

相山铀矿田同位素地质学特征

陈迪云 周文斌 周鲁民 吴伯林 谭敬华 孙占学

(南京大学地球科学系, 南京)

(华东地质学院, 江西抚州)

提 要: 文章总结了近10年来相山矿田同位素研究成果, 探讨了相山矿田岩石成因、成岩成矿年龄、矿液和矿质来源几个方面的问题。同位素年代学研究表明: 火山岩的形成时代为 140×10^6 a, 其特征表明岩源为下部地壳。成矿溶液是岩浆水和大气降水的混合, 但其成分是不不断演化的, 成矿前岩浆水占有一定的比例, 到了成矿期则主要为大气降水。成矿物质可能主要来自于火山岩。

关键词: 同位素 铀矿 成因

相山铀矿田位于赣杭构造火山岩带西南端的相山塌陷破火山口周围, 与火山活动有密切的成因联系, 为典型的火山热液矿床。在过去的三十多年时间里, 国内外科研单位、院校及生产单位的工作者对相山矿田进行勘探和科研工作。曾提出过著名的“双混合模式”(陈肇博, 1981)。近十年来, 不同地质学家根据各自的研究需要开展了某些同位素地质学研究。作者在前人的工作基础上, 结合自己的研究课题, 对相山矿田同位素进行了补充和系统的工作。本文意在总结多年来同位素方面的研究成果, 对相山矿田的同位素地质学特征作一较为系统的报道。

1 矿区地质概况

相山铀矿田属中国东部后地台构造-岩浆活化阶段中生代火山岩带的一个组成部分。由两个构造层组成。火山基底地层为震旦系中浅变质岩系和上三叠统至下侏罗统安源含煤岩系; 盖层为火山岩, 自下而上划分为打鼓顶组和鹅湖岭组。打鼓顶组以流纹英安岩为主, 而鹅湖岭组则主要由碎斑熔岩组成。次火山活动发育, 形成广泛分布的次花岗斑岩。破火山口在平面上呈椭圆形, 在剖面上成漏斗状。中心部位主要是鹅湖岭组的碎斑熔岩, 外围为打鼓顶组的英安岩。在破火山口周围形成一系列的环状和放射状断裂, 破火山口两侧还发育有 NE 向和 NW 向两组区域性断裂。次花岗斑岩沿环状断裂侵入。矿化作用主要发生在矿田的东侧、西侧和北侧。含矿主岩为火山岩, 次火山岩。东侧和北侧矿化主要受火山机构的控制, 而西侧主要受区域性断裂控制。该区域性断裂有继承性, 继承了基底断裂的特征。在矿田内发生了三次大规模的热液活动: 第一次是富钠的碱性热液活动, 形成了以钠长石为标志碱交代型铀矿床。分布于矿田的东部和北部; 第二次是富氟的酸性-弱酸性热液活动, 形成以萤石化,

陈迪云, 男, 28岁, 硕士, 1986年毕业于中国地质大学地球化学系。邮政编码: 210008
1992-6-29收稿, 1993-2-23二次修改回

水云母化为标志的萤石-水云母型铀矿床。主要分布在矿田的西部和北部;第三次是硅质热液活动,形成硅化带,没有见到有工业价值的铀矿化。

2 火山岩的成岩年龄及岩石成因

2.1 基底变质岩

相山矿田盆地周围分布着一套浅变质层,北部多为片岩,南部以千枚岩为主。目前一般认为是震旦系。最近在其中的斜长角闪片岩中获得了 713×10^6 a 的 K-Ar 法年龄(王长华, 1992),这个年龄很可能仅代表变质年龄。如果是这样的话,这套变质岩系的成岩年龄还要老,可能属于晚元古或更早的时代。

