

CN19000980

CNIC-03320

BUGRI-0306

# 中国核科技报告

CHINA NUCLEAR SCIENCE & TECHNOLOGY REPORT

岩石锶同位素初始比值测定研究及其地质应用

THE DETERMINATION OF INITIAL RATIO  
OF STRONTIUM ISOTOPE IN ROCKS AND  
ITS GEOLOGICAL APPLICATION

*(In Chinese)*



原子能出版社

中国核情报中心

China Nuclear Information Centre

CNIC-00320

BUGRI-0006

**岩石锶同位素初始比值测定研究  
及其地质应用**

**THE DETERMINATION OF INITIAL RATIO  
OF STRONTIUM ISOTOPE IN ROCKS AND  
ITS GEOLOGICAL APPLICATION**

*(In Chinese)*

**营俊龙 赵溥云 林秀兰**

*(北京铀矿地质研究所)*

**中国核情报中心**

**原子能出版社**

**北京·1989.4**

## 摘 要

本文着重介绍了贫铀富铯岩石及铯的主要载体矿物铯同位素初始比值测定。它与 Rb-Sr 等时线获得的初始值有同等效果，完全满足地质科研的需要。这些结果为研究区域的岩石成因，成矿规律提供了重要资料；在探讨古陆边缘活动，物质来源及演化规律时具有重要意义。以此用来研究成岩、成矿物质运移特征，探讨成矿机制和它们在空间、时间上的规律也是可靠的。铯同位素测定研究在地质科研中是一项具有广阔前景的工作。

**关键词** 铯同位素 初始比 地质应用

# THE DETERMINATION OF INITIAL RATIO OF STRONTIUM ISOTOPE IN ROCKS AND ITS GEOLOGICAL APPLICATION

Ying Junlong    Zhao Payun    Lin Xiulan

(Beijing Uranium Geology Research Institute)

## ABSTRACT

The method to determine the initial ratio of strontium isotopes existed in rocks of poor rubidium and rich strontium and main carrier minerals is introduced. The initial ratio obtained from this method is equivalent to that acquired by Rb-Sr isochrone. Based on this result, information on regional rock genesis and mineralization regularities can be provided. It has great significance in the research on activities of ancient continental margin and material sources as well as their evolution. The migration of rock, and ore-forming materials, metallogenetic mechanism and its distribution in the space and time evolution are studied by using these data. In conclusion, the determination of strontium isotopes has broad prospects in the geological research.

# 引 言

应用铷同位素初始比值来探讨岩石成因,成矿机制和它们在空间、时间上的规律性,研究地壳发展历史及成岩、成矿物质运移特征,目前在国内外已被广泛重视。如何准确提供大量铷同位素资料,满足地质科研生产需要,这是铷同位素测定工作者面临的一项重要任务,也是广大地质学工作者极为关心的课题。

多年来,我们在等时线测定研究中,发现有一些地质体很难既获准确年龄,又获可靠岩石初始铷同位素比值。这主要是样品本身所特有的母子体特征决定的。而不少地质体虽然难以满足等时线测定,但具备相对贫铷富铯的条件,又有可靠的形成时间,只要准确测定岩石铷同位素比值,就能获得它们的初始值,满足对它们的成因、演化等方面研究的需要。所以,在开展等时线测定的同时,对贫铷富铯岩石样品和铯的主要载体矿物进行测定研究很有必要。

我们通过对贫铷富铯岩石和铯的主要载体矿物测定研究,获得了不少有用资料,从而为大批不适合等时线测定的样品或不需要进行等时线测定的地体提供成因、演化等研究的初始铷资料。

这里主要介绍贫铷富铯岩石和铯的主要载体矿物的初始铷同位素比测定。

## 一、贫铷富铯岩石样品的测定

$^{87}\text{Rb}$ 经过一次 $\beta$ 衰变,生成稳定的 $^{87}\text{Sr}$ 的衰变公式经简单变换可表示为:

$$\left(\frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}}\right)_r = \left(\frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}}\right)_i + \frac{^{87}\text{Rb}}{^{86}\text{Sr}}(e^{\lambda t} - 1)$$

式中

$\left(\frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}}\right)_r$ ——铯-87和铯-86的原子比;

