

安徽巢湖全新世湖泊沉积物磁化率与粒度组合的变化特征及其环境意义

王心源^{1,2,3}, 吴立^{1,3}, 张广胜⁴, 王官勇^{1,3}, 韩伟光^{1,3}

(1. 安徽师范大学地理系, 安徽 芜湖 241000; 2 安徽遥感考古工作站, 安徽 芜湖 241000; 3 安徽师范大学科技考古中心, 安徽 芜湖 241000; 4 南京大学地理与海洋科学系, 江苏 南京 231009)

摘要: 通过对获取的巢湖湖泊沉积岩芯的磁化率与粒度组合特征的分析, 结合孢粉及相邻其它区域的环境考古资料, 得出该岩芯柱样所反映的环境变化信息。结果表明: (1) 巢湖湖泊沉积物磁化率曲线在 117 cm 以下总体上比较平稳而略有下降, 117 cm 以上人类活动所导致的侵蚀作用加剧使得磁化率值异常升高; (2) 本岩芯柱样 117 cm 以下样品的磁化率强度与粘土的百分比含量呈正相关, 而与粉砂组分的百分比含量成负相关; (3) 根据磁化率与粒度组合变化特征, 结合孢粉分析及全新世以来区域气候变化背景, 9 870 Cal a B P. 以来的巢湖流域古气候环境演变可以划分 6 个不同的时期: 9 870~ 7 000 Cal a B P., 气候呈温和略干的特点; 7 000~ 4 750 Cal a B P., 气候温暖湿润; 4 750~ 2 170 Cal a B P., 流域气候温和干燥, 巢湖湖盆局部地区可能出露水面以上; 2 170~ 1 040 Cal a B P., 气候总体上温和湿润, 但是冷暖波动明显; 1 040~ 2 00 Cal a B P. 流域处在温凉稍湿的时期, 人类活动逐渐加强; 200 Cal a B P. 至今, 流域总体上处于相对温暖湿润阶段。

关键词: 湖泊沉积; 磁化率; 粒度; 环境演化; 全新世; 巢湖

中图分类号: X141 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2008)04-0548-06

磁化率是表征沉积物磁性特征的参数之一, 可以从磁化率曲线特征来分析相应的环境变化信息^[1,2]。沉积物粒度是衡量沉积盆地能量和沉积介质能量的一种代用指标^[3,4], 其与沉积环境关系密切。湖泊沉积物粒度分析在沉积环境和区域气候变化分析中发挥着重要作用^[5,6]。在黄土-古土壤序列中, 把沉积物的磁化率和粒度参数作为气候变化良好的替代性指标, 可以与深海氧同位素($\delta^{18}O$)曲线进行对比^[7,8]。在湖泊中, 由于磁化率和粒度参数都可以反映水动力条件的变化, 而水动力则直接与沉积环境相关, 这就为利用沉积物磁化率和粒度参数来研究陆相湖泊当时的沉积环境提供了可能^[9,10]。近年来许多学者从湖泊污染、湖泊形成、水土流失等方面对巢湖进行研究^[11-13]。本文从连续、完整且具较高分辨率的湖泊沉积物中提取磁化率与粒度组合所反映的环境信息, 结合其它资料, 研究巢湖全新世以来的环境演变特征。

1 巢湖流域自然地理背景

巢湖是中国五大淡水湖泊之一, 处于长江下游沿江平原北部, 属亚热带季风气候, 整个流域年平均气温在 15~16℃, 年降水量 1 000 mm 等值线过本区。气候温和, 雨量适中, 四季分明, 无霜期长。

巢湖地区位于塔里木——中朝板块和华南扬子板块的交汇地带。由于受到新生代喜马拉雅运动的影响, 第四纪以来, 大别山在上升剥蚀时期^[14], 而山前和巢湖西湖区都在大别山前相对沉降的地带。大别山属于高压超高压变质岩广泛出露地区, 岩石中铁磁性物质含量普遍较高, 具有贫铝、低钛、贫碱, MgO 、 Fe_2O_3 + FeO (磁铁矿) 含量高的特点^[15]。现有入湖河流主要分布在湖区西部和西南部。在注入巢湖的河流中, 水量最大的河流为杭埠-丰乐河, 它是流入巢湖长度最长、流域面积最大的水系之一, 占到巢湖流域径流总量的 55.3%^[16]。

