

魏泽映, 李向东. 云南省昭通市昭阳区地质遗迹分布特征及成因分析[J]. 中国岩溶, 2024, 43(1): 188-200.

DOI: 10.11932/karst2023y038

云南省昭通市昭阳区地质遗迹分布特征及成因分析

魏泽映, 李向东

(昆明理工大学国土资源工程学院, 云南 昆明 650093)

摘要: 文章在收集详细地质遗迹野外调查资料的基础上, 对滇东北地区昭通市昭阳区的各种地质遗迹进行综合分类和成因分析。结果表明: 昭阳区地质遗迹可分为西部和东部2大区片, 西部为以大山包为代表的玄武岩台地、集火山岩地貌、高原湖泊和湿地为一体; 东部为以昭通山间盆地为中心的碳酸盐岩岩溶地貌, 附有古生物化石景观; 碳酸盐岩、泥页岩、砂岩、玄武岩等丰富的岩性及其他作为隔水岩系和含水岩系的相间分布为岩溶作用和岩溶地貌的差异奠定了基础; 不同程度的断裂—褶皱形成的构造地貌是现今东、西地质遗迹分异的主控因素; 地层岩性—构造地貌背景下的水文条件为塑造丰富的地质景观提供了外部动力因素。

关键词: 地质遗迹; 玄武岩台地; 生物化石; 岩溶地貌; 滇东北地区

创新点: 根据地貌特征和构造格局, 探究云南省昭通市昭阳区地质遗迹的分布规律, 从地层垂向分布、沉积作用、构造作用和河流的下切侵蚀作用等方面, 讨论其地质遗迹的成因。

中图分类号: P56 文献标识码: A

文章编号: 1001-4810(2024)01-0188-13

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



0 引言

地质遗迹是指在地球演化的漫长地质历史时期, 由各种内、外地质作用形成并遗留下来的不可再生的珍贵地质现象^[1]。地质遗迹及其所记录的地球演化历史是自然景观及其相关文化遗产的重要组成部分。中国高度重视自世界工业化以来的全球环境变化问题, 以联合国教科文组织实施的“世界地质公园计划”为契机, 在全国开展地质遗迹景观资源调查与评价, 科学制订地质遗迹保护方案, 并以地质公园建设为平台, 将地质遗迹保护、地质生态环境养育、地质科学普及与发展旅游经济、支撑地方经济结合起来, 用以实现地球科学服务社会经济的可持续发展战略。近年来, 中国逐步形成了从各级地质公园(世界级、国家级和省

级)到地质文化村的完整的地质遗迹保护开发体系, 使地质遗迹在野外教学、科学普及和地质旅游与休闲等方面发挥重要作用^[2-3]。云南是中国旅游资源大省, 有丰富的与地质遗迹相关的自然景观。其中, 昭通市昭阳区是一个典型的地质遗迹发育区, 包括河流峡谷、岩溶地貌、古生物化石等地质现象。然而, 关于这些地质景观形成的地质作用及其空间分布有待于进一步研究, 以便于更好地开展地质遗迹保护和开发。

1 区域地质概况

昭通市位于云南省东北部(图1a), 地处金沙江下游, 地势西南高东北低, 主要山脉是北东向的乌蒙山和大凉山的分支余脉五莲峰。昭阳区平均海拔

基金项目: 中国地质科学院岩溶地质研究所项目(12120114030501); 国家自然科学基金面上项目(41272119); 云南省教育厅科学研究基金项目(2015Z030)

第一作者简介: 魏泽映(2000—), 女, 硕士研究生, 研究方向为沉积学。E-mail: wei_ze_yi@163.com。

通信作者: 李向东(1973—), 男, 副教授, 从事沉积学教学与研究工作。E-mail: lixiangdong614@163.com。

收稿日期: 2022-10-12

2 208 m, 由大山包玄武岩台地和昭通坝子(昭通褐煤盆地)构成(图 1b); 境内为高原地貌, 地形总趋势为西高东低, 山脉走向多为北西及北东向; 属于金沙江水系, 主要河流有金沙江、牛栏江、洒渔河和盘河; 在地质构造单元的划分中, 大部分属于滇黔北坳陷西部的昭通凹陷, 其北为四川盆地, 东南为滇中黔东隆起^[4]; 褶皱基底由昆阳群板岩构成, 盖层由古生界

和中生界构成, 地层出露较全; 洒渔河断裂以西主要出露峨眉山玄武岩, 构成玄武岩高地(大山包), 高地西部边缘由于金沙江及其支流下切而出露早古生代地层, 以东地区(苏甲、乐居附近)残留有三叠系飞仙关组; 洒渔河断裂以东为褶皱区, 背斜和向斜相间发育, 地层由古生界和中生界构成, 其中昭通盆地主要充填了新近系和第四系(图 1c)。

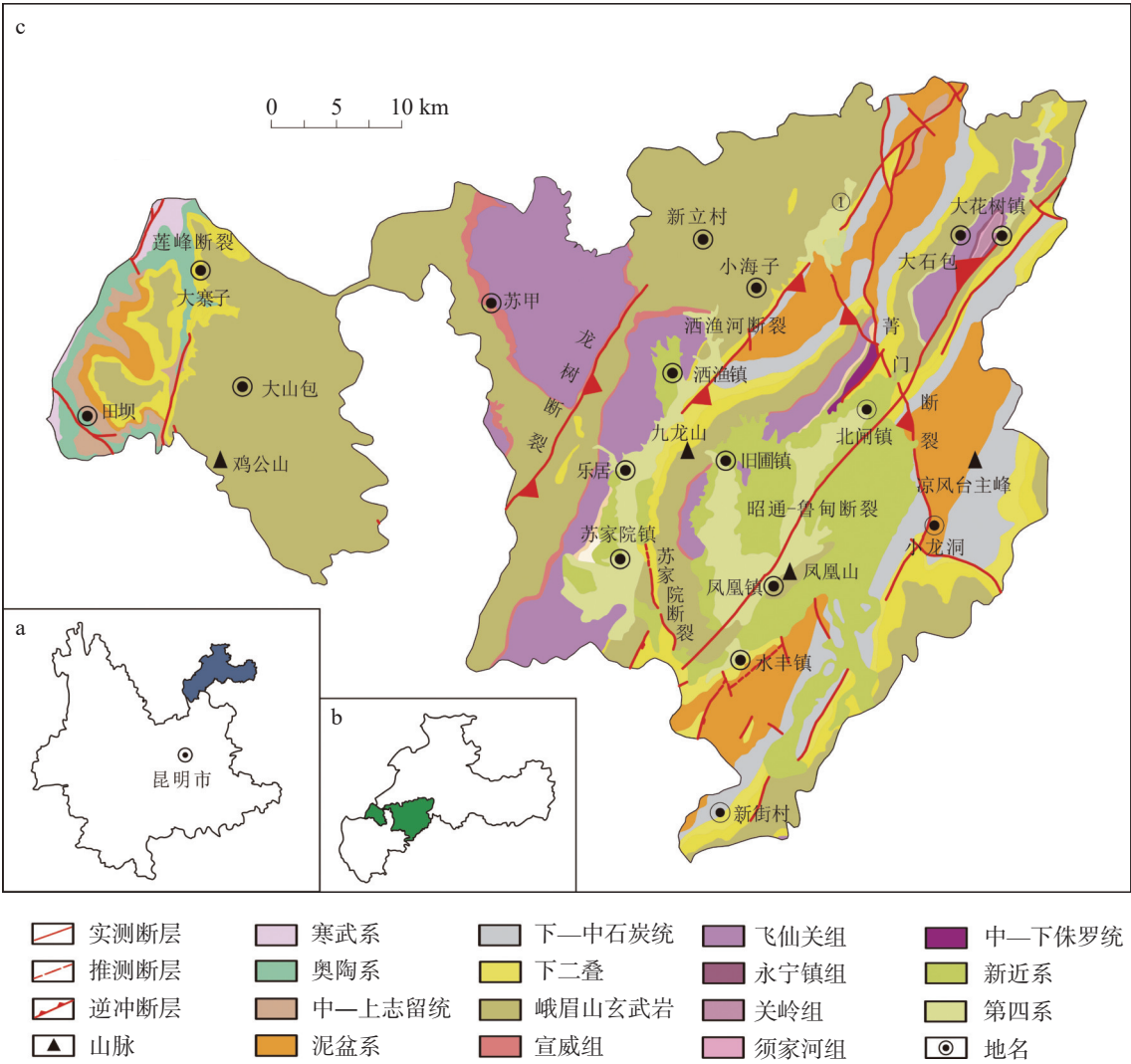


图 1 研究区位置及区域地质概况

a.昭通市地理位置 b.昭阳区地理位置 c.昭阳区区域地质简图

Fig. 1 Geological overview and location of the study area

a. location of Zhaotong City b. location of Zhaoyang district c. geological map of Zhaoyang district

