

文章编号: 1008-2786-(2018)2-305-07

DOI: 10.16089/j.cnki.1008-2786.000326

# 陕西南宫山南坡火山岩崩塌景观地貌形成演化

查方勇<sup>1</sup>, 郭威<sup>1</sup>, 张阳<sup>1,2</sup>, 周义<sup>1</sup>, 周杭<sup>1</sup>

(1. 长安大学 地球科学与资源学院, 西安 710054; 2. 西安航空学院 经济管理学院, 西安 710077)

**摘 要:** 南宫山国家地质公园景观地貌是研究崩塌地貌形态、成因和动力机制的典型野外实例。该地貌呈现出火山沉积砂砾岩的岩性特征及后期营力作用, 属于典型基岩崩塌地貌。按照地貌各类要素的表现形态及分布特征, 划分出崩塌母岩地貌、崩塌残存地貌、崩塌垮落地貌和崩塌堆积地貌四种类型, 崩塌体典型运动方式为“解体→位移→崩落→堆积”, 其演化阶段可划分为解体、崩离、垮落、堆积及崩滑五个阶段。重力崩塌地貌易诱发地质灾害, 应进行详细勘查, 采取野外监测、设牌警示和工程治理等防治措施, 保护人员及财产安全。

**关键词:** 火山岩; 崩塌地貌; 演化; 类型; 南宫山

**中图分类号:** P931; P901

**文献标志码:** A

在大巴山北部紫阳瓦房店及岚皋一线, 沿着红椿坝-曾家坝断裂, 发育活动型下志留统基性火山岩沉积建造<sup>[1]</sup>, 这一活动型沉积建造成为秦岭-大巴山地区下古生界活动型沉积建造唯一出露地点, 也成为研究早古生代扬子北部大陆边缘裂解的唯一之处, 为研究大巴山早古生代构造演化提供了重要的载体<sup>[2]</sup>。

南宫山位于陕西省南部大巴山弧形构造带。自 20 世纪 60 年代以来, 先后有地质、地理及旅游等领域专家学者在该区域进行地质、矿产、灾害、旅游等方面勘查工作, 并从不同角度提出了不同的观点和认识。如, 有专家认为南宫山基性火山熔岩组合是大陆边缘裂谷的产物, 节理构造与水蚀作用共同形成了火山岩石林<sup>[3]</sup>; 或认为南宫山为火山喷发地貌<sup>[4]</sup>; 此前还有学者根据南宫山南坡“巨砾堆垒”等特征, 认为南宫山南坡为第四纪冰川地貌<sup>[4]</sup>。

2010—2013 年, 在该区域内进行 1:1 万区域地质调查和开展南宫山国家地质公园规划专项研究项目过程时发现: 南宫山南坡火山岩地貌景观岩石主

要为火山沉积砂砾岩, 且大部分景观地貌实体都有位移现象; “巨砾堆垒”也不具有擦痕等冰川作用特征, 而是具备由重力崩塌作用而成特征。目前, 国内关于火山岩研究工作主要集中在火山活动、岩石特征、火山形态、油气藏及构造背景等内容<sup>[5-8]</sup>, 而从旅游景观的角度出发, 阐述火山岩崩塌地貌成因较少。因此, 本文尝试根据岩石性质、地质营力作用等地貌形成演变要素<sup>[9-11]</sup>, 运用地貌学理论和方法对南宫山南坡火山岩崩塌地貌景观类型、成因及其演化进行剖析, 与专家学者商榷。

## 1 区域地质

南宫山, 又名笔架山, 位于陕西省岚皋县境内, 地理坐标介于东经 109°00'01" ~ 109°05'49", 北纬 32°10'48" ~ 32°18'32" 之间。2009 年 8 月 19 日被原国土资源部授予第五批国家地质公园资格(国土资发[2009]110 号), 同年 12 月 23 日被全国旅游景区质量等级评定委员会评定为 4A 级旅游景区。南宫

**收稿日期** (Received date): 2016-08-05; **改回日期** (Accepted date): 2017-12-11

**基金项目** (Foundation item): 全国地质遗迹保护专项基金南宫山国家地质公园规划研究项目(220000120036); 教育部中央高校基本科研业务费专项基金项目(310827171015)。[National Geological Relic Protection for Planning Research Program of the Nangongshan Mountain National Geopark (220000120036); The Special Fund for Basic Research of Central Colleges (310827171015).]

