

蒋忠诚,张晶,黄超,等.湘西地质公园岩溶峡谷群成因及其地学意义[J].中国岩溶,2019,38(2):269-275.
DOI:10.11932/karst20190212

湘西地质公园岩溶峡谷群成因及其地学意义

蒋忠诚^{1,2},张晶¹,黄超³,容悦冰¹,吴亮君¹

(1.中国地质科学院岩溶地质研究所/自然资源部、广西岩溶动力学重点实验室,广西桂林 541004;

2.自然资源部岩溶生态系统与石漠化治理重点实验室,广西桂林 541004;

3.湖南省地质矿产勘查开发局四一六队,湖南株洲 412007)

摘要:湘西地质公园岩溶峡谷分布面积约1 162 km²,岩溶峡谷200多条,密如蜘蛛网分布,是世界上最密集的岩溶峡谷群分布区。湘西岩溶峡谷形态上分为线型峡谷、“V”字型峡谷和箱型峡谷,其间分布岩溶台地和峰丛山地,岩溶峡谷两侧岩溶洞穴、瀑布和石柱发育,景观奇特壮观。相间分布的硅质碳酸盐岩和泥质碳酸盐岩、密集分布的地质构造及高角度节理裂隙、地块掀斜式抬升和强的岩溶水动力为岩溶峡谷群的发育提供了有利条件。岩溶峡谷群的形成经历了地质构造抬升、河流峡谷形成、岩溶峡谷发育三个阶段。与世界其他岩溶区峡谷对比,湘西岩溶峡谷群是世界地质公园中分布规模最大、峡谷最密集、岩溶发育最典型的岩溶峡谷区。湘西岩溶峡谷群不但具有重要的岩溶学研究和地质历史价值,而且具有重要的地质景观和地质文化意义。

关键词:世界地质公园;岩溶峡谷;岩溶形成;地质景观;湘西

中图分类号:P931.5

文献标识码:A

文章编号:1001-4810(2019)02-0269-07

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



0 引言

虽然峡谷在所有岩石中均可找到,但在相同的地形和气候条件下,以岩溶地区的峡谷更为普遍且更加奇特^[1]。全球有很多岩溶峡谷因其景观秀丽而被开发为旅游区、世界地质公园或世界自然遗产地。关于岩溶峡谷的成因研究已有大量文献报道,揭示了不同地区岩溶峡谷的有利条件、成因模式和形成机理^[2-5],对于推动岩溶峡谷的学术研究和保护起到了重要作用,然而,对于岩溶峡谷群却鲜有研究报道。最近,为了申报世界地质公园,在拟建的湘西地质公园内发现了密集的岩溶峡谷群,其岩溶峡谷数量之多,景观之多样壮观,成因之复杂,举世罕见。

湘西地质公园位于湖南省西北湘西土家族苗族自治州中部(图1),地理坐标为N28°06′49.23″~29°17′24.26″,E109°20′13.66″~110°04′12.55″,总面

积为2 710 km²。

岩溶峡谷群是湘西地质公园最具有代表性的地质景观之一。徐水辉等^[6]提出了台地峡谷型岩溶地貌,但前人没有关注湘西岩溶峡谷成群分布的特点,对于湘西岩溶峡谷地质景观在国际上的代表性及其地貌的岩溶动力作用过程和地学意义均缺乏详细研究。本文在收集前人资料的基础上,实地调查,分析湘西岩溶峡谷群的地貌特点、形成条件、形成过程和地学意义,旨在为湘西世界地质公园成功申报及岩溶峡谷景观开发和保护提供科学依据,并推动岩溶峡谷地貌的国际对比研究。

1 湘西岩溶峡谷群的地貌特点

湘西岩溶峡谷群分布面积约1 162 km²,占园区总面积的40.6%。区内岩溶峡谷发育密如蜘蛛网,累

基金项目:国家自然科学基金项目(41571203)和中国地质科学院基本科研业务费项目(YWYF201725)

