

# 渤海近岸区表层沉积物中 U, Ra, Th, $^{40}\text{K}$ , $^{137}\text{Cs}$ 的 Ge(Li) $\gamma$ 谱仪测定及地球化学研究\*

李培泉\*\* 刘志和\*\*\* 卢光山\*\* 苏协铭\*\*\* 袁毅\*\*

(\*\*中国科学院海洋研究所) (\*\*\*)山东医学科学研究所)

海洋环境中存在着大量的天然和人工放射性同位素,研究其含量变化及存在形式,对于同位素地球化学、沉积化学、地质年龄、水团运动 and 环境保护均有重要意义。随着科学的进步和仪器的更新,近年来这方面的研究获得了迅速的发展。

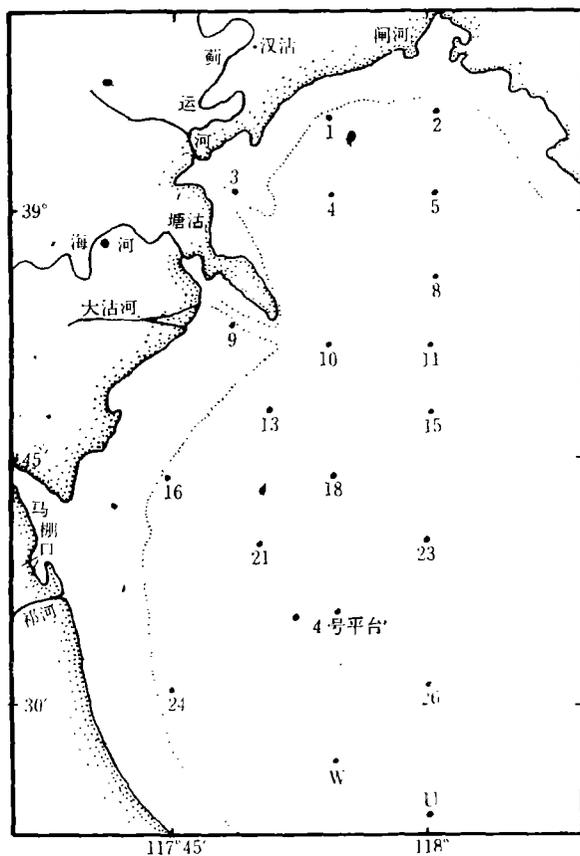


图1 渤海近岸区沉积物采样站位

\* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第859号。  
本文插图由任广法同志绘制,特此表示感谢。  
收稿日期: 1981年12月6日。

1981年,我们用 Ge(Li)  $\gamma$  谱仪直接测定了渤海近岸区(指天津、塘沽附近,以下略)沉积物中的四种天然放射性同位素(U, Ra, Th,  $^{40}\text{K}$ )和一种人工放射性同位素( $^{137}\text{Cs}$ )。调查范围为  $117^{\circ}37' - 118^{\circ}01'\text{E}$ ,  $38^{\circ}20' - 39^{\circ}9'\text{N}$ 。采样站位共 19 个(见图 1)。通过测定得到了五种放射性同位素的含量和分布规律,讨论了它们的来源及沉积物的类型等有关问题。最后对人工放射性同位素  $^{137}\text{Cs}$  的地球化学特性及不均匀分布的原因作了探讨。

## 一、实验设备和方法

### 1. 仪器和设备

实验的主要设备是美国 CANBERRA 公司生产的 8180-4K 多道分析器和  $126\text{cm}^3$  的同轴 Ge(Li) 探测器(对  $^{60}\text{Co}$  1.33MeV 能峰半宽度为 1.94Kev, 相对效率为 25%, 峰康比为 49.5:1) 联用, 探测器位于  $48 \times 48 \times 48\text{cm}^3$  的老铅组成的铅室正中, 整套设备安装在空调室内。

