

前处理方法对北黄海沉积物粒度的影响*

孙有斌 高 抒 鹿化煜

(中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

(中国科学院地球环境研究所 西安 710075)

提要 采用不同方法对北黄海底质样品进行了粒度分析前处理,以探讨有机质和碳酸盐对北黄海沉积物粒度的影响。结果表明,去除有机质或碳酸盐后,粗粒沉积物(呈双峰分布)粒度分布的峰态明显变宽,平均粒径及粗颗粒($> 32\mu\text{m}$)组分含量明显增加;而细粒沉积物的粒度分布发生明显细偏,表现为众数的细化及平均粒径和粗颗粒含量的降低。北黄海底质沉积物的有机碳含量变化与沉积物的平均粒径呈明显的负相关,暗示了浅海沉积物中有机碳的运输和积聚主要是伴随着细颗粒组分发生;而碳酸盐含量同沉积物粒度的关系不甚明确,可能与沉积物物源的关系更为密切。

关键词 粒度特征,前处理方法,底质沉积物,北黄海

中图分类号 P736.21

沉积物的粒度数据被用于沉积环境类型的识别和物质运动方式的判定由来已久(Russell, 1939; Doeglas, 1968; Visher, 1969)。在同一沉积环境中,底质沉积物粒度分布的空间变化,反映了多种动力搬运作用的综合(McLaren, 1981; Gao *et al.*, 1994; Pedreros *et al.*, 1996)。而在同一沉积岩芯中,沉积物粒度组成的时间变化则多与沉积古环境演化密切相关(An *et al.*, 1991; Wang *et al.*, 1999)。沉积物的粒度分析作为沉积学与古环境研究的基本方法,近几十年由早期的沉降法和筛析法(国家海洋局, 1975),逐渐发展到最近的激光粒度仪测量,尽管不同方法测量粒度的原理存有差异,但测量的粒度结果明显具有可比性(Konert *et al.*, 1997; 程鹏等, 2001)。然而,随着仪器测量结果可重复性的提高,鹿化煜等(1997)发现不同前处理方法对沉积物粒度测量结果的解释显得尤为重要。目前对海洋沉积物进行粒度分析时存在多种前处理方法,如直接加六偏磷酸钠经超声波分散(国家海洋局, 1975; 程鹏等, 2001)、加双氧水去有机质后再加分散剂经超声波处理后测量(雷坤等, 2001)、去掉碳酸盐后加六偏磷酸钠经超声波分散(Wang *et al.*, 1999)等等,但不同前处理方法对海洋沉积物粒度分析结果的影响,尚不清楚。本文选择北黄海底质沉积物采用不同方法进行前处理,并在激光粒度仪上完成了所有对比样品的粒度测量,同时对底质样品进行了有机碳和碳酸盐含量的测定,以正确理解有机质和碳酸盐对北黄海沉积物粒度的影响及有机质和碳酸盐含量与沉积物粒度分布的相关性。

* 国家自然科学基金资助项目, 49876018、49902009 号。孙有斌, 男, 出生于 1973 年 10 月, 博士后, E-mail: sunyb@ms. qdio. ac. cn

1 材料和方法

样品选自中国科学院海洋研究所“金星二号”考察船 1998 年北黄海航次,在北黄海西部海域进行海洋地质和地球物理调查时所采得的底质表层样(程鹏等, 2000),采样站位见图 1。沉积物样品在 80℃下烘干后充分混合均匀,取粉末样适量分别采用以下 3 种方法前处理(鹿化煜等, 1997): A: 加入 0.05N 的(NaPO₃)₆ 溶液 10mL,用超声波分散 10mins; B: 加入 10% 的 HCl 溶液 10mL 加热去掉碳酸盐,静置 12hrs 后加入 0.05N 的(NaPO₃)₆ 溶液 10mL,并用超声波分散 10mins; C: 加入 10% 的 H₂O₂ 10mL 微加热去掉有机质,静置 12hrs 后加入 0.05N 的(NaPO₃)₆ 溶液 10mL 并用超声波分散 10mins。