第一作者简介:蒋忠诚(1962—),男,博士,研究员,博士生导师,长期从事岩溶学研究。E-mail:zhjiang@karst.ac.cn。

收稿日期:2019-01-20

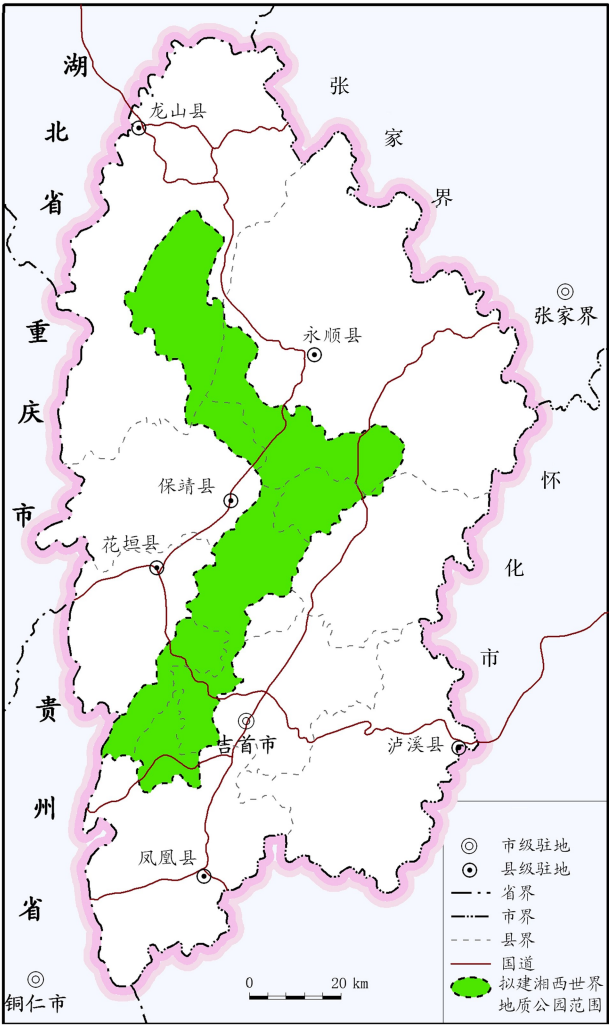


图 1 湘西地质公园位置
Fig.1 Location of Xiangxi geopark

计有 200 多条,其中,长度在 2.7 km 以上的有 25 条,岩溶峡谷总长度 300 多 km(表 1)。

湘西岩溶峡谷群形态上包括线型峡谷、“V”字型峡谷和箱型峡谷。“线”型峡谷如坐龙溪峡谷,主要受大型节理裂隙控制,呈线性展布,具有“地缝式”特点,峡谷全长 6.5 km,平均谷深 80 余米,大多处宽 3~5 m,最窄处仅容一人通过,地势险峻,大多数路段需要手抓铁索在悬崖上攀援而过。“V”型峡谷以洗车河峡谷最为特征,峡谷长 43.3 km,谷深可达 400 m,峡谷壁上发育瀑布群。“箱”型峡谷广泛分布,如德夯峡谷、龙洞河峡谷和金龙峡谷等,且呈成群分布特征,峡谷平均发育密度 $0.9\text{ km}\cdot\text{km}^{-2}$,为世界上最密集的岩溶峡谷群。

岩溶峡谷群之间分布着典型的岩溶台地和陡峭的峰丛山地(图 2)。岩溶台地分布面积达 688 km^2 ,其地貌特征在地质公园北部与南部有较大差异。北

表 1 湘西地质公园主要岩溶峡谷一览

Table 1 Statistics on landforms of main karst gorges in Xiangxi geopark

编号	峡谷名称	谷长/km	谷肩宽/m	谷深/m	峡谷形态
1	坐龙溪峡谷	6.5	3~10	100	“线”形
2	洗车河峡谷	48	4 000~6 700	400	“V”形
3	猛西河峡谷	3	10~30	500	“V”形
4	大水溪峡谷	3.3	20~80	320	“V”形
5	广潭河峡谷	13.5	150~200	100	“V”形
6	高岩河峡谷	7.6	50~230	260	“V”形
7	坪冲峡谷	9.2	30~80	300	“V”形
8	浪泊溪峡谷	8.8	40~150	240	“V”形
9	那溪老峡谷	3	50~120	500	“V”形
10	干溪峡谷	8.1	65~380	230	“V”形
11	西水峡谷	50	220~620	520	“箱”形
12	峒河峡谷	22.5	120~310	430	“箱”形
13	金龙峡谷	4	275~380	550	“箱”形
14	德夯峡谷	7.2	150~1200	420	“箱”形
15	三门洞峡谷	7.8	200~400	300	“箱”形
16	天星山峡谷	3.1	100~500	300	“箱”形
17	绿绿河峡谷	11.8	180~220	200	“V”+“箱”形
18	猫岩河峡谷	9	100~800	250	“V”+“箱”形
19	白溪峡谷	13.9	170	200	“V”+“箱”形
20	猛洞河峡谷	26	52~532	200	“V”+“箱”形
21	长潭河峡谷	13.7	200~400	100	“V”+“箱”形
22	大峰冲峡谷	2.7	550~1 400	330	“V”+“箱”形
23	金洛河峡谷	2.7	30~60	300	“V”+“箱”形
24	十八洞峡谷	3.4	50~800	330	“V”+“箱”形
25	木河峡谷	6.3	135~272	230	“V”+“箱”形

