

江西三清山国家地质公园内的重大地质事件记录

叶张煌^{1,2)}, 刘嘉麒^{3)*}, 尹国胜⁴⁾, 陈安泽⁵⁾, 王敏⁵⁾

1)中国地质大学地球科学与资源学院, 北京 100083;

2)东华理工大学, 江西南昌 330013;

3)中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029;

4)江西省地质调查院, 江西南昌 330030;

5)中国地质科学院, 北京 100037

摘要: 江西三清山于2005年3月批准为国家地质公园, 2008年7月入选世界自然遗产名录, 以花岗岩地质与花岗岩峰林地貌著称。拥有10亿年演化历史的三清山, 不仅是一个地学等多个领域具有全球研究对比意义的地质宝库, 而且是拥有重要科学价值及科普意义的地质遗迹。在申报世界地质公园野外考察的基础上, 本文综述了三清山地质遗迹代表性的9个重大地质事件, 这也是世界自然遗产开发和保护基础工作以及地质公园管理的要求。

关键词: 三清山; 国家地质公园; 地质遗迹; 地质事件

中图分类号: K928.72; P931.2; P53 文献标志码: A doi: 10.3975/cagsb.2012.02.12

Record of Geological Events in Mount Sanqingshan National Geopark in Jiangxi

YE Zhang-huang^{1,2)}, LIU Jia-qi³⁾, YIN Guo-sheng⁴⁾, CHEN An-ze⁵⁾, WANG Min⁵⁾

1) School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083;

2) East China Institute of Technology, Nanchang, Jiangxi 330013;

3) Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029;

4) Geological Survey of Jiangxi Province, Nanchang, Jiangxi 330030;

5) Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037

Abstract: Mount Sanqingshan in Jiangxi, which was approved as a national geological park in March 2005 and nominated as the World Natural Heritage List in July 2008, is well known for its granite geology and granite peak landform. With the geological evolutionary history of more than one billion years, Mount Sanqingshan is not only a geological treasure with global comparison significance in geology and other fields but also an owner of many geological heritages with great significance in scientific value and scientific popularity. On the basis of field trip conducted by the authors for the application for global geopark, geological heritages representing nine geological events in Mount Sanqingshan National Geopark have been summarized in the paper. This is the basis of the development and protection of the world heritages as well as the management requirement for geopark.

Key words: Mount Sanqingshan; national geopark; geological heritages; geological events

三清山位于中国东南部, 江西省上饶市玉山、德兴两县(市)交界处。因为此山有玉京、玉华、玉虚

本文由中央高校基本科研业务费专项资助项目(编号: 2011PY0156)、国家自然科学基金委重点项目(编号: 40930314)和三清山地质公园科研项目联合资助。

收稿日期: 2011-12-13; 改回日期: 2012-01-29。责任编辑: 张改侠。

第一作者简介: 叶张煌, 男, 1973年生。博士研究生。从事地质遗迹和地质公园研究。通讯地址: 100083, 北京市海淀区学院路29号。

E-mail: zhhye@ecit.edu.cn.

*通讯作者: 刘嘉麒, 男, 1941年生。博士, 中国科学院院士, 中国科协委员。从事火山与第四纪地质环境学研究。通讯地址: 100083, 北京市朝阳区北土城西路19号。

三峰,如三清坐于其巅,故名三清山,玉京峰为怀玉山的最高峰,海拔 1819 m。它的地理位置是北纬 28°48'22—29°00'45、东经 117°58'20—118°08'28。三清山南北狭长,山势东、南、西三面陡峻,北面稍缓,地势高差大。景区总面积 229.5 km²,中心景区 71 km²。

三清山具有良好的区位优势,是江西的东北门户。处在黄山、龙虎山、武夷山、圭峰等名山的中心位置。

三清山地处亚热带湿润季风气候区,四季分明。同时又具有海洋性气候和高山气候的特征,年平均气温介于 10~12 之间,年均降水量达 1900 mm 以上,相对湿度达 82%。

三清山的生物多样性和珍稀物种数量有很高的价值。由于没有遭到第四纪冰川洗礼,与邻近黄山比较,黄山的指示物种总热点值为 14.55,而三清山地区毗邻总热点值为 25.10(全国林业系统自然保护区体系规划研究,2003)。

三清山的植物资源异常丰富,以亚热带湿润常绿阔叶林为主。其中世界罕见的华东黄杉有大面积分布,为江西首次发现。2000 年三清山地区发现了消失近一个世纪全球极度濒危鸟种黄喉噪鹛(叶建华,2010),良好的生态环境为黄喉噪鹛的提供了天然的栖息繁衍环境。

1 区域地质背景

三清山为怀玉山地体的一部分,位于欧亚板块东南部、华夏与扬子古板块碰撞结合带,即赣东北古缝合带,见图 1。

1.1 区域地质演化

综合三清山地区十多亿年来的地质演化发展历史(见表 1),以三次大海侵为标志,将三清山地区的演化史分成三个大的演化阶段。

(1) 从中元古代到震旦纪中期

1400 Ma 前的中元古代,那时三清山地区的地壳运动处于沉降阶段,海水浸没达 4 亿年之久。晋宁运动结束三清山的沉降历史,抬升为陆地,三清山地区进入相对稳定的地台阶段。

1000 Ma 前,三清山地区是华南洋中的一个岛弧。约 900 Ma 前后,扬子古板块与华夏古板块碰撞,洋盆消失,形成了赣东北古板块结合带。800 Ma 前,Rodinia 超大陆裂解,三清山地区形成裂谷式海槽。形成了海相磨拉石,复理石和双峰式火山岩建造。

