

次生化学成因碳酸盐含量在湖泊环境 变化研究中的应用与进展

曾 承

(阜阳师范学院社会发展学院, 安徽 阜阳 236041)

摘 要: 湖积物中次生化学成因碳酸盐含量受控于包括温度、水分在内的众多因素, 其变化可反映环境、气候及构造信息。根据影响碳酸盐含量变化主要因素的不同, 可将其归纳为几种模型: 水分—温度主控模型、水分主控模型、温度主控模型及其它因素主控模型, 并进行了述评。

关键词: 湖泊次生碳酸盐; 碳酸盐含量; 环境变化

中图分类号: P597.2

文献标识码: A

文章编号: 1008—858X(2008)04—0048—04

碳酸盐可在不同气候区域不同盐度湖水中形成, 湖积物中次生化学成因碳酸盐中的碳主要来自于流域原生碳解出的碳 (也可能源于大气中的碳, 尤其是当湖泊流域不含碳酸盐时), 流域中的原生碳酸盐也可能部分进入湖泊, 进而沉积在湖积物中。二者贮存的气候及环境信息截然不同, 因此, 需要对二者进行区分。区分的办法包括: 一是验明湖泊流域土壤中的碳酸盐含量, 如果含量偏高, 则极可能有部分原生碳酸盐混入; 二是在显微镜下观看碳酸盐矿物的颗粒形态, 原生碳酸盐矿物由于长距离搬运, 磨圆度较高, 棱角较少, 而次生碳酸盐则相反; 三是碳酸盐矿物的粒径, 原生碳酸盐由于在入湖前在一定程度上被破坏, 所以粒径偏小, 而次生碳酸盐矿物则相反。可采用过筛或是浮选的办法进行区分 (而大气中的碳则粒径远远小于湖泊次生化学成因碳酸盐, 也可采用过筛或是浮选的办法进行区分)。

湖积物中次生化学成因碳酸盐矿物主要包括方解石、白云石及文石, 往往在暖季 (青

藏高原湖泊一般为夏季, 而云贵高原湖泊则四季均可) 形成于湖水表层, 然后下沉到湖底, 再沉积。当碳酸盐在自然水体中过饱和时, 往往发生碳酸盐沉淀。影响碳酸盐沉淀的因素众多, 如湖水温度增加、水量减少、水中 CO_2 量减少、 Ca^{2+} 和 HCO_3^- 量增加及水体 pH 值升高等因素均有利于化学成因碳酸盐的形成; 其中尤以温度和水量的影响为甚。而每一影响因素又受控于众多次级影响因素, 如湖水中 CO_2 含量变化即可表现为去气作用减少 CO_2 (如由于温度升高使 CO_2 溶解度降低, CO_2 逸出水面); 光合作用减少 CO_2 ; 水生植物呼吸作用吸收 CO_2 ; 水生动物呼吸作用产生 CO_2 ; 腐解作用产生 CO_2 等。而湖水量变化则受控于湖区降水、蒸发及径流 (包括地表径流和地下径流)。对于内陆封闭湖泊而言, 主要取决于相对湿度 (P—E)。因此, 湖泊次生化学成因碳酸盐含量 (简称 “TCC”, 后同) 可以在一定程度上反映气候、环境信息, 本文对此进行归纳和述评。

收稿日期: 2008—06—11; 修回日期: 2008—09—19

基金项目: 国家自然科学基金 (40772116, 40772117); 中国科学院黄土与第四纪地质国家重点实验室开放基金项目 (SKLQG0713); 湖北省教育厅科学技术研究项目 (B200625003); 湖北省高等学校省级教学研究项目 (20050291); 襄樊学院科学研究项目 (KY04019); 襄樊学院教学研究项目 (JY0522); 襄樊学院地理系教学研究项目 (2007)

作者简介: 曾 承 (1975—), 男, 博士, 副教授, 主要从事地球化学和环境变化研究。

1 湖泊次生化学成因碳酸盐含量环境意义解释模型

1) 水分—温度主控模型——TCC 高低值分别对应暖干和冷湿。这种模型适用于当温度升高且水分减少时。温度升高对碳酸盐沉淀的影响主要表现为温度升高, CaCO_3 溶解度与溶解平衡常数减小, 湖水过饱和度系数增大, 易于沉淀; 水温升高, CO_2 易于逸出水面; 高温期湖水蒸发增强, 水量减小, 且 Ca^{2+} 、 HCO_3^- 浓度和 pH 值均增大; 温暖年份湖水中藻类通过光合作用从湖泊表层吸收 CO_2 增多。水量减少对碳酸盐沉淀的影响则主要表现为水量减少导致更多的碳酸盐沉淀; 水量减少使得 Ca^{2+} 、 HCO_3^- 浓度和 pH 值均增加, 从而使得碳酸盐沉淀。