部洛塔地区的岩溶台地地层主要为二叠系—三叠系石灰岩,台地面起伏较大,且发育大量岩溶洼地、溶丘和石林岩溶地貌。南部地区的岩溶台地主要为寒武系泥质灰岩,台地面比较平坦,且土层较厚,多为农田或村庄,在台地边缘发育有岩溶洼地、石林和地下河,为峡谷的发育提供水动力条件。峰丛山地主要分布于峡谷间距小的地带,呈峰脊状,有的脊状峰上有穿洞,如吕洞山。

岩溶峡谷两侧地下河、洞穴、瀑布和石柱发育,景观奇特壮观。地下河系统包括洛塔、大龙洞和小龙洞 3 大地下河系统,以及散布在岩溶台原下部的布瓦壁、雷公洞(金龙)、红石洞、要坝洞、响水洞等若干小型地下河系。地下河出水口在峡谷上方数十米到数百米呈悬挂式泄溢,形式瀑布。重要瀑布有 16 个,可

分为洞穴悬瀑、山涧瀑布和梯级瀑布三类。区内发育的岩溶洞穴有洛塔屋檐洞、永顺天鹅宫、兰花洞、花垣大龙洞、夜郎十八洞、龙山莲花洞等，洞长几百米至数

千米。洞穴和地下河呈多层分布，记录了岩溶峡谷发育演化的过程。岩溶石柱有 800 多个，多分布于台地边缘。

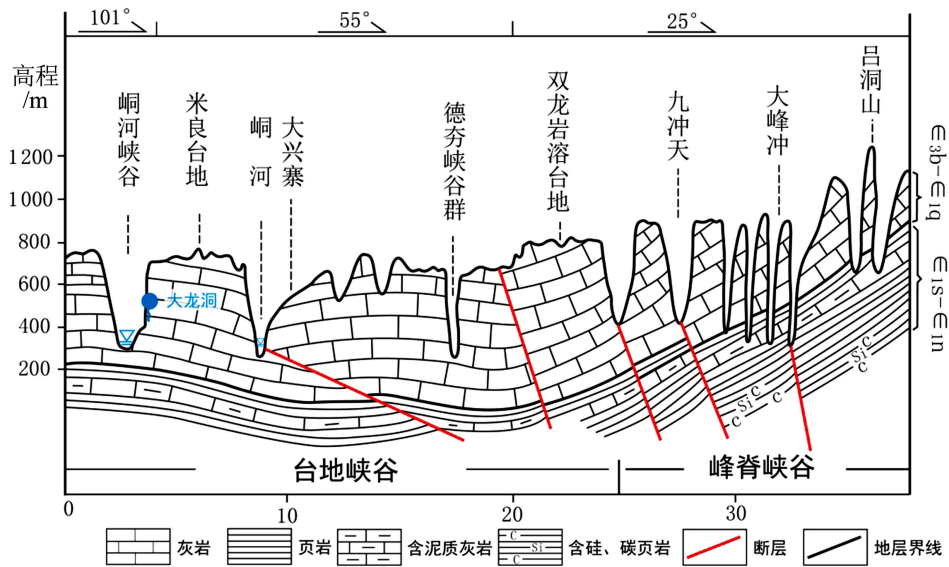


图 2 湘西峒河—吕洞山岩溶峡谷群地貌剖面

Fig. 2 Geomorphological profile of karst gorge group from Donghe river to Lyudong mountain in Xiangxi

2 湘西岩溶峡谷群形成的有利条件

2.1 广泛分布的泥硅质碳酸盐岩是岩溶峡谷群发育的重要物质基础

园区内广泛分布寒武系、奥陶系的硅质和泥质碳酸盐岩，局部地区出露二叠系、三叠系地层，主要为石灰岩，区域沉积层总厚度达数千米，分布面积2 258. 28

km²，占园区总面积的 83. 33%。区内硅质碳酸盐岩和泥质碳酸盐岩相间分布，其中，硅质碳酸盐岩易被化学溶蚀，成为岩溶峡谷区，而泥质碳酸盐岩比较难溶，但土壤发育，成为台地区。而且，硅质碳酸盐岩地层岩石坚硬，产状平缓，抗物理风化能力强，能够保持陡峻的悬崖峭壁地貌形态(图 3)。



