第7卷 第4期
1995年12月

湖 泊 科 学
JOURNAL OF LAKE SCIENCES

Vol. 7, No. 4
Dec., 1995

女山湖现代沉积速率和环境解释*

夏威岚 王云飞 潘红玺
(中国科学院南京地理与湖泊研究所,南京 210008)

提要 为探讨本世纪以来女山湖生态环境的演化历史,以^{137}Cs和^{210}Pb放射性同位素为测试手段,分析该湖近期沉积物中^{137}Cs和^{210}Pb的含量分布,并根据其沉降特征和衰减规律,对沉积物做了年代定位,分段推导出平均沉积速率,建立柱状沉积年代序列。在此基础上,利用沉积记录,对沉积速率的变化进行环境解释,探讨了本世纪以来湖泊环境的演化过程。结果表明,1929~1938年沉积速率达4.8mm/a,是淮河流域洪涝使泥沙倒灌入湖的结果,1958年以后沉积速率增强则直接受控于水利工程的拦截作用。

关键词 沉积速率 环境演变 女山湖

1 基本原理与实验方法

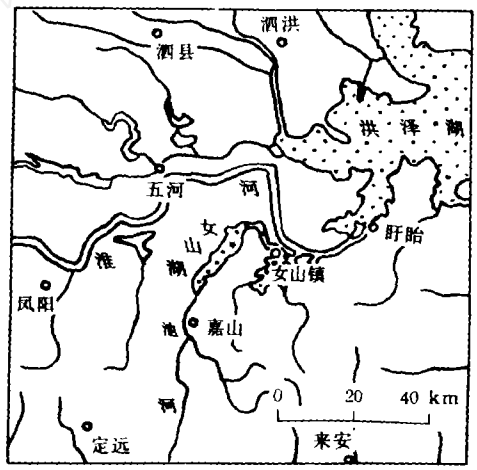

图1 女山湖位置与NS1(★)取样点
Fig. 1 Location of Nushan Lake and sampling point (NS1)

1.1 采样及样品预处理

根据^{137}Cs和^{210}Pb测年原理及女山湖的沉积和水文特性,有以下两个取样原则:1)取样点的沉积物应尽量是逐年形成的自我封闭体系,尽量避开对沉积物有扰动的湖区;2)取样点位置要在1963年水位以下湖区,否则不适用^{137}Cs测年法(图1)。

现场使用Linvingston采样器采集沉积样芯。为取得合乎测年技术要求的岩芯,所取岩芯长度为45cm,现场分层切除样芯周围被轻微扰动和污染的表面沉积物后,切取直径为50mm,厚1cm或2cm的测样,装入塑料盒密封后带回实验室。称湿重,烘干至恒重,求含水量,粉碎过100目筛,装入塑料样品袋待测。

* 国家自然科学基金资助项目(49271068)。
收稿日期:1994年12月16日;接受日期:1995年5月10日。
作者简介:夏威岚,男,1963年生,工程师。1983年西南石油学院地球物理专业毕业。主要从事沉积年代学研究。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1.2　^{137}Cs 法原理及放射化学分析方法

^{137}Cs 是核爆炸的裂变产物，半衰期为 30.2 年。自从大气层核实验以来，核爆炸产生的 ^{137}Cs 随大气参与全球环流，大气中的 ^{137}Cs 主要随降水或微粒进入湖体，吸附在水中悬浮粒子上，随悬浮物一起沉降到水底沉积物中，并逐年积累在湖底。在不被扰动的原状沉积物垂直样芯中找出 ^{137}Cs 最大峰值，就是 1963 年的沉积物层位。因为 1963 年是全球 ^{137}Cs 最大沉降年，北半球则更为明显[1]。在测出其最大峰值层位后，可据此求得平均沉积速率。

1.3　^{210}Pb 法原理及分析方法

^{210}Pb 是天然放射性铀系元素中的一员，半衰期为 22.3 年。它从大气中呈均匀沉降进入水体，被吸附在悬浮粒子上，并随悬浮物逐年沉积在湖底形成自我封闭体系。在不被扰动的连续沉积物中，其放射性比度随深度按其半衰期呈指数衰减。根据沉积物的垂直深度与 ^{210}Pb 比度关系，推导出沉积物年龄和沉积速率。在沉积物中，$^{210}Pb \rightarrow {}^{210}Bi \rightarrow {}^{210}Po$ 处于永久平衡状态，故 ^{210}Pb 的放射性比度相当于 ^{210}Po 放射性比度，因而制源后直接测量 ^{210}Po 便得到 ^{210}Pb 比度，再扣除沉积物自身存在的铀系母体核素产生的附加 ^{210}Pb（^{210}Pb 本底），才能真正得到从大气中沉降的过剩 ^{210}Pb 放射性比度。

