

用²¹⁰Pb 年代学方法对辽东湾 现代沉积速率的研究

杨松林 刘国贤 杜瑞芝 张兵

(国家海洋局海洋环境保护研究所, 大连)

摘要 本文报道了用²¹⁰Pb 年代学方法测定辽东湾 10 个站位沉积物柱样的沉积速率。²¹⁰Pb 法给出的辽东湾沉积速率值的分布显示出: 自湾顶辽河口高值区向西南随水深增加而减少的规律。并结合 B386 号站²¹⁰Pb 剖面研究揭示出河口区的沉积事件,探讨了该湾现代沉积过程。这对环境背景值、污染历史研究和浅海开发工程都是十分重要的。

关键词 辽东湾 沉积速率 沉积通量

第一作者简介 杨松林 男 50 助理研究员 放射性物理

概 况

辽东湾位于渤海北部,其东、北、西毗邻辽宁、河北两省,南部与渤海中央盆地相通。海底地形表现为近岸海区地势较高,湾中部海底平缓,湾口处较低,整个海湾向西南呈簸箕状。平均水深 18m。沿岸河流主要有辽河、双台子河、大凌河、小凌河等。年迳流量 $88 \times 10^8 \text{m}^3$ ^[1],迳流有明显的季节性差异,多集中在 7—9 月,8 月份最高,1 月份最低。本区属季风气候区,冬季多西北风,平均风速 6—7m/s,6—8 月多偏南风,平均风速 4—5m/s。

本区海流主要为进入渤海的黄海暖流和沿岸流两个系统组成的环流。潮汐以半日潮为主。海底地貌为湾顶由辽河水下三角洲平原构成;东南部为辽东浅滩北缘;中部分布

着北东向南西延伸的古河道。表层沉积物以粗粉砂和细粉砂为主,其分布特征为湾顶为粉砂质软泥, N40° 15' 以南、湾中部为粗粉砂;秦皇岛水下岸坡为细粉砂;湾东部水下岸坡区

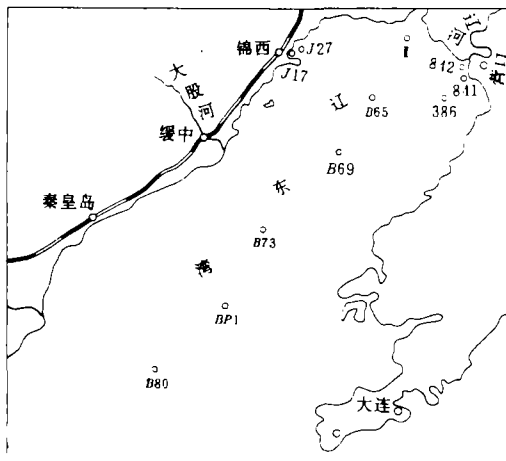


图 1 辽东湾沉积速率研究取样站位图
Fig.1 The sampling stations for measuring the sedimentation rate in Liaodong Bay

[1] 海洋环境保护研究所, 1983, 《渤海、黄海海域污染防治研究》

可见砾石分布; 湾口中部还可见粘土质软泥。整个沉积物成带状分布, 且有不明显的对称性特点。

1 样品采集及室内分析

1.1 样品采集

整个海区布设 10 个站位, 其中近岸海区 (河口区) 5 个 (B841、B842、B386、BJ7、BJ27) 湾中部海区 5 个 (B65、B69、B73、BP1、B80), 见图 1。

