

# 南昌梅岭花岗岩地貌景观特征及其形成发育规律

周翠<sup>1)</sup>, 姜勇彪<sup>1,2)</sup>, 段政<sup>3)</sup>, 钱迈平<sup>3)</sup>, 张翔<sup>3)</sup>, 陈荣<sup>3)</sup>

1) 东华理工大学地球科学学院, 南昌, 330013; 2) 江西省数字国土重点实验室, 南昌, 330013;  
3) 中国地质调查局南京地质调查中心, 南京, 210016

**内容提要:**花岗岩地貌具有独有的景观特征和演化规律,本文对江西南昌梅岭地区新元古代花岗岩地貌景观特征、空间分布规律和成因演化规律进行了系统分析与总结。梅岭花岗岩地貌主要发育于新元古代花岗岩之上,并在岩性、区域断裂和气候控制的风化侵蚀作用下,逐步形成了以崩塌倒石堆积、石蛋为特色的花岗岩低山丘陵地貌;新生代以来,梅岭地区长期受到太平洋构造域和特提斯构造域的叠加影响,而发生构造抬升和剥蚀作用,且受区域断裂构造的控制明显,区内沟谷和瀑布景观主要沿NE、NNE和近EW三个方向发育。梅岭现代花岗岩地貌的发育肇始于始新世区域一级夷平面的分裂解体,并经历了两次构造抬升和剥蚀作用,逐步形成如今独具代表性的花岗岩低山丘陵地貌景观。

**关键词:**花岗岩地貌;分类;演化历史;新元古代;梅岭

花岗岩地貌是一种独特的地貌景观地质遗迹,因此多被依托建成国家公园、自然遗产地或地质公园加以保护,如美国加利福尼亚州的约塞米蒂国家公园(Palmer et al. ①)、日本屋久岛世界自然遗产地(李彬, 2017)、德国的布朗斯韦尔世界地质公园(叶张煌, 2013)等。我国东南部地区花岗岩分布广泛,形成了各种类型迥然的花岗岩地貌景观,有些地区因这些奇、险、秀、雄的花岗岩地貌景观而成为重要的旅游景区和科研基地,如安徽黄山世界地质公园(潘国林, 2013)、江西三清山世界地质公园(尹祝等, 2018)、福建太姥山世界地质公园(王荣等, 2011)、德化石牛山国家地质公园(梁诗经等, 2006)等。目前为止,针对花岗岩地区这些千姿百态的地貌景观,从地质地貌科学角度来阐述其形成和发育规律的研究多集中于燕山期花岗岩(滕志宏和李继康, 1997; 崔之久等, 2009; 尹国胜等, 2007; 杨柳, 2011),而对于其它时代花岗岩地貌地质遗迹的关注还不多。而江西梅岭是华南面积最大的新元古代花岗岩侵入体——九岭岩体的东延部分,其类型丰富而独特,是研究新元古代花岗岩地貌景观的理想对象。本文以南昌市梅岭风景名胜区为例,对区域花

岗岩地貌景观从特征、空间分布和时间演化规律三个方面展开分析,以期揭示区域新元古代花岗岩地貌景观的空间展布规律和地貌演化过程。

## 1 梅岭区域概况

梅岭位于南昌市西部,山体呈NE向展布,地理坐标为 $115^{\circ}38' \sim 115^{\circ}48'E$ ,  $28^{\circ}42' \sim 28^{\circ}51'N$ , 面积约 $150\text{ km}^2$ , 最高海拔841 m。其处于亚热带季风气候区,日照少,气温低,云雾、降水多,空气湿度大,气候垂直变化大,具有典型的山地气候特征。在地貌上,梅岭属于受两侧北东向断裂所挟持的,并经历了强烈抬升作用后形成的构造断块山,是从赣西九岭山脉南坡,自北而南滑脱推移过来的一座巨型推覆体,其东南弧凸边界外侧的挤压动力变质带及新元古代双桥山群掩盖或逆冲于古生代、中生代沉积岩之上。在遥感影像上,梅岭一侧呈弧凸形边界,代表了推覆方向,而另一侧相对平直,代表了裂离拉断缘,逆指推覆方向,四周为平原所隔而“脱离”,地形反差甚大,颇具“一山飞峙”的特色。且梅岭至今仍处在向鄱阳湖平原仰冲的推覆发展之中:梅岭山前的赣江平原现今正处在由SE向NW掀斜沉降期,

注:本文为江西省研究生创新专项资金项目(编号:YC2019-S270)和中国地质调查局地质调查项目(编号:DD20190603)的成果。

收稿日期:2020-08-23; 改回日期:2020-12-01; 责任编辑:章雨旭。Doi: 10.16509/j.georeview.2021.01.010

作者简介:周翠,女,1996年生,硕士研究生,研究方向为旅游地学、火山地质遗迹调查、评价和研究; 通讯地址:330013,江西省南昌市经开区广兰大道418号;Email:zhou cui\_1996666@163.com。通讯作者:姜勇彪,男,1969年生,博士,教授,主要从事第四纪地质学和景观地貌学研究;Email:rbjgeo@163.com。

趋于插向梅岭山下(即梅岭相对向 SE 仰冲)的新构造发展之中(张福祥,1996)。

在大地构造位置上,南昌梅岭地处扬子板块和华夏板块的拼贴带——江南造山带中北缘,经历了从中元古代到新生代的各旋回构造运动。在中元古代(>1000 Ma),区内形成巨厚层含火山碎屑夹层的

海相泥砂质复理石建造;新元古代发育的晋宁运动,使得区域双桥山群发生区域性强变形低变质作用,扬子板块与华夏板块发生陆—陆碰撞拼贴,并伴随着碰撞后过铝质 S 型花岗闪长质岩石的侵入,形成初生陆壳改造花岗岩类侵入体,地质年代为 819.5~824.5 Ma(段政等,2019);在加里东运动时期,地壳

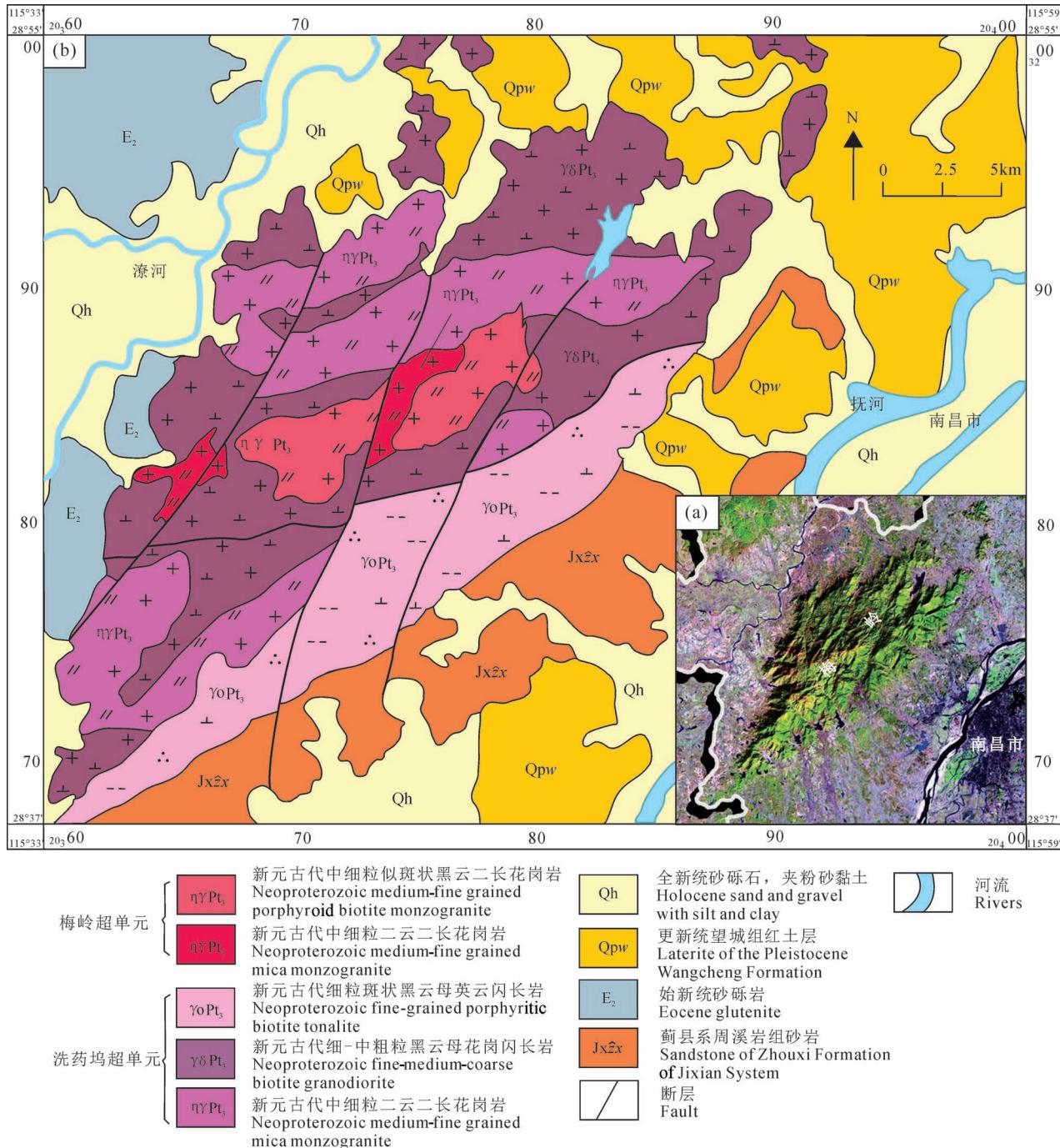


图 1 南昌梅岭卫星图(a, 据南昌市 TM 影像图<sup>②</sup>)和梅岭地质简图(b, 据 1:25 万南昌幅地质图<sup>③</sup>改绘)

Fig. 1 Satellite maps(a, from TM image map of Nanchang) and regional geological map (b, modified from 1:250000 Geological Map of Nanchang) of Mount Meiling, Nanchang

