

渤海辽东湾现代沉积速率和沉积通量*

李凤业 袁巍

(中国科学院海洋研究所)

辽东湾是渤海的三大湾之一,进入该区的主要河流有辽河、大凌河、滦河和六股河等,水深一般在 10.2—35m 之间,沉积环境很复杂。测定、研究该区现代沉积速率和沉积通量对沉积动力学的研究和海洋油气开发工程都有意义。

近年来,国内外学者在利用 ^{210}Pb 法测定江河、湖泊和海洋陆架的沉积速率等方面取得了有价值的成果。到目前为止,除在渤海锦州湾测得两个岩芯的沉积速率外(夏明等, 1983),关于辽东湾大面积海域的现代沉积速率和沉积通量还未见报道。本文介绍了该区现代沉积速率和沉积通量,利用 ^{210}Pb 的垂直剖面,探讨该区近百年来的沉积作用和沉积环境,划分了沉积强度区。

一、采样和实验

1. 采样 海洋底质岩芯由中国科学院海洋研究所“科学一号”调查船在 1988 年 7 月采集,采样站位见图 1。为使待测岩芯不受扰动,采用国产 XD-1 箱式采泥器采集样品,然后用直径 12cm、长 65cm 塑料管插入采样器取出样品,在实验室内按所需厚度分样,烘干,测定其含水量和干密度,研磨备用。

2. 实验

(1) 称量 ^{208}Pb 示踪剂约 0.5g 置于 250mL 烧杯中,并低温蒸干,加入准确称量的样品 1—3g。

(2) 加入 6mol/L HCl 50 mL,双氧水 2mL 和柠檬酸三胺约 0.5 g,低温浸取 2h (不要沸腾),离心;残渣加入 6mol/L HCl 20ml 再浸取 1h,再离心;用 10mL 蒸馏水洗涤残渣,合并清液。

(3) 清液置于电炉上蒸至近干,加入 0.5mol/L HCl 20mL 溶解,加入适量抗坏血酸,放入银片在 80℃ 水浴中自镀 3h。

(4) 取出银片,洗净,室温下晾干,用 α 谱仪测定其放射性强度。

(5) 使用核工业部核仪器厂生产的 FH-451 1024 道幅度分析器,连接 $\phi 20$ 金硅面垒探测器,能量分辨率为 50keV,测定时间为 20h 左右。

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 1709 号。

收稿日期: 1989 年 8 月 20 日。

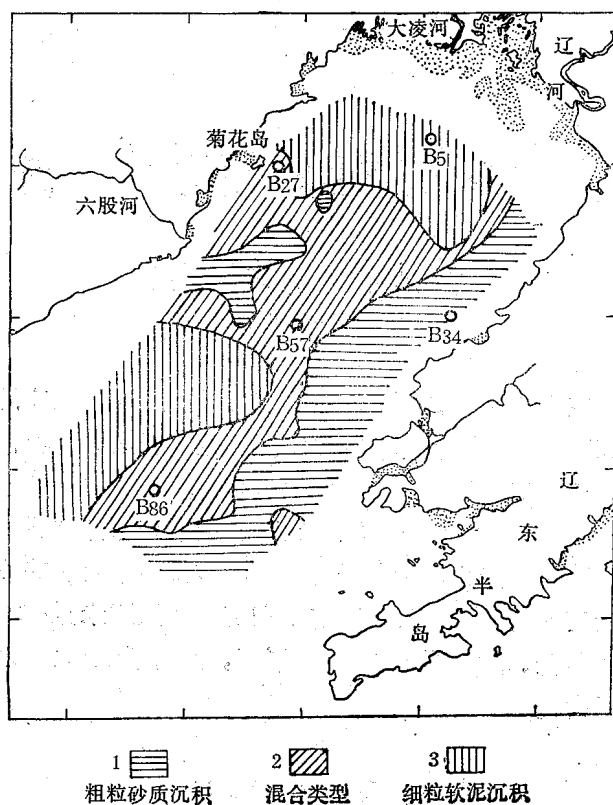


图 1 采样站位及沉积物分布图

二、实验结果

测得 5 个岩芯 ^{210}Pb 的放射性强度,列于表 1—5。

表 1 B34 站 ^{210}Pb 放射性强度 (dpm/g)

