

文章编号:1000-0550(2001)03-0425-08

贵州荔波董哥洞3号石笋的同位素年龄及古气候信息^①

张美良 袁道先 林玉石 覃嘉铭

(中国地质科学院岩溶地质研究所、岩溶动力学开放研究实验室 广西桂林 541004)

摘 要 石笋是岩溶记录中最全面、最系统的古气候环境信息库,研究表明,洞穴内、外环境变化,都不同程度地显示在石笋的组成、结构构造、沉积(生长)纹层及其层面构造、沉积速率和古气候环境变化等方面。利用洞穴石笋保存的信息重建古环境,是近20年来的热门课题之一。当前全球气候变化预测研究中,洞穴石笋的高分辨率定年和碳、氧同位素组成的变化规律,为这个领域的突破和填补空白作出了重大贡献。本文通过对荔波董哥洞3号石笋进行热电离质谱(TIMS)U—系测年及碳氧同位素分析,获得了距今16.33万年至9.13万年的古气候信息。石笋在大于16.33万年前开始生长,9.13万年后停止生长,平均沉积速率为2.87 mm/100 a(未扣出间断时间),属中更新世的产物。其年龄与 $\delta^{18}\text{O}$ 的变化可与深海岩芯V28—238同位素记录所揭示的第五和第六阶段以及北方离石黄土层(L2)和下马兰黄土第一古土壤层(S1)进行对比。它反映此阶段区内经历了寒冷和温暖(间夹冷期)等气候变化,与全球古气候变化波动基本一致,同时也存在地区性的气候变化。

关键词 石笋 铀系年龄 稳定同位素 古气候 荔波董哥洞

第一作者简介 张美良 男 1956年出生 高级工程师 构造地质学

中图分类号 X141 **文献标识码** A

1 概述

董哥洞位于荔波县桐塘乡老场村东约3 km处,其西南距桐塘乡约4 km。处于茂兰岩溶森林保护区桐塘乡东北部的丛林区,峰丛顶部高程711~846 m,其北东旺牌山达868.2 m,洼地群底部高程500 m、600 m、700 m上下,层序明显,峰洼差100~300 m以上。洞口显露在峰体北坡中上部,洞口高程680 m,高于北缘家屋基洼地80 m。其洞穴(入口)的原始性已遭到破坏。据茂兰岩溶森林区的气象资料,区内年均气温15.3℃,年均降雨量1752 mm,年均相对湿度83%,属亚热带温湿气候区^[1]。洞内气温15.2~16.4℃,洞穴的盖层植被较好,是昔日茂密的常绿落叶阔叶混交林区(但是近几十年间已经消退)。有利的气候条件和良好的植被环境有利于岩溶洞穴的形成、演化。

2 洞穴形成的地质背景

桐塘乡董哥洞处于捞村—水尧复背斜东翼、洞塘次级向斜东南翼,紧邻板寨北东向主干断裂带,利于广泛汇集地表水、地下水,促进洞穴发育。洞穴发育在上石炭统颗粒灰岩或局部白云岩化灰岩中,洞口高程680 m,高于北缘家屋基洼地80 m,洞穴顶板覆盖层厚度>100 m。洞道沿北(北)东褶皱的层面及层间溶裂

和伴生的北(北)东向断裂、配套的北西(西)向断裂裂隙系统扩展伸延,形成洞穴系统,显示主、支洞道均受断裂系统控制。董哥洞主、支洞道实测长1107.7 m,洞宽3~55 m,一般7~22 m,洞高2.5~30 m,一般5~15 m。主洞道呈北东向、北西向转折,仅局部呈东西向,总体洞道近南北向,并与北东向、北西向或近东西向支洞道组成网络(迷宫)式阶梯状洞穴系统(图1)。由于碳酸盐岩层厚度大,适宜洞穴向纵深发育,在垂向上形成层楼式洞穴系统(图2),上层洞标高为660~650 m,洞底较平,向南延伸有支洞相汇,底板有季节性滴、流水,形成微波纹状流石平台。中层洞标高为580~560 m,洞道宽旷,与洞交汇处或主洞道转折处形成巨大洞厅,底板波状起伏,在南段旱季仅滴水段的流石池有积水;中段洞穴底板流石池中有积水,水深一般20 cm以下,雨季局部凹段或塌落底板段水深50 cm;北段底板起伏较大,基本是干洞,陷落消水段雨季有少量积水。下层洞标高为500 m左右,为地下水排泄通道。中上层洞穴由一约80~60 m深的斜井连接,中下层洞穴由一约60 m深的竖井或斜井连通,构成层楼式的洞穴结构。本区地处云贵高原东南斜坡带,森林植被至今覆盖良好,雨量充沛,是成洞的良好条件。

