

# 扬州捺山上新世盾形火山机构地质特征与地质公园建立

徐成华, 周玲玲, 傅丽雯, 顾 问

(江苏省地质矿产局第一地质大队, 南京 210041)

**摘要:** 扬州仪征捺山上新世盾形火山机构是一套“爆发相—溢流相—一次火山相”喷发旋回, 伴有多个寄生火山口, 其完整程度为江苏唯一, 国内罕见。文章系统介绍捺山上新世盾形火山机构, 详细论述该火山机构的地质特征及成因。这是对该地质遗迹进行的首创性工作, 对进一步的地质科研、科普教育及生态旅游具有重要意义。

**关键词:** 盾形火山机构; 上新世; 地质遗迹; 地质公园; 捺山

**中图分类号:** P588.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 2096-1871(2017)01-074-07

位于扬州仪征市西北端的捺山, 因玄武岩石柱峰林成群又名“石柱山”。捺山处于 1000 多万年前古长江入海口, 是一座距今 500 万年前火山喷发形成的盾形古火山。20 世纪 80—90 年代通过开展 1:50 000 区域地质调查发现并记录了捺山火山机构<sup>[1-3]</sup>, 但一直未深入研究该火山机构。笔者在对“仪征市捺山省级地质公园综合考察”时, 详细研究捺山上新世盾形火山的地质特征。通过地质填图、采集岩石样品, 发现该盾形火山具有一套完整的“爆发相—溢流相—一次火山相”喷发旋回, 并伴有 5 个寄生火山口, 这在江苏是唯一的, 在国内也较罕见, 对研究苏皖 NW 向玄武岩喷发带及中国东部基性火山具有重要意义。捺山玄武岩石柱姿态丰富, 其形态与壮观程度可与国内著名的十二大玄武岩石柱林相媲美, 具有重要的美学价值。捺山火山活动保留的地质遗迹类型多样, 具有重要的科研与科普价值, 为建立地质公园创造了良好条件。

## 1 区域地质背景

在地层区划上, 扬州仪征地区属于扬子地层下扬子地层分区南京—六合地层小区, 主要地层为前震旦系、震旦系、古生界、侏罗系、白垩系、新近系中新统与上新统。岩浆岩有石英闪长岩与玄武岩类。

在地质构造上, 研究区位于中国东部新华夏系第二隆起带与秦岭构造带复合形成的苏北拗陷西部边缘、南邻淮阳山字形构造东翼反射弧外缘、苏皖 NW 向玄武岩喷发带斜贯该区(图 1)。扬州仪征捺山盾形火山是该喷发带东端保存完好的火山机构, 当时处于古长江入海口附近<sup>[4-5]</sup>。

## 2 盾形火山地质特征

### 2.1 地层

区内出露地层为新近系雨花台组( $N_2y$ )与方山组( $N_2f$ )及第四系中上更新统与全新统(图 2)。其中, 雨花台组( $N_2y$ )下部为棕黄色砾卵石、含砂砾卵石及细砂; 上部为灰黄色细砂层、含砾砂层, 产肿面古猪兽(*Hyotherium* cf. *palaeochoerus*)、四棱齿象(*Tetralophodon* sp.)、又鼻角犀(*Diceratherium* sp.), 总厚度为 52 m。方山组( $N_2f$ )为凝灰质砂砾岩、凝灰质细砂岩、凝灰岩、集块岩、伊丁石化橄榄玄武岩、橄榄玄武岩、玄武岩等, 厚度 > 100 m, 是捺山盾形火山机构的主体。

