

暗河型溶洞的形成和演化过程*

——以贵州织金洞等为例

李景阳 安裕国 戎昆方

(贵州工学院) (贵州科学院) (贵州工学院)

摘 要 我国南方岩溶区广泛发育地下河, 形成复杂的暗河型溶洞。它们在旅游、供水、水能利用、采矿及地下工程建筑等方面对人类有着重要的利、弊影响。本文以贵州织金洞和独山神仙洞等典型暗河型溶洞为例, 论述其形成和演化过程, 对探讨溶洞的多种成因及认识地下河特征, 将具有一定的理论和实际意义。

关键词 暗河型溶洞; 环境背景; 溶洞形态; 堆积物铀系年代; 贵州织金洞

中图法分类号 P642.251

1 织金洞形成的环境概述

笔者在文献[1]中, 对贵州独山神仙洞的特征及成因有过较详尽的阐述, 本文以论述织金洞为主。

1.1 位置及规模 织金洞位于贵州省织金县官寨乡, 是我国著名的旅游溶洞, 以规模巨大、气势宏伟、景观美丽而著称于世。主洞金长3300多米, 有较大的4条支洞, 洞底最高1391米, 最低1142米; 溶洞最高57米, 一般高10—30余米; 最宽135米, 一般宽10—40米。

1.2 地质背景(地层、岩性及地质构造环境) 从图1知, 该洞发育于三迭系下统夜郎组(T_1y)黄椿坝段(T_1y^2)地层之中, 厚210米。该段下部为灰色薄—中厚层含泥质亮晶砂屑灰岩, 中、上部为灰色厚层—块状鲕粒亮晶灰岩, 溶洞发育在上部。 T_1y^2 之下为本组砂堡湾段(T_1y^1), 为页岩夹泥质灰岩, 厚31.5米; T_1y^2 之上为本组九级滩段(T_1y^3), 由紫色及黄绿色页岩组成, 厚54米。由此可见, 溶洞发育在两个隔水层之间。

该区域地质构造比较复杂, 且研究程度较低。据初步调查, 仅洞口处就有三条断层通过, 溶洞发育在单斜岩层之中, 据我们编制的节理变形网络图可知, 溶洞明显地受 $NE68^\circ/80^\circ$ 和 $SE158^\circ/79^\circ$ 两组优选节理裂隙的控制。

