

全球变化研究中的洞穴化学沉积物

刘启明^{1,2}, 王世杰¹, 欧阳自远¹

(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, 贵州 贵阳 550002;

2. 中国科学院 研究生院, 北京 100061)

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。随着全球变化研究工作的逐渐深入,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。人们逐渐认识到洞穴化学沉积物(石笋、石钟乳、流石等)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。

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。在早期的工作中,石笋氧同位素计温在全球变化研究中作出了一定的贡献。但是,计温的关键步骤中,不同时代洞穴滴水 $\delta^{18}\text{O}$ 值的差异性的存在,使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。

相对而言,在很长一段时间碳同位素所受重视程度较低,主要是因为石笋中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。20 世纪 90 年代后,通过对机理的不断深入了解,研究碳同位素的工作有了飞速发展。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,更侧重于利用洞穴化学沉积物的 $\delta^{13}\text{C}$ 值示踪生态环境的变迁。

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。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。

目前,通过石笋中的 Mg, Ca, Sr, Ba 和 P 等元素已能获得地表气候与生态环境的相关信息。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,在应用中多与其它较为成熟的指标作对比,从已知的结论中推导出未知的规律。

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,利用洞穴化学沉积物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、灰度及荧光特性蕴含丰富的气候环境信息。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。通过进一步发展石笋年代学,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。

必须看到在当前研究中普遍存在的问题:(1)受测年精度限制,分辨率普遍较低,作长时间尺度的研究工作占大部分。(2)许多工作仅仅停留在就事论事阶段,从气(大气、土壤气、洞穴气)、水(大气降水,土壤水、洞穴滴水)、石(围岩、沉积碳酸盐)多角度、系统开展研究的不多。(3)相对于全球变化中的其它领域,本项工作的理论依据和机理尚处于探索阶段,研究方法和手段也不成熟,认可度不高,多为辅助性的定性描述。这些问题既是目前客观存在的不足,同时也给我们工作的开展,无论是在广度和深度上都预留了很大的空间。进一步的工作需要更加深入的揭示现在正在进行的洞穴碳酸盐沉积过程,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,系统地论证洞穴化学沉积物各项指标与气候记录、生态环境的变迁的直接或间接的联系。