2.2 火山岩的成岩年龄

相山矿田火山岩的成岩年龄最早由方锡珩等(1980)用 Rb-Sr 法进行了测定^[1]。用全岩-矿物等时线测得打鼓顶组流纹英安岩的年龄为 130×10^6 a,而鹅湖岭组的年龄为 147×10^6 a,这样的年龄测定结果,从火山岩的形成年龄来看,其时序正好与地质层位相反。众所周知,在江西地区 J₃ 火山岩剖面中打鼓顶组在下,鹅湖岭组在上。造成这种结果的原因,主要是一方面构成等时线的样品数太少,这样由于单个样品的 Rb-Sr 同位素体系的扰动对年龄的影响很大,另一方面,研究者用了全岩-矿物等时线,被测矿物钾长石和黑云母均存在某种程度的蚀变,矿物尺度 Rb-Sr 扰动是很难免的。这样势必造成虚假的年龄。为此,作者对相山主体岩石,鹅湖岭组的 7 件碎斑熔岩全岩样品进行了 Rb-Sr 同位素测定(表 1),获得了 140.7×10^6 a 的等时线年龄(图 1)。李坤英等(1989)对相山盆地的鹅湖岭组火山岩中的黑云母用

表 1 相山矿田火山岩 Rb-Sr 同位素组成及处理结果
Table 1. Rb-Sr isotope compositions and calculations of volcanic rocks from the Xiangshan orefield

序号	岩性	Rb(10^{-5})	Sr(10^{-6})	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	处理结果
1	碎斑熔岩	190.74	116.09	5.0314	0.72103	$t = (140.7 \pm 1.5) \times 10^6$ a $\gamma = 0.90$ $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0 = 0.7127$
2		281.87	94.707	8.5989	0.72955	
3		292.51	91.974	9.1897	0.73389	
4		288.64	102.78	8.1148	0.73053	
5		280.77	89.883	9.0257	0.73314	
6		231.59	137.37	5.0899	0.72421	
7		271.05	89.383	8.9560	0.73036	
8	钠化花岗斑岩	249.84	103.84	6.9525	0.73077	$t = 125.2 \times 10^6$ a $\gamma = 0.915$ $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0 = 0.71922$
9		86.673	77.898	3.2131	0.72461	
10		159.16	116.53	3.9442	0.7286	
11		79.179	107.39	2.1285	0.72178	

由地矿部宜昌地矿所测试

$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 法测得坪年龄 $(141.16 \pm 1.57) \times 10^6$ a,等时线年龄 $(141.16 \pm 1.69) \times 10^6$ a。因而作者所测得的相山主体岩石鹅湖岭组的碎斑熔岩的年龄基本上代表了其形成的年龄。对方锡珩所测的打鼓顶组流纹英安岩、鹅湖岭组的碎斑熔岩、次火山岩等整套火山岩的 11 件全岩样品的 Rb-Sr 等时线处理,获得了 $(140 \pm 10) \times 10^6$ a 的年龄, $\gamma = 0.98$ 。这一结果说明个整

火山岩、次火山岩能构成一条良好的等时线,说明它们具有同源特征,它们之间的成分差异,只是岩浆房内物质带状分异造成的。打鼓顶组和鹅湖岭组,以及次火山岩都是一个连续的喷发和侵入系列。相互之间的时间间隔很短。综上,作者认为相山火山岩形成的时间应为 140×10^6 a 前后,按中国地层时代表(王鸿祯,李光岑,1990),应属于晚侏罗世。

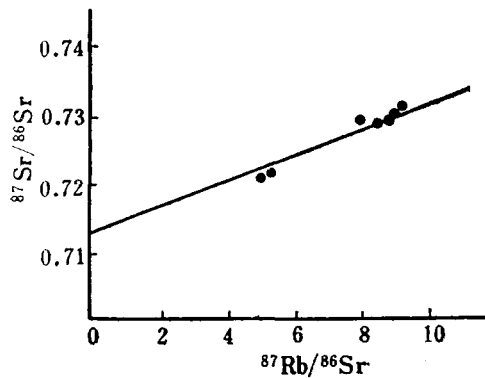


图 1 相山碎斑熔岩Rb-Sr等时线图

Fig. 1. Rb-Sr isochron diagram of Xiangshan porphyroclastic lava.