1991—04—01收稿。

• 参加洞穴调查的还有: 李祥、冷兵、邹兴伟、王德斌、张宏。

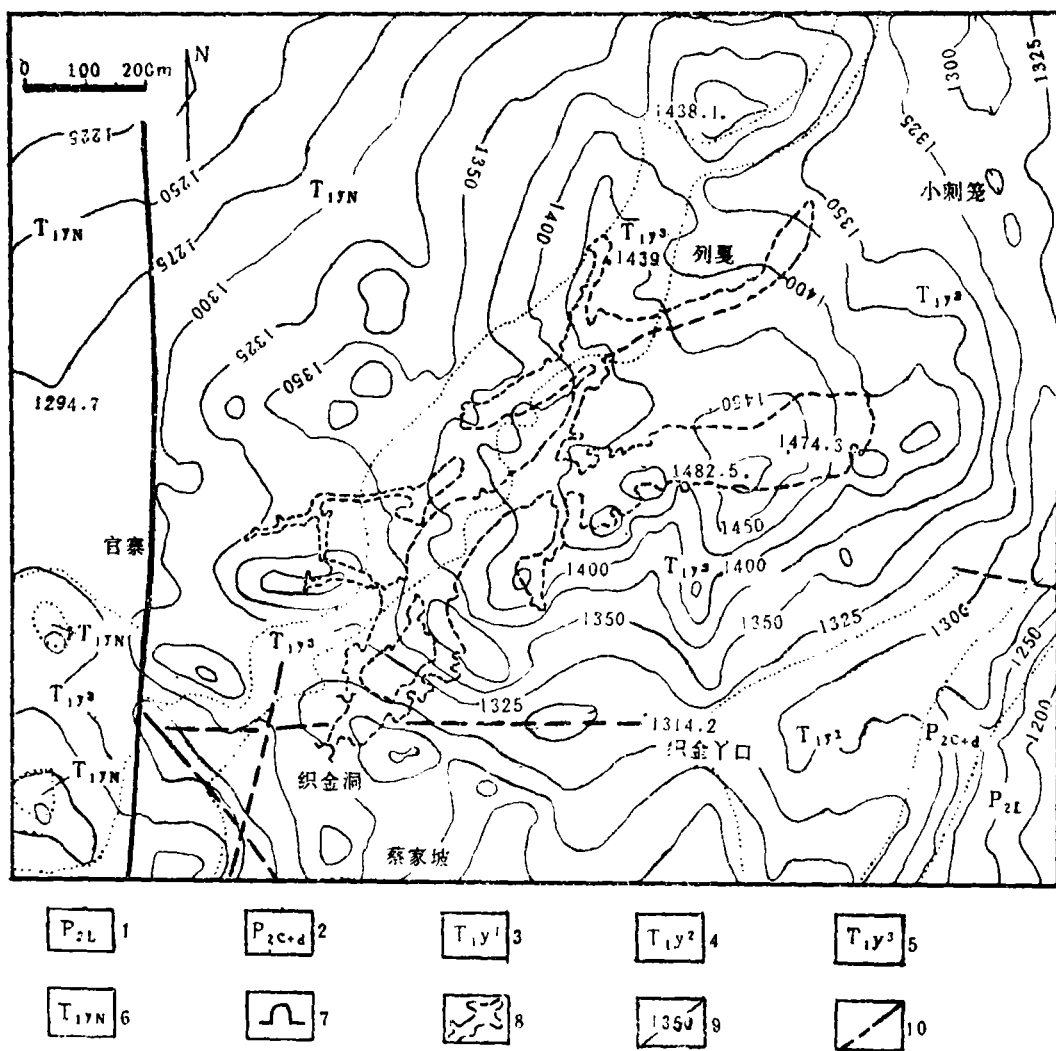


图1 织金洞地形地质图

1 —— 二上迭龙潭煤系 2 —— 上二迭长兴及大隆组泥质灰岩与页岩层 3 —— 沙堡湾页岩、泥质灰岩 4 —— 黄榕坝灰岩及鲕状灰岩 5 —— 九级滩段砂页岩 6 —— 永宁镇组灰岩 7 —— 溶洞口及天窗 8 —— 溶洞平面投影 9 —— 地形等高线 10 —— 实测及推断断层

1.3 地形、地貌 从织金洞的平面展布图可以明显地看出(参见图1): 溶洞的发育与现代地形、地貌无关。例如, 洞口出露在山坡上, 溶洞唯一的天窗也是如此。高层洞(SE方向的)恰好分布在现代山体之下, 低层洞穴的顶板岩层为 T_{1y^3} 砂页岩。这些现象说明, 溶洞生成时的地形地貌已遭到强烈的破坏, 现代地形是在溶洞生成之后才形成的, 与溶洞发育无关。

1.4 水文及水文地质 如图2所示, 织金洞区域有三条地表水系。第一条为乌江的北支六冲河, 为本区的岩溶排泄基准面, 分布在本区的NE面, 距织金洞2—3 km, 由NW流向SE, 呈深切河谷, 区段内河水面高程950—960米, 在海拔1000米、1100米及1200米河谷岸边, 可见另星的高阶地砾石层, 当时河流呈宽谷形态。第二条是位于织金洞NW约1.5 km处的绮结河, 上游称绮陌河, 发源于织金县城SW, 为六冲河较大支流。

