



廖浚伶, 吴凯, 程溪. 基于 GIS 技术的贵州兴义地貌景观特征及其成因研究[J]. 黑龙江农业科学, 2023(4):91-94, 95.

# 基于 GIS 技术的贵州兴义地貌景观特征及其成因研究

廖浚伶<sup>1</sup>, 吴 凯<sup>2</sup>, 程 溪<sup>1</sup>

(1. 兴义民族师范学院, 贵州 兴义 562400; 2. 贵州省黔西南州自然资源局, 贵州 兴义 562400)

**摘要:** 贵州兴义拥有不可再生的独特地质遗迹资源——喀斯特地貌。其地貌景观特征及成因研究是贵州地质旅游开发与管理的支撑。经野外考察发现, 兴义喀斯特地貌显示出锥状喀斯特、塔状喀斯特及针状喀斯特 3 种不同类型。此外, 兴义溶洞垂向分布集中在 1 380~1 450 m、1 250~1 280 m 和 1 150~1 180 m 3 个高程区域。通过 ArcGIS 分析发现, 溶洞三级高程范围的规律亦反映在贵州兴义地势高差规律上, 且大量溶洞分布于河谷密集发育区, 此外, 河谷的流向与构造薄弱带相契合。在此研究背景下, 分析了地貌景观的成因, 包括对岩性、构造、水文, 以及海拔等因素对喀斯特地貌分布的影响。

**关键词:** 地质遗迹; 地貌资源; GIS 技术; 贵州

地质遗迹资源是漫长的地质时期, 在各种地质作用下形成的不可再生的珍贵地质自然遗产<sup>[1-3]</sup>。旅游地质属于地质科学应用的范畴, 强调从地质角度, 科普化的方法解释风景成因、演变和影响<sup>[4]</sup>。贵州作为世界上 3 个最密集的喀斯特景观区域之一, 其碳酸盐岩裸露面积较广, 达 130 000 km<sup>2</sup>, 占贵州总面积的 61.50%<sup>[5]</sup>。贵州地质遗迹具有种类多内涵深厚的特点, 有丰富的旅游资源<sup>[6]</sup>。贵州兴义更是全方位、多层次地集中展现了喀斯特回春发育的一个完整景观系列<sup>[7]</sup>。另一方面, 近年来, 贵州省获批 8 个国家地质公园<sup>[8]</sup>。在 2017 年, 兴义国家地质公园开始拟建世界地质公园。因此明确贵州兴义的地貌景观情况, 对更好地保护和发展地质资源具有重要意义<sup>[9-10]</sup>。

计算机在地质遗迹数据方面的模拟分析上能够实现大容量兼容高速运行, 使得地质遗迹资料分析进入从定性到定量转变的全新阶段<sup>[11]</sup>。但面对繁多的资源点, 复杂的地貌情况, 传统的计算机系统仍不能满足地质遗迹资源的保护与发展需求。相较传统计算机系统, GIS 的最大优势在于拥有强大的空间数据处理和分析评价能力。一方面, 遥感影像中多波段信息能较好地直观反映地

貌景观, 大比例尺遥感图更是能呈现地表物体的结构和纹理<sup>[12]</sup>。另一方面, 能够通过 GIS 对化石发现点的经纬度坐标进行坐标转换和批量投点处理。因此, 将 GIS 和野外勘测紧密结合, 对贵州兴义地质遗迹展开了摸底调查和分析, 通过实现数据的可视化, 对地貌影响因素进行模拟分析, 以期为该地区地貌演化理论提供新的支撑材料, 同时提高人们对地质遗迹资源的保护意识, 为贵州兴义喀斯特地貌景观的科普化宣传。

## 1 研究区概况

兴义地区出露的地层以三叠系碳酸盐岩分布最为广泛, 约占全区总面积的 90%。其地质构造属于黔西南普安的旋扭构造变形, 据统计<sup>[5]</sup>, 区内计 11 个断层, 7 个褶皱带。上新世新构造运动的大幅度抬升的影响, 最终造就兴义由西北向东南逐级降低的多级台面, 地貌就表现为西高东低的特征<sup>[7]</sup>。兴义境内地表迳流以及地下径流充沛, 水文地质构造上表现为连续地层组成的二元水文结构, 以及碎屑岩和碳酸盐岩组成的互层状水文地质结构<sup>[13]</sup>。地形上, 兴义的高程变化大, 范围为 625~2 207.7 m。在岩性、构造、水文气候等综合因素影响下造成了兴义地形和地貌的复杂性<sup>[13-14]</sup>。

