

南黄海埋藏古三角洲*

李 凡 张秀荣 李永植 李本兆

(中国科学院海洋研究所, 青岛 266071)

提 要 应用高分辨地球物理测量手段在南黄海中部深水区测量, 发现了大面积以前积与
前人所述反射结构为特征的埋藏三角洲地层。经过岩芯沉积成份分析、有孔虫组合、 ^{14}C 年龄测
定, 证明是晚更新世晚期海退时期的古黄河三角洲沉积, 并能与相邻的地层时代和沉积环境对
应。结合华北平原与陆架区埋藏古河道的研究证明, 晚更新世晚期低海面时期已经形成了黄河,
并且流进了渤、黄海陆架海区。

关键词 南黄海 埋藏古三角洲 晚更新世晚期

黄河是世界著名的多沙性河流, 研究黄河的形成时代, 低海面时期黄河是否流入中国
海陆架区, 以及最早于何时流入陆架等问题, 不仅对于研究中国陆架海沉积作用的发育历
史和古地理环境变迁具有重要意义, 而且对于研究全球变化也将提供重要信息。黄河的形
成时代和发育历史是中国第四纪地质研究中的一大难题, 至今已有不少学者分别在黄河流
域和中国陆架海区做了大量工作, 为这一问题的解决积累了不少资料。如果进一步将陆地
和陆架区的研究结合起来, 有可能使该问题的解决前进一步。

从河流沉积体系来说, 河口三角洲的存在是大河形成的重要标志, 其沉积结构特征明
显, 面积较大, 易于发现。如果在陆架区的调查中能够发现, 证明是不是黄河三角洲, 并
测定出其形成年代, 有可能对研究黄河的形成和发育历史提供重要信息。本文在国家自然
科学基金资助下, 在南黄海中部深水区, 通过浅地层测量发现了埋藏古三角洲地层, 经过
对钻孔岩芯的沉积物分析和年龄测定证明, 晚更新世末期黄河已经形成并流入黄海陆架区。

1 埋藏古三角洲的声学浅地层结构

利用高分辨率浅地层剖面仪在南黄海中部深水区测量, 在 $34^{\circ}02' \text{N} \sim 35^{\circ}30' \text{N}$, $123^{\circ}40' \text{E} \sim 124^{\circ}06' \text{E}$ 的范围内, 发现了以大尺度低角度前积反射结构为特征的地层, 其宽度沿测线
方向达 $50 \text{ km} \sim 60 \text{ km}$, 厚 $15 \text{ m} \sim 20 \text{ m}$ 。其中特别在 87-7 测线之第 59 测点上最为典型 (图
1)。

该测点附近海底以下 30 m 以内的地层, 据其声学反射特征可划分为二个反射界面
(T_1 , T_2) 和三个地层 (A, B, C)。 T_1 和 T_2 分别位于海底以下 1 m 和 25 m 左右。 T_1 以
上的地层 (A) 呈声学透明, 为全新世海侵以来形成的海相粉砂质软泥或粘土质软泥。 T_1 与

* 国家自然科学基金资助项目, 编号 B25490235 (Supported by National Natural Science Foundation of China, No B25490235)。有孔虫由郑守仪、傅钊先鉴定。王红莉同志参加了室内工作, 谨此感谢。

T_2 之间地层 (B) 内具有明显的前积反射结构, 厚 18 m ~ 20 m, 相当于末次冰盛期低海面时期的陆相或滨海相沉积。A、B 层之间为侵蚀不整合接触。B 层内部的前积反射结构中包括了 S 形斜交反射结构等, 其倾角一般不大于 2° ; 局部可达 10° 左右。前积反射层交错叠覆, 倾向不同, 类似于现代建设型三角洲之叶瓣体叠置, 反映其古水流方向不同之特征。地层所反映的沉积能量较强, 说明沉积物为偏砂相, 其顶部有不太典型的顶超现象。 T_2 反射面略有起伏, 其下之地层 (C) 具有平行和亚平行反射结构, 高连续性, 低振幅相, 为晚更新世晚期或中期之海相软泥沉积物, 大致相当于三角洲之底积层。