$\left(\frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}}\right)_i$ ——样品初始铯-87和铯-86原子比;

$\frac{^{87}\text{Rb}}{^{86}\text{Sr}}$ ——铷-87和铯-86的原子比;

$\lambda$ —— $^{87}\text{Rb}$ 的衰变常数(通常为 $1.42 \times 10^{-11} \text{a}^{-1}$ );

$t$ ——样品形成至今的时间。

由此可见,假如已知被测样品的形成时间 $t$ ,只要准确测定样品现代 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值和现代 $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ 比值,就可运用上述公式求出相应的 $\left(\frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}}\right)_i$ ,即样品的铷同位素初始比值。

本工作对不同地区的花岗岩、花岗闪长岩、正长岩,以及酸性火山岩,基性玄武岩等选择相对贫铷富铯的岩石,进行了 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始比值测定。根据前人资料,这些样品的时代,包括加里东期至燕山期,一直到现代火山喷发。

为了使测定结果准确可靠,测定前,必须对被测样品进行必要的判别,尽量避免那些在后期地质作用中已发生或可能发生铷同位素迁移的样品。

对采自广东、福建、安徽、河南等地的大小不等的侵入体中样品测定表明,只要准确测定样品 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 和 $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ 的现代比值,则计算的各样品初始比值基本上符合岩体全岩Rb-Sr等时线给出的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始比值,它可以用于地质解释。表1和表2分别给出它们的对比结果。

表1 岩体中锶钫富集样品<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr初始比值结果

岩体及岩性	位置 面积 (km)	时代 (百万年)	样品	<sup>87</sup> Rb/ <sup>86</sup> Sr	( <sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr) <sub>i</sub>	( <sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr) <sub>p</sub>	I.R. (等时线 初始比)
宁化 黑云母花岗岩	闽宁化 1050	377 (黑云母) (K-Ar)	S-16	3.341	0.7339 ± 17	0.7159 ± 17	0.7135 ± 8
			S-18	4.08	0.7396 ± 17	0.7176 ± 17	
古州 花岗岩	闽龙岩 23	164 (黑云母) (K-Ar)	M-6113	3.637	0.7139 ± 6	0.7055 ± 7	0.7057 ± 8
			-605 M-r-4	5.626	0.7201 ± 15	0.7070 ± 16	
惠安 中细粒黑云母花岗岩	闽惠安	83 (锆石U-Pb)	d-18	1.604	0.7075 ± 4	0.7055 ± 5	0.7068 ± 5
			d-22	2.866	0.7102 ± 6	0.7088 ± 7	
龙崎花岗岩闪长岩	粤紫金 316	153 黑云母 (K-Ar)	45-2	1.517	0.7097 ± 17	0.7064 ± 17	0.7073 ± 3
镜口花岗岩闪长岩	粤紫金	185 (锆石U-Pb)	45-3	0.8796	0.7098 ± 6	0.7068 ± 7	
青州细粒花岗岩闪长岩	粤和平	603 (锆石U-Pb)	45-4	1.855	0.7271 ± 7	0.7111 ± 7	
高埗石英闪长岩	粤和平	421	45-5	0.553	0.7124 ± 2	0.7101 ± 3	
和平花岗岩闪长岩	粤和平	421 (锆石U-Pb)	45-10	1.259	0.7217 ± 7	0.7142 ± 8	
坪山花岗岩闪长岩	粤河源	343 (锆石U-Pb)	45-11	1.870	0.7225 ± 5	0.7134 ± 6	
古寨 中粗粒花岗岩闪长岩 中细粒花岗岩闪长岩	粤和平 312	460 (锆石U-Pb)	45-9	3.559	0.7396 ± 4	0.7160 ± 5	
			45-8	3.117	0.7293 ± 11	0.7084 ± 12	
黄塘尖 正长岩	皖无为	118-134 (锆石U-Pb)	1058	0.625	0.7083 ± 1	0.7072 ± 2	0.7071 ± 2
			1215-1	2.251	0.7123 ± 3	0.7082 ± 2	
			2078	5.812	0.7199 ± 6	0.7094 ± 12	
			3126	6.11	0.7183 ± 8	0.7073 ± 13	
南泥湖 花岗岩闪长岩-花岗岩	粤淮川	225-162-119 黑云母 白云母 (K-Ar)	JD-17	0.5747	0.7096 ± 2	0.7082 ± 6	0.7080 ± 2
			NJ-8	0.644	0.7105 ± 3	0.7090 ± 6	
			NJ-9	0.892	0.7094 ± 6	0.7077 ± 11	
			JD-25	4.361	0.7185 ± 101	0.7080 ± 127	
			JD-28	4.715	0.7226 ± 30	0.7113 ± 58	
蕉儿山 中细粒状黑云母花岗岩	桂						0.719

