

文章编号: 1000-0550 (2005) 01-0122-08

东海内陆架泥区沉积物的环境敏感粒度组分

肖尚斌^{1,2} 李安春¹

1 (中国科学院海洋研究所 山东青岛 266071)

2 (中国科学院南海海洋研究所 广州 510301)

摘要 对东海内陆架泥质沉积区的 DD2 孔和悬浮体进行了陆源物质提取,应用激光粒度仪做了粒度分析,并分析了 DD2 孔粒度参数的垂向分布序列。通过计算粒级—标准偏差的变化获得了 DD2 孔沉积物中对沉积环境变化较为敏感的粒度组分,约 19 和 130 μm 是 DD2 孔所属区域对沉积环境敏感的粒级,分别对应于东海沿岸流和风暴流沉积动力过程。敏感粒度组分含量随深度变化的分析表明,该孔上段的沉积作用主要受控于沿岸流,沉积环境相对稳定;而下段沉积环境变化大,是风暴流和沿岸流的混合作用沉积的结果。

关键词 粒度组分 陆源物质 东海内陆架

第一作者简介 肖尚斌 男 1970 年出生 博士 海洋地质

中图分类号 P736.2 **文献标识码** A

1 引言

一直以来,黄土的粒度和磁化率被分别作为冬、夏季风的替代指标运用到东亚季风的演化研究中^[1-2],在大尺度研究中取得众多举世瞩目的重大研究成果。近年来,冰芯、泥炭、孢粉、树木年轮、湖泊沉积物和洞穴碳酸盐沉积(主要指滴石)等^[3-10],被逐步用作研究东亚古季风和古气候的高分辨率替代指标。安芷生指出,进行东亚古季风研究首先应加强东亚季风的高分辨率替代性序列的调查,且要将东亚的大陆、海洋、大气和冰系统作为一个完整的东亚季风环境系统进行整体研究^[11]。目前,海洋古环境研究随着取样技术和测年手段的改进取得了长足进步,已达到百年等级的分辨率^[12],但是和陆地的代用指标相比,分辨率仍然是很低的。

作为海洋沉积作用研究的基础,东海陆架表层沉积物的粒度分布及形成的沉积动力机制早已得到了中外科学家的深入研究^[13-18],其基本格局是在砂质沉积区的背景上分布着两大块呈斑块状发育的泥质沉积区^[13-14,17],即远岸济州岛西南泥质沉积区和近岸闽浙沿岸泥质沉积区(图 1)。前者的物源主要来自老黄河^[19-22];而后者,即所谓的“东海内陆架泥质沉积物”,主要为源自长江的悬浮体由冬季沿岸流输送而沉积的^[21-24],这与该海区悬浮体和水团的分布

一致^[16,25-26],其中东海沿岸流路径的一个重要特点是随季节而变化,即在夏季因东南季风盛行流向北,而在冬季由于偏北风盛行而向南运移^[14]。研究表明,泥质区是东海末次冰消期高海面以来的堆积中心^[13,15,17,27],是东海陆架的“物质汇”^[28];砂质沉积区这一时期的堆积厚度几乎为零^[13,15,17,27]。

现代的长江三角洲在大约 8 ka 之前就开始初具规模^[29],而其河道的形成和河口充填作用早在冰后期的海侵过程中就已经开始^[30]。历史上长江约 4.8×10^8 t/a 大量的沉积物输送^[31],导致了沉积物在长江口及其周围特别是南侧快速的堆积。如闽浙沿岸泥质沉积区北部 Dc2 孔近 12 ka 沉积厚度约 1 520 cm^[14],平均沉积速率约为 126.67 cm/ka;中部 PC-7 孔近 7.7 ka 沉积厚度约 550 cm^[32],平均沉积速率约为 71.43 cm/ka。高的沉积速率为年代际乃至几年尺度的东亚季风研究提供了可能。

由于强盛的东亚冬季风驱使的闽浙冬季沿岸流具有更快的流速,导致沉积物的粒度将相应地变粗;反之亦然。本文旨在获取内陆架泥质沉积区陆源物质中对沉积环境变化较为敏感的粒度组分,特别是找出对应于闽浙沿岸流的敏感粒度组分,结合测年资料,建立反演全新世中晚期东亚冬季风演化的高分辨率替代指标。

2 材料与方法

研究所用的重力柱状样,为中国科学院海洋研究所的“金星二号”科学调查船 2002 年 5 月 11 日在东海内陆架闽浙沿岸泥质沉积区获取,长 2.98 m,站号 DD2,该孔远离河口(122°37.92'E, 29°34.92'N),水深 43.5m(图 1)。在室内对该岩芯进行了详细描述和 2 cm 间隔的采样。悬浮体采样用 2 500 ml 的塑料采水器采取,经微孔滤膜(直径 47 mm,孔径 0.45 μm)过滤并洗盐,即得到悬浮体样品。所有样品先用 =30% 的双氧水、再用浓度为 3N 的盐酸处理。处理后的样品在国家海洋局第一海洋研究所用英国 Malvern 2000 型激光粒度仪进行粒度测量,测量范围为 0.02~2 000 μm,粒级分辨率为 0.01 φ,重复测量的相对误差 <3%。年代测试选取混合种底栖有孔虫作为材料,在美国 Woods Hole 海洋研究所 AMS 年代测试中心测试,年龄原始测年数据利用 CALIB 4.3 软件^[33]进行日历年龄校正,结果见表 1。