岩溶沉(堆)积建造研究表明:区内自海西期构造运动之后,隆起成陆,开始发育溶隙(裂)、溶穴、孔洞,

① IGCP379、国家自然科学基金资助(批准号:49632100)和国土资源部资助(编号9501104)。

收稿日期:2000-03-04 收修改稿日期:2001-01-02

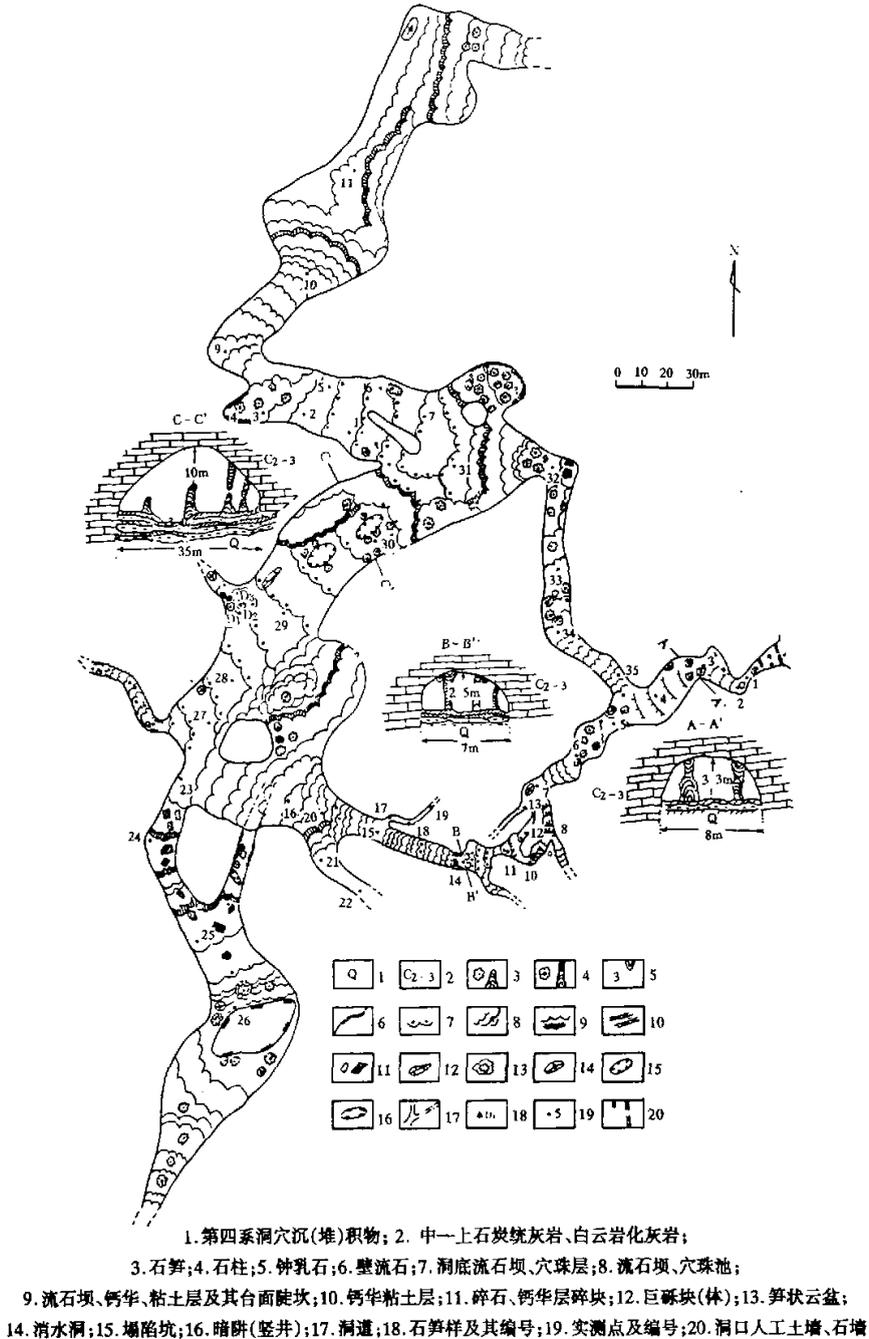


Fig. 1 Sketch map showing the plane of Dongge cave system, Libo county

至白垩纪形成洞穴系统。洞穴系统化的过程和新构造运动的间歇性抬升,使洞穴及其沉(堆)积物呈层性,其洞穴形态、组合和伴生的岩溶建造记录了洞穴形成前、后气候环境冷暖变化的旋回性和岩溶地质、水文地质演变历程。

