

广西凤山岩溶国家地质公园 典型地质遗迹景观价值

徐胜兰¹, 张远海², 黄保健², 陈伟海²

(1. 成都理工大学地球科学学院, 四川 成都 610059 2. 中国地质研究院岩溶地质研究所, 广西 桂林 541004)

摘 要: 广西凤山岩溶国家地质公园是我国西南喀斯特旅游资源的富集带, 岩溶遗迹景观种类多、规模宏大、特色鲜明。园区内的岩溶洞穴、天生桥、天坑和天窗等4类典型地质遗迹景观与国内外同类景观对比, 洞穴通道规模世界最大、巨型洞穴厅堂数量多、密度大; 形态巨大、景观奇特的地下河三门海天窗、以高大石笋为代表的洞穴沉积物世界罕见, 世界上最大的洞内天生桥, 均具有很高的美学观赏价值和科学价值, 地质遗迹景观资源的典型性、稀有性、自然性均在同类地质遗迹中名列前茅。

关键词: 地质遗迹; 价值对比; 广西凤山

中图分类号: K928.79, P931.4

文献标识码: A

凤山县地处云贵高原的东南缘, 广西壮族自治区的西北部, 河池市的西北部(图1)。地理坐标为 $106^{\circ}40'21''\sim 107^{\circ}17'33''E$, $24^{\circ}15'00''\sim 24^{\circ}49'30''N$ 之间。地势西北高(最高海拔1318 m), 向东北和南部渐低(最低海拔262 m)。主体介于海拔500~1000 m间, 地形起伏较大, 高差一般为300~500 m。

1 典型地质遗迹景观类型及特征

凤山国家地质公园内广泛分布着碳酸盐岩地层, 占全园面积的41%。碳酸盐岩主要分布在海拔700~1100 m的地域。经过漫长的岩溶作用过程, 形成了丰富多样的岩溶地质遗迹景观类型, 分布广泛(图1)。其中既有宏观岩溶地貌如溶洞、地下河、天窗、竖井、峰丛、峰林、天生桥、边缘坡立谷、天坑、溶蚀洼地、岩泉等, 也保留了大量小型岩溶形态如溶痕、溶沟、溶槽等^[1]。本文主要讨论该国家地质公园内4类最具代表性、具有世界级景观价值的地

质遗迹类型: 岩溶洞穴、天生桥、天坑和天窗。

1.1 岩溶洞穴

凤山国家地质公园及其邻近地区连片分布的峰丛山体内发育有众多的洞穴, 是我国洞穴数量最多、大型洞穴分布最为密集的地区之一, 而洞穴内次生化学堆积形成的化学沉积景观奇特而壮丽。主要洞穴有江洲洞穴系统、马王洞、玉龙洞、蛮肥洞、坡仙洞、西西里洞、云峰洞等。

1.1.1 江洲洞穴系统

又被称为江洲地下长廊。洞穴系统位于凤山县江洲瑶族自治县境内和巴马瑶族自治县甲篆乡地域内, 是凤山县目前发现的最长洞穴, 测量长度已达30 km。江洲洞穴已探测的洞穴空间主要由大型的廊道和大型厅堂组成, 洞底常堆积有岩块或分布有石笋等洞穴钟乳石类。洞口众多, 为多洞口洞穴, 洞腔空间巨大, 通道复杂, 廊道高大, 典型的通道宽、高可达30~50 m以上。整个洞穴系统目前已经发现了上、下两层, 上层为旱洞, 下层为现代地下河, 可见

收稿日期(Received date): 2009-01-02; 改回日期(Accepted): 2009-03-20.

基金项目(Foundation item): 凤山世界地质公园申报项目。[The production of Fengshan world geopark declaring project.]

作者简介(Biography): 徐胜兰(1977-), 女, 汉族, 四川成都人, 成都理工大学地球科学学院讲师, 博士生, 研究方向: 喀斯特旅游资源开发与评价。[Xu Shenglan (1977-), female Han nationality, Born in Chengdu city of Sichuan, instructor in Geo-science department Chengdu Technology University, doctor of science, Mainly study on Karst tour recourse exploitation and evaluating.] E-mail: xushenglan@cdut.cn
Mobile phone: 13668264096

