

冰后期长江河口段古河谷地层层序特征

曹光杰^{1,2}, 张学勤¹, 熊万英¹

(1. 南京师范大学 地理科学学院 江苏 南京 210097; 2. 临沂师范学院 地理与旅游学院, 山东 临沂 276005)

[摘要] 末次盛冰期, 由于基面大幅度下降, 长江河口段形成了深切古河谷。河流携带的部分粗砂砾在河床上形成滞留沉积。冰后期海平面上升引发的海侵造成了长江古河谷的充填和河床相、河漫滩-河口湾相和部分河口湾-浅海相的形成。尔后的进积产生了部分河口湾-浅海相及三角洲相。根据钻孔资料绘制的古河谷地质剖面图显示, 冰后期海侵旋回出现在三角洲顶点到现在河口口门地区, 溯河而上受海洋影响的程度逐渐减弱。古河谷的中部, 靠近主泓线附近, 沉积层序完整。古河谷的边缘地带, 往往缺失底部的河床相砂砾层。底部的厚层河床相砂砾层是由河床滞留沉积和溯源加积堆积形成的, 在古河谷沉积层序中存在着多种沉积间断。

[关键词] 末次盛冰期; 冰后期; 长江河口段; 古河谷; 地层层序

[中图分类号] P512; P534.6 [文献标识码] A [文章编号] 1672-6561(2006)03-0004-05

Characristics of Post glacial Incised valley
Stratigraphic Sequence in Yangtze River Mouth Area

CAO Guang jie^{1,2}, ZHANG Xue qin¹, XIONG Wan ying¹

(1. School of Geography, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, Jiangsu, China;
2. School of Geography and Tourism, Linyi Normal University, Linyi 276005, Shandong, China)

Abstract During the last glaciation maximum, strong fall in base level led to rejuvenation of the Yangtze River, and a deep incised valley was formed. Some coarse gravel loaded by the river deposited in the river channel. The postglacial transgression caused by sea level rise led to the filling of the incised valley and formation of the river channel, floodplain estuary, estuarine shallow marine and deltaic stratigraphical units. From bottom to top, the middle incised valley is composed of channel, floodplain estuary, estuary shallow marine, and modern deltaic facies. As demonstrated by section of drilling cores in the incised valley, the post glacial transgressive cycle appeared between the apical area of the Yangtze delta and the river mouth area, with decreasing marine influence upstream. In the middle of the incised valley, stratigraphic sequence was perfect. The edge of the incised valley lacked the sand gravel bed of the river channel at the bottom. The retrogressive aggravation and the river channel deposition of the last glaciation maximum and the sea level rise of the postglaciation accumulated sand gravel bed of the thick river channel facies at the bottom. There exited many types of the depositional gap within depositional sequence.

Key words: last graciation maximum; post glacial; Yangtze mouth region; incised valley; stratigraphic sequence

0 引言

长江河口段指镇江以下河段, 长约 300 km^[1], 包括镇扬河段、江阴河段、南通河段和现在河口段。长江口的水动力因素异常复杂, 长江古河谷充填过程、充填模式和地层层序结构的研究, 对丰富层序地层学的理论与指导河口地区的浅层地质勘探都

[收稿日期] 2005-10-13
[基金项目] 国家重点基础研究发展计划项目(2003CB41520F-8); 国家教育振兴计划教育部青年奖励基金项目(2001JBC12)
[作者简介] 曹光杰(1964-), 男, 山东平邑人, 教授, 博士研究生, 从事三角洲地区环境演变研究。

具有重要意义。笔者在前人研究成果的基础上, 结合所搜集的几个断面的工程钻孔资料(图 1), 试对长江河口地区古河谷的地层层序进行分析, 总结该地区冰后期地层层序结构特征和沉积过程。

1 长江河口段古河谷及其特征

末次盛冰期最低海面时, 长江约在 - 150 ~ - 160 m 处入海^[2], 尽管当时水量较小, 但由于基面大幅度降低, 水流动力作用强劲, 导致长江下游河床发生强烈的溯源侵蚀, 形成末次冰期的长江古河谷。长江河口段古河谷流经老三角洲平原和陆架平原区, 相对高差较小, 古河谷相对较宽浅, 且有分叉, 纵剖面比降变小, 从切割到基岩逐渐转为嵌在中更新世以至晚更新世沉积层上^[3]。