3 DD2 孔粒度分析结果

3.1 岩性特征

整个岩芯以灰色、深灰色粘土质粉砂、粉砂质砂为主,局部夹薄层细砂、砂质粉砂(图 1)。以 212 cm 为界分为上下二层。

上层:0~212 cm,粘土质粉砂,夹 1 层粉砂质砂;一般粉砂的含量为 75%、粘土为 25%左右。罕见贝

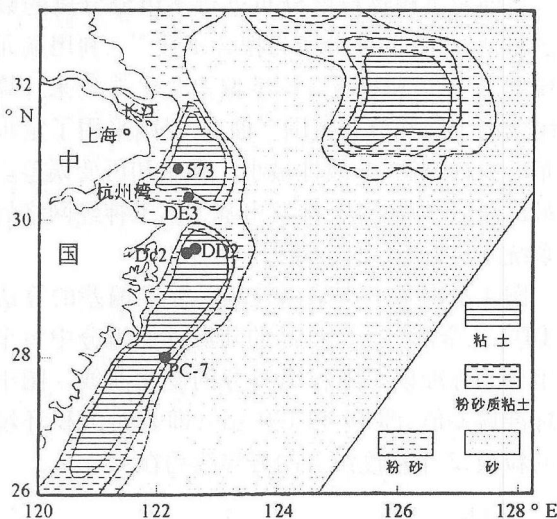


图 1 东海陆架沉积物分布(重绘自秦蕴珊等^[14], 1987)和站位图

Fig 1 Sediment distribution in the shelf of the East China Sea (Revised from Qin Yunshan, 1987) and samples' sites station

表 1 DD2 孔及悬浮体站位数据

Table 1 Data on the station for collecting the suspended sediments in Core DD2

站号	坐标	水深/悬浮体深度/m	取样时间
DE3	122°30'46.66"E, 30°20'09.01"N	19/10(DE3/D7)	2003年9月28日
		19底层(DE3/D6)	
573	122°20'E, 30°45'N	12/10	2004年3月1日
DD2	122°37.92'E, 29°34.92'N	43.5	2002年5月11日

表 2 DD2 孔 AMS¹⁴C 年代数据(aBP)

Table 2 AMS¹⁴C dating of Core DD2(aBP)

深度/cm	测试材料	¹⁴ C 年龄/aBP	日历年龄/aBP
46~52	混合种底栖有孔虫	640 ±40	282
106~112	混合种底栖有孔虫	1420 ±30	951
202~204	混合种底栖有孔虫	2150 ±150	1726
230~232	混合种底栖有孔虫	6100 ±55	6512
254~256	混合种底栖有孔虫	6020 ±60	64243

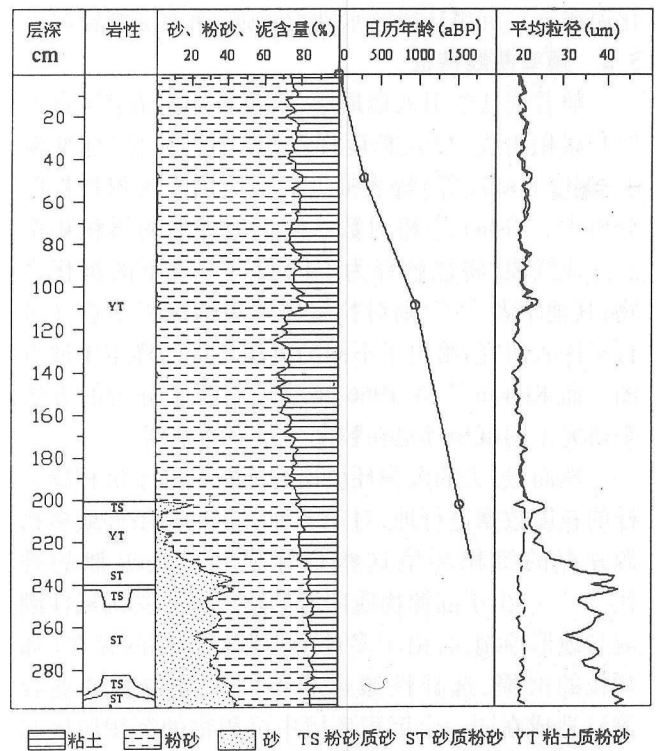


图 2 DD2 孔岩性与年代地层图

平均粒径实线和点划线分别为全粒级和 <45 μm 粒级平均
Fig 2 Lithology and chronology of Core DD2 real and dash-dotted lines in mean size column are from samples of the whole and <45 μm, respectively

壳碎片,仅在 203 cm 处为 5 mm 厚的粉砂质砂层,含大量小的碎介壳,为风暴沉积的产物。另外,63 cm 处有一水平潜穴。

下层: 212 ~ 298 cm, 岩性变化大, 以砂质粉砂为主, 夹 2 层薄层粉砂质砂, 分选为一般至差。根据岩性的变化可分为 4 段。

(1) 212 ~ 228 cm 为粘土质粉砂, 由下而上粉砂含量逐渐减少, 泥质组分逐渐增多。

(2) 228 ~ 248 cm 砂质粉砂夹一薄层粉砂质砂 (240 ~ 242 cm) 层, 234 ~ 244 cm 富含贝壳, 贝壳有完整和破碎者, 有磨圆, 但分选差; 该层之上为浅灰黄色粉砂质泥, 该层之下则为灰色细砂和粉砂, 并含少量贝壳, 含水量少。248 cm 处为一水平潜穴, 直径 2 cm。