运动造成海陆交替的沉积环境,沉积了以碎屑建造、并具类复理石特征的霞乡组—唐家坞组;印支运动时期,沉积盖层发生了强烈的褶皱形变,形成以NE—EW向宽展型褶皱为主,局部发育同斜倒转褶皱,并伴随褶皱形成一系列NE—EW向走向断层和逆冲推覆构造;燕山运动后期和喜马拉雅运动时期,以NE—NNE向断块隆起形变为主,在以隆起为主的构造背景上,形成了一系列延伸性较差、但活动性较强的内陆断陷盆地,在断陷盆地中,形成了厚约2000余米的白垩纪及新近纪的河湖相紫红色碎屑建造和第四纪松散沉积物(江西省地质调查研究院<sup>③</sup>)。

梅岭岩体主要岩性为二长花岗岩和花岗闪长岩,以未变形的块状构造和中细粒半自形不等粒结构为主,主要矿物为石英、斜长石和钾长石,次要矿物为黑云母、白云母等(图2)。局部地区发育片麻状构造花岗岩,其片麻理贯穿岩体及围岩,岩体与围

岩呈脉动侵入接触。新生代以来,华南内陆大面积中生界地层被抬升剥露至地表,其中,上白垩统的强烈褶皱变形和剥蚀指示该地区新生代期间至少有千米量级的上覆盖层被剥露去顶,反映这一地区存在相当幅度的山脉隆升(李庶波和王岳军,2016;索艳慧等,2017)。因此,经地壳运动长期的隆起、沉降、褶皱、断层等内动力地质作用和物理、化学风化,流水侵蚀,重力崩塌等外动力地质作用的共同影响,逐渐形成了梅岭或险峻、或典雅、以峰谷瀑洞及倒石石蛋为特征的区域花岗岩地貌景观。

## 2 梅岭花岗岩地貌景观划分

南昌梅岭地区地势由西南向东北倾斜,呈纺锤形,西南部山岭起伏,沿构造线方向,流水侵蚀作用强烈。山内是岭壑纵横的沟谷地带,山高谷深,水流湍急,并常有断崖、瀑布,北部和南部为低山向平原过渡的丘岗地带,岗宽坡缓,丘田相间(江西省城乡

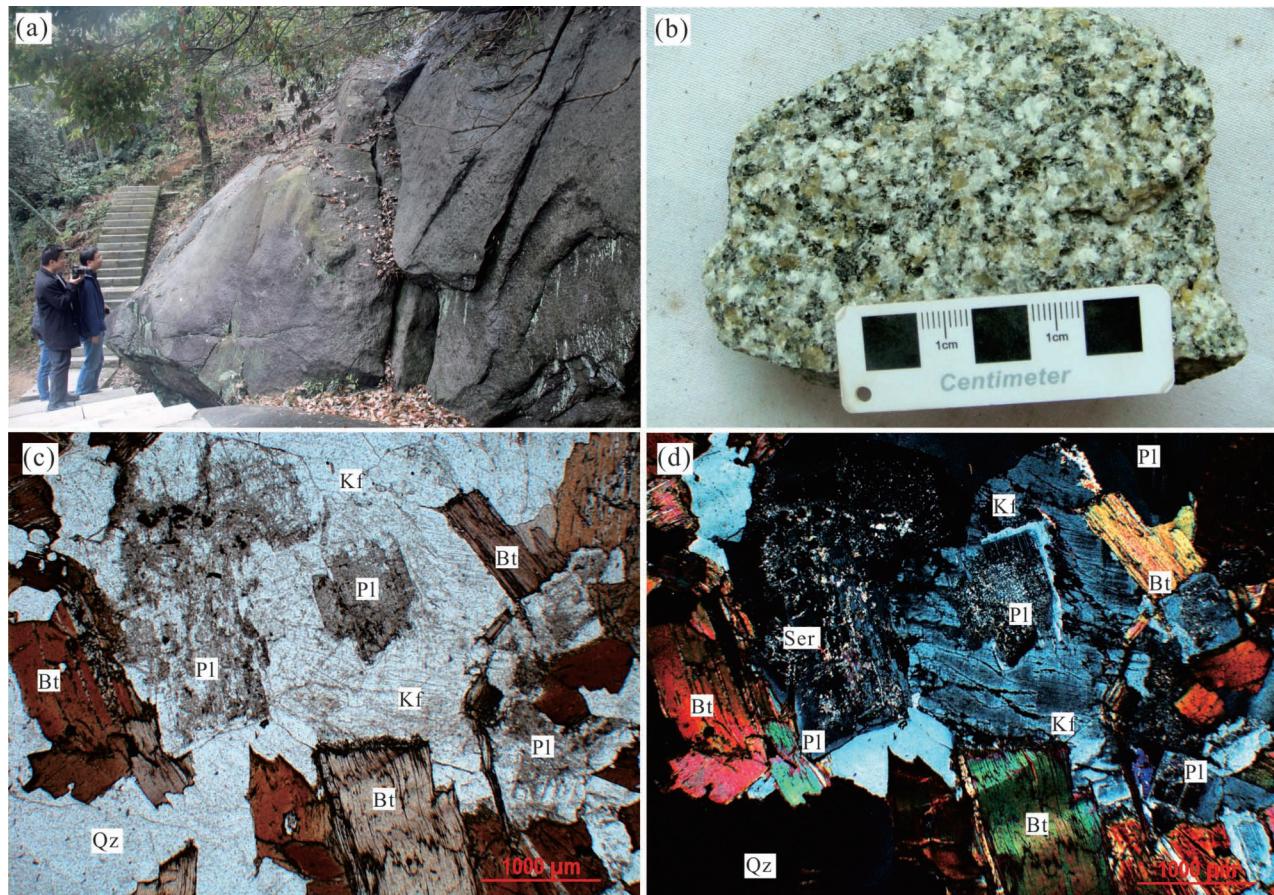


图2 南昌梅岭新元古代花岗岩岩石特征: (a) 野外露头; (b) 岩石学特征;  
(c) 单偏光下微观特征; (d) 正交偏光下微观特征

Fig. 2 Characteristics of Neoproterozoic granites in Mount Meiling, Nanchang: (a) field outcrop; (b) petrological characteristics; (c) microscopic characteristics under monopolar light; (d) microscopic characteristics under orthogonal polarized light

规划设计研究总院<sup>①</sup>)。笔者等通过岩石成因—形态的地质遗迹分类原则,将梅岭的花岗岩地貌景观分为4个大类11个亚类及145处小类(表1),其中大类主要代表地质遗迹的成因类型,亚类则是对大类的进一步细分,而小类则是对每类地质遗迹具体景观的对应,该分类方案综合考虑了花岗岩地貌地质遗迹的成因和形态特征,并囊括了具体的景观点,具较好的应用和推广价值。

## 2.1 花岗岩构造侵蚀地貌

梅岭的花岗岩构造侵蚀地貌主要表现为低山丘陵(图3),其在辽阔的赣抚平原上突兀而起,高峻雄伟。有梅岭头、罗汉岭、萧峰、狮子峰、紫阳山、葛仙峰、蟠龙峰等大小山峰99座,这些山体大多顶部浑圆,呈穹窿状,海拔高度在1 km左右,脊线连续,走向NNE—NE,与构造线方向相一致,山坡多为凸形坡,坡度30°~33°,主要山峰标高550~770 m,以雄伟浑圆的山体区别于花岗岩峰林、峰丛地貌。

梅岭的低山丘陵地貌形态为花岗岩中的节理所控制。由于花岗岩中各种矿物的膨胀系数不同,在冷缩热胀的过程中,岩体容易产生相互垂直的裂隙(原生节理),这些节理的数量和组合形式在很大程度上决定山坡的形态,它们不仅使得矿物颗粒间失

去固结力而变得松散分离,而且裂隙主要沿岩体坡面平行发育(图3b),从而支配了坡面坡度的大小。所以花岗岩形成的山丘,其形态大多数起伏和缓,易形成花岗岩丘陵地貌(张根寿,2005)。

在节理或断裂密集的地方,还容易出现断崖,这些断崖崖壁多为平直,陡立奇险,这是因为梅岭新元古代花岗岩受NNE向韧性剪切作用,导致岩体内主要造岩矿物(长石、黑云母、角闪石)定向排列,构成片麻理构造,并形成一系列断裂面或节理面。梅岭岩体在后期抬升风化剥蚀过程中,岩块便沿这些断裂面或节理面剥落,使得梅岭的花岗岩地貌呈现出特色的面状定向组构(图3c)。如狮子垂涎景点,自峰顶至峰下,有百余米的巨岩峭壁。每遇下雨,岩石上便有一条条涓涓之水,顺着石壁往下流淌,天长日久,便形成一道水痕,远看犹如狮子流涎。

## 2.2 花岗岩风化剥蚀地貌

在南方的湿热气候环境中,花岗岩丘陵往往具有厚达10~80 m的红色风化壳,这是第四纪以来长时期风化作用所形成。红色风化壳的色源是氧化铁及其水化物,氧化环境中发生正向呈色(变红),含铁造岩矿物经过化学风化,使二价铁从矿物晶格中分离出来,再经氧化,低价铁(浅色调)转变为含水

