

湖泊生物地球化学过程中的锌同位素地球化学研究

梁莉莉^{1,2}, 刘丛强¹, 王中良¹, 赵志琦¹, 宋柳霆^{1,2}

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 100049

关键词: $\delta^{66}\text{Zn}$; 湖泊; 生物量

近年来, 随着多接收器电感耦合等离子体质谱 (MC-ICP-MS) 技术的引入, 使锌同位素的精确测定得以实现, 因此锌同位素在地球化学过程中的研究也正在被越来越多的人所关注。Marechal 等人通过对大西洋生物碎片中的 $\delta^{66}\text{Zn}$ 研究发现, $\delta^{66}\text{Zn}$ 的变化可能与生物活动有关, 主要是由于生物生长过程中优先摄取轻同位素 ^{64}Zn 而产生的分馏^[1]。Zhu 等人的研究也显示生物活动过程中锌同位素会发生明显分馏^[2]。本研究的主要目的是通过对两种不同类型的湖泊以及同一湖泊不同层深水体中锌同位素地球化学行为的对比研究, 探讨生物地球化学过程中 $\delta^{66}\text{Zn}$ 与生物过程之间的相互关系。

1 样品采集与分析

红枫湖和阿哈湖分别位于贵阳市西南 25 km 和 8 km 处, 始建于 1960 年代初, 一直是贵阳市的主要供水水源地。湖水的化学研究结果显示, 阿哈湖属于硫酸盐型湖泊, 其富营养化程度较低。红枫湖属于碳酸盐型湖泊, 其富营养化程度较高, 属于藻型湖泊。湖泊悬浮物样品采集于 2006 年 8 月, 湖水采集后经 0.45 μm 滤膜过滤, 然后将滤膜上的悬浮物转移到 Teflon 熔样罐中, 用 HNO_3 、 HCl 和 HF 酸高温密闭熔样, 最后用 AGMP-1 树脂分离纯化 Zn ^[3]。锌同位素测定用 MC-ICP-MS 进行, 仪器质量歧视效应及同位素分馏校正采用标准匹配法, 同位素标准使用中国标准物质研究中心研制的 GBW04437 ($^{64}\text{Zn}/^{66}\text{Zn} = 1.76286$)。

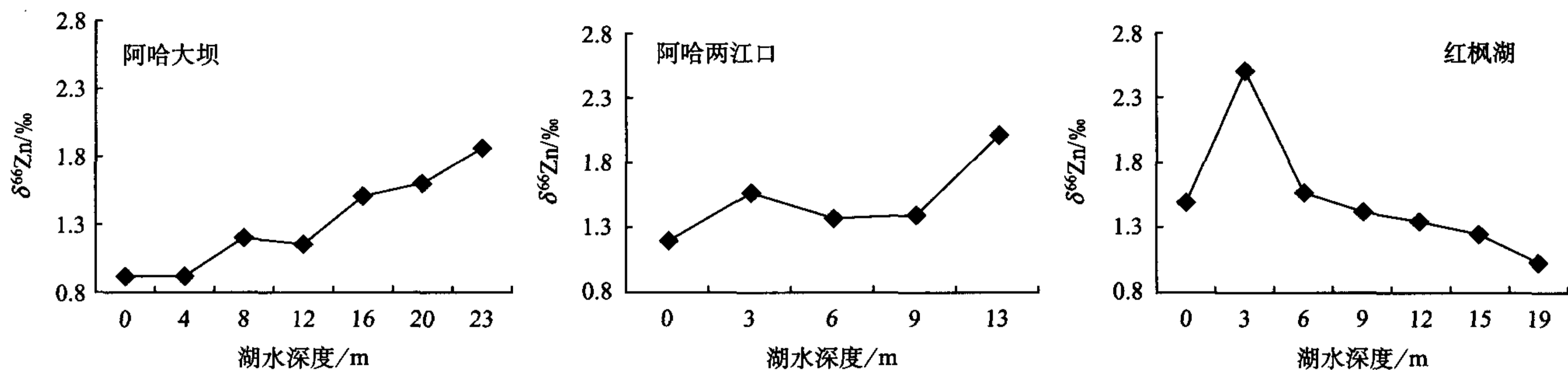
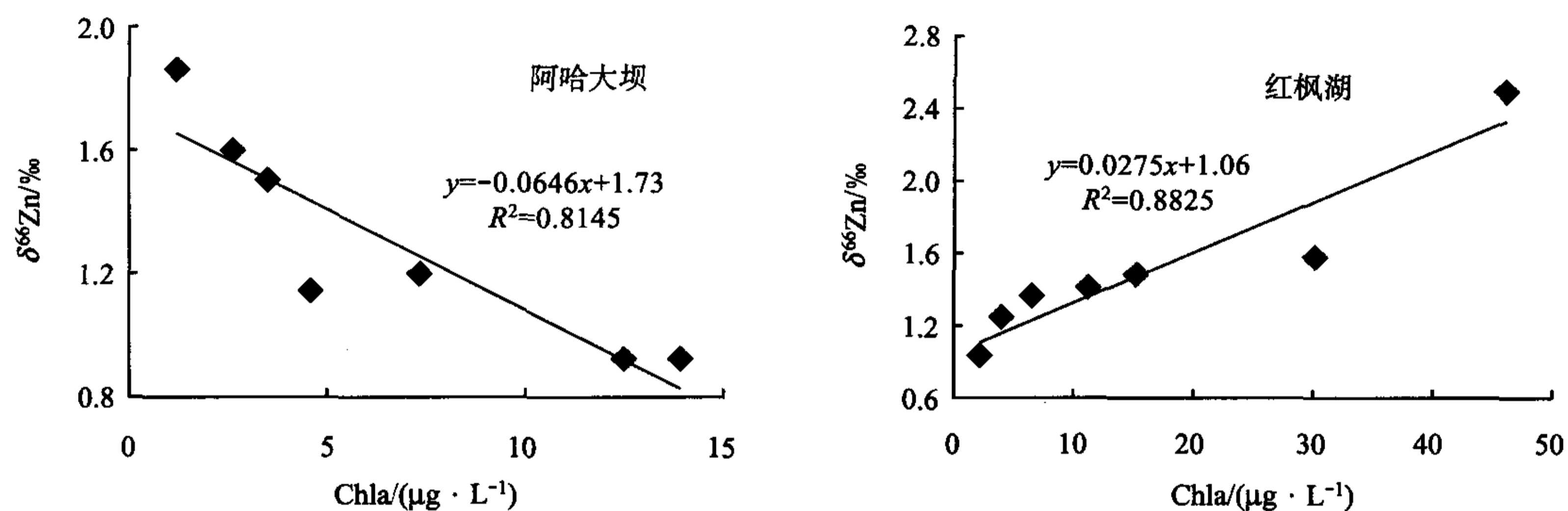
2 结果与讨论