**作者简介** (Biography): 查方勇(1982-), 男, 安徽安庆人, 博士, 副教授, 主要研究方向: 旅游地质。[ZHA Fangyong (1982-), male, Ph. D., associate professor, research on geotourism. ]E-mail: zfy2009@ chd.edu.cn

山在大地构造上属于秦岭造山带北大巴山褶皱带范围,区域上以红椿坝-曾家坝断裂为界,划分出紫阳-中锋构造带和高滩-兵房街构造带。两个构造带在构造变质变形特征上有明显的差异,北部以推覆剪切变形为主,南部则以挤压褶皱变形为特征。南宫山主体处于这两个构造带的结合部位<sup>[12]</sup>。

研究区及外围岩浆岩主要为偏碱性基性侵入岩(笔架山辉石玢岩体、史家坪辉绿岩体及中和寨辉绿岩体)和火山岩、火山碎屑岩,主要地层为下志留统沅河口组<sup>[13-14]</sup>,分布于笔架山主脊以北。主要岩石组合为远源相的火山碎屑沉积岩,少量喷溢相的玄武岩<sup>[15-16]</sup>。

南宫山火山岩崩塌地貌的发育类型、岩性特征有别于陕西省翠华山山崩地貌及河南省关山古崩塌地貌,前者发育在混合杂岩体中<sup>[17]</sup>,后者则在早古

生代石英砂岩、碳酸盐岩等沉积岩中<sup>[18]</sup>,而南宫山地貌则发育在志留系火山岩中<sup>[12]</sup>。下文从特征、分布、动力条件及演化阶段来进一步分析<sup>[19]</sup>。

## 2 南宫山南坡火山岩崩塌地貌特征及分布

根据南宫山南坡火山岩地貌各类要素的表现形态及分布特征,划分出崩塌母岩地貌、崩塌残存地貌、崩塌垮落地貌和崩塌堆积地貌等类型。

### 2.1 南宫山崩塌母岩地貌特征

崩塌母岩是崩塌物质源区,相对稳定且没有位移现象,陡坡或悬崖状的峭壁即是崩塌地质体的崩塌界面。南宫山崩塌母岩即分布于豆腐岩-南宫山-莲花石一线主峰脊部分,其主峰脊向南的陡岩

