

文章编号: 1000-0550(2011)02-0374-07

不同前处理方法和测量时间对泥炭中无机矿物颗粒粒度的影响

张瑞虎^{1,2} 刘 韬¹ 黎 兵³

(1. 华东师范大学地理系 上海 200062; 2. 淮阴师范学院城市与环境学院 江苏淮安 223300; 3. 上海市地质调查研究院 上海 200092)

摘 要 用常规方法分析长江口泥炭全样粒度数据时,发现粒度频率分布曲线末端出现含量很低的一个或两个次主峰的奇怪现象。不同的前处理方法对泥炭粒度的测量结果表明:粒度数据应选取样品上机后第3 min 内的测量结果;由于长江口泥炭样品中碳酸盐含量很少,粒度分析采用加 H₂O₂ 加热去除有机质再加分散剂经超声波处理后的前处理方法测量即可。频率分布曲线末端出现的一个或两个含量很低的次主峰,可能是不同强度的前处理方法所致。

关键词 粒度测量 泥炭 前处理方法 测量时间

第一作者简介 张瑞虎 男 1968 年出生 博士研究生 自然地理 E-mail: zhangruihu9@163.com

中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

粒度分析的目的是研究碎屑物的颗粒粗细组成和分布特征,而沉积物粒度的大小和分布受沉积物的来源、搬运动力和沉积环境等因素控制^[1]。粒度分析是重建古环境、古气候的重要方法之一,同时粒度与岩石风化指数、地球化学元素、磁化率、有机碳等古环境指标之间存在着密切的联系,因此粒度分析也是沉积学中应用最广泛的基础实验。精确地测定粒径的大小,是准确而可靠获取古环境变化信息的基本前提^[2]。高精度的粒度数据的获取历来受到学者们的高度关注,不仅表现在其测量对象和应用领域的广泛性上,而且对实验仪器设备和实验方法的改进也非常重视。其测量对象包括各种分散固体物质,例如黄土与古土壤、沉积物、悬浊液中的颗粒物等。粒度参数在沉积环境研究^[3~7]、沉积动力学^[8~10]、絮凝作用研究^[11,12]和工程地质(如矿渣粉体和玻璃粉体的粒度测量)等方面都有应用,尤其是黄土古土壤粒度作为过去东亚冬季风变化最敏感的替代性指标^[3~5]得到了广泛认同。与传统的筛选法相比,先进的全自动激光粒度仪的使用,减少了人为误差,粒度数据的精度、重复性大大提高。然而不少学者研究成果表明,同一样品在同一仪器上用不同的前处理方法得到的测量结果有明显的差异^[2,13~16]。钻孔资料揭示:在东海陆架全新世海侵层之下普遍存在晚更新世末期的陆相薄层泥炭沉积,对该层泥炭的成因,存在两种不同的解释^[17,18]:一种观点认为是冷湿气候条件下

的河漫滩沉积或者潟湖沉积;另一种观点认为,海底出现大面积分布的泥炭沉积是晚更新世末期古冬季风衰退、冷湿气候取代冷干气候这种全球环境变化的产物,河漫滩沉积或者潟湖沉积是局部现象,泥炭在积累的同时或以后,混有风和流水带来的泥沙。这两种不同观点实际上代表了对中国东部冰期时的宏观环境格局的迥然不同的理解^[19],如东海海底是否存在长江埋葬古河道,长江是否曾退缩为内陆水系^[20]等重大环境演变问题。而泥炭中无机矿物颗粒粒度参数的研究,有助于正确认识泥炭的生成环境,为揭示东海陆架晚更新世末期环境演化提供证据。

长江河口地处中纬度的海陆交互地带,是一个独特的沉积环境,它对海陆变化的反映十分敏感,并忠实地记录在其地层序列中,是研究海面变化、环境演变、河口过程和比较沉积学的重要根据^[21]。为了缓解上海用地紧张难题,围垦滩涂是其最佳选择。为此,上海地质调查研究院2008年对崇明岛东滩水深10 m以浅海域范围进行了重点调查,笔者对其中岩芯较长、沉积速率高、沉积相连续完整的HYZK5孔进行的粒度分析,可以为获取末次冰消期以来长江口高分辨率的环境演化信息提供基础数据。

1 样品和实验方法

HYZK5孔位于长江口崇明岛东北水深约5 m的水下三角洲(122°09'E、31°40'N),孔深58.7 m,上段

收稿日期:2009-11-05; 收修改稿日期:2010-01-15

深 0 ~ 9.65 m 以砂为主, 见灰黄色细砂与泥质粉砂薄层互层, 波状层理; 下段以黏土质粉砂为主, 为灰色、深灰色均质泥夹极薄粉砂, 下部孔深 55.2 ~ 57.5 m 处见厚 2.3 m 的黑色均质泥炭层, 泥炭层中未见植物残体。根据钻孔上下层位的岩性特征和区域钻孔地层对比, 可知该层泥炭沉积环境为全新世海侵之前的湖沼相沉积^[22]。