收稿日期: 2007-10-15 修订日期: 2008-02-16

基金项目: 国家自然科学基金项目 (批准号: 40571162)、国家重点基础研究发展计划 (国家 973 项目, 课题编号: 2003CB415201) 和安徽省自然科学基金项目 (批准号: 050450401) 资助。

作者简介: 王心源 (1964-), 男, 安徽六安人, 博士, 教授, 主要从事自然地理学等方面的教学与研究。E-mail: xinyuanw57@vip.sina.com

杭埠-丰乐河小流域是巢湖流域的强度水土流失区,是巢湖泥沙淤积的主要来源,其入湖泥沙贡献率达50%以上^[17]。西部大别山区是巢湖泥沙的主要来源,也是巢湖湖泊沉积物磁性物质来源的基础,这得到巢湖西部土壤环境磁学研究的证实^[18]。巢湖西湖区不断淤积,中、东湖区岸线崩塌严重^[12-19],湖面向东迁移,造成湖底淤高、湖面变大。巢湖唯一的通江水道裕溪河,位于巢湖东河口,全长60.4 km,向东南流至裕溪口汇入长江。

2 样品及分析方法

研究样品取自巢湖西湖区,采样点(图1)位于117°23′39″E, 31°33′44″N,在水深310 cm处获得8 m长的湖芯一根(未见底)。该湖泊沉积物柱样总体上为青灰粉砂质粘土,少量为3 mm的细砂夹层,属湖泊相沉积。

研究样品采集为1 cm间隔,共取400个样品进行磁化率、粒度的分析。样品分析在中国科学院南京地理与湖泊研究所湖泊沉积与环境重点实验室完成,粒度分析仪器为英国MALVERN公司生产的Mastersize2000激光粒度仪;磁化率的测定采用英国Bartington公司生产的MS2型便携式磁化率

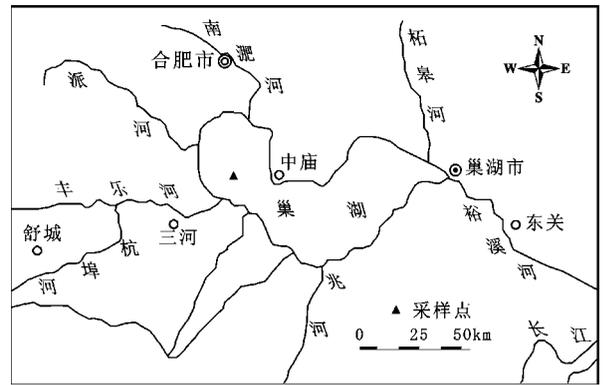


图1 巢湖流域主要水系及湖泊沉积物采样点位置示意图

Fig. 1 Map of sampling location of lake sediment and main rivers in Chaohu Lake Valley

仪。在该柱状沉积物样490 cm以上样品中,进行7个湖泊底泥样品的AMS¹⁴C测年,测定由北京大学重离子物理教育部重点实验室完成。测年数据与深度呈很好的线性关系($R^2 = 0.9745$)。通过巢湖年代与深度关系的特征研究,结合前人的研究方法^[20-23],建立巢湖沉积物年代的线性回归校正,通过线性插值内插和外推^[24],得到巢湖湖泊沉积物年代与深度的对应关系(表1)。

表1 巢湖湖泊钻孔岩芯AMS¹⁴C测年结果

Table 1 Result of AMS¹⁴C age of Chaohu Lake sediment

深度 (cm)	87	127	189	227	287	387	487
年代 (Cal a B. P.)	1040 ± 70	2550 ± 40	3720 ± 130	4565 ± 55	5475 ± 95	6590 ± 130	9770 ± 40