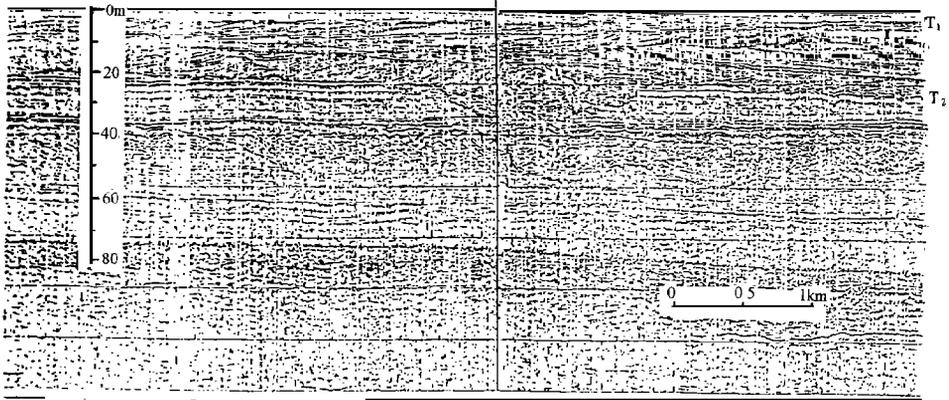


图 1 南黄海中部埋藏古黄河三角洲剖面 (34 39 N; 123 40 E, 水深-71 m)

Fig. 1 Profile of buried paleodelta in central part of the Yellow Sea

B 层中除了大量具有前积反射结构外, 在第 59 测点的两侧地层中或界面 (T_1) 上, 还有数个具明显切割充填反射结构的槽沟, 宽 0.5 km ~ 3 km, 深达 20 m 左右, 有的下切至 C 层之内。充填沉积物具波状或杂乱反射结构。显然这是低海面时期埋藏古河道的尾间和分流汊道。测区内大型前积交错层系和数个古河道汊河的组合, 构成了河口三角洲发育的地貌特征。

此外, 在图 1 中还可以看到, 三角洲前积交错层系下面有一埋藏古河道, 这种叠覆现象表明, 该三角洲为进积型, 发育于海退时期, 或者在三角洲发育摆动的过程中将废弃的古河道埋藏。

埋藏古三角洲区位于黄海中部之冷水团分布区内, 全新世沉积物厚度一般不大于 3 m, 因此古地面起伏依稀可辨。该区 - 80 m 等深线异常曲折, 形成了类似于许多小的海湾相邻分布的形势, 海湾间沙咀向海突出, 类似于现代黄河三角洲及长江三角洲区。这种特征与浅地层剖面揭示出的埋藏古三角洲的地理位置恰好吻合, 说明这里的曲折地形是古三角洲岸线的反映。

2 埋藏古三角洲的沉积特征及形成时代

在埋藏古三角洲区取得 2 个浅钻孔: 92-1 孔, 36 06 N, 123 55 E, 水深-81 m, 孔深 390 cm; 92-2 孔, 36 16 N, 124 00 E, 水深-78 m, 孔深 425 cm。据钻孔岩芯分析, 自下而上可分为 A、B 两层, 其中 B 层又可划分 B₁、B₂ 两个亚层 (图 2)。

