# 湘川地区上震旦— 下寒武统硅岩的锶同位素特征\*

庚 # 荣

(浙江农业大学环境与资源学院土化系 杭州 310029)

王东安 叶连俊

(中国科学院地质研究所)

个硅岩样品进行 Rb,Sr同位素分析结果表明,硅岩的 Rb含量为 1.13% 10<sup>6</sup>~ 31.698 × 10°,平均 9.57% 10°, Rb /Sr值为 0.14~ 1.53,平均 0.649 在<sup>87</sup> Sr /<sup>86</sup> Sr- <sup>87</sup> Rb /<sup>86</sup> Sr 等时线图上,9个硅岩样品点基本位于一条直线上,相关系数 γ= 0.9679.呈极显著相 关,硅岩的(<sup>%</sup> Sr)= 0.709550 表明形成硅岩的物质来源可能具有多源性,包括陆 源、热水来源和火山来源。 硅岩的 Bb- Sr等时线年龄为 613Ma左右,与用其它方法所 得的年龄如硅岩的生物地层年龄基本相近 反映本区硅岩为原生沉积产物 其硅质物质 的有序化作用发生在沉积 – 成岩阶段。

关键词 锶同位素:硅岩:成因:湖南省中西部:四川省东部

分类号 P534. 31; P588. 244; P597

硅岩是一类比较特殊的沉积岩 虽然它在整个沉积岩中占的体积不到 1% 但它在不同时 期的地层中广泛产出<sup>[1,2]</sup>。由于反映硅岩野外成因的明显标志不多,目前研究硅岩用得最多的 还是地球化学方法,其中应用氧,碳同位素地球化学方法探讨硅岩的形成条件和形成温度等 方面的研究工作做得较多<sup>[3,4]</sup>。而用硅岩中的 Bb- Sr体系.尤其是锶初始比值来解决硅岩的 成因、形成环境及物质来源等问题还很少见有报道<sup>[5,6]</sup>,本文就取进行了初步研究。

1 地质背景

湘川地区包括四川东部及湖南中、西部地区。 该地区上震旦统一下寒武统层状硅岩发育。 该区地处中国南方震旦纪湘黔桂陆缘断陷盆地内。其基底为晋宁期的龙胜初始洋弧和湘黔弧 后盆地。盆地边缘和内部分布有若干条近东西向和北北东向张性断裂控制着盆地的形成。震 旦纪时期盆地处于大陆架环境,内部有明显的分异,表现出晚震旦世盆地西北与东南部沉积物 类型存在较大的差异 盆地的西北部堆积一套浅海陆棚(台地斜坡)泥质和碳酸盐岩沉积物.东 南部堆积一套盆地硅质和硅泥质沉积物 根据盆内沉积物的性质不同可划分出两种亚相、即钙 泥质型台缘盆地相和硅质型台缘盆地相<sup>[7]</sup>。后者主要分布在上扬子一鄂中台地东南缘的湘中、

1997年 6月 28日收稿,9月 7日改回。 第一作者简介:唐世荣,男,1963年出生 ,博士后,副教授,地球化学与植物环境生态学专业

《生物成矿及其地质背景》 House. All rights reserved. http://www.



黔东南、桂北等地的留茶坡和老堡组中,岩性主要由硅岩组成,是本次研究的主要对象。另据张 玉成<sup>18</sup>和骆学全<sup>19</sup>报道,区内上震旦统地层中有火山碎屑岩产出 图 1)。

图 1 研究剖面及区内上震旦统火山碎屑岩分布 (据骆学全, 1990, 张玉成, 1987) Fig. 1 Section and scheme showing Late Sinana Group volcanic clastic rocks in studied district ⊢ 工作区剖面位置; 2-上震旦统火山碎屑岩分布

## 2 研究方法

新鲜的硅岩样品分别采自四川溶溪剖面、湖南吉首红坪剖面、沅陵三角坪剖面、双峰高涧 剖面和祁东西冲剖面 (图 1)的留茶坡组、牛蹄塘组及界线附近 (图 2)。样品先用铁锤破碎成厘 米—毫米级大小,用手挑选出其中无石英脉、无风化的小块,再用不锈钢碎样机破碎至小于 0.14mm,样品破碎时注意避免交叉污染。称取适量的破碎样品用高氯酸、氢氟酸溶解后过阳 离子交换柱以分离 Rb Sr供质谱测定。所用仪器型号为 VG 345质谱仪,标样 NBS 987= 710240± 30,实验室及全流程空白本底值 Rb为 & 10<sup>-10</sup>、Sr为 2× 10<sup>-10</sup>。整个过程在超净化 学实验室中进行,所用的化学试剂全部经过亚沸纯化处理。