笔者在用常规方法^[6]分析长江口 HYZK5 孔泥炭全样粒度数据时, 发现粒度频率分布曲线的末端出现含量很低的一个或两个次主峰, 即粗端出现奇怪的“翘尾巴”现象。为了探讨其原因, 本文选取长江口 HYZK5 孔剖面中上段 3.1 ~ 3.5 m 之间的 2 个细砂样品(样 1 和样 2) 和孔深 55.2 ~ 57.5 m 的 8 个泥炭全样(样 3 ~ 样 10) 进行粒度测量, 以便比较不同测量方法和测量时间对泥炭和细砂测量数据的影响。使用的仪器是美国 Beckman Coulter LS13320 型全自动激光粒度仪, 测量范围为 0.04 ~ 2 000 μm , 重复测量的相对误差 $\leq 1\%$ 。

由于泥炭在沉积的过程中保存了大量的有机碳, 而且在后期的压实成岩过程中不断发生各种物理化学变化, 造成沉积物的胶结, 不利于粒度的测量, 因而在粒度测量的前处理过程中均加入过量 H_2O_2 以充分去除有机质, 以便将原始样品分散成单颗粒进行下一步的仪器测量。本文共取上述 10 个样品(2 个砂样和 8 个泥炭样), 在预处理前, 将同一样品混合均匀后分成三份, 记为 30 个序号(1 ~ 30), 每份砂样取 0.4 ~ 0.6 g, 泥炭样取 0.2 g, 分别用不同的方法进行预处理。每个序号样品均做连续三次重复测量, 每次测量时间均为 1 min, 连续第一次、第二次、第三次测量的 M_z 值, 分别记为 N1、N2、N3(表 1)。

方法一(简称 M1): 把烘干样品放入 50 ml 烧杯中, 加少量去离子水浸泡, 用手摇晃烧杯, 使样品均匀散开, 随后加入 10 ml 10% 的 H_2O_2 , 并加热煮沸, 使其充分反应。用去离子水加满烧杯并静置 24 h, 抽去上清液, 重复水洗步骤一次, 去除多余的 H_2O_2 , 加入 10 ml 0.05 mol/L 的分散剂(NaPO_3)₆, 在超声波振荡器上超声 10 min, 上机待测。

方法二(简称 M2): 也称常规方法^[6]。先向样品中加入 10 ml 10% 的 H_2O_2 , 并加热煮沸, 使其充分反应; 随后加入 10 ml 10% 的 HCl 并加热煮沸, 使其充分反应, 水洗去除多余的 H_2O_2 和 HCl, 其它步骤同 M1。

方法三(简称 M3): 先向样品中加入 10 ml 30%

的 H_2O_2 , 并加热煮沸, 使其充分反应; 随后加入 10 ml 30% 的 HCl 并加热煮沸, 使其充分反应, 其它步骤同 M2。

选用上述三种方法的原因, 主要是考虑到常规方法 M2 测量得出的频率曲线粗端出现的“翘尾巴”现象, 可能是因为所加 H_2O_2 和 HCl 的浓度不当引起的, 因此在方法 M1 中没有加 HCl 处理, 在 M3 中增加了 H_2O_2 和 HCl 的浓度, 以便比较浓度对实验结果的影响。

2 结果

经过上述不同方法预处理后(预处理方法见表 1) 的样品上机测试, 结果表明:

(1) 不论用哪种方法预处理后测量, 除两个砂样外, 所有泥炭样品, 连续三次重复测量的平均粒径 M_z 都随时间的延长依次减小, 即 N3 最小(表 1 和图 1), 从图 1 所示曲线来看, N2 与 N3 较为接近, 二者与 N1 之间的偏差较大。两个砂样(序号 1 ~ 6) 三次 M_z 测试结果相差很小, 绝对值相差最大仅为 2.74 μm , 相对偏差最大值 1.13%, 基本上处于允许误差范围内。泥炭样连续三次重复测量的 M_z 差别很大, 其中绝对值相差最大的是序号 15, N1 和 N3 的值分别为 72.445 3 μm 、16.991 1 μm , 二者相差达 55.45 μm , 前者是后者的 4.26 倍。相对偏差最大的是序号 9, 达 97.7%; M_z 绝对值相差最小的是序号 7, N1 和 N3 的差值为 2.79 μm , 但序号 7 三个 M_z 值最小相对偏差也达到 5.16%; M_z 相对偏差最小的是序号 14, 最小相对偏差为 2.95%。显然连续三次重复测量的泥炭样平均粒径 M_z 数值相差很大, 而砂样相差较小, 基本上在允许的误差范围内。

