

长江三角洲东部沉积物粒度特征 及其环境意义^①

丁元陶

(上海市岩土工程勘察设计院, 上海 200032)

摘要 本文从沉积物粒度特征讨论不同时期的古地理环境, 探讨第四纪时期新构造运动、古气候及海平面等因素控制对沉积环境的控制, 建立长江三角洲东部的第四纪沉积环境演化模式。

关键词 沉积物粒度 沉积环境 演化

中图分类号 P534.63

文献标识码 A

长江三角洲在新构造运动、古气候及海平面等因素控制下经历了十分复杂的演化过程。在不同演化阶段形成了不同的古地理环境, 沉积物粒度对沉积环境变化具有较灵敏的响应。因此, 沉积物粒度分布特征是判别沉积环境的一个重要物理标志, 粒度分析常常是探究沉积物特征及古环境意义的第一步骤。

1 钻孔剖面特征

钻孔位于上海市东部长江口沿岸, 孔深 363.53 m, 于 354.50 m 揭遇上第三系白龙港玄武岩, 0.60 m 以上为人工填土。按钻孔地层描述方法, 对岩石地层特征逐层进行了描述, 一般情况下, 厚度大于 1.00 m 及具有沉积相意义的岩性地层均进行了描述。

上新统 (N_2) (289.33 ~ 354.50 m) 由分选差的含砾泥质中粗砂、泥质砾砂层组成。沉积物普遍分选较差, 含砾石最高可达 15%, 粒径可达 35 mm, 多呈次棱角状。砂层中含较多粘土矿物, 呈现为块状层理, 杂基支撑。

下更新统 (Q_{p1}) (289.33 ~ 153.70 m) 以河流二元结构为特征, 旋回底部为块状含砾砂岩、砾砂, 底部常含有较大的炭化木块, 与下伏旋回之间存在明显的冲刷面, 向上为发育斜层理、水平层理的粉细砂层, 沉积物粒度逐渐变小, 旋回顶部为褐黄色、褐色、绿灰色及灰色的粉质粘土、粘土层, 发育水平纹理, 常含有植物根系、钙质及铁锰质结核及层面龟裂。

中更新统 (Q_{p2}) (153.70 ~ 129.65 m) 底部为块状、含铁锰质斑点的砂质粉土, 向上则变为灰色、兰灰色、绿灰色到绿黄色的粘土、粉质粘土及粘质粉土, 沿裂隙发育绿色、绿灰色网

^① 收稿日期: 2006-09-06

万方数据

作者简介: 丁元陶(1970~), 女, 工程师, 主要从事于岩土工程勘察与第四纪地质研究工作。

纹,可塑—硬塑状,含有铁锰质结核,局部层面残留植物根系。

上更新统(Q_{p3}) (129.65 ~ 29.40 m)可分为三个岩性段。下段(129.65 ~ 90.50 m)由灰色砾砂、灰黄色粉细砂组成,顶部为发育水平层理、微斜层理的灰色粉砂夹粉质粘土层;中段(90.50 ~ 70.71 m)由两个河流相的二元沉积结构旋回组成,下部沉积旋回厚度较小,上部河流浅滩相沉积物保留较好。上段(70.71 ~ 29.40 m)表现为沉积物粒度逐渐变小,沉积构造由块状向交错层理与斜层理、水平层理与微波层理演变,顶部为具有标志性的晚更新世晚期暗绿—草黄色粘质粉土层,含铁锰质斑点。

全新统(Q_h)可分为上下两个岩性段,下段(29.40 ~ 10.44 m)为灰色粘土、粉质粘土,沿层面分布贝壳碎片、粉砂纹层,底部贝壳及碎片较为富集;上段(10.44 ~ 0.60 m)以灰色粉土为主,夹薄层粉砂,顶部为含铁锰质斑点的褐黄色粉质粘土。

2 粒度及其分布参数的环境指示意义

沉积颗粒物的粒径大小是搬运它的介质的动力大小和特征的直接指示,因此粒度分析是古环境研究的重要手段。近二、三十年来,随着以激光粒度仪为代表的许多新的粒度分析仪器相继诞生,对沉积物粒度分析的精确测量,使我们可以客观地研究沉积物粒度的总体分布特征。

