中国洞穴碳酸盐双重光性显微旋回及其意义

谭 明 秦小光 沈凛梅④ 王先锋 汪永进㈣ 李铁英
宋林华 王来洪 刘东生

(中国科学院地质研究所, 北京 100029; ④本溪市风景名胜资源管理局, 本溪水洞管理处, 本溪 117100; ㈣南京师范大学地理科学学院, 南京 210097; 北京市地质调查所, 北京 102206; 中国科学院地理研究所, 北京 100101; 浙江瑶琳洞风景旅游管理处, 桐庐 311515)

摘要 在透光-荧光显微镜下观察, 中国的石笋显微沉积旋回界面大多具有"阻光-发光"两种光性, 其中一部分石笋的两种光性微层能够一一对应. 分析认为这类样品最适合进行平行生长石笋间的交叉定年, 可能是最有利于发展石笋微层年代学和气候学的重要材料.

关键词 自然时钟 石笋 双重光性微层 交叉定年

1 由高分辨古全球变化研究提出的问题

基于对今后几十年到一百年全球气候-环境变化了解的需要, 我们亟需获得对10~100年尺度的气候-环境变化规律、以及极端气候事件出现的频率、机制的认识. 为了达到这个目标, 过去全球变化委员会(PAGES)于南北半球古气候计划(PANASH)中明确提出, 在最近2000年时段获取连续的有精确年代控制的高分辨率(年到季)自然记录是一个关键[1]. 由于任何绝对年代测定方法均不能满足时标控制精确到年的要求, 所以我们目前只能采用具有年、季旋回界面因而能够自我记年的自然材料——"自然时钟"以达到上述目的. 迄今所知的自然时钟包括生物时钟如珊瑚礁年层、树木年轮以及地质时钟如冰岩芯年层、玛珥湖纹泥、石笋年层. 从全球的一般情况和我国的特殊情况来看, 冰岩芯记录虽然较长, 但仅分布于两极和高寒地区; 珊瑚礁可计数的年层序列一般仅能达到数百年, 其分布也局限于热带海洋; 树轮的适用范围限于温带半干旱地区, 而寻找纯自然条件下超过1000年的树轮样品比较困难; 玛珥湖纹泥跨时较长, 而且可分辨到季, 但其分布仅限于火山口湖地区. 相比之下, 洞穴石笋在我国从南到北, 可以在大多数省区找到, 而其时间跨度可从现代到数千、数万年前, 因此, 是一种不可多得的能高分辨记录短尺度气候-环境变化的地质时钟. 但是, 洞穴碳酸盐能够作为一种自然时钟或年分辨气候-环境变化地质档案的可应用范围究竟有多大? 其形成条件和机理怎样? 这些是本文要讨论的问题之一.

2 由洞穴碳酸盐微层年代学和气候学研究提出的问题

自60年代以来, 利用洞穴碳酸盐研究古气候已取得了许多重要进展. 特别是80年代以来, 随着各种石笋年层(annual layer)的发现, 利用洞穴碳酸盐微沉积旋回进行高分辨率气候-环境变化研究已成为一个热点[2,3]. 已见报道的石笋年层有: (1) 疏松多孔与紧密碳酸钙互层构成年层[4]; (2) 方解石与文石互层构成年层[5]; (3) 发光与不发光方解石互层构成年层[6,7]. 最近几年, 结合南北半球古气候计划/亚-澳断面(PANASH/PEP-㈢)研究项目, 我们也在石笋年层方面做了大量的工作, 已在我国北方和南方地区发现了各种年层类型, 并利用石笋

年层序列探讨了我国北方最近 2000 年来年际至 10 年、100 年尺度的气候-环境变化特点[8~10]. 但在研究过程中, 发现尚存在年代学的难题.

由于石笋的^{14}C 测年受新、老碳影响, 现在通常采用高精度的热电离质谱(TIMS) U 系测年. 但对于全新世样品, TIMS-U 系测年仍需几克的量[11], 对于层厚仅为微米到毫米尺度的石笋微层来说, 这样一个年代样品将跨上百层甚至数百层, 同时 TIMS-U 系测年精度现在要想都达到 1% 也较困难. 尤其是, 任何放射性年代测定方法均不能解决"伪年层"和"缺失年层"这些在建立精确石笋年表中提出的问题[12]. 为此, 受树轮年代学的启发, 我们提出石笋年层的"交叉定年".