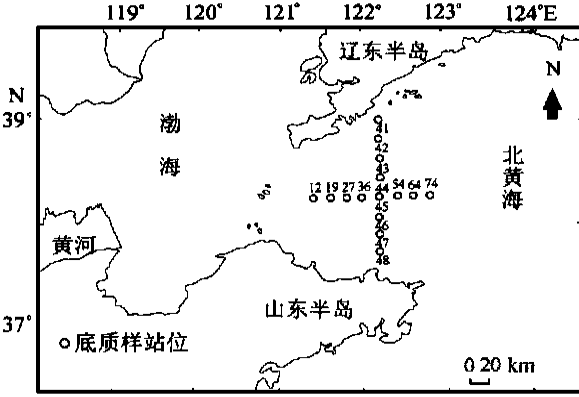


图 1 北黄海底质沉积物采样站位

Fig. 1 Stations for surficial sediment sampling in the northern Yellow Sea

用 3 种方法前处理后的样品共 45 个,用英国 Malvern 公司的 Mastersizer S 型激光粒度仪进行了粒度测量,测量范围为 0.05—880μm,分辨率为 0.15φ,相对误差 < 3%。为了判别有机碳和碳酸盐的含量和沉积物粒径粗细的关系,同时在中国科学院地球环境研究所用 K₂Cr₂O₇ 氧化-FeSO₄·(NH₄)₂SO₄·6H₂O 滴定法(简称 TYURIN 法)测定了样品的有机碳含量(有机碳乘以经验系数可求得有机质含量)(刁桂仪等, 1988),用气量法(刁桂仪, 1984)测定了碳酸盐含量,相对误差分别小于 < 3% 和 < 5%。

2 结果

2.1 粒度分布

粒度分布曲线表征不同粒级组分在全样中的百分含量比,图 2 分别示出了不同方法前处理后样品的粒度分布曲线。其中 BS19 和 BS42 为粗粒沉积(平均粒径分别为 54.51μm 和 65.39μm),粒径分布范围为 0.05—450μm,呈明显的双峰(bimodal)分布特征,下文将以 32μm 作为粗组分和细组分的界限进行讨论(Lu *et al.*, 1998)。BS45 和 BS46 为细粒沉积(平均粒径分别为 11.49μm 和 12.97μm),粒径分布范围为 0.05—100μm,与上述粗粒沉积中的细组分相当而呈单峰分布。所有样品的粒度分布曲线在 0.05—1μm 之间均出现的一个小峰,可能为仪器测量误差所致。表 1 选择平均粒径、峰态、标准偏差、粗组分含量作为统计参数,给出了所有样品用不同方法前处理后的粒度结果。结果表明,对粗粒沉积物而言,除去有机质和碳酸盐后的粒度分布的峰态明显变宽,平均粒径和 > 32μm 的粗颗粒组分含量明显增加;而细粒沉积物在分别除掉有机质和碳酸盐后,粒度分布的偏态发生明显变化,表现为众数的细化(图 2),而平均粒径和 > 32μm 粗组分含量则有所降低。