(2) 与 M1 相比, 经过 M2 和 M3 处理后, 在所取的每个泥炭样品第三次粒度测量结果中(每个泥炭样品共有三个分别用 M1、M2、M3 测量得到的第三次测量结果), 大多数粒度频率分布曲线末端出现含量很低的一个或两个次主峰, 即粗端出现“翘尾巴”现象(图 2)。这种现象在图 2 所示的 4 个泥炭样品粒度分布曲线上最为典型, 与 M2 和 M3 相比, 经 M1 处理后的曲线比较平滑。在 $< 2 \mu\text{m}$ 的细端, 粒度分布的面积差异^[2]较小; 在 $> 63 \mu\text{m}$ 的粗端, M2 和 M3 曲线则明显表现为“翘尾巴”现象, 末端出现一个或两个次主峰, 每个次主峰的含量很小, 均在 0.6% 以下, 但三条曲线面积差异较大。本文所分析的 8 个泥炭样品中, 样 3、样 6 和样 9 粒度频率分布曲线与图 2 所

表1 同一样品连续三次重复测量的平均粒径(μm)比较

Table 1 Comparison of the three mean grain sizes remeasured successively on the same samples

样号	序号	方法	N1	N2	N3	样号	序号	方法	N1	N2	N3
样1	1	M1	112.974	113.797	112.779	样6	16	M1	32.4922	23.7993	20.9041
	2	M2	122.364	124.676	123.258		17	M2	32.9713	22.6204	20.1392
	3	M3	115.965	114.805	116.704		18	M3	48.451	27.6862	22.1572
样2	4	M1	118.051	120.352	119.655	样7	19	M1	26.3054	18.3364	18.0717
	5	M2	126.731	128.373	128.087		20	M2	40.9016	20.4763	18.3721
	6	M3	137.798	135.056	135.903		21	M3	38.691	18.2832	17.3294
样3	7	M1	14.3735	11.9992	11.5816	样8	22	M1	40.4868	19.424	18.0814
	8	M2	33.6239	14.0705	13.115		23	M2	50.568	18.205	16.6224
	9	M3	56.0371	15.5051	13.4881		24	M3	30.706	23.143	21.4616
样4	10	M1	15.2974	11.612	11.4128	样9	25	M1	30.6996	22.7618	22.2545
	11	M2	29.4394	15.0493	13.9408		26	M2	50.0182	25.9794	24.5804
	12	M3	43.7082	14.934	12.2594		27	M3	58.835	27.0548	24.2054
样5	13	M1	35.6846	15.313	14.2523	样10	28	M1	34.9739	15.6483	12.3172
	14	M2	21.8981	19.2637	18.3888		29	M2	59.5427	19.7297	15.6302
	15	M3	72.4453	22.458	16.9911		30	M3	37.2632	13.6376	9.90843

注: N1、N2、N3 分别为连续第一次、第二次、第三次测量的 M_z 值, 每次测量时间为 1 min。样 1 和样 2 为砂样 样 3 ~ 样 10 为泥炭样

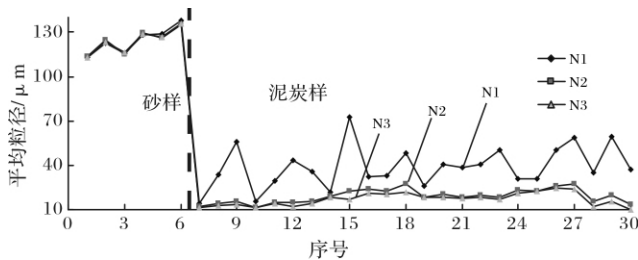


图1 同一样品连续三次(N1、N2、N3)重复测量平均粒径的变化(预处理方法见表1)

Fig. 1 Variation of the three mean grain sizes remeasured successively (N1、N2、N3) on the same samples (different pretreatment methods as Table 1)

示的 4 个泥炭样品类似, 在 $> 63 \mu\text{m}$ 的粗端, M2 和 M3 曲线也表现为“翘尾巴”现象, 只不过没有图 2 所示曲线显著, 所有泥炭样品中只有样 7 没有出现次主峰现象(图 4)。

表 2 和图 3 为 8 个泥炭样品细粒($< 2 \mu\text{m}$)和粗粒($> 63 \mu\text{m}$)组分的相对偏差^[23]分析。结果表明, M2 和 M3 与 M1 之间的粒度相对偏差值 RD2-1 和 RD3-1 细颗粒组分大多为负(图 3(A)) 粗颗粒组分大多为正(图 3(B)), 即相对于 M1 而言, M2 和 M3 的测量值细颗粒组分含量偏少, 而粗颗粒组分偏多, 同时细颗粒的相对偏差比粗颗粒要小得多。这与图 2 所显示的粒度分布曲线的粗端“翘尾巴”现象一致。

