

桂林水南洞 1 号石笋的沉积年代学研究

林玉石¹, 袁道先¹, 程海², 张美良¹, 杨琰¹, 刘玉¹, 覃嘉铭¹, 李彬³

(1. 国土资源部岩溶地质研究所, 岩溶动力学开放研究实验室, 广西 桂林 541004;
2. 明尼苏达大学, 美国 MN55455; 3. 国土资源部广西地质矿产厅, 广西南宁 530023)

摘 要: 通过综合研究广西桂林盘龙洞 1、2 号、响水岩 1 号石笋, 年龄分别为 3 万 a, >35 万 a, 5.6 万 a; 贵州荔波董歌洞 3、4 号、衙门洞 1 号石笋, 年龄分别为 16.3 万~9.1 万 a, 15.5 万 a, 5.3 万~0.7 万 a; 都匀七星洞 14、16 号石笋, 年龄分别为 6.4 万~1.9 万, 18.9 万~14.9 万 a; 湘西莲花洞 1、5 号石笋, 年龄分别为 6 万~21a, 8 万~6 万 a。这些 1.2~4 m 高的巨型石笋, 沉积旋回、纹(微)层、层面构造等特征, 都很有典型性和代表性。根据石笋的宏观、微观沉积特征和系统测年, 拟逐步取代测年精度不高的现行第四纪地质年表。笔者以水南洞 1 号石笋 11 个沉积旋回及其相关沉积特征为基础, 采用 TIMS-U 系方法测年, 精度高, 作为桂林地区距今 25 万~15 万 a 的地质年表。居于第四纪下限趋向 >250 万 a, 建议以 20 万前后作为第四纪晚更新世与中更新世的断代分界, 该分界处于石笋第 3 次沉积间断, 期间形成厚达 3 mm 的风化壳, 上下物质结构构造有显著差异。11 个沉积旋回中, 凡寒冷期沉积的碳和氧同位素都偏重, 极值都是转冷的跃(突)变点, 或沉积间断面。11 次沉积间断时间长、短差别大, 其中第 3 次、第 9 次分别为 2 万 a、2 千 a。这些综合地质、气候信息在 1 号石笋纵剖面上呈协调显示, 是重建古气候环境的可信依据。

关键词: 石笋; 沉积特征; 年代; 桂林

中图分类号: P642.25 **文献标识码:** A

1 引言

十多年来, 在我国南方特别是西南岩溶区, 我们观测研究了几十个 1 m 以上的大型石笋剖面, 积累了千计的测年数据。对科研基地的洞穴石笋剖面作了反复观测研究, 笔者认为, 巨型石笋的沉积年代学和古气候环境信息记录, 从分布的时空广度、代表性、典型性, 特别是地质、气候内涵等都不亚于地层的记录。

桂林地区至今尚无充分量化的第四纪地层表, 在深入观测研究我国南方十多个石笋沉积剖面, 取得许多新成果和进展的基础上, 确定盘龙洞 1 号石笋代表全新世剖面(林玉石等, 1996), 响水岩 1 号、

2 号和丰鱼岩 1 号、2 号石笋等、水南洞 1 号石笋分别是晚全新世以来、更新世晚期的地质、气候记录(张美良等, 1999, 2000, 2004; 袁道先等, 1999; 覃嘉铭等, 2000; 李彬等, 2000)。水南洞 1 号石笋作为沉积旋回变化特征无疑是值得介绍的好剖面。

2 水南洞 1 号石笋的基本特征

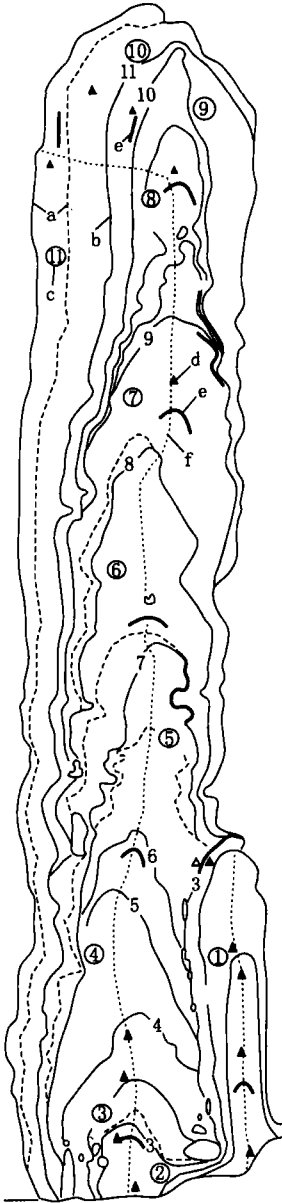
石笋高 292 cm (含其底部 72 cm 高的连生小石笋高度), 直径 35~55 cm, 已停止生长, 沉积(生长)纹(微)层、结构构造和组合、物质成分、颜色等差异都有旋回变化的沉积特征(表 1)。

