

陕西陈仓九龙山地质公园丹霞地貌 类型及形成机制研究^①

杨望瞰^{1,3}, 靳 雪¹, 张 阳², 曾诗晴³

1. 长安大学 经济与管理学院, 西安 710061; 2. 西安航空学院 经济管理学院, 西安 710067;
3. 长安大学 地球科学与资源学院, 西安 710054

摘要: 陕西陈仓九龙山地区是鄂尔多斯盆地西南缘丹霞地貌分界的关键地带, 系统完整地保留了丹霞地貌形成演化过程。通过对地质公园丹霞地貌野外调查和系统研究, 发现该地区丹霞地貌类型多样齐全, 发育序列完整, 各期丹霞地貌景观均有发育, 以壮年期丹霞地貌为主体。本文采用定性与定量相结合, 依据丹霞地貌景观的评定体系和评定方法, 对地质公园的丹霞地貌类型进行划分与评价。结果表明: 地质公园丹霞地貌类型、规模在全国具有典型意义。同时以现代地貌学发展的最新理论为指导, 对九龙山丹霞地貌形成机制进行系统研究, 为探讨鄂尔多斯盆地西南缘构造沉积特征, 鄂尔多斯盆地与秦岭造山带的盆山关系提供依据。

关键词: 陈仓九龙山; 丹霞地貌; 形成机制; 地质意义

中图分类号: P512; F590.7

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2020)09-0088-07

丹霞地貌分类是根据物质基础、岩层产状、主导动力、地貌形态、发育阶段进行划分^[1-2], 而丹霞地貌发育内在机理则是将丹霞地貌发育划分为 4 个进程, 即幼年期、壮年期、老年期以及“回春期”, 前人总结了该类地貌坡面发育规律^[3-4], 之后的研究在原有发育阶段划分标准的基础上将丹霞地貌发育进一步划分为 6 个阶段的侵蚀旋回^[5-6]。在丹霞地貌空间分异方面, 依据中国丹霞地貌所处气候带和成因差异, 对比研究中国丹霞地貌南北方的景观差异^[7]。将中国丹霞地貌的空间分布划分成东南、西南和西北三大区域。从 3 区的内外动力作用, 分析了不同区域丹霞地貌的景观差异性以及形成机理和发育过程^[8]。

陕西陈仓九龙山是以丹霞地貌为主体, 兼有构造地貌的地质公园, 是国内以壮年期丹霞地貌为主体, 发育序列完整, 有幼年期、壮年期和老年期各期丹霞地貌景观的地区。丹霞地貌类型多样齐全, 地貌景观集“多、奇、特”于一身, 碧水丹崖相依, 并将丹霞地貌景观、道教文化与佛教文化完美融合。地质公园位于秦岭—祁连山纬向造山带与贺兰山—六盘山径向构造带交汇地带, 在大地构造上该区位于华北地台偏西部, 贺兰山—六盘山内陆造山带偏南段。研究区属六盘山山地东列小关山地带, 处于鄂尔多斯盆地与六盘山过渡地带, 公园独特的地质构造环境, 对丹霞地貌的形成发展起着重要的控制作用, 对深入研究和正确认识公园区地形地貌的发生、发展与演化具有极为重要的意义。因此, 本文试图运用现代地貌学发展的最新理论^[9], 研究陈仓九龙山地质公园丹霞地貌类型及景观组合, 进而深入了解该地区丹霞地貌的内在形成机制。

① 收稿日期: 2019-07-03

基金项目: 陕西省教育厅科技项目(2050205); 中国地质环境监测院“全国重要地质遗迹调查”项目; 长安大学中央高校基本科研业务费专项基金项目(310827161017, 310823170433)。

作者简介: 杨望瞰(1977—), 男, 副教授, 主要从事旅游地质及地质遗迹保护研究。

1 材料与研究方法

1.1 研究区概况

陕西陈仓九龙山地质公园地处我国大陆槽—秦岭北麓、陇山支脉、黄土高原和渭河地堑交吻区。公园内峡谷纵横,水系发达,海拔在 950~1 400 m 之间,平均海拔 1 070 m。公园区南、北、西 3 面环山,中部低凹向东敞开,西高东低。