3 湖泊沉积物磁化率与粒度组合的变化特征

3.1 沉积物磁化率的变化特征

1) 磁化率值的特征。根据实验的结果,该柱状沉积物样的低频磁化率值介于 $6.59 \times 10^{-8} \sim 64.49 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$,平均值 $18.34 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$,频率磁化率最大值(107 cm处)为11.17%,平均值为3.50%;频率磁化率与低频磁化率之比的最大值为0.86%,平均值为0.21%。其值低于干旱半干旱区的湖泊^[25],而高于泥炭、沼泽^[26],反映出亚热带湿润地区湖泊的磁化率值特点。

2) 磁化率曲线的变化特征。从磁化率曲线可以看出,低频磁化率和高频磁化率曲线在117 cm以下都比较平稳,呈现小幅度的高低振荡,160~117 cm两者的值都呈现出略有下降的趋势,而117

cm以上,低频磁化率和高频磁化率都开始大幅度升高,61 cm处两者开始下降,直至45 cm以上便处在一个有波动但较为稳定的高磁化率范围内;频率磁化率则呈现高低值的振荡,出现若干次峰值,其中在107 cm处出现最大峰值,此后频率磁化率便处在一个波动上升的阶段。

3.2 粒度分析结果及特征

巢湖湖泊沉积物柱样粒级划分按Udden-Wentworth标准分粘土(< 4 μm)、粉砂(4~64 μm)和砂(> 64 μm)三个级别,反映了沉积物粒度的变化。粒度分析结果表明,粘土含量10.46%~60.48%,平均值32.89%;粉砂含量为39.52%~89.54%,平均值66.90%;砂含量0~7.10%,平均值0.21%。按国际制三角图图解法命名,属粉砂质粘土。

3.3 磁化率与粒度组合的变化特征

沉积物磁化率与粒度间关系非常密切。天然湖泊沉积物的磁化率与粒度关系很大程度上反映物质来源及沉积动力和次生条件变化的影响,与粒度关系因情况不同产生较大差异^[27-29]。

根据谢红霞等^[18]对巢湖西部杭埠河口采集的沉积物柱样磁性测试表明:不论样品磁化率值的高低,磁性矿物居里温度都在580℃左右,说明磁铁矿是主要的磁性矿物;而流域土壤的磁性特征研究证实入湖泥沙主要是含有磁性矿物的细颗粒泥沙。

由于117 cm以上人类活动导致侵蚀作用加剧使磁化率值异常升高,本文将117 cm以下低频磁化率与粘土含量粒度数据进行对比以及相关系数的计算表明,低频磁化率值与粘土含量呈正相关(图2),相关系数=0.782,而与粉砂组分百分比含量成负相关($R = 0.785$)。

根据巢湖湖泊沉积物的磁化率与粒度组合的变化特征,结合孢粉与沉积速率确定的年代序列,可以得出巢湖湖泊沉积物磁化率与气候干湿变化的关系:磁化率的高值与气候湿润一致;气候的干

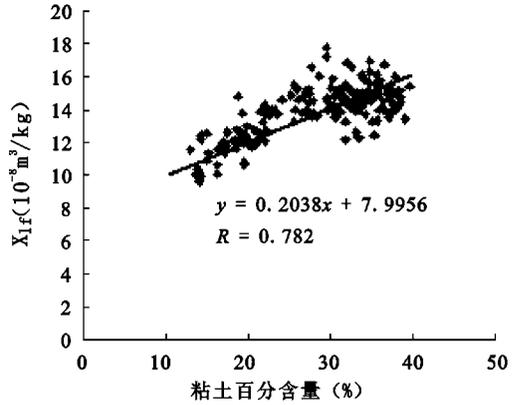


图2 巢湖沉积物样品磁化率与粘土百分含量关系图

Fig. 2 Relationship between sediment magnetic susceptibility and grain content of fine sand