表1 南昌梅岭花岗岩地貌景观类型

Table 1 The classification of the granite landforms in Mount Meiling, Nanchang

大类	亚类	小类
花 岗 岩 构 造 地 貌	花岗岩低山	罗汉峰、肖峰、紫阳山、狮子峰、紫清山、花老脊、葛仙峰
	花岗岩丘陵	葛仙峰、蟠龙峰、梅岭头、仰山、佛子岭、试剑峰、金鸡峰、五老峰、阳峰、释迦峰、达摩峰、灵官峰、紫阳山、会仙峰、剑石峰、缶猛山、牛岭、百步岭、长岭
	花岗岩崖壁	观音崖、日照崖、百迭崖、战鼓坪、弯岗、狮子流涎、仰天壁、滴水崖
花 岗 岩 流 水 地 貌	峡谷	铜源峡、溪霞谷、望狮涧、梅岭大峡谷、虹河谷、四季花谷、合水谷、礼源角谷、石溪谷、岩下谷、下半岭谷、卧龙谷、龙吟谷、九龄谷、风鸣谷
	瀑布	神龙潭瀑布、铜源谷瀑布群、跌水沟、佛子岭瀑布、水口瀑布、虎啸泉瀑、玉龙潭瀑、潭上潭瀑、云潭瀑布、望狮瀑、梅岭大瀑布、洪崖丹井、滴水崖、紫龙潭瀑布、云潭瀑布、水口瀑布、隧道瀑布、卧龙瀑
	壶穴深潭	铜源峡壶穴群、跌水沟壶穴群、神龙潭壶穴群、金龟潭
花 岗 岩 崩 塌 堆 积 地 貌	倒石堆积	千叠岩、鹰嘴岩、中流石、象形石群、避雨石
	倒石象形石	飞来石、棋盘石、龙爪石、鸡冠石、试剑石、龟背石、蛤蟆石、尖刀石、梅福石、许愿石、仙人石、礁日石、佛名石、神龟石、象王石、金鸡石、仙人座、仙女窥凡、灵猴亲情飞、梅福石、箕石、仙桃石、观音石、碓臼石、佛名石、黑心石、锣音石、巴尔扎克、复活岛老人、金龟望莲、济公石、鳄鱼饮水、千龟下海、莲花石、仙迹岩
	倒石堆积洞	仙人洞、女娲洞、潘仙洞、造钱洞、秦人洞、云隐洞、灵隐洞、蝴蝶洞、葫芦洞、千年洞、云麓洞、仙石洞府、天狮洞、翔鸾洞、悠游洞、南柯洞、一线天、石门、别有洞天、迷宫洞群、石洞群、邓仙洞、壶芦洞、峰崖洞、响水岩、洪井洞、船石洞、邓仙洞、造钱洞、峰崖洞、归云洞
花 岗 岩 风 化 剥 蚀 地 貌	花岗岩石蛋	狮子峰石蛋流、牛岭村埋藏石蛋
	花岗岩风化壳	红星乡红色风化壳、洗药湖



图3 南昌梅岭丘陵特征(狮子峰):(a)山顶石蛋;(b)剥离面理;(c)崖壁;(d)倒石堆积

Fig. 3 The hilly features of Mount Meiling, Nanchang [Shizi Peak (Lion Peak)]: (a) corestone on the top of peak; (b) exfoliation; (c) cliff; (d) rock fall accumulation

高价氧化铁即针铁矿(棕褐色),在干热条件下,针铁矿脱水变成高价氧化铁及赤铁矿(红色),因此风化壳红化的程度取决于气候和高价氧化铁的含量。形成的必要条件是湿热的气候、平坦的地形、频繁的地下水活动和植物根系的深入(黄镇国等,1996)。梅岭花岗岩丘陵顶部也见有这样红色风化壳,梅岭第四纪红色黏土风化壳,坡上为红棕色(赤铁矿),坡下排水不良为浅黄棕色(针铁矿)(张效年等,1958),可以把它分为四层(图4):第一层由黏粒含量较多、含铁丰富且胶结紧实的红土层组成,透水性差;第二层为黄白色的网纹砂土层,兼有灰褐、灰绿、灰紫等色的网状斑纹,这是矿物不均匀风化所造成的,斑纹为蠕虫状、树枝状,构成垂直的水平的、倾斜的条带。其中长石、云母已经分解,含砂砾和岩屑较多,固结性差;第三层为碎石层,这一层的花岗岩结构仍然保存,长石云母还未完全风化,含砂更多且含有大量的球状风化核石,透水性差;第四层为裂隙层,这一层的花岗岩体结构未受明显破坏,但是上覆地层的剥蚀使得岩体负载减轻,产生许多与岩石表面大致平行的隐伏纹理和卸荷裂缝,把岩体切割成近似的立方体和长方体(严钦尚和曾昭璇,1985)。

梅岭花岗岩体内部断层一般为N—NE走向和NW—SE走向,在断层切割作用下,巨大的岩体被分

割成立方块状,受到地下水的作用,花岗岩中的长石发生化学风化变成了黏土矿物,其中被断裂切割的花岗岩立方体和长方体的棱角处最易受到这种侵蚀,久而久之,立方体和长方体的花岗岩体就变成了一个个不太规则的球体,这种过程称为“球形风化”,形成的球状岩块称为核石。由于花岗岩致密块状的结构,所以抗压强度、抗剪强度和抗侵蚀的能力都比较高,且花岗岩表层风化壳物质粘结,不透水,所以以花岗岩为核的红土丘陵最容易发生散流冲蚀和面流侵蚀。当花岗岩风化壳的红土层、网纹层被剥蚀以后,碎石层裸露于地面,散流搬走细小颗粒,留下大块的球状风化花岗岩块,形成石蛋层,石蛋分布在花岗岩基岩之上,出现于山顶或山坡,是花岗岩区独特的地貌景观(曾昭璇,1960; Campbell, 1997; Twiddle, 1999)。梅岭花岗岩丘陵的顶部和坡面上就发育散布着如此巨大的“石蛋”(图3a),这代表了梅岭早期剥蚀面的残留。同时,坡顶石蛋出露时,也表明梅岭的水土流失已进入非常严重阶段(张根寿,2005)。

## 2.3 花岗岩流水侵蚀地貌

梅岭水体地貌比较丰富,有着“上有瀑、下有潭、外有溪”的组合,溪流、涧谷、湖滩紧密相连,溪随峰转,一溪一景。其水系主要由乌源港、铜源港等

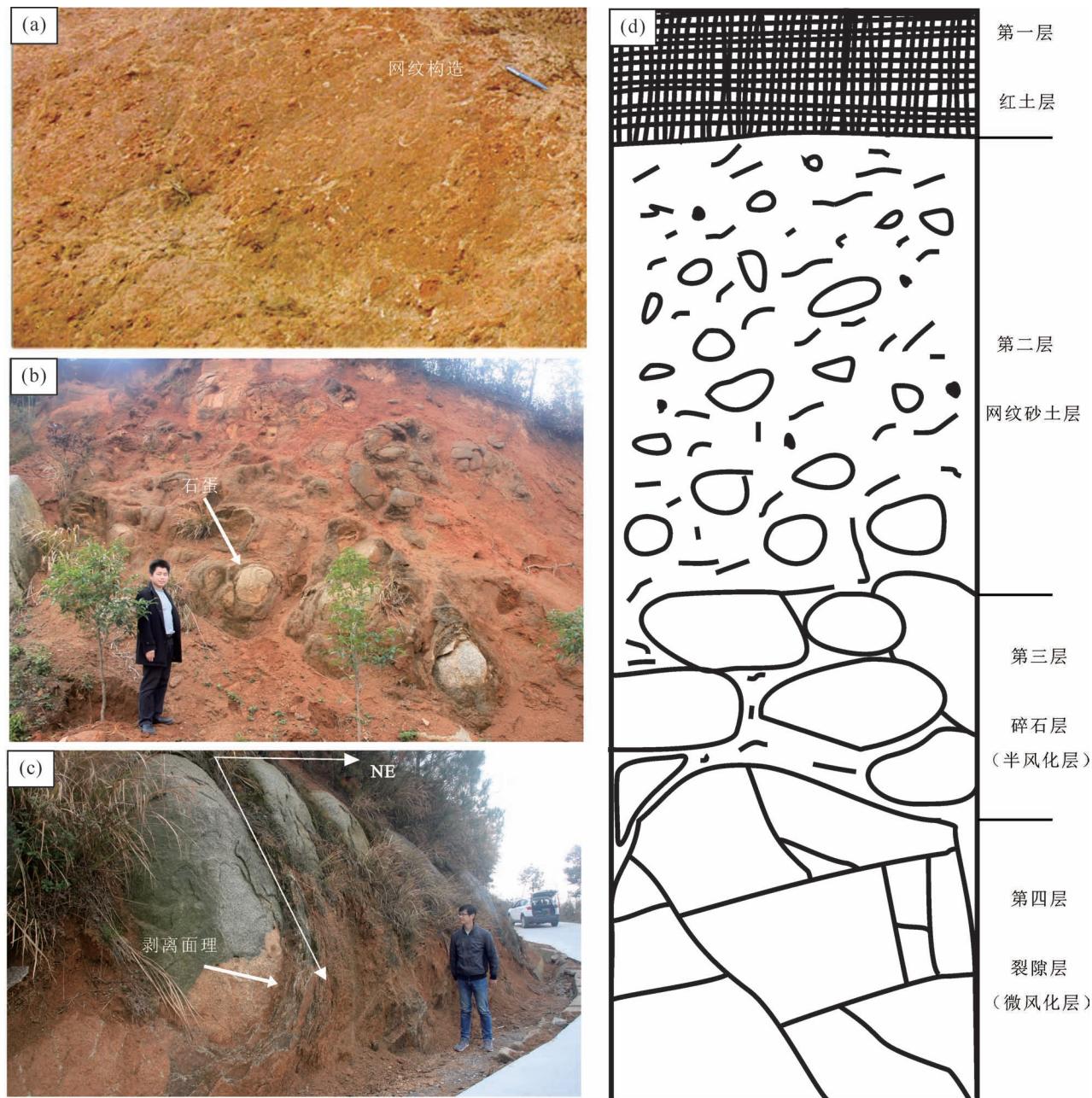


图 4 南昌梅岭花岗岩红色风化壳: (a) 网纹砂土层;(b) 碎石层;(c) 裂隙层;  
(d) 梅岭花岗岩红色风化壳剖面构型图

Fig. 4 The red weathering crust of the Meiling granite, Nanchang: (a) reticulated sandy soil layer; (b) gravel layer;  
(c) fracture layer; (d) profile configuration of red weathering crust of the Meiling granite, Nanchang

七条河流组成,以乌源港最大,铜源港次之,河流总长约 70 km,总流域面积 234 km<sup>2</sup>,地表年径流量达 2.24 亿 m<sup>3</sup>(江西省城乡规划设计研究总院<sup>①</sup>),因此,梅岭的流水侵蚀地貌也比较丰富,主要代表为冲沟峡谷、瀑布、深潭和壶穴。