表 1 B65 站各层样品²¹⁰Pb 活度

Table 1 Activities of ²¹⁰Pb in the cores from station B65、B73、B80 and B386

站 位	层 序	深度 (cm)	岩 性	含水量 (%)	容重 (g/cm ³)	²¹⁰ Pb 比活度($\times 10^{-2}$ BP/g)	
						Pb(总)	Pb(过剩)
B65	1	0-2	黄褐色泥质粉砂、粉砂质泥	106.59		3.69	3.14
	3	4-6	黄褐色泥质粉砂、粉砂质泥	52.17	1.74	3.10	2.54
	5	9-12	黄褐色泥质粉砂、粉砂质泥	49.64	1.78	2.44	1.88
	7	15-20	灰色泥质粉砂	52.63	1.74	1.89	1.33
	9	25-30	灰色泥质粉砂	44.74	1.73	1.41	0.85
	11	35-40	灰色泥质粉砂	41.24		1.32	0.76
	13	45-50	灰色泥质粉砂		1.82	0.66	
	15	55-60	灰色泥质粉砂	36.64	1.78	0.64	
	17	65-70	灰色泥质粉砂			0.49	
	19	75-80	灰色泥质粉砂	35.88	1.89	0.49	
23	95-100	灰色泥质粉砂	38.36		0.53		
B73	1	0-2	黄褐色粗粉砂	75.86		6.67	3.00
	3	4-6	含泥粗粉砂	52.38	1.64	5.23	1.51
	5	9-12	含泥粗粉砂	52.54	1.67	4.72	1.00
	7	15-20	含泥粗粉砂	57.05	1.68	3.97	0.26
	9	25-30	含泥粗粉砂	47.10	1.82	3.61	
	11	35-40	含泥粗粉砂	47.10	1.82	3.58	
	13	45-50	灰褐色粗粉砂质泥			3.56	
	15	55-60	灰褐色粗粉砂质泥	45.12	1.80	3.84	
	17	65-70	灰褐色粗粉砂质泥			3.93	
	19	75-80	灰褐色粗粉砂质泥			4.12	
23	95-100	灰褐色粗粉砂质泥			3.38		

续表 1

站 位	层 序	深度 (cm)	岩 性	含水量 (%)	容重 (g/cm ³)	²¹⁰ Pb 比活度($\times 10^{-2}$ BP/g)	
						Pb(总)	Pb(过剩)
B80	1	0-2	黄褐色粗粉砂有洞穴	35.48		9.53	7.65
	3	4-6	含青灰色团块状粉砂质泥	86.87	1.51	8.81	6.93
	5	9-12	粉砂质泥			6.14	4.26
	7	15-20	粉砂质泥	70.87	1.66	5.79	3.91
	9	25-30	粉砂质泥	70.59		3.73	1.85
	11	35-40	粉砂质泥		1.61	2.79	0.92
	13	45-50	粉砂质泥	73.64		2.37	0.49
	15	55-60	粉砂质泥		2.19	0.31	
	17	65-70	粉砂质泥			1.91	
	19	75-80	粉砂质泥	56.1	1.70	1.63	
	29	125-130	粉砂质泥			1.90	
	37	165-170	粉砂质泥		1.70	2.01	
	43	195-200	粉砂质泥			1.94	
B386	1	2-4	灰色粉砂质泥	72.58		5.43	4.37
	2	6-8	灰色粉砂质泥	60.36		5.50	4.44
	3	10-12	泥质粉砂	33.10	1.90	3.12	2.06
	5	18-20	粉砂质泥	35.80		2.68	1.62
	7	26-28	粉砂质泥	43.92		2.29	1.23
	9	36-38	粉砂质泥	34.55	1.94	1.70	0.63
	10	45-50	粉砂质泥	32.03		1.79	0.72
	11	50-55	粉砂	34.93		1.59	0.53
	12	60-65	泥质粉砂	42.42		2.03	0.21
	13	75-80	粉砂	24.48		1.20	0.13

中部海区 5 柱样用 LDC-1 型箱式采样器采集。浅水海域 BJ19、B386 站用带衬管的大口径重力采样器采集；B841、B842、BJ27 站位于潮间带，用掘取自然剖面方式采集。样品采集的关键是尽量不使柱样受到扰动。现场完成样品描述、分样、用常规法测有关层段的容重、含水量。

1.2 室内分析

本文室内²¹⁰Pb 分析方法和实验室技术与《锦州湾污染历史研究》(Liu Guoxian, 1988; 万邦和等, 1983; 刘国贤等, 1984) 中的方法相同。

2 测试结果

10 个站位柱样各层样品的岩性、天然容重和含水量及²¹⁰Pb 放射性活度列于表 1；各站柱样²¹⁰Pb 放射性分布示于图 2；各站柱样沉积速率及沉积通量列于表 2。

表 2 辽东湾各站位沉积速率和沉积通量汇总表

Table 2 Rates and fluxes of sedimentation at the sampling stations in Liaodong Bay