搬运介质的动力大小和搬运方式是决定沉积物粒度组成的两个基本因子,在沉积物频率曲线、累积曲线特征中得到很好反映,尤其是频率分布图较直观地显示了样品中各粒度的相对含量及其对总样的贡献。沉积物颗粒粒径(M_z)的大小直接反映了沉积水动力的状况,反映了粒度分布的集中趋势,是反映其搬运介质动力大小和特征的直接标志。但 M_z 也有局限性,它掩盖了更为复杂的变化,造成了 M_z 的多解性问题。因此,进一步研究粒度分布的其它参数有助于更准地恢复沉积环境条件。本次工作中计算了标准偏差(σ_i)、偏度系数(SK)、峰度系数(KG),各参数具体按 Folk 和 Ward(1957)提出的方法计算。

3 沉积物粒度特征及沉积环境演化

根据该钻孔沉积物粒度参数及概率累积曲线的变化规律可以将其划分为五个阶段。

3.1 辫状河流—低弯度曲流河环境

上新世晚期至早更新世早期的沉积物为分选较差的含砾泥质中粗砂或泥质砾砂层夹发育水平层理的粘土层,沉积物剖面的表现为“砂包泥”特征。上新统(354.50 ~ 289.33 m)沉积物粒度特征反映了早期辫状河流、冲积扇的沉积环境。该阶段砂层 M_z 为0.50 ~ 3.88 ϕ (平均2.63 ϕ),砾含量最高可达37.38%、砂粒组33.80% ~ 89.64%、粉粒组1.09% ~ 40.90%、粘粒组含量为0.00 ~ 25.3%;标准偏差(σ_i)为1.15% ~ 3.56%;砾一般呈次棱角状。

砂层的频率累积曲线表现为细粒端尾部较长、粗细端分选较好的单峰特征,而概率累积曲线从下部向上则表现出由辫状河流二段型向河流三段型过渡的特点。如343.4 m处样品的概率累积曲线为典型的二段型,无推移次总体,跃移次总体含量达85%,细截点 ϕ 值为2.5,反映出该时期的沉积环境为地形起伏较大、水动力强度大的山前盆地。上新世地层中夹数段水平层理较发育的粘土层, ϕ 值为6.55 ~ 7.67(平均为6.74 ϕ),为湖泊沉积物。 σ_i 为1.39 ~ 2.89,KG为0.67 ~ 1.01,粒度频率累积曲线为偏平的多峰状,反映出其搬运水动

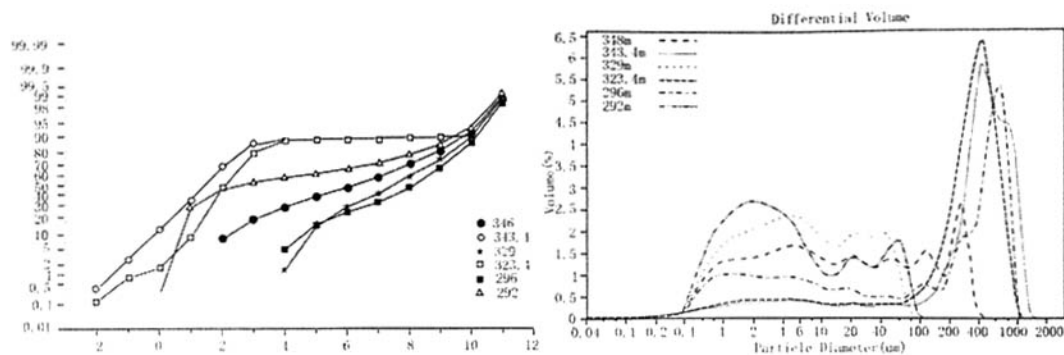


图 1 第 I 阶段辫状河流沉积物粒度特征

Fig. 1 Sediment granularity character of braided river in phase I

力条件复杂,可能是多条河流物质混合直接注入湖泊环境的表现(图 1)。

早更新世早期沉积物(289.33 ~ 248.0 m)主要由分选差的砂砾、含砾中细砂及粉细砂组成,底部常含有炭化的植物碎屑,与下伏层有明显的冲刷面。各沉积旋回层序显示不规则的向上变细的正旋回特征,顶部发育较薄的块状-水平纹理的粘质粉土、粉质粘土。砂层的 M_z 为 1.88 ~ 5.51 ϕ (平均为 4.21 ϕ); δ_i 为 1.87 ~ 3.20,分选较差,孔隙间常充填细粒沉积物。频率累积曲线为带有长细粒端尾的单峰,概率累积曲线由跳跃和悬浮两部分组成,跳跃次总体的分选性较好,占总体的 30% ~ 65%,细截点为 2 ϕ ,悬浮次总体的含量较高,但分选性较差。旋回顶部以块状构造的粉砂、泥质粉砂为主, M_z 平均 6.98 ϕ , δ_i 为 1.60 ~ 2.71(平均 2.04), K_G 为 0.69 ~ 0.98,频率累积曲线为扁平的多峰状,概率累积曲线为仅由悬浮成分组成的一段式(图 2),表现为曲流砂坝旋回顶部的细粒越岸沉积,反映出多物源混合后,沉积环境对其改造的程度并不十分明显。因此,早更新世早期的沉积环境应是具有一定河床坡度的低弯度曲流河沉积环境。

