

DOI:10.20176/j.cnki.nxdz.20260301

六盘山国家公园候选区地质遗迹及其地学意义

李海晨^{1,2}, 李江海^{1,2*}, 谢仲军³, 李润楠³, 颜 瑞^{1,2}, 杨昊坤^{1,2}

(1.造山带与地壳演化教育部重点实验室,北京 100871; 2.北京大学 地球与空间科学学院,北京 100871; 3.林产工业规划设计院,北京 100010)

摘要:六盘山位于宁夏南部的黄土高原地区,自三叠纪以来经历了复杂的构造演化及地表过程,是研究青藏高原隆升及其对周边地区影响的重要区域。基于已有研究成果和野外地质考察,依据DZ/T 0303—2017,对六盘山国家公园候选区的地质遗迹进行分类与筛选,共识别出31处地质遗迹点,包括地层剖面、构造剖面、重要化石产地、岩土体地貌、水体地貌、构造地貌和地质灾害遗迹7类。结果表明,六盘山国家公园候选区地质遗迹,从区域尺度上看,记录了青藏高原东北缘构造扩展的沉积-构造响应过程;从全球尺度上看,可与白垩纪温室期(如OAE1)的陆相沉积响应、山前逆冲-走滑复合构造带及干旱-半干旱区红层丹霞地貌的演化过程进行对比。地层与构造剖面为大陆碰撞的应变分配过程提供了实例,化石与遗迹化石为白垩纪气候异常的陆相响应过程提供了证据,丹霞-峡谷-滑坡地貌组合反映了构造抬升与外营力作用的耦合机制。研究、保护和合理利用这些地质遗迹,可为六盘山国家公园的规划、保护和可持续发展,区域生态保护与经济协同发展提供重要支撑。

关键词:六盘山;地质遗迹;国家公园;地学意义

分类号:(中图)P5;X36

文献标志码:A

六盘山位于宁夏南部的黄土高原地区,西北与祁连山、屈吴山相连,东南延伸至秦岭,具有重要的地理和生态分界作用,是中国东西部地貌区划的分界线,分隔渭河平原与陇中高原两大地貌单元,也是黄土高原的“黄金分割线”。六盘山作为黄土高原上的“绿色岛屿”,是泾河、清水河、葫芦河的发源地,也是渭河流域与泾河流域的分水岭,在区域水文格局中占据重要地位。2022年11月,六盘山入选中国国家公园49个候选区之列^[1]。六盘山地区地质构造复杂,中-新生代处于东部扩张沉降区和西部挤压隆起区的交接地带,即青藏高原地块、鄂尔多斯地块、阿拉善地块的交汇地带,其演化与青藏高原向东北缘外展密切相关。在长期地球内、外动力地质作用下,大量珍贵的地质遗迹在此形成并留存至今,记录了区域海陆变迁的过程及青藏高原抬升的远程效应^[2-3]。六盘山国家公园候选区地质遗迹,是不可再生的自然遗产,也是自然资源中的重要组成部分。中国自2013年推进国家公园体制,强

调原真性、国家主导性、公益性和科学性等,旨在构建以国家公园为主体的自然保护系统^[4]。地质遗迹作为国家公园的重要资源,其调查、研究、分类与评价是国家公园建设与保护规划中的重要一环^[5-6]。

六盘山国家公园候选区的相关研究,基于六盘山盆地、鄂尔多斯盆地西南缘的油气勘探^[7-8]。目前,该研究在盆地的构造演化、地层特征及隆升历史等方面取得一定的研究成果,但对于六盘山地表地质遗迹的研究相对较少。文中基于大量研究成果、遥感与GIS综合判释和野外考察,根据DZ/T 0303—2017规范的标准流程,对六盘山国家公园候选区的地质遗迹进行系统筛选与分类。最终,将该区域地质遗迹划分为基础地质、地貌景观与地质灾害3大类、7个类型单元(地层剖面、构造剖面、重要化石产地、岩土体地貌、水体地貌、构造地貌、地质灾害遗迹),共识别出29处遗迹点。了解该区域地质遗迹的空间分布及特征,探讨其地学意义,可为六盘山国家公园的申报和后续建设提供理论支撑。

收稿日期:2025-11-13

基金项目:国家重点研发计划(2023YFC2906501);林产工业规划设计院项目(HCZB-2024-(采)-014-2)

作者简介:李海晨(2000—),女,博士研究生,主要从事含油气盆地构造研究,(电子信箱)2201110687@stu.pku.edu.cn。

*通信联系人:李江海(1965—),男,教授,博士,主要从事全球构造研究,(电子信箱)jhli@pku.edu.cn。

引用格式:李海晨,李江海,谢仲军,等.六盘山国家公园候选区地质遗迹及其地学意义[J].宁夏大学学报(自然科学版中英文),2026,47(2):168-176.

1 区域地质背景

六盘山地区位于柴达木-华北板块的中南部,地处祁连山早古生代造山带、阿拉善微陆块、华北陆块鄂尔多斯地块的交汇地带,即宁南弧形构造带^[9-11](图 1(a))。六盘山构造带是青藏、华北两个一级活动地块边界主断裂带的组成部分,也是西侧祁连山与东侧鄂尔多斯两个二级地块的接触边界,更是分隔中国东西部地质特征截然不同两大构造域的重要地质界线^[9,10-13]。六盘山构造隆起区主要出露白垩系、古近系及新近系沉积地层,缺失上白垩统和古新统地层。下白垩统构成了六盘山的主体地层,被称为“六盘山群”,该群岩性主要为泥质岩-碳酸盐岩,属山麓-河湖相渐变为湖泊相及咸化湖相的沉积建造;自下而上可划分为三桥组(K_{1s})、和尚铺组(K_{1h})、李洼峡组(K_{1l})、马东山组(K_{1m})和