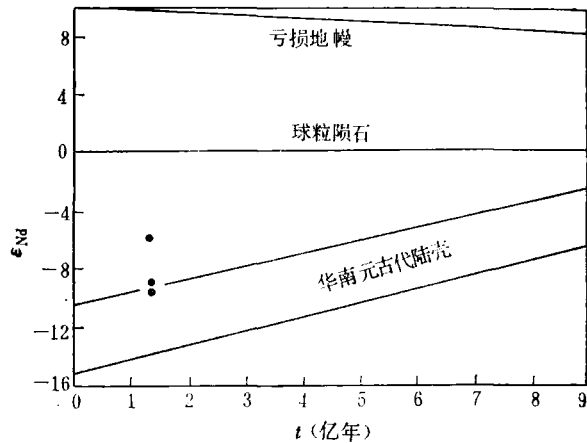


图 2 相山火山岩的 ϵ_{Nd} - t 图解

Fig. 2. ϵ_{Nd} - t diagram of Xiangshan volcanic rocks.

2.3 火山岩的成因

2.3.1 锶同位素信息

相山矿田 7 件碎斑熔岩的 Rb-Sr 等时线获得了 0.7127 的初始 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值; 11 件火山岩、次火山岩的 Rb-Sr 等时线所获得的初始 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值 0.7113。两者均大于 0.706。在地幔和地壳中锶同位素演化图上位于大陆壳增长线之下及玄武岩区之上。对于具有这种类型的初始锶比值,其物质来源有多种解释,即是:①上地幔,但在上升侵位的过程中有大量的地壳物质混入;②来自下部地壳的深熔岩浆;③上部地壳中的 Rb/Sr 较低的部位,经过部分熔融形成。

2.3.2 钕同位素信息

陈繁荣(1990)对相山鹅湖岭组的三个英安流纹岩的钕同位素进行了测定。计算出 $t = 140 \times 10^6$ a 时 Nd 同位素组成的 $\epsilon_{Nd}(t)$ 值为 -9.1、-8.5 和 -5.4。将这些值投在 ϵ_{Nd} - t 图解上(图 1)^[2],位于华南元古代地壳演化线附近。

综上所述,作者认为相山火山岩主要是下部地壳物质经深熔作用形成。可能也有一定数量的地幔组分。

3 成矿年龄

王传文等(1980)最早根据沥青铀矿 U-Pb 法同位素地质年龄数据,得出相山矿田的成矿年龄在 $100 \times 10^6 \sim 120 \times 10^6$ a 之间。陈繁荣分别对钠交代型和萤石-水云母型矿化用沥青铀矿 U-Pb 法进行了测定,获得了 115.2×10^6 a 和 97.6×10^6 a 两期成矿年龄^[3]。作者对钠交

代花岗岩进行了 Rb-Sr 同位素等时线年龄测定, 获得了 $(125.2 \pm 39) \times 10^6$ a 的年龄 (表 1)。该年龄是钠交代作用的反映。鉴于该等时线的相关系数 $\gamma=0.915$ 不是很高, 说明钠交代作用没有使岩石中的锶同位素完全均一化, 所以该年龄作为钠交代的年龄显得有些偏大。作者推测钠交代作用发生在 120×10^6 a 左右, 接着便是一次成矿作用, 形成钠交代型铀矿化。总之, 相山矿田两期主要的矿化分别发生在 120×10^6 a 左右和 100×10^6 a 左右。

4 成矿溶液的来源

成矿溶液来源的探讨, 目前主要是用同位素示踪作用。通过测定成矿溶液的氢、氧同位

表 2 相山矿田矿物及包裹体水的氢、氧同位素组成(‰)
Table 2. Hydrogen and oxygen isotope composition of minerals and fluid inclusions in the Xiangshan orefield

