

文章编号: 1000-0550(2008) 05-0804-09

西汉末—北宋黄河三角洲(公元 11~1099 年) 的沉积记录

薛春汀 李绍全 周永青

(国土资源部海洋油气资源和环境地质重点实验室 青岛海洋地质研究所 山东青岛 266071)

摘要 西汉末—北宋黄河三角洲是在很浅的水域发育的。在 1855 年海岸线内侧数千米处三角洲厚度只有 12 m 左右。无论是整个三角洲, 还是水下三角洲各个组成部分(前三角洲、三角洲前缘)都比现代黄河三角洲相应部分要薄。前三角洲之上在不同地点发育三角洲前缘粉砂或者分流间湾黏土质粉砂。推测这一时期三角洲上多条分流同时活动。三角洲中有孔虫和介形虫属种和数量都与下伏陆架沉积物的有明显差别, 且自下而上显示越来越受入海河水影响。与苏北、现代黄河三角洲沉积物中生物丰度的比较可以看出沉积速率的增加, 反映这一历史时期黄河入海泥沙增加以及黄土高原侵蚀越来越严重。

关键词 黄河三角洲 三角洲超级叶瓣 沉积序列 沉积速率

第一作者简介 薛春汀 男 1937 年出生 研究员 海洋地质学 E-mail hdxuechunting@163.com

中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

0 引言

7 000 aBP 海面趋于稳定, 黄河三角洲开始形成。黄河入海泥沙对于塑造我国长江口以北海岸起着重要作用。7 000 年来形成若干期黄河三角洲或称作超级叶瓣。西汉末—北宋黄河三角洲从公元 11 年起发育在大约于 7 000~5 000 aBP 形成的渤海西岸最老的黄河三角洲之上, 于 1099 年彻底废弃。1855 年黄河再次注入渤海, 它又被现代黄河三角洲叠覆^[1-4]。多年来对黄河三角洲的研究主要限于 1855 年以来形成的现代黄河三角洲, 对于苏北黄河三角洲研究不多, 对于更老的三角洲研究得更少。然而, 现代黄河三角洲的历史只有整个三角洲历史的四十六分之一, 我们需要对黄河三角洲有更全面的了解。

1 西汉末至北宋黄河三角洲沉积记录

在山东北部 1855 年海岸线西南, 西汉末至北宋黄河三角洲的范围内, 曾经对 30 个左右钻孔岩心观察描述。但进行系统研究的很少。对少数钻孔岩心进行了有孔虫鉴定分析, 主要研究晚更新世以来海相与陆相层的划分, 而没有从三角洲的角度分析研究。

1.1 ZK 228 孔沉积记录和环境分析

ZK 228 孔位于山东省利津县罗镇东 11 km, 罗镇

至孤岛公路南 1 km, 废弃的黄河刁口分流河道东侧。孔深 50 m, 孔口高程 5.30 m。在主要依据贝壳堤确定的 1855 年海岸线东北 2 km (图 1); 在 1855 年法国海军在渤海南部水深测量时确定的 1855 年海岸线东北约 0.5 km。尽管根据这两种方法确定的海岸线都有一定的误差, ZK 228 孔位在 1855 年已经很接近当时的海岸线这一点是没有疑问的。而海岸线西南是西汉末至北宋黄河三角洲的成陆地区。这相当于在老三角洲的海岸边钻探一个孔, 它揭示了这一水下三角洲的大部分层序。下面介绍着一水下三角洲(公元 11~1099 年)及上下与其有关的沉积序列, 即孔深 27 m 以上部分。其层序如下(图 2):

- 1 黄色粉砂夹红褐色黏土质粉砂。位于孔深 0~1.40 m, 高程 5.30~3.90 m, 厚 1.40 m。
- 2 黄色粉砂, 富含植物碎屑, 顶部见爬升层理。位于孔深 1.40~4.70 m, 高程 3.90~0.60 m, 厚 3.30 m。
- 3 褐色黏土质粉砂与黄色粉砂互层。位于孔深 4.70~5.90 m, 高程 0.60~-0.60 m, 厚 1.20 m。
- 4 红褐色粉砂质黏土。有个别生物潜穴。位于孔深 5.90~6.80 m, 高程 -0.60~-1.50 m, 厚 0.90 m。
- 5 黄色粉砂, 底部见有交错层理。位于孔深 6.80~7.81 m, 高程 -1.50~-2.51 m, 厚 1.01 m。
- 6 褐色黏土质粉砂。位于孔深 7.81~8.80 m, 高程 -2.51~-3.50 m, 厚 0.99 m。

