

DOI: 10.3724/SP.J.1140.2010.04115

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

朱正杰^{1,2,3,4}, 李航², 任世聪², 陈敬安¹, 李键¹, 曾艳^{1,5}, 王敬富^{1,3}, 漆亮⁶

(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 重庆地质矿产研究院, 重庆 400042;

3 重庆市国土资源和房屋管理局 矿产地质与环境地质重点实验室, 重庆 400042;

4 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;

5 中国科学院 研究生院, 北京 100049;

6 中国科学院 地球化学研究所矿床地球化学国家重点实验室, 贵阳 550002)

摘要:当前古气候研究的热点是获取最近 2 000 a 来连续的高分辨率自然记录。为了解决湖泊沉积代用指标中古温度指标的难题,通过对青海湖沉积物单一种介形虫壳体胖真星介(*Eucypris inflata*) Li/Ca 比值的测定,结合已有的²¹⁰Pb 和¹³⁷Cs 测定的沉积物沉积速率^[1],成功恢复了青海湖底层水的古温度变化序列。将 Li/Ca 比值曲线与气象记录以及邻近地区都兰和祁连山树轮宽度指数恢复的温度变化序列对比,发现介形虫壳体 Li/Ca 比值与温度呈明显的负相关变化, Li/Ca 比值高, 温度低, Li/Ca 比值低, 温度高, 表明介形虫 Li/Ca 比值是一种有效的古温度指示剂。

关键词:胖真星介; Li/Ca 比值; 温度; 有效代用指标; 青海湖

中图分类号: P595

文献标识码: A

文章编号: 0256-1492(2010)04-0115-07

过去全球变化(PAGES)研究的重要内容之一就是获取最近 2 000 年来连续的高分辨率的自然记录,以期了解过去气候变化的更多细节,预测未来气候变化趋势^[2]。湖泊沉积因其独特的优势有望在该研究中发挥极大的作用。近年来,湖泊沉积物介形虫壳体的碳氧同位素组成和微量元素比值广泛运用于古环境和古气候研究,已经取得了大量可喜的成果^[3-9]。但是,这些研究往往集中在利用介形虫壳体碳氧同位素、Sr/Ca 和 Mg/Ca 比值恢复湖水古盐度变化和湖泊生产力变化,从而推断湖区气候干湿变化及湖泊营养状况^[3-9]。例如, Lister 等^[9]利用介形虫壳体氧同位素研究湖区降雨/蒸发变化,并指出湖区降雨/蒸发变化是受亚洲季风控制;张恩楼等^[8]利用青海湖沉积物介形虫壳体 Sr/Ca 比值、意外湖花介体长与盐度之间的定量关系,重建了青海湖地区过去 900 年来湖水盐度变化,然而,以上研究真正涉及到古温度代用指标基本还是空白。已有学者对生物碳酸盐 Li/Ca 比值进行了研究,主要集中在海洋

沉积物以及一些模拟实验,如 Marriott 等对阿拉伯海域的底栖有孔虫单一种 *Uvigerina* 的研究^[10], Montagna 等对地中海 *Caldocora caespitosa* 珊瑚 Li/Ca 比值的研究,证实了 Li/Ca 比值是一种有效的古温度指示剂^[11],而对湖泊沉积物介形虫 Li/Ca 比值的研究尚未开展。

另外,青海湖是我国内陆最大的封闭咸水湖,位于青藏高原东部和对环境变化敏感的西部干旱区与东亚季风湿润区的过渡带,受冬、夏季风和西风环流的影响,是利用湖泊沉积研究过去全球变化的理想区域(图 1)。国内外众多学者从不同角度对该湖进行了比较系统的研究,如 Lister 等^[9]利用碳酸盐氧同位素组成研究湖区降雨和蒸发变化; Shen 等^[12]利用多种有机质地球化学指标探讨了湖区过去 18 000 年季风变化历史; Xu 等^[13]详细解释了青海湖沉积物地球化学指标的意义,并利用有机质含量和碳同位素指标探讨了湖区降水来源^[14]。但以上的研究涉及到湖区古温度代用指标的同样很少,鉴于此,本文选择青海湖沉积物柱心单一种介形虫壳体胖真星介(*Eucypris inflata*)进行 Li/Ca 比值分析,并与邻近的树轮宽度指数恢复的古温度序列进行对比,两者结果的负相关变化(介形虫 Li/Ca 比值高, 温度低; Li/Ca 比值低, 温度高)表明介形虫

