

# 近代黄河三角洲海域 $^{210}\text{Pb}$ 多阶 分布与河口变迁\*

李凤业 袁巍

(中国科学院海洋研究所, 青岛 266071)

黄河是中国的第二大河流, 输沙量居世界之冠(平均年输沙量约 12 亿吨), 黄河的频繁改道和大量泥沙入海促成了黄河三角洲的迅速形成。测定黄河口外海区近代沉积速率和沉积通量对沉积动力学研究及黄河三角洲的治理与开发有重要意义。近年来, 国内外学者利用  $^{210}\text{Pb}$  法广泛测定了江、河、湖泊和浅海陆架的沉积速率<sup>[1-6]</sup>, 取得了可喜的成果。然而, 测定象黄河口外高速沉积环境海域的近代沉积速率是一个新的尝试。本文利用  $^{210}\text{Pb}$  法测定了黄河三角洲海域 4 个岩芯  $^{210}\text{Pb}$  的放射性强度, 结果报告于后。

## 一、样品采集与实验

### 1. 样品采集

海底岩芯是由中国科学院海洋研究所“金星二号”调查船在 1989 年 5 月份采集的, 采

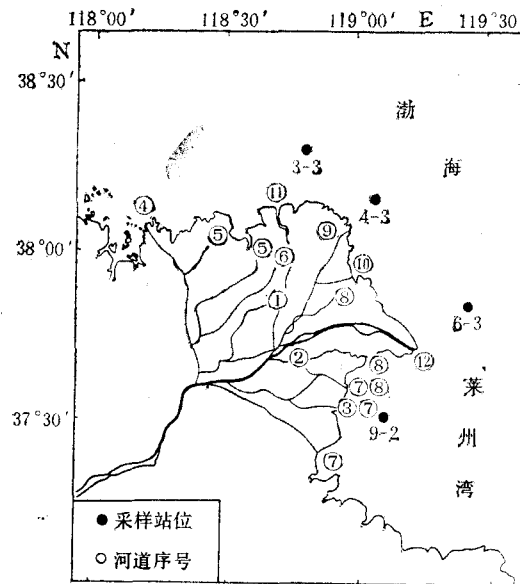


图 1 采样站位及黄河三角洲河道历史变迁

Fig. 1 Historical migration of the channel to the modern Huanghe River Delta and coring stations

\* 中国科学院海洋研究所调查报告第 1989 号。

国家自然科学基金重大项目“黄河流域环境演变与水沙运行规律”中“黄河三角洲演变与下游河道堆积的关系”课题。

接受日期: 1991 年 11 月 16 日。

样站位见图 1。样品采集后密封保存, 运回实验室进行岩性描述, 按沉积物类型变化及一定厚度分层取样, 烘干, 测其含水量、干密度研磨备用。

## 2. 实验

样品的化学处理流程<sup>[1]</sup>: 称样 +  $^{208}\text{Po}$  示踪剂  $\rightarrow$  6mol/L HCl 浸取 3h  $\rightarrow$  离心  $\rightarrow$  80°C 水浴自镀 3h  $\rightarrow$   $\alpha$  谱仪测定。仪器为核工业部核仪器厂 FH-451 1024 道幅度分析器接  $\phi 20$  金硅面垒探测器, 测定时间为 20h 左右。

# 二、结果与讨论

## 1. 结果

受岩芯长度所限,  $^{210}\text{Pb}$  本底值采用同海区所测定的 1.10dpm/g<sup>[2]</sup>, 按  $^{210}\text{Pb}$  在垂直剖面中的变化利用最小二乘法计算出不同阶段的沉积速率, 并计算出相应年代和沉积通量列于表 1。