3 洞穴沉(堆)积物特征

桐塘乡董哥洞洞穴系统,由上层、中层和下层(现仍在发育的地下水排泄通道或地下河)构成层楼式洞穴系统。洞穴沉(堆)积物成因类型多,期次复合复杂,

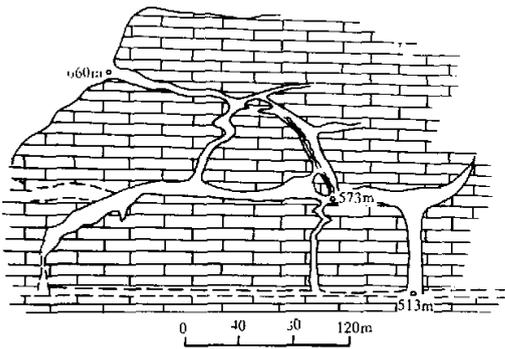


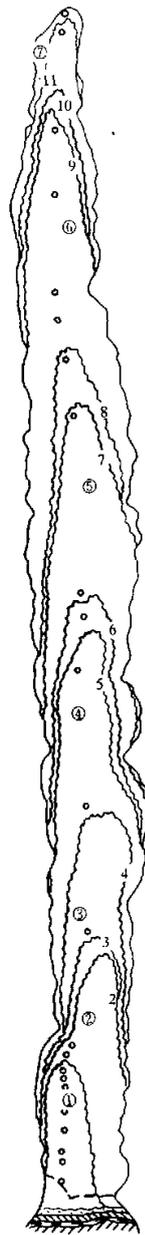
图2 荔波茂兰董哥洞层楼状洞穴剖面图

Fig.1 Sketch section of Donggedong layer cave, Libo county

但主次明显。流石类是董哥洞的主要类型之一,分布广,是上、中层洞底板的主要构成物,形成时间长,达数百万年,形成期有四~五次之多,特别是连接上、下层洞的倾斜通道,形成的流石瀑布高达60~80 m。滴石类也是董哥洞中主要类型,钟乳石、石笋、石柱呈簇状成群分别集中在上、中层洞的不同洞段。石笋、石柱规模大小不等,最大者高4~8 m,直径50~80 cm,一般高1.5~3 m,径直15~30 cm,小者高0.6~1 m,直径3~8 cm,其中石笋沉积旋回性、阶段性明显,结构构造及其形态组合类型较多,不少洞段构成宏观或微观景物。洞穴碎屑沉(堆)积物,是董哥洞上、中层洞道的主要填(淤)塞物,其中以沉(淤)积粘土间夹钙华层和砾卵石砂砾层为主,若混杂坍塌巨砾或岩块、碎砾堆积,则形成混杂堆积或分布在坍塌洞段和坍塌坑或消水坑附近。流石类的叠复交切,碎屑沉积物的层面斜交、穿切、包绕等构造面的期序和滴石类中的沉积旋回,纹(壳)层沉积间断或风化壳、纹(壳)层组构造类型、色率的变化及其组成,连同洞穴形态给合和层状构造等,都有成景自然性的观赏价值,又有成生联系和演变关系。

4 荔波董哥洞3号石笋的沉积特征

董哥洞3号石笋采自距洞口300 m处的中层洞(图1D3点),笋高210.2 cm,笋径17~20 cm,呈锥柱状,笋顶顶部2 cm为近期沉积,由0.1~1.5 mm厚的白色方解石纹层组成。石笋底部为50~80 cm厚的钙华层,石笋无浸泡。石笋的沉积特征研究表明(图3,表1):石笋由6个完整沉积旋回和刚开始沉积的7旋回组成,其内有11个间断沉积纹层。每个沉积旋回的晚期都有2次以上较明显的沉积间断,并有厚达0.5~1 mm的风化壳,显示旋回顶部沉积时间较长。其基本特征如表所示,主要表现在:1)7个沉积旋回和11个间断沉积的纹层不整合,反映地质、气候、环境呈



1.岩溶地质研究所实验室 α 质谱测定;2.美国密里苏达大学热电质谱(TIMS)测定;3.沉积间断面;4.测年龄点

图3 荔波董哥洞3号石笋纵剖面图

Fig.3 Sketch section of No.1 stalagmite form Dongge cave

阶段性变化。每个旋回顶、底都是主要间断面,其中以1和11不整合间断时间最长,也是地质事件和气候环境多变或突变的时期。其余的不整合间断时间相对较短,特别是在③~⑥旋回内还有短暂亚沉积旋回。2)纹层结构色率呈规律性变化,组成纹层的方解石晶体呈微粒状、细粒状组成韵律性沉积纹层,纹层轴部经自