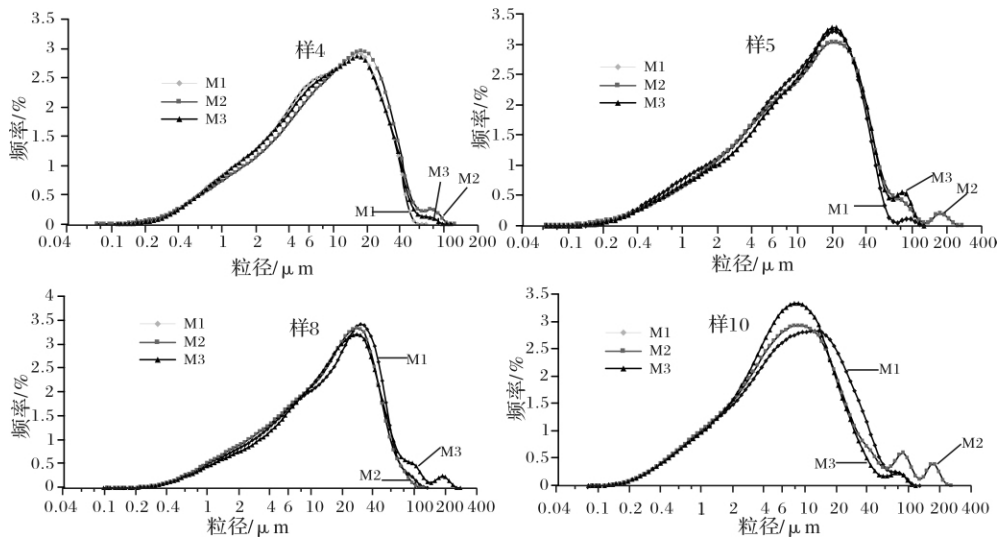


图2 泥炭样品在三种前处理方法下第三次测量的粒度频率分布对比

Fig. 2 Comparison of grain size distribution of peat sediments obtained from the third measurement process with three different pretreatment methods

表 2 泥炭样品在不同前处理方法下第三次测量的粒度含量比较

Table 2 Comparison of grain-size contents from the third measurement process with different pretreatment methods

样号	<2 μm /%					>63 μm /%				
	M1	M2	M3	RD2-1 /%	RD3-1 /%	M1	M2	M3	RD2-1 /%	RD3-1 /%
3	18.6	17.5	15.9	-6.094	-15.652	0.014	0.047	1.72	108.197	196.770
4	19.4	17.7	19.3	-9.164	-0.517	0.01	1.54	0.72	197.419	194.521
5	16.8	15.1	15.2	-10.658	-10.000	0.66	3.82	3.18	141.071	131.250
6	12.2	13.1	10.7	7.115	-13.100	4.06	3.73	6.08	-8.472	39.842
7	13.3	13.2	13.6	-0.755	2.230	2.29	2.58	1.52	11.910	-40.420
8	14.1	15	12.9	6.186	-8.889	2.35	1.86	5.52	-23.278	80.559
9	11.8	11.6	12	-1.709	1.681	3.94	6.29	6.28	45.943	45.793
10	19.6	19.9	19.7	1.519	0.509	1.44	5.05	1.17	111.248	-20.690

注: RD2-1 表示前处理方法 M2 与 M1 测量的粒度体积百分含量之间的相对偏差, RD3-1 表示 M3 与 M1 测量的粒度体积百分含量之间的相对偏差。

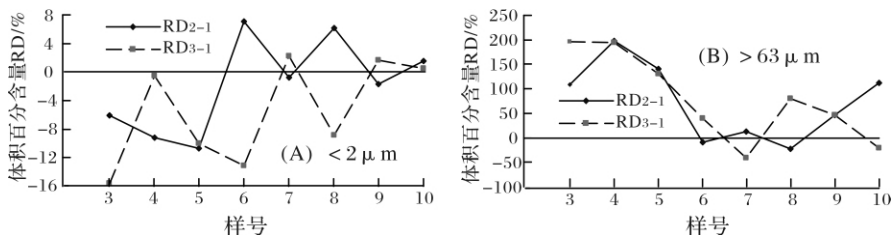


图 3 泥炭样品细粒 (A) 和粗粒 (B) 组分在不同前处理方法下第三次测量的粒度相对偏差分析

Fig. 3 Variation of difference of grain-size (the third measurement process) RD(%) among the fine (A) and coarse (B) components of peat sediments

