

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

长江中下游及邻区区域铅同位素 组成背景及其应用

马振东 单光祥

(中国地质大学, 武汉)



本文系统地研究了长江中下游及邻区区域各类地质体铅同位素组成背景。研究表明:区域各类地质体铅同位素组成特征是受原始地幔的不均一性、壳幔交换的动力学过程、层圈铀、钍、铅丰度及作用发生的时间等诸因素控制,为此,通过区域铅同位素背景的研究可以为地球化学分区、示踪物质来源及区域成矿预测提供有意义的信息。

关键词 区域铅同位素组成背景 示踪作用 长江中下游及邻区

近年来,国内外铅同位素地球化学研究方兴未艾,大量研究结果表明:全球、区域岩石圈铅同位素组成特征及演化受原始地幔的不均一性、壳幔交换的动力学过程、层圈铀、钍、铅丰度及作用发生的时间等诸多因素的控制。为此,开展区域各类地质体铅同位素组成特征的研究,可为地球化学分区(铅同位素填图)、示踪物质来源及区域地球化学找矿预测提供有意义的信息。这次工作中我们运用了当今国内外最新研究铅同位素的思路和方法,对长江中下游及邻区进行了较系统地研究,试图从更广阔的时、空领域及难观察的微观变化来探讨铅同位素的示踪作用。这里需要说明的是绝大部分岩浆岩的长石铅及矿石铅同位素数据是收集80年代到90年代初前人的分析测试结果(岩浆岩长石、全岩铅139件、矿石铅104件),本次研究侧重分析前人未做工作的基底到盖层中各沉积黄铁矿的铅同位素组成(共22件),各岩类及花岗岩岩基的铀、钍元素含量。依据这些资料进行区域铅同位素组成背景的综合整理和分析。

1 区域地层沉积黄铁矿(全岩)铅同位素组成

在区域的地壳发展演化历史中,长江中下游地区的构造运动经历了从活动到稳定,再到活化的三个阶段,形成了相应的三个构造层:即第一构造层为中元古代基底;第二构造层为震旦纪—早三叠世海相沉积盖层;中晚三叠世—新生代陆相火山碎屑岩系为第三构造层。第一、二构造层各群、系沉积黄铁矿(全岩)铅同位素组成见表1,第一、二构造层各岩类铀、钍元素含量见表2。据表1,2的数据分析:

第一构造层中元古界泥砂质复理石建造中沉积黄铁矿铅同位素组成代表了扬子陆块当时的物源环境,其钍/铀值稳定在4.5—5之间。

表1 区域地层沉积黄铁矿(全岩)铅同位素组成表

Table 1 Lead isotopic composition of pyrites (total rocks) from different formations

构造层	地层	采样位置	岩 岩	测定对象	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
第二构造层	二叠系	赣北	碳质页岩	黄铁矿(1)	18.430(0.18)	15.748(0.16)	38.697(0.38)
	石炭系	铜陵	灰岩、白云岩 ^[1]	全岩(5)	18.533	15.698	38.638
	泥盆系	赣北	砂岩 ^①	黄铁矿(1)	18.625	15.695	38.590
		铜陵	泥岩	黄铁矿(1)	18.077(0.10)	15.637(0.08)	38.480(0.21)
	奥陶系	鄂南	瘤状灰岩	黄铁矿(1)	18.222(0.06)	15.662(0.05)	38.333(0.12)
	寒武系	滁县	泥条白云质灰岩	黄铁矿(1)	21.584(0.15)	16.045(0.11)	38.720(0.27)
		赣北	灰岩	黄铁矿(1)	19.238(0.16)	15.769(0.13)	38.660(0.315)
		皖南	钙质页岩	黄铁矿(1)	18.822(0.05)	15.765(0.05)	39.130(0.11)
		赣北	灰岩	黄铁矿(1)	18.556(0.23)	15.815(0.19)	38.754(0.48)
		皖南	泥灰岩	黄铁矿(1)	18.481(0.19)	15.957(0.17)	38.944(0.41)
		皖南	泥条灰岩	黄铁矿(1)	18.396(0.09)	15.760(0.08)	38.680(0.19)
		赣北	硅质页岩	黄铁矿(1)	31.270(0.15)	15.527(0.08)	38.180(0.19)
		皖南	碳质页岩	黄铁矿(1)	19.091(0.04)	15.708(0.03)	38.560(0.08)
	震旦系	赣北	石英砂岩	黄铁矿(1)	17.849(0.14)	15.574(0.13)	37.742(0.31)
			冰碛砾岩	黄铁矿(1)	17.992(0.12)	15.491(0.11)	37.824(0.26)
			灰岩透镜体	黄铁矿(1)	17.976(0.15)	15.598(0.13)	38.059(0.32)
碳硅质页岩			黄铁矿(1)	17.816(0.07)	15.596(0.06)	37.606(0.14)	
皖南		砂岩	黄铁矿(1)	17.665(0.09)	15.531(0.08)	37.820(0.19)	
		灰岩	黄铁矿(1)	17.966(0.12)	15.647(0.10)	38.342(0.25)	
第一构造层	双娇山群	赣北	杂砂岩	黄铁矿(1)	17.982(0.11)	15.600(0.10)	37.960(0.23)
			粉砂质板岩	黄铁矿(1)	18.073(0.08)	15.714(0.07)	38.196(0.18)
	上溪群	皖南	黑色板岩	黄铁矿(1)	17.693(0.15)	15.503(0.13)	37.918(0.31)
			千枚状细砂岩	黄铁矿(1)	17.973(0.13)	15.728(0.11)	38.388(0.27)