表 1 岩芯的沉积速率和沉积通量

Tab. 1 Sedimentation rate and flux determined from cores

站号	水深 (m)	含水量 (%)	干密度 (g/cm <sup>3</sup> )	岩芯深度 (cm)	相应年代 (a)	沉积速率 (cm/a)	沉积通量 [g/(cm <sup>2</sup> ·a)]
3-3	16	11.32	1.97	12—44	1976—1989	2.79	5.50
		40.15	0.96	44—165	1964—1976	14.52	13.94
		26.48	1.36	165—232	1953—1964	6.14	8.35
4-3	15	23.60	1.46	50—80	1945—1967	1.35	1.97
		24.80	1.42	80—194	1934—1945	10.47	14.87
6-3	16	23.71	1.46	0—96	1926—1989	1.29	1.88
		21.15	1.55	96—220	1904—1926	5.19	8.04
		18.46	1.65	220—375	1889—1904	8.83	14.57
9-2	6	21.62	1.53	20—150	1976—1989	9.44	14.44
		18.82	1.64	150—260	1953—1976	5.19	8.51
		17.27	1.70	260—396	1934—1953	7.11	12.09

## 2. 讨论

(1)  $^{210}\text{Pb}$  在岩芯中的垂直分布 根据已测得的  $^{210}\text{Pb}$  放射性强度, 绘制  $^{210}\text{Pb}$  在岩芯中随深度衰减的垂直分布图 (图 2—图 5)。通常岩芯中  $^{210}\text{Pb}$  的垂直分布受到水动力、沉积物的粒度、海洋生物及物质来源等制约。在浅海陆架区域, 当沉积环境与物源稳定, 无灾害事件等发生时,  $^{210}\text{Pb}$  的含量根据其衰变模式在垂直剖面分布上可分为两个区, 即衰变区和本底区, 称为“两层模式”<sup>[2]</sup>, 这种现象以我国南黄海 KC-6 站最为典型<sup>[4]</sup>。在波浪、潮流和海洋生物等作用下, 海底沉积物的表层往往出现扰动和混合, 该层  $^{210}\text{Pb}$  的垂直分布出现紊乱, 称为混合层,  $^{210}\text{Pb}$  的垂直分布将出现混合区—衰变区—本底区的“三层模式”。该现象在我国南海 K-31 站<sup>[1]</sup>为典型。不管是两层或三层模式, 岩芯仅仅会出现一阶沉积期, 即只有一期沉积速率。然而, 在黄河口外海域绘制的 4 个站位,  $^{210}\text{Pb}$  随深度衰减垂直剖面呈现了多阶式异常分布, 并出现了平移和多阶衰变区的现象, 反映了多期沉积和沉积速率的特点。显然, 这与该岩芯沉积环境的变化与物源差异有密切的关系。

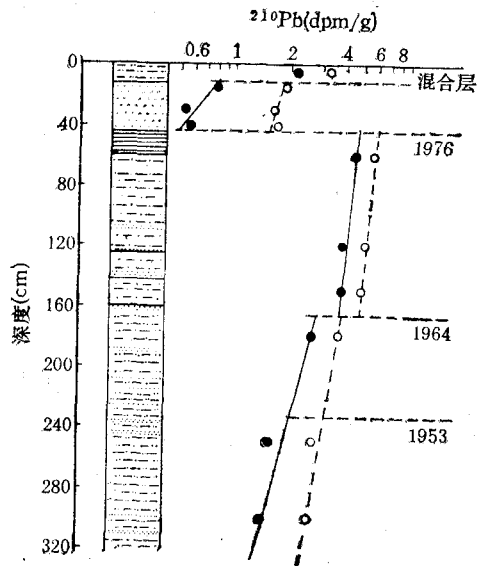


图2 岩芯 3-3 站  $^{210}\text{Pb}$  的垂直分布(图例同图 5)  
Fig. 2 Profile of  $^{210}\text{Pb}$  in core 3-3