深度 (cm)	^{210}Pb 总量	^{210}Pb 过剩	深度 (cm)	^{210}Pb 总量	^{210}Pb 过剩
0—2	2.79	1.80	8—10	1.51	0.52
2—4	2.49	1.50	12—14	1.24	0.25
4—6	2.77	1.78	16—18	1.08	0.09
6—8	2.50	1.51	18—20	0.99	

表 2 B5 站 ^{210}Pb 放射性强度 (dpm/g)

深度 (cm)	^{210}Pb 总量	^{210}Pb 过剩	深度 (cm)	^{210}Pb 总量	^{210}Pb 过剩
0—2	2.46	1.35	12—14	1.69	0.58
2—4	2.38	1.27	16—18	1.28	0.17
4—6	2.21	1.10	22—24	1.21	0.10
6—8	1.95	0.84	28—30	1.22	
8—10	1.80	0.69	32—34	1.11	

表 3 B57 站 ^{210}Pb 放射性强度 (dpm/g)

深度 (cm)	^{210}Pb 总量	^{210}Pb 过剩	深度 (cm)	^{210}Pb 总量	^{210}Pb 过剩
0—2	3.71	2.70	16—18	1.98	0.97
4—6	3.32	2.31	22—24	1.78	0.77
8—10	2.69	1.68	32—34	1.47	0.46
12—14	2.02	1.02			

表 4 B27 站 ^{210}Pb 放射性强度 (dpm/g)

深度 (cm)	^{210}Pb 总量	^{210}Pb 过剩	深度 (cm)	^{210}Pb 总量	^{210}Pb 过剩
0—2	3.21	2.19	16—18	1.09	0.06
2—4	3.08	2.05	22—24	1.00	
4—6	2.23	1.20	28—30	1.07	
6—8	2.12	1.09	32—34	1.05	
8—10	1.22	0.19	38—40	1.00	
12—14	1.14	0.11	44—46	1.01	

表 5 B86 站 ^{210}Pb 放射性强度 (dpm/g)

深度 (cm)	^{210}Pb 总量	^{210}Pb 过剩	深度 (cm)	^{210}Pb 总量	^{210}Pb 过剩
0—2	3.23	2.21	16—18	2.88	1.76
2—4	3.37	2.25	22—24	2.66	1.54
4—6	3.56	2.44	28—30	2.26	1.14
6—8	3.40	2.28	32—34	2.64	1.52
8—10	3.50	2.38	36—38	2.13	1.01
12—14	3.15	2.03			

计算了 5 个岩芯样品的含水量与容重,并对其 ^{210}Pb 的过剩取对数,利用最小二乘法计算出沉积速率和沉积通量,结果列于表 6。

表 6 5 个站位的沉积速率和沉积通量

站 号	水 深 (m)	含 水 量 (%)	干 容 量 (g/cm ³)	沉积速率 (cm/a)	沉积通量 [g/(cm ² ·a)]
B5	14.2	34.25	1.13	0.26	0.29
B27	18.8	27.53	1.21	0.068	0.082
B34	20	24.39	1.44	0.16	0.23
B57	31	34.08	1.13	0.39 0.75	0.44 0.85
B86	24.3	33.58	1.15	1.39	1.60

三、讨 论

1. ^{210}Pb 在岩芯中的垂直分布 根据测得的岩芯 ^{210}Pb 放射性强度绘制 ^{210}Pb 的垂直剖面分布图。辽东湾 ^{210}Pb 的垂直剖面分布可划分为两种类型:

(1) 正常型: 在浅海陆架区水动力条件不活跃, 生物活动不频繁和没有灾害事件发生的环境中, ^{210}Pb 的垂直剖面分布可分为两层, 即衰变层和本底层, 称为“两层模式”。辽东湾岩芯 B5 是一典型(图 2); B34, B27 和 B86 与此类似, 其差别仅是衰变层的长短或深浅。

(2) 异常型: 在波浪、潮流和生物等的作用下, 浅海陆架沉积物表层 10cm 左右产生扰动, 表层 ^{210}Pb 的放射性强度呈均一化, 称为混合层; ^{210}Pb 的垂直分布形成“混合层-衰变层-本底层”的“三层模式”, 我国黄海 KC-11 站¹⁾和南海 KC-31 站(李凤业, 1988)即具此特征。辽东湾岩芯中不存在“三层模式”, 但在岩芯 B57 中明显存在不同深度的两个沉积速率(图 3)。这表明, ^{210}Pb 的垂直分布除受上述各因素的影响外, 也可能同样受着灾害沉积的制约; 另一方面, 它记载和反映了某时期的沉积环境, 在下面的沉积速率部分我们将进行讨论。

