

浙江五部铅锌矿区花岗岩类的成因类型及 区分花岗岩成因类型的铅同位素标志

李 嘉 曾

(南京地质学校)

主题词: 花岗岩成因类型 铅同位素组成; 五部铅锌矿。

提 要: 浙江五部铅锌矿出露的三个燕山晚期花岗岩类小岩体均属次火山岩。据地质学、矿物学、岩石学、岩石化学、微量元素特征和形成温度分析, 认为它们应为同熔型花岗岩类。综合分析了环太平洋地区的大量资料后, 发现铅同位素组成反映地球层圈构造的演化, 代表不同的物质来源。因此, 建议将铅同位素组成作为一种确定花岗岩类成因类型的判别标志。随着花岗岩类从幔源型向同熔型再向改造型转变, 花岗岩中地幔组分逐渐减少, 地壳组分逐渐增加, 放射成因的铅含量也逐渐增加。

我国华南地区产出的花岗岩主要为改造型和同熔型两类, 它们本质上的差异导致成矿专属性的不同。钨、锡、铍、铌、钽等矿床与前者有成因联系; 斑岩铜矿、玢岩铁矿、火山岩中脉状铅锌矿床等同后者相关。可见, 花岗岩类型与矿床类型有关, 因此, 确定花岗岩类的成因类型具有重要意义。

本文以五部铅锌矿区为例, 先用已知的判别标志证明区内有关岩体属于同熔型花岗岩范畴, 然后提出用铅同位素标志判断花岗岩成因系列的设想, 阐述铅同位素组成对于区分花岗岩类成因类型的指示意义。

一、五部矿区的同熔型花岗岩类

五部铅锌矿床地处浙闽粤沿海中生代断陷活动带, 区内主要地层为侏罗纪与白垩纪陆相火山岩类, 夹有少量正常碎屑沉积岩, 见有燕山期多种火成岩。

五部矿区出露的侵入岩绝大部分是燕山晚期次火山岩相小岩体，有代表性的是主断裂和古双岩两个石英霏细斑岩岩体，以及矿区南西的半山石英二长岩体。

以上述三个岩体为代表的燕山期酸性侵入岩导致了五部铅锌矿床的形成。根据以下六方面的判定，认为它们属于同熔型花岗岩类。

1. 地质特征

表 1 五部矿区花岗岩类的地质特征

Table 1 Geological features of granites in Wubu ore area

岩体名称	主断裂 石英霏细斑岩	古双岩 石英霏细斑岩	半山 石英二长岩	典型的 同熔型花岗岩
大地构造位置	大陆边缘，断陷活动带，深大断裂带附近	同左	同左	大陆边缘、岛弧及断陷活动带，深大断裂带附近
产状与规模	岩墙，规模小，厚度仅数十米至百余米	岩颈，规模小，出露面积仅0.2平方公里	岩株，规模中等	一般为岩墙、岩脉、小岩株，规模较小
围岩类型	火山岩	火山岩	火山岩为主	火山岩为主
与围岩接触关系	侵入接触，局部有细粒边缘相，深部围岩角岩化	侵入接触，有细粒边缘相	侵入接触，围岩中形成角岩化带，有斑状边缘相	侵入接触，常有边缘相、角岩化带
形成时代	燕山晚期	燕山晚期	燕山期	燕山期为主

2. 矿物特征

表 2 五部矿区花岗岩类的矿物学特征

Table 2 Mineralogical features of granites in Wubu ore area

岩 体 名 称			主 断 裂 石英霏细斑岩	古 双 岩 石英霏细斑岩	半 山 石 英 二 长 岩	典 型 的 同熔型花岗岩
石 英			具有六方双锥高温型，斑晶普遍有熔蚀现象	具有六方双锥高温型，斑晶普遍有熔蚀现象	常与钾长石组成文象结构	具有各种高温特征，如高温晶型、熔蚀、文象结构等
钾 长 石	种 类		正 长 石	正 长 石	正长石至中微斜长石	一般为正长石
	热 状 态 特 征	2θ (060)	41.72	41.75	41.79	
		2θ (204)	50.73	50.74	50.70	.
		有序度δ	0.16	0.21	0.45	一般小于0.45
主 要 暗 色 矿 物			普通角闪石	普通角闪石	普通角闪石	单斜辉石、普通角闪石
副 矿 物			磁铁矿型，含较多磁铁矿、黄铁矿、磷灰石、绿帘石和榍石	磁铁矿型，含较多磁铁矿和一定数量的黄铁矿、锆石、绿帘石、磷灰石	磁铁矿型，含较多磁铁矿、钛铁矿、榍石、黄铁矿、绿帘石	磁铁矿型，副矿物以磁铁矿、钛铁矿、黄铁矿、榍石、绿帘石等为主