燥则与磁化率的低值相对应;粒度、孢粉环境代用指标的变化也与磁化率的记录有很好对应关系(图3)。由此,自490~0 cm的巢湖湖芯柱样可以划分6段: I段(490~400 cm), II段(400~240 cm), III段(240~117 cm), IV段(117~87 cm), V段(87~17 cm), VI段(17~0 cm)。

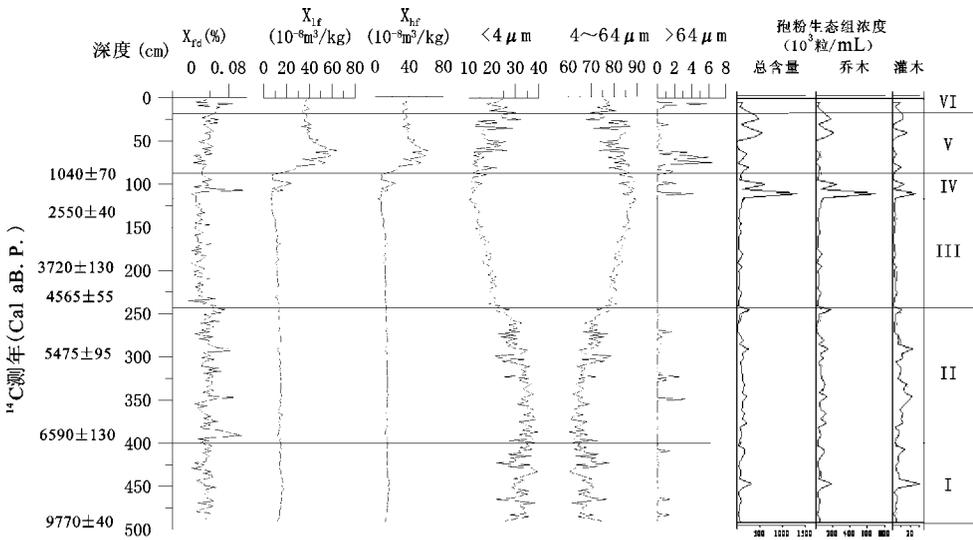


图3 巢湖湖泊沉积物磁化率与粒度组合分带特征及与孢粉指标的相关情况

Fig. 3 Magnetic susceptibility and grain size, pollen concentration with increasing depth of sediment in Chaohu Lake

4 磁化率与粒度组合的环境意义

通过分析比较,在本研究中,沉积物磁化率较高代表当时水动力条件较强,环境较为湿润;而较低的磁化率则表示当时较为干旱的环境条件;相应地,粗粒沉积物指示湖泊收缩、湖水较浅的干旱气

候环境,细粒沉积物则指示湖泊扩张、湖水较深的湿润气候环境(有关详细情况,另文论述)。据此,以磁化率与粒度组合变化特征分析为基础,综合孢粉资料并参考相关研究成果,本文得到巢湖流域环境变化的历史,分段分析如下:

1) 9 870~7 000 Cal. a. B. P. 这一阶段时间

上对应欧洲冰后期的北方期(9 500~ 7 500 Cal a B. P.)。湖泊沉积物磁化率分析结果表现为低频磁化率值较低,平均值 $14.86 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$, 频率磁化率值也处于一个相对较低的阶段。反映在粒度上,粘土含量高于平均值,粘土平均占 33.40%。说明这个时期整体气候干燥而温和,对应末次冰期之后高温期到来之前气候转暖的过渡时期,气候变化反映承先启后的性质。孢粉分析也显示,该阶段植被是以壳斗科的落叶、常绿属种为主的落叶阔叶、常绿阔叶混交林;常绿落叶阔叶栲石栎在减少、落叶阔叶栎类在增加,为含量最高段。

2) 7 000~ 4 750 Cal a B. P.。这一阶段频率磁化率值峰谷交替、激烈振荡,发生 3 次旋回;粒度波动也十分明显,出现数次砂含量的峰值。孢粉分析表明,植被是以落叶栎类、栗属、青冈属和栲石栎属为主的落叶阔叶、常绿阔叶混交林。综合分析该时期区域环境由前一阶段的干燥温和转化为更加温暖湿润,但气候不稳定,有数次的波动。