表中, p 为现代值, i 为初始值; 误差为 2σ; K-Ar, U-Pb 分别为 K-氩, U-铅年龄值。

表2 火山岩中贫铷富铯样品的 $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ / $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始比值结果

岩性及产地	时代 (百万年)	样号	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_p$	$(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$	I.R.(等时线)
酸性火山岩类 江西相山	140±	王-1	1.654	0.7155±11	0.7122±11	0.7100±4
		12.7	3.298	0.7185±16	0.7119±16	
		77-13	3.734	0.7198±13	0.7123±13	
酸性火山岩类 浙西	140±	F039	3.052	0.7139	0.7098	0.7089±21
		F034	3.747	0.7138	0.7083	
		F035	5.259	0.7287	0.7107	
玄武岩 黑龙江 德都	<1	H033		0.7052±1		
		L025		0.7055±1		

表中p为测定现代值, i.为初始值, 误差为2 $\sigma$ 。

由于计算中给定的形成时间不可能没有误差, 而扣除部分又是 $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ 和 $(e^{\lambda t}-1)$ 的乘积, 当后者有误差时, 前者实际上相当于后者误差的放大系数。所以随着 $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ 的比值增大, 计算中可产生一定的计算误差。这就要求我们在采选样品时, 必须选择 $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ 比值尽可能小的样品, 即通常所说的贫铷富铯样品。同一组样品中,  $\text{Rb}/\text{Sr}$ 比值愈低, 计算结果就愈准确。反之测定误差将出现不等的放大。

表1, 表2计算所得的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始比值准确度与测定误差、年龄给定准确度和 $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ 比值的大小以及准确度有关。当年龄给定准确或 $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ 比值趋于零时, 计算所得的初始比值误差就是各自的测定误差。

因此, 在评价测定结果和考虑适用性时, 应从三方面进行判别: 1. 样品原始测定精度和准确度。2. 测定样品 $\text{Rb}/\text{Sr}$ 值和年龄对计算中所产生的误差放大效果。3. 作为判据的铷同位素初始值在被测岩石成因、演化解释上的有效程度。

从表1结果来看, 尽管宁化岩体样品的原始测定误差(2 $\sigma$ )达0.25%, 因计算中无明显误差放大, 它的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始值又明显大于0.710, 即使分别考虑它们的误差, 其结果均明显大于0.710, 在物质来源方面只有一种判断解释, 是符合要求的。

黄梅尖岩体, 后两个样品原始测定误差(2 $\sigma$ )为0.1%, 但因 $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ 达6左右, 它引起大约2倍的误差放大, 而它的初始值又是0.707~0.709, 当考虑误差时有一定的不确定性; 而前两个样品因 $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ 值低, 放大小, 测定又可靠, 使用前两个样品合适。

南泥湖岩体的5个样品, 具有不同的 $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ 值, 又有年龄误差, 各测定的原始精度也不同, 前三个样品, 测定精度高,  $\text{Rb}/\text{Sr}$ 低, 计算后误差(2 $\sigma$ )也小于0.15%, 可以使用; 后两个样品测定误差(2 $\sigma$ )达0.4~1.4%, 计算后达0.8~1.8%, 无法作为成因判据。同样, 等时线结果也如此进行判别。

表2给出了酸性火山岩和基性玄武岩的测定结果。就现有资料来看, 虽然测定时间和条件不同, 但计算所得结果与全岩等时线给出的初始比值也较为一致, 而对近代火山喷发岩来说, 样品的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 测定值可大致视为岩石的初始比值, 可用来探讨岩石成因。

