

贵州施秉世界自然遗产地 喀斯特地貌的地质控制研究^①

顾秉谦¹, 周明忠¹, 肖时珍², 譙文浪³

1. 贵州师范大学 地理与环境科学学院, 贵阳 550001;

2. 贵州师范大学 中国南方喀斯特研究院, 贵阳 550001; 3. 贵州省地质调查院, 贵阳 550005

摘要: 为探讨施秉世界自然遗产地喀斯特地貌形成的地质控制因素, 通过对施秉世界自然遗产地的野外地质考察并结合前人的区域地质调查成果, 分析了该遗产的地层分布、岩性、褶皱构造、断层及节理等方面的地质背景及其对地貌的影响, 研究表明: 施秉世界自然遗产地核心区出露地层以中寒武统高台组为主, 约占核心区总面积的 95% 以上; 制约该遗产地喀斯特地貌发育的主要地质背景因素为该地北北东向的笔架山背斜, 该背斜核部近于水平的岩层发育与其轴一致的纵向张节理(垂直节理), 对应形成峰丛—峡谷地貌; 其翼部倾斜岩层相对完整, 相应发育峰丛—浅洼地貌。地貌演化方面, 处于背斜核部的核心区的峰丛—峡谷地貌应年轻于位于背斜北西翼和南东翼的峰丛—浅洼地貌。

关键词: 施秉世界自然遗产地; 喀斯特地貌; 地质控制

中图分类号: P931.5

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2016)10-0132-07

贵州施秉喀斯特作为“中国南方喀斯特”的重要组成部分之一已于 2014 年被批准为世界自然遗产地, 它最典型和引人注目之处在于该区特殊的地质背景形成的独具特色的喀斯特地貌。自贵州施秉世界自然遗产提名地正式提出申请以来, 该区引起不同学者的关注, 张乾柱等^[1]对该区岩石地球化学特征对喀斯特峡谷形态与分布影响进行了分析; 李伟等^[2]、李晓娜等^[3]、李高聪等^[4,7]、肖时珍等^[5-6]先后从景观美学、生物多样性、喀斯特发育特征等角度对该区世界遗产价值进行了研究; 李世奇等^[8]对该区喀斯特地貌特征及演化进行了阐述; 譙文浪等^[9-12]、刘琦等^[13]、肖时珍等^[14]对该区白云岩类型及地球化学特征以及水化学等进行了论述; 李性苑等^[15]、吴显芝等^[16]、罗国涛等^[17]、刘赟等^[18]也分别从植物名录、蕨类植物、大型真菌资源、鱼类物种等角度进行了调查。而各学科尤其是地貌学研究的基础, 离不开该地区的地质背景研究。然而, 迄今为止, 施秉世界自然遗产地系统的地质背景研究仍较为缺乏, 这无疑妨碍了其它学科的深入研究。

基于此, 本研究在系统整理前人关于施秉世界自然遗产地的地质研究成果的基础之上, 结合近年区域地质研究新进展, 以及对该区进行系统野外考察所获得的认识和对该区代表性岩石样品采集及化学成分分析结果, 阐述该区包括构造、地层岩性及分布等方面的地质背景信息, 以期为其它学科的研究提供地质基础信息, 并帮助人们更好地了解施秉世界自然遗产地的美及喀斯特地貌成因。

1 施秉世界自然遗产地概况

施秉世界自然遗产地位于贵州省施秉县城以北 10 km, 其范围为 N27°05′49″—N27°13′59″和 E108°01′34″—

① 收稿日期: 2015-09-16

基金项目: 贵州省科技合作计划项目(黔科合 LH 字[2015]7775 号); 贵州省科技计划课题(黔科合 SY 字(2012)3160 号); 西南岩溶区重要地层剖面与填图方法示范调查总结项目(121201140700001)。

作者简介: 顾秉谦(1991-), 男, 河南信阳人, 硕士研究生, 主要从事黑色页岩土壤的生态地球化学研究。

通信作者: 周明忠, 教授, 博士研究生导师。

E108°09′32″, 其中核心区面积 10 280 hm², 缓冲区面积 18 015 hm², 总面积 28 295 hm²(图 1). 该区属于中亚热带季风湿润气候区, 具有明显的山地湿润特点, 年平均气温 16 ℃, 年平均降水 1 220 mm. 区内水系主要为杉木河水系与瓦桥河水系, 总体流向为由北至南. 施秉世界自然遗产地发育的地貌主体是峰丛峡谷, 局部为峰丛洼地、峰丛谷地、峰林谷地及峰林洼地^[4].

