

人类活动对海南省小海泻湖沉积环境的影响*

刘兴健 葛晨东 陈平平 施晓冬

(南京大学海岸与海岛开发教育部重点实验室, 南京, 210093)

摘 要 根据小海泻湖 XHK04-01 沉积物柱状样的 ^{210}Pb 定年以及总有机碳和总氮含量分析, 探讨了人类活动对小海沉积环境的影响. 分析表明: 1988 年以前, 总有机碳和总氮的含量稳定在 0.6% 和 0.04%, TOC/TN 为 14 左右, 沉积物的有机质主要来自陆地, 陆源有机碳的含量占到总有机碳含量的 80%, 人类活动对沉积环境的影响变化较小; 而 1988 年之后, 由于人类活动的加剧, 小海沉积物中总有机碳和总氮的含量迅速上升, 到表层时总有机碳和总氮的含量均达到最高值, 分别为 1.2% 和 0.13%, TOC/TN 下降到 9, 沉积物中小海自生来源的有机碳的比例显著增加, 陆源有机碳的比例相对下降到 45%. 小海沉积物中营养元素的增加, 导致小海水质的恶化. 人类活动的影响在沉积速率上也有反映, 在 18cm 以下沉积速率为 $0.46 \text{ cm} \cdot \text{a}^{-1}$, 0—18cm 沉积速率为 $1.26 \text{ cm} \cdot \text{a}^{-1}$.

关键词 总有机碳, 总氮, 沉积物, 小海泻湖.

人类活动对湖泊环境的影响起着重要的作用, 对海南岛小海口门变化和小海环境的研究有报道^[1, 2], 主要分析小海口门对小海环境的影响.

本文研究了小海泻湖一个长 160cm 沉积物柱状样的总有机碳 (TOC)、总氮 (TN) 及碳氮比 (TOC/TN) 的垂向分布, 探讨了人类活动对小海沉积环境演化的影响.

1 样品的采集和分析

小海泻湖位于 $18^{\circ}47'30''\text{N}$ — $18^{\circ}53'30''\text{N}$, $110^{\circ}27'00''\text{E}$ — $110^{\circ}30'54''\text{E}$ 之间, 是海南省最大的泻湖湾.

于 2004 年用自制的柱状采样器在小海中采集柱状样 XHK-04-01 ($18^{\circ}48'56''\text{N}$, $110^{\circ}27'30''\text{E}$). 柱样长 160cm, 柱状沉积物剖开后, 80cm 前以 1cm 的间隔采取沉积物样品, 80cm 后以 2cm 间隔采取样品, 塑料袋密封, 用玛瑙研钵将沉积物研细搅拌均匀, 以备分析.

取出 1g 左右的沉积物, 加入浓度为 10% 的盐酸去除无机碳, 然后在 40 的烘箱里烘干, 烘干后取出 20—30mg 沉积物样品, 放入锡杯中, 排出空气, 用百万分之一的天平准确称出沉积物的重量, 然后由 FLASH EA 1112 Series CNS 元素分析仪测定沉积物中总有机碳和总氮含量^[3]. 并且利用钱君龙等提出的湖泊沉积中一种定量估算陆源有机碳的方法来分析小海沉积物中陆源有机碳的含量^[4].

样品中 ^{210}Pb 放射性总比度是通过 ^{210}Po 子体的同位素稀释和 α 谱来测定的^[5, 6], 沉积速率可以通过公式得出:

$$I_s = I_0 e^{-\lambda t}$$
$$t = \ln(I_0 / I_s) / \lambda$$
$$D_R = D_S / t$$

式中, D_R 为沉积速率, D_S 为沉积物埋藏深度 (cm), t 为沉积时间, I_0 为 ^{210}Pb 的初始放射性比度, I_s 为经过 t 年后 ^{210}Pb 的放射性比度, 它表示埋藏在 s 深度的沉积物中的经过 t 年衰变后还剩下的放射性比度, λ 为 ^{210}Pb 的放射性衰变常数.

2 TOC, TN 和 TOC/TN 的变化趋势

TOC% 的变化趋势 (图 1) 可以分为两个阶段: (1) 18cm 以下的沉积物中, 总有机碳的含量在 0.5%—0.6% 之间, 含量相对稳定, (2) 从 18cm 开始向上, 总有机碳的含量逐渐上升, 从 18cm 的

2006 年 7 月 13 日收稿.