兴义国家地质公园由三叠峰林、乌沙贵州龙, 以及泥凼石林园区组成, 以锥状喀斯特地貌和三叠纪海生爬行动物为中心内容, 于 2017 年 12 月入围申报世界地质公园名单。兴义地质遗迹喀斯

收稿日期: 2022-12-19

基金项目: 黔西南州科技计划项目(2018-6-24)。

第一作者: 廖浚伶(1983—), 女, 博士, 讲师, 从事喀斯特地貌、古生物与地层学、地质遗迹保护与科普研究。E-mail: 37628162@qq.com。

特景观有峰林、石林、峡谷、溶洞、漏斗和天坑等。按照喀斯特类型兴义景观可具体分为:边坡角度 $<45^\circ$ 代表了喀斯特回春发育的锥状喀斯特景观类型,形态较笔直的针状喀斯特景观类型;边坡角度 $>45^\circ$ ,底部略宽缓,在发育阶段处老年期的塔状喀斯特景观类型<sup>[15]</sup>;以及边坡角度约 $90^\circ$ 的针状喀斯特景观类型(图 1f~h)。

## 2 研究方法和数据来源

遥感数据来源于地理信息空间云和野外勘测,通过大量勘探的方式对兴义的地质遗迹资源摸底调查,得到实地坐标。地形高差是地理信息空间云提供的分辨率为 30 m 的 DEM 图,研究区的界限源于中国测绘地理信息。遥感图基于 91 卫星中 Landsat Copernicus 最新影像数据共享。在数据处理中,主要使用 GIS 将 Excel 表中的经纬度坐标转化为点数据、投点处理,以及进行掩膜提取。

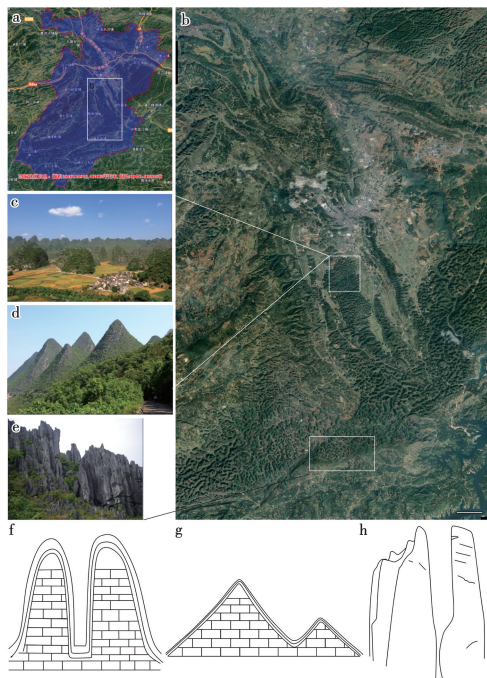
## 3 遥感技术的应用

### 3.1 地貌特征分析中 GIS 的应用

通过对兴义地貌遥感图的解译发现,其喀斯特地貌显示出封闭的蜂窝状结构。山峰在遥感图上的形状体现了新构造运动中地壳抬升的地质作用对地貌的强烈切割<sup>[16]</sup>。非喀斯特区域(敬南南缘)显得宽平。整体上,兴义喀斯特地貌集中分布区呈现深绿色,南北向的喀斯特地貌形状为帚状,东西向的喀斯特地貌形状为带状(图 1b)。敬南-泥凼的地貌是峰丛深洼,泥凼处发育的是一片石林(针状喀斯特),在遥感影像中该区看上去较发育峰林平原的顶效深凹。而泥凼以南的非喀斯特区域在影像中颜色(顶效以北以及泥凼以南)呈现较浅的灰色。换言之,以泥凼南缘为界呈现了明显的区别:纳灰村以及敬南-泥凼连片的喀斯特地貌景观,在遥感图上则表现为规律性凸起和凹入形体,敬南-泥凼峰丛深洼的凹凸感表现得较深,而泥凼南缘则为平滑状(图 1)。