花岗岩丘陵的冲沟河谷密度常较其他岩石丘陵大,其因花岗岩固结坚硬,孔隙率小,透水性极差

(仅为页岩的 1/5),易受地表散流与暴流的冲蚀。另外,其具有丰富的三维直角节理,使得岩体内发育许多裂隙,地表水和地下水沿着这些节理裂隙活动,强烈切割和侵蚀岩体,遂逐渐发育比较密集的冲沟和河谷,尤其在节理交错或断裂交汇的地方,还会形成小型盆地。在发育厚层风化壳的花岗岩丘陵上,凹形斜坡上部散流冲刷量最大,因而网纹层出露最

快,面积最广,散流集中,易形成暴流,产生大型冲沟与汇水盆地中的半圆形塌崖(瀑布);然而在凸形斜坡上,由于碎石层出露最快,散流不容易集中,只能产生小型冲沟,故而呈辐散排列(张根寿,2005)。

梅岭冲沟河谷密布,多沿着NE、NNE和近EW向断裂切割,如铜源峡(图5a)、溪霞谷、望狮涧、合水谷、卧龙谷等,其水平切割密度200~300 m,切割深度200~500 m,且水流湍急,常伴有断崖,溪流飞越断崖,形成了铜源峡瀑布群、神龙潭瀑布、跌水沟等多处瀑布。其中铜源峡瀑布群最为壮观,它位于

铜源港下游,有10多个高10~20 m、宽5~15 m的瀑布群,其中最长一级叠瀑高度差可达百余米,外加瀑布上150多个水碓,令人叹为观止。此外,在瀑布的下方,花岗岩内多组相互交切的裂隙和节理在常年瀑布水流的强烈冲蚀和砂质颗粒物的淘蚀下,还会形成许多近椭圆形的壶穴(图5b)。壶穴以发育“口小、肚大、底平”为典型形态特征,它是地壳间歇式上升造成河流侧蚀和下切作用的结果,山区河流作用下形成的急流漩涡和瀑布是壶穴的主要生成背景(李晓勇和王苏辉,2013)。壶穴逐步扩大、接合,

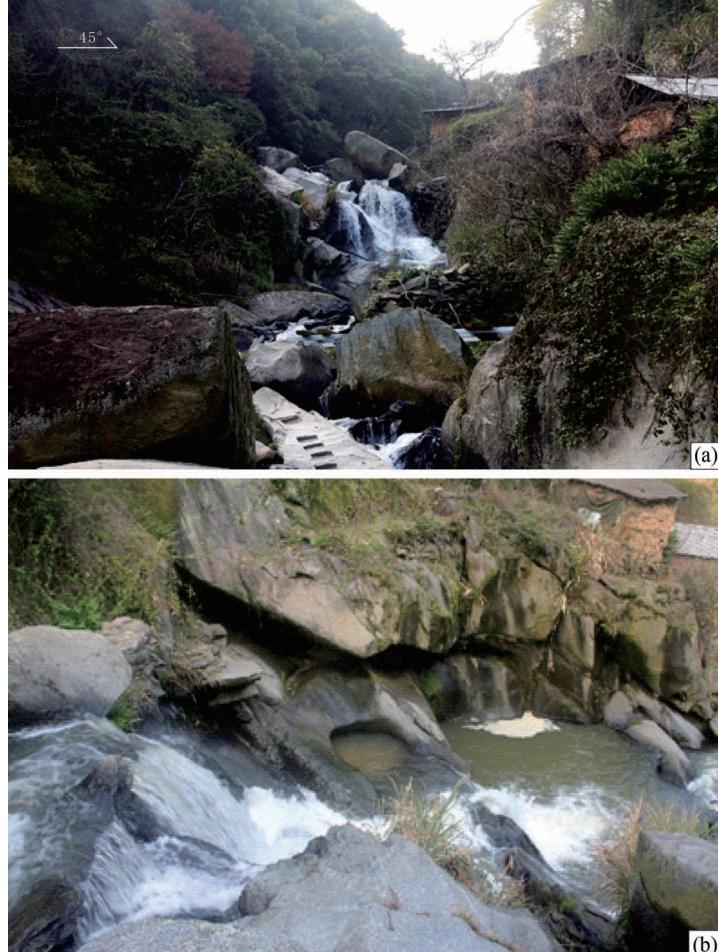
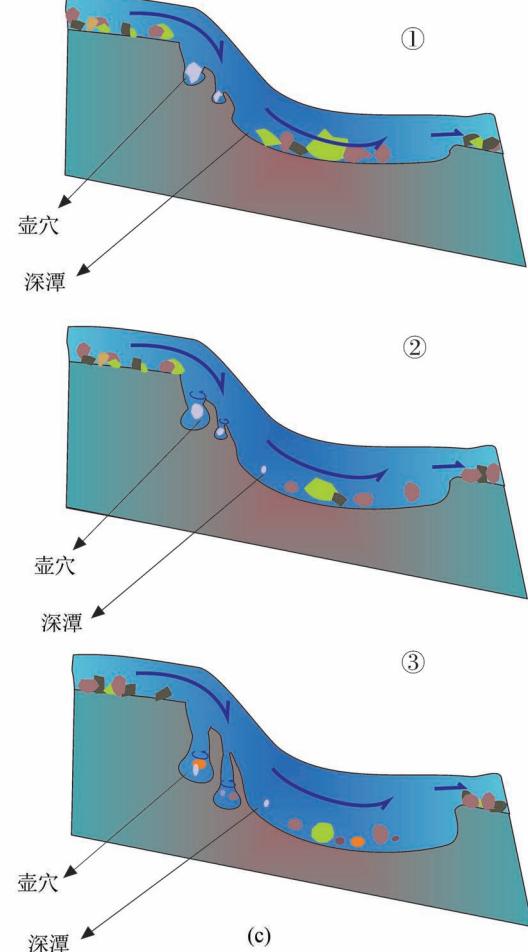


图5 南昌梅岭花岗岩流水侵蚀地貌

Fig. 5 The water erosion landform of granite in Mount Meiling, Nanchang

(a)铜源峡谷、瀑布。(b)铜源峡壶穴、深潭。(c)壶穴、深潭形成示意图:①水流自上而下冲击河床,形成洼地并砸出凹坑,石子落入难以冲出;②石子对河床底部和四周不断进行刮擦、磨蚀,小潭和凹坑逐渐变深变大,凹坑周围被石子磨得光亮如锅底;③经历长时间磨蚀,坑穴越来越大、越来越深,且由于溪水量不均,导致深潭(壶穴)形态也不均一

(a) The canyon and waterfall of Tongyuan Gorge. (b) The pothole and deep pool of Tongyuan Gorge. (c) The formation of potholes and deep pools: ① the water flows down the river bed, forming depressions and breaking out pits, and the stones are hard to be washed out; ② the stones constantly scratch and erode the bottom and surrounding of the river bed. The pools and pits gradually become deeper and larger, and the pits are polished as bright as the bottom of a pot by stones; ③ after thousands of years, the pits have become larger and deeper, due to the uneven flow of the stream, the shape of the deep pool (pothole) is not uniform



就形成了深潭。

## 2.4 花岗岩崩塌堆积地貌

花岗岩易形成崩塌堆积地貌是由于花岗岩体内多组不同方向的节理相互交错和切割,将巨大的岩体分成许多菱形块体,这些岩块崩塌、位移、堆积在一起,就组合成了花岗岩崩塌堆积地貌,梅岭的花岗岩崩塌堆积地貌主要分布在中东部地势较高的地方,狮子峰是梅岭地区倒石堆地貌景观的典型代表(图3),有众多的倒石或滚石堆,其中较大的岩块滚落到倒石堆边缘部位停积下来,而一些较小的碎屑则堆积在倒石堆的顶部(图6c),还有的则滚落到谷地形成岩屑坡(图6a)。当倒石堆进一步发展时,山坡坡度会愈趋平缓,崩塌作用逐渐减少,崩塌的碎屑也变小,所以倒石堆发育的后期,其表面堆积的是比较小的岩屑。一些没有位移的岩块原地堆积,经雨水侵蚀、热胀冷缩或可能的化学风化作用,岩块裂缝逐渐扩大、棱角被侵蚀,形成叠石地貌(董传万等,

2007),如狮子峰的千叠岩。经数千万年的日晒雨淋、风化剥蚀,个体也可呈球状或浑圆状形态,构成花岗岩造型石地貌,如梅岭形态各异的试剑石、莲花石、穿剑石、龙爪石等。试剑石(图6b)是一块受到斜向和近水平向裂缝作用的被风化磨圆的椭圆形造型石,且后期会沿两条裂缝面发生崩塌。这些随处可见的花岗岩造型奇石是花岗岩地貌景观中重要组成部分,具有很高的观赏价值,也是重要的旅游资源。

巨石的互相叠置、堆砌、支撑,又营造出一处处奇妙的崩塌堆积岩洞,形成了梅岭无山不洞,无洞不奇的奇异景观,梅岭岩洞于山巅之上、谷壑之中、巨岩之下,大多由崩塌堆积而成。其中最具特色的女娲洞(图6d),洞高1.5 m,宽5 m左右,由一块巨石倒塌形成洞顶,洞顶经层状剥蚀,其平如砥,洞口不远处两块巨岩伫立,切面重合,也是沿裂开面倒塌位移后的结果,如同俩高大威猛的守卫,趣味盎然。



图 6 南昌梅岭花岗岩崩塌堆积地貌: (a) 萧峰岩屑坡;(b) 试剑石;(c) 狮子峰倒石堆;(d) 女娲洞

Fig. 6 The Landform of granite collapse and accumulation in Mount Meiling, Nanchang: (a) Scree of Xiaofeng Peak; (b) Shijian stone (Sword-power-test stone); (c) the talus of Shizifeng(Shizi Peak); (d) Nuwa cave