镇江河段古深槽大体位于仪征南—施桥—江都大桥镇—口岸一线, 切割深度 - 80 ~ - 90 m。在江都—红桥以西, 古槽切割到基岩, 该线以东, 古河槽切入较老沉积之上。图 2 为镇江—扬州古河谷剖

面, 古深槽在施桥埋深 - 92 m。古河谷中在 - 60 m 左右, 存在着一级埋藏的侵蚀阶地。江阴河段古深槽分为南北两支, 北支大体沿泰兴—黄桥—如皋磨头—白蒲一线, 古槽在黄桥埋深 - 62 m。南支为一向南凸出的弯道, 贴南岸, 较狭深, 切割深度 - 80 ~ - 90 m(图 3)。古河谷中分布着两级埋藏阶地, 高程分别为 - 18 ~ - 22 m 和 - 40 ~ - 44 m。- 18 ~ - 22 m 的阶地分布范围较广, 阶地面由晚更新世亚粘土组成, 为晚更新世末古地面(图 3 中 A); - 40 ~ - 44 m 的阶地沿古河槽北侧分布, 阶地面由河漫滩相亚粘土组成, 该层厚约 8 m, 下伏晚更新世河床相砂砾层(图 3 中 B)。南通河段古深槽位于如皋白蒲—南通西亭—油榨—海门一线, 呈西北—东南方向然后向东流出。在西亭镇, 切割深度为 - 70 m, 至海门达 - 80 m 左右^[2-3], 下伏晚更新世河床相砂砾层。

2 河口段古河谷冰后期沉积相序

长江河口地层主要由陆源碎屑物组成, 在河

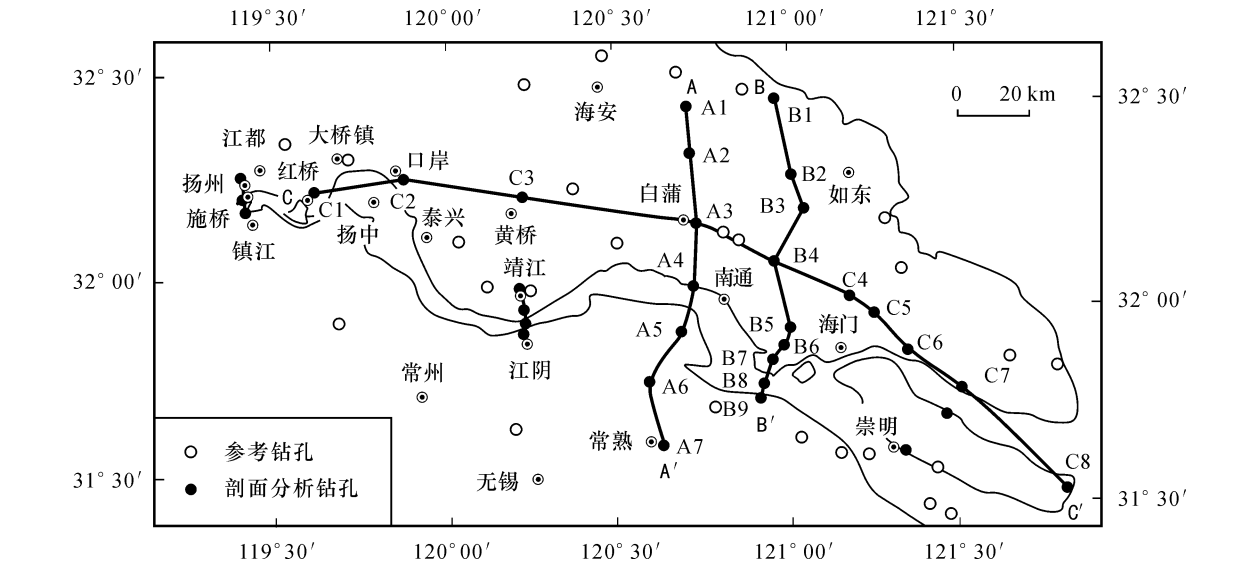


图 1 钻孔及剖面位置

Fig. 1 Location and Section of Drilling Cores in the Yangtze River Delta Region

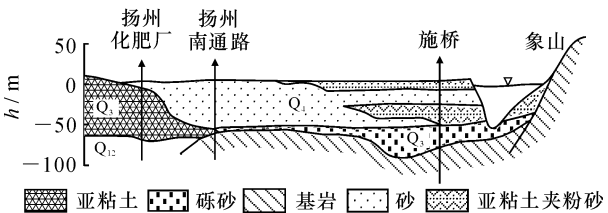


图 2 镇江—扬州长江古河谷剖面

Fig. 2 Stratigraphical Cross section of the Yangtze River Incised Valley in Zhenjiang Yangzhou