基于上述原理，取经过预处理过的沉积物样品 5g，经硝化提取样品液，在 0.5mol HCl 体系中，经恒温水浴制源，最后用低本底 α 能谱仪（1024 道）测量 ^{210}Pb 比度。

2　分析结果讨论

2.1　女山湖区域概况

女山湖位于安徽省嘉山县境内，面积 100km²，最大水深 3m 左右。湖盆在构造上处于郯庐断裂带中，具有较长的发育史。经实测北部湖相淤泥沉积超过 8m，物源主要来自南部的池河，经湖水分异后在东北经荷花塘汇入淮河，但淮河洪水泛滥时也有水沙从北部输入。其次湖盆周围的短小溪流也参与湖泊的沉积作用。因此，沉积物的物源体系较复杂。采样点位于湖心的东北部，水深 2.2m（图 1）。

2.2　^{210}Pb 和 ^{137}Cs 测量结果分析

由 ^{210}Pb 和 ^{137}Cs 测量分析结果（表 1）可得知两种核素的放射性比度与深度的关系。考虑到自本世纪以来在各个时期的沉积速率受周边环境影响较大（包括 30～40 年代的淮河泛滥，60～70 年代的兴修水利等人为因素），故在确定近百年来的沉积速率时，应考虑采用不同的 ^{210}Pb 沉积速率计算模式。目前一般采用 CIC（稳定初始放射性通量）和 CRS（稳恒沉积通量）两种模式。CIC 模式中沉积物主要来源于表层侵蚀产物，并且在湖水中滞留时间较短，^{210}Pb 含量明显受物源影响，即沉积物的增加能同时导致相应的 ^{210}Pb 的增加。CRS 模式中沉积物主要来源于湖面上大气的沉降，且在湖水中滞留时间较长，并与湖水充分作用，使原来由物源区携带而来的过量 ^{210}Pb 对其总量不产生影响，即在沉积速率的变化过程中，^{210}Pb 放射性通量保持恒定[1]。根据该湖近百年来基本上为一过水性湖泊的特点，所以确定用 CIC 模式来计算其沉积物年龄，以便更能反映出当时的沉积环境的变化。对表层 10cm 所测得的 10 个 ^{137}Cs 样，在深度变化上可看出两个峰值（图 2），分别在 1.5 和 4.5cm 处。根据近年来国内

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表1 女山湖表层放射性核素含量、沉积速率和年代

Tab. 1 Radinuclide contents, sedimentation rates and chronology of surficial sediments in Nushan Lake

深度(cm)	^{210}Pb(dpm/g)	^{137}Cs(Bg/kg)	阶 段	沉积速率	沉识年代
0.5	6.97	3.80	第Ⅴ段	3.0mm/a	1991～1985
1.5	4.72	8.30			
2.5	4.65	3.30	第Ⅳ段	1.8mm/a	1985～1966
3.5	4.32	5.10			
4.5	3.93	6.60			
5.5	2.98	6.20	第Ⅲ段	1.8mm/a	1966～1938
6.5	2.46	6.10			
7.5	1.99	1.40			
8.5	1.45	2.0			
9.5	1.30	0			
10.5	1.12		第Ⅱ段	4.8mm/a	1938～1929
11.5	1.12				
12.5	1.10				
13.5	1.19				
14.5	1.07		第Ⅰ段	2.0mm/a	1929～1904
15.5	0.60				
16.5	0.53				
17.5	0.51				
18.5	0.47				
19.5	0.41				

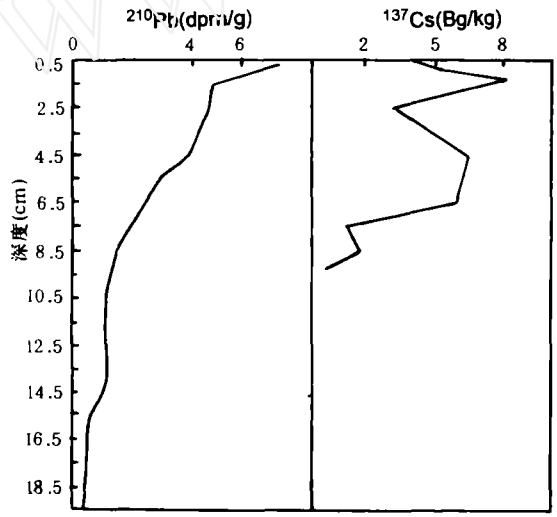

图2 ^{210}Pb、^{137}Cs放射性比度随深度的变化

Fig. 2 Vertical changes of ^{210}Pb and ^{137}Cs content

外一些文献资料，前者与1986年切尔诺贝利核事件相对应，后者则是1963年全球大气核实验高峰所致[2,3]。

2.3 沉积速率的变化

由^{210}Pb和^{137}Cs放射性比度随深度变化(图2)计算出20cm以上各深度的年代，相应求出各段的沉积速率(表1)。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