表1 荔波董哥洞3号石笋的沉积特征表

Table 1 The deposition characteristics of stalagmite from Dongge cave, Libo County

石笋高 /cm	沉积旋回		纹层特征	纹层结构	U系年龄 /ka	沉积速率 /(mm/100a)	古气候	
	序次	厚度 /cm						
209.6	⑦	2	白色细粒间夹灰黄色微粒方解石纹层,纹(壳)层厚0.1~1.5mm	纹(壳)层组呈钝锥柱状叠复,中下部有间断沉积	0.109±0.01	20		温暖期
207.6	⑥	58.5	白色—灰白色间灰色细方解石粒顶部夹灰黄色微粒方解石纹层,厚度0.2~1.5mm或2mm,组成亚旋回,含11个纹层组	纹层组呈钝锥状,向上变为尖锥柱状叠复,顶部由钝柱状变为柱顶下凹的柱状叠复	91.3±0.4 98.3±0.5 99.4±3.7* 101.0±0.5 102.3±6.5*	5.32		温暖期 温
149.1	⑤	43.5	白色细粒间夹白色微粒方解石纹层,顶部间夹灰白—灰黄色微粒方解石纹层,层厚0.1~1mm,两亚旋回,由8个纹层组组成	纹(壳)层组中上部呈凹顶钝柱状,中部呈斜歪锥柱状,下部为钝锥状叠复	105.1±0.5 110.9±6.5 113.9±0.6		3.28	暖 冷 期
105.6	④	37.4	白色—灰白色夹灰—灰黄色细粒夹微粒方解石纹(壳)层,层厚0.1~0.5mm,顶部间夹少数0.1~1mm,组成两亚旋回,含9个纹层组。底部晶间孔多,φ为2×7mm	纹(壳)层组在上部呈凹顶不对称柱锥状,中部呈“S”型斜歪钝锥柱状,底部呈尖锥状不对称叠复	118.4±0.7 119.6±0.6 122.0±0.6			温暖期
68.2	③	20.1	灰白色夹白色细粒间夹灰—灰黄色微粒方解石纹层,层厚0.10~2mm,含3个纹层组,6个韵律性纹层组,中部、底部晶间孔较多	纹层组在上中部呈凹顶柱锥状,中下部呈钝柱锥状至锥状微不对称叠复	123.7±0.8		6.88	温 暖 期
48.1	②	23.5	白色—灰白色微—细粒偶夹灰色微粒方解石纹层,层厚0.1~1mm,组成5个纹层组,1~4组轴部晶间孔呈轴心溶孔	上、下纹层组呈钝柱状为不对称叠复,中部纹层组呈对称叠复	124.2±0.6 130.5±1.0			期
24.6	①	24.6	白色—白色半透明细粒间夹灰—灰黄色微粒方解石纹层,层厚0.1~0.2mm,间夹少量1mm,组成6个韵律状纹层组,以中上部5个纹层组为典型	纹层组呈钝柱锥状间平顶柱锥状叠复	133.5±1.0 137.1±1.1 149.9±0.91 60.3±5.3 163.3±4.5		0.91	干 冷 期

* 由岩溶地质研究所实验室用α质谱测定,其余由美国密里苏达大学程海博士用热电离子质谱(TIMS)测定

调整作用,普遍呈细粒化。其中①旋回以灰色为主,间夹灰白色纹层,纹层厚主要为0.1~0.2mm,间夹少量1mm;②、④、⑤和⑥旋回以白色—灰白色为主,偶夹灰色—灰黄色纹层;③旋回以灰白色夹白色为主,间夹灰—灰黄色纹层;⑦旋回以白色为主,间夹灰黄色纹层。而②~⑦旋回纹层厚度0.1~1mm为主,夹少量2mm的纹层。3)纹(壳)层组合构造呈现以万年级沉积旋回为主,并由若干千年级纹(壳)层组成,象征气候环境变化过程,其中以若干百年级纹层组构成的亚旋回,还能显示气候跃变的强度。纹层是沉积(气候)显