注:铅同位素由有色金属总公司桂林矿产地质研究院同位素实验室测试,同位素比值括号内的数据为标准偏差。测定对象括号中的数字为样品数,以下均同。

①赣西北地质大队·城门山、武山铜矿地质·1990。

震旦系主要由滨海相碎屑岩及大陆冰碛岩或冰水沉积物组成,为此铅同位素组成及钍/铀值反映了初始盖层与基底之间物质成分的继承关系。

早寒武世沉积环境发生了变化(为陆缘裂陷海盆),水体较深,含氧度很低。陆源化学风化、化学沉积明显增强, U^{4+} 易氧化为 U^{6+} ,并形成易溶解的 UO_2^{2+} (铀铀铬离子)大量进入海盆。由于环境的变化,铀大量沉淀下来,被碳泥质吸附,造成了寒武系(尤其是硅、碳质岩石)普遍含较高的铀,铀/铅值明显增大。而钍元素在风化过程中仍为四价状态,溶解度低,故其含量变化甚小(表2)。为此,寒武系成为区域盖层中第一个异常铀铅同位素层。

表2 区域地层各岩类铀、钍元素含量表

Table 2 Uranium and thorium contents of various types of rocks from different formations

构造层	地 层		岩 类	U($\times 10^{-6}$)	Th(10×-6)	Th/U
第 二 构 造 层	二叠系	上 统	泥质岩(3)	8.37	15.20	1.82
			硅质岩(1)	12.50	2.40	0.19
		下 统	碳酸盐岩(7)	3.12	0.35	0.11
			硅质岩(3)	18.83	4.31	0.23
	石炭系		粗碎屑岩(3)	2.29	9.08	3.97
			碎屑岩(3)	3.53	13.45	3.78
			泥质岩(1)	3.18	14.48	4.55
			碳酸盐岩(1)	1.15	2.01	1.75
	泥盆系		碎屑岩(6)	3.25	13.20	4.06
			泥质岩(1)	5.06	19.10	3.77
	志留系		碎屑岩(6)	3.19	14.27	4.47
			泥质岩(12)	2.95	15.85	5.37
	奥陶系		碎屑岩(2)	4.65	12.65	2.72
			泥质岩(9)	3.54	16.10	4.55
			碳酸盐岩(2)	2.05	5.30	2.59
			碳质页岩(2)	12.20	11.70	0.96
	寒武系		泥质岩(15)	4.59	16.80	3.66
			碳酸盐岩(18)	2.37	3.79	1.70
			含碳硅质页岩(2)	23.70	8.20	0.35
	震旦系		碎屑岩(16)	1.51	8.42	5.58
		泥质岩(10)	2.16	10.30	4.77	
第 一 构 造 层	中元古界 双桥山群		泥质岩(9)	2.35	11.55	4.91
			碎屑岩(6)	2.23	10.87	4.61
			凝灰岩(1)	2.20	11.10	5.05
			细碧玄武岩(1)	0.25	2.20	4.23

注:铀、钍由中国原子能科学研究院仪器中子活化法(INAA)分析,铀误差平均小于15%,钍误差平均小于2%,以下均同。

奥陶系以后为正常沉积环境,铅同位素组成逐渐正常增大,这是陆壳物质分异,地壳趋于成熟,正常放射性衰变的结果。然而从表1可见在泥盆系、石炭系、二叠系沉积物(碳酸盐岩、沉积黄铁矿)中铅同位素组成呈现了较强的异常特征,这一特征与这些地层局部含有较高铀含量相吻合(表2)。它们构成了区域盖层中第二个铀铅同位素异常场,但其分布范围较小,且不均匀。

2 区域岩浆岩长石铅(全岩铅)同位素组成(表3)

表3 侵入岩长石铅、火山岩(全岩)铅同位素组成表
Table 3 Lead isotopic composition of feldspars (total rocks) from
intrusive rocks and volcanic rocks