收稿日期: 2006-02-18; 修回日期: 2006-11-30

作者简介: 林玉石 (1935-), 男, 研究生毕业, 从事区域岩溶研究, 现在国土资源部岩溶地质研究所工作。

表 1 桂林水南洞 1 号石笋纵剖面图

Tab. 1 The vertical section and deposit characteristics from No. 1 stalagmite of Shuinan cave in Guilin

纵剖面	沉积旋回		成分、结构	纹(壳)层组合	纹(壳)层组合构造类型	U 系年龄/ka
	序次	厚度/cm				
	⑪	5~10	粗-巨间中-细晶方解石	灰白色细纹层呈肉红间灰白过渡为白色纹(壳)层,呈披挂叠复	侧向披挂叠复构造类型	147.9±2.1
	⑩	15	粗-中晶方解石			169.1±4.8
	⑨	5~15	中-细粒灰-灰白色方解石	灰黄间灰色微细纹层,呈不对称锥状叠复	不对称叠锥柱状构造类型	182.5±2.1
	⑧	30	细晶上、下部偶夹微-细粒方解石,轴部局部粗-巨晶	灰白色微细纹(壳)层,局部具残余构造,对称中上段不对称锥柱状叠复	不对称叠柱锥状构造类型	184.2±7.1
	⑦	20	微-细粒方解石,下部微含粘土矿物	灰白间亮灰色细微纹(壳)层,不对称缓顶锥状叠复	不对称叠锥状构造类型	192.6±3.9
	⑥	22	微-细粒中下部中-粗晶化方解石,含微量粘土矿物	灰黄间灰白色细微纹(壳)层,呈缓顶至尖顶锥状叠复	对称叠锥状复合构造类型	
	⑤	31	微-细粒轴部粗-巨晶化方解石,中下部微含粘土矿物	灰白间灰黄色细纹(壳)层,呈不对称上部缓顶锥柱状叠复	不对称上部对称叠柱锥状复合包裹构造类型	
	④	27.5	微粒轴部微细粒弱粗晶化方解石	灰黄间灰白微细纹(壳)层,呈不对称锥状叠复	对称至上部不对称叠锥状复合构造类型,中上段有一次沉积间断	
	③	41	微-细粒中-下部粗-中、巨晶化方解石,含粘土矿物	灰黄间灰白色微纹(壳)层,呈对称锥状叠复	对称叠锥状复合连生构造类型,中段有一次沉积间断	197.0±3.3 202.6±8.5
	②	15	粗-中晶局部巨晶方解石	灰白色微细纹层,呈对称锥状叠复	包裹连生对称叠复,呈侧向裹连包生锥状构造类型	198.3±3.5 199.8±3.2
	①	72	巨晶半透明局部透明,顶部中粗晶化方解石	灰白、肉色间灰黄亮灰色细纹间微纹(壳)层,呈柱状中上部为柱锥状叠复	对称柱状中上部不对称锥状叠复复合柱锥状构造类型,中上段有 1、2 两次沉积间断	237.5±6.7 242.3±2.5 243.4±6.5 244.4±2.8 245.2±9.3

注: a. 沉积纹(壳)层代表; b. 旋回间或旋回内沉积间断及其序号; c. 沉积旋回序号; d. 同位素年龄样; e. 岩石化学微(痕)量元素样; f. 碳、氧同位素样; g. 同位素测年,由(美)明尼苏达大学地球物理和地球化学实验室海博士完成。

2.1 1号石笋沉积旋回的气候显示

由不同粒度的方解石组成白色、灰白、灰、灰黄、土黄、黄红色的沉积纹(壳)层,以互层、夹层韵律性叠复的纹(壳)层组合,分别组成11个沉积旋回。旋回组合成为高(厚)度不同的对称或不对称的锥状、柱状沉积构造类型。纹(壳)层组合、旋回组合及复合类型多,是滴水动态复杂的综合显示。石笋下段④、③、②与①旋回为披挂连生复合构造类型;笋顶、⑩与⑨旋回则是披挂式复合构造类型;石笋主体的①、④、⑤、⑥、⑦、⑧、⑨等旋回构造均为复合构造类型。除⑩、⑪旋回披挂外,其他旋回的纹(壳)层(组)构造呈对称或不对称构造。