岩性上,研究区的典型喀斯特地貌主要发育垄头组( $T_2l$ )的泥晶灰岩,以及杨柳井组白云岩与垄头组泥晶灰岩( $T_2y+T_2l$ )夹层的地质分布区,西峰林(图 1 b)与泥凼石林则发育在垄头组( $T_2l$ )的灰岩区;东峰林和南峰林发育于垄头组泥晶灰岩( $T_2l$ )分布区。其中,西峰林和东峰林以北的地区主要出露杨柳井组岩层,岩性主要为一套泥质

夹层多的白云岩,生成的为圆滑的小丘,喀斯特地貌并不典型。泥凼南缘在晚三叠世为深海盆地,主要沉积边阳组碎屑岩,喀斯特地貌在该处不甚发育。换言之,地貌上的区别实际上是岩性不同的表现(图 1b)。与此同时,南盘江水系纵横,由于这套边阳组碎屑岩的阻隔,敬南-泥凼一带外源水集中,造成溶蚀性极强的侧向侵蚀,促使了泥凼石林的发育。



a. 兴义区域卫星图,比例尺为 5 km; b. a 图的放大图,影像级数为 13 级,分辨率为 17.34 m,比例尺为 10 km; c. 纳灰峰林盆地(塔状喀斯特类型代表); d. 纳灰西侧峰丛洼地(锥状喀斯特类型代表); e. 泥凼石林(针状喀斯特代表); f. 塔状喀斯特类型线形图(边坡角度 $>45^\circ$ ); g. 锥状喀斯特类型线形图(边坡角度 $<45^\circ$ ); h. 针状喀斯特类型线形图(边坡角度 $=90^\circ$ )。

图 1 兴义地貌类型

### 3.2 地形因子的提取

地貌或地形作为地球表面各种高低起伏的形体,地形的起伏是划分地貌类型的重要指标之一。1959 年颁布的《中国地貌区划》草稿以不同海拔高度作为依据,将全国山地进行分类;在 1987 年,《中国 1:100 万地貌制图规范》的地貌形态分类以海拔高度结合相对高度制定了 1:100 万地貌分幅图,因此,地形信息的获取和分析成为认知地形环境的重要手段之一。DEM 作为 GIS 地理数据中最重要的空间信息,广泛应用于军事、土地评价与规划,以及地球科学领域<sup>[11-12]</sup>。而地貌受到地质构造和新构造运动制约,与活动性地壳的稳定性

有关,因此,夷平面的级次划分就成为地貌特征研究的重要内容之一<sup>[17]</sup>。

野外调查发现,兴义顶效-敬南-泥凼一带的水平溶洞保存完好,不同高程的夷平面上,这些高程显示出一定的规律性。根据规律,可将这些水平溶洞分为三级:海拔 1 380~1 450 m(高层)、1 250~1 280 m(中层)和 1 150~1 180 m(低层)。同样,兴义顶效-敬南-泥凼一带的溶洞作为构造宁静期的产物,代表了地壳抬升的间歇性,也经历了地壳抬升-停滞的地壳活动期。兴义的三级溶洞暗示了该区对贵州在新构造运动时期地壳自西向东的抬升和持续隆升中 3 次较长时间停歇的响应<sup>[7,17]</sup>。在遥感图上反映了 3 个色带的明显分界,以及在西北-东南向高程上多级级序的对应(图 2)。正是由于高差大以及所具有的规律性,兴义地处云贵高原向广西丘陵过渡带,地貌复杂,构成了境内不同的地貌类型。

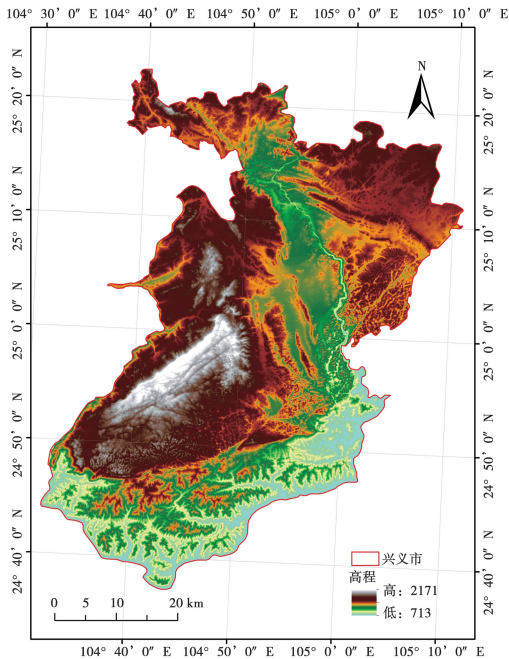


图 2 兴义 DEM 地形图(30 m 数字高程)