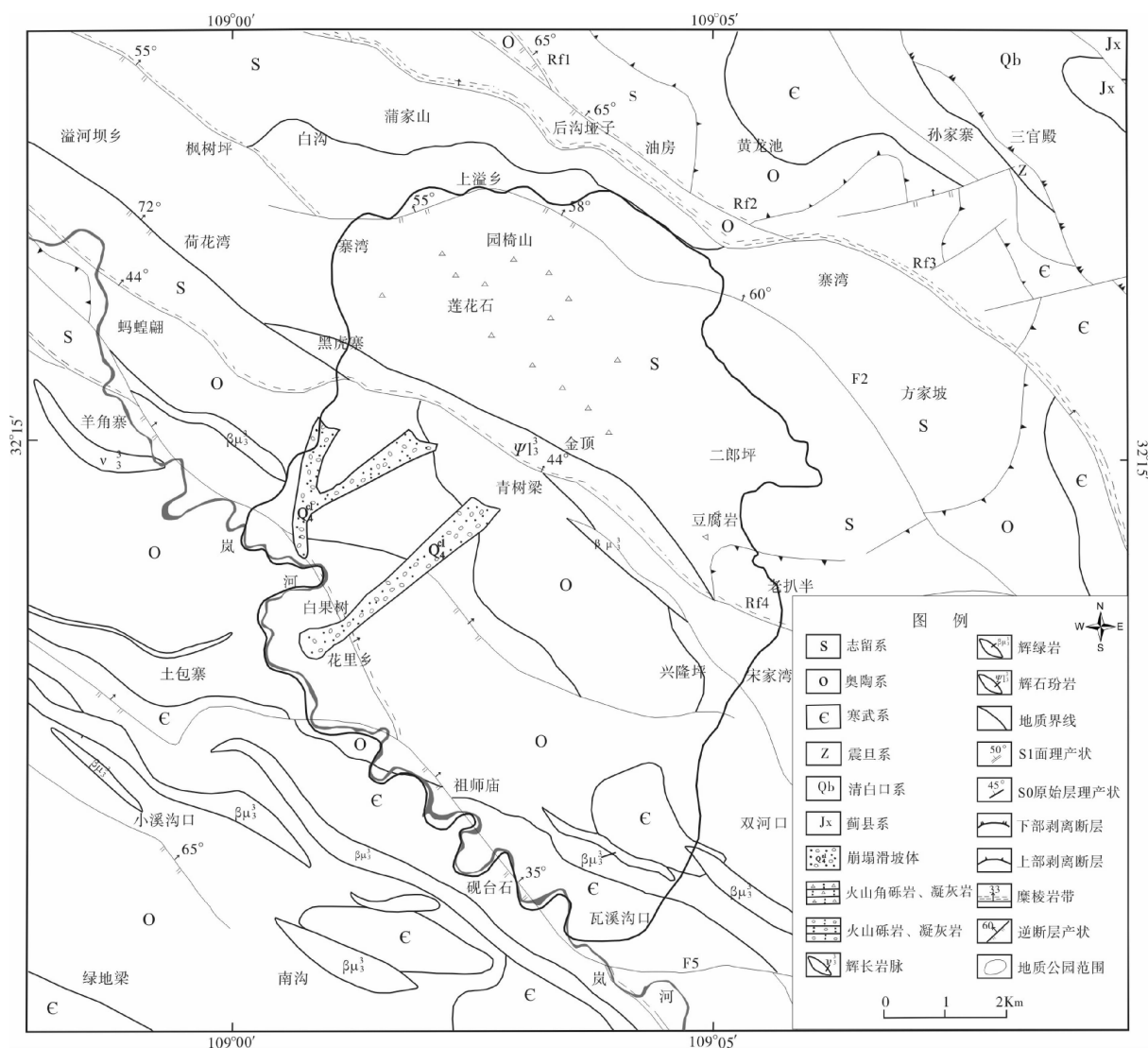


图1 研究区地质略图

Fig. 1 Schematic geological map of the study area

面(照片1)即为典型崩塌界面,是发生崩塌的物质源区,常形成高耸挺拔的尖状峰顶和刀切斧劈般的峭壁悬崖等地貌景观。



照片1 南宫山主峰

Photo. 1 The main peak of Nangong Mountain

## 2.2 南宫山崩塌残存地貌特征

崩塌残存地貌也可称为残留地貌,是指脱离母岩后产生解体、滑移、倾斜及斜卧的残存岩块,其发育地段底部滑动面为母质岩层。通常是形成崩塌景观地貌的最佳地段,一般位于崩塌界面以下。南宫山崩塌残存地貌分布于南宫山主峰脊下面的火山岩石林景观地段,形成石林高耸(照片2)、石丛林立、石柱擎天等地貌景观。



照片2 火山岩石林

Photo. 2 A stone forest of volcanic rocks

## 2.3 南宫山崩塌垮落地貌特征

崩塌垮落地貌通常位于崩塌残存地貌下方,坡度变缓的部位,形成典型的滑移、垮塌洞穴、乱石堆积等地貌,属于破坏力最大的崩塌灾害地段。南宫山崩塌垮落地貌分布在南宫山南坡残存地貌坡脚处及地形变缓处,形成石洞、石墙(照片3)、石门、相依



照片3 滑移石墙

Photo. 3 A sliding stone wall

石、三炷香,以及面积不大的倒石滩等地貌景观。

## 2.4 南宫山崩塌堆积地貌特征

崩塌落下的大量石块、碎屑物最终在陡崖的坡脚或较开阔的山麓地带形成堆积地貌——倒石堆。倒石堆的形态受基坡坡度制约,若基坡陡,则多呈锥形倒石堆;若基坡缓,则多呈扇形倒石堆。南宫山主峰脊西南的青树梁—幺店子—白果树一线分布有崩塌倒石堆(照片4),由此形成滑坡体延伸长达4.0 km,宽达500 m。



照片4 乱石谷(稳定堆积)

Photo. 4 A talus valley (stable accumulation)

## 3 南宫山南坡火山岩崩塌地貌演化阶段分析

根据野外地质调查,南宫山南坡火山岩地貌景观实体位移主要受重力作用控制,在脱离母岩之后,以陡崖、斜倚、独立、倾斜、滚卧、堆积等方式形成了独特的火山岩类崩塌景观地貌,展现出崩塌体“解

