

# 浙江江郎山丹霞地貌区岩性特征

张广胜<sup>1,2</sup>, 朱 诚<sup>1</sup>, 俞锦标<sup>1</sup>, 李中轩<sup>1</sup>, 孔庆友<sup>3</sup>

(1. 南京大学地理与海洋科学学院, 江苏 南京 210093 2. 皖西学院城市建设与环境系, 安徽 六安 237012  
3. 南京大学地球科学与工程学院, 江苏 南京 210093)

摘 要: 对浙江江郎山丹霞地貌区主要岩层方岩组(K<sub>1</sub>f)的 22块岩石标本进行常量元素、氧化物含量的 X 荧光和薄片偏光显微镜鉴定, 分析了江郎山丹霞地貌发育的岩性特征与地貌成因的关系: (1)方岩组(K<sub>1</sub>f)砾岩中的火山岩砾石和岩屑含量普遍较高, SiO<sub>2</sub>含量普遍也很高(在 44.90%~75.80%之间), 表明岩性总体上抗风化能力强, 这使江郎山丹霞地貌最具特色的“三升石”历经沧桑仍能巍然屹立, 江郎山也因此成为丹霞地貌发育晚年时期的典型代表。(2)方岩组(K<sub>1</sub>f)的砂岩抗风化能力相对较弱, 其胶结物的主要成分为方解石, 粒间孔隙约占 20%~25%, 局部可见方解石胶结物的溶蚀现象。岩石薄片鉴定可看出, 其粒间孔隙很可能是方解石胶结物被溶蚀后的结果, 而且构成砂岩的岩体的流纹岩岩屑等其本身就具有气孔构造, 这些岩屑在显微镜下可见已经强烈泥化, 岩体抗风化程度较低, 这是构成该区地貌岩性之一的砂岩被侵蚀和风化程度较高的主要原因。(3)在江郎山丹霞地貌发育过程中方岩组(K<sub>1</sub>f)岩性对地貌的形成起了基础和决定性的作用。这种岩性的特征及抗风化能力的不同导致的差异风化现象, 对该区丹霞地貌后期的微地貌发育具有重要的影响, 岩性差异风化是江郎山山体崩塌、扁平状洞穴的形成的重要因素, 这也为研究江郎山等丹霞地貌山区地质灾害的岩性特征奠定了基础。

关键词: 丹霞地貌; X 荧光分析; 薄片鉴定; 浙江江郎山

中图分类号: P585 P931 文献标识码: A

构造与岩性是地貌发育的两个重要因素<sup>[1,2]</sup>。利用岩石实验学的原理来研究地貌的外力作用机制以及岩性与地貌之间的关系, 目前在国内外有了较多的先例<sup>[3-5]</sup>。构成地貌基础的岩性特征是地质灾害成因机制中的一个重要因素, 越来越为人们所关注<sup>[6-10]</sup>。尤其在喀斯特地貌的研究中, 通过对碳酸盐的理化特征的实验分析, 在研究喀斯特地貌的成因机制等方面已经取得了较多的成果<sup>[11-13]</sup>。丹霞地貌是红色砂岩经长期风化剥离和流水侵蚀, 形成孤立的山峰和陡峭的奇岩怪石, 是巨厚红色砂、砾岩层中沿垂直节理发育的各种丹霞奇峰的总称<sup>[14]</sup>。丹霞地貌一直是地貌学领域近几年研究的热点问题之一<sup>[15-17]</sup>, 很多学者针对丹霞地貌的定义、特征、成

因、分布、以及发育时间的界定等, 在不同地区的丹霞地貌上开展了大量的研究工作<sup>[18-22]</sup>。但目前的研究主要仅停留在对丹霞地貌宏观的描述和地质构造基础的解释上, 对丹霞地貌微观的地貌成因和地质灾害机理缺乏科学的实验手段来支撑, 从而导致无法解释一些微地貌的成因机制。丹霞地貌这种特殊的地貌形态, 它形成除了地质构造的基础作用以外, 也与构成地貌的岩石在与外力作用下的形成的差别风化有关, 因此对丹霞地貌岩石特征的实验分析、了解其理化性质就显得尤为重要。目前在国内外已经有学者开展了这方面的研究<sup>[20-22]</sup>。因此对岩性的外力作用的响应机理进行实验分析鉴定, 这种方法用于丹霞地貌研究的就显得十分迫切和必要,

收稿日期 (Received date): 2009-08-29; 改回日期 (Accepted): 2009-12-03.

基金项目 (Foundation item): 国家自然科学基金项目 (40871014); 浙江省建设厅丹霞地貌申报世界遗产项目和南京大学现代分析中心测试基金共同资助成果。 [ Supported by National Natural Science Foundation of China (No. 40871014); Foundation of application of world Natural Relics(WNR) from Zhejiang Province and Foundation of Modern Analysis Center of Nanjing University ]

作者简介 (Biography): 张广胜, 男 (1975-), 安徽六安人, 讲师, 博士研究生, 主要研究方向地貌与第四纪地质。 [ Zhang Guangsheng (1975-), male born in Luan Anhui province lecturer doctoral candidates mainly engaged in geomorphology and quaternary geology ] E-mail: zhanggs@wxc.edu.cn

是今后对丹霞地貌研究从宏观向微观转变的一个重要方向,也是丹霞地貌山区地质灾害的岩性基础研究的重要实验学方法。

## 1 江郎山丹霞地貌概况

江郎山位于浙江省江山市西南部,霞岭山脉北麓,浙、闽、赣三省交界处(图 1)( $118^{\circ}22' \sim 118^{\circ}49' E$ ,  $28^{\circ}15' \sim 28^{\circ}52' N$ )。该区气候具有中亚热带季风性湿润气候的特点。江郎山的“三石”奇峰是该区丹霞地貌的典型代表。郎峰是三峰中最大的一座石峰,海拔 819.1 m,被称为“神州丹霞第一峰”;亚峰海拔 737.4 m;灵峰海拔 765.0 m。它们按“川”字形相峙相对而立,形成了江郎山丹霞地貌最具特色的“三峰列汉”的奇景(图 2)。除此之外,一线天、巷谷、峡谷以及大量内凹扁平状洞穴和槽龕等地貌景观也有较好的发育。从地貌发育阶段来看,江郎山丹霞地貌是属于丹霞地貌发育的晚期阶段或称老年期<sup>[20]</sup>。

## 2 区域地质构造和地层

江郎山位于江山—绍兴深断裂带与保安—峡口—张村大断裂带之间的峡口构造盆地中,盆地呈北东向展布,长约 30 km 宽约 10 km(图 3)。两大断

裂规模大,切割深,属多期次活动的基底断裂,两者对盆地的形成及其边界都有明显的控制作用。区内断裂构造发育,主要有 NE、NNE 和 NW 3 组。岩浆活动强烈,火山喷发岩和浅成、超浅成次火山岩分布广泛。区内北西向断裂亦比较发育,分布较广,但规模较小,多被岩脉充填,属盖层断裂,其力学性质多为张性、张扭性。江郎山主体呈“川”字形排列的三座山峰与以上断裂有着密切的成因联系。此外,在江郎山西缘一带还发育一条弧形断裂,该断裂对火山—岩浆活动具有重要的控制作用<sup>[23-25]</sup>。