### 3.3 河流水系

兴义的主要河流(黄泥河和马别河)属珠江流域南盘江水系,境内江河纵横交错,地表以及地下径流充沛。南盘江在兴义的总段长为 84.6 km,流域面积为 1 020.4 km<sup>2</sup>,以段长 76.8 km 的黄泥河和段长 73.3 km 的马别河(马岭河)是其一级支流代表(图 3)。在贵州新构造运动大面积、大幅度地间歇性抬升下,具充沛水量的马岭河和

黄泥河等河流进行强烈切割,不断拓展地表与地下的喀斯特发育空间。特别在碳酸盐岩连续的区域(纳灰峰丛处),地壳的抬升不仅使得地下水的补给、径流和排泄环境明显改善,地表水和地下水的互相转化也有良性的循环系统,提供了有利于喀斯特继续演化的优良环境,使得喀斯特地貌得到了回春发育。

构造运动的影响除了反映在地貌分带性上,还反映在水系上;水系是在内部和外部地质营力进行综合作用的产物,其流向与地质构造线相契合<sup>[17]</sup>。普安旋扭变形主要由 4 个断裂褶皱带组成(顶效褶皱、兴义褶皱、敬南褶皱和七舍褶皱),其中的叠瓦状逆冲断层广泛发育<sup>[7]</sup>。地表水会沿着主要断裂和裂隙下渗,遭破坏的可溶性岩石结构面的底部,地表水沿岩石的贯通面散流。与此同时,在水文的二元结构作用下<sup>[14]</sup>,地下水不断掏蚀。在水的侵蚀切割以及渗流中,水的化学作用得以增强,加剧了地层薄弱带的扩大,岩体底部失去支撑,带状延伸凹地生成。在后期,侧蚀和化学溶蚀的作用下,岩体的碎裂区向临空面不断延展,河谷得以拓宽(马岭河河谷、纳灰河谷)(图 3)。在新构造运动地壳得以抬升的基础上,河谷不断溯源侵蚀,加深的河谷又进一步反向作用于地貌的造景。

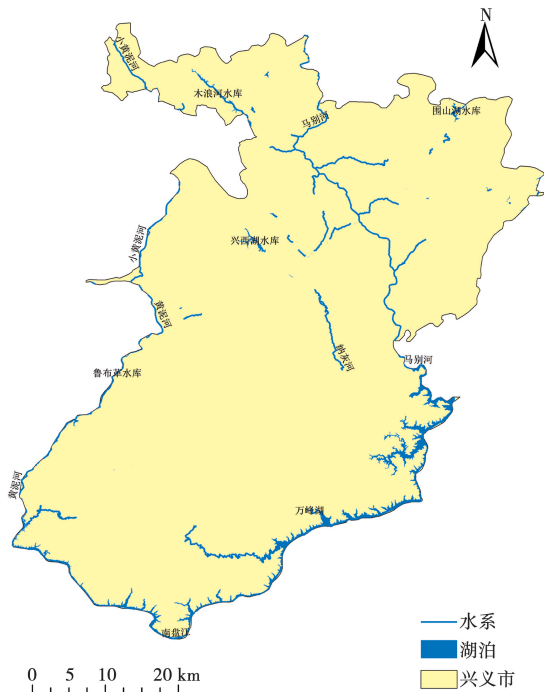


图 3 兴义水系图



由于马岭区域的地形地势起伏大(图2),马岭河强烈切割,造就了马岭河峡谷;而南缘的水系密集且较宽阔,其中的马岭河及万峰湖连绵汇至干流南盘江,其支流蜿蜒状延展。研究发现,峰丛深洼,溶洞和石林高密度发育于敬南-泥凼这片河谷密集区,与前人对贵州溶洞地理分布的研究结果相符<sup>[18]</sup>。