研究区主要构造线方向为北东向(包括北北东向), 与印度洋板块向欧亚板块俯冲和太平洋板块西向俯冲的远程效应有关, 总体上呈现挤压逆扭的构造特征^[5]。昭阳区处于昭通—莲峰断裂带上, 该断裂带主要由昭通—鲁甸断裂带和莲峰断裂组成, 均为

呈 NE 向的右行走滑逆断裂(带)^[6](图 1)。其东南侧为会泽—彝良断裂^[7], 总体受川滇块体东边界的小江、则木河等断裂带控制, 处于凉山次级活动块体向 SE 运动前缘和前锋位置。其中昭通—鲁甸断裂带主要有 3 条右阶斜列的次级断裂, 即昭通—鲁甸、洒渔河

和龙树断裂组成(图 1), 总体走向 40°~60°, 洒渔河和龙树断裂倾向 SE, 昭通—鲁甸断裂倾向 NW, 共同构成逆冲兼有右旋走滑分量的花状逆冲断裂系^[6-7]。

昭阳区主要发育震旦系至侏罗系地层(图 2), 除

志留系和中一下泥盆统以发育碎屑岩地层外, 主要为海相碳酸盐岩地层。二叠系广泛分布的石灰岩之上覆盖了著名的峨眉山玄武岩组。昭通山间盆地形成于新生代, 该盆地的属性早期认为是典型的岩溶

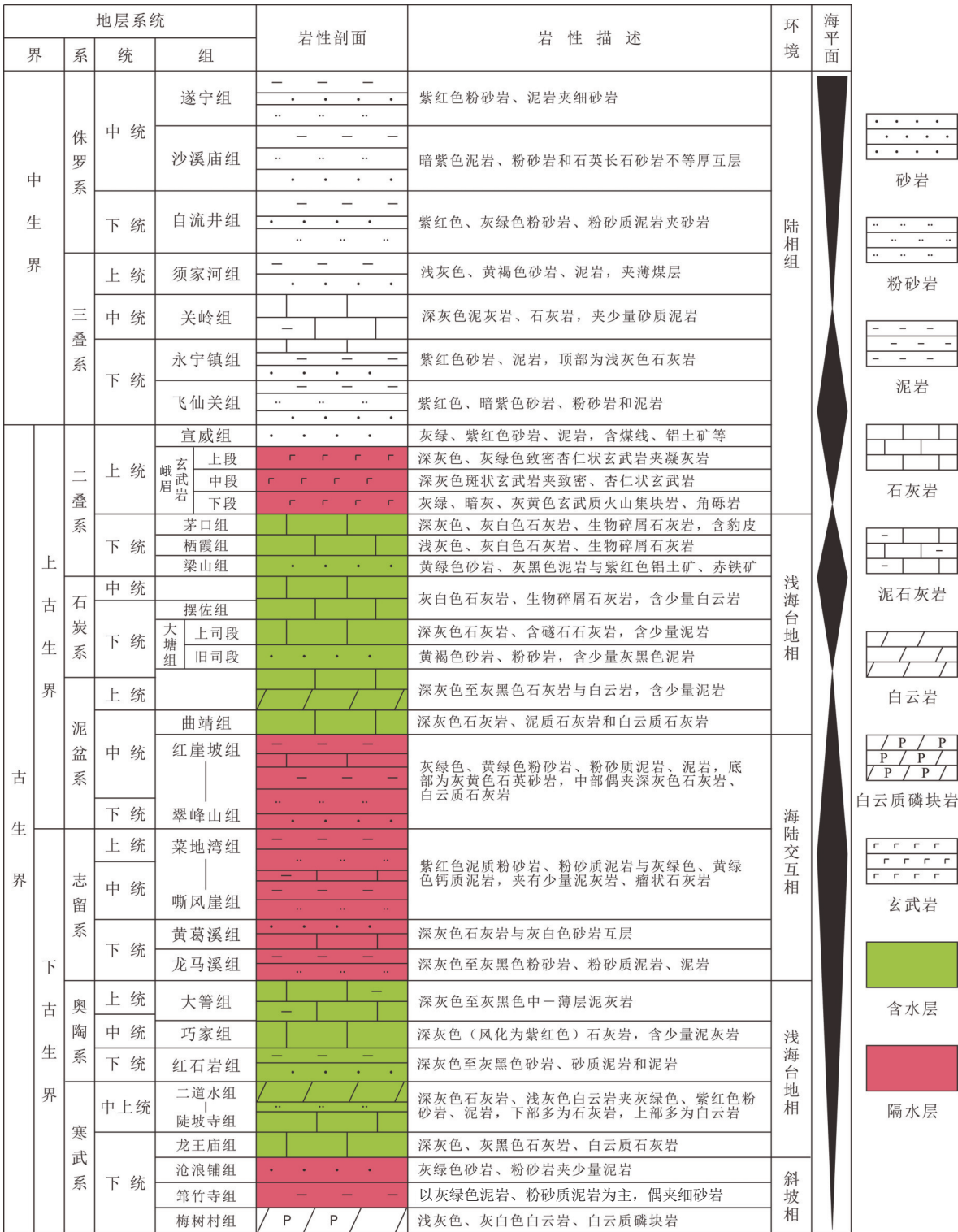


图 2 昭阳区岩性综合柱状示意图
Fig. 2 Comprehensive lithology in Zhaoyang district

侵蚀盆地^[8], 现在则一般认为属于走滑断拗型复合盆地, 西侧为洒鱼河断裂, 东侧为箐门断裂, 发育一套断裂相关的冲积扇和陆相盆地含煤建造^[9]。

2 地层发育特征

昭阳地区地层出露齐全, 从寒武系梅树村组(灯影组中谊村段)起到侏罗系均有出露(图2)。寒武系和奥陶系产状较缓, 主要出露于金沙江边的炎山乡和大寨子乡, 在其他地区主要深埋于地下, 在构造高点埋深较浅。寒武系底部梅树村组为含磷岩系, 其上筇竹寺组和沧浪铺组为陆源的砂泥岩组合。寒武系下统顶部龙王庙组至二道水组和奥陶系基本为碳酸盐岩, 构成本区第一套易溶性岩石, 即含水层(图2)。

志留系至中泥盆统上部红岸坡组, 发育本区第二套陆源砂、泥岩组合, 并夹有泥质石灰岩。相对于强含水层, 志留系至中泥盆统红岸坡组形成了昭阳区隔水岩系。中泥盆统顶部曲靖组至二叠系下统茅口组, 发育了巨厚的碳酸盐岩沉积, 为本区第二套易溶性岩石, 该套岩石由于断层作用, 在多处出露地表, 并且由于含水性强, 是昭阳区岩溶地貌形成的主体。其中在早石炭世早期和早二叠世早期形成砂泥岩夹煤线及铝土岩, 为含水岩系中的隔水层。茅口组之上为峨眉山玄武岩, 在西部的大山包地区构成玄武岩高地(图2)。从二叠系顶部宣威组开始到侏罗系, 在昭阳区只有零星出露, 岩性主要为陆相砂、泥岩, 其中三叠系关岭组为浅海相碳酸盐岩。