时代	陆块	岩浆-火山岩	测定对象	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	资料来源
新生代	扬子	句容-江宁碱性玄武岩	全岩(3)	18.186	15.529	38.299	[2]
		六合碱性玄武岩	全岩(3)	17.865	15.514	37.985	
		六合超铁镁橄榄岩包体	全岩(2)	17.700	15.492	37.552	
	华北	嘉山-女山碱性玄武岩	全岩(5)	17.157	15.395	37.630	[2]
中生代	扬子	沿江与铜、铁成矿有关的中酸性小岩体	长石(22)	17.961	15.540	38.162	综合资料
		沿江“A”型花岗岩	长石(10)	18.152	15.483	38.205	[3]
		江南花岗岩岩基	长石(10)	18.291	15.613	38.503	[4]
	大别	大别花岗岩岩基	长石(3)	16.547	15.373	37.421	本文,1994
元古代	扬子	花岗闪长岩	长石(2)	17.851	15.520	37.979	[4]
		细碧玄武岩、石英角斑岩	全岩(4)	18.043	15.661	38.287	①

①朱贤甲等. 赣北地区古火山岩及其含矿性研究. 1986.

从表3上清楚可见:同一陆块(如扬子陆块)不同时期不同成因的岩浆岩、火山岩铅同位素组成具有明显的相似性,即所谓的块体效应。 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 各值的最大差值分别仅为0.59%, 0.18%和0.88%。而处于不同陆块,即使是相同成因的岩浆岩、火山岩,其铅同位素组成迥然有别。这主要是由于它们分别隶属于扬子陆块和大别、华北陆块,具有明显不同的基底铀、钍含量,扬子相对高铀低钍,而大别则以低铀高钍为特征,为此两者花岗岩的钍/铀值亦明显有别(表4)。

同一陆块中不同岩源的花岗岩类其铅同位素组成是有差别的,如扬子陆块内中生代壳熔的江南花岗岩岩基铅同位素组成普遍比沿江壳幔同熔型的含矿中酸性小岩体要偏高些,这是由于这两类花岗岩的岩源不同所致,江南花岗岩岩基重熔于略富铀、钍的中上地壳,含矿中酸性小岩体则是贫铀、钍的深源幔壳熔融的产物。而同一岩源区的与铜、铁成矿有关的沿江中酸性小岩体其铅同位素组成却具有十分惊人的趋同性(表5)。

代表地幔成分的碱性玄武岩也与花岗岩一样,由于产出的陆块不同,其铅同位素组成有异。属于华北陆块的嘉山-女山碱性玄武岩与属于扬子陆块的句容-江宁碱性玄武岩其 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 值之差达1%,这一信息示踪着它们的源区——上地幔的不均一性。

3 区域各类矿床矿石铅同位素组成

长江中下游及邻区分布着沿江铜、铁成矿带,江南台隆与沿江拗陷过渡区中的钨、锡成矿带及江南台隆内中元古界含金建造中的金矿带,由于它们各自的成矿物质来源不同,其矿石铅同位素组成各具特征(表6)。

表 4 不同陆块基底岩石及花岗岩类铀、钍元素含量表
Table 4 Uranium and thorium contents of basement rocks and
granitic rocks from different blocks

陆块	花岗岩岩基或基底		岩体或地层	岩石类型	U($\times 10^{-6}$)	Th($\times 10^{-6}$)	Th/U
扬子陆块	花岗岩岩基	中生代	太平	二长花岗岩	5.52	17.2	3.12
			青阳	花岗闪长岩	5.59	17.1	3.06
			九华	钾长花岗岩	6.30	24.8	3.94
			总铺	似斑状闪长岩	1.51	4.9	3.25
	元古代	九岭	斜长花岗岩	2.28	9.4	4.12	
		休宁	花岗闪长岩	1.43	6.7	4.69	
	前震旦基底		双桥山群		2.31	11.1	4.81
			星子群		1.72	7.6	4.42
			董岭群		1.63	6.6	4.05
大别隆起	花岗岩岩基	中生代	主薄	花岗岩	3.46	28.4	8.21
			万山	二长花岗岩	2.43	14.9	6.13
				二长花岗岩	1.79	22.3	12.46
			白马尖	二长花岗岩	2.08	25.8	12.40
			司空山	花岗闪长岩	1.25	7.7	6.16
			垄坪	二长花岗岩	1.46	19.3	13.22
	前震旦基底		大别群		1.25	10.2	8.18

表 5 沿江与铜、铁成矿有关的中性、中酸性小岩体铅同位素组成表
Table 5 Lead isotopic composition of feldspars from the copper, iron-bearing
intermediate and intermediate-acidic small intrusions along the Yangtze River

