

大亚湾海洋沉积物的人工放射性核素^①

林植青¹⁾ 王建林¹⁾ 郑建禄¹⁾ 吴云华¹⁾ 陈绍勇¹⁾

周彩芸²⁾ 陈钧铭³⁾

(¹⁾中国科学院南海海洋研究所,广州 510301)

(²⁾中国辐射防护研究院)

(³⁾美国加州州立大学)

收稿日期 1992年6月21日

关键词 大亚湾,沉积物,人工放射性核素,分布

提要 对大亚湾核电站邻近海的海洋沉积物中人工放射性核素¹⁴⁴Ce,¹⁰³Ru,¹⁰⁶Rh,⁸⁵Sr,⁹⁰Sr,¹³⁴Cs,¹³⁷Cs,¹²⁴Sb,⁵⁴Mn,⁶⁰Co进行了调查研究;得到核素的区域变化规律和与沉积物性质的相互关系,以及获得各核素的分配系数(K_d)。

大亚湾核电站堪称世界特大型的核电站之一。开展核发电前的环境放射性的本底调查为核电站周围环境的监测和发电前后的对比提供科学依据^[6]。

1 调查和方法

由核电站所在地大坑村向海沿着两条剖面设站,一条至湾口,一条至湾里,共设6个测站(图1)。这样,将来既可了解放射性向海的扩散过程,又可看出其在湾内的滞留积累情况。沉积物站位与海水站位同步重叠,以便进行比较。取样时间为1989年1月,以HNMI-2型曙光采泥器取表层沉积物约2kg,装入塑料袋带回实验室,铺开于白瓷盘中凉干,并于80℃干燥箱中

烘干72h,然后,磨成均匀的细粉,60目过筛。以S-88Ge(Li) γ -谱仪计算机系统(Canberra公司)方法测定¹⁴⁴Ce,¹⁰³Ru,¹⁰⁶Rh,⁸⁵Sr,¹³⁴Cs,¹³⁷Cs,¹³⁸Cs,¹²⁴Sb,⁵⁴Mn,⁶⁰Co等。测量条件:Ge(Li)探测器体积180cm³,相对探测效率33%(于1330Kev),本底计数率CPS=3.0,样品重220g左右,测量时间8000s。⁹⁰Sr的测定采用HDEHP萃取色层计数法。

^① 国家自然科学基金资助项目;放射性核素是由中国辐射防护研究院的黄治俭、沙连茂、王治惠、宋海龙、李源新测定,特此致谢。

2 结果与讨论

大亚湾各站位沉积物中人工放射性核素的含量列于表 1。

2.1 沉积物中人工放射性核素的区域分布

表 1 大亚湾海洋沉积物中人工放射性核素的含量

Tab. 1 Activities of artificial radio nuclides in sediments of Daya Bay

站号	核素									
	含量(Bq/kg)									
	¹⁴⁴ Ce	¹⁰³ Ru	¹⁰⁶ Rh	⁸⁵ Sr	⁹⁰ Sr	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	¹²⁴ Sb	⁵⁴ Mn	⁶⁰ Co
1	/	/	/	/	0.50	3.94	6.50	/	/	/
2	13.7	3.99	13.4	9.59	0.34	3.85	7.23	13.3	3.14	3.05
3	11.2	4.16	11.9	8.45	0.17	3.82	6.42	7.89	3.99	3.41
4	14.8	4.35	11.6	9.19	0.43	3.63	6.40	8.08	3.44	3.57
5	12.1	4.46	12.2	3.52	0.12	4.45	4.74	11.8	3.36	3.29
6	10.3	5.26	9.21	9.67	0.09	3.52	7.77	8.32	5.80	5.61
平均	12.4	4.44	11.7	8.08	0.27	3.86	6.51	9.88	3.95	3.79

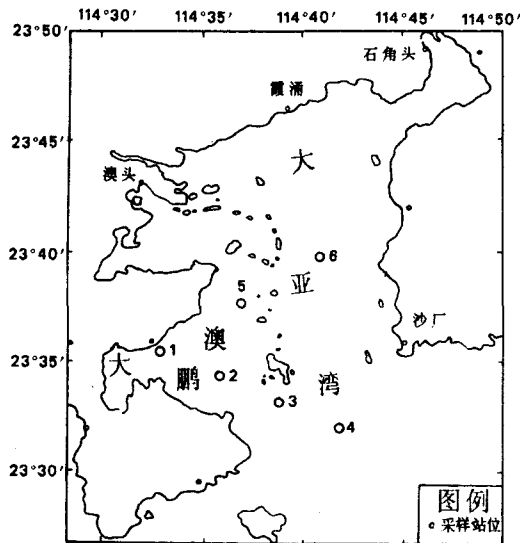


图 1 采样站位示意图

Fig. 1 Location of sampling station in Daya Bay

由表 1 可知,大坑村近岸至大亚湾湾口(1~4 站)沉积物的各个核素的含量变化情况不一样。¹⁴⁴Ce, ¹⁰³Ru, ⁵⁴Mn, ⁶⁰Co 呈上升趋势; ¹⁰⁶Rh, ⁸⁵Sr, ⁹⁰Sr, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs 和 ¹²⁴Sb 呈下降趋势。由大坑东北方向剖面(1, 5, 6 站), 即向大亚湾中部的变化情况是: ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs, ⁵⁴Mn, ⁶⁰Co 上升; ¹⁴⁴Ce,

