

广东汕头南部近海晚第四纪埋藏古河曲的研究*

刘阿成 吕文英 蔡峰

(上海东海海洋工程勘察设计研究院 上海 200090)

(国家海洋局第三海洋研究所 厦门 361005)

提要 GEOPULSE 甚高分辨率地震地层记录的研究表明,广东省汕头市南部近海埋藏有古河曲,曲率半径为 6—7 km;发育有主河道和主、支河道。主河道宽 2—3 km,最深约 25 m;汉道宽 200—1500 m,深 4—5 m。在弯道处,主槽强烈东凸,侧向侵蚀显著。古河曲的形成在距今 14kaB. P. 之后,随着晚第四纪末次海面上升,在距今约 12.3kaB. P.,古河曲的远岸部分开始淤浅,距今约 11kaB. P. 时整个河曲被淤平而消失;尔后,古河曲的近岸部分被韩江现代水下三角洲所掩埋。古河曲为古练江的一部分:从现在的练江口附近向东流去,在企望湾口转向南,再顺时针拐弯流向海洋。

关键词 埋藏古河曲,晚第四纪,地震地层学,南海
中图分类号 P736

晚更新世末次盛冰期低海面时,海面下降,沿海陆架裸露成陆,河流外延,在陆架古地面上冲蚀出新的河道。这些河道在海面上升后,或被海流破坏,或被沉积物掩埋在海底之下,观察比较困难,对它们的研究很少(李凡等, 1990, 1991; Liu *et al.*, 1993),而对具体的古河型及其内部结构的研究则更是鲜有文章报道。地震地层学特征可以比较客观地划分地层,推断古沉积环境(Vail *et al.*, 1977; Mitchum *et al.*, 1977)。甚高分辨率地震地层记录可以提供连续、二维的海底浅部地质信息剖面,穿透的沉积物深度从数十米至约百米,是研究近海晚第四纪地质过程和古地理环境的重要方法(Liu *et al.*, 1992, 1993)。

文中作者应用甚高分辨率地震勘探记录,研究了广东省汕头市南部近海晚第四纪末期埋藏古河曲的形态、演变及其原因等,以期为该海域晚第四纪古环境的研究提供新的佐证。

1 研究区概况

研究海区位于广东省汕头市南部的企望湾外,从湾顶向东南约 30 km(水深约 35 m),坐标位置为 23°00′—23°30′N, 116°30′—117°00′E(图 1),东面毗邻台湾浅滩(郑铁民等, 1982; 邱传珠等,

1986; 蓝东兆等, 1991)。企望湾为不对称的对数螺线弧形海湾,海岸线已达到相对平衡(王文介, 1985)。湾顶为沙滩和天然岸堤,平均坡度约为 30°,5m 等深线紧贴海岸,勾勒出湾顶形态;海底地形平缓向东南倾斜,近岸部分(水深约小于 20m)坡度 10°,向外变缓约为 5°。近岸海域表层沉积物以粘土质粉砂和粉砂质粘土为主(梁国雄, 1986; 王文介等, 1986),与作者在该海域采集到的重力柱状沉积物类型是一致的,从 25—30m 等深线向外变为粗砂。

研究海区北面的韩江是本区最大的河流,成多个分叉河口注入汕头港和南海,年总径流量约为 $296 \times 10^8 \text{ m}^3$,年入海泥沙约 $11 \times 10^6 \text{ t}$;图 1 中标出了韩江分支中的新津溪和外砂河,北面的分叉河口已超出图框。研究海区的西面有练江,径流量较小。本区为弱潮区,平均潮差为 1.02—1.22 m,涨潮流向偏 NE,落潮流向偏 SW,偏 E 向波浪强劲。韩江入海泥沙大部分在口门附近沉落,部分在潮流和波浪的作用下沿海岸向西南输送,即向研究海区近岸输送。韩江现代水下三角洲的分布范围不大,向外到达约 25m 等深线处,距离企望湾顶约 16km,企望湾外的细颗粒沉积物即为该

* 福建省自然科学基金资助项目, B9910021 号。刘阿成,男,博士,教授级高级工程师, E-mail: liuac@online.sh.cn

收稿日期: 2003-02-08, 收修改稿日期: 2003-08-29

三角洲前缘相沉积。

据专家推测(中国科学院南海海洋研究所海洋地质研究室, 1978), 从韩江、练江等河口到 30—35m 等深线, 有数条溺谷或埋藏谷, 形成时代可能为全新世; 更深的海区直到大陆坡, 也有古溺谷, 形成年代可能为更新世到中新世; 与这些溺谷相对应, 韩江口外存在二期水下三角洲。