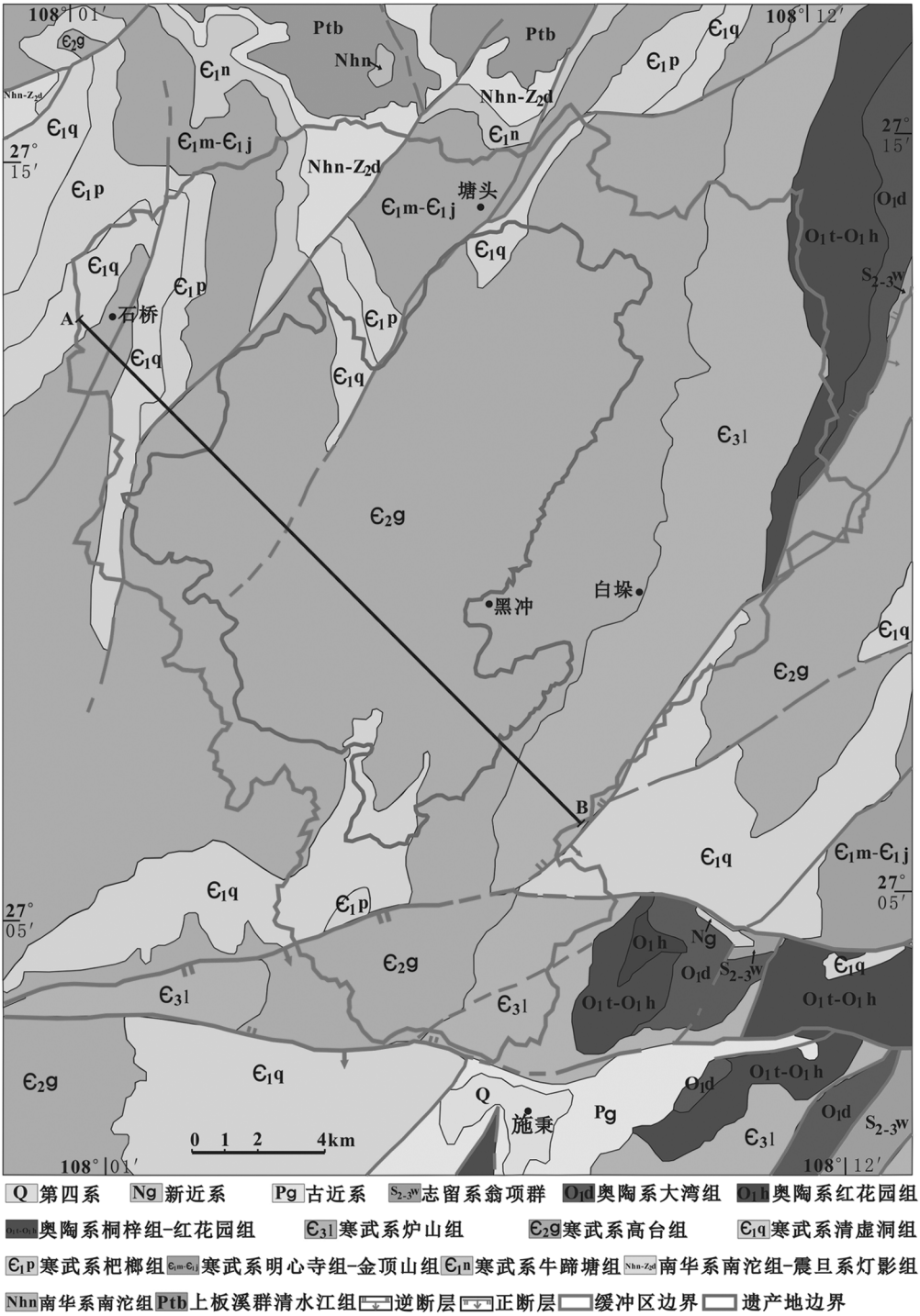


图 1 贵州施秉世界自然遗产地地质简图(据文献[7]修改)