岩体	岩类	测定对象	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	矿产	资料来源
铁山	石英闪长岩	长石(1)	17.920	15.500	38.400	Fe, Cu	
金山店	石英闪长岩	全岩(1)	17.933	15.442	38.141	Fe, Cu	[5]
封山洞	花岗闪长岩	长石(1)	18.080	15.570	38.470	Cu, Mo	
武山	花岗闪长斑岩	长石(2)	17.877	15.546	37.937	Cu	①
城门山	花岗闪长斑岩	长石(1)	18.042	15.572	37.733	Cu, Mo	
金口岭	石英闪长岩	长石(3)	17.882	15.520	38.070	Cu	
马山	石英闪长岩	长石(2)	17.969	15.588	38.315	Cu	[1]
铜官山	石英闪长岩	长石(3)	17.834	15.540	38.108	Cu	

①赣西北地质大队·城门山、武山铜矿地质·1990.

表6 区内各类矿床矿石铅同位素组成表

Table 6 Lead isotopic composition of ores from different region

矿带	矿床类型	矿床	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	资源来源
沿江铜、铁成矿带	夕卡岩型铜矿床	武 山(6)	17.826	15.561	37.905	①
		城门山(3)	17.885	15.530	37.876	[1]
		金口岭(5)	18.096	15.547	38.227	[1]
	夕卡岩型钨、铜矿床	阮宜湾(1)	17.804	15.526	37.940	[5]
		斑岩型铜、钼矿床	城门山(3)	18.000	15.510	37.901
	块状黄铁矿型多金属矿床	城门山(7)	18.504	15.788	39.155	①
		马 山(10)	18.397	15.624	38.489	[1]
		新 桥(8)	18.558	15.646	38.591	[1]
		其 它(9)	18.318	15.647	38.490	[6]
	层状、似层状铅、锌矿床	栖霞山(8)	17.494	15.474	37.768	有色金属总公司华东地勘局,1990
钨、锡成矿带	夕卡岩型锡矿床与锡成矿有关的碱性花岗岩	曾家垅(1)	21.046	16.808	38.306	②
		长 石(2)	25.287	18.690	39.347	②
江南台隆金成矿带	中元古界含金建造中金矿床	万 古(2)	18.022	15.600	38.341	本文,1994
		高 田(5)	18.085	15.614	38.166	[7]
		黄金洞(13)	17.852	15.533	38.106	③
		大背坞(3)	17.704	15.623	37.900	④
		金 山(7)	17.471	15.515	37.495	[8]
		小连口(3) 天井山	18.068	15.600	38.285	⑤

①赣西北地质大队·城门山、武山铜矿地质,1990.②916地质大队·江西德安曾家垅锡矿,1985.③桑祖南·江南台背斜浅变质岩系中金成矿系列及找矿方向,1991.硕士学位论文.④沈庭远,1993年私人通信.⑤马荣生,1993年私人通信.

沿江铜、铁成矿带中夕卡岩型和斑岩型矿床的矿石铅同位素组成与具有密切时、空关系的中酸性小岩体长石铅同位素组成十分相似(表6),而与块状黄铁矿型多金属矿床的铅同位素组成有较明显的差别。

钨、锡成矿带中曾家垅夕卡岩型矿床中矿石铅同位素组成与其成矿母岩(二云母碱性长石花岗岩)长石铅同位素均具异常铀铅的特征。在江南台隆与沿江坳陷过渡区中发育着高挥发分、富硅、富碱铝过饱和的壳熔酸性至超酸性花岗岩岩类,其中含有较富的锡、钨、铀、钼等亲氧元素。为此,曾家垅二云母碱性长石花岗岩及与之有关的锡矿石中富铀铅。

江南台隆中金矿床矿石铅同位素组成与中元古界泥砂质复理石含金建造中黄铁矿铅同位素组成(表1)如出一辙,显示了其源区的一致性。

从以上区域各地质体铅同位素组成背景的特征分析表明:(1)可应用不同陆块铅同位素组成的差异来进行区域地球化学分区;(2)应用相同陆块的块体(同步)效应和不同层圈之间的变化来示踪各层圈之间演化机制及岩浆源;(3)通过区域铅同位素背景的研究可为示踪成矿物质

来源及区域成矿远景预测提供有意义的信息。

4 区域铅同位素组成背景的应用

自1974年R. E. 扎特曼^[9]对北美西部科迪勒拉地区中生代花岗岩岩基及有关矿床的240个铅同位素数据开始研究以来,国内外不少学者对铅同位素组成应用于基础地质及成矿预测的研究工作方兴未艾^[3,10-14],他们取得了一系列令人瞩目的成果,这些成果无疑给区域地球化学研究带来了新的生机和活力。

