

# 国际地球化学标准岩石样和苏联标准 岩石样中的放射性元素含量

研究岩石中天然放射性元素(K、U和Th)的含量,对于地球化学有重要意义。在解决岩石成因问题、计算热流和阐明成矿物质来源时都应用了放射性元素含量的资料。

用闪烁 $\gamma$ 谱的方法测定放射性元素的含量是最有效的方法之一。这个核物理方法的特点是快速和在分析时不破坏物质。由于被研究样品的不均一性,因此,被测物质的量比较大(10—1000克),以便排除产生误差的可能性。

可是,当用精确的方法测量时,被测定浓度绝对值的精确度完全是由所用的标准源和标准样来决定的。

最近,美国地质部门制备了地球化学的标准(BCR-1, AGV-1, G-2, GSP-1等等),在这些标准中,对放射性元素的含量作了明确的规定,同时,日本,加拿大,法国、德意志民主共和国和其他国家也发表了实验标准数据。在苏联的各实验室中存放着全苏地质研究所的标准样品:Д1—C(闪长岩),Г1—C(花岗岩),Г2—C(紫苏花岗岩)。

本文对美国、日本、加拿大和上述的全苏地质研究所的某些标准样品的放射性元素的含量,在同样测量条件下进行了对比。由于所介绍的标准样品中放射性元素含量的数值缺少误差数据,使作者不能对本项工作中所取得的结果进行相当精确的分析。

## 测量方法

本文介绍的测量是在低本底 $\beta$ -能谱仪上

进行的。由于该装置采用计数的最大效率的几何条件( $\sim 4\pi$ )和降低本底的专门措施。因此,这台装置具有高灵敏度的特点。

被测样品是放在有效体积为30厘米<sup>3</sup>的密封的氟塑料容器内,而后,置于大小为 $\varnothing 100 \times 100$ 毫米的NaI(Tl)的探测器的井内,井的大小为 $\varnothing 36 \times 60$ 毫米。带有光电倍增管 $\varnothing 3N-110$ 的探测器对Cs<sup>137</sup>的分辨率为9.5%

测量样品所得到的数据,要考虑到计数率的变化是由样品的体积来决定的,样品的净重是根据我们处理的国际标准样品的量来确定的。

根据所要求的准确度选择测量的时间是3—24小时,此外,每个样品测量2—6次, $\gamma$ 谱的处理是应用最小二乘法所组成的程序在«МУНЕС-22»电子计算机上进行的。

## 结果和讨论

美国、日本、加拿大和全苏地质研究所的地球化学的标准样品中的放射性元素含量,以及本项工作的结果列在表1中。根据五个研究得最多的标准样品(BCR-1, AGV-1, G-2, GSP-1和JG-1)测量结果的平均数据计算了含量。测定样品中含量的准确度是不同的,它主要取决于样品的比放射性、样品的质量和测量的时间。这样,由于BCR-1标准样的量少(10克),因此,尽管测量时间长(两次测量,每次24小时),但测定U(Ra)和Th的准确度仍比其他样品低(相应为20和15%)。从表1中可以得出:

表 1 美国、日本、加拿大和全苏地质研究所的标准样中放射性元素的含量

放射性元素	美国的标准样				日本的标准样	加拿大的标准样	全苏地质研究所的标准样			
	BCR-1 玄武岩	AGV-1 安山岩	G-1 花岗岩	GSP-1 花岗岩长岩			Д <sub>1</sub> -C 闪长岩	Г <sub>1</sub> -C 花岗岩	Г <sub>2</sub> -C 紫苏花岗岩	
钾	1.4①	2.38	3.72	4.56	3.27	2.20	1.33③	3.85	4.12	
n %	1.4±0.1②	2.35±0.05	3.80±0.05	4.60±0.05	3.20±0.05	2.2±0.1	1.40±0.05	3.9±0.05	4.10±0.05	
铀(按量)	1.74①	1.88	2.0	1.96	3.3	2520	1.1±0.1③	4.1±0.1	0.60±0.05	
n·10 <sup>-4</sup> %	1.5±0.3②	1.8±0.1	1.9±0.1	2.3±0.15	3.4±0.1	2760±50	2±0.1①	3.4±0.1	0.85±0.05	
钍	6.0①	6.41	24.2	104.0	13.4	1305	4.5±0.2③	22.5±0.5	10.6±0.3	
n·10 <sup>-4</sup> %	6.0±1.0②	7.1±0.4	25.0±0.5	104.2±1.5	13.3±0.1	1345±30	4.8±0.2	4.8±0.2	10.0±0.3	
样品质量 (克)	10	20	20	20	40	48	40	40	40	