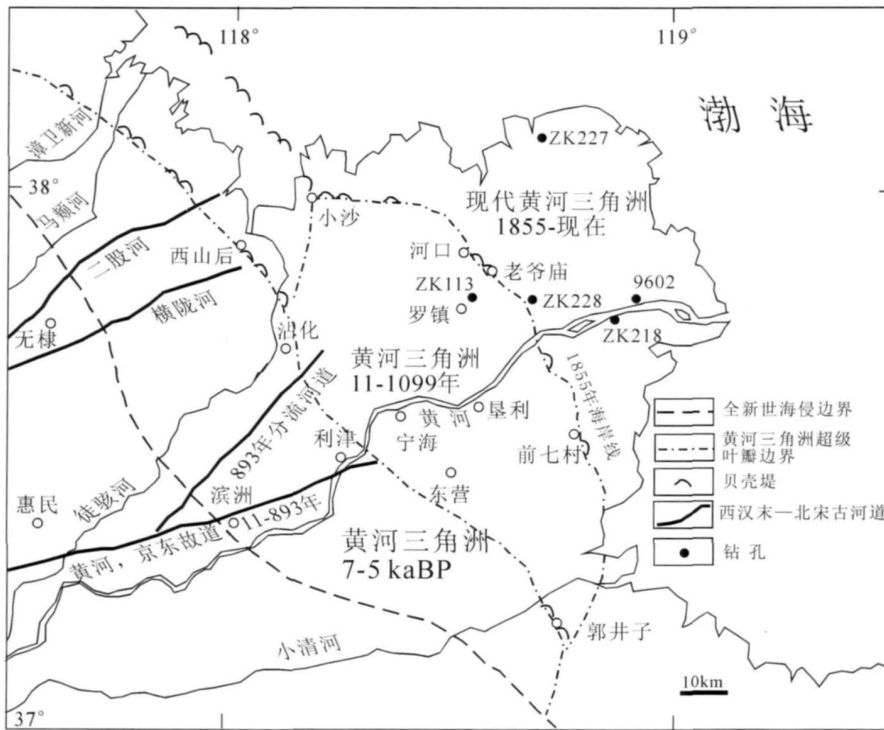


图 1 西汉末至北宋黄河入海口位置(据邹逸麟等^[5], 中国历史地图集编辑组^[6]), 三角洲的成陆范围及 ZK228, ZK113 等钻孔位置

Fig. 1 Location of the Yellow River mouth, the land growing scope in the Yellow River Delta in 11 ~ 1099, and position of ZK228, ZK113 and other drill holes

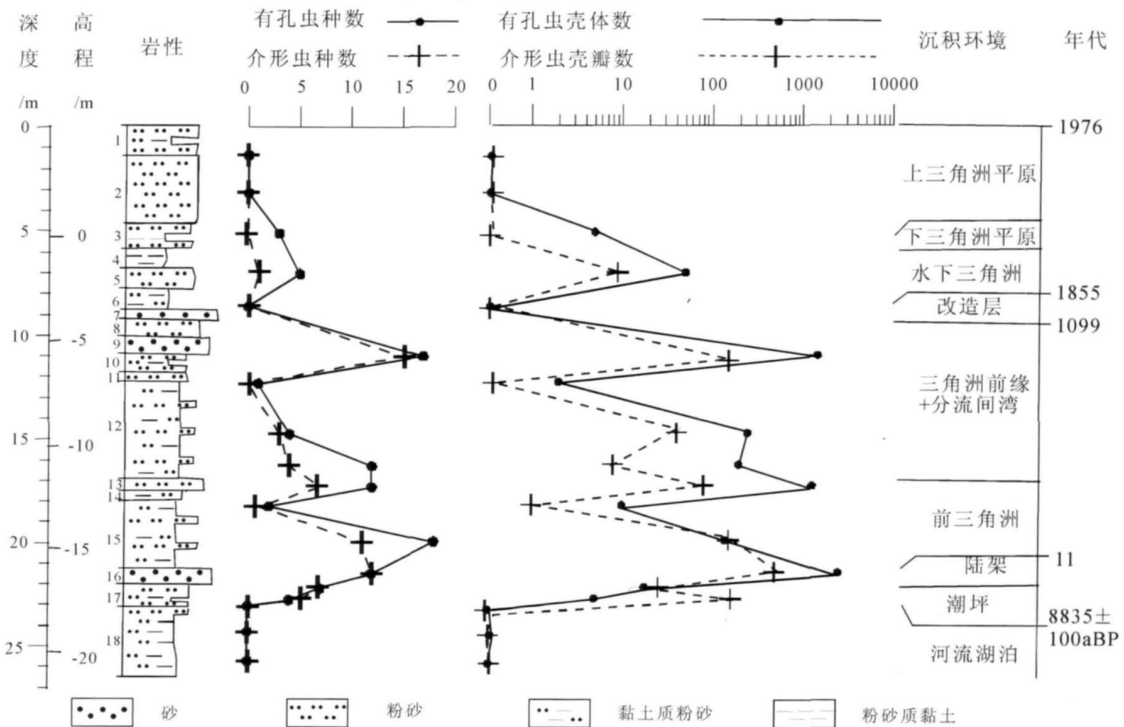


图 2 ZK228 孔(位于山东省利津县罗镇东 11 km)全新世沉积序列,有孔虫和介形虫
Fig. 2 The Holocene sedimentary sequence, foraminifera and ostracoda in the drill hole ZK228, located at 11km east to Luozhen, Lijin, Shandong Province

7 黄色极细砂。顶部夹数层灰褐色黏土质粉砂。含有丰富的贝壳。瓣鳃类: *Patamocorbula laevis* (光滑蓝蛤), *Arca subrenata* (毛蚶), *Metrix metrix* (文蛤), *Dosinia* sp. (镜蛤), *Cyclina sinensis* (中国青蛤); 腹足类: *Umbonium thomasi* (托氏昌螺), *Nassarius dealbatus* (习见织纹螺), *N. variciferus* (纵肋织纹螺), *Terebra* sp. (笋螺)。位于孔深 8 80~ 9 34 m, 高程 - 3 50~ - 4 04 m, 厚 0 54 m。

8 褐灰色粉砂夹黄色粉砂透镜体。位于孔深 9 34~ 10 11 m, 高程 - 4 04~ - 4 81 m, 厚 0 77 m。

9 黄色含贝壳极细砂。含瓣鳃类: *Patamocorbula laevis* (光滑蓝蛤)。位于孔深 10 11~ 10 78 m, 高程 - 4 81~ - 5 48 m, 厚 0 67 m。

10 黄色粉砂与褐色黏土质粉砂互层。含瓣鳃类: *Patamocorbula laevis* (光滑蓝蛤)。位于孔深 10 78~ 11 80 m, 高程 - 5 48~ - 6 50 m, 厚 1 02 m。

11 灰黄色粉砂。位于孔深 11 90~ 12 23 m, 高程 - 6 50~ - 6 93 m, 厚 0 43 m。

12 灰褐色黏土质粉砂夹黄色粉砂薄层、透镜体, 见有黄色粉砂充填的生物潜穴。见有腹足类 *Nassarius* sp. (织纹螺)。位于孔深 12 23~ 16 95 m, 高程 - 6 93~ - 11 65 m, 厚 4 72 m。