2 仪器与样品采集

调查仪器为 O. R. E. GEOPULSE 甚高分辨率地震勘探仪, 地层分辨率为 0.2—0.5m, 地层穿透深度最大可达约 100m, 主要由震源、接收机、震源换能器、水听器阵和记录仪等组成。调查时震源换能器和水听器阵拖曳于船后约 15m, 两者相距约 5m, 沉放深度约 0.3m, 发射能量为 280J, 记录量程设置 80ms 或 100ms。采用计算机 DGPS 导航定位, 定位间距为 100m, 精度优于 3m。由于研究海区的潮差很小, 记录解释时未考虑潮汐引起的深度误差, 也未作定位误差改正。

主; 在 S26 站重力取样管无法击入, 改用蚌式采泥器, 采集的泥样为粗砂。

3 地震地层学特征和地层划分

本次调查中地震剖面的最大深度约 80ms(双程时间), 地质解释时地层平均声速取 1700m/s, 穿透的地层厚度最大约为 60m。在剖面中可以辨认出多个强反射界面, 结合反射波组特征, 按由新到老的顺序可划分为如下地层。

A 层 反射波频率高、振幅强、连续、平行近水平, 反射波特征上下基本一致(图 2); 顶面为海底, 底面平直, 顶超下伏地层。近水平的细层理很发育; 分布于近岸海域, 厚度为 0—6m, 由岸向海变薄, 至距离企望湾顶约 16km 处尖灭。柱状样调查表明, 本层以粘土质粉砂为主(图 1 的 S15、S25), 属于韩江现代水下三角洲前缘相, 为全新世高海面以来的沉积物, 时间为距今 6kaB. P. 以来。类似的地震地层记录特征在长江口和浙江省近岸海域是很常见的。

B 层 反射波频率和强度特征与 A 层相似, 但呈波状起伏或呈倾斜多变状。该层局部有分布, 在近岸海域被 A 层顶超(图 2), 在远岸海域则直接出露海底(图 3), 底面深切入下伏地层; 厚度为 0—20m, 呈透镜状, 向两侧尖灭较快, 为古河道沉积物。B 层是本文的主要研究对象。

C 层 反射波频率高、振幅中等、连续—亚连续、大致平行海底。顶面一般直接出露海底, 局部被 B 层切入、覆盖(图 3); 底面平直或者舒缓起伏, 局部呈小沟谷切入下伏地层。主要分布在外海, 厚度稳定, 向岸在距离企望湾顶约 16km 处开始被很薄的 A 层覆盖, 尔后再向岸伸展约 2km 即尖灭在 A 层之下。水平层理比较发育, 厚度稳定在约 20m 处。根据 S26 站的采样结果, 该层以粗砂为主, 与现在的沉积环境不符, 与台湾浅滩西部的浅表层沉积物类型相似, 属于晚更新统(郑铁民等, 1982; 曾成开等, 1982; 谢以萱, 1983; 罗又郎等, 1985; 许志峰等, 1989; 蓝东兆等, 1989, 1991)。从其水平层理比较发育、厚度稳定以及反射波振幅中等地震地层学特征判断, C 层具有浅海或滨海相沉积物的典型特征(Sheriff, 1976)。

D 层 反射波特征的变化较大, 上部反射波很弱且较凌乱, 中、下部频率中等—低, 振幅高。分布于近岸海域, 一般伏于 A 层之下, 局部被 B 层切入(图 2); 向外在距离企望湾顶约 15km 处开始伏于 C 层之下, 再外伸约 1km 即尖灭。顶面因

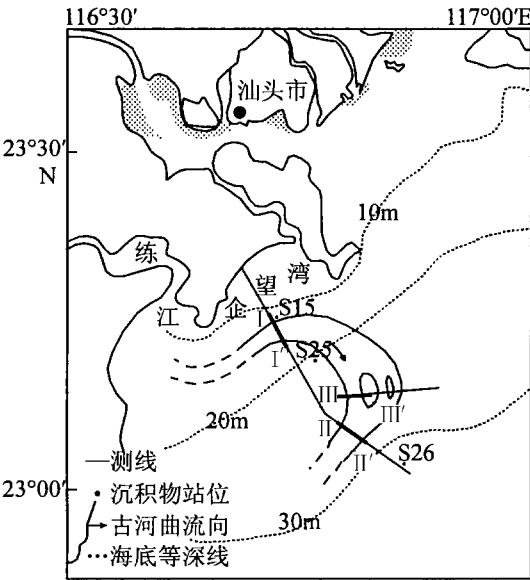


图 1 研究海区的地理形势、测线、沉积物取样站位和古河曲

Fig. 1 Geography of the study area, showing survey lines, sampling stations and paleo-meandering river