(2) 震旦纪晚期到晚奥陶世

在距今 600 Ma 年前的震旦末期,海水又浸没了

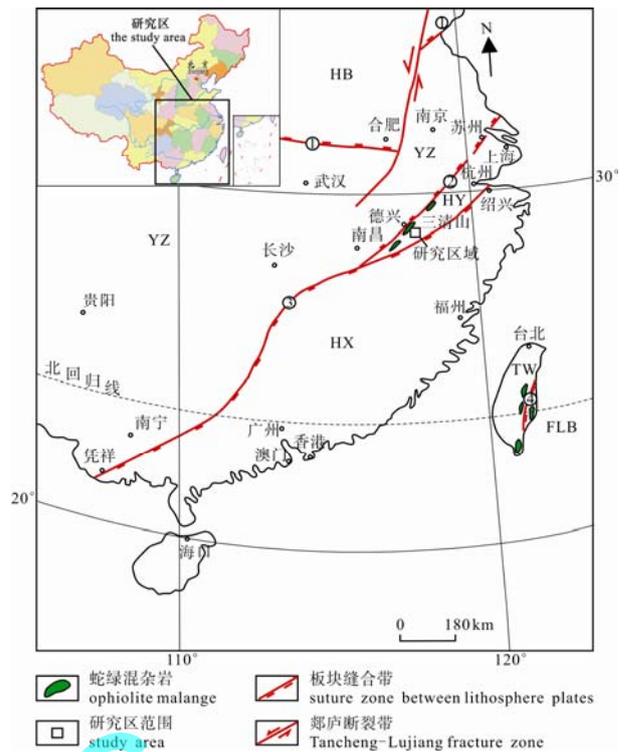


图 1 三清山地区的大地构造简图
(据三清山地质公园管委会修改,2009)
Fig. 1 Simplified geotectonic map of Mount Sanqingshan
(modified after Administration Committee of Mount Sanqingshan Geopark, 2009)
HB-华北板块; YZ-扬子板块; HY-怀玉山地体; HX-华夏古陆;
TW-台湾造山带; FLB-菲律宾板块; ①-商丹缝合带; ②-德兴-苏州缝合带; ③-绍兴-凭祥缝合带; ④-台东纵谷缝合带
HB-North China plate; YZ-Yangtze plate; HY-Huaiyu terrain;
HX-Cathaysian plate; TW-Taiwan orogenic belt;
FLB-Philippines plate; ①-Shangzhou-Danfeng suture zone;
②-Dexing-Suzhou suture zone; ③-Shaoxing-Pingxiang suture zone;
④-East Taiwan suture zone

三清山地区达 1.6 亿之久,一直延续到奥陶纪末期。震旦纪晚期,此间沉积 4000 多米厚的浅海相砂岩和碳酸岩建造,并含有三叶虫、笔石和海绵等海相古生物化石。

早寒武世,三清山地区为半障壁性质的潮下浅水海盆,属缺氧环境,形成了黑色页岩。早寒武世晚期—晚寒武世,海侵扩大,沉积了厚约数百米的浅海相碳酸盐。

奥陶纪早中期,海洋水体比较稳定,有利于笔石动物的繁衍,形成了笔石页岩建造。奥陶纪晚期沉积了介壳相碳酸盐建造。奥陶纪末,地壳总体处于逐渐抬升状态,水体变浅。奥陶纪末期的“加里东运动第一幕”,使三清山地区再次“变海为陆”。

(3) 早志留世到第四纪

在距今 440 Ma 年前的志留纪早期,发生第三次大海侵。志留纪早中期,沉积了以碎屑建造、并具

表 1 三清山地区构造运动时代代表(据杨明桂等, 2009; 章森桂等, 2009 修改)

Table 1 Tectonic movement in Mount Sanqingshan (modified after YANG Ming-gui et al., 2009; ZHANG Sen-gui et al., 2009)

地质年代及年龄/Ma		主要地质遗迹	构造旋回	主要地质事件
新生代	第四纪	2.6		
	新近纪	23.3	喜马拉雅旋回	喜马拉雅运动
	古近纪	65		
中生代	白垩纪	146	上统有恐龙蛋化石, 下统为陆相火山岩	燕山运动
	侏罗纪	199	硅化木	印支运动
	三叠纪	251		
	二叠纪	299		东吴运动
	石炭纪	259		海西—印支旋回
古生代	泥盆纪	416		加里东运动
	志留纪	443		
	奥陶纪	488	笔石动物化石群	
	寒武纪	542	缺氧事件, 生命大爆发	加里东旋回
新元古代	震旦纪	1000	硅碳酸盐岩帽	
	南华纪	1400	雪球事件, 裂谷—双峰式火山岩	晋宁运动
	下部		蓝片岩, 蛇绿混杂岩带	晋宁旋回

类复理石构造特征。加里东运动使地壳整体抬升, 遭受较长时期的剥蚀, 因而缺失志留纪中期、早中泥盆世的沉积, 怀玉地体, 华夏和扬子古陆再次结合, 成为华南陆块的组成部分(程裕淇, 1994; 马丽芳, 2002)。

晚泥盆世时, 三清山地区在晚泥盆世至三叠纪早期沉积了以滨、浅海相泥砂质及碳酸盐建造和海陆交互的碎屑建造。中三叠世末, 印支运动强烈活动, 结束了三清山地区的海侵历史, 使欧亚板块与太平洋板块发生强烈碰撞并产生挤压抬升, 地面盖层继而发生强烈褶皱, 出现区域性地壳隆起, 形成普遍的角度不整合接触关系。印支期我国的地质构造应力场发生转变, 此时太平洋板块逐渐靠近, 构造应力场以北西西向挤压为主, 中国大陆结束了南海北陆的状况, 开始东西分异(黄定华等, 1999)。