示的基本(最小)单位,其时限有十年级又有百年级。4)纹(壳)层组构造是滴水动态的直接标志,由石笋剖面(图3)可知,①旋回显示滴水水量小而稳定;②和③旋回显示滴水发生偏移以及滴水水量的突变;④旋回显示滴水水量稳定且有局部偏移,并发生短暂停滴后继续沉积④亚旋回;⑤旋回开始显示滴水水量增大,尔后逐渐减小,而发生短暂的停滴,后继续沉积亚旋回;⑥旋回开始显示滴水水量增大,尔后逐渐减小,并发生两次停滴,在旋回中形成了三个亚旋回沉积;⑦旋回在⑥旋回结束后发生了漫长的停滴,至今又开始新的沉积。综上所述,滴水落速、水点着落状态和迁移等都随之呈阶段性变化。

5 荔波董哥洞3号石笋的形成年龄及沉积速率

年代测定主要采用热电离质谱 U(TIMS 系)系法,由美国密里苏达大学和中国地质科学院实验室测定完成,少量采用 α 能(质)谱 U 系法,由国土资源部岩溶地质研究所实验室测定完成。样品的选择,主要根据石笋剖面的沉积旋回变化,特别是根据石笋沉积间断面的上下以及气候变化特点加以确定。石笋沿中轴切开后,内部沉积旋回和沉积纹层(组)清晰,经在石笋中轴剖面上系统采集 30 个 U 系测年样,测年确定石笋形成年龄在 163.3~91.3 ka 之间(图3、表1.2),即经历 72 ka 的沉积或生长期(厚 207.6 cm),并在石笋顶部 91.3 ka 处(即距笋底 207 cm 处),沉积间断达 91.191 ka 之久,至今又开始了新的沉积或生长(约 2 cm)。可与桂林水南洞(3号石笋,80.7~229.1 ka)、桂林茅头大岩(82~29 石笋,41~35 ka)、福建宁化天鹅洞(18~215 ka)和南京汤山洞(166~381 ka)等洞穴石笋的形成年龄以及深海氧同位素年龄和北方黄土层^[2-7]进行对比,在气候变化上总体响应全球变化模式,但也存在着强烈的区域性特征。据3号石笋的生长高度 207 cm 及实测年龄(163.3~91.3 ka),计算出该石笋的平均沉积速率为 2.87 mm/100a,未扣出间断时间。有关各沉积旋回的沉积速率及沉积年代见表1.2或图3。由图表可以看出,石笋第①沉积旋回的沉积速率较慢,显示洞顶滴水较小,但滴水均匀而稳定。从第②沉积旋回开始洞顶滴水增大,沉积速率稍快而稳定,其滴水的间断时间显示出三个千年级的暖、冷气候阶段,其内包括五个百年级的气候变化亚旋回,石笋基本呈连续沉积。

6 荔波董哥洞3号石笋的碳、氧同位素

碳、氧同位素测定由国土资源部岩溶地质研究所

实验室完成。其中碳、氧同位素的碳酸盐样品与 100% 磷酸反应生成 CO_2 , 纯化后于 MM-903E(英国 VG 公司)进行质谱分析, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$ 值为相对于 PDB 标准, 系统误差 $< 0.1\%$ 。董哥洞 3 号石笋, 高 210.2 cm, 在其生长过程中滴水有几次小偏移, 因此, 在纵向切面上, 中心轴有几次小摆动。碳氧同位素样品沿中心轴按一定间隔采取, 第①旋回(131.0~163.3 ka 时域)按 1~2 cm 间隔采取, 第②~⑥旋回(91.3~130.5 ka 时域)按 3 cm 间隔采取, 总计取样为 100 件(其中 11 件为平行样), 每件样品所代表的平均年龄分辨率为 720~800 a, 其中①旋回取样 22 件, 每件样品所代表的平均年龄分辨率为 1581a; 第②~⑥旋回取样 68 件, 每件样品所代表的平均年龄分辨率为 576.4a; 第⑦旋回取样 1 件, 为 100a。 $\delta^{18}\text{O}$ 及 $\delta^{13}\text{C}$ 随年代的变化曲线如图 4 所示。由氧同位素记录曲线分析表明(图 4), 在 118.4~119. ka B. P 和 130.5~133.50ka B. P 之间有较明显的突变(即在 131 ka B. P 处), $\delta^{18}\text{O}$ 值分别由 -3.2% 突变为 -5.63% 和 -3.7% 突变为 -7.89% , 在石笋剖面上则表现为两个沉积间断的突变或气候变化的跃变点。其中, 在 91.3~102.3 ka 时域的 $\delta^{18}\text{O}$ 值在 -6.11% ~ -8.89% 之间, 平均为 -7.72% ; 102.3~118.46 ka B. P 时域的 $\delta^{18}\text{O}$ 值在 -4.88% ~ -6.27% 之间, 平均为 -5.53% ; 118.4~130.5 ka 时域的 $\delta^{18}\text{O}$ 值在 -7.89% ~ -8.93% 之间, 平均为 -8.31% ; 131.0~163.3 ka 时域的 $\delta^{18}\text{O}$ 值在 -3.73% ~ -6.59% 之间, 平均为 -5.59% , 反映了两阶段气候变化的转折或跃变。