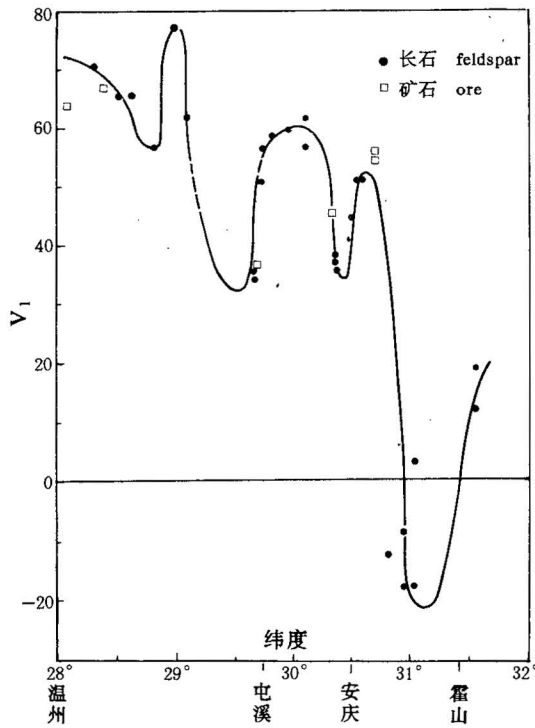


图1 温州-屯溪-霍山中生代岩浆岩铅同位素 V_1 值纬向投影

Fig. 1 Latitudinal projection of lead isotopic V_1 value of feldspars of Mesozoic magmatic rocks from Wenzhou-Tunxi-Huoshan

4.1 中生代花岗岩长石铅同位素组成填图

花岗岩长石铅同位素组成主要受区域的地壳铀、钍、铅储库的铀/铅、钍/铅值的控制。为了避免时间因素对铅同位素组成的影响,为此选用了同时代($T=130\text{Ma}$)中生代花岗岩,与同时代地幔铅相对偏差的表示方法,并用铅同位素三维空间拓扑图解的矢量值(V_1 和 V_2)来突出不同陆块对铅同位素组成的控制^[12]。这次研究选择了从华夏陆块,通过赣东北、皖南、长江中下游的扬子陆块,到大别隆起和北淮阳为止的温州-屯溪-霍山剖面,将剖面上(或附近)中生代各类花岗岩长石铅同位素组成的 V_1 矢量值投影在纬度剖面线上(表7,图1)。从表7和图1上清楚可见:

确定了陆壳间的界线 华南与扬子陆壳的界线可用 V_1 值为58(相当 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} > 15.60$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} > 38.60$)作为划界值,根据这一值,华南与扬子陆壳的界线与江绍断裂带的位置吻合。这一位置与朱炳泉^[13]根据新生代拉斑玄武岩 V_1 值所确定的界线相一致。而扬子与大别隆起的界线为 V_1 值梯度急变带, V_1 值从+30—+45急剧降到-7—-18,界线处于纬度为 30.8° — 30.9° 之间的滁县—洪镇一线的南侧。

厘定不明块体的性质 通过对洪镇(滁县、管店)岩体铅同位素 V_1 值示踪表明:(1)这三个岩体源区性质与大别-华北陆壳性质相似,决非扬子陆壳;(2)验证了地球物理资料:“滁县拗陷带的深部结构接近华北陆壳,与沿江深部结构出入较大”^[19];(3)洪镇等三个岩体铅同位素“越位”现象,示踪了大别、扬子陆壳的界线往东南推至滁县—洪镇一带。

示踪同一陆块内不同岩源 从图1可见扬子陆块内部中生代岩浆岩铅同位素 V_1 值呈“Ω”型,这是陆块内不同岩源(层圈)铅同位素组成的清晰反映。位于江南台隆上壳熔花岗岩岩基 V_1 值为50—60,反映中、上地壳铅同位素组成特征;而位于两侧拗陷中与成矿有关的中酸

性小岩体 V_1 值为 30—45, 反映下地壳、上地幔混合源的铅同位素组成。

表7 温州-屯溪-霍山中生代岩浆岩长石铅同位素组成及 V_1 与 V_2 值
Table 7 Lead isotopic composition of feldspars and V_1, V_2 values from
Mesozoic magmatic rocks from Wenzhou-Tunxi-Huoshan

