

黄河下游及河口区表层沉积物中 U, Ra, Th, ^{40}K 和 ^{137}Cs 的测定*

李培泉

(中国科学院海洋研究所, 青岛)

刘志和

(山东医学科学院, 济南)

收稿日期 1989年6月23日

关键词 能峰半宽度, 再悬浮, 活度

提要 本文从地球化学和环境保护的角度, 用 8180-4 K γ 谱仪直接测定方法确定了天然放射性元素 U, Ra, Th, ^{40}K 及人工核素 ^{137}Cs 的含量, 讨论了它们的分布特点及其影响因素, 指出了河口区与下游段元素变化的差异及其制约条件。

黄河水携带大量的泥沙入海, 致使黄河口逐年以较快的淤积速度向外扩张。改造黄河, 造福人们的呼声愈来愈强, 研究黄河及黄河口的物理、地质、化学和生物学问题已成为当前许多科学家十分感兴趣的课题。本文从地球化学和环境保护的角度, 利用现有条件, 用 γ 谱仪对黄河下游段(指济南洛口以下河段)及黄河口表层沉积物的天然放射性同位素 U, Ra, Th, ^{40}K 和人工放射性同位素 ^{137}Cs 进行直接测定, 从而确定它们在每克沉积物(干重)中的现有含量(克)和污染水平, 了解它们的分布及变化规律。

I. 实验方法和仪器

用大洋 50 采泥器取表层沉积物, 装入塑料瓶, 带回实验室, 在 100°C 下烘干、磨碎、过 60 目尼龙筛、混和均匀, 取 470 g 装入环形测量杯待测, 测定时间为 10^4s 。

用 8180-4 K Ge(Li) γ 谱仪测定 5 种同位素活度。该设备对 ^{60}Co 的 1.33 MeV 的能峰半宽度为 1.94 keV, 相对效率为 25%, 峰康比为

49.5:1, 其标准源由国产标准 ^{137}Cs 和矿粉配制而成, 其比度为, U: 2.94×10^{-5} ; U-Ra: 1.72×10^{-5} (U) 和 5.56×10^{-12} (Ra); Th: 1.75×10^{-5} ; kCi: 3.89×10^{-2} ; ^{137}Cs : 3.33×10^{-11} (Ci/g)。在测定时, U, Ra, Th, ^{40}K , ^{137}Cs 的特征峰分别为 93 keV (UX₁), 352 keV (RaB), 238.6 keV (ThB), 1460.8 keV, 662 keV。最后用全能峰面积法计算峰面积, 从而换算出活度。

II. 结果与讨论

1984 年在黄河下游段及黄河口设立采样站, 从济南洛口以下共设 5 个站 (11, 12, 13, 14 和 15), 通称为黄河下游段。另外 10 个站为河口区站。见图 1。

不同区域不同站位中 U, Ra, Th, ^{40}K 的分布。见图 2。

由图 2 看出, 黄河下游段 U 含量平均为 2.85×10^{-6} , 范围在 $2.36-3.26 \times 10^{-6}$ 之间; 河

* 卢光山、袁毅同志帮助处理样品, 在此表示感谢。

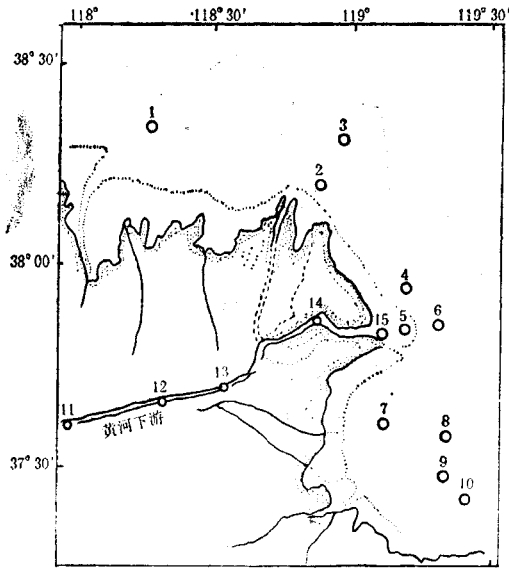


图1 黄河下游及河口表层沉积物采样站位
Fig. 1. Sampling stations in surface Sediments in lower reach and estuary of Huanghe River