图 3 湘西德夯岩溶峡谷及台地景观

Fig. 3 Karst gorge and tableland landscape in Dehan, Xiangxi

2.2 地质构造及高角度节理裂隙为岩溶峡谷群发育提供了重要构造条件

园区位于三个一级断裂,即张花断裂、麻栗场断裂和古(丈)一吉(首)断裂带之间,成为一个相对独立的地貌单元。在这一地貌单元内,包含有 51 个背斜或向斜构造,60 多个二、三级断裂构造。高角度节理裂隙的广泛发育,有利于岩溶台地上沿断裂、节理裂隙追踪式发育而形成岩溶峡谷。

印支期、燕山期的压扭性及伸展活动,使北东向区域性大断裂(张花断裂、麻栗场断裂、古(丈)一吉(首)断裂)活化,并形成与北东向区域性大断裂配套的压扭性北(北)东向、走滑性东西向及张扭性北西向次级断裂,断裂带中次一级高陡角(60° 以上)的节理裂隙发育,节理、裂隙大致可分为五组,即:A组,走向南北向或近南北向($350^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 之间);B组,走向北北东($20^{\circ}\sim 30^{\circ}$);C组,走向北西($290^{\circ}\sim 330^{\circ}$);D组,走向北东($40^{\circ}\sim 60^{\circ}$);E组,走向近东西($70^{\circ}\sim 100^{\circ}$)。五组节理的形成成为区内岩溶峡谷群的发育奠定了构造基础。

2.3 新构造运动导致的地块掀斜式抬升是岩溶峡谷群形成的内营力条件

自古近纪末开始的喜马拉雅山新构造运动,使本区地壳处于缓慢抬升阶段,构成云贵高原的东缘,与沅麻盆地产生巨大的高差和水力坡度,在不到 50 km 的短距离内,最大侵蚀切割深度 1 000 余米,导致流水切割作用极其强烈,形成以多方向交错、联络成网为特征的切割高原型岩溶台地—峡谷景观。它们与中国南方喀斯特系列的其它以锥状、塔状、剑状或峡谷—天坑等喀斯特景观完全不同,形成了特有的深切峡谷、峭壁陡崖、岩墙等地貌。

2.4 暖湿气候叠加外源水格局为岩溶峡谷群发育提供强的岩溶动力条件

湘西属亚热带季风气候,多年平均气温 $15.8\sim 19.5^{\circ}\text{C}$,多年平均降水量达 $1\,600\sim 1\,800\text{ mm}$,东南季风叠加地形雨使湘西称为亚热带降雨量丰富的地区。高温多雨的气候条件使区域溶蚀作用增强,植被土壤水中的 CO_2 含量普遍较高,其中侵蚀性 CO_2 可达 $6.6\sim 9.9\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,pH 值 $6.4\sim 6.6$,溶蚀速度达 $70\sim 100\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{a}^{-1}$ ^[7-9],高于亚热带大部分地区,与桂林相当^[10]。

此外,湘西地区位于云贵高原东部的斜坡地带,西部地形高,成为西水、武水两大水系的发源地,两大水系多年平均径流量达 132 亿 m^3 ,有 200 多条支流入境,河网星罗棋布,且补给区多为非岩溶区或泥质

灰岩地区,成为岩溶地区的外源水,为岩溶峡谷的发育提供了强的水动力条件。

3 湘西岩溶峡谷群的形成过程

湘西岩溶峡谷群的形成过程主要经历地质构造抬升、河流峡谷形成、岩溶峡谷发育三个阶段。

3.1 地质构造抬升阶段

湘西地区位于扬子陆块(地台)东南缘,毗邻华南陆块(华南活动带),是在中上扬子克拉通基础上发展起来的经历了多期构造演化过程的前陆盆地,雪峰运动以后,即转入稳定的地台发育区^[11]。 $5.2\sim 4.4$ 亿年间的早寒武世晚期至奥陶世,本区沦为古扬子海域,接受了一套广海及局限台地相碳酸盐岩沉积,分布一套薄—厚层状的碳酸盐岩,成为湘西南部台地峡谷岩溶地貌景观造景岩层。在经历加里东运动、海西运动以后,于 $2.7\sim 2.4$ 亿年间的中二叠世至早三叠世,扬子陆内裂谷凹陷加剧并扩大,湘西地区变为远离海槽的陆表海,接受了一套台地—台盆—潮坪相碳酸盐岩夹泥质岩、硅质岩沉积,成为湘西北部岩溶地貌景观的造景岩层。