180 Ma 年的燕山运动也是我国地质构造发展的另一个新阶段。晚侏罗世至早白垩世, 随着太平洋板块的俯冲挤压, 东南部发生中酸性岩浆喷发活动, 形成钙碱性的中酸性火山岩组合, 可划分为石溪旋回和周家店旋回 2 个岩浆活动旋回, 同位素年代为 91.7~110.8 Ma 与 119.2~128.3 Ma(王勇等, 2002)。早白垩世在拉张的构造环境下, 三清山地区酸性岩浆大规模强烈上侵, 冷凝形成了大面积的“三清山花岗岩体”(余心起等, 2005; 张星蒲, 2001)。三清山从此进入内陆发展的新阶段, 中生代是三清山花岗岩地质、地貌和生态的奠基时期。此后, 又通过新生

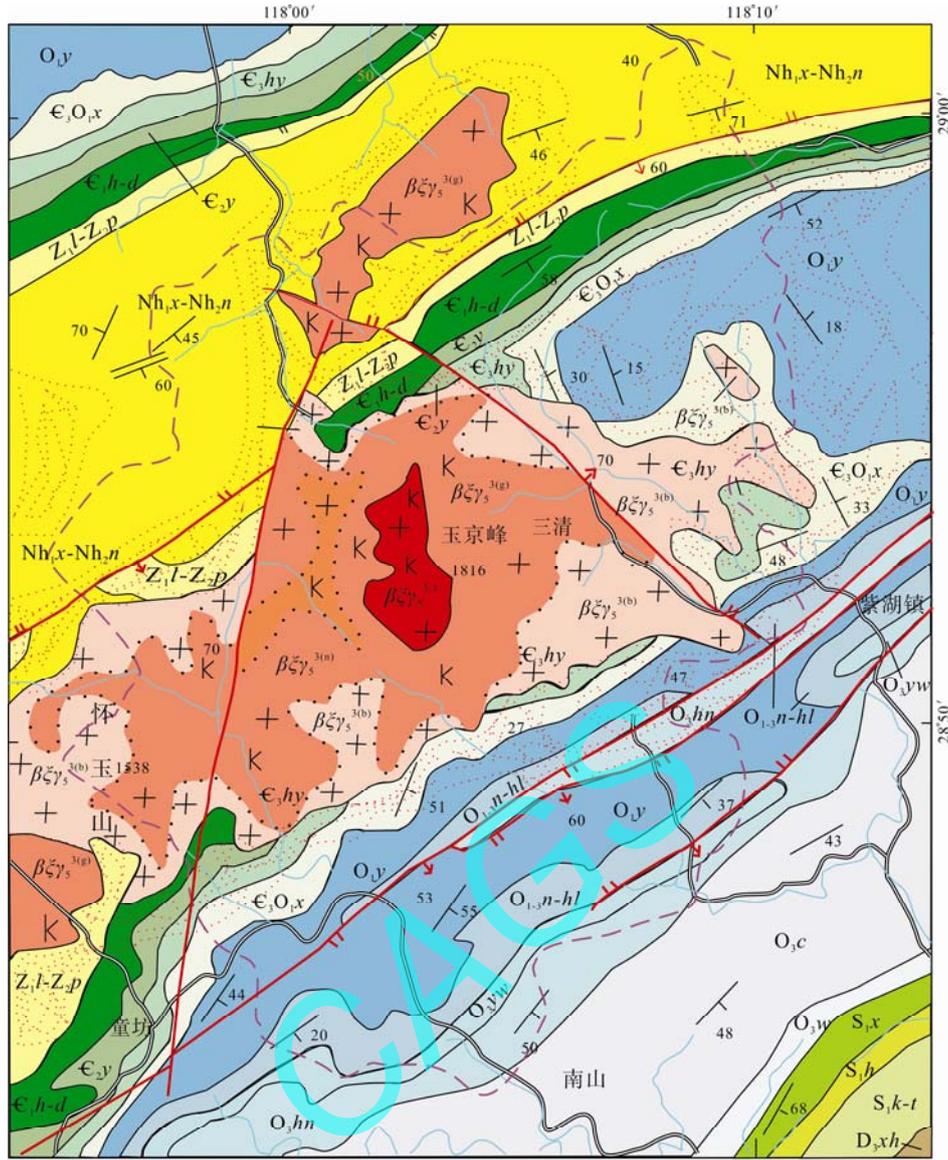
代的塑造, 特别新构造运动, “三清山花岗岩体”多次不断被抬升, 才造就了现今奇特的花岗岩景观和独特的生态系统。

1.2 地层特征

除了志留系中上统、泥盆系中下统、古近系和新近系缺失外, 三清山及邻区涵盖了自中元古代至第四纪 10 多亿年几乎连续的地层, 是地球演化的重要记录者和见证人, 见图 2。

该区中新元古代早期的张村群, 为巨厚层类复理石建造, 富含火山物质, 形成于浊流沉积环境, 岩石组合为浅变质细碧岩、石英角斑岩、火山凝灰质—泥砂质碎屑岩。该地层含洋盆岛弧型蛇绿混杂岩, 构成一条蛇绿混杂岩带。新元古界主要分布于三清山的北部地区, 其下部为登山群祝家组, 以浅变质的砂岩、板岩为主, 夹玄武岩和流纹岩, 形成双峰式火山岩, 厚度达 3500 m, 不整合于张村群之上; 中部为南华系海相碎屑岩、冰碛泥砾岩夹灰岩, 上部为震旦系硅质岩、碳酸盐岩。

古生界主要分布于三清山山体周围及周边地区, 寒武系以碳酸盐岩为主夹泥、硅质页岩, 底部为黑色页岩; 奥陶系以页岩为主夹瘤状灰岩; 志留系为泥砂质碎屑岩; 泥盆系为砂砾岩、石英砂岩、粉砂质页岩, 往往不整合于前泥盆系之上; 石炭系与二叠系主要为碳酸盐岩。中生界以侏罗系和白垩系为主, 三叠系发育一套碳酸盐岩与页岩沉积建造, 不整合于古生界之上; 侏罗系出露于火山岩盆地的边



