

文章编号:1001-4810(2008)02-0145-06

重庆地区石笋记录中Mg/Ca比值及古气候意义

李清¹, 王建力¹, 李红春^{1,2}, 叶明阳¹, 王勇¹, 李廷勇¹, 何潇¹

(1. 西南大学地理科学学院, 重庆 400715; 2. 西南大学地球化学与同位素实验室, 重庆 400715)

摘要:在重庆梁天湾洞石笋LT14 31.9~15.02ka. B. P. 古气候重建成果已发表的此基础上, 本文选取Mg/Ca比值这一新的替代指标, 探讨其在重庆地区独特的水热组合模式下的古气候指示意义, 从而进一步探讨了该时段的气候变化。研究结果发现, 重庆地区Mg/Ca比值与碳同位素的正相关关系较好($R^2=0.60$), 可能与碳酸钙溶液在到达洞顶之前提前沉淀或滴率减小机制有关, 它间接响应了降水的变化。运用Mg/Ca值变化对古气候的重建结果与以前的研究基本相符, 说明Mg/Ca比值可以作为古降水的指标, 但需同碳氧稳定同位素结合起来讨论, 以便相互验证, 提高古环境解译的准确性。

关键词:古气候; Mg/Ca比值; 微量元素; 石笋; 重庆

中图分类号: P594; P532 **文献标识码:** A

0 前言

洞穴石笋作为一种不可多得的陆相环境信息载体, 以其分布广、分辨率高、记录连续完整、受外界影响小等优点^[1], 越来越受到人们的重视, 其在过去全球环境变化研究中的作用已经越来越突出。石笋中蕴含许多用于古环境重建的替代指标, 目前以碳、氧稳定同位素的应用最为广泛, 但由于多种因素(如气候系统变化与氧同位素特征的关系、洞穴次生化学沉积物沉积过程中同位素沉积平衡的问题等)的影响, 使得我们在利用洞穴次生沉积物进行古气候研究时如应用这种单一指标就十分危险^[2], 因此应用石笋记录中的多种指标来进行古气候重建势在必行。近年来, 尝试运用微量元素变化作为古环境重建的替代指标, 已得出了一些初步的结论, 其中, Mg/Ca比值变化受气候或环境因素影响已被大量的研究证实, 但由于地区之间的差异性, 其揭示的古气候意义还无法统一: Roberts等^[3]通过对苏格兰北部全新世洞穴次生化学

沉积物高精度Mg/Ca比值的研究发现, Mg/Ca比值在年内的变化确由温度变化所引起, 但同时也认为对较长时间尺度的Mg/Ca值变化单纯用温度来解释则有一定困难; 而Kathleen R. Johnson^[4]等对中国和尚洞高分辨率的石笋研究推测其主要反映季节性降水的变化; 王新中^[5]等通过研究现代滴水中Mg/Ca比值变化, 也认为洞穴沉积物中Mg/Ca比值可以反映外界干湿条件的变化。李彬^[2]对桂林地区的石笋研究认为: 当大气环流系统未发生显著变化和岩溶水地质条件较相似时, Mg/Ca比值主要取决于环境温度的变化; 而当大气环流系统发生显著变化时(如出现冰期和间冰期的显著变化), 才主要取决于降水条件的变化。本文结合碳、氧同位素的研究以及一些已知的重大气候事件的确定, 初步探讨重庆地区石笋记录中Mg/Ca比值对古气候变化是如何响应的, 从而也进一步确立碳、氧同位素在全球背景下对重庆特有气候模式的解译, 以期当地古气候重建工作提供新的思路。

基金项目: 重庆市院士基金项目“重庆地区更新世晚期及全新世气候变化的高分辨率石笋记录”(编号: 2003-7835)、重庆市自然科学基金计划项目(编号: CSTC, 2007BB7346)

第一作者简介: 李清(1981-), 女, 博士研究生, 主要研究方向第四纪地质与环境。E-mail: liq1013@swu.edu.cn.

通讯作者: 王建力, E-mail: wangjl@swu.edu.cn.