钾长石X-射线衍射由南大地质系张根娣老师测定

3. 岩石化学特征

表3 五部矿区花岗岩类的岩石化学特征

Table 3 petrochemical features of granites in Wubu ore area

岩体名称	主断裂 石英霏细斑岩	古双岩 石英霏细斑岩	半山 石英二长岩	典型的 同熔型花岗岩
样品数	12	6	8	
$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ (重量百分比)	8.01	7.71	8.97	较高
碱质含量与 SiO_2 关系	线性正相关	不明显	线性正相关	线性正相关
$\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ (原子数比)	1.21	1.22	1.34	一般大于1 ($\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$)
$\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$	0.425	0.483	0.527	> 0.3

(岩石化学全分析由南大地质系化实验室赵梅芳测定)

4. 微量元素特征

图1为五部矿区三个花岗岩类岩体七种微量元素含量与华南同期(燕山晚期)改造型花岗岩相应元素平均含量的对比图。如图所示,五部花岗岩明显富含与基性岩类有关的钒、铬、钴、镍等铁族元素,而与改造型花岗岩有关的钨、铪、铀等元素的含量则比华南花岗岩平均值低得多。可见五部花岗岩具有含上地幔物质组分的同熔型花岗岩的特征。

5. 稀土元素配分特征

测定了主断裂岩体和半山岩体的稀土元素含量并作图如下(图2)。

为了对比,图中也收入了华南其它地区若干同熔型(德兴铜厂)和改造型(大茅山与瑶岗仙)花岗岩的稀土配分曲线。在同熔型花岗岩中,铈组稀土相对富集,钇组稀土相对分

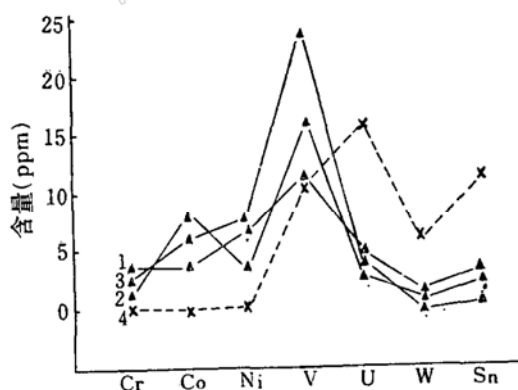


图1 五部与华南同期花岗岩微量元素含量对比图

Fig.1 Comparison diagram of trace element content of contemporaneous granites of Wubu and Huanan

1—五部主断裂石英霏细斑岩; 2—五部古双岩石英霏细斑岩; 3—半山石英二长岩; 4—华南燕山晚期花岗岩类平均值(五部样品铁族元素含量由江苏冶金地质研究所测定, 铀含量由南京大学地质系沈渭洲测定, 钨含量由邵厥年测定, 华南平均值据参考文献[2])

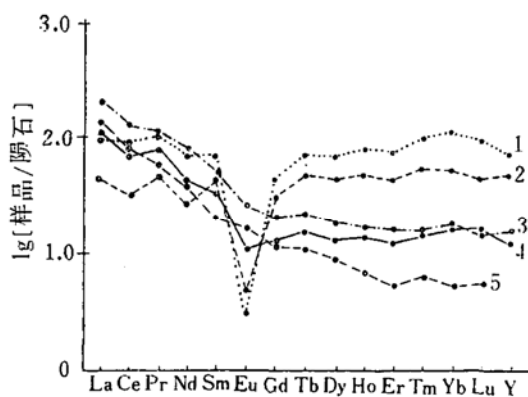


图2 五部与其他地区花岗岩稀土配分模式对比图

Fig.2 Comparison diagram of REE patterns of Wubu granites and others

1—江西德兴大茅山花岗岩; 2—瑶岗仙花岗岩; 3—五部半山石英二长岩; 4—五部主断裂石英霏细斑岩; 5—江西德兴铜厂花岗岩闪长岩; 1—2为改造型花岗岩类; 3—5为同熔型花岗岩类(稀土元素含量由湖北地矿局实验室测定。大茅山和铜厂资料据华仁民, 瑶岗仙资料据叶瑛)

