

## 香港海域海洋沉积物的放射性测量<sup>\*</sup>

关祖杰

杨健明 余君岳 M J Stokes

(中山大学物理学系, 广州 510275)

(香港城市理工学院应用科学系)

**摘 要** 本文报导了香港海域 8 个采样站位表层沉积物样品总  $\alpha$ 、总  $\beta$  和高纯锗  $\gamma$  谱放射性核素分析的测量结果。 $\alpha/\beta$  比值平均为 1.23,  $^{238}\text{U}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{232}\text{Th}$  和  $^{40}\text{K}$  的含量均值分别为 39.7、32.5、48.1 和 625  $\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。裂变产物  $^{137}\text{Cs}$  含量均值为 2.00  $\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。其量甚微, 但易于检出。

**关键词** 海洋, 沉积物,  $\alpha$  能谱分析

**分类号** X837

广东大亚湾核电站投产后, 每台机组每年直接排入大亚湾的低放废水其放射性总活度达 3 居里<sup>[1]</sup>。这些低放废水在南海沿岸水流作用下, 有可能扩散到大鹏湾和香港海域, 使香港海域的海水及海洋沉积物放射性水平提高。因此, 在大亚湾核电站投产前, 弄清香港海洋环境的放射性水平及其分布情况, 是今后评价大亚湾核电站对香港海洋生态环境影响的依据。

香港的陆地辐射环境, 近几年来已做了不少调查研究工作<sup>[2]</sup>。但对海洋辐射环境, 由于采样及测量等技术难度较大, 尚未见有报导。本文主要报导大亚湾核电站投产前香港海域的表层沉积物样品的总  $\alpha/\beta$  和  $\gamma$  能谱分析测量结果, 并对结果进行初步的分析。

### 1 站位的设置及采样

考虑大亚湾核电站的位置, 废水排放的流向及香港海域海底地质结构特点, 共设置了 8 个采样站位, 分布于东部大鹏湾至南部的伶仃洋。基本上沿香港东南海洋边界线均匀分布。香港西部海域是珠江口东侧, 海底土质松散, 而且容易受珠江流出物的冲积和干扰, 故没有设置站位。8 个站位的位置如图 1 所示。有关资料及沉积物特征如表 1 所列。

由海洋调查船于 1992 年春夏季进行 8 个站位的海水及沉积物采样。其中南部 4 个站位 (HK5~HK8) 进行表层沉积物采样; 东部海域 4 个站位 (HK1~HK4) 则采用箱式采样器进行柱状沉积物采样, 便于今后对东部海洋沉积规律做更深入的分层测量研究。采集后的沉积物样品经烘干、研磨、过筛等处理<sup>[3]</sup>。最后制成 80 目的粉末干样 1 kg, 供测

收稿日期: 1993-05-31

\* 香港城市理工学院经费资助项目

① 中国海洋监测规范、沉积物分析 HY003.5-91

量之用。

表1 采样站位方位及沉积物特征

Tab.1 Position of sampling sites and features of sediment

序号	站号	东经	北纬	水深 (m)	类型	颜色	其他特征
1	HK04	114°26'	22°30'	19.0	粉砂泥	深灰	有贝壳
2	HK01	114°29'	22°25'	22.5	泥	深灰	
3	HK02	114°29'	22°20'	24.0	泥	灰	
4	HK03	114°29'	22°15'	30.0	泥	灰	
5	HK05	114°21'	22°08'	31.0	泥	灰	
6	HK06	114°12'	22°07'	25.0	泥	灰	
7	HK07	113°59'	22°08'	18.0	泥	灰	有贝壳碎
8	HK08	113°49'	22°09'	34.0	泥	深灰	

## 2 测量方法

2.1 总  $\alpha/\beta$  测量设备是探测器为流气式正比计数器的美国 TENNELEC 公司 LB-1000 型低本底  $\alpha/\beta$  计数系统。探测器箔窗直径为 57 mm。采用铅室及反符合屏蔽。系统的  $\alpha/\beta$  本底为 0.05/0.90 cpm。总  $\alpha$  测量采用“厚源法”方法， $\alpha/\beta$  刻度标准样品采用纯铀矿粉/KCl 试剂满样<sup>②</sup>。沉积物样品直接用干样铺满。 $\alpha$  和  $\beta$  同时测量。总  $\beta$  要进行自吸收校正。