### 2. 标准源和样品的制备

U, U-Ra, Th 标准矿粉和固体 KCl (分析纯) 由核工业部第三研究所提供,  $^{137}\text{Cs}$  液体源由中国科学院原子能研究所提供。用称量法称取一定量的上述物质, 分别与模拟土混合成 450 毫升 540 克的环形标准源(结果见表 1)。

表 1 标准源系列的强度

标准源	成分含量 (g/g)	加入量 (g)	环形标准源的比度 (g/g)	相对标准差 (%)
U 矿粉	$\text{U}: (0.106 \pm 0.002) \times 10^{-2}$	15	$2.94 \times 10^{-3}$	$\pm 3$
Th 矿粉	$\text{Th}: (0.063 \pm 0.002) \times 10^{-2}$	15	$1.75 \times 10^{-3}$	$\pm 3$
U-Ra 矿粉	$\text{U}: (0.062 \pm 0.002) \times 10^{-2}$ $\text{Ra}: 2.000 \times 10^{-10}$	15	$1.72 \times 10^{-3}$ $5.56 \times 10^{-12}$	$\pm 2$ $\pm 3$
KCl	$\text{K}: 0.523$	40	$3.89 \times 10^{-2}$	$\pm 2$
$^{137}\text{Cs}$ 溶液	41.44dpm/mg	0.9626	$3.33 \times 10^{-11}\text{Ci/g}$	$\pm 3$

样品经  $110^{\circ}\text{C}$  烘干、研碎、过筛、称重, 然后装样, 在与标准源条件相同的情况下测量  $10^4$  秒。

### 3. 特征峰的选取和计算

在通常情况下, U, Ra, Th,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$  分别采用 93Kev( $\text{U}_{x_1}$ ), 352Kev(RaB), 238.6Kev(ThB), 662Kev, 1460.8Kev 作定量分析。

用全能峰面积法计算峰面积, 即

$$A_j = \sum_{i=l}^h y_i - \frac{h-l+1}{2} (y_l + y_h)$$

$y_i$ ,  $l$ ,  $h$  分别为第  $j$  个道区第  $i$  道的计数和左、右边界道址。

Th 的存在对 U 的测量造成干扰, 因此在计算 U 的 93Kev 的峰面积时须减去 Th 的贡献, 即

$$A_U = A_{U+Th} - A_{Th}$$

式中  $A_U$ ,  $A_{U+Th}$ ,  $A_{Th}$  分别为 93Kev 道区中 U 的净峰面积、U + Th 及 Th 的峰面积;

或者将未知谱中 238.6Kev 峰面积计算后, 再将未知谱剥去 Th 的贡献, 从而计算 93Kev 的 U 的峰面积, 即

$$L_A(U + Ra + Th + {}^{137}\text{Cs} + {}^{40}\text{K}) - F \cdot L_B(\text{Th}) = L_C(U + Ra + {}^{137}\text{Cs} + {}^{40}\text{K})$$

$L_A$  为含有五种核素的混合谱,  $L_B$  是仅含有 Th 的能谱,  $L_C$  是仅含有 U, Ra, <sup>137</sup>Cs, <sup>40</sup>K 的未知谱,  $F$  为  $L_A$  与  $L_B$  中 238.6Kev 能峰面积之比。

放射性核素含量计算:

$$P_i = A_i/n_i$$

$P_i$ ,  $A_i$ ,  $n_i$  分别是第  $i$  种核素含量、峰面积和相应能峰的探测效率。

## 二、实验结果与讨论

为方便起见, 我们先用表 2 列出五种放射性同位素的测定结果和沉积物的  $\gamma$  能谱图(图 2), 然后分别对每个同位素进行讨论。

表 2 沉积物中五种放射性核素的含量

站 位	U	Ra	Th	<sup>137</sup> Cs	K	<sup>40</sup> K
	$10^{-6} \left( \frac{\text{g}}{\text{g} \cdot \text{d} \cdot \text{w}} \right)$	$10^{-13} \left( \frac{\text{g}}{\text{g} \cdot \text{d} \cdot \text{w}} \right)$	$10^{-6} \left( \frac{\text{g}}{\text{g} \cdot \text{d} \cdot \text{w}} \right)$	$10^{-12} \left( \frac{\text{Ci}}{\text{kg}} \right)$	$10^{-2} \left( \frac{\text{g}}{\text{g} \cdot \text{d} \cdot \text{w}} \right)$	$10^{-12} \left( \frac{\text{Ci}}{\text{g} \cdot \text{d} \cdot \text{w}} \right)$
1	1.64±0.20	8.25±0.20	9.57±0.20	27.4±0.36	1.95±0.04	16.38
2	1.39±0.18	5.71±0.20	9.94±0.18	222.3±10.0	2.33±0.04	19.57
3	2.42±0.20	6.52±0.20	10.70±0.20	219.5±9.5	2.30±0.04	19.32
4	2.67±0.21	5.84±0.20	10.77±0.20	213.6±9.3	2.42±0.04	20.33
8	2.10±0.20	6.07±0.20	9.50±0.18	113.0±7.4	2.27±0.04	19.07
9	2.08±0.20	6.18±0.20	10.58±0.20	271.2±10.5	2.36±0.04	19.82
10	2.53±0.21	6.64±0.21	10.58±0.19	88.9±6.1	2.33±0.04	19.57
11	1.07±0.19	5.50±0.19	9.04±0.18	130.2±7.3	2.15±0.04	18.06
13	1.43±0.20	7.15±0.20	12.16±0.20	216.8±10.1	2.31±0.04	19.40
15	2.36±0.20	6.36±0.20	11.36±0.20	119.1±7.0	2.46±0.04	20.66
16	2.12±0.20	7.07±0.21	11.43±0.20	246.5±10.0	2.33±0.04	19.57
18	1.83±0.20	6.70±0.21	11.37±0.20	149.3±7.8	2.35±0.04	19.74
21	2.28±0.21	7.25±0.22	12.34±0.21	225.5±9.6	2.33±0.04	19.57
23	1.88±0.20	7.75±0.22	10.06±0.20	246.9±10.0	2.36±0.04	19.82
24	1.29±0.20	7.64±0.22	10.89±0.20	216.0±9.4	2.19±0.04	18.40
26	3.29±0.23	6.86±0.21	12.18±0.21	242.6±10.0	2.30±0.04	19.32
石油平台	1.15±0.20	7.87±0.23	11.30±0.20	228.7±9.6	2.21±0.04	18.56
W	1.84±0.20	7.19±0.22	11.49±0.20	283.9±10.7	2.29±0.04	19.24
U	2.75±0.20	8.28±0.23	11.60±0.20	182.6±8.6	2.18±0.04	18.31
平均值	1.87±0.20	6.89±0.21	10.89±0.20	191.8±9.0	2.29±0.04	19.20

**1. 铀** 从表 2 看出, 渤海近岸表层沉积物中铀的平均含量是  $1.87 \times 10^{-6} \text{g/g}$ , 波动范围是  $(1.07-3.29) \times 10^{-6} \text{g/g}$ 。如果对 19 个站作一统计, 则铀含量在  $1.5 \times 10^{-6} \text{g/g}$  以下的有 5 个站点, 占 26%; 在  $(1.5-2.5) \times 10^{-6} \text{g/g}$  范围内的有 10 个站点, 占 53%; 在  $(2.5-3.5) \times 10^{-6} \text{g/g}$  范围内的有 4 个站点, 占 21%。总的看来, 虽然各站点铀的含量有

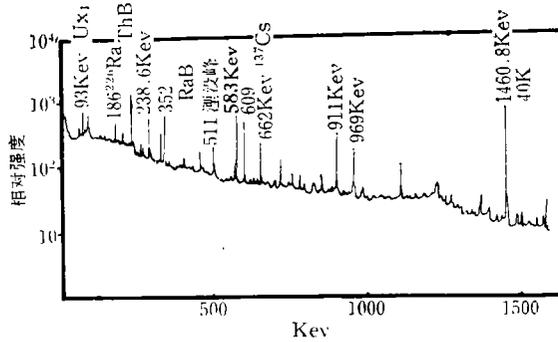


图2 沉积物的 $\gamma$ 能谱图(半对数坐标)