研究结果显示, 红枫湖和阿哈湖的 $\delta^{66}\text{Zn}$ 值都随湖泊深度的变化而发生明显分馏。不同的是, 阿哈湖的大坝和两江口两个剖面都显示 $\delta^{66}\text{Zn}$ 值随着湖水深度的增加而增大。而红枫湖大坝剖面却表现出 $\delta^{66}\text{Zn}$ 值随着湖水深度的增加而减小, 且亚表层

(3 m) 处的 $\delta^{66}\text{Zn}$ 则明显高于其他深度 (图 1)。对比 $\delta^{66}\text{Zn}$ 变化与生物量的关系发现, 阿哈湖水体中 $\delta^{66}\text{Zn}$ 与生物量存在明显的负相关。但对于红枫湖而言, $\delta^{66}\text{Zn}$ 则与生物量存在明显的正相关关系 (图 2)。通过这些结果显示, 生物活动过程可能是引起锌同位素分馏的主要因素。

阿哈湖水体中, 生物量较红枫湖明显偏少, 据现场温度测定发现阿哈湖水体存在明显的分层现象。因此初步认为, 在阿哈湖水体中, Zn 的含量对生物的生长需求来讲相对过量, 而生物在生长繁殖过程中优先摄取较轻的 ^{64}Zn , 因此对于生长在其中的生物体来讲, 就有足够的 ^{64}Zn 供给, 生物量越大, 那么吸收的 ^{64}Zn 就越多, 因而 $\delta^{66}\text{Zn}$ 值就越小, 所以就会出现阿哈湖水体中的 $\delta^{66}\text{Zn}$ 值与湖水深度呈正相关, 而与生物量呈负相关的关系。

对于红枫湖水体来说, 上层水体和下层水体中的生物量明显不同。在上层水体中, 由于较大的生物量导致 Zn 含量对生物的生长需求相对不足, 生物活动过程中优先吸收较轻的 ^{64}Zn 使得生物体 $\delta^{66}\text{Zn}$ 值变小。然而当 ^{64}Zn 被吸收完时, 生物体就开始吸收较重的 ^{66}Zn , 当生物量极大, 生物体会吸收所有的 ^{66}Zn , 生物体的 $\delta^{66}\text{Zn}$ 值也随之变大。因此, 在上层水体中会出现 Zn 含量不足, 从而不能满足生物体进一步生长繁殖。此时湖泊水体分层不明显, 上下层水体混合过程较强, 因此湖泊上层水体 Zn 会得到下层水体 Zn 的补给, 所以生物体又可以开始大量生长繁殖, 生长繁殖过程中又需要大量的 Zn , 这个循环又导致表层生物体中 $\delta^{66}\text{Zn}$ 值的进一步增大。但湖泊下层水体中, 由于生物量非常小, 湖水中 Zn 相对于生物体生长需求是足够的, 生物体只吸收较轻的 ^{64}Zn , 而不吸收较重的 ^{66}Zn , 因此下层水体中 $\delta^{66}\text{Zn}$ 较小。这也正是红枫湖水体中, $\delta^{66}\text{Zn}$ 值随着湖水深度的增加而减小, 随着生物量的减少而减小的原因, 也是为什么在亚

图1 $\delta^{66}\text{Zn}$ 随湖水深度的变化图图2 $\delta^{66}\text{Zn}$ 值与生物量的相关关系图

表层 $\delta^{66}\text{Zn}$ 会出现极大值的原因。

参考文献:

- [1] Marechal C N, Telouk P, Albarede F. Precise analysis of copper and zinc isotopic compositions by plasma-source mass spectrometry [J]. *Chemical Geology*, 1999, 156: 251 - 273.
- [2] Marechal C N, Nicolas E, Douchet C, Albarede F. Abundance of zinc isotopes as a marine biogeochemical tracer [J]. *Geochemistry Geophysics Geosystems* 2000, 1999, Gc000029.

- [3] Zhu X K, Guo Y, Williams R J P, O'Nions R K, Matthews A, Belshaw N, Canters G W, Waal E C D, Weser U, Burgess B K, Salvato B. Mass fractionation processes of transition metal isotopes [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2002, 200: 47 - 62.