### 3 梅岭花岗岩地貌景观空间分布规律

构造运动、岩性和节理裂隙是花岗岩地貌形成的物质基础,丰富的降水量和风化作用等则对地貌的形成和发展起着重要作用,这些因素一起造就了梅岭具有代表性的花岗岩低山、丘陵和岗地地貌(图7a)。花岗岩低山,主要由新元古代花岗岩组成,海拔300~841 m,切割深度150~500 m,冲沟发育,山脊呈锯状,山谷多呈V型,谷底坡度2°~5°,以线状侵蚀为主;花岗岩丘陵,主要由新元古代花岗岩组成,海拔100~300 m,切割深度80~200 m,丘体多呈脊梁形,丘顶形态浑圆,丘间坳沟、凹地比较发育,沟谷短浅,以线状侵蚀为主,片蚀作用较强烈;剥蚀岗地主要分布于梅岭东部,海拔30~100 m,坡度1°~5°,由古近纪磨下组、郑家渡组红色碎屑岩及第四系中更新世冲积、残积层组成,岗面微波起伏,岗缘平缓,岗间谷地宽而浅,片蚀作用较强烈。同时,梅岭低山丘陵地貌的空间分布特征在平面上呈现出明显的同心圆结构(图7b),在海拔较高的中东部地区以剥蚀和搬运作用为主,引起强烈的水土流失,基岩裸露明显,

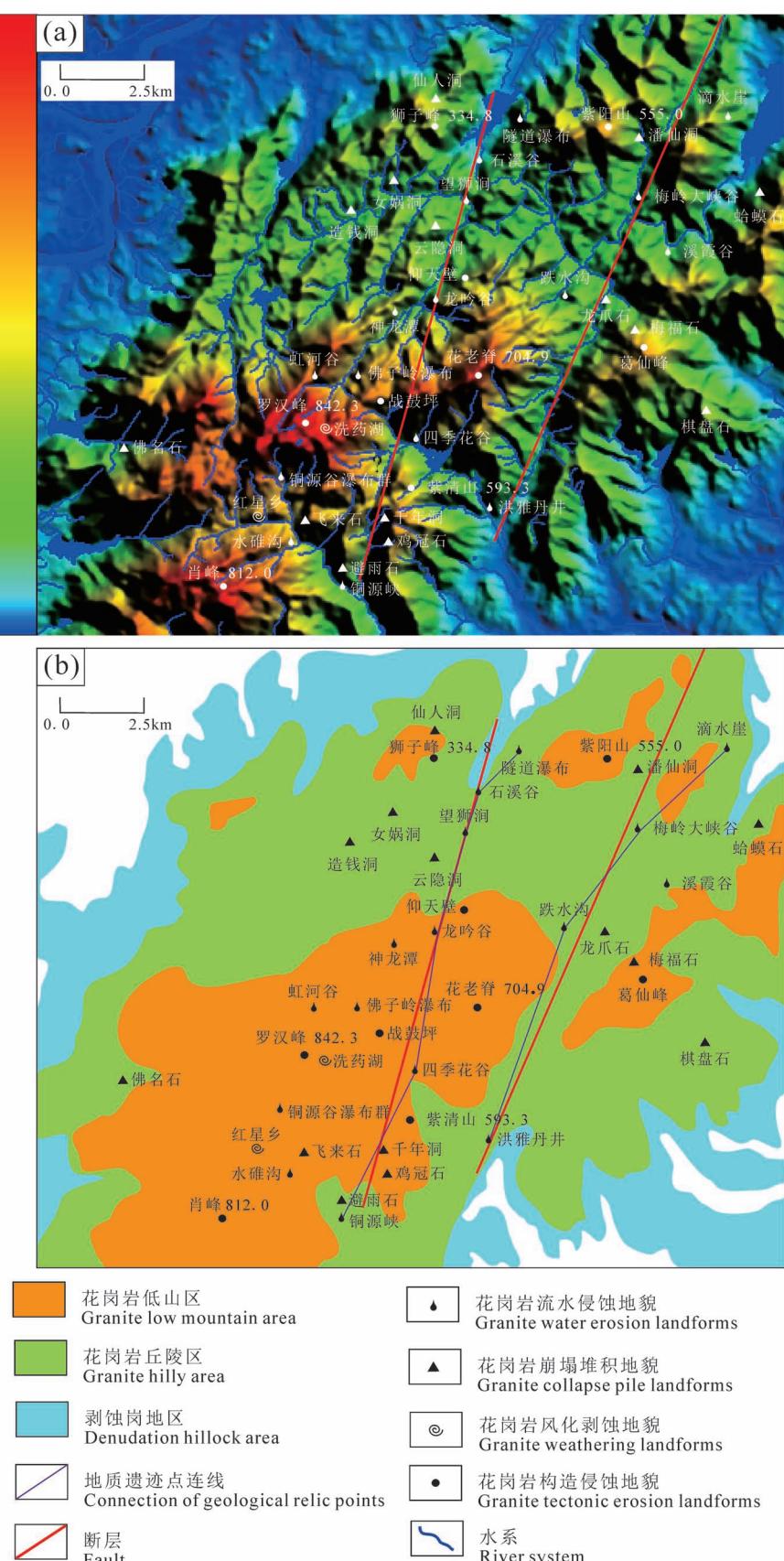


图7 南昌市梅岭花岗岩地貌景观分布图

Fig. 7 The landscape distribution map of granite landform in Mt. Meiling, Nanchang

崩塌堆积、石蛋地貌广泛发育,而地势低平的北西侧岗地则以沉积作用为主,发育低山圆丘,地势平缓(李志文等,2017)。另外,受断裂构造、层面或界面构造、新构造运动等因素的控制和影响,区内沟谷、低山、丘陵、瀑布等景观在垂向上的分布也具有一定的规律。如在 NE、NNE 和近 EW 向断裂构造的控制下,区内的溪流沟谷和发育于沟谷谷壁上的壶穴深潭在水平向上也主要沿这三个方向发育延伸(图 7b),且海拔由中心向四周降低,导致水系也由中心向四周分散,且花岗岩丘陵区一级支谷及其河系呈现出钳形弯曲的特征,大都发育成树枝状,或间有方格状水系(图 7a)。根据野外的实地调查并结合室内对 1:25 万地形图、1:100 万地质图和遥感卫片的判读,区内沟谷、瀑布、壶穴在垂直分布上主要集中以下三个高度带:450~400 m、360~300 m、250~200 m。

## 4 梅岭花岗岩地貌景观特征与演化过程

### 4.1 梅岭花岗岩地貌特征

根据梅岭花岗岩地貌景观的发育特点,总结其地貌模式为:剥蚀面—低山丘陵—峡谷地貌式(图 8),该地貌模式反映了洗药湖所代表的区域剥蚀面(夷平面)形成后,区域地壳抬升,流水溯源侵蚀分割剥蚀面后地貌的演化过程。基于崔之久等(2007)提出的花岗岩地貌景观演化阶段划分规律,梅岭花岗岩地貌整体表现为 1000 m 以下缓慢抬升

的低山,山顶山坡石蛋遍布,两侧或山脚下有崩落、叠置形成的砾石堆,并具有丰富的峡谷冲沟,这些特征表明了在南方湿润气候环境下,风化剥蚀作用强烈,梅岭正处于花岗岩原始风化壳开始剥落,但山体尚未显著抬升下切的阶段。故本文认为梅岭的花岗岩景观地貌整体属成景地貌中期(第三阶段),为青年期地貌演化阶段,是典型的花岗岩低山丘陵地貌景观区。

### 4.2 梅岭花岗岩地貌演化过程

梅岭地区属于扬子陆块东南缘,中生代以来受古太平洋—太平洋板块俯冲、印度—亚欧板块碰撞的远程效应以及台湾—菲律宾弧陆碰撞的影响(李三忠等,2018; 张岳桥等,2012; Li Jianhua et al., 2014)。特别是新生代以来,华南内陆发生了强烈的构造抬升和剥蚀作用(李庶波和王岳军,2016),但就其隆升时间还存在争议。如:

(1) Wang Fang 等(2015)通过对浙江绍兴地区石英闪长岩中磷灰石裂变径迹(AFT)的热历史模拟,指出浙东地区于  $66 \pm 4$  Ma~ $41 \pm 3$  Ma 期间经历了一次隆升冷却事件。

(2) 李庶波和王岳军(2016)总结了华南东部不同时代花岗质岩石锆石、磷灰石裂变径迹资料,认为中生代以来华南东部不同地区抬升冷却有明显差异性:海南花岗岩磷灰石裂变径迹年龄主要集中在 30 Ma(Shi Xiaobin et al., 2011),云开大山磷灰石裂变径迹年龄峰值在 60~50 Ma(李小明等,2005),南岭花岗岩磷灰石裂变径迹年龄主要集中在 60~40 Ma,

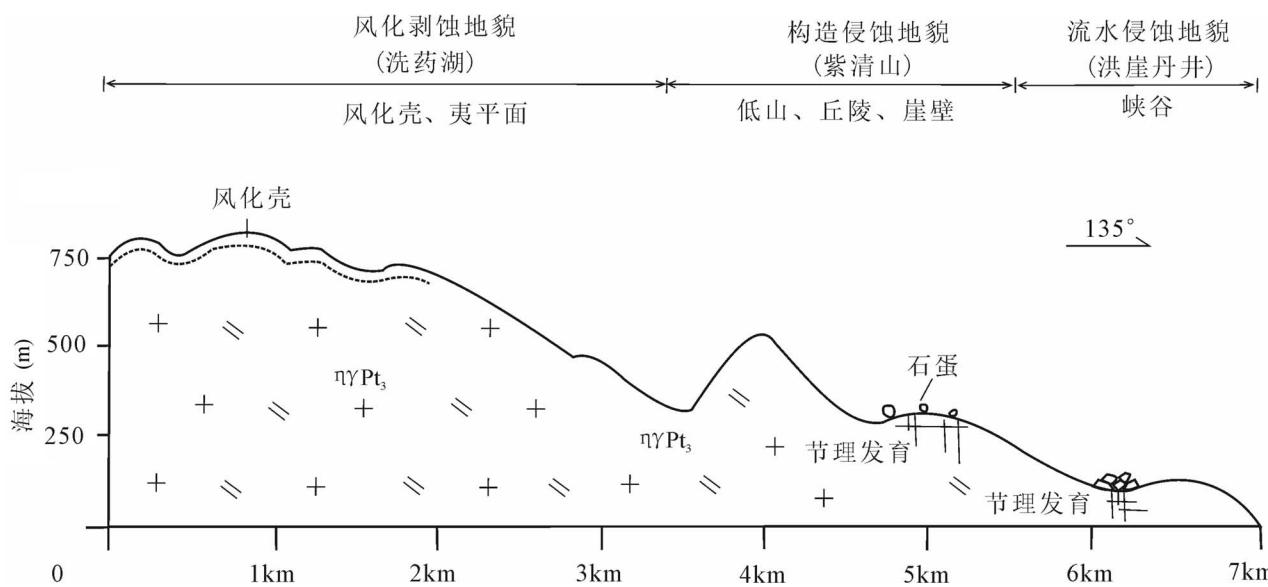


图 8 南昌梅岭花岗岩地貌模式

Fig. 8 The geomorphic model of granite in Mount Meiling, Nanchang

而其余内陆地区多变化于 75~50 Ma (Shen Chuanbo et al. , 2012)。

(3) 王新毓等(2020)通过磷灰石裂变径迹分析技术和热演化史反演分析技术认为华南东部陆缘地区至少存在晚始新世(34.5~33.5 Ma)、中中新世(16~11.5 Ma)、上新世以来(5~0 Ma)三期明显的快速隆升事件。