收稿日期: 2007-11-26

1 Mg/Ca 比值及影响因素

石笋中的微量元素主要来源于洞穴上覆土壤和岩溶水对下覆基岩的溶解和淋滤,而其浓度的变化则受到温度、降水、岩溶水在岩(土)层中的运移路径和滞留时间等因素的影响。尽管石笋中微量元素的沉积受众多因素的制约,但在一定条件下(如岩溶水的渗流和运移路径不变,且上覆土层和基岩中的微量元素相对稳定)微量元素的变化在一定程度上可以反映外界环境条件,包括温度、降水量、地表植被等。

已经证实水和方解石之间Mg的分配系数 D_{Mg} 主要由温度决定^[6,7], D_{Mg} 在5~90℃范围内和温度成正比关系,因此,认为石笋碳酸盐中Mg/Ca比值与洞穴温度成正比^[8,9],即温度越高,进入到碳酸钙中的Mg/Ca比值越高。另一方面,Mg/Ca比值的变化也取决于干湿条件的变化^[10],干旱季节岩溶水在岩层中滞留时间较长,碳酸钙在渗水还未到达洞顶之前就优先沉淀出来,导致Mg/Ca比值增加^[11]。同时,根据白云石与方解石的不相容溶解性及溶解速率的不

同^[12,13],在足够长的水岩作用时间内,方解石达到饱和,而白云石还继续溶解,从而使Mg/Ca比值也增加^[2,3]。因此可以认为,降水减少,水流速度减缓,岩溶水的滞留时间长,Mg/Ca比值增加。由此可见,Mg/Ca比值是受温度和降水共同影响的,且与温度成正比,与降水成负相关,即Mg/Ca值增加,表示温度增加,或降水减少,反之亦反。

2 前期研究成果及方法

本文研究的石笋LT14取自南川金佛山下梁天湾洞,石笋顶部高29cm(图1),已获取了7个有效的TIMS-U系年龄测定结果,其生长时段为31.9~15.02ka. B. P.,经历了16.88ka年的沉积,生长速率较慢,平均沉积速率为17.2mm/ka,属于末次冰期晚期以来的沉积物^[14]。石笋LT14已发表的成果包括沉积特征^[15],生长速率^[16]以及以碳氧稳定同位素分别作为当地植被和气候的替代指标,对重庆地区该时段的气候进行重建^[14,17]等,均可作为本文微量元素变化记录的重要参考。



图1 梁天湾洞穴位置示意图和石笋LT14

Fig. 1 The location of Liangtianwan cave and the picture of stalagmite L14

本文研究的碳酸钙样品用小型可调速钻机沿石笋的中心轴钻取,钻头直径为1.5mm,自下而上等间距采集,采样间隔5mm,每次钻取碳酸钙粉样20~40mg。用美国Perkin-Elmer公司的Optima. 2100DV全谱直读型ICP-OES测定石笋中的 Ca^{2+} , Mg^{2+} , Sr^{2+}

含量。取约20mg碳酸钙样品溶于2N的 HNO_3 ,待完全溶解后转入50ML储液瓶。对每个元素分别建立标准曲线,各样品的元素浓度由标准曲线算出。以该方法测定上述离子的检出限均优于0.01mg/L,方法相对标准偏差优于5%。

3 结果分析

3.1 Mg/Ca 比值与稳定同位素的关系

通过Mg/Ca 比值与 $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^{13}\text{C}$ 值的相关性分析发现(图2),Mg/Ca 比值与 $\delta^{18}\text{O}$ 值的相关性较弱,而Mg/Ca 值与 $\delta^{13}\text{C}$ 值的正相关性更明显($R^2=0.60$)。这表明两者可能有共同的影响机制。跟 $\delta^{18}\text{O}$ 不同,洞