所差别,但仍然可以认为其分布基本上是均匀的,并可取  $2 \times 10^{-6}(\text{g/g})$  作为合理值。

由于近岸区沉积物的“亲陆性”和“继承性”的特点,故可以认为这里的沉积物主要是由海河、蓟运河、祁河、滦河和黄河搬运的物质组成的。这些河流来源不同,搬运的物质当然也不同,这是造成不同站位铀量有所差别的重要原因。但这种差别是微小的,其原因是由于常年不断的水动力学作用造成的。

值得提出的是:11号站位出现了铀的最低值,对比其它几种同位素也发现有类似现象,这可能与该站位于锚区,停船很多,沉积物的搅动非常剧烈,埋藏、吸附在沉积物上的一些放射性同位素有可能溶解或解吸出来等情况有关。同时,也与这里是砂质软泥组成有关。

在渤海近岸区采集的样品多呈黄色、褐色或黄褐色的软泥,结构细微紧密,主要是由高岭土、伊利石、蒙脱石等物质在内的粘土矿物组成。从矿物分析来看,它们属于祁口矿物区和滦河矿物区<sup>[3]</sup>,前者主要以榍石( $\text{CaTiSiO}_5$ )和辉石( $\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$ )为其特征矿物,此外还包括白云母、碳酸盐矿物、斜长石和普通角闪石等非粘土矿物;后者主要以辉石为主要特征矿物,此外还包括石榴子石、锆石、钛铁矿、磁铁矿和钾长石等非粘土矿物。在上述矿物中,比较明显地伴有铀、钍等放射性物质的只有锆石( $\text{ZrSiO}_3$ )等少数物质,调查得知<sup>[3]</sup>,这里的锆石占2%左右。其组成决定了这一海区沉积物中成系的天然放射性核素的含量不会太高。

另外,由于沉积物中的铀量(钍也如此)往往随着碳酸盐含量增高而降低,而这里沉积物中的碳酸盐含量又是整个渤海湾含量最高的区域之一(占3%以上)<sup>[3]</sup>,所以铀、钍含量也不会太高。

海洋沉积物中的铀含量因环境和沉积物类型不同而有很大的差别,影响因素是相当复杂的,目前一般认为海洋沉积物中的铀含量波动在  $(0.4 - 80) \times 10^{-6}\text{g/g}$ ,多数平均为  $2 \times 10^{-6}\text{g/g}$ <sup>[2,5]</sup>。

赵一阳<sup>[4]</sup>在渤海区进行的调查表明:铀含量在泥中最高,粉砂、细砂次之,中砂最小,铀含量波动在 1.6—6.3ppm,平均为 4.3ppm,此值比在天津、塘沽近岸区的测量值高一倍。

为了探讨放射性同位素与沉积物的关系,我们列出了国外铀、钍、钾和  $^{40}\text{K}$  在不同类型海洋沉积物中的典型含量,如表3所示<sup>[6]</sup>。

表 3 铀、钍、钾和 <sup>40</sup>K 在滨海沙、岩石和深海沉积物中的含量

物 质	铀 (ppm)	钍 (ppm)	钾 (%)	<sup>40</sup> Kp(Ci/g)
滨海沙	3.0	6.4	0.33	2.7
花岗岩	5.0	1800	3.8	32
页岩	3.7	12	1.7	14
沙 石	1.3	1.1	0.2	1.7
石灰石	0.45	1.7	0.6	5.0
玄武岩	0.50	2.0	0.5	4.2
大洋沉积	0.4—3.0	0.4—18	无资料	无资料