图 1 中两条测线表示两组测线的中轴测线, 每组包括 7 条平行的测线, 即在中轴测线的两侧各有 3 条测线, 线距为 100m, 覆盖宽度为 600m。记录来自 1998 年在该海区的某项工程勘测, 在地震勘探之前约半年进行了沉积物重力柱状采样, S15 和 S25 站柱状样长 2.4 m, 以粘土质粉砂为

沟谷切割, 与上覆地层呈不整合接触, 顶面埋深一般不足10m。层理稀疏多变, 判断为陆相沉积物。

C层和D层以下的沉积物与本文的研究基本没有关系, 不再细分。

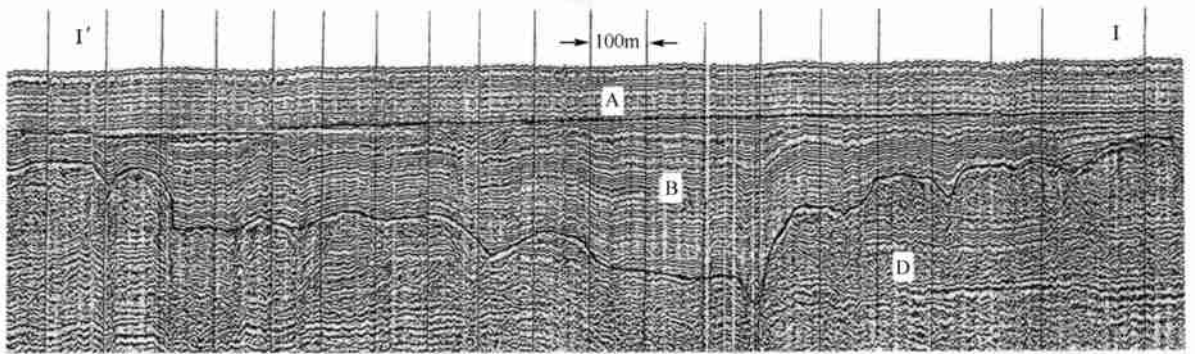


图2 地震地层记录显示近岸海域主河道横断面(剖面位置见图1)

Fig. 2 Seismic profile showing cross section of a buried river channel in present near sea coast.

For location of the profile see Fig. 1

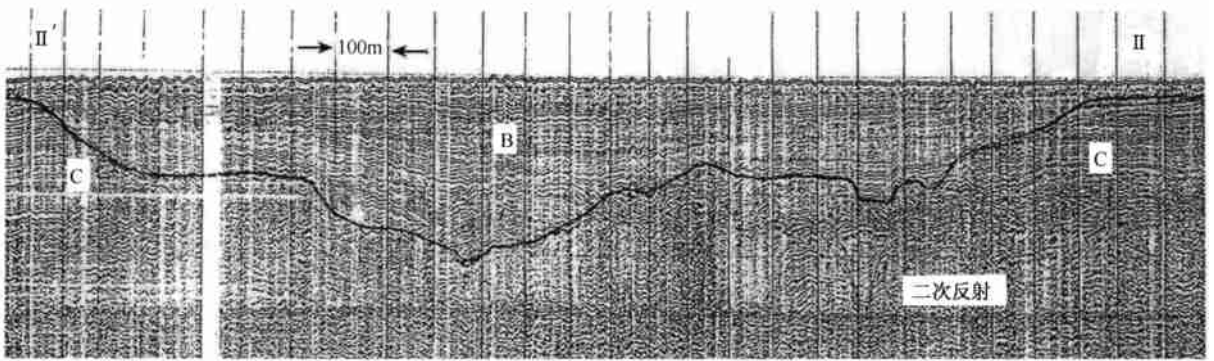


图3 地震地层记录显示远岸海域主河道横断面(剖面位置见图1)

Fig. 3 Seismic profile showing cross-section of a buried river channel offshore. For location of the profile see Fig. 1

