

# 用Ge(Li)γ谱仪测定海底沉积物中<sup>137</sup>Cs、<sup>40</sup>K、U、Ra、Th的方法研究\*

刘志和 赵淑权

(山东省医学科学院)

对<sup>137</sup>Cs、<sup>40</sup>K、U、Ra、Th等放射性元素,过去一般采用放化分析方法。要对每种核素进行单个的分离、测定,操作比较麻烦、费时。对于海底沉积物来说,还有个浸取是否完全的问题,困难更大些。

本文报道了用Ge(Li)γ谱仪直接测定海底沉积物中<sup>137</sup>Cs、<sup>40</sup>K、U、Ra、Th的实验方法。其中<sup>137</sup>Cs、U、Ra、Th的γ谱分析结果与放化分析结果加以比较,基本一致。实践证明,该方法简单、快速、可靠。

## 一、实验部分

### 1. 屏蔽铅室的制作

Ge(Li)探测器屏蔽铅室是由3吨1945年前的老铅制作的。铅表面须先经清洁处理,制成铅砖。在10cm厚铅砖内衬2mm紫铜板和5mm有机玻璃,组成内腔为48×48×48cm<sup>3</sup>的铅室。在铅室顶部,有一20×16cm<sup>2</sup>的开口,用10cm厚平移式铅拉门盖住。见图1。

使用美国CANBERRA公司生产的8180-

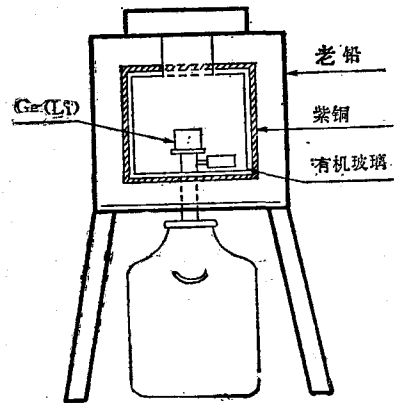


图1 探测器和屏蔽铅室

4K多道分析仪和7229-7500型126cm<sup>3</sup>的同轴Ge(Li)探测器,对<sup>60</sup>Co的1.33MeV能峰的半

\*本工作承蒙中国科学院海洋研究所李培泉、孙道远同志热情指导;天津市卫生防疫站马相民、杨笑梅、刘希贤提供了海泥及U、Th、<sup>137</sup>Cs的放化分析结果;本院钟大明、高米力、张连平、刘世明在土壤样品的测量中为本方法作了放化验证,均此致谢。

物对有关核素吸附性能的研究,这样将会降低所得数据的应用价值,并给海洋环境质量评价带来一定困难。目前,我国海洋放射性调查研究工作中很少涉及这方面的问题。为了搞好海洋环境放射性调查研究和质量评价,进一步开展这方面的调查研究是必要的。

### 主要参考文献

- [1] 尹毅、温从江, 1981. 海洋科学 4:24.
- [2] 国家海洋局, 1975. 海洋底质调查规范. 第20页.
- [3] Громов, В.В., В.И. Спицын., 1975. Искусственные Радионуклиды в Морской Среде. Москва Атомиздат. стр. 80.

## A PRELIMINARY STUDY OF <sup>137</sup>Cs ABSORPTION BY OFFSHORE SEDIMENTS

Yin Yi and Liu Guangzhang

(The first institute of Oceanography, National Bureau of Oceanography)

### Abstract

A preliminary study of <sup>137</sup>Cs absorption by offshore sediments was made by modeling the contaminated marine environment. It follows from the experiment that the distribution coefficients of <sup>137</sup>Cs absorption are nearly inversely proportional to the average grain sizes of the sediments.

