

DOI:10.16788/j.hddz.32-1865/P.2020.01.002

引用格式:马振兴,郑英,尹祝,等. 江西“灵山式”花岗岩地貌景观特征及成因探讨[J]. 华东地质, 2020, 41(1): 8-17.

江西“灵山式”花岗岩地貌景观特征及成因探讨

马振兴¹, 郑英², 尹祝³, 刘友华³

(1. 江西省地质勘查基金管理中心, 南昌 330025; 2. 上饶灵山风景名胜区管理委员会, 上饶 334100;
3. 江西省地质矿产勘查开发局赣东北地质大队, 上饶 334000)

摘要: 以上饶市幅 1:250 000 区域地质调查资料为基础, 通过野外地质调查和室内综合研究, 探讨江西灵山大型环状花岗岩的地貌景观特征及成因, 并与黄山、三清山、天柱山花岗岩地貌景观进行对比。灵山花岗岩地貌景观主要分布在环形构造东南外环, 海拔 1 000~1 400 m, 岩性为中粗粒黑云母碱长花岗岩, 为世界罕见的大型环状花岗岩地貌景观, 控制地貌形成的主要因素为构造作用、岩浆活动、风化侵蚀和重力崩塌作用。黄山、三清山是锥状峰林地貌景观的典型代表, 天柱山以崩塌堆积地貌景观为特色, 灵山以大型环状花岗岩峰林地貌景观为特色。天柱山、灵山锥状峰林和石锥地貌景观不如黄山和三清山发育, 主要原因是天柱山、灵山比黄山、三清山海拔低 400 m 左右, 冰川、融冻侵蚀作用不如黄山和三清山强烈。

关键词: 花岗岩; 地貌景观; 大型环状构造; 江西灵山

中图分类号: P588.12⁺1

文献标识码: A

文章编号: 2096-1871(2020)01-008-10

我国是花岗岩分布最广的国家之一^[1-2], 也是拥有花岗岩景区最多的国家之一^[3-5]。截止 2018 年 9 月, 我国以花岗岩地貌景观为主构成的国家级及世界级地质公园 22 处, 其中世界级地质公园 6 处。江西省以花岗岩地貌景观为特色的世界地质公园 1 处(三清山), 省级地质公园 2 处(上犹五指峰、上饶灵山)。2006 年 7 月, 中国地质学会在江西三清山召开“第一届国际花岗岩地质地貌研讨会”, 推动了花岗岩地貌景观的进一步研究。一些学者对我国花岗岩地貌景观分布、类型、特征及成因进行研究^[6-12]。陈安泽^[4-5]将花岗岩地貌景观划分为 11 类, 建立了“三清山式”(含黄山)花岗岩地貌景观类型。前人对灵山花岗岩的研究着重于岩石学、岩石地球化学和矿床学等方面^[13-15], 对其地貌景观研究较少。虽然杨明桂等^[16]提出了江西“灵山式”花岗岩峰林地貌景观的概念, 但对花岗岩地貌景观主要特征、成因类型及对比未作深入研究。

笔者以上饶市幅 1:250 000 区域地质调查资料

为基础, 对灵山地质公园花岗岩地貌景观进行了研究, 总结“灵山式”花岗岩地貌景观特征, 探讨花岗岩地貌景观的形成与演化, 并与黄山、三清山和天柱山典型花岗岩地貌景观进行对比, 认为“灵山式”花岗岩地貌景观以世界罕见的大型环状花岗岩及穹窿地貌景观为特色, 为花岗岩地貌景观类型研究及地质公园的开发与保护提供新资料。

1 地理概况

灵山花岗岩位于江西省东部, 距上饶市西北部 18 km, 属亚热带季风性湿润气候, 气候温和、雨量充沛、四季分明、无霜期长。灵山总体是外缘陡峻、内缘平缓的环形山体, 平面接近圆形, 直径 15~16 km, 总面积 191.3 km²。南外环遥感影像明显, 北外环受断裂切割及地貌标高影响, 遥感影像不清晰。地貌形态可分为构造侵蚀中低山地貌和流水侵蚀剥蚀丘陵地貌。