散, 铈的亏损不明显。整个曲线的特点是以铈为中心, 左陡右平。改造型花岗岩中, 钇组稀土相对富集, 具有明显的铈亏损, 从而整个曲线表现为中间低, 两边平。

五部矿区花岗岩类的稀土配分曲线具较为典型的同熔型特征。

6. 成岩温度

在五部花岗岩类岩石的石英颗粒中, 常可找到熔融包体, 尤以古双岩石英霏细斑岩斑晶中最为典型。经过测定, 发现这些熔融包体的均一化温度皆高于 600°C 。例如, 古双岩石英霏细斑岩中的熔融包体在高温热台上加热至 750°C 时始熔, $980-1020^{\circ}\text{C}$ 时达到均一状态。主断裂和半山岩体样品加热至 600°C 时, 其石英颗粒中的熔融包体没有出现均一化的迹象 (表4)。一般认为, 同熔型花岗岩浆的温度在 600°C 以上, 五部矿区这三个岩体的形成温度显然均已超过这一标准。

表 4 五部矿区花岗岩类成岩温度对比

Table 4 Comparison of forming temperature of granites in Wubu ore area

岩体名称	主 断 裂	古 双 岩	半 山
岩 性	石 英 霏 细 斑 岩	石 英 霏 细 斑 岩	石 英 二 长 岩
包体种类	熔 融 包 体	熔 融 包 体	熔 融 包 体
均匀化温度	$>600^{\circ}\text{C}$ (加热至 600°C 未均匀化)	$980-1020^{\circ}\text{C}$	$>600^{\circ}\text{C}$ (加热至 600°C 未均匀化)

以上六方面的考察表明, 五部铅锌矿区的主断裂、古双岩和半山三个岩体的多项特征均与典型的同熔型花岗岩相似, 故应归入同熔型花岗岩类。

二、区分花岗岩类成因类型的铅同位素标志

为了划分花岗岩类的成因类型, 我国研究人员已经总结出许多有效的判别标志。本文认为, 岩石的铅同位素组成在一定程度上反映了物质来源与地质发展历史, 对于推测花岗岩成因和形成机制具有指示意义, 因而也可作为区分花岗岩成因类型的标志。

1. 理论依据

铅在自然界有四种同位素, 即 ^{204}Pb 、 ^{206}Pb 、 ^{207}Pb 和 ^{208}Pb 。后三种同位素分别是 ^{238}U 、 ^{235}U 和 ^{232}Th 放射性衰变的最终产物, 并称之为放射成因铅; 与此对照, ^{204}Pb 可称为非放射成因铅。地球诞生以来, 在地幔和地壳的演化过程中, 放射成因铅随 ^{238}U 、 ^{235}U 和 ^{232}Th 衰变而递增, 非放射成因铅则保持其原始量不变。因此, 自然界不同地质体的铅同位素组成是具有一定变化范围的不定值, 受到多种因素的限制与影响, 包含着极丰富的信息。

首先, 铅同位素组成与铀、钍放射性同位素的衰变速率有关。 ^{238}U 、 ^{235}U 和 ^{232}Th 的半衰期不同, 致使从地球诞生到地质历史某一特定时刻所产生的 ^{206}Pb 、 ^{207}Pb 和 ^{208}Pb 数量也不相同。

其次, 铅同位素组成同铀、钍的丰度及其在地球不同层圈中的分配形式有关, 并在一定程度上反映了上地幔与地壳的发展史。铀和钍在地壳中的含量明显高于地幔, 铀的克拉克值 (1.7ppm) 是上地幔丰度 (0.13ppm) 的 13.1 倍; 钍的克拉克值 (5.8ppm) 是上地幔丰度 (0.75ppm) 的 7.7 倍^[2]。地壳中铀和钍在一定时间内产生的放射成因铅, 必然比同期地幔中产生的放射成因铅更多。这就造成地壳和地幔之间铅同位素组成的差异。据此可以设想,

不同来源（上地幔与地壳）的物质组分将分别带来特征性铅同位素组成。

不同成因系列花岗岩类的本质区别在于是否具有（或具有多少）上地幔组分，而这一区别在岩石的铅同位素组成上得到反映。区分花岗岩成因类型的铅同位素标志正是根据以上思想提出来的。

2. 实际材料

根据收集到的66组198个铅同位素比值资料（样品包括洋中脊玄武岩^[3]、岛弧玄武岩^[3]、北美及南美洲西海岸花岗岩^[4,5]、美国内陆花岗岩^[6]、碳酸盐类岩石^[7]和洋底沉积物^[5]），以及我国东南沿海同熔型花岗岩、火山岩的实测铅同位素数据（表5），作出不同物质来源岩石的铅同位素组成对比图如下（图3）。