(3) 248 ~ 266 cm 为粉砂质砂, 263 cm 为一直径 1 cm 的水平潜穴。

(4) 266 ~ 298 cm 为砂质粉砂夹一薄层粉砂质砂 (292 ~ 294 cm) 层。

可以看出, 整个柱状样下层粗、上层细, 从底部向上粗粒组分逐渐减少、细粒组分增多, DD2 孔岩性变化说明下层沉积环境的水动力较强, 而上层则较弱。

3.2 频率曲线特征

随着统计学引入地质学, 粒度样本分布图 (直方图和累积曲线) 以及粒度样本矩 (平均粒径、标准偏差、偏度和峰度等) 等表征方法被应用于沉积物粒度分析中。Visher^[34] 将对数—概率坐标下的累积频率点连成线段, 将之解释为不同搬运方式下的沉积产物; 其他学者^[35~38] 则对粒度样本矩的沉积学意义进行了深入研究, 给出了不同的沉积环境的样本矩散点图。而 Klován^[39] 在 1966 年就采用因子分析的方法来研究不同沉积环境在粒度分布上的差别。

然而, 过去的沉积环境研究通常是基于沉积物全样的粒度数据进行地, 对于多种沉积动力条件或多物源并存的沉积环境这些指标显然只是近似的替代^[40~41]。由于陆源物质向海的输入方式受区域性潮流与地形控制, 且由于多种动力搬运作用的存在 (如颗粒的磨损、选择性搬运和不同来源物质的混合等), 造成在同一个沉积环境中沉积物的沉积层序和粒度特征可能因地而异^[42], 同时又使得沉积物的成分和粒度组成复杂化。然而, 由于具有重要的环境指示意义 (如水流流速等) 的粒度组分范围可能很小^[43~46], 因此在利用粒度数据进行海洋沉积古环境研究时, 必须进行环境敏感组分的提取和子体粒度组分分离, 从复杂的粒度数据中分离出单一粒度组分的特征 (如众数、分布范围、含量等), 以研究沉积环境的不同组分构成及各组分所指示的沉积学意义。这也是定量古环境和古气候研究的发展要求, 因为在陆

源物质主要由河流输入的海区, 陆源物质的输入通量可视作陆地干湿气候的有效指标^[47~48]。

下图为 DD2 孔两类典型的沉积物频率分布曲线, 频率分布图显示出两个明显的粒度众数。图中 2 和 248 cm 分别代表正常沉积和含风暴沉积的沉积物, 它们的频率分布曲线存在较大的差异, 即不同深度的沉积物其粒度组分含量构成存在差别, 这表明了沉积环境水动力条件或物源的混合。所以, 分离出单组分的含量和众数值是更深入研究相应的粒度组分所对应的沉积动力过程的基础, 从而进一步分析沉积环境的动力特征。

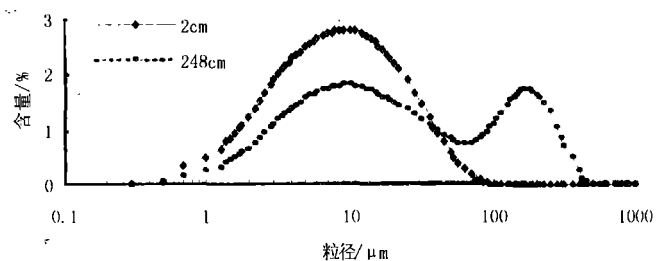


图 3 DD2 孔不同深度沉积物的粒度频率分布曲线

Fig 3 Volumic percent of each grain-size class of samples with different depth, Core DD2

依据沉积物所包含的粒度组分和分布范围来追溯沉积物输运过程和沉积环境变化, 已被较好地应用于阿拉伯海、中国南海和冲绳海槽^[46~47, 49]。

目前对沉积物粒度分布进行多组分分离的数学方法包括以 Weibull 分布为拟合函数^[41]、利用端元粒度模型^[48, 50~52]和粒级—标准偏差变化^[46, 53]来计算粒度组分的个数和分布范围。曲政^[54]则采用了定步长分布参数枚举法、非线性最小二乘法和可变误差多面体最优化法 3 种算法, 开发出基于人工神经网络的专家系统来进行“子体分离”。

图 4 示出了本文采用粒级—标准偏差的算法获得 DD2 孔全部 149 个样品的陆源碎屑组分中每个粒级组分标准偏差随粒级组分的变化曲线。图中较高标准偏差值, 即 19 和 130 μm , 即是对沉积环境敏感的粒级, 2 个粒度组分的分界线约在 45 μm 。