*国家自然科学基金资助项目 (40376014).

0.6%上升到表层的 1.2%。

在 18cm 以下的沉积物中，氮的含量稳定维持在 0.04% 左右，在 18cm 以上的沉积物中，氮的含量快速增加，表层达到 0.13%。

TOC/TN 的变化趋势（图 1）分为两个阶段：（1）18cm 以下的沉积物中，TOC/TN 一直很稳定，在 14—16 之间变化。（2）18cm 以上的沉积物中，TOC/TN 从 14 下降到表层的 9。

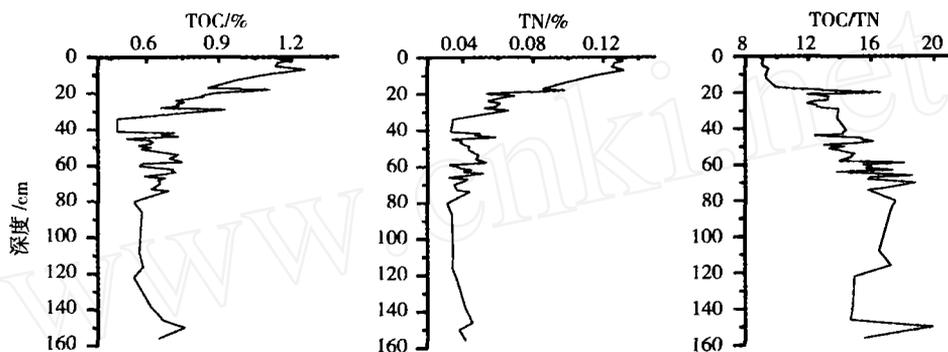


图 1 小海 XHK04-01 沉积物柱样中总有机碳、总氮和 TOC/TN 随深度的变化趋势

Fig. 1 Profiles of TOC, TN and TOC/TN with depth in core XHK04-01, Xiaohai lagoon

3 沉积速率

对 XHK04-01 柱状样做 ^{210}Pb 分析，结果如图 2 所示，从图 2 可以看出，沉积速率可分为两段，根据公式计算出表层到 18cm 之间的沉积速率为 $1.26\text{cm} \cdot \text{a}^{-1}$ ，18cm 以下沉积速率为 $0.46\text{cm} \cdot \text{a}^{-1}$ 。由此可以推断出 XHK04-01 的 59cm 处代表的时间为公元 1900 年。表层到 18cm 之间是最近 15 年来的沉积，18cm 处代表 1988 年的沉积。

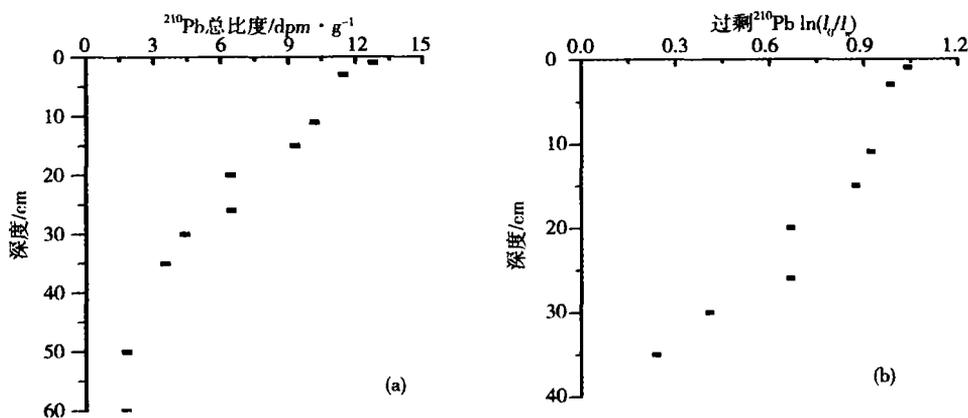


图 2 XHK04-01 沉积柱 ^{210}Pb 总比度 (a) 和过剩 ^{210}Pb 比度 (b) 随深度的变化

Fig. 2 Total ^{210}Pb activity profile (a) and excess ^{210}Pb activity profile (b) with depth in core XHK04-01