从上面的分析可以知道, 当湖泊水分减少且温度升高时, 非常有利于碳酸盐的沉淀, 即 TCC 高值和低值分别代表暖干和冷湿。一般而言, 对于淡水湖及咸水湖而言, 盐类物质沉淀尚处于碳酸盐沉淀阶段, 沉积物中碳酸盐含量的高低分别代表湖水的咸化和淡化, 间接地反映湖区气候的干湿变化, 即沉积物中碳酸盐含量增多往往出现在当湖水水位降低时, 反映干旱程度的增加。有不少学者据此利用 TCC 的变化重建不同湖泊古环境, 如沈吉等^[1]根据青海湖沉积岩芯 QH00A 的 TCC 结合其它指标重建了青海湖地区近千年来的气候变化过程; 沈吉等^[2]重建了大布苏湖 15 ka BP 来的气候变化; 李世杰等^[3]恢复了西昆仑山甜水海 24 万年来的气候环境变化; 舒强^[4]认为苏北兴化孔 350~254.5 m 间 TCC 高低值分别对应暖干和冷湿。众多研究认为青海湖碳酸盐含量的变化和湖水盐度呈正相关的关系^[5-7]; 同时, TCC 高低值对应干旱和湿润亦被应用到其它湖泊古环境研究, 如岱海^[6,8]、青海湖^[9]、程海^[6]。

2) 水分主控模型——TCC 高低值分别对应冷干和暖湿。这种模型适用于当温度降低而水分减少时。根据前面的分析, 当温度降低时, 碳酸盐沉淀减少; 但水量减少则有利于碳酸盐沉淀。当水分减少对碳酸盐沉淀增加的影响程度超过温度降低对碳酸盐沉淀减少的影响程度时, 温度降低而水分减少对碳酸盐的总体影响

是使得 TCC 增加。

如岱海晚更新世以来碳酸盐沉积增强段即与冰期的干冷气候吻合^[9]。

3) 温度主控模型——TCC 高低值分别对应暖湿和冷干。这种模型适用于当温度升高而水分增加时。根据前面的分析, 当温度升高时, 碳酸盐沉淀增加, 但水量增加则会减少碳酸盐沉淀。当温度升高对碳酸盐沉淀增加的影响程度超过水量增加对碳酸盐沉淀减少的程度时, 温度升高而水分增加对碳酸盐的总体影响是使得 TCC 增加。

如研究表明, 大布苏盐湖 1 万年以来 TCC 越高湖水越深^[10], 此研究结论与前人结论截然相反^[2]。青海湖 16 ka BP 以来沉积碳酸盐以文石为主, 而文石的高含量时段同暖湿气候相对应, 低含量则同冷干气候相对应^[11], 且与据介形虫体长恢复的盐度呈良好的反相关关系^[12]。舒强^[4]认为苏北兴化孔 230~0 m 间 TCC 高低值分别对应暖湿和冷干, TCC 低值对应冷干的情况也出现在岱海^[8]、青海湖^[13]、青藏高原北部部分湖泊(如可鲁克湖、托素湖及尕斯库勒湖)、河南泌阳^[14], 以及滇东、黔、桂等地^[15]。

对于盐湖而言, 碳酸盐沉积已为其它盐类或干盐湖沉积取代, 碳酸盐沉淀增多往往反映干旱程度的降低, 或有淡水注入^[6]。如大布苏湖即属于这种情况, 其盐度为 62.34~347.34 g/L^[16], 为东北地区极为罕见的盐湖。柴述木盆地晚更新世盐湖演化研究, 25 000 a BP 左右, 该区已进入盐湖演化阶段。在干旱气候占统治地位的背景下, 碳酸盐矿物主要与碎屑沉积共生, 反映了古气候相对偏湿的波动^[17]。

4) 构造主控模型——TCC 变化反映构造信息。在甜水海 TS95 孔深 30 m 处, 湖相沉积物中碳酸盐含量出现突然增加, 这代表了一种环境的突变事件, 其时代大致在距今 15 万年左右, 指示了湖泊从之前的开口型突变为封闭型的转换过程。这种碳酸盐含量的突变用气候变化是无法解释的, 应是青藏高原构造运动造成盆地的完全封闭, 使湖水的外流消耗变成蒸发消耗, 以及湖水浓缩积聚的结果^[3]。