### 2.2 火山岩相岩性

#### 2.2.1 爆发相

(1) 自碎火成角砾岩

自碎火成角砾岩又称自碎角砾熔岩, 是一种产

\* 收稿日期: 2016-06-12 修订日期: 2016-07-19 责任编辑: 谭桂丽

基金项目: 2011 年特大型地质灾害防治专项资金项目“江苏省仪征市龙山特大型滑坡地质灾害治理工程(财建[2011]488 号)”资助。

第一作者简介: 徐成华, 1978 年生, 男, 高级工程师, 主要从事基础地质和水工环地质研究。

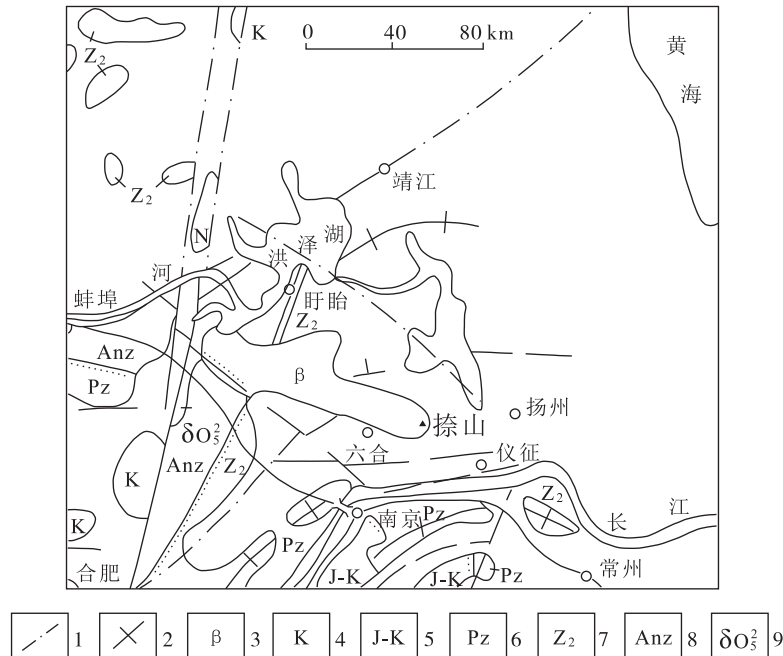


图 1 区域构造体系位置图(据文献[2]修编)

Fig. 1 Map showing the locations of the regional tectonic system

1-断裂;2-褶皱;3-玄武岩;4-白垩系;5-侏罗—白垩系;6-古生界;7-震旦系(包括部分下古生界);8-前震旦系;9-石英闪长岩

于浅成侵入体、筒状体或岩株顶部和穹状突起处的角砾岩。碎屑大小不一,是地下爆炸或熔浆冷凝过程中自角砾岩化的产物。

自碎火成角砾岩见于捺山西南角,玄武岩侵入于雨花台组砂砾层中,两者之间可见宽约 5~15 cm 的褐色冷凝边。自碎火成角砾岩由玄武岩及雨花台组砂砾层混合组成,其中玄武岩占主体。

#### (2) 凝灰质砂砾岩、凝灰质细砂岩

出露于捺山四周,高程约 40~60 m。呈深灰、灰黄色,砾石成分以砂岩砾、玄武岩砾为主,少量石英岩、燧石、泥岩砾等。砂岩砾磨圆度较好,玄武岩砾大小不等。凝灰质呈颗粒状,浅蓝色,风化后呈粉末状。

#### (3) 沉凝灰岩

出露于山体四周雨花台组含砾砂层与方山组玄武岩接触带附近,沉凝灰岩总体呈黄棕色、棕褐色,风化后呈黄绿色,以火山碎屑为主(>50%),陆源碎屑以石英、长石及岩屑为主。

#### (4) 集块岩、集块角砾岩

呈灰黄、灰红、粉红色,集块结构,集块有致密橄榄玄武岩、气孔状橄榄玄武岩、灰红色细砂岩、含砾砂岩等。块径大者达 100 cm 以上,一般 20~

30 cm。集块以气孔状玄武岩为主,气孔一般呈正圆形,沿气孔壁有白色沉淀物,偶见火山弹。角砾岩的角砾直径多为 5~20 cm,较集块岩小。

#### 2.2.2 溢流相

##### (1) 角砾熔岩

位于山体四周,层位在凝灰质砂砾岩、角砾凝灰岩之上。角砾多为玄武岩、气孔状玄武岩,呈棱角状、半棱角状,直径一般 2~8 cm。胶结物多为玻屑、晶屑凝灰质,角砾约占岩石的 65%~80%。凝灰质砂砾岩、角砾凝灰岩接触带上见 30~50 cm 的烘烤边。

##### (2) 气孔状玄武岩

呈灰黑色,块状,气孔发育,断面气孔多呈扁平状(纺锤形),似平行排列<sup>[7]</sup>。岩石主要由辉石组成,偶见长石和橄榄石斑晶。斑晶含量<5%,直径一般为 0.1~0.2 mm。基质由斜长石微晶和少量辉石、磁铁矿组成。岩石布满大小不等的气孔,大者直径为 1~2 cm,小者直径为 0.3~0.5 mm。

