

www.yskw.ac.cn

黄梅尖岩体成岩作用的锶同位素研究

南京大学地质系

张祖还 沈渭洲 章邦桐

在全岩 Rb-Sr 同位素分析过程中, 不仅可以通
过等时线处理获得岩体形成的年龄, 而且更为重要
的是, 在年龄计算过程中得到的初始 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值

乃是一个十分重要的地球化学参数, 它可以有效地
应用于确定岩体成岩物质来源, 并结合其它的地质
与地球化学研究结果, 还可进一步阐明岩体的成

因。为此，我们在对黄梅尖岩体进行野外地质调查以及室内岩石学、岩石化学与微量元素等研究的基础上，进一步开展了锶同位素研究。本文仅就锶同位素分析结果对黄梅尖岩体的成因作一初步探讨。

一、地质概况

黄梅尖岩体位于大别隆起东翼、下扬子断裂拗陷带中段的庐枞火山盆地东南缘。区内基底断裂构造十分发育，西侧有郟庐深断裂带，东面紧临长江断裂破碎带。这些大断裂都具有长期活动的特点。

黄梅尖石英正长岩体呈一东宽西窄的次椭圆形小岩基（出露面积约为90平方公里）产出于长江断裂破碎带和郟庐深断裂带相夹持的部位。

岩体周围出露的地层为中、下侏罗统象山群长石石英砂岩和上侏罗统火山岩（角闪安山岩、粗安岩、凝灰岩等）。由于岩体的侵入，这些围岩常发生不同程度的接触变质和交代蚀变现象，如角岩化、硅化、电气石化与钾长石化等。

根据各种岩石相互间的接触关系，并结合矿物学、岩石化学和微量元素的分布特征，可以将黄梅

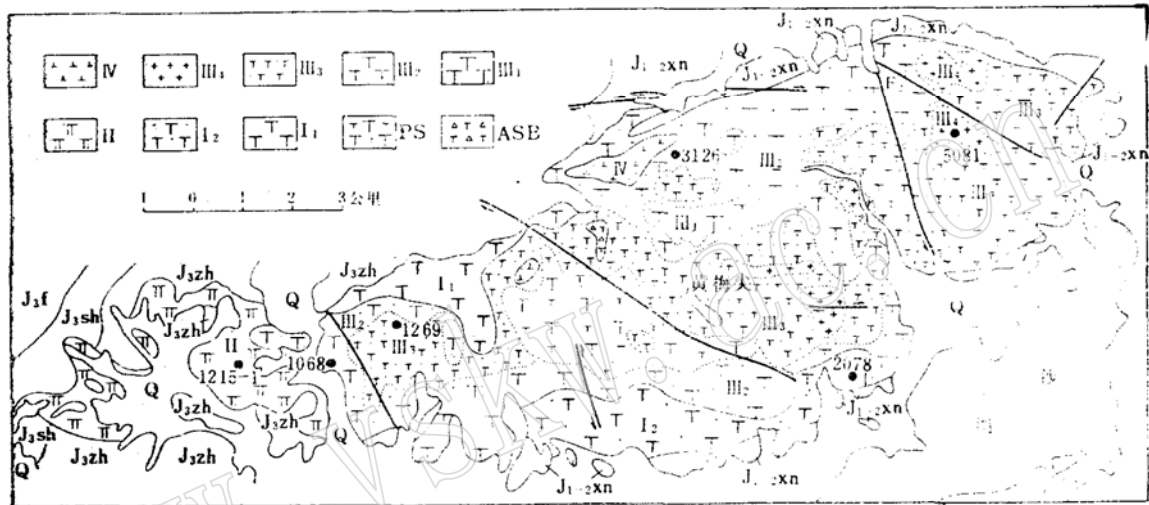


图 1. 黄梅尖岩体地质略图（南京大学地质系，1980）

I₁—似斑状黑云母正长岩，I₂—中粒黑云母石英正长岩，II—正长斑岩，III₁—粗粒正长岩，III₂—中粒石英正长岩，III₃—细粒似斑状石英正长岩，III₄—细粒花岗岩，IV—细粒似斑状石英正长岩，PS—变斑状正长岩，ASB—自碎正长角砾岩。Q—第四系；J_{3f}—浮山组火山岩；J_{3sh}—双庙组火山岩；J_{3zh}—砖桥组火山岩；J_{1-2xn}—象山群砂岩、粉砂岩、泥岩与砾岩。图中数字1269……等表示采样点编号