研究区丹霞地貌的形成受控于鄂尔多斯盆地西南缘的地层、岩性及构造演化特性。因此,以鄂尔多斯盆地西南缘为载体,研究中新生代以来该地区的地质构造演化特征对于认识九龙山丹霞地貌的形成过程具有决定性的作用。同时,根据现存丹霞地貌形态、地层岩性及构造等特征也可反映该区域沉积、构造演化的过程。

研究区丹霞地貌的成景地层以白垩纪六盘山群三桥组(K_1s)地层和坪头砾岩(在固川—坪头—城隍庙一带出现一套细砾(中砾)花岗质砾岩,其岩性明显区别于三桥组复成分砾岩,本文采用非正式地层单位)为主,主要分布于坪头—城隍庙及香泉一带中生代断陷盆地中,总体上呈斜“V”字形。研究区白垩世红色岩系分布广泛,出露良好,层序清楚,特征明显。

三桥组(K_1s)地层为一套灰紫色复成份砾岩,局部夹砂岩,砾石成分相似,都由花岗岩、片麻岩、片岩等组成,具体差异是由物源供给不同所致。岩石具砾状结构,块状构造。砾石大小不一,砾径 2~4 mm,个别可达 30 cm×50 cm。砾石多呈次棱角状及次圆状,具有一定的分选性,砾石含量 70%以上,胶结物以砂质为主,含少量泥质。

坪头砾岩(Pcg)呈近东西向的狭长带状分布,地层倾向北,主要为山麓相沉积的砾岩、砂岩,砾岩多呈厚层状—块状,沉积韵律、旋回发育,砂岩多呈薄层状,地层中未见化石。主要岩性有花岗质细砾岩、花岗质中砾岩、含砾粉砂岩、局部夹薄层砾粗砂岩、泥质粉砂岩等。

研究区内以晚白垩世紫红色碎屑岩沉积为主,沉积相主要为河湖相和冲洪积相。三桥组与坪头砾岩属同一沉积环境产物,都是一套山麓相沉积物。沉积韵律底部常见冲刷面,冲洪积相砾石成分复杂,杂乱成层分布,并在韵律中、下部发育成大型板状交错层理,且交错层理规模及数量大。

具体特征表现为:①三桥组砾岩呈灰紫色、坪头砾岩呈紫红色,且均未发现化石,说明两者均形成干热氧化环境;②两者砾石多呈棱角状—次棱角状、次圆状,分选差,说明沉积物搬运距离短,几乎原地堆积;③基本层序具有一致性,均为山前洪冲积物特征。

1.2 数据来源

通过遥感影像解译和野外调查验证,查明陕西陈仓九龙山地质公园地区丹霞地貌的分布状态,以学科融合的理念为指导进行综合研究,采取野外考察和文献研读相结合的方法总结丹霞地貌特征。对陕西陈仓九龙山地区遥感影像 ETM(Enhanced Thematic Mapper)数据进行解译,寻找典型丹霞地貌影像解译标志,确定丹霞地貌集中发育区,对依据解译结果识别的这些集中区域进行野外验证,查明丹霞地貌景观特征和类型并对其进行定量评价。

1.3 研究方法

丹霞地貌景观是在漫长的地质历史演化过程中形成、发展,并遗留下来的不可再生的自然资源,具有重要的科学研究和旅游开发价值。因此,需要准确地进行地质遗迹资源评价,以便科学合理地保护和开发利用。

为了对丹霞地貌景观有一个客观科学的评价,本次研究根据《中国国家地质公园建设技术要求和 Work 指南(试行)》,参考国家旅游局颁布的《旅游资源分类、调查与评价 GB/T 18972—2003》,结合《中国推荐世界地质公园的评审程序和标准》《国家地质公园概述》《初论地质遗迹景观调查与评价》所述方案,将丹霞地貌

景观资源评价准则分为景观资源价值和景观环境条件两部份共 8 项指标^[10](表 1).

构成丹霞地貌景观必须具有科学价值、美学价值和稀有性 3 项基本条件,所以在地质遗迹景观评价中不仅是必须的指标,而且占的权重也大,分别是 25%,15%和 12%,共计占有 52%的权重.

