

# 近百年巢湖的生态环境记录

周志华<sup>1,2</sup>, 刘丛强<sup>1</sup>, 肖化云<sup>1</sup>, 李 军<sup>1</sup>, 朱兆洲<sup>1</sup>

1. 中国科学院 地球化学研究所 环境地球化学国家重点实验室, 贵阳 550002; 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100039

**关键词:** 巢湖; 碳同位素组成; 氮同位素组成; 湖泊富营养化

巢湖位于安徽省中部, 是合肥市的重要水源地, 也是我国富营养化严重的三大湖泊之一。湖中风浪扰动作用强烈, 入湖河流携带大量泥沙, 湖水总悬浮物含量高, 蓝藻发育, 透明度低。近百年来, 由于流域农业和城市化的发展, 巢湖营养盐含量增加, 逐渐形成富营养化湖泊。

有机物的碳、氮同位素组成( $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ )和 C/N 值能区别沉积物有机质的水生或者陆生来源。但是,  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  和 C/N 值在反映物源和湖泊初始生产力的同时还受早期成岩作用的影响。在沉积物沉降保存过程中, 早期成岩作用会导致沉积物有机质<sup>13</sup>C 的亏损, 使  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  降低; 同时由于 N 优先于 C 的矿化, 也会改变 C/N 值。但 Mayers 和 Ishiwatari 在湖泊有机地球化学研究中发现, 沉积物的成岩作用不会引起可测量的氮同位素分馏。巢湖沉积物 25 cm 以上的百年尺度范围内, 各项数据没有显示受成岩作用的影响。因此  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$  和 C/N 值等数据的综合分析, 可指示沉积物有机质来源和初始生产力, 也可有效地恢复湖泊环境演化过程。剖面的氮同位素组成为 3.3‰~10.4‰, 沉积物有机质来源应该是以藻类为主, 城市污染物和农业面源污染物的输入都对沉积物的记录产生影响。近年来农业面源污染占巢湖污染负荷的 40%。城市污染物的输入也会导致  $\delta^{15}\text{N}$  值的偏正, 但综合  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  值和 C/N 值的剖面数据, 判断沉积物的物质来源主要是湖泊自身的产物。

有机碳同位素组成在沉积剖面上由下层向上层, 随初始生产力的提高,  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  值呈偏负趋势。沉积剖面从 25 cm 深度开始, 藻类与大型水生植物交互生长吸收的  $\text{CO}_2$  部分源于大气  $\text{CO}_2$  ( $\delta^{13}\text{C}$  为 -7‰), 使得  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  值偏正。水体中  $\text{CO}_2$  和浮游植物间的碳同位素分馏会随生产力的增加而减弱, 浮游

植物  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  值增高, 直接导致沉积物中  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  值高于一般湖泊沉积物的  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  值 (小于 -25‰), 同时  $\delta^{15}\text{N}$  (3.4‰~4.9‰) 也可以反映湖泊中的生物物种是固氮植物和非固氮植物共存。C/N 值可以验证陆源物质输入的影响, 以及多物种交互生长的因素共同记录于沉积物。随着沉积过程的演化, 可能是湖泊藻类吸收的  $\text{CO}_2$  来源受到湖泊环境制约而改变。富营养化初级阶段湖泊的生产力得到提高, 藻类发育, 水中溶解的  $\text{CO}_2$  与大气  $\text{CO}_2$  的平衡被打破, 有机质分解作用产生的  $\text{CO}_2$  逐渐被藻类吸收, 有机碳同位素组成偏负。合肥市污染物输入和周围农业面源污染也会对  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  值剖面产生影响。巢湖不同位置的污染程度不相同, 富营养化进程也不同, 这可以体现在不同位置沉积剖面上, 包括  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  值等数据剖面的巨大差异。但是随时间的推移, 湖水的扰动作用, 使湖泊环境趋近相似表征。

沉积物剖面在 10 cm 以下, 沉积环境发生的变化主要是自然环境演化进程中的变化, 受人为污染较少。1962 年巢湖市西南出口处巢湖闸的建成, 使巢湖成为人工调节的半封闭水体, 水生植物逐渐减少, 湖水的浑浊度增加, 水的自净能力大大降低, 加速了湖泊自然演化进程, 富营养化日趋严重。高生产力时期, 浮游植物被迫利用  $\text{NO}_3^-$ , 富集<sup>15</sup>N; 而营养物质可利用性的降低会导致同位素差异的减小, 生产力增加。过去 40 a 中, <sup>15</sup>N 的增加也揭示了非固氮浮游植物物种相对于固氮浮游植物的富集增加, 目前巢湖沉积物有机质以非固氮物种为主体的藻类为主。而  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  值的减小趋势说明 C 和 N 循环在 1963 年后发生分离, 碳的来源改变,  $\text{NO}_3^-$  需求量增加, 富营养化刺激了藻类生产力的提高, 随有机质分解作用的增强, 产出更多的  $\text{CO}_2$  被湖泊藻类吸收利用。