黄梅尖岩体各阶段岩石的岩石学特征

表 1

		似斑状黑云母 正长岩 (I ₁)	黑云母石英 正长岩 (I ₂)	正长斑 岩 (II)	石英正长 岩 (III)	细粒似斑状 石英正长岩 (IV)	
颜 色		浅灰带肉红色	浅灰带肉红色	肉 红 色	浅 肉 红 色	浅 肉 红 色	
结 构		似 斑 状	似斑状一等粒	斑 状	等 粒 或 似 斑 状	细 粒 似 斑 状	
相 带 划 分		不 明 显	不 明 显	不 明 显	明 显		
矿 物 组 成 %	石 英	2.2	6.0	2.8	12	13.3	
	碱性长石	74.5	89.6	81.6	86.7	84.6	
	斜 长 石	14.0	1.6	13.9	0	0	
	暗 色 矿 物	含 量	6.5	2.1	微	微	—
		种 类	黑云母, 角闪石, 辉石	黑云母, 角闪石	黑云母(微量)	局部含黑云母和角闪石	—
副 矿 物		锆石、榍石、磷灰石		锆石、萤石	锆石、萤石、磷灰石		

尖岩体划分为四个阶段^① (图1), 由老到新依次为: 似斑状黑云母正长岩 (I₁) 和黑云母石英正长岩 (I₂) → 正长斑岩 (II) → 石英正长岩 (III) → 细粒似斑状石英正长岩 (IV)。其中石英正长岩构成黄梅尖岩体的主体, 根据野外和室内研

究, 它又可以分为中心相 (粗粒石英正长岩)、过渡相 (中粒石英正长岩) 和边缘相 (细粒石英正长岩)。在石英正长岩中发现有象山群顶垂体和捕虏体, 面积最大者可达1800平方米。黄梅尖岩体各阶段岩石的主要特征列于表1和2。

黄梅尖岩体各阶段岩石的化学成分

表2

岩石名称	黑云母石英正长岩 (I ₂)	似斑状黑云母正长岩 (I ₁)	正长斑岩 (II)	粗粒石英正长岩 (III)	中粒石英正长岩 (III)	细粒石英正长岩 (III)	碱长花岗岩 (III)
SiO ₂	64.28	60.50	63.98	65.42	68.46	67.05	73.06
TiO ₂	0.55	0.74	0.46	0.41	0.35	0.40	0.25
Al ₂ O ₃	17.12	18.26	17.93	15.94	15.60	16.32	13.19
Fe ₂ O ₃	2.14	2.71	2.89	2.28	2.53	2.24	2.58
FeO	1.48	2.24	0.51	0.55	0.51	0.80	0.56
MnO	0.08	0.03	0.08	0.12	0.09	0.10	0.04
MgO	0.36	0.69	0.19	0.15	0.23	0.33	0.22
CaO	1.12	2.41	0.59	0.36	0.35	0.59	0.65
Na ₂ O	5.30	4.97	5.72	6.33	4.93	5.30	4.31
K ₂ O	6.67	6.17	6.09	5.68	5.99	6.29	4.95
P ₂ O ₅	0.17	0.04	0.14	0.03	0.17	0.07	0.03
烧失	0.54	1.84	0.84	—	0.57	0.72	0.54
总和	99.81	100.60	99.42	97.27	99.83	100.21	100.38

二、铷同位素分析

由上所述, 黄梅尖石英正长岩体为一多阶段复式岩体, 因此, 为使测定结果具有代表性, 供同位素分析用的样品采自岩体内各个阶段 (图1)。考虑到第IV阶段细粒似斑状石英正长岩的出露面积还

不到整个岩体的2%, 因此, 分析用的样品主要来自第I, II, III阶段。对野外采集的样品通过镜下鉴定, 选择新鲜的样品作Rb, Sr含量草测, 然后选取具有合适Rb/Sr比值的6个全岩样品送北京铀矿地质研究所作Rb, Sr同位素分析。分析结果列于表3。

