

文章编号: 1007-6301 (2001) 04-0384-07

洞穴化学沉积物的古气候 记录与古生态环境意义

刘启明, 王世杰, 欧阳自远

(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)

摘要: 洞穴化学沉积物由于其特有的微层结构及其内的稳定氧、碳同位素和微量元素所蕴含的古气候与古生态环境信息, 并且具有分布广、时间长、信息保存完整等特点, 因此, 它是研究地球环境变化极好的自然环境历史档案。几十年来, 国内外这一领域的研究工作有了长足的发展, 并已经取得了很大的成就, 本文分别从氧同位素对气候变化的反映、碳同位素应用于重建地表植被生态环境以及石笋微层和微量元素的高分辨率气候环境指示意义几个方面对此作了较为综合的论述, 同时, 对这一领域现今所存在的问题及未来的发展趋势, 也提出了一些自己的看法。

关键词: 洞穴化学沉积物; 稳定氧同位素; 稳定碳同位素; 石笋微层; 微量元素

中图分类号: P532 **文献标识码:** A

地球环境在西方工业革命以来的 200 多年间正经历着前所未有的急剧变化、动荡之中: 气候异常、温室效应、生态变迁、灾害频繁等等, 使得人类的生存环境受到极大威胁。为保护人类正常的生存环境及更好的预测未来环境的变化, 自 20 世纪 60 年代以来, 探索全球性气候变化规律和环境变迁史的研究工作在世界各国广泛开展。大规模的深海岩芯的研究、中国北方黄土的系统研究、大型湖泊沉积岩芯的研究及对树木年轮、珊瑚、冰芯等“自然环境历史档案”开展的研究工作, 都为重建古气候和古生态环境提供了大量的资料^[1]。

随着全球变化研究工作的逐渐开展, 国际岩溶学术界也开始将注意力从溶蚀过程转向沉积过程, 从宏观形态研究转向微观记录研究。自 1952 年 Moore^[2] 首先使用“speleothem”一词来描述洞穴化学沉积物, 人们逐渐认识到洞穴碳酸钙沉积层(石笋、钟乳石等)与黄土、树轮、珊瑚、冰芯一样也是重要的自然环境历史档案。其中石笋由于其沉积剖面完整、年轮(微层)明显和组分构造有序, 更能保存有系统的、连续的同位素、微量元素组成以及年龄信息, 从而成为综合研究几十万年以来气候与生态环境变化的理想载体。在国内外, 从洞穴化学沉积物中获取气候与生态环境信息的途径, 主要集中在稳定氧(碳)同位素、石笋微层、微量元素等指标, 下面就此作一一论述。

收稿日期: 2001-09; **修订日期:** 2001-11

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(49833002)、中科院知识创新工程项目(KZCX2-105)和环境地球化学国家重点实验室创新领域项目联合资助

作者简介: 刘启明(1973-), 男, 博士生。主要从事环境地球化学方面的研究工作。

E-mail: luqiming@fm365.com

1 稳定氧同位素

人们最早注意到当碳酸盐与母液间氧同位素分馏建立平衡后, 碳酸盐的氧同位素值直接对应于所处环境的温度值^[3,4]。洞穴内温度较为稳定, 约等于外界年均气温。根据这一规律, Hendy 和 Wilson^[5]与 Duplessey 等^[6]分别在新西兰和法国率先利用石笋的 $\delta^{18}\text{O}$ 研究古气候, 并取得了具有开创性的成果。而后, Hendy^[7] (1971) 对利用氧同位素重建古气候的方法作了系统论述, 近十年来, 由于测年技术与同位素分析技术的发展^[8~10], 使得该领域的研究已取得了很大的成就^[11~17]。但必须看到, 利用洞穴化学沉积物的氧同位素与环境温度之间的关系式, 见公式 (1)^[1]计温的关键步骤是 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 值的获取。

$$\delta^{18}\text{O}_{\text{CaCO}_3} - \delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}} = 2.78 \cdot 10^6/T_2 - 2.89 \quad (1)$$

式中: $\delta^{18}\text{O}_{\text{CaCO}_3}$ 为碳酸盐沉积物的 $\delta^{18}\text{O}$ 值 (PDB), $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 为洞穴滴水的 $\delta^{18}\text{O}$ 值 (PDB), T 即为所处环境温度值 ($^{\circ}\text{C}$)。