13 黄色粉砂夹黄褐色黏土质粉砂薄层, 含贝壳碎片, 底部富含。位于孔深 16 95~ 17 60 m, 高程 - 11 65~ - 12 30 m, 厚 0 65 m。

14 褐灰色黏土质粉砂与黄色粉砂互层。含瓣鳃类: *Arca* sp. (蚶), *Patamocorbula laevis* (光滑蓝蛤); 腹足类: *Nassarius dealbatus* (习见织纹螺), *N. variciferus* (纵肋织纹螺), *Ringicula* sp. (露齿螺)。位于孔深 17 60~ 18 04 m, 高程 - 12 30~ - 12 74 m, 厚 0 44 m。

15 灰褐色黏土质粉砂夹黄色粉砂薄层, 见有生物潜穴。位于孔深 18 04~ 21 32 m, 高程 - 12 74~ - 16 02 m, 厚 3 28 m。

16 黄色极细砂, 底部 9 cm 含有大量贝壳。瓣鳃类: *Arca subrenata* (毛蚶); 腹足类: *Ringicula* sp. (露齿螺), *Nassarius variciferus* (纵肋织纹螺)。位于孔深 21 32~ 22 01 m, 高程 - 16 02~ - 16 71 m, 厚 0 69 m。

17 粉砂夹褐灰色黏土质粉砂, 见有互层状、交错和透镜状层理, 见有瓣鳃类 *Corbicula* sp. (蚶)。底部粉砂呈灰黑色 (0 17 m 厚), 有机碳含量 2 93%。¹⁴C 直接测试年龄 8835 ± 100 aBP。位于孔深 22 01~ 23 07 m, 高程 - 16 71~ - 17 77 m, 厚 1 06 m。

18 褐灰色黏土质粉砂, 大量锈斑呈浸染状分布, 见有植物根遗迹, 顶部 36 cm 厚粉砂中见有钙质结核。位于孔深 23 07~ 26 53 m, 高程 - 17 77~ - 21 23 m, 厚 3 46 m。

第 18 层为河流湖泊沉积。第 17 层底部为河口湾沼泽沉积。其中见有瓣鳃类 *Corbicula* sp. (蚶), 且表面角质层保存良好, 显示原地堆积。蚬科种类栖息

在淡水或咸淡水的入海河流域中^[7]。第 17 层中部 (表 1 中样品号 13) 的介形虫 *Sinocytheridea latiovata* 丰富, 且优势度达 84%。该种可以在 1‰~ 5‰ 盐度的少盐水中很好地生活^[8]。该层中还含有较多的淡水介形虫。但有孔虫非常少 (只有 5 个壳体) 甚至没有广盐性的 *A. beccarii* vars (图 2 表 1~ 2)。显示河口湾内侧潮坪环境 (ZK228 孔有孔虫已由故朱雄华先生鉴定; 介形虫由林和茂先生鉴定; 软体动物由薛春汀鉴定)。第 17 层上部也属于河口潮坪环境, 但淡水影响越来越小。第 16 层的软体动物、有孔虫和介形虫属种都表现为接近正常盐度的环境, 其丰富的数量显示沉积速率低的陆架环境。第 15 层显示环境的巨大变化。软体动物、有孔虫和介形虫的数量急剧减少 (表 1~ 2 中的样品号 9-2 10)。有孔虫中 *Quinqueloculina acneriana rotunda* 是最主要种, 优势度分别为 30% 和 90%。该种是现代黄河水下三角洲、前三角洲和南三角洲侧缘表层沉积物中最主要的种, 其数量占 39 8%~ 87 4%, 远远地超过 *Ammonia beccarii* vars 的百分含量 (10 8~ 27 6%)^[9]。根据粒度、软体动物、有孔虫和介形虫垂向的变化, 这一位于高程 - 12 74~ - 16 02 m, 3 28 m 厚的灰褐色黏土质粉砂夹黄色粉砂薄层是前三角洲。第 8 层至第 14 层中主要有孔虫种为 *Quinqueloculina rotunda rotunda* 和更能适应微咸水的 *Ammonia beccarii* vars (后者百分含量向上增加), 属于三角洲前缘沉积和分流间湾沉积物, 厚 8 7 m。中部为黏土质粉砂夹黄色粉砂薄层、透镜体, 属于分流间湾沉积; 底部以黄色粉砂为主, 夹黏土质粉砂, 厚 1 90 m, 顶部以粉砂为主, 夹有极细砂、黏土质粉砂, 厚 2 89 m, 都属于三角洲前缘, 这是分流河道摆动的结果。ZK228 孔高程从 - 16 02 m 至 - 3 30 m 沉积物厚 12 72 m, 属于公元 11~ 1099 年水下三角洲。

- 3 30~ - 4 04 m 处, 细砂占 25 08%, 极细砂占 54 03%。这层 0 54 m 厚的沉积物中含有丰富的软体动物壳。这是西汉末—北宋黄河三角洲废弃后所形成的改造层 (关于改造层将在后面进一步讨论)。第 6 层开始又是一个大变化。细粒的粉砂、黏土质粉砂重新出现。这是 1855 年黄河再次注入渤海形成的。第 4~ 6 层是现代黄河三角洲的水下三角洲; 第 3 层是它的下三角洲平原; 第 3~ 6 层有孔虫壳数少, 未见贝壳, 仅见个别生物潜穴。第 1~ 2 层是上三角洲平原沉积物。

表 1 山东省利津县 ZK 228 孔全新世有孔虫数量统计

Table 1 The foraminifera in the Holocene deposits in the drill hole ZK 228, Lijin, Shandong Province