根据《中国国家地质公园建设技术要求和指南(试行)》的原则,参考旅游资源的分级标准,本次研究将丹霞地貌景观资源分为 5 级:世界级丹霞地貌景观 ≥ 90 分、国家级丹霞地貌景观 80~89 分、省级丹霞地貌景观 70~79 分及地市级丹霞地貌景观 ≤ 69 .

表 1 丹霞地貌景观评价指标及权重

目标层	准则层	权重/%	指标层	权重/%
丹霞地貌景观 资源定量评价	景观资源价值	70	科学价值	25
			美学价值	15
			稀有性	12
			自然完整性	10
			历史文化价值	8
	景观环境条件	30	环境优美性	15
			观赏可达性	8
			安全性	7

2 结果与分析

2.1 遥感解译结果分析

陕西陈仓九龙山地质公园遥感影像解译的彩色图像呈现出红—粉红色斑块状特征,较易分辨,连片分布,发现有圆丘状、脑状、栅栏状和斑块状 4 种影纹;以圆丘状影纹出现最多,且每个单片区域面积相对较大,反映出这一地区多发育石寨、石峰丹霞地貌类型;条块状影纹很少发现,反映出这里峡谷不发育,说明其断裂不发育,丹霞地貌的后期改造主要动力来源于河流的侵蚀作用,这也解释了在古河流阶地上崖壁底部发育有洞穴. 研究区南部地带,遥感影像呈现出粉红色脑状影纹,对应的丹霞地貌以石峰为特征;在研究区西北,遥感影像成网格状,影纹突出,主要丹霞地貌以峰林、石墙、石壁为主要特征. 对陈仓九龙山丹霞地貌区遥感解译图像仔细分析,圈划出 12 处丹霞地貌集中发育地点.

2.2 定量评价结果分析

根据表 1 的评价标准,结合九龙山丹霞地貌景观的实际状况,经过专家打分统计后,结合相应权重得出评价结果如表 2 所示.

从表 2 可以看出,九龙山丹霞地貌从宏观的丹霞石梁、丹霞峰丛、丹霞峰丘、丹霞孤峰,到微观的石寨、石墙、石巷、石柱、石洞等单体,地貌类型发育齐全,且典型、多样、完整,把形成其自身形态的各种地质作用表现得淋漓尽致. 根据表 1 所建立的丹霞地貌价值评价体系,采取分项计分法得到九龙山丹霞地貌评价结果,表明公园内有丹霞崖壁、方山、峰林、峰丛及嶂谷 5 类国家级地质遗迹景观,6 类省级地质遗迹景观^[11]. 由于景观呈组合状态,公园内丹霞地貌旅游价值很高.

近年来,我国建立的国家级丹霞地貌地质公园有数十个,与这些相同性质的丹霞地貌发育区相比,九龙山丹霞地貌无论从地貌形态及成景地层上,还是在景观价值和科学价值等方面都具有典型性,这一特殊地区丹霞地貌地质遗迹的形成,经历了漫长的地质时代,丹霞地貌成景地层系统而完整地记录了区域地壳运动史、沉积建造史和环境变迁史.