对比表 2 和表 3 资料看出,渤海近岸沉积物近似于页岩成分而有别于其它物质,由此可以推知海河、蓟运河等河流搬运的物质类似于页岩的成分。

**2. 钍** 海洋沉积物中的钍主要同陆源物质紧密相联,溶解状态的钍是很少的,它在海水中多以颗粒状态存在,而且容易和其它悬浮物质结合下沉至海底。由于钍的这种性质和测试技术的困难,所以过去研究海水中钍的工作较少,但是由于它在测定地质年龄方面有很大的价值,故研究钍在沉积物中的含量和变化规律的工作仍然并不逊色。

渤海近岸沉积物的钍含量为  $11 \times 10^{-6}$ g/g,波动范围是  $(9.04-12.34) \times 10^{-6}$ g/g,比大洋沉积物的一般公认值 ( $5.0 \times 10^{-6}$ g/g) 高一倍多,这当然与陆源物质及其所含成分有关。

渤海近岸区沉积物钍的分布是比较均匀的,只有两个站位较低,而它们均位于锚区(8 和 11 号站位),其中 11 号站位最低,这种现象与铀相似,其原因也可能与铀相同。

与铀雷同,钍也随着沉积物中的碳酸盐含量增高而减少,一般认为钍在沉积物中的含量约为 0.4—18ppm(0.04—2.0pCi/g)<sup>[5]</sup>。对比渤海沉积物中的钍含量说明,此区仍然可能有碳酸盐的影响。

渤海沉积物中钍和铀的含量处于同一数量级,钍为  $11 \times 10^{-6}$ g/g,铀为  $2 \times 10^{-6}$ g/g,钍约为铀的 6 倍。但是在海水中,钍约为铀的  $3.3 \times 10^{-5}$  倍,(在渤海水中钍约为  $1 \times 10^{-10}$ g/l,铀约为  $3 \times 10^{-6}$ g/l),这两个同位素在沉积物中的比值要比其在水中的比值约大  $1.8 \times 10^5$  倍,说明在沉积物中钍比铀更为难溶,或者在海水中钍比铀更易沉淀,可见这两种同位素的物理化学性质、存在形式和运移规律是迥然不同的。

**3. 镭** 在渤海近岸区沉积物中的镭含量约为  $7 \times 10^{-13}$ g/g,波动范围是  $(5.50-8.28) \times 10^{-13}$ g/g。镭在外海沉积物中的含量一般为  $4.0 \times 10^{-12}$ g/g。黑海沉积物的镭含量为  $(3-9) \times 10^{-13}$ g/g<sup>[5]</sup>,这一数值和我们的测定值基本相似,很明显,这个值比外海沉积物的值低一个数量级,这种现象可能因为近岸区的镭含量是由缺镭的近岸大陆岩石所决定的。

镭与钍不同,钍容易从海水进入沉积物,而镭却容易从沉积物进入海水,在大洋调查中,往往发现底层水中的镭含量比上层水偏高,其原因就在这里。已经发现某些深海沉积物的表层 <sup>226</sup>Ra 损失平均高达 40%。

镭在渤海近岸区的分布虽然也有差别,但总的说来仍然是比较均匀的,如果划分成三个等级,则在  $6.5 \times 10^{-13}$ g/g 以下的有 6 个站(2, 4, 8, 9, 11, 15);在  $(6.5-7.5) \times$

$10^{-13}$ g/g 范围的有 8 个站 (3, 10, 13, 16, 18, 21, 26, W); 在  $7.5 \times 10^{-13}$ g/g 以上的有 5 个站 (1, 23, 24, U, 平台)。这样划分之后, 发现低值均出现在河流影响严重、船舶活动频繁的锚地附近, 而中值和高值出现在河流影响较小、船舶活动不太频繁的平静区。这种现象可能与镭的溶解性质有关, 在沉积物运动剧烈的海区, 镭的溶解容易发生, 沉积物中镭的损失就较大。反之, 在其它不具备上述条件的海区, 沉积物中的镭量就相对的高一些。