- | | | |
|--|--|--|
| D₃xh 西湖组: 砂砾岩、石英砂岩
Xihu Formation: conglomerate, quartz sandstone | O_{1,n-hl} 宁国-胡乐组并层: 页岩、硅质岩
Ningguo Formation and Hule Formation: shale, siliceous rock | O₃w 文昌组: 粉砂质泥岩
Wenchang Formation: silty mudstone |
| €₂y 杨柳岗组: 泥质灰岩、泥晶灰岩
Yangliugang Formation: argillaceous limestone, micrite limestone | O₂c 长坞组: 细砂岩、泥岩
Changwu Formation: fine-grained sandstone, mudstone | S_h 河沥溪组: 岩屑砂岩
Helixi Formation: lithic sandstone |
| O₂y 印渚埠组: 钙质页岩、粉砂质泥岩
Yinzhubu Formation: calcareous shale, Silty mudstone | S_{1,k-t} 康山-唐家坞组并层: 岩屑砂岩、粉砂岩
Kangshan Formation and Tangjiawu Formation: lithic sandstone, siltstone | 实测正(逆)断层
measured fault |
| €₁,O₁x 西阳山组: 泥质灰岩、钙质泥岩
Xiyangshan Formation: argillaceous limestone, calcareous mudstone | O_{1,hn} 黄泥岗组: 含灰岩瘤钙质泥岩
Huangnigang Formation: calcareous mudstone with limestone tumor | 一般地质界线
geological boundary |
| Z₁-Z₂p 兰田-皮园村组并层: 白云质灰岩、硅质岩
Lantian Formation and Piyuancun Formation: dolomitic limestone, siliceous rock | €₁-h-d 荷塘-大陈岭组并层: 碳质硅质页岩、泥晶灰岩
Hetang Formation and Dachengling Formation: carbonaceous siliceous shale, micrite limestone | 地质公园界线
geopark boundary |
| S₁x 霞乡组: 岩屑砂岩、粉砂岩
Xiaxiang Formation: conglomerate, quartz sandstone | €₁-hy 华严寺组: 条带状灰岩
Huayansi Formation: banded limestone | 相带界线
facies boundaries |
| O₂yw 碗瓦山组: 瘤状灰岩夹灰岩
Yanwashan Formation: nodular limestone | Nh_{1,x}-Nh_{2,n} 体宁-南沱组并层: 页岩、冰碛泥砾岩
Xiuning Formation and Nantuo Formation: shale, moraine clay conglomerate | 旅游专用公路
travel special highway |
| β₂γ₅^{3(a)} 边缘相: 细粒似斑状黑云母花岗岩
edge phase: fine-grained porphyritic biotite granite | β₂γ₅^{3(b)} 补充期: 细粒黑云母钾长花岗岩
additional period: fine grained biotite K-feldspar granite | 角岩化带
hornfels band |
| β₂γ₅^{3(c)} 内部相: 粗中粒似斑状黑云母钾长花岗岩
internal phase: coarse and fine grained porphyritic biotite K-feldspar granite | β₂γ₅^{3(d)} 过渡相: 中细粒似斑状黑云母钾长花岗岩
transitional phase: medium and fine grained porphyritic biotite K-feldspar granite | 岩层产状/片理产状
rock occurrence and schistosity occurrence |

图 2 三清山地质公园区域地质图(据三清山地质公园管委会修改, 2009)
 Fig. 2 Regional geological map of Mount Sanqingshan National Geopark (modified after Administration Committee of Mount Sanqingshan Geopark, 2009)

缘,表现出典型的陆相火山喷发-沉积旋回韵律,最为典型的是鹅湖岭组,产有硅化木化石;白垩系主要分布于中生代火山岩陆相盆地内部,岩性主要是红色碎屑岩和火山碎屑岩。

新生界分布范围有限。老第三系缺失,第四系主要分布于河沟河湖泊的低凹地带,以冲积粘土层为主,局部有洪积和残积物。

1.3 褶皱和断裂构造

三清山地区位于古板块缝合带,经历了五个构造旋回。区域内褶皱和断裂构造十分发育,见图2。

1.3.1 褶皱构造

褶皱构造分布于区内的北西和北东部,属于侏罗山式褶皱,沉积盖层为南华系-志留系。侏罗纪地层不整合覆盖于褶皱构造之上,推测可能为印支期褶皱(尹国胜等,2007)。区内主要有黄土岭复式背斜和华眉山向斜。

1.3.2 断裂构造

赣东北古缝合带是新元古代扬子板块与华夏板块的碰撞带,中生代发生陆内俯冲形成了超壳深断裂带,影响至莫霍面。

区内的壳内断层也十分发育。断层性质既有正断层,也有逆断层。到喜马拉雅伸展期发展成为区内三条著名的正断层,即小坑-芭蕉坞断层、鹅公岭-下西坑断层、枫林-紫湖镇断层。这三条断层将三清山主岩体分割成一个典型的断块山,基本呈等边三角形。

2 重大地质事件的记录

三清山“得地独厚”的构造活跃背景,造就了她的特殊身份。它既是古华南洋闭合,华夏与扬子古板块演化碰撞, Rodinia 超大陆从形成到裂解等重大地质历史事件的见证地,也是中生代以来中国东部陆内盆岭构造演化发展的一个缩影。将今论古,反演历史,沿着地质公园的旅游公路,从汾水→金沙→紫湖→三清湖→玉山,可以观察到很多的重大地质构造记录和连续的地层叠覆现象。

2.1 赣东北蛇绿混杂岩带——古华南洋与古板块碰撞的见证

三清山地质公园西北侧的蛇绿混杂岩带为歙县-德兴蛇绿混杂岩带的一部分,与中—新元古代张村群的千枚岩混杂堆积在一起,共同构成蛇绿混杂岩带,其原始层理完全被片理置换,构造片理走向 NNE、倾向 SEE、倾角 $30^{\circ}\sim 80^{\circ}$ (邓国辉等,2005)。蛇绿岩和混杂堆积的千枚岩均有较强烈的变