宽度为1.94KeV, 相对3×3英寸的NaI(Tl)的效率为25%, 峰康比为49.5:1。探测器位于铅室正中, 工作在最佳条件下。

### 2. 样品容器的制作

根据Sato等<sup>[2]</sup>和Louis Costrell等<sup>[3]</sup>的实验, 测定了源与探测器位置变化的效率特性, 设计并制作了环形有机玻璃测量杯(见图2), 其壁厚为1.5mm, 样品体积为450毫升。该测量杯对93KeV X射线无明显减弱, 对β射线有良好的吸收作用, 减少了韧致辐射, 改善了低能峰的测量效果, 在64KeV—1.60MeV范围内对450毫升土样的相对探测效率为相同圆筒形容器的1.7—2倍, 更易于低能γ射线的测量, 便于装样。在实验室里, 我们已将之用于环境样品的监测, 取得满意的结果。

### 3. 标准源和样品的制备

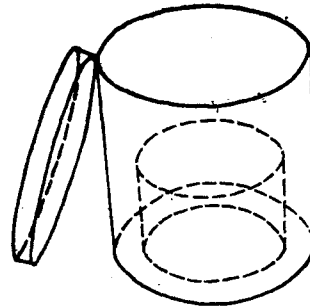


图2 环形有机玻璃测量杯

使用北京原子能研究所生产的<sup>137</sup>Cs液体标准源, 二机部第三研究所提供的U、Ra、Th标准矿粉和固体KCl(分析纯), 用称量法分别与NaCl、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>配制的模拟土均匀混合成密度为1.2g/cm<sup>3</sup>、体积为450毫升的标准源, 结果见表1。

表1 标准源系列的强度

标准源	成分强度 (g/g)	加入量 (g)	比强度 (g/g)	测量相对标准差 (%)
铀矿粉	U: (0.106±0.002) %	15	2.94×10 <sup>-5</sup>	±3
钍矿粉	Th: (0.063±0.002) %	15	1.75×10 <sup>-5</sup>	±3
铀-镭矿粉	U: (0.062±0.002) % Ra: 2.00×10 <sup>-10</sup>	15	1.72×10 <sup>-5</sup> 5.56×10 <sup>-12</sup>	±2 ±3
KCl	K: 0.523	40	3.89×10 <sup>-2</sup>	±2
<sup>137</sup> Cs溶液	41.44dpm/mg	0.9626	3.33×10 <sup>-11</sup> Ci/g	±3

待测样品经烘干、过筛、称重、装样, 在与标准源相同的条件下进行测量。

### 4. 特征峰的选取与计算

铀-镭系及钍系衰变时放出γ射线, 其组成很复杂。因此, 需选择分支比大、稳定、干扰因素少的特征峰, 以利于定量分析。但是, 在多种核素的分析中, 使每种核素都满足这几个条件是比较困难的。运用Ge(Li)γ谱法虽会减少许多麻烦, 但普通的Ge(Li)探测器对X射线的探测也比较困难。我们测定了单一核素的标准源及其在各特征道区中的作用, 确定了U, Ra, Th, <sup>137</sup>Cs, <sup>40</sup>K的特征峰, 见表2。分别用93(UX<sub>1</sub>)、352(RaB)、238.6(ThB)、661.6、1460.8KeV能峰作上述五种核素的定

表2 五种核素的特征峰

核素	U	Ra	Th	<sup>137</sup> Cs	<sup>40</sup> K
能量 (KeV)	64 93	352 609	238.6 583 911	661.6	1460.8

量分析。由于Th的存在, 致使93KeV峰受到干扰, 影响程度与被测样品的几何形状有关。通过试验拟定了定量分析方程。即:

$$\begin{cases} X_1 = (A_1 - bA_3)K_1 \\ X_i = K_i A_i \quad (i=2,3,4,5) \end{cases}$$

其中 $X_i$ ,  $A_i$ ,  $K_i$  分别为第 $i$ 个未知核素的含量、相应道区的净峰面积、含量换算常数。  $b$  为 $A_3$ 对 $A_1$ 净面积作用的响应系数。

