

DOI: 10.3724/SP.J.1140.2011.04149

青海湖地区温度和降雨量的一致变化 ——来自介形虫壳体 Li/Ca 比值和氧同位素的证据

朱正杰^{1,2,3}, 陈敬安¹, 任世聪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 外生矿与矿山环境重庆市重点实验室, 重庆地质矿产研究院, 重庆 400042;

3 煤炭资源与安全开采国家重点实验室重庆研究中心, 重庆 400042)

摘要:通过对青海湖沉积物单一介形虫壳体 Li/Ca 比值和氧同位素的研究,恢复了青海湖地区近千年来温度和降雨量的变化历史。Li/Ca 比值和氧同位素的强烈相关性($r=0.5$, $n=59$, $p<0.01$)表明青海湖地区近千年来温度和降雨量的同步变化。对气象数据及德令哈和都兰树轮指数恢复的气候参数的研究发现,这种同步变化也是存在,认为这种变化是东亚夏季风的固有特点,何种因素导致这种相关性变化,在未来的研究中值得进一步关注。

关键词:介形虫壳体; 温度; 降雨量; Li/Ca 比值; 氧同位素; 青海湖

中图分类号: P597.2

文献标识码: A

文章编号: 0256-1492(2011)04-0149-06

对区域性温度和降雨量变化特别是其驱动机制的理解,有助于深入了解过去全球气候变化和预测未来。近些年来,由于在同一地区缺乏独立的古气候代用指标,很多研究倾向于在不同地区比较温度和降雨量的变化。那么研究者不免要问同一个地区的降雨量和温度到底有没有关系?青海湖是我国内陆最大的湖泊,主要受东亚夏季风、印度夏季风、东亚冬季风和西风急流的影响,是研究过去全球气候变化的理想场所^[1-6]。例如, Lister 等通过对生物和全岩碳酸盐 $\delta^{18}\text{O}$ 的研究,探讨了该区降雨量和蒸发的平衡^[2]; Xu 详细评价了青海湖沉积物各项指标的指示意义,并依据有机质地球化学参数,指出青海湖地区降雨量主要来源于东亚夏季风^[4,6]。很显然,前人的研究集中于单独古气候参数的恢复,并没有探讨青海湖地区温度和降雨量变化之间的关系。

青海湖沉积物中发育有大量的介形虫壳体,为过去全球气候变化提供了良好的素材。本文通过对沉积物介形虫壳体 Li/Ca 比值和氧同位素的研究,分别恢复了该地区过去千年来的古温度和降雨量的历史,探讨了两者的相互关系。

1 湖区概况

青海湖($36^{\circ}32' \sim 37^{\circ}15' \text{N}$, $99^{\circ}36' \sim 100^{\circ}47' \text{E}$)是我国内陆最大的咸水湖,位于青藏高原东北隅,受冬、夏季风和西风环流的影响(图1),是利用湖泊沉积研究过去全球变化的理想区域。湖泊水位 3 194 m,长 109 km,宽最大 67 km,平均宽 39.8 km。湖泊面积约 4 340 km²,汇水面积约 29 660 km²。湖水补给系数约 5.83,最大水深 27.0 m,平均水深 17.9 m,库容约 $778 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

青海湖形成于早—中更新世,成湖初期,属外流淡水湖。晚更新世初,盆地东部地壳强烈上升,堵塞古青海湖出口演变成闭流类湖泊,倒淌河随之倒流入湖。青海湖主要依赖地表径流和湖面降水补给,入湖河流 40 余条,西、北部较多且源远流长,水量较大,东、南部则相反。主要入湖河流有布哈河、沙柳河、哈尔盖河、甘子河、倒淌河和黑马河等,其径流量约占入湖总径流量的 95%。入湖年地表径流量 $17.67 \times 10^8 \text{ m}^3$,湖面降水量 $14.61 \times 10^8 \text{ m}^3$,入湖地下径流量约 $4.0 \times 10^8 \text{ m}^3$,合计年入湖总水量 $36.28 \times 10^8 \text{ m}^3$;湖面蒸发量 $41.21 \times 10^8 \text{ m}^3$,人类活动耗水量 $0.38 \times 10^8 \text{ m}^3$,合计年出水量 $41.59 \times 10^8 \text{ m}^3$,年亏损水量约 $5.31 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。据统计,青海湖在过去 40 年水位下降了 3 m^[7]。