海区	站位	坐标		水深 m	主要岩性	相关 系数	沉积速率 (cm/a)	沉积通量 (g/cm ² ·a)
		E	N					
辽东湾中部	B65	121° 29' 08"	40° 30' 02"	12	泥质粉砂	-0.98	0.77	95 × 10 ⁻²
	B69	121° 15' 05"	40° 19' 00"	23	泥质粉砂	-0.99	0.74	93 × 10 ⁻²
	B73	120° 45' 00"	39° 52' 00"	31	泥质粗粉砂与砂质泥	-0.98	0.22	25 × 10 ⁻²
	BP ₁	120° 30' 08"	39° 29' 05"	25	粉砂质泥	-0.95	0.36	43 × 10 ⁻²
	B80	120° 00' 04"	39° 10' 08"	19	粉砂质泥	-0.96	0.53	51 × 10 ⁻²
近岸海区	B842	122° 08' 12"	40° 38' 51"		泥质粉砂	-0.94	1.10	166 × 10 ⁻²
	B386	121° 57' 10"	40° 27' 48"	7	粉砂质泥	$\frac{-0.94}{-0.97}$	$\frac{0.54}{0.71}$	$\frac{72 \times 10^{-2}}{103 \times 10^{-2}}$
	BJ17	121° 02'	40° 46'	6	泥质粉砂、粗砂	-0.98	0.41	56 × 10 ⁻²
	BJ27				泥质粉砂	-0.90	1.1	164 × 10 ⁻²
	B841	122° 07' 24"	40° 36' 27"		泥质粉砂		未测出	未测出

3 讨论

通过图 2 可以看出, 本海区除 B841 站柱样²¹⁰Pb 比活度随深度无规律变化外, 其它各站都呈明显衰减变化, ²¹⁰Pb 放射性与柱样深度具有良好的相关性, 其相关系数为-0.90—-0.99 (见表 2) 反映了辽东湾现代沉积环境条件和沉积过程是较稳定的。

从表 2 可知, 辽东湾中部海区与近岸海区沉积速率和沉积通量有明显差异。辽东湾中部海区现代沉积物的平均沉积速率为 0.53cm/a, 平均沉积通量为 67 × 10⁻²g/cm²·a。其中沉积速率与沉积通量最大者为 B65 站 (0.77cm/a; 95 × 10⁻²g/cm²·a) 最小为 B73 站 (0.22cm/a; 25 × 10⁻²g/cm²·a)。

辽东湾近岸海区, 特别是河口海区沉积速率和沉积通量大大高于中部海区各站的沉积速率和沉积通量, 如 B862 站 (1.1cm/a; 166 × 10⁻²g/cm²·a)。

另据 1988 年初, 笔者分别在大凌河口和双台子河口的高潮位取了两柱样, ²¹⁰Pb 测试结果, 前者 (1 号站) 沉积速率为 2.9cm/a, 沉积通量为 404 × 10⁻²g/cm²·a。^①

沉积速率和沉积通量分布表明辽东湾顶部水系携带的泥沙主要沉降在河口区。被输送到辽东湾的泥沙受到潮波的顶托主要沉积于大凌河口至辽河口之间, 而且西部沉积条件似优于东部, 所以测试结果出现了自西向东沉积速率由大变小的递减规律。形成这种规律的主要原因有:

海流场结构 辽东湾顶部潮流为正规半日潮, 其运动形式基本为往复流, 涨潮流大于落潮流, 除双台子河口外, 其它海域底层流均小于表层流, 这种流场特点, 有利于泥沙在河