从新近纪开始, 在昭阳地区东部形成了现今的昭通陆相盆地, 沉积了湖相的砂、泥岩和巨厚的褐煤层。新近系上新统昭通组主要为陆相的河流相、湖泊相、沼泽相沉积的砾岩、粉砂岩、泥岩及褐煤, 其可分为三段: 第一段为河床相砾岩, 分选较差, 砾石成分以玄武岩为主, 少量灰岩、砂岩, 泥钙质胶结, 夹硅化、钙化木较多, 沿基底古河床呈条带状分布; 第二段为洪积相黏土夹砾石, 岩性不均一, 以黄色为主, 夹杂色斑块, 含玄武岩、灰岩、砂岩等砾石, 具砾状残余结构, 偶夹灰绿色粉砂及白色黏土薄层; 第三段下部为灰色黏土夹粉沙, 南部厚度大, 北部厚度小, 煤层趋于合并, 上部为巨厚复煤层, 盆地中心和煤层上部, 结构简单, 煤质好, 顶界清楚, 可全区对比, 产出大量哺乳类动物化石。第四系更新统海子组为湖泊相浅灰色、沙质黏土, 厚层状, 岩性较单一, 含介形

虫、轮藻、鱼牙及田螺、河蚌等化石。底部约10 m 含大量田螺化石, 常富集成层, 是很好的划界标志层; 全新统以洪积、冲积及部分残积、坡积砾石为主, 盆地内有湖相黏土, 局部有泥炭。

总体上, 昭阳地区发育碳酸盐岩、泥页岩、砂岩、玄武岩等丰富的岩性, 不同岩性形成的含水岩系与隔水岩系相间分布的格局, 构成昭阳区地质遗迹形成的物质基础。下古生界和上古生界两套易溶的碳酸盐岩出露为岩溶地貌发育区。玄武岩覆盖区不利于岩溶作用, 形成火山岩地貌高地。

3 典型地质遗迹发育特征

昭通市昭阳区位于乌蒙山区东南部, 地形复杂, 包括山区、玄武岩台高地和山间盆地。在山地和山间盆地中又以山系和水系最具特征。以昭通山间盆地为界, 西部地区的山地等属五莲峰分支区域, 东部地区的山地属于乌蒙山延伸尾端。昭阳区地质遗迹可分为地质灾害、地貌景观和地质历史3大类(表1, 图3)。其中地质灾害大类主要为崩塌和滑坡; 地貌景观则包括构造地貌(峡谷)、火山岩地貌、水文地貌和岩土体地貌等4小类; 地质历史大类包括重要化石产地(昭通剑齿象和古人类)、地层剖面和构造剖面等3小类。这些地质遗迹的分布基本可分为西部和东部2大区片, 西部区片为昭通山间盆地以西地区(大致以洒渔河断裂为界), 东部区片为昭通山间盆地及以东地区(图3)。

3.1 西部区片地质遗迹特征

西部区片以距昭通市79 km 的大山包乡为中心(图3), 海拔2 000~3 664 m, 地形以构造剥蚀低山丘陵台地和剥蚀低山台地(大山包地区)为主, 可简单地称为玄武岩台地地形, 其西部边界为金沙江谷地, 包括炎山乡、大寨子乡等地区, 为强构造侵蚀高山峡谷地形。最具特色的地质遗迹是高原湿地(图4a、b), 现存永久性河流、永久性淡水草本沼泽、泛滥地、草本泥炭地、高山湿地、淡水泉、水塘和蓄水区8种湿地类型。大山包湿地包括大海子水库、仙鹤湖(跳墩河水库)、勒力寨水库、秦家海子、罗家坪子、中海子、大河边、龙家大地和仙人田等, 湿地总面积3 227.11 km²。其中以高山湿地(高山草甸)所占面积最大, 为2 275.98 km², 面积占比70.53%; 其

表 1 昭阳区主要地质遗迹类型
Table 1 Main types of geological relics in Zhaoyang district

大类	类	亚类	主要地质遗迹	地层	构造单元	
地质灾害	灾害景观	滑坡	水塘村滑坡	茅口组	莲峰断裂带	
	构造地貌	峡谷	大山包鸡公山大峡谷	二叠系	观音岩断裂	
	火山岩地貌	火山岩地貌	大山包鸡公山(柱状节理)			
地貌景观		湿地—沼泽	大山包仙人田湿地	峨眉玄武岩	玄武岩高地	
	水文地貌		大山包仙鹤湖(跳蹲河水库)			
		湖泊	乐居鱼洞水库			白莎背斜南末端
	岩土体地貌	岩溶地貌	北闸镇大龙洞	茅口组	箐门背斜北西翼	
			大垭口村小型峰丛洼地和峰丛谷地			
			塘房村大过山洞古人类遗址			
地质历史	重要化石产地	古动物化石	水塘坝剑齿象集中发现地	昭通组	昭通盆地	
			三善堂剑齿象化石零星发现地			
			三棵树剑齿象化石零星发现地			
			红泥闸剑齿象化石零星发现地			



图 3 昭阳区典型地质遗迹分布图
Fig. 3 Distribution of typical geological relics in Zhaoyang district

次为永久性淡水草本沼泽及泡沼，面积为 491.31 km²，面积占比 15.22%；水库蓄水区总面积 328.64 km²，面积占比 10.18%；永久性河流面积 70.57 km²，面积占比 2.19%。其中最大的人工湖泊(跳蹲河水库)集水

面积 17.70 km²，蓄水面积 3.38 km²，库容量 1.24×10⁷ m³(图 4a)；最大的湿地(仙人田湿地)面积为 4.63 km²，地势平坦，以人工草场为主，广泛分布有水潭、小溪(图 4b)。这些湿地是国家级重点保护野生

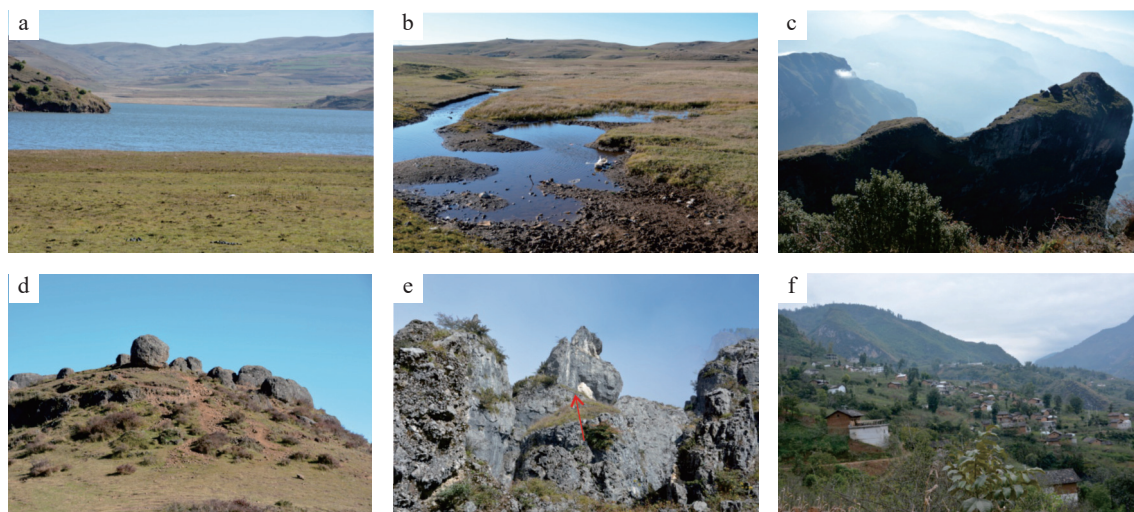


图4 昭阳区西部玄武岩台地地质遗迹

a.高原人工湖泊(跳蹲河水库)及周围的山川和草场,黑颈鹤越冬栖息地(昭阳区大山包自然保护区) b.大山包仙人田湿地 c.鸡公山及鸡公山大峡谷
d.玄武岩石球,直径为50~140 cm e.石灰岩构造崩塌,箭头所示方解石酷似“卧佛”,长60 cm,在峡谷边缘或形成石灰岩地貌景观,亦可形成地质灾害(炎山乡) f.金沙江支流山体上的大型滑坡全貌及滑坡主体,滑坡体上有密集的村庄(大寨子乡水塘村)

Fig. 4 Geological relics of basalt platform in western Zhaoyang district

a. plateau artificial lake (Tiaodunhe reservoir) and its surrounding mountains and grasslands; it is the wintering habitat for black-necked cranes called Dashanbao nature reserve in Zhaoyang district; b. Dashanbao Xianrentian wetland; c. Jigong mountain and its grand canyon d. basalt stone ball with diameter of 50~140 cm; e. tectonic collapse of limestone; the calcite indicated by arrow resembles "reclining Buddha" with length of 60 cm in the canyon rim, which may form limestone geomorphic landscape or geological disaster in Yanshan township; f. general view and main body of large-scale landslide on the hill of tributary of Jinsha river; there is a dense village on the slope, called Shuitang village in Dazhaizi township