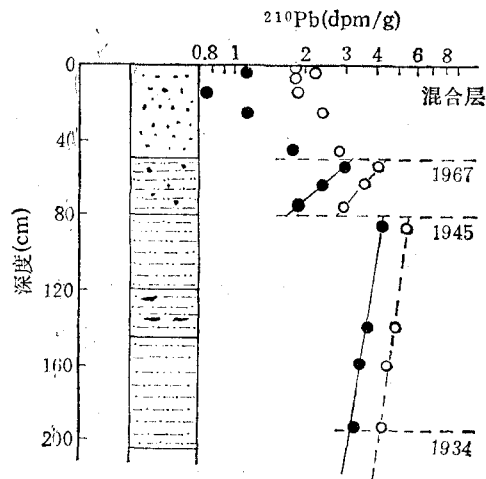


图3 岩芯 4-3 站  $^{210}\text{Pb}$  的垂直分布(图例同图 5)  
Fig. 3 Profile of  $^{210}\text{Pb}$  in core 4-3

(2)  $^{210}\text{Pb}$  的多阶分布与近代黄河河口变迁的关系 岩芯 3-3 站位于近代三角洲东北偏西,  $38^{\circ}18.5'N$ ,  $118^{\circ}47.0'E$ , 该站水深 16m 左右。从图 2 可以看出,岩芯 0—12cm 为褐色粘土质粉砂; 12—44cm 为黄褐色细粉砂,且分布均匀; 44—59cm 为黄褐色粘土, 59—160cm 为灰褐色粉砂质粘土,多处有灰色粉砂夹层出现; 160cm 以下为深灰色粘土质粉砂,有规律地出现硬砂层,含有较多的贝壳。综观岩芯  $^{210}\text{Pb}$  的垂直剖面,可将其划分为一个混合层和三阶沉积期。

12—44cm 为第一阶沉积期,相应年代是 1976—1989 年,计算沉积速率为 2.79cm/a。1976 年 5 月黄河由钓口河入海的第 11 号流路改道由清水沟入海的第 12 号流路(表 2)<sup>[3]</sup>,表明了自 1976 年黄河改道以来该站物质来源相对减少,并处在渤海强流区,海底沉积物受到潮流的冲刷、悬浮及搬运,粘土质细粒物质很难沉积在该采样点,所以沉积速率较慢。

44—165cm 为第二阶沉积期,相应年代为 1964—1976 年,其沉积速率为 14.52cm/a。从图 2 中可以看出,  $^{210}\text{Pb}$  随深度衰变呈现出明显的正异常平移。黄河故道第 11 号流路 1964 年由钓口河入海,行水期 12 年,由于该站处于第 11 号流路附近,物质来源丰富,故沉积速率很快,形成了以沉积作用为主和沉积环境稳定的高速沉积期。

165—232cm 为第三阶沉积期,相应年代为 1953—1964 年,黄河 1953—1960 和 1960—1964 年相继两次改道为 9, 10 号流路,两次黄河改道入海地点均离该站距离较远,供应该采样点的物质来源相对减少,所以 1953—1964 年期间,其沉积速率为 6.14cm/a。

岩芯 4-3 站位于黄河三角洲外  $38^{\circ}09.7'N$ ,  $119^{\circ}03.5'E$  海域,水深约 15m,图 3 表明岩芯上部 0—50cm 为褐色粗粉砂,分选好,未见层理; 50—80cm 为粘土质粉砂伴有有机质斑点; 80—120cm 为粘土质粉砂,分布均匀,无夹层和层理; 120—145cm 为灰褐色粉砂质粘土,不均匀,伴有有机质斑块及夹层; 145cm 以下为灰褐色向下变为褐色