体→位移→崩落→堆积”典型运动方式,属于基岩崩塌,可概括成五个基本演化阶段:解体、崩离、垮落、堆积及崩滑,如图2所示。

3.1 解体阶段动力机制及地貌特征

动力机制:根据野外调查,南宫山区域构造线以北西向为主,断层、地层层理、构造面理都呈北西向构造主体格架,相伴生的北东向、北北东向断裂、构造面理异常发育。这些原生层理和后生构造面理是层状岩石被分割成大小不同岩块的边界,并构成岩块晚期变动的边界条件。随着地质应力的释放,已裂解的岩块利用已存在的剥离面(崩塌面)与母体分离,形成独立的地质体(崩塌体),在表生地质作

用条件下,沿剥离面依次裂解,成为崩塌地貌的萌芽阶段。因此,该阶段动力机制由内动力走滑剪切作用机制转化为外动力重力作用机制。

地貌特征:表现为山体裂解、位错,形成孤立山峰、城堡式山峰或笔架式山峰等,如南宫山主峰脊地貌(照片1)。

3.2 崩离阶段动力机制及地貌特征

动力机制:在表生条件下,已破碎和裂解的岩块,在自然剥蚀条件下,失去稳定的地质条件,转变为非稳定地质体,与母体分离,产生剥离、位移、倾斜等变形,以调整存在方式,使其处于暂时稳定状态。此阶段属于崩塌作用的开始,崩塌面已形成,崩塌体