3) 4 750~ 2 170 Cal a B. P.。磁化率值逐渐降低,沉积物粒度持续增大,但砂物质含量却在这一时期达到最低值,说明这一时期水动力下降,携带能力减弱,环境向着冷干方向发展,湖面收缩。这也显示了中国自北向南延迟降温的规律^[30]。孢粉资料也表明该阶段落叶阔叶属种含量是整个剖面的最高值,且出现相对较多的胡桃属,而常绿阔叶属种含量总体有所降低。推测该时期巢湖流域处在一个温和干燥的时期。通过对唐家嘴遗址文化层含碳较高的中间层位¹⁴C 测年结果 $2 090 \pm 130$ Cal a B. P. 的综合分析^[12],推测 2 170 Cal a B. P. 左右可能是巢湖历史上湖面最小的一个时期,巢湖湖盆的局部地区可能出露水面以上,湖滩地面积扩大,唐家嘴遗址汉时期的经济文化较为繁荣。

4) 2 170~ 1 040 Cal a B. P.。该时期磁化率值迅速升高,但波动明显,前阶段较小,后阶段逐渐增大,最高值达 $24.70 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ 出现两次峰值。粒度也有波动,前阶段粒度较粗,后阶段粒度较细。综合磁化率、粒度以及孢粉的分析 and 历史文献资料,推测该时期总体上是个温和湿润的时期,气候波动明显、不稳定,包含一次冷暖旋回。

该期前阶段处于寒冷干旱时期。在野外考察中发现,该阶段巢湖流域普遍沉积了一层灰黄色或亮黄色略含细砂的粘土质粉砂,周昆叔、莫多闻等专家认为这反映风成堆积发育。但是在这阶段中

巢湖流域可能经历一次环境突变事件,在 107 cm (1 795 Cal a B. P.) 处低频磁化率出现了峰值,由 $7.05 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ 迅速升高到 $17.22 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ 然后又迅速降低到 $7.71 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ 同时频率磁化率也迅速达到极大值 11.17%,砂含量出现峰值,水动力条件较强。这个时段恰好与历史记载吴赤乌二年(公元 239 年,即 1 760 Cal a B. P.) 发生的“陷巢州”^[12]相合。也正是这个时段内,长江洪水漫溢南京城,“水深八尺”^[31]。由此笔者推测此时期巢湖流域曾经经历过大大洪水事件。

该期后一阶段气候温暖湿润,黄河流域可生长梅、竹等亚热带植物^[32]。砂物质含量也出现几次峰值,指示水动力条件增强。流域降水量加大,湖面扩张,可能经历过洪水灾害。唐代开发南方,这时期巢湖流域开始受到人类活动的较大影响。孢粉分析表明此阶段之前的落叶阔叶、常绿阔叶混交林迅速被破坏,演替成以禾本科为主草地。

5) 1 040~ 200 Cal a B. P.。该时期磁化率值出现跃升,在 87 cm 处磁化率值由 $7.53 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ 上升到 $21.57 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ 且一直处在较高水平上;粘土含量有所上升,砂物质出现多次峰值,水动力条件强。特定流域内,高磁化率被当作侵蚀作用标志^[33],磁化率值异常升高反映流域内由于耕作和森林砍伐而导致基岩侵蚀加剧,水动力条件较强,流域内磁性矿物输入量很大,巢湖流域人类活动进入繁盛时期。现有历史资料表明,该时期中国人口大量南迁,移民分布密集区主要在淮河以南、长江以北地区,长江以南只是点状分布^[34]。巢湖流域正处在淮河以南、长江以北,富庶的土地吸引大量移民定居,人口大幅度增加,人类活动引起的垦荒和土地开发不断加剧,水土流失严重,入湖的磁性物质含量自然也增加很快,磁化率值也因人类干扰较大而异常升高。