## 二、锶的主要载体矿物测定

本工作对我国一些花岗岩类岩石中锶的主要载体矿物（磷灰石等）进行了测定研究，结果列于表3，从表中数据可以看出，不同岩体不同岩性中的磷灰石 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值，有下列特点：

表3 我国南方花岗岩中部分磷灰石 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 与岩体初始比值对照表

岩 性	岩 体	位置	面积 (km <sup>2</sup> )	磷灰石 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	I.R. (等时线)
花岗岩类岩 ( $\text{D}_2^2$ )	止马	闽光带	小岩体	0.7083 ± 2	
中细粒斑状黑云母花岗岩 ( $\gamma_5^2$ )	光泽	闽光带	小岩体	0.7096 ± 1	
粗粒花岗岩 ( $\gamma_6^1?$ )	上青	闽晚宁		0.7105 ± 3	
细粒状中细粒黑云母花岗岩 ( $\gamma_9$ )	宁化	闽宁化	1050	0.7124 ± 10	0.7135 ± 8
花岗岩类岩 ( $\gamma_8^2$ )	浦城	闽浦城		0.7272 ± 1	
黑云母花岗岩	胡坊	闽明溪	750	0.7254 ± 14	0.7110 ± 46
中细粒黑云母花岗岩	甲子	粤陆丰	322	0.7074 ± 3	
黑云母花岗岩 (磷灰石选自二长花岗岩)	逐花山	粤五华	> 2000	0.7083 ± 11	
花岗岩类岩 (磷灰石选自二长花岗岩)	龙窝	粤紫金	316	0.7089 ± 1	0.7073 ± 3
黑云母花岗岩	馒头山	粤丰顺		0.7124 ± 10	
二长花岗岩	大坪	粤兴宁		0.7125 ± 1	
条带状粗晶岩	浦广	广东浦城		0.7327 ± 2	
黑云母花岗岩	金滩	赣峡江	175	0.7080 ± 8	
黑云母闪长岩	金滩 (变质)	赣峡江		0.7103 ± 10	
斜长花岗岩	金滩	赣峡江		0.7182 ± 4	
二云母花岗岩	金滩	赣峡江		0.7465 ± 3	
黑云母花岗岩	三防(摩天岭)	桂融水	1400	0.8315 ± 1	0.735 ± 26( $\sigma$ ) 0.836 ± 26( $\sigma$ ) (矿物等时线I.R.)

1. 有相当一部分岩体中的磷灰石的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值基本代表了岩体的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始比值。经过对福建宁化、广东龙窝岩体的全岩等时线测定对比，表明磷灰石样品的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值就是岩体的初始锶同位素比值。

2. 一部分磷灰石的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值较高，经过全岩等时线测定，表明全岩初始值明显低于磷灰石结果，像福建的胡坊岩体，广西的三防岩体；而后者又与相应的岩石-矿物等时线初始值吻合，这就证明是再均一化后的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值。故某些经受一定变质作用的岩石中磷灰石的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ，绝不能简单视为岩石初始比。

3. 对 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值明显较高的磷灰石结果，使用时应持审慎态度；结合样品地质、岩石学、地球化学和年代学等方面资料，可供较好的效果。它可提供后期地质事件的重要信息。

表4列出了受不同情况影响的磷灰石 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值。岩体中以副矿物形式存在的磷灰



石 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值基本上代表了岩体的初始比。而其它磷灰石 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值随所受矿化的影响不同而异。当矿化作用影响强时，促进高放射性成因铀向低放射性成因铀矿物迁移，并趋于均一化，因而磷灰石获得一部分放射性成因铀，具有较高的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值。

上述岩石或矿物样品铀同位素初始比值测定研究与全岩等时线结果比较，虽然不能既给出初始比值，又给出年龄值，但它给大量不具备等时线测定的Rb/Sr低且趋于一致的样品，广开了初始铀研究的门路，也可克服等时线测定中工作量大，费时，成本高等不足之处。为迅速提供大批铀同位素地质资料，满足科研生产需要创造了条件。