①旋回为白—淡黄色半透明方解石巨晶粒,有纹(壳)层结构残余,纹(壳)层组及其间的构造不协调,是寒冷气候沉积晚期短暂转温暖气候环境的沉积特征;②旋回白色方解石,粗粒、巨晶粒,纹(壳)层残余结构,顶、底不协调沉积构造明显,以结构、组分和滴水移动态,显示温暖转寒冷前的温凉气候,具过渡期的沉积特征;③~⑦旋回是灰黄色、灰—灰白色细—微细纹(壳)层,旋回顶部、底部较多沉积间断,旋回纹(壳)层组合均显示寒冷气候环境、滴水量变少的沉积特征,⑤干冷、⑥、⑦温凉气候沉积特征;⑧、⑨旋回白色—灰白色方解石,中粒、粗粒,纹(壳)层较厚,纹层组上部,尤以旋回顶部变薄,有残余纹层、对称叠复构造,显示气候温暖转变快,⑧旋回干冷转为⑨旋回寒冷气候,而⑩、⑪旋回肉红色间黄白、灰褐、灰白色方解石,粗粒、巨晶粒,纹(壳)层明显,向一侧披挂淋积,显示气候向温凉转变,滴水量增大。总之,11个旋回各自的沉积特征不同(表1),并以方解石结构、纹(壳)层结构组合、构造类型综合显示11个沉积期滴水—流水的动态过程、气候环境演变踪迹。石笋沉积初期底部小石笋①旋回以寒冷气候晚期短暂温暖气候沉积为主,期末②旋回转温湿气候沉积;早中期石笋③~⑦旋回,以冷湿兼干冷的寒冷、温凉气候沉积为主,滴水量逐渐增大;中晚期笋体⑧~⑪旋回,为干冷转寒冷再转温湿气候沉积,滴水量由小到大再变小。

2.2 石笋化学成分(痕)量元素差异及其环境意义

石笋岩石化学分析表明,硅铝含量较高,石笋

下段⑤~①和上段⑪、⑩旋回,硅铝含量比中段⑥~⑨旋回含量高1~2个量级,旋回间纹(壳)层或间断间的纹(壳)层,硅铝含量更高,甚至是相邻沉积旋回的两个量级以上。如3间断面 $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ 含量高达1.719%,下①和上②旋回仅0.072%,0.082%,分别低24倍、21倍,相反,CaO含量却明显减少,3间断面钙含量比①、②旋回分别少1.695%,1.455%,其余间断面均比相邻旋回少0.5%以下;间断面MgO含量普遍偏高,石笋沉积间断期内,钙损失多,镁损失少,难溶物质聚集; Pb_2O_5 含量为0.024%~0.058%,石笋下段⑤~①旋回含量偏高,3间断面高达4.775%,其余间断面亦比相邻旋回含量偏高;石笋含Mn,Zn元素偏高,⑤~①旋回含量比⑥旋回以上含量高,间断面比上下旋回含量高,3间断面Mn元素含量高达 241.71×10^{-6} ,分别是①、②旋回的38倍、84倍,Zn元素含量高达 226.01×10^{-6} ,分别是①、②旋回的15.3倍、25或8倍、37.3倍,Cu,Zn元素同步增减,变化趋势不同,Mn,Zn各自的变化趋势亦不同,Mn、Zn、Cu元素含量高,各间断面铜含量比相邻旋回含量高1倍以上。冷气候沉积利于这些元素聚集,其含量高与低温的标志相似。总之,石笋旋回、旋回间间断面化学成分研究确定,造岩元素、微(痕)量元素在岩溶作用下,伴随岩溶水运移,并伴随改造碳酸盐岩过程中增减相关元素。在前述气候条件下的洞穴中形成石笋,元素同时在洞内外利于成岩(矿)环境沉积(淀)或附着,并保存当时的古气候环境信息,如Ca,Si和Al,Mg,Fe,Mn,Sr等,前两者显示气候信息,温暖气候利于沉积,含量高与高温或转暖的标志相似,后者还具环境敏感性,冷气候的洞穴环境元素易聚集,Fe、Mn呈氧化物固结。因此,微(痕)量元素、造岩元素迁移、沉积受气候环境制约,除显示气候冷暖外,特别是沉积环境、沉积间断指示性更强,常富集为特征纹(壳)层。有机碳含量变化指示古气候环境信息、生态环境及其相关湿度、适生性及生态类型。Ni,Co,P,F聚集的环境标志或过程则有待研究、验证。

