

17-22

PJ12.3

南四湖沉积剖面中色素与有机碳
同位素特征的古环境意义

PJ31

沈吉¹ 张祖陆² 孙庆义³ 潘红玺¹
夏威岚¹ 吴艳宏¹ 张振克¹ 牛振国²

(1, 中国科学院南京地理与湖泊研究所湖泊沉积与环境开放实验室, 南京 210008;
2, 山东师范大学资源与环境学院, 济南 250014; 3, 山东省济宁市水利局, 济宁 272119)

摘要 湖泊沉积物中的色素含量与种类是研究湖泊初始生产力和湖泊环境的有效手段之一。而有机碳同位素比值反映了沉积有机物来源信息。本文在对南四湖沉积剖面中总有机碳含量分析的基础上, 测定了有机碳的同位素比值, 同时通过剖面中色素指标的分析, 揭示该湖泊环境演化历史。研究表明, 南四湖成湖时代为 2.45kaB.P., 成湖水体主要来自黄河泛滥, 其次, 南四湖东西沉积环境差异较大, 西部(微山湖)主要受黄河泛滥影响, 东部(独山湖)则为山麓碎屑沉积, 近代南四湖中蓝藻大量繁盛, 湖泊具有逐步向富营养化发展的趋势。

关键词 色素, 有机碳同位素, 古环境, 南四湖
分类号 P343.3 P531

湖泊沉积

长期以来, 人们通常采用湖泊沉积物中总有机碳含量来反映湖泊的古生产力。湖泊沉积物中有机碳有二大来源, 即来自湖泊生物(如浮游生物、藻类等)的内源成因和来自湖区周围随入湖水流带入的陆生植物的外源成因^[1]。湖泊中有机质沉积以后, 还将发生一系列复杂的生物与化学分解过程, 因此沉积物中有机碳含量仅提供了湖泊古生产力粗略和宏观的信息。Swain 指出^[2], 对于确定湖泊古生产力, 沉积物中叶绿素及其衍生物是比有机碳更为精确的指标, 根据它们在沉积物中的含量和种类可获得湖泊古生产力。湖泊水生生物, 如藻类含有一定数量的叶绿素、类胡萝卜素和叶黄素等, 这些色素在一定条件下埋藏于沉积物中后不易变化, 因此通过测定湖泊沉积物柱样各层位中的色素含量, 可获得湖泊的古生产力信息并揭示湖泊环境的演化历史^[3]。本文在对南四湖沉积剖面中总有机碳含量分析的基础上, 测定了有机碳的同位素比值, 力图区分沉积物中有机碳的来源, 获取沉积物物源信息, 其次通过沉积剖面中色素指标的分析, 揭示该湖泊环境演化历史。

南四湖位于山东省西南部(34°27'—35°20'N, 116°34'—117°21'E), 为南阳、独山、昭阳和微山四个相互联贯的湖泊总称, 湖泊总面积 1097.6km², 最大水深 2.76m, 平均水深 1.46m, 是华北地区最大的淡水湖泊。湖泊呈东南—西北向延伸, 湖西平原广阔, 是黄河和废黄河间的黄泛地区, 地势平缓, 比降约 1/5000—1/20000; 湖东平原狭窄, 比降一般为 1/1000—1/10000, 部分地区泰沂山脉已临近湖岸(图 1)。