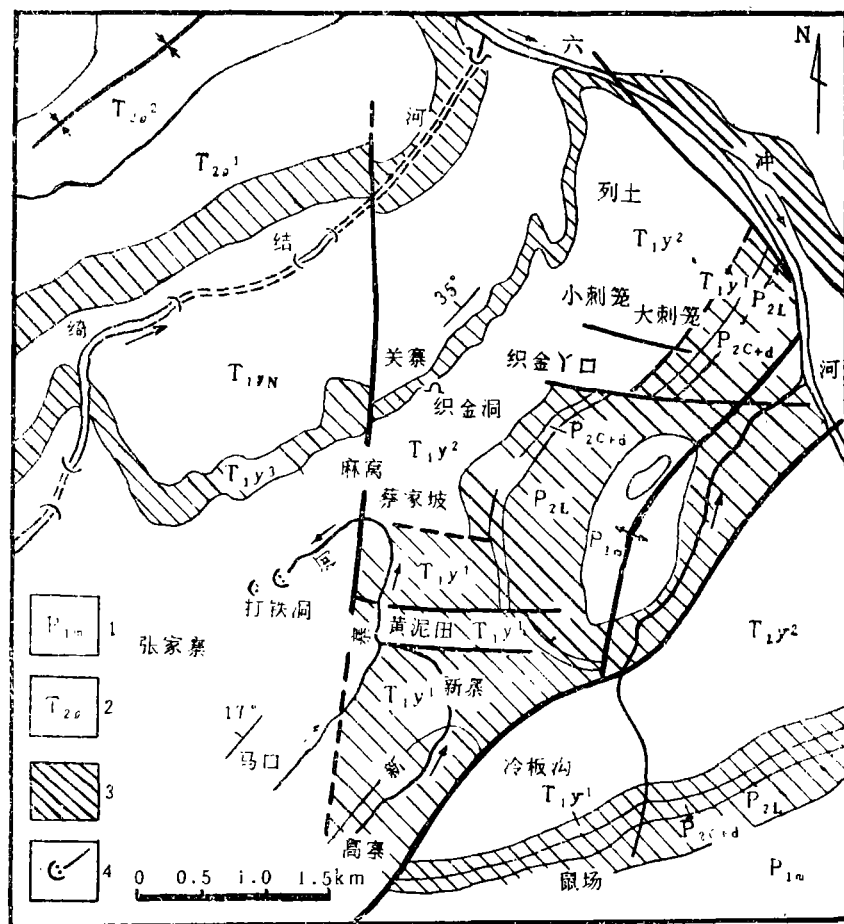


图2 织金洞区域岩溶水文地质略图

- 1 —— 下二迭茅口灰岩 2 —— 中三迭关岭组白云岩, 底部夹页岩及泥质白云岩
3 —— 隔水层 4 —— 落水洞, 其它符号同图1。

在本区河谷深切, 形成150—200米深的峡谷、坍塌天窗及暗河, 河水面高999.8—1040米。第三条, 为新寨河, 发源于高寨及马口两地, 在新寨汇合, 向北至箐脚, 又转向西流, 在打铁洞附近潜入地下, 流向绮结河。该河主流全长8.2km, 汇水面积约20km², 每当夏季大雨后, 落水洞消水不及, 导致打铁洞一带岩溶谷地被淹。据初步调查, 在麻窝(1300米), 蔡家坡(1330米)及织金丫口(1314米)等地均发现粘土砾石层, 可能为新寨河古河床遗迹, 说明古新寨河可能流经现织金洞口—织金丫口—刺笼—偏坡寨, 直接注入六冲河。因此, 织金洞的成因与古新寨河的演化有关。

调查、分析研究新寨河地表分水岭后认为, 古新寨河的汇水面积可能更大。发源于鼠场等地的溪流, 原在冷板沟附近流向新寨河, 主要汇集来自煤系地层中的水, 具有较强的溶蚀性。

从水文地质看(见图2), 织金洞区域可划分成三个单元: 南及南东部由 $P_{2L} + P_{2C+d} + T_{1y^1}$ 构成的非可溶岩区域, 为隔水层, 大气降水汇集于地表, 流向中部的岩溶区。中、北部两个强岩溶含水层(T_{1y^2} 与 T_{1y^n})之间, 有 T_{1y^3} 隔水层阻隔, 因此,

中部 T_{1y}^2 水文地质单元的岩溶水,除本身面积之内大气降水的补给之外,还接受南部流来的外源水。所以,岩溶地下水丰富,溶洞、暗河发育,发育织金洞古暗河系统及现代打铁洞暗河系统。由于 T_{1y}^3 隔水层呈NE—SW向展布,完全截断了 T_{1y}^2 和 T_{1y}^a 两个岩溶含水层的水力联系,使得中部地区的岩溶地下水不能向北部邻近的绮结河排泄,而是绕道向西排向绮结河(现代暗河)或向东排向六冲河(古暗河)。而北部的 T_{1y}^a 水文地质单元,仅接受大气降水的补给,地下岩溶不发育,地表呈现坡地——石芽地貌。