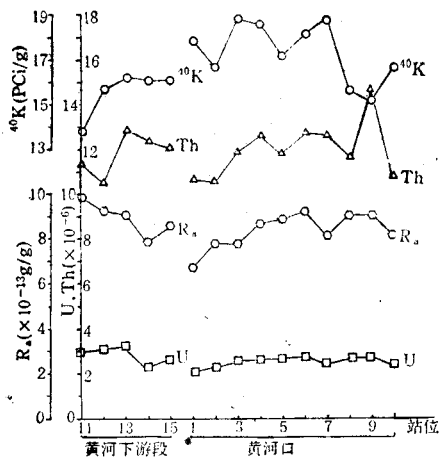


图2 不同区域不同站位中 U, Ra, Th, ^{40}K 的分布
Fig. 2 The distribution of U, Ra, Th, and ^{40}K at different stations

河口区 U 含量平均为 2.53×10^{-6} , 范围为 $2.06 - 2.79 \times 10^{-6}$ 。下游段高于河口区, 这可能与下游段和河口区的动力条件不同有直接关系。黄河入海时是喷发式的, 水动力影响特别明显, 它能引起该区沉积物的剧烈搅动, 从而导致细颗粒的再悬浮, 其中 U 可能与 CO_3^{2-} 或 OH^- 离子

生成可溶性阴离子而进入水中, 故造成下游段河口区 U 含量高于河口区。

黄河下游段 Th 平均含量为 12.00×10^{-6} , 在 $10.50 - 12.91 \times 10^{-6}$ 之间波动; 河口区 Th 含量平均为 11.87×10^{-6} , 在 $10.60 - 14.81 \times 10^{-6}$ 之间波动。下游段仅略高于河口区, 可以认为没有差别。 14.81×10^{-6} 的高值出现在河口区的第 9 站位。河口区沉积物的再悬浮作用也可使 Th 以颗粒状形式进入水体, 但它不容易再沉入底层, 故河口区 Th 含量略低于下游区。

黄河下游段 Ra 的平均含量为 8.91×10^{-13} , 在 $7.88 - 9.81 \times 10^{-13}$ 之间波动; 河口区平均值为 8.34×10^{-13} , 在 $6.72 - 9.31 \times 10^{-13}$ 之间波动。下游段略高于河口区。这种现象也可能与再悬浮作用有关, 部分 Ra 被吸附在悬浮体上, 从而使河口区沉积物中 Ra 含量偏低。

黄河下游段 ^{40}K 的平均放射性活度为 15.43 pCi/g , 在 $13.86 - 16.33 \text{ pCi/g}$ 之间波动; 平均强度为 17.37 pCi/g , 在 $15.21 - 18.86 \text{ pCi/g}$ 之间波动。河口区高于下游段, 这与海区含 K 量高于河水有关。

总的看来, U, Ra, Th, ^{40}K 在不同区域的分布略有不同。黄河下游段 U, Ra, Th 含量偏高于黄河口, 而 ^{40}K 则相反, 下游段低于黄河口。由此可以认为, 黄河下游段沉积物中的 U, Ra, Th 元素仍然主要存在于大陆物质中。由于下游段水动力学的影响不象黄河口那样复杂(咸淡水交混)和强烈, 故其同位素的分散过程较弱。在河口区, 由于海水的运动和影响, 一些包含在大陆物质中的同位素可能更容易溶解或被分散, 因此, 同位素有所降低。然而, ^{40}K 之所以增高, 主要是外海水的影响, 海水中含有的 K 高于河水, 而沉积物中也夹杂着一些海水, 因此增加了 K 的含量, 从而使 ^{40}K 的放射性活度增高。

从图 2 清楚地看出, U, Ra, Th, ^{40}K 这 4 个天然放射性元素在各站位中的分布有一定的波动, 但总的看来, U 含量的分布仍比较均

匀,而 Ra, Th, ^{40}K 含量分布不均匀,尤其是 ^{40}K , 这说明不同区域沉积物的组成并非一致。 ^{40}K 含量波动较大,可能是因为取样时海水含量的不同所致。 ^{40}K 含量与 K 含量有固定的比例关系,因此, ^{40}K 的变化也反映了 K 的变化。