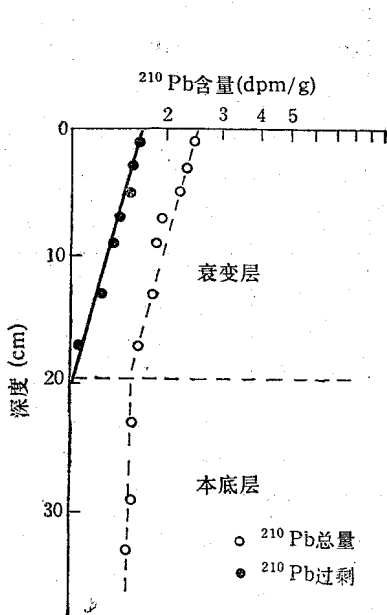


图2 B5 站 ^{210}Pb 的垂直分布

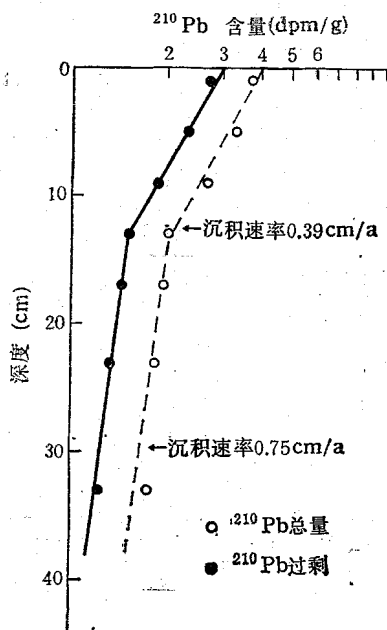


图3 B57 站 ^{210}Pb 的垂直分布

2. 沉积速率和沉积环境 岩芯 B5 位于大凌河口和辽河口外的水下三角洲的外缘, 水深 14.2m, 沉积物为灰色粘土质粉砂软泥, 在岩芯 0—2cm 处呈黄褐色并伴有较多小贝壳; 各粒级含量为: 砂 9.6%, 粉砂 52.1%, 粘土 38.3%; 含水量为 34.25%; 沉积速率为

1) 赵一阳、李凤业等, 1989. 南黄海沉积速率及通量的初步研究。(手稿)

0.26cm/a, 沉积物通量为 $0.29\text{g}/\text{cm}^2/\text{a}$ 。大凌河和辽河每年输入湾内大量泥砂, 辽河年输砂量为 $2000-5000 \times 10^4\text{t}$, 这些泥砂主要沉积在河口附近 10m 等深线内 (李凡, 1984), 形成了河口水下三角洲, 而细粒物质则在辽东湾环流和潮流的搬运下继续向南扩散, 途经本区进入辽中洼地。从图 2 可以看出, ^{210}Pb 随深度的衰减缓慢而稳定, 岩芯表层未出现混合层, 在 19cm 左右已达本底层。其沉积速率较慢, 表明该区是以沉积作用为主, 并具较稳定的沉积环境。

B27 站位于辽东湾西侧菊花岛附近, 水深 18.8m, 沉积物为黄灰色泥质砂并伴有砾石, 表层为黄色, 2cm 以下逐渐变灰, 在 22cm 以下逐渐变硬并出现砂团; 粒级成分为: 砾石 3.2%, 砂 48.4%, 粉砂 22.6%, 粘土 25.8%; 含水量为 27.53%; 沉积速率为 $0.068\text{cm}/\text{a}$, 沉积通量为 $0.082\text{g}/\text{cm}^2/\text{a}$ 。从图 4 可以看出, 该岩芯 ^{210}Pb 的衰变层仅有 13cm 左右, 继之进入本底层。由于它处于辽东湾夏季逆时针环流和冬季顺时针环流的必经通道, 菊花岛附近的大量陆源泥砂和北上的沿岸流所携带的六股河输入物质很难沉积于该区。岩芯很短的衰变层和一定量砾石的出现, 表明岩芯上部的现代沉积层很薄, 下部应属残留沉积, 在辽东湾它是沉积速率最慢和沉积通量最小的区域。