峡口盆地周围主要为侏罗纪火山岩,其次为晚远古代变质岩。盆地底部地层为上侏罗统地层,在早、晚白垩世的地层中有不同性质的岩脉入侵;上部由白垩纪紫红色砂、砾岩组成(表 1)。白垩纪晚期上述两大断裂发生强烈挤压活动,峡口盆地逐渐隆升,经历了节理发育阶段,加速了对岩体的切割,以及岩体被切割后的崩塌和侵蚀过程,发育成举世瞩目的丹霞地貌景观。

方岩组(K<sub>1</sub>f)是构成江郎山丹霞地貌的主体地层<sup>[24]</sup>,岩性主要为紫红色、浅灰色巨厚层至块状砾岩(图 4 图 5),夹有砂岩、砂砾岩,中夹透镜体粉砂细砂岩,偶夹火山岩。该岩层主要分布在盆地边缘受盆地断裂控制,出露于江郎山—张村一带,面积约 16 km<sup>2</sup><sup>[24 25 27]</sup>。



图 1 江郎山在浙江省的位置

Fig 1 The location of Jianglang Mountain in Zhejiang province



图 2 江郎山“三石”(自左向右:郎峰、亚峰、灵峰)

Fig 2 “Three Stone” of Jianglang Mountain  
(from left to right: Lang feng, Ya feng and Ling feng)



表 1 江郎山所在区域地层表

Table 1 The table of stratigraphic on Jianglang Mountain area

界	系	统	扬子地层区	东南地层区
新生界	第四系	全新统	鄞江桥组 Qhy	
		更新统	莲花组 Qpl	
中生界	白垩系	下白垩统	衢江群 (K <sub>1</sub> z)	方岩组 (K <sub>1</sub> f)
				永康群
			馆头组 K <sub>1</sub> g	三段 (K <sub>1</sub> g <sup>3</sup> ) 二段 (K <sub>1</sub> g <sup>2</sup> ) 一段 (K <sub>1</sub> g <sup>1</sup> )
	侏罗系	上侏罗统	磨石山群	九里坪组 (J <sub>3</sub> j)
				西山头组 (J <sub>3</sub> x)
				高坞组 (J <sub>3</sub> g)
大爽组 (J <sub>3</sub> d)				
	中侏罗统	马涧组 (J <sub>2</sub> m)		
三叠系	上三叠统		乌灶组 (T <sub>3</sub> w)	
新元古界	震旦系		休宁组 (Z <sub>1</sub> x)	
			上墅组 (Pt <sub>3</sub> s)	
中元古界			陈蔡群 (Pt <sub>2</sub> c)	

方岩组 (K<sub>1</sub>f)是一套由山麓冲积扇到河流谷地、湖泊平原、三角洲地带沉积的河流相、湖相沉积地层,其中有燕山晚期或喜马拉雅期的辉绿岩等侵

入岩脉和岩墙。在盆地西南部的老虎头山、东南缘的江郎“三月石”一带,为厚约 500 m的砂砾岩;盆地东部及西北边缘,则变为粉砂岩、粉砂质泥岩,夹薄层含砾粗砂岩,与下伏朝川组 (K<sub>1</sub>c)整合接触,其厚度大于 581.2 m<sup>[24]</sup>。

### 3 样品的采集

在对江郎山地区进行现场调查的基础上,对采自该区的 22块岩石标本、每一个采样点(图 7)进行现场描述和 GPS定位并进行记录(表 2)。

样品采集的目的主要是对丹霞地貌不同岩性进行鉴定,因此对江郎山丹霞地貌的砾岩和砂岩以及石英岩脉都进行了采样。野外对岩性进行判别,记录其地理位置,测量高度,采样注重全面和重点相结合。

### 4 研究方法 with 结果

#### 4.1 岩性偏光显微镜鉴定

本文对江郎山丹霞地貌的发育成因的岩层方岩组 (K<sub>1</sub>f)的研究主要包括对岩石标本进行磨薄片并进行偏光显微镜鉴定。表 2和照片 1—24是部分岩石标本磨薄片后偏光显微镜鉴定结果。

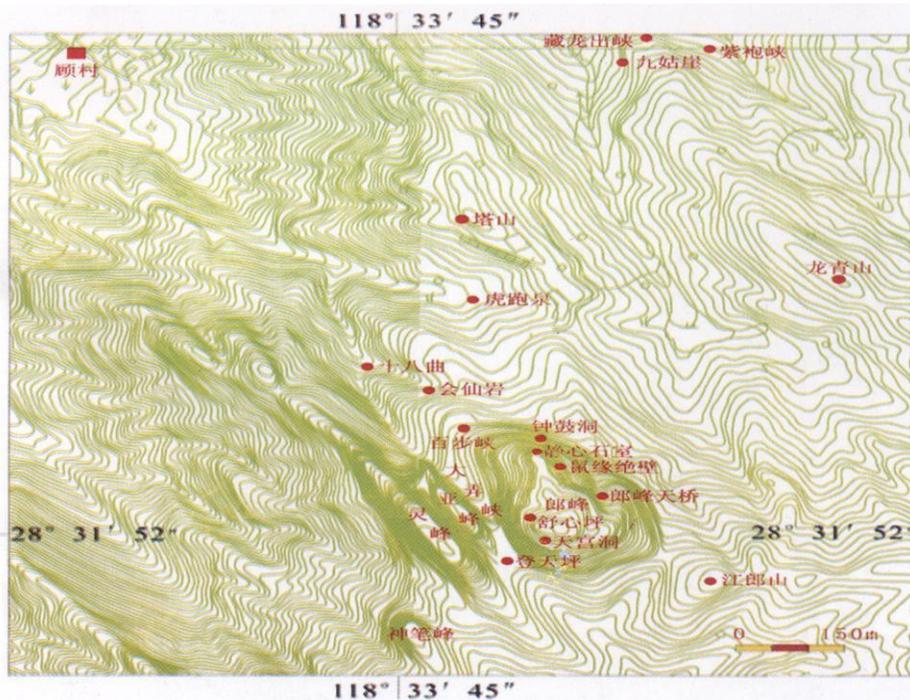


图 4 浙江江郎山区域地形图及丹霞地貌地形图与样品采样点分布图

Fig 4 The topographic map and sampling points of Jianglang Mountain Danxia Landform in Zhejiang province

表 2 江郎山方岩组 ( $K_1f$ ) 岩石标本采样情况记录表Table 2 The record of rock samples sampling case from Fangyan Group ( $K_1f$ ) on Jianglang Mountain