^{137}Cs 是重要的人工污染同位素,现在测到的 ^{137}Cs 主要来自过去人类的核能活动,尤其是美、苏、法、英等国的大气核爆炸试验。黄河下游段 ^{137}Cs 放射性活度平均为 $8.24 \times 10^{-2} \text{ pCi/g}$, 在 $3.4-12.2 (\times 10^{-2} \text{ pCi/g})$ 之间波动; 黄河口平均值为 $15.65 \times 10^{-2} \text{ pCi/g}$, 在 $8.9-26.6 (\times 10^{-2} \text{ pCi/g})$ 之间波动,其分布见图 3。

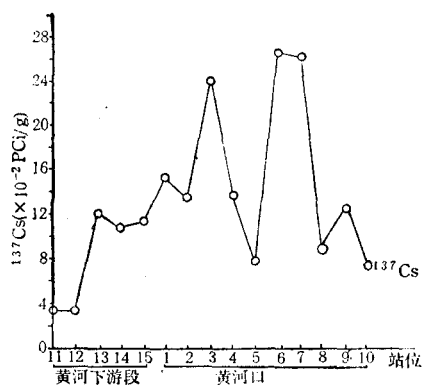


图 3 黄河下游段及黄河口沉积物中 ^{137}Cs 的分布

Fig. 3 The distribution of ^{137}Cs in surface sediment in lower reach and estuary of Huanghe River

从图 3 看出,黄河下游段 ^{137}Cs 的强度明显低于黄河口,这是因为来自河水的 ^{137}Cs 在黄河口与大量的悬浮粘土物质结合而下沉的原故,同时,海水中的 ^{137}Cs 在河口区也可转入沉积物。 ^{137}Cs 虽属第一族元素,但它的一个特性是亲粘土性,由于黄河口粘土物质很多,具备使 ^{137}Cs 下沉的良好条件,因此该区 ^{137}Cs 强度很高。与其它外海区相比其结果证明该区存在着一定的 ^{137}Cs 污染,平均值为 132 pCi/kg , 相似于其它近海区,如胶州湾为 159 pCi/kg 。各个站位因地理环境及水动力学条件不同,其沉积物组成不同,因此, ^{137}Cs 强度也不尽相同,3, 6, 7 站可能是粘土性颗粒下沉较适宜的地方,

因此, ^{137}Cs 强度最高。U, Ra, Th, ^{40}K 在这几个站位也有较高的含量,显然与该区沉积物较细,其粘土成分较高有关。

表 1 列出了黄河下游段和黄河口沉积物中的 Th/U 值和 U/Ra 值。从表 1 看出,黄河口的 Th/U 值略高于下游段,表明河口区 U 比 Th 变化更明显,即 U 相对比 Th 减少得多一些。这当然与 U 的离子性有关,河水中的颗粒物进入河口变成沉积物时,或沉积物重新悬浮时有少量的 U 可能转移到海水里去。Th 虽然也有变化,但由于颗粒性而转移能力不大。Th/U 的变化可以用来区别沉积环境的氧化还原程度。Th/U 高,表示还原性较强,反之则氧化性较强。

表 1 黄河下游及黄河口沉积物 Th/U 值和 U/Ra 值

Tab. 1 The ratios of Th/U and U/Ra in surface sediments in estuary and lower reach of Huanghe River

站位号	Th/U	U/Ra ($\times 10^6$)
11	3.87	3.00
12	3.38	3.37
13	3.96	3.61
14	5.27	2.99
15	4.69	3.00
1	5.15	3.07
2	4.49	3.01
3	4.58	3.33
4	4.86	3.01
5	4.39	3.00
6	4.56	3.00
7	5.28	2.97
8	4.31	3.00
9	5.46	2.99
10	4.50	2.98

U/Ra 值变化与 Th/U 值相反,下游段略高于河口区(分别为 3.19 和 3.03),这与 U 的活泼性大于 Ra 有关,即在河口区 U 相对 Ra 减少得多一些。黄河下游段及河口区 Th/U 的平均比值为 4.50, U/Ra 的平均比值为 3.11。