黄梅尖岩体全岩Rb—Sr同位素分析结果

表3

样品号	岩性	Rb (ppm)	Sr (ppm)	Rb/Sr	⁸⁸ Sr (ppm)	⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr
1068	似斑状黑云母正长岩	163.3	742.4	0.22	73.22	0.625	0.7081 ± 1
2078	黑云母石英正长岩	233.5	114.2	2.04	11.25	5.812	0.7199 ± 6
1215—1	正长斑岩	377.1	476.0	0.79	46.93	2.251	0.7123 ± 3
3126	中粒石英正长岩	268.1	124.5	2.15	12.22	6.110	0.7183 ± 8
1269	细粒石英正长岩	306.8	70.4	4.36	6.93	12.40	0.7321 ± 4
5081	细粒碱长花岗岩	441.3	37.1	11.89	3.64	33.98	0.7718 ± 8

① 南京大学地质系铀矿地质教研室, 1980, 安徽黄梅尖岩体研究报告。

等时年龄是根据公式

$$(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_p = (^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i + ^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr} \cdot (e^{\lambda t} - 1)$$

采用最小二乘法求得实验点的最佳直线(等时线),然后根据该直线的斜率及其在纵坐标上的截距求得年龄和初始 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值。年龄计算时采用的 ^{87}Rb 的衰变常数 $\lambda = 1.42 \times 10^{-11} \text{年}^{-1}$ 。

三、结果和讨论

(一) 岩体形成时代

由图2可知,在整个岩体内采集的6个全岩样品构成一条比较理想的等时线(相关系数为0.9993)根据该直线斜率($b = 0.0018908$)计算所得的全岩等时年龄为 $133.1 \pm 2.5(1\sigma)$ 百万年,这和我们以前对该岩体所作的U—Pb和K—Ar同位素年龄测定所获

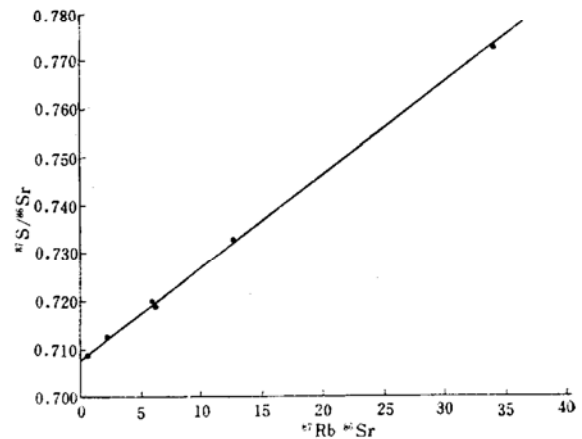


图2 黄梅尖岩体全岩Rb—Sr等时线图

黄梅尖岩体U—Pb, K—Ar同位素年龄测定

表4

岩性	测定对象	测定方法	年龄 (m. y.)	资料来源
似斑状黑云母正长岩	全岩	K—Ar	100.7	南京大学地质系
细粒似斑状石英正长岩	全岩	K—Ar	104.1	南京大学地质系
细粒石英正长岩	全岩	K—Ar	94.8	南京大学地质系
石英正长岩	锆石	U—Pb	129	北京铀矿地质研究所
石英正长岩	锆石	U—Pb	134	北京铀矿地质研究所

得的结果是一致的(表4)。K—Ar年龄比全岩Rb—Sr年龄和锆石U—Pb年龄明显偏低。产生这种情况的原因可能是,放射成因氩是气体,岩石对其保存能力较差,后期地质作用的影响常常能使放射成因氩逸失,从而导致测定的K—Ar年龄值低于真实的同位素年龄值。这种情况在其它地区的同位素地质年代学研究中亦常有所发现^①。

结合对岩体所进行的地质与地球化学研究以及与本区测定的其它同位素年龄数据相对比,全岩Rb—Sr等时年龄值可以解释为黄梅尖岩体的形成年龄。由此可知,黄梅尖岩体的形成时代应属燕山晚期。鉴于不同阶段岩石样品的测定结果较好地分布于一条等时线上,而且计算的年龄值也与实际地质情况相吻合,因此可推测,岩体内各阶段岩石形成的时间大致相同。

(二) 岩体成因探讨

众所周知,花岗岩类的初始 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值已成为判断其成岩物质来源,进而确定岩石成因的一个有效的同位素准则。由6点全岩Rb—Sr等时线得出