地区	岩体	岩类	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$\epsilon_{\Delta\text{rp}}$	V_1	V_2	资源来源
温州 屯溪	缙云村前	花岗岩	18.428	15.677	38.847	0.38	69.7	50.7	[15]
	武义	英安流纹斑岩	18.209	15.693	38.907	1.62	65.5	39.7	
	遂昌苏村	斜长花岗岩	18.263	15.612	38.860	0.69	65.7	41.0	
	马头	二长花岗岩	18.129	15.603	38.617	0.83	56.4	36.9	
	龙游北界	二长花岗岩	18.306	15.655	39.276	1.22	76.9	39.5	
	江山洪公	花岗岩	18.133	15.619	38.848	1.10	62.1	34.9	
赣 东北	银山	石英斑岩	17.957	15.492	37.883	-0.19	34.4	34.2	[16]
		英安斑岩	18.023	15.467	37.900	-0.60	36.5	36.6	
皖 南	绩溪伏岭	花岗岩	18.255	15.580	38.455	0.16	55.8	44.4	[4]
	桐坑	花岗岩	18.298	15.623	38.196	0.28	50.6	50.3	
		花岗岩	18.279	15.586	38.475	0.16	56.9	45.5	
	歙县长陔	花岗岩	18.254	15.545	38.577	-0.09	58.7	42.2	
	黟县	黑云母花岗岩	18.242	15.659	38.622	1.04	59.5	43.7	
	祁门大历	花岗岩	18.234	15.642	38.508	0.83	56.5	44.2	
		花岗岩	18.321	15.613	38.611	0.38	61.2	46.6	
	太平	花岗岩闪长岩	18.295	15.636	38.576	0.64	59.7	46.3	
太平坞石垅	花岗岩	18.337	15.599	38.385	0.06	56.2	49.6		
铜 陵	马山	石英闪长岩	17.969	15.588	38.315	0.94	45.1	32.1	[1]
	金口岭	石英闪长岩(3)	17.882	15.520	38.070	0.40	36.9	29.1	
	铜官山	石英闪长岩(3)	17.834	15.540	38.108	0.74	36.6	26.7	
枞 怀	毛王庙	二长斑岩	18.091	15.604	38.342	0.83	51.0	37.2	[17]
	城山	碱性长石花岗岩	18.120	15.510	38.370	-0.17	50.3	37.2	[3]
		大龙山	花岗岩(2)	18.064	15.472	38.218	-0.47	45.2	
	洪镇	花岗岩	16.990	15.370	36.950	0.79	-12.9	-5.6	①
大 别	舒城	石英闪长岩	16.990	15.452	37.623	1.98	3.5	-11.3	[4]
		石英闪长岩	16.539	15.454	37.220	3.00	-18.0	-28.7	
	舒城	石英正长岩	16.539	15.350	37.215	2.03	-18.1	-31.0	陈江峰 1991
		龙眼寨	石英正长岩	16.968	15.350	37.192	0.82	-7.1	
北 淮 阳	金寨	霞石正长岩	17.242	15.423	37.715	1.06	12.0	-0.5	[18]
	响洪甸	含霞石正长岩	17.202	15.494	38.064	2.05	19.0	-4.7	

①邢凤鸣. 花岗岩类与地球化学场——以安徽为例. 1993.

指示矿带空间位置 扬子陆块内大型超大型矿床都在铅同位素 V_1 值梯度急变带的附近。华南与扬子陆块之间的急变带有德兴斑岩铜矿, 银山铜、铅、锌、银矿, 冷水坑铜、金、银矿; 扬子与华北(大别)之间急变带展布着沿江铜、铁成矿带。

4.2 新生代碱性玄武岩铅同位素组成填图

新生代碱性玄武岩代表地幔组成特征。在长江中下游及邻区范围内主要有两个新生代火山岩群: 一个分布在郟庐断裂东南侧的嘉山-六合火山岩群; 另一个位于江绍断裂带东南侧的嵯县-新昌火山岩群, 其铅同位素组成特征及沿纬向剖面 V_1 值变化见表 8 和图 2。

表 8 嵯县-女山新生代碱性玄武岩铅同位素组成及 V_1 与 V_2 值
Table 8 Lead isotopic composition and V_1 与 V_2 values from Cenozoic
alkali basalts from Shengxian-Nushan

地区	岩 体	岩 类	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$\epsilon_{\Delta\text{rp}}$	V_1	V_2	资源来源
嵯县 新昌	N-AL	嵯县城隍山	18.362	15.584	38.478	0.18	49.7	43.7	〔13〕
	N-AL	新昌上梓州	18.276	15.444	38.171	-1.10	40.2	39.4	
江宁 句容	ADFF	当涂斧山	18.150	15.574	38.469	0.66	44.1	33.0	〔2〕
	JJNF	江宁方山	18.252	15.547	38.369	0.07	44.3	38.4	
	JJT	句容赤山	18.103	15.467	38.058	-0.46	33.1	32.8	
六合 仪征	JLHT	六 合	17.962	15.489	37.911	0.04	26.0	28.1	
	JLHF-1	六合方山	17.844	15.517	38.046	0.72	26.2	21.5	
	JLHF-5	六合方山	17.789	15.536	37.999	1.02	23.7	19.8	
	PSS2	六合盘石山 二辉橄榄岩 包 体	17.882	15.473	37.774	0.03	20.7	25.4	〔19〕
	PSS6		17.784	15.534	37.822	0.90	19.9	21.5	
PSS12	17.435		15.468	37.060	0.78	-7.8	11.5		
嘉山 女山	AJSM-3	明 光	17.147	15.370	37.624	1.01	-1.6	-11.0	〔2〕
	AJSD-2	嘉山大横山	16.594	15.317	37.352	1.88	-22.2	-36.0	
	AJSL-2	老虎山	17.266	15.414	37.684	1.13	2.8	-4.9	
	AJSQ-2	嘉 山	17.009	15.437	37.782	2.12	-1.3	-17.9	
	AJSN-1	女 山	17.771	15.437	37.707	-0.04	16.2	19.9	