基金项目:国家重点基础研究发展规划项目(2006CB403201);
国家自然科学基金项目(40773066)

作者简介:朱正杰(1984—),男,博士研究生,主要从事环境地球化学研究, E-mail: zhuzhjie@163.com

收稿日期:2009-12-23; 改回日期:2010-01-15。 张光威编辑

Li/Ca 比值是一种有效的古温度指示剂。本文研究的介形虫 Li/Ca 比值的研究既可以探讨其作为古温度代用指标的有效性,又对该区过去全球变化研究(特别是古温度的研究)提供一种新的思路。

1 湖区概况

青海湖是我国内陆最大的咸水湖,位于青藏高原东北隅,地理坐标为 $36^{\circ}32' \sim 37^{\circ}15'N, 99^{\circ}36' \sim 100^{\circ}47'E$ (图 1)。青海湖形成于早一中更新世,至晚更新世青海湖变成封闭湖泊。湖区属高寒半干旱气候,年均气温 $1.2^{\circ}C$,最低气温 $-12.6^{\circ}C$,最高气温 $28.0^{\circ}C$ 。年平均降水量 336.6 mm ,年均蒸发量 950.0 mm ^[15]。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。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^[15]。

2 样品与方法

2008年7月用自制的重力采样器在青海湖湖心水深 22 m 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^[1]的研究结果(沉积物柱心 QH0407-2)(图 1)是一致的。沉积物柱心现场分样, $0 \sim 40\text{ cm}$ 按 0.5 cm 间隔分样,底层按 1 cm 分样,共分得沉积物样品 83 个。同时现场采集青海湖湖水样。

QH2 柱沉积物样品分散后,过 100 目湿筛,在双目镜下挑选个体大小相近的单一介形虫种属。沉积物样品中只出现意外湖花介(*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(图 2),这样可以有效避免种间效应的影响。挑选的介形虫放入盛有蒸馏水的烧杯中进行超声波清洗,反复 4 次,然后将介形虫壳体放入酒精中浸泡 12 h,清洗干净后烘干备用。挑选 20 瓣左右的介形虫壳体进行 Li/Ca 比值分析,介形虫 Li/Ca 比值的测定按照 Marriott 等^[14]的前处理方法,将介形虫壳体放入柠檬酸铵-胍、氢氧化钠-过氧化氢混合溶液中加热去除壳体的氧化膜,纯化后的壳体用 0.1 M 的硝酸溶解成溶液后在中国科学院矿床地球化学国家重点实验室用 ICP-MS 测定其 Li/Ca 比值,分析精度为 $\pm 2\%$ 。由于有的层位介形虫壳体含量很低,无法进行 Li/Ca 比值分析,本次分析的样品总共 60 个。青海湖湖水样过滤后同样用 ICP-MS 测定其 Li/Ca 比值。

3 结果与讨论

本文选择的年代学 ^{210}Pb 和 ^{137}Cs 数据是根据徐海等的实验结果^[1],这是因为本文选择的岩心与徐海等研究的 QH0407-2 岩心位置是相近的,而且沉积物岩心岩性变化也是一致的。众多学者的研究表明青海湖沉积物沉积速率是稳定的^[12,17-18],考虑到早期成岩作用过程沉积物压实作用,因此,沉积物表层大约 5 cm 与 5 cm 以下沉积物沉积速率是不一致的,分别采用 0.1 cm/a 和 0.05 cm/a ^[1]。QH2 柱沉积物柱心长 43 cm ,研究时间尺度为过去 800 年。