3 结果与讨论

研究区硅岩的 Rb含量为 1.13% 10<sup>-6</sup>~ 31.698× 10<sup>-6</sup>, 平均 9.579× 10<sup>-6</sup>, Rb/Sr值为 0.14~ 1.53, 平均 0.649(表 1) 在<sup>87</sup> Sr <sup>β6</sup> Sr - <sup>87</sup> Rb <sup>β6</sup> Sr等时线图 (图 3)上, 9个样品点基本位 于一条直线上,相关程度较好。

### 3.1 硅岩的铷锶等时线年龄

Weist等<sup>[5]</sup>对南非 Onverwacht群硅岩进行了 Rb- Sr及 Sm- Nd同位素地球化学研究, 求得硅岩的<sup>87</sup> Sr/<sup>86</sup> Sr- <sup>87</sup> Rb /<sup>86</sup> Sr等时年龄较其它方法测得的年龄(3 500Ma)小得多,只有 2  $100M_{B_4}$ 结合其它证据,他们提出该硅岩的, Rb- Sr年龄代表原始沉积物,原始硅岩,堆积后很, 长一段时间之后又经历过一次"硅岩"重结晶作用和再沉淀作用。硅岩中保留的结构仍然是原始结构,但实际上重结晶过。因此,他们主张, Rb-Sr同位位素地球化学研究在许多情况下可以用来判断硅岩的重结晶年龄。



图 2 研究区硅岩剖面类型

Fig. 2 Typical section showing cherts in studied district

a-四川溶溪罗家村剖面;b-吉首红坪剖面;c-双峰马鞍乡高涧剖面;d-祁东西冲剖面;e

一 沅陵三角坪剖面; ⊢ 硅岩; 2- 泥晶灰岩; 3- 粉晶白云岩; 4- 含碳质、硅质泥岩; 5- 第四纪风

化破碎物。图中还标出用作锶同位素分析的样品的取样层位及编号

为避免实验误差,用最小二乘法 (York法)求得图 1中最佳直线的斜率和 y 轴上的截距 分别为 0.009 064和 0.709 550 因此, York方程可写成:

 $\binom{^{87}}{^{86}}$  Sr)= 0.009 064 ( $\binom{^{87}}{^{86}}$  Sr)+ 0.709 550

这是一个线性回归方程,相关系数  $\gamma = 0.967 9(p < 0.000 00)$ ,呈极显著相关。据此计算 硅岩形成的等时线年龄:

 $t = (1/\gamma_{\text{B}})\ln(1+\beta_{\text{B}}) = (1/(1.4\% 10^{-11}))\ln(1+0.009064) = 613.8209 \text{Ma}$ 

对硅岩来说,这一等时线年龄可解释成硅岩的沉积 – 成岩年龄。显然,该等时线年龄与 其它方法所得的年龄如硅岩的生物地层年龄基本相近,为 613Ma左右,说明本区硅岩为原生 沉积时的硅岩,其原始沉积的硅质物质的有序化作用发生在同生沉积阶段

3. 2 硅岩的初始比值与物质来源

无球粒陨石的 ( ${}^{87}$  Sr ) ${}^{86}$  Sr);为 0. 698 990± 0. 000 047, 代表 46亿年前地球形成时的锶同位素比值。大洋中脊拉斑玄武岩的平均锶同位素比值为 0. 702 5, 代表亏损的地慢源区的初始比值。整个地球的现代 ${}^{87}$  Sr  ${}^{86}$  Sr 值为 0. 704 5, Rb / Sr 值 0. 029± 0. 003 ${}^{10}$ , 对北美等地区 25亿 ,

#### 表 1 研究区上震旦统硅岩的锶同位素分析结果 (单位:常量元素 ,%; Rb Sr, 10 6)

Table 1 Strontium isotopic compositions of the cherts from the study areas (Unit major, %; Rb and Sr, 10<sup>-6</sup>)