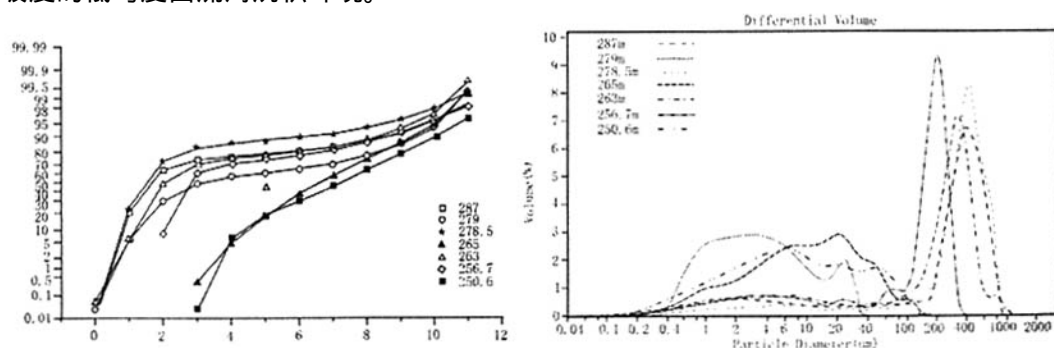


图 2 第 II 阶段低弯度曲流河沉积物粒度特征

Fig. 2 Sediment granularity character of low degree of curvature meandering river in phase II

3.2 曲流河环境

此阶段沉积物(248.0 ~ 129.65 m)由多个向上变细的曲流砂坝旋回层序组成,具有较典型的曲流河沉积特征。旋回底部与下伏地层有明显的冲刷面,底部为块状砾砂,砾石呈次棱角状,向上为具水平层理、斜层理的粉细砂、粉砂;顶部为块状-水平层理的粉砂、粉质粘