在较高的磁化率水平上,磁化率波动依然反映出气候变化信息。在 85~ 61 cm (1 015~ 740 Cal a B. P.) 低频磁化率值由 $21.57 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ 上升到 $64.49 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ 粗粒物质物质逐渐下降; 65 cm (900 Cal a B. P.) 处,榆属的孢粉百分比含量由 0.29% 下降到 0 而松属百分比含量则由 8.29% 上升到 21.67%,常绿栎类和落叶栎类都出现下降趋势。该时段正好对应南宋寒冷期向元代温暖期过渡时期。而 45 cm (540 Cal a B. P.) 处磁化率迅速下降、粒度增大及松属孢粉百分比含量迅速上升,

榆属百分比含量下降则对应明清小冰期。综合分析,此时巢湖流域总体处在一个温凉稍湿时期,末期受到小冰期影响而较为寒冷。

6) 200 Cal a B. P. 至今。这个时期磁化率值又有一个迅速降低的过程。这种现象反映了该时期人类活动的进一步增强,人为活动对沉积环境的干扰作用加强。由于工业文明的兴起及农业的进一步发展,这个时期巢湖的有机质含量增加,富营养化现象较为严重,有机质在一定程度上降低了沉积物的磁化率^[35]。粒度在 7 cm 处出现一个极高值,可能与人类大规模的开发活动有关,但也可能是近 600 年来气候变化中第四次冷期(1945 年左右)的反映。该时期巢湖流域总体上处于相对温暖湿润阶段。这种气候状况一直延续至今。

5 讨论和结论

综上所述,我们得出以下认识:

1) 从湖泊沉积物环境代用指标记录的巢湖流域全新世 9 870 Cal a B. P. 以来的气候和环境演变信息看,巢湖区域的环境演变一方面受到全球变化的影响,尤其是亚洲季风的演化对巢湖区域的影响,是区域环境变化对全球变化的响应;另一方面,由于巢湖独特的地理位置以及所处的构造带、流域特征等,都使该区域的环境演变有着自身的特点和复杂性,环境演变具有区域特征。同时,中晚全新世以来,人类活动影响不容忽视。

2) 在巢湖湖泊沉积物的研究中,作为反映环境变化的代用指标磁化率和粒度,两者之间有着一定的对应关系。磁化率强度与粘土的百分比含量呈正相关,而与粉砂组分的百分比含量成负相关。在巢湖湖泊沉积中,高磁化率一般指示湿润的气候,湖面较高;而低磁化率则指示干燥的气候,湖面较低。通过历史上人类活动的响应,我们也相互验证了巢湖流域气候环境演化的历史。

3) 基于磁化率与粒度组合特征的分析,综合孢粉与其它文献资料,巢湖流域环境变化可分为 6 个阶段。全新世以来,本区气候环境总体上经历了温和略干-温暖湿润-温和干燥-温和湿润-温凉稍湿-温暖湿润的变化过程,这与中国东部全新世以来气候变化趋势相印证。

4) 磁化率值的异常升高与人类活动的增强相对应,说明它们之间存在联系;随后磁化率值的下降可能与人类活动加剧所产生的有机质及湖泊

富营养化有关,需进一步研究。

致 谢:衷心感谢周昆叔先生、莫多闻教授在野外考察中的大力支持和指导;对于贾玉连教授、蒋庆丰博士、张恩楼博士、肖霞云博士在采样与分析工作中给予的支持与帮助表示感谢。

参考文献:

- [1] Thompson R, O'Hfield E. Environmental Magnetism [M]. London: George Allen & Unwin, 1986: 1-83
- [2] 王俊达. 第四纪沉积物的古地磁研究 [J]. 第四纪研究, 1992, 13(1): 39-44.
- [3] 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): 459-467
- [4] 曹建廷, 王苏民, 沈吉, 等. 近千年来内蒙古岱海气候环境演变湖泊沉积记录 [J]. 地理科学, 2000, 20(5): 391-396
- [5] 羊向东, 王苏民, 沈吉, 等. 近 0.3 ka 来龙感湖流域人类活动的湖泊环境响应 [J]. 中国科学 (D 辑), 2001, 31(12): 1031-1038
- [6] 王乃昂, 李吉均, 曹继秀, 等. 青土湖近 6 000 年来沉积气候记录研究 [J]. 地理科学, 1999, 19(2): 119-124
- [7] 旺罗, 刘东生, 韩家懋, 等. 中国第四纪黄土环境磁学研究进展 [J]. 地球科学进展, 2000, 15(3): 335-341
- [8] Heller F, Liu T S. Magnetostratigraphical dating of Loess deposits in China [J]. Nature, 1982, 300: 431-433
- [9] 张振克, 吴瑞金, 王苏民. 岱海湖泊沉积物频率磁化率对历史时期环境变化的反映 [J]. 地理研究, 1998, 17(3): 297-302.
- [10] 杨晓强, 李华梅. 泥河湾盆地沉积物磁化率及粒度参数对沉积环境的响应 [J]. 沉积学报, 1999, 17(增刊): 763-768
- [11] 贾铁飞, 戴雪荣, 张卫国, 等. 全新世巢湖沉积记录及其环境变化意义 [J]. 地理科学, 2006, 26(6): 706-711.
- [12] 王心源, 何慧, 钱玉春, 等. 从环境考古角度对古居巢国蠡测 [J]. 安徽师范大学学报 (自然科学版), 2005, 28(1): 97-102
- [13] GAO Chao, Wang Xinyuan, YANG Zedong, LU Yingcheng, He Hui. Causes and Countermeasures for Chaohu Lakeshore Collaps [J]. Chinese Geographical Science, 2005, 15(1): 88-93
- [14] 吴跃东, 江来利, 储东如, 等. 大别山造山带与安徽沿江中生代盆地盆山耦合关系 [J]. 中国地质, 2003, 30(3): 286-292
- [15] 钱超超, 路玉林, 刘丽利, 等. 大别山两期镁铁质-超镁铁质岩特征及成因讨论 [J]. 火山地质与矿产, 2001, 22(4): 269-277.
- [16] 夏林益, 王心源, 张广胜. 皖西丰乐河流域水土流失及防治对策 [J]. 水土保持研究, 2006, 13(3): 162-164
- [17] 屠清英, 顾丁锡. 巢湖——富营养化研究 [M]. 北京: 中国科学技术大学出版社, 1990: 64.
- [18] 谢红霞, 张卫国, 顾成军, 等. 巢湖沉积物磁性特征及其对沉积动力的响应 [J]. 湖泊科学, 2006, 18(1): 43-48.
- [19] 高超, 王心源, 杨则东, 等. 巢湖崩塌岸成因初步研究 [J]. 水土保持研究, 2005, 12(2): 49-51.