假设石笋微沉积旋回包含有足够量的气候变化信息, 则对于同一洞穴中平行生长的不同样品, 在同一时段应能读出相似的气候振动信号, 从而可根据层厚变化的相同趋势建立异体样本的共同时间序列, 并能从中找出存在于某些样本中的"伪年层"和"缺失年层", 进而建立精确的石笋日历年表, 这就是交叉定年. 到了现阶段, 高分辨率的洞穴碳酸盐气候学要有所突破, 以平行样品间的交叉定年为基础的石笋年代学能否成立是一个关键.

3 我国石笋显微旋回的光性特点及其意义

通过对我国东部从北到南一些重要洞穴石笋取样观察(辽宁本溪水洞、北京石花洞和银狐洞、河北临城白云洞、河南栾川鸡冠洞、南京汤山葫芦洞、浙江桐庐瑶琳洞、广西荔蒲丰鱼岩及桂林盘龙洞), 发现我国南、北方均具有发育石笋微层的条件, 但发育状况很不平衡. 已找到数千层连续微层样品的洞穴有本溪水洞、北京石花洞和汤山葫芦洞, 这些洞穴的共同特点是洞外喀斯特地貌均不发育, 而洞内含生长层的平顶柱状石笋较为发育.

在中国, 迄今所发现的有微层的石笋矿物主要为"放射状纤维晶方解石"; 微层类型主要为"外源暗色物质界面"类型. 多数具有的共同特点是: 方解石晶束垂直于微层层面生长, 在电子显微镜下纤维晶面可见而层面不可见. 微层界面在显微镜下通常并不随放大倍率变大而显宽, 即难以见到内部结构; 在普通透射光下呈不透光暗面, 在普通反射光下呈反光亮面, 在紫外光照射下呈蓝色发光面(见本期封面).

在透射光条件下由于沉积界面阻光所见到的微层称"透光微层", 在荧光照射条件下由于沉积界面受激发光所见到的微层称"发光微层". 我们已经发现在有些样品中多数微层虽然同时具有两种不同光性的特点, 但发光微层比透光微层更多, 即在这些只发光的微层面上没有阻光物质, 表明发光的有机质似乎是透明的, 构成石笋沉积旋回的发光物质和阻光物质很可能不同, 虽然两种界面在多数情况下是重合的[13]. 我们采用二次离子质谱(SIMS) 对微层单层内元素分布所做的原位分析也表明阻光层面上 Fe 和 Ba 等较重的无机元素相对较高[14].

对北京石花洞石笋 TS9701 的微层序列计数, 在 2246 个发光微层中有 2207 个透光微层, 两种光性微层的不重合率小于 2%, 哪种微层是年层? 这是目前用 TIMS-U 系测年不能解决的. 因此, 在没有完全了解微层层面形成机理的情况下, 采用两种光性吻合的微层序列更适合于建立日历年表. 另外, 我们也发现当层内有机质含量较高时, 荧光界面被掩盖, 在这种情况下, 如果没有透光层对照, 计数时就会掉层(图 1).

瑶琳洞石笋(以及采自贵州的一些石笋) 生长层具有明、暗相间的双层特点: 丰鱼岩石笋由微晶组成, 在正交偏光下无消光现象, 但可凭肉眼观察到厚约 0.5 mm 的生长层. 这些特殊的微层类型尚有待于作进一步的年代学研究.