样品编号	采样地点	经纬度 (N/E)(GPS)	海拔 (m)	岩性
JL-02	郎峰天游登山步道一侧	28°31.734'N/118°33.935'E	742	岩屑砂岩
JL-05	郎峰天游登山步道一侧	28°31.734'N/118°33.935'E	742	砾岩
JL-06	郎峰天游登山步道一侧	28°31.734'N/118°33.935'E	742	砾岩
JL-08	郎峰近山顶天桥步道旁	28°31.758'N/118°33.979'E	758	砂岩
JL-11	天宫洞砂砾岩下部	28°31.755'N/118°33.932'E	773	砾岩
JL-15	静心石室砂砾岩层顶部	28°31.864'N/118°33.934'E	568	砾岩
JL-18	郎峰钟鼓洞砂砾岩层顶部	28°31.873'N/118°33.901'E	527	砾岩
JL-20	郎峰钟鼓洞砂砾岩层上部	28°31.873'N/118°33.901'E	527	钙质砂岩
JL-21	郎峰会仙岩砂砾岩上部	28°31.933'N/118°33.851'E	460	砂岩
JL-23	亚峰一线天西侧崖壁上部	28°31.707'N/118°33.883'E	575	熔结凝灰岩
JL-24	亚峰一线天西侧岩脉下	28°31.707'N/118°33.883'E	570	含砾岩屑砂岩
JL-25	亚峰一线天西侧崖壁岩脉	28°31.707'N/118°33.883'E	570	辉绿岩岩脉
JL-27	亚峰一线天西侧崖壁下部	28°31.707'N/118°33.883'E	550	角砾岩
JL-28	亚峰一线天西侧崖壁上部	28°31.707'N/118°33.883'E	575	火山岩屑砂岩
JL-30	亚峰南端, 火山岩与砂岩交汇处	28°31.707'N/118°33.883'E	580	砂岩
JL-31	亚峰东侧, 大弄峡路边登天坪处	28°31.707'N/118°33.883'E	580	角砾凝灰岩
JL-32	亚峰砂砾岩与凝灰岩交界	28°31.707'N/118°33.883'E	523	角砾凝灰岩
JL-36	灵峰东侧, 一线天上部	28°31.707'N/118°33.883'E	575	玻屑凝灰岩
JL-38	百步峡下方崩积石	28°31.933'N/118°33.851'E	540	胶结物
JL-40	灵峰南端	28°31.707'N/118°33.883'E	580	砂岩
JL-41	灵峰南端	28°31.707'N/118°33.883'E	580	砾岩
JL-44	悬空寺下小会仙岩洞	28°32.245'N/118°33.957'E	260	砾岩

表 3 江郎山方岩组 ( $K_1f$ ) 岩石标本薄片偏光显微镜鉴定结果Table 3 The identification results by thin section through polarizing microscope to the rock samples from Fangyan Group ( $K_1f$ ) on Jianglang Mountain

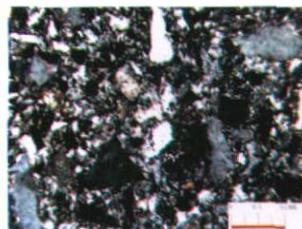
样品编号	光性/倍数	显微镜下岩性特征	图号
JL-02	正交/×10	含砾砂状结构, 砾石含量约 5%。碎屑颗粒磨圆度差, 多呈棱角状, 分选差, 颗粒大小多为 0.1~0.5 mm。碎屑颗粒含量约 70%, 主要成分为岩屑、石英、长石等, 偶见少量黑云母。岩屑含量约 20%, 砾石为球粒流纹岩岩屑, 具球粒构造。长石含量约 8%, 主要为酸性斜长石。石英含量约 42%, 多为单晶石英。填隙物含量约 30%; 主要为泥质物、铁质氧化物、方解石胶结物和细粉砂。方解石胶结物约 5%, 细粉砂约 10%。	照片 1
JL-05	正交/×4	砾状结构。碎屑物分选差, 磨圆度中等~差。砾石约占 60%, 磨圆度中等, 为次圆状~次棱角状, 主要为火山岩岩屑, 其成分主要为中性熔岩(安山岩)和酸性熔岩岩屑。砾石之间的充填物约占 40%, 为中细粒火山岩屑砂岩。砾石之间充填的火山岩屑砂岩, 碎屑颗粒约 65%, 主要成分为火山岩岩屑、石英和长石。长石主要为条纹长石和强烈蚀变的正长石。方解石胶结物约占 35%, 晶体较粗大, 呈不规则它形粒状, 分布不均匀。	照片 2
JL-06	正交/×4 单偏/×10	砾状结构, 碎屑物分选差, 磨圆度中等~差。砾石约占 50%, 磨圆度中等, 为次圆状~次棱角状, 主要为火山岩岩屑, 其成分主要为酸性熔岩和火山碎屑岩(凝灰岩)岩屑。砾石之间的充填物约占 50%, 主要成分为中细粒火山岩屑、石英和长石。长石主要为条纹长石和强烈蚀变的正长石。石英碎屑可见高温熔蚀特征, 多为火山作用的产物。胶结物约占 25%, 以方解石为主, 岩石裂隙中充填有方解石细脉。	照片 3 照片 4