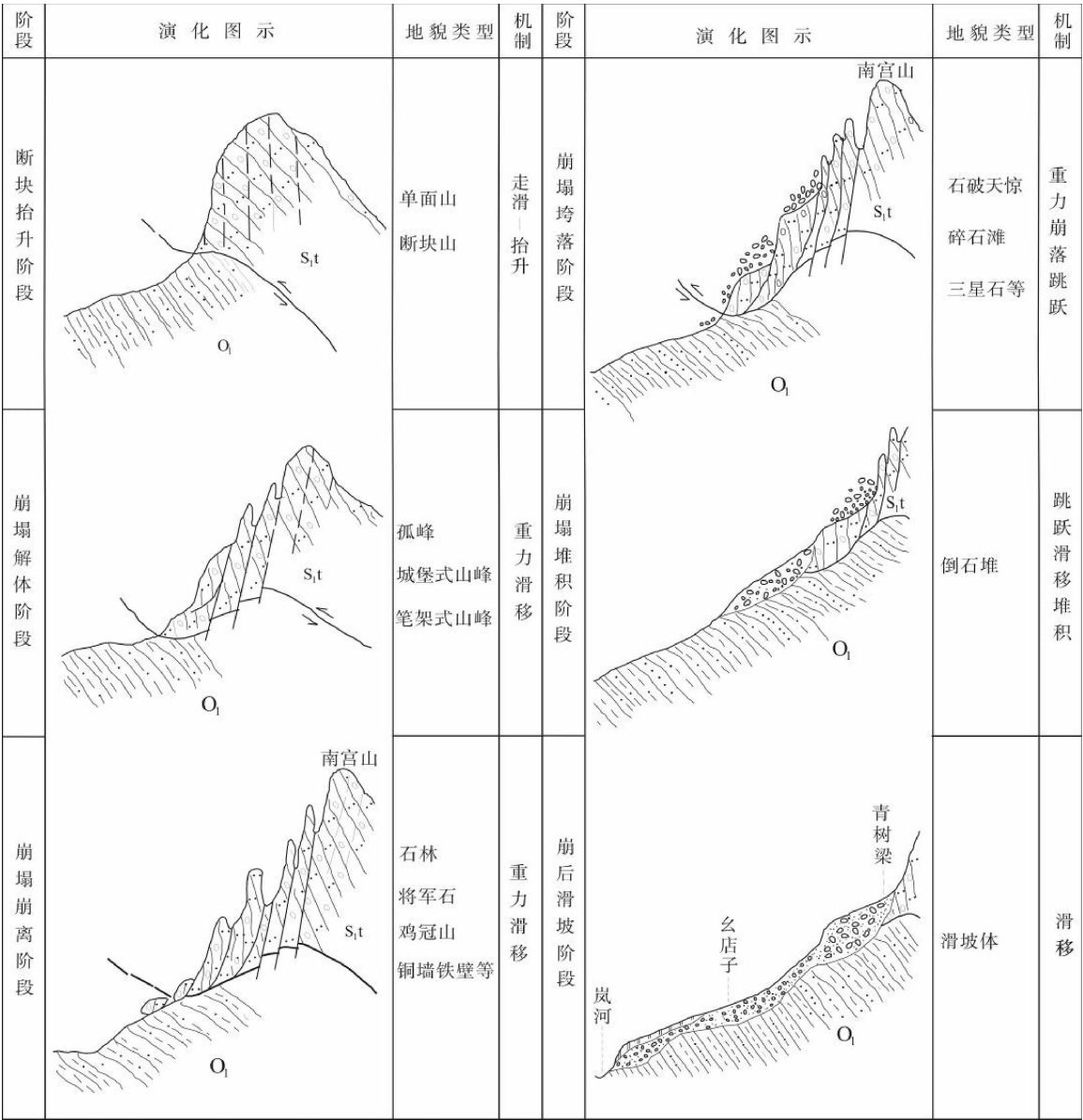


图2 南宫山火山岩崩塌地貌演化阶段示意图

Fig. 2 Schematic diagram of the evolution process of the collapse landform in Nangong Mountain



尚未彻底脱离母体。因此,重力地质作用是其主要应力作用方式,在重力作用下,产生引张、滑移派生应力,实质脱离母体,并与相邻移位岩块分解。

**地貌特征:**该阶段为崩塌景观地貌最为丰富,以孤峰、独立石、石林、醉汉林等为特征,如公园内鸡冠石、火炬石、将军石、石破天惊、铜墙铁壁、刷把石林(照片2)、相依石、观音望海石、莲花盆石等景观点。

### 3.3 垮落阶段动力机制及地貌特征

**动力机制:**崩塌垮落阶段是崩塌作用中动力最强的过程,大量碎石、岩块瞬间脱离母体,形成崩塌体,快速沿斜坡向下崩落,是破坏力最强的阶段,具有极大的危害性。因此,以岩体失稳的重力机制为主,滑移是运动中的派生作用。

**地貌特征:**表现为暂时处于稳定状态的乱石堆、滑移石墙(照片3)、龟石、海螺石等地貌景观。

### 3.4 堆积阶段动力机制及地貌特征

**动力机制:**崩塌作用的最终结果形成倒石堆,倒石堆的形态规模不等。结构松散、杂乱、多孔隙、大小混杂无层理。稳定的倒石堆坡面和缓,结构紧密,部分胶结,生长植被。因此,该阶段主要表现为跳跃-滑移动力机制演化为堆积静止机制。

**地貌特征:**表现为平缓的凸形坡地地貌(照片4),构成崩塌滑坡体的尾端或晚期滑坡的物源区。

### 3.5 崩后滑坡阶段动力机制及地貌特征

**动力机制:**当稳定堆积体由于地震或人类活动干预在重力作用下,克服了滑坡体与滑床之间摩擦力后,滑坡则启动<sup>[20]</sup>。

**地貌特征:**研究区最重要堆积体为青树梁-白果树堆积体,宽500 m,长约4.0 km。其次,在青树梁-白果树堆积体的西邻有海螺包堆积体,宽300 m,长约3.0 km。南宫山国家地质公园南线因修筑旅游公路而人工破坏了稳定堆积体,导致小型滑坡时有发生。

## 4 南宫山南坡地质灾害防治

南宫山南坡火山岩石景观地貌属于崩塌地貌,易诱发地质灾害。由于公园南坡新修旅游公路扰动了原本稳定的古滑坡体,导致多次小型滑坡发生。根据《陕西省安康市岚皋县地质灾害详细调查报告(2012)》,南宫山国家地质公园范围内有不稳定滑坡10处、稳定滑坡2处、不稳定泥石流1处。公园外围能危及地质公园安全的地质灾害有崩塌1处、滑坡3处。因此,及时做好南宫山地质公园地质灾

害防治十分必要。

建议对南宫山地质灾害进行群测群防,落实防灾预案,建立防灾工作体系,健全地质灾害速报制度<sup>[21]</sup>;对个别危害大的典型灾害点要进行详细勘查和工程治理,并采取长期监测;对因森林过度砍伐或陡坡过渡垦殖的谷坡地带,可采用退耕还林、还草等生物工程措施进行治理;在容易发生地质灾害地段设置缓冲区和护栏,设置警示警告标识牌。以不稳定边坡治理为例,需要针对该边坡规模、性质及变形特征,治理时应以前缘支挡和修筑坡面截排水系统相结合的措施,在此基础上采用格构对坡体进行加固和防护。