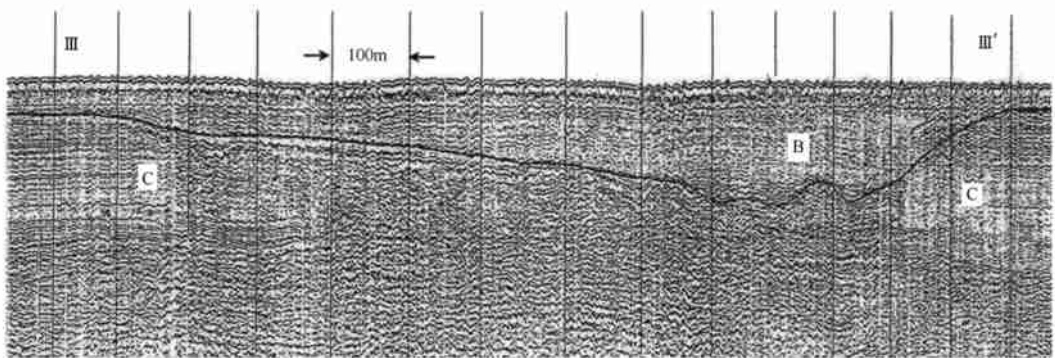


图4 地震地层记录显示古河曲的主河道横断面(剖面位置见图1)

Fig. 4 Seismic profile showing cross-section of a main tributary in a paleo-meandering river.

For location of the profile see Fig. 1

4 古河曲断面形态和河型分析

4.1 横断面

古河道横断面的宽度和深度变化很大, 宽的为2—3km, 深度超过25m; 窄的仅为200—300m,

深度为4—5m。将前者称为主河道, 后者为汉道。

4.1.1 主河道 近岸海域的主河道宽度约为2—2.5 km, 最大深度为22m(现在海面下约44m), 边坡较陡, 以不对称为主。河道切入D层地层,

而被 A 层覆盖(图 2), 即被全新世海相沉积物覆盖。

远岸海域的主河道宽度约为 2.5km, 最大深度为 25m(现在海面下约 55m), 边坡较平缓, 河道断面形态比较稳定, 近对称, 呈宽“U”型, 河道切入 C 层, 局部切穿 C 层; 河道沉积物(B 层) 顶面出露海底(图 3)。

无论近岸的, 还是远岸的河道, 河道两侧都是北岸高, 南岸低, 与现在的海底相似, 表明当时古地面也是由北向南倾斜的。

4.1.2 汉道 在 E—W 向的横测线上观察到多条汉道, 宽度在 200—1500m 之间, 最大深度约为 8m, 浅的为 4—5m, 可依宽度和深度将它们分为主汉道和支汉道, 主汉道的宽度在 1000—1500m, 深度约 8m; 小的支汉道宽约 200m, 深度也浅得多。横断面差异很大, 有对称的和强烈不对称的, 小的汉道一般都是对称的。图 4 表示的是主汉道, 宽约 1300m, 强烈不对称; 河道的西坡宽达 1000m, 坡度平缓, 约为 8%; 东坡宽仅 300m, 坡度为 50%, 主泓紧贴东岸(图 4 中右侧), 侧向侵蚀显著, 可以判断东岸是凹岸, 西岸是凸岸, 因此是一典型的弯曲河道, 且古河流是由北向南顺时针拐弯流动的, 这与前述古地面北高南低的事实也是相符的。

由图 4 也可以发现, 该河曲凹岸一侧沉积物的反射波较弱, 层理欠发育, 判断以砂或砂质粉砂为主; 而凸岸一侧则相反, 反射波较强, 水平细层理较发育, 符合细颗粒沉积物的地震地层学特点。上述的沉积物类型差异与河流弯道处的水动力特点也是一致的。弯道河流的动力学特点是存在环流结构(倪仁晋等, 1998), 水流出现离心惯心力, 致使主泓逼近凹岸, 流速大; 迎着流水看去, 河水在向前流动的同时, 还有顺时针的螺旋运动, 不仅对凹岸产生侧向侵蚀, 也产生垂向的掏蚀作用, 并将细颗粒物送向凸岸。因此凹岸一侧沉积物较粗, 而凸岸一侧因流速小, 沉积物细。在该主汉道的东面还有多条大小不等的汉道, 宽度一般在 500m 以下, 小的只有约 200m, 河底平坦, 呈浅箱形, 说明小汉道中水势较缓。