2.2 有机碳和碳酸盐含量

图 3 示出了北黄海底质沉积物的有机碳和碳酸盐含量变化,15 个样品的有机碳含量

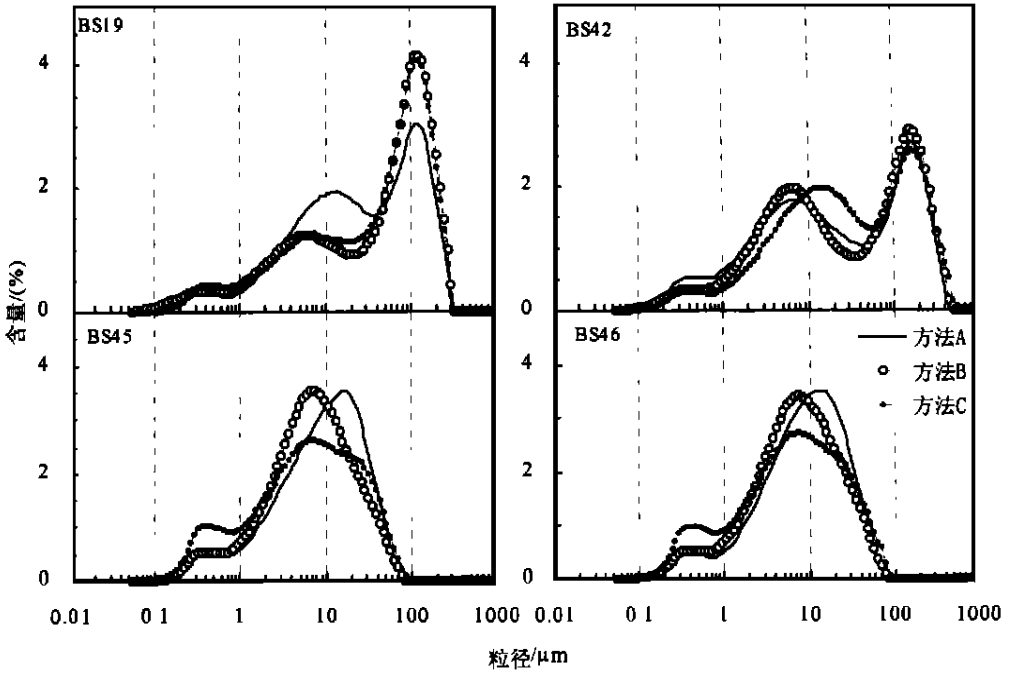


图2 不同前处理方法后粗粒和细粒沉积物的粒度分布曲线

Fig. 2 Particle-size distributions of coarse and fine-grained sediments on the basis of different pretreatment procedures
BS19、BS42、BS45 图例同 BS46

表1 不同前处理方法获得的北黄海沉积物粒度统计参数的对比

Tab. 1 Comparison of the grain size parameters of marine sediments by different pretreatment procedures

样品 编号	平均粒径(μm)			峰态			标准偏差			粗颗粒含量(%)		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
BS12	110.8	123.0	126.1	-0.3	-0.5	-0.5	93.2	91.0	91.8	69.8	76.8	78.3
BS19	54.5	70.3	67.8	0.9	-0.1	-0.0	61.8	68.1	65.6	46.0	58.9	58.1
BS27	39.6	45.0	42.5	1.7	1.0	1.3	42.8	45.9	42.2	42.9	50.2	49.7
BS36	27.7	24.8	24.2	19.8	9.7	9.7	31.0	46.4	42.6	11.7	18.5	19.1
BS54	16.1	13.1	12.0	0.7	1.6	4.4	15.1	12.2	14.6	16.3	9.0	10.4
BS64	16.5	14.1	15.6	2.5	3.2	1.6	16.0	16.6	17.4	15.8	14.4	17.5
BS74	24.9	23.8	24.7	1.2	0.8	0.6	23.4	24.6	24.3	31.0	31.4	33.7
BS41	24.9	23.8	13.6	9.5	5.2	5.1	30.7	30.2	29.2	25.5	26.3	27.2
BS42	65.4	74.0	74.0	1.2	1.1	1.9	85.7	92.1	94.0	42.2	46.2	46.1
BS43	53.7	62.6	58.2	1.9	0.6	1.0	59.3	63.7	63.1	48.8	55.8	52.1
BS44	11.5	11.1	10.8	3.9	3.4	4.6	13.7	11.4	12.0	9.6	7.0	5.9
BS45	13.0	10.5	11.5	3.2	5.0	3.7	12.6	11.6	13.7	8.9	6.7	9.6
BS46	12.3	10.8	11.5	2.9	4.5	3.5	11.9	11.7	13.9	7.9	6.9	9.5
BS47	26.9	28.1	31.0	0.8	0.2	0.5	24.1	26.7	28.3	34.8	38.6	42.9
BS48	36.3	41.5	39.3	0.1	-0.2	-0.1	29.0	29.6	29.3	50.9	60.8	57.1