湖区属高寒半干旱气候。年均气温 1.2 °C,最低气温 -12.6 °C,最高气温 28.0 °C。年平均降水

基金项目:国家自然科学基金项目(41073097,40773066)

作者简介:朱正杰(1984—),男,博士研究生,主要从事湖泊沉积与全球气候变化研究, E-mail: zhuzhjie@163.com

通讯作者:陈敬安(1973—),男,研究员,博导,主要从事湖泊沉积环境记录研究, E-mail: chenjingan@vip.skleg.cn

收稿日期:2011-02-19;改回日期:2011-04-20。 文凤英编辑

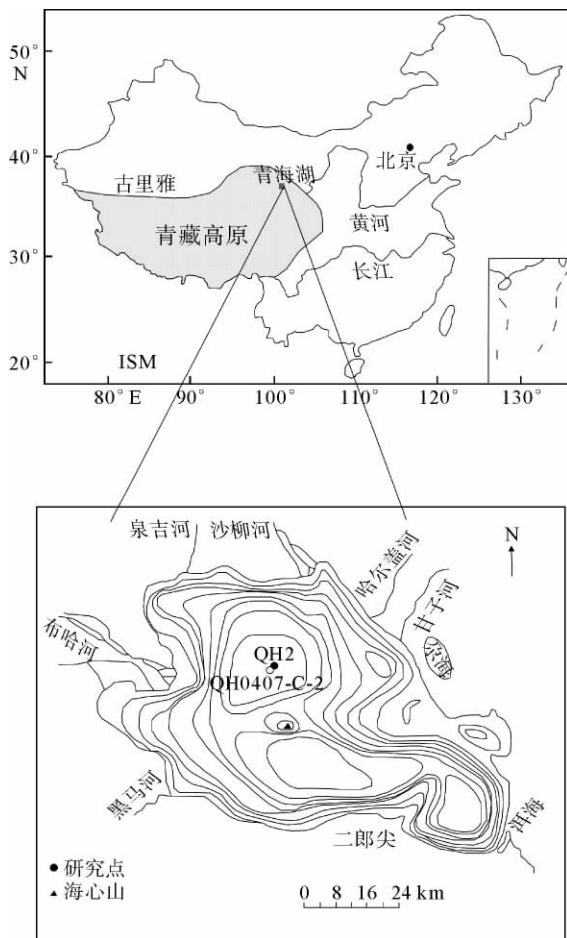


图1 青海湖地理位置和采样位置

Fig. 1 Location of Lake Qinghai and sampling sites

量 336.6 mm, 年均蒸发量 950.0 mm。湖区广泛发育沉积岩、变质岩和少量火山岩。土壤类型东南往西北依次分布风沙土、山地草甸土、高山草甸土和高山寒漠土, 另有沼泽土。湖区植被类型主要是 C3 植物, 包括沼泽草地和灌木丛等。湖水水化学分析结果表明其离子总量达 13.84 g/L, 属氯化物盐类钠组 II 型水, 湖水呈弱碱性。

2 样品采集与方法

采用自制的重力采样器于 2008 年 7 月在青海湖湖水水深 22 m 处采得长 43 cm 的沉积物柱心 QH2 (图 1), 沉积物柱心保持完好, 悬浮层未受扰动, 界面水清晰。沉积物柱心岩性变化明显, 上部 7 cm 为浅灰色黏土, 7 cm 以下为灰黑色黏土, 这与 Xu 等人采集的沉积物柱心 QH0407-C-2 岩性变化是一致的。沉积物柱心现场分样, 0~40 cm 按 0.5 cm 间隔分样, 底层按 1 cm 分样。

QH2 柱沉积物样品分散后, 过 100 目湿筛, 在双目镜下挑选单一种属介形虫壳体。在挑选过程中

发现青海湖沉积物样品只出现意外湖花介 (*Limnocythere inopinata*) 和胖真星介 (*Eucypris inflata*) 两种介形虫壳体, 由于胖真星介在整个岩心柱均出现, 因此, 所有沉积物样品均只挑胖真星介, 这样可以避免种间效应 (interspecies effect) 的影响。由于已有研究表明前处理过程对介形虫氧同位素分析没有影响, 因此, 挑选干净的单一种属介形虫壳体直接做氧同位素分析^[8]。利用连续流质谱 (CF-IRMS) 测定介形虫壳体氧同位素组成, 仪器型号为 IsoPrime 连续流质谱仪, 同位素组成采用 PDB 标准, 分析误差 < 0.15‰。介形虫 Li/Ca 比值分析方法先用前处理后用 ICP-MS 测定, 测量误差 < 2%, 具体方法可以参考文献^[9-10]。