就相对偏差的绝对值大小来看(表 2) 细颗粒的最大相对偏差仅为 15.65%, 而粗颗粒的最大相对偏差达到 197.4%。粗粒部分的相对偏差, 16 个数值中仅有 4 个为负, 12 个为正, 正数占 75%, 且偏差值较大, 表明经 M2 和 M3 处理后, 粗粒含量明显增加。从图 4 所示的泥炭样 7 粒度频率分布曲线来看, 在 <2 μm 的细端, 三条曲线基本上是重合的, 其面积差异几乎为零, 表明样 7 细颗粒部分的相对偏差的最大值 2.23%(表 2) 基本上在允许的误差范围内。因此表 2 中 <2.23% 细粒部分的三个相对偏差正数值也在误差范围内。所有泥炭样品细粒部分的相对偏差, 16 个数值中仅有两个大于 2.23%(表 2), 占 12.5%, 其他值均在误差范围内或小于零, 即经含强酸和强氧化剂的 M2 和 M3 方法处理过后, 细粒组含量减少, 而粗颗粒组分含量则明显增加, 这一趋势在图 3 中有明显的表现。

3 讨论

如前所述, 本文实验结果表明, 对于砂样和泥炭样品, 在上机测量的过程中在不同的测试时间内, 粒度测量结果是不同的。砂样连续三次重复测量结果相差很小, 基本上在允许的实验误差范围内, 而泥炭

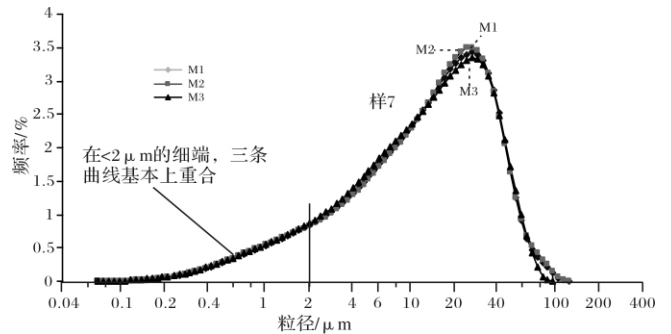


图 4 泥炭样 7 在三种前处理方法下第三次测量的粒度频率分布

Fig. 4 Grain-size distribution of No. 7 peat sediment obtained from the third measurement process with three different pretreatment methods

样品三次连续测量结果, 无论是 M_z 的绝对值还是相对值差异都很大, 而且随时间的延长依次减小, 即第三次测量的 M_z 值最小。这可能与砂样粒径较粗, 颗粒之间的粘滞性较小, 在样品槽中的水溶液里很容易分散开来有关; 而泥炭样品由于粒径很细小, M_z 介于 9 ~ 25 μm 之间, 岩性为粉砂质黏土或黏土质粉砂, 虽然在上机之前已经在非粒度仪自带的超声波振荡器超声 10 min, 但是由于本文所用粒度分析仪上原有的

内置小型超声仪表面容易出现剥蚀,对结果会产生影响,所以粒度仪内置的小型超声仪被卸掉了,导致上机前已经分散开来的细小颗粒在等待测量的过程中很容易重新凝聚^[13,24]。样品进入样品槽之后,在水泵的作用下,悬浊液达到混合均匀状态也需要一定的时间,此后测得的数据才较为稳定。因此在此之前的时段内所测数据必然存在一定的差异。从结果上来看就是,第一次测得的曲线与后面两次曲线相差较大,而后两次曲线较为接近(图1)。前人的研究成果^[2,13]表明,样品的 M_z 在粒度仪中振荡2 min后基本趋于稳定,悬浊液达到最佳的混合状态,时间过长或过短的测量结果都不可靠。本文的第三次曲线是在样品进入样品槽后第3 min内的测量结果,因此本文试验结果应该选取第三次测得的数据较为合理。这是因为越是细小的粒径越是难以分散,在没有充分分散的情况下,测得的结果是较粗的粒径含量增加,而较细的粒径含量减少。本文泥炭全样在前处理过程中,加入了过量的 H_2O_2 和HCl,以便去除有机质以及次生碳酸盐的胶结作用对粒度测量结果的影响,经前处理后的物质主要为原始沉积无机碎屑物质,其颗粒粗细组成和分布特征可以反映当时的水动力大小。撇开不同测量方法对实验结果的影响,泥炭样 M_z 的测量结果在9~25 μm 之间,<63 μm 的粒径含量介于93.7%~99.99%,<4 μm 的粒径含量介于19.2%~35.7%,表明该孔泥炭样品为粉砂质黏土或黏土质粉砂的岩性特征,粒径很细,反映了泥炭的生成环境是相对稳定的静水动力条件。