形和变质现象,与围岩呈构造接触,呈透镜状或团块状产出。在公园西南面的德兴县西湾处出露的岩石除了大洋斜长花岗岩和变质橄榄岩,还有蓝闪石片岩,这是低温高压变质相带的标志。蛇绿混杂岩、大洋斜长花岗岩、蓝闪石片岩同出露于西湾,“三位一体”的岩石组合共同述说了中新元古代华南洋的存在及其闭合过程。

赣东北张村群蛇绿岩全岩 Sm-Nd 同位素等时线年龄为 (1154 ± 43) Ma(周国庆等,1991),大洋斜长花岗岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 等时线年龄值约为 (968 ± 23) Ma(王一先等,1999;李献华等,1994),残留有蓝闪片岩 K-Ar 等时线年龄值为 (866 ± 14) Ma(舒良树等,1993)。根据这些年龄值推断华南洋形成于南华纪晚期,主要存在于新元古代早期,闭合于罗迪尼亚超大陆的拼合之时,即扬子古板块与华夏古板块对接碰撞。

漫长的年代和多次构造热事件破坏了完整的大洋地层,但根据樟树墩较大的蛇绿岩块,可以对该区的大洋层序进行恢复:下部为二辉橄榄岩、方辉橄榄岩、橄榄二辉岩;上部为辉长岩-粗玄岩、玄武熔岩、辉绿岩岩墙-凝灰岩、硅质岩、杂砂岩、浊积岩。

歙县-德兴蛇绿混杂岩带是迄今中国少数的元古代蛇绿混杂岩带之一。这些珍贵地质遗迹,是元古代华南洋的存在和消亡、扬子古板块与华夏古板块碰撞事件的重要佐证。

2.2 南华纪雪球事件遗迹和新元古代晚期双峰式火山岩

前寒武的南华大冰期事件的重要佐证就是南华准地台广泛发育的冰碛岩和冰碛层,是由刘鸿允命名。推测本区当时仍处滨海环境,被冰川包围。大量冰筏冰山落入海中,形成了南沱组的冰碛岩,夹杂含砾凝灰岩、砾质砂泥岩。可见冰川落石现象,砾石大小不等,砾径最大达 35 cm。中部为间冰期,形成灰黑色页岩与灰岩,具水平纹层。

新元古代晚期,扬子与华夏古板块碰撞后,不久即发生裂解。三清山区处华南裂谷边缘,火山喷发作用非常剧烈,在西部地区弋阳县登山河上镇群剖面,形成由玄武岩、流纹岩组成的双峰式火山岩。由 SHRIMP 锆石 U-Pb 测得的年龄值为 807 Ma(王剑,2000),说明裂谷-火山事件发生在约 820~800 Ma 间,是 Rodinia 超大陆裂解的标志。

2.3 早寒武世缺氧事件与生物大爆发

三清山早寒武世荷塘组为黑色页岩,底部普遍

发育石煤层,有黄铁矿及磷结核等组分,并富含钒、铀等元素。呈似层状、透镜状产出,推测华南地区早寒武世菌藻类低等生物大量繁殖,又因缺氧事件而死亡,进入沉积物后形成泥炭,然后经压实成岩作用后形成石煤。缺氧事件之后,至早寒武世晚期,生物发生爆炸性进化,三叶虫、球接子、腕足类等生物大量出现,标志着寒武纪的生命大爆发。

2.4 奥陶系笔石动物化石群

区内奥陶纪地层出露良好、丰富多样,有笔石页岩建造和介壳灰岩建造,有亚相变化,说明海洋沉积环境变化多样。生物化石有珊瑚、腕足等低等动物化石、也有相对高等的脊索动物化石。特别是奥陶纪早中世的笔石动物化石丰富,属种繁多,类型多样,笔石带系列连续,分异演化清楚。计有 51 属, 247 种与亚种,其中包括 1 新属,即“江南笔石属”, 27 新种与新亚种,共建立了 17 个连续的笔石带序列(肖承协等, 1991)。

2.5 加里东运动和晚泥盆纪大规模海侵事件的证据

加里东运动是发生在早古生代晚期的一次重大地质造山事件,影响深远。中国华南地区普遍由海上升为陆,或接受剥蚀或发生沉积间断。在公园的三清山园区,来自地层的遗迹为加里东造山运动和泥盆纪海侵事件提供了证据。一是缺失中志留统和早中泥盆统,晚泥盆统不整合于早古生代地层之上;二是底部为滨海相石英质砂砾岩。这些事实表明,加里东造山运动把三清山所处的区域抬升为陆地,遭受剥蚀。时间从中志留世持续至中泥盆世。在晚泥盆世又发生大规模海侵,接受沉积,因而形成了区域性晚古生代地层不整合于早古生代地层之上的重要地质遗迹。

2.6 中生代陆内深俯冲作用与大规模岩浆活动

中生代时期的三清山地区位处古太平洋板块西部的活动大陆边缘,太平洋板块产生向西俯冲作用,即由南东方向向北西方向俯冲,三清山地区发生了大规模的岩浆侵入和火山事件,形成了“两带”、“三型”花岗岩田(尹国胜等, 2007)。即燕山早期,伴随构造俯冲在断裂带前缘岩浆侵位形成了铜厂—银山 I 型中酸性斑岩带;燕山晚期俯冲带后缘隆起,在区域左旋走滑应力场复合作用下,在拉张部位形成了三清山—灵山深成花岗岩带,最早出现的 S 型角闪黑云母二长花岗岩,随后形成了三清山 S 型钾长花岗岩体,最后出现杂岩体外环的灵山 A 型晶洞碱长花岗岩。