4 讨论

前文已述, 现代东海内陆架闽浙沿岸表层泥质沉积物主要是长江输送的沉积物由冬季沿岸流输送而沉积的, 废黄河口的沉积物很少能到达^[17, 25]。DD2

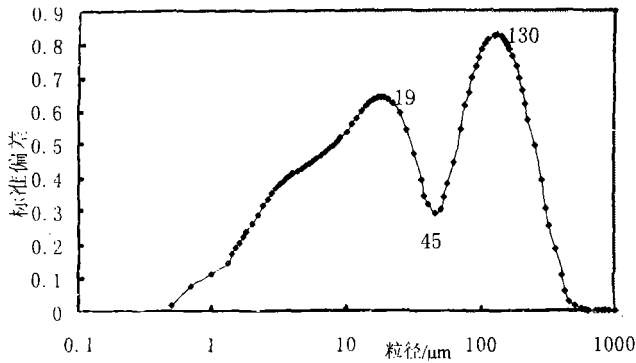


图 4 DD2孔粒级—标准偏差曲线

Fig 4 Standard deviation values vs grain size of Core DD2

孔上段沉积物与现代闽浙沿岸悬浮体的粒度频率分布以及粒度参数的对比也表明了这一点(图 5 和 6)。图 5 和 6 显示出 DD2 孔沉积物与现代闽浙沿岸悬浮体之间在粒度频率曲线呈现出众数值变化很微弱(11 ~ 15 μm)的单峰、近正态分布特点,二者的平均粒径、分选(标准偏差)、尖度等基本一致,反映了相当稳定的水动力条件与沉积环境。另外,如前文所述,与 DD2 相邻的 Dc2 孔近 12 ka 沉积厚度约 1520 cm,平均沉积速率约为 126.67 cm/ka,且该层段所包含的微体动物有孔虫组合和软体动物组合特征,均指示为水深小于 50 m 的近岸浅海环境,同目前基本一致,并主要受沿岸流的控制^[14]。综合前文岩性描述与测年可知,DD2 孔上段沉积物显然主要是近 2 ka 来由东海冬季沿岸流以悬浮方式输送而至的沉积产物。

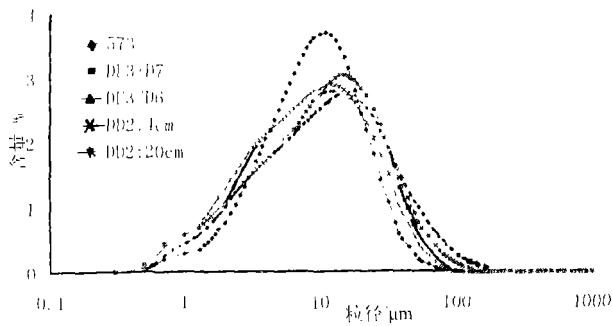


图 5 DD2孔沉积物与现代闽浙沿岸悬浮体的粒度频率分布对比

Fig 5 Grain-size frequency distribution comparison between core DD2 sediment and suspended sediments of Fujian and Zhejiang coast

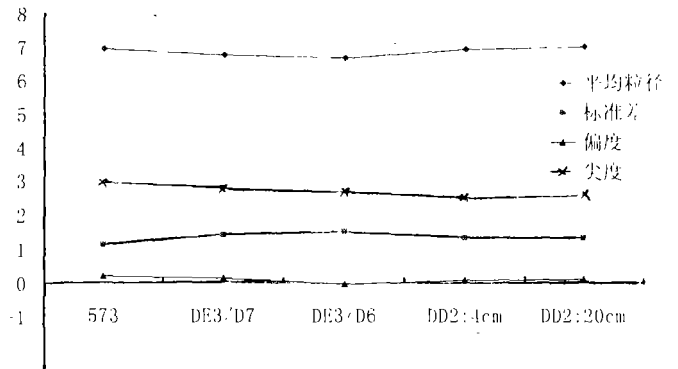


图 6 DD2孔沉积物与现代闽浙沿岸悬浮体的粒度参数对比
Fig 6 Comparison of grain-size parameters between core DD2 sediment and modern abngshore suspended sediments of Fujian and Zhejiang coast

在下段,248 cm 处与下伏为侵蚀—充填接触关系,向上见变形层理和介壳层,介壳破碎、无磨圆和分选、部分腹面向上,呈现典型的风暴沉积特征。另外,该孔上段沉积速率基本稳定,为近 1800 a 来的沉积(图 2),平均沉积速率约为 127.78 cm/ka,与 Dc2 孔沉积速率基本一致;而下段岩性发生了突变,泥质沉积区与该孔相邻的 Dc2 孔同深度段所反映的沉积环境明显不一致,且出现了年龄的反序(表 1),显然为事件沉积所致。DD2 孔岩心中这 2 种不同类型的沉积作用在本区也表现为完全不同的粒度组分特征(图 2)。范德江等^[55]的研究表明,长江、黄河入海沉积物中均匀悬浮载荷分别为 <18 μm, <22 μm 之沉积物,东海陆架北部均匀悬浮载荷为 <20 μm 之沉积物。因此,与该孔对应的沉积动力过程可能是,细粒组分(<45 μm)可能是东海冬季沿岸流携带的悬浮体沉降的结果,而 >45 μm 的粗粒组分则起因于风暴,为风暴流携带的沉积物。

聚类分析的结果也印证了上面的分析。采用 Q 型快速聚类(Quick Cluster)方法对 DD2 孔进行分析,判别出该孔沉积物由 2 种典型的粒度分布组成(图 7),其中 212 cm 之上属于第一类,之下则属于第二类。第一类表现为粒度分布众数值为 15 μm 的“单峰”近正态分布,代表了基本为细粒组分的东海沿岸流沉积层的粒度分布特征;第二类为众数值分别为 11 和 130 μm 的“双峰”分布,呈正偏态,体现为细粒组分和粗粒组分的混合,反映了风暴流和沿岸流的共同作用。

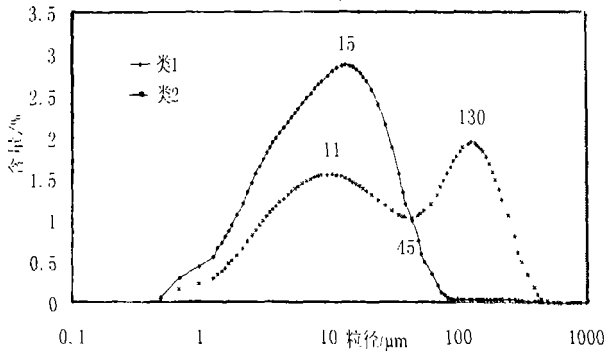


图 7 DD2孔由聚类分析方法获得的 2 个典型组分的粒度分布
 Fig 7 Distribution curves of 2 grain-size populations based on cluster analysis, Core DD2