2 织金洞溶洞特征

2.1 溶洞形态 图3表1给出:该洞总体形态特征、各部分名称及形态测量数据。该溶洞是一个大体呈网格形的复杂系统,由上、中、下三层及两条主洞构成。第一条主洞:洞口—月日潭—望山湖—广寒宫—十万大山;第二条主洞:金鼠宫—水乡泽国—宴会大厅—北海垅(其中部分地段为崩积物堵塞);它们的走向大体平行,顺岩层走向水平延伸,顺地层倾向,垂直延伸。其余为4条支洞:雪香宫、塔林洞、漫谷长廊、金鼠宫通道,它们大部分为联结两条主洞的通道。织金洞是一个顺岩层倾向发育的单层状溶洞,按洞底高程大体划分为三层:上层高1340—1360米,以广寒宫—十万大山,雪香宫为代表;中层高1220—1270米,以日月潭—万寿山—望山湖及塔林洞为代表;下层高1200—1240米,以金鼠宫—水乡泽国北海垅为代表。

文献[2]中曾把溶洞的形态划分为侵溶蚀形态、堆积形态和崩塌形态,并认为只有溶洞的侵溶蚀形态和部分流水堆积形态才反映溶洞的成因。研究织金洞侵溶形态的总体轮廓,可以明显地看出该溶洞是一个顺岩层发育的溶洞,顺 T_{1y}^2 上部巨厚层一块状鲕状灰岩发育,顺地层走向水平延伸,顺岩层倾向垂直延伸。该溶洞的许多洞穴横断面图,如6, 7, 21, 28, 42号断面,均反映出该溶洞顺岩层倾向的向下“递进性”和向深溶蚀的特点。当你登上南天门回首俯视时,这一特点表现得最明显。另外,三层主洞,依次由SE向NW逐渐低下,三层主洞之间,有漫谷长廊、金鼠宫、南天门等三条泄水通道。从这些通道的冲蚀洞壁、边槽、流痕、角石以及其特殊位置等均可得到证明。例如,金鼠宫通道正发育在中层溶洞的最低处—日月潭,它是中、下层溶洞的泄水通道。

2.2 洞穴堆积物特征 织金洞滴石类堆积物具有极高的景观质量及观赏价值。最著名的有花瓣状石笋(银雨树)、雪松状及塔状石笋,盾状及盔状石笋,巨大的石柱、石帘、石帷幕,以及卷曲石、月奶石等等。另外,巨大的洞厅及山形崩积物也构成惊险的景观,引人入胜。洞穴堆积物的分布规律:主要的景观均分布在中、高层溶洞之内。如广寒宫及十万大山中的银雨树群体、石笋及石柱等,雪香宫中的卷曲石及塔林洞等。低层溶洞中滴石类堆积物很少。出现上述分布,推测有两个原因:一是随着溶洞的发展演化,高层洞露出地下水水面时间较早,处于较长期渗滴水堆积阶段;二是下层溶洞的顶板为不透水的 T_{1y}^3 砂页岩覆盖,很少有渗滴水下渗(参见图1 T_{1y}^3 分布与溶洞投影图)。

织金洞的流水堆积物很发育,主要分布在低层洞穴及漫谷长廊通道之内。堆积物主要是粘土、亚粘土、砂及碎石(卵砾石)类土。堆积厚度达3—5米以上。流石坝在低层洞穴中也很发育。如水乡泽国的流石坝扇,水流侵蚀能力很弱、堆积作用很强,说明现代水流不大。