嵯县—新昌一带的碱性玄武岩与江苏当涂—江宁一带碱性玄武岩的铅同位素组成相似,

其 V_1 值为 40—50, 其间无明显界线, 呈过渡状态。安徽嘉山-女山碱性玄武岩的 V_1 值为 +16—+22, 显示了华北地幔的特征(汉诺坝及大同新生代拉斑玄武岩、碱性玄武岩 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 17.175—17.947, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 15.322—15.439, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 37.112—37.935^[20]。

江苏句容赤山、六合方山碱性玄武岩 V_1 值为 23—33, 与宁镇地区中生代深源岩浆岩长石铅及矿石铅同位素组成特征一致。这一地区各类地质体铅同位组成在扬子陆块东部明显偏低, 其原因是否是与华北陆块间各层圈的互相叠置、楔合及交换作用有关。

从图 2 清晰可见, 扬子与华北碱性玄武岩铅同位素 V_1 之间的陡度变化没有陆壳之间(图 1)那样急陡和截然, 两者之间呈过渡状态。这种过渡性很可能是扬子地幔向华北陆块俯冲所造成的, 与前述华北(大别)陆壳的仰冲“越位”是相辅相存的, 这是否就是块体互相作用动力学机制铅同位素的示踪反映。

幔源超铁镁橄榄岩包体与其寄主岩石(碱性玄武岩)相比, 其铅同位素组成略偏低些, 这其中的原因推测有二: 其一是包体与碱性玄武岩所代表的是地幔纵向成分的差异; 其二可能是碱性玄武岩浆上侵过程中受地壳混染所致。

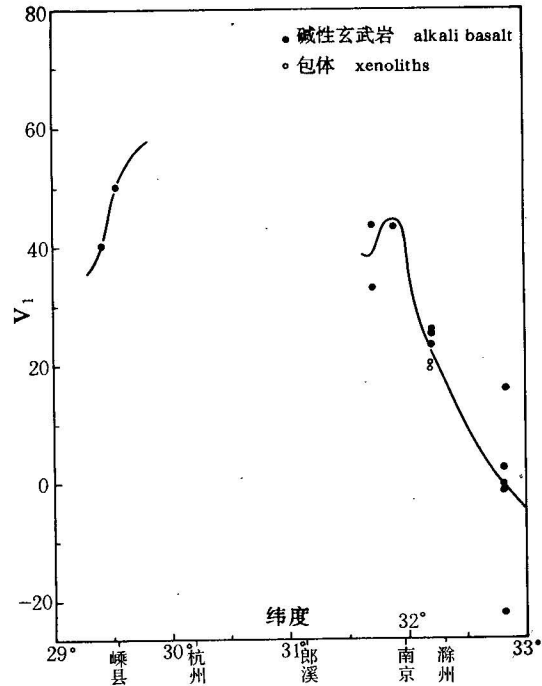


图 2 嵯县-女山新生代碱性玄武岩铅同位素 V_1 值纬向投影

Fig. 2 Latitudinal projection of lead isotopic V_1 value of Cenozoic alkali basalts from Sheng Xian-Nushan