属种名	样品号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9-1	9-2	10	11	12	13	14	15	15-1
深度 /m	1.38	3.15	5.10	7.04	8.61	11.01	12.32	14.76	16.29	17.31	18.24	19.94	21.49	22.20	22.76	23.04	24.28	25.71	
<i>Trochammina</i> sp									1										
<i>Quinquebulina</i> sp										1									
<i>Q. aceriata rotunda</i>				2		356		230	123	825	9	42							
<i>Q. sinuata jugosa</i>					4														
<i>Q. sinuata</i>					4					7	176		2						
<i>Q. sinuata langulata</i>										2			4	288					
<i>Spirobulina</i> sp.										1								1	
<i>Triloculina trigonula</i>													2		1				
<i>Buccella striatula</i>										1			1						
<i>Fissurina</i> sp										2			1						
<i>Buccella frigida</i>			1								16		2	68		1			
<i>Ammonia</i> sp											3								
<i>A. beccarii</i> vars				39		540		12	39	236			4	28	2				
<i>A. convexialosa</i>							28			3			5						
<i>A. compressuscula</i>							4						1						
<i>A. globosa</i>						12					1		2						
<i>A. annectens</i>											4		1	204					
<i>A. pauciloculata</i>															8				
<i>Protephidium</i> sp											4			12					
<i>P. tuberculatum</i>										2	32		23	268					
<i>P. granosum</i>				1		20													
<i>Pseudonion sinuatum</i>				1		32													
<i>Pseudonionella variabilis</i>						32													
<i>Ephidium magelanicum</i>						132					1		10	44	2				
<i>E. simplex</i>						32				1			1						
<i>E. advenum</i>						28					137		7	1232	2				
<i>E. hughesi</i>			2		84														
<i>Cribronion porisuturli</i>			2	8		4												1	
<i>C. incertum</i>						152				1	2	1	22	112	8	1			
<i>C. asiaticum</i>						4								36	2				
<i>Cribronion</i> sp. na 1										3	12		4						
属种未定								2											
种数	0	0	3	5	0	17	1	4	12	12	2	18	12	7	4	0	0	0	0
壳体数	0	0	5	51	0	1468	2	246	197	1263	10	139	2476	18	5	0	0	0	0

1.2 ZK 113 孔沉积记录和环境分析

在 ZK 228 孔之西 12.5 km, 1855 年海岸线西南 6 km 左右的 ZK 113 孔位于山东省利津县罗镇东北 1.8 km, 罗镇去河口和去六合的公路分叉处。孔深 20.50 m, 孔口高程 5.33 m。它揭露了西汉末至北宋黄河三角洲完整层序。自上而下如下 (图 3):

- 1 浅黄色粉砂夹薄层黏土质粉砂, 顶部 40 cm 成为耕作层。孔深 0~1.80 m, 高程 5.33~3.53 m, 厚 1.80 m。
- 2 褐色黏土质粉砂与粉砂互层。孔深 1.80~4.00 m, 高程 5.33~1.53 m, 厚 2.22 m。
- 3 黄色粉砂夹少量黏土质粉砂。孔深 4.00~5.00 m, 高程 1.53~0.33 m, 厚 1.00 m。
- 4 浅黄色粉砂夹薄层黏土质粉砂, 见生物潜穴 (生物扰

动构造)。孔深 5.00~6.00 m, 高程 0.33~ -0.67 m, 厚 1.00 m。

- 5 浅灰色粉砂, 底部夹薄层黏土质粉砂。孔深 6.00~7.25 m, 高程 -0.67~ -1.92 m, 厚 1.25 m。
- 6 灰黄色粉砂, 含贝壳碎片。孔深 7.25~11.50 m, 高程 -1.92~ -6.17 m, 厚 4.25 m。
- 7 褐色粉砂质黏土。孔深 11.50~11.72 m, 高程 -6.17~ -6.39 m, 厚 0.22 m。
- 8 浅灰色、浅黄色粉砂夹薄层黏土质粉砂, 中下部含贝壳碎片。孔深 11.72~14.00 m, 高程 -6.39~ -8.67 m, 厚 2.28 m。
- 9 灰色黏土质粉砂, 上部及下部岩性均一, 中部夹薄层粉砂。含贝壳碎片, 具生物扰动构造。孔深 14.00~15.50 m, 高程 -8.67~ -10.17 m, 厚 1.50 m。

表 2 山东省利津县 ZK 228 孔全新世介形虫数量统计

Table 2 The ostracoda in the Holocene deposits in the drill hole ZK 228 Lijin, Shandong Province

样品号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9-1	9-2	10	11	12	13	14	15	15-1	
深度 /m	1.38	3.15	5.10	7.04	8.61	11.01	12.32	14.76	16.29	17.31	18.24	19.94	21.49	22.20	22.76	23.04	24.28	25.71	
属种名																			
海水介形虫																			
<i>Albileberis sinensis</i>						10						2	2	4					
<i>Alpocythere gojoni</i>											2	3	50						
<i>A. sp.</i>												5		1					
<i>Bicornucythere bisanensis</i>						19		9	2	12		15	64	3					
<i>Camphilocythereis tamokoae</i>														1					
<i>Echinoocythereis bradyi</i>												15	67	4	1				
<i>E. bradyformis</i>						4		27	1	31	1	78	46						
<i>Leguminoocythereis coronaris</i>						2													
<i>Lepocythere ventridivosa</i>						5													
<i>Loxoncha ocellata</i>						48					3	1							
<i>L. tarda</i>														8					
<i>Munseyella pupilla</i>						1						1	6	1	1				
<i>Nemonooceratina crispata</i>						14					3	21	36	181	8				
<i>Perissocythereidea trapeziformis</i>						2													
<i>Pontocythere littoralis</i>						3													
<i>Præantocypris euryhalina</i>																			11
<i>Sinoocythereidea latiovata</i>				9		45	4	2	9			54	43	5	117				
<i>S. longa</i>						5						2	21		14				
<i>Spinoleberis furuyaensis</i>						1													
<i>Stigmatocythere dorsinata</i>						3							4						
<i>Tanella quina</i>						9													
种数	0	0	0	1	0	15	0	3	4	7	1	11	12	7	5	0	0	0	0
壳瓣数	0	0	0	9	0	171	0	40	8	80	1	152	493	26	164	0	0	0	0
淡水介形虫																			
<i>Condonia (Candona) sinuosa</i>															16				
<i>C. sp. indet.</i>															9				10
<i>Gotocypris sp.</i>															7				
<i>Illocypris bradyi</i>													1						
<i>I. salebrosa</i>																			2
<i>I. radicata</i>															1				1