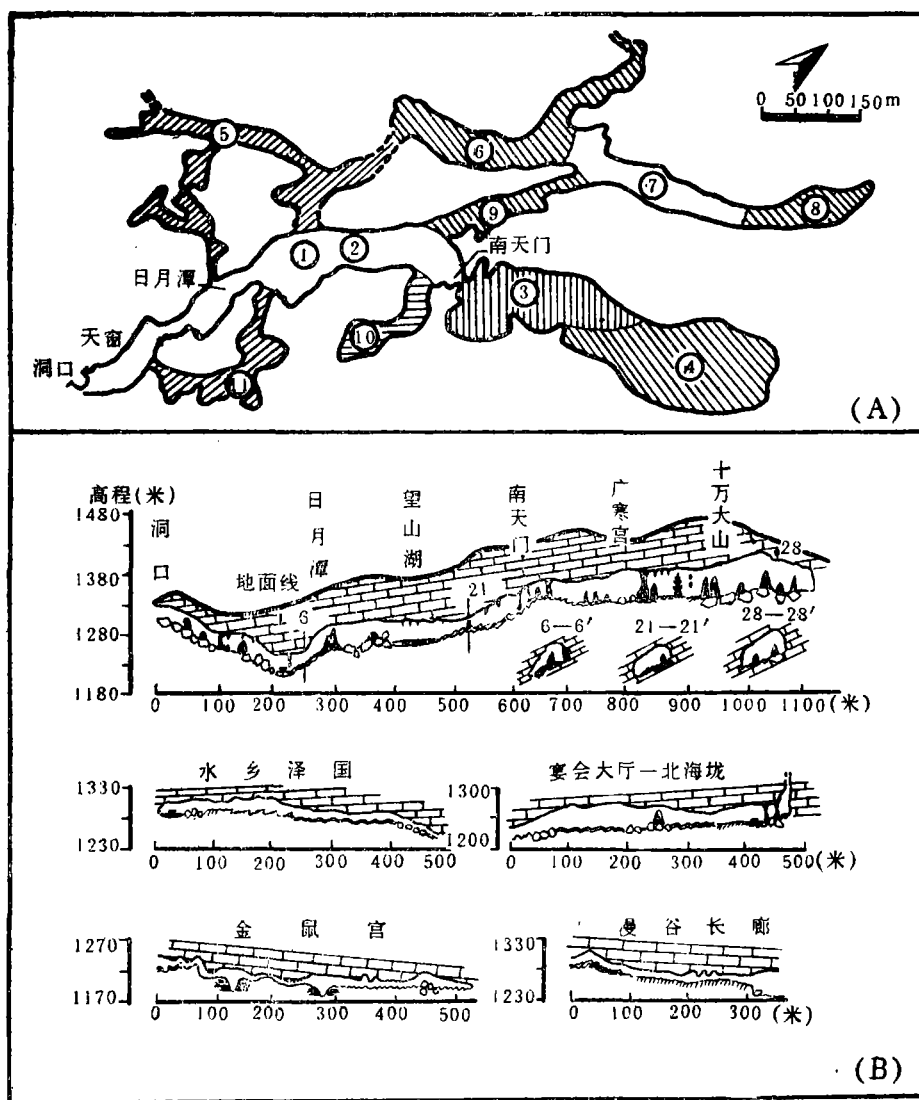


图3 织金洞溶洞图

- (A) 平面示意图 ①日月潭 ②望山湖 ③广寒宫 ④十万大山 ⑤金鼠宫 ⑥水乡泽国 ⑦宴会大厅
⑧北海龙 ⑨漫谷长廊 ⑩雪香宫 ⑪塔林洞
- (B) 纵剖面及部分横剖面图

2.3 洞穴侵溶蚀形态 织金洞后期滴石类堆积及崩积物非常发育, 早期的侵溶蚀形态保留较少, 但仍可在多处观察到洞穴的侵溶蚀形态, 包括指向流痕类、沟槽类、井管类及洞壁突出物类。例如, 观牛台的顶板流痕, 日月潭及音乐堂的顶板沟槽, 望山湖的倒石芽, 雪香宫、水乡泽国的顶板窝穴, 金鼠宫、水乡泽国等滴水点的冲刷沟槽, 漫谷长廊的角石等等。所有这些形态表明, 织金洞曾经历过全充水或周期性充水的形成环境。

