。

红色地层底部采集了玄武岩夹层,测得年龄为 103.3 百万年。

(五) 福建地区

福建省中生代火山岩分布也很广泛,相当于建德群和永康群的火山岩系地层有长林组、南园组、坂头组(或小溪组)以及石帽山组。其中南园组和石帽山组火山岩特别发育。南园组共分五段,第一、三段以中、中酸性岩为主,其余二、四、五段以酸性岩为主。石帽山组主要分布在福建东部,分为四段,第一、三段以沉积碎屑岩为主,第二段为中酸性岩,第四段为酸性岩。

为了确定这套火山岩系地层的时代,1980 年初,我们到福建观察这套岩系的剖面和采集样品。采集了尤溪县洋中南边南园组第二段流纹质碎斑熔岩和永泰县赤水一带石帽山组第四段的流纹质碎斑熔岩。经 K-Ar 和 Rb-Sr 法年龄测定结果是:南园组二段的黑云母的 K-Ar 年龄为 130 百万年,该段的 Rb-Sr 矿物-全岩等时线年龄为 124.8 ± 13 百万年,与 K-Ar 年龄相比,属实验误差范围内一致。永泰赤水一带石帽山组第四段的流纹质碎斑熔岩中透长石的 K-Ar 年龄为 86.7 百万年。

在这里,大体依照地层对比列出上述各地区的相应的同位素年龄数据,列成表 2。

根据以上的资料分析,从同位素年代地层的角度,谈谈这些火山岩系地层时代的一些认识:

1. 建德群、热河群以及与其相当的岩群,多数门类的生物地层研究表明是可以对比的,大体属于同一地质时期形成的岩层。我们工作的结果,以及搜集和整理的同位素年龄数据,多数来自这些岩层中的火山岩,它们支持了多数门类生物地层研究者的看法,至少可以认为,目前测定有同位素年龄数据的浙江的建德群、福建的南园组、宁芜的龙王山组至姑山组,庐枞的砖桥组、双庙组及浮山组,鄂东的灵乡组及大寺组,山东的青山群,冀北的热河群等是可以对比的,大致属于同一地质时代的火山岩系地层。

2. 建德群、热河群及其相当的岩层的地质时代的归属意见,古生物分类极为分歧,甚至研究同一门类古生物的生物地层工作者,也没有取得一致的见解。就现已积累的同位

表 3 白垩纪、侏罗纪地质年表

地质时期	Holmes 1959	Kulp 1960	Q. J. G. S. 1964	苏联 1964	松本 1965	国际地质年 代学委员会 1967	Armstrong McDowell 1974
第三纪	70±2	70	65	67±3	65	67±3	64
		上					
		—90—	上				
白垩纪		中	—100—		—100—		—102—
		—120—	下				
		下					
	135±5	135	136	135±5	136	137±5	140
		上					
		—150—	—162—				
侏罗纪		中					
		—170—	—172—				
		下					

素年龄资料看,这些岩群的年龄值大体在 137 至 110 百万年之间。我们参考了国际上有关的同位素年表(表 3)和资料^[5,6,7],以及目前得到的同位素地质年龄数据,支持了将建德群、热河群以及与之相当的岩群的火山岩系地层划归白垩系的意见,也就是说,现有的同位素年龄资料表明,至少将包括建德群、热河群在内的及相当岩群的火山岩系地层的中上部划为白垩系更为合理些。我国东部中生代火山岩系地层分布,以早白垩世最发育。