4.2 纵断面

沿古河曲纵断面的地震地层剖面记录很少, 因此对河道沿纵向变化的总体情况缺少了解。但主河道在短距离内可以有较大的起伏, 如在近岸河段, 局部“V”型下切, 深达 20 多米, 说明当时主

河道的流速至少局部是较大的。

4.3 古河型分析

河型可以理解为河流的平面形态。上面的研究表明, 古河曲是由北向南顺时针拐弯的。该河曲的岸边海域段处于企望湾口, 企望湾顶的达濠河很小, 其内陆有连片的丘陵, 第四纪晚期的地貌条件与现在是相似的, 不可能发育大的河流。推断古河曲应该是古练江的一部分, 其河型如下: 从现在的练江口附近向东, 在企望湾口向南拐弯, 形成一个曲率半径为 6—7km 的马蹄形河曲(图 1)。这也证实了前人关于存在古练江河道的推测(中国科学院南海海洋研究所海洋地质研究室, 1978)。值得一提的是, 古河曲除在弯道处形成三个大的汉道外, 还有其他小汉道, 由于测线稀少, 难以确定小汉道的准确走向, 因此在图 1 中未予以全部表示。

5 古河曲的演变和原因

古河曲已完全被沉积物填满, 近岸部分被覆盖在全新世海相沉积物之下, 在海底上毫无痕迹。虽然缺少直接的古河道钻孔资料, 但是可以根据地震剖面的地层层序关系, 结合附近海域的前人研究成果, 粗略分析古河曲的形成、演变和原因。

古河曲的远岸部分(III—III' 断面) 切入以粗砂为主的 C 层沉积物中, 该层普遍裸露于海底(图 4)。蓝东兆等(1991) 的研究表明, 该砂层至少从台湾浅滩的中部向西分布到 117°E, 即本文的东边界, 砂体东西横跨 150km 以上, 顺台湾海峡南部延伸 200km 以上。根据许志峰等(1989) 和蓝东兆等(1991) 对台湾浅滩柱状样的¹⁴C 测年结果, 其 809 号站的 0.90—1.20m 层的沉积年代为 3349 ± 130a B. P., 2.50—2.75 m 层为 13927 ± 219a B. P.; 825 号站的 0—0.10m 层为 5556 ± 241a B. P., 0.75—1.05 m 层为 14107 ± 349a B. P.。809 号站和 825 号站分别位于本文研究区东侧约 100 km 和 150 km 处。据此可以推断砂层的形成年代约为 14000a B. P., 即晚更新世晚期, 其表层沉积物的年代较新是由于在中、晚全新世高海面环境下受海流改造的原因。古河曲切入 C 层砂(图 3), 其形成年代应在 14000a B. P. 之后。

远岸部分的古河床和河岸分别在现在海面以下约 55m 和 30m 处, 而近岸部分(I—I' 断面) 在 44m 和 25m 之下。本海区关于晚更新世以来的海面变化的研究较少, 据杨怀仁等(1984), 晚第四纪

末次盛冰期时,我国东海最低海面出现在约 18ka B. P., 为 -120m, 尔后海面开始上升, 15—11ka B. P. 时期海面上升速度最猛, 达到 18.2mm/a; 据该文图 3 的海面变化曲线推算, 约在 12.3ka B. P. 时, 海面已上升到约 -55m, 继而在约 11ka B. P. 时达到约 -25m。这就意味着前者, 海水已到达本文古河曲的远岸部分, 河床开始淤浅(图 5c), 而到后者时, 海面已上升到古河曲近岸部分的河堤顶部, 可以认为此时古河曲已被完全淤平(图 3

和图 5d)。因此, 古河曲存在于 14—11ka B. P. 之间(图 5)。晚更新世与全新世的时间界限一般划定在 12ka B. P. (李平日等, 1987; 曾从盛, 1991), 所以古河曲形成于晚更新世晚期, 消失于全新世初期。随着海面的持续上升, 至 6ka B. P. 时海面已达到现今的水平, 近岸海域发育了一层韩江水下三角洲沉积物(A 层), 将古河曲的近岸部分掩埋在该沉积物之下(图 2 和图 5e)。