中三叠世末,扬子陆块与华南陆块的会聚在中途停顿进两亿年之后,由于来自南东部板块碰撞及北部秦岭至大山同期碰撞及南部特提斯向北会聚等影响,使两板块又进入活化阶段,华南陆块继续向扬子陆块仰冲,造成陆陆碰撞,印支运动主幕发生,本区隆升成陆,结束海侵历史。

古近纪以来,全区缓慢抬升,形成广阔云贵高原的一部分,受区域主干断裂重新活动的影响,区内表现差异性抬升及掀斜变形,形成了西高东低的基本地势,高角度的节理、裂隙及断裂之间的软弱裂隙带,奠定了河流谷地的空间分布格局。新构造运动区域抬升幅度增加,增强了水动力条件,加速河流侵蚀,促进峡谷的形成。

3.2 河流峡谷形成阶段

古近纪时期,西水和武水水系即已形成,但所形成的河流主要为宽谷。此前,虽然构造也有抬升,但寒武纪以来 5 亿年时期的抬升速度很慢,河流侵蚀作用侧蚀大于下切。长时期河流侵蚀作用的结果,形成了 1 300 m、1 100 m 和 900 m 的三级岩溶台地^[12],为峡谷的形成奠定了地质基础。河流水动力源泉。

喜山运动导致湘西地区快速掀斜式抬升,在东西距离 50 m 左右的地块内垂直掀斜抬升 200 ~ 1 000 m,水动力显著增强,河流坡降增大,区内西水

干流河床纵坡降达 5‰,很多支流的纵坡降更大,因此,酉水和武水水系两大水系不再以主要河流为主进行侧蚀,而是以 270 多条外源水支流沿区域节理裂隙及断裂快速下切侵蚀,形成众多的河流峡谷,峡谷的规模和形态因河流作用而存在差异。

3.3 岩溶峡谷发育阶段

河流峡谷的形成加大了河谷周围的岩溶动力条件,在峡谷附近的岩溶台地地区降水和地表水沿节理裂隙下蚀、侧蚀,在峡谷两岸岩块形成溶沟、溶槽,进一步发育形成洞穴、地下河、石柱、瀑布等岩溶地貌。同时,岩溶作用形成的洞穴和地下河,结合河流的侧蚀和溯源侵蚀作用,可使峡谷两岸岩块分离崩塌,使峡谷两岸坡度陡峭,形成陡崖,发育典型的岩溶峡谷地貌。

岩溶发育过程在区域北部与南部存在显著差异。在北部洛塔地区,因区域上整体发育的是纯的石灰

岩,故岩溶作用伴随着河流下切作用同时发生,从古近纪到新近纪,在峡谷两岸既形成了多层地下河和洞穴,又发育了垂向的漏斗、落水洞、竖井甚至天坑岩溶地貌。而在南部大面积区域,由于峡谷两岸硅质碳酸盐岩及其外围的泥质碳酸盐岩可溶性不如纯灰岩,因此很多岩溶地貌的形成过程要晚于北部地区,在峡谷旁台地形成新的岩溶地下水系统后才发育洞穴、地下河石柱、瀑布等岩溶地貌,而且他们主要分布于峡谷的上方及台地地表附近,谷地底部岩溶地貌尚不发育。

4 湘西岩溶峡谷群与世界其它岩溶峡谷的对比

全球岩溶地区共有世界地质公园和世界自然遗产地 70 多处^[13],以峡谷为主要地貌特征的只有 10 余处,并以表 2 所列 8 处知名度较高。

表 2 湘西岩溶峡谷群与其他世界地质公园或世界自然遗产地岩溶峡谷对比
Table 2 Comparisons of karst gorge group in Xiangxi geopark with karst gorge group in other world geopark or world natural heritage sites