花岗岩地貌景观主要分布于环形山体东南部,

* 收稿日期: 2019-03-07 修订日期: 2019-05-13 责任编辑: 谭桂丽

基金项目: 中国地质调查局“景德镇市、南昌市、上饶市 1:250 000 区域地质调查(编号: 基[2002]011-16)”项目资助。

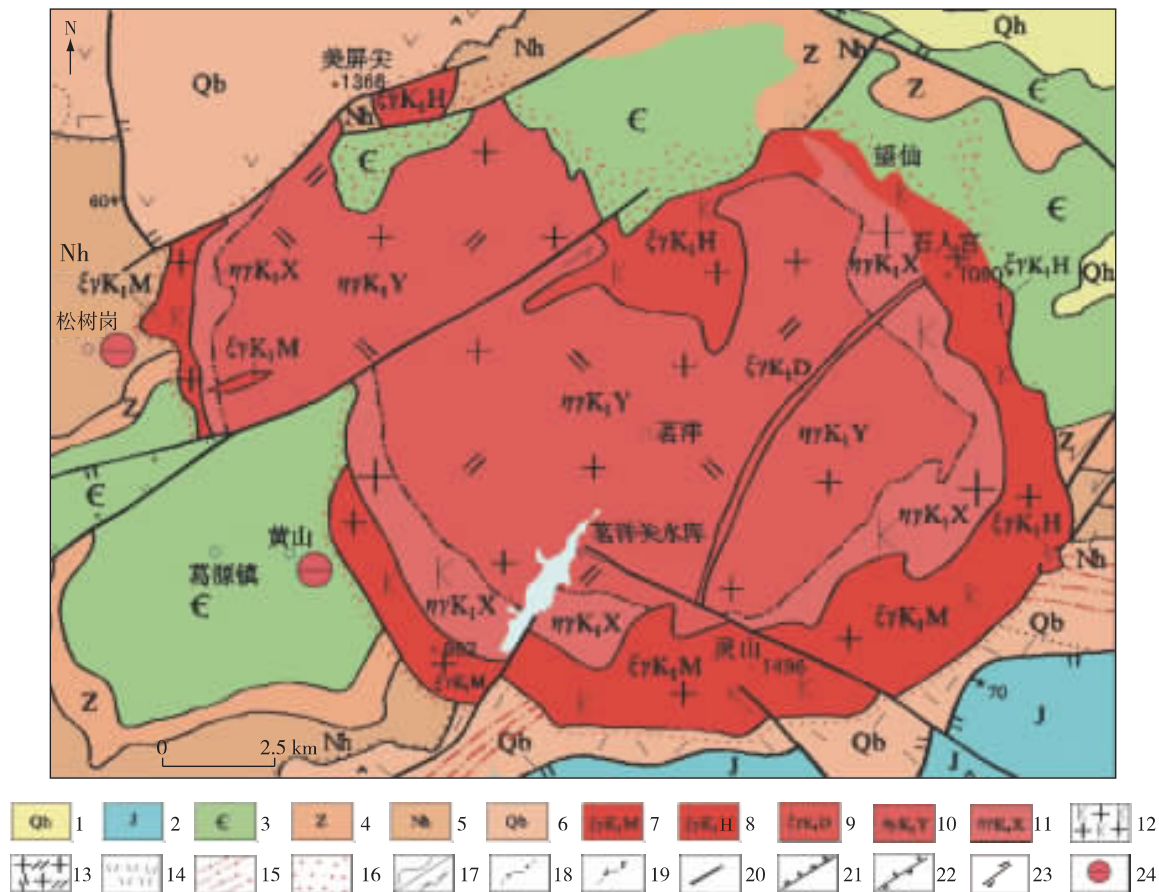
第一作者简介: 马振兴, 1956 年生, 男, 教授级高级工程师, 主要从事区域地质调查、矿产勘查及技术管理工作。

属中山构造侵蚀地貌,海拔 1 000~1 400 m,最高峰天梯峰 1 496.4 m,切割深度 500~1 000 m,山势陡峻,峡谷幽深。组成该地貌的岩石为中-粗粒黑云碱长花岗岩和晶洞花岗岩。

2 区域地质背景

灵山地区大地构造处于钦杭结合带南带怀玉山拗陷中,挟持于德兴—弋阳断裂带与上饶—萧山断裂带之间。区域地层发育齐全,从青白口系—第四系均有出露^[16]。灵山环状岩体周边主要出露青白口系、南华系、震旦系、寒武系、侏罗系和第四系地层。新元古代以来,灵山地区经历了四堡期—晋宁期、加里东期、华力西期—印支期、燕山期及喜马

拉雅期多次构造运动,特别是燕山运动,在古太平洋板块和欧亚板块相互作用下,NE 向、NNE 向及 NW 向断裂发育,陆内强烈造山,岩浆活动频繁,形成了灵山复式环状花岗岩体,自老至新划分为望仙、灵山 2 个超单元和 1 个大岩脉独立单元^[17]。望仙超单元包括下宅中粒斑状角闪黑云母二长花岗岩(120~140 Ma)和杨桥细粒聚斑环斑角闪黑云母二长花岗岩(107~140 Ma);灵山超单元包括火烧庙细粒角闪黑云母正长碱长花岗岩(115.6 Ma)和茗洋中粗粒黑云母碱长花岗岩(99.6 Ma);大岩脉为晶洞碱长花岗岩。灵山环状花岗岩南西部黄山和松树岗形成了伟晶岩型大型钽铌矿床和蚀变花岗岩型特大型钽铌(钨锡)隐伏矿床(图 1)。



1.全新统;2.侏罗系;3.寒武系;4.震旦系;5.南华系;6.青白口系;7.茗洋岩体黑云母碱长花岗岩;8.火烧庙岩体角闪黑云母正长碱长花岗岩;9.晶洞碱长花岗岩脉;10.杨桥岩体角闪黑云母二长花岗岩;11.下宅岩体角闪黑云母二长花岗岩;12.碱(钾)长花岗岩;13.二长花岗岩;14.流纹岩;15.糜棱岩化;16.角岩化;17.实测整合、不整合地质界线;18.脉动型侵入接触界线;19.涌动型侵入接触界线;20.实测断层;21.实测正断层;22.实测逆断层;23.实测平移断层;24.钽铌矿床

图 1 江西灵山环状花岗岩地质图^[17]

Fig. 1 Geological map of the annular granitic complex in Lingshan, Jiangxi Province^[17]