### 3.4 运用 GIS 技术合理规划发展路线

贵州兴义喀斯特地貌从顶效至泥凼展现了多层次的喀斯特类型。通过实地勘探,辅以 GIS 数据分析,可设立一个科学的旅游科考路线。以三维激光扫描技术获取信息,进行资源信息存储<sup>[19]</sup>。以遥感影像结合兴义三叠纪时期古地理情况还原喀斯特地貌成因与演化过程,以贵州兴义地貌同期异形的成因为主要内容展开旅游地质的科普工作。以数据化模型直观反映贵州兴义在地壳抬升下海平面的变迁。总之,对贵州兴义地质遗迹资源进行大量的实地普查,摸清家底,通过 GIS 系统分析区内岩性、水文、地形,以及地质构造的情况,科学规划,统筹安排,在保护地质旅游资源的同时求发展。

## 4 结语

根据大量野外调查发现,贵州兴义的溶洞密集分布,但是其分布并不是随机的,主要发育在三级不同高程的夷平面上,与兴义 DEM 图中的3个明显色带分界相吻合。对兴义地貌遥感图的解译发现,受不同岩性、水文条件、地形影响,贵州兴义喀斯特区域和非喀斯特区域的明显,前者呈现了凹凸不平,在敬南峰丛深洼,凹凸不平尤为明显,而后者较平滑。马岭河以及纳灰河的流向反映了在新构造运动影响下,河谷的走向与地质构造线的契合。该研究为贵州兴义地貌复杂的景观特征及其成因提供了地质依据,为分析兴义溶洞在垂向上的分布规律提供了新的思路。

### 参考文献:

[1] 杨涛,戴塔根,武国辉.地质遗迹资源的概念[J].中国国土资源经济,2007(12):25-27.

[2] 杨涛,武国辉,陈珊.论地质遗迹资源价值管理[J].矿物学报,2007,27(3):299-304.

[3] 冯天骊.中国地质旅游资源[M].北京:地质出版社,1998:10-101.

[4] 殷维翰.为搞好旅游地质工作而努力[J].地质通报,1987(1):3-16.

[5] ZHOU Z F, ZHANG S, XIONG K N, et al. The spatial distribution and factors affecting karst cave development in Guizhou Province[J]. Journal of Geographical Sciences, 2017,27(8):1011-1024.

[6] 孙亚莉.贵州地质公园地质遗迹资源特点及其保护建议[J].贵州地质,2006(2):40-45.

[7] 徐柯健,李兴中,刘嘉麒.贵州兴义喀斯特景观特征[J].中国岩溶,2008(2):63-70.

[8] 李丙霞,喻美艺.论贵州省地质公园的建设和发展[J].上海国土资源,2011,32(1):76-79.

[9] WEI Q W. Community archaeology and alternative interpretation of the past through private museums in Shanghai, China[J]. Archaeologies,2015,11(2):204-219.

[10] WEI Q, SHI F. State archaeology and the private museum: an integrated approach to archaeological site management for local people in China[M]. Conservation Management of Archaeological Sites,2016,18(4):464-476.

[11] 刘爱利.基于1:100万DEM的我国地形地貌特征研究[D].西安:西北大学,2004.

[12] 程承旗,马廷.高分辨率卫星影像上地物线性特征的自动识别[J].遥感学报,2003,7(1):26-30.

[13] 车用太,鱼金子.中国的喀斯特[M].北京:科学出版社,1985:1-230.

[14] 廖凌伶.兴义市喀斯特地貌的同期异形——泥凼石林和兴义峰丛[J].现代农业科技,2018(12):221-222.

[15] 张英骏,杨明德.关于岩溶地貌类型划分与制图的某些问题(以编制中国1:100万地貌图为例)[J].贵州师范大学学报,1983(1):3-8.

[16] 黄宝华,郭福生,姜勇彪,等.广丰盆地丹霞地貌遥感影像特征[J].山地学报,2010(4):118-122.

[17] 戴传固,王雪华,陈建书.贵州省区域地质志 上下册[R].贵阳:贵州省地质调查院,2013:1074-1083.

[18] JIN P B, FU Z W, BAN M S. Karst cave tourism system in Zhejiang Province based on resource regional analysis[J]. Chinese Geographical Science,2012(4):496-506.