2 地层分布

2.1 核心区

施秉世界自然遗产地核心区出露 2 个岩石地层单元, 由老到新分别为下寒武统清虚洞组和中寒武统高

台组(图 1). 高台组的岩性为薄层一中厚层白云岩, 含少量铁质, 风化后的节理面常被染成褐红色. 对高台组代表性岩石样品进行主量元素分析发现(表 1), 9 件样品 CaO 的质量分数为 291.6~344.2 g/kg, 平均值 305.5 g/kg, 样品 MgO 的质量分数为 173.0~216.2 g/kg, 平均值 204.5 g/kg. 计算结果表明, 高台组白云岩样品的 CaO/MgO 质量分数比值范围为 1.42~1.99, 平均值为 1.50. 白云岩的主要矿物为白云石, 而白云石 CaO 的质量分数为 304.1 g/kg, MgO 的质量分数为 218.6 g/kg, CaO/MgO 质量分数比值为 1.39. 高台组多数白云岩样品的 CaO/MgO 质量分数比值与白云石的 CaO/MgO 质量分数比值较为接近, 表明高台组白云岩的矿物成分中白云石占统治地位. 样品 12YT-16 的 CaO/MgO 质量分数比值相对较高(1.99), 表明其含较多的方解石. 所研究的高台组岩石样品均含较低的 Al, 其 Al₂O₃ 质量分数为 0.9~8.5 g/kg, 而部分样品含有较高质量分数的 SiO₂, 表明高台组岩石样品含有较低的泥质成分(粘土矿物), 且其相对较高质量分数的 SiO₂ 是由于其中含有一定的燧石所致. 清虚洞组下部为页岩与薄层石灰岩互层, 中部为中厚层—厚层泥质石灰岩, 上部以薄层白云岩为主要岩性, 常夹白云质页岩. 该组上部 3 件白云岩样品的 CaO/MgO 质量分数比值范围为 1.42~1.80, 平均值为 1.58(表 1).

表 1 贵州施秉世界自然遗产地主要地貌地层岩石样品主量元素质量分数 / (g · kg⁻¹)

样号	层位	岩性	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	LOI	Total
12YT-1	炉山组	白云岩	48.5	10.7	7.8	288.6	197.6	0.6	1.2	0.4	0.3	0.1	443	998.8
12YT-2	炉山组	白云岩	11	2.2	3.4	367.5	156.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.02	459	999.8
12YT-17	炉山组	白云岩	63.9	1	0.9	287.3	201.6	0.4	0.1	0.1	0.1	0.01	441	996.4
12YT-3	高台组	白云岩	42.9	4.8	6.3	291.6	202.7	0.6	1.5	0.1	0.3	0.03	449	999.8
12YT-9	高台组	白云岩	33.7	7	4.3	297.6	202.3	0.6	1.3	0.3	0.2	0.12	453	1000.4
12YT-10	高台组	白云岩	4.4	1.3	1.6	307.2	212.1	0.4	0.2	0.1	0.1	0.01	469	996.4
12YT-11	高台组	白云岩	8	1.4	2.2	311.3	211.9	0.4	0.1	0.1	0.1	0.01	465	1 000.5
12YT-12	高台组	白云岩	11	3.9	4.6	301.9	212.3	0.5	0.4	0.1	0.1	0.06	465	999.9
12YT-13	高台组	白云岩	21.6	6.3	8	296.6	207.8	0.7	1.3	0.2	0.1	0.13	457	999.7
12YT-14	高台组	白云岩	9	0.9	1.3	306.1	216.2	0.4	0.1	0.1	0.1	0.01	466	1 000.2
12YT-15	高台组	白云岩	43.5	8.5	2.6	293	202.2	0.5	0.6	0.3	0.1	0.06	447	998.4
12YT-16	高台组	白云岩	14.8	5.9	3.1	344.2	173	0.5	0.4	0.2	0.1	0.08	457	999.3
12YT-5	清虚洞组	白云岩	41.1	7.6	4.2	297.8	197.1	0.8	2	0.3	0.1	0.09	447	998.1
12YT-6	清虚洞组	白云岩	48.6	6.8	5.7	318.8	176.4	0.6	1.2	0.2	0.4	0.05	441	999.8
12YT-7	清虚洞组	白云岩	21.5	3.3	2.2	299	210.2	0.5	2.1	0.1	0.1	0.02	458	997
12YT-8	清虚洞组	白云质石灰岩	85.6	18.1	9.1	407	70.9	0.6	8	0.8	0.3	0.3	393	993.7