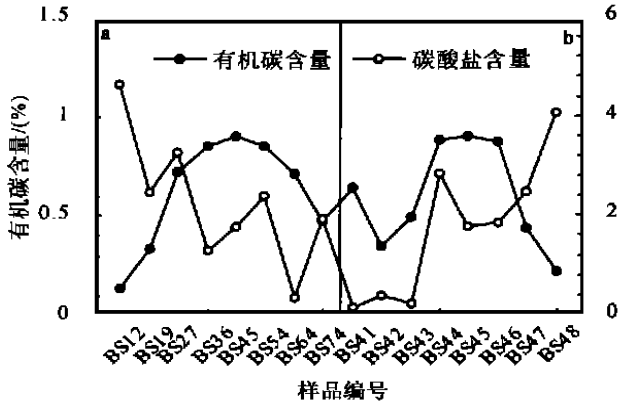


图3 底质沉积物有机碳和碳酸盐含量变化

Fig. 3 Variations in the contents of organic carbon and carbonate of surficial sediments

变化范围为 0.14%—0.9%，自西向东(图 3a)和由北往南(图 3b)两个方向均表现为中间细粒沉降区有机碳含量高，而两侧粉砂—砂质沉积区含量低，同前人提出的黄海底质沉积物的有机碳含量随沉积物中细颗粒物质含量的增加而增高的结论一致(秦蕴珊等, 1989; 赵一阳等, 1994)。北黄海底质样品的碳酸盐含量变化则在 0.16%—4.66%之间，同沉积物平均粒径大小对应关系不甚明确，其中北黄海西部和南部靠近山东半岛样品的含量相对较高，而北部和东部靠近辽东半岛样品的碳酸盐含量相对较低，可能同南黄海表层沉积物的碳酸盐含量空间变化一样，更大程度上反映了物源的不同(陈志华等, 2000)。

3 讨论

根据不同的前处理方法所获结果(图 4a)，粗粒和细粒沉积物的粒度结果都发生了不同程度的变化，但平均粒径的空间变化形式基本一致。为了定量地表征有机碳和碳酸盐对北黄海沉积物粒度的影响，采用下式分别计算了方法 B 和 C 处理后粒度平均粒径相对于方法 A 所产生的差值：

