

# 清江半峡神女洞形成环境及研究意义

王增银 韩庆之  
(中国地质大学, 武汉 430074)

**摘 要** 本文采用对溶洞流水堆积物特征及古地磁测量和孢粉分析方法, 分析了清江半峡神女洞的形成环境和形成时代, 并论述了其在古水文地质条件和古地理环境演变及岩溶发育史研究中的作用。

**关键词** 形成环境 形成时代 岩溶发育史

岩溶洞穴堆积物研究一直是分析洞穴发育年代及形成环境的主要方法, 这方面的研究论文已有很多, 但研究对象大多是洞内化学沉积物(钟乳石等)。本文通过对清江半峡神女洞流水堆积物岩性特征及古地磁测量和孢粉分析研究, 分析了该洞的形成环境和形成时代, 并分析了在古水文地质条件和古地理环境演变及岩溶发育史研究中的作用。

## 1 神女洞发育特征

神女洞位于半峡地区清江支流肖儿河左岸陡崖上, 洞口高程 470m, 高于河床 250m。该洞规模宏伟, 洞口高 10m, 宽 10m, 呈拱形, 向内洞体逐渐扩大, 局部呈大厅状, 宽可达 40~50m, 高数十米, 洞尾部变小呈廊道状。该洞总体走向为  $NE50^\circ$ , 长度大于 700m (图 1)。自洞口向内洞底高程逐渐降低, 洞口段坡度较大, 向内逐渐平缓, 平均坡降约为 10%。洞内局部地段钟乳石发育, 有石笋、石柱、石帘等。从洞口段贝窝观察, 水流是由洞外流入洞内。从洞内堆积物来看, 洞口段堆积了较厚的砾石层, 砾石直径多为 3~5cm, 大者超过 10cm, 小者 1~2cm。砾石成分主要为灰岩、粉砂岩、页岩等, 呈圆至次圆状, 说明是经过一定距离搬运而堆积的。从砾石分布来看, 洞口段砾石层较厚, 砾径也较大, 向洞内砾石逐渐变小, 数量也逐渐减少, 最后主要为粘性土和垮落块石堆积。这些亦说明当时水是自洞口流入洞内的。