2.3 石笋沉积的水量动态特征

石笋旋回及其沉积间断的变化记录气候环境演变过程、滴流水动态差异及成笋速率的不同,呈现水动态与沉积的成生联系(林玉石等,2001,2002)。1号石笋11个旋回,从①到⑪旋回滴水量变

化为：较大→小→大变化，期间每个旋回的滴流量则由大→小或由小→大→小，直至无。期间最少发生11次沉积间断，表明石笋沉积过程，11个时段无滴水而间断，其中第3次间断最长，第9次次之，其余9次较短。旋回组合构造类型，展示寒冷转干冷、温凉再转寒冷、冷湿气候，呈阶段性演变过程，各阶段都兼干热、干冷短期气候波动，期间3至4、9至10阶段两次气候突变，9次渐变。

3 石笋同位素测年

石笋是古气候环境信息的丰富载体，测年是重建古气候环境的基础，准确系统测年是关键，年龄不准，重建的古气候环境不可信，更谈不上建立地质年表。笔者对1号石笋测年有很多积累（王兆荣等，2000），各时期的系统测年成果，不同实验室、不同方法，甚至同一实验室、相同方法，都有个别年龄反常。因此，石笋测年样品的选采，实验室、测年方法的选择与配合，年龄成果的利用和地质解释等都必须不断探索。

3.1 测年样品位的选定

石笋测年样品应在沉积纹（壳）层中轴（心）部采集，纹（微）层被次生充填、交代、石笋周边等均不宜采，以免年龄倒序、偏小，发生异常，失去对比意义。越层的样品要混合均匀，以确保测年精度。

以旋回采样测年，计算石笋生长（沉积）速率，确保建立精确年表。推算沉积间断，应靠近间断面上、下各采1~2个样，上、下年龄差值为间断时间，若间断较长，间断期间有沉积纹（壳）层（组），应适当采样测年，以验证主断面上、下年值的准确性。

测年成果有地质意义方可利用。桂林地区，石笋样品位虽然准确，甚至加密或重复采样，由于样品铀含量很低，不易满足测年要求；其他地区铀含量高，但个别剖面位置不准确，偏离石笋心，甚至漏层、缺层、或混层采样等，造成选采失误，影响测年；有的石笋方解石重结晶、文石转变成方解石或重结晶，这些结构构造转变不均一等，导致样品铀含量丢失和分布无序，影响测年。这些都会使系统测年有个别异常。因此，必需逐个校正年龄值，符

合地质实际才能利用。

3.2 测年方法的选择

通常按新老石笋选用测年方法，如3.5万a以来的石笋，可用 ^{14}C 测年，但最好用高分辨率高精度的AMS- ^{14}C 方法或TIMS-U系法测年，实践中，对百年内的石笋沉积，宜以 ^{210}Pb 方法测年（丰鱼岩8号石笋）、纹（年）层定年。1号石笋先用 α 谱仪U系法测年，均大于3.5万年，后采用TIMS-U系法系统测年，此方法样品用量少、精度高、可测时段长（彭子成等，1997），是笔者十多年的成功实践，已测桂林、荔波、都匀、宣威、泸沽湖等地的石笋，积累了大量年龄成果。

3.3 水南洞1号石笋的测年实践

1号石笋1994年开始测年综合研究，经中、美、挪三国六家同位素室反复作 α 能谱、TIMS-U系法测年，4年后，经中国科技大学和中国地质科学院同位素室TIMS-U测年验证，石笋顶220 cm处年龄与笔者所在实验所测的年龄基本一致。至2000年建立石笋顶80.7 ka、底年龄为229.1 ka年表（张美良等，1999），期间李彬博士在挪威工作时，利用卑尔根大学同位素室，测得13个系统样年龄，还有广州地化所协助测试若干年龄样，两家成果均有重要借鉴意义。由于前述诸多原因，系统测年中个别年龄异常或误差大。为进一步确认1号石笋数以百计年龄值的科学内涵，笔者对各时期的年龄都对照地质实际逐一反复校核、对比、组合分析，石笋顶、底和重要时（笋）段加密测年，按沉积旋回采样复查，经程海教授反复用TIMS-U系法系统测试，取得14个高精度年龄（表2），可信度大，作为桂林地区距今24.5~14.8万a的地质年表，不仅年龄精度高，旋回及其沉积间断地质显示明显，碳、氧同位素曲线峰谷变化与石笋沉积旋回变化趋势一致。其中，不同时（石笋）段的碳氧同位素偏重，最大值都是冷气候跃（突）变点，即在石笋冷气候沉积、间断面转（突）变处，展示碳、氧同位素重构成（冷）谷，轻构成（暖）峰。锰、锌等元素、铝、硅氧化物等含量均呈突变，含量高值出现在旋回间或沉积间断面上，成为气候冷转（突）变标志，界面风化壳层厚2~3 mm。这些都是第四纪晚期的断代依据。