有的学者采用石笋内水包裹体的 δD 值, 再根据当地雨水线公式换算成 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 值^[18,19], 一方面由于水包裹体在石笋中分布不连续, 数量较少以及分析精度限制, 很难得到高分辨率的温标; 另外, 用现代雨水线来反推过去大气降水 $\delta^{18}\text{O}$ 和 δD 的关系, 显然又忽略了不同历史年代的气候因素和地理环境对大气降水 $\delta^{18}\text{O}$ 和 δD 值的影响; 还有的学者直接采用洞穴体系内水体 $\delta^{18}\text{O}$ 的平均值替代不同时期大气降水的 $\delta^{18}\text{O}$ 值^[17,20], 由于系统误差的存在, 这又使得计算结果中 10^{-1} 数量级的温度值 ($^{\circ}\text{C}$) 没有实际意义, 对于短尺度气候记录研究贡献不大。因此, 利用洞穴化学沉积物的氧同位素计温, 现在的研究更倾向于只提供长时间尺度的温度变化幅度, 作较为定性的气候描述。

2 稳定碳同位素

相对而言, 碳同位素所受重视程度较低^[21], 一方面是因为碳同位素较氧同位素影响因素多, 在洞穴体系内分馏平衡机制更为复杂, 并且以往人们也认为 $\delta^{18}\text{O}$ 记录与气候因子 (温度等) 的变化直接相关, 而 $\delta^{13}\text{C}$ 记录与气候变化不具相关性。随着土壤和洞穴碳酸盐稳定同位素研究的发展及观测资料的积累, 人们的观点有了转变, 在利用洞穴化学沉积物的 $\delta^{18}\text{O}$ 研究古气候的同时, 也试图寻找 $\delta^{13}\text{C}$ 所表征的古气候信息, 但在 20 世纪 90 年代以前, 令人信服的解释仍不多。直至 1994 年 Coplen 等^[22] 在美国内华达州通过分析 Devils Hole 的洞穴化学沉积物的 $\delta^{18}\text{O}$ 和 $\delta^{13}\text{C}$, 成功地重建了本地区 50 万年以来的古气候和古植被变化。

根据前人的研究^[7,22,23], 影响洞穴化学沉积物 $\delta^{13}\text{C}$ 值的因素包括以下几类: ① 土壤 CO_2 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值的变化; ② 大气 CO_2 浓度的变化; ③ 大气 CO_2 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值的变化; ④ 地表植被密度的变化; ⑤ 土壤溶液溶解碳酸盐能力的变化; ⑥ 含 CO_2 溶液在溶解 CaCO_3 时体系封闭条件的变化; ⑦ 含饱和 CaCO_3 的渗出水在洞穴中沉淀 CaCO_3 的速度及其受物理化学条件影响的变化。其中, 土壤 $\delta^{13}\text{C}$ 值的变化最为重要, 它与在溶液进入石灰岩围岩之前的各个过程和物理化学条件, 诸如: 溶液 pH 值、温度、 C_3/C_4 植物比值、大气 CO_2 浓度、大气 CO_2 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值、植被密度、有机质分解程度、微生物和细菌活动强度等, 均有关系。

由于洞穴化学沉积物的 $\delta^{13}\text{C}$ 直接响应于碳酸盐岩岩层上覆土壤中 CO_2 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值, 因此与古气候变化比较, 近期学者的工作更侧重于利用洞穴化学沉积物的 $\delta^{13}\text{C}$ 值示踪古生态环境的变迁及所反映的现代生态环境状况^[24-26]。

3 石笋微层

石笋微层 (microbanding) 或年层 (annual banding) 是通过洞穴碳酸盐沉积学和年代学的研究, 逐步为人们所认识。最早于 1960 年被 Brecker 发现^[27]。20 世纪 80 年代以来, 随着各类洞穴化学沉积物微生长层的发现, 利用洞穴碳酸盐微沉积旋回进行高分辨率的气候与环境变化研究已成为全球变化研究领域的一个热点。石笋微层厚度 $10^{-1} \sim 10^{-2}\text{mm}$ 不等, 通常具有双重光性, 即“透光微层 (Transparent microbanding)”与“发光微层 (Luminescent microbanding)”。在透射光条件下由于沉积界面阻光而见到的微层叫“透光微层”, 是由较纯净的碳酸钙结晶构成^[28]; 发光微层是由于在荧光照射下沉积界面受激发光而得名, 曾有学者推断导致石笋发光的是石笋内所含的有机质^[29, 30], Shopov^[31]及 White 和 Brennan^[32]通过实验予以证实。石笋微层中的有机质既有由滴水所携带的外界有机质如花粉、腐殖酸等, 又有原地生长的藻类或微生物等, 蕴含丰富的气候与生态环境信息。石笋发光微层与透光微层的相对厚度也反映了直接响应于外界气候变化的洞穴水文地质循环状况^[33]。石笋微层作为“自然时钟”最大的优势是其具有明显的年生长特性, 一个微层旋回即为一个年生长层^[12]。因此, 通过精确的定年, 石笋微层在高分辨率记录短尺度气候—环境变化中具有广阔的应用前景。