就研究区而言,李庶波和王岳军(2016)通过锆石、磷灰石裂变径迹技术,指出以赣江断裂为界,东侧向内陆方向山体抬升变晚,地貌表现为东高西低态势;赣江断裂以西地区未表现出明显东西向关系,但南北向关系相对明显,并认为这暗示了其力源机制存在差异:赣江断裂以东地区主要受控于太平洋板块俯冲作用,以西的华南东部地区为太平洋板块俯冲与印度—欧亚板块碰撞的影响叠加区。梅岭地区即处于赣江断裂以西地区,应受到了太平洋板块俯冲和印度—欧亚板块碰撞远程效应的叠加影响。具体而言,华南东部地区新生代构造演化可以划分为以下3个阶段:

(1)新生代初期(~60 Ma),太平洋板块代替古太平洋板块开始向西俯冲于欧亚大陆之下且板块运动速率急剧降低(Müller et al. , 2008);同时,中国西南部特提斯洋封闭、印度—欧亚板块软碰撞启动,其联合效应导致中国东部处于右行张扭的构造应力场作用之下(李三忠等,2012;索艳慧等,2017),这次构造体制转换导致华南至少有千米量级的上覆盖层被剥露去顶,形成福建和浙江四明山等古夷平面遗迹(许锐,2017)。研究区内的洗药湖,位于梅岭主峰罗汉峰上,是一海拔高度在841 m的宽浅湖泊。河底堆积着厚层红色风化壳,风化壳之下的基底为二云二长花岗岩体。这里应属于一古夷平面的残遗(图9a),形成时代与福建和浙江四明山古夷平面形成时代一致。梅岭地区地貌景观的发育即肇始于这一级夷平面的分裂,底部经埋藏风化作用形成的花岗岩石蛋和花岗岩块体被抬升至地表,并经风化剥蚀,出露形成梅岭800 m以上的主山脊线,剥蚀产物堆积形成古新世武宁群( $E_{wn}$ )砂砾岩(图9b)。目前梅岭红星乡一带保留的风化壳、石蛋、和缓起伏的宽谷就是剥蚀面的重要特征,该剥蚀面是梅岭花岗岩地貌演化的地貌基础。

(2)晚始新世开始(~25 Ma),印度—欧亚大陆硬碰撞并持续向北楔入,其远程效应进一步增强了对中国东部的挤压,造成了研究区发生隆升和剥蚀。同时,印度板块向北挤入对南海北缘的作用表现为

南岭花岗岩和云开大山地区的花岗岩均在~25 Ma左右存在一次快速隆升过程(Yan Yi et al. , 2009)。此次构造抬升作用在梅岭地区未形成明显的夷平面,可能仅导致梅岭岩体持续隆升。

(3)中新世开始(16~11.5 Ma),澳洲板块与菲律宾海板块之间发生碰撞,菲律宾海板块被推动向北迁移、顺时针旋转并楔入到太平洋板块和欧亚板块之间,中中新世以来(16~11.5 Ma,锆石、磷灰石裂变径迹,王新毓等,2020),菲律宾海板块不断向西俯冲,致使台湾岛与吕宋岛弧碰撞拼贴,也导致中国东部强烈的挤压事件(郑求根等,2005;Wu et al. , 2016),可能导致赣中地区强烈隆起,梅岭地区再次强烈抬升,形成梅岭250~500 m之间的次级夷平面(图9c),流水沿发育的节理和裂隙下切侵蚀、溯源侵蚀分割剥蚀面,形成丘陵与峡谷,在沟谷中出现众多基岩崩塌体,形成倒石堆积地貌和倒石堆积洞等,地貌过程在次级夷平面上特别强烈。

在侵蚀崩塌长期作用下,低山丘陵的体积会不断收缩乃至最后消失,山体高度逐渐降低,坡度日渐变缓,地貌上以起伏舒展的馒头状山丘和蜿蜒宽阔的谷地地形为特征。地貌过程归于和缓,趋于夷平。但当这一期次的花岗岩层在这样的地貌过程中被蚀而消失殆尽,那么其下覆的老岩层又会出来而开始着同样的地貌循环过程。

## 5 结论

分析表明,南昌梅岭花岗岩地貌景观类型丰富、特征典型、科学价值与美学价值较高,为研究花岗岩地貌景观演化提供了绝佳的天然窗口。其价值主要体现在以下几点:

(1)梅岭是一个推覆到晚古近纪,新近纪地层之上的席体,是九岭南缘大型推覆构造的组成部分之一,形成的地貌类型主要有花岗岩构造侵蚀地貌景观、花岗岩流水侵蚀地貌景观、花岗岩崩塌堆积地貌景观和花岗岩风化剥蚀地貌景观,可划分为4个大类11个亚类145处小类,以花岗岩崩塌倒石堆积、花岗岩石蛋地貌为特色,地貌类型丰富、地貌特征典型。

(2)梅岭花岗岩山丘、倒石堆积、石蛋、瀑布、峡谷景观高低错落有致,动静结合相宜,远近层次分明,美学价值突出,是国内少有的新元古代花岗岩低山丘陵地貌景观区。

(3)梅岭地貌景观整体属于花岗岩成景地貌中期(第三阶段),梅岭的地貌模式表现为剥蚀面—低

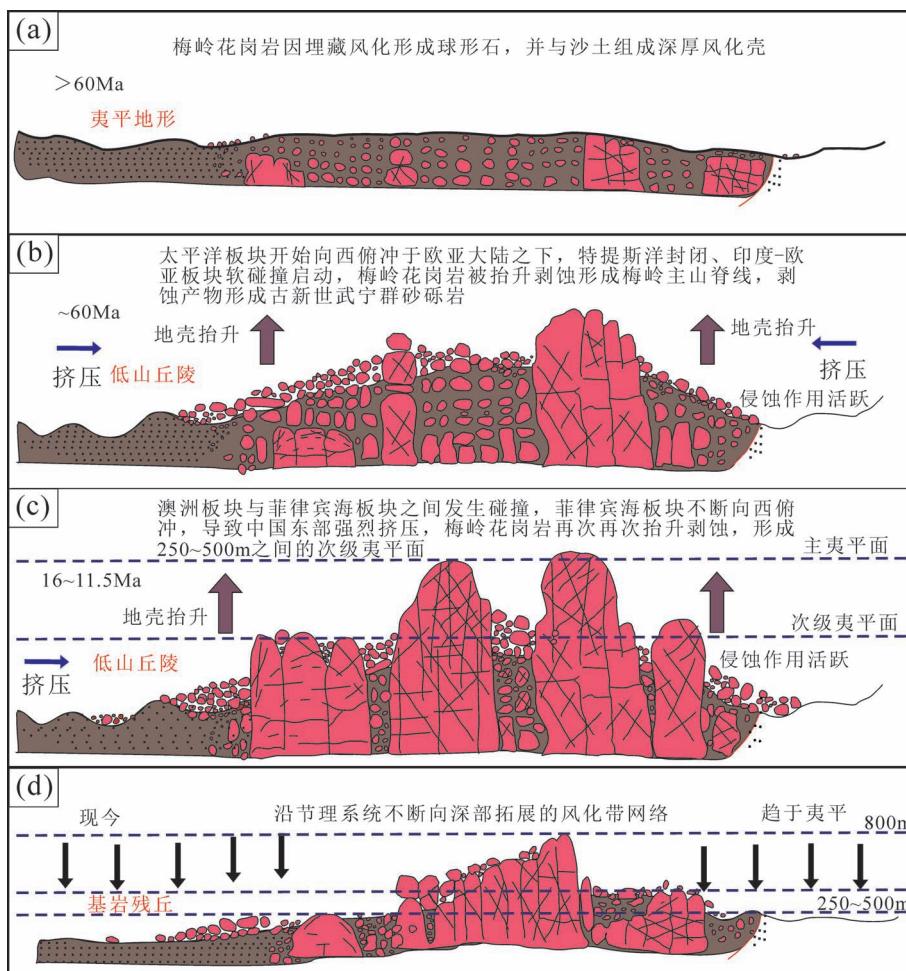


图 9 南昌梅岭花岗岩地貌景观形成示意图(据江姗, 2018 修改)

Fig. 9 The formation of granite landscape in Mount Meiling, Nanchang (revised from Jiangshan, 2018)

山丘陵—峡谷地貌式,反映了洗药湖所代表的区域剥蚀面(夷平面)形成后,区域地壳两次抬升,流水溯源侵蚀分割剥蚀面后地貌演化的系列过程,为青年期地貌演化阶段,补充了我国花岗岩地貌发育演化阶段的类型,

南昌梅岭特殊的地质地貌为开展地学科普活动创造了有利条件,建议深入挖掘其地学价值及内涵,充分规划其地学科考路线,加强对梅岭花岗岩地貌景观的科学保护和合理开发,可推动申报为地质公园,向游客传递梅岭花岗岩地貌景观在科学、美学等方面的价值与知识,提高人们旅游地学科普知识水平,提高梅岭的科研、科普和旅游开发价值。

**致谢:**感谢论文评审老师和编辑部老师为本文提出的宝贵修改意见和建议!

## 注 释 / Notes

(The literature whose publishing year followed by a “&” is in Chinese with English abstract; The literature whose publishing year followed by a “#” is in Chinese without English abstract)

- ① Palmer D F, 白松. 2006. 约塞米蒂国家公园地质地貌. 见: 江西省上饶市人民政府, 江西省国土资源厅, 国家地质公园研究中心, 中国地质学会旅游地学与地质公园研究分会. 编. 第一届国际花岗岩地质地貌研讨会交流文集. 北京: 中国地质学会; 15.
- ② Palmer D F, Bai Song. 2006#. Geology and geomorphology of Yosemite National Park. In: Shangrao Municipal People's Government of Jiangxi Province, Department of Land and Resources of Jiangxi Province, National Geopark Research Center, Tourism Geology and Geopark Research Branch of Geological Society of China. eds. The Proceeding of the First International Symposium on Granite Geology and Geomorphology. Beijing: Geological Society of China; 15.