① 根据 Planagan F. J 的数据

② 据本工作的数据

③ 据全苏地质研究所的数据

(1) 测定钾含量的结果, 在所有被测的标准样中, 其测定误差范围是一致的。

(2) 测定铀 (按镭) 含量的结果, 在样品Г 1 -c (低于~20%), Г 2 -c (高于40%) 中和标准样GSP- 1 (高于~15%) 和SV- 1 (高于10%) 中有显著的不同。

(3) 测定钍含量的结果, 除了AGV -1 标准样 (高于~10%) 以外, 对所有的标准样, 在测定误差范围内是吻合的。且1 -C样品中钍含量高于~6%。

由上所述, 可以做出这样的结论: 在定

量测定放射性元素含量时, 为使P谱仪标准化 (与国际标准一致), 可以采用标出修正的本国标准样。

同样, 由于全苏地质研究所拥有相当的岩石标准样的数量, 作者测定了在苏联科学院岩石、矿物、矿床、地球化学研究所制备的岩石标准样中放射性元素的含量。岩石、矿物、矿床、地球化学研究所标准样为800—1000克, 用 $\varnothing 76 \times 76$ 毫米的NaI(Tl)探测器进行测量。我们所得到的数据列在表2中。

表 2 苏联科学院岩石、矿物、矿床地球化学研究所的标准样中天然放射性元素的含量

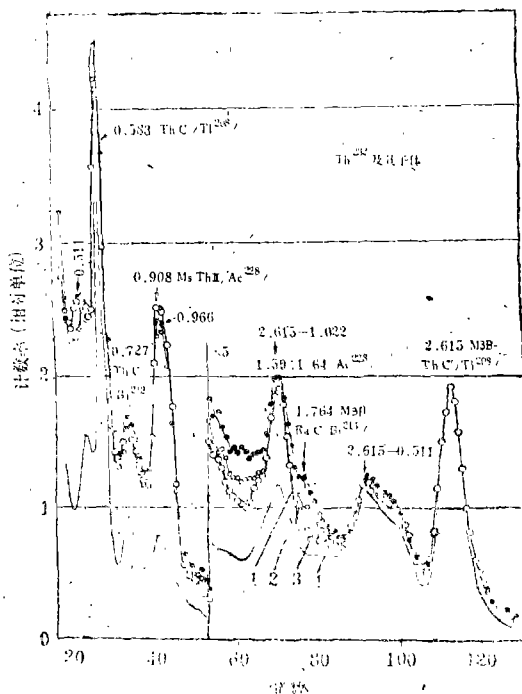
标 准 样 名 称	K	U(Ra)	Th
	(%)	$n \times 10^{-4}(\%)$	$n \times 10^{-4}(\%)$
1003 花岗闪长岩 «Рыжик»,	3.40	6.5	21.9
1012 花岗闪长岩	2.68	3.5	13.5
1014 角闪岩化辉长岩	1.87	3.6	9.8
1017 玢岩	1.26	1.6	1.5
1018 花岗岩	4.85	1.9	44.3
1023/1029 玄武岩 (粗玄岩)	0.79	0.5	2.0
1025 花岗岩	3.45	5.6	22.5
1044 I 型橄榄玄武岩	0.79	0.5(5)	2.4
分析误差	$\pm 0.02$	$\pm 0.10$	$\pm 0.2$

同时, 我们也测定了由德意志民主共和国中央地质研究所制备的岩石标准样中放射性元素的浓度。按照我们的数据, 在花岗岩GM样品中, K、U和Th的含量分别为4.00%;  $6.9 \times 10^{-4}\%$  和  $34.4 \times 10^{-4}\%$ , 在页岩TB样品中分别为3.08%;  $2.4 \times 10^{-4}\%$  和  $18.3 \times 10^{-4}\%$ , 在石灰岩KH样品中分别为0.41%;  $0.6 \times 10^{-4}\%$  和  $3.1 \times 10^{-4}\%$ , 在玄武岩BM样品中分别为0.16%;  $0.8 \times 10^{-4}\%$  和  $2.6 \times 10^{-4}\%$ 。

进行工作的结果也确证了我们很早应用的单位浓度系数, (该系数是根据放射化学、化学和火焰光度计的测定方法对100多个不同岩石样品分析结果统计处理而取得的) 使钾的含量高10%, 铀 (按照镭) 的含量高65%, 钍的含量低20%。可是包括在文

献中的分析偏差表明, 这个系数是统计的, 并用相应的修正能够很容易地确定。对于世界不同实验室用一个方法所取得的结果具有同样数量级的偏差, 这是从列在表3中的数据而得出的。在表3中列出了美国标准样中P谱仪分析的结果和对所有的方法得出的资料进行统计处理而获得的放射性元素含量的介绍数值。