表 2 桂林水南洞 1 号石笋同位素年表

Tab. 2 The ages of TIMS-U series from No. 1 stalagmite in Shuinan cave in Guilin

样号	样位		$^{238}\text{U}(\times 10^{-6})$	$^{232}\text{Th}(10^{-12})$	$\delta^{234}\text{U}^*$	$\delta^{234}\text{U}^{**}$	$^{230}\text{Th}/^{238}\text{U}$	校正年龄 /ka
	距笋顶/cm	旋回						
S _{1U} -1(G12)	3.5	⑪	48.6±0.2	1661±13	779±5	118±10	1.4271±0.010	147.9±2.1
S _{1U} -2	11.2	⑩	38.6±0.3	12580±57	766±10	1236±24	1.534±0.015	169.1±4.8
S _{1U} -3	19	⑨	33.8±0.1	4432±12	867±4	1451±11	1.6770±0.008	182.5±2.1
S _{1U} -4(G15)	30	⑧	46.9±0.2	3839±52	915±6	1539±33	1.729±0.029	184.2±7.1
S _{1U} -5(G16)	61.3	⑦	37.1±0.1	1792±13	875±6	1508±20	1.723±0.019	192.6±3.9
S _{1U} -7(G18)	186	③	44.1±0.1	4039±16	687±5	1198±14	1.5473±0.010	197.0±3.3
S _{1U} -8	196		37.0±0.1	3136±30	732±3	1354±17	1.612±0.027	202.6±8.5
S _{1U} -9(G20)	207	②	39.9±0.1	5377±20	773±6	1354±17	1.643±0.010	198.3±3.5
S _{1U} -10(G21)	217		31.4±0.1	427±10	819±5	1441±15	1.690±0.011	199.8±3.2
S _{1U} -11(G22)	225	①	39.6±0.1	1779±17	724±5	1451±29	1.723±0.016	237.5±6.7
S _{1U} -12	245		63.7±0.1	3714±10	870.0±2	1725±13	1.8800±0.006	242.3±2.5
S _{1U} -13(G24)	250		41.2±0.2	3711±20	715±6	1422±28	1.707±0.013	243.4±6.1
S _{1U} -14	262.5		41.0±0.1	1833±6	662.6±2	1322±11	1.6490±0.006	244.4±2.8
S _{1U} -5(G25)	288.5		47.1±0.1	12110±80	567±4	1134±31	1.548±0.018	245.2±9.3

注：由（美）明尼苏达大学地球物理和地球化学实验室海博士测试。 $\delta^{234}\text{U} = (I^{234}\text{U}/I^{238}\text{U} - 1) \times 1000$ ； $\delta^{234}\text{U} = d^{234}\text{U} \times e$ ， $I_{230} = 9.1577 \times 10^{-6} \text{y}^{-1}$ ， $I_{234} = 2.8263 \times 10^{-6} \text{y}^{-1}$ ， $I_{238} = 1.55125 \times 10^{-10} \text{y}^{-1}$ 。

4 石笋沉积年代的断代意义

与地层沉积时代一样，石笋的沉积、结构构造、组合等特征差异及其相关性、演变过程等是确定和校正石笋同位素年代的关键性地质依据。

4.1 石笋沉积相关年代、演变顺序等综合地质根据
详见上述 2 石笋沉积的基本征。

4.2 石笋沉积年代的量化断代

为探索沉积时（年）代的量化。地学工作者延用生物化石种属演化、种群组合演替，用大化石、微体化石确定不同时段地层的年代，从 19 世纪 60 年代，用各种测年技术，特别是同位素方法测年，确定地层年代。经历了沉积先后—化石断代—同位素和各种方法测年量化测年等阶段。利用各种测年方法，在实践中优选了 TIMS-U 系法，此法除自身优点外，石笋沉积的宏观、微观形迹、相关顺序，有近期、早期可观测的地质现象和数据，彼此对应的宏（显）观、微观地质现象，相互补充、验证，呈现较好的综合地质效果。如图 1 曲线（张美良等，2000）显示，第 3 次（a）、第 9 次（b）沉积间断，间断时间分别为 2 万 a、2 000 a。间断期间形成面风化壳，厚度分别为 $>3 \text{ mm}$ 、 $<1 \text{ mm}$ 。第 3 次沉积间断发生于 23.8~21.8 万 a，伴随寒冷、干冷气候的

