

5 万年以来扬中段长江古河谷的沉积演变特征

李彦彦¹, 王 建¹, 曹光杰²

(1. 南京师范大学地理科学学院, 江苏 南京 210046)

(2. 临沂大学实验中心, 山东 临沂 276005)

[摘要] 根据扬中段的 20 个地质钻孔资料恢复古河谷地质剖面图, 然后根据古河谷沉积物岩性、沉积结构、沉积物粒度特征、磁化率的分析划分地层层序。利用¹⁴C 与电子自旋共振(ESR)测年方法测定地层的形成年代, 建立了 5 万年以来的地层年代序列。该段地层特征显示, 高程在 -150 m 以上古河谷的沉积在 -68 m、-80 m 和 -125 m 左右分别存在不整合面, 反映了三期从砾砂、圆砾为主——粗砂、中砂为主——细砂、粉砂为主的沉积旋回特征。

[关键词] 末次冰期 扬中段 古河谷 沉积层序 地层年代

[中图分类号] P562.5 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1001-4616(2012)02-0108-05

Sedimentary Evolution Characteristics of the Yangtze River at Yangzhong Section During the Last 50 000 Years

Li Yanyan¹, Wang Jian¹, Cao Guangjie²

(1. School of Geography Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China)

(2. Experiment Center, Linyi University, Linyi 276005, China)

Abstract: The palaeo-valley of Yangtze River at Yangzhong section was constructed by 20 drillings. Based on analysis of lithology, sedimentary architecture, sediment size characteristics and magnetic susceptibility, together with ¹⁴C and ESR datings, stratigraphic-chronological sequence are established since 50 ka. Above -150 m, the deposition of the palaeo-valley at about -68 m, -80 m and -125 m respectively existed unconformities. It shows three different deposition-cycle characteristics, from the gravel sand-pebble, to coarse-medium sand, and to fine-silty sand.

Key words: Yangzhong section, palaeo-valley, sedimentary sequence, stratigraphic chronology

在过去的几十年, 对长江晚第四纪河口地层结构、地层的特征以及沉积演变已有大量的研究^[1-6], 这些研究大都集中在江阴以下的河口段, 对江阴以上的河口段研究相对薄弱。李萍等^[7]根据位于长江右岸镇江丹徒县距长江约 2 km 处、孔深为 -28.5 m 的钻孔, 对长江三角洲顶部冰后期地层的沉积特征与地层结构进行了划分。陈希祥^[8]对镇江——扬州间长江河谷进行地层划分, 并认为河道经历了山前河流、河口沙坝、三角洲平原的发育阶段, 河道在自北而南迁移总趋势下, 曾有多次往复摆动, 现今仍在向南侧蚀。魏乃颐等^[9]根据位于镇江市谏壁镇长江北岸高桥镇北部深 66 m 的钻孔沉积特征的分析, 认为硬粘土层之上为冰后期松散沉积物。杨献忠等^[10]利用大港—江都河段的 6 个钻孔资料, 探讨了长江三角洲镇江—江都河段古河谷沉积特征。与镇江—扬州段的长江古河谷的研究程度相比, 扬中段的长江古河谷的沉积特征研究相对更少。

本文通过扬中段的多个钻孔资料恢复古河谷剖面图, 根据古河谷沉积物岩性、沉积结构划分地层层序, 利用¹⁴C 与电子自旋共振(ESR)测年方法测定沉积物形成年代, 建立地层年代序列, 探讨扬中段长江古河谷的沉积演变特征。

收稿日期: 2011-12-14.

基金项目: 国家自然科学基金(40871010)、国家重点基础研究发展规划(2003CB415201-8)、江苏省普通高校研究生科研创新计划(CX09B-298Z)、南京师范大学研究生优秀学位论文培育计划(181200000254)。

通讯联系人: 王 建 教授, 博士生导师, 研究方向: 自然地理学、地貌学、第四纪地质学. E-mail: jwang169@vip.sina.com

1 材料与方法

泰州长江公路大桥位于扬中与永安洲之间(图1)根据泰州长江公路大桥的20个地质钻孔资料,绘制扬中-永安洲长江古河谷地质剖面(图2)。

因砾石层中较难发现有机物,所以利用 ^{14}C 与ESR两种方法测年。 ^{14}C 样品在中国科学院南京地理与湖泊研究所湖泊与环境国家重点实验室,利用液体闪烁计数仪,依据低本底 β 能谱液体闪烁计数 ^{14}C 年代测定。由于测定的 ^{14}C 年代需要校正为日历年龄,对于数据小于15 000年的使用CALIB 5.0.1软件进行日历年龄校正,数据库选用的是