• 中国科学院湖泊专项课题与山东省自然科学基金联合支持项目。
收稿日期: 1998-01-04。沈吉, 男, 1963年生, 博士, 研究员。

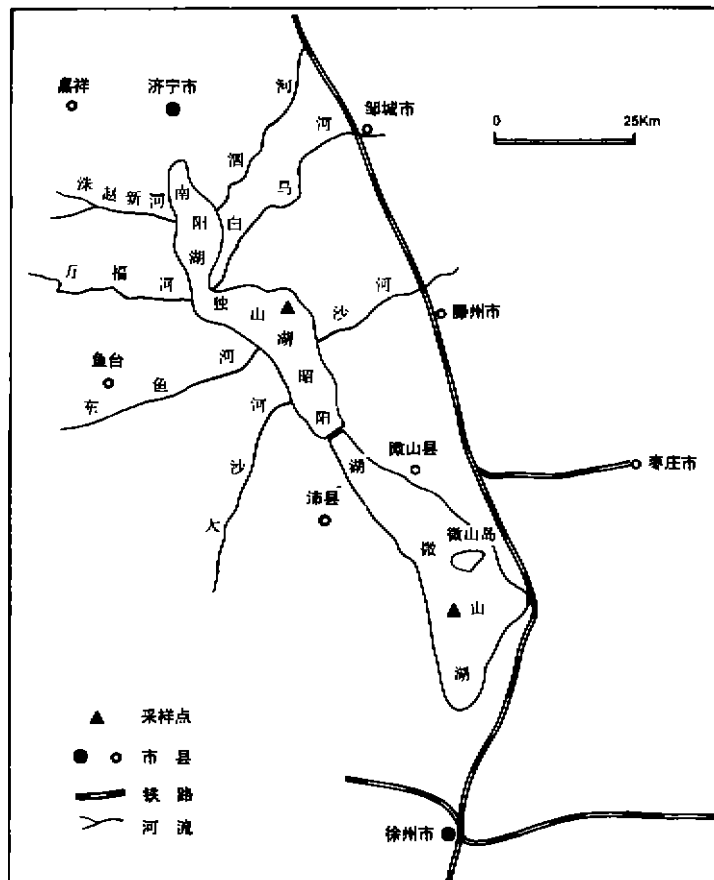


图1 南四湖地理位置

Fig. 1 Location of the Nansihu Lake

1 样品采集与实验方法

1996年10月利用美国产活塞型采样器(Livingstone)在南四湖东部(独山湖)及西部(微山湖)分别采得二个长度为110—120cm沉积柱状岩心,现场以2cm间隔切割岩心,样品密封于塑料袋后运回实验室进行沉积环境指标分析。

柱状岩心的沉积年代采用Cs-137、Pb-210和C-14方法测定。Cs-137分析采用美国Ortec公司生产的由高纯锗井型探测器与Ortec919型谱控制器构成的γ谱分析系统;Pb-210分析采用国产四路α谱仪;C-14分析采用Pharmacia公司生产的1220型低本底液体闪烁计数仪测定。

沉积物有机碳含量用重铬酸钾容量法—外加加热法分析,有机碳同位素采用MAT-251型质谱仪分析。

色素分析采用丙酮萃取法提取,然后用分光光度计比色定量。

2 实验结果

南四湖东(独山湖)、西(微山湖)部沉积剖面的总有机碳含量、有机碳同位素和色素分析结果见图 2、图 3。

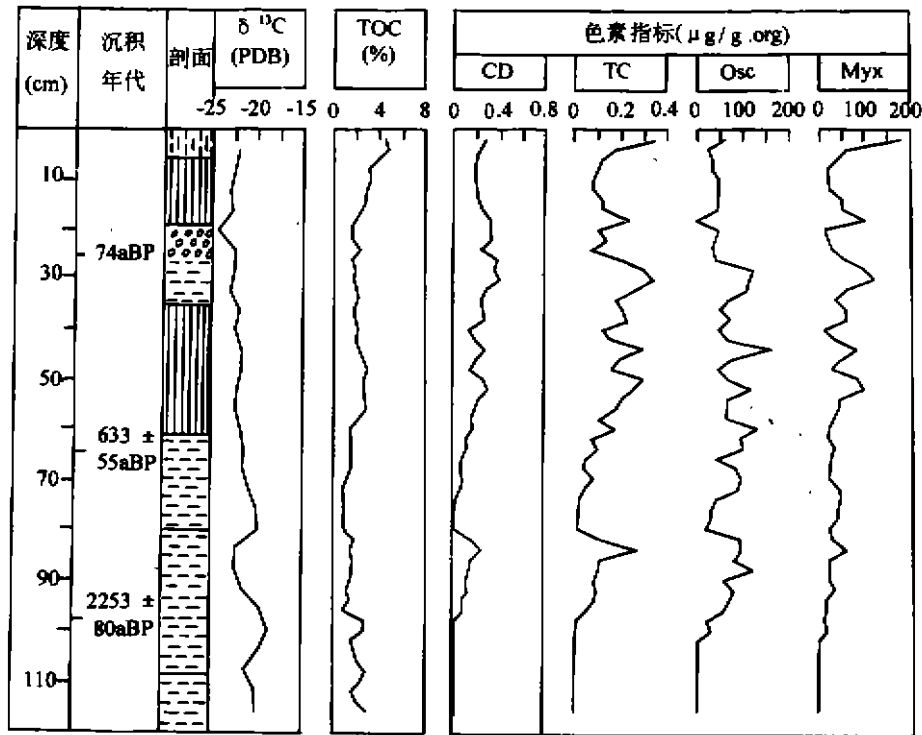


图 2 独山湖沉积剖面总有机碳含量、有机碳同位素和色素分析结果

Fig. 2 TOC, $\delta^{13}\text{C}$ and pigment content of the sedimentary core in Dushanhu Lake