[19] 石梅,杨文.宁波民办博物馆的数字化推广研究[J].数字技术与应用,2014(11):75-77.



王彤,周晨霓,栗涛,等.青稞与燕麦蛋白质及 $\beta$ -葡聚糖提取工艺的研究进展[J].黑龙江农业科学,2023(4):95-100.

# 青稞与燕麦蛋白质及 $\beta$ -葡聚糖提取工艺的研究进展

王彤,周晨霓,栗涛,刘昌胜,王超

(西藏农牧学院 高原生态研究所/西藏高原森林生态教育部重点实验室/西藏林芝高山森林生态系统国家野外科学观测研究站/西藏高寒植被生态安全重点实验室,西藏 林芝 860000)

**摘要:**青稞与燕麦中蛋白质及 $\beta$ -葡聚糖的提取工艺主要有碱法、酶法、复合法,本文主要对碱法、酶法以及物理方法辅助其他提取方法进行论述。综合得出,虽然碱法适合提取植物蛋白质,但由于其高浓度碱会使植物蛋白产生反应,使其营养物质变性,进而产生不利于肾脏功能的有毒物质。相对于碱法,酶法反应条件温和且不会产生有毒物质,但其成本较高。此外,在上述提取工艺过程中加入物理法进行辅助不仅可以降低提取成本,而且可显著提升植物蛋白提取效率。

**关键词:**青稞;燕麦;蛋白质; $\beta$ -葡聚糖;提取工艺

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



西藏自治区位于我国西南边陲,平均海拔4 000 m以上,素有“亚洲水塔”之称。在1980—2021年间耕地面积增加到3 703 km<sup>2</sup>,占西藏土地总面积的0.31%。3 800~4 000 m是耕地最

为集中的海拔高度,主要农作物单产比1985年有所提升,青稞与小麦单产均增加100%<sup>[1-2]</sup>。

青稞(*Hordeum vulgare* var. *nudum*)作为西藏地区的主要粮食作物<sup>[3]</sup>,其所含的活性物质对人体大有裨益,在开发药品、食品等方面具有较大潜力<sup>[4]</sup>。姚豪颖叶等<sup>[5]</sup>对不同产地的青稞进行成分分析得出,青稞体内的蛋白质质量分数为9.70%,淀粉的质量分数为66.00%,脂肪质量分数为1.70%,并且含有较高的不饱和脂肪酸以及18种氨基酸,包括8种人体所必需的氨基酸和12种

收稿日期:2022-10-20

基金项目:中国农业大学支援西藏农牧学院专项资金项目(2022TC121)。

第一作者:王彤(1996—),女,硕士研究生,从事农业生态学

研究。E-mail:986553915@qq.com。  
通信作者:周晨霓(1984—),女,硕士,副教授,从事农业生态学研究与教学工作。E-mail:chenni2018@126.com。

## Landform Landscape Characteristics and Causes of Xingyi of Guizhou Province Based on GIS Technology

LIAO Junling<sup>1</sup>, WU Kai<sup>2</sup>, CHENG Xi<sup>1</sup>

(1. Xingyi Normal University for Nationalities, Xingyi 562400, China; 2. Natural Resources of Qianxinan Prefecture, Xingyi 562400, China)

**Abstract:** Xingyi, Guizhou Province has a unique geological heritage resource-karst landform. The study of its geomorphological characteristics and causes is an important support for the development and management of geological tourism in Guizhou. According to the field investigation, karst landform of Xingyi shows different types: cone karst, tower karst and needle karst. Additionally, the vertical distribution of karst caves is concentrated in three areas: 1 380-1 450 m, 1 250-1 280 m, and 1 150-1 180 m. In this paper, aided by ArcGIS software, it was found that the law of the three-level elevation range of karst caves was also reflected in the law of terrain height difference in Xingyi, Guizhou. A large number of karst caves were distributed in the densely developed areas of the river valley, and the flow direction of the river valley was consistent with the structural weak zone. Under this research background, the causes of geomorphology and landscape were analyzed, including the influences of lithology, structure, hydrology, altitude and other factors on karst geomorphology distribution.

**Keywords:** geological relics; geomorphology resources; GIS technology; Guizhou