而青海湖 YL 钻孔和 EL 钻孔在 3.59 Ma 时, TCC 的突然降低则被解释为青海南山在

3. 59 Mg/Ca 的隆升所致^[18]。

2 环境意义解释模型中一些值得关注的问题

1) 不同类型碳酸盐矿物及其相对含量的影响。不同种类碳酸盐矿物形成的影响因素不同, 可以反映不同的环境或气候信息。对于淡水一半咸水湖而言, 湖水中的 Mg/Ca 比率与气候干旱程度正相关^[19], 湖水中的 Mg/Ca 比率决定着湖泊中沉淀的碳酸盐相态。当湖水 Mg/Ca 比率较低时, 首先析出的是方解石; 随着湖水的进一步浓缩, Mg/Ca 比超过 2 时, 湖水析出镁方解石; 由镁方解石形成原白云石所要求的最小 Mg/Ca 比约为 7, 当湖水超过这个临界值时, 开始形成原白云石; Mg/Ca 比超过 12 时, 湖水析出文石。当碳酸盐矿物中富 Mg 矿物(白云石)增多时, 反映了气候干旱程度的加剧; 而当碳酸盐矿物中富 Ca 矿物(方解石、文石)增多时, 则反映了较为温湿的气候^[19]。其中方解石和文石的化学成分都是 CaCO₃, 但其结晶的有序度是不同的。方解石是 CaCO₃ 沉淀在较缓慢条件下结晶的结果; 文石则反映了 CaCO₃ 沉淀的快速过程^[20], 文石的高比例实际上是由于蒸发作用加强所造成。因此, 在利用 TCC 进行环境意义解释时应结合碳酸盐具体类型及其相对含量。

2) 碳酸盐饱和指数的影响。饱和指数 SI 是表示天然水体中某一组分的饱和程度, 它是判断天然水体中特定矿物溶解—沉淀的一个重要参数。当 SI>0 时表示天然水体中某种矿物是过饱和的, 矿物将发生沉淀; SI=0 时表示天然水体某种矿物达到平衡状态; SI<0 时表示天然水体中相对于某矿物是欠饱和的, 天然水体中有继续溶解该矿物的能力^[11]。一般而言, 在任何盐度条件下, 碳酸盐矿物的饱和指数随温度增高而增高, 且不同温度条件下某种碳酸盐矿物达到饱和析出有个最佳的 Mg/Ca 临界比值。小于此临界比值, 则碳酸盐矿物的饱和指数与 Mg/Ca 正相关(TCC 高值对应干旱), 大于此临界比值, 则碳酸盐矿物的饱和指数与 Mg/Ca 负相关(TCC 高值对应湿润)。如青海

湖近 16 ka BP 以来文石饱和指数临界比值为 50^[11]。

3) 湖积物粒度的影响。来自匈牙利巴拉顿湖^[21]、岱海^[8]、大布苏湖^[10]、苏北兴化孔^[4]、青海湖^[13]等地的研究表明, 碳酸盐含量愈高, 粒度愈细, 湖水愈深; 碳酸盐含量愈低, 粒度愈粗, 湖水愈浅。但苏北兴化孔的研究也表明, 在 230~0 m 间是一个碳酸盐出现较为频繁的层段, 碳酸盐在不同岩性的沉积物中均有出现, 但主要是在沉积物颗粒中等的细砂、粉砂沉积段内出现峰值, 粘土沉积中偶尔出现碳酸盐, 但碳酸盐含量极低。与中值粒径对比结果也表明, 在 230~0 m 之间, 出现碳酸盐峰值的层位中值粒径也出现峰值, 有着非常明显的正对应关系。碳酸盐百分含量与中值粒径的良好对应关系, 可能间接揭示了碳酸盐含量的高低与沉积物沉积动力之间的密切关联。因此, 这种对应关系可能只反映与搬运条件有关, 而与水位高低无关, 这或许能说明碳酸盐的来源^[4]。

参考文献:

[1] 沈吉, 张恩楼, 夏威岚. 青海湖近千年来气候环境变化的湖泊沉积记录[J]. 第四纪研究, 2001, 21(6): 508—513.

[2] 沈吉, 吴瑞金, 羊向东, 等. 大布苏湖沉积剖面碳酸盐含量、氧同位素特征的古气候意义[J]. 湖泊科学, 1997, 9(3): 217—221.

[3] 李世杰, 区荣康, 朱照宇, 等. 24 万年来西昆仑山甜水海湖岩芯碳酸盐含量变化与气候环境演化[J]. 湖泊科学, 1998, 10(2): 58—65.

[4] 舒强. 苏北盆地兴化钻孔近 3Ma 环境变化记录研究[D]. 南京: 南京师范大学, 2004.

[5] 王苏民, 李建仁. 湖泊沉积—研究历史气候的有效手段——以青海湖、岱海为例[J]. 科学通报, 1991, 46(1): 54—56.

[6] 王云飞. 青海湖、岱海的湖泊碳酸盐化学沉积与气候环境变化[J]. 海洋与湖沼, 1993, 24(1): 31—35.