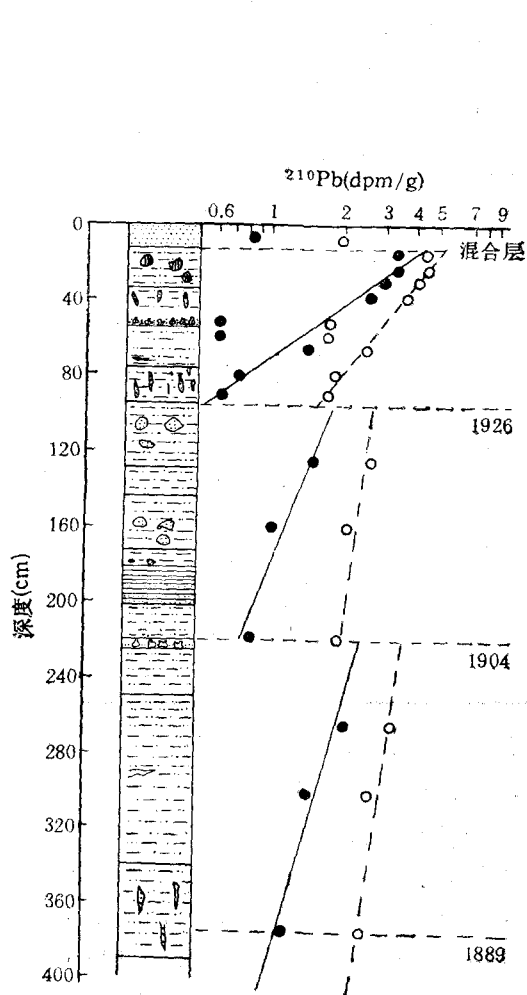


图 4 岩芯 6-3 站 <sup>210</sup>Pb 的垂直分布(图例同图 5)  
Fig. 4 Profile of <sup>210</sup>Pb in core 6-3

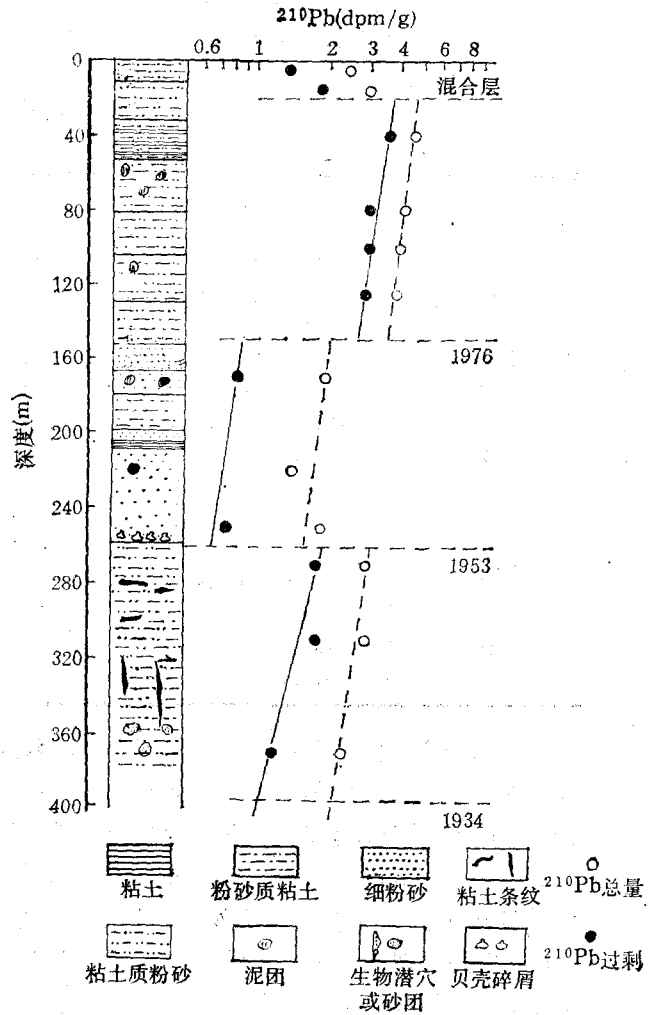


图 5 岩芯 9-2 站 <sup>210</sup>Pb 的垂直分布  
Fig. 5 Profile of <sup>210</sup>Pb in core 9-2