在石笋微层研究中, 对石笋的各个层位进行精确的定年是一个难点。尽管在一定条件下生成的微层韵律代表年层的观点已被广泛认同, 但与树木年轮一样, 石笋微层中同样存在“伪年层”和“缺失年层”, 由于石笋的 ^{14}C 测年受老碳的影响, 误差较大, 现在通常采用高精度的热电离质谱 (TIMS) 铀系测年, 但分辨率也无法达到以年为单位。谭明等^[34]曾提出“交叉定年”方法, 即对于同一洞穴中平行生长的不同石笋样品, 在同一时段内应能读出相似的气候振动信息, 从而可根据层厚变化的相同趋势建立不同样品的共同时间序列, 并能从中找出某些样品中的“伪年层”或“缺失年层”, 进而建立精确的石笋年表。这一方法仍正在探索之中。现阶段, 高分辨率短尺度的洞穴化学沉积物气候记录与生态环境意义的研究要有所突破, 石笋微层年代学的发展已成为一个极为重要的关键所在。

4 微量元素

利用洞穴化学沉积物中的微量元素重建古气候与古生态环境的研究工作近二十年来才有所开展^[35, 36]。洞穴化学沉积物中的微量元素主要来自洞穴上部的土壤及岩溶水对母岩的溶解和淋滤。从地球化学角度考虑, 洞穴化学沉积物中的微量元素一方面取决于土壤及母岩中的原始物质, 另一方面又取决于地表环境 (温度、pH、Eh、有机酸等) 对微量元素迁移的影响, 同时与洞穴的水文地质状况及微量元素在母液和固相间的分配系数也有关。因此, 在一定条件下, 通过分析洞穴化学沉积物中微量元素的组成, 能反映一定的气候与生态环境状况, 如温度、降雨、植被等。早期的工作是从某些微量元素在溶液中的分配系数

受温度变化的影响入手, Gascoyne^[35]通过模拟实验研究表明, 在水溶液与方解石之间, Mg 的分配系数 (D) 在 5~90°C 范围内与温度成正比 ($D=0.017(7^\circ\text{C})$, $D=0.045(23^\circ\text{C})$), 而 Sr 的分配系数与温度无相关性, 因此提出以 Sr 为参照, 利用洞穴化学沉积物中的 Mg/Sr 比值来指示不同历史时期温度的变化。此外, 根据白云石 (dolomite) 与方解石 (calcite) 在溶液中溶解的不相容性及溶解速率的不同^[37,38], 利用洞穴化学沉积物中 Mg/Ca 比值也可以反映大气降水量等气候信息^[35,40]。由于 Ba^{2+} 的离子交换选择性强, 使得 Ba 在土壤中的活性很小^[41], 地表的植被类型与生长状况影响着土壤有机酸的成分与含量, 而土壤有机酸的变化是影响土壤中 Ba 活性的主要因素, 因此, 最近有学者利用洞穴化学沉积物中的 Ba 来重建古地表植被生态环境状况^[40,42]。

尽管在一定条件下, 利用 Mg、Ca、Sr、Ba 等指标能获得古气候与古生态环境信息, 但必须看到, 由于此项研究方向开展时间不长, 大多数工作仍为探索性的, 只处在对机理的研究阶段, 对各个微量元素的地球化学学习性缺乏充分的了解, Roberts 等^[43]的研究表明, 洞穴体系中, 微量元素在水-岩间分配系数的影响因素尚有许多未被认知, 即使是同一洞穴的不同石笋样品间微量元素的差异也很大。所以, 在微量元素的应用中要注意与其它较为成熟的指标 (如氧、碳同位素) 作对比, 从已知的结论中推导出未知的规律。