参 考 文 献

- 1 黄斌. 安徽铜陵地区块状硫、铁、金矿床铅同位素特征. 地质学报, 1991, 65(4): 347—359 页.
- 2 支霞臣, 陈道公. 扬子断块东段新生代玄武岩地球化学. 见: 李继亮主编. 中国东南海陆岩石圈结构与演化研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1992. 193—217 页.
- 3 章邦桐, 张富生, 倪琦生, 陈培荣, 翟建平, 沈渭洲. 安庐石英正长岩带的地质和地球化学特征及成因探讨. 岩石学报, 1988, 3(1): 1—14.
- 4 张理刚, 邢凤鸣. 安徽中生代花岗岩铅同位素组成与铅同位素省划分. 岩石学报, 1993, 9(2): 105—114.
- 5 舒全安, 陈培良, 程建荣. 鄂东南铁铜矿产地质. 北京: 冶金工业出版社, 1992. 313—318 页.
- 6 刘裕庆, 刘兆兼. 铜陵地区层状(铁、硫)矿床同位素地球化学和矿产成因研究. 见: 中国地质科学院矿床地质研究所刊. 北京: 地质出版社, 1991. 24(1): 47—112 页.
- 7 刘英俊, 李扬, 季峻峰, 邱德同, 王峰, 高维敬. 赣西北地体金分布及其成矿地球化学研究. 地质找矿论丛, 1992, 7(4): 1—11.
- 8 朱恺军, 范宏瑞. 江西金山金矿床层控成因的地质地球化学证据. 地质找矿论丛, 1991, 6(4): 18—27.
- 9 Zartman R E. Lead isotopic province in the Cordillera in the Western United States and their geological significance. Econ. Geol., 1974, 69: 792—305.

- 10 Doe B R and Zartman R E. Chapter 2 Plumbotectonics, The phanerozoic. In: Barnes H L. *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*, 2nd Ed. Wiley-Interscience, New York, 1979. 22—70.
- 11 马振东. 论铅同位素的地质指示作用. *地球科学*, 1986, 11(2): 437—443.
- 12 朱炳泉. 矿石铅同位素三维空间拓扑图解用于地球化学省与矿种区划. *地球化学*, 1993, 22(3): 209—215.
- 13 朱炳泉, 王慧芳, 邹丽萍, 刘海臣, 彭建华, 易文. 浙闽地幔地球化学与华南-扬子地幔边界讨论. 见: 李继亮主编. *东南大陆岩石圈结构与地质演化*. 北京: 冶金工业出版社, 1993. 69—77页.
- 14 张理刚, 王可法, 陈振胜, 刘敬秀. 中国东部中生代花岗岩长石铅同位素组成及其铅同位素省划分. *科学通报*, 1993, 38(3): 235—240.
- 15 张理刚, 王可法, 陈振胜, 刘敬秀, 于桂香, 吴克隆, 兰晶莹. 论“华夏古大陆”——铅同位素研究证据. *地质论评*, 1994, 40(3): 200—207.
- 16 沈渭洲, 陈繁荣, 刘温实, 杜杨松. 江西银山多金属矿床的稳定同位素研究. *南京大学学报(地球科学)*, 1991, 29(2): 186—193.
- 17 任启江, 刘孝善, 陈兆文等. 安徽庐枞中生代火山岩构造洼地及其成矿作用. 北京: 地质出版社, 1991. 79—88页.
- 18 周泰禧, 陈江峰, 李学明, 陈道公, 支霞臣. 安徽响洪甸碱性杂岩体的地球化学特征和岩石成因. 见: 李继亮主编. *中国东南海陆岩石圈结构与演化研究*. 北京: 中国科学技术出版社, 1992. 182—192页.
- 19 陆启行, 陈永达. 长江中下游地区深部地球物理调查成果及对地质构造与成矿预测的新认识. *物探与化探*, 1993, 17(5): 321—329.
- 20 解广轰, 涂勤, 王俊文, 张明, Martin F J F. 中国东部新生代玄武岩铅同位素组成的地理分布特征和成因意义. *科学通报*, 1989, 34(10): 772—775.

THE BACKGROUND OF REGIONAL LEAD ISOTOPIC COMPOSITIONS AND ITS APPLICATION IN THE LOWER AND MIDDLE REACHES OF THE YANGTZE RIVER AND NEIGHBOURING AREAS

Ma Zhendong and Shan Guangxiang

(Institute of Geochemistry, China University of Geosciences, Wuhan, Hubei)

Abstract

The paper systematically deals with the background of regional lead isotopic compositions in the lower and middle reaches of the Yangtze River and neighbouring areas. It is shown that the lead isotopic compositions of different geologic formations and units are controlled by primary mantle heterogeneity, dynamic process of crust-mantle interchange, geosphere's abundances of uranium, thorium and lead, and timing. Studies on the background of regional isotopic compositions may offer significant information for geochemical regionalization, tracing of the source of ore-forming materials, and regional prognosis of ore deposits.

Key word: background of regional lead isotopic composition, tracing action, lower and middle reaches of the Yangtze River and neighbouring areas.

作者简介

马振东, 1943年生。1966年毕业于北京地质学院勘探系金属非金属专业, 1981年毕业于武汉地质学院北京研究生院, 获地球化学理学硕士学位, 现为中国地质大学(武汉)教授, 主要从事地球化学、同位素地球化学的教学和科研工作。通讯处: 武汉市喻家山中国地质大学(武汉)地球化学研究所, 邮政编码: 430074。