动物—黑颈鹤越冬栖息地之一。黑颈鹤是世界上唯一的高原鹤类,由于生存的自然环境恶劣,繁殖率低,数量稀少,全球仅有6 000余只,被视为世界上最珍贵的鹤类之一。大山包地区分布着我国最大的黑颈鹤越冬种群,约有1 200只,占全球总量的20%。2003年,国务院批准成立大山包黑颈鹤国家级自然保护区,仅仙人田湿地(图4b)每年就有140余只黑颈鹤及数百只斑头雁、赤麻鸭、秋沙鸭在此觅食。大山包为玄武岩高地,其下伏地层为二叠系的碳酸盐岩(以石灰岩为主),在山体隆升和河流下切的双重作用下,在玄武岩和石灰岩中形成众多的地质景观,可概括为峡谷奇景。其中最为著名的是位于牛栏江边的鸡公山大峡谷,斜坡带宽约500 m,西南方向沟壑林立,削壁千仞,落差可达2 500 m。鸡公山长约60 m,平均宽约4 m,最窄处不足1 m,最宽处约为8 m,形似鸡冠,因而得名;由上二叠统峨眉玄武岩组成,一侧与玄武岩台地相连,其余三面均由玄武岩柱状节理面组成,鸡公山上有裂隙,较大的形成椭圆形孔洞,长轴约2 m,短轴约1.5 m,并残留有直径约2 m的玄武岩菱形石块(图4c)。除柱状节理之外,玄武岩中还可以发育石球(图4d),由玄武岩球形风

化形成,多与下伏的块状玄武岩连为一体,少数则由于严重风化脱离块状玄武岩滚落在低洼地带^[10-11]。玄武岩台地边缘,由于构造作用及河流的下切侵蚀可在二叠系石灰岩中形成高山峡谷地形,并发育各种石灰岩地貌,如溶洞、石柱、石笋等,并伴有巨大的崩塌石灰岩块(图4e)。此外,在峡谷中也较易形成滑坡等灾害类地质遗迹(图4f)。

3.2 东部区片地质遗迹特征

在东部区片,最为重要的地质遗迹则是发育在新生代昭通盆地中的重要化石产地(图3),以剑齿象化石和遗迹为代表,种类接近于古剑齿象中的进步类型,如宽齿古剑齿象,代表了古剑齿象行将绝灭、真剑齿象即将诞生的新旧动物群交替部位,对研究二者交替演化过程有不可替代地位^[12]。昭通剑齿象动物群组成十分丰富,主要包括大个体剑齿象、啄嘴象和亚洲象,并发现了古猿头骨。其他动物则包括唇犀、唇猪、鹿、龟、蜥蜴、水獭、水鸟、秃鹫、鹭、相思鸟和鸥类等,组成一副完整的生态景观。主要遗迹为水塘坝剑齿象集中发现地(图5a),位于昭通市昭阳区太平街道水塘坝村二社,另有三善堂、三棵树



图 5 东部昭通盆地及周边山地地质遗迹

a. 昭通盆地南部煤化石遗迹, 蓝色房子为养殖场, 地层由灰黑色厚层褐煤与深灰色粉砂质泥岩组成, 遗迹长 127 m, 宽 116 m b. 褐煤中剑齿象化石埋藏状态(水塘坝) c. 大龙洞中的水潭及潭中石灰岩块, 可能为洞顶掉落(北闸镇大龙洞公园内, 小洞洞口宽约 2 m) d. 昭通盆地东缘岩溶地貌中的峰丛洼地和串珠状分布的落水洞(昭阳区小龙洞乡大咀口村附近) e. 昭通盆地西部昭鲁河边的葡萄井(昭阳区旧圃镇) f. 昭通盆地西部洒渔河谷地(昭鲁河与冷水河交汇形成洒渔河)

Fig. 5 Geological relics of the eastern Zhaotong basin and of its surrounding mountains

a. coal fossil relics in southern Zhaotong basin; the blue house is culturing farm; the formation is composed of gray black thick lignite and dark gray silty mudstone; the relics are 127 m long and 116 m wide b. burial status of stegodon fossils in lignite reservoir in Shuitang dam; c. the water pool in Dalong cave and the limestone block; the limestone block may be fell from the roof of the cave; the entrance of the small cave is about 2 m wide in the Dalong cave park in Beizha town; d. peak cluster depression and beaded sinkhole in the eastern margin of Zhaotong basin, near Dajukou village, Xiaolongdong township, Zhaoyang district; e. grape well by the Zhaolu river in the west of Zhaotong basin, Jiupu town, Zhaoyang district f. valley of Sayu river in western Zhaotong basin; Sayu river is converged by Zhaolu river and Lengshui river

和红泥闸等多处化石零星发现地。化石通常保存在昭通山间盆地边缘地带的褐煤层中(图 5b), 下部为上新统昭通组上段的灰黑色厚层褐煤与深灰色泥岩组成的序列, 上部为第四系更新统海子组的深灰色泥岩夹薄层浅灰黑色泥碳, 顶部为湖泊相浅灰色、沙质黏土, 厚层状, 岩性较单一, 含介形虫、轮藻、鱼牙及田螺、河蚌等化石。此外, 在北闸镇塘房村二社大过山洞发现古人类遗迹(图 3), 为距今 5~10 万年的早期智人牙化石, 定名为“昭通智人”。

昭通山间盆地以东及以北地区主要出露二叠系栖霞组和茅口组厚层石灰岩, 多为构造岩溶地貌, 小型溶洞发育^[13-15], 较出名的有昭阳区北闸镇大龙洞公园内的大龙洞, 其由顺岩层层面展布的三个洞穴组成, 其中位于地面的最大一个洞穴称为大龙洞, 宽 10 m, 高 7 m, 呈厅堂状, 深 4 m, 内部有潭, 潭中有泉眼, 水清澈, 为昭鲁河源头(图 5c)。其次有北闸镇塘房村大、小过山洞和小龙洞乡大垭口村大岩洞。在小龙洞乡宁边村、大垭口村和大咀口村一带则发育小型峰丛洼地和峰丛谷地地形, 一般位于宽阔且平

缓山谷中, 山谷两侧为小型石灰岩山丘组成的链状山体, 相对高为 30~50 m, 整体地貌为高山中的平缓山谷。由于地下水的侵蚀作用常形成串珠状分布的落水洞(图 5d), 形状多呈圆形、椭圆形, 发育在二叠系栖霞组和茅口组的厚层至块状石灰岩中, 其下隔水岩系为下二叠统梁山组的紫红色砂岩、泥岩及浅灰色铝土岩^[16-18]。

昭通山间盆地以西的冷水河及洒渔河地区主要为弱侵蚀低山地形, 间有少量河流堆积宽谷地形, 总体上属于水体地貌类, 与西部区片在地貌上呈连续过渡, 拥有较多的人工湖泊(水库), 其中以渔洞水库、景风水库、省耕塘水库等为代表。该地区位于西部区片玄武岩台地和东部区片昭通山间盆地的转换地带, 加之断层较为发育(如洒渔河断裂等), 成为地下水的汇流区, 可形成较多的泉眼, 其中最为著名的是旧圃镇昭鲁河边的葡萄井(图 5e), 相传气泡伴随泉水涌出, 如吐葡萄一般, 故称葡萄井。昭阳区河流除少量在境内汇入金沙江外, 其余河流如昭鲁河、洒渔河和冷水河等河流均在昭通山间盆地蜿蜒盘曲, 最