¹⁰³Ru, ¹⁰⁶Rh, ⁸⁵Sr, ⁹⁰Sr, 和 ¹²⁴Sb 呈下降趋势。由大坑向外只有 ⁵⁴Mn 和 ⁶⁰Co 始终上升, ⁸⁵Sr, ⁹⁰Sr, ¹⁰⁶Rh, ¹²⁴Sb 始终下降。产生上述各种变化趋势的决定因素有: 沉积物的粒度分布和性质(下面还要讨论)、海流状况、核素的性质(半衰期)和存在形态、沉积物对核素的吸附容量和共沉积过程等综合的结果。待核电站运转之后, 人工放射性核素将会不断积累, 以至建立吸附、沉淀的动态平衡, 这是以后需要研究的内容。核电站所处的大坑, 一方面, 外海的海水要流经一段距离才到达大坑海面; 另一方面, 进入大鹏湾内湾的海水必然经过大坑。因此, 大坑向大亚湾湾口及其湾的中部就自然形成海水和沉积物变化的起点。

我们也做了沉积物中天然放射性核素 ⁴⁰K 的测定(天然放射性核素的主要来源), 各站数值平均为 617Bq/kg。相比之下, 表 1 中的 10 个人工核素的平均含量的总和为 64.9Bq/kg, 放射性水平相差约 10 倍, 可见目前沉积物中放射性的主要贡献是来自天然核素。

表 2 列出大亚湾与天津近海沉积物^[3]中人工放射核素含量的比较, 可看出, 多数数值相近, 只有一个相差比较多, 说明地区不同, 核素

含量也会有变化。

表 2 大亚湾与天津近海沉积物中人工放射性核素含量的比较

Tab. 2 Comparison of artificial radionuclides' activities in Daya Bay sediment with those in nearshore sediment of Tianjin

地点	核素含量(Bq/kg)			
	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁶⁰ Co	¹⁴⁴ Ce
大亚湾	0.27	6.51	3.79	12.4
天津近海	0.52	6.0	0.78	1.4

2.2 沉积物的性质与人工放射性核素的关系

大亚湾各站沉积物水深 5~14m,属浅海湾类型,呈黑色、无臭味。粒度分布列于表 3。

沉积物大部分由比较细的粘土和粉砂组

表 3 沉积物的粒度分布及组成

Tab. 3 Grain-size distribution and composition of sediment

站号	粒组含量(%)				沉积物组成名称
	砾	砂	粉砂	粘土	
1	1.0	12.8	45.1	42.1	粘土-粉砂
2	1.0	4.3	44.8	49.9	粉砂-粘土
3	1.0	5.2	47.5	47.3	粘土-粉砂
4	1.0	2.8	55.9	41.3	粘土质粉砂
5	1.0	21.3	47.0	31.7	砂-粘土-粉砂
6	1.0	1.4	53.7	44.9	粘土质粉砂
粒径(μm)	2~250mm	60~2 000	4~60	1~4	

随着核电站运转之后,裂变产物的部分排放,这些核素是大部分沉积在湾内,还是由海水稀释扩散出去?它取决于各核素被沉积物的吸附、交换容量所建立的动态平衡。目前看来主要是沉积下来。裂变产物在海洋中主要的长寿命核素是⁹⁰Sr和¹³⁷Cs,两者在海水中主要以离子态存在,在深海中还未沉积到海底底质中。但是,大亚湾则不同,它水浅,大部分海域属不正规半日潮流,浅水潮的影响异常显著。春、夏、秋的三季余流均构成一个顺时针方向的低速环流系统^[5],致使水中核素不断与底质吸附交换,将会不断产生沉积^[4]。从核素转移的三方面(水、悬