##### (3) 熔结凝灰岩

呈浅灰色或灰白色,微层状,易碎,砂感明显,厚度>20 m。碎屑主要由晶屑和少量岩屑组成,主要成分为基性玄武岩。胶结物为火山灰分解产物,

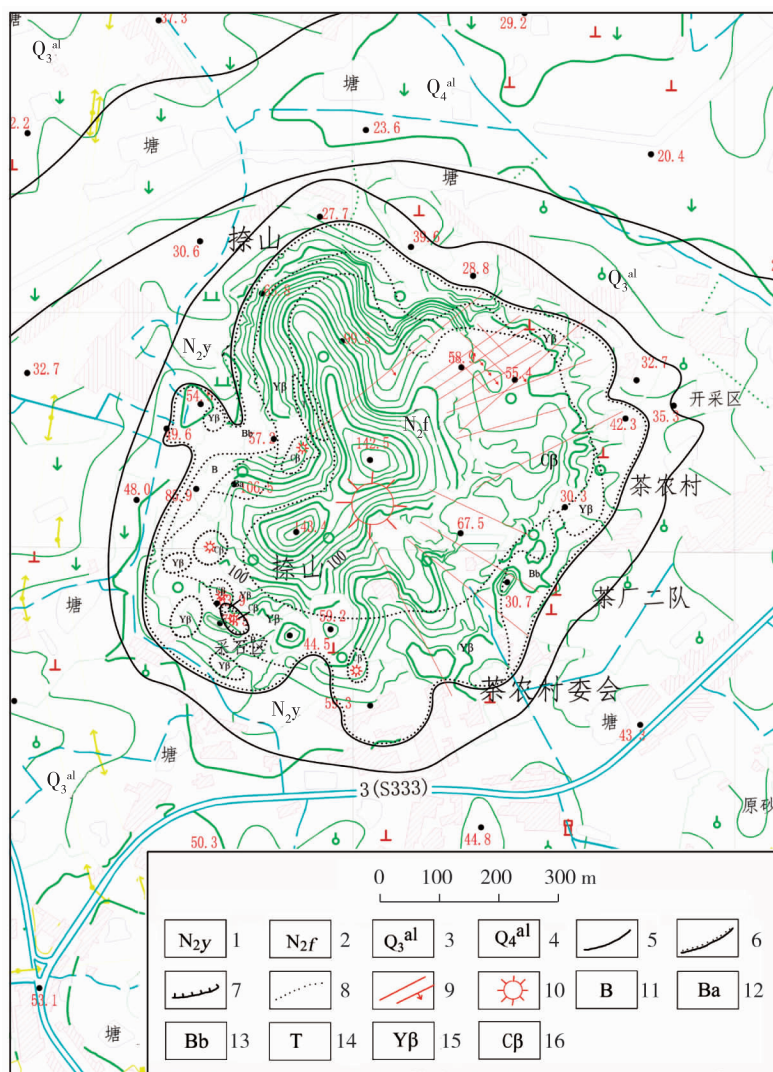


图 2 捺山地区地质简图(自测)

Fig. 2 Sketch geological map of the Nashan area

1-雨花台组;2-方山组;3-更新统;4-全新统;5-地质界线;6-不整合界线;7-脉动型侵入接触界线;8-岩相界线;9-断层;10-主火山口与寄生火山口;11-火山角砾岩;12-集块岩;13-凝灰质砂砾岩;14-熔结凝灰岩;15-溢流相玄武岩;16-次火山相玄武岩

大部分蚀变为高岭石。

#### (4) 伊丁石化橄榄玄武岩

深灰色,块状结构,风化后呈球状。显微镜下呈斑状结构,基质间粒结构(图 3)。斑晶含量约 15%,呈不规则状,颗粒直径 0.2~0.6 mm。斑晶成分为橄榄石,几乎全部蚀变为伊丁石—不透明铁质团块集合体。基质为间粒结构,斜长石含量约 65%,其余为微粒橄榄石、不透明铁质及伊丁石。斜长石呈长柱状,不规则排列。斜长石颗粒间隙充填微粒橄榄石、不透明铁质等形成间粒结构。