3 结果

青海湖沉积物柱心的年代标尺是基于 ¹³⁷Cs 和 ²¹⁰Pb 建立的。青海湖沉积物介形虫壳体 $\delta^{18}\text{O}$ 值和 Li/Ca 比值随年代变化见图 2。 $\delta^{18}\text{O}$ 值的变化范围为 -2.61‰~2.92‰, 平均值为 0.10‰; Li/Ca 比值的变化范围为 6.89~29.26 $\mu\text{g/g}$, 平均值为 18.16 $\mu\text{g/g}$ 。图 3 是青海湖沉积物单一种属介形虫胖真星介壳体 Li/Ca 比值和 $\delta^{18}\text{O}$ 值相关关系图。从图中可以看出, 青海湖沉积物介形虫 Li/Ca 比值和 $\delta^{18}\text{O}$ 值呈明显的正相关变化 ($R=0.5, n=60, \alpha < 0.01$), 两种不同实验方法得出的强相关性表明两者之间有某种联系。

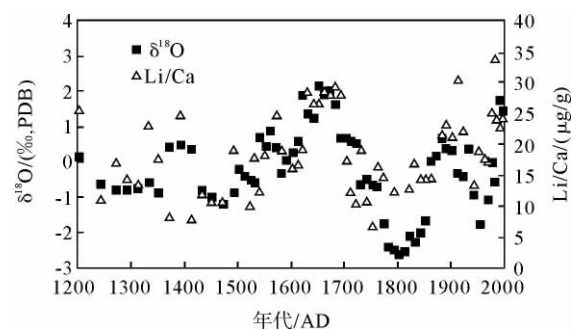


图2 青海湖沉积物介形虫壳体 Li/Ca 比值和 $\delta^{18}\text{O}$ 值变化
Fig. 2 Li/Ca ratios and $\delta^{18}\text{O}$ values of ostracod shells in Lake Qinghai

4 讨论

4.1 介形虫壳体 $\delta^{18}\text{O}$ 的指标意义——反映降雨量变化

大量的研究业已表明, 在干旱—半干旱区封闭

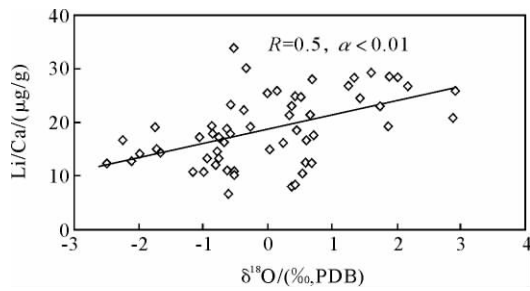


图 3 青海湖沉积物介形虫壳体 Li/Ca 比值和 $\delta^{18}\text{O}$ 值相关关系图

Fig. 3 The correlation between Li/Ca ratios and $\delta^{18}\text{O}$ values of ostracod shells in Lake Qinghai

湖泊,湖泊沉积物碳酸盐氧同位素可以用来指示湖区有效湿度的变化。介形虫氧同位素组成主要受湖水氧同位素组成、介形虫形成时湖水温度和“生命效应”(vital effect)控制^[11-17]。“生命效应”通常是种间效应的影响,本研究选择的是青海湖沉积物单一属介形虫胖真星介(*Eucypris inflata*),可以避免“生命效应”的影响。温度可能在一定程度上影响介形虫氧同位素组成。假定青海湖沉积物介形虫氧同位素组成全部是由于温度变化所致,那么依据 $\delta^{18}\text{O}_{\text{carb}}$ 和温度之间的变化率 $-0.24\text{‰}/\text{°C}$ ^[4,13-14,17],青海湖过去 800 年介形虫 $\delta^{18}\text{O}$ 值的变化为 5.53‰ (图 2),对应温度变化为 23°C ,如此大的温度变化在青海湖显然是不现实的。另外,正如前面所述,青海湖地区夏季温度变化范围为 $10.4\sim 15.2\text{°C}$,表明了温度变化不是控制青海湖沉积物介形虫 $\delta^{18}\text{O}$ 值变化的主要因素。