序号	样点	测定矿物	$\delta^{18}\text{O}_{\text{矿物}}$ (SMOW)	$\delta\text{D}_{\text{矿物}}$ (SMOW)	温度 ($^{\circ}\text{C}$)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ (SMOW)	$\delta\text{D}_{\text{H}_2\text{O}}$ (SMOW)	计算方程 ^③	矿化期次	资料来源
1	617	钾长石	8.7		500	7.2		(1)	成岩期	本文
2	611	钾长石	10.6		280	4.0		(2)	矿前期	本文
3	628	方解石	8.7		290 ^①	3.3		(3)	矿前期	徐国庆, 1984
4	628	方解石	11.2		271	5.1		(3)	矿前期	徐国庆, 1984
5	617	方解石	7.4		276	1.5		(3)	矿前期	徐国庆, 1984
6	611	石英	10.2		270	2.5		(6)	矿前期	本文
7	611	钠长石	9.7		195	-0.9		(2)	成矿期	本文
8	617	钠长石	4.8		164	-7.9		(2)	成矿期	喻乐华, 1988
9	6122	水云母	9.8	-66	240 ^①	-3.8	-71	(4)(5)	成矿期	本文
10	6122	水云母	14.1	-53	200 ^②	1.8	-60	(4)(5)	成矿期	徐达忠, 1990
11	6122	水云母	10.9	-69	200 ^②	-1.4	-76	(4)(5)	成矿期	徐达忠, 1990
12	611	水云母	13.5	-69	200 ^②	1.2	-76	(4)(5)	成矿期	徐达忠, 1990
13	611	水云母	12.6	-72	200 ^②	0.3	-79	(4)(5)	成矿期	徐达忠, 1990
14	117	方解石	3.8		275 ^①	-2.1		(3)	成矿期	徐国庆, 1984
15	居隆庵	石英	11.3		172	-4.5		(7)	成矿期	本文
16	居隆庵	方解石	13.4		121	-1.1		(3)	矿后期	本文
17	居隆庵	方解石	9.0		116	-5.9		(3)	矿后期	本文
18	617	方解石	9.1		110	-6.5		(3)	矿后期	徐国庆, 1984
19	617	方解石	14.9		120	0.2		(3)	矿后期	徐国庆, 1984
20	617	方解石	13.8		103	-2.6		(3)	矿后期	徐国庆, 1984
21	6122	方解石	5.2		123	-9.1	-57	(3)	矿后期	本文
22	6122	萤石			124		-77		矿后期	本文

注: ① 爆裂温度; ② 给定温度, 其余为均一温度; ③ 计算方程 (采自文献[4]); (5) 为氢同位素方程, 其余为氧同位素方程)

$$(1) 1000 \ln \alpha_{\text{长石-水}} = 2.91 \times 10^6 T^{-2} - 3.41$$

$$(2) 1000 \ln \alpha_{\text{长石-水}} = 3.13 \times 10^6 T^{-2} - 3.70$$

$$(3) 1000 \ln \alpha_{\text{方解石-水}} = 2.78 \times 10^6 T^{-2} - 3.37$$

$$(4) 1000 \ln \alpha_{\text{水云母-水}} = 3.20 \times 10^6 T^{-2} - 2.0$$

$$(5) 1000 \ln \alpha_{\text{水云母-水}} = 3.06 \times 10^6 T^{-2} - 3.24 \times 10^3 T^{-2}$$

$$(6) 1000 \ln \alpha_{\text{石英-水}} = 3.24 \times 10^6 T^{-2} - 3.31$$

$$(7) 1000 \ln \alpha_{\text{石英-水}} = 3.65 \times 10^6 T^{-2} - 2.59$$

其中 T 为绝对温度; 同位素组成由西安地矿所测定

素组成, 根据其特征来探讨成矿溶液的来源。成矿热液的氢氧同位素组成的测定方法主要有同位素平衡温度计算法及矿物气液包裹体成分直接测定法。本次研究, 对相山矿田从矿前期, 到成矿期和矿后期整个热液活动过程所形成的钾长石、石英、钠长石、水云母、方解石等进