土。各砂坝旋回的沉积物粒度向上呈明显变细的趋势。

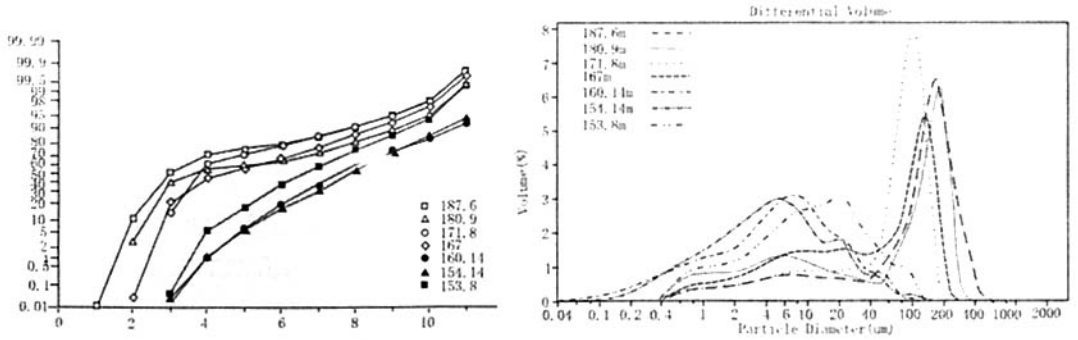


图3 第Ⅱ阶段曲流河环境沉积物粒度特征

Fig.3 Sediment granularity character of meandering river condition in phase II

图3显示了一个曲流砂坝沉积旋回(193.80~153.70 m)的沉积物粒度变化特征。沉积物 M_z 为 $0.87 \sim 5.63\phi$ (平均为 4.66ϕ) , δ_i 为 $1.65 \sim 2.65$ (平均 2.19) ,分选性明显有所提高。概率累积曲线为由跳跃总体、悬浮总体组成,跳跃总体为主,占 $30\% \sim 55\%$,斜率大,分选性较好。从曲流砂坝下部到上部,随着平均粒度的变小,细截点变化不大,但悬浮总体的含量逐渐增多。顶部为块状-水平层理的粉砂、粉质粘土, M_z 为 $6.70 \sim 7.70\phi$ (平均为 7.22ϕ) , δ_i 为 $1.77 \sim 2.12$ (平均 1.96) , K_G 为 $0.80 \sim 1.02$ (平均 0.86) ,频率累积曲线为近于正态分布的多峰状。旋回顶部洪泛平原相细粒越岸沉积物的粒度特征反映出物质来源是多源的,但在混合后经过了一定的搬运与改造,沉积环境距物源区已有一定的距离,分选性有所提高。沉积旋回厚度增大,沉积物分选性变好,表明河流明显加深,曲流河体系发育更加成熟。

3.3 河口沉积环境

晚更新世早期地层(129.65~70.71 m)为三个沉积物粒度向上变细的旋回组成,河床相沉积物粒度表现为向上水动力逐渐变小的河流沉积特征。

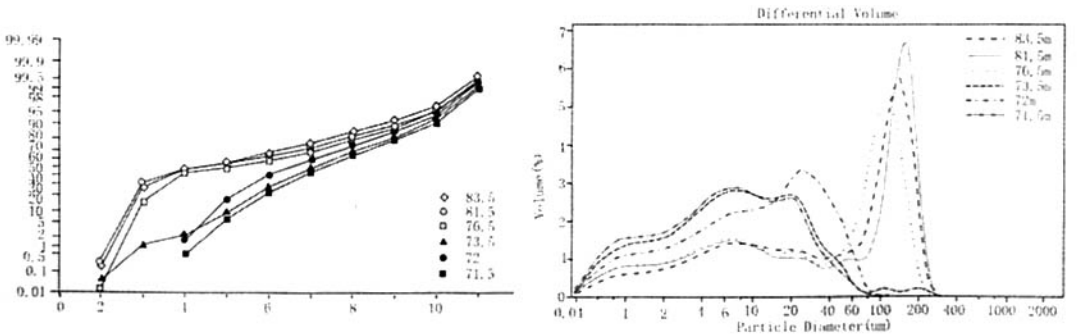


图4 第Ⅲ阶段河口沉积环境沉积物粒度特征

Fig.4 Sediment granularity character of estuary deposit condition in phase III

下部旋回(129.65~90.50 m)底部为典型河床的含砾中粗砂、砾,呈次圆状-扁圆状,较前期砾石的磨圆度提高。向上则逐渐变为脉状层理的粉细砂及水平层理、微斜层理的粉砂。河道沉积物粒度频率累积曲线为带细粒尾的单峰状,粒度参数 M_z 为 $0.67 \sim 5.20\phi$ (平

均 4.34ϕ), δ_i 为 $1.62 \sim 2.83$ (平均 2.48) KG 为 $0.54 \sim 1.60$ (平均 0.94)。其粒度分布在概率图上显示二个总体,个别为三个总体,以跳跃总体为主(占 $75\% \sim 90\%$),中等斜率,分选中等。悬浮总体占 $10\% \sim 25\%$,斜率低,分选性差。中部旋回($85.40 \sim 90.50$ m)厚度较小,沉积旋回保留不完整。上部旋回($90.50 \sim 70.71$ m)底部为灰黄色砾砂,砾石呈棱角—次棱角状,分选差,为典型河床沉积物。粒度参数 M_z 为 $4.39 \sim 7.47\phi$ (平均 6.17ϕ),总体呈现向上部粒径逐渐减小的特点, δ_i 为 $1.84 \sim 2.93$ (平均 2.31),分选中等—较差,概率累积曲线由二段式向一段式渐变,中部沉积物在概率图上显示有两个总体,以悬浮总体为主($60\% \sim 80\%$)跳跃总体仅占 $20\% \sim 40\%$,细截点为 3.0ϕ ;上部沉积物概率曲线呈一段式,无跳跃总体(图 4)。

从上述三个沉积旋回沉积物粒度特征分析,河流环境的水动力强度的逐渐减弱的趋势。钻孔 $103.50 \sim 92.60$ m 之间零星分布广盐性有孔虫、半咸水介形虫化石微体化石,推测晚更新世早期为受海水影响的河口环境。