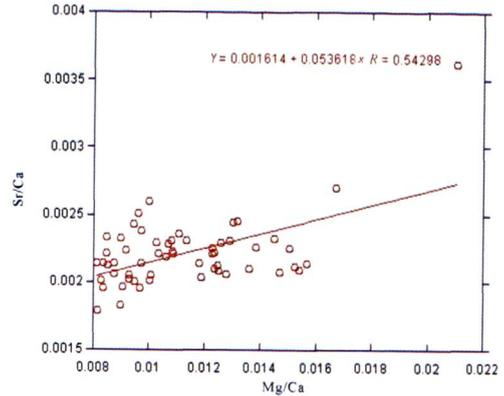
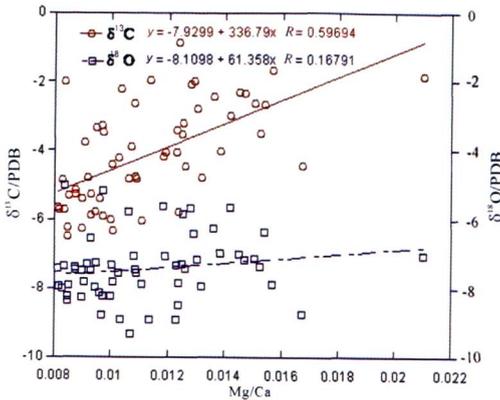


图2 石笋LT14的Mg/Ca与碳氧同位素(左),Mg/Ca与Sr/Ca(右)的线性关系

Fig. 2 The linear relationship of Mg/Ca ratio and $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{13}\text{C}$ (left),and of Mg/Ca ratio and Sr/Ca ratio(right)

过程与之相关的作用机制与降水或滴率有很大的关系:(1)在降水较少的时期,上覆岩溶层可能存在 CO_2 分压较低的气团^[11]。当携带了土壤中较高 CO_2 分压的过饱和水遇到这些气团时,就会发生 CO_2 脱气作用,从而使碳酸钙沉淀出来。(2)当补给水量减少时,两滴滴水的间隔越长,滴水在石钟乳或洞穴顶板的停留时间越长,或者说滴水在石笋表面的滞留时间越长,溶液中逸出的 CO_2 增多,石笋中的 $\delta^{13}\text{C}$ 值可能会比滴水快的时候偏重。图3中Mg/Ca值与Sr/Ca值呈较好的正相关关系($R_2=0.54$)也从另一个侧面支持了上述 CO_2 脱气作用和碳酸钙沉积引起洞穴沉积物Mg/Ca与 $\delta^{13}\text{C}$ 呈正相关的论点。因此,以前的研究认为,由于方解石和白云石之间的不相容溶解作用,当水相对于方解石达到饱和以后白云石还继续溶解,从而导致Mg/Ca与Sr/Ca值应该呈反相关关系的认识是值得质疑的,至少在梁天湾洞这一影响机制的作用不大。图3中Mg/Ca值与Sr/Ca值的正相关关系说明方解石和白云石之间的不相容溶解作用并非是洞穴滴水 and 次生沉积物地球化学过程中Mg、Sr变化的主要控制因素,更多的可能应该是碳酸钙的提前沉淀。

综上所述,可以认为降水少的时期,以上的碳酸

穴沉积物中的 $\delta^{13}\text{C}$ 值的变化不受温度影响^[18],但可能由很多其它因素引起的^[18~25],其中特别是由于饱和滴水中 CO_2 的脱气作用使方解石优先沉淀出来所致。也就是说,由于 CO_2 气体的散逸, ^{12}C 更容易随之损失,从而导致溶液中 $\delta^{13}\text{C}$ 富集。另一面,由于溶液中 CO_2 分压减小和碳酸钙的沉淀,加上在岩洞灰岩围岩中Mg/Ca比值的分配系数远小于1^[26~28],因此溶液中Mg/Ca比值也随之增加。而梁天湾洞石笋的沉积

钙提前沉淀和滴率减缓这两种机制都可能导致Mg/Ca值、 $\delta^{13}\text{C}$ 同时增加,反映了Mg/Ca值与降水之间有一定的对应关系,有可能作为古降水的替代指标。