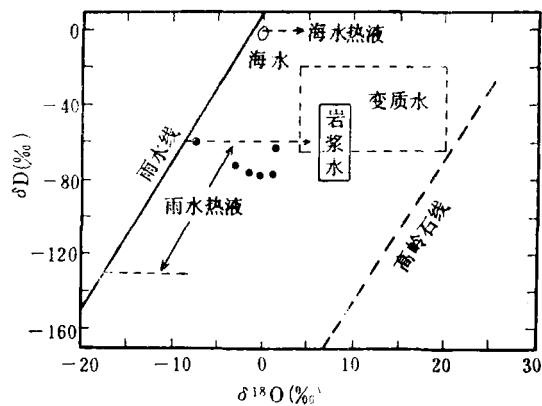


图 3 相山矿田热液 $\delta D-\delta^{18}O$ 的关系图解

Fig. 3. δD versus $\delta^{18}O$ diagram of hydrothermal solutions of the Xiangshan orefield.

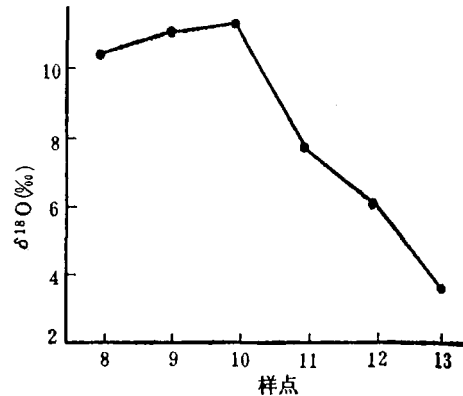


图 4 在水云母化过程中 $\delta^{18}O$ 的变化趋势

Fig. 4. Variation of $\delta^{18}O$ in the process of hydromicatization.

行氧、氢同位素的测定。同时注意分析代表两期矿化的钠长石和水云母的同位素研究。对矿

表 3 相山地区原岩及蚀变岩石 $\delta^{18}O$ 值一览表

Table 3. $\delta^{18}O$ values of protoliths and altered rocks from Xiangshan area

序号	样号	样品名称	采样地点	$\delta^{18}O$ (SMOW) (‰)
01	5-41-2	斑状花岗岩	6110	8.7
02	5-41-3	花岗斑岩	6110	9.5
03	81S 31	花岗斑岩	615	11.6
04	B 15-6-1	花岗斑岩	617	9.4
05	B 5-2-5	钠化花岗斑岩	617	4.4
06	59-38-2	碎斑熔岩	6122	10.9
07	18-1	碎斑熔岩	615	10.6
08	Z-L-20	碎斑熔岩	6122	10.4
09	81S 35W	碎斑熔岩	6122	11.0
10	81S 34W	碎斑熔岩	6122	11.3
11	Z-14-1-10	水云母化碎斑熔岩	6122	7.8
12	611-A	水云母化碎斑熔岩	611	6.0
13	Z-14-16	强水云母化碎斑熔岩	6122	3.5

81S系列的样品引自徐国庆^[5]

物形成的温度进行了测定, 计算出与之相平衡的水同位素组成^[4]。对不含氢的矿物萤石和方解石的包裹体的氢同位素进行了直接的测定, 将这些测定结果和计算数据一同列入表 2 中。相山矿田成矿热液的氧同位素组成变化大, $\delta^{18}O$ 为+7.2‰~-9.1‰, 而且从矿前期到矿后期呈下降的趋势。矿前期平均值为+3.9‰, 成矿期平均值为-1.9‰, 而矿后期平均值为-4.2‰。而氢同位素组成则变化较小, 集中在-50‰~-80‰的范围。与我国东南沿海地区中生代大气降水的氢同位素组成(-50‰~-70‰)相同。总之相山矿田成矿热液的氢、氧同位素的组成特征是, $\delta^{18}O$ 变化大, 而 δD 相对稳定。将氢、氧同位素组成投在 $\delta^{18}O-\delta D$ 的关系图解上(图 3), 数据点落在正常岩浆水的范围以外, 相对雨水线有明显的“氧漂移”。这种特征的成矿溶液, 有两种解释, 一是大气降水, 但与岩石发生了交换; 二是大气降水和岩浆水的混合。