3.4 海岸沉积环境

晚更新世中、晚期沉积物($70.71 \sim 29.4$ m)表现为一个向上粒径逐渐减小的正旋回特征,底部为灰黄色含砾中细砂,中部以粉砂、砂质粉土为主,至顶部为粘质粉土。中下部沉积物 M_z 为 $3.72 \sim 5.58\phi$, δ_i 值为 $1.80 \sim 2.93$ (平均 2.33),分选程度较差。概率累积曲线具有双跳跃组分,其跳跃组分含量约 $90\% \sim 95\%$,悬浮组分占 $5\% \sim 10\%$,滚动组分缺失。悬浮与跳跃截点在 10.0ϕ 左右,双跳跃组分截点在 $3 \sim 4\phi$ 之间(图 5)。与典型海滩砂样品对比,其悬浮组分略有增加,反映当时的沉积环境是远离剥蚀区的浅海沙滩,水动力条件弱。旋回顶部沉积物粒度明显减小, M_z 为 $4.69 \sim 6.94\phi$, δ_i 值为 $1.85 \sim 2.13$ (平均 1.97),分选程度较差,概率累积曲线为一段式,为悬浮组分,表现为洪泛平原的沉积特征。

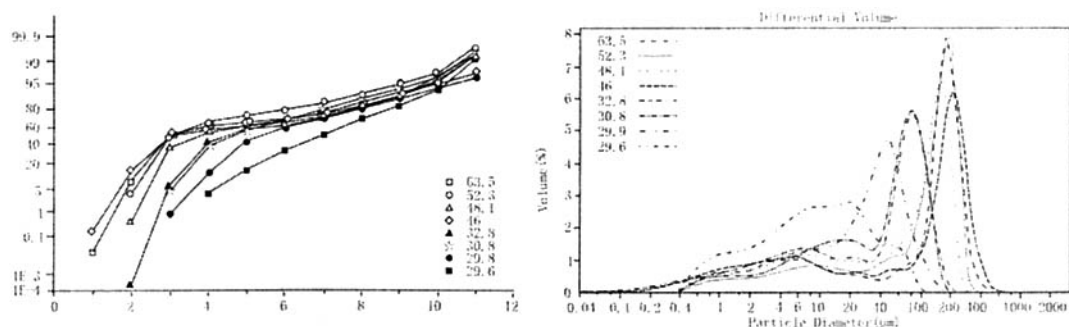


图 5 第 IV 阶段海岸沉积环境沉积物粒度特征

Fig. 5 Sediment granularity character of coast deposit condition in phase IV

3.5 三角洲沉积环境

按全新统($29.4 \sim 0.60$ m)沉积物粒度特征可以分为 2 段,表现为下细、上粗,分选性略有提高的特点(图 6)。下段($29.40 \sim 10.44$ m) M_z 为 $8.01 \sim 6.11\phi$ (平均 7.22ϕ),粘粒、粉粒及砂的平均含量分别为 33.11% 、 63.99% 、 2.90% , δ_i 为 $1.62 \sim 2.12$ (平均 1.83), KG 为 $0.84 \sim 1.10$ (平均 0.90)。上段($10.44 \sim 0.60$ 米) M_z 为 $8.45 \sim 36.77\phi$ (平均 26.70ϕ),粘粒、粉粒及砂的平均含量分别为 19.44% 、 73.98% 、 6.58% , δ_i 为 $1.77 \sim 2.12$ (平均 1.96), KG 为 $0.80 \sim 1.02$ (平均 0.86)。沉积物粒度频率曲线特征也具有明显的差异,下段沉积物