5 其它指标的应用

在应用洞穴化学沉积物研究古气候与古生态环境的变化中, 除较多采用上述指标外, 其它的一些指标也有所报道, 如: 石笋包裹体内的流体物质^[43,44]; 花粉、碳黑等有机颗粒^[45,46]; 火山碎屑、石英等矿物颗粒^[47]。但由于这几类物质在洞穴化学沉积物中的存在受特定环境的限制, 且无连续性, 因此与 $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^{13}\text{C}$ 、微层理、微量元素比较, 一般仅作为辅助性指标来提供较短时间尺度内的气候与生态环境记录参考。

6 存在的问题与进一步研究的方向

总体而言, 洞穴化学沉积物在气候与生态环境研究领域具有其独到的优势和应用前景, 并已取得不少有价值的研究成果。但同时也应看到目前所存在的问题与局限性。

(1) 现在的工作在古气候研究上取得了长足的进步, 但对洞穴化学沉积物所表征的古生态环境意义的了解显得相对薄弱, 从机理上缺乏深入的研究。

(2) 由于洞穴体系 (包括洞穴、土壤、岩层、水体) 的复杂性、多元性, 使得单一指标的应用较为危险, 已有的结论多是在各表征指标孤立的应用中得出, 缺乏综合的、系统的工作。

(3) 石笋微层生长的复杂性、伪年层的存在及石笋微层的地域性强的特点使得石笋微层计时甚难确定, 需要寻求其它较好的、与高分辨率的 TIMS-U 系定年相结合的定年途径。

对所存在的问题改进与发展的同时, 今后也应注意加强以下几方面的工作:

(1) 横向比较不同生态环境下形成的洞穴化学沉积物的地球化学特征, 寻找新的、更多的能灵敏地反映生态环境特征的地球化学指标;

(2) 更加深入的揭示现在正在进行的洞穴碳酸盐沉积过程, 即观测现在环境下洞穴化

学沉积物的沉积过程及其对环境的响应,以期通过实测资料的积累,系统地论证长时间尺度的洞穴化学沉积物各项指标与古气候记录、古生态环境的变迁的直接或间接的联系;

(3)对洞穴化学沉积物形成的必备因素——洞穴滴水的地球化学形成过程,及洞穴滴水形成洞穴化学沉积物过程中的物质(元素)再分配过程还需要做大量的模拟实验和现场观测。

参考文献:

- [1] 温孝胜, 彭子成, 赵焕庭. 中国全新世气候演变研究的进展[J]. 地球科学进展, 1999, 14(3): 292-298.
- [2] Moore G W. Speleothem; A new cave term[J]. *Nat. Speleol. Soc. News*, 1952, 10(6): 2.
- [3] Epstein S, Buchsbaum R, Lowenstam H A et al. Revised carbonate—water isotopic temperature scale[J]. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 1953, 64: 1315-1326.
- [4] O'Neil J R, Clayton R N, Mayeda T K. Oxygen isotope fractionation in divalent metal carbonates[J]. *J. Chem. Phys.*, 1969, 51: 5547-5558.
- [5] Hendy C H, Wilson A T. Paleoclimate data from speleothem[J]. *Nature*, 1968, 219: 45-51.
- [6] Duplessey J C, Labeyrie J, Lalou C et al. Continental climatic variations between 130 000 and 90 000 years BP[J]. *Nature*, 1970, 226: 631-633.
- [7] Hendy C H. The isotopic geochemistry of speleothems (Part I). The calculation of the effects of different model of formation on the isotopic composition of speleothems and their applicability as paleoclimate indicators[J]. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 1971, 35: 801-824.
- [8] Li W X, Lundberg J, Dickin A P et al. High precision mass-spectrometric uranium-series dating of cave deposits and implications for paleoclimate studies[J]. *Nature*, 1989, 339: 534-536.
- [9] Ludwig K P, Simmon K P, Szabo et al. Mass-spectrometric ^{230}Th - ^{234}U - ^{238}U dating of the Devils Hole calcite vein[J]. *Science*, 1992, 258: 284-287.
- [10] 彭子成, 王兆荣, 孙卫东等. 高精度热电离质谱(TIMS)铀系法对第四纪标样年龄测定的研究[J]. 科学通报, 1997, 42(19): 2090-2093.
- [11] Gascoyne M. Paleoclimate determination from cave calcite deposits[J]. *Quaternary Science Review*, 1992, 11: 609-632.
- [12] Baker A, Smart P L, Edwards R L et al. Annual growth banding in a cave stalagmite[J]. *Nature*, 1993, 364: 518-520.
- [13] Bar-matthews M, Ayalon A. Late Quaternary paleoclimate in the Eastern Mediterranean Region from Botswana [J]. *Quaternary Research*, 1997, 47: 155-168.
- [14] 谭明, 刘东生, 钟华等. 季风条件下全新世洞穴碳酸盐稳定同位素气候信息初步研究[J]. 科学通报, 1997, 42(12): 1302-1306.
- [15] 李红春, 顾德隆, Lowell D Stott等. 高分辨率洞穴石笋稳定同位素应用之一——京津地区5 000 a 来的气候变化— $\delta^{18}\text{O}$ 记录[J]. 中国科学(D), 1998, 28(2): 181-186.
- [16] McBride M B. *Environmental Chemistry of Soils*[M]. Oxford University Press, New York, 1994. 406.
- [17] 李彬, 袁道先, 林玉石等. 桂林地区降水、洞穴滴水及现代洞穴碳酸盐氧碳同位素研究及其环境意义[J]. 中国科学(D), 2000, 30(1): 81-87.
- [18] Schwarcz H P, Harmon R S, Thompson P et al. Stable isotope studies of fluid inclusions in speleothems and their paleoclimatic significance[J]. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 1976, 40: 657-665.
- [19] 黄俊华. 湖北崇阳狮泉洞第四纪石笋的碳氧同位素特征及古气候研究[J]. 中国岩溶, 1992, 11(3): 245-249.
- [20] 洪阿实, 彭子成, 李平. 洞穴石笋古温度研究的同位素地球化学方法[J]. 地球科学进展, 1995, 10(4): 348-352.
- [21] Baskaran M, Krishnamurthy R V. Speleothems as Proxy for the Carbon-Isotope Composition of Atmospheric CO_2 [J]. *Geophysical Research Letters*, 1993, 20(24): 2905-2908.
- [22] Copley T B, Winograd I J, Landwehr J M et al. 500 000 years stable carbon isotopic record from Devils Hole,