3. 在综合整理了我国陆相白垩系的生物地层、岩石地层资料后,可以较为清楚地看出其三分性¹⁾。在火山岩发育的东部,下统大体以南方的建德群、北方的热河群为代表;中统大体以南方的永康群、北方的桦山群为代表,上统大体以南方的衢江群、北方的王氏群为代表。根据现有资料,并参考国际上的地质年表,暂时把我国白垩系底界划在 137 至 135 百万年;下中统界线,根据宁芜、庐枞火山岩盆地的年龄资料,划在 108 至 105 百万年;中上统界线的同位素年龄,我们参考了火山岩和有关地区燕山晚期侵入岩的同位素年龄,划在 88 至 85 百万年;白垩系的顶界,根据广东侵入晚白垩世南雄组花岗斑岩年龄(70.5 百万年)和早第三纪埭心组玄武岩年龄(61 百万年)(宜昌地质矿产研究所,1979),中国地质年表(草案),推测年龄为 65 百万年。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院地质研究所同位素地质室, 1976, 宁芜火山岩地区同位素地质年代学的初步研究。地质科学, 2 期。
- [2] 刘鸿允, 胡华光, 胡世玲, 戚中林, 1981, 从 Rb-Sr 及 K-Ar 年龄测定讨论某些前寒武系及中生代火山岩地层的时代。地质科学, 4 期。
- [3] Sungshan Wang & Ian McDougall, 1980, K-Ar and ⁴⁰Ar/³⁹Ar ages on Mesozoic Volcanic rocks from the lower Yangtze Volcanic Zone, Southeastern China. Journal of the Geological Society of Australia, Vol. 27, pp. 121—128.
- [4] 施实, 1979, 浙江金华、衢县一带中生代酸性火山岩同位素地质年龄研究。地球化学, 1 期。
- [5] Geological Society of London, 1964, The Phanerozoic time scale. Quarterly Journal of Geological Society of London, Vol. 120S.
- [6] Geological Society of London, 1971, The Phanerozoic time scale—a supplement. Geological Society of London special publication, No. 5.
- [7] G. V. Cohce, M. F. Glaessner, H. D. Hedberg, 1978, Contributions to the geologic time scale, studies in geology, No. 6; American Association of Petroleum Geologists, pp. 269—297.

1) 据中国地质科学院主编,“中国的白垩系”。

ON THE AGES OF JURASSIC AND CRETACEOUS VOLCANIC ROCKS BY THE RADIOMETRIC DATING

Hu Huaguang Hu Shiling Wang Sungshan Zhu Ming

(*Institute of Geology, Academic Sinica*)

Abstract

On the basis of the geological investigation and the geochronological determination of several Mesozoic volcanic basins along both sides of the middle-lower reaches of the Changjiang River. Zhejiang and Fujian Provinces and Yan-Liao region in North China, the following conclusions are obtained:

(1) Most of the paleontologists unanimously consider that the Mesozoic rocks in East China, both the "Jiande group" in south and "Tehol group" in north and their corresponding groups may be biostratigraphically correlated, i.e. they all belong to the same geological age, and the data from radiometrics also support this viewpoint.

(2) Paleontologically, there are different viewpoints on the geological age of the volcanic rocks in East China. Some researchers hold that they belong to Cretaceous, but others, to Jurassic. Recent advance on geochronology and paleontology shows that the Mesozoic volcanic rock series in East China should belong to Cretaceous, not upper Jurassic. The isotopic age determination is roughly estimated at 137—110 m.y., such as 133—118 m.y. of "Jiande group" in Zhejiang Province, 130 m.y. of "Nanyuan formation" in Fujian Province, 126.8—109.7 m.y. of "Longwangshan formation" to "Gushan formation" in Nanjing-Wuhu basin, 132—108 m.y. of "Zhuanqiao formation" to "Fushan formation" in Lu-Zong basin, 139—132 m.y. of "Lingxiang formation" and "Dasi formation" in eastern Hupei area, ca. 120 m.y. of "Qingshan group" in Shandong Province, 145—113 m.y. of "Jehol group" in northern Hebei Province. etc.; all these show that it is more reasonable to assign the strata of the Mesozoic volcanic rocks to the Cretaceous.

(3) The Cretaceous in East China may be divided into three parts: the lower, middle and upper series. For example, the lower Cretaceous series is represented by the "Jiande group" in south and "Jehol group" in north, the middle series by the "Yongkang group" in south and "Huashan group" in north, and the upper series by the "Jujiang group" in south, "Wangshi group" in north, respectively.

According to the radiometric data available the lower boundary of the Cretaceous is dated at 137—135 m.y., and that of the middle Cretaceous is in the range of 108—105 m.y. with reference to the data of volcanic and intrusive rocks genetically connected with the late phase of Yanshan orogeny, we suggest that the age for the boundary between middle and upper Cretaceous should be 88—85 m.y. According to the ages of granite porphyry (70.5 m.y.) intruded into the Nanxiong formation and Eogene basalt (61 m.y.) intercalated in Buxing formation, we consider that the upper boundary of Cretaceous may be referred to 65 m.y.