的黄梅尖岩体的初始 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值为 $0.7078 \pm 0.0005(1\sigma)$ 。这说明黄梅尖岩体的锶同位素组成既不同于改造型花岗岩,也不同于幔源型花岗岩。根据对黄梅尖岩体所进行的地质与地球化学研究,并与徐克勤等⁽¹⁾所研究的华南地区不同成因系列花岗岩类特征相对比,我们认为黄梅尖岩体属同熔型花岗岩类,是由上地幔来源的中性偏碱性的安粗岩浆通过结晶分异作用形成的,同时在岩浆上升侵位的过程中,与地壳物质发生了不同程度的混染。其主要依据如下:

1. 黄梅尖岩体的地质与地球化学特征表明,母岩浆来源较深,很可能来源于上地幔^②。

(1) 黄梅尖岩体位于郟庐深断裂带与长江断裂破碎带相交的楔形部位。这些深断裂带具有长期活动的特点,它们不仅为深部岩浆提供了上升侵位

① 宜昌地质矿产研究所编译,1981,花岗岩的成因。

② 章邦桐,1981,黄梅尖石英正长岩体形成的物理化学条件及其成因探讨。

的通道,而且更为重要的是,母岩浆的形成很可能同这些深断裂带的活动有着直接的成因上的联系。

(2) 在空间上,黄梅尖岩体与安山-粗面质火山岩相伴生。根据岩石化学与微量元素对比,它们应属同源岩浆分异的产物。在里特曼岩系指数图解上,黄梅尖岩体与庐枞盆地各火山岩的投影点位于同一条 σ 等值趋向线上。这表明它们属于同一岩浆演化系列。

(3) 黄梅尖岩体各阶段岩石中,碱含量很高, $K_2O + Na_2O > 10\%$ 。在似斑状黑云母正长岩中,黑云母的MgO含量达13.66%,高于华南同熔型花岗岩类的平均含量(12.40%)^[2]。这不仅说明母岩浆的水含量很低($< 1.2\%$),而且还为岩浆属幔源成因提供了依据。

(4) 细粒石英正长岩中存在一种特殊的自碎正长角砾岩体。我们认为它是深部岩浆活动的产物,其形成机制可能是:当南北向区域性断裂活动达到岩浆房深度时,较深部的富含水气相流体的安粗质岩浆所承受的围压骤然降低,其中的气体组份(主要是 CO_2, H_2O)急剧膨胀,发生隐爆,致使围岩(包括基底岩石)崩碎成大小不等的角砾。同时,一部分安粗质岩浆沿构造薄弱部位上升侵位并胶结角砾,从而形成这种自碎角砾岩体。

2. 样品点在 $^{87}Sr/^{86}Sr-1/^{86}Sr$ 图解上的分布特征可作为判断岩石形成过程中,母岩浆是否受到过地壳物质混染的一种同位素标志^[3,4,5]。如果在图解上,样品点近乎水平方向展布,这说明在岩体形成过程中,母岩浆并未受到地壳物质的混染。相反,如果母岩浆受到地壳物质的混染,那么在这种图解上样品点就会成明显的正相关分布。根据这一原理,图3列出了黄梅尖岩体的 $^{87}Sr/^{86}Sr-1/^{86}Sr$ 关系图解。由图可知,样品点的 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 与 $1/^{86}Sr$ 成明

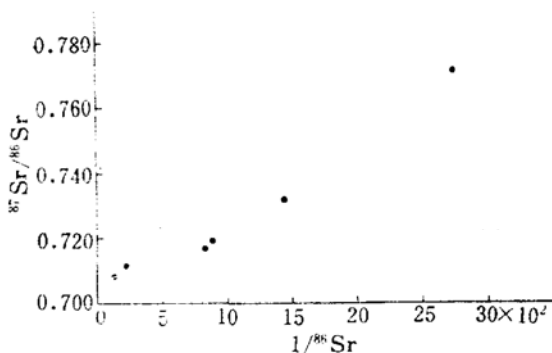


图3 黄梅尖岩体 $^{87}Sr/^{86}Sr-1/^{86}Sr$ 关系图解显示的正相关分布。这说明,在黄梅尖岩体形成过程

中,母岩浆已受到地壳物质的混染,而且混染的程度有可能随着岩浆结晶分异作用的进行而不断增强,从而使晚阶段形成的岩石具有高的 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 比值。这种混染作用虽然有可能在母岩浆形成的初期就已产生,但通过对岩体所作的研究,我们倾向于认为,母岩浆主要是在通过地壳岩石上升侵位的过程中和地壳物质(可能主要是中生代沉积岩)发生混染,选择性的捕获其中的放射成因铷。