① 海洋环境保护研究所, 1988, 辽河油田浅海开发区环境调查报告

口区沉积。

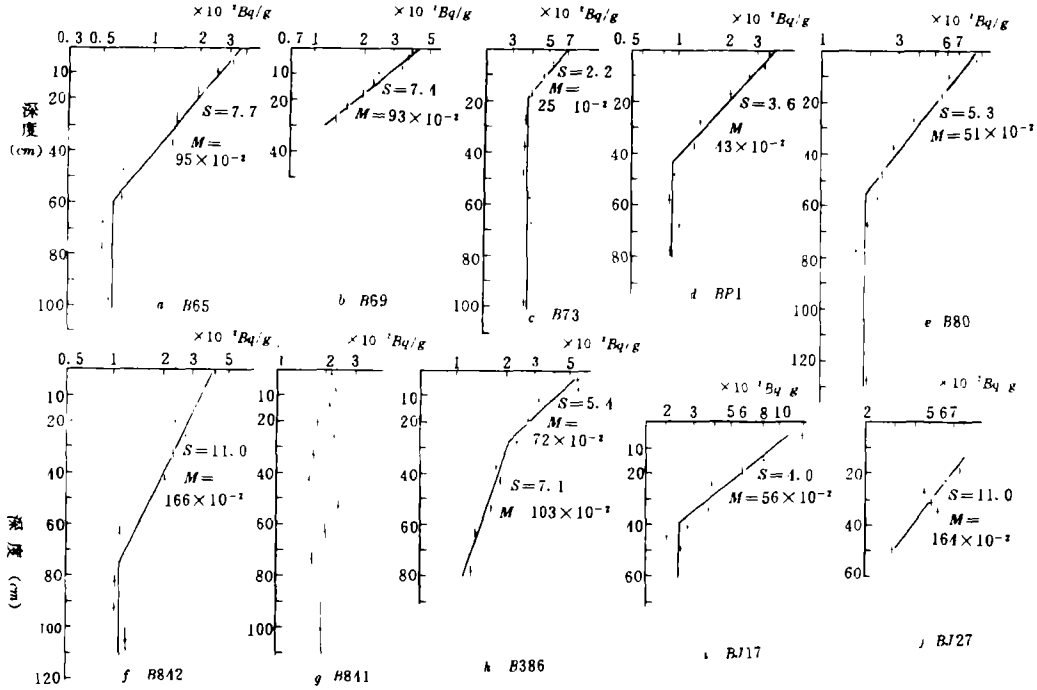


图2 辽东湾各站 ^{210}Pb 随深度衰减图 (单位: S : mm/a ; M : $\text{g/cm}^2 \cdot \text{a}$)

Fig.2 The decay of ^{210}Pb with depth at the sampling stations in Liaodong Bay (S : mm/a ; M : $\text{g/m}^2 \cdot \text{a}$)

海底平面坡度小 20m 等深线以浅平均坡度为 $1/2500-1/3000$ 左右。

泥沙来源一般西部大于东部 辽东湾现代沉积物的主要来源是河流输沙 (包括沿岸泥沙流的再分配), 其次是海洋和海底的蚀余物及死亡生物残体。据有关资料报道, 辽东湾顶部河流输沙量每年达 4.9×10^7 吨, 占辽宁省沿岸河流入海泥沙的 89%, 其中的以大凌河为最多, 达 2.74×10^7 吨, 其次为辽河 (8.99×10^6 吨)、双台子河 (8.89×10^6)、小凌河 (3.64×10^6 吨)。这些输移物在水动力、生物、化学及海底地形等诸多因素影响下得到搬运、悬浮、沉积。

沿岸泥沙流对海底地形影响 辽东湾悬浮泥沙研究和卫片分析资料表明: 辽河物质入海后, 除部分堆积于河口浅滩外, 其余在沿岸流搬运下, 自东向西运移, 沿途汇集双台子河、大凌河等河流的泥沙, 增强了辽东湾顶西部泥沙浓度。

锦州湾 BJ27 站位于五里河口。五里河虽为季节性短河, 迳流和输沙量有限, 但由于沿岸有色金属工厂的矿渣水未经处理, 通过五里河直排入海, 使河口形成高速沉积区, 其沉积速率高达 1.1cm/a 。

沿辽东湾轴线以湾顶 II 号站至湾口 B80 站做沉积速率随水深度变化图 (图 3) 可以看

出: 随站位远离湾顶 (实际远离河口) 水深的变化, 沉积速率和沉积通量显示出由大 (II 号站 2.5cm/a ; $325 \times 10^{-2}\text{g/cm}^2 \cdot \text{a}$) 变小 (B73 站 0.22cm/a ; $25 \times 10^{-2}\text{g/cm}^2 \cdot \text{a}$) 而后又略有增大 (B80 站 0.53cm/a ; $51 \times 10^{-2}\text{g/cm}^2 \cdot \text{a}$) 的趋势。从各柱样岩性变化看出: II 号站 0—80cm 为黄褐色粉砂; 80cm 以深为黄褐色泥质粉砂。B65 站 0—14cm 为黄褐色泥质粉砂; 14cm 以下为灰色泥质粉砂。B69 站 0—2cm 为黄褐色细粉砂; 2cm 以下为灰褐色泥质粉砂、灰色粉砂。上述各站现代沉积物 (黄褐色粉砂层) 厚度随距河口距离增加而减少。粒径由粗变细表明上述各站沉积物受控于辽东湾顶部水系输移物影响的程度。