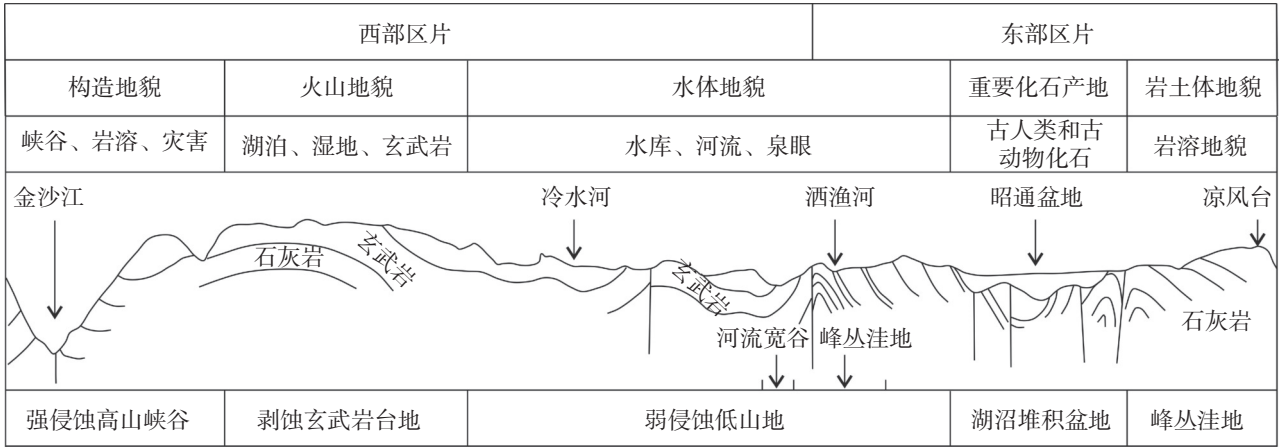


图 6 昭阳区地貌与地质遗迹类型示意图

Fig. 6 Schematic diagram of geomorphology and its geological relic types in Zhaoyang district

后在盆地西部通过洒渔河汇入关河，再汇入金沙江，构成高原上较为独特的水体地貌^[19]。图 5f 即为洒渔乡独脚树村南，昭鲁河与冷水河交汇处，两条河均为金沙江三级支流，汇合后进入青岗岭乡山谷。

4 地质遗迹空间分布差异

依据昭阳区地质遗迹在区域上的分布特征可分为东、西两大区片，西部区片表面基本为峨眉玄武岩覆盖，东部区片基本位于褶皱区(图 6)。在地质发育史上，昭阳区从三叠纪印支运动抬升为陆地，开始发育陆相沉积，但其现今地貌主要是受燕山运动和喜山期青藏高原的隆升作用的控制。昭阳区的西部以二叠系峨眉玄武岩高地为主，边界为金沙江谷地，包括炎山乡、大寨子乡等地区为强构造侵蚀高山峡谷地形；大山包地区为火山岩地貌区，可称为玄武岩高地地形^[20]；昭通山间盆地以西的冷水河及洒渔河地区主要为弱侵蚀低山地地形，间有少量河流堆积宽谷地形；昭通盆地则为湖沼堆积盆地地形；昭通盆地以东则为构造岩溶地貌中的峰丛洼地和峰丛谷地。

西部区片：金沙江谷地及相邻地区以构造地貌中的峡谷、岩溶地貌中的溶洞、地质灾害中的滑坡—泥石流等为主^[21]，而峡谷东侧以大山包为代表的玄武岩高地则发育火山岩地貌、高原湖泊、湿地及相关的水体地貌。东部区片：昭通盆地以东的岩溶地形中则发育构造岩溶地貌，与西部片区相接；昭通盆地以西的弱侵蚀低山地地区主要发育水文地貌，也就是古人称赞的“洒渔烟柳”；昭通盆地的湖沼堆积地形中则广泛发育有昭通剑齿象

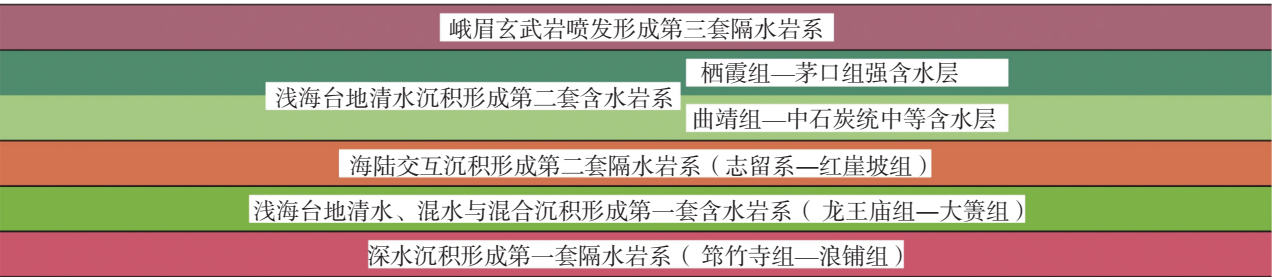
动物群及昭通智人化石。

5 地质遗迹成因

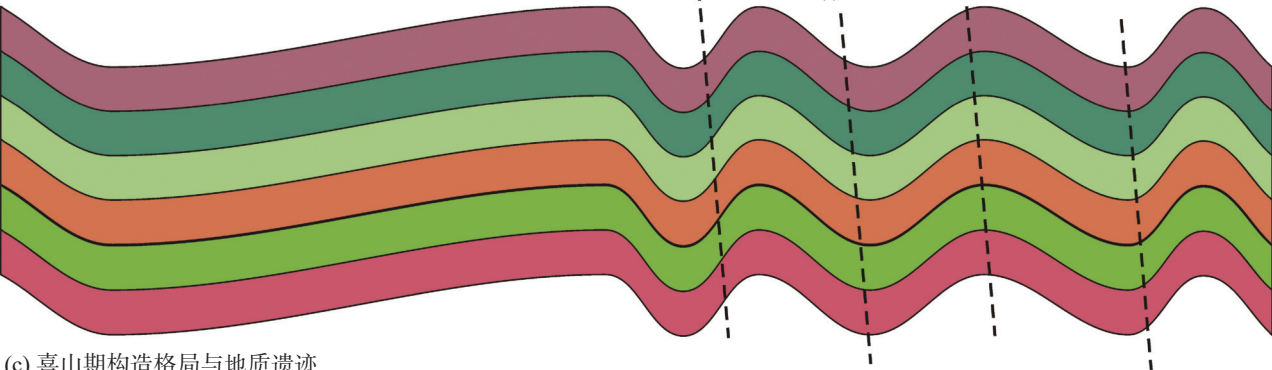
5.1 构造控制作用

构造地貌是昭阳区地质遗迹成因差异的一级控制因素^[22-23]。自震旦纪—古生代—中生代以来，研究区的造陆运动形成了西北部相对上升，东南部相对沉降的特征。进入早二叠世大面积的海进，沉积厚底东厚西薄，造成下二叠平行不整合超覆于不同时代的老地层之上，至晚二叠世东吴运动较为强烈，影响深度也较大，峨眉山玄武岩岩浆大量溢出，进入早—中三叠世，本区东南部相对沉降，在浅海条件下沉积了永宁镇组和关岭组。中三叠世印支运动 I 幕使滇东北地区整体上升为陆地，海水退至滇东南。II 幕达鼎盛时，造成须家河组和关岭组之间的区域性明显的平行不整合。侏罗纪地壳运动相对频繁，各地层组沉积间断明显。中生代末的燕山构造运动在研究区西部(洒渔河以西)形成开阔平缓的背斜褶皱，断层规模小，成带性不强^[24]，如大山包附近的断裂；而在东部则形成相对紧闭的褶皱，同时伴生大型断裂，如苏家院断裂、洒渔河断裂和新寨断裂等。新生代喜山构造运动造成青藏高原隆升和现今水系的形成。在西部区片的西侧，金沙江大型断裂带以河流的下切侵蚀为主，形成了带状分布的峡谷地貌^[17]。峡谷东侧的宽缓背斜发育区，为峨眉山玄武岩覆盖下伏的茅口组灰岩，发育有平缓的高原湿地。在东部区片，由于洒渔河断裂、箐门断裂等区域性断裂发生左行走滑，在张扭段产生下陷作用而形成昭通山