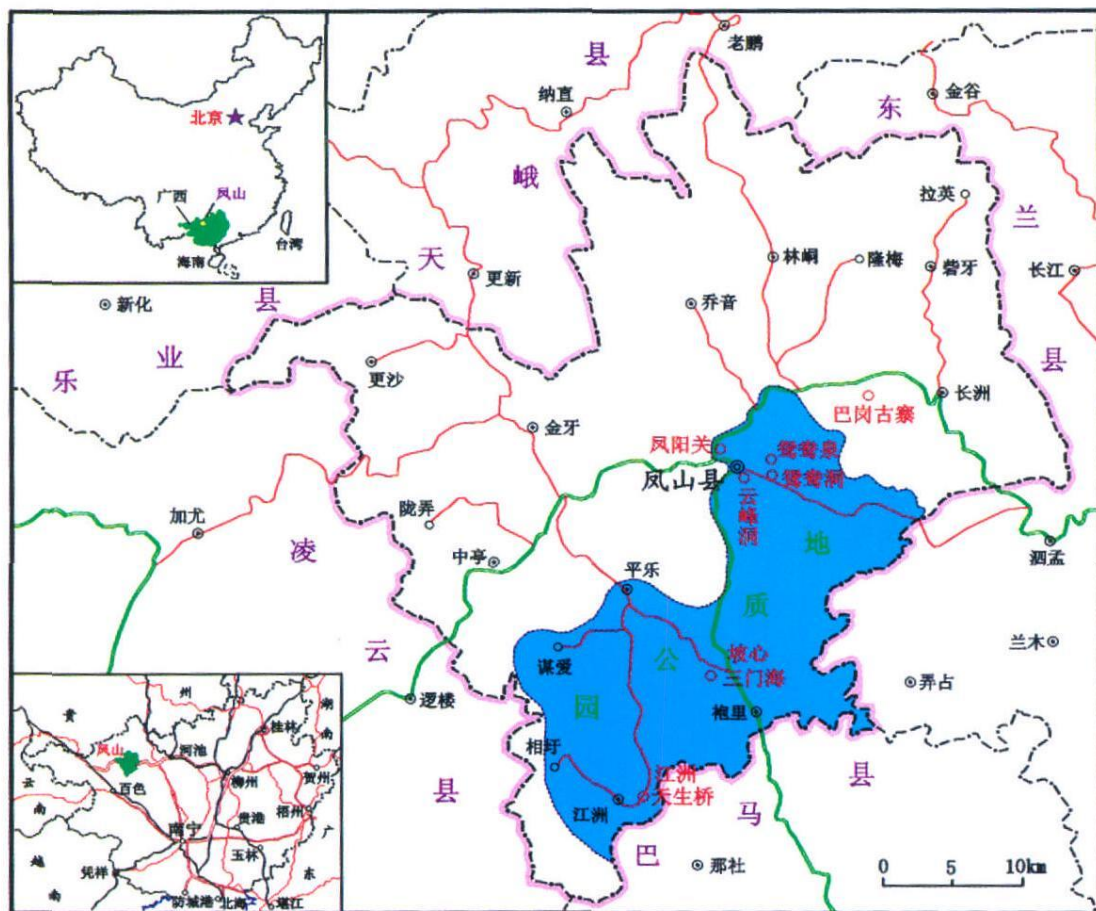


图 1 凤山国家地质公园交通区位图

Fig. 1 Location of Fengshan national geopark

较多的崩塌现象。

1.1.2 马王洞

位于三门海景区 SW 侧山坡上, 已测量部分总长度 7.7 km, 洞穴通道巨大。马王洞已发现三层, 下层洞为现代地下河。主要特征为: 洞腔体量巨大、发育有天坑和较多塌坑、发育有地下河, 洞穴底部平坦。

1.1.3 鸳鸯洞

位于凤山县城东侧 2.5 km 的峰丛山体山腰上, 发育在下二叠统茅口组灰岩中, 为单洞口洞穴, 长度 260 m, 宽度 45 m (洞口) 至 130 m 不等, 平均宽度 107 m, 平面投影面积 25 200 m²; 洞穴高度 7~55.8 m, 北低南高, 北部高度 7 m (洞口) ~ 20 m, 南部高度 6~55.8 m (大多数大于 30 m)。总容积 107.1 × 10⁴ m³, 洞内堆积物体量大, 以宏大的滴石类次生化学沉积物和巨大的崩塌岩块为特色。

1.2 天生桥

天生桥为地下河与溶洞的顶板崩塌后, 横跨沟谷的残留顶板^[2]。其两端与地面连接, 中间悬空而

呈桥状。凤山国家地质公园范围内的天生桥主要有江洲仙人桥、蚂拐洞天桥、马王洞洞中天桥等。

1.2.1 江洲仙人桥

位于江洲边缘坡立谷上游, 发育于中石炭统黄龙组浅灰色厚层含生物碎屑灰岩中。天生桥沿 NW-SE 向横跨两座山梁, 桥高 64.5 m (从古谷地地面算起), 拱孔高度 46 m (从古谷地地面算起), 桥面厚度 18.5~24 m, 桥的东、西两端宽度较大, 分别为 110 m 和 72 m, 桥中部宽 38~42 m, 拱孔跨度 144 m。这是目前我国已发现天生桥中跨度仅次于广西乐业仙人桥 (跨度 177 m) 的天生桥。