图 8 显示出 DD2 孔细粒 (< 45 μm) 和粗粒 (> 45 μm) 组分的含量随深度的变化。可以看出, 2 个粒度组分含量及变化在整个岩心中呈现出以 212 cm 为界线上、下层明显不同的特点, 下层沉积环境变化较大, 而上层沉积环境相对稳定。212 cm 以上细粒组分含量均在 80% 以上 (203 ~ 203.5 cm 除外), 而 202 cm 以上细粒组分含量更在 90% 以上, 且粗细两个组分的含量变化很小, 反映了沉积物沉积时稳定的沉积动力条件, 即上段与现今的沉积环境基本一致, 为主要受沿岸流控制的内陆架沉积环境。因此, 上段可应用于进行高分辨率的古环境与古气候重建研究。212 cm 以下的下段之沉积, 则很可能是由于风暴流频繁地扰动并混合于沿岸流而造成。

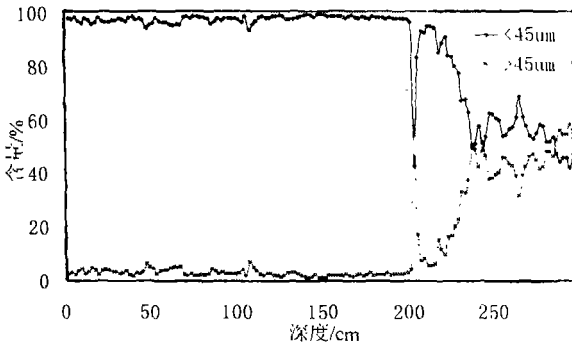


图 8 DD2 孔粗、细粒组分含量的垂向变化
 Fig 8 Vertical variation of fine and coarse grain-size population of Core DD2

5 结论

东海内陆架闽浙沿岸泥质沉积物主要是长江输

送的沉积物由冬季沿岸流以悬移方式输送而沉积的; 约 19 和 130 μm 是该区域对沉积环境敏感的粒级, 分别对应于东海沿岸流和风暴流沉积动力过程。DD2 孔沉积物由 2 种典型的粒度分布组成, 212 cm 之上属于第一类, 大多表现为粒度分布众数值约为 15 μm 左右的近正态分布, 基本为东海沿岸流以悬移方式输送而沉积, 沉积环境相对稳定; 212 cm 之下的第二类呈现众数值分别约为 11 和 130 μm 左右的“双峰”分布, 是风暴流和沿岸流共同沉积的结果。受风暴动力条件变化以及水深等的影响, 本文所提出对风暴沉积敏感粒度组分 (即约 130 μm), 可能在不同的沉积地点会有所不同。

致谢 国家海洋局一所刘焱光博士、魏建伟博士和李朝新硕士给予了粒度分析方面的帮助, 特此致谢。

参考文献 (References)

- 1 An Z S, Liu T S, Lu Y C, *et al* The long-term paleomonsoon variation recorded by the loess-paleosol sequence in central China Quaternary International, 1990, 7-8: 91 ~ 95
- 2 An Z S, Kukla G, Porter S C, *et al* Magnetic susceptibility evidence of monsoon variation on the Loess Plateau of central China during the last 130,000 years Quaternary Research, 1991, 36: 29 ~ 36
- 3 施雅风, 姚檀栋, 杨保. 近 2000a 古里雅冰芯 10a 尺度的气候变化及其与中国东部文献记录的比较. 中国科学 (D 辑), 1999, 29 (增刊 1): 79 ~ 86 [Shi Yafeng, Yao Tandong, Yang Bao. Records of Guliya Ice Core on 10 a scale and its comparison with records of documents about the East China Science in China (Series D), 1999, 29 (Suppl): 79 ~ 86]
- 4 姚檀栋, Thompson L G, 施雅风, 等. 古里雅冰芯中末次间冰期以来气候变化记录研究. 中国科学 (D 辑), 1997, 27 (5): 447 ~ 452 [Yao Tandong, Thompson L G, Shi Yafeng, *et al* Climate changing records of Guliya Ice Core since the Last Interglacial Science in China (Series B), 1997, 27 (5): 447 ~ 452]
- 5 洪业汤, 姜洪波, 等. 近 5 ka 温度的金川泥炭 ¹⁸O 记录. 中国科学 (D 辑), 1997, 27 (6): 525 ~ 530 [Hong Yetang, Jiang Hongbo, *et al* ¹⁸O Records of temperature about 5 ka from Peat in Jinchuan Science in China (Series D), 1997, 27 (6): 525 ~ 530]
- 6 Feng X, Epstein S Climatic implications of an 8000-year hydrogen isotope time series from Bristlecone Pine trees Science, 1994, 265: 1079 ~ 1081
- 8 刘东生, 刘嘉麒, 吕厚远. 玛珥湖高分辨率古环境研究的新进展. 第四纪研究, 1998, (4): 289 ~ 295 [Liu Tungsheng, Liu Jiaqi, L ü Houyuan Process in high-resolution plaeoenvironment research from Maar Lake. Quaternary Sciences, 1998, (4): 289 ~ 295]
- 9 Chen J A, Wan G J, Tang D G, *et al* Recent climatic changes recorded by sediment grain sizes and isotopes in Erhai Lake Progress in