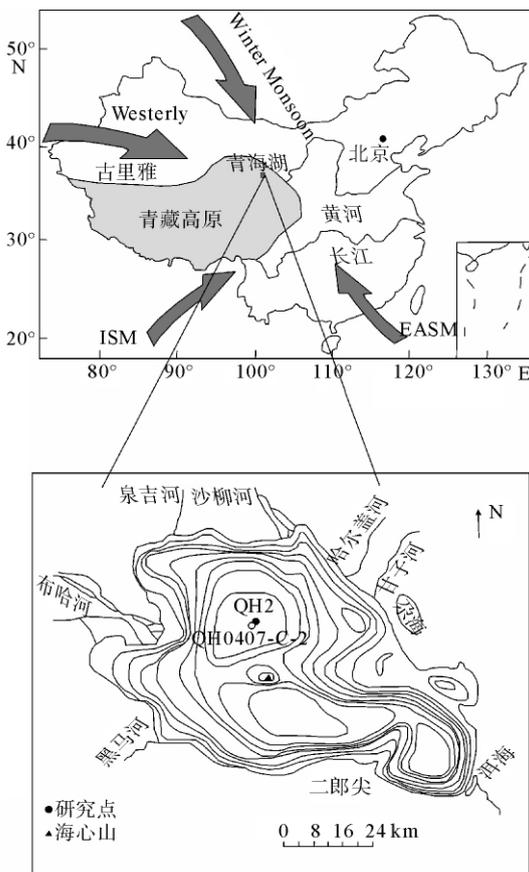


图 1 青海湖地理位置和采样位置

Fig. 1 Location of Lake Qinghai and the sampling site

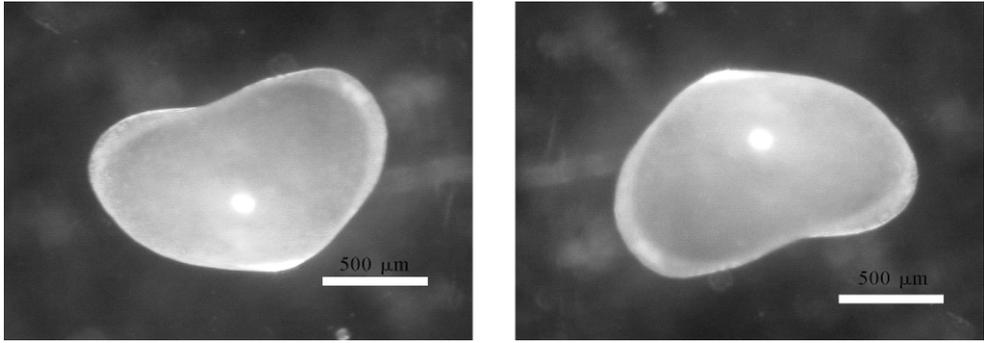


图 2 青海湖沉积物介形虫胖真星介(*Eucypris inflata*)显微镜图(倍数 10×10)

Fig. 2 Photographs of ostracod *Eucypris inflata* from Lake Qinghai sediments

3.1 QH2 柱心介形虫 Li/Ca 比值

青海湖 QH2 柱沉积物胖真星介 Li/Ca 比值变化见图 3。Li/Ca 比值变化范围为 6.89~29.26 $\mu\text{g/g}$, 平均值为 18.16 $\mu\text{g/g}$ 。青海湖沉积物胖真星介 Li/Ca 比值相对于其他学者所研究的碳酸盐 Li/Ca 比值偏高, 如 Marriott 等^[16] 实验室碳酸钙沉淀模拟实验所得到的碳酸盐 Li/Ca 比值变化范围为 0.4~1.5 $\mu\text{g/g}$; 同时, Marriott 等^[10] 在对阿拉伯海温度跨度 14 °C 海域的底栖有孔虫单一一种 *Uvigerina* 的研究发现其 Li/Ca 比值变化范围为 2.1~3.5 $\mu\text{g/g}$; 而 Hall 等^[19] 对加勒比海有孔虫 *Orbulina universa* 的 Li/Ca 比值测定发现其变化范围为 2~2.5 $\mu\text{g/g}$ 。以上学者对实验室模拟沉淀碳酸盐或对海洋生物碳酸盐 Li/Ca 比值的研究, 均小于青海湖沉积物胖真星介 Li/Ca 比值, 这可能由 3 个原因所致: ①青海湖湖水相对高的 Li/Ca 比值, 测定的 4 个湖水样的 Li/Ca 比值平均为 $32 \pm 1 \text{ mg/g}$, 比以上学者研究的碳酸盐生长溶液或海水的 Li/Ca 比值高出很多, 如果计算 Li/Ca 分配系数 $K_d = (\text{Li/Ca})_{\text{碳酸盐}} / (\text{Li/Ca})_{\text{湖水}}$, 青海湖沉积物介形虫 Li/Ca 分配系数为 $0.21 \times 10^{-3} \sim 0.91 \times 10^{-3}$, 均低于以上

