# 桂林茅茅头大岩现代碳酸盐沉积物 210Pb 分布特征

唐伟 <sup>1)</sup>, 殷建军 <sup>1,2,3)</sup>, 杨会 <sup>1)</sup>, 王华 <sup>1)</sup>, 涂林玲 <sup>1)</sup>, 应启和 <sup>1)</sup> 1) 中国地质科学院岩溶地质研究所,广西桂林,541004; 2) 国土资源部/广西岩溶动力学重点实验室,广西桂林,541004; 3) 国际岩溶研究中心,广西桂林,541004

<sup>210</sup>Pb 技术已经广泛应用到冰芯(Kehrwald et al., 2008)、海洋(Sternberg et al., 1979)和湖泊沉积物(Wu Yanhong et al., 2010)、以及洞穴沉积物(Baskaran et al., 1993)定年研究中。不同于其他地质载体,洞穴沉积物接受的外界 <sup>210</sup>Pb 输入,却隔着洞穴顶板、岩溶含水层、土壤和植被等,在这个特殊的背景下,洞穴沉积物中 <sup>210</sup>Pb 将表现出什么特征?现有的定年模型是否适用?本研究选择桂林茅茅头大岩,通过对洞穴现代碳酸盐沉积物的分布特征,试图对上述问题进行探讨。

## 1 洞穴沉积物 <sup>210</sup>Pb 沉积原理

由于洞穴沉积物(本研究主要讨论石笋)沉积主要是在滴水的作用下形成的,沉积物中 <sup>210</sup>Pb 主要有两个来源:洞穴外部由滴水带入,洞穴内部空气中氡衰变进入沉积中的石笋微层。洞穴一般为比较封闭的环境,洞穴内部空气产生的那一部分相对比较稳定,且洞穴不是直接接受洞外大气补给,受到含水层的调蓄,所以,石笋单位时间内沉积的 <sup>210</sup>Pb 总放射性活度通量相对保持不变,根据 CRS 定年原理(Appleby et al., 1978):

$$A_{ex}(h) = \int \rho(h) \cdot c_{ex}(h) \cdot dh$$

其中  $A_{ex}(0)$  为表层 $^h(h=0)$  及以下过剩  $^{210}$ Pb 的总放射性比活度通量; $A_{ex}(h)$  为 h 层及以下过剩  $^{210}$ Pb 的总放射性比活度通量; $\rho(h)$  为 h 层沉积物的密度。 $A_{ex}(h)$  的变化受到沉积物的密度、沉积速率以及沉积初始过剩  $^{210}$ Pb 放射性比活度的控制。

在封闭洞穴,不考虑沉积物密度(即有无碎屑物质带入和孔隙度变化)情况下,沉积速率与单位时间内的<sup>210</sup>Pb 放射性通量成正比。

而在开放洞穴, 由于空气交换, 洞穴内氡衰变

产生的 <sup>210</sup>Pb 将被洞外空气稀释而浓度降低。因此 开放洞穴的 <sup>210</sup>Pb 变化将更加复杂。

2 茅茅头大岩现代碳酸盐沉积物<sup>210</sup>Pb 变化特征

#### 2.1 现代碳酸盐沉积物 210Pb 季节变化特征

通过在洞穴内不同位置滴水点放置表面皿接取现代沉积物,采集不同季节样品,并测定 <sup>210</sup>Pb 沉积特征。通过测试分析,发现现代沉积物 <sup>210</sup>Pb 放射性比活度夏季最大,最大值达到 25.54±1.74 dpm/g,冬季最低,最低值为 1.46±0.11 dpm/g,<sup>210</sup>Pb 放射性比活度最大值为最小值的 17.5 倍。而对现代沉积物季节沉积量进行计算,发现沉积量在夏季最小,最小值为 0.26 g。对沉积量与沉积物 <sup>210</sup>Pb 放射性比活度进行相关分析,发现两者呈现负相关关系(图 1)。证明了现代沉积物 <sup>210</sup>Pb 与沉积速率的相互关系。

#### 2.2 现代碳酸盐沉积物 <sup>210</sup>Pb 空间分布特征

茅茅头大岩内部监测点 1-2#现代沉积物均跨季节采集,采集的两个样品分别为秋冬两季和春夏两季,通过对现代沉积物采集和 <sup>210</sup>Pb 分析测试,得出 1-2#两个样品的 <sup>210</sup>Pb 放射性比活度分别为9.22±0.28 dpm/g 和 8.96±0.28 dpm/g。而洞口附近10#点由于接近洞口(距洞口约 20m),通过三次采集(分别为两次冬季,一次秋季)和分析测试,发现 10#点 <sup>210</sup>Pb 放射性比活度变化范围为 0.70±0.06 dpm/g ~ 2.71±0.15 dpm/g,考虑到与洞穴内部监测点 1-2#点沉积速率的差别,10#的 <sup>210</sup>Pb 放射性比活度的最大值 5.76 dpm/g,相对于内部监测点 1-2#,相差仍大于 3.0 dpm/g。因此洞穴封闭程度的差异导致现代沉积物 <sup>210</sup>Pb 分布出现较大差别。而这关键