7 古气候变化信息

根据碳、氧同位素记录的信息, 董哥洞 3 号石笋在 163.3~91.3 ka 时域存在由冷到暖的两个气候旋回, 形成三峰(δ 值的低值区)二谷(δ 值的高值区), 最低的谷区位于 133.5~130.5 ka 时域, 其次是在 118.4~113.9 ka 时域, 是本区的两次冷事件。最高峰位于 130.5~118.4 ka 间, 是本区的最热事件。130.5 ka 是图 4 由最低谷向最高峰的两个平均气温差别最大的分界, 可能相当于海洋氧同位素曲线的 5e~6 的分界, 相当于大理冰期间冰阶的开始点。在 163.3~130.5 ka 间的大理冰期旋回早中期, 相当于 V23~28 深海岩芯氧同位素第 6 阶段或是北方离石黄土层(L2)^[5,8,9]。此阶段石笋的碳氧同位素曲线呈总的下降趋势, 气温由高至低, 变幅由小变大, 最后是极其寒冷干旱, 气候非常恶劣。130.5~91.3 ka 间, 相当于末次间冰期(或大理冰期的间冰阶)的前期。其中在 91.3~103.5 ka、103.5~118.4 ka、118.4~130.5 ka 的三个时域, 可分

表 2 荔波董哥洞 3 号石笋铀系年龄值*

Table 2 The dating ages of No.3 stalaymite from Dongge cave in Libo

样品号	距石笋顶 /cm	²³⁸ U /ppb	²³² Th /ppt	$\delta^{234}\text{U}$ 测量值	²³⁰ Th/ ²³⁸ U 活比度	²³⁰ Th 校正年龄 ka
D3u~25	0.1~0.8	856±1	392±5	-244.8±0.9	0.00088±0.000035	0.109±0.01
D3u~24	3.4~4.5	1080±1	4817±19	-217.5±0.8	0.4292±0.0010	91.3±0.4
D3u~9	18.0~18.5	1067±1	698±4	-213.5±1.0	0.4504±0.0011	98.3±0.5
D3u~23	50.6~51.4	989±1	977±6	-228.1±0.9	0.4478±0.0010	101.1±0.5
D3u~22	63.5~64.3	920±1	1073±6	-193.5±1.0	0.4821±0.0011	105.1±0.5
D3u~21	73.0~73.8	1082±1	613±5	-186.7±1.0	0.5016±0.00121	110.9±0.6
D3u~20	102.0~103.0	1188±1	383±5	-193.4±0.8	0.5041±0.0012	113.9±0.6
D3~8	115.5~116.5	1334±2	514±3	-203.5±0.9	0.5092±0.0013	118.4±0.7
D3u~19	141.0~142.0	1251±1	306±5	-203.5±0.9	0.5092±0.0012	119.6±0.6
D3u~18	161.0~162.0	1251±1	1137±5	-195.3±0.8	0.5209±0.0012	122.0±0.6
D3u~17	181.0~182.0	1115±1	16671±151	-187.9±0.8	0.5314±0.0012	124.2±0.6
D3u~16	184.9~185.3	714±1	21024±156	-191.8±0.9	0.55425±0.0013	130.0±1.0
D3u~14	187.0~187.6	833±1	21024±156	-179.5±1.5	0.5583±0.0014	133.5±1.0
D3u~13	191.0~191.6	952±1	7055±51	-183.1±1.6	0.5620±0.0015	137.1±1.1
D3~6	197.0~197.5	873±1	2970±15	-178.6±1.3	0.5799±0.0015	144.9±1.1
D3u~12	204.0~204.6	1231±1	2310±11	-177.8±0.7	0.5891±0.0014	149.9±0.9
D3u~11	205.5~206.1	1383±6	27464±211	-177.6±6.6	40.6070±0.0049	160.3±5.3
D3u~10	209.0~209.6	936±4	~12827±106	-162.7±6.4	0.6249±0.0034	163.3±4.5