③、④、⑤旋回呈间歇性沉积；第 9 次沉积间断发生在 18.7~18.5 万 a，伴随干冷气候的⑧旋回断续沉积，在两个间断间的 3.1 万 a 内，是温凉气候，沉积了⑥、⑦旋回。

总之，1 号石笋沉积旋回的测年数据，属正常年龄序列，与沉积序列吻合。但④、⑤、⑥尚未满意测年结果，②、③旋回也有个别年龄倒序，这是第 3 次、第 9 次两个主要沉积间断有间歇性和断续沉积的年龄证据，也是滴水变化导致旋回间、旋回内，经常无沉积，缺少纹（壳）层，或样品位置偏离石笋中心、或越层，影响测年结果。这些复杂的地质现象显示是石笋沉积年代划分的综合依据之一，因此，建议 20 万 a 前后作为晚更新世与中更新世的断代年龄，第 3 次间断的风化壳为界线，而第 9 次间断年龄作为晚更新世时段内的划分依据。

4.3 石笋沉积具地层年代意义

1 号石笋的 11 个沉积旋回，有 11 次沉积间断，间断时间，为第 3 次最长，属 1 万 a 级，第 9 次次之，千年级，其余间断时间都短。石笋沉积的旋回，层面构造、物质组成及其组合构造类型的指示性，时空分布的广泛和区域性，沉积间断的敏感性反映、断续沉积或间歇性沉积保存的完整性，这些特性比河、湖、海洋的沉积优势更多，成为地层年代学研究的典型代表之一。沉积间断的主要因素，除第 7、11 次

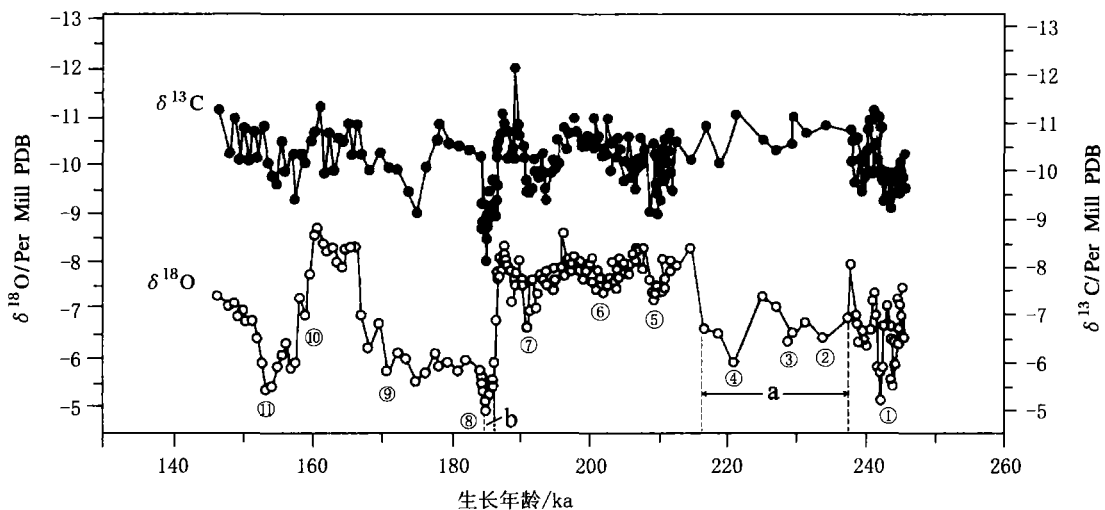


图1 桂林水南洞1号石笋碳、氧同位素曲线

Fig. 1 Carbon and oxygen isotope curves from No. 1 stalagmite in Shuinan cave, Guilin

间断为干热气候外,多数是干冷气候,部分是地形改变,断裂影响,地下通道被堵塞,造成地表地下水改道,导致滴水断流或石笋底座不均匀沉陷,笋体摆动等原因,造成石笋沉积间断。凡是气候环境演化发生的沉积间断可作为沉积年代学的断代依据。若地质、人为因素造成的灾害性间断或局部环境和地理、地质条件改变造成的沉积间断,无论间断时间长短均不宜作沉积年代学意义上的断代依据。

5 结论

(1) 石笋的沉积特征是年代学研究的基础。1号石笋的11个旋回形成于距今24.5万~14.8万a,期间11次沉积间断,第3次沉积间断时间长达2万a,期间形成一系列综合地质现象,是10万a级以上长时段的断代界线,第9次沉积间断时间仅2000a,只形成薄风化壳,作短时段的断代界线。