公园或遗产地	英文名称	国家	岩性	地质年代	降雨量/mm	海拔高度/m	切割深度/m	岩溶形态	地质文化
大峡谷	The Grand Canyon	美国	红色砂岩,局部大理岩	寒武纪	500	1 740	1 600	河流峡谷、少量洞穴、石柱	印第安人文化
纳汉尼	Nahanni	加拿大	石灰岩	寒武纪—奥陶纪	600	2 770	1 000	冰蚀峡谷、瀑布、石柱、钙华、洞穴	淘金文化
德赛巴卡—格兰玛	Desembarco del Granma	古巴	石灰岩	白垩纪	1 400	360	180	海蚀台地、侵蚀峡谷、落水洞、瀑布、洞穴	/
佩迪山	Mt. Peddi	法国—西班牙	石灰岩	寒武纪—奥陶纪	1 700	3 352	1 100	冰蚀峡谷、瀑布、石柱、钙华、洞穴	阿波罗神庙,特尔斐等考古遗址
杜米托尔	Durmitor	黑山	砂岩、灰岩	白垩纪—侏罗纪	1 800	2 523	1 300	河流峡谷、岩溶湖、钙华	文化遗产地,塔拉河大桥
丰芽—格帮	Phong Nha — Ke Bang	越南—老挝	石灰岩、砂页岩	泥盆纪	1 800	1 290	400	坡立谷、地下河、洞穴、洞穴沉积物	洞穴人类遗址
武隆	Huajiang	中国	石灰岩、白云岩	寒武纪—奥陶纪	1 082	2 033	500	岩溶峡谷、天坑、天生桥、洞穴	/
湘西	Xiangxi	中国	硅质灰岩	寒武纪—奥陶纪	1 700	1 423	550	岩溶峡谷群、石林、洞穴、地下河、瀑布	地质村镇文化,矮寨大桥

美国的大峡谷举世闻名,由科罗拉多河流冲刷形成,其地层主要是红色砂岩,岩溶面积很少。加拿大的纳汉尼公园虽然是典型的岩溶地区,但其位于高纬度地区,岩溶动力远不如亚热带地区,其峡谷主要是

河流冲刷叠加冰川刨蚀形成。丰芽—格邦国家公园和佩蒂山均有岩溶高原—峡谷地貌,丰芽—格邦地质公园主要由大量的封闭峰丛—洼地、坡立谷、洞穴及地下河系统构成,在高原内部岩溶景观组合上与湘西

有所相似,但其岩溶峡谷两岸岩墙、石柱、悬挂瀑布很少;佩蒂山海拔 3 352 m,发育大量溶沟、深切峡谷、深洞和地下暗河系统,其成因为高原冰原型峡谷,构造抬升作用不太强烈,峡谷数量少,主要由冰川作用形成。德赛巴卡—格兰玛公园是海岸侵蚀的岩溶地貌,虽然景观秀丽,但属于中生代地层,岩石不够坚硬,缺乏典型的石柱等岩溶正地形。杜米托尔公园主要是深切的塔拉河大峡谷及高耸的塔拉河大桥景观,岩溶景观相对比较稀少。我国的重庆武隆是南方喀斯特自然遗产地,石灰岩质纯坚硬,有三条典型岩溶峡谷及天坑、天生桥、洞穴等岩溶地貌系统,其分布于云贵高原北部,岩溶地质条件在很多方面与湘西类似,但其以构造抬升和河流切割为主要营力。降雨量也不如湘西,地质条件没有湘西复杂,形成的峡谷数量和岩溶地貌类型远不如湘西丰富多彩。国际对比揭示,无论从峡谷数量、密度,还是岩溶地貌的典型性和多样性等方面,湘西岩溶峡谷群均是世界上最为突出的。

5 湘西岩溶峡谷群的地学意义

5.1 湘西岩溶峡谷群的岩溶学意义

湘西岩溶峡谷的分布范围和规模受地质构造单元控制,一个构造单元形成一个岩溶水系统,构造单元的多样化造成岩溶峡谷的密集发育,使湘西地质公园成为世界上岩溶峡谷密度最大的地区,为区域岩溶地貌的形成演变提供了天然试验场。在这里,不但有北部纯石灰岩区典型岩溶地貌,还有南部区硅质灰岩与泥质灰岩相间分布产生的特殊台地峡谷岩溶地貌。特别是南部地区的岩溶峡谷群,区域岩溶特色鲜明。泥质灰岩成为分水岭和补给区,地表产流补给硅质灰岩区,增强了水流的侵蚀动力和化学溶蚀动力。湘西岩溶峡谷地貌系统与其他地区不同,成为新的岩溶地貌模式,而且,湘西岩溶峡谷群岩溶地貌非常典型,并具有系统性,陡峭的峡谷、高耸的石林、复杂的洞穴系统,壮观的岩溶瀑布,台地上还发育有洼地、漏斗、落水洞、天坑等,彼此之间均有密切的动力联系,构成世界上罕见的典型岩溶峡谷群地貌系统。