**4. 钾和  $^{40}\text{K}$**  钾是海水中的主要元素之一, 在海水中占第六位, 大洋水中的钾含量是 0.3875g/Kg 或 0.3971g/l。由于钾的活泼性, 故不易富集于沉积物中。沉积物中的钾主要来自河水搬运的物质, 譬如硅酸盐中的钾长石( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ )就是钾的主要来源之一, 在渤海近岸沉积中钾长石含量在重矿物的轻组分中占 10.7—12.8%。此外, 沉积物中的白云母( $\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )也含有一定量的钾, 它占该区重矿物组分中的 0.6—2.1%。当然, 海水中的钾也可通过间隙水进入沉积物并成为钾的另一来源, 这个量视对沉积物的处理方法不同而异。在我们的处理方法中, 间隙水中的钾保留在沉积物中。

渤海近岸区沉积物钾含量为  $2.29 \times 10^{-2}$ g/g, 波动范围是  $(1.95-2.46) \times 10^{-2}$ g/g。在渤海湾沉积物中,  $^{40}\text{K}$  的含量约为  $2.73 \times 10^{-6}$ g/g。我们知道,  $^{40}\text{K}$  的量与总钾量有恒定的关系,  $^{40}\text{K}$  为总钾量的 0.0119%, 故渤海湾的平均总钾量为

$$2.73 \times 10^{-6}\text{g/g} \div 0.0119\% = 2.29 \times 10^{-2}\text{g/g}。$$

根据  $^{40}\text{K}$  的重量和放射性的关系, 我们可以利用公式<sup>[1]</sup>

$$S = \frac{3.574 \times 10^5}{T_{1/2} \cdot M} (\text{Ci/g}), T_{1/2} \text{ 以年为单位, 求出沉积物中 } ^{40}\text{K} \text{ 的放射性(以 pCi/g 表}$$

示)。

$T_{1/2}$  为  $^{40}\text{K}$  的半衰期, 其值为  $1.27 \times 10^9$  年;

$M$  为质量数, 钾的质量数为 40。

将上述数据代入公式即为

$$S = \frac{3.574 \times 10^5}{1.27 \times 10^9 \times 40} = 0.704 \times 10^{-5}\text{Ci/g} \cdot ^{40}\text{K} = 7.04 \times 10^{-6}\text{Ci/g} \cdot ^{40}\text{K}$$

根据这一关系, 可以求出渤海近岸区沉积物  $^{40}\text{K}$  的平均放射性为:

$$2.73 \times 10^{-6}\text{g}^{40}\text{K/g} \times 7.04 \times 10^{-6}\text{Ci/g} \cdot ^{40}\text{K} = 19.18\text{pCi/g}$$

由此还可以算出  $^{40}\text{K}$  放射性和钾的百分含量比值是  $19.18 \div 2.29 = 8.4$ 。知道了这一比值即可根据任何物质中的百分钾量求出以 pCi 表示的  $^{40}\text{K}$  放射性。

渤海沉积物  $^{40}\text{K}$  的强度与页岩中的强度相似(页岩的  $^{40}\text{K}$  为 14pCi/g)。

海水中的  $^{40}\text{K}$  为 325pCi/Kg ( $38.75 \times 10^{-2} \times 8.4 = 325\text{pCi}$ ), 相当于 0.325pCi/g; 渤海沉积物中的  $^{40}\text{K}$  为 19.18pCi/g, 按以上数据得出沉积物与海水的  $^{40}\text{K}$  之比为 59。

**5.  $^{137}\text{Cs}$**  与上述四种同位素不同,  $^{137}\text{Cs}$  是人工放射性同位素。渤海近岸区  $^{137}\text{Cs}$  的主要来源是河水的携带和大气的沉降两个方面。1981 年该区沉积物  $^{137}\text{Cs}$  的平均含量为 191.8pCi/Kg·d·w, 而海水的  $^{137}\text{Cs}$  约为 0.1pCi/l。显然, 沉积物中的  $^{137}\text{Cs}$  含量要比海水高 1900 多倍。这一现象说明沉积物是富集  $^{137}\text{Cs}$  的, 其富集的机制是通过悬浮物质的吸附和下沉来完成的。已知 Cs 在海水中主要以离子状态存在, 但它却容易和粘土性物