乃家河组(K_{1n}),各组间呈连续沉积现象,主要出露于固原、海原、平凉等地区^[14-15]。六盘山群的岩性与岩相分布不均匀,横向变化快,与下伏地层呈现不整合接触,与古近系地层呈现平行或微角度不整合接触。六盘山构造带呈南段收敛、西北段发散的喇叭状,轴部为白垩系六盘山群,两侧覆有古近系红层,与下白垩统地层呈角度不整合接触(图 1(b))。山体主体为呈 NNW 向弧形展布的复式背斜构造,由六盘山东麓、西麓断裂以及与之相关的一系列北东向突出弧形逆冲推覆断裂带共同构成^[16-17]。六盘山地区的地表构造主要以六盘山东麓、西麓断裂为主,其中,六盘山东麓断裂形成于晚古生代,属于左旋走滑兼逆冲断裂,也是古近系与白垩系的地层分界线;六盘山西麓断裂是在晚更新世形成的挤压逆冲断裂,这两条主控断裂制约着六盘山地区的构造演化和沉积发育过程^[18-19]。

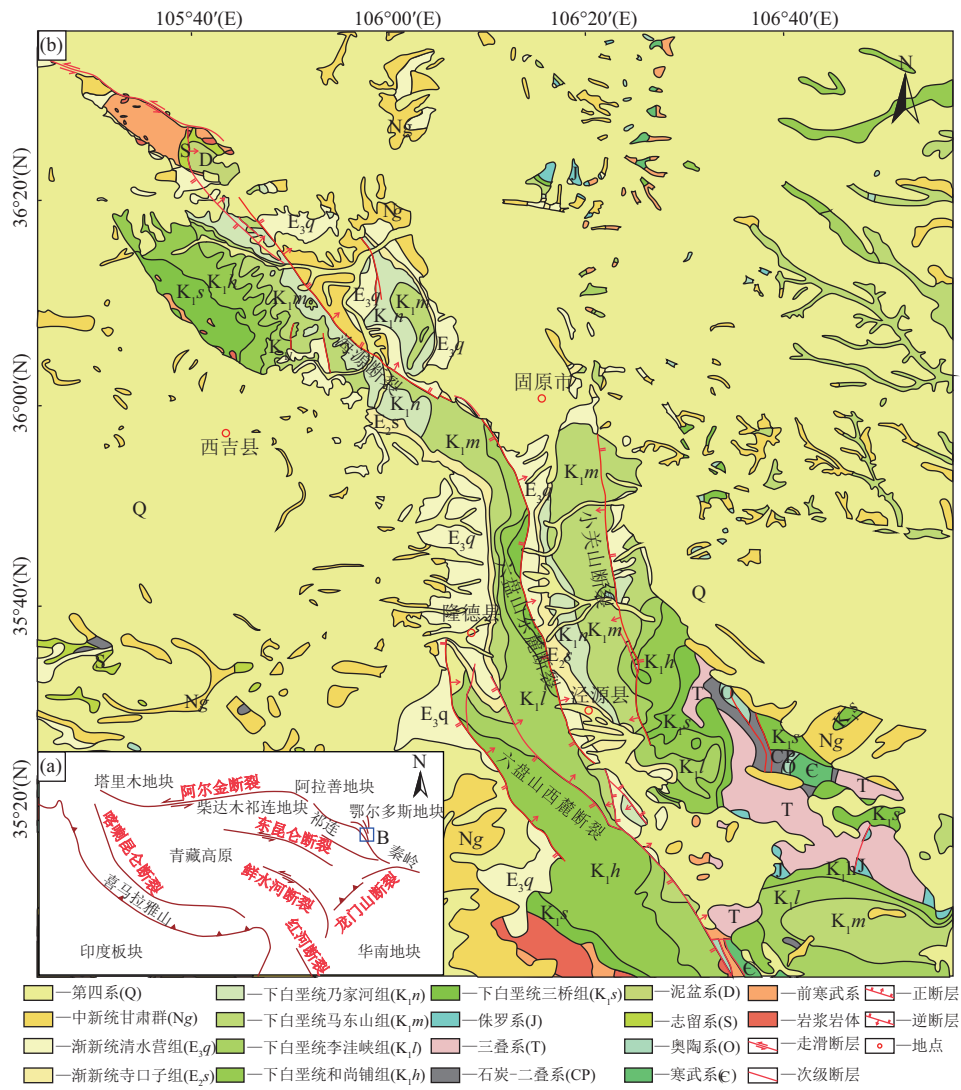


图 1 六盘山区域大地构造图(a)及地质构造图(b)

Fig. 1 Geological structure map of the Liupan Mountain area (a) and geological tectonic map of the Liupan Mountain region (b)

2 六盘山构造演化过程

六盘山处于青藏高原、鄂尔多斯地块、阿拉善地块交汇地带及宁南弧形构造带内,是东部扩张沉降区与西部挤压隆起区的过渡地带,其构造演化与青藏高原东北缘外展密切相关,整体受祁连-秦岭陆内构造带、中亚-特提斯构造多域耦合作用以及喜马拉雅构造远程效应的共同制约。六盘山地表构造的几何形态,表现为呈 NNW 向弧形展布的复式背斜与“南收敛-西北发散”的喇叭状构造带;主控构造为六盘山东麓、西麓断裂及与之相关的弧形逆冲-推覆断裂系,其北侧与海原断裂等活动构造相连,其中,小关山等断裂对新构造地貌具有直接控制作用(图 1)。这些边界与内部断裂,在晚新生代经历了走滑-逆冲复合活动。早期伸展型断层多发生构造反转,共同塑造了差异隆升格局与峡谷-阶地地貌体系。综合地层-构造证据、古地磁与热年代学及沉积记录分析,将六盘山的构造演化概括为 6 个阶段。