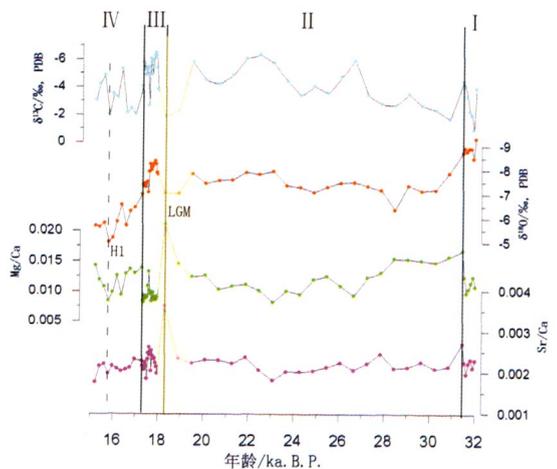


图3 石笋LT14的Mg/Ca、Sr/Ca比值与稳定同位素记录

Fig. 3 The ratios of Mg/Ca, Sr/Ca and stable isotopes records from LT14

3.2 Mg/Ca 比值及环境解释

重庆梁天湾洞地处典型的亚热带季风气候区,气

候变化的一般趋势为:当夏季风加强时,气候温湿,石笋中 $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^{13}\text{C}$ 值偏轻;当冬季风加强时,气候冷干,石笋中 $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^{13}\text{C}$ 值偏重^[29~31]。虽然也不排除各个不同时期有不同的水热组合模式,但至少石笋LT14记录的15~31.9ka. B. P.时段,该地区的 $\delta^{18}\text{O}$ 和 $\delta^{13}\text{C}$ 值变化大致相似,肯定了该地区该时段内这种“暖湿”、“冷干”的气候模式。根据Mg/Ca值变化的原理,在该气候模式下降雨量和温度对石笋的Mg/Ca值的影响是对立的,因此Mg/Ca值理论上应该是“暖湿”、“冷干”气候影响相互抵消之后的结果,其变化幅度减小。目前尚无法定量区分降雨量和温度对石笋的Mg/Ca值的影响。尽管如此,Mg/Ca比值仍可以反映环境的干湿变化。根据石笋LT14号的沉积特征所划分的四个沉积阶段来看^[14,15], I、II阶段气候湿润,而III、IV阶段气候干燥,除了I阶段以外,均与碳、氧同位素的气候指示意义有较好的对应。I阶段中,氧同位素偏轻,碳同位素偏重,认为该时段气候特征为暖干^[14]。按照本文的理解,气候相对温暖和干燥对Mg/Ca比值的影响是同向的,Mg/Ca比值理应大幅度增加,而实际上Mg/Ca值相对I阶段来说更偏小(图3),应该是反映多雨的环境条件。从 $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^{13}\text{C}$ 和Mg/Ca值各自所指示的气候意义来看,Mg/Ca值偏小与 $\delta^{18}\text{O}$ 值偏轻相符,两者可相互印证,因此该时段极有可能指示降水较多,至少相对I阶段而言是较为湿润的。

17.96~17.32 ka. B. P.是Mg/Ca值最低的时段,碳氧同位素同时偏轻,也是石笋生长速率最快、气候最为湿润的时段,与南京汤山葫芦洞石笋YT记录^[32]的18 ka. B. P.左右是末次盛冰期最为暖湿的时期接近。Mg/Ca比值的最大值出现在18.3 ka. B. P.左右(图3),相对应的碳氧同位素也同时偏重,尽管本阶段的生长速率很慢,导致其分辨率较低,但仍可以推测此时可能为末次盛冰期内气候最干燥的时期。然而,值得注意的是,从氧同位素的变化规律来看,17.96~17.32 ka. B. P.期间, $\delta^{18}\text{O}$ 值偏轻,却始终不及I阶段,也就是说17.96~17.32 ka. B. P.并不是该时段最为湿润的时期,而Mg/Ca值最大值出现在18.3 ka. B. P.左右, $\delta^{18}\text{O}$ 值也不是最为偏重的时段。简言之,这一万多年来Mg/Ca值所表现干湿波动与氧同位素同步,但变化幅度却有所差异。导致这一差异的原因分析还需从影响Mg/Ca值另一因素——温度着手。从表面上看,Mg/Ca值与碳、氧同位素有较好的