表 1 青海湖不同来源水的 $\delta^{18}\text{O}$ 值

Table 1 $\delta^{18}\text{O}$ values of water from different sources in Lake Qinghai

| | |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| 降雨 $\delta^{18}\text{O}$ 值(SMOW) | -15.19‰ (LZBCAS, 1994) |
| 输入水 $\delta^{18}\text{O}$ 值(SMOW) | -7.93‰ (LZBCAS, 1994) |
| 湖水 $\delta^{18}\text{O}$ 值(SMOW) | 2.78‰ |
| 地下水 $\delta^{18}\text{O}$ 值(SMOW) | -8.19‰ (LZBCAS, 1994) |

综上,湖水氧同位素组成是控制沉积物介形虫氧同位素组成的主要因素,而湖水 $\delta^{18}\text{O}$ 值依赖于降雨量、降雨氧同位素组成和降雨/蒸发比(有效湿度)。已有的研究表明青海湖湖水 $\delta^{18}\text{O}$ 值远高于降雨、河水和地下水的 $\delta^{18}\text{O}$ 值(表 1),表明蒸发过程对湖水 $\delta^{18}\text{O}$ 值的控制。此外,在季风区,降雨 $\delta^{18}\text{O}$ 值与降雨量存在反相关,即“降雨量效

应”^[1,11-12,17]。因此,有效湿度变化是影响青海湖沉积物介形虫氧同位素组成的主要因素。青海湖地区近 50 年来沉积物介形虫 $\delta^{18}\text{O}$ 值的增大(图 2)与湖区近 50 年来湖面下降及盐度升高是一致的,进一步验证了本文的结论。

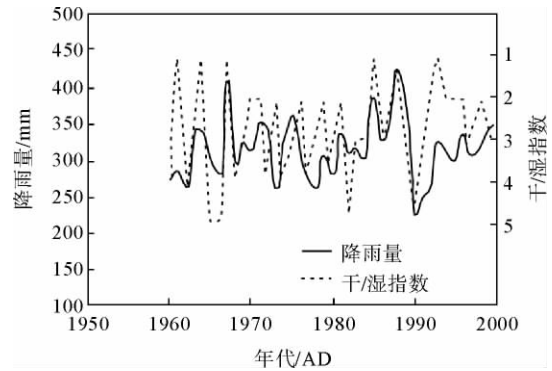


图 4 青海湖地区降雨量和干/湿指数相关关系图^[4]

Fig. 4 Relationship between precipitation at lake Qinghai and Drought/Flood(D/F) index of Xining during 1960 to 2000

一般来说,湖区降雨/蒸发平衡受很多因素影响,诸如降雨量、风速、太阳辐射,但气象数据显示青海湖地区年平均降雨量的变化与西宁地区(距青海湖地区东部 150km)干/湿指数变化是一致的($r = -0.45, \alpha < 0.01$)(图 4),因此,青海湖地区降雨量的变化能够反映该地区有效湿度变化,亦即青海湖沉积物介形虫氧同位素组成可以用来判断湖区降雨量的变化。

4.2 介形虫壳体 Li/Ca 的指标意义——反映温度变化

锂(Li)是湖水中常见的一种微量元素,通常伴随碳酸盐沉淀而进入碳酸盐矿物晶体。已有研究表明,碳酸盐沉淀过程中锂优先进入方解石的 0001 晶面^[18],而方解石的 0001 晶面与其他晶面相比在形成过程中是放热的,因此低温更有利于该晶面的生长^[19]。由此可以认为在碳酸盐沉淀过程中,锂在低温时更易于进入碳酸盐晶体,碳酸盐 Li/Ca 比值可能是水体温度的良好代用指标。Delany 等人第一次尝试使用海洋有孔虫 Li/Ca 比值来恢复其生长时海水的 Li/Ca 比值,他们的研究发现在过去 116 Ma 间海水的 Li/Ca 比值变化很小^[20-21]。Marriott 等人的实验结果表明,溶解度不是控制碳酸盐 Li/Ca 比值变化的主要因素,因为 Li_2CO_3 的溶解度随温度的升高而降低^[22-23]。假如碳酸盐 Li/Ca 比值与其他微量元素比值(如 Mg/Ca 和 Sr/Ca 等)具有相同的环