3 地貌景观特征

“灵山式”花岗岩地貌景观为世界罕见的大型环状花岗岩及穹窿地貌景观,微地貌景观以脊岭状群峰和崩塌堆积地貌为特色,包括塔状峰、峰丛、峰

柱、峡谷、瀑布和崩塌堆积形成的石海、石桥、石洞及各类造型石地貌,是研究燕山期环状花岗岩、穹窿地貌的天然博物馆,具有重要的科考、科普和地学旅游价值。根据《DZ/T 0303—2017 地质遗迹调查规范》^[18],区内地质遗迹分类及地质遗迹点见表 1。

表 1 灵山地质遗迹分类及评级

Table 1 Classification and grade charte of the Lingshan geological relics

大类	类	亚类	数量/个	综合评级		
				I 级/个	II 级/个	III 级/个
基础地质	构造剖面	断裂	4		1	3
	重要岩(矿)石产地	矿业遗迹	1			1
地貌景观	岩土体地貌	侵入岩地貌	42	1	5	36
	水体地貌	瀑布	9		2	7
	构造地貌	峡谷(断层崖)	2			2
合计			58	1	8	49

3.1 世界罕见的大型环状花岗岩峰林地貌

“灵山式”环状花岗岩地貌景观主要分布于东南外环,海拔 1 000~1 400 m,切割深度>500 m,环状延伸 26 km。景区内 72 座山峰^[19]形成了雄浑壮观的环形脊岭状峰林地貌景观,尤如一条“巨龙”横亘盘踞于灵山之巅^[19](图 2(a)、(b)),是灵山标志性景观,具有重要的美学观赏价值和地学研究意义。

在花岗岩脊岭中段东南部,登楼峰、凤凰峰和聚讲峰三峰展列,中部凤凰峰稍低,峰体似圆锥状,形似鹰腹和鹰颈,颈端天生一石,犹如钩状长喙,两翼山峰耸起,似“鲲鹏展翅”、搏击长空的天然巨雕(图 2(c))。

灵山微地貌花岗岩峰柱(图 2(d))、指状峰(图 2(e))也独具特色。雄霸天下峰柱,海拔约 1 345 m,峰柱高 30 余米,为灵山擎天一柱,在 NW 向垂直节理和水平状节理共同作用下,经风化剥蚀形成花岗岩峰柱。

3.2 独具特色的花岗岩崩塌堆积地貌

灵山花岗岩崩塌堆积地貌主要分布于南外环脊岭两侧陡坡及山间凹地中,在燕山晚期及喜山期构造运动中,岩体快速抬升,在 NE 向、NW 向及近水平节理裂隙作用下,花岗岩被切割成岩块,经风化剥蚀和重力崩塌作用,堆积、滚落形成花岗岩石海、石洞、石桥和造型石地貌。

水晶山倒石堆群(图 2(f))位于水晶山景区东台峰北侧,海拔 1 300~1 400 m,被节理裂隙切割的

花岗岩在重力作用下发生崩塌,分布于脊岭两侧,犹如花岗岩“石海”,形成各类造型石景观,如玉兔石(图 3(a))和水晶岩(图 3(b))等。

天桥墩位于灵山西麓茗洋关,在东山和西山顶尖,各立一参天石柱。石柱由三段花岗岩巨石叠置而成,形如天桥,俗称天桥墩(图 3(c))。

仙鹤石位于水晶山峰顶,海拔约 1 300 m,为典型的崩塌堆积巨石,形如白鹤,昂首朝天,鹤舞长空,形神兼备(图 3(d))。

3.3 亚洲最大的钽铌矿床

灵山环状花岗岩南西部分布黄山伟晶岩型大型钽铌矿床和松树岗蚀变花岗岩型特大型钽铌矿(钨锡)隐伏矿床,与灵山早白垩世黑云母碱长花岗岩具有成因联系。松树岗隐伏矿床垂直矿化分带及脉-体结构分带清晰,上部为脉状钨锡矿床,下部为“地下室式”钠长石化花岗岩型钽铌矿床。已控制的钽铌金属资源储量 42 444 t,居亚洲钽铌矿床之首,是研究我国早白垩世花岗岩与成矿作用的典型地区^[15-16]。

3.4 江南落差最大的花岗岩瀑布

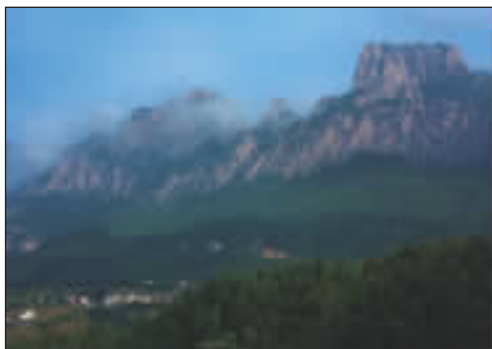
灵山悬崖峭壁遍布,雨水丰沛,形成壮观的瀑布,较大规模的瀑布达 36 处。水晶瀑布位于水晶山景区南外环,海拔 600~300 m,落差达 244 m,宽幅达 50 m,是江南花岗岩区落差最大的瀑布(图 3(e))。茗洋湖是大型高峡平湖,库容量 4 240 万 m³;玉女湖水水质清澈见底(图 3(f))。



(a) 环状花岗岩地貌ETM影像^[17]