* 石笋 TIMS-U 系年龄由美国密里苏达大学程海教授测定

别相当于 V23~28 深海岩芯氧同位素第五阶段中的 5c、5d、5e, 可与北方下马兰黄土第一古土壤(S1)层对比。

由上述图 4 的同位素曲线研究表明: 贵州荔波地区在 130.5~163.3 ka 间, 总体显示为严寒干冷, 在这一寒冷阶段内, 仍存在小的冷暖气候变化。而在 91.3~130.5 ka 间的温暖期也含有很明显的冷期, 为 103.5ka~118.4ka(相当于 5d)。此外, 该石笋经历了近 9 万年的断流后, 至今又开始了近百年的新沉积。总的来看, 荔波地区中更新世以来的古气候演变既有全球性特征, 又有着强烈的区域性特征。这是因为高原斜坡及其良好的森林植被, 使气候旋回性反映更明显, 且有滞后效应。

8 结语

荔波县桐塘乡董哥洞 3 号石笋的研究揭示了荔波地区 16 万年来的气候变化模式, 其结果可与深海岩芯同位素记录对比。

1) 董哥洞 3 号石笋形成于中更新世晚期至晚更新世早期, 是大理冰期旋回的沉积物, 距今 16.33 万年至 9.13 万年, 沉积速率为 2.87 mm/100 a, 未扣出间

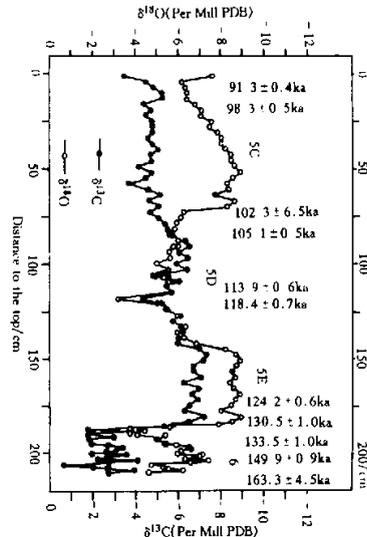


图 4 荔波董哥洞 3 号石笋同位素记录

Fig. 4 The records of carbon and oxygen isotopes of No. 3 stalagmite from Dongge cave in Libo

断时间。由 7 个沉积旋回组成, 其内有 11 个沉积间断面或风化壳层。其中①沉积旋回属大理冰期旋回早中

期,相当于 V23~28 深海岩芯氧同位素第 6 阶段,可与北方离石黄土层(L2)对比;②~⑥沉积旋回(包括 10 个沉积间断或纹层不整合)属末次间冰期(或大理冰期的间冰阶)的前期,相当于 V23~28 深海岩芯氧同位素第五阶段(5c、5d、5e),可与北方下马兰黄土第一古土壤(S1)层对比。⑦沉积旋回属(新仙女木冰期)冰后期的大西洋期,相当于 V23~28 深海岩芯氧同位素第 1 阶段,为现今的温暖气候。石笋的这些沉积间断面或风化壳层是古水文地质环境突变或剧变的综合显示,可作为地质时(年)代分界的标志层。

2) 董哥洞 3 号石笋同位素记录显示,在 130.5~91.3 ka 间,同位素记录曲线具有二峰一谷,谷区位于 103.5~118.4 ka,是大理冰期间冰阶(末次间冰期)前期的降温事件;高峰区位于 118.4~124.2 ka 间,是大理冰期间冰阶(末次间冰期)开始升温最高的热事件。它们可分别与 V23~28 深海岩芯氧同位素第五阶段中的 5d 及 5e 段对比。

在 124.2~130.0 ka 间,是该石笋整个同位素记录曲线的最低谷,可能是大理冰期(或末次间冰期)旋回的最盛冰期。130.5~163.3 ka 间,也存在有小冷暖变化,但气温变化幅度较小。这一阶段可与 V23~28 深海岩芯氧同位素第 6 阶段或北方离石黄土层(L2)^[5,8,9]进行对比。

3) 董哥洞 3 号石笋的氧同位素记录及沉积因素揭示,在 130.5~91.3 ka 时域,显示出三个千年级的暖、冷气候阶段,其内包括五个百年级的气候变化亚旋回,石笋基本呈连续沉积。

4) 石笋剖面纹层的色率和结构构造,在一定程度上也可反映环境的变化。色暗、纹层薄而发育的,往往反映干冷的气候特色^[10,11]。而色亮(白),纹层厚而不发育的,则代表温暖、潮湿的气候。沉积速率的快慢也

可分别反映温暖多雨和干冷的气候特色^[2]。

综上所述,董哥洞 3 号石笋的氧、碳同位素记录和石笋本身的生长速率所提供的气候信息是一致的,并可与我国北方的黄土剖面研究成果、与全球海洋同位素记录以及物候记录进行对比。董哥洞 3 号石笋是荔波地区中晚更新世沉积地质年代划分和古气候环境研究的典型剖面。