1.2.2 蚂拐洞天桥

位于平乐乡平旺边缘坡立谷南端谷地近山脚下, 发育在上二叠统合山组中厚层状灰岩中。天生桥总高 68.2 m, 拱孔高度 57.1 m, 桥面厚度 11.1 m, 桥宽 10 m, 拱孔跨度 36 m。

1.2.3 马王洞洞中天生桥

位于马王洞洞内洞口大厅附近, 高 70 m, 宽 20

m, 跨度 100 m, 为目前所发现的最大的洞中天生桥。

1.3 天坑

天坑是一种规模宏大的岩溶负地貌形态^[3]。朱学稳对天坑下的定义为:四周岩壁陡立(而不是任何形式的缓坡,但不包括后生改造),深度与平面宽度均大于 100 m 的地表陷坑。并将天坑按规模大小分为特(超)级、大型、中型、小型四类^[4]。

凤山国家地质公园内发育有一定数量的岩溶塌陷天坑,主要有三门海景区附近的飞马天坑、社更天坑、马王洞天坑、弄乐天坑、蚂拐洞天坑等。

1.3.1 飞马天坑

位于三门海景区飞龙洞与马王洞之间,平面呈近五边形,长轴 NEE 向,长 270 m,宽 160 m,天坑口地面高程 555~755 m,坑底最低点高程 490 m。

1.3.2 马王洞天坑

位于马王洞南段 EW 向洞道与 NW 向洞道交接处,平面呈圆角三角形, NW - SE 方向上长 225 m,宽 80~180 m,深 320 m, NE 侧壁下为高达 152 m 的马王洞洞口。天坑底部堆积大量崩塌岩块和粘土而呈起伏不平状,中部、东南端各有凹坑。

1.3.3 蚂拐洞天坑

位于平乐乡政府驻地南侧约 1.7 km,平乐乡标村西北方约 250 m 处。近椭圆形,长、短轴分别为

150 m 和 130 m。地表最高点位于 NW 端,海拔 675 m,天坑底部最低点 550.7 m,天坑顶部最低处在东南端,海拔 600 m,天坑最大深度 124.3 m,最小深度 50 m。

1.4 天窗

地质公园内由于地下河长年累月对可溶岩的溶蚀、侵蚀,在地下形成了纵横交错的洞穴通道,往往在断层裂隙密集分布处形成贯通地表的岩溶天窗,如大洞、桑亭、下京里、太平、江洲、三门海等。其中以发育于坡心地下河出口段的三门海天窗群规模最大、景观最奇特壮丽。

三门海天窗群分布于坡心地下河出口段的山坡上,发育于下二叠统茅口阶灰岩中。自地下河出口往西依次为天窗 I、II、III、IV(图 2)。以天窗 III 为界,将 2.4 km 长的地下河洞穴划为两段——SE 段和 NW 段,SE 段为已开发为旅游景区的河段,长 690 m,自地下河出口至天窗 III 附近,包含 4 个天窗。NW 段称为“犀牛洞”,自天窗 III 西侧至雷劈岩附近的洞口长 1 690 m。天窗 I 是 4 个天窗中规模最大者的,呈浑圆状,东西长 106 m,南北宽 98 m,沿近 EW、NE、NW 向三组节理交汇处塌落而形成。三门海天窗群特色是:形态典型、体量巨大、分布集中、景色奇特、优美,堪称世界级天窗。在 600 m 的