#### 2.2.3 次火山相

##### (1) 橄榄玄武岩

灰黑色块状,露头呈薄板状,具有斑状结构,基质间粒结构(图 4)。斑晶约占 25%,呈不规则颗粒状、短柱状,极个别呈板柱状,颗粒直径为 0.1~1 mm,以橄榄石(不规则颗粒状)为主,含部分单斜辉石(短柱状),极个别碱性长石颗粒(板柱状),部分橄榄石斑晶局部伊丁石化。基质含斜长石约 60%,微粒橄榄石、辉石约 20%,不透明铁质颗粒及后期蚀变矿物绿泥石、伊丁石等约 20%。斜长石呈长柱状,柱长约 0.1 mm,呈不规则排列。斜长石颗



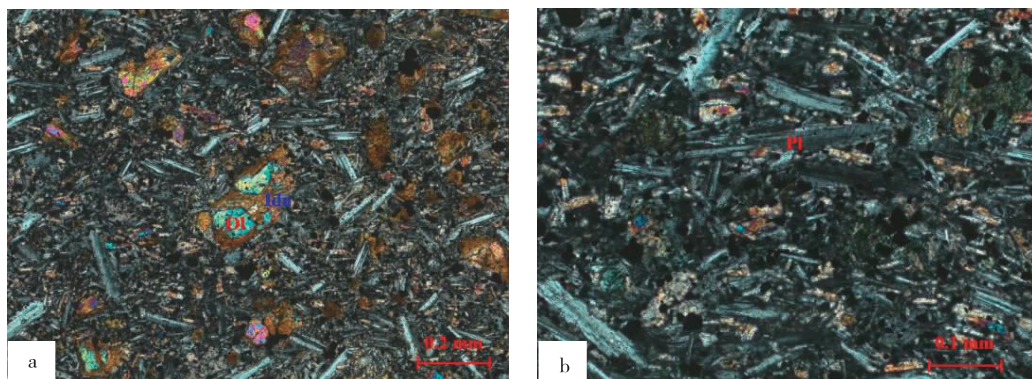


图 3 伊丁石化橄榄石(a)和基质(b)镜下显微照片(正交偏光)

Fig. 3 Photomicrographs of iddingsite peridot (a) and matrix (b) (cross-polarized light)

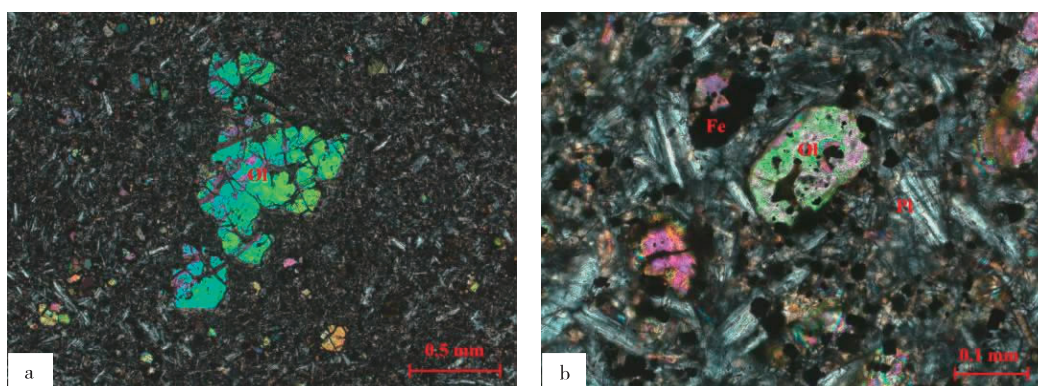


图 4 橄榄石斑晶(a)和玄武岩基质(b)镜下显微照片(正交偏光)

Fig. 4 Photomicrographs of peridot phenocryst (a) and basalt matrix (b) (cross-polarized light)

粒孔隙中充填微粒橄榄石、辉石、不透明铁质及后期蚀变矿物形成间粒结构。基质中橄榄石、辉石、不透明铁质颗粒直径大多 $<0.05\text{ mm}$ 。岩石中含少量碱性长石团块。