(b) 脊岭状群峰(中华龙脊, 项育贵 摄影)



(c) 脊岭状群峰(鲲鹏展翅, 马振兴 摄影)



(d) 峰柱(雄霸天下, 涂文新 摄影)



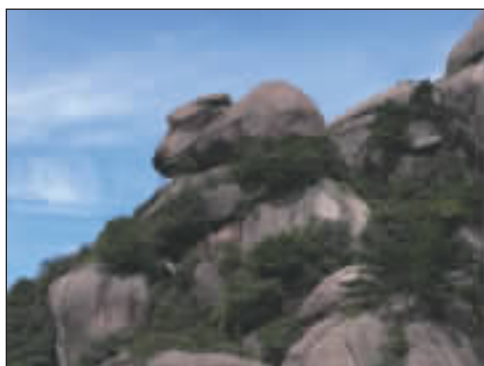
(e) 指状峰(送子观音^[19])



(f) 倒石堆 (花岗岩“石海”, 马振兴 摄影)

图 2 灵山花岗岩地貌景观照片

Fig. 2 Photoes of granite landscapes in Lingshan area



(a) 造型石(玉兔, 马振兴 摄影)



(b) 岩洞(水晶岩, 马振兴 摄影)



(c) 崩塌石(天桥墩, 马振兴 摄影)



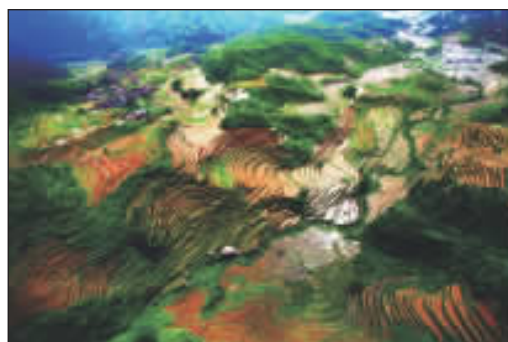
(d) 造型石(仙鹤石, 李斌 摄影)



(e) 水晶瀑布^[19]



(f) 玉女湖^[19]



(g) 高山梯田(邓勇 摄影)

图 3 灵山花岗岩地貌景观特征照片

Fig. 3 Photoes showing characteristics of granite landscapes in Lingshan area

3.5 独具特色的高山灵石梯田

大型环状花岗岩地貌造成灵山山体上部陡峭耸立,中下部斜坡山地纵向深长,向外延展坡度平缓。灵山梯田之间,大量崩塌堆积的倒石和石蛋嵌入其中,构成了灵山特有的倒石梯田组合景观,是中国最具特色的高山灵石梯田景观(图3(f))。

4 “灵山式”花岗岩地貌景观形成与演化

地貌的形成和发展,是地球内、外营力在一定地质条件下相互作用的结果,受地质构造和气候条件制约^[20]。“灵山式”花岗岩地貌景观的形成与演化主要受构造运动、岩浆活动、风化剥蚀及重力崩塌作用影响。

4.1 构造运动-岩浆作用是花岗岩形成演化的重要因素

关于灵山大型环状花岗岩的侵位机制,一些研究者认为横峰灵山存在花岗岩底辟穹窿^[21-22]。中国地质大学(武汉)和江西省地质调查院开展了八都幅1:50 000区域地质调查和上饶市幅1:250 000区域地质调查工作,认为灵山复式花岗岩岩浆呈热轻气球膨胀模式上侵^[13,17]。

灵山地处钦杭结合带南带怀玉山拗陷德兴—弋阳断裂带与上饶—萧山断裂带之间^[17]。燕山期,古太平洋板块向欧亚板块东部俯冲,引发赣东北深大断裂带持续活动,与NE向、NNE向断裂相伴的NNW向、NW向断裂发育,造成大规模岩浆侵入活动^[23]。在NE向与NW向断裂交汇部位,灵山复式花岗岩浆呈底辟侵位形成大型穹窿。穹窿平面呈近圆形,直径15~16 km,中心为望仙超单元二长花岗岩基,外缘为灵山超单元碱长花岗岩株。后期岩浆沿NE向陡倾张裂隙上侵,形成了超浅成碱长晶洞花岗岩墙。灵山超单元碱长花岗岩在底辟上侵过程形成一系列原生环状节理和放射状裂隙,主要为近水平状、NE向和NW向节理。

构造运动不仅为环状花岗岩的形成提供侵位空间,也为花岗岩地貌的改造创造了条件。燕山期—喜山期,地壳持续抬升,在NE向和NW向断裂作用下,灵山环状花岗岩体隆起成山,在原生节理上形成一系列NE向、NW向和近水平向节理和裂隙,为花岗岩地貌景观的形成创造了条件。

4.2 碱长花岗岩主要特征是地貌景观形成的基础

灵山超单元碱长花岗岩主要分布于穹窿东南

外环,为花岗岩地貌景观的主要分布区。岩石学及地球化学特征^[17]表明,望仙超单元为似斑状结构,酸性岩体;灵山超单元为中粗粒结构,超酸性岩体。一般情况下,超酸性岩体石英含量高,抗风化能力强;粗粒结构较似斑状结构和细粒结构的岩石抗风化能力强,地貌上往往形成中高山和山脊^[24]。因此,灵山岩体的抗风化能力大于望仙超单元岩体。从岩体侵位时代和深度分析,望仙超单元形成于早白垩世早中期,为中深成侵入岩,呈岩基状产出,侵位深度为3~10 km;灵山超单元形成于早白垩世晚期,呈岩株状产出,晶洞构造,为浅成相侵入岩,侵位深度0~3 km,较望仙超单元的侵位深度浅。因此,在构造抬升作用下,灵山超单元出露地面高度大于望仙超单元。