- Natural Science, 2000, 10(1): 54 ~ 61
- 10 Tan M T, Liu J, Hou L, *et al* Cyclic rapid warming on centennial-scale revealed by a 2650-year stalagmite record of warm season temperature. *Geophysical Research Letters*, 2003, 30 (12): 1617 ~ 1620
 - 11 安芷生, 刘晓东. 东亚季风气候的历史与变率. *科学通报*, 2000, 45 (3): 238 ~ 249 [An Zhisheng and Liu Xiaodong History and variability of the East-Asian monsoon *Chinese Science Bulletin*, 2000, 45 (3): 238 ~ 249]
 - 12 王律江, Samthein M. 南海北部陆坡近四万年的高分辨率古海洋学记录. *第四纪研究*, 1999, (1): 27 ~ 31 [Wang L Jjiang and M Samthein High-resolution plaeoceanographic records during the last 400000 years from the northern slope of the South China Sea *Quaternary Sciences*, 1999, (1): 27 ~ 31]
 - 13 秦蕴珊, 郑铁民. 东海大陆架沉积初分布特征的初步探讨. *黄、东海地质*. 中国科学院海洋研究所海洋地质研究室编. 北京: 科学出版社, 1982 31 ~ 51 [Qin Yunshan and Zheng Tienin Preliminary Study on Sediments Distribution in the Inner Shelf of the East China Sea In: Department of the Marine Geology of Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Geology of the Yellow Sea and the East China Sea Beijing: Science Press, 1982 31 ~ 51]
 - 14 秦蕴珊, 赵一阳, 陈丽蓉, 等. 东海地质. 北京: 科学出版社, 1987 [Qin Yunshan, Zhao Yiyang, Chen Lirong, *et al* Geology of the East China Sea Beijing: Science Press, 1987]
 - 15 金翔龙主编. 东海海洋地质. 北京: 海洋出版社, 1992 185 ~ 215 [Jin Xianglong Marine Geology of the East China Sea Beijing: Ocean Press, 1992 185 ~ 215]
 - 16 郭志刚, 杨作升, 雷坤, 等. 东海陆架北部泥质区沉积动力过程的季节性变化规律. *青岛海洋大学学报*, 1999, 29 (3): 507 ~ 513 [Guo Zhigang, Yang Zuosheng, Lei Kun, *et al* Seasonal variation of the sedimentary dynamic process for the mud area in the northern East China Sea *Journal of Ocean University of Qingdao*, 1999, 29 (3): 507 ~ 513]
 - 17 Millman J D, Qin Y S, Park Y A. Sediments and sedimentary processes in the Yellow and East China Seas In: Taira A, Masuda F, eds *Sedimentary Facies in the Active Plate Margin* Tokyo: Terra Scientific Publishing Company, 1989. 233 ~ 249
 - 18 Saito Y, Yang Z S. Historical change of the Huanghe (Yellow River) and its impact on the sediment budget of the East China Sea In: Iseki K, Koike I, Tsunogai, *et al*, eds *Proceedings of International Symposium on Global Fluxes of Carbon and its Related Substances in the Coastal-Ocean—Atmosphere System*. Sapporo: Hokkaido University, 1994. 7 ~ 12
 - 19 Alexander C R, DeMaster D J, Nittroter C A. Sediment accumulation in a modern epicontinental-shelf setting: the Yellow Sea *Marine Geology*, 1991, 98: 51 ~ 72
 - 20 Lee H J, Chough S K. Sediment distribution, dispersal and budget in the Yellow Sea *Marine Geology*, 1989, 87: 195 ~ 205
 - 21 郭志刚, 杨作升, 曲艳慧, 等. 东海陆架泥质区沉积地球化学比较研究. *沉积学报*, 2000, 18 (2): 284 ~ 289 [Guo Zhigang, Yang Zuosheng, Qu Yanhui, *et al* Study on comparison sedimentary geochemistry of mud area on East China Sea continental shelf *Acta Sedimentologica Sinica*, 2000, 18 (2): 284 ~ 289]
 - 22 范德江, 孙效功, 杨作升, 等. 沉积物物源定量识别的非线性规划模型—以东海陆架北部表层沉积物物源识别为例. *沉积学报*, 2002, 20 (1): 30 ~ 33 [Fan Dejiang, Sun Xiaogong, Yang Zuosheng, *et al* A mathematical model on the quantitative provenance identification—Take the identification of the surface sediment sources from ECS as example *Acta Sedimentologica Sinica*, 2002, 20 (1): 30 ~ 33]
 - 23 杨作升, 郭志刚, 王兆祥, 等. 黄东海陆架悬浮体向其东部深海区输送的宏观格局. *海洋学报*, 1992, 14 (2): 81 ~ 90 [Yang Zuosheng, Guo Zhigang, Wang Zhaoxiang, *et al* Suspended sediments on the Yellow and East China Sea Shelf and macro-pattern of their being transported to the Eastern Deeper Sea *Acta Oceanologica Sinica*, 1992, 14 (2): 81 ~ 90]
 - 24 孙效功, 方明, 黄伟. 黄东海陆架区悬浮体输运的时空变化规律. *海洋与湖沼*, 2000, 31 (6): 581 ~ 587 [Sun Xiaogong, Fang Min, Huang Wei Spatial and temporal variations in suspended particulate matter transport on the Yellow and East China Sea Shelf *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2000, 31 (6): 581 ~ 587]
 - 25 苏育松, 李凤歧, 马鹤来, 等. 东海北部底层冷水团的形成及其季节性变化. *青岛海洋大学学报*, 1989, 19 (1): 1 ~ 14 [Su Yusong, Li Fengqi, Ma Helai, *et al* Formation and seasonal changes of the northern bottom cold water in the East China Sea *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1989, 19 (1): 1 ~ 14]
 - 26 胡敦欣, 杨作升. 东海海洋通量关键过程. 北京: 海洋出版社, 2001. 3 ~ 13 [Hu Dunxin, Yang Zuosheng The Key Process of Marine Fluxes in East China Sea Beijing: Ocean Press, 2001. 3 ~ 13]
 - 27 DeMaster D J, Mckee B A, Nittroter C A, *et al* Rates of sediment accumulation and particle reworking based on radiochemical measurements from continental shelf deposits in the East China Sea *Continental Shelf Research*, 1985, 4: 143 ~ 158
 - 28 Yang Z S, Saito Y, Guo Z G, *et al* Distal mud area as a material sink in the East China Sea In: Iseki K, Koike I, Tsunogai S, *et al*, eds *Proceedings of International Symposium on Global Fluxes of Carbon and its Related Substances in the Coastal-Ocean—Atmosphere System*. Sapporo: Hokkaido University, 1994. 1 ~ 6
 - 29 Hori K, Saito Y, Zhao Q H, *et al* Evolution of the coastal depositional systems of the Changjiang (Yangtze) river in response to late Pleistocene-Holocene sea-level changes *Journal of Sedimentary Research*, 2002, 72 (6): 884 ~ 897
 - 30 Li C X, Chen Q Q, Zhang J Q, *et al* Stratigraphy and paleoenvironmental changes in the yangtze delta during late quaternary *Journal of Asian Earth Sciences*, 2000, (18): 63 ~ 79
 - 31 Millman, J D, Meade, R H. World-wide delivery of river sediment to the oceans *Journal of Geology*, 1983, 91: 1 ~ 21
 - 32 喻普之, 李乃胜主编. 东海地壳热流. 北京: 海洋出版社, 1992 7 [Yu Puzhi and Li Naisheng (Editor in Chief). *The Crust Thermal Flux of the East China Sea* Beijing: Ocean Press, 1992 7]
 - 33 Stuiver M, Reimer P J, Bard E, *et al* NTCAL98 Radiocarbon age calibration 24,000 ~ 0 cal aBP. *Radiocarbon*, 1998, 40: 1041 ~ 1083