地层分布面积方面, 高台组在核心区的出露面积占统治地位, 可达核心区面积 95% 以上, 清虚洞组仅分布于核心区南部和北部的局部地段.

2.2 缓冲区

施秉世界自然遗产地缓冲区出露的地层单元由老至新为南沱组、陡山沱组、灯影组、牛蹄塘组、明心寺组、金顶山组、杷榔组、清虚洞组、高台组、炉山组、桐梓组、红花园组、大湾组. 南沱组时代上属我国建立的南华纪, 其岩性主要为一套代表冰期沉积的冰碛岩; 陡山沱组时代上属于震旦纪(即国际上的埃迪卡拉纪), 其岩性主要为黑色页岩与白云岩; 灯影组的时代为震旦纪, 其岩性为白云岩; 牛蹄塘组、明心寺组、金顶山组和杷榔组的时代均属于早寒武世, 它们的岩性以碎屑岩(主要为页岩和粉砂岩)为主; 清虚洞组与高台组的时代与岩性在前文已述及, 于此不赘述; 炉山组时代上属于晚寒武世, 其岩性为白云岩. 对炉山组代表性岩石样品进行主量元素分析发现(表 1), 3 件样品 CaO 的质量分数为 287.3~367.5 g/kg, 平均值为 314.5 g/kg, 样品 MgO 的质量分数为 156.2~201.6 g/kg, 平均值为 185.1 g/kg. 计算结果表明, 高台组白云岩样品的 CaO/MgO 质量分数比值为 1.43~2.35, 平均值为 1.65; 桐梓组的时代为早奥陶世, 其下部岩性主要为石灰岩, 上部为白云岩; 红花园组的地质时代为早奥陶世, 其岩性主要以石灰岩为主, 上部泥

质成分逐渐增多并夹钙质页岩;大湾组的时代属早奥陶世,其下部岩性以石灰岩和页岩为主,上部为砂质页岩夹砂质石灰岩.

缓冲区作为核心区紧临的外围地区,其出露地层的岩性特征主要表现为既存在碳酸盐岩,同时存在碎屑岩.

3 地质构造

3.1 褶皱

施秉世界自然遗产地的褶皱构造属于该地区燕山期北东向延伸的笔架山背斜的中段,其中核心区处于该背斜的核部,由中寒武世高台组白云岩构成,南东侧及北西侧的缓冲区主要处于该背斜的翼部(图 1,图 2).在地层产状上,处于核部核心区的地层近于水平,其倾角在 5°左右,处于翼部的缓冲区的地层分别倾向南东和北西,倾角一般大于 10°,局部可达 25°(图 2,图 3).