质结合在一起,由于渤海近岸区悬浮物很多且又多是粘土性物质,所以为  $^{137}\text{Cs}$  进入沉积物提供了有利条件。

在渤海近岸区  $^{137}\text{Cs}$  的分布比较明显地呈不均匀状况,但仍然有一定的规律性,总的看来是近岸高、远岸低,这与近岸沉积物为软泥,远岸为沙质软泥有关,同时也与水体搅动程度有关,如图 3 所示。

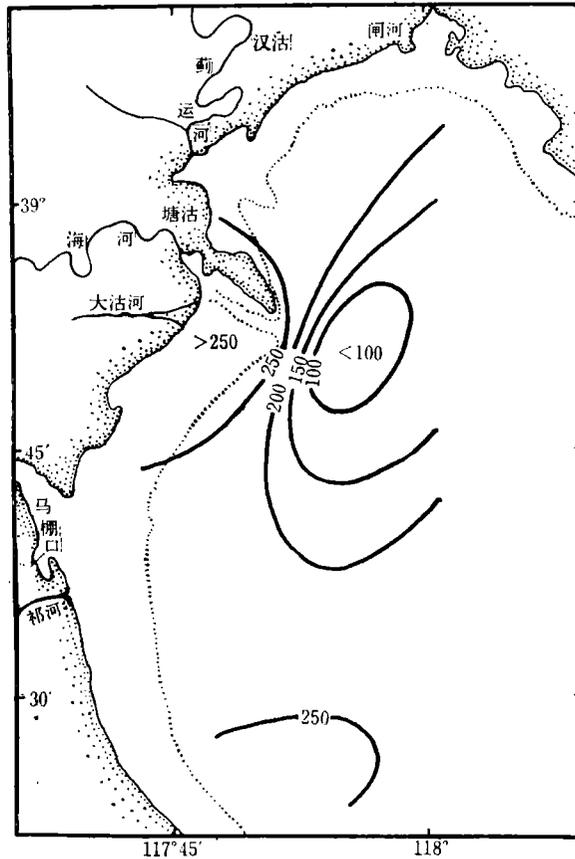


图 3 渤海近岸区沉积物中  $^{137}\text{Cs}$  的分布

从图 3 看出: 在塘沽锚区  $^{137}\text{Cs}$  最低,其原因仍然可以用该区水体和沉积物的搅动比较激烈和该区沉积物为砂质软泥从而影响  $^{137}\text{Cs}$  的积累来解释。水体运动快可以阻碍  $^{137}\text{Cs}$  进入沉积物;沉积物运动激烈又可以造成  $^{137}\text{Cs}$  的重新悬浮,这两种作用均能降低沉积物中  $^{137}\text{Cs}$  的含量。同时,与软泥比较,砂质软泥的富集能力较小,因此该区  $^{137}\text{Cs}$  含量最低。河水进入大海后,逐步和海水混合,在与海水交混的区域或者有利于悬浮物下沉的区域,微量元素和放射性同位素的聚沉也容易发生,由于  $^{137}\text{Cs}$  具有容易和粘土性悬浮物质结合的特性,故在渤海近岸区域  $^{137}\text{Cs}$  的浓度较高,随着远离近岸,粘土性悬浮体减少,故  $^{137}\text{Cs}$  浓度降低。至于个别站位(1站)出现低值的原因尚未进行深入研究。

### 三、结 语

1. 用 Ge(Li)  $\gamma$  谱仪同时直接测定沉积物中重要的天然和人工同位素 U, Th, Ra,  $^{40}\text{K}$  和  $^{137}\text{Cs}$  是可行的, 这一方法可以达到快速准确的目的, 为海洋沉积物同位素化学研究提供了较好手段。