对泥炭样品采用三种不同强度的方法预处理后,粒度分布曲线存在明显的差异。与M2和M3相比,M1仅用10%的 H_2O_2 加热分散处理,预处理强度最小,曲线也最平滑;而经强度较大的M2和M3处理后,大部分样品细粒组分含量减少,粗粒组分含量明显增加,尤其是粗端出现“翘尾巴”现象,末端出现一个或两个次主峰,每个次主峰的含量很小(图2)。这种粗粒组分末端出现含量很低的一个或两个次主峰的频率分布特征,与前人研究的黄土^[13]、湖泊^[6]、泥炭^[7]的次主峰特征均不相同。出现这种现象的可能原因有:

(1) 经M2和M3处理的样品中强氧化剂和盐酸的加入可能对细小颗粒有溶蚀或分解的作用^[14,16],同时细小颗粒可能吸附在较大的颗粒上,最终造成细颗粒含量的减少和粗颗粒含量的增加。

(2) 方法M2和M3处理过程中加入的盐酸过

量,虽然能够达到去除碳酸盐的目的,但是过量的盐酸增加了细小颗粒凝聚的机率^[2,13],洗酸可能不彻底,导致粗颗粒含量的增加。另外,经M2和M3处理后有少数样品细颗粒增加、粗颗粒减少,其主要原因,可能是取样带来的误差:一是激光粒度仪测试时需要的样品量很少,很难具有充分的代表性;二是样品一分为三时,没有充分混合均匀所致,次要原因可能是仪器本身的系统误差。当然有些误差还难以找到令人满意的解释,有待于进一步探讨。

4 结论

不同前处理方法和上机测量时间对长江口泥炭沉积物粒度有明显的影响。由于泥炭平均粒径较小,容易发生凝聚,因此上机测量时间应控制在2 min后测量。本文选取样品进入样品槽后第3 min内测得的数据较为合理。考虑到长江口泥炭样品中碳酸盐含量(3%~5%)很少^[25],不同测量方法的实验结果表明,泥炭平均粒径很小,介于9~25 μm 之间,粉砂和黏土含量很高,表明该孔泥炭样品为粉砂质黏土或黏土质粉砂的岩性特征,反映了生成泥炭的环境是相对稳定的静水动力条件。经M2和M3处理后的频率曲线末端出现含量很低的一个或两个次主峰,可能是不同强度的前处理方法所致。因此,笔者认为在本文泥炭前处理方法中,用加 H_2O_2 不加HCl的方法M1即可。

致谢 华东师范大学河口所粒度实验室吴瑞明老师在实验过程中给予了悉心指导,陈中原教授、王张华教授审阅并提出许多修改意见,谨致谢忱!衷心感谢审稿专家提出的宝贵意见。

参考文献 (References)

- 1 成都地质学院陕北队编. 沉积岩(物)粒度分析及其应用[M]. 北京:地质出版社,1976:55-103 [Shanbei Team of Chengdu Institute of Geology. Grain Size Analysis of the Sedimentary Rock(Sediment) and Its Application [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1976: 55-103]
- 2 雷国良,张虎才,张文翔,等. Mastersize 2000型激光粒度仪分析数据可靠性检验及意义——以洛川剖面S4层古土壤为例[J]. 沉积学报,2006,24(4): 531-539 [Lei Guoliang, Zhang Hucai, Zhang Wenxiang, et al. The reliability and significance of the grain-size obtained by Mastersize 2000 Laser Analyzer: a case study on the typical S4 from Luochuan section [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2006, 24(4): 531-539]
- 3 Ding Z L, Yu Z W, Rutter N W, et al. Towards an orbital time scale for Chinese loess deposits [J]. Quaternary Science Reviews, 1994,