续表 3

样品编号	光性/倍数	显 微 镜 下 岩 性 特 征	图 号
JL-08	正交/×4	以细粒砂状结构为主含少量中粒砂状。碎屑颗粒分选中等到好,颗粒粒径约 0.1~0.3 mm 少数粒度较粗,为 0.4~0.8 mm。磨圆度差,以次棱角状为主。胶结类型为孔隙胶结。碎屑颗粒:约占 60%,主要成分是石英 48%、火山岩岩屑 8%,长石(为酸性斜长石和条纹长石)4%、以及少量白云母。偶见微晶灰岩岩屑。胶结物约占 40%,主要为方解石(38%),少量铁质氧化物(约 2%)。方解石胶结物,呈不规则它形粒状,分布不均匀。	照片 5
JL-11	正交/×4	以细粒砂状结构为主含少量中粒砂状。碎屑颗粒分选差,颗粒粒径约 0.1~1.5 mm。磨圆度差,以棱角状为主。碎屑颗粒约占 80%,主要成分是火山岩岩屑 50%、石英 25%,长石 5%。火山岩岩屑多为球粒流纹岩岩屑(具球粒结构),少量熔结凝灰岩岩屑和安山岩岩屑。填隙物 20%,主要为方解石胶结物(10%)。质氧化物胶结物(约 5%),很细小的碎屑物(细粉砂等,约 5%)。方解石胶结物,呈不规则它形粒状,分布不均匀。	照片 6
JL-15	正交/×4	岩石主要由晶屑和熔岩基质构成。晶屑约占 30%,主要为石英(约 5%)、长石(以条纹长石为主,约 25%)等组成,晶屑较为粗大,多为 1~3 mm 个别达 4~6 mm。熔岩基质约占 70%,由很细小的它形粒状石英、长石组成,少量自形柱状磷灰石。基质具中等蚀变(泥化和碳酸盐化)。基质中分布有一颗晶形很好的条纹长石斑晶。	照片 7
JL-18	正交/×4	砾状结构为主,砾石约占 60%,砂粒含量约 30%,胶结物约 10%,碎屑物分选差,磨圆度中等~差,一般砾石磨圆度中等,砂粒磨圆度差。碎屑物(90%)主要成分为火山岩岩屑、石英和长石。火山岩岩屑约占 75%,有熔结凝灰岩岩屑、酸性熔岩岩屑和中性熔岩岩屑。熔结凝灰岩屑主要由塑变玻屑和石英、长石晶屑组成,塑变玻屑约占 90%,石英、长石晶屑约占 10%。胶结物约占 10%,以方解石为主,少量铁质氧化物。	照片 8
JL-20	正交/×10	中细粒砂状结构。碎屑颗粒分选中等,颗粒粒径多为 0.1~0.4 mm 磨圆度中等~差,次棱角状~次圆状,其中火山岩岩屑磨圆度相对较好,石英则磨圆度很差。碎屑颗粒约占 70%,主要成分是中性和酸性火山岩岩屑 35%、石英 20%、长石 15%。胶结物及其粒间孔隙(约 30%)胶结物约 10%,主要成分为方解石,少量铁质氧化物,粒间孔隙约占 20%。局部可见方解石胶结物的熔蚀现象,粒间孔隙很可能是方解石胶结物溶蚀的产物。	照片 9
JL-21	正交/×10	中粗粒砂状结构,碎屑物分中等,磨圆度中~差。碎屑物(75%)主要成分为岩屑、石英和长石。岩屑约占 35%,石英碎屑约占 25%,长石约占 15%。岩屑成分为酸性火山岩岩屑,个别岩屑中可见球粒结构。长石为酸性斜长石、条纹长石和正长石等。条纹长石和正长石具较强的泥化。胶结物及其粒间孔隙(约 25%);方解石胶结物约 10%,分布不均匀。局部可见方解石胶结物的溶蚀现象,粒间孔隙很可能是方解石胶结物溶蚀的产物。	照片 10
JL-23	正交/×4	主要由浆屑、晶屑和基质组成。浆屑分布很不均匀。整个岩石中的平均含量约 30%,呈半定向排列,长度约 0.5~5 mm 宽度约 0.1~1.5 mm。全部具有脱玻化现象,呈现羽毛状构造。晶屑约 30%,其中长石晶屑约 15%,石英晶屑约 15%。很多石英为高温石英,并且常见高温熔蚀现象。长石主要有条纹长石、正长石、正长条纹长石。基质约占 40%,是充填于浆屑和晶屑之间的火山碎屑物。	照片 11
JL-24	正交/×4	含砾砂状结构为主,砾石约占 20%,砂粒含量约 65%,填隙物约 15%,碎屑物分选很差,磨圆度差。碎屑物(85%);其中砾石直径为 3~13 mm 砂粒多为 0.3~1.5 mm。主要成分为火山岩岩屑、石英和长石。石英约占 30%,长石约 10%,火山岩岩屑约占 45%。较大的碎屑物均为火山岩岩屑。该岩屑已强烈泥化,含有约 20%的细小毛发状的粘土矿物。长石主要为泥化较强的正长石和条纹长石。填隙物约 15%,为很细小的碎屑物(细粉砂)、少量粘土。	照片 12
JL-25	正交/×4	具辉绿~间粒结构,主要由斜长石和暗色矿物组成。斜长石约 60%,形细长板条状,长约 0.2~0.8 mm 双晶不明显。暗色矿物占 40%,半自形柱状~它形粒状,大多已强烈蚀变。个别蚀变较弱者,侧得其最大消光角约 40°左右,为辉石(但其干涉色比普通辉石低,最高干涉色仅为一级红,可能是薄片厚度较小所致)。	照片 13

续表 3

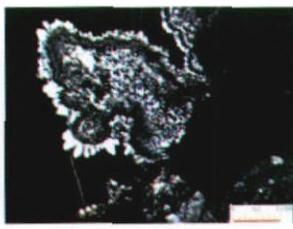
样品编号	光性 / 倍数	显微镜下岩性特征	图号
JL-27	正交 / ×4	角砾状结构, 岩石由角砾和角砾之间的充填物构成。角砾约占 50%, 大小约 2~10 mm 为火山岩岩屑和少量石英晶屑。火山岩屑的种类有安山岩、熔结凝灰岩、流纹岩等。角砾之间的充填物约 50%, 为石英、长石晶屑、小颗粒火山岩岩屑和很细小的碎屑物。石英、长石晶屑粒径多为 0.2~1.5 mm	照片 14
JL-28	正交 / ×10 正交 / ×4	以粗粒砂状结构为主, 含少量 (< 5%) 小砾石。碎屑物约占 90%, 分选差, 粒径为 0.2~2.5 mm 磨圆度差, 主要为棱角状~次棱角状, 粒度粗的碎屑物磨圆度略好(次圆状)。成分有火山岩岩屑、石英和长石。火山岩岩屑约为 60%, 以酸性火山岩岩屑为主(常含有具熔蚀边的石英), 少量中性熔岩(安山岩)岩屑。石英约 20%。长石约 10%, 为条纹长石和酸性斜长石。填隙物: 约 10%, 为细碎屑、泥质物和少量铁质氧化物。	照片 15 照片 16
JL-30	正交 / ×10	含砾砂状结构, 砾石约占 20%, 砂粒含量约 70%, 填隙物约 10%, 碎屑物分选差, 磨圆度中等~差, 一般砾石磨圆度中等, 砂粒磨圆度差。碎屑物(90%)主要成分为火山岩岩屑、石英和长石。火山岩岩屑约占 70%, 主要有安山岩、酸性熔岩(流纹岩等)岩屑, 有的流纹岩岩屑具球粒结构。石英晶屑约 15%。长石占 5%。胶结物约占 10%, 主要为细粒它形粒状的帘石类矿物, 少量铁质氧化物。	照片 17
JL-31	正交 / ×4	角砾状结构。岩石由角砾和角砾之间的充填物构成。角砾: 约占 25%, 个体较小, 多为 2~5 mm 棱角状, 薄片所见均由粗大的晶屑组成, 其成分有: 石英、长石等晶屑。石英晶屑约 5%, 个别具有熔蚀现象。长石约占 20%, 为正长石和斜长石, 已强烈蚀变。角砾之间的充填物: 约 75%, 主要由它形等轴粒状的石英和它形~半自形板状长石紧密镶嵌而成, 少量铁质氧化物散布其中。长石约 60%, 石英约 10%, 铁质氧化物约 5%。	照片 18
JL-32	正交 / ×4	晶屑凝灰结构, 岩石主要由晶屑和充填于晶屑之间的填隙物组成。晶屑: 约占 45%, 粒径为 0.05~0.30 mm 多数为 0.5~2.5 mm 棱角状, 分选差。主要成分为长石和石英, 少量黑云母。长石约 27%, 主要为酸性斜长石, 具有非常细密的聚片双晶, 少量正长石。石英约占 15%, 常见高温熔蚀现象。黑云母约 3%。晶屑之间的填隙物: 约 55%, 主要由非常细小的石英、长石紧密堆积而成。	照片 19
JL-36	单偏 / ×10	玻屑凝灰结构, 由玻屑、晶屑和填隙物组成, 以玻屑为主。玻屑: 约占 68%, 呈弓形、弧面多角形。粒径约 0.1~0.2 mm 已脱玻化, 呈霏细结构, 其形态在单偏光系统下较清楚。晶屑: 约占 12%, 粒径约 0.1~1.2 mm 多数为 0.5~1.0 mm 成分为长石、石英、黑云母, 以长石为主。长石约占 8%, 为斜长石、正长石。石英约占 2%, 黑云母约 2%。填隙物: 约 20%, 充填于玻屑、晶屑之间, 为极为细小的火山尘。	照片 20
JL-38	正交 / ×10	砾状结构, 砾石之间为砂状结构, 砾石约占 30%, 砂粒含量约 40%, 填隙物约 30%, 碎屑物分选差, 磨圆度中等~差, 一般砾石磨圆度中等, 次圆状为主, 砂粒磨圆度差, 为次棱角~棱角状。碎屑物(80%)主要成分为火山岩岩屑、石英和长石。火山岩岩屑约占 60%, 主要有酸性火山岩(流纹岩、流纹质凝灰岩等)岩屑和安山岩岩屑。有的流纹岩岩屑见有球粒结构, 还有的发育气孔构造。石英晶屑约 15%, 长石占 5%, 已强烈蚀变。填隙物约占 20%, 为铁质氧化物泥质物(5%)和细粉砂等(10%)。	照片 21
JL-40	正交 / ×10	含砾砂状结构, 砾石约占 20%, 砂粒含量约 60%, 填隙物约 20%, 碎屑物分选很差, 磨圆度中等~差, 一般砾石磨圆度中等, 次圆状为主, 砂粒磨圆度差, 为次棱角~棱角状。岩屑磨圆度中等, 矿物碎屑磨圆度差。碎屑物 85%, 主要成分为岩屑、石英和长石碎屑, 偶见燧石碎屑。石英约占 35%, 长石约 20%, 岩屑约占 30%。填隙物约 15%, 有方解石、铁质氧化物和硅质等胶结物。方解石胶结物约 10%, 铁质氧化物胶结物约 2%, 硅质胶结物约 3%。岩石中含方解石细脉。	照片 22
JL-41	正交 / ×4	砾状结构, 砾石之间为砂状结构, 砾石约占 50%, 砂粒含量约 35%, 填隙物约 15%, 碎屑物分选差, 磨圆度中等~差, 一般砾石和粗砂磨圆度中等, 次棱角状~次圆状, 砂粒磨圆度差, 为次棱角~棱角状。碎屑物(85%)其中砾石直径 3~20 mm 砂粒为 0.2~2 mm 以 0.1~2.0 mm 为主。主要成分为火山岩岩屑、石英和长石。火山岩岩屑约占 72%, 石英晶屑约 8%。胶结物约占 15%, 为方解石胶结物(约 5%), 铁质氧化物(分布很不均匀, 约 3%)、泥质物(4%)和硅质胶结物(3%)。	照片 23
JL-44	正交 / ×4	含砾砂状结构, 砾石约占 10%, 砂粒含量约 55%, 胶结物约 35%, 碎屑物分选差, 磨圆度中等~差, 次圆状~棱角状。碎屑物砾石直径为 2~10 mm 砂粒多为 0.1~2.0 mm 主要成分为岩屑、石英和长石碎屑。岩屑约占 40%, 石英约占 10%, 长石约 15%。岩屑成分主要为火山岩岩屑, 大多具有很强的蚀变。熔结凝灰岩岩屑, 由浆屑和弱变形的玻屑组成。长石主要为泥化较强的正长石和条纹长石。胶结物约占 35%, 以方解石为主, 少量(约 2%) 铁质氧化物。岩石中含较多方解石细脉。	照片 24