表 5 中国东南部同熔型花岗岩、火山岩的铅同位素组成

Table 5 Lead isotope components of syntectonic granite and volcanic rocks, Southeast China

样 号	产 地 及 岩 性	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
WT16*	浙江五部古双岩 石英霏细斑岩	18.33	15.60	38.64
WT11*	浙江五部主断裂 石英霏细斑岩	18.36	15.63	38.71
L-21**	宇羌铁矿安山岩	18.37	15.54	38.64
L-22**	宇羌铁矿安山岩	18.61	15.46	38.76

* 由贵阳地球化学研究所测试；

** 据朱炳泉等，1980，我国显生代金属矿床铅同位素组成特征及其成因探讨

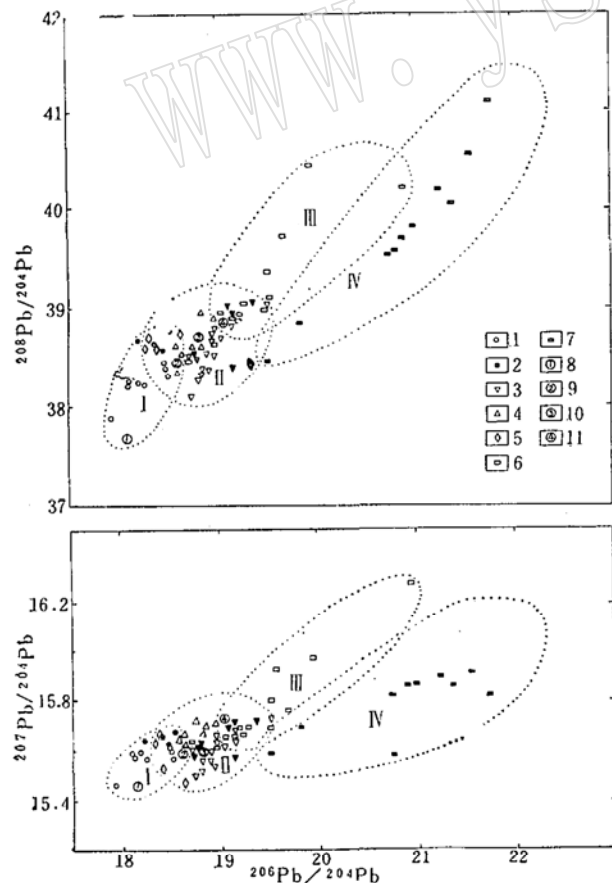


图 3 不同物质来源岩石的铅同位素组成对比图

Fig.3 Comparison diagram of lead isotope components of rocks with different material source

I—上地幔来源区； II—上地幔及地壳来源区；
III—地壳来源区（1）； IV—地壳来源区（2）；
1—洋中脊玄武岩； 2—岛弧玄武岩； 3—美国西海岸中生代花岗岩及共生的火山岩（涂黑者为钾长石样品）； 4—智利中生代花岗岩； 5—中国东南部同熔型花岗岩及火山岩； 6—美国内陆改造型花岗岩； 7—美国密西西比河谷型铅锌矿床有关的碳酸盐类岩石； 8—11个洋中脊玄武岩的平均值； 9—100个岛弧玄武岩的平均值； 10—美国西海岸中生代花岗岩及共生的火山岩 66 个样的平均值； 11—43个洋底沉积物平均值

如图所示,主要来源于上地幔的洋中脊玄武岩、岛弧玄武岩具有较少的放射成因铅、较窄的铅同位素组成范围,其投影点落在图左下方的较小区域内。可将该区称为上地幔来源区(I)。

大陆内部改造型花岗岩类的主要物质成分来源于陆壳,具有较多的放射成因铅、较宽的铅同位素组成范围,样品点散布于图右上方的较大区域内(III),可称之为地壳来源区之一。与密西西比河谷型铅锌矿床有关的碳酸盐类岩石主要是浅海相石灰岩与白云岩,其物质来源亦为地壳,可将此类岩石样品点的分布范围单独划出一个区域(IV),称为地壳来源区之二。

在I区和III、IV区之间,可以圈出一个过渡区(II),即上地幔—地壳混合来源区。五部铅锌矿区和宁芜铁矿区的样品均落在其中。五部样品已由上文证明是同熔型花岗岩类,宁芜样品是与同熔型花岗岩有成因联系的火山岩。它们同美国西海岸及智利的中生代花岗岩一样,均产出在太平洋板块与大陆板块的接触带部位,形成过程中既吸收了上地幔分熔组分,又包容了地壳中沉积物的组分。因此,定为上地幔—地壳混合来源区是比较合适的。