正对应关系,温度对Mg/Ca值变化幅度的抵消作用似乎并不明显。那么,是否Mg/Ca比值完全响应环境干湿的变化,而温度的影响真的可以忽略不计呢?前人研究认为石笋LT14记录的时段中还包括了3次Heinrich快速降温事件^[14],其中最为明显的是H1事件(15.8 ka. B. P.左右),碳氧同位素同时偏重,指示气候极为干冷,而Mg/Ca值却减小,此时Mg/Ca值极有可能是指示温度的降低。南京汤山葫芦洞YT石笋^[32]也记录了16.1~15.6kaB. P.为降温幅度最大时期,与北大西洋最后一个冰漂破碎事件(H1)相联系,与本文Mg/Ca比值显示的气候记录基本一致。因此,可以看出气温的骤降对Mg/Ca值的影响也可能抵消掉降水的作用,或者说当降水条件变化不大的情况下,Mg/Ca值也可能指示温度的大幅变化。同样,上述Mg/Ca极值与氧同位素的差异的原因,也完全可能是因为温度对Mg/Ca值变化幅度的干扰。

综上所述,我们认为重庆地区石笋记录中Mg/Ca比值对气候变化的响应是较为可靠的,尽管受到温度的干扰,但主要还是响应降水变化,然而要将之作为古气候重建的独立指标还存在一定的困难,还需与碳氧同位素结合起来分析。值得一提的是,正是这种三者相结合的对比如分析,使得我们更容易分辨类似H事件这种极端气候事件的存在。

4 讨论与小结

根据对Mg/Ca比值变化机理的研究,确定其在一定条件下是可以响应温度或降水的变化的,但可能在不同的时间或空间上有不一样的表现方式。石笋LT14记录的时段为15~31.9 ka. B. P.,总体来看该时段处于相对较冷的时期,没有类似冰期—间冰期那样大的温差变化,再加上Mg/Ca比值与碳氧同位素具有较好的正相关关系,因此,Mg/Ca比值可以反映降水条件的变化,其结果与根据碳氧同位素重建的古气候条件基本一致,说明Mg/Ca比值作为古气候的替代指标是可靠的。对于重庆特定的气候区域,夏季气温偏高,且多雨,冬季则偏冷少雨。这两种制约因素对石笋记录中Mg/Ca比值变化的影响是相互抵消的,从而使得Mg/Ca值的变化幅度减小。若温度和降水的变化对Mg/Ca值的影响程度相当,且方向相反,那么Mg/Ca比值则无法指示气候的变化。但从另一个角度来讲,正是Mg/Ca比值对重庆地区气候条件

的独特响应方式,再与碳氧同位素相结合,便可以更加明确地指示Mg/Ca值响应哪种气候要素的变化,即Mg/Ca值与碳氧同位素呈正相关,反映降水的变化;反之,则反映温度的变化。如果两者之间相关关系突然发生变化,如本文中Mg/Ca值与碳氧同位素呈较好的正相关关系,但在H1事件发生时变为反相关,则可以作为极端气候事件发生的信号。因此,鉴于Mg/Ca比值影响机制的复杂性,将Mg/Ca比值作为一个独立的气候替代指标还欠妥当,但只要与碳氧稳定同位素结合起来分析,相互验证,将能进一步提高古环境重建的准确性。