## 2 神女洞形成环境及形成时代

为了论证神女洞的形成环境和形成时代, 对洞底堆积物取样进行了古地磁测定和孢粉分析。

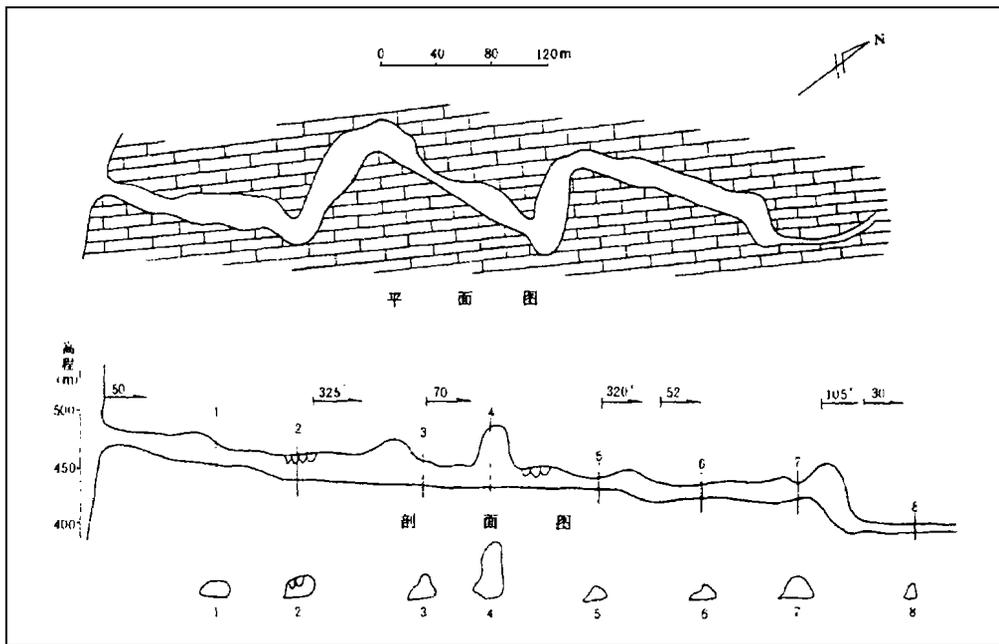


图 1 神女洞洞穴图

Fig. 1 Sketch map of Shennu cave

## 2.1 古地磁测试

采样点位于距洞口约 400m 的产硝坑内,堆积物剖面垂向总厚度为 2.44m 岩性可分三层:上层厚 0.24m,为钙板;中层厚 1.6m,为含砾褐色粘土,砾石直径 2~4cm;下层未见底,可见厚度 0.6m,为灰色砂质亚粘土,局部含砾,砾径 1~2cm 在上、中、下层中分别取了 6 20 11 个试样,分别测定了磁化率及各向异性、天然剩磁和原生剩磁方向。测试结果见表 1

表 1 古地磁测试结果

Tab. 1 The results of the palaeomagnetic survey

岩性	平均磁化率 ( $10^{-6}$ SI)	磁化率椭球 长轴方向		平均原生剩磁方向		剩磁置信角 ( $^{\circ}$ )	剩磁精 度参数	古纬度 ( $^{\circ}$ )	古地磁极位置	
		偏角 ( $^{\circ}$ )	倾角	偏角 ( $^{\circ}$ )	倾角				经度 ( $^{\circ}$ W)	纬度 ( $^{\circ}$ N)
钙板	58.8	-	-	-6.8	45.0	3.8	226.2	26.6	13.0	82.6
褐色粘土	553.1	55.9	26.0	5.3	37.8	12.0	10.5	21.2	95.0	79.1
灰色粘土	70.9	56.2	25.4	8.4	-39.2	6.5	42.2	22.2	77.6	36.2

注:由中国地质大学古地磁室刘育燕教授完成。

## 2.2 孢粉分析

取样点位于距洞口约 80m 的粘土夹砾石层中,所采取样品是将砾石剥掉剩余的土样,颜色为褐色,相当于前述中的中层褐色粘土层。分析结果表明<sup>①</sup>,该层化石较贫乏,孢粉含量为:

① 孢粉分析由中国地质大学古生物教研室童林芬教授完成。

木本植物花粉 (30粒) 杉科 3粒, 马尾松 23粒, 桧属、栎属、栗属、木兰属各 1粒; 草本植物花粉 (24粒) 大戟科 3粒, 黄芩草 18粒, 禾本科、蒿属、藜属各 1粒; 蕨类植物孢子 (22粒) 紫萁属、阴地蕨属、卷柏属各 1粒, 苔藓孢 1粒, 菌孢 17粒, 小菌孢群 1粒。从上述分析结果来看, 木本植物以马尾松为主, 草本植物以爵床科的黄芩草突出, 生于潮湿土壤的菌孢常见, 反映当时气候是温暖的, 但热湿蕨类不发育, 说明当时的气候是温暖偏干<sup>[1]</sup>。

## 2.3 测试结果分析

### 2.3.1 洞穴堆积物形成时代

根据中国第四纪磁性地层学布容正向期与松山反向期的界线 (1.2Ma) 区分早、中更新统的原则<sup>[2]</sup>, 灰色粘土原生剩磁倾角为  $-39.2^\circ$ , 属松山反向期, 形成时代为早更新世或更早; 褐色粘土和钙板原生剩磁倾角  $38.7^\circ$  和  $45.0^\circ$ , 应属布容正向期, 形成时代应为中更新世或者更晚。