境指示意义,那么,碳酸盐 Li/Ca 比值应该受介形虫形成时湖水温度和湖水 Li/Ca 比值控制。Marriott 等人首次通过实验室碳酸钙沉淀模拟实验研究了碳酸盐 Li/Ca 比值与温度的相关性。实验结果表明,碳酸盐 Li/Ca 比值与水体温度呈现出良好的负相关变化,相关系数达 $-0.98^{[22]}$ 。与此同时,Marriott 等在对阿拉伯海温度跨度 $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ 海域的底栖有孔虫单一一种 *Uvigerina* 的研究中发现,*Uvigerina* 壳体的 Li/Ca 比值与水温亦呈现出良好的负相关,相关系数达 $-0.99^{[23]}$ 。而湖泊碳酸盐与海洋碳酸盐有着相似的形成过程,其 Li/Ca 比值很可能是湖水温度的良好指示剂^[24]。

为了揭示湖泊沉积物 Li/Ca 比值的古环境指示意义,朱正杰等选择了青海湖沉积物柱心为研究对象^[9-10],挑选单一介形虫种属大小相差不大的胖真星介(*Eucypris inflata*)利用 ICP-MS 测定其 Li/Ca 比值组成,通过与气象数据和利用邻近地区树轮宽度指数建立的温度变化序列进行对比,揭示介形虫壳体 Li/Ca 比值可能是一种潜在的古温度指示剂。青海湖沉积物介形虫壳体 Li/Ca 比值与气象记录获得的 1973 年以来湖水温度呈显著相关变化($r=-0.97, n=5, p<0.01$),而与降雨量无相关性变化。将青海湖沉积物介形虫 Li/Ca 比值曲线与邻近地区的都兰、祁连山树轮宽度指数所恢复的古温度变化序列进行对比,发现它们之间具有很好的一致性,即温度高时,介形虫 Li/Ca 比值低;温度低时,介形虫 Li/Ca 比值高。

4.3 青海湖地区温度和降雨量的同步变化

从上面的分析可知,青海湖沉积物介形虫氧同位素组成主要反映了降雨量的变化, Li/Ca 比值是古温度变化的良好代用指标。因此,青海湖沉积物介形虫 Li/Ca 比值和 $\delta^{18}\text{O}$ 值呈明显的正相关变化($R=0.5, n=60, \alpha<0.01$)(图 3),表明青海湖地区过去 800 年温度和降雨量呈同步变化。为了进一步验证本文的结论,研究了邻近地区的德令哈和都兰树轮宽度指数所指示的古温度和降雨量变化历史。有研究指出,德令哈树轮宽度指数主要受降雨量的控制^[25],而都兰树轮宽度指数反映温度变化^[26],将两者的变化曲线置于同一张图上发现两者呈明显的同步变化,温度高对应降雨量大的时期,而温度低对应于降雨量小的时期(图 5)。因此,这种同步变化在青海湖地区是客观存在的,虽然有结果显示这种同步变化可能是太阳活动引起的,但缺乏足够的证据,至于何种因素导致这种同步变化在未来的研究

中值得进一步关注。

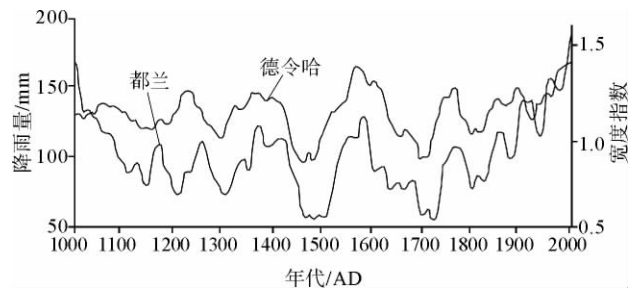


图 5 青海湖地区恢复的降雨量和温度示意
(德令哈树轮宽度指数反映降雨量变化^[25],
都兰树轮宽度指数反映温度变化^[26])

Fig. 5 Comparison between variations of precipitation and temperature at Lake Qinghai
(The Delingha and Dulan tree ring width indicates precipitation and temperature, respectively)

值得指出的是,青海湖地区过去千年来温度和降雨量的同步变化进一步揭示了该地区暖湿与冷干相交替的气候演替类型,这种气候组合类型可能是低纬度地区东亚夏季风区气候变化的固有特征,同时也表明青海湖地区降雨量主要来源是东亚夏季风,这进一步验证了 Xu 等人的研究结果。