表4 有矿化影响的磷灰石 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 测定结果

岩类	样品产地	磷灰石类型	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
花岗岩	甘肃上峰	黑云母花岗岩中的磷矿物	0.7679 ± 1
		低U-Th矿石中	0.7691 ± 2
		U-Th混合型矿石中	0.7685 ± 8
		U矿石中	0.7103 ± 1
		Th矿石中	0.7105 ± 1
火山岩	江西德山	花岗岩类(1)	0.7105 ± 3
		(2)	0.7154 ± 3

### 三、地质应用

我们的研究表明，铀同位素初始比值可解决不少地质问题。

1. 为研究区域性岩石成因，成矿规律提供了重要的基础资料。

将我们在华南花岗岩中获得的铀同位素初始比值资料和本区先前获得的有关资料(见表5)标在图1中，获得华南花岗岩铀同位素初始比值分布图。结合本区花岗岩的主要出露时空关系和区域性深大断裂所在部位 $^{232}\text{Th}$ 可以清楚看出如下特点：

(1)  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始比值大于0.719的岩体分布在大陆内部，为典型的陆壳改造产物；初始比值为0.710~0.704的岩体主要分布在和大洋板块相邻的大陆边缘，大陆内部的断裂拗陷带或深断裂带附近，主要为同熔产物；在二者之间，有一个过渡带，初始比值为0.719~0.710或0.710~0.704者均有出现。它们的分布明显受深断裂所在部位，岩性和时代控制。而图中长江北的秦岭-大别活动带中的花岗岩结果与华南内陆完全不同，大量同位素比值初始值均小于0.710(见表6)。

(2) 在时代上，大多数铀同位素比值大于0.710者为中生代或者在以前形成，而小于0.710的中等比值者在喜峰期，加里东期尚未发现，海西-印支期只有少数，中生代中晚期在太平洋板块向欧亚大陆俯冲作用影响下才有大规模的发育。

(3) 在岩石化学组成上，对于 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始比值为 $>0.710$ 的岩石以含云母的铝过饱和花岗岩类为主，偏酸性，比值为0.710~0.704的岩石以含角闪石的低铝富钙花岗岩类为主，大多为中-酸性，并伴有同源火山岩。

(4)  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值不同，其金属矿床成矿特征也不同。在矿床类型上，初始比值高的岩体一般以矽卡岩型，高温石英脉型和蚀变花岗岩型为主；比值为中等的岩体以热液透加型，斑岩型，中低温脉型为主。在成矿环境上，比值高者一般来源浅，成矿深，分布在花岗岩的钟突部位，比值中等者深源浅成，分布在中-酸性侵入体接触带中。在成岩和成矿时差上，比值高者一般时差较大，比值中等者一般时差小。在成矿区域分布规律上，比值高者一般成面型。

表5 华南花岗岩中有关的锶同位素

岩体及岩性	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值	资料来源*
宁化花岗岩	0.705	1
铜官山花岗岩闪长岩	0.7064	2
太平花岗岩闪长岩	0.7070 ± 4	2
铜声次火山花岗岩	0.706	1
德兴花岗岩闪长岩	0.7043 ± 1	2
阳储岭花岗岩闪长岩	0.709	1
寿路花岗岩	0.704	1
魁火花岗岩	0.711	1
长乐花岗岩	0.70546 ± 9	3
马祖片麻状花岗岩	0.70691 ± 3	3
金门花岗岩片麻岩	0.7084 ± 1	3
晋江麻舍岩	0.705	1
阳寿石盘花岗岩闪长岩	0.708	1
海南石盘花岗岩闪长岩	0.708	1
黄山花岗岩	0.718, 0.715	1
大茅山花岗岩	0.716	1
九岭花岗岩	0.741	1
行踪坑花岗岩	0.715	1
黄沙花岗岩	0.7273	2
千里山花岗岩	0.728	1
鸭嘴岭花岗岩	0.724	1
邓埠岭花岗岩	0.725, 0.735	1

\* 1. 南京大学地质系: 华南花岗岩成因与成矿, 1982.6.

2. 潘金平地质所: 磷灰石在锶同位素地质研究中的应用, 1982.5.