从剖面岩性及沉积年代可见,独山湖剖面上部主要是一套松散状泥质碎屑沉积,下部为灰、黄色粘土,沉积速率在 26cm 以上为 3.5mm/a, 26-64cm 为 0.68mm/a, 64-98cm 为 0.21mm/a;微山湖剖面除上部 22cm 为黑色淤泥外,中、下部均为粘土沉积,沉积速率在 22cm 以上为 1.4mm/a, 22-42cm 为 0.47mm/a, 42-82cm 为 0.22mm/a。从总有机碳含量(TOC)特征看,独山湖 TOC 波动于 1.0%-4.7%之间,平均 2.2%,并且具有明显的演化阶段;微山湖 TOC 值在 0.02%-4.2%之间,平均 1.8%,且波动强烈,两剖面 TOC 值均具有向表层快速增加的趋势。从有机碳同位素($\delta^{13}\text{C}$)特征看,独山湖 $\delta^{13}\text{C}$ 值波动于 -18‰至 -25.0‰之间,平均 -21.8‰;微山湖 $\delta^{13}\text{C}$ 在 -22.5‰至 -25.0‰之间,平均 -23.6‰。从色素指标看,独山湖 102cm 以下四项色素指标均为零值,102-80cm CD、TC 和 Osc 为峰值,Myx 也有一定含量,其上色素指标急剧下降后再逐步回升,并有较大波动;微山湖四项色素指标在 82cm 以下为零值,82-58cm 之间,CD、TC 和 Osc 为峰值段,Myx 达到一定含量,58-30cm 之间,CD 和 TC

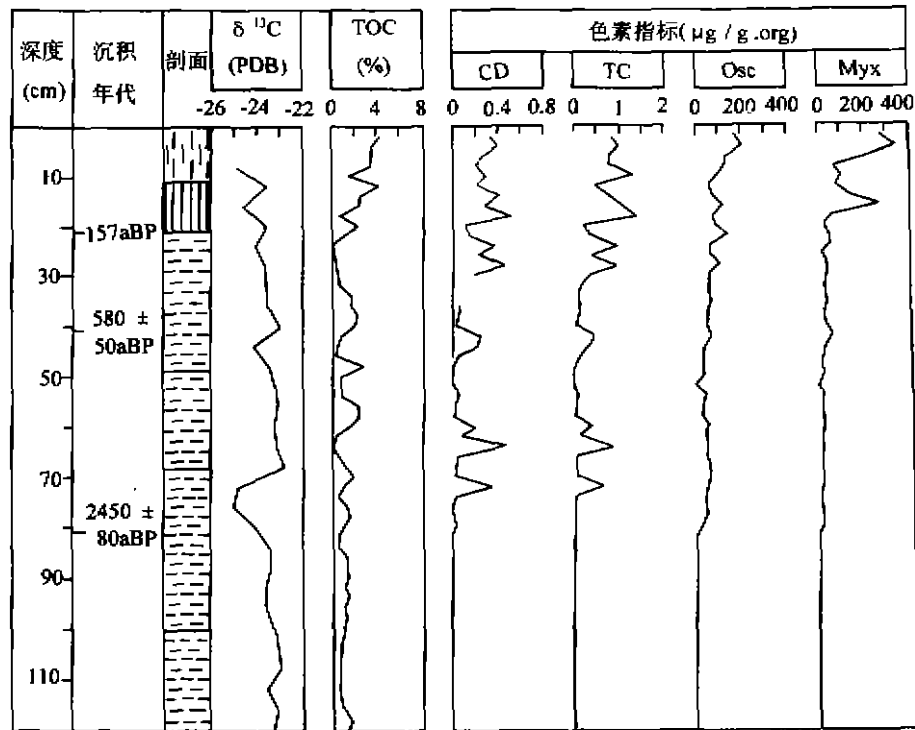


图3 微山湖沉积剖面总有机碳含量、有机碳同位素和色素分析结果
Fig. 3 TOC, $\delta^{13}\text{C}$ and pigment content of the sedimentary core in Weishanhu Lake

除在 43cm 处出现一小峰值外,基本维持低值,30cm 以上,四项色素指标均大幅度上升.