2.2  $\gamma$  能谱分析 测量设备为美国 EG&G ORTEC 公司高纯锗低半底  $\gamma$  谱分析系统。探测器为 GMX-25190N 型同轴型高纯锗。相对效率 25%。配 IBM-PC AT 微机多道。增益为 0.375keV/ch。系统对 1.33MeV  $\gamma$  射线分辨率为 1.87keV。在 30keV~3MeV 能区内的积分本底为 1.4cps。

采用已知含量的纯铀、铀-钍平衡、钍矿粉、高纯度 KCl 试剂与  $\text{SiO}_2$  和  $\text{Al}_2\text{O}_3$  基质均匀混合的标准源进行系统刻度。方法与文献 [3] 基本相同。但改变了一些刻度点，减少了刻度误差。采用 ORTEC 的 MINGAM I A34-BI 分析软件<sup>③</sup> 分析沉积物的天然放射性核素  $^{238}\text{U}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{232}\text{Th}$  和  $^{40}\text{K}$  的含量，以及较长寿命人工放射性核素  $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 。

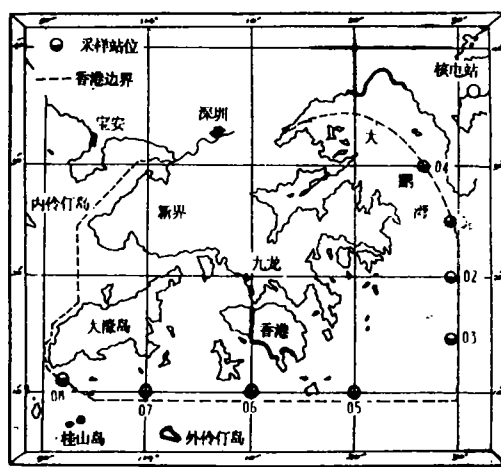


图1 香港海域沉积物采样站位图

Fig.1 Sampling sites of sediment in Hong Kong Sea area

② 关祖杰, 刘小伟, 翁森汉. 环境样品  $\alpha$ 、 $\beta$  测量的若干问题 (内部资料)

③ MINGAM I A34-BI BASIC Gamma-ray Spectrum Analysis software Manual, software version 3. 3 EG&G ORTEC part No. 740400, Mannal Rivison 04

$^{60}\text{Co}$  的含量,  $^{137}\text{Cs}$  的测量误差约为 10%。

### 3 结果及讨论

香港海域 8 个采样站位表层海洋沉积物样品的放射性分析结果如表 2 所列。总  $\alpha/\beta$  的平均比活度为  $1380/1120\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ , 对此值很难孤立作出评价, 但  $\alpha:\beta=1.23\pm 0.30$ , 对大亚湾核电站投产后评估海洋的影响可作参考, 因为核电站排放可能会使总  $\beta$  增加。总  $\alpha/\beta$  测量结果还显示, 在大鹏湾内、外的 HK01~04 4 个站位与濒临南海的 HK05~08 4 个站位的  $\alpha:\beta$  值甚为相近。总  $\beta$  值与泥质沉积物典型值相近, 但为珠江口总  $\beta$  值的 4.7 倍<sup>[4]</sup>。

表 2 香港海域海洋沉积物 (干样) 的放射性水平  $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$

Tab. 2 The Levels of radioactivity in sediment (dry samples) from the Hong Kong Sea area

站位	总 $\alpha$	总 $\beta$	$^{40}\text{K}$	$^{232}\text{Th}$	$^{238}\text{U}$	$^{226}\text{Ra}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{131}\text{Cs}$	$^{60}\text{Co}$
HK-04	1760	940	616	51.8	38.7	34.4	2.01	<0.370	<0.120
HK-01	1160	1210	615	48.8	37.2	31.2	1.52	<0.357	<0.142
HK-02	1300	1180	604	47.7	39.2	31.2	1.61	<0.359	<0.182
HK-03	1560	1360	590	43.1	34.9	28.1	1.63	<0.361	<0.129
1~4 平均	1450	1170	606	47.9	37.5	31.2	1.69	0.181	0.0718
	$\pm 268$	$\pm 174$	$\pm 12.1$	$\pm 3.61$	$\pm 1.93$	$\pm 2.57$	$\pm 0.22$		
HK-05	1120	1070	684	48.4	35.3	31.1	2.01	<0.380	<0.209
HK-06	1310	953	679	50.6	39.4	35.3	2.25	<0.378	<0.184
HK-07	1050	1190	600	43.3	44.6	30.9	1.84	<0.371	<0.176
HK-08	1790	1070	608	50.8	48.3	37.8	3.11	<0.400	<0.087
5~8 平均	1320	1070	643	48.3	41.9	33.8	2.30	0.191	0.0821
	$\pm 334$	$\pm 96.8$	$\pm 44.9$	$\pm 3.49$	$\pm 5.72$	$\pm 3.36$	$\pm 0.56$		
总平均	1380	1120	625	48.1	39.7	32.5	2.00	0.190	0.0769
	$\pm 288$	$\pm 141$	$\pm 36.2$	$\pm 3.29$	$\pm 4.60$	$\pm 3.09$	$\pm 0.51$		