3　沉积速率变化的环境解释

当前湖泊沉积学研究的一项重要内容是恢复湖泊环境和生态系统的历史演化过程。淮河流域地处我国南北气候过渡带，是气候变化的敏感区，也是我国历史上洪涝、干旱等气象灾害频发和危害严重的地区。因此未来趋势预测和防灾减灾任务十分艰巨。但本区器测资料序列很短，嘉山县仅有1956～1979年水文观测资料，气象资料也是在1960年以后进行系统观测的，难以满足统计上的要求。而高分辨率湖泊沉积研究在一定程度上可弥补上述不足，为古环境重建提供依据。

沉积速率及其变化反映了在区域自然因素和人类活动影响下，入湖泥沙量和排出量之间的动态平衡经常被破坏和新平衡建立的复杂过程，是综合评价区域环境及其变化的重要指标。因此对女山湖沉积速率变化的原因进行正确分析是揭示本世纪以来区域环境变化过程，探讨淮河流域环境演化规律的重要途径之一。

3.1　影响沉积速率的因素

据湖泊考察和样品分析，影响女山湖沉积速率的主要因素有：

3.1.1　*入湖径流*　池河是女山湖最主要入湖径流，发源于湖区南部莲江、定远一带丘陵低山，全长约150km，多年平均径流量7.62×108m³，年均输沙量34.7×10⁴t①。池河在嘉山县境内入湖，粗碎屑沉积物在其南部形成入湖三角洲，细粒悬浮沉积物在重力流作用下向北运移，在采样点附近沉积了以淤泥为主的沉积物，为该湖主要物质来源。又据入湖水量资料，假设湖水含沙量不变，那么1957～1966年10年平均年淤积量变化仅5.5%，远小于沉积速率的变化。可见池河泥沙输入量变化会引起沉积速率的变化，但难以引起如此悬殊的差异。

3.1.2　*淮河洪涝*　从NS1孔沉积物粒级分布曲线发现1929～1938年沉积速率最大段粘土含量最低，相应细碎屑沉积物含量达40%，含有丰富的碎屑碳酸岩、三价铁矿物等淮河流域标志矿物，低频磁化率也表现为一峰值(图3)，表明淮河泥沙倒灌是增大北部沉积速率的重要因素。在历史上淮河经常泛滥成灾，淹没东北部大片玄武岩分布区、夹带大量泥沙入湖，使沉积速率增强①。

3.1.3　*人类活动*　本世纪以来人类在该地区兴建的水利工程和坡地垦植不断改变着入湖泥沙量和湖水动态，使沉积速率也发生相应变化。顶部1.5cm沉积是人类活动增强湖泊沉积速率的最好例证。80年代嘉山县为防洪和航运上的需要，在池河尾间修建了截湾工程，使入湖泥沙量大大增多。其次1978年特大干旱之后，安徽省人民政府在湖泊出口处的女山镇兴建控湖大坝，把原来的吞吐型湖泊改造成水位受人类控制的湖泊，出湖泥沙量大大减少，也增大了沉积速率。同时，由于湖泊动力作用减弱，沉积上还表现在粘粒含量变化不大但有机质含量迅速增加。

3.2　女山湖在本世纪以来的环境变迁

为探讨该地区在本世纪的环境变化，首先根据^{210}Pb、^{137}Cs确定年代和沉积速率，计算NS1孔顶部20cm柱状样在不同深度的年代。其底界19.5cm为1904年，顶部为1991年，并

① 水电部治理淮委员会。淮河流域水资源评价。1986年5月。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