10 灰黑色、灰色黏土质粉砂夹灰色、黄色粉砂薄层、纹层、透镜体,含贝壳碎片,下部较多,生物扰动构造发育。孔深 15.50~18.30 m,高程 -1017~-12.97 m,厚 2.80 m。

11 浅灰色极细砂,含丰富的贝壳碎片及完整的螺,不见层理。孔深 18.30~18.50 m,高程 -12.97~-13.17 m,厚 0.20 m。

12 灰黑色黏土质粉砂夹灰色粉砂,底部为 2 cm 的含碳粉砂。生物扰动构造发育,含有孔虫、贝壳及贝壳碎片。孔深 18.50~19.90 m,高程 -13.17~-14.57 m,厚 1.40 m。

13 褐色、灰色黏土质粉砂,含铁质锈斑、植物根及钙质结核。孔深 19.90~20.50 m,高程 -14.57~-15.17 m,厚 0.60 m。

对上述地层未进行系统的有孔虫鉴定。但在观察岩心时进行了涂片鉴定,定性确定有孔虫的有无。第 13 层未见有孔虫,从第 12 层开始见有孔虫。第 13 层含铁质锈斑、植物根及钙质结核是海侵前的

陆相沉积物,可见厚度 0.60 m。第 12 层生物扰动构造发育,含有孔虫、贝壳及贝壳碎片,属于海侵过程中形成的潮坪沉积。厚 1.40 m。第 11 层极细砂,比上、下沉积物都粗,含丰富的贝壳碎片及完整的螺,不见层理。这样的特征常见于接近低潮线的浅水区形成的沉积物,以此与潮坪沉积物分开。第 10 层生物扰动构造发育,含贝壳碎片。第 10~11 层属于海侵过程中及海面稳定后形成的陆架沉积物,厚 3.00 m。

第 9 层为灰色黏土质粉砂仅仅中部夹薄层粉砂,具生物扰动构造,上部和下部岩性均一。与上、下层都有明显的差别,属于前三角洲沉积物,厚 1.50 m。第 5~8 层以灰黄色、浅灰色、浅黄色粉砂为主,仅下部夹粉砂质黏土和少量薄层黏土质粉砂,为三角洲前缘沉积物,厚 8.00 m。第 1~5 层为下、上三角洲平原沉积物,共厚 6.00 m。又可以进一步划分。第 4

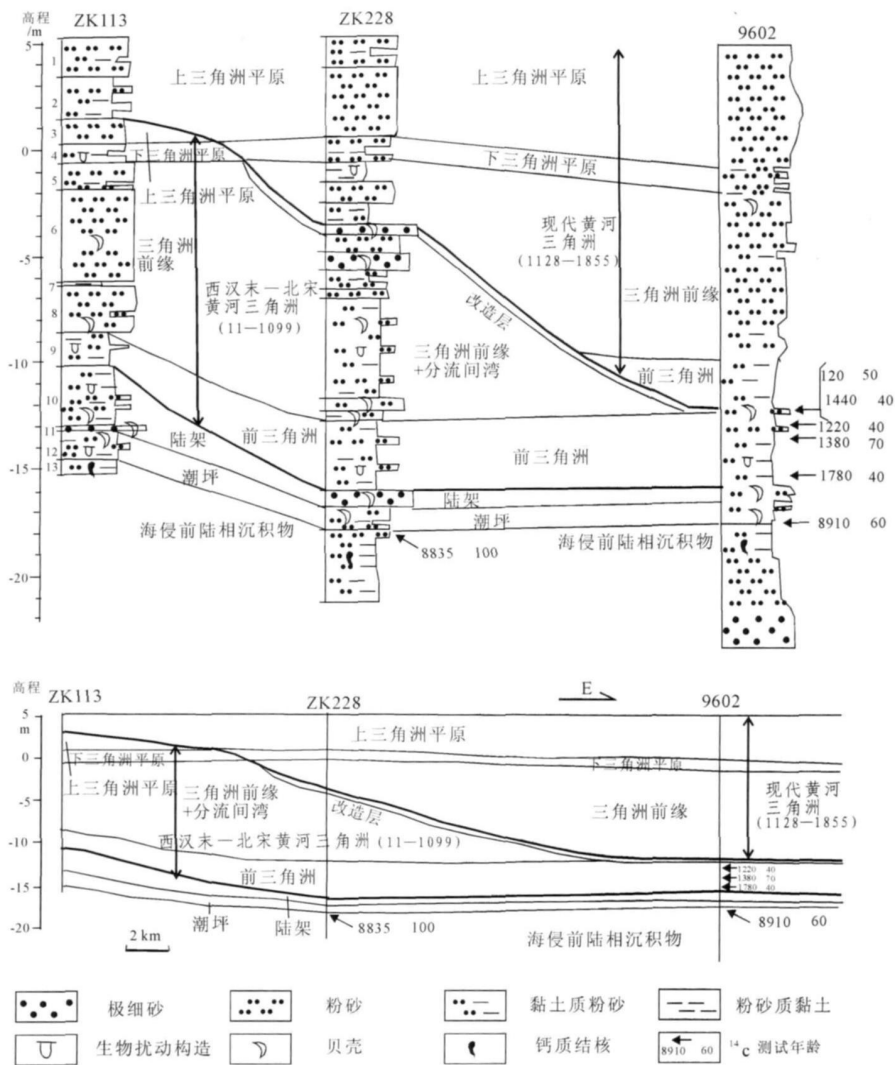


图 3 ZK 113 孔、ZK 228 孔及 9602 孔西汉—北宋及现代黄河三角洲沉积序列对比 (9602 孔系根据 Saito 等^[10] 改绘)

Fig 3 The sedimentary sequence correlation of the Yellow River Delta super bbes formed in 11~ 1099 and 1855~ present in the drill holes ZK 113, ZK 228 and 9602 (The data of drill hole 9602 from Saito et al.)