- 13: 39-70]
- 4 丁仲礼, 任剑璋, 刘东生, 等. 晚更新世季风—沙漠系统千年尺度的不规则变化及其机制问题[J]. 中国科学: D 辑, 1996, 26(5): 385-391 [Ding Zhongli, Ren Jianzhang, Liu Dongsheng, *et al.* Irregularly millennial-scale variations and the mechanism of monsoon-desert system during Late Pleistocene. *Science in China: Series D*, 1996, 26(5): 385-391]
 - 5 鹿化煜, 安芷生. 洛川黄土粒度组成的古气候意义[J]. 科学通报, 1997, 42(1): 66-69 [Lu Huayu, An Zhisheng. Grain-size composition of Luochuan loess and paleoclimate implications[J]. *Chinese Science Bulletin*, 1997, 42(1): 66-69]
 - 6 王君波, 朱立平. 不同前处理对湖泊沉积物粒度测量结果的影响[J]. 湖泊科学, 2005, 17(1): 17-23 [Wang Junbo, Zhu Liping. Influence of different pre-treatments on grain-size measurement of lake sediments[J]. *Lake Science*, 2005, 17(1): 17-23]
 - 7 于学峰, 周卫健, 刘晓清, 等. 东部全新世泥炭灰分的粒度特征及其古气候意义[J]. 沉积学报, 2006, 24(6): 864-869 [Yu Xuefeng, Zhou Weijian, Liu Xiaoqing, *et al.* Grain size characteristics of the Holocene peat sediment in Eastern Tibetan Plateau and its paleoclimatic significance[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2006, 24(6): 864-869]
 - 8 程鹏, 高抒. 北黄海西部海底沉积物的粒度特征和净输运趋势[J]. 海洋与湖沼, 2000, 31(6): 604-615 [Cheng Peng, Gao Shu. Net sediment transport patterns over the northwestern Yellow Sea, based on grain size trend analysis[J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2000, 31(6): 604-615]
 - 9 Samthein M, Tetzlaff G, Koopmarn B, *et al.* Glacial and interglacial wind regimes over the eastern subtropical Atlantic and North-West Africa[J]. *Nature*, 1981, 293: 193-196
 - 10 刘永学, 张忍顺, 陈君. 粒径趋势分析法在细颗粒潮坪上的应用[J]. 南京师范大学学报: 自然科学版, 2001, 24(1): 105-109 [Liu Yongxue, Zhang Renshun, Chen Jun. Application of trend analysis on Jiangsu coast[J]. *Journal of Nanjing Normal University: Natural Science*, 2001, 24(1): 105-109]
 - 11 李安春, 陈丽蓉, Eisma D, 等. 伊姆斯—道拉德河口悬浮体絮凝过程及其控制因素[J]. 海洋与湖沼, 1996, 27(2): 138-144 [Li Anchun, Chen Lirong, Eisma D, *et al.* In situ flocculation processes of suspended matter and factors dominating these processes in the Ems-Dollard estuary[J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1996, 27(2): 138-144]
 - 12 夏福兴, Eisma D. 长江口悬浮颗粒有机絮凝研究[J]. 华东师范大学学报: 自然科学版, 1991, (1): 66-70 [Xia Fuxing, Eisma D. A study on the organic-flocculation of suspended matter in the Changjiang River estuary[J]. *Journal of East China Normal University: Natural Science*, 1991, (1): 66-70]
 - 13 张红艳, 鹿化煜, 赵军, 等. 超声波振荡对细颗粒黄土样品粒度测量影响的实验分析[J]. 沉积学报, 2008, 26(3): 494-500 [Zhang Hongyan, Lu Huayu, Zhao Jun, *et al.* Effects of ultrasonic dispersion on granulometry of fine-grain Loess[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2008, 26(3): 494-500]
 - 14 张崧, Heller F, 靳春胜, 等. 2006 年 4 月 17 日北京降尘的粒度分布与磁学特征[J]. 第四纪研究, 2008, 28(2): 354-362 [Zhang Song, Heller F, Jin Chunsheng, *et al.* Grain size distribution and magnetic characteristic of dust fall in Beijing on April 17, 2006[J]. *Quaternary Sciences*, 2008, 28(2): 354-362]
 - 15 孙有斌, 高抒, 鹿化煜. 前处理方法对北黄海沉积物粒度的影响[J]. 海洋与湖沼, 2001, 32(6): 665-671 [Sun Youbin, Gao Shu, Lu Huayu. Influence of different pretreatment procedures on the particle-size distribution of surficial sediments in the Northern Yellow Sea[J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2001, 32(6): 665-671]
 - 16 王德杰, 范代读, 李从先. 不同预处理对沉积物粒度分析结果的影响[J]. 同济大学学报, 2003, 31(3): 314-318 [Wang Dejie, Fan Daidu, Li Congxian. Influence of different pretreatments on size analysis and its implication[J]. *Journal of Tongji University*, 2003, 31(3): 314-318]
 - 17 韩德亮, 于洪军. 晚更新世末期东亚季风活动与陆架区沉积环境变迁[J]. 青岛海洋大学学报, 2001, 31(6): 911-916 [Han Deliang, Yu Hongjun. Relationship of activity of the Eastern Asia monsoon late stage of upper Pleistocene and the sedimentary environment evolution in shelf region[J]. *Journal of Ocean University of Qingdao*, 2001, 31(6): 911-916]
 - 18 赵松龄, 于洪军, 李官保, 等. 晚更新世末期东海岸部古冬季风盛衰更替的地质记录[J]. 地质力学学报, 2001, 7(4): 289-295 [Zhao Songling, Yu Hongjun, Li Guanbao, *et al.* Geological record of the vicissitudes of the palaeo-monsoon in north part of the East China Sea during the last stage of late Pleistocene[J]. *Journal of Geomechanics*, 2001, 7(4): 289-295]
 - 19 覃军干, 吴国璋, 郑洪波, 等. 从孢粉-藻类化石组合看长江三角洲第一硬质黏土层的成因及其古环境意义[J]. 第四纪研究, 2004, 24(5): 546-554 [Qin Jungan, Wu Guoxuan, Zheng Hongbo, *et al.* Palynomorph assemblages, origin and palaeoenvironmental significance of the upper most hard clay in the deltaic area of the Changjiang River[J]. *Quaternary Sciences*, 2004, 24(5): 546-554]
 - 20 于洪军, 刘敬圃. 中国陆架第四纪地质学研究的最新进展[J]. 地球科学进展, 1995, 10(6): 531-536 [Yu Hongjun, Liu Jingpu. Advances in study of China's shelf Quaternary Geology[J]. *Advance in Earth Sciences*, 1995, 10(6): 531-536]
 - 21 吴立成, 刘苍宇, 杨蕉文, 等. 长江河口及其水下三角洲晚第四纪地层和环境变迁[J]. 第四纪研究, 1996, (1): 59-70 [Wu Licheng, Liu Cangzi, Yang Jiaowen, *et al.* Strata and environment changes of the Changjiang estuary and its subaqueous delta during the late Quaternary[J]. *Quaternary Research*, 1996, (1): 59-70]
 - 22 秦蕴珊, 赵一阳, 陈丽蓉, 等. 东海地质[M]. 北京: 科学出版社, 1987: 137-154 [Qin Yunshan, Zhao Yiyang, Chen Lirong, *et al.* *Geology of the East China Sea*[M]. Beijing: Science Press, 1987: 137-154]
 - 23 杨守业, 李从先. 长江与黄河沉积物元素组成及地质背景[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1999, 19(2): 20-27 [Yang Shouye, Li Congxian. Characteristic element compositions of the Yangtze and the Yellow River sediments and their geological background[J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 1999, 19(2): 20-27]
 - 24 Gibbs R J. Effect of natural organic coatings on the coagulation of par-