IntCal04;对于大于15 000年的利用the CalPal Online (<http://www.calpal-online.de/>)进行日历年龄校正。ESR测年样品取样时,在暗光的情况下,立刻用锡纸包裹,然后装入黑色袋子中,在中国地震局地质研究所新构造年代学ESR实验室进行测定。测试前对样品进行如下处理:筛取粒径105~200 μm 部分,在30% H_2O_2 中浸泡24 h,除去有机质;40% HCl 中浸泡24 h,去除碳酸盐类物质;40% HF 处理约40 min,除去长石矿物和石英颗粒外部 α 辐射贡献的表层部分,用蒸馏水洗至中性;低温烘干后磁选,去除磁性矿物;分别用比重为2.73 g/cm^3 、2.57 g/cm^3 的多钨酸钠重液进行分离,分选出石英颗粒样品;低温烘干,红外释光检测提取样品的纯度。将石英颗粒样分成10个0.2 g样品,在北京大学钴源接受0~10 000 Gy的辐照(表1)。

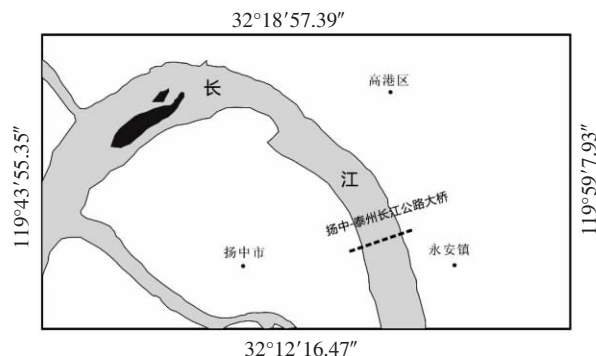


图1 泰州长江公路大桥位置示意图

Fig.1 Location of the Taizhou Yangtze River highway bridge

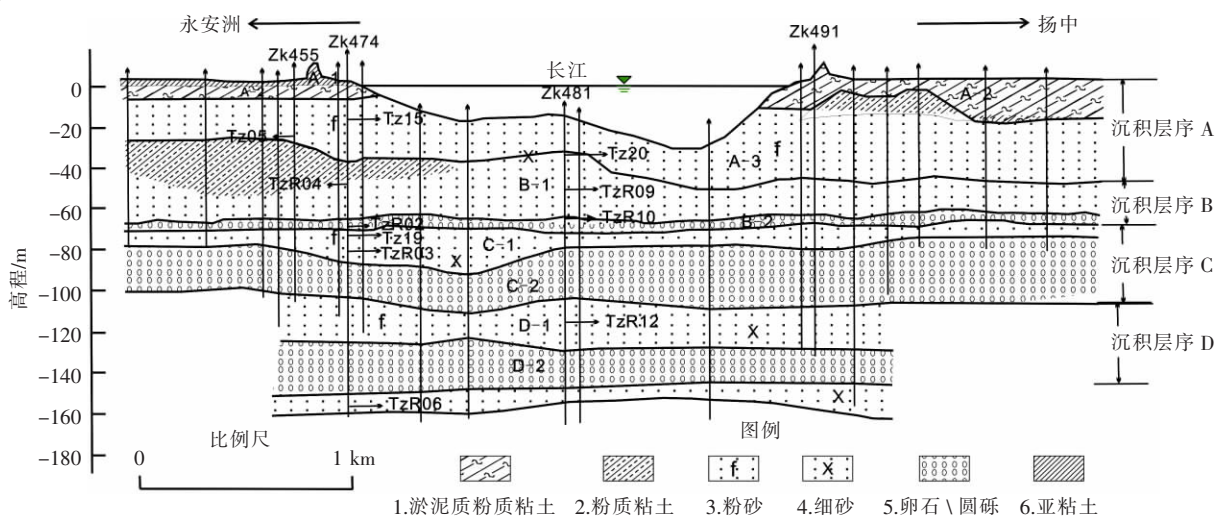


图2 扬中段长江古河谷剖面图

Fig.2 The stratigraphical profile of the Yangtze River valley at the Yangzhong section