从划分花岗岩成因类型的角度来考虑,改造型花岗岩应主要在III区出现,同熔型花岗岩应主要在II区出现,幔源型花岗岩则应落在I区的范围内。

必须指出,图中相邻各区之间皆有程度不等的重迭。这表明从地幔向地壳的演化是一条连续发展的完整长链,而同熔型花岗岩类只是其中不可分割的一个环节。这种演化,是从量变积累到质变飞跃的过程。本文所建议的铅同位素标志只是反映总体趋势的相对标准,宜从宏观的角度统计性地加以运用。

三、结 语

1.花岗岩成因系列的划分,从物质来源和形成机制两方面反映了不同花岗岩类的本质区别,也体现出不同的成矿专属性。为了开展与花岗岩类有关的矿床成因研究,有必要首先确定花岗岩的成因类型。

2.浙江省五部铅锌矿区的花岗岩类以燕山晚期次火山岩相小岩体为代表,它们的地质学、矿物学和岩石化学特征均与典型的同熔型花岗岩相似,且富含与基性岩类相关的铁族元素,具有特征性稀土元素配分形式,形成温度也高于600℃。因此,它们是同熔型花岗岩类。

3.岩石的铅同位素组成反映地球层圈构造的演化,代表物质组分的不同来源,因而对于划分花岗岩成因系列具有指导意义,可以作为区别不同花岗岩成因类型的标志。包括五部铅锌矿区同熔型花岗岩类在内的太平洋地区不同物质来源岩石的铅同位素资料表明,随着花岗岩类由幔源型到同熔型再到改造型的过渡,岩石中的地幔物质组分逐渐减少、地壳物质组分逐渐增加,而 ^{206}Pb 、 ^{207}Pb 、 ^{208}Pb 三种放射成因铅的含量也逐渐增高。

本文写作曾得到徐克勤等同志的指导;野外工作期间得到浙江省地矿局及下属原台州地质大队有关同志的帮助,在此一并表示感谢。

参 考 文 献

- (1) 徐克勤、胡受奚、孙明志、叶俊, 1982, 华南两个成因系列花岗岩类及其成矿特征,《矿床地质》,第1卷,第2期。
- (2) 南京大学地质系, 1984,《地球化学》,科学出版社。

- [3] Tatsumoto, M., 1966, Isotopic composition of lead in volcanic rocks from Hawaii, Iwo Jima and Japan: Jour. Geoph. Research, vol. 71.
- [4] Doe, B.R., and Delevaux, M.H., 1973, Variations in lead-isotope composition in Mesozoic granitic rocks of California: a preliminary investigation: Geol. Soc. Ame. Bull. vol. 84.
- [5] McNutt, R.H., et al, 1979, Lead isotopic compositions of Andean igneous rocks, latitudes 26°-29°S: petrologic and metallogenic implications: Econ. Geol. vol. 74.
- [6] Zartman, B.E., 1974, Lead isotopic provinces in the Cordillera of the Western United States and their geologic significance: Econ. Geol. Vol. 69.
- [7] Heyl, A.V., et al., 1966, Isotopic study of galenas from the Mississippi Valley, the the Illinois-Kentucky and some Appalachian Valley mineral district: Econ. Geol. Vol. 61.

Indicative Significance of Lead Isotopic Compositions to Distinguishing Genetic Types of Granitic Rocks— With Wubu Lead-Zinc Ore Mine as an Example

Li Jiazeng

(Nanjing School of Geology)

Key words: genetic types of granitic rocks; lead isotopic compositions; Wubu lead-zinc ore mine

Abstract

Since the formation of different granitic rocks involves their material sources and forming mechanism and reflect different kinds of minerallization, it is necessary to first determine the genetic type of the granite when studying the mineral deposits related to it.

In South China, the granites are mainly transformed and syntectic granitic rocks. Three late Yanshanian granite masses exposed in Wubu lead-zinc ore district are all ultra-hypabyssal subvolcanic rocks. According to their geological, petrological, mineralogical, petrochemical characters, trace-element distribution, and formation temperature, they are considered to belong to syntectic granites.

After analysing large amounts of data of the circum Pacific area (including Wubu and Nanjing—Wuhu districts), it is found that the lead isotopic composition of granitic rocks may reflect the evolution of the geospheres and represent different sources of materials. Therefore, the author suggests that lead isotopic composition may be used as new markers for distinguishing the genetic type of granites. With the change from mantle-derived granite to syntectic and then to transformed-type granite, the mantle material in granite decreases, while that from the crust gradually increases together with the content of radiogenic lead.