- 34 Visher G S Grain size distributions and depositional processes Journal of Sedimentary Petrology, 1969, 39 (3): 1074 ~ 1106
- 35 Folk R L, Ward W C. Brazos river Bar: A study in the significance of grain-size parameters Journal of Sedimentary Petrology, 1957, (27): 3 ~ 26
- 36 Mason C C, Folk R L. Differentiation of beach, dune, and Aeolian flat environments' by size analysis, Mustang Island, Texas Journal of Sedimentary Petrology, 1958, 28: 211 ~ 226
- 37 Friedman G M. Distribution between dune, beach, and river sands from the textural characteristics Journal of Sedimentary Petrology, 1961, 31: 514 ~ 519
- 38 Friedman G M. Dynamic processes and statistical parameters compared for size frequency distribution of beach and river sands Journal of Sedimentary Petrology, 1961, 31: 327 ~ 354
- 39 Klován J E. The use of factor analysis in determining depositional environments from grain-size distributions Journal of Sedimentary Petrology, 1966, 36: 115 ~ 125
- 40 孙东怀, 安芷生, 苏瑞侠, 等. 古环境中沉积物粒度组分分离的数学方法及其应用. 自然科学进展, 2001, 11 (3): 269 ~ 276 [Sun Donghuai, An Zhisheng, Su Ruixia, *et al*. The mathematical method and its application of partitioning grain-size distribution from the sedimentary components in paleoenvironments Progress of Natural Sciences, 2001, 11 (3): 269 ~ 276]
- 41 Sun D, Blöemendal J, Rea D K, *et al*. Grain-size distribution function of polymodal sediments in hydraulic and Aeolian environments, and numerical partitioning of the sedimentary components Sedimentary Geology, 2002, 152: 263 ~ 277
- 42 高抒, Collins M. 沉积物粒度趋势与海洋沉积物动力学. 中国科学基金, 1998, 4: 241 ~ 246 [Gao Shu, Collins M. The grain-size trend of sediments and dynamics of marine sediments Funds of Chinese Sciences, 1998, 4: 241 ~ 246]
- 43 McCave IN, Manighetti B, Beveridge N A S. Circulation in the glacial North Atlantic inferred from grain-size measurements Nature, 1995, 374: 149 ~ 51
- 44 McCave IN, Magnighetti B, Robinson S G. Sortable silt and fine sediment size-composition slicing: parameters for palaeocurrent speed and palaeoceanography Palaeoceanography, 1995, 10: 593 ~ 610
- 45 Moerz T, Wolf-Welling T C W. Data Report: Fine-fraction grain-size distribution data and their statistical treatment and relation to processes Site 1095 (ODP Leg 178, Western Antarctic Peninsula). In: Barker P F, Ramsay A T S, eds Proc ODP, Sci Results, 2001, 178: 1 ~ 27
- 46 孙有斌, 高抒, 李军. 边缘海陆源物质中环境敏感粒度组分的初步分析. 科学通报, 2003, 48 (1): 83 ~ 87 [Sun Youbin, Gao Shu, Li Jun. Primary analysis on the sensitive grain-size of terrigenous sediment to environments in marginal sea Chinese Science Bulletin, 2003, 48 (1): 83 ~ 87]
- 47 Wang L, Samthein M, Erlenkeuzer H, *et al*. East Asian monsoon climate during the late-Pleistocene: High resolution sediment records from the South China Sea Marine Geology, 1999, 156: 245 ~ 284
- 48 Prins M A, Postma G, Weltje G J. Controls on terrigenous sediment supply to the Arabian Sea during the late Quaternary: the Makran continental slope Marine Geology, 2000, 169: 351 ~ 371
- 49 Rea D K, Hovan S A. Grain-size distribution and depositional processes of the mineal component of abyssal sediments: Lessons from the North Pacific Paleocyanography, 1995, 12: 251 ~ 258
- 50 Prins M A, Postma G, Cleveringa J, *et al*. Controls on terrigenous sediment supply to the Arabian Sea during the late Quaternary: the Indus Fan Marine Geology, 2000, 169: 327 ~ 349
- 51 Prins, M A, Weltje G J. End-member modeling of siliciclastic grain-size distributions: The late Quaternary record of eolian and fluvial sediment supply to the Arabian Sea and its paleoclimatic significance. In: Harbaugh J, Watney L, Rankey G, Slingerland R, Goldstein R, Franseen E, eds Numerical Experiments in Stratigraphy: Recent Advances in Stratigraphic and Sedimentologic Computer Simulations, SEPM (Society for Sedimentary Geology) Special Publication, 1999, 62: 91 ~ 111
- 52 Stuuft J B W, Prins M A, Schneider R R, *et al*. A 300-kyr record of aridity and wind strength in southwest Africa: Inferences from grain-size distributions of sediments on Walvis Ridge, SE Atlantic Marine Geology, 2002, 180: 221 ~ 233
- 53 Boulay S, Colin C, Trentesaux A, *et al*. Mineralogy and sedimentology of Pleistocene sediments on the South China Sea (ODP Site 1144). Proceedings of the Ocean Drilling Program. Scientific Results, 2002, 184
- 54 曲政. 沉积物粒度数据表征方法的研究. 中国粉体技术, 2001, 7 (4): 24 ~ 31 [Qu Zheng. A study on characterization methods of grain-size data of sediment China Power Science and Technology, 2001, 7 (4): 24 ~ 31]
- 55 范德江, 杨作升, 孙效功, 等. 东海陆架北部长江、黄河沉积物影响范围的定量估算. 青岛海洋大学学报, 2002, 32 (5): 748 ~ 756 [Fan Dejiang, Yang Zuosheng, Sun Xiaogong, *et al*. Quantitative evaluation of sediment provenance on the North Area of the East China Sea Shelf. Journal of Ocean University of Qingdao, 2002, 32 (5): 748 ~ 756]