共选取2个钻孔的431沉积物样品进行粒度与磁化率分析。在粒度分析前,分别加入浓度为10%的 H_2O_2 与 HCl ,去除有机质与碳酸盐等,然后清洗钙、氯离子,加入分散剂超声波震荡,使样品充分分散,最后在南京师范大学地理科学学院激光粒度实验室利用英国的Mastersizer 2000激光粒度仪进行粒度测试,粒度参数的计算采用福克与沃德1957年提出的计算标准。进行磁化率测试的样品放在统一大小的小盒子里称重,然后采用英国Bartington MS2磁化仪分别进行低频与高频磁化率测定,最后计算出样品的质量磁化率,根据低频与高频磁化率的结果计算出频率磁化率。

表 1 ^{14}C 与 ESR 测年结果
Table 1 The result of the ^{14}C and ESR ages

孔号	样品编号	深度/m	测年材料	年代结果/cal yr BP	方法
ZK455 (高程 2 m)	TZ05	-23. 2	植物残体	11 238 \pm 168	^{14}C
TZ474 (高程 2 m)	TZ15	-16. 9	植物残体	5 651 \pm 70	^{14}C
	TZR02	-70	细砂	19 000 \pm 1 000	ESR
	TZ19	-74. 2	植物残体	24 130 \pm 185	^{14}C
	TZR03	-83. 5	细砂	23 000 \pm 2 000	ESR
	TZR06	-159. 2	细砂	47 000 \pm 4 000	ESR
ZK481(高程 - 15 m)	TZ20	-33. 65	植物残体	12 849 \pm 42	^{14}C
	TZR09	-51. 35	细砂	13 000 \pm 1 000	ESR
	TZR10	-65. 6	细砂	19 000 \pm 1 000	ESR
	TZR12	-115	细砂	42 000 \pm 4 000	ESR

* 注: ^{14}C 测年物质为有机质, 半衰期为 5568 a; ESR 测年物质为石英; 高程为 85 黄海高程; ESR 年代的单位 a.

2 地层层序划分

根据多个钻孔沉积物的岩性与沉积结构(图 2)、典型钻孔粒度与磁化率分析(图 3、图 4) 以及年代结果(表 1), 古河谷沉积从上至下可以分为以下几个层序:

沉积层序 A: 根据样品编号为 TZ05、TZ15 年代数据(表 1 与图 2), 高程在 0 ~ -48 m 形成于全新世以来.

A-1 层: 灰黄色粘土, 软塑, 质较均, 显水平层理, 顶部 30 cm 为种植土, 见植物根系. 中值粒径平均为 9.07Φ , 分选系数平均为 1.85Φ , 分选性较差, 质量磁化率平均为 $14.89\text{ m}^3/\text{kg}$.

A-2 层: 褐色淤泥质粉质粘土, 流塑, 显水平层理, 夹薄层粉砂. 中值粒径平均为 6.39Φ , 分选系数为 1.81Φ , 分选性较差, 呈正偏态、单峰, 概率曲线为二段式, 质量磁化率为 $12.07\text{ m}^3/\text{kg}$.

A-3 层: 灰色细砂与粉砂互层, 局部夹薄层粉质粘土, 松散 ~ 稍密, 含有较多腐殖质及贝壳碎屑, 主要矿物成分为石英、长石. 中值粒径为 $3.42 \sim 5.12\Phi$, 分选系数为 $1.76 \sim 2.79\Phi$, 分选性差, 以正偏态为主, 单峰与双峰交替出现, 质量磁化率为 $6.86 \sim 12.33\text{ m}^3/\text{kg}$. 上部为青灰色粉砂为主, 稍密, 偶见少量云母, 局部夹粉质粘土; 中部为灰色极细砂, 稍密, 夹粉质粘土薄层; 下部为青灰色粉砂与细砂互层, 概率曲线以四段、五段式为主.

沉积层序 B: 根据样品编号为 TZ05、TZR02、TZ19、TZR03、TZ20、TZR09、TZR10 年代数据(图 2 与表 1), 高程在 -26 ~ -72 之间地层形成于末次盛冰期 - 晚冰期.