## 5 讨论

本文没有从岩石学、矿物学、地球化学以及火山-沉积序列等方面去深入研究南宫山滔河口组火山岩成因及演化,只是从地貌学角度论述南宫山南坡火山岩地貌景观实体位移现象,尝试探讨南宫山火山岩崩塌地貌景观形成演化,以供专家学者讨论。根据查阅到的文献资料,学者比较一致地认为北大巴山地区志留系滔河口组玄武质火山岩为碱性玄武岩系列,而学者们对滔河口组火山岩就位机制有“侵入就位”、“喷出就位”和“隐爆就位”三种不同看法。还有学者根据火山-沉积序列和岩相组合特征,认为北大巴山地区志留系滔河口组火山岩-火山碎屑岩-沉积岩组合形成于洋岛或海山构造环境,是板内拉伸作用的产物,经历了多期次火山喷发活动<sup>[1-2,22-23]</sup>。

## 6 结论

南宫山南坡志留纪火山岩类景观地貌主要属于崩塌地貌范畴,以成岩后重力作用形成为主。按照南宫山南坡崩塌地貌展现出崩塌体“解体→位移→崩落→堆积”典型运动方式,可分为解体、崩离、垮落、堆积及崩滑五个演化阶段。由于崩塌作用既可以较快瞬间一次形成,也可以长时间内多次形成,其变形演化阶段表现并不十分清晰。因此,本文仅建立在南宫山南坡火山岩崩塌类型、地貌分布、地貌形态等研究基础上初步划分南宫山崩塌地貌形成演化阶段,以供专家学者讨论。

南宫山南坡火山岩类崩塌地貌科普价值较高,应依托南宫山国家地质公园这一“国”字号品牌,严

格保护,合理利用,实行专人负责、容量控制、科学解说等措施,加强科学研究及地学科普等工作。同时,应注意防治地质灾害,保护生命财产安全,是南宫山地质公园建设的重要内容之一。

**致谢:**本文主要为2010年岚皋县国土资源局委托开展的《陕西岚皋南宫山国家地质公园规划(2012—2030)》项目成果。在项目野外调查、资料收集、报告撰写、项目总结及后期成果申报等过程中,得到了岚皋县国土资源局、岚皋县旅游局、岚皋县政协、长安大学资源学院刘继庆教授和王峰教授等大力指导和鼎力支持;周杭、黑欢、牛亮、张文景、刘涛等学生参与了部分工作;本文还参考了大量前人研究成果,在此一并感谢。