1) 三叠纪至早-中侏罗世为整体沉降与抬升阶段。三叠纪至早-中侏罗世,六盘山区域位于古鄂尔多斯盆地西南缘,断陷构造雏形开始显现。受华南板块-华北板块拼合后的冷却沉降效应影响,古鄂尔多斯盆地总体缓慢沉降并间歇抬升。盆地内普遍缺失中-下三叠统,上三叠统在宁夏南部及陕北地区多呈不发育或零星出露,区域整体以沉积间断与剥蚀为特征,各层间呈整合或平行不整合接触,构造相对静稳^[10,20]。

2) 晚侏罗世为大规模挤压逆冲阶段。受燕山运动影响,在 SW-NE 向挤压力作用下,北祁连逆冲推覆作用使古鄂尔多斯盆地西缘发生大规模挤压逆冲变形,并形成大量近 N-S 向弧形挤压断层或逆冲断层^[19,20-21]。

3) 早白垩世为伸展断陷阶段。早白垩世,六盘山盆地属多阶段演化裂谷盆地,区域应力由近 E-W 向拉张力转换为 NW-SE 向挤压力。六盘山盆地在此背景下,呈现“拉张-坳陷-萎缩”的节律沉降,发育多阶段裂谷构造;盆地内沉积巨厚的河湖相六盘山群地层。该地层自下而上依次为三桥组(K_{1s})、和尚铺组(K_{1h})、李洼峡组(K_{1l})、马东山组(K_{1m})、乃家河组(K_{1n}),横向岩性变化快,与下伏地层呈不整合接触,与上覆古近地层多呈平行或微角度不整合接触。该阶段发生局部断裂与褶皱反转,并保存了异常事件的陆相响应证据链(恐龙足迹、介形类与狼鳍鱼等古生物遗迹)^[21-23]。

4) 晚白垩世-古新世为整体抬升阶段。白垩纪

晚期,六盘山盆地在燕山运动末期受 NW-SE 向弱挤压作用影响,逐渐抬升成陆地并受到均衡剥蚀作用;盆地内大部分地区缺失晚白垩世-古新世的沉积记录,六盘山古湖盆(深拗陷盆地)在新生代盆地形成前,已显现陆内盆-山相间的构造雏形^[24]。

5) 始新世-渐新世为整体沉降阶段。晚始新世,受喜马拉雅运动、近 E-W 向伸展作用的影响,六盘山盆地整体沉降,并接受始新世-渐新世固原群(山麓相-湖泊相)和中新世甘肃群(河流-湖泊相)碎屑沉积^[9,22]。

6) 新近纪末期为走滑挤压改造阶段。受印度-欧亚板块碰撞导致的青藏高原快速隆起事件影响,中新世晚期,六盘山地区进入新构造运动时期,经历早期 NE-SW 向挤压、晚期近 E-W 向挤压两次构造变形。随后,六盘山快速隆起并形成逆冲褶皱带,其边界断裂发生走滑-逆冲运动,部分前期伸展断层被激活并发生构造反转,最终形成现今的构造格局^[16,20-21]。

3 地质遗迹资源

3.1 地质遗迹资源的分类及分布

在构建地质遗迹资源体系过程中,对六盘山国家公园候选区内地质遗迹进行了大量调研及野外地质地貌考察。根据自然资源部发布的 DZ/T 0303—2017 规范^[25],将该区内地质遗迹分为基础地质、地貌景观与地质灾害 3 大类,包含地层剖面、构造剖面、重要化石产地、岩土体地貌、水体地貌、构造地貌、地质灾害遗迹 7 亚类,共计 31 处地质遗迹点。具体地质遗迹分类与分布情况见表 1、图 2。其中,部分化石产地位于六盘山国家公园候选区外围缓冲区,文中将其作为区域对比点一并纳入统计范围,但不作为核心遗迹展示。

3.2 地质遗迹资源的特征

3.2.1 地层与构造剖面 六盘山是中国地质年龄最年轻的山脉之一,位于青藏高原东北缘,夹于鄂尔多斯地块、青藏地块和阿拉善地块之间,是研究青藏高原隆升及其对周边地区影响的重要窗口^[9]。由于受到中-新生代印支运动、燕山运动和喜马拉雅运动的幕式隆升作用影响,六盘山地区地层序列保留不完整,仅出露下白垩统六盘山群、古近系固原群、中新统甘肃群和第四系地层,其中,六盘山群与固原群地层呈不整合接触;而奥陶系地层受局部断裂控制,呈现零星出露。

和尚铺剖面(图 3(a))自东向西依次出露白垩纪六盘山群三桥组、和尚铺组、李洼峡组、马东山组

表 1 六盘山国家公园候选区地质遗迹类型

Tab. 1 Types of geological relics in the candidate area of Liupan Mountain National Park