三清山花岗岩田的 I 型花岗岩为深源型花岗岩

浆, S 型花岗岩浆主体虽来自地壳,但有中基性岩浆的混合,也反映了深源物质的叠加。从岩浆来源方面也佐证了三清山地区中生代的陆内深俯冲作用。

2.7 中生代硅化木化石群和恐龙化石群遗迹

三清山地区中侏罗世陆相盆地砂岩中保存有完好的硅化木化石群。已发现 10 多个单体硅化木化石,单体最长达 28.2 m, 下端直径 1.3 m, 上端直径 1 m 余,其年轮清晰可见,是中国单体最长的硅化木化石。还原了侏罗纪该地区一片茂盛森林的古生态环境。

晚白垩世以来,三清山及邻区以陆内伸展和断块升降为主,区域性深大断裂再次活动,形成一系列断陷带。断块隆升成山,南北两侧出现了信江和黄柏两个断陷伸展型盆地。断陷盆地内堆积了红色砂砾岩和砂岩,出土了晚白垩世中晚期恐龙蛋化石。

2.8 地质构造典型遗迹

三清山地区构造活动强烈,褶皱和断裂等构造现象发育,地质构造遗迹丰富。这些不仅是区域地壳物质形变历史的遗迹,也是地壳运动的见证。

如前所述,在区内常见新元古代和古生代地层形成的褶皱构造,不同等级尺度的褶皱形态典型、出露良好,轴向总体为 NE—SW 向。

断裂构造在三清山花岗岩体中的表现最为突出,最具典型性,是研究不同尺度断裂构造现象的理想场所。三清山三条正断层把三清山主体部分切割成了一个“三角形断块山”。

在区内玉山县的一个晚白垩世盆地边缘,新鲜工程面揭露了一个“儿子背老子”的反常地层叠覆现象,即侏罗纪地层推覆在晚白垩世红色砂砾岩之上,这是一个典型的推覆构造遗迹景观。说明地质公园南侧的信江盆地,在中生代末萎缩消亡,在新生代早期即古近纪由于受到喜马拉雅造山运动的影响,区域地壳不仅发生升降活动,也发生挤压、走滑及盆地边缘的推覆构造活动。

地质构造是三清山区域地层、岩石经历过构造变动留下的遗迹,也是三清花岗岩成山成景的主要控制因素。这些形态完美的地质构造是三清山重要地质景观的组成部分,也是地学科普教育的一个良好素材。

2.9 内外地质作用的典型遗迹

三清山地区花岗岩微地貌景观分布集中,形成了罕见的景观集群,据统计在核心景区 2800 hm² 范围内,有奇峰 48 座,造型石 89 处,景观 384 余处,堪称天下花岗岩微地貌的天然博物馆。可以分为花

岗岩峰峦、峰墙、峰丛、石林、峰柱、石锥、造型石等 7 个主要类型。其中“东方女神”、“巨蟒出山”两处标志性造型景观，为世界之绝景。此外，三清山的主要峡谷有 23 条，峡谷总的特征是峡壁直立，谷深峡陡，高差悬殊，形态上多呈“V”型。这些花岗岩微地貌绝景是内外地质作用在地质历史时期长期相互作用的结果。

燕山期赣东北超壳断裂带发生陆内俯冲，酸性岩浆侵位，花岗岩体形成，并使怀玉山脉开始隆起。这就是三清山花岗岩景观的物质基础。

进入晚白垩世，地壳发生了强烈的拉张，造成造山后伸展和大规模的断块运动，加强了盆岭格局，怀玉山脉继续上升并遭受强烈剥蚀。估计上覆岩石剥蚀厚度达 6 km(张招崇, 2007)，花岗岩第一次露出地表，进入第四纪，三清山区地壳又一次较快上升。今天从三清山的垂直纵剖面上看，至少可以分出三级“古剥蚀面”：第一级“古剥蚀面”在海拔 900 m 左右；第二级“古剥蚀面”大约在海拔 1200 m；第三级“古剥蚀面”大约在海拔 1500 m。三清山花岗岩体在“节节高”过程中，快速抬升与相对宁静的

相互交替。外动力的侵蚀作用也有不同的响应特征。快速抬升阶段表现为以切割为主；相对宁静阶段则形成局部平坦地形。

花岗岩景观的标型记录了三清山花岗岩微地貌景观形成演化的过程，如宏观的花岗岩地貌景观演化系列有峰峦 峰墙 峰丛 石林 峰柱 石锥；微观地貌形态演化系列如峰柱，从棱柱状 锥柱状 次浑圆状，组成了一个由弱风化到强风化的演化系列(陈安泽, 2008)。流水和风化作用“欺软怕硬”，沿断裂和节理裂隙等构造软弱部位强烈下切，使岩石沿陡倾面产生崩落垮塌，形成峡谷。

3 结论

拥有 10 亿年演化历史的三清山，是一个在多个领域具有全球对比意义的地质宝库，拥有众多重要科学价值和科普意义的地质遗迹。地质遗迹是地质作用过程中留下的最重要、最珍贵的自然遗产(赵汀等, 2009)。通过三清山国家地质公园地质遗迹的研究我们可以追溯地球演化进程的重大地质事件，见图 3。