(a) 沉积作用形成物质基础



(b) 燕山期构造理想示意图



(c) 喜山期构造格局与地质遗迹

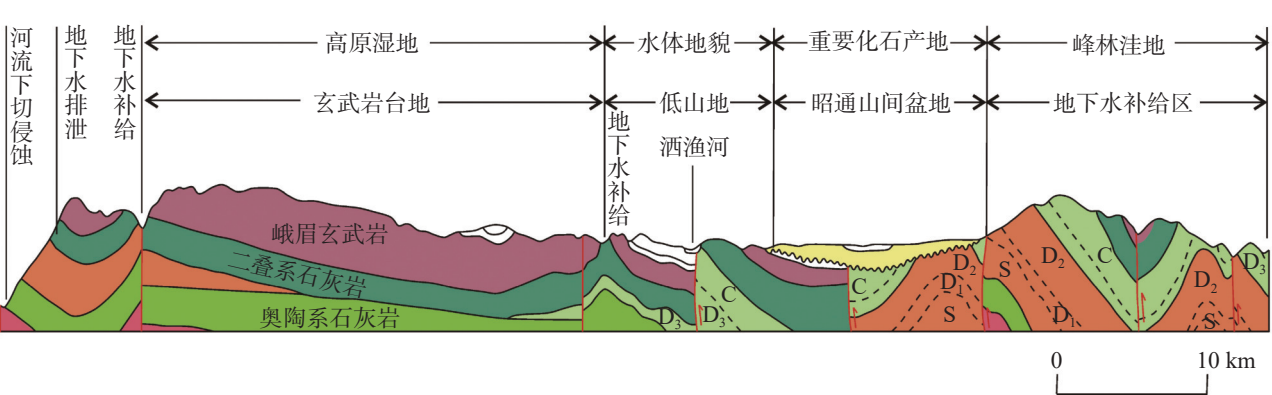


图 7 昭阳区地质遗迹成因演化示意图

Fig. 7 Genesis evolution of geological relics in Zhaoyang district

间盆地^[25]。该山间盆地的昭通组泥炭沼泽沉积中保存了昭通剑齿象动物群化石。在盆地以西的过渡带形成水体地貌；在盆地以东的二叠系栖霞组和茅口组灰岩大面积出露区，由于断裂—褶皱地貌背景下的水文侵蚀作用，形成了峰林洼地和峰林谷地等岩溶地质景观(图 7)。

结合昭阳区的地质剖面图(图 7c)，可明显看出中生界以前以褶皱构造为主，从西向东存在三个向斜、三个背斜和一个单斜构造，构成三个组合。第一个组合为向斜和单斜，位于西部片区，向斜的中心位于大山包附近，参与变形的地层从寒武系梅树村组至二叠系峨眉山玄武岩，单斜上部主要是峨眉山玄武岩，构成玄武岩台地。第二个组合为背斜—向

斜—背斜组合，西部背斜轴部在洒渔河以西，出露最老地层为栖霞组和茅口组的石灰岩，向斜较宽缓，发育新生代的昭通山间盆地，东部背斜被断层错断。该组合的断裂发育，主要受小江断裂的控制，昭通盆地东西两侧分别发育小江断裂的次一级断裂，西侧洒渔河断裂呈 S 型分布，和东侧箐门断裂斜接复合^[26]，共同组成控制昭通盆地发育和演化的主干断裂。第三组合为紧闭的向斜和背斜，出露最老地层为泥盆系—石炭系，以石灰岩为主，地层产状较陡，峨眉山玄武岩和二叠系底部之间夹栖霞组和茅口组石灰岩，东部极易发育向下延伸的岩溶地貌。

构造作用形成昭阳区的构造格局，控制着昭阳区地质遗迹的分布规律，昭阳区东西差异的构造格

局和3次构造运动相对应,分别为印支运动、燕山运动和喜山运动,滇东北印支期时间为224~226 Ma^[27],印支运动使滇东北地区整体上升成陆地。滇东北会泽层间泥质岩石变质形成的伊利石 K-Ar 法测年数据为 176.5 ± 2.54 Ma^[28],代表地层纵弯褶皱作用形成层间滑脱断层的时代,燕山运动形成昭阳区西部开阔平缓褶皱和昭阳区东部相对紧闭褶皱及较大规模断裂,造成东西差异。滇东北会泽地区黄铁矿 Re-Os 同位素年龄为 32 Ma,闪锌矿的 Re-Os 同位素年龄为 50~51 Ma,黄铁矿、闪锌矿和方铅矿的 Re-Os 等时线年龄为 40.7 ± 2.6 Ma^[29],小江断裂北段川西年龄主要为 23~28 Ma^[30],说明滇东北地区存在喜山期的构造作用,喜山运动形成昭通山间盆地,造成河流强烈下切侵蚀,控制地下水的径流方向,成为昭阳区地质遗迹形成的直接控制因素。

5.2 水文地质条件

研究区从寒武系到第四系地层中,存在凝灰岩、玄武岩、砂岩和泥岩等非可溶性岩,含水岩系和隔水岩系交替出现现象。昭阳区地下水在主要河谷两侧的斜坡上,形成强含水层(碳酸盐岩)和相对弱含水层(碎屑岩)相间,呈条带型排列,赋存或排泄于河谷斜坡的不同高度上,加上舒缓的褶皱构造,主要特点为岩溶顺层发育,地下水顺层流动,如西部区片仙鹤湖、水塘村滑坡和洒渔河上游渔洞水库。东部区片发育峰丛洼地,排列方向与褶皱方向基本一致,其能吸收大量的地表水和大气降水,岩溶顺构造方向发育,地下水顺构造方向运动,如大岩洞天坑和大龙洞。东部昭通盆地可溶岩层埋藏于松散岩层之下,岩溶水具有承压性质,地下水补给径流的途径较远。不同的岩溶水发育控制因素形成东部和西部不同的地质遗迹景观。

6 结 论

(1)昭通市昭阳区地质遗迹可分为西部和东部2大区片:西部区片以玄武岩台地上的火山岩地貌、高原湖泊和湿地为特征,周边发育岩溶地貌等;东部区片主要为化石景观,盆地西部发育水体地貌,盆地东部则发育构造岩溶地貌,昭通市昭阳区地质遗迹丰富多样,具备旅游开发价值。

(2)丰富的地层岩性是不同地质遗迹发育的

物质基础,两套碳酸盐岩的广泛出露,在垂向分布上构成3套隔水岩系和2套含水岩系相间分布的格局,其造就该地区以岩溶地貌和水体地貌为主体的地质景观。

(3)地质遗迹的形成主要受控于构造作用和地表水力作用,并在地质时期逐次作用,构造地貌是昭通市昭阳区地质遗迹成因差异的一级控制因素,水文作用进一步塑造出丰富各异的地质景观。

参考文献

- [1] DZ/T 0303-2017. 地质遗迹调查规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
DZ/T 0303-2017. Regulations for geoheritage investigation[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [2] 邓亚东, 史文强, 罗书文, 孟庆鑫. 基于乡镇区划的地质遗迹资源综合价值评价: 以盐津县为例[J]. 中国岩溶, 2018, 37(6): 932-939.
DENG Yadong, SHI Wenqiang, LUO Shuwen, MENG Qingxin. Comprehensive value evaluation of geological heritage resources based on township division: Taking Yanjin county as an example[J]. Carsologica Sinica, 2018, 37(6): 932-939.
- [3] 高梦瑶, 殷小艳. 地质文化村(镇)评审授牌、天然富硒土地认定与标识管理相关工作即将启动[J]. 地质论评, 2020, 66(3): 610.
GAO Mengyao, YIN Xiaoyan. The work related to "geological culture village (town)" assessment and licensing, "natural selenium-rich land" identification and logo management launched soon[J]. Geological Review, 2020, 66(3): 610.
- [4] 张东涛, 胡朝俊, 闫亚蕾, 何勇, 张介辉, 张卓. 梅珏. 昭通地区现今构造应力场分布特征及成因机制[J]. 天然气工业, 2021, 41(Suppl.1): 24-29.
ZHANG Dongtao, HU Chaojun, YAN Yalei, HE Yong, ZHANG Jiehui, ZHANG Zhuo, MEI Jue. Distribution characteristics and genetic mechanism of present tectonic stress field in Zhaotong area[J]. Natural Gas Industry, 2021, 41(Suppl.1): 24-29.
- [5] 王小娜, 于湘伟, 章文波. 昭通地区地震层析成像及彝良震区构造分析[J]. 地球物理学进展, 2014, 29(4): 1573-1580.
WANG Xiaona, YU Xiangwei, ZHANG Wenbo. Seismic tomography at Zhaotong region and analysis of seismotectonic in Yiliang area[J]. Progress in Geophysics, 2014, 29 (4): 1573-1580.
- [6] 常祖峰, 周荣军, 安晓文, 陈宇军, 周青云, 李鉴林. 昭通—鲁甸断裂晚第四纪活动及其构造意义[J]. 地震地质, 2014, 36(4): 1260-1279.
CHANG Zufeng, ZHOU Rongjun, AN Xiaowen, CHEN Yujun, ZHOU Qingyun, LI Jianlin. Late-Quaternary activity of the Zhaotong-Ludian fault zone and its tectonic implication[J]. Seismology and Geology, 2014, 36(4): 1260-1279.
- [7] 张杰, 陈革, 任清军, 史俊波. 昭通—鲁甸断裂带南段构造变形