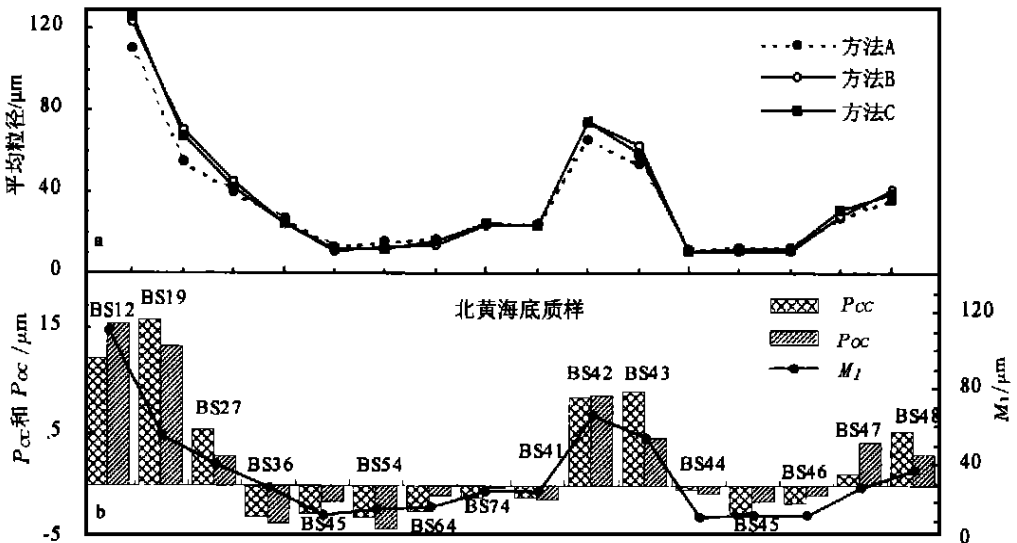


图4 不同前处理方法对底质平均粒径的影响

Fig. 4 Influence of different pretreatment procedures on the derived mean grain size

$$P_{oc} = M_2 - M_1$$

$$P_{oc} = M_3 - M_1$$

式中 P_{oc} 和 P_{oc} 分别为去除碳酸盐(方法 B)和有机碳(方法 C)后的平均粒径差值, M_1 为方法 A 测得的平均粒径并被视为本底值, M_2 和 M_3 分别为方法 B 和 C 测得的平均粒径。当沉积物平均粒径较粗且粒度分布为双峰时(如样 BS12、BS19、BS27、BS42、BS43、BS47、BS48), 去除有机质和碳酸盐后样品的平均粒径明显变粗, 意味着有机质和碳酸盐的粒径范围要小于沉积物全样的粒度组成(图 4b)。相反, 当沉积物平均粒径较细且粒度分布为单峰时, 去除有机质或碳酸盐后沉积物的平均粒径有所变细, 表明有机质或碳酸盐的存在会不同程度地粘聚细粒沉积物(雷坤等, 2001), 造成沉积物平均粒径的变粗(图 4b)。

有机碳作为营养盐物质的主要组成, 其在浅海陆架区的循环和输运过程, 是与细颗粒沉积物的运动相伴, 并会对全球海洋环境和未来气候变化产生深远影响(高抒, 2000)。图 5 示出的有机碳含量与沉积物平均粒径相关分析表明, 有机碳含量高低和平均粒径大小呈明显负相关, 相关系数为 -0.79 , 表明有机碳在沉积物输运过程中主要伴随细颗粒物质随着混合扩散和环流作用而多沉积于浅海泥区(雷坤等, 2001)。而碳酸盐含量和沉积物粒径的相关性明显较差($R = 0.33$)。

地球化学研究表明¹⁾, 北黄海中部的泥质沉积具有多源性, 以山东沿岸流携带的陆源黄河物质为主, 也受到辽东半岛河流物质的影响。本文测量结果表明(图 2), 北黄海泥区沉积的西南部碳酸盐含量明显高于东北部, 可能暗示了高钙含量的黄河物质和低钙特征的鸭绿江物质对北黄海泥质沉积的不同贡献(韩桂荣等, 1998; 杨守业等, 1999)。

由于北黄海沉积物的主要物源为来自渤海及山东半岛和辽东半岛入海河流所携带的陆源物质(秦蕴珊等, 1986), 有机碳含量和生物碳酸盐的含量极低(Martin *et al.*, 1993), 用不同前处理方法测得的粒度结果差异较小。雷坤等(2001)对东海陆架北部泥质区悬浮体的研究表明, 是否去掉有机质对悬浮体和底质沉积物的粒度分析结果影响显著。显然, 并非所有的海洋沉积物都以陆源为主, 尤其是半深海和远洋沉积, 大量生物成因的碳酸盐(贝壳)和蛋白石等, 对全样的粒度组成有明显影响(Rea *et al.*, 1981; Wang *et al.*, 1999)。因而, 在修改海洋调查规范中粒度分析方法时, 不仅要强调使用激光粒度仪测量, 加强激光粒度仪测量结果和传统方法的比较, 同时要注重样品的前处理过程, 应依据沉积物类型和研究目的不同而选择适当的前处理方法, 从而使获得的粒度结果具有更明确的古环境意