综上所述,灵山超单元的形成高度、抗风化能力均大于望仙超单元。灵山超单元东南外环中山海拔1 000~1 400 m,切割深度500~1 000 m,山势陡峻,为花岗岩脊岭状群峰、峰丛、峰柱及崩塌堆积地貌、造型石的形成创造了条件,这也是灵山花岗岩地貌景观集中分布在东南外环而不分布在环状构造中部的原因。望仙超单元一般形成低山和丘陵,分布于环形地貌中部,花岗岩地貌景观主要为倒石堆、峡谷、瀑布和高山梯田。

4.3 外力地质作用对地貌景观的塑造

影响灵山花岗岩地貌景观的外力地质作用主要是风化、剥蚀、流水侵蚀和重力作用,控制因素是气候、地形和岩石节理、裂隙。灵山地处亚热带,气候温暖湿润,降水量丰富,化学和生物风化作用强烈,组成花岗岩的重要造岩矿物长石易发生化学分解,形成高岭土及黏土矿物。灵山碱长花岗岩NE向、NW向和近水平原生节理进一步形成一系列NE向、NW向和近水平的次生节理,并相互切割形成棋盘格构造,地表水沿节理裂隙渗透,加速了花岗岩裂解,形成大小不等的花岗岩块,这些岩块在重力作用下,产生崩塌、位移,形成各种崩落地貌,经过大自然的精雕细琢,形成了罕见的花岗岩峰丛、峰林、峰柱和造型石。

4.4 环状花岗岩地貌景观形成及演化

灵山大型环状花岗岩地貌景观保存完整,具有典型性和代表性,系统完整地展示了花岗岩地质地貌形成及演化过程,大致可划分为成岩期、成山期和成景期(图4)。

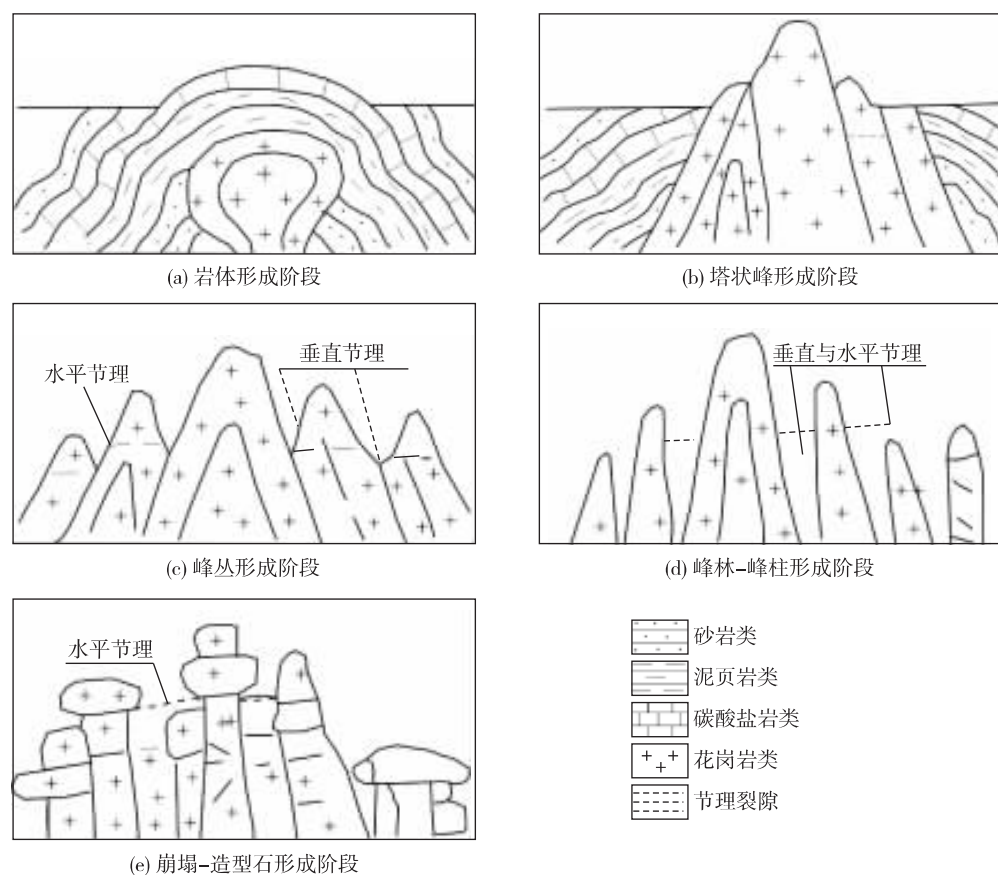


图4 灵山花岗岩地貌景观形成及演化模式示意图

Fig. 4 Sketch map showing formation and evolution of the geomorphologic landscapes in the Lingshan granitic complex