5 结论

通过对青海湖沉积物单一一种介形虫壳体 Li/Ca 比值和氧同位素的研究,揭示了青海湖地区近千年来温度和降雨量的同步变化,温度高对应降雨量大的时期,而温度低对应于降雨量小的时期。这种同步变化得到了邻近地区德令哈和都兰树轮宽度指数恢复的降雨量和温度变化的支持。这些结果表明青海湖地区这种同步变化是客观存在的,作者认为这种变化是东亚夏季风的固有特点,而这种同步变化的控制因素在未来的研究中值得进一步关注。

参考文献 (References)

- [1] Henderson A C G, Holmes J A, Zhang J W, et al. A carbon- and oxygen-isotope record of recent environmental change from Lake Qinghai, NE Tibetan Plateau[J]. Chinese Science Bulletin, 2003, 48: 1463-1468.
- [2] Lister G S, Kelts K, Chen K Z, et al. Lake Qinghai, China: closed-basin lake levels and the oxygen isotope record for ostracode since the latest Pleistocene[J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 1991, 84: 141-162.
- [3] Henderson A C G, Holmes J A. Palaeolimnological evidence

- for environmental change over the past millennium from Lake Qinghai sediments: A review and future research prospective [J]. *Quaternary International*, 2009, 194: 134-147.
- [4] Xu H, Hou Z H, Ai L, Tan L C. Precipitation at Lake Qinghai, NE Qinghai-Tibet Plateau, and its relation to Asian summer monsoons on decadal/interdecadal scales during the past 500 years [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2007, 254: 541-549.
- [5] Xu H, Ai L, Tan L C, An Z S. Geochronology of a surface core in the northern basin of Lake Qinghai: Evidence from ^{210}Pb and ^{137}Cs radionuclides [J]. *Chinese Journal of Geochemistry*, 2006a, 25: 301-306.
- [6] 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 Geology*, 2006b, 235: 262-275.
- [7] 王苏民, 窦鸿声. 中国湖泊志 [M]. 北京: 科学出版社, 1998. [WANG Suming, DOU Hongsheng. Lakes in China [M]. Beijing: Science Press, 1998.]
- [8] Li X Z, Liu W G, Zhang P X, et al. Species, valve size, and pretreatment effects on $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ values of ostracod valves from Lake Qinghai, Qinghai-Tibet Plateau [J]. *Chemical Geology*, 2007, 246: 124-134.
- [9] 朱正杰. 湖泊沉积物碳氧同位素和介形虫 Li/Ca 比值与古环境重建 [D]. 贵阳: 中国科学院地球化学研究所, 2009. [ZHU Zhengjie. Stable carbon and oxygen isotopes in lake sediments and Li/Ca ratios of ostracod shells and paleoenvironmental reconstruction [D]. Guiyang: Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, 2009.]
- [10] 朱正杰, 李航, 任世聪, 等. 青海湖近 800 年来沉积物介形虫 Li/Ca 比值的古环境指示意义 [J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2010, 30: 115-121. [ZHU Zhengjie, LI Hang, REN Shicong, et al. Palaeoenvironmental implications of Li/Ca ratios of ostracod shells from Lake Qinghai during the past 800 years [J]. *Marine Geology and Quaternary Geology*, 2010, 30: 115-121.]
- [11] Wei K, Gasse F. Oxygen isotopes in lacustrine carbonates of West China revisited: implications for post glacial changes in summer monsoon circulation [J]. *Quaternary Science Reviews*, 1999, 18: 1315-1334.
- [12] 郑淑惠, 侯发高, 倪葆龄. 我国大气降水的氢氧同位素研究 [J]. *科学通报*, 1983, 28(13): 801-806. [ZHENG Shuhui, HOU Fagao, NI Baoning. Study on the hydrogen and oxygen stable isotopes in precipitation in China [J]. *Chinese Science Bulletin*, 1983, 13: 39-41.]
- [13] Leng M J, Marshall J D. Palaeoclimate interpretation of stable isotope data from lake sediment archives [J]. *Quaternary Science Reviews*, 2004, 23: 811-831.
- [14] Epstein S, Bushbaum R, Lowenstam H A, et al. Revised carbonate-water isotopic temperature scale [J]. *Geological Society of America Bulletin*, 1953, 62: 417-426.
- [15] Liu X D, Sun L G, Wei G J, et al. A 1 100-year palaeoenvironmental record inferred from stable isotope and trace element compositions of ostracode and plant caryopses in sediments of Cattle Pond, Dongdao Island, South China Sea [J]. *Journal of Paleolimnology*, 2008, 40: 987-1002.
- [16] Von Grafenstein U, Erlenkeuser H, Trimborn P. Oxygen and carbon isotopes in modern fresh-water ostracod valves: assessing vital effect and autecological effects of interest for paleoclimate studies [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 1999, 148: 133-152.
- [17] Hodell D A, Brenner M, Kanfoush S L. Paleoclimate of southwestern China for the past 50 000 yr inferred from lake sediments records [J]. *Quaternary Research*, 1999, 52: 45-55.
- [18] Titiloye J O, Parker S C, Mann S, et al. Atomistic simulation of calcite surfaces and the influence of growth additives on their morphology [J]. *Journal of Crystal Growth*, 1993, 131: 533-545.
- [19] Parker S C, Titiloye J O, Watson G W. Molecular modeling of carbonate minerals—studies of growth and morphology [J]. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series A*, 1993, 344: 37-48.
- [20] Delaney M L, Be A W H, Boyle E A. Li, Sr, Mg and Na in foraminiferal calcite shells from laboratory culture, sediment traps, and sediment cores [J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1985, 49: 1327-1341.
- [21] Delaney M L, Popp B N, Lepzelter C G, et al. Lithium-to-calcium ratios in modern, Cenozoic and Paleozoic articulate brachiopod shells [J]. *Paleoceanography*, 1989, 4: 681-691.
- [22] Marriott C S, Henderson G M, Belshaw N S, et al. Temperature dependence of $\delta^7\text{Li}$, $\delta^{44}\text{Ca}$ and Li/Ca during growth of calcium carbonate [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2004a, 222: 615-624.
- [23] Marriott C S, Henderson G M, Crompton R, et al. Effect of mineralogy, salinity, and temperature on Li/Ca and Li isotope composition of calcium carbonate [J]. *Chemical Geology*, 2004b, 212: 5-15.
- [24] Montagna P, McCulloch M, Mazzoli C, et al. Li/Ca ratios in the Mediterranean non-tropical coral *Cladocora caespitosa* as a potential paleothermometer [J]. *Geophysical Research Letters*, 2006, 8: 3695-3697.
- [25] 姚檀栋, 杨梅学, 康兴成. 从古里雅冰芯与祁连山树轮记录看过去 2 000 年气候变化 [J]. *第四纪研究*, 2001, 21: 514-519. [YAO Tangdong, YANG Meixue, KANG Xingcheng. Comparative study of the climate changes in the past 2 000 years by using ice core and tree ring records [J]. *Quaternary Science*, 2001, 21: 514-519.]
- [26] Shao X M, Huang L, Liu H B, et al. Reconstruction of precipitation variation from tree rings in recent 1 000 years in Delingha, Qinghai [J]. *Science in China (Series D)*, 2005, 48: 939-949.