## 参考文献 (References)

- [1] 闫臻,王宗起,张英利,等. 北大巴山与志留纪火山作用相关的碳酸盐岩沉积学特征及形成环境[J]. 沉积学报,2011,29(1): 31-40. [YAN Zhen, WANG Zongqi, ZHANG Yingli, et al. Sedimentary features and tectonic environment of Silurian volcanic-related carbonates in the North Daba Mountains [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2011, 29(1): 31-40.]
- [2] 向忠金,闫全人,宋博,等. 北大巴山超基性、基性岩墙和碱质火山杂岩形成时代的新证据及其地质意义[J]. 地质学报,2016, 90(5): 898-916. [XIANG Zhongjin, YAN Quanren, SONG Bo, et al. New evidence for the ages of ultramafic to mafic dikes and alkaline volcanic complexes in the North Daba Mountains and its geological implication [J]. Acta Geologica Sinica, 2016, 90(5): 898-916.]
- [3] 郭力宇. 陕西南秦岭南宫山景区地质遗迹特征及其研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(31): 17753-17755. [GUO Liyu. Study on characteristics of Shaanxi Nangongshan geological relics [J]. Anhui Agricultural Sciences, 2010, 38(31): 17753-17755.]
- [4] 岚皋县国土资源局. 陕西岚皋南宫山国家地质公园综合考察报告[R]. 岚皋: 岚皋县人民政府, 2009. 07. [Land Resources Bureau of Langao County. A comprehensive investigation report on Nangongshan National Geopark in Langao County, Shaanxi Province [R]. Langao: People's Government of Langao County, 2009. 07.]
- [5] 袁峰,周涛发,范裕,等. 庐枞盆地中生代火山岩的起源、演化及形成背景[J]. 岩石学报, 2008, 24(8): 1691-1702. [YUAN Feng, ZHOU Taofa, FAN Yu, et al. Source, evolution and tectonic setting of Mesozoic volcanic rocks in Luzong basin, Anhui Province [J]. Acta Petrologica Sinica, 2008, 24(8): 1691-1702.]
- [6] 朱志新,董连慧,刘淑聪,等. 新疆西天山伊犁地块晚古生代火山岩地质特征及构造意义[J]. 新疆地质, 2012, 30(3): 258-263. [ZHU Zhixin, DONG Lianhui, LIU Shucong, et al. Volcanic rock geological characteristics and tectonic significance of the Late Paleozoic Yili Block in the Western Tianshan, Xinjiang [J]. Xinjiang Geology, 2012, 30(3): 258-263.]
- [7] 罗静兰,邵红梅,张成立. 火山岩油气藏研究方法 with 勘探技术综述[J]. 石油学报, 2003, 24(1): 31-38. [LUO Jinglan, SHAO Hongmei, ZHANG Chengli. Summary of research methods and exploration technologies for volcanic reservoirs [J]. Acta Petrolei Sinica, 2003, 24(1): 31-38.]
- [8] 陶奎元,沈加林,姜杨,等. 试论雁荡山岩石地貌[J]. 石油学报, 2008, 24(11): 2647-2656. [TAO Kuiyuan, SHEN Jialin, JIANG Yang, et al. A preliminary discussion on rock-landform of the Yandangshan Mountain [J]. Acta Petrolei Sinica, 2008, 24(11): 2647-2656.]
- [9] 吴忱,许清海,阳小兰. 河北省崂山风景区的造景地貌及其演化[J]. 地理研究, 2002, 21(2): 195-200. [WU Chen, XU Qinghai, YANG Xiaolan. Tectonic and geomorphic changes of Zhangshiyuan tourism landforms, Hebei Province [J]. Geographical Research, 2002, 21(2): 195-200.]
- [10] 浦庆余,郭克毅. 江西三清山花岗岩景观地貌的基本特征及其形成历史[J]. 地质论评, 2007, 53(Z): 41-55. [PU Qingyu, GUO Keyi. Basic characteristics and formation history of the Sanqing Mountain granite geomorphologic landscape, Jiangxi [J]. Geological Review, 2007, 53(Supp): 41-55.]
- [11] 郭福生,姜勇彪,胡中华,等. 龙虎山世界地质公园丹霞地貌成景系统特征及其演化[J]. 山地学报, 2011, 29(2): 195-201. [GUO Fusheng, JIANG Yongbiao, HU Zhonghua, et al. Evolution and genesis system features of Danxia landform in Longhushan World Geopark [J]. Mountain Research, 2011, 29(2): 195-201.]
- [12] 查方勇,郭威,周义,等. 陕西岚皋南宫山国家地质公园地质遗迹资源及评价研究[J]. 干旱区资源与环境, 2015, 29(12): 222-226. [ZHA Fangyong, GUO Wei, ZHOU Yi, et al. Evolution on the geological relic resources of Nangongshan National Geopark in Langao county, Shaanxi [J]. Arid Resources and Environment, 2015, 29(12): 222-226.]
- [13] 李育敬. 陕西岚皋下志留统滔河口组的建立及其与陡山沟组、白崖姬组关系的探讨[J]. 陕西地质, 1989, 7(2): 7-14. [LI Yujing. The establishment of the lower Silurian Taohekou formation and its relationship with the Doushangou formation and the Baiyaya formation in Langao county of Shaanxi [J]. Geology of Shaanxi, 1989, 7(2): 7-14.]
- [14] 周小康,张月树. 陕西岚皋地区早志留统滔河口组的厘定及其意义[J]. 陕西地质, 1996, 14(1): 42-48. [ZHOU Xiaokang, ZHANG Yueshu. Determination of the early Silurian Taohekou formation in the Langao region, Shaanxi province and its significance [J]. Geology of Shaanxi, 1996, 14(1): 42-48.]
- [15] 夏林沂,夏祖春,张诚,等. 北大巴山碱质基性-超基性潜火山杂岩岩石地球化学[M]. 北京:地质出版社, 1994: 1-75. [XIA Linqi, XIA Zuchun, ZHANG Cheng, et al. Geochemistry of alkali basic, ultrabasic subvolcanic complex from Northern Daba Mountains, China. Beijing: Geological Publishing House [M]. 1994: 1-75.]
- [16] 张月树,杨志学,高怀雄. 陕西岚皋-洛河街地区构造地球化学特征及成矿条件分析[J]. 陕西地质, 2001, 19(2): 76-11. [ZHANG Yueshu, YANG Zhixue, GAO Huaixiong. Characteristics of geochemistry and mineralization tectonic in the Langao-luohejie areas in Shaanxi Province [J]. Geology of Shaanxi, 2001, 19(2): 76-11.]
- [17] 吴成基,彭永祥. 西安翠华山山崩地质遗迹及资源评价[J]. 山地学报, 2001, 19(4): 359-362. [WU Chengji, PENG