在地球的长期演化过程中,象K, Rb这样的不相容元素不断的趋向于在地壳上部富集,因而与地壳下部及上地幔物质相比,地壳上部岩石的Rb含量与Rb/Sr比值较高,而Sr含量较低。因此,在($^{87}Sr/^{86}Sr$),与Rb, Sr含量及Rb/Sr比值关系图解

(图4)上,地幔来源的各种岩石除Sr含量具有较大的变化范围以外, Rb含量与Rb/Sr比值的范围均较小。由图4可知,黄梅尖岩体除Sr含量完全落在这些幔源玄武岩范围内以外, Rb含量与Rb/Sr比值几乎都位于这些幔源物质之外。这就清楚表明,黄梅尖岩体中Rb的富集以及Rb/Sr比值的升高是由岩体,特别是晚阶段岩石形成过程中,母岩浆明显受到地壳物质的混染引起的。正是由于富Rb地壳物质的加入,才使黄梅尖岩体的Rb含量与Rb/Sr比值有别于未受混染的幔源物质。

4. 母岩浆选择性的混染地壳岩石中放射成因铷的程度同岩浆的Sr含量有关。如果岩浆中Sr含量低,对地壳岩石中放射成因铷的混染就很敏感,少量放射成因铷的进入就会使岩浆的 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 比值发生较大的变化。相反,如果岩浆中Sr含量高,地壳物质的少量混染就不会明显影响岩浆的铷同位素组成。从表3所列的数据看,早阶段岩石Sr含量高,地壳岩石中放射成因铷的混染不会明显地影响其母岩浆的铷同位素组成,因而所形成岩石的 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 比值仅变化于0.7083—0.7199这样一个较为狭小的范围内。但随着岩浆结晶分异作用的进行,一些富Sr贫Rb矿物(磷灰石、斜长石)的晶出,残余岩浆的Sr含量显著降低,因而对地壳岩石中放射成因铷的混染较为敏感,从而使所形成岩石的 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 比值高达0.7718。

5. 地壳物质对形成黄梅尖岩体的母岩浆的混染现象在野外也同样能清楚地看到。例如在似斑状黑云母正长岩中,常含有较多的成分相当于二长岩的暗色包体,它们与主岩的界线清楚,其边缘及中部有被似斑状黑云母正长岩交代熔蚀的现象。在石英正长岩中,常发现有象山群的长石石英砂岩捕虏