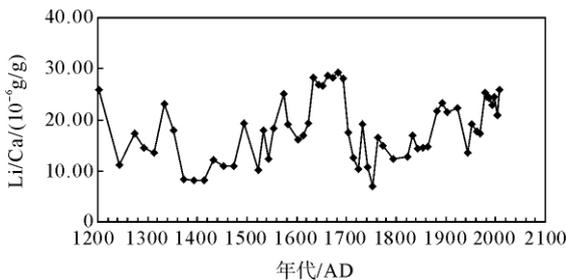


图 3 青海湖 QH2 柱沉积物胖真星介 Li/Ca 比值变化

Fig. 3 Li/Ca ratios of *Eucypris inflata*

学者研究的碳酸盐 Li/Ca 分配系数 ($2.41 \times 10^{-3} \sim 10.12 \times 10^{-3}$); ②以上学者研究的温度范围为 10~30 °C, 比青海湖底层湖水温度高, 高的湖水温度导致低的碳酸盐 Li/Ca 比值; ③不同种类碳酸盐可能存在种间效应。

3.2 介形虫 Li/Ca 比值指示古温度变化

锂是湖水中常见的一种微量元素, 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^[20-21], 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^[16]。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。如果碳酸盐 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 比值应该受湖水温度和 Li/Ca 比值控制。Delany^[22] 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。为了进一步明确碳酸盐 Li/Ca 比值的主要影响因素, Marriott 等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^[16]。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。与此同时, Marriott 等在对阿拉伯海温度跨度 14 °C 海域的底栖有孔虫单一一种 *Uvigerina* 的研究发现, *Uvigerina* 壳体的 Li/Ca 比值与水温亦呈现出良好的负相关^[10], 相关系数达 -0.99。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。

另外, Li 和 Ca 均是地球化学性质较为惰性的

元素,在海水和大型湖泊中具有很长的寄宿时间,其水体 Li/Ca 比值在百年一千年尺度上通常保持稳定。已有研究揭示了海水中 Li 的寄宿时间为 2.5 Ma, Ca 的寄宿时间为 1 Ma^[20,23]。Delany 等^[22]的实验结果也表明加勒比海海水 Li/Ca 比值在过去 116 Ma 基本不发生变化。Tomascak 等通过计算得出美国加州 Mono 湖(湖水面积约 200 km², 体积约 27×10⁸ m³)水体 Li 的寄宿时间为 28 ka^[24]。与 Mono 湖一样,青海湖也是内陆咸水湖,但青海湖有更大的湖水面积与体积(面积约 4 340 km², 体积约 778×10⁸ m³)^[15],其湖水 Li、Ca 的寄宿时间应该更长,在本文研究的时间尺度内(800 a)其水体 Li/Ca 比值应该保持稳定。因此,青海湖湖水 Li/Ca 比值基本不影响介形虫壳体 Li/Ca 比值的变化,介形虫壳体 Li/Ca 比值变化反映的主要是湖水温度变化。

3.3 恢复的古温度序列之对比

通过以上分析可以得出,介形虫 Li/Ca 比值可能是一种有效的古温度指示剂。为了验证介形虫 Li/Ca 比值指示温度的可靠性,将青海湖表层沉积物(0~7 cm)介形虫壳体 Li/Ca 比值(年代尺度为 30 年)与气象记录获得的 1973—2000 年青海湖湖水年平均温度和降雨量数据进行对比(徐海博士提供),由于青海湖表层沉积物的年分辨率为 5 年,因此,气象记录获得的数据进行 5 年平均。对比结果见图 4 和图 5,结果显示介形虫壳体 Li/Ca 比值与温度呈明显的负相关变化($R=-0.97$, $n=5$),而与降雨量的相关性不明显,表明温度变化是控制介形虫壳体 Li/Ca 比值的主要因素,因此,暗示着介形虫壳体 Li/Ca 比值是一种良好的古温度指示剂。