的粉砂质粘土。<sup>210</sup>Pb 在岩芯中的分布呈现出一个混合区和两阶沉积区。在 0—50cm 处的粗粉砂层中,<sup>210</sup>Pb 的分布很异常,违背了它的衰变规律,出现了倒置现象,其原因是黄河第 12 号流路入海泥砂不能输送到该采样点,物质来源相对减少。此外,该采样点位于渤海无潮点强流区边缘(最大落潮流速为 0.83m/s,涨潮流速为 0.76m/s),海底沉积物在水动力作用下被冲刷、悬浮和扩散,较强的潮流和沿岸流携带别处较先沉积的粗粒沉积物不断沉积覆盖在该采样点上,形成了新老沉积物倒置沉积现象,所以 0—50cm 不能计算出确切的沉积速率。50—80cm 是该岩芯的第一阶沉积期,相应年代为 1947—1967 年,介于黄河故道 8—11 号行水期,虽然这些行水期入海地点距该站较近,但测得的沉积速率仅为 1.35cm/a,这表明黄河在该时期入海泥砂对采样点依然影响很小。80—194cm 是该岩芯的第二阶沉积期,相应年代为 1934—1945 年。本段岩芯揭示了 1934—1945 年前

三沟期的沉积速率为 10.47cm/a, 较快的沉积速率表明了 1934 年黄河第 8 号流路由神仙沟入海的泥砂向海运移, 同时也表明了该采样点沉积环境稳定。

表 2 近代黄河三角洲河道变迁

Tab. 2 Historical migration of channel to the modern Huanghe River Delta

序号	行水期	行水年数	入海地点
1	1855.6—1889.3	32	夺大清河入海
2	1889.3—1897.5	6	由毛丝垞入海
3	1897.5—1904.6	7	朱家垞丝网垞向东偏南
4	1904.6—1917.7	12	由老鹳嘴向北入海
5	1917.7—1926.6	9	由大英铺等处入海
6	1926.6—1929.8	3	由钓口向东北入海
7	1929.8—1934.8	5	由宋春荣沟青坨子入海
8	1934.8—1938 (前三沟期)	4	神仙沟、甜水沟、响水沟
	1947—1953.7 (后三沟期)	7	神仙沟、甜水沟、响水沟
9	1953.7—1960.8	7	由神仙沟入海
10	1960.8—1964.1	4	由四号桩附近入海
11	1964.1—1976.5	12	由钓口河入海
12	1976.5—1989	13	由清水沟入海

岩芯 6-3 站位于近代黄河三角洲外  $37^{\circ}50.01'N$ ,  $119^{\circ}25.01'E$ , 岩性和  $^{210}Pb$  的垂直剖面如图 4 所示。岩芯上部约 12cm 为黄色细粉砂, 分布均匀; 12—34cm 为褐色粘土质粉砂, 并含粘土团块; 34—47cm 为灰褐色粉砂质粘土, 较多的虫孔均被粉砂充填; 引人注目的是 47—54cm 处出现一细粉砂层, 上部均匀, 下部伴有较多生物碎屑, 并呈现冲刷面; 54—375cm 为灰色粘土质粉砂, 多处出现被黄色粉砂所填充的砂团和砂带, 其中在 225cm 左右处呈现伴有生物碎屑的冲刷面。 $^{210}Pb$  的垂直剖面分布表明了岩芯上部约 12cm 为混合层, 它随深度的衰减呈现了三阶依次递增正异常平移, 反映出三阶沉积期。岩芯上部 96cm 为第一阶沉积期, 相应年代为 1926—1989 年, 即黄河故道第 6 号流路行水期至今, 测得沉积速率为 1.29cm/a, 较慢的沉积速率表明该时期黄河入海泥砂对其影响小。同时测得 52.60cm 处  $^{210}Pb$  含量平行偏低的负异常相对应 47—54cm 处的粉砂冲刷面, 表明和记载了该采样点物质来源暂时中断, 遭受潮流冲刷, 出现较粗粒物质沉积的相对间歇沉积期。96—220cm 为第二阶沉积相, 相应年代为 1904—1926 年, 即黄河第 4, 5 号故道行水期, 其沉积速率为 5.19cm/a。第三阶沉积期在岩芯 222—375cm 处, 相应年代是 1889—1904 年, 计算沉积速率为 8.83cm/a, 表明黄河第 2, 3 号故道行水期入海泥砂对采样点影响巨大。岩芯 9-2 站位于莱州湾现今黄河口南部  $37^{\circ}31.1'N$ ,  $119^{\circ}05.8'E$ , 岩芯上部 11cm 左右为深褐色粉砂质粘土; 11—152cm 为灰褐色粘土质粉砂, 伴有不规则的粘土夹层或泥团; 152—258cm 为细粉砂伴有粘土夹层, 其中在 258cm 处贝壳碎屑较多, 似冲刷面; 258cm 以下为粘土质粉砂伴有不规则粘土条纹和砂团。 $^{210}Pb$  的垂直剖面呈现了三阶沉积期, 岩芯上部 150cm 为第一阶沉积期(图 5), 相应年代为 1976—1989 年, 即黄河第 12 号流路行水期, 现代黄河入海泥砂以 9.44cm/a 的沉积速率快速沉积于该海