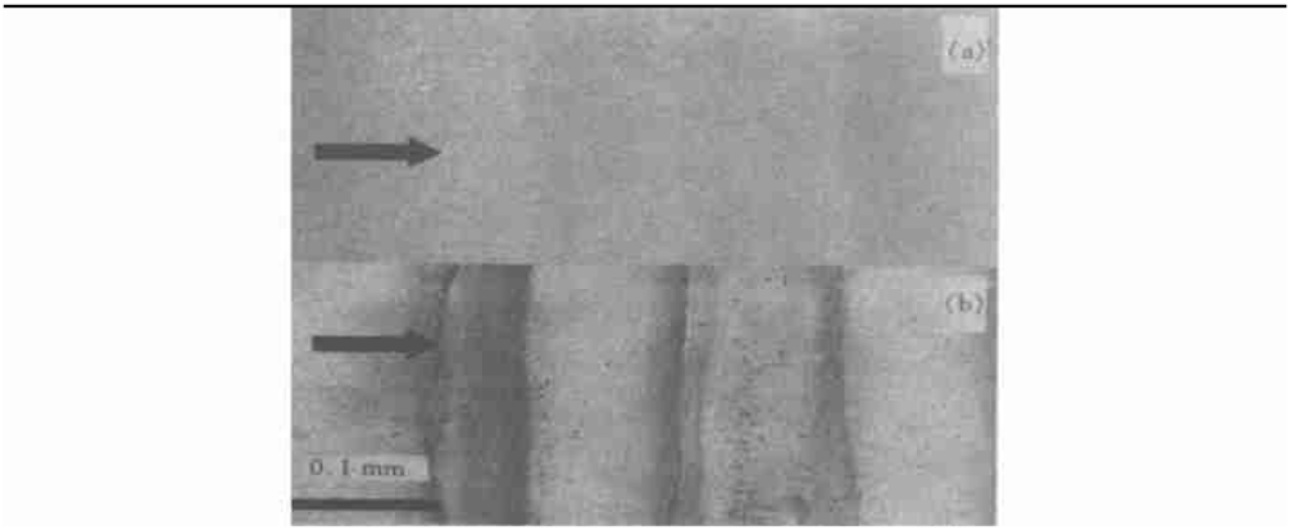

图 1 本溪水洞石笋 TW9801 双重光性微层
在发光层(a)中未见的界面在透光层(b)中清晰可见(箭头所指)

致谢 在桂林的研究工作得到袁道先院士及国土资源部岩溶动力学开放实验室的帮助,获取样品得到各洞穴管理处的支持. 该项研究是 PANASH/PEP-㈦项目的一部分,并得到国家自然科学基金(批准号: 49874170, 49672134),中国科学院(批准号: KZ952-J1-014, KZ951-A1-402)、国家攀登计划(批准号: 95-预-40)的资助.

参 考 文 献

1 PAGES. Paleoclimates of the Northern and Southern Hemispheres, Pages Series 95-1. Bern: Pages Press, 1995
2 Swiss Speleological Society. Proceedings of the 12th International Congress of Speleology, Vol 1. Switzerland: La Chaux-de-Fonds, 1997
3 Lauritzen S. Climate Change: The Karst Record. Inc West Virginia: Karst Water Institute, 1996
4 Genty D, Quinif Y. Annually laminated sequences in the internal structure of some Gelgian stalagmites ——importance for paleoclimatology. Journal of Sedimentary Research, 1996, 66: 275~ 288
5 Railsback L B, Brook G A, Chen J, et al. Environmental controls on the petrology of a Late Holocenc speleothem from Bostwana with annual layers of aragonite and calcite. Journal of Sedimentary Research, 1994, 64: 147~ 155
6 Baker A, Smart P L, Edwards R L, et al. Annual growth banding in a cave stalagmite. Nature, 1993, 36, 518~ 520
7 Shopov Y Y, Ford D C, Schwarez H P. Luminescent microbanding in speleothems: High resolution chronology and paleoclimate. Geology, 1994, 22: 407~ 410
8 刘东生,谭 明,秦小光,等. 洞穴碳酸钙微层理在中国的首次发现及其对全球变化研究的意义. 第四纪研究, 1997, (1): 41~ 51
9 Tan Ming, Qin Xiaoguang, Liu Tungsheng. Climatic records from annual layers and stable isotopes of a stalagmite in Beijing over the last 2300 years. The Journal of Chinese Geography, 1997, 7: 16~ 25
10 谭 明,秦小光,刘东生. 石笋记录的年际、十年、百年尺度气候变化. 中国科学, D 辑, 1998, 28(3): 272~ 277
11 彭子成. 第四纪年龄测定的新技术 ——热电离质谱铀系法的发展近况. 第四纪研究, 1997, (3): 258~ 164
12 秦小光,刘东生,谭 明,等. 北京石花洞石笋微层灰度变化特征及其气候意义 —— iv. 微层显微特征. 中国科学, D 辑, 1998, 28(1): 91~ 96
13 Tan Ming, Liu Tungsheng, Qin Xiaoguang, et al. Chronologic and climatic significance of laminated speleothems from North China, Karstologia, 1998, 32(2): 1998
14 王先锋,刘东生,梁汉东,等. 石笋物质组成的二次离子质谱初步分析及其气候意义. 第四纪研究, 1999, (1): 53~ 60

(1998-03-09 收稿, 1998-08-08 收修改稿)