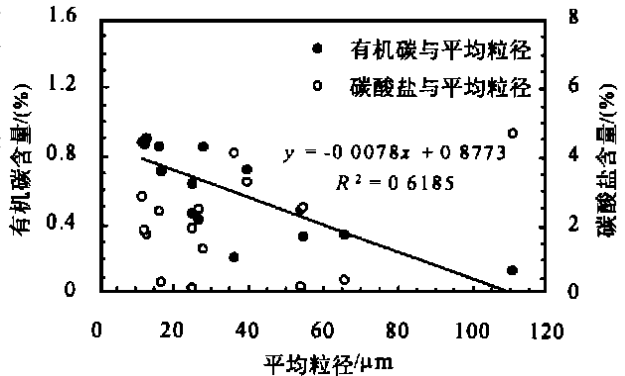


图 5 有机碳和碳酸盐含量与沉积物平均粒径的相关性分析

Fig. 5 Correlation between the contents of organic carbon/carbonate and the mean grain size

① 1) 程鹏, 2000. 北黄海细颗粒物质的沉积特征与输运过程. 博士学位论文. 中国科学院海洋研究所

义。

4 结论

不同前处理方法对北黄海底质沉积物的粒度分析结果产生明显影响。对粗粒沉积物而言,去除有机质或碳酸盐后的平均粒径和 $> 32\mu\text{m}$ 组分会明显增加,而细粒沉积物的变化则正好相反。从不同方法前处理后样品的粒度分布曲线及峰态和偏态变化可以看出,北黄海沉积物中的有机碳含量主要对样品中细颗粒组分的粒度组成有贡献且对细颗粒存有明显的絮凝作用,同样的证据来自底质样品的有机碳含量和平均粒径的相关分析结果。而碳酸盐含量的变化则同沉积物粒度的关系不甚密切,可能在更大程度上反映了不同物源对北黄海沉积物的贡献。