大类	类	亚类	地质遗迹点
基础地质	地层剖面	层型(典型剖面)	1. 西吉县火石寨三桥组剖面
			2. 泾源县和尚铺组地层剖面
	构造剖面	褶皱与变形	3. 固原市三营镇寺口子清水营组剖面
			4. 固原市三营镇寺口子组剖面
	重要化石产地	古植物化石产地	5. 泾源县秋千架中奥陶统三道沟组地层变形剖面
			6. 固原市三营镇寺口子六盘山群与固原群不整合剖面
	重要化石产地	古动物化石产地	7. 固原市三营镇寺口子剖面白垩系植物化石产地
			8. 西吉县火石寨剖面植物化石产地
	重要化石产地	古生物遗迹化石产地	9. 彭阳县石节子沟奥陶纪无脊椎动物化石产地
			10. 彭阳县新近纪哺乳动物化石产地
	地貌景观	岩土体地貌	碎屑岩地貌
12. 隆德县山河乡白垩纪鸟脚类恐龙足迹化石产地			
水体地貌		河流	13. 隆德县高阳村白垩纪蜥脚类恐龙足迹化石产地
			14. 隆德县北联池白垩纪蜥脚类恐龙足迹化石产地
构造地貌		峡谷(断层崖)	15. 泾源县香水镇白垩纪蜥脚类恐龙足迹化石产地
			16. 隆德县罗家峡白垩纪蜥脚类恐龙足迹化石产地
重要化石产地		黄土地貌	17. 西吉县火石寨丹霞地貌
			18. 彭阳县黄土丘陵
重要化石产地		湖泊、潭	19. 泾河
			20. 清水河
重要化石产地	泉	21. 葫芦河	
		22. 泾源县老龙潭	
重要化石产地	重要化石产地	23. 隆德县北联池	
		24. 泾源县楼房沟温泉	
重要化石产地	重要化石产地	25. 泾源县小南川峡谷	
		26. 泾源县胭脂峡	
重要化石产地	重要化石产地	27. 泾源县凉殿峡	
		28. 泾源县沙南峡	
重要化石产地	重要化石产地	29. 泾源县野荷谷	
		30. 泾源县六盘山森林公园凉殿峡山体滑坡	
地质灾害	地质灾害遗迹	滑坡	31. 泾源县沙南峡山体滑坡

地层^[26]。下白垩统泥岩挤压逆冲至新近系泥岩之上,显示六盘山东麓断裂在渐新世后发生强烈逆冲运动,反映了六盘山是渐新世以来形成的年轻山脉。秋千架剖面(图 3(b)~图 3(c))出露奥陶系三道沟组灰色薄层灰岩,其地层产状近直立,褶皱与挠曲较为发育,这些特征显示早古生界地层遭受强烈后期变形改造过程。因此,秋千架剖面是研究六盘山早古生代沉积历史的重要窗口,也是研究六盘山构造变形的重要剖面。须弥山清水营剖面(图 3(d))出露古近系清水营组地层,岩性为紫红色粉砂岩夹石膏层,沉积环境整体为辫状河三角洲-湖泊相。该地层与上覆彰恩堡组呈平行和角度不整合接触,反映了渐新世青藏高原的构造隆升作用已传递至六盘山地区。

3.2.2 重要化石产地 受近 E—W 向张力作用,六盘山地区在早白垩世发育连续、巨厚的河湖相沉积物,并保存了类型丰富的化石遗迹,包括植物化石、动物化石和遗迹化石。植物化石主要赋存于白垩纪和尚铺组粉砂岩、李洼峡组泥灰岩、马东山组泥页岩、乃家河组泥岩。其中,裸子植物以松柏纲松杉目为主,其次为买麻藤目、苏铁目及银杏目;蕨类植物为次要类群,反映了六盘山地区在早白垩世处于比较干热的气候环境中^[27-28]。动物化石中无脊椎动物化石,以介形类化石为主并富存于六盘山群各层系;脊椎动物化石中狼鳍鱼化石,富存于华亭市武村铺村王家沟李洼峡组泥质粉砂岩;哺乳动物化石多以碎片形式保存于新近系含砾粉砂质泥岩地层^[28-32]。遗迹化石主要包括鸟脚类、蜥脚类恐龙足迹,其中,

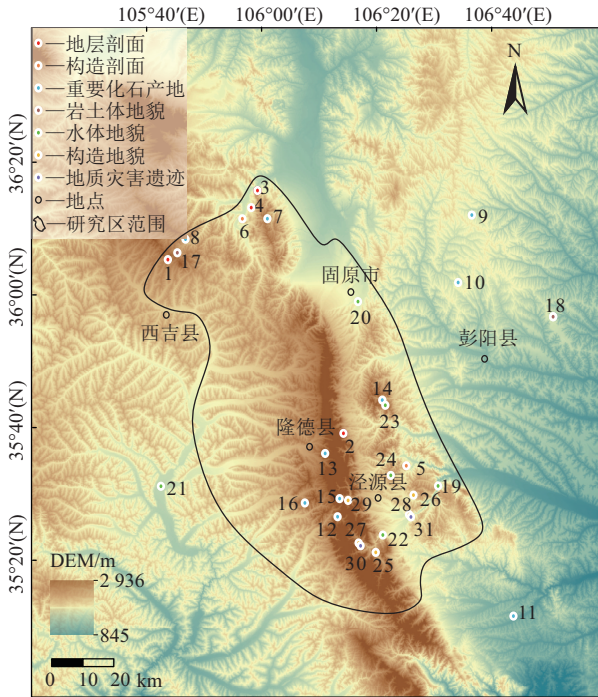
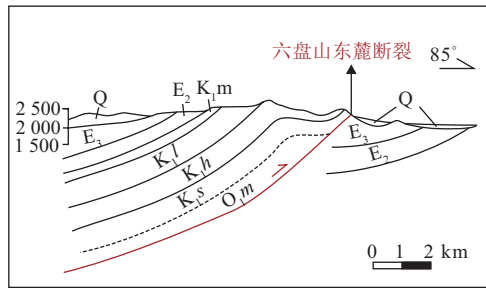


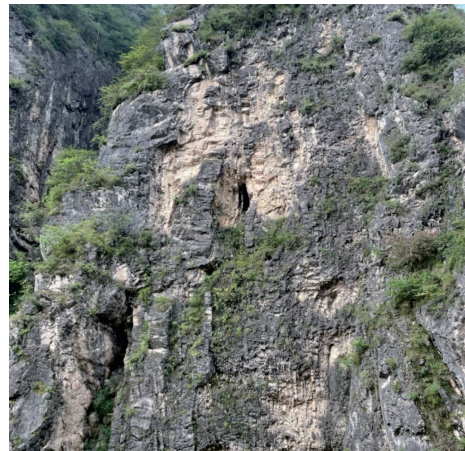
图 2 六盘山地区地质遗迹分布图
 Fig. 2 Distribution map of geological relics in the Liupan Mountain area