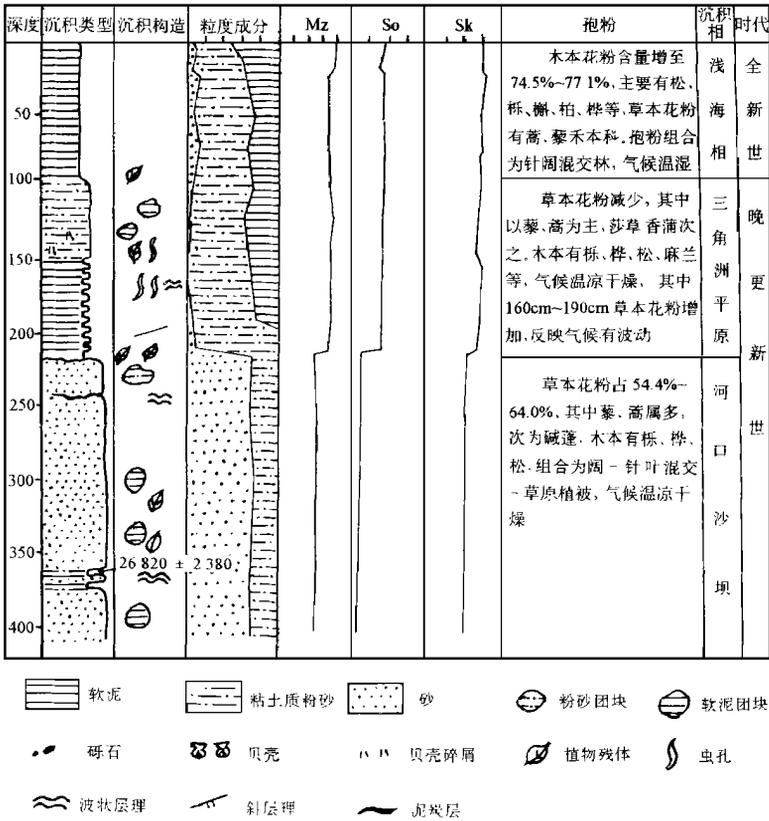


图 2 92-1 孔沉积物综合剖面

Fig. 2 Stratigraphic division of core 92-1

B₂ 层: 黄灰色粉砂, 极细砂层。该层在 92-2 孔中没发现。92-1 孔中 M_d 为 3.5 ϕ ~4.09 ϕ , σ 为 0.3~0.5, 分选较好, 概率曲线呈二段或三段结构, 其中悬移质组份含量 < 5%, S_k 为 0~0.5, 显示出流水搬运为主的水动力特征, 下部有粉砂质软泥夹层, 有孔虫组合中以嗜温转轮虫 *Ammonia tepida* cushman、冷面颊虫 *Buccella frigida* cushman、裂缝企虫 *Elphidium magellanicum* Heron-Allen et Earland 为主, 相当于长江口大沙滩或近岸浅海沉积环境。在 325 cm ~ 330 cm 处有较多的半咸水种: 扁圆企虫 *protelphidium compressum* zheng、短管小企虫 *Elphidiella brevicanal* zheng, $Sr/Ba < 0.65$, 为近河口沉积环境。在 275 cm ~ 280 cm 和 195 cm ~ 200 cm 处发现暖水种库什曼异鳞虫 *Heterolepa cushman* ujiie Kushkawa、敏纳圆幅虫 *Globorotalia menardii* d'Orbigny, 说明此时期内受外海暖水入侵影响, 类似于现代长江口受台湾暖流影响。在 350 cm ~ 365 cm 处 ¹⁴C 为 26 820 ± 2 380 aBP。

从上述沉积特征可以看出, B₂ 层应属晚更新世晚期之三角洲前缘河口沙坝沉积环境。相当于郑光膺等的第二海相层^[1], 刘敏厚等的 E-H 层^[2], 徐家声等的 B 层下部^[3], 秦蕴珊等^[4]的晚更新世末期陆相地层下部 (图 3、4)。

B₁ 层, 在 92-1 孔中位于 91 cm ~ 200 cm, 92-2 孔中位于 200 cm 以下, 其上段为黄灰色粉砂质软泥, 向下粉砂含量增多, 并出现粉砂、软泥互层。有平行、亚平行层理, 粉砂团块、虫孔、植物残体有机质条纹。有孔虫的种类和数量均减少, 其中以滨海浅水种组合