表 2 陕西陈仓九龙山丹霞地貌景观类型与价值评价等级表

成因类型	形态类型	指标依据	特 征	得分	等级
水流冲刷侵蚀型	崖壁	坡度 $>60^{\circ}$, 高度 $>10\text{ m}$ 的陡崖坡	直立陡崖, 可因岩性差异呈层状组合, 壁上多顺层凹凸和竖向流水侵蚀槽	83	国家级
	方山	近平顶, 四面陡坡, 长: 宽 $<2:1$	岩层近水平, 山顶平缓, 四壁陡立, 呈城堡状、宫殿式丹霞地貌	85	国家级
	石墙	长: 宽 $>2:1$, 长度大于宽度	山块顺断裂构造线延伸, 呈薄墙状, 低缓者呈石梁	75	省级
	石柱	孤立石柱, 高度 $>$ 直径	方形或圆形孤立石柱, 低矮者可称石墩	65	地市级
	石峰	有大面积裸露岩石, 锥状的陡坡山峰	四面陡坡, 局部有陡崖, 但山顶面不发育, 呈锥状山峰	76	省级
	峰林	相对集中分布但根部不相连的石柱组合而成	单个石柱呈方形或圆形, 四周陡壁, 成群分布而成树林状称为峰林	81	国家级
	峰丛	由相连的石峰组成	单个石峰四面陡坡, 局部陡崖, 山顶面不发育, 呈锥状山峰, 根部或腰部相连成树丛状称峰丛	88	国家级
	猪背山	山体地层产状倾角 $40-60^{\circ}$	与岩层走向平行的大裂隙发育, 山体被侵蚀, 雄浑险峻的“猪背脊”状地貌形态	75	省级
	嶂谷	为谷深 $>10\text{ m}$, 谷宽 $<1\sim20\text{ m}$ 的深谷	两侧谷壁(崖壁)垂直或同斜、谷形呈“V”型或“U”型, 谷底平坦或起伏	86	国家级
	河泉瀑		丹霞地貌地区现代水流所流经的河流、水流突然跌落而成的瀑布及在底部冲刷形成的深潭, 地下水沿断裂或裂隙流出地表处形成的泉	64	地市级
	岩槽	长形崖槽, 宽: 高 $\geq 10:1$	岩壁上顺软岩层或垂直崖壁延伸较长(宽)的崖槽, 深度不等	73	省级
	水蚀洞穴		在陡峭的崖壁上, 易侵蚀的软弱岩层往往被水流冲刷侵蚀成洞穴	71	省级
溶蚀风化型	蜂窝状洞穴	崖壁上密集分布众多的洞穴、坑形似蜂窝状	红色砂砾岩或砾岩的砾石, 因胶结物被溶蚀或侵蚀脱落而成	79	省级

2.3 形成机制分析

2.3.1 岩性对丹霞地貌发育的基础作用

九龙山地区岩性及成分相对单一, 岩性以砾岩及含砾粗砂岩为主, 中砂岩和细砂岩少量存在; 岩石成分以花岗岩、变质岩及片岩占绝对比例. 填隙物为砂质胶结、基底式胶结.

陈仓九龙山丹霞地貌的砾岩质地坚硬, 抗风化能力高; 而由砂岩及粉砂岩构成的岩体易风化. 因此, 该地区岩层软硬互层的岩性对丹霞地貌各类景观的形成具有基础性作用.

1) 九龙山地区丹霞地貌成景地层以砾岩为主, 依据岩石标本鉴定结果, 砾岩中的石英碎屑平均含量超过 60%, 砂质胶结, 抗风化能力较强. 以上因素共同决定并形成了九龙山丹霞地貌成景主体.

2) 九龙山地区丹霞地貌成景地层中产生风化作用明显是夹层砂岩和粉砂岩, 其胶结物成分多为钙质. 因此, 砂岩处易风化剥落造成该处崖壁的后退或形成凹槽, 如灵宝峡大型扁平凹槽.

3) 由于九龙山地区三桥组、坪头砾岩地层以砾岩、砂砾岩、含砾砂岩夹粉砂岩为主, 岩性差异风化导致岩层大规模崩塌, 形成带状的突起或凹坑, 岩性坚硬的砾岩和砂砾岩形成突起, 大的突起可形成平台. 岩性松软的砂岩及粉砂岩形成凹坑, 凹坑可进一步发育成为岩槽及岩洞.

2.3.2 构造隆升对丹霞地貌发育的关键作用

在红层盆地沉积及后期的地质演化中, 地壳运动以差异升降为主, 区域夷平面是揭示区内构造运动过程和序次的关键证据, 受六盘山造山运动间歇性抬升影响, 纵观整个九龙山丹霞地貌区域, 从坡面形态看, 存在 3 级明显的剥蚀台面, 整体上形成了多级顶平(斜)一身陡一麓缓的坡面发育过程^[12].

从野外调查及对地形图的判读可获得九龙山顶面海拔分布的详细信息. 九龙山山麓现存 3 级剥蚀面,

其中 1 级剥蚀面海拔为 1 323 m, 2 级剥蚀面海拔为 1 038 m, 3 级剥蚀面海拔为 970~920 m.