(2) 石笋沉积年代学研究表明,石笋的测年方法很多,以TIMS-U系法好,测年精度高,样品用量少。

(3) 石笋年代学研究是重建古气候环境的关键。首先,确定石笋纹(壳)层沉积层序的年代,按组成沉积旋回的纹(壳)层,依序系统采样测年,建立石笋生长(沉积)年表;其次,研究石笋的纹

(壳)层及其层面特征,建立气候地层学的沉积地质基础,其中纹(壳)层组分及其结构构造特征的指示内涵是重建古气候环境的主要依据。

致谢:研究工作得到岩溶动力学开放研究实验室同志们的关心和支持,王福星、刘再华、朱晓燕、宋彪、王兆荣等同志参加了部分室内外工作。

参考文献:

- 林玉石,张美良,覃嘉铭,等. 桂林盘龙洞石笋地质时代与环境[A]. 见:袁道先,谢云鹤. 岩溶与人类生存、环境、资源和灾害[M]. 桂林:广西师范大学出版社, 1996, 71-81.
- 林玉石,张美良,覃嘉铭,等. 洞穴石笋沉积间断类型研究[J]. 地质学报, 2002, 76(1): 138-144.
- 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[J]. 第四纪研究, 1997, (3): 258-263.
- 王兆荣,袁道先,林玉石,等. 中国洞穴石笋年代学和古气候研究[J]. 自然杂志, 2000, 22(6): 336-339.
- 张美良,林玉石,覃嘉铭,等. 桂林水南洞石笋的沉积学特征[J]. 沉积学报, 1999, 17(2): 233-239.
- 张美良,林玉石,覃嘉铭,等. 桂林水南洞1号石笋年龄与稳定同位素测定及古气候意义[J]. 地质地球化学, 2002, 28(1): 41-47.
- 袁道先,覃嘉铭,林玉石,等. 桂林20万年石笋高分辨率古环境重建[M]. 桂林:广西师范大学出版社, 1999. 17-30.

- 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): 351-356.
- 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同位素研究及其环境意义 [J]. 中国科学 (D 辑), 2000, 30 (1): 81-87.

References:

- Lin Yushi, Zhang Meiliang, Qin Jiaming, et al. Geological age and paleo-environmental records of a stalagmite from the Panlongdong cave, Guilin [A]. Karst and human survival, environment, resources, and hazards [M]. Guangxi Normal University Press, Guilin. 1996. 71-81.
- Lin Yushi, Zhang Meiliang, Qin Jiaming. Study on the sediment disconnected types of stalagmite in cave [J]. Acta Geologica Sinica, 2002, 76 (1): 138-144.
- Peng Zicheng. New technique of the dating Quaternary materials: The development of the thermal ionization mass spectrometry-U series [J]. Quaternary Research, 1997, (3): 258-263.
- Wang Zhaorong, Yuan Daoxian, Lin Yushi, et al. Study on the dating and paleoclimate of stalagmites from caves in China [J]. Chinese Journal of Nature, 2000, 22 (6): 336-339.
- Zhang Meiliang, Lin Yushi, Qin Jiaming, et al. Sedimentological characteristics of a stalagmite from Shuinan cave, Guilin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1999, 17 (2): 233-239.
- Zhang Meiliang, Lin Yushi, Qin Jiaming, et al. ages and stable isotopic measurements of No. 1 stalagmite from Shuinan cave in Guilin and their paleoclimate implications [J]. Geology Geochemistry, 2000, 28 (1): 41-47.
- Yuan Daoxian, Qin Jiaming, Lin Yushi, et al. High resolution paleoenvironmental reconstruction up to 200, 000 years B.P. with speleothems from Guilin [M]. Guangxi Normal University Press, 1999. 17-30.
- Qin Jiaming, Lin Yushi, Zhang Meiliang, et al. High resolution records of $\delta^{13}\text{C}$ and their paleoecological significance from stalagmite formed in Holocene Epoch in Guilin [J]. Quaternary Research, 2000, 20 (4): 351-356.
- Li Bin, Yuan Daoxian, Lin Yushi, et al. Oxygen and carbon isotopic characteristics of rainwater, drip water and present speleothems in a cave in Guilin and their environmental meanings [J]. Science in China (Series D), 2000, 43 (3): 276-285.