② 核工业地质局 270 研究所. 1999. 南昌市 TM 影像图.

② No. 270 Research Institute of Nuclear Industry. 1999#. TM Image Map of Nanchang City.

- ③ 江西省地质调查研究院. 2002. 中华人民共和国地质调查报告 1 : 250000(南昌市幅).
- ③ Geological Survey of Jiangxi Province. 2002#. Geological Survey Report of the People's Republic of China, 1 : 250000 (Nanchang).
- ④ 江西省城乡规划设计研究总院. 2008. 梅岭—滕王阁风景名胜区总体规划(2008~2025) : 15~18.
- ④ Jiangxi General Institute of Urban and Rural Planning and Design. 2008#. Master Plan of Meiling—Tengwangge (Tengwang Pavilion) Scenic Spot (2008~2025) : 15~18.

## 参 考 文 献 / References

- 崔之久, 陈艺鑫, 杨晓燕. 2009. 黄山花岗岩地貌特征、分布与演化模式. 科学通报, 54(21) : 3364~3373.
- 崔之久, 杨建强, 陈艺鑫. 2007. 中国花岗岩地貌的类型特征与演化. 地理学报, 26(7) : 675~690.
- 董传万, 杨永峰, 吴强, 竺国强. 2007. 浙江花岗岩地貌特征与形成过程. 地质论评, 53(增刊) : 132~137.
- 段政, 廖圣兵, 褚平利, 黄文成, 朱延辉, 舒徐洁, 李长波. 2019. 江南造山带东段新元古代九岭复式岩体锆石 U-Pb 年代学及构造意义. 中国地质, 46(3) : 493~516.
- 黄镇国, 张伟强, 陈俊鸿, 何正翀. 1996. 中国南方红色风化壳. 北京: 海洋出版社, 143~162.
- 江姗. 2018. 南昌梅岭景区地学旅游资源特色及开发利用探讨. 导师: 郭福生. 南昌: 东华理工大学硕士学位论文: 1~90.
- 李彬. 2017. 屋久岛: 日本生态旅游的一个成功案例. 东北亚学刊, (4) : 55~59.
- 李三忠, 索艳慧, 李玺瑶, 王永明, 曹现志, 王鹏程, 郭玲莉, 于胜尧, 兰浩圆, 李少俊, 赵淑娟, 周在征, 张臻, 张国伟. 2018. 西太平洋中生代板块俯冲过程与东亚洋陆过渡带构造—岩浆响应. 科学通报, 63(16) : 1550~1593.
- 李三忠, 索艳慧, 刘鑫, 戴黎明, 余珊, 赵淑娟, 马云, 王霄飞, 程世秀, 薛友辰, 熊莉娟, 安慧婷. 2012. 南海的基本构造特征与成因模型: 问题与进展及论争. 海洋地质与第四纪地质, 32(6) : 35~53.
- 李庶波, 王岳军. 2016. 华南东部中—新生代构造热演化格局的裂变径迹记录. 见: 2016 中国地球科学联合学术年会论文集(七)——专题 16: 华南大陆构造. 北京: 中国地球物理学会, 12.
- 李小明, 王岳军, 谭凯旋, 彭头平. 2005. 云开地块中新生代隆升剥露作用的裂变径迹研究. 科学通报, 50(6) : 577~583.
- 李晓勇, 王苏辉. 2013. 江西五指峰花岗岩景观地貌类型及其价值评价. 东华理工大学学报(社会科学版), 32(3) : 236~241.
- 李志文, 郭福生, 孙丽, 黄宝华. 2017. 南昌市梅岭花岗岩石蛋地貌的特征与发育机制初探. 地质论评, 63(5) : 1281~1292.
- 梁诗经, 文斐成, 陈斯盾, 揭育金, 魏勇, 胡祚林. 2006. 福建石牛山水蚀花岗岩石蛋地貌特征及成因研究. 福建地质, (2) : 65~74.
- 南昌市地方志编纂委员会. 1997. 南昌市志 1. 北京: 方志出版社: 211~216.
- 潘国林. 2013. 黄山世界地质公园地质遗迹资源特征及成景机制. 合肥工业大学学报(自然科学版), 36(12) : 1499~1503.
- 索艳慧, 李三忠, 曹现志, 李玺瑶, 刘鑫, 曹花花. 2017. 中国东部中新生代反转构造及其记录的大洋板块俯冲过程. 地学前缘, 24(4) : 249~267.
- 滕志宏, 李继康. 1997. 华山景区主要景点的地质地貌成因解析. 西北大学学报(自然科学版), (3) : 63~66.
- 王荣, 曾克峰, 陈植华, 张宏超, 张晶. 2011. 福建太姥山花岗岩地貌特征及成因分析. 国土与自然资源研究, (1) : 95~96.
- 王新毓, 索艳慧, 李三忠, 曹现志, 李玺瑶, 周洁, 王鹏程, 金宠. 2020. 华南东部陆缘新生代隆升历史及其动力学机制. 岩石学报, 36(06) : 1803~1820.
- 许锐. 2017. 浙江四明山古夷平面地貌形态特征及古气候初步研究. 导师: 戴雪荣. 上海: 华东师范大学硕士学位论文: 1~19.
- 严钦尚, 曾昭璇. 1985. 地貌学. 北京: 高等教育出版社.
- 杨柳. 2011. 福建太姥山花岗岩地貌特征与地貌景观初步研究. 导师: 程捷. 北京: 中国地质大学(北京)硕士学位论文: 1~60.
- 叶张煌. 2013. 江西三清山花岗岩地质地貌特征及形成机制. 导师: 刘嘉麒. 北京: 中国地质大学(北京)博士学位论文: 108.
- 尹国胜, 杨明桂, 马振兴, 刘细元, 杨永革, 龙梅梅. 2007. “三清山式”花岗岩地质特征与地貌景观研究. 地质论评, 53(增刊 1) : 56~74.
- 尹祝, 黄鸿新, 罗平. 2018. 魏昌盛. 三清山世界地质公园地质遗迹分类及其地学意义. 西北地质, 51(4) : 276~283.
- 曾昭璇. 1960. 岩石地形学. 北京: 地质出版社: 21~34.
- 张福祥. 1996. 根据遥感影像讨论九岭——江南地区的推覆构造格局. 浙江大学学报(自然科学版), (6) : 626~633.
- 张根寿. 2005. 现代地貌学. 北京: 科学出版社: 162~167.
- 张效年, 李庆达. 1958. 华南土壤的黏土矿物组成. 土壤学报, 6(3) : 178~192.
- 张岳桥, 董树文, 李建华, 崔建军, 施炜, 苏金宝, 李勇. 2012. 华南中生代大地构造研究新进展. 地球学报, 33(3) : 257~279.
- 郑求根, 周祖翼, 蔡立国, 陆永德, 曹清吉. 2005. 东海大陆架盆地中新生代构造背景及演化. 石油与天然气地质, 26(2) : 197~201.
- Campbell E M. 1997. Granite landforms. Journal of the Royal Society of Western Australian, 80: 101~121.
- Cui Zhijiu, Chen Yixin, Yang Xiaoyan. 2009&. Granite landform characteristics, distribution and evolution patterns in Mt. Huangshan. Scientific Bulletin, 54(21) : 3364~3373.
- Cui Zhijiu, Yang Jianqiang, Chen Yixin. 2007&. The type and evolution of the granite landforms in China. Acta Geographica Sinica, 26(7) : 675~690.
- Dong Chuanwan, Yang Yongfeng, Yan Qiang, Zhu Guoqiang. 2007&. Characteristics and forming processes of granite landforms in Zhejiang Province. Geological Review, 53(Suppl.) : 132~137.
- Duan Zheng, Liao Shengbing, Chu Pingli, Huang Wencheng, Zhu Yanhui, Shu Xujie, Li Changbo. 2019&. Zircon U-Pb ages of the Neoproterozoic Jiuling complex granitoid in the eastern segment of the Jiangnan orogen and its tectonic significance. Geology in China, 46(3) : 493~516.
- Huang Zhenguo, Zhang Weiqiang, Chen Junhong, He Zhengqu. 1996#. Red Weathering Crust in Southern China. Beijing: Ocean Press: 143~162.
- Jiang Shan, 2018&. The Characteristics and Exploitation of the Geological Tourism Resources in Mt. Meiling, Nanchang. Tutor: Guo Fusheng. Master's degree thesis of East China University of Technology: 1~90.
- Li Bin. 2017#. Yakushima: A successful case of ecotourism in Japan. Northeast Asian Journal, (4) : 55~59.
- Li Sanzhong, Suo Yanhui, Li Xiayao, Wang Yongming, Cao Xianzhi, Wang Pengcheng, Guo Lingli, Yu Shengyao, Lan Haoyuan, Li Shaojun, Zhao Shujuan, Zhou Zaizheng, Zhang Zhen, Zhang Guowei. 2018&. Mesozoic plate subduction in West Pacific and tectono—magmatic response in the East Asian ocean—continent connection zone. Science Bulletin, 63(16) : 1550~1593.
- Li Sanzhong, Suo Yanhui, Liu Xin, Dai Liming, Yu Shan, Zhao