鸟脚类恐龙足迹(六盘山宁夏足印 *Ningxiapus liupanshanensis*), 分布于隆德县山河乡李洼峡组灰紫色细砂岩; 蜥脚类恐龙足迹广泛富集于隆德县罗家峡和尚铺组浅灰黄色钙质细砂岩、北联池灰绿色粉砂质泥岩、高阳村马东山组紫红色细砂岩及泾源县香水镇李洼峡组绿色细砂岩^[33]。

3.2.3 岩土体地貌 火石寨丹霞地貌构造上位于六盘山北段, 区内主要出露白垩系六盘山群红色碎屑岩, 以“顶平、身陡、麓缓”的典型丹霞地貌为特征(图 4), 海拔为 1 960~2 450 m, 是我国西北干旱区海拔最高的丹霞地貌群^[34]。六盘山丹霞地貌的形成始于白垩纪的红层沉积阶段。燕山运动 III 幕和喜马拉雅运动导致区域隆升, 形成了推覆构造和盆-山地貌格局; 同时, 岩层出露地表并受外动力地质作用侵蚀, 最终形成现今的火石寨丹霞地貌^[35]。另外, 降水在地面上形成径流, 沿着岩层的裂隙和节理流动, 对岩层不断侵蚀和切割, 最终形成各种奇特的地貌景观, 如垂直节理发育砂岩经风化侵蚀形成的擎天柱、水平凹槽和顺层洞穴的扫竹岭崖壁。



(a) 和尚铺地质剖面图^[26]



(b) 秋千架中奥陶统三道沟组薄层灰色灰岩



(c) 秋千架奥陶系地层周缘断裂发育情况



(d) 须弥山清水营组剖面

图 3 六盘山地区地质与构造剖面地质遗迹^[26]

Fig. 3 Geological relics of the geological and tectonic profile of the Liupan Mountains^[26]

3.2.4 水体与构造地貌 六盘山被誉为黄土高原的“天然水塔”, 是黄河水系内部不同支流的重要分水岭。六盘山东侧河流主要汇入泾河, 属渭河流域; 西侧河流则属黄河水系。其中, 葫芦河总体向南流, 清水河总体向北流, 二者呈现受构造控制的分异水系格局。

六盘山构造地貌主要受六盘山东麓与西麓断裂、小关山断裂及海原断裂带的活动控制, 表现为断层陡坎、线性山脊、构造谷地及不对称背斜的组合地貌。六盘山东、西两侧地貌起伏与河流基准面差异明显, 体现了新生代以来的差异性隆升特征, 是研究走滑-逆冲复合构造对地貌塑造作用的重要



(a) 火石寨丹霞地貌

(b) 丹霞地貌风化情况

图 4 火石寨丹霞地貌及其风化情况

Fig. 4 Danxia Landform of Huoshizhai and its weathering conditions

实例。六盘山峡谷群主要形成于晚白垩世-古新世,其地貌属性为构造侵蚀型峡谷,该类峡谷处于宁南弧形构造带的新构造运动活跃区。在喜马拉雅构造期区域应力场转换与山体整体抬升的共同驱动下,六盘山区内河流下切作用加剧,进而发育

成一系列深切峡谷(图 5(a)),主要包括小南川峡谷、凉殿峡、胭脂峡、野荷谷及沙南峡等。峡谷两侧主要出露下白垩统地层,岩性以泥岩、页岩与灰岩为主,整体构成了“构造控制—抬升加速—河流下切”的典型地貌演化范式。



(a) 泾源县沙南峡峡谷地貌景观

(b) 泾源县沙南峡滑坡地质灾害

(c) 泾源县凉殿峡山体滑坡致路基掏空,出露白垩系泥岩、粉砂岩地层

图 5 六盘山地区峡谷及滑坡地质遗迹

Fig. 5 Geological relics of the gorges in the Liupan Mountain area and landslides

3.2.5 地质灾害遗迹 地质灾害遗迹是六盘山国家公园候选区的重要地质遗迹类型之一,主要以滑坡、崩塌及其遗迹为主,并受白垩系红层软弱岩性、活动断裂及季风降水共同控制。六盘山主体由古近系、白垩系六盘山群等地层构成,其中,白垩系红层软泥易受差异风化和雨水侵蚀作用,并形成滑坡灾害敏感地层。六盘山区域发育包括海原断裂等具有左旋走滑与逆冲推覆特征的构造断裂,以及六盘山东麓、西麓断裂等多条伴有走滑特征的褶皱逆冲断裂。由于六盘山区内地形起伏较大、沟谷发育,受断裂构造影响的斜坡易发生失稳而滑动^[19,36]。此外,六盘山地区处于半干旱-半湿润过渡带,受东南季风影响,降水集中在 5—9 月,该时段内的降水量约占全年降水量的 70%^[37]。在岩性、断裂构造、地形地貌、降雨及地震等因素诱发下,夏季滑坡灾害易发育(图 5(b))。在六盘山凉殿峡、沙南峡等多地发生的滑坡灾害,已造成道路堵塞、路基掏空等

破坏(图 5(c)),不仅严重威胁道路通行安全,还导致土壤侵蚀、植被破坏、河流改道及形成堰塞湖等次生灾害,从而加剧了区域水土流失。因此,需重点关注该类灾害并采取有效防治措施。