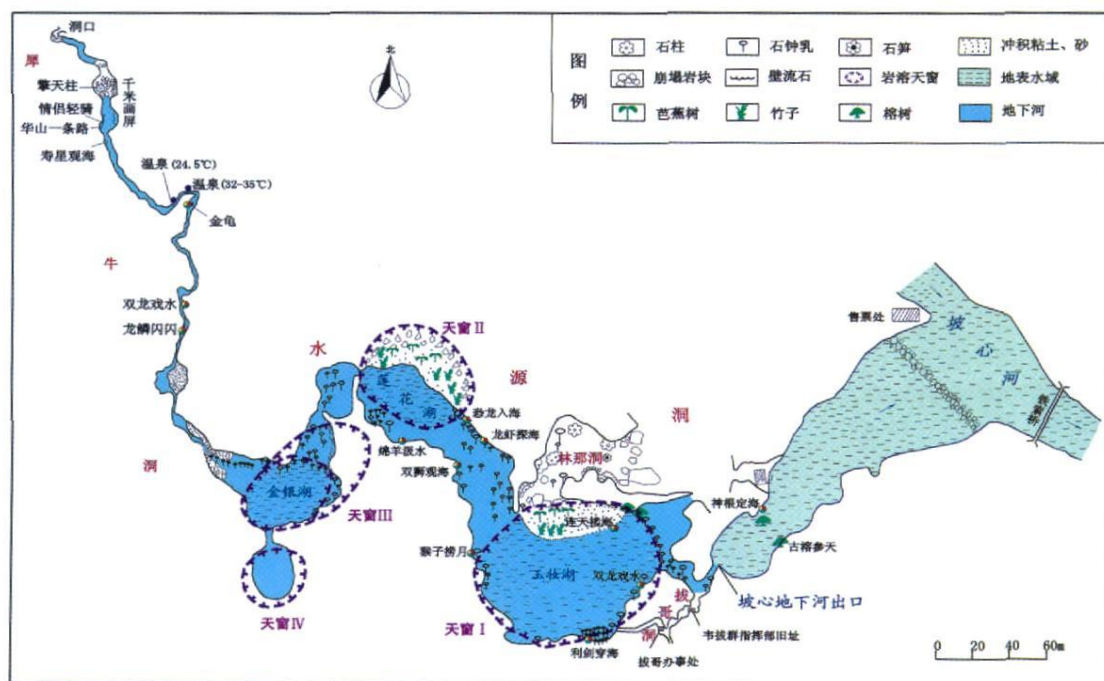


图 2 凤山三门海景区景点分布图

Fig. 2 Fengshan Sammen sea scenic spots distribution

短短距离内, 4个天窗与洞道、深潭相连的景观配置格局, 在全世界地下河中是不多见的。

总之, 凤山岩溶国家地质公园地质遗迹景观资源丰富、品味高, 具有以下四方面优势: (1)典型性和稀有性。公园的洞穴通道规模世界最大、巨型洞穴厅堂数量多、密度大, 以群体方式出现的地下河三门海天窗、以高大石笋为代表的洞穴化学沉积物世界罕见, 拥有世界上最大的洞内天生桥和我国跨度第二的江洲天生桥。(2)科学价值极高(本文第3部分详细论述)。(3)拥有多处具有很高观赏价值的世界级岩溶景观, 具有极高的美学观赏和旅游开发价值。(4)自然性。园内的主要地质遗迹目前都保存完好, 基本未受到人工干扰破坏。从遗迹本身的物质组成看, 都是发育在由古老而坚硬的碳酸盐岩地层之中, 这些地层成岩程度高, 抗压性强, 产状平缓为其保持自然状态提供了有利的物质条件。

2 地质遗迹景观价值国内外对比

2.1 岩溶洞穴景观价值对比

2.1.1 洞穴廊道规模

洞穴通道(廊道)是指长度远大于宽度或高度的洞穴部分。凤山岩溶地质公园内的洞穴在国内和世界上最重要的洞穴廊道中占有一席之地。首先, 在洞道的规模, 特别是水平洞穴廊道的高度上雄居世界第一, 仅在马王洞一个洞穴内, 就有长达2 km的高度(洞底到洞顶)在150 m以上的洞穴廊道, 是世界上高度最高的洞穴廊道。

就洞穴规模而言, 世界自然遗产地中以斯洛文尼亚的斯科扬洞穴和马来西亚古那(Gunung Mulu)国家公园内的洞穴最为重要、最为壮观。斯科扬洞

长5 800 m, 位于著名的喀斯特台地的东南面, 雷卡河经由2个天坑流入洞口, 进口峡谷状洞道宽20~30 m, 高30~110 m, 前行为长1 km的Hanke's廊道, 廊道呈峡谷状, 10~15 m宽, 高为95 m。斯科扬洞内有一体积为 $2.1 \times 10^6 \text{ m}^3$ 的马特尔大厅(Martel's Chamber), 长308 m, 宽123 m, 全洞最高部分达到143 m¹⁾。世界自然遗产地马来西亚古那穆鲁国家公园有众多的洞穴, 最有名的是鹿洞(Deer Cave), 洞内有世界上最大的厅堂(沙捞越大厅, Sarawak Chamber), 长600 m, 宽300~400 m, 穹形洞顶高90 m, 面积 $16.2 \times 10^4 \text{ m}^2$, 容积万12 m³。鹿洞洞道规模也很大, 有长达1 km, 高和宽约100 m的洞道, 被称为世界最大的洞穴通道^[5]。

凤山马王洞洞道与之相比, 虽然洞道连接宽度较鹿洞要小, 但其高度大大超过鹿洞洞道, 同时, 马王洞洞道宽度一般也达到50 m左右, 在马王洞洞口段长约500 m的廊道的洞宽达80~160 m, 属世界罕见。凤山国家地质公园内大的洞穴廊道比比皆是, 江洲地下长廊的弄怀洞口至蛮肥洞口段, 长3 075 m, 廊道最宽处达115 m, 一般宽度为50~80 m, 又如云峰洞洞道最宽处为120 m, 皆可进入世界级大廊道之列。