5.2 湘西岩溶峡谷群的地质历史意义

湘西岩溶峡谷群以寒武系地层最发育,该地层剖面具有岩相单一、地层完整、露头连续、界线明显、化石丰富等特点,含有“诸球接子”化石带的标准化石,是解决全球寒武系分统建阶最理想的剖面。2003 年 2 月,由国际地质科学联合会批准,首批寒武系年代地层标准单位——“芙蓉统”、“排碧阶”被正式确立。

2008 年 3 月,寒武系“古丈阶”剖面成为全球标准层型^[14]。寒武系“排碧阶”、“古丈阶”两枚“金钉子”不但具有国际地层对比意义,而且随着湘西岩溶峡谷群的形成演变,成为记录寒武纪以来该区地质演变的档案。

湘西岩溶峡谷群还见证了云贵高原隆起抬升阶段中边缘解体的过程,反映了地表—地下水文系统、地壳运动与岩溶地貌协同演化的规律。古近纪以来,湘西地区受大规模剥蚀夷平作用,发育有 1 300 m、1 100 m、900 m、600 m 等多级岩溶侵蚀面。新构造运动期间,湘西地区快速隆升,古西水和武水水系沿着云贵岩溶高原边缘侵蚀切割,形成洛塔—吕洞山—德夯岩溶台地—峡谷群。岩溶峡谷的发育演化过程,反映了云贵岩溶高原边缘切割、趋向解体的全过程。残留的岩溶台地、多级侵蚀面和地下河洞穴系统,完整记录了新生代新构造运动地壳快速抬升的地质历史。

5.3 湘西岩溶峡谷群的地质景观意义

湘西岩溶峡谷群集山、水、洞、石等地质美景于一身。峡谷深切 500 多米,含“线”型、“V”型、“箱”型等多种地貌形态,沿德夯玻璃栈道向外看,峡谷幽深陡峭,岩柱群高低错落、形态各异。尤其是清晨,峡谷烟雨迷蒙,云雾飘渺,岩柱悬浮半空,既像路南石林,又像张家界峰林,处处成景如画。两岸青山叠翠,峰峦叠嶂,银瀑飞泻,形成台地(峰丛)—峡谷—岩柱岩墙—瀑布—洞穴地貌组合,无论是从单体地貌类型上,还是从地貌组合上都反映了极致的自然美,具有重要的美学价值。

峡谷的两侧地貌类型多样奇特,既有岩溶台地,又有峰丛山地。岩溶台地高程 500~1 200 m,其上溶沟、洼地、天坑、溶丘、石林发育;峰丛山地陡峻挺拔,还常发育穿洞(如吕洞山),悬挂瀑布和泉水,具有观光旅游、科学探险、休闲疗养等多种地质景观价值。园区已经建立 3 个国家级风景名胜区(里耶—乌龙山、猛洞河、德夯),1 个国家湿地公园(峒河),3 个国家地质公园(乌龙山、红石林、凤凰)和 3 个省级地质公园(猛洞河、古苗河、德夯),除红石林外,岩溶峡谷均为主要景观。

5.4 湘西岩溶峡谷群的地质文化意义

湘西岩溶峡谷群交通不便,民族村寨要么居住于峡谷底部,要么居住于峡谷顶部台地(图 3),形成吊脚楼土家族和墨戎苗族村寨建筑。村寨构筑物、传统工艺品、服饰、家居、饮食等物质形态的民俗,无不与复杂的地质地貌、峡谷陡崖交错的地形、气候水文以及良好的岩溶生态密切相关。酉水峡谷旁的芙蓉镇形成了具有岩溶地质文化的特色地质小镇。此外,湘

西峡谷区特殊的地貌洞穴和水文地质条件,还助力湘西土家族和苗族人民塑造了大量可歌可泣的历史战争故事。

德夯峡谷上的德夯大桥也是重要地质文化奇观,大桥跨径 1 176 m,跨高达 350 m,主梁全长 1 022 m,采用两根主索、67 对吊索支撑^[15]。两个主塔分别立于德夯峡谷两侧悬崖上部稳定山体,是世界上跨度最大的深切峡谷桥梁,也是世界上第一座塔梁分离式悬索桥,被美国国家地理等媒体誉为“世界最美大桥”。