玄武岩中可见大小不一的橄榄岩包体,大者约 $10\text{ cm}$ ,小者不足 $1\text{ cm}$ 。

#### (2) 蚀变玄武岩

岩石具有斑状结构(图 5)。斑晶约占 $20\%$ ,呈不规则粒状,直径为 $0.1\sim0.3\text{ mm}$ ,主要为橄榄石及伊丁石集合体,推测伊丁石集合体为橄榄石斑晶蚀变产物。基质含斜长石约 $65\%$ ,斜长石呈长柱状,柱长约 $0.15\text{ mm}$ 。斜长石颗粒间隙充填物以不透明铁质为主,铁质颗粒不规则粒状,直径 $<0.05\text{ mm}$ ,含少量橄榄石及伊丁石等蚀变矿物。岩石中含碱性长石、透辉石、伊丁石等集合体团块。透辉石呈不规则粒状,颗粒直径为 $0.01\sim0.05\text{ mm}$ ,集合体块状分布于团块边缘。碱性长石呈长柱状,集

合体呈放射状排列于团块核部。碱性长石颗粒间充填伊丁石、透辉石等。

#### (3) 玄武岩

深灰色块状,斑状结构(图 6)。斑晶以橄榄石为主,含部分单斜辉石,橄榄石局部伊丁石化、蛇纹石化。斑晶呈不规则粒状、短柱—长柱状,颗粒直径 $0.1\sim0.6\text{ mm}$ 。基质主要为斜长石,呈长柱状,柱长约 $0.1\text{ mm}$ ,不规则排列。斜长石颗粒间隙多充填不透明铁质,含少量伊丁石、蛇纹石等蚀变矿物。岩石见部分透辉石团块,呈不规则状,直径约 $0.4\text{ mm}$ ,团块内部绿帘石颗粒呈长柱状,柱长 $<0.1\text{ mm}$ ,粒状直径约 $0.03\text{ mm}$ 。

#### (4) 辉绿岩

见于捺山西南角,是火山口常见岩石,其矿物成分与玄武岩类基本一致。一般认为,辉绿岩为深源玄武质岩浆向地壳浅部侵入结晶形成,常呈岩脉、岩墙、岩床或充填于玄武岩火山口中。



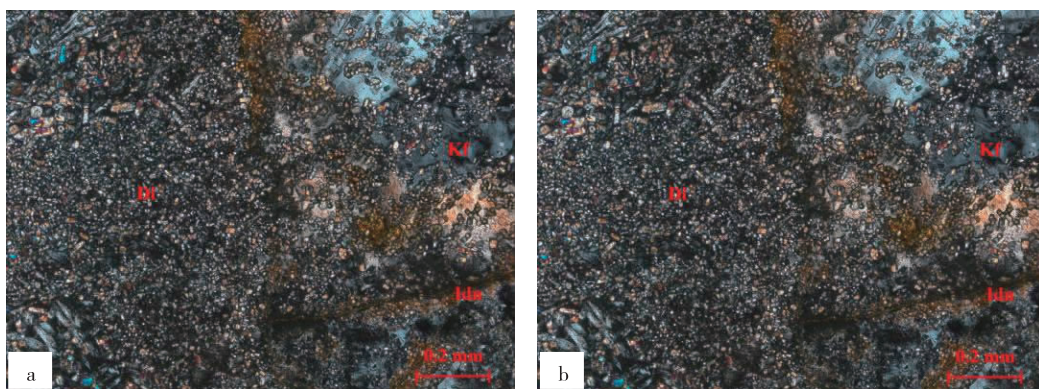


图 5 玄武岩(a)和后期团块(b)镜下显微照片(正交偏光)

Fig. 5 Photomicrographs of basalt (a) and anaphase agglomerate (b) (cross-polarized light)

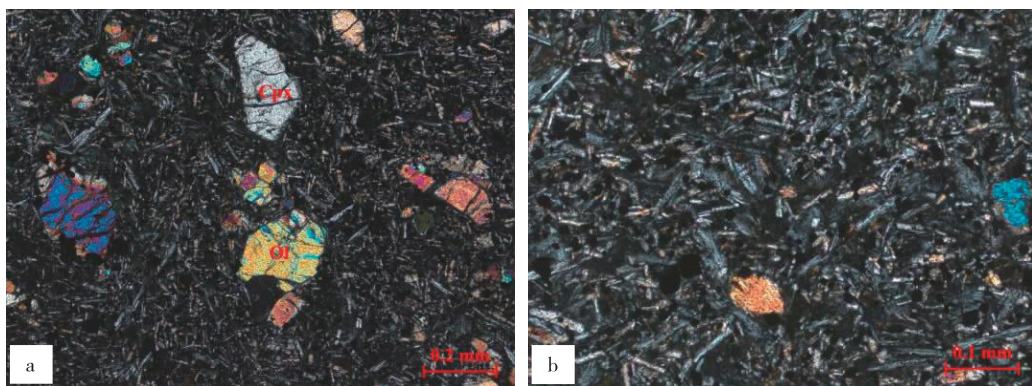


图 6 玄武岩斑晶(a)和基质(b)镜下显微照片(正交偏光)

