



国家质量监督检验检疫总局批准

GBW(E)040012~ GBW(E)040015

标准物质证书

天然放射性环境分析标准物质

样品编号

定值日期 2004年4月

成都理工大学

中国 成都

本套天然放射性环境分析标准物质主要用于环境中天然放射性元素——U、Ra、Th、K的分析，监测对象包括建材、普通矿产开采厂、冶炼厂等。用以标定天然放射性监测仪器和质量监控。样品包括：铀镭标准物质 GBW(E)××××(TRU)，钍标准物质 GBW(E)××××(TRT)，钾标准物质 GBW(E)××××(TRK)，铀镭钍钾混合标准物质 GBW(E)××××(TRH)。

一、样品采集与制备

GBW(E)××××(TRK)由钾长石制成；其他样品由采自天然的原料和石英砂混合而成，基质以石英砂为主。

样品用高铝瓷球磨机制备，并在 120℃下烘干 24 小时，以去水、灭菌。颗粒小于 0.1mm 的在 92%以上。

二、均匀性和稳定性检测

用中子活化方法，60mg 用样量，测定 TRU 中的 U 元素，TRT 中的 Th 元素，TRH 中的 U 和 Th 元素，进行均匀性检测，证明均匀性良好。用样量 2g 时，用 X 荧光分析方法测试 TRK 中的元素 K，通过均匀性检测。

经过半年以上的中子活化方法跟踪分析检验，以及振动试验，证明样品稳定性良好。

三、定值元素与标准值

元素的定值分为标准值和参考值，以元素的物质的质量分数表示。

确定标准值的条件为采用 2 种及 2 种以上原理独立的可靠测试方法，或 1 种权威分析方法，参加定值的数据组数不少于 5 个，平均值的不确定度（按 $X \pm s/X$ 计算，X 为平均值，s 为标准偏差）符合如下要求：

物质的质量分数	相对不确定度	物质的质量分数	相对不确定度
$1 \sim 15 \times 10^{-2} \text{g/g}$	$\leq 7.5\%$	$0.1 \sim 10 \times 10^{-6} \text{g/g}$	$\leq 20\%$
$0.1 \sim 1 \times 10^{-2} \text{g/g}$	$\leq 10\%$	$< 0.1 \times 10^{-6} \text{g/g}$	$\leq 20\%$
$10 \sim 1000 \times 10^{-6} \text{g/g}$	$\leq 15\%$		

不完全满足上述条件的元素为参考值。

定值元素的标准值列于表 1，参考值列于表 2，等效的放射性核素的比活度信息列于表 3，各元素测试情况见表 4。

四、使用注意事项

1. 样品使用聚乙烯塑料瓶包装，250 克/瓶和 400 克/瓶两种。
2. 样品放于低温阴凉处保存，是用前在 105℃下烘干 2 小时，最好长期密封于样品盒内备用。
3. TRU 的铀系射气 (^{222}Rn) 析出率为 28.5%，TRH 的铀系射气析出率为 1.12%。若用户需要，标准物质研究单位可利用专利技术使 TRU 的铀系射气析出率降至 5.0%，TRH 的铀系射气析出率降至 0.98%。
4. TRU、TRT、TRH 最小用样量 60mg；TRK 的最小用样量为 2g。

五、研制及定值测试单位

本套标准物质由成都理工大学负责研制，由中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所参加样品研磨加工。参与定测试的单位有：中国地质大学（北京）辐射与环境实验室、中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究院、中国原子能科学研究院 29 室、中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所、四川大学物理科学与技术学院和物理实验室、四川省辐射环境管理检测中心站、核工业北京地质研究院分析测试研究中心，共九个单位。

表 1 天然放射性环境分析系列标准物质标准值

标准物质名称	元素	单位(g/g)	标准值物质的质量分数	数据数
铀放射性环境分析标准物质 GBW(E)××××(TRU)	U	10 ⁻⁶	186±15	6
	Ra	10 ⁻¹¹	6.18±0.80	5
钍放射性环境分析标准物质 GBW(E)××××(TRU)	Th	10 ⁻⁶	157±15	8
	Ra	10 ⁻¹²	5.18±0.26	5
钾放射性环境分析标准物质 GBW(E)××××(TRU)	K	10 ⁻²	11.67±0.53	8
	Th	10 ⁻⁶	21.1±2.1	8
天然放射性环境分析标准物质 GBW(E)××××(TRU)	U	10 ⁻⁶	103±15	6
	Ra	10 ⁻¹¹	4.12±0.35	5
	Th	10 ⁻⁶	117±14	7
	K	10 ⁻²	4.82±0.36	6

注：表 1 种标准值表示为标准值±95%置信区间，95 支新区间的计算公式为：

$$\left(\bar{X} \pm \frac{S}{n^{1/2}} t_{a/2(n-1)} \right) \quad \text{式中：} \bar{x} \text{——平均值；} s \text{——标准偏差；}$$

$$n \text{——数据组数；} t \text{由} t \text{分布表给出，} a \text{取} 5\%。$$

表 2 天然放射性环境分析系列标准物质参考值

标准物质名称	元素	单位(g/g)	标准值物质的质量分数	数据数
铀放射性环境分析标准物质 GBW(E)××××(TRU)	Th	10 ⁻⁶	1.14	3
	K	10 ⁻²	0.20	7
钍放射性环境分析标准物质 GBW(E)××××(TRU)	U	10 ⁻⁶	15.0	7
	K	10 ⁻²	0.052	5
钾放射性环境分析标准物质 GBW(E)××××(TRU)	U	10 ⁻⁶	1.42	3
	Ra	10 ⁻¹³	3.58	4

表 3 天然放射性环境分析系列标准物质中放射性核素比活度

标准物质名称	天然放射性核素比活度 (Bq/kg)			
	²³⁸ U	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K
铀放射性环境分析标准物质 GBW(E)××××(TRU)	230×10 ±19×10	226×10 ±30×10	(4.65)	(59.8)
钍放射性环境分析标准物质 GBW(E)××××(TRU)	(186)	190 ±10	639±57	(15.8)
钾放射性环境分析标准物质 GBW(E)××××(TRU)	(17.5)	(13.1)	85.9±8.6	353×10 ±16×10
天然放射性环境分析标准物质 GBW(E)××××(TRU)	128×10 ±19×10	151×10 ±13×10	476±58	146×10 ±11×10

注：表 3 种标准值等效的比活度表示为“比活度±95%置信区间”，参考值等效的比活度用“()”加注。

比活度与物质的质量分数间的转化如公式：

$$C = \frac{\lambda \cdot \theta \cdot Q}{A} \times 6.023 \times 10^{26} \quad \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$$

式中：C——放射性核素的放射性比活度，Bg·kg⁻¹；

Q——目标元素的物质质量分数，g·g⁻¹；

θ——目标元素的放射性核素的丰度，%；

A——放射性核素的原子量，g·mol⁻¹；

λ——放射性核素的衰变常数，s⁻¹；

T——放射性核素的半衰期，s。

表3 各元素测试情况

元素	测试方法及其所提供的数据组数
U	天然 γ 能谱测量 (11) 中子化分析 (8) 等离子质谱 (3)
Ra	天然 γ 能谱测量 (19)
Th	天然 γ 能谱测量 (15) 中子化分析 (8) 等离子质谱 (3)
K	天然 γ 能谱测量 (13) 中子化分析 (8) 原子吸收光谱 (6) 荧光 (1)