

## 专题16: 关键带生物地球化学过程与物质迁移

洞穴滴水无机碳稳定同位素的  
洞穴通风效应及其古气候意义吕伊娜<sup>1,2</sup>, 罗维均<sup>1,3\*</sup>, 王彦伟<sup>1,2</sup>, 曾广能<sup>4</sup>, 王阳<sup>1</sup>

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 550081; 2. 中国科学院大学, 北京 10049; 3. 中国科学院 普定喀斯特生态系统观测研究站, 贵州普定 562100; 4. 贵州民族大学 化学与生态环境工程学院, 贵阳 550025

洞穴石笋稳定碳同位素( $\delta^{13}\text{C}$ )通常用来反映植被变化和土壤过程, 但是在通风效应明显的洞穴, 其石笋 $\delta^{13}\text{C}$ 反映的是气候变化。一些研究已经表明在冬季洞穴空气与大气交换频繁的洞穴中, 由于洞穴中的  $P_{\text{CO}_2}$  在冬季偏低, 这导致滴水脱气和方解石沉淀在冬季偏多, 使得这类洞穴的石笋 $\delta^{13}\text{C}$  记录了冬季空气循环的气候。然而, 在其他的通风模式的洞穴中, 其石笋 $\delta^{13}\text{C}$  所记录的气候又是怎样的呢?

基于此, 我们对中国科学院普定喀斯特生态系统观测研究站内的洞穴(沙湾洞)进行了自动连续监测及采样分析。在此研究中, 我们主要分析两个完整水文年的数据, 包括滴水的水化学( $\text{PCO}_2$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}/\text{Ca}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{pH}$ 、滴率、方解石饱和指数和电导率等), 滴水无机碳稳定同位素( $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$ ), 大气、土壤空气, 洞穴空气的  $\text{PCO}_2$  和其他微环境指标。同时我们还对比了与沙湾洞处于相似气候带的 15 个洞穴的石笋 $\delta^{13}\text{C}$ 。得出了以下主要结论:

(1)沙湾洞的通风模式为在夏季洞穴空气与大气交换频繁, 在冬季洞穴空气与大气交换较少(该结论已发表)。据此, 按洞穴空气  $\text{CO}_2$  浓度高低, 我们将洞穴的通风模式分为三种: 将夏季洞穴空气与大气交换频繁的洞穴定义为夏季高  $\text{CO}_2$  通风洞穴; 将冬季洞穴空气与大气交换频繁的洞穴定义为冬季高  $\text{CO}_2$  通风洞穴; 将全年洞穴空气与大气交换较少的洞穴定义为全年低通风较少洞穴。

(2)由于沙湾洞滴水水化学和 $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$  是被洞穴空气通风控制的, 在夏季洞穴空气与大气频繁交换, 这使得滴水脱气在夏季偏多, 这就会导致滴水中轻的  $\text{CO}_2$  同位素跑出, 重的同位素保留在滴水中, 最后滴水 $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$  表现为夏季偏重冬季偏轻。同时在夏季方解石饱和指数和  $\text{pH}$  偏高,  $\text{HCO}_3^-$  浓度和电导率偏低, 最终会导致石笋在夏季生长较快。这就会导致沙湾洞的石笋 $\delta^{13}\text{C}$  反映的夏季空气循环的气候。

(3)夏季高  $\text{CO}_2$  通风洞穴, 冬季高  $\text{CO}_2$  通风洞穴和全年低通风较少洞穴分别记录了夏季空气循环的气候, 冬季空气循环的气候和全年空气循环的气候。因此在选择通风类洞穴的石笋进行某区域的古气候重建时, 应同时选择某一区域的夏季高  $\text{CO}_2$  通风洞穴和冬季高  $\text{CO}_2$  通风洞穴进行古气候重建。

基金项目: 国家自然科学基金(批准号: 41673121)

第一作者简介: 吕伊娜(1991-), 女, 博士研究生, 研究方向: 环境地球化学研究. E-mail: lvyina@mail.gyig.ac.cn

\*通信作者简介: 罗维均(1978-), 男, 研究院, 研究方向: 环境地球化学(喀斯特地气交换). E-mail: luoweijun@vip.gyig.ac.cn