频率曲线为偏平的多峰状,而上段则为在细端、粗端有弱峰的正态单峰分布特征,反映出全新世沉积搬运营力、物质来源的变化。

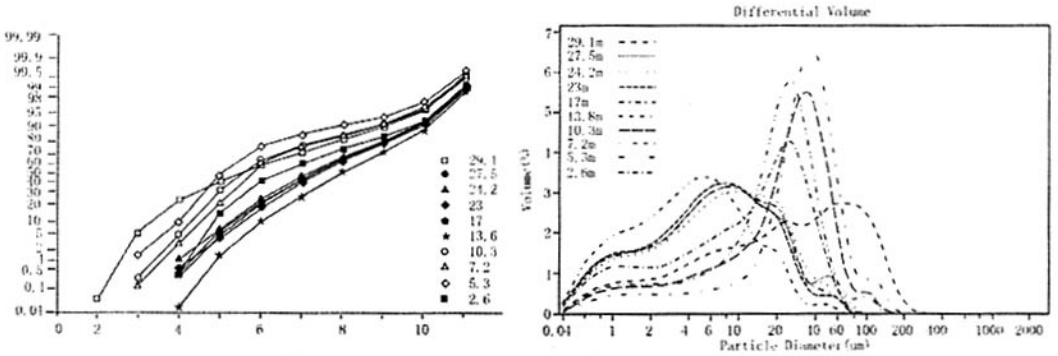


图6 第V阶段三角洲沉积环境沉积物粒度特征

Fig.6 Sediment granularity character of delta deposits condition in phase V

4 讨论与结论

(1) 上新世晚期长江三角洲东部沉积环境受新构造运动控制明显。该钻孔上新统为分选较差的含砾泥质中粗砂、泥质砂层,其中夹水平层理发育的湖泊相粘土层,反映了辫状河流的快速堆积与湖泊平静沉积环境的相间的特点。上新世湖泊沉积物厚度较薄(一般2.2~3.8 m),反映湖泊存在时间较为短暂和环境的不稳定性。从湖泊沉积物粒度频率曲线呈多峰状特征反映出水动力条件的复杂性,应是多条近源河流物质混合直接注入湖泊,反映了长江三角洲东部地区上新世晚期为受构造控制的山前盆地、辫状河流发育的沉积环境,构造运动相对平静期出现小型构造盆地,新构造活动期山体相对抬升使陆源碎屑沉积物冲填入湖,湖泊面积与深度迅速减小而消亡。

(2) 上新世晚期至更新世中期,受长期构造沉降作用长江三角洲东部由剥蚀台地逐渐向准平原、平原演化,河流沉积物平均粒度总体逐渐减小,沉积旋回厚度不断增大,反映出河流水动力条件逐渐减小,河床坡度不断降低。

(3) 自晚更新世早期长江三角洲东部开始遭受海侵影响。潟湖海侵在该钻孔粒度特征上有较好的反映,晚更新世早期的沉积环境为河口相,受海平面上升影响而迅速演化为滨浅海,形成了具有海滩砂粒度特征的沉积物,之后随着海平面的下降而演变为陆相洪泛平原。

(4) 该钻孔全新世沉积物粒度特征,可以清楚地反映出长江对本区沉积环境的影响。全新世早期细粒沉积代表了全新世海侵的滨海沼泽、滨海环境,而晚期分选较好的粗颗粒组分出现,可能代表了长江物质来源对本区的影响,并开始塑造了现代长江三角洲环境。

参考文献

- [1] 狄明信,戴启德,等. 济阳凹陷上第三系馆陶组河流相沉积的粒度特征[J]. 石油大学学报,1996,20(2).
- [2] 江樟焰,伍永秋,等. 昆仑山口盆地松散沉积物粒度特征及其构造和环境意义[J]. 北京师范大学学报(自然科学版),2002,38(5).

- [3] 刘乐军 ,李培英 ,等. 鲁中黄土粒度特征及其成因特征[J]. 海洋地质与第四纪地质 ,2000 ,20(1).
- [4] 鲁春霞. 粘土矿物在古环境研究中的指示作用[J]. 中国沙漠 ,1997 ,17(4) :456-460.
- [5] 师育新 ,戴雪荣 ,李节通 ,等. 末次间冰期兰州黄土记录中的粘土矿物及其环境意义探讨[J]. 海洋地质与第四纪地质 ,1997 ,17(1) :87-94.
- [6] 王君波 ,朱立平. 藏南沉错沉积物的粒度特征及其古环境意义[J]. 地理科学进展 ,2002 ,21(5).
- [7] 薛祥煦 ,鹿化煜 ,等. 陕西旬邑新近系红土剖面粒度组成的古气候意义[J]. 沉积学报 ,2002 ,20(1).
- [8] Chen Z ,Stanley D J. Quaternary subsidence and river channel migration in the Yangtze delta plain[J]. Eastern China. Journal of Coastal Research ,1995 ,11(3) :927-945.

Grain-size characteristics of the eastern Yangtze delta sediments and its environmental implication

DING Yuan-tao

(Shanghai Geotechnical Investigations & Design Institute Co. ,Ltd. Shanghai 200002 ,China)

Abstract

Grain-size characteristics of the Quaternary sediments from the eastern Yangtze delta are analyzed to discuss the palaeoenvironment during different geologic periods. The article also studies the sedimentary environmental evolutions controlled by the neo-tectonic activities ,palaeoclimate and sea level fluctuations in the study area during the Quaternary.

Key words grain-size characteristics palaeoenvironment environmental evolution