层浅黄色粉砂夹薄层黏土质粉砂, 见生物扰动构造, 属于下三角洲平原 (潮坪) 沉积物, 厚 1.00 m。第 3 层黄色粉砂夹少量黏土质粉砂, 老三角洲的上三角洲平原, 厚 1.00 m。第 1~ 2 层为浅黄色粉砂及褐色黏土质粉砂, 为 1855 年以来的上三角洲平原沉积物, 厚 4.00 m。由于钻孔岩心中未见到古土壤层, 新、老上三角洲平原的划分只是大致的。

1.3 西汉末至北宋黄河三角洲沉积环境分析

通常所划定的现代黄河三角洲的范围是以山东省垦利县宁海为顶点, 西起徒骇河, 南至淄脉沟这一范围。实际上它分为沉积格架上完全不同的两部分。

1855 年海岸线西南是早已成陆的老三角洲, 只不过 1855 年以来的分流河道经过这里而划为现代黄河三角洲的一部分。这里只是表层沉积了 1855 年以来形成的上三角洲平原沉积物, 它与河流冲积物十分接近。1855 年海岸线东北是 1855 年以来成陆的新三角洲。接近 1855 年海岸线处新三角洲叠覆在老三角洲之上, 在接近现在的海岸线附近才覆盖在陆架沉积物之上。

如果把叠覆在老三角洲之上的现代黄河三角洲沉积物揭去, ZK 113 孔 (位于 1855 年海岸线西南 6 km 左右) 是位于西汉末—北宋黄河三角洲陆地上的

钻孔,它揭露老三角洲的完整层序。ZK228孔则是一个靠近老三角洲海岸线的钻孔,它揭露老水下三角洲的大部分层序。H9602孔离老三角洲海岸线更远些,它只揭露老水下三角洲的部分层序(前三角洲的大部分)(图3)。西汉末—北宋黄河三角洲是在很浅的水域发育的。ZK113孔已经是距离老三角洲海岸线不远的钻孔。它所揭示的老三角洲厚度只有11.50 m,是在平均海面以下10.17 m水深处发育的。前三角洲厚1.50 m;三角洲前缘厚8.00 m;下三角洲平原(潮坪)厚1.00 m;上三角洲平原厚1.00 m。无论是整个三角洲厚度,还是水下三角洲各个组成部分都比现代黄河三角洲相应部分要薄,因为后者是在更深的水域发育的。

由ZK113孔向海方向,古海岸线外的ZK228孔中的西汉末—北宋三角洲是在平均海面以下16.02 m水深处发育的。发育不完全的水下三角洲厚度已经达到12.72 m(平均海面下3.30 m至16.02 m),前三角洲厚度3.28 m。比ZK113孔相应的沉积单元明显变厚。继续向海方向,9602孔是在平均海面以下16.70 m水深处发育的,只发育了前三角洲,厚度4 m。AMS¹⁴C直接测试年龄为1750±40 aBP,1380±70 aBP,1220±40 aBP。校正后的日历年龄为1700 cal yr BP,1310 cal yr BP,1170 cal yr BP。分别相当于公元250年,640年,780年^[10]。显示这一前三角洲沉积速率相当低,且与西汉末至北宋黄河三角洲形成的时代完全符合(图3)。

ZK113孔前三角洲沉积物之上发育三角洲前缘粉砂;而在ZK228则发育有4.72 m厚的分流间湾黏土质粉砂。这与现代黄河三角洲某些时期的沉积物相似。1934~1938年和1947~1953年曾经有3条分流河道同时活动。1953年以后由于人类的强势控制,现代黄河三角洲上的黄河才成为单一流河道的状态。很少有关于西汉末至北宋黄河三角洲分流河道状态的记载。那时人类对于河口附近的干预更少,推测三角洲上是多分流状态。ZK228和ZK113孔岩心中的西汉末至北宋黄河三角洲沉积物完全由细粒沉积物组成,最粗的为极细砂。这与现代黄河三角洲相似。

西汉末至北宋黄河三角洲废弃后在大潮高潮线附近形成不连续的贝壳堤,在低潮线至平均海面之下13 m水深形成改造层,为极细砂含丰富的贝壳及其碎片。ZK218孔改造层样品(多个贝壳和碎片)¹⁴C直接测试年龄为1085±65 a BP^[2]。在H9602孔这

一改造层的AMS¹⁴C直接测试年龄为1440±40 aBP(采集在高程-13.00 m)和120±50 aBP(采集在高程-13.02 m)。校正后的日历年龄分别是1660 cal yr BP和210 cal yr BP,或者公元290年和1740年^[10]。这恰恰表明这一改造层既包括三角洲活动期埋藏在水下三角洲的软体动物壳体,受到侵蚀后搬运并沉积在这里,又有1099~1855年生活在这里的软体动物壳体,在几百年的时间里反复受到波浪的作用,堆积在一个层中。任何一个三角洲叶瓣废弃后三角洲前缘都要受到侵蚀,而将沉积物及其中的生物壳体向更低的前三角洲搬运。当整个超级叶瓣废弃后这一侵蚀作用继续进行。造成年龄相差巨大的软体动物壳体堆积在同一改造层中。实际上在叶瓣活动期ZK228孔处三角洲前缘沉积物应该比现在观察到的更厚些。叶瓣、超级叶瓣废弃后上部被侵蚀掉,现在看到的是保留下来的部分。

2 西汉末至北宋黄河三角洲的年代和范围

公元11年黄河在魏郡元城(今河北大名东)以上决口,河水东北流,在今利津入海。至1048年黄河下游改道北流在今天津入海。黄河北流后,1060至1099年间有16年完全东流在山东北部入海;15年部分东流在山东北部入海。所谓河水东流不仅指1060年以后的二股河,也包括京东故道和横陇故道(图1)。公元1099年开始完全在今天津入海彻底结束了在山东入海的局面^[5]。所以这一三角洲的活动年代是公元11~1099年。简化的说法是公元11~1048年。