样品编号	Cs- 18	Cs- 34	Cs- 43	Cs- 53	Cs- 58	Cs- 66	Cs- 109	Cs- 232	Cs- 272
取样地点	湖南吉首	湖	南	沅 陵	三 角	坪	四川溶溪	湖南祁东	湖南双峰
	红 坪							西冲	高涧
$SiO_2$	95.84	96.64	97.61	91.83	88.10	96.12	88.99	96.66	97. 25
$Al_2 O_3$	0.70	0.70	0.74	1. 83	1.54	0.61	3. 52	0.88	0.35
CaO	0.21	0.03	0.17	0.10	0.07	0.08	0. 08	0.04	
MgO	0.05	0.04	0.19	0.14	0.15	0.33	0.33	0. 08	
N a <sub>2</sub> O	0.10	0.03	0. 05	0. 05	0.06		0.10	0.14	0.16
$K_2 O$	0.10	0.13	0.16	0.56	0.45	0.10	1.19	0. 22	0. 02
$Fe_2 O_3$	0.33	0.26	0. 68	0.82		0.05	0.12	0.71	0.17
FeO	0.53	0.62	0.14	0.65	0.96	0.65	0.52	0. 29	0.51
Rb	5.944	3. 402	5. 248	18. 116	12.511	3.605	31. 698	4. 553	1. 138
$\mathbf{Sr}$	41.37	3.94	3. 44	46.85	34.88	5.37	45.87	6.33	2.37
Rb /Sr	0.14	0.86	1. 53	0.39	0.36	0.67	0. 69	0.72	0.48
$^{87}{ m Rb}/^{87}{ m Sr}$	0.4152	2.5010	4. 4247	1. 1179	1.0369	1.9401	1. 9984	2. 0806	1. 3260
<sup>87</sup> Sr / <sup>86</sup> Sr	0.715106	0.738564	0. 748672	0. 719415	0. 718198	0.727700	0. 707700	0. 728634	0. 721470

分析单位:中国科学院地质研究所八室,乔广生

年前从上地幔分出的大陆壳 前寒武地盾岩石的计算表 明,现今大陆壳平均<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr 为 0. 719, 比代表现今未分异 地慢的<sup>87</sup> Sr<sup>86</sup> Sr 比值 (0.7045)高得多。 J. Veizer 等根据太古宙至显生宙沉积 碳酸盐中锶同位素比值的测 定,推断出不同时期海水的 锶同位素组成, 600~ 800M a 期间海水的锶同位素值为 0. 7065~ 0.7075<sup>[10]</sup>。本区上震 旦一下寒武统硅岩样品的(<sup>87</sup> Sr/<sup>86</sup> Sr)<sub>i</sub>为 0. 709 55, 高于 同期海水值,更高地慢源火



山岩值。这种现象有 2种可能的解释: (1)硅岩中较高的 (<sup>87</sup> Sr )<sup>86</sup> Sr)<sub>i</sub>反映形成硅岩的物质中含 有陆源碎屑物质 这些陆源物质可能有两种方式进入硅岩中,一是由古陆风化物通过远距离 搬运进入沉积盆地;二是陆源组分很可能是通过下渗海水在浅部地壳循环的过程中淋滤古老 的陆壳硅铝质岩石后沿同生断裂上升进入海底沉积盆地;(2)海底火山物质提供部分锶和铷, 因为遭受地壳锶污染的基性火山岩的<sup>87</sup> Sr )<sup>86</sup> Sr初始比值也比较高 (0.703~0.729)<sup>[11,12]</sup>。上述 3种提供锶来源的途径都有可能存在,反映该地区硅岩形成的物质来源具有多来源的特点 这一结论与其他研究者所得结果相吻合<sup>[13-15]</sup>。至于 Cs-53和 Cs-58号样品稍微偏离直线的 ?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www. 原因,可能与深部上涌热水提供更多的成岩物质有关,因为这两个样品的 Ba含量都很高,分 别为 3 860 10 <sup>6</sup>和 1 074 10<sup>-6</sup>,在稀土配分曲线图上均表现出很强的负铈异常,并且在该 样品的薄片中首次见有大量的硅质放射虫<sup>[13]</sup>,而对其它样品来说,这些特征不明显。

4 结 论

研究硅岩的稳定锶同位素地球化学可以了解硅岩的成因,形成时间及物质来源,目前这方面的研究工作开展得很少。随着硅岩锶同位素资料的不断积累,锶同位素必然在研究沉积环境、物质来源方面得到更为广泛的应用。本区硅岩锶同位素分布特征表明,它们可能是同生沉积阶段硅质物质有序化作用的产物,SiQi可能具有多源性,包括陆源,热水来源和火山来源。

#### 参考文献

1 Calvert S.E. Sedimentary geochemistry of silicon. In Silicon Geochemistry and Biogeochemistry (ed. S.R. Aston) Academic Press. 1983. 143~ 186

2 曾允孚,夏文杰. 沉积岩石学.北京:地质出版社, 1986 137

- 3 Kolodny J, Epstein S. Stable isotope geochemistry of deep- sea cherts. Geochim. Cosmochim. Acta. 1976, 40 1195-1209
- 4 Kahru J, Epstein S. The implication of the oxygen isotope records in coexisting cherts and phosphates. Geochim. Cosmochim. Acta 1986, 50 1745- 1756
- 5 Weist D, Wasserburg G J Rb- Sr and Sm- Nd systematics of cherts and other siliceous deposits. Geochinica et Cosmochinica Acta. 1987, 51 959- 972
- 6 唐世荣,王东安.硅岩研究的进展.地球科学进展. 1994, 9(6): 71~75