- 序列与应力分析[J]. 科学技术与工程, 2018, 18(6): 47-56.
- ZHANG Jie, CHEN Ge, REN Qingjun, SHI Junbo. Tectonic deformation sequences and stress analysis in the southern segment of the Zhaotong-Ludian fault folding zone[J]. Science Technology and Engineering, 2018, 18 (6): 47-56.
- [8] 郑荣椿. 云南昭通第三纪褐煤盆地成因的探讨: 对“岩溶侵蚀盆地”成因的异议[J]. 中国岩溶, 1985(Suppl.1): 161-170.
- ZHENG Rongchun. Discussion on the origin of Tertiary lignite basin of Zhaotong county, Yunnan: Some objections to the origin of "erosion karst basin"[J]. Carsologica Sinica, 1985 (Suppl.1): 161-170.
- [9] 谭富荣, 崔伟雄, 张元忠. 昭通盆地茨营组沉积演化及聚煤规律研究[J]. 中国煤炭地质, 2014, 26(2): 1-5.
- TAN Furong, CUI Weixiong, ZHANG Yuanzhong. A study on Ciyang Formation sedimentary evolution and coal accumulation pattern in Zhaotong basin[J]. Coal Geology of China, 2014, 26(2): 1-5.
- [10] 任娟刚, 洪增林, 张静, 唐力, 刘晓峰, 秦臻, 王鹏, 王研. 陕西宁强禅家岩天坑群喀斯特地质遗迹特征及成因[J]. 中国岩溶, 2021, 40(3): 539-547.
- REN Juangang, HONG Zenglin, ZHANG Jing, TANG Li, LIU Xiaofeng, QIN Zhen, WANG Peng, WANG Yan. Features of geological relics and genesis of the Chanjiayan Tiankeng group in Ningqiang, Shaanxi Province[J]. Carsologica Sinica, 2021, 40(3): 539-547.
- [11] 王辉, 李江海, 吴桐雯. 太行山地质遗迹特征与成因分析[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2018, 54(3): 546-554.
- WANG Hui, LI Jianghai, WU Tongwen. Characteristics and genesis of geoheritage resources of Taihang mountain[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2018, 54(3): 546-554.
- [12] 尹祝, 黄鸿新, 罗平, 魏昌盛. 三清山世界地质公园地质遗迹分类及其地学意义[J]. 西北地质, 2018, 51(4): 276-283.
- YIN Zhu, HUANG Hongxin, LUO Ping, WEI Changsheng. Geoheritage classification of the Sanqingshan world geopark and their geological significance[J]. Northwestern Geology, 2018, 51(4): 276-283.
- [13] 曹晓娟, 姜伏伟, 陈友智, 董颖, 杨宏斌. 武陵山地区红色岩溶景观形成地质条件与演化模式研究[J]. 中国岩溶, 2020, 39(6): 945-951.
- CAO Xiaojuan, JIANG Fuwei, CHEN Youzhi, DONG Ying, YANG Hongbin. Geological conditions and evolution model of red karst landscape in the Wulingshan area, China[J]. Carsologica Sinica, 2020, 39(6): 945-951.
- [14] 向敬伟, 李江风, 王蕾, 周学武, 胡学君, 叶茂松. 湖北长阳清江地质公园地质遗迹特征及地学意义[J]. 地球学报, 2017, 38(4): 561-568.
- XIANG Jingwei, LI Jiangfeng, WANG Lei, ZHOU Xuewu, HU Xuejun, YE Maosong. Geological heritage resources characteristics and geographic significance of the Qingjiang geopark in Changyang, Hubei Province[J]. Acta Geoscientica Sinica, 2017, 38(4): 561-568.
- [15] 陈安泽. 论旅游地学与地质公园的创立及发展, 兼论中国地质遗迹资源: 为庆祝中国地质科学院建院60周年而作[J]. 地球学报, 2016, 37(5): 535-561.
- CHEN Anze. The establishment and development of tourism earth-science and geopark, and geoheritage resources in China: Celebrating the 60th anniversary of Chinese Academy of Geological Sciences[J]. Acta Geoscientica Sinica, 2016, 37(5): 535-561.
- [16] 方世明, 李江风, 赵来时. 地质遗迹资源评价指标体系[J]. 地球科学(中国地质大学学报), 2008, 17(2): 285-288.
- FANG Shiming, LI Jiangfeng, ZHAO Laishi. Assessment index system of geological relic resources[J]. Earth Science (Journal of China University of Geosciences), 2008, 17(2): 285-288.
- [17] Warowna J, Zglobicki W, Kolodynska Gawrysiak R, Gajek G, Gawrysiak L, Telecka M. Geotourist values of loess geoheritage within the planned Geopark Maopolska Vistula River Gap, E Poland[J]. Quaternary International, 2016, 399(1): 46-57.
- [18] 韦跃龙, 陈伟海, 黄保健. 广西乐业国家地质公园地质遗迹成景机制及模式[J]. 地理学报, 2010, 65(5): 580-594.
- WEI Yuelong, CHEN Weihai, HUANG Baojian. Geological relics formation mechanism and model of the Leye national geopark, Guangxi[J]. Acta Geographica Sinica, 2010, 65(5): 580-594.
- [19] 肖景义, 侯光良, 唐仲霞, 张玉珍, 祝佳甲. 青海省贵德国家地质公园地质遗迹及综合评价[J]. 地球学报, 2013, 34(1): 111-120.
- XIAO Jingyi, HOU Guangliang, TANG Zhongxia, ZHANG Yuzhen, ZHU Jiajia. A comprehensive evaluation of geoheritages in Guide national geopark of Qinghai Province[J]. Acta Geoscientica Sinica, 2013, 34(1): 111-120.
- [20] 陈安泽, 卢云亭. 旅游地学概论[M]. 北京: 北京大学出版社, 1991: 66-87.
- CHEN Anze, LU Yunting. An introduction to tourism earth-science[M]. Beijing: Peking University Press, 1991: 66-87.
- [21] Zouros N C. The European geoparks network. Geological heritage protection and local development[J]. Episodes, 2004, 27(3): 165-171.
- [22] Peeters P, Landré M. The emerging global tourism geography: An environmental sustainability perspective[J]. Sustainability, 2011, 4(1): 42-71.
- [23] 武红梅. 云南温泉类地质遗迹分布特征及开发利用建议[J]. 云南地质, 2020, 39(2): 295-298.
- WU Hongmei. The distribution feature and utilization suggestion of hot spring in Yunnan[J]. Yunnan Geology, 2020, 39(2): 295-298.
- [24] 丁华, 张茂省, 苟青青, 董英, 孙萍萍, 吕艳. 关中盆地城市群地质遗迹特征及可持续开发利用[J]. 西北地质, 2019, 52(2): 37-45.
- DING Hua, ZHANG Maosheng, GOU Qingqing, DONG Ying, SUN Pingping, LYU Yan. Characteristics and sustainable development of geological heritage resources in the Guanzhong Basin urban agglomeration area[J]. Northwest Geology, 2019, 52(2): 37-45.