历史地理学家已经把战国、秦和西汉时期海岸线位置划在现在的利津城东北^[6]。在划分黄河三角洲超级叶瓣时把西汉末至北宋黄河三角洲的西南界放在郭井子和西山后贝壳堤的连线上^[11]。但多年过去,在这条线附近,特别是在东营东北没有新的埋藏贝壳堤发现。所以将这条线的中间部分向西南偏移,更接近利津。西汉末至北宋黄河三角洲的东界则是1855年海岸线。

3 历史时期黄河三角洲生物丰度的比较

ZK228和ZK113孔西汉末至北宋黄河水下三角洲沉积物中生物扰动构造虽然不很多,但并不少见,软体动物壳体常见,而现代黄河水下三角洲岩心中这

二者都非常少见。ZK218孔属于现代黄河水下三角洲的 8 样品中 3 个样品不含有孔虫; 有 3 个样品分别含有 1、2、5 个有孔虫壳体; 一个样品含有 30 个; 只有一个样品比较特殊, 含有 605 个有孔虫壳体。介形虫的变化情况也相似。这一含有较多有孔虫的沉积物很可能是三角叶瓣废弃后的改造沉积物。ZK227 孔的水下三角洲所含有孔虫更少, 7 个样品中最高含量为 19 个。位于苏北黄河三角洲的 QC4 孔有孔虫和介形虫的含量介于西汉末至北宋黄河三角洲和现代黄河三角洲之间。总体说来历史时期各个三角洲含有孔虫、介形虫的个体数量越来越少 (图 4、5)。这种变化趋势很明显, 它反映三角洲沉积速率迅速增加, 入海泥沙数量的急剧增加, 间接地反映黄土高原侵蚀越来越严重。

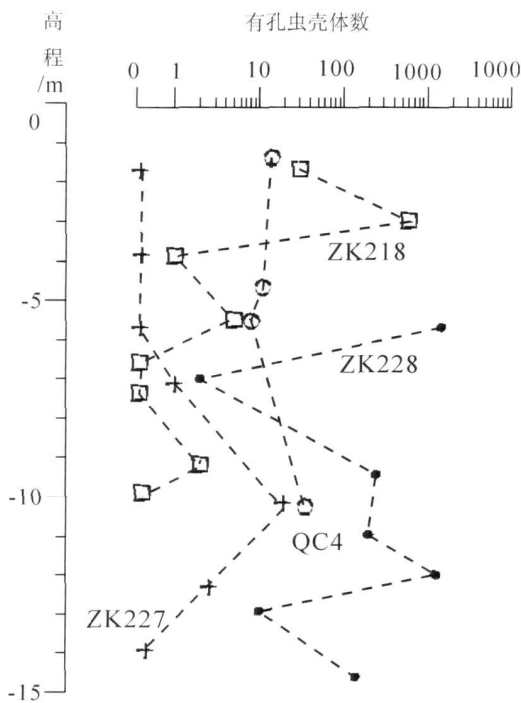


图 4 ZK228 孔西汉末—北宋黄河水下三角洲 (公元 11~ 1099 年, 水下三角洲底界高程 - 16.02 m), QC4 孔苏北黄河水下三角洲 (1128~ 1855 年, 水下三角洲底界高程 - 10.43 m, 据薛春汀等^[11]), ZK218、ZK227 现代黄河水下三角洲 (1855 年~ 现在, 水下三角洲底界高程分别是 - 15.50 m 和 - 14.85 m) 有孔虫丰度的比较。ZK228、ZK218 和 ZK227 孔位置见图 1, QC4 孔位于江苏省响水县陈家港四排湾村

Fig 4 Comparison of the foraminifera abundance in the subaqueous deltas of the superlobe in 11~ 1099 in the drill hole ZK228, the superlobe in 1128~ 1855 in the drill hole QC4 and the Modern Yellow River Delta superlobe since 1855 in the drill holes ZK218 and ZK227

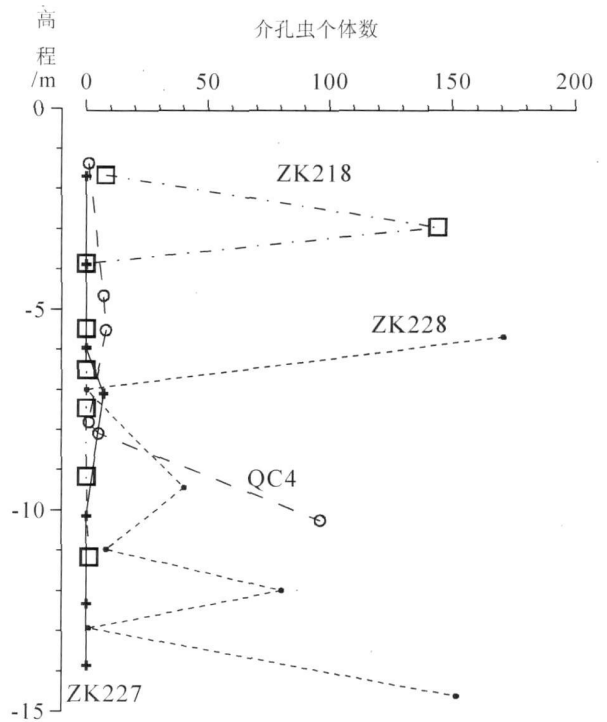


图 5 ZK228 孔西汉末—北宋黄河水下三角洲 (公元 11~ 1099 年, 水下三角洲底界高程 - 16.02 m), QC4 孔苏北黄河水下三角洲 (1128~ 1855 年, 水下三角洲底界高程 - 10.43 m, 据薛春汀等^[11]), ZK218、ZK227 现代黄河水下三角洲 (1855 年~ 现在, 水下三角洲底界高程分别是 - 15.50 m 和 - 14.85 m) 海相介形虫丰度的比较。ZK228、ZK218 和 ZK227 孔位置见图 1, QC4 孔位于江苏省响水县陈家港四排湾村