单位洞道长度与容积的比值很高, 表明洞穴通道规模巨大。表1、表2列出凤山国家地质公园和国内外主要洞穴洞道的单位长度的容积数值, 根据斯洛文尼亚斯科扬洞穴(世界自然遗产地)的断面数据, 计算出该洞中著名的巨大的Hankejev(海科维)峡谷状通道的这一数值为 $200 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{km}$, 此洞穴长1 km, 最宽处55 m, 最大高度98 m, 该洞中的Marinicheva(玛芮纳)洞段的这一数值为 $105 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{km}$, 该洞段长200 m,

表 1 凤山代表性洞穴通道的单位长度容积值
Table 1 Fengshan typical cave channel unit length dimension

序号	洞 名	长* (km)	宽 (m)	高 (m)	投影面积 ($\times 10^4 \text{ m}^2$)	容积 ($\times 10^4 \text{ m}^3$)	单位长度容积 ($\times 10^4 \text{ m}^3/\text{km}$)
1	马王洞	6.62	10~260	35~200	294	3 223.44	486.92
2	玉龙洞	1.35	10~80	30~44	6 135	245.4	181.7
3	蛮肥洞	29.23	2~115	2~72.5	2 576.27	2 403.84	82.24
4	坡仙洞	1.112	10~26	7~56	2.24	72.77	65.44
5	西西里洞	1.021	3~60	3~59	2 795	83.943	82.22
6	云峰洞	0.514	2.6~120	2~32	3.86	100.74	195.99

* 指水平投影长度

表 2 国内外代表性大型洞穴单位长度容积值

Table 2 Typical large cave unit length dimension

洞 名	所在 国家	长度 (km)	容 积 (× 10 ⁴ m ³)	单位长度容积 (× 10 ⁴ m ³ / km)	备 注
①Hankejev 峡谷段					
斯柯杨	斯洛文尼亚	3	(1 km): 200	①200	世界自然遗产地, 世界大洞穴之一
			②Marinheva 洞段 (200 m): 21	②105	
鹿洞	马来西亚	2. 16	1 317 (其中沙捞越 大厅为 1 200)	610(扣除沙捞越 大厅为 80)	同上, 号称世界最大的洞穴, 发育 有世界最大洞厅——沙捞越大厅
双河洞* *	中国	37. 5	550	14. 7	中国第一长洞 2005 - 04 为 85. 29km
腾龙洞* *	中国	33	3 231	98	中国第二长洞
芙蓉洞	中国	2. 85	207. 9	72. 9	中国(2004 年为 52 km)景观最丰 富的洞穴之一

* 估算值; * * 2001 年数据

可见, 凤山国家地质公园拥有多处世界级规模的洞穴。

2. 1. 2 洞穴系统总洞道长度

凤山国家地质公园内洞穴数量众多, 都属于坡月洞穴系统。已实测的洞穴通道总长度达到 73. 3 km, 加上虽未实测但存在洞穴通道的推测洞道, 总长度将超过 115 km。截止 2003- 03, 世界上长度超过 60 km 的洞穴有 27 个, 超过 100 km 的有 13 个。

2. 1. 3 洞穴厅堂的大小和数量

凤山岩溶国家地质公园有众多的大厅堂, 其数量之多, 在国内外皆属罕见。洞厅是指宽度和高度远大于一般洞穴通道的洞穴部分称为洞厅(厅堂)。就目前所知, 面积超过 4 × 10⁴ m² 的有 10 个, 其中包括我国近年来发现的 4 个巨型洞厅(贵州格必河苗大厅, 面积 12 × 10⁴ m², 世界第二; 贵州安龙犀牛大厅 7. 7 × 10⁴ m², 世界第四; 广西乐业红玫瑰大厅 7 × 10⁴ m², 世界第五); 世界上超过 3. 1 × 10⁴ m² 的大厅共有 18 个^[6] (表 3)。

与之相比, 凤山国家地质公园内虽然尚未发现特别巨大的洞厅, 但在园区内面积在 2 × 10⁴ m² 以上的洞厅已发现的就有 7 个(表 4)。此外, 凤山国家地质公园内大于 1. 8 × 10⁴ m² 的洞穴厅堂还有: 鸳鸯洞 (29 250 m²), 社更穿洞 (24 200 m²) 和云峰洞阳光大厅 (20 960 m²) 和蛮肥洞泥裂大厅 (18 500 m²)。

表 3 世界主要大型洞穴厅堂一览表

Table 3 Main large caves hall in the world

洞 厅 名	所 在 国	面 积 (m ²)
Saravak(沙捞越)	马来西亚	162 000
格必河苗大厅	中国贵州格必河	120 000
犀牛大厅	中国贵州安龙	77 000
Torca del Carlista	西班牙	76 600
红玫瑰大厅	中国广西乐业	70 000
Majlis al Jim	阿曼	58 000
尾部大厅	中国贵州织金县	46 200
Salle de la Vema (凡纳洞)	法国	45 270
穿龙岩	中国广西凤山	41 500
Cnute de Villa Garcia	墨西哥	40 820
Cnute de Palm io	墨西哥	39 730
马王洞南天门大厅	中国广西凤山	38 400
Kocain	土耳其	37 200
干团洞 I 号厅	中国广西凤山	37 000
Carlsbad Cavem Big Room (卡尔斯巴德)	美国	33 210
Sotano de las Colindras	墨西哥	33 110
Chiquibul	伯利兹	32 090
干团洞 II 号大厅	中国广西凤山	31 200