2.4 洞穴水流 现代洞穴水流 包括顶板的渗滴水及洞底的股状流水。在雨季, 渗滴水在洞内几乎普遍见到, 尤其是在日月潭、望山湖、广寒宫、十万大山等处, 但水量

表 1 织金洞主要特征一览表*

各部名称		洞长 (米)	洞 宽 (米)			洞 高 (米)			发育 高程 (米)	发育方位	主 要 特 点	代表 剖面
			最宽	最窄	一 般	最高	最低	一 般				
织金洞口—十万大山	洞口 } 日月潭	220	64	20	35-55	40	20	25-28	1321 } 1221	NE10°— 45°	横断面呈矩形、拱形、崩 积及滴石发育。主洞的低 点	1 } 5
	日月潭 } 万寿山	170	85	30	40-85	50	6	25-40	1221 } 1280	NE40°	断面呈拱形。粘土钙华堆 积多, 滴石类发育。	6 } 22
	万寿山 } 南天门	210	68	31	45-55	35	10	25-30	1280 } 1332	NE62°— 90°	断面呈矩形、拱形、堆积 物发育。	21 } 35
	南天门 } 十万大山	510	135	56	90-120	57	30	40-50	1332 } 1391	NE75°	洞形巨大, 崩积及滴石发 育银雨树石笋	28 } 33
金 鼠 宫		520	25	4-3	5-15	20	1	3-5	1188 } 1218	NW295°— 355°—EW	碎屑堆积物发育, 有鼠粪 堆积	36 } 47
漫谷长廊		260	30	6-7	12-20	15	10	10-15	1250 } 1300	NE33°	洞底粘土及流石坝发育	18 } 19 } 20 } 23
水乡泽国		450	50	14	16-40	20	3	6-15	1188 } 1202	NE15°— 60°	粘土堆积及流石坝发育	8 } 12
北海垅—宴会大厅		470	50	22	27-45	33	15	17-28	1215 } 1270	NE40°— 70°	粘土堆积及流石坝发育	13 } 17
雪香宫(卷曲石洞)		220	50	8	10-40	15	8	8-15	1334 } 1338	SW185°— 200°	月奶石及卷曲石发育	24 } 27

* 表中数据, 除洞高为罗盘交汇法草测之外, 其余均为仪器测量

不大, 一般为断续状滴水。洞内股状流水有两处: 一处是北海垅洞穴尽头裂隙状落水洞入渗的水流, 雨季呈线状下泄, 流量约为0.3升/秒; 另一处是漫谷长廊等地汇集的渗滴水, 流量约0.1升/秒。两处水流在低层洞穴中形成流石坝, 汇集一起之后, 流向水乡泽国的扁缝状消水洞消失。旱季均干涸。

古水文 据洞穴外源水的汇水地形、面积、洞穴的侵—溶蚀形态、洞穴内流水堆积物等综合分析认为: 古新寨河由织金洞口泄入地下, 使它成为全充分或周期性充水溶洞, 据其集雨面积及与现代新寨河流量对比, 估计最大洪水量约5—10方/秒, 泄入洞内的水流, 由于受到 T_{1y^3} 隔水层的阻挡(参见图1, 图2)流向NE, 途经小刺笼、大刺笼两处深洼地, 于古六冲河边排入六冲河, 排泄口高程在1200米左右。下层溶洞内的流水堆积物特别发育且厚度较大, 也间接证明了织金洞曾吸收过较大的外源洪水, 因为只有洪水才含较多的砂、砾石及粘土, 这与地表古新寨河古河道的分析是一致的。

2.5 洞穴堆积物铀系年代 据赵树森等资料^[3](表2), 中上层溶洞沉积物最老年代为 $260.99 \pm 2.8; 7.3$ 千年, 最新年龄为 $30.41 \pm 1.4; 4.1$ 千年。这说明, 早在26万多年前, 洞穴即处在包气带环境之中, 处于滴石类堆积物沉积阶段了。从本区地形地貌及六冲河高阶地年代来看, 织金洞应形成于第三纪末及第四纪初期, 距今已达2—3百万年了。