Ge(Li) 探测器具有良好的分辨率, 对样品进行长时间测量 ( $10^4$ 秒), 减少了统计涨落, 室内不断通风, 以减少氦氢子体的干扰。能峰用多项式:

$$Y_i^* = \frac{1}{35} (-3(Y_{i-2} + Y_{i+2}) + 12(Y_{i-1} + Y_{i+1}) + 17Y_i)$$

作一次光滑处理后, 用梯形公式作直线基底扣除, 计算全能峰面积:

$$A = \sum_l^n Y_l^* - \frac{h-l+1}{2} (Y_l^* + Y_h^*)$$

式中 $l$ ,  $h$ 分别为左右边界址,  $Y_l^*$ 为光滑后的特征峰道区各道计数。

## 二、结 果

用Ge(Li) $\gamma$ 谱定量测定海底沉积物中 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{40}\text{K}$ , U, Ra, Th 的含量结果, 列于表3。对部分海泥、土壤样品作了放化分析(见表4), 结果比较一致。将海沙样品按粒度分类, 测定了上述五种核素, 与加权平均计算结果相符, 见表5。

表3 海泥、海沙中五种核素的含量

样 品	U ( $\times 10^{-6}\text{g/g}$ )	Ra ( $\times 10^{-13}\text{g/g}$ )	Th ( $\times 10^{-6}\text{g/g}$ )	$^{137}\text{Cs}$ ( $\times 10^{-12}\text{Ci/kg}$ )	K ( $\times 10^{-2}\text{g/g}$ )	
海 泥	$1.38 \pm 0.17$	$7.79 \pm 0.34$	$13.4 \pm 0.3$	$294 \pm 10$	$2.59 \pm 0.05$	
海	1	$1.64 \pm 0.23$	$3.22 \pm 0.15$	$7.68 \pm 0.15$	$36.2 \pm 3.9$	$3.27 \pm 0.05$
	2	$1.72 \pm 0.21$	$4.04 \pm 0.17$	$7.23 \pm 0.16$	$37.3 \pm 3.9$	$2.74 \pm 0.04$
	3	$1.59 \pm 0.26$	$5.48 \pm 0.19$	$12.0 \pm 0.2$	$61.6 \pm 5.1$	$2.72 \pm 0.05$
	4	$1.14 \pm 0.21$	$4.29 \pm 0.17$	$8.09 \pm 0.17$	$30.9 \pm 3.6$	$1.95 \pm 0.04$
沙	5	$1.39 \pm 0.25$	$5.45 \pm 0.19$	$14.5 \pm 0.20$	$6.7 \pm 2.0$	$2.71 \pm 0.04$
	6	$1.62 \pm 0.35$	$3.57 \pm 0.24$	$10.7 \pm 0.30$	$54.8 \pm 7.2$	$3.02 \pm 0.07$

表4  $\gamma$ 能谱分析与放化分析结果比较

样 品	分析方法	U ( $10^{-6}\text{g/g}$ )	Ra ( $10^{-13}\text{g/g}$ )	Th ( $10^{-6}\text{g/g}$ )	$^{137}\text{Cs}$ ( $10^{-12}\text{Ci/kg}$ )	K ( $10^{-2}\text{g/g}$ )
海 底 泥	$\gamma$ 谱	$1.38 \pm 0.17$	$7.79 \pm 0.34$	$13.40 \pm 0.31$	$294 \pm 10$	$2.59 \pm 0.05$
	放 化	$0.97 \pm 0.01$	$6.05 \pm 0.01$	$13.80 \pm 0.32$	$310 \pm 50$	—
黄 河 水 中 泥	$\gamma$ 谱	$1.83 \pm 0.24$	$7.66 \pm 0.26$	$13.59 \pm 0.27$	$99.0 \pm 1.0$	$1.97 \pm 0.04$
	放 化	—	—	—	$108.0 \pm 17.0$	—
土	$\gamma$ 谱	$1.59 \pm 0.35$	$7.50 \pm 0.15$	$10.2 \pm 1.0$	$13.5 \pm 3.0$	$1.78 \pm 0.02$
	放 化	$1.64 \pm 0.15$	$8.00 \pm 0.90$	$9.75 \pm 0.18$	—	—
壤	$\gamma$ 谱	$1.71 \pm 0.24$	$7.70 \pm 0.23$	$9.46 \pm 0.34$	$325 \pm 7$	$1.67 \pm 0.02$
	放 化	$1.64 \pm 0.31$	$7.44 \pm 0.64$	$8.44 \pm 0.16$	—	—