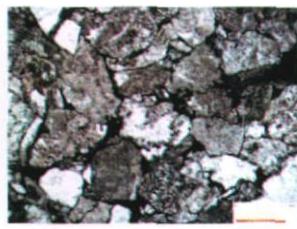
照片 1 JL-02 正交/×10



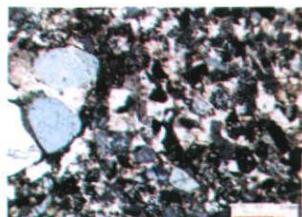
照片 2 JL-05 正交/×4



照片 3 JL-06 正交/×4



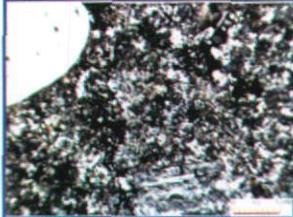
照片 4 JL-06 单偏/×10



照片 5 JL-08 正交/×4



照片 6 JL-11 正交/×4



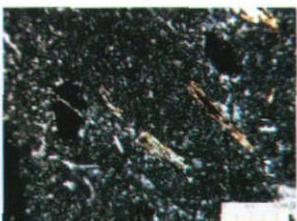
照片 7 JL-15 正交/×4



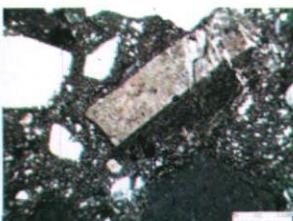
照片 8 JL-18 正交/×4



照片 9 JL-20 正交/×10



照片 10 JL-21 正交/×10



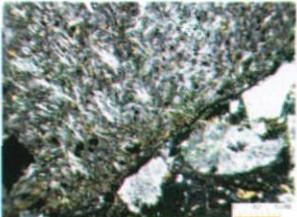
照片 11 JL-23 正交/×4



照片 12 JL-24 正交/×4



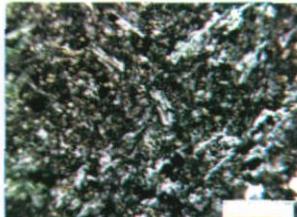
照片 13 JL-25 正交/×4



照片 14 JL-27 正交/×4



照片 15 JL-28 正交/×4



照片 16 JL-16 正交/×10



照片 17 JL-30 正交/×10



照片 18 JL-31 正交/×4



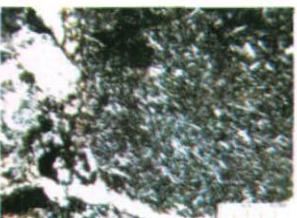
照片 19 JL-32 正交/×4



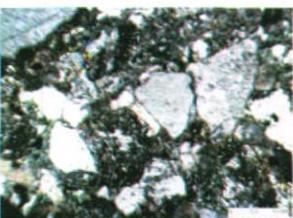
照片 20 JL-36 单偏/×10



照片 21 JL-38 正交/×10



照片 22 JL-40 正交/×10



照片 23 JL-41 正交/×4



照片 24 JL-44 正交/×4

从岩石标本的薄片偏光显微镜鉴定结果来看, 江郎山方岩组 ( $K_1 f$ ) 岩石由大量火山岩岩屑构成, 火山岩砾石和岩屑含量普遍较高, 岩石相当坚硬。火山岩砾石占 60% ~ 70%, 主要种类有熔结凝灰岩、酸性熔岩 (流纹岩)、中性熔岩 (安山岩)。砾岩中的砾石磨圆度比较差, 碎屑物分选差, 磨圆度中等 ~ 差, 次圆状 ~ 棱角状等, 反映了丹霞地貌这种山间盆地的红色砂砾岩沉积的物源和沉积地距离, 搬运动力有限, 为一种急速式的倾泻堆积。熔结凝灰岩岩屑, 主要由浆屑、晶屑和基质组成, 均有脱玻化现象, 石英晶屑含量达到 15%, 很多石英为高温石英, 常见有高温溶蚀现象, 构成的岩石十分坚硬且致密度高, 抗风化能力也很强。