岩芯 B34 位于辽东湾东部海域, 水深 20m, 沉积物为黄色泥质砂, 2cm 以下泥质逐渐变硬, 10—12cm 处含有少量贝壳; 沉积物的粒级成分为: 砂 55.0%, 粉砂 16.8%, 粘土 28.2%; 它的物质来源主要是邻近沿岸的陆源物质和南下的低盐沿岸流所携带的辽河输入泥砂。由于该区水动力条件较活跃, 绝大部分细粒级粘土随沿岸流进入辽中洼地, 现代沉积层很薄, 从图 5 可以看出在 17cm 处已进入本底层。本站沉积速率为 $0.16\text{cm}/\text{a}$, 沉积通量为 $0.23\text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{a})$, 沉积速率很慢和沉积物通量很小表明该区受到水动力的制约。根据 10—12cm 处贝壳的出现, 经计算, 在 68 年前该区可能生长繁殖着贝类, 在海

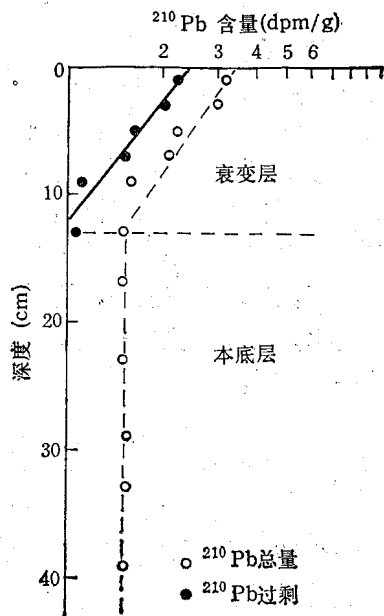


图 4 B27 站 ^{210}Pb 的垂直分布

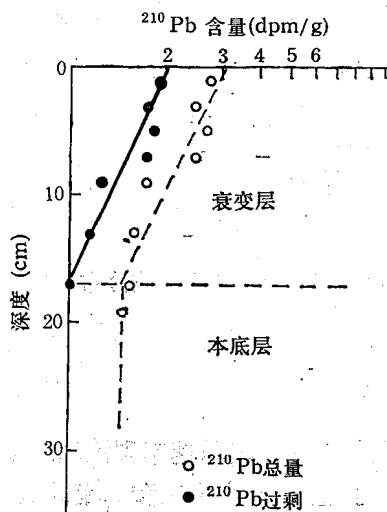


图 5 B34 站 ^{210}Pb 的垂直分布

洋环境发生变化后,它们渐渐被现代沉积所淹埋。从岩芯很小的含水量和很慢的沉积速率推测,除水动力因素外,该区地质环境较稳定。

岩芯 B86 位于辽东湾南线中段辽东浅滩西部海域,水深 24.3m,沉积物为黑灰色粉砂软泥,0—2cm 为黑色泥质粉砂;各粒级成分为:砂 31.2%,粉砂 32.2%,粘土 36.6%,含水量为 33.88%;沉积速率为 1.39cm/a,沉积通量为 $1.60\text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{a})$ 。它的主要物质来源是滦河输入物质,滦河年输砂量达 $2670 \times 10^4\text{t}$,洪水期的输砂量为全年输砂量的 90% (中国科学院海洋研究所海洋地质研究室,1985) 滦河输入的大量泥砂除就近在河口沉积下来形成三角洲外,相当一部分被辽东湾夏季环流携带,沿滦河水下河谷向东南延伸,由于受到渤海中浅滩的阻挡,折向东北沿渤海中浅滩和辽东浅滩的西部流入辽中 3 号洼地 (李凡,1984),而该岩芯正位于辽东浅滩西部洼地辽东湾环流的通道。本站的另一物质来源为黄河输入物质,黄河年输砂量为 $12 \times 10^8\text{t}$,夏季洪峰期黄河输入渤海的水舌接近渤海中浅滩;作为黄河输入物指示剂的 CaCO_3 可分布延伸至 $39^\circ 20' \text{N}$ 左右,而本站位于 $39^\circ 25' 00'' \text{N}$,因而黄河输入物在该区物质来源中占相当部分。从图 6 可以看出, ^{210}Pb 随