4 人类活动对小海沉积物的影响

沉积物中 TOC 和 TN 含量随深度的变化趋势根据 ^{210}Pb 定年，18cm 以下也就是 1988 年以前，TOC 和 TN 含量的变化很小，稳定在 0.6% 和 0.04% 之间，TOC/TN 比较稳定。小海的陆源有机碳所占比例达到 80%，小海自生和外部海洋来源的有机碳只占到 20%，说明小海地区人类活动对小海的影响变化不大，小海的自然生态环境良好。1988 年以来，小海地区人类活动开始显著影响到小海环境的变化。总有机碳和总氮的含量显著增加（图 1），在这个循环过程中，有机碳和氮在沉积物表层富集。总有机碳和总氮的含量在表层时均达到的最高值。其次，由于 1984 年人类开始在小海的盐墩三岛潮

滩围垦与堵塞口内南槽（后海），使得口门减小，纳潮量减小，与外海水体交换减慢，泻湖内水动力条件减弱，促使小海自生的有机质更易于沉积下来。另外，其它一些人类活动也影响到小海有机质的来源。

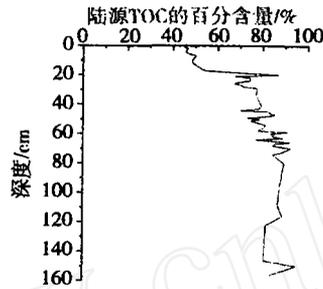


图 3 XHK04-01陆源 TOC的百分含量随深度的变化

Fig. 3 Terrigenous total organic carbon profile with depth in core XHK04-01

沉积物的来源不同是导致沉积物中 TOC/TN 比值不同的最直接的因素^[7-10]。TOC/TN 可以指示物质来源，海洋藻类和陆地植物来源的差别，典型藻类的 TOC/TN 比值在 4—10 之间，而具维管束的陆生植物的 TOC/TN 比值为 20，甚至更高^[11, 12]。小海沉积物有机质主要有三个来源：（1）小海周围河流输入的陆地植物；（2）小海自生藻类；（3）外海输入的海洋浮游植物。XHK04-01 柱状样的 TOC/TN 比在 18cm 以下比值比较稳定，在 14—16 之间变化，沉积物中有机质是陆地和海洋的混合来源，陆地来源的有机质占优势，达 80%。18cm 以上，TOC/TN 稳定在 9（图 1），说明来自藻类的有机质增加，因此，小海陆源有机碳的比例相对下降到 45%，而小海自生来源的有机碳含量明显增加，与外海来源的有机碳一起占到总有机碳的 55%（图 3）。小海的径流量和外海输入小海的纳潮量的减少，导致小海陆地和海洋来源有机质的减少，养殖业使小海自生有机质明显增加。

从沉积速率的变化可以看出，1988 年以后的沉积速率约是过去几十年的 2 倍多，究其原因可分为：（1）泻湖口门处的一系列筑堤和封堵工程以及口门处盐墩三岛的围垦使得口门减小，纳潮量减小，泻湖内水动力条件减弱，沉积物更易于沉积下来；（2）泻湖内网箱养殖使泻湖增加了大量有机质，也为沉积物增加了来源；（3）对太阳河的改造工程导致了河流径流量减少，也使得泻湖内水动力条件减弱。表明受人类活动的影响，最近十多年来小海的沉积环境已发生较大的变化。

综上所述，1988 年以前，总有机碳和总氮的含量稳定在 0.6% 和 0.04%，小海柱状沉积物的有机质主要来自陆地有机质，陆源有机碳的含量占到总有机碳的含量的 80%，人类活动对小海泻湖影响变化较小，而 1988 年以后，由于盐墩三岛潮滩围垦与堵塞口内南槽（后海）、开发养殖业等工程，使小海沉积物中总有机碳和总氮的含量迅速上升，总有机碳和总氮的含量到表层时均达到最高值，分别为 1.2% 和 0.13%，沉积物中来自小海自生有机碳的比例明显增加，陆源有机碳的比例相对下降到 45%。小海沉积物中总有机碳和总氮等营养元素增加，导致小海水质恶化。

小海的沉积环境在一系列人类活动的影响下，沉积速率变化十分显著，1988 年以后的沉积速率较过去几十年有明显增大，为过去的 2 倍多，其中表层到 18cm 的沉积速率为 $1.26 \text{ cm} \cdot \text{a}^{-1}$ ，18cm 以下沉积速率为 $0.46 \text{ cm} \cdot \text{a}^{-1}$ 。特别是近十几年来人类活动的影响破坏了小海沉积环境，小海泻湖有逐渐淤浅的趋势，整治小海已经刻不容缓。