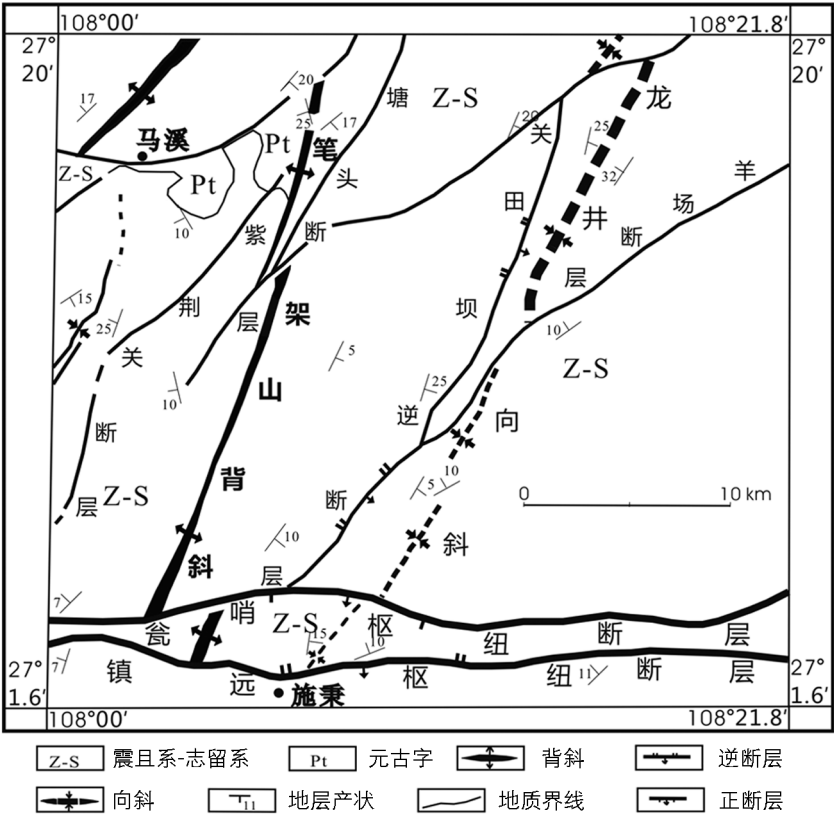


图 2 贵州施秉世界自然遗产地构造纲要图(据文献[19]修改)

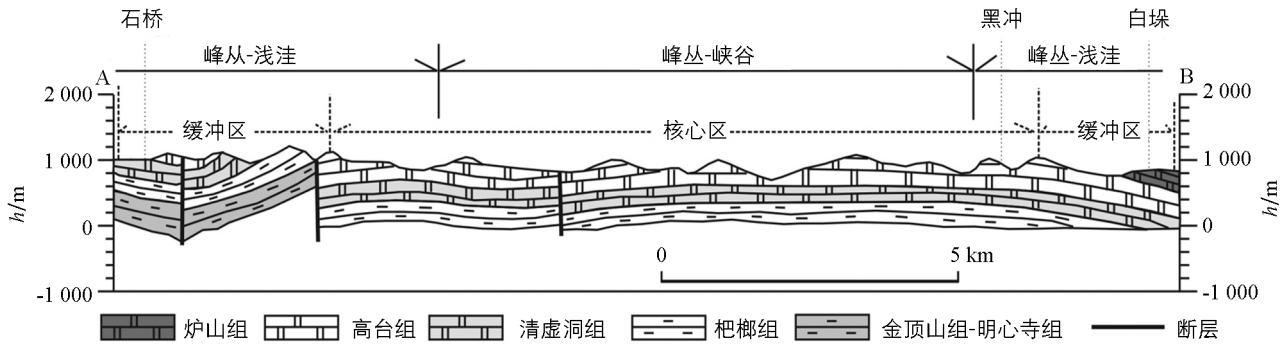


图 3 贵州施秉世界自然遗产地地质剖面与主要地貌类型分布(剖面 A-B 位置见图 1, 据文献[19]修改)

3.2 断层与节理

施秉世界自然遗产地范围内发育的断层时代属于燕山期的 3 条断层, 判断它们存在的依据主要为地层的缺失或重复以及断层带的构造角砾岩. 3 条断层均沿北北东向延伸, 自北西向南东依次为紫荆关断层、塘头断层和关田坝断层. 塘头断层走向 35° , 为一条性质不明断层; 紫荆关断层走向 40° , 亦为一条性质不明断层; 关田坝断层走向 30° , 为一条逆断层, 断层面倾向南东, 倾角 50° . 具体位置上, 紫荆关断层和关田坝断层分布于施秉世界自然遗产地缓冲区, 仅塘头断层的南段延伸进入核心区(图 1, 图 2).