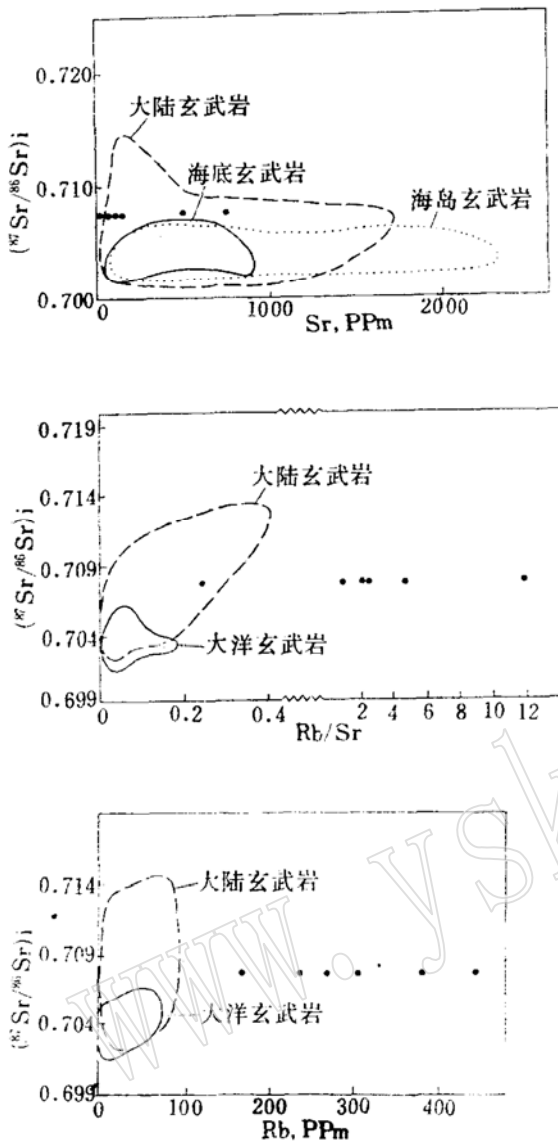


图4 黄梅尖岩体的岩体的初始 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值与Rb, Sr含量及Rb/Sr比值的

关系
体存在, 后者常被改造成为细粒花岗岩, 但变余砂状结构与残余层理仍隐约可辨。尤其值得注意的是, 在石婆凹以西500米标高的山脊上发现有残留的象山群砂岩顶垂体, 面积达1800平方米。由此可知, 黄梅尖岩体在其形成过程中, 受到地壳物质的混染是确证无疑的。可能, 正是由于有相当数量的地壳物质的混入, 才使母岩浆的成分逐渐发生变

化, 以致于通过结晶分异作用, 最后形成细粒碱长花岗岩。

6. 岩体中常见的副矿物为锆石、磁铁矿、锆石和赤铁矿, 没有出现白云母。这说明岩体是在深度较浅、压力不大(900巴左右)的氧化环境中形成的。

综上所述, 我们认为黄梅尖石英正长岩体是一多阶段复式岩体, 形成时代为燕山晚期。它是由上地幔来源的安粗岩浆上升侵位至较浅的部位形成的。在岩浆上升侵位的过程中, 与地壳物质(主要是中生代沉积岩)发生了明显的同化混染。这不仅使母岩浆的成分发生变化, 而且由于放射成因锶选择性的进入岩浆, 逐渐改变了母岩浆的锶同位素组成, 从而使晚期形成的岩石具有较高的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值。因此, 黄梅尖岩体属典型的同熔型花岗岩类。

王德滋教授和刘昌实老师仔细审阅了全文, 提出了宝贵的意见; 铀矿地质教研室张富生等老师参加了野外和部分室内工作; 文中插图由郑意春同志清绘。笔者在此表示诚挚的谢意。

参考文献

- (1) 徐克勤, 孙贇, 王德滋, 胡受奚, 刘英俊, 季寿元, 1982, 华南花岗岩的成因与成矿, 南京国际花岗岩会议论文集, 科学出版社(在印刷中)。
- (2) 徐克勤, 孙贇, 王德滋, 刘昌实, 陈克荣, 1982, 华南两类不同成因花岗岩岩石学特征, 岩矿测试, 第二期。
- (3) Briquet, L., Lancelot, J. R., 1979, Rb-Sr systematics and crustal contamination models for calc-alkaline igneous rocks. *Earth Planet. Sci. Lett.* 43, 385—396.
- (4) Betton, P. J., 1979, Isotopic evidence for crustal contamination in the Karroo rhyolites of Swaziland. *Earth Planet. Sci. Lett.* 45, 263—274.
- (5) Francis, P. W., Thorpe, R. S. et al., 1980, Strontium isotope evidence for crustal contamination of calcalkaline volcanic rocks from Cerro Galan, North-West Argentina. *Earth Planet. Sci. Lett.* 48, 257—267.

Strontium Isotope Study of Petrogenetic Process on the Huangmeijian Body

Zhang Zuhuan, Shen Weizhou and Zhang Bangtong

Abstract

The Huangmeijian quartz syenite body is a multi-staged composites body. The results of whole rock Rb-Sr isotope analyses indicate that it is Late Yanshanian in age. On the basis of the initial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratio, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ vs $1/^{86}\text{Sr}$, $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$ vs Rb, Sr, Rb/Sr diagrams and the characteristics of petrology, petrochemistry, and trace elements, it is believed that the Huangmeijian body belongs to the syntaxis type and its parental magma was derived from the upper mantle, but in the process of its moving upward, the magma was contaminated by the crustal materials.