对蚀变岩石的同位素组成研究,最能说明热液的性质。相山矿田蚀变岩石和原岩的氧同位素组成见表3。无论是钠交代蚀变,还是水云母蚀变,其蚀变岩石的 $\delta^{18}\text{O}$ 比原岩的 $\delta^{18}\text{O}$ 都有明显的降低。而且随着蚀变程度的增加, $\delta^{18}\text{O}$ 不断减少(图4)。蚀变岩石的氢氧同位素组成主要取决于蚀变温度、蚀变热液和原岩的同位素组成。自然界中矿物与水之间的同位素分馏通常是 $\delta^{18}\text{O}_{\text{矿物-水}} > 0\text{‰}$ 。由于同位素的分馏系数是随温度的降低而升高,蚀变温度一般低于岩浆温度。因而,如果蚀变热液是火山作用后期的残余岩浆水,那么蚀变岩石的氧同位素组成要升高。而大气降水的氧同位素组成一般比岩石的低,因而发生蚀变作用时,与岩石中的氧同位素发生交换,使岩石的氧同位素组成降低。

综上所述,相山矿田成矿热液的同位素组成从矿前期到矿后期氧同位素值不断减少,说明成矿热液的成分不断变化。矿前期岩浆水占有一定的比例,但到了成矿期和矿后期成矿溶液则主要是大气降水。

5 成矿物质来源

5.1 铅同位素地球化学信息

相山矿田碎斑熔岩中钾长石和成矿期黄铁矿的铅同位素组成进行了测定^[3],结果表明两者的同位素组成十分相似。钾长石为: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=18.400$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=15.700$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=38.756$;黄铁矿的铅同位素组成为: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=18.259$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=15.634$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=38.691$ 。说明成矿溶液中的铅主要来自于火山岩或与火山岩同源。鉴于成矿溶液主要是深循环的大气降水,所以作者认为铅主要是大气降水在火山岩中作深循环过程中提取出来。

5.2 碳同位素组成特征

相山矿田的碳同位素组成变化比较稳定, $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ 值为 $-1.3\text{‰} \sim -9.4\text{‰}$,表4中列出了相山矿田不同成矿期的碳同位素的组成,其碳同位素组成落在火成碳酸岩的碳或沉积碳的同位素变化范围,而明显不同于有机碳的同位素组成^[6]。说明成矿热液中的碳或从围岩中淋取,或来自于深部地壳热变质作用或是岩浆分异作用形成的 CO_2 ,向外释放、沿断裂上升,进入了深循环的热水中。对相山矿田萤石、方解石、石英等矿物包裹体的激光拉曼光谱探针分析表明,其 CO_2 的含量高,气相中大于45(克分子百分数),液相中大于20(克分子百分数)。这一点说明,热液中的碳主要来自于下部地壳。

表4 相山矿田方解石的碳同位素组成(‰)
Table 4. Carbon isotope composition of calcite from the Xiangshan orefield

样号	$\delta^{13}\text{C}$	成矿期
8 IS 43	-4.0	矿前期
8 IS 45	-4.9	
8 IS 46	-4.4	
8 IS 50	-4.1	成矿期
H37-1-1	-2.9	
Z-1	-1.4	
Z-4	-3.8	
8 IS 36	-3.9	矿后期
8 IS 42	-5.8	
8 IS 44	-9.7	
Z-1-2	-5.3	

8 IS 系列来源于徐国庆(1984)

6 小 结

(1) 相山矿田火山岩主要由下部地壳物质深熔作用形成。其形成的时间为 140×10^6 a, 属晚侏罗世。

(2) 成矿溶液为大气降水和岩浆水的混合, 在成矿期、矿后期大气降水占主导作用;