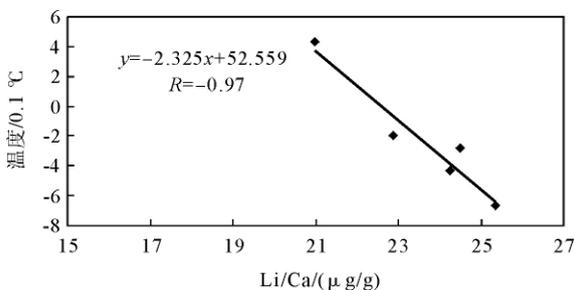


图 4 青海湖表层沉积物介形虫壳体 Li/Ca 比值与温度相关关系

Fig. 4 The correlation between Li/Ca ratios of ostracod shell and temperature variations in Lake Qinghai

曲线与邻近的都兰、祁连山树轮宽度指数所恢复的古温度变化序列进行对比^[25-26](图 6),发现它们之间具有很好的相关性,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。其中太阳活动最弱的 3 个极冷时期^[27-28]在 Li/Ca 比值曲线上有很好的反映,1280—1340AD 的 Wolf 期,1420—1530AD 的 Spörer 期和 1645—1690AD 的 Maunder 期,介形虫的 Li/Ca 比值均是最大值期,其中的 1645—1690AD 的 Maunder 期可能是青海湖地区最冷的时期。但图上所反映的曲线也有不一致性,如 1520—1550AD 间,两者呈正相关变化,这可能与树轮宽度指数影响的因素较多有关,如降雨量,也可能是不同指标对温度的响应程度不同所致。从邻近地区的都兰和祁连山树轮恢复的古温度变化与介形虫 Li/Ca 比值曲线的相关性可以认为介形虫 Li/Ca 比值是一种有效的古温度指示剂。

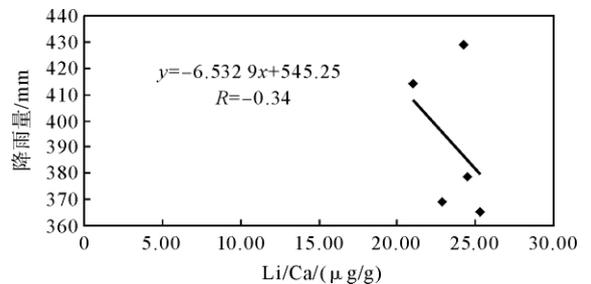


图 5 青海湖表层沉积物介形虫壳体 Li/Ca 比值与降雨量相关关系

Fig. 4 The correlation between Li/Ca ratios of ostracod shell and precipitation in Lake Qinghai

4 结论

(1)成功测定了青海湖地区过去 800 年来沉积物中单一介形虫壳体胖真星介(*Eucypris inflata*)Li/Ca 比值,并将其与气象记录以及邻近地区的都兰和祁连山树轮宽度指数恢复的古温度变化序列对比,发现介形虫 Li/Ca 比值与温度具有很好的一致性变化,介形虫 Li/Ca 比值高,温度低;介形虫 Li/Ca 比值低,温度高。