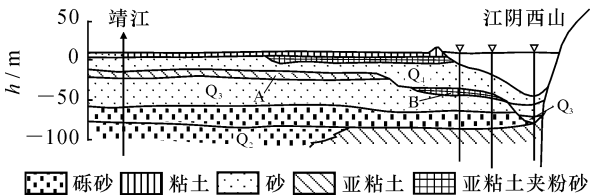


图 3 江阴—靖江西河河谷剖面

Fig. 3 Stratigraphical Cross section of the Yangtze River Incised Valley in Jiangyin Jingjiang

流、潮流和波浪等动力因素的共同作用和相互影响下,造成了河口地区极为复杂的沉积环境。持续的构造下沉、海平面升降以及多种水动力因素的时空变化造成了不同级别的沉积层序,出现复杂的水平相变和垂直层序^[4]。

2.1 沉积相

长江河口段古河谷冰后期沉积旋回,主要由河流相和河口三角洲相构成,缺失硬粘土层,底部具侵蚀面。沉积地层厚,含砂量高达 60%~80%,砂层厚度大,其砂、泥比为 4:1,含有砾石,海侵旋回明显,地层缺失和间断较常见。据岩性和古生物特征,自下而上由河床相、河漫滩相、河口湾-浅海相、三角洲相组成,厚度为 60~100 m^[4-8, 13-15]。

2.1.1 河床相

由灰黄色、灰色砂砾层和砂层组成,底部砾石直径 4~10 mm,多为次圆状和次棱角状,发育斜层理、平行层理、交错层理,为向上变细的陆相层序,顶部出现少量海绿石,未发现海相微体化石。底板埋深 60~90 m,为一起伏的侵蚀面,与上覆层呈渐变关系。厚度 20~40 m,主泓线处厚度较大,两侧变薄甚至尖灭,向下游增厚(图 4~图 6)。

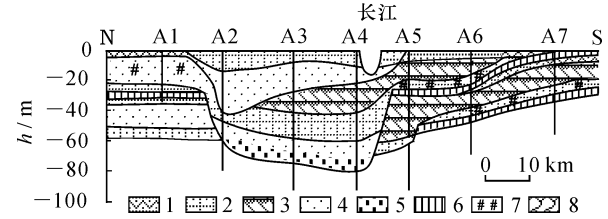


图 4 A A' 断面末次盛冰期古河谷剖面

Fig. 4 Stratigraphical Cross section (A A') of the Yangtze River Incised valley in the Last Glaciation Maximum

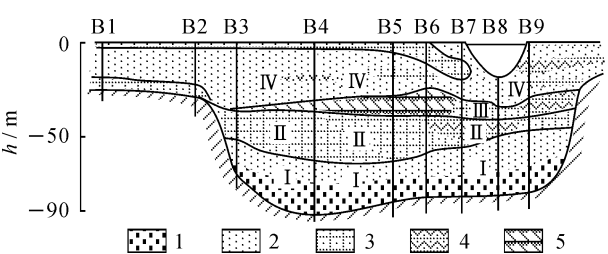


图 5 B B' 断面末次盛冰期古河谷剖面

Fig. 5 Stratigraphical Cross section (B B') of the Yangtze River Incised valley in the Last Glaciation Maximum

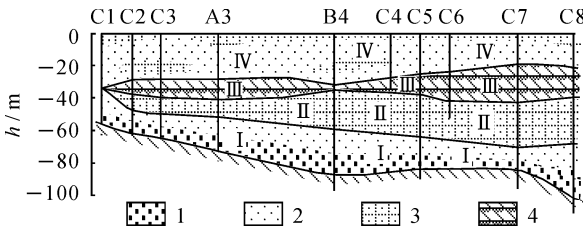


图 6 C C' 断面末次盛冰期古河谷剖面

Fig. 6 Longitudinal Section (C C') of the Yangtze River Incised valley in the Last Glaciation Maximum

