

桂林茅茅头大岩洞穴沉积物的放射性 年龄及氧、碳同位素特征*

汪 训 一

(地质矿产部岩溶地质研究所, 桂林)

一、地 质 概 况

茅茅头山(又叫光明山)位于桂林市西北桃花江右岸,是峰林平原上的一个峰簇(即由若干锥状峰体联座所构成的小型峰丛),由上泥盆统融县组亮晶砂屑灰岩、残余微晶砂屑灰岩和泥晶灰岩所组成。山体投影面积为 0.92 平方公里,相对标高为 250 余米。山体中自南而北已发现有芦笛岩、大岩、飞丝岩和穿岩四个洞穴(表 1),其中芦笛岩就是我国有名的一个游览洞穴。

表 1 茅茅头山洞穴一般情况

洞穴名称	位 置	洞底标高 (米)	洞 穴 规 模				成因类型
			长(米)	宽(米)	高(米)	面积(米 ²)	
芦笛岩	山体南部	163—179.5	240	50—90	6—18	14900	地下湖型
大 岩	山体中部	179—182	975	5—30	5—25	14372	地下河型
飞丝岩	山体北部	225—245	251	2—15	2—15	1975	地下河型
穿 岩	山体东北隅	173—178	198	3—15	1.2—5.5	1010	穿洞型
合 计			1664			32257	

大岩洞穴是桂林市区内一个规模较大的横向岩溶洞穴。地面有东口和北口二个开口,分别高出平原面 56 米和 51 米,但洞底相对标高一般为 24—31 米。现今之东口具有天窗落水洞的性质,原洞口被崩塌坡积物所堵,并在其上发育了一个高出洞底约 21 米的流石坡。北口亦被乱石填高,仅剩低矮的缝隙可以进出。

大岩的洞道较为宽敞(图 1),为一地下河式洞穴。指向流痕类溶蚀形态不甚发育,但大致可以判出,古洞穴水流是自东向西的。洞穴的断面较为复杂,大致可以分为上下两层。在洞穴的西北部,上下两层洞道不在一个平面上,当两者相交时,呈高差 7—10 米的陡坎或在联接部位形成石瀑布、石梯田之类的沉积物形态;而在洞穴的东部,上下两层洞道在平面上重叠时,断面形态呈峡谷状或锁孔状并往往形成似阶地状平台,锁孔形断面的下部往往被粘土及钙华所充填。上层洞的规模比下层洞要大,说明成洞的流水作用有减弱的趋势。

大岩洞穴内次生化学沉积物数量相当丰富,形态多姿。从化学沉积物的颜色、产出位置、与滴水的关系、风化剥蚀情况以及受后期流水再侵蚀等现象可以判别出,它们是多期的产物。在研究洞穴沉积物的年龄时,需特别重视采样的代表性,以及探讨所测年龄值的地质意义^[1]。