另外, 根据云南元谋早更新统古纬度 ( $22^\circ\text{N}$ ) 和北京周口店中更新统古纬度 ( $35.3^\circ\text{N}$ ) 均各与当地的现今纬度相差  $5^\circ$  左右, 而这里灰色粘土和钙板古纬度 ( $22.2^\circ\text{N}\sim 26.0^\circ\text{N}$ ) 与现今纬度相差  $8.8^\circ\text{N}\sim 4.4^\circ\text{N}$ , 相近于上述标准数据, 故灰色粘土进一步判别为早更新世, 钙板进一步判别为中更新世。因此, 推测灰色粘土层形成于早更新世, 褐色粘土层和钙板形成于中更新世。

### 2.3.2 洞穴堆积物形成的气候环境

根据灰色粘土与褐色粘土和钙板在古地磁极位置和古纬度上的差别可看出, 自早新世至中更新世该区存在北漂。灰色粘土古地磁极位置为北纬  $36.2^\circ$ , 而褐色粘土和钙板古地磁极位置约为北纬  $80^\circ$ , 说明早更新世向北漂移远大于中更新世。另外, 根据磁化率大小大体与古气温的高低呈正相关来看, 褐色粘土平均磁化率明显大于灰色粘土。这些都说明褐色粘土层形成于温暖气候环境, 灰色粘土层形成于干冷气候环境。从褐色粘土层孢粉分析结果来看, 进一步说明褐色粘土层形成于温暖偏干环境。

### 2.3.3 洞穴古水流方向

根据水流可使磁性矿物颗粒的长轴趋于流线方向的原理, 可以根据磁化率椭球长轴方向来判断古水流方向。从表 1 所示数据来看, 可推测洞穴早、中更新世的古水流向大致为  $\text{NE}56^\circ$ 。这与洞穴贝窝和堆积物特征所示水流方向是一致的。

## 2.4 神女洞形成环境

### 2.4.1 地质环境

半峡地区在地质构造上位于长江中游东西向构造与新华夏系 NNE 向构造的复合部位, 长阳复式背斜由东西向转为 NNE 向的转折端, 又称半峡背斜, 其核部地层为寒武系中统上峰尖组及上统三游洞组碳酸盐岩, 两翼为奥陶系碳酸盐岩和志留系砂页岩。背斜东翼岩层倾向  $295^\circ\sim 300^\circ$ , 倾角  $70^\circ\sim 85^\circ$ ; 西翼岩层倾向  $265^\circ\sim 300^\circ$ , 倾角  $25^\circ\sim 35^\circ$ 。总体为东翼陡西翼缓、轴面西倾的倒转背斜。神女洞就发育于背斜东翼下奥陶统南津关组 ( $O_{1n}$ ) 和分乡组 ( $O_{1f}$ ) 地层中, 岩性为厚层灰岩, 单层厚度和连续厚度较大。南津关组下部为钙质页岩和白云质灰岩互层, 厚度为 20~30m, 此层为弱透水性, 使寒武系和奥陶系分为两个岩溶含水岩组。

区内构造裂隙发育, 主要有三组 (图 2): ①走向  $30^\circ\sim 50^\circ$ , 倾向南东, 倾角  $65^\circ\sim 80^\circ$ , 该组裂隙延伸长度 15~20m, 间距 5~8m, 为纵张裂隙; ②走向  $280^\circ\sim 320^\circ$ , 倾向北东, 倾角  $70^\circ\sim 85^\circ$ , 长度 10~30m, 为横张裂隙; ③走向  $60^\circ\sim 75^\circ$ , 倾向北西, 倾角  $70^\circ\sim 85^\circ$ , 长度 5~20m, 间距 1~2m。这些构造裂隙为地下水运移提供了有利场所, 神女洞就是沿这三组裂隙发育的。