李世奇等^[8]对施秉世界自然遗产地的 123 条节理进行产状测量, 结果表明, 所测节理走向以北北西、北北东和北东东为主, 倾角介于 60° 至 90° 之间. 我们的野外观察发现, 施秉世界自然遗产地产状近于水平的高台组白云岩普遍发育垂直节理(图 4), 与李世奇等^[8]的倾角测量结果相一致. 结合李世奇等^[8]对节理的走向测量结果, 可以认为发育于核心区高台组的垂直节理可能主要为原生节理, 即分布于笔架山背斜转折端的纵向张节理.

4 地貌成因

地貌的形成是地质背景、气候、水文和生物活动等内动力与外动力因素共同作用的结果^[20], 显然, 地质构造和岩性等地质背景因素为地貌的塑造奠定了重要的基础. 以施秉世界自然遗产地的地层分布及岩性、地质构造等地质背景为基础, 我们从地质角度对施秉世界自然遗产地的地貌形成进行初步探析.

施秉世界自然遗产地核心区出露的地层主要为高台组, 其次为清虚洞组, 2 个岩石地层单元的岩性均以白云岩岩性为主, 因此, 施秉世界自然遗产地的地貌类型从岩性的角度划分应属喀斯特地貌. 李高聪等^[4]的统计结果表明, 在全球具有喀斯特特征的 53 处世界自然遗产地中, 主要以白云岩作为岩性背景的较少, 仅意大利的 The Dolomites 代表了温带地区白云岩喀斯特地貌, 但因其处于高寒的气候条件地区, 常见的喀斯特地貌类型并未得到充分发育, 其特点更多地表现为物理风化明显的棱角分明、多岩屑的地貌特征. 因此, 施秉世界自然遗产地的喀斯特地貌以其独特的质纯层状白云岩岩性背景在全球范围内具有鲜明的独特性.

发育于施秉世界自然遗产地的褶皱构造与断层的时代主要归属于燕山构造运动期(侏罗纪至早白垩世), 因此, 可以认为这一时期奠定了施秉世界自然遗产地地貌的内动力背景. 研究区内的笔架山背斜对施秉世界自然遗产地地貌的形成起着重要的控制作用, 其原因: ① 地貌类型分布上, 峰丛—峡谷主要分布于世界遗产地的核心区, 与笔架山背斜的核部(或转折端)重叠; 峰丛—浅洼地貌主要分布于核心区外围的缓冲区, 对应笔架山背斜的翼部(图 3). 由于背斜转折端在褶皱形成过程中遭受张应力的作用而发育一组走向与其轴一致的纵向张节理(垂直节理), 有利于后期流水的溶蚀作用, 同时有利于侵蚀作用并导致后期河流分布受这一组节理控制. 因此, 在流水(河流)对垂直节理部位的溶蚀与侵蚀作用下, 物理风化作用方式之一的崩塌亦易沿垂直节理面发生, 进而形成施秉世界自然遗产地典型而独特的两壁陡峻的峡谷地貌. 与这一情形不同的是, 处于翼部的岩层相对比较完整, 其倾斜的层面不利于地表水的线性汇聚, 岩层更多地遭受溶蚀作用, 从而形成峰丛—浅洼地貌, 其中特征典型的锥峰往往是背斜两翼倾斜岩层的反映(图 5). ② 地貌演化上, 核心区峰丛—峡谷地貌时代上应晚于笔架山两翼的峰丛—浅洼地貌. 由于研究区的地貌内动力背景奠定于燕山构造运动期, 这一时期之后, 地壳处于相对稳定时期, 因