4 讨论

4.1 构造地质学意义

六盘山长期处于特提斯构造域、太平洋构造域和古亚洲洋构造域的强烈影响区,其地球动力学背景复杂。中-新生代六盘山区位于东部扩张沉降区(鄂尔多斯-阿拉善地块)与西部挤压隆起区(祁连山-秦岭造山带)的交接地带,区域应力场经历多期演化转变。因此,六盘山区是研究中国大陆地块相互作用的关键区域。

六盘山区地层与构造剖面的沉积序列、岩性及构造特征显示,中-新生代以来,六盘山地区经历晚侏罗世、晚白垩世-古新世及新近纪末期 3 期构造挤

压抬升事件,最终形成六盘山逆冲推覆构造带。其中,新近纪末期六盘山区发生的两期构造隆升(~ 5 Ma, ~ 3.6 Ma)^[38]及两阶段构造应力变化(构造挤压应力由NE—SW向转变为近E—W向),与青藏高原东北缘隆升的构造扩展同步,反映了青藏高原可能是通过NE向地壳缩短和近E—W向地壳扩展的共同作用实现隆升。该隆起区的沉积学特征与构造特征,可作为青藏高原隆升事件的沉积响应与构造响应记录,对于构建大陆碰撞应变分配模式,阐明高原隆升机制有重要价值^[39]。

4.2 地层学与古生物学意义

白垩纪是地球演化史上非常重要的时期,发生了众多异常地质事件,如早白垩世 Aptian—Albian 期大洋缺氧事件1(OAE1)、全球高海平面事件等,同时,也是最典型的“温室地球”时期之一^[32,40-41]。白垩系是六盘山地区出露的主要地层,其中,六盘山群是发育完整且连续的早白垩世地层序列,并保留了丰富的动植物化石。区域内发现的恐龙足迹化石——六盘山宁夏足印(*Ningxiapus liupanshanensis*),填补了区域鸟脚类恐龙足迹化石记录的空白;狼鳍鱼化石显示,鱼类大规模缺氧死亡事件,可能是白垩纪 OAE1 缺氧事件在六盘山陆相地层的地质响应;孢粉组合特征显示,早白垩世晚期出现的气温升高纪与全球升温事件吻合^[27,32,42]。六盘山地层剖面及富存化石,对于白垩纪全球气候变化在陆相地层中的响应关系及当今全球变暖形成机制与未来演变研究具有重要价值。

4.3 地貌学意义

地貌层面,六盘山东麓与西麓断裂、小关山断裂等活动断裂,控制了隆升格局与河流体系的基准面调整,阶地-峡谷群是新构造抬升与河流下切耦合作用的直接证据^[43]。

丹霞地貌揭示了白垩系红层在干旱-半干旱区的差异性风化与片流侵蚀演化过程,并保留了自第四纪以来气候节律的烙印。另一方面,白垩系红层中软弱泥岩-粉砂岩层,在季风主控降水(5—9月)与构造活动叠加条件下表现出高滑坡敏感性,即在凉殿峡、沙南峡等处可见滑坡体导致的路基掏空、道路堵塞等破坏现象。因而,六盘山的地貌组合,不仅指示了高原扩展效应的空间衰减与构造-外营力协同演化过程,也为区域地质灾害风险识别与工程防控提供了可量化的地貌证据。

4.4 国家公园意义

地质遗迹是国家公园“原真性与完整性”的核心载体。对六盘山国家公园候选区开展谱系化识

别(7类,31处遗迹点)与空间格局刻画,不仅支撑功能分区-分级管控-科普解说的“一体化设计”,也能与现有的火石寨地质公园、自然保护区建立协同网络,形成“保护-科研-教育-游憩”的多目标优化格局。同时,该区在黄河流域生态保护与高质量发展框架中也具有“地学底座”的基础作用^[44]。六盘山地质遗迹资源是自然生态系统不可或缺的载体,其地质构成、构造行迹和地貌景观直接影响区域水文环境与生物多样性。

对六盘山地质遗迹资源的类型和分布进行研究,不仅充分挖掘了其地学科学价值和美学价值,还将六盘山地质遗迹纳入六盘山国家公园保护规划体系,进而建设生态补偿机制,推进地学旅游开发。建议在后续规划中引入遗迹敏感性、脆弱性与游憩承载力三维指标,叠加活动断裂、降雨集中度与岩性弱面三类触发因子,建立动态监测与分区管理机制,以实现保护与利用的平衡,从而为六盘山国家公园申报提供理论支撑,并进一步优化保护管理体系,提升保护效能,促进区域经济发展。

5 结论

1)六盘山国家公园候选区地质遗迹资源丰富,文中依据 DZ/T 0303—2017 规范,建立六盘山国家公园候选区地质遗迹的谱系化清单与空间格局,将其归纳为基础地质、地貌景观、地质灾害3大类7类,共31处。各类型之间具有互证性:地层与构造剖面刻画了构造体制转换过程;化石与遗迹化石承载着古环境、古生态信息;丹霞、峡谷、阶地与滑坡地貌记录了外营力与新构造运动的协同演化过程。

2)六盘山群地层连续且巨厚,保存了宁夏足迹化石、介形类化石与狼鳍鱼化石等多类型化石,反映了大洋缺氧事件1(OAE1)的陆相响应及早白垩世晚期增温事件。这些地质记录为连接“全球气候-海平面变化”与“内陆沉积-生态系统响应”提供了关键锚点。

3)火石寨丹霞等岩土体地貌与小南川、凉殿峡、沙南峡等构造侵蚀型峡谷,反映了新构造抬升与河流下切的耦合作用;白垩系红层软弱结构面在集中降水与活动断裂的叠加作用下,呈现高滑坡敏感性,这些对后续公园道路与设施选址具有重要意义。