## 2.4.2 气候环境

岩溶洞穴是地下水作为营力对可溶岩作用改造的结果,降水量的多寡是岩溶洞穴形成和发育的决定因素。从前述洞底流水堆积物形成时代分析,洞底堆积物形成于早中更新世,这说明在早中更新世时该洞已是地表水的汇集场所,因此神女洞形成时间要早于早更新世。也就是说在第三纪时期就已形成洞穴系统。从区域古气候研究来看,第三纪是温暖潮湿气候<sup>[3]</sup>,降水量较大,地下水补给量丰富,溶蚀侵蚀作用强烈,也十分有利于溶洞形成和发育。至早、中更新世时期气候干冷和温暖偏干,降雨量较少。但神女洞已成为地表水的汇流空间,地表水流将地表风化剥蚀物带入洞内,进洞后因流速变缓,流水所带物质逐渐堆积下来,故形成了较厚的早中更新统堆积物。因此,神女洞主要形成于第三纪温暖潮湿环境。在早中更新世气候变得干冷和温暖偏干,但在地表水流入作用下,洞穴仍会继续发育,扩大其空间。<sup>①</sup>

## 2.4.3 水文环境

侏罗纪末白垩纪初,在太平洋板块与亚洲板块作用下造成基底上冲,形成NW~SE向引张应力场,东部形成了江汉拗陷盆地,西部形成了恩施、建始断陷盆地。盆地形成后,盆地成为排泄基准面,并逐渐形成了各自的水文网系统。半峡地区属于恩施盆地流域,至第三纪时期西流水系已基本形成,其主河谷与现在的清江河谷基本一致,其支流肖儿河在半峡背斜西翼注入主河谷。半峡背斜东翼奥陶系灰岩区的岩溶地下水受南津关组一段页岩的阻隔,不能直接自东向西穿越半峡背斜核部排向古肖儿河,而是顺着页岩东侧自南而北径流,径流方向大致是NE56°,在岩溶分异作用下,逐渐形成了神女洞洞穴系统。因此神女洞形成于自东向西流入恩施盆地的水文环境中。

# 3 研究意义

## 3.1 分析古水文地质条件和古地理环境的演变

溶洞是地下水流对可溶岩长期溶蚀作用形成的,它是特定水文地质条件的产物。因此通过溶洞演化的研究可以分析区域古水文地质条件和古地理环境的演变过程。

从前述分析可以看出,在早中更新世时期神女洞是地表水的汇集场所。当时的肖儿河不是像现在这样流经神女洞在招徕河汇入清江的,而是顺SW构造线方向经半面坑和杨家淌槽谷流入古清江水系的。根据杨家淌槽谷地面高程推算,当时河床高程为600~650m。乔山坡以东地区大气降水形成的地表水主要经落水洞流入神女洞。神女洞岩溶水向北东方向径流,然后排入肖儿河,再汇入古清江水系,最后流入恩施盆地。后来由于江汉盆地下降幅度远大于恩施盆地下降幅度,于中更新世中后期江汉盆地水系逐渐袭夺了恩施盆地水系,才形成现在自西向东流的清江水系。受此水流方向改变影响,肖儿河也在虎洞附近折向南东穿越半峡背斜而形成现

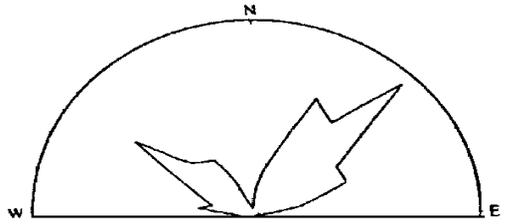


图2 半峡地区裂隙走向玫瑰花图<sup>①</sup>

Fig. 2 Rose diagram showing the strikes of fissures in Banxia

<sup>①</sup> 长委会清江地质队,湖北省清江水布垭—半峡水利枢纽柳山河间地块岩溶渗漏封堵条件论证报告,1994

在的肖儿河河道(图 3) 由于河床不断下切, 地下水位也不断下降, 使神女洞逐渐脱离饱水带而处于包气带中, 在大气降水渗入作用下, 在洞内形成了各种形式的钟乳石。