凤山国家地质公园的大型洞厅之多, 确是世界罕见, 可以说是世界上大型洞穴厅堂数量最多, 密度最大的地区。

表 4 凤山国家地质公园内部分面积
大于 $1.8 \times 10^4 \text{ m}^2$ 的地下大厅
Table 4 Unearth hall area larger than $1.8 \times 10^4 \text{ m}^2$ in Guangxi
Fengshan karst national geopark

序号	大厅名称	厅底投影 面积 (m^2)	目前世界 / 国内排名
1	穿龙岩大厅	41 500	12/5
2	马王洞南天门大厅	38 400	16/7
3	干团洞Ⅰ大厅	37 000	18/8
4	干团洞Ⅱ大厅	31 200	23/9
5	鸳鸯洞大厅	29 250	24/10
6	社更穿洞大厅	24 200	
7	云峰洞阳光大厅	20 960	
8	蛮肥洞泥裂大厅	18 500	

2. 1. 4 洞穴化学沉积物

凤山国家地质公园内洞穴数量多、规模大,洞顶高,发育有多种类型的洞穴化学沉积物,滴石类的石笋、石柱尤为发育,一是石笋数量多,形态类型特别丰富,二是有与高大洞道(厅)相匹配的有巨大体量的石笋、石柱,仅在鸳鸯洞中就有高度大于 10 m 的石笋 32 根,其中两根高度分别为 36.4 m 和 29 m。

由于石笋高度确切可信的数据资料不易取得,所以很难将石笋高度作出类比。据有关资料表明,匈牙利和斯洛伐克交界处的“Aggtelek and Štávkárszt”(阿格泰勒克和斯洛伐克岩溶遗产地)近 200 km^2 范围内有 712 个洞穴,最著名的是 Baradla-Domica 洞穴系统,长 21 km,贯穿匈牙利和斯洛伐克,其内有世界最高石笋,高 32.7 m。由此可以表明鸳鸯洞内的石笋即便不是世界最高,也是世界最高石笋之一,属世界级景观。

2. 2 天生桥景观价值对比

凤山国家地质公园内的江洲天生桥,拱孔跨度 144 m,桥高 65 m,拱孔高 46 m,桥的东西两端宽度分别为 110 m 和 72 m,中部宽度较小,其跨度仅次于广西乐业布柳河仙人桥(177 m)。

从世界范围看,除法国、美国和澳大利亚有较大的岩溶天生桥外,其他地点出现甚少。国外典型的天生桥有法国 Bous del Biel(布斯)天生桥桥高 100 m,拱孔高度 70 m,拱孔跨度 60 m,桥面厚度 30 m,被誉为欧洲最大天生桥。美国弗吉尼亚州横跨 Cedar(雪松)溪的天生桥高 67 m,宽 27 m,陈伟海研究员系统整理了国内外主要的喀斯特天生桥见表 5^[7]。

表 5 国内外主要喀斯特天生桥的对比
Table 5 Comparison of main natural bridges on the world

名称	高度 (m)	厚度 (m)	宽度 (m)	拱高 (m)	跨度 (m)
重庆武隆天龙桥	235	139	147	96	34
重庆武隆青龙桥	281	168	124	113	31
重庆武隆黑龙桥	223	107	193	116	28
广西乐业仙人桥	145	78	19.3	67	177
广西凤山江洲仙人桥	65	19	72	46	144
广西鹿寨香桥	55	15	48	40	45
贵州织金天生桥	128	35	55	93	85
贵州水城干河天生桥	136	15	35	121	55
贵州黎平天生桥	77	40	118	37	138
云南中甸天生桥	70	-	10	-	200
法国 Bous del Biel 天生桥	100	30	-	70	60
美国 Cedar 天生桥	67	-	27	-	-
美国 Tonto 天生桥	56	-	-	-	122

马王洞内洞口大厅附近的天生桥,高 70 m,宽 20 m,跨度 100 m,规模很大,是目前已发现的最大的洞内天生桥。

2. 3 天坑景观价值对比

凤山国家地质公园内的天坑形态特征保存完

好,特别是马王洞的半洞天坑,位于东西向和北西向洞道的交接处,最大深度达到 320 m,而其东北悬崖是高达 152 m 的马王洞洞口。与国内外天坑相比,凤山天坑的规模均属于大、中型塌陷天坑。国内外典型大型天坑规模如下^[3](表 6)。