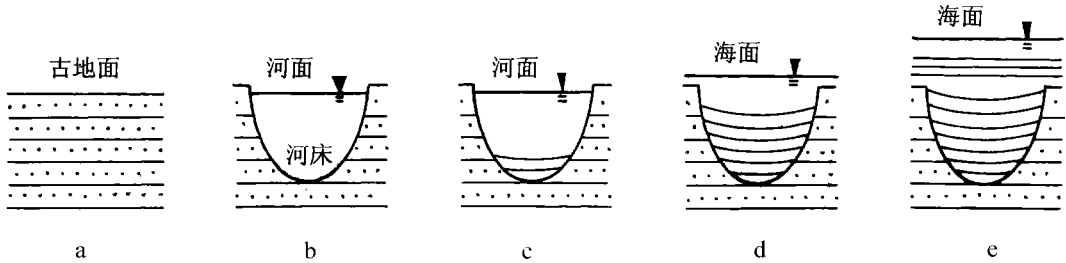


图 5 古河曲的演变历史及其与海面变化的关系

a. 14ka B. P. 前; b. 14ka B. P. 后; c. 12.3ka B. P.; d. 11ka B. P.; e. 6ka B. P. 后

Fig. 5 Evolution of the paleo-meandering river and its relations with sea level rise

a. before 14ka B. P., b. after 14ka B. P., c. 12.3ka B. P., d. 11ka B. P., e. after 6ka B. P.

在图 2 中可以发现, 古河道内的沉积物(B 层)不断向两岸上超原来的河床, 这种接触关系指示海面处于持续上升阶段(Mitchum *et al.*, 1977), 河道也越来越浅, 直至淤平消失, 然后被全新世的海相沉积物(A 层)所覆盖。

综合以上海面变化曲线和 B 层沉积物的地震地层学特征, 可以肯定古河曲的淤浅、消失和被掩埋的原因是晚更新世晚期以来的海平面持续上升。

6 结论

(1) 甚高分辨率地震地层记录的研究表明, 汕头南部近海的浅部地层中发育有埋藏古河曲, 埋深数米到约 30m; 存在于 14—11ka B. P. 之间, 即晚更新世晚期至全新世初。

(2) 古河曲在横剖面上可区分出主河道、主汊道和次汊道等。在弯道处, 河道的侧向侵蚀显著。

(3) 古河曲的淤浅、消失和被沉积物覆盖, 是由于晚更新世晚期以来海面上升所致。

本文的地震勘探线较少, 对于古河道在更大范围内的形态和地震地层学特征尚需进一步的研究资料。

致谢 东海监测中心参加了海上调查; 孙瑞文、葛利民和邓波同志帮助图件处理, 谨致谢忱。

参 考 文 献

- 王文介, 1985. 粤东锯齿状海岸弧形砂质湾滩的发育. 热带海洋, 4(2): 15—21 [Wang W J, 1985. Development of arc-shaped beach of sawtoothed coasts in the eastern Guangdong Province, China. Tropical Ocean, 4(2): 15—21]
- 王文介, 欧兴进, 林怀兆, 1986. 韩江河口发育的现代过程和演变. 热带海洋, 5(1): 37—45 [Wang W J, Ou X J, Lin H Z, 1986. Modern development processes and evolution of Hanjiang River estuary. Tropical Ocean, 5(1): 37—45]
- 中国科学院南海海洋研究所海洋地质研究室, 1978. 华南沿海第四纪地质. 北京: 科学出版社, 21—22 [Marine Geological Department of South China Sea Institute of Chinese Sciences Academy, 1978. Quaternary Geology of coast area in South China. Beijing: Science Press, 21—22]
- 李凡, 董太禄, 姜秀珩等, 1990. 莺歌海附近陆架区埋藏古河道及海平面变化. 海洋与湖沼, 21(4): 347—356