Fig 5 Comparison of the marine ostracods abundance in the subaqueous deltas of the superlobe in 11~ 1099 in the drill hole ZK228, the superlobe in 1128~ 1855 in the drill hole QC4 and the Modern Yellow River Delta superlobe since 1855 in the drill holes ZK218 and ZK227

4 结论

(1) 西汉末—北宋黄河三角洲 (公元 11~ 1099 年) 是在很浅的水域发育的。在离 1855 年海岸线内侧数千米处三角洲厚度只有 12 m 左右。无论是整个三角洲, 还是水下三角洲各个组成部分都比现代黄河三角洲相应部分要薄。自陆地向海方向该三角洲底界越来越低。

(2) 西汉末—北宋黄河三角洲前三角洲之上在不同地点发育三角洲前缘粉砂或者分流间湾黏土质粉砂。推测这一时期三角洲上多条分流同时活动。

(3) 三角洲中有孔虫和介形虫属种和数量都与下伏陆架沉积物的有明显差别, 且自下而上明显地显

示越来越受入海河水影响。

(4) 从西汉末—北宋黄河三角洲与苏北、现代黄河三角洲沉积物中生物丰度的比较可以看出沉积速率的增加, 反应这一历史时期黄河入海泥沙增加以及黄土高原侵蚀越来越严重。

参考文献 (References)

- 薛春汀, 成国栋. 渤海西岸贝壳堤及全新世黄河三角洲体系 [C] // 杨子庚, 林和茂主编. 中国近海及沿海地区第四纪进程与事件. 北京: 海洋出版社, 1989. 117-125 [Xue Chunting, Cheng Guodong. Shelly Ridges in West Coast of Bohai Sea and Holocene Yellow River Delta System [C] // Yang Zigeng, Lin Hemaq, eds. Quaternary Processes and Events in China Offshore and Onshore Areas. Beijing: China Ocean Press, 1989. 117-125]
- Xue Chunting. Historical change in the Yellow River delta, China [J]. Marine Geology, 1993, 113: 321-330
- Xue Chunting, Zhu Xinghua, Lin Hemaq. Holocene sedimentary sequence, foraminifera and ostracoda in west coastal lowland of Bohai Sea, China [J]. Quaternary Science Review, 1995, 14: 521-530
- 成国栋, 薛春汀. 黄河三角洲沉积地质学 [M]. 北京: 地质出版社, 1997: 1-147 [Cheng Guodong, Xue Chunting. Sedimentary Geology of Yellow River Delta [M]. Beijing: Geology Publishing House, 1997: 1-147]
- 邹逸麟, 谭其骧, 史念海. 历史时期的水系变迁, 黄河 [C] // 中国科学院《中国自然地理》编辑委员会. 中国自然地理, 历史自然地理. 北京: 科学出版社, 1982: 38-86 [Zhou Yilin, Tan Qixiang, Shi Nianhai. Changes of River System in Chinese History. Yellow River [C] // Physical Geography of China. Historical Physical Geography. Beijing: Science Press, 1982: 38-86]
- 中国历史地图集编辑组. 中国历史地图集 [M]. 北京: 中国地图出版社, 1975 [Working Group on Atlas of Historical Geography, China Atlas of Historical Geography, China [M]. Beijing: Atlas Press, 1975]
- 刘月英, 张文珍, 王跃先, 等. 中国经济动物志, 淡水软体动物 [M]. 北京: 科学出版社, 1979: 1-134 [Liu Yueying, Zhang Wenzhen, Wang Yuexian, Wang Enyi. Economic Animals of China. Fresh Water Molluscs [M]. Beijing: Science Press, 1979: 1-134]
- 赵泉鸿. 东海、黄海岸带现代介形虫分布的研究 [J]. 海洋学报, 1985, 7(2): 193-204 [Zhao Quanhong. Coastal ostracods of East China Sea and Yellow Sea [J]. Acta Oceanologica Sinica, 1985, 7(2): 193-204]
- 薛春汀, 李广雪. 黄河三角洲沉积环境和沉积物 [C] // 成国栋主编. 黄河三角洲现代沉积作用及模式. 北京: 地质出版社, 1991: 38-60 [Xue Chunting, Li Guangxue. Sedimentary environments and sediments in Yellow River Delta [C] // Cheng Guodong, ed. Sedimentation and Models of Modern Yellow River Delta. Beijing: Geological Publishing House, 1991: 38-60]
- Saito, Y., Wei Helong, Zhou Yongqing, et al. Delta progradation and chenier formation in the Huanghe (Yellow River) delta, China [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2000, 18: 489-497
- 薛春汀, 周永青, 朱雄华. 晚更新世末至公元前7世纪黄河流向和黄河三角洲 [J]. 海洋学报, 2004, 26(1): 48-61 [Xue Chunting, Zhou Yongqing, Zhu Xinghua. The Huanghe River course and delta from the end of Late Pleistocene to 7th century BC [J]. Acta Oceanologica Sinica, 2004, 26(1): 48-61]

Sedimentary Record of Yellow River Delta Superlobe in 11~1099

XUE Chun-ting LI Shao-quan ZHOU Yong-qing

(The Key Laboratory of Marine Hydrocarbon Resources and Environment Geology,

Ministry of Land and Resources, Qingdao Institute of Marine Geology, Qingdao Shandong 266071)

Abstract The Yellow River Delta superlobe in 11-1099 formed on a very shallow sea area. The thickness of the delta close to the coast line in 1855 is only 12 m. The delta front silt or interdistributary bay clayey silt accumulates on the prodelta. In the old delta deposits, the bioturbation structure can be observed, the mollusk shells are common, more foraminiferal tests and marine ostracod valves exist. They are different from those in North Jiangsu delta superlobe (1128-1855) and Modern Delta superlobe (since 1855). These indicate that the sedimentation rate in the old delta superlobe is lower than the other two younger delta superlobes and indirectly indicate the increasing erosion in the Loess Plateau.

Key words Yellow River delta, delta superlobe, sedimentary sequence, sedimentation rate