1984 年 9 月 7 日收到。

* 参加野外工作的还有朱学稳、朱德浩、覃厚仁、谭鹏家、黄基富等同志。

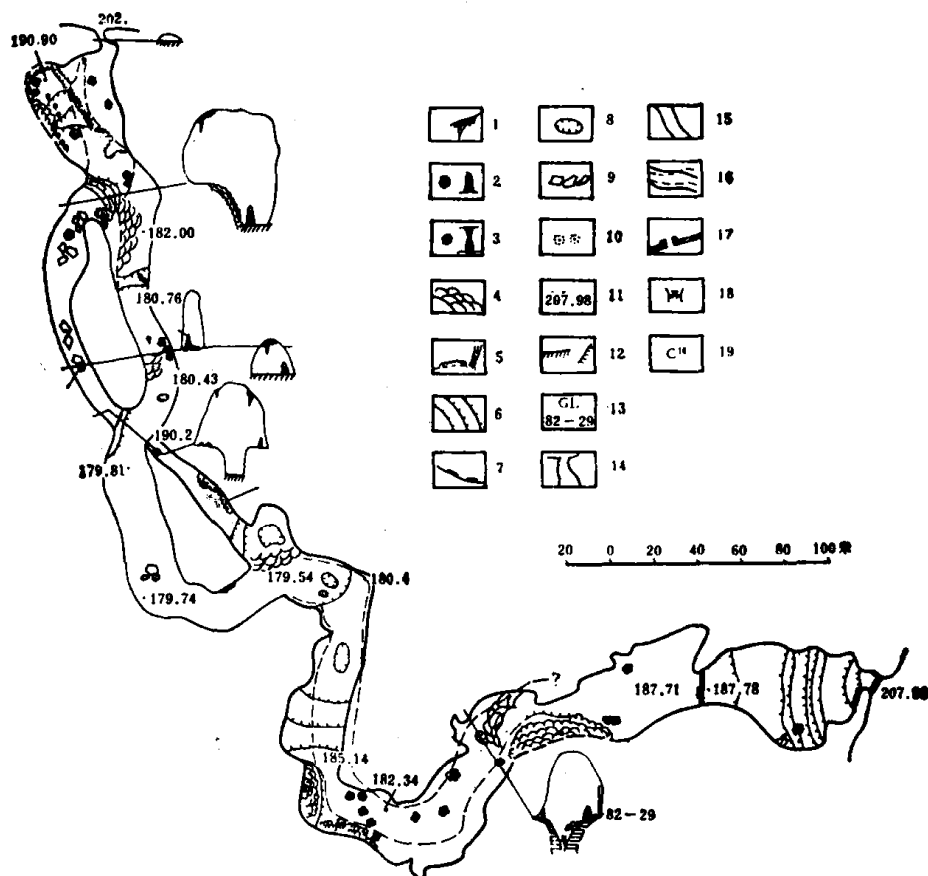


图1 桂林茅茅头大岩洞穴图

- 1.石钟乳; 2.石笋; 3.石柱; 4.边石坝; 5.钙华; 6.洞底坡降; 7.陡坎; 8.塌坑; 9.崩塌岩块;
10.莲花盆; 11.标高注记(米); 12.粘土; 13.铀系年龄采样位置; 14.上层洞道; 15.下层洞道;
16.上下层洞道叠置在一起,断面多呈锁孔形; 17.人工墙; 18.季节性水潭; 19.C¹⁴ 样品采样位置

二、测定结果

我们从大岩洞内采集了二个石笋样品,分别由中国科学院地质研究所同位素室和地质矿产部南海地质调查指挥部实验室作了铀²³⁴-钍²³⁰方法测定(图2)。第一个石笋(样号82-29)采自锁孔形断面的台阶的钙华板之上,高1.07米。样品加工后在生长轴心部位分层取样,并发现距顶部4厘米和16厘米处有二处沉积间断。第二个石笋(样号GL)采自上层洞崩塌岩块之上,高>0.73米,用同样方法分层采集轴心部位,亦发现距顶4厘米和9.5厘米处有二处沉积间断。石笋的沉积间断表现为出现氢氧磷灰石皮壳及部分方解石粉化、水化现象^[2],皮壳厚度0.5—3毫米。两个石笋分别获得四个铀系年龄数据,其年龄顺序是正常的(表2、图2)。

对比两个石笋的测定结果发现,它们是同期产物,所反映的古气候环境也是相似的。82-29号石笋样品生长时间大约经历了30多万年,因为采自石笋下部(距顶57—62厘米)样品年代为距今>35万年,而顶部(距顶0—4厘米)样品年代为11.2万年。石笋中二个沉积间断的时代大约为距今16至21万年和14至12万年。石笋生长速率为:距今22—15.2万年时间段为2.08厘米/万年,而距今15.2—11.2万年时间段为3.75厘米/万年(均未计沉积间断)。该石笋下部尚有40—45厘米已超出铀系年龄方法范围,其形成年代应更老一些。GL号石笋年龄值距今>38.5—26.7万年,代表了在沉积间断面以下连续沉积的年代范围。这个石笋的各个时间段的生长速率也不一样,由上而下分别为8.10, 2.83和3.53厘米/万年,在距今28.8—26.7