4.4.1 成岩期

燕山期,灵山处于滨太平洋大陆边缘活动阶段,由于古太平洋板块向欧亚板块俯冲,在古板块缝合带发生了构造-岩浆作用,形成了大规模的岩浆侵入活动和成矿活动^[20]。早白垩世早中期(距今127~140 Ma),强烈的构造运动使先期发育的NE向、NNE向及NW向断裂再次强烈活动,断裂两侧的陆壳块体相互挤压,并伴有强烈的岩浆活动,岩浆底辟上侵形成望仙聚斑环斑角闪黑云二长花岗岩体,并呈岩基状产出,属中深成相花岗岩。早白垩世中晚期(距今115.6~99.6 Ma),望仙花岗岩体冷凝、结晶、固化,与围岩处于环形应力挤压-拉张状态,形成环状断裂带。灵山碱长花岗质岩浆沿环状断裂间隙上侵形成灵山碱长花岗岩体及大型花岗岩岩脉,呈岩株或岩墙产出,属中成-超浅成相花岗岩。岩体在冷凝结晶过程中形成NE向、NW向和近水平向3组原生节理。

4.4.2 成山期

古近纪(60~23 Ma),在NE向和NW向断裂

共同作用下,望仙和灵山超单元快速抬升,上部覆盖岩层被剥蚀,深部岩体出露地表,隆起成山^[17]。因岩体侵位深度不同,望仙超单元侵位深度3~10 km,灵山超单元侵位深度0~3 km,地壳抬升后,望仙超单元形成丘陵;灵山超单元形成中低山。岩体在隆起成山过程中,节理裂隙进一步发育,形成了5组节理,其中1组为近水平节理,其余4组为垂直节理,即近SN向、近EW向和NE向—NW向节理,对微地貌的形成具有控制作用是NE向、NW向和近水平节理。

4.4.3 成景期

新近纪(约23 Ma)以来,受喜马拉雅期造山运动影响,灵山间歇性抬升,受长期风化、剥蚀和重力作用影响,东南外环山体因海拔高、切割深,更易成景^[17]。在NE向和NW向节理和近水平裂隙共同作用下,花岗岩体切割成棋盘格状,地表水沿花岗岩裂隙渗透侵蚀,并伴有融冻作用,花岗岩体进一步裂解,形成了花岗岩脊岭状群峰及峰丛、峰柱。

随着裂隙不断加大,谷坡或崖壁岩石发生崩塌,形成“石海”、倒石堆、石桥、石洞和造型石。

5 华南典型花岗岩地貌景观对比

陈安泽^[4]将花岗岩地貌景观划分为 11 种类型,其中 1 000 m 以上花岗岩地貌景观有三清山型、华山型、天柱山型、衡山型、克什克腾型和崂山型。我

国分布的世界地质公园中花岗岩地貌有黄山、克什克腾、泰山、天柱山、三清山和可可托海等 6 处。北亚热带、温带受气候及岩性影响,与中亚热带及热带花岗岩地貌景观差异明显。黄山、三清山、天柱山与灵山同处亚热带季风性湿润气候区,组成地貌景观物质均为中生代花岗岩,地貌景观既有相似性,又各具特色(表 2)。

表 2 花岗岩景观类型对比简表
Table 2 Comparison chart of the granite landscapes

景区	类型	地形	岩性及形成时代	特征	外力地质作用
黄山	尖峰地貌	中低山,最高峰莲花峰海拔 1 864 m	粗粒似斑状正长花岗岩, 125 Ma	以典型锥状峰林和脊状峰林为主,兼穹状峰林、石林式峰林、独柱式峰林和陡悬破碎峰林	构造、流水侵蚀及冰川刨蚀
三清山	尖峰地貌	中低山,最高峰玉京峰海拔 1 819.9 m	中粗粒黑云母碱长花岗岩, 115~123 Ma	景点集中,峰峦、峰墙、峰丛、峰林、峰柱、石锥特征典型,以锥状峰、石锥等为特色	构造、流水及融冻侵蚀
天柱山	崩塌叠石地貌	中低山,最高峰海拔 1 489.8 m	中粒二长花岗岩, 128 Ma	花岗岩地貌峰林、峰丛景观发育,以崩石、叠石洞最典型	构造、流水侵蚀及重力作用
灵山	环状地貌	中低山,最高峰海拔 1 496.4 m	中粗粒黑云母碱长花岗岩, 99.6~115.6 Ma	大型环状花岗岩地貌景观,微地貌景观以环状脊岭群峰及崩塌堆积地貌为特色	构造、流水侵蚀及重力作用

5.1 “黄山式”花岗岩地貌景观

黄山中心点坐标为 30°10′ N, 118°11′ E,最高峰莲花峰 1 864 m,大地构造位于扬子板块江南古陆与皖台褶皱结合部位,组成花岗岩地貌景观的岩体主要为粗粒似斑状正长花岗岩,岩体的形成年龄为 125 Ma^[25]。黄山花岗岩峰林地貌形态多样,除了典型的锥状峰林和脊状峰林外,还有穹状峰林、石林式峰林、独柱式峰林和陡悬破碎峰林,其中锥状峰林主要分布在 1 700 m 以上,石林式峰林主要分布在 1 400~1 500 m,穹状峰林分布在 1 000 m 以下,代表较完整的花岗岩峰林地貌形态,是构造侵蚀与冰川刨蚀综合作用的典型代表^[26]。