通常在测定铀 (对于镭) 含量时观察到偏差的最大值。在这里无论是样品密封的不够和氦气积累时间的不足, 还是为了获得纯的P谱对K, U—Ra特别是钍的化合物研究得不够, 都是产生误差的可能原因。钍的天然化合物一般是同铀的化合物共生的。在计算中铀的化合物必须加以考虑。我们的研究表明, 钍系的精细的P-谱图形与年龄在40年



钍的天然化合物和化学化合物的 $\alpha$ 能谱图。

探测器: NaI(Tl)  $\phi 76 \times 76$  毫米

1. 独居石
2. 钛铀酸钠锆矿
3.  $\text{ThO}_2$  (年龄大于40年)
4.  $\text{ThO}_2$  (年龄小于2年)

钍的化合物与石英砂相混合, 样品量为800克

以上的 $\text{ThO}_2$ 的化合物的谱图相符合。在具有 $\phi 76 \times 76$ 毫米的 NaI(Tl)探测器的闪烁 $\alpha$ -谱仪上得到的不同天然的和化学的钍化合物的 $\alpha$ -谱图, 给在图中, 作为例证。

## 结 论

由于进行工作的结果, 确立了定量测定放射性元素含量的 $\alpha$ 谱的标准。全苏地质研究所和岩石、矿物、矿床、地球化学研究所拥有大量的含放射性元素的标准样(这些放

射性元素的含量是符合国际标准的), 在不同的测量条件下, 可用来标定。已作的测量表明, 所有分析实验室采用统一的地球化学、岩石标准或标准样的必要性。标准样中的放射性元素的含量可与国际标准相比较。

工作还表明, 在我们过去所取得的结果中引进相应修正的必要性。

译自《Геохимия》, 1975, № 2

作者: О. П. Соборнов

译者: 张广元

校者: 欧阳自远

表 3

不同实验室对美国地质部门的标准样品中放射性元素含量用  
谱仪分析结果和所介绍的数值

标 准 样	U×10 <sup>-4</sup> (%)		Th×10 <sup>-4</sup> (%)		K <sub>2</sub> O(%)	
	部分测定结果	介 绍	部分测定结果	介 绍	部分测定结果	介 绍
BCR-1 玄武岩	1.20 <sup>1)</sup>	1.73	6.09 <sup>1)</sup>	6.81	1.46 <sup>1)</sup>	1.63
	2.09 <sup>2)</sup>		6.10 <sup>2)</sup>		1.67 <sup>4)</sup>	
	1.60 <sup>4)</sup>		6.13 <sup>6)</sup>		1.54 <sup>5)</sup>	
	2.17 <sup>5)</sup>		6.62			
	1.68 <sup>5)</sup>					
AGV-1 安山岩	1.40 <sup>1)</sup>	1.94	6.44 <sup>1)</sup>	6.96	2.62 <sup>1)</sup>	2.89
	1.81 <sup>2)</sup>		6.20 <sup>2)</sup>		2.93 <sup>4)</sup>	
	1.90 <sup>4)</sup>		6.52 <sup>6)</sup>		2.82 <sup>5)</sup>	
	2.18 <sup>5)</sup>		6.66 <sup>5)</sup>			
	1.83 <sup>5)</sup>					
G-2 花岗岩	1.32 <sup>1)</sup>	1.99	24.5 <sup>1)</sup>	25.2	3.92 <sup>1)</sup>	4.51
	2.10 <sup>4)</sup>		26.6 <sup>2)</sup>		4.47 <sup>4)</sup>	
	1.96 <sup>5)</sup>		26.1 <sup>4)</sup>		4.32 <sup>5)</sup>	
	1.91 <sup>5)</sup>		26.2 <sup>5)</sup>			
GSP-1 花岗闪长岩	0.19 <sup>1)</sup>	1.98	99.6 <sup>1)</sup>	110.6	4.34 <sup>1)</sup>	5.43
	1.70 <sup>4)</sup>		99.0 <sup>5)</sup>		5.54 <sup>4)</sup>	
	1.11 <sup>5)</sup>		106.6 <sup>4)</sup>		5.60 <sup>5)</sup>	
	0.27 <sup>5)</sup>		113.0 <sup>5)</sup>			

注: 1) 分析者 Л. А. Адаш; 2) 分析者 К. Бауер; 3) 分析者 К. Гейер;  
4) 分析者 Л. Морган и К. Гейер; 5) 分析者 П. Вольденберг;