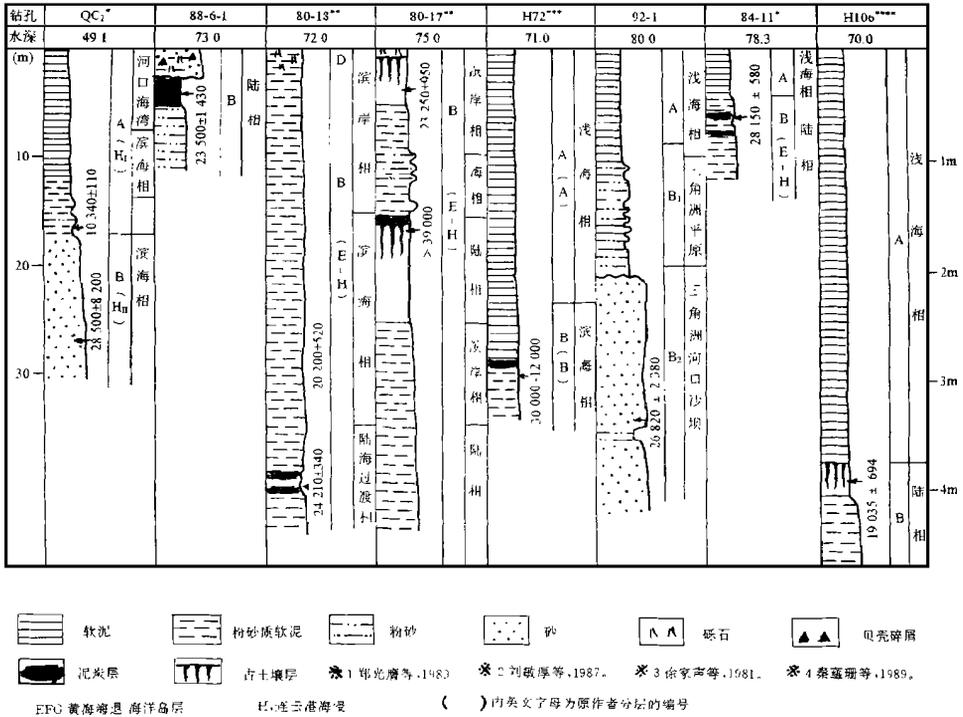


图 3 91-1 与相邻钻孔地层对比

Fig. 3 Comparison of the core 92-1 with adjacent cores

为主, 如孔缝筛九字虫 *Cribronion porisucuturalis* Zheng, 扁圆企虫, 短管小企虫、泡泡球虫 *Globigerina bulloides* d'Orbigny) 等。其顶部尚出现淡水轮藻, 片状矿物富集层等。说明在该层沉积过程中出现过静水沉积环境。因此, 该层为滨海相至滨岸相沉积, 可视为河口三角洲之顶积层。92-2 孔 365 cm ~ 375 cm 段, ¹⁴C 年龄为 14 880 ± 4 000 aBP, 相当于徐家声的上陆相层 (B 层) 的上部, 郑光膺^[1]、杨子庚^[5]的 H_I 和 H_{II} 之间的陆相层至 H_{II} 的上部, 刘敏厚的 E, F 层^[2]。秦蕴珊^[4]晚更新世末期陆相层的上部。

A 层 92-1 孔中 0 cm ~ 91 cm, 92-2 孔中 0 cm ~ 200 cm, 该层为黄灰色软泥, M_d 为 5.6%~ 6.2%, 粉砂含量自上而下略有增加, 在底部出现粉砂夹层和粉砂团块, 有孔虫组合接近于现代黄海中部的特征。如: 日本串泽虫 *Hanzawia nipponica* Asano, 结缘转轮虫 *Ammonia ketienziensis* Ishizaki *angulata* Kuwano 等, 为全新世陆架浅海相沉积。

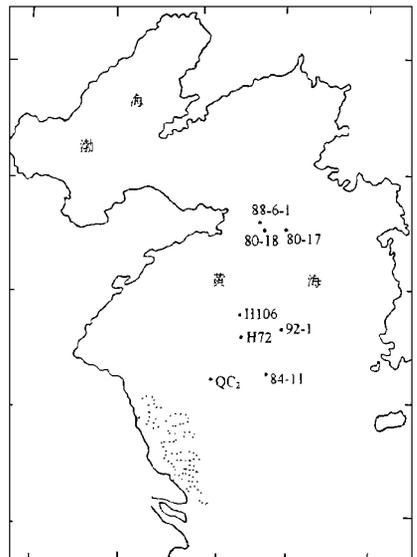


图 4 南黄海有关钻孔分布

Fig. 4 Distribution of Correlative cores in the Yellow Sea

综上所述可以看出, B₁ 和 B₂ 两个亚层组成了海退沉积层序, 三角洲应为进积型, 形成于晚更新世晚期, 在三角洲发育过程中海平面曾经发生过小尺度的波动。此外, 在南黄海北部和济州岛西部海域相当于 B 层的地层中, 均发现典型的前积反射结构, 类似于三角洲前积层, 宽数十公里, 厚 10 m ~ 20 m, 推测其为海退过程中另一时期的古黄河三角洲, 但因缺乏钻孔资料, 无法论证。