$\gamma$  谱分析结果显示, 沉积物中的天然放射性核素  $^{238}\text{U}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  和  $^{40}\text{K}$  含量的平均值分别为  $39.7\pm 4.60$ ,  $32.5\pm 3.09$ ,  $48.1\pm 3.29$  和  $625\pm 36.2\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ , 南部似略高于东部的平均值, 但差别不明显, 含量分布比较一致, 但是这些值比泥质沉积物的典型值<sup>[4]</sup> 偏高, 其中  $^{238}\text{U}$  含量高出 2 倍多;  $^{232}\text{Th}$  含量只高出 20%, 而它们只有香港陆地土壤含量值<sup>[5]</sup> 的 1/2 至 1/3。

因采样、运输及样品处理的时间较长, 故只能测量半衰期较长的一些人工放射性核素, 结果表明, 除  $^{137}\text{Cs}$  可明显检出之外, 其余核素含量都低于测量系统的探测限, 这些核素平均值以探测限的一半计算,  $^{137}\text{Cs}$  的均值为  $2.00\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ , 不但低于陆上土壤  $^{137}\text{Cs}$  含量值  $3.00\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ <sup>[6]</sup>, 而且只有泥质沉积物典型值<sup>[5]</sup> 的 40%, 这说明香港海域受核爆散落灰或核动力船只排放物的影响甚微, 但是南部  $^{137}\text{Cs}$  的均值高于东部这一事实说明  $^{137}\text{Cs}$  可作为今后对大亚湾核电站液态废物排放影响的主要监测核素。

## 参 考 文 献

- 1 张春麟, 许世图, 肖璋. 大亚湾核电站低放废水排放对附近水域环境影响的研究. 核动力工程, 1987, 8 (3): 54
- 2 Guan Zujie, Yu K N, Young E C M, et al. Natural background radioactivity levels in the terrestrial environment of Hong Kong. Nuclear Science and Techniques, 1993, 4 (3): 151
- 3 Yu K N, Guan Zujie, Young E C M, et al. The assessment of the natural radiation dose committed to the Hong Kong People. J Environ Radioactivity, 1992, 17: 31
- 4 雷宗友主编. 中国海洋环境手册. 上海: 上海交通大学出版社, 1988, 622
- 5 关祖杰, 杨健明, 余君岳等. 香港地区土壤和建筑材料中天然放射性水平及天然辐射所致居民剂量估算. 辐射防护, 1992, 12 (3): 223
- 6 Lau shun yin. Cesium-137 in the Hong Kong. Hong Kong Engineer, 1988, 39

## Radioactivity in Sediment from the Hong Kong Sea Area

Guan Zujie<sup>\*</sup> Young E. C. M. Yu K. N. Stokes M. J.

**Abstract** Measurement is made to determine the levels of radioactivity in seabed surface sediments collected from 8 sampling sites in Hong Kong sea area using the gross Alpha/Beta method and HPGe Gamma-ray spectrometry. The results show that the ratio of  $\alpha$  to  $\beta$  is 1.23 and contents of uranium, Radium, thorium and potassium are 39.7, 32.5, 48.1 and 625 Bq · kg<sup>-1</sup>. A small amount of <sup>137</sup>Cs at 2.00 Bq · kg<sup>-1</sup> is easily detected.

**Keywords** ocean, sediment, Gamma-ray spectrometry

<sup>\*</sup> Department of Physics, Zhongshan University, Guangzhou 510275