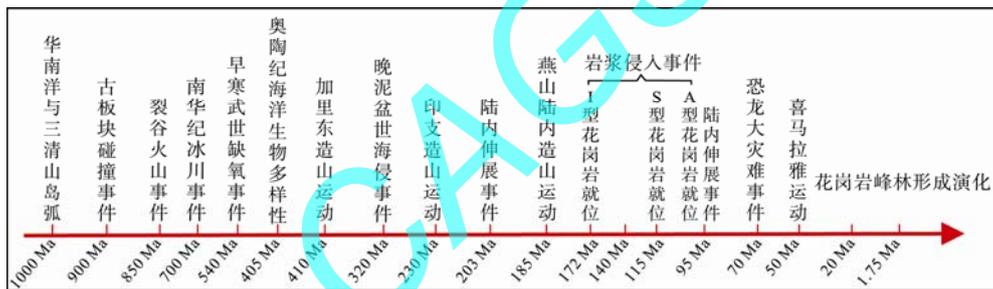


图 3 三清山地质公园地质演化历史及主要事件(据三清山地质公园管理委员会修改, 2009)
Fig. 3 Geological evolution history and geological events in Mount Sanqingshan National Geopark (modified after Administration Committee of Mount Sanqingshan Geopark, 2009)

三清山是大自然赠送给人类的瑰宝，地层、岩石、地貌以及化石无声地记录了其演化发展过程的信息。

致谢：感谢三清山管委会为考察提供的帮助！

参考文献：

- 陈安泽, 蒲庆余, 张招崇, 郭克毅, 简平, 邢瑞玲. 2008. 三清山花岗岩地质地貌综合对比研究[R]. 国家地质公园规划研究中心.
- 程裕淇. 1994. 中国区域地质概论[M]. 北京: 地质出版社.
- 邓国辉, 刘春根, 冯晔. 2005. 赣东北-皖南元古代造山带构造格架及演化[J]. 地球学报, 26(1): 9-16.
- 黄定华, 叶俊林. 1999. 扬子陆块中新生代的构造变迁与动力学

分析—陆陆碰撞后板内变形的一种模式. 构造地质学—岩石圈动力学研究进展[M]. 北京: 地质出版社.

李迪强, 宋延龄, 欧阳志云. 2003. 全国林业系统自然保护区体系规划研究[M]. 北京: 中国大地出版社.

李献华, 周国庆, 赵建新. 1994. 赣东北蛇绿岩的离子探针锆石 U-Pb 年龄及其构造意义[J]. 地球化学, 23(2): 125-131.

马丽芳. 2002. 中国地质图集[M]. 北京: 地质出版社.

三清山地质公园管理委员会. 2009. 江西三清山国家地质公园综合科考报告[R]. 上饶: 三清山地质公园管理委员会.

舒良树, 周国庆, 施央申, 殷俊. 1993. 江南造山带东段高压变质蓝片岩及其地质时代研究[J]. 科学通报, 38(20): 1879-1882.

王剑. 2000. 华南新元古代裂谷盆地演化: 兼论与 Rodinia 解体的关系[M]. 北京: 地质出版社.

- 王一先, 包志伟. 1999. 赣东北蛇绿混杂岩带中大洋斜长花岗岩的地球化学和岩石成因[J]. 地球化学, 28(4): 367-373.
- 王勇, 管太阳, 黄国夫, 余达淦, 陈丛林. 2002. 赣东北地区燕山晚期火山岩同位素年代学研究[J]. 地球学报, 23(3): 233-236.
- 肖承协, 陈洪冶, 夏天亮, 何群. 1991. 江西玉山古城一带早、中奥陶世笔石地层[J]. 地层学杂志, 15(2): 81-99.
- 杨明桂, 尹国胜, 马振兴, 黄志忠, 龙梅梅. 2009. 赣东北三清山地区花岗岩的类型与“三清山式”花岗岩峰林的成因[J]. 地质通报, 28(10): 1511-1525.
- 叶建华. 2010. 全球濒危珍稀之鸟——黄喉噪鹛[J]. 江西画报, (4): 63.
- 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[J]. 地质论评, 53(增刊): 56-73.
- 余心起, 苏良树, 颜铁增, 祖辅平. 2005. 赣杭构造带红层盆地原型及其沉积作用[J]. 沉积学报, 23(1): 12-20.
- 章森桂, 张允白, 严惠君. 2009. “国际地层表”(2008)简介[J]. 地层学杂志, 33(1): 14.
- 张星蒲. 2001. 论赣杭构造火山岩成矿带中生代火山盆地和红盆演化[C]//第31届国际地质大会中国代表团学术论文集. 北京: 地质出版社: 52-58.
- 张招崇, 简平, 魏罕蓉. 2007. 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, 53(增刊): 28-40.
- 赵汀, 赵逊. 2009. 地质遗迹分类学及其应用[J]. 地球学报, 30(3): 309-324.
- 周国庆, 赵建新. 1991. 华南扬子克拉通东南缘赣东北蛇绿岩的 Sm-Nd 同位素研究[J]. 科学通报, 35(2): 129-132.
- Northeastern Jiangxi and southern Anhui[J]. Acta Geoscientica Sinica, 26(1): 9-16(in Chinese with English abstract).
- HUANG Ding-hua, YE Jun-lin. 1999. Tectonic Change and Dynamics Analysis in Yangzi Plate in Mesozoic and Cenozoic—a model of mid-plate deformation post continental collisions tectonic geology-lithosphere dynamics research[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese).
- LI Di-qiang, SONG Yan-ling, OUYANG Zhi-yun. 2003. Study on National Forestry Reserve System Planning[M]. Beijing: China Land Press(in Chinese).
- LI Xian-hua, ZHOU Guo-qing, ZHAO Jian-xin. 1994. Shrimp Ion Microprobe Zircon U-Pb Age of the NE Jiangxi Ophiolite and its Tectonic Implications[J]. Geochimica, 23(2): 125-131(in Chinese with English abstract).
- MA Li-fang. 2002. Geological Atlas, China[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese).
- SHU Liang-shu, ZHOU Guo-qing, SHI Yang-shen, YIN Jun. 1993. High-pressure metamorphic blueschist within within the Eastern Jiangnan Orogen and its Formation Age[J]. Chinese Sciences Bulletin, 38(20): 1879-1882(in Chinese with English abstract).
- WANG Jian. 2000. Rift Basin Evolution in South China in late proterozoic: the relationship with Rodinia Breakup[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese).
- WANG Yi-xian, BAO Zhi-wei. 1999. Geochemistry and petrogenesis of oceanic plagiogranite in the ophiolite from Northeast Jiangxi Province[J]. Geochimica, 28(4): 367-373(in Chinese with English abstract).
- WANG Yong, GUAN Tai-yang, HUANG Guo-fu, YU Da-gan, CHEN Cong-lin. 2002. Isotope Chronological Studies of Late Yanshanian Volcanic Rocks in Northeast Jiangxi Province[J]. Acta Geoscientica Sinica, 23(3): 233-236(in Chinese with English abstract).
- XIAO Cheng-xie, CHEN Hong-ye, XIA Tian-liang, HE Qun. 1991. Early-Middle Ordovician graptolite beds of Guchen, Yushan county, Jiangxi[J]. Journal of Stratigraphy, 15(2): 81-99(in Chinese with English abstract).
- YANG Ming-gui, YIN Guo-sheng, MA Zhen-xing, HUANG Zhi-zhong, LONG Mei-mei. 2009. The Granite Types and the Formation of “Sanqingshan-type” Granite Peak Forest in the Sanqingshan Area, Northeastern Jiangxi, China[J]. Geological Bulletin of China, 28(10): 1511-1525(in Chinese with English abstract).