参考文献

- [1] Jennings J N. Karst Geomorphology[M]. Basil Blackwell, New York, 1985.
- [2] Maximovich G A. Principles of Karst Science[M]. Institute of Karstology and Speleology, Perm, 1963.
- [3] 朱学稳,张远海. 四川南部大型喀斯特漏斗和地缝式峡谷[J], 中国岩溶, 1999, 14(2): 1-11.
- [4] 郭力宇,尤向治,吴成基,等. 陕西商南金丝峡地质公园岩溶峡谷演化模式研究[J]. 地球学报, 2012, 33(5): 826-834.
- [5] 罗书文,杨桃,邓亚东,等. 云贵川鸡鸣三省大峡谷景观特征及形成机理研究[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2018, 43(2): 49-56.
- [6] 徐水辉,彭世良,陈文光,等. 湖南凤凰台地峡谷型岩溶地貌初探[J]. 水文地质工程地质, 2006, 4: 111-113.
- [7] 洛塔岩溶地质研究组. 洛塔岩溶及其水资源评价与利用的研究[M]. 北京:地质出版社, 1984.
- [8] 于浩然,吴应科. 洛塔岩溶地质概要[J]. 中国岩溶, 1982, 1(1): 35-41, 83-84.
- [9] 王文娟,蓝芙宁,蒋忠诚,等. 湖南大龙洞流域不同岩性不同土地利用类型条件下碳酸盐岩试片的溶蚀速率[J]. 中国岩溶, 2013, 32(1): 29-33.
- [10] Jiang Zhongcheng. Formation of fengcong depressions in China, *Carsologica Sinica*, 1996, 15(1-2): 83-90.
- [11] 梁薇,牟传龙,周恩恩,等. 中上扬子地区寒武纪第三世—芙蓉世古地理[J]. 古地理学报, 2015, 17(2): 172-185.
- [12] 靳立多,吕中源,林玉石,等. 湘西洛塔岩溶发育史[J]. 中国岩溶, 1983, 2(1): 21-32.
- [13] 熊康宁,肖时珍,刘子琦,等. “中国南方喀斯特”的世界自然遗产价值对比分析[J]. 中国工程科学, 2008, 10(4): 17-27.
- [14] 傅启龙,周志澄,彭善池,等. 湘西中上寒武统界线层型侯选剖面沉积特征[J]. 地质科学, 1999(2): 79-87.
- [15] 程丽娟,刘榕,李瑜. 矮寨大桥缆索系统总体布置及结构设计[J]. 世界桥梁, 2011(3): 13-16.

Causes of formation and geo-scientific significance of karst gorge group in Xiangxi geopark

JIANG Zhongcheng^{1,2}, ZHANG Jing¹, HUANG Chao³, RONG Yuebing¹, WU Liangjun¹

(1. Institute of Karst Geology, CAGS/Key Laboratory of Karst Dynamics, MNR&GZAR, Guilin, Guangxi 541004, China;

2. Key Laboratory of Karst Ecosystem and Treatment of Rocky Desertification, MNR, Guilin, Guangxi 541004, China;

3. 416 Geological Team, Bureau of Geology and Mineral Exploitation and Development of Hunan Province, Zhuzhou, Hunan 412007, China)

Abstract Xiangxi geopark has the most densely distributed area of karst gorges in the world with more than 200 karst gorges in an area of about 1,162 km², which distribute like a spider network. The karst gorges appear in a manner of linear, V-shaped and U-shaped distributions, with a lot of caves, waterfalls and stone pillars along the rock cliffs. Between gorges there are karst table landform and peak cluster mountain, showing a peculiar and spectacular landscape. The alternating extension of silicate carbonate rock and mud carbonate rock, dense tectonic features, high degree joints, inclined uplift earth blocks and strong karst hydrodynamics together provide a favorable condition for the development of karst gorge groups. The formation of the karst gorge group can be divided into three stages: geological tectonic uplift, river gorge formation and karst gorge development. Based on the correlation with other gorges of karst areas in the world, the karst gorge group in Xiangxi is the most typical karst with the largest distribution scale, the densest gorges and the most karst development in the world. Meanwhile, the karst gorge group in Xiangxi has not only important research and geological historic value, but also great significance of geological landscape and mankind cultures.

Key words world geopark, karst gorge, karst formation, geological landscape, Xiangxi

(编辑 张玲)