致谢：野外工作得到了高抒教授、贾建军博士及李婧、邱玮研究生的帮助，²¹⁰Pb 分析和有机碳、氮元素测定在南京大学海岸与海岛开发教育部重点实验室完成，实验中得到沈涛同学的帮助，在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 王世俊, 李春初, 田向平, 海南岛小海沙坝 泻湖 潮汐通道体系自动调整及恶化. 台湾海峡, 2003, 22 (2) 248—253
- [2] 喻国华, 陆培东, 乔树梁, 海南省万宁市小海环境变化及治理, 海洋地质动态. 2002, 18 (3) 39—40
- [3] 葛晨东, Slaymaker O Pedersen T F, 海南岛万泉河口沉积环境的演变. 科学通报, 2003, 48 (19) 2079—2083

- [4] 钱君龙, 王苏民, 薛斌等, 湖泊沉积中一种定量估算陆源有机碳的方法. 科学通报, 1997, **42** (5) 1655—1658
- [5] 陈巧云, 徐胜利, 海洋现代沉积速率²¹⁰Pb—²¹⁰B 法的射线测定研究. 海洋环境科学, 1996, **15** (4) 38—42
- [6] 王永红, 沈焕庭, 河口海岸环境沉积速率研究方法. 海洋地质与第四纪地质, 2002, **22** (2) 115—120
- [7] Meyer P A, Ishiwatari R, Lacustrine Organic Geochemistry: An Overview of Indicators of Organic Matter Sources and Diagenesis in Lake Sediments. *Organic Geochemistry*, 1993, **20** (9) 867—900
- [8] Hedges J I, Oades J M, Comparative Organic Geochemistries of Soils and Marine Sediments. *Organic Geochemistry*, 1997, **11** 319—361
- [9] Ruiz-Fernandez A C, Recent Sedimentary History of Anthropogenic Impacts on the Culiacan River Estuary, Northwestern Mexico: Geochemical Evidence from Organic Matter and Nutrients. *Environmental Pollution*, 2002, **118** 365—377
- [10] McKay J L, Pedersen T F, Organic Carbon Accumulation over the Last 16kyr off Vancouver Island, Canada: Evidence for Increased Marine Productivity during the Deglacial. *Quaternary Science Reviews*, 2004, **23** 261—281
- [11] Rittenberg K C, Goni M A, Phosphorus Distribution, C N P Ratios, and ¹³C in Arctic, Temperate, and Tropical Coastal Sediments: Tools for Characterizing Bulk Sedimentary Organic Matter [J]. *Marine Geology*, 1997, **139** 123—145
- [12] Mayer L M, Macko S A, Cammen L, Provenance Concentrations and Nature of Sedimentary Organic Nitrogen in the Gulf of Mexico. *Marine Chemistry*, 1988, **25** 291—304

ANTHROPOGENIC IMPACT ON THE SEDIMENTARY ENVIRONMENT OF XIAOHAILAGOON, HAINAN ISLAND

LIU Xing-jian GE Chen-dong CHEN Ping-ping SHI Xiao-dong

(The Key Laboratory of Coast and Island Development of Ministry of Education, Nanjing University, Nanjing, 210093, China)

ABSTRACT

Based on ²¹⁰Pb chronology, sediment core profiles of total organic carbon (TOC), total nitrogen (TN), TOC/TN ratio were used to indicate the anthropogenic impacts on the sediment environment of Xiaohai lagoon. The profiles with time reveal that: (1) before 1988, the content of TOC and TN were quite stable, about 0.6% and 0.04%, respectively. TOC/TN was about 14, The organic matter of Xiaohai Lagoon was mainly terrigenous provenance. (2) since 1988, the content of TOC, TN have risen rapidly with the local development. The content of TOC, TN in the surface are the top values in the sediment core profiles, about 1.2% and 0.13%, respectively. TOC/TN is 9. The relative proportion of autogenous organic carbon has risen obviously, and the terrigenous organic carbon has been correspondingly decreased to 45%. Water quality of Xiaohai lagoon has deteriorated for increase of its nutrition element content. The change of sedimentation rate also indicates anthropogenic impact. The sedimentation rates are 0.46 cm · a⁻¹ from 160 cm to 18 cm, and 1.26 cm · a⁻¹ from 18 cm to surface. The increased sedimentation rate in recent years has accelerated the siltation in Xiaohai lagoon.

Keywords: TOC, TN, sediment, Xiaohai lagoon