Fig. 6 Photomicrographs of basalt phenocryst(a) and matrix(b) (cross-polarized light)

### 3 火山机构地质特征

捺山是一个典型的盾形火山,平面上呈近圆形,南北长约1 300 m,东西宽约1 200 m,面积约1.33 km<sup>2</sup>。捺山有2个主峰,海拔分别为142.9 m和143.8 m,主山脊线近SN向,周缘有5个小山包,标高分别为82.8 m、89.0 m、77.9 m、77.4 m和55 m。

#### 3.1 断裂构造

围绕捺山主峰(143.8 m)发育放射状断裂构造,主要有60°~80°、130°~140°和160°等3组方向,倾角较陡,一般为70°~80°。

#### 3.2 环形构造

从航空卫星照片(图7)可知,捺山盾形火山呈近圆形,说明应存在环形构造。从出露地层的岩性

看,爆发相—溢流相—中心相(次火山相)依次排序并成为捺山主体,周缘为新近系雨花台组砂砾层(图2)。

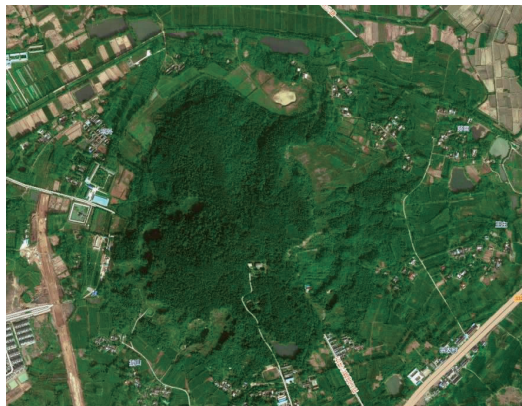


图 7 捺山地区航空卫星照片

Fig. 7 Satellite image of the Nashedan area

### 3.3 寄生火山口

初步调查认为,在捺山西侧发育 5 个寄生火山口(图 2),分别是白龙泉寄生火山口、天籁谷寄生火山口、石阵寄生火山口、狮子头寄生火山口和黑沙谷寄生火山口。寄生火山口范围不大,直径约为 100~250 m。火山通道相玄武岩柱状节理发育,可能由于上覆玄武岩重力使仍在塑性状态下的柱状节理向北西倾斜。从断面看,其通道与主火山锥通道相连,无独立的岩浆源。

## 4 柱状节理特征

捺山玄武岩柱状节理十分发育,高达 20 多米,围约 16 m,构成林或峰或似山石盆景,成为捺山名片式风景,主要遗迹景观有芦笙峰、石排峰、五指峰、石柱林、石柱瀑布、石柱盆景、弧形石柱等。

捺山柱状节理形态多样,除垂直型外,有些柱状节理经后期火山活动,由于垂直的柱状节理被炽热的玄武岩岩浆加热或尚未完全冷却而呈塑性状态,在重力作用下成为斜形节理、弧形节理,斜形节理像马蜂窝悬挂在山坡。

捺山地区柱状节理横断面多为不等边五边形、四边形,少有六边形。据研究<sup>[8-13]</sup>,玄武岩柱状节理的成因为火山岩浆在火山通道中冷却,表面形成无数冷凝收缩中心,这些收缩中心均匀等距排列,裂缝横切面常为六边形。随着熔岩进一步冷凝,六边形裂缝将整个熔岩层切割成无数的六方柱体,在发育不理想时,柱状节理的横切面可以是四边形、五边形等。

## 5 地质公园建立

扬州捺山地区盾形火山保存完好,地质遗迹景观丰富。捺山地质遗迹景观分为 4 大类 40 余个主要地质遗迹景点,属于国家级地质遗迹 1 处,省级地质遗迹 5 处。这些地质遗迹对进一步研究基性火山喷发演变、柱状节理成因、构造节理对火山机构的构造作用应力场、古长江演变与玄武岩岩石柱之间的成生联系、哺乳动物与爬行类化石的地层学关系等具有重要科学和科普意义。同时,玄武岩峰、林、柱等地质遗迹景观具有极高的审美价值。