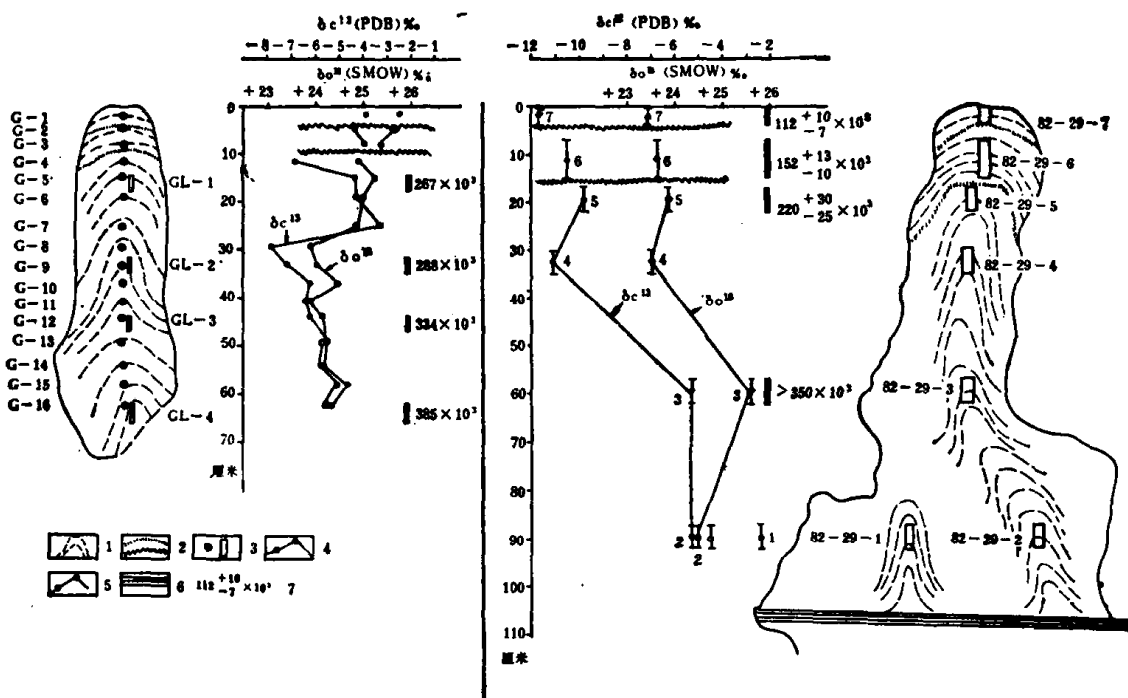


图2 二个石笋的铀系年龄及 δO^{18} 、 δC^{13} 值对比

1. 石笋的生长纹；2. 沉积间断面；3. 样品位置；4. δO^{18} (SMOW) 曲线；5. δC^{13} (PDB) 曲线；
6. 钙华板；7. 铀系年龄值(距今, 年)

万年期间的生长速率是最快的, 与这时期的相对气温较高 (δO^{18} 、 δC^{13} 值较低) 是一致的。

一般地说来, 洞穴沉积物在内部带是在相对较封闭条件下在同位素达到平衡的情况下, 缓慢结晶形成的, 其 δO^{18} 、 δC^{13} 值是古气候的反映, 但在洞穴不同部位又因 CO_2 逸出速度及水的蒸发情况的差异而有所变化, 单个样品 δO^{18} 、 δC^{13} 值之间尚难对比, 但是同一石笋的系统连续采样所得出的变化曲线特征则能很好地反映洞穴地区的古气候的变化。基于这种认识, 我们将这二个石笋进行了系统的 δO^{18} 、 δC^{13} 值测定。测定工作是在岩溶所实验室英制 MM903E 质谱仪上进行的, 所得的结果曲线(图2)也是非常相似的。无论是 δO^{18} 值曲线, 还是 δC^{13} 值曲线都有起伏变化, 但在更新世中期, 大约在距今 27—28 万年左右, 出现一个明显的低槽谷, 表示这是一个气温相对较高的气候期。

三、解释和结论

茅茅头大岩内二个石笋的采样位置相距约 400 米, 但它们的铀系年龄和稳定同位素测定结果相当吻合。石笋延续生长时间达 30 多万年。这些结果表明, 不同实验室所测的铀系年龄值是可靠的, 可以相互印证的。由上述结果可以推导出本洞穴发育的复杂的历史, 大致如下。洞穴的上层洞道(或锁孔形断面的上部空间)形成的年代应早于 40—45 万年, 为更新世早期。洞顶窝穴等溶蚀形态存在, 说明洞穴早期发育时曾经历过全充水阶段^[3]。在距今 40—45 万年左右, 洞穴曾一度脱离了潜水面, 处于渗流带阶段。这个时期产生了洞顶的部分崩塌作用和洞底的块石堆积, 以及由于渗流水的作用产生了石钟乳、石笋、层状钙华等的堆积。大岩洞内大量的化学沉积物主要在这个阶段内形成的, 其延续时间可能从距今 40—45 万年到现在 11 万年左右。值得指出的是, 距今 22—15.2 万年和 15.2—11.2 万年之间石笋内产生了二次沉积间断, 与古气候变化有关, 可能表示洞内滴水大大减少或停止, 石笋处于风化阶段。在更新世晚期(可能为距今 22 万年以来), 洞穴水流又积极活动起来, 开拓了底层洞道(洞穴的西北部分)