2. 渤海近岸区四种天然放射性同位素——U, Th, Ra 和  $^{40}\text{K}$  的分布是比较均匀的, 其合理值依次分别为  $2 \times 10^{-6}\text{g/g}$ ,  $11 \times 10^{-6}\text{g/g}$ ,  $7 \times 10^{-13}\text{g/g}$  和  $3 \times 10^{-6}\text{g/g}$  (或  $20\text{pCi/g}$ )。这四种同位素的含量与页岩中的含量相近, 据此可以推测该区沉积物主要是页岩成分, 进而证明河水搬运的物质类似于页岩成分。四种同位素的低值均出现在水体搅动较严重的锚区附近。这说明不管同位素性质如何, 沉积物均可通过再悬浮和水体运动而使某些同位素发生解吸和溶解, 同时也与这里是砂质软泥有关。

3. 沉积物中的  $^{137}\text{Cs}$  含量明显高于海水, 表现了沉积物能富集  $^{137}\text{Cs}$  的特性, 这与  $^{137}\text{Cs}$  能和粘土性悬浮物结合的性质有关。 $^{137}\text{Cs}$  的分布不够均匀, 但大体分布是从近岸向外逐步降低。然而, 在锚区出现了最低值, 其原因可能也与该区水体和沉积物运动比较激烈及沉积类型有关。

### 参 考 文 献

- [1] 马崇智等编著, 1979. 放射性同位素手册. 科学出版社, 99页。
- [2] 李培泉, 1981. 海洋中的铀含量、存在形态及  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  比值. 海洋湖沼通报 2: 51—54。
- [3] 陈丽蓉、栾作峰、郑铁民等, 1980. 渤海沉积物中的矿物组合及其分布特征的研究. 海洋与湖沼 11(1): 46—64。
- [4] 赵一阳, 1980. 中国渤海沉积物中铀的地球化学. 海洋文集 3(2): 86—89。
- [5] Burion, J. D., 1975. Radioactive nuclides in the marine environment. in "Chemical Oceanography", edited by J. P. Riley and R. Chester. Academic Press. Vol. 5: 91—177.
- [6] IAEA. 1976. Effects of ionizing radiation on Aquatic organisms and ecosystems. TRS. No. 172: 1—131.

## DETERMINATIONS OF U, Ra, Th, $^{40}\text{K}$ AND $^{137}\text{Cs}$ IN THE SURFACE SEDIMENTS IN THE OFFSHORE AREA OF WESTERN BOHAI SEA WITH Ge(Li) $\gamma$ SPECTROMETER\*

Li Peiquan\*\* Liu Zhihe\*\*\* Lu Guangshan\*\* Su Xieming \*\*\* and Yuan Yi\*\*

(\*\**Institute of Oceanology, Academia Sinica*)

(\*\*\**Shandong Institute of Medical Science*)

### ABSTRACT

The determinations were made of U, Ra, Th,  $^{40}\text{K}$  and  $^{137}\text{Cs}$  in the surface sediments of offshore area of western Bohai Sea with Ge (Li)  $\gamma$  spectrometer in 1981. The sediments and the material carried by the river were made mainly of shale. The contents of four natural radioactive isotopes in sediment were  $2 \times 10^{-6}$ ,  $11 \times 10^{-6}$ ,  $7 \times 10^{-13}$  and  $3 \times 10^{-6}$  g/g (or 20pCi/g) respectively. Distribution of the four isotopes were uniform. The low values of the contents of four isotopes which was closely related to the composition of sandy mud, were found in the area of the anchorage, indicating that the desorption and resolution of isotopes were easy in the region where the water and sediments moved swiftly.

The content of artificial radioactive isotope  $^{137}\text{Cs}$  was much higher than that in sea water. The high value was found in the place where the suspended matter deposited easily. This indicated that  $^{137}\text{Cs}$  could be concentrated by sediments. Its distribution was, however, not uniform, decreasing generally seawards, with a low value also in the area of anchorage.

\*Contribution No. 859 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.