- [20] 赵景波, 蔡晓薇, 王长燕. 西安高陵渭河近 120 年来的洪水演变 [J]. 地理科学, 2007, 27(2): 225~230.
- [21] 朱江玲, 刘鸿雁, 王红亚. 河北坝上地区湖泊沉积物记录中的全新世干旱气候 [J]. 地理科学, 2007, 27(3): 380~384.
- [22] 史威, 朱诚, 王富葆, 等. 宁镇及宜溧地区全新世中晚期典型沉积相与 5 700 a. B. P. 前后的气候突变事件 [J]. 地理科学, 2007, 27(4): 512~518.
- [23] 朱西德, 王振宇, 李林, 等. 树木年轮指示的柴达木东北缘近千年夏季气温变化 [J]. 地理科学, 2007, 27(2): 256~260.
- [24] 谢远云, 李长安, 王秋良, 等. 江汉平原近 3 000 年来古洪水事件的沉积记录 [J]. 地理科学, 2007, 27(1): 81~84.
- [25] 吴瑞金. 湖泊沉积物的磁化率、频率磁化率及其古气候意义——以青海湖、岱海近代沉积为例 [J]. 湖泊科学, 1993, 5(2): 128~135.
- [26] 黄润, 朱诚, 王升堂. 天堂寨泥炭地层磁化率、Rb/Sr 值及反映的古气候意义 [J]. 地理科学, 2007, 27(3): 385~389.
- [27] Yu L Z, Oldfield F, Wu Y S et al. Paleoenvironmental implications of magnetic measurements on sediment core from Kunming Basin, South-west China [J]. Journal of Paleolimnology, 1990, 3: 95~110.
- [28] 王建, 刘泽纯, 姜文英, 等. 磁化率与粒度、矿物的关系及其古环境意义 [J]. 地理学报, 1996, 51(2): 155~163.
- [29] 殷勇, 方念乔, 王倩, 等. 云南中甸纳帕海湖泊沉积物的磁化率及环境意义 [J]. 地理科学, 2002, 22(4): 413~419.
- [30] 王开发. 全新世温暖期中低温事件的初步研究 [J]. 第四纪研究, 1990(2): 168~174.
- [31] Water Resources Bureau, Jiangsu Province. Disaster Tables of Flood & Drought in the Jiangsu Province over the Last 2000 Years [R]. Nanjing: Water Resources Bureau of Revolutionary Committee, Jiangsu Province, 1976: 26~47.
- [32] Chu Ko-chen. A preliminary study on the climatic fluctuations during the last 5 000 years in China [J]. Scientia sinica, 1973, 16(2): 226~256.
- [33] 邓成龙, 袁宝印, 胡守云, 等. 环境磁学某些研究进展评述 [J]. 海洋地质与第四纪地质, 2000, 20(2): 93~101.
- [34] 蓝勇. 中国历史地理学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2005.
- [35] John Hilton. A simple model for the interpretation of magnetic records in lacustrine and ocean sediments [J]. Quaternary Research, 1987, 27: 160~166.

Characteristics and Environmental Significance of Magnetic Susceptibility and Grain Size of Lake Sediments since Holocene in Chaohu Lake, Anhui Province

WANG Xin-Yuan^{1, 2, 3}, WU Li^{1, 3}, ZHANG Guang-Sheng⁴, WANG Guan-Yong^{1, 3}, HAN Wei-Guang^{1, 3}

(1. College of Land Resources and Tourism, Anhui Normal University, Wuhu, Anhui 241000; 2. Work Station for Remote Sensing Archaeology, Anhui Normal University, Wuhu, Anhui 241000; 3. Science and Technology Archaeology Center, Anhui Normal University, Wuhu, Anhui 241000; 4. College of Geography and Ocean Sciences, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu 210013)

Abstract A typical lake sediment core from Chaohu Lake was chosen for this study. The vertical distribution of magnetic susceptibility and grain size in the sediments was determined. Based on the analyses of magnetic susceptibility and grain size of the core samples from Chaohu Lake, the paper has probed into the characteristics and environmental significance of magnetic susceptibility and grain size. The results show that from 490 cm to 117 cm, the curves of magnetic susceptibility are stable on the whole, which dropped slightly from 117 cm to top, the increased human activity makes magnetic susceptibility increasing obviously. The magnetic susceptibility is positive proportional to the contents of fine sand and reversal proportional to the contents of coarse sand and organic materials. By means of magnetic susceptibility and grain size analyses, combined with pollen and the background of global climate change, regional palaeoclimatic changes were divided into six periods since 9870 cal yr B. P.: (1) mild and moderately dry period of 9870–7000 cal yr B. P.; (2) warm and humid period of 7000–4745 cal yr B. P.; (3) warm and dry period of 4745–2170 cal yr B. P.; (4) mild and humid period of 2170–1040 cal yr B. P., and during which climate fluctuated acutely; (5) cool and moderately humid period of 1040–200 cal yr B. P., climate fluctuate gently; (6) mild and humid period of 200 cal yr B. P. to nowadays.

Key words lake sediments; magnetic susceptibility; Holocene; environmental changes; Chaohu Lake