[7] 张恩楼, 沈吉, 王苏民, 等. 青海湖近 900 年来气候环境演化的湖泊沉积记录[J]. 湖泊科学, 2002, 14(1): 32—38.

[8] 曹建廷, 徐爱霞, 王苏民, 等. 内蒙岱海湖岩芯碳酸盐含量变化与气候环境演化[J]. 海洋湖沼通报, 1999(4): 21—26.

[9] Xu H, Ai L, Tan L C, et al. Stable isotopes in bulk carbonates and organic matter in recent sediments of Lake Qinghai and their climatic implications[J]. Chemical geol.

曾, 2006 235(3-4): 262-275

[10] 介冬梅, 吕金福, 李志民, 等. 大布苏湖全新世沉积岩芯的碳酸盐含量与湖面波动[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2001, 21(2): 77-82

[11] 刘兴起, 沈吉, 王苏民, 等. 16 ka以来青海湖湖相次生碳酸盐沉积记录的古气候[J]. 高校地质学报, 2003 9(1): 38-46

[12] 张恩楼, 沈吉, 王苏民, 等. 近 0.9 ka来青海湖湖水盐度的定量恢复[J]. 科学通报, 2004, 49(7): 697-701

[13] 符超峰. 青海湖一郎剑钻孔岩芯的磁性地层学与古环境记录[D]. 西安: 中国科学院地球环境研究所, 2007

[14] 黄杏珍, 邵宏舜, 闰存凤, 等. 泌阳凹陷下第三系湖相白云岩形成条件[J]. 沉积学报, 2001 19(2): 207-213

[15] 杨汉奎, 黄仁海, 朱文孝. 陆相 CaCO_3 的环境相模式讨论[J]. 海洋地质与第四纪地质. 1991 11(2): 105-114

[16] 吴德云 张国防, 刘崇椿. 从大布苏湖近代地球化学特征探讨我国成盐期的沉积模式与油气关系[J]. 石油实验地质, 1988 10(3): 288-278

[17] 陈克造, Bowler JM 柴达木盆地晚更新世盐湖演化[Q] //中国-澳大利亚第四纪学术讨论会论文集. 北京: 科学出版社, 1987 83-91

[18] 曾承. 青海湖及邻近地区碳酸盐同位素环境记录与季风-干旱环境变迁[D]. 西安: 中国科学院地球环境研究所, 2008

[19] 顾兆炎, 刘嘉麒, 袁宝印, 等. 12000年来青藏高原季风变化——色林错沉积物地球化学的证据[J]. 科学通报, 1993 38(1): 61-64

[20] 刘宝珺. 沉积岩石学[M]. 北京: 地质出版社, 1980 192-194.

[21] Matter A TuckerME. 现代和古代湖泊沉积物[M]. 李蕙生, 译. 北京: 地质出版社, 1984 44-83

Application and Advance of Lacustrine Secondary Inorganic Carbonate Content as the Environmental Change Indicator

ZENG Cheng
(College of Social Development, Fuyang Normal College, Fuyang, 236041, China)

Abstract: Total secondary inorganic carbonate content, namely TCOC of lake sediments, is valuable proxy to indicate environmental climatic and tectonic change. Based on the main factors influencing TCOC environmental explanation models which were proposed by investigators in the previous researches, including models of wetness and temperature controlling, wetness controlling and temperature controlling, are reviewed.

Key words: Lacustrine secondary inorganic carbonate; Total carbonate content; Environmental Record

《无机盐工业》2009年征订启事

《无机盐工业》(月刊)是全国中文核心期刊,是国家科委批准的无机化工行业公开发行的科技刊物,1960年创刊,国内外公开发行,主要报道国内外无机化工行业最新技术成果与技术进展,以及新技术、新工艺、新设备、新产品、新用途等方面的动态及商品信息、市场行情等。内设综述与专论、研究与开发、工业技术、应用技术、环境·健康·安全、化工分析与测试、化工装备与设计、化工标准化、综合信息等栏目,是无机化工行业不可少的良师益友。本刊印刷精美、质量上乘、影响面广,是你在无机化工行业扩大产品影响的最佳选择。欢迎来函来电洽谈广告业务。同时,热诚欢迎您在本刊刊登新产品、新技术广告及企业、公司形象宣传广告。

《无机盐工业》月刊,64页,单价8.00元,全年共96.00元,邮发代号:6-23 全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系。编辑部订价120.00元/年(含邮费)。

地址:天津市红桥区丁字沽三号路85号《无机盐工业》杂志社 邮编:300131 电话:022-26658343 26689072 26658341 传真:022-26658343 E-mail:book@wjygy.com.cn http://www.wjygy.com.cn

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net