3. Ber. Ming. Jian, 1976

矿特点和物质来源以及它们的时空关系和成矿富集规律等方面都是有价值的。

2. 初始锶同位素比值在探讨古陆边缘活动, 物质来源及演化规律时具有重要意义。

已获得的华北古陆南部边缘活动区部分岩石的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始值列于表6, 表中结果表明:

(1) 华北古陆内部片麻岩和麻粒岩基本上具有当时地幔组成的锶同位素, 未被早期陆壳混染。

(2) 古陆南部边缘岩石已受早期陆壳组分混染, 经受早元古代地质事件干扰, 出现了对高初始锶同位素比值的现象。

(3) 东秦岭北坡在元古代出现了大规模裂谷活动, 早期阶段具有陆间裂谷性, 出现了

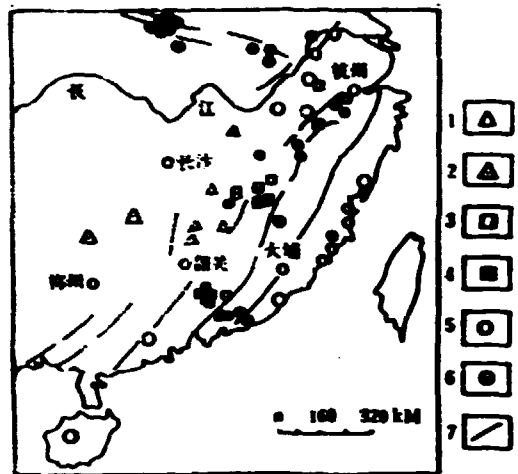


图1 华南花岗岩锶同位素初始比值分区示意图

1. 初始比大于0.719 2. 本实验测定值
3. 初始比0.710~0.719 4. 本实验测定值
5. 初始比0.704~0.710 6. 本实验测定值
7. 主要构造线

比值中等者常成带状。在成矿物质来源上, 锶同位素比值高的岩体常常与附近的矿源层有关, 比值中等者除与附近的矿源层有关外, 还与深部来源有关。 $\delta^{18}\text{O}$ 一般在7~9%之间, 晚期有地下水参与。

(5) 从锶同位素初始比值看, 华南地区花岗岩主要可分为两大类: 一类为初始比值高的陆壳改造型花岗岩; 一类为初始比值中等的过渡型地壳网络产物, 而完全属于地幔来源的幔源型花岗岩, 还很少发现。

显然, 在研究华南花岗岩中, 积极开展锶同位素初始比值的测定, 是一项非常重要的研究课题。它对探讨本区花岗岩的成因, 成

表6 华北古陆南缘活动带部分岩石初始铷锶表

样品地质特征	组数	样数	初始 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	年龄(亿年)
古陆内部片麻岩、麻粒岩	4	84	0.700~0.7016	24~28
古陆边缘片麻岩	2	10	0.7045~0.7062	22.3~22.7
古陆边缘混合岩	1	6	0.7191	19.90
东秦岭北坡早期火山岩	4	23	0.7049~0.7073	14.4~16.8
火山岩上覆页岩	1	6	0.7211	11.3
东秦岭北坡角闪片岩	2	10	0.7033~0.7038	10.7~12.1
东秦岭北坡绢云母板岩	1	5	0.7264	13.9
东秦岭北坡黑云石英片岩	1	6	0.7113	8.7
东秦岭混合岩化片麻岩	4	27	0.7061~0.7072	9.4~15.2
秦岭早期花岗岩质岩石	9	56	0.7022~0.7065	2.84~5.56
秦岭晚期花岗岩质岩石	11	73	0.7047~0.7088	1.04~2.04
大别山区混合花岗岩	2	10	0.7050~0.7086	4.65~7.26
大别山区花岗岩	1	5	0.7082	1.22
大别山区晚期火山岩	2	10	0.7064~0.7087	1.49~1.55
大别山区正长岩	3	17	0.7064~0.7078	1.33~1.38

注:表中初始铷同位素比值,主要由等时线获得,部分由黄铜矿-锆石定年求得。多数测量( $2\sigma$ ) $<0.3\%$ ~ $0.66\%$ 少数高比值 $2\sigma$ 达 $0.8\%$ ~ $0.4\%$