3 埋藏古三角洲的物质来源

埋藏古三角洲位于南黄海中部, 因此其物质来源可能与黄河、长江或鸭绿江等大河有关。由于大河流域的地质背景不同, 河流沉积物形成了不同的矿物组合, 特别是某些矿物具有不同的标形特征, 为判别物质来源提供了有利的条件。大量研究表明, 长江和黄河输入的重矿物组合不同^[6,7]。据分析, 黄河沉积物中为角闪石、绿帘石、片状矿物、钛铁矿组合, 并以石榴子石含量较高为特征, 同时含有较多卵粒状磷灰石而区别于长江。长江沉积物中则以白云石、角闪石, 绿帘石组合为特征, 同时含有相对较多的楣石、兰晶石、十字石等火成岩及变质岩矿物。除上述基本组合不同外, 黄河沉积物中的角闪石绝大部分不含包裹体, 长江的角闪石中约有 40% 的颗粒含包裹体, 而且白云石含量高达 20% 以上。鸭绿江的样品较少, 就临江口和上河口两地样品初步分析结果, 重矿物中角闪石, 片状矿物较多, 柘榴子石、钛铁矿含量低。角闪石晶体中含有碳质斑点或线状包裹体而与黄河、长江不同。92-1 和 92-2 之 B 层分析表明, 其重矿物组合基本上属于角闪石、绿帘石、片状矿物型, 并含有较多的柘榴子石, 绝大多数角闪石晶体内不含包裹体, 白云石含量极少。上述特征与黄河相似, 与长江、鸭绿江有较大区别。因此可以认为, 该三角洲的沉积物主要来自古黄河水系, 埋藏三角洲应为晚更新世晚期海退时期之古黄河河口三角洲。

李凡等曾经将黄海、渤海发现的埋藏古河道断面连接, 绘出了晚更新世末期低海面时期古黄河在渤、黄海陆架区分布的基本轮廓^[8]。这一时期的古黄河水系大致可分南北两支, 但其先后发育过程因目前尚无测年资料难以论证, 然而它们都曾汇集于该黄河三角洲区。北支由渤海经北黄海进入南黄海, 南支由苏北废黄河口附近向东伸入本区。北支的古黄河能够较好的和华北地区发现的浅埋古河道对应, 如吴忱等在豫北、鲁北、冀中南平原都发现了浅埋古黄河, 并指出, 末次冰期之主冰期的古黄河在山东禹城一带^[9,10], 张祖陆等在鲁北平原发现的一期埋藏古河道, 其¹⁴C 年代为 $24\ 400 \pm 1\ 100$ aBP ~ $25\ 130 \pm 470$ aBP^[11], 南支则可与丰、沛县一带晚更新世黄河古河道相连^[12]。由此华北和苏北平原陆上的浅埋古河道和渤、黄海陆架区埋藏古河道和古三角洲联成一体, 形成晚更新世末期古黄河水系的统一体。南黄海埋藏古三角洲的发现说明了在 2.7×10^4 aBP ~ 2.8×10^4 aBP, 当时的黄河入海口在南黄海中部陆架深水区。

参 考 文 献 (References)

- Zheng Guangying. Stratigraphic contrast of quaternary in the south Yellow Sea. Beijing Science Press, 1989. 234 ~ 237. (In Chinese) [郑光鹰. 南黄海第四纪层型地层对比. 北京 科学出版社, 1989. 234 ~ 237.]
- Liu Minhou, Wu Shiyong, Wang Yongji. Late quaternary in geology of the Yellow Sea. Beijing China Ocean Press,

1987. 390 ~ 400. (In Chinese) [刘敏厚, 吴世迎, 王永吉. 黄海晚第四纪地质. 北京 海洋出版社, 1987. 390 ~ 400.]
- 3 Xu Jiashen, Gao Jianxi, Xie Fuyuan. The last glacial period over Yellow Sea. *Science in China*, 1981 (5) 605 ~ 613. (In Chinese) [徐家声, 高建西, 谢福缘. 最末一次冰期的黄海. 中国科学, 1981(5) 605 ~ 613.]
- 4 Qom Yunshan. Geology of the Yellow Sea. Beijing Science Press, 1989. (In Chinese) [秦蕴珊. 黄海地质. 北京 科学出版社, 1989.]
- 5 Yang Zigen. Progress and events of China offshore and coast. Beijing China Ocean Press, 1989. 15 ~ 41. (In Chinese) [杨子庚. 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. 15 ~ 41.]
- 6 Luo Manyun. Characteristics of heavy minerals distribution of surface sediments on the western part of the South Yellow Sea. *Ocean Geology & Quaternary Geology*, 1983, 3 55 ~ 56. (In Chinese) [罗曼云. 南黄海西部表层沉积物中重矿物分布特征及其组合分区. 海洋地质与第四纪地质, 1983, 3 55 ~ 56.]
- 7 Sun Baiyun. Composition characteristics of detrital minerals in sediments on the western part of South Yellow Sea. *Ocean Geology & Quaternary Geology*, 1990, 10(3) 23 ~ 33. (In Chinese) [孙白云. 黄河、长江和珠江三角洲沉积物中碎屑矿物组合特征. 海洋地质与第四纪地质, 1990, 10(3) 23 ~ 33.]
- 8 Li Fan, Zhang Xiurong, Meng Guanglan et al. Burried paleo Yellow River over Bohai Sea and Yellow Sea. In *The Treatise on Coast Erosion and Sea Level Changes*. Nanjing Nanjing University Press, 1995. 221 ~ 233. (In Chinese) [李凡, 张秀荣, 孟广兰等. 渤海、黄海区埋藏古黄河. 见 海平面变化与海岸侵蚀专辑. 南京 南京大学出版社, 1995. 221 ~ 233.]
- 9 Wu Chen. Paleo-river Study of Northern China Plain. Beijing China Science and Technology Press, 1991. 95. (In Chinese) [吴忱. 华北平原古河道研究. 北京 中国科技出版社, 1991. 95.]
- 10 Wu Chen. Natural Enviromental Change in Past 40 000 Years over Northern China Plain. Beijing China Science and Technology Press, 1992. 77 ~ 80. (In Chinese) [吴忱. 华北平原四万年来自然环境变迁. 北京 中国科学技术出版社, 1992. 77 ~ 80.]
- 11 Zhang Zulu. Fundamental characteristics of buried paleo-river channel over northern plain of Shandong province. *Scientia Geographica Sinica*, 1990, 10(4) 372 ~ 378. (In Chinese) [张祖陆. 鲁北平原浅埋古河道带基本特征. 地理科学, 1990, 10(4) 372 ~ 378.]
- 12 Jiangsu Geology Bureau. Underwater water resource of Jiangsu province. Nanjing Jiangsu Science and Technology Press, 1991. 12 ~ 13. (In Chinese) [江苏省地质矿产局. 江苏省地下水资源研究. 南京 江苏科学技术出版社, 1991. 12 ~ 13.]