A Study on Environmentally Sensitive Grain-size Population in Inner Shelf of the East China Sea

XIAO Shang-bin^{1,2} LI An-chun¹

1(Institute of Oceanology, Chinese Academy Sciences, Qingdao Shandong 266071)

2(South China Sea Institute of Oceanology, Guangzhou 510301)

Abstract Grain-size distribution of 149 sediment samples of Core DD2 and 3 suspended sediment samples, pretreated by removing the organic matter and carbonate, are measured by use of Malvern 2000. The sampling sites are located in the inner shelf of the East China Sea. Vertical distribution of grain-size parameters of Core DD2 is studied. Standard deviations are calculated for all 149 samples. Two peaks are observed in plot standard deviation values vs grain-size classes, at about 19 and 130 μm grain size, respectively. They are environmentally sensitive grain-size population. And about 19 μm is sensitive to coastal current of the East China Sea, the other is to storm current. Each of these size classes represents a population of grains with the highest variability through time. Vertical contents of sensitive grain-size population are carried out. It shows that the sedimentations of upper Core DD2 was controlled by coastal current and was in relatively stable environment. This result is supported by the comparison analysis between the modern suspended sediments and Core DD2. And lower part was controlled by combination of coastal and storm currents and was in unstable environment.

Key words grain-size population, terrigenous matter, inner shelf of the East China Sea

第三届全国沉积学大会将在成都召开

酝酿已久的第三届全国沉积学大会将于 2005 年 9 月在成都市召开。这是中国沉积学界每 4 年一次的盛会。大会将围绕“沉积学与社会发展”这一主题,重点讨论沉积作用与油气资源勘探开发、与沉积体系有关的矿产资源、全球环境变化与沉积作用、超大陆重建与大地构造沉积学、理论沉积学与新技术应用等与社会可持续发展密切相关的理论与实际问题。会议形式多样,会后还将组织多条野外地质考察路线。

本次大会由中国地质学会沉积地质专业委员会、中国矿物岩石地球化学学会沉积学专业委员会发起,国土资源部成都地质矿产研究所承办,由来自国家自然科学基金委员会、中国科学院、教育部、中国石化、中国石油等部门的十余家学术研究、高等院校和企业单位参与组织。

有关会议内容和筹备详情请关注国土资源部成都地质矿产研究所网址:<http://www.chengdu.cgs.gov.cn>,或向发起和承办单位索要有关会议资料。

中国地质学会沉积地质专业委员会
中国矿物岩石地球化学学会沉积专业委员会