3 剖面中色素与有机碳同位素特征的古环境意义

湖泊沉积物中叶绿素及其衍生物(CD)和总类胡萝卜素(TC)的含量可用于表示当时湖泊的初始生产力水平^[4],蓝藻叶黄素(Myx)可为浮游生物中占主导地位的蓝藻科提供重要的沉积证据.由于颤藻黄素(Osc)仅存在于一个科的二个属 *Oscillaria* 与 *Arthrospira* 中,而 *Oscillaria* 又被认为是湖泊明显富营养化时,湖泊浮游植物中占主导地位的蓝藻植物之一,因此沉积物中 Osc 含量可反映当时湖泊的富营养化状况^[5].

湖泊沉积物中有机碳同位素($\delta^{13}\text{C}$)可反映沉积物中有机质的来源,通常较低的 $\delta^{13}\text{C}$ 值反映有机质来源于湖泊外源高等植物;而较高的 $\delta^{13}\text{C}$ 值反映有机质来源于湖泊内源藻类等低等植物^[6,7].

3.1 南四湖成湖时代

独山湖剖面中,在 102cm(2444 ± 80aBP)以下 CD 和 TC 均为零值,反映该时期沉积环境为氧化条件^[8],沉积物中 CD 和 TC 难以保存. Myx 和 Osc 指标也为零值,表明当时沉积剖面位置尚未有水体形成,因此推测该时期独山湖地区为陆相环境. 102—80cm(2444 ± 80aBP—

1395±55aBP)CD、TC 和 Osc 快速上升为峰值段,Myx 也达到一定含量,表明独山湖在该时期积水成湖,并且湖泊初始生产力达到一定水平,有蓝藻和颤藻出现。从有机碳同位素特征看,该时期 $\delta^{13}\text{C}$ 值为一突出谷值段,反映沉积物中有机质来自陆源植物,因此推测成湖水体来源于外来水体。

微山湖剖面中,四项色素指标在 82cm 以下为零值,该深度年代为 2450±70aBP,表明 2450a 以前,微山湖地区也为陆相环境。82—58cm(2450±70aBP—1307±50aBP)CD 和 TC 为峰值段,Osc 和 Myx 达到一定含量,表明该时期微山湖地区积水成湖。从有机碳同位素曲线看,82cm 以上 $\delta^{13}\text{C}$ 值急剧下降为一明显谷值段,反映沉积物中有机质来自远源搬运。

根据上述两剖面色素与有机碳同位素指标特征可以认为,南四湖成湖时代大约为 2450a。史籍记载南四湖地区受黄河南泛影响始于汉,汉文帝十二年(公元 168 年)“河决酸枣(今河南延津县西南),东溃金堤、东郡(濮阳),河溢通泗”^[9]。因此推测成湖水体主要来自黄河泛滥。

3.2 南四湖东西沉积环境差异

独山湖剖面在 62cm(620aBP)以下主要为灰、黄色粘土,62cm 以上为一套山麓来源松散状泥质碎屑沉积,由下而上沉积速率快速增加。根据两剖面中灰、黄色粘土的磁化率与矿物特征分析,其来源主要为黄河泛滥物质(另文详述)。由此表明独山湖沉积物来源在 620a 以前主要为黄泛物质,其后逐渐转化为以山麓碎屑沉积为主。从总有机碳含量曲线上也看出,62cm 以上 TOC 含量突然增加,反映山麓沉积物中有机碳含量明显高于黄泛物质,其后由于沉积速率增加,稀释了沉积物中有机碳含量,使 TOC 逐步降低。

微山湖剖面除上部 22cm 为黑色淤泥外,沉积物均为灰、黄色粘土,表明其沉积物来源主要为黄泛物质。从总有机碳含量曲线看,TOC 在 82cm 以上波动强烈,反映了多次黄泛的影响。