方岩组 ( $K_1 f$ ) 中的砂岩其胶结物主要成分为方

解石, 粒间孔隙约占 20% ~ 25%, 局部可见方解石胶结物的溶蚀现象, 从薄片鉴定中也可看出, 其粒间孔隙很可能是方解石胶结物被溶蚀后的结果, 而且构成砂岩的岩体如流纹岩岩屑等其本身就具有气孔构造, 这些岩屑在显微镜下可见已经强烈泥化, 这是导致该区砂岩岩体抗风化程度不及砾岩的主要原因所在。

#### 4.2 岩石标本常量元素、全岩氧化物 X 荧光光谱分析

本文对江郎山丹霞地貌的岩层方岩组 ( $K_1 f$ ) 的氧化物含量的 X 荧光光谱分析的指标研究, 是在南京大学现代分析中心进行的, 用岛津 VF-320X 射线荧光光谱仪测定。表 3 是岩石标本氧化物含量的结果。

表 3 江郎山方岩组 ( $K_1 f$ ) 岩石标本氧化物含量 X 荧光光谱测定结果

Table 3 The results of oxide content of rock samples through X fluorescence spectrometry on Fangyan Group ( $K_1 f$ ), Jianglang Mountain

序号	SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	MgO (%)	K <sub>2</sub> O (%)	Na <sub>2</sub> O (%)	TD <sub>2</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)
JL-02	64.9	15.6	3.37	3.330	0.986	5.690	1.95	0.508	0.187
JL-05	56.1	14.5	3.49	10.900	0.958	5.350	1.77	0.465	0.131
JL-06	52.3	18.1	7.81	6.270	4.870	2.560	2.50	1.050	0.312
JL-08	46.0	11.8	2.67	20.100	1.010	4.230	1.13	0.370	550.000
JL-11	55.5	13.8	3.18	11.900	1.170	5.220	1.47	0.521	0.120
JL-15	65.1	16.2	3.75	1.630	1.290	6.190	2.19	0.569	0.252
JL-18	66.8	16.4	3.06	1.650	1.030	6.250	1.84	0.430	0.177
JL-20	60.2	16.2	4.58	5.960	2.030	4.520	1.99	0.615	0.198
JL-21	64.5	14.9	2.68	5.130	0.883	5.470	1.92	0.409	0.139
JL-23	75.8	12.3	1.91	0.353	0.153	6.40	1.53	0.180	—
JL-24	70.1	15.2	2.74	0.608	0.750	6.460	2.36	0.273	910.000
JL-25	44.9	19.1	10.1	7.740	8.030	0.498	2.55	1.380	0.371
JL-27	65.8	15.5	4.21	1.390	2.100	5.350	2.42	0.459	0.187
JL-28	68.9	15.0	2.82	1.590	0.817	5.110	3.37	0.321	0.142
JL-30	67.9	15.4	3.27	1.34	1.440	5.550	2.59	0.367	0.110
JL-31	64.2	16.3	4.33	1.520	1.280	6.290	2.70	0.632	0.244
JL-32	66.8	15.6	2.77	0.898	0.664	5.650	2.85	0.476	0.104
JL-36	57.4	20.9	3.68	2.210	1.430	6.670	1.33	0.818	0.219
JL-38	66.6	17.4	2.73	0.766	0.672	7.390	2.06	0.328	860.000
JL-40	63.1	16.5	2.96	5.060	1.010	5.210	1.29	0.468	990.000
JL-41	62.5	18.3	3.31	3.830	0.877	4.540	2.46	0.663	0.173
JL-44	56.0	15.5	3.98	8.010	1.950	3.310	0.89	0.697	0.170

注: “—”为未测出。

从岩石标本氧化物含量的 X 荧光光谱测定结果来看,火山岩砾石和岩屑含量普遍较高,测出的  $SiO_2$  含量普遍也很高(44.90%~75.80%),表明其总体上抗风化能力强; $CaO$  的含量在砂岩里相对较高,且在不同的岩性中差异很大(20.1%~0.353%),当雨水与空气中的  $CO_2$  有一定量的混合,会对钙质胶结的砂岩岩层易产生溶蚀作用。

## 5 结论与讨论

江郎山丹霞地貌的岩石标本的常量元素、氧化物含量的 X 荧光光谱分析和岩性偏光显微镜鉴定分析理化性质分析结果,对岩性与地貌形成的关系有了更明确的认识。

1. 江郎山丹霞地貌形成过程中方岩组( $K_1f$ )岩性对地貌的形成起了基础和决定性的作用。火山岩砾石由于经过火山作用时的高温,而后逐渐冷却,犹如淬火历练一般,因此其坚硬和抗风化程度之高是一般沉积岩所不可比拟的<sup>[20]</sup>。江郎山方岩组( $K_1f$ )中抗风化能力相对弱的岩石主要是砂岩,砂岩的软化,使之易风化,形成崩塌和洞穴等地貌。江郎山一线天亚峰一侧崖壁处的辉绿岩岩脉和登天坪处的辉绿岩岩墙虽然  $SiO_2$  含量不是很高(44.9%),但其特有的辉绿一间粒结构以及斜长石和暗色矿物的组合,也构成了十分坚硬且抗风化能力很强的岩石。上述岩性特征是江郎山“三爿石”历经沧桑仍能巍然屹立的主要原因所在。

2. 岩性的差异,导致外力作用的效果不同,差别风化作用形成了江郎山独特的丹霞地貌形态。方岩组( $K_1f$ )这种软硬互层的岩性对崩塌的形成有重要影响。砾岩其抗压强度和抗风化能力都很高,而由砂岩、钙质粉砂岩和细砂质粉砂岩构成的岩体相对较软,其抗压强度和抗风化能力相对较弱。因此,砂岩硬度和抗压强度及抗风化能力均不及砾岩。当砂岩和砾岩互层出露时,砂岩风化速率快,易被溶蚀并因抗压强度低而产生崩落,当其风化崩落后,上部的砾岩会失去支撑亦逐渐随之崩落,由此造成易风化岩体的后退,丹霞崖壁砂岩层凹进,砾岩突起,以及大量内凹扁平状洞穴和槽龛发育的景观。这也是丹霞地貌山区自然灾害的重要诱发因素。

3. 野外调查采样样品薄片偏光显微镜鉴定均发现,方岩组( $K_1f$ )中砾岩的孔隙度大于砂岩,地表下渗的雨水很容易经砾岩岩层下渗到透水性相对较

差的砂岩岩层中,这样以方解石为主要成分的砂岩胶结物很容易被侵蚀淋溶。除了江郎山的一线天、巷谷、峡谷等丹霞沟谷景观的发育与中下部砂岩抗风化能力弱,垂直节理发育而易于形成崩塌和被流水搬运,岩体解理崩塌作用有关外,江郎山扁平洞穴的发育也与岩性差异风化导致的崩塌作用密切相关。需要指出的是,由岩性差异风化导致的崩塌和扁平洞穴形成过程贯穿于峡口盆地隆升后江郎山丹霞地貌发育的各个阶段<sup>[20]</sup>。