(2)结果表明湖泊沉积物介形虫 Li/Ca 比值是一种有效的古温度指示剂,值得深入研究,能为过去全球变化研究提供新的思路。

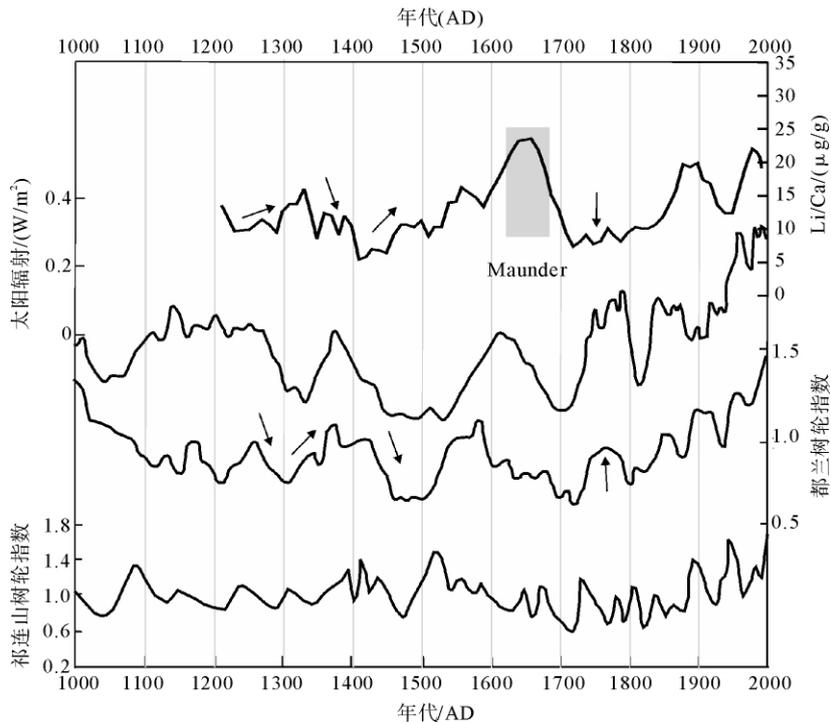


图 6 青海湖 QH2 柱沉积物胖真星介 Li/Ca 比值(5 次滑动平均)与邻近树轮恢复的温度
(数据来源:祁连山树轮^[25]、都兰树轮^[26])以及与太阳活动^[27-28]对比

Fig. 6 Comparison between Li/Ca variations from *Eucypris inflate* and temperature variations from tree rings and solar activity

参考文献 (References)

- [1] Xu H, Ai L and Tan L C, et al. Geochronology of a surface core in the northern basin of Lake Qinghai: Evidence from ²¹⁰Pb and ¹³⁷Cs radionuclides[J]. Chinese Journal of Geochemistry, 2006a, 25: 301-306.
- [2] PAGES. Palaeoclimates of the Northern and Southern Hemispheres[M]. Berlin: Pages press, 1995: 1-92.
- [3] Chivas A R, De Deckker P and Shelley J M G. Strontium content of ostracods indicates lacustrine paleosalinity[J]. Nature, 1985, 316: 251-253.
- [4] Yu Z C, Ito M and Engstrom D R, et al. A 2 100-year trace element and stable isotope record and decadal resolution from Rice Lake in the Northern Great Palins, USA[J]. The Holocene, 2002, 12: 605-617.
- [5] Liu X D, Sun L G and 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.
- [6] Zhang J W, Holmes J A and Chen F H, et al. An 850-year ostracod-shell trace-element record from Sugan Lake, northern Tibetan Plateau, China: Implications for interpreting the shell chemistry in high-Mg/Ca waters[J]. Quaternary International, 2009, 194: 119-133.
- [7] 胡广, 金章东, 张飞. 利用介壳类壳体 Sr, Mg 重建古环境受自生碳酸盐矿物的限制及机理探讨[J]. 中国科学 D 辑, 2008, 38: 177-186. [HU Guang, JIN Zhangdong, ZHANG Fei. Constraints of authigenic carbonates on trace elements (Sr, Mg) of lacustrine ostracod shells in paleoenvironment reconstruction and its mechanism[J]. Science in China (Series D), 2008, 51: 654-664.]
- [8] 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: 697-701. [ZHANG Enlou, SHEN Ji, WANG Suming, et al. Quantitative reconstruction of the paleosalinity at Qinghai Lake in the past 900 years[J]. Chinese Science Bulletin, 2004, 49:730-734.]
- [9] Lister G S, Kelts K and Zao C K, 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.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] Shen J, Liu X Q, Wang S M, et al. Palaeoclimatic changes in the Qinghai Lake area during the last 18 000 years[J]. Quaternary International, 2005, 136: 131-140.