References:

- Administration Committee of Mount, Sanqingshan Geopark. 2009. Comprehensive Scientific Report in Mount. Sanqingshan Geopark[R]. Shangrao: Administration Committee of Mount, Sanqingshan Geopark(in Chinese).
- CHEN An-ze, PU Qing-yu, ZHANG Zhao-chong, GUO Ke-yi, JIAN Ping, XING Rui-ling. 2008. Comprehensive Analysis of Granite Geology and Geomorphology in Mount. Sanqingshan[R]. National Geopark planning and Research Center(in Chinese).
- CHEN Yu-qi. 1994. Outline of Regional Geology, China[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese).
- DENG Guo-hui, LIU Chun-gen, FENG Ye. 2005. Tectonic Features and Evolution of the Proterozoic Orogenic Belt between

- YE Jian-hua. 2010. Global Rare and Endangered Bird-Garrulax Galbanus[J]. Jiangxi Pictorial, (4): 63(in Chinese with English abstract).
- YIN Guo-sheng, YANG Ming-gui, MA Zheng-xing, LIU Xi-yuan, YANG Yong-ge, LONG Mei-mei. 2007. Study on "Mount Sanqingshan-Type" Granite Geology and Landscapes[J]. Geological Review, 53(Supp): 56-73(in Chinese with English abstract).
- YU Xin-qi, SU Liang-shu, YAN Tie-zeng, ZU Fu-ping. 2005. Prototype and Sedimentation of Red Basins along the Ganhang Tectonic Belt[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 23(1): 12-20(in Chinese with English abstract).
- ZHANG Sen-gui, ZHANG Yun-bai, YAN Hui-jun. 2009. A Brief Introduction to the "International Stratigraphic Chart" (2008)[J]. Journal of Stratigraphy, 33(1): 14(in Chinese with English abstract).
- ZHANG Xing-pu. 2001. On Mesozoic Volcanic Rocks and Red Basin Evolution Along Gan-Hang Tectonic Metallogenic Mineral Belt[C]//Research Papers of Chinese Delegation in 31st International Geological Conference. Beijing: Geological Publishing House: 52-58(in Chinese).
- ZHANG Zhao-chong, JIAN Ping, WEI Han-rong. 2007. SHRIMP Ages, Geology, Geochemistry and Petrogenetic Type of Granites from the Sanqingshan Geopark, Jiangxi Province[J]. Geological Review, 53(Supp): 28-40(in Chinese with English abstract).
- ZHAO Ting, ZHAO Xun. 2009. Geoheritage Taxonomy and Its Application[J]. Acta Geoscientica Sinica, 30(3): 309-324(in Chinese with English abstract).
- ZHOU Guo-qing, ZHAO Jian-xin. 1991. Study on Ophiolite Sm-Nd Isotopic of Southeastern Margin of Yangtze Craton in NE Jiangxi, South China [J]. Chinese Sciences Bulletin, 35(2): 129-132(in Chinese with English abstract).

中国地质科学院郑绵平院士再次当选 国际盐湖学会副主席

在日前召开的国际盐湖学会在线理事会 2012 年年会上, 中国工程院院士、中国地质科学院矿产资源研究所郑绵平研究员再次当选新一届理事会副主席, 任期三年。

郑绵平院士是我国盐湖科学奠基人和开拓者之一, 致力于盐类地质和盐湖综合资源研究 50 余年, 取得了重大科研成果。曾先后获多项表彰, 全国科学大会奖两项, 国家科技进步一、二等奖, 第二届李四光奖, 何梁何利基金科学与技术进步奖, 中国工程科学技术(光华)奖, “九五”国家重点科技攻关计划优秀科技成果奖; 当选全国杰出专业技术人才, 被授予国家级“中青年有突出贡献专家”称号等。他的“青藏高原盐湖研究”专著在国际著名 KLUWER 科学出版社出版, 被广泛引用。他在国际盐湖界享有盛誉, 曾于 1994 年当选为国际盐湖学会理事, 2009 年当选为副主席。

国际盐湖研究会国际上盐湖研究的专业、独立的研究机构, 成立于 1979 年, 多年来一直致力于盐湖生物学、盐湖生态学、盐湖地质学和矿业以及盐湖管理等领域的研究, 目前在国际上有 60 多个国家的科学家成为该会会员。国际盐湖学会网址是 <http://www.isslr.org>。

中国地质科学院矿产资源研究所孔凡晶研究员同时当选为国际盐湖学会理事。

本刊编辑部 采编