0.705~0.707初始铷比值的早元古玄武质-流纹质火山喷发。在中期发展成大陆边缘裂谷,产生了初始铷比值为0.7033~0.7038的海岛火山喷发和比值大于0.710的沉积岩组成的岩套。东秦岭混合岩化片麻岩的初始铷比值为0.706~0.707说明在元古活动中有改造岩石生成。晚元古,由于强烈推复造山,裂谷活动消亡。

(4) 大量晚期花岗岩质岩石沿古陆边缘活动带中的北西西向秦岭-大别深断裂带发育,它们的初始比值在0.702~0.710之间,未见高初始铷比值,说明它们的普遍深源性。在时空关系和物源上,与华南明显不同,构成独特的花岗岩区和成矿带。

3. 对岩体或地质体的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 广泛测定对比,可为它们的分期和演化规律提供重要信息。

江西峡江金滩岩体不同岩性样品中的磷灰石的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值有明显差异,这表明这些岩石的成因或后期改造作用各有差异,铷同位素比值反映它们不同的演化历史。二云母花岗岩中磷灰石的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 为0.7465,表明它已经历了后期改造。这与二云母花岗岩在主体外围呈残留的边缘岩壳存在有联系。主体岩石磷灰石 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 为0.708,基本代表了它的初始比。而闪长岩和斜长花岗岩结果表明有早期地壳成分的加入。

在河南濮川南泥湖小岩体(0.12km<sup>2</sup>)测定中,闪长岩与花岗岩样品的多次测定计算值和等时线获得的铷同位素结果基本都为0.708左右,为网络作用成因。证明了岩体上部花岗岩和深部闪长岩是同源产物。为上部花岗岩中钼-钨矿床成因解释提供了依据。尽管岩体面积小,上下岩性不同,但铷同位素测定结果仍是非常有效的,这也表明了铷同位素初始比值

测定的实际意义。

4. 不同成因磷灰石的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值测定,为研究矿化作用和矿化规律提供依据。

我们对甘肃崆峒和江西相山不同成因的磷灰石分别测定了 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值,从结果可以看出具有一定规律性的变化。表4的资料表明,岩石中以副矿物形式出现的磷灰石其锶同位素比值基本接近岩石的初始比,随着矿化程度的不同, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值亦有所差异,矿化作用强,比值随之增高。假如系统结合矿化特点进行 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值测定,就可以对矿化作用的强度和范围提供重要的资料,也可为矿化特点的研究提供重要依据。

5. 不同时代的酸性火山岩、基性玄武岩的全岩的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值测定,可作为讨论成因的重要依据。

我们对江西、浙江酸性火山岩,黑龙江现代玄武岩测定后所获得的初始比很好地说明了它们的成因特点。江西相山酸性火山岩,浙江酸性火山岩的初始比为0.711和0.709,这表明它们已受壳源物质的影响。而黑龙江德都地区的现代喷发玄武岩的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始比值为0.7055,这表明基本来自地幔源区。

表6中的一些古陆火山喷发产物,虽经后期变质作用,但仍可反映原始物质来源。这显示出岩石的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始比值在探讨岩源中的重要性。

## 四、结 论

通过研究,初步获得下列结论:

1. 对于时代基本清楚的年青岩石中的贫铀富钍样,由样品的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 和 $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ 计算出相应的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始比值,完全可以满足地质科研的需要。

2. 锶的主要载体矿物(磷灰石等)可作为 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始比值测定的一种对象进行研究。但对所得的结果必须结合样品成因或后期影响等地质资料分析使用,才能获得好的效果。

3. 应用锶同位素初始比值来探讨岩石成因、演化,及成矿机制和它们在空间、时间上的规律是非常有效的,在研究岩体或地幔体的发展,演化历史及成岩、成矿物质运移特征等方面也是可靠的。锶同位素测定研究在地质科研生产中是一项具有广阔前景的工作。

## 参 考 文 献

- [1] 李俊华、夏德兴,同位素年龄计算手册,原子能出版社,1978年。
- [2] 南京大学地质系著,华南不同时代花岗岩类及其与成矿关系,科学出版社,1981年。
- [3] 莫俊芬、叶始丹等著,南岭花岗岩地质学,地质出版社,1980年。

# CHINA NUCLEAR SCIENCE & TECHNOLOGY REPORT



书号: 15175-00320

P.O.Box 2103

Beijing, China

China Nuclear Information Centre