4. 实验室对江郎山丹霞地貌的岩石标本的常量元素、氧化物含量的 X 荧光光谱分析和岩性偏光显微镜鉴定,了解其组成成分、结晶状态以及力学性质等,这些理化性质会对外力作用有不同的响应,主要表现在差别侵蚀和风化上,这样可以更好解释地貌的形成的物质原因<sup>[28]</sup>。因此从实验学的角度微观分析研究丹霞地貌的物质基础,解释丹霞地貌后期发育形成原因,这从研究方法上具有可行性和科学性。这是岩性对丹霞地貌的形成机制和影响的进一步揭示,可以很好地解释江郎山地貌形成的原因,同时也为研究丹霞地貌山区地质灾害与岩性之间关系的机理奠定了基础。

致谢:感谢浙江省江山市旅游局的周书勤局长、朱雨鸣、李东等,南京大学现代分析中心的刘迪高级工程师,安徽蚌埠学院朱光耀教授,滁州学院郑朝贵教授、钟宜顺等,南京大学地理与海洋科学学院的欧阳杰、朱青、李兰、黄铿、吕文等在野外采样和实验室分析中所做的工作。

## 参考文献 (References)

- [1] Bian Hongxiang On lithological and structure factors in geomorphic development of Hupingshan Mountain area [J]. *Natural Science Journal of Hunan Normal University* 1989 12 (2): 172~177 [卞鸿翔. 论壶瓶山区地貌发育中的岩性和构造因素 [J]. 湖南师范大学自然科学学报, 1989 12 (2): 172~177]
- [2] Min Shituo Wang Suiji Valley morphological characteristics development law and their cause in the longitudinal range gorge region [J]. *Journal of Mountain Science* 2007 25 (5): 524~533 [闵石头, 王随继. 滇西纵向岭谷区河谷形态特征、发育规律及成因 [J]. 山地学报, 2007 25 (5): 524~533]
- [3] Tang Yunsong Chen Wenguang Zhu Cheng A study on Zhangjiajie quartz sandstone landform genesis [J]. *Journal of Mountain Science* 2005 23 (3): 308~312 [唐云松, 陈文光, 朱诚. 张家界砂岩峰林景观成因机制 [J]. 山地学报, 2005 23 (3): 308~312]
- [4] Lai Shenghua Li Xiaohong A new approach in studying depositional system within rift-subsidence basin from paleogeomorphology lithologic change and water depth to depositional system [J]. *Acta Sed-*

- imentologica Sinica 2007, 25(5): 663~670 [赖生华, 李晓宏. 断陷盆地沉积体系研究新思路: 从古地貌、岩性变化、水体深度到沉积体系 [J]. 沉积学报, 2007 25(5): 663~670]
- [ 5 ] Zhu Cheng Cui Zhijiu Li Zhongxuan et al. On genesis of the granite pits on top of the Dayangshan Mountain of Jinyun County Zhejiang Province [J]. Acta Geographica Sinica 2008, 63(7): 735~743 [朱诚, 崔之久, 李中轩, 等. 浙江缙云县大洋山石鼓尖花岗岩坑穴成因 [J]. 地理学报, 2008 63(7): 735~743]
- [ 6 ] Ye Hao Shi Jiansheng Hu Hongbing et al. Effect of the lithologic characters of pisha sandstone gravity erosion in south Inner Mongolia [J]. Arid Zone Research 2008, 25(3): 402~405 [叶浩, 石建省, 侯宏冰, 等. 内蒙古南部砒砂岩岩性特征对重力侵蚀的影响 [J]. 干旱区研究, 2008 25(3): 402~405]
- [ 7 ] Sun Guomei Kuang Mingsheng Qu Hua. Research of geological disaster in Qingling-Bashan Mountains [J]. Research of Soil and Water Conservation 2005, 12(5): 240~243 [孙果梅, 况明生, 曲华. 陕西秦巴山区地质灾害研究 [J]. 水土保持研究, 2005 12(5): 240~243]
- [ 8 ] Zheng Jianzhong Zou Zhengning. Environmental geological characteristics of the mountain area of southern Anhui Province and treatment of geological disasters due to landslide [J]. Journal of Hefei University of Technology 2006, 29(1): 102~105 [郑建中, 邹正明. 皖南山区环境地质特征与滑坡地质灾害防治 [J]. 合肥工业大学学报(自然科学版) 2006 29(1): 102~105]
- [ 9 ] Liu Yuping Yang Lina Liang Yu. Genetical analysis of geological disasters in the western mountain areas of Xingtai City [J]. Journal of Geological Hazards and Environment Preservation 2008, 19(2): 33~37 [刘玉平, 杨丽娜, 梁钰. 邢台西部山区地质灾害形成的成因分析 [J]. 地质灾害与环境保护, 2008 19(2): 33~37]
- [ 10 ] Liu Xinrong Xian Xuefu Yu Hailong. The affection of lithological character to rock mechanical properties [J]. Jiangxi Nonferrous Metals 2001, 15(2): 11~13 [刘新荣, 鲜学福, 余海龙. 岩性特征对岩石力学性质的影响 [J]. 江西有色金属, 2001 15(2): 11~13]
- [ 11 ] Jiao Shulin Liang Hong. The research on the relationship between drainage basins' landforms and its lithologic features in Karst region-A case study in Guizhou Province [J]. Carsologica Sinica 2002, 21(20): 95~100 [焦树林, 梁虹. 喀斯特地区流域地貌与岩性的统计关系探讨——以贵州省为例 [J]. 中国岩溶, 2002 21(20): 95~100]
- [ 12 ] Nie Yueping. Karst development characteristics under the lithologic control of carbonate rocks: A case study in south-central Guizhou [J]. Carsologica Sinica 1994, 13(1): 31~36 [聂跃平. 碳酸盐岩性因素控制下喀斯特发育特征——以黔中南为例 [J]. 中国岩溶, 1994 13(1): 31~36]
- [ 13 ] Deng Xinhui Jiang Zhongcheng Qin Xiaqun et al. Epihydrogeochemical effects of karst vegetation in Nongla Guangxi [J]. Journal of Mountain Science 2008, 26(2): 170~179 [邓新辉, 蒋忠诚, 覃小群, 等. 广西弄拉岩溶植被的表层水文地球化学效应 [J]. 山地学报, 2008 26(2): 170~179]
- [ 14 ] Liu Shangren Liu Ruihua. On the conception of Danxia landform [J]. Journal of Mountain Science 2003, 21(6): 669~674 [刘尚仁, 刘瑞华. 丹霞地貌概念讨论 [J]. 山地学报, 2003 21(6): 669~674]
- [ 15 ] Liu Shangren. Thinking to a few of the problem in Danxia landform [J]. Ecognic Geolgraphy 1999, 19(Suppl 2): 5~9 [刘尚仁. 对丹霞地貌若干问题的思考 [J]. 经济地理, 1999 19(增刊 2): 5~9]
- [ 16 ] Huang Jin. The report on the Danxia Landform research of China [J]. Tropical Geomorphology 1992 (Suppl): 1~36 [黄进. 中国丹霞地貌研究汇报 [J]. 热带地貌, 1992 (增刊): 1~36]
- [ 17 ] Peng Hua. Advance of the Danxia landform study in China [J]. Scientia Geographica Sinica 2000, 20(3): 203~211 [彭华. 中国丹霞地貌研究进展 [J]. 地理科学, 2000 20(3): 203~211]
- [ 18 ] Jiang Yongbiao Guo Fusheng Sun Chuamian et al. The features and origin of the Danxia landform in Guifeng scenic park in Yiyang County Jiangxi [J]. Journal of Mountain Science 2008, 26(1): 120~125 [姜勇彪, 郭福生, 孙传敏, 等. 江西弋阳县龟峰丹霞地貌景观特征与形成机制 [J]. 山地学报, 2008 26(1): 120~125]
- [ 19 ] Liang Shijing Wen Feicheng Chen Shidun. On grotto types and their origin of the Danxia landform in Taining County of Fujian Province [J]. Geology of Fujian 2008(3): 296~307 [梁诗经, 文斐成, 陈斯盾. 福建泰宁丹霞地貌中的洞穴类型及成因浅析 [J]. 福建地质, 2008(3): 296~307]
- [ 20 ] Zhu Cheng Peng Hua Li Zhongxuan et al. Age and genesis of the Danxia landform on Jianglang Mountain Zhejiang Province [J]. Acta Geographica Sinica 2009, 64(1): 21~32 [朱诚, 彭华, 李中轩, 等. 浙江江郎山丹霞地貌发育的年代与成因 [J]. 地理学报, 2009 64(1): 21~32]
- [ 21 ] Zhu Cheng Yu Jinbiao Zhao Ningxi et al. Danxia landform genesis and scenic feature on Guanzai Mountain Fujian Province [J]. Acta Geographica Sinica 2000, 55(6): 679~688 [朱诚, 俞锦标, 赵宁曦, 等. 福建冠豸山丹霞地貌成因及旅游景观特色 [J]. 地理学报, 2000 55(6): 679~688]
- [ 22 ] Zhu Cheng Peng Hua Li Shicheng et al. Danxia landform genesis on Qiyun Mountain Anhui Province [J]. Acta Geographica Sinica 2005, 60(3): 445~451 [朱诚, 彭华, 李世成, 等. 安徽齐云山丹霞地貌成因 [J]. 地理学报, 2005 60(3): 445~451]
- [ 23 ] Hu Kaining. Initial discussion on the tectonic evolution of Jiangshan-Shaoxing fault zone [J]. Geology of Zhejiang 2001, 17(2): 1~11 [胡开明. 江绍断裂带的构造演化初探 [J]. 浙江地质, 2001 17(2): 1~11]
- [ 24 ] Regionally Geologic Survey Group of Zhejiang Province. Geologic Introduction of PRC to Changtai Town (1:50 000) [Z]. 1999 [浙江省区域地质调查大队. 中华人民共和国地质说明书: 长台镇幅 (1:50 000) [Z]. 1999]
- [ 25 ] Peng Huaning Liu Linqing Guo Fusheng. On geological genesis of the Danxia landform in Zhejiang province [J]. Volcanology and Mineral Resources 2001, 22(2): 143~149 [彭花明, 刘林清, 郭福生. 浙江江郎山丹霞地貌地质成因分析及景观保护 [J]. 火山地质与矿产, 2001, 22(2): 143~149]
- [ 26 ] Hao Yichun Su Deying Yu Jingxian et al. China Cretaceous China Stratigraphy (12) [M]. Beijing: Geology Press 2000, 1~57 [郝治纯, 苏德英, 余静贤, 等. 中国地层典(白垩系) [M]. 北