(3) 成矿物质可能主要是从已固结的火山岩中淋取。

本文是在沈渭洲教授的指导和关心下完成的, 在此表示衷心的感谢。

参 考 文 献

- 1 方锡珩等. 相山破火山口火山杂岩体岩石学研究. 岩矿测试, 1982, 1(1), 1~10
- 2 沈渭洲等. 从Nd模式年龄谈华南地壳的形成时间. 南京大学学报(地球科学), 1989, (3): 82~91
- 3 陈繁荣等. 1220铀矿田同位素地球化学及矿床成因研究. 大地构造与成矿学, 1990, 14(1): 69~77
- 4 张理刚. 稳定同位素在地质科学中的应用. 西安: 陕西科学技术出版社, 1985. 54~120
- 5 徐国庆. 1220铀矿田成矿模式的研究. 铀矿地质, 1985, 1(5): 1~8
- 6 沈渭洲等. 稳定同位素地质. 北京: 原子能出版社, 1987. 136~180

ISOTOPE GEOLOGY OF THE XIANGSHAN URANIUM OREFIELD

Chen Diyun and Zhou Wenbin

(Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu Province)

Zhou Lumin, Wu Bolin, Tan Jinghua and Sun Zhanxue

(East China College of Geology, Fuzhou, Jiangxi Province)

Abstract

The Xiangshan uranium orefield is a typical volcanogene hydrothermal orefield, in which there are two main types of uranium mineralization, i. e., soda metasomatic type and fluorite-hydromica type. In the past decade, a series of isotopic research work has been devoted to this orefield. In the light of isotope geology, the present paper makes a preliminary discussion on such problems of the Xiangshan orefield as origin of rocks, ages of diagenesis and mineralization, and sources of ore fluids and ore materials. The whole rock is 140×10^6 a, indicating Late Jurassic. $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0 > 0.706$, and ϵ_{Nd} values are in the range of $-5.4 \sim 9.1$, suggesting that the volcanic rock was formed mainly through the remelting of the lower crust materials. The U-Pb age determination

of pitchblende and the Rb-Sr age determination of the altered rock show that the mineralization age of soda metasomatic type and that of fluorite-hydromica type are $120 \times 10^6 \text{a} \pm$ and $100 \times 10^6 \text{a} \pm$ respectively. Hydrogen and oxygen isotope studies of minerals and inclusions show that oxygen isotopic composition varies remarkably ($7.2\% \sim -9.14\%$), whereas hydrogen isotopic composition is relatively stable. Oxygen isotope studies of the protolith and the altered rocks reveal an obvious decrease of oxygen isotopic composition from $10\% \pm$ to $4\% \pm$ in the process of alteration, and this suggests convincingly that the ore-forming solution was mainly meteoric water. Lead isotope characteristics show that ore-forming materials might have been extracted from the volcanic rock through leaching.

书刊简介

欢迎订阅1994年《建材地质》杂志

《建材地质》是经国家科委、国家新闻出版署审批的中央级科技期刊。由国家建材局主管，中国建材地质勘查中心主办，国家建材局地质研究所出版。

《建材地质》是我国建材、非金属矿地质行业传递专业信息的重要窗口，主要报导国内外非金属矿产资源地质；找矿与勘探方法（钻探、测量、物化探）；水文工程地质、工程勘查；环保；经济地质评价；地质科学管理等专业方面的最新科研与工作成果。非金属矿的新矿种及应用新领域、新工艺、新方法、新技术的动态与信息。读者主要对象是从事非金属矿、建材技术工作的工程技术人员、科研单位研究人员、大专院校师生等。

本刊兼营广告业务，许可证号：京东工商广字094号。订户可通过邮局或本刊编辑部订

阅。

地址：北京朝内大街甲190号，邮政编码：100010

电话：5249331 转 2101

<http://www.kca.com.cn>