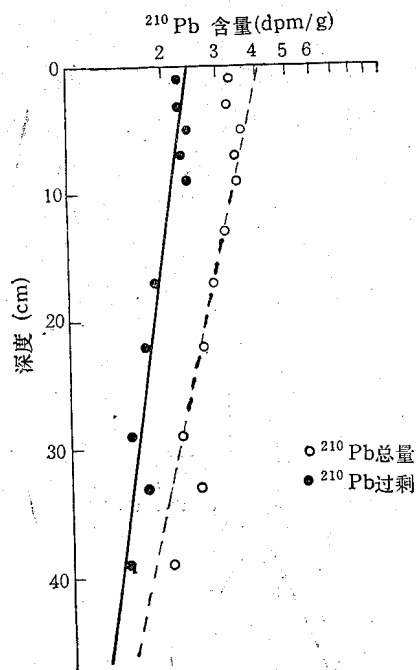


图 6 B86 站 ^{210}Pb 的垂直分布

深度的衰减几乎成为一条垂直线,它的衰减层在 37cm 处还未到达本底。虽然该区水动力等因素较复杂,但它仍是辽东湾中以沉积作用为主的沉积速率最高的区域。安装海底油气工程设施时不可忽视被沉积物快速淹埋的隐患。

岩芯 B57 位于辽东湾中部洼地,沉积物为黄褐色泥质砂,各粒级组份为:砂 35.7%,粉砂 32.8%,粘土 31.5%;含水量为 34.08%;岩芯上部 0—13cm 沉积速率为 0.39 cm/a,沉积通量为 $0.44\text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{a})$;下部 13—33cm 沉积速率为 0.75cm/a,沉积通量为 $0.85\text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{a})$ 。从图 3 可以看到, ^{210}Pb 的放射性强度在 13cm 之后没有按它原来的衰变速率随深度递减而产生了异常现象,沉积速率突然变快。经计算,0—13cm 是 1988—1955 年,13—33cm 是 1955—1944 年。上述异常现象表明,1955 年前该区的沉积环境可能发生过巨大变化。至于产生这一异常现象的原因,有待今后进一步探讨。

四、结 论

辽东湾的现代沉积速率和沉积通量分别为 $0.068\text{—}1.39\text{cm/a}$ 和 $0.082\text{—}1.60\text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{a})$,形成了陆缘低、中央高和湾南端最高的现代沉积速率格局。

1. 低沉积速率区 辽东湾东西岸大陆边缘海域为低沉积速率区,以 B34 和 B27 站为代表,该区受到辽东湾冬夏季环流和沿岸流的制约,大量泥砂被冲刷和搬运到远处,故

沉积速率和沉积通量低。北岸以 B5 站为代表,为中速沉积区。

2. 高沉积速率区 辽东湾中部中央洼地和南线渤中附近海域为高沉积速率区。辽中洼地以 B57 站为代表,虽然从 1955 年至今沉积速率较慢,但是 1955—1944 年的沉积速率很快(0.75cm/a),该区可能是灾害沉积区。南线渤中附近以 B86 站为代表,沉积速率为 1.39cm/a 。以上两区物质来源很丰富,滦河、黄河输入的大量陆源物质沉积于该海域,所以它们的沉积速率和沉积通量高。

参 考 文 献

- 中国科学院海洋研究所海洋地质研究室,1985。渤海地质。科学出版社,4—5 页,122—131 页。
李凡,1984。辽东湾海底残留地貌和残留沉积。海洋科学集刊 23: 57—67。
李凤业,1988。用 ^{210}Pb 法测定南海陆架浅海沉积速率。海洋科学 3: 64—66。
夏明等,1983。铅-210年代学方法和珠江口,渤海锦州湾沉积速率的测定。科学通报 5: 291—295。
Demaster, David J., 1985. Rates of sediment accumulation and particle reworking based on radiochemical measurements from continental shelf deposits in the East China Sea. *Continental Shelf Research* 4(1/2): 143—158.

THE RECENT SEDIMENTATION RATES AND SEDIMENT FLUX IN THE LIAODONG BAY*

Li Fengye Yuan Wei

(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

ABSTRACT

The recent sedimentation rates and sediment flux based on ^{210}Pb activity of five sediment cores in the Liaodong Bay have been determined. ^{210}Pb dating shows that the low rate of sedimentation is about 0.068 cm/a and the high rate of sedimentation is about 1.39 cm/a . The flux of sediment is from 0.082 to $1.60\text{ g/(cm}^2\cdot\text{a)}$. ^{210}Pb distribution, which is controlled by material source and hydrographic condition, is reflective of the sedimentation and the sedimentary environments in the last hundred years. Using the ^{210}Pb dating, the sedimentation rates and material source in the Liaodong Bay have been discussed.

* Contribution No. 1709 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.