2.1.2 河漫滩相

由灰色砂质粘土、粘土质粉砂组成,夹砂质透镜体和泥炭薄层,发育水平、波状、透镜状和小型交错层理。常见植物碎屑,含少量小个体有孔虫。厚 8.5~27.0 m,¹⁴C 测年为(10~12)ka BP。

2.1.3 河口湾-浅海相

为灰色、灰黄色粉砂质淤泥或砂泥互层,含水量达 40%~50%,最大 80%,质软,呈流塑状。夹粉砂纹层或贝壳碎屑构成的纹层,纹层厚 1~2 mm。海相微体化石含量较丰(每 50 g 干样中数万至千余枚),系水深较大的浅海-河口湾沉积物,与上覆和下伏层均呈渐变关系,反映海平面上升和海水逐渐入侵。其厚度由三角洲顶部向河口地区有增大的趋势(见图 6),最厚超过 20 m,¹⁴C 测年为(4~8)ka BP。

2.1.4 三角洲相

可分为河口沙坝亚相和汉道河床亚相。河口沙坝亚相与下伏的浅海相和上覆的潮坪相呈渐变接触,为一向上变粗的层序,由灰色粘土质粉砂、粉砂和粉细砂构成,厚度 13~16 m,最大 25 m。汉道河床亚相底部存在侵蚀面,与河口沙坝相伴而生。下部沉积物为粉细砂,向上变为粘土质粉砂和粉砂质粘土,为一向上变细的层序,发育交错层理。厚 10~30 m,一般越向上游越厚,现在河口地区厚度较小(见图 6)。含植物碎屑及小个体广盐性有孔虫。

2.2 相序类型

2.2.1 垂直层序

河口段古河谷冰后期沉积物层序,据其在古河谷中的位置和沉积层序特点,可分 I 种类型^[5, 13, 15]:

(1) I 类型位于古河谷的中部,靠近主泓线的部位,强烈的河流下切作用使硬粘土层缺失,底部为侵蚀面,通常下伏基岩或含砂砾层,缺失硬粘土

层。自下而上为河床相砂砾层、受海侵影响的河漫滩相、浅海相、河口湾相及三角洲相。

(2) II 类型位于古河谷的边缘地带, 对应于河漫滩的位置, 底部为侵蚀面或古土壤层表面。与 I 类型层序的主要区别在于缺失底部的河床相砂砾层或砂层, 河漫滩相往往直接覆盖于晚更新世末次冰期不整合面上。

2.2.2 水平相变

下切河谷内海侵旋回在长江三角洲顶部和前缘的差别主要表现在受海洋因素影响的程度上, 前缘影响较大, 溯河而上, 影响程度逐渐减弱。在现今长江三角洲的范围内, 古河谷的海侵层序以河流体系占优势, 并且三角洲的顶部和前缘地带变化不甚明显。海退层序则以三角洲体系为主, 仅在三角洲顶部和南侧发育河流沉积体系^[4]。

现代河口的观测表明, 涨潮流是搬运海相自生矿物和海相微体化石溯河而上的主要动力。冰后期海平面上升, 溯源堆积达到的河段涨潮流的影响尚不能及, 因此, 河床相粗粒层不含海相微体化石和自生矿物。随着海平面上升, 河口后退, 涨潮流的影响逐渐涉及该河段, 河流相中开始出现海相微体化石, 且数量向上增多。由河床相、河漫滩相、浅海-海湾相、三角洲相沉积层构成的冰后期海侵旋回出现在三角洲顶点到现今河口口门地区, 中部泥质层段仅在三角洲顶部的红桥以上地区消失, 致使上、下粗粒合并为一体。向下游该泥质层段有逐渐增厚的趋势(见图 6), 砂、泥层的厚度比逐渐减小。部分古河谷的北侧缺失浅海相层, 南侧缺失中段泥质层, 可能是长江古河道侵蚀所致^[4-12]。

2.3 古河谷充填的地质历史

晚更新世以来, 长江河口地区经历了海退-海进的海平面变动旋回, 形成了下切古河谷-古河谷充填-海泛沉积-河口湾充填的海退-海进沉积旋回。本区末次盛冰期以来, 地层层序内部存在两个重要的界面——海侵面和最大海侵面。层序中海侵面标志着海侵的开始。在古河谷相序中, 海侵面位于河床相滞留沉积和溯源堆积之间。海侵自海向陆是渐进的, 海侵面也是穿时的。最大海侵面是海岸线向陆移动最远时海底的沉积界面, 位于浅海相泥质沉积层中, 最大海侵面是沉积层序中唯一的等时面^[4, 16]。