- [13] 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.
- [14] Xu H, Hou Z H, Ai L, et al. 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.
- [15] 王苏民, 龚鸿声. 中国湖泊志[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 472-474. [WANG Suming, DOU Hongsheng. *Lakes in China*[M]. Beijing: Science Press, 1998: 472-474.]
- [16] 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.
- [17] Henderdon A C G, Holmes J A, Zhang J W, et al. A carbon and oxygen-isotope record of recent environmental change from Qinghai Lake, NE Tibetan Plateau[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2003, 48: 1463-1468.
- [18] Liu X Q, Shen J, Wang S M, et al. Southwest monsoon changes indicated by oxygen isotope of ostracode shells from sediments in Qinghai Lake since the last Glacial[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2007, 52: 539-544.
- [19] Hall J M, Chan L H. Li/Ca in multiple species of benthic and planktonic foraminifera; Thermocline, latitudinal, and glacial-interglacial variation[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2004, 68: 529-545.
- [20] 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.
- [21] 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.
- [22] 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.
- [23] Huh Y, Chan L H and Zhang L, et al. Lithium and its isotopes in major world rivers; implications for weathering and the oceanic budget [J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1998, 62: 2039-2051.
- [24] Tomascak P B, Hemming NG, Hemming S R, et al. The lithium isotopic composition of waters of the Mono Basin, California[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2003, 67: 601-611.
- [25] Liu X H, Qin D H, Shao X M, et al. Temperature variations during the last millennium in Mid-Qilian Mountain inferred from tree rings[J]. *Science in China (Series D)*, 2004, 34: 89-95.
- [26] 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 2000 年气候变化[J]. *第四纪研究*, 2001, 21: 514-519. [YAO Tangdong, YANG Meixue, KANG Xincheng. 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.]
- [27] Muscheler R, Joes F, Beer J, et al. Solar activity during the last 1 000 yr inferred from radionuclide records[J]. *Quaternary Science Reviews*, 2007, 26: 82-97.
- [28] Stuiver M, Reimer P J, Bard E, et al. INTCAL 98 radiocarbon age calibration, 24 000-0 cal BP[J]. *Radiocarbon*, 1998, 40: 1041-1083.

PALAEOENVIRONMENTAL IMPLICATIONS OF LI/CA RATIOS OF OSTRACOD SHELLS FROM LAKE QINGHAI DURING THE PAST 800 YEARS

ZHU Zhengjie^{1,2,3,4}, LI Hang², REN Shicong², CHEN Jingan¹,
LI Jian¹, ZENG Yan^{1,5}, WANG Jingfu^{1,5}, QI Liang⁶

(1: The State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of

Sciences, Guiyang 550002, P. R. China; 2: Chongqing Institute of Geology and Mineral Resources, Chongqing 400042, P. R. China;

3: Key Laboratory of Geology for Mineral Resources & Environment, Chongqing Administration of Land, Resources and Housing,

Chongqing 400042, China; 4: Chongqing Research Center of State Key Laboratory of Coal Resources and Safe Mining 400042, China;

5: Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, P. R. China; 6: The State Key Laboratory of Ore Deposit Geochemistry,

Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, P. R. China)

Abstract: Acquiring continuous and high resolution natural records in recent 2000 years is the hotspot in palaeoclimate research. In order to resolve the problem of temperature proxy as an indicator for lake sedimentation, based on the Li/Ca ratios of shells of a single ostracod species *Eucypris inflata* retrieved from the Lake Qinghai sediments, together with the existing sedimentation rate data derived from ²¹⁰Pb and ¹³⁷Cs from Xu et al. (2006), we have successfully reconstructed the variation in temperature during the past 800-years for the Lake Qinghai. By Comparison of ostracod Li/Ca ratios with temperatures inferred from meteorologic records and tree ring widths in Dulan and Qilianshan, we found that Li/Ca ratios of ostracod shells negatively correlate with temperatures. Higher temperatures correspond to lower Li/Ca ratios, and vice versa, suggesting that ostracod Li/Ca ratio probably is an effective proxy for bottom water temperature.

Key words: *Eucypris inflata*; Li/Ca ratios; Temperature; Effective proxy; Lake Qinghai