B-1 层: 上部青灰色粉砂为主, 夹粉质粘土薄层, 含云母碎片与腐殖质. 中值粒径为 $3.98 \sim 6.92\Phi$, 分选系数为 $2.58 \sim 3.0\Phi$, 分选性差, 呈正偏态、双峰为主, 质量磁化率为 $4.16 \sim 13.64\text{ m}^3/\text{kg}$. 下部以细砂为主, 夹多层粉砂与中粗砂薄层. 中值粒径平均为 2.95Φ , 分选系数为 $2.1 \sim 2.95\Phi$ 之间, 分选性差, 呈正偏态、双峰为主, 质量磁化率为 $5.01 \sim 11.41\text{ m}^3/\text{kg}$. 该层局部为灰黄色粉质粘土, 中值粒径为 $4 \sim 7.56\Phi$, 分选系数为 $1.28 \sim 2.82\Phi$, 分选性较差, 质量磁化率平均为 $5.55\text{ m}^3/\text{kg}$, 厚 20 m. 根据年代数据该层形成于晚冰期.

B-2 层: 该层从上往下沉积分别以浅灰色含砾中砂、灰色含砾粗砂、灰白色圆砾土为主, 含有泥粒, 主要矿物成分为石英、长石, 反映了沉积物从粗到细的沉积韵律, 依据该层的年代数据该层形成于末次盛冰期.

沉积层序 C: 根据样品编号 TZ19、TZR03、TZR12 年代结果, 高程在 -70 ~ -110 m 之间形成于 $23\,000 \pm 2\,000\text{ a}$ 至 $42\,000 \pm 4\,000\text{ a}$ 之间.

C-1 层: 该层以粉砂夹薄层粉质粘土为主, 密实, 局部夹粗砂、中砂, 含有少量小砾石. 中值粒径为 $5.4 \sim 6.6\Phi$, 分选系数为 $2.1 \sim 2.6\Phi$ 之间, 分选性差, 呈正偏态、双峰为主, 质量磁化率平均为 $9.5\text{ m}^3/\text{kg}$.

C-2 层: 该层从上往下沉积为中砂含小砾石、砾砂、卵石、圆砾土为主, 含有泥粒, 底部存在不整合面.

沉积层序 D: 根据样品编号 TZR12 和 TZR06 样品的年代结果, 高程在 -110 ~ -150 m 之间形成于 $42\,000 \pm 4\,000\text{ a}$ 至 $47\,000 \pm 4\,000\text{ a}$ 之间.

D-1 层: 该层以深灰色粉细砂为主, 密实, 夹粉质粘土薄层, 局部夹粗砂、小砾石. 中值粒径为 $4.7 \sim 7.8\Phi$, 分选系数为 $2.1 \sim 2.9\Phi$ 之间, 分选性差, 呈正偏态、双峰为主, 质量磁化率平均为 $5.2 \text{ m}^3/\text{kg}$.

D-2 层: 灰白色卵石、圆砾土, 密实, 夹中、粗砂及小砾石, 含有泥粒, 分选性较差, 局部夹细砂层.