SYNCHRONOUS VARIATIONS OF TEMPERATURE AND PRECIPITATION AT LAKE QINGHAI, INFERRED FROM LI/CA RATIOS AND $\Delta^{18}\text{O}$ OF OSTRACOD SHELLS

ZHU Zhengjie^{1,2,3}, CHEN Jing'an¹, REN Shicong²

(1 The State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry,
Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China;

2 Chongqing Key Laboratory of Exogenic Minerallization and Mine Environment,
Chongqing Institute of Geology and Mineral Resources, Chongqing 400042, China;

3 Chongqing Research Center of State Key Laboratory of Coal Resources and Safe Mining, Chongqing 400042, China)

Abstract: Based on the oxygen isotopic values and Li/Ca ratios from ostracod shells of the species of *Eucypris inflata* in Lake Qinghai, temperature and precipitation variations during the past millennium in this catchment were reconstructed. The good correlation ($r=0.5$, $n=59$, $p<0.01$) between Li/Ca ratios and $\delta^{18}\text{O}$ values of ostracod shells indicates that temperature changes corresponded well with precipitation variations during the past millennium. Synchronous variations of temperature and precipitation are also observed in the local meteorological records and the climatic parameters inferred from Delingha and Dulan tree ring widths. We believe that the synchronous variation as such is a sole feature of East Asian summer monsoon, although the factors controlling this feature deserve further study.

Key words: Lake Qinghai; ostracod shells; precipitation; temperature; Li/Ca ratios; oxygen isotopic values