成。除 5 站外,各站沉积物粒度绝大部分处于 1~60μm 范围。一般粒径小于 50μm 的最容易吸附放射性核素,所以,大亚湾海洋沉积物是吸附、沉淀核素的良好介质。大亚湾 6 个站沉积物中 5 号站所含的细颗粒最少,因此 5 号站¹⁴⁴Ce, ⁸⁵Sr, ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs, ⁵⁴Mn, ⁶⁰Co 的含量均小于平均值,¹⁰³Ru 和 ¹⁰⁶Rh 与平均值相当。反之,含细颗粒较多的 2 和 3 站,各核素的含量相应也比较高。此点很好地说明粒径愈小,吸附核素的能力愈强。粒度是吸附沉淀核素的主要因素,其次,还有水文状况,pH,盐度,核素化学存在形态等^[2]。由此看来,大亚湾沉积物是人工放射性核素的良好吸附剂,它可作为裂变废物长期排放的既合适又灵敏的指示剂。

浮物和沉积物、生原物质)看,⁹⁰Sr和¹³⁷Cs的沉降不是主要的,而¹⁴⁴Ce由悬浮至沉降海底是主要的。大亚湾正反映了这种情况。

2.3 人工放射性核素在沉积物中的分配系数

各种放射性核素在底质中富集的情况是不同的,以单位质量底质中的活度与单位体积海水中的活度相比,称为分配系数。即,

$$K_d = \frac{[\text{沉积物中核素含量}](\text{Bq/kg})}{[\text{海水中核素含量}](\text{Bq/L})}$$

根据大亚湾沉积物和海水中人工放射性核素的平均含量,计算 K_d 值的结果列于表 4。

表 4 大亚湾人工放射性核素在沉积物中的分配系数

Tab. 4 Distribution coefficients of artificial radionuclides in sediment and seawater of Daya Bay

核素	¹⁴⁴ Ce	¹⁰³ Ru	¹⁰⁶ Rh	⁸⁵ Sr	⁹⁰ Sr	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	¹²⁴ Sb	⁵⁴ Mn	⁶⁰ Co
<i>K_d</i>	2080	8070	3800	1050	170	9900	2570	1960	10970	4160

*K_d*值大小的顺序如下:⁵⁴Mn > ¹³⁴Cs > ¹⁰³Ru > ⁶⁰Co, ¹⁰⁶Rh > ¹³⁷Cs, ¹⁴⁴Ce, ¹²⁴Sb > ⁸⁵Sr > ⁹⁰Sr。*K_d*的大小反映沉积物对核素的吸附能力的大小,也可以说是核素从海水向沉积物迁移能力的大小。因此,分配系数大的核素将较易从小体进入沉积物,分配系数小的核素将易滞留在海水中。最易迁移的⁹⁰Sr,分配系数最低,这一结果与长江水系^[2]和格罗玛夫^[4]的结果相一致。Duursma等也发现太平洋沉积物从海水吸附放射性核素的能力顺序是⁶⁰Co > ¹³⁷Cs > ⁹⁰Sr^[1]。

参考文献

[1] 戈德堡等(黄奕普译),1990.同位素海洋化学.海洋出版社.22~31。
 [2] 李振平,1984.长江水系放射性水平调查及评价.原子能出版社,3~15;77~83。
 [3] 吴复寿等,1987.中国近海放射性水平.海洋出版社,68~77。
 [4] 格罗玛夫等,张秀茶译,1980.海洋环境中的人工放射性核素.海洋出版社,37~46;154~180。
 [5] 黄企洲等,1989.大亚湾环境与资源.安徽科学技术出版社,10~16。
 [6] Charles T, Hess *et al.*, 1983. *Wiley-Interscience* 3:269-286.

ACTIVITIES OF ARTIFICIAL RADIONUCLIDES IN SEDIMENTS OF DAYA BAY

Lin Zhiqing¹, Wang Jianlin¹, Zheng Jianlu¹, Wu Yunhua¹, Chen Shaoyong¹, Zhou Caiyun² and Chen Junming³

(¹South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences Guangzhou, 510301)

(²Academia for Radiation Protection)

(³California State University, Long Beach, U. S. A.)

Received: Jun. 21, 1992

Key Words: Daya Bay, Sediment, Artificial radionuclide, Distribution

Abstract

Activities of artificial radionuclides in offshore sediment of Daya Bay have been investigated. According to the values in six stations, the regional distribution and variation of these radionuclides' (¹⁴⁴Ce, ¹⁰³Ru, ¹⁰⁶Rh, ⁸⁵Sr, ⁹⁰Sr, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs, ¹²⁴Sb, ⁵⁴Mn and ⁶⁰Co) activities are discussed. The relationship of these radionuclides' activities with composition of sediments is also discussed. The distribution coefficients (*K_d*) of these radionuclides determined are in following series according to magnitude: ⁵⁴Mn > ¹³⁴Cs > ¹⁰³Ru > ⁶⁰Co > ¹⁰⁶Rh > ¹³⁷Cs, ¹⁴⁴Ce, ¹²⁴Sb > ⁸⁵Sr > ⁹⁰Sr.