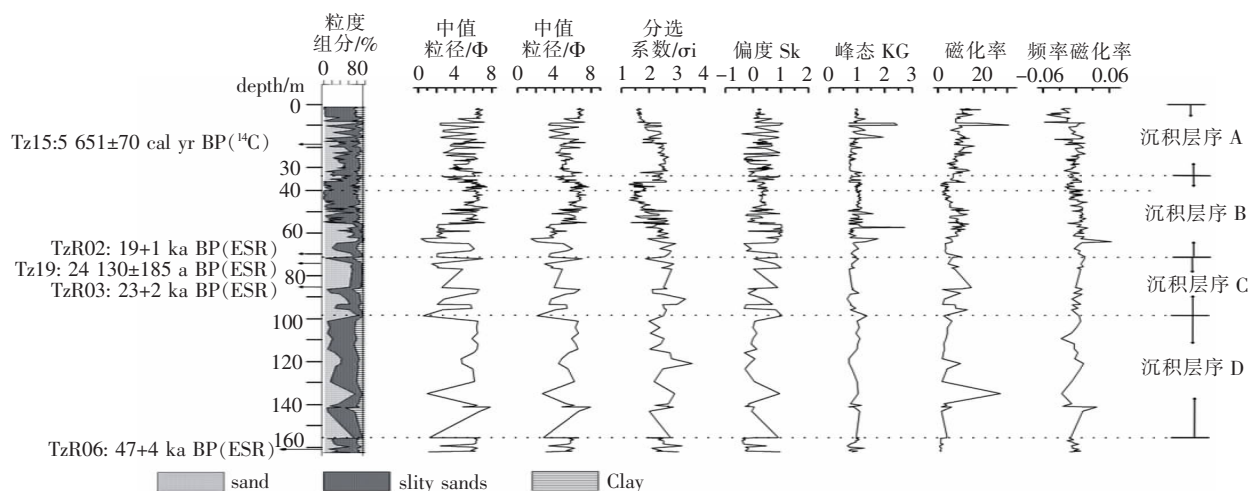


图 3 钻孔 ZK474 沉积剖面的年代、粒度及磁化率特征

Fig.3 Calibrated age, lithology, grain-size and magnetic-susceptibility characteristics in the core ZK474

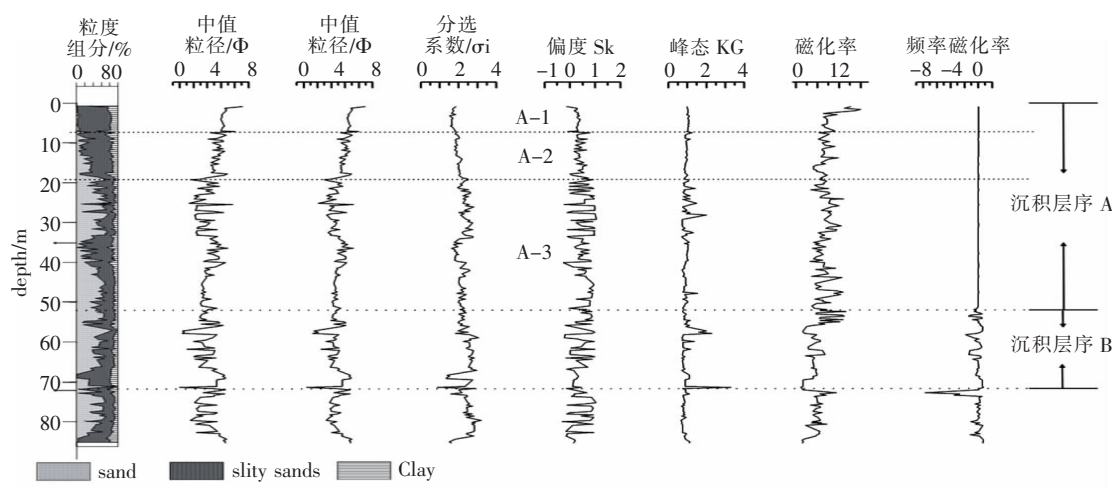


图 4 钻孔 ZK491 沉积剖面的年代、粒度及磁化率特征

Fig.4 Calibrated age, lithology, grain-size and magnetic-susceptibility characteristics in the core ZK491

3 讨论与结论

3.1 地层年代

以往对长江三角洲地层的研究大都采用 ^{14}C 方法进行年代确定^[11-45], 研究年代数据集中在晚冰期以来, 末次盛冰期地层及下覆地层的年代数据相对较少, 缺少足够的直接的年代数据支撑. 因为 ^{14}C 测年的样品有时在沉积层中较难获得, 如在河流相沉积层中, 同时又因该方法测量的上限一般最大为 5 万年, 有时年代结果可能年轻. 本文采用 ^{14}C 与 ESR 两种方法测年, 从 B 层以及 B 层下覆地层 8 个 ^{14}C 与 6 个 ESR 年代结果共同指示 B 层形成于末次盛冰期至晚冰期, 说明年代结果可靠. 下部 C 与 D 层没采集到 ^{14}C 测年样品, 只进行了 ESR 年代测试, 通过以上两种方法对比的结果以及李从先等^[16] 对末次盛冰期下覆地层沉积物年代数据整理结果对比, ESR 年代结果为可靠年代.