- Nevada[J]. *Nature*, 1994, **263**: 361-365.
- [23] Repinski P, Holmgren K, Lauritzen S E et al. A Late Holocene Climate Record from a Stalagmite, Cold-Air Cave, Northern Province, South-Africa[J]. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 1999, **150**: 269-277.
- [24] 李彬. 洞穴化学沉积物中 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{18}\text{O}$ 对环境变迁的示踪意义[J]. *中国岩溶*, 1994, **13**: 17-24.
- [25] Andrews J E, Riding R, Dennis P F. The Stable-Isotope Record of Environmental and Climatic Signals in Modern Terrestrial Microbial Carbonates from Europe[J]. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 1997, **129**: 171-189.
- [26] 覃嘉铭, 林玉石, 张美良等. 桂林全新世石笋高分辨率 $\delta^{13}\text{C}$ 记录及其古生态意义[J]. *第四纪研究*, 2000, **20** (4): 351-358.
- [27] Brecker W S. Radiocarbon measurement and annual rings in cave formations[J]. *Nature*, 1960, **185**: 93-94.
- [28] 刘东生, 谭明, 秦小光等. 洞穴碳酸盐微层理在中国的首次发现及其对全球变化研究的意义[J]. *第四纪研究*, 1997, **17**(1): 41-51.
- [29] Gilson J R, Macarthy E. Luminescence of speleothems from Devon U. K. : The presence of organic activators[J]. *Ashford Speleological Society Journal*, 1954, **6**: 8-11.
- [30] Gascoyne M. Trace elements in calcite; The only cause of speleothem color? [J]. *National Speleological Society Bulletin*, 1978, **40**: 90.
- [31] Shopov Y Y. Laser luminescent microzonal analysis; A new method for investigation of the alterations of climate and solar activity during the Quaternary[A]. In: Kiknadze T eds. Problems of Karst Study in Mountainous Countries[C]. Tbilisi: Georgia, Metswereba, 1987. 228-232.
- [32] White W B, Brennan E S. Luminescence of speleothems due to fulvic acid and other activators[A]. Proceedings[C]. International Speleology Congress, 10th, 1989. **1**: 213-214.
- [33] Genty D, Quinif Y. Annually laminated sequences in the internal structure of some Belgian stalagmites—importance for palaeoclimatology[J]. *J. Sediment. Res.*, 1996, **66**: 275-288.
- [34] 谭明, 秦小光, 沈凛梅等. 中国洞穴碳酸盐双重光性显微旋回及其意义[J]. *科学通报*, 1999, **44**(6): 646-648.
- [35] Gascoyne M. Trace-element partition coefficients in the calcite-water system and their paleoclimatic significance in cave studies[J]. *Journal of Hydrology*, 1983, **61**: 213-222.
- [36] Goede A, Vogel J C. Trace element variation and dating of a Late Pleistocene Tasmanian speleothem[J]. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 1991, **88**: 121-131.
- [37] Atkinson T C. Growth mechanisms of speleothems in Castleguard Cave, Columbian Icefields, Alberta Canada[J]. *Arctic Alpine Res.*, 1983, **15**: 523-536.
- [38] Chou K, Garrels R M, Wollast R. Comparative study of the kinetics and mechanisms of dissolution of carbonate minerals[J]. *Chem. Geol.*, 1989: 269-282.
- [39] Roberts M S, Smart P L, Baker A. Annual Trace-Element Variations in a Holocene Speleothem[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 1998, **154**: 237-246.
- [40] 李彬, 袁道先, 林玉石等. 洞穴次生化学沉积物中 Mg、Sr、Ca、及其比值的环境指代意义[J]. *中国岩溶*, 2000, **19**(2): 115-122.
- [41] McBride M B. Environmental chemistry of soils[M]. Oxford University Press, New York, 1994. 406.
- [42] Hellstrom J C, McCulloch M T. Multi-Proxy Constraints on the Climatic Significance of Trace-Element Records from a New-Zealand Speleothem[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2000, **179**: 287-297.
- [43] Schwarcz H P, Harmon R S, Thompson P et al. Stable isotope studies of fluid inclusions in speleothems and their paleoclimatic significance[J]. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 1976, **40**: 657-665.
- [44] Yonge C J. Fluid inclusions in speleothems as paleoclimate indicators[A]. Proceedings[C]. International Speleology Congress, 8th, Bowling Green, 1981. **1**: 301-303.
- [45] Brook G A, Burney L A, Cowart J B. Desert palaeoenvironmental data from cave speleothem with example from Chihuahua, Somali-Chalbi and Kalahari deserts[J]. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 1990,

76: 311-329.

- [46] Perrette Y, Genty D, Destombes J I. Characterisation of speleothem crystalline fabric by spectroscopic and digital image processing methods (Choranche Vercors, France) [A]. Proceedings [C]. International Speleology Congress, 12th, La Chaux-de-Fonds, 1997. 1: 257-260.
- [47] Lauritzen S E, Lovely R, Moe D et al. Paleoclimate deduced from a multidisciplinary study of a half-million-year-old stalagmite from Rana, Northern Norway [J]. *Quaternary Research*, 1990, 34: 306-316.

The Paleoclimatic Records and Paleoecological-Paleoenvironmental Meanings of Speleothems

LIU Qi-ming, WANG Shi-jie, OUYANG Zi-yuan

(State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry,
CAS, Guiyang 550002, China)

Abstract: It's one of the important task to reconstruct Paleoclimatic and Paleoecological-Paleoenvironmental changes of global change. Based on the microbanding structure, stable oxygen carbon isotope and trace elements, like other natural materials (loess, ice-core, tree rings, sea deposits), Speleothems are important repositories of Paleoclimatic and Paleoecological-Paleoenvironmental data. In recent decades, the study of the paleoclimatic records and paleoecological-paleoenvironmental meanings of speleothems achieved appreciable progress. The stable oxygen isotopic sequences of speleothems can give information about precipitation and temperature. The history of changing vegetation can be traced by the stable carbon isotopic sequences of speleothems. And much high resolution climatic-environment information, such as precipitation, temperature, soil and vegetation, is involved in microbanding type and trace elements character of stalagmite. This paper is intended to review and synthesize the recent advances. It also points out the existing problems and forecasts the developing trends toward.

Key words: speleothems; stable oxygen isotope; stable carbon isotope; microbanding of stalagmite; trace elements