次盛冰期低海面时 $[(20 \sim 15) \text{ ka BP}^{[17]}]$, 剧烈的相对海平面下降, 降低了河流的侵蚀基准面, 河

流动力作用增强, 形成了深切古河谷。河流携带的泥沙, 绝大部分在古外陆架上形成滨海、浅海沉积, 但部分粗砂及砾石滞留在河床上形成滞留沉积。在古河间地, 因长期暴露于地表, 则形成广泛分布的硬粘土层。古河谷及两侧的暴露表面即成为区域不整合面, 也是该海退-海进层序的底部边界——I 型层序界面。冰后期 $[(15 \sim 7.5) \text{ ka BP}]$, 气候转暖, 海平面上升, 海水首先沿古河谷侵入, 河流基面抬高, 引起溯源堆积。海面继续上升, 溯源堆积依次上移、叠置, 构成下粗上细的退积或加积沉积层序, 其沉积相包括河床相砂砾层及其上覆的河漫滩相沉积。这种古河谷中形成的海侵充填层序, 与河流沉积相似, 但最大的特点是上部河漫滩相沉积中含有少量海相古生物化石和海相自生矿物。海平面进一步上升, 在 $(7.5 \sim 6) \text{ ka BP}$ 时达到最大海侵^[18-19], 海水溢出古河谷, 侵入古河间地, 形成一个海湾, 沉积一套分布较为广泛的浅海、滨海相沉积。6 ka BP 以来, 本区的海平面基本稳定。沉积速率超过相对海平面上升速率, 河流进积, 三角洲前展, 沉积一套海退层序, 目前这一沉积过程仍在进行。

3 现代河流沉积物的分布特征

现代河流沉积物可以分为河床和河漫滩两个沉积单元。长江河口段河床沉积物以砂为主, 扬中太平洲以上至镇江为中细砂, 中砂含量为 30%, 出现细砾, 最高含量可达 19%, 粉砂含量甚微。太平洲以下至崇明岛顶端的江心沙河床沉积物以细砂为主, 细砂含量 43%~98%, 中砂含量不足 10%, 出现粉砂和粘土纹层。江心沙以下的各汊道河床主要分布粘土粉砂, 夹泥质纹层。各汊道中存在斑块状和条带状分布的较纯净砂体。河床沉积物虽然有向河口逐渐变细的趋势, 但局部出现变粗现象, 甚至含较多的砾石^[4]。

河床沉积物沿横剖面的分布有两种类型, 第一类靠近镇江一带远离现在河口的地方, 其特点是深槽沉积物粗, 水深较浅的地区沉积物变细; 第二类在靠近河口的河段, 水深越浅的心滩沉积物较粗, 而深槽沉积物反而变细, 这可能由于潮汐波浪的影响所致。

河漫滩沉积物较细, 江心沙以上主要为含粘土粉砂, 沉积物偏粗, 可能由于江堤限制河流, 涨潮或

洪水时河漫滩实际上变为河床, 较强的水流使沉积物粗化。洪水季节河床水流流速增大, 细砂沿河床向下游分布至南支和北支, 较之枯水季节向前大大伸展, 河漫滩沉积物也有粗化现象。

4 结论

4.1 冰后期海侵旋回出现在三角洲顶点到现今河口口门地区

溯河而上受海洋影响的程度逐渐减弱, 古河谷内的海侵层序以河流体系占优势, 海退层序则以三角洲体系为主。古河谷中部靠近主泓线附近, 冰后期沉积层厚, 沉积层序完整。古河谷的边缘地带, 缺失厚层的河床相砂砾层(见图 4, 图 5)。

4.2 滞留沉积和溯源加积形成巨厚河床相砂砾层

长江古河谷充填的河床相砂砾层的形成可分为两个阶段, 即末次盛冰期海面下降时的进积河床滞留沉积和冰后期海面上升时的退积或溯源加积堆积, 他们的分界即为初次海侵面。海退时, 河流携带的较粗颗粒泥沙和砾石在河床上滞留沉积。海侵时, 就下切河谷底部的某一点来说, 在涨潮流或海水直接影响未到达之前, 由于它的下游基面抬升, 河流流速减慢, 河流携带的大量沉积物得以沉积下来。而沉积物的堆积, 又抬高了该点的基面, 从而使得回水作用向上游进一步发展, 所以, 这种回水作用和溯源堆积作用可以持续较长的时间, 形成较厚的河床相砂砾层。