- Yongxiang. The resource of geological remains by landslide in Cuihua Mountain, Xi'an and resource evaluation [J]. Mountain Research, 2001, **19**(4): 359–362. ]
- [18] 赵静, 李广济. 河南关山国家地质公园崩滑流地质灾害成因分析[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2007, **18**(3): 60–64. [ ZHAO Jing, LI Guangji. Genetic mechanism analysis for landsilde, landfall and debris-flow in Guanshan National Geopark, Henan Province[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2007, **18**(3): 60–64. ]
- [19] 张阳. 南宫山地质公园火山岩地质遗迹特征、演化及保护研究[D]. 长安大学, 2017: 100–118. [ ZHANG Yang. Study on the characteristics, evolution and protection of volcanic geological relics in Nangongshan Geopark[D]. Chang'an University, 2017: 100–118. ]
- [20] 朱守彪, 石耀霖, 陆鸣, 等. 地震滑坡的动力学机制研究[J]. 中国科学: 地球科学, 2013, **43**(7): 1096–1105. [ ZHU Shoubiao, SHI Yaolin, LU Min, et al. Dynamic mechanisms of earthquake-triggered landslides[J]. Science China: Earth Sciences, 2013, **43**(7): 1096–1105. ]
- [21] 王贵荣. 陕西紫阳—岚皋一带地质灾害特征及防治对策[J]. 西安科技学院学报, 2002, **22**(3): 291–294. [ WANG Guirong. Features and prevention-treatment countermeasure of geological hazards in Ziyang and Langao, Shaanxi [J]. Journal of Xi'an University of Science and Technology, 2002, **22**(3): 291–294. ]
- [22] 向忠金, 闫全人, 闫臻, 等. 北大巴山志留系滔河口组火山碎屑岩相序、组构特征及古火山作用环境分析[J]. 地质学报, 2010, **84**(3): 311–328. [ XIANG Zhongjin, YAN Quanren, YAN Zhen, et al. Taohekou Formation: Implication for Early Silurian Volcanism in the North Dabashan Area, China [J]. Acta Geologica Sinica, 2010, **84**(3): 311–328. ]
- [23] 王刚. 北大巴山紫阳—岚皋地区古生代火山岩浆事件与中生代成矿作用[D]. 中国地质大学(北京), 2014: 94–147. [ WANG Gang. Metallogeny of the Mesozoic and Paleozoic Volcanic Igneous Event in Ziyang-Langao Areas, North Daba Mountain [D]. China University of Geosciences (Beijing), 2014: 94–147. ]

## The Formation and Evolution of the Volcanics-collapsed Landform on the South Slope of Nangong Mountain in Shaanxi Province, China

ZHA Fangyong<sup>1</sup>, GUO Wei<sup>1</sup>, ZHANG Yang<sup>1,2</sup>, ZHOU Yi<sup>1</sup>, ZHOU Hang<sup>1</sup>

(1. School of Earth Science and Resources, Chang'an University, Xi'an 710054, China;

2. School of Economics and Management, Xi'an Aeronautical University, Xi'an 710077, China)

**Abstract:** The landform in the Nangong Mountain National Geopark is a typical natural demonstration for geomorphology research on the volcanics-collapsed landscape. The lithology of sedimentary volcanic sandy conglomerate and the later erosional alternation features the landscape a typical of bedrock-collapsed topography. In accordance with the representative conformation and distribution characteristics of various elements of the landscape, four types of topographic features were classified which comprises the collapsed bedrock landforms, the collapsed relic landforms, the collapsed caving landforms and the collapsed stack landforms. The typical formation mode of the landforms was rebuilt as “disintegration→displacement→collapsing→accumulation”. The evolutionary stage can be divided into five stages: disintegration, separating, collapsing, accumulating and landslip. Gravitational geomorphology are easy to induce geological disasters, and detailed investigations should be carried out. Field monitoring, warnings sign, and management measures should be taken to protect personnel and property safety in the Nangong Mountain National Geopark.

**Key words:** volcanic rocks; collapse landform; evolution; type; Nangong Mountain