表2 大岩洞穴石笋铀系年龄及 δO^{18} 、 δC^{13} 值

铀系年龄法							稳定同位素						
样品编号	实验号	采样位置 (由顶往下) (厘米)	铀浓度 ppm	$\frac{U^{234}}{U^{238}}$	$\frac{Th^{230}}{U^{234}}$	$\frac{Th^{230}}{U^{238}}$ 年龄 $\times 10^3$ 年	测定单位	样品编号	采样位置 (由顶往下) (厘米)	$\delta O^{18}\%$ (SMOW)	$\delta C^{13}\%$ (PDB)	测定单位	
82-29-7	82110	0—4	0.07(± 0.003)	1.52 ± 0.05	0.68 ± 0.03	112+10 —7	中国科学院地质研究所	(同左)	(同左)	23.44	—11.76	岩溶地质研究所实验室	
82-29-6	82109	7—15	0.06(± 0.002)	1.45 ± 0.05	0.80 ± 0.03	152+13 —10				23.65	—10.57		
82-29-5	82108	17—22	0.04(± 0.002)	1.24 ± 0.05	0.91 ± 0.04	220+30 —25				23.89	—9.82		
82-29-4		30—35								23.56	—11.10		
82-29-3	82106	57—62	0.63 ± 0.02	1.11 ± 0.03	1.03 ± 0.04	>350				25.62	—5.26		
82-29-2		87—92								24.48	—5.27		
82-29-1		87—92								25.81	—4.57		
GL-1	G-1	14.5—17.8	0.06 ± 0.003	1.07 ± 0.05	0.93 ± 0.05	267	地矿部南海地质调查指挥部	G-1	1—3	25.76	—3.97		
								G-2	3—5	25.68	—4.43		
								G-3	7—9	25.34	—3.96		
								G-4	11—12	24.88	—6.92		
								G-5	14—16	25.24	—4.35		
GL-2	G-2	31.5—34.5	0.04 ± 0.003	1.02 ± 0.06	0.93 ± 0.05	288		G-6	18—20	25.01	—4.28		
								G-7	24—26	24.89	—3.25		
								G-8	28—30	23.87	—7.84		
								G-9	32—34	24.08	—7.19		
								G-10	36—38	24.48	—6.28		
GL-3	G-3	44—47	0.05 ± 0.002	1.06 ± 0.06	0.97 ± 0.07	334		G-11	40—42	23.86	—6.29		
								G-12	44—46	24.13	—6.25		
								G-13	48—50	24.18	—5.63		
GL-4	G-4	62—66	0.08 ± 0.004	0.92 ± 0.06	0.94 ± 0.05	385		G-14	53—55	24.10	—5.64		
								G-15	57—59	24.47	—4.72		
								G-16	61—63	24.22	—5.58		

注：计算中的衰变常数 $\lambda_{230} = 9.217 \times 10^{-6}$ 年 $^{-1}$ ； $\lambda_{234} = 2.794 \times 10^{-6}$ 年 $^{-1}$ 。

或对原有的洞道进行潜水面的改造，形成了锁孔形断面的下部空间（洞穴的东部）。现今大部分洞底为后期粘土钙华所堆积。在山体再次抬升后，洞穴底部粘土层被渗流水所侵蚀，掏空，形成了许多塌坑、竖缝、竖穴及石笋石柱倾倒等现象。距今3—4万年左右，也是本洞穴内化学沉积的一个活跃时期。无论是在上层洞，还是在下层洞内，均有一定数量的石笋、石钟乳、莲花盆、钙华等产物形成。采自上层洞底边石坝内一个莲花盆（样号82-01）的 C^{14} 年龄为距今 35630 ± 1520 年（岩溶所实验室 C^{14} 组，1982年6月测）。当然，大岩洞内至今仍有滴水形成一些化学沉积物。它们数量不多，但外观新鲜、洁白、极易与风化强烈的古老沉积物相区别。

致谢：衷心感谢中国科学院地质研究所同位素室和地矿部南海地质调查指挥部实验室以及岩溶地质研究所实验室同位素组、 C^{14} 组有关同志所付出的辛勤劳动。他们的大量测试成果是本文讨论的基础。本稿写作过程中得到朱学稳、赵树森同志的指导及提出宝贵的意见，在此一并表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 赵树森、刘明林、马志邦，更新世洞穴堆积的铀系法年龄，*IGAS Research of Geology*, 1982, 294—299.
- [2] 汪训一，桂林某些岩溶洞穴矿物，*中国岩溶*, 1(1982), 1: 40—48.
- [3] 朱学稳，桂林地区灰岩洞穴的溶蚀形态，*中国岩溶*, 1(1982), 2: 93—103.