对地质遗迹进行开发与保护的最有效方式是建立地质公园。目前,扬州仪征捺山已被江苏省国土资源厅批准为江苏省省级地质公园,于 2015 年

10 月 1 日开园试运行,日均接待游客量约为 3 000 人。捺山省级地质公园是火山活动地质遗迹科普的天然博物馆,成为地质学术研究和地学科普的基地,不仅能更好地保护地质遗迹,且能增强地方旅游业发展,具有良好的生态效益、社会效益和经济效益。

## 6 结 论

捺山盾形火山机构保存完好,伴有 5 个寄生火山口,具有从“爆发相—溢流相—次火山相”的完整火山喷发旋回。爆发相有自碎火成角砾岩、凝灰质砂砾岩、凝灰质细砂岩、沉凝灰岩、集块岩与集块角砾岩;溢流相有角砾熔岩、气孔状玄武岩、熔结凝灰岩、伊丁石化橄榄玄武岩;次火山相有橄榄玄武岩、蚀变玄武岩、玄武岩、辉绿岩等。

次火山相玄武岩柱状节理发育,横断面多为不等边五边形、四边形。常构成或林或峰,具有较高的审美学意义及旅游价值。

## 参考文献

- [1] 江苏省地矿局. 1:50 000 六合—仪征等区域地质调查报告[R].1986.
- [2] 江苏省地矿局第一地质大队. 1:50 000 陈集、仪征县(北)幅等区域地质调查报告[R].1994.
- [3] 江苏省地矿局第三地质大队. 1:50 000 扬州市幅、镇江市幅(江北)区域地质调查报告[R].1995.
- [4] 倪若水,吴其切,岳文浙,等.长江中下游中生代陆相盆地演化与成矿作用[M].上海:上海科学技术文献出版社,1998.
- [5] 张祥云,刘志平,范迪富,等.南京—仪征地区新近纪砂砾层层序及古长江的形成与演化[J].江苏地质,2003,27(3):140-147.
- [6] 江苏省地质矿产局.江苏省岩石地层[M].北京:中国地质大学出版社,1997.
- [7] 周晓丹,仇晓燕,邵家骥,等.江苏仪征捺山火山机构及玄武岩石柱林[J].江苏地质,31(3):212-217.
- [8] 张岩,魏钢焰,周翼翔.二阶段聚类法在地质遗迹分类与开发中的应用[J].华东地质,2016,37(1):67-72.
- [9] 高竹军,李忠东,卢志明,等.四川道孚八美糜棱岩石林形态特征及综合评价[J].华东地质,2016,37(3):22-234.
- [10] 王存智,朱清波,杨祝良,等.香港世界地质公园粮船湾组碎斑熔岩柱状节理构造特征[J].资源调查与环境,2015,36(4):252-260.

- [11] 邢光福,杨祝良,沈加林.香港世界地质公园核心景观—碎斑熔岩石柱林特征(一)[J].资源调查与环境,2015,36(1):封2.
- [12] 徐红.南京六合桂子山玄武岩石柱林成因初探[J].地质论评,1999,45(Z):703-706.
- [13] 钱迈平.江苏六合桂子山石柱林[J].江苏地质,1996,20(3):129.

## Geological characteristic of the pliocene shield volcanic mechanism in Nashan, Yangzhou and establishment of the geological park

XU Cheng-hua, ZHOU Ling-ling, FU Li-wen, GU Wen

(NO.1 Geological Party, Jiangsu Bureau Geology and Mineral Exploration, Nanjing 210041, China)

**Abstract:** The Pliocene shield volcanic mechanism in Nashan, Yizheng of Yangzhou displays an eruptive recycle of explosive-effusive-subvolcanic facies, accompanied with multiple parasitic craters. It is the only one with complete volcanic relic in Jiangsu province and rare in China. This paper systematically describes the Pliocene shield volcanic mechanism in Nashan and analyses the origin and geological features in details. This is the first research conducted in the area and therefore has great significance to the protection and development of the geological relic because it is the most important geological resources for geological scientific research, science education, and ecological tourism.

**Key words:** shield volcanic mechanism; pliocene; geological relics; geopark; Nashan