京:地质出版社, 2000: 1~57]

- [ 27] Ding Baoliang, Li Yaoxi. New advances of Cretaceous study in Zhejiang [J]. *Volcanic Geology and Mines* 1999, 20(4): 241~286  
[丁保良, 李耀西. 浙江白垩系的深化研究与新进展 [J]. *火山地质与矿产*, 1999, 20(4): 241~286]

- [ 28] Shen Hongyuan, Zhu Cheng, Tang Yunsong et al. Mechanism of Paleo-Collapse Landform in Mt. Fu of Huangyan, Zhejiang Province [J]. *Journal of Mountain Science* 2003, 21(5): 529~536 [申洪源, 朱诚, 唐云松, 等. 浙江黄岩富山地区古崩塌地貌发育机制 [J]. *山地学报*, 2003, 21(5): 529~536]

## Experimental Study on Lithological Characteristic with Danxia Landform, Jianglang Mountain, Zhejiang Province

ZHANG Guangsheng<sup>1,2</sup>, ZHU Cheng<sup>1</sup>, YU Jirbiao<sup>1</sup>, LI Zhongxuan<sup>1</sup>, KONG Qingyou<sup>3</sup>

(1. School of Geographic and Oceanographic Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China

2. Department of Urban Construction and Environmental Science, West Anhui University, Luau, Anhui 237012, China

3. School of Earth Sciences and Engineering, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

**Abstract:** 22 block of rock specimens were collected from Fangyan major rock group ( $K_1f$ ) on Jianglang Mountain, Zhejiang Province. X-ray fluorescence analysis on macroelement and oxidate content, thin-section polarizing microscope identification were carried out. The causes of the relationship between the development of Jianglang Mountain Danxia lithology and topographic features was analyzed. (1) Volcanic gravel and debris content of conglomerate on Fangyan Group ( $K_1f$ ) is relatively high. The content of  $SiO_2$  is also high (44.90%~75.80% in between). It indicated that its ability of resistance to weathering is strong. It is the reasons that "Three Stone" on Jianglang Mountain can still stand tall through the vicissitudes. Jianglang Mountain became Danxia a typical representative of old age period of developmental. (2) The ability of resistance to weathering of Fangyan Group ( $K_1f$ ) sandstone is relatively weak. Its main component of cement is the calcite. Intergranular aperture porosity about 20%~25%, partial visibility of the dissolution of calcite cement phenomenon. Identification of thin-section polarizing microscope on rock also can be seen. The intergranular porosity is likely to be calcite cement has been the result of corrosion, but also constitute a sandstone rock rhyolite debris, such as its pore structure itself. These cuttings at can be seen under the microscope has a strong clay and rock of less wind resistance, which constitutes one of the area lithology sandstone landform erosion and the main reason for the higher degree of weathering. (3) Fangyan Group ( $K_1f$ ) lithology played a decisive role on the process of development of Danxia landform on Jianglang Mountain. This lithological characteristics and resistance to weathering of the difference in ability lead to differences in weathering phenomenon in the area. It is the foundation that the mountain collapsed, flat cave formation and "Three Stone" standing on Jianglang Mountain because of the lithologic differences.

**Key words:** Danxia landform; X fluorescence analysis; identification sheet; Jianglang Mountain in Zhejiang Province