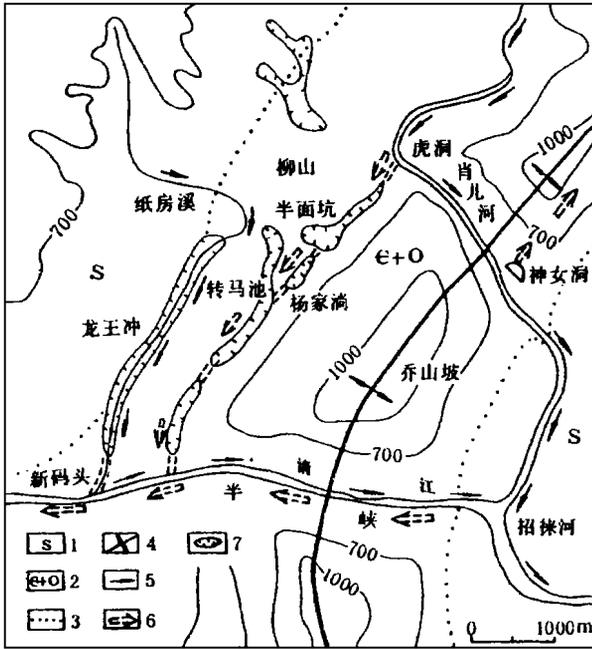


图 3 半峡地区水系演变图

Fig. 3 The evolution of the drainage system in Banxia Gorge area  
 1. 志留系砂页岩; 2. 寒武-奥陶系碳酸盐岩; 3. 地层界线; 4. 半峡背斜,  
 5. 现代水流方向; 6. 古水流方向; 7. 岩溶槽谷

### 3.2 分析岩溶发育史

在地质历史时期中, 受古水文地质条件和古地理环境变化控制, 岩溶发育也经历不同的时期。溶洞是岩溶发育期信息最好的记录。因此通过溶洞形成和演化研究, 可以获得岩溶发育演变的信息。通过上述对神女洞形成环境和形成时代的研究, 可以看出半峡地区自早更新世以来经历了两个岩溶发育期, 即早中更新世岩溶发育期和中晚更新世以来岩溶发育期。早中更新世岩溶发育期是受西流水系古肖儿河谷排泄基准面控制, 形成了神女洞洞穴系统。中晚更新世以来岩溶发育期是受东流水系清江排泄基准面控制, 形成了虎洞、狮子洞、和尚洞、迷水洞等洞穴系统。因此通过溶洞流水堆积物形成环境和形成时代研究可以帮助岩溶发育期的厘定。

## 4 结 语

通过洞穴流水堆积物形成环境和形成时代研究, 不仅可以用于分析区域古水文地质条件和古地理环境的演变过程, 还可用于确定岩溶发育期, 同时也可为洞穴旅游开发设计提供基础背景资料。因此应重视岩溶洞穴流水堆积物分析研究, 为古岩溶研究提供更充分的依据。

## 参 考 文 献

- 1 童林芬,关康年,曾克峰.南襄盆地南部更新世孢粉组合与古气候研究.地球科学,1991,第 16卷第 6期: 609~ 620
- 2 袁学成.古地磁原理及其应用.北京:地质出版社,1991: 163~ 170
- 3 沈继方,李焰云,徐瑞春等.清江流域岩溶研究.北京:地质出版社,1996: 119~ 133
- 4 万军伟,沈继方,晁念英.清江半峡地区岩溶洞穴发育特征及其旅游资源.中国岩溶,1997,第 16卷第 3期: 268~ 274

## THE DEVELOPMENT ENVIRONMENT OF THE SHENNU CAVE AND ITS SIGNIFICANCE IN THE BANXIA GORGE ON THE QINGJIANG RIVER

Wang Zengyin Han Qingzhi

(*China University of Geosciences, Wuhan 430074*)

### Abstract

On the basis of the analysis on the sedimentary characteristics, the paleomagnetic survey and the sporopollen analysis of the sediments in Shennu cave at the Banxia Gorge on the Qingjiang river, the development environment and the period of the cave are discussed. In addition, the applications of these results in the study of the palaeohydrogeological conditions, the palaeogeographical environmental evolution and the karst development history are also discussed in this paper.

**Key words** Development environment Development period Karst development history