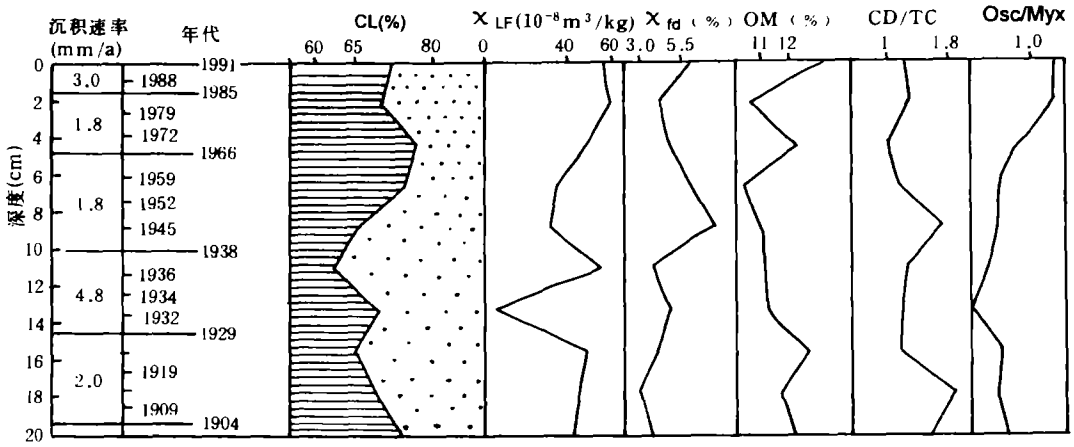

图3 NS1孔年代及环境指标

Fig. 3 Chronology of Core NS1 and envionmental parameters

建立了较精确的年代序列。环境代用标志选择对环境响应比较敏感的指标，用大于8φ(即粒径小于0.004mm)的粘粒含量CL、低频磁化率χ_{LF}和频率磁化率χ_{fd}、有机质含量OM和色素中叶绿素CD、总胡萝卜素TC、颤藻黄素O_{sc}、蓝藻叶黄素M_{yx}之间的比值CD/TC、O_{sc}/M_{yx}等分析测试结果(图3)。χ_{LF}和χ_{fd}一般用于表征沉积物来源和沉积环境[2])。OM通常作为湖泊中初级生产力的指标，但它是一个混合信息，目前倾向于用色素和不同种类的比值来评价湖泊环境。CD/TC通常指示湖泊营养状况和外源有机质的输入强度；O_{sc}/M_{yx}多反映蓝藻植物群落组合变化，是环境分析较好的有机标志[4]。样品分析间隔2cm/个，因此每个数据相当于9年的平均状况。以下就沉积速率各段的主要环境特征及变迁过程作简单分析(图3)。

(1) 第Ⅰ段(19.5～14.5cm) 年代为1904～1929年，这一时期的沉积速率偏低为2.0mm/a。该段蓝藻群落组合变化不大，O_{sc}/M_{yx}为0.61～0.78，表明湖泊环境较稳定，多年平均泥沙输入量的变幅不大。但其中17cm处CL为一低谷，相应χ_{LF}、χ_{fd}均为低值，反映1917年前后5年中池河入湖水量增多。此外CD/TC在17cm以下一直较高，湖泊营养状况较低，至15cm处突然降低，可能反映在本世纪20年代以后人类对女山湖周围垦殖强度增大，提高了湖水的营养状况和外源有机输入。

(2)第Ⅱ段(14.5～10cm) 年代为1929～1938年，本段沉积速率最大4.8mm/a，相应沉积物特征表现在CL偏低，夹丰富的粉沙成份，其中碎屑碳酸盐含量可达5%，为淮河流域物源介入的标志。在11cm处χ_{LF}达峰值，系湖区东北部玄武岩物源的贡献。OM含量不高，但CD/TC为一小峰值，表明湖泊环境不稳定，外源有机质输入丰富。上述所有环境标志均证实在第2阶段9年中，淮河流域洪泛非常严重，大量泥沙倒灌和东部部玄武岩风化剥蚀物参与湖泊沉积，使本段沉积速率急剧增大，也是历史上1931年淮河流域特大洪水和1938年黄河夺淮等灾害事件在湖泊沉积上的响应。

(3)第Ⅲ段(10～5cm) 年代为1938～1966年，沉积速率偏小，为1.8mm/a，沉积记录表现为CL最大，χ_{LF}、OM、CD/TC达最低值，表明该段早期池河、周边地区入湖泥沙和外源有机质输入均较少。另从χ_{fd}为一小峰值分析，表明极细铁磁性物质的相对含量增加，反映了

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

偏干偏暖的环境背景。但本段发展到50年代以后,区域环境趋于正常波动。上述沉积记录反映的环境特点与淮河流域部分气象资料大体相符。例如1941～1944年本区经历了本世纪以来持续4年的干旱事件,无疑对湖泊沉积产生较大影响[6]。又据竺可桢先生对上海长序列气象记录分析,40～50年代的冬季温度距平均偏高0.5℃[7],淮河流域可能也有类似的趋势。因此造成入湖泥沙偏少,沉积速率较低。