以上 3 个不同的山顶面高度等级代表了陈仓九龙山地区存在 3 次主要构造运动, 形成了 3 级剥夷面. 古夷平面和河流阶地, 说明本区新构造运动较强烈, 并以差异性、间歇性隆升为特点, 是造就本区丹霞地貌的内动力条件之一.

另外, 随着构造抬升、地形相对高差进一步扩大, 为地表水进一步侵蚀及丹霞地貌造貌能力提供了较高的位能条件, 使得水流的下蚀能力进一步加强, 被侵蚀、切割成一系列的峰丛、峰林、石寨、石梁等.

2.3.3 断层和节理对丹霞地貌发育的节点作用

实地调查发现, 控制九龙山地区丹霞地貌发育与六盘山及渭河断陷带密切相关. 此外, 该区还受到众多次一级的断裂构造影响. 调查还发现, 该区域在后期构造抬升中不仅产生上述众多断裂; 新生代以来, 在构造抬升中经历了节理发育阶段, 发育较好的节理有 3 组: NNE 20°—25°走向, 倾向 NW 或 SE, 倾角近于直立, 表现为压扭性特征; NEE 70°—80°走向, 倾向 NNW 或 SSE, 倾角 80°以上, 表现为压扭性特征; NW 330°—345°走向, 倾向 NE 或 SW, 倾角近直立. 节理的产生加速了对岩体的切割, 以及岩体被切割后的崩塌, 从一线天→巷谷→峡谷的丹霞地貌发育过程为垂直节理, 该节理剖面切割深度较大, 并且在平面及剖面延伸均比较稳定.

上述节理带的分布对九龙山丹霞地貌的发育有重要的控制作用, 因此九龙山丹霞地貌围谷、方山、谷地的分布受这些节理分割的影响. 后期随着盆地抬升, 原来完整的厚层砂砾岩受这几组垂直节理的分割, 形成方山、围谷和峰丛等地貌形态. 从节理切割深度看, 表明九龙山地区主体仍属丹霞地貌发育壮年早期阶段.

2.3.4 风化崩塌和围谷及崖壁的发育过程

崩塌是丹霞地貌形成的重要过程, 沿着上述断层和节理带, 陈仓九龙山崩塌现象多处可见. 九龙山地区丹霞崖壁较多而且壮观, 崖壁的形成主要与丹霞红层沿节理带的崩塌有关, 而崖壁崩塌与丹霞谷地形成共生关系. 九龙山众多围谷中现存的多处崩积物便是例证, 这些均说明九龙山围谷和丹霞崖壁都是在丹霞岩层沿节理带不断崩塌后退前提下形成的.

2.3.5 风化侵蚀及崩塌作用对丹霞地貌发育的影响

裂隙、节理、岩性差异和风化作用使山体不断改变; 长时期的炎热气温、充沛雨量及较高水流落差, 决定了该区的风化作用以物理风化为主, 化学风化、生物风化为辅; 以流水侵蚀作用为主, 化学溶蚀为辅; 流水作用和风力作用相交合的内、外营力条件, 形成了以流水冲刷侵蚀、重力崩塌、流水和风力风化剥蚀等物理风化侵蚀为主的丹霞地貌. 该动力条件是丹霞地貌形成的主要动力, 并且目前它仍在不断地塑造和改造着已经形成的丹霞地貌景观.

3 科学意义及演化总结

3.1 地质演化

研究区内造山带与陆块边缘两大构造单元虽然相邻, 但地壳组成及结构却迥然不同, 分别经过了不同的地质构造演化历史. 它们早期可能相距较远, 晚期某一时期由于板块对接碰撞, 拼合而成目前状态. 因此, 它们的地质发展演化既相互区别, 又相互联系. 总体而言, 属典型的复合型大陆造山带, 具有长期的演化历史. 不同地质时期以不同的构造体制演化, 经历了反复裂陷、裂离与增生, 并非已有的造山带模式所能简单概括, 要从四维(三维空间+时间)角度来分析其地壳组成与结构, 探讨其形成与演化的规律.