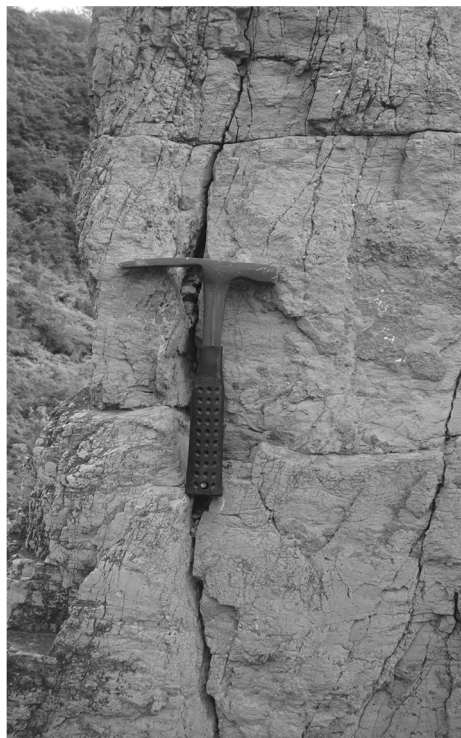


图 4 贵州施秉世界自然遗产地产状近水平的高台组白云岩发育的垂直节理

而地貌类型在背斜各部位的分布相对较为均一。而在随后喜山期构造运动的作用下,位于扬子克拉通的施秉世界自然遗产地伴随着印—澳板块向欧亚板块的俯冲而抬升,在背斜核部遭受张应力的背景下,流水于核心区沿垂直节理的切割加剧,从而形成时代较新的峰丛—峡谷地貌,而背斜两翼则在相对慢速演化的同时保留了较早时期的地貌特征。



图 5 施秉世界自然遗产地缓冲区笔架山背斜南东翼产状倾斜的炉山组白云岩发育的峰丛

5 结 论

1) 施秉世界自然遗产地核心区出露的地层为下寒武统清虚洞组和中寒武统高台组 2 个岩石地层单元,二者均以质纯的层状白云岩为主。其中中寒武统高台组白云岩的出露面积约占核心区总面积的 95% 以上,构成了遗产地喀斯特地貌发育的岩性基础,这在全球范围具有喀斯特特征的世界自然遗产地中具有鲜明的岩性独特性。

2) 制约施秉世界自然遗产地喀斯特地貌发育的主要地质背景因素为该区北北东向的笔架山背斜,其核部近于水平的岩层发育与其轴一致的纵向张节理(垂直节理),对应地发育峰丛—峡谷地貌;其翼部倾斜岩层相对完整,相应地发育峰丛—浅洼地貌。地貌演化方面,处于背斜核部的核心区的峰丛—峡谷地貌应年轻于处于背斜北西翼和南东翼的峰丛—浅洼地貌。

参考文献:

- [1] 张乾柱,刘子琦,罗井升,等.岩石地球化学特征对喀斯特峡谷形态与分布影响分析——以贵州施秉喀斯特世界自然遗产预选地为例[J].西南大学学报(自然科学版),2012,34(6):114—120.
- [2] 李伟,熊康宁,周文龙.黔东南施秉喀斯特景观美学特征与世界遗产价值[J].贵州师范大学学报(自然科学版),2010,28(3):19—22.
- [3] 李晓娜,熊康宁,容丽,等.黔东南施秉白云岩喀斯特地区生物多样性与世界遗产价值[J].贵州师范大学学报(自然科学版),2010,28(3):13—18.
- [4] 李高聪,熊康宁,肖时珍,等.施秉喀斯特地貌世界遗产价值研究[J].热带地理,2013,33(5):562—569.
- [5] 肖时珍.中国南方喀斯特发育特征与世界自然遗产价值[D].贵阳:贵州师范大学,2008.
- [6] XIAO Shi-zhen, XIONG Kang-ning, LIU Zi-qi, et al. Global Comparative Analysis on Shibing Dolomite Karst in Southern China and its World Heritage Value[J]. International Journal of Geoheritage, 2015, 3(1): 40—52.
- [7] 李高聪,熊康宁,肖时珍.基于世界遗产地貌价值的施秉与环江白云岩喀斯特对比研究[J].中山大学学报(自然科学版),2014,53(5):142—148.
- [8] 李世奇,熊康宁,苏孝良,等.世界自然遗产提名地施秉喀斯特地貌及其演化[J].贵州师范大学学报(自然科学版),2012,30(3):12—17.
- [9] 譙文浪,肖加飞,陈武,等.贵州施秉云台山白云岩类型、碳氧同位素组成及沉积环境[J].地球与环境,2014,

42(3): 347—354.