作者简介

李凡, 男, 1936年生, 研究员。1959年毕业于山东师范学院地理系, 分配到中科院海洋研究所海洋地质地貌室工作, 从事海岸地貌和海洋沉积学研究。在国内外发表论文 40 余篇。

BURIED PALEO-DELTA IN THE SOUTH YELLOW SEA

Li Fan Zhang Xiurong Li Yongzhi Li Benzao

(*Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071*)

Key words the south Yellow Sea, late pleistocene, buried paleo-delta

Abstract

During 1983 ~ 1993, sub-bottom stratigraphic sequences were measured by high resolution geophysical instrument and sedimentary body characterized by large scale, low angle and progradational reflection configuration with the feature of delta structure was found in the central deep water area of the south Yellow sea (123°40' ~ 124°06' E, 34°02' ~ 35°N). The extent of the sedimentary body is 50 km ~ 60 km in the surveying line direction with the thickness of 15 m ~ 20m. In the area near the No. 56 station, two reflection surfaces (T_1, T_2) and three strata (A, B, C) are distinguished below seabottom within 30 m, according to the feature of acoustical reflection configuration. The stratum above T_1 represents Holocene series marine sediment and that between T_1 and T_2 (B) represents late pleistocene series, the interbed of land and marine facies sediment and the stratum (C) below T_2 represents middle pleistocene series. The interface between A and B is unconformable. Above-mentioned sedimentary body is located up in B stratum, and below it there is a buried paleo-river dated $^{14}\text{C} 26 820 \pm 2 380$ aBP. It is inferred that the buried paleo-delta is constructional formed during regressive period of late pleistocene. In addition, Close to the No. 59 station, there are 3 ~ 4 channels with dissected filling reflection configuration, which are branches of a large buried paleo river with progradational bedding and sedimentary and geomorphological features in river mouth delta.

Analysing of core 92-1 near the No. 59 station shows that foraminifera assemblage and Sr/Ba are possessed with the feature of depositional environment from river mouth to nearshore. This proves further that the sedimentary body with progradational reflectional configuration is a river mouth delta. Result of mineral analysing shows that mineral assemble in the delta sediment consists mainly of Amphibole, Epidote, Timentit, Biotite and Carnet. The content of Carnet is higher than that of the sediment from Changjiang River, and most of Amphibole crystals have no inclusion. Above feature can be distinguished not only from that of the sediment from Changjiang River but also from that of Yalujiang. It is thus clear that mineral association feature in the delta sediment is similar to that from the Huanghe River. Obviously, the delta represents buried paleo-Huanghe River delta formed during regressive period of late pleistocene.

Finding of Buried paleo-Huanghe River delat shows that paleo-Huanghe River flowed on the south Yellow Sea shelf during late pleislocene.