参 考 文 献

- 1 甘天斌,穆彪. 茂兰喀斯特森林气候考察报告[A]. 茂兰喀斯特森林科学考察集[C]. 贵阳:贵州人民出版社,1987. 98~109
- 2 张美良,林玉石,覃嘉铭. 桂林水南洞石笋的沉积学特征[J]. 沉积学报,1999,17(2):233~239
- 3 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
- 4 Liu En-Chun. Sequence of sediments at locality in Zhoukoudian and correlation with loess stratigraphy in Northern China and with the chronology of deep-sea cores[J]. Deep Sea Res.,1985,23,139~153
- 5 Shackleton N J, Opdyke N D. Oxygen isotope and paleomagnetic stratigraphy of equatorial pacific core V28~238; Oxygen isotope temperature and ice Volumes on a 10 year and 10 year scale[J]. Quaternary Res,1973,3:39~55
- 6 汪永进,陈琪,刘泽纯等. 南京汤山溶洞石笋连续 200ka 古气候记录[J]. 科学通报,1997,42(19):2093~2097
- 7 李平,彭子成,文启彬等. 福建宁化天鹅洞石笋年代和古温度[J]. 沉积学报,1996,14(1):149~154
- 8 郑洪汉,黄宝林,卢良才等. 中国北方晚更新世环境[M]. 重庆:重庆出版社,1991. 106~13
- 9 孙建中,赵景波. 黄土高原第四纪[M]. 北京:科学出版社,1991. 46~77
- 10 谭明,秦小光,刘东升等. 洞穴碳酸钙沉积的古气候记录研究[J]. 地球科学进展,1996,11(4):388~395
- 11 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[J]. 第四纪研究,1997,(1):41~51

Isotopic Ages and Paleoclimatic Implications of No. 1 Stalagmite from Dongge Cave in Libo

ZHANG Mei-liang YUAN Dao-xian LIN Yu-shi QIN Jia-ming

(Karst Dynamics Laboratory, Institute of Karst Geology, CAGS Guilin Guangxi 541004)

Abstract

Stalagmites in cave is the most comprehensive and systematic paleo-climatic environmental information contained in karst records. The study has shown the environmental changes in cave and at outside of the cave with the indication of the different degree in the composition of stalagmite, texture or structure, sediment or growth laminates, bedding plane structure, growth rate and environmental changes of paleo-climate and so on. The reconstruction paleoenvironment by use of the preserved information in stalagmite is one of the popular project for latest the

20 years. Under the study of the global climatic changes, high resolution dating and the change law of carbon and oxygen isotopic component of stalagmites in cave have made a great contribution to the breakthrough in the field.

A large stalagmite with continuous profile of clear annual growth laminae for studying the paleoclimatic changes were found in Dongge cave of Libo area last year. Because the laminae of stalagmite is mainly composed of calcite, they are suitable to be measured by TIMS U-series method to get reliable and high resolution ages compatible with other materials such as lake or marine sediments. Therefore, stalagmite may have vast vistas for geochronology study since the middle Pleistocene Epoch.

Paleoclimatic information from 163.3 ka B. P. to 91.3ka B. P. have been obtained through TIMS U-series dating ages and carbon and oxygen isotopic analysis to No. 3 stalagmite from Dongge cave in Libo. The ages and the change of oxygen isotopic records in Libo area can compare with the V and the VI stages of oxygen isotopic records of the deep-sea cores(or sediments). The results shown that the records of climatic change from 163.3ka B. P. to 91.3ka B. P. in this period in Libo area underweth from the cold period to warm and humid period. It coincides with the wave motion of the global paleoclimatic change, in the meantime, the climatic change of the region also exist.

Key words stalagmite U-series age paleoclimate stable isotope Dongge cave Libo corea

(Continued from page 385)

Our study also shows that there are two or three sets of fluvial-dominated shallow water deltaic depositional sequences in the Shanxi Formation. In general, Juye coalfield located in the delta plain of the large-scale shallow water deltaic depositional system. The delta plain is a better place for coal accumulation, high-quality workable coal seams were formed in this system. But, because of the unequilibrium of the distribution of the interdistributary swamps in the developing process of the delta, the tectonic movement and the scouring of river channel, the distribution of the coal seams are different. The distributary channel later developed often wash the earlier coalbeds. So the interdistributary swamp on shallow water delta is the best place for peat accumulation, where coal-rich units generally develop well.

Key words Juye coalfield Permo-Carboniferous deltaic depositional system coal-rich unit stratigraphy sequence