表 6 国内外主要天坑规模比较

Table 6 Comparability on main Tiankeng scale in the world

名称	国家与地点	口部直径 (m)	口部面积 (m ²)	最大深度 (m)	容积 (10 ⁴ m ³)	成因或注释
小寨	中国重庆奉节	626~ 537	274 000	662	11 935	塌陷, 底有大型地下河
大石围	中国广西乐业	600~ 420	166 600	613	7 475	塌陷, 底有大型地下河
下石院	中国重庆武隆	1000~ 545	352 064	373. 0	3 147	塌陷, 有居民
小岩湾	中国四川兴文	625~ 475	200 000	248. 3	4 000	塌陷, 通达地下河
号龙	中国广西巴马	800~ 600	320 000	509. 3	11 000	塌陷, 通达地下河
Garden of Eden (伊甸园)	Mulu Sarawak Malaysia (马来西亚沙槽越州)	1200~ 800	750 000	200	15 000	疑是冲蚀型天坑
Minye	P. N. Guinea Mexico	300~ 300	70 000	420	2600	底部有洞穴
El sotano	Mexico	400~ 200	60 000	380	1 500	墨西哥最深的 Pit
Crveno Jezero (红湖)	Dinaric Croatia (克罗地亚)	200~ 280	56 000	528	3 000	水深 281m, 水容积 1. 6×10 ⁷ m ³

2.4 天窗景观价值对比

地下河上普遍发育有天窗, 特别是处于地壳抬升的岩溶区, 国内外均如此。如东南亚国家、加勒比海沿岸国家与地区、美国、加拿大、地中海沿岸国家及阿尔卑斯山周围国家的地下河均发育岩溶天窗, 但大多呈单体分布, 且体量较小, 直径及深度介于十余米至数十米。

我国是世界上地下河分布数量最多的国家, 天窗的数量、分布密度及体量首屈一指, 尤其是西南岩溶区。天窗成群分布的主要有贵州九洞天风景区、湖北腾龙洞景区、广西南丹甘河地下河、广西都安地苏地下河、湖南桑植九天洞景区等地。

贵州九洞天风景区在六冲河伏流段下游 5 km 长洞段内发育有 9 个天窗, 深度 60~ 100 m, 直径十余米至几十米; 腾龙洞伏流段内发育 18 个天窗, 但个体间相隔较远, 达 1 km 以上; 南丹 - 甘河地下河 3. 5 km 长度内发育 9 个天窗, 但大多深度、直径较小, 都安地苏地下河系虽发育有 56 个天窗, 但绝大多数体量小, 有 9 个大天窗, 但深度小、丰水期溢洪地表。它们大多水文地质意义明显, 但体量规模、分布密集性与景观优美性或可进入性比三门海天窗群逊色。

3 科学价值

凤山岩溶洞穴系统的发育是研究古气候变化的重要线索。岩溶发育除必备的地层、构造条件外, 还

需要特定的气候条件。与世界著名的巨型洞穴相比, 大多分布于赤道附近的高温高雨量区。而凤山地处北纬 24°区, 平均降水量只有 1 550 mm, 因而大规模洞穴系统的存在, 是古气候比现今更为湿热多雨的重要证据, 反映了气候的变迁。根据对本地质公园内对岩溶洞穴系统的对比研究, 初步认为, 其反映了在白垩纪末至新近纪渐新世, 古气候条件可能略显干旱, 岩溶洞穴系统不很发育。而新近纪中新世至更新世, 古气候可能比现今更为潮湿炎热, 岩溶洞穴系统达到了极发育的程度。研究该区域内巨型洞穴及其他岩溶形态的形成条件, 本身就具有典型的科学研究价值。

马王洞高达 150 m 的洞穴廊道为确定地壳变动的速率和岩溶水系统变化之间的关系提供了典型的研究基地, 也为研究同一纬度巨大洞道形成机理、条件和演化规律提供研究条件。

三门海一带层性发育良好的 4 层洞穴完整记录了新构造运动发展史, 是研究云贵高原斜坡边缘地区新构造运动的典型岩溶区域。洞穴的集中发育带代表的是一段时间内相对稳定的积极循环带, 反映大地构造的一个阶段。当地壳上升, 侵蚀基准面相对下降, 积极循环带高程亦下降, 在下部发育新的溶洞, 从而在高处留下古岩溶洞穴。因此其反映了本区新构造运动间歇性抬升的特点。洞穴系统可分为 4 层; 第 1 层为现代地下河——水源洞、犀牛洞和马王洞下层水洞, 高程约 420 m, 第 2 层为水源洞上的旱洞如林娜洞、拔哥洞, 高程 430~ 440 m, 第 3 层为