- [Li F, Dong T L, Jiang X H, 1990. Buried paleo-river channels and sea level changes in continental shelf near Yingge Hai. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 21 (4): 347—356]
- 李凡, 于建军, 姜秀珩等, 1991. 南海海埋葬古河系研究. *海洋与湖沼*, 22(6): 501—508 [Li F, Yu J J, Jiang X H, 1991. Study on buried paleo-river system in southern Yellow Sea. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 22 (6): 501—508]
- 李平日, 黄镇国, 张仲英等, 1987. 广东东部晚更新世以来的海平面变化. *海洋学报*, 19(2): 216—222 [Li P R, Huang Z G, Zhang Z Y, 1987. Sea level changes in the eastern Guangdong since Late Pleistocene. *Acta Oceanologica Sinica*, 19 (2): 216—222]
- 许志峰, 王明亮, 洪阿实等, 1989. 台湾海峡西部海域晚更新世以来沉积物年代与沉积速率. *台湾海峡*, 8(2): 114—121 [Xu Z F, Wang M L, Hong A S, 1989. Ages and deposit ratio of sediments in the western Taiwan Strait since the Late Pleistocene. *Taiwan Strait*, 8 (2): 114—121]
- 邱传珠, 陈俊仁, 1986. 台湾浅滩沉积物和沉溺海滩岩的研究. *热带海洋*, 5(1): 46—52 [Qiu C Z, Chen J R, 1986. Study on drowned beach rocks and sediments in Taiwan Shoal. *Tropic Oceanology*, 5 (1) : 46—52]
- 杨怀仁, 谢志仁, 1984. 中国东部近 20000 年来的气候波动与海面升降运动. *海洋与湖沼*, 15(1): 1—13 [Yang H R, Xie Z R, 1984. Climate fluctuation and sea level changes in the last 2000 years in East China. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 15 (1): 1—13]
- 罗又郎, 劳焕年, 王泳漪, 1985. 南海东北部表层沉积物类型与粒度特征的初步研究. *热带海洋*, 4(1): 33—41 [Luo Y L, Lao H N, Wang L Y, 1985. A preliminary study on patterns and granular characteristics of surface sediments in the northeastern South China Sea. *Tropic Oceanology*, 4 (1) : 33—41]
- 郑铁民, 张君元, 1982. 台湾浅滩及其邻近大陆架的地形和沉积特征的初步研究. *黄东海地质*, 北京: 科学出版社, 52—66 [Zheng T M, Zhang J Y, 1982. A preliminary study on topography and sediments in Taiwan Shoal and its adjacent continental shelf. *Geology of the East China Sea and Yellow Sea*, Beijing: Science Press, 52—66]
- 倪仁晋, 马藹乃, 1998. 河流动力地貌学. 北京: 北京大学出版社, 38—40 [Ni R J, Ma A N, 1998. Dynamical geomorphology of rivers. Beijing: Press of Beijing University (in Chinese), 38—40]
- 梁国雄, 1986. 汕头南部企望湾海岸地貌发育. *热带海洋*, 5(3): 33—41 [Liang G X, 1986. Geomorphologic developments of the Qiwang Bay coast in south Shantou. *Tropic Oceanology*, 5 (3): 33—41]
- 谢以萱, 1983. 南海东北部的海底地貌. *热带海洋*, 2(3): 182—190 [Xie Y X, 1983. Geomorphology of sea floor of the northeastern South China Sea. *Tropic Oceanology*, 2 (3): 182—190]
- 曾从盛, 1991. 福建沿海全新世海平面变化. *台湾海峡*, 10(1): 77—84 [Ceng C S, 1991. Sea level changes in coastal area of Fujian Province during Holocene. *Taiwan Strait*, 10 (1) : 77—84]
- 曾成开, 朱永其, 王秀昌, 1982. 台湾海峡的底质类型与沉积分区. *台湾海峡*, 1(1): 54—61 [Ceng C K, Zhu Y Q, Wang X C, 1982. Bottom sediment patterns and deposit regions in Taiwan Strait. *Taiwan Strait*, 1 (1) : 54—61]
- 蓝东兆, 张维林, 陈承惠等, 1991. 台湾浅滩中粗砂的时代与成因. *台湾海峡*, 10(2): 156—161 [Lan D Z, Zhang W L, Chen C H, 1991. Age and origin of medium coarse sand in Taiwan Shoal. *Taiwan Strait (in Chinese)*, 10 (2) : 156—161]
- 蓝东兆, 1989. 台湾海峡西部海域表层沉积物中硅藻和硅鞭毛藻的分布. *台湾海峡*, 8(4): 322—328 [Lan D Z, 1989. Distributions of diatom and silicoflagellate of surface sediments in the western Taiwan Strait. *Taiwan Strait*, 8(4): 322—328]
- Liu A C, Missiaen T, Henriët J P, 1992. The morphology of top Tertiary erosion surface in the Belgian sector of the North Sea. *Marine Geology*, 105: 275—284
- Liu A C, De Batist M, Henriët J P *et al*, 1993. Plië-Pleistocene scour hollows in the Belgian sector of the North Sea. *Geologie en Mijnbouw*, 71: 195—204
- Mitchum R M JR, Vail P R, Sangree J B, 1977. Stratigraphic interpretation of seismic reflection patterns in depositional sequences. *Bulletin of American Association of Petroleum Geologists*, 26: 117—133
- Sheriff R E, 1976. Inferring stratigraphy from seismic data. *Bulletin of American Association of Petroleum Geologists*, 60 (4): 528—542
- Vail P R, Mitchum R M JR, Thompson S, 1977. Relative changes of sea levels from coastal onlap. *Bulletin of American Association of Petroleum Geologists*, 26: 63—82