3.2 沉积演变特征

沉积层序 A 沉积于全新世以来, 沉积层序自上而下依次为粘土、粉质粘土与粉砂互层、粉砂与细砂. 底部呈单、双峰形式交替出现, 与其上部及下覆地层的呈现形式不同, 底界面与下伏层侵蚀不整合接触, 反映沉积环境的变化. 该层沉积特征与长江三角洲河口砂坝沉积特征类似^[12]. 沉积层序 B 自上而下沉积

物颗粒由粗变细,分选性差。B-1形成于晚冰期,上部青灰色粉砂夹粉质粘土薄层透镜体,含云母碎片与腐殖质,粒态呈正偏态、双峰为主,反映了该层的沉积特征为典型的河漫滩相沉积^[1]。下部细砂为夹中粗砂薄层,反映了晚冰期的河床相沉积。B-2层以含砾中砂、灰色含砾粗砂、灰白色圆砾土为主,为末次冰期最盛期的河床相沉积。同样沉积层序C、D中C-1与D-1沉积特征反映了其为河漫滩相沉积,下部的C-2、D-2层含有砾石、砾砂、卵石、圆砾土,其特征为河床相沉积。

根据以上对古河谷的沉积相的分析,埋深-150 m以上古河谷的沉积在-68 m、-80 m和-125 m左右分别存在不整合面,反映了3个不同时期的沉积旋回,该沉积旋回与海平面的变化相对应^[17,18]。

[参考文献]

- [1] 李从先,范代读,杨守业,等. 中国河口三角洲地区晚第四纪下切河谷层序特征和形成[J]. 古地理学报,2008,10(1): 87-97.
- [2] Li C X, Wang P, Sun H P, et al. Late Quaternary incised-valley fill of the Yangtze delta (China): its stratigraphic framework and evolution[J]. Sedimentary Geology, 2002, 152(1/2): 133-158.
- [3] Chen, Z Y, Stanley D J. Sea-level rise on eastern China's Yangtze delta[J]. Journal of Coastal Research, 1998, 14(1): 360-366.
- [4] Hori K, Saito Y, Zhao Q H, et al. Architecture and evolution of the tidal-dominated Changjiang River delta, China[J]. Sedimentary Geology, 2002, 146(3/4): 249-264.
- [5] Wang Z H, Xu H, Zhan Q, et al. Lithological and palynological evidence of late Quaternary depositional environments in the subaqueous Yangtze delta, China[J]. Quaternary Research, 2010, 73(3): 550-562.
- [6] Liu J, Saito Y, Kong X H, et al. Sedimentary record of environmental evolution off the Yangtze River estuary, East China Sea, during the last 13 000 years, with special reference to the influence of the Yellow River on the Yangtze River delta during the last 600 years[J]. Quaternary Science Reviews, 2010, 29(17/18): 2 424-2 438.
- [7] 李萍,陈刚. 长江三角洲顶部冰后期地层的沉积特征与划分[J]. 海洋通报,1983,2(4): 67-71.
- [8] 陈希祥. 镇江——扬州长江河谷第四系沉积演变特征[J]. 地层学杂志,2001,25(1): 51-54.
- [9] 魏乃颐,杨献忠,于俊杰,等. 长江三角洲顶部冰后期地层的沉积特征[J]. 资源调查与环境,2010,31(2): 79-86.
- [10] 杨献忠,魏乃颐,王强,等. 长江三角洲镇江—江都河段古河谷沉积特征[J]. 海洋地质与第四纪地质,2010,30(5): 11-18.
- [11] 陈报章,李从先,业治铮. 冰后期长江三角洲北翼沉积及其环境演变[J]. 海洋学报,1995,17(01): 64-75.
- [12] 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.
- [13] 陈中原,王张华. 长江与尼罗河三角洲晚第四纪沉积对比研究[J]. 沉积学报,2003,21(1): 66-74.
- [14] 赵宝成,王张华,李晓. 长江三角洲南部平原古河谷充填沉积物特征及古地理意义[J]. 古地理学报,2007,9(2): 217-226.
- [15] 徐方建,李安春,肖尚斌,等. 末次冰消期以来东海内陆架古环境演化[J]. 沉积学报,2009,27(1): 118-127.
- [16] 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: 159.
- [17] 刘振夏,印萍, Berne S, 等. 第四纪东海的海进层序和海退层序[J]. 科学通报,2001,46(增刊): 74-79.
- [18] Hanebutha T J J, Stattegger K. Depositional sequences on a late Pleistocene—Holocene tropical siliciclastic shelf (Sunda Shelf, southeast Asia) [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2004, 23(1): 113-126.

[责任编辑: 丁 蓉]