[10] 谯文浪, 肖加飞, 陈武, 等. 贵州施秉云台山白云岩地球化学特征及成因探讨 [J]. 沉积与特提斯地质, 2015, 35(3): 94—101.

[11] 陈武, 谯文浪, 唐佐其, 等. 贵州云台山世界自然遗产地白云岩峰丛—峰林地貌及其对比 [J]. 贵州地质, 2015, 32(1): 27—31.

[12] 龙建喜, 谯文浪, 王波, 等. 贵州云台山岩石特征及其峰丛—峰林地貌成景意义 [J]. 贵州地质, 2014, 31(4): 297—301.

[13] 刘琦, 顾展飞, 卢耀如, 等. 贵州施秉白云岩溶蚀特性及孔隙特征实验研究 [J]. 地球学报, 2015, 36(4): 413—418.

[14] 肖时珍, 蓝家程, 袁道先, 等. 贵州施秉白云岩喀斯特区水化学和溶解无机碳稳定同位素特征 [J]. 环境科学, 2015, 36(6): 2085—2093.

[15] 李性苑, 朱丽杰, 赵炬. 黔东南州施秉县云台山自然保护区植物名录初报 [J]. 凯里学院学报, 2010, 28(6): 68—73.

[16] 吴显芝. 贵州施秉云台山自然保护区喀斯特林区蕨类植物区系分析 [J]. 安徽农业科学, 2012, 40(2): 869—870.

[17] 罗国涛, 王健祥, 文庭池. 贵州施秉云台山大型真菌资源调查 [J]. 贵州科学, 2013, 31(4): 18—22.

[18] 刘赟, 侯秀发, 周江. 世界自然遗产预选地施秉鱼类物种组成 [J]. 生态学杂志, 2013, 32(7): 1850—1856.

[19] 地质部贵州省地质局—零八队. 区域地质测量报告书—G-49-Ⅶ镇远幅 [R]. 贵阳: 贵州省地质矿产局, 1965.

[20] 卢耀如. 中国喀斯特地貌的演化模式 [J]. 地理研究, 1986, 5(4): 25—35.

Geological Control on the Development of the Karst Landform from the Shibing World Natural Heritage in Guizhou Province

GU Bing-qian¹, ZHOU Ming-zhong¹,
XIAO Shi-zhen², QIAO Wen-lang³

1. School of Geographic and Environmental Science, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China;
2. Institute of South China Karst, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China;
3. Guizhou Institute for Geological Survey, Guiyang 550005, China

Abstract: This study aims at understanding the geological factors for the Shibing Karst (one of the world natural heritages) in Guizhou Province. The distribution and lithology of the strata, folds, faults and joints in the region of the Shibing Karst are clarified based on field investigations and analysis on the results of previous regional geological survey. The result shows that the main strata in the Shibing Karst are dolomites of the Cambrian Gaotai Formation (nearly more than 95% of the total area of the core area) and that the NNE Bijiashan anticline is the main geological factor controlling the geomorphic development of the Shibing Karst. It also indicates that the peak cluster-gorge develops in the nearly horizontal strata of the core of the anticline where the vertical tensional joints occur, while the peak cluster-shallow depression develops in the limbs of the anticline. In addition, it could be concluded that the peak cluster-gorge in the core of the anticline should be younger than the peak cluster-shallow depression in the NW and SE limbs of the anticline.

Key words: Shibing World Natural Heritage; karst landform; geological control