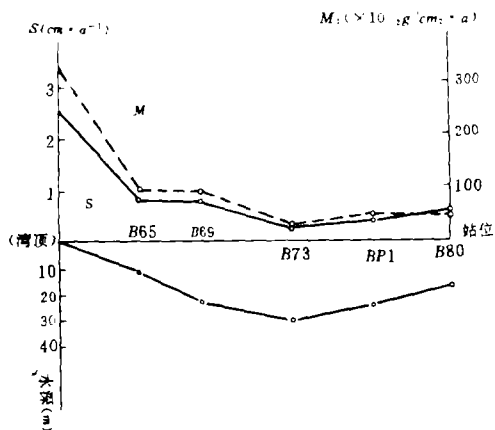


图3 辽东湾沉积速率 (S) 与沉积通量 (M) 变化图

Fig. 3 Variation of the sedimentation rates (s) and the sedimentation fluxes (M) in Liaodong Bay

B73 站 0—2cm 为黄褐色粗粉砂, 不同于上述各站沉积物岩性, 显然主要不是辽东湾顶部水系供给。

综上所述, 辽东湾顶部水系携带的泥沙主要沉积于河口海区, 形成河口高速沉积区。随着远离河口, 沉积物受湾顶水系输移物影响明显减小, 到 B73 站已几乎见不到这种影响。

B73 站位于辽东湾最深水域 (—31m), 地处大辽河、大凌河古河道汇集处。其沉积物主要岩性 0—40cm 为含泥质粗粉砂, 40cm 以下为灰褐色粗粉砂质泥, 该站沉积速率 0.22cm/a ; 沉积通量 $25 \times 10^{-2}\text{g/cm}^2 \cdot \text{a}$, 是辽东湾最小的, 根据岩性粒度特征分析, 其物质来源, 一可能为古河口堆积物在水动力作用下再悬浮, 再沉积。其二, 该站距六股河口最近, 受六股河携带的粗粒物质影响。以上两个物源量都有限, 其沉积速率和沉积通量均较小。

根据 BP₁ 和 B80 站沉积物岩性除表层 (0—2cm) 为黄褐色粉砂外, 主要为青灰色粉砂质泥。笔者认为本海区现代沉积物来源除受辽宁沿岸水系输移物影响外, 显然还受到如滦河、海河、甚至黄河输移物的影响, 致使出现沉积速率和沉积通量 B80 站 > BP₁ 站 > B73 站的结果。

通过图 2-h 看出: B386 站 ^{210}Pb 分布出现两个衰变段, 拐点在 29cm 处, 即 0—29cm 为第一衰变段, 29cm 以下为第二衰变段, 且早期沉积速率 (0.71cm/a) 大于现代沉积速率 (0.54cm/a) 说明这里曾发生过沉积事件。

根据报道¹, 辽河于 1861 年以前, 在三岔河接纳浑河、太子河后向西南流至营口入海。1861 年辽河大水, 其下流右岸在冷家口溃决, 洪水自冷家口向西南流, 经三道沟村南汇入绕阳河入海(此即双台子河)。1895 年人工疏导双台子河, 于是逐渐形成一条比较定型的辽河下游分水道(双台子河)。从此, 辽河干流上游来水, 一部分乃由营口入海, 一部分经双台子河从盘山入海。

利用沉积通量对第一衰变段进行编年发现拐点处为 1905 年, 考虑到²¹⁰Pb 年代学误差范围(±5 年), 笔者认为 B386 站现代沉积速率变小可能与十九世纪末辽河下游向双台子河分流有关。由于分流, 使辽河经营口入海的迳流量、输沙量减少, 使河口海区沉积物来源量减少, 所以造成 B386 站现代沉积速率小于早期沉积速率。

结 论

通过以上分析讨论对辽东湾现代沉积有如下认识:

辽东湾现代沉积环境处于相对稳定阶段。辽东湾现代沉积物的沉积速率分布明显受沿岸输沙控制, 由于大凌河、双台子河、辽河水沙影响, 辽东湾顶近岸海区(特别是河口海区)形成高速沉积区, 且沉积速率和沉积通量自西向东呈梯度减小。自湾顶向南, 由于受湾顶水系输沙影响减弱, 沉积速率和沉积通量也呈梯度减小。B73 站沉积特征表明这种影响主要限于该站以北的辽东湾顶辽河水下三角州平原范围内。辽东湾中部海区(B73 站附近)沉积物来源于古河道堆积物的再沉积。辽东湾口附近沉积物除受辽东湾水系输移物影响外, 还受到滦河、海河、黄河等河流输移物影响。

辽河口外海区沉积环境和沉积过程相对比较复杂。B386 站²¹⁰Pb 分布出现两个沉积速率, 揭示出这里早期沉积速率大于现代沉积速率, 这与 1895 年辽河下游水沙向双台子河分流有关。这种沉积记录, 对开发工程十分重要。

收稿日期: 1991 年 1 月 3 日

参 考 文 献

- (1) 万邦和等, 1983, ²¹⁰Pb 地质年代学方法的建立及在渤海锦州湾污染历史研究中的应用, 海洋通报, 2 卷, 5 期。
- (2) 刘国贤等, 1984, 用²¹⁰Pb 法测定长江口的沉积速率, 海洋地质与第四纪地质, 4 卷, 1 期, 113-116 页
- (3) Liu Guoxian, et al. 1988, The Pollution History of Jinzhou bay, Bohai Sea chian, Oceanic Processes in Marine Pollution Vol.5 p.245-253

¹ 辽宁省水利勘测设计院, 1980 《辽河河口建闸后河床演变》

Study on the Modern Sedimentation Rate Through ^{210}Pb Age Dating, Liaodong Bay

Yang Songlin Liu Guoxian Du Ruizhi Zhang Bing

(Institute of Marine Environmental Protection, Dalian, SOA)

Abstract

This paper reports the sedimentation rate determined by the ^{210}Pb age dating based on the cores sampled from 10 stations in Liaodong Bay.

Sampling was taken by using of core sampler in the central area and heavy-bore gravity core sampler and natural profile sampling in shallow water area and tideflat. More samples of upper part and less of the lower were analysed and determined, variation of ^{210}Pb activity with depth, sedimentation rates and sedimentation flux of every station were listed, the result shows that except B841 station, the distribution of ^{210}Pb activity decrease exponentially with depth, indicating that both of the sedimentation rate and processes were in relative stable period in recent 100 years.

The distribution of sedimentation rate and flux reveals that the highest value of sedimentation rate is in the bay tip and decrease with increasing water depth southwestward, reaches its lowest value in B73 area and then get a slightly rebound. This pattern is contributed to the marine dynamics, geomorphological form, especially the difference of sediment input. The water-sand of Liaodong Bay tip stream system mainly deposited in the north area of B73 station. But in the south area of B73 station, water-sand is multiply controlled by Luanhe River, Haihe River, especially the Yellow River, except for the water-sand that flows along the coast of Liaohe River.

In the B386 station outside of Liaohe estuary, the distribution of ^{210}Pb shows two decrease periods, the first is from the depth of 0–29cm and the second is under 29cm. Moreover, the sedimentation rate of the early period (0.71cm/a) is greater than that of modern (0.54cm/a), indicating that a sedimentation event had been taken place in this area.

Based on the sedimentation flux analysis of the first line segment of ^{210}Pb decay curve, it is calculated out that the first turn point, i. e., when the sedimentation event took place, was occurred during the years 1900–1910. This time period is coincided with one of the history case of Liaohe River. In the Shuangtaizihe River that situates in the lower part of Liaohe River, there had been done artificial branch stream in late nineteenth century, let to the cut down of runoff and sand input to sea of Liaohe river mouth at Yingkou. The reducing of material sources of Liaohe river resulted in the decrease of modern sedimentation rate of Liaohe Bay. The ^{210}Pb distribution curve of B386 proved the influence on the modern sedimentation rate by human activities.

The above mentioned study are rather important to the research of marine sedimentology, shallow sea exploitation, environmental background and pollution history.