(4)第Ⅳ段(5～1.5cm)　时间为1966～1985年,沉积速率为1.8mm/a,1949年后较系统的观察资料和文字记载都证实,淮河流域一系列水利工程发挥了效益,淡化了自然因素的影响力,使湖泊环境较为稳定,表现在CL和X_{LF}等指标变化很小,在OM变化曲线上3cm处为一低值,可能为1978年本区特大干旱记录。

(5)第Ⅴ段(1.5～0cm)　时间跨度为1985～1991年,本段沉积速率为3.0mm/a,比第Ⅳ段明显增大,但CL无变化,OM急剧增高,反映湖泊的封闭性增强。另外池河尾闾截弯和女山湖镇大坝兴建等水利工程也使沉积速率增高。顶部X_{LF}增大反映了1991年夏季大水使周边物源的输入量增多。从CD/TC和O_{ac}/M_{yr}等指标显示藻类的组合和湖泊的营养状况在建坝以后无显著变化,内源有机质有增大趋势。

致谢　参加实验分析的工作人员有项亮、胡宁云、龚辉等,在此一并感谢!

参 考 文 献

1 McCall P L *et al*. ^{137}Cs and ^{210}Pb transport and geochronologies in urbanized reservoirs with rapidly increasing sedimentation rates. *Chem Geol*, 1984,4:33～65

2 韩晓钟.鄱阳湖现代沉积^{210}Pb测年模式的选择和沉积速率的变化.湖泊科学,1992,4(3):61～68

3 吉　磊等.内蒙古呼伦湖表层沉积物的矿物组成和沉积速率.湖泊科学,1994,6(3):227～232

4 吴瑞金.湖泊沉积物的磁化率、频率磁化率及其古气候意义.湖泊科学,1993,5(2):128～135

5 Swain E B. Measurement and interpretation of sedimentary pigments. *Freshwat Bio*, 1985,15:53～75

6 《安徽省地方志》编撰委员会.安徽省气象志.合肥:安徽人民出版社,1990

7 竺可桢.中国近五千年来气候变迁的初步研究.中国科学(B辑),1973,(2):168～189

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

MODERN SEDIMENTATION RATE DATING AND ENVIRONMENTAL IMPLICATION OF NUSHAN LAKE

Xia Weilan Wang Yunfei Pan Hongxi

(*Lake Sediment and Environment Lab., Nanjing Institute of Geography & Limnology, CAS, Nanjing* 210008)

Abstract

Nushan Lake, located in the Tanlu Fault zone, Jiashan County, Anhui Province, covers an area of 100km^2 with the deepest depth of 3m. According to the spot investigation, lacustrine mud in the northern part is over 8m in depth. The terrestrial deposit input is mainly from the Chihe River of the south. Occasionally, the mud-sand input is carried by the Huaihe River in the north of Nushan Lake. The short streams around the lake basin also participate in the lake sedimentation.

A chronologic succession of a core taken from Nushan Lake has been built to reveal the evolutionary history of ecological environments based on determining sedimentation rates of the core with radinuclides ^{210}Pb and ^{137}Cs datings. Then, combining with some environmental paramenters such as χ_{LF}, χ_{fd}, Grainsize, Pigments, TOC, the environmental implication of the lake in the 20's century is discussed. It is indicated that the major factors to influence the sedimentation rate of Nushan Lake are (1) mainly in-flow from Chihe River; (2) large amount of input mud-sand from Huaihe River; and (3) human activities in this century.

Four stages can be divided for the environmental change of Nushan Lake in this century:

Stage Ⅰ (depth 19.5～14.5cm, 1904～1929): The sedimentation rate is 2.0mm/a. It is stable for the lake sedimental environment.

Stage Ⅱ (depth 14.5～10.0cm, 1929～1938): The sedimentation rate is 2.0mm/a. Debris deposits inflow of Huaihe drainage led to the unstable lake sedimentary environment. It is abundant for the terristrial organic matter.

Stage Ⅲ (depth 10.0～5.0cm, 1938～1966): The sedimentation rate is 1.8m/a. It has experienced the lasting 4-year-arid-event in 1941～1944, which leads to less mud-sand and lower sedimentation rate.

Stage Ⅳ (depth 5.0～1.5cm, 1966～1985): The sedimentation rate is 1.8m/a. A series of water-conservancy project in the Huaihe drainage play an important role, which has reduced the influence of natural factors and makes lake sedimentary environment stable.

Stage Ⅴ (depth 1.5～0cm, 1985～1991): The sedimentation rate is 3.0m/a. The water-conservancy project of Nushan Lake in 1980's leads to the obvious increasing of sedimentation rate.

Key Words Sedimentation rate, environmental evolution, Nushan lake

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net