区。第二阶沉积期在 150—260cm 处,相应年代为 1953—1976 年,在 258cm 处出现大量贝壳碎屑和冲刷面,表明了黄河故道第 9—11 号流路行水期间对该站物质供应相对间歇,潮流继续冲刷搬运已沉积的沉积物,沉积环境很不稳定,该期沉积速率为 5.19cm/a。第三阶沉积期在 260cm 以下,相应年代为 1934—1953 年,该期为黄河第 8 号故道行水期,虽然其中 1938—1947 年间河道南迁经苏北入南黄海,但其余时间内由于响水沟入海的黄河泥沙对该区影响很大,所以沉积速率仍然可达 7.11cm/a。

### 三、结 语

1. 近百年来,黄河三角洲海域采样点最低沉积速率为 1.29cm/a,最高为 14.52cm/a。测得的沉积年代与黄河近百年来数次改道年代基本吻合,用  $^{210}\text{Pb}$  法揭示了采样点上黄河在不同改道时期入海泥沙的沉积速率和沉积通量。

2.  $^{210}\text{Pb}$  随岩芯深度衰变的垂直分布受到水动力、沉积物粒度和河道变迁的制约;反之,它反映和记载了采样点近百年来黄河故道入海泥沙的搬运、沉积状况。

### 参 考 文 献

- [1] 业渝光等, 1987, 现代黄河三角洲叶瓣模式的  $^{210}\text{Pb}$  证据, 海洋地质与第四纪地质, 7: 75—80。
- [2] 李凤业, 1988, 用  $^{210}\text{Pb}$  法测定南海陆架浅海沉积速率, 海洋科学, 3: 64—66。
- [3] 李凤业、袁巍, 1990, 渤海辽东湾现代沉积速率和沉积通量, 海洋科学集刊, 31: 267—273。
- [4] 赵一阳、李凤业, 1991, 南黄海沉积速率和沉积通量的初步研究, 海洋与湖沼, 22(1): 38—43。
- [5] David, J. D., 1985, Rates of sediment accumulation and particle reworking based on radiochemical measurement from continental shelf deposits in the East China Sea, *Contin. Shelf Res.*, 4(1/2): 143—158。
- [6] Zhao Yiyang et al., 1990, On the source and genesis of the mud in the central area of the South Yellow Sea, *J. Chin. Oceanol. Limnol.*, 8: 66—73。

## STAGE PROFILES OF $^{210}\text{Pb}$ AND IMPLICATION OF MIGRATION OF THE CHANNEL TO THE MODERN HUANGHE RIVER DELTA\*

Li Fengye and Yuan Wei

(Institute of Oceanology, Academia Sinica, Qingdao 266071)

### ABSTRACT

$^{210}\text{Pb}$  activity in sediments of four cores from the modern Huanghe River Delta were determined by  $\alpha$  spectrometer. The profiles of  $^{210}\text{Pb}$  decay with depth were in stages that agreed well with the periods of historical migration of the channel to the modern Huanghe River Delta.  $^{210}\text{Pb}$  dating indicates that the lowest sedimentation rate is about 1.29 cm/a (highest about 14.52cm/a). The sedimentary and relative pause periods corresponding to historically different channels of the Huanghe River, the sedimentary environment and the trend in the transportation of materials from the Huanghe River, are discussed.

\* Contribution No. 1989 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.