4)作为自然生态系统的重要载体,六盘山地质遗迹对国家公园申请和保护规划具有重要意义。研究、保护和合理利用这些地质遗迹,不仅可为六

盘山国家公园未来保护区和功能区的规划提供参考,也为科学研究和公众教育提供了宝贵资源,进而提升国家公园的吸引力和影响力,从而促进黄河流域生态保护和区域可持续、高质量发展。

参考文献:

- [1] 国务院. 国务院关于国家公园空间布局方案的批复[EB/OL]. (2022-09-17)[2025-11-19]. https://www.mee.gov.cn/zcwj/gwywj/202211/t20221108_1002786.shtml.
- [2] ZHAO Xiaochen, LIU Chiyang, WANG Jiaqiang, et al. Provenance analyses of lower cretaceous strata in the Liupanshan Basin: From paleocurrents indicators, conglomerate clast compositions, and zircon U-Pb geochronology [J]. *Journal of Earth Science*, 2020, 31: 757-771.
- [3] HE Zhilin, QIAO Yansong, GUO Zhengtang, et al. Late Cenozoic uplift of the Liupan Mountains: Evidence from the Neogene loess deposits [J]. *Science China Earth Sciences*, 2024, 67: 1480-1488.
- [4] 黄国勤. 国家公园的内涵与基本特征[J]. *生态科学*, 2021, 40(3): 253-258.
- [5] 毛静雯, 梁永亮, 李江海, 等. 贺兰山国家公园候选区典型地质遗迹及其演化历史[J]. *宁夏大学学报(自然科学版中英文)*, 2026, 47(1): 79-89.
- [6] 吕昭英, 薛桂澄, 何玉生, 等. 海南热带雨林国家公园重要地质遗迹特征及综合评价[J]. *地质论评*, 2024, 70(1): 383-398.
- [7] 彭恒, 刘显阳, 刘池洋, 等. 鄂尔多斯盆地西南缘中生代中晚期构造体制转化过程及其动力学背景[J]. *地质学报*, 2022, 96(2): 387-402.
- [8] 张天兵, 彭恒, 陈江萌, 等. 六盘山盆地固原凹陷构造-热演化史及油气地质意义[J]. *断块油气田*, 2022, 29(3): 337-343.
- [9] LI Wei, DONG Yunpeng, GUO Anlin, et al. Chronology and tectonic significance of Cenozoic faults in the Liupanshan Arcuate Tectonic Belt at the northeastern margin of the Qinghai-Tibet Plateau [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2013, 73: 103-113.
- [10] PENG Heng, WANG Jianqiang, LIU Chiyang, et al. Thermochronological constraints on the Meso-Cenozoic tectonic evolution of the Haiyuan-Liupanshan region, northeastern Tibetan Plateau [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2019, 183: 103966. DOI: 10.1016/j.jseaes.2019.103966.
- [11] 王建伟, 刘俊民, 张义平, 等. 六盘山盆地构造变形分析: 来自地震剖面的约束[J]. *地质通报*, 2024, 43(11): 1937-1949.
- [12] 吕萌. 六盘山地区中新世沉积及构造特征研究[D]. 成都: 西南石油大学, 2014.
- [13] 杜方, 闻学泽, 冯建刚, 等. 六盘山断裂带的地震构造特征与强震危险背景[J]. *地球物理学报*, 2018, 61(2): 545-559.
- [14] 付国斌, 李兴亮. 六盘山盆地中新世沉积地层[J]. *新疆石油学院学报*, 2002, 14(2): 24-27.
- [15] 钟福平, 钟建华, 由伟丰, 等. 六盘山地区下白垩统六盘山群乃家河组核形石形成的环境意义[J]. *岩石矿物学杂志*, 2010, 29(2): 206-212.
- [16] ZHOU Shuhong, HU Caibo, ZHANG Kaijun, et al. Tectonic evolution of the Liupan Shan fold-and-thrust belt, NE Tibetan Plateau during the late Cenozoic: Numerical simulations [J]. *Geophysical Journal International*, 2022, 231(3): 1604-1617.
- [17] 陈国明, 覃焕图, 黄兴富, 等. 六盘山地区新生代构造演化: 来自锆石和磷灰石裂变径迹的证据[J]. *地球物理学报*, 2024, 67(3): 1147-1168.
- [18] 向宏发, 魏顺民, 张秉良, 等. 六盘山东麓活动逆断裂构造带晚第四纪以来的活动特征[J]. *地震地质*, 1998, 20(4): 321-327.
- [19] 李文辉, 高锐, 王海燕, 等. 六盘山断裂带及其邻区地壳结构[J]. *地球物理学报*, 2017, 60(6): 2265-2278.
- [20] 侯旭波, 崔红庄, 张曰静, 等. 六盘山盆地中-新生代构造样式及盆地演化[J]. *地球科学前沿*, 2022, 12(6): 784-794.
- [21] DARBY B J, RITTS B D. Mesozoic contractional deformation in the middle of the Asian tectonic collage: The intraplate Western Ordos fold-thrust belt, China [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2002, 205: 13-24.
- [22] 施炜, 张岳桥, 马寅生, 等. 六盘山盆地形成和改造历史及构造应力场演化[J]. *中国地质*, 2006, 33(5): 1066-1074.
- [23] 胡鸿飞, 戴霜. 六盘山地区早白垩世磁性地层年代及其构造意义[J]. *现代地质*, 2013, 27(2): 278-287.
- [24] YU Qiang, REN Zhanli, LI Rongxi, et al. Cooling history of the southwestern Ordos Basin (northern China) since Late Jurassic: Insights from thermochronology and geothermometry [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2021, 219: 104895. DOI: 10.1016/j.jseaes.2021.104895.
- [25] 董颖, 曹晓娟, 翟刚毅, 等. DZ/T 0303-2017 地质遗迹调查规范[S]. 北京: 标准出版社, 2017.
- [26] 王师迪. 青藏高原东北缘六盘山-宝鸡断裂带晚新生代构造变形特征[D]. 西安: 西北大学, 2018.
- [27] 张明震, 戴霜, 张永全, 等. 六盘山地区寺口子剖面早白垩世晚期的孢粉组合及其环境意义[J]. *干旱区地理*, 2012, 35(1): 99-108.
- [28] DU Baoxia, LEI Xiangtong, ZHANG Mingzhen, et al. Late Early Cretaceous climate and pCO_2 estimates in the Liupanshan Basin, Northwest China [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2018, 503: 26-39.
- [29] 齐骅. 宁夏固原六盘山群下部的介形类化石[C]//中国地质科学院地层古生物论文集编委会. 地层古生物论文集(18). 北京: 地质出版社, 1987: 117-146.
- [30] 齐骅. 宁夏固原六盘山群上部的介形类化石[J]. 中国地质科学院地层古生物论文集编委会. 地层古生物论文集(18). 北京: 地质出版社, 1987: 117-146.