表2 贵州省织金洞洞穴沉积物铀系年代

采 样 地 点	样 号	U (PPM)	年龄 (千年)	校正年龄 (千年)
织金洞银雨宫倒塌石笋	8669	0.054 ±0.002	31.77 ^{+1.43} -1.41	30.41 ^{+1.41} -1.41
织金洞银雨宫倒塌石笋	8670a	0.057 ±0.002	49.30 ^{+2.2} -1.92	46.99 ^{+2.1} -2.0
织金洞银雨宫倒塌石笋	8670b	0.031 ±0.001	158.04 ^{+9.80} -9.51	151.49 ^{+9.60} -9.31
织金洞银雨宫倒塌石笋	8671a	0.026 ±0.001	40.78 ^{+1.51} -1.50	39.10 ^{+1.49} -1.48
寿星宫倒塌石笋 (顶)	8674	0.010 ±0.001	80.83 ^{+6.60} -6.60	77.22 ^{+6.29} -6.13
寿星宫倒塌石笋 (中)	8675	0.014 ±0.001	109.43 ^{+9.10} -8.87	109.43 ^{+9.10} -8.87
寿星宫倒塌石笋 (底)	8676	0.027 ±0.001	115.80 ^{+7.0} -7.0	115.80 ^{+6.97} -6.71
宴会厅斜坡上的石笋流石	8663	0.057 ±0.002	157.96 ^{+11.57} -11.17	143.40 ^{+10.63} -10.03
织 金 洞 钙 华	8608	0.027 ±0.001	50.80 ^{+2.41} -2.20	50.80 ^{+2.41} -2.20
织 金 洞 钙 华	8611	0.01 ±0.001	35.43 ^{+2.53} -2.39	35.43 ^{+2.53} -2.34
织 金 洞 钙 华	8612	0.016 ±0.001	260.99 ^{+28.73} -27.34	260.99 ^{+28.73} -27.34
织 金 洞 钙 华	8613	0.018 ±0.001	39.73 ^{+2.62} -2.39	39.73 ^{+2.62} -2.39
织 金 洞 钙 华	8606	0.016 ±0.001	30.98 ^{+2.14} -2.11	30.98 ^{+2.41} -2.11
织 金 洞 钙 化	8607	0.034 ±0.048	103.96 ^{+5.05} -4.94	103.96 ^{+5.05} -4.94

据赵树森等 (1990)

3 暗河型溶洞的形成和演化

根据暗河型溶洞所处的部位, 可分为以下三种:

3.1 暗河出口溶洞 早在1941年, Rhoades 和 Sinacori 二人曾对暗河出口溶洞的演化过程提出过精辟的图解 (图4)。笔者也曾于1978年^[1]提出过贵州独山神仙洞古暗河及现代暗河出口处溶洞的演化实例 (图5), 并对其发育过程进行了详细讨论。根据以上论述可知: 当地壳处于相对稳定时期, 排泄基准面高程相对不变, 在暗河出口处由于水流集中排泄, 水力坡降大, 排泄通畅, 最易形成全充水或半充水型出口溶洞。随着排水廊道的发育与发展, 使原来的地下水位和流线重新调整。当排泄基准面下降以后, 重复上述过程, 形成另一层溶洞。

3.2 暗河中游溶洞 笔者在进行独山区域岩溶研究时, 曾调查过十多条暗河的数十个中游溶洞。总结其发育的特点是: 暗河的可通行段长度短小, 一般几十米长, 很少超过百米。调查者只能从暗河的天窗中进入调查, 因其上、下游经常被岩溶潭、落水洞及涌水洞所阻隔。如果地下河枯水位埋藏较深时, 包气带厚, 溶洞的垂直深度则较大。现以