Research on The Stalagmites Sedimentary Chronology

—A Case Study on No. 1 Stalagmite of Shuinan Cave in Guilin, China

LIN Yu-shi¹, YUAN Dao-xian¹, CHENG Hai², ZHANG Mei-liang¹,
YANG Yan¹, LIU Yu¹, QIN Jia-ming¹, LI Bin³

(1. Karst Dynamics Laboratory, Institute of Karst Geology, CAGS, Guilin 541004, China;

2. Geography Department, Minnesota University, MN 55455, USA;

3. Bureau of Land and Resources of Guangxi, LRM, Nanning, 530023, China)

Abstract: The stalagmite P1, P2 of Panlong cave and stalagmite X1 of Xiangshui cave in Guilin (which their ages are 30 ka BP , over 350 ka BP and 56ka BP, respectively), the stalagmite D3,D4 of Dongge cave and stalagmite Y1 of Yaman cave in Libo (which their ages are from 64 ka BP to 19ka BP , over 155 ka BP and from 53ka BP from 7.3 ka BP, respectively), the stalagmite Q14,Q16 of Qixing cave in Duyun (which their ages are from 64 ka BP to 19ka BP , over 155 ka BP and from 53ka BP from 7.3 ka BP, respectively), Guizhou, and the stalagmite LL1, LL5 of Linhua cave in longshan (which their ages are from 60 ka BP to 21a BP , and from 80ka BP from 6 ka BP, respectively), Hunan, have been studied and integrated for many years. The characteristics of depositional cycles, micro-lamina and bedding plane

structure in large stalagmites with height from 150cm to 400cm have obviously typicalness and representativeness. The dating precision low of the present Quaternary chronological scale will progressively be replaced on the basis of macroscopic and microscopic deposit characteristics and systematic dating ages from stalagmites in caves. Author has established the chronological scale from 150ka to 250ka BP in Guilin areas on the basis of 11 depositional cycles from N0.1 stalagmite of Shuinan cave and relative deposit characteristics and using of high precisional TIMS-U series dating. We suggest that the division boundary of chronology between the late Pleistocene and the middle Pleistocene is ca. 200ka BP as the bottom boundary of Quaternary chronology is over 2500 ka. The boundary of chronology locates at third depositional hiatus from N0.1 stalagmite of Shuinan cave, which formed 3mm weathering crust and has a markedness difference at the upper and lower material texture and structure. The carbon and oxygen isotope from the cold deposit stalagmites in 11 depositional cycles are a heavy or positive trend and the maximum value point is an abrupt point of transferring cold or depositional hiatus surface. The duration of 11 depositional hiatuses has obvious difference, in which the duration of third and ninth depositional hiatuses is 20ka, 2ka, respectively. The information of the synthetically geology and climate is a good correlation and possible evident of reconstructing paleoclimate and environment.

Key words: Stalagmite; deposit characters; chronology; Guilin

Journal Citation Reports on the Web 简介

Journal Citation Reports on the Web 依据来自 ISI Web of Science (Science Citation Index Expanded and Social Sciences Citation Index) 中的引文数据, Journal Citation Reports® 提供可靠的统计分析方法, 对全球学术期刊进行客观、系统地评估, 帮助用户以定量的方式了解全球的学术期刊, 并且通过这些分析数据可以了解某学术期刊在相应研究领域中的影响力。其特点为: 从世界上经同行评议的学术期刊中, 筛选出被引次数最高近 8000 种期刊, 这些期刊涵盖了 200 多门学科; 提供自 1997 年以来的期刊引文统计分析数据, 用户可以根据需要, 对检索到的期刊群进行以下各种方式的排序: 影响因子、立即指数、总引用次数、刊载论文总数、被引半衰期或期刊名称; JCR 具有两个版本, 其中自然科学版覆盖 ISI 数据库中的 6100 多种国际领先的科学技术领域期刊。JCR 的用途: 1) 图书馆员利用它 制定文献收藏计划和经费预算, 向读者推荐优秀期刊。2) 编辑可以了解和掌握自己编辑的期刊的情况, 制订有效的编辑规划和办刊目标。3) 出版商可以掌握和监测出版动态, 掌握出版机会, 做出新的出版决策。4) 作者 (科研人员) 可以: a. 寻找和确定与自己专业有关的期刊; b. 确定论文投稿期刊; c. 证实已经发表自己论文的期刊的水平。5) 信息研究分析人员可以: a. 跟踪文献计量学的发展趋势; b. 研究学科之间及各学科内的引用模式; c. 研究学术论文生产的学问; d. 研究专业学科的发展变化趋势。

访问 JCR 有两种方法: 通过互联网 (WWW) 的方式——即通过 [CR® on the Web](#) 访问, 数据库每年夏季更新, 发布的是上一年度的数据。通过光盘的方式——即通过 [JCR® on CD-ROM](#) 访问。

(西安地质矿产研究所李辉)