表5 海沙中五种核素的含量随粒子大小的变化

粒子大小 (目)	重量 (%)	U ( $10^{-6}$ g/g)	Ra ( $10^{-13}$ g/g)	Th ( $10^{-6}$ g/g)	$^{137}\text{Cs}$ ( $10^{-12}$ Ci/kg)	K ( $10^{-2}$ g/g)
<180	11.5	2.76	11.8	19.50	130.0	2.37
-80	32.0	2.27	7.82	17.90	52.0	2.85
-60	37.0	0.48	2.17	4.07	34.1	2.65
-40	20.0	1.46	1.74	3.59	23.8	2.90
加权平均值	100	1.52	5.01	10.80	49.0	2.74
<40混合海沙	100	1.39	5.09	11.00	51.0	2.76

### 三、讨 论

1. 在一般情况下分析 U、Ra、Th、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{40}\text{K}$ 时, 分别用 93、352、238.6、661.6和1460.8KeV特征峰, 其它特征峰仅作参考。但, 如果样品中Ra太强、242KeV $\gamma$ 射线对238.6KeV能峰有干扰, 就需用583KeV或911KeV能峰定量分析Th, 并用以校正U的含量。

2. 从海沙粒子大小与放射性含量的关系可以看出, 除K外粒子越小含量越高, 与资料〔1〕,〔4〕介绍相符。U、Ra、Th主要通过河川或沿海岩石风化成为小颗粒注入海洋;  $^{137}\text{Cs}$ 是核裂变产物, 海沙颗粒越小, 对 $^{137}\text{Cs}$ 吸附能力越大; K却随粒度增加略有增加。

3. Ge(Li) $\gamma$ 谱定量分析中, 所用标准源模拟土的有效原子序数与土壤相当。对海洋环

境土壤、沉积物以及陆地土壤中放射性核素的分析结果与放化分析结果一致, 不同粒度的海沙中该五种核素定量分析结果的加权平均值与混合海沙测量结果也完全符合, 说明该方法对各种组成的土壤、沉积物及不同粒度的样品适应性良好。由于大多数沉积物及土壤经过处理后密度约为 $1.2\text{g}/\text{cm}^3$ , 因此, 易于控制被测样品的重量和体积以使之与标准源一致。

### 参 考 文 献

- 〔1〕李永祺, 1978. 海洋的放射性. 科学出版社, 73—74页。
- 〔2〕Sato Jun., et al., 1980. Applied Radiation and Isotopes 31 (2): 130—131.
- 〔3〕Louis Costrell., et al., 1980. Health Physics 38: 229—232.
- 〔4〕Yamamoto, M., et al., 1979. J. Radiat. Res. 20: 264—275.

## MEASUREMENT OF $^{137}\text{Cs}$ , $^{40}\text{K}$ , U, Ra, Th IN SEDIMENT WITH Ge(Li) $\gamma$ -SPECTROMETRE

Liu Zhihe and Zhao Shuqian  
(Medical Academy of Shandong Province)

### Abstract

The determination of  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ , U, Ra and Th in the sediment of sea-floor with Ge(Li)  $\gamma$ -spectrometre was carried out. The analytical results of  $\gamma$ -spectra of  $^{137}\text{Cs}$ , U, Ra and Th essentially coincide with those by radiochemical analysis. This method was shown to be simple, time-saving and reliable.