两剖面在 620a(独山湖剖面深度为 62cm,微山湖剖面深度为 42cm)前岩性相似,沉积速率基本相同,显示 620a 以前南四湖统一受黄河泛滥影响,620a 以后,南四湖东西沉积环境开始发生差异。

3.3 南四湖生产力状况

独山湖剖面中,色素指标有二个峰值段,第一个峰值段在成湖初期(102—80cm),总体较低的色素含量显示独山湖在该时期生产力水平不高,水深较浅。第二个峰值段在 52—23cm,四项色素指标均达到剖面最高值,反映该时期湖泊水深较大,藻类繁盛,且湖泊生产力较高。

微山湖剖面 CD 和 TC 在 80—58cm 为峰值段,Osc 达到较高含量,反映该时段以颤藻繁盛为特征。43cm 处 CD、TC 和 Myx 出现一小峰值,显示蓝藻在该时期的短时繁盛。28—12cm 四项色素指标均达到剖面最高值,反映该时期湖泊较深,藻类繁盛,湖泊生产力水平较高。

两剖面 20cm 以上总有机碳含量快速上升,色素指标中 Myx 含量急剧增高,反映近代南四湖中有机质含量快速增加,湖泊中蓝藻大量繁盛,以及湖泊逐步向富营养化发展的趋势。

参 考 文 献

- 1 沈 吉,王苏民,羊向东. 湖泊沉积物中有机碳稳定同位素测定及其古气候环境意义. 海洋与湖泊,1996,27(4),400—403
- 2 Swam E B. The paleo-productivity of the lake. *Freshwater Biology*, 1985,15,53—75

- 3 马 燕,王苏民,潘红玺. 硅藻与色素在古环境演化研究中的意义. *湖泊科学*, 1996, 8(1), 16-26
- 4 Wetzel R C. Evolution of the lake environment by pigment content. *Limnology and Oceanography*, 1970. 15, 491-503
- 5 Zullig H. Ecological and paleoenvironmental information using TC and CD index. *Limnology and Oceanography*. 1981, 26, 970-976
- 6 Nakai N. Paleolimnology of Lake Biwa and Japanese Pleistocene. *Isotopic studies*, 1984. 2, 2666-2669
- 7 Nakai N. Paleoenvironmental features of Lake Biwa deduced from carbon isotope compositions and organic C/N ratios of the upper 800m samples of 1400m cored column. *Progress of Japanese Academy*. 1986, 62(13), 279-282
- 8 Sanger J E. Fossil pigments in paleoecology and paleolimnology. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 1988, 62: 343-359
- 9 郭永盛. 历史上山东湖泊的变迁. *海洋湖沼通报*, 1990, 3, 15-22

Character and Paleoenvironmental Significance of the Pigment and Organic $\delta^{13}\text{C}$ in Sediments of Nansihu Lake

Shen Ji¹ Zhang Zulu² Sun Qingyi³ Pan Hongxi¹

Xia Weilan¹ Wu Yanhong¹ Zhang Zhenke¹ Niu Zhenguo²

(1, *Lake Sedimentation and Environment Lab.*, 1, *Nanjing Institute of Geography & Limnology, CAS, Nanjing 210008;*

2, *Department of Geography, Shandong Normal University, Jinan 250014;*

3, *Jining Committee of Managing Water Resources, Shandong Province, Jining 272129*)

Abstract

Content of total organic carbon in lake sediments is usually used to obtain the lake paleoprimary productivity. Such organic matter will conduct a series of chemical and biological reaction after it deposits in the lake bottom. Therefore the total organic carbon in lake sediments only offers rough information about lake paleoprimary productivity.

Based on the content of total organic carbon and the organic $\delta^{13}\text{C}$ of the sediments, the source of sediment has been distinguished. By analyzing the pigment index, the environmental evolution history of the lake has been recovered. These researches made it clear that Nansihu Lake has formed in 2.45kaBP with the lake water mainly coming from the Yellow River. The deposition environment of the east part of the lake is different from that of the west. In the west part (Weishanhu Lake) the sediments mainly come from the flood-plain materials of the Yellow River, while in the east part (Dushanhu Lake) the sediments mainly come from the footslope materials. Recently, the Cyanophyta is flourishing in the lake and the lake gradually comes into the eutrophication stage.

Key Words Pigment, organic carbon isotope, paleoenvironment, Nansihu Lake