该区域地质历史发展, 实际上是裂陷作用与造山作用演化的历史, 即造山带开与合的历史. 裂陷作用与造山过程虽相互矛盾, 但却相辅相成. 裂陷作用生成海槽, 接受沉积, 随后发生海槽的闭合与褶皱造山, 完成某一时期内完整的造山过程. 研究表明, 该区域大致经历了 5 个造山阶段: ①中元古代陆缘裂陷—晋宁期碰撞造山作用; ②新元古—早古生代陆内裂陷—加里东期俯冲造山作用; ③圆晚古生代华力西期陆内造山作用(碰撞期后造山作用); ④中生代早期(印支期)双向挤压—右行扭动造山作用; ⑤中生代晚期—新生代(燕山—喜山期)大陆壳内断陷作用与陆内块断造山作用.

3.2 发育过程总结

基于对陈仓九龙山丹霞地貌形成机制的深入研究,需要对九龙山丹霞地貌发育过程进行总结与讨论。

1) 九龙山丹霞地貌发育经历了鄂尔多斯盆地的形成、沉积的构造抬升、裂隙节理的发育、崩塌作用导致围谷、峰丛及崖壁发育、基岩差异风化导致的崩塌以及风化剥蚀搬运这一系列过程^[13]。

2) 九龙山丹霞地貌的形成演化与六盘山及渭河断陷带密切相关。此外,次级断裂对该区的砾岩沉积也起着重要的控制作用。由于受燕山运动的影响,白垩纪早期发生沉降活动,普遍接受了沉积,首先接受了以山麓河流相为主的粗碎屑岩沉积。由于盆地西部不断抬升,盆地的沉积中心东移,当时盆地范围明显缩小,形成了西高东低的地貌景观。末期,盆地抬升,湖水由南向北和西北方向退出,结束了盆地演化的地质历程。

3) 受强烈喜山运动的影响,区内地层特别是白垩系地层发生了一系列的断裂和褶皱,同时派生节理十分发育,节理面平直延伸较远,岩层中发育较好的节理有3组:NNE 20°—25°走向,倾向NW或SE,倾角近于直立,表现为压扭性特征;NEE 70°—80°走向,倾向NW或SE,倾角80°以上,表现为压扭性特征;NW 330°—345°走向,倾向NE或SW,倾角近直立。这种运动加速了对岩体的切割及岩体被切割后的岩层崩塌过程。

4) 岩性薄片鉴定表明,九龙山地区分布下白垩统六盘山群三桥组(K_{1s})、坪头砾石成分以石英(54%~67%)为主,该地区岩石本应表现为抗风化侵蚀能力强,但由于是砂质胶结,很大程度上影响了岩石的抗风化侵蚀能力。

九龙山丹霞地貌在漫长的地质历史时期缓慢演化过程中,经内外动力共同作用,形成了不可再生的地质自然遗产。节理裂隙的发育,不同岩性和岩石胶结程度的不均匀性,为丹霞地貌的形成奠定了基础,在流水和风化作用的雕琢下进一步发展修饰,主要表现为基岩陡壁多,石林石柱多,洞穴多的特点。

4 结 语

1) 陕西陈仓九龙山丹霞地貌发育区位于秦岭—祁连山纬向造山带与贺兰山—六盘山径向构造带交汇地带,横跨鄂尔多斯盆地伊陕斜坡、渭北隆起、天环拗陷和西缘逆冲推覆带4个构造单元。在大地构造上该区位于华北地台偏西部,贺兰山—六盘山内陆造山带偏南段。研究区属六盘山山地东列小关山地带,处于鄂尔多斯盆地与六盘山盆地过渡地带。

2) 九龙山丹霞地貌类型多样、具有发育典型性。丹霞地貌方山石寨、赤壁丹崖、峰林、峰丛、石梁、石墙、石柱、石芽、洞穴等达12种,均有典型景观代表。地质公园丹霞地貌以平顶陡身方山与峰丛、峰林与圆顶方山、峰丛峰林及孤峰残丘并存为标志,形成了从幼年期、壮年期到老年期丹霞地貌的完整序列,尤以壮年期地貌为主体,完整地体现了其发育与演化的全部信息。