4.3 层序中存在多种沉积小间断

由于潮流、波浪、河流等作用, 冰后期沉积层序存在多种沉积小间断: 一种为沉积层序中各主要沉积相之间的侵蚀界面, 如古河谷中河流相与上覆海相层的界面, 海相与河口湾相之间的侵蚀面等; 另一种系事件造成的, 如洪水、风暴浪等造成的侵蚀界面; 还有一种是正常沉积中砂质纹层底部的侵蚀面, 它通常是潮流周期性增强的产物。纵观冰后期沉积层序, 大致以最大海侵面为界, 其下以河流和潮汐成因的小间断占优势, 其上则以潮汐和潮流-河流成因的小间断为主。

[参 考 文 献]

[1] 严镜海. 长江河口段水文特征、泥沙运动及河道演变[M] //严钦尚, 许世远. 长江三角洲现代沉积研究. 上海: 华东师范大学出版社, 1987.

[2] 中国科学院地理研究所, 长江水利水电科学研究院. 长江中下游河道特性及其演变[M]. 北京: 科学出版社, 1985.

[3] 杨怀仁, 徐 馨, 杨达源, 等. 长江中下游环境变迁与地生态系统[M]. 南京: 河海大学出版社, 1995.

[4] 李从先, 汪品先. 长江晚第四纪河口地层学研究[M]. 北京: 科学出版社, 1998.

[5] 张家强, 张桂甲, 李从先. 长江三角洲晚第四纪地层层序特征[J]. 同济大学学报: 自然科学版, 1998, 26(4): 438 - 442.

[6] 李从先, 陈庆强, 范代读, 等. 末次盛冰期以来长江三角洲地区的沉积相和古地理[J]. 古地理学报, 1999, 1(4): 12 - 25.

[7] 刘思峰, 张祖陆, 沈 吉, 等. 莱州湾南岸潍河下游地区咸水入侵灾害成因及特征[J]. 地球科学与环境学报, 2004, 26(3): 78 - 83.

[8] 鹿洪友, 李广雪. 黄河三角洲埕岛地区近年海底冲淤规律及水深预测[J]. 长安大学学报: 地球科学版, 2003, 25(1): 57 - 61.

[9] 李从先, 范代读, 张家强. 长江三角洲地区晚第四纪地层及潜在环境问题[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2000, 20(3): 1 - 7.

[10] 范代读, 李从先, 陈美发, 等. 长江三角洲泥质潮坪沉积间断的定量分析[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2001, 21(4): 1 - 6.

[11] 李从先, 张桂甲. 晚第四纪长江三角洲高分辨率层序地层学的初步研究[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1996, 16(3): 13 - 24.

[12] 李从先, 张桂甲. 下切古河谷高分辨率层序地层学研究的进展[J]. 地球科学进展, 1996, 11(2): 216 - 220.

[13] 张桂甲, 李从先. 钱塘江下切河谷充填及其层序地层学特征[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1995, 15(4): 57 - 68.

[14] Chen Zhongyuan, Song Baoping, Wang Zhanghua, et al. Late Quaternary Evolution of the Sub Aqueous Yangtze River Delta, China: Sedimentation, Stratigraphy, Palynology, and Deformation [J]. Marine Geology, 2000, 162: 423 - 441.

[15] Li Congxian, Wang Ping, Sun Heping, et al. Late Quaternary Incised valley Fill of the Yangtze Delta (China): Its Stratigraphic Framework and Evolution[J]. Sedimentary Geology, 2002, 152: 133 - 158.

[16] 李从先, 张桂甲. 晚第四纪长江和钱塘江河口三角洲地区的层序界面和沉积间断[J]. 自然科学进展: 国家重点实验室通讯, 1996, 6(4): 461 - 469.

[17] 景民昌, 杨革联, 孙乃达. 末次间冰期—末次冰期柴达木盆地东部气候演化形式[J]. 地球科学与环境学报, 2004, 26(3): 83 - 87.

[18] 耿秀山. 中国东部晚更新世以来的海水进退[J]. 海洋学报, 1981, 3(1): 114 - 128.

[19] 王张华, 丘金波, 冉莉华, 等. 长江三角洲南部地区晚更新世年代地层和海水进退[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2004, 24(4): 1 - 7.