A BURIED MEANDERING RIVER OF LATE QUATERNARY OFF SHANTOU CITY GUANGDONG PROVINCE

LIU A-Cheng, L. Wen-Ying, CAI Feng

(Shanghai East Sea Marine Engineering Survey and Design Institute, 200090, China)

(Third Institute of Oceanography of State Oceanic Administration, Xiamen, 361005, China)

Abstract The survey area covers the areas between $23^{\circ}00' - 23^{\circ}30' N$, $116^{\circ}30' - 117^{\circ}00' E$. It is near the Qi-wang Bay, Shantou City, Guangdong, China. This area faces the Taiwan Shoal in the East, which is the southern part of the Taiwan Strait. The area extends from the coast to approximately 25 km offshore (35 m below sea level). The sea bed dips gently southeastwards at from 10 minute in shallow area ($< 20 m$) to 5 minute in the areas beyond. Gravity core samples show that the near shore seabed is covered with fine sediments, such as clayey silt and silty clay. Form 25—30 m contour line, the deposit changes to coarse-grained sands.

The Hanjiang River, the largest river in the study area, has a large number of tributaries and runs into the northern part of the area with an annual runoff of $296 \times 10^8 m^3$ and sediments load of $11 \times 10^6 t$. The Lianjiang river with a smaller discharge is located in the west of the area. Most Hanjiang sediments deposited in the river mouth with part of them washed away by tides.

From seismic profiles, four seismic sequences were identified in terms of seismic stratigraphy. The upper layer or Layer A, is characterized with high frequency, continuous, strong amplitude, parallel, and vertically uniform reflection waves. It is between 0—6 m in thickness, decreasing from the coast to the sea and wedged out at the area 16 km from the shoreline. Gravity cores S1 and S25 indicate that Layer A consists of mainly clayey silt which deposited in the late Holocene high sea level period around 6ka B. P. . It constitutes the forehead of modern Hanjiang subaqueous delta. Layer B has similar wave characteristics to Layer A, but with wavy surface with various dipping directions. Layer B, between 0—20 m thick, is comprised of channel deposits. In the near shore zone it was transgressed by Layer A but in the offshore zone it directly exposed without younger cover. The base of Layer B deeply incised into the underlying sediments. Layer C waves, observable mainly in the open sea with a thickness of 20m, are high frequency, medium amplitude, continuous to sub-continuous and generally parallel to the sea floor. The top of the layer mostly exposes on the sea floor and was locally cut and overlain by Layer B in the near shore zone. Sampling at S26 shows that Layer C consists of mainly coarse sands similar to the surface sediments in western Taiwan Shoal. Its ^{14}C dated age is $(14107 - 13927) \pm (349 - 219)$ a B. P. or geologically Late Pleistocene. Layer D, the bottommost one, is a continental formation that has the greatest variation in wave characteristics.

In this area, paleo-river channels and major and minor tributaries were identified from seismic profiles. The main channels were 2—3 km wide and 22 m deep, jointed by tributaries with various sizes. The base of the channel near shore is 44m below the present sea level, which cut into Layer D and underlies Layer A. The main channel offshore is 2.5 km wide and 25 m deep, 55 m below present sea level, which cut the Layer C. The age of the river is later than 14ka B. P. . Observations on two main channels showed that the past sea floor dipped to the south that is similar to the present sea floor. Strong asymmetry and clear curvature observed in this study indicated the existence of a meandering river system in this area. This system is a part of the Lianjiang river in the past.

Based on the limited study on sea level changes since the Late Pleistocene in this area, the authors concluded that the paleo-meandering river existed between 14—11ka B. P. or from Late Pleistocene to Early Holocene. Due to the sea level continues rising, at 6ka B. P. , the Hanjiang River underwater delta came into being. Therefore, the previous meandering river system was buried.

Key words Paleo-meandering river, Late Quaternary, Seismic stratigraphy, South China Sea