注:本文为中国地质科学院岩溶地质研究所基本科研业务费项目(编号:201319)资助的成果。

收稿日期: 2015-09-28; 改回日期: 2015-09-28; 责任编辑: 刘恋。

作者简介: 唐伟, 女, 1985年生, 硕士, 助理研究员, 第四纪地质专业。Email: tw2012@karst.ac.cn。

在于洞穴内氡气(半衰期约 3.82 天)产生之后很大一部分在与外界空气交换中流失,并没有进入到现代沉积物中。

而另一方面,岩溶含水层对大气降水的调蓄也将对现代沉积物 <sup>210</sup>Pb 放射性比活度产生一定影响,如 <sup>210</sup>Pb 的半衰期为 22.3 年,若滴水点的滴水滞留时间过长,滴水中 <sup>210</sup>Pb 放射性比活度将明显减小。虽然本研究并未对茅茅头大岩滴水点进行滞留时间的研究,但是通过比较相邻监测点现代沉积物 <sup>210</sup>Pb 放射性比活度的差异也可以发现端倪。1-4#监测点与 1-2#同为内部监测点,且两个监测点相距在 1m 直径以内。而同时段采集的现代沉积物 <sup>210</sup>Pb 放射性比活度在分别为 4.64±0.15 dpm/g 和 5.88±0.20 dpm/g。而两个点的沉积量差别并不大,因此滴水的滞留时间一定程度上导致了现代沉积物 <sup>210</sup>Pb 放射性比活度的差别。

### 3 结论

通过对茅茅头大岩滴水点现代沉积物进行监测和 <sup>210</sup>Pb 放射性比活度测试分析,发现在封闭条件和滴水快速补给情况下,<sup>210</sup>Pb 放射性比活度与沉积速率成反比。即沉积速率越大,<sup>210</sup>Pb 放射性比活度越小,反之亦然。而开放洞穴由于洞穴空气与外界空气交换,使得洞穴内部氡气流失,沉积到现代沉积物表面的 <sup>210</sup>Pb 放射性比活度降低。另外洞穴滴水的滞留时间同样影响现代沉积物的 <sup>210</sup>Pb 放射性比活度的分布,滴水滞留时间越长,<sup>210</sup>Pb 放射性比活度越低。这些认识对于选择合适的年代模型,并应用于年轻洞穴沉积物定年有着重要意义。特别是目前普遍使用的 CIC(恒定初始比活度)模型,在沉积速率变化大的情况下,可能需要应用 CRS(恒定补给通量)模型来对不同时间段沉积速率进行计算。

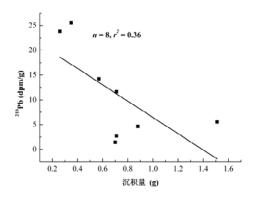


图 1 茅茅头大岩现代碳酸盐沉积物 <sup>210</sup>Pb 放射性比活度与 沉积量关系图

#### 参考文献/References

Appleby P G, Oldfield F. 1978. The calculation of Lead-210 dates assuming a constant rate of supply of unsupported  $^{210}$ Pb to the sediment. Catena, 5 (1): 1~8.

Baskaran M, Iliffe T M. 1993. Age determination of recent cave deposits using excess  $^{210}$ Pb – A new technique. Geophysical Research Letter, 20 (7): 603~606.

Kehrwald N M, Thompson L G, Yao Tantdong, Thompson E M, Schotterer U, Alfimov V, Beer J, Eikenberg J, Davis M E. 2008. Mass loss on Himalayan glacier endangers water resources. Geophysical Research Letters, 35, L22503, doi: 10.1029/2008GL035556.

Nittrouer C A, Sternberg R W, Carpenter R, Bennett J T. 1979. The use of Pb-210 geochronology as a sedimentological tool: Application to the Washington continental shelf. Marine Geology, 31(3~4): 297~316.

Wu Yanhong, Liu Enfeng, Bing Haijian, Yang Xiangdong, Xue Bin, Xia Weilan. 2010. Geochronology of recent lake sediments from Longgan lake, middle reach of the Yangtze River, influenced by disturbance of human activities. Science China (Earth Sciences), 53(8): 1188~1194.