7 夏文杰,杜森官,毕治国,等.中国南方震旦纪岩相古地理与成矿作用.北京:地质出版社,1994.107

8 张玉成.湖南前寒武纪地层中火山碎屑岩的岩石特征,湖南地质,1987,(3): 63~ 68

- 9 骆学全. 沅陵 溆浦上震旦统的火山碎屑岩,湖南地质, 1990, (3): 64~ 67
- 10 涂光炽,欧阳自远,朱炳泉,等.地球化学.上海:上海科学技术出版社,1984.1~447
- 11 Koepnick R B, Burke W H, Denison R E, et al. Contruction of the seawater <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr curve for the Cenozoic and Cretaceous Supporting data. Chem. Geol. (Idotope Geoscience Sect.). 1985, 58 55~ 81
- 12 卢武长.稳定同位素地球化学.成都:成都地质学院,1986 124
- 13 唐世荣. 湘川地区震旦-寒武系硅岩的沉积学和沉积地球化学研究: [博士学位论文]. 北京: 中国科学院地质研究所, 1995. 78
- 14 伊海生. 湘黔桂地区上震旦统沉积相及层状硅岩成因研究. [博士学位论文]. 成都地质学院, 1989. 108
- 15 蒲心纯,张继庆,殷积成,等.上扬子区晚震旦世沉积岩沉积相及矿产.重庆:重庆出版社,1984. 1~128

## CHARACTERISTICS OF STRON TIUM ISOTOPIC COMPOSITIONS OF THE LATE SINIAN– EARLY CAMBRIAN CHERTS FROM THE XIAN GCHUAN DISTRICT AND ITS ORIGINS

Tang Shirong

(Department of Soil Sciences, College of Environmental Sciences and Natural Resources, Zhejiang Agricultural University, Hanzhou, Zhejiang)

> Wang Dongan Ye Lianjun (Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences, Beijing)

**Abstract** Late Sinian – early Cambrian bedded cherts are well developed in the district. Nine late Sinian – early Cambrian chert samples were selected for analysis of rubidium and strontium isotopic compositions. Our study results show that the cherts contain rubidium contents ranging from 1. 138 to 31. 698 mg/kg and averaging 9. 579 mg/kg with Rb/Sr ratios of 0. 14 to 1. 53 and average ratio 0. 649. A good correlation were observed on the <sup>87</sup> Rb<sup>- <sup>87</sup></sup> Sr isochron diagram yielding a Rb- Sr age of 613. 8209 Ma with an initial <sup>87</sup> Sr/<sup>86</sup> Sr ratio of 0. 709550 for all samples. This age is closed to that determined using other methods such as biostratigraphy. All those lines of evidence suggest that cherts were primary and formed through silica recrystalization during the sedimentary- diagenetic stage and that the silica might be derived from multiple sources including continental, hydrothermal and volcanic ones.

Key words strontium isotope; chert; origin; Xiangchuan district

## 毒重石有待开发利用

毒重石用途十分广泛,是重要的工业矿物原料。实践证明,毒重石是优于重晶石的工业原料。 例如,以往钡盐化工产品多用重晶石为原料,工艺复杂,成本高,污染环境 而以毒重石为原料生产 钡盐化工产品,可直接采用化学提纯工艺,其方法简单,成本低,可减少环境污染。钡盐类的化工产 品主要有泥浆加重剂、氯化钡、碳酸钡、氢氧化钡和硝酸钡以及其他产品,如含钡水泥、含钡铁合 金、陶瓷原料、特种玻璃、脱磷剂等。含钡水泥比普通水泥防辐射性能高 7~9倍,可用于核电站。含 钡水泥比重大,还适用于油井、大型机场建设。含钡铁合金可提高电炉生产率 11%,使电耗下降 9%。在陶瓷原料中掺入适量毒重石,可使产品质量均匀,增加白度和光泽等,提高抗酸碱和抗风化 能力。在玻璃生产过程中适量加入氧化钡,可增强透明度、折射率和化学稳定性及射线吸收能力。 在高锰合金冶炼中采用碳酸钡系列熔剂脱磷,效果最佳。

我国秦岭一大巴山地域是世界上发现的惟一独立沉积型大中型毒重石矿成矿带,资源丰富, 产地集中,矿床规模大,品位高,具有开发潜力。

陈祖荣