致谢 中国科学院地球环境研究所卢雪峰先生帮助完成了本文的有机碳测定,赵一阳研究员曾为本文提出宝贵意见,谨致谢忱。

参 考 文 献

- 刁桂仪, 1984. 黄土中 CaCO_3 含量的快速测定. 地质地球化学, 9: 63—64
- 刁桂仪, 文启忠, 1988. 黄土中的有机质. 地理科学, 8(3): 226—231
- 杨守业, 李从先, 1999. 长江与黄河沉积物元素组成及地质背景. 海洋地质与第四纪地质, 19(2): 19—25
- 陈志华, 石学法, 王相芹, 2000. 南黄海表层沉积物碳酸盐及 Ca, Sr, Ba 分布特征. 海洋地质与第四纪地质, 20(4): 9—16
- 国家海洋局, 1975. 海洋调查规范(第四分册: 海洋地质调查). 9—88
- 赵一阳, 鄢明才著, 1994. 中国浅海沉积物地球化学. 北京: 科学出版社, 179—193
- 秦蕴珊, 李 凡, 1986. 黄河入海泥沙对渤海和黄海沉积作用的影响. 海洋科学集刊, 27: 125—135
- 秦蕴珊, 赵一阳, 陈丽蓉等主编, 1989. 黄海地质. 北京: 海洋出版社, 172—177
- 高 抒, 2000. 浅海细颗粒沉积物通量与循环过程. 世界科技研究与发展, 22(5): 73—77
- 鹿化煜, 安芷生, 1997. 前处理方法对黄土沉积物粒度测量的实验研究. 科学通报, 42(23): 2535—2538
- 程 鹏, 高 抒, 2000. 北黄海西部海底沉积物的粒度特征和净输运趋势. 海洋与湖沼, 31(6): 604—615
- 程 鹏, 高 抒, 李徐生, 2001. 激光粒度仪测试结果的评价及其与沉降法、筛析法的比较. 沉积学报, 19(3): 449—455
- 韩桂荣, 徐孝诗, 辛春英, 1998. 黄海、渤海埋藏古河道区沉积物的地球化学特征. 海洋科学集刊, 40: 79—87
- 雷 坤, 杨作升, 郭志刚, 2001. 东海陆架北部泥质区悬浮体的絮凝沉积作用. 海洋与湖沼, 32(3): 288—295
- An Z S, Kukla G, Porter S C *et al.*, 1991. Late Quaternary dust flow on the Chinese Loess Plateau. *Catena*, 18: 132—152
- Doeglas D T, 1968. Grain-size indices, Classifications and environment. *Sedimentology*, 10: 83—100
- Gao, S, Collins M, 1994. Analysis of Grain Size trends, for defining sediment transport pathways in marine environments. *Journal of Coastal Research*, 10(1): 70—78
- Konert M, Vandenberghe J, 1997. Comparison of laser grain size analysis with pipette and sieve analysis: a solution of the underestimation of the clay fraction. *Sedimentology*, 44: 523—535
- Lu H Y, An Z S, 1998. Paleoclimatic significance of grain size of loess paleosol sequences of central China. *Science in China (Series D)*, 41(6): 626—631
- Martin J M, Zhang J, Shi M C *et al.*, 1993. Actual flux of the Huanghe (Yellow River) sediment to the western Pacific ocean. *Netherlands Journal of Sea Research*, 31(3): 243—254
- McLaren P A, 1981. A interpretation of trends in grain size measurements. *Journal of Sedimentary Petrology*, 51: 611—624
- Pederos R, Howa H L, Michel D, 1996. Application of grain size trend analysis for the determination of sediment transport pathways in intertidal areas. *Marine Geology*, 135: 35—49
- Rea D K, Janecek T R, 1981. Mass-accumulation rates of the non-authigenic, inorganic crystalline (colian) component of deep-sea

sediments from the western mid-Pacific mountains, deep sea drilling project site 436. Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, 62: 653—659

Russell R D, 1939. Effects of transportation of sedimentary particles. In: Trask ed. Recent Marine Sediments. The Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Tulsa(Oklahoma), 32—47

Visher G S, 1969. Grain size distribution and depositional processes. Journal of Sedimentary Petrology, 39:1074—1106.

Wang L J, Samthein M, Erkenkeuser H *et al.*, 1999. East Asian monsoon climate during the late Pleistocene: high-resolution sediment records from the South China Sea. Marine Geology, 156: 245—284

INFLUENCE OF DIFFERENT PRETREATMENT PROCEDURES ON THE PARTICLE SIZE DISTRIBUTION OF SURFICIAL SEDIMENTS IN THE NORTHERN YELLOW SEA

SUN You-Bin, GAO Shu, LU Hua-Yu

(*Institute of Oceanology, The Chinese Academy of Sciences, Qingdao, 266071*)

(*Institute of Earth Environment, The Chinese Academy of Sciences, Xi'an, 710075*)

Abstract Surficial sediments from the northern Yellow Sea are pretreated by different methods for grain size analysis, in order to determine the influences of organic matter or carbonate on the particle-size characteristics. The results show that the grain size distributions, pretreated by removing the organic matter or carbonate, are modified to various degrees. 1) The kurtosis of coarse sediments (with bimodal characteristics) becomes smaller, whilst mean grain size and the content of coarse fractions ($> 32\mu\text{m}$) increase. 2) The grain size distribution of fine sediments is associated with a more negatively skewed pattern and a decrease in the mean grain size and the content of coarse fractions. The content of organic carbon is negatively correlated with the mean grain size, indicating that the transport and deposition of organic matter is associated mainly with the fine fractions in the northern Yellow Sea. However, the carbonate contents show an ambiguous correlation with the mean grain size, indicating that the source, rather than the sediment transport determines the carbonate content in the northern Yellow Sea.

Key words Particle-size distribution, Pretreatment procedures, Surficial sediments, Northern Yellow Sea