值得提出的是, U/Ra 值接近平均矿物中的比值 (2.94×10^6), 而且在河口区各站位变化极小,可以认为是一定值,即为 3.0×10^6 , 这

表明,在黄河口沉积物中,两个同位素基本处于平衡状态,外界环境的变化对其影响不显著,同时在沉积物中具有一定的矿物同位素特点。

III. 小 结

III.1. 黄河下游段和黄河口表层沉积物的 U, Ra, Th, ^{40}K 和 ^{137}Cs 含量及平均活度分别为 2.85×10^{-6} 和 2.53×10^{-6} (干重), 8.91×10^{-6} 和 8.34×10^{-6} (干重), 12.00×10^{-6} 和 11.87×10^{-6} (干重), 15.43×10^{-6} 和 17.37×10^{-6} (干重), 8.24 和 $15.65 (\times 10^{-2} \text{pCi/g, 干重})$ 。其天然同位素组成反映了大陆物质的特点。

III.2. 黄河下游段 U, Ra, Th 含量均高于黄河口,说明物质在进入海水之前,同位素分离的程度较小,而 ^{137}Cs 和 ^{40}K (K) 则相反,在下游段均低于黄河口,说明海水和悬浮物质的存在对其有重要影响。

III.3. 河口区有利于 ^{137}Cs 的富集,并且形成了一定的 ^{137}Cs 污染。

III.4. U/Ra, Th/U 值变化表明,下游段

与黄河口有一定的差别。黄河口 Th/U 值 (4.76) 大于下游段 Th/U 值 (4.23);黄河口的 U/Ra 值 (3.03×10^6) 小于下游段 U/Ra 值 (3.19×10^6)。以上现象说明, U 相对 Th 和 Ra 来说更为活跃,在河口区损失最大,

参 考 文 献

- [1] 刘志和、赵淑权, 1983. 用 Ge (Li) γ 谱仪测定海底沉积物中 ^{137}Cs , ^{40}K , U, Ra, Th 的方法研究. 海洋科学 1: 21—24.
- [2] 李培泉、刘志和、卢光山、苏协铭, 1983. 渤海近岸区沉积物中 U, Ra, Th, ^{40}K , ^{137}Cs 的 Ge(Li) γ 谱仪测定及地球化学研究. 海洋与湖沼 14(4): 333—341.
- [3] 李培泉、卢光山、刘志和、苏协铭, 1985. 冲绳海槽沉积物中人工放射性 ^{137}Cs 的分布规律. 海洋科学 9(4): 32—35.
- [4] 李培泉、苗绿田、刘志和, 1986. 青岛胶州湾表层沉积物五种重要放射性同位素的测定. 海洋科学 10(6): 18—21.
- [5] Li Peiquan and Liu Zhihe, 1987. Geochemical studies of U, Th, Ra, ^{40}K in sediments of the China Sea and adjacent sea area, and lower reaches of several Chinese rivers, *Chin. J. Oceanol. Limnol.* 5(2): 109—116.

DETERMINATION OF RADIOISOTOPES IN SURFACE SEDIMENT FROM LOWER REACH AND ESTUARY OF HUANGHE RIVER

Li Peiquan and Lu Guangshan

Liu Zhihe

(Institute of Oceanology, Academia Sinica, Qingdao) (Shandong Institute of Medical Science, Jinan)

Received: Jun, 23, 1989

Key Words: FWHM (full width at half maximum), Activity, Standard source

Abstract

Determination by 8180-4K multichannel Ge(Li) γ spectrometer of five important radioisotopes (U, Ra, Th, ^{40}K and ^{137}Cs) in surface sediments from lower reaches and estuary of Huanghe River and investigation of their contents and distribution show that the contents of U, Ra, Th are higher in lower reach than in estuary of Huanghe River, that of ^{137}Cs and ^{40}K are higher in estuary than in lower reach. This distribution pattern may be related to their chemical properties and hydrological environmental condition, for example, K is affected by seawater and ^{137}Cs by suspends. The Th/U ratio is little higher in estuary than in lower reach of Huanghe River, but U/Ra ratio is less in estuary than in lower reach. It demonstrates that U is more active than Th and Ra.