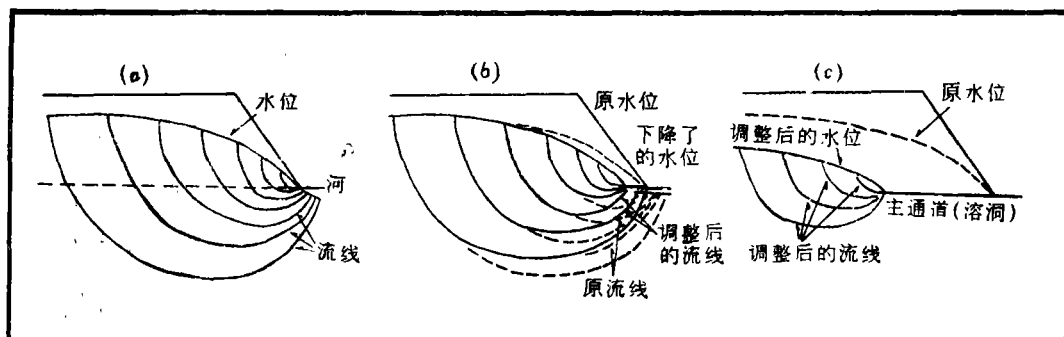


图4 暗河出口处溶洞发育过程示意图

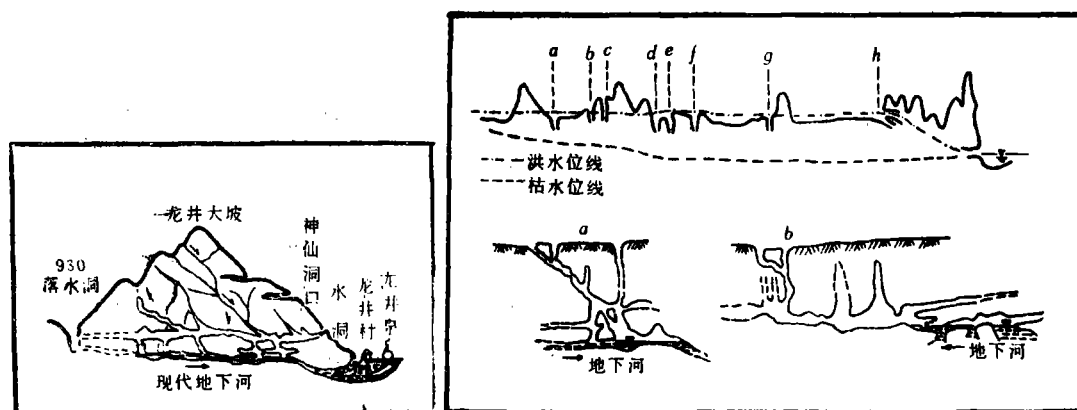


图5 独山神仙洞暗河出口处的溶洞

图6 黄河地下河中游的溶洞

(a...h 均为溶洞编号)

独山地区黄河地下河中游溶洞为例^[2]来说明这类溶洞的发育情况(图6)。由图6可明显看出,这类溶洞发育在水气交换充分、水位波动频繁、水流进出通畅的近暗河天窗地段。

3.3 暗河入口溶洞 对织金洞区域地貌及河流发育史的研究表明,在上新世末至第四纪初期,本区的绮结河及六冲河均处于山盆宽谷时期,所以,绮结河在1200—1300米处存在着古河床,曾流经大槽口等地注入六冲河,当时六冲河水面也可能在1100—1200米的高程上(有高阶地砾石堆积物)。古新寨河曾流经现织金洞口附近,后在织金洞口潜入地下(进水口高程1300—1340)的 T_1y^2 地层之中,在地下由于受到 T_1y^2 隔水层的阻挡,地下河只能顺岩层走向向NE方向流动,途经大、小刺笼两地,在地面上形成两个深漏斗、洼地。据织金洞铀系测年资料,最老的堆积物形成时代约为26万年,相当于第四纪年代的中新世末期(Q_3 末)^[4]。这说明在不晚于中新世末或更早一点时间,织金洞中、上层即已停止发育,而处于包气带的环境直到现代。织金洞目前已处于消亡时期,其主要原因是新寨河随地壳的抬升改道西流。织金洞上、中、下三层洞穴大体处在三个不同的水平上,表明排泄基准面在相应的高程处曾处于相对稳定阶段。

在溶洞调查过程中,曾得到织金洞管理处同志们的协助。承蒙赵树森等同志提供更详尽的溶洞铀系测年资料,在此一并感谢。

参 考 文 献

- 1 李景阳. 神仙洞的成因和演化. 第二届岩溶学术会议论文选集. 北京: 科学出版社, 1982
- 2 李景阳. 岩溶洞穴微地貌形态和溶洞成因. 岩溶科技, 1981
- 3 赵树森等. 中国东部喀斯特洞穴沉积物铀系年代. 中国岩溶, 1990; 9(3)
- 4 贵州省地质矿产局. 贵州省区域地质志. 北京: 地质出版社, 1987

Forming and Developing Process of Underground Stream Caves—Zhi Jin cave etc. as examples

Li Jingyang Rong Kunfang

(Dep. of Geology)

An Yuguo

(Guizhou Academy fo Science)

Abstract Many underground streams are distributed in karst areas of South China. Tthey formed complicated underground steam caves, which have good or bad influence on tourism, water supply, water power energy utilization, mining and underground construction. Zhi Jin cave and Shen Xian cave are taken as examples to illustrate their forming and developing process. It will have some theoretical, pratical significance to further explain the origin of caves and to recognize the features of underground streams.

Key Words Cave of underground stream; environmental background; formation of cave; Zhi Jin Cave in Guizhou Province