致 谢:国土资源部岩溶动力学重点实验室张美良研究员、林玉石老师参与了本文野外采样工作,并对论文的编写给予了很大的帮助,特以鸣谢。

参考文献

- [1] 张兆峰,影子成,贺剑峰,等.岩溶石笋的古环境研究进展[J].地质地球化学,2001,29(4):78-84.
- [2] 李彬,袁道先,林玉石,等.洞穴此生化学沉积物中Mg、Sr、Ca及其比值的环境指代意义[J].中国岩溶,2000,19(2):115-122.
- [3] Mark S. Robert, Peter L. Smart, Andy Baker. Annual trace element variations in a Holocene speleothem [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 1998, 154: 237-246.
- [4] Kathleen R. Johnson, Chaoyong Hu, Nick S. Belshaw, Gideon M. Henderson. Seasonal trace-element and stable-isotope variations in a Chinese speleothem; The potential for high-resolution paleomonsoon reconstruction [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2006, 244: 394-407.
- [5] 王新中,班凤梅,潘根兴,等.洞穴滴水地球化学的空间和时间变化及其控制因素——以北京石花洞为例[J].第四纪研究,2005,25(2):258-264.
- [6] Burton E A, Walter L M. The effects of Pco₂ and temperature on magnesium incorporation in calcite in sea water and MgCl₂-CaCl₂ solutions[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1991, 55(3): 777-785.
- [7] Morse J W, Bender M L. Partition coefficients in calcite; Examination of factors influencing the validity of experimental results and their application to natural systems[J]. *Chemical Geology*, 1990, 82: 265-277.
- [8] Gascoyne M. Trace-element partition coefficients in the calcite-water system and their paleoclimatic significance in cave studies [J]. *Journal of Hydrology*, 1983, 61(1~3): 213-222.
- [9] Geode A, Vogel J C. Trace element variation and dating of a Late Pleistocene Tasmanian speleothems[J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 1991, 88(1~2): 121-131.
- [10] Huang Y M, Fairchild I J, Borsato A et al. Seasonal variations in Sr, Mg and P in modern speleothems (Grotto di Ernesto, Italy) [J]. *Chemical Geology*, 2001, 175(3-4): 429-448.
- [11] Fairchild I J, Borsato A, Tooth A F et al. Controls on trace element (Sr-Mg) compositions of carbonate cave waters; Implications for speleothem climatic records [J]. *Chemical Geology*, 2000, 166(3-4): 255-269.
- [12] Atkinson T C. Growth mechanisms of speleothems in Castle guard Cave, Columbian Ice fields, Alberta Canada [J]. *Arctic Alpine Res.*, 1983, 15: 523-536.
- [13] Chou K, Garrels R M, Wollast R. Comparative study of the kinetics and mechanisms of dissolution of carbonate minerals [J]. *Chem. Geol.*, 1989, 78(3-4): 269-282.
- [14] 王健力,何潇,王昕亚,等.重庆金佛山的同位素年龄和古气候信息[J].中国岩溶,2005,24(4):265-269.
- [15] 王丽,王健力,何潇,等.重庆梁天湾14号石笋沉积特征与同位素年龄[J].西南师范大学学报(自然科学版),2005,30(5):939-943.
- [16] 何潇,王健力,李清,等.重庆地区石笋沉积速率与古气候意义初探[J].中国岩溶,2007,26(3):196-201.
- [17] 王健力,王丽,何潇,等.重庆地区末次冰期气候变化的石笋记录研究[J].地理科学,2006,26(5):580-585.
- [18] C. H. Hendy, The isotopic geochemistry of speleothems, Part 1. The calculation of the effects of different modes of formation on the isotopic composition of speleothems and their applicability as paleoclimatic indicators [J]. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1971, 35: 805-824.
- [19] R. F. Denniston, L. A. Gonzalez, Y. Asmerom, M. K. Reagan, H. Recelli-Snyder, Speleothem carbon isotopic records of Holocene environments in the Ozark Highlands [J]. *USA, Quat. Int.*, 2000, 67: 21-27.
- [20] J. A. Dorale, L. A. Gonzalez, M. K. Reagan, D. A. Pickett, M. T. Murrell, R. G. Baker, A high-resolution record of Holocene climate change in speleothem calcite from cold water cave [J]. *Northeast Iowa, Science*, 1992, 258: 1626-1630.
- [21] J. A. Dorale, R. L. Edwards, E. Ito, L. A. Gonzalez, Climate and vegetation history of the midcontinent from 75 to 25 ka; a speleothem record from Crevice Cave [J]. *Missouri, USA, Science*, 1998, 282: 1871-1874.
- [22] A. Baker, E. Ito, P. L. Smart, R. F. McEwan, Elevated and variable values of ¹³C in speleothems in a British cave system [J]. *Chem. Geol.*, 1997, 136(3-4): 263-270.
- [23] M. Dulinski, K. Rozanski, Formation of ¹³C, ¹²C isotope ratios in speleothems—a semidynamic model [J]. *Radiocarbon*, 1990, 32(1): 7-16.
- [24] C. Spotl, I. J. Fairchild, A. F. Tooth, Cave air control on dripwater geochemistry, Obir Caves (Austria); implications for speleothem deposition in dynamically ventilated caves [J]. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 2005, 69(10): 2451-2468.
- [25] S. Verheyden, E. Keppens, I. J. Fairchild, F. McDermott, D. Weis, Mg, Sr and Sr isotope geochemistry of a Belgian