5.2 “三清山式”花岗岩地貌景观

三清山中心点坐标为 28°54′ N, 118°03′ E,最高峰玉京峰 1 819.9 m,大地构造位于扬子古板块与华夏古板块结合带^[16],组成花岗岩地貌景观岩体主要为中粗粒黑云母碱长花岗岩,岩体形成年龄为 115~123 Ma^[13]。三清山花岗岩峰林地貌类型丰富,景点集中,峰峦、峰墙、峰丛、峰林、峰柱、石锥等较典型,并以锥状峰和石锥为特色,主要分布在 1 400~1 600 m。造型石景观栩栩如生,东方女神、

巨蟒出山、观音赏曲 3 个标志性景观较罕见,主要的地质作用为构造侵蚀、融冻侵蚀和流水侵蚀。

5.3 “天柱山式”花岗岩地貌景观

天柱山中心点坐标为 30°43′ N, 116°27′ E,最高峰海拔 1 489.8 m,大地构造位于华北板块和扬子板块之间大别造山带东段与郯庐断裂带复合部位。组成花岗岩地貌景观的岩体为中粒二长花岗岩,岩体形成年龄为 128 Ma。海拔千米以上的山峰 31 座,形成气势磅礴的峰林、峰丛景观,并以崩塌堆积地貌最典型,崩石、叠石洞发育^[27-29],主要地质作用为构造侵蚀、流水侵蚀和重力作用。

由表 2 可知,黄山、三清山、天柱山、灵山花岗岩均形成于早白垩世,黄山、三清山、灵山均为中粗粒偏碱性的花岗岩类,天柱山为中粒二长花岗岩类。黄山与三清山最高峰海拔分别为 1 864 m 和 1 819.9 m,为花岗岩峰林地貌的典型代表,锥状峰林、石锥均分布在 1 600~1 800 m,石林式峰林主要分布在 1 400~1 500 m,具有较高的美学和地学价值。黄山峰林雄伟多姿,有“黄山归来不看岳”之称。三清山景点集中,被赞为“三清天下秀”。天柱山与灵山最高峰海拔分别为 1 489.8 m 和 1 496.4 m,天柱山以崩塌堆积地貌为特色,崩石、叠石洞典型。

灵山为大型环状脊岭群峰地貌典型代表,环状脊岭群峰及崩塌堆积形成的“石海”、石桥、石洞及造型石均分布于海拔 1 000~1 400 m,标志性景观中华龙脊被誉为“中华大地上巨龙的脊梁”,并具有亚洲最大的钽铌矿床,为“天下第一灵山”。天柱山和灵山锥状峰林、石锥不发育,主要原因为灵山侵入穹窿及海拔比黄山和三清山低 400 m 左右,遭受的冰川刨蚀及融冻侵蚀作用不如黄山和三清山强烈。

6 结 论

(1)江西“灵山式”花岗岩地貌景观主要分布于环形构造东南外环,是世界罕见的大型环状花岗岩地貌景观,微地貌景观以环状脊岭群峰及崩塌堆积地貌为特色,包括花岗岩塔状峰、峰丛、峰柱、峡谷、瀑布和崩塌堆积形成的石桥、石洞以及各类造型石地貌,具有亚洲最大的钽铌矿床及独特的垂直矿化分带,是研究燕山期环状花岗岩和穹窿地貌的天然博物馆,具有重要的科考、科普和地学旅游价值。

(2)黄山、三清山为锥状花岗岩峰林的典型代表;天柱山以崩塌堆积地貌景观为特色,崩石、叠石洞最典型;灵山为世界罕见的大型环状花岗岩峰林及穹窿地貌景观,环形脊岭状群峰及崩塌堆积形成的“石海”、造型石独具特色。天柱山、灵山锥状峰林、石锥地貌景观没有黄山和三清山发育,是因为天柱山和灵山冰川及融冻侵蚀作用不如黄山和三清山强烈。

致谢:中国地质科学院陈安泽研究员、江西省地质矿产勘查开发局杨明桂教授级高级工程师、中国地质大学(北京)罗照华教授审阅文稿并提出了宝贵的修改意见,英文由广州地球化学研究所杨武斌博士翻译,在此一并表示衷心感谢。