- opment and utilization of geological relics in Guanzhong basin urban agglomeration[J]. *Northwestern Geology*, 2019, 52(2): 37-45.
- [25] 罗书文, 杨桃, 邓亚东, 覃星铭. 毕节鸡鸣三省·贵州地质公园地质遗迹特征及价值研究[J]. *中国岩溶*, 2019, 38(6): 946-956.
- LUO Shuwen, YANG Tao, DENG Yadong, QIN Xingming. Characteristics and value of geological relics in the Bijie Jiming Sansheng-Guizhou geopark[J]. *Carsologica Sinica*, 2019, 38(6): 946-956.
- [26] 赵莉, 武贵华, 杨艳华, 杨世瑜, 张杰. 云南省重要地质遗迹区划研究[J]. *昆明理工大学学报(自然科学版)*, 2018, 43(5): 36-42, 108.
- ZHAO Li, WU Guihua, YANG Yanhua, YANG Shiyu, ZHANG Jie. A study on the regionalization of significant geoheritages in Yunnan Province[J]. *Journal of Kunming University of Science and Technology (Natural Science Edition)*, 2018, 43(5): 36-42, 108.
- [27] 韩润生, 王峰, 胡煜昭, 王学焜, 任涛, 邱文龙, 钟康惠. 会泽型(HZT)富锗银铅锌矿床成矿构造动力学研究及年代学约束[J]. *大地构造与成矿学*, 2014, 38(4): 758-771.
- HAN Runsheng, WANG Feng, HU Yuzhao, WANG Xuekun, REN Tao, QIU Wenlong, ZHONG Kanghui. Metallogenic tectonic dynamics and chronology constrains on the Huize-type (HZT) germanium-rich silver-zinc-lead deposits[J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 2014, 38(4): 758-771.
- [28] 张长青, 毛景文, 刘峰, 李厚民. 云南会泽铅锌矿床粘土矿物K-Ar测年及其地质意义[J]. *矿床地质*, 2005, 24(3): 317-324.
- ZHANG Changqing, MAO Jingwen, LIU Feng, LI Houmin. K-Ar dating of altered clay minerals from Huize Pb-Zn deposit in Yunnan Province and its geological significance[J]. *Mineral Deposits*, 2005, 24(3): 317-324.
- [29] 江小均, 王忠强, 李超, 郭忠林, 柴建华, 邱文龙, 王加昇. 滇东北会泽超大型铅锌矿Re-Os同位素特征及喜山期成矿作用动力学背景探讨[J]. *岩矿测试*, 2018, 37(4): 448-461.
- JIANG Xiaojun, WANG Zhongqiang, LI Chao, GUO Zhonglin, CHAI Jianhua, QIU Wenlong, WANG Jiashen. Re-Os isotope characteristics of the Huize ultra-large lead-zinc deposit, north-eastern Yunnan Province: Constraints on the Himalayan metallogenic dynamic background[J]. *Rock and Mineral Analysis*, 2018, 37(4): 448-461.
- [30] 田世洪, 侯增谦, 袁忠信, 陈文, 谢玉玲, 费红彩, 尹淑苹, 衣龙升, 周肃. 四川冕宁木落寨稀土矿床成岩成矿的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代学研究[J]. *岩石学报*, 2006, 22(10): 2431-2436.
- TIAN Shihong, HOU Zengqian, YUAN Zhongxin, CHEN Wen, XIE Yuling, FEI Hongcai, YIN Shuping, YI Longsheng, ZHOU Su. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology of rocks and ores from the Muluozhai REE deposit in Mianning county, Sichuan Province[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2006, 22(10): 2431-2436.

Distribution characteristics and genesis analysis of geological relics in Zhaoyang district, Zhaotong City, Yunnan Province

WEI Zeyi, LI Xiangdong

(Faculty of Land Resource Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming, Yunnan 650093, China)

Abstract Geological relics are one of the important components of geoscience culture, so studies on their distribution characteristics and genesis are helpful to the effective investigation and evaluation of the landscape resources in geological relics. Zhaotong City is located on the southeastern margin of the Tibetan Plateau in the northeastern Yunnan Province of Southwest China. It belongs to the Yangtze plate of South China, which is located at the southwest edge of the Yangtze block—a secondary tectonic unit within the plate. The formation and distribution of landscapes of geological relics in Zhaoyang district are closely related to the formation and evolution of the Zhaotong intermountain basin. On the basis of detailed field investigations of geological relics, this study comprehensively classifies and analyzes the genesis of various geological relics in Zhaoyang district of Zhaotong City in northeastern Yunnan Province. The strata in the Zhaoyang area are fully exposed, ranging from the Cambrian Meishucun Formation (Zhongyicun member of Dengying Formation) to the Quaternary system (Neogene). The Cambrian and Ordovician systems are mainly exposed in Yanshan township and Dazhaizi township by the Jinsha river, and are mainly buried deep underground in other areas. The Meishucun Formation at the bottom of the Cambrian is a phosphate-bearing rock series, with the upper Qiongzhusi Formation and Canglangpu Formation being a combination of terrigenous sandstone and mudstone. The Longwangmiao Formation to the Erdaoshui Formation and the Ordovician Formation at the top of the lower Cambrian are mostly composed of carbonate rocks. Meishucun Formation at the bottom of the Cambrian is

composed of the phosphorus-bearing rock series. The upper Qiongzhusi Formation and Canglangpu Formation are the combination of terrigenous sand and mudstone. The top of the lower Cambrian Longwangmiao Formation to the Erdaoshui Formation and the Ordovician are mostly composed of carbonate rocks. The combination of terrigenous sand and mudstone, accompanied by muddy limestone, is developed in Hong'anpo Formation of the Silurian system to the upper part of middle Devonian. Thick carbonate deposits are developed in Qujing Formation at the top of middle Devonian to the Maokou Formation of the lower Permian. From the Xuanwei Formation at the top of Permian to the Cretaceous, there are only sporadic outcrops—mainly terrigenous sand and mudstone—in Zhaoyang district. The Paleogene mainly consists of sand, mudstone and thick lignite. The bottom of the Neogene is mainly composed of conglomerate with a small amount of limestone and sandstone; the clay soil is interbedded with gravel in the middle part; the grey clay soil is interbedded with siltstone at the bottom. The Quaternary system is filled with swampy sediments of clays, silts, etc. and abundant biological fossils, such as ostracods, stonewort, ichthyodont and viviparus.

The results show that the geological relics of Zhaoyang district can be divided into western region and eastern region. The western region is a basalt platform like Dashanbao, including volcanic landform, plateau lakes and wetland. The eastern region takes carbonate rock karst landform of Zhaotong mountain basin as the center by paleontological fossil landscape. The abundant lithology, like carbonate rock, shale, sandstone, basalt and so on, contributes to karst development and karst geomorphology difference. The tectonic landforms formed by different degrees of fault-fold are the main factors of the differentiation of geological relics. Under background of stratigraphic lithology and tectonic geomorphology, hydrologic conditions provide external dynamic factors for abundant geological landscapes. Our research is of great scientific value of geological relics resources in Zhaotong, and also provides a basis for studies on mammal fossils in Late Neogene. It is concluded as follows, (1) Geological relics of Zhaoyang district in Zhaotong City include canyon landform, volcanic landform, karst landform, plateau lake, wetland and fossil landscape, etc., with great value of tourism. (2) Abundant stratigraphic lithology is the basis for the development of different geological relics. Two sets of outcrops of carbonate rocks widely shaped the modern geological landscape with karst landform and water landform in the study area. Vertically, the strata of Zhaoyang district are characterized by an interphase pattern of three sets of water-resisting rock series and two sets of water-bearing rock series, being the geological foundation of geological relics. From the bottom to the top of strata are distributed the water-resisting rock series mainly composed of mudstone from the Cambrian Qiongzhusi Formation to the Canglangpu Formation, the water-bearing rock series composed of carbonate rock and diamictite from the Cambrian Longwangmiao Formation to the Ordovician Daqing Formation, the water-resisting rock series mainly composed of sand and mudstone with marine-terrestrial transitional facies from the Silurian Longmaxi Formation to the Devonian Hongyapo Formation, the water-bearing rock series composed of carbonate rock from the Devonian Qujing Formation to the Permian Maokou Formation, and the water-resisting rock series composed of the Permian Emei basalt. (3) The tectonic process forms a structural pattern of east-west differences in Zhaoyang district, controlling the distribution pattern of geological relics in this district. The reasons are as follows: the Indosinian Movement caused the overall uplift of the northeastern Yunnan into land; the Yanshan movement formed open and gentle folds in the west and relatively tight folds and large-scale faults in the east, resulting in east-west differences; the Xishan movement formed the Zhaotong intermountain basin, caused strong downward erosion of rivers, and controlled the direction of groundwater runoff, becoming a direct controlling factor for the formation of geological relics in Zhaoyang district.

Key words geological relic, basalt platform, biofossil, karst landform, northeastern Yunnan

(编辑 黄晨晖)