- 物论文集(20). 1988(4):85-137.
- [31] 赵亚. 宁夏六盘山地区地质遗迹特征、成因及评价研究[D]. 西安:长安大学, 2019.
- [32] 梁积伟,常小斌,陶文星,等. 六盘山白垩纪狼鳍鱼化石的埋藏学及其古气候、古环境意义[J]. 地球科学, 2024,49(1):189-208.
- [33] 杨卿,吕君昌,王金敏,等. 宁夏六盘山地区早白垩世恐龙足迹研究[J]. 地球学报, 2019,40(3):483-491.
- [34] 陈伟,张天文,何立军,等. 宁夏火石寨岩石岩性特征及其对丹霞地貌形成的影响[J]. 地质学刊, 2022,46(4):375-380.
- [35] 刘峥,张宇,李红霞,等. 宁夏西吉火石寨丹霞地貌地质遗迹的形成及其评价[J]. 宁夏工程技术, 2007,6(3):274-276.
- [36] 王高峰,高幼龙,王洪德,等. 基于图幅调查的六盘山镇滑坡易发性分析[J]. 科学技术与工程, 2017,17(36):22-29.
- [37] 杨文海,景博,杨志莲,等. 宁夏六盘山区汛期不同等级降水变化特征及其贡献度分析[J]. 陕西气象, 2024(5):38-44.
- [38] 宋友桂,方小敏,李吉均,等. 晚新生代六盘山隆升过程初探[J]. 中国科学 D 辑:地球科学, 2001,31(增1):142-148.
- [39] 伊海生,王成善,李亚林,等. 构造事件的沉积响应——建立青藏高原大陆碰撞、隆升过程时空坐标的设想和方法[J]. 沉积与特提斯地质, 2001(2):1-15.
- [40] STOLL H M, SCHRAG D P. Evidence for glacial control of rapid sea level changes in the Early Cretaceous[J]. Science, 1996, 272(5269): 1771-1774.
- [41] HAQ B U. Cretaceous eustasy revisited[J]. Global and Planetary Change, 2014, 113: 44-58.
- [42] 宗立一,吕君昌,温万成,等. 宁夏恐龙足迹的发现及其意义[J]. 世界地质, 2013,32(3):427-436.
- [43] 李小强,任金卫,杨攀新,等. 六盘山东西两侧第四纪以来构造差异隆升速率递变性[J]. 第四纪研究, 2015,35(2):445-452.
- [44] 新华社. 中共中央办公厅 国务院办公厅印发《建立国家公园体制总体方案》[EB/OL]. (2017-09-27) [2025-11-10]. https://www.mee.gov.cn/zcwj/zyygwj/201709/t20170927_422371.shtml.

Geological Relics and Their Geological Significance in the Candidate Area of Liupan Mountain National Park

LI Haichen^{1,2}, LI Jianghai^{1,2*}, XIE Zhongjun³, LI Runnan³, YAN Rui^{1,2}, YANG Haokun^{1,2}

(1. Key Laboratory of Orogenic Belts and Crustal Evolution, Ministry of Education, Beijing 100871, China;

2. School of Earth and Space Sciences, Peking University, Beijing 100871, China;

3. State Forestry Planning and Design Institute, Beijing 100010, China)

Abstract: Liupan Mountain is located in the Loess Plateau area in the southern part of Ningxia and has undergone complex tectonic evolution and surface processes since the Triassic period. It is an important area for studying the uplift of the Tibetan Plateau and its impact on surrounding areas. Based on field geological surveys and research findings, and in accordance with DZ/T 0303-2017, a classification and screening of geological relics was conducted, identifying a total of 31 geological relic points. These encompass seven categories: stratigraphic profiles, structural profiles, fossil sites, geomorphology of rock and soil bodies, water body geomorphology, structural geomorphology, and geological disaster relics. The results demonstrate that the geological relics in the candidate area of Liupan Mountain National Park record the sedimentary-tectonic response process of the northeastern edge of the Tibetan Plateau's tectonic expansion on a regional scale; on a global scale, they can be compared with terrestrial sedimentary responses during the Cretaceous greenhouse period (such as OAE1), the evolution of the frontal thrust-slip composite tectonic belt, and the red bed Danxia landforms in arid and semi-arid regions. The stratigraphic and structural profiles provide examples of strain distribution processes during continental collision, while fossils and fossil relics provide evidence for terrestrial responses to climatic anomalies during the Cretaceous period. The combination of Danxia-gorge-landslide geomorphology reflects the coupling mechanism of tectonic uplift and external forces. The study, protection, and rational utilization of these geological relics can provide important support for the planning, protection, and sustainable development of Liupan Mountain National Park, as well as for regional ecological protection and economic coordinated development.

Key words: Liupan Mountain; geological relics; national park; geological significance

(责任编辑 高继红)