- Holocene speleothem: implications for paleoclimate reconstructions[J]. *Chem. Geol.*, 2000, 169 (1-2): 131-144.
- [26] J. W. Morse, M. L. Bender, Partition coefficients in calcite: examination of factors influencing the validity of experimental results and their application to natural systems[J]. *Chem. Geol.*, 1990, 82: 265-277.
- [27] D. W. Lea, H. J. Spero, Assessing the reliability of paleochemical tracers - barium uptake in the shells of planktonic foraminifera[J]. *Paleoceanography*, 1994, 9 (3): 445-452.
- [28] J. Pingitore, E. Nicholas, M. P. Eastman, The experimental partitioning of Ba^{2+} into calcite[J]. *Chem. Geol.*, 1984, 45 (1-2): 113-120.
- [29] 覃嘉铭, 林玉石, 张美良, 等. 末次冰期东亚季风气候的变迁贵州都匀七星洞石笋的 $\delta^{18}O$ 记录[J]. *中国岩溶*, 2003, 22(3): 167-173.
- [30] 覃嘉铭, 袁道先, 林玉石, 等. 桂林 44kaB. P. 石笋同位素记录及其环境解译[J]. *地球学报*, 2000, 21(4): 407-416.
- [31] 蔡演军, 彭子成, 安芷生, 等. 贵州七星洞全新世石笋的氧同位素记录及其指示的季风气候变化[J]. *科学通报*, 2001, 16(3): 1398-1402.
- [32] 汪水进, 孔庆兴, 邵晓华. 末次盛冰期百年尺度气候变化的南京石笋记录[J]. *第四纪研究*, 2002, 22(3): 243-251.

Climatic significance of the Mg/Ca ratio from speleothems in Chongqing

LI Qing¹, WANG Jian-li¹, LI Hong-chun^{1,2}, YE Ming-yang¹,
WANG Yong¹, LI Ting-yong¹, HE Xiao¹

(1. *Institute of Geography Science, Southwest University, Chongqing, 400715, China;*
2. *Geochemistry and isotope Laboratory, Southwest University, Chongqing, 400715, China*)

Abstract: The TIMS-U series dating and the oxygen and carbon stable isotopes in the stalagmite LT14 collected from Liangtianwan cave in Chongqing have been precisely reported before, and the paleoclimatic change during 31.9~15.02 ka. B. P has also been reconstructed. On the basis, we choose the Mg/Ca ratio as a new proxy to discuss its paleoclimatic significance under the unique climate mode in Chongqing area for understanding the climatic change in detail. The results show that the Mg/Ca ratio is positively correlated with carbon stable isotopes ($R^2=0.60$), and it may be controlled by rainfall variation linked to prior calcite precipitation in the epikarst or on the cave ceiling or by a drip-rate mechanism. However, we should pay attention to the interruption of temperature change, such as H1 event. Most of the paleoclimatic reconstructions by using Mg/Ca ratio in this paper are the same as the previous research. Therefore, the change of Mg/Ca ratio appears to have respond to past rainfall, but still need to combine with oxygen and carbon stable isotopes, in order to validate with each other and improve precision degree for explaining paleoclimate.

Key words: paleoclimate; Mg/Ca ratio; trace elements; stalagmite; Chongqing