参考文献

- [1] 李兆鼎,王碧香.中国火成岩地质图 1:5000 000 说明书[M].北京:地质出版社,1997.
- [2] 洪大卫,王涛,童英.中国花岗岩概述[J].地质论评,2007,53(增刊):9-16.
- [3] 陈安泽.中国地质景观论[M].北京:地质出版社,1997:110-143.
- [4] 陈安泽.中国花岗岩地貌景观若干问题讨论[J].地质论评,2007,53(增刊):1-8.
- [5] 陈安泽.论旅游地学与地质公园的创立及发展[J].地球学报,2016,37(5):535-561.
- [6] 刘细元,马振兴,尹国胜,等.江西三清山花岗岩峰林地质公园特征及评价[J].资源调查与环境,2005,26(4):297-304.
- [7] 张招崇,简平,魏罕蓉.江西三清山国家地质公园花岗岩 SHRIMP 年龄、地质-地球化学特征和岩石成因类型[J].地质论评,2007,53(增刊):28-40.
- [8] 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(增刊):41-55.
- [9] 尹国胜,杨明桂,马振兴,等.“三清山式”花岗岩地质特征与地貌景观研究[J].地质论评,2007,53(增刊):56-74.
- [10] 卢云亭.中国花岗岩风景地貌的形成特征与三清山对比研究[J].地质论评,2007,53(增刊):85-90.
- [11] 董传万,杨永峰,闫强,等.浙江花岗岩地貌特征与形成过程[J].地质论评,2007,53(增刊):132-137.
- [12] 方建华,谢俊卿,王伟峰,等.河南遂平嵯峨山花岗岩地貌景观特征分析[J].地质论评,2007,53(增刊):143-146.
- [13] 江西省地质矿产勘查开发局.中国区域地质志·江西志[M].北京:地质出版社,2017:831.
- [14] 吴旭铃,凡秀君,龚咤云,等.江西灵山杂岩体地质特征及成因探讨[J].高校地质学报,2016,22(3):459-466.
- [15] 杨明桂,王发宁,曾勇,等.江西北部金属成矿地质[M].北京:中国大地出版社,2004:108-114.
- [16] 杨明桂,陈祥云,尹国胜,等.三清山地区的花岗岩地质遗产与建立地质科学园区的构想[J].地质论评,2007,53(增刊):75-84.
- [17] 楼法生,黄志忠,宋志瑞,等.中华人民共和国区域地质调查报告 1:250 000 上饶市幅[R].南昌:江西省地质调查研究院,2002:235-248.
- [18] 中华人民共和国国土资源部. DZ/T0303—2017 地质遗迹调查规范[S].北京:地质出版社,2017:1-35.
- [19] 王一木.天下第一灵山[M].南昌:江西人民出版社,2013:151.
- [20] 陈同刚,朱将波,汪启年,等.江西宁都丹霞地貌地质特征及成因分析[J].华东地质,2019,40(1):24-31.
- [21] 马长信.关于彭山高挥发份花岗岩底辟穹窿构造及其控矿作用[J].地质论评,1989,35(2):127-135.
- [22] 吴文革,谢卫红.江西德安彭山穹窿构造特征及其控岩控矿作用[J].北京地质,2005,17(1):7-11.
- [23] 杨明桂,王光辉,徐梅桂,等.江西省及邻区滨太平洋构造活动的基本特征[J].华东地质,2016,37(1):10-18.
- [24] 魏罕蓉,张招崇.花岗岩地貌类型及其形成机制初步分析[J].地质论评,2007,53(增刊):147-159.
- [25] 罗照华,李德东,潘颖,等.中国东部黄山的成山过程及其构造意义[J].地学前缘,2009,16(3):250-260.

- [26] 潘国林. 黄山世界地质公园地质遗迹资源特征及成景机制[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版), 2013, 36(12): 1499-1503.
- [27] 郑炎贵. 天柱山旅游资源成因与特色[M]. 北京: 地质出版社, 1998: 33-43.
- [28] 徐晓春. 论天柱山风景地貌的形成和旅游资源的可持续发展[M]. 北京: 地质出版社, 1998: 60-65.
- [29] 吴维平, 柏林, 郑炎贵, 等. 安徽天柱山地质公园地质遗迹类型及综合评价[J]. 上海地质, 2010, 1(增刊): 48-52.

Characteristics and genesis of the “Lingshan-style” granite landscapes, Jiangxi Province

MA Zhen-xing¹, ZHENG Ying², YIN Zhu³, LIU You-hua³

(1. Administration of Geologic Exploration Fund of Jiangxi Province, Nanchang 330025, China;

2. Management Committee of the Lingshan Scenic Area, Shangrao 334100, China;

3. Geological Team of Northeastern Jiangxi, Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development of Jiangxi Province, Shangrao 334000, China)

Abstract: Based on the 1:50 000 regional geological reconnaissance data in Shangrao, the characteristic and genesis of the large ring-shaped structure and geomorphologic landscape of the Lingshan granitic complex are studied through field geology survey and indoor comprehensive study. Meanwhile, comparison study of the Lingshan geomorphologic landscape with Mt. Huangshan, Mt. Sanqingshan and Mt. Tianzhushan was undertaken. The results show that the Lingshan geomorphologic landscape with an altitude of 2 500~3 000 m is mainly distributed to the southeast of the loop-shaped structure and is composed of medium-coarse biotite alkali granite. It is tectonism, magmatic activity, weathering and erosion, combined with gravitational collapse controlling the formation of the rare large ring structure in Lingshan area. The comparative study reveals that the Mt. Huangshan and Mt. Sanqingshan represent the typical granitic cone, the Mt. Tianzhushan is characteristics of granite collapse pile landforms, and the Mt. Lingshan is characteristics of the geomorphologic landscape of large ring structure. The reason causing the hoodoo and cone of Mt. Tianzhushan and Mt. Lingshan less spectacular than that of the Mt. Huangshan and Mt. Sanqingshan as follows: (1) the altitude of the Mt. Tianzhushan and Mt. Lingshan is 400 m lower than that of the Mt. Huangshan and Mt. Sanqingshan; (2) the erosion is weaker in the Mt. Tianzhushan and Mt. Lingshan area than that of the Mt. Huangshan and Mt. Sanqingshan area. Our investigations not only provide new information for study on granitic landscape, but also offer new data for the geopark protection and development.

Key words: granite; landscape; large ring-shaped structure; Lingshan, Jiangxi Province