- Shujuan, Ma Yun, Wang Xiaofei, Cheng Shixiu, Xue Youchen, Xiong Lijuan, An Huiting. 2012&. Basic structural pattern and tectonic models of the South China Sea: Problems, advances and controversies. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 32(6) : 35~53.
- Li Shubo, Wang Yuejun. 2016 #. Fission track records of Meso—Cenozoic tectonic thermal evolution pattern in eastern South China See. In: Proceedings of 2016 China Geosciences Annual Meeting (7) ——Special Topic 16: South China Continental Tectonics. Beijing: China Geophysical Society: 12.
- Li Xiaoming, Wang Yuejun, Tan Kaixuan, Peng Touping. 2005 #. Fission track study of Mesozoic Cenozoic uplift and exhumation in Yunkai Block. *Scientific Bulletin*, 50(6) : 577~583.
- Li Xiaoyong, Wang Suhui. 2013&. Landscape types and value evaluation of the Wuzhi (Five fingers) Peaks granite landform in Jiangxi Province. *Journal of East China Institute of Technology (Social Science)*, 32(3) : 236~241.
- Li Zhiwen, Guo Fusheng, Sun Li, Huang Baohua. 2017&. The characteristic and formation mechanism of granitic rock eggs in the Meiling Mountain, Nanchang. *Geological Review*, 63 (5) : 1281~1292.
- Li Jianhua, Zhang Yueqiao, Dong Shuwen, Stephen J T. 2014. Cretaceous tectonic evolution of south China: A preliminary synthesis. *Earth-Science Reviews*, 134: 98~136.
- Liang Shijing, Wen Feicheng, Chen Sidun, jieyujin, Wei Yong, Hu zuolin. 2006&. On the landform characteristics and genesis of waterworn granite pebbly in the Shiniu Hill, Fujian Province. *Fujian Geology*, (2) : 65~74.
- Müller R D, Sdrolias M, Gaina C, Steinberger B and Heine C. 2008. Long-term sea-level fluctuations driven by ocean basin dynamics. *Science*, 319 ( 5868 ) : 1357~1362.
- Nanchang Local Chronicles Compilation Committee. 1997#. *Nanchang Chronicles 1*. Beijing: Local Records Publishing House: 211~216.
- Pan Guolin. 2013&. Characteristics and genetic mechanism of Huangshan Geopark geological heritage resources. *Journal of Hefei University of Technology ( Natural Science Edition )*, 36 ( 12 ) : 1499~1503.
- Shen Chuanbo, Mei Lianfu, Min K, Jonckheere R, Ratschbacher L, Yang Zhao, Peng Lei, Liu Zhaoqian. 2012. Multi-chronometric dating of the Huarong granitoids from the middle Yangtze Craton : Implications for the tectonic evolution of eastern China. *Journal of Asian Earth Sciences*, 52: 73~87.
- Shi Xiaobin ,Kohn B, Spencer S,Guo Xingwei ,Li Yamin ,Yang Xiaoqiu ,Shi Hongcui ,Gleadow A. 2011. Cenozoic denudation history of southern Hainan Island , South China Sea : Constraints from low temperature thermochronology. *Tectonophysics* , 504 ( 1 ) : 100~115.
- Suo Yanhui, Li Sanzhong, Cao Xianzhi, Li Xiayao, Liu Xin, Cao Huahua. 2017&. Mesozoic—Cenozoic inversion tectonics of east China and its implications for the subduction process of the oceanic plate. *Earth Science Frontiers*, 24 ( 4 ) : 249~267.
- Teng Zhihong, Li Jikang. 1997 #. Geological and geomorphological analysis of the main scenic spots in Huashan Scenic Area. *Journal of Northwest University ( Natural Science Edition )*, (3) : 63 ~ 66.
- Twiddie C R. 1999. Characteristics in weathered granite. *Geomorphology*, 31: 29~45.
- Wang Fang, Chen Hanlin, Batt G E, Lin Xiubin, Gong Junfeng, Gong Genhui, Meng Lifeng, Yang Shufeng and Jourdan F. 2015. Tectonothermal history of the NE Jiangshan-Shaoxing suture zone: Evidence from  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  and fission-track thermochronology in the Chencai region. *Precambrian Research*, 264: 192~203.
- Wang Rong, Zeng Kefeng, Chen Zhihua, Zhang Hongchao, Zhang Jing. 2011&. Characteristics and causes of the granite landforms on Mt. Taimu, Fujian Province. *Study on Land and Natural Resources*, (1) : 95~96.
- Wang Xinyu, Suo Yanhui, Li Sanzhong, Cao Xianzhi, Li Xiayao, Zhou Jie, Wang Pengcheng, Jin Chong. 2020&. Cenozoic uplift history and its dynamic mechanism along the eastern continental margin of South China. *Acta Petrologica Sinica*, 36 (6) : 1803~1820.
- Wu Jonny, Suppe J, Lu Renqi, Kanda R. 2016. Philippine Sea and East Asian plate tectonics since 52 Ma constrained by new subducted slab reconstruction methods. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 121(6) : 4670~4741.
- Xu Rui. 2017&. Preliminary Study on the Geomorphic Characteristics of the Paleo-planation Surface in the Siming Mountain area, Zhejiang, China. Tutor: Dai Xuerong. Shanghai: Master's thesis of East China Normal University: 1~19.
- Yan Qinshang, Zeng Zhaoxuan. 1985 #. *Geomorphology*. Beijing: Higher Education Press.
- Yan Yi, Hu Xiaoqiong, Lin Ge, Xia Bin, Li Xiaoyong, Patel R C. 2009. Denudation history of South China Block and sediment supply to northern margin of the South China Sea. *Journal of Earth Science*, 20 (1) : 57~65.
- Yang Liu. 2011&. Study on Granite Landforms and Features of Fujian Mount Taimushan. Tutor: Cheng Jie. Beijing: Master's thesis of China University of Geosciences (Beijing) : 1~60.
- Ye Zhanghuang. 2013&. Geological and Geomorphological Characteristics and Formation Mechanism of Grani in Mt. Sanqingshan, Jiangxi. Tutor: Liu Jiaqi. Beijing: China University of Geosciences (Beijing) Doctoral Dissertation: 108.
- Yin Guosheng, Yang Minggui, Ma Zhenxing, Liu Xiyuan, Yang Yongge, long Meimei. 2007&. Study on "Mount Sanqingshan-Type" Granite Geolo and Landscapes. *Geological Review*, (S1) : 56~74.
- Yin Zhu, Huang Hongxin, Luo Ping, 2018&. Wei Changsheng. Geoheritage classification of the Sanqingshan World Geopark and their geological significance. *Northwest Geology*, 51 (4) : 276~283.
- Zeng Zhaoxuan. 1960#. *Petrography*. Beijing: Geological Publishing House: 21~34.
- Zhang Fuxiang. 1996&. A discussion on nappe structure pattern in the jiu mountains and the south of the lower reaches of the changjiang river by the remote sensing image. *Journal of Zhejiang University ( natural science edition )*, (6) : 626~633.
- Zhang Genshou. 2005 #. *Modern Geomorphology*. Beijing: Science Press, 162~167.
- Zhang Xiaonian, Li Qingda. 1958&. Composition of clay minerals in the main soil types of southern china, *Acta pedologica Sinica*, 6 (3) : 178 ~ 192.
- Zhang Yueqiao, Dong Shuwen, Li Jianhua, Cui Jianjun, Shi Wei, Su Jinbao, Li Yong. 2012&. The new progress in the study of Mesozoic tectonics of south China. *Acta Geosciences Sinica*, 33 (3) : 257~279.
- Zheng Qiugen, Zhou Zuyi, Cai Liguo, Lu Yongde, Cao Qinggu. 2005&. Meso—Cenozoic tectonic setting and evolution of East China Sea shelf basin. *Oil & Gas Geology*, 26 (2) : 197~201.

## The granite landforms and evolution regularity in Mount Meiling, Nanchang

ZHOU Cui<sup>1)</sup>, JIANG Yongbiao<sup>1,2)</sup>, DUAN Zheng<sup>3)</sup>, QIAN Maiping<sup>3)</sup>,  
ZHANG Xiang<sup>3)</sup>, CHEN Rong<sup>3)</sup>

1) School of Earth Sciences, East China University of Technology, Nanchang, 330013;

2) Key Laboratory for digital land of Jiangxi Province, Nanchang, 330013;

3) Nanjing Geological Center, China Geological Survey, Nanjing, 210016

**Abstract:** Granite landscapes present unique scenery characteristic and evolution regularity. This paper systematically analyzes and summarizes the features, spatial distribution regularity and genetic evolution regularity of Neoproterozoic granite landscape in Mount Meiling area, Nanchang City, Jiangxi Province. The current granite landscapes of Mt. Meiling are mainly developed on the Neoproterozoic granite with the geological process of weathering and erosion, which controlled by the lithological features, regional faults and climate, then gradually contribute to the granitic low hill landform, characterized by collapse and falling-stone accumulation and pebbly landform. Additionally, the Mount Meiling area has been affected by the superimposition of Pacific tectonic domain and Tethys tectonic domain since Cenozoic, which resulted in tectonic uplift and erosion, and which is obviously controlled by regional faults. The landscapes of canyon and waterfall in the studied area mainly developed along NE-, NNE- and nearly EW-trending structure. The development of modern granite landscapes of the Mount Meiling began with the disintegration of the first regional level planation surface of Eocene, and experienced at least two tectonic uplifting and erosion, gradually formed the typical granitic low hill landscape today.

**Keywords:** granite landscape; classification; evolutionary history; Neoproterozoic; Meiling

**Acknowledgements:** This study was financially supported by Jiangxi province graduate innovation project special fund project (No. YC219-S270) and geological survey project (No. DD20190603) of the China Geological Survey

**First author:** ZHOU Cui, female, born in 1996, Postgraduates, mainly engaged in tourism geology, volcanic geological heritage survey, evaluation and research; Email: zhoucui\_1996666@163.com

**Corresponding author:** JIANG Yongbiao, male, born in 1969, doctor, professor, mainly engaged in Quaternary Geology and landscape geomorphology; Email: rbjgeo@163.com

Manuscript received on: 2020-08-23; Accepted on: 2020-12-01; Edited by: ZHANG Yuxu

Doi: 10.16509/j.georeview.2021.01.010