titles [J]. Review Science and Technology, 1983, 17(4): 237-240
 25 范德江, 杨作升, 王文正. 长江、黄河沉积物中碳酸盐组成及差异 [J]. 自然科学进展, 2002, 12(1): 60-64 [Fan Dejiang, Yang

Zuosheng, Wang Wenzheng. Compositions and difference of carbonate from the Yangtze River and the Yellow River sediments [J]. Progress in Natural Science, 2002, 12(1): 60-64]

Influence of Different Pretreatment Procedures and Measuring Time on the Mineral Particle Size of Peaty Sediments in the Yangtze Estuary

ZHANG Rui-hu^{1,2} LIU Tao¹ LI Bing³

(1. Department of Geography, East China Normal University, Shanghai 200062;

2. School of Urban and Environmental Science, Huaiyin Normal University, Huaian, Jiangsu 223300;

3. Institute of Shanghai Geological Survey, Shanghai 200092)

Abstract One or two very low sub-peaks appear in the coarse end of the grain size differential curves of the peaty sediments from the Yangtze Estuary with the conventional pretreatment method, which is difficult to interpret. The experimental results indicate that different pre-treatment procedures and measuring time has obvious influence on the grain-size distribution. In order to obtain accurate measurement, three different methods are used in the present study. In Method 1, sample is immersed in a beaker successively by the distilled water and boiled with 10 ml 10% hydrogen peroxide (H_2O_2). The beaker is filled up with distilled water and supernate is then removed after settled for 24 hours. Repeat the settlement and removal to eliminate the surplus H_2O_2 . The remained sample is then dispersed by ($NaPO_3$)₆ and ready for measurement. In Method 2, which is also called conventional method, samples are immersed by 10ml 10% hydrochloric acid (HCl) in addition to the H_2O_2 . Other steps are the same as in Method 1. In Method 3, the difference from Method 2 is that concentrations of both H_2O_2 and HCl are increased from 10% to 30%, and other steps are the same as in Method 1. The results show that the Method 1 is preferred and grain-size differential distribution measured in the third minute since they are put in the laser-grain equipment should be selected. Compared with both in the first and the second minute, the grain size measured in the third minute is ideal, which possibly indicate that the flocculated particles need three minutes to disperse. The coarse composition demonstrated in the differential curves might be resulted from the insufficient pre-treatment. Our experimental result of mineral grain-size measurement of peaty sediments suggest that clayey silt and silty clay, with mean grain size ranging between 9 μm and 25 μm , prevail and reflect the relative stable environment of still water.

Key words grain-size measurement; peaty sediments; pretreatment method; measuring time