3) 九龙山丹霞地貌发育区中侏罗世晚期以来的构造转型与秦岭造山带同期的构造演化密不可分,秦岭山脚向北扩展绵延,造就了地质公园区域特殊的古地理—古地貌—沉积格局,导致了早白垩世沉积面貌的巨大变化。

参考文献:

- [1] 彭 华. 中国丹霞地貌研究进展 [J]. 地理科学, 2000, 20(3): 203-211
- [2] 欧阳杰, 朱 诚, 彭 华. 丹霞地貌的国内外研究对比 [J]. 地理科学, 2011, 31(8): 996-1000.
- [3] 黄 进. 中国丹霞地貌分布 [C]//区域旅游开发研究. 青岛: 中国旅游协会, 1991.
- [4] 黄 进, 陈致均, 齐德利. 中国丹霞地貌分布(上) [J]. 山地学报, 2015, 33(4): 385-396.
- [5] 吴志才, 彭 华. 广东丹霞地貌分类研究 [J]. 热带地理, 2005, 25(4): 301-306.
- [6] 彭 华, 潘志新, 闫罗彬, 等. 国内外红层与丹霞地貌研究述评 [J]. 地理学报, 2013, 68(9): 1170-1181.
- [7] 周学军. 中国丹霞地貌的南北差异及其旅游价值 [J]. 山地学报, 2003, 21(2): 180-186.
- [8] 齐德利, 于蓉, 张忍顺, 等. 中国丹霞地貌空间格局 [J]. 地理学报, 2005, 60(1): 41-52.
- [9] 姜勇彪. 江西信江盆地丹霞地貌研究 [D]. 成都: 成都理工大学, 2010.

- [10] 杨望瞰, 郭 威, 张 阳, 等. 陕西耀州照金丹霞国家地质公园地质遗迹资源研究与建设构想 [J]. 干旱区资源与环境, 2013, 27(5): 203-208.
- [11] 查方勇, 郭 威, 张 健, 等. 秦岭终南山世界地质公园地质遗迹资源及价值评价 [J]. 干旱区资源与环境, 2016, 30(2): 182-187.
- [12] 齐德利, 陈致均, 王随继, 等. 崆峒山丹霞地貌地层归属演化及地貌年龄 [J]. 山地学报, 2015, 33(4): 408-415.
- [13] 朱 诚, 彭 华, 欧阳杰, 等. 浙江方岩丹霞地貌发育的年代、成因与特色研究 [J]. 地理科学, 2009, 29(2): 229-237.

On Danxia Landform Type and Formation Mechanism of Jiulong Mountain Geopark in Shanxi

YANG Wang-tun^{1,3}, JIN Xue¹,
ZHANG Yang², ZENG Shi-qing³

1. School of Economics and Management, Chang'an University, Xi'an 710061, China;

2. School of Economics and Management, Xi'an Aeronautical College, Xi'an 710067, China;

3. School of Earth Sciences and Resources, Chang'an University, Xi'an 710054, China

Abstract: The area of the Jiulong Mountain is the key area of the Danxia Landform demarcation in the southwest margin of the Ordos Basin, where the formation and evolution of Danxia Landform are preserved completely. Through the field investigation and systematic study of Danxia Landform in the park, it is found that the Danxia Landform types in this area are diverse and complete, the development sequence is intact, the Danxia Landform landscape in each period is developed, and the main body of Danxia landform is in the prime period. According to the evaluation system and evaluation method of Danxia Landform landscape. In this paper, the Danxia Landform types of the park have been divided and evaluated in the combining qualitative and quantitative methods. The results show that the type and scale of Danxia Landform in the park is of typical significance in China. At the same time, based on the latest theory of modern geomorphology development, this paper makes a systematic study on the formation mechanism of the Danxia Landform in Jiulong Mountain which is of great scientific value for the analysis of the tectonic sedimentary features of the southwest margin of the Ordos Basin and the basin and mountain relationship of the Basin and Qinling Orogenic Belt.

Key words: Jiulong Mountain in Chencang; Danxia Landform; formation mechanism; geological significance

责任编辑 夏 娟