规模较大的旱洞——飞龙洞、社更穿洞及马王洞,高程约 480 m 许,第 4 层洞为目前公园内外分布最高的洞穴,如马王洞天坑边壁上部的洞穴,高程 750~800 m。从第 4 层至第 1 层洞穴,记录了本区侵蚀基准面的 4 次相对稳定与下降交替发生的地质作用过程。今后的地质科研可采用地质测年手段(铀系、ESR、古地磁等)对 4 层溶洞中的洞穴沉积分别开展测年工作,可以较准确的计算出本区地壳抬升速率,对云贵高原斜坡边缘地区新构造运动研究提供定量的科学数据。

江洲地下长廊、江洲天生桥、马王洞、社更穿洞、三门海天窗群、半洞天坑和凤巴连体天坑等共同构成有序的洞穴-水文地质系统,是世界范围内典型的规模大、形态齐全的岩溶景观组合。它们之间既有空间分布规律、又有时间上的先后生成顺序,是一处极好的岩溶洞穴和岩溶水文地质研究的天然实验场所^[7]。

凤山国家地质公园地质遗迹景观价值和科学价值突出,目前正在申报世界地质公园,由于该区域地理位置偏僻且处于经济欠发达地区,探洞实测工作不足 2 成,对该区域科学成因的研究尚不足,亟待有待进一步深入研究。

致谢:本文参考凤山国家地质公园申报项目的部分成果,在此对中国地质研究院岩溶研究所全体项目组成员的辛勤劳动表示衷心感谢!

参考文献 (References)

- [1] Zhang Yuanhai, Huang Baojian, Chen Weihai *et al.* The comprehensive survey report of Fengshan Karst National Geo-Park [R]. 2005: 45~135 [张远海, 黄保健, 陈伟海, 等. 广西凤山岩溶国家地质公园综合考察报告 [R]. 2005: 45~135]
- [2] Yuan Daoxian. Karst Dictionary [M]. Beijing: Geologic Press, 1988: 26~118 [袁道先. 岩溶学词典 [M]. 北京: 地质出版社, 1988: 26~118]
- [3] Chen Weihai, Zhu Dehao, Zhu Xuwen *et al.* Karst landscape And World Natural Heritage Value Research in Tiankeng-Dieng Fengjie, Chongqing [M]. Beijing: Geologic Press, 2003: 27~28 [陈伟海, 朱德浩, 朱学稳, 等. 奉节天坑地缝岩溶景观及世界自然遗产价值研究 [M]. 北京: 地质出版社, 2003: 27~28]
- [4] Zhu Xuwen, Huang Baojian, Zhu Dehao *et al.* Dashiwei Tiankeng Group, Leye Guangxi Discoveries Exploration, Definition and Research [M]. Nanning: Guangxi Technology Press, 2003: 157~159 [朱学稳, 黄保健, 朱德浩, 等. 广西乐业大石围天坑群发现、探测、定义与研究 [M]. 南宁: 广西科学技术出版社, 2003: 137~138, 157~159]
- [5] Lu Yaom. Karst—the World of Strange Mountains and Caves [M]. Beijing: Qinghua University Press, Jinan University Press, 2001: 68~92 [卢耀如. 岩溶——奇峰异洞的世界 [M]. 北京: 清华大学出版社、暨南大学出版社, 2001: 68~92]
- [6] Zhang Yuanhai, Allen Linque. Cave Exploration [M]. Shanghai: Shanghai Science & Technology Press, 2004: 155~159 [张远海, 艾琳·林奇. 洞穴探险 [M]. 上海: 上海科学普及出版社, 2004: 155~159]
- [7] Chen Weihai, Zhu Dehao, Zhu Xuwen *et al.* Evaluation on landscape features and world natural heritage value of Wulong Karst in Chongqing [J]. *Carsoologia Sinica*, 2006, 8 (suppl.): 108~109 [陈伟海, 朱学稳, 朱德浩. 重庆武隆喀斯特景观特征及世界自然遗产价值评价 [J]. 中国岩溶, 2006, 8 (增刊): 108~109]

Comparative Analysis on Value of Typical Geological Trace Landscapes of Guangxi Fengshan Karst National Geopark

XU Shenglan¹, ZHANG Yuanhai², HUANG Baojian², CHEN Weihai²

(1. Geo-science Department, Chengdu Technology University, Chengdu 610059, China;

2. Institute of Karst Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Guilin 541004, China)

Abstract Fengshan has abundant karst tour resources in Guangxi province, southwest of China. There are kinds of large scale and specific Karst landscapes. There are four typical geological trace landscapes: Karst cave, natural bridges, Tiankeng and Karst windows which have world-class landscapes and scientific values in the world. There are a lot of huge cave halls and the scales of cave channels are the largest. The gigantic and fantastic Sammen Sea karst windows, speleothems including huge stalagmite and the largest cave bridge are rarities. Typical, unique and natural features come out top in the same.

Key words geological trace; landscapes comparative value